

第5回（平成8年度）
研究助成成果報告書

1999年3月

財団法人
トステム建材産業振興財団

はじめに

いま住宅・建材産業は地域環境保護のために、高気密・高断熱住宅など高耐久・高機能・高齢化社会に対応したより健康的な居住環境形成を提供できる建材技術の開発に積極的に取り組んでいくことが要求されています。

省エネルギー、高品質・生産性の高い体制、良質な建物ストック形成の維持保全などを初めとした社会の多様の要請に応えていくために、総合的な観点から今後より一層の充実・強化の必要を痛感しているところであります。

そのために平成4年より、トステム建材産業振興財団は『住宅・建材産業の分野における調査・研究の充実、国内・海外との交流・協力さらには人材育成に寄与するため』に研究助成を続けて参りました。

本年で8年目を迎え、設立以来7期間における助成先は延べ166件、助成金額は2億88万円に達しております。それにより第1回（平成4年）11件、第2回（平成5年）14件、第3回（平成6年）15件、第4回（平成7年）22件そして第5回（平成8年）23件の成果報告ができましたことは誠に喜ばしい限りでございます。

この第5回報告書に収録されたものは、平成7年・平成8年の研究助成の終了したものとまとめ、第5号研究助成成果報告書と致しました。

これらの有意義な研究成果がこれからの住宅・建材産業の発展に貢献できれば幸いと存じます。当財団としても、今後もこのような研究助成・その成果発表会そして自主事業の運営を図っていきたいと存じますので、よろしくご指導、ご鞭撻の程お願い申し上げます。

トステム建材産業振興財団

潮田 健次郎

目 次

はじめに

第1部 調査研究

- 1-1 阪神淡路大震災における瓦屋根の被害状況調査とその構法面から見た対策の検討
(96-11) 工学院大学工学部建築学科 教授 吉田 倖郎 1
- 1-2 高断熱・高気密建物の熱・空気環境に関する調査研究
(96-10) 東洋大学工学部建築学科 講師 永峰 章 11
- 1-3 建築材料のカビ発生実態調査と防止に関する研究
(96-22) お茶の水女子大学生活科学科 教授 田中 辰明 35
- 1-4 歩行感等床の居住性に関する研究
(96-09) 東洋大学工学部建築学科 講師 藤井 弘義 43
- 1-5 日・豪のハウジングにおける消費者の主体的行動 —— 戸建住宅について
岐阜女子大学住居学科 教授 中野 迪代 57
- 1-6 住宅設備機器の寸法・操作方法の標準化
(96-21) 東京大学大学院工学系研究科 教授 鎌田 元康 99
- 1-7 建築部品の統合的モデル化に関する調査研究
京都大学大学院工学研究科 助教授 古阪 秀三 105
- 1-8 透けつつ閉じる窓の調査・研究 半透明空間モデルの提案
(96-06) 早稲田大学理工学部 教授 古谷 誠章 137
- 1-9 循環再生アルミニウム材の住宅用サッシ材への適用
(96-07) 室蘭工業大学工学部 教授 世利 修美 181
- 1-10 新規の高性能電磁波遮蔽 —— 音波吸収(防音)材料の開発
(96-01) 岐阜大学工学部応用精密化学科 教授 元島 栖三 192
- 1-11 建材としてのフェノールコンポジットの耐環境性に関する研究験研究
(96-17) 東京工業大学工学部化学工学科 津田 健 197
- 1-12 快適な室内空間のための高機能性調湿材料の開発
(96-18) 東京工業大学工学部無機材料工学科 教授 岡田 清 211

1-13 フォームコアパネルの構造特性に関する研究
(96-16) 職業能力開発大学校 教授 鈴木 秀三 221

1-14 炭酸化反応による低環境負荷型高強度セメント建材の開発
(96-19) 東京工業大学工学部無機材料工学科 助教授 坂井 悅郎 233

1-15 景観材料ガイドライン策定に関する研究(Ⅱ)
(96-29) 工学院大学工学部建築学科 教授 渡辺 定夫 243

第2部 人材育成・論文

2-1 建築CAD教育システム
(96-20) 呉工業高等専門学校 校長 長町 三生 249

2-2 3次元CADによる造形教育の方法論の開発・研究
(96-26) 米子工業高等専門学校 校長 鈴木 充 259

2-3 第20回学生建築設計優秀作品展
(96-30) 有限会社レモン 代表取締役社長 松永 太郎 277

第3部 国際会議・国際協力

3-1 住宅・建築材料の国際標準化機構に(ISO)との交流及び協力
(96-06) ISO/TAG8(建築)等国内検討会 副委員長 菅原 進一 287

3-2 第7回国際蓄熱会議(MEGASTOCK'97)
(96-24) 北海道大学工学部衛生工学部 教授 落藤 澄 295

第4部 国内交流

4-1 公開シンポジウム:東北地方における雪と寒さと生活を考える
(96-04) 東北大学工学部建築学科 教授 吉野 博 309

4-2 アルミニウム建築構造講演会
(96-27) アルミニウム建築構造推進協議会
普及促進部会 部会長 林 弘 319

4-3 「アルミニウム建材の耐久性」に関する研究発表会の開催
(96-31) 軽金属製品協会 理事 菊池 哲 329

編集後記

1 - 1 阪神淡路大震災における瓦屋根の被害 状況調査とその構法面から見た対策の 検討

工学院大学 工学部建築学科
教 授 吉 田 倖 郎

1. 本研究の背景と目的

平成7年1月17日に発生した阪神淡路大震災では、瓦屋根も著しい被害を蒙った。特に古い木造住宅の大半が瓦屋根であり、倒壊した古い木造住宅の映像報道が示された瓦屋根の被害は、各方面に強く印象づけられることとなったが、これは、瓦屋根の被災についての判断の適切さを損ない、また、関係者の対応を過敏に走らせることにもつながってしまったといえる。

震災による被害は、瓦屋根について様々な課題を示しており、今後に向けてその解決が強く望まれるのであるが、バランスを失した的確でない対応は、かえってその将来を損なってしまう。

現在、我が国における戸建て住宅には瓦屋根が最も多用されている。このほかには、いわゆる新生瓦屋根や金属板屋根が多用されており、これらは軽量で耐震性に優れていることから、屋根としての震災の被害は大きくなかった。そのため、被災地では震災後、これらの軽い屋根がシェアを伸ばしているようである。

本研究は、日本の伝統を継承している屋根構法であり、現在なお多用され日本の美しい町並みを形成している瓦屋根について、震災による被害状況などの調査および関係資料の収集を行い、その分析を踏まえて、現在における日本の瓦屋根の特性や問題点を明らかにし、耐震性も考慮した実用性の大きい瓦屋根構法を提案すること、および、各地で屋根工事業に関わっている中小の工事店などが、今後とも瓦屋根を造り続けることができるための的確な展望を示すことを目的としている。

2. 研究の方法

研究の方法は、次の通りである。

- 1) 瓦屋根の被害状況を調査した。これについては、被災地における被害状況の目視調査、被災地における屋根工事店の修繕工事などに関するアンケート調査、および関連資料の収集を行った。
- 2) 全国各地における震災が及ぼした瓦屋根への影響について調査した。これについては、全国各地の瓦工事業組合、および、屋根工事店を対象に、アンケート調査を行った。
- 3) 耐震性を考慮した瓦屋根構法の事例に関する資料や、瓦屋根の耐震性に関する資料の収集を行った。

4) これからの瓦屋根構法、および、屋根工事業のあり方について検討した。

3. 研究の計画と進捗状況

本研究は、平成7年度8年度の2年度にわたる助成を得ており、これに基づき次の研究計画に従って行っている。

- 1) 被災地における瓦屋根の被害状況の黙視調査と写真撮影（平成7年2～7月）。
- 2) 被災地の屋根工事業者に対する、瓦屋根の修繕工事に関するアンケート調査（平成7年5～7月）。
- 3) アンケート調査の分析（平成7年7月～8年2月）。
- 4) 関係資料の収集（隨時）。
- 5) 「阪神・淡路大震災の被災地における瓦屋根の修理工事に関する調査研究」報告書のとりまとめ（平成8年2～5月）。アンケート調査の分析を中心にしてまとめたもの。平成7年度経過報告に添付している。
- 6) 全国各地の瓦工事業組合、屋根工事業者に対する、震災前後の屋根工事の変化、瓦屋根の耐震性向上への取り組み状況などに関するアンケート調査（平成8年5、6月）。
- 7) 特色のある瓦屋根の現地視察（隨時）。
- 8) アンケート調査の分析（平成8年7月～9年2月）。
- 9) 「阪神・淡路大震災の瓦屋根工事への影響に関する調査研究」報告書のとりまとめ（平成9年2～5月）。
- 10) 今後の瓦屋根および屋根工事業のあり方の検討（平成9年5月～現在）。

4. 今までに得られた成果

4.1 成果の概要

本研究の今までに得られた成果としてまとめたものは、「阪神・淡路大震災の被災地における瓦屋根の修理工事に関する調査研究」報告書と、「阪神・淡路大震災の瓦屋根工事への影響に関する調査研究」報告書の2つの報告書である。

「阪神・淡路大震災の被災地における瓦屋根の修理工事に関する調査研究」報告書では、被災地における瓦屋根の修理工事の状況について調査し、修理前のものとの構法と、被害の程度と、修理に用いられた構法の関係に着目して分析を進め、次に示す様な知見が得られた。

- 1) 震災前は、被災地では、古い木造住宅だけでなく、新築木造住宅についても、べた土葺き構法の瓦屋根が多数造られていた。これは、全国的に見てきわめて特殊なことであった。
- 2) 被害は棟回りが最もひどかった。
- 3) 被害が軽いものの修繕は、元の構法のまま直すというものが多かった。
- 4) 被害が比較的大きいものについては、耐震性に優れた構法が採用されている様子がうかがわれた。アンケート調査では、平部分について調査しているが、元々べた土葺で瓦は土の上に載せるだけであったものが多く、その殆どが修繕に際し、空葺で瓦3枚につき1枚を釘留とするもの、もしくはそれ以上釘留とするものとなっていた。

「阪神・淡路大震災の瓦屋根工事への影響に関する調査研究」報告書では、全国各地の屋根工

事店で行われている仕事の震災前後の変化などについての調査結果と、全国各地の瓦工事業組合が瓦屋根構法への震災の影響をどのように捉えどのような対策を講じているかについて調査した結果を取りまとめている。主要な知見は次の通りである。

- 1) 全国的には空葺構法が震災前から広く普及している。
- 2) 瓦の釘留は、震災前は、3枚に1枚釘留またはそれ以上の釘留が普及しているのは一部の地域に限られていたが、震災後は3枚に1枚釘留またはそれ以上の釘留が広く普及している。
- 3) 強風地域や多雪地域の中には、震災前からすべての瓦を釘留する構法が普及している所が見られた。
- 4) 震災による被害の大きかった棟については、震災前は固定法として「大回し法」「千鳥回し法」が多用されていたが、「大回し法」は廃れて「強力構法」が普及している。
- 5) 棟土については、南蛮漆喰の普及が見られる。
- 6) 各地の瓦工事業組合は、工事店に対して瓦屋根の耐震性強化を強く働きかけている。具体的には、棟の強化と平瓦の釘留の増強が進められている。
- 7) 地域的に偏りがあるが、瓦屋根の軽量化への取り組みが見られる。
- 8) 職人の養成、後継者の確保、施工の機械化などへの取り組みについても、震災を機に積極的になっている。
- 9) 被災地とともに瓦の主要産地における取り組みは、特に熱心である様子をうかがうことができた。

まとめた成果は以上であるが、このほかに資料として、被災状況の記録写真、被災に関する各種の資料、耐震性を考慮した瓦屋根の事例に関する資料、瓦屋根の耐震性に関する実験報告資料などを収集した。

また、以上に示した研究活動を通して、瓦屋根構法および屋根浩事業の今後の在り方について検討を行ってきたが、これについては結論を得るにはいたってない。

4.2 阪神・淡路大震災の被災地における瓦屋根の修理工事に関する調査研究より

阪神・淡路大震災の被災地における瓦屋根の修理工事に関する調査研究の成果の中から、ここでは、瓦屋根自体の被害の概要、瓦屋根の耐震性に大きく関わったとされる葺き土の用い方と瓦の固定法に関する部分について述べたい。

調査時期は平成7年5-7月で、調査対象は被災後に行われた瓦屋根の修繕工事であり、表1に示すように、兵庫県と大阪府の390件のサンプルが得られた。瓦屋根の被害については、軒先やけらばまわり、棟まわり、平部分の3つの部分について調査した。結果は図-1、2、3に示すとおりであり、棟まわりの被害が最も大きくなっていることが分かった。被害が「だいぶ落ちた」「一部落ちた」「だいぶずれた」であったものを合わせた割合は、軒先やけらばまわりでは47%、棟まわりでは78%、平部分では61%であった。なお、これは瓦屋根の修繕工事を行ったものについての状況であり、震災の被害そのものの状況を直接示すものではないことに留意する必要がある。瓦屋根の被害の程度に大きく関わっていたと考えられるのは、葺き土の用い方と瓦の固定方法である。サンプルの葺き土の用い方と瓦の固定方法について、修繕工事の前後の様子を示したものが図-4、5である。修理前は、葺き土の用い方はべた葺きもしくは筋葺き、瓦の固定方法は葺き土に載せるだけというものが大半を占めている。これに対し、修理後は、葺き土の用い方は空葺き、瓦の固定方法はそれでもしくは2-3枚につき1枚釘打ちというものが多く

なっていたが、修理前と同じ、べた葺きもしくは筋葺きの上に瓦を載せるだけというものもある程度見られる。

葺き土の用い方について、修理の前後の様子を示したものが図-6である。修理前は大半を占めていたべた葺きもしくは筋葺きの過半数は空葺きに替わっているが、30%は元のままであることが分かる。

瓦の固定方法について、修理の前後の様子を示したものが図-7である。修理前は大半を占めていた葺き土に載せるだけというものの60%は、すべてもしくは2-3枚につき1枚釘打ちというものに替わっているが、1/3は元のままであることが分かる。

修理の前後の様子の相違は、被害の程度との関わりが大きい。平部分の瓦の被害の程度「無被害」「一部ずれた」「だいぶずれた」「一部落ちた」「だいぶ落ちた」によってサンプルを分けて、葺き土の用い方と瓦の固定法について修理の前後の様子を比較したが、被害の程度「一部ずれた」ものと「だいぶずれた」もの間に大きな相違があることが分かった。平部分の瓦の被害の程度が「一部ずれた」ものと「だいぶずれた」ものの、葺き土の用い方と瓦の固定法について修理の前後の様子を比較したものが図-8、9、10、11である。葺き土の用い方と瓦の固定法の何れも、平部分の瓦の被害の程度「一部ずれた」ものでは元のままで修繕しているものが多いのに対し、平部分の瓦の被害の程度が「だいぶずれた」ものでは空葺きで瓦は全てもしくは2-3枚につき1枚釘打ちに替わっているものが多くなっている。

これらのことから、被害の軽かったものについては経済的な判断が優先されているものの、全体としては耐震性向上に対する意識が極めて高いことを伺うことができる。

4.3 阪神・淡路大震災の瓦屋根工事への影響に関する調査研究より

阪神・淡路大震災の瓦屋根工事への影響に関する調査研究の成果の中から、ここでは、瓦屋根構法の震災前後の比較と、業界としての取組の様子などについて述べたい。

調査時期は、平成8年5、6月である。調査は、屋根工事店を対象とする調査と、瓦屋根工事業組合を対象とする調査の、二つの調査を行っている。

屋根工事店を対象とする調査では、全国各地から96件の回答が得られた。

瓦屋根の平部分と棟回りの構法の震災前後の変化の様子は、図12、13、14、15に示すとおりである。平部分の葺き土の用い方については、震災前から空葺きが広く普及していることが確かめられた。また、震災前にはある程度見られた葺き土を用いていた工事店当時点の多くは、震災後は空葺きに切り替えていることが分かった。

平部分の瓦の固定法については、震災前後で大きく様子が変わっていることが分かった。震災前は数多く見られた、「葺き土に載せるだけ」と「4枚に1枚釘留め」の多くは、震災後は、全数もしくは2、3枚に1枚釘留めに替わっている。4枚に1枚釘留めは、住宅金融公庫の仕様書に示されている構法であるが、これを用いていた工事店の多くは、震災後留め方を強化していることが分かる。全数釘留めを震災前から行っている工事店も多く見られたが、その中には、四国の台風常襲地や北陸の豪雪地の工事店が多く含まれている。

棟部分の葺き土の用い方については、震災前後で、良質な土から南蛮漆喰に替えているという回答が比較的多く見られた。

棟部分の瓦の固定法については、震災前は大回しであったものの半数が震災後強力構法もしくは心縛りに替えている。また、震災前は千鳥回しであったものの4割が震災後強力構法に替えて

いることが分かった。その他については、耐震性への配慮に特徴のある構法が多く含まれていた。

各種の屋根工事の盛衰について、震災前後の比較と今後の見通しを回答していただいた結果は、図16に示すとおりである。和型瓦工事については、悲観的な判断をしている工事店が多数見られたが、その一方で、洋瓦工事については、多くの工事店が、震災前後で増えており今後も増えると答えている。現実には、なお和型瓦工事が全工事に占める割合が大きいことを考えれば、こうした回答には、屋根工事店の願望が込められているものと思われる。

瓦屋根工事業組合を対象とする調査では、全国各地から48件の回答が得られた。

全国各地の瓦屋根工事業組合が捉えている和型瓦工事の動向は、図17、18に示すとおりである。平部分については、釘・銅線による緊結の導入は90%弱の回答がその傾向にあるとしており、新しい瓦葺き構法の導入については60%の回答がその傾向にあるとしている。棟回りについては、概ね平部分と同様の回答が得られたといえるが、使用する土の改良については、その傾向にあるという回答が平部分よりも多かったのは、棟回りの特徴が表れた点である。

組合による工事店への働きかけの様子については、釘留め瓦割合の増加は殆どの組合が働きかけており、釘留めの採用と強力棟の採用も、かなり多くの組合が積極的に働きかけていることが分かった。また、屋根の軽量化、強力棟の採用、補強金物の普及についても、60%以上の組合が働きかけており、組合による工事店への働きかけは、全体として総合的に活発に行われているということができる。

5. まとめ

二つの調査により、阪神・淡路大震災の被災地における瓦屋根の修理工事の様子、および、阪神・淡路大震災の瓦屋根工事への影響について、その概要を捉えることが出来、また、今後の瓦屋根のあり方を検討するための様々な資料を得ることが出来たといえる。得られた成果を元に、耐震性を含め、性能に優れ、かつ、美観、経済性にも優れた瓦屋根構法について、若干の検討を試みたが、まとまった成果を得るには至らなかった。これについては今後、機会を改めて検討を進めたい。また、本研究の成果は耐震性や耐風性の確保などに主に構法的な問題の検討に活用できるものと考えられるが、実用的には、生産性やコストも含む総合的な取り組みが必要である。

それにしても、阪神・淡路大震災における屋根瓦の被害の大きさが、葺き土を全面に葺いたべた葺き構法を用いていたものが多かったことと関連づけられた形で、世の中に強く印象づけられたことは、瓦屋根関係者にとって不幸であったといえる。被害の主な要因が建物の構造の問題であるものであっても外観に表れる被害として印象づけられるのが屋根であることは避けたい事である。葺き土の用い方については、全国的には、葺き土を用いない空葺きがかなり普及していた中で、被災地が、当時わずかに残っていたべた葺きがなお多用されている地域の一つであったことは、返す返すも残念なことである。

阪神・淡路大震災における屋根瓦の被害が瓦屋根業界に与えた影響はきわめて大きかったといえるが、それに対して瓦屋根関係者は、瓦屋根に関する技術開発、実験等に基づく裏付け資料の整備、実用的な技術資料の整備とその普及活動に努力を傾けている。本研究の成果が、そうした中で役立つことが出来れば幸いである。

表1 調査対象の所在地

大阪府		兵庫県	
市区郡	件数	市区郡	件数
大阪港	1	西宮	23
大阪西	2	尼崎	21
大阪東成	1	伊丹	11
大阪福島	1	宝塚	13
池田	3	芦屋	5
豊中	12	川西	2
貝塚	2	加古川	6
岸和田	2	高砂	13
高石	2	三田	1
高槻	2	三木	1
阪南	1	小野	1
境	1	神戸	1
摂津	1	神戸垂水	26
泉佐野	2	神戸西	17
泉大津	1		
泉南部	1		
泉南市	1		
門真	2		
合計	38		
		総計	390

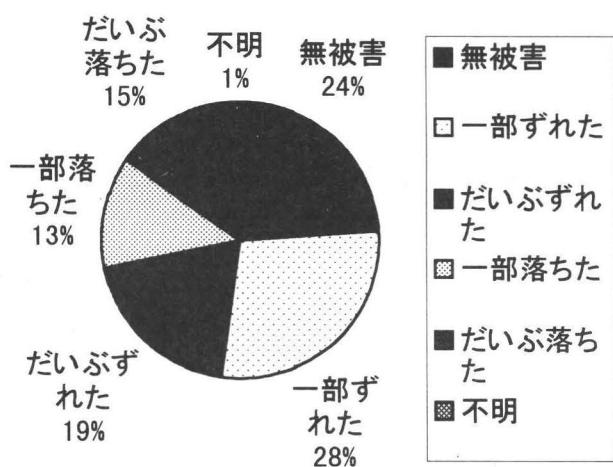


図1軒先やけらばの瓦の被害状況

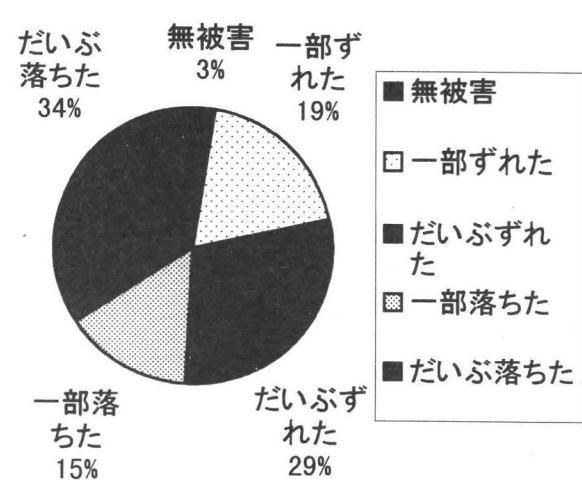


図2 棟の瓦の被害状況

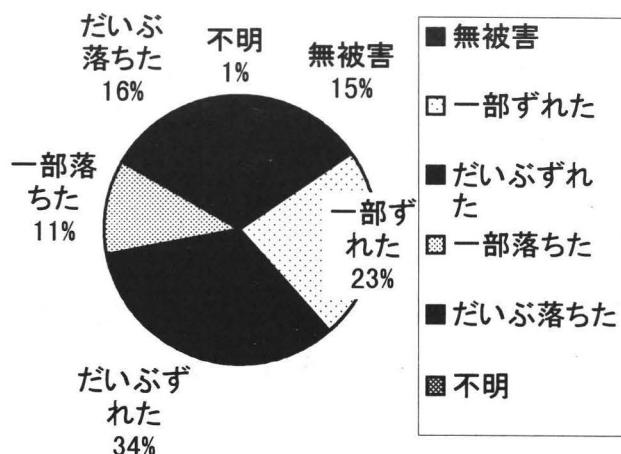
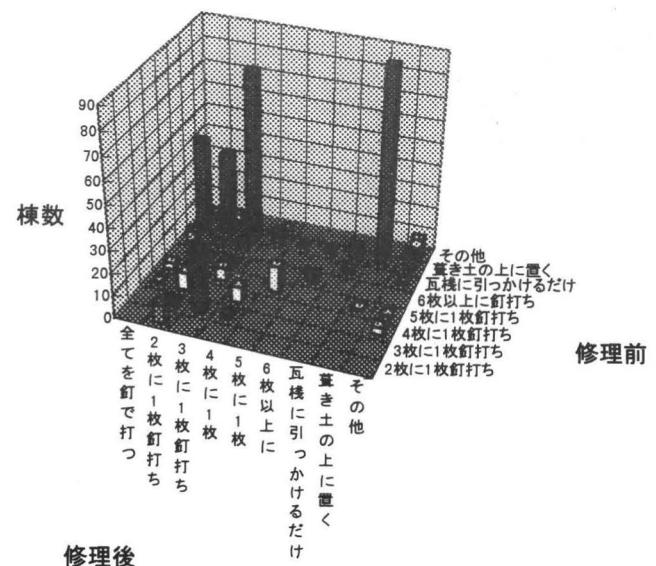
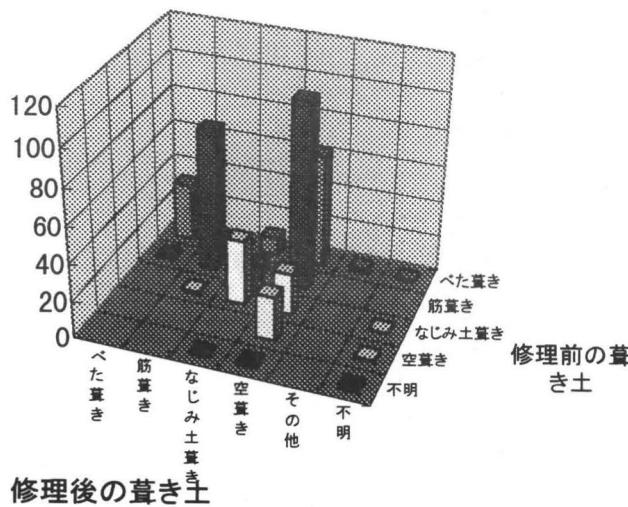
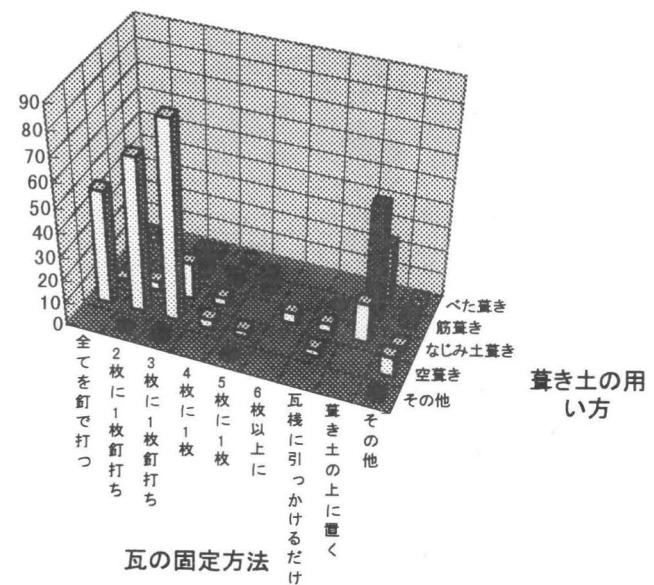
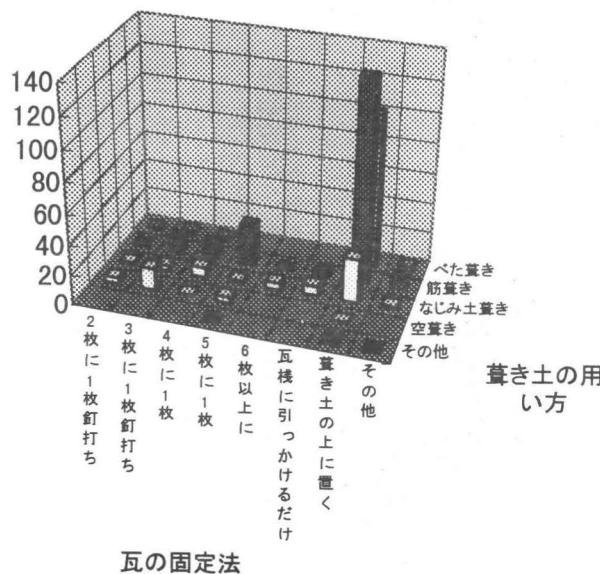


図3 平部分の瓦の被害状況



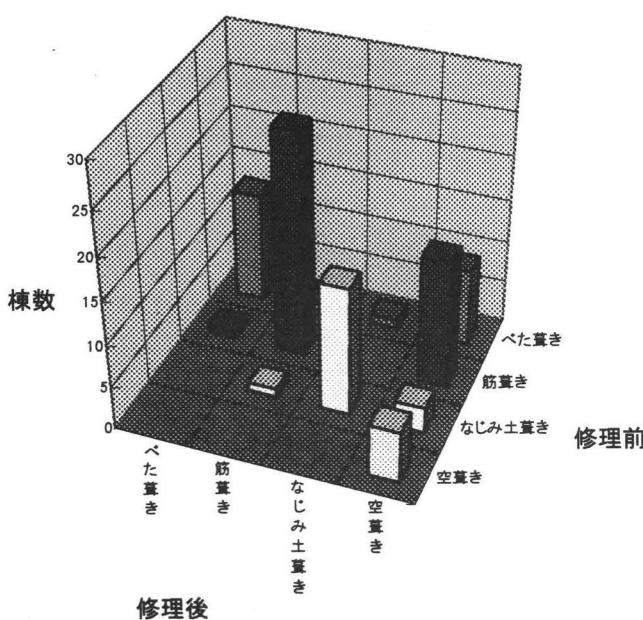


図8 平部分の瓦が一部ずれたものにおける葺き土の用い方の修理前後の関係

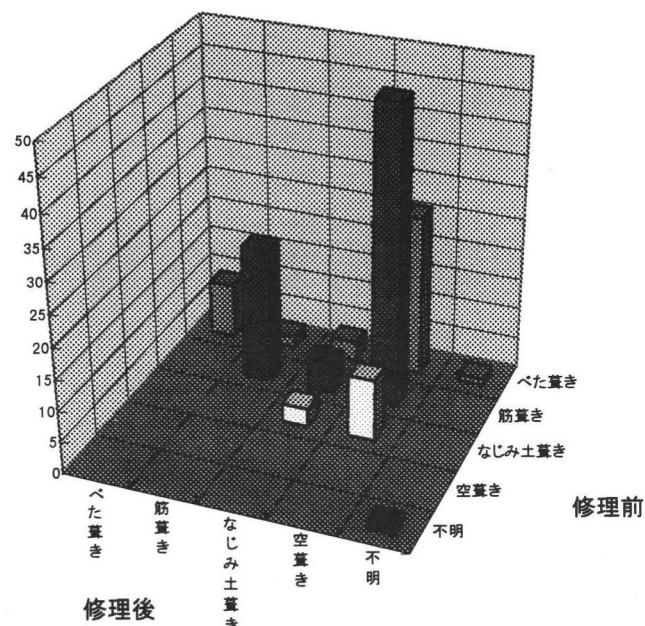


図9 平部分の瓦がたいぶずれたものにおける葺き土の用い方の修理前後の関係

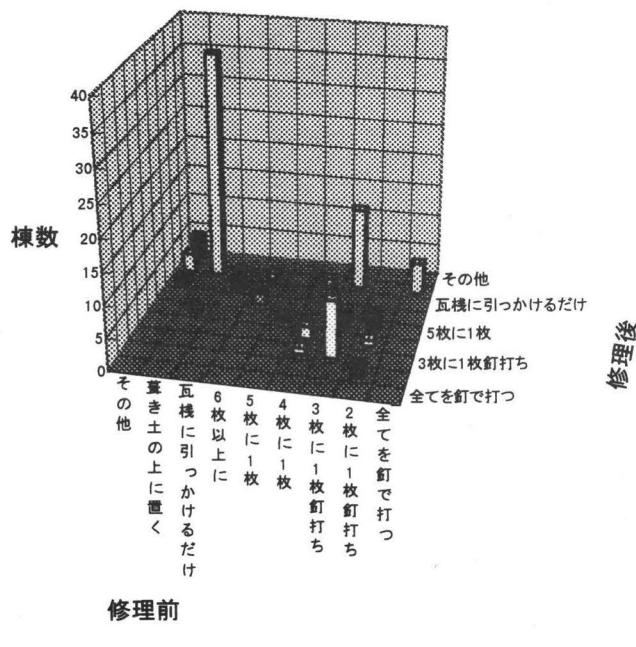


図10 平部分の瓦が一部ずれたものの瓦の固定方法の修理前後の関係

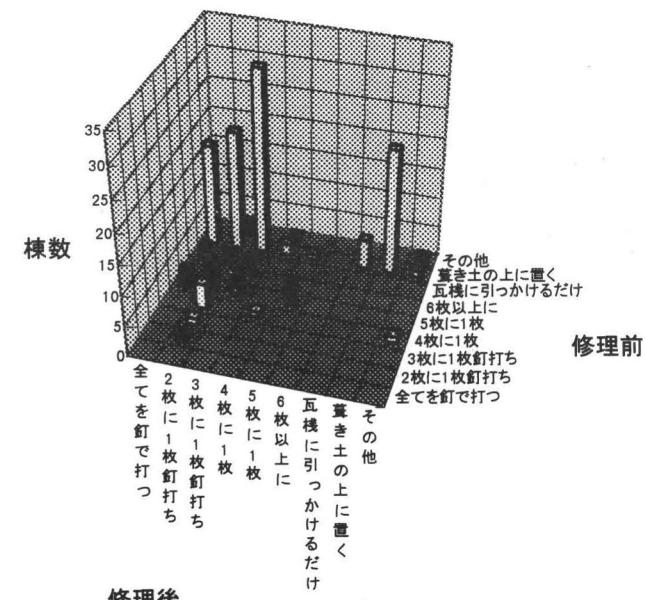


図11 平部分の瓦がたいぶずれたものの瓦の固定方法の修理前後の関係

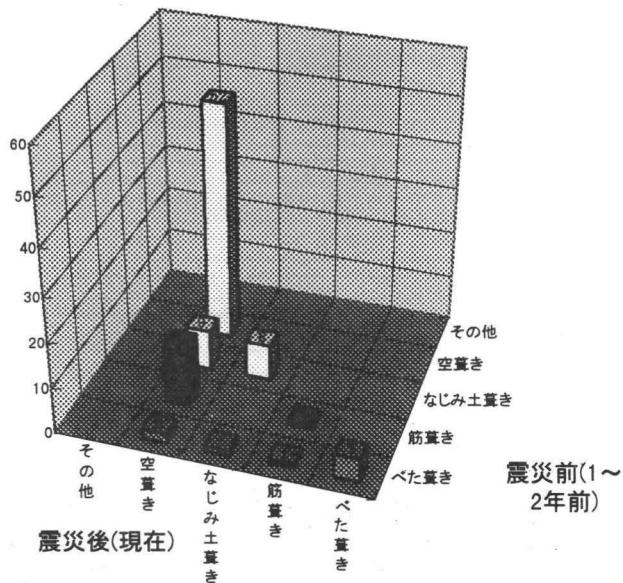


図12 平瓦葺き土の用い方の震災前後の比較

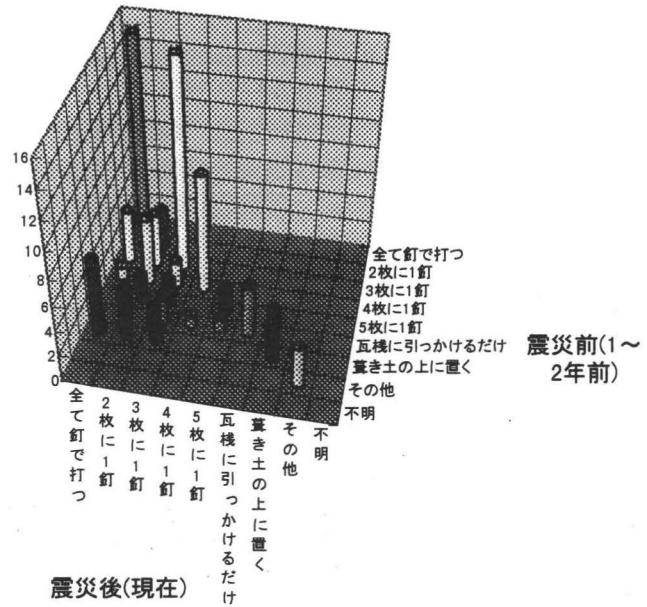


図13 平部分の瓦の固定方法の震災前後の比較

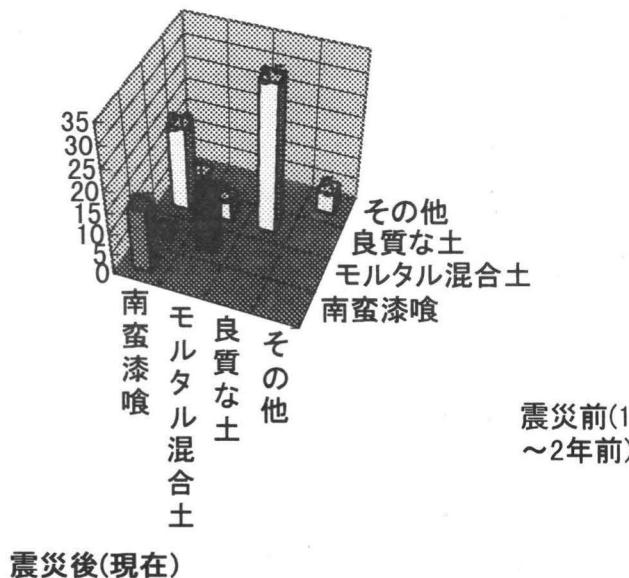


図14 棟部分の葺き土の種類

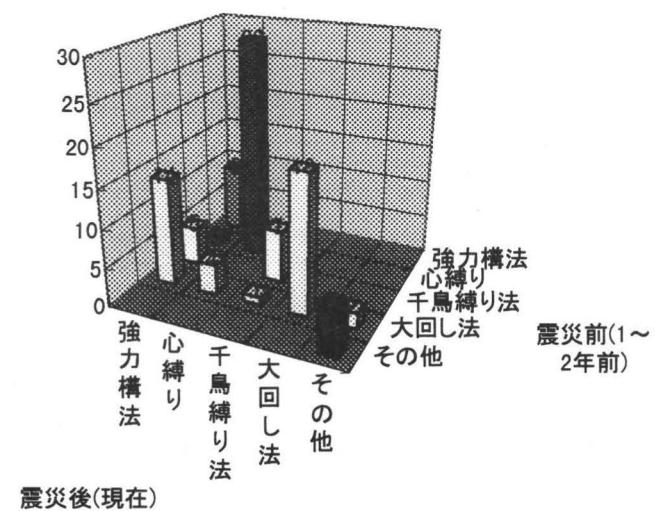


図15 棟部分の瓦の固定方法の震災前後の比較

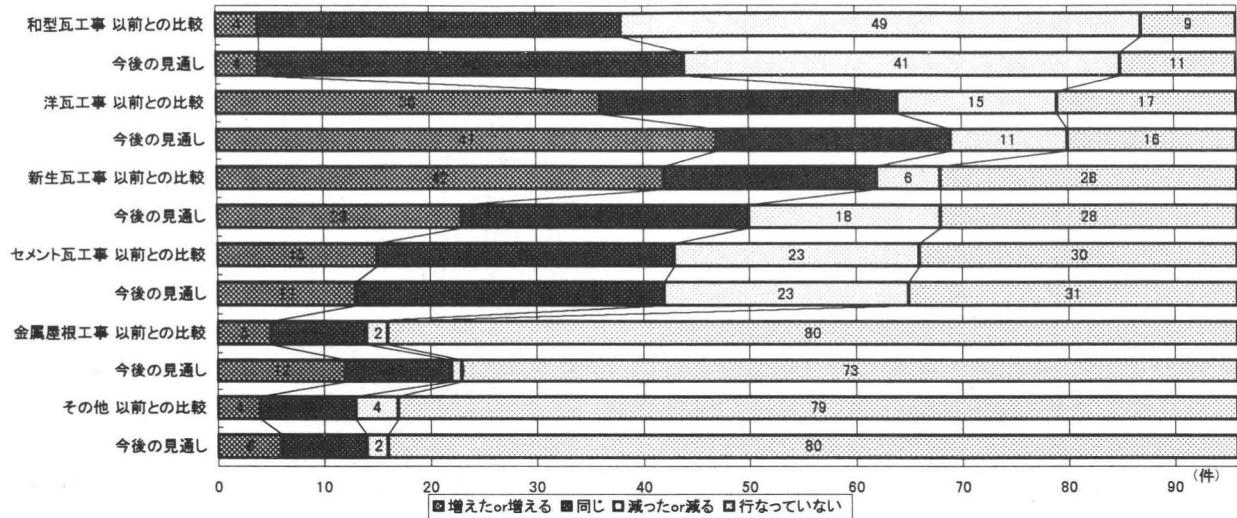


图16 各種屋根工事震災前後の比較と今後

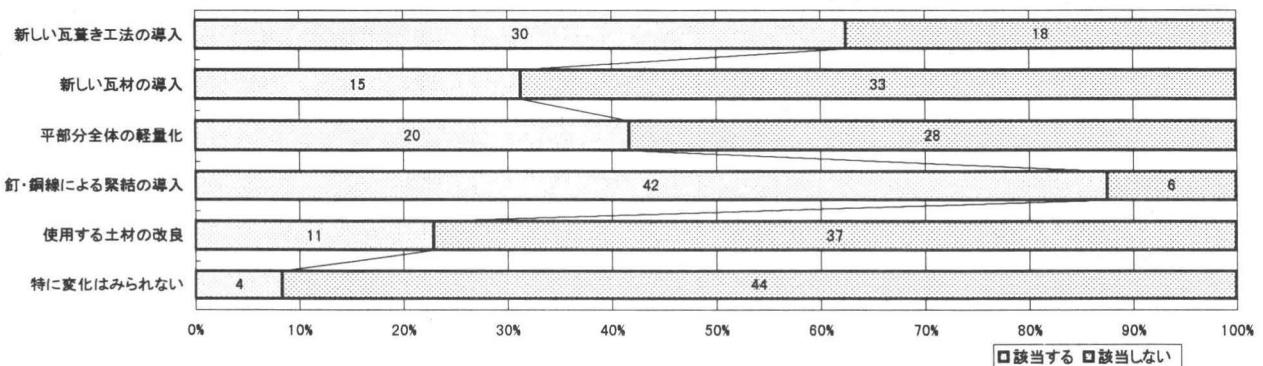


图17 和型工事の平部分の全体動向

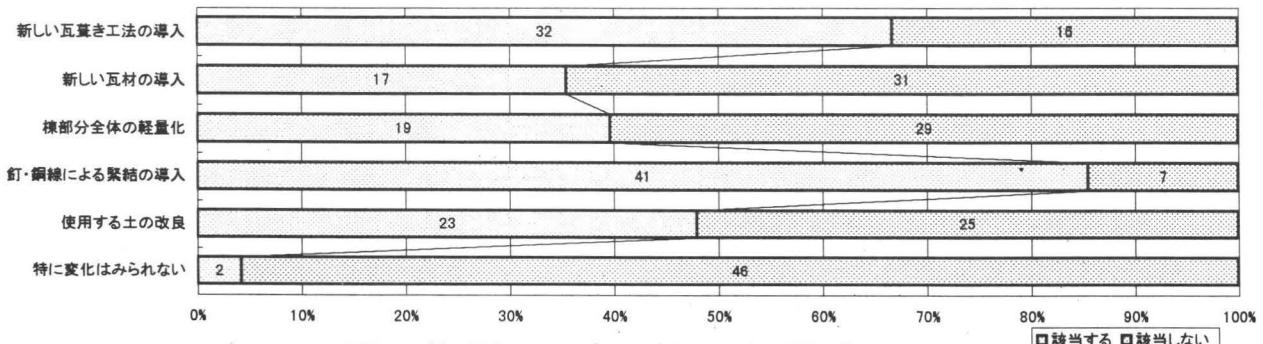


图18 和型瓦工事の棟回りの動向

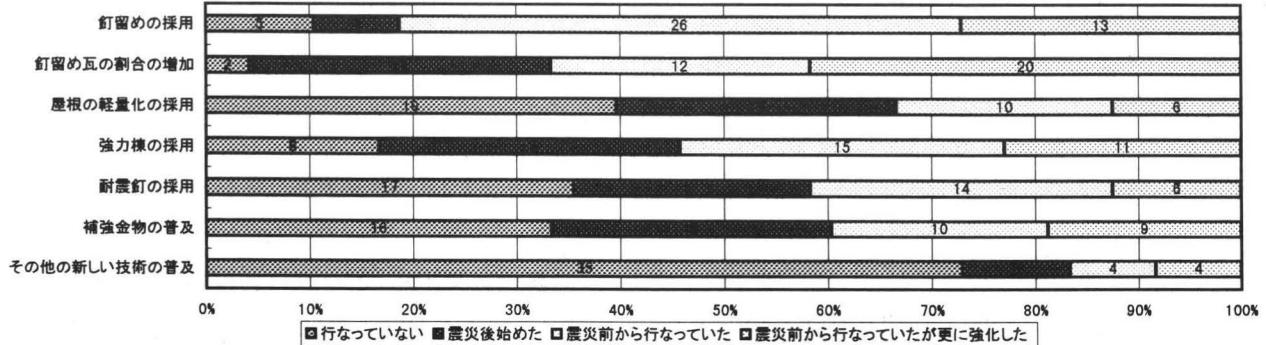


图19 組合による工事店への働きかけの様子

1 - 2 高断熱・高気密建物の熱・空気環境に関する調査研究

東洋大学工学部 建築学科

講師 永 峰

章

1. 本研究の背景と目的

地球規模での環境問題を背景として、建築物のロングライフ化や省エネルギー化に配慮した建物が強く求められ、建物の断熱・気密化の傾向は徐々に関東地方にも進行している。しかし、このような技術は寒冷地で発達したものが多い。高断熱高気密化仕様の熱容量の大きなコンクリート系外断熱建物を、関東地方のような冬は寒く、夏は暑くなるような温湿潤地で使用する場合、温熱環境や空気環境への影響、また夏型結露の影響が憂慮されている。

本研究では、寒冷地で発達してきた外断熱工法に、パッシブヒーティングやパッシブクーリングの建築的手法を加味した建物を、関東地方に建設した場合、温熱環境への適応についての基礎的なデータの取得を目的とする。

外断熱とは外壁、屋根などの外周部位を断熱するとき、断熱材を当該部位の主要構造体の外気側に納める断熱方法をいう。構造体がコンクリートなどの熱容量の大きい材料であれば、室内に蓄熱効果を保持させることが可能となり、室内に入り込む太陽熱を蓄熱することが出来るという特徴がある。コンクリートの比熱は大きくなないが、RC造の壁は木造の壁と比較すると見付面積当たりの質量が大きくなる。日射や外気の影響を受けにくく、室温変動が緩やかで振幅も小さい。壁の熱容量が大きくなると、日射や外気温による外表面温度の高低と、室内表面温度の高低には時間的おくれも大きくなる。

外断熱の特徴としては

1. 構造上の特質

- ・構造体を気密層としてする事が可能
- ・住みながら断熱改修が可能
- ・内装材を省くことが可能
- ・外装材の改修が比較的容易

2. 構造体を断熱材の内側におく効果

- ・構造体の確実な防湿が可能
- ・家具裏の低温化が防げる
- ・構造体の温度が安定する

3. 建物の熱容量が大きくなる効果

- ・変動の大きい自然エネルギー利用に有利
- ・室温の変動が少ない^{1) 2) 3)}
- 等が考えられる。

2. 研究の方法

2.1 実測調査の方法

実測建物は埼玉県川越市大字吉田字新田に建てられた、日本キリスト教会神学校図書・講義棟（平成8年10月完成：表-1、2、図-1～6）を使用し、建物の外部（表-3、図-8、9）・内部（表-4、図-7）・壁体断面部材等に温度センサー（CC熱電対 $0.32\text{mm}\phi$ ）54カ所、湿度センサー（ヒュミター50U）を5カ所に取り付け、それをデーターロガー（CADC）に接続し、ノート型パソコン（PC9801NOTE）により1時間インターバルで年間を通して計測を行った。その他に炭酸ガス濃度はエアーテスト（KNS-360型）を使用した。冷暖房エネルギー量（表-5、6）の計測は毎月の電力メーターを記録した。尚、図書・講義棟を年間を通じて計測し、夏型の気候として代表的な平成9年8月7日～13日の期間、冬型の気候として代表的な平成10年1月8日～15日の期間を集中的に分析した。

2.2 主な分析方法

1. 相関関係図

同じ時間の温度変化や湿度変化をグラフに表し、相関関係を分析する。温度の相関図では、X軸が外気温度、Y軸が分析に当たるポイントの温度。

2. 温度・湿度変動グラフ

温度センサー（CC熱電対 $0.32\text{mm}\phi$ ）を54年設置し、データーロガー（CADC60）江藤電気（株）製に接続し、測定したデータをPC9801NOTE（NEC社）によりグラフ化したもの。

3. 乾燥指数変動グラフ

表面温度からその部位の空気露点温度を引いた値を乾燥指数と定義しグラフ化したもの。この値が0に近づくほど結露している可能性が高く、マイナスならば結露していると考えられる。

4. 炭酸ガス濃度変動グラフ

環境（CO₂）測定器エアーテスト（KNS-360型）コーナー札幌（株）製を使用し、測定結果をグラフ化したもの。

5. 屋根・壁断面温度分布

屋根、壁、断面図に垂直に温度軸を採り、データを基に点をプロットし、場所の水平・垂直方向の温度状態を明確に表したもの。

6. SMASHによる熱負荷計算

SMASHに用いられている熱負荷計算法「BRIMAP」に用いられている計算法を熱的に厚い部位に対する伝導計算と換気計算についてだけ簡略化したもの。換気計算については、BRIMAPで用いられているような複雑な圧力計算から換気量を求める放棄し、換気量は換気回数で入力データとして設定することにした。

3. 実測の結果

3.1 夏期実測結果の概要

1997年8月7日から13日の最も夏型の気候となった7日間の、図書・講義棟で外気温度変動と各室温度の相関図、温度・湿度変動、乾燥指数変動、炭酸ガス濃度変動、屋根断面温度分布、壁断面温度分布について分析した。

3.1.1 外気と各部温度の相関関係

外気温度と研究室、教室A、教室B、教室D、小屋裏、北壁通気層、南壁通気層温度についての相関関係を分析した。相関関係は研究室は $R = 0.048$ 、教室Aは $R = 0.1$ 、教室Bは $R = 0.26$ 、教室Dは $R = 0.03$ 、小屋裏は $R = 0.97$ 、北壁通気層は $R = 0.97$ 、南壁通気層は $R = 0.96$ であった。気密性が高い研究室、教室A(図-11)、教室B、教室Dは外気温度変動に関係なく室温が一定であるため、相関係数も $0.03 \sim 0.26$ と相関関係がない。小屋裏(図-10)は大規模な棟換気を行っているため相関係数が 0.97 と高く、屋根遮断を計画した効果があらわれている。北壁通気層と南壁通気層(図-12)も相関係数が 0.97 、 0.96 と高く、相関関係があり良好な通気がおこなわれ防暑効果が期待できる。

3.1.2 温度・湿度変動

期間中の外気温度(図-13)の平均は 29.7°C 、教室Aは 27.3°C 、教室Bは 27.7°C 、教室Dは 29.8°C 、研究室は 29.7°C という値だった。期間中、外気温の最大値は 40°C 近くになっている。夏期は教室Dと研究室はともに2階の南側に位置しているため期間中は、ほぼ同じ値で推移し、平均値も同様の値である。また、教室Aと教室Bも同様の値だが、これも同じ1階の西側に位置しているためである。1階と2階の平均値の差は約 2°C であった。室温は大きな変動は見られず外断熱工法の特徴である熱量の大きな影響が見られる。

期間中の外気湿度(図-14)の平均は 68.2% 、教室Aは 63.3% 、研究室は 57.7% 、小屋裏は 58.4% 、V. B下部は 86% という値だった。湿度は梅雨と比べて外気湿度が 20% 程低くなるが、教室の湿度はそれほど低くはない。V. B下部が、建設後の屋根スラブからの湿気がぬけていない為、 86% と高い湿度で推移している。

期間中の教室A温度(図-15)の平均は 27.3°C と安定している。南壁通気層温度(図-16)も外気温度と同様の変動を示している。

3.1.3 乾燥指数変動

屋根のスラブ上部(図-17)での結露が憂慮される為、乾燥指数による結露の有無を検証した。屋根スラブ上部表面温度と屋根スラブ上部露点温度を比較すると、屋根スラブ上部表面温度が露点温度より高く、乾燥指数はプラス側になっており、スラブ上部での結露はしていない。ただし、相対湿度は 86% と高い。小屋裏空間を大きくとり棟換気もしてあるので、通風による換気効果で小屋裏の温度は高くなっていない。

3.1.4 炭酸ガス濃度変動

900ppmの値で推移(図-18)するが1000ppmの許容値を超えてはいない。学生が夏期期間中で

あまり使用していない事が考えられる。

3.1.5 屋根断面温度分布

8月10日の午後3時の時点(図-19)で、外気温度38.6°C、小屋裏温度38°C、2階天井表面温度30°Cであり、小屋裏は外気より0.6°C低く、棟換気の効果(パッシブクーリング)が明らかになっている。又、1階床のスラブ上部温度が床下の土の蓄冷効果で24.7°Cと低くなる。

3.1.6 壁断面温度分布

外気温が最高温度を示した8月10日のPM3:00の値を使い西壁(図-20、21)、南壁(図-22、23)、の断面温度分布を示した。西壁では、外気温度38.6°C、断熱材表面温度41.8°C、室内表面温度27.9°C、断熱材表面と室内表面で13.9°C、外気と室内で10.6°Cの差があり、南壁では断熱材表面温度36.9°C、室内表面温度28.3°C、断熱材表面と室内表面で8.6°C、外気と室内で10.1°Cの差があった。断熱性能が良く、コンクリートの温度が安定している。

■夏期には防暑の基本である遮熱(木造の小屋組、通気層)、遮光(庇)、排熱(棟換気)、大地の熱容量の利用等を外断熱工法と併用する事により、外気を室内に入れない低負荷型の高断熱・高気密化建物の熱特性を利用して、良好な温熱環境がはかられている。

3.2 冬期実測結果の概要

1998年1月8日から15日の最も冬型の気候となった8日間の図書・講義棟での外気温度と各室温度の相関図、温度・湿度変動、乾燥指数変動、炭酸ガス濃度変動、屋根断面温度分布、壁断面温度分布について分析した。

3.2.1 外気と各室温度の相関関係

外気温度と研究室、教室A、教室B、教室D、小屋裏、北壁通気層温度、南壁通気層温度についての相関関係を分析した。相関関係は研究室はR=0.46、教室AはR=0.47、教室BはR=0.43、教室DはR=0.62、小屋裏はR=0.93、北壁通気層はR=0.92、南壁通気層R=0.82であった。小屋裏(図-24)は棟換気をしているため夏期と同様、相関係数が0.93と高く相関関係がある。研究室、教室A(図-25)、教室B、教室Dは外気温度変動に関係なく室温がほぼ一定であり、相関係数が0.43~0.62と相関関係がなく、断熱・気密化がはかられている。

北壁通気層(図-26)と南壁通気層も相関係数が0.92、0.82と風力や温度差による通気効果が確認された。

3.2.2 温度・湿度変動

期間中の外気温度(図-27)の平均は1.9°C、教室Aは12.5°C、教室Bは13.9°C、教室Dは14.8°C、研究室は12.9°Cという値だった。冬季は教室利用が期間中なく、教室A、教室B、教室D、研究室ともに同じ様な室温で推移し、コンクリートの蓄熱効果は室温の変動が少ないと明らかである。冬期に外気温は最低-5°Cを示した。

期間中の外気湿度(図-28)の平均は82.5%、教室Aは40.5%、研究室は40.1%、小屋裏は76.3%、V.B下部は77.1%という値だった。梅雨と比べて外気湿度はほぼ同じ値だったが、教

室の湿度は乾燥していて相対湿度は20%程低い。V. B下部に関しては夏期には値が高いが冬期は約10%程低い値で推移する。

教室A（図-29）は利用頻度が少なく、平均12.5°Cある。北壁（図-30）通気層は夏期と同様、外気温度と同じ様な変動を示すが全体的に1～2°C低めである。

3.2.3 乾燥指数変動

北壁通気層（図-31）の露点温度と断熱材表面温度の比較により、乾燥指数は最大で18°C hとなった。屋根スラブ上部での結露判定は、屋根スラブ上部温度が9.6°Cに対し露点温度は7.4°Cと屋根スラブ上部温度が露点温度より高い。乾燥指数は2.2°C hとなって、屋根スラブ上部での結露はしていない。

外断熱にすると内部結露はなくなるが、外装材と断熱材の境界層では結露がしやすく、特に外装材の透湿抵抗が大きいほど、断熱材との境界層で結露は起こりやすいが、断熱材の低湿側、外気側の外装材との間に通気層を設けた今回の建物の結露発生はない。ただし、冬の北壁通気層は温度差換気が期待できず風力換気のみなので、通気層の幅は十分に確保されなければならない。

3.2.4 炭酸ガス濃度変動

教室の使用回数や人数が少なく（図-32）、炭酸ガス濃度許容値を下回り、空気循環は良好なものとなっている。

3.2.5 屋根断面温度分布

1月10日の午前6時の時点（図-33）で、外気温度-5.5°C、小屋裏温度-3.5°C、2階天井表面温度12.2°Cである。小屋裏は外気より2°C高く、小屋裏と2階天井との温度差は15.7°Cであった。2階スラブ上部の断熱材（G. W300mm）の断熱効果があらわれている。

3.2.6 壁断面温度分布

集中期間で最低温度を記録した1月10日のAM 6:00の値を使い西壁、北壁、南壁について分析した。北壁（図-34、35）は断熱材表面温度-5.4°C、室内表面温度11.6°C、断熱材表面と室内表面で6.2°C、外気と室内で6.5°Cの差がある。又、南壁（図-36、37）では断熱材表面温度-4.3°C、室内表面温度12.6°C、断熱材表面と室内表面で7.3°C、外気と室内で8°Cの差があり、断熱性能の効果は明らかである。

■冬季、建物の大きな熱容量のため各室とも温度は安定しているが、教室としての環境としてはやや低い温度になっている。これは建物の熱容量に対して取得日射量が少ないと、冬期休暇後のデータであったためと考えられる。

3.3 年間の温・湿度実測結果の概要

3.3.1 温度変動

96年11月～98年2月の期間を示す。室内（図-38）においては、外気の変動に比べて11月～5月は18°C、7月～9月は25°C、10月～2月は20°Cと室内は安定していた。1階については（図-

43、2階床スラブ) 各平均値がスラブ下部17.3°C、天井裏空気17.5°C、天井表面17.7°C、スラブ上部16.5°C、2階屋根スラブ(図-42)ではスラブ下部17°C、天井裏空気17.2°C、天井表面17.7°C、スラブ上部16.5°Cである。

小屋裏は夏期を除いてスラブ上部、V.B上部が他の値より高く、全体的に外気の変動と同じ様な変動をしていた。外気の平均が12.4°Cに対し小屋棟13°C、小屋裏12.6°C、断熱材表面12.4°C、V.B上部15.4°C、スラブ上部16.3°Cとなっており、棟換気により小屋裏の温度が外気並になっている。

空調機は夏期に28°C、冬期に22°C前後の設定で運転していた。

北壁は1階(図-46)、2階とも同じ様な変動をしているが若干2階のほうが高い値を示している。外気温度の平均が12.4°Cに対して1階の平均値は室内表面16.5°C、壁表面15.8°C、断熱材表面12.3°C、通気層空気11.7°C、外側表面11.4°C、2階の平均値は室内表面17.8°C、壁表面17.2°C、断熱材表面12.1°C、通気層空気11.8°C、外側表面11.8°Cという値だった。2月では外側表面温度と断熱材表面が0°Cまで温度が下がっていた。

室内表面温度は外断熱工法の為、蓄熱されていることが明らかになっている。室内気温の変動と室内側表面温度の差が大きくない。

3.3.2 湿度変動

室内(図-39)の湿度変動は外気温度ほどではないが、乾燥する冬期で45%付近で変動している。梅雨時期では65%付近で変動をしていた。1階と2階では乾燥する時期と梅雨時期で値が逆転しており、乾燥時期だと2階の湿度が高く梅雨時期だと1階の値が高くなっていた。年間の平均値は外気が63.2%、1階教室Aが51.2%、2階研究室が50.7%で、平均値ではあまりかわらないが時期により1階と2階の値が高くなったり低くなったりと逆転していた。

小屋裏の湿度変動(図-40)に関しては、V.B下部が85%を、若干の変動はあるがどの時期でも一定の値だった。これは屋根スラブと断熱材の間にV.Bがあるのだが、外気と接触がなく、コンクリートの水分も抜けていないため高めで推移しているが徐々に低下傾向にある。小屋裏湿度は外気の湿度変動より8%程低く推移する。棟換気口の機能が十分発揮されている。

3.4 エネルギー実測結果の概要

実測建物の熱損失係数は1.14(kcal/m² h °C)と断熱・気密性が優れている。各室に個別の空調機を導入する事により、低負荷型のエネルギー消費につながる様に計画されている。電力エネルギー消費量は(図-47)は全体の建物群(図-49)の合計であり、図書・講義棟のみのデータはないが高い省エネルギー性能が得られている。

3.5 熱負荷

SMASHによる熱負荷計算で年間での熱負荷を出した。最寒日データを使用した全室の最大暖房負荷は10時のデータが一番熱負荷がかかっており、72989kcal/hで全館床面積1m²あたりの値は、143.3kcal/hm²である。この建物は教室として使用されるので学生が集まる時間に熱負荷がかかっているのが分かる。最暑日データを使用した全室の最大冷房負荷は16時のデータが一番熱負荷がかかっており、17607kcal/hで全館床面積1m²あたりの値は、34.6kcal/hm²である。16時に一番熱負荷が大きいのは西日の影響と考えられる。月間負荷では1月が一番暖房負荷がか

かっており9950.6Mcal/Mで全館床面積1m²当たりの値は、19.54Mcal/Mm²である。冷房負荷は8月で3281.03Mcal/Mで全館床面積1m²当たりの値は、6.44Mcal/Mm²だった。年間を通じての暖房合計は30946.08Mcal/Mで、1m²当たりの値は60.77Mcal/Mm²で冷房合計は4986.48Mcal/Mm²、1m²当たりの値は9.79Mcal/Mm²であった。

4. 期待される成果

4.1.1 外断熱工法による断熱性能

冬の朝方の一番寒い時間帯の壁断面温度分布により分析すると、断熱材表面と室内表面との温度差は最大19°C近くあった。外気が氷点下5.5°Cを記録しているのに対し、南側の室内では13.5°C以上、北側の室内でも12°Cあり、室内では寒さを感じないほどの温度であり高い断熱性能が得られている。また、構造体であるコンクリートの内と外で温度差が1°Cしかなく、コンクリート全体が一様な温度に保たれていることが検証される。夏でもコンクリート内温度は25°C近くで安定しており、年間を通して変動がわずかであるが、温度応力が小さくなり、コンクリートのひび割れなどの防止にも有効である。また、室内表面温度が高いことから家具などの背部の低温下が和らげられるので、表面結露の防止に有効であると言えよう。

熱容量の大きいコンクリートの特性を外断熱によって有効に活用している。熱容量が大きいと温度変動率が低くなる。さらに外断熱工法による高い断熱性能から、熱損失係数は小さい値が検証されている。温度変動率が低いということは室内温度変動が緩やかになり暖房効率が上がることになる。室内温度変動をみてもわかるように室温がほぼ一定で安定している。

熱容量は大きいコンクリート建物を暖房する際、当初はコンクリートに熱を奪われ、温度上昇は時間がかかるが、コンクリートに蓄積された熱は外断熱により外気側に逃げにくく、室内の温度は冷めにくくなる。断面温度分布をみても、コンクリートの内と外で温度差が1°Cしかないことが確認される。室内の温度が冷めにくいということは、少ないエネルギーで安定した室温を保ち続けることが可能である。

外断熱工法は熱容量の大きな建物のさめにくいという特徴をうまく利用して、室内温度変動の緩やかで、快適な室内環境の形成が検証されている。

4.1.2 防露性能

冬期の壁体の内部結露の有無を乾燥指数により判定し、乾燥指数が一番低い値で1.5°C hだが、それ以外では5°C h以上の値で推移している。平均値も8.65°C hと結露はしていないことが明らかになった。相関図ではR=0.97~0.98と外気温度と通気層温度の相関関係が高く、外気を通気層に取り入れることにより、壁内湿度が高くなるのを防ぎ内部結露を防止している。

屋根スラブ上部の結露性状は夏期・冬期で実測し、乾燥指数はどの期間もマイナスの値は示さず、相対湿度は高いが結露の発生はしていない。

4.1.3 屋根の遮熱性能

夏期において15時の時点での外気温と小屋裏温度の温度差は0.6°C小屋裏が低い。通常50°C以上になるが40°C前後に収まっている。小屋裏が大きな空間なので屋根から伝わってきた熱をスラブ上部の断熱材で断熱し、棟換気により熱せられた空気を外に排出していることが検証されたと言え

よう。

4.1.4 小屋裏の断熱性能

冬の断熱性能は、屋根断面温度分布より、断熱材の表面と裏面で15°Cの差があり断熱の効果が検証されている。夏の断熱性能は断面温度分布より、断熱材の表面と裏面で12.1°Cの差がみられる。小屋裏からの熱を確実に断熱していることが明らかになっている。

4.1.5 通気層の防暑効果

外壁通気層は、夏の日射を受けたとき、外気と熱せられた空気との間が浮力が生じ、熱せられた空気は外気に排出されることが確認され、外壁通気層の防暑作用が検証された。

4.1.6 空気環境

気密性の向上により空気汚染の問題が生じ易いが、炭酸ガス濃度変動から計画的な換気により、ほとんどの時間帯で規準値1000ppm以下に抑えられている。学生数が少ないということはあるが環境的に必要な換気量は確保されている。

4.1.7 気密性能

気密測定を行った結果、隙間相当面積は $1.02\text{cm}^2/\text{m}^2$ と北海道の規準を上回る高い気密性（表-7）である。コンクリート系建物は本来、気密性は高いが、そこに高気密サッシュを使用することにより、さらに気密性能を高めている。気密性を高くすることは隙間風の熱損失が小さくなるということである。計算により求めた開口部の熱損失は、169.7(kcal/h°C)であり全体の30%ほどである。断熱性能がよいため開口部の熱損失の割合は大きくなるが、一般に使用される窓よりは小さい。

4.1.8 省エネルギー

実測建物の熱損失係数は、 $1.14(\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$ であり（北海道基準が1.2以下）、関東地方では十分すぎるほど断熱・気密性が優れていることがいえる。外断熱効果や空調システム、また熱容量の影響などの結果から、高い省エネルギー性が得られている。関東地方の暑い夏季での省エネルギー性能は、棟換気や庇による日射カットや小屋裏容積が大きいことにより効果があらわれている。

4.1.9 空調システム

室内の温度上昇は、分単位のデータがないのではっきりとは言えないが、空調機と室内温度上昇のデータから温度上昇は比較的早いことが明らかになっている。コンクリートに今まで暖められた熱が、ある程度蓄熱されているため、コンクリート内に熱が蓄積されていなければ、コンクリートに熱を奪われ、室内温度が上昇するのに時間がかかる。一度室内を暖めたらその温度を維持するには少量のエネルギー消費ですむことになる。この建物は小型の空調機ですんでおり外断熱の効果が有効に機能している。

4.1.10 おわりに

本研究で行った実測結果から、外断熱（高断熱高気密化）+パッシブ手法のコンクリート系建物の温熱環境は、やや低めで推移するが良好な室内環境形成がなされていることが明らかになった。

また、関東地方の温暖湿润な気候による結露が憂慮されていたが、断面構成を検討することで湿度が高く推移する程度で結露の発生には至っていない。外断熱のコンクリート系建物では熱容量をうまく利用して間欠暖房することにより、すくなめのエネルギー消費でも小規模の建物では、室内環境を良好なものに保てることが明らかになった。

外断熱の特徴は、建物のロングライフ化や省エネルギー化が求められている今日多くの利点を有しており、今後、温暖地域にも積極的な利用を期待する。

5. 研究発表の実績

日本環境管理学会第12回研究発表会（平成11年10月）に発表

引用文献・参考文献

- 1) 石田 秀樹：「断熱を活かした夏の住まいづくり」、断熱読本3、北海道外断熱建築協議会 1994.8
- 2) 鈴木 憲三：「断熱と暖房」：北海道外断熱建築協議会、断熱読本2、1994.1
- 3) 荒谷 登：「外断熱とその効用」：外断熱工法ハンドブック、北海道外断熱工法協議会 1991
- 4) 永峰 章：「超高気密・高断熱化住宅の熱・空気環境調査」、東洋大学工学部研究報告 vol. 35、平成7年8月
- 5) 永峰 章・土屋喬雄：「高断熱・高気密化住宅の壁体の防露性能に関する研究」（その1）日本建築学会関東支部報告集、vol. 62、平成4年
- 6) 永峰 章・土屋喬雄：「建物の断熱構造化と結露防止に関する研究」その1、日本建築学会学術講演梗概集、平成3年2月
- 7) 永峰 章・土屋喬雄：「断熱施工の違いによる気密性と透湿性に関する研究（その1）」日本建築学会関東支部報告集、vol. 61、平成3年2月
- 8) 須釜洋年・土屋喬雄・永峰 章：「外壁通気層の防湿・防暑効果に関する研究」日本建築学会学術講演梗概集、平成元年9月
- 9) 永峰 章・土屋喬雄：「木造住宅のパッシブ化に関する研究」その1、空気調和衛生工学会学術講演論文集、昭和63年10月
- 10) 永峰 章・伊藤直明・土屋喬雄・梅千野晃・鹿又信一・柳井 崇：「コンクリート系パッソーラーハウスの熱性能に関する実測解析」（その1）概要と夏期実測結果、空気調和衛生工学会学術講演論文集、昭和61年10月
- 11) 永峰 章・土屋喬雄・伊藤直明・桃田孝一・梅千野晃：「全室熱移送を考慮した木質系パッシブソーラーハウスの熱性能に関する実測解析」（その1）実験棟の概要と夏期実測結果、空気調和衛生工学会学術講演論文集、昭和60年9月
- 12) 永峰 章・鹿又信一：「木質系パッシブソーラーハウスの計画と性能の実測」4) 夏期の建物性能について、日本太陽エネルギー学会、第11回研究発表会講演論文集、1985.12

表-1 全体建築概要

名称	日本キリスト教会神学校
建築場所	埼玉県川越市大字吉田字新田2-2と1-11
用途地域	用途地域の指定のない地区(住宅地域に準ずる)
敷地面積	3,394.28m ² (1026.7697坪)
建築面積	1,063.49m ² (321.69坪)
延床面積	1,408.90m ² (426.19坪)
建ぺい率	31.33%
容積率	41.50%

表-2 図書・講義棟概要

構造概要	壁式鉄筋コンクリート造
建築面積	306.17m ² (92.61坪)
床面積	2階: 255: 42m ² {78: 13坪}
延床面積	515.42m ² (155.90坪)
建ぺい率	60%
容積率	200%

表-3 外部仕上表

基礎	リブスモルタル 730 剥毛引 赤松下見板 722 (働き135) WPS
外壁	一部カラーガルバリウム鋼板 70.35 立パネル 二部カラーガルバリウム鋼板 70.35 立パネル
屋根	カラーガルバリウム鋼板 70.35 瓦棒
軒天井	有孔防火軒天板 712 AEP 基礎: FP板(B-2) 7100
断熱材	屋根: GW24kg品 7300 壁: GW24kg品 7100 (50+50)
外部建具	木製建具(スチーナ製) ガラス: 透明トライカルガラス (一部熱線反射ガラス入, 一部強化ガラス入) ノルド扱い
テラス	床: 防水モルタル金コテ仕上 手摺: 204材 @120 WPS
屋外階段	壁面: 脳上井: 防水モルタル金コテ仕上 730, 段鼻: ノンスリップタイル貼 壁: 弹性咬合ダイル仕上
換気小屋	屋根: カラーガルバリウム鋼板 70.35 立パネル 壁: 防火軒天板 712 AEP 一部構造材露シ WPS, 木製ルーバー: 松 40 @60 WPS
外部物置	床: コンクリート金コテ仕上 壁: PB 712.5 素地, 天井: コンクリート打放シ (普通型枠)

表-4 内部仕上表

床	塗ビシート貼 72 ガーベットタイル 76.5 (教室A・B・C・D, 研究室, 構師室)
巾木	松 H=60 CL
壁	下地: コンクリート LGS W=65 仕上: アクリル内装用吹き付はり仕上 PB 76 部分アクリル打放し 目透シ貼
天井	下地: LGS @300 粒吸音板 712 直貼工法

■ ■設計者 (有) 北海道建築工房 小室雅伸

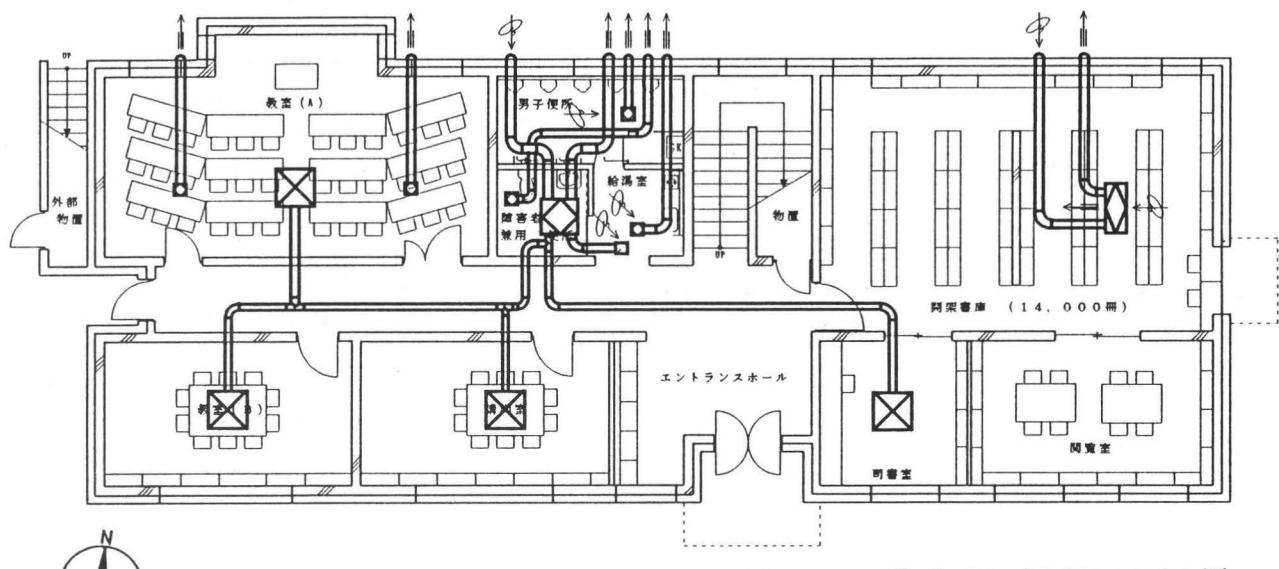


図-1 1階平面及び空調システム図

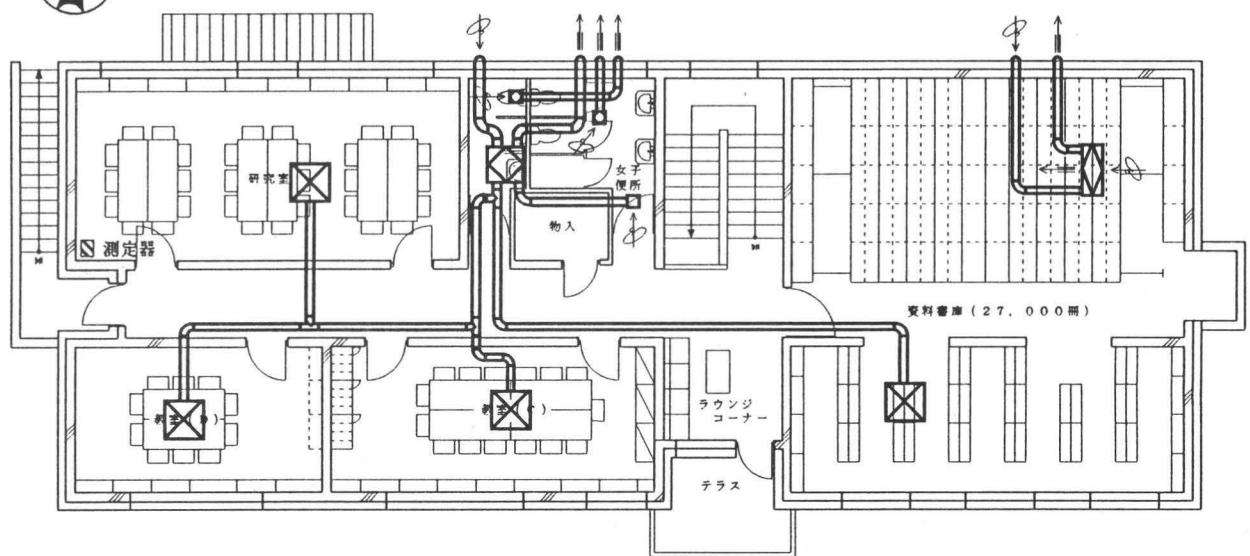


図-2 2階平面及び空調システム図

表-5 空調機仕様表

据付場所	機器名称	設置	冷房能力	暖房能力	動力
教室B・C・D, 講師室, 資料書庫	ヒートポンプエアコン	天井埋込セット型	3150kcal/h	4020kcal/h	125w
教室A, 研究室	同上	同上	5000kcal/h	6380kcal/h	125w
司書室	同上	同上	4000kcal/h	5100kcal/h	125w

表-6 換気扇仕様表

据付場所	機器名称	設置	能力	動力
図書・講義棟	空調換気扇	天吊埋込型	34.5dB以下 400CMH×7mmAq	385w
資料書庫, 開架書庫	同上	天吊セット型	37dB以下 200CMH×5mmAq	120w
図書・講義棟	天井扇	低騒音型	プラスチク製 260CMH×5mmAq	45w

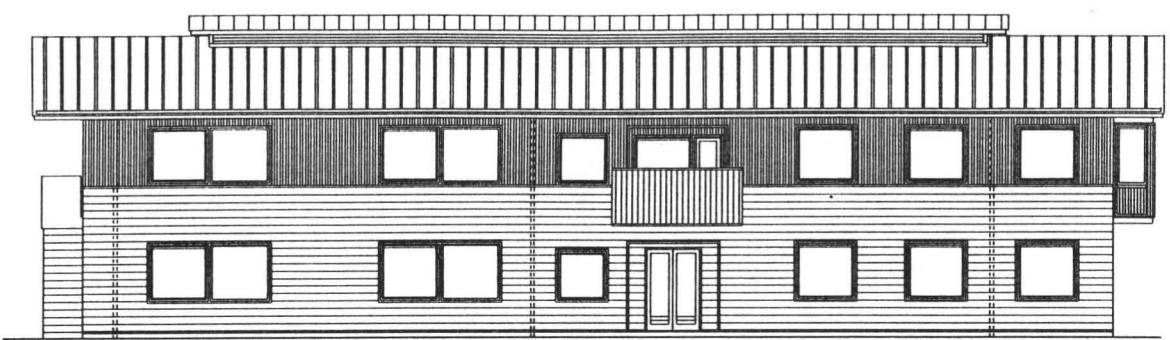


図-3 南立面図

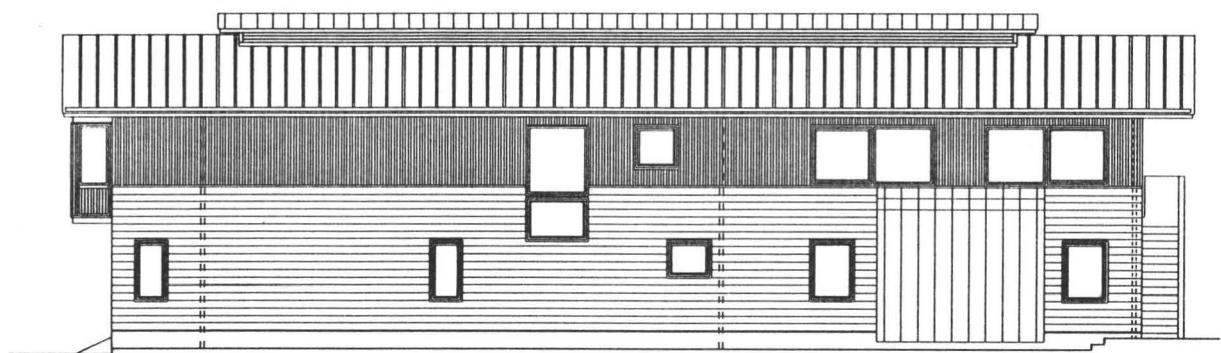


図-4 北立面図

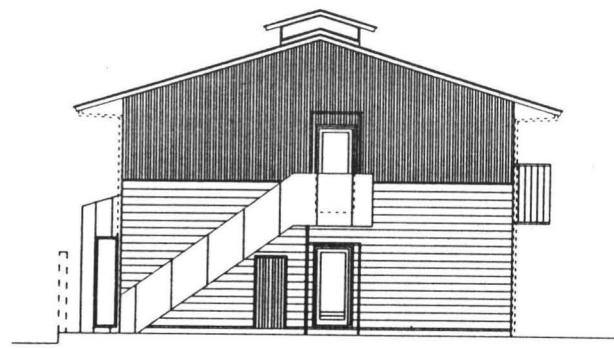


図-5 西立面図

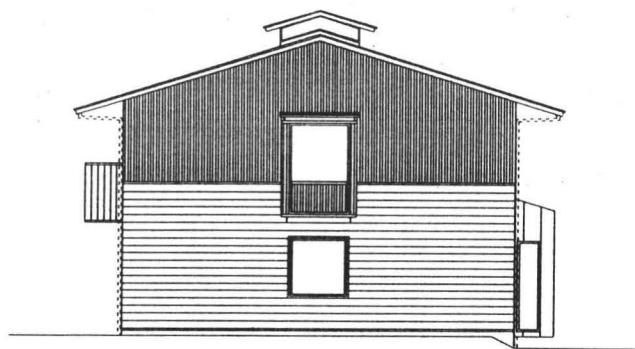


図-6 東立面図

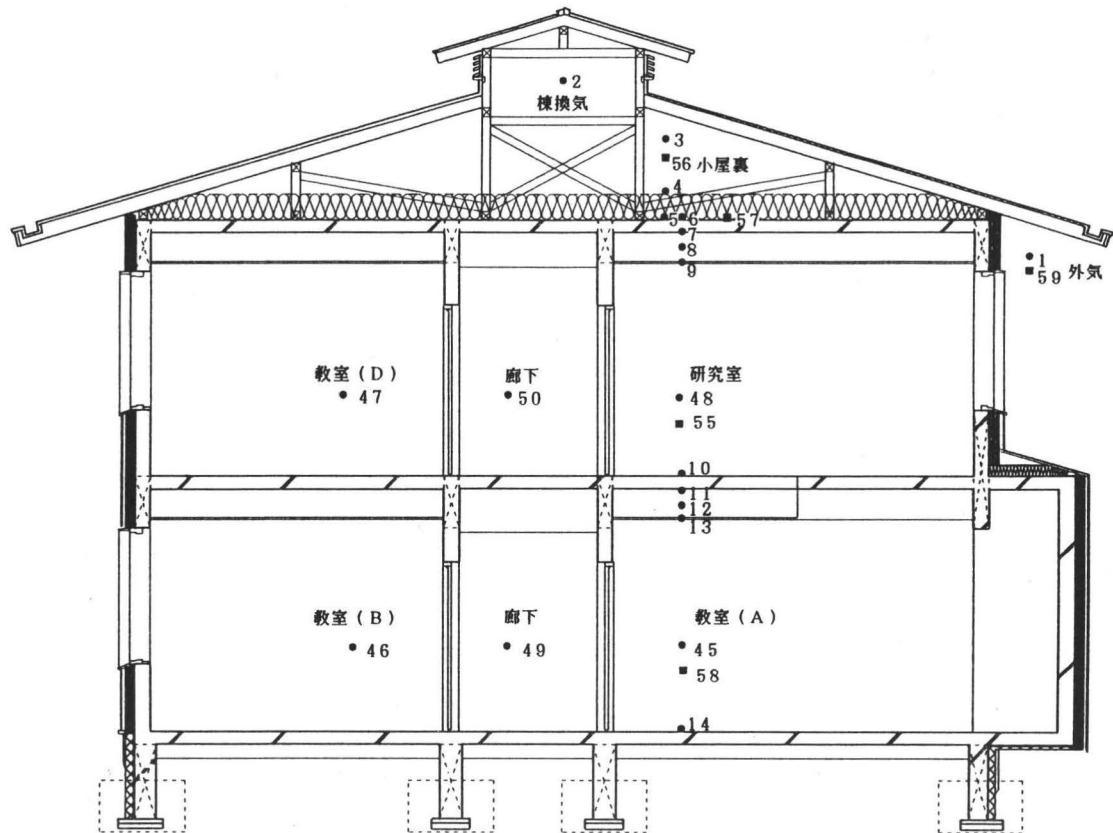


図-7 断面図及びセンサーポイント表

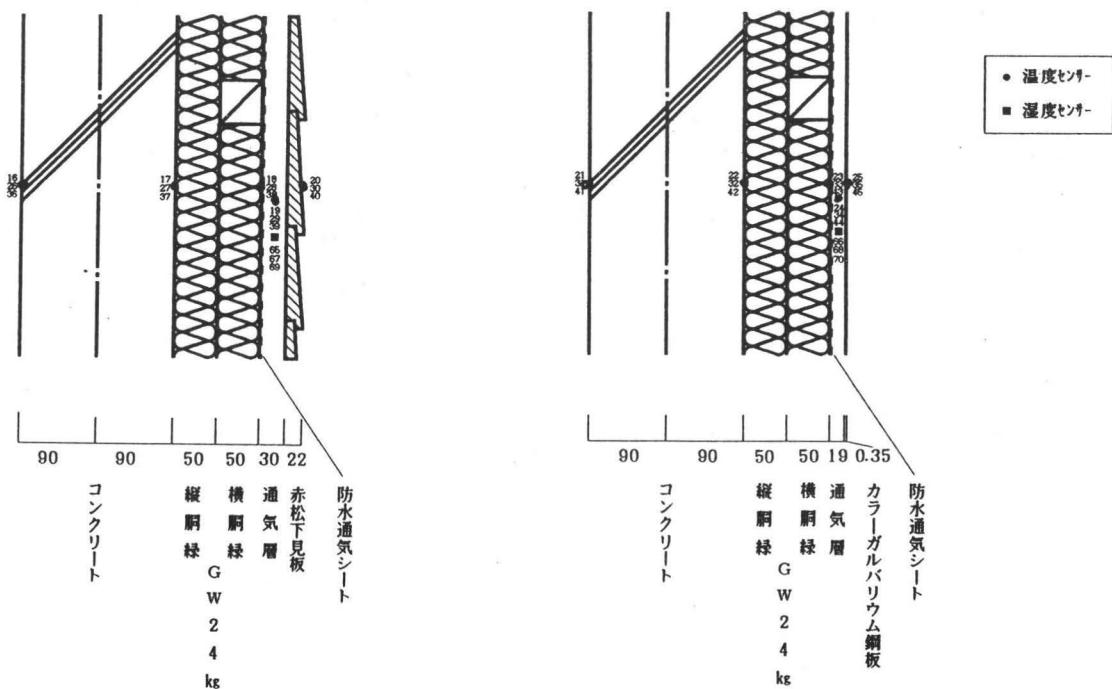


図-8 1階外壁断面図

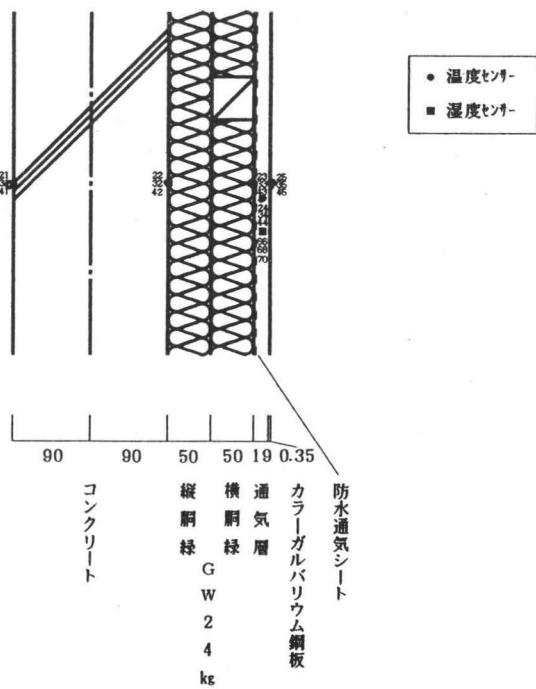
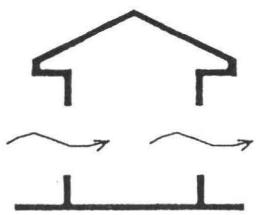


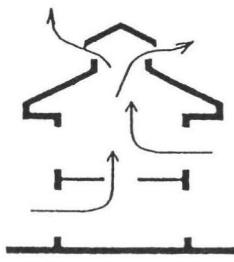
図-9 2階外壁断面図

バッシア
クリーリング

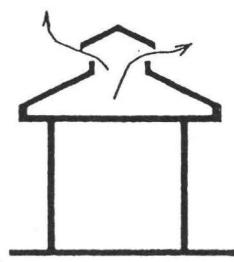
通風



天窓、高窓からの排熱



小屋裏換気



土間床



底直射光カット



樹木
日陰効果

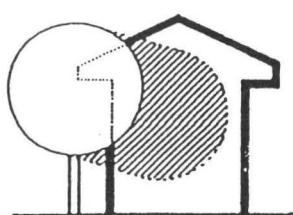


図-10 外気温度と小屋裏温度の相関図
1997年8月7日～13日

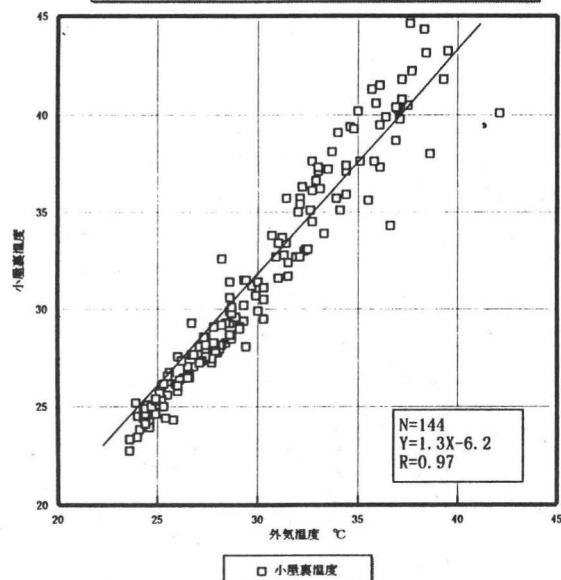


図-11 外気温度と教室A温度の相関図
1997年8月7日～13日

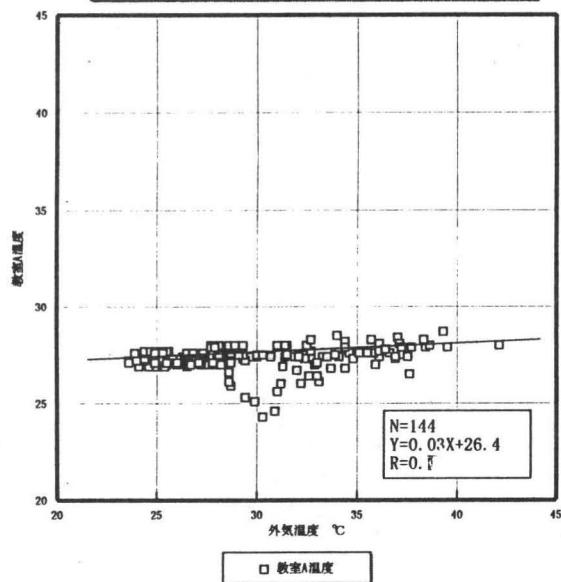


図-1.2 外気温度と南壁通気層温度の相関図
1997年8月7日～13日

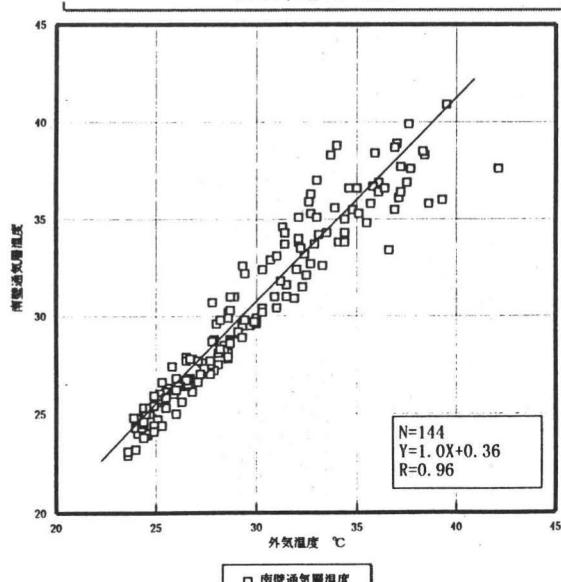


図-13 外気・室内温度変動
1997年8月7日～13日

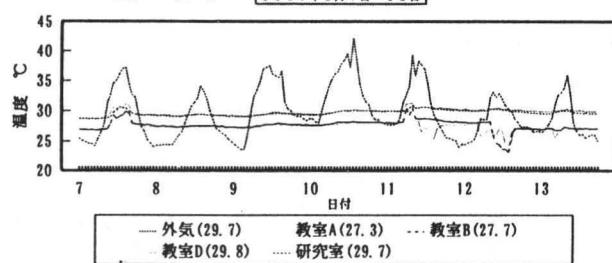


図-14 外気・室内温度変動
1997年8月7日～13日

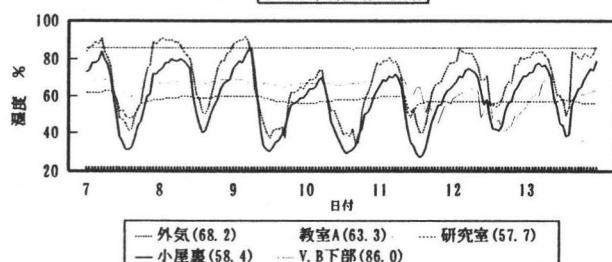


図-15 外気温度と教室A温度変動
1997年8月7日～13日

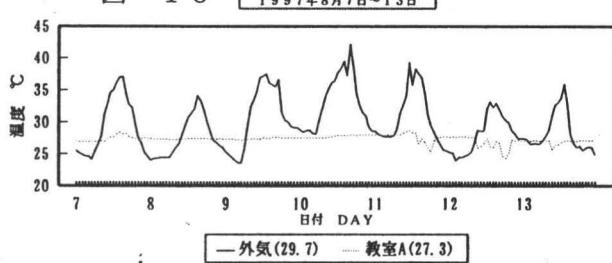


図-16 外気温度と南壁通気層温度変動
1997年8月7日～13日

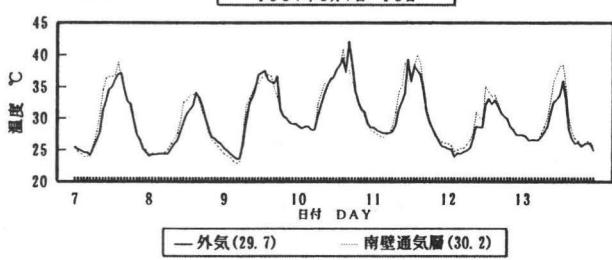


図-17 屋根スラブ乾燥指數
1997年8月7日～13日

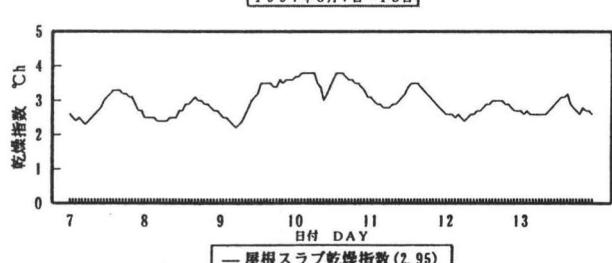
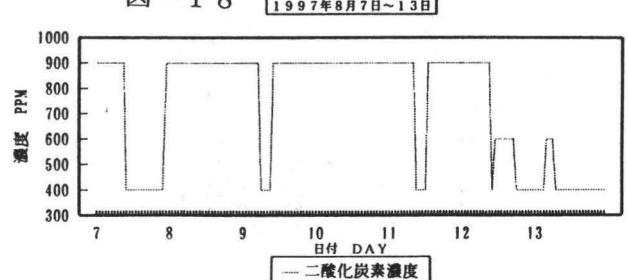


図-18 二酸化炭素濃度
1997年8月7日～13日



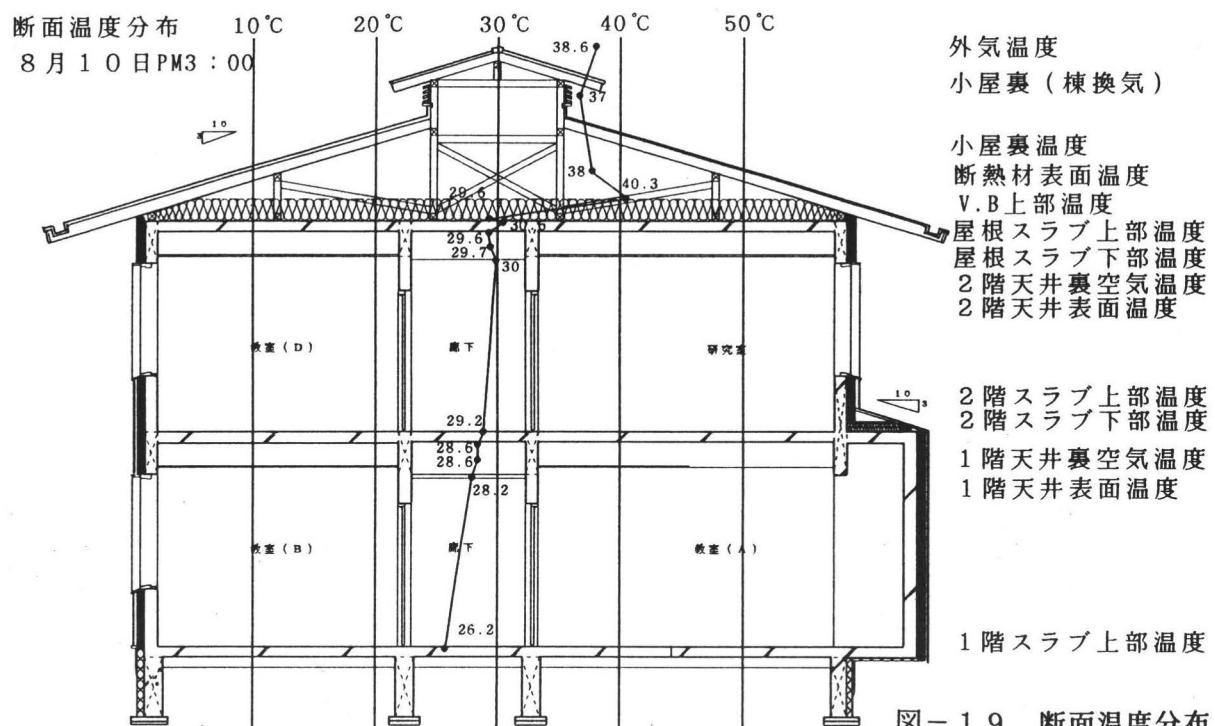
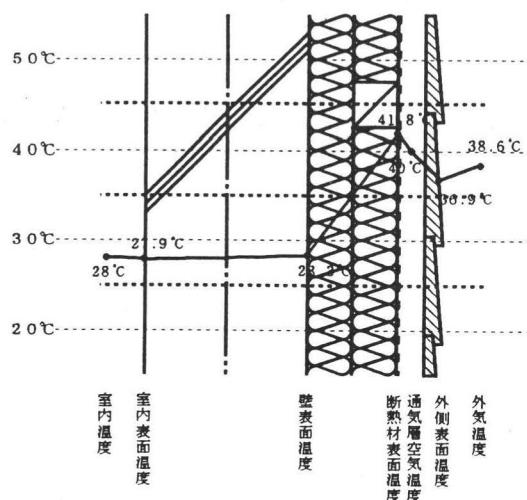


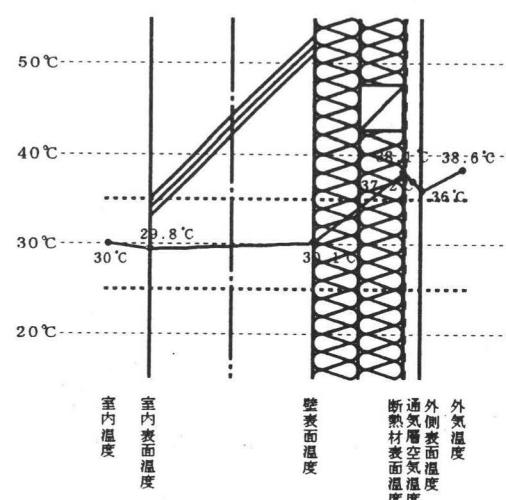
図-19 断面温度分布

図-20 1階西壁断面温度分布



97年8月10日PM3:00

図-21 2階西壁断面温度分布



97年8月10日PM3:00

図-22 1階南壁断面温度分布

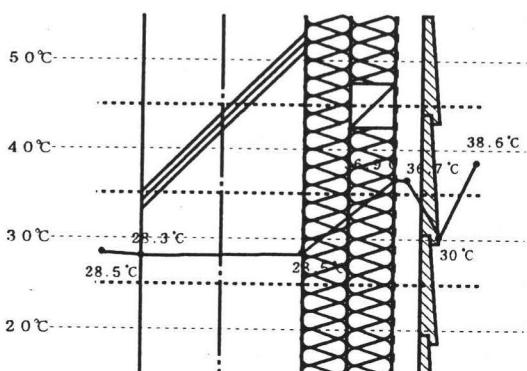
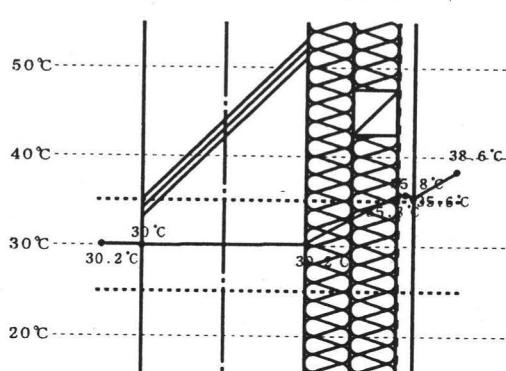
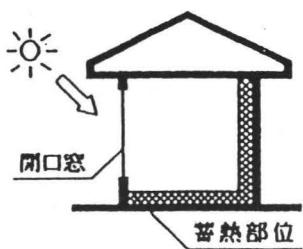


図-23 2階南壁断面温度分布

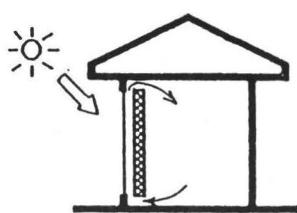


パッシブヒーティング

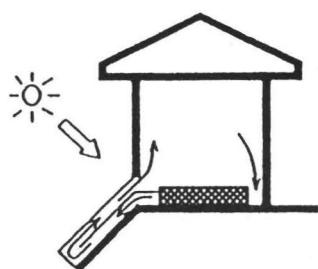
直接集熱型
(ダイレクトゲイン)



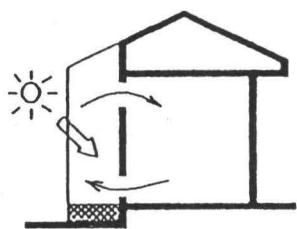
間接集熱型
(トロフィーウィール)



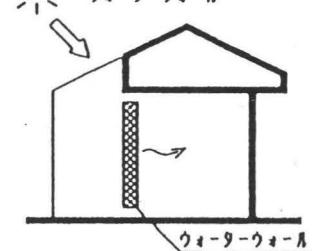
サーモサイフォン



付設温室
アイルイトゲイン



ウォーターウィール



屋根集熱 + 壁蓄熱型

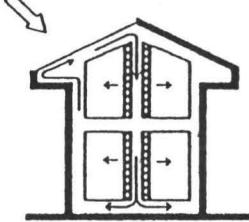


図-24 外気温度と小屋裏温度の相関図
1998年1月8日～15日

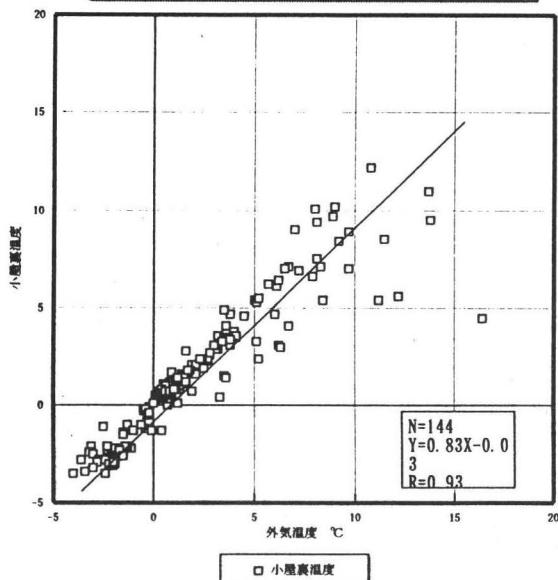


図-25 外気温度と教室A温度の相関図
1998年1月8日～15日

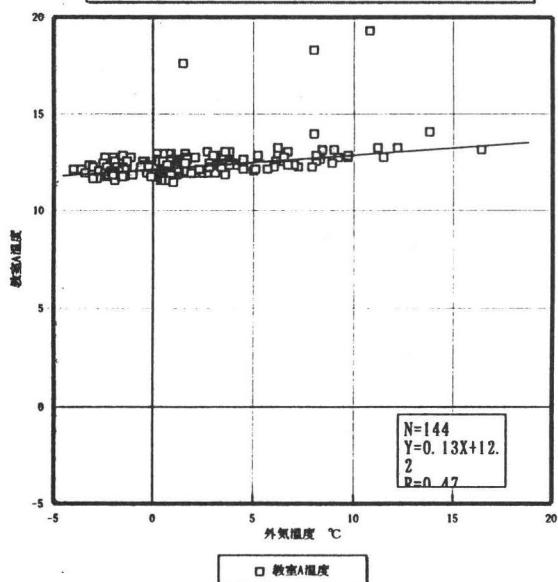


図-26 外気温度と北壁通気層温度の相関図
1998年1月8日～15日

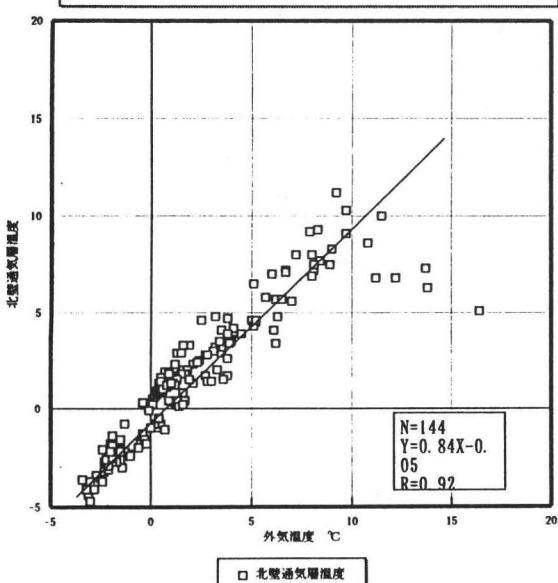


図-27 外気・室内温度変動
1998年1月8日～15日

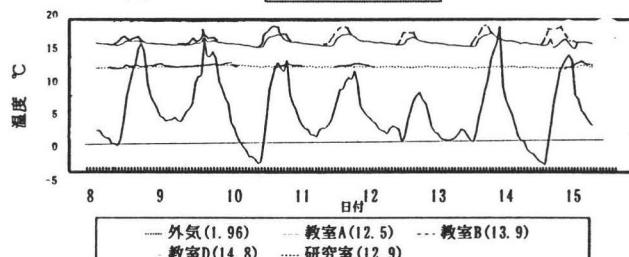


図-28 外気・室内温度変動
1998年1月8日～15日

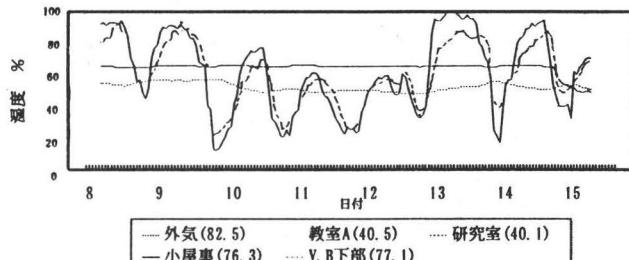


図-29 外気温度と教室A温度変動
1998年1月8日～15日

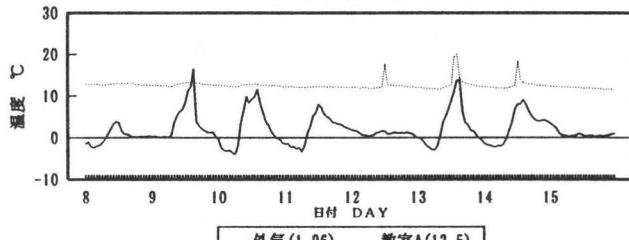


図-30 外気温度と北壁通気層温度変動
1998年1月8日～15日

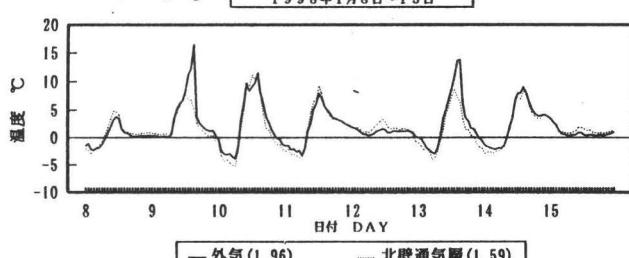


図-31 北壁乾燥指数
1998年1月20日～27日

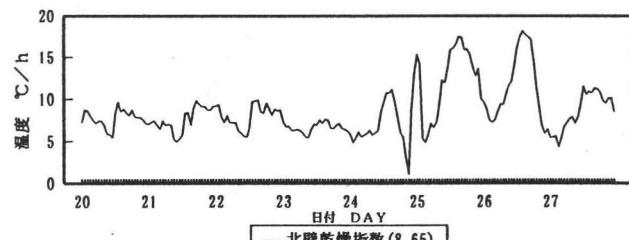
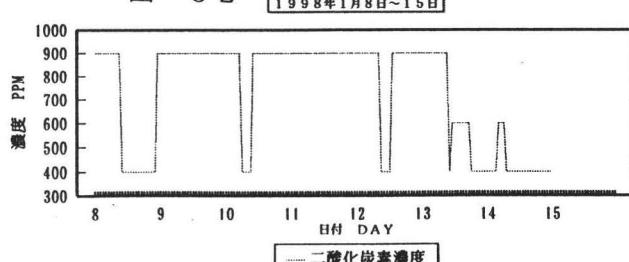


図-32 二酸化炭素濃度
1998年1月8日～15日



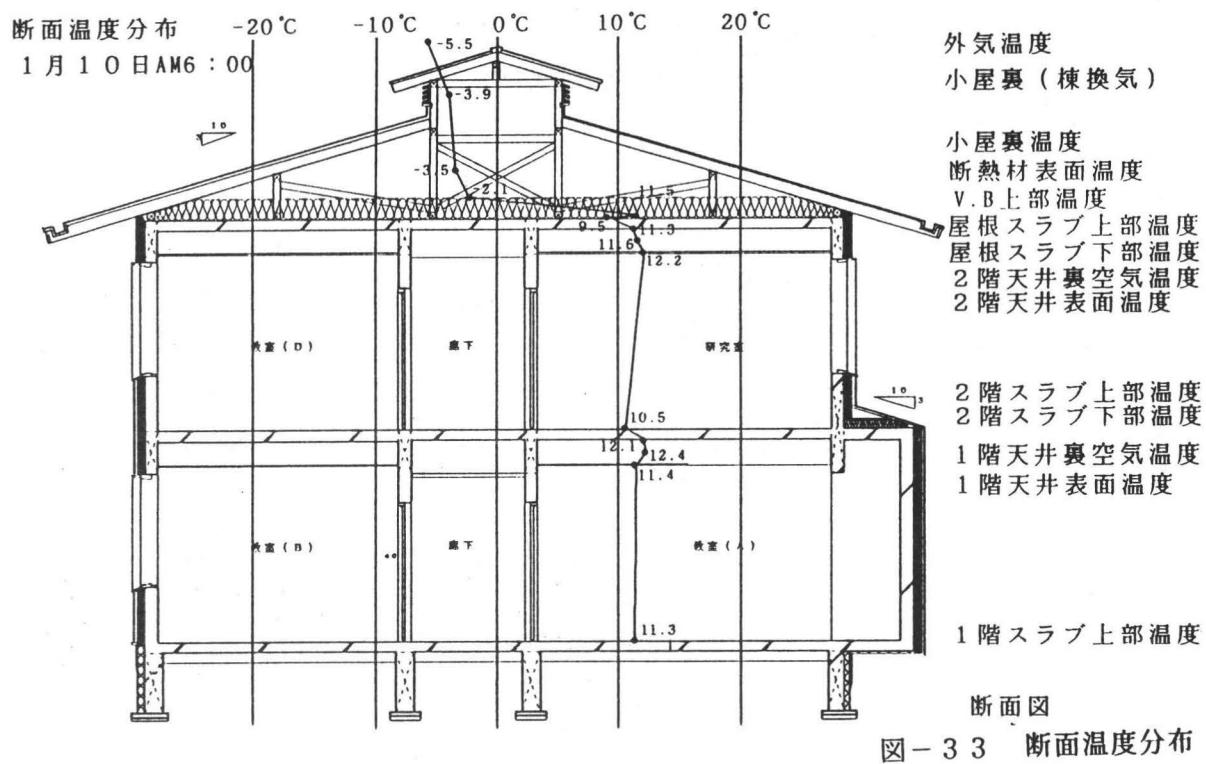
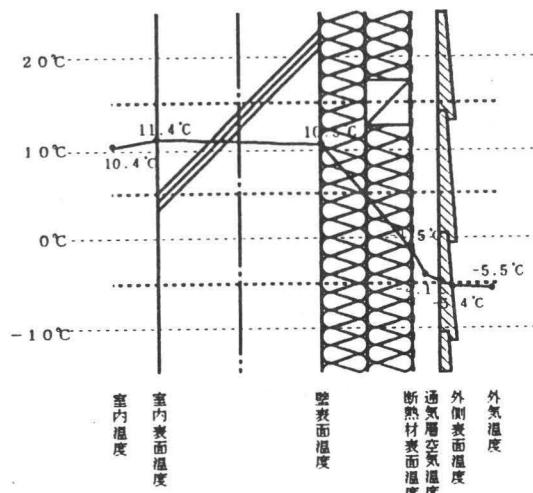


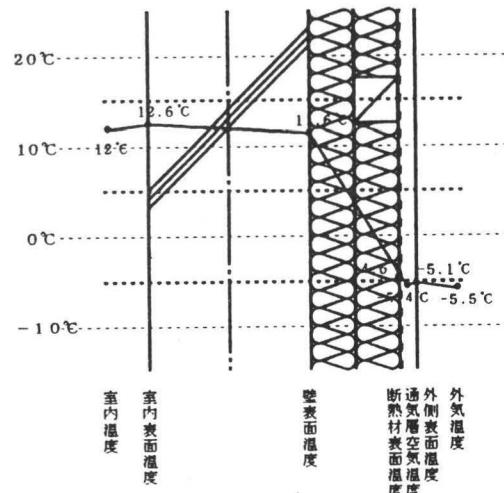
図-33 断面温度分布

図-34 1階北壁断面温度分布



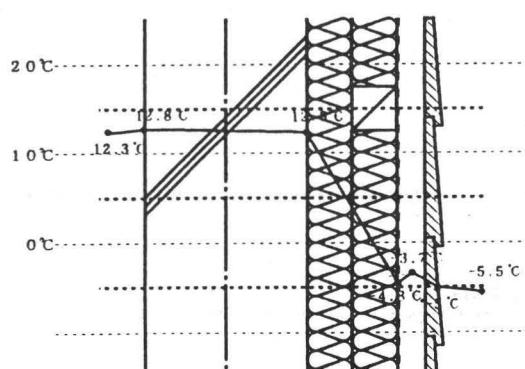
98年1月10日AM6:00

図-35 2階北壁断面温度分布



98年1月10日AM6:00

図-36 1階南壁断面温度分布



- 29 -

図-37 2階南壁断面温度分布

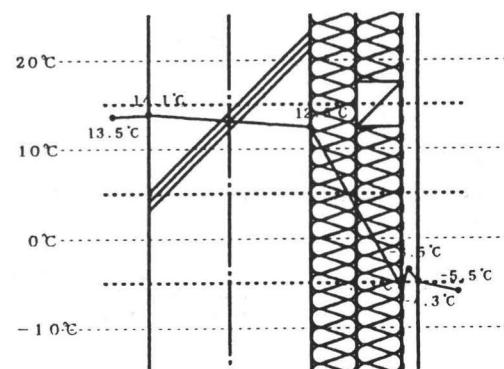


図-38 年間変動(室内)

96年11月～98年2月

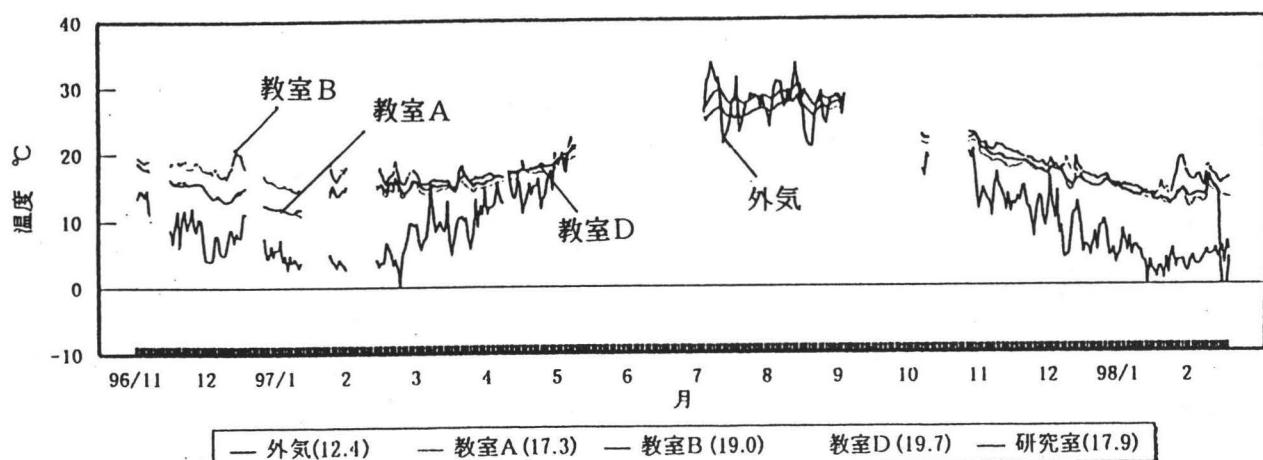


図-39 年間変動(室内湿度)

96年11月～98年2月

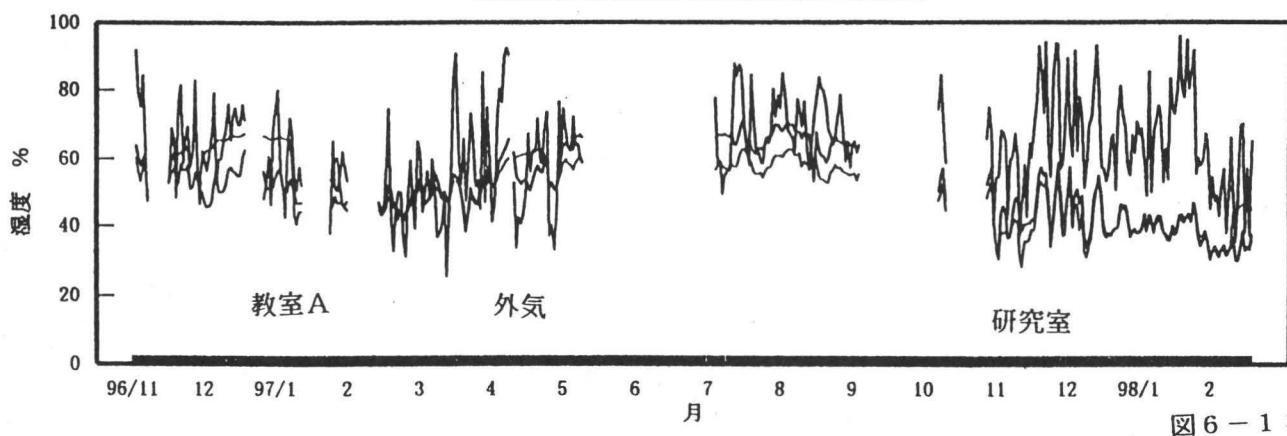


図6-13

図-40 年間変動(小屋裏湿度)

96年11月～98年2月

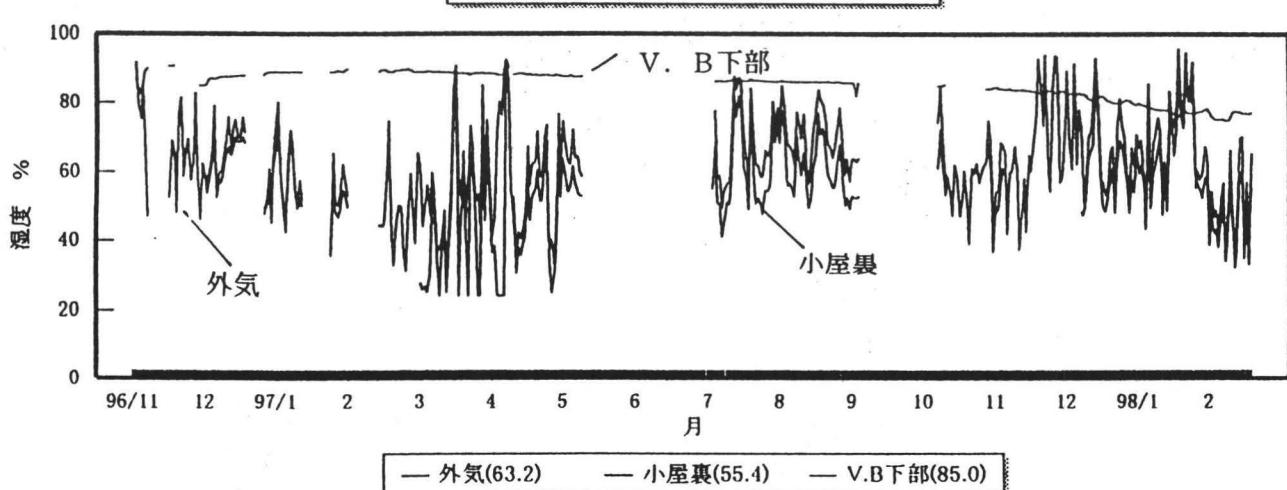


図-41 年間変動(小屋裏)

96年11月～98年2月

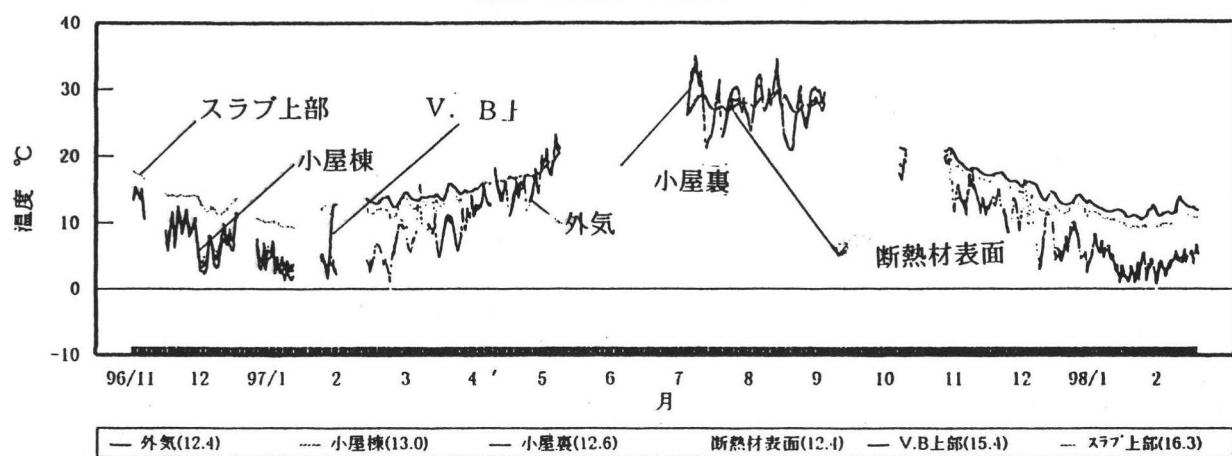


図-42 年間変動(2階)

96年11月～98年2月

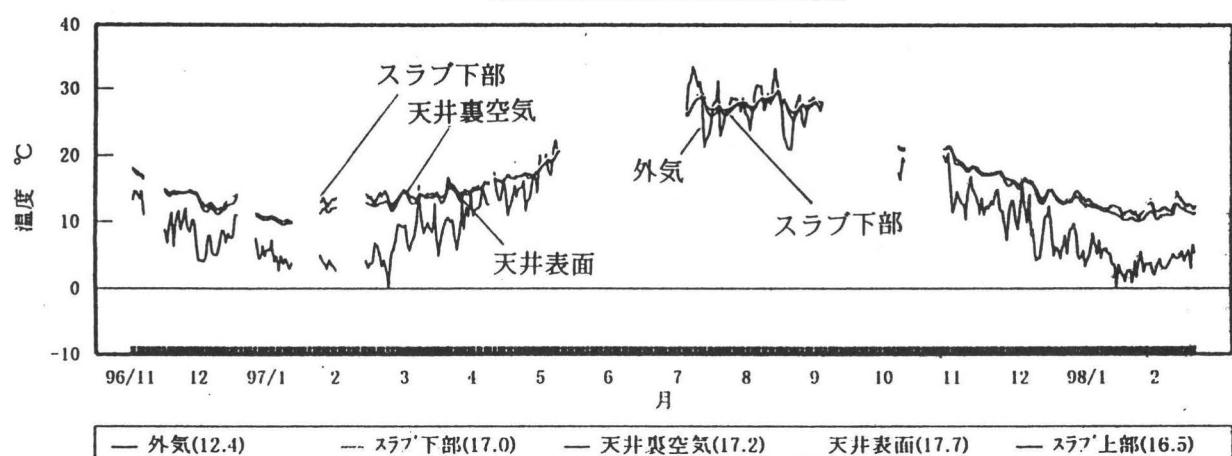


図-43 年間変動(1階)

96年11月～98年2月

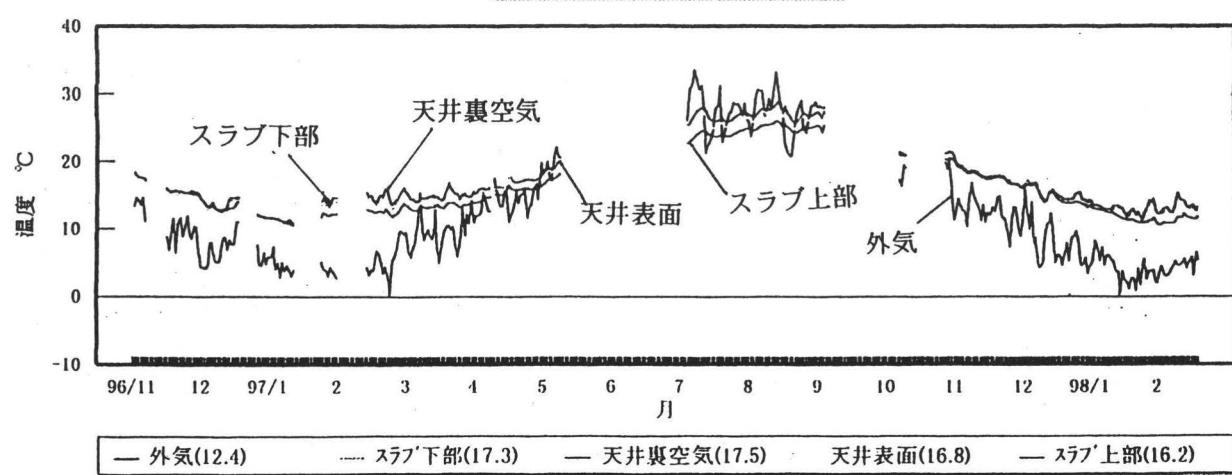


図-44 年間変動(2階南壁)

96年11月～98年2月

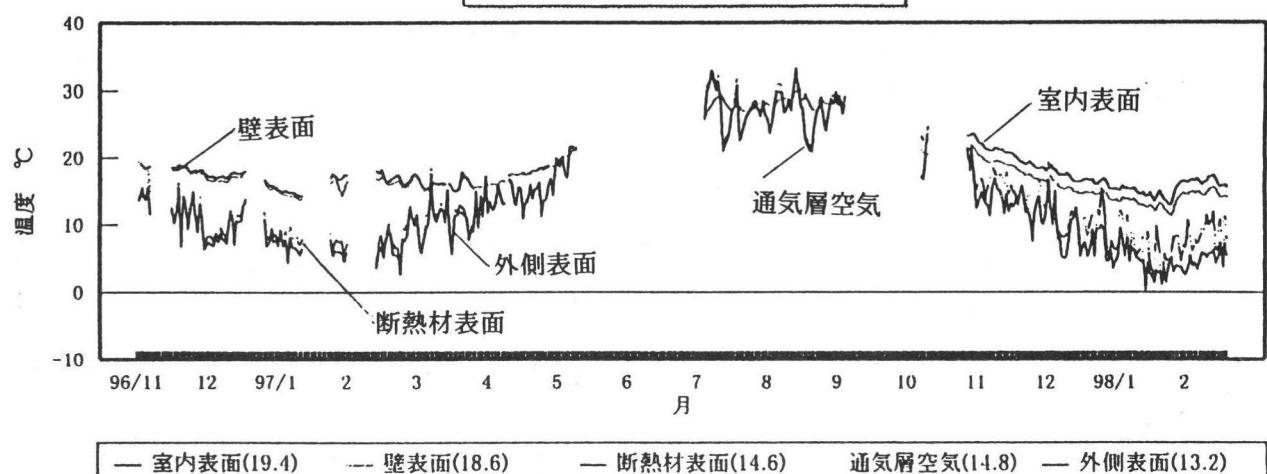


図-45 年間変動(1階西壁)

