第4回（平成7年度）
研究助成成果報告書

1998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おります。

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7年目を迎え、設立以来6期間における助成先は延べ 141件、助成金額は1億7663万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件そして第4回（平成6年・平成7年）22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4回報告書に収録されたものは、平成6年・平成7年の研究助成の終了したものをまとめ、第4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

目　　次

はじめに

第１部　調査研究

１－１　合成繊維裁断屑を成形素材とする多機能建材に関する試作研究 (95-21)
福井大学工学部機械工学科　助教授　木村　照夫 …… 1

１－２　高強度アルミニウム／鉄鋼積層型複合サッシの開発 (95-26)
室蘭工業大学材料物性工学科　助教授　桃野　正 …… 9

１－３　フレームジェットを用いた水酸化アルミニウムスラッジの再資源化 (95-07)
東京大学工学部地球システム工学科　助教授　島田　荘平 …… 19

１－４　自然エネルギーを利用した吸放湿壁体システムの通気層の煙突効果と蒸発冷却効果 (95-12)
早稲田大学理工学部建築学科　教　授　木村　建一 …… 27

１－５　住宅用空調パネルの性能評価 (95-06)
長岡技術科学大学機械系　教　授　梅村　晃由 …… 37

１－６　雪国のエコロハウス（雪国の多重効用家屋） (95-14)
山形大学工学部　教　授　梅宮　弘道 …… 41

１－７　住宅用換気システムの評価・検証技術の開発 (94-17)
財団法人 住宅・建築省エネルギー機構
住宅用換気システム評価技術研究会　代　表　坊垣　和明 …… 51

１－８　震災建物の被災度判定の効率化および判定結果の整合性に関する調査研究 (95-15)
東京大学生産技術研究所　助教授　中埜　良昭 …… 57

１－９　既存建物の耐震性能向上のための評価法と高機能簡易耐震補強法に関する研究 (95-17)
金沢工業大学建築学科　教　授　高畠　秀雄 …… 63

１－10　緊急時使用を含めた住宅システムのビルディングエレメントに関する研究 (95-23)
神戸芸術工科大学　教　授　小山　明 …… 71

１－11　事故防止の観点より見た階段各段の視認のしやすさに関する実験研究 (95-05)
－現実の階段の調査と階段各段の視認性に関する評価手法の再確認－
建設省建築研究所　科学技術特別研究員　布田　健 …… 95

1－12 「コモン・セル」による共有領域の再編 (95-18)
－新たな集住空間の提案－
東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻 教 授 小林 克弘 …… 107

1－13 建材のライフサイクルの研究
財団法人建材試験センター 試験業務課 課 長 佐藤 哲夫 …… 111

1－14 建築材料燃焼性試験の試験所間国際較正 (95-22)
早稲田大学理工学部建築学科 教 授 長谷見雄二 …… 119

1－15 海外の住宅・建材産業及び建設分野における品質保証体系調査 (95-11)
財団法人建材試験センター
環境マネジメントシステム審査室 室 長 内田 晴久 …… 135

第2部 人材育成・論文

2－1 ＣＡＤ化推進による人材育成 (95-27)
学校法人富嶽学園日本建築専門学校 理事長 菊池 光起 …… 157

2－2 環境共生住宅のための建材、住居システムに関する研究 (95-03)
京都大学大学院工学研究科建築学専攻 博士課程 田中 麻里 …… 165

第3部 国際会議・国際協力

3－1 ROOMVENT'96 1996年室内換気に関する国際シンポジウム (95-09)
5th International Conference on Air Distribution in Rooms(ROOMVENT'96)
東京大学生産技術研究所 教 授 村上 周三 …… 177

3－2 周期構造を有する人工境界壁の電磁波反射特性の研究 (95-29)
東京工業大学 教 授 安藤 真 …… 187

3－3 環境デザインの新手法開発のためのワークショップ (95-19)
芝浦工業大学建築工学科 教 授 藤井 博己 …… 191

第4部 国内交流

4－1 建材用アルミニウム押出形材の曲げ加工技術 (95-01)
社団法人軽金属学会押出形材成形法部会 部会長 上野 恵尉 …… 195

4－2 公開シンポジウム：高断熱高気密住宅をめぐって (95-10)
東北大学工学部建築学科 教 授 吉野 博 …… 201

編集後記

1－1　合成繊維裁断屑を成形素材とする多機能建材に関する試作研究

福井大学工学部機械工学科
助教授　木　村　照　夫

1. 研究の背景と目的

繊維は我々身の回りのありとあらゆる所に種々の形態で使用されている。それにともない発生する繊維屑も莫大な量におよび、近年の地球環境保護、産業廃棄物処理問題に対する関心の高まりとともにその処理問題がクローズアップされている。一方、建築材料の分野においても「人と地球に優しい」リサイクル可能な、また多機能の建材が求められるようになり、各方面で研究が進められている。本研究は上記のような世の中の趨勢を考慮して、繊維屑を成形素材とする多機能な建材の成形を試みた。

2. 研究の方法と得られた結果

2.1　成形素材と断熱板の試作

2.1.1　製織工程で生じる繊維の捨て耳

図1に示す自動織機を用いた合成繊維織布の製織工程において、織布の耳くずれを防止するために織布の端部に特殊機構が施され、図2に示すような「捨て耳」と呼ばれる繊維屑が生じる。この屑はキャッチャー糸と呼ばれる経糸に、おさ打ち後に切断された不連続な緯糸が巻き付いたものである。合成繊維屑には他にも不織布繊維屑、漁網屑、レース布屑など数多くあるが、本研究では成形素材としてはこのような織布の製織工程で生じるポリエステルの「捨て耳」を用いた。

2.1.2　断熱板の試作

プラスチック平板の成形には一般には押出し成形法や圧縮成形法が用いられている。繊維屑を成形素材として押出し成形により平板を成形しようとすると繊維屑は全て溶融し、成形品は繊維形態を残さなくなるため断熱平板の成形には不向きである。一方、ホットプレスを用いた圧縮成形法を用いれば繊維集合体の表面層を溶融・固化し、内部層は繊維形態を保持させる断熱性能に優れた板材の成形が可能のように思われる。しかし、繊維集合体は本来伝熱特性に劣るため、圧縮加熱面から繊維屑への熱移動効率が悪く、また、溶融部分を固化させるためには冷却工程が必要となる。したがって、一旦加熱したプレス機の圧縮加熱面を冷却する必要があり、熱的な損失が大きくなる。そこで、本研究では熱的に効率の良い成形方法として、輻射伝熱を利用して繊維集合体の表面層を溶融した後、冷却圧縮する方法を提案し、その成形性を吟味した。

図3は加熱のために製作した遠赤外線加熱炉の概略を示している。ヒータには表1に示す仕様のセラミックス製の遠赤外線ヒータ（日本ガイシ㈱製、インフラスタイン）を用い、炉内の上下にそれぞれ9個づつ取り付けた。加熱炉は内部空気を攪拌するエアブロー装置も取り付けられている。

本研究で提案する断熱板の具体的な成形方法は次の通りである。すなわち、図2の繊維層を適当量詰め込んだ図4に示すアルミ製の金型を加熱炉の中央部分（加熱炉上部ヒータから繊維表面までの距離が170㎜となる位置）に設置し（工程Ａ）、上部より遠赤外線により適当量を加熱溶融する（工程Ｂ）。その後、金型を炉外に取り出し、溶融面より油圧式加圧装置により圧縮成形する（工程Ｃ）。次に素材の上下を入れ替え、再び遠赤外線により適当量加熱溶融し（工程Ｄ）、その後、炉外で圧縮成形する（工程Ｅ）。図5は各工程における繊維層集合体の様子と試作品を写真撮影したものである。

2.2　成形品の断熱特性の測定とみかけの熱伝導率

空隙率0.9の繊維層集合体をヒーター温度400℃で両面をそれぞれ20分間加熱溶融した後、厚さ30㎜に成形した試料に対して断熱特性を測定した。この成形品の表面プラスチック層は約2㎜であり、内部未溶融部分の空隙率はおよそ0.77である。図6は測定装置の概略であり、成形品の片面を高温室を模擬した恒温乾燥機内に、また、他の面を低温室を想定した広い空間の実験室に面するように設置し、熱伝導率が既知のアクリル板を成形品の表面に貼り付け、このアクリル板を通過する熱量を求めて、成形品のみかけの熱伝導率を算出した。その結果、本試料のみかけの熱伝導率は$\lambda=0.1$W／（m・K）であり、アクリルの熱伝導率$\lambda=0.21$W／（m・K）のおよそ0.48倍の値を示した。すなわち大ざっぱな測定手法ではあるが本成形品はアクリル板に比べて大きな断熱特性を示すことが明らかになった。

2.3　繊維層集合体の溶融試験

本成形手法では合成繊維をいかに効率良く、しかも均一に溶融させるかが問題である。そこで、繊維集合体の遠赤外線加熱下の溶融挙動を考察した。溶融試験は先述の加熱炉内で行ない、繊維集合体の空隙率と遠赤外線ヒーター温度を種々変化させた。さらに図4に示す位置の容器中央部に熱電対（TypeK、素線径0.2㎜）を挿入し、繊維集合体内の温度変動と分布も測定した。

2.3.1　繊維集合体の溶融挙動

図7は空隙率0.89の繊維層集合体をヒーター温度を400℃として加熱した場合の溶融過程の様子であり、左図は上面から、右図は側面からの観察結果を示している。これらはいずれも所定時間加熱した後、金型から取り出し、炉外で写真撮影したものである。加熱開始後900秒の状態では表面には未溶融部分と溶融部分が混在し、不均一な溶融となる。時間経過とともに溶融樹脂は繊維間に浸透しながら上表面が沈下していく。金型壁面近傍の繊維の溶融状態が悪いが、これは後述するように繊維層集合体の温度上昇に比べて金型温度の上昇が遅く、この付近の温度が低くなるためと考えられる。2400秒後には上表面がおよそ40㎜沈下しているが、表面状態はほぼ水平に保たれている。また、上面からの図をみると加熱経過時間が長くなるに従い、金型近傍にある繊維層も溶融が進むこともわかる。

図8は溶融挙動に及ぼすヒーター温度の影響を、空隙率0.89の繊維層集合体の結果を例に示し

ている。図より明らかなようにヒーター温度が低い場合（350℃）にはとくに中央部の溶融が顕著であり溶融状態が不均一となる。これはヒーター温度が低く、表面温度が融点に近い場合には局所的に溶融が進み、さらに溶融樹脂が繊維間に含浸するとともにその部分の熱移動が容易となり、ますます局所的な溶融が進むためと考えられる。ヒーター温度が高い場合にはいずれの場所でも融点よりかなり高い温度となり、全体的に溶融が進むが、金型周囲の溶融は緩慢である。また、加熱温度が高くなると450℃の結果に見られるように溶融樹脂に焼けが生じ製品強度や表面状態には問題が生じる。

このような溶融状態に不均一が起こる理由を温度場の測定結果から考察する。図9は上部ヒーターを400、450℃に変化させた場合の繊維層集合体内部の温度変動の様子を資料中央部の鉛直方向（初期繊維層表面からの距離Y）について金型温度とともに示している。図にポリエステル繊維層の融点（258℃）も示してある。図より、加熱時間の経過に伴い、各測温点の温度は上昇し、その上昇割合はヒーター温度が高い方が大きく、溶融樹脂の温度も高くなっている。なおここで、繊維層集合体の内部温度は融点を越えてしばらくすると、温度の上昇が突然小さくなる。この時間は、溶融した繊維層の上面が固定した熱電対の位置を通過した時間を表すものと考えられる。いずれの場合にも、温度上昇が急激に小さくなるときの温度は繊維層集合体の下方ほど高くなっている。これは、溶融した樹脂が沈下しながら、さらに加熱されるためと考えられ、ヒーター温度が高い場合には、溶融面に焼けが生じ易くなる要因になるものと思われる。しかし、金型温度はT_H＝450℃の場合においても2500秒付近まで融点には達せず、温度の上昇が遅いことがわかる。このように、金型温度の上昇が遅いため、先述のように金型周りの繊維層が溶融しにくかったものと考えられる。

そこで、金型温度を早く上昇させる方法の一手段として、炉内の下部のヒーターとエアブロー装置を用い、雰囲気温度を上げて実験を行った。図10は雰囲気設定温度T_Aを400℃に保ち、上部ヒーター温度をT_H＝350、400および450℃に変化させ、ほぼ同一量溶融させたときの繊維層集合体の溶融状態を示している。図より、温度の低いT_H＝350℃の場合、先述の図8とは異なり、繊維層上面の溶融状態が均一であり、金型周りの繊維層も溶融していることがわかる。しかし、T_H＝450℃の場合は、ヒーター温度が高いにも関わらず金型周りの繊維層が未溶融となる。この理由について以下に考察する。

図11は雰囲気設定温度T_Aを400℃、上部ヒーター温度T_Hを300および450℃に変化させた場合の、繊維層集合体内および金型の温度変動を示したものである。図より、下部ヒーターを用いなかった場合と同様に、T_H＝450℃の方が繊維層集合体の温度上昇は早く、また、溶融した繊維層の温度はT_H＝300℃の結果に比べて100℃程度高いことがわかる。しかし、金型温度の上昇割合は、上部ヒーター温度に関わらずほとんど変わらない。従って、一定量の繊維層を溶かすためには、ヒーター温度が高い方が短時間ですむが、所定量の溶融終了時の金型周囲温度はヒーター温度の高い方が小さくなり、このことが金型周囲の繊維層の未溶融につながるものと考えられる。

以上のように繊維層集合体を均一に溶融させるためには、繊維層集合体の温度上昇と金型温度上昇割合をうまくコントロールする必要があることが明確である。

2.3.2　加熱条件と繊維層の溶融量

断熱板を成形する上で生産性を上げるためには、表面層をいかに早く溶融させるかが重要である。そこで、ヒーター温度と繊維層集合体の空隙率を種々変化させた場合の加熱時間と溶融量の

関係を調べた。ここで溶融量は適当な時間に繊維層集合体を炉内から取り出し、溶融部分を固化した後、未溶融部分を取り去り、精密天秤で固化部分の質量を測定した。したがって、一つのデーター毎に測定資料は異なっている。また、同一条件で3回同じ実験をした。

図12は雰囲気設定温度を250℃にし、上部ヒーターを350、400および450℃と種々変化させた場合について、加熱時間と溶融量の関係を示している。図より明らかなようにいずれのヒーター温度においても同一加熱時間における溶融量は空隙率に関わらずほぼ一定となる。図には示していないが、下部ヒーターを使わず雰囲気温度を設定しなかった場合においても同様の結果が得られていたが、雰囲気温度を上げた場合には同一量の繊維層を溶融させる時間を大きく低減させることができることが明確である。

2.4　表面層の複合材料化の試み

板材の断熱特性を向上させるためには表面プラスチック層を出来るだけ薄くし、内部繊維層（空気層）を多くする必要がある。しかし、成形品の強度のことを考慮すると表面層の厚みには限界がある。そこで、本研究では薄くて充分な強度を得る一手法として表面層を複合材料化することを考えた。複合材料化の手法には上記合成繊維層集合体の表面に強化繊維を配置し、溶融樹脂を強化繊維間に含浸させることも一案であるが、ここでは強化繊維が混入したペレット状の樹脂素材を用い繊維集合体の表面に配置し、このペレット樹脂を遠赤外線加熱によって溶融し、合成繊維間に含浸させる手法を試みた。図13は使用したガラス繊維入りポリプロピレンペレットであり、図14は合成繊維層の表面に未溶融ペレット配置したときの様子である。さらに、図15はペレットを溶融した後、圧縮成形した板材を示している。成形品は溶融樹脂が合成繊維層間に含浸し、一体物の板材が得られている。このような成形手法を用いると低融点のペレット樹脂を用いれば、心材には熱負荷に弱い天然繊維層を用いることも可能となる。

3.　これから期待される成果

本研究では合成繊維層を成形素材として断熱性に優れた板材を成形する手法を提案し、板材を成形するとともに成形品の断熱特性を測定した。その結果、成形品は断熱特性に優れていることが確認された。また、本研究ではとくに成形品の表面プラスチック層の状態を支配する遠赤外線加熱下の繊維層の溶融挙動を明らかにし、均一溶融のための加熱条件の設定に指針を与えた。また、表面層を複合材料化する手法について提案した。ここで得られた結果は断熱板の表面プラスチック層の厚みや内部未溶融繊維層層の厚み、空隙率を制御する場合の成形条件の設定に有用である。

現段階では成形品強度の測定を行うことができなかったが、これは成形品の実際の応用面を決定した後に、その製品に対して成形性とともに考察すべきであろう。本研究では平板のみ成形したが、成形金型の形状を工夫することによって表面が波状のものや、あるいは凹型の成形品も成形可能であり、今後、種々の形状の成形を試みる計画である。

4.　残る問題点と対策

成形に対する技術的な問題としては成形性の再現性が上げられる。繊維層集合体は必ずしも均

質でなく、従って、加熱条件が同一であっても溶融状態は必ずしも同一とはならない。したがって、どの程度の再現性が要求されるかにもよるが全く同一の成形品を大量に成形することは難しい。

また、樹脂粘度、すなわち溶融樹脂の流動性は温度に大きく依存するため、溶融した繊維屑を圧縮行程に移動させる際の温度変動（温度低下）を管理するシステムも今後検討すべき問題である。

5. 研究発表の予定と実用化計画

本研究成果は今後プラスチック成形加工分野あるいは繊維工学の分野の学会に発表の予定である。

実用化に関しては種々検討中であるが、経済性の問題、建材として用いる場合の難燃性の問題、多量生産性の問題などクリアーすべき課題が数多い。とくに、実用化でネックになるのは本研究で対象とした繊維屑に限らず、すべてのリサイクル品に共通に経済的な問題である。廃棄物再利用の義務づけを法制化するなどの行政の積極的な行動が必要であり、経済性を度外視してもリサイクル品を積極的に使用しようとする世の中のムードづくりが出来れば、本研究対象の成形品の実用化も加速度的に開かれるものと期待できる。

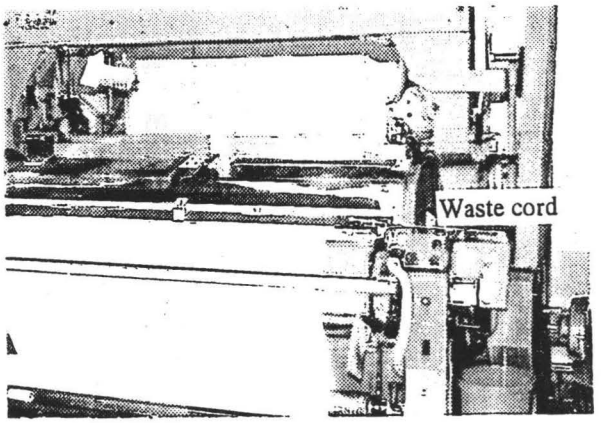


図１　自動織機

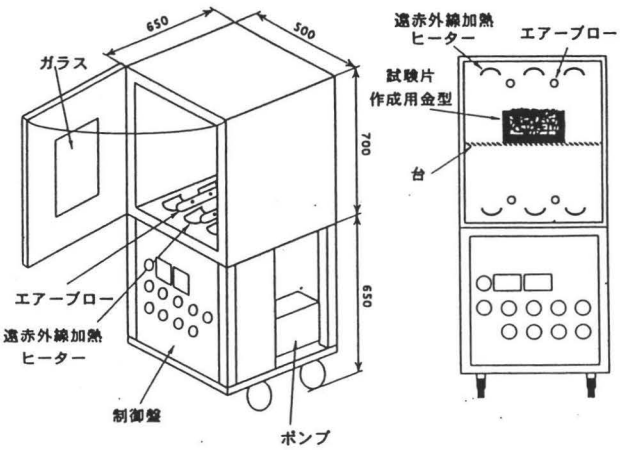


図３　遠赤外線加熱炉

表１　ヒーターの仕様

温　　度	炉内雰囲気温度　：ＭＡＸ　300℃
	ヒーター温度　：ＭＡＸ　500℃
ヒ　ー　タ　ー	遠赤外線ヒーター" インフラスタイン"
ヒーター電力	上面　200Ｖ400Ｗ　3ケ連×3台=3.6ｋＷ
	下面　200Ｖ400Ｗ　3ケ連×3台=3.6ｋＷ
	合計　7.2ｋＷ　熱電対ヒーター２ヶ含む
温度調節方式	ＯＮ-ＯＦＦ上限比例式
温度制御法	ヒーター温度または雰囲気温度
加熱炉外寸法	500mm×650×mm1350mm

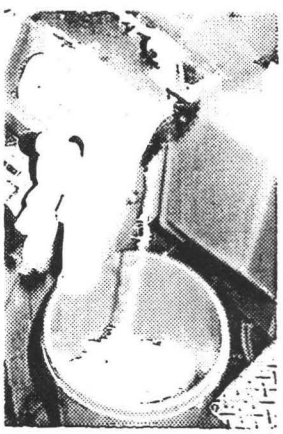


図２　「捨て耳」繊維層

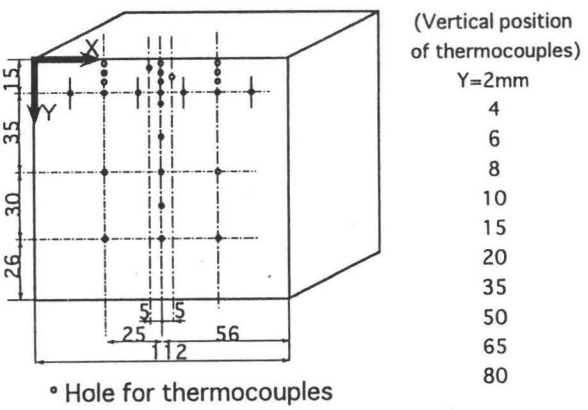


図４　成形金型と熱電対設定位置

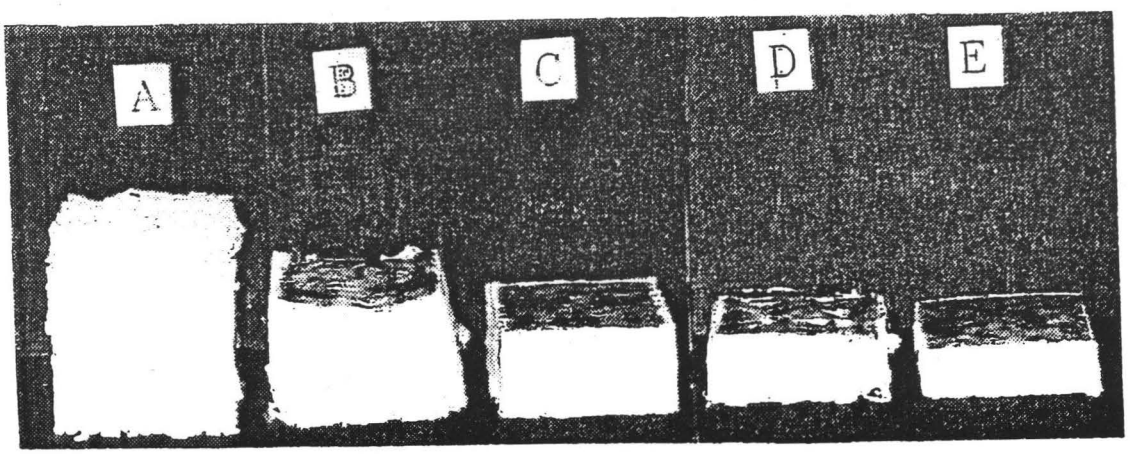


図５　各工程における繊維層の状態

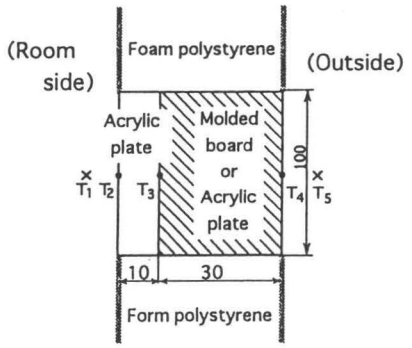


図６　断熱特性測定の概略

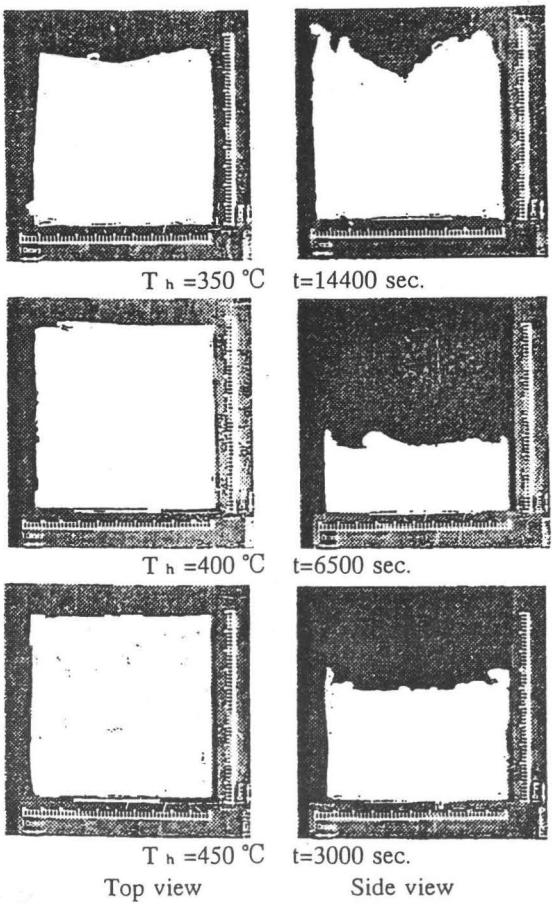


図８　溶融状態(ﾋｰﾀｰ温度の影響)

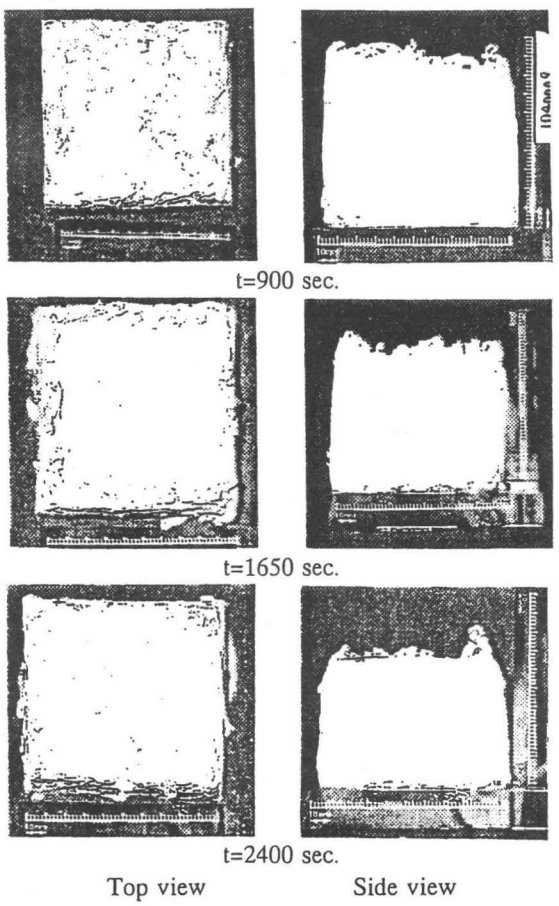


図７　溶融状態(ﾋｰﾀｰ温度 400 ℃)

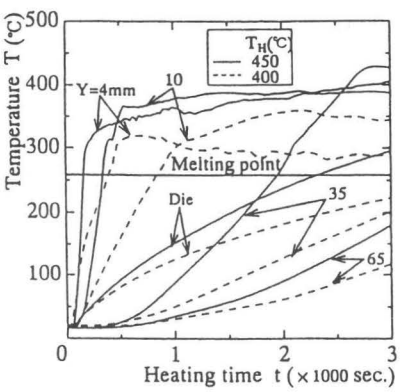


図９　繊維集合体内の温度変動

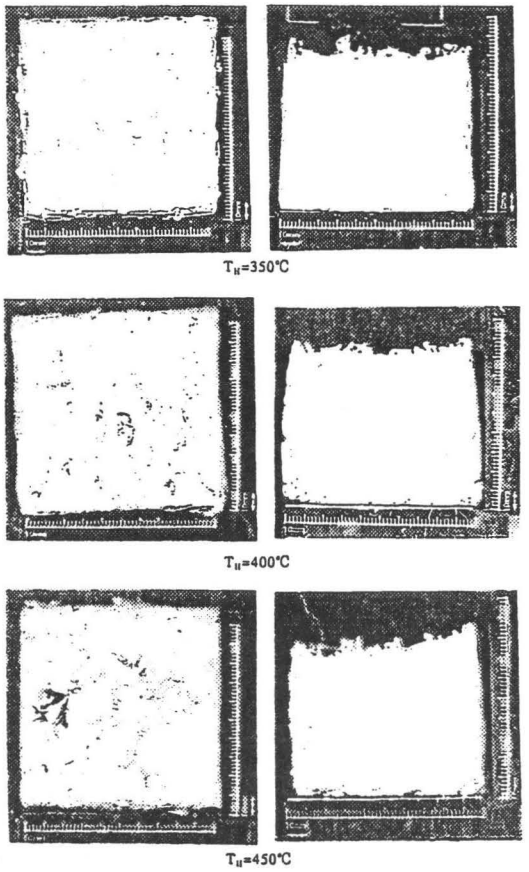


図１０　溶融状態(ﾋｰﾀｰ温度の影響、T_A=400 ℃)

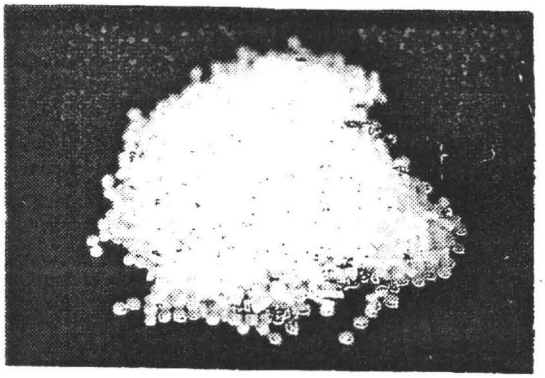


図１３　ｶﾞﾗｽ入りﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝﾍﾟﾚｯﾄ

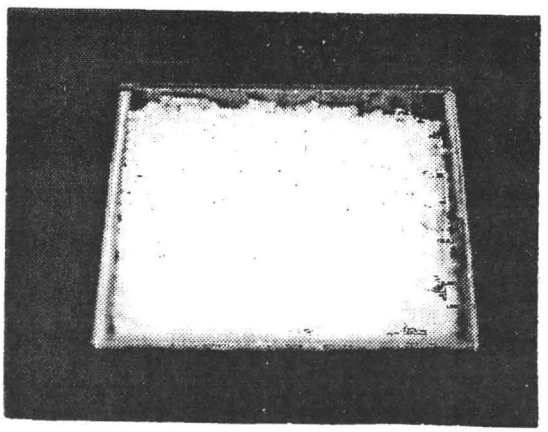


図１４　ペレットを配置した金型

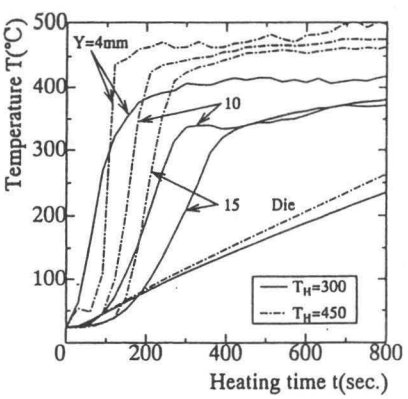


図１１　繊維集合体内の温度変動(T_A=400 ℃)

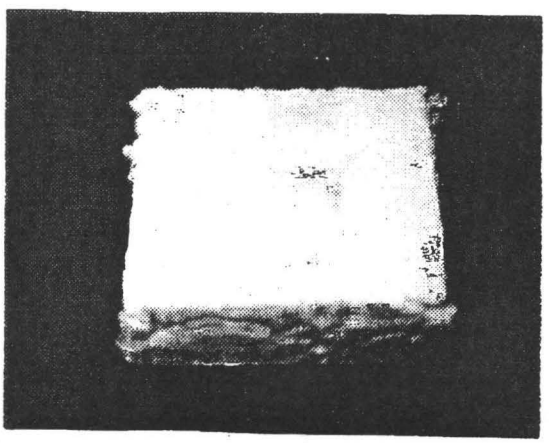


図１５　表面が複合材料化された成形品

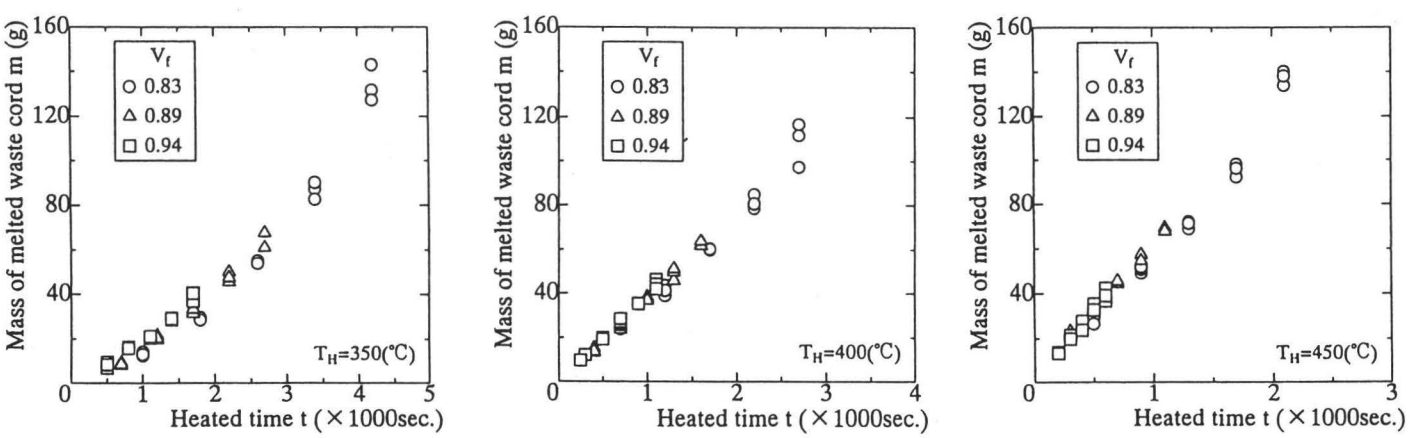


図１２　加熱時間と溶融量(T_A=250 ℃)

1－2　高強度アルミニウム／鉄鋼積層型複合サッシの開発

室蘭工業大学材料物性工学科
助教授　桃　野　　正

1. 本研究の目的

特性の異なる材料を複合化することによって、それぞれの特長を活かした新しい高強度および高機能材料が得られる。本研究ではアルミニウムの耐食性、高比強度、省エネルギー特性に加えて、鉄鋼材料の高強度特性を付与し、溶接構造が容易な材料を開発することをねらいとしている。本研究は、固相拡散接合法、および液相拡散接合法によるアルミニウム合金と鉄鋼との積層型複合プロセスについて検討し、最適接合条件、および接合機構について調査した。以下にその概要を述べる。

2. 固相拡散接合

2.1　アルミニウムと鉄鋼の直接接合

市販純アルミニウム（ＪＩＳA1050）と機械構造用鋼（ＪＩＳS25C）とを500～580℃の接合温度範囲で真空拡散接合した。その結果、継手の接合強さは極めて低く、その多くは引張試験片に加工中破断した。図1に示すように、接合界面には$FeAl_3$および舌状のFe_2Al_5が成形された。このような化合物相の成長が、接合強度の低下をもたらすことが判明した。とくに$FeAl_3$相は脆弱であり、この相の成長を抑制するか、第3元素の添加によって脆化を防止する必要がある。

近年、金属間化合物相の靭性向上に関する研究が盛んであり、$FeAl_3$に関しては水蒸気環境による脆化が報告されており、これを防止するにはCr添加が有効であるとされている[1)]。
このような観点から、Al母材中にCrを添加するか、または鉄鋼中にCrを添加する方法が考えられるが、これらについては今後の検討課題である。

2.2　ニッケル箔インサートによる接合

アルミニウムと鉄鋼の直接接合が困難であることから、厚さ10μmのNi箔をインサート材として接合した。なお、Ni箔は800℃において予めＳ25Ｃ鋼と接合した。その結果Ni／Ｓ25Ｃ接合材は、接合温度850℃、接合圧力0.65MPa、接合時間1.8ksの条件では、Niと同程度の接合強さ280MPaを示した。この場合、界面にはオーステナイト相が形成され[2)]、強度向上に寄与していることが明らかとなった。

次にNiとAlとの接合性を検討した結果、図2に示すように、接合温度630～650℃において、48～50MPaの接合強さを示すことが判明した。また接合界面組織は、図3に示すように、Al側

にAl_3Ni（β相）が、Ni側にはAl_3Ni_2（γ相）が認められた。

以上のように、NiとAlの接合強度が低いことから、AlとNi箔間に厚さ50μmのA2024合金箔をインサートして接合した。その結果、図4に示すように、接合温度520℃、接合圧力0.65MPa、接合時間1.8ksの条件で最も高い継手強さが得られ、継手効率はAl母材の85%を示した。このように、A2024合金箔の一部が溶融する温度範囲で拡散接合すると、接合界面における化合物層の形成速度が低下し、比較的低い温度域でも接合が容易となることが判明した。

2.3　チタン箔インサートによる接合

Ni箔とA2024合金箔をインサートすることによって、接合強度の改善が図られたが、接合温度が高いことから、Al母材の劣化が懸念される。よって次に、より低い接合温度でより高い接合強度を得る目的で、厚さ50μmのTi箔をインサート材として拡散接合した。その結果、図5に示すように、接合温度610℃において62MPa、630℃において69MPaを示し、Al母材中で破断した。また図6に示すように、接合界面にはAl_3Tiが形成されていたが、その成長速度は他の合金系に比べ極めて遅いことが認められた。このように、界面に形成されたAl_3Ti相の厚さが、前述のAl-Fe系、Al-Ni系化合物に比べて小さいことと、単相のみで構成されたことが、接合強度の向上に寄与したものと考えられる。

3.　液相拡散接合

2章で述べたように、一般に固相拡散接合は接合面の仕上げ精度が厳しく、かつ固相内拡散を基本原理としていることから、比較的長い接合時間を必要とする。これに対して液相拡散接合ではこれらの欠点を補う利点がある。よって本章では、アルミニウムどうしの接合に銅箔を用いた場合の継手性能を調べ、次にアルミニウムと鉄鋼の液相拡散接合について述べる。

3.1　銅箔インサートによるアルミニウムどうしのＴＬＰ接合

ＴＬＰ(Transient Liquid Phase)接合とは、母材よりも低い融点をもつインサート材、あるいは母材との間に低い融点の液相が生ずるインサート材を用い、接合部に一時的に液相を生じさせたのち、それを等温凝固し、液相を消失させ接合するプロセスである。

図7は接合部における組織とインサート材の濃度分布を模式的に描いたものである[3)]。母材の融点T_{mb}、母材とインサート材との反応の結果生ずる共晶温度をT_{mi}、接合温度をT_B、およびインサート材の初期組成をC_iとする。

第1段階では、接合部が温度T_Bに加熱される結果、インサート材が溶融する。第2段階では母材の一部が溶融し液相幅が拡がる。また、液相組成がCiからC_lに低下し、等温凝固が開始される。第3段階では、接合部がさらにT_Bに保持される結果、インサート金属元素は母材中へ拡散し、液相幅が縮小する。さらに等温保持し続けることによって、第4段階に示すように、等温度凝固が完了し、液相形成にともなって出現した第2相は消失する。第5段階は、最終的に接合後熱処理することによって、接合部の均質化をはかろうとするものである。

以上のように、ＴＬＰ接合部には低融点相がないことが特徴であり、このことが耐熱材料への応用に着目された最大の理由である。

ＴＬＰ接合部を左右する最も大きな接合因子は、インサート材の選定にあるといえる。インサート材に要求される基本的性質は以下のとおりである[4)]。

(1) 母材よりも低い融点、あるいは母材よりも高い融点であっても、母材と反応して共晶などの低融点相が生ずる。
(2) 母材に対するぬれ性にすぐれている。
(3) ボイドなどの接合欠陥を生じない。
(4) 接合温度で比較的短時間で等温凝固する。
(5) 接合部と母材の均質化が比較的短時間で行なえる。
(6) 適度に母材表面を溶融し、酸化皮膜等を破壊できる。
(7) 靱性低下の原因となる有害相を形成しない。

なお、インサート材の形状としては箔が最も一般的であり、粉末や物理的蒸着による方法もある。後に述べるように、接合部を等温凝固させ第2相を消失させるには、インサート材の厚さが薄いことが重要となる。

図8は厚さ3 μmのCu箔をインサート材とし、市販アルミニウム棒（A1050B）を母材として、接合温度（T_B）560℃(a)、および590℃(b)で拡散接合した試料の接合界面部組織である。(a)では箔の溶解が認められないのに対し、(b)では箔が溶解・消失し、ＴＬＰ接合がなされている。Al-$CuAl_2$共晶温度が548℃であることから、箔の溶解には12℃以上の過熱が必要であることがわかる。

図9は厚さ3 μmのCu箔をインサート材とし、市販アルミニウム棒（A1050B）を母材としてＴＬＰ接合した継手の、引張強さに及ぼす接合温度と接合圧力の影響を示す。図より、接合圧力2 MPaにおいては、560～580℃の温度範囲において、母材と同程度の接合強度が得られることが判明した。なお、20MPaと比較的大きな接合圧力では、むしろ接合強度を低下させることが明らかである。

このように、CuはAl母材よりも融点が高いにもかかわらず、CuのAl中への拡散によって低融点の共晶相が生成され、これが等温凝固された結果、共晶相が消失し、良好な継手が得られるものと考えられる。

3.2 銅箔インサートによるアルミニウムと鉄鋼のＴＬＰ接合

アルミニウムどうしの接合には、Cu箔によるＴＬＰ接合が有効であることが判明したので、次にアルミニウムと鉄鋼の間にCu箔をインサートして接合した。

Cuと鉄鋼は、既に銅クラッド鋼として生産され[5]、接合性が良いことが知られている。このことはCu-Fe二元状態図より明らかなように、金属間化合物が生成しないことに起因する。

図10はCu箔をインサート材としてＴＬＰ接合したAlとS20C鋼継手の、接合強さに及ぼす接合温度とCu箔厚さの影響を示す。この場合、接合圧力は2 MPa、接合時間10minで一定とした。Cu箔の厚さが3 μmでは、接合強さが40MPa以下を示し、低い結果となった。これに対しCu箔の厚さが5 μmでは、接合温度570℃において接合強さの最大値69MPaを示し、Al母材中で破断した。このように、わずかな箔厚さの差が接合強さに著しい変化をもらたした原因として、Al-$CuAl_2$共晶融液が大きく支配したものと推察される。すなわち、共晶融液には次の2つの役割が考えられる。

(1) アルミニウムおよび鋼に作用し、ぬれ性を向上する。
(2) 鋼とアルミニウムの相互拡散によるAl-Fe系金属間化合物の形成を阻止する。

厚さ5 μmのCu箔は、脆弱なAl-Fe系金属間化合物の形成を抑制するに十分な厚さであり、かつAlと鋼とのぬれ性を改善するに最適であったと考えられる。なお、Cu箔の厚さが3 μmの場合、Alと鋼の直接接合の場合のように、接合界面には$FeAl_3$および舌状のFe_2Al_5がＸ線回折により

同定された。

4. 結　言

拡散接合によるアルミニウムと鋼の複合化について検討した結果、以下の結論が得られた。

(1) 固相拡散接合法による複合化プロセスでは、Niクラッド鋼と、Al/2024クラッド材を用い、Al/2024/Ni/Feの積層形態で、接合温度520℃で複合化した場合、その継手効率は85％を示す。

(2) Tiクラッド鋼を用い、Al/Ti/Feの積層形態で、接合温度630℃で複合化した場合、その継手効率は90％を示す。

(3) Cu箔インサートによる液相拡散接合法（ＴＬＰ接合）では、箔厚さ５μｍとし、接合温度570℃、接合圧力２MPa、接合時間10minの条件において、接合強さはAl母材と同程度の強を示した。

5. 研究の総括

アルミニウムと鋼の複合化は、異種金属の接合を試行する上で最も困難な組合せである。この原因は前述のように、Al-Fe系金属間化合物の成長速度が速いことに起因する。本研究ではこのような化合物の成長を阻止するために、各種インサート材を検討し、市販の各種クラッド材が有効活用できることを示した。またアルミニウムの分野では新しいＴＬＰ接合に着目し、Cu箔の厚さの制御、および最適接合パラメータの検証を行った。これらの成果は、高強度ビル用サッシの製造に繋がるものと確信する。また最近調理器具として注目を浴びているIH（電磁誘導加熱）調理器の製造にも応用が可能である。その他、耐食性と強度特性を兼ね備えたエクステリア、自動車部品にも応用が拡大できるものと思われる。

文　献

1）花田修治：構造材料としての金属間化合物の可能性、日本鉄鋼協会・白石記念講座、平成７年４月、ｐ85

2）桃野正、小林雅之、及川和俊、井川克也：拡散接合法による鋳鉄と異種金属との複合化について、鋳物，60（1988）、7,448

3）D.S.Duvall, W.A.Owczarski and D.F.Paulonis:Welding Journal, 1974, April,203

4）溶接学会編：溶接便覧、1990年、丸善、ｐ477

5）J.A.Foster,S.Jha and A.Amatruda:JOM,1993,June,35

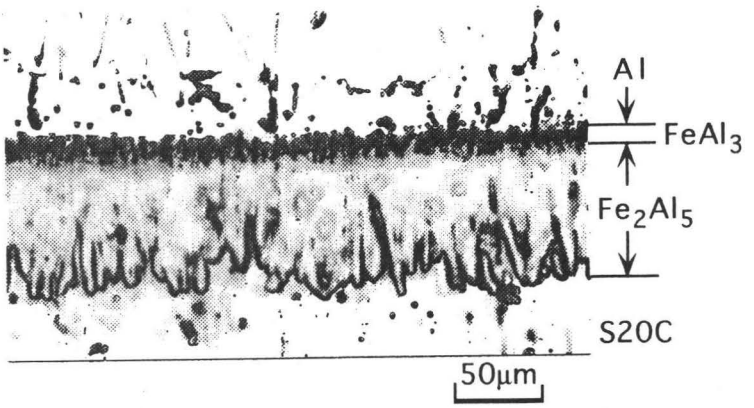


図1 アルミニウムとS20C鋼を直接接合した場合の接合界面部の光学顕微鏡組織　(接合温度：650℃, 接合圧力：0.6MPa, 接合時間：30min)

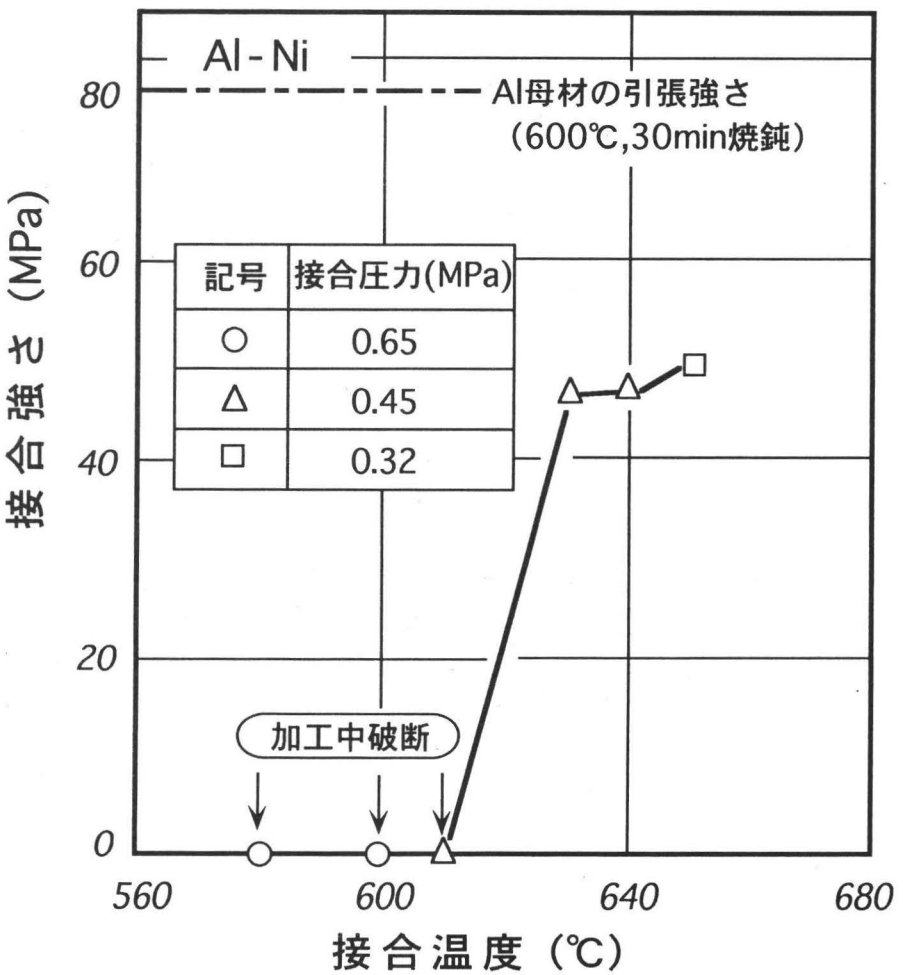


図2　Al-Ni継手の引張強さに及ぼす接合温度の影響

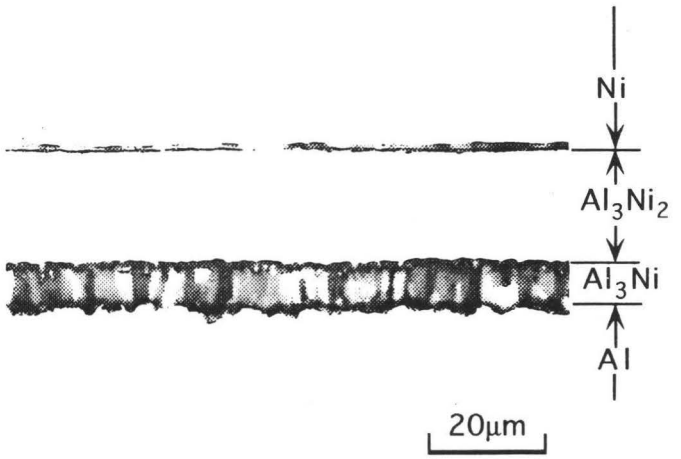


図3　アルミニウムとニッケルの接合界面部の光学顕微鏡組織　（接合温度：650℃, 接合圧力：0.3MPa, 接合時間：30min）

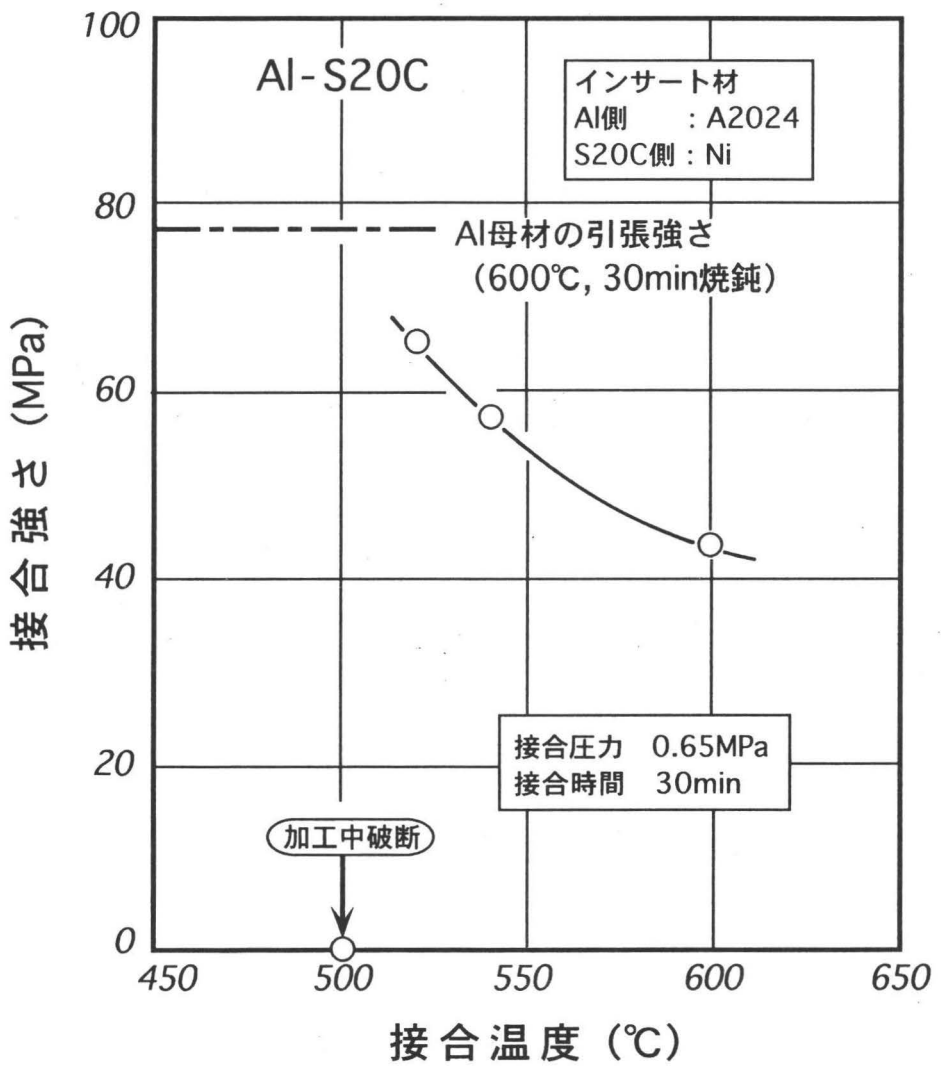


図4　Al-S20C継手の引張強さに及ぼす接合温度の影響

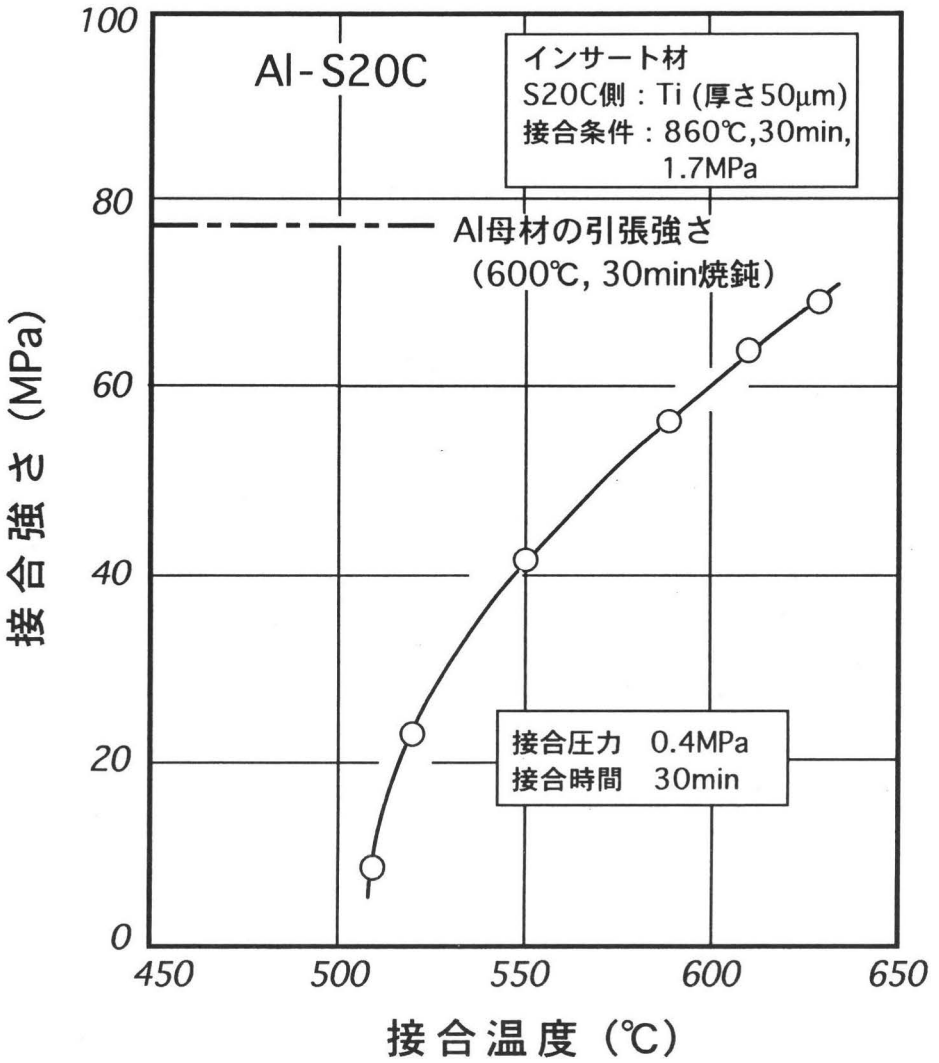


図5　Ti箔をインサート材として接合したAl-S20C継手の引張強さに及ぼす接合温度の影響

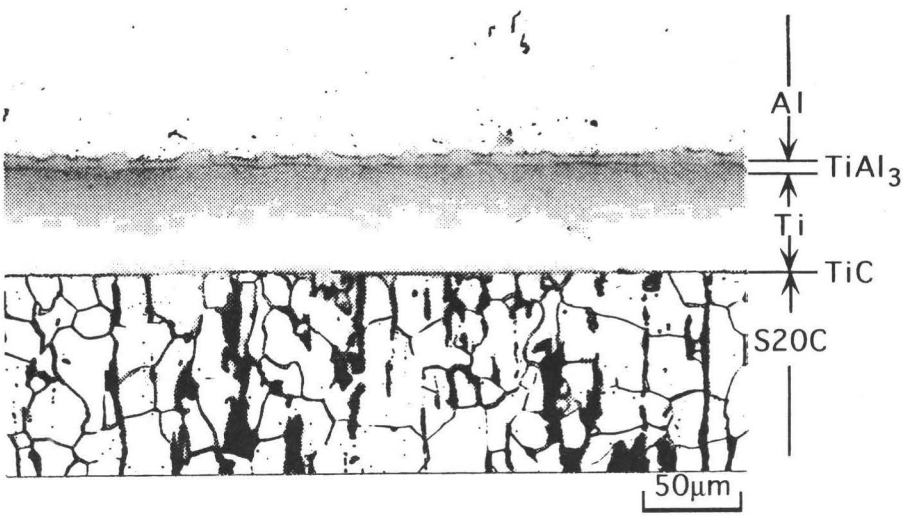


図6　50μm厚さのチタン箔をインサート材としてアルミニウムとS20C鋼を接合した場合の接合界面部の光学顕微鏡組織　(接合温度：637℃, 接合圧力：0.4MPa, 接合時間：30min)