96年11月～98年2月

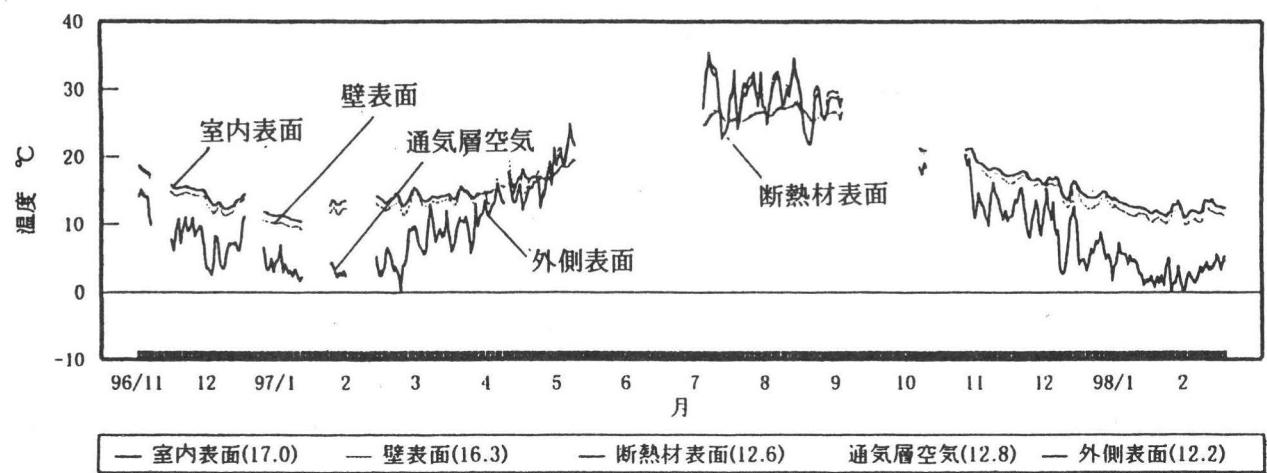
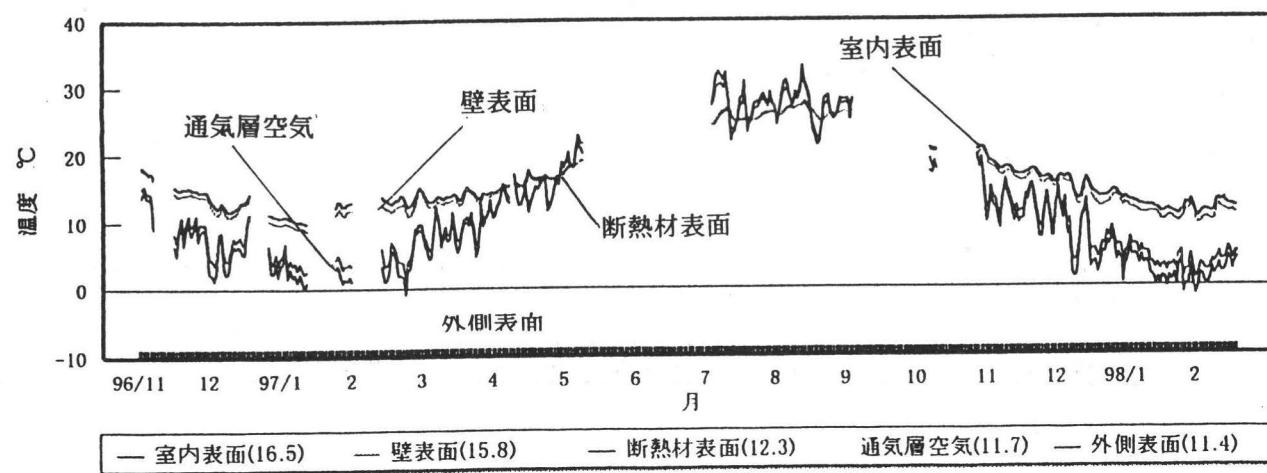


図-46 年間変動(1階北壁)

96年11月～98年2月



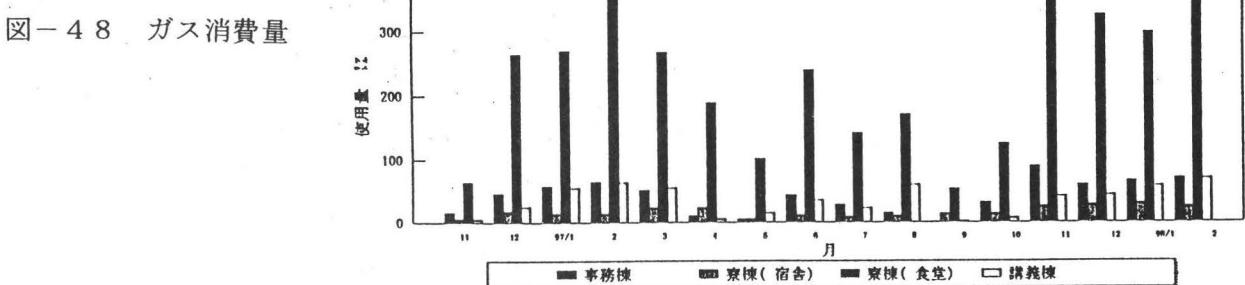
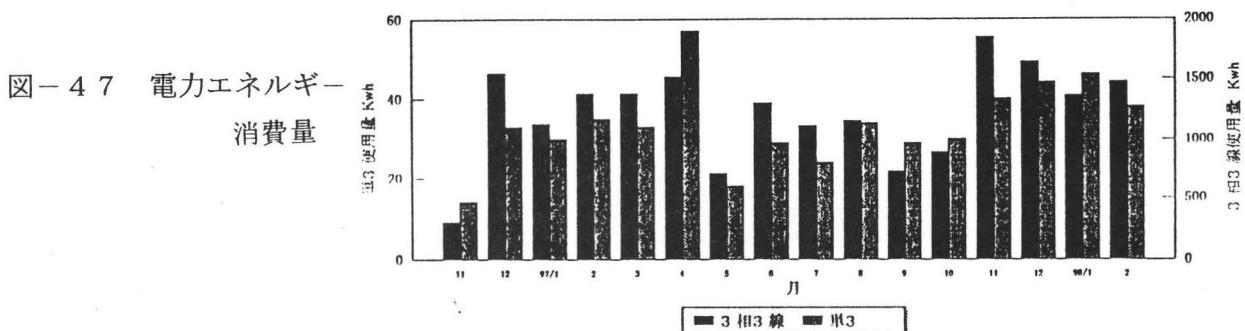
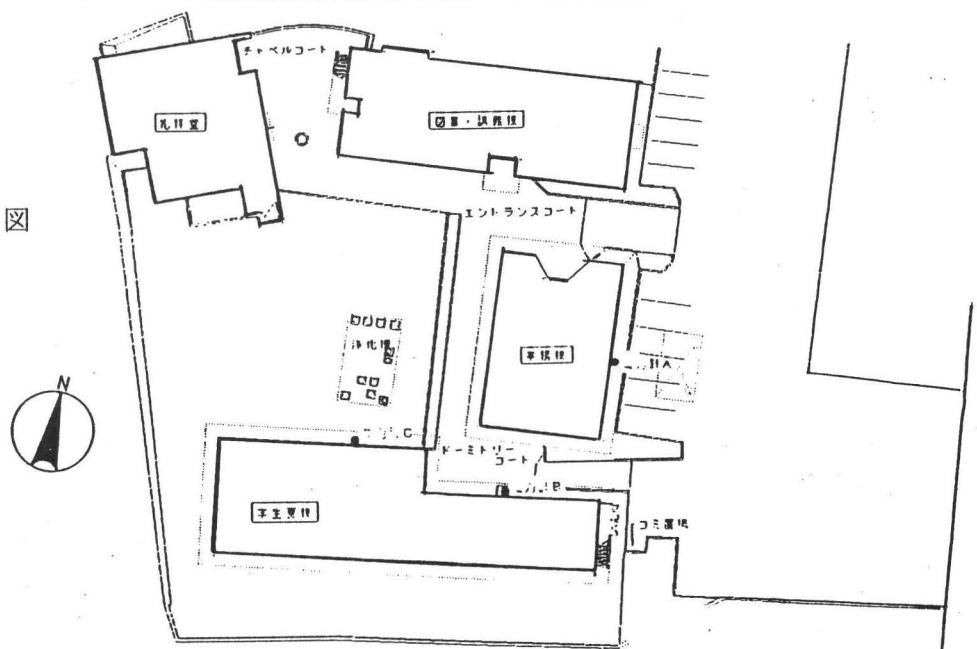


図-49 配置図



■ 表-7 気密測定結果

1. 測定日時 平成8年12月19日午後3時
2. 測定機器 アメニティアロスター KNS-4000
KONA Sapporo Co., LTD
3. 機器モード 手動測定
4. 延床面積 515.42m²

データNO.	総隙間相当面積 (αA)	通気率	隙間特性値 (n)	室内温度 (°C)	外気温度 (°C)
0001	524cm ²	756.0	1.7	16.4	9.1
0002	520cm ²	750.2	1.7	16.0	9.0

データNO.	係数 (b)	50.0pa時の確定流量	9.80pa時の確定流量	隙間相当面積
0001	0.693	1951m ³ /h	737m ³ /h	1.02cm ² /m ²
0002	0.693	1913m ³ /h	732m ³ /h	1.01cm ² /m ²

1-3 建築材料のカビ発生実態調査と 防止に関する研究

お茶の水女子大学 生活科学部

教授 田中辰明

これまでのところ居住環境におけるカビの問題は年々深刻化の一途をたどっているにもかかわらず、その研究はまだ始まったばかりと言わざるを得ない。医学の分野においてもアレルギー性疾患の原因（アレルゲン）としての認識は高く、それらの治療の一つとしてアレルゲン排除をあげているにも係わらず、「住居とカビ」に関する研究はあまりなされていないのが現状である。これだけカビによる健康の損害が浮き彫りにされ、ともすれば人命まで奪い去り、まして建築においては外装を汚し、材料を劣化させ、壁汚染等により室内の暮らしを不快にし、家具等を損傷する弊害を加えて考えれば、建物におけるカビ除去の重要さが理解できると思われる。

そこでこの研究では、人間の日常生活環境におけるカビの発生防止・対策法を追究することを最終目的とするが、今回の研究はその足掛かりとなるものである。

今回の研究において対象としたのは、一般居住環境において真菌の発生が著しく問題であると思われるエアコン・ガスケット・建築仕上げ材の3点である。以上の3点について、真菌の分離・測定を行い、その発生機構を解明する。

研究1. 一般家庭のエアコンの調査

【研究の目的】

現在エアコンは一般家庭に広く普及しており、一家に2~3台という家庭も珍しくないであろう。しかし、エアコンはそれが設置してある室の環境全体に影響を及ぼすものであるから、そこに真菌が発生した場合、その胞子が室全体に散布されていることが考えられる。前述したような真菌の被害状況を考えれば、人体の健康の面や建物の損傷の面などからこれは放置できない重大な問題と言える。

この研究では、ごく一般の家庭に設置されたエアコンについて真菌の分離を行い、エアコンについて真菌の発生機構を解明し、真菌の発生防止・対策法を追究するものである。

【調査対象・期間】

調査対象として一般の家庭数戸を選出し、そこに設置されているエアコン（1台、もしくはそれ以上）について真菌の分離・測定を行った。調査期間は、エアコンが長時間稼働していると予想される7月から8月の暑い時期とした。

【調査箇所】

エアコン機器において分離を行う箇所についてであるが、予備調査によって数箇所分離を行い、その内でも特に真菌の分離が多量に見られた以下の3箇所について調査を行った。

- ・フィルター裏面

- ・ドレインパン（送风口の底部）
- ・吹き出し口周辺

【使用する器具と操作】

上記の3箇所について真菌の分離を行う際に使用した器具は次の2点である。

- ・P D A 培地
- ・滅菌綿棒

以上の2点を使用し、好気性微生物の分離法に基づいて操作を行う。

【培養】

以上の要領でP D A 培地に接種した後、培地のふたを下にして、室温（27°C前後）にて5～7日間培養する。ただし、真菌の形成するコロニーが大きくなりすぎると同定が困難になるので、こまめに観察し、頃合を見計らって同定を行う。

研究2. エアコン各種部品のカビ抵抗性試験

【研究の目的】

研究1においては一般家庭に設置したエアコンの真菌発生状況を調査したのであるが、現場調査という点もあり、真菌の分離を行った箇所がフィルター裏面、ドレインパン、吹き出し口周辺という、言わば表面的な部分しか調査できなかった。

しかし、真菌は表面部分しか発生しないとは考えられないので、内部構造の真菌の発生機構をこの抵抗試験により解明する。

また、表面部分の部品でいかに真菌が分離されたとしても、それがその構成部品の基質そのものに発生したのか、基質の上に沈殿した塵・ほこり等を栄養として発生したのかが明確ではないので、同じく表面部分に関しても抵抗試験を行う。

【供試菌】

この実験ではある特定の真菌の菌株をその材料に植えつけるのであるが、この抵抗試験では *Cladosporium*（俗名ではクロカビという）を使用した。

その理由としては、

- ・様々な場所で一番よく分離される菌である。
- ・*Cladosporium*が分離されなければ、他の菌はほとんど発生していない。

ということが言えるからである。

【材料】

抵抗性試験を行う材料は以下の通りである。

機種名：室内機 DC-22USI-AT

- ・ドレンホース結合
- ・フィルター枠結合
- ・エアフィルター
- ・風向調整ウィング（吹き出し枠結合）
- ・発泡スチロール（吹き出し枠結合）
- ・空気清浄フィルター（前面：集塵フィルター・後面：脱臭フィルター）
- ・クロスファン結合
- ・ダクト部（銅）

- ・断熱材（押出し発泡スチレン）
- ・断熱材（ゴム）
- ・バネ
- ・熱交換器結合

【試験法】

以上の材料について、J I S Z - 2 9 1 1 法に基づいてカビ抵抗性試験を行った。

【実験方法】

- ・密閉できる容器が必要なのだが、ここでは市販の、底の深いタッパーを使用する。*Cladosporium*の胞子を溶解させた溶液を、霧吹きの要領で実験対象となる検体を噴霧する。
- ・タッパー内の調湿のために、DW（滅菌蒸留水）にガーゼを浸した容器を設置する。

【培養】

以上の装置のインキュベーターの中で、温度25°C・湿度90%以上に保ち、2週間培養する。

【観察】

検体に真菌の溶液を噴霧した日から、1週間ごとに実体顕微鏡等で観察をする。

研究3. 各種建材のカビ抵抗性試験

【研究の目的】

エアコンの構成部品についての試験と同様の試験を、一般に広く使用されている建築仕上げ材について行う。この研究の目的は、素材別の建材のカビに対する抵抗性（=その材料がカビが発生しやすいか・発生しにくいかの性質）、エアコンの構成部品の抵抗性試験結果と併せてのカビの発生機構の解明である。

【供試菌】

エアコンの構成部品の抵抗性試験でも用いた*Cladosporium*を使用した。

【材料】

カジ抵抗性試験を行う材料は以下の通りである。

- ・石膏板
- ・合板
- ・SG-1556 SG-6672(S) 防火二級（化織）・・・
- ・SG-780 SG-5493(AA) 防火二級（ビニール）・・壁クロス
- ・SG-524(AA) 防火一級（抗菌）・・・
- ・SG-462 SG-5206(AA) 防火一級（無機）・・・
- ・ケイ酸カルシウム板（混合液 無）・
- ・ " (" LiCl 12.7%) • •
- ・ " (" MgCl₂ 12.3%) • •
- ・ " (" CaCl₂ 12.3%) • • 高性能調湿建材
- ・ " (" LiCl 6.57) • •
- ・ " (" MgCl₂ 6.5%) • •
- ・ " (" CaCl₂ 6.5%) • •

【試験法】

J I S Z - 2 9 1 1 法に基づいてカビ抵抗性試験を行った。

【培養】

温度25°C・湿度90%↑の状態で培養する。

【観察】

真菌胞子の溶液を材料に噴霧した日から1週間毎に観察する。

研究4. ガスケットに発生する真菌の調査

【研究の目的】

住居内において真菌の発生が多く見られるのは風呂場・厨房・居室の順になっており、各室で共通してカビらしきものの発生の多い建築部位は外窓に使用されているガスケット部分である。外窓は冬季にコールドドラフトが生じることが多く、ガスケットに生えたカビがコールドドラフトにより胞子を放散させやすく、外窓付近での就寝者が吸引しアレルギー性疾患発生の危険性も高い状況にある。

窓ガラスはその性質上結露が発生しやすく、カビの発生に水分が欠かせない重要な因子であることを考えれば、窓ガラスまわりは常にカビ発生の危険にさらされていると言ってもよい。住宅に用いられているガスケットはJ I S A-5756「建築用ガスケット」によって製造方法が規定されていて、塩化ビニールを原材料とするものであるが、それ以外に様々な薬剤が混入されており、それがカビの栄養源となっている。ガラスの結露で発生した水分と、この栄養源によって、ガスケットはカビにとって最適な生育場所となっているのである。

そこでこの研究は、ある住宅に実際に発生したカビの分離・同定を行うことによって、ガスケットに発生するカビの発生機構を解明することを目的とする。

【期間】

カビの採取を行ったのは、T邸の外窓数点のガスケットである。調査期間として7月15日・8月12日・9月30日の3回にわたり、以下のガスケットについて真菌の分離・測定を行った。

【調査対象】

2階寝室東窓ガスケット、1階北側トイレガスケット、2階北側書庫ガスケット、1階南側厨房ガスケット、1階北側風呂ガスケット、1階北側風呂タイル目地

【使用する器具と操作】

ガスケットの真菌分離を行う際に使用した器具は、エアコンの真菌分離を行った際に使用した・滅菌綿棒と・P D A培地である。そして、その2点を使用して、同じく好気性微生物の分離法に基づいて操作を行った。

【培養】

真菌を接種したP D A培地の蓋を下にして、室温(27°C前後)にて5~7日間培養する。ただし、真菌の形成するコロニーが大きくなりすぎると同定が困難になるので、こまめに観察し、頃合を見計らって同定を行う。

次に各々の研究の結果と考察を述べる。

研究1. 一般家庭のエアコンの調査の結果・考察

【各住宅のエアコンに発生したカビの分離結果】

今回の研究において対象としたのは計12戸の住宅に設置されたエアコンである。事前調査の結果から採取箇所・フィルター裏面・ドレンインパン・吹き出し口周辺の3ヶ所を基準として設定し、

フィン（熱交換器）は採取対象箇所としなかった。事前の調査で真菌が分離されなかった点と、フィンが内部構造になっていて現場調査が困難である点から対象外としたのであるが、フィンの表面仕上げには親水性と疎水性の2種類の手法があり、その違いにより真菌が発生するかしないかに大別されるという研究結果が出ているので、今後の研究においてはフィン部の調査も必要であると思われる。

【分類】

- 1台のエアコンにつき、以下の3つの条件で分類した。
- ・設置壁：一般に家具裏に発生する真菌の被害状況は、その家具が設置してある壁の方角によってかなりの差があるので、エアコンについても真菌の発生状況と設置壁の方角に関係があるかどうか。
 - ・室用途：その室用途によって、真菌の生育に必要な栄養・水分その他の条件が違うので、それが関係あるかどうか。
 - ・床の種類：例えば、一般的に畳の上でじゅうたんを使用している家庭は少なくない。そして、そのような使用法は真菌の生育にとって非常に快適な環境を作り出す。よって、床の状況と真菌の発生状況に関係があるかどうか。

ただ、これらの条件以外に、エアコンの使用年数・使用頻度・掃除頻度等によっても違いが出ると思われるので、あくまでこれは“一般的の状況”の調査とする。

全12戸の住宅から分離された真菌の総数とその割合をみたところ、*Cladosporium*と*Penicillium*の2種類の真菌が全体の約75%を占めており、その他の真菌は全体の4分の1程度分離されたに過ぎなかった。この結果を既往研究の空中浮遊菌の分離結果（1989. 石黒彩子・土井まつ子・鳥居新平他）と比較してみると、割合は多少違うものの分離真菌数の頻度としてはだいたい一致し、エアコンと空中浮遊菌との間には密接な関係があることを示した。これら分離された真菌の種類は、いずれもアレルギーの原因物質となり得るものであり、これがエアコン内部から分離されたということは、エアコンの稼働によって、室内中に散布されている可能性があるので、大きな問題であると言える。

フィルター裏面・ドレンパン・吹き出し口周辺の3ヶ所別に分離された真菌のコロニー数をみてみると、最も多数の真菌が分離された箇所はドレンパンで、その後フィルター裏面・吹き出し口周辺の順に真菌の分離が見られた。

ドレンパンに最も多くの真菌が分離されたのは、その構造上結露水と埃が滞留しやすく、真菌の生育にとってはこの上ない快適な環境となっているためと考えられる。また、フィルターについては、真菌の栄養となる室中の塵や埃が集中しているものの、ドレンパンと比べると水分が不足しているためこれだけの数値にとどまったと思われる。吹き出し口周辺については、養分・水分ともに充分とは考えられないでの、材料由来の原因があると思われる。

以下のグラフは、それぞれ設置壁・室用途・床の種類別に真菌の分離頻度を比較したもの、それぞれ条件別に真菌分離頻度を比較してみたが、突出した相違点は見られなかったものの、いくつか特徴が見られた。

まず設置壁についてであるが、南側の壁に設置したエアコンに多くの真菌が発生したという結果が出た。しかし、一般的に家具裏に発生した真菌の被害については北側の壁の方が被害が大きいという点と、他の方角の壁についての分離頻度はそんなに大きな違いがない点を併せて考えると、設置壁別のエアコンの真菌分離頻度は他の条件によるところが大きいと思われる。

室用途については、これも大きな相違点が見られなかったが、DK（ダイニング・キッチン）が若干他より多く分離された。これは、DKに真菌の生育に必要な水分・栄養が豊富である点が関係していると思われる。

また床の種類については、じゅうたんを単独で使用している室より、畳やフローリングの上で使用している室の方がより多くの分離が見られた。これは、じゅうたんを畳やフローリングの上で使用した場合、真菌の生育に影響する温湿度条件がより良い環境を作り出しているためと思われる。また逆に、フローリングの室では分離の割合が少ないという結果が得られた。

【まとめ】

今回調査した住宅において、ほとんどの家がエアコンの清掃としてフィルターのみを対象とし、その他については全く手をつけていないことが認められた。また、専門の業者に依頼して清掃したエアコンでも、その後の調査において真菌が分離され、真菌の分離が全くの0になるということはなかった。しかし、それでも他のエアコンに比べればはるかに少ない分離頻度であったので、今後の研究においては、その清掃の仕方についても触れてみる価値はありそうである。

研究2. エアコン各種構成部品のカビ抵抗性試験と研究3. 各種建材のカビ抵抗性試験の結果・考察

【実験結果の評価法】

この抵抗性試験では、*Cladosporium*の胞子の溶液を検体に噴霧し、その成長過程を1週間ごとに材料別に観察するのであるが、その観察は肉眼による観察と顕微鏡による観察の両方を併せて行う。

◎肉眼での評価

肉眼で観察したときの評価は次の4段階である。

— : Negative (肉眼では確認できない) 、 1点 : Slight (一部禁止を作る程度で白っぽい) 、
2点 : Medium (1と3の中間程度) 、 3点 : Heavy (全体に真菌が発生し胞子も形成)

以上の基準で、検体1つ1つについて評価を点数でつけていく。

◎顕微鏡での評価

いかに肉眼で確認されなかったとしても、微細な部分で真菌が発生している可能性があるので、顕微鏡によって観察し、以下の基準で評価する。

0点 : 胞子、1点 : 発芽、2点 : 分岐、3点 : コロニー形成、4点 : 肉眼で確認可

以上の基準で、肉眼での評価と同様に検体1つ1つについて評価を点数でつけていく。

【試験結果・考察】

カビ抵抗性試験の観察結果を検体別に1週目と2週目の総合の点数順に整理してみる。

◎エアコン構成部品

- ・ 空気清浄フィルター 12点
- ・ クロスファン結合 12点
- ・ 断熱材（スタイロ） 12点
- ・ 発泡スチロール 11点
- ・ 断熱材（ゴム） 11点
- ・ 風向調整ウィング 10点
- ・ ドレインホース結合 6点

◎建築仕上げ材

- ・ 壁紙（化織） 13点
- ・ 合板 12点
- ・ 石膏板 0点
- ・ 壁紙（ビニール） 0点
- ・ “（抗菌） 0点
- ・ “（無機） 0点
- ・ ケイ酸カルシウム板（混合液 無） 0点

・ フィルター枠	6点	・ "	("	LiCl	12.7%)	0点
・ バネ	6点	・ "	("	MgCl ₂	12.3%)	0点
・ エアフィルター	0点	・ "	("	CaCl	12.3%)	0点
・ ダクト部(銅)	0点	・ "	("	LiCl	6.57%)	0点
		・ "	("	MgCl ₂	6.5%)	0点
		・ "	("	CaCl ₂	6.5%)	0点

今回の試験では、あくまで1機種のみのエアコンを対象にしており、全てのエアコンの結果と一致するとは言えないものであるが、ある程度この結果により一般的な基準が得られると思われる。

エアコンについては、最も真菌の発生が見られたのが空気清浄フィルター、クロスファン、断熱材として使用されている押出し発泡スチレンの3点である。このうち、空気清浄フィルターは集塵と脱臭の機能を備えた特殊なフィルターで、定期的に交換するものなのでさほど問題があるとは言えないが、クロスファンは室内に送りだす風を起こすものなので、これにカビが発生したとすると温風・冷風に乗って真菌が室内に散布されている可能性があるから問題である。逆に、真菌の発生が全く見られなかったのがエアフィルターとダクトである。この試験の結果は、2週間の培養結果なので、実際問題として2週間毎にフィルターの洗浄をすれば真菌の発生はないと言える。

また、現場の調査において最も真菌の分離が見られたドレインパンについては、風向調整 wingingと同じ材質なので、その結果を参考にする。実験ではある程度カビが生えるという結果が出ているので、実際その基質から栄養を得ていると思われる。よって、ドレインパンについては埃・結露水・基質からの栄養という点でカビが生えやすい部分であると言える。

建築仕上げ材については、今回は付隨的に行った実験で、エアコンの部品と比較ができるればよいと思い、サンプルも少ないのであるが、興味深い結果が得られた。

建築仕上げ材の中でカビが発生したのは合板と化織の壁紙のみで、あとはカビの発生が全く見られなかった。このことについてはサンプル数が少ないし、観察期間も2週間のみなのでまだはっきりしたことは言えないものであるが、防カビの手段として何らかの有効な要因があるようと思われる。

【まとめ】

このカビ抵抗性試験は、最も発生率の高いCladosporiumを使用し、かつ温度25°C・湿度90%という、カビにとって最も生育しやすい環境の中で培養するので、この実験でカビの発生が見られなかったということは、かなりの割合でその検体がカビの発生しにくい材質であることを示している。また、同じ検体でも水分の少ない部分よりも多い部分の方がカビの発生が顕著であることから、カビの生育に水分の果たす役割は大きいと言える。

エアコンの構成部品についてはほとんどの部材にカビが発生するという結果になり、またそれがエアコンからの送風に関係する部分であることから、これらの部分については防カビの必要性がある。実際にどれだけ効果が持続するかはデータがないので分からぬが、材料自身に防カビ剤を混入する方法である程度カビの発生が防止できるということなのであるが、メーカー側のカビに対する認知の低さとコストの問題等から実現はなかなか難しいであろう。

今後は、そういった薬剤を使用しないでエアコン内のカビの発生を防ぐ方法を研究する必要性があると思われる。

研究4. ガスケットに発生した真菌の調査の結果・考察

【真菌分離結果】

*Cladosporium*が最も数多く分離されたのはエアコンの真菌分離結果と一致するのであるが、その次に数多く分離されたのが*Aureobasidium*という、エアコンではあまり分離されなかった菌である。この菌は、人体に対しては無害とは言えないので、これが多数分離されたということはあまり好ましい状況ではない。とはいえ、今回の調査ではサンプルの数が充分とは言えないので、今後はもう少しサンプルの数を増やし、もっと詳しい調査が必要であると思われる。

このガスケットの真菌分離結果は、前出の空中浮遊菌の分離結果と一致しているとはいがたいで、ガスケットについて空中浮遊菌の影響よりも、真菌が栄養とするガスケット自身に含まれる有機物の影響が大きいと思われる。

また3回の調査において分離された真菌の分離数を時期別にみてみたところ、ここで7月15日は梅雨の時期、8月12日は初夏、9月30日は晩夏として分離を行ったのであるが、湿度の高い梅雨の時期が突出して分離されたというわけでもなく、夏は窓の結露がないことなどを考えると、ガスケットにおいては時期的な問題よりも、その室の用途に大きく関係していると思われる。そこで室別の分離結果をみてみることにした。

その結果を見ると、最も数多く真菌が分離されたのは書庫で、その次が厨房となっている。比較的湿度の高いと思われるトイレ・風呂場はそれらに比べて分離数が少ないという結果が出た。

これは、ガスケットに発生する真菌が、湿度の条件よりもその室内の栄養状態に影響を受けていることを示していると思われる。今後は、ガスケットに発生する真菌の、栄養と湿度に関する詳細な調査が必要である。

【まとめ】

このガスケットの調査については、いかに真菌が分離されたとしても、それがガスケット自身に発生しているのか、そこに溜まった塵埃に発生しているのか、またはその両方なのかが定かではないので、今後の研究においてはガスケット自身のカビ抵抗性試験も必要であると思われる。

以上、今回の研究では、真菌が発生した場合に室内環境に悪い影響を与えるであろうものを数点対象としたのであるが、なにぶん研究の進め方が暗中模索で上手く要領を得なかつた部分もあり、まだ試験的なものが多くあった。今後は研究の要領もある程度理解できたので、もう少し踏み込んだ研究ができるであろう。

またこの室内の真菌に関する研究は、そのもの単独の調査結果で全てが解明できるわけではなく、室内環境を総合的に調査する必要がある。その例として挙げるならば、エアコンの真菌分離結果と空中浮遊菌の関係において、エアコンに多く真菌が発生しているから空中浮遊菌が多いのか、空中浮遊菌が多いからエアコンに多く発生しているのか、またはその両方で作用しあっているのかが分からぬのである。室内全体の環境を総合的にとらえ、ひいては室内における真菌数を減少させるような方法・対策を追究できればこの研究の意義があると思われる。

1 - 4 歩行感等床の居住性に関する研究

東洋大学 工学部建築学科

講 師 藤 井 弘 義

1. はじめに

床は住宅の中でも人間が生活していく上で常時接触している部位であり、歩行感に代表される床との接触感覚は住宅にとって重要な性能のひとつといえる。一方、集合住宅の床仕上げ材として近年木床仕上げが好まれるようになり床衝撃音遮断性能を考慮した、木質系防音床が採用されることが多い。この防音床は衝撃音遮断性能を良くした結果、歩行感としてやわらかすぎると感じるものが多く、この床のやわらかさ等を正しく評価する方法が求められている。筆者等は、住宅の床仕上げ材の歩行感と遮音性能について種々の検討を重ねてきており、これまでに、最大載荷量20Kgfの静的載荷試験、インパルスハンマー（100N）による動的加振応答試験、さらに官能評価試験を行ってきた。これらの結果から、床の物理特性や官能評価量と物理量との関係を明らかにし、床のかたさの評価指標となり得る物理量を提示することが出来た。かたさ感覚は、静的試験では変位—載荷曲線の2-10/10-20kgfの傾きの比と関係が高い点、動的加振においては63Hz・250HzOct. bandのインピーダンスレベルと対応が良い点を明らかにしてきた。さらに、人体側の検討として足の部分的な振動感覚に関する閾値を測定し、踵が測定を行った人体各部の中でも感度が良く、足裏の中でも感度が良い傾向を明らかにした。また、足の機械インピーダンスの測定を行ない、踵の機械インピーダンスの落ち込みが63Hzあるいは125Hz付近で現れていることを明らかにした。これは前述のかたさ感覚が床の63Hz・250HzOct. bandのインピーダンスレベルと対応が良い点と符合することを示すことが出来た。今回、これまでの研究を第一次研究と位置づけし、これらの結果を確認し、発展させる目的で、第二次研究として新たに12の試験体で前述と同様の物理特性試験と被験者65名による官能評価試験を行なったので、この結果について報告する。

2. 試験対象床

第一次研究では、かたさの対象レンジを大きくとるために、極端にかたい床ややわらかい床なども加えたが、第二次研究ではこのような特殊な床は除き、通常の床仕上げ材の中から試験体を選定した。選定にあたっては、予備的に歩行感を確認し、底づき感がある直貼り床（試験体1）や、二重床の表面仕上げ材としてLL-40の直貼り床が貼られている床（試験体9）などを加え、かたさのバリエーションがなるべく多くなるように配慮した。対象とする床を表-1に、また断

面図を図-1に示す。木質系直貼り床6体、防音二重床（点支持）3体、根太床（第一次研究と同じ試験体）1体、スタイル畳1体、フェルト+ジュウタン1体の計12体である。

3. 床の物理特性試験

3.1 静的載荷試験

試験方法はこれまでと同様な方法である。試験装置を図-2に示す。床の踏み始めの微妙な荷重が再現できるように最大荷重20kgf、初期荷重0.02kgf、載荷板30φである。単位面積当たりの載荷重は最大荷重時で 2.83kgf/cm^2 ($20 + 0.02\text{kgf}$)である。変位量の測定は、載荷点および載荷点近傍（載荷点から40mm離れた点）の2点である。測定は、それぞれの試験体で4点行った。

測定結果を図-4に示す。直貼りAでは最大変位3.3mmで、載荷初期にやわらかく、荷重が増えるにしたがってかたくなる非線形性を示している。特に10kgfからは急にかたくなる性状を示しており、これは底づき感が感じられるということと符合するものである。二重床Gでは最大変位1.2mmで良い線形性を示している。また、近傍点との差も直貼り床に比べて小さく、床全体で変形していることがわかる。スタイル畠では全体的にきれいな非線形性を示している。フェルト+ジュウタンにおいても非線形性を示しており、10kgf以降は圧密されて非常にかたくなっていることがわかる。

3.2 動的加振応答試験

試験装置を図-3に示す。インパルスハンマーによる加振力は100Nである。測定は、1測定点あたり10回打撃し、この平均をインピーダンスレベルとした。測定点は1試験体あたり4点とした。

測定結果を図-4に示す。直貼りAでは、インピーダンスレベルのピークは約15Hz付近にあり、その後約200Hzまで-6dB/Oct.の特性を示し、ばね主体の特性を示している。二重床Gでは数Hzからばね中心の特性を示しているが40Hzから共振系を有している。スタイル畠でも数Hzから40Hz間でばね中心の特性を示しているがその傾きは、直貼り床などに比べて大きい。

3.3 物理量の計算

静的および動的の物理特性試験それぞれの結果を床の特徴を考慮して床の物理量を計算した。静的における物理量を次に示す。また概念図を図-5に示す。

① 変位の非線形性

変位-載荷曲線の傾きの比を各載荷ステップ間のどこをとるかについてすべての組み合わせ（2025通り）について求めた。

② ばね定数

各載荷ステップすべての組み合わせ（45通り）について求めた。

③ 載荷点近傍の影響

各載荷ステップでの載荷点近傍（40mm）の変位を求めた。

④ 各載荷ステップ間の変位残差

⑤ ヒステリシス性

各載荷の変位-載荷曲線で囲まれた面積。

- ① F_{PEAK} (Hz) インピーダンスレベルが最大値を示す周波数。
- ② Z_{PEAK} (dB) インピーダンスレベルの最大値。
- ③ F_{dip} (Hz) ばねとしての挙動が終わる周波数。
- ④ 平均勾配 (dB/Oct.) F_{PEAK} と F_{dip} (Hz) 間の平均勾配
- ⑤ 8～250Hzのオクターブバンド毎の帯域内インピーダンス幾何平均レベル

4. 官能評価試験

4.1 試験方法

官能評価試験はSD法とし、7段階評価とした。ただし、評価語によっては片側のみの尺度とした。これを表-2に示す。被験者には、“日常生活において床に対していかなる感じ方で評価しているか”を質問していることを示した上で、各床ごとにそれぞれの評価項目に対して答えさせた。この中でそれぞれの評価語の意味等については特に説明せず、その評価語に対して抱くイメージで答えてもらった。試験体を踏む順番はランダムとなるように予め設定した。被験者は健康な10～60歳台の65名（男：43 女：22）である。

4.2 試験結果

a) 試験結果

床のかたいーやわらかいの評価（かたさ感覚）とその好みについての個人データの一例を図-7に、全試験体の平均および標準偏差を図-8に示した。かたさ感覚と比べると、かたさの好みはバラツキが大きいことが分かる。かたさ感覚の男女の違いについてみると、男性は女性に比べてかたい床をよりかたく、やわらかい床をよりやわらかく評価している傾向が見受けられるが、有意な差とはならなかった。また、男性より女性のほうが標準偏差の大きい傾向にある。

b) 評価語間の相関

評価語間の相関係数の計算結果を表-3に示す。かたさ感覚とその好みはこれまでの結果と同様に異なる評価軸であることがわかる。かたさ感覚と相関が高い評価語は、“へこむ”、“底がたさ”であるが、“底がたさ”は評価としてわかりにくく、かたさと同じ判断をしていた可能性が高い。

また、好みについてみると“なじむ”、“高級感”、“重量感”、“安定感”といった評価語と相関が高かった。

床のかたさ感覚と、その好みについて、散布図として表したものを図-9に示す。今回検討した試験体のかたさのレンジが第一次研究と比べて狭いため顕著ではないが、床のかたさはある一定の範囲にある床が好まれる、という関係があることが分かる。ただし、畳、ジュウタンなどでは、材質に対する期待感の違いで好ましいかたさの程度が木床とは異なる傾向を示している。

5. 官能評価と物理特性との対応

a) 静的物理量との対応

かたさ感覚と対応の良い静的物理量を求めた結果、床の非線形性を示す物理量として、変位－載荷曲線の $10-20 / 5-10 \text{ kgf}$ に対する傾きの比（相関係数 $R=0.770$ ）が抽出された。これを図-10に示す。これは第一次研究でも抽出されたものであるが、相関係数としては第一次研究より低い結果となった。かたさ感覚と対応の中で一番相関の高い静的物理量は、載荷ステップ $0.5-10 \text{ kgf}$ 間のばね定数（ $R=0.923$ ）であり、さらにこのばね定数を対数として扱ったもの（ $R=0.940$ ）を図-11に示す。

いずれの物理量においても、かたさ感覚と対応の良い物理量は、何らかの形で材料が有している変位－載荷曲線の非線形性を反映した物理量といえる。

b) 動的物理量との対応

全評価語と動的物理量との相関を求めたものを表-4に示す。かたさ感覚との対応についてみると、インピーダンスレベルの幾何平均レベルでは 8 Hz から 250 Hz に近づくほど相関が高くなっている、 250 Hz Oct. Band が相関係数 $R=0.80$ と一番相関が高い結果となった。これは第一次研究と同様な結果である。また、重回帰分析を試みると、 250 Hz と $F_{dip}(\text{Hz})$ の組み合わせが相関係数 $R=0.834$ で抽出出来た。これを図-12に示す。

6. まとめ

今回、前報までの第一次研究に対して第二次研究として、これまでの結果を確認する目的で、新たな試験体と被験者により床の物理特性試験と官能評価試験を行った。この結果、官能評価では、第一次研究において明らかにされた、床のかたい－やわらかいの評価とその好みは異なる評価軸であること、床のかたさの好みは、あるかたさで極大となる特性をもつことが再確認された。

床のかたさを評価する物理量としては、これまでに静的では床の非線形性を現す物理量の対応が良かったが、床のかたさのレンジが比較的狭い今回の検討では、ある荷重範囲を適切に選ぶとばね定数だけでも可能なことを示せた。動的においては、第一次研究と同様インピーダンスレベルの 250 Hz Oct. band 幾何平均レベルの対応が良く、さらにはばね的性質の終わる周波数（ F_{dip} ）と組み合わせると、さらにかたさ感覚と対応が良いことを示すことが出来た。

今回の結果から、ほぼこれまで筆者らが報告してきた内容が今回の検討でも確認されたものと考える。今後は、床自体に着目し、遮音性能との関係を含めて 250 Hz の物理的意味について検討を行っていきたい。

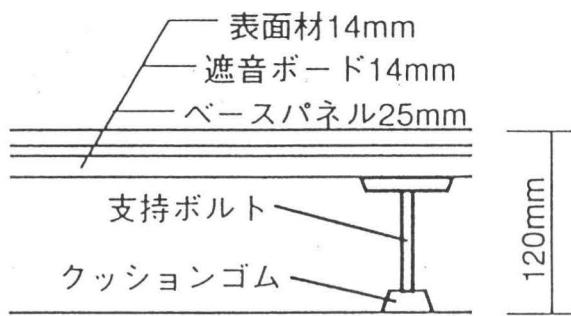
この研究の一部は、文部省科学研究費基盤研究（B）および（財）システム建材産業振興財團の助成を受けて行ったものです。

〈参考文献〉

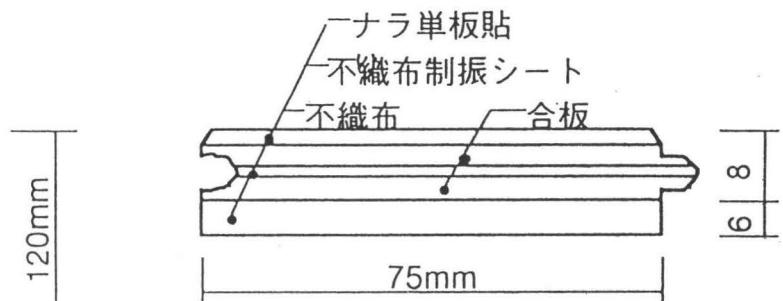
- 1) 赤尾、岩本、藤井、安岡（博）、安岡（正）、日本建築学会学術講演梗概集、94年9月 pp1583～1588、95年8月 pp175～178、96年 pp93～98、97年9月 pp175～178

表-1 試験体一覧表

No.	試験体概要	遮音等級	寸法(mm)	No.	試験体概要	遮音等級	寸法(mm)
1	木質系直貼床A	LL-40	1314×1362	7	防音二重床G	LL-45	1812×1844
2	木質系直貼床B	LL-40	1368×1362	8	防音二重床H	LL-45	1800×1836
3	木質系直貼床C	LL-40	1246×1350	9	防音二重床 I	LL-40	1800×1834
4	木質系直貼床D	LL-45	1200×1350	10	木質系根太床	LL-60	1010×1900
5	木質系直貼床E	LL-50	1120×1345	11	スタイルロッジ	LL-50	880×1760
6	木質系直貼床F	LL-60	1305×1362	12	フェルト+ジュウタン	LL-35	910×1890



木質系置き床A



木質系直貼床A

図-1 試験体図

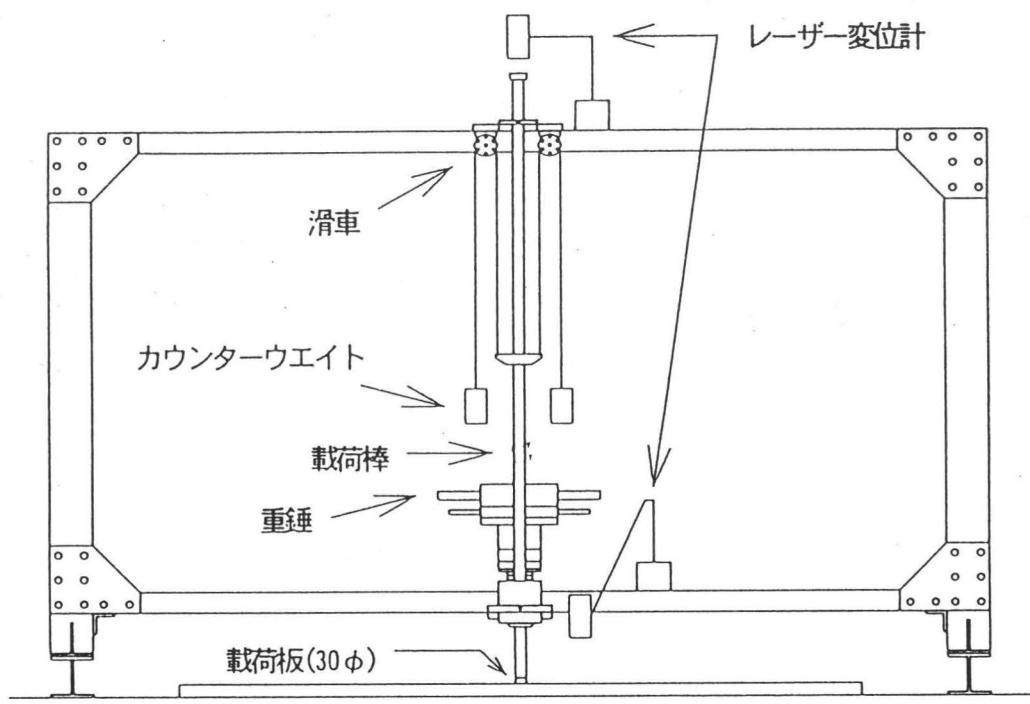
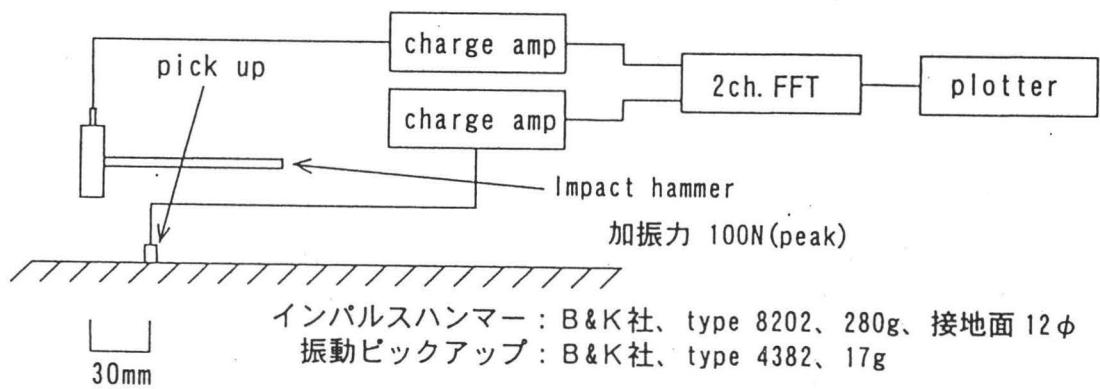
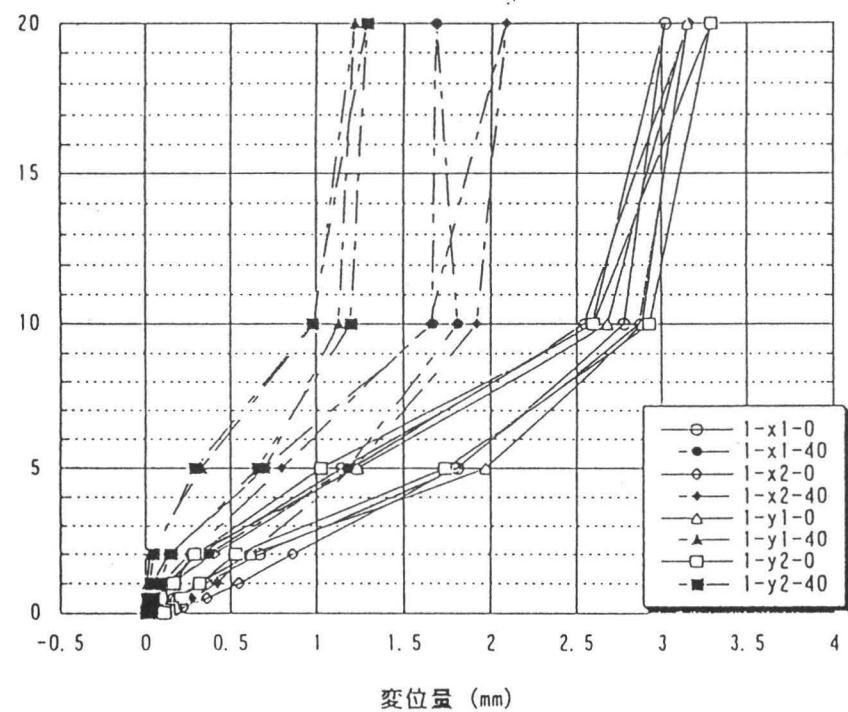


図-2 静的載荷試験装置



1. 木質系直貼床 A



インピーダンスレベル
(1. 木質系直貼床 A)

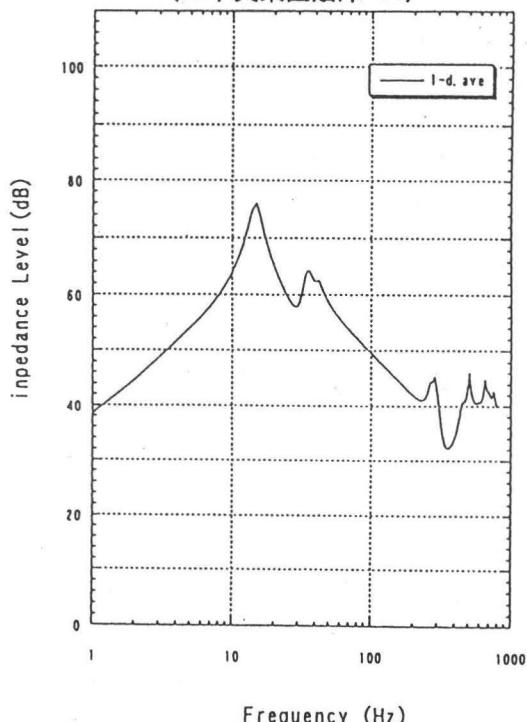
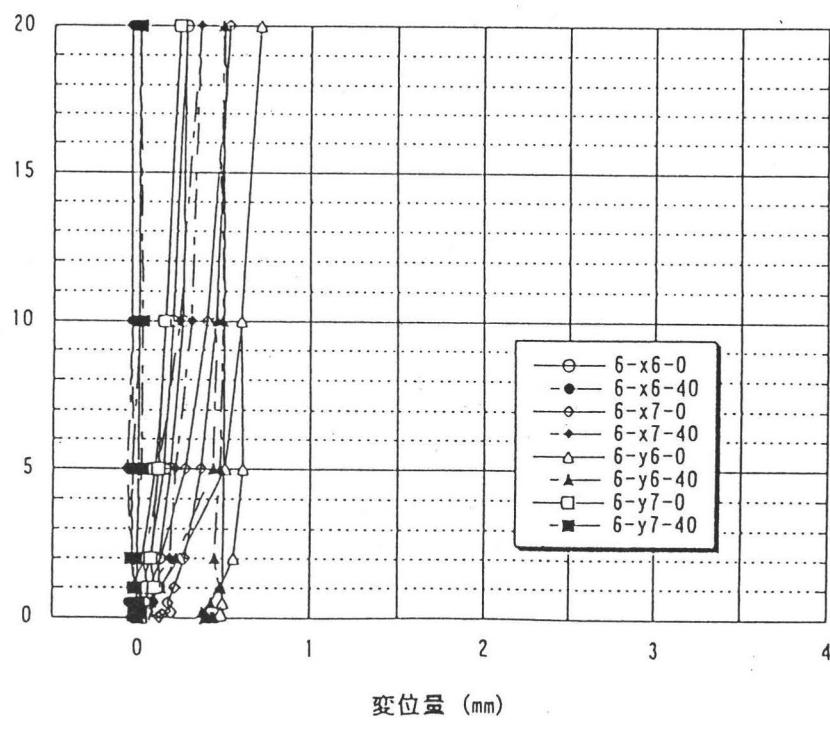


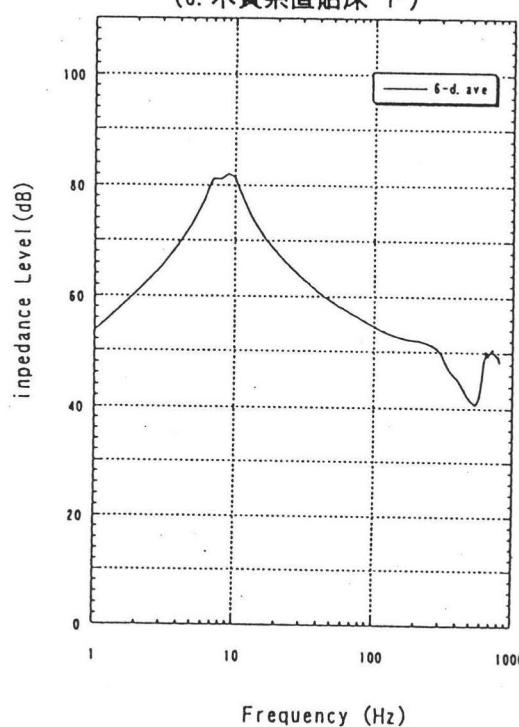
図-4 静的載荷試験および動的加振応答試験結果

6. 木質系直貼床 F

載荷重量 (Kgf)

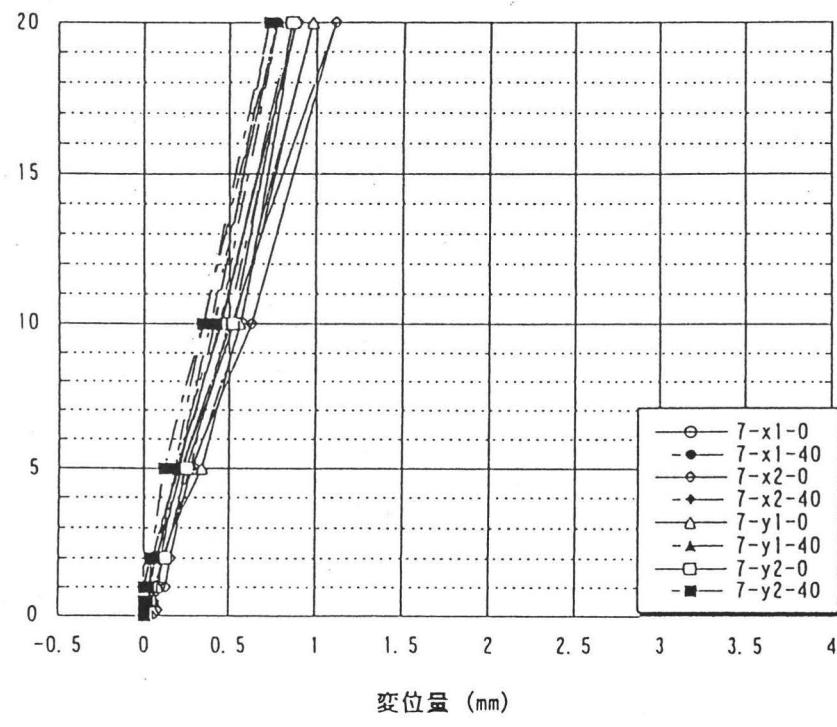


インピーダンスレベル
(6. 木質系直貼床 F)



7. 防音二重床 G

載荷重量 (Kgf)



インピーダンスレベル
(7. 防音二重床 G)

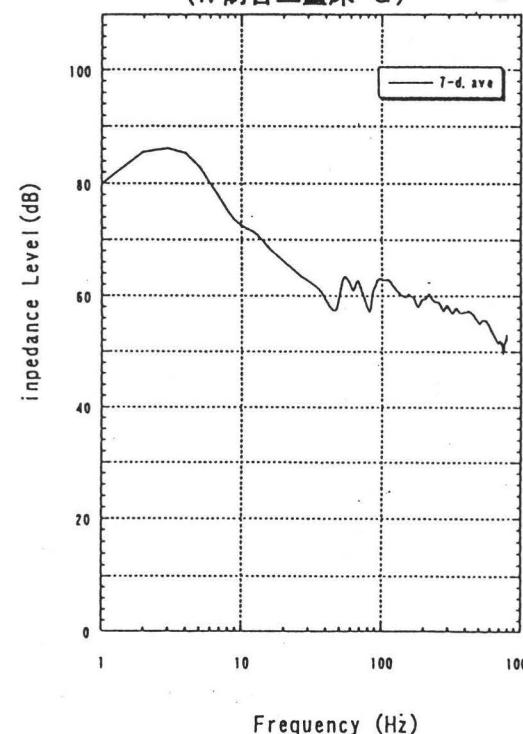
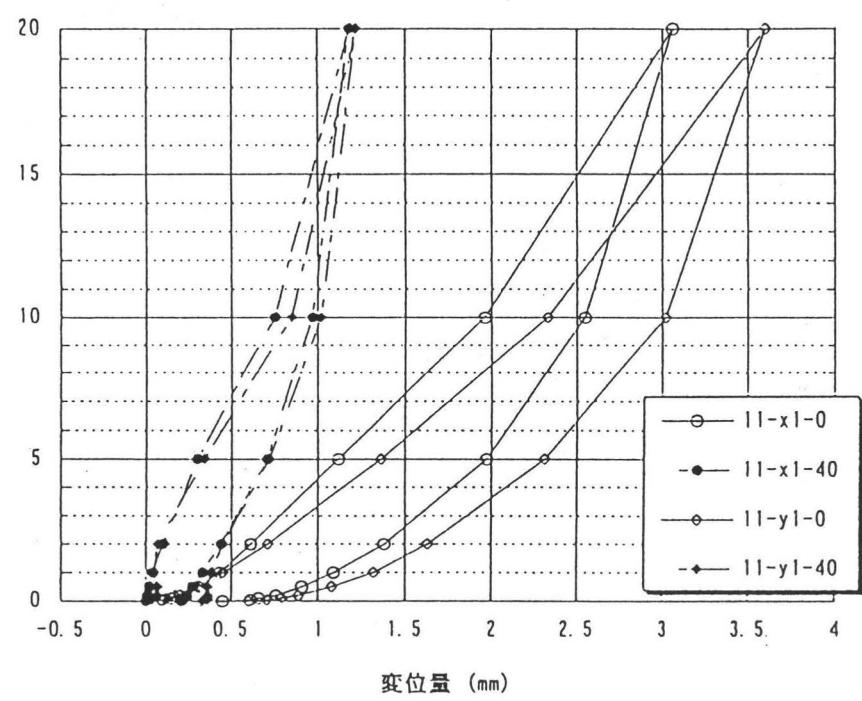
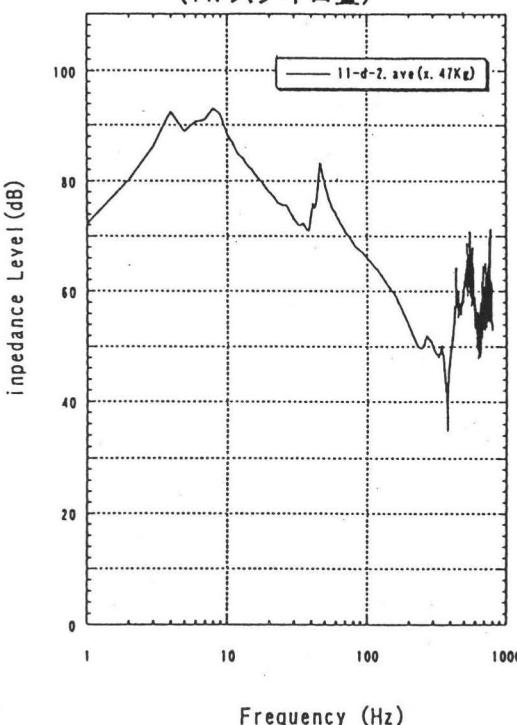


図-4 静的載荷試験および動的加振応答試験結果

11. スタイロ畳



インピーダンスレベル (11. スタイロ畳)



12. フェルト+ジュウタン

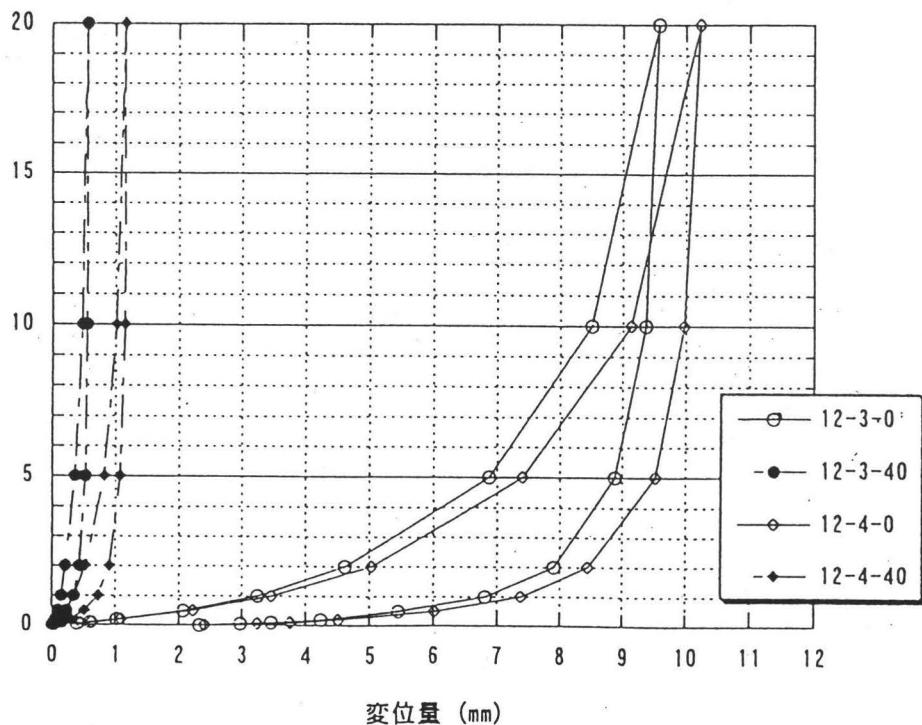


図-4 静的載荷試験および動的加振応答試験結果

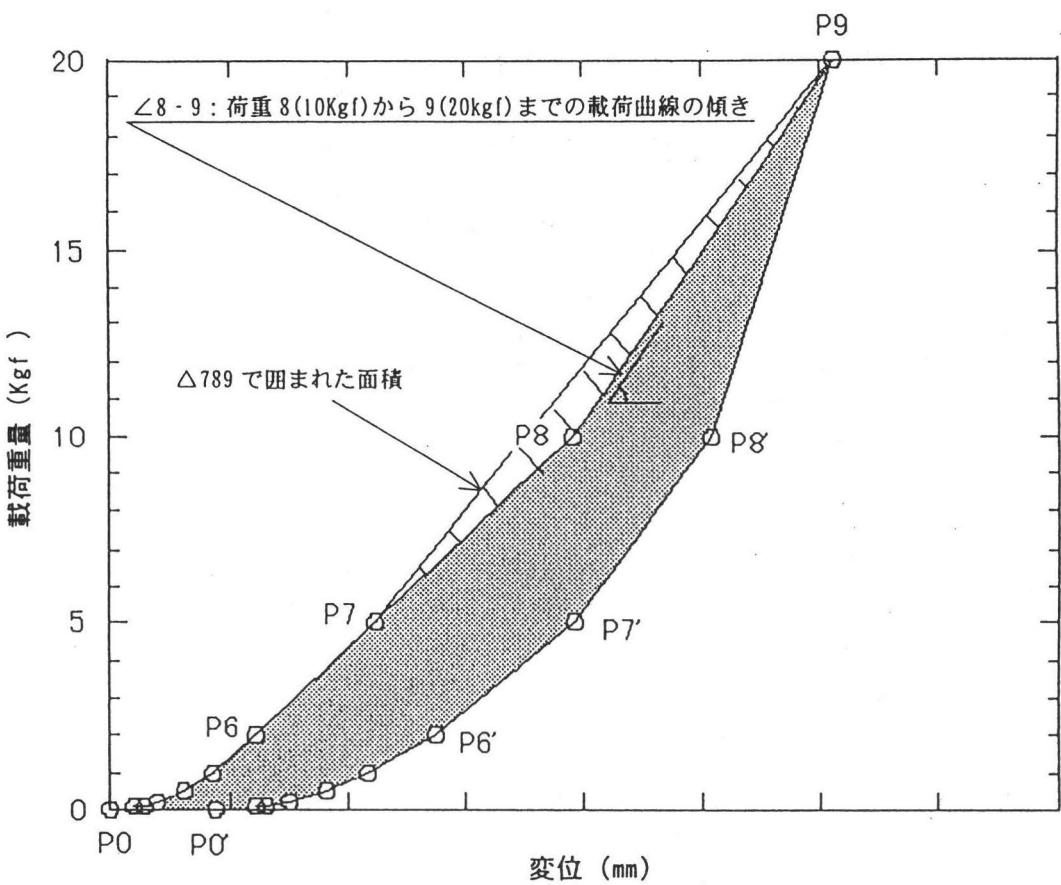


図-5 静的物理量概念図

動的物理量を以下に示す。また概念図を図-6に示す。

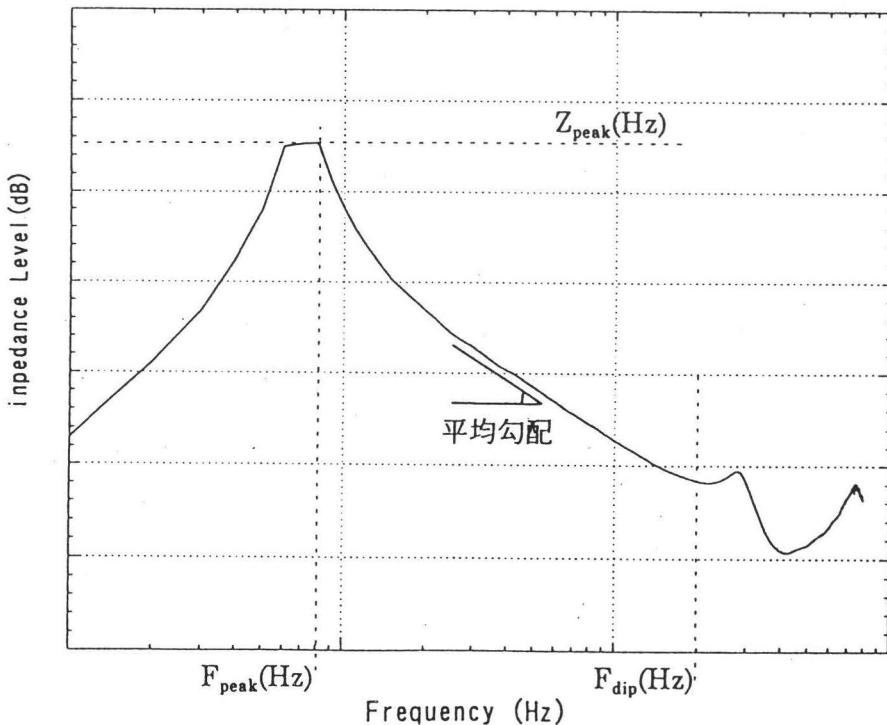


図-6 動的物理量概念図

床の踏み心地検査質問表

試験体番号

1) 著足もしくは靴下の時、この床で足踏み、歩行、(台所などの) 立ち作業をする時の感覚を答えてください。

	感 じ な い	や や	か な り	非 常 に
へこむのを感じますか	_____	_____		
たわむのを感じますか	_____	_____		
項目を感じますか	_____	_____		
脚の弱さを感じますか	_____	_____		
重かたさを感じますか	_____	_____		
*人が歩くのを感じますか	_____	_____		

	非 常 に	か な り	や や	と ら う で 不 な い	や や	か な り	非 常 に	
かたい	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	やわらかい
嫌い (このやわらかさは)	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	好き (このやわらかさは)
そぐわない	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	なじむ
支っぽい	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	高級感がある
重い感じ	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	重量感がある
不安定	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	安定感がある
嫌い (総合的に)	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	好き (総合的に)

2) この他にこの床の感覚を表す適当な言葉があれば記入してください。

--	--	--	--

表-2 官能評価試験質問表

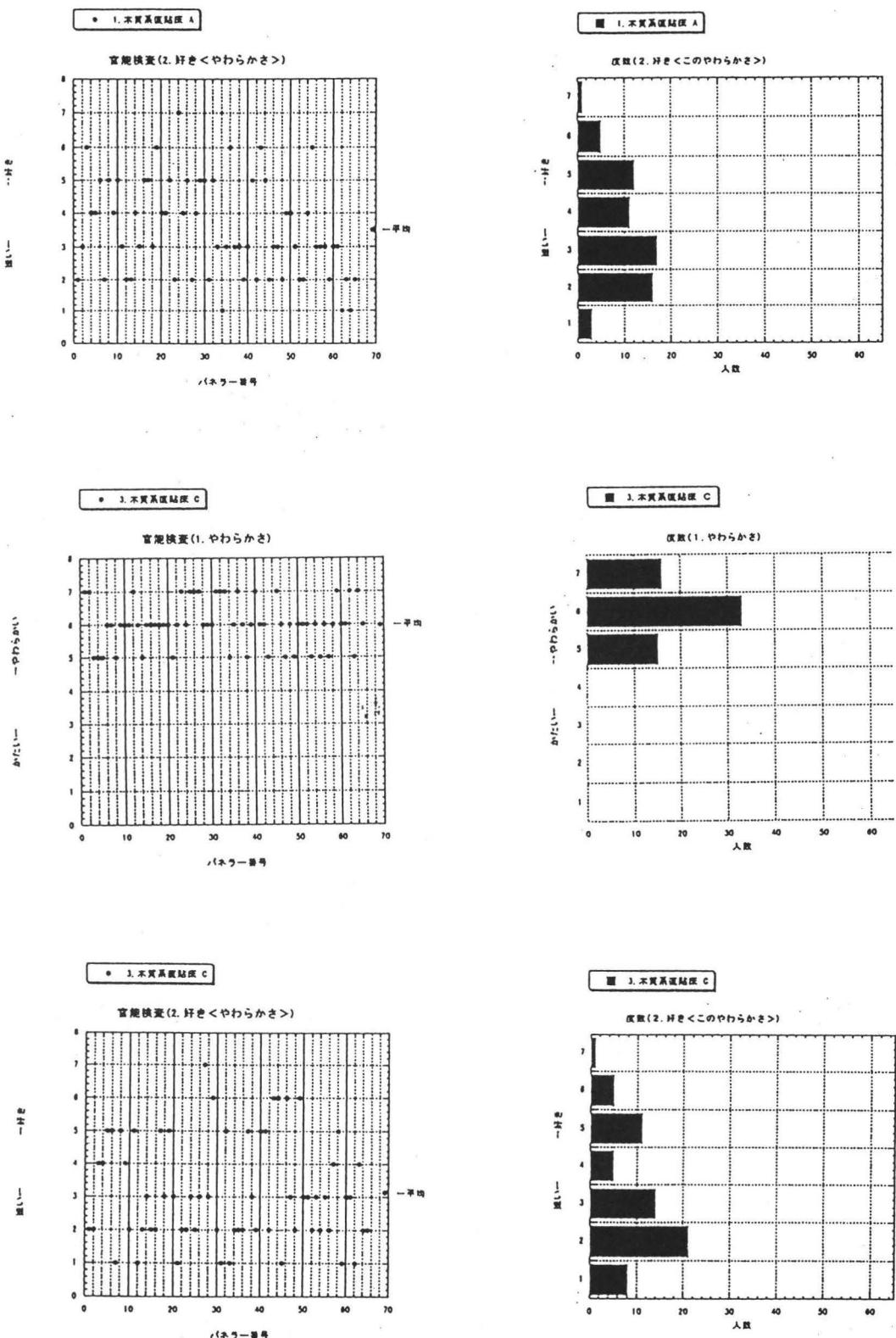
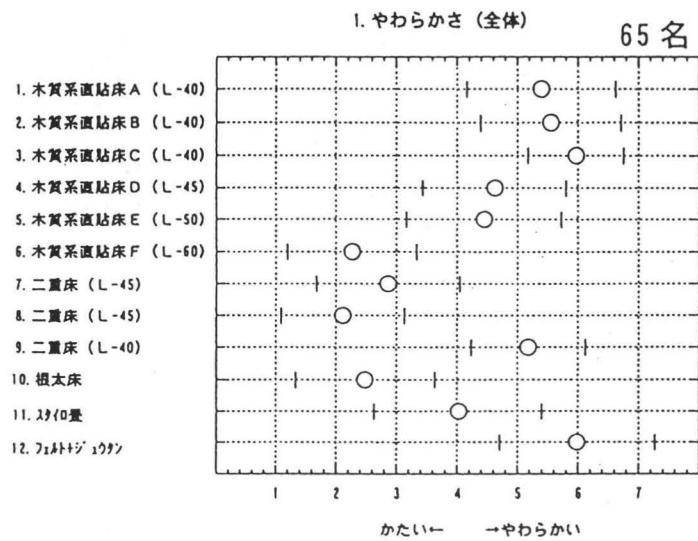
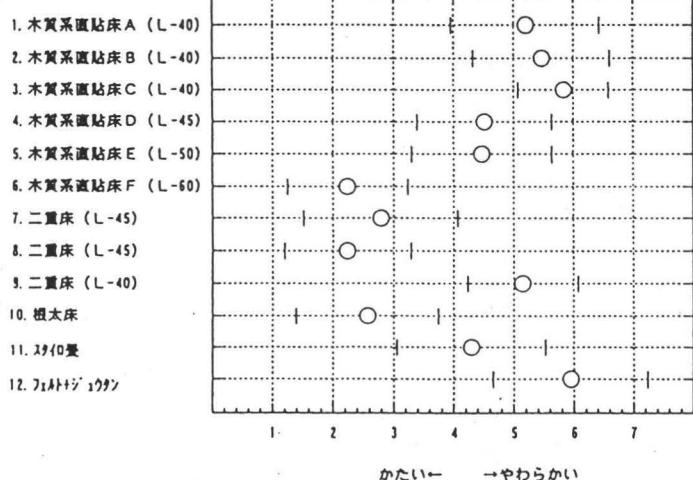


図-7 官能評価試験個人データ



1. やわらかさ (男性) 43名



1. やわらかさ (女性) 22名

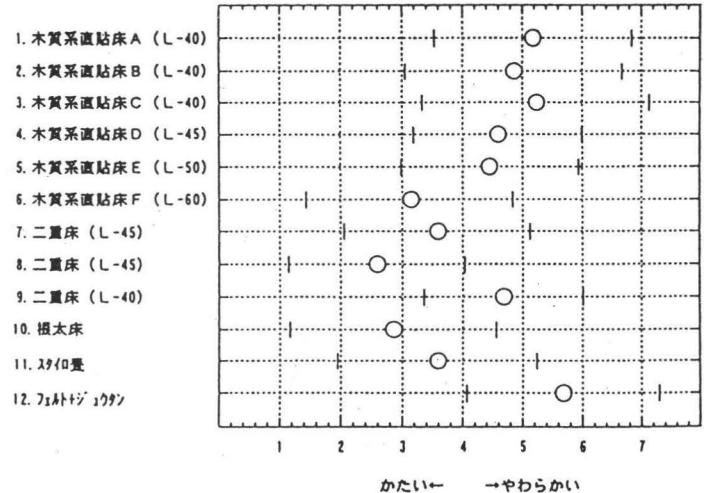


図-8 かたいー やわらかいの平均値

表-3 評価語間の相関係数

	1 やわらかい	2 好き	3 なじむ	4 高級感	5 重量感	6 安定感	7 好き	8 へこみ	9 たわみ	10 継目	11 腰の弱さ	12 底かたさ	13 人が歩くのを
1 やわらかい	1.00												
2 好き	-0.43	1.00											
3 なじむ	-0.42	0.99	1.00										
4 高級感	-0.64	0.81	0.78	1.00									
5 重量感	-0.76	0.73	0.69	0.95	1.00								
6 安定感	-0.83	0.84	0.82	0.89	0.92	1.00							
7 好き	-0.56	0.98	0.98	0.87	0.82	0.91	1.00						
8 へこみ	0.97	-0.54	-0.54	-0.65	-0.76	-0.88	-0.66	1.00					
9 たわみ	0.72	-0.88	-0.86	-0.80	-0.81	0.96	0.90	0.78	1.00				
10 継目	0.27	-0.66	-0.67	-0.58	-0.42	-0.55	-0.61	0.27	0.63	1.00			
11 腰の弱さ	0.86	-0.81	-0.80	-0.81	-0.86	0.98	-0.88	0.92	0.96	0.49	1.00		
12 底かたさ	0.91	0.37	0.35	0.65	0.79	0.80	0.49	-0.85	-0.71	-0.24	-0.79	1.00	
13 人が歩くのを	-0.82	0.88	0.89	0.80	0.75	0.82	0.89	-0.78	-0.75	-0.71	-0.80	0.72	1.00

■ : 0.9以上

表-4 動的物理量と評価語との対応

1 やわらかい	2 好き	3 なじむ	4 高級感	5 重量感	6 安定感	7 好き	8 へこみ	9 たわみ	10 継目	11 腰の弱さ	12 底かたさ	13 人が歩くの	
Fpeak(Hz)	0.79	-0.82	-0.82	-0.75	-0.76	-0.85	-0.86	0.86	0.83	0.57	0.86	-0.57	-0.79
Zpeak(dB)	-0.76	0.56	0.55	0.79	0.74	0.75	0.62	-0.73	-0.66	-0.80	-0.69	0.67	0.66
Fdip(Hz)	0.12	-0.36	-0.39	-0.33	-0.22	-0.21	-0.37	0.17	0.12	0.41	0.17	0.09	-0.63
平均勾配	-0.42	0.46	0.43	0.34	0.41	0.48	0.47	-0.51	-0.55	0.16	-0.56	0.38	0.67
8Hz	-0.70	0.45	0.46	0.45	0.52	0.66	0.49	-0.71	-0.68	-0.64	-0.65	0.60	0.50
16Hz	-0.40	0.36	0.35	0.51	0.41	0.44	0.36	-0.35	-0.37	-0.69	-0.36	0.43	0.21
31.5Hz	-0.76	0.73	0.72	0.80	0.73	0.83	0.75	-0.77	-0.77	-0.83	-0.78	0.68	0.65
63Hz	-0.73	0.62	0.60	0.84	0.77	0.76	0.67	-0.71	-0.67	-0.68	-0.71	0.69	0.64
125Hz	-0.75	0.75	0.72	0.93	0.91	0.85	0.81	-0.76	-0.73	-0.60	-0.77	0.70	0.72
250Hz	-0.80	0.85	0.82	0.94	0.92	0.91	0.89	-0.83	-0.82	-0.63	-0.85	0.71	0.76

■ : 0.9以上

□ : 0.8以上

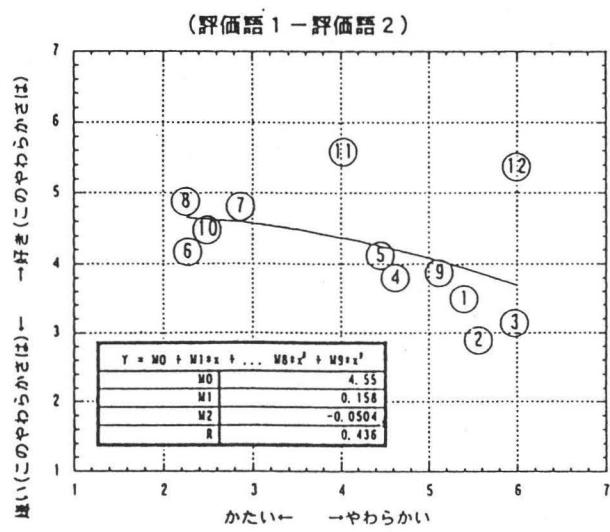


図-9 評価語間の相関

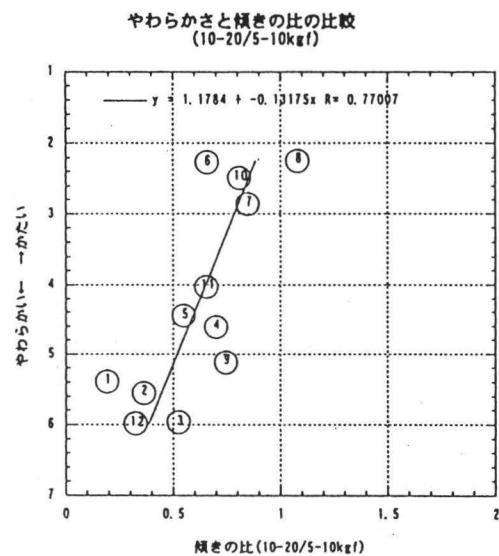


図-10 かたさ感覚と静的物理量との対応

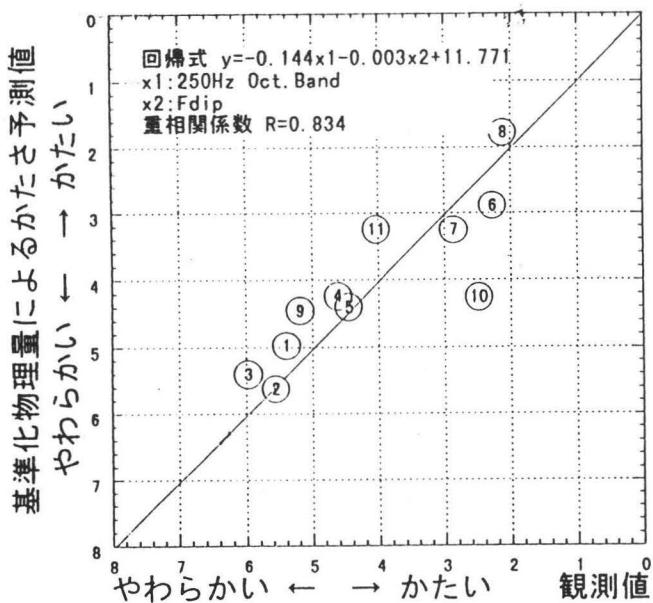


図-12 かたさ感覚と動的物理量との対応

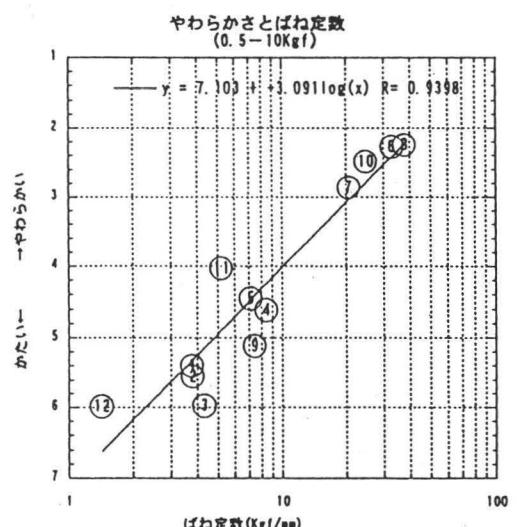


図-11 かたさ感覚と静的物理量との対応

1-5 日・豪のハウジングにおける消費者の 主体的行動 —— 戸建住宅について

岐阜女子大学 住居学科

教 授 中野 迪代

(共同研究者)

滋賀大学 教育学部

教 授 山崎 古都子

QUEENSLAND UNIV. OF TECHNOLOGY

DONNA LEE PENDERGAST

1. 本研究の背景と目的

安全性が住宅の根源的な役割であり、それは日常的な維持管理によってもたらされることを、阪神淡路大震災は我々に再認識させた。また、最大の必須生活財である住宅を良好な状態に維持管理し長期間使用していくこと、即ち住宅の長寿化には、安全性以外に、①地球および社会の環境を保全していくとする環境保全型の生活様式の重要性を認識させ、それを定着させることに貢献する、②住宅という社会財の蓄積を質量共に促進させる、③その地域の文化を漸進的に継承しやすくするという三つの大きな意義がある。

ところが、平成四年度の住宅金融公庫利用の建て替え住宅の場合、最も多いのは建築後20~24年の住宅で約25%を占め、築29年以内の住宅を累計すると60%を越えるとの報告がある。日本の戸建住宅の寿命はかなり短くなっている。戸建持家は、日本の住宅総数の約5割を占めており（平成5年住宅統計調査）社会的影響が大きいにもかかわらず、その管理責任が基本的に個人に任されているために、住宅市場の動向とそれを反映した所有者の住居観や住宅維持管理意識に左右されやすい。したがって、戸建住宅を良質に長寿化していくには、所有者の住宅維持管理意識を高揚し、積極的な管理行動を推進しやすい社会的条件を整備する必要がある。すなわち、①自己の住宅に対する住み手（所有者=消費者）の関心及び愛着度をいかに高めるか、②いかに住宅建設技術や部品・資材の入手および情報を住み手に身近なものにするか、③良質な住宅の維持管理を積極的に評価する社会的体系をいかに作り定着させるか、などがカギとなると考える。

オーストラリアには住み手（所有者=消費者）が自己の住宅建設や増改修工事に直接かかわることができる owner builder制度が存在し、住宅の部品・資材・リサイクル部材（古材）の市場が消費者に開かれ、素人でも簡単に住宅建設や維持管理（メンテナンスおよびリノベーション）に参入できるシステムがある。そして、実際に住宅の建設および維持管理に住み手が積極的に参加しており、良質な住宅の維持管理は社会的に評価されている。また、それを支える住情報システムも見逃せない。

日本においても100m²以下の木造住宅は、建築士資格に関係なく自ら建築確認申請を出すことができるので、素人でも住宅建設および増改修を行いうことが可能であるといえる。また、ここ10年程のホームセンター、D I Y ショップの充実は目覚ましく、住情報もその気になりさえすれば入手できる。しかし、住み手（所有者=消費者）が住宅建設や増改修工事に直接的に参加する

機会は稀であり、必要に迫られてごく身近で簡単な維持管理をするに留まつていて、維持管理が正当に評価されないために、scrap and build の傾向が強い。

本研究の目的は、第一にオーストラリアにおける戸建持家住宅所有者のハウジングの動向およびowner builder制度を明らかにし、ハウジング（とくに維持管理）への所有者（消費者）の主体的参入の実態を把握すること、第二に日本における維持管理の実態およびD I Y関連の動向を捉えることである。これらを基礎的資料として、日本における環境保全型生活様式の定着を視野に入れた住宅の長寿化を目指し、戸建住宅所有者がハウジング（とくに維持管理）に主体的に参入しやすい社会システムを考える手掛かりを得たい。

2. 研究の方法

本研究は、オーストラリアにおける調査研究と、日本における調査研究からなる。

オーストラリア調査研究は、Q. U. T. の研究者と共同で、次の通り実施した。①1994年にブリスベン市で実施したpilot調査結果に基づいて、1995年に行った住宅取得およびその管理行為に関する200世帯規模の訪問調査、②owner builder制度の全容把握と、その教育機関の受講者調査、③住宅部品、資材、リサイクル部材市場への踏込インタビュー調査、④建設現場施工検査に関するインタビュー調査および同行調査。

日本調査研究は次の通り実施した。①滋賀県栗東町において、200世帯規模の住宅の維持管理実態に関する戸別訪問調査、②住宅の維持管理に関するD I Yの実施状況調査とD I Y市場の動向把握、③民家の再生、リサイクルの動向把握。

3. ブリスベン市の住宅

ブリスベン市は東海岸にあるクイーンズランド州の州都で、人口78.7万人（1994年）。冬の気温は低いときでも5度程度と温暖だが、夏の日中は高温で湿気もかなり高い。東京都23区の2.1倍の市域全体が起伏に富む丘陵地帯からなり、コンパクトに集中した市中心部に近接して住宅地が広がっている。持家率54.8%、戸建住宅が全住宅の86.6%を占め（1990年）、市周辺部に拡大する新開発地域を除くと、クイーンズランド州に特徴的な「クイーンズランダー」と呼ばれる伝統的木造戸建住宅を中心に、建築後年数の経った多数の木造住宅が、良好な管理状態で市民の生活に溶け込んで残っている。100年以上経ったものも珍しくなく、中古住宅市場が活発で、新築住宅と中古住宅が同等に新聞やTVで宣伝されている。人々は予算に無理のない価格で、ごく基本的な安全性と居住性を確認して（日本人には不充分に見える場合も多い）中古住宅を購入しており、住みながら住み手が自ら補修を行ったり、業者と協力して住要求に合わせて徐々に改善している姿を、日常的によく見かける（図1、図2）。

4. ブリスベン市の戸建住宅所有者の維持管理行動

建築年を経た木造住宅ストックが多数残る、豪州ブリスベン市の戸建住宅所有者の、維持管理行動の実態について述べる。

調査概要： ブрисベン市の戸建住宅を訪問し、維持管理行為と意識に関する調査票による面接調査－256件と、平面採集および具体的維持管理内容についての事例調査－22件を実施した。調査日は1995年8月21日～9月20日である。配布数294票、回収率90.1%、そのうち不完全票を除く有効回収率は87.1%（256票）であった。分析には256票に22事例調査を加えた278票を使用したが、主たる分析は持家の227票（81.7%）について行った。

調査対象住宅： 持家227件の56.8%（129件）が木造（回答者が主構造を「木造」としたもの／以下「非木造」についても同じ）である。その約9割は外壁も「木」である。非木造の98件については、89.8%（88件）が主構造「ブリック」としているが、その60.2%（53件）は外壁が「ブリックーベニア」（木骨ブリック造）となっている。木造の76.0%は中古住宅を購入しているが、非木造では中古住宅購入は46.9%と少なく、ビルダーへの注文施工や建売購入が多い。^{*1} Owner-Buildersが建てた住宅は持家の6.6%（15件）であった。木造は1944年以前建築の住宅が4割を占めるが、非木造は逆に4割が1985年以降建築の新しい住宅である。平均寝室数は木造3.6、非木造2.8、浴室数は木造1.5、非木造1.7で、今回の調査住宅は豪州の住宅平均（1990年センサス）よりやや高い水準であるといえる（表1）。

^{*1} 法的条件を満たしてOwner Builderの許可を得た人で、建主が自ら居住する住宅に限って免許のある建築請負業者や建築士と同格に建築業務全般を行うことができる。

居住者像： 木造、非木造ともに40～50代の親子世帯が5割前後で最も多いが、次は木造が夫婦のみ世帯であるのに対して、非木造では20～30代の親子世帯となっている。単身世帯はともに約1割、複数同居が2～4%みられた。家族員数は木造が3.3人、非木造が3.5人である。

居住年数は短く、短期間で住み替えている。木造が10年以内52.7%（15年以内で66.7%）、非木造が5年以内44.9%、10年以内70.4%と、木造の方が長いが、居住年数26年以上の世帯は木造でも14%しかない（表1）。

現住宅に住んでいる理由は、木造、非木造ともに「便利な立地」「手頃な値段」「スタイルが好き」「気候にあう」である。木造の場合はさらに「木の温もり」と「手作りの感触」が加わる。居住者の5割前後が現住宅に「とても満足」しており、「満足」を加えると7割に近づく。「不満」の意を少しでも表したのは4.8%にすぎない。しかし満足度の高さとは関係なく、転居予定の有る世帯は「多分有」を含むと、木造、非木造とともに4割強あった。

家族の就業状況は夫婦両働きが4～5割を占めるが、木造の方が片働きや無職が多い。家族内に建築関係者がいる世帯は約3割であった（表1）。

補修実態： 木造では図3に示す通り、補修箇所として提示した75項目中50%以上の世帯が補修していたのは9項目、40%台10項目、補修実施世帯が30%以上になると30項目が該当した。主に建物各部のペンキ塗り・付属部品や設備・目につきやすい部位や生活に支障のある部位である。補修の実施者として、DIYで行う率の方が多いのは29項目あり、特にドアや内装関係（床を除く）にその傾向が強い。構造上重要な床や床下・土台・外壁・屋根材・防蟻処理などの補修実施率は低いが、補修実施世帯の半数以上が入居後5年以内に、主に業者に依頼して行っている。補修を全くしていない世帯は2件しかなかった。

非木造住宅居住世帯では補修実施率が30%以上は14項目と少なくなり、おもに外部のペンキ塗りが減る。補修実施世帯のうち補修をD I Yで行う割合は木造より高い傾向がみられた。

D I Y補修実態 住宅に関するD I Y経験は木造住宅居住世帯の67%にあり（非木造は59%－図4）、その主目的は「維持・補修」が72%、「家の価値をあげる」49%、「内装の改善」43%である（図5）。D I Yで増改修工事をする理由は、「家計の節約」が85%、「D I Yが好き」51%、「簡単な補修だから」44%で（図6）、その作業技術は60%が「独学」、46%が「両親」に学んでいた（図7）。工事の材料はティンバー・ショップなどの「流通センター」で85%が購入しており、「メーカー」から直接購入する人も32%いた（図8）。道具は85%は「購入」していたが、「親の代からあった」「知人・友人から借りた」「業者から借りた」なども各1／3であった（図9）。また、実に95%の回答者が子供に住宅の補修方法を伝えることが必要性であると答えた（図10）。

非木造住宅居住世帯の場合も、ほとんど差は見られなかった。

建築年と補修実施率 木造住宅について建築年と補修実施率の関係をみた。一住宅当たりの補修実施項目数の中間値は18で、建築年の古い住宅ほど補修実施項目数が増加する傾向がややみられた（図11）。しかし、補修項目によっては、住宅の建築年に関係ないものもある。調査結果からは、建築年と補修実施率との関係は、表2に示す7タイプに分類できた。I型とII型は補修実施率が高い。I型は「雨漏りの点検や補修」以外はすべて、身近な部位のペンキ塗りである。II型はI型に準じたペンキ塗り以外は、身近にある部品や小設備の取付・取替であった。VI型は建築年が主として40年前後経った住宅にのみ行われている補修である。大規模な工事を必要とする補修であり、実施率は低い。

D I Y経験と補修実施率 木造住宅についてD I Y経験の有無と補修実施率の関係を示すと表3のようになる。D I Y経験の有る世帯は87件、経験がない世帯は27件である。D I Y経験の有無で有意差がでたのは15項目あり、「カーポートやポーチの床の補修」以外の14項目はすべて、D I Y経験の有るほうが補修実施世帯が多い。それらの項目は建物内外のペンキ塗り8項目、水回り関係5項目とフェンスの補修など、少し努力すれば自分でできて、それなりの成果がでやすい部位が主体である。なお、D I Y経験の有無に関係なく補修実施率が共に40%以上は6項目と少ないが、補修実施率が共に20%以下と低いのは27項目で全体傾向と同じであった。

現住宅の取得方法と補修実施率およびD I Y率 表4は木造住宅における現住宅の取得方法を新築（建売購入を含む－25件）と中古購入（98件）に分けて補修実施率との関係をみたものである。新築世帯と中古購入世帯で補修実施率に有意差がでたのは24項目で、新築の方が補修実施世帯が多いのは「網戸の取替」、貯水タンクの「補修」と「取替」の3項目のみであった。他の21項目は中古購入世帯の方が良く補修をしており、外装関係が12項目（内6項目はペンキ塗り）、水回り3項目、電気関係2項目、その他の室内関係4項目と、外装関係が過半数を占め、全般に補修効果を感じやすい部位である。なお、新築・中古購入に関係なく共に補修実施率が40%以上（12項目）および20%以下（22項目）の傾向については、全体と大差はなかった。

補修を実施した世帯のうち、その補修に「自分や家族」が参加した割合を「D I Y率」とした。

今回の調査では、中古購入世帯に比べて新築世帯の方にD I Y率の高い傾向が強く、両者のD I Y率に有意差がでた10項目すべてが該当した。構造部分や外装など大掛かりな工事や専門知識を要する部位に多く見られた（表9）。

新築世帯では補修実施率は少ないが、補修を行っている世帯はD I Yをする世帯であるといえる。また、新築25件の内の10件はOWNER BUILDERとして自分自身で自宅を建てた世帯であることも影響していると考える。

転居予定の有無と補修実施率およびD I Y率 木造住宅における転居予定の有無が補修実施率に与える影響をみたのが表5である。転居予定の有る世帯が52件、転居予定の無い世帯が66件で、転居予定の有無で補修実施率に有意差がでたのは僅かに4項目しかない。転居予定の有無は補修実施率を左右する強い要因ではないといえる。なお、転居予定の有る世帯の方が補修実施率が高いのは「流し前床板の張替」「居室床の補修・張替」「壁紙・クロスの張替」、転居予定の無い世帯の方が多いのは「水道・蛇口のパッキング取替」であった。転居予定の有無に関係なく共に補修実施率が40%以上（15項目）および20%以下（21項目）の傾向については、全体と大差はなかった。

D I Y率については、転居予定の有る世帯の方がD I Yで補修する世帯率が高い。両者で有意差がでた12項目のうち、「貯水タンクの補修」以外の11項目すべてにおいて、転居予定の有る世帯のD I Y率の方が高かった。屋根・外壁・破風板のペンキ塗り、雨漏りの補修、樋の取替、便所の床板・タイルの張替、ドアチェーンや鍵の取替、流しキャビネット・照明の付替など、費用を節約しながら転売時に効果のある部位をD I Yで補修している姿が伺えた（表9）。

建築関係の仕事と補修実施率およびD I Y率 建築関係の従事者がいる世帯（32件）といない世帯（93件）による補修実施率の差を表6に示す。両者の補修実施率に有意差がでたのは「屋根材の取替」「ドアの取替」「根太の補修」の僅かに3項目であり、建築関係者が世帯内にいることは補修実施率にほとんど影響を与えていないといえる。世帯内の建築関係者の有無にかかわらず共に補修実施率が40%以上（16項目）および20%以下（23項目）の傾向については、全体と大差はなかった。

D I Y率については、建築関係者がいる世帯の方がD I Yで補修する世帯が多く、D I Y率が60%を越えるものが43項目ある（建築関係者がいない世帯は15項目）。世帯内の建築関係者の有無で有意差がでた13項目は、すべて建築関係者がいる世帯のD I Y率の方が高く、ペンキ塗り以外の部位が多い（表9）。

世帯内に建築関係者がいることは、補修実施率にはほとんど影響しないが、補修実施世帯におけるD I Y率には影響を与える要因といえる。

OWNER BUILDER 資格と補修実施率およびD I Y率 木造住宅について、OWNER BUILDER 資格の有無による補修実施率をみたのが表7である。OWNER BUILDER 資格所有者のいる世帯が17件、資格所有者のいない世帯が97件であり、両者の補修実施率に有意差がでたのは10項目であった。すべてOWNER BUILDER 資格所有者のいる世帯の補修実施率のほうが高く、構造に関する部位などの大掛かりな補修が多い。

D I Y率については、OWNER BUILDER 資格の有無による有意差がでたのは「雨漏の補修」「防

蟻処理」「台所の移動・増設」「流し前床板の張替」の4項目のみであった（表9）。

補修実施率およびD I Y率に影響する要因 上述した世帯属性（D I Y経験の有無、現住宅の取得方法、転居予定の有無、建築関係者の有無、OWNER BUILDER 資格の有無）の中で、戸建持家木造住宅の補修実施率に影響すると考えられる要因は、「D I Y経験の有無」「現住宅の取得方法」「OWNER BUILDER 資格の有無」であり、「転居予定の有無」と「建築関係者の有無」はほとんど影響を与えていない（表8）。一方、D I Y率については、「現住宅の取得方法」「転居予定の有無」「建築関係者の有無」が影響を与える要因と考える。「OWNER BUILDER 資格の有無」に関しては、サンプル数を増やしてさらに分析する必要がある（表9）。

5. OWNER BUILDER 制度

住宅の長寿化は、おもに日常的な維持管理によってもたらされる。とくに日本の住宅の約5割を占める戸建持家は、取得から維持管理、除却に至るまで所有者が個別に責任を果たすべき住宅であるが、それには住み手の住宅管理に対する理解と認識が基本である。しかし、構造、工程、技術の複雑さと教育機会の不足から、所有者がその責任を果たしにくい現実がある。日本では現在それを、住宅メーカー別のアフターサービスや瑕疵保証、保険などで社会的に護る体制が取られているが、その反面、所有者の責任感が希薄になっており、維持管理が適切に行われているとはいえない。所有者が主体的に係わって維持管理しやすくする社会体制と消費者教育の機会を整える必要がある。

豪州では、あくまで自宅持家に関する工事は所有者の意思決定と責任に任せることを、社会的システムの中で認めるオーナービルダー（以下OBと略す）制度があり、この制度を通して持家所有者の権利と義務、責任を実質的なものにする取り組みがなされている。また、前項で述べたとおり、1995年に実施したブリスベン市の戸建住宅調査では、OB資格所有者がいる世帯の方が住宅の補修実施率が高くなる傾向がみられた。

調査概要 本研究は豪州のOB制度を、①訪問面接調査（建設業者免許とOB許可等を管轄するQ B S A -Queensland Building Services Authority-のConsumer Education Officers、BRISBANE市 CUSTOMER SERVICE CENTREのBuilding Surveyor、TAFE COLLEGE 3校のOBコース担当者）②OB制度利用者への郵送調査、③関係資料によって分析し、OB制度とその消費者教育面について明らかにしている。日豪間には背景の違いが存在するが、豪州の制度の仕組みを検討することで、日本の戸建持家に対する消費者意識を高めるヒントを探りたいと考えた。なお、訪問面接調査は1995年8月と1996年8月、郵送調査は1996年8月26日～9月12日に実施した。

オーナービルダー制度とその背景 ブリスベン市では所有者やその家族が日常居住する住宅（以下自宅持家と呼ぶ）の建設やA\$6,000以上の増改修工事を行う場合、①免許登録(Gold Card)のある専門のビルダー（以下GC業者と略す）と請負契約をするか、②OB許可を取って工事全体を自ら管理して行うか、いずれかの方法を選択することになる（図12）。前者はGC業者が職業として工事の全責任を負い、後者は種々のリスクをすべて所有者自身の責任と認めることを前提としている。後者をOB制度といい、人々は自宅持家に限ってOB許可を取れば、GC業者に

代わって建設業務全般を行える。つまり、OBは自ら工事を行う建設工事労働者であると同時に、工事管理者として位置づけられている。但し、OBが自ら直接工事を行う程度は、法で規制されている工事（電気の引き込み配線工事・給配水管工事）以外はすべて行うという例から、自信のあるごく一部分のみ自ら工事をし、他は工事別の専門工事業者と契約して、工事管理のみ行うものまで多様である。なお、OBの建設現場には、その由を明示した看板の掲示が義務づけられている。

OB制度が成立する背景には、従来から住宅の増改修工事のみならず新築さえも素人の所有者自らが行うDIY（Do it yourself）が普及しており、作業を楽しみ費用を節約するという社会環境がある。多くの人が住みながらDIYで増改修工事をして快適な住環境を整え、同時に住宅の資産価値を高めるという考えを持っている。実際に住み替え需要が高く、中古住宅市場が活発であり、売買時にメンテナンスやリノベーションの価値を評価する体系になっていることが、DIYの普及を支えている。さらに、DIYで増改修工事を行う際の部材や道具類を取り揃えたティンバー＆ハードウェア・ショップや、住宅の建築年代に応じた多様な古部材や古部品を容易に手に入れられるリサイクル・ショップが身近にあることも、DIYを行いやすくし、そのような工事への関心を高めている（図12）。

なお、豪州では基本的にA\$3,000以上のすべての新築・移築・増改修工事に許可申請が必要で、工事種別に応じた現場検査を義務づけて、基本的な安全性を確保する仕組みになっている。とくにDIYによる工事に対しては、法的基準遵守を徹底させるためにも、近年OB制度が強化され、OB許可の取得にOBコースの受講が必須条件となった。

OB制度利用者の実態 ここではOB制度利用者の実態を郵送調査結果から述べる。調査はTAFE COLLEGE（Tertiary and Further Education州政府管轄の技術専門学校の略称、以下TAFEと表す）のOBコース受講者78人の内38人から回答を得、回収率は48.7%であった。本調査によるOB制度利用者像は、男性30：女性8で、年齢は1／4が31～35歳と最も多いが、21歳から60歳以上まで幅広く分布しており（表10）、職業が建築関係の人は1／3と少なかった。したがってOB制度は一般の人に広く利用されているといえる。

OB制度を利用する目的は「新築」、「増築・移築」、「補修・改造」の順だが、いずれも約3割前後で大差なく（表11）、現在は具体的な工事予定のない人は2名（約6%）のみであった（表12）。OBコースを受講した具体的な理由は、「DIYで費用節約」が8割弱と最多で、次は「DIYが好き」が約半数いた（表13）。受講者の内約1割がコースを中途で止め、他は全員修了試験に合格している（表14）。その内2名はOB許可を「取得しない」と回答している。工事を実施する人は32名だが、その内の1名はOB制度利用を止めてGC業者と請負契約していた（表12）。工事は一部自分で行い「ほとんど業者」に依頼する人が6割弱で、多くの人が専門工事業者と協力しながら工事を遂行している。電気の引き込み配線工事・給配水管工事には法規制があり素人はできないので、「すべて自分」はその資格所持者と推察でき、約1／4いる「ほとんど自分」は事実上それらの工事以外のすべての工事を自分でしていると考えられる（表15）。

QBSA（Queensland Building Services Authority）とOB制度 QBSAは1992年1月1日施行のQBSA条例によって、Builders Registration Boardを大改組して発足した、クイーンズランド州の建設業者と消費者の建設行為を統括する組織である。QBSAの目的と具体的業務

を表16、17に示す。OBに対する教育制度や許可に関するすべての決定権はQBSAに委ねられることになっている。OB許可自体は1977年から前組織でも届け出制として扱われていたが、トラブルが多発していた。そこで1992年10月1日からOB制度が改善され、OBが行うA\$10,000以上（材料費+労務費）の工事については、OBコースの受講が義務となり、OB許可証の発行には申請書、地主の証明書とともにOBコース修了証明書の添付が必須条件となった。その後、1993年2月19日からは、A\$6,000以下（同上）の工事にはOB許可は不要と緩和されている。表18は工事費とOB許可との関係を表している。

OB許可と責任 資本主義社会では、個人の所有物はその責任において自由に処遇する権利が保障される。ただし、それは所有者が他人に危害や不利益を与えないという社会的義務を果たし、その責任を充分認識していることが前提である。OB制度もその考えに基づいて、所有者自らが居住する住宅に限り、OB許可を取り、建設業者（GC業者）に代わって建設業務全般を行うことを、社会的に認めている。建設業者（GC業者）は、専門資格保持者として社会的に認知される一方で、様々な社会的義務が生じ、それを怠ると責任が問われる。OB許可も当然社会的義務と責任を要求される。しかし、その認識が低かったり間違っていたりすれば、危険やトラブルが多発する。

そこで、QBSA条例ではOBに対して（1）責任の知識を高める（2）最低の基準を満たす（3）後の住宅購入者を保護する、などの条件を義務づけている。そして、この義務を遂行する一貫として、自宅持家の所有者が自らA\$10,000以上の工事を管理する場合は、OB許可を義務づけ、その申請時にOBコースの受講を課している。QBSAでは常に、資格保持者やGC業者、さらに一般消費者に情報やアドバイスを提供し、各自の権利や役割、責任の理解を向上させることに努めている。OBへの教育制度を充実させるために、各OBコースで使われているテキストや副読本を常に見直したり、教育機関や受講生に調査を実施していた。

また、OBが上記の義務を果たすために、OB許可には表19のような規制がある。これらの規制は、OBにとっては面倒で不利と感じるものである。しかし、住宅のように大きく、高価で、社会的影響の多い生活財に、素人が建設工事管理を行うという自由の権利を認め、かつ社会的義務を果たさせようとするならば、当然の措置である。一方、クイーンズランド州のOB許可証発行数は1992年から1994年の間に急激に減少し、その後は2,000人台を維持している（図13）が、QBSAではこの傾向を好感を持ってみている。OB許可申請書交付の際に行っている義務的なOBコース受講やQBSAの法的保険からの除外などの説明、およびOBコース受講による効果として、安易で無責任なOB希望者が申請を取り止めたためであろうとの見解であった。

OB教育機関と受講者 OB許可取得には、15時間以上のOBコースの受講が義務づけられており、教室型と通信教育型が用意されている（表20）。教室型は主にTAFEと呼ばれる、日本の専門学校を大きく総合化した公的教育機関で開講されるOBコースに出席し、課題のレポートと修了試験で評価される。TAFEはほぼ行政区に対応して設置されており、通常OBコースは夜間か週末に開講されるが、表21のように年間コース数、1回の受講者数や期間などは、地域の需要に応じて様々で、年によっても大きく変化する。受講者の状況もTAFEによって差がある。受講者に占める建築関係者の割合は5～34%と1／3以下で少ないが、8割以上がコースの修了証明書を授与されている。実際に自宅を新築した人は、2校のTAFEでは1割程度であったが、

LOGAN TAFEでは、1994～1995年現在この地域の住宅地開発が盛んであるのを反映して、10人が受講中に申請図面を用意してOB許可を待っていたとのことであった。

OBコース内容と受講者の評価 OBコースについてはQBSAのConsumer Education部門が統括しており、コースの目的と学習内容（表22）、最低時数（15時間）、評価の仕方（修了試験50%、課題レポート50%）などの概要を定めて、各教育機関を指導している。各教育機関はそれに沿いながらも地域性や特徴を考慮して、カリキュラムやテキストを作製していると説明されたが、前掲のTAFE 3校の教材等を比較した結果はほとんど差はなかった。LOGAN TAFEは受講者の自宅申請図面を課題教材に使って実質的効果をあげていた。OBコースの講義内容は表22に見られるように、技能的知識や作業を扱うのではなく、自宅建設や増改修工事の準備から開始、工事中および竣工までに必要なマネジメント技術と知識からなる。テキストと副読本には種々のマニュアルや法律の解説が含まれ、それらを具体例で学習しながら、おもにその活用法を学ぶ。OBは住宅所有者、工事管理者、労働者、公的責任の遂行者を兼ねた存在として位置づけられており、とくに法的手続きを知り公的責任の認識を高めることが目指されている。

郵送調査によると、最後まで受講した34名中31名までがOBコースの講義内容を「易しい」と感じていたが（表23）、半数を越える19名がコース受講前に比べて受講後の方が、工事に対する責任の認識度が増したと答えていた（表24）。また、OBコースを修了した受講者の3／4がOB制度は住宅の取得や維持管理方法として「有効である」と回答し（表25）、OBが工事をするとき大切だと思う3項目を自由に記述してもらった結果も講義内容を反映して、「法律や規則を守る責任」を半数を越える受講者が挙げ、その他「時間の管理」や「費用の管理」を1/3前後、「専門工事業者との協力」を1／4の受講生が挙げていた（表26）。OBは専門工事業者と一般消費者を繋ぐ中間的存在であるが、OBコースを通じて、戸建持家所有者の権利と義務、責任を再認識し、工事管理の知識を高め、業者の立場を理解していた。そして、OB制度は、戸建持家所有者が住宅建設や増改修工事を住宅建設業者に任せっきりにせずに、専門工事業者と協力して、自らも工事にかかわることのできる社会システムを支えていることが確認できた。

6. 住宅部品・資材、リサイクル部品・資材、中古住宅市場

ブリスベン市に良質の木造ストックが多い要因として、①中古住宅市場が活発、②リムーバル・ホーム市場の存在、③住宅部品・資材市場が一般消費者に開放されている、④リサイクル部品・資材市場の存在、などの市場のあり方がある。ここでは、踏み込みインタビュー調査に基づいて実態を述べる。

中古住宅市場 中古住宅市場が活発で、中古住宅を土地と切り離して売買するリムーバル・ホームもあり、住宅と土地の評価を別々に行い、住宅のメンテナンスの良さも評価される。木造の新築住宅は年々価格が高騰しており、中古住宅は相対的に安い。とくに、古い木造住宅は材質や細工の良さが評価され、法的安全基準さえ確保されていれば、メンテナンスやリノベーションは予算に合わせて、住みながら楽しみながら徐々に実施される。これらの補修・改善費は住宅の売買時に評価される。また、新築住宅建設を主業務とする大手住宅建設業者が少なく、メンテナンスやリノベーションを業務とする小規模の建設業者や自営の専門工事業者、建築家が多い。これら

の業者はメンテナンスやリノベーションを請け負うが、住み手（所有者）と協力・分担して作業をすることが可能で、時間をかけて計画的に、住み手（所有者）自身もかかわってメンテナンスやリノベーションを実施している。

リムーバル・ホーム リムーバル・ホームは、他の敷地に建っていた中古木造住宅を購入して、大型トレーラーで新しい敷地まで運んで（図14）再建する住宅である。筆者が見たリムーバル・ホームはすべて木造住宅で、その大部分はクイーンズランダーと呼ばれるクイーンズランド州に特徴的な高床式の住宅であった。前述したように、新築の木造住宅は価格が年々高くなっているし、既存住宅に使われているような部材や細工は手に入れにくい、また、この形の住宅はクイーンズランド州の風土に合っているなどの理由で、リムーバル・ホームを選ぶ人が相当数いる。それらの人々のために、中古の木造住宅をクイーンズランド州各地から集めて、展示販売している業者がいる（図15）。そこで展示販売されていた住宅の中には、日本人には廃屋にしか見えないものも多く含まれていた（図16）。予算に合わせて、安いリムーバル・ホームや中古住宅を買うが、購入決定をする前に、自らまたは第三者の専門の住宅検査業者を雇って、その住宅を点検確認する。リムーバル・ホームを自分の敷地に移動させ、基礎や上下水道などの工事をした後、公的な安全性検査があり（後述）、それが通ると建築基準法に沿ってリノベーションやメンテナンスが行われ、住宅は生まれ変わる（図17）。なお、訪問調査をしたリムーバル・ホーム展示販売場には、州政府が売ったという使用済みの木造のダムや鉱山開発用公務員住宅も並んでいた。州政府も使用済み住宅を壊さずに販売し、その売上代金で次の工事現場用の公務員住宅を建てることであった。このようにクイーンズランド州の住宅の長寿化は、中古住宅を活用して貴重な天然木材資源を有効活用するとともに、環境面や経済面をも考えた行政姿勢と関連しているといえる。

大型ティンバー&ハードウェア・ショップ 各種木材、床、壁、屋根、基礎などの材料から種々の道具、小さな金具類にいたるまで、住宅建設に関する部材や部品・資材のすべてを販売する大型ティンバー&ハードウェア・ショップが非常に身近にある。そこでは、素人（一般消費者）、専門家を問わず、住宅一戸分に必要な材料をすべて購入することができる。施工方法や法的手続きなどに関する情報も提供され、訪問施工指導サービスも行っている。専門技術者が相談や苦情に応じるコーナーもあり、講習会も開かれている。価格は購入量によって決まるので、結果的に業者の方が安くなる。O B 資格証明書を見せると 7.5%程度割引する店もあった。また、店の敷地内に木材等の加工場や工作室があり（図18）、自宅の寸法に合わせて、窓や戸などを始め様々な部材や部品の加工をしてくれるし、技術的な質問にも応じてくれる。

リサイクル・ショップ 自宅の年代や様式に合う古い部材や部品を欲しければ、それらを解体現場から集めてきて販売しているリサイクル・ショップで探すことができる（図19）。無造作に積み上げ並べてある壁材・床材・天井材・ドア・窓などの一般的な部材・部品は素材や細工が優れていて、新しいものより安いという。リサイクル・ショップにも、作業場や工作室が隣接していて、寸法やこまかい注文を聞きながら目の前で加工してくれる（図20）。

このように木材を始めほとんどすべての建築資材の市場が一般に開放され、誰でも建設業者と同じ店で手軽に取引ができる、こまかい注文や質問にも応じてくれることが、消費者（所有者）に

建設業務全般を分かりやすくし、メンテナンスやリノベーションを身近なものにしている。この状況には、オーナービルダーの存在が大きく影響していると感じた。

7. 環境保全行政

ブリスベン市の歴史は約 200年に過ぎないのに築後100年を経た一般木造住宅ストックが、良く手入れされて多数残っている。その重要な要因の一つに市の環境保全行政がある。

日本でも歴史的に重要な建物や町並みが指定や登録されているが、ブリスベン市の場合もそれは当然行われている。それ以外にブリスベン市には特性建築地域といって、市中心部周辺の、第2次世界大戦以前に開発された広範な地域のほぼ全域が、地域の特性を残し生活しやすい環境を保全するために、市の特性保全調整を適用される地域になっているのである。その地域内の建物を取り壊したり移動したりするには、市の同意を得るかまたは市の同意を得るに値しない建物であることを申告せねばならない。さらに、その由を告示し、地方新聞や敷地内に建てた看板で公に知らせ、隣近所に反対がないことを確認せねばならない。その建物が、ブリスベン市や建物のある地区や通りの特性や街路景観、設備や行事にとって重要な要素となっている場合は、取り壊したり移動したりできない。立派な由緒ある特別な建物でなくともである。この結果、ブリスベン市の古い木造住宅は残されやすくなっている。

また、この地域は環境と同時に交通の便も良く、住宅地としての需要が高い。そこで市当局は一定面積以上の住宅地を近隣の同意を得て二分割し、既存住宅を一方に移築させ、他方の敷地に新しく住宅を建てることを認めている。しかし移築した住宅はリムーバル・ホームのInspection（後述）を受けねばならないし、新しい住宅は鉄骨や新建材で建ててもよいが、外観は周囲の特性や街路景観を損なわないようにせねばならない。

8. 新築住宅および既存住宅に対する各種検査制度

豪州では、基本的に、住宅施工について専門的な知識のない一般の人でも、前述した条件（5 OWNER BUILDER 制度 参照）を満たしてオーナービルダー許可証を得、日常居住の自宅ならば、規模に関係なく自己の責任で自ら新築・増改修工事を行うことができる。上下水道や電気工事を除くすべての工事を自分の手で施工できる。したがって、ごく簡単な工事以外すべての工事について許可申請を出さねばならないし、それらの工事がクイーンズランド州の建築基準に適合しているかが施工検査される。許可申請や施工検査の記録は、すべて住宅別に地方自治体のコンピューターに記録され、中古住宅の購入前などに調べることができる。つまり、建設許可申請や施工検査の記録がある住宅が、良質の管理が行われている住宅ということになる。また、近年は中古住宅購入契約時における購入者保護のために、民間の建築検査事務所による購入直前の住宅検査が普及している。このような検査制度の存在が、オーナービルダー制度や日常的なDIY工事を可能にし、戸建持家所有者の責任を社会的に位置づけて、その結果住宅が長持ちしていると判断した。

施工時のINSPECTION ブリスベン市では住宅を建設するときや増改修工事の際に、建設の基準・公的利害・建築法の要求を満たし、住宅の安全性を確認するために、地方当局によっ

て施工検査が行われる。検査段階によって、地方当局の職員であるCouncil's Building Surveyor (建物検査官) か登録したエンジニアや建築家が行う。建設許可申請には“Major Application”と“Minor Application”的2つがあり、“Major Application”は工事全体を“Minor Application”は必要な工事部分について検査する。工事価格（材料費+労務費）がA\$3,000以下のごく小規模工事の場合は建設許可申請は必要ない。

“Minor Application”が適応されるのは下記の工事である。

- | | |
|----------------|---|
| ・部屋の増築 | ・建物の被覆材料の取り替え |
| ・内装壁の新設／除去 | ・屋根の葺き替え |
| ・ベランダを囲んで室内にする | ・床面積15m ² 未満の修復改造で4箇所以下の配管設備 |
| ・建物の外部／室内階段の増築 | (蛇口) がある場合 |
| ・室内の構造的な変更 | |

小規模の工事でも基本的に床面積を増やしたり、下水・上水・基礎・軸体変更に関する工事を行う場合は必ず施工検査が必要。

施工検査のよりどころは、クイーンズランド州のBuilding Act 1975, STANDARD BUILDING LAW のPart 5 — Duties and Inspectionsである。その5.1.(1), (b)に建設許可の条件として、検査が出来るように、工事段階が完了する前に地方当局に知らさねばならないと明示してある。その通報の時期は建設許可書に明記され、かつ工事段階が完了する48時間以内である。その建設工事が許可された図面や仕様書通りであり、その施工が構造的に適当であれば、緑の検査合格証明書が、不適当ならば赤の検査証明書が渡される。

“Major Application”における施工検査項目は、

①地盤《基礎》と境界線の設定—Footings and boundary clearances

- ・基礎が正しい大きさか深さか
- ・開溝の確認
- ・鉄筋を固定し、地面の上から吊るすか台の上に乗せて宙に浮かせる
- ・技術者（土壤テストのための）は検査ができることを証明書で認められた人であること

検査実施者 Footing — BCC(Brisbane City Council)のBuilding Surveyors または登録した Structural Engineer、小規模建物はStructural Engineer
Boundary clearance — BCC Building Surveyors または Land Surveyors

②地上のコンクリートスラブ《基礎》—Concrete Slab Inspection

- ・砂の土台が正しい高さにあるか
- ・スラブの下の排水設備の確認。取り付けられた排水設備と別々に詳しく調べる
- ・スラブの下のシロアリ処理の確認（証明書が必要である）
- ・ビスクリーン（プラスチックのシート）を正しく取り付けて、テープでくくる
- ・鉄筋コンクリートを宙に固定するために台の上に固定する
- ・テルコム・セキュリティー・配電などは検査を要求する必要はない

検査実施者 構造的な構成要素は登録した Structural Engineer
白蟻対策や湿気対策はBCC Building Surveyors

③構造の検査《骨組み》—Frame Inspection

- ・建物を支えるのに十分な構造か
- 計画どおり設計図書に示されたされた場所・材料で支えられているか

届け出なしに軸組をカバーしてはいけない

検査実施者 90%はBCC Building Surveyors、建売業者はBCC Building Surveyors
にたのむ、残り10%のユニークなデザインのものは Structural Engineer

④配管工事の“流水”検査—Plumbing Inspector to Inspect ‘Rough-in’

- ・水圧システム・配管工事—1400kpのテストもしくは主テストの後、確認シールをつける
- ・パイプ（サニタリー）が床と壁に隠される前に検査を行う

検査実施者 BCC Plumbing Inspectors

⑤建物の最終検査《完成》—Building Final Inspection

- ・完全な建物か
- ・最終的なシロアリの処理
- ・外部の塗装（すべての材木の最低限の下塗り）
- ・最終的な建物に対する土壤の状態
- ・壁の維持のために必要な補強

検査実施者 BCC Building Surveyors のみが、照明、建具、水漏れ、などすべて検査

⑥配管工事、排水の最終検査《完成》—Plumbing/Drainage Final(‘Fit Off’)

- ・完了したすべての項目—水の流れ、すべての洗面器、シンクなどが正しく排水
パイプに接続しているか

検査実施者 BCC Plumbing Inspectors

以上の項目について検査が行われ正しくないものが見つかれば Council's Building Surveyor
は Builderに直すように命令し、Builderは関連のある法律に従わねばならない。しかし、最終
検査に合格しなくとも住みはじめることは可能である。ただし、最終検査を含めて各段階の施工
検査をしなかったり申告漏れがあった場合には、告発されて QBSA の建築紛争機構または建築
法廷の決定により、その部分を取り壊して検査が行われる。さらに、前出の 5. OWNER BUILDER
制度で述べた QBSA による公的強制保険の保障を受けられない。したがって建設業者はほぼ全
住宅、最終検査までしているとのことであった。ところが、OWNER BUILDER の建てた住宅はこの
公的強制保険の枠外にあるために、工事中の現場検査をしないものが多くなる。この対策として
住宅登録簿に印がつけられ、6 年半の間に住宅を売る場合は OB 制度で建てた住宅であることや
検査について、売手に明記せねばならないことが、法的に義務づけられている

建物検査官による施工検査のチェックポイントは、下記の通りである。

- | | |
|---------------------|--------------------|
| ①デザイン（図面の通りか — 筆者注） | ⑤以前の検査が行われていればその確認 |
| ②コンクリートと補強が正しいか | ⑥表面の完成度 |
| ③骨組みの接合と設計書が正しいか | ⑦住める状態であるか |
| ④木材の大きさの確認 | |

施工検査をする契機は、ロンドンで質の悪い建物が多く発生したとき、英國議会が施工検査を
始めたのに由来している。クイーンズランド州では、保険会社とコミュニティの要求で長年か
かって1972年に実現した。しかし重要なのは、建物が法的基準に適しているかを検査することに
あり、建設の期限や工程通りに工事が進んでいるかとか、なされた仕事の質についての判断は検
査官の役割ではなく、それらの責任はビルダーと持ち主にあるということである。

なお、Building Surveyor は Brisbane City Council(BBC) の Department of Development and
Planning の Building Services Branch に属している。Building Services Branch は Central

にManagementとCentral Building & Central Plumbingの2部門があり、Managementの中にBBC Building Record Serchが位置する。Central以外に市を東西南北に分割して、各Buildings Surveyors' Officesに、Administration Officers, Town Planを検査するAssessment Officers, Plumbing Inspectors, Bulding Surveyorsがいる。Centralは主に商業建築を扱い、他のBuilding Surveyors' Officesは住宅を担当する。市の住宅総数約31万戸(1994)に対して、リストに載っているAssessment Officersは18人、Plumbing Inspectorsは26人、Bulding Surveyorsは28人である。北部地区のCHERMSIDEでは年間20,000件の住宅の申請があり(Major Application 4割、Minor Application 6割)、公文書として10年保管することになっている。

* 注) 建設許可申請および施工検査については、改正されたクイーンズランド州のBuilding Act 1993と新設のIPA(Integrated Planning Act)に基づいて、1998年4月30日から大幅な変更が実施された。基本的な変更は、①建設許可申請からPlumbing Inspectionを除く施工検査・最終検査までの過程にPrivate Certificationをもった民間のBuilding Surveyorを参入させる(当局内のBuilding Surveyorは存続する)、②今まで地方自治体の裁量に任せていた施工検査に、最低実施基準を設けて州全域に義務化する、③“Minor Application”を止め、建設許可申請を一本化することである。1998年8月に実施状況をインタビュー調査した時点では、まだ当局内は混乱しており、細かい修正が行われていたが、施工検査の段階やチェックポイントなどは、ほとんど変化していなかった。

住宅登録簿のSEARCH制度 建物を建設するときや増改築、改造、大規模修繕、移築の際には必ず建設許可申請を地方当局に出さねばならない。そして工事内容に応じて施工検査が行われ、建物がブリスベンの建築基準を満たしていて、基本的な安全性が確保されるように工事が行われているかチェックされる。そしてその検査に関するすべての記録は、住宅別に地方当局の住宅記録簿に記載される。したがって、この住宅記録簿を確認すれば、その住宅の新築時から増改築、補修状況など、現在に至るまでの歴史を知ることができる。住宅記録簿と実際の建物が異なっていれば、違法に増改修工事が行われたと確認できる。違法建築や申告漏れについては、取り壊して検査する権利が地方自治体に与えられているし、住宅を売るときに不利になる。住宅記録簿という制度は申告漏れを防ぎ、施工検査を徹底するという役割を果たしているといえる。

ブリスベン市には住宅記録簿を利用したSEARCHS制度と呼ばれる制度があり、中古住宅を購入する前にその建物の増築、改造や補修状況などを調べることができる。この記録を事前に確認することで中古住宅を購入しようとする消費者を保護する役割を担っている。建設許可申請や施工検査が住宅記録簿に記載されている住宅は、管理の良い住宅ということになり、記録簿に何も記載されていない場合には、その住宅は違法に工事が行われたことを示すので、敬遠されたり安全性を疑う要因となる。つまり、①住宅の評価が低くなる、②融資条件が悪くなる、③QBSAなどの公的強制保険を受けられない、④住宅が売りにくくなるなどの問題が起こる。また、前述したようにOB制度によって建てられた住宅は、購入者保護のため住宅記録簿に印を付けて、転売時に買手に知らせるようになっている。このように住宅記録簿は、住宅購入時の意思決定のための重要な情報として活用されており、消費者保護や中古住宅の現状を確認する役割を果たしている。したがって、DIYで住宅を建てたり増改修工事をしても、住宅記録簿に施工検査に合格した記録があれば、基本的な安全性が確認されたことになるのである。

住宅購入前のINSPECTION 建売住宅や中古住宅の購入時にも、住宅の現状を明らかにするための Inspection がある。住宅の売買契約書の中に Building Inspection Report という項目が見られる。Building Inspection Report とは、Pre-purchase Inspection または Home Inspectionと呼ばれている検査で、本契約前に住宅の安全性や欠陥箇所・構造などを小屋裏や床下に入って、眼で見た範囲内で検査し、その結果をレポートにまとめたものである。住宅の購入契約時における購入者保護および購入者の自己責任を確認させることをねらっている。ブリスベンでは前述したように、住宅の新築および増改修工事中に、Council's Building surveyor が施工検査を行っているが、既存住宅の売買時については、OB制度で建てた住宅（築後6年半のみ）以外は何も規制がない。1994年版のQBSAが推奨するREIQ（The Real Estate Institute Queensland）の住宅・土地売買契約書では、契約の1項目として Building Inspection Report が添付されているか否かについて書くようになっている。それが添付されていないときは、売手に請求するか、もしくは自分が適当なサービスに依頼するか、購入者自身が Inspection を行うかを決める。購入者が Inspection は必要ないと考えれば行わなくてよいが、後にその住宅が地方自治体に届けられていないことが分かったり、何らかの重要な不良箇所を発見しても、購入者側の責任になって本契約を解消できなかった。その後、1996年に改正された同売買契約書では、Building Inspection が契約の一条件となり、その期限を明記することが義務づけられた。そして、Building Inspection Reportの結果が購入者側の解約条件の一つとなり、その期日の17:00までに苦情や問い合わせをして仮契約を取り消さなければ、契約書のすべてを了承したことになり、購入者側からは本契約を取り止めることはできなくなった。

QBSAは購入者保護のためにこの制度を推奨し、消費者にアピールしているが、不動産業者も契約者と業者のもめごとが減るので、QBSAと共に推奨している。また最近では、銀行や保険会社の中にもこのレポートの提示を求めるものがあり、既存住宅の購入前検査が一層普及する一要因となっている。

この既存住宅の購入前検査の問題点は、検査を行う Building Inspection事務所や Building Inspector に資格や免許制度がなく、公的指導や規制が何もできることおよび、クイーンズランド州やブリスベン市当局に担当部局さえ決まってないことである。大部分の Inspectorは建設業者登録をしたGold Card 保持者であるが、既存住宅の購入前検査の営業は誰でもできるので、質の悪い業者もいる。QBSAではGold Card 保持者であることを確認するよう薦めているが、資格規定や担当部局の設置については、検討の必要性を認めるに留まっていた。既存住宅の購入前検査が普及すれば、維持管理を適切に行っていることを示す機会が増え、正当に評価されて、居住者の管理意識が高まると考える。このようにブリスベン市では建設許可申請と施工検査、さらに既存住宅売買時の Pre-purchase Inspectionが連動しあって、良質な住宅の維持管理が行われ、それに消費者（所有者）が参入してDIYで行った場合でも、一定水準の安全性が確保できるシステムになっていることが把握できた。

リムーバルホームのINSPECTION クイーンズランド州にはリムーバル・ホームと呼ばれる中古住宅の市場があることは、第6節で述べた。リムーバル・ホームを利用して中古住宅を購入した場合、住宅をトレーラーやフェリーで移動して購入者の希望の土地に据えつけるが、このときもっとも重要なのが住宅の据えつけの安全性である。中古住宅自体の安全性が確認されても据えつけに問題があれば、リムーバル・ホームに安心して住むことはできない。そこで住宅が

移築される場合には、正確に据えつけられているかを確認しその安全基準を満たすために、地方当局が Removal Inspection を行う。Removal Inspection の主な内容は下記の通りである。

- ・据えつけの安全性（基礎など）
- ・シロアリの処理
- ・上下水道の配管
- ・周辺および道路との関係

検査は施工検査と同様に地方当局の Council's Building Surveyor (建物検査官) によって行われる。この Removal Inspection が行われることによって、中古住宅の移築市場の安全性が確保され、活発な中古住宅市場の幅をさらに広げることになっている。

9. 日本調査について

日本調査については、1998年5月に「住宅の社会的管理に向けて」（山崎古都子編、都市文化社）と題して出版した。紙面の制限もあり、本報告書では省略し、本を参照願いたい。

なお、「民家の再生、リサイクルの動向」については、現在もさらに調査研究を深めている。

10. 結語

豪州ブリスベン市の戸建持家木造住宅所有者の維持管理行動と、彼等が維持管理に関する作業に主体的に参入する状況、さらに、その所有者の行動を支えている社会システムや条件について調査し、その全容をほぼ把握することができた。