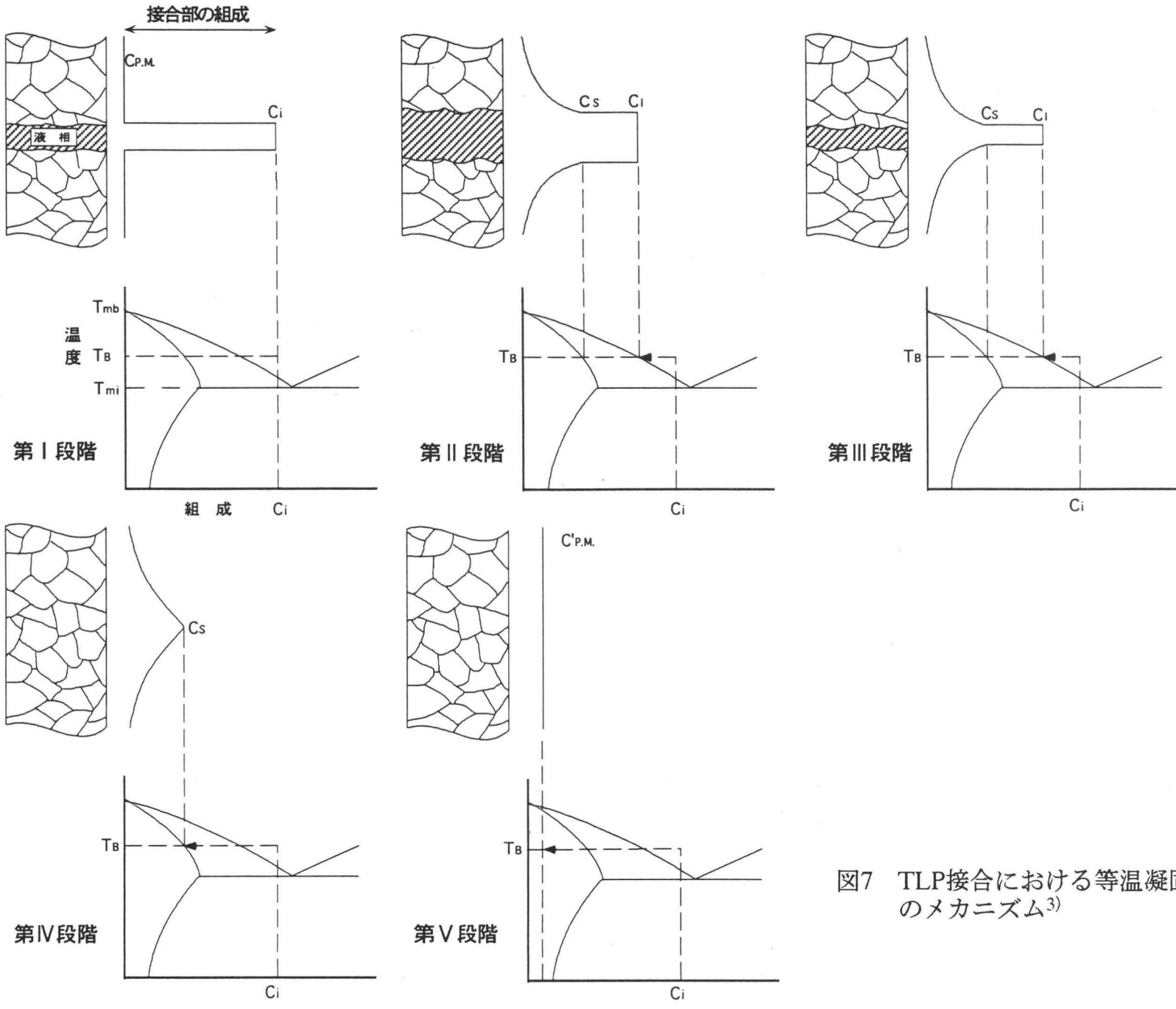


図7　TLP接合における等温凝固のメカニズム[3)]

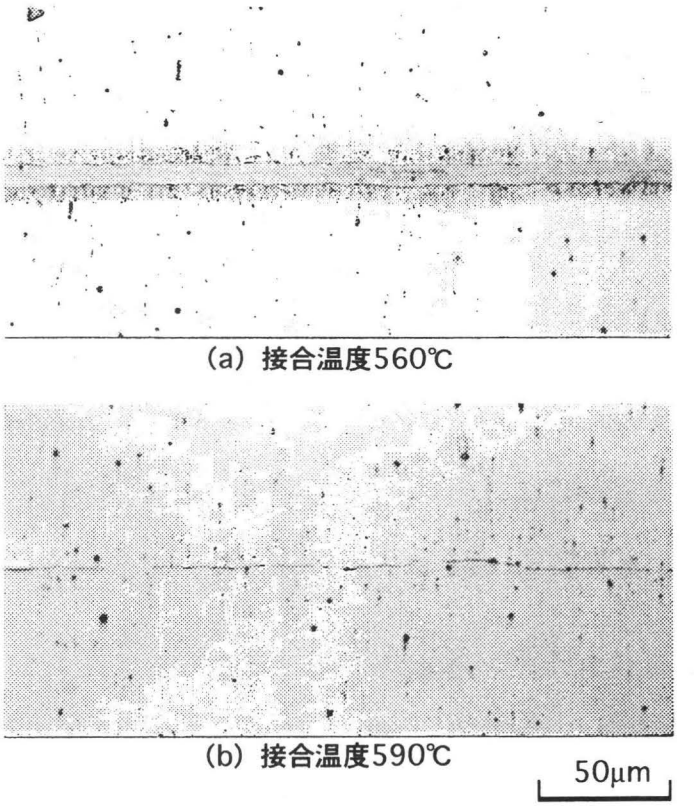


図8　厚さ3μmのCu箔を用いてアルミニウムどうしをTLP接合した接合界面部の光学顕微鏡組織（接合圧力：2.0MPa, 接合時間：10min）

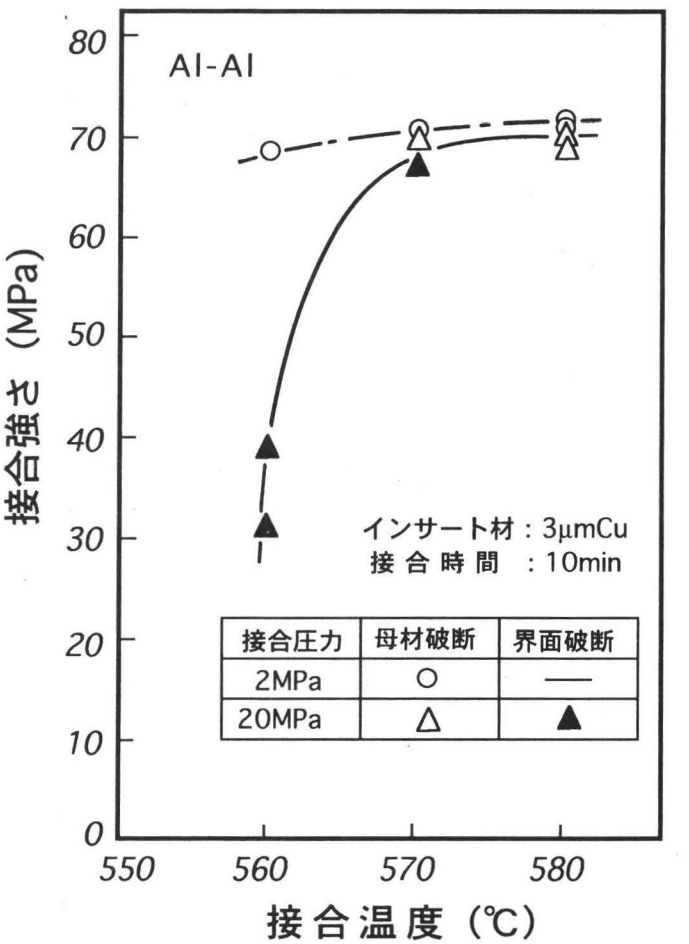


図9　厚さ3mmのCu箔をインサート材としてTLP接合したアルミニウム継手の接合強さと接合温度および接合圧力の関係

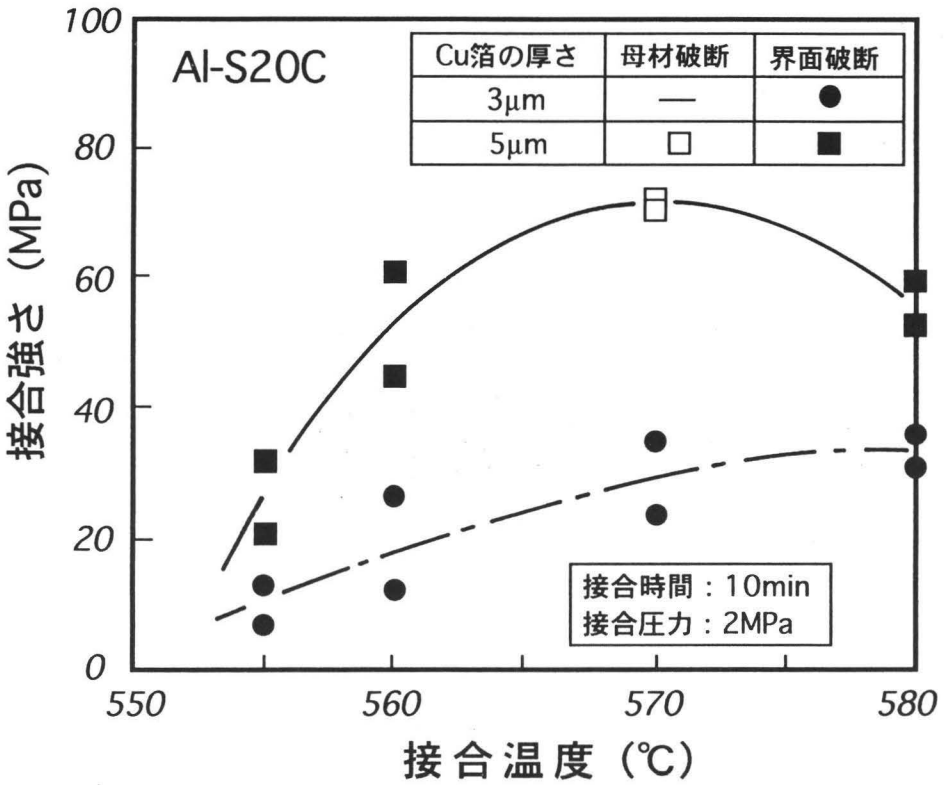


図10　Cu箔をインサート材としてTLP接合したアルミニウムとS20C継手の接合強さに及ぼす接合温度とCu箔厚さの影響

1－3　フレームジェットを用いた水酸化アルミニウムスラッジの再資源化

東京大学工学部地球システム工学科
助教授　島　田　荘　平

1. まえがき

産業活動により排出されるスラッジ類は、毎年膨大な数量に達しており、スラッジが有する高水分のために運搬、処理が容易ではなく、その処理・処分費用は大きなものとなっている。アルミサッシ等の製造過程で生産される水酸化アルミスラッジもその例外ではない。

本研究の目的は、フレームジェット処理システムを用いて水酸化アルミスラッジを乾燥・解砕し、処理物を再利用できるような乾粉で回収する方法の基本的な処理性能を求めることである。

2. 実験装置

2.1　フレームジェット発生装置

フレームジェットを発生させる燃焼装置をジェットバーナーと呼んでいる。

図1にジェットバーナの構造を示す。燃焼には燃料として灯油（ケロシン）、酸化剤として圧縮空気を使用する。圧縮空気の圧力は約6atm（ゲージ圧）である。

バーナには燃料のケロシン、酸化剤の圧縮空気、バーナの内壁保護のための冷却水が供給される。ケロシンはインジェクタ（噴霧化装置）⑧で霧状に噴射され、燃焼筒②に供給される。圧縮空気は、スワーラ（旋回流発生装置）③を通って同じく燃焼筒に供給される。燃料・空気の混合気は点火プラグ⑦によって着火され、燃焼筒内で燃焼する。燃焼ガスはノズル①で加速され、ノズルスロート⑤で音速に達し、超音速となってノズルから外部に噴射される。燃焼筒外側部は冷却水を循環させるために二重管の構造になっている。バーナには点火と失火の状態を判断するため、熱電対④を挿入してある。

2.2　ジェットバーナ運転システム

図2にジェットバーナの運転システムを示す。

圧縮空気は、コンプレッサ①から流量調整バルブ②、圧力計③、流量計④を経てバーナ⑮に供給される。一方、燃料のケロシンは、燃料タンク⑤から燃料ポンプ⑥によって、流量調整バルブ⑦、圧力計⑧、流量計⑨を経て、バーナに供給される。燃料・空気混合気は、点火用電源⑩を用い点火プラグにより着火する。冷却水は貯水タンク⑪から給水ポンプ⑫により、流量調整バルブ⑬、流量計⑭を経て、バーナに供給する。バーナに供給された水は再び給水タンクに戻り冷却され、循環する。

運転中の燃焼筒内の圧力は、次のようにして求めた。まず、燃焼させずにケロシンの供給量と圧力損失の関係を調べる。ケロシンはインジェクタで噴霧するのに最低数atm程度の圧力が必要である。次に、実際にバーナを運転したときのケロシン圧力から、前もって調べておいたある流量時の圧力を差し引けば燃焼内圧力が求める。同様の方法を供給空気について行ってもよい。圧縮空気の供給での考えられる圧損は、ホース、曲管部、スワーラ等である。これらの圧損は極めて小さいので、燃焼筒内圧力は圧縮空気の供給圧力と同じとしてある。

2.3　処理システム

図3に乾燥・解砕システムの構成を示す。

原料（水酸化アルミスラッジ）を原料ホッパーに入れ、スクリューフィーダーで処理タンク内に供給する。処理タンクでスラッジは乾燥・解砕され、ある程度粒子直径が小さくなると、処理タンクから排出される気流にのって重力沈降機に運搬される。径の大きな粒子はここで回収されるが、径の小さな粒子はさらに気流によって運搬され、サイクロンやバグフィルタで回収される。フレームジェットだけの動力で粒子の運搬が不可能な場合には、吸引ブロワで吸引し粒子の運搬を補助する。

3. 実験結果

表1に実験結果を示す。

圧縮空気圧力は0.61MPa、処理温度は300℃～375℃、燃料流量0.09～0.191/minである。

表1で使用されている主なパラメータの定義を次に述べる。

1)空気過剰係数

＝実際に供給した空気流量／理論燃焼混合比での空気流量

（例えば、空気過剰係数1.5は理論燃焼混合比の5割増しの空気量を供給することを意味する。）

2)伝熱容量係数（ha：Kcal/m**3/h/K）

$$ha = Cw * Gw / V / Td \quad \cdots\cdots (1)$$

ここで、Cw：水を常温から処理温度の水蒸気にするのに要する熱量（Kcal/kg）

Gw：蒸発水量（kg/h）

V ：処理タンク容積（m**3）

Td：温度差（K）

3)熱効率（η ：%）

$$\eta = Cw * Gw / Hk \quad \cdots\cdots (2)$$

ここで、Hk：燃料の発熱流量（Kcal/h）

これらの実験結果の中で、実験条件の似ている実験No.01、No.03、No.04のデータにつき図示すると、図4、図5のようになる。図4は処理温度と伝熱容量係数の関係を示している。処理温度が300℃の場合、伝熱容量係数は520(Kcal/m**3/h/K)となっている。図5 は処理温度と熱効率の関係を示している。熱効率は50%以下と低い。これは、本処理システムでは、高温の排気流をそのまま大気に放出しているためである。今後、本システムの実用化を考える場合には、排気熱を

原料の予熱に使用する等の熱効率向上のための対策が必要となる。

（注：本実験では処理後の水酸化アルミスラッジの温度を測定していないので、この分の熱量は計算から除外してある。したがって、実際の熱効率はこの値より大きくなるものと思われる。）

図6には、産物の粒度分布測定例を示す。ふるい通過分50%粒度は250μm、同じく80%粒度は600μmである。

表1　実験結果

実　験　No.	01	02	03	04	05
空気流量（Nm**3/min）	2.481	−	2.481	2.432	1.168
空気圧力(MPa)	0.61	−	0.61	0.61	0.61
空気過剰係数(-)	1.603	−	1.603	1.485	1.426
処理温度（℃）	375	350	337	300	300
処理速度（kg/min）	1.11	1.57	1.35	1.88	0.90
燃料流量(ℓ/min)	0.17	0.19	0.17	0.18	0.09
原料水分（%）	76.8	84.5	76.8	76.8	78.5
産物水分（%）	20.9	17.4	16.5	22.2	16.0
伝熱容量係数 (Kcal/m**3/hr/K)	263	472	377	525	288
熱効率（%）	33.3	49.8	42.6	49.6	54.4

備考：実験No.2のみブロワ吸引あり

4. 考　察

本乾燥システムの特長を検討するため、他の乾燥機での伝熱容量係数と本システムでの伝熱容量係数とを比較してみる。図7は、回転乾燥装置での凝集粒径と伝熱容量係数および今回の実験結果をひとつにまとめたものである。回転乾燥装置では粒子の凝集により粒子径を0.5㎜以下にすることは難しい。また、その場合の伝熱容量係数は200(Kcal/m**3/h/K)程度である。これに対し、フレームジェット乾燥機では凝集粒子径をさらに小さくでき、その結果伝熱容量係数も増加している。

このことから、フレームジェット乾燥機の特長は、乾燥プロセスと同時に進行する高速噴流による気流粉砕（あるいは気流解砕）にあることが分かる。

今後このようにして乾燥処理された水酸化アルミニウムスラッジの再利用用途開発が望まれる。

5. まとめ

本研究で求められた知見をまとめると、次のようになる。

1)フレームジェット乾燥・解砕システムで水分80%の水酸化アルミスラッジを十数%の粉に乾燥する場合のおおよそ処理能力は次の通りである。

処理温度：350℃、処理速度：1.5kg/min、

（この場合の所要燃料流量：0.18ℓ/min、所要空気流量0.24Nm**3/min(空気供給圧力：0.6MPa)）

2)熱効率を改善するには、排気熱の回収利用が必要である。

3)本乾燥システムの特長は、乾燥と同時に進行する、高速噴流による気流粉砕（解砕）である。

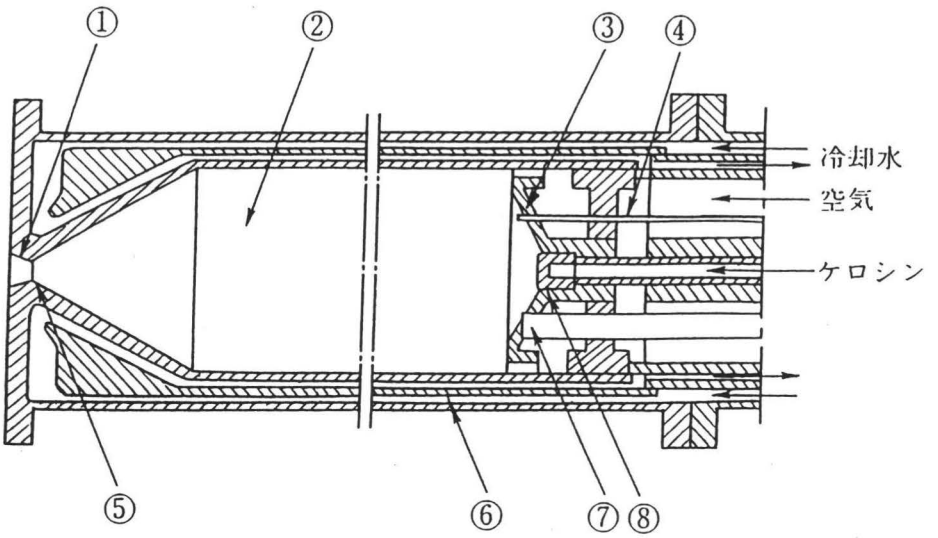


図1　水冷式ジェットバーナの構造
（図中上から）冷却水、空気、ケロシン
①ノズル　②燃焼筒　③スワーラ　④熱電対　⑤スロート
⑥冷却水用内管　⑦点火プラグ　⑧インジェクタ

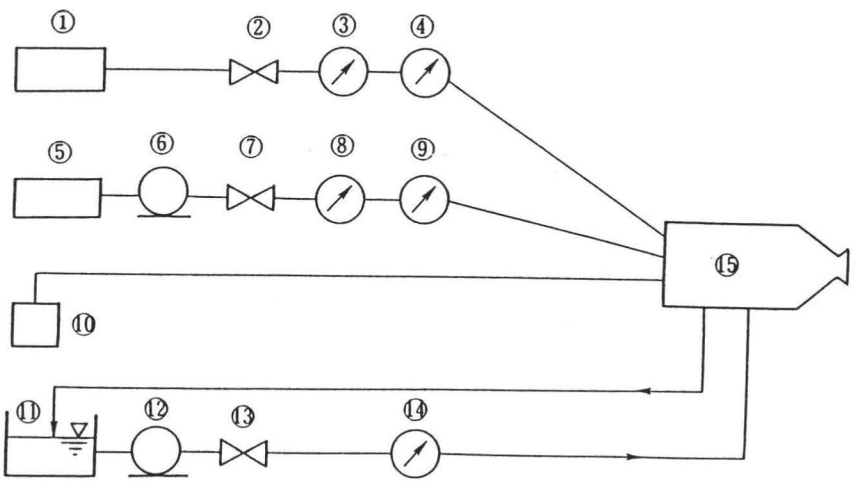


図2　ジェットバーナ運転システム
①コンプレッサ　②制御バルブ　③圧力計　④流量計　⑤ケロシンタンク
⑥ポンプ　⑦制御バルブ　⑧圧力計　⑨流量計　⑩点火用電源　⑪水タンク
⑫ポンプ　⑬制御バルブ　⑭流量計　⑮ジェットバーナ

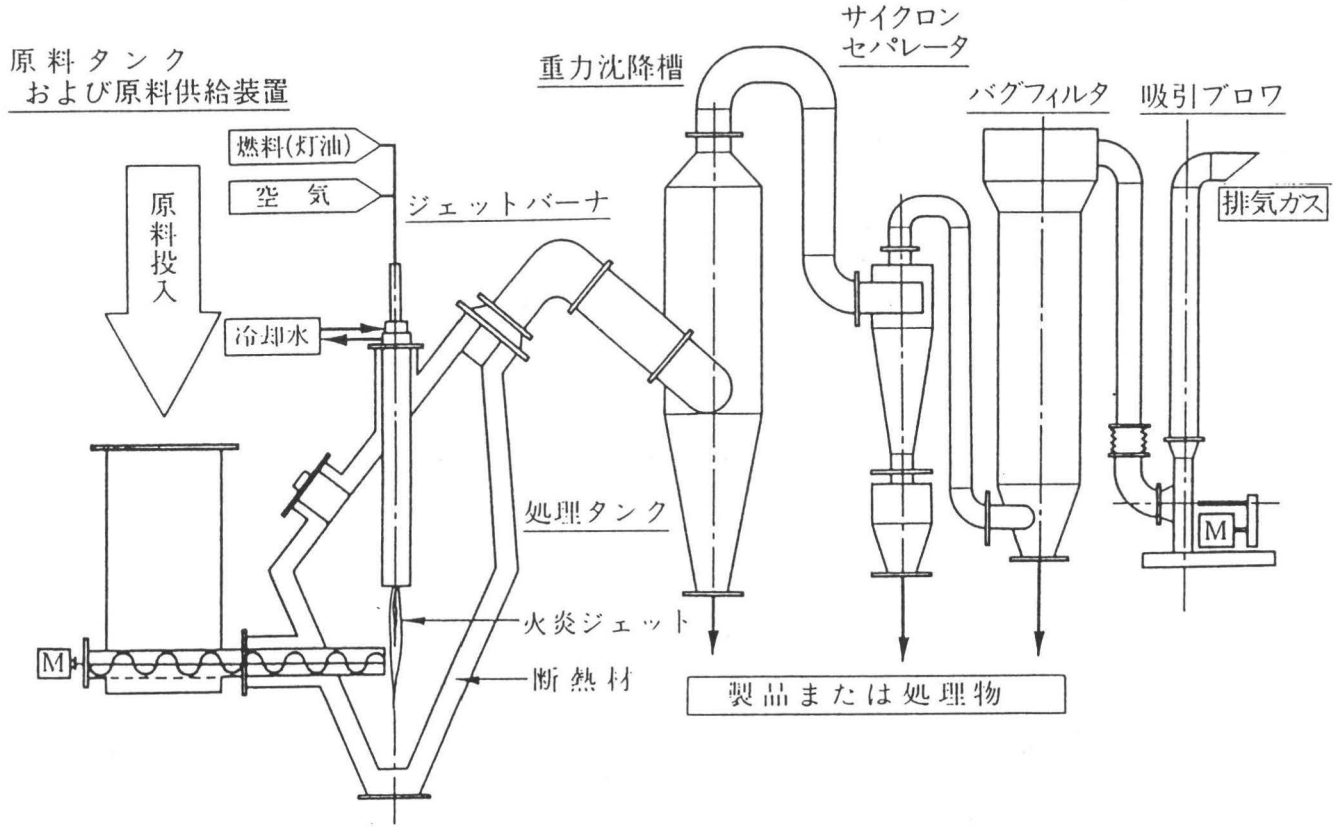


図3　乾燥・解砕システム構成図

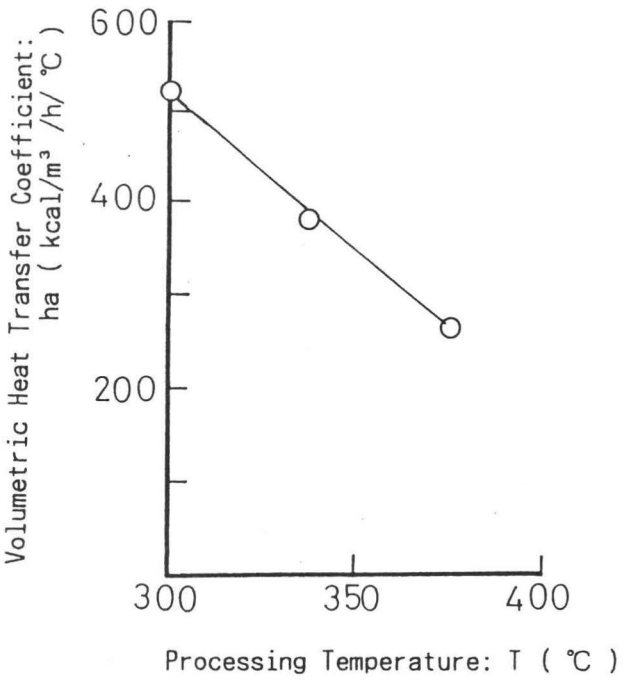


図 4　処理温度と伝熱容量係数の関係

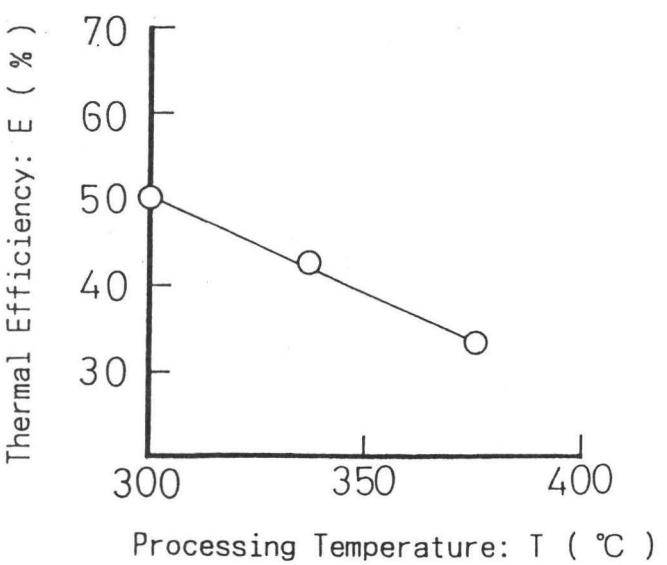


図 5　処理温度と熱効率の関係

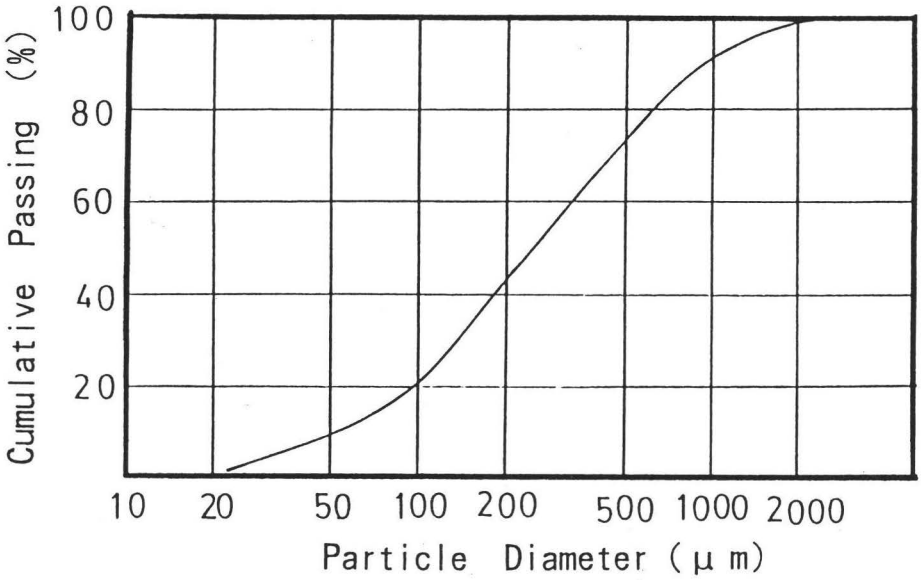


図6　産物の粒度分布

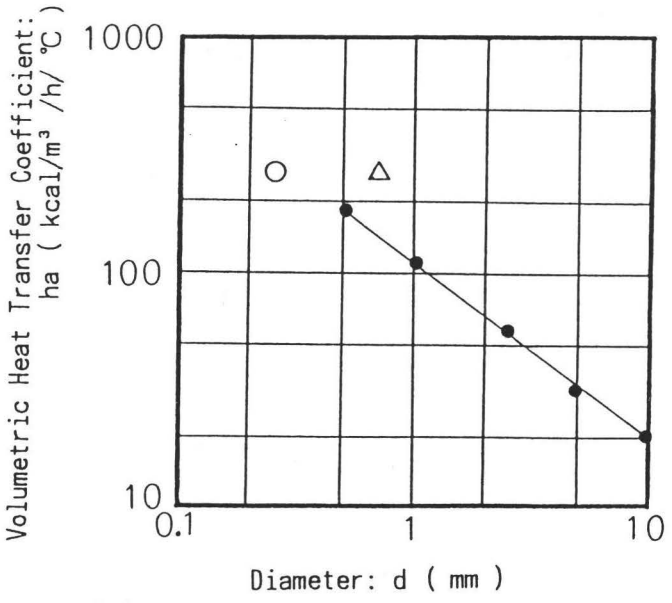


図7　本乾燥機と回転乾燥装置の比較（粒度分布と伝熱容量係数の関係）

●：回転乾燥装置（坂下による）　○：本システム（50%通過分）

△：本システム（80%通過分）

1－4　自然エネルギーを利用した吸放湿壁体システムの通気層の煙突効果と蒸発冷却効果

早稲田大学理工学部建築学科
教　授　木　村　建　一

1. 研究目的

近年の建物は急速に高断熱化、高気密化が進んでおり、室内は高湿になりがちである。そこで、これまで当研究室で開発研究してきた高性能調湿建材を通気層壁体システムとして用いることによってその効果を確認し、また数値シミュレーションによってその有効性を検証する。従来、調湿材は収蔵庫および美術館などの特に調湿を必要とする室内空間に用いられる例が多かったが、本研究においては居住空間への適用をも目的としている。

このシステムは、通気層のもつ日射熱の排出効果と、調湿建材のもつ蒸発冷却効果を組み合わせたものである。通気層内の外壁は日中の日射によって温度が上昇する。この外壁からの熱伝達によって通気層内の空気は暖められ、浮力の効果により上昇気流となる。一般的な中空層の場合、この空気は暖められたまま層内に滞留するが、通気層では下部の開口部より外気が流入、上部より流出することでこの熱を排出することができる。蒸発冷却効果の多くは屋上被土、屋根散水などに応用されているもので、水分蒸発時に潜熱が奪われることを利用したパッシブクーリング手法である。屋上被土の例では、土壌に蓄積された雨水が晴天時に蒸発し、被土表面から日射吸収熱を奪って屋根面の焼け込みを防ぐものとなる。この手法は吸放湿建材についても適用でき、吸放湿性の高い建材ほど蒸発冷却効果は大きい。

本研究で提案する壁体システムでは、外壁には日射吸収率の高い建材を用い、内壁には吸放湿建材を用いる。室内から室外への湿気の流れを作るためには吸放湿建材の通気層側の水分ポテンシャルを室内側よりも低くすることが必要である。つまり通気層側の温度が高く、湿度が低いことが重要である。室内と通気層との湿度比較は単純にはできないが、室内側では人体からの蒸散、調理など加湿の要因が多い。また通気層内の温度は、前述のように日射により室内側より高い状態になる。以上の温湿度の大小関係により、室内から通気層への湿気の流れが可能となる。これは高温多湿な日本の気候に適した涼房法といえる。また、通気層内の空気の流動は材料表面の湿気伝達率を増大させ、表面からの水分の蒸発が促される。ここに通気層と吸放湿建材を組み合わせる意義がある。一つ留意すべき点は、熱が通気層側から室内側へと流れる傾向にあることで、このことを考慮し吸放湿建材には熱拡散が低く、湿気拡散の大きい性質のものを選定すべきである。

これまで九州大学の谷本は壁体内通気層の空気流動を煙突効果のアナロジーとして解き、日射を主とする貫流熱負荷の軽減効果を明らかにしている。また木村は下見板のある土壁の室内・室外の吸放湿効果を涼房の観点から論じている。本研究では土壁を調湿建材に、下見板を通気層に

置き換え、夏を旨とした現代的なパッシブクーリング手法を提案する。通気層は煙突効果のため空気流動が生まれ、ルイスの関係に示されるように調湿建材の表面湿気伝達率が増大し、水分蒸発が促される。この結果、蒸発冷却が行われ、調湿建材の水分ポテンシャル勾配は室内側が高くなり、室内の湿気が建材に吸収される。つまり蒸発冷却効果、煙突効果というパッシンブクーリング手法を複合させ、室内側から室外側への湿気ポンプの役割を壁体に付加する。吸放湿建材の開発および吸放湿建材の収蔵庫への適用はいくつかの報告がなされているが、他の用途への適用例はまだわずかであり、この研究はその可能性を実験とシミュレーションによって確かめることを目的としている。

2. 調湿建材の概要

2.1 はじめに

従来、理想的な熱湿気環境を建築的に調節する上で、建材の果たす役割は大きかった。例えば伝統的な蔵造り民家には厚みのある土壁が用いられており、夏は涼しく冬暖かい空間となっている。このようにマッシブ（重厚）でポーラス（多孔質）な建材には優れた熱的遅れ特性や吸放湿性があり、年間のあるいは一日の熱湿気変動が和らげる効果を持つ。しかしほとんどの工法が湿式から乾式へ移行した今日、このような従来建材を用いることは困難となっている。以上のような状況から、現代建築に適用可能な吸放湿建材の開発・研究が必要と考えられてる。現在の吸放湿建材のニーズは美術館や収蔵庫、図書館の壁面などへの適用にある。調湿建材には年間・日湿度変動の平準化効果があり、これにより空調機の潜熱負荷が低減される。特に収蔵物の多くは相対湿度変動を嫌うので、この有用性は大きい。過去の調湿建材の実際の施工例はまだ数少ないが、美術品を仮保管する収蔵庫に上記のゼオライトパネルを採用した例があり、湿気環境ストレスを和らげる効果があることが報告されている。

当研究室では2年間に亘り、塩化物を含浸させた高性能吸放湿建材を研究・開発した。この調湿建材の特徴として、(1)含浸により強力な吸放湿性能を発揮、(2)含浸量の増減で吸放湿性能が調節可能、(3)ある程度の吸水性と含浸薬剤に対する耐性があれば基盤建材を選ばない、等が挙げられる。現在では、薬剤、基盤建材の選定の指標となる物性値の測定まで研究が進んでいる。結果としてこれらは在来建材に比して非常に高い吸放湿性能を示し、土壁などの代替品というよりはむしろ発展的な機能性建材と呼ぶべきである。

また筆者の研究室では、従来より太陽エネルギー利用の除湿システムの開発にも携わってきた。これは化学吸湿剤として塩化リチウムを用い、空気が塩化リチウム水溶液内を通ることで空気中の水分を除去するものであるが、水分吸着能力の低下した塩化リチウム水溶液を太陽熱を利用して高い濃度に再生するところに特徴があり、また省エネルギー型涼房システムとして注目されてきた。

前述の塩化物を含浸させた建材の開発は、この塩化リチウム除湿システムの流れを汲むものである。吸放湿建材は従来、収蔵庫内の調湿建材として用いられてきたが、当研究室の開発した建材はその強力な吸放湿性から他の用途への適用が期待される。本研究では、このシステムを建材という形に置き換えることでアクティブからパッシブというクーリング手法に移行させ、さらに現代建築への適用範囲の広いシステムを考案する。

2.2　当研究室におけるこれまでの研究

まず建材や薬剤の種類および含浸量を種々変えながら検討した結果について報告する。また建材に薬剤を混入する含浸以外の方法の検討について報告する。引き続き、各建材の平衡含水率曲線を示し、また薬剤を含浸させた建材に関する評価法として単位LiCl当たりの吸着水量および飽水度を提示、検討した。

2.2.1　吸放湿特性の測定

2.2.1.1　研究方法

使用材料については含浸の基盤となる建材にはケイ酸カルシウム板系2種、石材系3種を取り挙げた。ケイ酸カルシウム板Aはファイバ繊維を含み、通常品より吸放湿性が高い。ケイ酸カルシウム板Bは強度を高めるための樹脂を含む。石材には、砂岩として砂粒子の粗いものと細かいもの、および火成岩系石英粗面岩である抗火石を選定した。これらは主に内装に用いられる。試験体の表面寸法は抗火石を除きすべて30cm×15cmである。薬剤にはLiCl、$MgCl_2$（塩化マグネシウム）、$CaCl_2$（塩化カルシウム）の3種を用いた。また含浸以外の建材の混入方法として、セメントと水を練り混ぜる際にLiClを混和させたモルタル板を検討した。各建材ごとに比較のため薬剤無含浸の試験体を用意した。各試験体は2表面を残しビニルテープ等で断湿した。試験体は計19枚である。寸法、含湿量水準等をまとめて表1に示す。

表1　混入量の水準設定値と実際の値、寸法など

含浸薬剤			LiCl					$MgCl_2$		$CaCl_2$		無含浸	絶乾重量 [Kg/m³]	吸水量 [Kg/m³]	横 [mm]	縦 [mm]	厚さ [mm]
目標とした含浸量〔kg／m³〕			100	80	75	50	40	100	50	100	50						
実際の建材の種及び混入量	ケイ酸カルシウム板A		98.1		73.7	50.8		103.2	50.1	104.4	51.3	○	585.5	735.0	299	149	11.7
	ケイ酸カルシウム板B				73.5							○	523.0	796.0	301	151	11.7
	石材	粗粒砂岩			66.6							○	1538.6	322.0	300	150	30.0
		細粒砂岩			69.7							○	1723.6	237.9	300	150	20.0
		抗火石			16.7							○	1014.5	123.1	150	150	30.0
	モルタル板			55.8			29.3					○			300	300	14.0

測定項目については、既報と同様に、試験体に温湿度励振を与えて単位温湿度変化に対する吸放湿量κ'[g/m³(g/kg)]、ν'[g/m³℃]を求めた。

実験手順は，初期状態に制御された恒温恒湿槽内の棚に試験体を置き、恒量に達するのを確認した後、「初期状態→加温実験（STEP1)→加湿実験（STEP2)→加湿実験（STEP3)→加温実験（STEP4)」の実験スケジュールで温湿度励振を与えた。槽内の温湿度は10分毎に自動計測した。建材の重量計測は、ほぼ1日毎に行った。実験終了後、絶乾重量を求めた（上表参照）。実験は1994年7／6から12／3まで行った。

2.2.1.2　実験結果及び考察

STEP2(加湿実験）の単位体積当たり重量変化の単位応答特性は、建材を比較すると全般的に含浸量が等しい場合はケイ酸カルシウム板のほうが石材よりも吸放湿性が大きいことがわかる。薬

剤種の比較では、3種の薬剤の中ではLiClが最も吸放湿量が多く、$MgCl_2$は他の薬剤と比較して定常に達する時間が早い。薬剤含浸量が多くなるにつれて吸放湿量も多くなるが、定常に達する時間は長くなる傾向にある。モルタル板については薬剤混入の試験体と無混入のものとの重量変化の間に有意な差異は認められず、含浸による方法に比べ吸放湿量が極端に少ない。このことからモルタルに薬剤を混和させる方法は適当ではないことがわかった。またモルタル板は応答が遅いため、指数二項回帰を用いて定常値を予測した。

モルタル板を除く各試験体の温度変化および湿度変化に対する単位体積当たり吸放湿量κ'[g/m³(g/kg)]およびν'[g/m³℃]を単位体積当たりの薬剤含浸量L[kg/m³]と対応させて考察すると、LiCl以外の$MgCl_2$、$CaCl_2$についても含浸量とκ'、ν'との間には強い相関がみられる。LiClが単位含浸量に対して最も高い吸放湿性を示しており、以下$MgCl_2$、$CaCl_2$の順となっている。ケイ酸カルシウム板2種の間でκ'、ν'の差異はなく、石材の吸放湿性はこれらに比べるとかなり低い。

2.2.2　平衡含水率の測定と薬剤含浸建材の評価

まず相対湿度に対する平衡含水率の変化を考察する。平衡含水率に対する温度の影響は通常の建材より大きいものの、含水率の値はほぼ相対湿度で決定される。また高湿度になるにつれて相対湿度に対する含水率の傾きが大きくなる。つまり高湿度域では、κ'、ν'の値は増大する。以上のような点では薬剤含浸の建材も一般の建材と同様の含水率挙動を示すことがわかる。薬剤を含浸させた建材を比較してみると、全般的に高い含水率域にある建材ほど、全相対湿度にわたって含水率の傾きが大きく、従って吸放湿性能が高いといえる。

含浸量が等しくても基盤の建材ごとの吸放湿性能の増加分には差がある。また上述のように中湿度域（STEP1、STEP2）では吸放湿性能ν'、κ'と含浸量との間には強い相関が認められたが、高湿度域（STEP3)ではこの相関が若干弱まる傾向が見られる。そこでLiCl含浸で向上した吸放湿性能を評価する手法として、LiCl水溶液そのものを基準の性能にとり、建材内部のLiClの吸放湿性能を比較してみた。LiCl水溶液はある温湿度の空気に対して平衡な濃度となるが、このことを単位LiCl重量に対する水分量で表現してみる。建材内のLiCl含浸によって増加した水分量は

〔含浸建材内のLiClの吸着水量〕＝〔含浸建材内の水分量〕－〔無含浸建材内の水分量〕として求め、単位LiCl重量に当たりに換算する。これらを単位LiCl重量当たりの吸着水量とし、絶対湿度との関係を考える。石材系建材についてみると、絶対湿度が高くなるにつれて建材内のLiClの吸放湿性能が劣化する傾向が認められ、また全湿度域にわたって劣化の程度が大きい。またケイ酸カルシウム板Aでは高湿度域において、含浸量が多いほど吸放湿性能の劣化が見られるものの、LiCl水溶液とはほぼ等しい吸放湿性能を発揮している。含浸によって向上する温湿度に対する吸放湿性の挙動は、LiClの本来の性質に帰するところが大きく、またケイ酸カルシウム板系建材はLiCl本来の性能が低下しないという点で含浸に適した基盤建材といえる。

また建材にはそれ以上水分を材内に保持することができない飽水の状態がある。本手法により建材は薬剤の含浸量を増やすことで吸放湿性能を向上させることができるが、水滴落下などの危険性を考えると建材としては飽水状態を越えることは望ましくない。そこで、薬剤含浸量の上限の目安として、建材の飽水の度合いを取り上げ、以下の式で飽水度を定義した。飽水度とは建材の含む水分量と吸水量との比較であり、

$$〔飽水度〕＝\frac{〔建材重量〕－〔薬剤含浸量〕－〔含浸前重量〕}{〔吸水量〕}$$

〔吸水量〕＝〔飽水建材重量〕－〔含浸前重量〕

ただし、飽水建材重量とは本実験に先だって求めた24時間吸水させた各試験体の重量であり、含浸前重量とは25[℃]、50[%]に対する建材重量である。本実験で最も高湿度だったSTEP3(加湿実験）終了時、相対湿度87[%](温度25[℃]、絶対湿度17[g/kg])での各建材の飽水度と単位体積当たりの薬剤含浸量の関係を考える。石材系建材はケイ酸カルシウム板系建材に比べて飽水度が高い。LiCl含浸のケイ酸カルシウム板Ａには飽水度と薬剤含浸量に強い相関が見られる。薬剤含浸量が多いほど高い吸放湿性能が得られるが、反面、これに伴って飽水の危険性も高まる。したがって薬剤含浸量に対して飽水度の低いケイ酸カルシウム板系の建材が石材系に比べて基盤として適当と考えられる。さらに建材内LiCl吸放湿性能と飽水度の間には関連性が見られる。建材種を比較すると、吸着水量の上昇順と飽水度の下降順がほぼ一致することから、飽水性の低い建材つまり吸水量の高い建材のほうが建材内のLiClの吸放湿性能がよく発揮されるといえる。また同一建材でも飽水度の高い温湿度域ではLiClの吸放湿性能が低減している。飽水度の低い状態の方が建材内のLiClの吸放湿性能が劣化しない傾向にあるといえる。

3. 本壁体システムの実験的考察

3.1　実測概要

実験装置は、高さ1800[㎜]、幅900[㎜]、奥行き900[㎜]の箱状のもので、壁の１面を外壁にサイディングを、内壁に調湿建材を用いた壁外システムを施工した。その他の壁、床、天井の５面はスタイロフォーム、ビニルシートで完全に断熱・断湿した。熱除去効果を定量化するために、通気層と調湿建材とを組み合わせた壁体、これと同様な形状で、中空層のある壁体、また通気層で調湿建材の室内側にグラスウールのある壁体、以上３種それぞれに塩化カルシウムを含浸させた調湿建材と無含浸の建材を使用した。この６つの異なる形状の壁体を持つ実験装置を屋上に設置し、室内側の環境を比較検討した。期間は７月21日から９月17日までの58日間である。

測定項目は外乱側の日射、湿度、放射、気温、風速、室内側の湿度、放射、温度、風速、通気層の外壁外気側表面温度、外壁通気層側表面温度、内壁通気層側表面温度、内壁室内側表面温度、湿度、放射、温度、風速である。以上のデータはパソコンで自動制御されたロガーを介し、全てフロッピーディスクに記録される。

3.2　実験結果及び考察

通気層壁体（グラスウールあり・なし）の室内温度、室内絶対湿度をそれぞれ塩化物含浸の有無、天候の差異で比較すると、晴天日におけるグラスウールのない壁体の室内温度は昼間、含浸壁体が無含浸壁体より低く、夜間は０～１[℃]高い。しかし曇天日においては含浸壁体と無含浸壁体との室内温度変動の差は小さい。１日の室内温度変動はグラスウールのない含浸壁体が最も安定している。一方、室内絶対湿度は含浸壁体が通気層無含浸壁体を下回っている。また無含浸の室内絶対湿度は１昼夜で約25[%]の変動があるのに対し、含浸壁体は変動幅が約15[%]で１日中安定している。次に、グラスウールのある壁体は日射による貫流熱が室内にこもり、通気層より室内温度の方が高くなった。従って、湿気は通気層から室内へ向けて移動すると考えられるが、調湿建材の両側表面温度を比較すると室内側（グラスウールとの接面）の方が低く、調湿建材内では室内から通気層の向きに湿気が移動していると考えられる。グラスウールのある壁体は湿気

排出効果は認められるものの全体的に温湿度が非常に高い。

次に1995年８／20～30の11日間の室内温度について、含浸壁体、無含浸壁体それぞれ昼間と夜間に分けて分布を考察した。グラスウールのない壁体は、蒸発冷却効果による温度低下が確認される。グラスウールのある壁体は室内の熱が外気に伝わるのを遮断するため室内温度は通気層壁体より全体的に約５[℃]高い。

同様に、室内絶対湿度について分布を考察すると、グラスウールのない壁体は、含浸による調湿効果が現れている。グラスウールの有無による分布状況は似てるが、室内絶対湿度はグラスウールのある壁体の方が全体的に２[g/kg]程度高く、グラスウールのない壁体の方が室内の除湿を効果的に行っていることを示している。

また1995年８／20～30の11日間の室内相対湿度と室内温度を１時間ごとに平均し、各装置について考察した。全体的に室内相対湿度が高いとき室内温度は低く、逆に室内温度が高いとき室内室内相対湿度が低い傾向にある。グラスウールのある壁体に比べてグラスウールのない壁体の方が室内相対湿度・温度の分布幅が狭い。従ってグラスウールのない壁体（特に含浸壁体）はより安定した温湿度環境を室内に与えている。グラスウールのある壁体は分布幅が広く、含浸・無含浸壁体で室内温度が同じでも室内相対湿度は無含浸壁体の方が高い。

4. 本壁体システムの数値シミュレーション

4.1 計算概要

内壁・室内についての熱湿気収支式と屋根・外壁・床についての熱収支式をたて、それを行列演算し、後退差分法で解いた。建材は一次元で扱い、実験の測定値から、通気層内の上部・中部・下部空気温度、サイディング（外壁）の通気層側表面温度、外気温度、コンクリート（地面）表面温度、通気層内絶対湿度、水平面日射量を６分ごとに入力値として与えた。

吸放湿建材（調湿建材）は上部、中部、下部に分け、断面をそれぞれを20分割に、非吸放湿建材（屋根・外壁・床）は５分割して温湿度変動を離散化した。外表面熱伝達率は、ユルゲスの式により風速を考慮した値を用いた。それに伴って湿気伝達率は、ルイスの関係より求めた。サイディングと内壁、スタイロフォーム（外壁）と内壁、外気と屋根及び外壁、においてふく射による熱交換を考えた。また屋根面に関しては、日射による熱収支も考慮に入れた。

4.2 計算バリエーション

代表的な３つの物性値を取り上げ変化させた。表２に示すように実際に行った実験の含浸壁体の物性値を標準ケースとした（＊標準ケース）。ただし調湿建材の湿気伝導率は中尾の動的測定法に基づき実験より求めた。

表２　計算バリエーション

調湿建材の$CaCl_2$含湿量 [kg/m³]	0	56.9＊	100
調湿建材の厚さ [mm]	8	12＊	24
調湿建材の湿気伝導率 [kg/m²h(g/kg)]	7.65×10^{-6}	7.65×10^{-5}＊	7.65×10^{-4}

4.3　計算結果

4.3.1　実測と計算値の比較

室内空気温度と室内絶対湿度に関して実験値を見ると含湿壁体の方が無含湿壁体に比べ昼間の室内空気温度、室内絶対湿度の上昇を抑えていたが、シミュレーションの結果もこれと定性的に一致した。これは晴天日も曇天日も同じことが言える。

これまでの研究と合わせた物性値の決定や、実験時の状態の変化などによって確実な物性値を求めることは困難であった。よって比較照合においての誤差はこれらの理由によると思われる。実際に計算で用いた物性値などの値を表3に示した。

最も問題となる調湿建材の吸放湿係数に関しては、実験の調湿建材の通気層側表面温度と室内側表面温度の平均温度と、通気層内絶対湿度と室内絶対湿度の平均湿度を求め、それらよりそれぞれ含湿・無含湿の平衡含水率曲線によって求めた。

表3　計算に用いた値

	単　位	無含浸壁体	含浸壁体
調湿建材の吸湿係数	kg/㎥(g/kg)	1.6734	8.0658
調湿建材の放湿係数	kg/㎥℃	1.6248	7.8661
調湿建材の空隙率	㎥/㎥	0.73633	0.73633
比熱	kcal/kg℃	0.23228	0.23228
室内側表面熱伝達率	kcal/ ㎡h℃	4.0	4.0
室外側表面熱伝達率	kcal/ ㎡h℃	7.4	7.4
室内側表面湿気伝達率	kcal/㎡h(g/kg)	16.3 e-3	16.3 e-3
室外側表面湿気伝達率	kcal/㎡h(g/kg)	29.6 e-3	29.6 e-3
熱伝導率	kcal・m/㎡h℃	0.13	0.20
湿気伝導率	kcal・m/㎡h(g/kg)	5.21 e-6	3.54 e-6
蒸発潜熱	kg/㎥	585.5	585.5

4.3.2　含浸壁体と無含浸壁体の湿気移動

実験では見られない調湿建材内部の含水率分布および表面の湿気移動について計算により検討した。含水率分布は、含浸壁体の方がかなり高い値を示し、またその時間的変化が大きいことが分かった。また含浸壁体の方が通気層側の吸放湿が明らかに激しく、壁体内の湿気移動も活発に行われている。

4.3.3　含浸壁体と無含浸壁体の総括熱伝達量

含浸壁体と無含浸壁体における通気層側からの吸収熱と室内側への貫流熱について検討した。空気と塗れた表面との接触面において、熱移動と物質移動が生じているため、対流による熱伝達量、物質移動による熱伝達量、そしてこれらの和で表される総括熱伝達量に分けて考えた。無含浸壁体に比べ含浸壁体は、吸収熱を見ると日中は対流による熱伝達量および物質移動による熱伝達量が大きい。一方貫流熱を見ると、含浸壁体と無含浸壁体とでその変動レンジはほとんど同じだが、昼間の積算貫流熱は含浸壁体の方が小さい。このことより含浸壁体の方が昼間の室内空気温度の上昇を抑えることが分かる。

4.3.4　調湿建材の厚さによる温湿度変化

調湿建材の厚さによる温湿度変化についてみてみると、室内空気温度はどの場合もほとんど同じ変化だが、室内絶対湿度は厚さによる遅れが見られた。

4.3.5　湿気伝導率を変化させた場合

湿気伝導率を変化させた場合の室内温湿度変化は、湿気伝導率を標準ケースの10倍にすると、昼間の温湿度の上昇をより抑えることが分かった。また湿気伝導率を標準の10倍にした場合の含水率分布および湿流を見てみると、通気層側表面の吸放湿がより活発に行われていることが確認できた。

5.　結論および今後の展望

以上、高性能調湿建材の開発にあたり、まず薬剤や建材、物性的な検討を行い、次に実測、計算による検討を行ったが、以下にその結論を示す。

(1)　LiCl以外の他の薬剤、$MgCl_2$、$CaCl_2$についても含浸により吸放湿性能が飛躍的に向上することを確認し、また向上する吸放湿性能は薬剤の含浸量により調整可能であることを示した。

(2)　基盤となる建材としては石材系材料よりもケイ酸カルシウム板系の方が単位体積当たりの薬剤含浸量に対して高い吸放湿性能を示すことがわかった。

(3)　高性能調湿建材の実際の使用に際して基礎的資料となる周囲空気に対する平衡含水率曲線と建材単位体積中の薬剤含浸量に対する飽水度との関係を明らかにした。

(4)　基盤となる建材としては、含浸量に対する性能向上性と飽水の危険性の両面から見て、吸水量の大きいケイ酸カルシウム板系の建材が石材系より優れていることがわかった。また今後の課題として、本高性能調湿建材を実際の調湿設計に用いる際に必要となる吸放湿性能の最適値予測計算手法の確立が重要となる。

(5)　実測において、グラスウールのない壁体に塩化カルシウムを含浸させた場合、無含浸の壁体より室内温度、室内絶対湿度に有意な差を生じた。

(6)　またグラスウールのある壁体においては、室内温度・室内絶対湿度とも含浸、無含浸にかかわらずグラスウールのない壁体より良好な結果は得られなかった。

(7)　計算シミュレーションの結果、含浸壁体は無含浸壁体に比べ以下の特性を有することが確認され、内壁に調湿建材を用いることによって蒸発冷却効果が促進され、室内における温度および絶対湿度の上昇を抑えられることが明らかとなった。

○ 通気層と壁体の間での熱と湿気の伝導量が大きく、日中において総括熱伝達は内壁から通気層へ向かって行われる。
○ 日中の室内への積算貫流熱量は小さく、室内の温湿度を緩和する。
○ 壁体内の湿気移動が円滑であり、室内絶対湿度の上昇を和らげる。
○ 内壁の湿気伝導率が大きいほどこれらの効果も大きくなる。昼間には一時的に室内の熱が内壁に吸収される現象も見られる。

以上、高性能調湿建材の開発にあたって、物性的な研究から、実際に通気層との併用による壁体システムにまで発展させ研究を行ったが、このシステムの有効性が確認できた。

今回の研究では、主に夏期における実測検討を行ったが、実用化に向けて冬期の断熱特性、蓄熱特性の検討も必要である。したがって、通気層と中空層の併用による年間を通しての適用、さらにはより実際の建築に近い条件での実測検討を行うことによって、今後さらにこの壁体システムを発展させることができ、パッシブな適用範囲の広いシステムとなると考えられる。またコスト面や耐久性、快適性の吟味も必要である。つまり材料・施工費用や短・長期間の吸放湿性能および耐久性、室内における快適性の検証が不可欠である。このような観点から実用化に向けてはまだ検討の余地があるが、現代建築への適用の第一歩と考えられる。

1－5　住宅用空調パネルの性能評価

長岡技術科学大学機械系
教　授　梅　村　晃　由

1. 本研究の背景と目的

日本海沿岸の都市にあって、屋根雪の処理は大きな問題であるが、柳雄一氏（新潟県川西町在住）は、折版の陸屋根の裏面に暖房後の空気を流し、表面の積雪を融解するとともに、裏面に生じた結露を排出する方式、いわゆる柳式屋根を完成、十数年間に700棟を越える施工で好評を得た。この方式を傾斜屋根にも使いたいと言う要望に応えて、同氏は、多数の六角形の突起とその間の溝からなる樹脂フォーム上に、金属板を張ったパネルを考案し、これを用いた屋根をスーパールーフと呼んだ[1) 2)]。我々は、この構造に注目し、簡単な伝熱計算をおこなったところ、このパネルには、熱交換器および除湿器としての、幅広い性能を与えることが可能、と考えるようになった[2)]。そこで、これを空調パネルと呼ぶことにした。一方、このことに気づいていた柳氏は、このパネルを屋根だけでなく、床にも、内壁にも、外壁にも用いることを考えた。

この研究の目的は、この新しいパネルが、屋根や床や壁として用いられる条件下で、どれだけの熱交換および除湿の性能を有するかを評価し、実用化への道を開く事である。

2. 研究の方法と実施経過

1)　まず、このパネルによって行われる交換熱量と除湿量を計算するための、熱と物質移動の理論式を誘導した[4)]。

2)　つぎに、108×94cm（1.01㎡）のパネルを用いて模擬屋根をつくり、これを恒温室に入れ、屋根上には雪を載せ、パネル内には所定量の暖房空気を流して、出入り口の空気の温度と湿度を測定した。また、そのときの融雪量を測定した。この実験値を理論値と比較して、理論式の妥当性を見た[4)]。また、このパネルの屋根融雪装置としての性能を評価した。

3)　つぎに、この理論式を用い、六角形の突起の溝の寸法を変えた種々のパネルの融雪性能を、数値計算によって調べ、最適条件を求めた[6)]。その結果、ある一つの寸法のパネル（一辺30㎜の正六角形の突起を90㎜の間隔で配置し、溝寸法を９㎜したもの）が、広い範囲で良好な性能を示すことが分かったので、計画時に予定した新しいパネルの製作をとりやめ、この一種類に限定して研究を進めた。

4､5)　このパネルを床および外壁に用いた場合の性能は、簡単な伝熱計算で、およその値が知られる。計画では、詳しい性能を、実験室規模で、数値計算と実験によって評価する予定であったが、次に述べる実際家屋での実験に予想外の資金と労力が必要としたため、実験室規模での研究は取り止めた。

6) 既存木造家屋（一階屋根面積35㎡、２階屋根面積65㎡）の屋根をこのパネルで葺き、春と秋の日射の有るときに、外気を流し室内に取り入れることによって、暖房として用いる場合の太陽熱吸収の集熱効率を調べた[5]。また、冬季に屋根雪が積もった段階で、室内で石油ストーブを炊き、室内空気をパネルに送って、融雪をおこなった時の、融雪性能を調べた[7]。

また、この家屋の一つの部屋の床と壁の一部にパネルを貼って、ここに、石油ストーブの排気を送って、床や壁としての暖房の効果を調べた。

3. 得られた成果

1) パネルの上に雪が載って、パネル表面の金属板の温度が０℃と見なされる状態で、パネルの一端ｘ＝０から他端ｘ＝Ｌに向かって暖房空気を流すとき、入り口の温度Tinとｘの位置での温度Txとの比は、

$$Tx/Tin=Exp[-(x/dc\rho)(0.5h_1/u_1+1.33h_2/u_2) \quad (1)$$

と表される。ここで、ｄは溝の深さ、ｃは空気の比熱、ρは空気の密度、ｈは金属板と空気との間の熱伝達係数、ｕは溝内における空気の流速である。そして、添え字１および２は、それぞれ、ｘ方向の溝と60度傾いた溝の値であることを表す。ｕは六角形と溝の寸法と流す空気の流量から決められ、ｈは乱流熱伝達の実験式を用いて決められる。

同様に、ｘの位置での絶対湿度Wxと入り口での湿度Winとの関係は、

$$(Wx-Wo)/(Win-Wo)=Exp[-x/d)(0.5h'_1/u_1+1.33h'_2/u_2)] \quad (2)$$

と表される。ここで、Woは０℃の空気の飽和湿度であり、ｈ'は乱流の物質伝達率で熱伝達との相似則を用いて決められる[4]。

2) 上記の関係式は、空気流量を0.1～0.3㎥/min/m、入り口温度を10～18℃、湿度を37～84%の範囲を変えて、パネル内の10㎝毎の温度と出口の湿度を測定してチェックした。その結果、測定値は上式による計算値とよく一致した[4]。

住宅屋根を想定して、換気空気流量、パネル寸法等の数値を上記の式に代入すると、パネルの入り口と出口の温度差および湿度差は、容易に達成できる値であり、この温度及び湿度の変化に伴って、パネルから放出される熱量は、豪雪地域の屋根融雪に有効な値となることが分かった。

3) 軒先での結露の凍結を避けるため、パネル出口温度を３℃に固定し、入り口温度を20～50℃、入り口湿度を40～80%に変化させ、十日町市の豪雪に堪える融雪能力１kg/(㎡ｈ)を与えるものとすると、必要とする空気流量は、パネル長さにほぼ比例して増大し、その比例係数が入り口温度および湿度の増大にともなって減少する様子が分かった[6]。６角形寸法、６角形ピッチおよび溝寸法をかえると、上記の関係が変化するが、パネル長さ１～３ｍに適用するには、正六角形の一辺30㎜、正六角形ピッチ90㎜のパネルが、ほぼ満足すべき値と見られた。

6) まず、春と秋の日射のある日において、南側屋根に用いた21㎡の空調パネルに、135㎥/ｈの空気をとりいれたとき、空調パネルの集熱量は、日射量の約10%であった。この集熱効率は空気流量とともに増すが、熱収支式を用いて推測すると、約30%が限度とみられた[5][7]。

つぎに、積雪のある南側または北側屋根に、70㎥/ｈの流量で石油ストーブで暖められた室内空気を流す。１日目は、6.5ｈで、空気の温度と湿度から換算した供給熱量は、3080

kcalで38.5kgの雪が解け、２日目は7.5ｈ、3930kcalで49.1kgの雪が解けたことになる。これらの値は、この時間に測定した融雪水量の約40％に相当した。上記の値を屋根面積と供給時間で割ると、融雪能力は、それぞれ、0.28kg/(㎡ｈ)および0.31kg/(㎡ｈ)となり、十日町市で必要とみられる１kg/(㎡ｈ)の３分１程度を賄う事ができる[7]。なお、１kg/(㎡ｈ)の熱で実験した住宅の総ての屋根融雪を行うとすると、8000kcal/ｈの熱量を必要とすることになるが、これはやや大きめの石油ストーブで賄える値である。

床と壁に貼った空調パネルについては、今回は、十分な空気流量が与えられず、その効果を定量的に把握することができなかった。

4. 残る問題点と対策

パネルを室内の床暖房や壁に用いる場合、室内の温度と湿度がどのように変わるかを知るため、パネルの表面に適当な温度分布のパターンを仮定し、パネルの性能と室内環境の関係を知る試みをしたがうまくいかなかった、また、既存の軸組み住宅に床と壁の暖房部屋を作り試験を試みたが、これもうまく行かなかった。

今後は、高気密、高断熱住宅について、適切な住宅を設計してフィージビリスタディを行うとともに、実際に建設して、熱収支やコストの実測を行うことが重要と思われる。

5. 研究発表の実績及び予定

(1) 江藤泰雄、柳雄一、梅村晃由：柳式屋根の融雪除雪効果、雪氷北信越１（ISSN 0198-1474、日本氷学会北信越支部発行）、11号（1993）74頁

(2) 柳雄一、江藤泰雄、梅村晃由：スーパールーフの構造と機能、同上、11号（1993）75頁

(3) 梅村晃由、小沢芳成、柳雄一：空熱式滞融雪屋根（スーパールーフ）の滑雪性、第11回日本雪工学大学論文報告集（ISSN 0913-2295、日本雪工学会発行)、(1994) 73－76頁

(4) 梅村晃由、小沢芳成、柳雄一：空熱式滞融雪屋根（スーパールーフ）の伝熱解析、同上（1994）77－80頁

(5) 梅村晃由、小川隆史、柳雄一：空熱パネルの実用化試験、雪氷北信越（ISSN 0198-1474、日本氷学会北信越支部発行)、16号（1996）96頁

(6) 梅村晃由、小川隆史、柳雄一：空熱パネルの融雪能力に及ぼす寸法効果、1996年度日本氷学会全国大会講演予稿集（ISSN 0919-7346、日本雪氷学会発行)(1996)、15頁

(7) 梅村晃由、小川隆史、柳雄一：建築用熱交換パネルの性能、日本雪工学会または日本建築学会論文集、投稿予定

6. 実用化計画

1997年１月より、本パネルの発明者の経営する㈱柳建築設計事務所で、本パネルを用いた実験住宅の建設が進められている。４月より、この成績を見ながら、同事務所において、市販品の設計を進める予定である。

1－6　雪国のエコロハウス
（雪国の多重効用家屋）

山形大学工学部
教　授　梅　宮　弘　道

1. 緒　言

著者らの研究室では豪雪地域にありながら四季を通じて快適性、経済性に優れ、かつ環境との調和という目的に適う総合的な住空間システムを提案し、エコロハウス（写真１）と名付け研究を行ってきた。一昨年までの井戸水及び、貯湯槽と産業廃材を用いた薪ボイラの組み合わせによる水循環式床冷暖房システムに関する研究では、ｉ）夏冬通して快適な住環境を実現できること、ii）極めて高い経済性を発揮することを報告した。

本研究室の所在する米沢のような地方都市では、大都市型の下水道の普及は、その建設・維持にかかる多額の費用のため非常に困難なものとなっている。そのため大半の家庭では、その代替手段として合併浄化槽を導入している。合併浄化槽で浄化処理された下水処理水は、側溝等の表流水に直接排出されているのが現状であり、これに起因する河川及びその周囲の環境汚染問題は見過ごすことの出来ないものになっている。

このような背景から本研究室ではエコロハウスの建設された米沢市を含む置賜地域のほぼ全体が、その地層の構成要素として泥炭層を含むことに注目した。泥炭層は湿原植物などが枯死・堆積し、部分的に分解・炭化作用が行われたものであり、非常に目が細かく濾過器としての効果が期待できるほか、内部に生息する細菌の嫌気性呼吸による脱窒効果から硝酸汚れの浄化も期待できる。なお、この泥炭層は東北地方に限ったものではなく、極地から熱帯地方に至るまで、世界中に広く分布している地層である。本研究のエコロハウスは、北日本の至る所で見られる泥炭層上に舟形基礎を採用して建築された一般家屋であり、快適性、経済性と環境との調和を目指した住空間システムである。

これらを実現するための一端として、以下のことを提案し研究を行った。

１．１階高床部分を利用し、煉瓦と発泡ウレタンを用いた外断熱工法を提案し、施工法の開発及び実験を行った。

２．家庭規模の人工涵養の一つの手段として、合併浄化槽で微生物により浄化処理された下水処理水を、泥炭自体の目の細かさによる濾過器としての働き、泥炭内部に生息する細菌の脱窒効果による浄化作用などを利用して再び地下水として戻してやる水資源リサイクルシステムを提案し、モデル及び実規模実験を行った。

以上の結果、

1.1 煉瓦と発泡ウレタンによる外断熱工法は、施工方法が簡単であり素人でも施工可能である。

1.2 １階高床のコンクリート壁と煉瓦との間の発泡ウレタンの接着力は、煉瓦１個当たり300

kgにもおよび、鉄筋を入れなくとも耐震に優れている。

1.3 水に浸け含水状態にした煉瓦を凍結と融解とを交互に繰り返したが、凍結破壊は起こらなかった。これより、雪国でも外断熱工法による外壁材として、煉瓦は使用可能である。

1.4 高床式コンクリート壁の熱通過率は1.45[W/㎡K]であったが、外断熱施工後は0.66[W/㎡K]と半分以下となった。

1.5 外断熱工法により、高床コンクリート壁からの放熱量は約60%削減された。

2.1 本研究における水資源リサイクルシステムで、生活排水のＣＯＤがおよそ15[ppm]であったが、平均0.15[ppm] 程度まで減少した。また、多数存在していた一般細菌及び大腸菌も検出されなくなった。下水処理水は飲料水源として再利用可能である。

2.2 泥炭内の脱窒作用を持つ細菌群によって人体に有害な硝酸イオン及び亜硝酸イオンが除去可能である。

2.3 モデル実験において濾過作用のみで考えた場合の泥炭の浄化能力は、その体積の９倍までの下水処理水が限界であることがわかった。本研究で提案した水資源リサイクルシステムの濾過能力の限界は、浄化能力の回復等を考慮に入れない、濾過の進行状況がモデル実験と同様であるという前提の元で105年程度である。

2.4 下水処理水は酸性土壌である泥炭を通過する事によって僅かながらpHの値が酸性に傾くが、飲料水としての基準値を超える程度の影響はない。

2.5 泥炭自体に大腸菌を殺菌する能力はないが、大腸菌は泥炭内で濾過され泥炭層を通過することはできない。

2. 水資源リサイクルシステムの概要

エコロハウスの基礎には舟形基礎を採用している。すなわち軟弱な泥炭上に建設するために、一旦表土を泥炭層上面まで掘り下げ、厚さ0.3[m]程度に粒径の大きい玉石を敷き詰め（写真２）その全面に舟形の土台を設けた後に家屋を建設している。そのため地下0.5～0.7[m]、敷地面積480[㎡] 全体にわたって、水平方向に非常に水はけのよい層が広がっていることになる。

図１にエコロハウス下の地層断面構造と下水処理水浄化システムの流路線図を示す。エコロハウスから排出された生活排水は合併浄化槽内で処理される。本システムでは、排水用の配管を排出口の直前で分岐させ（写真３）、そこから図２に示す農業用の穴あきパイプ（穴部寸法：10×１[㎜]、開孔率：３[%]、開孔面積：48[㎠/m]、吸水率：85～90[%]を敷地の北半周に設置、下水処理水が、一般家庭ではそのまま側溝・河川等に直接放流される所を、ここを経由して敷地全体に散布されるようにした。また、従来の排出口にはヘッド調節用のバルブを設けてある。穴あきパイプから散布された下水処理水は図１の(2)に示す分散領域（玉石層：面積480[㎡]、厚さ0.2[m]）で敷地内に分散された後、図１の(3)の浄化領域（泥炭層：平均厚さ4.0[m]）に浸透・浄化され帯水領域に至り、再び飲料水として汲み上げられる。

3. 泥炭層と微生物

3.1 泥炭層の透水係数

図３のような実験装置を用い、変水位透水試験法によって泥炭層の透水係数を測定した。これは、ボーリングコアチューブをそのまま活用したものである。ある時間ｔ[s] の時の水位管の水位が下降した量を測定して透水係数を求める。試料（泥炭）の長さをＬ[m]、その断面積をA_m[㎡]、水位管の断面積をA_p[㎡]、時間ｔ＝t_2の時の水位管の読みをh_2[m]とすれば、水位下降速度は-dh/dtとなる。負号は時間が経過するにつれて水位が減少することを意味している。

水位管を降下した水量は透水量に等しいので、

Darcyの法則から、

$$-A_p\frac{dh}{dt}=K\frac{h}{L}A_m \tag{1}$$

時間t_1の水頭をh_1、t_2の水頭をh_2として上式を積分すると、

$$-A_m\int_{h1}^{h2}\frac{dh}{h}=K\frac{A_p}{L}\int_{t1}^{t2}dt \tag{2}$$

従って、

$$K=\frac{A_pL}{A_m(t_2-t_1)}ln\frac{h_1}{h_2} \tag{3}$$

となる。これより透水係数を算出する。

図４が日毎の測定結果である。縦軸が透水係数の値、横軸が日付である。日が経つにつれ透水係数が小さくなり徐々に目詰まりが進行している様子がわかる。２／12以降を安定したと見なすと、安定後の平均値は9.6×10^{-8}[m/s]で、緩速濾過砂の$4.5\sim7\times10^{-5}$[m/s][(2)] と比較してもきわめて小さな数値である。このことから泥炭の濾過器としての効果が期待できる。

3.2　泥炭層の微生物

泥炭の浄化作用の原因の一つとして考えられるのが、泥炭層内に生息する脱窒菌と呼ばれる細菌群である。脱窒菌は、好気性環境下では好気性呼吸を行い、嫌気性環境下では硝酸塩がある限り嫌気性呼吸の一つである硝酸呼吸を行う。

合併浄化槽による浄化処理によって、下水排水内の尿素・アンモニア（NH_3）等の硝酸汚れはその酸化物としてもっとも単純な形である亜硝酸イオン（NO_2）や硝酸イオン（NO_3）の形まで分解される。これが泥炭層内の脱窒菌の硝酸呼吸によって、亜硫酸ガス（N_2O)を経て窒素（N_2）まで還元される。以上のような過程で下水処理水の硝酸汚れは除去されると考えられる。[(3)]

写真４は地下および1.5[m]地点より採取した泥炭を純水で希釈し、透過型微分干渉顕微鏡で観察したものである。丸印の囲みがしてあるところに細菌類の動きを確認することができた。ビルケルチェルク氏二重計算盤を用いてその個体数を確認したところ、3.0×10^8[個体/ml]が生息していることがわかった。光学顕微鏡の限界のため今回は形・種類等を特定するまでには至らなかったが、今後は培養実験等でその種類分けを行い次回の研究論文でその結果を報告する予定である。

3.3　泥炭層の浄化装置としての処理能力

泥炭層の浄化装置としての処理能力は図５から以下の手順で求められる。

穴あきパイプ③から泥炭層上面⑥までの水頭差を△Ｈ[m]、泥炭層平均厚さをL_{peat}[m]、泥炭

層の透水係数をK[cm/s] とするとDarcy流速 f [m/s] は、

$$f = K\frac{\triangle H}{L_{peat}} \qquad (4)$$

ここで、下水が散布される敷地面積をA_{nite}[㎡]とすると、Dracy 浸透量Q_d[㎥/s]は、

$$Q_d = A_{nite} \cdot f \qquad (5)$$

となる。よって浄化処理量Q_d'[㎥/day] は、

$$Q_d' = Q_d \times 60 \times 60 \times 24 \qquad (6)$$

本システムではこの値は5.0[㎥/day] である（図5参照）

Waterhead : △H = 5.0[m]
Peat Layer : Lpeat = 4.0[m]
Darcy Flux : f = 1.2×10^{-7}[m/s]
Permeability : K = 9.6×10^{-8}[m/s]
Area of Site : A = 480[㎡]
Daily Amount of Infiltration : Qd' = 5.0[㎥/day]

4. 水質検査

4.1 水質サンプル

下水処理水の泥炭層内での浄化過程を調査するために、深さ方向の水質検査を行った。図6に水質サンプルの採取装置を示す。ボーリングマシン(カノ試錐機KR100型)で直径80[mm]、深さ2500[mm]の測定用の井戸を掘り、1000[mm]、1270[mm]、2360[mm]の測定点の各深さごとにクルミ炭で厚さ100[mm]の水受けを作り、その上下にベントナイトで目止めを行った後、水受け内にストレーナー付きのゴムチューブを埋設した。真空ポンプを用いてガスタンク(1)を一旦真空状態にし、真空ポンプを切り離した後にガスタンク(1)内の真空のみの吸引力を用いて試料水の汲み上げを行う。また、ガスタンク(2)の上部に設けたニードルバルブを用いて吸引力の微調整を行い周囲の泥炭層を崩さぬよう非常にゆっくりとした速度で汲み上げが行えるようにした。

4.2 水質検査内容

水質検査は生活用井戸水、4.1の装置で汲み上げた試料水、及び下水処理水に関し、以下の項目に沿って行った。

4.2.1 飲料水省略試験

水道法に基づく「水質基準に関する省令（厚生省令第56号）」による①硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、②塩素イオン、③ＣＯＤ、④一般細菌、⑤大腸菌群、⑥pH値、⑦臭気、⑧味、⑨色度の９つの水質検査項目に関し、飲料水のみ米沢保健所に委託した。

4.2.2 ＣＯＤ[4]

飲料水の水質基準では10[ppm]以下であることが定められている。本研究室では、過マンガン酸カリウム酸性法によって、その値を測定した。

4.2.3　硝酸イオン（NO_3^-）及び亜硝酸イオン（NO_2^-）[4]

生活排水においては人体より排出された蛋白質やアンモニアなどの窒素化合物の汚れが酸化され、最終的に硝酸イオン、亜硝酸イオンの状態になる。硝酸イオン亜硝酸イオンあわせて10[ppm]以下であることが飲料水の水質基準となっている。本研究室ではイオンクロマトグラフ法によってその値を測定している。

4.3　水質検査結果

4.3.1　飲料水省略試験

表1に4.2.1で述べた飲料水省略試験の結果を示す。塩素イオン・ＣＯＤに関しては基準値を遥かに下回っているのがわかる。そのほかの値においても、いずれも水質基準を満たしている。特に大腸菌・一般細菌が検出されていないことは、良好な結果だといえる。

4.3.2　浄化槽処理能力（ＣＯＤ）

図7に日毎の合併浄化槽の下水処理量を示す。縦軸に下水処理量[㎥]で横軸に日付をとってある。下水処理量の平均値は0.3[㎥]で横線で示してある。それに対応した日毎の処理能力をＣＯＤを用いて図8に示す。縦軸にはＣＯＤ濃度[ppm]、横軸には日付をとっており、三角形でプロットされているのが下水処理水の値、丸形でプロットされているのが飲料水の値である。この二つのグラフから次のことがわかる。

ｉ）合併浄化槽の平均下水処理量は、0.3[㎥/day]である。これは3.3で述べた泥炭層の浄化処理能力を下回っている。

ii）合併浄化槽の処理量の応答が、例えば10／30（図7で左から3本目）の応答が10／31（図8で左から5個目の点）にでているように、１～２日後に処理能力の低下または上昇という形で現れる。

iii）下水処理水のＣＯＤの値はおよそ９～17[ppm]（平均12.4[ppm]）であるが、飲料水のそれはいずれも0.6[ppm]以下（平均0.15[ppm]）である。

4.3.3　ＣＯＤ深さの方向変化

ＣＯＤの深さ方向の変化のグラフを図9に示す、縦軸にＣＯＤ濃度[ppm]、横軸に深さ[㎜]を示す。なお、便宜上横軸の一部(3000[㎜]～14000[㎜])を省略してある。また10[ppm]の所の太い横線は飲料水の水質基準値を表している。ここで、深さ０[㎜]は浄化槽内の下水処理水のＣＯＤを、15000[㎜]は飲料用の井戸水のそれを測定した。このグラフの傾向として、各深さ地点でいくらかのばらつきがあるものの全体的に下降傾向を見せているのが判る。下水処理水のＣＯＤが14～20[ppm]であるのに対し、深さ2000[㎜]を越えた時点で水質基準値である10[ppm]をほぼ下回っていることで泥炭の浄化能力の高さが伺える。

4.3.4　硝酸イオン及び亜硝酸イオン深さ方向変化

硝酸イオン及び亜硝酸イオンの深さ方向変化を図10に示す。縦軸がNO_x^-濃度[ppm]、横軸が深さ[m]であり、測定点及び軸の条件は図9と同様である。また、菱形の点が亜硝酸イオン濃度、三角形の点が硝酸イオン濃度にそれぞれ対応している。亜硝酸イオンは、浄化槽から排出された時点で既に0.5[ppm]と非常に少なく泥炭層内及び飲料水からもほとんど検出できなかった。硝酸は、

合併浄化槽内ではおよそ15[ppm]と、水質基準値を上回って測定されたが、泥炭層内では1[ppm]以下、飲料水では4[ppm]以下であった。

5. 結　言

自然界のいたる所に所在する泥炭層地域を対象とした水質源リサイクルシステムを提案し、実規模実験を行った結果、以下の結論が得られた。

1) 本研究における水資源リサイクルシステムで生活排水のＣＯＤは15[ppm]から0.15[ppm]まで減少した。又、多数存在していた一般細菌及び大腸菌も検出されなくなった。下水処理水は、飲料水源として、再利用が可能である。

2) 泥炭層内の細菌群によって人体に有害な硝酸イオン及び亜硝酸イオンは除去可能である。このことから泥炭層には浄化能力があるといえる。

謝　辞

本研究の一部は、平成7年度、トステム建材産業振興財団、米沢市地下水利用対策協議会、文部省科研費国際学術研究07044118の助成による。又、水質分析には米沢保健所の青木四郎次氏、米沢浄水管理センターの山口正廣氏の指導によったことを記して深謝する。

参　考　文　献

(1) 梅宮・林　雪国エコロハウスの基礎研究
平成6年度日本太陽エネルギー学会／風力エネルギー学会講演論文集No.52

(2) 小島貞夫・三村秀一・菅野明男　上水・井戸水の分析　講談社

(3) スタニエ他共著　高橋甫他共訳　微生物学（下）　倍風館

(4) 厚生省生活衛生局水道環境部監修　上水試験方法(1993)　日本水道協会

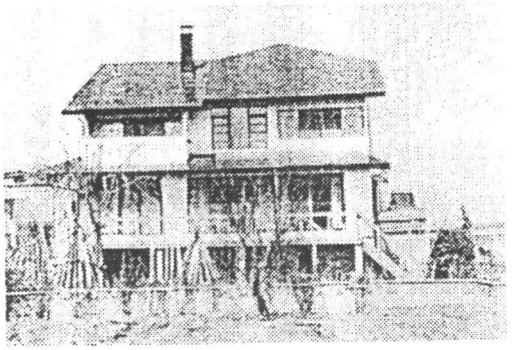


写真１．エコロハウスの外観

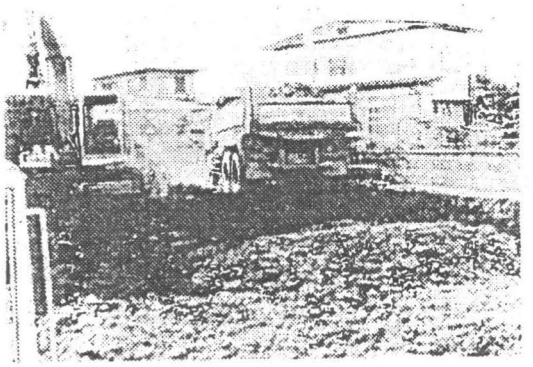


写真２．玉砂利敷設風景

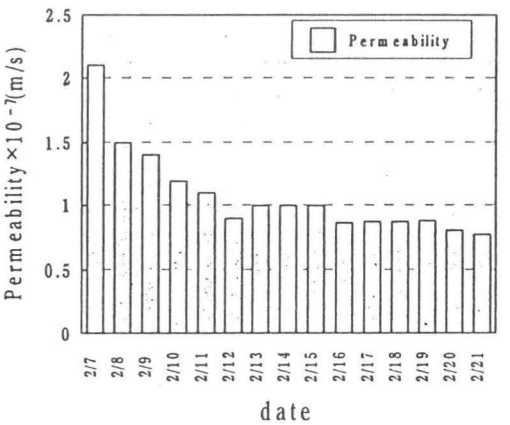


図4．透水係数経日変化

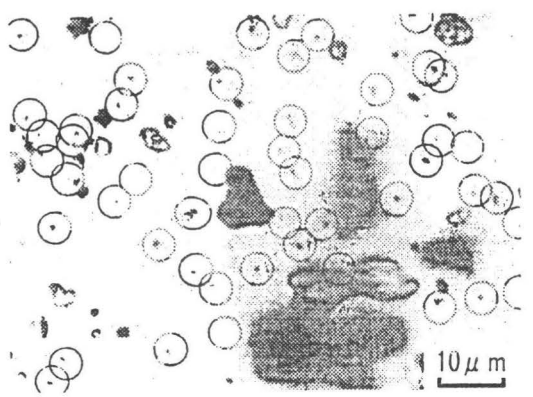


写真４．微生物観察写真

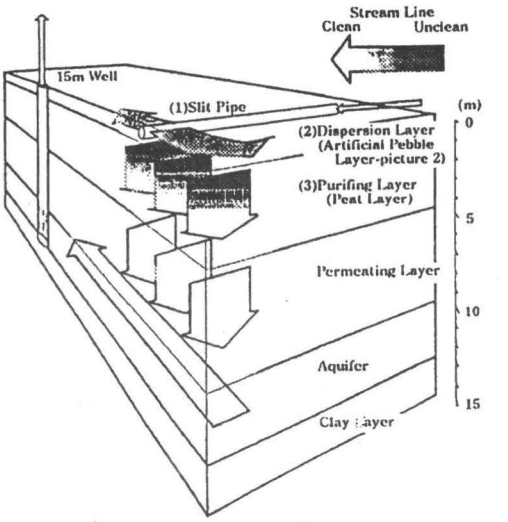


図1．地層断面構造と流路線図

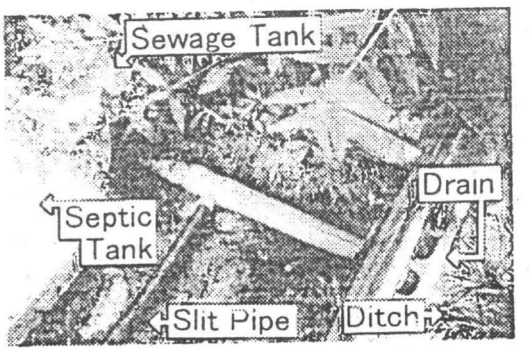


写真3．下水処理水散布装置分岐点

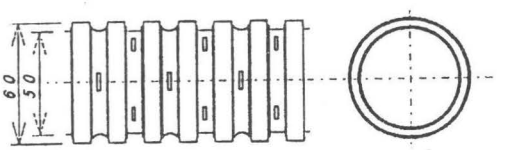


図2．下水処理水散布用穴あきパイプ

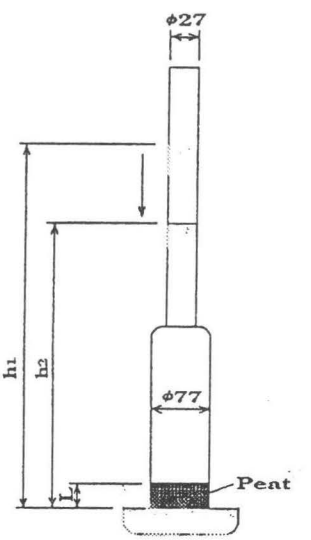
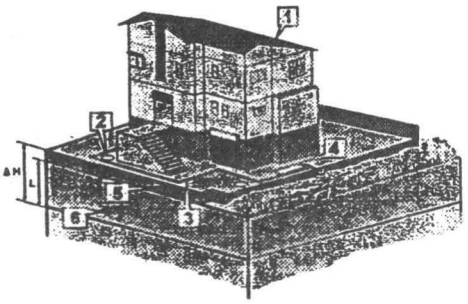


図3．透水係数測定装置



1. Ecolo-House　4. Septic Tank
2. 15[m]Well　5. Surface Soil
3. Slit Pipe　6. Peat Layer

図5. 浄化装置配置図

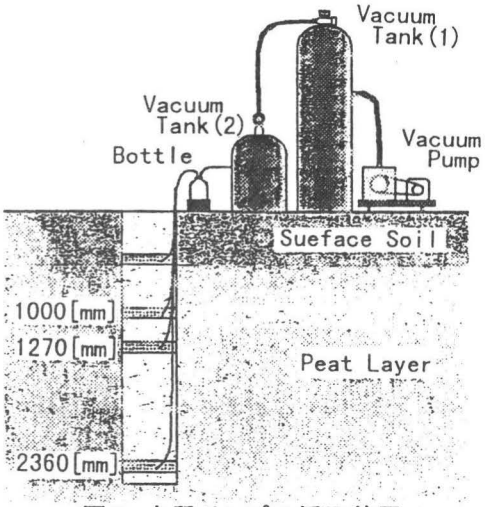


図6. 水質サンプル採取装置

表1　水質試験検査結果報告

項　目	成　績	基　準
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	3．7[mg/l]	10[mg/l]以下
塩素イオン	9．1[mg/l]	200[mg/l]以下
ＣＯＤ	0．9[mg/l]	10[mg/l]以下
一般細菌	0　[/ml]	100 [/ml]以下
大腸菌群	検出せず	検出されないこと
ｐＨ　値	6．1	5．8～8．6
臭　気	異常なし	異常でないこと
味	異常なし	異常でないこと
色　度	1　度	5度以下

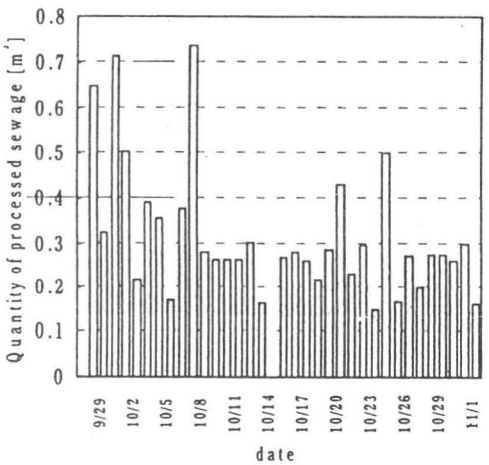


図7. 合併浄化槽の下水処理量

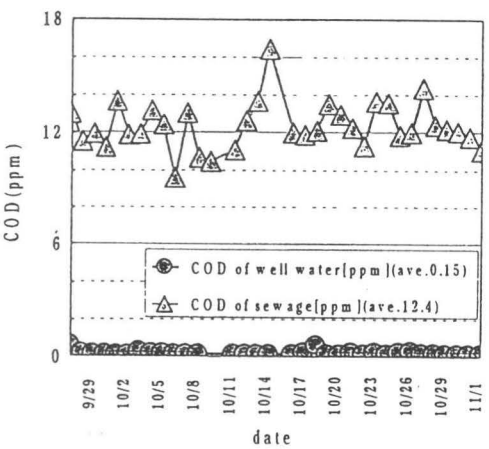


図8. COD経日変化

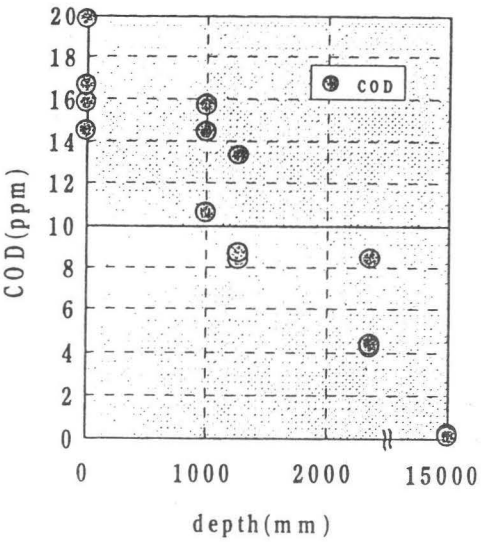


図9. COD深さ方向変化
（過マンガン酸カリウム酸性法による）

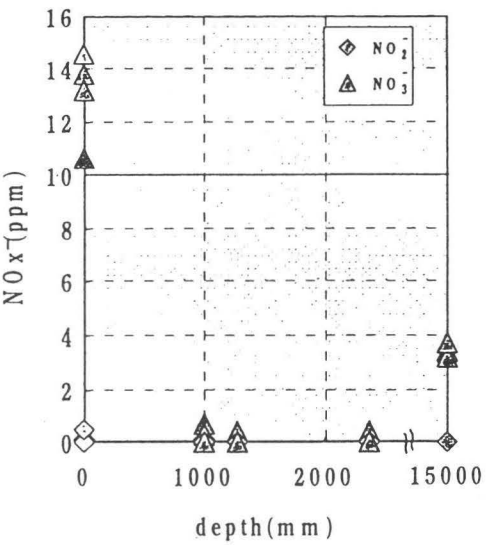


図10. NOx-深さ方向変化
（イオンクロマトグラフ法による）

1－7　住宅用換気システムの評価・検証技術の開発

財団法人 住宅･建築省エネルギー機構
住宅用換気システム評価技術研究会
代 表 坊　垣　和　明

1. 研究の背景・目的

居住環境の快適性向上や地球規模での環境問題を背景として、快適で省エネルギーに配慮した住まい作りが強く求められ、住宅の高断熱・高気密化が進行している。しかしながら、このような技術は寒冷地で発達したものを基本としているため、わが国の東北以南のように温暖湿潤な地域への適用にはいくつかの問題が懸念される。例えば、湿気による耐久性低下や空気質の悪化である。これらの課題に対処するためには、適切な換気システムの導入が不可欠である。

本研究は、寒冷地で発達した閉鎖型住宅の技術を基本として、温暖湿潤地に適した住宅システムの確立に資するため、既に建設・居住されている高断熱高気密住宅における室内環境の実態調査を行ってその効果や弊害を明確にすること、及び、最適な換気システム導入の指針と評価手法を整備することを目的とする。

2. 研究の方法

課題毎に調査・研究の方法を示す。

(1) 高断熱・高気密住宅における換気設備と室内環境及びエネルギー消費に関する調査

a. 北海道における冬期調査

札幌市郊外（戸建て住宅８戸）ならびに帯広市（集合住宅２戸）の合計10戸の高性能住宅を対象に、室内環境の実測とエネルギー消費量・住宅設備・住い方等に関するアンケートを行った。室内環境性能は、室温・湿度・CO_2濃度等を主要室で、平成７年１月から２月にかけて約４週間にわたって測定したものであり、エネルギー消費は電力・ガス・灯油の月毎の消費量を１年間にわたって調べたものである。

b. 北関東地域における夏期調査・冬期調査

群馬県前橋市・高崎市の戸建て住宅６戸を対象とした。６戸とも、この地域の標準からすると断熱性のかなり高い住宅である。ちなみに、これらの住戸の熱損失係数は1.7～2.4Kcal/㎡・h・℃であった。気密性は住戸差が大きく、相当開口面積で、0.9～12㎠/㎡であった。調査・測定方法は北海道の場合とほぼ同様であり、室温・湿度・表面温度・CO_2濃度等の約２週間の連続測定と、住まい方・エネルギー消費・住宅設備等に関するヒアリング・アンケート調査である。夏期実測は平成８年８月下旬～９月中旬、冬期実測は平成８年12月中旬～下旬

に実施された。ヒアリングは、実測の初日に行われている。

なお、当初予定した調査で得られたデータの精度が低い項目があったため、平成8年度に再度調査を実施した。本報告では再調査の結果を報告する。

(2) 高気密住宅の換気システム選定の指針と評価法の整備

a. 建物の気密性と漏気換気量の関係

実験は、人工気候室内に建設された2階建ての外皮および内壁の気密性が可変の住宅を用いて行った。実験は、①内部ドアを開放した状況で、内外温度差3条件、外皮の気密性3条件、②内部ドアが閉鎖されてドアアンダーカットが室間の通気経路となる場合で、温度差3条件、外皮の気密性5条件、の各々において換気量の測定を行い、建物の気密性と自然換気量の関係を求めた。

b. 換気システムの換気効率に関する実験

上記の実験住宅において、「①排気セントラルシステム」および「②給排気型換気システム」の換気効果に関する実験を行った。①排気セントラルの実験は、1階ＤＫに設置された排気扇により換気量0.5回/hになるように排気量を制御して、外皮の気密性・ドアアンダーカット・内外温度差をパラメーターとして合計60条件の実験、②給排気型では、実験住宅を6室に分割し各々に個別に給排気量設定の可能な換気システムを装備し、①と同様の実験を行い、気密性能に見合った換気システム選定の基礎資料の蓄積を図った。

c. 換気システム評価法

住宅の換気システムの評価法として、ＳＲＦ(Supply Rate Fulfillment)とＯＶＲＦ(Oveall Ventilation Rate Fulfillment)を提案し、上記実験住宅において、種々の換気システムにおける換気効果の実験を通じてその検証を行った。ＳＲＦは、ある室の必要新鮮空気量に対する換気による有効新鮮空気量の比で表される。ＯＶＲＦは各室のＳＲＦの積で表され、住宅全体の換気効果を示す指標である。

3. 研究の計画と進捗状況

次の2課題を主要な研究テーマとした。おおむね予定通りに進捗したが、一部、予定より遅延した課題がある。

① 高断熱・高気密住宅における換気設備と室内環境及びエネルギー消費に関する調査

a. 北海道における冬期調査

進捗状況：調査を計画通り終了。

b. 北関東地域における夏期調査

進捗状況：調査を計画通り終了。

c. 冬期追加調査

進捗状況：北関東での調査を計画通り終了。

② 高気密住宅の換気システム選定の指針と評価法の整備

a. 建物の気密性と漏気換気量の関係

進捗状況：計画通り実験等を終了。

b. 換気システムの換気効率に関する実験

進捗状況：計画通り「排気セントラルの実験」を終了した。「給排気型換気システム」に

ついては14条件の実験を終了しその特徴や問題を把握したが、当初予定の適切な換気システム提案にまでは至らなかった。

c. 換気システム評価法

進捗状況：評価法を提案し、実験を通じて検証を行い有効性を確認した。

4. これまでに得られた成果

課題毎に成果の概要を示す。

(1) 高断熱・高気密住宅における換気設備と室内環境及びエネルギー消費に関する調査

a. 北海道における冬期調査

10分インターバルで収集されたデータは時間平均に換算し、経時変化や室間の相関を作図して検討した。主な結果を次に示す。

1. 住戸によって室温の状況は多様である。そして、それは生活習慣や生活行動の違いに帰する部分が大きいと推察される。
2. 居間における日平均室温は20～23℃であり、若干の住戸差はあるものの最低室温が17℃を下回ることは稀で、おおむね良好で居住者にも不満のない環境であった。
3. 非居室特にトイレや洗面脱衣所では住戸差が大きく、積極的な保温・暖房を行わない住戸では10℃を下回る場合もあり、適切な対応が必要と考えられる。
4. 湿度は30～45％であって、やや低めであるが居住者の不満はない。
5. 連続暖房住戸が６戸（60％）あったが、暖房時間の平均は21時間とかなり長い。換気設備は６戸で常時運転されていたが、セントラル換気は２戸のみであとは局所排気ファンの運転であった。局所排気の場合には連続運転しても有効な換気が行われない室が見られ、連続換気を行わない住戸も含めて、空気性状や結露防止の観点から、有効な換気の必要性が指摘できる。

b. 北関東地域における夏期調査・冬期調査

群馬県前橋市・高崎市の戸建て住宅６戸を対象とした。６戸とも、この地域の標準からすると断熱性・気密性の高い住宅である。

1. 高断熱・高気密住宅は、夏期冬期とも総じて居住者の満足度が高く、室温の変動が小さく安定し快適な環境が形成されている。
2. しかしながら、夏期の日射遮蔽には留意しなければならないケースが見られた。
3. 断熱性の悪い住宅では、夏期の２階部分の高温や冬期の夜間室温低下・上下温度差が大きく、快適性とエネルギーの面で問題が多いことがわかった。ドラフトによる不快も見られた。したがって、より高性能の断熱厚の設定が必要である。
4. エネルギー消費は、６戸中５戸が10Gcal/年・戸を超えており、全体としてこの地域の標準より多めであった。用途別の消費量で見ると、明らかに高断熱住宅では暖冷房費が少なくなっている。全体に共通して、暖冷房以外のエネルギーが多く、なかでも、給湯用が多くを占めていることが推測され、今後は給湯対策にも重点が置かれるべきである。
5. 住宅の気密化に伴う空気汚染に対しては、機械換気の連続運転で対処が可能であることがわかった。
6. しかしながら、換気設備のない住宅では、人体負荷のみで5000ppmを超える濃度が観測

されており、換気の重要性が指摘できる。

7. また、高気密住宅で開放型暖房器が使用されていた例もあり、居住者に対して、換気の徹底や暖房機器の選択等の留意事項を十分に認識させることも大切である。

c. 高気密住宅における実態調査のまとめ

室内環境の快適性（室温の安定性、温度差の解消、ドラフトの防止など）と省エネルギーの面で、高気密・高断熱住宅は有効である。夏期の日射遮蔽に留意する必要があるが、関東地域においても、断熱化・気密化は極めて有効であると言える。同時に、気密化された住宅では、空気汚染対策上、適切な換気システムの設置と運転も必須となる。このことは、住宅建設に携わる者と居住者の双方によく理解される必要がある。

(2) 高気密住宅の換気システム選定の指針と評価法の整備

a. 建物の気密性と漏気換気量の関係

実験は、人工気候室内に建設された2階建ての住宅で外皮の気密性等を変えて、①内部ドアを開放した場合、②内部ドアが閉鎖されてドアアンダーカットが室間の通気経路となる場合、について行った。

1. ①②のいずれの場合も、浮力によって、下階から外気が流入し上階から流出する現象が認められた。

2. 気密性が良いほど、間仕切りドア閉すなわち②の条件の方が漏気量が小さい傾向が明瞭になった。

3. 計算結果と実測結果を照合した結果、換気量が100㎥以下の場合には両者はよく一致することが明らかになった。このことより、実測値に計算による補正を加えて、気密性と内外温度差に基づく温度差換気量の算出グラフを作成した。

b. 換気システムの換気効率に関する実験

実験住宅において「①排気セントラルシステム」および「②給排気型換気システム」の換気効果に関する実験を行った。

b-1 ①排気セントラルシステムの実験

排気セントラルシステムが良好に換気性能を発揮できる条件を明らかにすることを目的に、2階建て住戸における1階での1ヶ所排気セントラルの実験を行った。

1. 1階では外気同入量が過大となり、逆に2階では1階の影響を受けて外気導入量が過小となる傾向が確認された。この傾向は、気密性が悪いほど顕著である。

2. 2階建ての住宅において、1・2階ともにほぼ良好な外気同入量が期待できるのは、内外温度差が30℃の場合（寒冷地を想定）で気密性が1㎠/㎡以下、20℃の場合（比較的温暖な地域）で2㎠/㎡以下であり、排気セントラルが有効に機能するためには、寒冷地では気密性が2㎠/㎡をかなり下回る高気密が要求される。比較的温暖な地域でも、2㎠/㎡前後の気密性が必要である。