豪州では、自分が日常的に住まう住宅については、規模や構造に関係なく、ごく一般の消費者（所有者）が、その建設・増改修工事を行える。それは、何も特別なことではなく、自分が所有し自分が使うものに対しては、他人に不利益や危害を加えない限り、自分の責任でなんでもできる自由の権利が社会的に明確に位置づけられた結果に過ぎない。そしてその自由は、積極的情報収集と分析によって自分で意思決定し、その結果に責任を負わねばならない自己責任の原則の上に存在している。「自宅は住み手（所有者）が自分で建てて当然」が貫かれ、それを保障する。自分でできない、したくないと意思決定したときは専門家との契約になる。

したがって、一般消費者（所有者）は専門家と全く同じ条件で、情報・部材・資材・設備などを手に入れられる開かれた市場がある。メーカーから少量でも直接買えて、その製品には互換性があり、素人でもわかるカタログと施工マニュアルがあり、質問や多少の注文にも応じてもらえる。もちろん一般消費者（所有者）も知識を高める努力をせねばならない。「自宅は住み手（所有者）が自分で建てて当然」であっても、そうするためににはOB制度で決められたOBコースを受講して試験に合格し、OB許可証を取らねばならない。わかりやすく書かれたOBやDIYに関する情報・技術出版物が非常に手近に沢山出ており、身近な本屋やティンバー・ハードウェア・ショップで簡単入手にきる。

また、できあがった建物は安全で、公的利害にかなっていることが重要である。A\$3,000以上のすべての工事に建設許可申請や施工検査が課せられ、住宅記録簿に記載され、それを住宅売買時や工事をする時に閲覧できる。請け負い契約の工事には、建設許可申請時に公的強制保険がかけられ、それが施工検査とリンクしている。既存住宅や移築住宅の検査制度もある。

中古住宅市場が活発で、住宅の売買時に維持管理が評価されるので、一般消費者（所有者）は日常的によく維持管理を行う。行きやすい環境もあるが、創造の喜びを感じている人が多い。

さらに1944年以前開発地区では、建物の取り壊しや増改修・移築時に届け出や告示が義務づけられているために、開発や急激な変化のブレーキとなり、住宅ストックを活用することに繋がっている。

ブリスベン市周辺では、また多少の違いはあっても大筋は豪州全域（開発途上地域は除く）では、以上のように「自宅は住み手（所有者）が自分で建てて当然」を基本として、様々な制度や社会条件が連動して、住宅ストックが生かされ、その過程に一般消費者（所有者）が主体的、積極的にかかわっていることがわかった。

日本でも住宅ストックの活用や長寿化の必要性がいわれており、戸建住宅の維持管理に対する関心もかなり高まっている。本研究の日本調査結果でも、考えたより維持管理がされ、DIYも行われていた。しかし、豪州と根本的に違うのは、戸建住宅の設計、施工からメンテナンスに至るほとんどの作業が「専門家に任す」体制を基本にして、制度も市場も動いていることである。日本の住宅産業は全国を市場とする大住宅メーカーが存在し、その影響力が非常に強いことである。これは、世界的にも稀な状況である。そして、プレハブ住宅にも多くの種類があり、メーカーブランドやメーカー内の商品ブランド毎に寸法や形状が違う部材類が使われていて互換性がなく、むしろ、個別性を売り物にして発展してきたし、今後もその方針は変わりそうもない。市場は非常に閉鎖的で一般消費者（所有者）が情報・部材・資材・設備などを直接入手できる機会は稀である。

近年、新築住宅が低迷する中で、住宅メーカーは戸建住宅の維持管理を業務に取り込む傾向にあるし、50年、100年使って環境にやさしいことをうたった新製品も出されている。しかし、本質的には現在の住宅を改善（grade up）しながら使いづける手法は提示されておらず、従来どおり新型住宅への建て替え（scrapd built）を勧める姿勢を崩していない。いづれも「専門家に任す」体制が益々強まり、一般消費者（所有者）の参入する余地は益々狭められている。このような日本の住宅産業の行き方も、日本人とその環境に合っているという人もいるが、戸建住宅の管理は所有者の自己責任であることが強調されている現在、自己責任を確実なものにするためには、日本の住宅市場と住情報の開示をシステムティックに行う方策を探ることが最重要課題である。

謝 辞

本研究は（財）トステム建材産業振興財団の平成7年度助成金を受けて実現しました。2年の研究を終え、報告書をまとめることができました。報告書が遅れたことをお詫びします。

本研究の過程では多くの方々の協力があって、研究を深めることができました。とくに、QBSAの Doug Sparkes, Brisbane City Council の Debbie Smit, Terry Maran, Tony Townshend, QUT のPaula Whitman, Clus Jehne, TAFEsの Bob Whittred, Allan Allsop, Roger Baker, 友人のMark Quinn, 竹村朋子, 林久真の各氏に感謝します。また、調査やその整理には、岐阜女子大学住居学科中野研究室および滋賀大学教育学部山崎研究室の平成7、8年度のゼミ生の助力があったことを記して謝意とします。

参考文献

- 1) "Brisbane at a Glace", The Guid for Moving To and Living in Queensland vol 1-1995, pp70, 1995
- 2) Ian Castles, Survey of Income & Housing Cost and Amenities / Housig Occupancy and Costs, Australian Bureau of Statistics, pp24, 1990
- 3) Building & Renovating, vol 5, pp2-7, Searon Ply. Ltd.,
- 4) "About The BSA", Fact Sheet, 2, Building Services Authority
- 5) Building & Renovating / A Consumer's Guide, Queensland Building Services Authority, 1994
- 6) Annual QBSA Report 1993/1994, Queensland Building Services Authority, 1994
- 7) Annual Repor Queensland Building Services Authority 1994/1995, Queensland Building Services Authority, pp16, 19, 1995
- 8) Home Owner Builder / Including Product Knowledge Session, Southbank Institute of TAFE, 1994
- 9) Sutudent Guide CN909 Owner Builder Course, Mount Gravatt, 1995
- 10) Sutudent Guide CN909 Owner Builder Course, Logan College of TAFE, 1995
- 11) Depart of Building Handbook, Design Works in Mount Gravatt Collge of TAFE, 1995
- 12) Hardies Guide for Owner Builders, Hardies
- 13) Building and Renovating for The Brisbane City Council, vol 1, Brisbane City

研究発表実績

- 1) 中野迪代, 山崎古都子, 「戸建住宅所有者の維持管理行動の推進に関する研究（その1）－豪州ブリスベン市の実態】『日本家政学会第48回大会研究発表要旨集』, pp262, 日本家政学会, 1996.
- 2) 山崎古都子, 中野迪代, 神末泰江, 「居住者に可能な住宅の維持管理システムの開発（その1）－持家居住者が行っている点検・修繕行為」『日本家政学会第48回大会研究発表要旨集』, pp261, 日本家政学会, 1996.6
- 3) 神末泰江, 山崎古都子, 中野迪代, 「居住者に可能な住宅の維持管理システムの開発（その2）－加齢に伴う問題」『日本家政学会第48回大会研究発表要旨集』, pp262, 日本家政学会, 1996.6
- 4) 中野迪代, 山崎古都子, 神末泰江, 「居住者に可能な住宅の維持管理システムの開発（その1）－戸建て住宅の管理状態」『日本建築学会近畿支部研究報告集』第36号, pp1069–1072, 日本建築学会, 1996.7
- 5) 神末泰江, 山崎古都子, 中野迪代, 「居住者に可能な住宅の維持管理システムの開発（その2）－加齢に伴う問題」『日本建築学会近畿支部研究報告集』第36号, pp1073–1076, 日本建築学会, 1996.7
- 6) Michiyo Nakano, Kotoko Yamasaki, Donna L Pendergast: A Study of on The Maintenance of Detached Houses—A Case Study of "Queenslanders" in Australia, IFHE, Bangkok Convention Center, Thailand, 1996.7
- 7) 中野迪代, 山崎古都子, 「戸建住宅所有者の維持管理行動の推進に関する研究 1－豪州ブリスベン市の戸建住宅所有者像と補修実態】『日本建築学会大会学術講演梗概集』, pp1141–1142, 日本建築学会, 1996.9
- 8) 山崎古都子, 中野迪代, 神末泰江, 「居住者に可能な住宅の維持管理システムの開発 3－住宅への愛着と住宅の維持管理」『日本建築学会大会学術講演梗概集』, pp1143–1144, 日本建築学会, 1996.7
- 9) 神末泰江, 山崎古都子, 中野迪代, 「居住者に可能な住宅の維持管理システムの開発 4－住宅の耐震化への関心」『日本建築学会大会学術講演梗概集』, pp1145–1146, 日本建築学会, 1996.7
- 10) 神末泰江, 山崎古都子, 中野迪代, 「掃除の実施状況からみた高齢期における住宅の維持管理の」『都市住宅学』15号, pp1595, 都市住宅学会, 1996.10
- 11) 中野迪代, 山崎古都子, 「豪州のオーナービルダー制度－消費者教育に果たす役割」『日本消費者教育学会第16回大会要旨集』, pp20, 日本消費者教育学会, 1996.11
- 12) 中野迪代, 「豪州の戸建中古住宅の購入前検査について－戸建住宅所有者の維持管理行動の推進に関する研究（その2）」『日本建築学会大会学術講演梗概集』, pp915 – 916, 日本建築学会, 1997.9
- 13) Michiyo Nakano, Kotoko yamasaki, Donna L Pendergast : The Maintenance of Detached Houses—A Study of Queensland in Australia, with Application to Traditional Japanese Housing, "Journal of the Home Economics Institute of Australia ", pp53-54 The Home Economics Institute of Australia Inc, 1997.10
- 14) 中野迪代, 「オーストラリアの戸建住宅の検査・保険制度と消費者に与える影響」シンポジュウム, 都市住宅学会関西支部, 1996.12
- 15) 中野迪代, 山崎古都子, 「オーストラリアの木造戸建持家の管理と環境保全」『家庭科教育』1月号, pp44–50, 家政教育者, 1997.1
- 16) 中野迪代, 「オーストラリアの戸建住宅の検査制度（クイーンズランド州ブリスベン市）」第8回住宅性能表示システム研究会講演, (財)トステム建材産業振興財団, 1997.10
- 17) 中野迪代, 「D I Yによる住まいの維持管理経験－戸建住宅所有者の維持管理行動の推進に関する研究」『日本家政学会第50回大会研究要旨集』, pp237, 日本家政学会, 1998.5
- 18) 山崎古都子編著『住居の社会的管理に向けて』, 都市文化社, 1998.5

表1：調査対象住宅・調査居住者像

右値は実数、左値は%

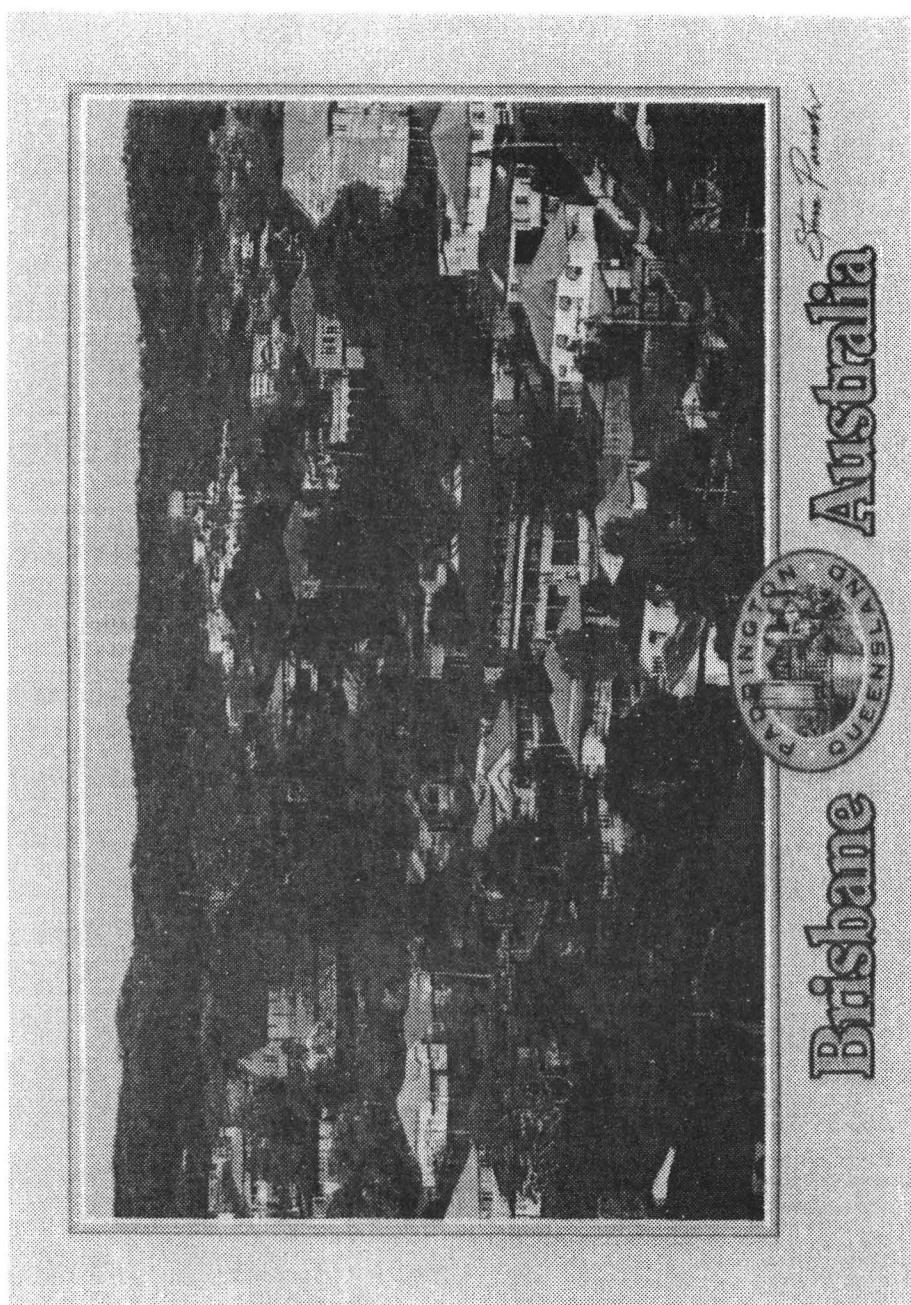
持家 227 (81.7)	木造		非木造		木造	非木造				
	129	100	98	100		129	100	98		
住 宅	OBで建設	5	3.9	3	3.1	1～5年	32	24.8	44	44.9
	OBが業者依頼の工務店に依頼	5	3.9	2	2.0	6～10年	36	27.9	25	25.5
	建売住宅購入	13	10.1	25	25.5	11～15年	18	14.0	11	11.2
取 得 方 法	中古住宅購入	4	3.1	17	17.3	16～25年	24	18.6	15	15.3
	その他	98	76.0	46	46.9	26～35年	10	7.8	2	2.0
	不明	3	2.3	3	3.1	36年以上	8	6.2		
		1	0.8	2	2.0	不明	1	0.8	1	1.0
建 築 年 数	1990～1995年	6	4.7	21	21.4	親子20～30代	15	11.6	19	19.4
	1985～1989年	3	2.3	20	20.4	親子40～50代	62	48.1	52	53.1
	1980～1984年	8	6.2	15	15.3	親子60代	8	6.2	3	3.1
	1975～1979年	12	9.3	15	15.3	夫婦20～30代	8	6.2	1	1.0
	1965～1974年	21	16.3	13	13.3	夫婦40～50代	8	6.2	6	6.1
	1955～1964年	13	10.1	5	5.1	夫婦60代	9	7.0	3	3.1
	1945～1954年	11	8.5	1	1.0	複数同居	5	3.9	2	2.0
	1944年以前	52	40.3	3	3.1	単身	13	10.1	10	10.2
	不明	3	2.3	5	5.1	不明	1	0.8	2	2.0
入 居 理 由	気候に合う	70	54.7	46	48.4	満足	60	46.5	51	52.0
	手頃な価段	87	68.0	71	74.7	満足	25	19.4	16	16.3
	スタイルが好き	88	68.8	54	56.8	やや満足	38	29.5	24	24.5
	相続	5	3.9	2	2.1	やや不満	6	4.7	2	2.0
	便利な立地	106	82.8	72	75.8	不満			3	3.1
	気の温もり	58	45.3	4	4.2	不明			2	2.0
	手作り感触	35	27.3	4	4.2	転居	31	24.0	22	22.4
	その他	15	11.7	13	13.7	多分あり	22	17.1	20	20.4
就 職 状 況	両働き	56	43.4	49	50.0	予定	67	51.9	46	46.9
	片働き	26	20.2	15	15.3	不在	9	7.0	10	10.2
	無職	16	12.4	8	8.2	夫婦	32	24.8	29	29.6
	単身片親有職	17	13.2	17	17.3	建築	95	73.6	66	67.3
	* 非該当	5	3.9	7	7.1	なし				
	不明	9	7.0	2	2.0	不明	2	1.6	3	3.1

*夫婦でない複数同居のため非該当とした



図1 ブリスベン市の位置

図2 古い住宅地に建つクイーンズランダー



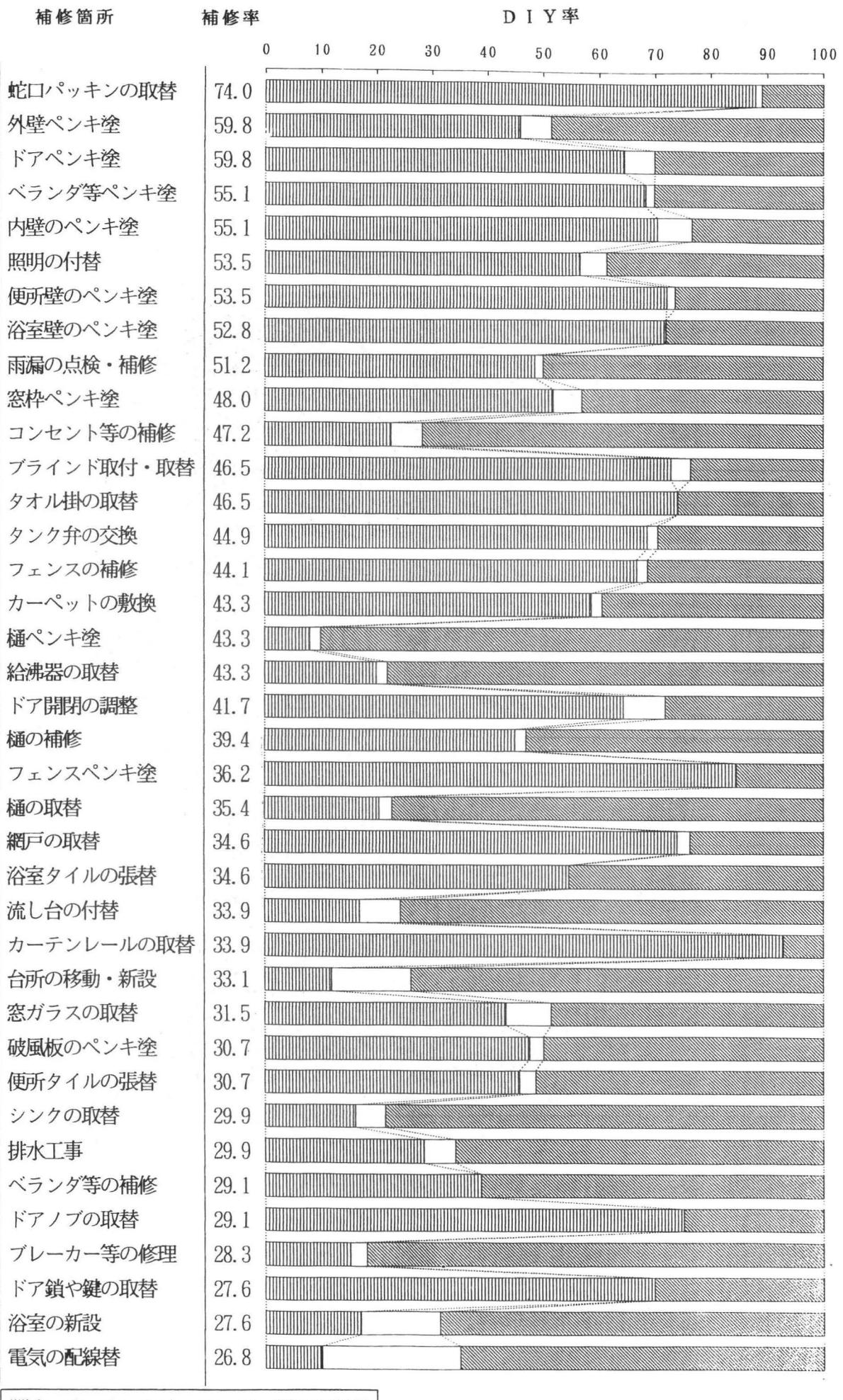
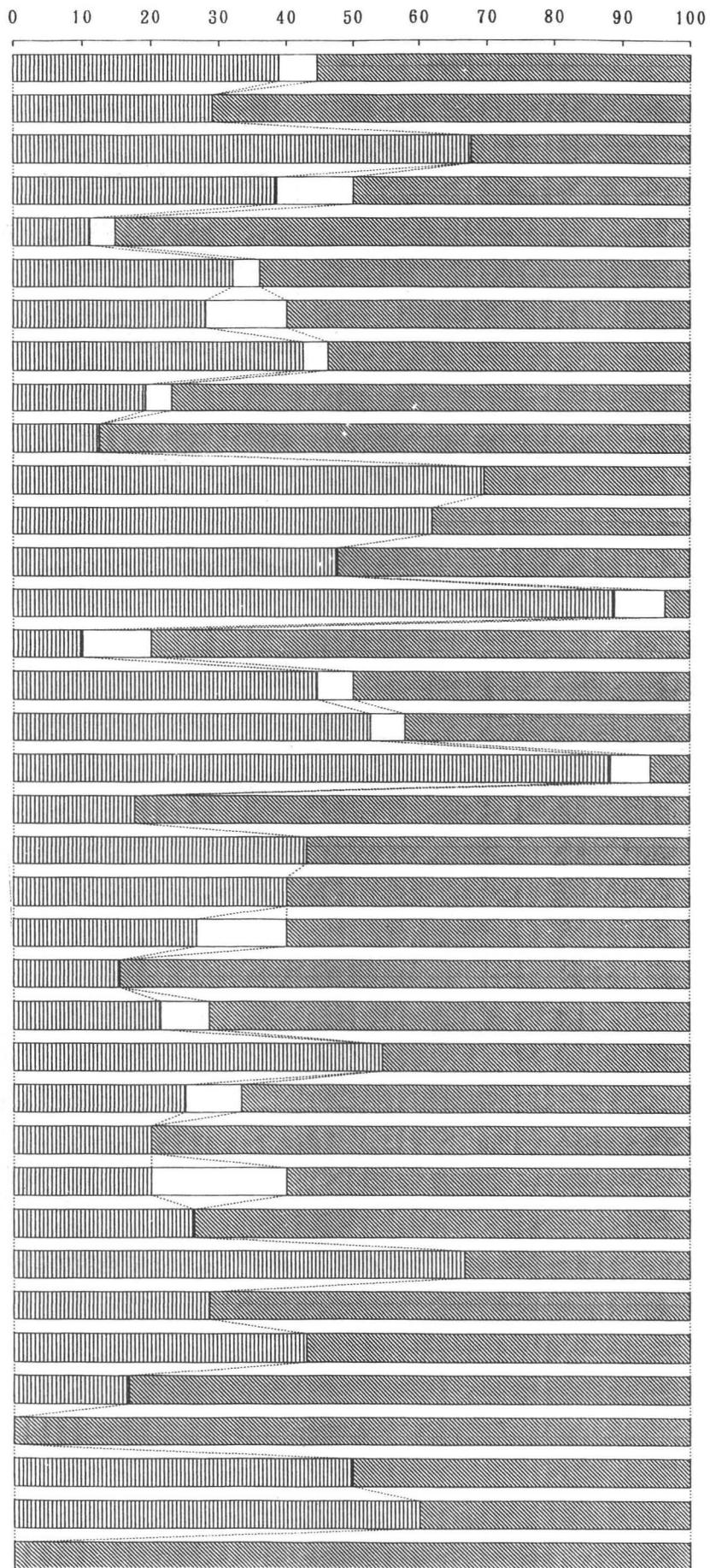


図3・1 部位別の補修実施率とD I Y率（木造）

補修箇所

補修率

D I Y 率



自・家・友 □自・家・業 ■専門業者

図 3-2 部位別の補修実施率とD I Y率（木造）

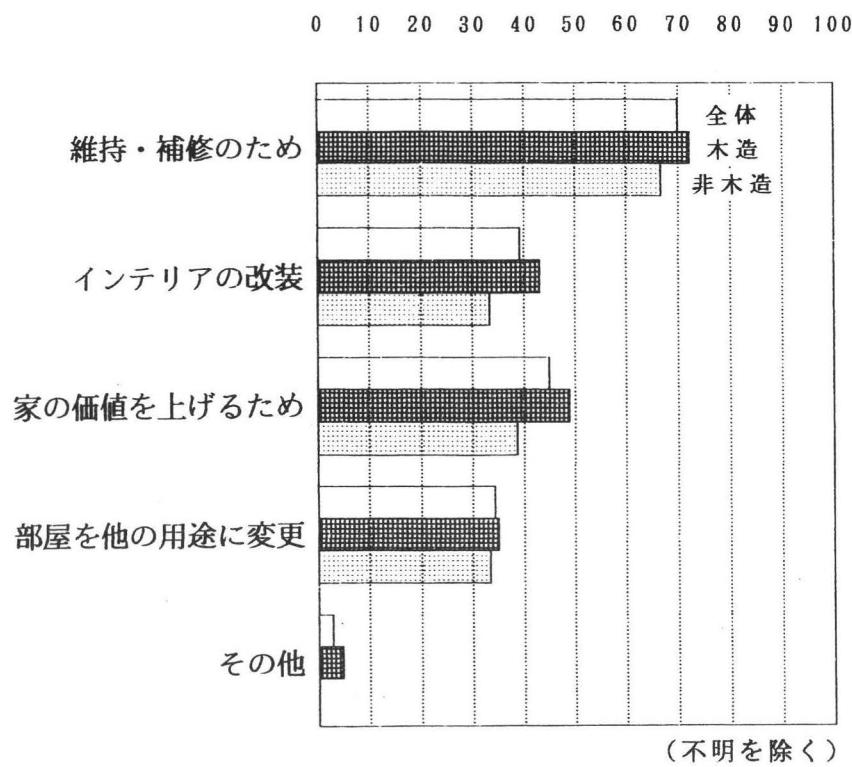


図5 D.I.Y.で補修をする目的

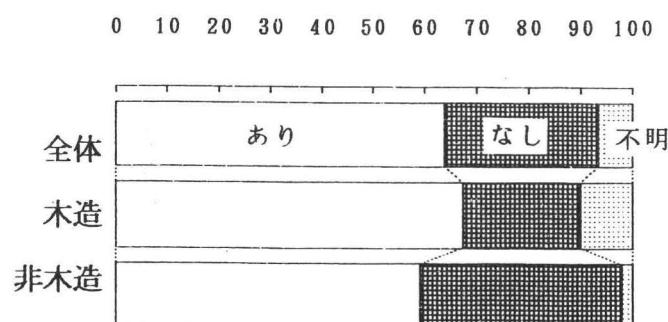


図4 D.I.Y.で自宅の補修経験の有無

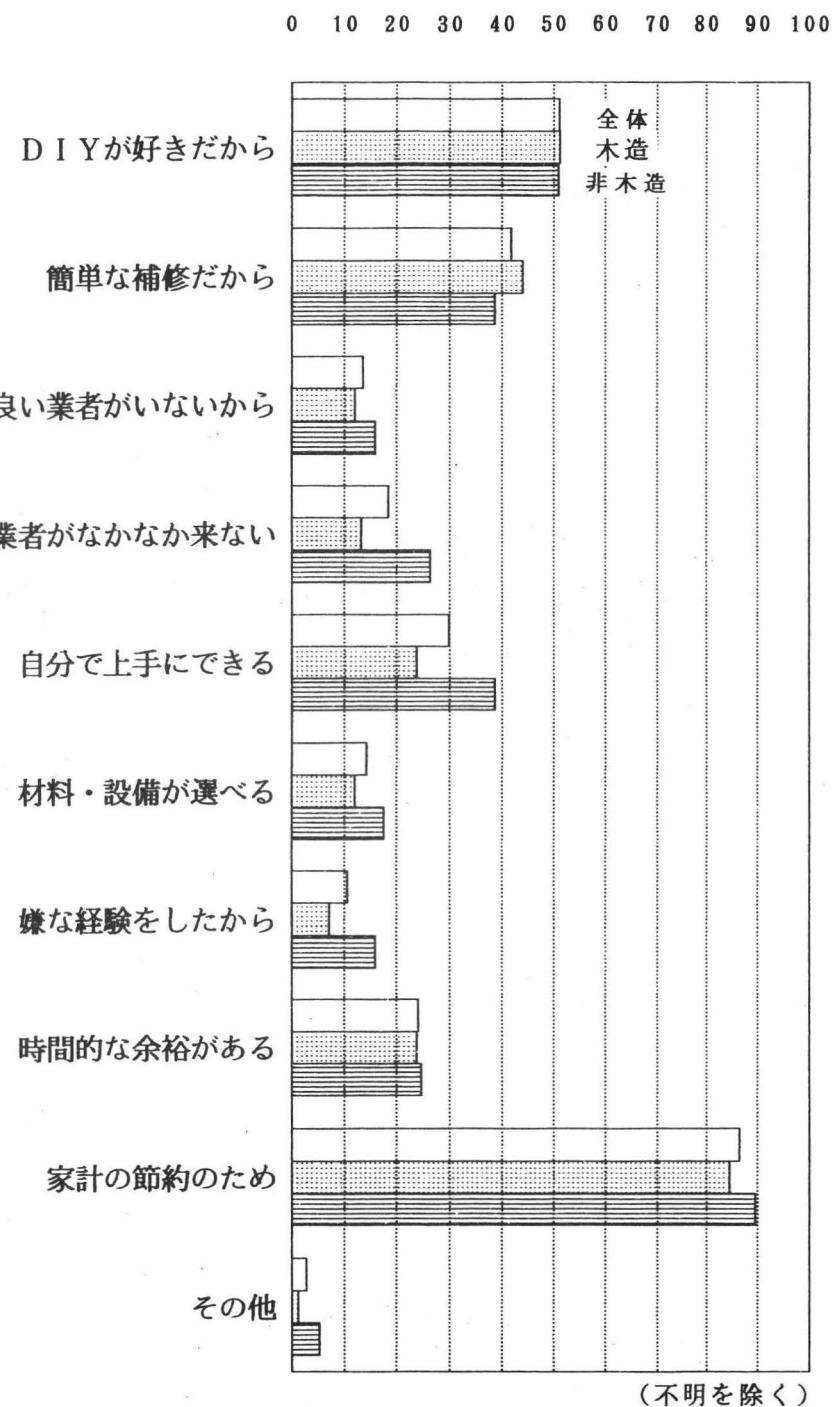


図6 D I Yで補修をする理由

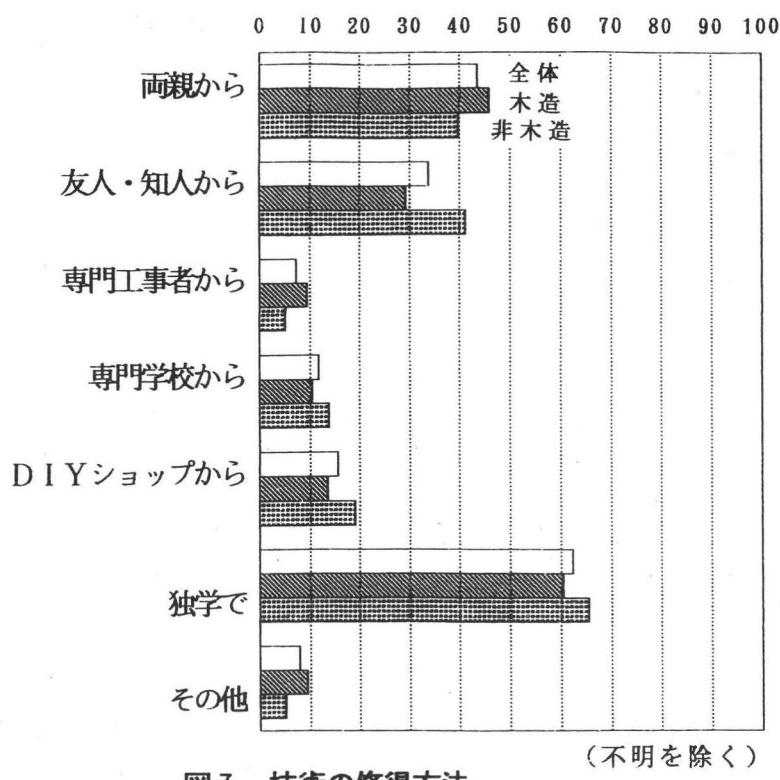


図 7 技術の修得方法

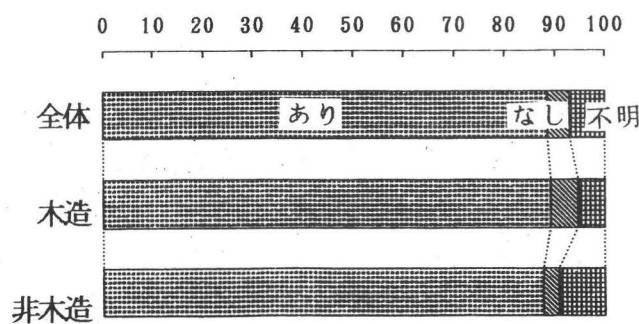


図 10 子供に補修方法を伝える必要性

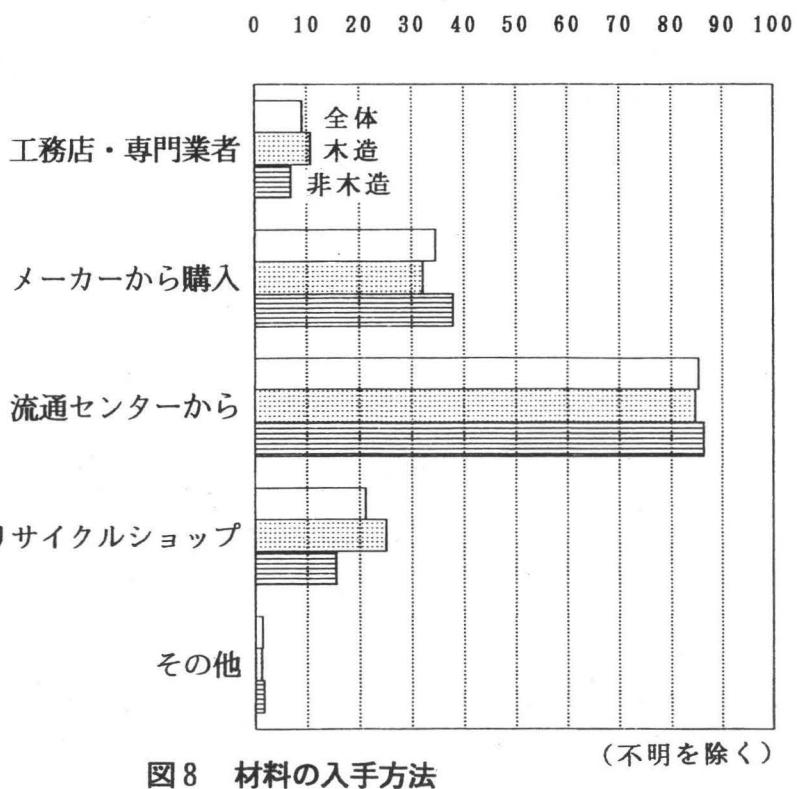


図8 材料の入手方法

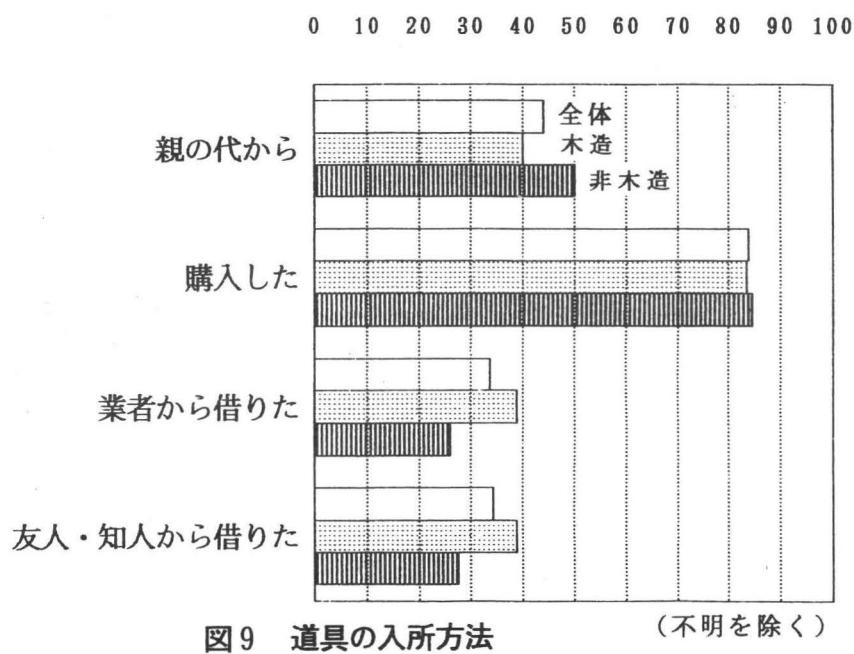


図9 道具の入手方法

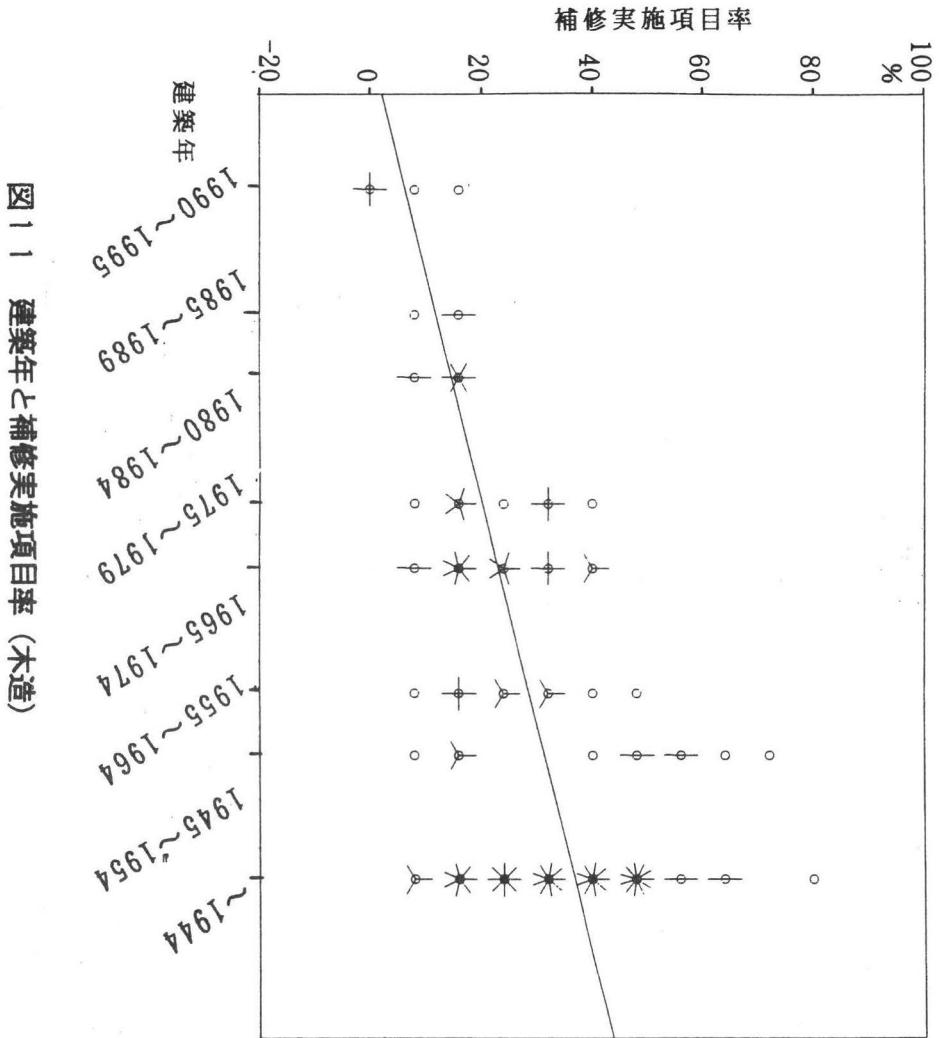


図11 建築年と補修実施項目率(木造)

表2 建築年数と補修実施率の関係によるタイプ分け（木造）

I型 建築年数が古くなるほど補修率が高くなるもの	II型 建築年数に関係なく補修率が一定のもの	
ドアのペンキ塗り 60.5%	水道・蛇口のパッキングの取り替え 73.4%	
内壁のペンキ塗り 55.6%	トイレの壁のペンキ塗り 54.0%	
ベランダ・外階段のペンキ塗り 55.6%	照明の付け替え 53.2%	
バスの壁のペンキ塗り 52.4%	ブラインドの取り付け・取り替え 47.6%	
雨漏りの点検や補修 50.8%	タオル掛けの取り替え 46.0%	
窓枠のペンキ塗り 48.4%	フェンスの補修 44.4%	
III型 ある一定期間はほとんど補修が行われず、その後建築年が古くなるほど補修率が高くなるもの		
外壁のペンキ塗り 59.8%	トイレのタンク弁の交換 44.4%	
流しキャビネットの付け替え 33.9%	ドア開閉の調整 41.1%	
破風板のペンキ塗り 30.9%	樋の補修 39.5%	
シンクの取り替え 29.8%	フェンスのペンキ塗り 36.3%	
ベランダ・外階段の補修 29.0%	カーテンレールの取り替え 33.9%	
ランドリー洗濯槽の取り付けや排水工事 29.0%	窓ガラスの取り替え 32.3%	
電気の配線替え 27.4%	ドアノブの取り替え 29.0%	
屋根のペンキ塗り替え 25.8%	ドアチェーンや鍵の取り替え 27.4%	
シャワーの取り替え 25.8%	IV型 ある一定期間は補修がほとんど行われずその補修率が一定あるもの	
屋根材の取り替え 23.4%	スイッチ・コンセントの修理や取り替え 46.8%	
間仕切り壁の移動・取り除き・新設など 22.6%	湯沸器の取り替え 43.5%	
バスの床板の貼り替え 21.8%	カーペットの貼り替え 43.5%	
外壁の補修 17.7%	樋のペンキ塗り 43.5%	
ベランダ・外階段の手すりの取り替え 16.9%	樋の取り替え 36.3%	
外壁ひび割れの補修・塗り替え 14.5%	キッチン全体の移動や新設 32.3%	
軒天の板の取り替え 11.3%	トイレのタイルの貼り替え 30.6%	
V型 建築年が新しい程補修率が高いもの		
網戸の取り替え 33.9%	ブレーカーの修理 27.4%	
貯水タンクの取り替え 4.0%	バスの新設 26.6%	
貯水タンクの補修 4.0%	ベランダ・外階段の床板の張り替え 22.6%	
居室の増築 2.1%	ロッカーの新設・改造 21.8%	
VI型 建築年が古いものにのみ補修が行われるもの		
土台の取り替え 21.8%	防蟻処理 19.4%	
バスタブの取り替え 16.9%	壁紙・クロスの貼り替え 18.5%	
窓枠の取り替え 12.9%	換気扇の取り替え 16.9%	
ルーバーの取り付け・取り替え 12.1%	天井の補修 16.9%	
土台の根継ぎ 11.3%	棚の取り付け 13.7%	
浴室入口敷居の取り替え 8.9%	VII型 ある一定期間は補修がほとんど行われずにその後特に傾向がみられないもの	
白蟻よけの取り替え 8.9%	バスのタイルの貼り替え 35.5%	
トイレの床板の張り替え 8.1%	ドアの取り替え 25.0%	
流し前の床板の貼り替え 5.6%	天井吊り木の点検や補修 13.7%	
根太の補修 5.6%	窓金具の取り替え 9.7%	
土間コンクリートの補修 5.6%	居室の床の補修・貼り替え 5.6%	

表3 DIY経験の有無と補修実施率（木造）

	diyしたことがあるか					diyしたことがあるか				
	ある		ない			ある		ない		
	世帯	%	世帯	%		世帯	%	世帯	%	
雨漏りの点検や補修	44	50.6	14	51.9	貯水タンクの補修	5	5.7			
ベンキの塗り替え	20	23.0	8	29.6	貯水タンクの取り替え	3	3.4	1	3.7	
屋根材の取り替え	18	20.7	5	18.5	* トイレの壁のベンキ塗り	49	56.3	9	33.3	
** 破風板のベンキ塗り	31	35.6	3	11.1	トイレの床板の張り替え	4	4.6	2	7.4	
軒天の板の取り替え	10	11.5	1	3.7	トイレのタイルの張り替え	26	29.9	6	22.2	
天井吊り木の点検や補修	14	16.1	2	7.4	** トイレのタンク弁の交換	42	48.3	6	22.2	
樋の補修	37	42.5	9	33.3	* バスの新設	31	35.6	4	14.8	
** 樋のベンキ塗り	44	50.6	6	22.2	** 壁のベンキ塗り	52	59.8	8	29.6	
樋の取り替え	27	31.0	10	37.0	** タイルの張り替え	34	39.1	3	11.1	
外壁の補修	15	17.2	3	11.1	床板の張り替え	21	24.1	3	11.1	
* 外壁のベンキ塗り	53	60.9	10	37.0	入口敷居の取り替え	9	10.3	2	7.4	
外壁全体の取り替え	4	4.6			バスタブの取り替え	15	17.2	2	7.4	
ひび割れの補修・塗り替え	15	17.2	4	14.8	シャワーの取り替え	23	26.4	5	18.5	
防蟻処理	17	19.5	3	11.1	* タオル掛けの取り替え	45	51.7	8	29.6	
白蟻よけの取り替え	4	4.6	3	11.1	キッチン全体の移動や新設	34	39.1	7	25.9	
土台の根継ぎ	8	9.2	2	7.4	流し前の床板の張り替え	4	4.6	3	11.1	
開閉の調整	36	41.4	12	44.4	シンクの取り替え	24	27.6	7	25.9	
** ドアのベンキ塗り	56	64.4	8	29.6	流しキャビネットの付け替え	29	33.3	6	22.2	
ドアの取り替え	24	27.6	5	18.5	土台の取り替え	19	21.8	5	18.5	
ドアノブの取り替え	27	31.0	6	22.2	土間コンクリートの補修	6	6.9	1	3.7	
網戸の取り替え	34	39.1	8	29.6	根太の補修	6	6.9	1	3.7	
ドアチェーンや鍵の取り替え	28	32.2	5	18.5	居室の床の補修・張り替え	5	5.7	2	7.4	
* 窓枠のベンキ塗り	42	48.3	7	25.9	カーペットの敷き替え	37	42.5	9	33.3	
窓枠の取り替え	8	9.2	4	14.8	居室の増築	13	14.9	3	11.1	
ルーバーの補修	3	3.4	1	3.7	間仕切り壁の移動・取り除き・新設等の変更	19	21.8	3	11.1	
ルーバーの取り付け・取り替え	10	11.5			壁紙・クロスの張り替え	18	20.7	4	14.8	
窓ガラスの取り替え	29	33.3	7	25.9	棚の取り付け	15	17.2	3	11.1	
窓金具の取り替え	4	4.6	4	14.8	ロッカーの新設・改造	22	25.3	7	25.9	
カーテンレールの取り替え	26	29.9	11	40.7	天井の補修	13	14.9	4	14.8	
ブラインドの取り付け・取り替え	42	48.3	9	33.3	** 水道・蛇口のパッキンの取り替え	69	79.3	15	55.6	
** フェンスの補修	44	50.6	5	18.5	** 壁のベンキ塗り	59	67.8	10	37.0	
フェンスのベンキ塗り	33	37.9	9	33.3	湯沸かし器の取り替え	38	43.7	9	33.3	
ベランダ・外階段の補修	25	28.7	7	25.9	換気扇の取り替え	12	13.8	8	29.6	
ベランダ・外階段のベンキ塗り	51	58.6	12	44.4	ランドリー洗濯槽の取り付けや排水工事	25	28.7	5	18.5	
ベランダ・外階段の床板の張り替え	16	18.4	8	29.6	スイッチ・コンセントの修理や取り替え	42	48.3	11	40.7	
** カーポートやポーチの床の補修	1	1.1	4	14.8	ブレーカーの修理	23	26.4	7	25.9	
ベランダ・外階段の手すりの取り替え	12	13.8	4	14.8	電気の配線替え	27	31.0	4	14.8	

注) Pearson のカイ2乗漸近有意確率

** : $x \leq 0.01$, * : $0.01 < x \leq 0.05$

表4 現住宅の取得方法と補修実施率（木造）

	家の入手方法					家の入手方法				
	新築		中古住宅			新築		中古住宅		
	世帯	%	世帯	%		世帯	%	世帯	%	
雨漏りの点検や補修	12	48.0	50	51.0	*	貯水タンクの補修	3	12.0	2	2.0
* ベンキの塗り替え	2	8.0	29	29.6	*	貯水タンクの取り替え	3	12.0	2	2.0
** 屋根材の取り替え			28	28.6	トイレの壁のベンキ塗り	12	48.0	54	55.1	
* 破風板のベンキ塗り	4	16.0	34	34.7	トイレの床板の張り替え			10	10.2	
* 軒天の板の取り替え			14	14.3	* トイレのタイルの張り替え	3	12.0	34	34.7	
天井吊り木の点検や補修	3	12.0	14	14.3	トイレのタンク弁の交換	11	44.0	45	45.9	
樋の補修	11	44.0	38	38.8	バスの新設	4	16.0	29	29.6	
樋のベンキ塗り	12	48.0	41	41.8	壁のベンキ塗り	12	48.0	52	53.1	
* 樋の取り替え	4	16.0	39	39.8	タイルの張り替え	7	28.0	36	36.7	
* 外壁の補修	1	4.0	21	21.4	床板の張り替え	3	12.0	22	22.4	
** 外壁のベンキ塗り	8	32.0	66	67.3	入口敷居の取り替え			11	11.2	
外壁全体の取り替え	1	4.0	5	5.1	バスタブの取り替え	1	4.0	18	18.4	
ひび割れの補修・塗り替え	3	12.0	15	15.3	* シャワーの取り替え	2	8.0	29	29.6	
防蟻処理	4	16.0	21	21.4	タオル掛けの取り替え	9	36.0	48	49.0	
白蟻よけの取り替え	1	4.0	9	9.2	キッチン全体の移動や新設	7	28.0	34	34.7	
土台の根継ぎ	1	4.0	14	14.3	流し前の床板の張り替え	1	4.0	5	5.1	
開閉の調整	11	44.0	42	42.9	シンクの取り替え	5	20.0	32	32.7	
* ドアのベンキ塗り	10	40.0	63	64.3	* 流しキャビネットの付け替え	4	16.0	37	37.8	
ドアの取り替え	6	24.0	25	25.5	** 土台の取り替え			26	26.5	
ドアノブの取り替え	7	28.0	30	30.6	土間コンクリートの補修			7	7.1	
* 網戸の取り替え	14	56.0	30	30.6	根太の補修			7	7.1	
ドアチェーンや鍵の取り替え	8	32.0	27	27.6	居室の床の補修・張り替え	2	8.0	5	5.1	
** 窓枠のベンキ塗り	5	20.0	55	56.1	** カーペットの敷き替え	5	20.0	46	46.9	
窓枠の取り替え	1	4.0	14	14.3	居室の増築	5	20.0	10	10.2	
ルーバーの補修	2	8.0	4	4.1	* 間仕切り壁の移動・取り除き・新設等の変更	2	8.0	26	26.5	
ルーバーの取り付け・取り替え	1	4.0	14	14.3	壁紙・クロスの張り替え	7	28.0	17	17.3	
窓ガラスの取り替え	8	32.0	32	32.7	棚の取り付け	4	16.0	13	13.3	
窓金具の取り替え	1	4.0	11	11.2	ロッカーカーの新設・改造	5	20.0	22	22.4	
カーテンレールの取り替え	9	36.0	34	34.7	* 天井の補修	1	4.0	20	20.4	
ブラインドの取り付け・取り替え	14	56.0	44	44.9	水道・蛇口のパッキンの取り替え	18	72.0	74	75.5	
フェンスの補修	8	32.0	47	48.0	壁のベンキ塗り	11	44.0	57	58.2	
** フェンスのベンキ塗り	3	12.0	42	42.9	湯沸かし器の取り替え	9	36.0	45	45.9	
* ベランダ・外階段の補修	3	12.0	34	34.7	換気扇の取り替え	4	16.0	15	15.3	
ベランダ・外階段のベンキ塗り	11	44.0	58	59.2	ランドリー洗濯槽の取り付けや排水工事	4	16.0	33	33.7	
ベランダ・外階段の床板の張り替え	3	12.0	26	26.5	** スイッチ・コンセントの修理や取り替え	5	20.0	53	54.1	
カーポートやポーチの床の補修	1	4.0	5	5.1	ブレーカーの修理	4	16.0	32	32.7	
** ベランダ・外階段の手すりの取り替え			21	21.4	電気の配線替え	3	12.0	29	29.6	
					* 照明の付け替え	10	40.0	58	59.2	

注) Pearson のカイ2乗漸近有意確率

** : $x \leq 0.01$, * : $0.01 < x \leq 0.05$

表5 転居予定の有無と補修実施率（木造）

	転居予定					転居予定				
	ある		ない			ある		ない		
	世帯	%	世帯	%		世帯	%	世帯	%	
雨漏りの点検や補修	29	55.8	32	48.5	貯水タンクの補修	1	1.9	3	4.5	
ベンキの塗り替え	15	28.8	18	27.3	貯水タンクの取り替え	2	3.8	3	4.5	
屋根材の取り替え	12	23.1	16	24.2	トイレの壁のベンキ塗り	25	48.1	39	59.1	
破風板のベンキ塗り	16	30.8	20	30.3	トイレの床板の張り替え	4	7.7	4	6.1	
軒天の板の取り替え	5	9.6	9	13.6	トイレのタイルの張り替え	14	26.9	22	33.3	
天井吊り木の点検や補修	7	13.5	9	13.6	トイレのタンク弁の交換	23	44.2	28	42.4	
樋の補修	17	32.7	27	40.9	バスの新設	16	30.8	16	24.2	
樋のベンキ塗り	24	46.2	27	40.9	壁のベンキ塗り	28	53.8	36	54.5	
樋の取り替え	19	36.5	22	33.3	タイルの張り替え	18	34.6	23	34.8	
外壁の補修	8	15.4	14	21.2	床板の張り替え	8	15.4	17	25.8	
外壁のベンキ塗り	32	61.5	40	60.6	入口敷居の取り替え	6	11.5	4	6.1	
外壁全体の取り替え	1	1.9	5	7.6	バスタブの取り替え	8	15.4	11	16.7	
ひび割れの補修・塗り替え	5	9.6	14	21.2	シャワーの取り替え	13	25.0	18	27.3	
防蟻処理	11	21.2	13	19.7	タオル掛けの取り替え	23	44.2	33	50.0	
白蟻よけの取り替え	6	11.5	5	7.6	キッチン全体の移動や新設	21	40.4	18	27.3	
土台の根継ぎ	8	15.4	7	10.6	* 流し前の床板の張り替え	5	9.6	1	1.5	
開閉の調整	19	36.5	29	43.9	シンクの取り替え	18	34.6	18	27.3	
ドアのベンキ塗り	28	53.8	42	63.6	流しキャビネットの付け替え	16	30.8	23	34.8	
ドアの取り替え	10	19.2	20	30.3	土台の取り替え	11	21.2	15	22.7	
ドアノブの取り替え	11	21.2	23	34.8	土間コンクリートの補修	3	5.8	4	6.1	
網戸の取り替え	18	34.6	23	34.8	根太の補修	3	5.8	4	6.1	
ドアチェーンや鍵の取り替え	12	23.1	21	31.8	* 居室の床の補修・張り替え	5	9.6	1	1.5	
窓枠のベンキ塗り	25	48.1	30	45.5	カーペットの敷き替え	21	40.4	27	40.9	
窓枠の取り替え	6	11.5	9	13.6	居室の増築	5	9.6	9	13.6	
ルーバーの補修	1	1.9	5	7.6	間仕切り壁の移動・取り除き・新設等の変更	10	19.2	16	24.2	
ルーバーの取り付け・取り替え	5	9.6	10	15.2	* 壁紙・クロスの張り替え	15	28.8	8	12.1	
窓ガラスの取り替え	15	28.8	22	33.3	棚の取り付け	8	15.4	10	15.2	
窓金具の取り替え	5	9.6	7	10.6	ロッカーの新設・改造	11	21.2	17	25.8	
カーテンレールの取り替え	16	30.8	23	34.8	天井の補修	11	21.2	10	15.2	
ブラインドの取り付け・取り替え	22	42.3	32	48.5	* 水道・蛇口のパッキンの取り替え	33	63.5	53	80.3	
フェンスの補修	19	36.5	33	50.0	壁のベンキ塗り	29	55.8	37	56.1	
フェンスのベンキ塗り	20	38.5	24	36.4	湯沸かし器の取り替え	20	38.5	31	47.0	
ベランダ・外階段の補修	12	23.1	24	36.4	換気扇の取り替え	12	23.1	8	12.1	
ベランダ・外階段のベンキ塗り	27	51.9	40	60.6	ランドリー洗濯槽の取り付けや排水工事	15	28.8	21	31.8	
ベランダ・外階段の床板の張り替え	13	25.0	15	22.7	スイッチ・コンセントの修理や取り替え	21	40.4	34	51.5	
カーポートやポーチの床の補修	2	3.8	3	4.5	ブレーカーの修理	13	25.0	20	30.3	
ベランダ・外階段の手すりの取り替え	6	11.5	14	21.2	電気の配線替え	15	28.8	16	24.2	
					照明の付け替え	28	53.8	35	53.0	

注) Pearson の χ^2 乗漸近有意確率** : $x \leq 0.01$, * : $0.01 < x \leq 0.05$

表6 建築関係者と補修実施率（木造）

	建築関係の仕事か					建築関係の仕事か				
	はい		いいえ			はい		いいえ		
	世帯	%	世帯	%		世帯	%	世帯	%	
雨漏りの点検や補修	14	43.8	50	53.8		貯水タンクの補修	2	6.3	3	3.2
ベンキの塗り替え	7	21.9	25	26.9		貯水タンクの取り替え	2	6.3	3	3.2
* 屋根材の取り替え	12	37.5	18	19.4		トイレの壁のベンキ塗り	18	56.3	48	51.6
破風板のベンキ塗り	13	40.6	25	26.9		トイレの床板の張り替え	2	6.3	8	8.6
軒天の板の取り替え	6	18.8	7	7.5		トイレのタイルの張り替え	13	40.6	25	26.9
天井吊り木の点検や補修	2	6.3	14	15.1		トイレのタンク弁の交換	17	53.1	39	41.9
樋の補修	10	31.3	40	43.0		バスの新設	10	31.3	25	26.9
樋のベンキ塗り	17	53.1	37	39.8		壁のベンキ塗り	19	59.4	46	49.5
樋の取り替え	14	43.8	30	32.3		タイルの張り替え	14	43.8	29	31.2
外壁の補修	8	25.0	13	14.0		床板の張り替え	6	18.8	22	23.7
外壁のベンキ塗り	20	62.5	54	58.1		入口敷居の取り替え	5	15.6	7	7.5
外壁全体の取り替え	2	6.3	4	4.3		バスタブの取り替え	4	12.5	17	18.3
ひび割れの補修・塗り替え	6	18.8	13	14.0		シャワーの取り替え	8	25.0	23	24.7
防蟻処理	5	15.6	18	19.4		タオル掛けの取り替え	18	56.3	40	43.0
白蟻よけの取り替え	4	12.5	7	7.5		キッチン全体の移動や新設	13	40.6	28	30.1
土台の根継ぎ	4	12.5	10	10.8		流し前の床板の張り替え	1	3.1	6	6.5
開閉の調整	14	43.8	37	39.8		シンクの取り替え	11	34.4	26	28.0
ドアのベンキ塗り	22	68.8	53	57.0		流しキャビネットの付け替え	13	40.6	29	31.2
* ドアの取り替え	12	37.5	19	20.4		土台の取り替え	7	21.9	19	20.4
ドアノブの取り替え	8	25.0	28	30.1		土間コンクリートの補修	3	9.4	4	4.3
網戸の取り替え	11	34.4	32	34.4	*	根太の補修	4	12.5	3	3.2
ドアチェーンや鍵の取り替え	9	28.1	26	28.0		居室の床の補修・張り替え	3	9.4	4	4.3
窓枠のベンキ塗り	18	56.3	41	44.1		カーペットの敷き替え	11	34.4	43	46.2
窓枠の取り替え	6	18.8	10	10.8		居室の増築	4	12.5	12	12.9
ルーバーの補修	1	3.1	5	5.4		間仕切り壁の移動・取り除き・新設等の変更	10	31.3	19	20.4
ルーバーの取り付け・取り替え	7	21.9	9	9.7		壁紙・クロスの張り替え	7	21.9	17	18.3
窓ガラスの取り替え	12	37.5	28	30.1		棚の取り付け	3	9.4	15	16.1
窓金具の取り替え	3	9.4	8	8.6		ロッカーの新設・改造	7	21.9	23	24.7
カーテンレールの取り替え	10	31.3	33	35.5		天井の補修	5	15.6	15	16.1
ブラインドの取り付け・取り替え	18	56.3	40	43.0		水道・蛇口のパッキンの取り替え	22	68.8	71	76.3
フェンスの補修	13	40.6	42	45.2		壁のベンキ塗り	13	40.6	55	59.1
フェンスのベンキ塗り	11	34.4	35	37.6		湯沸かし器の取り替え	15	46.9	39	41.9
ベランダ・外階段の補修	7	21.9	29	31.2		換気扇の取り替え	8	25.0	13	14.0
ベランダ・外階段のベンキ塗り	17	53.1	51	54.8		ランドリー洗濯槽の取り付けや排水工事	12	37.5	26	28.0
ベランダ・外階段の床板の張り替え	6	18.8	22	23.7		スイッチ・コンセントの修理や取り替え	13	40.6	46	49.5
カーポートやポーチの床の補修	1	3.1	5	5.4		ブレーカーの修理	10	31.3	25	26.9
ベランダ・外階段の手すりの取り替え	7	21.9	14	15.1		電気の配線替え	11	34.4	22	23.7
						照明の付け替え	18	56.3	49	52.7

注) Pearson の χ^2 乗漸近有意確率** : $x \leq 0.01$, * : $0.01 < x \leq 0.05$

表7 OWNER BUILDER 資格と補修実施率（木造）

	owner builderの資格					owner builderの資格				
	持っている		持っていない			持っている		持っていない		
	世帯	%	世帯	%		世帯	%	世帯	%	
雨漏りの点検や補修	12	70.6	47	48.5	貯水タンクの補修	1	5.9	4	4.1	
ペンキの塗り替え	6	35.3	23	23.7	貯水タンクの取り替え	1	5.9	3	3.1	
屋根材の取り替え	3	17.6	19	19.6	トイレの壁のペンキ塗り	10	58.8	48	49.5	
破風板のペンキ塗り	6	35.3	29	29.9	トイレの床板の張り替え	1	5.9	4	4.1	
軒天の板の取り替え	2	11.8	9	9.3	トイレのタイルの張り替え	6	35.3	25	25.8	
天井吊り木の点検や補修	3	17.6	12	12.4	トイレのタンク弁の交換	8	47.1	40	41.2	
樋の補修	10	58.8	37	38.1	バスの新設	6	35.3	29	29.9	
樋のペンキ塗り	9	52.9	42	43.3	壁のペンキ塗り	9	52.9	51	52.6	
樋の取り替え	6	35.3	31	32.0	タイルの張り替え	7	41.2	30	30.9	
* 外壁の補修	6	35.3	12	12.4	床板の張り替え	4	23.5	20	20.6	
外壁のペンキ塗り	9	52.9	55	56.7	入口敷居の取り替え	1	5.9	9	9.3	
外壁全体の取り替え	2	11.8	2	2.1	バスタブの取り替え	1	5.9	15	15.5	
* ひび割れの補修・塗り替え	5	29.4	14	14.4	シャワーの取り替え	3	17.6	25	25.8	
** 防蟻処理	7	41.2	13	13.4	* タオル掛けの取り替え	12	70.6	41	42.3	
* 白蟻よけの取り替え	3	17.6	4	4.1	キッチン全体の移動や新設	8	47.1	32	33.0	
* 土台の根継ぎ	4	23.5	7	7.2	流し前の床板の張り替え	2	11.8	4	4.1	
開閉の調整	9	52.9	38	39.2	シンクの取り替え	5	29.4	26	26.8	
ドアのペンキ塗り	10	58.8	54	55.7	* 流しキャビネットの付け替え	9	52.9	26	26.8	
ドアの取り替え	6	35.3	22	22.7	土台の取り替え	4	23.5	21	21.6	
ドアノブの取り替え	6	35.3	26	26.8	土間コンクリートの補修	2	11.8	5	5.2	
網戸の取り替え	7	41.2	35	36.1	* 根太の補修	3	17.6	4	4.1	
ドアチェーンや鍵の取り替え	5	29.4	27	27.8	居室の床の補修・張り替え	2	11.8	5	5.2	
窓枠のペンキ塗り	8	47.1	41	42.3	カーペットの敷き替え	7	41.2	39	40.2	
窓枠の取り替え	2	11.8	9	9.3	居室の増築	4	23.5	12	12.4	
ルーバーの補修	1	5.9	3	3.1	間仕切り壁の移動・取り除き・新設等の変更	4	23.5	18	18.6	
ルーバーの取り付け・取り替え	1	5.9	9	9.3	壁紙・クロスの張り替え	6	35.3	16	16.5	
窓ガラスの取り替え	6	35.3	30	30.9	棚の取り付け	5	29.4	13	13.4	
窓金具の取り替え			8	8.2	ロッカーの新設・改造	6	35.3	23	23.7	
カーテンレールの取り替え	6	35.3	31	32.0	天井の補修	3	17.6	14	14.4	
* ブラインドの取り付け・取り替え	12	70.6	40	41.2	水道・蛇口のパッキンの取り替え	13	76.5	71	73.2	
フェンスの補修	9	52.9	40	41.2	壁のペンキ塗り	11	64.7	58	59.8	
フェンスのペンキ塗り	6	35.3	36	37.1	湯沸かし器の取り替え	7	41.2	41	42.3	
ベランダ・外階段の補修	4	23.5	29	29.9	換気扇の取り替え	4	23.5	16	16.5	
ベランダ・外階段のペンキ塗り	7	41.2	57	58.8	ランドリー洗濯槽の取り付けや排水工事	7	41.2	23	23.7	
* ベランダ・外階段の床板の張り替え	7	41.2	18	18.6	スイッチ・コンセントの修理や取り替え	10	58.8	43	44.3	
カーポートやポーチの床の補修			5	5.2	ブレーカーの修理	2	11.8	27	27.8	
ベランダ・外階段の手すりの取り替え	3	17.6	13	13.4	電気の配線替え	5	29.4	25	25.8	
					照明の付け替え	11	64.7	48	49.5	

注) Pearson の χ^2 乗漸近有意確率** : $x \leq 0.01$, * : $0.01 < x \leq 0.05$

表8 補修実施率に影響する要因(木造)

	実施率	転居予定の有無	家の取得方法	建築関係の仕事か	O B資格の有無	D I Y経験の有無
蛇口パッキンの取り替え	74.0	無 *				有 **
外壁のベンキ塗	59.8		中古 **			有 *
ドアのベンキ塗	59.8		中古 *			有 **
内壁のベンキ塗	55.1					有 **
照明の付け替え	53.5		中古 *			
便所壁のベンキ塗	53.5					有 *
浴室壁のベンキ塗	52.8					有 **
窓枠ベンキ塗	48.0		中古 **			有 *
コンセント等の補修	47.2		中古 **			
ブラインド等の取付・取替	46.5				有 *	
タオル掛けの取り替え	46.5				有 *	有 *
タンク弁の取り替え	44.9					有 **
フェンスの補修	44.1					有 **
カーペットの敷換え	43.3		中古 **			
樋のベンキ塗	43.3					有 **
フェンスベンキ塗	36.2		中古 **			
樋の取り替え	35.4		中古 *			
網戸の取り替え	34.6		新築 *			
浴室タイルの張り替え	34.6					有 **
流し台の付け替え	33.9		中古 *		有 *	
破風板のベンキ塗	30.7		中古 *			有 **
便所タイルの張り替え	30.7		中古 *			
ベランダ等の補修	29.1		中古 *			
浴室の新設	27.6					有 *
屋根ベンキ塗	26.0		中古 *			
シャワーの取り替え	25.2		中古 *			
ドアの取り替え	24.4			建築関係 *		
屋根材の取り替え	23.6		中古 **	建築関係 *		
ベランダ床材の張り替え	22.8				有 *	
間仕切り壁の変更	22.8		中古 *			
土台の取り替え	21.3		中古 **			
防蟻処理	19.7				有 **	
壁紙・クロスの張り替え	18.9	有 *				
外壁の補修	17.3		中古 *		有 *	
天井の補修	16.5		中古 *			
ベランダ手すりの取り替え	16.5		中古 **			
外壁ひび割れの補修	15.0				有 *	
土台の根継	11.8				有 *	
軒天の取り替え	11.0		中古 *			
白蟻よけの取り替え	8.7				有 *	
流し前床板の取り替え	5.5	有 *				
根太の補修	5.5			建築関係 *	有 *	
居室床補修・張り替え	5.5	有 *				
ポーチ等の床の張り替え	4.7					無 **
貯水タンクの補修	3.9		新築 *			
貯水タンクの取り替え	3.9		新築 *			

注) Pearson のカイ2乗漸近有意確率 ** : $x \leq 0.01$, * : $0.01 < x \leq 0.05$

表9 D.I.Y率に影響する要因（木造）

	補修実施率	転居予定の有無	家の取得方法	建築関係の従事者	O B 資格の有無
外壁のペンキ塗	59.8	有 *	新築 **		
ドアのペンキ塗	59.8			建築関係 *	
照明の付け替え	53.5	有 *		建築関係 **	
雨漏りの点検、補修	51.2	有 **		建築関係 *	有 **
コンセント等の補修	47.2		新築 *		
フェンスの補修	44.1			建築関係 *	
カーペットの敷換え	43.3		新築 *		
樋のペンキ塗	43.3		新築 *	建築関係 *	
給湯器の取り替え	43.3			建築関係 *	
樋の補修	39.4		新築 *		
樋の取り替え	35.4	有 *			
流し台の付け替え	33.9	有 *		建築関係 *	
台所の移動、新設	33.1				有 *
窓ガラスの取り替え	31.5			建築関係 *	
破風板のペンキ塗	30.7	有 *	新築 *		
便所タイルの張り替え	30.7	有 *			
ブレーカー等の修理	28.3		新築 *		
ドア鎖や鍵の取り替え	27.6	有 *		建築関係 *	
屋根ペンキ塗	26.0	有 *			
屋根材の取り替え	23.6	有 **			
防蟻処理	19.7				有 *
外壁の補修	17.3			建築関係 *	
換気扇の取り替え	16.5			建築関係 *	
ベランダ手すりの取り替え	16.5		新築 *		
吊木の点検、補修	13.4		新築 *		
土台の根継	11.8		新築 *		
窓金具の取り替え	9.4			建築関係 *	
便所床板の張り替え	7.9	有 *			
流し前床板の取り替え	5.5				有 *
ポーチ等の床の張り替え	4.7			建築関係 *	
貯水タンクの補修	3.9	無 *			

表 10 年齢

N=38

21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61歳～	不明
1 (2.6)	5 (13.2)	9 (23.7)	3 (7.9)	6 (15.8)	7 (18.4)	2 (5.3)	3 (7.9)	1 (2.6)	1 (2.6)

表 11 O B コース受講目的 N=38

	件数	%
新築のため	14	36.8
増築・移築のため	12	31.6
補修・改造のため	9	23.7
必要になる可能性有	2	5.3
その他	1	2.6

表 13 O B コース受講理由 N=38(M.S.A.)

	人数	%
自分や家族が DIYが好き	17	44.7
補修を自分で簡単にできる	10	26.3
よい業者が見つからない	3	7.9
業者がなかなか来ない	2	5.3
業者と同等の技術有	10	26.3
自分がよい材料を選べる	11	28.9
業者との間で嫌な経験有	4	10.5
時間に余裕がある	12	31.6
DIY でできるだけして来た	8	21.1
DIY で費用を節約するため	30	78.9
家族や友人に勧められた	2	5.3
有効な知識で仕事に役立つ	1	2.6
建設工事過程を理解したい	12	31.6
住宅転売時の値を上げるため	4	10.5
法律に定められているから	7	18.4
その他	4	10.5

表 12 O B 許可取得と工事実施の有無
N=34

	有	無	不明
許可取得	32 (94.1)	2 (5.9)	—
工事実施	32 (94.1)	1 (2.9)	1 (2.9)

表 14 O B コース修了 N=38

修了	中止	未 レポート
31 (81.6)	4 (10.5)	3 (7.9)

表 15 工事実施者

N=34

全て自分	殆ど自分	殆ど業者	全て業者	不明
3 (8.8)	9 (26.5)	20 (58.8)	1 (2.9)	1 (2.9)

表16 QBSAの目的

① 建築産業の統制	・建設産業界の水準を維持すること ・建築業者と消費者双方の利益をバランスをとる
② 欠陥のある建設工事の処置	・工事中の保険による処置を含む
③ 建築紛争の解決	・未解決のときは、建築法廷がありそこへ送る
④ 建築工事をする業者と消費者、双方に対する支援、教育、アドバイスをする	

表17 QBSAの具体的業務

① Consumer Guide の発行	④ 建築紛争の解決
② Owner Builder の教育制度と許可を決める	⑤ 契約書の標準化と書式の作成
③ Builder の資格の査定とGold Card の発行	⑥ 工事中の法的保険の実施

表20 OBコースの型と教育機関

Classroom	Correspondence
1. TAFE Colleges (Tertiary and Further Education) 2. Private Providers eg; Nu-Steel Homes Clear Span	1. Queensland Owner Builder Courses 2. Bundaberg TAFE 3. University of Central Queensland

表19 OB許可に関する規制

- (1) OB許可は原則として6年に1回1住宅のみ発行される。
しかし、発行後2年経過しても工事を開始しなければ、再度許可申請を要求される。
- (2) 日常住む住宅のみで、セカンドハウスにはOB許可は出さない。
- (3) OBの建てた住宅は、原則として6年間は売却できない。
- (4) 購入者にOBの建てた住宅であることを明確に知らせるために、法的住宅登録簿に7年間印が付けられる。
- (5) QBSAがGC業者や住宅会社が建てた住宅に対して、工事中とその後の6年間に付いている、GC業者などとの間に起こるトラブルのための法的保険は、OBの建てた住宅には（業者と消費者との関係が成立しないために）適用されない。
- (6) OBが自分自身のために建てた住宅であっても、法的手続きや検査を受けずに工事を進めれば、破壊検査が行われ、罰則がある。

表18 OB許可証とOBコース受講の必要範囲

\$ 6,000	\$10,000
OB許可証 不要	OB許可証必要
	OBコース受講不要 OBコース受講義務有

表21 TAFE COLLEGE 別 OB コース状況

	MT. GRAVATT	LOGAN	SOUTHBANK
費用	\$ 100	\$ 75	\$ 120
コース数	3 (去年5)	4	8
期間	3週間 水・金の夜	2週間 土曜2日間	3週間 土曜3日間
受講者数	12~15人	20~28人	45人前後
建築関係者*1	5%	30%	20%
修了者*2	全員	80~90%	全員
新築実行者	10%程度	不明	10%程度

*1 郵送調査では34%

*2 郵送調査では82%

表22 OB コースの目的と講義内容

OB コースの目的	講義内容
1. 準備段階として持家を建てる準備	心構え／OBの役割／取得方法／土地やプラン 準備法の遵守／許可／検査／保険／税／雇用者保障
2. 義務や法律上の責任の認識	有資格業者の選択／積算見積／契約とサイン
3. 専門工事業者の選択と調整、正しい契約	材料の選択／取得価格と業者選択／搬入日連絡
4. 材料供給業者への手続きと調整の理解	工程管理（一連の作業管理・調整と業者間連絡）
5. 建設工事の管理と業者との共同作業	経理（支払業務／収支決算／部材保証）
6. 専門工事業者や材料供給業者への支払等	

* その他の講義内容として「サービス・手付金・返済／入居とメンテナンス」が挙げられている

表23 OB コースの難易評価 N=34

やや難しい	やや易しい	大変易しい	不明
2 (5.9)	15 (44.1)	16 (47.1)	1 (2.9)

表24 コース受講前後の責任認識度 N=34

増えた	変わらない	不明
19 (55.9)	13 (38.2)	2 (5.9)

表25 OB 制度の有効性 N=38

有	無	わからず	不明
29 (76.3)	3 (7.9)	5 (13.2)	1 (2.6)

表26 OB が工事をする時大切な3項目
(自由回答3以内) N=38

	人数	%
法律や規則を守る責任	21	55.3
時間の管理	14	36.8
費用の管理	12	31.6
専門工事業者との協力	9	23.7
自分の能力、経験	7	18.4
専門工事業者の選び方	5	13.2
作業の質	4	10.5
OB許可(コス)を取ること	3	7.9
その他	11	28.9

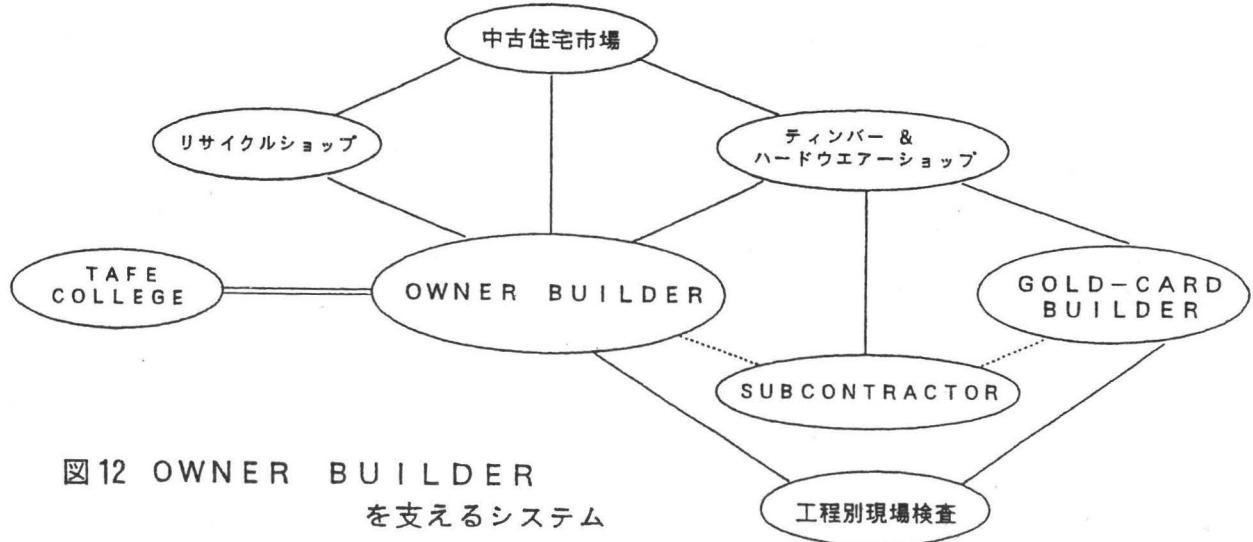


図12 OWNER BUILDER
を支えるシステム

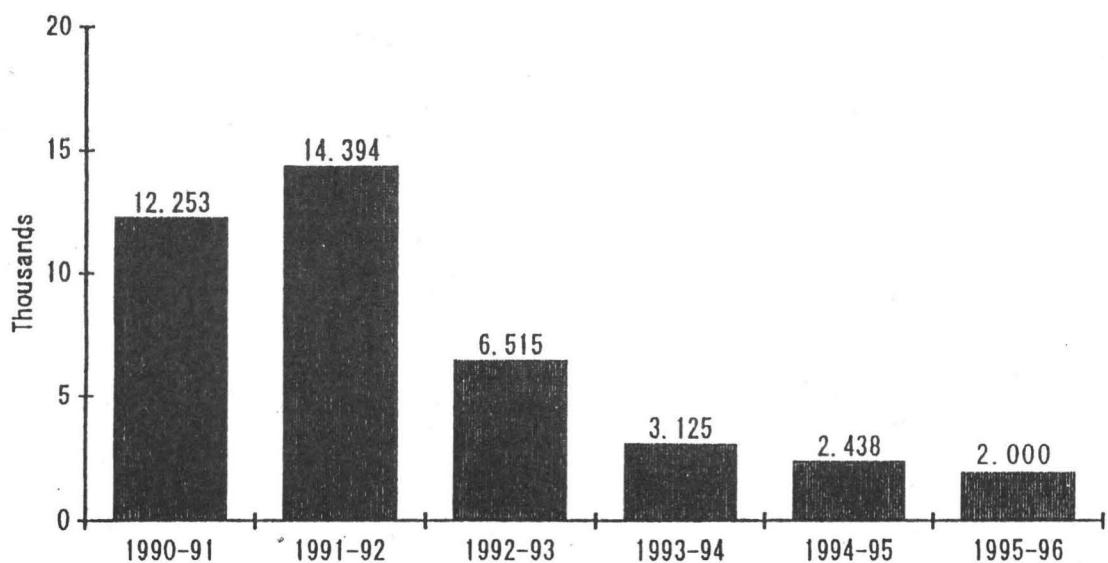


図3 OWNER BUILDER 許可発行数

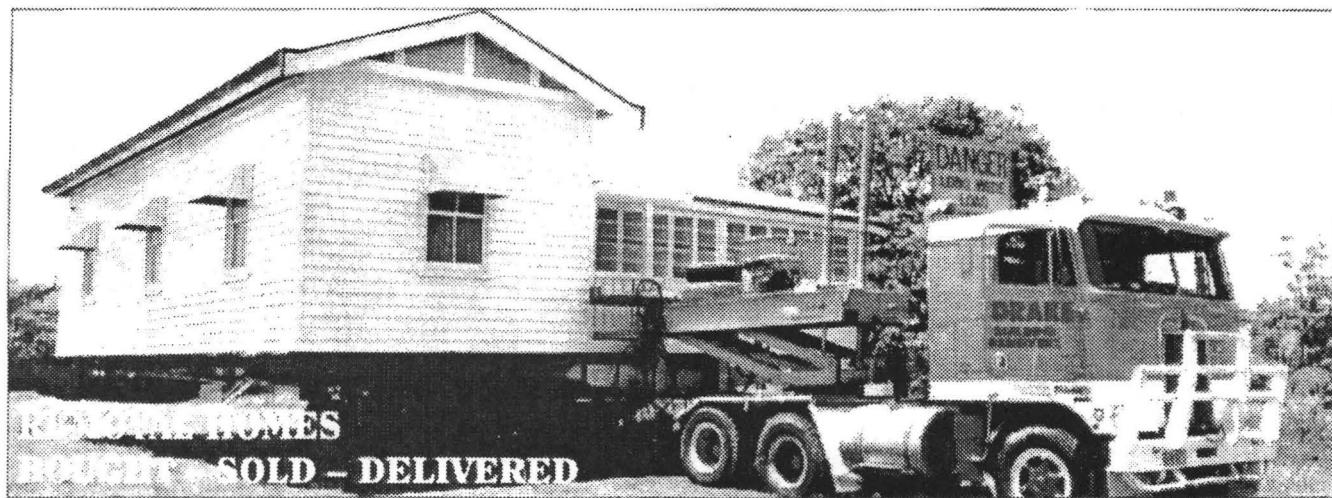


図14 大型トレーラー運ばれるリムーバル・ホーム

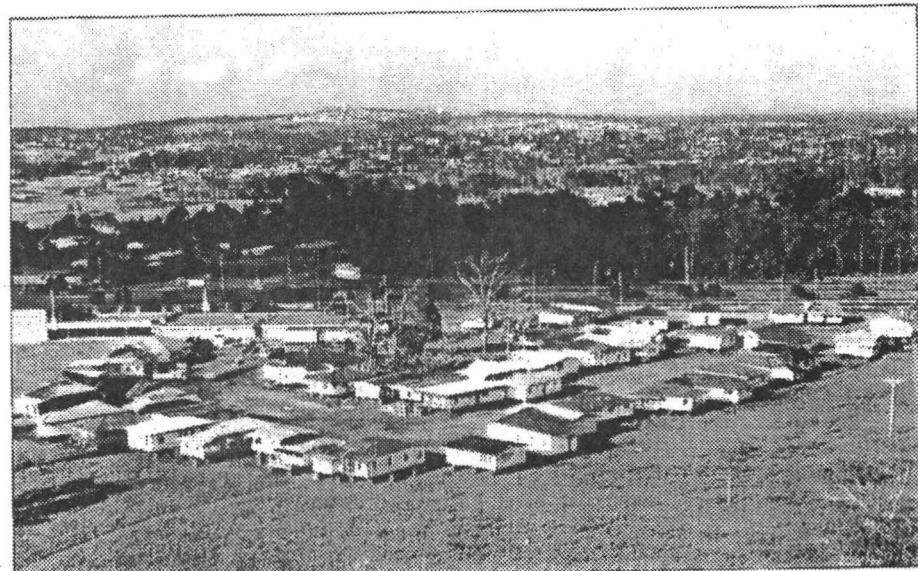


図15 リムーバル・ホーム展示販売場



図16 販売中の廃屋に見えるリムーバル・ホーム



▲ BEFORE



▲ AFTER ▼
図17 改修工事前と後の
リムーバル・ホーム
(クイーンズランダー)

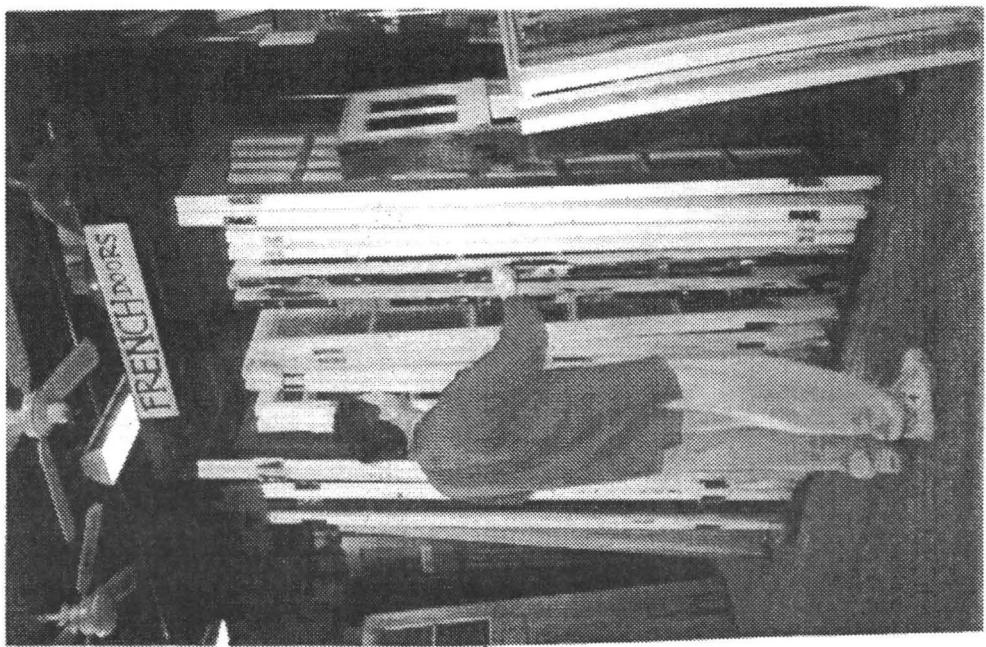


図19 リサイクル・ショップでドアを運ぶ人

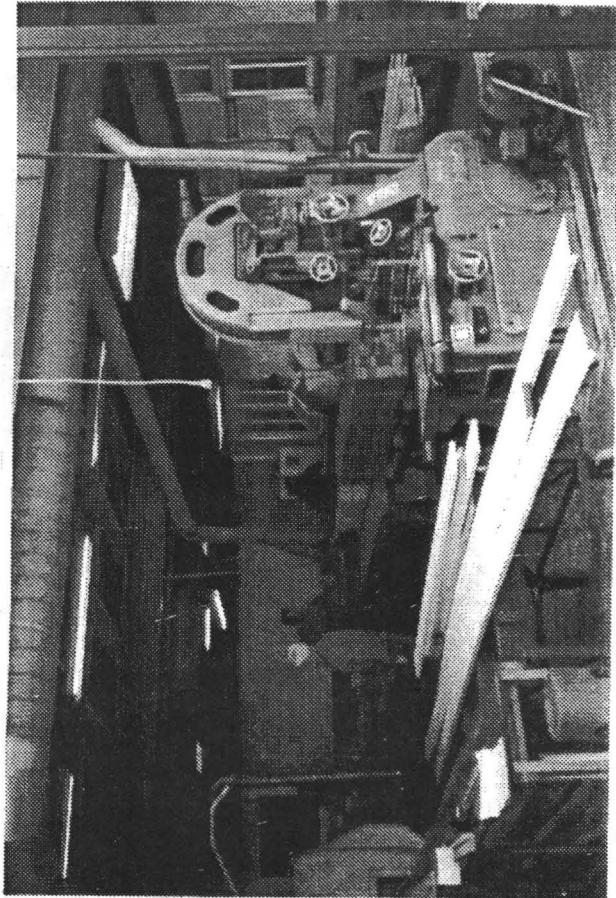


図18 ティンバー・ハードウェア・ショップの材料加工場

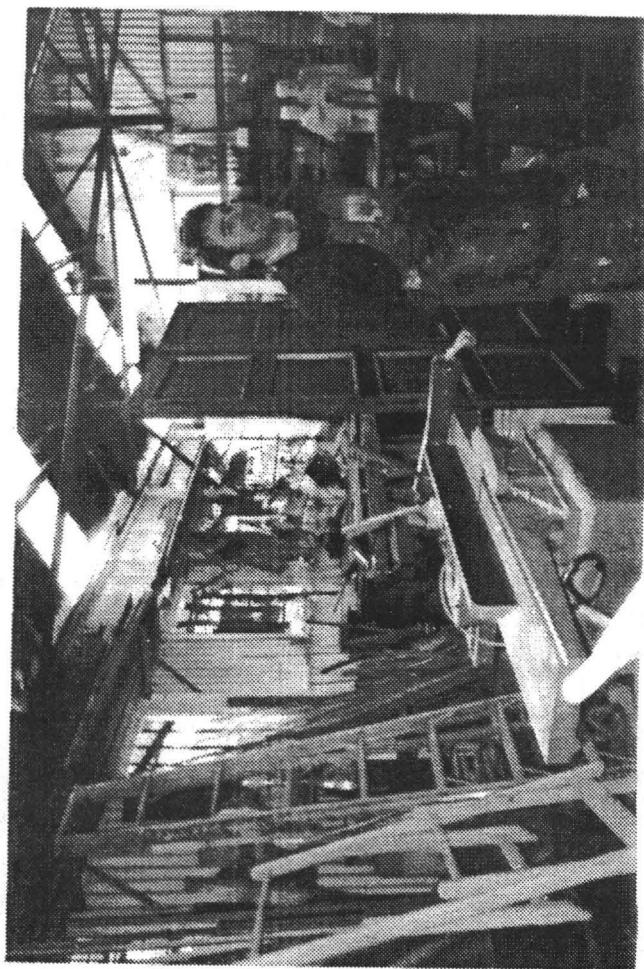


図20 リサイクル・ショップの工作室

1 - 6 住宅設備機器の寸法・操作方法の標準化

東京大学大学院 工学系研究科

教 授 鎌 田 元 康

1. 研究の背景と目的

地球環境問題、高齢化問題が重要視されつつある近年、住宅設備機器における寸法・操作方法の標準化は次のような点において必要であると考えられる。まず、住宅設備機器の寸法の標準化は、設備の互換性・更新性を高め、交換・更新時の工事を簡略化するほか、住宅改善を行う際のコストダウンにもつながる。また、住宅設備の操作方法（材質・形状まで含めて）の標準化は、高齢者にとって設備の使いやすさを高めるだけでなく、安全確保の面からも重要である。しかしながら、互換性・更新性の観点からの寸法体系化や、操作方法の標準化は十分になされていないのが現状である。

本研究では、メーカー側・ユーザー側など様々な視点から標準化についての検討を行う。寸法に関しては、特に重要と考えられるビルトイン機器やシステム用機器を中心に検討し、標準化のるべき姿、標準化推進方法を提案する。また、操作性に関しては、高齢者を含めた被験者実験の結果も加味し、寸法と同様に標準化のるべき姿、推進方法を検討する。

2. 研究の流れと方法

1 住宅設備機器の寸法・操作方法に関する現状調査（平成7年度に実施）

寸法・操作方法の決定に影響を与える規格・基準として、日本工業規格（J I S）、(財)ベターリビング（B L）認定基準を中心に調査し、その内容を一覧表に整理した。またこれらの国内基準の調査を加えて、I S Oの規格に関する情報整理を行った。

2 エンドユーザー・機器メーカーに対するアンケート調査（平成7、8年度に実施）

まず住宅設備機器に関する予備調査として、エンドユーザーを対象にアンケート調査を行った。続いて代表的な15品目の住宅設備機器について、機器メーカーを対象にアンケート調査を行い、寸法・操作方法の決定方法や、標準化の必要性などに関するメーカー側の意識を明らかにした。

3 寸法・操作方法に関する標準化の必要度の整理（平成8年度に実施）

上記文献調査およびアンケート調査の結果に基づき、寸法・操作方法に関する標準化の必要度、標準化が望まれる項目、標準化を推進するための方策等に関して検討・整理し、ヒアリング調査・被験者実験の計画を立案した。

4 ヒアリング調査と各種問題点の検討（平成8年度に実施）

さらに深く問題点を掘り下げるために、それぞれに特徴のある設備機器3種（暖房システム・浴槽とユニットバス・温水洗浄器）を取り上げ、機器メーカーに対する詳細なヒアリング調査を

実施した。ここから得られた問題点について検討し、具体的な提案を行った。まだ課題は残されるものの、互換性・更新性に関するこれまでの研究を総括し、標準化に向けての提案を行った。

5 高齢者対応機器に関するアンケート調査・被験者実験（平成9年度に実施）

1～4までの研究の過程で、高齢者の使用する設備機器に関する研究の必要性が明らかになった。そこで、高齢者が使用する機器として、住宅における手すりを取り上げて研究を行った。アンケート調査を通して手すりのニーズや使用状況、問題点を把握した後、その使用感に関する被験者実験を実施し、若年者と高齢者の使用感の違い等を把握した。

6 高齢者対応機器に関するヒアリング調査（平成9年度に実施）

5の結果を踏まえて、設備機器メーカーへのヒアリング調査を行い、手すりの商品開発の現状と問題点をまとめ、高齢者対応設備機器に関する今後に向けての提案を行った。

3. 今までに得られた成果の要約

平成10年2月を以て、1から6までの実験・調査等の全て終了した。以下にその結果を要約する。

1の住宅設備機器の寸法・操作方法に関する現状調査では、寸法・操作方法の代表的な規格であるJISとBL認定基準の記述内容についての整理を行い、表1を作成した。

2のエンドユーザーに対するアンケート調査では、浴槽を例に、使用者の体格が異なれば適正寸法も異なるということが示された（表2）。寸法を標準化するにあたっては、体格に合わせて数種類の型を用意する必要があるといえる。次に、機器メーカーに対するアンケート調査の主な結果を図1に示す。寸法の標準化については、その必要性を多くのメーカーが認めている一方で、必ずしも標準化が進んではいないという事実が浮かび上がってきた。また操作方法に関しては、他社との差別化に重きが置かれるために、標準化が必要だと答えたメーカーは4割弱にとどまった。しかしその一方で、高齢化社会を踏まえた操作のしやすさが必要とされていることが分かった。これらのアンケート調査の詳細は、平成8年度の空気調和・衛生工学会の大会論文（添付資料1、添付資料2）として投稿している。

4では、製品「建物との関わり」という視点から3つに分類し、各分類を代表する3種類の設備機器について機器メーカーに対するヒアリング調査を行った。その結果、他社製品との互換性を高めることの難しさや、なぜその寸法になるのかという理由付けを含めた統一規格の必要性等、具体的な問題点が明らかになった。特に、配管や機器の接続部分の標準化が最優先課題であることが分かった。この詳細については平成8年度東京大学工学部建築学科の卒業論文、平成9年度の空気調和・衛生工学会の大会論文（添付資料3）として提出している。

以上の研究から、寸法・操作方法の標準化に関する現状を把握し、問題点を打ち出すことができた、その過程において、高齢化社会に対応した設備のあり方の重要性を認識するに至った。そこで、本年度（平成9年度）は、高齢化社会における設備の一つとして「手すり」を取り上げて研究を行った。5では、中高年者を対象に手すりに関するアンケート調査を実施した結果、浴室やトイレにおける手すりのニーズが高いことが分かった（図2）。

さらに、「冷たい」「滑りやすい」等、使用感（特に手触り）に関する問題点が指摘されたことから、高齢者と若年者を対象に、さまざまな材質や形状の手すりに関する使用感を評価させる被験者実験を実施した。その結果、材質・表面形状別の手触り・使用感の特性をまとめることができた。

できた。若年者の手触り評価結果を図3に示す。ぬらすと全体に使用感が下がること、凹凸・溝のついている手すりの方が滑りにくく使いやすいうことなどがわかる。この他、高齢者の手触りの感じ方には個人差が大きいこと、凹凸・溝のついた手すりの評価が比較的高いことも分かった。手すりを使用する目的や場所に応じて、形状や材質に配慮することが必要だといえる。

これらの実験結果を踏まえた上で、6ではメーカーに対してヒアリング調査を実施し、手すりの開発方法や現在の問題点などをまとめた。手すりの形状決定には高齢者を被験者とした官能検査が必要であること、汚れのつきにくさや抗菌性能など衛生面での配慮が重要となってくること、手すりの取り付け用部品の開発をすすめ、より簡略な工事で取り付けられるようにすべきことなど、具体的な提案を行うことができた。この研究成果は、手すりだけでなく、全ての高齢者対応機器に応用できるものと考えられる。

なお、この詳細については平成9年度の東京大学大学院 建築学専攻の修士論文として提出した（添付資料4）。

4. 残る問題点と対策

1 設備機器の標準化に関して

ユーザー側から標準化の必要性を明らかにし、訴えることは容易であるが、メーカー側をそれを受け入れていくことは、市場経済における他社製品との差別化をはかろうとする企業の性質上容易なことではない。逆に何もかも統一することは、メーカーごとの独自性を奪うことにもなりかねない。どこまで標準化を推進していくかの見極めが問題点として残される。また、標準化の過程においては、ユーザーの性別・年齢による体格の違いや、海外の基準との整合性についても検討していく必要があると思われる。

2 高齢者対応の機器開発に関して

高齢者は新しい器具に対応する能力が低下していることから、誤動作を防ぐためにもスイッチの色や、機器の操作方法等は標準化されている方が望ましい。しかしながら、高齢者の身体的特性には大きな個人差があるため、設備機器の位置や形状は完全に決めてしまうのではなく、個人の使いやすい位置や、使いやすい形状を自由に選べるようにしていくべきである。このように、標準化すべき点と自由度を持たせる点の両方から検討していく必要があろう。さらに、使いやすさに関連した標準化だけでなく、どんな場所にも簡単に取り付けられるような取り付け金具を統一する等、施工方法の標準化も必要になってくると思われる。

5. 研究発表の実績および予定

- 貸賃集合住宅の設備に関する研究（その2）～都心部単身者向け貸賃集合住宅の浴室設備に関するアンケート調査：野田順子
(平成8年度 空気調和・衛生工学会講演論文) ←添付資料1
- 住宅設備機器の寸法・操作方法の標準化に関する研究：後藤麻由子
(平成8年度 空気調和・衛生工学会講演論文) ←添付資料2
- 住宅設備の互換性・更新性に関する研究：磯川晃邦
(平成8年度 東京大学工学部建築学科 卒業論文)

(平成9年度 空気調和・衛生工学会講演論文) ←添付資料3

- 住宅における手すりに関する研究：後藤麻由子

(平成9年度 東京大学大学院建築学専攻 修士論文) ←添付資料4

6. 実用化計画

メーカーに標準化の必要性を訴えるだけでは不可能であり、公的機関がはたらきかけることによって規格・基準そのものを変えていくことが必要である。そこで、ヒヤリング調査の際に企業から要望が出されたように、理由づけや背景を明らかにした上で規格・基準の浸透を公的機関が行っていくことが望まれる。また、メーカー側も、製品のモニター調査や被験者実験を通して、使いやすさに関するより細かい検討を行っていくことが必要だと思われる。

表1 寸法・操作方法に関するJIS・BLの現状

調査事項	呼び寸法			配管接続位置	配管接続寸法	操作方法	特記事項
	幅	奥行	高さ				
設備機器名							
洗面化粧ユニット	JIS	6	6	6	×	×	×
	BL	6	—	4	×	×	×
温水洗浄器	JIS	寸法記述有	○	○	×		機器の種類別寸法の詳細
	BL	寸法記述有	○	○	×		
ユニットバス	JIS	9	9	4	○	×	×
	BL	5	7	2	○	×	×
浴槽	JIS	4	9	4	○	×	高齢者対応の特記事項
	BL	寸法記述有	×	×	×		
システムキッチン	JIS	寸法記述有	×	×	○		ISOとの関連図
	BL	4	—	4	×	×	×
調理用	JIS	寸法記述有	×	×	×		ISOとの関連明記
ガス加熱機器	BL	3	記述有	×	×	×	
調理用	JIS	寸法記述有	×	×	○		ISOとの関連明記
電気加熱機器	BL	3	記述有	×	×	×	
換気ユニット	JIS	寸法記述有	×	×	○		
	BL						
ガス給湯器	JIS	寸法記述有	○	○	○		国際単位系(SI)移行の記述
	BL	寸法記述有	○	○	○		外形寸法は上限値を設定
石油給湯器	JIS	×	×	×	○		
	BL	寸法記述有	○	○	○		
暖房システム	JIS	寸法記述有	○	○	○		型別の寸法詳細
	BL						
配管システム	JIS	14	○	○	×		寸法は外形と厚さ
	BL	6	○	○	×		さや管の参考寸法
電気給湯器	JIS	×	×	×	○		
	BL	寸法記述有	○	○	○		
住宅情報システム	JIS	×	×	×	×		
	BL	寸法記述有	×	×	×		
ソーラーシステム	JIS	寸法記述有	×	×	○		
	BL	寸法記述有	×	×	×		

1) 表の数字は記述されている呼び寸法の数を示す。

2) 表の○×は該当記述の有無を示す。

表2 浴槽の大きさおよび感じ方と体格の平均

	長さ(mm)	幅(mm)	身長(cm)	体重(kg)
男 性 狹い (18人)	976	698	176	67.6
狭くない(10人)	1230	751	172	63.3
女 性 狹い (21人)	957	700	157	49.7
狭くない(19人)	1150	673	159	50

	A:長さ1000mm		B:幅700mm	
	身長(cm)	体重(kg)	身長(cm)	体重(kg)
狭い (A:4人、B:5人)	177	64.3	176	67.3
狭くない(A:6人、B:7人)	169	64.5	171	63.7

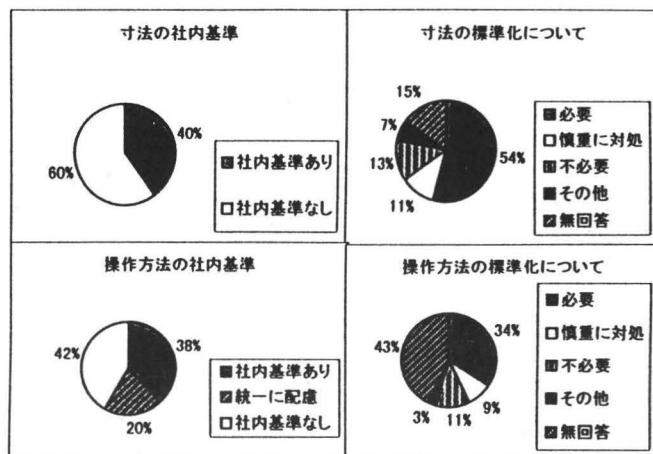
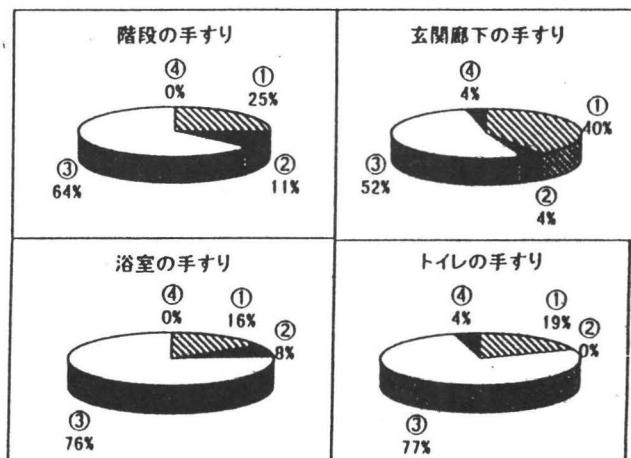


図1 寸法および操作方法に関するアンケート調査



(①不必要、②今すぐ必要、③将来必要、④既に準備)

図2 手すりの必要性

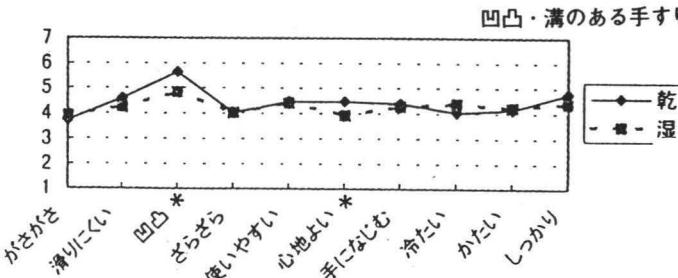
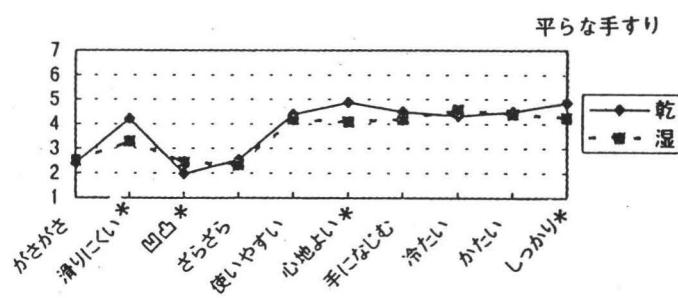


図3 手すりの平均評価(若年者)

1 - 7 建築部品の統合的モデル化に関する 調査研究

京都大学大学院 工学研究科建築学専攻
助教授 古 阪 秀 三

1. 本研究の背景と目的

建築物の設計で、最初から窓や扉の型番が決まっていることは、ほとんどない。通常は、設計条件を整理し、様々な案を比較検討し、徐々に設計案が完成する。ところが、このような従来型のプロセスには、2つの問題点があった。

第一は、複数の担当主体間の情報伝達が不完全なために、多くの不整合を生じていることである。手戻りによる生産性の低下は少なくない。

第二は、施工者やメーカーで開発された新技術・新製品をいち早く設計に取り込む仕組みづくりが遅れていることである。

これらの問題点を解決するには、建築設計・施工の担当主体間を統合する設計支援システムが必要である。その目的は、各種設計者や技術者が情報システムを介したグループ意思決定によって不整合を低減すること、設計・施工業務の一部を同時進行させることによって新技術の導入を容易にすることである。そのためには、建築部品をモデル化し、そのモデルがプロセスで一貫して保持されねばならない。ここでいう建築部品とは物理的な建築生産出力情報とそれを生成するための建築生産プロセスの2つを合わせた概念である。

よって本研究では、建築生産出力情報（設計情報）モデルの構築、建築生産プロセス（業務実施フロー）モデルの構築、および両者の統合を行い、設計支援システムの基本構造を開発することを目的とした。

2. 研究の方法

設計情報モデルの開発にあたっては、建築物を構成する柱、梁、などの建築部品、および部品の相互関係をオブジェクト指向言語を用いて記述する。本研究の範囲では、完成品の建築部品だけを扱うのではなく、設計の初期段階の漠然とした概念も表現できる情報モデルを指向した。そのため、本研究では実際の建築プロジェクトを対象に、設計・施工担当者へのヒアリング調査、設計図書・関連文献の調査を行い、建築部品に要求される各種の性能とその決定過程を網羅的に分析することにより、プロセス進行と共に変化・成長するモデルの基本構造を開発した。

業務実施フローモデルの開発においては、上記の建築部品の決定過程を参考に、設計・施工担当者へのヒアリング調査による補足も行いながら、建築生産における設計・施工業務間の情報伝達関係を分析した。

両者の統合は、オブジェクト指向言語によるプロトタイプにて、改良を重ねつつ行った。

3. 研究の計画と進捗状況

以下の研究事項に分けて研究を行った。

1. 設計プロセスの分析とモデル化

既往の設計プロセス研究の成果を展開し、1つの業務を実施するときの詳細なフローをモデル化し、設計支援システムの全体像を示した。

2. 分析対象とする設計項目の機能分析

上記の業務実施フローで扱う設計項目に含まれる建築部品の情報構造を整理し、その属性を格納するモデルをオブジェクト指向言語によって設計した。

3. オブジェクト指向言語を用いた設計支援システム開発

上記のオブジェクト指向設計結果をコンピュータ上で設計支援システムとして実装した。なお、本研究の範囲ではプロトタイプ開発にとどめ、実プロジェクトでの検証は、次の課題とした。

4 今までに得られた成果

4.1 はじめに

既往研究では、コンカレント・エンジニアリングの考え方により、二つの点から建築生産プロセス^{注1)}の再構築を行った。

第一は、機能分析による業務の再定義である。これにより、建築生産プロセスを業務の組み合わせ^{注2)}で表現できるようにした。1つの業務には、図1に示すように担当主体、アクティビティ、入力情報、付加情報^{注3)}、出力情報、の計5つの要素が含まれる。1業務は1主体が担当する。

第二は、建築生産プロセスの構造化である。前述の業務群を技術的先行後続関係、情報伝達関係から解析し、図2に示す記述子^{注4)}の組み合わせで表現した^{3) - 8)}。

再構築された新しいプロセスは、建築生産の効率性、整合性と創造性の向上を図る、新しいマネジメント形態^{注5)}を目指したものである。

本研究ではまず、このプロセス上の1つの業務に着目し、他の業務との整合性をとりつつ効率的に業務を実施するための業務実施フローのモデル化、フローの各項目の支援方法、支援システムの要件と基本構造、プロトタイプ開発例^{注6)}を示す。

次に、8.以降にてオブジェクト指向データベースのもつ可視性や継承という特長^{2,8)}を利用し、部材情報と生産情報の相互参照性の向上、建築生産プロセスの初期段階から一貫した履歴成長性、変更への柔軟性、等を具体化した設計情報モデルのプロトタイプ開発例を示す。

4.2 建築生産における業務実施フローモデル

(1) 業務実施フローモデルの目的

業務間の整合性を確保するために、担当主体がどのような努力をしているかを把握し、それに基づいてどのような支援方法が可能なのかを検討するため、業務の実施フローについてそのモデル化を行った。モデル化はマネジメントの観点^{注7)}から行ったものである。また、業務の標準的な実施フロー^{注8)}を対象とする。

(2) 業務実施フローモデルの概要

業務実施フローモデルを図3に示す。フローモデルは、上流側設計結果の変更可能性と反復設計の可能性の有無によって、以下の3つに分かれる。

a) 通常のフロー

通常のフローは、他業務との関係が直列または同時干渉である業務を対象とする。入力情報と付加情報を取得して、後述の「通常の設計行為」を実施し、設計結果（出力情報）を作成する。

b) 変更のフロー

本研究では、設計情報の不整合を解消するための決定結果の変更、追加、削除の行為を変更という^{注9)}。同時進行的な建築生産プロセスでは、プロセス前半での変更が増加する⁹⁾。

変更の要因としては、①上流側の決定結果が当該業務を不適切に拘束し、その実施を困難にしている、②当該業務実施時点の技術情報で、上流側業務をやり直せば、設計全体の質が向上する、③当該業務の一部について後工程から戻って修正することを前提に、意図的に仮定情報を代入する、等が考えられる。③については反復設計として、c)で扱う。

図3で示すように、変更の可能性がある場合、最初に変更しない場合の設計結果を求め、改めて変更の必要性の有無を判断する。次に、どの業務へ戻るべきかを決定する。そして、戻った業務で「通常の設計行為」により、複数の変更代替案を求め、選択して、変更を終える。

c) 反復のフロー

反復設計とは、仮定入力情報や先行的分析結果に基づいて、通常の設計行為を進めておき、改めて最初の仮定情報を再検討し、修正を行う方法である。反復設計では、最初の業務に仮定入力情報を代入して、通常の設計行為を進める。仮定情報には、先行的分析結果も含まれる。その結果を受けて、次の業務が実施され、以下反復範囲の全業務が実施される。その後、最初の仮定情報を再検討し、修正を行う。修正が不要となった時点で、反復設計は終了する。

(3) 業務実施フローモデルにおける検討事項

以上のフローにおける、担当主体の検討事項を分析すると、次のとおりである。

a) 通常のフローにおける検討事項

通常のフローでは、図4に示す「通常の設計行為」に支援を要する18の項目がある。まず、業務の担当主体は、すでに実施された業務（上流側業務）からの入力情報に論理的矛盾のないこと（整合性）を確認し、問題があれば差し戻す（1-5）。次に、同時干渉業務群との関係をどのように調整するか、等の設計実施方法^{注10)}を設定して、検討に入る（6-13）。当該業務と同時干渉業務との情報のやりとりと調整は、項目10、11、12、13の繰り返しにより行われる。そして、これから実施される業務（下流側業務）との関係を検討し（14-17）、設計全体との関係を検討する（18）。このとき、出力情報の整合性を保証し、かつ、それが上位の各フェイズ^{注11)}での要求水準、設計全体の情報内容と合致すること（適合性）を確認する。出力情報は、定められた場所へ格納する。

これらは、必ずしも以上の順序で進められるわけではないが、上流側、同時干渉、下流側、設計全体、という業務の全方向が対象となっており、網羅的である。

c) 変更のフローにおける検討事項

「変更する業務の決定」に、図5に示す5つの検討事項がある。変更する業務は、問題業

務の上流側業務群の中から選択されるため、図5に示すように、まずその候補を複数設定する(19)。次に各候補業務について、出力情報を変更した場合に同時干渉(20)、下流側(21)、設計全体(22)に及ぼす影響を検討する。すなわち、変更により引き起こされる影響を、担当主体が総合的に評価し、変更する業務を選択する。

b) 反復のフローにおける検討事項

反復設計においては反復の範囲を的確に把握することが重要であり、「反復設計方針の決定」に、図6に示す4つの検討事項(24-27)がある。

4.3 業務実施マネジメント支援方法とそのツール

(1) 支援対象と支援方法

以上の検討事項を支援する方法を考える。業務実施フローモデルには、マネジメント上の項目が計27個あった。これらを内容によって分類し、それぞれの支援方法^{注12)}を表1に整理した。例えば、検討事項1は入力情報、特に生成元業務名が対象であり、名称や影響度などを表示することによって支援される。このような働きを持つクラスを開発して、業務実施フローの各部を支援する。クラスは、各業務について定義し、それらをプロセス全体の約300個の業務に展開することで、建築生産プロセスにおいて必要なすべての管理情報を網羅する。

このようなマネジメント情報を具備した支援ツールのことを、業務実施フローモデルという。

(2) 業務間の影響度の評価

業務間の影響度には、いくつかの評価尺度がある。その代表的なものが、コスト、工期、部材の位置関係である。特におさまり、とりあい等、部材の物理的な位置関係は、重要な尺度であり^{注13)}、例えば建築と設備のとりあいを誤るとプロジェクト全体に重大なトラブルを生じる。位置関係を担当主体間で調整すれば、設計全体の整合性をかなり確保することができる。本研究では、位置関係の観点で影響度を評価したが、これは一例であり、プロジェクトの担当者が協議して評価の設定を行ってよい。評価方法には、一対比較法など主観的な評価値をもとに数理的に決定する手法はあるが、ここでは主観的評価値をそのまま用いた。厳密な評価方法の検討は今後の課題とする。評価に際しては、直列、同時干渉の関係を区別せず、影響のないものを0.0、最大値を1.0とする{0.0, 0.3, 0.7, 1.0}の4値とした。反復範囲に含まれる業務群は1.0とした。ネットワーク図に表示する影響度の下限値は、担当主体の判断によって調節可能とする。

(3) オブジェクトモデルの書き換え

業務実施フローモデル生成に必要なマネジメント情報は、後述のとおりオブジェクトモデルに前もって定義される。ここには標準的なデフォルト値を与えるが、担当主体がプロジェクト開始時や進行中にその内容を確認し、実態に応じて補正する。

業務実施に際しては、複数業務の担当主体が関連することとなるがマネジメント情報の内容は、当該業務の担当主体のみ書き換え可能であり、他の担当主体は参照のみが認められる。例えば、図8では、構造設計者だけに業務59の画面内容の書き換えを認め、他からは参照のみを認める。

4.4 業務実施フローモデルの概要

業務実施フローモデルの構成を図7に示す。また、後述するプロトタイプでの画面表示例を

図8に示す。図8は基本設計の業務「構造形式の検討（業務番号59）」を表す。

業務実施フローモデルは、3つの部分で構成される。

第一の「業務のマネジメント情報」画面には、当該業務の名称、概要、等を文字情報として表示する。また、各業務の建築生産プロセス全体での相対的な位置づけを明確化するために、簡略化した全体ネットワーク図と数値^{注14)}を同時に表示する。

第二の「関係業務一覧表」には当該業務の上流側、同時干渉、下流側業務の番号、名称、影響度を簡潔に表示する。また、反復範囲に含まれる業務群の番号、名称を表示する。同時干渉の業務など、他の担当全体との調整を要する場合は、対象となる業務のマネジメント情報を起動し、閲覧できるようにする。

第三の「ネットワーク図」は前述の関係業務一覧表を視覚的にわかりやすく表現した図である。当該業務を中心として、設定値以上の影響度をもつ業務群をネットワーク図に表示する。その際、影響度の高い業務群を当該業務の近くに配置する。一方、影響度がその下限値より低い業務群を隠すことで煩雑さを解消した。

4.5 ツール生成に用いるオブジェクトモデル

(1) オブジェクトモデルの構造

業務実施フローモデルはオブジェクト指向モデル（以下、オブジェクトモデル）を用いて構築される。オブジェクトモデルの主要なクラス関係^{注15)}を図9に示す。◇はhas_a関係を表す。図中の長方形は1つのクラスを表し、長方形が3分割されている場合は、上からクラス名（ゴシック体で表記）、インスタンス変数（下線で表記）、メソッドを表す。

例えば、構造設計の業務59マネジメント情報の場合、操作パネルのメニュー「業務一覧」から基本設計業務→代案設定・比較検討→構造設計と表示し、最後の「構造設計」に定義されたメソッドで起動される。なお、この例では、構造設計の業務が「業務59」だけであるが、一般には複数個存在する。

各業務の業務マネジメント情報には図7①のデータを、関係業務一覧表には同②のデータを、それぞれインスタンス変数として定義する。これらを画面表示するメソッドも各クラスに与える。ネットワーク図は、同③のような画面表示のメソッドを備えている。これは、関係業務一覧表のインスタンス変数を自分のインスタンス内に複製し、その数値を画像に変換するメソッドである。

(2) 入力情報クラス

入力情報を中心としたクラス構造を図10に示す。入力情報にはインスタンス変数がなく、1つのメソッドがある。このメソッドは、入力情報とhas_a関係にある3つのクラス、生成元業務名、所要入力情報、入力情報内容、を起動する。

生成元業務名には、1つのインスタンス変数と2つのメソッドがある。インスタンス変数は、メソッドを実施したことがあるかどうかを表すBoolean型（0または1）の変数である。担当主体が生成元業務を調べた場合、メニュー画面にチェック印を自動的に記入することとし、そのメソッドをここに定義する。もう1つのメソッドは、関係業務一覧表を起動するためのものである。このメソッドにより、担当主体は一覧表に示された入力情報の生成元となる上流側業務の個数、番号、名称、影響度を参照することができる。関係業務一覧表については(7)で詳述する。

所要入力情報と入力情報内容の特徴は、次のとおりである。前者には、担当主体が取得すべき入力情報の名称、すなわち後述する設計情報モデルのクラス名等をインスタンス変数として定義する。後者には例えば必要なCAD画面を起動するためのメソッドを定義する。

(3) 付加情報クラス

付加情報を中心としたクラス構造を図11に示す。付加情報にもインスタンス変数はなく、1つのメソッドがある。このメソッドは、付加情報とhas_a関係にある2つのクラス、付加情報名と付加情報内容を起動する。

付加情報名には、前述の生成元業務名と同様に、1つのインスタンス変数と2つのメソッドがある。メソッドの1つは付加情報名の表示を行う関数である。すなわち、具体的な付加情報の名称を引数として、文字情報を画面表示する働きをもつ。これによって担当主体に対して、メッセージの形式で具体的な付加情報の名称を提示できる。図17にその表示例を示す。

付加情報内容の特徴は、次のとおりである。ここには、例えは参照すべき既製部品画面の画像情報、確認申請書式の文字情報等の付加情報を読み込むためのメソッドを定義する。また、付加情報の格納は、設計情報（入出力情報等）とは別のクラス群に行う。

(4) 同時干渉クラス

同時干渉を中心としたクラス構造を図12に示す。実施している業務と同時干渉関係にある業務が存在しない場合は、以下に述べる同時干渉の一切のメソッドは作動しない。

同時干渉は、干渉業務名、干渉入力情報、干渉出力情報、干渉方法、の各クラスとhas_a関係にあり、これらを起動するメソッドをもつ。インスタンス変数はもたない。

干渉業務名は、前述の生成元業務名と同様の機能をもつ。すなわち、干渉業務名を調べたときに実施済みの印を記入するメソッドと、関係業務一覧表を起動するメソッドが定義されている。後者のメソッドにより、(2)の場合と同一の一覧表が表示され、担当主体はここから同時干渉業務の個数、番号、名称、影響度を参照することができる。

干渉入力情報など、残り3つのクラスの特徴は次のとおりである。干渉入力情報には、業務が同時干渉する相手の担当主体からの入力情報の内容、例えは相手のCAD画面のエイリアス等を表示させるメソッドを定義する。干渉出力情報には、逆に、相手の担当主体への出力情報内容を送信するメソッドを定義する。干渉方法には、こうした同時干渉のやりとりの手順を担当主体に指示するメソッドを定義する。ただし、ここでいう「手順」とは、担当主体が適宜取り決めておくことでも対応可能な程度の軽微な内容である。

(5) 反復クラス

反復を中心としたクラス構造を図13に示す。実施している業務が反復の範囲に含まれない場合は、以下に述べる反復の一切のメソッドは作動しない。

反復と、反復業務名、反復入力情報、反復出力情報、反復方法、の各クラスとの関係等は、前述の(4)の場合と同様である。

反復業務名は、前述の同時干渉業務名と同様の機能をもつ。関係業務一覧表を起動することにより、担当主体は反復範囲に含まれる業務の個数、番号、名称、影響度を参照することができる。

反復入力情報など、残り3つのクラスの特徴は次のとおりである。

反復入力情報は、上流側からの入力情報のうち、反復を前提としているものを特定する機能をもつ。例えは、全入力情報の所在地が設計情報モデルのクラス名で表示されている場合は、

そのうち反復を前提とした情報の含まれているクラス名を選別して表示するメソッドを定義する。この選別によって、担当主体は不確定の入力情報があったとき、それが反復を前提として上流側業務から送られてきたことを認識できる。

反復出力情報は、同様に下流側業務への出力情報のうち反復を前提としているものを特定する機能を持つ。担当主体が、反復を前提とする出力情報と前提としない出力情報を判別して業務を実施できるように、例えば前者のクラス名だけを表示するメソッドを定義する。

反復方法には、以上のような複数業務群の反復による計画の進め方を、担当主体に確認させるためのメソッドを定義する。

(6) 出力情報クラス

出力情報を中心としたクラス構造を図14に示す。この構造は、(2)に示した入力情報のものと同様である。

利用先業務名には、実施済みの印を記入するメソッドと、関係業務一覧表を起動するメソッドが定義されている。担当主体は一覧表から、出力情報の利用先となる下流側業務の個数、番号、名称、影響度を参照できる。

所要出力情報と出力情報内容の特徴は、次のとおりである。前者には、現業務で作成された計画成果のうち、下流側業務群へ送信すべき情報の格納先、例えば設計情報モデルのクラス名をインスタンス変数として定義する。後者には、C A D等での計画成果を保存、送信するメソッドを定義する。出力情報のバージョン管理、書き換え許可管理、等の検討は、今後の課題とする。

(7) 関係業務一覧表クラス

関係業務一覧表を中心としたクラス構造を図15に示す。関係業務一覧表は、生成元業務名等、前述の4つのクラスから起動される。そして、ネットワーク図に対しては、ネットワーク図の作成を命令する関係にある。

関係業務一覧表は、図15に示すとおり、上流側、同時干渉、下流側、反復、の各関係にある業務の個数、番号、名称、影響度をインスタンス変数にもつ。メソッドは、ネットワーク図の作成命令だけである。このメソッドは、まずネットワーク図のインスタンス変数に、関係業務一覧表のインスタンス変数の値を複写する。次に、ネットワーク図の描写メソッドを起動し、ネットワーク図を描画する。

ネットワーク図のインスタンス変数には、関係業務一覧表と同じ形式のものが定義されているほか、描画縮尺も定義されている。描画メソッドは、各業務の影響度の逆数を当該業務からの距離に変換する計算を行った後、画面上に図形描写を行う関数である。

4. 6 プロトタイプの開発

(1) Delphiによるプロトタイプ

以上のオブジェクトモデルをオブジェクト指向言語で記述し、業務実施フローモデルのプロトタイプを開発した。オブジェクト指向言語には、Smalltalk、C++、Object Pascal等がある。MS-Windows上では、本格的な開発言語としてVisual C++が知られている。他方、Object Pascal言語のアプリケーション開発ツールDelphi^{注16)}は、開発の生産性、ビジュアル環境、コンパイル速度の点でそれ以上の優位性があると判断し、本研究ではDelphiを採用した。以下では、基本設計の主要部である業務58と59の例（前出・図8）にそって述べる。

Delphiでは、フォーム（Form）にコンポーネント（Component）を貼り付けて、プログラム開発を行う。フォームとは、完成アプリケーションのウィンドウとなるクラスである。本例では、6つのフォームがある。すなわち、①操作パネル、②業務58マネジメント情報、③業務59マネジメント情報、④業務58関係業務一覧表、⑤業務59関係業務一覧表、⑥ネットワーク図、である。図8には、このうち①②③⑤⑥を表示した。また、①は②～⑥を自分のウィンドウ内に表示するフォームである。コンポーネントとは、アプリケーションを組み立てるときの各部品となるクラス^{注17)}である。

図16に示すように、建築機能設計カテゴリーの業務群が画面表示されている。このうち業務58マネジメント情報の内容が、図17に画面表示されている。例えば、「通常の設計行為」の「設計結果が干渉する業務の確定」の時点を考えると、同時干渉業務を確定する必要がある。担当主体の建築機能設計者は、関係業務一覧表とネットワーク図を参照して、影響関係のある業務群を把握する^{注18)}。例えば業務59がこれに該当する。業務59マネジメント情報を起動すれば、階層構造的に整理された業務59の検討項目を具体的に把握できる。構造設計と建築機能設計の担当主体は、検討項目の影響関係について協議し、重要な検討項目はネットワーク図に挿入する等の処置^{注19)}をしたうえで、次の「干渉業務からの所要入力情報の確定」へ進む。

(2) 設計情報の処理

プロセスモデルの画面表示に必要な情報は、すべてオブジェクトモデルに格納される。そのため、業務の入出力情報等を格納、管理する設計情報モデルが必要となる。これらを含めた形でのオブジェクトモデルは後述する。

なお、本システムでは、業務実施フローや設計情報の不用意な書き換えを防ぐために、ウィンドウ内容の書き換えを担当主体だけに認め、他の主体には参照のみ認める。

4.7 設計支援システムの全体像

以上のように、担当主体は業務実施フローモデルの支援を受けて業務のマネジメントを行う。ここへ統合される支援システムの全体構成を図18に示す。

担当主体から建築生産プロセスのどの位置にいるのかを示すプロセスモデル、業務のどの検討事項を扱っているかを示す業務実施フローモデルと同時に、図面、仕様書等の設計情報を別の画面に表示する。さらに、技術計算、コスト概算等を行う技術支援ツールの開発を進め^{注20)}、別の画面で操作する。

これらの画面表示に必要な情報は、すべてオブジェクト指向統合型モデルに格納される。このモデルのクラスは、2種類に区分できる。1つはプロセス系クラスであり、建築生産に必要な全ての業務についての情報、および1業務を実施するために必要な情報を格納したクラス、それぞれAll JobsとOne Jobで構成される。もう1つは設計情報系クラスであり、対象となる建築プロジェクトについての部材情報および生産情報を格納したクラス、それぞれWhat To BuildとHow To Buildで構成される。

4.8 設計情報モデルの位置づけ

設計情報モデルは、業務実施フローモデルと連動し、設計情報系クラスに実装されたプログラムにより業務の入出力情報を管理する。ここには後工程の業務での変更を前提とした概略的な設計情報も随時格納するが、単独の担当主体のみが用いる中間作業情報、例えば構造設計における

F E M解析の計算用数値等の情報は格納しない。

設計情報モデルに求められる機能は、次の3つである。

a) 情報統合性

部材情報と生産情報の境界は明確でないため、これらを統合的に扱うことが必要である。本研究の計算情報モデルでは、これを可能にするために以下のことを行う。

- 設計情報に含まれる全ての情報を階層構造化する
- 設計情報モデルの各階層において情報の相互参照を支援する

b) 履歴成長性

建築プロジェクトではプロセスの進行とともに情報量が増加するため、設計情報モデルも同様に成長する必要がある。したがって、プロセス初期では概略情報を扱い、プロセス中期以降では詳細情報を格納し、これらを差し替えて利用することの可能な構造とする。

c) 変更柔軟性

設計情報モデルは、初期業務群での変更、現業務と後工程業務との反復による情報の更新等に対応できるよう、変更に柔軟なモデルとする。

以上を設計情報モデルの目的とするが、画像情報については既存のC A Dシステムとの互換性を前提とした。すでに一部のC A Dでは、最も詳細化された部材情報のデータモデルと画像情報の変換は可能になっている。今後、ここに画像情報との変換機構を付加すれば、従来のC A D情報も有効に活用できる。