3. 上記を満たすことができない場合には、2階居室での補助ファンの導入や1・2階の両方で排気ファンを常時運転する、などの対応が考えられる。

4. 実験の結果より、平屋や集合住宅の場合には、排気セントラルが有効に機能するために必要な気密性はかなり緩和され、5㎠/㎡程度で可能となることが推測される。したがって、集合住宅等ではトイレや脱衣室における排気ファンの連続運転で効果的な換気が行える可能性が高い。最近の集合住宅の気密性は極めて高くなっているが、このような住宅にも、簡易

な排気セントラルの導入が効果的で現実的である。

b-2 ②給排気型システムの実験

実験住宅の6つの空間に個別に給排気量が設定可能な換気システムを装備し、実験を行った。実験条件が限定されていたため、気密性能に見合った換気システム選定の目安を得るところにまでは到達しなかったが、次のような結果を得た。

1. 気密住宅で機械換気を行う場合、建物各部に外気との差圧が生じ自然給気が誘発されること、室間の間仕切りは空気循環の抵抗を大きくし、自然給気を増加させること、などがわかった。
2. 建物の気密性が高い場合、内外温度差は自然換気量にほとんど影響しない。
3. 建物の気密性能が3㎠/㎡程度の場合が最も効果的に換気できることがわかった。気密性が高いと、換気不足気味となる。
4. 機械換気の場合でも自然換気を必ず誘発するので、必要給気量の設定は自然換気を考慮して行う必要がある。機械換気のみの設定は、給気過剰となる。

c. 換気システム評価法

住宅の換気システムの評価法として、ＳＲＦとＯＶＲＦを提案し、実験住宅において種々の換気システムにおける換気効果の実験を通じてその検証を行った。

1. ＳＲＦおよびＯＶＲＦは、実験に用いた実験住宅やシミュレーションの結果のように換気性状が特定された場合の換気効率をわかりやすく表現するために作成されたものである。各室の換気効率と住宅全体の換気効果がわかりやすく表される。
2. 換気システムの性能検証などのためには、現場での測定によるＳＲＦ・ＯＶＲＦの算出が求められる。その方法を検証するために、トレーサーガスによるこれらの指標の実測可能性を実験し、有効であることを検証した。

d. 高気密住宅の換気システム選定・評価に関する研究のまとめ

「排気セントラエル」および「給排気型」の換気システムの実験を行い、それぞれが有効に機能するために必要な建物性能（気密性）の水準を明らかにし、建物に見合った換気システム選定の目安を得た。また、換気システムの換気効果を評価するための指標を提案しその有効性を検証した。

5. これから期待される成果

給排気型換気システムの特徴・効果と課題。

建物の性能に見合った適切な換気システム選定方法。

6. 残る問題点と対策

本研究で達成できなかった給排気型換気システムに関する基礎データの蓄積が残された問題点の一つである。さらに、住宅の換気を考える場合、機械換気に頼らない計画された自然換気システム（パッシブ換気ともいう）も重要な選択肢になることが想定され、これらの研究も重要である。

本研究で行った調査からも、気密化された住宅では換気が極めて重要で不可欠であることが明

らかになっている。したがって、当該研究の成果に加えて、前述の２つの課題をできるだけ早い時期に解明し、それらをよりわかりやすい形で編集し直して、例えば、住宅の性能に見合った換気システム選定マニュアルのような形で、住宅関連技術者ならびにユーザーに向けて情報提供することが、重要な課題であると考えている。

7. 研究発表の実績と予定

□第３回日加住宅Ｒ＆Ｄワークショップ（平成８年６月10、11日、カナダ・オタワ）にて上記テーマ①②より各１編の論文発表。

□1996年度空気調和・衛生工学会学術講演会（平成８年９月、名古屋）にて上記テーマ①②より合わせて３編の論文を発表。

□1997年度空気調和・衛生工学会学術講演会（平成９年９月、東京）にて上記テーマ①②より合わせて数編の論文を発表予定。

8. 実用化計画

特になし。

但し、成果は速やかに公表し、住宅の省エネ法における換気システムの装備に関する事項への反映、あるいは民間での換気システム開発等に寄与し、わが国の住環境の向上に資するべく、展開を図りたい。また、引き続き研究を展開し「換気システム選定マニュアル」の作成を目指す予定である。

1－8　震災建物の被災度判定の効率化および判定結果の整合性に関する調査研究

東京大学生産技術研究所
助教授　中　埜　良　昭

1. 研究の背景と目的

震災時における都市災害を軽減するためには、震前、震後にわたる総合的な立場からの対策を行うことが重要であることは言うまでもないことである。しかしながら、1995年１月17日に発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）ではその被害規模、社会活動に与えた影響が余りにも大きく、従来の防災システムに変革が必要であることが明らかとなり、震災直後から種々の分野でその問題点の検討が開始されてきた。

不幸にも震災が発生した場合、発災直後の混乱を回避あるいは軽減するための処置を迅速に講じることは、その後の社会活動を速やかに復旧させる上で極めて重要な初動対応である。阪神・淡路大震災では、被災建物の余震に対する安全性を判断する「応急危険度判定」および建物の継続使用に対する補強等の措置の必要性を判断する「被災度区分判定」などのいわゆる被災度判定活動がわが国ではじめて組織的に行われた。この判定手法は、既に1985に開発されたものを基本としており、あらかじめ用意された調査票に従い、構造軀体その他の要素について被災程度をランク付けあるいは点数付けし、その結果に基づいて判定するものであるが、これが組織的にかつ多数の被災建物に適用されたのは今回がはじめてのケースであったため、さらにその手法に改善すべき点があることが指摘されている。すなわち、「応急危険度判定」においては、兵庫県南部地震のような大規模災害では多数の被災建物の余震に対する安全性を短時間に判定するには従来の判定方法はやや詳細すぎること、調査票の書式・構成ならびに判定結果の表示方法およびその内容についても改善の余地があること、また「被災度区分判定」においては、判定手法の定義に従って得られた結果は、例えば過去の被害調査時における判定結果、構造実験時における損傷レベルと復元力特性の関係、など調査者自身のこれまでの経験に基づく判定結果や、日本建築学会の「1968年十勝沖地震災害調査報告」、「1978年宮城県沖地震災害調査報告」の定義による被害程度と必ずしも一致しないケースもあったこと、などが指摘されている。

本研究の目的は、上記の問題点の内、「被災度区分判定」手法について、主として学校施設を対象に判定結果の食い違いが生じた事例を収集し、その原因、現行判定手法に対する問題点を分析し、「被災度区分判定手法による判定結果」と「調査者による判定結果」をより整合させるとともに、その改善策を提案するための基礎資料を得ることにある。

なお本研究では主として鉄筋コンクリート造学校校舎を対象に事例の収集、分析および検討を進めたが、その成果は、都市における社会生活基盤の主要な構成要素である住宅建築物のうち、本震災でその被災程度と恒久使用のための対応が社会的にも大きな問題となった鉄筋コンクリー

ト造集合住宅にも展開できるものであると考える。

2. 研究方法

「被災度区分判定手法による判定結果」と「調査者自身による判定結果」の食い違いの事例を収集するに当たって、㈳日本建築学会に設けられた学校建築委員会耐震性能小委員会ＲＣ－ＷＧのメンバーにアンケートを送付し、その結果を分析することとした。ＲＣ－ＷＧの各メンバーはいずれも大学において建築構造（主として鉄筋コンクリート構造）を専門とする研究者であり、地震発生直後から現地において実際に被災度区分判定を担当した経験を有する者である。

アンケートの内容は別添表１に示すように、建物に関する一般事項の他、被災度区分判定手法による判定結果、調査者自身の判定結果、両者の食い違いの理由として考えられる事項、などを中心とした、アンケートは本ＲＣ－ＷＧの主要な被害調査担当者約20名に送付し、その内13名（「食い違いは見られなかった」と回答した者を含む）から回答を得、食い違いが生じた建物として40事例が報告された。13名が担当した施設数は全部で145件であり、したがって約28％に相当する建物に判定結果の食い違いが見られたことになる。

3. 調査結果の分析と判定手法改善の提案

別添図１に判定結果の変動と主要な判定結果の食い違い要因との関係を示す。図の縦軸は現行の被災度区分判定手法における損傷指標（以下Ｄ指標）およびＤ指標に基づく建物の被災度（崩壊、大破、中破、小破、軽微、無被害の６段階）を、記号（◆、■、△、×、＊）は調査者自身による判定結果を、◯で囲まれた建物は判定結果に食い違いが生じた建物をそれぞれ表す。

被災度区分判定では、部材の損傷程度に応じて算定される最も被害の大きい階におけるＤ指標から、無被害（Ｄ＝０）、軽微（Ｄ≦５）、小破（５＜Ｄ≦10）、中破（10＜Ｄ≦50）、大破（Ｄ＞50）、崩壊（D_5＝50）の６段階に分類されるが、分析の結果によると、「食い違いが見られた」とされる40事例はその６割が被災度区分判定方法による結果が「中破」であり、これらが何らかの理由で過大あるいは過小評価であると調査者が判断している点に特徴がある。これは、現行被災度区分判定手法において中破に分類される場合のＤ指標が10～50と範囲が広いため、食い違いが生じやすい結果となったものと考えられる。

判定結果の変動を、その要因ごとに特徴を概観すると、次のようになる。

(1) 実被害を過小評価した例

(a)基礎の被害による影響

建物全体傾斜による判定は、1964年・新潟地震における液状化被害などが参考に、θ＝1/100～3/100（２°程度）を中破としているが、建物に杭が設けられている場合とそうでない場合では判定基準を変える必要もあり得る。すなわち同一傾斜量であっても杭が設けられている場合は杭に損傷が生じている可能性があるため、杭のない建物に比べて被災程度は大きいと判断すべき例もあり得るためである。建物№７はＤ＝15.9、全体傾斜は1.7°で上部構造、基礎構造いずれも中破と算定されたが、杭の損傷は予想されるため大破とした例である。

(b)被害の局所的集中による影響

地盤特性の局所的挙動や構造特性の差異などによって被害の集中が生じうる。ある一部分の

（ただし柱１本のみといったものではなく、構面あるいは平面内のある割合以上）において大きな被害が集中した場合、建物全体を対象とて被災度を算定すると、調査対象部材数（すなわち母数）が多いためＤ指標は低下し、中破領域に含まれるケースが生じ、場合によっては被害の印象に比べ算定結果が過小評価となる結果が生じうる。建物№８、26、27はこれにより算定結果が過小評価と判断される建物である。

被災度区分判定では、一体構造として構成された単位ごとに被災度を判定することを基本としているが、平面上あるいは立面上である特定領域に被害が集中している場合は被害の集中を考慮した指標を算定する必要も出てこよう。だたしその場合は、Ｄ指標が調査母数に大きく依存するため、どの範囲までを対象として指標を算定するかが重要となる。算定する対象範囲を特定するのは必ずしも容易ではないが、例えば、

① 明らかに部分的に崩壊が生じている場合「部分崩壊」と表記し、従来の手法による判定を行う必要がある場合は、残余部分のみを対象とする。

② 構造上は一体であるが、工期によって構造特性が異なる建物（例えば設計基準の改正前後にわたり建設された建物）、構面によって（例えば北構面と南構面）構造特性が異なる建物、構造計画が急変する建物（普通教室棟～特別教室棟のように柱スパンが変化する建物）などで、これらが原因で被害がある特定箇所に集中したと考えられる場合は、建物全体を対象とした結果のみならず、それぞれの工区、構面、平面領域を対象とした損傷指標も算定し、結果を総合的に判断する。

など、実情を反映できるＤ指標算定手法の追加・改善が必要がある。

⑵ 実被害を過大評価した例

⑷損傷程度と損傷を受けた部材の数による影響

大半の部材は損傷軽微であるがその数が多い場合（損傷度Ⅰ～Ⅱ程度）、あるいはこれに損傷度の大きい部材（Ⅲ以上）が若干混在する場合、Ｄ指標が中破の領域に含まれるケースが生じる。

また曲げひび割れとせん断ひび割れでは同一のひび割れ幅であっても被災度に対する印象は異なるが、判定基準では損傷度Ⅰ～Ⅲでは特にひび割れの種類による区別がないために、建物№111のように大半が軽微な曲げひび割れであっても中破に分類された例もある。

被災度を過大評価しないようにするためには、例えば

① 損傷度がⅠあるいはⅡのみの場合は「小破」を上限とする

② 損傷度がⅢ以上の部材がある場合でも、その数が１本のみの場合（あるいは極めて狭い範囲に限られた箇所のみに生じた場合）は、全柱数に対する割合、その柱の建物全体に及ぼす影響の度合い、などを考慮して被害ランクの低減を許容する。

などの対応が必要であろう。

なお、上記①の場合のＤ値の上限値は、現行手法では18となるが、今回の調査では調査者が№84を除けば概ねＤ＝20程度までを小破、Ｄ＜10程度を軽微と判定している例が多い（図１参照）ことから、中破～軽微の判定クライテリアをこのように変更することが考えられる。ただしこの場合、現行手法通り10≦Ｄ＜20で中破と判定して矛盾しないとしている例もあるため、中破～小破の境界についてはさらに詳細な検討が必要である。

4. まとめ

被災度区分判定による算定結果と調査者自身の判断とが異なった事例を収集し、判定結果の食い違いの原因とその対応策について検討した。

基礎部分、特に杭に被害が予想される場合、あるいは局所的ではあるがその箇所の被害が他に比べて極めて著しい場合については、本稿で提案したような判定項目の追加・修正が必要である。また数は多いものの個々の被害程度は極めて軽微である場合については現行手法の定義に従うと被災度を過大評価する可能性が大きいため、10≦D＜20を小破、D＜10を軽微と、その判定クライテリアを変更する必要があると考えられる。なお、この場合、現行手法通り、10≦D＜20で中破と判定して矛盾しないとしている例もあるため、中破～小破の境界についてはさらに詳細な検討が必要である。また、上記のような判定手法の改善の他にも、例えばD指標算出時の基礎となる損傷割合係数（Di係数）算定時の重み係数を修正することも考えられるが、この方法の適用可能性については今後別途検討する必要がある。

【本研究に関連する主な発表文献】

1)中埜良昭、隈澤文俊、金亨基、椛山健二、楠浩一、李康碩、宅間真：1995年兵庫県南部地震により被災した文教施設の被害調査報告　その8　東浦中学校、一宮公民館、日本建築学会大会学術講演梗概集、vol.C 2，pp.871-872、日本建築学会、1995年8月

2)Kang-Seok Lee, Yoshiaki Nakano, Fumitoshi Kumazawa and Tsuneo Okada:Seismic Capacity of Reinforced Concrete Buildings Damaged by 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center, vol.28,pp.59-68, 東京大学生産技術研究所、1995年9月

3)李康碩、中埜良昭、隈澤文俊、岡田恒男：1995年兵庫県南部地震により被災した建物の耐震性能　－淡路島における鉄筋コンクリート造建物の耐震性能－、構造工学論文集、vol.42B、pp.9-14、日本建築学会、1996年4月

4)ＮＡＫＡＮＯ　Yoshiaki:Seismic Capacity of R/C School Buildings Damaged due to 1995 Jan.17 Hyogoken-nanbu Earthquake, Proc. of the 11th Word Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, MEXICO, vol.2,Elsevier Science LTD,1996年6月

5)李康碩、中埜良昭、隈澤文俊、岡田恒男：1995年兵庫県南部地震により被災した文教施設の被害調査報告　－その18　淡路島における鉄筋コンクリート造建物の耐震性能－、日本建築学会大会学術講演梗概集、vol.C 2，pp.377-378、日本建築学会、1996年9月

表１：アンケート調査票

被災度区分判定結果に関するアンケート（回答）

（１）アンケート回答者氏名をご記入ください．

ご氏名：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

電　話：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

（２）被災度区分判定手法に従い算定した結果（崩壊，大破，中破，．．．．．）で，ご自身の印象と異なる事例はありましたか？

１．　な　い　－－－－－＞　御協力ありがとうございました
２．　あった　－－－－－＞　引き続き（３）以下の項目にお答えください

（３）上記の項目で「２．あった」とお答えの方は，次の事項にもご記入ください．
（複数の建物で該当する場合は本アンケートをコピーの上，建物ごとにご回答下さい）

Ⅰ．建物名称（○○中学校Ａ棟のように棟名等含めてご記入ください）

Ⅱ．被災度区分判定による結果は？（○印を付けてください）
倒壊　大破　中破　小破　軽微　無被害

Ⅲ．ご自身による判定結果は？（○印を付けてください）
倒壊　大破　中破　小破　軽微　無被害

Ⅳ．最終判定は，Ⅱ，Ⅲのどちらを採用されましたか？　またどちらが妥当とお考えですか？（○印を付けてください）
・最終判定は（被災度区分判定結果，自分の判定結果（印象））を採用
・妥当性は　（被災度区分判定結果，自分の判定結果（印象））が高い

Ⅴ．被災度区分判定結果とご自身の判定結果の違いは何によって生じたと考えられますか？（**複数回答可**）

１．主に基礎に被害が生じていたため
２．被災部材の数は多いが，それぞれの損傷程度は極めて軽微であったため
３．被災箇所が極めて局所的であったため
４．損傷度Ⅰ，Ⅱではひび割れ幅のみがその損傷度の基準となっており，「曲げ」や「せん断」といったひび割れの種類が判定基準にないため
５．その他

（４）「被災度区分判定手法による判定結果」と「調査者による判定結果」を整合させるためにはどのような判定手法の改善策が必要と考えられますか？（**複数回答可**）

１．特に中破に分類される点数の範囲が広いので，被害ランクと点数の対応を再検討する
２．全体に被害程度が軽微な場合でも，曲げひび割れとせん断ひび割れでは受ける被災度の印象が異なるので，これを区別する
３．ある特定の構面あるは部分に被害が集中した場合でも，部材の調査対象母数が多いと比較的小さな被災度にランクされやすくなるので，「部分大破」といった実状が表現できるような判定手法にする
４．その他

（５）その他，何かお気づきの点があればご自由にご記入ください．

※御協力大変ありがとうございました（中埜までご返送ください）

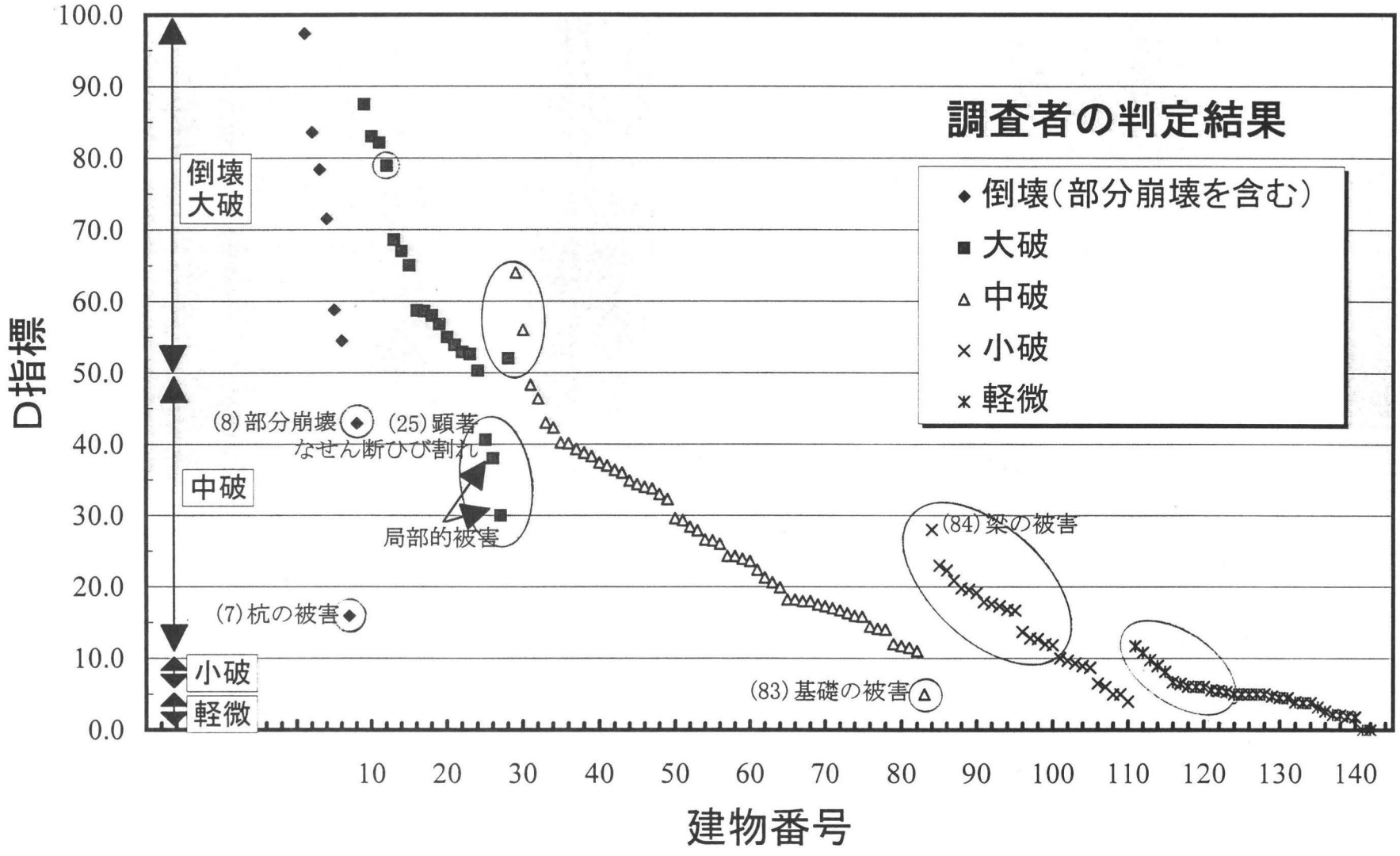


図1：D指標と調査者の判定結果の関係

1－9　既存建物の耐震性能向上のための評価法と高機能簡易耐震補強法に関する研究

金沢工業大学建築学科
教　授　髙　畠　秀　雄

1. 本研究の背景と目的

平成７年１月に発生した阪神大震災では、多くの建物が倒壊した。これらの建物の多くは、現行の新耐震設計法以前の設計法でもって施工された建物であり、保有水平耐力の不足が指摘されていた。近年、耐震改修促進法が施行され、公共建築物に対する既存建物の耐震補強は徐々に進行しつつあるが、しかし、民間の建物については、次の様な理由からほとんど耐震改修工事が実施されていないのが現状である。

① 当該建物が耐震安全上でどのレベルに位置するかが建築主に理解されなく、実際に耐震補強を必要とするレベルと具体的なイメージが把握出来ていない。

② 架構を耐震補強する工事は大規模となり、リフォームの域を超えている。また、耐震工事の施工中の仮移転が容易に出来ない。

③ 耐震壁の新設等は居住性を著しく阻害するので、適当な場所に受け入れられない場合がほとんどである。

④ 景観の制約から、外壁面に露出する耐震補強法は制限されるので、補強効果が低減される傾向にある。

⑤ 簡易な耐震補強法が開発されていない現状では補強に要する費用が膨大となり、また、集合住宅においては、耐震補強に対する費用の負担は概して消極的であり、耐震性能の目標値が明示されても、コストパフォーマンスでなく、圧倒的な性能向上等の付加価値が伴わない限り、利権者の同意を得にくい。

一方、今回の地震による教訓から、建物の耐震補強は、直下型の地震を想定して、衝撃的過大入力に対して有効な耐震性能を発揮する必要があると指摘出来る。また、過度の靭性は、地震入力の初期段階に大きな変形を生じさせ、建物に大きなダメージを与えやすい。従って、既存建物に対する耐震補強法は、衝撃に強い補強法を採用する必要があると筆者は考える。これらの諸点について、構造耐力が不足している既存建物に対して、耐震性能を向上させるための有効な診断法と改善法の施策は不十分な現状である。構造耐力が欠如した既存建物の放置は、大規模な災害が何度でも繰り返す危険な状態であり、早急に改善することが社会的に大きな問題である。

本研究の目的は、上述した背景を反映して、耐震性能が不足している既存建物を、安全で快適な建物に改修させることが出来る耐震補強システムを構築することにある。

2. 研究の方法

① 直下型地震を含めた種々の地震力によって、構造物が動的に崩壊する過程を、振動理論及び衝撃破壊理論の立場からコンピューターによる数理解析方法を用いて解明し、建物の安全性から見た耐震診断技術を検討する。

② 直下型地震を含めた想定地震に対して既存建物が必要とする水平耐力の基準値を簡易に算定する方法を提案し、建築主及び設計者が、建物の耐震改修の概要を容易に把握出来るように提案する。

③ 既存建物が必要とする水平耐力を補うための方法として、衝撃的過大入力に対して耐震性能が極めて高く、施工法、リフォーム性、景観対策からも好ましく、且つ、居住性を制約しない等の諸条件を具備した簡易な耐震補強法を提案し、その有効性をシュミレーション解析より数理解析的に明らかにする。

3. 研究の計画と進捗状況

次の順序で研究を進める。

① 最初に、直下型地震、更に衝撃的に作用する過大入力等に対して、建物が安全であるために必要な水平耐力の基準値を、被害調査報告書及び数理解析的手法を用いて明らかにした。

現在日本建築防災協会に基づく「耐震診断」で用いられている診断基準において、その耐震判定値を大きく支配する袖壁付柱と有開口耐震壁の力学的挙動を、数理解析的手法を用いて解明した。その結果、袖壁の効果が基準値で規定される以上に有効であることを判明した。また、耐震壁は、建物の耐震性能を支配する大きな要素であるが、有開口耐震壁にあっては、開口形状及び位置が、耐震性能に大きく影響し、現在使用されている開口周比による一括規定以外に、開口の形状及び位置の影響を考慮することが必要であることが明らかとなった。

② 次に、建物の柱、梁、耐震壁等が個々に保有している耐震保有耐力を、建物全体として等価な剪断剛性で置換することにより、曲げ、剪断を考慮した棒材理論の手法を用いて、既存建物が保有している水平耐力を簡易に評価できる判定式を提案した。提案式の妥当性を検証するため、弾塑性応答解析を行い、ＮＡＳＴＲＡＮ等を用いた既往の構造解析手法を用いた結果と比較した。この数理解析的手法によるシュミレーションと同時に、阪神大震災で被害が発生した実際の建物に対して、本提案式を適用した場合シュミレーションを行っている段階であり、概ね妥当な結果が得られた。現在は、目標とする耐震性能をどの程度にするかについて検討している段階である。

③ 前項で求めた、水平耐力の基準値が、建物の保有している水平耐力を超える時、その差が既存建物にとって不足している水平耐力となる。この不足分をカバーするために、どの程度の耐震補強法が必要であるかを、設計者及び居住者が容易に且つ、具体的に理解できるシステムが必要である。そのために、耐震補強が出来る過程と検討項目を決定する耐震補強のためのガイドラインを提示する必要がある。

耐震補強法は最近急速に提案され、急激な技術進歩が目覚ましい分野である。そこで、現在実施または提案されている耐震補強法について、強度型及び靭性型の両面から開口補強に対する耐震補強法の既往技術の分類を行った。日本建築防災協会の耐震診断基準では、構造耐震判

定指標Is値を、構造耐震指標I_{s_0}と比較して、建物の耐震性能を評価している。ここでは、建物の耐震性能を表すパラメーターとして、建物が耐震性を保持するために不足する剪断力を各階が保有すべき剪断力で割った保有性能パラメーターを定義し、そのパラメーターから建築主及び設計者が、当該建物が必要とする耐震補強のレベルを容易に理解できるフォーマットを作成している。現在各種の耐震改修が実施されているので、これらの施行及び竣工写真をパソコン上に取り入れて、実際に耐震補強レベルの現状を可視化によって理解出来るシステム化を作成中である。

④　次に、新しい耐震補強法を提案し、その有効性を、数理解析的に検討している。そこでは、開口が小さい場合は、開口を鉄筋コンクリート耐震壁又は鉄筋枠付きブレースで閉鎖するのではなく、開口周辺の応力集中を除去する方法でもって、耐震性能を付与させる方法を提案し、その有効性を数値解析方法を用いて確認した。便所又は階段室等の小開口を塞ぐことは、アンカーの施工その他の制約から、耐震壁を作り替える程面倒な作業となるので、ここに提案する方法ははるかに簡単である。

一方、大きな開口については、建物外部から耐震補強をすることで、居住者の生活を妨げることなしに耐震補強出来る工法を提案し、その有効性を、弾塑性解析を用いたシュミレーション解析から検証した。現在、施工上の問題点と、実施に際して、個々に計算を行わずに、補強をパターン化し、そのパターン化したモデルについて耐震補強が容易に理解できる一覧表を作成中である。

⑤　従来、建物の耐震性は振動解析で判定されているが、直下型地震のように、衝撃的過大入力を受ける建物の構造耐力は、振動よりも最初の衝撃でもって決定される場合も多いと考えられる。そこで、建物の耐震評価は、既往の振動問題に加えて、衝撃問題を付加して検討を行った。従来から、衝撃問題では、地震波の速度は低速領域に含まれるが、速度的には、振動と衝撃が共存する境界領域にある。そこで、阪神大震災で崩壊した建物から７ケースを抽出し、非線形動的応答解析を行った。建築構造物の動的応答を、衝撃理論の観点から研究した報告は非常に少なく、新しい研究領域であり、先駆的研究に伴う問題も多く、それに対して独自に開発する事項に、多大な時間を費やした。しかし、その結果、構造耐力が弱点となる個所では、歪速度が大きく関与していることが衝撃破壊力学的観点から、判明した。

入力地震波は、兵庫県南部地震神戸海洋気象台のデータを使用し、水平動及び上下動を同時に作用させる。入力最大加速度は、水平動818gal（ＮＳ波）、上下動332galとし、弾性応答は水平及び上下動入力加速度を100gal及び41galとする。

高速道路の鉄骨鋼管が柱の頭部で破断している崩壊例として、鉄骨造門型ラーメン（モデル１）に対する数値計算結果を行った。その結果から、次の事項が指摘できる。

- 柱頭部分の水平変位及び柱応力の最大応答値は、衝撃破壊理論と振動理論から得られた結果には大差ない。
- 実務で使用している解析法（実用解法）は歪及び歪速度を極端に反映できないので、歪速度に依存する材料については、非弾性応答は著しく危険側になる。

阪神大震災では、中低層ビルの中間階及び１階柱脚が破壊する現象が多く見られた。そこで、鉄骨造７階低層ラーメン（モデル２）に対する数値計算を行った。その結果から、次の事項が指摘できる。

- 水平変位の最大応答値は、全ての階で衝撃破壊理論（解析法）が振動理論（解析法）より

小さい。しかし、層間変形角の最大応答値は５～６階部分で衝撃破壊理論が振動理論より1.27～1.78倍大きい。

● 柱の応力は、４階の柱脚で衝撃破壊理論の方が振動理論より1.64倍大きい。振動理論及び 衝撃破壊理論共に、１階の柱脚部が降伏している。また、応力の時刻歴応答は、衝撃破壊理 論では、鋼材の破断を著しく促進すると考えられる小刻みな変化が多く、衝撃波の応力性状 を示している。

- 建物は中間階を中心にして、上部と下部の動きが大きく変化する。また、中間階である４、５階部分の柱の応力変化は急激であり、構造耐力を弱める起因になり得ると考えられる。特に、コンクリート系では応力変動が著しいとき、かぶりコンクリートの剥離等によって構造耐力の低減が生じると、中間階が崩壊することが予想される。
- いずれの理論共に１階の柱脚部での歪、歪速度が、他の階の柱に比べて極端に大きく、歪速度が構造物の破壊を生じる部分の耐力に大きく関与していることが明らかとなった。
- しかし、実務で使用している解析法（実用解法）は１階柱脚の歪及び歪速度を十分に表し得ない。そこで柱脚部分に細かい４個の要素を材端に付加した実用解法は、解析法②と概ね良好な一致を示す。

阪神大震災では、構造評定を受けた高層ビルも被害が発生している。これは最新の技術で設計された建物であり、現在の構造解析技術に何かの欠落事項があることを示唆していると考えられる。直下型地震の様に、自然の脅威を直接受ける場合に対して、衝撃効果がどの様に作用しているかを検討するために、鉄骨造14階高層ラーメン（モデル３）に対する数値計算を行った。その結果から、次の事項が指摘出来る。

- 層間変形角の最大応答値は、１～２階及び12～14階では、衝撃破壊理論（解析法）の方が大きく、その時刻歴応答は小刻みな挙動をしており、構造部材にダメージを与えやすい。
- 応力は、中間階を除いて概ね衝撃破壊理論（解析法）が振動理論（解析法）より大きい。衝撃破壊理論から得られた１階柱脚部分の応力は、振動理論から求められた値の1.45倍強になる。応力の時刻歴応答は、衝撃破壊理論の方が小刻みな挙動を生じており、構造物にダメージを与えやすい。
- １階部分の柱脚部での歪及び歪速度は、衝撃的効果が顕著であり、振動理論から求められた値の夫々1.8倍、1.67倍を示し、構造耐力を決定する部分に、歪速度が大きく関与している。
- 特に、実務で使用している解析法（実用解法）は１階柱脚の歪速度が把握出来なく危険側となる。
- １階部分における挙動は、衝撃破壊理論と振動理論に顕著な差があり、この部分の破壊は衝撃破壊理論から説明できる。
- 本解析モデルの原型は桁行方向があり、これについても検討する必要がある。

以上の結果から、耐震補強は衝撃性に強い補強方法が有効であることが、数理解析的手法によって明らかとなった。そこで、衝撃的過大入力に対して、十分な粘り強さを発揮できる簡易な耐震補強法を提案し、その補強効果をコンピューターを用いたシュミレーション解析によって検証した。

耐震壁の補強について、補強が壁面内に収まる内装形式と、壁面外にある露出形式、更に、

新設形式について検討を行った。一方、柱及び梁から構成されるフレームの耐震補強は、建物の崩壊形が柱崩壊形を生じないようにして、出来るだけグローバルメカニズムを形成する崩壊形式となる様な提案を行った。これらの有効性を数理解析手法に用いて確認した。

しかし、鉄筋コンクリートモデルについては、現在種々の解析モデルが提案されているが、衝撃破壊理論に適用するには、不向きであったり、また、多くの計算時間と計算機の容量を超えるものがあり、合理的な計算モデルの提示が必要であることを痛感している。現在新しいモデル化を研究中である。ここで得られた結果は、従来のモデルを踏襲する結果に終わっている。

⑥ 耐震性能が著しく不足する建物については、構造計画上有効と考えられる大規模の改修を前提とした設計指針を必要とする。従来の耐震補強の概念に支配されない新しい発想でのダイナミックな補強が必要である。バットレス型の耐震補強法は外国で実施例があるが、我が国においてはその有効性が検証されていないことに加えて、皆無である。敷地に十分余裕があればこの方法は有効であり、これについても目下数値解析シュミレーションで検討している。また、建物形状が複雑な形状をして連結している場合、ゾーニングの概念で架構の耐力を評価する必要があるが、これについても、実際の性状を表すゾーニングの基準を示す必要があり、バットレス型補強法と同時に検討している。

4. 今までに得られた成果

① 阪神大震災で特徴的な破壊を生じた建物の崩壊原因が、衝撃破壊理論から数理解析的に特定できることが明らかとなった。

② 衝撃破壊理論（解析法）と振動理論（解析法）は、非弾性解析で歪及び歪速度を除いて、概ね同じ傾向を示す。しかし、両理論の計算結果に顕著な相違がある部分に、阪神大震災における建物崩壊で見られた衝撃的な破壊形状と見られている特徴的な崩壊部分が該当し、この現象を衝撃破壊理論（解析法）の方がよく説明出来ることが明らかとなった。

③ また、現在構造設計法で用いられている粗い要素分割では、建物の１階柱脚での歪速度に大きな差が生じている。これを解消する方法として、部材端部に小さな要素を付加すれば、地震入力に対しては概ね改善できることが明らかとなった。

④ 現在の構造設計法では、歪速度の効果は考慮していないが、衝撃破壊及び一部振動理論による数値計算結果から、歪速度の効果が大きく関与していることが明らかとなったので、使用材料によっては歪速度の効果を設計上検討する事が、今後必要となる。構造物を安全に設計するための当面の対応としては、応力、歪、歪速度が構造設計で重要な意味を持つ部分は、断面の急変部分や１階柱脚部分であり、それらの部材については設計上十分な余裕をもつ必要があると指摘出来る。これは現段階の設計において実施可能であり、設計者が全体的な力の流れを把握して、危険な部分については余裕をもつことが必要である。

⑤ 地震外力に対する応答解析を、現行の振動解析ソフトで解析する事は一応可能であるが、歪速度に関する検討を要する重要な部分については、衝撃破壊現象を対象とした解析ソフトによらなければならないことが明らかとなり、建築構造解析分野に新しい分野を開拓した。

⑥ 既存建物の耐震性能を簡易に判定出来る算定式を提示することによって、建築主及び診断者が容易に建物の耐震性能を把握できる。

⑦ 既存建物の耐震改修が簡易に実施出来る各種の新しい提案を行い、その有効性をシュミレー

ション解析を用いて検証した。

⑧　建築主及び診断者が、既存建物の耐震改修のレベルを容易に理解出来る可視化システムを構築した。

5. これから期待される成果

本研究の成果を用いると、既存建物の居住者及び設計者は、当該建物が保有している耐震性能の現状を容易に評価及び理解できる。また、その結果を、耐震上安全であると考えられる基準値と照合することにより、建物の耐震性能の不足量を容易に判定できる。その結果、耐震補強に対する意識が高揚されて、耐震改修の実施が容易となる。耐震補強を実際に可能にする容易な提案を用いる事によって、既存建物の耐震性能は著しく改善され、安全な建物に更新することにより、現代社会が当面している多くの既存の建物の再生に寄与出来ると考えられる。

6. 残る問題点と対策

既存建物の耐震性能は耐震性能が悪い構造部材、つまり、極脆性柱及び剪断柱の存在によって支配されるが、これらの部材が第2種構造要素となるとき、建物の耐震性能は第2種構造要素が示すレベルでの構造耐力となる。第2種構造要素に対する既存の判定方法は、その柱の垂直荷重を周辺の梁が支持出来なくなったときと規定しているが、構造物を立体的に考えたとき、一部の部材の破壊が、架構の崩壊にどの様に関連していくかが不明確である。この分野に関する研究が皆無に近いことを受けて、現在、衝撃破壊の面からある特定の部材が急に崩壊したとき、構造物がどの様に崩壊していくかの崩壊メカニズムの解明を、シュミレーション解析を用いて行っている。この計算は、高速で且つ大容量の計算機を必要とし、多くの計算時間を要する等の制約が多く、遅々たる進展であるが、現在、早期に結果が出る様に鋭意努力している状況にある。この解析方法は、建物を補強するのではなく、逆に、建物の解体などにも有効に使用できるので、新しい学問領域を形成することが出来る。

次に、本提案の高性能簡易型耐震補強法について、その施工法、コスト性を細部について検討することと、試作モデルによる性能確認実験の実施が未解決部分であり、これらを完全に実施することが、必要不可欠である。この点については、関連研究機関に協力を依頼して実現可能な方法で検討中である。

また、本研究テーマは、大学院生の修論テーマでもあり、細部まで十分検討し、研究成果を公表する予定である。

7. 研究発表の実績及び予定

発表

1．髙畠秀雄、構造解析における衝撃破壊力学的考察、過大入力を受ける建築構造物の動的崩壊過程の解明シンポジウム、pp. 133-140、1996年12月

2．髙畠秀雄、構造解析における衝撃破壊力学的検討、兵庫県南部地震における構造物の衝撃的破壊に関するシンポジウム、pp. 109-114、1997年3月

3．髙畠秀雄、流田豊、阪神大震災の建物被害における衝撃破壊力学的考察、その１、鉄骨造中低層ラーメン、日本建築学会大会学術講演梗概集、1997年９月
4．流田豊、髙畠秀雄、阪神大震災の建物被害における衝撃破壊力学的考察、その２、鉄骨造高層ラーメン、日本建築学会大会学術講演梗概集、1997年９月
5．髙畠秀雄、構造物の衝撃的破壊性状に関する考察、日本機械学会関西支部第255回講演会講演論文集、No.974-2、pp.184-185、1997年11月

発表予定

1．髙畠秀雄、流田豊、既存不適格建物の耐震診断判定基準の考え方について、建築防災、1998年３月

8. 実用化計画

本研究で得られた既存建物の耐震性能の簡易評価法は、既存建物の耐震診断テキストとして出版し、その技術を広く普及すると共に、実務に役立てたいと考えている。

一方、耐震補強法に対する提案は、全体的な考え方については専門誌に論文投稿し、詳細については特許申請を行ってから順次公開する予定である。

1－10　緊急時使用を含めた住宅システムのビルディングエレメントに関する研究

神戸芸術工科大学
教　授　小　山　　明

1. 研究の目的と方法

1995年１月17日に日本を襲った阪神大震災は、一瞬のうちに多くの建築物を破壊し、また数え切れぬ被災者を生み出した。

これ程までに大きな被害をもらたした直接的な原因は、言うまでもなく建築の構造的な強度をはるかに上回る地震のエネルギーが生じたことにある。建築家は建築物の設計強度に対する考え方の大幅な変更をせまられている。

そして一方、震災後の都市復興の過程においても、ふたたび建築に関わる大きな問題が浮き彫りにされてきた。被災者を収容する緊急用仮設住居の脆弱さ、集合住宅における区分所有権の問題、再開発と区画整理の問題、それらは日本の住宅のありかたの根底にある未熟さ、曖昧さをあらためて再確認させるものであったと言うことができる。

阪神大震災は、地震を日常とする国土における災害規模の予測の困難さを自覚することの必要性、すなわち破壊されることを前提とした緩やかな脆性破壊を保証する構造設計に対する考え方の必要性、またそうした災害発生後の緊急仮設住宅供給の方法を日常的にプログラム化しておくこと、こうしたプログラムを建築や都市設計の考え方の中に組み込んでおくべきことをわれわれに教訓として残した。われわれは地震とともに生きてゆかざるを得ない。

本研究は、上記の建築に関わる諸問題の中でも、特に緊急時に使用される仮設住居に関する問題を取り上げ、現実に被災地で表れた問題点に対して分析・考察をおこない、それを基礎としたよりよい緊急仮設住宅のあり方を提案するものである。しかしながらこの研究の最も重要な目的は、この仮設住宅の問題を独立した問題として捉えてそれに対応する提案をおこなう事ではなく、前述のように建築計画及び都市計画の考え方へのプログラム化のひとつの実験的モデルとしてこれを提示することにある。

ここでは、これを実現するための方法として、異なる様々なベーシックなインダストリーの参画を基盤とした、緊急時に対応する新しい社会的枠組みをつくりあげる試みがなされている。

2. 震災後の緊急仮設住宅に関する問題点

震災直後から仮設住宅に関しては様々な問題が発生した。仮設以前の避難所の問題、老人や障害者等の社会における弱者の問題までをも含めて問題は広い範囲に広がり、それらは複雑に関連しているが、特にその原因を考慮に入れた場合に、解決すべき重要と思われる問題は、時間的な

問題、質的な問題、社会関係的な問題としてとらえられる以下の3点である。

(1) 時間的な問題

大規模な地震に際しては、避難所や緊急仮設住宅の膨大な量の需要が瞬間的に発生する。今回の震災においても小量の備蓄はほとんど意味をなさず、行政側からの供給は大幅に遅れた。被災地ではボランティア建築家のグループによる身の回りで入手可能な材料を転用したローコスト住宅の計画・建設が進められた。流通拠点としての神戸に数多くあるコンテナを使用した住居、林産地である兵庫県氷上郡の木材を使用した少人数で組立可能な木造仮設住宅などもこれにあたる。しかし、こうして災害がいったん発生してからの対応には、時間的にも量的にも限度のあることは明らかである。すべての被災者が避難所を離れた仮の住まいを手にすることができたのは、そのはるかに後になってからのことであった。この間の被災者の身体的・精神的な消耗、またそれにともなう個人および自治体の経済的な損失にははかり知れないものがある。

それでは、大量の備蓄を国家あるいは地方自治体が行うことによって、この問題を解決することは可能か。前述のように、災害の規模は予測が困難であり、その予測を超えて需要が発生する。備蓄量をこえた需要が今回の供給の異常な遅れをつくりだしたことを考えるならば、多くのスペースを占有し、大量の備蓄を行うことの有効性は決して高いものではないと考えざるを得ない。こうした物量のみに依存する備蓄の方法ではなく、有形無形の形で備蓄が行われることが本来必要であると考えられる。有形とは従前的な量的にストックされるものとしての備蓄、無形とはこれらを生産供給するシステムそのものの備蓄を指す。すなわち、災害発生の有無とは関係なく経常的にそのために生産システムが稼働していることが災害発生後の迅速な供給には必要であり、そのためには緊急用の仮設建築物と平常時に使用される建築物との間にシステム上の共通性を設定し、平常時に使用されるビルディング・エレメントが緊急の場合には転用が可能となるようなシステムを構築しておくことが必要である。あるいは、特定の必要なエレメントを増産して供給する生産量の切り替えが可能となるシステムが必要である。言い換えるならば、水道・ガス・電気等のエネルギーの生産供給と同様に、インフラストラクチャーとして社会が緊急用のビルディング・エレメントの生産供給システムを保有することが、無形の備蓄として有効に機能するひとつの方法であると考えられる。

(2) 質的な問題

被災地で実際に供給された緊急仮設住居には建築的なプランニングはなされていない。それらは、ほぼプレハブの納屋に調理台と風呂・トイレが付加された程度のものであり、第二次世界大戦後に供給された緊急住宅とほとんど考え方もプランも変わっていない。また、断熱性能、遮音性能、収納量など量的に測り得る性能も進歩していない。冬季には薄い壁面の内側に毛布・ダンボール等を貼り巡らし、また隙間風を防ぐためには外側から入念な目止め作業を行わなくてはならなかった。瓦礫の中から持ち出された家財は部屋の周囲に積まれ、その隙間に睡眠と食事のためのスペースがつくりだされた。

こうした住居の質的な劣悪さを生み出した原因は、膨大な必要量＝ローコスト生産物、使い捨て住宅＝ローコスト生産物という図式にある。緊急仮設住宅の有効な再利用の市場が現在は存在しないこと、震災による地方自治体の財政の圧迫がこのむやにやまれぬ経済的には不合理な決断と、将来にわたる膨大な量の粗大廃棄物をつくりだしたということができる。

将来の緊急仮設住宅に対しては、建築構造物にもまた市場経済的にも再利用の可能性を設定

しておくこと、そして備蓄のための地方自治体の経済的負担が質的な低下を引き起こすリスクを回避する仕組みを社会の中につくりだしておくことが、迅速な供給と質的に豊かな空間の確保を保証するものであると考えられる。

(3) 社会関係的な問題

緊急仮設住宅は厳密には被災地には建設されていない。それらの多くは大きな被害を免れた遠く郊外の空地や、埋め立て途中の人工島の上に建てられている。しかし、このことは既存の都市に育てられたコミュニティの破壊をもらたした。弱者を優先した入居のための抽選方法は、さらに孤独な郊外の老人村をつくりだした。土地を引き離された被災者はそれぞれが別々の土地で生活することを余儀なくされている。解体作業の効率と復興のための区画整理のスムーズな進行には欠くことのできないこうした措置が、被災者のこれからの残された人生の設計図を大きく歪ませている。

被災者がそこに住み続けながら都市を復興させることが本当に不可能なのか、という非常に素朴ではあるが現在われわれが考えるべき根本的な問題がそこには存在している。このことがらを緊急仮設住宅のハードウェア上の問題として捉え直すならば、次のような可能性を見いだすことが可能である。前記の生産供給システムの設定による社会経済的な入手の容易さという条件に加えて、搬送・組立・集積化・解体の簡易性が確保されるならば、復興予定の敷地ブロック内部における移動はきわめて容易なものとなる。対象となるあるコミュニティブロック内において、換地を繰り返しながら再建を遂行することがコミュニティ破壊を防ぐひとつの方法となる。そのためには、ハードウェアの軽量性と強度、道路交通法等の搬送の制約とそれとは相反する空間の豊かさの必要性との相関関係が厳密に考慮されねばならない。

3. 提案の内容

通常の住宅市場に流通する住宅に使用されるビルディングエレメントと緊急用の仮設住宅のビルディングエレメントとの間にシステム上の共通性を設定すること。このことは、表現を変えると、緊急用仮設住宅の構成部品を特殊なものとして位置づけないこと、を意味する。逆に、一般的に使用されている住居の部分が、緊急時には仮設住宅の部品として転用が可能な通常の住居のシステムを構築すること、を意味する。しかし、それらは軽量かつ強度が高く、組み立て、集積、解体、搬送の容易な、そして空間的に豊かな住居ユニットを構成するシステムでなければならない。

これらの条件を満たすため、総合的な視野から以下の提案がなされる。

(1) システムについて

どのような場所、どのような状況においてもアセンブルが可能であることを保証するために、ビルディングエレメントにサイズ、強度、組み立て用連結部品等に関する統一規格を設定する。このエレメントは輸送および備蓄を容易にする目的から、軽量パネルの形式をとるものとする。パーツ化すること、そして統一規格を設定することにより、異業種がそれに参画することが可能なオープンシステムが構築される。建設産業のみならず、ガス・電気等のエネルギー関係の産業、乗用車・トラック・航空機等の車両製造に関わる産業、情報機器、家庭用電機機器製造業等、どのような異なる産業も統一規格というインターフェースを通してパネルのみを生産することでシステムに参加することが可能となる。

緊急用仮設住居としては、１住居ユニットのみを使用した戸建ての使用形態と複数の住居ユニットを使用した集合の使用形態とが考えられるが、社会に通常建設されるユニットは集合住宅の形態で使用されることを念頭におく。これはパネルで構成されるスクエアな形態が、集積という形式にきわめて有効に機能することによるものである。

この集合住宅の建設に際しては、土地、住居ユニットを支える構造体、エネルギー供給等を国または地方自治体が提供し、個々の住居ユニットを個人が所有するものとする。ユニットの床・天井および壁体が個人によって所有されることにより、区分所有権の問題を回避する。

この考え方の基礎にあるものは、いわゆるインフラストラクチャーを社会資本化し、一方住居ユニットを個人所有物とすることにより、所有権と責任の所在を明らかにすることにある。

(2) 構造について

個々の住宅ユニットはサブフレームを介して、メインフレームに組み入れられる。

住居ユニットは地上でサブフレーム上にアセンブルされ、サブフレームごとメインフレーム上にリストアップされる。サブフレームの製造責任と所有権はメインフレームと同様に国あるいは地方自治体に帰するものとする。

各パネルには設備ユニットまたは収納ユニットを組み込んだものと、単純な板状のものがある。

(3) 空間について

住居ユニットに対してはネットの空間量を保証する。設備、収納等をでき得る限りこのネットの空間の外側に持たせることが可能なパネルの開発をおこなう。

住居プランの開発に際しては、近代および現代のすぐれた集合住宅のプランが参考にされるが、日本の現代の生活様式、また情報機器をはじめとする現代の文化のあり方に関わる室内の機器・装置類の形式を考慮する。

この考え方の基礎には、近現代にはスクエアな空間形式を有する非常にすぐれた集住のためのプランがありながらも、現代の機器やものに溢れた生活様式がそれを生かすことができなくなっているという認識がある。これまでの歴史に学び、ふたたびクリーンでありながらバリエーションのあるネットの豊かな空間を創り出すことがここでは必要とされる。

4. ユニット

基本となる１個の住居ユニットは、「床・壁・天井パネル」、「構造材」、「設備ユニット」、「収納ユニット」、「建具」で構成される。戸建ての住居ユニットの場合は、「屋根」が以上の基本要素に加わる。

「床・壁・天井パネル」は、単独で自立する強度と、防水・防音・断熱性能を有する。サイズは120㎜×2,100㎜の共通断面を持ち、必要に応じ2,700㎜、3,600㎜、4,500㎜の３種類の長さと開口部の有無の組み合わせによるバリエーションが用意されている。

材質は、現在建築資材として流通しているＡＬＣやＧＦＲＣなどの他に、より軽く、組み立て労力の少ない断熱材を充填したペーパーハニカムコア・サンドイッチパネルの可能性を検討している。

「構造材」は、パネルとパネルとのジョイント及び、パネルと設備・収納ユニットとのジョイントに用いられる。また戸建ての住居ユニットの場合は、１階床パネルを支持する基礎に用いら

れ、集合型の住居ユニットの場合は、サブフレームである水平トレーとの連結にも用いる。

「設備ユニット」は、「床・壁・天井パネル」の外周に張り出す形に設置することで、室内空間を確保すると共に、配管を床下からじかに接続することが可能となる。ユニットは、700㎜×2,100㎜平面のキッチン及びサニタリー用のバリエーションと、1,600㎜×2,100㎜平面の浴室・洗面・トイレ用のバリエーションが用意されている。

「収納ユニット」も、「床・壁・天井パネル」の外周に張り出す形に設置される。これらは一般的な収納スペースに使われるものの他に、ベッドやテーブルを収納可能なユニットを用意することで、緊急用住居など十分に室内面積が確保できない場合にフレキシブルに対応することが可能となる。

「屋根」は、「天井パネル」と直射光と外気との緩衝を主たる機能にするものである。「屋根」と「天井パネル」との間に通気層を設けることにより、室内空気調和のエネルギー経済化をはかっている。これは特に十分なエネルギー供給源が得られない緊急用住居に対して有効である。防水性能は「天井パネル」がすでに備えているので、「屋根」は補助的に機能する。

材質はスチールフレームに、ＰＢＣもしくはテフロン膜を張った構造を基本とし、トップライト部にはポリカーボネイトが用いられる。

5. 集合型の研究

(1) 緊急住宅から一般集合住宅へ

緊急時の住宅のビルディング・エレメントと一般住居の市場におけるビルディング・エレメントに共通性をもたせる方針にもとづいて、一般集合住宅の検討をおこなう。基本的モデュールとユニットの生産システム、組立方法に共通性を探ることで緊急住宅と一般住宅の市場ベースがつくられる。

一般住宅の集合化を検討テーマの中心におく。大都市、低密度過密地帯の防災性をたかめるためには、住居を集合化し、構造物の防災性を確保、また空地部分をふやしていく再開発、置換操作が必須と考えられる。

住宅供給の全体システムを緊急システム＋集合再開発システムとの組み合わせにおいて提案する。

(2) 都市防災域成立のための集合化再開発の方法

大都市における低層過密地帯において、住民の再開発への合意の得られやすい小規模なエリアを設定し、集合化を試みる。これらのエリアを広げることで地区全体の集合住宅への移行をはかっていく方法を考える。