本研究では、オブジェクトモデルにObject Pascal言語Delphi、データベースにリレーショナル・データベースのParadoxを用いて開発を進めた^{注21)}。開発は、OMT法²⁸⁾に従い、分析、設計、実装、の順で行った。以下では、この順序にそって述べる。

4. 9 設計情報のオブジェクト指向分析

(1) 設計情報モデルの階層構造

現実世界に存在する個々の「もの」をインスタンスと呼び、共通性質を持つ一群のインスタンスに対して与えられる共通性質の定義クラス（以下、ゴシック体で表記）と呼ぶ²⁹⁾。設計情報モデルを構成するクラスを7種類に大別した。図19はそれらの階層構造を示したもの、図20は主要部について内容を例示したものである^{注22)}。

建築物は、従来のモデルにある物理的な部材情報のクラスの集約クラスである。敷地は、当該プロジェクトの敷地の情報を格納する集約クラスである。建築空間は、部材によって形成される各空間のコンセプトやイメージについての情報を格納する集約クラスである。R C構工法、S構工法、等は対象物の実現方法を格納する集約クラスで、構工法のサブクラスである。以下、生産情報の集約クラスとしてスケジュールおよびコストを設けた。そして、プロジェクト全体の制約条件を格納する集約クラスとしてプロジェクト条件を設けた。

これらは典型的な建築プロジェクトにおける一例である。例えば、保全性、環境対応性、施工安全性、等は直接表現されていないが、前述のいずれかのクラスの属性として評価可能である。

既存のモデルでは、スケジュール、コスト等は個々の部材の属性値として扱われていたが、ここでは実務的に有意な形式で格納できるように階層構造を決定した。例えば、スケジュールに関しては工程計画での作業単位を意識した階層構造とし、コストは工種別見積科目表の形式

とした。

(2) クラスの識別

図20において個々の長方形はクラスを表す。その要素は上から、クラス名、インスタンス変数（下線で表記）、メソッドである。

斜体文字のインスタンス変数は、他のクラスで同じインスタンス変数が用いられていることを表す。例えば、スケジュールのインスタンス変数、延床面積は、建築物のインスタンス変数でもある。あえて多重の定義を行った理由は、これらのインスタンス変数がいずれのクラスの属性ともいえること、担当主体が別画面でそれらの値を探す作業は非効率であることによる。両者の不整合を防ぐため、ここでは建築物においてのみ延床面積を書き換え可能とし、他のクラスは建築物への参照によってその値を取得することとした。メソッドは、インスタンス変数の入出力や変更等の操作を行うもの、およびクラスにインスタンス生成・解体を行うものとした。

(3) クラス間関係の識別

O O D B の挙動は、クラス間の相互作用として記述される。相互作用を表す関係として、集約、継承、関連、の3つを用いた。

a) 集約

分析における集約は、部分を表す部品（部分クラス）とそれを組み立てた全体（集約クラス）との構造的な包含関係である。これをhas_a関係、part_of関係ともいう。モデルの冗長性を避けるため、1つのクラスを構成する部品群には、互いに共通性がないようにした。例えば、図20に示すように建築物は上部構造物、基礎構造物、設備備品の3つのクラスで構成される。これらのクラスには、互いに共通性がない。建築空間が複数の室空間を持つ場合のように、インスタンスの数に1対多の関係、すなわち多重度がある箇所には、OMT法に従い「多」の側に●を付ける表記をした。

b) 継承

分析における継承は、サブクラスの分類の観点を与える概念的な包含関係である。これをis_a関係、kind_of関係ともいう。例えば、一般的な構工法とR C造の構工法の関係をみると、R C構工法is_a (kind_of) 構工法と考えられる。このときR C構工法をサブクラス、構工法をスーパークラスという。全てのインスタンス変数、メソッドがスーパークラスからサブクラスに継承され、サブクラスでは継承されたものを変更したり、新たにインスタンス変数等を付加してもよい。

サブクラスのインスタンスは、同時にスーパークラスのインスタンスとしての性格を有するため、一般には、スーパークラスを抽象クラス（インスタンスを持たないクラス）とし、サブクラスを具象クラス（インスタンスを持つクラス）とする例が多い。しかし、建築生産プロセス早期からの総合的検討を行うためには、サブクラスのインスタンスを生成する前に概略情報をスーパークラスに格納する必要があるため、スーパークラスも具象クラスとした。このとき問題となるのは、スーパークラスのインスタンス、例えば「構工法A」とサブクラスのインスタンス「R C構工法A」の間の一貫性である。すなわち、両者が1対1関係であり、かつ「構工法A」が「R C構工法A」の部分集合であることを確保しなければならない。一貫性は、一般にO O D B のデータベース部分言語で維持できる³⁰⁾。本研究では、データベースのキーインデックス機能の利用により、一貫性を確保した。

c) 関連

関連は、対等なクラス間の参照を表し、メッセージのやりとりが行われることを示す。これをusing関係ともいう。例えば、建築物と敷地の関係をみると、両者は構造的、概念的な包含関係ではなく、対等である。また、建築物は敷地内に存在するため、設計時には建築物から敷地に「敷地条件の情報を画面表示せよ」といをメッセージを送る必要がある。よって、両者の関係は関連である。同様に、構工法とスケジュールの関係も関連である。構工法の決定はスケジュールの制約を大きく受けることから、構工法とスケジュールに対してインスタンスの内容を画面表示させるメッセージを送る。図20では関連メッセージの伝搬(→)で示した。

4.10 設計情報モデルのオブジェクト指向設計・実装

(1) 分析から設計・実装への変換

オブジェクト指向分析では、問題領域を把握しその解決に必要な機能構成や働きを決定した。オブジェクト指向設計・実装では、使用するクラスとメッセージの内容をすべて定義し、OODBの動作を確認する。また、設計・実装では使用するオブジェクト指向言語による制約を受ける。そこで、クラス構造に表2に示すような変換を行ってプロトタイプを開発した。

例えば、オブジェクト指向言語では、実装において集約を明示的に表現する手段がないため¹¹⁾、¹³⁾、分析時における集約を設計・実装では関連とした。なお、入れ物クラスはボタンに用いるにとどめた。

(2) 業務実施フローモデルとの統合

業務実施フローモデルと設計情報モデルの関係を図21に示す。業務実施フローモデルは、当該業務で設計情報を用いて行うべき検討項目を「居室の床荷重の検討」などと、具体的に例示する。これらの実施に必要な入力情報の所在地、出力情報の格納先となる設計情報モデルのクラス名、インスタンス変数名のうち主要なものを、業務実施フローに定義する。例えば建築空間を所要出力情報に定義し、柱幅を出力情報内容に定義する。

担当主体はこうした指示を参考に、自分の判断で業務を実施する。そのとき、関連を利用して設計情報モデル内で必要なクラスを参照できる。関連は参照の効率を高めるものであり、担当主体が実施時に関連を適宜付加してもよい。以下では、業務実施フローモデルから設計情報モデルのインスタンスを生成する方法について述べる。

a) 業務実施フローモデルでのボタン操作

図21の入力情報等の文字はボタンとして画面表示される。ボタンは入れ物クラスのインスタンスであり、1つのクラスにインスタンスが1つだけ存在する。設計情報モデルには、入力情報、出力情報のボタンからアクセスする。例えば出力情報は、利用先業務名、所要出力情報、出力情報内容、を画面上に呼び出すメソッドをもつ。以下、マウス操作により出力情報→所要出力情報→建築空間の順に、ボタンを画面上に呼び出す。建築空間ボタンは、次に述べる方法で設計情報モデルの建築空間のインスタンスを生成する。

b) 設計情報モデルのインスタンス生成

建築空間のインスタンス生成は、次に示すように、他のクラスのコンストラクタを外部から用いるメソッドによる。

```
procedure TForm58.KS2_1Click(Sender: TObject);
```

```
begin
  TFormpa.Create(Self);
  KS2_1.checked:=True;
end;
```

ここで、TForm58は業務58マネジメント情報を、KS2_1clickはメソッド名を、TFormpaは設計情報モデルの建築空間クラスを、Createはコンストラクタをそれぞれ表す。このとき、デフォルトでは建築空間の1番目のインスタンスが生成される。

(3) 情報統合性の支援方法

設計情報モデルでは、部材情報と生産情報の相互参照を効率的に行う必要がある。そこで、ハイパーメディアのもつ、複数データの同期的表示機能をもたせた^{3.5)}。この機能を実装するため、可視性を利用して前述の方法により他のクラスのインスタンスを生成する。生成の対象は、分析時の集約における直上の集約クラス、最上位の集約クラス、直下の部分クラス、および関連のクラスとした。ただし、他のクラスのインスタンス変数を読み込ませるメッセージは用いたが、インスタンス変数を書き換えるメッセージは、整合性を保つために送信しないこととした。

例えば、建築空間から建築物メッセージを送るときは、建築空間に次の定義を行う。

uses

```
SysUtils, WinTypes, ..., Classes,
Pb;
```

ここでは、建築空間のuses節に建築物のクラスのファイル名をpbを宣言している。

(4) 履歴成長性の支援方法

履歴成長性を支援するため、設計情報モデルの運用において次のことを行う。

- 建築生産プロセスの進行に従い、設計情報モデルでは上位の概略部から下位の詳細部へアクセス対象を移行させる。
- プロセス中期において、プロセス初期に決定した上位概念の内容を差し替える
このとき、OODBの性質を次のように利用する。

a) 可視性の利用

一部のインスタンス変数について、可視性を利用した算定方法として概算、積上を用意し、割付とこれらを使い分けることとした。

例えば、施工スケジュールの施工工期計を考える。割付では完了期日等から設定した値を手入力する。概算では、パラメータである要員計画、立地条件、工区数、建方機械から統計的、数理的に施工工期を算定する。積上では、軸体工事スケジュール等の部分クラスを参照し、準備工期計から設備工期計まで5つのインスタンス変数を集計して算定する。

これらを次のように使い分けて、情報を成長させる。

- 割付：デフォルト値あるいは手入力による方法
(参照できる情報量が少ない時点で選択)
- 概算：パラメータとなるインスタンス変数による統計的な方法
(所要の参照情報が揃った時点で可能)
- 積上：部分クラスのインスタンス変数を参照・集計する方法
(下位概念までの詳細化が実施される時点まで不可能)

インスタンス変数としては、いずれかの方法で算定された1つの値が格納される。

例えば、スケジュールにおける設計工期計の概算は次に示すように定義される。

```
procedure TFormpe.Edit1Db1Click(Sender:TObject);
var
  Area:integer;
begin
  Area:=Table4.Fields[7].AsInteger;
  if Area<=3000 then
    Edit1.Text:='151';
  if (3000 < Area) and (Area <= 6500) then
    Edit1.Text:='193';
  if (6500 < Area) and (Area <= 12000) then
    Edit1.Text:='214';
  if (12000 < Area) and (Area <= 26000) then
    Edit1.Text:='253';
  if 26000 < Area then
    Edit1.Text:='300';
end;
```

Table4は建築物を、Fields[7]は延床面積を、Edit1.Textは設計工期計を表したおり、可視性の利用によって他のクラスのインスタンス変数を参照した概算方法を可能にした。現在、概算方法は担当主体が独立で行っており、こうしたメソッドの開発は今後の課題である。

b) 繙承の利用

実装における継承は、スーパークラスの性質をサブクラスが受け継ぐことによって、インスタンス変数やメソッドの共有化を容易にする手段となる。例として、構工法とサブクラスRC構工法の定義を以下に示す。、

- 構工法

```
unit pd;
interface
uses
  SysUtils, WinTypes, ..., Classes;
type
```

```
  TFormpd=class(TForm)
    DBNavigator1:TDBNavigator;
  ...
end;
```

- RC構工法

```
unit pd1;
interface
uses
  Windows, Messages, ..., Classes;
type
```

```
TFormpd1=class(TFormpd)
```

```
  Label1:TLabel;
```

ここでpdは構工法の、pd1はRC構工法のクラスのファイル名である。下線部は、TFormpdが開発言語に用意された基本モデル TForm のサブクラスであること、TFormpd1がTFormpdのサブクラスであることをそれぞれ示している。

(5) 変更柔軟性の支援方法

変更柔軟性を支援するため、運用において次のことを行う。

- プロセス中期において、プロセス初期に決定した上位概念の内容を更新させる
- プロセスの途上で設計情報モデルのクラス構造変更も可能とする。

これらは、OODBの変更柔軟性に支援されている。すなわち、他のクラスと関係する部分が明確であれば、それ以外の部分で個々のクラスは互いに独立しているため、変更の影響が最小限におさえられる。クラス構造を変更し、再コンパイルする作業は、手続き型プログラムと比較して格段に容易である。

さらに、OODBの可視性を利用して次のことを行う。

a) 影響関係の明示

変更による影響を与えるクラスのインスタンスを、影響を受けるクラスから生成できるようにした。例えば、RC構工法には建築空間、敷地、等が影響を与えており、これらのインスタンスを生成するメッセージを送信するボタンを図22③に示すように網羅的に設けた。この関連は、図20に示したとおりである。

b) 変更日時の管理

影響を与えるクラスの最終変更日時を、影響を受けるクラスから参照できるようにした。この日時が、影響を受ける側の最終変更日時より新しい場合は、重大な変更が生じていることとなる。いま、図22③右下に示すように、構工法の最終変更時刻は23:24であるが、スケジュールの最終変更時刻は23:42となっている。よって、スケジュールに新しく変更が生じている。従来の手作業では、このような変更の把握は難しかったが、本モデルでは画面上にて変更の発生を容易に確認できるようにした。

4.11 設計情報モデルの適用例

適用例として、都市公園内の休憩施設を考える。ここでは簡単のため、単純な構造で自販機スペースと手洗所のみを機能とする建築物とした。業務58「建築計画上の検討」における業務実施の経過を表3に示す。ここでのステップは同時干渉の一例である。業務58は、図22①に示した業務群と同時干渉の関係にある。業務58の担当主体である建築機能設計者は、関連する業務の担当主体と設計情報モデルを介して情報をやりとりしながら、図22①の検討項目に従い、対象クラスのインスタンス変数の決定を進める。

設計情報モデルを業務実施に活用することによって、当初の機能を次のように実現した。

a) 情報統合性

延床面積、階数等が概略情報として仮決定された段階から構工法、コスト、スケジュールの生産情報を概略検討し、これらの総合的な判断により建築物の概要を確定することができた。

b) 履歴成長性

継承により、図22②に示す構工法で決定された構造種別、構工法コンセプト等の内容が、図

22③に示すRC構工法の画面に表示された。これにより、スーパークラス構工法の概略情報を参照しながらサブクラスRC構工法で詳細な検討を行うことができるようになった。

また、今回概算で求めた施工工期計は、情報量の増えたプロセス後期の業務においても、積上の算定値に更新して利用できるため、モデルの履歴成長性を高めた。

c) 変更柔軟性

影響を与えるクラスを図22③等に示すように、ボタンとして画面表示し、それらの最終変更時刻を表示することによって、画面上で変更の発生を容易に把握できるようになった。

4.12 まとめ

本研究では、建築生産プロセスにおいて情報の整合性と変更への柔軟性を確保しつつ、業務を実施するための方法論、および、業務実施支援システムのサブシステムとなる設計情報モデルについて検討した。その中で得られた知見は次のとおりである。

- ①一般的な業務の実施フローをメインフローと3つのサブルーチンにモデル化し、考慮すべきマネジメント上の項目と内容を網羅的に明らかにした
- ②各項目を支援するオブジェクトモデルの構成を示し、業務実施フローモデルの仕様を提示した
- ③オブジェクト指向言語を用いて、業務実施フローモデルのプロトタイプを開発し、実現可能性を示した
- ④プロセスと統合された設計情報モデルを開発した
- ⑤総合的検討を可能にする設計情報モデルを開発した
- ⑥履歴成長性をもつ設計情報モデルを開発した
- ⑦変更柔軟性をもつ設計情報モデルを開発した
- ⑧OODBによる設計情報モデルの実現可能性を提示した

文中注釈

注1) 本研究でいう建築生産プロセスは、建築物の企画、設計、施工などの一連の活動を総体的に含む。

注2) 業務の総数や定義には、プロジェクトによる差異があり、一意的でない。ここでは、建築生産プロセスをシステムチックに記述することを目的として、一般の建築プロジェクトに標準的に必要な業務を列挙した。業務の総数は309個とし、各業務に1から309の業務番号をつけた。これらがすべてのプロジェクトに必要十分とは限らないが、議論的一般性は損なわない。

注3) 先行業務の出力情報を得るだけでは、業務実施が不可能な場合に、外部から付加される情報を作成情報という。

注4) 直列とは、先行業務の出力情報が確定的である関係をいう。同時干渉とは、複数業務が同時期かつお互いを考慮すべき関係にあることをいう。ただし、時間軸上で厳密に重ならなくても、同時期とみなしうる関係は含む。よって、同時干渉にあるすべての業務を完全に同時期に実施、1つの業務がある程度進行してからその結果を参照して他の業務を実施、等いくつかの実施形態が考えられる。反復とは、ある業務の検討項目の一部分を確定せず、後工程業務を実施するために、とりあえず仮定値を設計結果として、後工程業務を実施し、その設計結果に基づいて仮定値の修正を行う関係をいう。そのループのことを反復範囲という。

- 注5) 情報システムの援用と変更への柔軟性を前提とし、コンカレント・エンジニアリングによる効率性向上、コンフィギュレーション・マネジメントによる整合性の向上、自律分散型組織・意思決定支援システム・コラボレーションによる創造性の向上、のすべてを複合したマネジメント形態のことをいう（文献11）。
- 注6) オブジェクト指向言語を用いた開発には、いくつかの利点があるが、システム拡張の容易さと再利用可能性が特筆される。業務実施支援システムの場合、第4章で述べる設計情報モデル等では個別プロジェクト固有のクラス構造を順次統合するため、拡張性が求められる。また、300にのぼる業務クラスの定義では、再利用可能性が開発の効率に貢献する。
- 注7) 業務の実施フローの把握には、マネジメントの観点と個々の設計行為分析の観点の2つがある。本研究では、前者からモデル化を行う。これは、設計代替案の創出過程をモデル化するのではなく、これまで管理者の経験や力量に委ねられてきたマネジメントを明示的にすることを目的としているためである。建築生産における業務実施と同様に、非定型的な人間活動を対象としたモデル化の例として、Winogradらの会話モデル（Conversation Theory）、リッテルらの議論モデルIBIS（Issue Based information Systems）が知られる。これらもマネジメントの観点から分析を行った例である。後者の観点によると、業務実施内容は属人的、個人的であり、モデル化を行うとすれば「設計方法の設定→設計の実施→設計結果の創出」という単純なモデルにとどまる。
- 注8) 実際のプロジェクトでは各業務ごとに実施フローを設定し直してから業務を実施する。本研究で示したフローは、そのためのテンプレートとして、位置づけられる。
- 注9) 典型的な土木・建築工事契約における設計変更とは、発注者と請負者が契約締結時に合意した工事の内容を契約締結後に変更する手続きのことである（文献12）。しかし、同時進行プロセスと従来方式での変更と同じ定義で論じることは適当でない。
- 注10) 例えば、プロジェクトによって、建築設計がやや先行して設備を後から加える同時干渉と建築設計と設備計画と一緒に進めて最後に決定する同時干渉の両方がある。
- 注11) フェイズとは、建築生産プロセスを構成する企画、基本設計、実施設計、施工計画、監理、施工、の6つの過程をいう。
- 注12) ここでは、通常の条件下で業務を実施できるだけの実務経験や能力を有する担当主体を想定し、支援方法を検討した。
- 注13) 例えば、日経アーキテクチュア1993年12月20日号特集記事において、図面の不整合が最も多く指摘される建築と設備の問題について、その原因が「一般に建築設計と設備設計が並行して進められるため、調整が不十分なまま」であったり、「構造、設備はほとんど外部委託するため」であると指摘している。一方、上記の問題を解決すれば整合性を確保できるとして、図面のチェック部門を設けた設計組織の例を紹介している。
- 注14) ①当該業務はプロセス全体のどこに位置するか、②上流側のどの業務がどの程度終了した時点で後続業務を開始できるか、③当該業務をどの程度終了した時点で下流側のどの業務を開始できるか、④当該業務実施をどの程度急ぐべきか、等が判断可能な数値。
- 注15) 本研究では、各業務マネジメント情報を最下位のクラスとした。それぞれの検討項目は、業務に付随した業務固有のものであることより、各業務マネジメント情報のインスタンス変数とした。
- 注16) Borland Delphi 2.0 for Windows95を指す。

- 注17) 例えば、②内のボタン「閉じる」はTButtonコンポーネント、①上部の「業務一覧」はTMenuItemコンポーネントと呼ばれる。コンポーネントには、インスタンス変数、メソッドとも備わっているが、Delphiではカプセル化されており、コードエディタに表示されない。オブジェクトインスペクタから、必要最小限の部分だけを定義するようになっている。
- 注18) 本例では、上流側、同時干渉、下流側とも直接関係する業務のみを示している。
- 注19) このプロトタイプでは、「関連業務一覧表」における文字列を加筆修正すれば、自動的に「ネットワーク図」の文字列が更新されるようになっている。例えば、図8の「業務59と関係する業務の一覧表」の「58建築計画上の検討」に「空間構成計画に留意」を加筆すると、ネットワーク図も同様に更新され、加筆した文字列が図中に挿入される。
- 注20) 一部は既存の市販ソフト等の援用による。
- 注21) Borland Delphi 2.0 for Windows95およびBorland Paradox 7J for Windows 95をさす。
- 注22) 図19は全体の分析結果を示しているが、担当主体が全体像を把握する目的でも、画面上で同図の階層構造を利用できるように実装した。

参考文献

- 1) 建設省告示第1206号、1979. 7
- 2) 新日本建築家協会（JIA）：建築家の業務、1992. 11
- 3) 金多、長岡、古阪、木本、岡本：同時進行型建築生産プロセスにおける意思決定の支援方法に関する研究－業務の遂行に関わるモデルの検討－、日本建築学会第11回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp. 91-98、1995. 7
- 4) 古阪、長岡、三宅、栗山、岩下、山崎、金多、岡本：同時進行型建築生産プロセスの検討、日本建築学会第10回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp. 167-174、1994. 7
- 5) 金多、長岡、古阪、三宅、鉢井、山崎、木本、岡本：生産設計と同時進行型建築生産プロセス－生産情報の流れの現状、日本建築学会第17回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp. 289-294、1994. 12
- 6) 古阪、長岡、三宅、鉢井、山崎、木本、金多、岡本、井上：同時進行型建築生産プロセスの検討(2)、日本建築学会第6回建築生産と管理技術パネルディスカッション報文集、pp. 1-8、1995. 2
- 7) 岡本、長岡、古阪、三宅、鉢井、山崎、木本、金多、井上：同時進行型建築生産プロセスの検討(3)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 1043-1044、1995. 8
- 8) 金多、長岡、古阪、三宅、鉢井、山崎、木本、岡本、井上：同時進行型建築生産プロセスの検討(4)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 1045-1046、1995. 8
- 9) Carter, D. E., Baker, B. S. 著、メンターグラフィックス・ジャパン訳、末次逸夫、大久保浩監訳：コンカレントエンジニアリング、日本能率協会マネジメントセンター、1992. 11
- 10) 古阪、遠藤：生産設計の現状と課題、日本建築学会第4回建築生産と管理技術パネルディスカッション報文集、pp. 57-64、1993. 2
- 11) 金多、長岡、古阪、山崎、木本、鉢井、三宅：建築プロジェクトにおける意匠設計、機能設計、生産設計の統合を目的とした設計支援システム、日本建築学会第10回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp. 129-134、1994. 7
- 12) プロジェクト・マネジメント用語研究会：エンジニアリングプロジェクト・マネジメント用

語辞典、重化学工業通信社、1986

- 13) Schmitz, J. and Desa, S. : The Development of Virtual Concurrent Engineering and its Application to Design for Producibility, *Concurrent Engineering:Research and A Applications*, The Institute of Concurrent Engineering, 1, pp. 159-169、1993
- 14) Gorostiza, C. Z., et al. : CONSTRUCTION PLANEX : A Knowledge Intensive Planner for Construction Projects, *Proceedings of The 5th International Symposium on Robotics in Construction*, pp. 511-520、1988. 6
- 15) Checkland, P., Scholes, J. 著、妹尾堅一郎監訳：ソフト・システムズ方法論、有斐閣、1994. 7
- 16) Coyne, R. D., Rosenman, M. A., Radford, A. D., Balachandran, M., Gero, J. S. 著、渡辺俊、横澤正人共訳：デザインの知識工学、オーム社、1994. 8
- 17) 日本建築学会建築計画委員会：設計方法 I ~ V、彰国社、1989
- 18) 東京建築士会：建築設計実務のチェックシート、彰国社、1993
- 19) Booch, G. : Object Oriented Design with applications, The Benjamin/Cummings Company, Inc., 1991
- 20) ボーランド株式会社 : Borland Delphi 2.0 for Windows 95 ユーザーガイド、1996. 6
- 21) 金多、長岡、古阪、張 : 同時進行型建築生産システムにおけるプロセス管理情報のモデル化、日本建築学会第12回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp. 117-124、1996. 7
- 22) 金多、長岡、古阪、木本、岡本 : 同時進行型建築生産システムにおけるプロセス意思決定の支援方法に関する研究—プロセスとプロダクトの統合的モデル化の検討、日本建築学会第18回情報システム利用技術シンポジウム、pp. 241-246、1995. 12
- 23) Prasad, B. : Concurret Engineering Fundamendals:Intergrated Product and Process Organization, Prentice-Hall PTR, pp. 164-212、1996
- 24) Tolman, F. P., Kuiper, P., Luiten, G. T. : Product Modeling At Work, Computer Integrated Construction, Elsevier Science Publishers, pp. 17-26、1992
- 25) 例えば矢野禎一ほか 5 名 : 集合住宅 C I M システムの開発、日本建築学会第11回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp. 241-248、1995. 7
- 26) Zozaya-Gorostiza, C., et al. : CONSTRUCTION PLANEX : A knowledge Intensive Planner for Construction Projects, *Proceedings of The 5th International Symposium on Robotics in Construction*, pp. 511-520、1988. 6
- 27) 伊藤健司 : オブジェクト指向建物モデルによる建設情報の統合化に関する研究、日本建築学会第10回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp. 241-248、1994. 7
- 28) Rumbaugh, J. ほか 4 名著、羽生田栄一監訳 : オブジェクト指向方法論 O M T 、トッパン、1992. 7
- 29) 落水浩一郎、東田雅宏 : オブジェクトモデリング、ジャストシステム、pp. 128-129、1995. 4
- 30) 本位田真一、山城明宏 : オブジェクト指向システム開発、日経 B P 社、1993. 8
- 31) Knoshafian, S. 著、野口喜洋、小川東訳 : オブジェクト指向データベース、共立出版、1995.

5 これから期待される成果

今後は、実際のプロジェクトにこのプロトタイプを適用することで、支援システム全体の構成や仕様を更に精緻化させることが期待される。

6 残る問題点と対策

理論的研究としては完成しており、今後の実用化の中で生じた問題点を克服しつつ、設計情報モデルをより有効なものへ改良する予定である。

7 研究発表の実績及び予定

1. 金多 隆、古阪秀三、長岡弘明、木本健二、岡本啓照

建築生産プロセスの構造化分析、

日本建築学会計画系論文集、第489号、pp. 187-194、1996. 11

2. 金多 隆、長岡弘明、古阪秀三、木本健二、張 鷹

同時進行型建築生産プロセスにおける業務実施の管理方法

日本建築学会計画系論文集、第492号、pp. 163-170、1997. 2

3. 金多 隆、長岡弘明、古阪秀三

同時進行型建築プロジェクトにおける設計情報の総合的モデル化

日本建築学会計画系論文集、第497号、pp. 171-178、1997. 7

4. 金多 隆、古阪秀三

同時進行型建築プロジェクトにおける主体間の調整方法の検討

日本建築学会第14回建築生産シンポジウム論文集（掲載決定）、1998. 7

8 実用化計画

小規模な建築プロジェクトを対象に本支援システムの試験的運用を行い、有効性を検証したい。また、学生等への教育用に提供可能かどうかも今後検討したい。

なお、本研究は金多 隆（京都大学講師）、長岡弘明（京都大学教授）両氏の共同研究である。

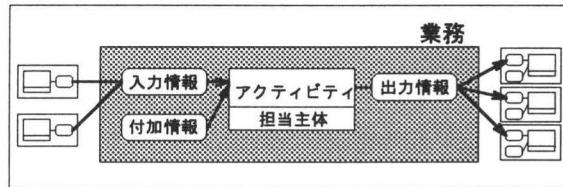


図1 業務のモデル化

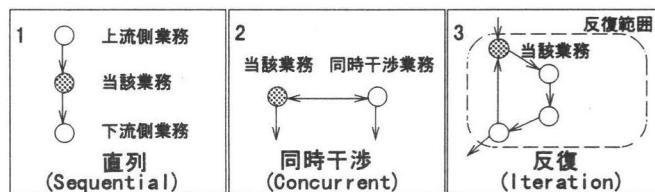


図2 建築生産プロセスを表現する記述子

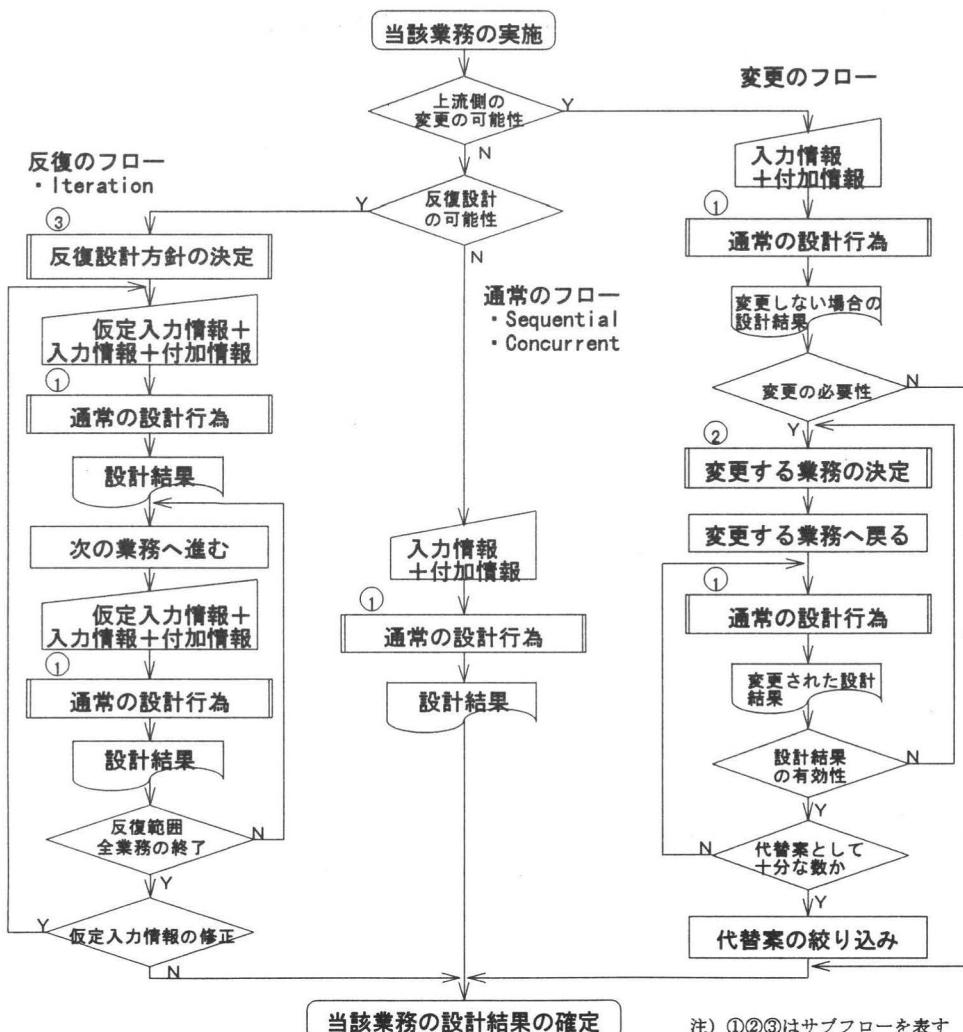


図3 業務実施メインフロー

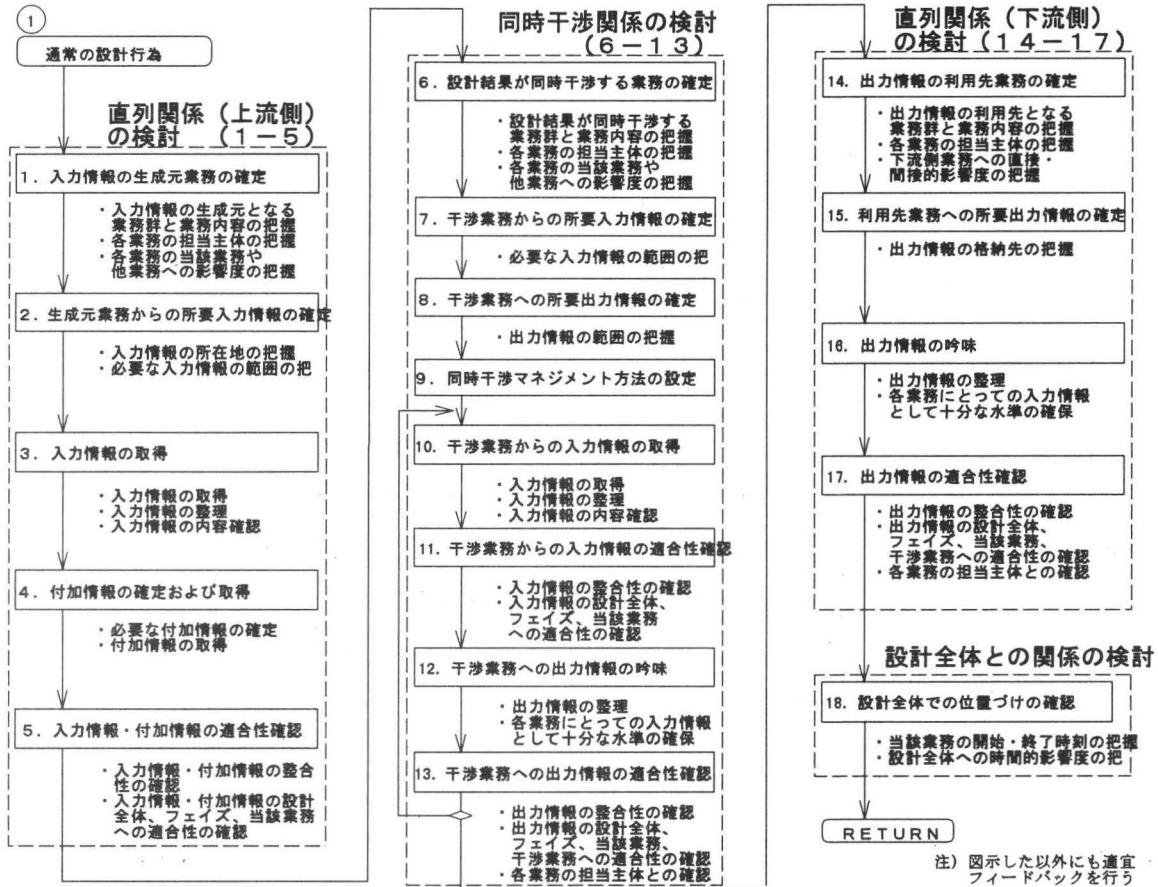


図4 通常の設計行為（サブルーチン）

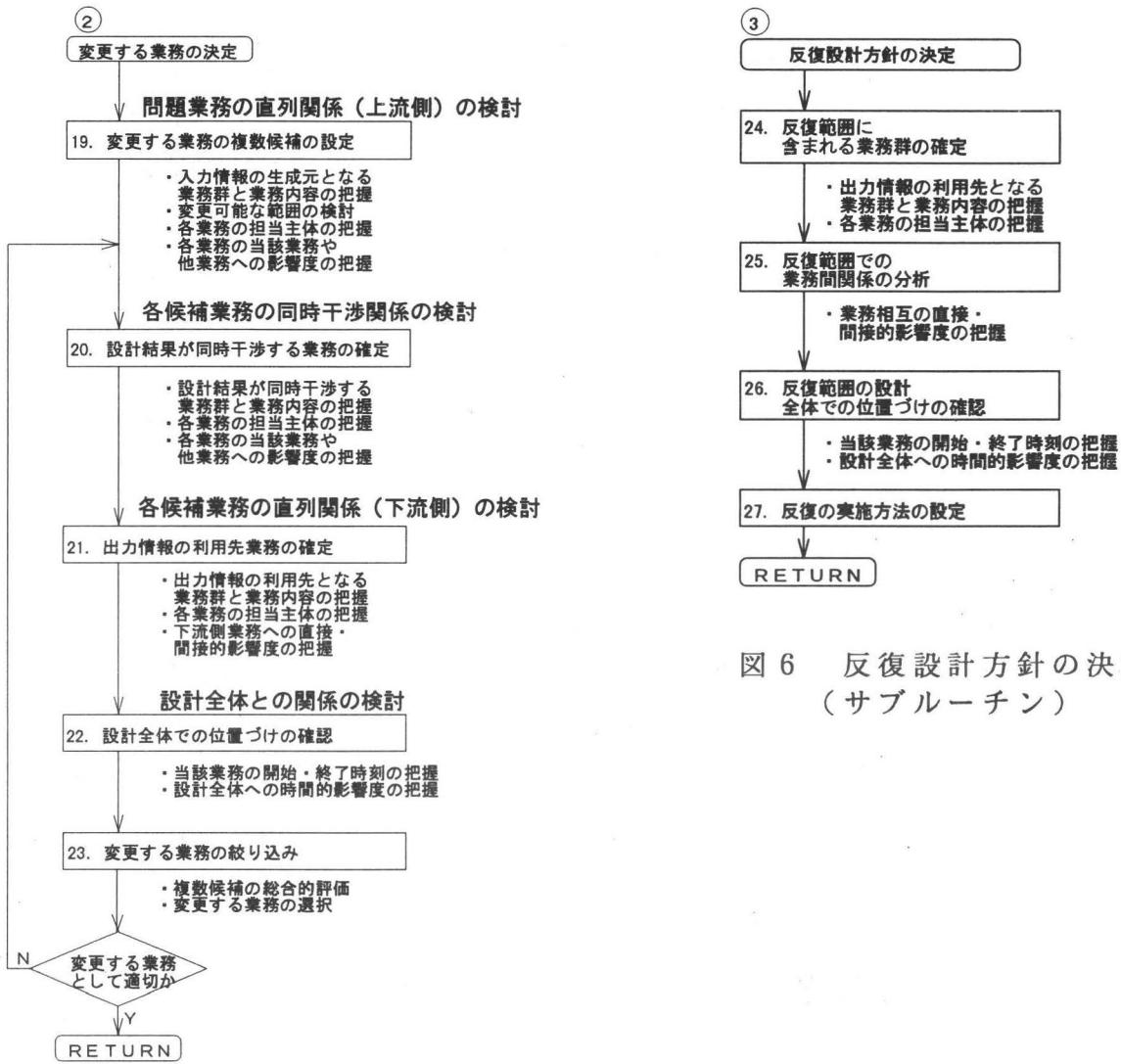


図 6 反復設計方針の決定
(サブルーチン)

図 5 変更する業務の決定
(サブルーチン)

表 1 業務実施の支援方法

管理オブジェクト	支援方法	支援対象
I 入力情報	生成元業務名	業務の個数, 整理番号, 名称, 影響度を表示
	所要入力情報	所要入力情報の所在地を表示
	入力情報内容	入力情報を画面上に取得
II 付加情報	付加情報名	付加情報の名称を表示
	付加情報内容	付加情報を画面上に取得
III 同時干渉	干渉業務名	業務の個数, 整理番号, 名称, 影響度を表示
	干渉入力情報	干渉入力情報を画面上に取得
	干渉出力情報	干渉出力情報をシステムに送信, 保存
	干渉方法	同時干渉マネジメント方法を指示
IV 反復	反復業務名	業務の個数, 整理番号, 名称, 影響度を表示
	反復入力情報	反復を前提とする入力情報の選別・表示
	反復出力情報	反復を前提とする出力情報の選別・表示
	反復方法	反復の実施方法を表示
V 出力情報	利用先業務名	業務の個数, 整理番号, 名称, 影響度を表示
	所要出力情報	所要出力情報の格納先を表示
	出力情報内容	出力情報をシステムに送信, 保存
VI 設計全体	適合性	設計者の判断で行う
	位置づけ	ネットワーク管理手法等による算定値を表示



図7 業務実施フローモデルの構成

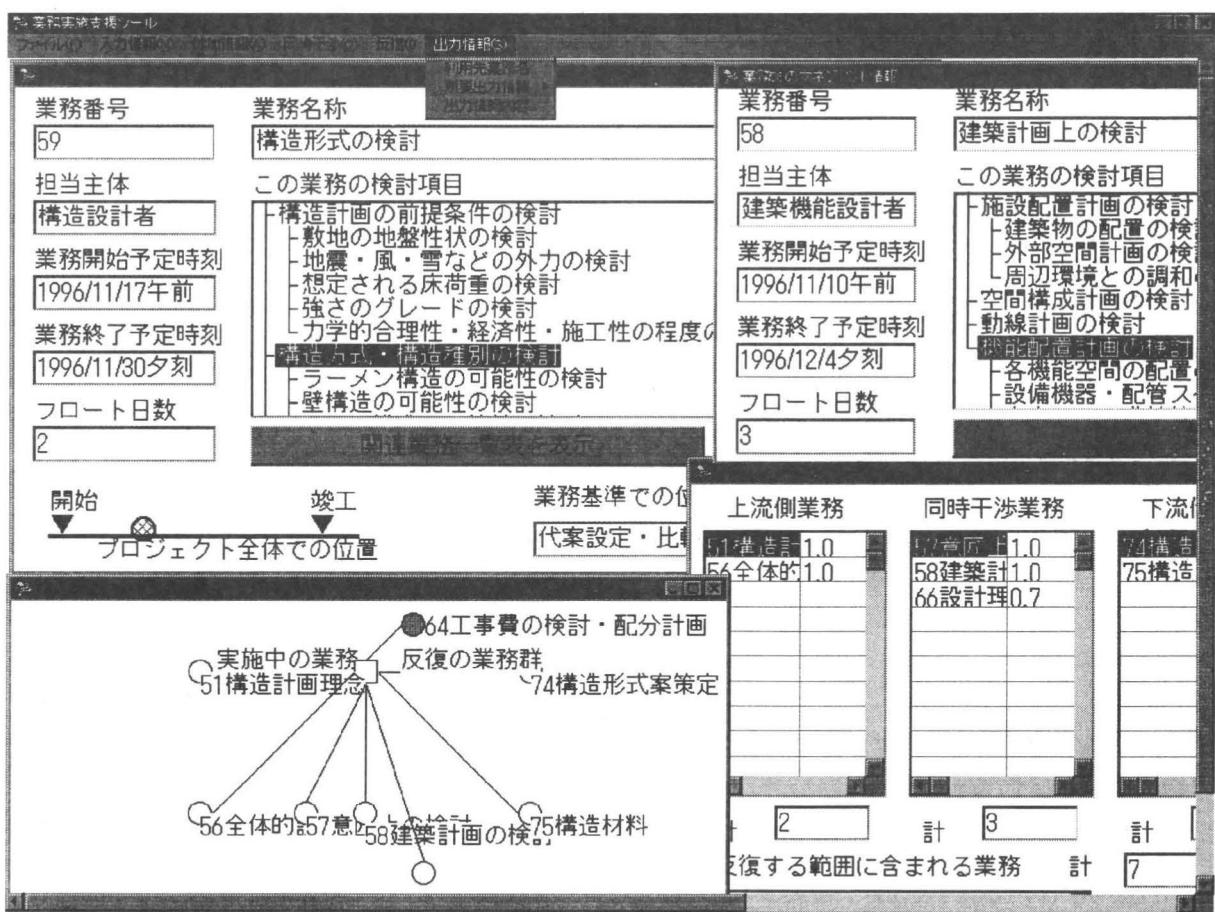


図8 業務実施フローモデルの表示例

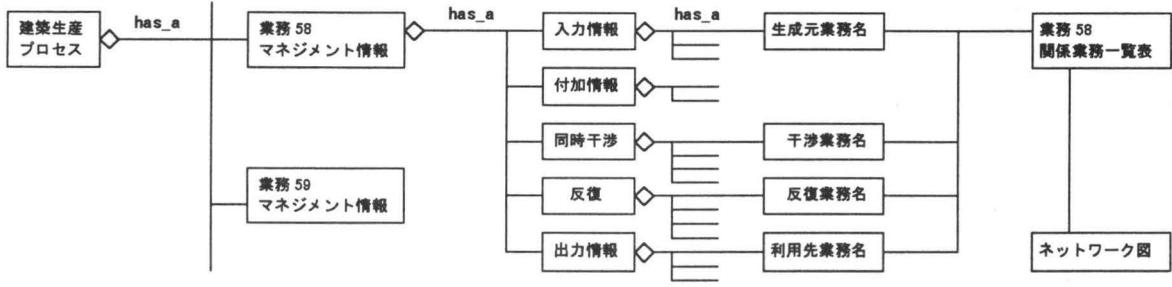


図9 オブジェクトモデルの全体構造

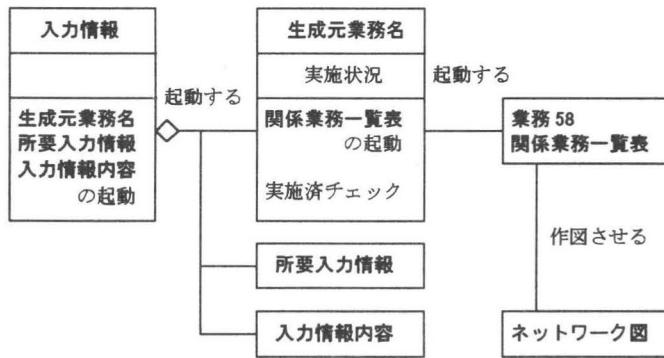


図10 入力情報

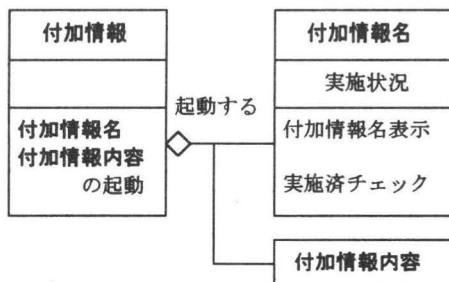


図11 付加情報

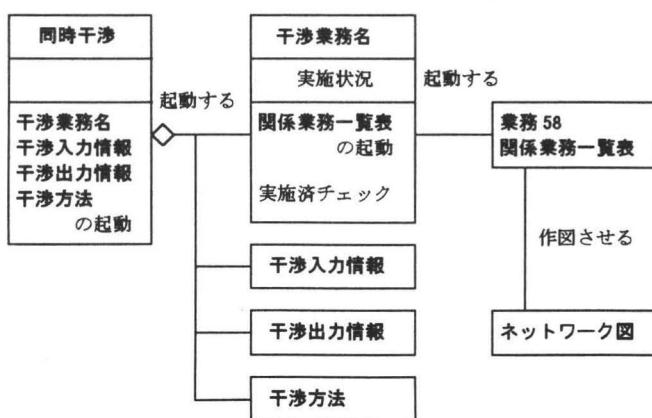


図12 同時干渉

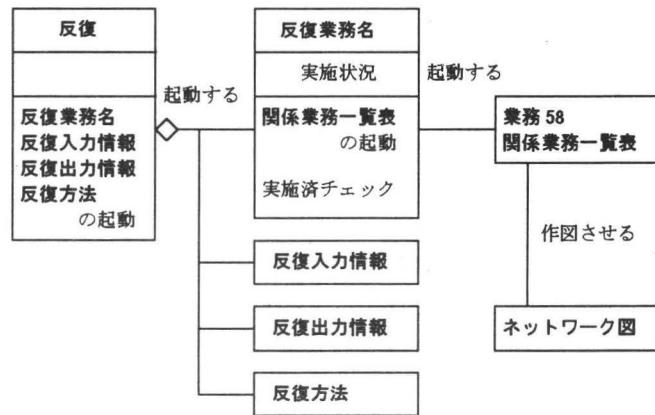


図 1 3 反復

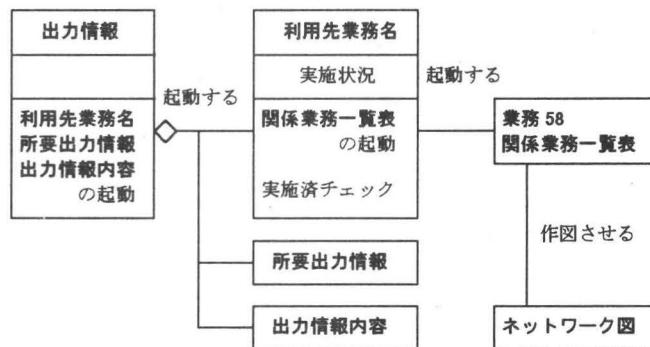


図 1 4 出力情報

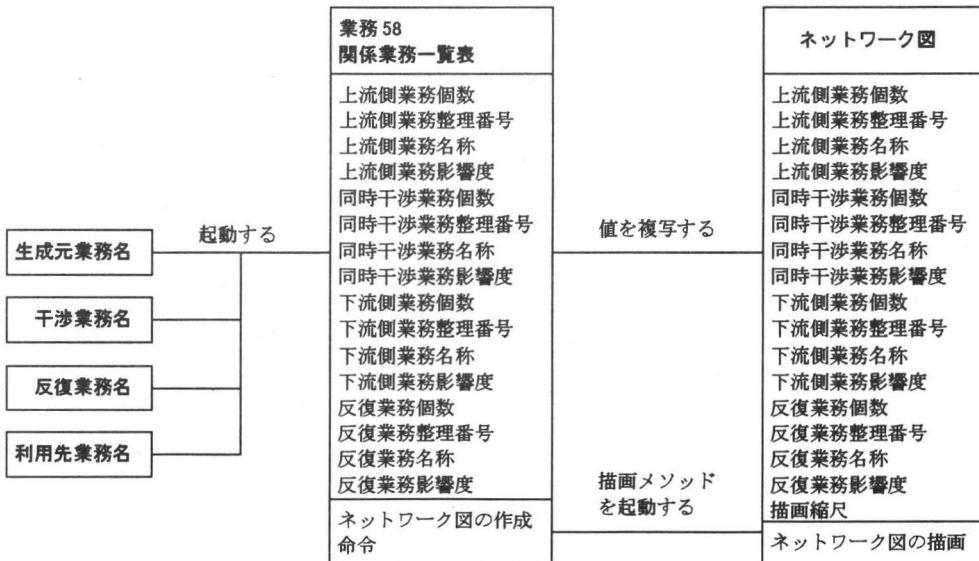


図 1 5 関係業務一覧表

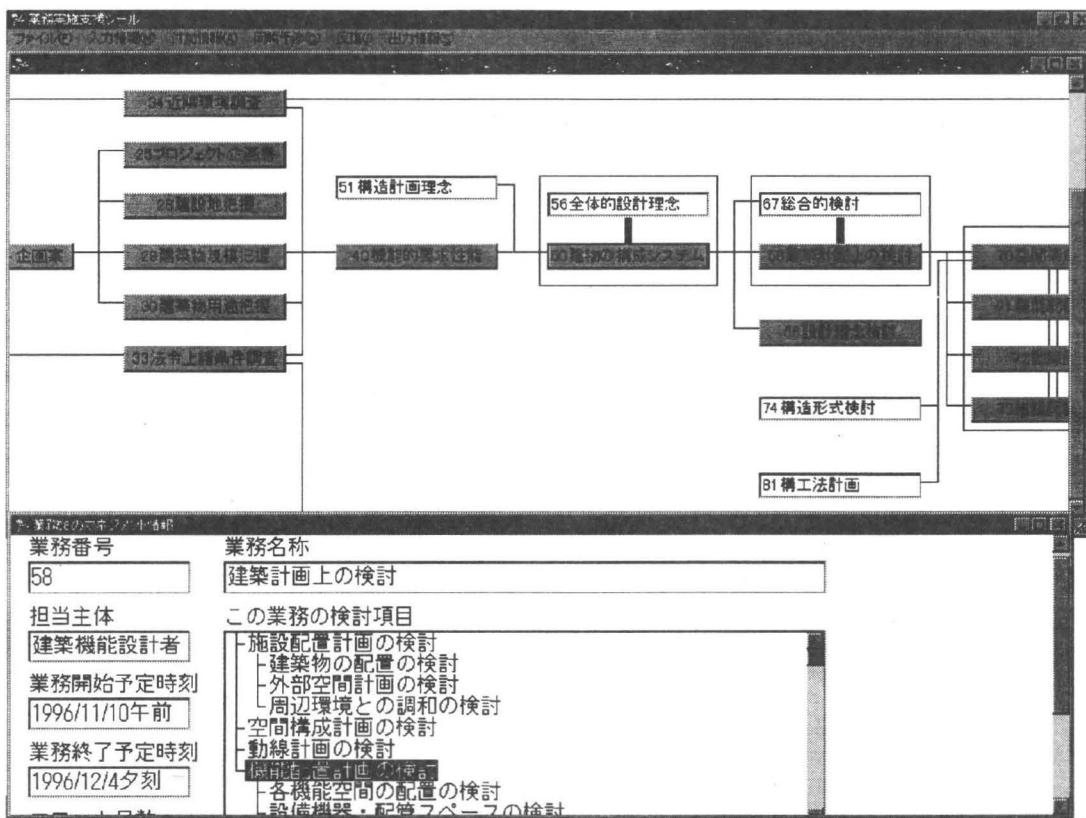


図16 プロトタイプの適用例（1）

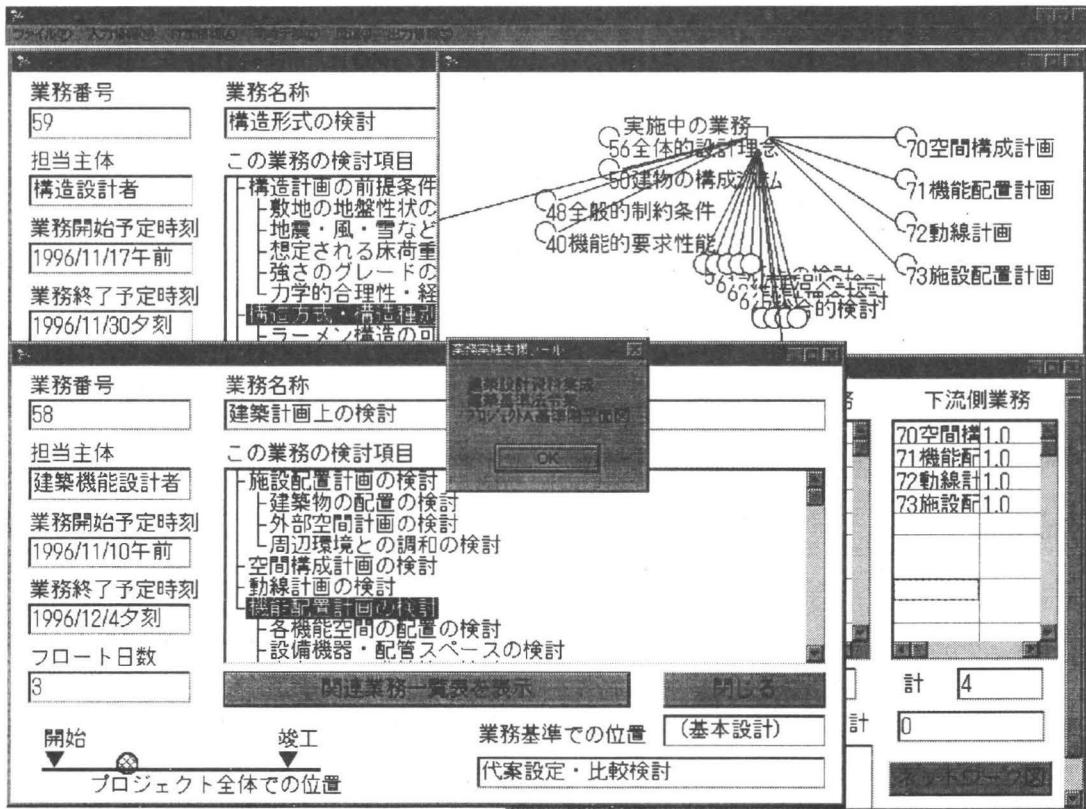


図17 プロトタイプの適用例（2）

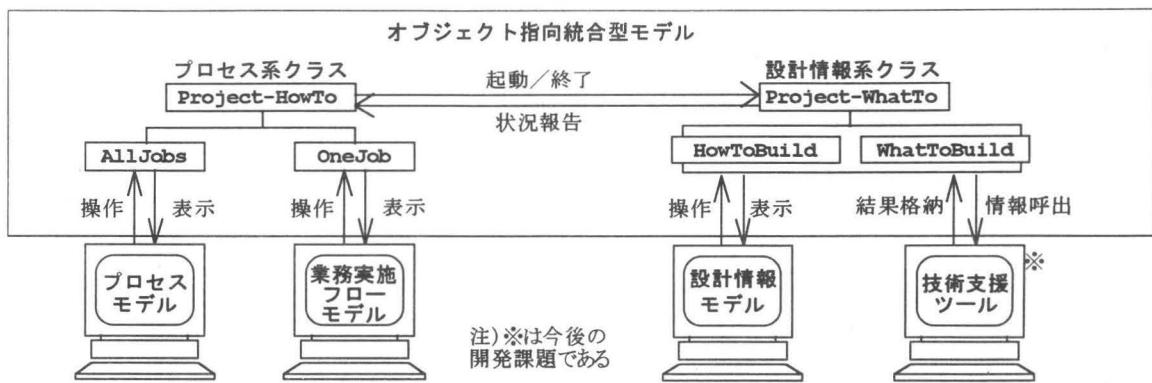


図 1 8 設計支援システムの全体像

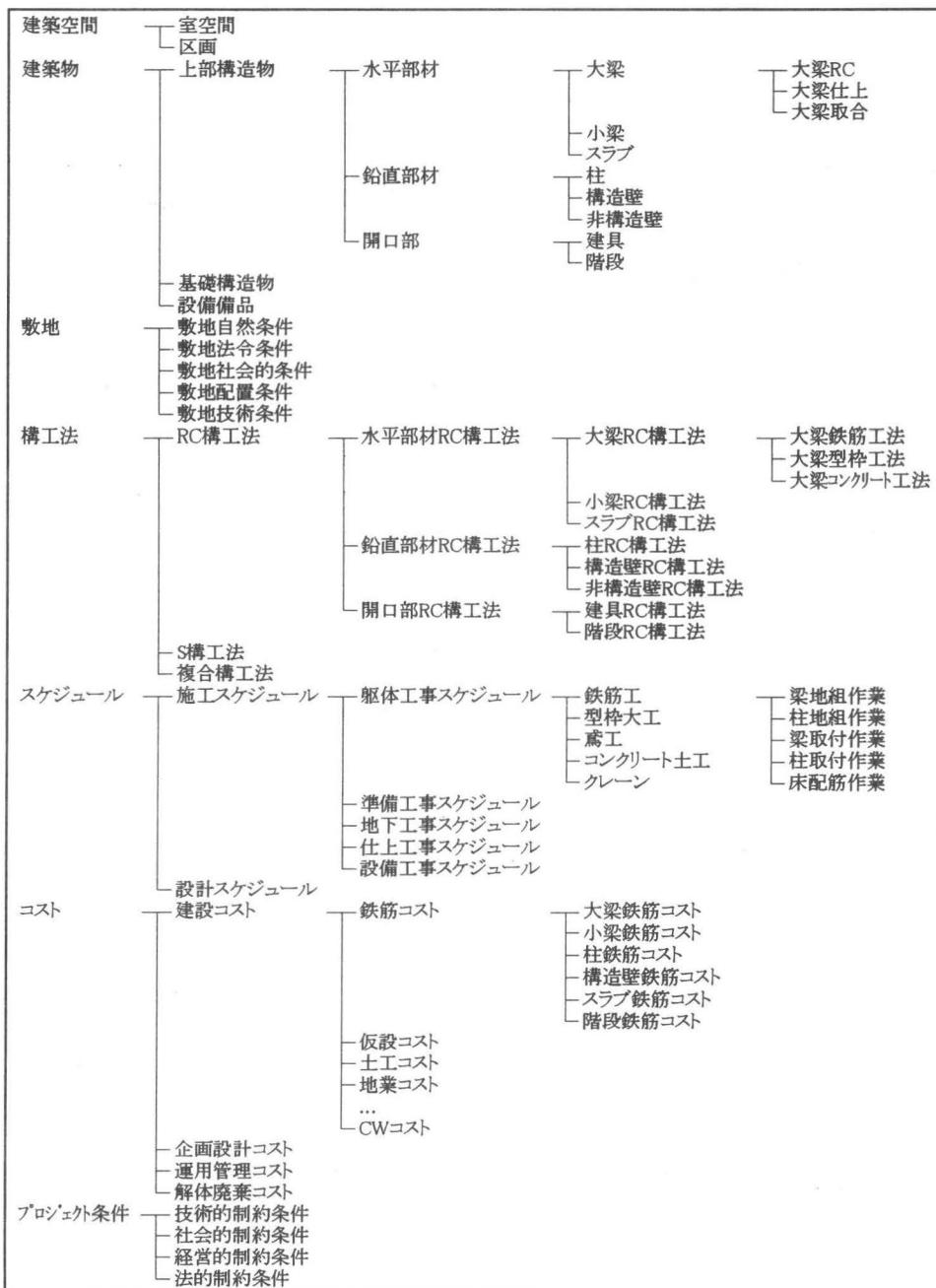


図 1 9 設計情報モデルを構成するクラスの階層構造

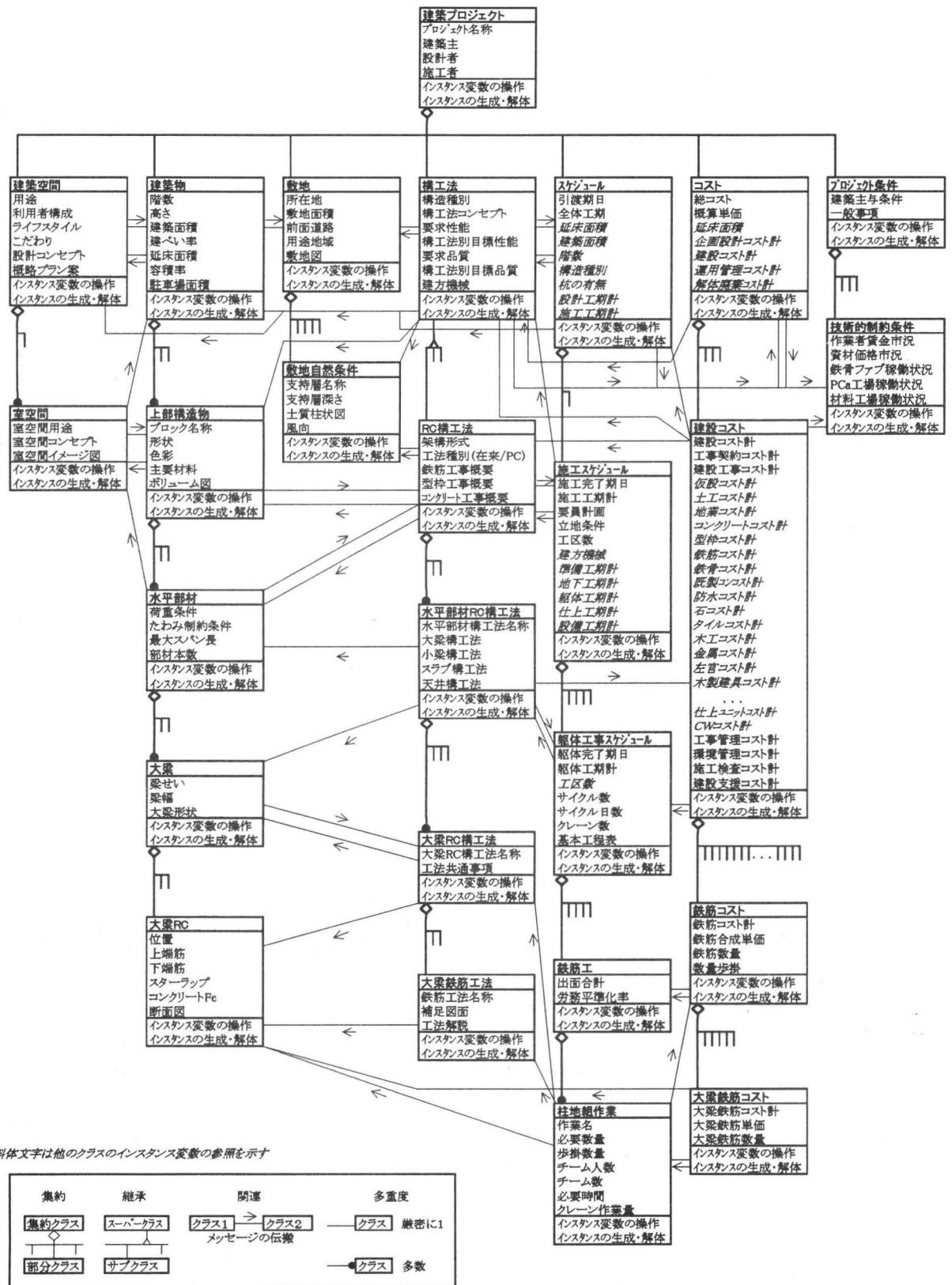


図 20 設計情報モデルのクラス識別

表2 設計時におけるオブジェクト指向モデルの変換

目的	分析	設計・実装
構工法とRC構工法の関係	継承	継承
建築物と上部建築物、等の関係	集約	関連
建築物とコスト、等の関係	関連	関連
業務と出力情報ボタン、等の関係	ボタンは業務のメソッド	ボタンは業務内の入れ物クラスのインスタンス

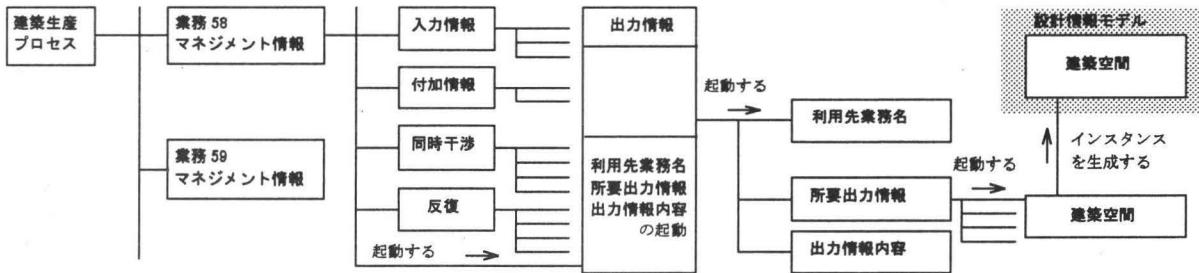


図21 業務実施フローモデルと設計情報モデルの統合

表3 設計情報モデルの適用例

ステップ	対象クラス名	設計情報モデルへの操作	関連する担当主体	関連する業務番号
1	建築物	建築面積を100m ² と入力する 階数を1と入力する	図4.5② 意匠設計	66意匠上の検討
2	構工法	延床面積を100m ² と入力する 構造種別にS造を選択する 構工法コンセプトを決定し、入力する	図4.5③ 構造設計	59構造計画
3	コスト	概算による算定を選択し実行する 1,200万円と求まり、これを建設コストとして入力する	コスト計画	64コスト計画
4	構工法	構造種別をRC造に変更する	図4.5③ 構造設計	59構造計画
5	コスト	再び概算による算定を実施する 1,000万円と求まり、これを建設コストとして入力する	コスト計画	64コスト計画
6	スケジュール	概算により151日となり、これを設計工期計に入力する	図4.5④ スケジュール計画	65スケジュール計画
7	RC構工法	RC造の構工法についての条件等を入力する 架構形式、鉄筋工事概要を決定し入力する	図4.5③ 構造設計	59構造計画 63施工性検討
8	建築物	ステップ1のとおり値を確定する	図4.5② 意匠設計	66意匠上の検討

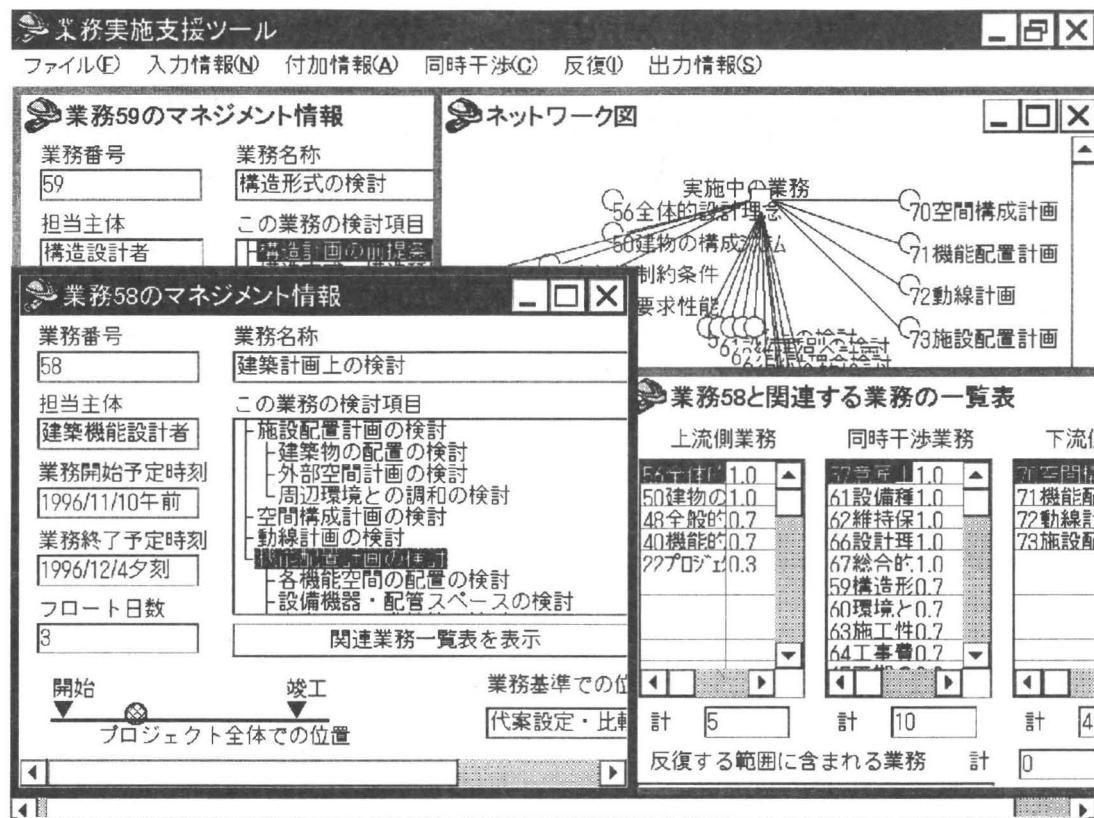


図 2 2 設計情報モデルの適用例①

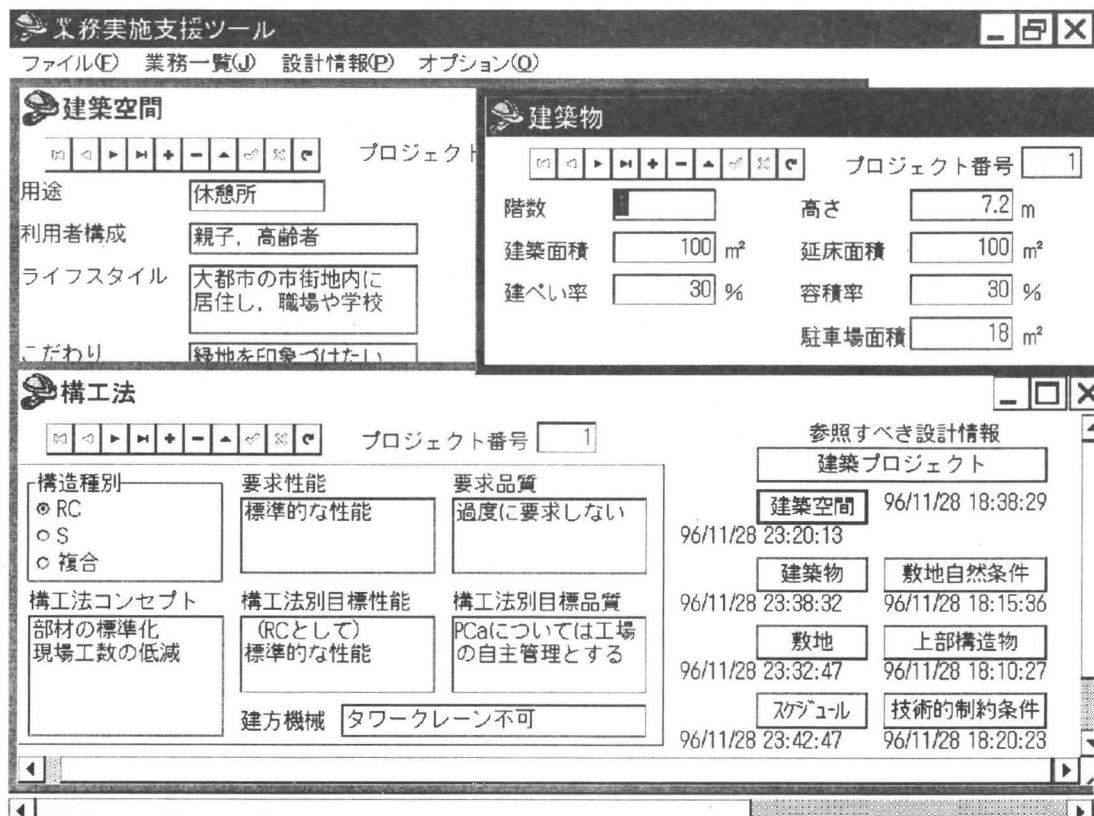


図 2 2 設計情報モデルの適用例②

業務実施支援ツール - [RC構工法]

ファイル(F) 業務一覧(J) 設計情報(P) オプション(O)

プロジェクト番号 1

構造種別 ① RC ② S ③ 複合	要求性能 標準的な性能	要求品質 過度に要求しない
構工法コンセプト 部材の標準化 現場工数の低減	構工法別目標性能 (RCとして) 標準的な性能	構工法別目標品質 PCaについては工場 の自主管理とする
	建方機械	タワークレーン不可

RC構工法番号 1

RC構工法の情報 架構形式 単純ラーメン	コンクリート工事概要 ・垂直部分(柱)と 水平部分(梁床) の分離打設
鉄筋工事概要 ・柱/梁鉄筋の プレファブ化 ・床スラブ筋の メッシュ化	型枠工事概要 ・柱梁型枠は システム型枠を採用 ・床板としてボイド付 合成床薄肉PCa板の採用

参照すべき設計情報

建築プロジェクト	96/11/28 18:38:29
建築空間	96/11/28 23:20:13
建築物	96/11/28 23:38:32
敷地	96/11/28 23:32:47
スケジュール	96/11/28 23:42:47
コスト	96/11/28 18:24:31
構工法の最終変更	96/11/28 23:23:40
水平部材	96/11/28 19:22:58
鉛直部材RC構工法	96/11/28 18:40:11
施工スケジュール	96/11/28 17:20:48
開口部RC構工法	96/11/28 18:45:16
RC構工法の最終変更	96/11/28 23:24:01

図22 設計情報モデルの適用例③

業務実施支援ツール

ファイル(F) 業務一覧(J) 設計情報(P) オプション(O)

建築物

プロジェクト番号 1

階数 1	高さ 7.2 m
建築面積 100 m ²	延床面積 100 m ²
建ぺい率 30 %	容積率 30 %

参照すべき設計情報

建築プロジェクト	96/11/28 18:38:29
建築空間	96/11/28 23:20:13
上部構造物	96/11/28 18:10:27

スケジュール

プロジェクト番号 1

引渡期日 97/03/23
全体工期 1000
設計スケジュール番号 1
設計工期計 ① 割付 140 ② 概算 151 ③ 積上 170
施工スケジュール番号 1
施工工期計

概算用参照情報

延床面積 100

参照すべき設計情報

建築プロジェクト	96/11/28 18:38:29
建築物	96/11/28 23:38:32
設計スケジュール	96/11/28 17:15:36
構工法	96/11/28 23:23:40
施工スケジュール	96/11/28 17:20:48
技術的制約条件	96/11/28 18:20:23
スケジュールの最終変更	96/11/28 23:42:47

図22 設計情報モデルの適用例④

1-8 透けつつ閉じる窓の調査・研究 ～半透明空間モデルの提案

早稲田大学 理工学部
教授 古谷誠章

1. 本研究の背景と目的

“半透明空間”の研究は、古谷誠章によってはじめられた『間戸』の研究をもとに、タイ（1996年）、韓国（南沙里、1997年）、モンゴル（1997-8年）で行った事例調査により、その概念を考察されつつあるものである。

窓やwindowという言葉はいずれも、まず『壁に穿った穴』を意味する。一方、『間戸』から来る日本語のマドには、『間（スペース）に建て込まれた戸』という性格が読み取れ、放っておけば入り過ぎる光や風や視線を遮る性質がある。

“window”が何かを通すための穴、“間戸”は逆に何かを遮断するフィルターである。建築の内部の人にとって、遮りたいものと、採り入れたいものをふるいに掛ける装置だといえる。フィルターにはこれらを微調整する機能がある。ここでは環境を何らかの装置によって微妙に調整することで成立する空間を、“半透明空間”と呼ぶこととする。

本研究は現代の建築では急速に失われつつある身体と建築との関係、あたかも身体と衣服の関係のような、親密な関係を再構築するべく、主として住宅の“半透明空間”的可能性を調査・研究するものである。またその成果をもとに、従来の壁と開口部からなる建築に対して、環境を微調整可能にすることのできる新たな建築空間の提案を行おうとするものである。

2. 研究の方法

研究の方法は、次の通りである。

- 第一段階：様々な半透明空間の事例のタイ（1996年：バンコク、チェンマイ、バーン・ムアン・ポン、パッタニー、ナゴン、ソンクラー、ホア・カオ・デーンなど）、韓国（1997年：南沙里）、モンゴル（1997年～1998年：ウランバートル郊外の集落）を調査し、上記のような観点から収集整理する。（文献調査、現地調査、実測調査、ヒヤリング、アンケート、ビデオ撮影、写真の記録を主体とする。古今東西のものを幅広く再検討すべきであるが、従来の窓研究の資料が西欧や日本のものに偏っているので、特に東南アジアの事例の収集には力点を置いた。）
- 第二段階：収集事例の効果を分析、解明するために、模型及びCGによる空間シミュレーションを行う。（統一縮尺による模型制作、統一表現によるCG制作を主体とする。フィルターの

差し替えによる空間シミュレーションを中心に、必要に応じて原寸モデルを制作して実験、検討する。)

- 第三段階：半透明空間で構成する建築の提案を行う。（構想そのものは、第一段階の研究調査に並行して行い、そのまとめとして、建築モデルによるプレゼンテーションと、実現に向けて予想される課題や効果の検討を行う。）

今までに得られた成果（タイ）

■ 調査日時：1996年3月28日～1996年4月8日

■ 調査メンバー：古谷誠章 建築家・早稲田大学建築学科教授

　藤江和子 インテリアデザイナー

　永田朋子 早稲田大学古谷研究室M2 (当時)

　藤本元博 早稲田大学古谷研究室M1 (当時)

　金井兼介 早稲田大学古谷研究室M1 (当時)

　山岸 綾 早稲田大学古谷研究室M1 (当時)

■ 調査目的：今回、半透明空間の実地調査は初回であるが、高温多湿の厳しい気候の中で、透過性と遮断性の両方を兼ね備えたタイの建築に、その多くのサンプルがあると考え、現地における調査を行った。そこで収集したサンプルを持ち帰り、それらを分析・分類し、今後の研究にも通呈する基本的な半透明空間のマトリックスを作成する事が目的である。

■ 調査日程：1996年3月28日 タイ チェンマイ市街・郊外

　3月29日 タイ チェンマイ市街・郊外、メーホーンソーン市

　3月30日 タイ クン・ヤム市街、バーン・ムアン・ポン村

　3月31日 タイ パドゥウイン村、メーホーンソーン市

　4月1日 タイ ナコン・シ・タマラート市街

　4月2日 タイ ナコン・シ・タマラート市街

　4月3日 タイ パッタニー市街

　4月4日 タイ コ・ヨー、ホア・カオ・デーン村、ソンクラー市街

　4月5日 タイ ソンクラー市街

　4月6日 タイ ソンクラー市街

　4月7日 タイ バンコク市街

　4月8日 タイ バンコク市街

■ 調査内容：現地での調査－写真撮影、ビデオ撮影、必要に応じてのヒヤリング調査

　現地調査後－文献調査、事例の分析・分類、半透明空間のマトリックス作成

■ 調査報告：

I “半透明空間” の性質上の分類

　タイで収集した、透けつつ閉じる“半透明空間”は、その性質上、現在のところ以下のように分類できる。（*写真はそれぞれ別添の資料編『タイ』を参照）

1. 全体が一様に半透明化する『均質な半透明』

　写真1*のような簾、擦りガラス、明かり障子、蚊帳などが典型的な例である。

　例えば、蚊帳の素材は風・光・音は通すが、虫を遮り、視線も柔らかく遮ることで安心して眠ることのできる空間をつくっている。

2. 透明な部分もあれば不透明な部分もあるという、『パターンとしての半透明』

木は、その下に陰をつくる。それだけでそこに吸着力が生まれ、空間は無色透明ではなくなる。タイでは、このような空間にベンチを持ち込んで昼寝をしたり、写真2^{*}のように、市場や屋台を開いたりしている光景をよく見かけた。木の葉がフィルターとなり、光や、時には雨も遮り、周囲とは明らかに異なる半透明空間をつくりだしているのである。このように、透明度の異なる空間が隣接することで生じる半透明空間を、1の『均質な半透明』に対して、『パターンとしての半透明』と定義する。

屋台の傘や、住居の軒の出方などによって、周囲との透明度を異質にする事例も多かった。

また、写真3^{*}のように、遮る対象と程度に応じて適材適所に透明度の異なるフィルターを配置させたパッチワークのような立面も見られた。

3. 中から外は見えるが外からは見えない『方向的な半透明』

主に視線が、位置や角度により、遮られたり通ったりするマジックミラーやれんじ格子のような性質をいう。写真4^{*}の水上レストランでは、軒の出が深いため、立つと水面しか見えないが、卓に座せば遠景を見渡すことができる。

4. 壁の屈曲や凸凹、床のレベル差や天井の形態などによって部分的に物陰を作り出す『空間的半透明』

写真5^{*}の路地は、凹凸の壁に挟まれ、先細りになっていて、視線によって奥は見えたり隠れたりする。抜けている部分の空間の屈曲が物陰を生み、視線を通したり遮ったりしているのである。

5. 時間によって生成消滅する『時間的な半透明』

ある時は閉ざされているが、ある時は開かれている開閉可能な建具のようなものや、写真6^{*}のバンコクの駅に存在した、電車の動いていない時間帯だけ線路上に出現する市場などのように、時間によってスイッチを切り替えるように現れたり消えたりする空間。

これまでの半透明の性質を、〔均質・不均質・方向的・空間的・時間的〕に分類しているが、実際にはこれらの幾つかが複合して、より面白い半透明空間を創り出している事例が多くあった。

また、擦りガラスや格子といった垂直要素の半透明フィルターでできるだけ空間だけではなく、屋根や床・段差の水平要素や、人・物・植物などの要素が、いわばフィルターの現象をおこして、結果、生まれた空間が（その蔭影・向き・形などによって）半透明化している事例を多く収集できた。これは、一つの成果といえる。このように、半透明空間の中に、これからもさらに多くの手法を（再）発見し、設計に活用できることと思われる。

II “半透明空間”を形成する要素の分類

I の半透明空間の性質上の分類は、それぞれの空間でどのような現象が起こっているかを表している。これらの現象を引き起こす要素（1での蚊帳、2での木、3での軒の出、4での凹凸した壁など）は多種多様で、一つの要素がいくつもの現象を引き起こしたり、いくつもの要素によってある一つの現象が引き起こされたりする。そこで、半透明空間の性質と、それを形成する要素との関係を知るために、さらに分析を進め、要素による分類を行った。

“半透明空間”の形成要素は、以下のように主に3つに分類される。

1. 空間に對して部分的に作用する要素

柱や梁の間に建て込まれた垂直のフィルターや屋根や天井面に建て込まれた水平要素のフィル

ターのように半透明空間の曖昧な境界を構成している要素のことである。

2. 空間全体の仕組みに関わる要素

境界を形成するものは半透明フィルターだけでなく、たとえ不透明な壁であっても、その配置や凹凸や空間形態によって視覚的遮断と空間的連続性が現れる。カーブした空間で、立ち位置によって見え隠れの状態を変化させ、一体性を保ちながら空間を分節したり、吹き抜け空間で視覚的距離を短縮することで、開放感を得ながら一体性を保ったりというように、半透明な内部空間を生み出すもののことである。

3. 空間存在そのものに関わる要素

場所の選択や配列方法により生じる曖昧な境界や、空間自体が時間によって現れたり消えたりすることにより生じる半透明空間を形成する要素である。

なお、半透明空間の性質と、それを形成する上記の3つの要素との関係を、別添の資料編『タイ』の表1にまとめている。

タイにおける半透明空間の必然性は熱帯の高温多湿な気候による。この気候を凌ぐためには大きく開口をとり通風を確保する必要がある。それゆえ屋外空間も積極的に活用されていた。よって建築空間の形成方法は、何もないところを必要に応じて少しづつ遮っていくという透明→半透明の方向性を持つ。このように、タイのような開放系の空間形成の中では、半透明空間は多種に渡り有効に利用されていることが確認された。

今までに得られた成果（韓国、南沙里）

■調査日時：1997年3月31日～4月6日

■調査メンバー：古谷 誠章 早稲田大学建築学科教授

李 斗烈 韓国慶嬉大学建築学科講師

藤本 元博 早稲田大学建築学科修士2年（当時）

工藤 史子 早稲田大学建築学科修士1年（当時）

櫛田 弘衍 早稲田大学建築学科4年（当時）

境田 康義 早稲田大学建築学科4年（当時）

鄭 玖静 早稲田大学建築学科修士2年（当時）

■調査目的：

韓国南沙里における半透明空間の特徴は、家族制度・階級主義により、内外生活空間の区別、上下生活空間の区別をはっきりさせようとするため、その空間形態は開放性より閉鎖性の高い、より不透明なものである。しかし、我々は住空間には閉鎖性だけではなくある程度の開放性が存在しているはずだと考え、今回、閉鎖性の高い南沙里を取りあげ、空間の開放性のあり方や、住居配置、空間構成の仕組みを調査した。本調査では、住居配置の向き・レベルによる透明度の変化という2つの視点から空間形態を分析する。

最後に、これまでの研究と南沙里の研究を照らし合わせながら考慮し、現代における住居配置規則への足がかりとして、集合住宅が本来持つべき意味、姿を探ってみる。村落や都市においては、配列規則との関わりにおいて、個と他との関係形成に深く関与するだろうし、個の集合が共有する空間構成にもかかわってくるだろう。

■調査日程：1997年3月31日 韓国南沙里 民家01～民家20

4月1日 韓国南沙里 民家21～民家40

4月2日 韓国南沙里 民家41～民家55
4月3日 韓国南沙里 民家56～民家75
4月4日 韓国南沙里 民家76～民家80
4月5日 韓国南沙里 民家81～民家88

■調査内容：

(a)日本での事前調査

①村落の配置図、平面図を採集。

(b)現地での調査内容：①配置的、方向的半透明の検証として、3レベルのプランを調査し、図式化。眺め、監視（サランチェとアンチェの関係、両班と常民の関係）、血縁関係などにより開いたり、閉じたりする住居配置や向きの変化する空間構成を分析するためである（資料編『韓国』図1参照）

②住居のプランや村でのコミュニティ、アプローチ路の変遷調査。

現地での調査方法：①写真撮影、ビデオによる映像記録。

②部分的実測。

③アンケート及びヒヤリング：各姓氏の分布／血縁関係による住居配置（これは主に南沙5大姓氏で見られる傾向である）／接近道路と出入口の関係、アプローチ方法によるコミュニティ構成／各住居の境界と領域／時代の変化による空間構成と用途の変化内容／建築年度／各住居の配置基準となるものなどを調査した。

④文献資料の収集。

(c)調査後の研究方法：①実測調査、アンケート調査の図化

②CG制作、模型作業による分析

■調査報告：

韓国の行政区域上の慶尚南都山清群丹城南沙里を本調査の対象としている。

この村は、約600年前に造られて現在約90軒の30姓近い多姓の住民構成で、主な姓氏は星州李氏、密陽朴氏、金州崔氏、延日鄭氏、晋陽河氏である。これら姓氏の宗家¹は宗家を中心に特立された専用道路によって小宗家²とつながっている。全般的な空間構成としては、精神的重要場所である、中央周辺に宗家が配置され、その周辺の河川側に常民の家という順になっている。（資料編『韓国南沙里』の図1参考）このような社会的環境による住居配置の特性と微妙な向きの変化による半透明空間は事前調査から我々が注目した点である。

*1 宗家：各姓氏の本家。代々家門の長男が継いでいる。
*2 小宗家：各姓氏の本家以外の長男の家。

85軒にわたって行った3レベルプラン（資料編『韓国南沙里』のNo.2参考）の分析の結果は次のようなものが判った。外部空間であるマダンの閉鎖性は、敷地の奥に位置するという配置的なことに加え、マルの床がGLより上に持ち上がっているということも大きな原因である。これによって室内にいる時よりも視線は低くなり、敷地外部からの閉鎖性がより強く感じられるのである。マルの上に立つと逆の効果が得られるだろう。以上のことから、マダン／マルのレベル差によって生じる空間の半透明性を調査するため、マダンに立った場合・マルに立った場合を含む3レベルでの視野の広がりを調査することが有効であると考えられた。以上の分析で、向き、配置、

レベルにより空間に様々なフィルターがかけられ、この集落の半透明な住環境がつくられているのが判断された。

アンケートは近代化内容の内容や村の形成に重点をおいて調査した。その結果（資料編『韓国』の表1～3参考）、次のように分析された。

まず、近代化的面からみると、マルのサッシュ、燃料の近代化、台所の床上化、などが代表的な例である。しかし、近代化運動により、マダンープオクーマル、この3つの空間の繋がりが切れてしまったのが大きな変化内容として見られた。韓国独特の伝統的空间構成の一つであるマルとマダンと、内部空間の中で、唯一土間であるプオク、これらは空間的連続性を持っていた。マルは内部空間と外間を繋ぐ役割をし、半透明の水平のフィルターとして、部屋の延長、外部空間の延長でもあった。しかし、近代にはいってから、プライバシを重要視する西洋的な考え方からマルの所にサッシュをかけて、不透明に近いような性質を持つようになるが、床上化したプオクとの連続性は強くなつたが、日常の仕事場であるマダンとの連続性は切れてしまう。その代わり、マダンは居住空間の外部に対しては昔に比べて解放性を持つ。このようなマダンの性質により、屏と屏に囲まれた道路のみならず、人々は軒先を通るような他人の敷地や内部道路を匠に利用している。このような時間による出現する半透明境界でつくられたコミュニケーション道路（資料編『韓国南沙里』の図3参考）を作り出しているのである。

また現在では、一戸建て住宅といえど、過密な造形住宅地に、軒を接して計画されるのが常であり、窓の外には隣家の何かが見えているというのが普通である。それは姿を変えた集合住宅であるとさえ言い得る。一軒ずつが明確な境界により閉じていた南沙里の住居が村全体で一つの集合した住宅のように変遷した過程にはお互いの間に設けられた半透明空間が程良く形成されたからであろうと思う。

今後この村を研究していく内容としては今回言ひ出してない部分である配置の規則と平面の時代による変化を検証し、半透明空間の研究と照らし合わせながら村形成の過程を研究していく予定である。

今までに得られた成果（モンゴル）

[夏季調査]

■調査日時：1997年9月2日～9月3日

■調査メンバー：古谷 誠章 建築家・早稲田大学建築学科教授

江崎奈穂子 早稲田大学理工学部建築学科四年（当時）

宮崎 俊行 早稲田大学理工学部建築学科四年（当時）

小池 啓介 早稲田大学理工学部建築学科四年（当時）

佐伯 賢治 早稲田大学理工学部建築学科四年（当時）

小西 祐子 早稲田大学理工学部建築学科四年（当時）

■調査目的：現代のモンゴルに見られる居住形態である、草原における遊牧民のゲル生活、ゲル住区における定住生活およびアパートにおける近代的生活の比較研究

■調査日程：1997年9月2日 ウランバートル市郊外の草原のゲルの調査

9月3日 ウランバートル市内の定住ゲルおよび市内のアパートの調査

[冬季調査]

■調査日時：1998年2月26日～2月27日

- 調査メンバー：古谷 誠章 建築家・早稲田大学建築学科教授
石橋 定巳 科学者・エコサイエンス
吉村 靖孝 早稲田大学建築学科博士課程後期一年（当時）
坂本 知子 早稲田大学建築学科博士課程二年（当時）

- 調査目的：冬季におけるゲルの現状調査およびモンゴルの伝統的正月儀礼の調査研究
- 調査日程：1998年2月26日 ズーンモドの博物館およびその郊外の遊牧民のゲルの調査
2月27日 遊牧民のゲルおよびウランバートル市内のアパートの調査

[夏季調査]

■調査内容：

各住戸の写真撮影、敷地図及び間取り図の作成、部屋および家具の寸法を測定した。草原のゲルにおいては定住に対する意識やゲルの移動時期や場所等に関するアンケートを行った。ゲル住区においては主に遊牧生活から定住生活への変化要因等に関するアンケートを行った。アパートにおいては主にゲルとの比較における間取りを調査し、主にゲルでの生活とアパートにおける生活の差異についてのアンケートを行った。

■調査報告：

1. 遊牧ゲルは毎年ほぼ決まった場所に、しかし土地に痕跡を残さないような手法で設営される。ゲルは折り畳んだり包んだりすることによって移動用に圧縮することが出来、また使用時も衣服の袖をまくるようにして壁全体をまくり上げることすら出来る。家具はすべて小型で軽く、遊牧民は物的に所有することよりも、伝統や名誉などを大切にする傾向がある。
2. 定住ゲルは都心部よりも郊外においてむしろ成功している住居形態である。ウランバートル中心部の定住ゲルは、アパートなどに比べて安価であるゲルを棚の中に定住住居として設営するという性格が強く、定期的に設営し直さないために劣化に悩まされるケースが多く見られた。一方郊外にある定住ゲルは草原の見える場所に、定住とはいえ時々敷地内を移動させながら設営されているため、都心に近く、かつ遊牧的環境をも合わせ持つ住居形態と言える。
3. アパートは多くの人々にとって、近代的で仕事や買物の便利であるために魅力的な住居形態として捉えられている。実際には壁の薄さ、寒さ、停電などの住環境に対する不満も多く、必ずしも理想的な住まいとは言い難いが、家具の配置や装飾などゲルに酷似している点も多く、休みになるとゲルで生活すると言う者もいるというアンケート結果が得られた。

[冬季調査]

■調査内容：

ズーンモドの博物館においてモンゴル遊牧民の歴史、政治、伝統文化、野性動物及び自然環境などの調査を行った。遊牧民の住居においては写真撮影、集落全体の敷地図および間取り図の作成、部屋及び家具。装飾形態の調査、旧正月の伝統的儀式についての聞き取りを中心とする調査を行った。ウランバートル市内のアパートでも同様の調査を行い、冬季の、主に正月時における住居形態、生活様式についてゲルとの比較調査を行った。

■調査報告：

冬季用の宿营地には棚や家畜小屋、風除のためのゲルの前室があらかじめ建設されており、夏の間遊牧している彼らは冬になるとこの定住場所に戻ってきて、あらかじめ南側に向けて固定されたこの前室にあわせてゲルを設営する。多くの家族が4枚ハナのゲルと5枚ハナのゲルの両方のセットを所有しており季節によって使い分けている。夏のゲルをハナ4枚、冬を5枚にする家

族と、その逆の場合があるのだが、冬のゲルの方を小さくするのは、夏には町に住む親戚が帰省し、冬は来客がないためで、逆に夏のゲルの方が小さくするのは、夏の移動性を考慮したことであるという。使用していないゲルのセットは、冬の設営地の小屋に畳んで収納しておく。

ゴンチェグ氏のゲルは、1983年に購入したものであるという。ゲルに劣化した場合に、すべて部材ごとに交換可能できるが、屋根や壁、あるいは床を覆う厚いフェルトは夏期には畳んで常設小屋に保存し、冬季にしか使用されることもある、20年ほども持つ。冬季用のゲルの床には木製の簀の子を置き、その上に荷重にもフェルトが重ねられる。気密性、保温性は極めて高く、この時期の外気温は -20°C にもなったが（極寒期の1月は -40°C を下回ることもある）、ゲル内部は 17°C 位、夜中でも 10°C 以上の室温を保っていた。

ゲルでは、建物のみならず、建具や家具、民俗衣装に至るまで、布を巻いたり掛けたり、それを紐で巻いたり縛ったりして様々な使い方をしている。ゲルは基本的には「重ね着」の原理でできており、夏にまくられていた壁のフェルトが冬には幾重にも重ねられてぴったりと閉じられる。

ゲルの旧正月では初日の出とともに仮設の祭壇を建てて供え物と火で自然を奉る習慣がある。祭壇は特別な新雪とアルガリー（牛糞を乾燥させたもの）などが積み重ねて出来ており、灯をともすと燃え、あるいは溶けてなくなるように出来ている。この、極めて現象的な祭壇も、時間的半透明空間の一つと考えられる。正月料理であるオーツ（羊の丸煮）も南の方向（アパートでは部屋の入り口方向）に尾を向け、空間全体の軸線に沿って盛りつけられていた。

■調査結果：

夏季と冬季を通じて、モンゴルのゲルでは大きく分けて2種類の半透明な空間が形成されていることが分かった。一つは壁や扉や天窓の材質や枚数を変えることによって風や光の通る量を調節し、完全に閉じた状態から緩やかに外部と連続した状態までをつくり出す半透明空間、もう一つは、ゲルそのものが草原に忽然と現れたり、ほとんど跡を残さずに消滅するといった時間的な半透明空間である。このような臨機応変性と携帯性を持った空間的な仕掛けは、現代的な都市に住むわれわれにも非常に多くのことを示唆しているのではないだろうか。

3. これから期待される成果

まだ現在では、一戸建て住宅といえど、稠密な造成住宅地に、軒を接して計画されるのが常であり、窓の外には隣家の何かが見えているというのが普通である。それは姿を変えた集合住宅であるとさえ言い得る。一般に都市の中で複数の他人が集まって住むためには、プライバシーの確保を重んじ過ぎて小さく閉ざした住宅でもなく、さりとて年中開けっ広げの家でもなく、必要や生活の局面に応じて、脱いだり着たりできる衣服のような住居が必要となるだろう。そのための建築の可変部分の新しい考え方の提出に、本研究の成果が貢献することを期待している。

4. 残る問題点と対策

今回は“半透明空間”そのものとそれを検証するための研究で終わっているが、これを実用化するのが課題であり対策である。

5. 研究発表の実績及び予定

- 1997年 早稲田大学建築計画専攻古谷研究室 修士論文 永田 朋子
『“半透明空間”の研究～タイ事例調査による設計手法に関する考察』
- 1997年 早稲田大学建築計画専攻古谷研究室 学士論文 工藤 史子、三浦 丈典
『“半透明空間”の研究』
- 1998年 早稲田大学建築計画専攻古谷研究室 学士論文 櫛田 弘祐、境田 康義
『“半透明空間”の研究～韓国南沙里の事例調査による考察』
- 1998年 早稲田大学建築計画専攻古谷研究室 学士論文 宮崎 俊行、小池 啓介
『モンゴル・ゲルの現代化に関する研究』
- 1998年 早稲田大学建築計画専攻古谷研究室 学士論文 江崎奈穂子
『遊牧的境界』
- 1998年 早稲田大学建築計画専攻古谷研究室 修士論文 鄭 玖静
『“半透明空間”の研究～韓国南沙里の事例調査による考察と分析』
- 1998年 日本建築学会学術大会（九州、1998年 9月）
 - 『“半透明空間”の研究～その1 “半透明空間”について』
 - 『“半透明空間”の研究～その2 韓国南沙里の事例調査による分析と考察』
 - 『“半透明空間”の研究～その3 韓国南沙里の事例調査による分析と考察』

早稲田大学理工学部教授 古谷 誠章
早稲田大学理工学研究科 博士課程 鄭 玖静
早稲田大学理工学研究科 修士課程 工藤 史子
スタジオ ナスカ 八木佐千子

6. 実用化計画

本研究は半透明空間の可能性を調査することにより、環境の微調整を必要としている現代の都市における集住形態や建築空間のありかたに異なる用途が複雑に絡み合った複合施設のありかたに新たな提案を行おうとするものである。それは集住に関してのみならず異なる用途が複雑に絡み合った複合施設にも有効に働くものである。それを実現するために『半透明空間の形成要素』を製品のシステムとして開発していくことが必要になってくると考えられる。現代の建築における境界のつくり方は、不透明な壁、透明なガラス等の入った窓、その窓にブラインドや網戸などのフィルターを重ね合わせていく方法やカーテンウォールのように構造と切り放す考えが主流である。今後、半透明空間を形成する試作を重ねた実験、曖昧な境界を造り出せるためには防災計画、構造計算などをふまえた素材、機構の研究や構法を繰り返す必要がある。試作を重ねた実験を繰り返す必要がある。ひいては建築全体に関わる構造にまで及んだ開発研究発展させたいと考えている。

資料編 『タイ』

no.1

表1.半透明空間のマトリックス

分類		〈タイ・韓国における半透明空間分類〉				
		要素	効能	性質	具体的例・例図	
空間に対して部分的に作用する要素	垂直要素	樹木によるフィルター効果	光・視線遮断・進行調整・空間分離	パターンとしての半透明	境界の要素 前庭	
		モノを置くことによるフィルター	障壁応答部分的遮し空間分離	パターンとしての半透明	生活道具の並び干された洗濯物による境界形成	
水平要素		半透明な物質によるフィルター	視線遮断適度な光通風確保	方向的な半透明	扉に開けられた穴開き戸戸	
		戸・扉・門	進行調整視線遮断空間の連続性	空間的半透明	大門中門ガラス戸	
空間全体の仕組みに関する要素	空間形態	壁・石積み・柱	視線遮断空間分離安定感	空間的半透明	囲まない壁低い壁、樹木と一体化した柱 境界の石積み	
		奥行きをとることによる分節	視線遮断距離をとる視線の交差防ぐ	空間的半透明	建物の横幅マルの奥行き大門から遠い本棟	
空間存在そのものに関する要素	配置方法	樹木による効果	日差し・雨を遮る木影の涼感	パターンとしての半透明	共同マダンの樹木木影	
		屋根・スラブによる影響効果	空間分離視線遮断日差し・雨を遮る	均一な空間的半透明	付け屋屋根によって囲まれてない屋根	
時間要素		微レベル差や床を上げたり下げたりすることによる分節	視線交差防ぐ涼感・空間分離身分表現	空間的・方向的半透明	マルの一部を上げるスロープ、石造空間性能による床レベル変化	
		床を下げるごとにによる分節	視線交差防ぐ空間分離強調する	空間的半透明	釜房の床下	
	空間形態	見えがくれを作る空間形態	視線の反射・空間の連続性行動で変化	空間的半透明	カーブした建物、道凸凹な空間	
		視覚的距離を短縮する形態	一体感を保つ視覚的距離短縮	空間的半透明	カーブした建物、道	
	配置による建築のフィルター化	空間の向きによるフィルター	視線の交差防ぐ開閉性を調整	空間的半透明	開閉性のための配置の向き	
		領域を囲み取る一体感を保つ開閉性を調整	空間的半透明	周囲に囲まれたマダンすきまな配置		
	自然環境によるフィルター化	自然環境によるフィルター化	一体感を保ち空間分離境界のエッジ	空間的半透明	川、山自然的地形	
		コミュニケーションによる曖昧な空間の出現	空間分離空間性質の変化開閉性を調整	時間的半透明	共同マダンの木木の下の椅子	
	反転的要素による曖昧な空間の出現	反転的要素による曖昧な空間	空間性質の変化空間分離	時間的・方向的空間的半透明	隣接した空間夜と星の反転マジックミラー	
		時間的現象による空間の出現	空間の出現・消滅	時間的半透明	夏の空間・冬の空間マルと部屋	

I. “半透明空間”の性質上の分類の一例

1. 『均質な半透明』

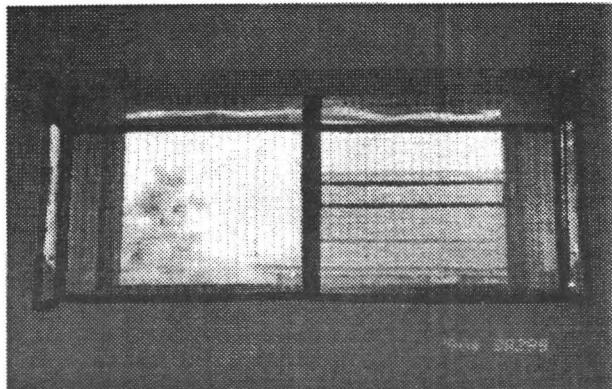


写真1. チェンマイ

3. 『方向的な半透明』



写真4. チェンマイ

2. 『パターンとしての半透明』



写真2. ナコン

4. 『空間的半透明』

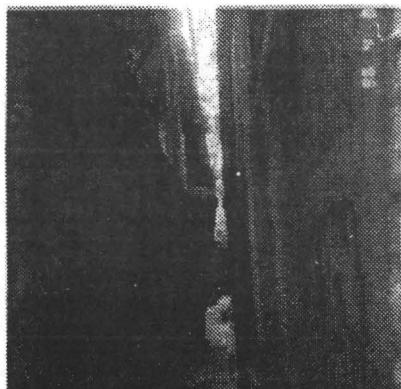


写真5. バンコク

2. 『パターンとしての半透明』

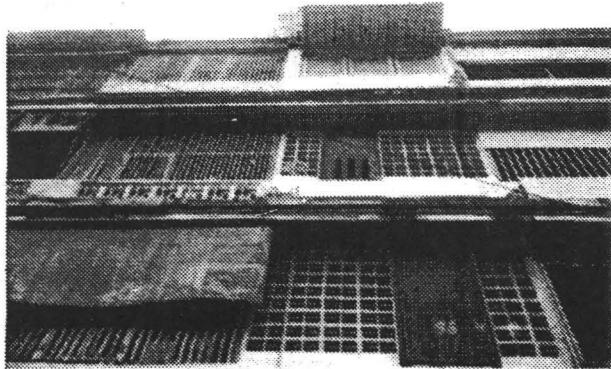


写真3. バンコク

5. 『時間的な半透明』



写真6. バンコク

資料編 『タイ』ハイパーカード

no.3

カードID 10473

名称 不詳

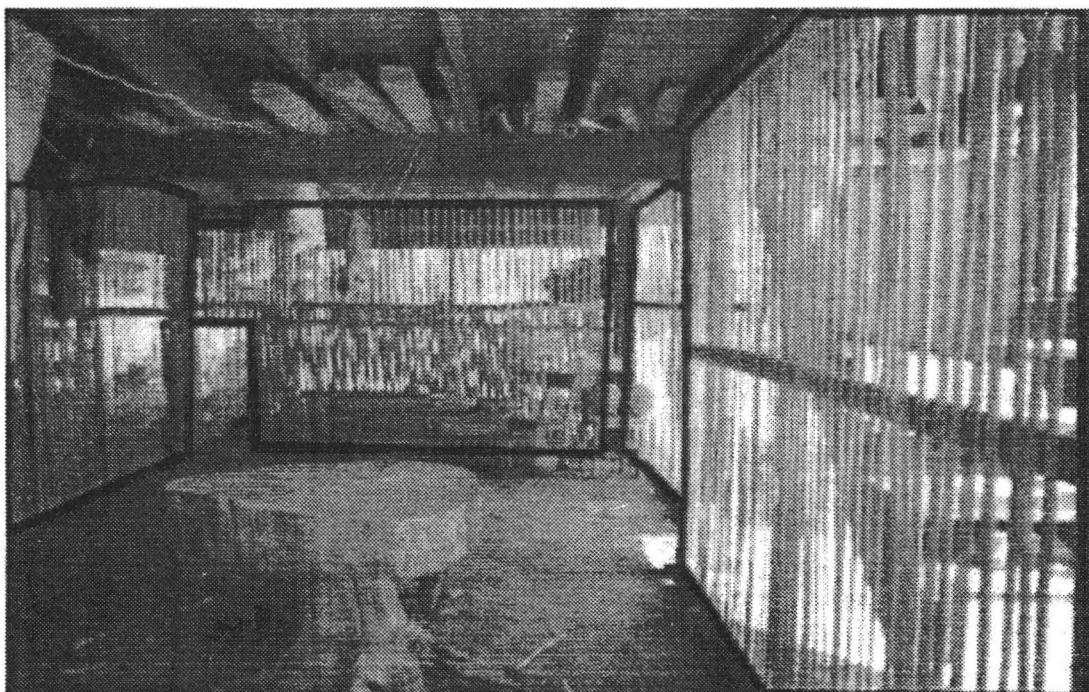
作者 不詳

所在地 タイ国 バーン・ムアン・ポン村

用途 住宅

記録日 96.3.30 撮影

分類 垂直-透過面 水平-床下活用



韓国南沙村スタッツ

もどる

床下空間を竹のフィルターで覆って、室内のくつろぎ空間のように使われている。

内部からは外のようすがわかるが、外部からはうかがうこと出来ない。

次のカード

語句検索

終了

資料編 『タイ』ハイパーカード

no.4

カードID 3835

名称 不詳

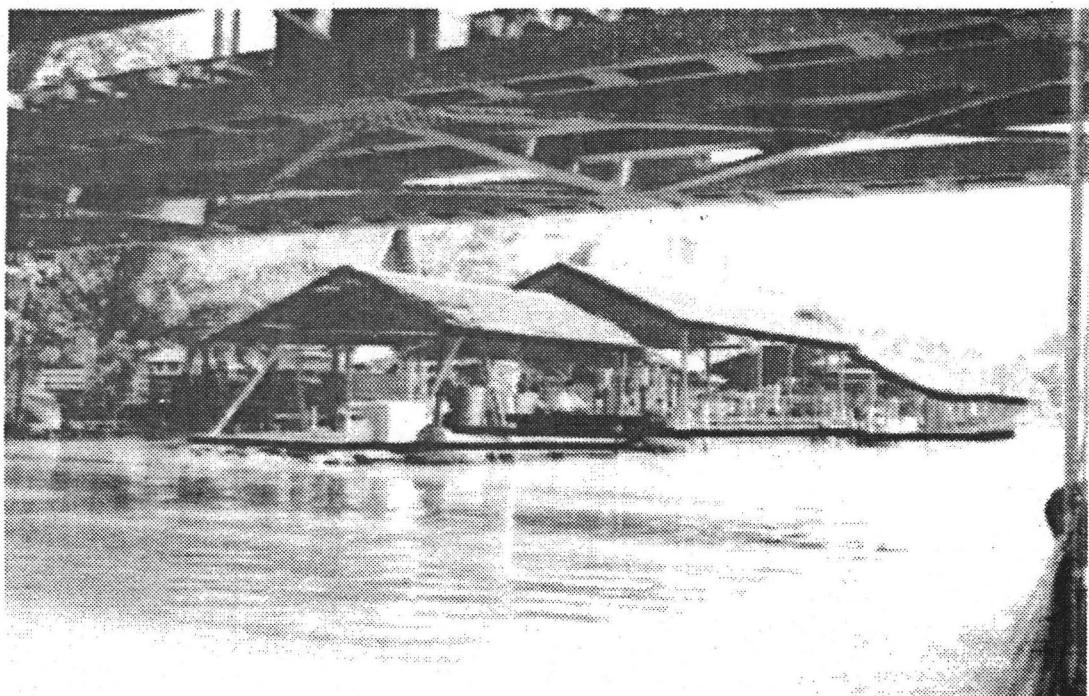
作者 不詳

所在地 タイ国 バンコク市街

用途 市場

記録日 96.4.8 撮影

分類 水平-陰、微レベル差 配置



韓国南沙村スタッツ

もどる

水上の市場。水の上という立地が何よりの境界として作用する。だから視線を遮る壁のようなものではなく、陽射しを遮り陰を生み出す屋根と床の存在で十分なのである。

次のカード

語句検索

終了

資料編 『タイ』ハイパーカード

no.5

カードID 8645

名称 不詳

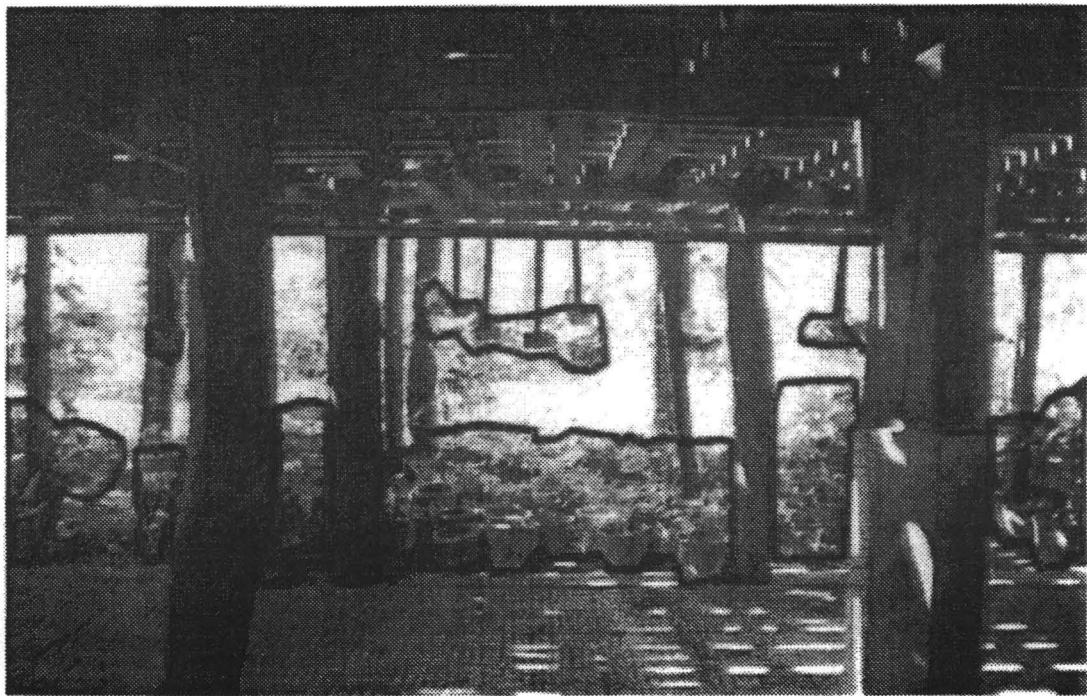
作者 不詳

所在地 タイ国 チェンマイ市街

用途 住宅

記録日 96.3.28 撮影

分類 垂直-モノ 水平-床下活用



韓国南沙村スタッツ

もどる

保存のため移築された住宅なので人は住んでいない。
床下空間は、上部のテラス部分の床はすかすかで光がもれて
くるので明るい。
外部に近いところには植木鉢をたくさん置いて視線を遮って
いる。

次のカード

語句検索

終了

資料編 『タイ』ハイパーカード

no.6

カードID 27323

名称 不詳

作者 不詳

所在地 タイ国 ナコン・シ・タマラート市街

用途 食堂

記録日 96.4.2 撮影

分類 水平-樹木、陰



韓國南沙村スタッツ

もどる

大きな樹木による木陰のある場所に、更に部分的に屋根を架けて食事や休憩のためのスペースをしている。

屋根が架けられているのは部分的だが、大きな樹木とその木陰が全体を緩やかに統一している。

その人の気分に応じて、木陰なり屋根の下でなり休むことができる。

次のカード

語句検索

終了

資料編 『タイ』ハイパーカード

no.7

カードID 32732

名称 不詳

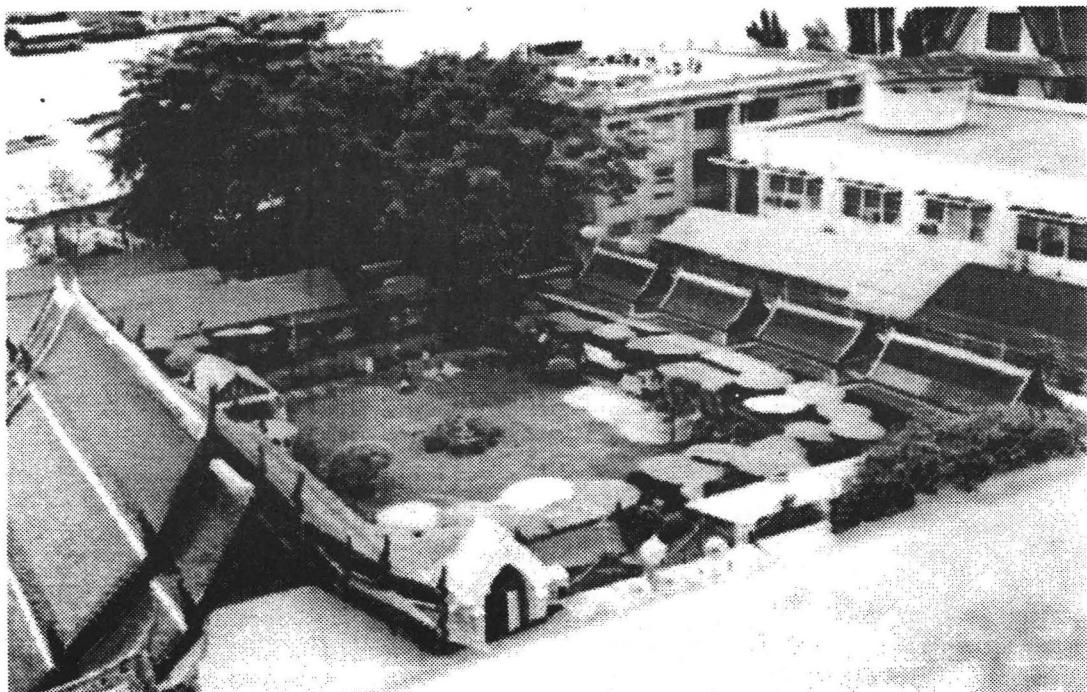
作者 不詳

所在地 タイ国 バンコク市街

用途 寺院

記録日 96.4.8 撮影

分類 配置-囲む



韓国南沙村スタック

もどる

口の字型に建物で囲われた中庭に、外周に沿ってパラソルが現れている。

建築とパラソルがこの中庭を囲いとて成立させている。

次のカード

語句検索

終了

資料編 『タイ』 ハイパーカード

no.8

カードID 27448

名称 不詳

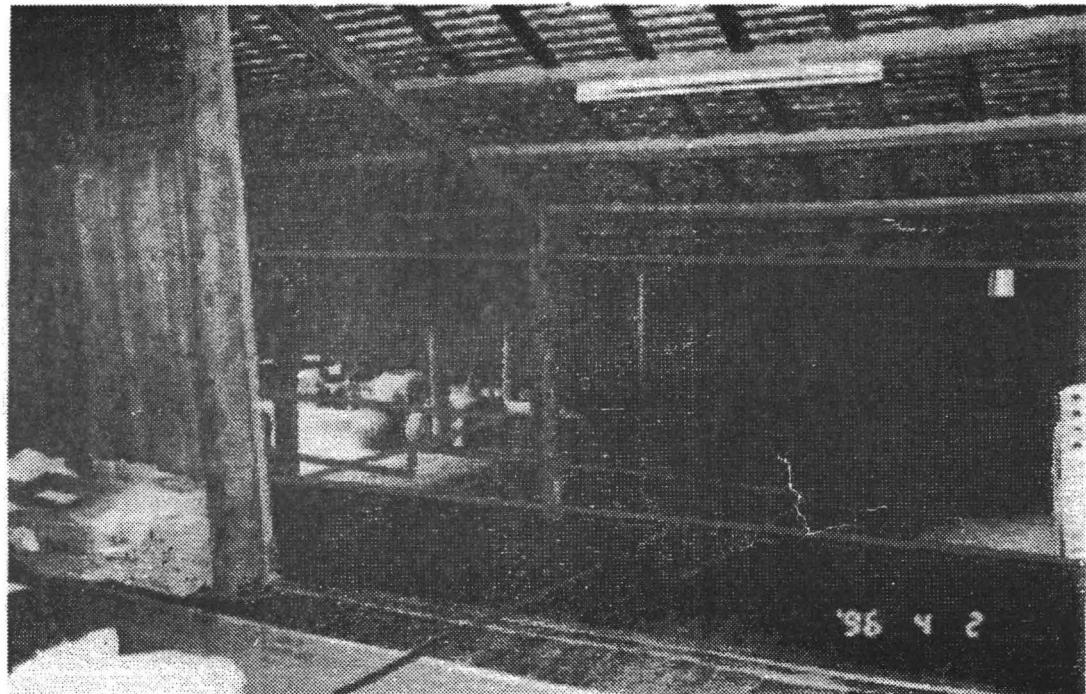
作者 不詳

所在地 タイ国 ナコン・シ・タマラート市街

用途 寺院

記録日 96.4.2 撮影

分類 水平-微レベル差



韓国南沙村スタック

もどる

微妙につけられたレベル差によって、遮る間仕切りが存在し
なくとも室内が適度に分節されている。

次のカード

語句検索

終了

資料編 『タイ』ハイパーカード

no.9

カードID 42625

名称 不詳

作者 不詳

所在地 タイ国 バンコク市街

用途 雑居ビル

記録日 96.4.8 撮影

分類 垂直-透過面



韓国南沙村スタッツ



もどる

次のカード

語句検索

終了

元はただのベランダだったのかもしれないが、それぞれ勝手にフィルターを取り付けることによって、外部空間に近かった空間の正確を内部空間よりに変えており、単調であったファサードを豊かなものへと変化させている。

資料編 『タイ』ハイパーカード

no.10

カードID 44365

名称 不詳

作者 不詳

所在地 タイ国 バンコク市街

用途 雑居ビル

記録日 96.4.9 撮影

分類 水平-陰



韓国南沙村スタック

もどる

にぎやかな商店街。張り出した2階のベランダが連なってアーケードをつくっているが、さらに歩道の脇にもう1列パラソルが互いに端を接して並ぶ。建物とパラソルの間にもビニールシートが掛け渡され、歩道は店舗には挟まれ、店の中を次々横切る格好になる。パラソルが開いている間のみ、建物内部の空間が道路の方に拡張されている。

次のカード

語句検索

終了

資料編 『タイ』ハイパーカード

no.11

カード I D 51480

名称 不詳

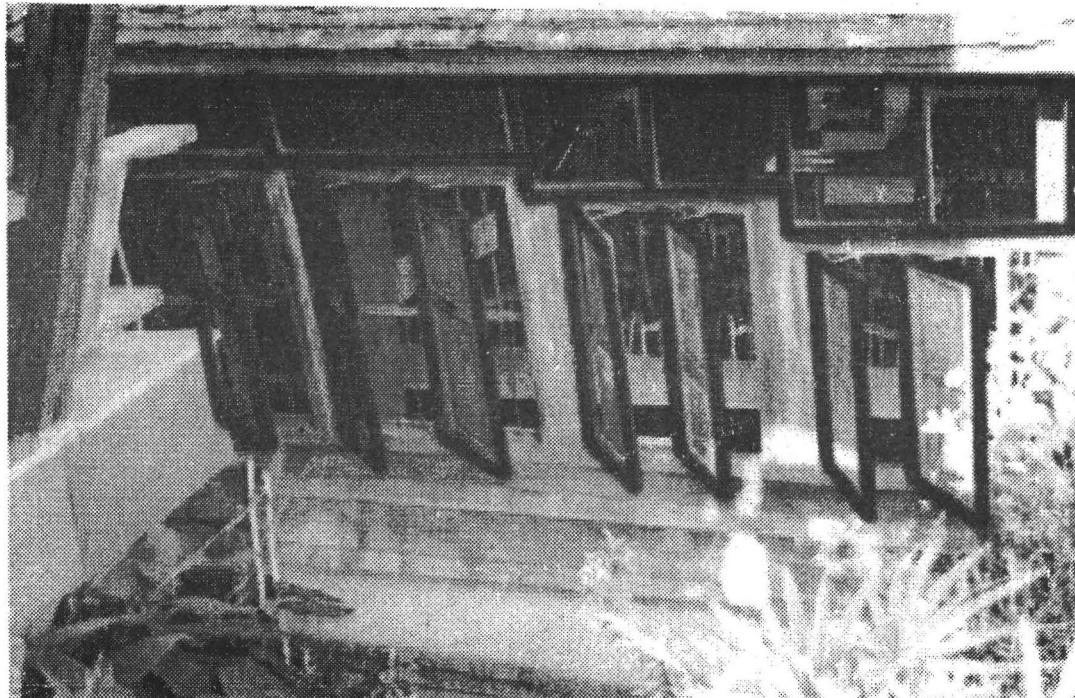
作者 不詳

所在地 タイ国 チェンマイ市街

用途 レストラン

記録日 96.3.28 撮影

分類 垂直-開閉式



韓国南沙村スタック

もどる

上の窓にはガラスがはめられていて、視線を気にせず光を取り入れる。下の窓にはまばらな格子と木製の開き扉がはめられており、必要に応じて開き、その開き加減で取り入れるものと調節できる。

次のカード

語句検索

終了

資料編

『タイ』ハイパーカード

no.12

カードID 51967

名称 不詳

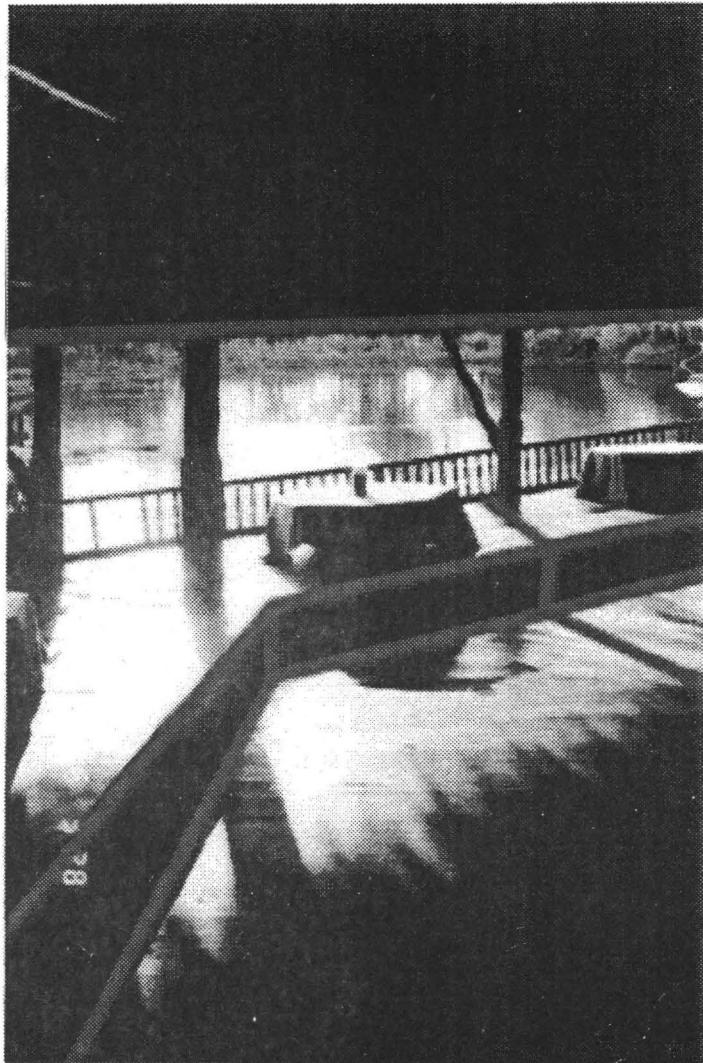
作者 不詳

所在地 タイ国 チェンマイ市街

用途 レストラン

記録日 96.3.28 撮影

分類 水平-微レベル差



韓国南沙村スタック

もどる

微妙なレベル差をつけて通路空間と食事席を分けている。

次のカード

語句検索

終了

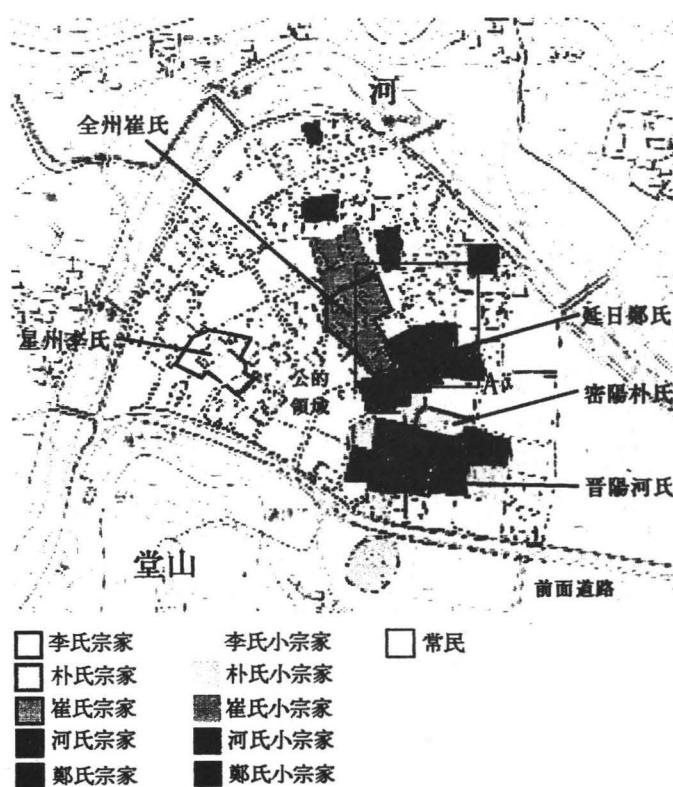


図1 南沙村の地形及び各姓氏領域



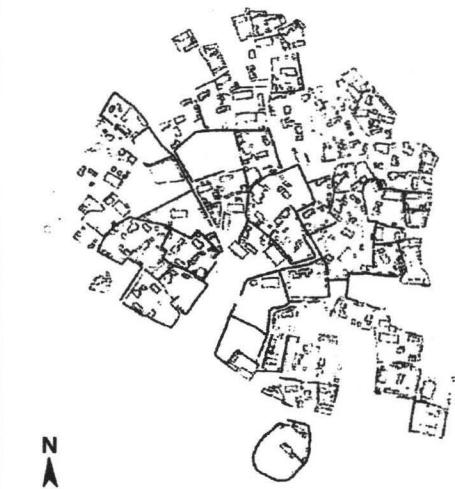
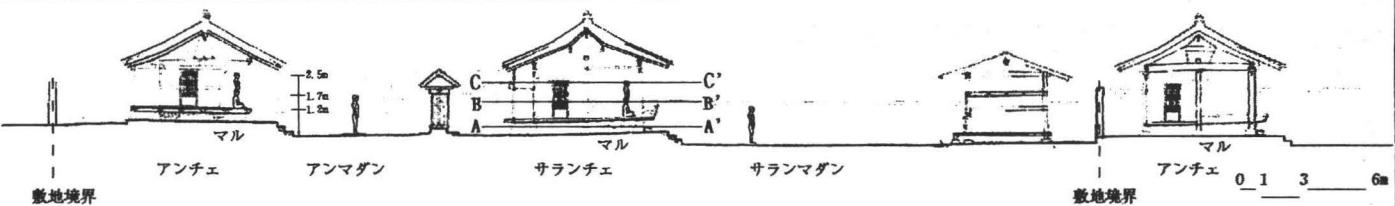
図2 コミュニティ道路とアプローチ路