住民の合意の方法として構造体や基幹設備、防災設備などは公共が維持をおこなうなどの方法的配慮が考慮される必要があり、設計、建設の方法においても公私と私有の分割の仕組みが検討される必要がある。

(3) 集合化への検討

①モデュールとビルディング・エレメント

緊急住居と市場共通性、住環境のボリュームの向上から集合型のモデュールおよびビルディング・エレメントが決定される。

②構法

メイン構造体としての支柱の建設をおこなった上、水平部材はその上に住居ユニットを地上で組み上げた上、リフトアップし支柱に接合する方法を考える。

③構造

支柱：鉄筋コンクリート柱もしくは鉄骨柱を考える。選択は建設主体、敷地条件、工期等にもとづいてなされる。

水平材（トレー）：水平部材は鉄骨梁を基本に考える。建方および建設主体によってコンクリート梁等のバリエーションも考えられる。

④住居ユニット

住居ユニットは設備系を含むもの、単純パネル、収納ユニット、開口ユニット等が基準のモデュールに従い、住居者の選択によって決定される。

⑤共通スペースの要素

集合のタイプにより異なるが、廊下、階段、エレベータ、配管、配線スペースが共有スペースの要素として考えられる。

⑥防災設備

緊急時の水・食料のストック、緊急用発電装置、バッテリー、通信システムは共通施設として再開発時に集合住宅地区に組み込まれる。

(4) 集合型のタイプ

①集合型のタイプA　集合形態からの分類

a)ツリー型：縦動線を核（コア）としてそのまわりにユニットを取り付けていく型の集合形態

b)リニヤー型：直線（あるいは連続曲線）の平面プランによって構成される。断面型によりいくつかのタイプが考えられる。

c)コートヤード型（中庭型）：中庭を囲む形の平面プランによるもの。リニヤー型のバリエーションで断面型によっていくつかのタイプが考えられる。

②集合型のタイプB　断面型からの分類

a)垂直動線リンク型（バーティカルリンク・バージョン1-a-v.1）、バージョン2-a-v.2））階段室およびエレベータの周辺に2あるいは3個の住居を各階に配置する平面構成で、廊下部分をなくし、垂直動線のみで各戸にアクセスする。各フロアでの住居数の少ないことからプライバシーが大幅に守られる。

b)ユニテ型

各個が吹き抜け空間をもつメゾネットの断面型をふたつ組み合わせ、中央に廊下を持つことで各住居の吹き抜けによる空間ボリュームの向上と両側に大きな開口部を設けることができる。廊下は3層毎に配備される。ル・コルビュジエがマルセイユのユニテ・ダビタシオンで採用した断面型。

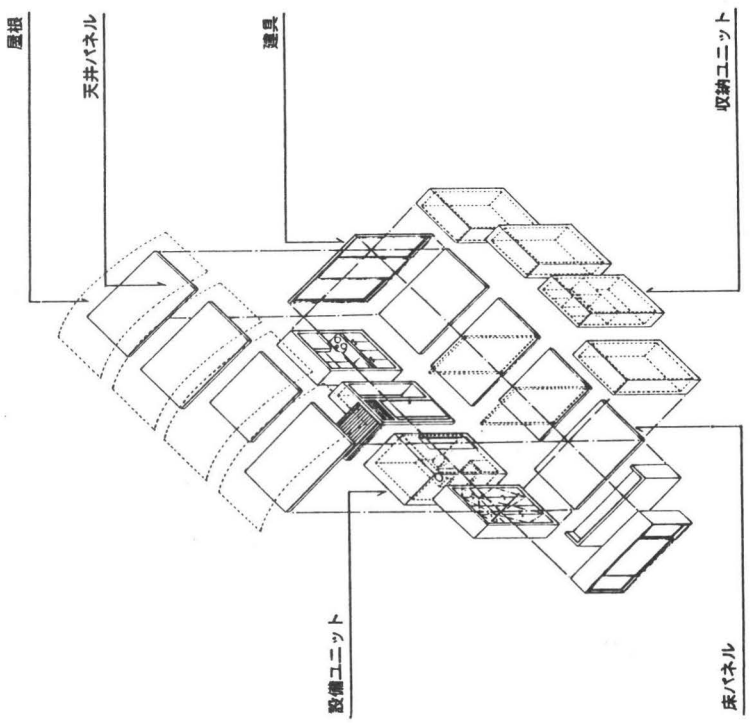
c)ラティテュド型

片側廊下ながら各住居が両側に大きな開口部を持つことができる断面型。各住戸へのアクセスには1m強の階段を上がらねばならないが、居住環境の向上は一般の片側廊下のタイプの住居よりはるかにまさっている。パンギュイソンによって1930年代に設計された南仏サント・ロペにある集合住宅ラティテュド45において採用された断面型。

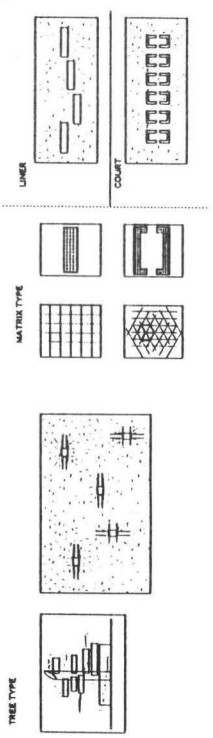
d)分離回廊型（アウターコリドー・タイプ）

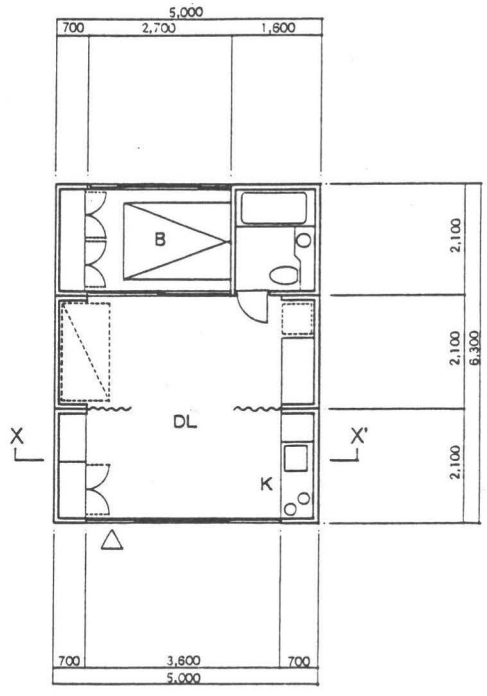
廊下部分を住居面から切り離し独立させることで、プライバシーを確保しながら住居に両側採光の可能性を与えることができる。また、廊下と住居ユニットの間にはテラスを組み込み植栽等を配置して自然を所有する落ちついた住環境を生み出せる。

3-1. EMERGENCY HOUSE AND INDEPENDENT HOUSING UNIT

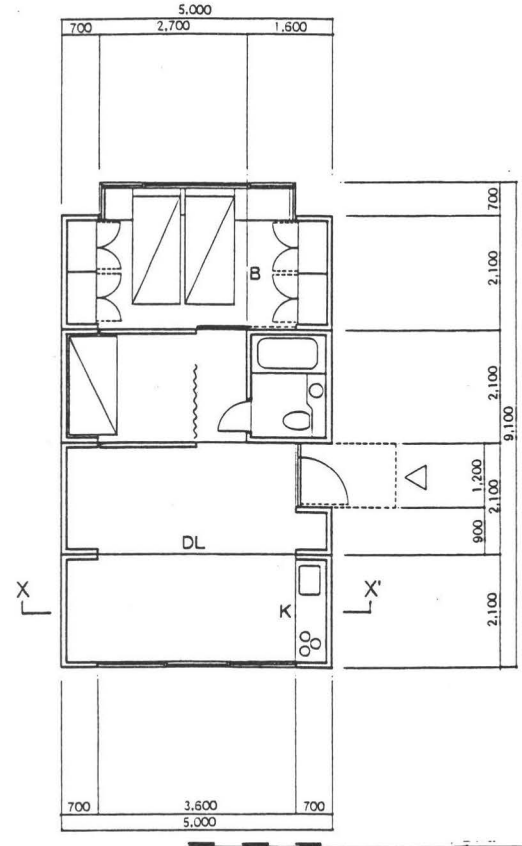


5. 集合型のタイプ

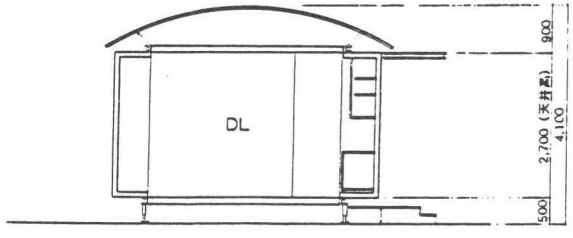




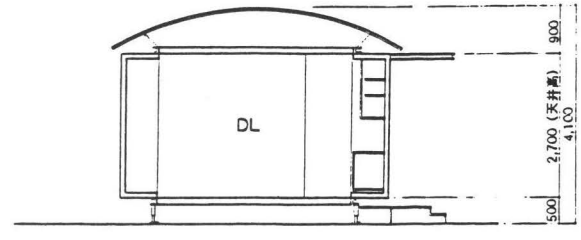
MINIMUM TYPE PLAN



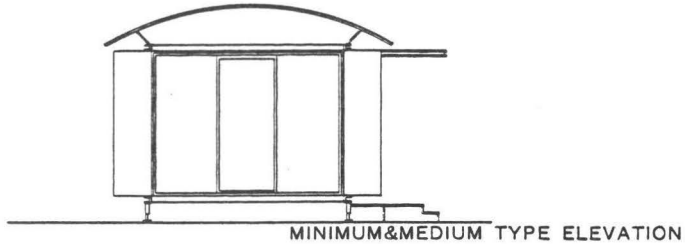
MEDIUM TYPE PLAN



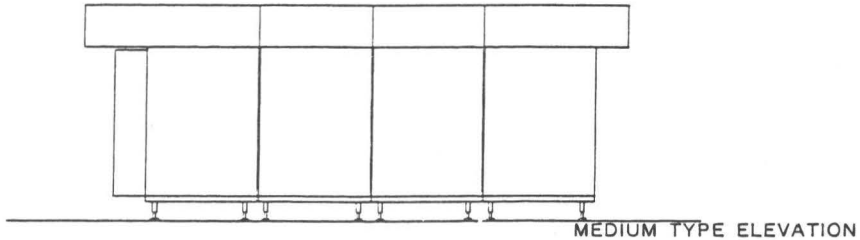
MINIMUM TYPE SECTION X-X'



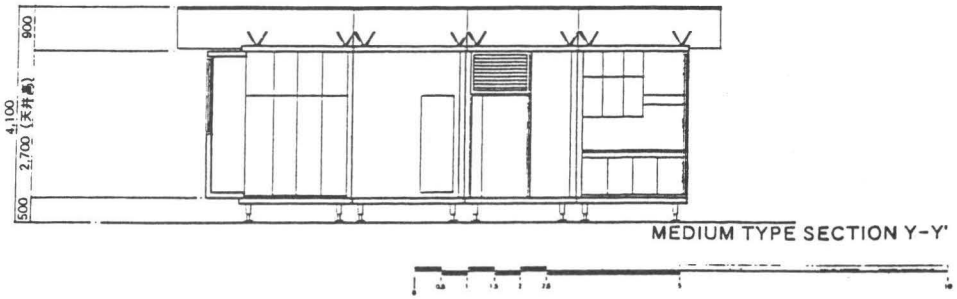
MEDIUM TYPE SECTION X-X'



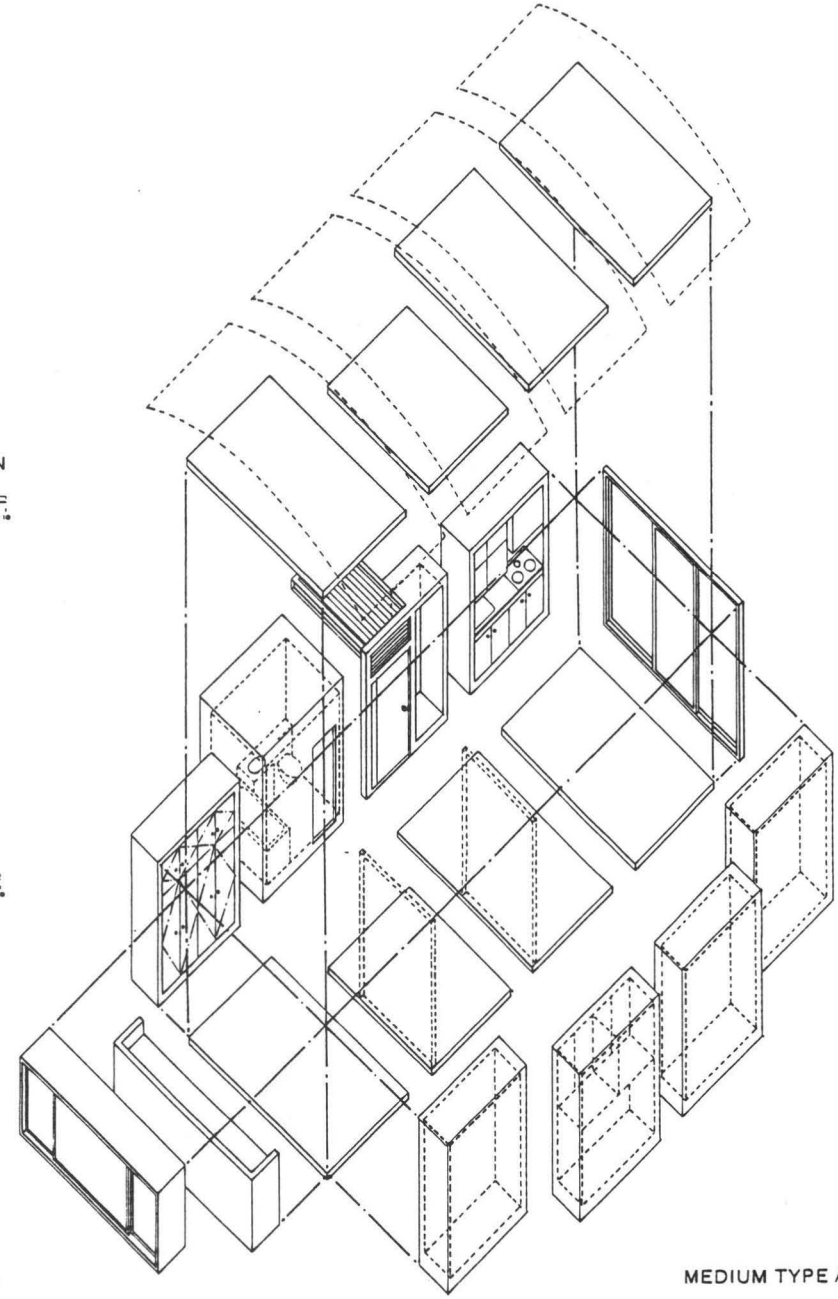
MINIMUM&MEDIUM TYPE ELEVATION



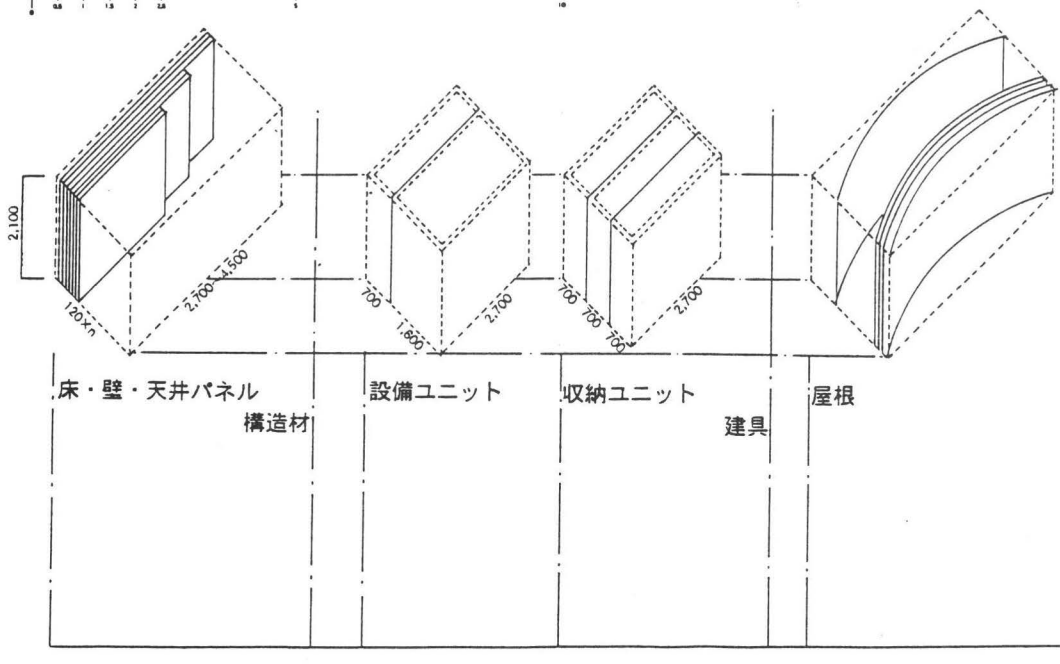
MEDIUM TYPE ELEVATION



MEDIUM TYPE SECTION Y-Y'

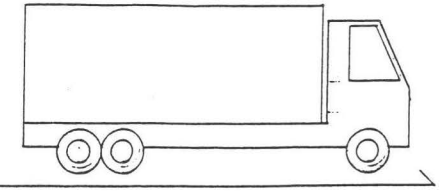


MEDIUM TYPE AXONO

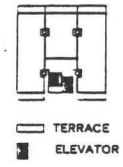
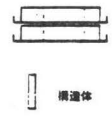
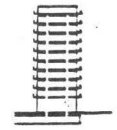
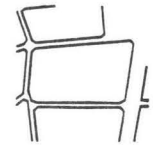
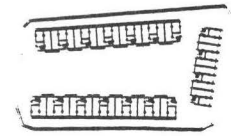
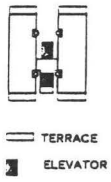
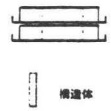
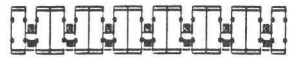
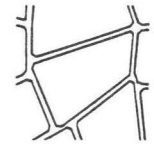
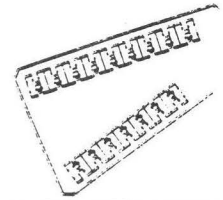
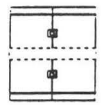
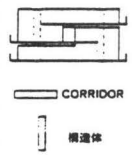
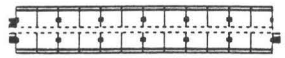
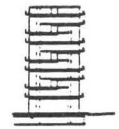
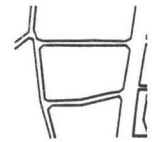
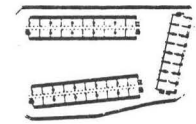
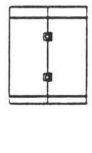
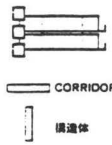
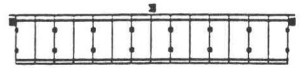
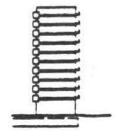
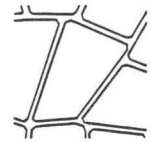
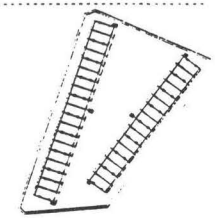
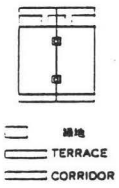
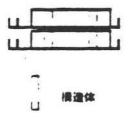
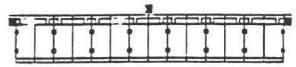
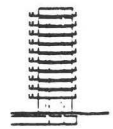
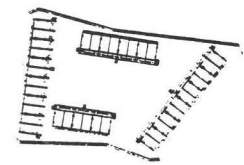


各構成ユニットは、現行の交通システムであるトラック・トレーラー運送、コンテナ運送に対応するため 2,100㎜×2,100㎜ の内法断面に積載可能なサイズを有している。

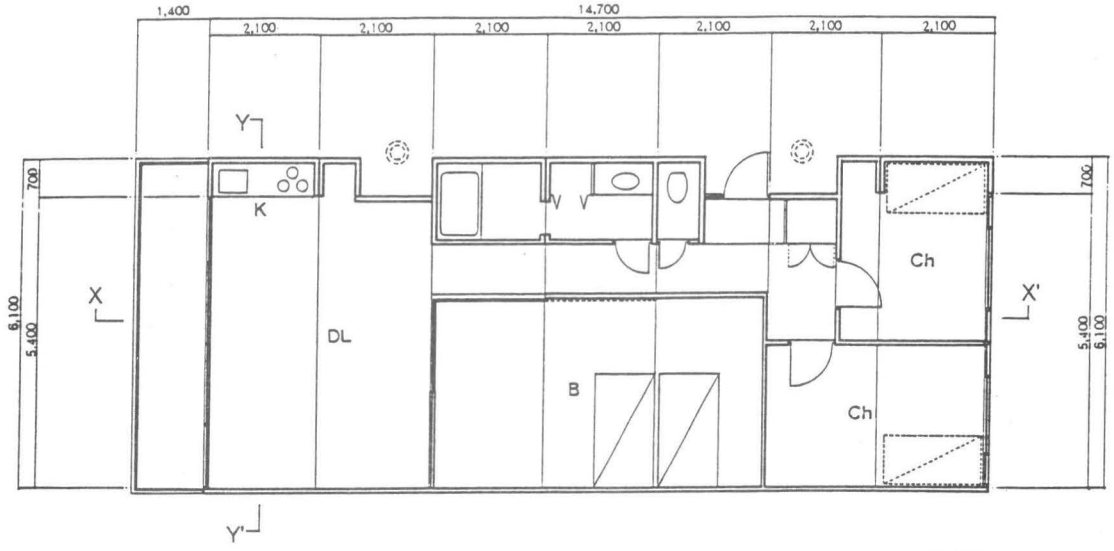
このサイズは同時に、各製造メーカーから種別ごとに敷地に直送する場合にも、流通拠点にストックされた構成ユニットを１住居に必要なごとにまとめて運送することにも対応した、合理的なパッケージングを可能にしている。そのため3-1に示した、緊急用住居・MEDIUM TYPE であれば、荷室長6,500㎜のトレーラー２台で搬入することができる。



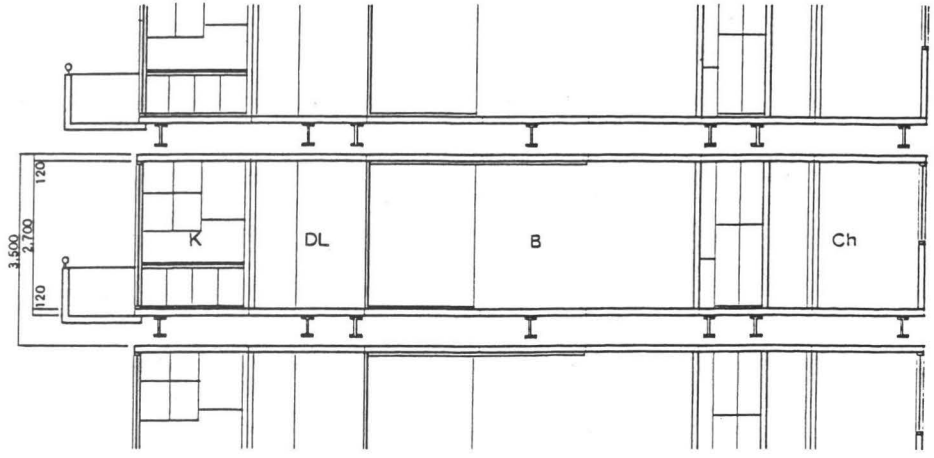
5. 集合型のタイプ

	UNIT PLAN DIAGRAM	UNIT SECTION DIAGRAM	PLAN	SECTION	SITE	BLOCK PLAN
a-v.1) VERTICAL LINK TYPE version1						
a-v.2) VERTICAL LINK TYPE version 2						
b) ユニテTYPE						
c) ラティチュッド TYPE						
d) OUTER CORRIDOR TYPE						

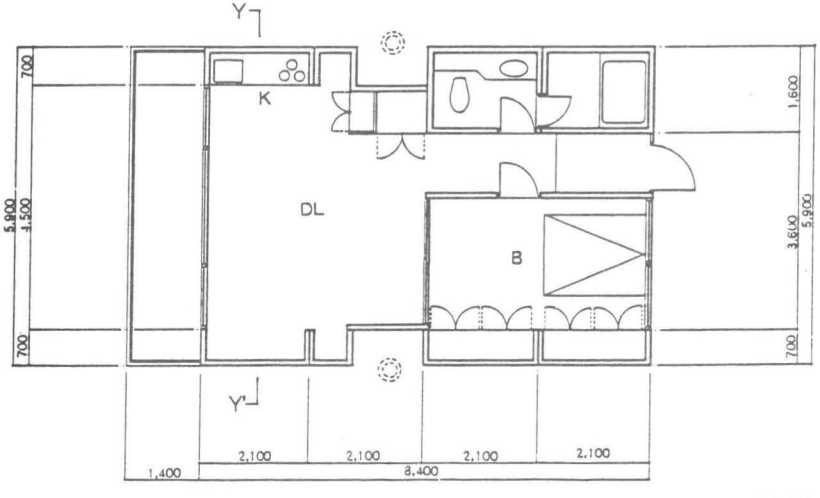
5-1. VERTICAL LINK TYPE version1-STANDARD UNIT + STUDIO-



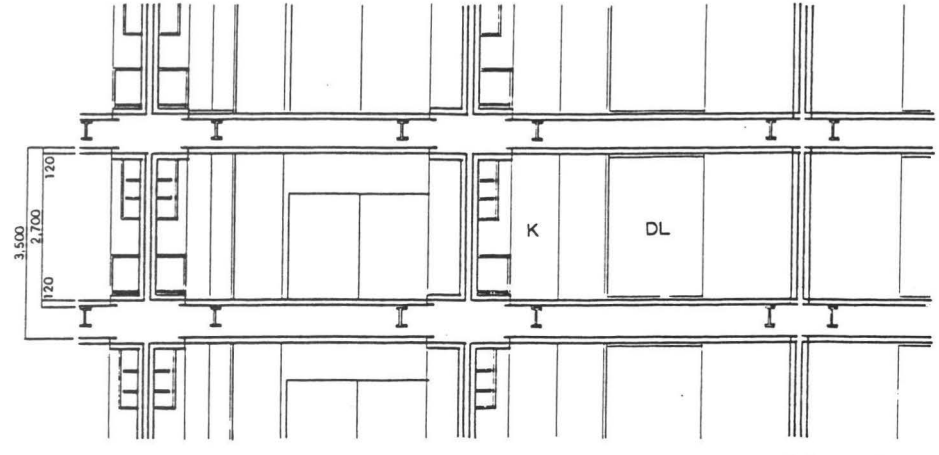
PLAN



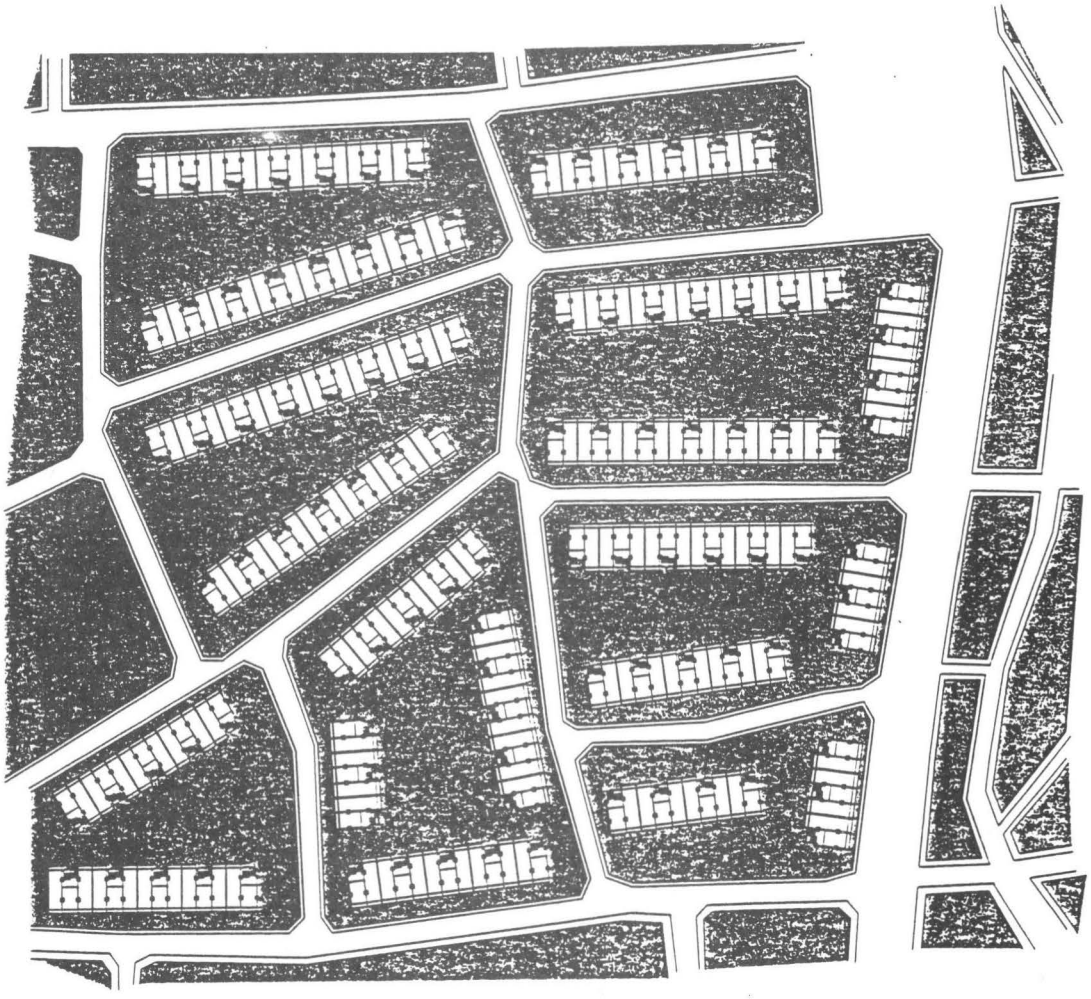
SECTION X-X'



PLAN

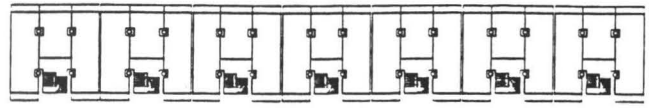


SECTION Y-Y'

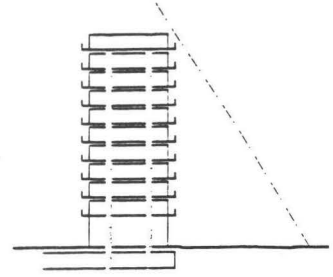


BLOCK MASTER PLAN DIAGRAM

0 10 20 30 40 50 100

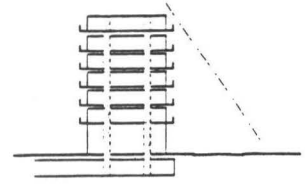


BLOCK PLAN DIAGRAM

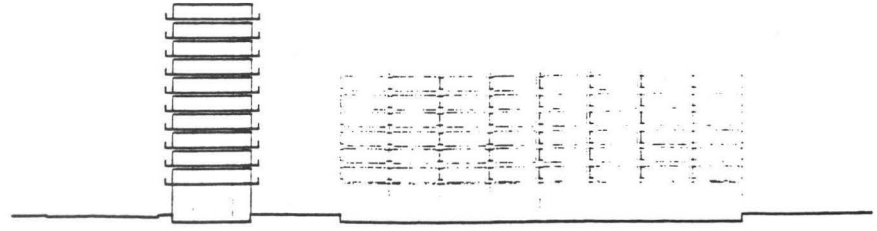


21mの前面道路による高さ制限

MAIN STRUCTURE

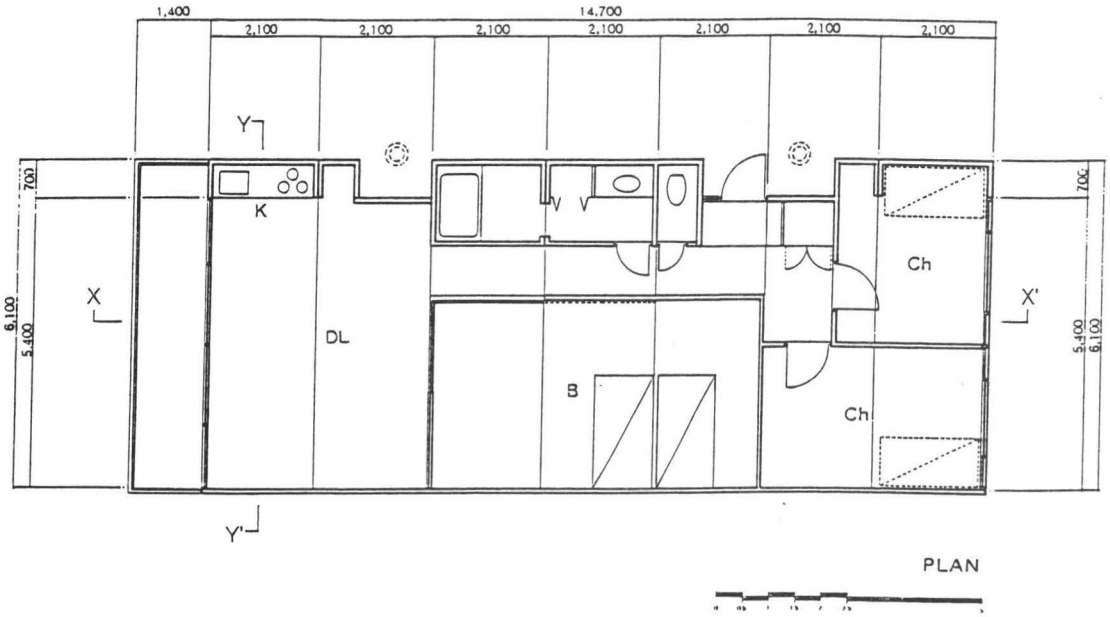


9mの前面道路による高さ制限

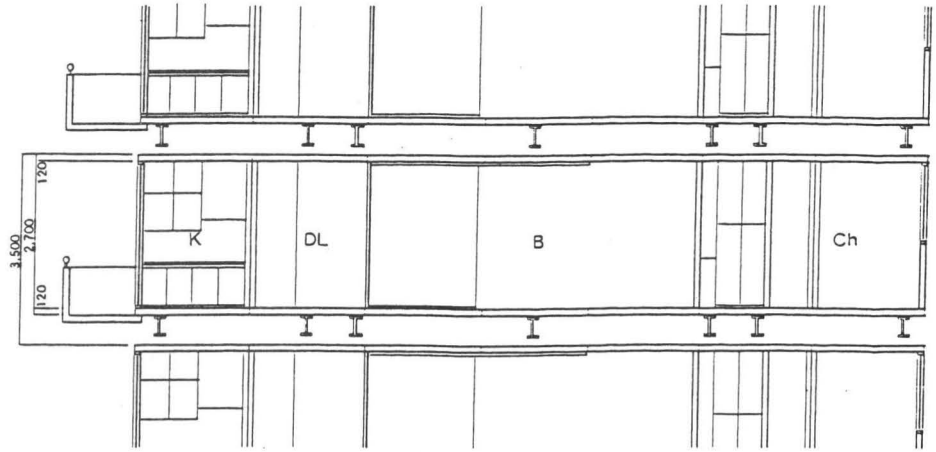


BLOCK SECTION DIAGRAM

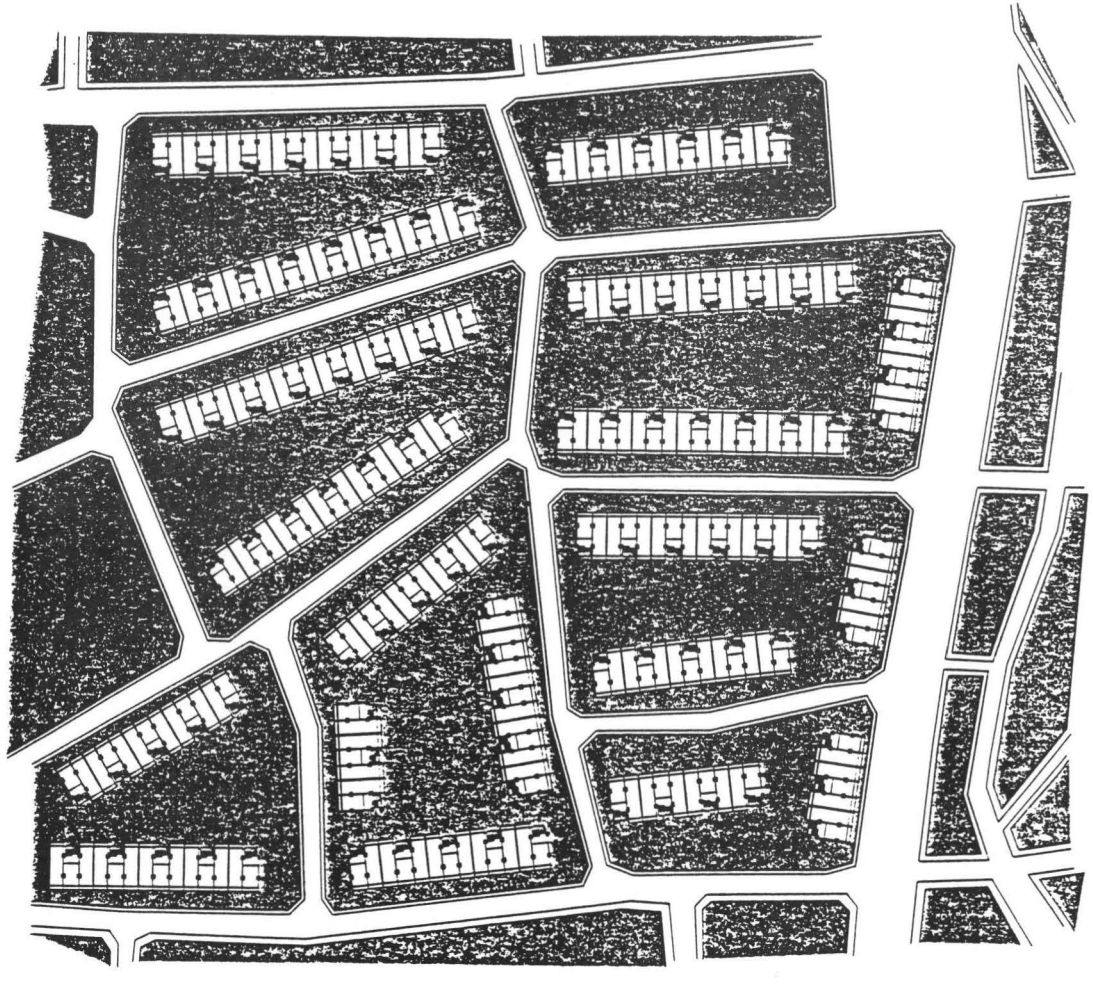
5-2. VERTICAL LINK TYPE version2



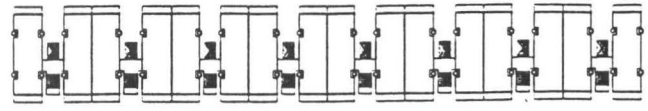
PLAN



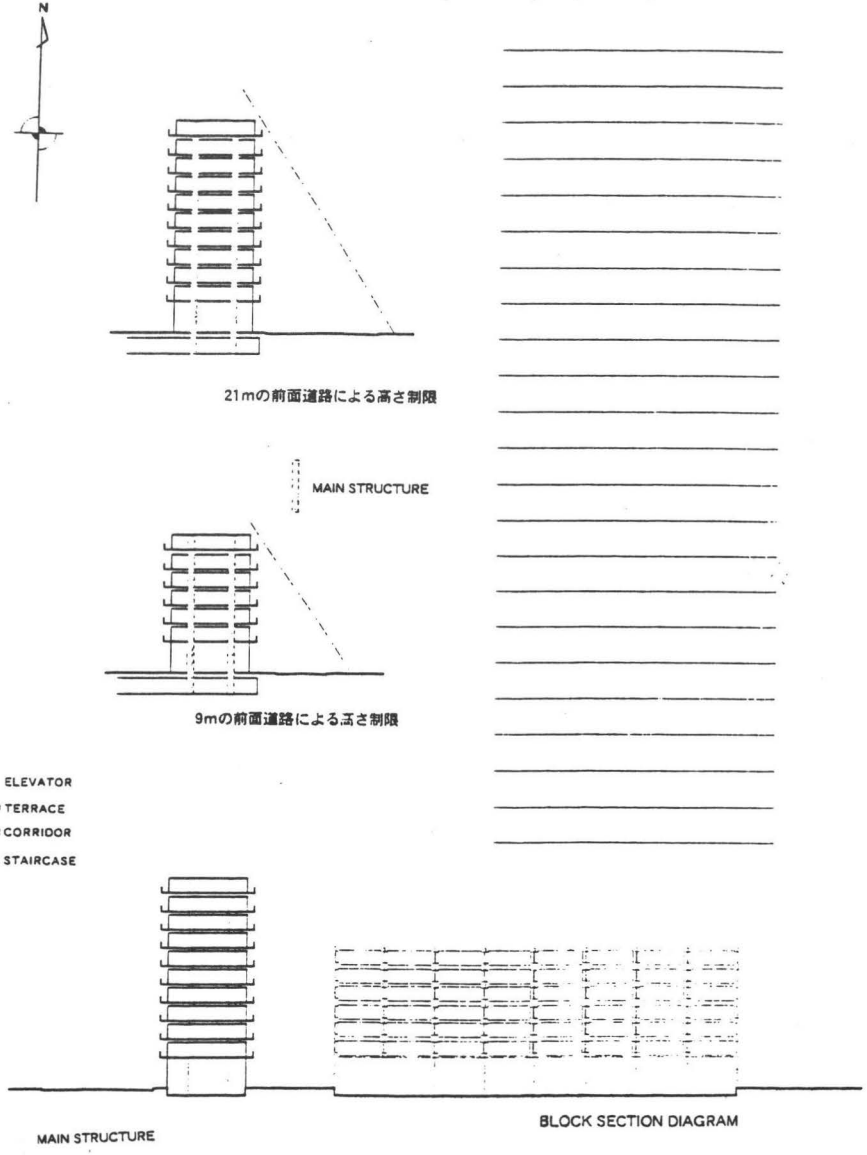
SECTION X-X'



BLOCK MASTER PLAN DIAGRAM

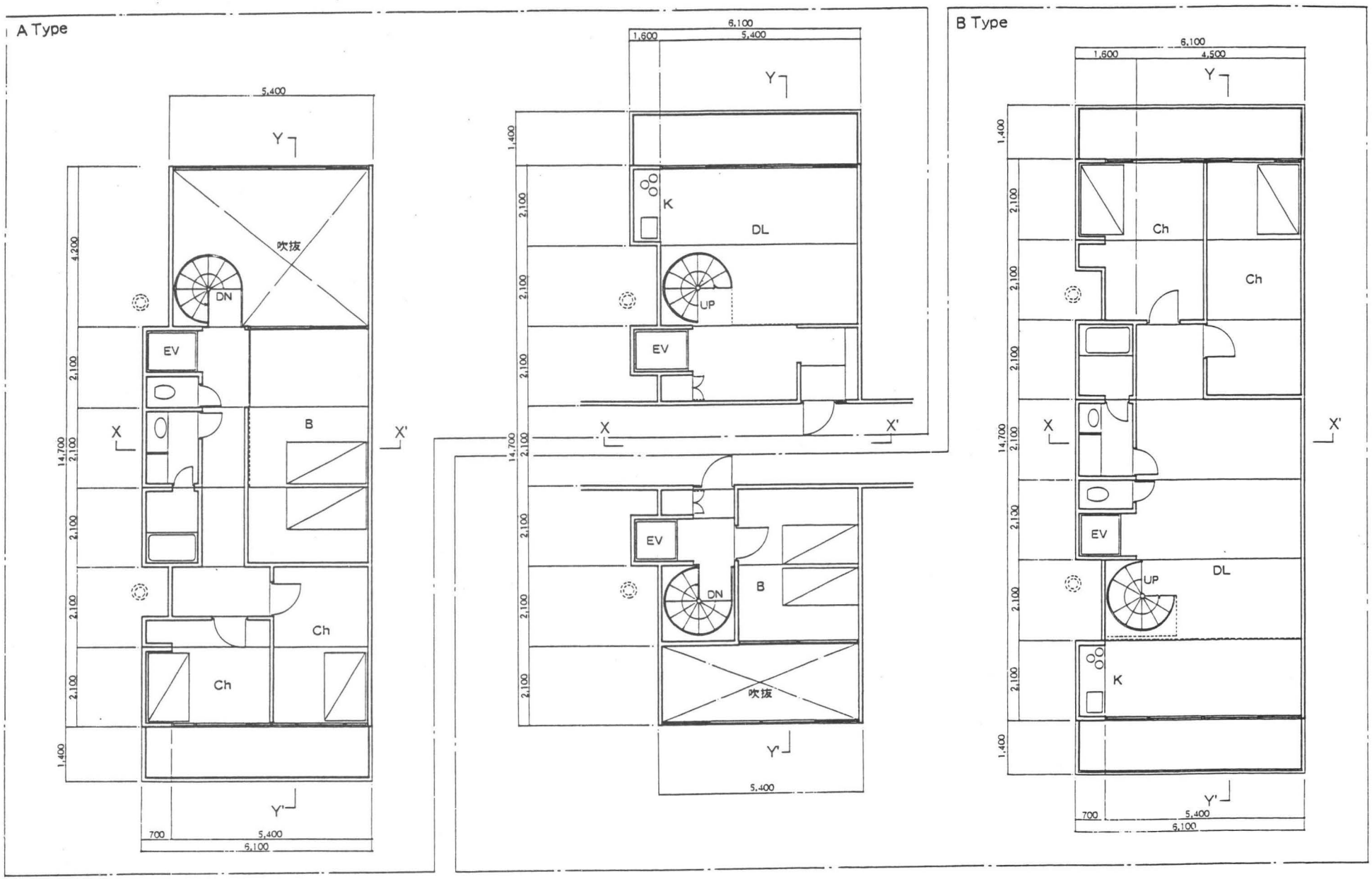


BLOCK PLAN DIAGRAM

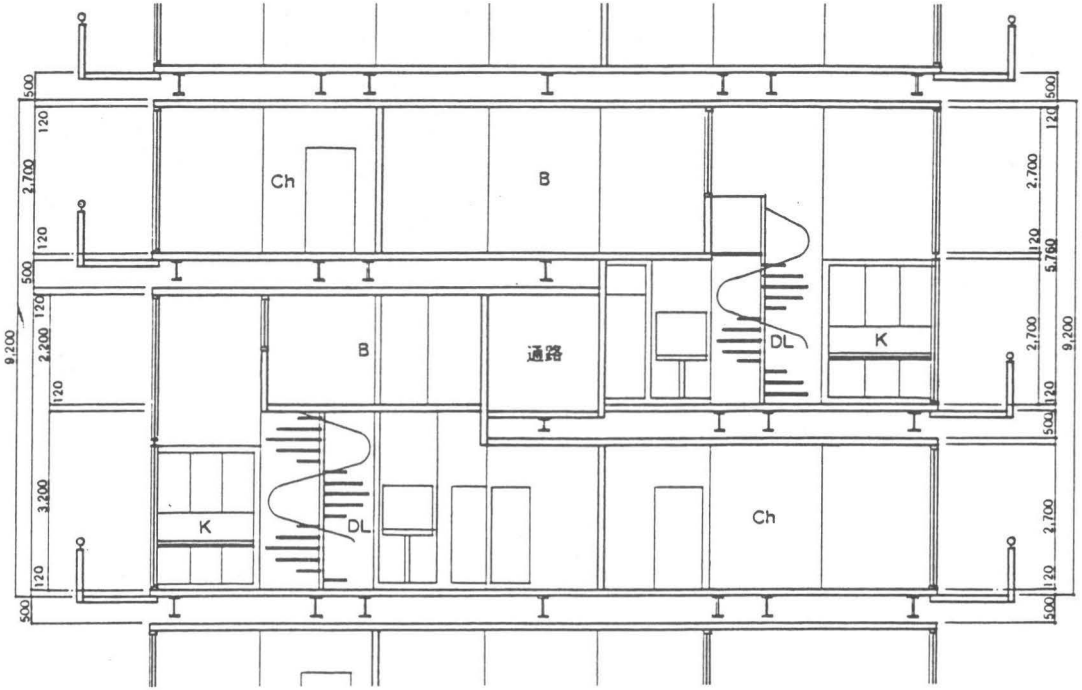


BLOCK SECTION DIAGRAM

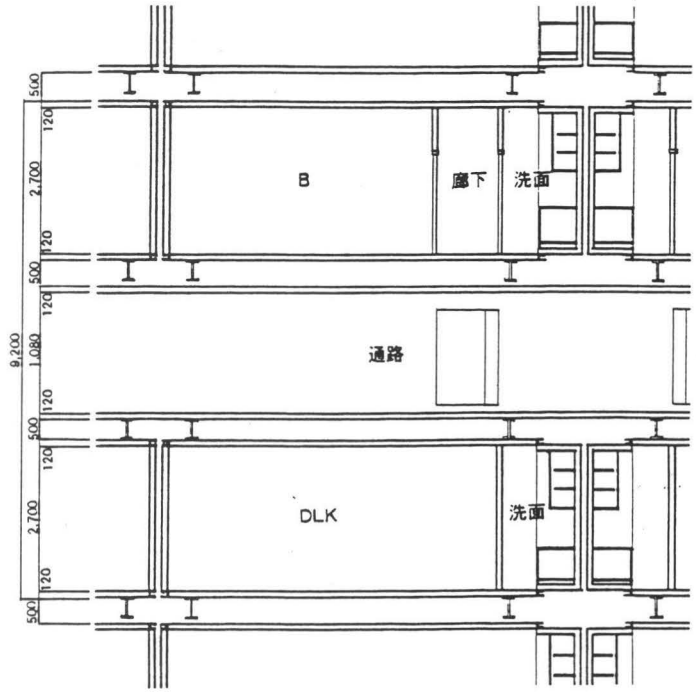
5-3. ユニテ TYPE


A Type
B Type
UPPER LEVEL PLAN
MIDDLE LEVEL PLAN
LOWER LEVEL PLAN
吹抜
DN
UP
EV
K
DL
B
Ch
X
X'
Y
Y'
5,400
6,100
1,600
4,500
4,200
2,100
14,700
1,400
700

5-3. ユニテ TYPE

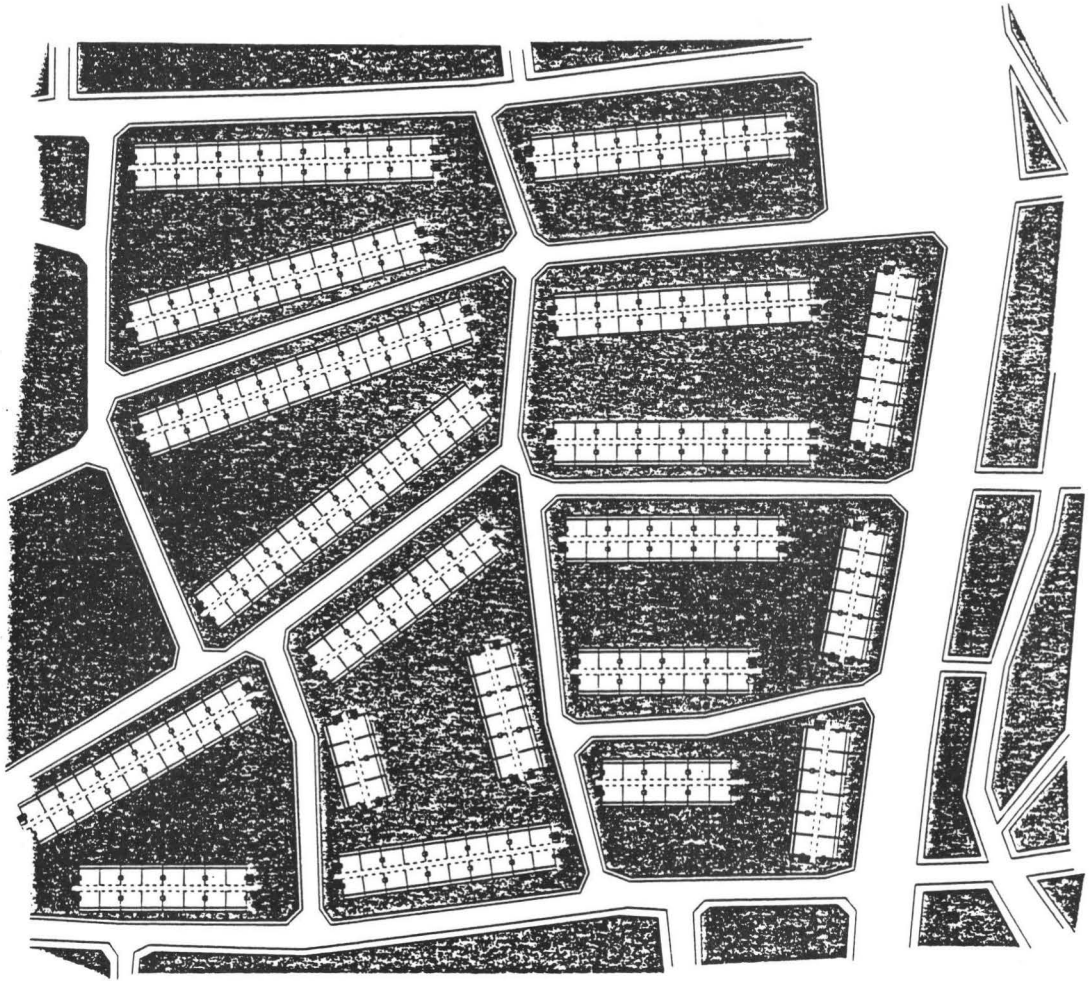


SECTION X-X'



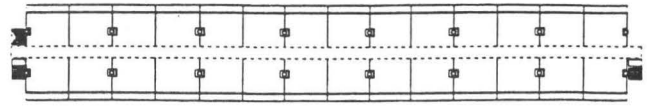
SECTION Y-Y'