南沙里の地形を構成しているのは、村前面の党山、そして背後に流れる沙水と呼ばれる川である。地形は半月形をしていて平坦で、村の中心部は耕作地として残され、その周辺を囲む形で両班領域が、またその周りに常民領域が形成されている。つまり、村前面の道路→中心部の公的領域→各姓氏領域の主道路→宗家→小宗家→常民の順で配置されている。これは、風水地理説に基づく背山臨水の通常の集落の、背後の山に向かって村前面道路→常民→小宗家→宗家と線的に奥まっていく配置とは異なり、複雑に入り組んだ配置を形成させている。そこで各戸は、マルのある開いた方向が互いに向き合ったり閉ざされたりしないように、角度をずらしながらうまく配置させ、開放性を得ようとしている。

門に一番近いヘンランチェ/ヘンランマダンは、使用人の空間・倉庫・納屋・馬小屋に使用される。男性の空間であるサランマダン / サランチェは外部に近い所にあり、比較的開放的な性格を持ち、書斎・接待空間にも使用される。アンチェとアンマダンは女子や子供を中心とする家族の内的家庭生活がある閉鎖的な空間である。

図2 各住居間のコミュニケーションの取り方や日常アプローチに使われている道路などをアンケートにより図にまとめたものである。

他人に対して閉じているはずの堀やプライベートなマダンは時やお互いの関係、コミュニケーションの濃密度の条件によって開いたり閉じたりすることが判った。



A-A' レベルプラン：

(G L +0.3m)。低い壁と床下設備を調べるためにある。温突(オンドル)かボイラーなのかは生活習慣の変化を調べるために調査である。

B-B' レベルプラン：

マルに座った時や、マダンに立った時の視界を取ったプラン (G L +1.7m)。このレベルのプランは大体視線遮断のために半透明空間の要素である垂直的フィルターによるプライバシー保護の意味を持つゾーンである。

C-C' レベルプラン：

マルに立った時の視界を取ったプラン (G L +2.5m)。この場合特に宗家のマルに立った場合で床レベルの低い小宗家・常民の民家の多くは、このレベルまで達していない。B-B' レベルの視界は敷地の内部を外部と断絶し、閉鎖性が強いが、マルに立った時の視界は内部を外部と連続させ、開放性が強い。

資料編 『韓国』ハイパーカード

no.3

名称	マダン
所在地	韓国 慶尚南都 山清群 南沙里
調査日	1997.3/31~4/5
用途	住宅
職業	農業
分類	



南沙村のいくつかのどころに共同マダンがあるが、そこには必ず樹木が立っている。

木が立っていることにより単純な空きスペースからマダンという空間が生まれる。ただの空きスペースあるいは道とマダンとの間は何の物理的領域は区切られていない。領域を区分する要素である曖昧な性質を持った木により半透明な空間が生まれる。これは半透明の要素が生み出す性質の一つのコミュニケーション的な性質を生み出し、人々の共同場所としての役割をしていると言える。



語句検索

もどる

最初のカード

終了



資料編

『韓国』ハイパーカード

no.4

名称 no.17+

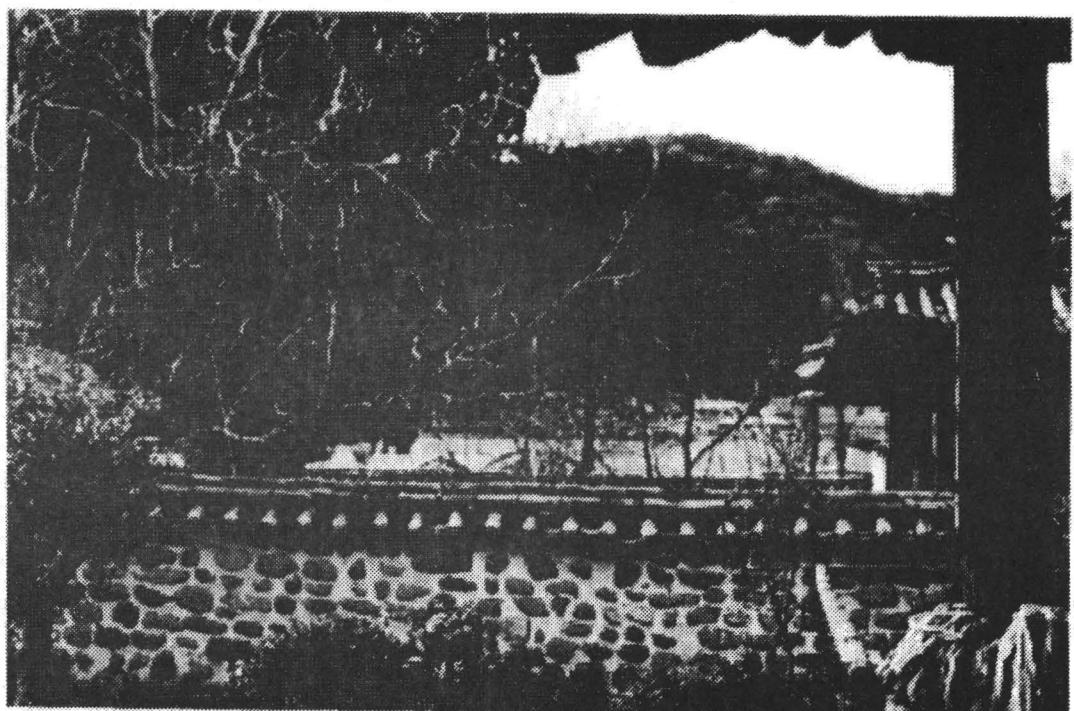
所在地 韓国 慶尚南都 山清群 南沙里

調査日 1997.3/31～4/5

用途 住宅

職業 農業

分類



家の内部空間は高い塀に囲まれていて外の様子は見えないが、マルにたつと外の様子を伺うことができる。視線の変化により空間の断絶から連続につながり、塀が持っている領域を区切る性質をレベルにより曖昧な領域にしてしまい、半透明空間を生み出している。



語句検索

もどる

最初のカード

終了



資料編

『韓国』ハイパーカード

no.5

名称 no.40

所在地 韓国 慶尚南都 山清群 南沙里

調査日 1997.3/31～4/5

用途 住宅

職業 農業

分類



大門から大庁へとつながるのは公的なアプローチであり、中門かた大庁へとつながるのは私的なアプローチである。舍廊棟のマダンが公的なマダンであれば、内棟のマダンは私的なそれである。このような中間領域により内棟の私的保護力は強くなっている。内棟の私的保護力を強めるために地面のレベルを上げることは境界としての曖昧な性格をもっているので補助的な役割しか担っていない。むしろそれよりも、門、堀（透過性の少ないもの）といった要素で明確に区切ることが大切になっている。



語句検索

もどる

最初のカード

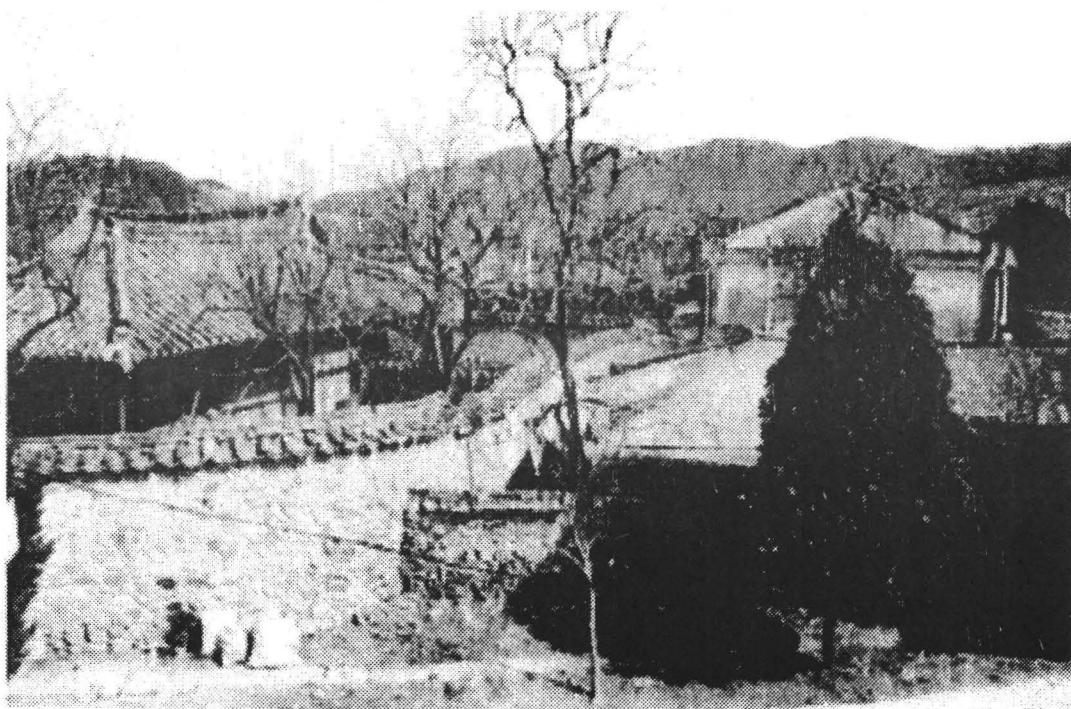
終了



資料編 『韓国』ハイパーカード

no.6

名称 no.47
所在地 韓国 慶尚南都 山清群 南沙里
調査日 1997.3/31~4/5
用途 住宅
職業 農業
分類



47番のマルが高いため向こうの村の主導路まで見えるが、47番の前に配置している小さい家は屋根しか見えない。視線の高さが違うため、17+番からは外の家の様子は見えるが外の家はこっちが見えないようになっている。しかし、低い所の家は低すぎるため高い所から見えるのは屋根のみとなっている。お互いの高さによりマジックミラーのような効果を出している。



語句検索

もどる

最初のカード

終了



資料編 『韓国』ハイパーカード

no.7

名称 no.47
所在地 韓国 慶尚南都 山淸群 南沙里
調査日 1997.3/31~4/5
用途 住宅
職業 農業
分類



舍廊房の前に木を植えて外部からの視線を遮断する垂直フィルタとしての機能をする。昔はマダンの木は中央から避けて植えていたのだが、それはマダンが庭をしての飾る機能より作業するマダンとしての機能をしていたからである。しかし、段々マダン機能は少なくなつてからは庭としての意味が大きくなつた。



語句検索

もどる

最初のカード

終了



資料編 『韓国』ハイパーカード

no.8

名称 no.47 (アンチエ)
所在地 韓国 慶尚南都 山清群 南沙里
調査日 1997.3/31~4/5
用途 住宅
職業 農業
分類



建物と建物をある程度の距離を保って配置している。この時建物の間はすきまになっている。このすきまによりそれぞれの建物が特立性を保つことができる。これはすきまという境界の半透明性、曖昧な領域をかえこんではじめて成り立つといえよう。

しかし、このすきまという空間は後ろにある塀により、実際にはつながってないのに視覚的につながっているようにみえる空間の曖昧さを生み出している。



語句検索

もどる

最初のカード

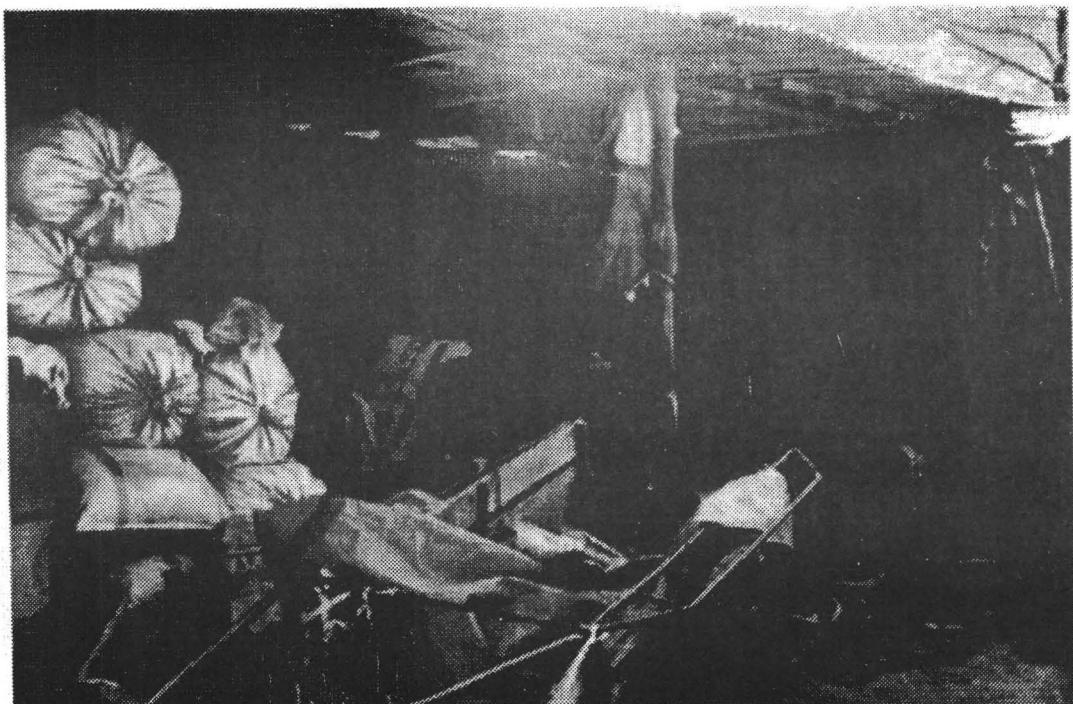
終了



資料編 『韓国』ハイパーカード

no.9

名称 no.61
所在地 韓国 慶尚南都 山清群 南沙里
調査日 1997.3/31～4/5
用途 住宅
職業 農業
分類



この家は村の主道路に面しているため道路より家のG.Lを低くして直接的な視線を遮断している。写真の物置場はマダンの一部に細い木の柱に支えられている屋根だけに構成されている。マダンと物置場に完全な仕切の壁はなくただ屋根だけで空間を分けている。マダンでありながらも一部物置場としての機能を持つ空間の曖昧な性質から半透明空間と生み出している。また道路からの視線遮断の役割もしている。



語句検索

もどる

最初のカード

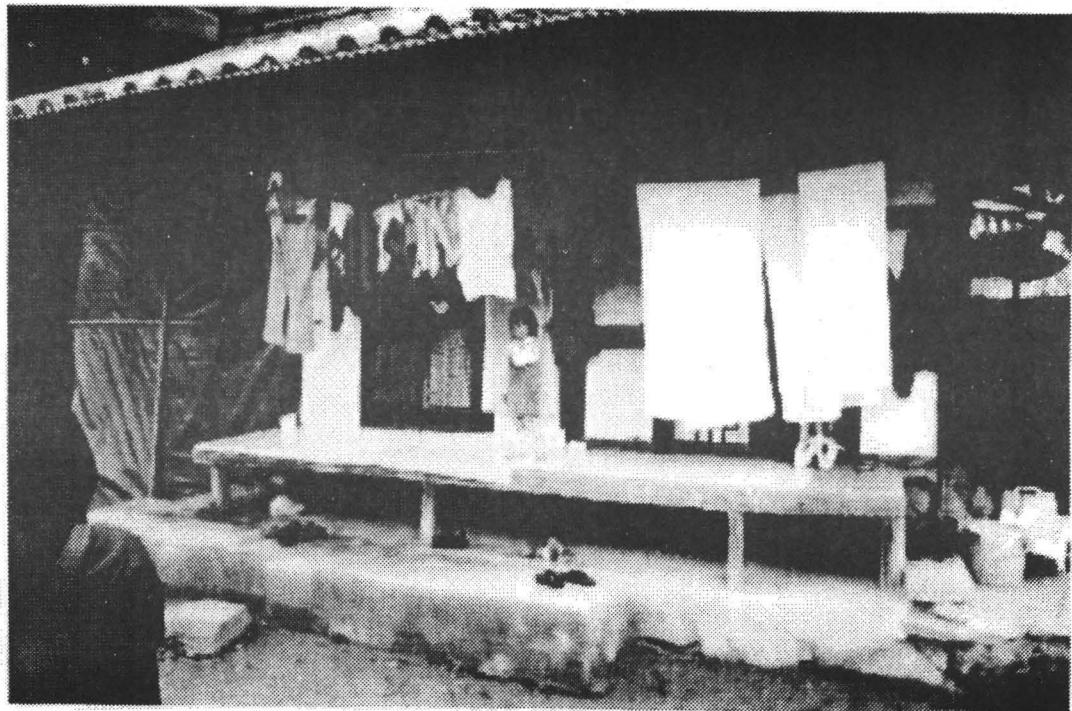
終了



資料編 『韓国』ハイパーカード

no.10

名称 no.66+
所在地 韓国 慶尚南都 山清群 南沙里
調査日 1997.3/31~4/5
用途 住宅
職業 農業
分類



66番の行廊棟をかりて生活している66+番は家の前をよく人が通って行ったりする。台所は66番の大門の屋根下に仮で作っている。台所の戸と言えるものは前に掛けられているビニルの天幕である。

マルの所に干されている洗濯物はちょうど部屋の前に干されていて人からの視線遮断にもなる。



語句検索

もどる

最初のカード

終了



資料編 『韓国』ハイパーカード

no.11

名称 no.67

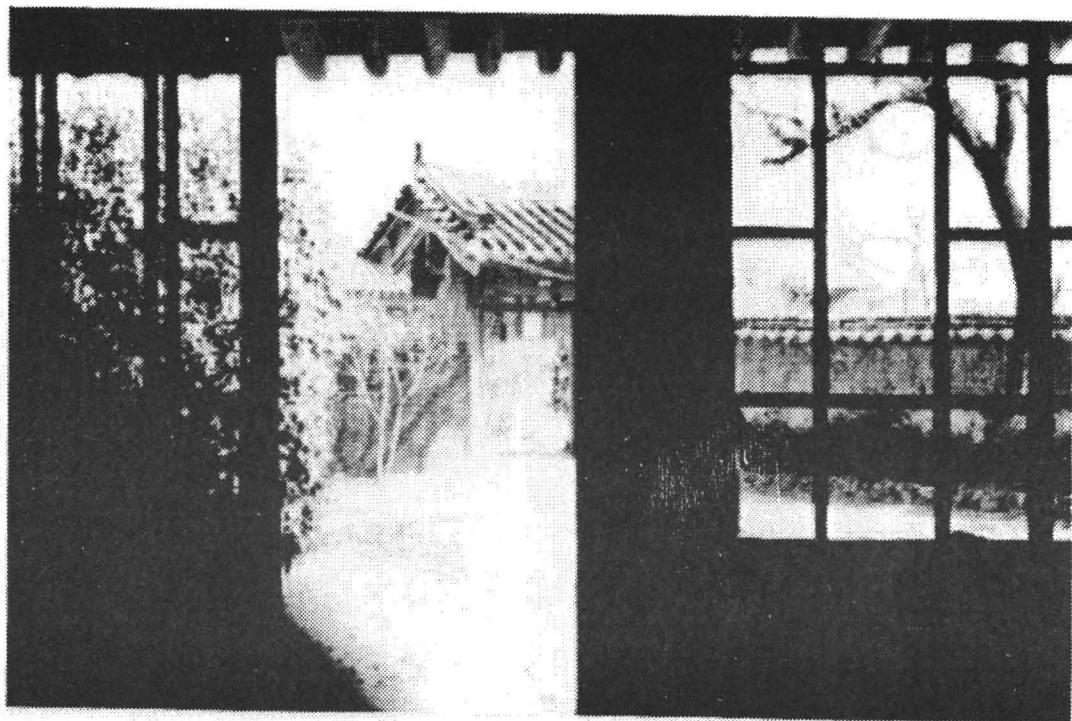
所在地 韓国 庆尚南都 山清郡 南沙里

調査日 1997.3/31~4/5

用途 住宅

職業 農業

分類



近代化によりマルに設置されるガラスの戸はプライバシ確保、雨、風などの自然環境から家の内部空間を保護するフィルタとして機能している。昔はマルに戸がない変わりに両班の住宅の場合は外壁が視線よりずっと高くし、外部からの視線とかある程度の風を遮ることができた。しかし、近代のマルの内部空間化は逆に塙の高さを低くする原因にもなった。



語句検索

もどる

最初のカード

終了



資料編 『韓国』ハイパーカード

no.12

名称 no.67

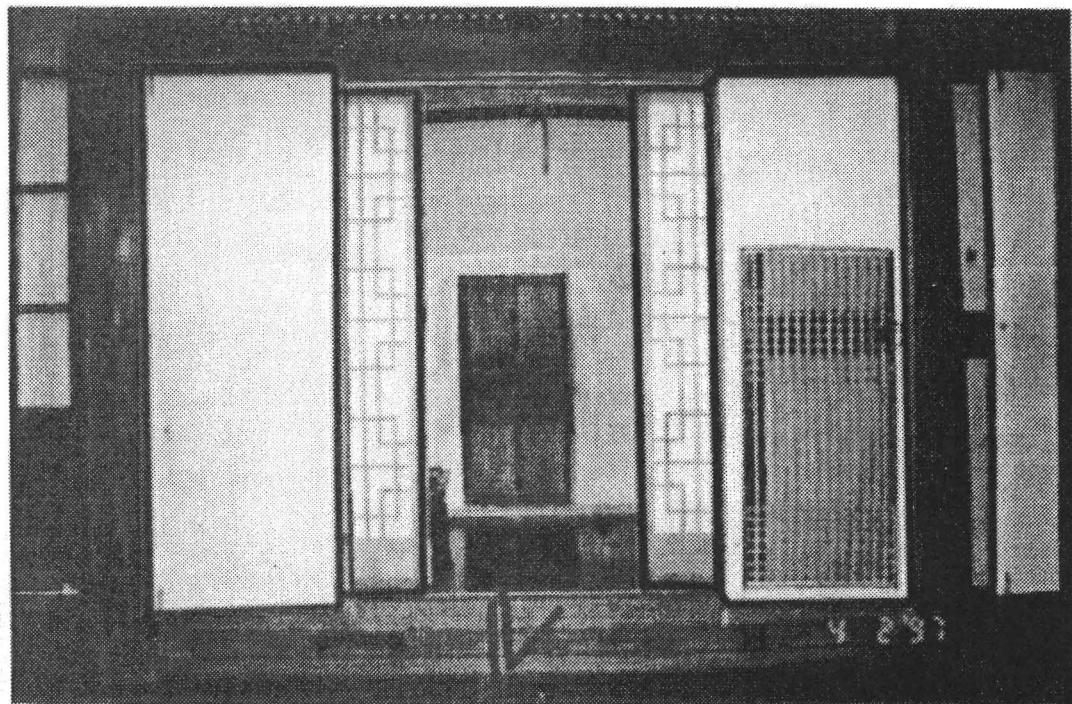
所在地 韓国 慶尚南都 山清群 南沙里

調査日 1997.3/31~4/5

用途 住宅

職業 農業

分類



部屋の窓戸の障子紙は日本とは異なって裏側に張るので、組子の模様が外部より見える。窓戸の表には練戸だけを付けるが、その裏には明障子の引き戸と、甲窓という防寒・遮光用のものを付け、それらを戸袋に入れる場合もある。壁と天井も紙張りにし、部屋の内部全体を均質なテクスチュアで仕上げて、狭い空間をより広く見せる。



語句検索

もどる

最初のカード

終了



資料編

『韓国 南沙里』 アンケート調査表1

調査番号	調査場所	本籍	通籍	本籍	コミュニケーション	在住家族/不在家	新規登録/改変登録	連絡手段	連絡手段	方 位	住居地式	内/外場所	コミュニケーション	対応住居地	面 観	備考	
南北の六姓氏のグラフまとめ																	
NO.01	X	住 宅	海州 乾氏	近所の家	母/3歳子4歳	60坪/5年/・	開 間 風 水 正 間	C F	e	幹	正 間	内	F	◎	生息之地内の樹林		
NO.02	O	住 宅	金州 李氏	近所の家	母/4歳子2歳	30坪/15坪/・	開 間 風 水 正 間	C F	e	幹	正 間	内	F	◎	2間 金州側氏		
NO.03	O	住 宅	金州 李氏	近所の家	母/4歳子2歳	30坪/15坪/・	開 間 風 水 正 間	C F	e	幹	正 間	内	F	△	17間 金州李氏		
NO.04	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	***	父母、1歳子/2歳	05坪/・/30坪	開 間 風 水 正 間 大門の位置	C F	e	幹	正 間	内	F	◎	55% 21% 10% 5% 7%	…a
NO.04+	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	***	父母、1歳子/2歳	05坪/・/30坪	開 間 風 水 正 間	C X	e	幹	正 間	内	F	◎	…b	
NO.05	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	10坪/・/・	開 間 風 水 正 間	C X	e	幹	正 間	内	F	◎	…c	
NO.06	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	30坪/15坪/・	洋 間 風 水 正 間	C F	f	幹	正 間	内	F	★	…d	
NO.07	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/3年/17坪	開 間 風 水 正 間	C F	f	幹	正 間	内	F	◎	…e	
NO.08	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/・/・	開 間 風 水 正 間	C F	f	幹	正 間	内	F	△	…f	
NO.09	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/・/・	開 間 風 水 正 間	C F	f	幹	正 間	内	F	◎	…g	
NO.10	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	80坪/・/・	開 間 風 水 正 間	C E	e	幹	正 間	内	F	●	…h	
NO.11	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/6年/10坪	開 間 風 水 正 間	I X	◎	幹	正 間	内	F	◎	…i	
NO.12	X	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/・/・	開 間 風 水 正 間	G	幹	正 間	内	F	◎	…j		
NO.13	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	25坪/7年/・	開 間 風 水 正 間	e	G	幹	正 間	内	F	◎	…k	
NO.14	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	1坪/・/20坪	洋 間 風 水 正 間	g	幹	正 間	内	F	◎	…l		
NO.15	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/6年/25坪	開 間 風 水 正 間	x	g	幹	正 間	内	F	◎	…m	
NO.16	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	***	開 間 風 水 正 間	d	D	幹	正 間	内	F	●	…n	
NO.17	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/10坪/・	開 間 風 水 正 間	g	G	幹	正 間	内	F	△	…o	
NO.18	X	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/・/・	開 間 風 水 正 間	g	幹	正 間	内	F	◎	…p		
NO.19	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/・/・	開 間 風 水 正 間	g	幹	正 間	内	F	◎	…q		
NO.20	X	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/・/・	開 間 風 水 正 間	g	幹	正 間	内	F	◎	…r		
NO.21	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/3年/5年	開 間 風 水 正 間	g	幹	正 間	内	F	◎	…s		
NO.22	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	100坪/10坪/・	開 間 風 水 正 間	a	A	幹	正 間	内	F	◎	…t	
NO.23	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	30坪/4年/・	開 間 風 水 正 間	g	G	幹	正 間	内	F	△	…u	
NO.24	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	30坪/15坪/・	開 間 風 水 正 間	d	E	幹	正 間	内	F	△	…v	
NO.25	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/4歳子	・/4年/30坪	開 間 風 水 正 間	h	G	幹	正 間	内	F	△	…w	
NO.26	X	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	100坪/5年/・	開 間 風 水 正 間	h	G	幹	正 間	内	F	△	…x	
NO.27	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/5年/25坪	開 間 風 水 正 間	h	E	幹	正 間	内	F	△	…y	
NO.28	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/5年/25坪	開 間 風 水 正 間	h	E	幹	正 間	内	F	△	…z	
NO.29	X	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/5年/25坪	開 間 風 水 正 間	h	E	幹	正 間	内	F	△	…aa	
NO.30	O	住 宅	忠 呂	忠 呂	忠 呂	父母/2歳子娘	・/5年/25坪	開 間 風 水 正 間	g	G	幹	正 間	内	F	△	…ab	

資料編

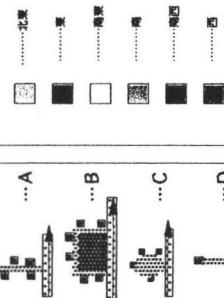
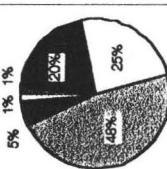
『韓国 南沙里』 アンケート調査表2

問題番号	固有名	用語	不審	警	コミュニケーションの場所	在住者数/不在家	新規/改築/引っ越し	建築形式	面積坪計	方 位	通じ入 口の構成	ゴミユニティ運 脅と住居の構成	面 積	施設設備のグラフをまとめ
NO.31	○ 生 宅 韓州 金氏	*****			父母、娘、電子 1歳/2歳/2歳	15歳/女/・		新	*****	正 間	C	G	◎	生居と大手の解体
NO.32	○ 宅 宅 韓州 李氏	*****			母/娘	60歳/55歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	△	…a		この分析の自体は韓國の住居 的空間構成の一つである。マ ルばの外壁空間であつて、 半透明の水平のフィルターピ して、部屋の透景、外壁空間 の透景であつた。
NO.33	○ 生 宅 韓州 李氏	*****			父母、娘、電子 1歳/2歳/2歳	15歳/女/・		新 廉 水 廉 水	9	E	△	…b		しかし、逆には逆にから は外壁空間で外壁空間では 見えない断崖性質とブレイ バウを重視する西洋的形態 えからマルチ層にサッシュがお げてぶりラバッシュ的な透景 時にあつような性質をもつ うになる。そして、マルチ 部空間的性質と玄関の機能 をするようになら。
NO.34	○ 生 宅 韓州 李氏	*****			父母、娘、電子 娘、孫2人/・	5歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	◎	…c		
NO.35	○ 生 宅 全州 李氏	*****			父母、3歳子1歳	1年/・/10年	洋	新 廉 水 廉 水	9	E	★	…d		
NO.36	○ 生 宅 韓州 金氏	老人会館			父母、祖母	55歳/55歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	★	…e		
NO.37	○ 宅 宅 韓州 李氏	*****			娘/娘	3歳/2歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	△	…f		
NO.38	○ 生 宅 韓州 李氏	(文化的)	*****		父母、娘子4歳	50歳/55歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	◎	…g		
NO.39	○ 生 宅 韓州 李氏	親戚の家	*****		母/3歳子4歳	63歳/15歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	◎	…h		
NO.40	○ 生 宅 (小屋寮) 韓州 李氏	老人会館	父母、娘子、孫2歳子	63歳/・	父母、娘子、孫2歳子	1年/・/10年		新 廉 水 廉 水	a	D	△	…i		
NO.41	○ 生 宅 韓州 金氏	お店	父母、娘子	55歳/・	父母、娘子	55歳/・/10年		新 廉 水 廉 水	9	G	無し			
NO.42	○ 生 宅 金州 申氏	*****			母/孫/1歳子4歳	1年/30歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	◎			
NO.43	○ 生 宅 遠東 強氏	*****			母/1歳	100歳/8歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	無し			
NO.44	○ 生 宅 韓州 李氏	教会	娘/1歳	・/8年/・	母/娘	1年/30歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	◎			
NO.45	○ 会 廉 金州 申氏	近所の親戚の家	母/3歳子1歳	60歳/・/・	母/娘	2年/2年/・		新 廉 水 廉 水	9	E	◎			
NO.46	○ 老人会館	*****			父母/娘子	55歳/77歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	◎			
NO.47	○ 生 宅 全州 金州 申氏	(文化院)	父母/娘子	60歳/・	父母/娘子	55歳/77歳/・		新 廉 水 廉 水	b	D	△			
NO.48	○ 生 宅 竹山 朴氏	お店	娘	娘	父母/娘子2歳	80歳/・/55歳		新 廉 水 廉 水	9	E	△			
NO.49	○ 村の墓地	*****			父母/娘子	100歳/・/・		新 廉 水 廉 水	x	X	◎			
NO.50	○ 村の墓地	*****			父母/娘子	100歳/30歳/・		新 廉 水 廉 水	x	X	◎			
NO.51	○ 生 宅 (教会) 韓州 申氏	父母/娘子2歳	80歳/・/55歳		父母/娘子2歳	80歳/・/55歳		新 廉 水 廉 水	9	E	無し			
NO.52	○ 生 宅 全州 李氏	老人会館	父母/娘子1歳	100歳/・/・	父母/娘子1歳	100歳/・/・		新 廉 水 廉 水	9	E	無し			
NO.53	○ 生 宅 金州 申氏	老人会館	父母/娘子3歳	100歳/30歳/・	父母/娘子3歳	100歳/30歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	△			
NO.54	○ 生 宅 韓州 金氏	子娘	父母/2歳子4歳	27歳/7歳/・	父母/2歳子4歳	1年/・/40年		新 廉 水 廉 水	9	E	△			
NO.55	○ 生 宅 韓州 申氏	お店・友達の家	父母/2歳子4歳	100歳/16歳/・	父母/2歳子4歳	100歳/16歳/・		新 廉 水 廉 水	9	E	★			
NO.56+	○ 生 宅 金州 申氏	子娘	父母/3歳子1歳	1年/・/10年	父母/2歳子5歳	30歳/3年/・		新 廉 水 廉 水	9	E	★			
NO.57	○ 生 宅 強氏	友達の家	父母/1歳子2歳	・/3年/10年	父母/1歳子2歳	・/3年/10年		新 廉 水 廉 水	9	F	★			
NO.58	○ 生 宅 韓州 申氏	老人会館	父母/2歳子5歳	30歳/3年/・	父母/2歳子5歳	30歳/3年/・		新 廉 水 廉 水	9	F	◎			
NO.59	○ 生 宅 韓州 申氏	友達の家	父母/2歳子3歳	・/6年/25年	父母/2歳子3歳	・/6年/25年		新 廉 水 廉 水	9	F	◎			

資料編

『韓国 南沙里』 アンケート調査表3

調査番号	用語	本	書	用語	本	書	コミュニケーション	在住者と不居住者 の場所	新築住宅／既存年齢／ 引っ越し年数	建築様式	建築面積	万 位	建と出入 りの場所	コミュニティ／運 営と住居の関係	凡 例	方他のグラフをみて みる
NO.60	O	住	宅	周囲	施氏	****	父母／息子女	・／＼6年	精 習	*****	正 東	9	F	無 し	施化・杆	北 0
NO.61	O	住	宅	周囲	施氏	近所の家	2人出、息子／ 娘子4女	・／＼10年	精 習	*****	南 西	6	X	無 し	施化・杆	北 15
NO.62	O	住	宅	施	施	施	父母／施子女	80年／＼母／・	精 習	*****	南 西	1	A	△	…a	…a
NO.63	O	住	宅	施	施	施	施人会館	父母／施子女	80年／＼母／・	精 習	*****	南 西	1	A	△	…b
NO.64	X	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	*****	南 西	1	D	…c	…c
NO.65	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	*****	南 西	1	H	…d	…d
NO.66	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	*****	南 西	1	G	…e	…e
NO.67	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	*****	南 西	1	B	◎	…f
NO.68	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	30年／＼母／・	精 習	d	C	★	…g
NO.69	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	35年／＼母／・	精 習	h	B	△	…g
NO.70	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	100年／＼母／・	精 習	9	X	◎	…h
NO.71	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	38年／＼母／・	精 習	9	A	○	…i
NO.72	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	38年／＼母／・	精 習	9	X	◎	…i
NO.73	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	38年／＼母／・	精 習	9	X	◎	…i
NO.74	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	38年／＼母／・	精 習	9	F	◎	…j
NO.75	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	100年／＼母／・	精 習	9	A	無 し	…k
NO.76	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	80年／＼母／・	精 習	9	A	△	…l
NO.77	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	80年／＼母／・	精 習	9	F	◎	…m
NO.78	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	80年／＼母／・	精 習	9	F	◎	…n
NO.79	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	80年／＼母／・	精 習	9	A	△	…o
NO.80	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	40年／＼母／・	精 習	9	F	△	…p
NO.81	O	候	工	施	施	施	施	施	施	施	40年／＼母／・	精 習	9	A	△	…q
NO.82	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	40年／＼母／・	精 習	9	F	◎	…r
NO.83	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	35年／＼母／・	精 習	9	A	△	…s
NO.84	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	1年／＼母／・	精 習	9	B	★	…t
NO.85	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	15年／＼母／・	精 習	9	B	△	…u
NO.86	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	40年／＼母／・	精 習	9	A	△	…v
NO.87	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	15年／＼母／・	精 習	9	X	★	…w
NO.87+	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	1年／＼母／・	精 習	9	X	★	…x
NO.88	O	住	宅	施	施	施	施	施	施	施	80年／＼母／・	精 習	9	X	◎	…y



方位

肝

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

東

西

南

北

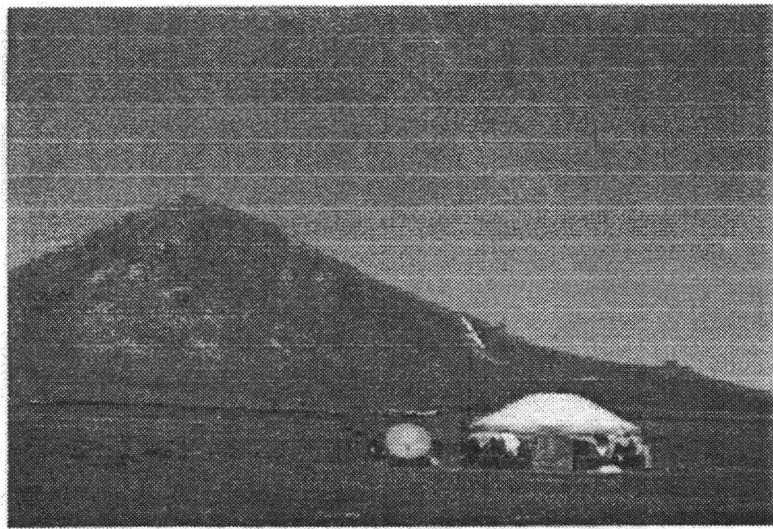
東

西

南

資料編 『モンゴル』

no.1



01 草原に立つ遊牧ゲル（夏季）



02 遊牧ゲル（冬季）
柵及び家畜小屋、風力発電機が見える



03 冬季のゲルとその前室
前室は固定されている

資料編 『モンゴル』

no.2



04 ゲル内部



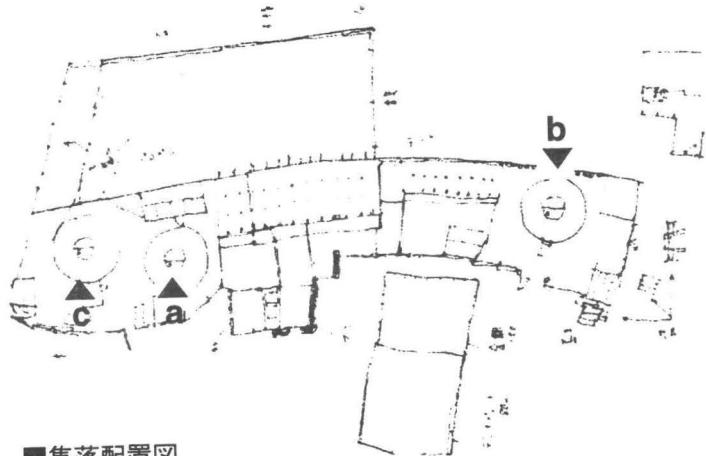
05 正月用仮設祭壇



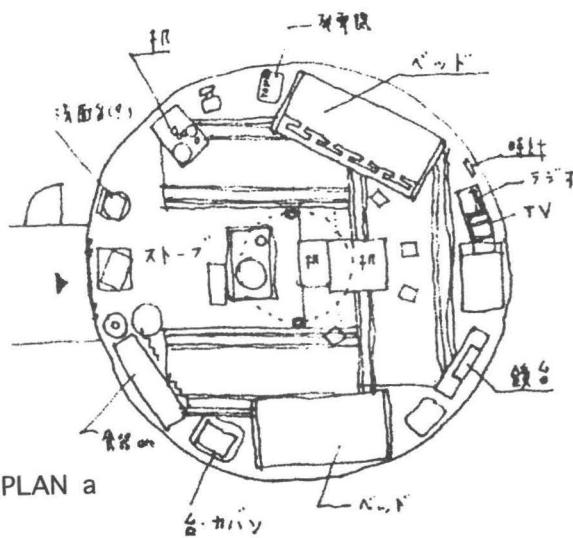
05 ウランバートル市内のアパートにおける正月の様子

資料編 『モンゴル』

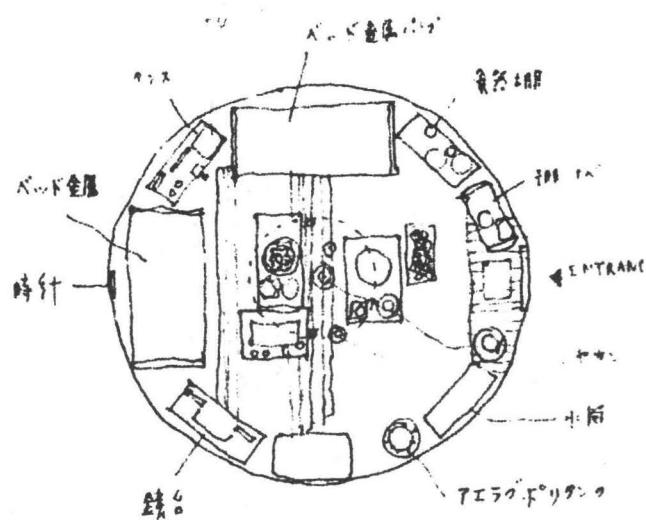
no.3



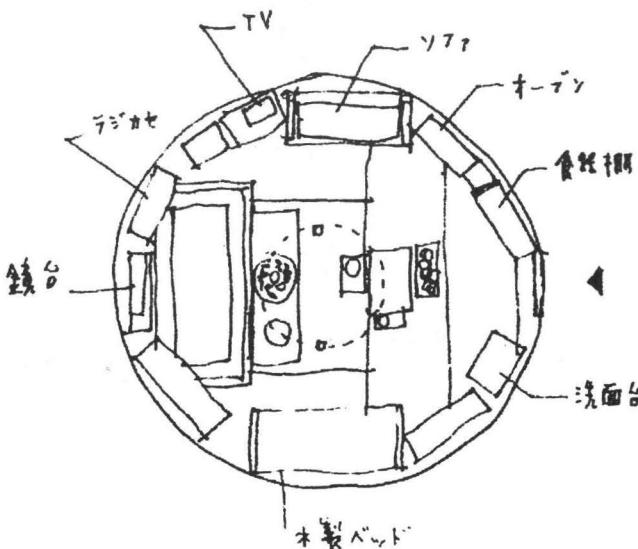
■集落配置図



■ PLAN a



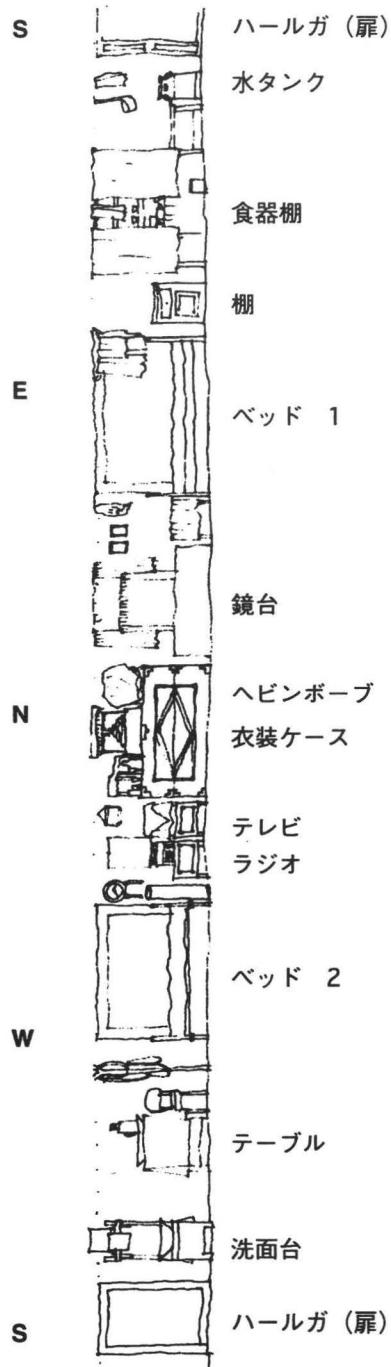
■ PLAN b



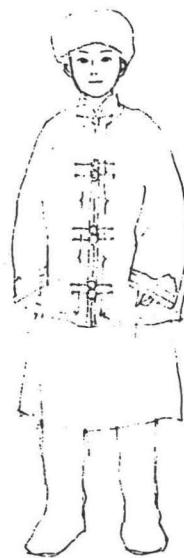
■ PLAN c

資料編 『モンゴル』

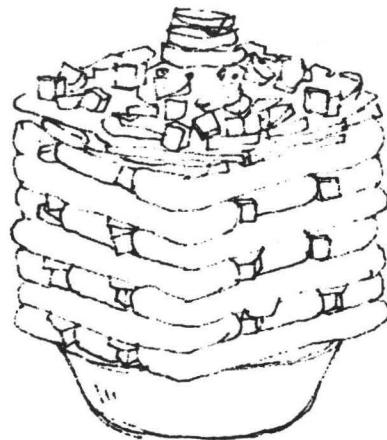
no.4



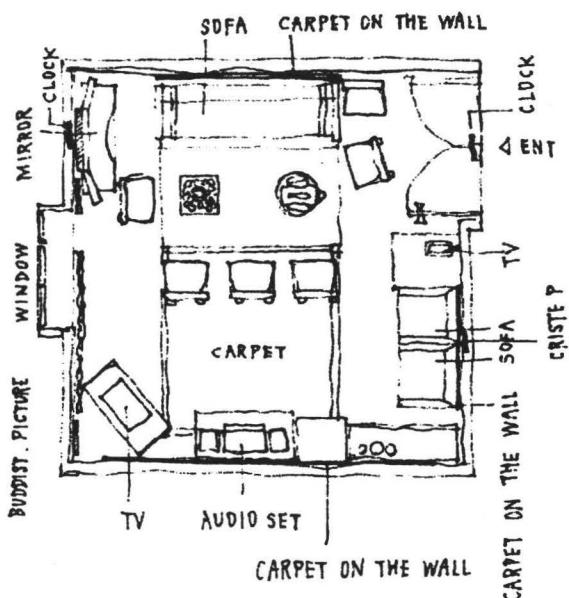
■a 内壁面展開図



■モンゴルの民族衣装デール



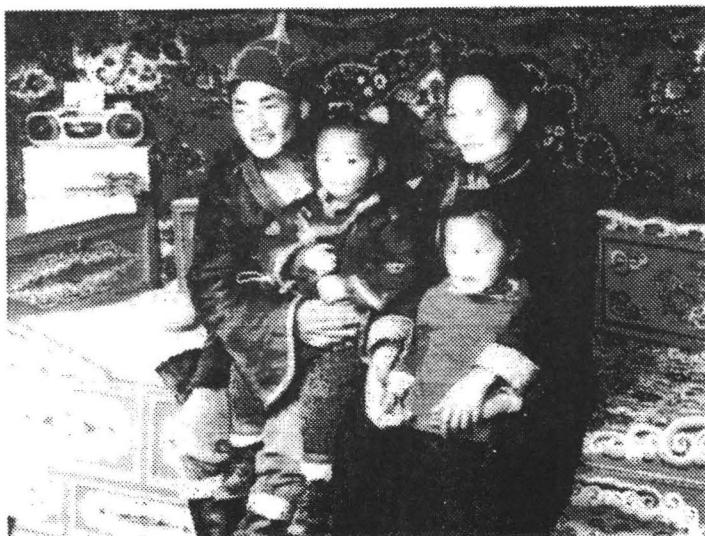
■正月用菓子ヘビンボーブ (ミヤグマル氏宅)



■ウランバートル市内ミヤグマル氏の住居プラン

遊牧民1

家族構成	父（28）・母（24）・娘（4）
場 所	トゥルグ・ニゴル（ウランバートル近郊）
家畜所有	馬20、牛30、羊25、山羊18、犬1
乗用車	なし
電 気	なし
燃 料	アルガル（乾燥牛糞）



親戚が集まり、合わせて8つのゲルを近くに設営。なかでも母方の親戚が隣り合い、父方の家族は70-80m北に離れたところにまとまって暮らす。

年間4-5回の移動を行う。降水量などの天候が牧草の成長に影響するため、様子を見ながらタイミングを図り移動を行う。夏営地は10月頃引き払い、南に300km行った所にある家族のオリジン、生まれ故郷へと向かう。冬の住まいである。

『遊牧生活に満足しており、定住願望は無い。

現在の夏の設営地は、緑が豊富にあり、水源も近くにあり、家畜や人間の生活に好条件である。ウランバートルが近く、家畜産物を売りに出かけるのにも便利である。住環境に関する不満は特に無い。

ゲルを改良するとなれば、雨漏りをなくしたい。天窓、中央付近、端、どこからでも漏ってくる。寒さに関しては、冬の間も特に問題ない。

特に生活には困らないが、強いていえば電球やテレビのための発電機が欲しい。』

資料編 『モンゴル』

no.6

ゲル住区1

家族構成	父（47）・母（43）・息子（21）・息子（18）
場 所	ウランバートル市内の古いゲル住区
滞在期間	14年間（1983年より）
以前の住まい	アパート
職 業	自動車の修理業
乗用車	2台
燃 料	なし（石炭は使わず電気を利用）

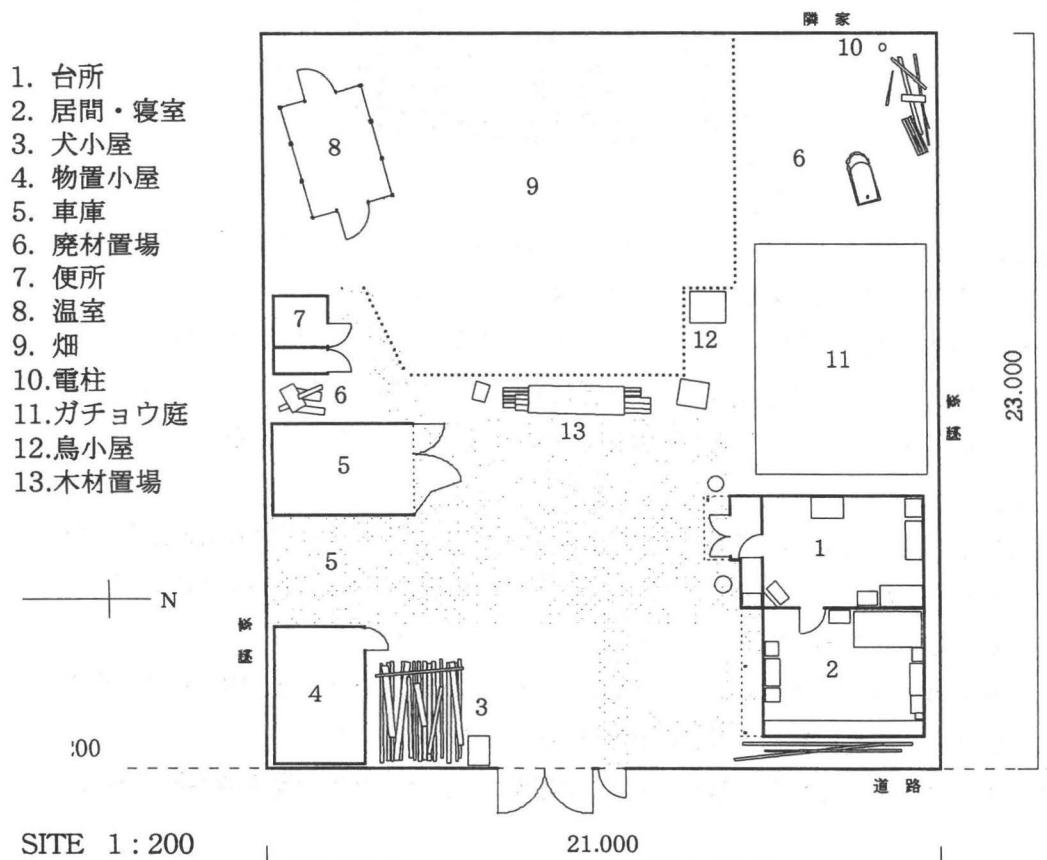
ゲル住区であるがゲルではなく、住まいは木造の住居のみである。

木造住宅の正面は広いガラス面に覆われ、開放的に見える。玄関口には、天井高までガラスで覆った半外部的な玄関室がある。その奥もやはりガラス面で覆われる。

敷地内に畠、ガチョウ用の庭、作業場（ガレージ）を持つ。

息子達には遊牧の経験もなく、都会型の生活スタイルをもつ。

冷蔵庫、掃除機、アイロン、カメラ、洗濯機、テレビ、ビデオ、ステレオ、照明機具等の電気製品に囲まれた生活。

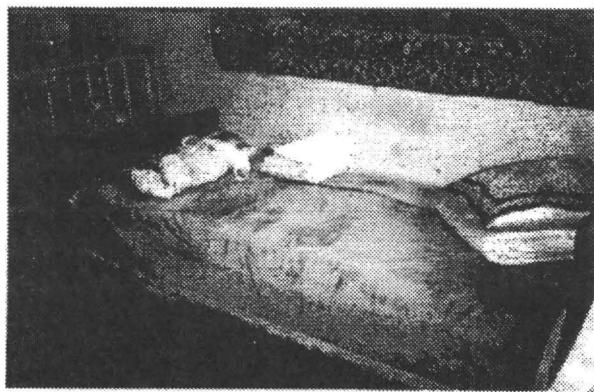


資料編 『モンゴル』

no.7

アパート1

家族構成 父(25)・母(23)・息子(3)・娘(3ヶ月)
居住期間 20年以上
以前の住まい アパート
職業 医者
乗用車 自転車のみ



夫婦ともゲル、遊牧の経験は一切なく、生まれたときからアパートで生活している。冷蔵庫、電気ポット、ホットプレート、掃除機、アイロン、洗濯機、テレビ、ビデオ、電話、ステレオ等の電気製品を持ち、洋服を着る生活。デールは持っていない。但し、生後3ヶ月の赤ん坊はモンゴルの習慣に従い、胸から下をひとまとめに紐で巻き付け、縛って寝かせていた。

また、壁をタペストリーで飾る、家族の肖像写真を居間の中央に飾る、たくさんものを壁に吊り下げる、等の生活習慣は若干受け継いでいる。

『アパートの外壁は単純な二重壁。間に断熱材が入っていない為冬はとても寒い。冬は絨毯の下に段ボール紙を敷き詰めるなどの工夫をしている。光熱費を節約する為に、ひと部屋に荷物をまとめて‘寒い物置き’とし、残りの部屋に家族が全員集まって生活している。暖房費がひと部屋分で過ごせる上に、停電時も近くにまとまっていると暖かい。

電が多く、それに伴いお湯が止まってしまうことが困る。

…等、住環境に対する不満は多いが、ウランバートル市内は便利なので、引っ越したいとは思わない。』

台所



1 - 9 循環再生アルミニウム材の住宅用 サッシ材への適用

室蘭工業大学 工学部

教 授 世 利 修 美

1. 緒 言

地球環境問題の高まりから工業用材料のリサイクル使用が推進されている。アルミニウムに限って言えば、その地金生産に要するエネルギーは新生地金生産の3~4%で済むという長所を持っており、再生循環素材として最適な材料の一つとして位置付けられている。我が国の平成6年のアルミニウムの使用は約 380×10^{10} gであり、その内約 94×10^{10} gがスクラップからの再生地金で占められている。将来予測として、再生アルミニウム地金の比率は今後年々高まるものと考えられる。

再生アルミニウム地金は主にカスケード材として利用されている。例えば、合金成分の許容範囲が広い鋳物等に主に用いられていた。しかし、今後強まるアルミニウムのリサイクル使用の社会的要請から推察すると、鋳物等以外の分野への使用をも考えておく必要がある。例えば、住宅用サッシ材への適用等を考えておく必要がある。

この時金属材料学的な問題が生じる。つまりアルミニウムの回収過程や再生溶解過程で混入する不純物（例えば、鉄やけい素、銅）の種類とその多寡がアルミニウムの成形性あるいは表面特性においてどのような影響を及ぼすか、といった基礎的データが必要になる。しかし現状は必ずしも十分ではない。

アルミニウム中の鉄は通常 FeAl_3 系の金属間化合物として不可避的に存在している。この FeAl_3 系の金属間化合物の存在は建材の表面処理における仕上がりの不均一化、あるいは建材そのものの耐食性劣化の原因となるため、極力 FeAl_3 のない表面が望ましいとされている。このため溶湯フィルター等の使用により非金属介在物や金属間化合物を除去する方法の研究開発が行われている。しかし、耐食性に悪影響を及ぼすのは表面に露呈している金属間化合物だけであり板厚内の金属間化合物は耐食性には関与しない。すなわち表面の金属間化合物だけを溶解除去する処理法を見つければ耐食性のよいアルミニウム材料、例えば住宅用サッシ材が得られる可能性が出てくる。

本研究はアルミニウム中に存在する FeAl_3 系の金属間化合物を選択溶解する最適条件を模索した。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材には高純度アルミニウム、高純度鉄、金属間化合物、Al-Fe合金を用いた。試料番号Alは99.99%Al、試料番号F1はAl-0.32%Fe合金、試料番号F3はAl-1.04%Fe合金、試料番号FeAl₃はAl-40.8%Fe铸造合金、試料番号Feは99.9%Fe板を表す。Al-Fe合金試片（試料番号F1、F3）は铸造、熱間圧延、冷間圧延を経て厚さ1mmの板にし、813Kで160hの均質化処理を行った後、炉冷した。高純度のアルミニウム板（試料番号Al）や金属化合物（試料番号FeAl₃）、高純度板（試料番号Fe）は特注あるいは市販のものを用いた。なお、試料番号FeAl₃はX線解析によりFeAl₃の存在を確認しておいた。

各試片板は15mm×80mmに切り取り、絶縁テープにより露出面積を4.5cm²にした。試料番号FeAl₃は塊状なので導電性塗料で導通後、絶縁塗料で覆った。各試片は353Kの10%NaOH水溶液中で1min間浸せきし、水洗後、室温（約298K）の30%HNO₃水溶液に1min間浸せきし、水洗净、乾燥後、実験に供した。

2.2 処理環境条件

溶液はイオン交換水と特級のAl(NO₃)₃試薬を用いた。溶液の量はすべて1dm³とした。脱気条件は99.999%窒素ガスを連続的に通気し、溶液攪拌状態にしておいた。攪拌にはマグネットスターを用いた。

2.3 電気化学的測定および処理方法

分極曲線の測定は動電位法を採用した。分極曲線の測定開始電位は自然浸せき電位とした。電位掃引速度は1mV/sとした。照合電極は飽和KC1水溶液中のAg/AgCl電極を用いた。定電位保持による方法は通常の3電極法を用いた。試行錯誤の結果、次の2つの電気化学的処理方法を採用了。

(1) カソード処理

アノード選択性溶解を迅速かつ効果的に行うためにFeAl₃表面を活性化する必要がある。この目的のため供試材を卑な電位に保持し、表面から発生する水素ガスの物理的な表面活性作用を利用した。具体的にはAl(NO₃)₃水溶液中で試料を-2.0Vで1000s間保持する方法を採用了。

(2) アノード処理

マトリックスのアルミニウムは溶解しないで、主にFeAl₃だけを選択溶解させる方法を模索した。ここでは0.1kmol·m⁻³Al(NO₃)₃水溶液中で試片を0.0Vで1000s間保持する方法を採用了。

3. 実験結果

3.1 Al-Fe合金の表面観察

処理前の表面観察によれば、F1とF3共に数μmの大きさの金属間化合物が観察され、試料番号F3表面の金属間化合物分布は試料番号のF1のそれより多いことが分かった。

3.2 Al-Fe合金試片の分極曲線

0.1kmol・m⁻³Al(NO₃)₃溶液中のAl-Fe合金試験片（試料番号F 1とF 3）の分極曲線をFig. 1に示す。試料番号F 1、F 3の腐食電位（E_{corr}）はそれぞれ約-0.40V、-0.45V示す。電極電位0.0Vでのアノード電流値は、F 1では約2.8×10⁻²A、F 3では5.5×10⁻²A・m⁻²になる。-2.0V電位でのカソード電流値は試料番号F 1では約-35A・m⁻²、試料番号F 3では-70A・m⁻²を示している。

3.3 純アルミニウム、金属間化合物、純鉄の分極曲線

0.1kmol・m⁻³Al(NO₃)₃水溶液中の純アルミニウム（供試材Al）、金属間化合物（供試材FeAl₃）純鉄（供試材Fe）の分極線をFig. 2に示す。E_{corr}はそれぞれ試料番号Alでは-1.1V、試料番号FeAl₃では-0.45V、試料番号Feでは-0.48Vとなった。0.0Vでのアノード電流値は、試料番号Alでは約40×10⁻²A・m⁻²、試料番号FeAl₃では60×10⁻²A・m⁻²、試料番号Feでは100A・m⁻²になっている。-2.0Vでのカソード電流値は、試料番号Alでは約-250×10⁻²A・m⁻²、試料番号FeAl₃では-300A・m⁻²、試料番号Feでは-100A・m⁻²を示している。

3.4 Al(NO₃)₃溶液のpH緩衝能

本実験で採用した0.1kmol・m⁻³Al(NO₃)₃水溶液のpH緩衝能を滴定法によって調べた。その結果をFig. 3に示す。5kmol・m⁻³のNaOHを約30×10⁻⁶m³滴下すると、pHは約1增加する。用いたAl(NO₃)₃水溶液はpH 4付近で緩衝容量極大を示す。

3.5 電気化学的表面処理

0.1kmol・m⁻³Al(NO₃)₃水溶液中で試料をカソード処理（-2.0Vで1000s間保持）を行い、その後直ちにアノード処理（0.0Vで1000s間保持する方法）を行った。カソード処理とアノード処理の時の電流密度-時間曲線を測定した。その結果をFig. 4に示す。試料番号F 1とF 3のカソード電流密度の絶対値を各々[i_c(F 1)]、[i_c(F 3)]とする。1000sで、[i_c(F 1)]は約20A・m⁻²、[i_c(F 3)]は190A・m⁻²となった。

水素ガス発生はアルミニウムより鉄表面の方が容易である。従って、カソード処理における水素発生反応はマトリクスのアルミニウム表面より金属間化合物の表面で発生しやすい。またFeAl₃が多い試料番号F 3の方が試料番号F 1より多く水素発生が認められる。

アノード処理において試料番号F 1とF 3のアノード電流密度をそれぞれi_a(F 1)、i_a(F 3)と表すと2000sでは、i_a(F 1)は約0.15A・m⁻²、i_a(F 1)は約0.20A・m⁻²となった。

Al-Fe合金中の鉄分が多いほどアノード、カソード電流密度は増加する。

電気化学的表面処理（カソード処理とアノード処理）後の試料番号F 1とF 3の表面観察結果をFig. 5に示す。試料番号F 1では金属間化合物の全くないアルミニウム表面が得られている。一方、試料番号F 3の表面では一部溶け残った金属間化合物が観察されているが、総じて表面の金属間化合物は小さくなっている。

4. 考 察

4.1 鉄を含むアルミニウムの金属組織

アルミニウム-鉄系状態図によると共晶温度938Kで金属間化合物FeAl₃が晶出する。その時の

固溶量は0.03～0.05%Feの範囲である。温度降下とともにその量は減少し、700Kでは0.00x%Feとなる。700K以降では固溶量は更に下がり、室温ではほとんど無視できる位になる。室温の平衡状態ではアルミニウムマトリクス中のアルミニウム純度は99.99y%Al(x+y=10:x,yはそれぞれ小数点以下3桁目の数字を表す)以上になる。本実験で用いた試料番号F1とF3は平衡状態下では製作されてはいないが、それらの金属組織は電気化学には高純度アルミニウムと金属間化合物の混合組織として概略扱える。

4.2 Al(NO₃)₃溶液のpH緩衝特性

滴定曲線に表れる平らな部分は、0.1kmol·m⁻³Al(NO₃)₃水溶液はpH4でpH緩衝能力を持つことを示している。0.1kmol·m⁻³Al(NO₃)₃水溶液を使用した理由はアノード処理時では表面のpHを一定に保つ必要があるためである。

4.3 FeAl₃の電位-pH図

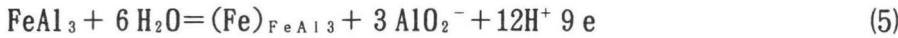
物質の電気化学的挙動の鳥瞰図的理解を得るには電位-pH図が効果的である。一般的には標準酸化還元電位-0.44Vvs. SHEの鉄と-1.66Vvs. SHEのアルミニウムの化合物であるFeAl₃は電気化学的には不安定である。まず、電気化学的に卑なアルミニウムの選択溶解が起こり、その後保持される電位によって鉄の選択溶解も起こることが考えられる。それらの平衡式と平衡電位を下式に掲げた。



$$E_{eq}(\text{FeAl}_3/\text{Al}^{3+}) = -1.56 + 0.021 \log [\text{Al}^{3+}] \quad (2)$$



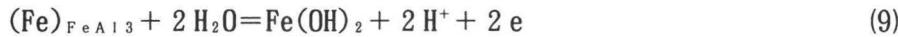
$$E_{eq}(\text{FeAl}_3/\text{Al(OH)}_3) = -1.42 - 0.06 \text{pH} \quad (4)$$



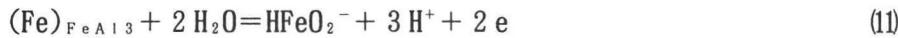
$$E_{eq}(\text{FeAl}_3/\text{AlO}_2^-) = -1.24 - 0.08 \text{pH} \quad (6)$$



$$E_{eq}(\text{FeAl}_3/\text{Fe}^{2+}) = -0.40 + 0.03 \log [\text{Fe}^{2+}] \quad (8)$$



$$E_{eq}((\text{Fe})_{\text{FeAl}_3}/\text{Fe(OH)}_2) = -0.05 - 0.06 \text{pH} \quad (10)$$



$$E_{eq}((\text{Fe})_{\text{FeAl}_3}/\text{HFeO}_2^-) = 0.03 - 0.09 \text{pH} \quad (12)$$

ただし、(Fe)_{FeAl₃}:FeAl₃中の鉄、E_{eq}(FeAl₃/Al³⁺):FeAl₃とAl³⁺イオンの平衡電位(Vvs. SHE)、E_{eq}(FeAl₃/Al(OH)₃):FeAl₃とAl(OH)₃の平衡電位(V vs. SHE)、E_{eq}(FeAl₃/AlO₂⁻):FeAl₃とAlO₂⁻イオンの平衡電位(Vvs. SHE)、E(FeAl₃/Fe²⁺):FeAl₃とFe²⁺イオンの平衡電位(Vvs. SHE)、E_{eq}((Fe)_{FeAl₃}/Fe(OH)₂):FeAl₃とFe(OH)₂の平衡電位(Vvs. SHE)、[Al³⁺]:Al³⁺イオンの活量、[Fe²⁺]:Fe²⁺イオンの活量。

なお、電位-pH図の作成にはFeAl₃中の鉄、(Fe)_{FeAl₃}はFeAl₃中の鉄の重量率と同じ値の0.4とし、溶液中の各種イオンの活量は10⁻⁶とした。得られたFeAl₃の電位-pH図をFig. 6に示す。

4.4 FeAl₃の電位-pH図の選択溶解除去への応用

FeAl₃の選択溶解による除去方法としては基本的には各成分である鉄とアルミニウムが共にイ

オン同士あるいはイオンと水酸化物、あるいは水酸化物同志の領域に保持してやればよい。電位-pH図よりこれらの領域は5つ存在する。

- ① : $\text{Fe}^{2+} + \text{Al}^{3+}$ の領域
- ② : $\text{Fe}^{2+} + \text{Al(OH)}_3$ の領域
- ③ : $\text{Fe(OH)}_2 + \text{Al(OH)}_3$ の領域
- ④ : $\text{Fe(OH)}_2 + \text{AlO}_2^-$ の領域
- ⑤ : $\text{HFeO}_2^- + \text{AlO}_2^-$ の領域

上記の内③は固体～固体反応であり、一般的にその反応速度は遅いので除外する。また①、④⑤はアルミニウムの溶解であり、 FeAl_3 中のアルミニウムばかりでなくマトリックス中のアルミニウムも溶解する危険性が高くなるので除外する。残るのは②の領域（電位-pH図中の斜線部）だけになる。この領域は熱力学的には FeAl_3 の選択溶解とマトリックスのアルミニウムの溶解が起こり、 Fe^{2+} イオンと Al(OH)_3 が生成される範囲を示している。 FeAl_3 中の鉄に関しては固体～液体反応の式(7)であり、 FeAl_3 中のアルミニウムに関しては固体～固体反応の式(3)であり、マトリックスのアルミニウムの溶解は既書より固体～固体反応となる。したがって、 FeAl_3 の溶解の方がマトリックス中のアルミニウムの溶解より早くなることが推察される。

この選択溶解を強力に進めるには電位を貴にすればするほどその可能性は高くなるが、一方のマトリックスのアルミニウムの溶解も危険性が高くなる。斜線部のどの位置（電位とpH）でも選択溶解は熱力学的には可能だが、ここでは試行錯誤の結果、0.0VとpH 4の条件を採用し、良好な結果を得た。結果的に言えば、pH緩衝を示す0.1kmol·m⁻³ $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 水溶液の使用は試料表面を②の領域のpH一定値に保持し、選択溶解が起こりやすい環境を提供したことになる。

アノード処理時間の1000sという比較的短い時間に FeAl_3 の選択溶解反応が起こったという実験事実から判断するとアノード処理時の主な反応は式(7)の反応が考えられる。

本処理法は試行錯誤的に見い出された一方法であるが、他にもいろいろなバリエーションが考えられる。例えば、溶液の種類と濃度による組合せ、あるいは溶液温度を変えたり、繰り返し電位幅との組合せ等が考えられる。これらの変数と表面状態の関係は今後の課題であるが、最終的には試行錯誤的な実験と電気化学的な考察によって整理されるべきものと考える。

5. 結論

アルミニウム表面の金属間化合物だけを選択溶解除去する方法が提案された。効果的な表面処理条件は0.1kmol·m⁻³ $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 水溶液中で-2.0Vvs. Ag/AgClで1000s間保持し、その後直ちに0.0Vvs. Ag/AgClで1000s間以上保持する電気化学的方法である。この方法により金属間化合物のほとんどないアルミニウム表面が得られた。

Fig. 1 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 溶液中のAl-Fe合金分極曲線

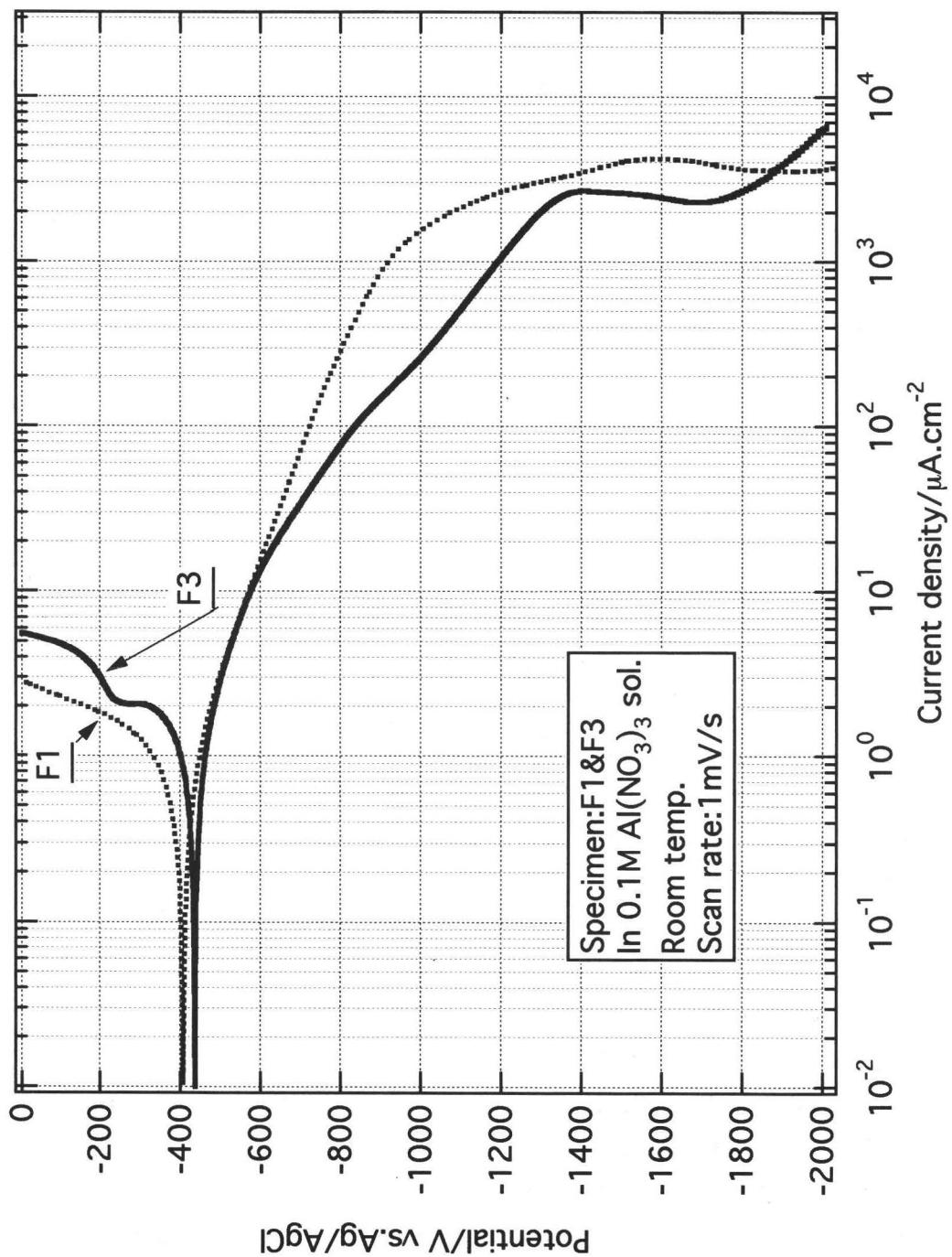
Fig. 2 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 水溶液中の純アルミニウム、金属間化合物、純鉄の分極曲線

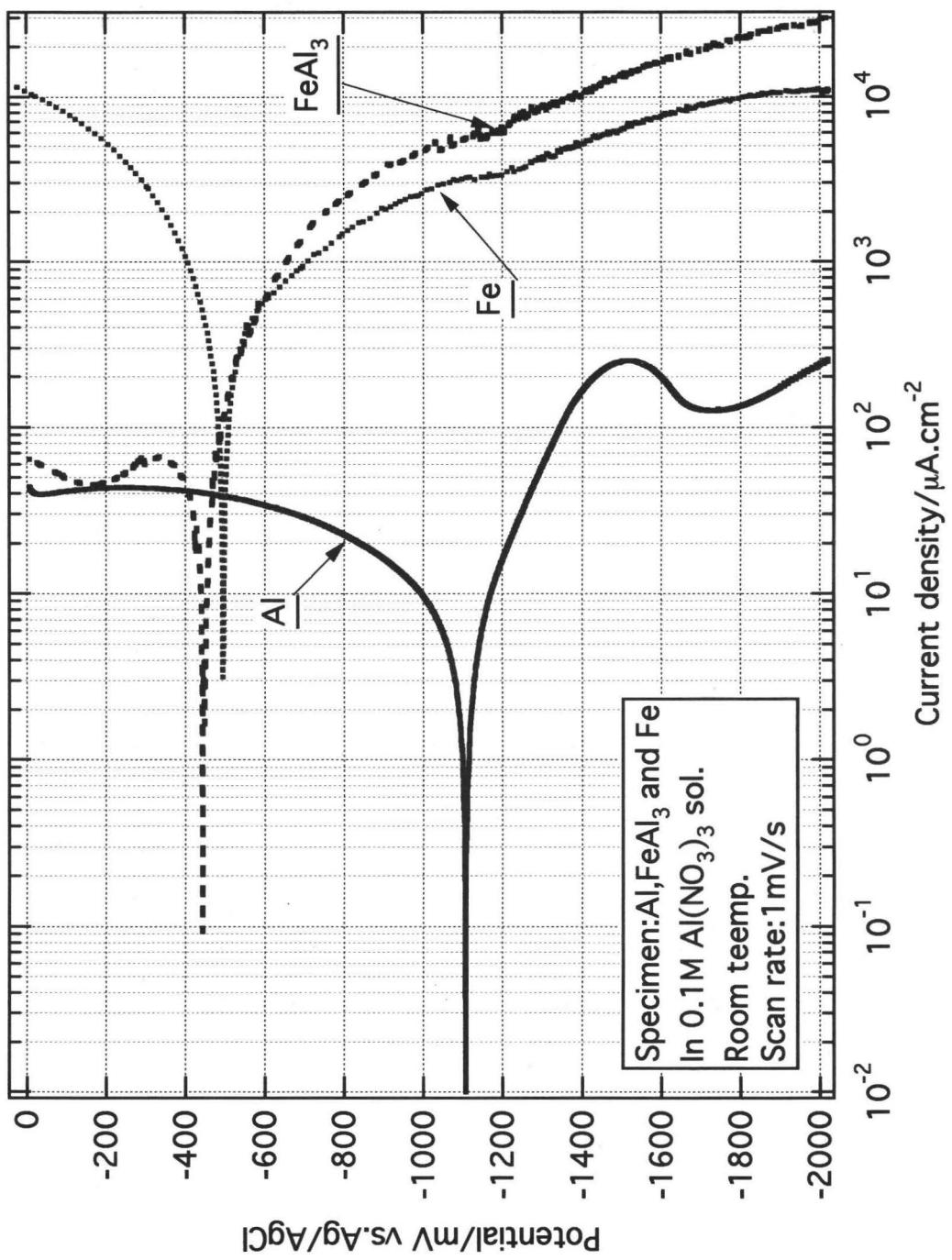
Fig. 3 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 水溶液のpH緩衝能

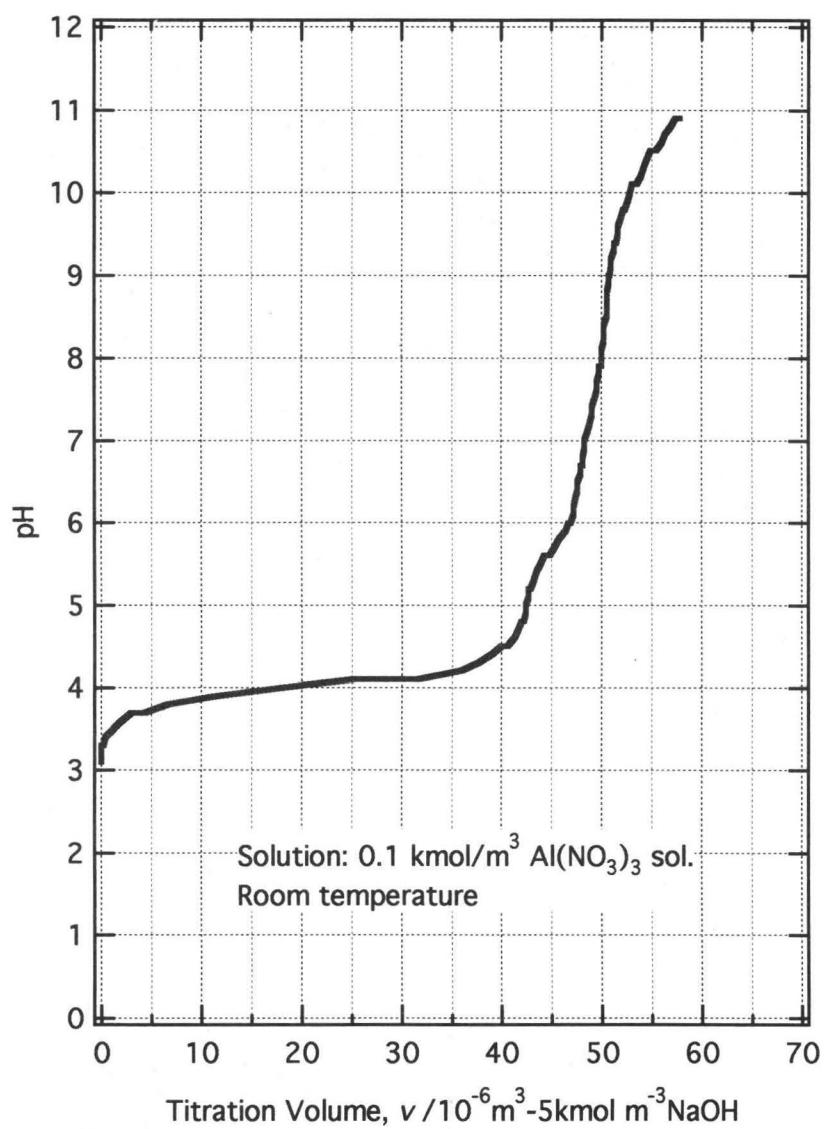
Fig. 4 カソード処理とアノード処理の時の電流密度-時間曲線

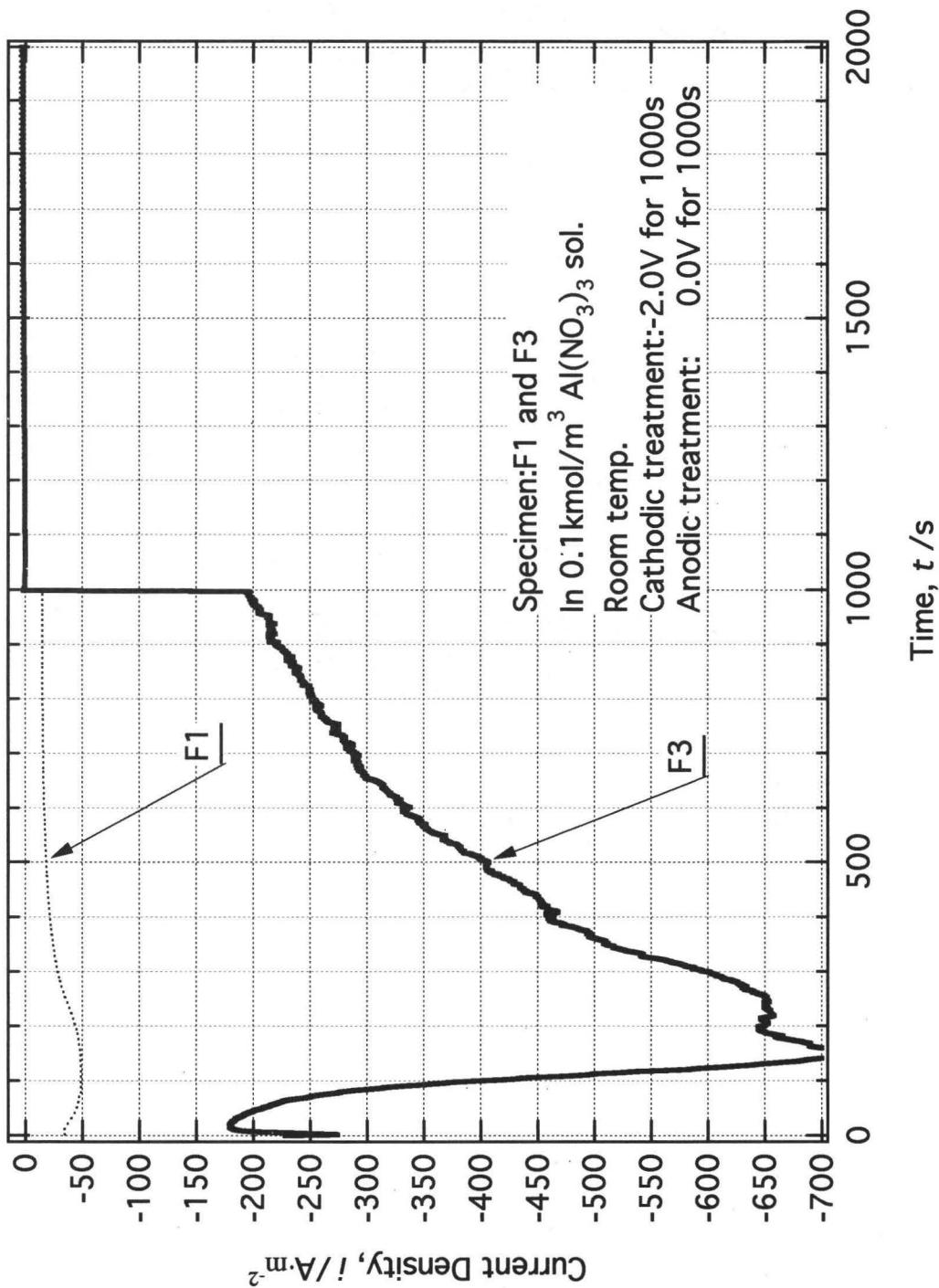
Fig. 5 電気化学的表面処理後の表面観察(x3500倍)

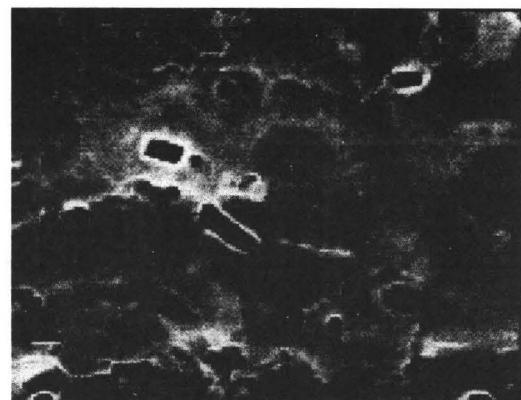
Fig. 6 FeAl_3 の電位-pH図



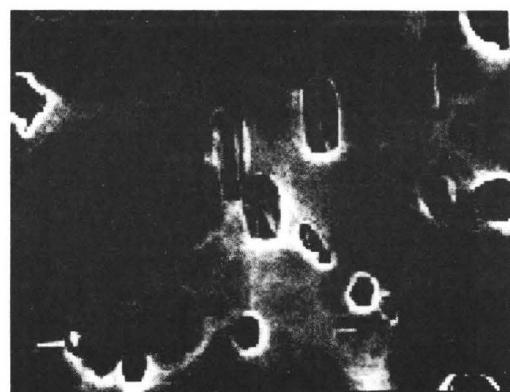






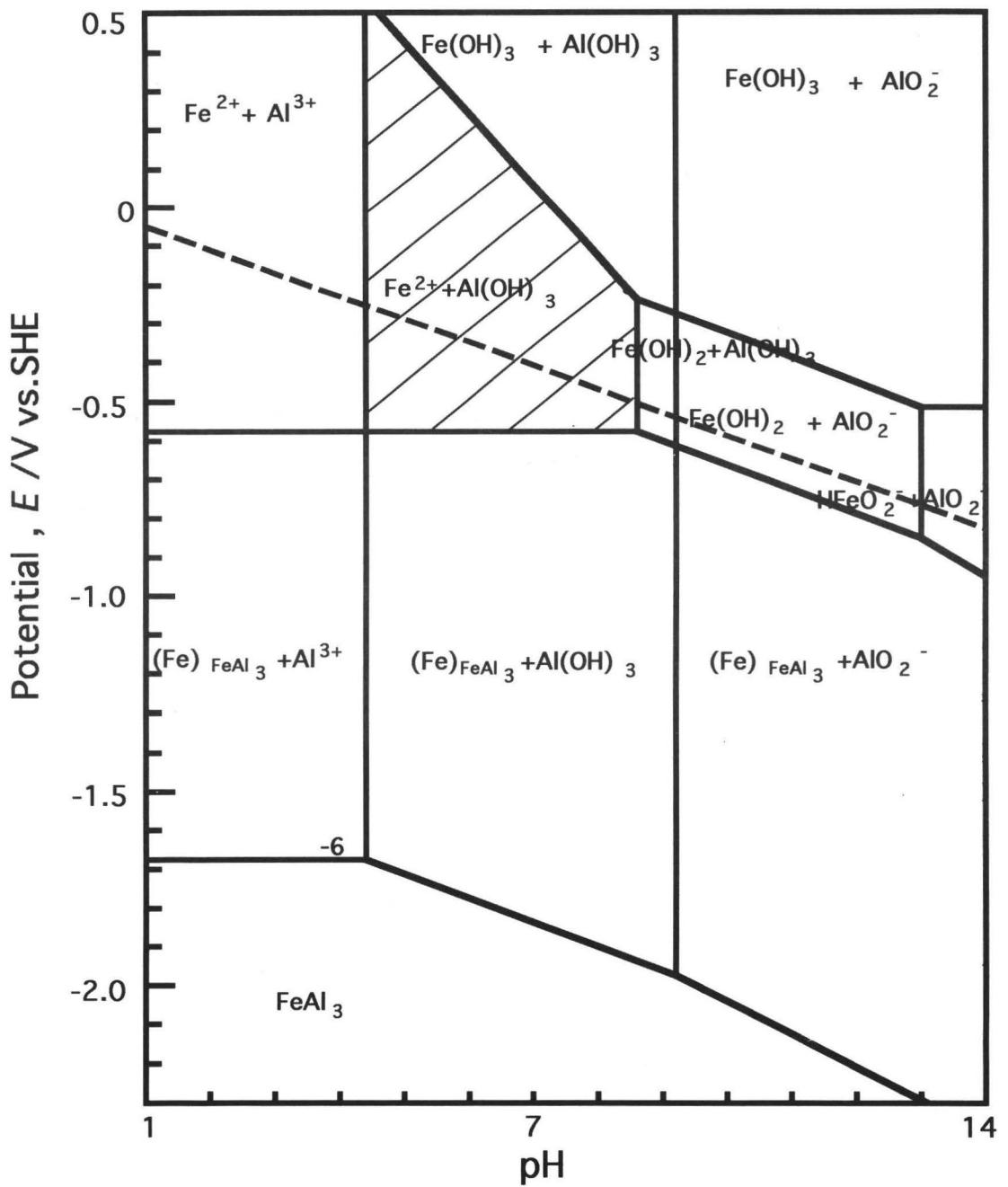


(F1)



(F3)

Fig.5 (O.Seri)



1-10 新規の高性能電磁波遮蔽～音波吸収 (防音) 材料の開発

岐阜大学 工学部応用精密化学科
教授 元 島 栖 三

要 旨

アセチレンを触媒活性化熱分解して、コイル径がミクロンオーダーのコスモ・ミメティックなカーボンマイクロコイルを合成し、その合成条件、モルフォロジー、成長機構を詳細に検討した。得られたカーボンマイクロコイル／マイクロソレノイドの特性評価（特に電磁波遮蔽特性）を行った。

1. はじめに

生物の持つ絶妙な構造、高度の機能を真似し、これに習い、これを越えた材料の創製の基本概念は「バイオ・ミメティック」と言われている。巨大な宇宙から分子レベルのDNAに至る基本的構造・機能（3D-ヘリカル／らせん構造・機能）は、これよりさらにスケールが大きく、著者らはこれを「コスモ・ミメティック」と名付けている。もし、工業材料としてコスモ・ミメティックな素材・材料が得られれば、その特異的構造・形態から、これまでの材料では得られないような新規の高度機能（特に電磁波吸収）の発現が十分期待できる。

2. 実験方法

透明石英製外熱式反応管（内径60mm、長さ1,000mm）の中央部のサセプター上へ、Ni粉末触媒を塗布したグラファイト基板をセットし、上部の多孔原料ガス導入口から原料ガス（アセチレン+H₂+N₂+チオフェン）を基板表面に垂直に導入し、排ガスを下部より排出した。

3. 実験結果と考察

3.1 カーボンコイルの合成条件

- a) 炭素源：種々の炭化水素のうち、アセチレンのみがコイル成長を示した。
- b) 触媒の種類とその形態：多くの遷移金属、硫化物、炭化物および酸化物が、程度の差はあるものの、コイル成長に対する触媒活性を示した。これらの中で、特に、Niが優れた触媒活性を示した。以下本稿では、触媒として部分的に空気酸化したNi粉末（平均粒径：5 μm）を使用した。

c) 不純物ガスの種類と流量：カーボンコイル成長には、金属触媒と共に、原料ガス中に微量のイオウあるいはリンなどの不純物ガスを添加することが不可欠である。この場合、不純物量は、多すぎても少なすぎてもコイルは成長しない。例えば、チオフェンガスを全ガス流量に対して0.24%添加した場合、最も高いコイル収率（約50%）が得られたが、0.14%以下あるいは0.57%以上では、コイルは全く成長しなかった。

d) 反応温度：最適反応温度は約750～800°Cであった。

3.2 モルフォロジー

カーボンコイルは、触媒Ni粉末を塗布した基板上から、原料ガス入口方向に向かって、ほぼ垂直に成長した。一般に、析出層の上の方には図-1(a)のような長いコイルが、一方基板表面近くには、図-1(b)のような長さ10～100μmの短いコイルが成長した。コイルの長さは、反応時間が2時間では、3～5mm、10時間では、10mm前後に達した。コイル径は一般に1～5μmであった。コイル間隔は反応初期には比較的大きく、0.1～0.5μmであるが、反応時間が30分以上になると、ほとんどゼロ、すなわち、コイルがぴったりと隙間なく巻いて中心部が空洞のパイプ状に成長する場合が多かった。コイルの先端には、Ni触媒粒（Ni₃C単結晶）が存在し、これには少量のイオウおよび酸素が含まれていた。この触媒粒が回転しながらコイル形態を形成し、原料ガス導入口に向かって伸びながら成長した。コイルは、一般に図-2に示すように、単コイルが互いに絡み合いながら巻いて1本の二重コイルとして成長した。コイルの巻き方向には右手巻きと左手巻きがあり、その比率はほぼ50%ずつであった。コイルのピッチ・径・長さなどは、反応条件（触媒の種類、水素流量、反応時間、触媒の粒度、エネルギー場照射）などにより影響され、これらをコントロールすることによりある程度制御できた。例えば、いずれの金属触媒の場合も、細かい研磨紙で磨いた金属板あるいは微粉末の方が、粗い研磨紙でみがいた金属板あるいは荒い粒子触媒より、コイル径の小さなコイルが得られた。又、反応時間は短いほうが、又、触媒としてはNb触媒などが、さらに不純物としては、H₂S、PCl₃などが、コイルピッチの大きな、又様々なコイル径を持った不規則なコイルが得られやすかった。

3.3 成長機構

気相からのカーボンコイルの成長は、触媒粒の各結晶面における炭素析出の大きな異方性が駆動力となっているものと考えられた。

3.4 微細構造および組成

カーボンコイルは、合成温度が750～800°Cと比較的低く、X線的には完全に非晶質で、非常に難黒鉛化性であった。コイルの炭素含有量は98～99%であり、そのほか1%前後の水素および酸素が含まれていた。表面積は約100m²/g、平均細孔径は約20nmであった。

3.5 カーボンコイルの電磁波吸収特性

最近、携帯電話や各種電子機器から発生する電磁波による医療機器の誤作動や航空・鉄道などの運行障害、あるいは健康障害に対する危惧が大きな社会問題となっている。例えば、現在の医療機器の6割は至近距離での携帯電話により誤作動するともいわれている。現在多くの電磁波遮蔽・吸収材などが提案・実用化されている。しかしその特性は十分ではない。さらに、使用され

る電波領域は、今後ますます高周波数側にシフトすることが予想され、GHz以上になると、現在の遮蔽技術ではもはや対応できないといわれている。カーボンコイルは、典型的なキラル構造を持ち、従来のアラキル構造の材料とはまったく異なる、新規のメカニズムに基づく電磁波吸収能が十分期待できる。すなわち、カーボンコイルは、外部から電磁波が照射され変動電場や変動磁場中にさらされると、一つ一つのコイルは電磁気的に小さなコイルとして作用し、レンツの法則に従いコイル内に誘導起電力による誘導電流が流れジュール熱が発生する。さらに電磁波は、コイルにより直線偏波（水平、垂直）のほか円偏波（右回転、左回転）を受け、さらに高導電性であるので反射・散乱などを受け急激に減衰する事が期待できる。

図-3に少量のカーボンコイルに対する電磁波吸収特性を示す。参考のため、市販の種々のグラファイト粉末に対する値も示す。コイル分布の異なる2種類のサンプルにおいて、13.9GHzおよび16.3GHzの異なる周波数域で強い吸収が認められる。この場合、コイルの添加量はグラファイト粉末の場合の約1/100である。したがって、両方のカーボンコイルを混合し、充分な量のコイルを添加すれば、10~20GHzの幅広い範囲にわたって優れた吸収特性が十分期待できる。図-4に、短いカーボンコイル（数百ミクロン以下、1.5g/4cm²）に対する電磁波吸収特性（破線）およびこれをポリウレタンをマトリックスとし、マイクロバルーンなど4種類の添加剤を併用した混合系の吸収特性（実践）を示す。ここで、2GHzの値をゼロとした。カーボンコイルのみの場合、図-3の場合と同様に、約16.3GHzでのみ強い吸収が認められるが、混合系では5~18GHzの幅広い範囲にわたって20dB以下の吸収が観察される。図-5は、長いカーボンコイル（数mm、約0.2g）に対する吸収特性を示す。長いカーボンコイルの場合、ほかの添加剤なしでも幅広い範囲で電磁波を吸収することが分かる。図-5に示したように、コイルが長くなると、カバーできる周波数領域も広がる事が分かった。

4. 結論

Ni触媒存在下で微量のチオフェンガスを含むアセチレンを熱分解することにより、コイル径がミクロンオーダーのカーボンマイクロコイルが再現性良く合成できた。触媒および不純物ガスの種類、水素ガス流量、反応時間などを制御することにより、種々のコイル径、ピッチ、長さ、形態のコイルが得られた。カーボンコイルなどは、優れた電磁波吸収特性を示し、新規の電磁波吸収材としての応用が期待できる。

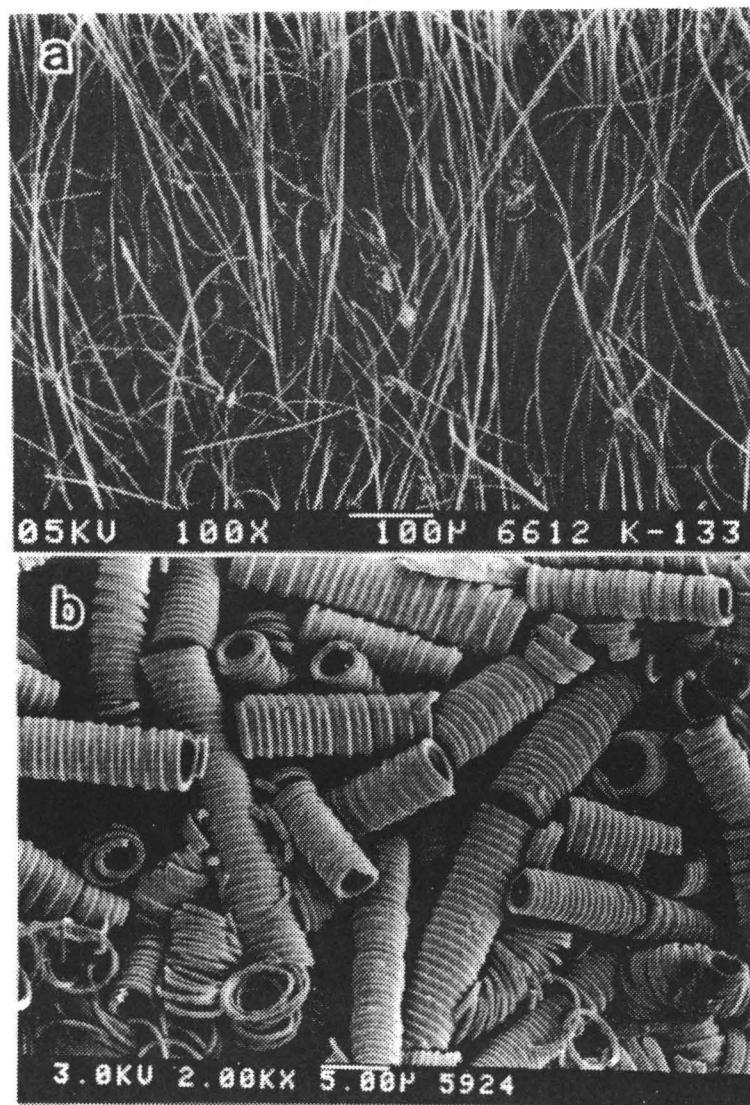


図 1

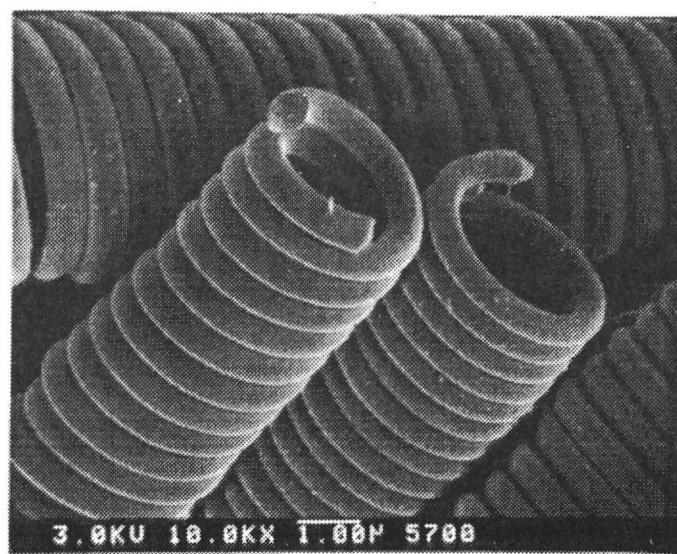


図 2

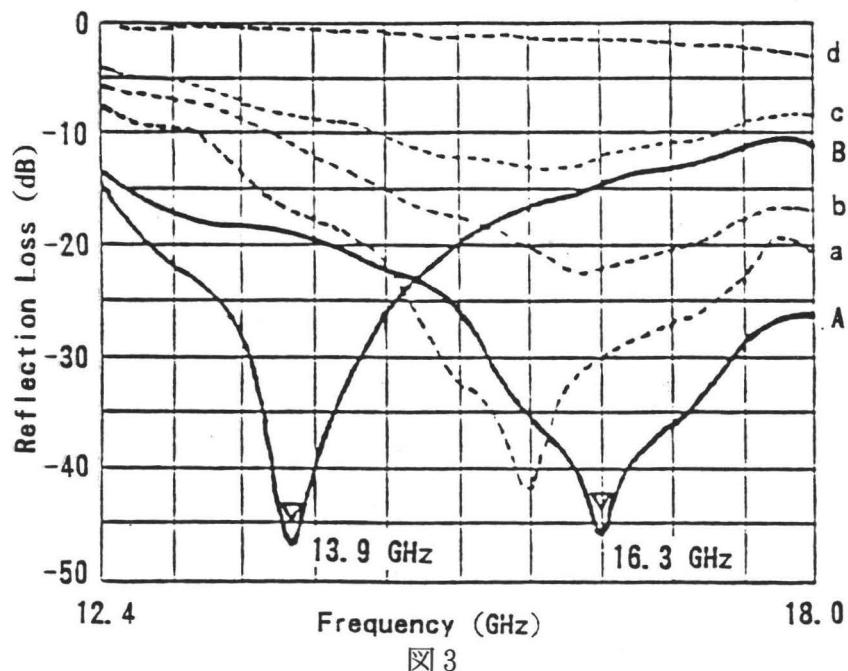


図 3

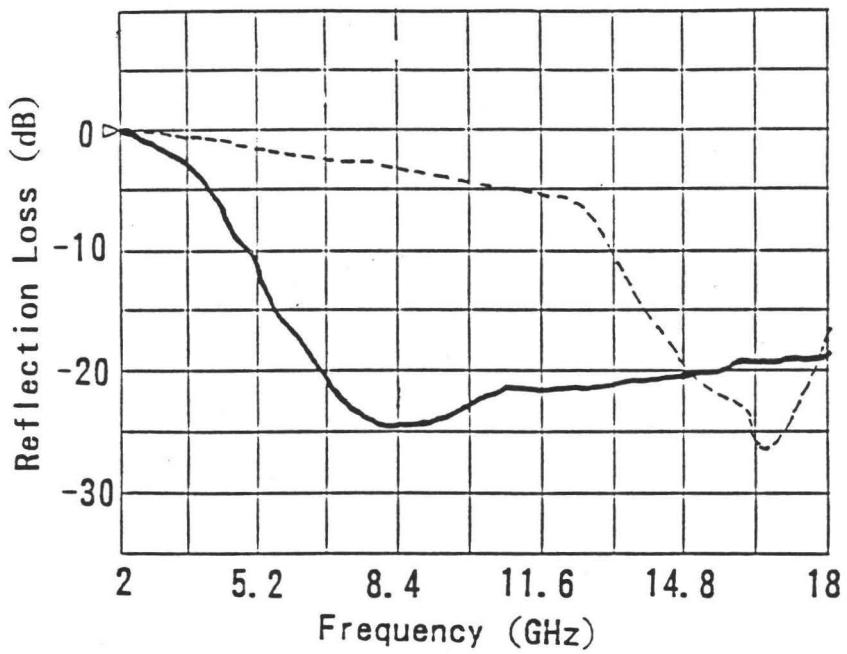


図 4

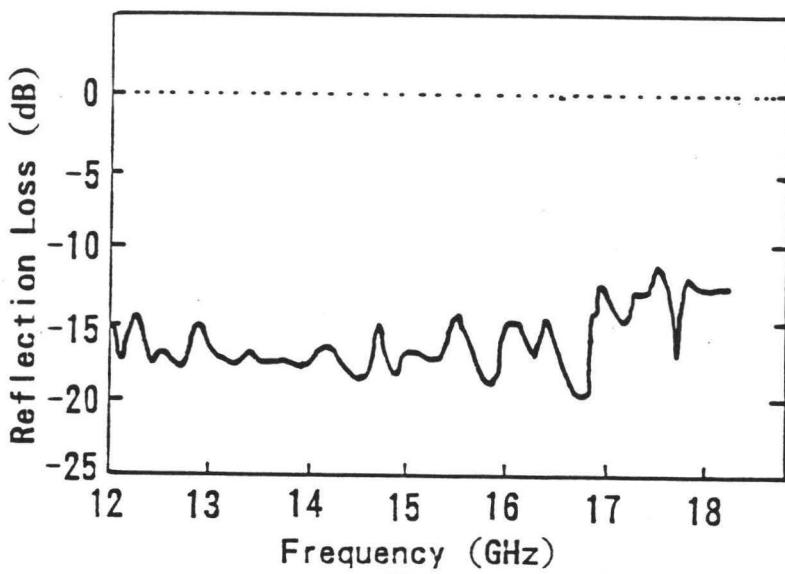


図 5

1-11 建材としてのフェノールコンポジット の耐環境性に関する研究

東京工業大学 工学部化学工学科

教 授 津 田 健

フェノール樹脂は燃焼特性と耐熱性が優れており、他の有機材料に比較して燃え難くかつ煙と有害ガスの発生が極めて少ない理由で、唯一火災に対して安全なプラスチックであると言われている。このため新建材などによる火災事故が世界的に重要な問題となっている現在、難燃性材料として欧米諸国を始めとして日本においてもフェノールF R Pが注目されている。

フェノール樹脂は加熱・加圧下での硬化を必要とし、さらに反応時に水を発生するために寸法安定性や成形性に劣っていたが、近年、レゾール型フェノール樹脂を低温・低圧下（すなわち常温・常圧下）で成形することができるようになり、安価で安全なF R P材料を供給することができるようになり、建材としての用途開発が検討されている。

そこで本研究では、フェノール樹脂がもつ燃焼特性を生かしてこれを母材とする繊維強化材（F R P）を建材として使用するために、あるいはその使用範囲を広げるために、その耐環境性に関する基礎的データを明らかにすべく、水、酸、アルカリおよび電解質水溶液への浸せき実験を行い、その劣化挙動を明らかにするとともに、劣化反応評価と環境液浸入挙動の把握などを合わせて、劣化機構を考察することを目的とした。

1. 試験材料および実験方法

1.1 試験材料

先ず、試験片の検討であるが、建材への適用を前提とするために一般的なレゾールタイプのフェノール樹脂をマトリックス樹脂として取りあげること、作製上の問題からフィラー（充てん材）を含めたF R Pとし、これも一般的なクレイをフィラーに採用するとともに、E-ガラス繊維（チョップドストランドマット # 450×3 ply）をファイバーに選んだ。

1.2 実験方法

試験方法としては、昨年度の試験結果からアルカリや硝酸をはじめとしてかなり激しい劣化が見られたことと容器に割れが入る問題から、昨年度使用したJIS K 7070に基づく $100 \times 130 \times 3$ mmの大型板状試験片とせず、3 mm厚さの板から 25×60 mmに切り出した小型の試験片を採用し、500 mlのビーカー内で実験を行った。このとき試験片同士が重ならないようにテフロン製のチューブで固定した。

化学的な劣化機構を考察するために、充てん材を含まないもの、および、充てん材も強化繊維も含まないものを含めた3種類の試験片を作製した。硬化は $60^{\circ}\text{C} \times 2\text{ hr}$ で行い、 $80^{\circ}\text{C} \times 24\text{ hr}$ の後

硬化処理を行った。マトリックス樹脂の組成をTable 1に、3種の試験片の組成をTable 2に示す。

試験環境については、当初計画のようにイオン交換水、塩化ナトリウム、塩酸、硫酸、硝酸および水酸化ナトリウム水溶液とした。浸せき環境としては、それぞれ10wt. %の水溶液とし、水酸化ナトリウム水溶液についてはコンクリート構造物における耐アルカリを念頭に少し高濃度のpH11(at室温)についてもあわせて実験を行った。また、温度は60°C(恒温槽内で温度制御)一定に設定した。

2. フェノールFRPの腐食挙動

先ずフェノールFRPであるType Aにおける腐食挙動を報告する。これは大型試験片を使用した昨年度の実験結果とほぼ一致するものであった。

2.1 外観観察

イオン交換水、塩化ナトリウム水溶液を含めて試験片の変色・膨潤が観察された。イオン交換水、塩化ナトリウム水溶液では長時間(1,000~2,000hr)浸せきするとやや色が濃くなり、硫酸水溶液では赤茶色に変色した。硝酸水溶液環境下ではより短時間(50~hr)で黄色に変色し、時間の経過とともにマトリックスが剥がれ落ちたりファイバーが露出して抜け落ちるのが観察された。10wt. %水酸化ナトリウム水溶液では浸せきした直後から変色が始まり、数時間で黒ずんだ紫色に変色する。膨潤も顕著で、最終的には浸せき前の数倍まで膨れ上がった。ただし、pH11で実験した場合にはほとんど変色や膨潤は観察されなかった。

2.2 断面観察

表面観察と後述する重量変化、強度変化から、激しい劣化が観察された酸・アルカリ水溶液に浸せきした試験片の断面観察結果を示す。Fig. 1に、Type AとType Bにおける硫酸水溶液2,400hr、硝酸水溶液730hr、10wt. %水酸化ナトリウム水溶液に6hr浸せきしたときの断面写真を浸せき前と比較して示す。先ず硫酸に浸せきしたものについては、表面にわずかに変色された層が観察される。これに対して硝酸では、表面に明らかな腐食層の形成が観察され、特にType Aでは腐食層の脱落をともなって厚さの減少が見られる。一方水酸化ナトリウムにおいても、腐食層の形成が明らかに起きており、腐食層は黒っぽい紫色で粉状のマトリックスが膨れ上がったガラスマットの隙間に挟まっている状態となる。また、Type AとBを比較すると、Type Aの方が激しい劣化を受けていることがわかる。

腐食層を形成した硫酸、硝酸、10wt. %水酸化ナトリウム水溶液について、Fig. 1内に示したように、未腐食部の厚さと浸せき前の厚さから侵食深さを求め、その経時変化をFig. 2に示す。水酸化ナトリウムでは10hr程度でほぼ全体が変色するのに対して、硝酸では1,000hr程度で加速的に侵食されてほぼ全体が腐食層となる。一方、硫酸では2,500hr程度ではほとんど腐食層は発達しない。

2.3 重量変化

浸せき実験結果をFig. 3、4に示す。Fig. 3は純水、塩化ナトリウム、硫酸、硝酸およびpH11水酸化ナトリウム水溶液における湿潤重量変化を示したもので、環境液から取り出した後試験片

周囲の水滴を拭い、室内に1 hr放置した後に秤量したものである。硝酸以外ではわずかに重量増加して1,200hr程度で飽和に達するが、硝酸では100～200hr程度でいったん10%程度の重量増加を示した後、急速に樹脂が溶解して重量減少が観察される。また、Fig. 4に示すように水酸化ナトリウムでは、もっと早い段階で大きな重量増加が見られ10hrほどで飽和に達するのが観測されたが、乾燥重量で見るとほとんど変化がない。したがって、激しい劣化を示すものの溶出するというよりは環境液が急速に侵入するといった挙動であることがわかる。

2.4 強度変化

Fig. 5, 6は3点曲げ強度の変化を強度保持率で示したものである。重量変化と同様に硝酸および水酸化ナトリウム水溶液では大きな強度の減少が見られるが、上述のように硫酸水溶液では外観ではわずかに変色が見られたものの、断面はほとんど劣化しておらず、さらに膨潤や重量変化が少ないとても関わらず、1,000～2,500hrのオーダーでは明らかに強度が低下していることがわかる。その他の環境では強度の変化は顕著ではない。Fig. 6にはType Bの強度変化も示したが、充てん材（クレー）を加えないType Bについてはほぼ同様の強度低下挙動を示すが、Type Aに比べると少し遅い。

2.5 劣化挙動

以上のように、イオン交換水や塩化ナトリウム水溶液中では環境液の侵入による物理的な劣化以外はほとんど認められなかった。硫酸水溶液環境下では、外観上は表面においてわずかな色の変化しか見られないものの、1,000～2,500hrのオーダーでは明らかに強度が低下する。一方、硝酸や水酸化ナトリウム水溶液では、明らかに腐食層を形成しながら化学反応をともなって急激劣化していることが認められる。

3. フェノールコンポジットの腐食機構

フェノールコンポジットの腐食機構を明らかにするために、赤外分光分析（FTIR）及び電子顕微鏡内におけるエネルギー分散型X線分析（EDS）といった機器分析をType AのフェノールFRPの他、充てん材を抜いたType B、およびマトリックス樹脂のみのType Cについて行った。

3.1 FT-IR分析

特に化学反応を解析するために、島津製の“FTIR-8300”を用いてKBr法により測定を行った。クレー及びガラス繊維の影響を除くためType Cの結果を中心に述べる。各水溶液に浸せきした樹脂の表面を削りだしして測定した結果をFig. 7に比較する。

イオン交換水および塩化ナトリウム水溶液では長時間（2400hr）浸せきした樹脂を測定したところ、浸せき前と比べてほとんど差は認められなかった。

Fig. 8に10wt. %硫酸2400hr浸せき後のIR測定結果を浸せき前と比較したものを示す。硫酸水溶液環境下では、1600～1300cm⁻¹付近は水の影響を受けるためにわかりにくいが、1600, 1490, 1450cm⁻¹のC=C伸縮振動を基準にして考えると、わずかながら1220cm⁻¹付近のC-O-C逆対称伸縮、1020cm⁻¹付近のC-O-C対称伸縮のピークで減少が見られる。前者はフェノールのC-O伸縮ピークと重なるが、フェノール-OHの減少は考えにくいで、酸によるエーテルの開裂

が起ったものと考えることができる。

Fig. 9 に10wt. %硝酸960hr浸せき後のIR測定結果を浸せき前と比較したものを示す。硝酸水溶液環境下ではより短時間にもかかわらず大きな変化が認められる。先ず、 1520cm^{-1} 付近に ArNO_2 のN=O逆対称伸縮、 1350cm^{-1} 付近に対称伸縮ピークが観察され、このことよりニトロ化が生じていると考えられる。ピクリン酸と似たスペクトルであることより、複数のニトロ基が導入されていると思われる。また、硫酸と同様にエーテルの酸開裂も起きていると考えられる。

10wt. %水酸化ナトリウム水溶液では、激しい腐食挙動を示した割にはFig. 7 に示すスペクトルでは大きな変化は認められなかった。しかしながらその激しい腐食挙動を考えると何らかの化学反応をともなっていることが類推される。そこで環境液側の分析を試みた。環境液を濾過して固体を取り除いた後、ロータリーエバポレーターにて水分を除去したところ黄白色の固体が得られたので、乾燥後この析出物についてIR分析を行った。その結果をFig. 10に示す。 3300cm^{-1} 付近に幅の広いO-H伸縮、 3000cm^{-1} 付近にC-H伸縮、 1740cm^{-1} に脂肪族アルデヒドのC=O伸縮、 $1500\sim1400\text{cm}^{-1}$ にC=C環伸縮、 1200cm^{-1} 近傍にC-O伸縮、 870cm^{-1} にC-H面内変角に相当するピークが認められる。これらの結果から、フェノール樹脂は水酸化ナトリウム水溶液により原料のフェノールやアルデヒドに近いかなり分子量の小さい化合物単位に分解されて溶出しているものと考えられる。

3. 2 EDS分析

環境液の侵入挙動とガラスファイバーの劣化挙動を観察するために、日本電子製の走査型電子顕微鏡“JSM-5310LV”による試験片断面及びその中のガラスファイバーのミクロ観察、及び、同SEMに搭載された同じく日本電子製のエネルギー分散型X線分析装置“JED-2110X”を用いて試験片断面の元素分析を行った。

先ず、ガラスファイバーの劣化に着目して、1000倍程度のSEM観察およびガラスファイバーに含まれるSi, Al, Caの元素分析を行った。Type Bについてこれらの測定結果をFig. 11に示した。イオン交換水および塩化ナトリウム水溶液では長時間(2400hr) 浸せきしたType A, Bを測定したころ、浸せき前と比べてほとんど差は認められなかった。しかし、硫酸(2400hr) および硝酸(960hr) ではAlとCa元素が脱落しており、ガラス自体の劣化が起きている。Fig. 11に示したSEM像ではわかりにくいが、特に硫酸環境ではガラスファイバーにクラックを生じている。10wt. %水酸化ナトリウム(18hr) の場合にはガラスファイバー径の減少が明らかに見られるものの、Si, Al, Ca元素については明らかな減少は認められず、表面から溶出しているものと考えられる。なお充てん材を含むType Aについてもほとんど同様の傾向が得られた。

試験片断面全体への環境液の侵入挙動を調べるために、低倍率(50倍)にて環境液の元素(硫酸のSと水酸化ナトリウムのNa)について分析を試みた。Fig. 12と13にもその結果を示す。図の左端が接液面、右端がほぼ中央となるように断面を分析したもので、上段は強化纖維及び充てん粒子が白く写る電子顕微鏡の反射電子像(BEI)、下段がSおよびNaのマッピング像である。

Fig. 12は硫酸の場合であるが、樹脂のみのType Cでは全くといって良いほどS元素の侵入は認められないのに対して、Type Bでは表面近く数百ミクロンまで強化纖維に沿って侵入が認められ、Type Aに至ってはほぼ中央付近まで硫酸が侵入していることがわかる。したがって、強化纖維に沿って環境液は侵入しており、さらに充てん粒子が存在するとその速度は飛躍的に加速していることが認められる。

水酸化ナトリウムについて分析したFig. 13を見てもほぼ同様の傾向が見られる。Type Cでは $100\text{ }\mu\text{m}$ 程度の侵入層が形成されているが、Type Bでは強化繊維の存在によって少し内側まで侵入している部分があり、Type Aではかなり奥まで侵入していることが認められる。

3. 3 フェノールコンポジットの腐食機構

以上の結果から、フェノールコンポジットにおける各種環境下での腐食機構をまとめると以下のように結論する事ができる。

純水あるいは中性電解質水溶液環境下では、基本的に良好な耐食性がある。

硫酸水溶液環境下では、マトリックスは酸による分解がないとは言えないが、それよりもむしろガラスファイバーの劣化がコンポジット全体の劣化を支配する。

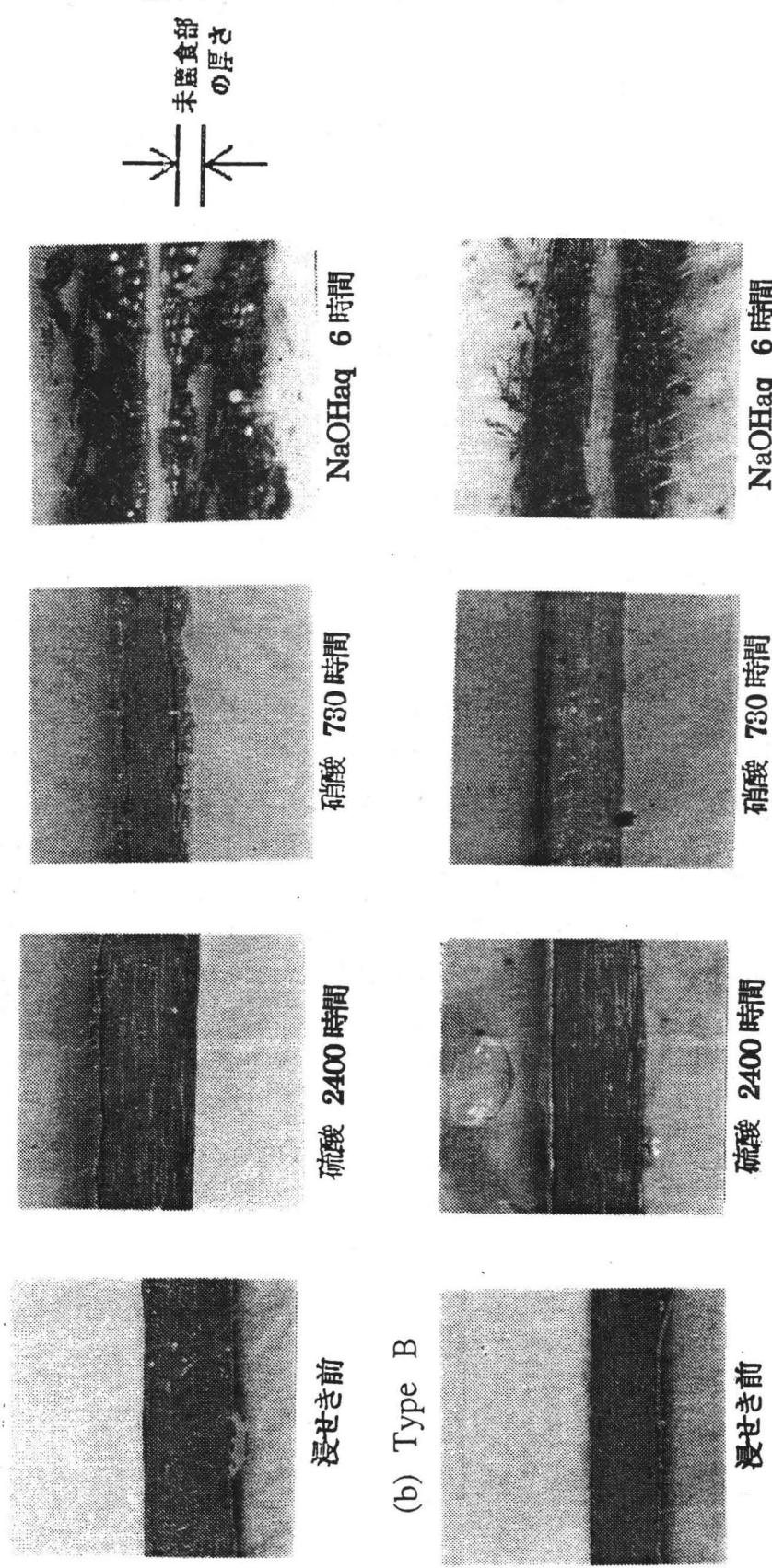
一方、硝酸水溶液環境下では、硫酸の場合とは逆にマトリックスがニトロ基による置換反応によって低分子化して劣化する。

また、水酸化ナトリウム水溶液では数時間で強度がほとんどなくなるような非常に激しい劣化が起こる。IRによる分析だけでは反応自体は性格にはつかめなかったが、マトリックス樹脂はその原料であるモノマーに相当するような単位に分解されるのと同時に、ファイバーについても環境液によって溶解されて減肉しており、両者の原因で劣化するものと考えられる。しかしながら、コンクリートなどで出現すると考えられるpH11程度の場合には数千時間程度の範囲では顕著な劣化は見られなかった。

フェノールコンポジットはその成形性を改良するためや特徴としての難燃性を助長するため、あるいはその他の理由でクレーなどの充てん材が配合されるが、酸・アルカリ環境のいずれにしても、その環境液の拡散侵入を加速するために充てん材の存在は負の効果が大きい。

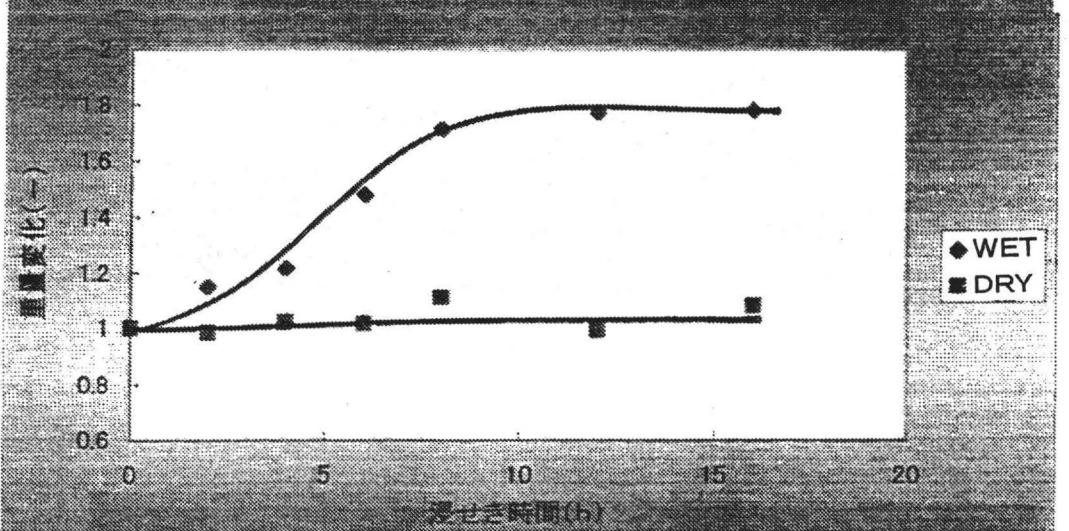
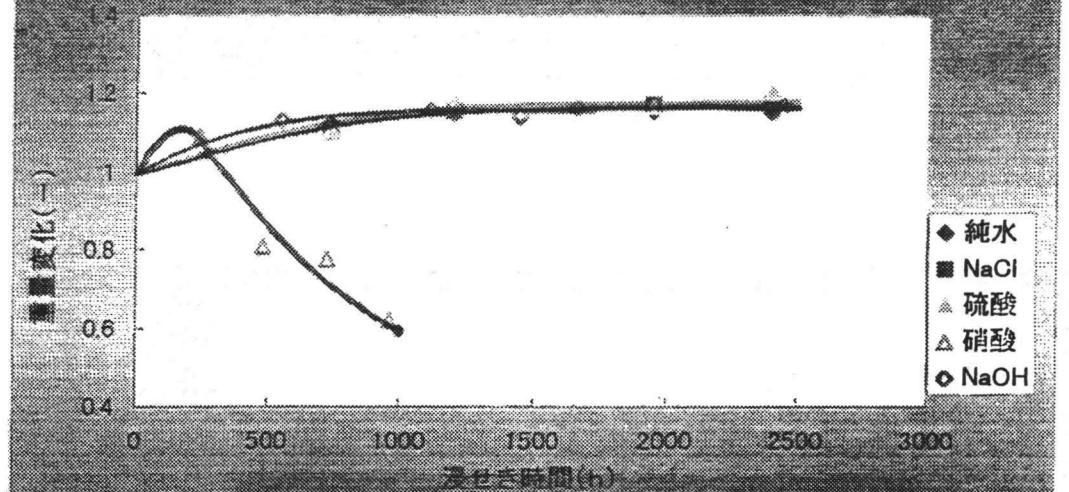
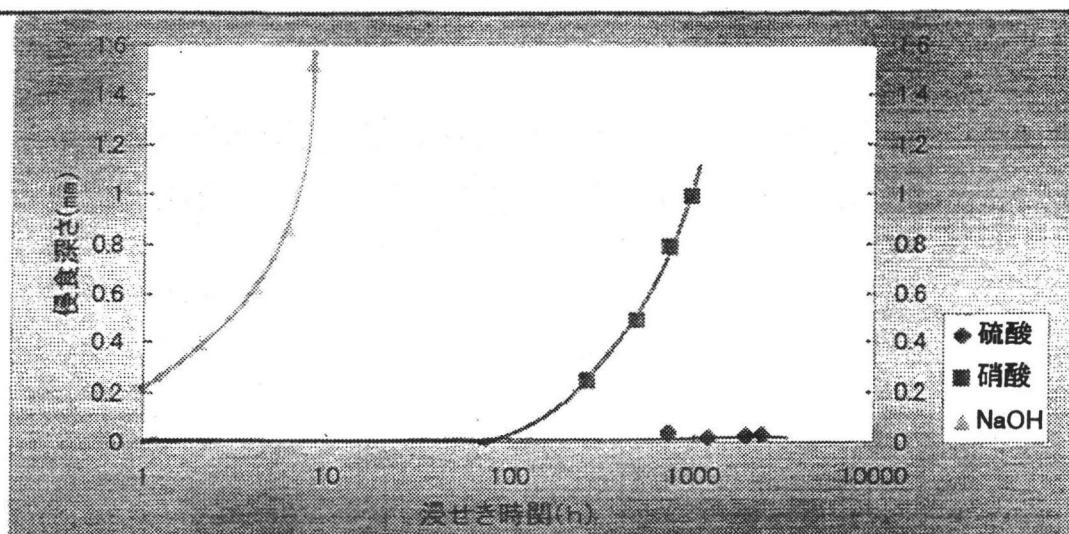
以上のことまとめると、フェノールコンポジットは、海水環境や塩水環境で使われる建築構造物に対しては、その難燃性や有害な煙が発生しにくいといった特徴から、鋳びる金属の代替材料として非常に有望であるが、まだ化学装置やその他の酸・アルカリ環境において使用するには限界があるといえる。特に強アルカリ環境では非常に激しい劣化を起こすことに注意する必要があるといえよう。

(a) Type A



(b) Type B

Fig.1 断面観察結果 (a) Type A, (b) Type B



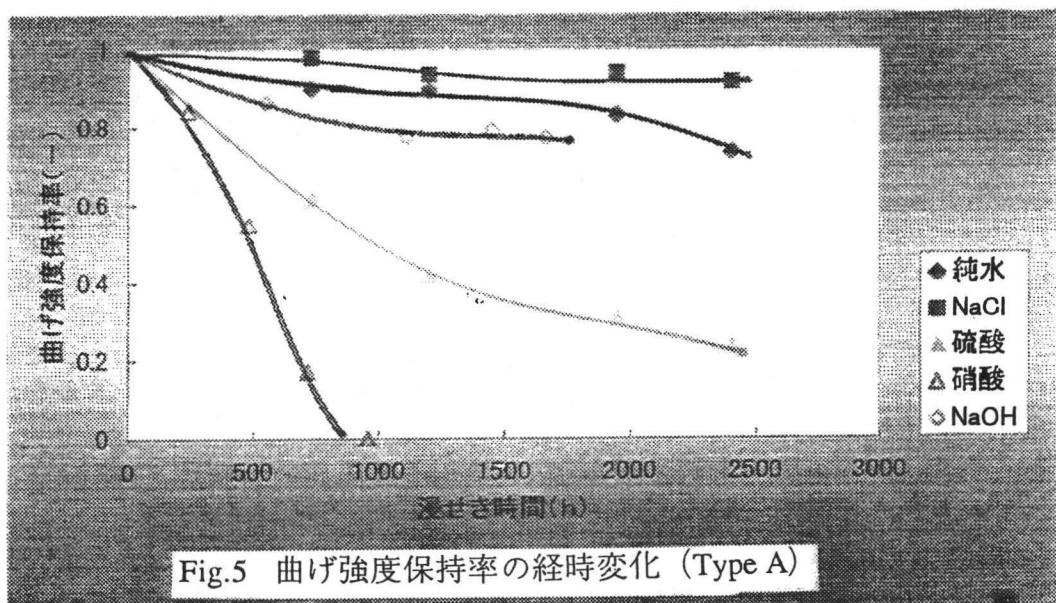


Fig.5 曲げ強度保持率の経時変化 (Type A)

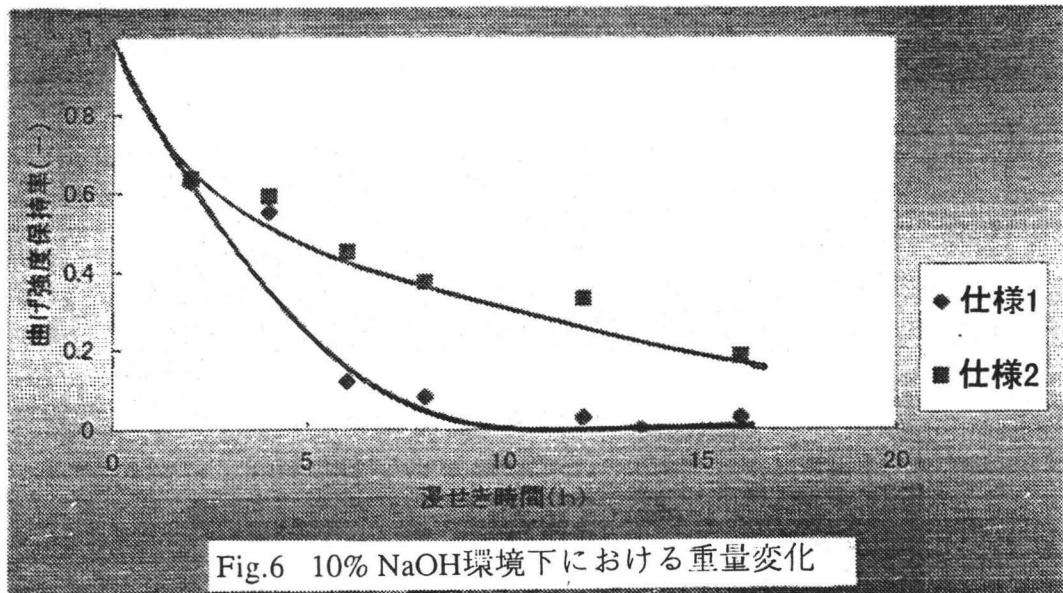


Fig.6 10% NaOH環境下における重量変化

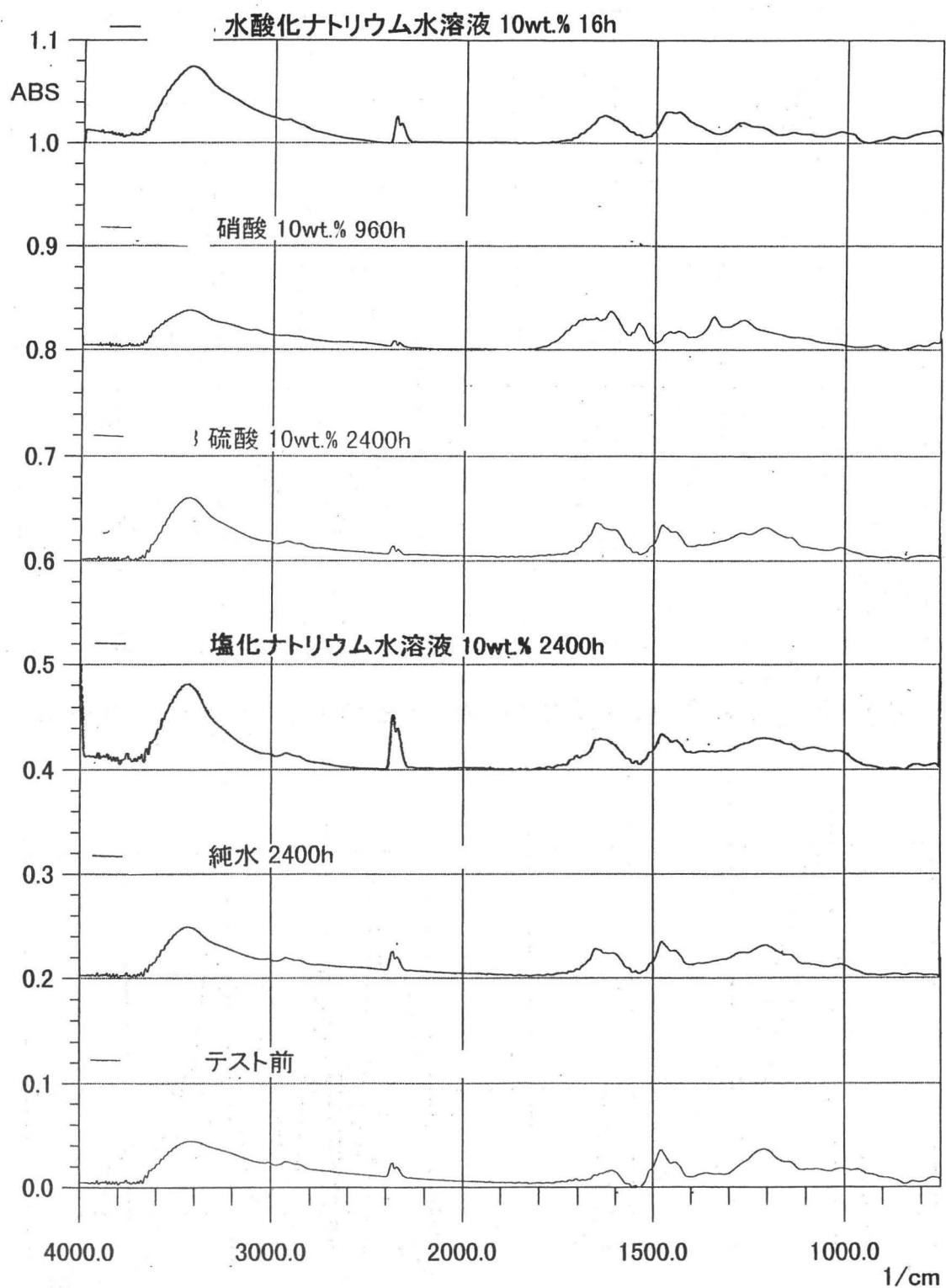


Fig.7 試験片表面のFT-IRスペクトル (Type C)

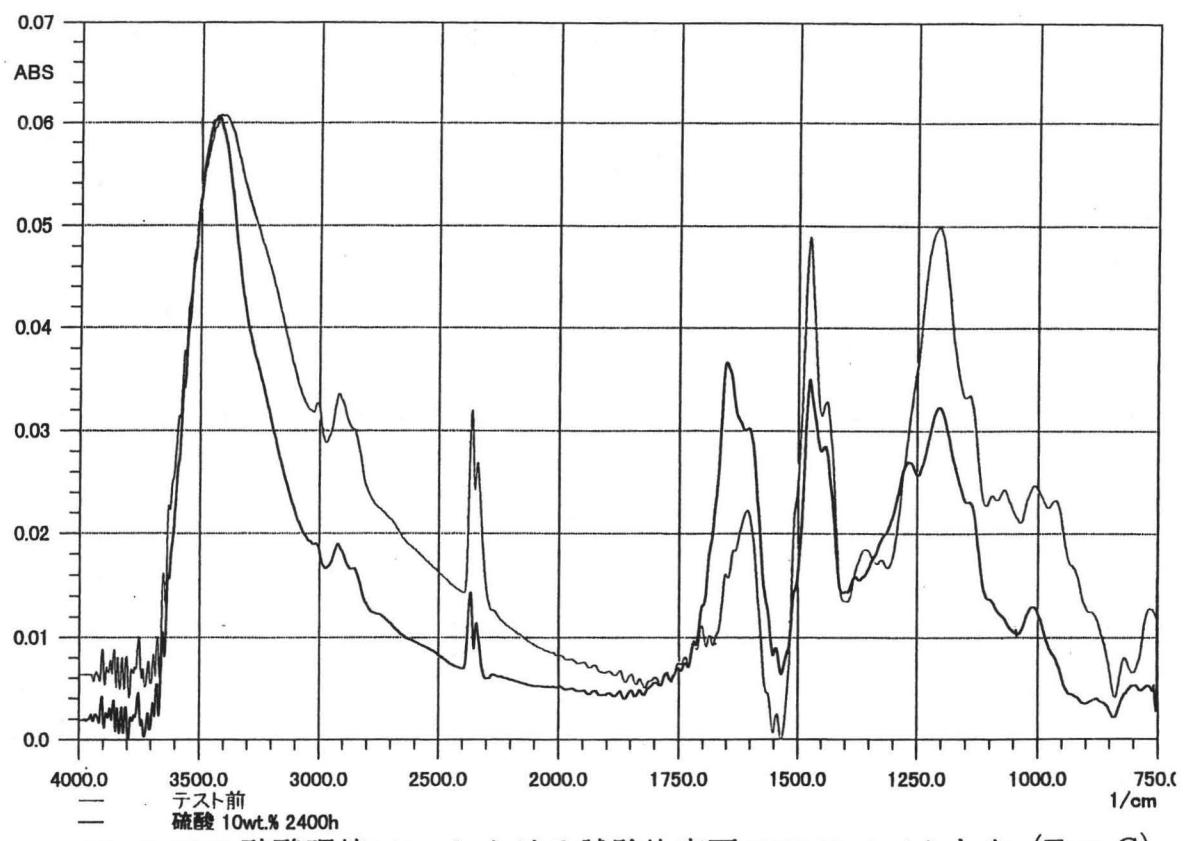


Fig.8 10% 硫酸環境2400hにおける試験片表面のFT-IRスペクトル (Type C)

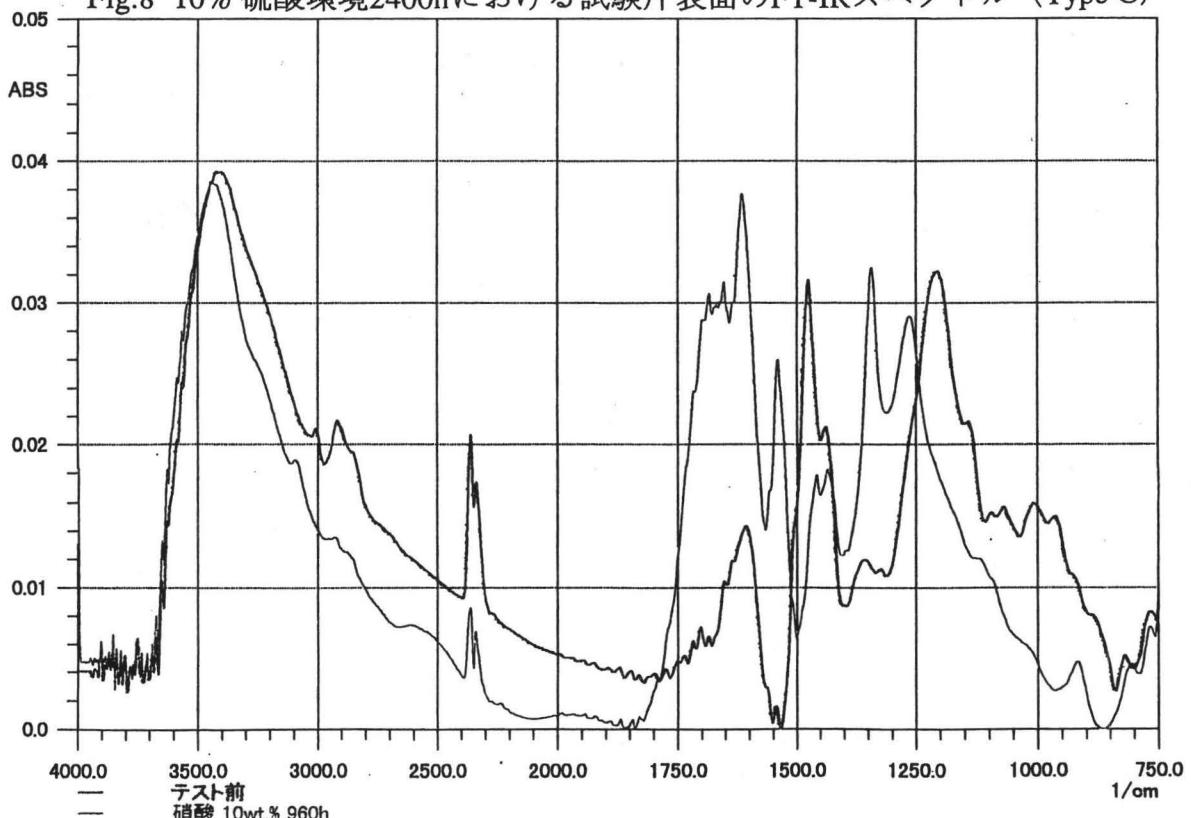


Fig.9 10% 硝酸環境960hにおける試験片表面のFT-IRスペクトル (Type C)

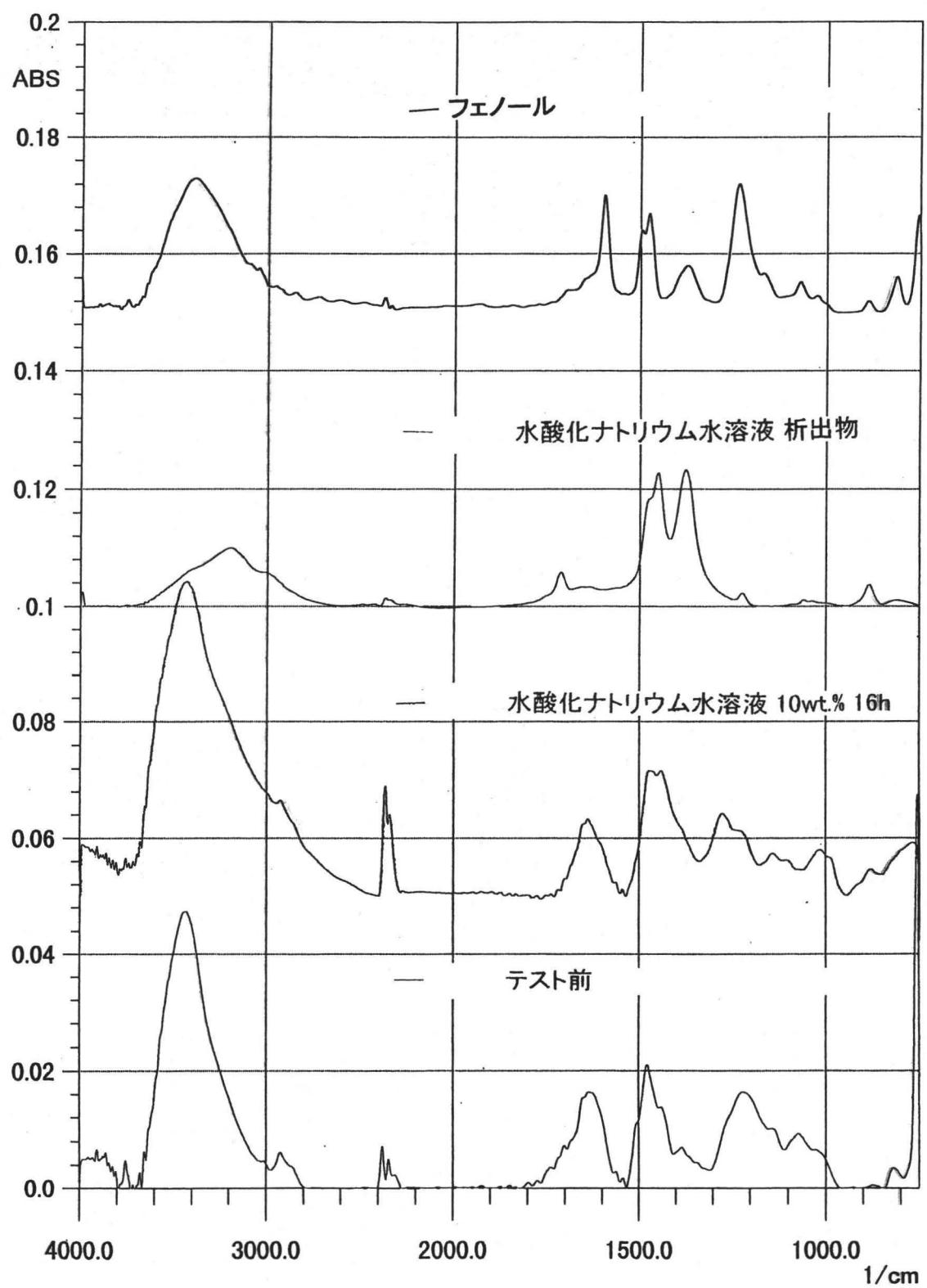
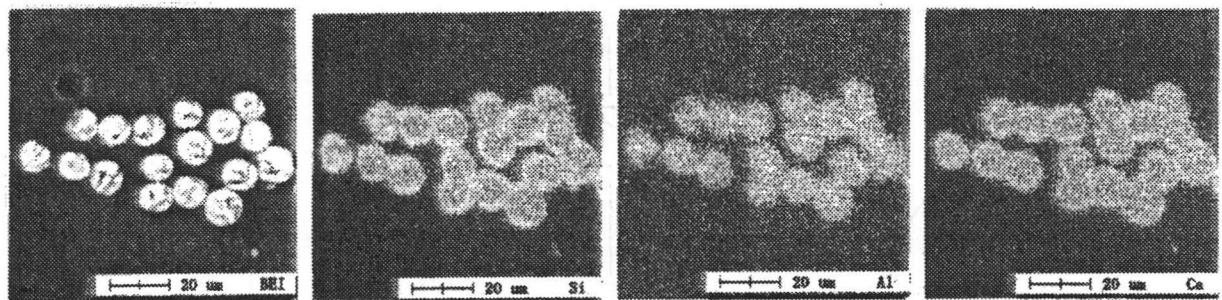
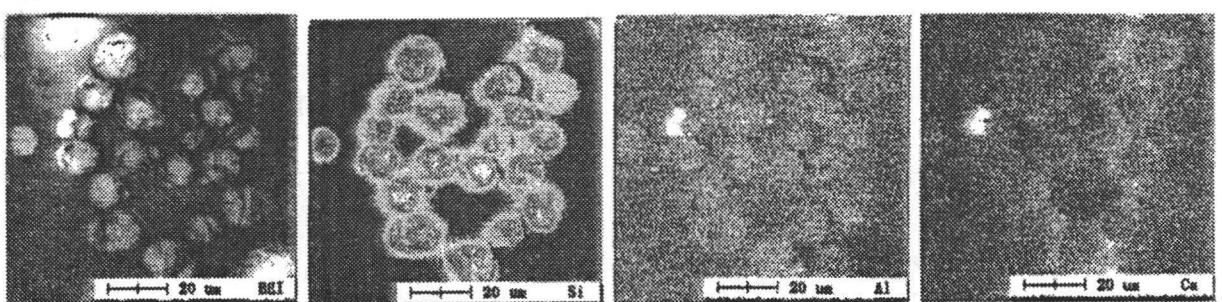


Fig.10 10% NaOH環境下における試験片表面、環境液析出物のFT-IRスペクトル (Type C)

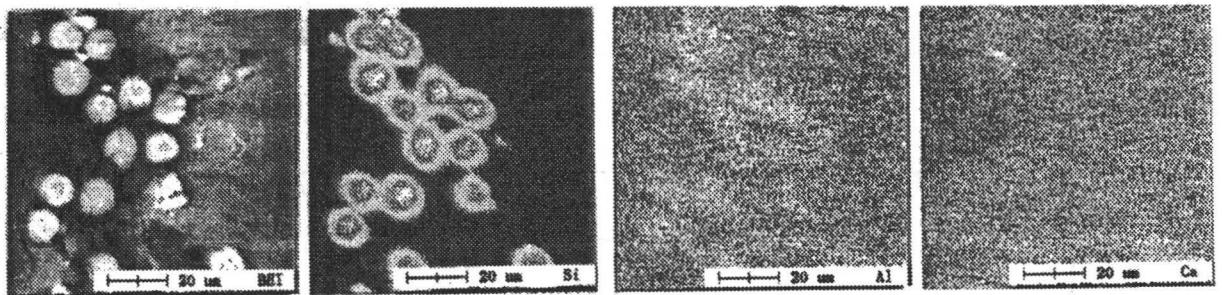
(a) Before test



(b) H₂SO₄ 2400 h



(c) HNO₃ 960 h



(d) 10wt.% NaOH 18 h

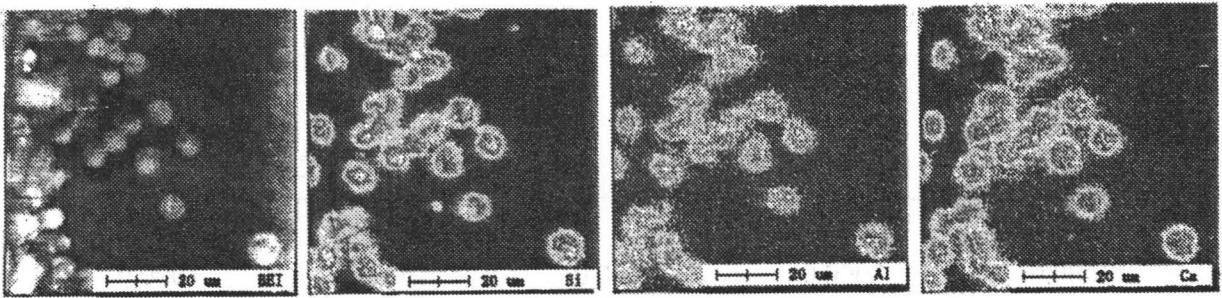


Fig.11 ガラスファイバー近傍のSEM観察およびSi, Al, Ca元素分析結果 (Type B)

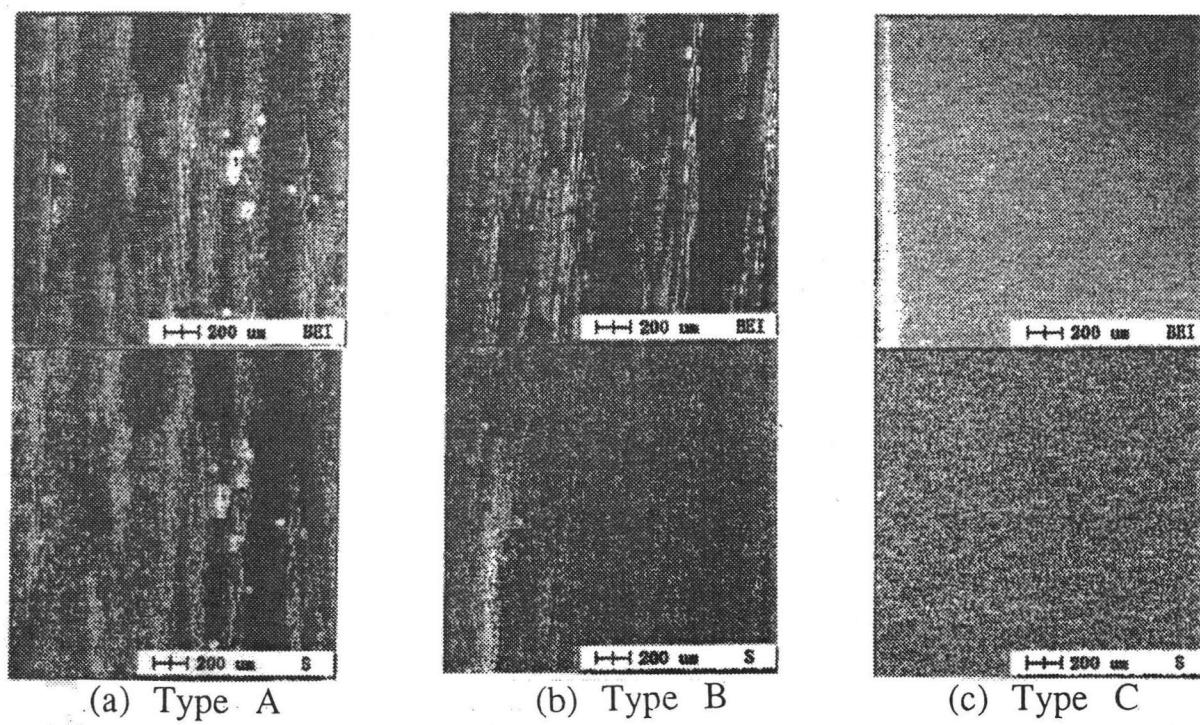


Fig.12 10% 硫酸環境の侵入挙動 (2400 h, 上段; SEM, 下段; S元素)

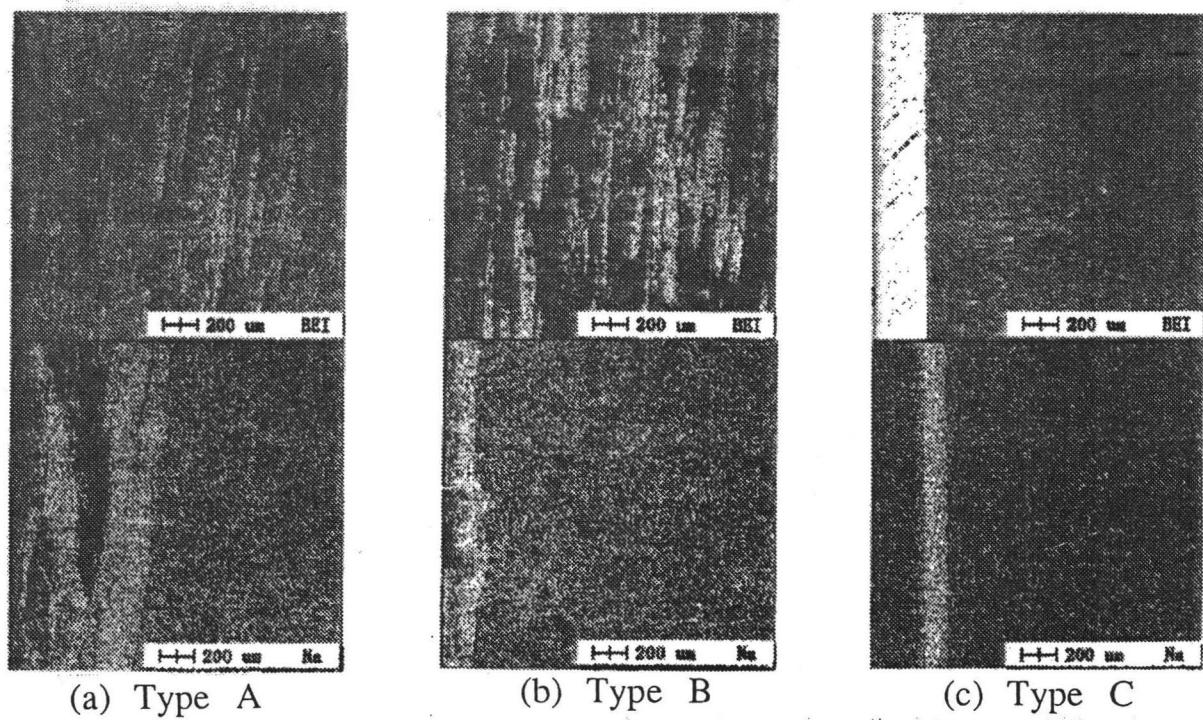


Fig.13 10% NaOH環境の侵入挙動 (4 h, 上段; SEM, 下段; Na元素)

1-12 快適な室内空間のための高機能性調湿材料の開発

東京工業大学 工学部無機材料工学科
教 授 岡 田 清

1. 本研究の背景と目的

近年、オフィスビルや個人住宅の室内環境を快適にする目的から空調設備が普及し、その利用率が高くなっている。室温を適切に制御する目的とその省エネルギー的な観点から内装・外装建材の性能向上が図られ、その結果として従来型の日本式建造物の室内環境と比べ気密性が高く、逆にいえば、換気性が悪くなつた。この変化は、したがつて、夏には高温・多湿で冬には低温・乾燥と四季の気候がはっきりした風土に対応するため和風建築に求められていた自然換気による住空間の過ごしやすさを犠牲にしていることになる。このように室内空間を高気密化したことにより、空調による極端な湿度変化や外気温との温度差による結露などの問題が顕在化している。また、合成建材に使用されるホルマリンなどの有害な有機系溶剤などに基因した、いわゆる“シックハウス症候”なる現象をもまねいている。室内空間の居住性を適切に管理し、快適かつ健康に過ごせるようにするために、空調による室温の制御・管理に加えて室内の湿度制御や空気浄化がもう一つの重要な住環境因子となってきた。このような現状のニーズに対して、本申請者らが開発した選択溶解法により作製した多孔質材料は、従来の乾燥剤とは違い、室内空間を一定の湿度範囲に調湿する機能を有する多孔質材料として期待できると考えた。

そこで本研究では、天然に多産する資源である粘土鉱物のカオリンを用い、種々の調製条件のもとで選択溶解法により γ -アルミナ多孔体とシリカ多孔体とを作製して、それらの細孔特性と水蒸気の吸着特性を調べ、望みの調湿機能を有する多孔体開発のためのデータ蓄積とその基本的な材料設計指針を得ることを研究の目的とした。

2. 研究の方法

これまでに、天然に多産するカオリン鉱物 ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) を出発原料として用い、約1000°Cに加熱処理したものをアルカリ水溶液で選択溶解処理すると、細孔半径が約3nmで細孔容積が約1.0 ml/gに達する γ -アルミナ多孔体が作製できることを見いだしている。この多孔体の水蒸気吸着特性を予察的に調べた結果、相対湿度が低いときには吸着量が少なく、80%付近から急に吸着量が大きくなり、90%では吸着水分量が約50%に達することが分かった。一方、脱着時の水分の放出は70%付近から急に進みヒステリシスを示すことから、この材料は室内の湿度を適切な範囲に調整する調湿機能を有していると考えた。

そこで、以下の方法でさらに詳細に検討することとした。

- (1) 試料の調製条件：出発原料、焼成条件、選択溶解条件について種々検討し、多孔体を調製する。
- (2) 細孔特性：調製した多孔体について、ガス吸着量 (N_2 , Ar) 測定により比表面積 (BET法) 、細孔容積 (BET法, DR 法, t-プロット法) 、細孔径 (BJH法, HK法) などの細孔特性を調べる。
- (3) 吸着特性：水蒸気の吸着量測定により調湿性能を調べるとともにその他の化学吸着量測定から多孔体の表面特性についても検討する。
- (4) 総合評価：これらの基礎的なデータから細孔特性と吸着特性の相関性を調べ、調湿材料に必要な材料設計の基本的な指針を総合的にまとめること。

3. 研究の計画と結果

カオリンから選択溶解法により多孔体を作製する方法では、熱処理温度を900°C以上することにより γ -アルミナ多孔体を、一方、それ以下の熱処理温度ではシリカ多孔体が作製できると考えられる。そこで、以下の計画に沿って下に示す2つの多孔体の作製を試み、それらの細孔特性と吸着特性とを調べ、調湿材料としての可能性について調査する計画を立てた。

(1) 選択溶解法 γ -アルミナ多孔体

[研究計画]

数種類のカオリン族鉱物の中でカオリナイトとハロイサイトとを出発原料として、選択溶解法で作製する多孔体の細孔径の大きさと関連性の高いと思われる因子（加熱処理温度、時間、エッティング液濃度）についてより詳しく検討し、その調製可能な細孔径の範囲を調べるとともにそれらの多孔体の水蒸気吸着特性を調査することを計画した。

[研究結果]

まず、上記2種類の出発原料をそれぞれ950°Cで24時間熱処理して各形骸粒子中に γ -アルミナの微粒子を析出させた微細組織を形成させた後、これらを0.5~4M濃度のKOH水溶液を用いて種々の温度・時間にわたり選択溶解処理して多孔体を作製した。その結果、図1に一例を示すように得られた多孔体の細孔径分布には出発試料による明らかな違いが認められた。つまり、結晶性の良い六角板状のカオリナイト（米国ジョージア産）を用いた方が結晶性の劣る管状形態のハロイサイト（中国蘇州産）を用いるよりも明らかにより均一な細孔径分布を有する多孔体が作製できることが分かった。

そこで、カオリナイトを用いてさらに加熱処理条件が多孔体の細孔特性に与える影響を詳しく検討することとした。熱処理温度は900~1100°Cで保持時間は6~24時間の範囲で変化させ、その後、0.5~4M濃度のKOH水溶液を用いてこれを選択溶解処理して γ -アルミナ多孔体を作製した。その結果、図2に示すように900~1050°Cの熱処理温度範囲では数nmの細孔径を有する γ -アルミナ多孔体が作製でき、その細孔径は加熱処理温度を高くするほど少し小さくなる傾向を示すことが分かった。現在、それらの水蒸気吸着特性については詳しく検討中であるが、高温で熱処理した試料の方が細孔径が少し小さいので、後述する結果から考えてより低相対湿度から凝縮による吸着量の増大が期待できる。

図3に950°C 24時間熱処理試料を4MのKOH水溶液中で60、70、90°Cで各1時間選択溶解処理して作製した各 γ -アルミナ多孔体の25°Cでの水蒸気吸着-脱着等温線を比較して示す。各試料の等温線は基本的に同じパターンをしており、低い相対圧（相対湿度）での上に凸の吸着

等温線と高い相対圧領域における急峻な吸脱着量の変化およびそれらがヒステリシスを示した。これらの特徴は、IUPAC分類によるⅡ型のタイプに分類され、メソ細孔多孔体に特異的に見られる吸脱着パターンである。水蒸気の吸着量は相対圧が約0.7までは最初の立ち上がりを除くと穏やかに増加するだけであるが、それ以上の相対圧では急激に吸着量が増加した。これは、細孔表面に吸着する水蒸気が低い相対圧下で速やかに単分子吸着層を形成した後、相対圧の上昇とともに徐々に多分子層吸着してその層厚さが増し、相対圧が約0.7付近からは毛細管中の吸着層の凝縮による液相の水が形成され、著しく吸着量が増加したと解釈される。このように凝縮により吸着量が増加した結果、相対圧0.9では最大吸着量は約600ml/gで50%以上の水分率に達した。図1(a)の細孔径分布のデータと比べると、約3nmの細孔半径のピークが大きくなるにつれてこの凝縮による吸着量の増加が著しくなるよう変化していることが明らかである。つまり、メソ細孔の約3nmの大きさの細孔の容積量が大きくなるほど吸着量が大きくなることになり、一方、本試料中に形成された細孔径の大きさがそろっていることが急峻な吸着等温線の相対圧変化に対応していると考えられる。

凝縮により吸着量が急激に増大する相対湿度と細孔径の関係については、毛細管中の水蒸気の凝縮に対して提案されているKelvin式を用いて検討してみた。

$$\ln(P/P_0) = (\gamma V_L/R T) (1/r_{av}) \quad (1)$$

$$1/r_{av} = 1/r_1 + 1/r_2 \quad (2)$$

ここで、 P/P_0 は水蒸気の相対圧、 γ は液体（この場合は水）の界面エネルギー、 V_L は吸着質の液相のモル体積、Rはガス定数、Tは絶対温度、 r_{av} は細孔の平均曲率半径である。 r_{av} は両端が開放した円筒形状を仮定すると(2)式のように表される。ただし、 r_1 と r_2 は吸着により毛細管凝縮が開始するときには r_1 が円筒の半径方向、 r_2 が長手方向の曲率半径に対応することになるが、脱着時には両方とも円筒の半径方向の曲率半径に対応する。このため、吸着により細孔内で毛細管凝縮が始まるときには、 $r_2 \gg r_1$ なので(2)式は $1/r_{av} = 1/r_1$ と近似できるのに対して、脱着時には $1/r_{av} = 2/r_1$ となる。いま、この試料の細孔径の最頻値3nmを r_1 と置いて、そのときの凝縮開始の相対湿度と蒸発開始の相対湿度とを上式から計算すると、それぞれ84%および71%となった。一方、図3から吸脱着等温線の中点の相対湿度を求めるところぞれ83%および70%となり、細孔径分布の最頻細孔径の大きさから計算して得られた前者の値とよく一致した。この結果から、多孔体の細孔径が分かれれば、凝縮開始の相対湿度と蒸発開始の相対湿度とを Kelvin式から計算により見積もれることが明らかとなった。

水蒸気の吸着・凝縮には、前述したように多孔体の細孔径のもつ幾何学的な因子（物理的因子）が関係していることは明らかであるが、多孔体の表面性（化学的因子）にも影響を受けることが考えられる。最近、Inagakiら(1997)はメソ細孔を有するシリカ多孔体が非常に大きな水蒸気吸着を示すことを報告しているが、吸脱着を繰り返すと2回目以降は著しく吸着量が低下することを報告している。これは、シリカ多孔体の表面が疎水的であり、1回目の吸着により表面にシラノール基(Si-OH)が生成し、それが容易に脱着しないために起きる現象と解釈できる。このように疎水性の表面を持つ多孔体では安定した繰り返し吸脱着特性は期待しにくいことになる。これに対して、本研究で取りあげているγ-アルミナ多孔体は、アルミナが典型的な親水性物質であることからメソ細孔シリカ多孔体のような繰り返しによる吸脱着量の変化は起こらないと予想できる。これを確かめるため、本試料でも繰り返し吸脱着測定を行ってみたが、予想通り繰り返しにともなう吸脱着量の変化は全く認められず、安定した調湿機能を

持つことが明らかとなった。

以上のように、選択溶解法 γ -アルミナ多孔体はこれまでにない新規な調湿材料として期待できることが明らかとなったが、図2で明らかなように熱処理温度を変化させた際に調節可能な細孔径の範囲はあまり広くなく、これまでのところ最小細孔半径が2.5nmまでのものしか得られない。この細孔半径に対してKelvin式から見積った凝縮および蒸発の開始相対湿度はそれぞれ81%および66%である。この値は人間が快適に感じる平均的な相対湿度範囲の50~70%と比べ、相対湿度範囲が少し高い。幾何学的な細孔径の大きさだけからその湿度範囲を実現するために必要な細孔径の大きさをKelvin式から逆に求めると1.5nmになる。しかし、当然のこととして、細孔径が小さくなると細孔容積が低下するため、このままでは吸着量は低下してしまう。このパラドックスを解決できる可能性のある一つの方法は、多孔体の表面で水蒸気の凝縮が起こりやすくなるように表面処理により化学的因子を変化させることが考えられる。実際、洗浄方法を変えて選択溶解法 γ -アルミナ中に残留するKOH量を変えた試料を作製し、それらの吸着等温線を調べてみた。その結果、Kイオンの残留量が増えるにしたがい凝縮の開始相対湿度が5%程低くなり、その有効性が確認された。

以上の結果を総合すると、選択溶解法 γ -アルミナ多孔体は比較的単純なプロセスで多孔体が作製でき、かつ、その吸着特性は調湿材料に要求される要件をかなりの程度クリアしており、調湿機能材料として期待できることが明らかとなった。また、その調湿機能は細孔の物理的因子だけでなく表面の化学的な因子を制御することによっても変化させ得ることが明らかになった。

(2) 選択溶解法シリカ多孔体

[研究計画]

選択溶解法で γ -アルミナ多孔体上を作製するより低い温度条件で加熱処理するとカオリナイトの結晶水の脱水により無水物で非晶質体のメタカオリンが生成する。選択溶解法の基本的な作製プロセスは同じであるが、これを酸で選択溶解処理すると、アルミナ成分が溶解してシリット状細孔を持つシリカ質の多孔体が得られる可能性が考えられた。そこで、この方法で多孔体の作製を試み、その多孔体特性を調べ、調湿材料としての可能性について検討した。

[研究結果]

カオリナイトを400~1000°Cで加熱処理した試料を20mass%、90°Cの硫酸水溶液で選択溶解処理したところ、処理時間を増すにつれて急速にアルミナ成分が溶出してシリカ成分が相対的に濃縮し、1.5時間以上の処理時間で予想通りシリカ質の組成に変えられることが分かった。そこで、得られた各試料の細孔特性について検討したところ、組成がシリカ質に変化した各試料では比表面積は約400m²/gで、吸着等温線のパターンはIUPAC分類によるI型となった。このことから、多孔体はミクロ細孔を有することが示唆された。実際、通常よく用いられるBJH法ではこの試料の細孔径分布は測定できなかった。そこで、低真空対応型のガス吸着装置を用いて測定したArガス吸着等温線のデータをHorvath-Kawazoe(HK)法により解析した。その結果、この細孔の大きさは約0.6nmで、シャープな細孔径分布を持っていることが分かった。吸着特性については現在検討中であるが、細孔の大きさから(1)の試料と比べてずっと低い相対湿度から毛細管凝縮が始まることが予想され、調湿材料としては適していないと考えられた。

4. 今までに得られた成果

本研究では、2つの多孔体を選択溶解法により作製し、その細孔特性と水蒸気吸着特性について検討した。その結果、(1)の多孔体では選択溶解法の調製条件（出発試料、熱処理、選択溶出処理）を検討することによりある程度の範囲で細孔径の大きさを制御できることが分かった。この細孔径のチューニングによりどれだけ水蒸気の吸着特性が変化するかについては現在も検討中であるが、調湿材料としてかなり期待がもてる結果といえる。また、吸着・脱着の繰り返しに対する安定性についても調べた結果、シリカ系多孔体で見られるような吸脱着の繰り返しにより吸着量が低下する問題は起きないことが分かった。しかし、凝縮および蒸発の開始相対湿度をさらにもう少し低く制御できるようにすることが望まれる。今後、細孔径を小さく制御できた試料についてさらに詳しく水蒸気吸着特性を測定・調査していく予定である。

一方、(2)の多孔体は(1)のようなメソ細孔でなく、ミクロ細孔を持つことが判明した。この結果、この多孔体がゼオライトに似たI型の吸着特性を持つ可能性を示唆している。ただし、ゼオライトとは細孔の形状が異なり活性炭に似たスリット状の細孔を有することから、疎水性の活性炭と細孔形状は似ているが表面の化学性状が全く異なる新しいタイプの吸着材料として期待できる。

5. これから期待される成果

(1)の多孔体については、細孔径の微細制御による水蒸気吸着-脱着領域、つまり調湿できる相対湿度範囲のチューニング機能が求められるが、これまでの細孔特性の調査結果から、それがある程度は可能であると考えられる。また、このような物理的な条件だけでなく、本研究で残留K量により吸着特性が変化することが明らかとなった。そこで、この結果をもっと積極的に取り入れ、塩化カルシウムや硝酸カルシウムのような吸湿性化合物を細孔中に含浸させる化学的な表面修飾法をこの多孔体に施すことによりさらに広い相対湿度範囲に対する調湿機能の実現が可能になることが期待される。

一方、(2)の多孔体についてはベンゼン環を持った芳香族有機分子などの形状異方性の大きな分子の特異吸着材料への適用が期待できる。これについては今後の研究課題としたい。

6. 残る問題点と対策

〔問題点〕

前項で既に言及したように、調湿材料に期待される性能としては、(i) 調湿可能な相対湿度ゾーンが広い湿度範囲にわたって可変である、(ii) 調整可能な吸脱着量が大きい、(iii) 吸脱着の繰り返しに対する変化が少ない、(iv) 低成本で製造できる、などの諸特性が要求される。本研究で検討した選択溶解法 γ -アルミナ多孔体は、いずれの項目についてもある程度要求をクリアしているとも言えるし、一方では、それぞれに対してさらにレベル向上が望まれることも確かであり、それが問題点と言える。

〔対策〕

それぞれの項目について程度の差はあれレベルアップの実現はそれほど容易ではない。(i)と(ii)に対する対策としては、吸湿物質の含浸による表面化学修飾によりこれまでよりも性能

向上が期待できる。一方、(iii)についてはシリカやゼオライトと比べ、 γ -アルミナは強い親水性表面を有していることから問題は無いと考えられ、実際この多孔体ではそのような吸着量の変化は観察されていない。しかし、長期にわたる繰り返しに対する耐性については明らかではないので、対策として、今後吸着等温線の繰り返し測定をさらに検討する必要があるかも知れない。(iv)については、本申請研究の研究成果が得られた後、さらに実用化を検討していく次のステップでは一番大きなハードルとなる事柄であろうと認識している。しかし、現状では選択溶解条件の一部についてその対策を開始しているだけで、あまり特段の対策は考えていない。

7. 研究発表の実績及び予定

◎ 研究論文（一部研究期間外の分も含む）

- (1) K. Okada, H. Kawashima, Y. Saito, S. Hayashi and A. Yasumori, "New Preparation Method of Mesoporous γ -Alumina by Selective Leaching of Calcined Kaolin Minerals", J. Mat. Chem. 5(1995)1241.
- (2) 前田雅喜、王新江、大橋文彦、渡村信治、岡田清 “中国産カオリナイト質粘土を選択溶解して調製したメソポア材料の水蒸気吸着特性”、粘土科学、36(1996)188.
- (3) Y. Saito, S. Hayashi, A. Yasumori and K. Okada, "Effects of Calcining Conditions of Kaolinite on Pore Structures of Meso-porous Materials Prepared by the Selective Leaching of Calcined Kaolinite", J. Porous Mat. 3(1996)233.
- (4) K. Okada, Y. Saito, M. Hiroki, T. Tomita and S. Tomura, "Water Sorption on Mesoporous γ -Alumina Prepared by the Selective Leaching Method", J. Porous Mat. 4(1997)253.
- (5) Y. Saito, T. Motohashi, S. Hayashi, A. Yasumori and K. Okada, "Thermal Resistance of γ -Alumina Prepared by the Selective Leaching of Calcined Minerals", J. Mat. Chem. 7(1997) 1615.
- (6) 岡田清 “天然資源を用いた素材研究—選択溶解法によるカオリンからの γ -アルミナ多孔体の作製—” 秋田大学素材資源システム研報告、62(1997)49.
- (7) K. Okada, A. Shimai, S. Hayashi and A. Yasumori "Preparation of Microporous Silica from Metakaolinite by Selective Leaching Method", Micropor. Mesopor. Mat. (1998) in press.
- (8) K. Okada, A. Shimai, S. Hayashi A. Yasumori and K. J. D. MacKenzie, "Characterization of Microporous Silica Prepared by Selective Leaching of Calcined Kaolinite:Effect of Leaching Time" Proc. 9th CIMTEC(1998) in press.

◎ 学会発表（研究期間中）

- (1) 本橋隆行、亀島欣一、安盛敦雄、岡田清 “選択溶解法により作製した γ -アルミナ多孔体の耐熱性”、日本セラミックス協会関東支部、御宿 (1996)
- (2) 岡田清、広木均典、齋藤吉俊、渡村信治、“選択溶解法 γ -アルミナ多孔体の水蒸気吸着特性”、第40回粘土科学討論会、東京 (1996)
- (3) 前田雅喜、王新江、大橋文彦、渡村信治、岡田清、“選択溶解した中国産カオリナイトの水蒸気吸着特性”、第40回粘土科学討論会、東京 (1996)
- (4) K. Okada, Y. Saito, T. Motohashi, S. Hayashi and A. Yasumori "Thermal Resistance of γ -Alumina by Selective Leaching Method" Joint Fall Meeting of ACS and JCS, San Antonio

(1996)

- (5) K. Okada, K. J. D. Mackenzie and J. S. Hartman, "Chemical Composition Analysis of Spinel-Phase in the Kaolinite-Mullite Thermal Sequence by NMR Spectroscopy", Annual Meeting and American Ceramic Society, Cincinnati(1997)
- (6) K. Okada, T. Tomita, M. Hiroki and Y. Saito, "Sorption Properties of Mesoporous γ -Alumina Prepared by Selective Leaching of Calcined Kaolin Minerals", 11th International Clay Conference, Ottawa(1997)
- (7) K. Okada, A. Shimai, S. Hayashi and A. Yasumori, "Preparation of Microporous Silica from Metakaolinite by Selective Leaching Method", Zeolite Microporous Crystals 98, Tokyo (1997)
- (8) 富田崇弘、林滋生、安盛敦雄、岡田清 “選択溶解法 γ -アルミナ多孔体への種々の溶媒の吸着”、日本セラミックス協会関東支部、那須 (1997)
- (9) 前田雅喜、鈴木正哉、大橋文彦、渡村信治、岡田清、 “選択溶解した中国産カオリナイトの水蒸気吸着特性（その2）”、第41回粘土科学討論会、福井 (1997)
- (10) 島井曜、林滋生、安盛敦雄、岡田清 “カオリンの選択溶解法により調製したシリカ多孔体の細孔構造”、日本セラミックス協会秋季シンポ、長野 (1997)
- (11) 島井曜、安盛敦雄、岡田清 “選択溶解法により作製したシリカ多孔体の吸着特性”、日本セラミックス協会年会、習志野 (1998)
- ◎ 特許 (関連)
特願 平6-61349 「 γ -アルミナ多孔体の製造方法」

8. 実用化計画

選択溶解法 γ -アルミナ多孔体については、将来的な課題として工技院名古屋工業技術研究所グループと内装建材としてのコスト面を考慮した多孔体作製法について共同研究を行っているが、まだ、実用材料的なコストレベルには達していない。

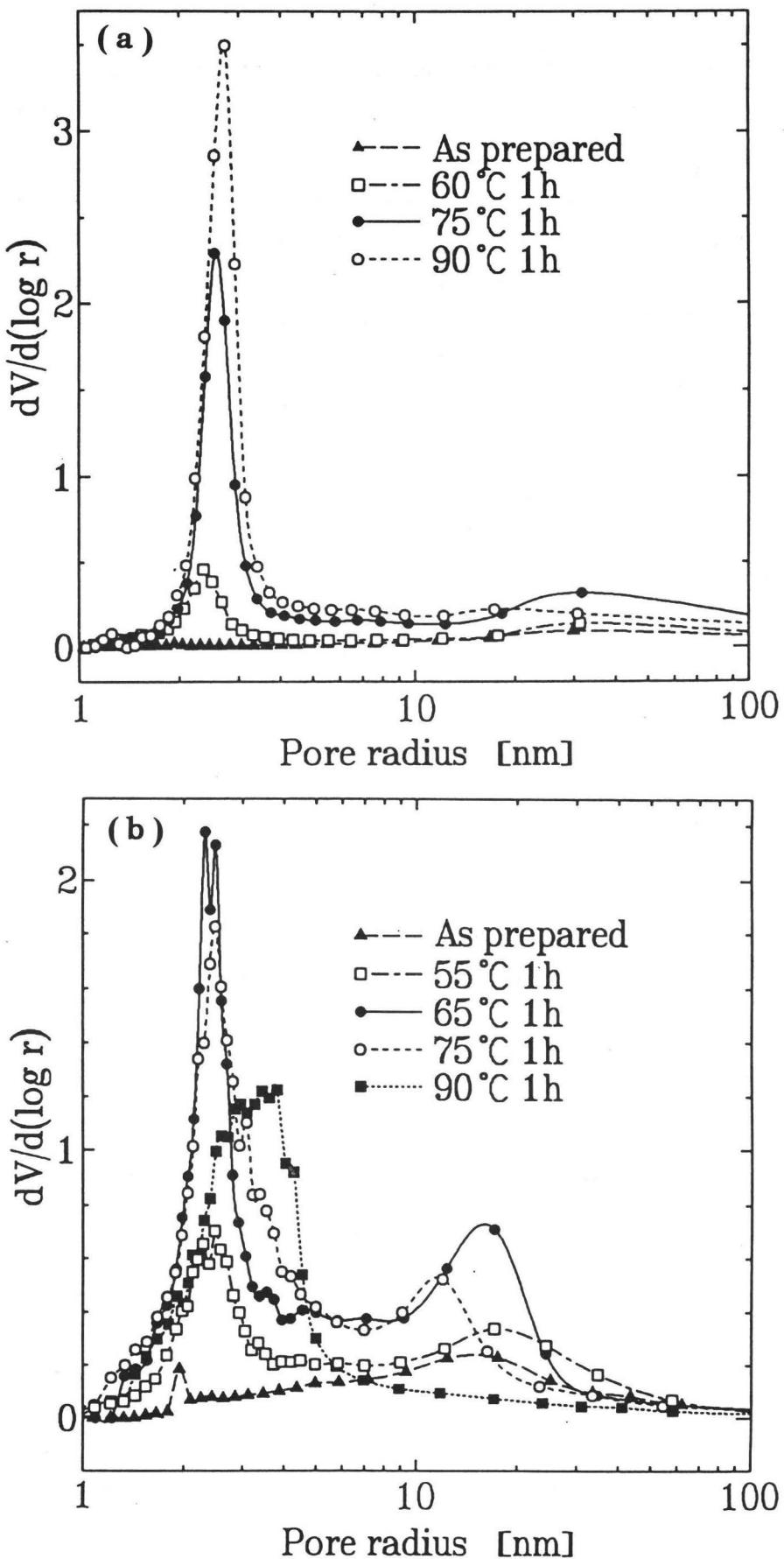


図1 カオリナイト(a)およびハロイサイト(b)から選択溶解法により作製した
 γ -アルミナ多孔体の細孔径分布。図中の温度は溶解処理温度を表す。

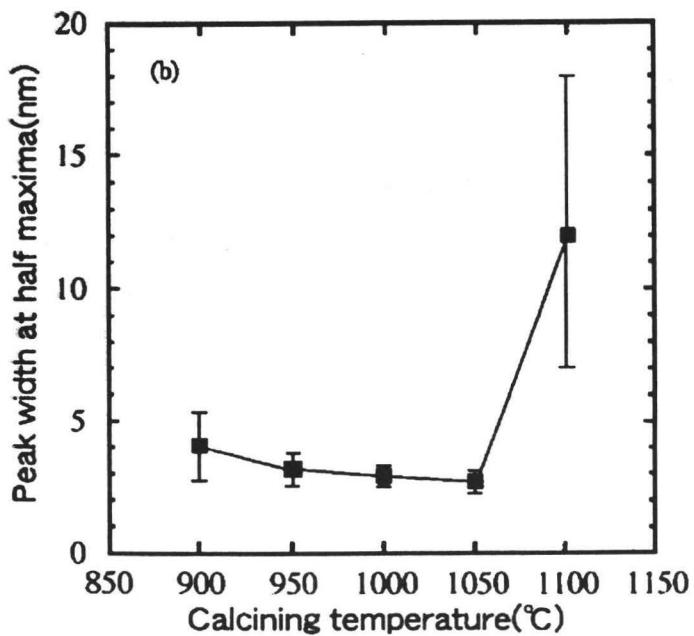


図2 カオリナイトの熱処理温度とそれを選択溶解して得られた
 γ -アルミニナ多孔体の細孔径とその分布幅の関係。

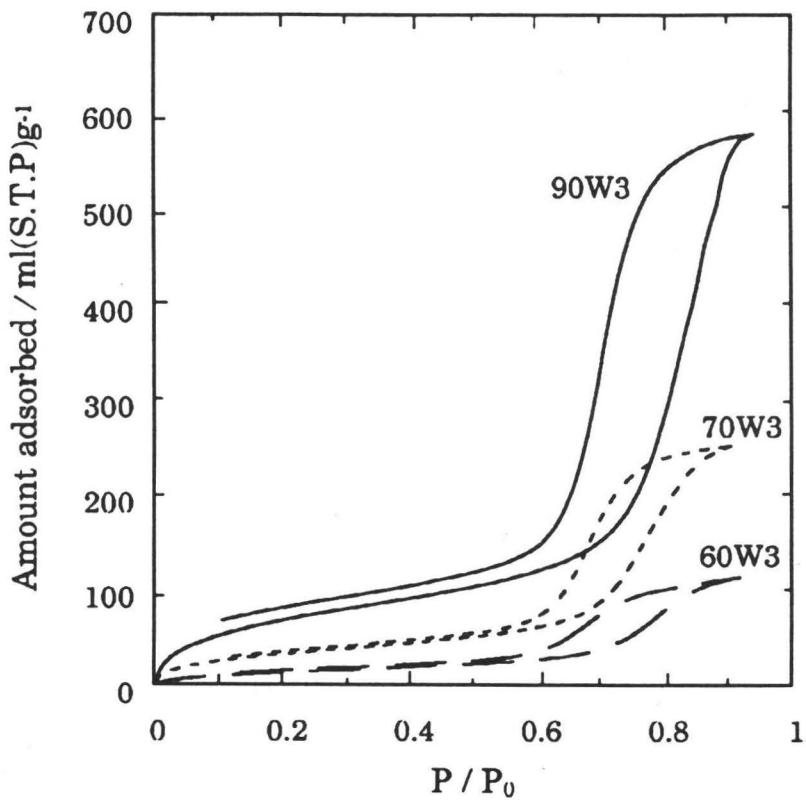


図3 カオリナイトから選択溶解法により作製した γ -アルミニナ多孔体の
水蒸気吸着一脱着等温線(25°C)。図中の温度は溶解処理温度を表す。

1-13 フォームコアパネルの構造特性 に関する研究

職業能力開発大学校

教授 鈴木秀三

1. 研究目的

近年、地球温暖化対策として建築物の省エネルギー対策がより一層強く求められている。フォームコアパネルは、外皮としてOSB、合板等の構造用面材と、コア材としてイソシアヌレートフォーム・ESP等の版状断熱材を接着して構成する構造用サンドイッチパネルである。フォームコアパネルは断熱材をコアとしているため断熱性に優れている、パネル内部に空気層がないので壁体内結露が生じ難い、一体パネルであるので高気密化実現が容易である、木材の使用量が少なくできる、等のメリットがあり、構造部材としての期待がより一層高まってきており、北米のフォームコアパネル構法による住宅が、我国においても建築基準法第38条の規定による建設大臣の認可を得て建設され始めている。

フォームコアパネルの構造特性は、外皮である木質系材料とコア材であるプラスチック材料の特性により決定される。したがって、本来ならば構造強度上の要求性能に基づき、構成材の材料性能を勘案してフォームコアパネルの構成を決定するのが理想的であると考えられるが、現状ではフォームコアパネルの構造特性についての理論的検討が十分に行われておらず、実験的に構造安全性を確認するに留まっているのが実状である。この現状は北米でも同様である。小規模な住宅の場合には、スパン・階高等の構造的設計条件は比較的限定されており実験対象範囲は狭いとはいえ、床・壁・小屋の荷重状態を勘案した実験条件は多種多様で、実験実施には膨大な費用と時間とが必要とされている。

本研究は、フォームコアパネルの構造特性を実験的・理論的に整理し、曲げ、圧縮、引張、曲げ・圧縮複合応力に対応した設計式を案出することを目的としたものである。

2. 研究の方法

本研究は、設計式案出の前提となるフォームコアパネルの構造特性について、実験、理論及び有限要素法解析の観点から検討することとした。

2.1 実験

2.1.1 面外曲げ試験

試験体は、公称厚12mm（実厚11.2mm）のOSBを外皮とし、コア材としてのESPの厚さを変化（90, 140, 184mmの3種類）させたサンドイッチパネルで、形状はパネル長2,700mm、幅600mmである。

試験体種類及び数は、表1に示すように、パネル厚・EPS密度・加力条件により7種類23体である〔表1参照〕。

試験には構造物試験機を用い、スパン2,600mm単純支持、加力は4等分線2線集中加力を基本とし、高密度EPSの場合にはスパン中央2線集中加力も行った〔図1参照〕。加力は、一方向単調または一方向繰り返し加力とした。表2には試験結果一覧が示してある。

2.1.2 座屈試験

試験体の構成及び種類は、供試パネルの長さ(1m～6m)、パネル厚(114, 164mm)、ESP密度及び材端支持条件等の組合せによる合計46種類である。〔表3参照〕。

座屈試験は高容量部材試験機・反力フレームを用いて行い、支持、加力条件は、両端ナイフエッジ支持・材軸中心加力、又は、JIS A1414(一端突付け・他端ナイフエッジ支持の材軸1/3偏心加力)の2種類である〔図2参照〕。なお、両端ナイフエッジ支持の場合には、パネルスパン中央部に水平方向荷重を加え、偏心の影響を調べた。加力方法は単調増加方式で、パネルが破壊に達するまで加力した。表3中に試験結果が併記してある。

2.2 理論式

2.2.1 せん断を考慮した曲げ理論

フォームコアパネルをI形ばかりととらえ、外皮構造面材がフランジとして曲げ応力を、内部コア材がウェブとしてせん断力をそれぞれ負担すると仮定すれば、各部の応力は通常の曲げ理論により、パネル全体の変形は外皮構造面材の曲げ変形と内部コア材のせん断変形の和として求められる〔この仮定に基づく変形の一例を図3に示す〕。

2.2.2 せん断変形を考慮した座屈荷重

フォームコアパネルの面外変形が外皮構造面材の曲げ変形と内部コア材のせん断変形の和であると仮定した場合の座屈荷重は、次式で与えられる。

$$P_E = \frac{P_c}{1 + (P_c/A_c G_c)}$$

ここで、

$$\begin{aligned} P_c &: \text{座屈荷重} \\ L &: \text{パネル長さ} \\ E_f &: \text{外皮のヤング係数} \\ I_f &: \text{一対の外皮の断面2次モーメント} \\ G_c &: \text{コア材のせん断弾性係数} \\ A_c &: \text{コア材の有効せん断面積} \end{aligned}$$

$$P_E = \frac{\pi^2 E_f I_f}{L^2}$$

2.3 有限要素法による解析

面外曲げ及び座屈について、汎用有限要素法解析ソフト(MSC-NASTRAN)を用いて、2次元弹性解析を行った。

3. 実験結果の概要と理論の適用性

3.1 面外曲げ

上述の理論及び有限要素法解析により求めた変位を実験値と比較すると〔図4(a)および(b)参照〕、理論解析・有限要素法解析による剛性は実験値とよく一致し、フォームコアパネルの面外

曲げ変形は、I形ばかりの理論を用いて推定することが可能であることが判明した。

また、有限要素法解析より、コア材の密度（物性値）はパネル全体の剛性に大きな影響を及ぼし、コア材厚が大きいほどその影響度合は大きいことが判明した〔図5参照〕。

3.2 座屈

(A) 実験結果の要約 [図6参照]

- (1) パネル長の影響：両端ピン、JIS A1414の支持方法の場合ともに、座屈荷重はパネル長に比例的に低下するが、パネル長が小さい場合その低下率は小さい。
- (2) コア材厚の影響：コア厚が大きくなると、座屈荷重は増加するが、パネル長が大きいほどその増加率は大きい。
- (3) 端部支持及び加力条件の影響：両端ピン支持とJIS A1414支持による場合の座屈荷重を比較すると、パネル長がある長さ以下の範囲では両端ピンの方が大きく、それを超えると、逆にJISの方が大きくなる。
- (4) 複合応力（圧縮と曲げ）を受けるパネルの応力：測定歪に基づき算定した軸力及び曲げモーメントと、実圧縮力及び実偏心モーメントを比較した結果、両者はほぼ一致しており、圧縮力による応力と曲げモーメントによる応力とを分離して考えて良いことが判明した〔図7参照〕。

(B) 理論解析の妥当性の検討

両端ピン支持の場合について、せん断変形を考慮した座屈理論、有限要素法及びオイラーの座屈理論に基づき求めた座屈荷重を実験値と比較検討した結果、せん断変形を考慮した座屈理論及び有限要素法による結果は、実験結果の傾向と良く一致することが判明した。

4. 設計式の提案

設計式の一案として、次式を提案する。

- (1) 圧縮材 $N \leq (P/n)$
- (2) 引張材 $\sigma_t (=N/A\text{面材}) \leq f_t$
- (3) 曲げ材 曲げモーメント $\sigma_b (=M/Z) \leq f_b$ 面材
せん断力 $\tau (Q/A\text{コア材}) \leq f_s$, コア材
たわみ $\delta_b + \delta_s \leq \text{制限値}$
- (4) 圧縮・曲げ複合応力を受ける部材
$$[N/(P/n)] + [\sigma_b/f_b] \leq 1$$

記号：Nは設計軸力（圧縮力又は引張力）、

Pは座屈荷重（2.2.2参照）、nは安全率

σ は面材の応力度、fは材料の許容応力度

5. 研究発表予定

日本建築学会構造系論文集に「フォームコアパネルの構造特性に関する研究（その1）面外曲げ性状について」、「同（その2）座屈性状について」として、投稿の予定 [以上]

表 1. 面外曲げ試験体一覧表

試験体名	ハ°祉長さ 及び幅	公称ハ°祉厚 mm(コア厚)	コア材 の密度	試験 体数	加力方法	壁受 け材
RBN4Q-1 ~ 3	ハ°祉実長 : 2,700mm 幅 : 600mm (スパン : 2,600mm)	114 (90)	通常 0.0164 (g/cm ³)	3	スパン4等分線 2線集中加力	あり
RBN6Q-1 ~ 3		164 (140)		3		
RBN8Q-1 ~ 3		208 (184)		3		
RBD4Q-1 ~ 4		114 (90)	高密度 0.0283 (g/cm ³)	4		なし
RBD8Q-1 ~ 4		208 (184)		4		
RBD4C-1 ~ 3		114 (90)		3	スパン中央部	
RBD8C-1 ~ 3		208 (184)		3	2線集中加力	

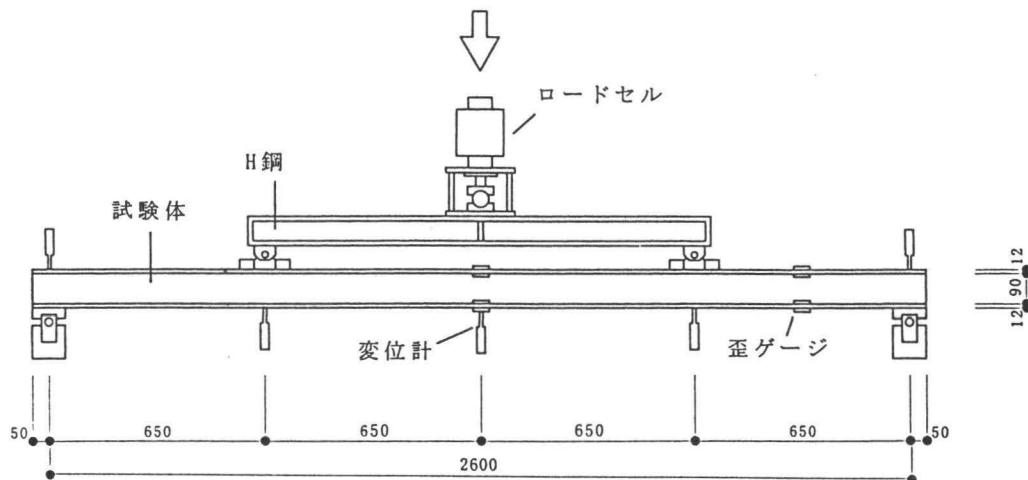


図 1. 曲げ試験方法

表 2. 面外曲げ試験結果一覧表

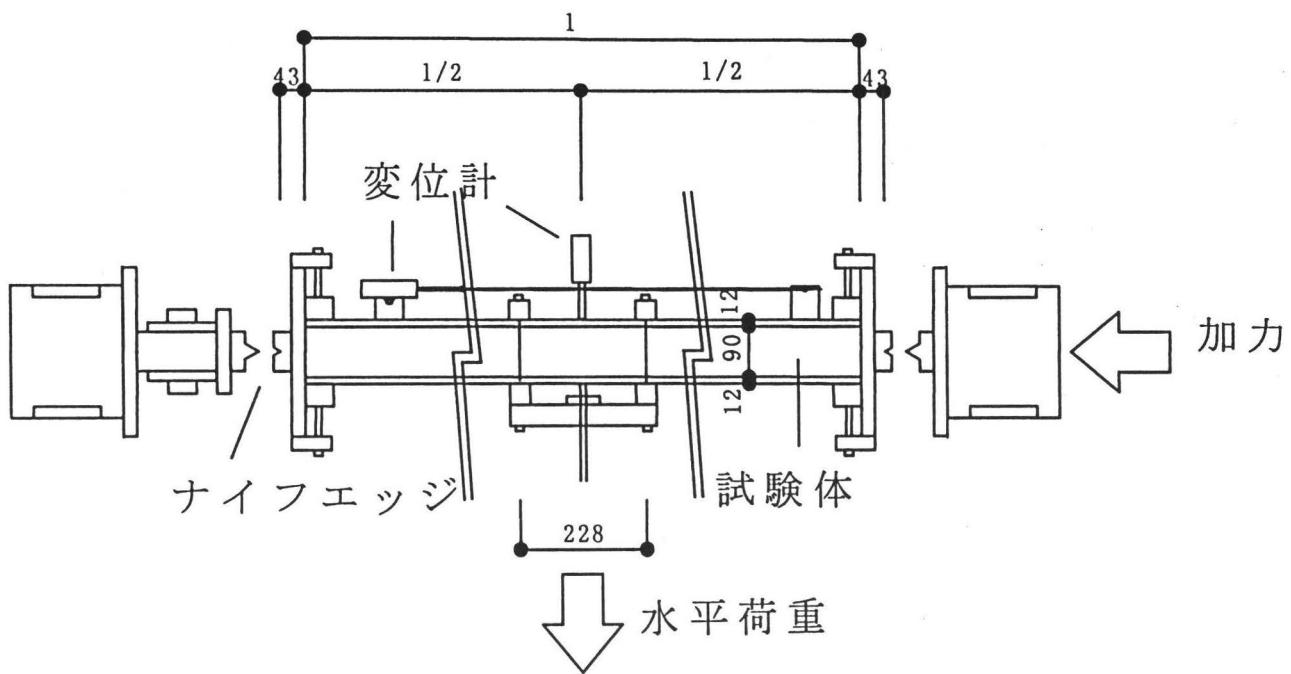
試験体名 (中央部変位/スパン)	特定変位に対する平均荷重 (kgf)				最大荷重 (kgf)
	1/600	1/500	1/400	1/300	
RBN4Q-1, 2, 3	153	181	224	282	1041
RBN6Q-1, 2, 3	254	306	383	509	1322
RBN8Q-1, 2, 3	334	397	484	632	1154
RBD4Q-1, 2, 3, 4	203	246	310	410	716
RBD8Q-1, 2, 3, 4	600	665	831	1143	1962
RBD4C-1, 2, 3	130	158	198	263	642
RBD8C-1, 2, 3	338	410	513	685	1497

表 3. 座屈試験体及び結果一覧表

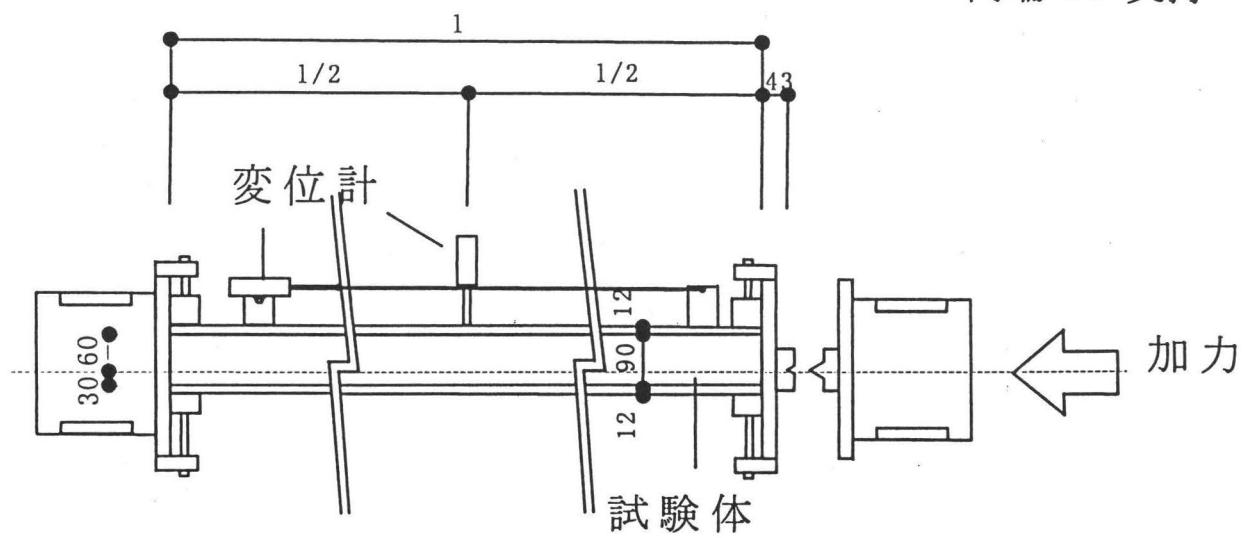
試験体名	パネル長 (mm)	パネル厚 (mm)	EPS密度 (g/cm ³)	両端の支持条件	偏心条件	座屈荷重 (kgf)			
R4N-BU10P	1000	114	0.0164	両端ピン支持	なし	13870			
R4N-BU20P	2000					12050			
R4N-BU30P	3000					7360			
R4N-BU40P	4000					6250			
R4N-BU45P	4500					5600			
R4N-BU50P	5000					4470			
R4N-BU55P	5500					4160			
R4N-BU60P	6000					3800			
R6N-BU10P	1000					15110			
R6N-BU25P	2500					15880			
R6N-BU35P	3500	164				13350			
R6N-BU50P	5000					9260			
R4N-BU60P	6000					7500			
R4N-BU10J	1000	114	0.0164 通常密度	JIS A 1414	1/3偏心加力	11030			
R4N-BU20J	2000					9840			
R4N-BU30J	3000					8590			
R4N-BU40J	4000					7110			
R4N-BU45J	4500					6640			
R4N-BU50J	5000					5990			
R4N-BU55J	5500					5190			
R4N-BU60J	6000					4410			
R6N-BU10J	1000					13770			
R6N-BU25J	2500					12610			
R6N-BU35J	3500	164	JIS A 1414	1/3偏心加力		9570			
R6N-BU50J	5000					9050			
R6N-BU60J	6000					8180			
R4N-BU30E1	3000	114	0.0283 高密度	両端ピン支持	もと変位なし もと変位1/600 もと変位1/300 もと変位1/300	9595			
R4N-BU30E2						8445			
R4N-BU30E3						7625			
R4N-BU30E4						6855			
R4N-BU45E1	4500	114	0.0283 高密度	両端ピン支持	もと変位なし もと変位1/600 もと変位1/300 もと変位1/200	5805			
R4N-BU45E2						5050			
R4N-BU45E3						4187			
R4N-BU45E4						4080			
R4D-BU10P	1000	114	0.0283 高密度	両端ピン支持	水平荷重なし	18831			
R4D-BU20P	2000					16152			
R4D-BU30P	3000					9857			
R4D-BU40P	4000					9755			
R4D-BU20E1	2000	114	0.0283 高密度	両端ピン支持	水平荷重=100kgf 水平荷重=100kgf 水平荷重=100kgf 水平荷重=50kgf	13936			
R4D-BU30E2	3000					8766			
R4D-BU40E3	4000					7157			
R4D-BU40E4	4000					7102			
R4D-BU10J	1000	114	0.0283 高密度	JIS A 1414	なし	16285			
R4D-BU20J	2000					14215			
R4D-BU30J	3000					13482			
R4D-BU40J	4000					10122			

もと変位：スパン中央部初期水平変位/スパン

水平荷重：スパン中央部初期水平荷重



両端ピン支持



JIS A 1414 支持

図 2. 座屈試験方法

図3のようにパネル断面を仮定すると、4等分線2線集中加力のスパン中央部変位は、以下の式で計算できる。

$$\delta_{1/2} = \frac{11WL^3}{768E_f I_f} + \frac{WL}{8G_c A_c}$$

W : 荷重

L : スパン

E_f : OSBのヤング係数

$I_f = b t d^2 / 2$: 一対のOSBの
断面2次モーメント

G_c : EPSのせん断弾性係数

$A_c = b d^2 / c$: EPSのせん断
抵抗断面積

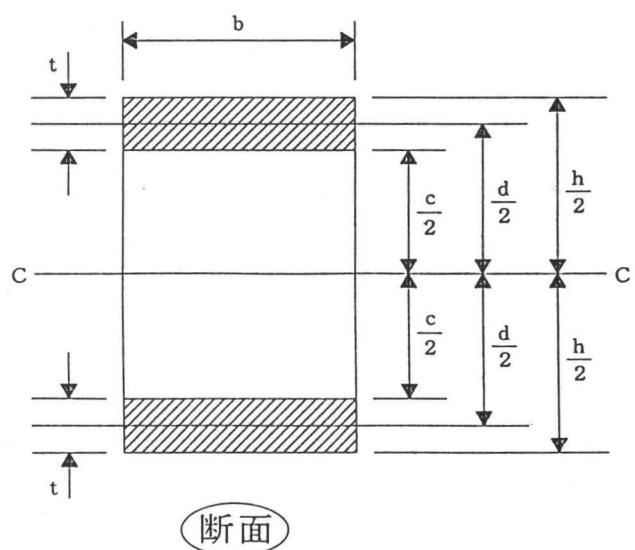


図3. スパン中央部変位の例

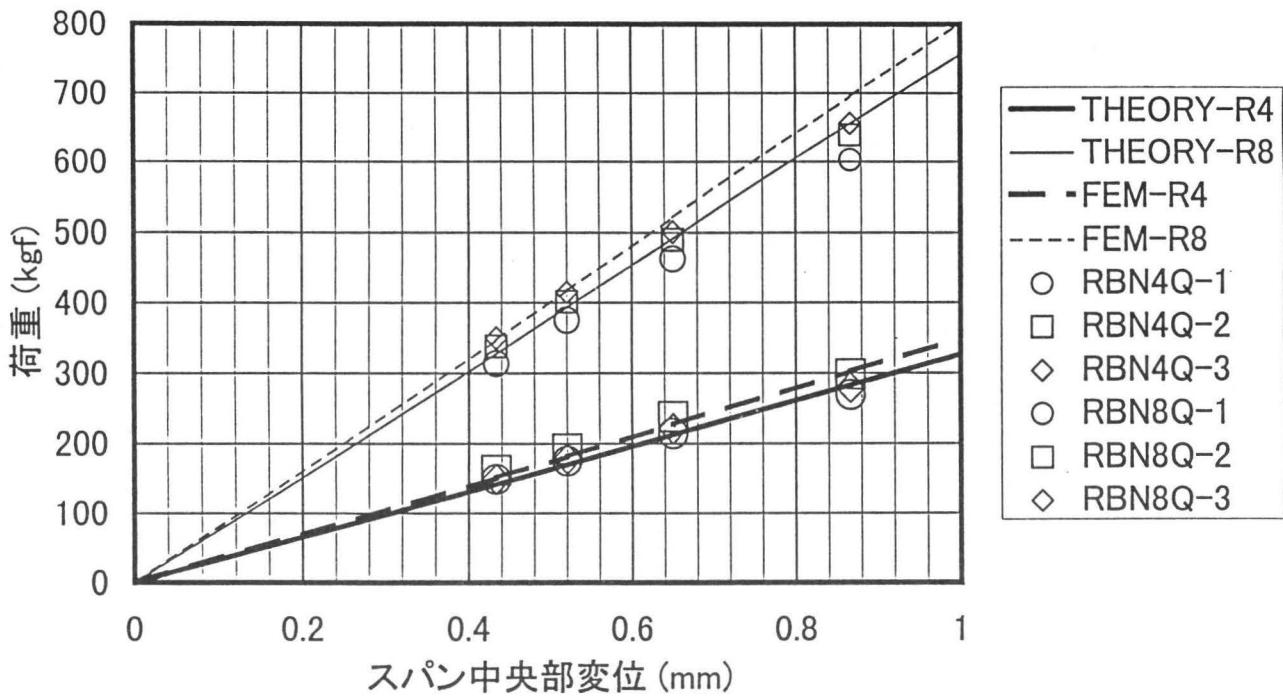


図 4. (a) 荷重～スパン中央部変位関係（普通密度 EPS の場合）

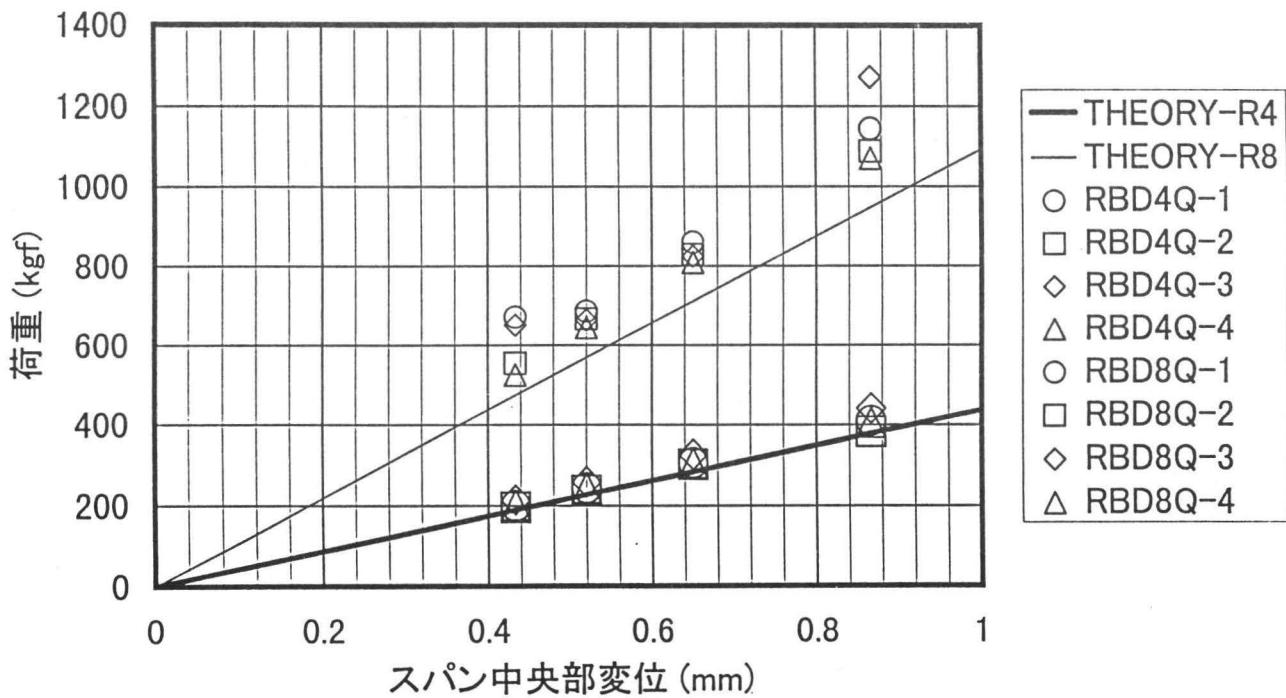


図 4. (b) 荷重～スパン中央部変位関係（高密度 EPS の場合）

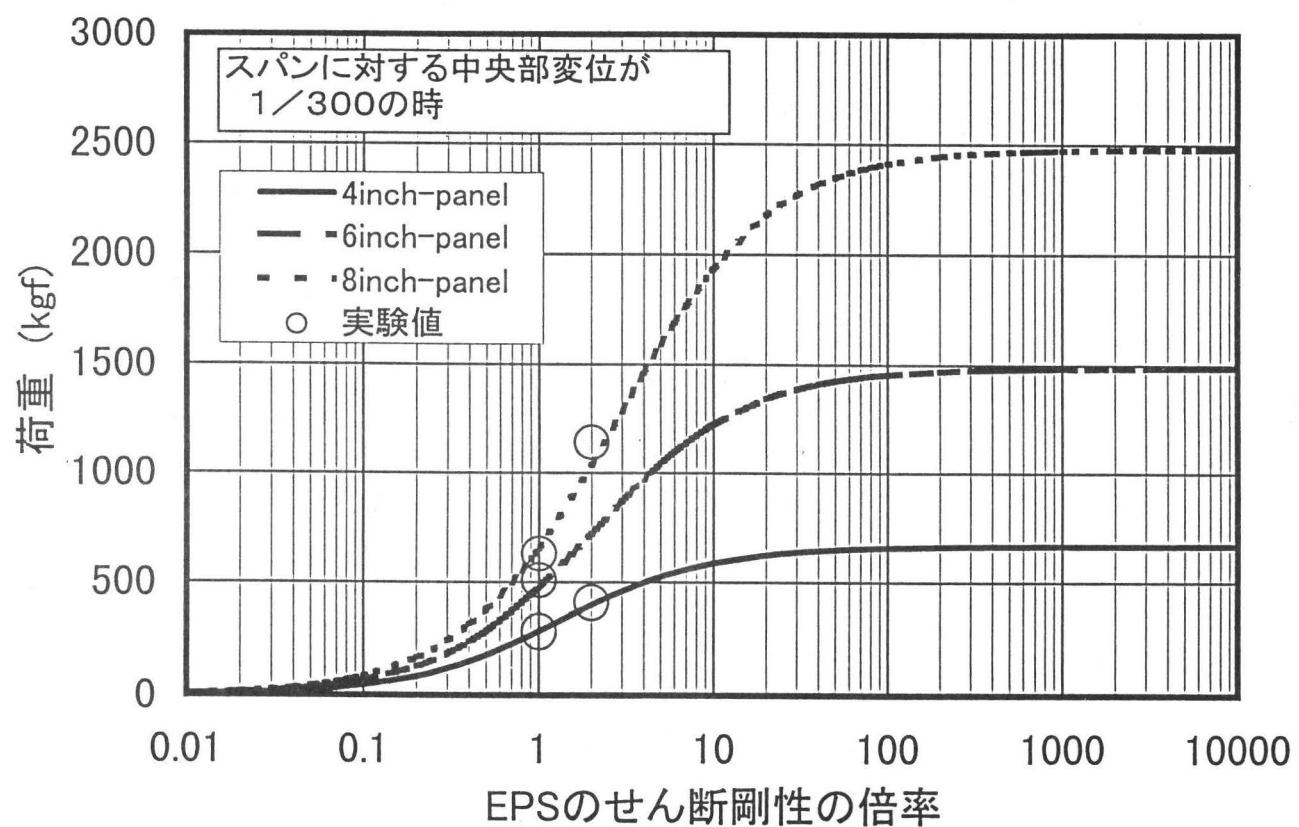


図 5. 曲げ性状に及ぼすコア材のせん断剛性の影響

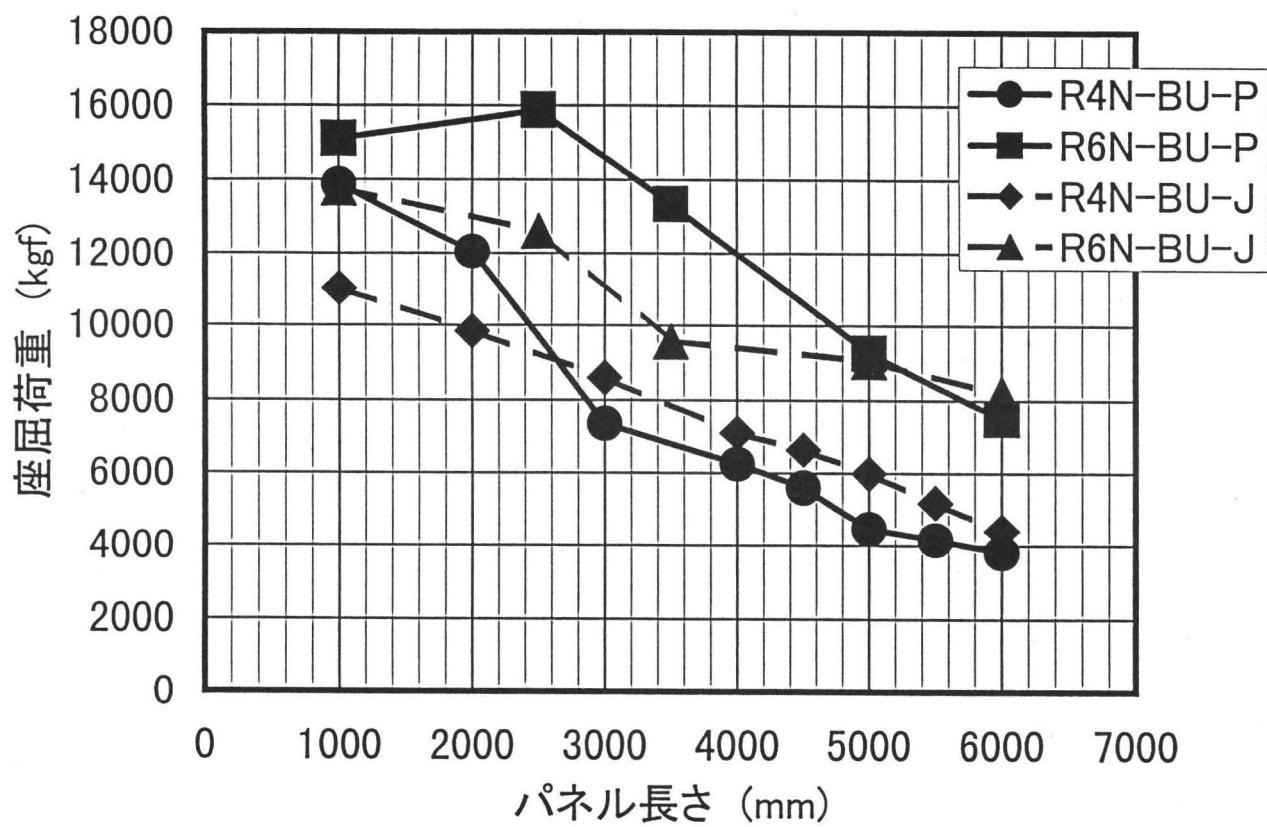
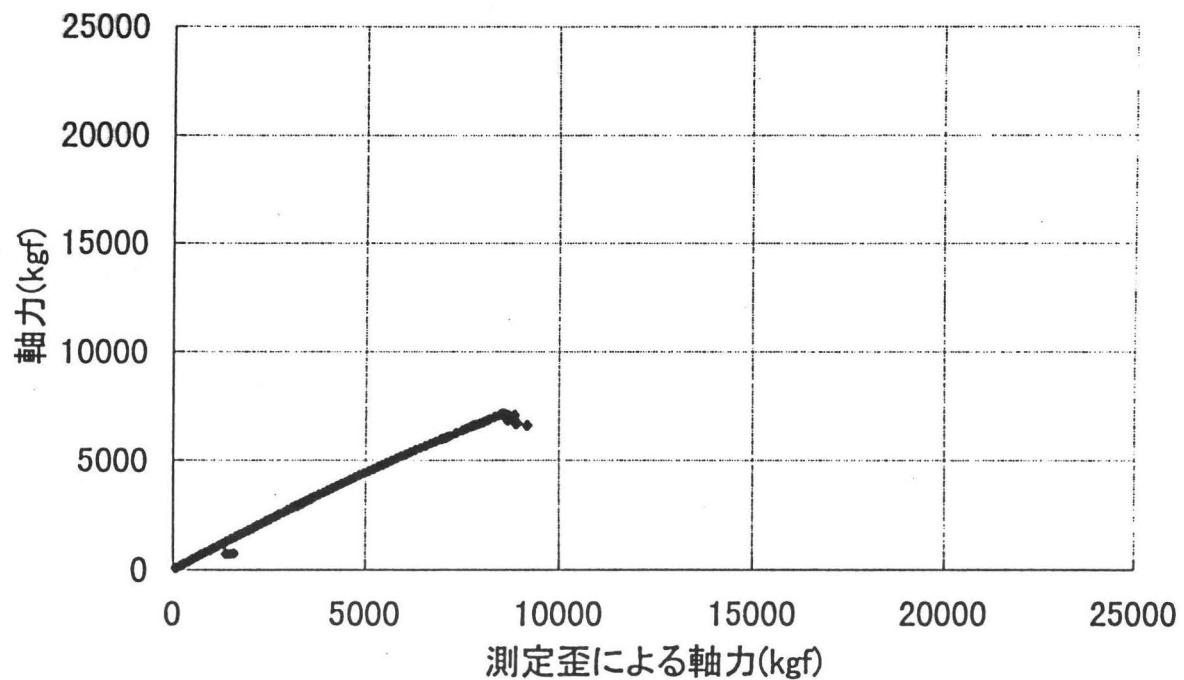


図 6. 座屈荷重～パネル長関係

HBC4-1



HBC4-1

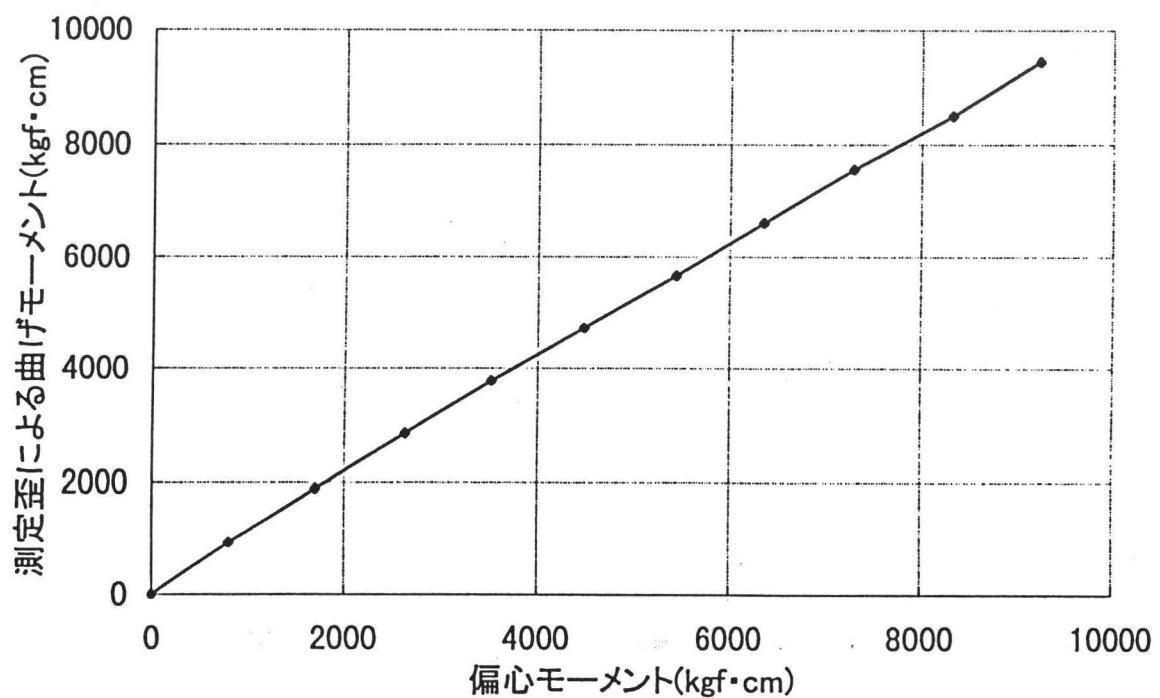


図 7. 軸力と偏心モーメント

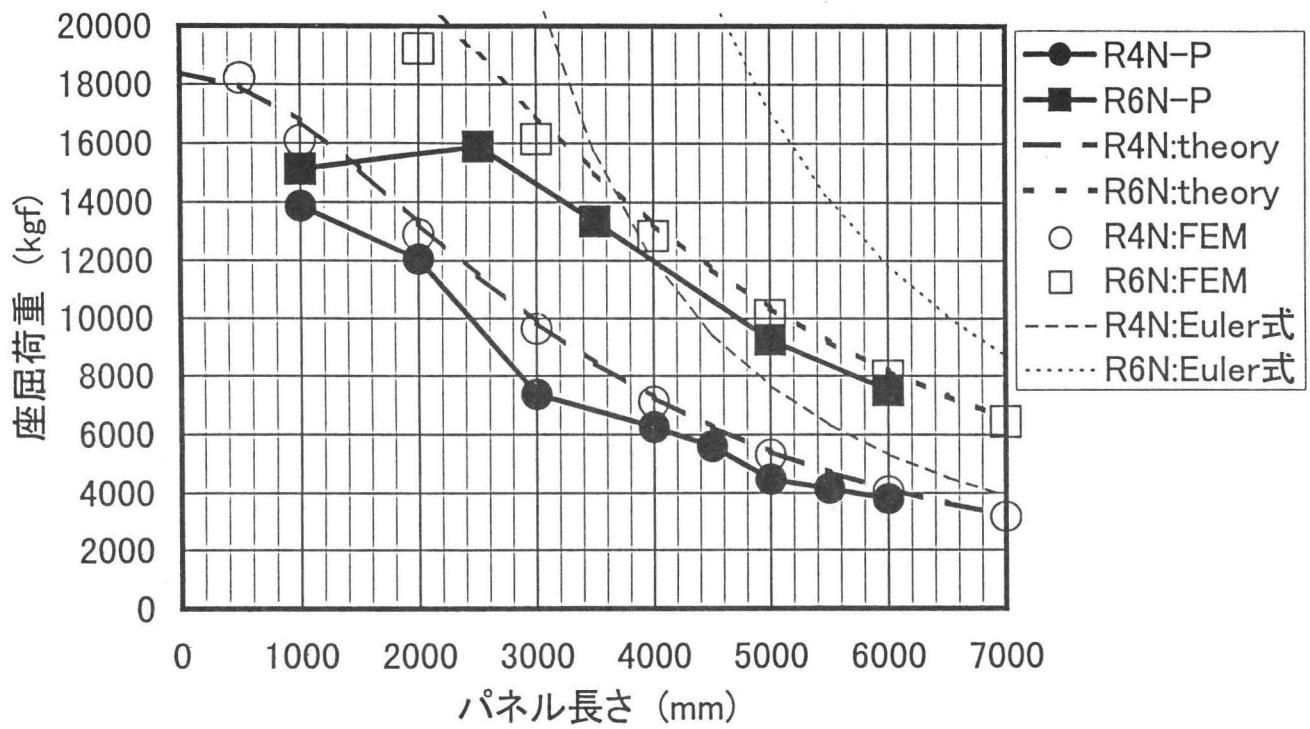


図 8. 実験値と理論値の比較

1-14 炭酸化反応による低環境負荷型 高強度セメント建材の開発

東京工業大学 工学部無機材料工学科
助教授 坂井 悅郎

1. 本研究の背景と目的

建材産業も地域環境やリサイクルを考慮した製造方法などを提案していく必要があり、地球環境に優しい、高強度で耐久的な建材の開発が切望されている。本研究者らは地球に優しいセメントの代表である高炉セメントコンクリートの炭酸化について検討し、耐久性を改善する手法を提案している。また、この中で、ビーライト量が普通ポルトランドセメントに比べて多いセメント硬化体が炭酸化反応により高強度を発現し、しかも曲げ強度が著しく向上する事を見いだしている。ビーライトを多くしたセメントは普通ポルトランドセメントに比べて、焼成温度を下げる事が可能であり、しかも製造時の炭酸カルシウム使用量が減少するので炭酸ガス発生量を低減させることができる。また、セメント製造時や都市ゴミ焼却炉から発生する二酸化炭素を有効に利用するような建材製造プロセスを構築し、二酸化炭素を固定化する事は地球環境に優しい、しかも省エネルギー型建材の次世代の製造方法として非常に重要である。高強度な建材となることより軽量化も期待され、また、炭酸化反応を利用しているため中性化などにより建材が劣化する心配もなく、高性能な低環境負荷型建材の実現が期待される。従来から、炭酸化反応を利用した建材製造プロセスが検討されたが、高強度を発現させた事例はなく、しかも実用されていない。これは炭酸化反応を利用するセメントの選択を誤ったためといえる。

本研究では、ビーライト量が多いセメントを用いて、かつ炭酸化反応を利用した高強度なセメント系建材を開発するための基礎的データの収集を目的に、特にこれらの系の高強度化機構や反応機構について明らかにし、さらに実大部材の製造プロセスの提案や部材の製造の可能性について検討を加える。さらに地球環境改善効果に及ぼす効果の検討を行うことを目的としている。

2. 研究の方法

高ビーライトセメント硬化体を用いて、水セメント比および前養生の影響を検討し、高強度化を実現するための最適な製造条件を明らかにする。また、硬化体の相組成を粉末X線回折内部標準法による定量より決定し、高ビーライトセメント硬化体の炭酸化反応による高強度化機構を解明する。さらに地球環境に対する影響を検討する。

3. 研究の計画と進捗状況

3. 1 炭酸化反応による高強度化機構の解明と最適条件の選定

ビーライト量に富んだセメントを用いて炭酸化反応機構や高強度化の機構を明らかにする。また、水セメント比や材料の組み合わせなども変化させ炭酸化反応について検討をする。既に、反応条件（特に温度、湿度）により炭酸化反応速度は異なることを明らかにしているので、炭酸化反応の生じやすい条件を見いだす。なお、この項目についての研究は基本的には全て終了した。

3. 2 建材製造プロセスの提案と実大部材による性能評価

基礎的な実験結果に基づいて決定した最適な条件により、実際に部材を製造し、力学的、化学的な物性や耐久性について調べる。その際建材の微細組織などについても検討して明らかにする。さらに、促進養生をどのように行うかなどの建材製造プロセスを構築する。また、その際に部材の性能や微細組織あるいは炭酸化反応がどのような影響を受けるかなどについても明らかにする。さらに暴露試験により長期的安定性を確認する必要があるが最低5年程度の期間が必要があるので、ここでは言及せず、試験体を作成し、暴露試験を開始するところまでにとどめる。本研究についても基本的には終了した。

3. 3 地球環境改善効果の検討

以上のような建材の採用による地球環境の改善効果の検討を総合的に行う。なお、本課題については、セメント製造時に発生する二酸化炭素量のどの程度が固定化できるかの検討を終了した。

4. 今までに得られた成果

促進炭酸化条件（20°C、60%RH、CO₂濃度10%）における水中養生3日の硬化体は、約30mass%程度の二酸化炭素を吸収量する。これを基に建材で試算すると、セメント製造時に発生した二酸化炭素の約52%程度を固定化できることになる。このように、二酸化炭素の固定化が効率よく行えることより、地球環境負荷の低減に貢献出来ることにある。これが本研究で得られた高強度建材の地球環境への貢献である。

本研究の高ビーライト系セメントを用いた硬化体は、水セメント比50%で、水中養生3日後、促進炭酸化させることにより、圧縮強度で約100MPa、曲げ強度で約20MPa程度の力学的特性を示す。これは、従来では繊維補強した建材で漸く可能な値である。本研究では繊維を使用せず高い曲げ強度が得られている。また、炭酸化させておくことより、従来のセメント系建材ことなり、硬化体はアルカリ雰囲気ないので、通常のガラス繊維などの使用の可能性も出現する。なお、高ビーライト系セメントは水中養生のみでは、強度発現が遅く、強度レベルも低い。この場合、水セメント比を35%程度に下げると、炭酸化により高強度を得ることは出来ない。また、促進炭酸化試験を開始するまでの水中養生期間を長くしても、短くしても高強度を得ることは出来ない。従って、炭酸化反応を開始するまでの水中養生は3日程度が適当である。また、水セメント比も高い方が良い結果となった。炭酸ガスが浸透して反応が生じることから、ある程度空隙が必要であることを示している。水セメント比50%の高ビーライト系セメント硬化体の水中養生3日では、大きな空隙がまだ残存している。

高ビーライト系セメントは水中養生では、エーライトの反応は材齢17日程度でほとんど反応しているが、ビーライトはわずかに反応している程度である。これに対して、炭酸化反応が開始さ

れるとビーライトの反応が急激に進行している。水中養生の水和生成物は、水酸化カルシウム、C・S・Hゲル、AFtやAFmであり、炭酸化反応を実施させた場合には、ゲル、炭酸カルシウム、の多形であるカルサイトとバテライトが生成している。バテライトについては、C・S・Hの炭酸化反応による分解により生成しているものと推察される。

なお、水中養生と炭酸化反応により生成しているゲルはそれぞれ異なるものである。未反応物や水和物の定量から計算で求めたゲルの組成は、それぞれ水中養生が $1.72\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 3.64\text{H}_2\text{O}$ であり、炭酸化反応させた場合は $0.77\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 0.15\text{CO}_2 \cdot 3.64\text{H}_2\text{O}$ となった。このように炭酸化反応させた場合には、二酸化炭素を含むCa/Si比の低いゲルが生成していることを明らかにした。なお、両者の赤外吸収スペクトルも大きく異なっており、炭酸化させたものでは、Si-Oの伸縮振動による吸収が高波数側にシフトしており、これもCa/Si比の低いゲルが生成していることを指示している。

炭酸化反応した高ビーライト系セメント硬化体の空隙は、水中養生した場合に比較して、強度発現に関連するとされている毛細管空隙が著しく減少し、ゲル空隙にシフトしている。このため、高ビーライト系セメント硬化体は炭酸化反応をさせることにより高強度化が可能になっているものと推察される。しかし、300nm付近の空隙は減少しているものの、残存しており、その後の炭酸化反応が進行しているものと考えられることもできる。

以上のように炭酸化反応を利用した高強度建材に関する本研究の成果により、建材での二酸化炭素の固定化が可能であり、セメント製造時にも二酸化炭素発生量を低減することができることから、低環境負荷型建材の提供の可能性を見いだした。また、高強度セメント系建材であることより、軽量化も可能であり、また高恒久性も期待される。

5. これから期待される成果

炭酸化反応により高ビーライト系セメントが高強度化することは、中国で発見された古代コンクリート（約5000年経過）とも関連するものであり、超長期耐久性が要求される建材の新しい素材として期待される。また、新材料プロセスとして、高分子との複合などにより、貝殻のような材料の開発が期待される。これについては、平成9年度の貴財団に新たな研究費の申請を実施したが不採用となった。

6. 残る問題点と対策

まだ、開発されたばかりの材料であり、耐久性の確認が継続中である。暴露試験などの成果や流水中での評価を継続して行く必要がある。また、建材で問題となるであろう寸法精度についての検討を行っていないので実際の大型パネルを用いての検討が必要である。そのためには、本プロセスに興味のある建材メーカーなどと共同で検討を行う必要がある。

7. 研究発表の実績および予定

本年度の日本セラミックス協会年会で口頭発表を実施した。現在、学会への投稿を目的に作業を続けている。5月には日本材料学会へ論文として投稿予定である。

8. 実用化計画

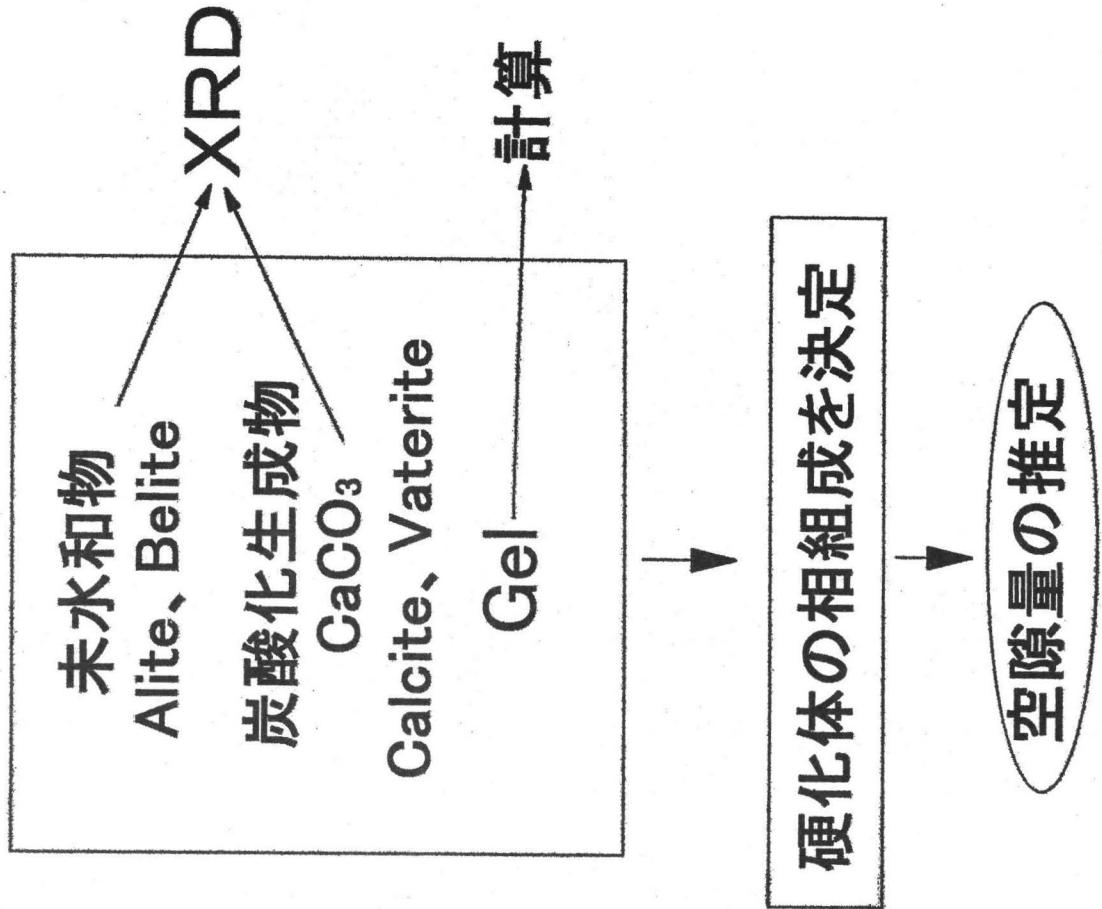
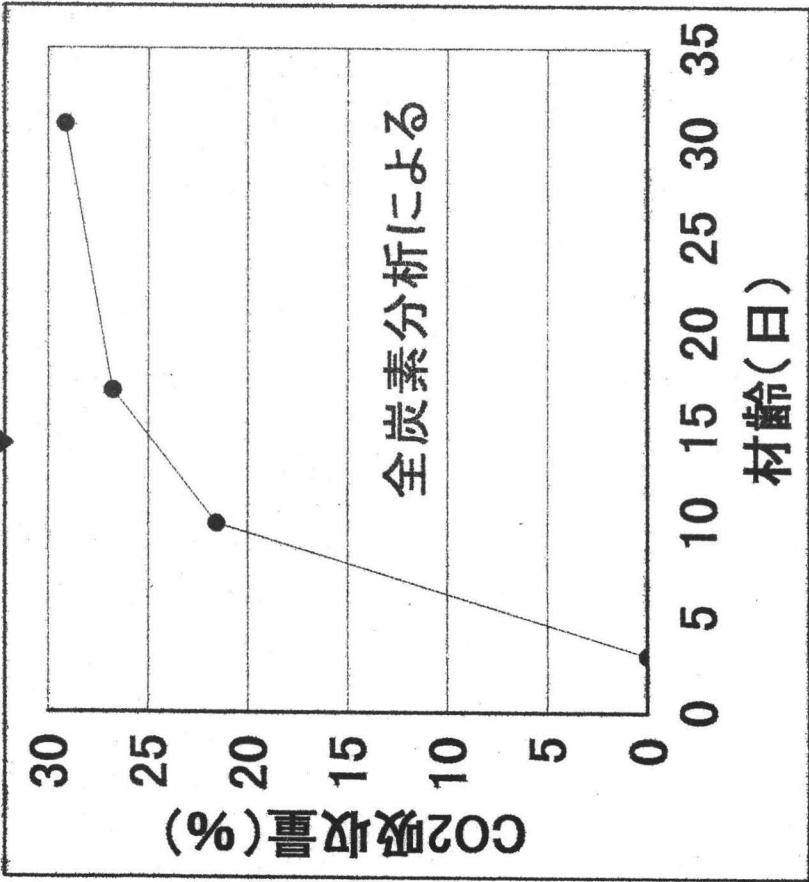
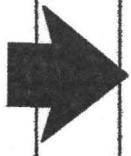
建材産業自体の調子が良くなく、新たな建材の開発を試行する会社などが見つかっていない。大学としての基礎研究は継続するが、実用化研究は現状では、まだ着手していない。

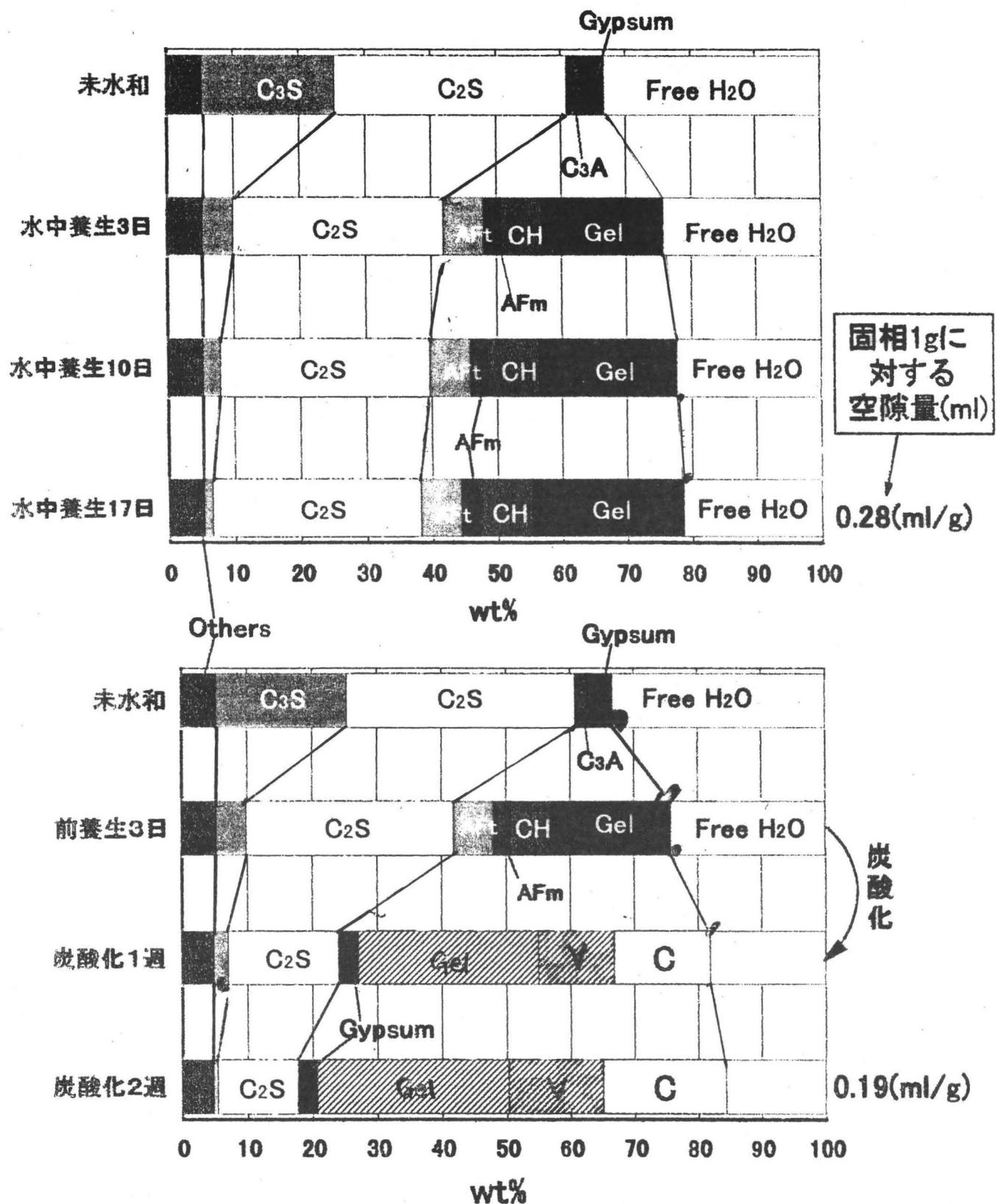
炭酸化反応

相組成決定のための手法

水中養生3日後から炭酸化

(20°C、60%RH、10%CO₂)

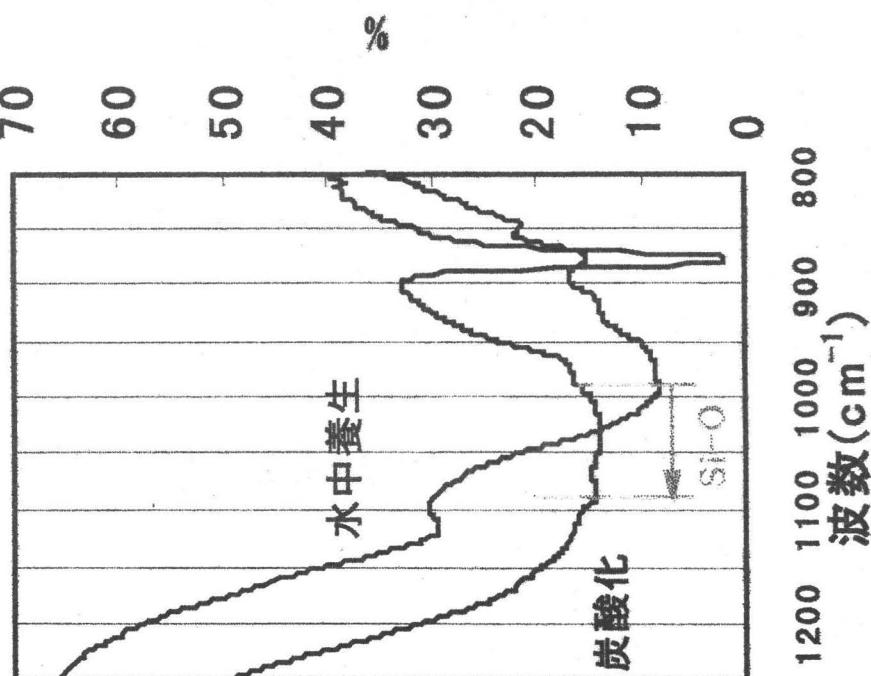




水中養生および炭酸化したときの相組成の変化

硬化体試料のIRスペクトル

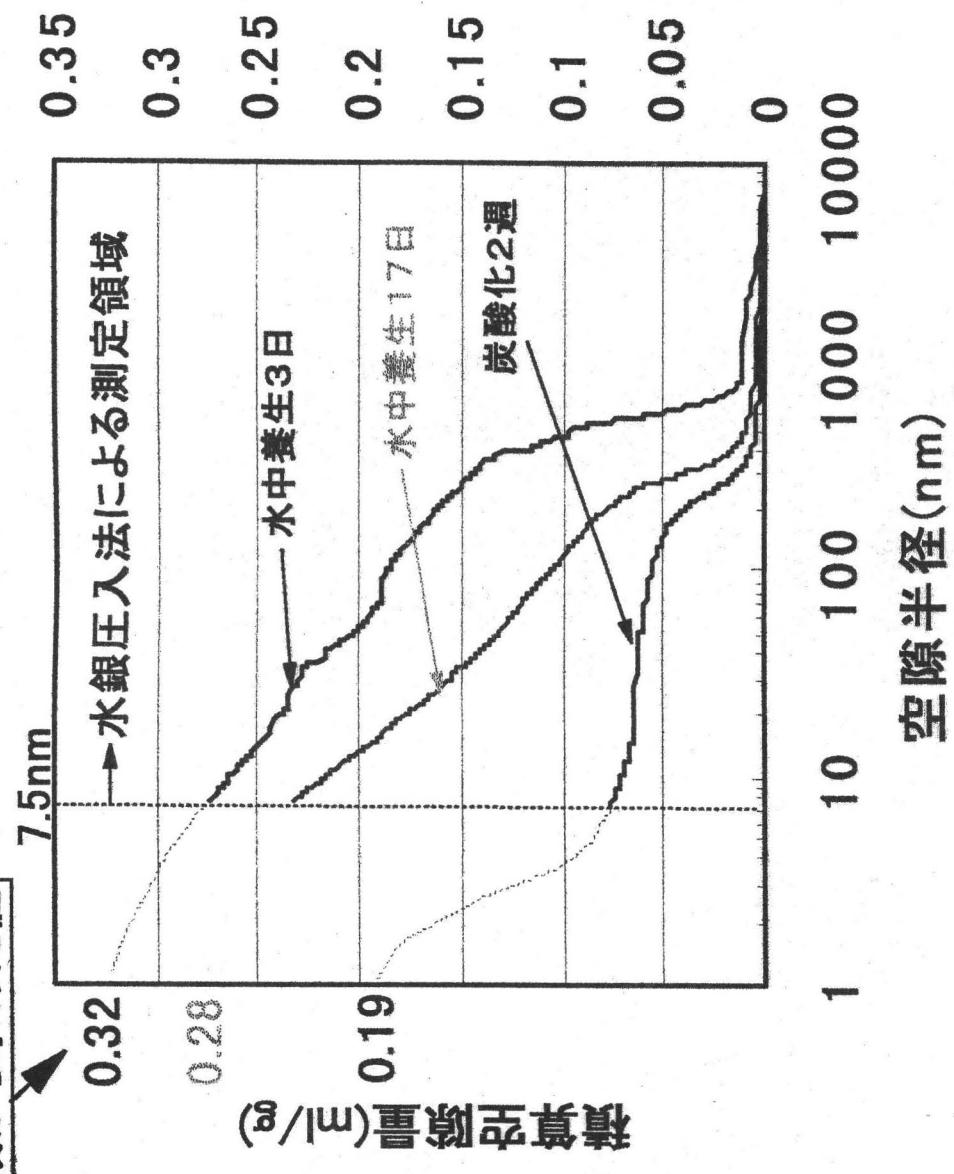
Si-Oバンドのシフト



既往の研究
GelのCaO/SiO₂モル比の低下
↓
Si-Oの伸縮振動による吸収が
高波数側へシフト

計算により求めたGelの組成
水中養生
 $1.72\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 3.64\text{H}_2\text{O}$
 $\text{CaO/SiO}_2\text{モル比} = \underline{\underline{1.72}}$
炭酸化
 $0.77\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 0.15\text{CO}_2 \cdot 2.18\text{H}_2\text{O}$
 $\text{CaO/SiO}_2\text{モル比} = \underline{\underline{0.77}}$

硬化体の積算空隙量と空隙半径の関係



低環境負荷型高強度建材

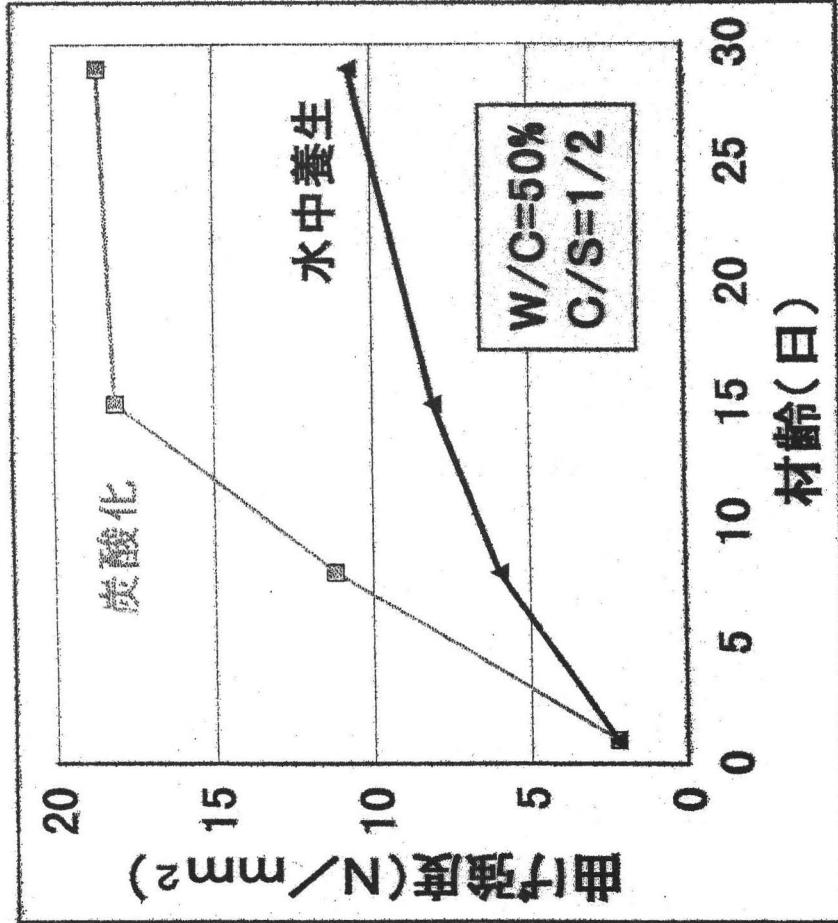


セメント焼成時に発生する
CO₂の約52%を吸収できる

CO₂ 吸収

Beliteセメント硬化体

(CO₂放出量の低減)



高い水比のモルタル
でも高強度化が可能

1-15 景観材料ガイドライン策定に関する研究（Ⅱ）

工学院大学 工学部建築学科
教授 渡辺 定夫

1. 研究の背景と目的

美しい景観を形成していく上で、景観材料を適材適所に使用するかどうかが鍵を握っている。我が国の各地域の風土、地勢、環境等の自然に適合した景観材料によって、その地域の景観を形成していくことが大切である。

しかし、景観材料を供給するメーカー側においても材料に対するニーズの把握、技術開発も十分とは言えず、これまで、材料として「景観材料」という検討は十分行われてこなかった。

また、景観設計を行うユーザー側では、材料メーカーの情報が十分提供されていないのが現状で、ここで、景観材料を取りまく環境を整備することが大変重要となってきた。このため、景観材料推進協議会において、実施してきている景観材料に関する各種の調査研究をベースに、地方自治体の計画・設計部門向け、景観設計を行うユーザーの役に立つ“景観材料選定ガイド”を策定し、広く優良な景観材料の普及、促進を図り、優れた景観形成、人々にやさしい、環境に調和した街づくりに貢献することを目的としている。

2. 研究の方法、内容

平成7年度からの作業は、色彩専門委員会・照明分科会・土木分科会・建築分科会・環境エクテリア分科会で、それぞれ「良好な景観づくりのための材料の選び方」をガイドブックで纏めるため、対象を地方自治体の設計担当者とし、ビジュアルでわかりやすく、使いやすいものを目指した。

一方全体構成の中で、景観構成についての基本的な考え方、景観を構成する素材についての正しい考え方をまとめる事の必要性が生じてきた品質委員会から提案され全体の方針策定のための委員会が編成され基本方針の策定と共にオーソライズされた。ガイドと基となる景観づくりと景観材料については、新たに景観プランニング委員会、素材検討委員会が発足した。各々の委員会は下記の選定基準の内容にて景観材料選定ガイドを作成した。

・品質委員会

各委員会、分科会の主査等の指導を得ながら各委員会の運営方針、まとめ方、着地点の検討、及び各委員会、分科会全体の進捗管理を中心に運営。

・景観プランニング委員会

良好な景観形成を行うための指針、方向性を与えることを中心に編成。

1. 景観とは何か
 - ・良い景観とは何か
 - ・悪い景観とは何か
 2. 景観づくりとは何か
 - ・何が景観づくりのポイントかをデザイン側、デザインコンセプト発注体系の在り方から考える。
 3. 材料の使い方はどう考えたらよいか
 - ・場所の特性、スケール、使用頻度、管理メンテナンス、バリアフリーといった関係要素で説明
- ・素材検討委員会
各種素材 {鉄鋼系素材、アルミニウム、木材（エクステリアウッド）、石材、コンクリート、セラミックス、（陶磁器質タイル、れんが、粘土瓦）、セメント系外装材、ガラス、プラスチック、塗料} について、その素材の特徴、正しい使い方、景観形成への活かし方、メンテナンス等、景観形成に携わる人々に必要と思われる項目について出来るだけ分かりやすく説明。
- ・色彩専門委員会
景観と色彩の観点から色彩計画の方法、評価方法、景観色彩のポイント、景観材料と色彩を中心説明。
- ・照明分科会
都市空間における景観照明計画の留意点、環境、エコロジーへの考慮、照明要件と手法、光源、照明ポール等、景観の視点から照明を説明。
- ・土木分科会
コンクリート平板部会、インターロッキング部会、舗装用タイル部会を設け、製品特性、正しい施工方法、景観設計、メンテナンス等、景観構成に必要な留意点を説明。
- ・建築分科会
建築を構成する素材のまとめ。素材検討委員会として連携して素材との関係において説明。
- ・環境エクステリア分科会
素材検討委員会と連携して、環境エクステリア製品を構成する素材との関連において説明。

3. 研究の計画と進捗状況

「景観材料選定ガイド」の策定に向け、貴財団8年度事業として2の項で述べた内容のもとに、委員会、分科会は各々月1回のペースで会議を開催し、各分野毎に選定基準作りの具体的なとりまとめ作業を進めた。

景観材料選定ガイド完成のスケジュールとしては下記の通りである。

平成9年度事業（貴財団8年度）として

- ① 景観材料選定ガイドの編集委員会を各委員会、分科会の長を集め発足させ編集を行った。
- ② 各分野別に編集されたものを分冊にて製本、完成させた。
- ③ 完成した「景観材料選定ガイド」を各地方自治体の計画、設計者及び景観設計を行うユーザーに向け3,000部送付した（一部有料）。

※景観材料選定ガイド策定に関する研究（Ⅱ）は平成9年度（貴財団8年度）にて完了した。

各委員会の活発な活動により、ほぼ予定の期日に全容がまとまった。今回の構成は、地方自治体の実際の設計を担当されている人が、分かり易く、使い易いことを目指し、その目標に沿うべく分冊として編纂・出版した。

ガイドブック名と内容	担当	頁数
1. 「景観づくりと景観材料」 良好な景観づくりと材料の考え方 景観材料選定 鉄鋼系素材 アルミニウム 木材（エクステリアウッド） 石材 コンクリート セラミックス (タイル、れんが、粘土瓦) セメント系外装材 ガラス プラスチック 塗料	景観プランニング委員会 素材検討委員会 (環境エクステリア分科会と連携) (建築分科会と連携)	292
2. 「景観色彩」	色彩専門委員会	48
3. 「景観照明」	照明分科会	44
4. 「コンクリート平板」	土木分科会（コンクリート平板部会）	40
5. 「インターロッキングブロック」	" (インターロッキング部会)	48
6. 「舗装用タイル」	" (舗装用タイル部会)	44
7. 「景観事業ガイド」	品質委員会監修	76

5. 今までに得られた成果

別添本書「景観ガイド」7分冊を平成9年12月に完成した。

12月5日発刊記念パーティをアークヒルズXSITE HILLにおいてガイドの完成までにご協力いただいた通産省生活産業局窯業建材課、各主査の先生方、ワーキングの委員、編集者等により報道関係者への披露を兼ねて行った。

自治体の計画、設計担当者をはじめ土木・造園・都市・建築などの分野で景観形成の企画設計業務に携わる方々に、3,000部の無償配布を行った。

ガイドブック7分冊のチラシを作成し発刊の案内を景観材料推進協議会発行の「景観材料」（発行部数3,500有償）や「建産協・景観協情報」（会員向け）に同封すると共に景観の設計に携わる登録設計事務所（1,700）に送付した。また、景観材料推進協議会のセミナー等催事の都度チラシを配布しPRした。

（第1回）アーバンデザイン'98が日本経済新聞社、財団法人都市づくりパブリックデザインセンター、景観材料推進協議会の共催で東京ビッグサイトで平成10年3月3日～6日に行われ、景観材料の展示と共に参考図書として出展し景観設計に関心ある方々に有償で提供した。