5-3. ユニテ TYPE BLOCK

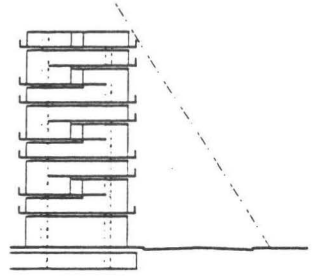


BLOCK MASTER PLAN DIAGRAM

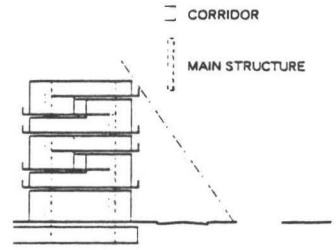
0 10 20 30 40 50 100



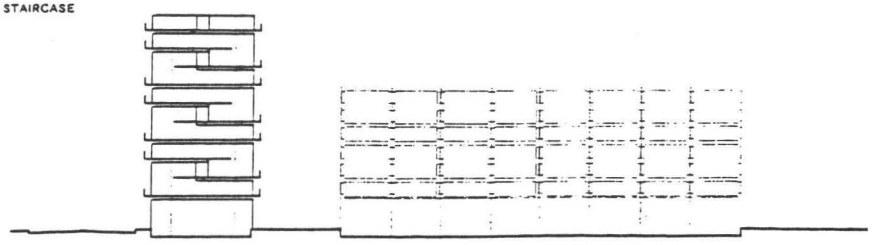
BLOCK PLAN DIAGRAM



21mの前面道路による高さ制限



9mの前面道路による高さ制限

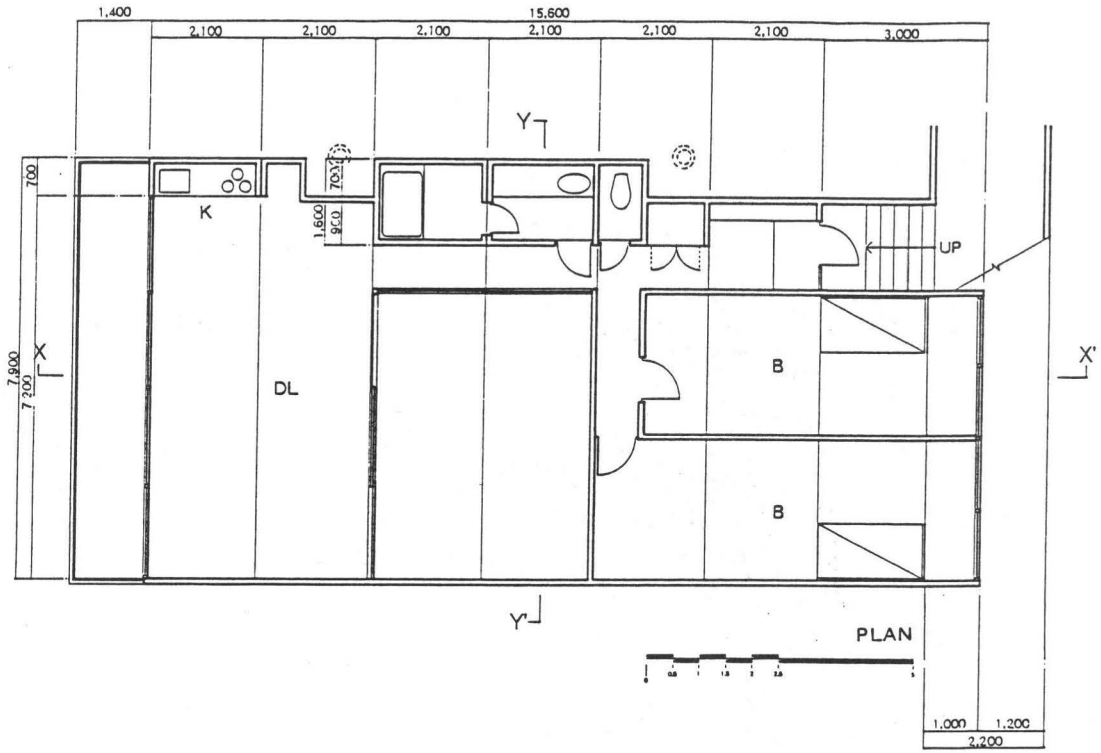


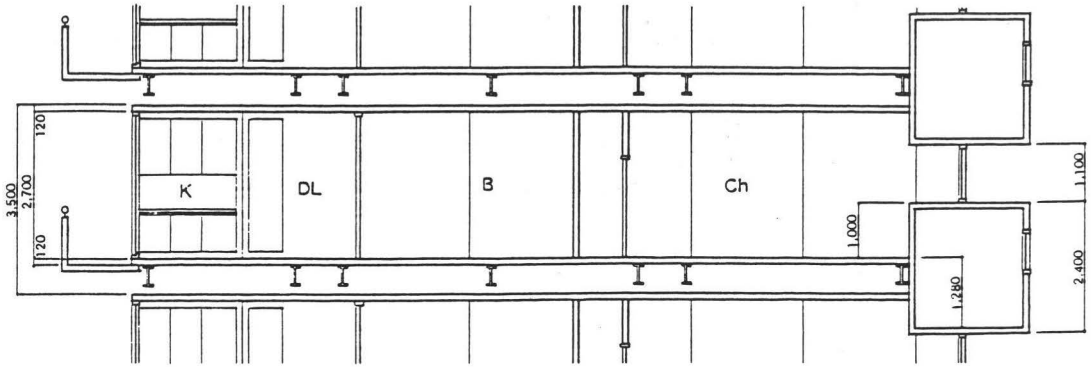
BLOCK SECTION DIAGRAM

CORRIDOR

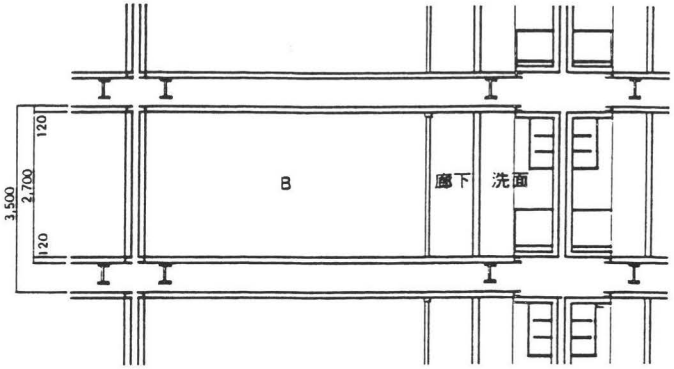
MAIN STRUCTURE

5-4. ラティチュッド TYPE



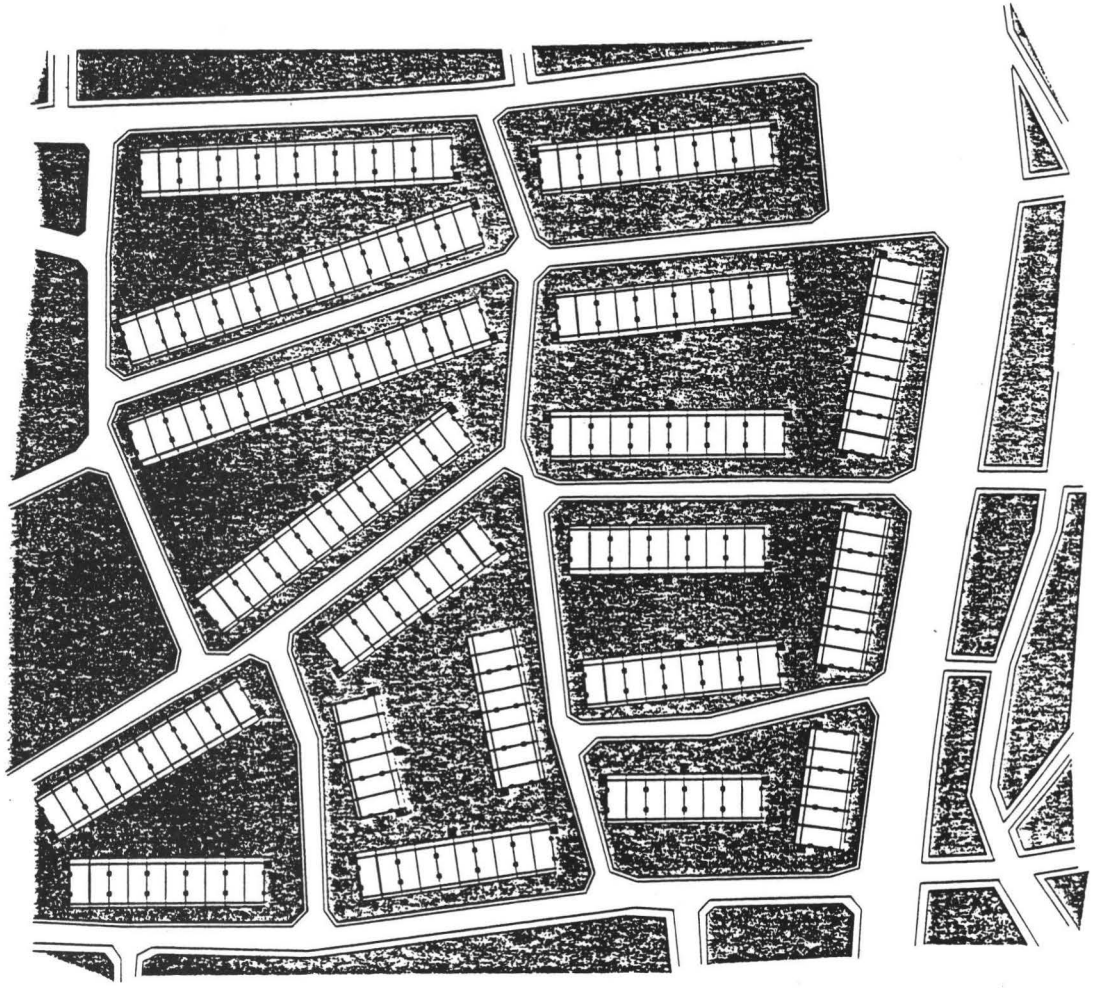


SECTION X-X'



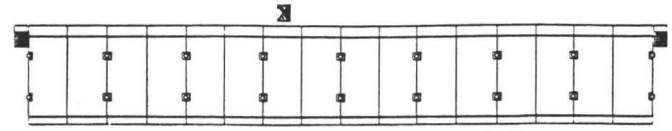
SECTION Y-Y'

5-4. ラティチュッド TYPE BLOCK

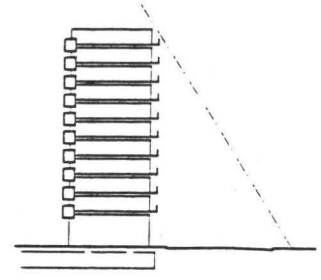


BLOCK MASTER PLAN DIAGRAM

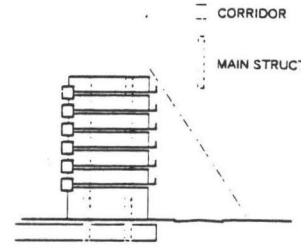
0 10 20 30 40 50 100



BLOCK PLAN DIAGRAM

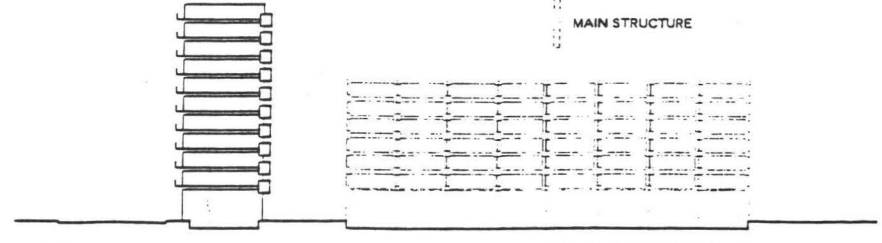


21mの前面道路による高さ制限



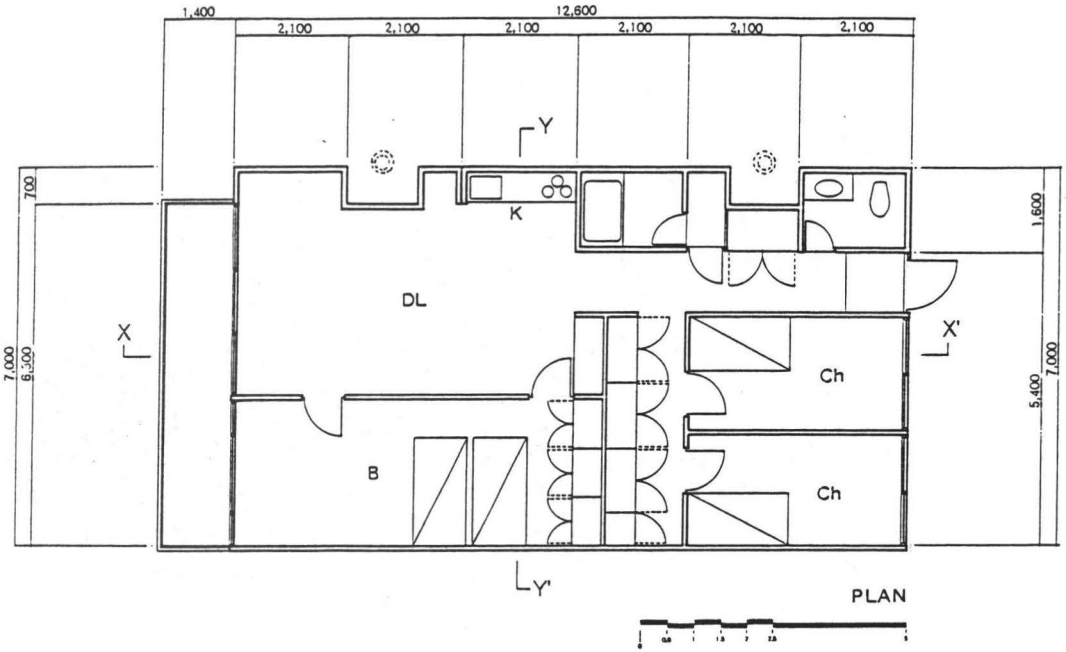
9mの前面道路による高さ制限

ELEVATOR
TERRACE
CORRIDOR
STAIRCASE

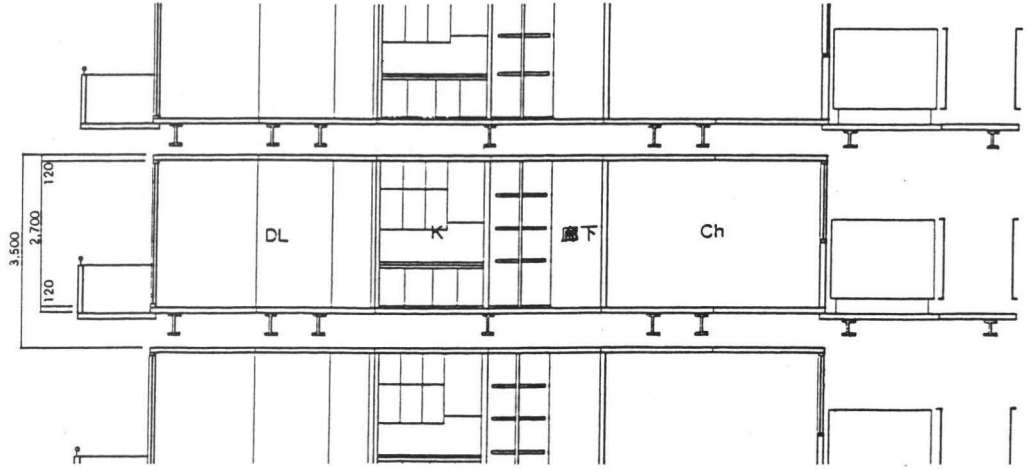


BLOCK SECTION DIAGRAM

5-5. OUTER CORRIDOR TYPE



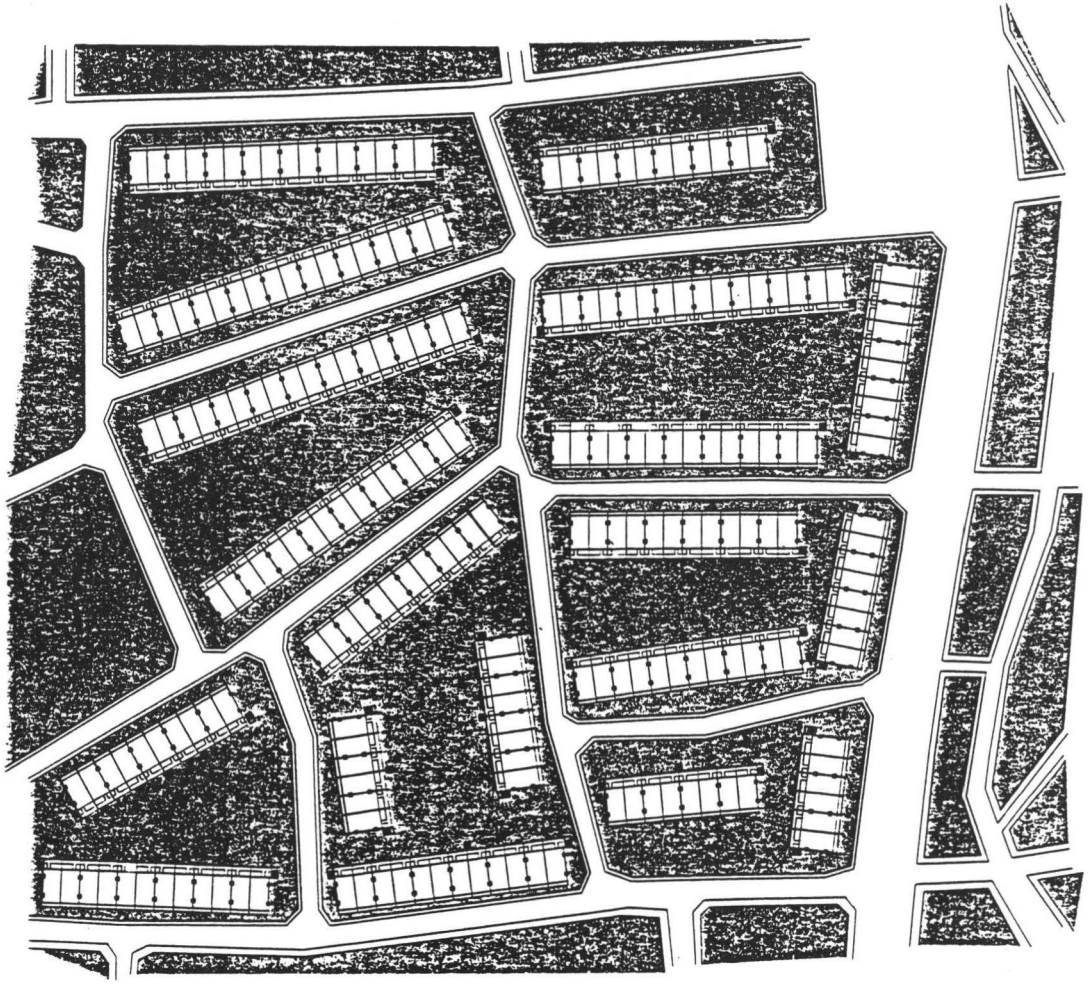
PLAN



SECTION X-X'

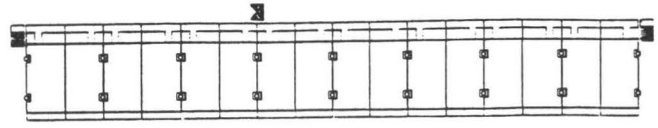
SECTION Y-Y'

5-5. OUTER CORRIDOR TYPE BLOCK

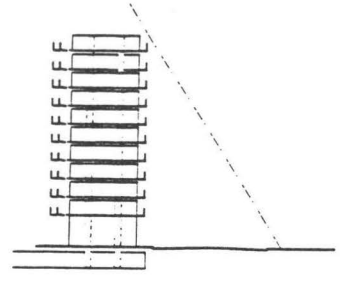


BLOCK MASTER PLAN DIAGRAM

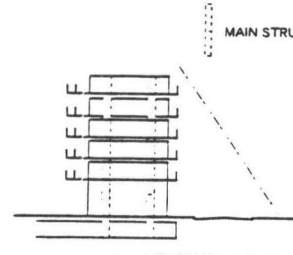
0 10 20 30 40 50 100



BLOCK PLAN DIAGRAM

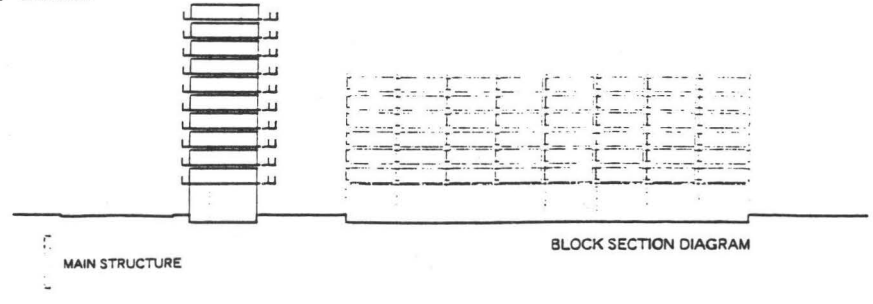


21mの前面道路による高さ制限



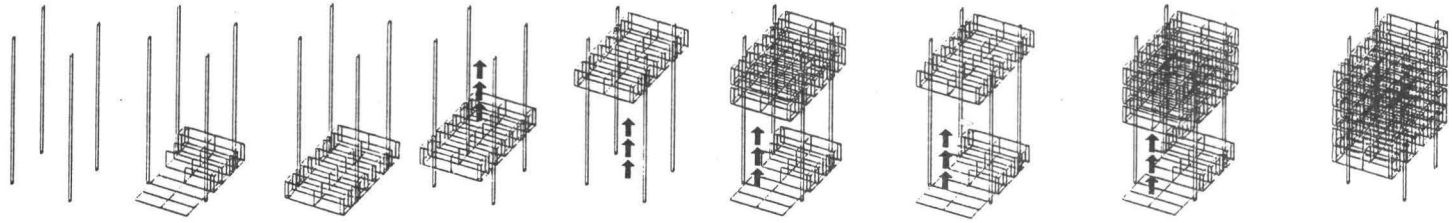
9mの前面道路による高さ制限

ELEVATOR
TERRACE
CORRIDOR
STAIRCASE

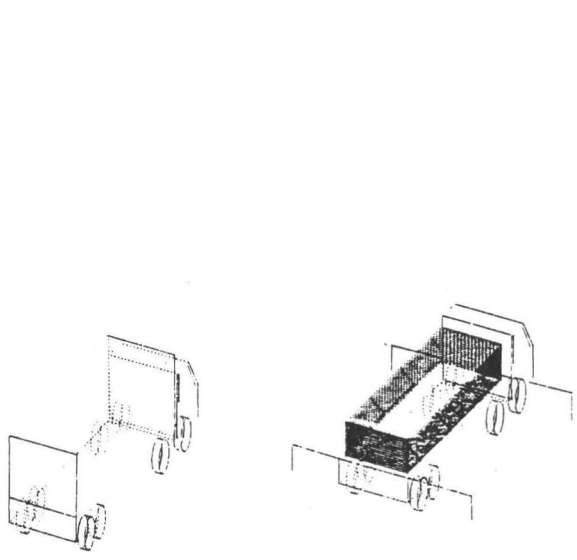


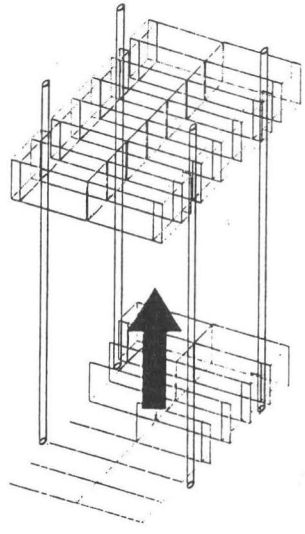
BLOCK SECTION DIAGRAM

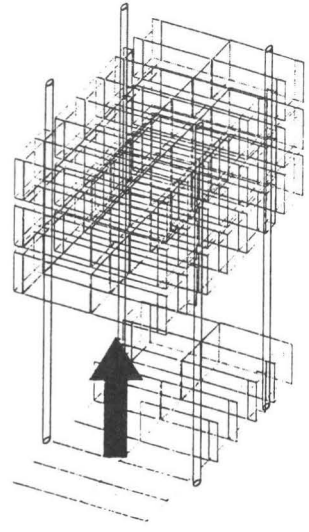
5-6. ERECTION

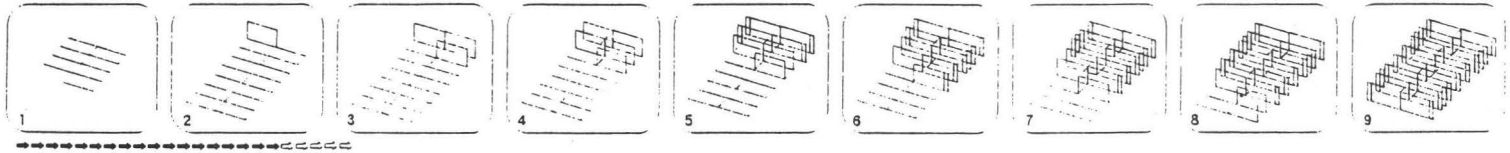


ユニットのリフトアップ



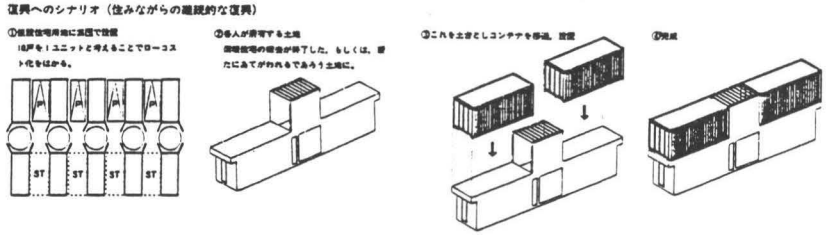




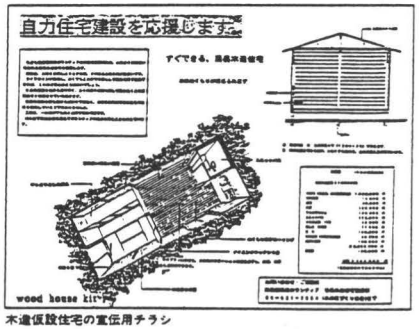


パネルの建て方

個々の住居ユニットはサブフレームを介して、メインフレームに組み入れられる。
住居ユニットは地上でサブフレーム上にアセンブルされ、サブフレームごとメインフレーム上にリフトアップされる。

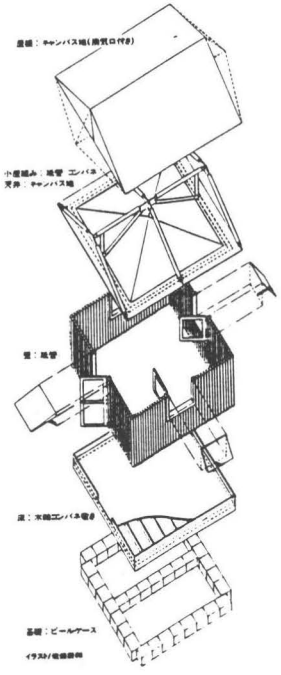


コンテナ利用の復興計画　梅林克、松本正　1995年

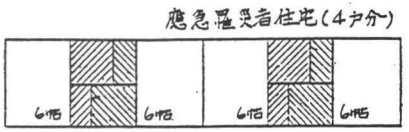


木造仮設住宅の宣伝用チラシ

兵庫県産杉材使用の木造仮設住居　三澤康彦　1995年



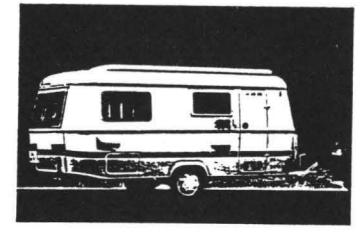
紙製仮設モデルハウス　坂茂　1995年



戦争直後の応急仮設住居平面図

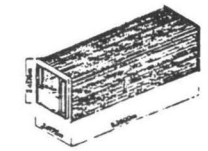
NE-3型　サイズ：H2250×W4710×O2179
新品……360,000円

市販仮設住居1995年

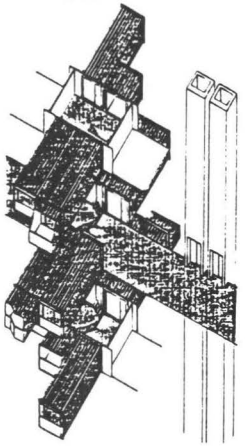


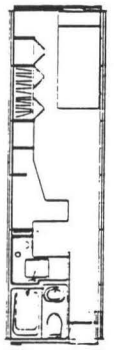
移動が可能なトレーラーハウス
HYMER1 995年モデル

住宅館キュービクルについて



工場で製作されたキュービクル・ユニットは、トラックで現場まで運ばれます。　したがってキュービクル・ユニットの大きさは運路交通法により制限されます。





住宅館キュービクル　1975　黒沢隆研究室（担当：木田順治＋中山成良）

トラック輸送が可能な住居「キュービクル」　黒沢隆　1970年

1－11　事故防止の観点より見た階段各段の視認のしやすさに関する実験研究

－現実の階段の調査と階段各段の視認性に関する評価手法の再確認－

建設省建築研究所
科学技術特別研究員　布　田　　健

1. 研究目的

階段が昇降しやすいものでなければならないのは当然のことであるが、この階段の基本的な機能を左右する問題の中には、勾配や蹴上げ踏み面寸法などの物理的な問題以外に、階段各段が見やすいかどうかという視覚的な問題も含まれる。このような視覚的に認識できるという機能やその程度を、本研究では「視認性」と定義する。

この階段の視認性に関する問題は、先に述べた物理的な問題とともに、階段事故を誘発する原因ともなる。例えば、かなり暗い色で仕上げられた階段や、段と段の境目を見失わせるようなちらちらした模様で仕上げられた階段などは、経験的にも事故を誘発する率が通常のものよりかなり高いと考えられる。特に、採光の無い階段や、夜間も使用する階段などでは、照明の具合によってはさらに危険な階段となる可能性がある。米国商務省の調査資料によると、米国の家庭で起きている建築関係の事故の総件数は、1977年の統計で死亡事故２万４千件、重傷事故370万件となっている。このうち、階段の事故は265万件で、その中から視認性に関係のある項目を取り出してみると、踏み面の端が分からなくなるような複雑なパターンによる歩行異常の事故が、50万５千件で、全階段事故の19％を占め、また照明による事故が、約17万３千件で、全階段事故の6.5％を占めている。このように、階段の視認性の問題は、階段の基本的な機能性・安全性にとって一つの重要な問題といえる。ところが、このような問題については、確かに経験的には問題のあることが認識されてはいたが、研究としてはほとんど行われてこなかった。

そこで我々は、この階段の視認性の問題を定量的にとらえ、建築設計等に用いうる資料として提示することを目的とし、階段の視認性を左右すると考えられる重要な要因についていくつかの実験を行い、各要因の影響の程度を把握してきた注）。また、その結果を用いた階段の見やすさの評価手法を提案し、現実の階段の評価が試みられるなどの成果が得られている。しかし、その評価手法は、実験室内のモデル階段で得られた結果を用いて構成されたものであり、果たして現実の階段の見やすさをどの程度忠実に評価するものであるかについては、必ずしも明らかではなかった。そこで本研究では、現実の階段の見やすさをとらえることを目的とし、この結果とこれまでの評価手法によって評価した結果を比較することにより、その違いがどの程度のものであるかを検証することとした。

2. 実験方法

実験を行うに当たって、様々な条件下で現実に存在する階段の全てを、実際に被験者に見てもらい評価することは困難であると考え、現実の階段の写真をスライドに置き換えて評価することが可能であるかを予備実験で確認することとした。具体的な方法としては、現実に存在する階段と、写真をスライド化した階段をそれぞれいくつか代表的なサンプルとして被験者に見てもらい、評価に差がないことを確認した上で、スライドによる本実験を行うこととした。なお、スライドとして用いた階段は図3に示すように、過去に我々が行った一連の研究で評価対象となったもののデータベース化したものを用いた。

＜予備実験＞

1)実験対象：先にあげたデータベースの中から現実の階段の10ヶ所と、過去の研究で我々が用いた代表的なモデル階段5種類を、見やすさのバランス（点数の高いもの、中位のもの、低いもの）が得られるように選び出し、対象とした。

2)実験装置：実際に見て行う実験は、図1のように、現実の階段の最上段から見おろして評価させた。スライド上での実験は図2に示すように、スクリーンから被験者までの距離を実際に階段を見おろす時を想定し、約1660㎜（被験者の平均身長）とした。スクリーンに映っている階段の映像は、現実の階段と同じ寸法になるように調整した。また、階段を実際に見た実験時の照度条件は見やすさに対する影響がほぼないと考えられる通常の室内を想定した照度（過去の研究における照明条件）とし、スライドにおける実験時の照度条件は本実験と同様に、撮影時の階段表面の照度は見やすさに対する影響がほぼないと考えられる通常の照度とした。

3)被験者：東京理科大学の学生20人（男子14人、女子6人、平均視力1.0)であり、眼鏡またはコンタクト使用者は、使用時の視力であり、本実験と同じとした。なお、本実験では被験者を大学生としたが、今後の課題として、高齢者や視覚障害者に対する配慮も必要である。

4)評価方法：実際の階段を見たもの及び実際の階段をスライド化して見たものを、それぞれ5段階評価により視覚的に判断させた。

＜本実験＞

1)実験対象：過去に提案した一連の評価手法において、評価時に用いた78種類の階段を利用し、それをスライドに置き換えることにより、実験対象とした。

2)実験装置：スライト作成の方法は、データベースに入っている現実の階段を利用し、撮影状況は24～28㎜のレンズを使用した。撮影時の階段表面の照度は、見やすさに対する影響がほぼないと考えられる通常の照度とした。また、スクリーン上に写す際に、実寸大に写る様に映写機を設置し、図2に示すように、スクリーンから被験者までの距離を実際に階段を見おろす時を想定し、約1660㎜（被験者の平均身長）とした。スクリーンに映っている階段の映像は、現実の階段と同じ寸法になるように調整した。また、実験室内の照度は、スライドの見やすさに対する影響がほぼないと考えられる明るさとした。

3)被験者：東京理科大学の学生20人（男子14人、女子6人、平均視力1.0)であり、眼鏡またはコンタクト使用者は、使用時の視力である。

4)評価方法：踏面部分の明度、ノンスリップ相当部分の明度及び寸法、踏面先端部の面の形状等の要因を含むスライド上の現実の階段の見やすさを5段階評価により、被験者の主観的かつ感覚

的指標により視覚的に判断させた。

3. 実験結果及び考察

図4は、予備実験のために現実の階段を実際に見て評価した結果とスライド上で評価した結果を比較したものである。縦軸は得点率を表し、横軸は現実の階段とスライドによる設定条件を表す。この結果を見ると、両者の間にかなり一致した傾向が見られ、その結果をPearsonの一致係数で表す0.97となった。この結果を踏まえて、スライドを用いる実験に問題がないことを確認した。

図5は、過去に提案した評価手法を用いた現実の階段を評価し得点率として表したものと、本実験結果の得点率で表したものを比較したものである。縦軸に得点率、横軸にそれぞれの設定条件を表す。なお、評価手法により評価した得点率は、本実験結果の得点率と比較するために、平均点と点数の幅を整合させたものである。この結果をPearsonの一致係数で表すと0.86となり、全体としては似た傾向にあることが分かるが、個々の順位にはかなりの入れ違いが見られる。理由として考えられることは、提案した評価手法はモデル階段を用いて求められたものであり、評価項目の数に限りがあり評価した現実の階段は近似した項目の値で置き換える必要があったことや、評価として取り上げた項目以外の要因が見やすさに影響を与えたことなどがある。

次に、図5の結果を数量化1類に分析したものを、図6図7に示す。これは評価用数値を用いて評価した結果と本実験で評価した結果を比較したもので、図6はノンスリップ相当部分のある階段、図7はノンスリップ相当部分のない階段の結果である。まず図6を見ると、各要素が与える影響の全体的な傾向は一致しているが、本実験結果の方が個々の要素が大きく影響を及ぼしていることが分かる。個別に見ていくと、ノンスリップ相当部分と踏面の明度の差が見やすさに大きな影響を与えており、ノンスリップ相当部分の明度の影響がそれに続き、ノンスリップ相当部分の幅はさほど見やすさに影響を与えていないことが分かる。次に図7を見ると、評価用数値を用いて評価した結果と本実験で評価した結果はかなり違っている。これは、本実験においてノンスリップ相当部分のない階段の母数が少なかったため、ばらつきが大きく出たことも原因として考えられるが、ノンスリップ相当部分のような見やすさを強く左右するものがない場合は、安定した評価になりにくいことも理由として考えられる。

4. まとめ

以上、本研究で得られた結果として、階段の視認性の程度を定量的に評価しうる手法に対し新たな知見を加えることが出来、ここでとり上げている要因項目の範囲では、現実の階段の評価に用いるひとつのものさしとして妥当性をもつものであることを確認した。また、今後の課題としては、今までに提案してきた評価手法で評価した結果は、全体的な傾向は一致したが、個々の評価結果にはある程度の違いが生じてしまうことがわかった。その要因としては、これまでに取り挙げていない色の問題の影響や照度の条件などが考えられる。また、それ以外の影響の可能性も含めて、今後検討する必要があると考えられる。

なお、本研究は平成7年度「財団法人トステム建材産業振興財団」の助成を受けて行われたものである。記して謝意を表したい。

注）

1)近藤育　布田健　岩井今朝典　直井英雄
事故防止の観点より見た階段各段の見やすさに関する実験研究(6)　ノンスリップ相当部分を含む異種の視覚的要因の影響程度の比較　日本建築学会学術講演梗概集　1995年８月

2)布田健　近藤育　岩井今朝典　直井英雄
事故防止の観点より見た階段各段の見やすさに関する実験研究(7)　ノンスリップ相当部分の視覚的影響を組み込む評価手法の改善　日本建築学会学術講演梗概集　1995年８月

3)布田健　直井英雄
各種視覚的要因の影響程度の比較　事故防止の観点より見た階段各段の視認性に関する研究(2)　日本建築学会論文報告集467号　1995年１月

4)島啓史　布田健　岩井今朝典　直井英雄
事故防止の観点より見た階段各段の見やすさに関する実験研究(4)　段鼻部分の視覚的要因が見やすさに及ぼす影響　日本建築学会学術講演梗概集　1994年９月

5)布田健　島啓史　岩井今朝典　直井英雄
事故防止の観点より見た階段各段の見やすさに関する実験研究(5)　現実の階段の調査および実験結果を適用したその評価　日本建築学会学術講演梗概集　1994年９月

6)布田健　岩井今朝典　直井英雄
事故防止の観点より見た階段各段の視認性に関する研究　階段下降時と上昇時における視覚的諸要因の影響程度の比較　日本インテリア学会研究発表梗概集　1993年11月

7)中村伴喜　布田健　岩井今朝典　直井英雄
事故防止の観点より見た階段各段の見やすさに関する実験研究(2)　階段を昇る人にとっての見やすさについて　日本建築学会学術講演梗概集　1993年９月

8)布田健　中村伴喜　岩井今朝典　直井英雄
事故防止の観点より見た階段各段の見やすさに関する実験研究(3)　実験結果を現実の階段の評価に適応する方法について　日本建築学会学術講演梗概集　1993年９月

9)布田健　直井英雄
視認性に影響を及ぼす各種要因に関する実験　事故防止の観点より見た階段各段の視認性に関する研究(1)　日本建築学会論文報告集450号　1993年８月

10）布田健　岩井今朝典　直井英雄
事故防止の観点より見た階段各段の見やすさに関する実験研究　各種視覚的要因の影響程度の比較　日本建築学会学術講演梗概集　1992年９月

11）金沢善智　布田健　小林弘平　直井英雄
階段における段仕上げの目地パターンと段鼻の形状が段板の見やすさに及ぼす影響について　階段段板の視認のしやすさに関する実験結果の再分析(1)　日本インテリア学会研究発表梗概集　1991年11月

12）布田健　金沢善智　小林弘平　直井英雄
階段における段仕上げの明度、照度等が見やすさに及ぼす影響について　階段段板の視認のしやさに関する実験結果の再分析(2)　日本インテリア学会研究発表梗概集　1991年11月

13）布田健　直井英雄
階段における段表面の明度及び照度が各段の見やすさに及ぼす影響について

日本建築学会学術講演梗概集　1991年９月
14）小林弘平　布田健　直井英雄
階段における段仕上げの柄パターンが各段の見やすさに及ぼす影響について
日本建築学会学術講演梗概集　1991年９月
15）天神良久　布田健　直井英雄
照明器具の位置が階段の見やすさに及ぼす影響について　日本建築学会学術講演梗概集　1990年10月
16）布田健　天神良久　直井英雄
階段における段仕上げの目地パターンと段鼻の形状が段板の見やすさに及ぼす影響について
日本建築学会学術講演梗概集　1990年10月

図1　現実階段における実験風景

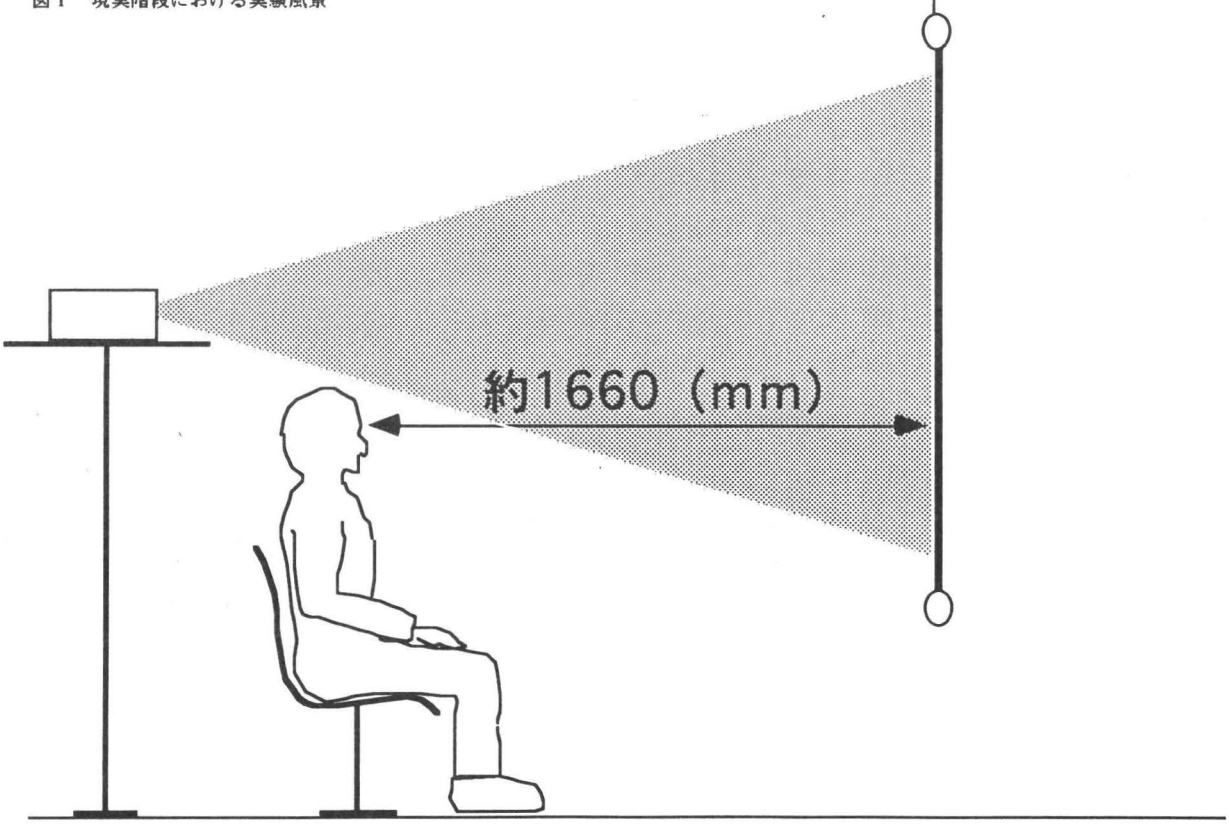
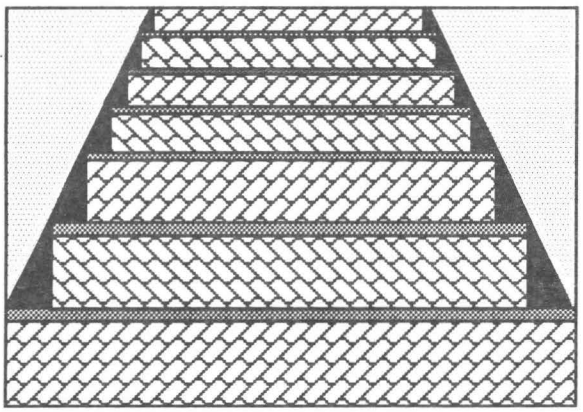


図2　スライドによる実験風景

NO.2

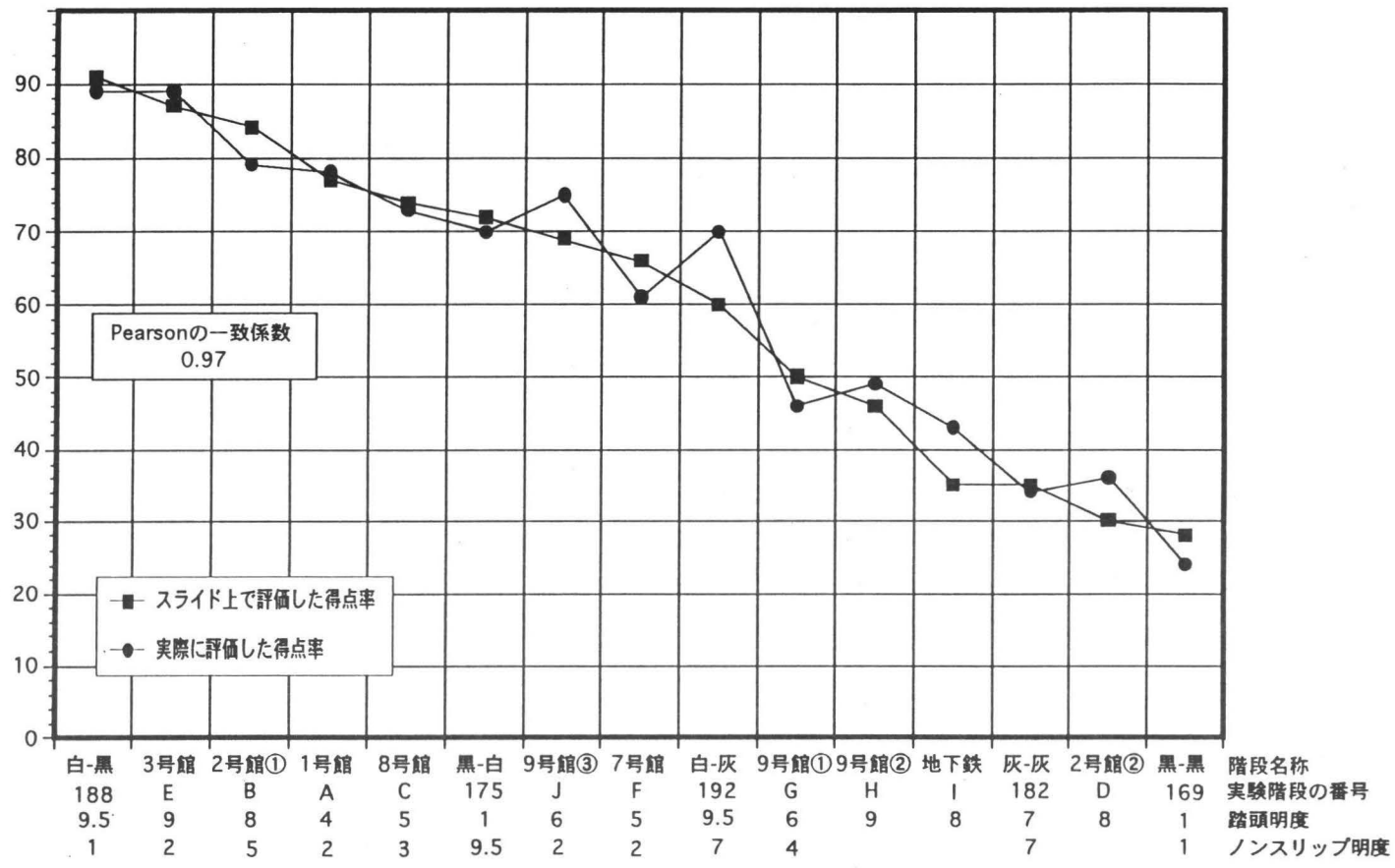


場所　銀座松屋　東館別館5Ｆ

照度・明	117.6	lx
照度・暗	96.8	lx
踏面明度	5.0	
踏面先端の面形状	丸面	
踏面先端の面寸法	1.0	mm
ノンスリップ相当部分の幅	40.0	mm
ノンスリップ相当部分の明度	6.0	
踏面のテクスチャー		
踏面の目地のパターン		
目地のピッチ		mm
踏面の巾	210.0	mm
蹴上	185.0	mm
有効巾	1090.0	mm

照明条件1得点	照明条件2得点	照明条件3得点
50.89	36.04	60.30

図3　昨年度の研究で使用したデータベース



	白-黒	3号館	2号館①	1号館	8号館	黒-白	9号館③	7号館	白-灰	9号館①	9号館②	地下鉄	灰-灰	2号館②	黒-黒	
	188	E	B	A	C	175	J	F	192	G	H	I	182	D	169	実験階段の番号
	9.5	9	8	4	5	1	6	5	9.5	6	9	8	7	8	1	踏頭明度
	1	2	5	2	3	9.5	2	2	7	4			7		1	ノンスリップ明度