6. これから期待される成果

景観材料をめぐる問題点として、都市景觀整備事業における材料メーカーの直接的関与の少なさ、地方自治体、設計者、材料メーカーとの関係者間のニーズ等の情報交換が十分行われていないことから生じる弊害が大きい等情報の伝達が不充分な事が挙げられる。このような状況を踏まえ、景観材料は街づくりに関わる地方自治体並びにその関係者によって使われるものであるという観点に立ち、景観設計をユーザーが景観材料を選定する際、情報として役立つ「景観材料選定ガイド」とした。その実用化を大いに図り、結果として街づくりにおいて重要な役割を果たしている景観材料の認識が深まり、美しい、環境に調和した街づくりに積極的に貢献できる事が期待される。

また、ユーザーにおける景観設計、施工が促進され、需要の拡大と景観材料のメーカーのベースレベルの向上に大いに寄与するものと期待する。

景観材料促進協議会では“快適な生活環境創造”的め優良な景観材料の開発・普及啓蒙を行うべく諸活動を展開している。

来年度の事業として下記の事が計画され、このガイドブックの浸透とともに景観の向上が期待される。

- ・第4回デザインセミナー

- 平成10年6月3日 景観色彩について テキスト「景観色彩」

- 平成10年7月24日 景観照明について テキスト「景観照明」

- ・中心市街地活性化に向けてパンフレットの作成

- 平成10年10月刊行 景観材料ガイドの紹介

- 配布対象 全国の市町村、商工会（会議所）、商店街振興組合

- ・地域景観部会

- 全国を7ブロックに別けて、景観形成に熱心な自治体や行政組織、設計事務所、景観コンサルタント、学識経験者、（地場）材料メーカーをメンバーとして組織化。景観材料の普及、啓蒙を図る。

- ネットワークの構築（情報交換会）と勉強会（景観材料ガイドをテキスト）

- ・ランドスケープ'98がランドスケープ実行委員会主催（九州通商産業局、九州地方建設局、福岡県、北九州市、北九州商工会議所、景観材料推進協議会他）で西日本総合展示場新館を会場（平成10年8月26日～28日）、昨年アーバンデザイン展同様景観設計に関心ある方々に提供し九州地区の優良な景観形成の一助とする。

7. 残る問題点と対策

「景観材料選定ガイド」策定は完了したが、このガイドを使用する対象者は主に地方自治体の計画、設計を担当している方々である。これからの問題点はこの景観材料選定ガイドを有効に使ってもらうため、幅広いPR活動を行う等、実用化に向けた種々の施策が必要である。

6.の項で掲げた内容を着実に継続的に実施し、地域や対象を広げていく必要がある。特に地域景観部会は発足初年度であり当ガイドの主対象である自治体と共に地域の景観の企画や設定に関与する方々との情報交換を通じて彼等が真に求めているものを把握し次の企画に繋げてゆく。

また、景観材料としての対象分野は景観構成部材としてみると他にも広範に存し、その分野を捉えてこの種のガイドの策定がシリーズとして求められておりその対応が必要である。

8. 研究発表会及び実用化計画

この景観材料選定ガイドが完成し、景観材料協議会会員の各社で景観材料ガイドを使って研修会が行われ会員各社の社員レベルの向上に役立っている。

一方、景観材料推進協議会では、「中心市街地活性化法」の成案を見越し関係先を訪問しガイドを持参しある役立て頂くような話を進めている。中心市街地の事業計画を策定するTMOを指導する商業関係指導員及び建築関係登録指導員を擁する中小企業事業団から研究会の要請もありガイド策定者による研修会を実施する。（平成10年7月）業界団体へ働きかけ自治体には訪問の上、関係者を対象に説明を行う。

参考添付資料

- ①各委員会・部会構成員名簿
- ②ガイドブック内容 各ガイドブックの内容につき代表的なものを例示した。

2-1 建築CAD教育システム

呉工業高等専門学校
校長 長町三生

1. 概要

本研究は、近年の建築設計の分野におけるめざましい情報化に対応して、下記の5つのテーマを実施項目として研究をしました。

- ① CAD、CG関連の授業の強化
- ② 設計事務所作品のレンダリング
- ③ 設計事務所スタッフのCAD、CG指導
- ④ CAD、CGシステムの開発
- ⑤ 開発したCAD、CGシステムの学会等での発表

研究の手順としては、最初に3次元CGソフトを購入し、①CAD、CG関連の授業、②設計事務所作品のレンダリング、および③設計事務所スタッフのCAD、CG指導で活用しながら、現在普及している3次元CGの構造を研究した後で、④CAD、CGシステムの開発を行い、最終的に⑤開発したCAD、CGシステムに関する論文を学会に投稿しました。

①、②、および③のテーマでは、消耗品費より購入した3Dソフトを利用し、②のテーマでは、設計事務所が計画したプロジェクト作品のCG制作費として、学生にCGオペレータとして謝金を支払っています。さらに、④では、機械・設備費で購入した、パソコンを活用して、CAD、CGシステムを開発しました。

以下に、各テーマの実施経過を詳しく説明します。

2 各テーマの実施報告

① CAD、CG関連の授業の強化

「建築CAD」の授業では、従来の2次元CADの演習に加えて、希望者に3次元CGの演習を実施した。3次元CGは、2次元CADとは違い、建築の設計を初期段階から、3次元でおこなうため、従来のような平面図、断面図、立面図といった平面的で機能優先の設計ではなく、空間の質を考慮した設計形態になった。また、従来では、エスキースと清書書きがそれぞれ別の工程として分離していたのに対して、3次元CGを使った学生は、CGの修正の容易さやデータの再利用性を活かして、エスキースをしながら同時に清書用の画像を生成するという、これまでにない設計工程をとった。

② 設計事務所作品のレンダリング（図1、図2参照）

設計事務所作品のレンダリングは、岩本秀三設計事務所「K商店+マンション」（平成10年4月末竣工予定）、同事務所「H邸」（平成10年中竣工予定）、宮森洋一郎事務所「オフィスM」

(平成10年中竣工予定)の建築CG画像を制作した。「K商店+マンション」では、CG画像がプレゼンテーションとして使われ、完成予想を詳細に表現し、設計者や施主への説明に活用された。「H邸」では、設計の初期の段階から、多種の案のCG画像を制作することで、設計者の設計の流れを整理でき、発想をより効率化できた。「オフィスM」では、設計の初期の段階で、詳細部を除いた駆体だけのCG画像を制作し、空間の構成を明らかにし、設計者の意志決定に活用できた。

これらのCG制作は、その工程や、設計者からの意見などを考察して、建築の設計者にとってCGがどのように使われるかをテーマとした研究を、学生の卒業研究としても実施した。

③ 設計事務所スタッフのCAD、CG指導

岩本秀三設計事務所のスタッフの方に来てもらい、3次元CGの制作現場やCGの構造などを説明した。同事務所では、既にほとんどの図面を2次元CADで作成しているが、建築空間の最終的な確認は、模型を使っている。3次元CGの活用方法を理解してもらうことで、設計の効率化やこれからの設計工程のあり方を議論した。

④ CAD、CGシステムの開発

上記の①、②、③における3次元CGに関する一連の調査を経て、独自の3次元CAD・CGシステムの制作を現在進めている。2種類の設計初期段階のためのCADシステムを制作中である。その内一つは、「3次元スケッチブック」と称したシステムで、従来の紙と鉛筆でおこなっていてスケッチによる建築のエスキースを、パソコン上で3次元的なスケッチができるようにしたものである。このシステムの最大の特徴は、入力参照平面（3次元空間上で図形を入力時の基準となる平面）の移動に、Object click referringという方法を取っている点で、これにより3次元空間上の任意の位置に、迅速に入力参照平面を移動することができる。そのため、空間上に絵を描くような感覚でモデリングができる。

もう一つは、建築をボリュームで捉えた場合のエスキースが簡単にできるシステムで、学校や集合住宅の建物群のボリュームの検討に利用できる。従来では、スタイルフォームや、粘土によってボリュームの確認をしてきたが、本システムを利用することで、形状の変更（特に屋根形状）が簡単に行えるようになる。

これらのシステムは動作チェックをパソコンで確認し、実行速度を主とした実用性の検証をおこなった。（3次元スケッチブックの章を参照）

⑤ 開発したCAD、CGシステムの学会等での発表

④で開発したシステムの内容を1998年度日本建築学会大会で発表する予定である。

3. 「3次元スケッチブック」

3.1 目的

建築設計の初期段階では、案の検討が手書きスケッチによって試行錯誤されることが多い。スケッチには平面的、立体的、概念的なものなど多種ある。この中で、立体を表現したスケッチは、単一の視点により描かれてた絵であり、CGのように動かないが、スケッチの優れた機動性と柔軟性により、設計初期段階には欠かせない道具といえる。仮に立体を表現したスケッチが多視点性を持ち、3次元的に「動く絵」になれば、初期段階を効果的にサポートする道具になるはずである。

本研究は、スケッチが元来持つ機動性と柔軟性を保持しつつ、さらに3次元的なスケッチが可能となるシステムを構築し、設計の初期段階での有効性を調べることを主な目的としている。本稿では、スケッチ指向のCADシステムの基本的な機能の実現方法を示し、システムの性能を検証する。

3.2. 方法

3.2.1 3次元入力

申請者はペンコンピュータ上でスケッチをしながらモデリングするシステム〔1〕を提案したが、スケッチ線が3次元的に扱えないことや、描く際の制約が気になり窮屈感があるなど問題点が多く、実用性を確認することができなかった。一方、秋道は、画面上に描かれた線分のスケッチを、ノード情報などを手がかりにシステムが3次元として認識することで、モデリングする方法を示した〔2〕。近藤らは、手で描かれた直方体から透視図の情報をを利用して、3次元モデルを生成する方法を示した〔3〕。矢田らは、画面上に描かれた長方形を、ノード情報と透視図の特徴から3次元として認識する方法を示した〔4〕。

研究〔2〕、研究〔3〕、研究〔4〕はいずれもユーザが描いたスケッチをシステムが3次元的に自動認識することで、スケッチからのモデリングを実現している。しかしこれらのものは、ノードを合わせて描かなければならなかったり、対象が直方体や長方形に限られるなど、いずれにおいても図形的な制約が見受けられる。筆者が研究〔1〕で得た結論は、描く際の制約による窮屈感が最も大きな問題点で、これを取り除かない限り実用は難しいと判断した。そこで本研究では、スケッチを描く際の図形的な制約がないことを前提としてシステムを設計した。

スケッチの図形的な制約が存在する原因是、スケッチの自動認識機能が「人間レベル」に達していないためである。つまり「完全でない」認識機能はスケッチを3次元に解釈する際に何らかの約束事が必要で、それがスケッチの制約となっている。仮に人間と同レベルの認識機能があれば、一切の制約を受けずにスケッチが描け、それが3次元化できるはずである。しかし現在、人間レベルの認識機能を構築することは難しく、現実性が乏しい。

以上を吟味した結果、本システムは認識機能を使わないものとした。その代わりに、空間上に入力の基準となる平面（入力平面）を設け、それをできるだけ少ないモーションで任意の位置に移動できるようにした。こうすることで、空間上の任意の位置に線が引けるようになり、描かれるスケッチは図形的な制約はなくなるものと考えられる。その反面、描く前に入力用の平面を意図した位置に移動させるという別の制約が新たに生じる。入力平面の移動の手間をどれだけ少なく抑えられるかで、システムの実用性が決まるといえる。以下に、本システムでの入力平面の移動方法を示す。

- a) マウス右ボタンを常時入力平面移動の専用とする。
左ボタンは描画専用とする。
- b) 既に入力されている線の上の任意の点を画面上で右クリックすると、その線分（対象線分）を法線ベクトルとし、その点を含む平面の位置に入力平面が移動する。この点が入力平面の原点となる。（図3）
- c) 入力平面の移動直後、マウスを動かさずに右クリックを続けると入力平面の向きが変わる。
面の向きは、
 - ① 対象線分を法線ベクトルとする面

- ② ①に直行し x - y 平面に垂直な面
 - ③ ②と③に直行する面
- の順でローテーションする。 (図 4)
- d) 入力画面内にあるPlane Indicate Box(PIBOX)を右クリックするとワールド座標系の x、y、z 軸を法線、ベクトルとする面のいずれかを選ぶことができる。

この方法では、入力平面の移動はコマンド選択を必要とせず、移動の場合で 1 クリック、向きを変えて移動する場合でも最大 3 クリックですむか。しかも入力平面は入力されている線分の向きであれば任意の位置・向きに置くことができ、ワールド座標系の水平、垂直に合わせたいときは、PIBOXをクリックすれば常時それが可能である。

線分は直線とフリーハンド線が描け、線の濃さは 5 段階設けた。線分以外にも、4 角形ポリゴンの入力を可能にした。これらの線分をポリゴンは常に入力平面上に描く形式で入力される。

空間内に入力平面を設定し、それを基準に入力する方法は、従来の 3 次元 CAD でもよく採用されている方法である。しかし入力平面の移動には通常、コマンド選択が伴い、入力平面を頻繁に移動する場合には、そのコマンド選択の煩わしさが、入力の大きな障害となっていた。本研究では、入力平面の移動方法を最適化した点に特徴があり、これにより従来の 3 次元 CAD と構造的には殆ど変わらないが、操作性の点では図形的な制約を受けずに 3 次元的なスケッチが描けるシステムとなっている。

3.2.2 CG 鉛筆線の採用

通常の鉛筆の線は、手の動きや筆圧によって多様に変化し、これによって描かれたスケッチは、設計者の意図がきめ細かく表現されている。このような表現は鉛筆線の柔軟性や曖昧さによるところが大きいと考えられる。

従来の CAD の入力画面で採用されている線は、斜めの線（特に垂直、水平に近い斜めの線）にジャギーが目立ち、通常の鉛筆線とはかなりかけ離れている。本研究では、線の質もスケッチ指向の CAD に大きく影響するものと考え、入力される線分には、研究 [5] で開発した CG 鉛筆線を改良して本システムに採用した。このように、入力方法だけでなく、表現方法についてもスケッチ指向の CAD システムの仕様を追求しているところも本研究の特徴である。

4. 結果 (図 5)

本システムを使って、作図実験を行った。設定した敷地は緩やかに傾斜した東西に細長い土地で、ここに別荘を設計した。建物自体の条件は特に設けず、頭の中に浮かんだイメージを直接描いていった。

3 次元入力については、マウスの移動量も少なく概ねストレスを感じることなく任意の位置に入力平面を移動できた。しかし屋根の外形線のスケッチの際などは、入力平面の移動が煩わしく感じる場合もあった。このとき必要と感じたのは、入力平面とは関係なくスクリーン上に直接スケッチができ、視点移動をするとその線は消えてしまうような機能であった。

のことから、通常のスケッチがもつ元来の機動性は、絵を描くときの制約条件が全くないことに起因していることを、あらためて感じさせられた。本システムは図形的な制約条件はないが、入力平面の移動操作がスケッチをスムーズに進める上で障害となる場合があることは、否定でき

ない。

また、スケッチを描く前に入力平面の空間的な位置の把握を間違えると、描いた時には見かけ上は意図どおりの絵であっても、視点移動すると全く異なった位置に線がある場合がある。しかし全般的に見れば、このような誤った入力は少なく、またそうなっても、それを削除することで簡単に解決できるため、実用上はそれほど大きな問題ではないと判断している。

一方、デザインとは直接関係がないが、壁などにハッチングを施し、影となる箇所を強調した場合もあった。これは明らかに絵を描く行為と等しく、従来のモデリング指向のC A Dシステムにはなかった行為といえる。この操作の背景には、「強調したい箇所に手を入れた」ことに加え、「絵としてのまとまりを配慮した」ことも原因となっている。

全体を通してみると、線分によるスケッチは建物の大まかな形を決めるときに描かれ、その後スケッチ線に沿ってポリゴンを入れるという工程が繰り返された。その結果スケッチよりもポリゴン入力の方が主体となっており、全体としてのスケッチの量は以外に少なかった。

これは設計対象の性質にもよるだろうが、本システムのようにスケッチとサーフェスモデリングの両方の機能がある場合ではスケッチはポリゴンを入れる前の下書き的な機能に使われ、ポリゴンは「決定された形」として入力されたためである。スケッチ線は、最初は薄い色を使い、デザインがかたまるにつれて、濃い線で描くことで、曖昧な形での十分な試行錯誤ができ、このような使われ方が可能であったと考えられる。

このように性質の異なる二つの機能が役割を分担し、しかも両者には、操作的、空間的な境界がない状態で実現されていることで、本システムはデザインの試行錯誤が可能になっていると考えられる。

従来のC A Dシステムは、形の定義が正確にできるところが利点でもあったが、逆に曖昧な形の表現はデータ構造や表現方法の性格上、難しかった。本システムは曖昧な形をモデリング時に試行錯誤できるところが、従来のシステムにない特徴になっている。

5. 結 論

3次元のスケッチを実現することを目的に本システムを構築したが、この目的自身はある程度達成できたと思われる。それでもなお、紙と鉛筆のスケッチのように、3次元的な操作を伴わないスケッチをしたくなる場合があり、このような機能をいかに取り入れるかが今後の研究課題である。しかし実用性は現時点でも十分確認でき、スケッチ思考のC A Dシステムの基本的な方針の一つが見いだせたものと考えている。

[既往研究]

- [1] 間瀬実郎、「ペンコンピュータによる初期段階設計支援システムに関する研究」、日本建築学会第17回情報システム利用技術シンポジウム論文集 pp. 211-216, 1994. 12
- [2] 秋道慎志、「立体モデル入力インターフェイスに関する研究」、日本建築学会第18回情報システム利用技術シンポジウム論文集 pp. 145-150, 1995. 12
- [3] 近藤邦雄 他、「対話型スケッチシステムのためのユーザインターフェース」、計測自動制御学会第11回ヒューマン・インターフェイス・シンポジウム論文集 pp. 69-75, 1995.
- [4] 矢田芳充 他、「スケッチ認識システムのインターフェイスに関する研究」、日本建築

学会1996年度大学学術講演梗概集 A-2, pp. 323-324, 1996. 9

- [5] 間瀬実郎、小林隆暁、「鉛筆素描調の3次元CGによる建築の表現」、日本建築学会第18回情報システム利用技術シンポジウム論文集 pp. 187-192, 1995. 12

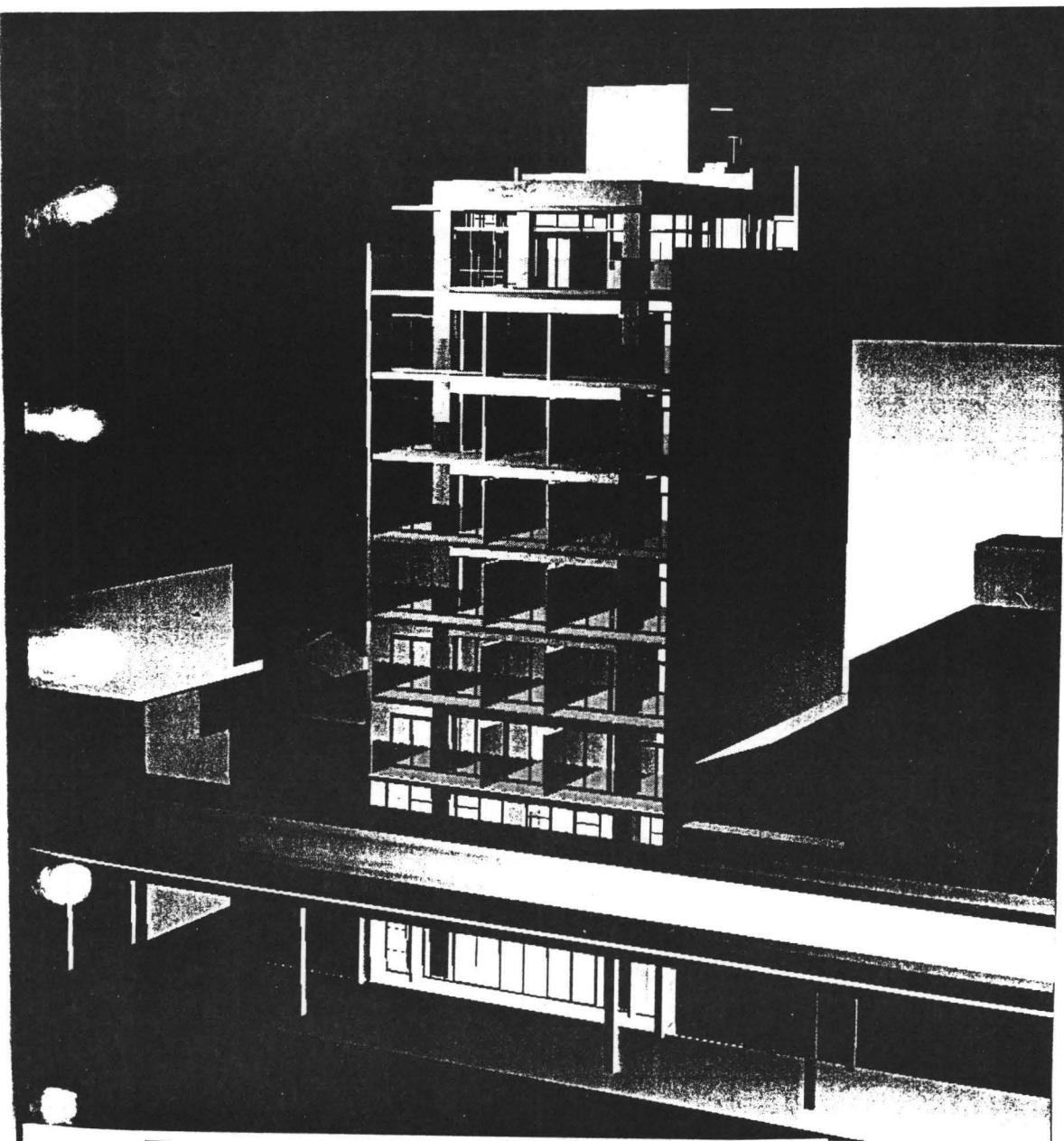


図1 K商店+マンション 岩本秀三設計事務所

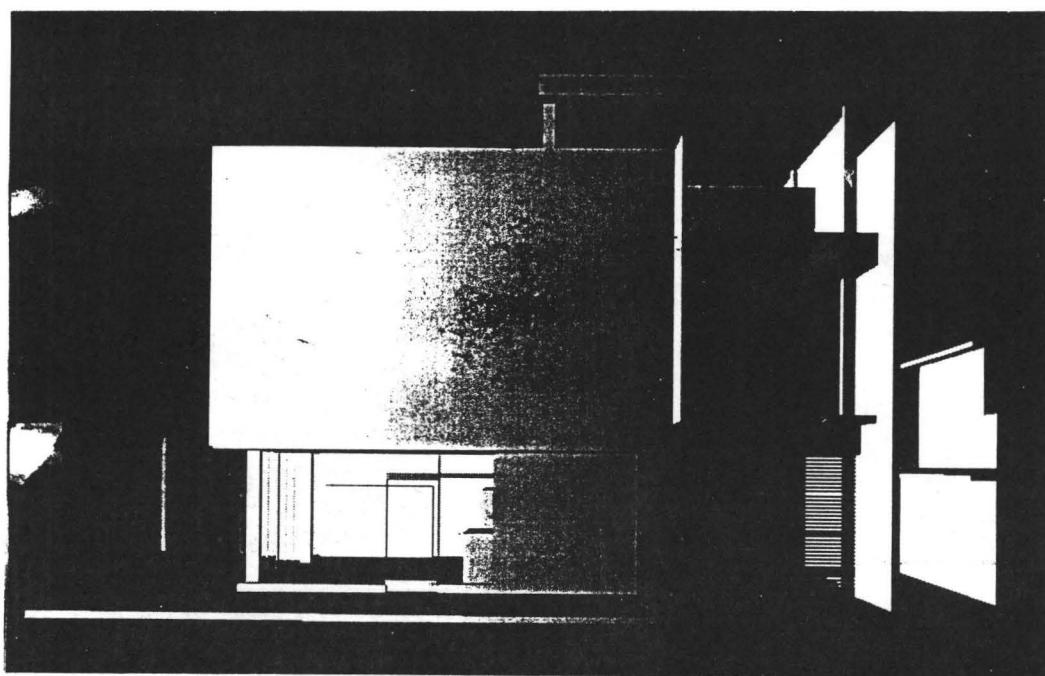
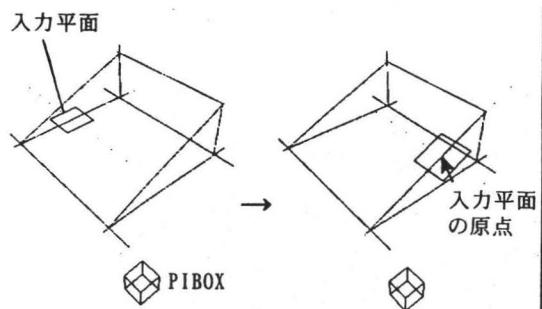
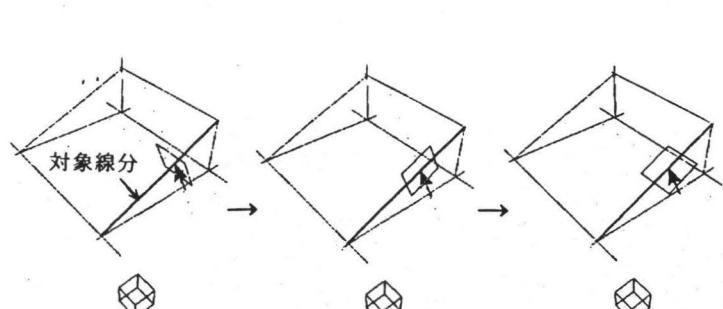


図2 H邸 岩本秀三設計事務所



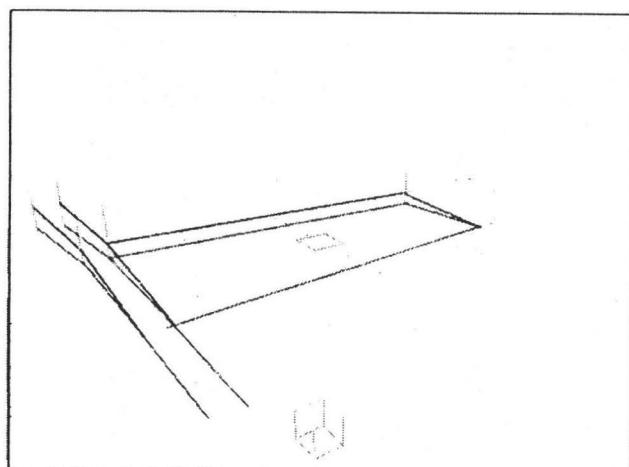
入力平面は位置と向きがわかるように正方形で表しており、入力可能な範囲は無限（数値上）に広がっている

図3 入力平面の移動

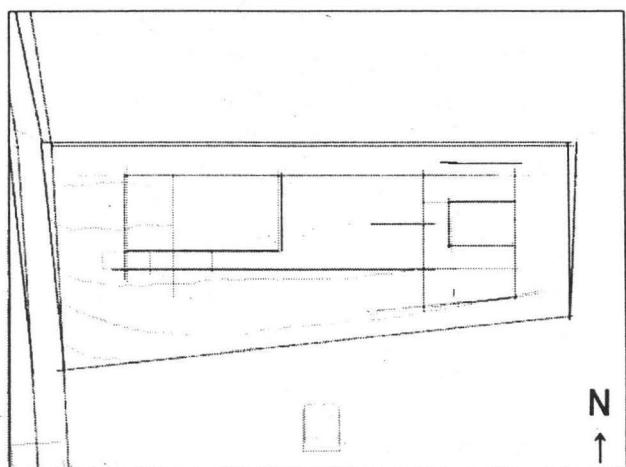


①: 対象線分を法線ベクトルとする面
②: ①に直交し、x-y
③: ①と②に直交する面に垂直な面

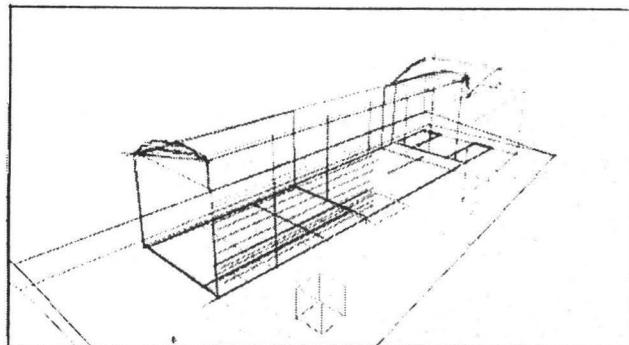
図4 入力平面の向きの変更



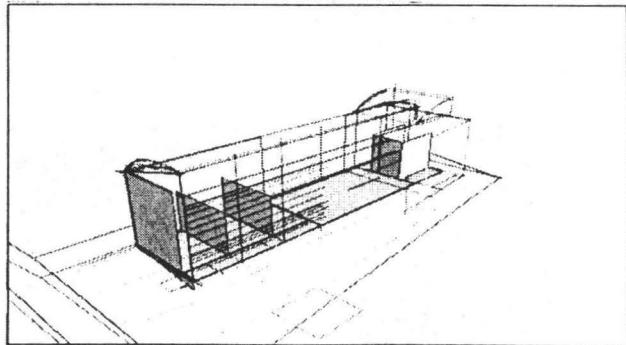
1 敷地のスケッチ



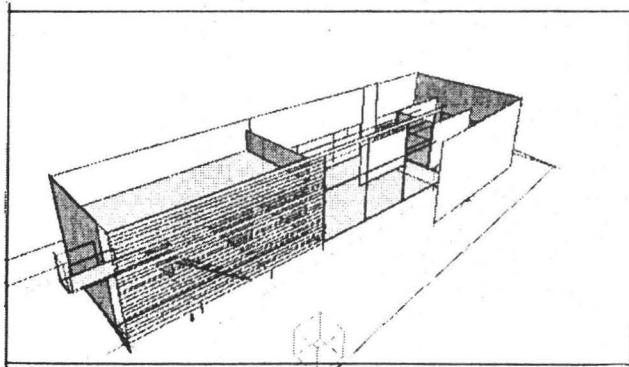
2 プランのスケッチ（視点を真上に設定）



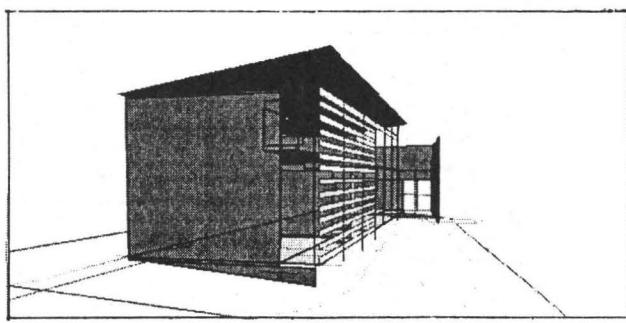
3 プランをもとに外見線のスケッチ



4 間仕切りなどをポリゴンで入れる

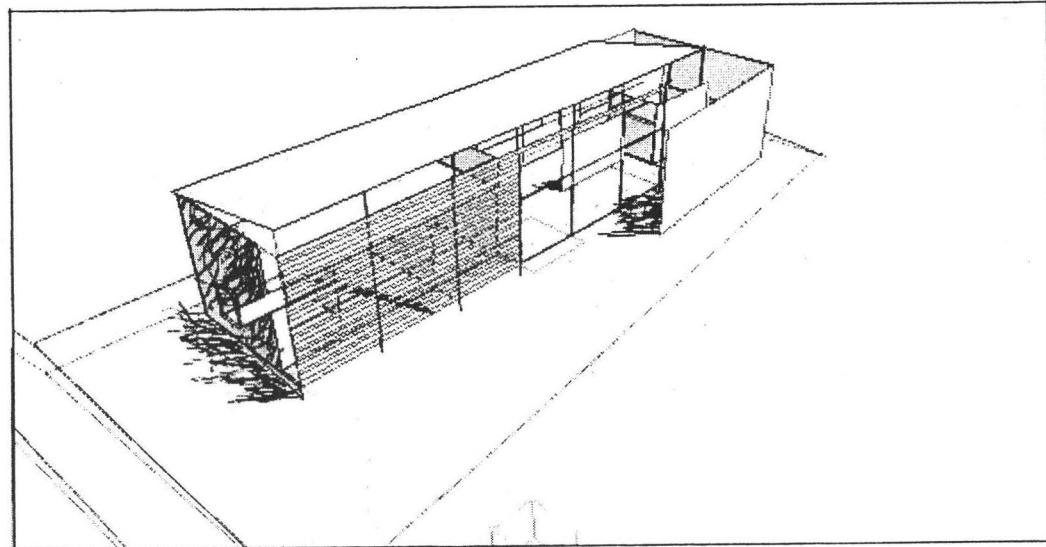


5 外見線を消し外見をポリゴンで入れる



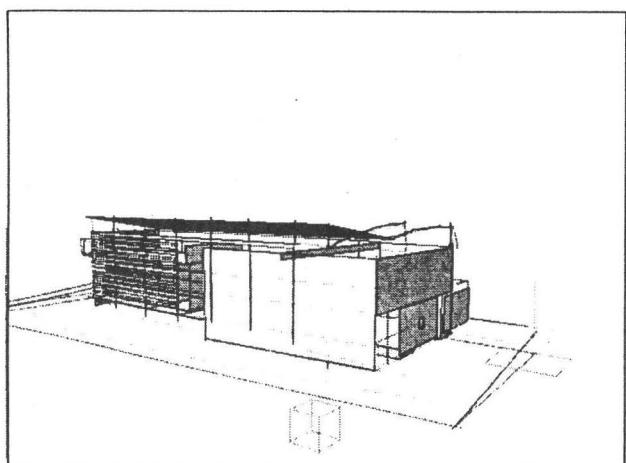
6 屋根を葺く。3の時点ではボルトをイメージしていたが
片流れに変更

図5 試用例（別荘の設計案）

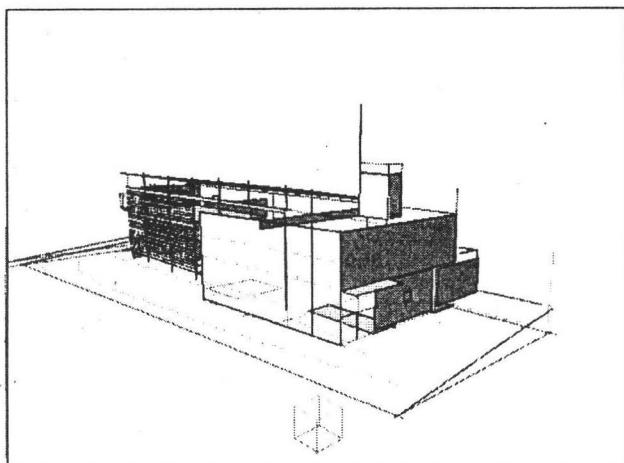


7 大まかな形ができる
がった時点で、壁などの影をハッチングで強調する

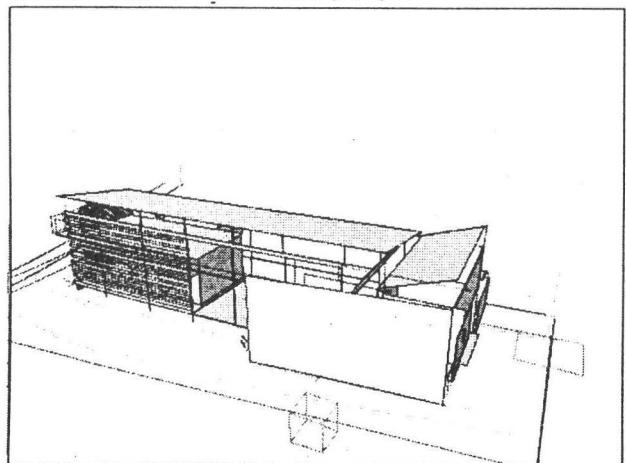
このハッチングは形には直接関係ないが、絵を描くような感覚で影となる箇所を強調した。



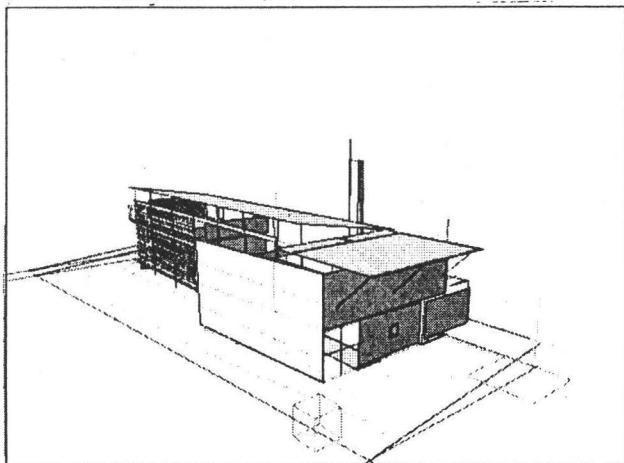
8 東側の屋根をポールトでスケッチする



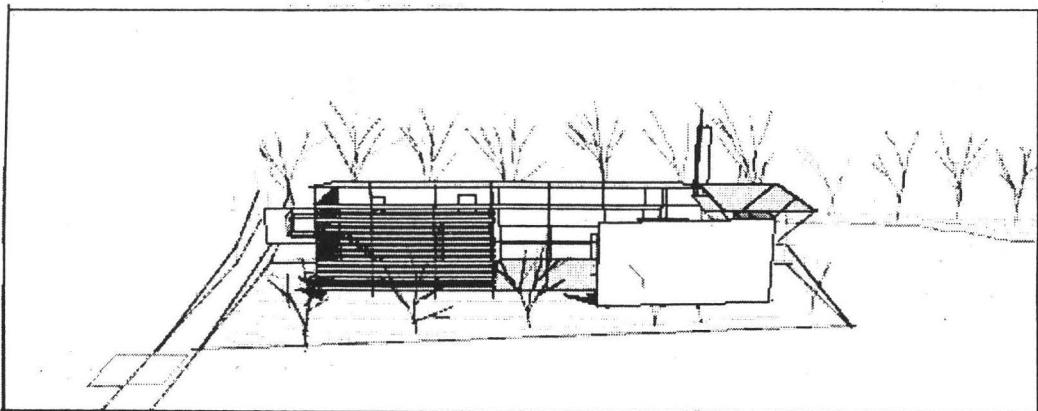
9 ポールトは破棄し、トップライトをポリゴンで入れる



10 片流れ案



11 フラット屋根と細長い煙突で一応落ち着く



12 外構の樹木などを書き込み、第1案のスケッチ完成

2-2 3次元CADによる造形教育の方法論 の開発・研究

米子工業高等専門学校

鈴木 充・川端 康洋・熊谷 昌彦・片木 克男
高増佳子・和田 嘉宥・山田 祐司・足立 美枝

1. 研究の背景と目的

国立工業高等専門学校は、昭和30年代後半から昭和40年代に設立され、中堅技術者の養成を目的に、電気、機械等の工学系学科とともにつくられた。したがって、建築学科も工学系の傾向がつよく、その造形教育は、次の2つの側面をもっている。

- (1) 造形教育は、建築学科の基礎的過程として位置付けられている。
- (2) 工学系の建築学科の造形教育は、技術的関連のあるものがふさわしく、コンピュータを使用したデザイン分野との関連で造形教育を考えることが適当である。

他方、建築関連会社のコンピュータ利用の観点から、コンピュータによる3次元の造形教育の位置付けを考えると、次の2点が考えられる。

- (1) 建築のコンピュータ利用では、実施設計や施工図さらにプレゼンテーション等の段階での手書きの省力化からの導入と基本構想・設計での創造力の拡大の一助からの導入の2側面がある。
- (2) 建築の各分野でのコンピュータ利用が急速にすすんでいる。例えば、構造・設備分野では構造・設備計算やその図面化、視覚化等である。

現在、2次元の図面のコンピュータ化は進んでいるが、3次元のコンピュータ化は、プレゼンテーションに限定されている状況にある。

このような現状をふまえて、本研究は、建築分野において、構想・企画の段階で、創造的発想を表現できる人材育成のため、3次元CADによる造形教育の方法論の開発・研究を行うことを目的としている。

2. 研究の方法

まず、建築分野において、3次元CADを使用して、建築設計の構想・企画の段階での教育を積極的に進めている国内の大学の調査を行っている。コンピュータによる設計教育について、目的、授業科目、授業内容、設備を、インタビュー調査と各大学等の関連資料から求めている。ついで、本校の建築学科の設計教育とCAD教育について説明している。さらに、コンピュータに関連する授業のなかで、特に造形教育に関連の深い3次元CADの授業に焦点をあて、その実際の授業内容と学生からの評価の検討を行っている。最後に、これらをふまえて、3次元CAD教育の効果的方法を提示している。

3. 大学における3次元CAD教育の現状

国内の大学で、3次元CADによる造形教育に重点をおいて教育を行っている5大学（熊本大学、東京工芸大学、東京都立大学、芝浦工業大学、早稲田大学）を選定し、目的、開講授業、授業内容について検討する。（別表1参照）

(1) 熊本大学環境システム工学科（環境デザインコース）のケース

建築CAD教育にとりくみはじめたのは1988年。1994年度以降、学部の建築CAD関連科目は5科目（選択）である。早い段階で、3次元モデリングを体験させることが意図されている。その背景は、

○図面という表現方法は学生の思考を平面の世界に拘束しがちだが、三次元モデルは重力の制約もうけない。このため、「建築の常識」にもとらわれることなく、自由に発想し表現できるようになるのではないか。

○不器用なためせっかくの新鮮な発想を表現できない学生が最近増えている。こうした学生の能力を伸ばしたい。

○1年次に様々な視覚表現ツールを体験させ、以降に開講される設計演習でも各人の好みや課題の内容に応じて適切なツールを使えるようにしたい。

1996年度に、ネットワークを組んだ環境で建築CADを実習する学生用演習室を整備した。テンキー式ロックを装備したうえで、24時間利用可能。建築系の学部生は各学年70～80人程度。1年次は大半が受講する。3年次では、40人程度である。

「造形表現第二」（1年後期）：紙模型制作、粘土造形、三次元モデリングの三種類で課題に取り組む。テーマは、「広場のモニュメント（12×12×12mの空間装置）の設計」

「空間構法」（2年後期）：CGの基礎理論とCADマインドの設計方法論の講義。

「デザインシミュレーション」（3年前期）：ソリッドモデリング、レンタリング、複合図形操作などの高度な技術や図面の作成・編集方法を教える。

「設計演習」（3年後期、4年前期）：CADを利用したクラス新設。ネットワーク環境を生かした協調設計をテーマにとりいれる予定。

(2) 東京工芸大学建築学科のケース

1990年から3年次後期の選択科目として「建築CAD」を開設。1991年から3次元CADに教育の主体を移し、CADを理解させるとともに、3次元的思考の訓練と建築作品の読みとりと入力を通しての建築の素養づくりをめざしてきた。1995年から2次元CADを加え、3次元CADコースと合わせ計70名に学生数を拡大した。しかし、担当者の負担増をふまえ、1995年CAD教育の見直しが行われた。CADを2年次必修科目とし、ネットワーク利用も含めたりテラシー教育に重点をおき、自由に利用できる環境を整備し、「学生が自ら学ぶ」コンピュータ利用促進を図ることにしている。

CAD教育に関しては装置環境が整えば十分使いこなせる。今後の展開は、教育期間の後で彼らがどれだけ使いこなせるかにかかっている。

○ネットワーク利用が必須。そのため、マニュアルを公開し書き足すしきみを用意すること、質問・疑問にこたえるためメーリングリストの作成や公開で対話するCGIによる掲示板を運用すること、参考資料となるデータベースをWEB上に公開することが重要。

○ネットワークの積極的利用として、コラボレーションやネットワーク上の公開の設計教育

や講評会が考えられる。

- 空間表現におけるマルチメディア利用、発想段階でのコンピュータ利用、大学での入力センターの機能の必要。

「ソフトウェア工学概論」「情報処理演習」（1年後期）：コンピュータリテラシー教育（文書作成、表計算、グラフィックス、ネットワーク利用）

「建築設計製図2」（2年後期）：CAD操作教育と短期課題2題を組み込む。

「建築設計製図5」（3年後期）：デジタル環境での協同設計コース設定。

「建築設計製図6」（4年）：履修者にまかせる。

(3) 東京都立大学建築学科のケース

人間の造形能力は、本来たよりないものである。したがって、手助けとなる装置が必要である。建築デザインで、ユニークな形をつくりだす造形能力は重要な要素だが、全くなにもないところから新しい形を生み出すのは容易なことではない。ユニークな形だと思っていても、実は過去に蓄積された形のイメージからぬけだせないでいる。自分で新しい形を生み出せないなら、人工的な装置に形をつくりださせれば良いのではないかという考え方、「イメージジェネレータ」としてのコンピュータ利用がなされている。

○CGの楽しさを経験させる。CADというものはそれほど楽しいものではない。まず、使いやすい2次元ソフトを楽しみ、コンピュータの優れている点を実感させること。

○自分の造形能力の限界を感じさせる。ブックミラーや万華鏡をのぞかせたり、ブロックのような各種の造形玩具を使用させて、頭の中だけの模索では、簡単な造形玩具の機能にも及ばないことを知ること。

○形の自由さを楽しむ。コンピュータの中の形には重さや強度がない。その意味で、非現実的になりやすいが、それは同時に造形的に自由度が高い。

「建築造形演習」（2年）：60人近い履修者に対して、16台のコンピュータがあるのみ。1人1台で使用するには4グループに分けなければならない。そこで、他のグループには、模型制作などの作業をさせて、交代制でコンピュータを使わせる。建築CADでなく、あえてモデリングソフトを使わせている。例えば、立体相互の融合的な接合を行い、複数物体のなめらかな連続体をつくりだすために、メタボールを用いた。

(4) 芝浦工業大学環境システム工学科のケース

教育システムの内容は、次の2つに示すことができる。

○コンピュータを十分に活用した教育法の開発と実用化。

○効率的な教育・研究に関する情報環境の構築と運営。

建築CAD設計については以下の3つの軸から展開している。

○CM(Computer & Cad Mind)コンピュータ及びデータベースの概念を含んだ思考およびコンピュータリテラシー。

○AM(Architectural Mind)建築を発想・想像する行為及びそれに必要なソフト的要因(方法論、プログラム、デザイン、恣意的な部分等)

○SM(System Mind)システム思考(ものごとを統括し、計画を進めていくための思考)、目的設定…データ収集・分析…シミュレーション…プレゼンテーションにしたがって、建築設計情報の獲得と伝達及び設計方法論の意味とその展開を行う。

「情報処理」「情報処理演習」（1年前期）：リテラシーの習得。

「C A D設計論」「C A D設計演習」（2年前期）：もの、建築、都市、環境を創るための基礎知識を習得しコンピュータ・C A Dリテラシーとシステム思考による建築C A D設計理論及び建築C A D設計方法の基礎知識を習得する。さらに、それらにより、建築・都市・環境の設計方法を習得する。

「居住環境デザイン」「居住環境デザイン演習」（3年前期）：建築的思考とものを創ることの養成をめざしている。さらに、まちづくりの課題で、グループウェアによる設計を体験し、実社会における設計の進め方を学ぶ。

「都市環境デザイン演習」（3年後期）：都市施設としての建築のスケール、寸法、基本構成、周辺環境と対象建築との関係などについての見方や考え方を訓練する。

(5) 早稲田大学建築学科のケース

C A A D教育は、単に特定のソフトウェアの使い方を教えるようなオペレーション主体の教育ではなく、コンピュータを使って設計センスをいかに身につけさせるか、デザインの問題解決や意志決定の能力をいかに育成させるか、また間接的ではあるがコンピュータネットワークなど広い意味でのコンピュータリテラシーをいかに身につけさせるかということを目的としている。

○C A A Dを製図システムとしてではなく、設計行為全般を支援するものとして捉える。

○製図教育の目的は図面の單なるトレースではなく作品自体を理解することにある。

○コンピュータを媒体としたコミュニケーション手段は、先進的教育にとって不可欠であり、今後インターネットなど広域ネットワークの利用が今後一般的になる。

「基礎製図1」（1年後期）：電子メール、基本的オペレーション、町役場や住宅で、3 Dモデリングとアニメーション。各課題ごとに平面図、立体図、断面図、詳細図を渡し、それらの情報により、3 Dモデラーで、モデリングさせた。また、モデリングした建築物をいかに表現するかというビジュアルプレゼンテーションの能力を育成する提出内容になっている。

「基本製図2」（2年前期）：所沢聖地靈園（2 Dドラフティング、3 Dモデリング）東求堂（3 Dモデリング）、早大理工（アニメーション）。提出図面の清書だけではなく、設計の発想段階から積極的にコンピュータを使っていく学生もみられる。インターネット利用では、C A D選択者は全員メールアドレスをもっており、教員に対して授業の質問をしたり、教員からの返答をうけることができる。

「設計製図3」「卒業設計」（3年、4年）：C A D使用の提出物もうけつける。

「基礎製図1」18名、「基礎製図2」24名と少人数にしほっているため、学生同志に親近感が生まれ、ソフトの習得などでは教え合うなどの効果がある。

以上から、以下の点についてC A D教育方向の共通性がみられる。

- (1) 学生一般に対してコンピュータリテラシーの教育が重要である。学生自身がコンピュータを利用して自分で学ぶ状況をつくってあげることが大切であるという認識。
- (2) C A Dをソフトウェア使用方法や図面のトレースの訓練や手段ではなく、建築・都市空間の発想の道具として積極的に利用していく。
- (3) コンピュータのネットワークを利用した協調設計方法論の確立の必要。

また、3次元C A Dによる造形教育の可能性について以下のことをあげている。

- (1) 従来の手書きの方法では、2次元図面を立ち上げて3次元にするのだが、3次元C A Dの使用によって、自由な発想のもとで、はじめから3次元の自由なモデル制作が可能となった。し

かも、2次元CADとは異なる発想のモーダーなので、形の発想支援には有力なヘルパーである。学年の初期の授業から使用する傾向にある。

- (2) ネットワークを利用した協調設計では、特に3次元のモデリングは発想から最後のプレゼンテーションまでビジュアルに即理解できるので、有効である。

4. 米子工業高等専門学校建築学科CAD授業での取り組みとその成果

現在、本学建築学科でのCAD教育の取り組みは2年生から5年生にかけて行われているが、今回の研究報告では、本年度の4年生のCAD教育の内容に焦点をあて、課題内容と学生作品および、学生によるアンケート調査によって、CAD教育のあり方、また3次元CADを利用した造形教育の方法論を探っている。

(1) 授業の基本構成

4年生のCAD教育は週に2時間の選択授業で、選択学生26名がほぼ1人1台のMacintoshコンピュータの環境で、MiniCadやPhotoshop、StrataVisionなどのソフトウェアを利用しながらの演習課題中心の授業としている。その他に、モノクロ及びカラープリンターや、スキャナーなどのハード機器が用意されている。授業以外でも先生の許可さえあれば、いつでも利用できるコンピュータ環境としている。また、課題作品はエスキス段階からチェックをして、提出後は必ずプレゼンテーションを時間を設けて、プロジェクターで大きく映し出し、それが作品意図を発表し、みんなで作品を鑑賞し、また講評している。

(2) 課題内容

課題は以下の5つよりなるが、はじめからCADソフトを使って、まずは2次元のグラフィックデザインでコンピュータデザインの楽しさに触れ、次に3次元のCADに慣れるため簡単な3次元の演習課題をしてから、3次元でのデザイン課題に取り組み、次にCADソフトだけでなくスキャナーや画像処理ソフトを使用して、ビットマップデータの画像も適宜レイアウトしながらイメージを表現することに取り組み、最後にレンダリングソフトを使用してコンピュータならではの素材感や光を扱ったデザイン課題で、一通りコンピュータでのデザインができるような構成としている。課題を出すたびに、そこで必要になるソフトの使い方や機能については、一通り説明するが、とにかく自分でさわりながら、その機能がどのようになるのか試してみるのが、マスターのための早道のようである。

1年間でやってしまうには、少し大変な課題かとも思われたが、学生達は熱心に取り組み、それなりの成果がでているものと思われる。

① ポスターイン（2次元CADのデザイン）

CADソフトを利用してのデザインで、図形の描き方から、その図形の組合せやバランスによって、様々なデザインの可能性を探求し、デザインする。

② 3D練習～赤と青の椅子～（3次元CAD）

はじめての3次元CAD導入のため、リートフェルトの赤と青の椅子をつくって、3次元CADソフトを理解する。

③ 5×5×5mの自己空間（3次元CADのデザイン）

1年生ではじめて出される設計製図課題と同じ内容であるが、今度はCADを利用して作

成することにより、メディアの違いを意識して取り組む。

④ 好きな人の住宅（スキャナー及び画像処理ソフトの利用）

自分の好きな人を選び、その人にふさわしい住宅を設計し、3次元CADやスキャナーなど画像ソフトも多用して、表現する。

⑤ 照明デザイン（レンタリングソフトの利用）

レンタリングソフトを利用して、素材感や光の表現を工夫しながら、照明器具やあかりそのものをデザインする。

(3) 学生作品について

「ポスターデザイン」では、CADソフト(Mini Cad)ならではのラスターデータの切り絵のような感覚に触れ、作品も切り絵感覚のものが多いように思われる。また逆に少数の人は、手書き感覚のフリーハンドツールを使用して、実際の手書きとはひと味違った手書き感覚を楽しんでいるようである。（参考作品1参照）

「3D練習」では、積み木のように作り上げる3次元CADの感覚や様々な視点からの投影図(Computer & Cad Mind)などを理解してもらうためチュートリアルを見ながらの演習とした。

5×5×5mの自己空間では、大きさを規定し、形も基本的に曲面は使わないように規定したので、その中の最大限の可能性を探るために、画面の中で形を考える学生が増えているように思われる。（参考作品2参照）

「好きな人の住宅」では、好きな人をイメージし、その人のイメージと合致した住宅をデザインし、表現するために、スキャナーデータなどを利用し、画像処理ソフトを活用して、新たなプレゼンテーションのテクニックを駆使している。それぞれ好きな人に対する思い入れがあるため、熱心に取り組んだ作品となっている。スキャナーデータを設計図面に効果的に導入できた人がやはりプレゼンテーションに成功していると思われる。（参考作品3参照）

「照明デザイン」では、レンタリングソフトを使いこなすのに、少し手間取っていたようであるが、自分のイメージしたように光や雰囲気が表現されるように、素材感の表現や光の表現を何度も試して、試行錯誤していたようである。光の表現では、画像処理ソフトで光が出ていくような加工をして、うまくごまかしていた人もいたが、イメージを自分なりの手段で表現できればよいと思われる。（参考作品4参照）

これは全体に言えることであるが、コンピュータが手書き図面と異なる点として、試行性(シミュレーション性)のよさがあるが、学生たちは演習課題をこなすことに、何度も画面上で色や形を試して、よく検討しているようである。特に3次元CADは手書きの場合に比べて楽にシミュレーションができるので、効果的に利用されている。

(4) 学生によるアンケート調査結果

このアンケートでは、それぞれの課題について、学生がどのようなソフトの利用の仕方をしているかなどを調べ、そこからCADソフトに求められる機能や利用方法を検討し、明らかにしたいと思っている。アンケートは本年度4年生CAD選択受講者26名中、その日に出席していた24名を対象に行っている。

質問はそれぞれの課題で使用したソフトウェアのツールやメニューなどの機能はどんなものでしたか？というものであった。

それぞれの課題においてのアンケート結果の集計は別表2～11を参照していただきたい。例

えば、ポスター・デザインの使用ツールでは、使用したツールの回答の多い順に並べているので、文字を使用した人が一番多く、20名が使用しており、直線は19名が使用したことなどがわかるようになっている。

まずポスター・デザインでは、Mini CadというCADソフトを使用したが、ツールでは基本的に絵や図を描いたりする機能があり、メニューはそれらを編集したりする機能が備わっている。使用ツールはやはり基本的なツールほどよく使われ、やや高度な機能は使用した人が少ないようである。使用メニューでは、取り消し（先ほどの操作を取り消し、一つ前の状態にもどる）が一番多く、次に前後関係（画像が重層しているときに、その前後関係をかえる機能）、配列複製（複数の複製が一定数値で配列される機能）と、コンピュータならではの機能をよく利用していることがわかる。逆を返せば、人間の思考とマッチした作図機能がコンピュータではできているのかもしれない。（別表2. 3参照）

また $5 \times 5 \times 5$ mの自己空間では、四角い形に規制したため、四角のツールがトップにあり、課題の特徴がでている。また一部曲面を使った人もいたため、円や円弧などのツール回答もある。メニューではもちろん柱状体（平面で描いた図を3次元化する機能）がトップにたち、次に取り消しなどポスター・デザインの時の上位機能が並んでいることがわかる。（別表4. 5参照）

好きな人の住宅では、ツールはやはり今までの順位とさほど変化はない。メニューでは取り消しがトップに返り咲き、次に柱状体となっている。画像処理ソフトでは、スキャナーで取り込んだ画像を図面に貼り付ける前に自分のイメージに併せて変化や処理するもので、一番多かったのは縮小拡大で、その他色変換や色塗りもスキャナーでは思った通りの色にならなかつたものを処理するのによく使われたようである。トリミングは、スキャナーで取り込む段階では完璧にできないため、画像処理ソフトで最終仕上げをするようである。（別表6. 7. 8. 参照）

照明デザインでは円が多く、照明器具では建築よりもやや円のイメージが強いことがわかる。またメニューでは取り消しがトップで、柱状体、前後関係など同じような順番になっている。この課題では、Mini Cadで3次元のモデリングまでして、それをStrata Visionに持つていってレンダリング（素材を貼り付けたり光の設定などをする）させている。これには、学生がMini Cadでのモデリングになれていることと、Strata Visionでモデリングするには機能が使いにくいことなどが挙げられる。ただし、複雑な3次元立体はMini CadよりもStrata Visionの方が優れているため、希望者についてはStrata Visionでモデリングからさせていく。そこでこのレンタリングソフトでの使用機能の回答は、テクスチャ適用（素材を選んで貼り付ける機能）がトップをしめ、次がカメラチェック（適用したテクスチャがどのように見えるかチェックする機能）、そしてテクスチャ編集（既存のテクスチャの色味などを変化させる機能）、テクスチャ新規作成（自分でテクスチャをつくる機能）があってから、ライト插入（照明を設定する機能）などが占めている。いずれも、素材や光の設定のために必要な機能である。（別表9. 10. 11参照）

アンケートの結果全体からわかることは、基本的な機能（直線、四角、円など）をよく使うことから、とにかく一度に全部の機能を覚えさせることよりも、基本的な機能で多くのことが充分できることや、取り消しや配列複製、前後関係、移動などコンピュータならではの機能は、作図上便利なことである。またコンピュータの利点について質問したところ、コンピュータで

は一度やってしまった失敗を取り消すことや、いろんな色やかたちなどを画面上で何度も試せることが、ほとんど全員の回答で指摘されている。これは、特に3次元CADに言えることである。

5.まとめ

3次元CADの使用については、各大学では製図の手段としても利用しているが、それだけではなく発想を支援するような形で使うように進められている。その中でも特に以下のものは、造形教育に効果的だと思われる。

○同じ課題を異なるメディア（紙、粘土、3次元CADなど）で取り組む。（熊本大学）

○イメージジェネレータとしてコンピュータを利用させる。（東京都立大学）

○重力や強度の制約を受けない3次元CADを逆に造形発想手段として利用する。

（熊本大学・東京都立大学）

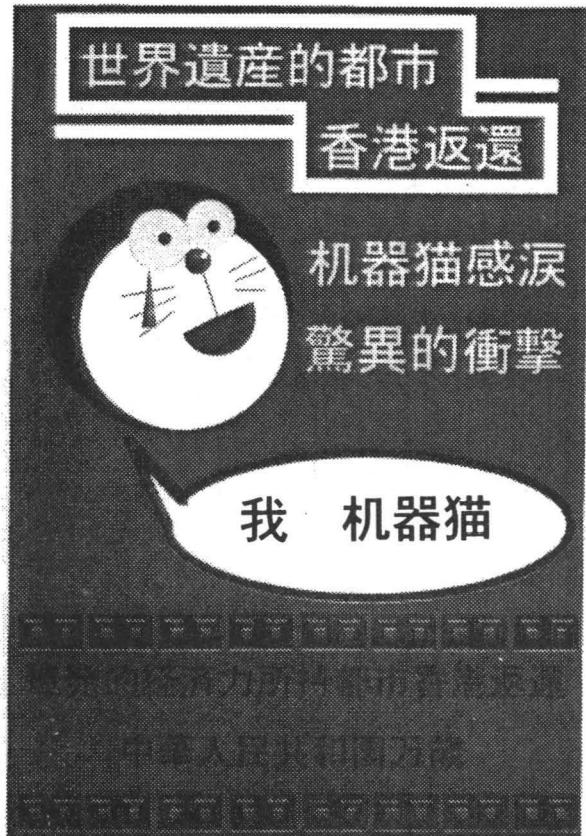
○形や数値を規制した課題に取り組む。（熊本大学・米子高専）

○3次元CADで立体を発想し造っていくとき、インターフェイスが簡易でわかりやすいものがよい。（米子高専）

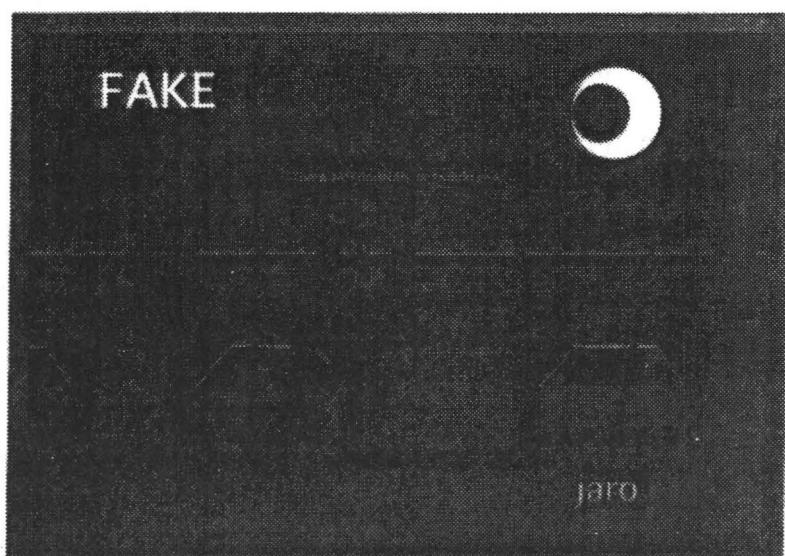
基本的な教育の方法として、リテラシー教育は必須のものであり、CM(Computer & CAD Mind)やAM(Architectural Mind)やSM (System Mind)などをふまえながら進めるのが適当だと思われる。

今後は、2次元CADのみならず、3次元CADについても、発想を支援するソフトとして有效地に活用されるものと思われる。

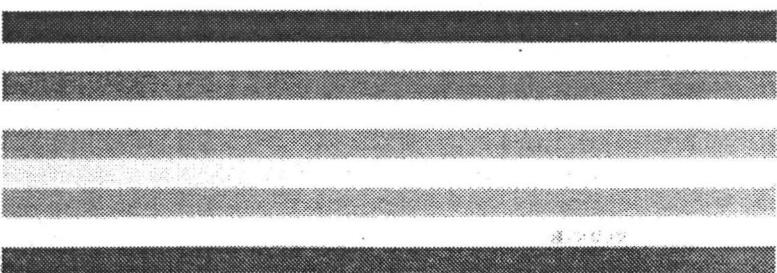
	熊本大学	東京工芸大学	東京都立大学	芝浦工業大学	早稲田大学
CAD授業目的	設計過程でのシステム利用方法と設計の手順やデザイン展開の作法の習得、さらに発想力や視覚表現力を養うこと。	3次元的把握力と建築の素養向上（1990年～1996年）からネットワーク利用を含めたリテラシ-教育に重点を移す	形を発想するヒントを生みだすこと。（イメージジエネレーターの道具としてのコンピュータ利用）	CM (Computer& CAD mind) 、 AM (Architectual mind) 、 SM (System Mind) の3軸による教育。リテラシー、発想支援、システム思考に重点を置く	3次元モデリングによる発想やシミュレーションに重点をおく。（立体でものを考え、それを的確に伝える）
CAD授業科目	建築情報処理第一（1年前期） 建築情報処理第二（1年後期） 造形表現第二（1年後期） 空間構法（2年後期） デザインシミュレーション（3年後期） コンピュタ力学演習（3年後期） 環境情報シミュレーション（4年前期） 建築学設計演習：CAADグループ	ソフトウェア工学概論（1年後期） 情報処理演習（1年後期） 建築設計製図2（2年前期） 建築設計製図5のCADコース（3年後期） 建築設計製図6（4年前期）	建築造形演習（2年前・後期）	情報処理演習1（1年前期） CAD設計論（2年前期） CAD設計演習（2年後期） 居住環境デザイン（3年前期） 居住環境デザイン演習（3年前期） 都市環境デザイン演習（3年後期）	基本製図1：CAADコース（1年後期） 基本製図2：CAADコース（2年前期） 設計製図2：CAADコース（2年後期） 設計製図4：ブランディングコース（3年後期）
授業内容	1年では、スプレッドシートやカード型データベースの活用プログラミング。3次元モデリングシステム、粘土、絵画材料による基礎造形表現。 2年ではCG基礎理論とCADマインドの設計論。 3年の設計系では、3次元モデルの操作方法と短期設計課題構造系では、剛性マトリックス法構造解析、数値積分、方程式の数値解放プログラミング。 4年では、設計系は3次元モデル、CGを活用した設計課題設備系では、流体、熱挙動のシミュレーション、CG表現を行っている。	1年後期にコンピュータリテラシー教育（文書作成、表計算、グラフィクス、ネットワーク利用） 2年前期に建築設計製図2（必修）にCAD操作教育3週と短期課題x2の計6週の内容を、課題の一つとしてくみこむ 3年後期の建築設計製図5（選択）にデジタル環境での共同設計コースを設ける。 4年での建築設計製図6（選択）は従来からCAD/CG利用の履修者がいる。	本のように開く合わせ鏡（ブック・ミラー）の中に物体をおくと、一瞬にして繰り返しの鏡像が発生する面白さを体験させる。このような演習作業の延長上にコンピューターの利用を考えている。 道具やコンピューターを使って、様々な形を次々と発生させ、その中から気に入っているものを選びとることを行わせる。ブーリアンとメタボール、スパイラルと回転体、鏡像と繰り返し、変形その他	製図板のいらない建築設計教育をめざしている。建築形態、空間、建築群（集合体）及びその集合体としての地区、地域、都市環境を一つの情報、システムとして理解し、テキスト、図形、画像、音声等の情報として処理、表現することを意図している。「情報処理演習」「CAD設計論」がその科目に相当する。「建築と都市」に関する、「ものの構築」、「環境の構築」、「空間・形態の構築」を通して、「思考」「発想」「組み立て」「構築」「方法」のための、「CAD設計方法論&設計システム」を学ぶ。	1年では、ハード・ソフトのオペレーションの修得、都市景観モデルの作成、スケッチした人物と3Dモデルとの合成、住宅のアプローチから内部へのアニメーション表現。 2年では、ポスター作成、プレゼンテーション、3Dモデルでの景観シミュレーション、光や明りのビジュアル表現、グループ作業と設計図をホームページ化。 3年は、WWW上にデータベースを用意して、地形・環境データ提供。学生は敷地調査して、データベースに敷地登録し、それらの情報で設計。中間発表はホームページ上で行う。
ソフトウェア	AutoCAD R13J Microsoft Office Adobe Photoshop	Microstation	Metamodeler 3D StratastudioPro	Microstation AdobePhotoshop Minicad	Modelshop3D Design Workshop



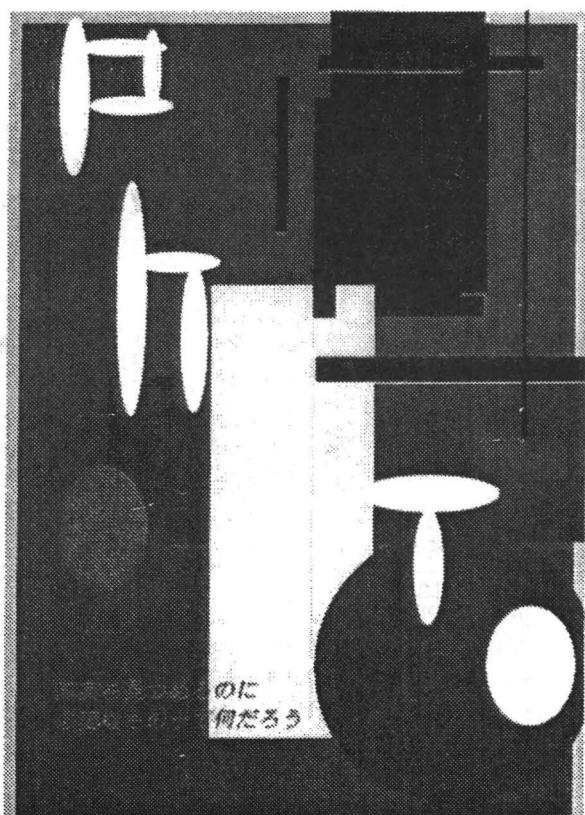
安部和夫



西尾繪里



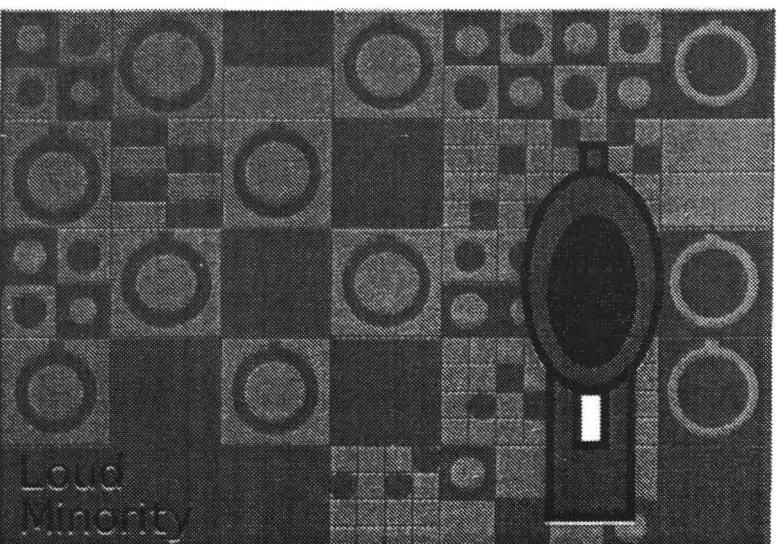
渡辺仁志



山田結



宿院美由起

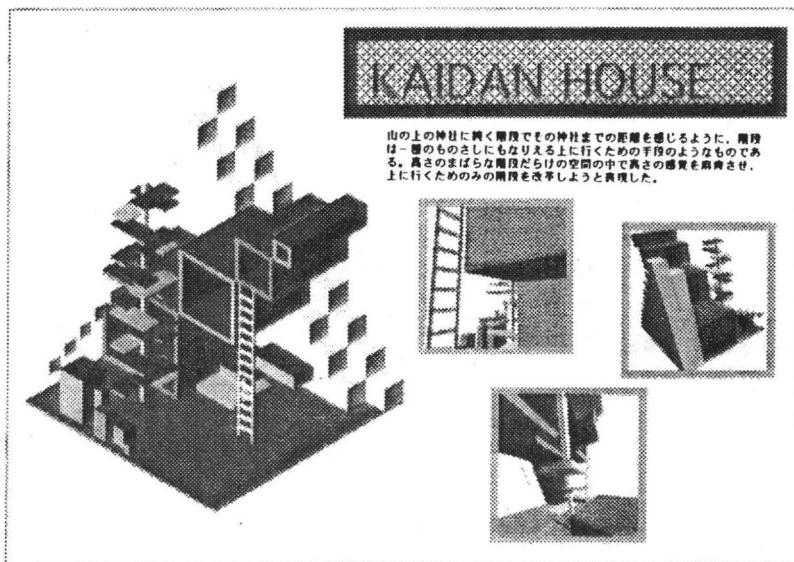


渡部剛

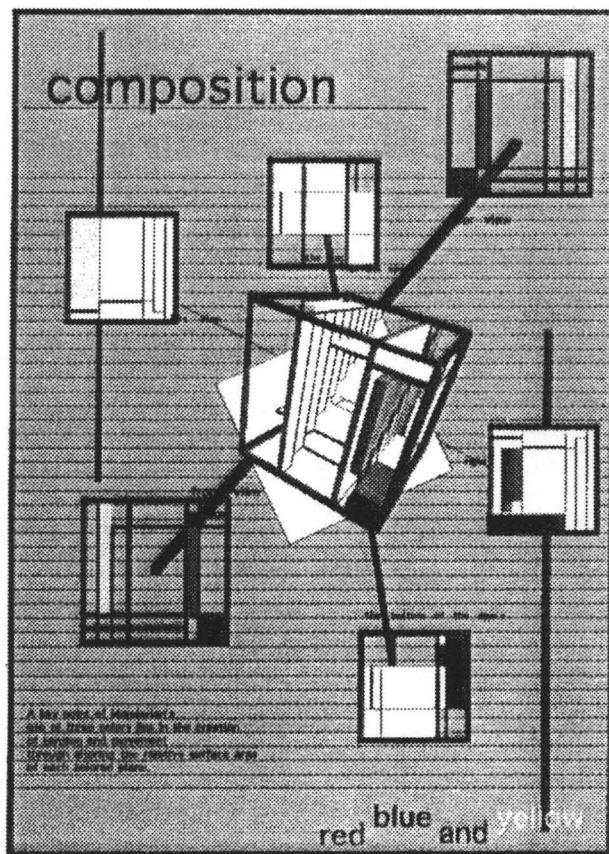
参考作品2

「5×5×5mの自己空間」

優秀作品紹介



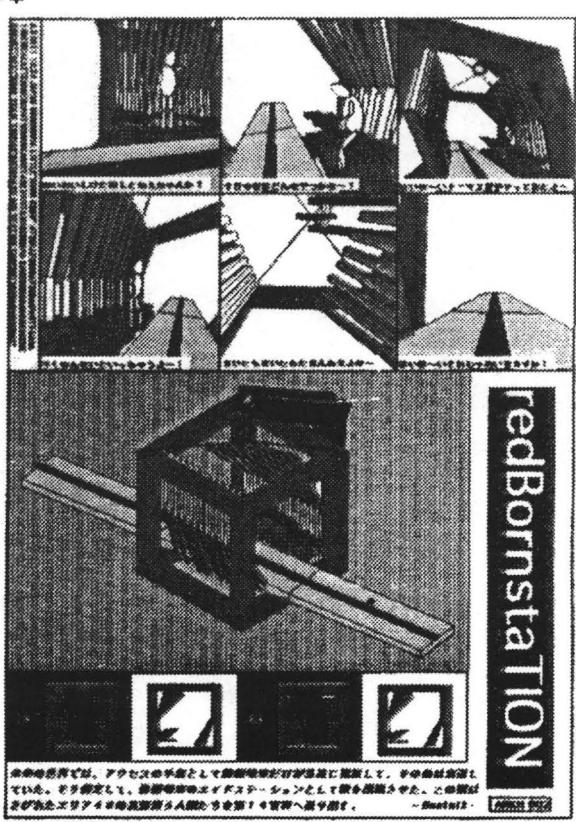
小原寿子



白枝仙

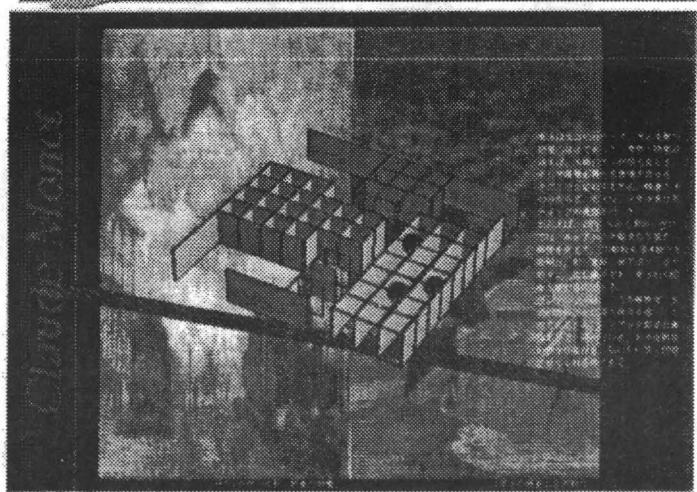
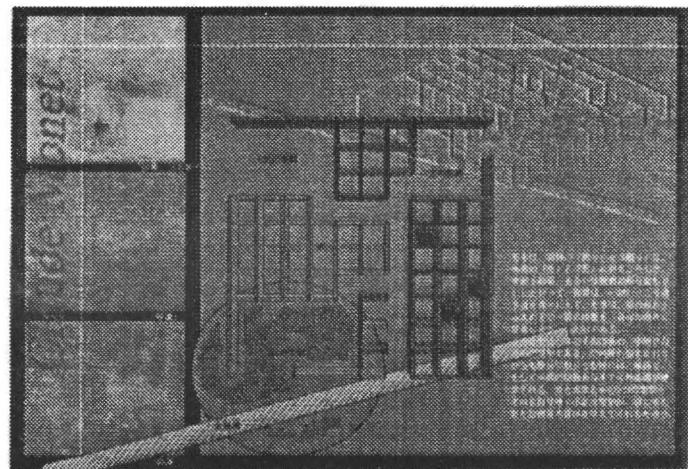


福永晃

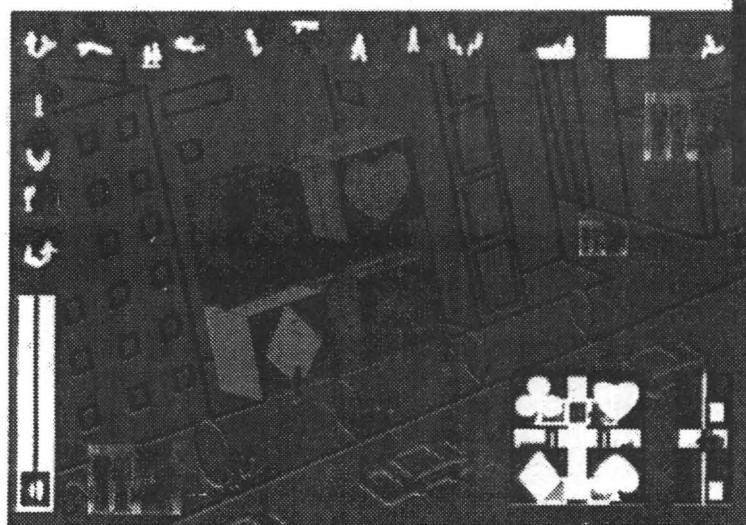


渡部剛

参考作品3
「好きな人の住宅」
優秀作品紹介



畠森泰行



高橋恵理 + 矢原正一

CHARLES CHAPLIN'S HOUSE 04534 HIKARU FUKINAGA

その天才は家でも
面白いシーンを探
している
その天才はいつも
面白いことがない
かと、世間を覗い
ている

bathroom

toilet

bedroom

desk

library

he is comic artist and actor.
he is king of comedy.

this is ethan hunt's house.
link produce

mission

second mission

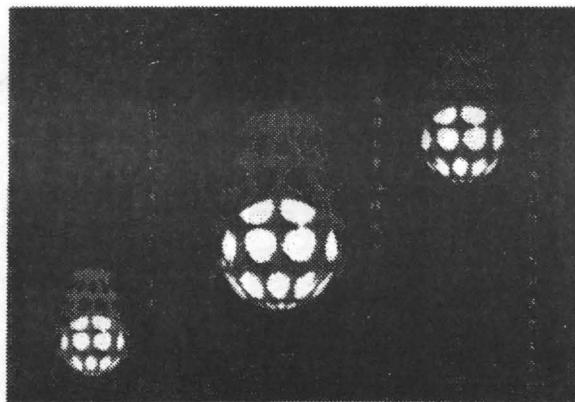
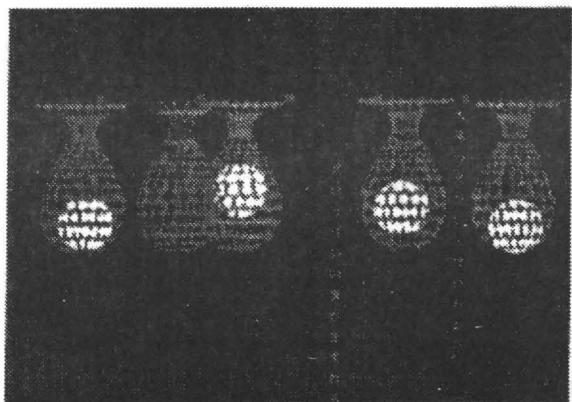
now if you don't mind, it appears i have to leave, perhaps we will meet another day,no? but i have to find
mister. he has
to do more, more training in five minutes, before, with him or without him, whatsoever? havebridge not his
place for
house. shall we there, get out of our way, your foot. i can do it easily. your building looks

倉田学

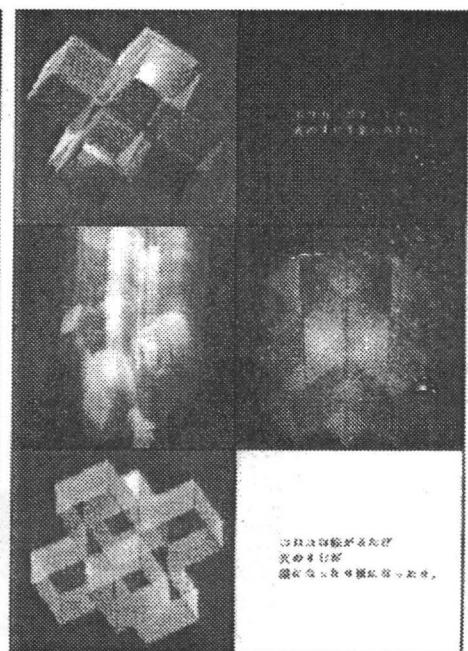
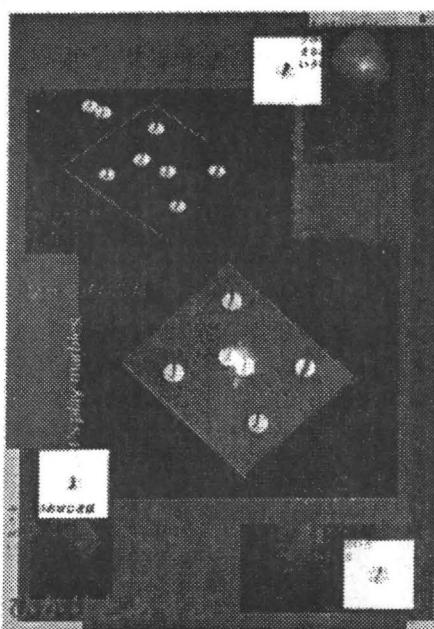
参考作品4

「照明デザイン」

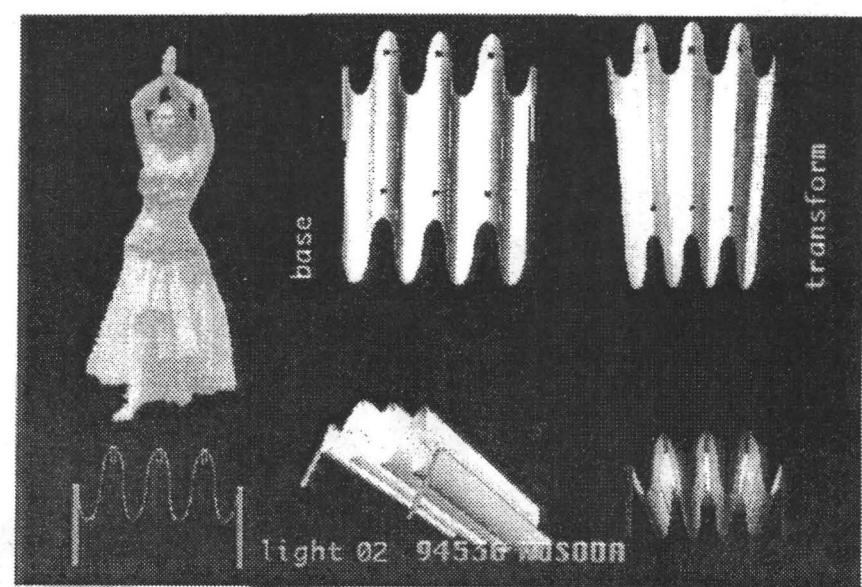
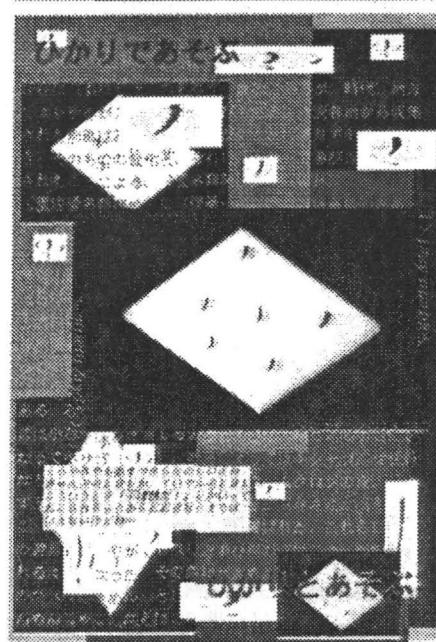
優秀作品紹介



岡田弥子



宿院美由起

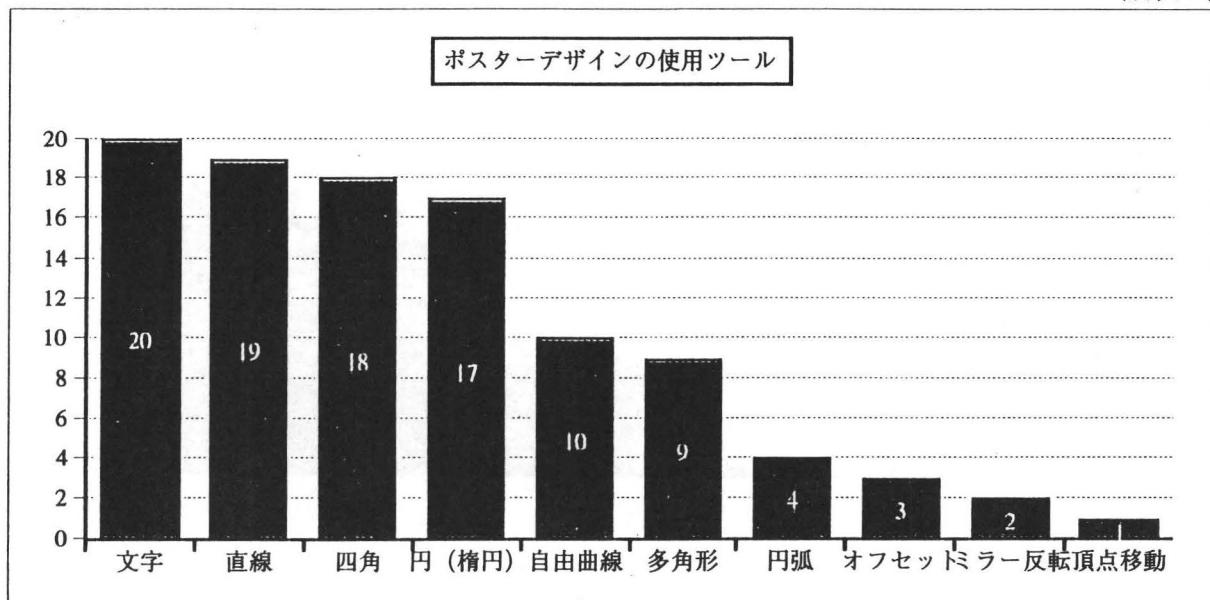


山田結

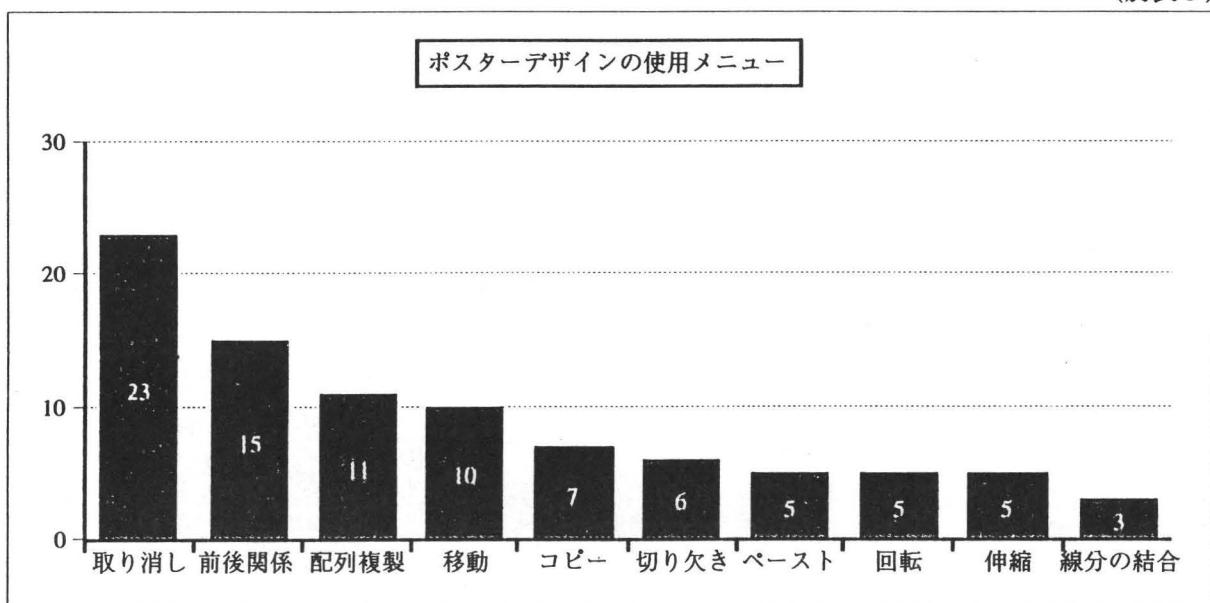
細田進

○アンケートの集計データ

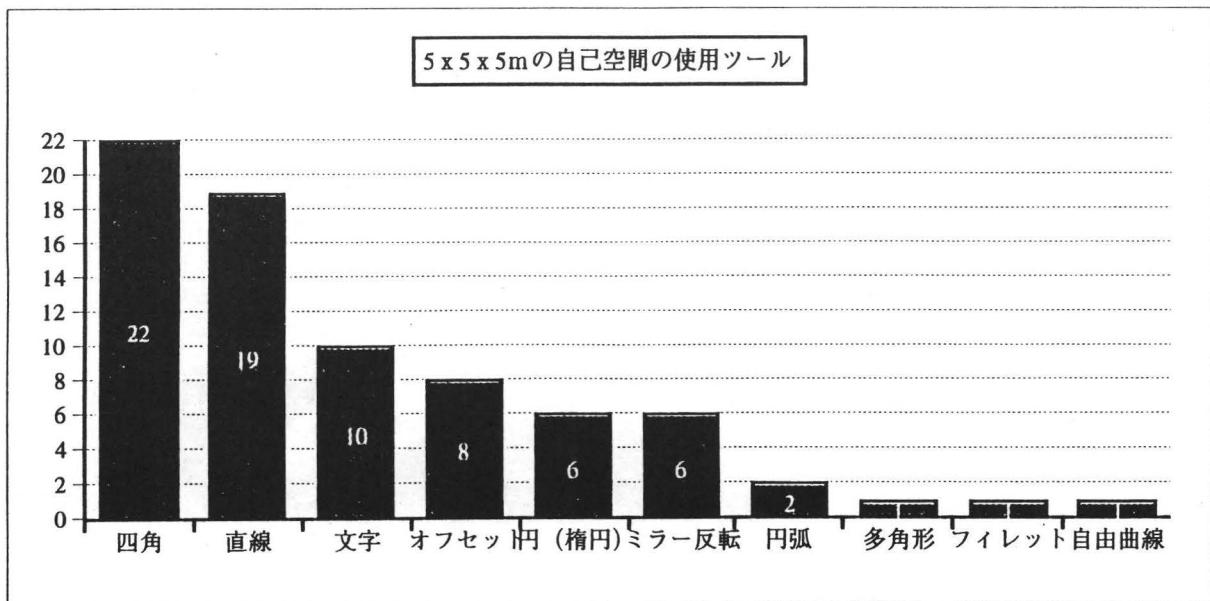
(別表2)



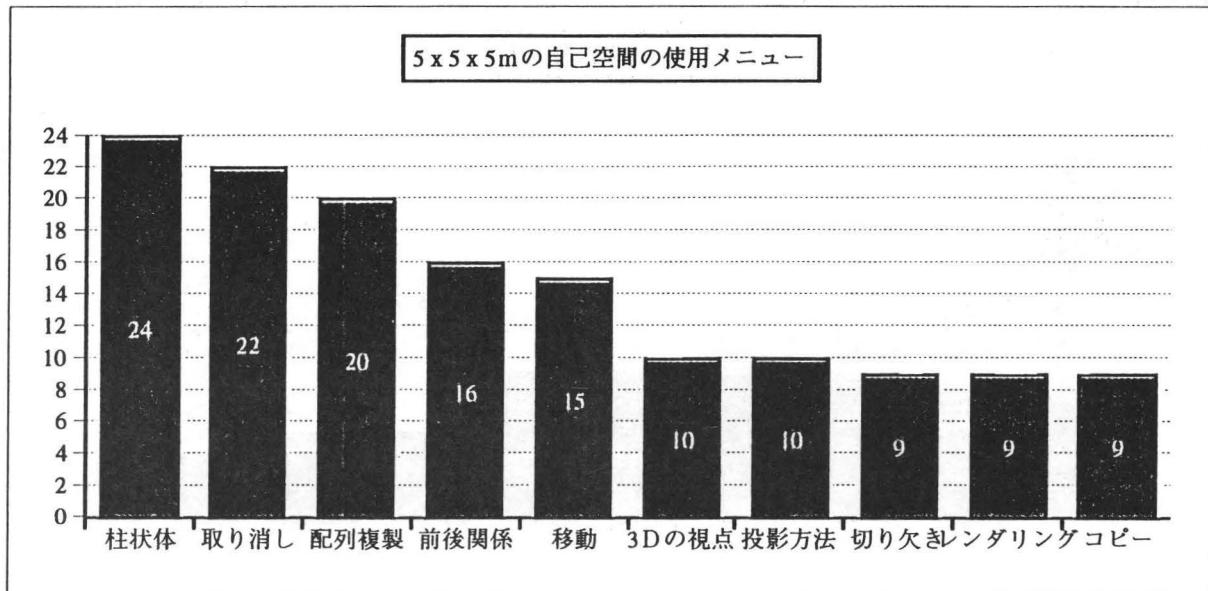
(別表3)



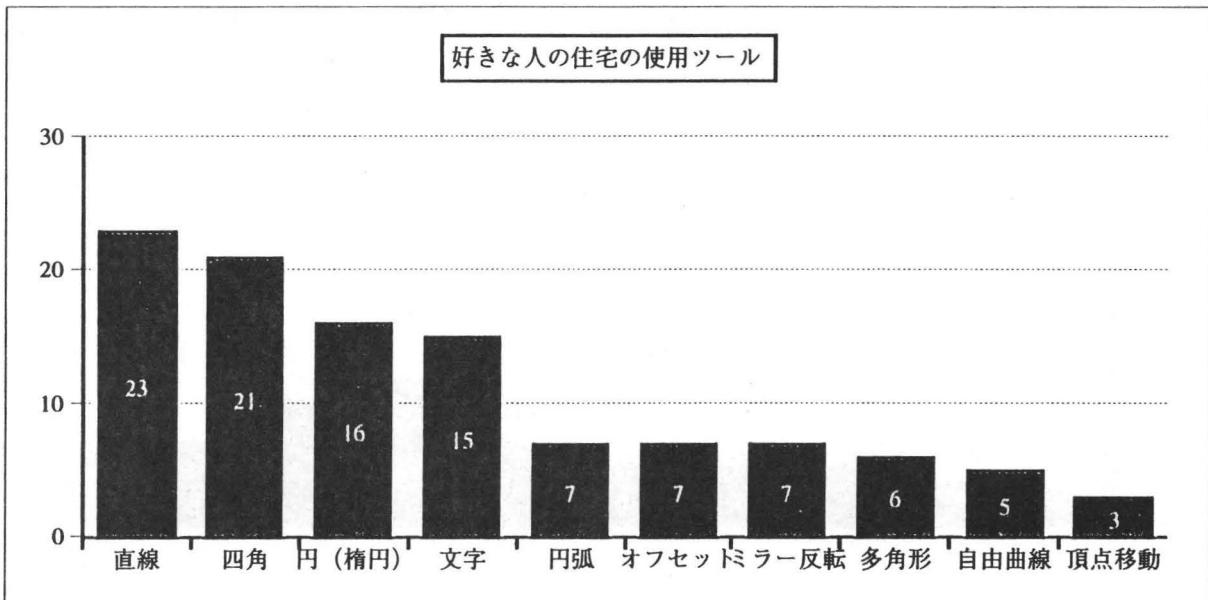
(別表4)



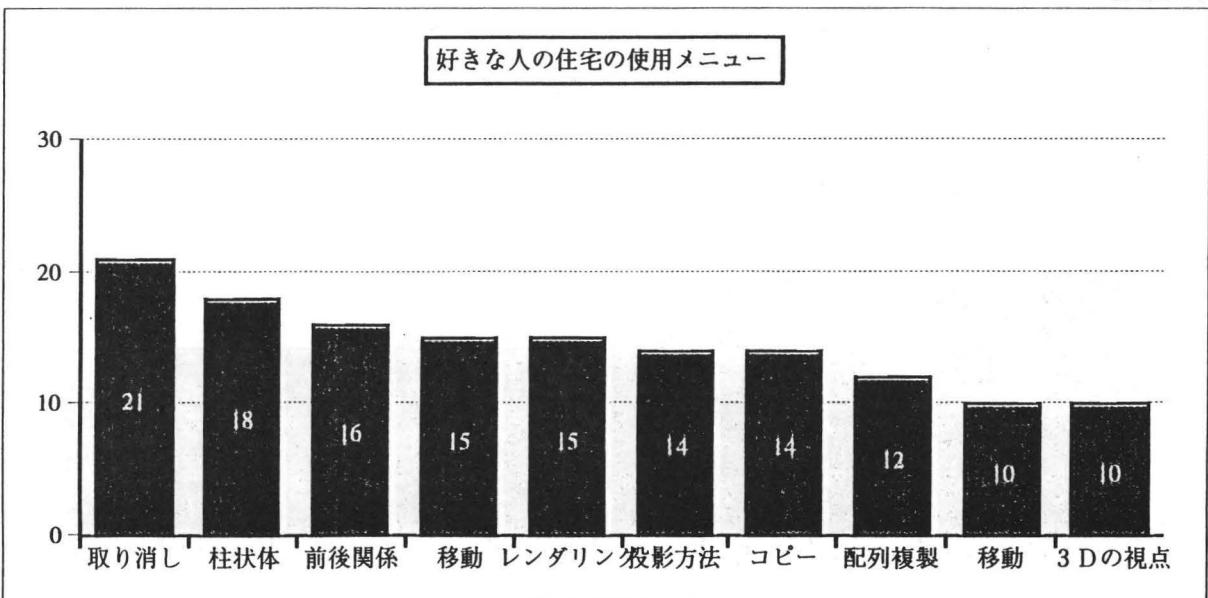
(別表5)



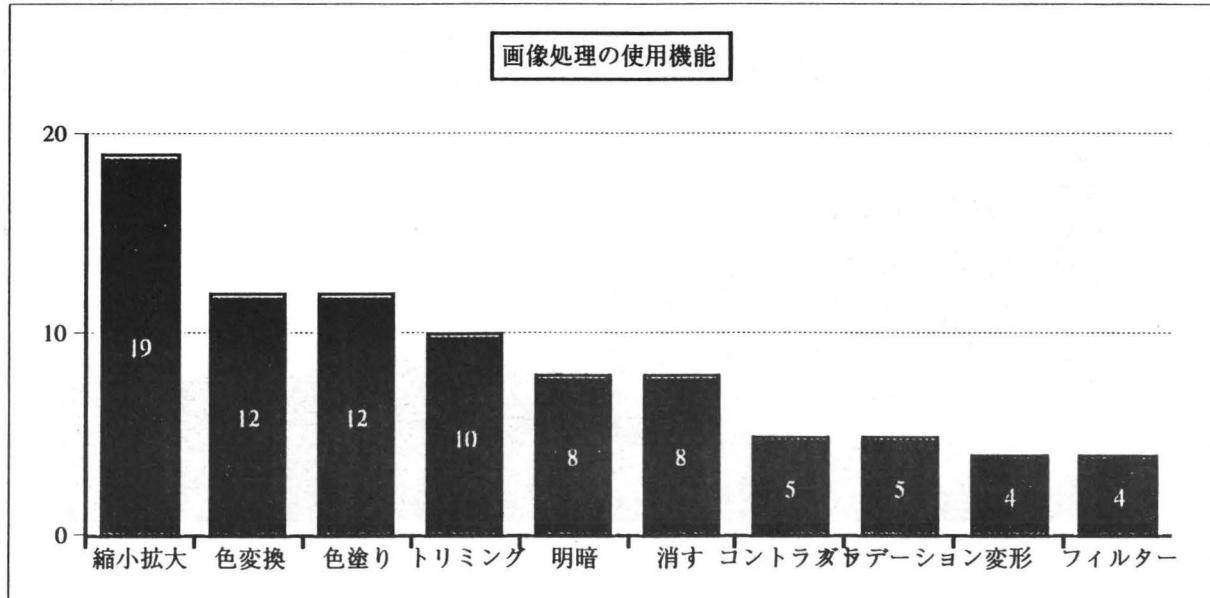
(別表6)



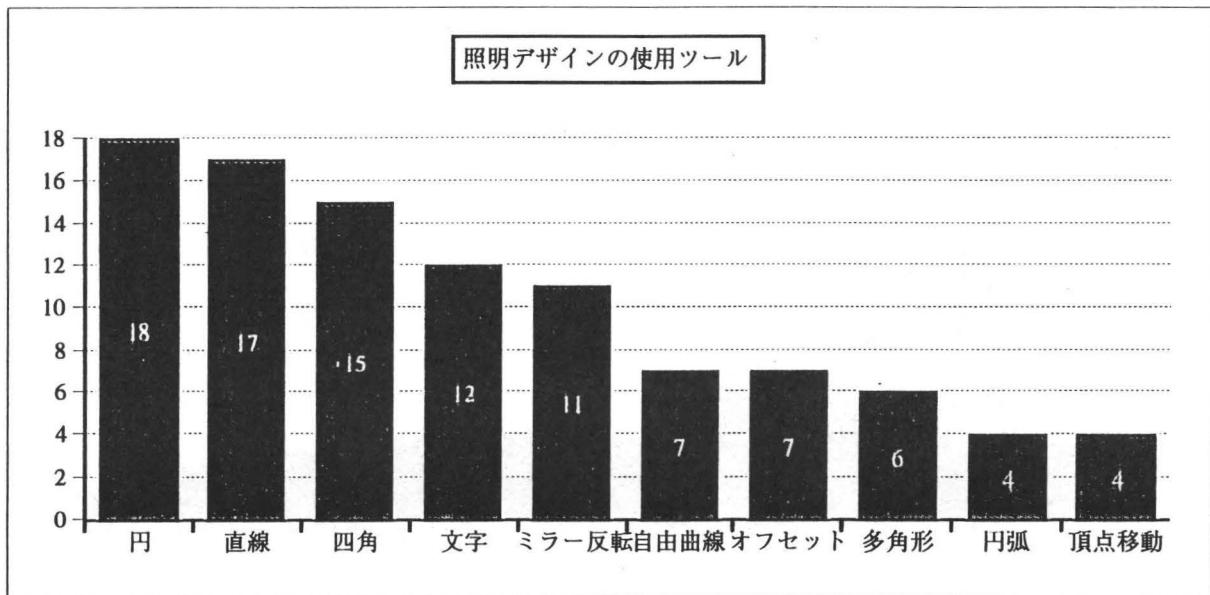
(別表7)



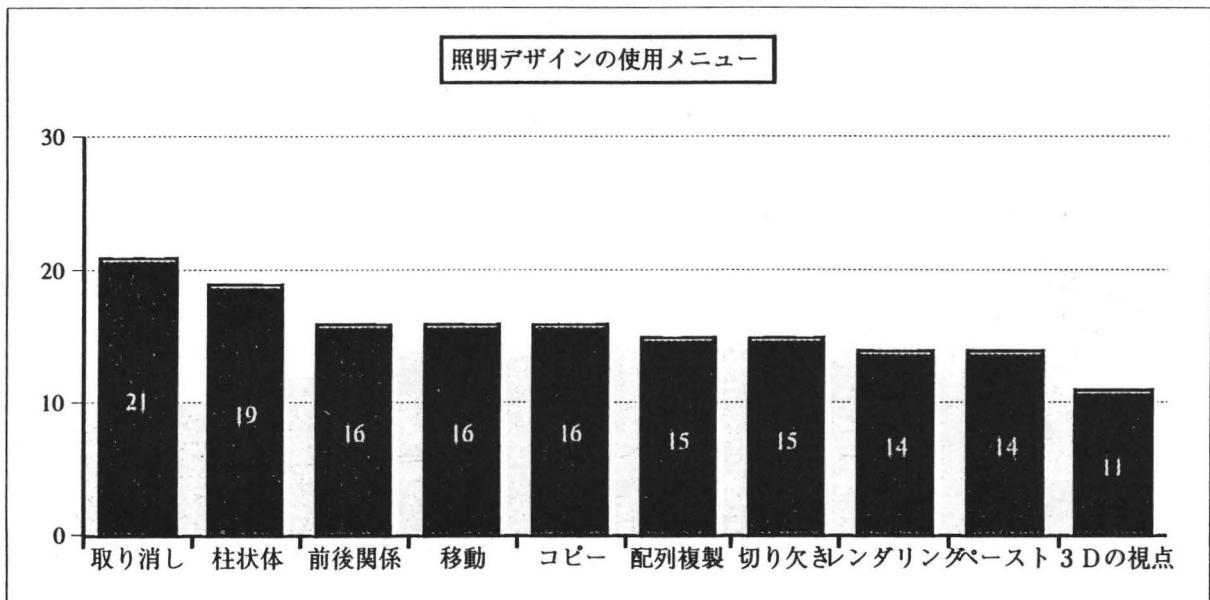
(別表8)

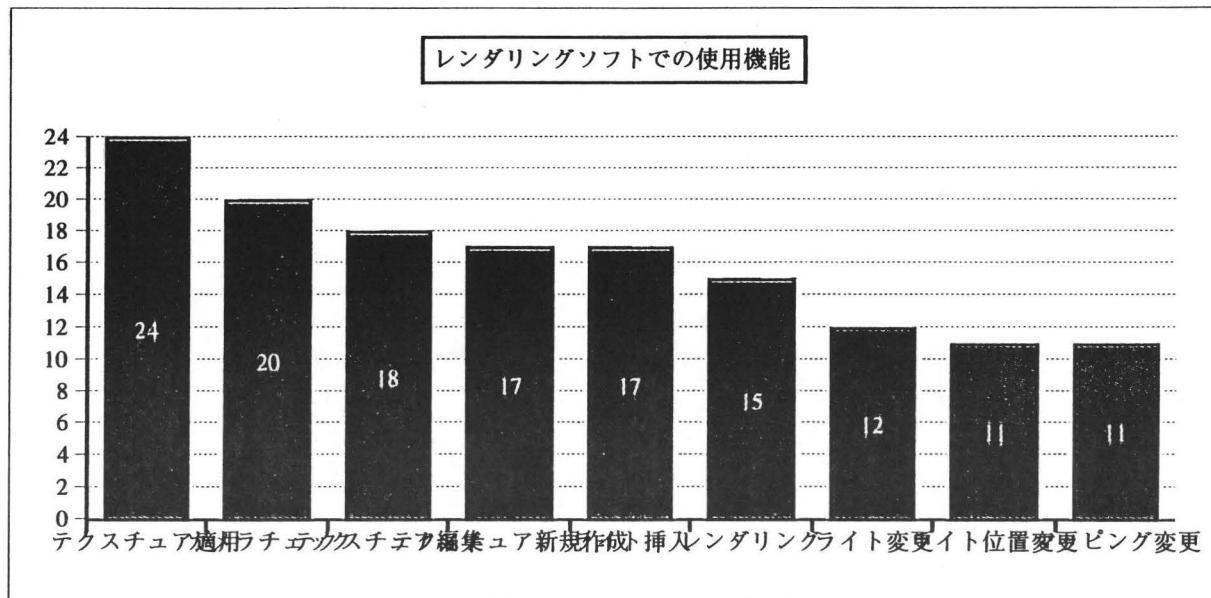


(別表9)



(別表10)





データの数値はすべて人数。

2-3 第20回学生建築設計優秀作品展

有限会社レモン

代表取締役

社長 松永太郎

本企画の背景と経緯概略

1978年から継続的に実施して参りましたこの企画は、建築系大学・専門学校で、各々推薦された卒業制作の優秀作品（原図及び模型）を一同に介し、極めて創造性に秀でた作品をより多くの方々に紹介する「学生の情報発信の場」として機能しています。

当時、この呼びかけに賛同いただいた7大学により第1回展が始まり、今回で第20回展を迎えるました。その間参加校は関東全域29校36学科に広がり、各大学、専門学校の担当者からも高い評価を得、建築系の学生、設計実務関係者の方々にも親しまれて参りました。

さらにこの間、同展の中で「住環境」についての講演会やセミナーを併催するなど、建築関係者と社会における役割と可能性についても追求しております。

本企画の目的

- (1) 本展覧会の役割は、教育現場と実社会（設計実務）の双方に開かれた、有効な情報回路として機能し、互いに有益な情報交流・交換の場を形成することを目的とする。
- (2) 出品される学生の作品は、時代の課題を反映したものであることから、本展を通じ、今後あるべき人間社会の快適な居住空間とは何かを、教育と実務現場の双方から考え、社会に問うという意義を持つ。
- (3) 本展覧会は、学生及び学校間の交流を密にする場であり、互いの活動状況を知り、また、互いに学び得ることで、その向上を促す接点となることを目指す。

実施内容

名	称	『第20回 学生建築設計優秀作品展』
会	場	東京都千代田区神田駿河台1-6 お茶の水スクエア「アートプラザ」
会	期	平成9年5月22日（木）～5月25日（日）4日間
時	間	午前10:00より午後8:00まで（最終日は午後5時まで）
展 示 内 容	容	前年度卒業制作作品一学校推薦（オリジナル図面及び建築模型）
後	援	社団法人・日本建築家協会 社団法人・東京建築士会

協賛 16社

会期中入場者数 4,915名 5月22日(木・晴天)／ 987名
23日(金・晴天)／ 1,429名
24日(土・雨天)／ 1,234名
25日(日・晴天)／ 1,265名

来場者分布 大学・専門学校性 (90.2%)
教育・研究 (3.0%)
企業・設計事務所・ゼネコン (5.3%)
一般・その他 (1.5%)

出品料 無料

入场料 無料

シンポジウム 20周年記念特別講演、パネルディスカッション(200名入場)※資料添付

作品集 体裁: B4判変形 頁数: 84頁 部数: 2,000部(一部贈呈)

開催告知 ポスター、チラシ(※添付)を学校(全国約100校)・企業に配布

DMを学校(約400校)・企業(約100社)に送付

建築雑誌「新建築」に掲載

同時開催 「第3回 学生C A A D教育の現場展」、C A A Dセミナー

■参加校

神奈川大学工学部建築学科	東京都立大学工学部建築学科
慶應義塾大学環境情報学部環境情報学科	東京理科大学工学部建築学科
工学院大学工学部建築学科	東京理科大学工学部第Ⅱ部建築学科
芝浦工業大学工学部建築学科	東京理科大学理工学部建築学科
芝浦工業大学工学部建築工学科	東京Y M C A デザイン研究所建築科
芝浦工業大学システム工学部環境システム学科	東洋大学工学部建築学科
昭和女子大学家政学部生活美学科	日本女子大学家政学部住居学科
多摩美術大学美術学部建築科	日本大学生産工学部建築工学科
千葉工業大学工学部建築学科	日本大学短期大学部建設学科
千葉大学工学部建築学科	日本大学理工学部海洋建築工学科
東海大学工学部建築学科	日本大学理工学部建築学科
東京家政学院大学家政学部住居学科	文化学院建築研究科
東京芸術大学美術学部建築科	法政大学工学部建築学科
東京工業大学工学部建築学科	武藏工業大学工学部建築学科
東京工芸大学工学部建築学科	武藏野美術大学造形学部建築学科
東京大学工学部建築学科	明治大学理工学部建築学科
東京デザイナー学院建築デザイン科	横浜国立大学工学部建設学科
東京電機大学工学部建築学科	早稲田大学理工学部建築学科

(26校36学科)

■同時開催「第3回学生C A A D教育の現場展」参加校

大阪大学工学部環境工学科

東京理科大学工学部第Ⅱ部建築学科

大阪芸術大学芸術学部建築学科	東京理科大学工学部建築学科
熊本大学大学院工学研究科建築学専攻	東洋大学工学部建築学科
慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科	日本大学生産工学部建築工学科
神戸芸術工科大学芸術工学部環境デザイン学科	日本大学大学院理工学研究科建築学専攻
芝浦工業大学システム工学部環境システム学科	日本デザイン専門学校インテリアデザイン科
中央工学校インテリア工学科	日本電子専門学校環境デザイン科
筑波大学第3学群社会工学類都市計画専攻	文化女子大学家政学部生活造形学科
東京芸術大学美術学部建築科	法政大学工学部建築学科
東京工芸大学工学部建築学科	武蔵野美術大学造形学部建築学科
東京テクニカルカレッジデジタルデザイン建築学科	
東京電機大学工学部建築学科	明治大学理工学部建築学科
横浜国立大学大学院工学研究科計画建設学専攻	東京都立大学工学部建築学科
	早稲田大学大学院理工学研究科

(24校26学科)

出品作品概要及び前回から今回展に見られる作品群の傾向と推移

毎年、新緑の薫る頃に、開催させていただいております「学生建築設計優秀作品展」も、97年で20回目20周年を迎えました。この20年間、高度成長期の終焉からバブル、その破綻までを経験いたしました。建築をめぐる思想や環境も変化しました。しかしこの間、一貫して建築を学ぶ人々の創造の現場に立ちあい、創造性の発揮を目撃し続けることができましたことは、私たちにとりましては、望外の幸福でした。

第19回、第20回と学生たちの出品作品を振り返って見ますと、かれらの生きるその時代が、如実に反映された作品群と出会うことができます。

96年の第19回作品展は、女性の擡頭の萌芽を感じた年でした。東京大学、早稲田大学、東京理科大学を始めとした、参加校35学科中16人が女性の出品作品で占められました。そのためもあってか、生活レベルの視点から創作された作品が多く目に付きました。

女性では初めて東京大学から選抜された、稻垣裕子さんの作品は、老人の在宅介護のための集合住宅でした。祖母を在宅看護したいのだが、現状が許さず、かといって老人病棟へ足を運べば、お年寄りが所在なくたたずんでいる姿を目にし、住宅街と看護サービスのシステムが一体になっていたらどんなに良いだろうか、との思いから創作されたものでした。

都立大学の山口雅子さんは、「線の上の複合体」という、小学校と病院が複合された施設を設計しました。そこでは、現在においては失われてしまった人や生活のつながりを、特異性を保ったまま取り戻す、という試みが行われていました。日本女子大学の工藤亜希子さんは、5人のシングルウーマンが建てた家のカタログを制作しました。5件の住宅は、北海道、山形県、東京都、

京都府、沖縄県に位置し、建てる際の条件は異なるが、働く女性の平均住宅購入予算3000万円によって、様々な広さ、デザインの家が構想されており、カタログの大きさは土地の広さに対応しているというものでした。そこには、結婚願望に捕われない、仕事をもつ女性の姿が作品を通して浮き彫りにされていました。

また、同時開催の第2回「C A A D教育の現場展」では、大阪大学工学部環境工学科の塩坂靖

彦さんは、コンピュータを用いて、近松門左衛門を題材にした大阪“お初天神”の参道を含む敷地の設計を行いました。都市の発展とともに消えていこうとしている、このような神社仏閣の意味を問い合わせし、古来より神聖な場所として扱われてきた場の神聖を取り戻そうとする計画でした。京都工芸繊維大学のCHUN・TAEIN、大西康伸、縄田尚代さんたちは、「A NOTE R CLOUD」と題された、札幌大通り公園上50mに浮遊する、アンデルセン童話“雪の女王”をテーマとした公園の設計を行いました。公園のベース部分は、テンションケーブルとグラスファイバー製のメッシュで構成され、雪がその上に積もると、空中の公園は姿を現します。メッシュの底に取り付けられたヘリウムバルーンの浮力と、公園の重さが平行状態を保ち空中に浮遊する、というコンピュータグラフィックスを駆使した表現で、空中に浮かぶ7つのスクリーンに投影される映像と、そこから発生する光や音により童話を体験することができるというもので、来場者の関心を集めました。

97年の第20回作品展は、デジタル・テクノロジーやネットワーク技術の発展が、空間の創造と人間の住む場所にどのような作用をするのか、という問題の探究を行っている作品が顕著になり、また例えばゴミ問題のような社会問題化している事柄の解決を試みる作品が多く見られた年でした。

芝浦工業大学の矢部倫太郎さんは、「デジタル・ネットワークが重要な社会環境となる現代において、ネットワーカーたちは、場所や時間を越え、様々な世界へ広がり彷徨い歩くアリスである。我々は、危ういほどのその広がりに惑わされず、もっと自分自身の意志や認識をもってネットワークに接していくかねばならない」との考え方から、有楽町駅前に、集団に対する巨大なメディアセンターである東京国際フォーラムと対峙する形で、個人ネットワーカーのためのメディアセンターを設計しました。神奈川大学の松岡恭太さんは、電子テクノロジーがもたらす新たな空間の様相（場所性の喪失、物理的または時間的距離の消失、同時多発的感覚）から創造のモティベーションを見いだし、やがて来る新世紀を創ることが、ニュージェネレーションに課せられた使命と考え、速度、場、時間を想起させる高速道路上に「モンスター」と名付けられた建築群を創りました。東京都立大学の新保真澄さんは、SOHO（スマール・オフィス・ホーム・オフィス）という概念を取り入れたオフィスを設計しました。情報社会にあっても生身の人間を意識し、集団的な仕事場の中でありながらもエネルギーに満ちた仕事ができ、しかも個人の自由さを十分に發揮できるような、理想的な仕事場が提案されていました。早稲田大学、三浦丈典さんは、複雑系のように自己生成するシステムにより、創造されたかのような都市集合住宅を設計していました。全て形態の異なる67戸の住宅がジャンクションと呼ばれる部屋と交互に配置され、それが一繋がりとなって、定められた空間の中に縦横無尽に交錯するという、結果よりプロセスを重視した作品となっていました。また、現代のテクノストレスも含む心の問題を、工学院大学の明石夏瀬さんは取り上げています。人工過密、人間関係の煩わしさ、いじめ、セクハラ…。地下の高騰により家ももてない。子供たちはものを造る楽しみも知らず、自然に接する機会も少ない。ストレスがたまり、人は精神部分を癒すべき場所がないことに気づく。そんなストレス社会のオアシスとなる総合開発整備計画が提案されていました。東京芸術大学の小塙芳秀さんは、飽和状態のゴミの量、最終処分場の建設、不法投棄問題、人間は自らの行為に責任を持てないのだろうか、との思いから「大谷石廃坑における廃棄物最終処分場」を設計しました。制作主旨には、この施設は、廃棄処分場であり、人間の行為を見る博物館であり、人間の存在を知る空間であり、未来を考える人間のための更生施設である、と結ばれていました。日本大学生産工学部の佐藤美玲さ

んは、在日外国人居住問題の解決に取り組みました。渋谷円山町・文化街大作戦と名づけられた、日本人と外国人が自由に情報交換でき、かつ異文化に自然な形で“フレル”ことのできる町づくりの提案を行っていました。

同時開催の第3回「C A A D教育の現場展」では、ネットワーク技術の利用により教育環境がどのように変わるか、という実験的試みや、ヴァーチャル・アーキテクチャの定義を問うような作品が見られました。

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科の竹内栄介さん、野中肇さんは、ネットワーク環境を利用して、遠隔地とのコラボレーションの実践（湘南キャンパスとカリフォルニア大学バークレー校）の成果をプレゼンテーションしていました。武蔵野美術大学 高橋真希さんは、ネット内の建築が運動によって形作られたとき、それと同時に都市の中での建築の概念は、明らかに変化する、と考え「On Line」と名付けられたコンピュータ内の3次元空間での検索システムを制作しました。明治大学 穂真哉さんは、コンピュータの内部で完結する建築を考えました。また、早稲田大学大学院 橋木卓さんのように「視覚弱者の視覚シミュレーション」という、目の光学モデルを踏まえたCGシステムの開発と、その応用として視覚弱者の視覚を考慮した設計支援についての研究も見ることができました。

学生たちはそれぞれ真摯な姿勢で、自分たちをとりまく環境をみつめ、問題の答えを真剣に探し、創作活動を通してかれらの考えを伝えようとしています。

学生たちの作品から発信される貴重なメッセージを、毎年受け取ることによって、そのひとつひとつが私たちの未来を築く大切な礎となるに違いないと、確信いたしております。

特別講演会・パネルディスカッション

「学生建築設計優秀作品展」が第20回を迎えたことを記念して、現在の建築界を代表する二人の建築家、隅研吾氏と大江匡氏を迎えて、「現代建築におけるデザイン・メソッド」と題する特別講演会及びパネルディスカッションを開催した。以下にその概要を記す。

日 時：1997年5月23日（金）

場 所：お茶の水スクエア／ヴォーリズホール 参加者：200名

第1部 特別講演（14：00～15：30）

主 旨：建築C A D（Computer Aided Design）やC G（Computer Graphics）の高度化・低価格化による設計プロセスへの利用の拡大、また、それに加えてネットワークやマルチメディア技術の急速な拡がりによって、これから建築のデザイン・メソッドは大きな変貌をとげようとしている。この変貌は、建築の計画・設計におけるプロセスの変化にとどまらず、サイバー・アーキテクチャの出現にみられるように、建築の本質的な性格にすら影響を及ぼすのではないかといわれている。

このような状況を踏まえて、第四代（1954年生）といわれる二人の先進的な建築家に、現代建築におけるデザイン・メソッドの変貌を中心に、これから建築デザインの展望について以下のタイトルでご講演いただいた。

講 師：大江 匡氏（建築家・プランテック総合計画事務所主宰）

テーマ：「デジタル化による設計論」

講 師：隅 研吾氏（建築家・隅研吾建築都市設計事務所主宰）

テーマ：「現代建築における哲学的課題」

第2部 パネルディスカッション（15：40～17：00）

「現代建築におけるデザイン・メソッド」

主 旨：従来からの計画・設計手法に加えて、デジタル・デザインを中心とするデザイン・メソッドの変貌がどのような形で進行しているのか。また、そのことによって建築そのものがどのように変わっていこうとしているのか。第1部の講演に加えて、デジタル・デザインをめぐる最近の動向や話題を取り上げ、現代建築における課題について考える。

*第1部・第2部 司会進行 柳田 武氏（日本大学理工学部建築学科・専任講師）

特別講演会・パネルディスカッションをとおしての全体のメインテーマは、「現代建築におけるデザイン・メソッド」であるが、ここでのデザイン・メソッドの変貌とは、言い換えると、ネットワークやマルチメディアといった言葉をキーワードとするデジタルな情報処理手段が、これまでの計画・設計の進め方に加わることによって、計画・設計プロセスの幅が大きく広がってきたことを意味している。そういう観点から現代建築そのものがかかる課題についても考えてみる。それが全体をとおしての主題であった。

具体的には、2次元・3次元CAD/CGの利用が広がってきたこと、更にそれが、ネットワークによって結ばれデジタルな情報をやり取りすることによって、これまでのコミュニケーションの手段に加えて、より強力なコミュニケーション手段を手に入れた。当然のことながら、コンピュータとコンピュータが繋がったのではなく、人と人との繋がりのチャンネルが大きく広がったと言える。

そういう背景を踏まえて、二人の建築家のこれまでの設計活動をとおして、あるいは作品そのものをとおして、建築について、また、設計手法について、語っていただいた。パネルディスカッションの中では、

- ・デジタルとアナログの融合、ハイブリッドな方法の必要性。
- ・MITにおけるVDS (Virtual Design Studio)について
- ・コロンビア大学におけるペーパーレス・スタジオの試みについて
- ・森ビルがすすめている六本木六丁目再開発計画の一環として展開されている、「サイバー66」のサイバーモールから、ネットワーク上に広がる仮想都市。

などが話題にのぼった。

また、講演会開始に先だって、会場入り口でアンケート用紙を配布。会場から質問・感想を第1部終了時に回収。その中からいくつかの話題を拾って質疑・応答を行い、最後に、現在建築を学んでいる学生さん達に対して、これから建築とどう取り組んでゆくのか、二人の講演者からのメッセージという形で有益なアドバイスをいただき閉会した。

今後への課題

出品校の増加、展示パネル・模型の規模大型化により、限られたスペースでの展示が困難になってきている。又、今回の20回展においても見られるように、C A Dを利用した作品が著しく増加しているため、近年の設計製図のC A A D化への流れを考慮し、平成7年より、「学生C A A D教育の現場展」を同時開催するなど、本企画の規模自体も拡大し、運営自体にも大きな影響を及ぼしている。

さらに、今後も様々な変化を見せて行くであろう建築とそれらを取り巻く環境に対して適切なかたちで本企画に取り込み、表現してゆくことが重要であると考えるため、企画、運営、管理についての見直しが必要である。

今後に向けて期待される効果

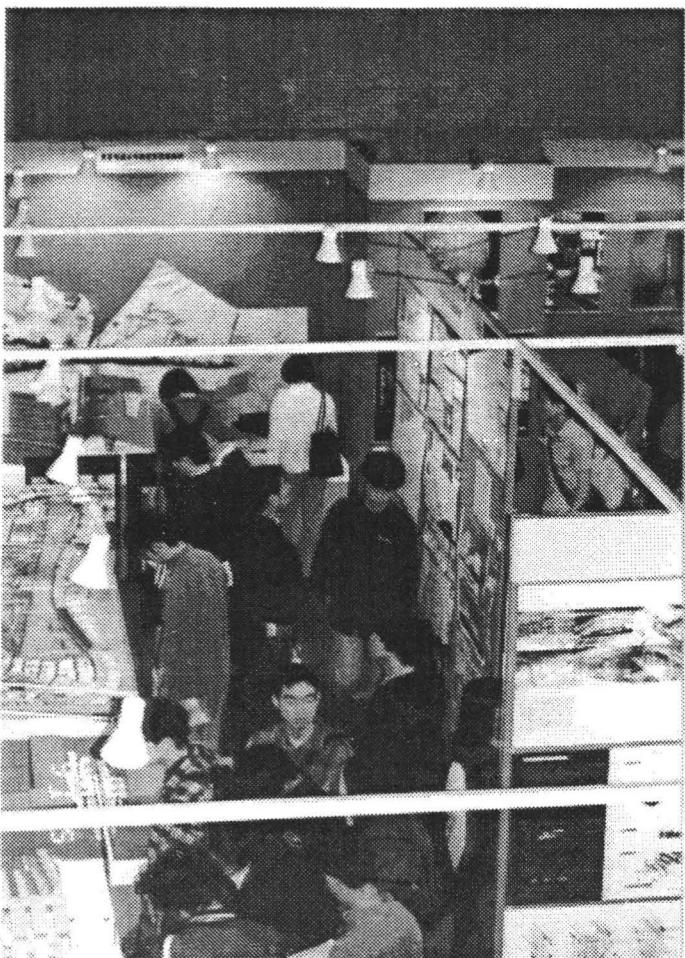
建築の分野においても、日進月歩の勢いで進化してゆく技術。そして、それに伴う新たな専門知識や問題点。建築系の学生もそれらの環境の中で、自らの体験を交えながら多くを学び、自分なりに捉えることができたものを卒業制作という課題で昇華し、社会へ又は、さらに研究者として歩んで行くのである。

限られた作品数ではあるが、そんな彼等の作品に共通するものは、個人的な問題ではなく、建築を包む社会、自然環境、そして建築と人間の関係性などをテーマにおいているという点である。そして、そのテーマは常に現在社会が抱えている問題を反映しており、今後も、建築設計関係者にとって常に新鮮で、貴重な情報を提供し続けて行くことができるものと思われる。

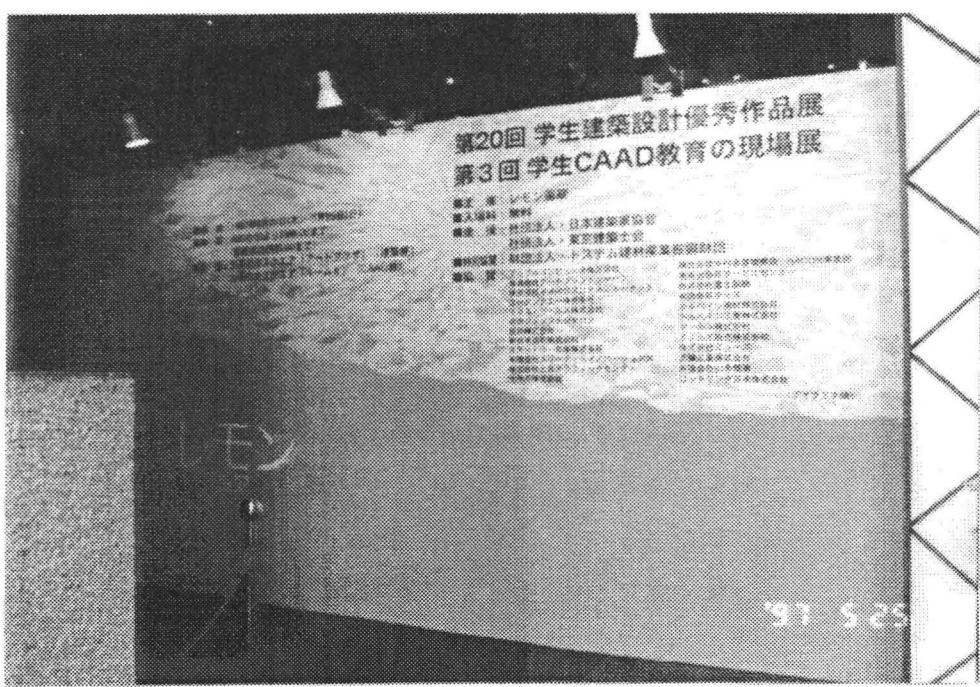
又、出品校、来場者数そして多方面からの来場者も増加しており、建築設計の教育者、学生、研究者、実務者の有意義な交流の場としても、ますます発展していくものと期待される。