図4　予備実験結果．スライド上と実際の評価の得点率の比較

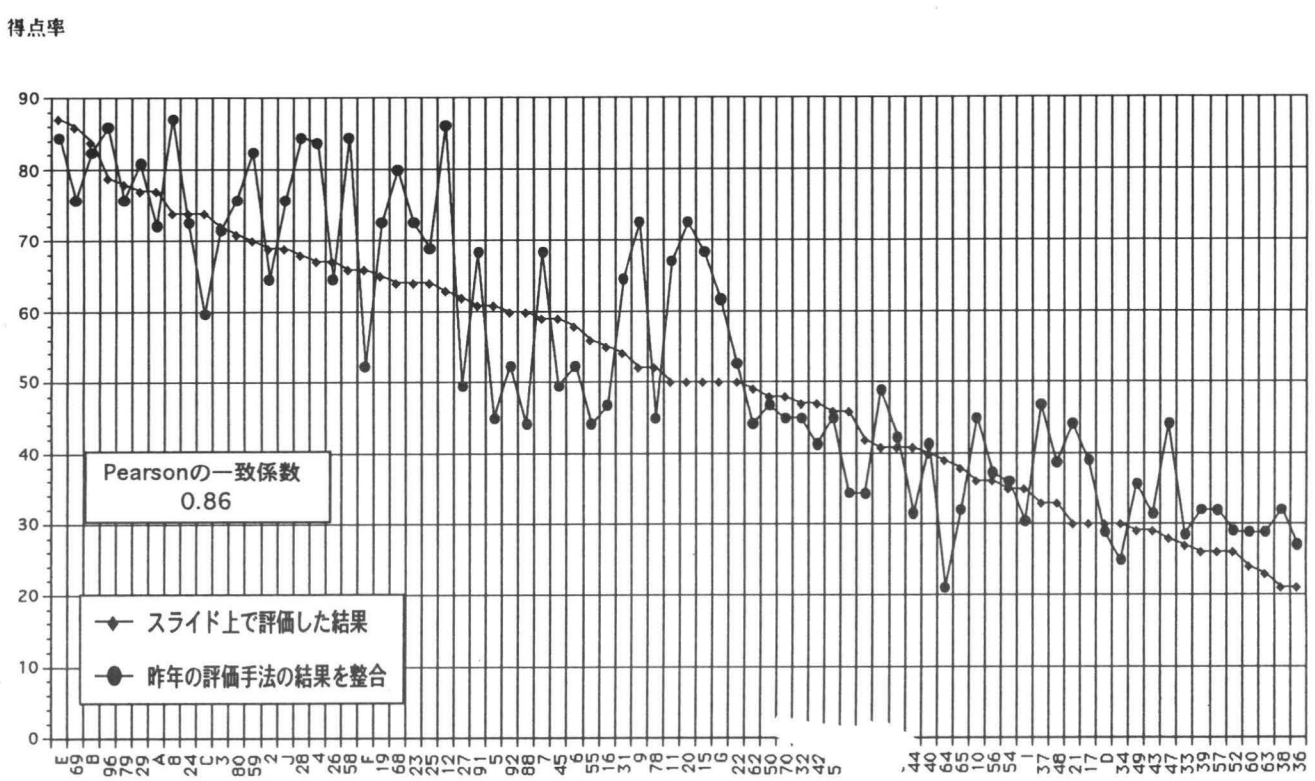


図5　高得点順に並べたスライド上の結果と昨年の評価手法による　　評価結果の比較

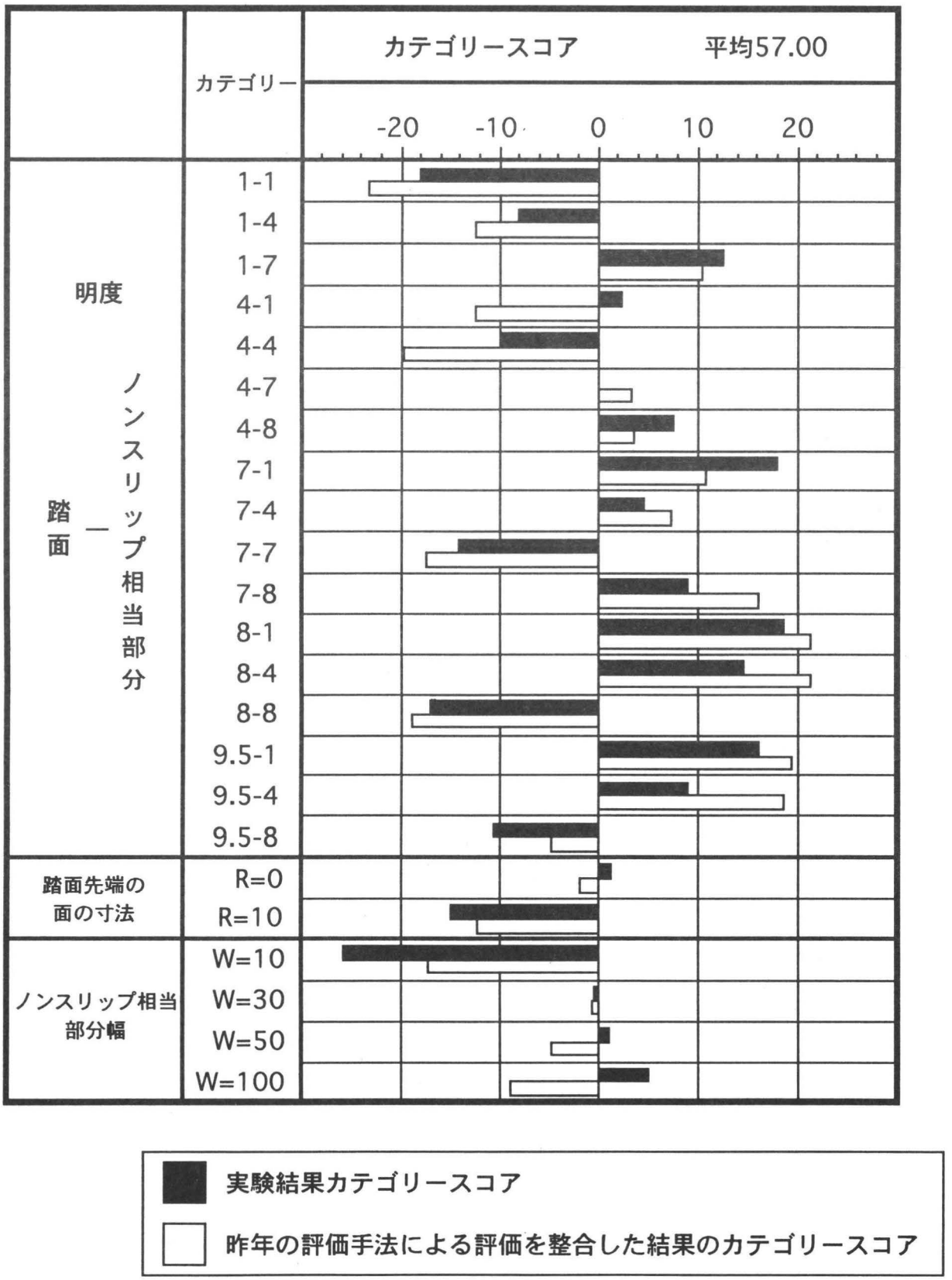


図6　実験結果及び昨年の評価用のカテゴリースコアの比較
（ノンスリップ相当部分あり・照明条件□）

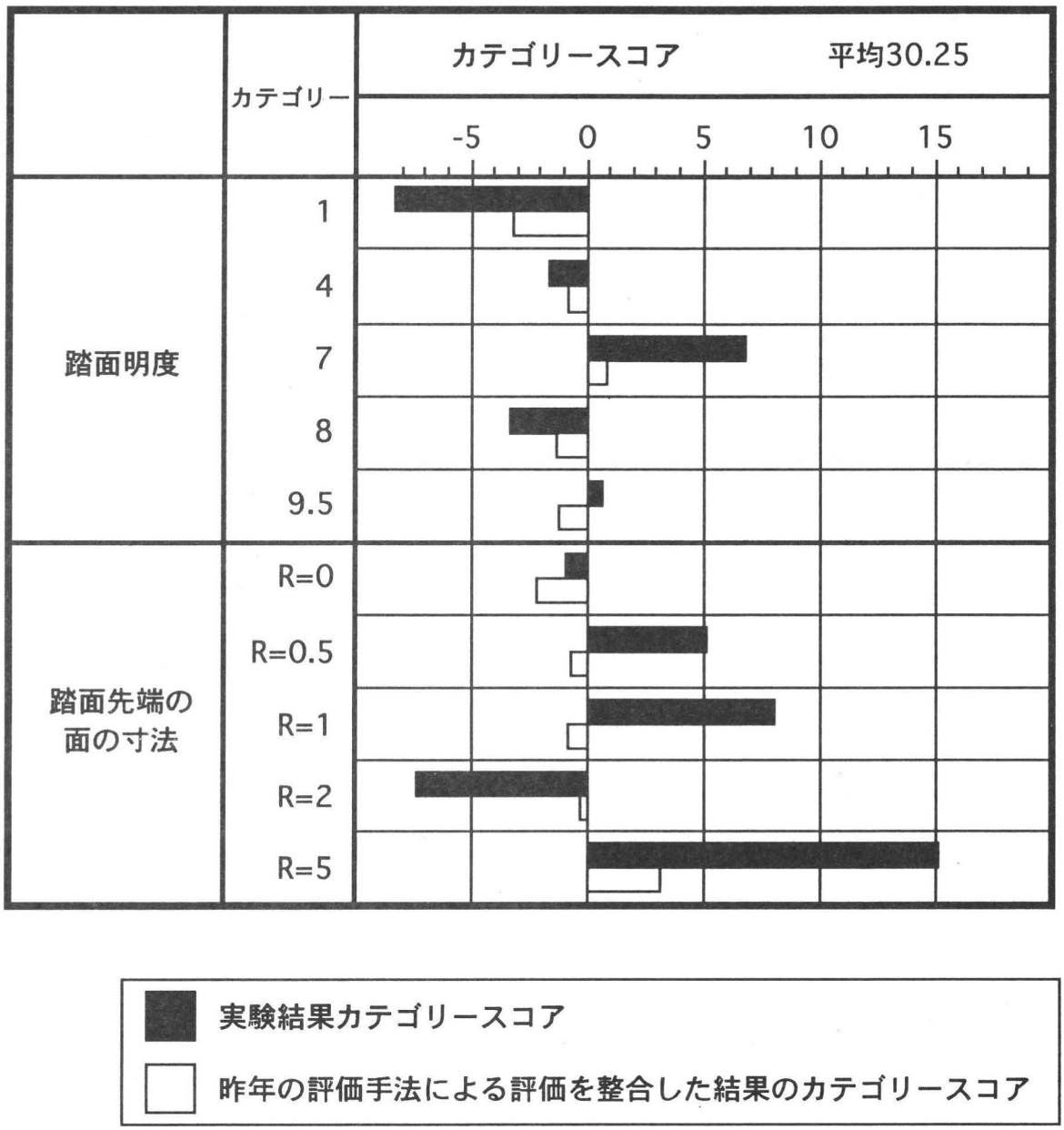


図7　実験結果及び昨年の評価用のカテゴリースコアの比較
（ノンスリップ相当部分なし・照明条件□）

1－12 「コモン・セル」による共有領域の再編
― 新たな集住空間の提案 ―

東京都立大学大学院工学研究科
建築学専攻
教 授 小 林 克 弘

1. 本研究の背景と目的

日本の集合住宅は、極めて日常的な住居形式となってきているにも関わらず、集住のための空間という視点から見た場合、未だ極めて貧しい状態にある。つまり、集住によって得られるはずの人間生活の闘い、住空間の豊かさに関する考察が、如何ともし難いほどに欠落しているのである。

私達の研究は、こうした状況を鑑み、「共有領域」の問題に焦点を当てつつ、集住の利点を生かした、あり得べき集合住宅の姿を具体的に、かつ一般化し得る形で提案することを目的とする。ここで言う共有領域とは、廊下、階段、玄関ホールといった、集合住宅における通常の共有部分を意味するのではなく、複数の住人が集うことのできる空間、住人間のコミュニケーションを活性化し得る空間を意味している。また、こうした共有領域は、従来複数の住戸群に共有される形に設けられるべきものと考えられがちであったが、住戸内の空間構成上の問題としても考えるべきであると判断する。つまり、私達は、共有領域を集合住宅における集住の利点を引き出すための鍵と考え、そのあり方を住戸形式から住戸の集合形式に到るまでの様々なレベルで検討し、最終的に、集住の豊かさを生かした集合住宅像として提案することを目的とするのである。

この目的を達成するためのひとつの具体的手法として、私達は「コモン・セル」なる概念を考案した。これは、集合住宅において、共有領域を再編成するための空間装置であり、単に住戸群に共有される形に設定されるのみならず、住戸内にも設定されることで、従来固定化してしまった住戸形式をも創出する役割を担うと想定されている。こうした前提の上で、「コモン・セル」を取り入れた具体的な集合住宅モデルを作成し、集合住宅における共有領域のあり方および住戸タイプのあり方を探り、更には集合住宅の外観の刷新についても一提案を行った。

2. 研究の方法

本研究は、4つの段階に基づいて遂行された。以下、各段階における研究内容及び研究方法を要約する。

□第1段階－実地調査・資料収集

この段階は、実地調査および資料収集を行い、研究の基本的データを準備する段階である。実地調査及び資料収集は以下の3点に関し、国内外の事例を可能な限り幅広く取り扱った。

・集合住宅における共有領域の事例
・集合住宅以外の広場等の共有領域の事例
・様々な住戸形式の事例

□第2段階－分析

第1段階で調査・収集した事例に関し比較分析を行った。比較分析の際の視点は主として以下のようなものとなる。

・共有領域を、スケール、空間柱、形状、アクティヴィティーといった観点から比較検討する。
・従来の日本の集合住宅にみられる住戸タイプ以外の住戸形式にも着目し、新たな住戸タイプの創出の可能性を探る。
・集合住宅の外観に於ける統一感と変化といった視点から事例を比較検討する。

この段階で、分析・比較検討すべき点は多岐に渡るが、本研究の最終的目標である「コモン・セル」という概念を具体化させることを念頭に置きつつ分析を進めた。

□第3段階－提案

第2段階の分析に基づきつつ、具体的なデザインの提案を検討し、主としてモデル化した形での提案を行った。

3. 研究の計画と進捗状況

本研究の各段階は、次のようなスケジュールで進められた。

第1段階（実地調査・資料収集）	平成6年4月～平成7年3月
第2段階（分析）	平成7年4月～8月
第2段階（提案）	平成7年9月～平成8年10月
報告書のとりまとめ	平成8年11月～平成9年9月

4. 主要な成果

ここでは、コモン・セルを用いたモデルの概略を述べる。

1．モデル化の諸前提

モデル化の前提となる敷地は、現在最も住宅の需要が多く、また供給活動が活発に行われている郊外を想定した。都市内の敷地は周辺状況や敷地自体の条件の一般化が困難であるため、今後の研究対象とすることにした。

なお本研究では共有領域のコモン・セルと各住戸内のコモン・セルというように2種類のカテゴリーにコモン・セルという用語を用いているが、これは理念的に共通する側面が多いためである。混乱を避けるため共有領域のコモン・セルをＬコモン・セル、各住戸内のコモン・セルをＳコモン・セルと呼ぶことにする。

2．共有領域のコモン・セル－「Ｌコモン・セル」

集合住宅とは複数の世帯が集合して居住する建築物のことだが、今日多く目にする事例では各世帯が住まう住戸内、専有空間内の間取りや設備にばかり関心が集中し、単なる住戸が集合した建造物でしかない。しかし住宅が集まって集合住宅となることは、質的にも規模的にも戸建ての

住宅とは全く異なる建造物になることを意味する。本研究の提案するコモン・セルはこのことによって持ち得る利点や可能性を引き出すものである。

これまでの「羊羹型」といわれるような集合住宅では、住戸棟とその余白としての空地という二項対立的な関係が前提となっており、その一方の空地を公共の空間として扱ってきた。この空地には芝生や植栽が為され、いわば小規模な公園として整備されるのが一般的なである。このような空地は地域公園と質的な差異はとりたててなく、緑地の少ない都市部では公園の不足を補うものとしての役割を担い得るものの、郊外のような公園が整備された地域ではその価値は相対的に低いものである。

本研究の提案するモデルではスポンジのような充と空の絡み合った構造体を提案し、このような空地を積極的に分節し構造体内部に取り込み、建築化された空間にすることを提案している。人間は平面上でしか移動できないため普段は空間を平面的な広がりとしてしか認識していないが、このように建築化された空地＝Ｌコモン・セルは三次元的な広がりを持つようになる。またこれまで誰のためのものであるのかはっきりとせず漠然とあるだけであった空地が、分節されることにより各住戸の居住性を高める機能を担い得るようにもなる。各住戸への動線も、以上に述べた建築化された空地＝Ｌコモン・セルを実感できるように、コモン・セルを巡るルーフテラスを利用して上階へと至るように計画される。

またこのようなコモン・セルを含む集合住宅の住戸の配列は固定的なものではなく、それぞれの計画毎に固有のコモン・セルの空間性、そしてそれを巡る多種多様な動線を考案することが可能であるという点で、従来の片廊下式あるいは階段室型といった画一化された集合住宅形式とは大きく異なるのである。

３．各住戸のコモンセル－「Ｓコモン・セル」

これまでの住宅では、居室ではない水周り部分を除き、大きく分けると、個室・寝室という個のための空間と、居間・食堂という家族集団のための空間という２つの部分の組み合わせ方に関心が集中し、この二つの空間の関係、そしてそのいずれが外・社会と接する部分なるかが重要なテーマとされてきた。これは建築家が現代の個人と家族の関係はどうあるべきなのか、そして家族と社会の接点とはどうあるべきか、といった主題を空間の配列の問題として取り組んできたということを意味すると言えよう。

しかし基本的に居間と個室という二種類しかない空間（加えて外部空間との関係）の組み合わせは多様なものとはなりえない。また今日多様化しつつある社会の中の不特定多数の家族を対象とする集合住宅でそのような家族像を提案することが建築家の役割なのだろうかという疑問も持たれる。

そこで本研究では住戸の計画をより柔軟なものとするために第三の項目としてＳコモン・セルを挿入することを提案する。

Ｓコモン・セルは積極的に無目的であるような空間である。そして無目的でるようなコモン・セルを居間と個室の中間に挿入することにより、必要な嗜好、その時々の活動に応じて居間の拡張として、また個室の拡張として使用されることに可能にするのである。このようなＳコモン・セルは様々な家族と個人の関係の在り方を可能にするものである。つまりＳコモン・セルは個人と家族の関係を硬直したものでなくする為の柔軟なインターフェイスということが出来よう。

またＳコモン・セルは私達が以前設計した高島平の集合住宅のような他人同士が住むワンルーム住戸の集合（これも新しい形の家族ということもできようが）の緩衝とし得るだろう。

Ｓコモン・セルは全て、外気と通路に面しており、建具等を活用して屋内とも屋外ともそして半屋内として使用できるように作られている。従ってＳコモン・セルを各住戸のエントランスとすることにより、Ｓコモン・セルは社会と各世帯との柔軟なインコーフェイスとなり得るのである。

4. 外観の刷新

以上に提案してきたようなコモン・セルを持つ集合住宅は、必然的にこれまでの集合住宅が持っていた一面は全てベランダでもう一方は廊下という画一的な外観を全面的に刷新するものである。（写真参考）

5. 残る問題点と対策

現時点では、各住戸に挿入されるコモン・セルの外壁としての建具や床等の仕上げモジュール化、そして設備、といったやや具体的な事柄に関するより詳細な検討が問題点として残されている。

6. 研究発表の実績及び予定

研究発表は実用化計画が具体化した際に、そのモデルとして位置づけつつ行う予定である。

7. 実用化計画

近々に実際の集合住宅計画において、本研究の成果を盛り込んだ建築計画を行っていきたいと考えている。

1－13　建材のライフサイクルの研究

財団法人建材試験センター　試験業務課
課　長　佐　藤　哲　夫

1. 研究の目的及び背景

環境評価の国際潮流の視点は、「公害防止」から自然生態系の保全をも含む「かけがえのない地球Only One Earth（1972年6月第1回国連環境会議）」の環境保全への深化・グローバル化している。そして、この地球が「我ら共有の未来OUR COMMON FUTURE（1987年2月国連環境特別委員会東京宣言」として確保するには、「持続可能な開発Sustainable Development」が必要とされている。

開発を投影するものとして、工業製品がある。この工業製品の環境に対する工学的・経済的評価「ツール」として、ライフサイクル・アセスメントの概念がある。本研究は、建築材料に関するライスサイクル・アセスメントの体系化を試みるものである。

建築材料は、工業製品として出荷されたものが建築物という新たな生産物に使用されるものであり、長耐久性も含め特異な工業製品であるが、建築生産に関連する様々な行為が地球環境に与える影響は、今や無視できなくなってきている。そこで、建築の側から積極的に環境負荷を低減するためにも、建築材料の適切な性能評価が必要とされる。ただしこの場合、従来の多くの評価基準類の様な、出来上がった建築物の性能の規定だけでなく、建築材料の原料採取から建設・解体して廃棄処理に至るまでのライフサイクル全体を通した、総合的な性能評価が重要である。しかし現状では、ライフサイクルの個々の段階でどの様な評価が必要であるか、どの様な評価が行われているか、或いはそのための評価方法の有無等さえ明らかになっていない。

2. 研究の概要

2.1　国際協定等及び環境政策等に関する動向調査

環境評価の要件の一つとなる地球環境に関する国連総会、国連環境計画（ＵＮＥＰ）経済協力開発機構（ＯＥＣＤ）、ＧＡＴＴ：ＷＴＯ、国際自然保護連合（ＩＵＣＮ）等の機関及び政府間協定並びに我国を含む環境問題の先進国である欧米諸国の環境政策について調査した。

2.2　評価マトリクスの検討

建築材料のライフサイクル性能評価のマトリクスを構築した。

2.3　ケーススタディ

評価マトリクスにより各工業会の協力を得て、マトリクスの実効性を検証した。

2.4　マトリクスの活用性の検討

各目的・用途に応じたマトリクスの概念を提示した。

3．国際協定等及び環境政策等に関する動向調査

環境に対する性能評価の基本要件として、国際協定及び環境政策について調査した。

調査の結果を資料－1に示す。

環境に関する主要国際協定であり地球環境保全のための人と国家の行動原則を定めたリォ・デ・ジャネイロ宣言（1992. 6. 8）を踏まえた、アジェンダ21の構造を図－1に示す。

また、我国の環境政策の基盤を成す環境基本法の概要を表－1に示す。

4. 評価マトリクスの検討

ライフサイクル・アセスメントは、工業製品の資源採取から廃棄・再生利用にいたる行為の各段階における環境評価（健康、省資源・省エネルギー、環境負荷、廃棄物減量等）を継続的・スパイラル的な改善をシステムとして確保し、製品の生涯における環境問題改善の志向を評価する指標と位置付ける。

このためには、原材料資源の採取・製品の設計・製造から廃棄・再生利用までのライフサイクルの各ステージを設定し、この各ステージでの環境評価の要求要件と因子及び評価要件を整備し、マトリックス表を作成する。

4.1　建築のライフサイクルの各段階

a)「処理行為」の抽出

建築のライフサイクルとは、ある素材が採取され、建築材料となり、建物として使われ、解体されて、廃棄処分されるまでの一連の変化過程全体のことである。

そのライフサイクルは、人間の生産系の行為という観点から、図－2に示す3つの段階及び10種類の行為（採取～廃棄処理）に分類可能である。10種類の行為に従って、建築材料は同図のような物的変化をする。以下、これらの各「行為」を総称して「処理行為」と呼ぶ。

b)「処理行為」の内容

(1)採取　：天然資源から必要な素材（原材料）を採り出すこと。

(2)製造　：原材料を加工し、必要な製品（材料・部材・部品）を生産すること。
なお、中間製品は何段階にも分けることができる。ただし、工場内等の一連の過程の内訳はここでは考えず、材料・部材・部品が商品として流通する場合のみ内訳を考える。

(3)建設　：部品を所定の位置に組み立て、建築物を築き上げること。なお、現場に持ち込まれた材料・部材を現場で部品の状態に加工する作業もここに含む。

(4)供用　：建築物がその本来の用途としての使用に供されることであり、維持保全の必要性を未然になくすような日常管理・運営等はここに含む。ただし、建築物を利用して行われる各種生産行為はここでは扱わない。

(5)維持保全：建築物やその部分の性能低下や陳腐化に対応して保全・修繕等を行うことであり、

増築・改築等の行為はここに含む。時系列的には「供用」と同じ段階にあるが、生産行為の一種である。また、内容を細分すれば、部分的な生産行為（(1)～(3)）および解体行為（(6)～(8)）の集積である保管・輸送（(9)～(10)）も付随する。

(6)解体　：不要となった建築物またはその部分を取り壊す作業、及び現場から排出される解体廃材の簡単な分別作業を行うこと。

(7)廃棄処理：廃棄物を回収し、焼却等による減容化・無害化等のための処理（中間処理）を施し、捨てること（最終処分）。

(8)回収再生：再生資源を分別回収し、さらに何らかの形で再利用するための処理を施すこと。これは(1)～(6)のすべの段階に於いて生じ、また別の段階、建築以外の分野へのリサイクルもあり得る。

(9)保管　：保管対象物を適正な管理のもと、ある期間蔵置すること。ものが動く際には必ず付随的に発生する行為である。

(10)輸送　：輸送対象物を、ある地点から他の地点に移動させること。ものが動く際には必ず付随する行為である。

4.2　建築材料のライフサイクルと物的変化の相互関係

ライフサイクルの過程（採取～廃棄処理）における処理行為と、建築材料の物的変化の相互関係を図－3に示す。

前段階における「生産物」が、次段階の「資材」になる関係がある。

＊1素材～製品：中間製品が何段階もあるが、ここでは単純にモデル化する。具体的材料の検討に際しては、段階を分ける必要がある。

＊2建築副産物：前述したように、維持保全時・解体時等の副産物を含む一般的な意味ではなく、本研究では「建築の新築工事に伴って発生する副産物」として捉える。

＊3解体副産物：「6．解体」段階では「生産物」として解体廃材（e.g.コンクリートガラ廃木材）が該当し、それ以外の廃棄物（e.g.粉塵、汚水）を「解体副産物」とする。

＊4回収再生：「8．回収再生」は、狭義には建材のライフサイクルの一過程として、解体された廃材を回収してそれを発生させる行為であり、広義には各処理行為（採取～廃棄処理）に共通する存在行為（保管、輸送と同等の働き）とみなすこともできる。また、回収から再利用に至るまでの経路には、建築分野の内外間での経路が考えられるが、ここでは単純化して図示した。

4.3　要求の抽出

a)基本要求項目の抽出方法

処理行為のモデル化より抽出した構成要素は、上述したⅠ～Ⅳの目的と図－4に示す対応関係にある。

Ⅰ．処理行為自体の成立（全構成要素）

Ⅱ．生産に関する要素（①～⑦の構成要素）

Ⅲ．環境に関する要素（⑧～⑨の構成要素）

Ⅲ－1　資源枯渇　　…インプット側の要素

Ⅲ－2　環境汚染（破壊）　　…アウトプット側の条件

Ⅳ. 経済性などに関する要素（○印の構成要素）

以下ではこの様な手法の「目的」と「構成要素」の対応から「基本要求項目」を抽出する。

b)基本要求項目の抽出

建築のライフサイクルに於ける手法の「目的」を直接関係する構成要素に対応させることにより、建築側への具体的な要求（基本要求項目）を抽出することができる。（表－２）以上のように抽出した「基本要求項目」は、処理行為の構成要素に従って、表－３のように再整理することができる。

c)各基本要求項目の概要

⑴概要

以下に示す要求項目は、地球環境への影響を減らすこと、すなわち、

①環境汚染対策

②資源枯渇対策

を目的とした場合、建築のライスサイクル全体に共通に要求される項目である。

⑵「z. 処理行為の成立条件」　…構成要素全般に対する要求

処理行為に対するさまざまな要求に対する手法を考える前提として、処理行為自体が成立するための各構成要素（副産物は除く）を最低限確保しておく必要がある。特に生産段階においては生産物に対して、需要の存在、或いは需要量を満たしていることが要求される。

資材やエネルギー、労力などを削減する手法がその処理行為の成立の障害とならずに解決しているかどうかを判断する指標が必要となる。

⑶「a. 資材使用量の適正化」　…③資材に対する要求

資材使用量については、以下のような関係式が成り立つ。

［新規使用量＝｛必要生産量／効率（η）｝－代替使用量］

必要生産量＝資材使用量×効率（η）

資材投入量＝新規使用量＋再使用（リサイクル）量

資材（新規使用資材）を得ることは、資源を消費することであり、その方法によっては資源の枯渇に繋がる。総使用量を少なくする処理方法の工夫や代替資材の利用、資材のリサイクル（クローズド化）などの適正化を進める必要がある。

⑷「b. 副資材使用量の適正化」　…②副費材に対する指標

「①資材」と同様。

⑸「c. 機能・性能の確保」　…③生産物に対する指標

処理行為の生産物が、ある段階或いはその次の段階で必要とされる機能・性能を満たしていることが要求される。設計上で機能・性能を満たしていることと、それが実現されていることが要求される。

特に、建材等の品質レベルを下げずに環境問題を解決しているかどうかを判断する指標が必要となる。

⑹「d, 副産物の抑制」　…④副産物に対する指標

副産物の処理には再生などの量を減らす処理と、質を自然回帰（安定化）状態に戻す処理とがある。環境汚染の原因となってるのは副産物のうち廃棄物の質自体（汚染物質）によるところが大きいが、副産物の発生量か増えれば、再生資源の再生処理あるいは焼却・減容化などの処理に費やすエネルギー・時間なども増えるため、より積極的な環境負荷の低減策として副産

物全体の量自体も削減する必要がある。

(7)「e.処理施設の合理化」　…⑤処理施設に対する指標

処理施設自体の空間占有、生産エネルギー、劣化消耗を低減することは、経済性の面から有効なだけでなく、資源枯渇対策にも繋がる。処理施設には建築空間（空間・建物）と設備系（設備機器・装置・家具・什器）がある。これらの手段物についても、図－1に示したようなライフサイクルがそれぞれに存在するが、厳密に見れば無限に建築分野以外に広がる「入れ子」の関係となってしまうので、2次・3次以上に遡った関係については、ここでは扱わない。

(8)「f.エネルギー消費この適正化」　…⑥エネルギーに対する指標

非更新性のエネルギーは、使えばなくなり資源枯渇に繋がる。エネルギーを消費すれば、環境汚染物質（CO_2等）や廃熱が発生し、環境汚染に繋がる。従って、処理方法の工夫等による省エネルギーや代替エネルギー利用を進める必要がある。

(9)「g.処理行為の省力化」　…⑦労力に対する指標

労力については、一般には削減という要求があると考えられる。機械化・ロボット化・自動化による省力化・合理化が図られている。ただし、時には人手をかけてゆっくり作ることが必要な場合もある。また、単に〔労力〕と言っても、単純に人工数（量的なもの）で見るか労働者の技能（質的なもの）をも考慮するか、あるいは肉体的労力と知的労力の違いをどう扱うか等々、色々な見方がある。ここでは、これらを総合したものとして「処理行為の省力化」とする。

(10)「h.処理行為条件の向上」　…⑧労力に対する指標

処理行為の安全遂行は基本的な要求であり、作業効率の向上、労働力の確保にも関連する。

対象　作業者（自身）ここで扱う
　　作業者（他人）
　　第三者　「⑨環境破壊の抑制（周辺環境）」へ

〔注〕作業者自身…ある作業行為に着目したとき、その行為に従事している者。
　　作業者他人…現場内にいる人間の中で、作業者自身以外の者。
　　第三者……現場外の者（通行人、近隣住民…etc.）

(11)「i.その他の環境への影響の抑制」　…⑧環境に対する指標

地球上の一生命体として、生活の基盤となる自然環境を汚染することは、我々自身を滅ぼすことにも繋がるので極力避けるべきである。

対象　作業環境＝「⑧作業性の向上（作業者）へ」
　　周辺環境＝第三者　ここで扱う
　　地球環境

〔注〕作業環境…作業空間を取巻く環境（照明、音、熱、空気等）。
　　周辺環境…現場周辺を取巻く環境（日照、振動、ビル風、音、空気等）。
　　地球環境…被害、影響が国境を超える規模の環境（大気、水等）。

周辺環境には、この他にも地球環境、都市環境などの様々なレベルの捉え方が存在する。

以下の各項目は他の構成要素にも関係するが、それぞれの項で述べた通り、ここで扱う。

入力（Input)時の環境への影響→①資材投入（資源枯渇以外への影響）
処理時の環境への影響　→②廃棄物排出（資源枯渇以外への影響）
　　→⑥エネルギー投入（資源枯渇以外への影響）

出力（Output）時の環境への影響→④（臭気等ｄで扱う以外のもの）

d)その他の要求項目…総合的な指標

以下に示す2項目は、総合的指標であり、前述の10項目を総合したものであるため、特に独立した項目としては取り上げないものとする。

⑴時間の短縮　…時間による指標

生産行為に要する時間が長期化すると、品質の劣化、行為維持のためのコスト上昇等の不都合が発生しやすいため、一般には時間の短縮が要求される。しかし乾燥、熟成、耐力発揮、なじみ等、時間をかけた方がよい場合もあり、一概に時間が短縮されればよいとは限らない。他の構成要素とのバランスを総合的に考慮しなければならない総合的指標であるので、ここではとりあげない。

⑵費用の削減　…資金による指標

一般には、コストパフォーマンス向上のため、コスト低減が必要である。「コスト」・「プライス」は、他の構成要素すべてを総合した指標である。もし、コスト低減を要求として挙げても具体的意味をもたない。

4.4　ライフサイクル要求項目マトリクス

抽出した「ライフサイクル」、「基本要求項目」を2軸とするマトリクスに、ライフサイクルの各段階における要求項目を整理した（表－4）。このマトリクスに整理した項目は、各ライフサイクル段階について、基本要求項目を具体的構成要素及びそれら相互の関係に対応させて、項目に漏れのないように網羅性に十分に配慮しながら演繹的検討を行った結果抽出したものである。

5.　ケーススタディ

普通合板、木片セメント板、コンクリート、ＡＬＣについて、4で構築したマトリクス表に基づきケーススタディを行った。これらの材料は、建材として多用されており、相互にユニークな特性を持っているものである。これらを具体的に想定することによりマトリクスを構成する評価項目は、各材料に即した具体的な評価項目に変換されることになる。その際、ある評価項目は更にブレークダウンされることになり、同時に直接当該材料と関わりのないものは省かれることになる。

ケーススタディの結果を表－5～表－9に示す。ケーススタディによりライフサイクル性能評価に有効であることが明らかになった。ただし、網羅的であるものの評価するには評価目的・用途により単純化する必要が認識された。このことは、評価・判断基準を設定する際に不可避となる。

6.　マトリクスの活用性の検討

評価マリトクスをライフサイクルの各ステージと要求項目の関係で構築したが、評価目的・用途によっては細分化したライフサイクルのステージでは不便なケースが発生することが予測される。例えば消費エネルギー量について検討する場合、生産に関する全段階をまとめた消費エネルギーでなければ算出できない材料も多いと考えられる。

従って、評価目的・用途により変形することが必要となる。この際、ライフサイクル全体を次の3段階に大別することを基本とする。

①生産に関わる全段階…採取・製造・建設の各段階

②供用段階　　…供用・維持保全の各段階

③処理に関する段階　…解体・廃棄処理・回収再生の各段階

同時に、どの様な目的で、誰が、どの様な要求により、評価を行うかを明確にする必要がある。その体系を図－5に示す。

7. これから期待される成果

当研究は、建材のライフサイクル性能評価の基本・ガイド事項を体系化したものである。従って、環境行政施策、材料規格化の検討資料から各工場の問題点の抽出とその改善評価まで多用に活用可能と認識する。

8. 今後の課題

網羅的に整備したが、実態的な活用性を想定したより具体的な検討が必要である。同時に、判断・評価基準についても、基本的には活用者自身が設定すべきのものであり法令基準、ＪＩＳ等の規格基準は調査しているが実態的な検証と体系化は、今後の課題として残されている。

1－14　建築材料燃焼性試験の試験所間国際較正

早稲田大学理工学部建築学科
教　授　長　谷　見　雄　二

1. 目的と背景

安全規制の対象となったり、規制によって市場が成り立つ防火材料のような製品の開発は、一般に規制に合格するように設計して開発されることが多いから、火災安全性試験が製品分野の国境を超えて標準化されれば、産業構造の流動化や市場の国際化を促進することは疑いをいれない。しかし、一方で、最近、国際標準化が検討されているような火災安全性試験法は、燃焼発熱・熱流の測定技術の高度化に裏付けられており、試験装置の製作、維持自体に高度な技術が必要なだけでなく、試験の実施にも、既往の試験法に比べて高度な技術・技能が必要で、特に熱流測定については、再現性を確保する管理技術が十分確立しているとはいえない。安全性試験の国際標準化が真に市場の国際化や火災安全対策の透明化に寄与するためには、相互認証が行われる地域・国のどの試験機関においても、同一の材料について（ある許容誤差範囲内で）同一の試験結果が得られるという再現性の保証が成り立っていなければならないが、現在のところ、試験技術の水準は、国や試験機関によってまちまちであるから、高度な技術を必要とする試験法を国際標準とするのは、技術的・政策的に困難である。

こうした事情を背景として、西欧や北米等ではISO5660燃焼発熱性試験（コーンカロリーメータ、図１）等について、同一材料を試験体として使用して試験機関間で試験結果の一致が達成されるようにするラウンドロビンを実施してきた（文献１等）。しかし、このような試みは、当面、単一市場の形成が予測される範囲でしか必要性が認識されにくいから、それ以外の地域ではほとんど進展しなかったし、このような試みが西欧・北米で地域を超えて拡大することもなかった。一方で燃焼発熱・熱流等の測定を伴う試験法は、西欧・北米以外でも、試験法として導入されたり、西欧・北米を市場とする製品の安全性評価を目的として利用され、研究レベルでの使用も進行している。しかし、このような測定法に関する再現性の確保の試みが西欧・北欧以外では十分進展しない結果、現状では、これらの測定法・試験法に関する信頼性や試験の応用・普及については、国際格差が生じつつあるように考えられる。

一般的な試験機関が燃焼発熱・熱流測定の再現性を確保する方法としては、現状では、同一の試験体を使って複数の試験装置でデータを比較するのが、最も容易かつ現実的である。この方法（ラウンドロビン）は、ある程度の数の試験機関が協力してデータ比較することによって初めて可能になるが、例えば、小型材料レベルでは最も有力な燃焼性試験法であるISO5660燃焼発熱試験については、現在、一国で再現性の統計的評価ができるほどの数の装置を有するのは米国以外に存在せず、日本を含めて世界のほとんどの国・試験機関は、何らかの国際協力を行わない限

り、試験の信頼性を確保するのは事実上不可能である。しかも、現状では、北米と一部の西欧以外では、一国の中ですらこのような試験研究機関間の協力体制が十分には組織化されていない。本研究課題では、内外装材料等の次世代火災安全性評価試験として有力視されているISO5660燃焼発熱性試験をとりあげ、上記のような観点から実施した国際試験所間燃焼性試験・測定較正について、得られた成果を述べる。また、このような試験法の今後の利用の一つの重要な展望として、各種試験と本試験の結果の関係を解明したり、本試験の結果をシュミレーションモデル等に投入して火災性状の予測を行うこと等があげられる。この展望を図る意味で、本研究で使用しているのと同じ材料を、建設省建築研究所で実施している総合技術プロジェクトの一環として行われている各種試験でも試験体として使用し、各種の材料に関する小型から実大までの規模の燃焼性試験データのデータバンクを作成している。

2. 試験所間較正の計画

2-1 参加機関

本研究を構想した平成7年の段階で、日本国内でコーンカロリーメータを使用している試験研究機関は6機関あった。この全機関がラウントロビンに参加できる見通しがたっていなかった、また、中国、台湾等でもコーンカロリーメータの使用を始めた機関があり、外国とのデータの比較を希望していたことなどを考慮し、まず、アジア・オセアニア地域でコーンカロリーメータを有する全試験研究機関に参加呼びかけを行ったうえ、他地域でも参加に関心を示した機関を招聘し、以下の13機関が参加した。但し、うち5機関はデータに、現時点では明らかな異常があると判断されたため、分析はそれらを除いた8機関の報告値についてのみ実施した。

建設省建築研究所
林野庁森林総合研究所
北海道立林産試験場
社団法人日本船舶品質管理協会船舶艤装品研究所
内政部建築研究所準備処（台湾）
中国建築科学研究院（中国）
中国科学技術大学（中国）
国立林産研究所（スロバキア）
ＬＳＦ火災試験研究所（イタリア）
米国国立森林研究所（アメリカ）
ＣＳＩＲＯ建築技術研究所（オーストラリア）
高分子・繊維研究所（ポーランド）
ロンドン大学クインメリー＆ウェストフィールドカレッジ（イギリス）

試験機関名は、以後、試験機関と試験結果の関係を公表しない目的で、アルファベット大文字（A，B，C，…）で示す。A，B，C，…の順番は、上記の試験機関名の順番とは全く関係がない。

2-2 試験体

燃焼発熱総量、養生条件の影響の程度等を考慮して、以下の5種類の材料を使用した。ＰＭＭ

A、中密度繊維板は燃焼発熱総量が大きく、ＰＭＭＡ、塩化ビニル鋼板、塩化ビニル板は、基本的に養生が不要な材料である。試験体はそれぞれ、同一製品の同一生産ロットのものを十分量確保して100×100㎜の寸法に裁断し、参加機関に配布した。

ＰＭＭＡ	透明、10㎜厚、密度1180kg/㎥、三菱化成製「アクリライト」
中密度繊維板（ＭＤＦ）	南洋材、12㎜厚、密度640kg/㎥
塩化ビニル鋼板（ＶＣＳＴ）	黒、0.6㎜厚、密度6870kg/㎥、東洋鋼鈑製
石膏ボード（ＧＢ）	9.5㎜厚、吉野石膏製「タイガーボード」
塩化ビニル板（ＰＶＣ）	灰色、２㎜厚、密度1420kg/㎥、タキロン製「タキロンプレート」

以後、簡単のために、それぞれ、ＰＭＭＡ、ＭＤＦ、ＶＣＳＴ、ＧＢ、ＰＶＣ等と略称することがある。

2-3　試験方法

加熱条件を30kW/㎡、50kW/㎡の２段階、試験体位置は水平方向のみとした。A．S．T　M.のラウンドロビンでは加熱条件として25kW/㎡、50kW/㎡を選んでいるが（文献１）、事前の測定で、選択した材料の中に、25kW/㎡では安定な着火が確保されないと考えられるものがあった。試験体を水平方向に設置するのはISO規格に従うためで、A．S．T　M.のラウンドロビンでもこの条件で試験している。中密度繊維板及び石膏ボードは、試験前にISO554（養生・試験のための標準雰囲気条件の仕様）に基づいて養生することとした。燃焼発熱測定したのキャリブレーションは、メタノールを放射加熱しない状態で100㎖、200㎖の２段階で燃焼させ、完全燃焼を仮定して、酸素消費量から燃焼発熱推定の係数を決定した。参加機関のうち、国内の試験機関には、同一の熱源で校正した熱流計を配布して、各機関の熱流計と較正するよう要求したが、較正の方法が徹底せず、較正を行わない機関があったようである。

以下の項目について、計測・報告を要求した。

試験前及び試験後の試験体重量
着火時間
燃焼発熱速度の時間変化
最初のピーク発熱速度及びピークまでの時間
180秒における平均発熱速度
180秒、300秒、ならびに燃焼終了までの燃焼発熱量
試験終了までの平均実効燃焼熱
燃焼継続時間

3.　データの分析

3-1　データの分析方法

ISO5725（試験方法の精度－試験所間較正における標準試験の反復性・再現性の決定）に基づいて各機関からの報告値を分析した。分析では、ある試験条件のもとでの試験結果ｙは、真の平均値ｍ、試験所間のばらつきＢ、ランダム誤差ｅの和、

$$y = m + B + e \qquad (1)$$

で表されると仮定して、反復性（repeatability)、再現性(reproducibility)の２つ統計量を算出

した。

反復性は、材料・試験条件・試験機関・試験装置・試験実施者が全て同一で、十分短い時間内に実施された2つの試験の結果が一致する度合を表す。このような一連の試験結果があってその標準偏差がσrである時、反復性値（普通、rで表す）は、$r = f \cdot 2^{1/2} \sigma r$で定義され（fは試験結果及び試験結果のばらつきの分布の関数形で決まる定数）、この条件のもとで実施された任意の2つの試験の結果の差が確率95%以内となる範囲を表す。一般の試験ではσrの真値が得られるわけではないから、その推定値srを使って、次式から計算する。

$$r = 2.8sr \qquad (2)$$

再現性は、試験機関・試験装置・試験実施者を代えた時、同一の材料を同一の試験条件で試験した結果が一致する度合を表し、再現性値（普通、Rで表す）は、この条件のもとで実施された任意の2つの試験の結果の差が確率95%以内となる範囲として定義される。試験所間の差異に由来する試験結果の標準偏差をσLとする時、$R = f \cdot 2^{1/2}(\sigma L^2 + \sigma r^2)^{1/2}$で表され、$\sigma L$の真値が得られない場合、反復性と同様に、その推定値sRを使って、

$$r = 2.8sR \qquad (3)$$

から計算される。

但し、GB、PVCについては、30kW/㎡の加熱条件では着火に至らないとの報告があったが、その場合、r、R値が計算できないため、着火に至らない場合については別途定性的な考察を行った。また、一部の参加機関は、使用するデータ処理ソフトや装置の制約で十分な数の報告値を提出できないものがあった。このため、報告値の数が統計分析上、有効でないと考えられる場合もあったが、それらについても、一応、統計分析を行った。

3-2　試験結果の反復性の再現性

試験前後の試験体重量差、着火時間、最初のピーク発熱速度、ピークまでの時間、着火から180秒までの燃焼発熱量、着火から300秒までの平均燃焼発熱速度、着火から300秒までの燃焼発熱量、燃焼終了までの燃焼発熱量、平均実効燃焼熱、並びに燃焼継続時間に関する平均値（m）、反復性（r）、再現性（R）を整理した、表1に示す。また、平均mとr、Rの関係を図2に示す。図のグラフの太い実線はRを、また細い実線をrを表わし、r、Rをそれぞれmの一次式

$$r = a_3 + b_3 \cdot m$$
$$R = A_3 + B_3 \cdot m \qquad (4)$$

で表わした時の係数、a_3、b_3、A_3、B_3の値も示している。図2で明らかなように、発熱速度、燃焼発熱量、着火時間については、r、Rは平均値の増加関数となっているのに対して、平均実効燃焼熱、燃焼継続時間のr、Rはそれぞれの平均値とは見掛け上無関係にほぼ一定値となり、試験前後の試験体重量差は、平均値に対して減少関数になるという傾向が見られた。観測誤差や試験条件に現れる誤差は、一般には測定量の平均値とともに増大することが多いと考えられるから、試験体重量差に関するr、Rの傾向は一見不自然であるが、試験体の大部分が分解する材料（MDF、PVC）よりも、全重量に対する重量減少の比が小さい材料（GB、VCST）の方が、r、Rが小さくなる傾向を示しているとみることができる。

着火時間、発熱速度、ピークまでの時間、全発熱量をみると、PVCに関するr、R値が他の材料に比べて大きくなる傾向が見られるのに対して、PMMAではr、Rとも比較的小さい範囲に留まっている。PVCは、着火温度前後で変形を示すため、変形の状態によっては着火が不安

定であるうえに、着火後も変形の様態によっては燃焼性状も試験体に選んだ他の材料に比べて不安定になる傾向があったようである。ＰＶＣは養生の必要がなく、しかも燃焼発熱総量が中間的なものを代表させる目的で試験体に採用したが、この結果からみると、少なくとも試験機関間の再現性を維持するプログラムが確立していない段階で、試験機関間の再現性の評価と向上を目的とするラウンドロビンに使用する試験体としては適当とはいいがたい。

3-3　試験機関の傾向の分析

本ラウンドロビンは、ISO5660燃焼発熱試験の再現性・反復性自体の定量化や参加機関の試験技術の評価を目的とするのではなく、本試験の経験が浅い地域において、国際的に流通し得る程度に試験技術の信頼性を高めるとともに、工学的に利用可能な程度に燃焼発熱の測定精度を向上させるための指針を誘導しようとするものである。ここでは、本ラウンドロビンの結果については、その再現性・反復性のような統計的性質を評価するだけでなく、再現性・反復性に問題がある場合、その原因をできるだけ具体的に推定し、改善の指針を誘導できるような方向で、分析を進めたい。

ラウンドロビンの報告値は、時間・重量減少等の「単純な」パラメータ、蓄積・時間積分を表すパラメータ、２以上のパラメータの比で定義されるパラメータに分類できる。試験機関の試験実施体制に何らかの問題がある場合、その傾向は、このように分類されるパラメータに異なって現れることが予想される。表２は、各試験機関の試験結果がOutlier、Stragglerとなった件数を、パラメータの性格ごとに整理した結果である。表には、A.S.T.M.で実施されたラウンドロビンでのOutlier、Stragglerの比率も比較のために記載したが、それによると、今回のラウンドロンでは、Outlierの比率が大きいにもかかわらずStragglerの比率はA.S.T.M.ラウンドロビンよりかなり小さくなるという結果になっている。A.S.T.M.と今回のラウンドロビンとでは、試験を繰り返して、それ以前に当該試験機関で得られたデータとかけはなれた結果が観測された時、A.S.T.M.ラウンドロビンでは、試験回数を最大で本来の２倍まで増加させ、近接するデータだけを取ってデータ処理するようにしているのに対して、今回のラウンドロビンでは、それを行っていない点でデータの扱いに差がある。材料試験で試験結果にばらつきが生じる原因としては、試験装置の性能や試験実施者の技量、試験機関の施設・管理条件だけでなく、試験体自体の性能にばらつきがあることも考慮すべきなのであり、A.S.T.M.ラウンドロビンでは、試験装置の性能に起因するばらつきだけを極力、抽出するという観点から上記の措置をとっている。本ラウンドロビンでも、同様の措置をとれば、Outlierの比率は低減できたのではないかと推測される。

Outlier、Stragglerとなった件数が当該試験機関の報告件数に占める割合を取ると、Ｅ、Ｆ、Ｇの３機関はOutlier、Stragglerの合計が約５％以内に留まっているのに対して、Ｄ、Ｉではその合計が10％を超えている。試験機関Ｄ、Ｉでは、反復性においてOutlier、Stragglerとなっているケースが目だっており、試験法への習熟、試験装置の操作環境の整備等が十分整備確立されていないと考えられる。また、試験機関Ｉ、Ｊは、報告値の数が特に少なく、本来、報告を要求した数全体の40％に満たない。本試験の実施やデータ処理に十分習熟していないことが窺われるが、このように試験結果が少ない場合、当該機関の傾向を分析するのは困難である。また、表２の分類に従って各試験機関の傾向を把握するために平均値に対する各機関のデータの傾向を整理すると、図３のようになる。時間に関するパラメータは数値が大きい程、着火・燃焼の進行等が

遅延する傾向があることを示しており、試験機関Ｆは全体に平均より遅い領域に集中し、Ｇは速い領域に集中している。これらほど顕著ではないが、試験機関Ｄは試験機関Ｆと同様の傾向があることが窺われる。また、燃焼発熱速度に関するパラメータは試験機関Ｂ、Ｆ、Ｊでは平均より小さめ、試験機関Ｇでは大きめの領域に集中している。このように、名目加熱強度を同一にしたにもかかわらず、試験機関によっては加熱強度に系統的な差が現われたと推測される原因としては、次のようなものが考えられる。

①キャリブレーション用熱流計の機差

加熱強度の把握に使用した熱流計は、本ラウンドロビンでは一部の機関間でしか相互に較正されていない。試験所間で熱流計が較正されていない場合、その指示値に系統的な差が生じた可能性がある。一般に試験体の加熱強度が大きければ速く着火・燃焼が進行し、燃焼発熱速度も大きくなるはずであり、加熱強度が小さければその逆になるはずである。

②試験体の養生

試験体の養生条件が異なる場合、吸湿性を有する材料では試験機関間で試験結果に系統的な差が生じる可能性がある。この差は、試験体が吸湿しているほど、着火・燃焼の進行が遅れ、発熱速度のピーク値等も小さめになるように現われるはずであるから、時間に関するパラメータと発熱速度が負の相関を示すとしたら、試験体の養生条件もその原因になり得る。

養生条件による試験結果の差異は、本ラウンドロビンに使用した材料の中では、吸湿性の大きいＭＤＦ、ＧＢにおいて最も顕著に現われることが予想されるが、試験機関ＧではOutlier、StragglerはＰＭＭＡ、ＭＤＦ、ＶＣＳＴ、ＰＶＣについて１回づつ現われており、吸湿性の大きい材料に特徴的に現われているとはいえない。また、試験機関ＦではＧＢで２回、ＰＶＣで１回、Outlierが現われているが、この３回のうち２回は反復性に由来するものであり、吸湿性の高い材料でＲが特に低下するという傾向はみられない。従って、本ラウンドロビンにおいて、一部の機関間に、時間・発熱速度の間に負の相関が見られたのは、熱流計の機差に由来する可能性が高い。

加熱条件の管理・養生に由来する試験所間のばらつきは、発熱量（発熱速度の時間積分値）をとるとかなり解消されるはずで、事実、図３の蓄積値をみると、試験機関Ｂ、Ｄ、Ｅ、Ｆ、Ｇの間では、少なくとも平均値には顕著な差が見られない。しかし、試験機関Ｈで蓄積値が他機関より目だって大きくなっており、発熱量のキャリブレーションにおいて系統的なずれがあったか、積分値の計算プログラムに何らかの問題があったことが予想される。試験前後の試験体質量差についても、試験機関間の差は小さいが、試験機関Ｇにおいてやや高めの値になっているのは、試験機関Ｇの加熱強度が他機関よりも高かったことを推測させるものである。しかし、試験機関Ｆ、Ｇは、前述のように、Straggler、Outlier、の発生比は他機関よりも小さいのであるから、キャリブレーション用熱流計の機差の解消だけが、当面の課題であると考えられる。

図３をみると、試験機関Ｂ、Ｅについては、時間・発熱速度の間に正の相関が見られることからみて、熱流計、養生条件が原因で再現性に悪い影響を及ぼしたとは考えにくい（注：この２機関の間では熱流計は相互較正されている。）試験機関Ｂは、Outlierとなったのが時間に関するパラメータのみとなっており、特に着火時間に集中している。試験機関Ｂの着火時間に関するOutlierは材料別にみると、ＰＶＣに集中し、加熱条件では50kW/㎡に集中している。ＰＶＣでは着火の様態がやや不安定であること、また、加熱が強いほど着火時間は短いから着火の定義の差がばらつきの程度に及ぼす影響が大きくなりがちなことから鑑みて、試験機関Ｂでは、着火の判

定に他機関とは異なった判断を行っていたか、当試験機関での着火の判断基準が明確でないことを推測される。試験機関Ｅでも、Outlierとなったパラメータのほとんどは時間に関する報告値であり、中でもＰＶＣにおいて顕著であるが、OutlierとStragglerの出現は、加熱条件別に見ると、30kW/㎡で各々１回づつ、50kW/㎡で各々２回及び１回となっており、試験機関Ｂほど明瞭な傾向が見られない。

試験機関Ｉ、Ｊについては報告値が少ないため、評価を行うのは難しいが、図３を見ると、試験機関Ｉでは、時間データのばらつきは小さいにも関わらず、燃焼発熱速度データのばらつきが顕著であることが特筆される。このようになったことを説明する要因としては、試験室雰囲気の酸素濃度の変動を大きく、酸素消費量が排気酸素濃度から正確に推定されていないことなどが考えられる。もしそうであれば、試験室の換気条件の改善が本質的な解決となるが、酸素消費量の計算において、雰囲気酸素濃度の仮定値を、試験直前の瞬間値やアプリオリな仮定値（例えば20.95%）とするのではなく、試験直前のある程度の時間の平均値とすることによっても、ある程度、改善されよう。

4. まとめと今後の課題

本ラウンドロビンでは反復性ｒについては過去に実施された北米等のラウンドロビン等と近い結果が得られたのに対して、再現性Ｒは、過去のラウンドロビンに比べてかなり劣る結果となった。その原因としては、過去のラウンドロビンでは使用されなかった塩化ビニルで反復性ｒ、再現性Ｒがともに大きな値を示した以外には、参加全機関の間で結果に差が生じたというよりも、２、３の参加機関で他の機関と著しく異なる試験結果となったことが大きく働いていよう。特に反復性値ｒが小さいにも関わらず、他機関と系統的にやや異なる結果となっている場合は熱流計の機差に主要な原因があると推測されるから、熱流計の相互較正を徹底させれば再現性の向上を容易に実現できると期待できる。また、発熱速度で反復性値が大きくなった場合は、ガス分析の初期条件として瞬間値や一定の仮定値を使用していることが主要な原因と推測される。この場合は、酸素濃度の初期条件を実験前の時間平均値とするようにガス濃度測定値に基づく発熱速度推定プログラムを変更することで反復性・再現性の向上が図れると考えられる。一部の参加機関で報告値の数が不十分となっているが、試験装置出荷時に添付されたデータ処理ソフトウェアをそのまま使用しており、そのソフトウェアでは直接出力されないデータが未報告となっている。この点でも、燃焼発熱測定については、現在、市場に流通している試験装置では添付することが一般化されていながら、ＩＳＯでは標準化されていないデータ処理について、技術指針を整備する必要が大きい。

なお、再現性に影響する要因で重要なものとして、加熱ヒーター、測定器（熱流計、ガス分析計）の機差があげられる。これらは、反復性の高い材料（ＰＭＭＡ等）を使用すれば把握が容易であり、反復性の高い材料を使った試験結果に基づいて機差の影響を排除することは技術的に困難ではない。従って、ラウンドロビン等においては、最初に反復性の高い材料を使って各試験機関のデータを比較し、各機関の傾向を指摘して必要があれば補正を要求したうえで、多数の試験体を使用する試験に入るという手順を取ることにすれば、より効率よく、再現性の確保を図ることが可能になろう。特に、熱流計の機差の影響については、基準となる共通熱流計を事前に参加機関に回覧し、各機関の使用する熱流計と較正を行うことによって、機差の影響を最小限にする

ことができよう。

なお、ISO5660(コーンカロリーメータ）を含む各種燃焼性試験（他に、ISO9705ルームコーナー試験、ISO1182不燃性試験、中間規模燃焼性試験）のデータベースは、試験成績ではなく、発熱量、温度等の生データ自体をデータベース化することに意義があるが、その量は膨大であるため、サーバ内に保管し、試験に参加した機関がアクセスできるようにするシステムを構築中である。

また、今回のラウンドロビンの参加者は、日本国内の機関を除き、これまで相互に関係をもったことのない機関が大半である。頻繁に相互連絡することを通じて、相互理解と協力の枠組が形成できたことは、今後活発化していくと考えられる防火試験の国際化において貴重なインフラになるものと期待される。

参考文献

1) A.S.T.M.Task Group E5.21,T.G.60,"Report to A.S.T.M. on Cone Calorimeter Interlaboratory Trails",1990.