展示会場正面入口写真



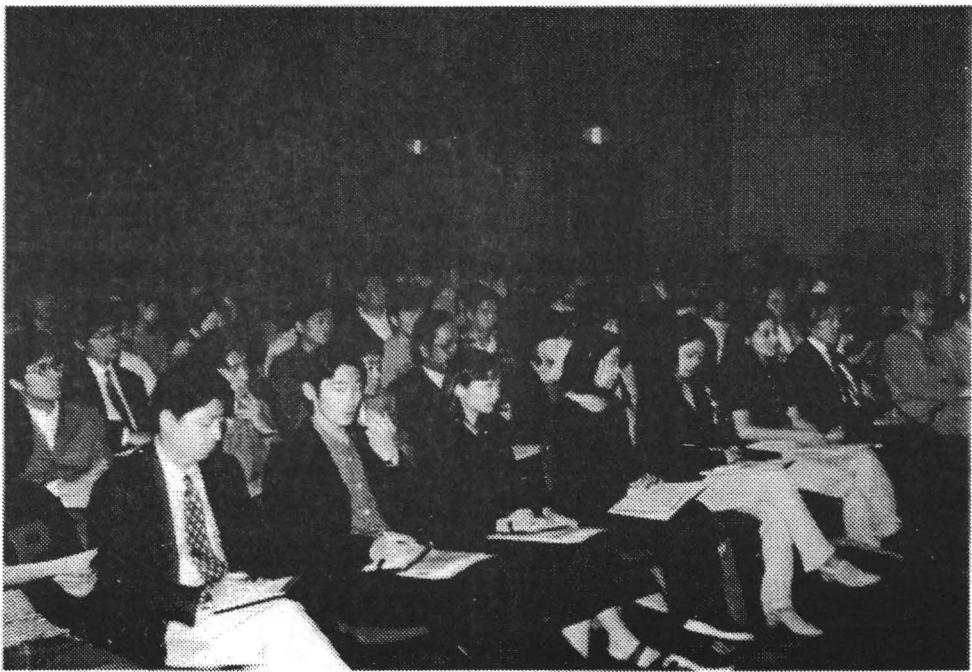
展示会場写真



展示会場写真



20回記念特別講演会場写真



20回記念特別講演会場写真



展示会場写真



同時開催 CAAD 展会場写真

3-1 住宅・建築材料の国際標準化機構（ISO）との交流及び協力

ISO/TAG8（建築）等国内検討会
副委員長 菅原進一

1. ISO（国際標準化機構）の建築部門の動向調査

ISO/TAG8 Building（ISOのTMB（技術評議会）の建築部門の諮問機関）の第19回会議（平成9年8月）及び第20回会議（平成10年3月）に出席して、ISOの建築部門（一部土木部門を含む）の動向を調査した結果は以下の通りである。

1.1 建築分野の規格体系化について

建築とは気候風土や歴史文化に左右されるものであるため、グローバルな標準化にはなじまない面がある。このためISOでは建築分野の規格作成の進捗がかなり遅れていることを問題にし、諮問機関であるTAG8は建築分野のISO規格制定を急がせる方法を検討することになった。これは「ISO/TAG8の戦略的計画」という報告書となったが、この中で建築関連の規格体系を再度整理し、そのことによって建築分野におけるISO規格は何が必要であるかを実際の規格作成担当である各TC（技術専門委員会）に周知させようとしている。

建築分野の規格体系の骨子はおよそ次のようなものがある。

なお、この規格体系化については日本からも資料を提出していたものである。

建築・土木分野における規格体系は、3つのレベルの規格で構成されている。

レベル1…標準規格

一般的原理及び建築及び土木構造物における建築に関する全部の規格に関する事項

- 定義
- 単位、測定及び精度
- シンボル
- 製図
- マネジメント（営業、品質、環境、プロジェクト）
- 分類
- 下記のものを含んだ建物全体の性能要求項目
 - サービス性
 - 防火
 - 事故及び安全
 - 健康及び衛生

- アクセス性
- 防犯
- 経済性
- 機能性

- | | |
|--------------|------|
| ・内部環境（熱・空気等） | ・感覚 |
| ・視覚 | ・合致性 |
| ・音響 | ・維持性 |
| ・耐久性 | ・継続性 |

レベル2…視野の広い標準規格

要件を含んだ製品グループに関する規格

以下に示す事柄についての性能要求項目、一般的試験方法

- ・要素
- ・サブシステム
- ・部材
- ・構造、外部施設、間仕切り、配管システム、電器連絡網、情報連絡網、供給連絡網、HVACシステムを含む

レベル3…詳細標準規格

適応範囲としては、特別な建築製品、材料、試験方法など、すなわち

- ・建築製品
- ・建築座料
- ・建物の設備

さらに、新しいプロジェクトを評価する基準も作成する。それには、以下の項目が含まれる。

- ・貿易
- ・作業を担当するグループ
- ・既存の知識
- ・調達及び規定に対するニーズ
- ・健康及び安全
- ・情報伝達のためのニーズ
- ・建築分野を現代化するニーズ

我が国での建築分野のJIS規格は体系的に明確なものがないということもあるが、今後建築基準法が性能規定化されるということもあって、新たな規格体系の検討が必要な時期にきていていると考えられる。この時、ISOとの関係を考慮し、国際的にみても遜色のない規格体系を構築する必要がある。

1.2 国際規格分類システム（ICS）について

ISOではICSに基づき、作成された規格を割り当てている。建築分野では91から93にナンバーが割り当てられていて、さらに項目によって枝番が付いている。しかし、建築分野についてはICSが不都合であると言った意見が出され、改正案がイタリアの規格協会から提案されるなど討議がされた。これは、1.1規格体系との関係もあり、体系を含めて検討されることになった。

また、ISO規格のナンバーは規格案ができた順の付けられてるので、ある分野の規格であっても番号が連続していないので非常に分かりにくいといった意見もあり、このため7000番以上についてはできるだけ分類によりまとまった番号を付けるようになってきたということである。TAG8でもISO規格の年代順に番号について検討したが、現在では変更が不可能であるということになった。この点JISのナンバリングは分類に従ってほぼ連続した番号になっているとみ

ることができる。

1.3 ISO/TAG 8 に関する TC の活動について

建築・土木分野の TC（技術専門委員会）の活動については、特に規格作成に要する期間（時間）が掛かり過ぎるという遅延問題がクローズアップしており、TAG 8 はこの解決策を検討している。

遅延の理由はいろいろあるが、乗り気でない事務局や資金的に不足している事務局があることや規格案が公表された時に際限のない議論がわき起こること、地域性があって合意が得られないことあるいは早い段階では熱心に作業するが数年後に勢いを失ってしまうことなどである。

規格が全体的に網羅されていないと、ユーザー側での活用が中途半端になってしまい、結局受け入れられないということにもなるので、迅速化が望まれる。

改善策として、年報というようなことで各 TC が作成した規格と作成に要した期間を公表するプロジェクトのリーダーと膝を突き合わせて話し合うといったコンタクトを密にすることが必要であるということであった。常識的な結論であるが、これは特効薬はないということであろう。また、地域的な問題は、地域的な規格が必要であるかどうかの検討を行うことで作業の焦点を絞ることができるとした。

1.4 エネルギー性能とエネルギー効率の評価について

地球温暖化問題から二酸化炭素の削減が叫ばれ、京都会議 COP 3 でその削減目標が各国とも設定された。ISO はこのような状況に対応すべく評価に関する規格が準備できているかあるいは準備するつもりがあるか問われている。TAG 8 の関連の建築分野でも、TC 163 の断熱を中心にこの評価のための規格を検討することになった。しかし、この問題は、単に断熱の問題のみならず気候や建築構造等に全体に係わる問題であるので、関係する各 TC が協調して取り組む必要がある。

2. CEN（欧洲標準化委員会）の動向調査

CEN は、EC 委員会の下部機関で、ヨーロッパの 18ヶ国の標準化機関が参加して EC 圏内の共通の規格—EN を作成発行している。最近は欧州統合が目前に迫ってきており CEN 規格が優先されつつある。このため時間的な問題もあって、CEN 規格となるものは ISO 規格としても平行して投票し、結果によっては CEN 規格が直ちに ISO 規格に採用されることになっている（ウィーン協定）。このことは非 CEN 国においては不満となるところであり、日本の各 TC 審議団体でも JIS の国際整合化のためになぜヨーロッパ規格を受け入れなければならないかといった疑問が出されているところである。

今回は、CEN における建築分野の最近の活動と、ユーロコードについて調査した。

2.1 ユーロコード（CEN/TC 250 により検討）について

ユーロコードとは、EC 建築基準であり、加盟国は国内建築基準と置き換えることになっているものである。

CEN/TC 250 は、CEN 域内における建築の設計規格の整合化に向けてタイトなスケ

ジユールで活動している。要求事項は、ISOと関係があるようとしている。現在の暫定規格(prEN)は、あと1年くらいで欧州規格(EN)になり、目下順調にユーロコードへの移行が進行している。この作業は長くてもここ2~3年で完了する予定であるということである。2、3年後には50~60のユーロコードが発行される予定となっている。

なお、ユーロコードは、ヨーロッパという地域のものであり、ISOのように世界的なものに適合させることはないと見ることができる。

2.2 CENの建築分野における活動

規格の策定は建築の各分野別で行うが、建築分野における調整役(rapporteur)をおいて作成担当の各団体などとの調整を図り、推進している。

調整役の役割は、①利害関係者を含む建築分野における連絡網の整備を図る ②連絡網に記載されたグループのガイドラインをもとに任務を遂行し、広報の任務も行う ③規格制定のための戦略もしくはコンセンサス作りや規格の透明性及び関連情報の提供あるいは欧州規格や専門的技術の報告のための会議を開催する、というようなものである。

任務内容としては、

- ① 建築製品指令(CPD)の実施を含んだ指令と規格化の連携
- ② 建築分野及び環境分野の規格化
- ③ ISOとの連携
- ④ 防火分野での調整
- ⑤ ユーロコードとの基準及び製品規格との調整
- ⑥ 重複する作業に関してのTC間の調整

などである。

この調整役はかなりの権限をもっており、これにより規格作成の迅速化を図ろうとしているものと考えられる。

3.まとめ

ISOとCENの建築分野における最近の動向について調査したが、いずれもヨーロッパ主導の標準化であり、彼らの標準化というものを戦略的に考えていることがよく分かる。ウィーン協定というものがその事実を端的に物語っている。これに対して、我が国は地理的な問題や言語の問題もあり、WTO/TBT協定によりJISの国際整合化などのように後手にならざるを得ない状況では、標準化を戦略的にするということはかなり難しい面がある。しかし、建築は最初にも述べたように、気候風土といった地域性や歴史文化を背負っており、日本としても影響力のある東アジア・太平洋といった地域での活動を活発にして、ISOとより対等な連携を図ることが重要ではないかと感じた。ISO/TAG8やその上部機関であるTMBに日本(JISC)から委員が派遣されているが、建築の規格化においては地域性といった点を強調する必要があろう。

第19回ISO/TAG8（建築）出席者

議長 Mr.Lyng (Building Division of NSF, ノルウェー)
委員 Mr.C.Blair(Standards Australia, オーストラリア)
Mr.J.G.Gross(Building and Fire Research Laboratory, 米国)
Dr.D.J.Holman(British Standards Institution, 英国)
Mr.Y.A.Kuzmich(Association of Engineering Standards, ロシア)
Mr.G.Ribes(Scité, SIKA/AFNOR, フランス)
Mr.E.Vogel(DIN/Deutsches Institut für Normung e.V., ドイツ)
Prof.A.M.Brandt(Polish Academy of Sciences, ポーランド)
Mr.J.C.Bernhardt(RAMBØLL,CEN/BTS1)
Mr.C.M.Mannesse(Netherlands Normalosatie Institut, オランダ)
Mr.Michel Brusin(RILEM)
Pro.Dr.菅原進一(Japan Industrial Standards Committee, 日本)
オブザーバー

- Mr.David Lazenby(CEN/TC205)
- Mrs.Callec(RILEM)
- Mr.内田晴久(財団法人建材試験センター, 日本)

事務局 Mr.T.J.Hancox(ISO/CS)

第20回ISO/TAG8（建築）出席者

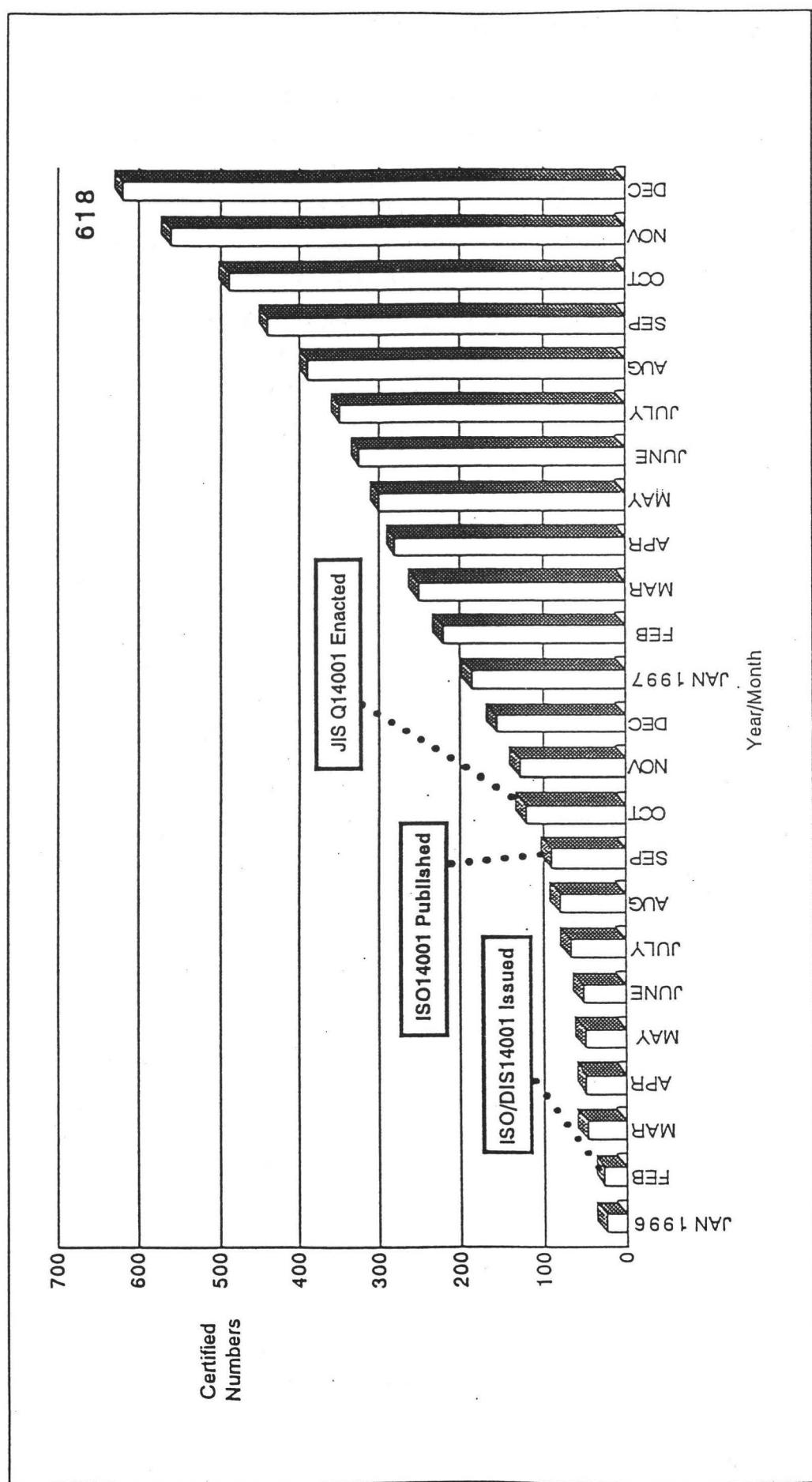
議長 Mr.Lyng (Building Division of NSF, ノルウェー)
委員 Mr.J.C.Bernhardt(RAMBØLL,CEN/BTS1)
Mr.C.Blair(Standards Australia, オーストラリア)
Mr.Michel Brusin(RILEM)
Mr.J.G.Gross(Building and Fire Research Laboratory, 米国)
Dr.D.J.Holman(British Standards Institution, 英国)
Mr.Y.A.Kouzmich(Association of Engineering Standards, ロシア)
Mr.C.M.Mannesse(Netherlands Normalosatie Institut, オランダ)
Mr.G.Ribes(Scité, SIKA/AFNOR, フランス)
Pro.Dr.菅原進一(Japan Industrial Standards Committee, 日本)
Mr.E.Vogel(DIN/Deutsches Institut für Normung e.V., ドイツ)
オブザーバー

- Mrs.Callec(RILEM)(部分参加)
- Mr.B.Hamy(AFNOR, フランス)
- Mr.内田晴久(財団法人建材試験センター, 日本)
- Mr.黒木勝一(財団法人建材試験センター, 日本)

事務局 Mr.T.J.Hancox(ISO/CS)

APPENDIX 1

Total and numbers certified based on ISO14001 in the all sectors of Japan
(MITI,As of December 1997)
Dr.Prof.Shinichi Sugahara
Haru L.Uchida

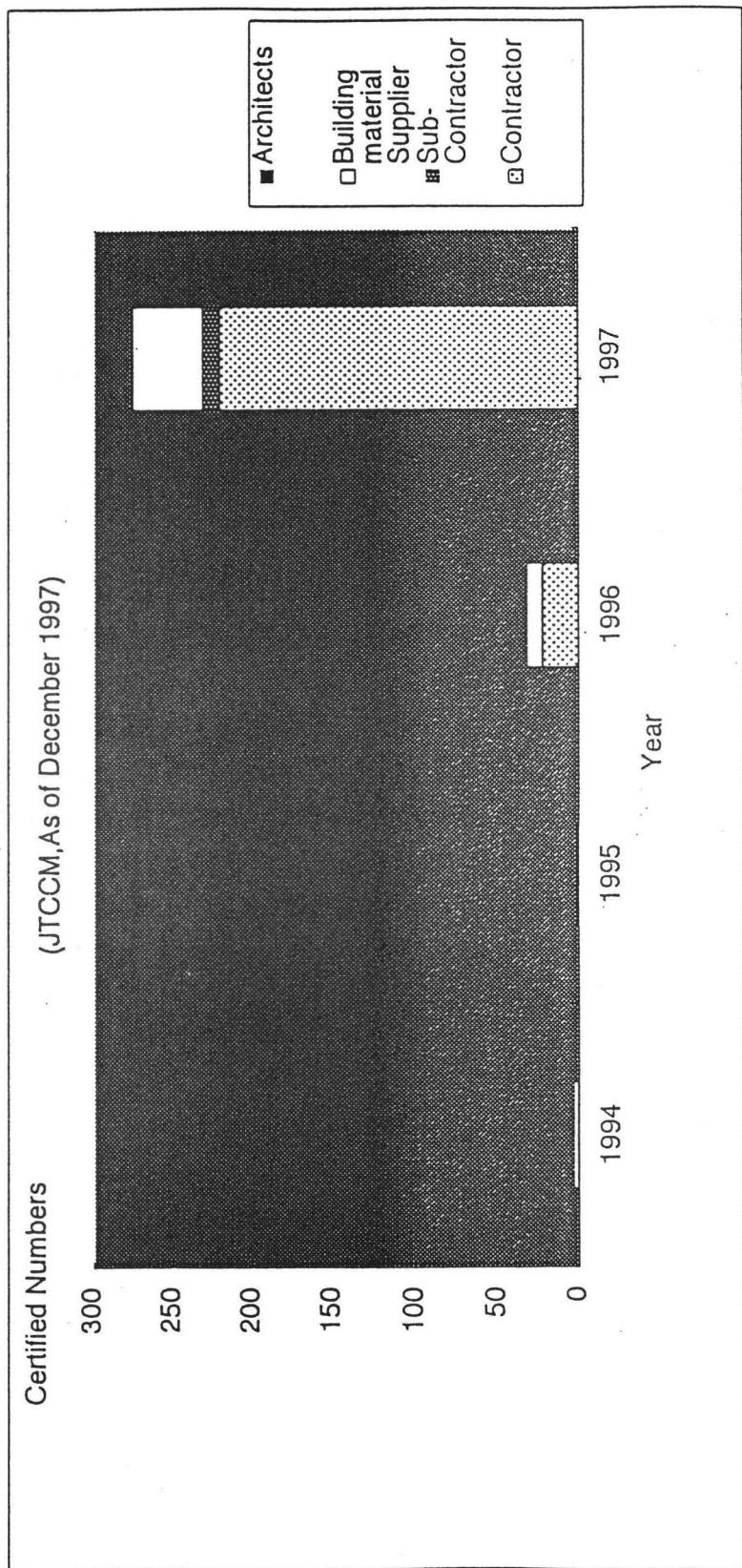


Total and numbers certified based on ISO 9000s in the building field of Japan
(JTCCM,As of December 1997)

Dr.Prof Shinichi Sugahara
H.L.Uchida

Sectors	Year	1994	1995	1996	1997	Total
Contractor		0	1	22	220	243
Sub-Contractor		0	0	1	11	12
Building material Supplier		3	1	9	44	57
Architects		0	0	0	1	1
Total		3	2	32	276	313

APPENDIX 2



3-2 第7回国際蓄熱会議 (MEGASTOCK'97)

北海道大学 工学部衛生工学科

教授 落 藤 澄

1. 開催の背景と目的

自然エネルギーや生活廃熱あるいは未利用エネルギーを有効に活用するためには、蓄熱技術が必要不可欠である。蓄熱は需要と供給の時間的なミスマッチを解消させ、省エネルギー、環境保全に寄与するものとして将来有望なものである。

蓄熱に関する国際会議は、1980年以来、欧米を中心に3年に1回開催され、これまで6回の会議が欧米を中心に行われてきた。会議の母体は、欧米、日本の先進諸国と中国の研究者が集まって結成された国際蓄熱機構 (International Council for Thermal Energy Storage) であるが、会議の主体的な運営は基本的には、各国持ち廻りの主催国で組織された運営委員会が行うことになっている。運営委員会のメンバーは、その国の研究者ばかりではなく、通商産業省、環境庁あるいは政府のエネルギー関連機関 (日本のNEDOのような組織) の関係者が中心的な役割を担っており、会議の成果は社会に対し積極的なアピールが続けられてきている。

1997年の6月には、我が国で初めて札幌市、北海道大学において第7回国際蓄熱会議 (通称: MEGASTOCK'97) が開催された。これまでの第4回~第6回の会議では、出席者が150~300名、論文数が90~150編、参加国が約21ヶ国に達しており、日本からも毎回論文発表が行われている。特に前回のヘルシンキで開催された第6回国際蓄熱会議では日本からの参加者は50名を越えている。論文の内容は初めは長期的な地下蓄熱が中心課題だったが、最近6年間の傾向としては短期蓄熱、冷蓄熱および化学蓄熱などが増えてきており、前回の会議では全体の約1/4を占めるに至っている。この度の会議が日本で開催されることもあって、これらの課題も積極的に取り上げられた。

会議の内容は蓄熱に関する技術的、環境的、経済的な課題すべてにわたっている。温熱と冷熱蓄熱、短期と長期蓄熱、理論と実践、水槽方式と地下蓄熱方式、潜熱と顯熱蓄熱、環境性と経済性などが含まれる。会議の目的は、この分野に携わる技術者、行政担当者、研究者などが一堂に会し、討論と最新の情報を交換するとともに、環境保全と経済性の観点より蓄熱分野の普及に向けての方策を検討することである。

2. 会議の概要

第7回国際蓄熱会議はMEGASTOCK'97と呼ばれ、下記のとおりおよそ500名の参加を得て開催された。

主催 第7回国際蓄熱会議実行委員会

場所 札幌市 北海道大学

日時 1997年6月18日～6月21日（本会議）
6月17日（市民公開講演会）

6月23日（東京視察会）

6月13日～17日（IEA関連の諸会議）

発表論文 165編（海外85編、国内80編）

参加者数 466名（市民公開講演会260名）

1981年からほぼ3年毎に開かれる蓄熱に関する唯一の国際会議である。1994年に第6回のヘルシンキ、1991年オランダ、1988年パリ、1985年に第3回のカナダ、今回初めて日本で行われた。この度の特徴は論文と参加者数がこれまでの国際会議のうち最も規模が大きいことである。

3日間にわたる発表は24セッションあり、口頭発表12セッション77編、ポスター発表9セッション68編が発表された。特別セッションは15ヶ国から国のプロジェクト16編およびIEAの蓄熱部会の活動4編が発表された。基調講演が著名な先生から行われ、最終日においては会議の総括と今後の課題についてパネル討論が行われた。いずれのセッションにおいても活発な質疑応答がなされた。

3. 発表論文の概要

発表された論文の対象は長期蓄熱と短期蓄熱に関する成果報告と技術開発が主な内容であるが、併せて、新しい分野への蓄熱の応用と開発研究および環境への影響など広範囲に取り上げている。部門は「地盤蓄熱」、「帯水層蓄熱」、「PCM」、「建物蓄熱」、「水蓄熱」、「氷蓄熱」、「化学蓄熱」、「応用とR&D」、「環境」となっている。表-1に発表論文の分類と発表件数を示す。このうち、地盤蓄熱と帯水層蓄熱はその応用とR&Dを含めるとおよそ半数に達する。海外の研究が多い。水蓄熱と氷蓄熱は短期の蓄熱であるが、日本の研究が圧倒的に多い。氷蓄熱は予想に反して10編程度であった。すでに普及して定着していることによるからであろう。相変化蓄熱（PCM）関係の論文が比較的多いのが特徴である。応用と技術開発は広域、太陽熱利用、雪利用および計測、予測などに関する論文である。

表-1

分類	件数
Earth Coupled Storage	地盤蓄熱 22(9)
Aquifer Storage	帯水層蓄熱 22(7)
Phase Change Material Storage	相変化蓄熱（PCM） 20(9)
Floor Storage	建物蓄熱 5(5)
Water Storage	水蓄熱 19(15)
Ice Storage	氷蓄熱 10(3)
Chemical Storage	化学蓄熱 7(6)
Application R&D	応用（太陽熱、広域熱供給など） 技術開発 31(21)
Environment	環境 7(5)
IEA Energy Storage Activity	IEA蓄熱部会の活動 全体+3Annex
National Activity	各国の代表的なプロジェクト 15ヶ国(2)

4. 発表論文の特徴

今回の会議の基調になった方針は、蓄熱とは環境に優しい技術であるので、経済性を改善し、斬新的なシステムの信頼性を高めることによって普及促進が図られることとしている。

新しいシステムの例としては簡単な地下蓄熱があり、帯水層による直接暖房と直接冷房方式および地盤エネルギー・パイアルなどが挙げられる。都市規模の広域熱供給のための大深度蓄熱、PCMと化学蓄熱、特に小規模太陽熱と組み合わせたPCMの利用などが今後注目されるであろう。

わが国においては負荷平準化のための蓄熱を伴う空調システムの普及、建物と設備を含めたシステム全体の最適化および住宅、産業、農業分野への応用開発などが注目されている。

蓄熱はいろいろな専門分野の人々が協力しあうことと継続的な国際協力と開かれた情報交換が特に必要になる分野である。

5. スケジュール一覧（表 参照）

6. 主な講演発表の概要

6.1 市民公開講演会

講演は2題であり、1つは明治大学教授（空気調和・衛生工学会会長）松尾 陽先生による「環境とエネルギー」、もう1つはベジヒドロコンサルタント会社技術顧問 ヘイッキ・イイホラ先生による「フィンランドにおけるエネルギー利用」であった。ここでは、建築の視点からみた「環境とエネルギー」についての講演概要を記す。

「地球温暖化の問題」は大気汚染、水質汚濁、ごみ処理などの環境問題と比較して、地球全体の環境悪化に結び付き、気候条件の大きな変化を引き起こし、地上生物に壊滅的な打撃を与えることにより、究極の環境問題であると言える。

人間がエネルギーを利用する行為がCO₂発生などの温暖化の主要因になっており、人間の暮らしの容れものである建物を作り、住むこと自体が大量のエネルギー消費を伴い、地球全体に多大の影響を与えている可能性が高くなっている。

この講演では大気中へのCO₂排出、すなわち「環境負荷」を極力少なくした地球環境時代の建築「環境共生建築」のあり方について考察している。

建築関連のCO₂排出は建材に起因するもの約16%、使用時のサービスに起因するもの約16%であり、社会全体の1/3に及んでいることが明らかになり、今後あるべき環境に配慮した建築を考えると基礎となる重要な知見を得ている。

建築の環境負荷を調べる上で「ライフサイクル」という評価があるが、建築はこの面の研究が比較的進んでいて、「ライフサイクルCO₂」という名前でいくつかの試算、評価がなされている。

1つの中規模事務所建築物を例として取り上げ、在来の常識的な作り方によるライフサイクルCO₂が長寿命設計による減少、細めな修繕による増加、さらに資材のリサイクル、再利用などによる減少などプラスマイナスを全部計上して50%の削減が可能になりそうだとしている。

つまり、現在われわれが保有している手段の限りを尽くせば、環境負荷を現状の1/2に減らすことが可能であり、目標として掲げたいと締めくくっている。

5. スケジュール一覧

月 日	時 間	項 目	内 容		
6/17 (火)	14:30~17:00	市民公開講演会	A会場 ①「環境とエネルギー」松尾 陽（明治大学教授） ②「フィンランドにおけるエネルギー利用」 Heikki lihola (ベジヒドロコンサルタント会社 技術顧問) 参加者 260名		
	17:30~19:00	歓迎会	C会場 挨拶：実行委員長 落藤 澄、北大工学部長 土岐祥介		
6/18 (水)	09:15~10:00	開会式	A会場 挨拶：実行委員長 落藤 澄 北海道通商産業局長 森田光俊 電気事業連合会専務理事 畑柳 昇 空気調和・衛生工学会会長 松尾 陽 スウェーデン建築研究所 Dr. B. Sellberg		
	10:00~11:30	基調講演	①東京電力 Dr. K. Narita 「日本における蓄熱と環境」 ②スウェーデン建築研究所 Dr. B. Sellberg 「21世紀における蓄熱への挑戦」		
	13:00~14:15 14:30~16:15 16:15~18:00	論文発表 論文発表 ポスター発表	A会場 地盤蓄熱 地盤蓄熱 地盤蓄熱	B会場 相変化蓄熱 相変化、建物蓄熱 相変化、建物蓄熱	C会場 環境 応用、技術開発 環境、応用、技術開発
6/19 (木)	09:15~10:45 10:45~11:45	論文発表 ポスター発表	帯水層蓄熱 帯水層蓄熱	水蓄熱 水蓄熱	応用、技術開発 応用、技術開発
	13:00~14:30	基調講演	A会場 ①神奈川大学 Prof. N. Nakahara 「日本における短期蓄熱システム」 ②ギーセン大学 Dr. B. Sanner 「地中蓄熱システムに関する新しい動向と技術」		
	14:45~16:30 16:30~18:00	論文発表 ポスター発表	A会場 帯水層蓄熱 帯水層蓄熱	B会場 氷蓄熱 氷蓄熱	C会場 水蓄熱、化学蓄熱 水蓄熱、化学蓄熱
	19:00~21:00	晩餐会	札幌後楽園ホテル 挨拶：実行委員長 落藤 澄 参加者 270名 北海道総合企画部部長 鎌田昌市 スウェーデン建築研究所 Dr. B. Sellberg シュツットガルト工科大学教授 E. W. P. Hanne		
6/20 (金)	09:00~10:00 10:15~11:15	各国の代表的な プロジェクト 各国の代表的な プロジェクト	A会場 ベルギー、カナダ、 オランダ、スウェーデン 日本、スイス、アメリカ		B会場 ドイツ、日本、トルコ ポルトガル ポーランド、韓国、 デンマーク、中国
	12:45~14:45	IEA蓄熱部会	A会場 Dr. B. Sellberg, Dr. B. Sanner, Dr. B. Nordell, Prof. F. Setterwall		
	15:00~16:00	閉会式 I (パネル ディスカッション)	Chairmen: Dr. V. Lottner, Dr. G. J. Mourik, Mr. J.C. Hadorn, Prof. K. Sagara, Prof. H. Umemiya		
6/21 (土)	16:00~16:30	閉会式 II (総括)	Prof. E. W. P. Hanne, Prof. T. Ibamoto, Prof. H. Umemiya		
6/22 (日)	09:00~16:30	札幌見学会	北海道大学ローエネルギーハウス 北海道リハビリー（帯水層蓄熱） 北海道電力総合研究所（短期蓄熱、技術開発） 参加者 70名		
6/23 (月)	09:00~16:30	東京見学会	芝浦4丁目地域熱供給プラント みなと未来21地域熱供給プラント 東京電力技術開発センター 参加者 25名		

6.2 A会場（基調講演、地盤蓄熱、帯水層蓄熱、各国の代表的なプロジェクト、IEA蓄熱部会、総括）

基調講演は4題であり、K. Narita（日本）氏による「日本における蓄熱と環境」、Bjorn Sellberg（スウェーデン）氏による「21世紀における蓄熱への挑戦」、N. Nakahara（日本）氏による「日本における短期蓄熱システム」、B. Sanner（ドイツ）氏による「地中蓄熱システムに関する新しい動向と技術」の講演が行われた。

地盤蓄熱の発表は合計12編であり、ドイツ、フィンランド、アメリカが各1編、スウェーデンが3編、日本が5編であった。B. Sanner（ドイツ）らの発表はStatus of Seasonal Cold Storage in Ground Source Heat Pumpsであり、土壤熱交換器から放熱器への送水に関して、水直送のメリットは地下水温度が低いと除湿が可能な点であるが、一概にどちらが有利であるかはいえず、気象条件等で使い分ける必要があるとしている。S. Takada（日本）らの発表はAn Analysis of the Thermal Behavior of the Ground for Annual Heat Storageであった。A. Gabrielsson（スウェーデン）らの発表はHeat Storage in Soft Clay at 35-90°C-Long Term Experienceであり、90°Cまで加熱したときの土壤の特性については地下水位が1mで飽和状態にあり、乾燥は確認されていないとのことであった。Y. Hamada（日本）らの発表はStudy on the Heating and Cooling by Long-Term Heat Storage with Under ground Vertical U-tubesであり、数年前同じような実験をしており、そのときより効率の良い結果（ダブルUチューブの採熱効率が鋼管の0.95）を得られたとのことである。S. Gehlin（スウェーデン）らの発表はThermal Response Test-Mobile Equipment for Determining the Thermal Resistance of Boreholesであり、短期間での信頼性は2～3日間の実験結果では、初期は線源理論に対し近似が悪いものの、それ以降は比較的良く一致し、誤差1～2%であるとのことであった。K. Morino（日本）らの発表はExperimental and Numerical Study of Ground Source Heat Pump Using a Steel Pipe Pile as a Heat Exchanger with the Soilであり、基礎杭を用いることによりコストが下げられるとしている。G. Hellstrom（スウェーデン）らの発表はThermal Response Test of a Heat Store in a Clay at Linkoping, Swedenであり、含水率はサーマルプローブ法により、初期温度は多点センサーを設置し測定したこと、また、Uチューブ周囲の温度分布は3次元で計算し、チューブの表面温度をチェックしている。L. Stiles（アメリカ）らの発表はSimulation of a Large Geothermal Well Fieldであり、オーバーヒートを起こしたが、ヒートバランスを取ることにより解決できるとしている。M. Ohki（日本）らの発表はControl of Pavement Temperature by Borehole Heat Exchange Systemであり、実際の施設での結果であり、夏期の温水注入温度は30～40°Cであったことを示した。Reuss, Manfred（ドイツ）らの発表はDesign of a High Temperature Duct Storage for Industrial Waste Heatであり、設計ではダクトの大きさと長さを決定し、最大負荷をどうやって蓄熱にまわすかはフローレート（温度）を変えればよいとしている。H. Katsuda（日本）らの発表はExperiment on the Verification of the Direct-Expansion Ground Source heat Extraction-Radiation Heat Pump Using Two Kinds of Ground Heat Exchangersであった。

帯水層蓄熱の発表は合計14編であり、オランダ2編、カナダ3編、スウェーデン2編、フィンランド2編、ドイツ1編、日本が4編であった。H. Umemiya（日本）らの発表はExperimental Results of STES Utilizing Aquifer, Yamagata University's "Solar Aquifer"であり、鉄コロイドによる目詰まりについては生化学的現象を把握するための二次元のモデル化実験を行っているが実測は行っていない。Hans Buitenhuis（オランダ）の発表はSystem Concepts with Aquifer

Thermal Energy Storage; Experiences in the Netherlands であり、現在データを収集中であることである。D. M. Allen(カナダ) らの発表は Hydrologic & Thermal Simulations of an ATES System in Fractured Limestone, Carleton University, Canada であり、計算はベーシック・トランジエントモデルで有限要素法である。T. Probert(スウェーデン) らの発表は Thermohydraulic Evaluation of Two ATES Projects in Southern Sweden であり、地下水の流れは非常に小さく、北東方向へ 1 日数 mm で、温度は井戸ごとに異なり、加熱後 10°C ~ 15°C が多いが 5 °C 程度のものもあることを示した。Peter Seibt (ドイツ) らの発表は A Large-scale Aquifer Heat & Cold Storage System Right in the Middle of Berlin であり、C. Mirza (カナダ) らの発表は Quality Assurance for UTES Projects であった。T. Probert (スウェーデン) らの発表は Simulation Models for ATES Using the Conformal Flow Technique であり、シミュレーションは等方性モデルであり、境界条件を設けて行っており、砂質は OK、断層(裂)があれば困難であるとしている。T. Yokoyama (日本) らの発表は Temperature Propagation in Unconfined Aquifer Coupled with Three Dimensional Two-Phase Analysis in Multiple Layers であり、日本海上流の変化については海岸では変化が生じると思うが農業には問題が無いので影響は殆どないとしている。K. Mikoda (日本) らの発表は A Feasibility Study on Heat Pump System Using ATES for a Warm Climate であり、東京では地下水利用に法的規則があるので郊外を想定し、計画したいとのことであった。J. Adsett (カナダ) らの発表は Groundwater Treatment for Aquifer Thermal Energy Storage であり、PH は 7.5 度で地下水のレベルに維持したいとのことであった。H. Iihola (フィンランド) らの発表は Removal of Iron & Manganese from Ground water in SITU Oxidation of an Esker Aquifer-Hameenlinna, Finland であり、フィンランドでは塩素が少ないので腐食の可能性がないこと、地下水の鉄分は一般に 50~70 mg、これを 2 mg 程度まで下げるとしている。H. Seppanen (フィンランド) らの発表は Microbes in Groundwaters-a special reference to iron, manganese, nitrogen & sulphur bacteria- であり、バクテリアは 0 °C 以下で活性であり 50°C 以下でも生きており、サルファバクテリアは 8 °C 程度までであるとのこと、H. Watanabe (日本) らの発表は Effects of Climate on Closed Type Seasonal Thermal Energy Storage in a Shallow Aquifer であり、エネルギー回収効率、温熱量の内部蓄積で表層の厚さを評価している。

各国の代表的なプロジェクトの発表は 8 編であり、ベルギー、カナダ、オランダ、スウェーデン、フィンランド、日本、スイス、アメリカであった。P. Dirven (ベルギー)、G. Bakema (オランダ) の発表は Rapid Introduction of ATES into Flanders (Belgium) through Exchange of Experience & Expertise with the Netherlands であり、コストベネフィットは CERA Bank の例で 60 万ドル/年、5 年でペイバックができる、地下水利用の許可は通常 3 ヶ月以内、アントワープ州では 8 ヶ月かかると許可が下りた例もある。また、フランダース州ではリインジェクションに問題あり地下水採取にも許可が必要であることが報告された。Frank Cruickshanks (カナダ) の発表は Sussex Health Center Update Optimizing an Aquifer Thermal Energy Storage System であり、水温を監視するためのモニタリングシステムが重要であるとしている。A. L. Snijders (オランダ) の発表は The Succesfull Introduction of Aquifer Cold Storage in the Netherlands であり、プロジェクト数の拡大 (500~750 に拡大) に対して、この 2 年でスタンダードデザインを確立していること、また、将来地下水の水質が汚染されたものが改善も考えられるとしており、水質のチェックを行うことは非常に重要であるとしている。O. Andersson (スウェーデン) の発表は ATES Utilization in Sweden-An Overview であり、システムの導入にあたり、SAS とト

ライアングル（'89年）の2つで実証、3番目のマルモは実証施設で科学的に検証中のことであった。N. Hashimoto（日本）の発表は Urban Underground Thermal Energy Storage (UTES) System- IV Demonstration Testing Plant & Progress Report- であり、建設コストのうち地下タンクが高価なので100千円から200千円／m³コストダウンに向けて努力中であること、材料の強度的な問題は水が注入されていることと地中では水平力が小さいので問題はないとのことであった。Jean-Christophe Hadorn（スイス）の発表は Status of Seasonal Storage in Switzerland であった。K. Harrison（アメリカ）の発表は Large Scale Seasonal Thermal Energy Storage Heat Pump System : A Case Study of Energy & Financial Savings であり、市場の将来については初年度15kW×4,000件、これを2年後に倍にのぼす計画を持っており、年間の節約計画を500万ドルとしている。

IEA蓄熱部会は4名の委員より報告がなされた。B. Sellberg（スウェーデン）の発表は International Energy Agency Implementing Agreement on Energy Conservation through Energy Storage であった。B. Sanner（ドイツ）の発表は Seasonal Cold Storage Building & Process Applications : A Standard Design Option ? であり、SPF (Seasonal Performance Factor) は冷熱／インプットエネルギーで計算して、ダイレクトクーリングで20、チラーで4.5であることを示した。Bo Nordell（スウェーデン）の発表は Implementing Underground Thermal Energy Storage IEA Energy Conservation through Energy Storage (ECES) であり、現在のグループワークのターゲットは建築家、エンジニアリング会社、コンサルタントと接触し、意識を高める必要があるとしている。また、インドネシアでは新しい技術は仲々認めない風潮にありPR活動が重要であること、シールバンクの場合、環境にやさしいと言うラベル付けが必要であり、特に電力に替わってUTESを使えば効果が大きいこと。ANNEX 7ではカナダが環境影響評価を行っているとの意見が出された。Fredrik Setterwall(スウェーデン)の発表は Phase Change Materials & Chemical Reactions for Thermal Energy Storage-State of the Art 1996 であり、ポーランドでは 100MJ の PCM の開発をしており、物質特性、安全性、熱伝達シミュレーション、さらにコストの研究をしてほしいとの意見が出された。

パネルディスカッションがDr. Hadorn の司会により行われた。ディスカッションのキーワードとして以下のものがあげられた。

- What have we learned from this conference?
- Is there any progress?
- What are the benefits?
- Is there any commercial activity as a result of our research work or are commercial activities foreseen?

また、各パネラーより次のような意見が述べられた。

・帶水層の日本の現状（梅宮教授）

コンピュータシミュレーションが主流である。大都市は規制があり導入が困難である。需要の一つに融雪による無雪道路がある。将来は、規制緩和が必要である。コ・ジェネレーションと帶水層の複合システムは有望であるが、塩の問題には未知なものが多い。財政面からの支援、特に、公的助成が望まれる。

・日本の短期蓄熱（相良教授）

日本の蓄熱の歴史に関して、部分負荷運転から負荷平準化の問題に移ってきてていることが話さ

れた。最近では閣僚会議で蓄熱の必要性が取り上げられた。しかし、蓄熱のみでは省エネルギーにはならない。水に代わる水-PCMでは、COPの低下、コスト高の問題がある。また、20年前あった蓄熱不人気の原因として設計ミスおよび管理ミスにより実際の運転が設計通りにいかない例が多かった。今後の課題として、運転制御法の改善、高性能化、設計時の高効率化、建物基礎利用の連結蓄熱槽から温度成層型への転換、氷蓄熱のユニット化、負荷予測などがある。その他、Fault 検知（ANNEX25）開始のアピールがあった。

・ヨーロッパの現状（Dr. Lottner）

コスト高の新しい蓄熱技術がなぜ必要か？これは、化石エネルギー削減・CO₂削減で説明できる。しかし、顧客に対し説明可能な品質を持った実証プラントが必要である。この点ではまだ技術面の改善の余地が残されていることが話された。

・（Dr. Mourik の発言）

今回と前回の比較として基礎研究が多く製品例が少ない。コストが高い。それぞれの国でどのようなニーズがあるのか知りたい。など話題提供があった。これに対し会場より以下の討論があった。

・Dr. Hadorn の発言

蓄熱温度が中温域から低温域へ移行している。低温域に市場がある。また、実現も比較的容易である。日本でも多くのプロジェクトが行われているのを知った。個人的には太陽熱の蓄熱に興味がある。商品としては、ボアホールテクノロジーを扱う会社が10社程度ありコスト競争がある。ボアリングでダクトストレージが扱える。先の電話交換局では連続20年の運転が可能か？帯水層は容量的に都市全体を貯える規模があるのか？

・桜井氏の発言

大阪に融雪システムを建設している。水散水槽2,000m³、水タンク2,000m³である。今年度中に完成する予定。コスト以外の利点を考えている。震災対策や火災対策である。

・Dr. Sanner の発言

電話交換局では連続10年間再注入無しで運転されている。長期的には熱がバランスしている。ヒートポンプを使うとバランスしなくなる。ボアホールに関しては地層が日本とドイツでは大きく異なるため地質学的な研究が必要であり、それにあったシステムが必要となる。トルコの例が参考になる。地熱利用では似たようなツールを使っている。（トルコと東大のクリヤカワ氏で）（日本は）技術的には優れている。地質に目を向けてほしい。

・バンブーウィック氏の発言

将来的な観点から、従来型の太陽熱利用は5割程度割高となる。ソーラーコレクターのコストを下げる必要がある。

・Dr. Mourik の発言

ボアホールとヒートポンプを組み合わせたシステムでは、1次エネルギー基準で効率が1.6程度となる。給湯ヒートポンプのシステムでは1を切る。この問題に対しアドバイスがほしい。→発電効率は40%程度として、ノルウェーでは水力が100%となる。国によって異なってくるのではないか。

・Dr. Sanner の発言

適用できる加熱システムが限られる。ケースバイケースのガイドラインが必要となって来るであろう。

ここで、司会のDr. Hadorn より、これに対する日本側のコメントを求めた。梅宮教授の指名により次の方々の回答があった。

- ・日建設計の青木氏の発言

蓄熱は経済性より地球環境問題の点から進めた方がよいのではないか。帯水層は地下水の汲み上げ規制により採用が難しい。地下水を取り込むことは問題があるが、戻すことでこの問題をクリアーできるのではないか。

- ・東京電力の柳原氏の発言

日本は冷房が主流で冷暖がマッチングしている空気熱源が発達してきた。今回の会議で3日間の発表を聞いていたが、長期用の地下・帯水層蓄熱を行うことのメリットが実感できなかった。
→この発言に対し、Closing Session11 で射場本教授より、日本の実務ではそのような考え方もあるが、今回の会議では日本からの長期蓄熱の発表件数が多かったとのコメントがあった。

6.3 B会場（相変化蓄熱、建物蓄熱、水蓄熱、氷蓄熱、各国の代表的なプロジェクト）

PCMに関する発表はポスターセッションを含めると合計18件であった。講演分の概要は以下の通りで、主に蓄熱材の安定性についての議論が活発になされた。Steiner（ドイツ）らの講演は、PCMとして水酸化バリウム、熱媒としてエタノールを用いたシステム（蓄熱温度レベル80°C）の実験結果の発表であった。Koba（日）らの発表は、PCMとして添加材を加え融点が10°Cとなるよう調整した硫酸ナトリウム、および“くびれ”のある円筒状の高密度ポリエチレン製容器を用いた蓄熱システムの実験結果であった。IPFは球状容器とほぼ同じ60%であったという。Zhang（中国）らは、パソコンを用いた温度計測により、複数のPCMの熱力学特性を同時に解析する手法を開発し、その有効性を検証した。Inaba（日）らは、傾いたshape-stabilizedパラフィンプレート間に温泉水を流して熱交換するシステム動的挙動について数値解析を行い、蓄熱効率がプレートの傾きに影響されることを示した。Domanski（ポーランド）らは、ある潜熱蓄熱装置の実験結果を例に、蓄熱にもエクセルギー解析が必要であると論じた。Kanayama（日）らは潜熱蓄熱槽を組み合わせたソーラーヒートポンプシステムの運転実績を発表した。蓄熱槽の下部にガイドパイプを挿入することにより、システムCOPが大きく改善されたという。

床あるいは軀体蓄熱に関する発表は合計7件で、全て日本からのものであった。Mizuno（日）は、老人ホームのPCMを用いた深夜電力利用床暖房システムについて、ファジー理論による負荷予測法を紹介した。Udagawa（日）らとMiura（日）らの発表は、共に夜間天井内を冷却し、上階スラブに蓄冷するシステムのシミュレーションであった。前者では運転データも示されていた。この方式の長所は、蓄熱のための設備が特に必要ないことであるという。

水蓄熱に関する発表は合計12件であった。成績係数について、わが国で一般的と思われる値に対しても欧米の参加者からは低すぎるという指摘があったのが印象的であった。Kayo（日）は中規模事務所ビルに設置された大温度差蓄熱槽の運転データを分析し、設計時のシミュレーションと比較することによって運転が適切に行われていることを示した。Yamasaki（日）らは、温度成層型蓄熱槽の模型実験を行い、将来における混合状態を示すパラメーター導入可能性を示唆した。Takahashi（日）はビルの2重ピットを利用した温度成層型蓄熱槽の運転データと、負荷予測制御法を発表した。Shuku（日）らの発表は日本の中北部地方における蓄熱空調システムの普及状況と運転実態の分析であった。Heller（デンマーク）は屋外蓄熱ピットの蓋をフロート式にすることによって建設費を削減できることを紹介した。また、Hahne（独）らとHino（日）らの発表は蓄熱式

給湯システムに関するものであり、前者はドイツで市販されている貯湯式電気温水器の性能比較、後者は集合住宅向けヒートポンプ式中央給湯システムの開発についてであった。

氷蓄熱の発表は合計10編で、中国からの2編以外は全て日本からのものであった。また、講演中欧米人の聴講が常に1、2人にとどまっていた点が、他のセッションと比べ特徴的であった。Shiroto(日) らの講演は、氷蓄熱組み込み型エアハンドリングユニットの開発と、その性能実験結果についての発表があった。Way(中国) は、平板モジュールを用いた氷蓄熱システムについて動的な効率特性を求めるシミュレーションを行った。Kema (日) らは、ダイナミック型氷蓄熱空調システムの開発を紹介し、スタティック型に対する有利性を強調した。Sakashita(日) らの発表では、蓄熱槽の容量を増し、さらに深夜電力料金時間帯以前から蓄熱運転を行うことによって、設備回収年数短縮が可能となることが示された。これは熱交換器にポリプロピレン管を用いた安価な蓄熱槽の開発によって実現したという。Hongo(日) らは、フロンを使わない蓄熱システムとして吸水ポリマーを用いた氷蓄熱を開発した。現在のところ、成績係数は非常に低く、改善を検討中であるという。Takahashi(日) らは、氷水スラリー輸送実験によって配管摩擦損失を求め数式モデルも得た。地域冷暖房を前提としているので、大口径管への適用の可否が今後の検討課題であるという。

蓄熱に関する世界各国の活動報告では、ドイツ、日本、南欧、トルコ、ポーランド、デンマーク、韓国、中国が紹介された。Lottner(独) らはドイツの季節間蓄熱施設建設の実績を、Maekawa (日) らは横浜・MM21の地域冷暖房施設に設置した世界最大の潜熱蓄熱施設を紹介した。Fernandes(ポルトガル) らの報告は、ポルトガル・スペイン・ギリシアの短期冷蓄熱施設の実状についてであった。これら南欧3ヶ国では42施設が設置されており、そのほとんどが氷蓄熱であるという。Paksoy (トルコ) らはトルコのG I S (Geographic information System)を用いた地中蓄熱の可能性調査結果を、Chwieduk (ポーランド) はポーランドのエネルギー政策を紹介した。ポーランドではエネルギー・環境対策のための補助金が得られたとして古い設備のメンテナンスに当たられるということである。旧東欧の実状の一端が窺えた。Qvale (デンマーク) らは、蓄熱について設備費や運転コストを含めた経済的検討が重要であることを説いた。Kee(韓) らは韓国における季節間蓄熱中央式太陽熱暖房システムのパイロットプラントと、その運転実績を紹介した。Wu (中国) らは氷蓄熱空調の有効性が示されたある中国内のプロジェクトの検討結果を発表し、さらに電力供給事情が逼迫していることから上海市では将来氷蓄熱が有力な手段となるであろうことを示唆した。

6.4 C会場（環境、応用・技術開発、水蓄熱、化学蓄熱）

環境の発表は合計5編で日本から3編、アメリカ、フィンランドが各1編であった。古田(日本) らの講演は蓄熱式を含む空調方式の環境負荷についてであった。山羽(日本) らの講演は蓄熱システムに関する環境解析であり、蓄熱空調方式により、機器効率を向上して環境負荷を低減し、非蓄熱空調式の場合は、機器の台数制御で効率を向上させ環境負荷を低減し、非蓄熱空調式の場合は、機器の台数制御で効率を向上させ環境負荷を低減することが可能であることを示した。L. S. Sowers (アメリカ) らの講演は大規模地下熱プロジェクトにおける地表面と地中環境であり、土壤蓄熱による土壤温度上昇による地中の生物的・化学的環境への影響について報告している。足永(日本) らの講演は都市気候における蓄熱解析に関する研究であり、地表面近傍の熱容量が、昼・夜の吸・放熱による都市気候への影響を検討する三次元シミュレーションモデルの開発を

行っている。

応用・技術開発の発表は合計14編であり、スウェーデン4編、ノルウェー、フィンランド、ドイツが各1編、その他7編が日本であった。田中（日本）らの発表は自然エネルギーと未利用エネルギーを用いた地域エネルギーシステムであり、エネルギー・シミュレーションに関する研究が紹介され、エネルギー・コストについても質問があった。A. Gabriellsson（スウェーデン）らの発表はモレーンにおける季節間蓄熱であり、氷河地帯特有のモレーンにボアホールを設置した場合と掘削によりパイプを多層に重ね、間を土壤で埋戻した場合の太陽熱利用季節間蓄熱の評価を行ったものである。S. Sather（ノルウェー）らの発表は蓄熱を用いた熱電併給システム・シミュレーションであり、複数のガスタービンによる熱併給発電プラントに蓄熱槽を用いた最適運転制御についての報告であった。Shiba（日本）らの発表は蓄熱槽を含むエネルギー供給システムの最適容量計画問題であり、低料金の夜間電力を活用する蓄熱式ヒートポンプシステムの槽と熱源の各容量を年間のランニングコストを最小にするような最適化問題について報告している。相良（日本）らの発表は多槽連結完全混合タイプの水蓄熱槽における故障検知に関するものであり、蓄熱槽内の水温予測物理モデルを用いてその予測値と実測データとの比較により蓄熱槽の異常・故障を検出する。モデルでカバーできないものは、水位計など実測データを用いるとしている。J. Jung（日本）らの発表は蓄熱槽の最適設計に関する研究－最高・最低外気温の評価－であり、翌日の必要蓄熱量予測に用いる最高気温、最低気温の予測モデルに関する検討を行ったものである。

G. Hellstrom（ノルウェー）らの発表はシングルU字管による水充填ボアホールにおける熱伝達に関する実験的研究であり、水充填されたボアホールにおけるシングルU字管の熱交換性能について報告している。S. Lundin（スウェーデン）らの発表はストックホルムDanderydにおける100戸への太陽熱利用低温岩盤季節間蓄熱－プロジェクト実現前の技術、経済、障害と可能性－に関するものであり、100戸の住宅を対象にした太陽熱蓄熱システム実施に際しての技術的、経済的検討について報告している。R. Frankeらの発表は土壤による季節間蓄熱を用いた太陽熱利用システムの最適化であり、太陽熱利用季節間蓄熱の最適化手法を開発している。石原（日本）らの発表は深夜電力を用いた土壤蓄熱システムの開発－その1実験住宅における熱収支と熱性能に関する研究－であり、小規模建物を対象とした土壤蓄熱システムによる昼間電力のピークカットに関する実験を行っている。媚山（日本）らの発表は地上あるいは地中に作られた倉庫に貯えられた雪の残存率であり、地上あるいは地中の倉庫に雪を長期貯蔵した場合の残存率の検討を行っている。Q. Zhang（日本）らの発表はクールチューブシステムとその地域特性であり、日本国内10地域で住宅にクールチューブを用いる場合それぞれに必要なチューブの本数の最適化について検討している。

水蓄熱と化学蓄熱は合計7編であり、ドイツの1編以外は日本からの発表であった。Y. Kamiya（日本）らの発表は蓄熱・放熱特性に対する蓄熱槽における混合の影響であり、蓄熱槽における蓄熱時、放熱時の混合の影響をモデル化し混合タイプ、温度成層タイプ、温度選択タイプの各蓄熱槽についてシミュレーションを行っている。吉田（日本）らの発表は特定の取水法を用いた温度成層型冷水蓄熱槽の性能評価であり、可動式取水口を用いた温度成層蓄熱槽の性能評価について検討している。近久（日本）らの発表は余剰夜間電力貯蔵のためのCaO水和化の三次元コンピュータシミュレーションに関するものであった。S. Fischer（ドイツ）らの発表は学校の暖房のためのゼオライト蓄熱システムであり、地域暖房のネットワークにゼオライト蓄熱槽を連結し、昼間の吸熱反応による温水供給、夜間の高温蒸気による乾燥排熱による温水供給のシステムを実

測しており、ゼオライトのライフは400サイクル程度であるとしている。M. Kumita(日本) らの発表はシリカゲル／アルコール溶液システムによる吸着ヒートポンプの冷房特性に関するものであった。藤沢(日本) らの発表は冷熱蓄熱と搬送のための熱混合の応用について検討している。沢田(日本) らの発表はCaO/H₂O/Ca(OH)₂の熱化学反応を用いた化学蓄熱ヒーターに関する基礎的研究に関するものであった。化学蓄熱あるいはケミカルヒートポンプなどについては、その材料選定や、効率向上の方法などに関する質疑がなされた。さらに、これらの研究目的やその新規性などに関する議論があったことを付記しておく。

6.5 見学会

札幌見学会は北海道大学ローエネルギーハウス、北海道リハビリーおよび北海道電力総合研究所の3ヵ所、東京見学会は芝浦4丁目地域熱供給プラント、みなと未来21地域熱供給プラントおよび東京電力技術開発センターの3ヵ所である。札幌見学会には70名、東京見学会には25名の参加があった。ここでは、地盤蓄熱、相変化蓄熱、建物蓄熱および環境を考慮した北海道大学ローエネルギーハウスについて概要を示す。(パンフレット参照)

本住宅は再生可能エネルギー、自然エネルギーおよび未利用エネルギーを最大限に活用し、長短期サイクルの蓄熱と組み合わせた住宅であり、再生可能エネルギー自立型住宅の有効性を明らかにするために建設されたものである。

建設に際しては省資源型工法による高断熱・高気密化、太陽熱のパッシブ利用を取り入れることによる機械設備の小型化、太陽光発電、太陽熱コレクター、風力発電による電力、温水のエネルギー高自給率化および地盤を利用した年サイクルの蓄熱と土壤熱源ヒートポンプによる暖冷房を考慮し、低温度差暖冷房方式による居住環境の評価や新しい換気システムの導入による室内空気室の評価、さらには、日本全国におけるローエネルギー住宅の評価を行うことを目的としている。

ローエネルギーハウスの具体的なスペックは以下のとおりである。

- 1) 建物の延べ床面積は全国の戸建て注文住宅の平均である約40坪(建築面積20坪、総2階建て)程度とし、工法は省資源・省エネルギー工法である断熱パネル方式とする。
- 2) 建物熱性能は国内外の省エネルギー基準以上であり、太陽熱のパッシブ手法ができるだけ取り入れ、暖房エネルギーの低減を図り、現在の札幌の住宅における暖房エネルギー消費量の1/3以下(灯油消費量500リットル以下)とする。
- 3) 暖冷房方式は床、天井、パネル方式の組み合わせを考える。ただし、できるだけ日射の利用(暖房時)の自然の冷熱(冷房時)を活用する。
- 4) 季節間の蓄熱効果を高めるため、建物は総地下方式とし、地下部は箱型でRC造とする。また、暖冷房の補助熱源として季節間蓄熱型の垂直埋設管方式による土壤熱源ヒートポンプシステムを導入する。
- 5) 太陽電池、太陽温水パネルといった太陽エネルギーのアクティブ利用に加え、風力発電も導入し、電力、給湯に関してできるだけエネルギー自立を図る。

基準階の大きさは幅10.0m×奥行き6.4m、建築面積は64.0m²、総2階建てで同じ面積の地下室を持つ。工法は発泡ポリスチレン板をOSB板で挟んだ断熱パネル(厚さ236mm)工法とした。この特徴はパネル自体が構造材となり、ツーバイ工法に比べて省資源性が高いこと、また、工場でのプレカットが容易で工期短縮によるコスト性に優れていることである。

南面の窓は約21m²でLow-Eペアガラス(アルゴンガス封入)を使用しており、熱貫流率は1.36

$\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ である。外壁面の窓の上部には日除けのためのオーニングを、室内にはタイマー制御可能な電動カーテンを設置している。窓と壁の熱性能および換気量 ($150 \text{ m}^3/\text{h}$) から計算した住宅の熱損失係数K値は地下室への熱損失が少ないとした場合、 $0.97 \text{ W}/\text{m}^2\text{°C}$ である。

夏期および中間期における太陽熱集熱器の余剰熱を地下室直下の土壤に蓄えておき、冬期の給気予熱に用いるために、地下室床面直下約1m深さに季節間蓄熱用の水平埋設管（内径20mm、長さ100m×3系統）を設置している。

換気方法は温度差によるスタック換気と厨房、便所、風呂からの強制換気を併用している。外気は住宅周囲の地下約2mに埋設された2系統のアースチューブを通り予熱または予冷されて地下室北面に給気される。その後、地下室床面から季節間蓄熱された熱を自然に受け、ユーティリティー中央にあるL字型階段の中央部に設けられた通気口に誘引され、住宅北面上部より排気される。室内へは通気口から小さなファンにより必要換気量だけ給気される。住宅北面上部の排気塔には自然換気の排気口、強制換気の排気筒および排気熱回収ヒートポンプの冷媒直膨型熱交換器が設置されており、貯湯タンクの加温に用いられている。

1、2階の床面には床暖房用のパイプ（内径13mm架橋ポリエチレン）を敷設し、1階は厚さ100mmのシンダーモルタルを、2階はパイプ上部に潜熱蓄熱材（融点20~21°C、敷設密度10kg/m³）を敷設、厚さ60mmのシンダーモルタルを敷設している。また、窓下には幅7cmの放熱器をコの字状に設置している。住宅の南側には蓄熱井戸（口径100mm、長さ30m×2本）を埋設しており、冬期はヒートポンプによる暖房の熱源に、夏期は自然循環による冷房に使用している。

南面の屋根は幅11m、奥行き6m、亜鉛メッキ鋼板葺きであり、勾配は屋根滑雪、傾斜面日射量を考慮して約31度としている。屋根面には単結晶太陽光電池（約24m²、3.1kw）、アモルファス太陽電池（約24m²、1.3kw）および不凍液循環型太陽熱集熱器（約8m²）を設置している。住宅西側にコンクリート製電柱（高さ約11m）を建て、頂部の架台に風力発電用風車（直径2.2m、600w）を設置している。

7. 期待される効果

蓄熱は、需要と供給の時間的ミスマッチを解消させ負荷の短期的・長期的な平準化を可能とする。これまで見捨てられてきた未利用エネルギーや廃熱を有効に利用するために必要不可欠な技術である。今後、蓄熱技術は、省エネルギーおよび環境保全に寄与するものとして我が国で積極的に導入をすすめていかなくてはならない。蓄熱に関する国際会議が国内で開催されることは、蓄熱技術の国内への啓蒙・普及のために大きなはずみになることは間違いない。具体的には、この会議を通して、蓄熱分野に携わる技術者、行政担当者、研究者などが一堂に会し、討論と最新の情報が交換できることに加え、学術的な研究成果を互いに評価し、環境保全と経済性の観点から蓄熱分野の普及に向けての方策が国際的に検討する場が国内で提供されることにある。また、派生効果として本年度から日本が参加するIEAの蓄熱部会の情報収集の場として、またヒューマンネットワークの形成の場として大きな期待ができる点も見逃せない効果である。

最後に、本会議の開催に際しご協力いただきましたトステム建材産業振興財団はじめ電気事業連合会、空気調和・衛生工学会、北海道、札幌市等の関係各位に対し、心より厚く御礼申し上げます。

4-1 公開シンポジウム：東北地方における 雪と寒さと生活を考える

東北大学 工学部建築学科

教授 吉野 博

トステム建材産業振興財団より助成を受けた第20回東北環境設備研究会、「公開シンポジウム：東北地方における雪と寒さと生活を考える」が平成9年3月15日（土）午後1:00から5:00、盛岡市神明町パルソビルのペルソナにて開催された。

本シンポジウムは、日本建築学会東北支部環境工学部会、日本建築学会北海道支部北方系住宅専門委員会、空気調和衛生工学会東北支部、建築設備技術者協会東北支部、雪工学会建物環境委員会、住まいと環境・東北フォーラムの共催で企画され、トステム建材産業振興財団、東北電力株式会社、シャノン販売東北株式会社の協賛、岩手県、盛岡市の後援を得て開催された。

シンポジウムは2部で構成され、一部は荒谷 登（北海道大学）、石川善美（東北工業大学）、渡辺正朋（八戸工業大学）、沼野夏生（岩手県立盛岡短期大学）の各氏による講演があり、二部では吉野 博（東北大学）の司会により、長谷川寿夫（北海道大学）、月館敏栄（八戸工業大学）、二郷 精（設計集団空）、山崎芳樹（エンドユーザー、ペンション経営）の各パネリストを交えてパネルディスカッションが行われた。

まず、吉野が開会の挨拶に立ち、このシンポジウムは建築学会北海道支部寒地建築教材編集委員会において荒谷先生が中心となって編纂された建築教材「雪と寒さと生活」が出版された機会に、北海道でのシンポジウムの後を引き継いで開催を企画したものであり、建築学会、自治体関係者、設計者、建設業者、教育関係者などを対象として、第一に雪と寒さに対する住宅設計上の考え方について再確認し、次に一般の人々に関心を持ってもらうための技術の普及、啓蒙の方法について議論することを目的としていることを述べた。

荒谷は、「風土と生活／風土的な特質」と題する講演を行い、これまでの北海道における取り組みの概要について解説し、地域のリーダーを育てることが大事であることを述べた。また、東北地方は四季が明確であり、そのことが北海道とは全く異なるから、持続可能な住宅を造っていくためにはこのような風土の特質や伝統を大切にすること、地域の違いをより明確にすることが重要であることを述べた。

石川は、「環境と生活／環境の見方と選択」と題して講演し、まず東北地方の住宅における室内の寒さが厳しいことについて実測データをもとに紹介し、文化を育てる前にこのような環境を改善する必要があり、そのためには断熱・気密化が重要であることを強調した。また、バッシブデザインは夏の暑さを凌ぐ上で大切であり、地域密着型の伝統的な手法が有効であること、バッシブデザインはアクティブな内部空間を形成すると同時に自然に対して開放的な空間を実現するものであることを述べた。

渡辺は、「技術と生活／技術の目標と発想」と題して講演し、東北地方における気候条件は、

雪と寒さという点からみても多様であることをデータによって解説した。その後、雪との対応の一つとして屋根の形状は域条件によって考慮しなければならないことを写真を示しながら述べた。講演後、屋根勾配と滑落距離との関係についての質問があった。

沼野は、「建築と生活／暮らしの課題」と題して講演し、東北の雪国文化を考えるには縄文の時代までさかのぼる必要があることを述べた。また、克雪住宅は克雪が目的ではなく、豊かな生活を実現する手段であるべきことを強調し、高床式の住宅の利点、欠点について整理して示し、生活のイメージを持つことが必要であることを述べた。

15分間の休憩の後、第二部のシンポジウムが開催された。まず、各パネリストから東北地方における住宅のあり方について提言があった。長谷川は、快適・健康な住宅の基本的な考え方を示し、ハードとソフトの両方が必要であることを述べた。月館は伝統的な民家が地域条件によってそれぞれ特徴をもっていることを示し、冬を楽しむための工夫が各地で見られてきたことを紹介した。二郷は地球環境の観点から高断熱・気密住宅の先に環境共生住宅があることを述べ、東北地方の伝統的な民家にある縁側を現代住宅に復活させ、豊かな空間を作るべきことを提案した。山崎は、都市における狭い敷地がいろいろな面から良好な環境の形成に害をもたらしていることを述べた。

次に、快適で健康な住宅をどのように普及させていくかについての議論に移り、まず長谷川は、基準を作ること、行政・関連団体の役割が重要であること、地域での関係者が多面的に取り組むこと、モデル住宅の建設が必要であることなど具体的な提言をした。また、山崎も実験住宅を非営利団体がユーザーの立場に立って企画し建設することが重要であることを述べた。

最後に、吉野は今回のシンポジウムが単に高断熱・高気密住宅の話題だけではなく、高断熱・高気密住宅は当然のこととして、東北地方における住宅のあり方やその普及の方法について議論できたことは大きな成果であると締めくくった。参加者数約110名。

1部 講演（寒冷積雪地における住宅が目指すもの）

1. 風土と生活／風土的な特質

北海道大学 荒谷 登

1.1 風土に親しむ伝統

地域に引き継がれてきた伝統や文化には、その風土の良さを引き出す発想や視点がある。日本は雨が多く湿潤な風土気候の中にあるが、その伝統には雨や寒さに備える見事な屋根があり、雨を防ぐ機能を越えて家の格式を表す存在となり、雨が降って美しくなる町並みや田園風景を作っている。

超断熱ともいえる、熱い茅葺屋根と大きな土間床の熱容量の組み合わせは、強い日射を防いで室内に涼しさをもたらし、穀物を育てる蒸し暑さを“よいぬくもり”と表現するほどのゆとりを与えてきた。そこには開口を通り抜ける風に特別の心地よさを感じさせる仕組みがあり、内と外のつながりや、自然に親しむ生活にも地域性がみられる。

もちろん伝統や文化は時代とともに変わるし、都市と田舎によっても異なる。たとえば、茅葺屋根や土間床を現代の都市住宅に引き継ぐことはできないし、昔は我慢できた寒さに耐える生活が、もうできなくなっているのは時代の変化である。しかし、伝統や文化の本質は、昔から引き継いできた形や様式ではなく、その精神であり意味である。

共通の財産である自然やコミュニティーのつながりの中に良さを見いだし、それを大切にしようとしたきた精神と生活対応のあり方こそが伝統であり、文化であって、それは建物の形や材料が変わっても、今日に引き継ぐことができるものである。

1.2 移ろいやすい欠点対応

一方、これと対照的のが、流行であり、欠点への対応である。良さを育てる持続的、協調的な取り組みとは異なり、経済力や技術力に頼った独力での問題解決に向かいやすく、目的が達成されると忘れられる中途半端な対応になってしまう傾向がある。

もちろん、欠点や障害の除去も大切であるが、それが目標であるようではたとえ欠点を克服しても、その欠点を持たない地域には及ばないし、それが地域の伝統や文化になるというわけでもない。

たとえ住宅の高断熱化が冬の生活にどれほど重要であるにしても、その目的が雪や寒さの克服にある限り、そこで得られる財産のスケールはしつけている。しかし、もしその目標が雪や寒さに秘められたすばらしさの発見であるならば、室内生活だけでなく屋外生活やコミュニティーのあり方や町並みをも変える力になる。

1.3 多様な東北の地域性

よく、東北は中途半端で、暑さに対しても寒さに対しても徹底できないという声を聞く。もしそれを地域の欠点とみるようなならば、恵まれた場所にすむ資格はないことになるだろう。北海道のような雪らしい雪、寒さらしい寒さはないにしても、雪がもたらす豊饒の風土、豊かな四季の変化は、はるかにまさる東北のすばらしさであり、しかも東北の中でも地域によって異なる特質を持っている。

その特質をどう生かすか考えるならば、高断熱・高気密の手法を寒地に学ぶよりも、伝統の中に、それも形として引き継がれた伝統よりも、精神として引き継がれてきた生活意識にこそ学ぶべきものが多くあると思う。それぞれの特質を生かす、競い合い奪い合うことのない成長はこれからの大切な課題である。地球環境の保全が21世紀の大きな課題になり、省資源、省エネルギーが重視され、耐久性・持続性のある社会や成長への方向転換が求められているが、耐久性もまた物理的な寿命ではなく、その価値を量る人間の価値判断の持続性にかかっている。

地域の中に良さを発見し、それを育て、引き継いでいく伝統づくりは持続性のある価値を育てる21世紀の課題もあるはずである。

2. 環境と生活／環境の見方と選択

東北工業大学 石川 善美

2.1 冬のイメージ

「四季の中で一番好きな季節は？、一番嫌いな季節は？」というアンケートがあるとすると、好きな季節は様々に分かれるが、嫌いな季節の筆頭は「冬」になるにちがいない。なぜそうなるのか。単に、雪に閉ざされた社会、とか、厳しい寒さなどを想像してしまうからであろうか。

2.2 住まいの中にある寒さ

寒さの程度には地域差がある。しかし、住まいの中の温度環境に地域差はあるだろうか。北海

道、東北各地の住宅を対象とした夜の団らん時の室温調査では、北海道より条件の緩やかな東北地方の方が逆に「寒い」という結果が得られている。これはなにを意味するか。さらに調査してみると、東北地方の住宅には、①一室暖房により暖房している部屋と、していない部屋との温度差が大きい、②暖房している部屋でも上下の温度差が大きく暖房の効率が悪い、③明け方の部屋の温度が低すぎる、などの問題があることがわかつってきた。このような状況では、寒さに対するネガティブな生活が蓄積され、冬イコールいやな季節、という環境の見方が育っても不思議はない。そればかりか健康面での影響も見逃せない。

2.3 断熱と気密の意義

住宅の断熱気密化は、省エネルギーの達成とか暖房の効率化といった社会的背景により生まれた技術であるが、これが寒冷地の住まいと環境に与えた影響は計り知れない。少なくとも、住まいのなかから寒さを除去し、前述した様々な住環境上の問題を改善する可能性を開いたことは注目すべきである。これによって、外と内の区別が明確になり、適切な暖房設備や換気設備の選択などを通じて新しい冬の生活スタイルの模索と想像につながることが期待できる。

また、断熱気密の前提にたてば、これまでただ通り過ぎてゆくだけだった様々な自然エネルギーを住まいの中に積極的に取り入れて活用する可能性も生まれてくる。パッシブシステムと呼ばれる考え方とは、ともすれば閉鎖的になりがちな断熱気密技術に対して、自然との共生を迫る解放性を有しており、土地々々の地域性、風土性を住まいと環境から見直すきっかけを作ってくれるかもしれない。

2.4 夏の暑さへの対応

東北地方は北海道と違って、多くの地域で、夏冬両方の気候に対処した建物の特性が求められる。暑さへの対応は、東北地方の住まいを考える上で忘れてはならない重要な視点である。断熱気密技術の適応によって夏の室内環境が悪化することのないよう、地域の気象条件に基づいた、基本的な防暑の対策と、積極的な涼房の工夫を考える必要がある。

3. 建築と生活／暮らしの課題

岩手県立盛岡短期大学 沼野 夏生

与えられたテーマを「雪や寒さの風土に培われた生活のあり方から住居のあるべき姿を問い合わせること」と理解したい。ただし、短期間であることと筆者の守備範囲の制約という事情から、「寒さ」の問題は他の論者に期待することとし、「雪」に関する話題に絞りたい。また、「建築教材 雪と寒さと生活 発想編」で担当した都市と住宅地の雪対応の分野にも基本的に論及しない。

3.1 降積雪の地域性

東北地方と一口にいっても、雪の量と質には地域差がある。それがまた、住まいを考える上で雪への関心のあり方にも地域差を生む。まず、この点を確認してみたい。

3.2 雪国の暮らしの変遷

「克雪」「利雪」「新雪」、果ては「治雪」「樂雪」「和雪」等々、雪に関する造語は多い。

いずれも、「雪といかにつき合うか」という「哲学」である。こうした雪という地域性をめぐる価値意識の変遷、またそれと関連しあう家族や居住環境の変容に注目しつつ、雪国の生活スタイルの動向を考えてみたい。

3.3 新しい生活スタイルと住居のあり方

高床式克雪住宅などを素材に、これから雪国の生活の「容器」としての住まいを考えてみたい。生涯住宅と克雪住宅のかねあい、外部との閉鎖性と夏対応、周辺環境と屋根雪処理法の選択等々、雪国の住居の現状とその問題点、今後の展望について考えられる多くの論点があるが、その一部が提示できればと思う。

2部 パネルディスカッション（快適、健康住宅の普及のために）

4. 快適健康住宅の普及を考える

北海道大学 建築工学科 長谷川 寿夫

4.1 地域生活と住まいについて、「基本的な共通認識」をもとう

- ◆ 本来、どんな住生活をしたいか?
 - そのために、「住まい」はどうあらねばならないか?
 - そのために、「生活の仕方・意識（住まい方）」どうあらねばならないか?
- ◆ 「雪と寒さ」への基本的な対応で、技術的に不可能なことは、ほとんどないだろう。
- ◆ （共通認識の一例）冬の快適な室内環境条件

4.2 住まいづくりのソフトとハード

- ◆ 計画には「総合性」が必要

たとえば「ハード面」については

- 室内環境と熱性能計画 • 熱計算の方法 • 断熱・気密・防湿の計画
- 開口部の計画 • 換気の計画 • 暖房設備計画 • 防暑の計画
- ◆ 居住者にとっての快適・健康、建物にとっての健康
→「造り方」と「住まい方」（基礎室温や換気など）が関連→耐久性とも関連

4.3 快適・健康住宅の普及のために

(1) 地域の住まいづくりに関する基本内容をまとめる（共通認識のまとめ）

（居住者も入って作成する）

（基準内容とそのチェックシート（項目）の必要性）

(2) どこが・だれがリード役をするか？（本来、みんながやることだが）

行政・各関連団体の役割は大きい（各団体の連携が大切 → 「綱引き」ではない）

（行政は、その地域の住まい・暮らしを支える重要な役割がある）

（研究者も消費者団体も入って）

(3) 地域での関係者が多面的に動こう

新聞社（住宅面を定期的に）、住宅雑誌社、研究会、シンポ・セミナーの開催など

- (4) モデル住宅や、適切な居住住宅の活用 → 実感、体験
(居住者の協力が必要 → 以前と比べて、生活や意識がどのように変化したか)
- (5) 基本的に必要なことは、繰り返して気長に行うこと

5. 東北地方の暮らしと住まいの伝統の現代化

八戸工業大学 建築工学科 月館 敏栄

5.1 東北地方に気候風土と住まいの伝統

(1) 東北地方のイメージ

天明8年11月15日（1788.12.12）、久保田（現秋田市）勤務のために江戸を出発した津村涼庵は七ヶ宿街道の雪に埋もれた家々の様子を見て、「いとめざましくいかにそのおりわびしかりけんと思ふに涙もとどめあえず」と、初めての雪国の大雪の心境を日記に記している。

(2) 気候区分

太平洋側南部：温暖、ほとんど雪は降らない

太平洋側北部：寒冷少雪、夏に寒冷なヤマセ（偏東風）

日本海側沿岸：冬、強い季節風と悪天候、比較的少雪

日本海側内陸：豪雨、寒冷

(3) 伝統的な住まい

太平洋側南部：外厩、直屋

太平洋側北部：内厩、南部曲がり家・直屋

日本海側沿岸：内厩、両中門造・直屋

日本海側内陸：内厩、中門造・多層民家

(4) 伝統的な雪と寒さ対策

① 冬を迎える準備

- 食料・燃料の貯蔵・保存
- 雪囲い・暴風雪柵

② 空間的な工夫

- イタマ・ダコアナ：炉そばの野菜貯蔵庫
- コモセ・縁側：庇下の半屋外空間
- コミセ・土縁・ニワ：冬の屋内通路・作業空間

5.2 伝統的暮らしの継承と現代化—冬を楽しむ暮らしへ

(1) 屋内生活を楽しむ

- ① 集いのある暮らし－広い居間
- ② 蓄えのある暮らし－地下室・ロフト
- ③ 活動の場のある暮らし

(2) 冬を楽しむ仕掛け

- ① 立体的に使う－吹抜け・屋根裏部屋・地下室
- ② 外とつながる－サンルーム・ガラス窓
- ③ 雪と親しむ－コミセ・屋内車庫・照明

6. 環境と共生／地球環境と私たちの生活の接点

二郷 精

先日、青森に行って来た。今年、発見された三内丸山遺跡の柱脚遺構、集落遺構の報道は、私だけではなく多くの人々へ、衝撃的な感動をもたらしたのではないだろうか。本州北端の青森に、縄文時代1500年もの長きにわたって、これだけの集落が存在したことは大きな驚きである。

ゆっくりとした時の流れの中、一つの場所で変わることのない生活文化を維持できた事は、まさに「環境共生」そのものだと思う。緑多きブナの原生林に囲まれ、目の前に広がる睦奥湾、狩猟民族といわれる時代の人々が、全国、そして広い地域の人々と、どんな交流をし、どんな生活をしていたのか、想像するだけでも楽しくなる。山のめぐみ、川のめぐみ、海のめぐみ、これらを取りつくす事なく、次の時代へ継承し、1500年という長期にわたって、集落を存続させ得たことのすばらしさ、これはどのようにして維持できたのだろうか。

今日私たちに求められている、地球と人間が仲良くなること、「環境と共生」は、縄文時代とは相反する状況を、打開し、保全、そして改善しなければいけない、大変、大きな問題である。

さて「環境共生」とは何か改めて考えてみよう。環境にもいろいろある。自然環境、都市環境、住環境、社会、経済、医療、福祉、文化、教育、それから温熱、空気…等々、挙げるとたくさんある。最近よく聞く言葉とはいえ、いったい何と共生したらよいのか混乱してしまう。

私たちを取り巻く世界は、複雑で、情報が交差し、いろいろな仕事があり、整理することもしにくい状況である。そして、私たちは、「環境共生」などということを考えなくても、そこそこに満足し、それなりに充実した生活をしており、また、ささやかでも、現在の生活より豊かな生活を送りたいという願望と、夢を持っている。

視点を変えてみよう。今私たちは、地球という星に、約55億人の仲間と共同生活をしている。これらの仲間一人一人も、私たちと同じように、より豊かな生活と未来を願望している。さて、この小さな星の上で展開している現状はどうなっているのだろうか。

6.1 地球環境

解決しなければいけない、多くの問題を抱えている。フロンガスによるオゾン層の破壊は、紫外線の増大につながり、地球上の生態系、自然環境に与える影響は大きなものがある。また、フロンガスにあわせて、二酸化炭素の発生量の増大は、地球温暖化現象の原因となり、これらを抑制減少させないと、極地の氷が溶けることによる地表面の減少、そして気象環境の大きな変化を発生させる。

この変化は、私たちが生きていくうえで、大変な状況をもらたすであろう事は、容易に想像できる。

これらは私たちが生活した20世紀の経済、工業の発展、そして豊かな生活改善の産物である。これらは、人類が生きていくために必要な、酸素を供給する森林の減少化を進めるだけではなく、食糧問題、資源エネルギー問題、そして医学の発展と高齢化社会、人口の問題と、多くの考えねばならない状況を造り出した。

6.2 資源エネルギー

私たちが生活し、経済活動を進めるためにはどうしても、電気、ガス、ガソリンなどのエネルギーが必要となる。しかしこれらは地球生成の過程の中で創られた、限りある資源である。

この20世紀、私たち人類は豊かな社会を創るためという名目で、地球の資源エネルギーを急速に消費してしまった。今のように消費を続けた場合、私たちの子供の時代には石油、天然ガスが地球上からなくなってしまう。このままではいったい地球はどうなってしまうのだろうか。私たちは、次の時代、未来の人類のために、なすべき大きな課題を突きつけられている。このことは、地球規模の環境問題が、我々一人一人が直面する経済活動の中で、地球の環境問題をも含め、何とかしなければいけない状況にあるという事である。

6.3 日本の社会環境

戦後50年、我々日本人は物凄いスピードで経済復興をとげ、反映の消費社会を形成した。この消費社会の中、我が国のエネルギー消費量は過去10年間で22%も増え、20年後には25%も増えそうな状況である。これらのエネルギーについて、このまま消費を続ければ、いったいどういうことになるのだろうか。それだけではない。森林伐採の問題も大きな事である。全世界の木材の輸入量の24%を日本が占めていること、そして広葉樹丸太が建築用材、紙の原料として世界の50.8%を消費している我々は、これによって発生する問題にどのように対処すべきなのだろうか。

これらは、地球環境及び経済問題の中で複雑に絡んでいるだけに、日本だけがこのまま消費することが許されてよいはずがない。しかし、これらの問題があるからといって、生活の仕組み、様式、レベルを変えてしまわなければいけないとしたら、私たちはどうなってしまうのだろうか。いろいろ問題はあっても、生きている以上、私たちはショッピング見栄を張りながら、やっぱり健康で、快適な生活をしたいと思っている。

このような中、私たちはどのようにして、「地球と人にやさしい環境作り」ができるのか考えてみよう。私たちにできることは、限られた資源をゆっくり使い、育てること。目前の誘惑に負けずに、次の時代に残せる、伝えられる「新しい生活感覚」の組み立てをすること。それは一人一人が参加して初めて成立するものであり、大変身近な問題である。

6.4 環境共生

環境と共生する生活、地域、住宅とは何だろうか。環境共生生活の意味を通して、この問題を考えてみよう。

環境共生には大きく三つのテーマがある。

① 地球環境の保全

これはグローバルな環境や、循環系、生態系に悪い影響をなるべく小さくしようとして、省エネルギーを意味する。これは、エネルギーを無駄遣いしないことにより、二酸化炭素排出量を押さえ、資源の減少を少なくし、あわせて未利用エネルギー（太陽熱など自然にあるエネルギー）を上手に使うことである。省エネルギーから省資源へ展開することにより、地域の自然環境、生態系まで悪環境を与えないよう方法の論議が必要である。

② 周辺環境との親和

日本人の70%以上の人々が都市に生活している現在、都市の高層化と、節操無くスプロール的に広がる団地開発により自然環境がなくなりつつある。このような中、自然環境や、生体系と親しみ、維持しながら、良好な関係を保全し、住民の積極的環境運動参加をはかっていこうということである。小さな親和空間がやがて大きくなり、自然生態系との新しい関係ができる事を期待しているのである。

③ 健康で快適な住宅

日本の住宅は寒いとよく言われる。24時間暖房が常識の欧米諸国に比べ、暖と寒が同居するような住宅から脱皮し、快適な温度むらのない、高齢化社会に向けた弱者にやさしい住宅を求めるのには、どうしたらよいのか。エネルギー消費量を増やすらず、暖房水準を上げることをするためには、やはり高性能な省エネルギー住宅が目標である。高気密高断熱住宅は構造体内部の結露問題も解決し、木造建築物の耐久性が向上することから、森林の省資源化に貢献するものと期待される。

このような現在、豊かな環境共生をはかろうと、いろいろな試みがされている。それは、高断熱高気密住宅、パッシブソーラーハウス（機械を使わず太陽熱等の自然エネルギー利用）、アクティブソーラーハウス（機械を使い積極的に太陽エネルギー等を利用）であり、太陽電池利用の住宅等がこれに当てはまる。また団地等のコジェネレーションシステム（電熱供給システム）、ゴミの焼却廃熱利用システム、下水、河川等の温熱利用システム等が具体的に試みられている。

しかし、ここで私たちが考えなければならないことは、極端な人工環境を創ることではない。環境とのやさしい接点を持ちながら親和性のある環境共生を目指すことにある。

竪穴式住居に見られる閉鎖型のシェルターから、「住まいは夏をもって旨とすべし」とした数寄屋など開放型シェルターを、非省エネ型として見直し、環境をコントロールしやすい閉鎖型に再び戻ってきて今、改めて開放と閉鎖の競合ができるような親自然性の高い、省エネルギー、省資源型の共生住宅（パッシブデザイン、バイオクリマティクデザイン等）を模索しなければならない。

かつて、この「みちのく」の地で、「環境共生」しながら生活した、縄文時代の先人たちの知恵とやしさに学び、未来へと続く、新しい建築環境を考えてみるとある。

4-2 アルミニウム建築構造講演会

アルミニウム建築構造推進協議会

普及促進部会

部会長 林

弘

当協議会の事業活動方針と実績を紹介し、アルミニウム建築構造講演会の果たす役割と実態を報告し、更に講演会実施の効果を整理して、今後の当協議会の事業展開の中で普及促進、市場開発の一層の効果を挙げていく考えである。当協議会の会員および建築界の建築家、デザイナー、構造設計家、設計実務者の理解を深め、継続的に建築界に具体的な提案を行い貢献するために、アルミニウム建築構造材の展開方策の研究にご支援頂くよう願い、下記観点より講演会助成の実績を報告する。

1. 平成9年度事業実績として、当協議会の活動状況の全貌を報告する。助成頂いた講演会に直接的に或いは間接的に係わる項目および内容について、下線によりその旨を明確に表示する。
2. アルミニウム建築構造講演会として、講演会開催実績を報告する。
3. アルミニウム建築構造講演会の効果として、直接的効果及び間接的波及効果等を報告する。

1. 平成9年度事業実績

アルミニウム建築構造推進協議会は、性能規定型建築基準法の施行に対応する「事業推進計画（修正案）」（平成9年6月11日）を基軸として、平成9年度の事業展開に於て、市場創出、設計指針等の策定、建築基準法の性能規定化への対応準備、アルミニウム建築構造材の一般化実現、会員増強等、5つの主要事業活動の推進に努めた。特に、関係省庁の意向を確認し、平成12年の性能規定型建築基準法施行予定に合わせ、アルミニウム建築構造材の一般化を実現させることを目標として、性能規定型設計規準類および性能規定型施工管理規準類に対応するために各種規準類の策定に集中特化し、事業計画通りの実績を上げた。

1.1 市場創出活動の推進

- (1) 下記項目によりアルミニウム合金構造の普及促進と市場創出に努めた。

- 1) 設計インフラの整備と建築界への情報発信

アルミニウム合金特性について、リサイクル性、押出し性、デザイン性、耐久性、経済性等、建築構造材に必要な観点より解説資料編を作成すると共に、「建築構造用アルミニウム合金押出形材の断面形状・断面性能一覧」、各種トラス構造、各種パネルの構造設計用資料編、各種接合方法の解説資料編等を作成した。

2) 具体的商品イメージの構築と建築界への情報発信

(株)伊東豊雄建築設計事務所代表取締役 伊東豊雄氏の提案により工業化住宅システムの提案を目標として、当協議会の4人の建築家および構造設計家により、平成10年2月6日、プロジェクト「住まいとアルミ研究会」を発足し活動を開始した。

座長	(株)伊東豊雄建築設計事務所	代表取締役	伊東 豊雄氏
委員	(株)難波和彦+界工作舎	代表取締役	難波 和彦氏
委員	(株)佐々木睦朗構造計画研究所	代表取締役	佐々木睦朗氏
委員	(株)飯島建築事務所	代表取締役	飯嶋俊比古氏

3) 木造住宅開口部の耐震補強案の提案

「開口部建具の耐震性研究委員会」(社)日本カーテンウォール工業会に参画して、木造住宅開口部耐震補強及び耐震設計の検討において、柱、梁のアルミニウムによる耐震補強案及び耐震設計方案およびアルミニウム形材による柱・梁形状とその接合方法更に計算耐力の算定とその検証実験を行った。本件は、建設省建築研究所、(社)日本カーテンウォール工業会および当協議会による共同研究により推進した。

(2) 見学会、講演会、機関誌「AL建」、実績調査等によるアルミニウム建築構造の実績紹介と設計指針整備の成果報告に努めた。

- 1) 三菱アルミニウム(株)において、アルミニウム建築構造見学会と設計セミナーを開催し、建築界および会員にアルミニウム構造の住宅への展開の可能性を提案した。
- 2) 第五回講演会は建築家 伊東豊雄氏、第六回講演会は日本大学教授 斎藤公男氏の基調講演を基軸に、合わせて実績紹介を行った。上記2回の講演会開催に当たり、(財)トステム建材産業振興財団の助成があった。
- 3) 機関誌「AL建」7号(4月)、8号(7月)、9号(10月)、新春号・10号(平成10年1月)を発刊し、建築界よりの巻頭言、建築家による基調講演要旨と設計規準類策定の成果報告およびアルミニウム合金構造物の実績紹介を掲載した。
- 4) 昭和30年代～40年代のアルミニウム建築構造物および最新物件を含めて実績調査結果を統一フォーマットにまとめた。

(3) 設計セミナーの開催

「アルミニウム合金利用技術指針」に準拠、設計した、いわゆる実証物件4号「三菱アルミニウム(株)オールアルミニウム守衛所」を題材に物件の見学と設計・施工方法を解説した。

(4) (社)日本建築学会主催による「'97年度日本建築学会大会」(9月13日～15日、於日本大学船橋校舎)に積極的に参加し、当協議会の研究成果8件を発表すると共に、アルミニウム構造モデルの製作に協力し、大会会場のキャンパスウォッティング向けに展示した。

更に、(社)高岡アルミニウム懇話会主催の「アルミニウム建築構造推進講演会・発表会」(平成9年9月5日)の共催、鋼構造出版社主催の「鉄構技術展」(平成9年9月24～27日)の協賛、BUF'97(平成9年9月17日～19日)の協賛、(社)軽金属協会主催の「第17回アルミニウムシンポジウム、生活を支えるアルミニウム」(平成10年2月24日)の協賛、日本経済新聞社主催の「'98建築・建材展」(平成10年3月3日～6日)の協賛などにより、当協議会の事業活動成果の広報に努めた。

1.2 設計指針等の策定

- (1) 設計指針の実証物件の実績積み上げは、既に一般認定を取得した住友軽金属工業(株)の「アーバンスペースフレーム」による実証物件2件、「八戸市立市民病院－エントランスキャノピー・駐車場シェルター」と「つがる地球村円形劇場ステージ屋根」が竣工した。更に、一般認定取得済みの日本軽金属(株)の「日軽アルトラス」が「アルミニウム合金利用技術指針」に準拠して設計することで規模拡大と屋根・壁の立体トラス構造形式の一般認定を取得した。
- (2) 検証実験結果の整理と設計規準類の策定について下記成果を挙げた。
- 1) 設計規準分科会は、有効断面によるリブ補剛効果の検証実験結果を整理すると共に、限界状態設計規準の策定を狙い、材料規定から構造設計規準までを整備、更に、施工管理規準および認定規準類の整備を行った。
 - 2) 接合分科会は、溶接部強度 F_w 値の設定、更に接合関係設計規準類の整備に努めた。
 - 3) 薄板分科会は、パネル活用の建築構造物の整理、パネル接合方法の評価、複合パネルを含む薄板設計規準の整備に努めた。
 - 4) 製作施工法分科会は、アルミニウム建築構造物工事標準仕様書・同解説を作成した。
 - 5) 防耐火分科会は、トラス構造を狙い長柱の高温耐力の検証実験結果を整理すると共に、耐火設計規準類を整備した。
 - 6) 超音波探傷法WGは、超音波探傷法による欠陥評価の追加試験結果を整理すると共に、超音波探傷検査規準（案）を作成した。
- (3) 下記の各種規・基準類（仮称）を作成した。
- 1) 構造設計規準 アルミニウム合金利用技術指針（案）
 - 2) 耐火設計規準 アルミニウム合金構造物の耐火設計指針（案）
 - 3) 製作施工規準 アルミニウム建築構造物工事標準仕様書・同解説（案）
 - 4) 各種検査、認定規準類について
〈技術者認定／検定関係規程〉
アルミニウム建築構造物 製作管理技術者認定規程（案）
アルミニウム建築構造物 ボルト接合施工技術者認定規程（案）
アルミニウム建築構造物 機械接合施工技術者認定（案）
アルミニウム建築構造物 溶接技能検定規準（案）
アルミニウム建築溶接技能者技能検定（AW検定）試験要領書
アルミニウム合金建築構造溶接部の超音波探傷検査規準（案）
 - 5) 〈製作工場審査規程／規準〉
アルミニウム建築構造物 製作工場等審査規程（案）
アルミニウム建築構造物 製作工場等審査規準（案）
アルミニウム建築構造物 個別製作審査規準（案）
アルミニウム建築構造物
- なお、関係諸団体との協調と諸規準の整合により、技術規準類・運用ルールの有効活用を図ることを確認した。

1.3 性能規定化への対応準備活動

(1) 目標設定

アルミニウム建築構造の性能規定型設計規準、性能規定型施工管理規準の策定および性能規定型建築規準法施行後の社会システムの変化に対応したアルミニウム建築構造物の計画・設計審査、施工・竣工検査及び各種認定業務の遂行等に必要な当協議会体制を構築することを目標として事業展開を進めた。

(2) 活動成果の広報

- 1) 平成9年6月11日、第4回通常総会後の年次講演会において、建築研究所企画部長、山内泰之氏より、「性能規定化の課題と対策」と題して講演頂き、アルミニウム建築構造の「承認設計法」として認証される設計規準類の性能規定化に着手すること等、具体的指導を受けた。指導内容は、平成9年7月10日発行の機関紙A L 建V O L . 3 No. 8に掲載し、会員および建築界関係者に配布した。

2) 性能規定化委員会の発足

産学官の学識経験者による性能規定委員会が発足し、第1回会議を平成9年5月23日(金)に開催した。橋本 篤秀委員長(千葉工業大学教授)、小野 徹郎副委員長(名古屋工業大学教授)以下20名の参加を得て、基本構想特に、性能規定化の枠組み設定、課題設定と対策案の検討を目的に、合計4回の会合を持ち、性能規定型建築基準法構想に対応するアルミニウム建築構造の設計規準に関する方向性を打ち出した。更に、各分科会の検討結果および性能規定化委員会の方針を受けて、設計規準分科会が主体になって性能規定型設計規準の構想案を作成した。

1.4 アルミニウム構造材の一般化実現の推進

平成11年施行予定の性能規定型建築基準法に合わせて、アルミニウム建築構造材の一般化を実現させることを目標に、下記の準備作業を実施した。

(1) 目標達成の基本構想作成

建設省の指導により行動計画を作成し、第4回通常総会・第7回運営委員会の承認後、会員および建築界へ発信した。設計規準類の性能規定化に着手し、性能規定化して設計規準として整備充実させることおよび性能規定化した施工管理規準として整備充実させることを目指し事業を促進した。

(2) 当協議会の対応について、性能規定型建築基準法施行に合わせて社会システムと整合したアルミニウム建築構造に係わる審査運用体制の構築を目指して、安全性の確保に努める行動計画を作成し、会員への周知徹底を図った。

1.5 会員増強と組織の拡充

- (1) 会員増強により、第1種法人会員20社、第2種法人会員30社、賛助会員20社(含む団体)の法人会員50社体制確立を目指すことを目標として、平成9年度は第2種法人会員2社の新規入会を実現し、第1種法人会員17社、第2種法人会員11社、賛助会員1社、2団体となつた。

- (2) アルミニウム合金構造材の市場創出および将来の当協議会体制を念頭に置き、建築界より

建築家、デザイナーおよび構造設計家に新規に指導会員として招聘するよう努め、伊東 豊雄氏、斎藤 公男氏および團 紀彦氏をはじめ8人の新規入会を実現した。

2. アルミニウム建築構造講演会

当講演会は、建築界の建築家、デザイナー、構造設計家、設計実務者および当協議会会員が一堂に会して、アルミニウム建築構造の実績と各種建築構造への展開の可能性について意見交換する機会である。更に、当協議会活動によりアルミニウム合金構造材の各種設計規準類の整備内容を公開し理解を仰ぐ場でもある。

当協議会は、著名な建築家を招聘し、アルミニウム建築構造の優位性は、リサイクル性・デザイン性・施工性（軽量）・耐久性に優れた長寿命建築の提供により各種建築空間の形成に貢献できることであると提案頂くと共に、国会で審議中の性能規定型建築基準法に対応するアルミニウム建築構造材の展開方策を提案してきた。

リサイクル性や耐久性という今日的ニーズに対応するアルミニウム合金を建築構造材として早期に普及させるためには、建築界の方々と一堂に会する講演会が有効であり、その成果は分類整理して機関紙「AL建」に掲載し建築界および会員に広く頒布した。

特に、基調講演内容は、各講師の指導により全文と写真を掲載し判り易く再編集し直し、それぞれAL建9号、10号に掲載した。更に、反響が大きかった講演内容については、AL建に掲載すると共に、他の講演会からの要請により再講演の機会を与えられた。各種メディアによる情報発信が建築界と会員との相互理解を深めるのに有効であった。

2.1 第五回講演会の実績概要

(1) 第五回アルミニウム建築構造講演会〔財)トステム建材産業振興財団により助成金を頂いた。〕

- 1) 主 催 アルミニウム建築構造推進協議会
- 2) 共 催 (社)軽金属協会
- 3) 特別協賛 (財)トステム建材産業振興財団
- 4) 協 賛 (社)日本建築学会、(社)日本サッシ協会、(社)日本カーテンウォール工業会
(社)軽金属溶接構造協会、日本エクステリア工業会
- 5) 期 日 平成9年7月14日（金）
- 6) 場 所 建築会館ホール（東京都港区）
- 7) 参 加 者 189名 建築界、会員外より参加 50%
会員参加 50%

(2) 内 容

(株)伊東豊雄建築設計事務所 代表取締役 伊東豊雄殿による基調講演「建築界は、アルミニウム構造に何を期待するか」において、空間形成のイメージが流動性、透明性、軽快さに傾斜する中で、仕上げ材、2次部材およびアルミニウム構造材による都市景観形成から住宅景観形成まで、いかにデザイン性を活かすか、示唆に富んだ下記の提案を頂いた。

- 1) アルミニウムは建築材料としてメタリックな輝きを持つつ他の金属にない柔らかい感触がある。木とか自然素材とも良く合うので都市空間の表情にマッチする使い方が有効である。

- 2) 建築がメカニズムを表現する時代からイメージを大切にする思想に移行している。建築空間のイメージをデザインコンセプトとして構築し具現化することが都市空間の形成にも重要である。
- 3) その場合、「諏訪湖博物館」、「せんだいメディアテーク」を見るように、周囲景観、環境との調和・融合を図ることに重きが置かれるようになってきた。アルミニウム合金のデザイン性と光の反射・吸収による色調の変化が建築材料にとって有効となる。
- 4) 都市景観に使われる材料は、かなり美しさを保てるようになってきた。アルミニウム合金でも、カーテンウォールの美しさと耐震性が高く評価されている。しかし、住宅景観を形成する各種部材、表面材および各製品は必ずしも満足のいく美しさを発揮していない。アルミニウム合金によるデザインと美しさにより住宅からエクステリアまでの住宅景観の新たな展開を期待する。

続いて、活動成果として、接合関係の検証実験および接合の規準関係を、接合分科会指導委員千葉工業大学建築学科専任講師 山田 丈富氏より報告し、更にアルミパネルに関する検証実験、強度解析手法、接合方法、アルミパネルの規準関係について薄板分科会主査 (株)竹中工務店技術研究部長 木村 衛氏より報告し、設計実務者の理解を仰いだ。

- 1) 当協議会の5分科会（設計規準、接合、薄板、製作施工法、防耐火）による技術課題の検討と検証実験結果を生かし、各種規準類を体系的にまとめ、設計規準「アルミニウム合金利用技術指針」と「アルミニウム合金構造物の耐火設計指針」を整備・充実し更に施工管理規準「アルミニウム建築構造物工事標準仕様書・同解説」を策定した。
- 2) 接合分科会は、各種接合に関する検証実験の成果を生かすと共に、会員各社の技術の有効活用、関係団体の技術規準類・運用ルールの活用方策を検討し、接合に関する規準類を作成した。検証実験については、板材、形材の溶接継手引張試験、薄板の支圧接合試験及び高力ボルト摩擦接合実験、高力ボルト摩擦接合における最適孔径の検証実験、薄板タッピングねじおよび小径ボルトの一面せん断試験の結果をまとめ、構造設計規準の接合関係規準および製作施工法の接合関係規準に反映した。

更に、超音波探傷法WGは、超音波探傷法による欠陥評価結果、会員各社の技術の活用、関係団体の技術規準類・運用ルールの活用方策を検討し、超音波探傷検査規準を作成した。

- 3) 薄板分科会は、アルミパネルを含めたアルミニウム建築構造の対象市場を想定した上で、関係業界技術の活用、数値解析手法による部材設計法の検討及び部材の接合方法の調査・検討結果を整理して、薄板パネルを生かす構造・構法及びアルミニウム複合パネル構造設計法を網羅した規準類を策定した。検証実験については、薄板要素の耐力評価に関する数値解析プログラムの検証実験である箱形断面の短柱圧縮実験、薄板パネルの接合法に関する実験である「接着との併用効果による薄板の一面せん断接合実験」等の結果をまとめ、設計規準に反映した。

最後に、「アルミニウム合金利用技術指針」の実証物件4号であるオールアルミニウム製守衛所について「富士裾野に輝くアルミニウム構造管理棟」と題して、三菱アルミニウム(株)主幹長嶋健彦氏（当協議会業務連絡会委員、技術委員会委員、普及促進部会委員）および基本設計者の(株)飯島建築事務所代表取締役 飯島 俊比古氏（当協議会技術委員会委員、技術幹事会幹事、設計規準分科会委員、防耐火分科会委員）より、プレース構造のオールアルミニウム製新築守衛所建設の解説を行い反響を呼んだ。

基本コンセプト、機能、柱脚部詳細、柱・梁接合部詳細、床、アルミニウムハニカムパネルによる壁、アルミニウム折板屋根等、具体的に説明を行った。その後、オールアルミニウム製守衛所建設の動機、規模、設計コンセプト、構造概要、材料特性と接合方法、設計計算、部材設計、構造評定、施工実績等について更に詳細に解説した。

長期耐久性と言う観点より、産学官の建築界の方々より熱応力により変形、柱・梁の伸びによる発音とかボルトの弛みについて追跡調査が期待された。

本講演会には、建築家 近江 栄氏と日本大学理工学部教授 斎藤 公男氏に参加頂き多様な観点よりアルミニウム構造の展開を示唆頂いた。

2.2 第六回講演会の実績概要

- (1) 第六回アルミニウム建築構造講演会 [財]トステム建材産業振興財団により助成金を頂いた。)
- 1) 主 催 アルミニウム建築構造推進協議会
 - 2) 共 催 (社)軽金属協会
 - 3) 特別協賛 (財)トステム建材産業振興財団
 - 4) 協 賛 (社)日本建築学会、(社)日本サッシ協会、(社)日本カーテンウォール工業会
(社)軽金属溶接構造協会、日本エクステリア工業会
 - 5) 期 日 平成9年11月25日（火）
 - 6) 場 所 虎ノ門パストラル鳳凰の間（東京都港区）
 - 7) 参 加 者 180名 建築界、会員外より参加 45%
会員参加 55%

(2) 内 容

日本大学理工学部建築学科教授 工学博士 斎藤 公男氏を招き、『アルミニウム構造は、建築界に何を期待するか』という観点より「透明建築へのテクノロジー」について基調講演を頂いた。環境素材の観点よりアルミニウム構造のコンセプトは、透明性、軽快性、施工性そして耐久性であるとの解説を頂いた後に、具体的にテンション構造活用によるアルミニウム構造モデルの紹介と下記の提案を頂いた。

- 1) アルミニウム建築構造は、クライアントに対して何を提案するのか、アルミニウム合金の特性を活かした建築構造物をエンジニアリングサイドで具体的なイメージを構築する必要がある。性能規定型建築規準法への対応によりアルミニウム合金と他の建築構造材との共生が可能となり各種構造・構法が有効となる。
- 2) アルミニウム合金の特性を活かす場合、軽量性、デザイン性そして耐久性をいかに発現させるかが重要な要素となる。更に、アルミニウム合金製モデル建築の製作施工による実証に基づき、簡単施工性による工期の大幅短縮が可能となることを示唆頂いた。
- 3) 建築構造物のコンセプチュアルデザインとアルミニウム合金の材料コンセプトがマッチするようなデザインと構造の融合の例として、ケーブル構造とアルミトラス構造との調和による透明建築を解説頂いた。
- 4) 現代建築の理念は、Less is More System（より少ないエネルギーで最大の効果を）である。地球環境保全上、リサイクル素材としてのアルミニウム合金建築構造材の価格体系を構築して普及促進を行うことの必要性を指摘頂いた。

引き続き、当協議会設計規準分科会指導委員 建設省建築研究所第三研究部 複合構造研

究官岡田 恒氏より「家を支えるアルミニウム」の観点より、『木造住宅開口部の耐震補強方策』と題して、軽量なアルミニウム合金材による耐震補強時のハンドリングの簡単さ、耐震設計法の作成、計算耐力の算定結果とその検証方法について、建築研究所、(社)日本カーテンウォール工業会、アルミニウム建築構造推進協議会による共同研究の詳細な報告があった。要旨を下記にまとめる。

- 1) 木造住宅開口部の耐震補強の背景と目的を解説し、新築向け、改築向け、間口2間ないしは3間の2階、3階建て木造住宅開口部のアルミニウム合金による耐震補強について、阪神淡路大震災の被害実績を踏まえて、その必要性と有効性を報告した。
- 2) 共同研究「アルミニウム合金による木造住宅・店舗等の耐震補強に関する研究」について、柱・梁補強方法、開口部耐震補強方法および木造住宅・店舗等への取り付け構法（柱梁接合部、柱脚接合部等）を解説頂いた。
- 3) 共同研究の目的は、数値解析等により、アルミニウム合金材による大開口部の補強方策が有効であることを示す耐力算定結果に基づき、基礎実験によりアルミニウム形材による補強が耐震補強として有効であることを検証することであり、木・アルミファスナーのせん断実験、木・アルミ複合柱の3点曲げ実験、柱脚接合部の実験、柱・梁接合部の実験等の結果の解析により、最終的に実大オープンフレームの実験を行い有効性を検証する。
- 4) 研究成果として、アルミニウム合金構造による木造住宅開口部の耐震補強が有望である旨、アルミニウム形材による前面開口部補強方策と検証実験結果による有効性を報告した。アルミニウム建築構造の実績紹介については、『アルトラスの設計から施工まで』と題して、当協議会普及促進部会委員、日本軽金属(株)グループ技術センタートラスプロジェクトリーダー川村 知重氏より、アルトラスの特長、設計手法、部材強度およびはめ合い接合のハブジョイントの高強度・簡単施工等の優位性、更に各種景観施設の大空間建築施工実績の紹介を行い、アルミニウム合金の押出形材のデザインから構造設計について説明があった。最後に、当協議会技術委員長 千葉工業大学建築学科 教授 橋本 篤秀氏より、長年の建築基準法の規制により、アルミニウム合金材による建築構造物が、大きなハンディキャップを乗り越えなければならない事情を解説頂き、当協議会が、アルミニウム合金構造の各種設計規準類の策定と更に性能規定化によって、性能規定型建築基準法施行時にアルミニウム合金材の一般化を実現させよう努めていることの報告があった。

3. アルミニウム建築構造講演会の効果と今後の展開

- #### 3.1 第五回アルミニウム建築構造講演会〔財〕トステム建材産業振興財団により助成金を頂いた。)
- (1) 建築家・(株)伊東豊雄建築設計事務所 代表取締役 伊東豊雄氏による基調講演「建築界は、アルミニウム構造に何を期待するか」全文整理し、機関紙AL建9号に収録の上、1450部発刊した。講演内容および写真は建築デザインの保存版として会員および建築界に広く頒布し好評を頂いた。
 - (2) 市場創出について、第五回講演会の建築家 伊東豊雄氏による基調講演の反響と三菱アルミニウム(株)の「アルミニウム合金利用技術指針」の実証物件4号であるプレース構造のオールアルミニウム製守衛所に関する講演「富士裾野に輝くアルミニウム構造管理棟」の関心に触発され、建築家 伊東豊雄氏の提案により、アルミニウムの住宅への展開を図るため、住

宅プロジェクト「住まいとアルミ研究会」を平成10年2月6日に発足するに至った。このプロジェクトは、関係官庁の注目と会員の期待を集め、当協議会の市場創出の主要テーマとなった。今後下記のように展開するよう方向付けた。

1) 研究会の目的

住宅性能の向上にアルミニウム合金は何を提案するか。具体的な青写真を作製し、工業化住宅システムを提案する。

2) 研究会の構成：建築家および構造設計家 4名

3) アルミニウム合金活用住宅のコンセプト

アルミニウム合金特性の発現により、下記コンセプトを具体化する。

- ① 地球環境保全と資源保全観点より、リサイクル材として有効活用する。
- ② 多様なニーズに対応して、デザインとレイアウトの容易な変更を可能にする。
- ③ 軽量性とデザイン性により簡単施工性の発揮と工期短縮を実現する。
- ④ 耐久性により長寿命建築の保証とメンテナンスフリーを実現する。
- ⑤ イニシャルコスト、ライフサイクルコスト（LCC）の縮減と資産価値の向上を実現する。

4) 大体のスケジュール

ステップ1：技術の現在位置を確認し、更に類似住宅の現状と問題点を把握する。

ステップ2：4人の建築家および構造設計家によるブレーンストーミングにより、各種性能を満足する住宅のコンセプトと具体的イメージ案を作成する。

ステップ3：絞り込みを行い実行可能案に仕上げる。会員および協議会の指導委員の協力および建設省建築研究所との共同研究成果により、技術的課題と経済的課題の解決案を検討する。

ステップ4：事前評価を実施し、具体的提案を発表する。

以上のステップ作業は、ほぼ1年で完遂させる。

5) 目標は、アルミニウム合金の特性を生かした住宅への活用方法を提案し、具体的に試作段階から生産段階へ展開し実用化を目指す。提案方法としては、建設省への提案、HOUSE JAPAN PROJECTへの提案、研究開発機関への提案、ハウジングメーカーへの提案等を考えている。

(3) 当協議会の成果報告として、接合分科会および薄板分科会の講演発表は、アルミニウム建築構造材（押出形材、ハニカムパネル等）に関する設計実務者および会員の理解を深める一方、各種設計規準類の整備充実を推進した。

3.2 第六回アルミニウム建築構造講演会〔財）システム建材産業振興財團により助成金を頂いた。〕

(1) 建築家・日本大学理工学部建築学科教授 工学博士 斎藤 公男氏による基調講演「アルミニウム構造は、建築界に何を期待するか——透明建築へのテノロジー——」は、97年度日本建築学会大会におけるキャンパスウォッチングに展示されたアルミニウム構造モデルを含めて、コンセプチュアルデザインの内部と写真を全文整理して機関紙AL10号（平成10年1月新春号）に収録掲載し、1450部を会員および建築界に広く保存版として頒布し好評を頂いた。

(2) 「木造住宅開口部の耐震補強方策」は、アルミニウム合金材の押出形材による大開口部の

耐震補強方策として、会員および建築界関係者より、技術的可能性も高く且つ経済性も他の補強方策に比べて優位性を備えている旨が評価された。この結果、当協議会の市場開発重点テーマの一つとして位置付け、平成10年度には実用化研究を行い普及促進するよう方向付けをするに至った。機関紙A L 建11号の特集「アルミニウム合金による木造住宅開口部耐震補強方策」を、建設省建築研究所第三研究部 複合構造研究官 岡田 恒氏にまとめて頂き、検証実験結果を付加して最新技術情報として建築界に発信した。

- (3) 第六回講演会の効果を受け、(社)軽金属協会主催の第17回アルミニウムシンポジウム「生活を支えるアルミニウム」(平成10年2月24日)において協賛参加し講演発表した。

通商産業省生活産業局住宅産業窯業建材課課長補佐 小鎌 隆史氏代理、調査員中川 宏之氏を招き、基調講演「生活価値創造住宅技術開発プロジェクトの概要について」により、21世紀に良質な住宅ストックを形成することを目指して、平成6年度より開発を行っている技術開発プロジェクト(House Japan Project)の活動状況と実証棟を解説頂いた。当協議会より、「アルミニウムの住宅への展開とその可能性」の観点より下記2件を発表する機会を得た。

1) オールアルミニウム管理棟と住宅への応用について

協議会業務連絡会委員、技術委員会委員、普及促進部会委員
三菱アルミニウム(株)庄延事業本部 主幹 長嶋 健彦氏

2) 木造住宅開口部の耐震補強方策

協議会設計規準分科会委員、性能規定化委員会委員
建設省建築研究所第三研究部 複合構造研究官 岡田 恒氏

上記2件の協賛発表により、アルミニウム合金による長寿命・耐震住宅の可能性をアルミ業界及び関係官庁の方々に理解頂いた。

3.3 会員勧誘の効果

建築界より建築家、デザイナーおよび構造設計家を新規に指導会員として招聘するよう努め、講演会講師として基調講演頂いた建築家 伊東 豊雄氏、斎藤 公男氏をはじめ團 紀彦氏を含めて8名の建築家、構造設計家の新規入会を実現した。

4-3 『アルミニウム建材の耐久性』に関する研究発表会の開催

軽金属製品協会

理 事 菊 池

哲

アルミニウム建材は、ビル用としてカーテンウォール、サッシ、笠木などに。また、住宅用としてもサッシ、ドアの他、フェンス等エクテリアにも幅広く用いられている。

近年、アルミニウム表面処理材の用いられる環境は酸性雨の影響、ウォーターフロント開発などに変化しており、アルミニウム表面処理材に対して、その耐久性のデータがユーザーから求められている。また、最近になって長尺処理製品の後加工に関し、ゼネコン等から問い合わせが再燃してきている。アルミニウム建材に携わる者として、ユーザーにアルミニウム表面処理材の性質、使い方等正しい認識をもっていただくことが、アルミニウム建築業界の健全な発展のために必要であり、今回貴財団の助成を得て、軽金属製品協会の建材表面処理規格委員会、および表面処理技術研究委員会で調査研究を行ってきた、①腐食事例の実態調査、②種々の表面処理材に対して屋外暴露、③耐食性試験等の研究成果を基にした発表の他、特別講演として①電着塗膜の構造設計と塗膜性能とその評価方法、②建築外装の保全技術に対する考え方について、その道の第一人者を講師にお願いし、東京と大阪で2回の研究発表会を開催した。両会場合わせて約150名の参加者が集まり、盛会裡に終了した。

以下に、その概要を報告する。

1. 開催状況

東京会場 平成9年8月28日

日本化学会館

参加者 約80名

大阪会場 平成9年9月3日

大阪厚生年金会館

参加者 約70名

2. プログラム

(1) 種々の表面処理仕様の軒天及び屋外暴露とメンテナンス

荻野 清二（株式会社日本アルミ）

(2) 糸状腐食に対する陽極酸化皮膜の防食効果について

川本 祐二（立山合金工業株式会社）

- (3) 給湯器の燃焼ガスの接触によるアルミ建材の塗膜はく離事例調査について
坂下 満雄（三協アルミニウム工業株式会社）
- (4) アルミ建材素地露出部の耐久性調査結果について
井上 勝進（新日軽株式会社）

[特別講演]

- (5) 電着塗膜の構造設計と塗膜性能並びに評価方法について
一瀬 尚氏他（3名）（ハニー化成株式会社）
- (6) 建築外装の保全に関する研究開発－金属外装に対する保全技術の考え方－
近藤 照夫氏（清水建設株式会社）

3. 発表内容

(1) 種々の表面処理仕様の軒天及び屋外暴露とメンテナンス

軽金属製品協会表面処理技術研究委員会では、一般にアルミニウム建材に用いられている種々表面処理製品の実環境下での長期耐久性の調査及び軒天において発生する特異な劣化形態の再現、さらにはメンテナンスの影響を調査するため、昭和63年から全国5ヵ所において10年間の屋外暴露を行なっている。今回7年の暴露経過状況を解析した結果について発表を行なった。

表面処理仕様；①硫酸皮膜14μm ②複合皮膜クリヤ ③複合皮膜ホワイト
④アクリル樹脂系塗装 ⑤ふっ素樹脂系塗装

調査項目；①目視外観 ②光沢測定 ③色差測定 ④顕微鏡表面監察
⑤塗膜のIR分析 ⑥EPMA観察 ⑦付着物の分析

- ① 通常暴露は、皮膜表面のあれによる光沢低下が主な劣化形態であるのに対して、軒天暴露では、腐食が主な劣化形態であり、特に硫酸皮膜ではしみの部分に田園が乾いた後のように表面にひび割れている特異な劣化形態を呈していた。
- ② 複合皮膜のクリヤのIR分析の結果では、塗膜中のメラミン量の減少が通常の暴露よりも軒天暴露の方が多く、劣化が早いことがわかった。また、付着物の量も多かった。これは、軒天暴露では雨などによるセルフクリーニングがないため、海塩粒子や大気汚染物質が蓄積され、腐食の発生や塗膜の劣化を促進するものと考えられる。
- ③ 付着物の分析結果では、軒天暴露は通常暴露と比較すると、塩素イオン、硝酸イオン、硫酸イオンの量が非常に多いことがわかった。これらの結果から、塗膜中のメラミンの減少は、海塩粒子及び大気汚染物質の蓄積が原因の1つと考えられる。
- ④ メンテナンスについては、複合皮膜クリヤおよびふっ素樹脂塗装の光沢保持と硫酸皮膜及び複合皮膜クリヤの腐食の低減に効果が認められた。

(2) 糸状腐食に対する陽極酸化皮膜の防食効果について

近年大気汚染から酸性雨による金属材料の腐食などが問題となっており、特にヨーロッパではアルミニウムの塗装製品の糸状腐食が問題となっている。

現在日本において、アルミニウム建材に対する酸性雨被害はほとんど報告されていないが、その影響について十分に研究調査しておくことが重要であり、このような背景から人工酸性

雨による糸状腐食の再現と、耐食性の評価を目的に研究を行なった結果について、発表を行なった。

硫酸、硝酸、酢酸の酸種及びこれらのpHをコントロール噴霧液により、糸状腐食の再現と耐食性試験に対するアルミニウム表面処理製品の前後処理、塗装種などの仕様の影響を調査した。この結果、

- ① 発生したふくれは、糸状のふくれ、ミミズばれ状のふくれ、円形状のふくれ、塗膜が浮き上がる素地溶解の4つの形態に分類できた。
- ② 酸種では硝酸又は硫酸を用いると糸状のふくれが発生し、促進度は硫酸の方が高い。また、pHは3.0にしたもののが効果があった。
- ③ 糸状のふくれは、ふくれが広がっている糸状の先端部分に塩素が多く存在していた。この現象は糸状のふくれに認められる特徴であった。
- ④ 糸状のふくれは、局部的な電極反応であり、下地の耐食性の影響を受けることがわかった。
- ⑤ 表面処理仕様では、糸状のふくれは、塗装の下地処理の違いにより差が認められた。円形状以外のふくれが発生する下地は、ノンクロメート、トルエン拭きに限定された。
このことから、糸状のふくれは、下地の耐食性と密接な関係があると考えられ、特に硫酸皮膜及びクロメート皮膜は塗装の下地として優れている。
- ⑥ バリヤー層の厚さの効果については、硫酸皮膜を下地仕様とし、そのバリヤー層の厚さを変えても糸状のふくれが発生しないことから、バリヤー層が糸状のふくれを抑制する下地処理として有効であるといえる。

(3) 給湯器の燃焼ガスの接触によるアルミ建材の塗膜はく離事例調査について

アルミニウムはその優れた加工性や耐食性からサッシ等の建材に広く使用されている。アルミ建材には、その耐久性や意匠性の向上のために表面処理が施されているが、大別すると陽極酸化皮膜、陽極酸化塗装複合皮膜、着色塗膜に分けられる。

この中でも、陽極酸化塗装複合皮膜は、現在のアルミ建材表面処理の9割を超える主流となっているが、最近、この陽極酸化塗装複合皮膜仕様のアルミ建材において、極めて稀にであるが、集合住宅等で給湯器の排気口付近にあるサッシ等に、取り付け後比較的短期間のうちに塗膜がはく離し、極端な場合には素地が腐食する事例が発生している。この塗膜はく離事例の調査と発生原因について行った調査結果の発表を行った。

- ① 報告された事例13件に共通していることとして、以下の事項が挙げられた。
 - ・給湯器の排気口から排出される燃焼ガスが直接アルミ建材に接触するか、もしくはこれらの燃焼ガスが滞留しやすい建物の部位に取り付けられたアルミ建材に塗膜はく離が発生している。
 - ・取り付け後短期間で塗膜はく離が発生している。
- ② 付着物質の分析では、塗膜はく離の発生した異常部は、正常部に比べ硝酸イオン、硫酸イオンが多く検出された。また、表面のpHについても、正常部ではpH7付近の中性を示したのに対して異常部では、pH4付近の酸性を示した。
- ④ 塗膜のIR分析の結果では、正常部に見られるアクリル、メラミンに起因する各吸収ピークは消失しており、塗膜が劣化していた。

⑤ 再現実験の結果では、硫酸や硝酸が接触した場合、高温度、高濃度の過酷な条件では、比較的短時間で塗膜のふくれやはがれが発生した。

以上の結果から、給湯器の燃焼ガスに含まれる硫黄酸化物や窒素酸化物がアルミ建材の表面に接触し、結露と乾燥の繰り返しにより硫酸や硝酸となって濃縮、付着する結果、塗膜のアクリル、メラミンを劣化させてはく離するものと考えられる。

このような事故を防ぐためには、建築物の設計計画段階で高温の燃焼ガスがアルミ建材に接触しないように配慮することが必要であり、建築設計者、設備業者、アルミ建材メーカーが協力しあうことが重要である。

(4) アルミ建材素地露出部の耐久性調査結果について

サッシなどアルミ形材製品は、表面処理後切断加工する“後加工”を行っている。この加工部の耐久性については、過去の調査において問題がないことが示されている。しかし、最近になって、ユーザーからの問い合わせが聞かれるようになり、今回15から20年以上経過したアルミ素地露出部（切欠き部、切断小口）の耐久性について再度148件を実態調査した結果について発表を行った。

① 腐食環境として比較的厳しい海岸、工業地帯においても、汚れや変色は認められるものの、腐食については、認められないか軽度であり、機能に影響するようなものはなかった。“腐食が認められない”評価Aは切断面、ビス穴部分で共に60%で、“微細な点食で、表層部にとどまっているもの”評価Bが40%であった。

② 汚れについては、“汚れの認められないもの”評価A及び“軽度の固着が認められるもの”評価Bが切断面で92%、ビス穴部で94%であった。

③ 変色については、“変色の認められないもの”評価A及び“軽度の変色”評価Bが切断面で98%、ビス穴部で95%であった。

以上の調査結果から、20年以上の使用によっても、美観を損なうものではなく、また、機能に影響するような腐食は皆無であり、良好な耐久性を保持していることが証明された。

[特別講演]

(5) 電着塗膜の構造設計と塗膜性能並びに評価方法について

この数年来、光沢の低い、重圧感のある艶消し塗膜の需要が伸びている。艶消し電着塗膜の表面形状は数十ミクロンの穏やかな凹凸上のうねりと細やかな微少なひだから形成されており、この表面層の光の乱反射により光沢が調整される。艶消し電着にはメラミン樹脂を包含した粒子径約200 nmの負に荷電したアクリルエマルションが用いられている。このアクリルエマルションは、電気泳動によりアルマイト表面層に析出され、数百層のエマルション粒子が積層され一定の厚みの塗膜層が形成される。複雑な表面形状を有する艶消し電着塗膜の形成要因はこのエマルションが表面層に析出した時点で始まっていると推測される。その後、水洗、風乾、焼き付けの工程で微妙な表面層の形状が制御される。このアクリルエマルションの微粒子の溶液中での挙動及びアルマイト表面層への電気泳動状態や析出状況を観測することにより、電着塗膜の形成過程及び構造設計に関し種々の示唆が得られる。さらに形成過程を解明していくことにより、塗膜の内部構造も意図的に制御することが可能となる。

例えば、表面層を硬く、内部層は従来の弾力性を有する塗膜構造を設計することにより、アルミサッシの搬送・輸送及び組立て発生する擦り傷を軽減させる試みを行っている。

会場では、実際にアクリルエマルションが電気泳動で被着物に向かって析出する挙動や電着塗膜の形成過程がVTRで紹介された。また、電着塗膜の物理的、化学的評価方法や耐久性評価方法について紹介された。

(6) 建築外装の保全に関する研究開発－金属外装に対する保全技術の考え方－

建築物に対する要求性能は社会の変遷や建設市場のニーズに対応して大きく変化しており、特に、建築外装の耐久性や保全をテーマとする研究開発は、建設省や日本建築学会をはじめとする学協会の主導の下に成果が生み出され、昨今では大きな市場規模の拡大が期待されている。さらに、昨今の景気衰退や公共事業縮小による建設市場の低迷および兵庫県南部地震による大きな被害を背景として、耐震補強を含めた補修・改修市場が大きな注目を集めている。

このような建築保全に関する研究開発は海外においても積極的に推進されており、毎年のように関連するテーマの国際会議が開催され、熱心な討議が交わされている。このような国内外における研究開発の動向の紹介とともに、金属外装材に対する今後の保全技術の考え方について以下のような発表が行われた。

① 金属外装の耐久性設計

金属外装の耐久性能を支配するのは腐食であるが、昨今の建築外装では耐久性に優れた材料や表面処理仕上げが適用されるようになってきたため、外装材の表面劣化は生じにくく環境立地からの付着物による汚れが大きな問題として取り上げられている。

したがって、既存の建築外装がアルミニウムの場合には腐食が生じる部位が限られているため、そのような部位に対しては設計段階から耐久性に優れた表面処理（塗装もしくは複合皮膜処理）を施せば、特に問題は生じないと判断される。ただし、陽極酸化処理や塗装という表面処理の種類に関わらず、汚染の問題は避けることが難しく表面清掃は不可欠な保全手段であり、設計仕様として表面清掃を加えておけば、さらに耐久性に優れた建築外装材として認識される。

② 金属部材による補修・改修

既存の建築外装として金属以外の材料・構法が適用されている場合にも、金属材で改修する構法が注目を集めている。

当該改修構法は、工場で成型された板状部材を緊結金物によって既存の外壁に取り付けて被覆する技術で、一般的にはGRCパネルやアルミニウムパネルが適用されている。特に、昨今社会的な問題として取り上げられた陶磁器質タイル張りやセメントモルタル塗り外壁が劣化して落下することを防止するには、有効な改修構法として着目されている。

当該構法の長所として以下のものが挙げられる。

- ・外装のイメージチェンジによる建築価値の向上
- ・建築外装の耐久性の向上
- ・現場施工より品質が安定化

一方、課題としては、次のような事項が考えられる。

- ・軸体の劣化進行を目視点検するのが困難。

- ・改修工事費用が困難。

他の外装改修構法と比較するとコストが高いというデメリットがあるが、品質信頼性や耐久性が優れる点で、今後ますます発展すると予想される。しかし、現状で必ずしも完成した技術でなく、当面の課題として次のことを解決することが必要である。

- ・既存外装に対する的確で簡易な診断システムや補修技術の確立。
- ・材料・構法に関する基礎的データの整備・充実。
- ・安定した品質確保のための標準仕様と施工体制の確立。
- ・技術審査証明等の取得による品質信頼性の向上。

編集後記

平成8年度研究助成の成果をまとめ、第5号研究助成成果報告書と致しましたので、お届け致します。

研究者の方々には編集にご協力戴きました有難うございました。

1999年3月

禁無断転載

第5回（平成8年度）研究助成成果報告書

1999年3月30日 発行

財団法人トステム建材産業振興財団

東京都江東区大島2丁目1番1号

トステムショウルーム東京7階

TEL. 03-5626-1008

FAX. 03-5626-1033