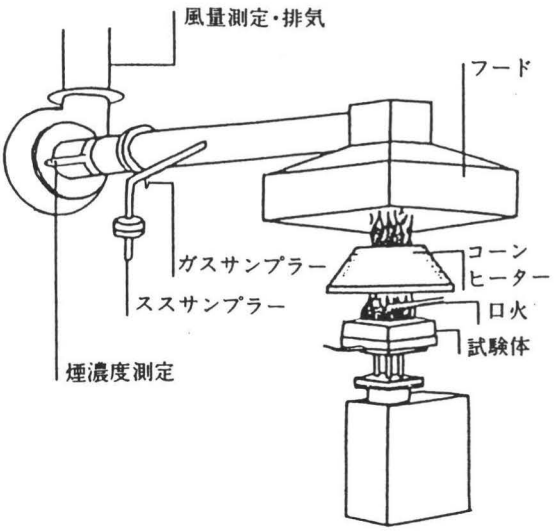
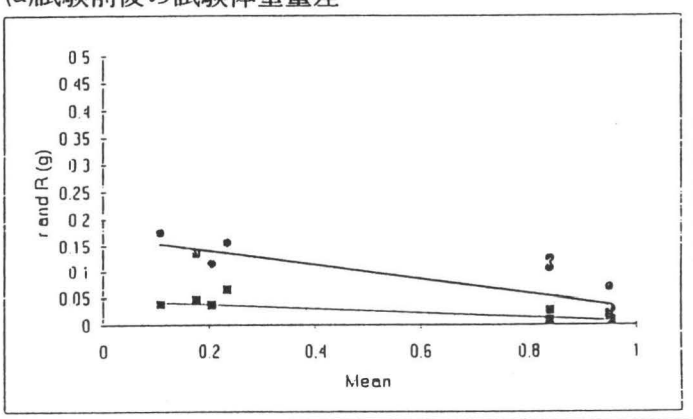


図1　ISO5660燃焼発熱試験装置（コーンカロリーメータ）の構成概要

(a)試験前後の試験体重量差



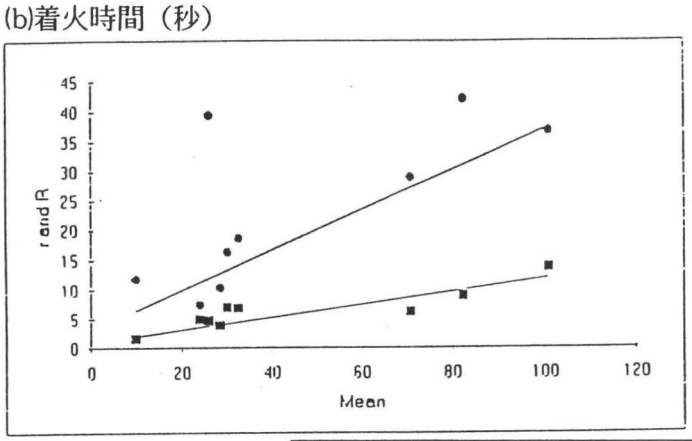
Fitt

Ave.	r=0.03
	R=0.11
Repeat.	a3=0.05
	b3=0.04
Reprod.	A3=0.17
	B3=0.14

■ r
● R
—— r3=a3÷b3.m
—— R3=A3÷B3.m

Lab	B	D	E	F	G	H	I	J
V.C.	1.439	0.566	1.029	1.469	1.283	1.446	3.59	2.60

(b)着火時間（秒）



Fitt

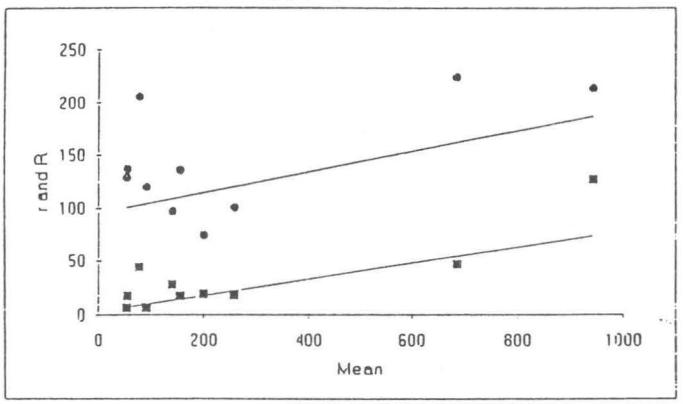
Ave.	r=6.47
	R=23.56
Repeat.	a3=0.88
	b3=0.11
Reprod.	A3=3.11
	B3=0.34

■ r
● R
—— r3=a3÷b3.m
—— R3=A3÷B3.m

Lab	B	D	E	F	G	H	I	J
V.C.	5.238	5.54	4.518	3.837	4.03	3.925	7.26	4.848

図2　試験結果の平均値（Mean, m），反復性（r），再現性（R）の関係

(c)最初のピーク発熱速度（kW/m²）



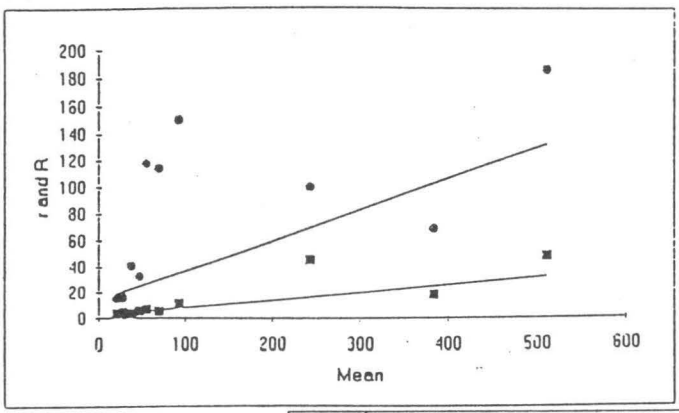
Fitt

Ave.	r=33.228
	R=144.01
Repeat.	a3=3.0718
	b3=0.0745
Reprod.	A3=95.492
	B3=0.097

■ r
● R
—— r3=a3+b3.m
—— R3=A3+B3.m

Lab	B	D	E	F	G	H	I	J
V.C.	2.642	3.755	5.043	3.881	3.475	3.682	4.624	1.762

(d)ピークまでの時間（秒）



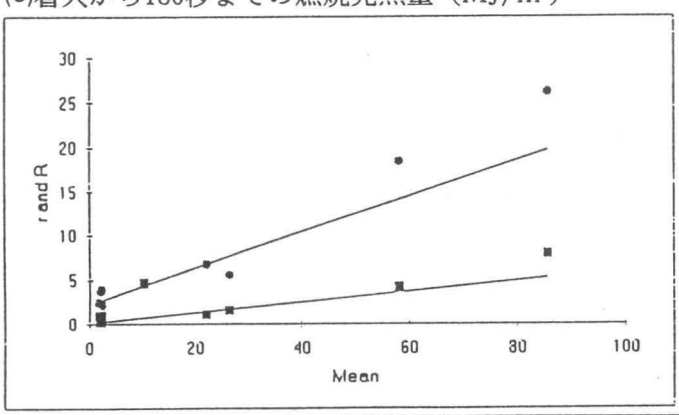
Fitt

Ave.	r=15.426
	R=84.291
Repeat.	a3=2.5012
	b3=0.0585
Reprod.	A3=14.59
	B3=0.2276

■ r
● R
—— r3=a3+b3.m
—— R3=A3+B3.m

Lab	B	D	E	F	G	H	I	J
V.C.	4.599	5.773	1.434	2.826	1.087	3.776	-	-

(e)着火から180秒までの燃焼発熱量（MJ/m²）



Fitt

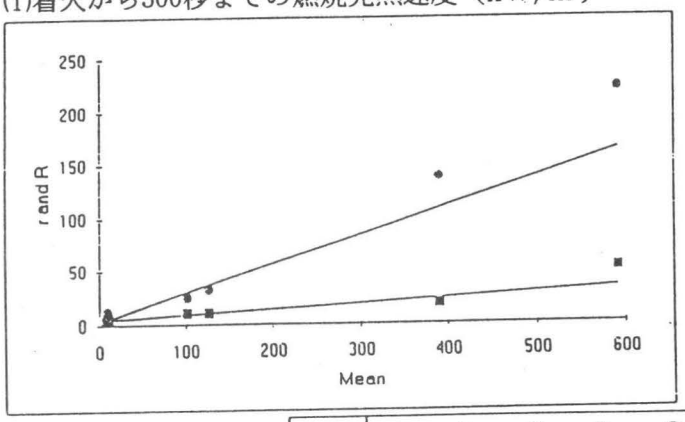
Ave.	r=2.4324
	R=8.2311
Repeat.	a3=0.1182
	b3=0.0604
Reprod.	A3=2.2803
	B3=0.2042

■ r
● R
—— r3=a3+b3.m
—— R3=A3+B3.m

Lab	B	D	E	F	G	H	I	J
V.C.	3.981	2.759	4.656	1.421	-	-	-	-

図2　試験結果の平均値（Mean, m），反復性（r），再現性（R）の関係

(f)着火から300秒までの燃焼発熱速度（kW/m²）



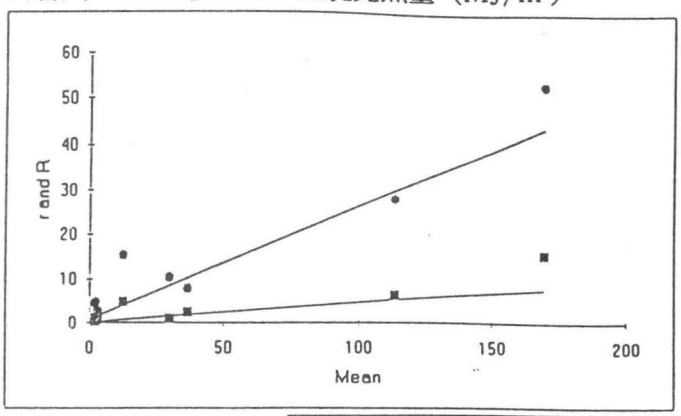
Fitt

Ave.	r=13.8
	R=55.259
Repeat.	a3=4.1037
	b3=0.0486
Reprod.	A3=2.0723
	B3=0.2737

■ r
● R
—— r3=a3+b3.m
—— R3=A3+B3.m

Lab	B	D	E	F	G	H	I	J
V.C.	-	3.455	4.706	-	1.963	1.582	-	-

(g)着火から300秒までの燃焼発熱量（MJ/m²）



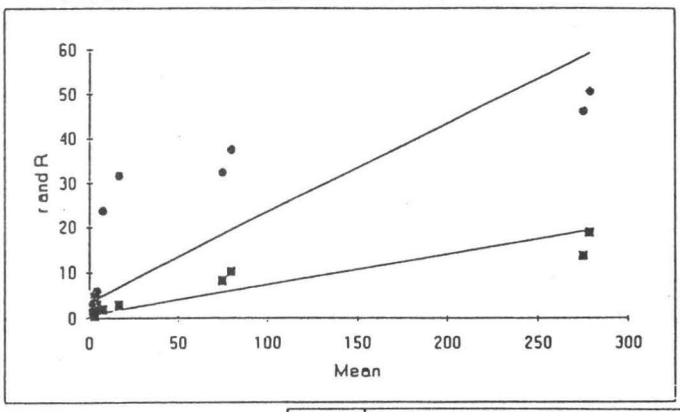
Fitt

Ave.	r=5.4116
	R=19.658
Repeat.	a3=0.2358
	b3=0.0451
Reprod.	A3=0.9237
	B3=0.2553

■ r
● R
—— r3=a3+b3.m
—— R3=A3+B3.m

Lab	B	D	E	F	G	H	I	J
V.C.	3.226	2.697	4.708	1.071	-	-	-	-

(h)燃焼終了までの燃焼発熱量（MJ/m²）



Fitt

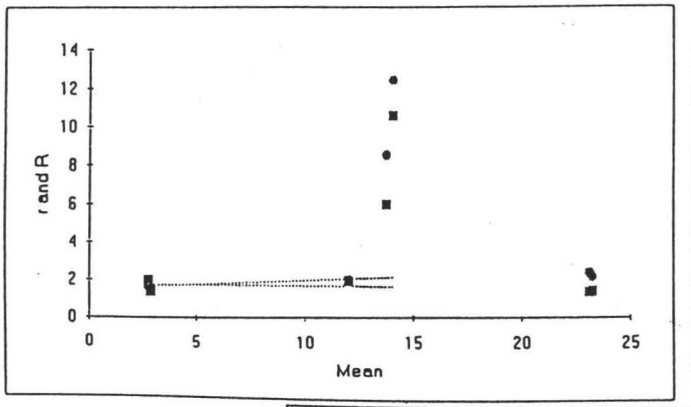
Ave.	r=6.1947
	R=23.912
Repeat.	a3=0.7091
	b3=0.067
Reprod.	A3=3.5025
	B3=0.2001

■ r
● R
—— r3=a3+b3.m
—— R3=A3+B3.m

Lab	B	D	E	F	G	H	I	J
V.C.	1.913	3.886	2.166	1.214	4.256	1.94	-	-

図2　試験結果の平均値（Mean, m），反復性（r），再現性（R）の関係

(i)平均実効燃焼熱（MJ/kg）



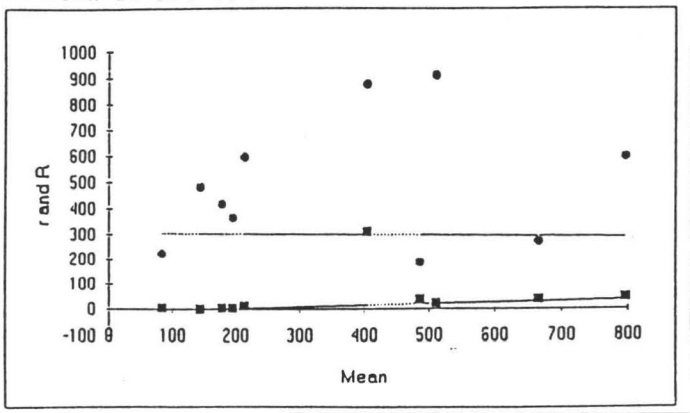
Fitt

Ave.	r=3.4761
	R=4.3443
Repeat.	a3=1.7999
	b3=0.015
Reprod.	A3=1.5758
	B3=0.035

■ r
● R
····· r3=a3+b3.m
····· R3=A3+B3.m

Lab	B	D	E	F	G	H	I	J
V.C.	-	14.12	4.863	-	4.279	-	-	-

(j)燃焼継続時間（秒）



Fitt

Ave.	r=48.604
	R=491.2
Repeat.	a3=5.593
	b3=0.0531
Reprod.	A3=309.01
	B3=0.027

■ r
● R
—— r3=a3+b3.m
—— R3=A3+B3.m

Lab	B	D	E	F	G	H	I	J
V.C.	-	2.915	5.595	-	3.029	2.403	-	2.848

図2　試験結果の平均値（Mean, m），反復性（r），再現性（R）の関係

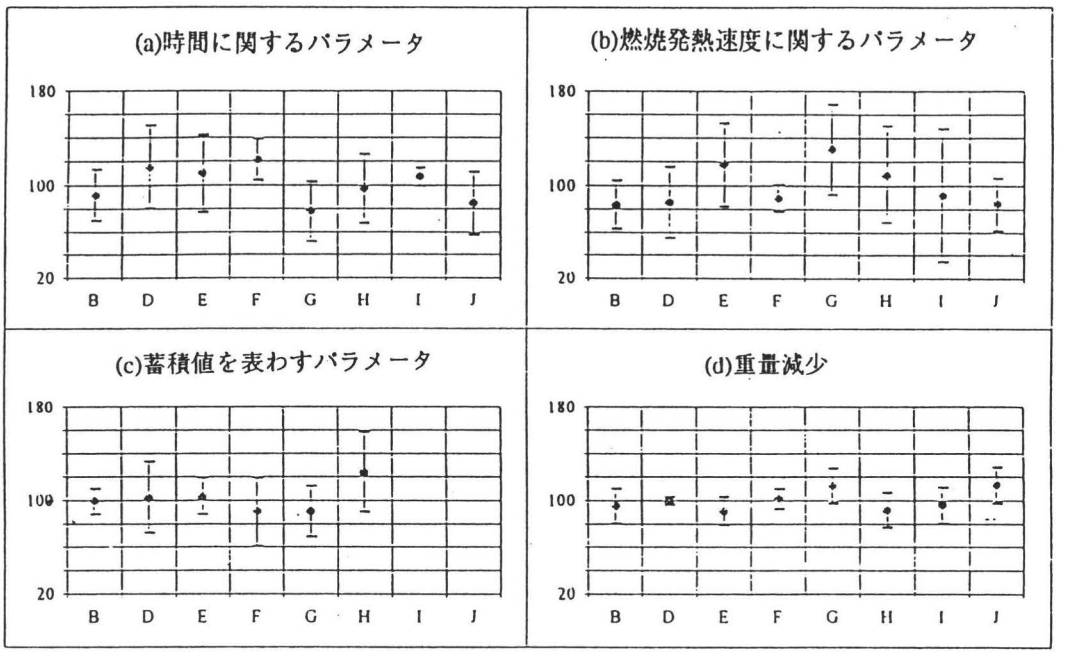


図3　パラメータ族毎の各試験機関の報告値の分布

表1　各材料の試験結果概要

(a)試験前後の試験体重量差

Products	PMMA		MDF		VCST		GB		PVC	
Flux (kW/m²)	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
Number of labs.	0	0	8	8	8	8	8	7	6	6
mean (m)	—	—	0.205	0.174	0.953	0.949	0.840	0.837	0.233	0.106
repeatability (r)	—	—	0.038	0.046	0.008	0.020	0.027	0.008	0.066	0.038
Reproducibility (R)	—	—	0.116	0.134	0.028	0.069	0.125	0.106	0.156	0.175

(b)着火時間 (秒)

Products	PMMA		MDF		VCST		GB		PVC	
Flux (kW/m²)	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
Number of labs.	7	8	8	8	8	7	4	8	2	5
mean (m)	70.75	28.37	82.18	30	23.9	9.783	100.7	32.5	—	25.91
repeatability (r)	6.292	3.875	8.952	7.057	4.936	1.598	13.81	6.868	—	4.808
Reproducibility (R)	28.91	10.39	42.14	16.3	7.508	11.88	36.84	18.69	—	39.36

(c)最初のピーク発熱速度 (kW/m²)

Products	PMMA		MDF		VCST		GB		PVC	
Flux (kW/m²)	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
Number of labs.	8	8	8	8	8	8	5	7	5	6
mean (m)	685.4	942.7	199.3	257:1	139.3	154	53.19	90.21	76.68	54.66
repeatability (r)	46.48	127.1	19.37	18.86	28.06	17.46	6.604	6.811	44.05	17.51
Reproducibility (R)	224.4	214.2	74.48	101.1	97.34	135.8	128.9	120.3	206.1	137.3

(d) ピークまでの時間 (秒)

Products	PMMA		MDF		VCST		GB		PVC	
Flux (kW/m²)	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
Number of labs.	6	5	5	6	6	6	4	6	4	5
mean (m)	510.9	383.8	69.78	47.11	27.22	19.67	92	37.39	243.1	55.06
repeatability (r)	47.93	18.43	5.465	5.636	4.702	3.642	11.58	3.857	46.07	6.946
Reproducibility (R)	185.1	68.35	114.7	33.21	16.18	15.39	150.6	40.76	100.1	118.4

表1　各材料の試験結果概要（つづき）

(e)着火から180秒までの燃焼発熱量（MJ/m²）

Products	PMMA		MDF		VCST		GB		PVC	
Flux (kW/m²)	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
Number of labs.	4	4	3	4	4	3	3	3	1	3
mean (m)	58.03	85.56	21.98	26.38	2.217	2.025	1.7	2.092	—	10.13
repeatability (r)	4.233	7.888	1.09	1.629	1.034	0.177	0.906	0.289	—	4.645
Reproducibility (R)	18.46	26.14	6.792	5.595	2.226	3.79	2.48	3.94	—	4.658

(f)着火から300秒までの平均燃焼発熱速度（kW/m²）

Products	PMMA		MDF		VCST		GB		PVC	
Flux (kW/m²)	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
Number of labs.	4	4	4	4	3	3	3	4	2	2
mean (m)	390.4	590.5	101.1	125.8	8.95	10.44	7.189	9.15	—	—
repeatability (r)	18.16	51.04	10.33	10.54	6.89	5.471	3.453	4.52	—	—
Reproducibility (R)	138.1	221.5	24.55	31.45	12.1	6.876	3.528	3.944	—	—

(g)着火から300秒までの燃焼発熱量（MJ/m²）

Products	PMMA		MDF		VCST		GB		PVC	
Flux (kW/m²)	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
Number of labs.	4	4	3	4	3	2	2	2	1	3
mean (m)	113.2	169.4	29.88	36.63	2.811	—	—	—	—	12.37
repeatability (r)	6.338	15.87	1.044	2.467	1.921	—	—	—	—	4.832
Reproducibility (R)	28	53.21	10.42	8.007	2.837	—	—	—	—	15.47

(h)燃焼終了までの燃焼発熱量（MJ/m²）

Products	PMMA		MDF		VCST		GB		PVC	
Flux (kW/m²)	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
Number of labs.	6	6	6	6	6	5	4	6	3	5
mean (m)	278.3	274.9	74.76	79.61	2.8	2.694	1.92	4.167	7.123	16.1
repeatability (r)	18.75	13.64	8.209	10.17	1.842	0.553	1.13	2.943	1.782	2.927
Reproducibility (R)	50.46	46.1	32.42	37.54	3.183	5.068	3.165	5.82	23.73	31.65

表1　各材料の試験結果概要（つづき）

(i)平均実効燃焼熱（MJ/kg）

Products	PMMA		MDF		VCST		GB		PVC	
Flux (kW/m²)	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
Number of labs.	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2
mean (m)	23.23	23.09	—	11.98	14.03	13.72	2.856	2.744	—	—
repeatability (r)	1.344	1.305	—	1.879	10.53	5.905	1.388	1.982	—	—
Reproducibility (R)	2.098	2.314	—	1.948	12.4	8.461	1.561	1.624	—	—

(j)燃焼継続時間（秒）

Products	PMMA		MDF		VCST		GB		PVC	
Flux (kW/m²)	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
Number of labs.	5	5	5	4	4	5	3	4	4	3
mean (m)	664.7	484.8	795.8	510.1	143.7	82.8	177.3	194.7	403.4	212.4
repeatability (r)	37.66	38.63	47.3	23.03	1.32	4.467	4.398	5.442	310	13.79
Reproducibility (R)	269.1	186.3	591.2	907.2	482.7	225.4	417	365.3	872.3	595.4

表2　パラメータの分類と試験機関の Outlier, Straggler の分布

Type of date		Lab. ref	B		D		E		F		G		H		I		J		Tot		Outlier	Straggler
		State	o	s	o	s	o	s	o	s	o	s	o	s	o	s	o	s	o	s	Tot rel (%)	
		N°of part	58		88		100		58		75		70		27		33		509			
Simple	Mass Loss	77							1					1	1	1			2	2	2.60	2.60
	Tig	68	3				1					1			1				5	1	7.35	1.47
	T peak	57	1		2	1		1	1						–		–		4	2	7.02	3.51
	T end	47	–				2		–		1		1		–		1		5	0	10.64	0.00
	Peak	76			2				1		1	1				1	1		5	2	6.58	2.63
Cumul	Tot 180	35			3						–		–		–		–		3	0	8.57	0.00
	Tot 300	31			2	1					–		–		–		–		2	1	6.45	3.23
	Tot rhr	57			2	1							3		–		–		5	1	8.77	1.75
Combi	Ave 300	33	–			3		1	–						–		–		0	4	0.00	12.12
	ehc	28	–		1	2			–				–		–		–		1	2	3.57	7.14
Total		509	4	0	12	8	3	2	3	0	2	2	4	1	2	2	2	0	32	15	6.29	2.95

	Tot rel (%)	Outlier	6.90	13.64	3.00	5.17	2.67	5.71	7.41	6.06	6.29
		Straggler	0.00	9.09	2.00	0.00	2.67	1.43	7.41	0.00	2.95

1.26

18.40

A. S. T. M. results

1－15　海外の住宅・建材産業及び建設分野における品質保証体系調査

財団法人建材試験センター
環境マネジメントシステム審査室
室長　内田晴久

1. 本研究の背景

住宅、建材等の建築・建設分野においては、基本的な正確が地場産業のため、貿易上での必要性から求められている品質システム審査登録制度は顧客からの要求も少ないため普及が遅れていたが、国内の建設会社がＩＳＯ9001、9002を取得、建設省がＩＳＯ9000シリーズによるパイロット工事を実施するなど、最近、急速に建設分野においてもＩＳＯ9000シリーズによる品質保証が注目されている。

また、住宅、建材メーカーにおいては今後の普及を予測し自社の品質管理をJISの体制からＩＳＯ9000シリーズに移行する企業が増えてきている。

我が国の建築分野においては、通商産業省と建設省が建築関連の国際標準化活動への取り組みを総合的に検討するため、㈶建材試験センターに設置された「ＩＳＯ／ＴＡＧ８（建築）等国内検討委員会」の活動を通じ建築分野の標準化及び動向を調査し、ＩＳＯ／ＴＡＧ８（建築）国際会議の場に反映している。

なおＩＳＯ／ＴＡＧ８とは、ＩＳＯの建築関連技術委員会ＴＣ（現在、28ある）全般の調整グループであり、またＩＳＯ理事会の諮問機関であるＴＭＢ（技術管理評議会）の建築に関する諮問グループである。

最近のＩＳＯ／ＴＡＧ８（建築）国際会議では建築分野における品質保証制度に関して討議がされつつあり、我が国を含む国際的な品質保証体系を調査することが必要となってきた。

2. 目的

本研究は、ＩＳＯ／ＴＡＧ８の活動を通して海外の住宅・建材分野及び建設分野における品質保証のための国際規格ＩＳＯ9000シリーズの普及状況及び動向を海外の審査機関をとおして調査し、我が国を含む建築分野におけるグローバルな品質保証体系を確立するための資料とし、この結果をＩＳＯ／ＴＡＧ８（建築）国際会議の場にも反映しながら、我が国の住宅、建材産業の国際的な視野に立って振興を図るための資料とする。

3. 調査を実施した国及び関係機関

3.1　英国：

ＣＱＡ（Constrution Quality Assurance Limited／建築部門専門審査登録機関）

ＵＫＡＳ（United Kingdom Accreditation Service／英国認定サービス）

3.2　ベルギー：

ＢＣＣＡ（Belgian Construction Certification Association／建築部門専門審査登録機関）

ＦＩＥＣ（European Construction Industry Federation／欧州建設業団体）

3.3　フランス：

ＱＵＡＬＩＢＡＴ（フランス品質システム審査登録機関）

3.4　スイス：

ＩＳＯ本部

4. 調査方法

海外の住宅・建材分野及び建設分野における品質システムは普及及び今後さらに普及されると思われる欧州の国々に焦点を合わせ、関連団体、審査登録機関等を訪問し、調査した。

表－1　訪問機関一覧

期日	訪問先	業務	面接者
1997.3.10	United Kingdom Accreditation Service(UKAS)	認定機関	Ms.Mary Jane Wilkinson
1996.3.14 1997.3.10	ＣＱＡ Limited	ISO9000 審査登録機関	Mr.C.Lzzard/Chief Executive Mr.R.Lovegrove/Business Development Manager
1997.3.14	Federation de l'Industrie Europeenne de la Construction(FIEC)	欧州建設業連盟	Mr.John Goodall/Commission Technique
1996.3.6 1997.3.14	Belgian Construction Certification Association (BCCA)	ISO9000 審査登録機関	Mr.Yves Lacroix,ir/Director
1996.3.15	Organisme professionnel de qualification et de certification du batment(QUALIBAT)	品質システム審査登録機関	Mrs.Aline Jallabert/Manager
1996.3.9 1997.3.14	International Organization for Standard(ISO)	国際標準化機構	Mr.Junichi Nagano/Forum Manager

5. 共同研究者

菅原進一　　東京大学工学部建築学科　教授
水谷久夫　　財団法人建材試験センター　常務理事

6. 調査結果

6.1 英国

英国には以下に示す制度がある。
①英国規格への適合性を認証する制度（例：カイトマーク）
②規格に定められていない新しい材料等を認証する制度（例：アグレマン認証制度）
③ＩＳＯ9000等の品質システム規格に基づき、供給者の品質システムを審査登録する制度

今回は③の品質システム審査登録制度における品質保証体系及びその普及状況を調査した。
英国の審査登録制度を図－１に示す。
英国において品質システム審査登録機関を認定するのはUKAS/United Kingdom Accreditation Service(英国認定サービス）で、我が国の㈶日本適合性認定協会（ＪＡＢ）に相当する。
ＵＫＡＳは1995年にＮＡＭＡＳ（National Measurement Accreditation Service/英国国家計測サービス）とＮＡＣＣＢ（National Accreditation Council of Certification Bodies/英国認証機関認定評議会）が合体して創設された認定機関である。
ＵＫＡＳの主な業務は次のとおりである。
①ＩＳＯ9000シリーズに基づく品質システム審査登録機関の認定
②ＩＳＯ14001に基づく環境マネジメントシステム審査登録機関の認定
③製品を認証する機関（試験所）の認定
又、ＵＫＡＳはＥＡＣ（European Accreditation of Certification)に加盟しておりＥＡＣのガイドライン（Guidelines for the Accreditation of Certification Bodies for Quality Management System)によって審査登録機関を認定している。
又、ＥＡＣには欧州の17の認定機関（各国１機関）が加盟しておりその体系を図－２、ＥＡＣの加盟リストを図－３に示す。。

(1) 英国の審査登録機関について

1996年３月に英国の建設分野専門審査機関（ＣＱＡ/Construction Quality Assurance)を訪問し、英国での建設分野における普及状況を調査した。
英国ではビック４と呼ばれているＢＳＩ／ＱＡ、Lloyeds Register、National Quality Association 、Yarsley International が建設分野を含む全分野の審査登録を行っており、ビッグ４のシェアーは83.3%となっている。
英国における建設関連企業の業種別登録件数及び登録率を表－２に示す。
又、建設分野専門審査機関はある程度その材料別に審査機関の「すみわけ」がなされており審査機関同士の利害の対立はなく、効率の良い審査が行われている。（表－３参照）
この審査機関は1988年から業務を開始し、初期は数件の登録であったが、現在までの登録件数815件（1995年12月）で、初期及び毎年のデータから見ると登録件数つまりＩＳＯ9000ｓを必要と

している企業が毎年かなりのスピートで増加してることがわかる。（図－４参照）

1996年に引き続き1997年に再度訪問し、ＩＳＯ9000に関する普及状況の調査を行った。環境分野の審査を本格的に行うようになったので機関の名称を以前のＣＱＡ（Construction Quality Assurance)からＣＱＡ Limitedに変更した。

ＩＳＯ9000$_s$に関しては現在、大手のゼネコン､材料メーカーはほぼ取得が終了し、中小企業を対象とした審査を多く実施している。最近、英国でも建設分野で審査を行うようになった大手の審査機関が増えてきており、営業専門のスタッフをおいて企業に対してＰＲを行っている。

ＣＱＡ Limitedが登録した建築分野の企業の一例を図－５及び英国全体として登録された建築分野の企業の一例を図－６に示す。

(2) 英国のＩＳＯ9000$_s$ による品質システムの普及状況

英国は欧州の中でもＢＳ5750という品質管理規格を制定し、運用を開始したのが早かったために、ＢＳ5750を基にして作成されたＩＳＯ9000シリーズに早く対応したため、電気、機械、化学産業など輸出関連企業からＩＳＯ9000シリーズの普及は始まった。

建設分野における普及状況は、1988年頃から普及し始め、今回調査を行った建設分野専門審査機関（一例としてＣＱＡ Limited）の登録状況によると、２～３年後には爆発的に普及の兆しが見られている。

建設分野における普及状況は、1997年６月現在では、英国のほとんどの大手ゼネコンはＩＳＯ9000$_s$を取得済みであり、『購買』という見地から建材メーカーに対してＩＳＯ9000$_s$の取得を要求している。

取得の割合は、①ゼネコン（サブコン含む）／約1300、②建築の大きな要素でもある『コンクリート』に関する企業システム／約1200、③合板（木製建具含む）／約440となっている。

建材メーカーの数に対する取得の割合は低いが、大手の建材メーカーはほとんど取得済みであり、現在は中小企業に普及の波が押し寄せている。

6.2 ベルギー

ベルギーの審査登録制度を図－７に示す。

(1) 審査登録機関について

ベルギーにおける品質システム審査登録機関は11機関あり、そのうち建築専門審査登録機関は今回調査に協力してくれたＢＣＣＡ/Belgian Construction Certification Association のみである。

1996年３月に第１回の調査を行った。ＢＣＣＡはベルギーの認定機関であるＢＥＬＣＥＲＴから認定されており、審査業務は1992年から開始し、1996年２月現在で約50件の建築機関の品質システムを登録している。

ベルギーにおける普及状況は、現在、普及の初期段階であり、傾向としては英国の初期段階に似通っている。

又、昨年に引き続きの1997年３月に訪問し、この１年間の普及状況を調査した。

昨年よりＩＳＯ9000の登録件数が増加し、1997年３月まで合計70のシステムが登録され、1997年末には90のシステムが登録される予定である。

ベルギーの大手ゼネコンはほとんど取得済みで現在の動向は、中小企業、設計事務所の動きが活発になってきているが、中小企業に関しては導入には時間がかかり、十分な情報提供が必要で

あるとのコメントがあった。

又、窓、壁材等の建材メーカーもこのＩＳＯ9000sによる普及の兆しが見られ、大手ゼネコンから取得の要請が多くなっている。

(2)　ＦＩＥＣ/European Construction Industry Federation（欧州建設業団体）について

1997年３月に訪問し、欧州全体について建設業としてのＩＳＯ9000シリーズの取り組み及び普及状況を調査した。

この団体は、欧州の各国の建設業に関わる団体の集まりで1905年に設立された。

現在29の建設業界の団体で構成され、本部はブリュッセルにある。（図－８参照）

主な活動目的を以下に示す。

①欧州の建設業界における共通な利益の確保

②会員団体の調整を図る

③会員団体の国の業界の動向、ＥＵにおける建設業の動向等に関する情報提供

組織は以下に示す３つの委員会で構成されている。（図－９参照）

①経済／法律委員会（Ecomonic and Legal Commission）

②社会委員会（Social Commission）

③技術委員会（Techinal Commission）

ＩＳＯ9000シリーズに関することは技術委員会が担当しており、1996年２月現在でＩＳＯ9000sを取得しているゼネコンは832社で、最も多いのがドイツ／150社、次に英国／130社、オランダ／130社となっている。（図－10参照）

(2)　ベルギーのＩＳＯ9000sによる品質システムの普及状況

ベルギーの建築分野における普及状況は、英国に比べると建築専門審査機関が設立されたのが1992年と遅く、当時は普及の兆しが見られなかったが、今回の調査結果では年々その普及は広がりを示しており、その原因は、大手ゼネコンの取得がきっかけとなり、ほとんどのゼネコンがこのＩＳＯ9000s によるシステムを英国と同様に『購買』という見地から建材メーカーに要求しつつ傾向が見られるためである。

6.3　フランス

フランスには建築に関連する主な認証制度には次のものがある。

①ＮＦマーク制度

伝統的な材料や技術が使われる公共建築又は土木工事の契約条項は、その材料等がフランスの国家規格策定機関であるＡＦＮＯＲ／フランス規格協会が発行する規格に適合することを要求している。ＡＦＮＯＲは英国のカイトマークと同様なＮＦマークシステムを運営している。ＮＦマークを付けることによってその製品がフランス規格に適合していることを証明している。

②アビテクニック制度

製品に関する技術的な評価を行う制度。

③品質システム登録制度（ＩＳＯ9000s及びＱＵＡＬＩＢＡＴ）

(1)　審査登録機関

フランスの建設分野においては以下に示す２つの品質システム登録制度がある。

①ＩＳＯ9000sによる品質システム登録制度

②ＱＵＡＬＩＢＡＴによる品質システム登録制度

建設分野においてはＱＵＡＬＩＢＡＴというＩＳＯ9000sを基本とし、独自な要求項目を設定した品質システムが普及している。（図－11参照）

ＩＳＯ9001の21項目の要求事項に対してＱＵＡＬＩＢＡＴは13項目と少なく、ＩＳＯに対応している要求事項については100％参照されていない。

ＱＵＡＬＩＢＡＴは1945年に技術者等の資格認定を行うために創設され、建設分野の代表で構成されており、現在では建設分野において以下の業務を行っている。

①技術者の認定
②資材（建材）の認定
③技術システムの認定
④建設会社の財政の認定
⑤品質システムの認定

ＱＵＡＬＩＢＡＴシステムによる品質システムの審査登録は1993年から行っており、フランス国内においてＩＳＯ9000sによる登録は45件だが、ＱＵＡＬＩＢＡＴシステムでは1000件のシステムを登録している。1000件の企業の業種は、左官会社、外壁会社、躯体工事会社、冷暖房設備会社、付帯工事業者などのシステムが多く認定されている。

日本では国、県が『建設業』又は『～業』というように認定されているがフランスでは、その業種を申請し、手続きをとればその業務を行うことができる。ＱＵＡＬＩＢＡＴの認定がないと社会的に信頼がなくなってくるため、行政からＱＵＡＬＩＢＡＴに対して認定スキームを促進するような働きかけがある。

6.4　ＩＳＯの動き

ＩＳＯ中央事務局、長野氏を訪れ、今後のＩＳＯにおいて計画されている認証システムに関する動向について調査を行った。同氏はＱＳＡＲ（Quality System Assurance Recognition／品質システム評価に関する相互認証）を今年から担当しており、ＩＳＯでは６月から本格的にＱＳＡＲプログラムを活発化する予定である。その概要を以下に示す。

第１回ＱＳＡＲ（品質システム評価認知）管理委員会のための提案推薦招集状が1996年２月８日に、ＩＳＯ及びＩＥＣの事務局から郵送された。第１回「ＱＳＡＲ委員会」を推薦・選定する提案方法が、２月１日及び２日、ジャネーブにおいて「ＩＳＯ評議会」によって検討された。

候補者の申込書は３月22日以前に、ＩＳＯ又はＩＥＣ事務局長に提出されねばならなかったことから、第１回「ＱＳＡＲ委員会」が1996年中旬／６月頃までに、その設立のための会合が開催できるものと期待されている。

ＩＳＯ9000ファミリーの責任者であるＩＳＯ及びそのパートナー機構であるＩＥＣによって、ＱＳＡＲプログラムが確立されつつある。

このプログラムの目的は“どこででも認められ、唯一の審査認定書”として、ＩＳＯ9000の利用者の要求を満たすことである。

第１回「ＱＳＡＲ委員会」に関するの提案及び選定手続きは、次のとおりである。

提案項目

「ＱＳＡＲ委員会」は12名の委員と、１名の議長で構成され、初期の委員は「ＩＳＯ及びＩＥＣ評議会」によって指名される。

委員資格は、下記の４分野の各々から各々３名の専門家によって、バランスよく構成される。

①品質システム認定機関（一例：ＪＡＢに相当する機関）
②品質システム審査登録機関（一例：建材試験センター等の審査登録機関）
③品質システムを利用する供給者組織
④品質システムを要求する購入者

第１段階

提案及び選定手続きは、次の２段階で行われる。

①各々の立場について、全てのＩＳＯメンバー団体及び全ＩＥＣ国内委員会に対し、当該候補者推薦をしてもらい、各分野からの適任候補者を選ぶ。

②認定機関及び審査登録機関の分野（審査対象分野）について、次の３つの組織からも候補者を選ぶ。

①「International Accrediation Forum／国際認定フォーラム」（ＩＡＦ）
②「ＥＱネット・グループ」（主にヨーロッパの標準団体と連合している認定組織である「品質システム評価及び認定のための欧州ネットワーク」）
③「Independent International Organization for Certification／ＩＩＯＣ（ＳＧＳ及びLloyd'sの様な、国際的規模の認定グループ）

注）現在はＥＱネットはＩＱ Netと名称を変更して活動している。

第２段階

「ＩＳＯ／ＩＥＣ Joint Presidents' Coordination Group(ＪＰＣＧ）／合同会長調整グループ」は、候補者リストを考慮し、推薦議長を含む、「ＱＳＡＲ委員会」の“バランスの取れた”初期委員資格の推薦を、「ＩＳＯ及びＩＥＣ評議会」に提出する。

前記の委員としての資格分野のバランスに加え、ＪＰＣＧは委員会が世界の各主要貿易分野出身の委員を擁し、小さな国々の地域の利益が尊重されるための保証に努力する。

次段階

第１回委員会がジュネーブで開催される予定である。この委員会における作業は次のとおりである。

①「ＱＳＡＲプログラム」において、「ＱＳＡＲ委員会」と少なくとも世界各地の10の品質システム認定機関（大半がＩＡＦのメンバー）間での使用するためのＩＡＦ評価手続きに基づいた協定覚書（MoU）の締結。
②ＱＳＡＲロゴの認可使用のための規則、手続き及び費用。
③1997年度の「ＱＳＡＲ事務局」用予算編成手続き及び予算計上。
④現役メンバーの任期満了時に、新委員の推薦・選定手続き。
⑤ＱＳＡＲプログラムの普及計画及びそのサービス。

このＱＳＡＲプログラムの実施により、各国の品質システム認定機関から認定されている各審査登録機関の品質システム審査登録証には３つのロゴ（①ＱＳＡＲロゴ　②認定機関ロゴ　③審査登録機関のロゴ）が付くことになる。

現在、ＱＳＡＲの活動は第２回理事会が開催されたが、国際的な相互認証システムについては各国の認定機関が加盟しているＩＡＦ（国際認定フォーラム）がグローバルな構想を打ち出し、ＩＡＦを中心とした動きに変わりつつ段階のため一時中断している。

7. まとめ

欧州におけるＩＳＯ9000sによる品質保証制度に関して、各国の品質システムの普及状況を調査してきたが、我が国の建設分野における動向は以下のとおりである。

7.1　1995年度の動き

①「ＩＳＯ9000による公共工事の品質保証に関する調査委員会」が「品質、環境等に関する国際規格の公共工事への適用に関する調査委員会」に変更し、海外調査の継続、パイロット事業の検討が行われ、ＢＣＳ、土木協で1995年度末を目標にガイドライン作成が始まった。

②建設省、建築・住宅関係国際交流協議会の「ＩＳＯ9000建築ガイドライン等研究会」で建築ガイドライン作成が始まった。

③建設関係企業品質保証体制整備指針研究回のＩＳＯ9004（品質管理及び品質システムテの要素）に準拠した「建築関係企業の品質保証体制整備のための指針」が発表された。

④1995年12月㈶建材試験センター品質システム審査室がＪＡＢより建設部門専門審査登録機関として認定され、国内で初めて、ゼネコンとして戸田建設㈱が建築部門及び土木部門において登録された。

7.2　1996年度の動き

①建設省のパイロット事業が関東地区で開始され、公共工事にＩＳＯ9000。の適用について検討が開始された。

②建設分野でのＩＳＯ9000。による品質システムを構築するゼネコンが急増し、大手のゼネコンはほとんど取得が終了し、各社の全国支店の品質システムの構築が開始された。

③建材業界もＩＳＯ9000。に関心を示し、ゼネコンから『購買』という立場から取得の要求もあり、建材メーカーのＩＳＯ9000。が増える傾向が見られる。

④建設業界及び建築材料業界において登録されたＩＳＯ9000。のシステムが100を超えた。

7.3　1997年度上半期の動き

①上記建設省のパイロット工事の対象地域が『全国』となり、合わせて土木のみならず建築分野（公共建築）に対しても検討が開始された。

②建材メーカーの取得が増加してきている。

③1997年末には建設・建築分野において200のシステムが登録される予定がある。

7.4　今後の普及予測

建設業にとってＩＳＯ9000シリーズが「政府調達でのパスポート」となり得るかどうかの関心が非常に高いことは事実であり、今後、発注機関としての建設省の動向が注目されており、これまでの動きをまとめると次のとおりである。

①市場解散、規制緩和にともない海外企業、海外資材の参入における品質チェック体制の必要性として国際的な企業評価の「ものさし」であるＩＳＯ9000。を活用していく。

②公共工事の品質の向上施策の一つとしてＩＳＯ9000。による発注者、設計者及び施工者の責任

と権限の明確化を求めており、発注者のスペックの整備が進んだ。

③ＩＳＯ9000ｓの適用企業の範囲は、広範囲に考えている。

④ＩＳＯ9000ｓにより建築生産の透明性を確保していく。

ＩＳＯ9000ｓによるパイロット事業において、これまでの政府調達部門での入札の資格試験としてＩＳＯ9000適用の実現が大きく前進すると予測している。

公共工事の入札資格の問題は、指名競争入札から一般競争入札への移行、門戸解放から必然的に求められてくるものと予想されているが、この透明性を有する国際的な「ものさし」が建設業に普及していくことの効果を推測すると次のようになる。

欧州の品質システムの普及状況から見ると、設計事務所、総合建設業、サブコン（電気工事業、配管工事業等）、部品・材料メーカーがＩＳＯ9000ｓによるシステムを構築し、運用されている。

ＩＳＯ9000シリーズの最大のメリットは、品質管理・品質保証において共通のボキャブラリーが構築される点にある。

我が国の今後の品質保証体系は、欧州のように設計事務所～部品・材料メーカーで構成された『品質のループ』を形成することが必要となり、これによりアッセンブル産業といわれる建設産業全体のループを図－12に示すように『発注者、設計事務所、ゼネコン、サブコン及び部品・材料メーカー等』の間で結ぶことが可能になってくるであろう。

又、その時期は、今回の欧州調査で判明したとおり、ドラスチックに到来してきている。

現在、㈶建材試験センターに申請、登録されているシステムは図－13に示すように年々急激な増加を示している。

我が国においては建設分野におけるＩＳＯ9000ｓの普及は1995年頃から緩やかに普及を始めたが英国の例でいけば、今後の日本の建設分野におけるＩＳＯ9000シリーズの適用はかなりのスピードで普及されることが予想される。

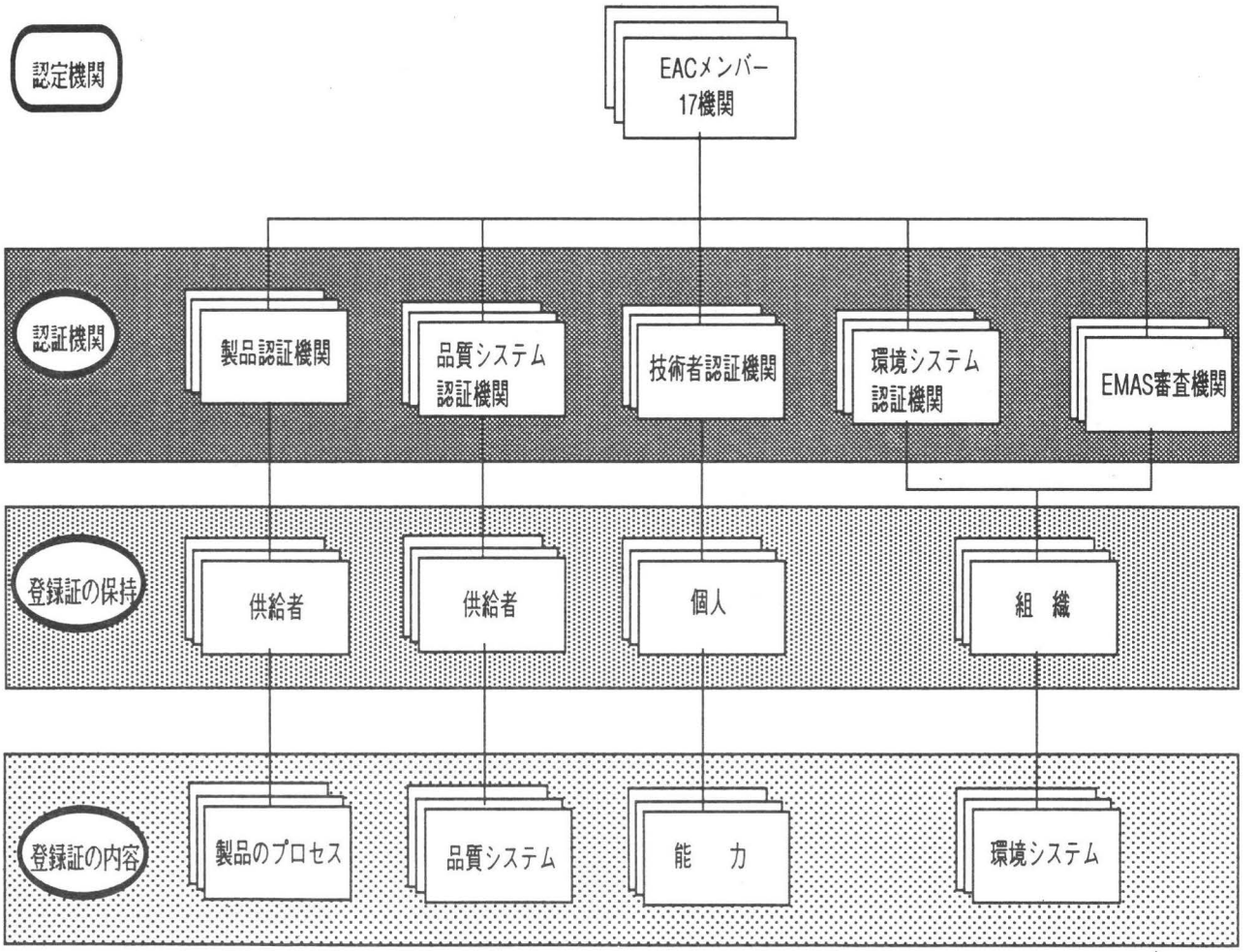
さらに欧州の建設産業分野におけるＩＳＯ9000ｓによる品質システムの初期段階から現在までの普及状況のスピードをみると欧州と日本とのベクトルはほぼ同じになっている。（図－14参照）

今回の調査において、欧州の建設分野ではＩＳＯ9000ｓが積極的に取り入れられ、1960年代に生じた品質の低下をＩＳＯ9000ｓによってカバーし、システム（しくみ）として各企業が構築し、国際化しつつ市場への進出、国際競争に勝という姿勢があるように見受けられた。

又、今回の調査結果及び我が国の動向についてＩＳＯ／ＴＡＧ８（建築）国際会議において報告し、各国に対して我が国の建設産業界のＩＳＯ9000ｓに対する姿勢を示した。

8. おわりに

最後に今回の調査に協力していただきました方々にこの場をお借りして感謝の意を表わすとともに、本研究に対し助成をしていただきました㈶トステム建材産業振興財団、ご指導、アドバイスをいただきました　故　岸谷孝一　東京大学名誉教授に心から御礼申し上げます。



図－２　欧州の審査登録体系

BMWA,
Landstrasser Hauptstrasse 55-57,
AT-1031 Vienna, Austria.
Telephone: +43 1 711 02 352.
Fax: +43 1 714 3582.

BELCERT,
Ministry of Economic Affairs,
Division Quality/Accr. service,
Boulevard E Jacqmain 154,
BE-1210 Brussels, Belgium.
Telephone: +32 2 206 47 21.
Fax: +32 2 206 57 44.

DANAK, Danish Agency for
Development of Trade and Industry,
Tagensvej 137,
DK-2200 Copenhagen 2, Denmark.
Telephone: +45 35 86 86 86.
Fax: +45 35 86 86 87.

FINAS,
Centre for Metrology and
Accreditation, Box 239, FI-00181
Helsinki, Finland.
Telephone: +358 0 61671.
Fax: +358 0 6167341.

COFRAC,
37, rue de Lyon,
FR-75012 Paris, France.
Telephone: +33 1 44 68 82 20.
Fax: +33 1 44 68 82 21.

DAR c/o BAM,
Unter den Eichen 87,
DE-12205 Berlin, Germany.
Telephone: +49 30 8104 1942.
Fax: +49 30 8104 1947.

ESYD,
Hellenic Accreditation Council,
80, Michalacopoulou St,
GR-10192 Athens, Greece.
Telephone: +30 1 2015025.
Fax: +30 1 2020776.

Löggildingarstofan,
Box 8114,
IS-128 Reykjavik, Iceland.
Telephone: +354 5681122.
Fax: +354 5685998.

Irish National Accreditation Board,
Wilton Park House, Wilton House,
IE-Dublin 2, Ireland.
Telephone: +353 1 607 3003.
Fax: +353 1 607 3109.

SINCERT,
Via Battistotti Sassi 11,
IT-20133 Milano, Italy.
Telephone: +39 2 719202.
Fax: +39 2 719055.

Raad voor Accreditatie,
Radboudkwartier 223,
Postbus 2768,
NL-3500 GT Utrecht,
The Netherlands.
Telephone: +31 30 239 4500.
Fax: +31 30 239 45 39.

Norwegian Accreditation
Justervesenet,
Box 6832, St Olavs Plass,
NO-0130 Oslo 1, Norway.
Telephone: +47 222 00226.
Fax: +47 222 07772.

IPQ,
Rua C à Avenida dos Três Vales,
PT-2825 Monte da Caparica,
Portugal.
Telephone: +351 1 2948201.
Fax: +351 1 2948202.

ENAC, Serrano, 240, 7º.
ES-28016 Madrid, Spain.
Telephone: +34 1 457 32 89.
Fax: +34 1 458 62 80.

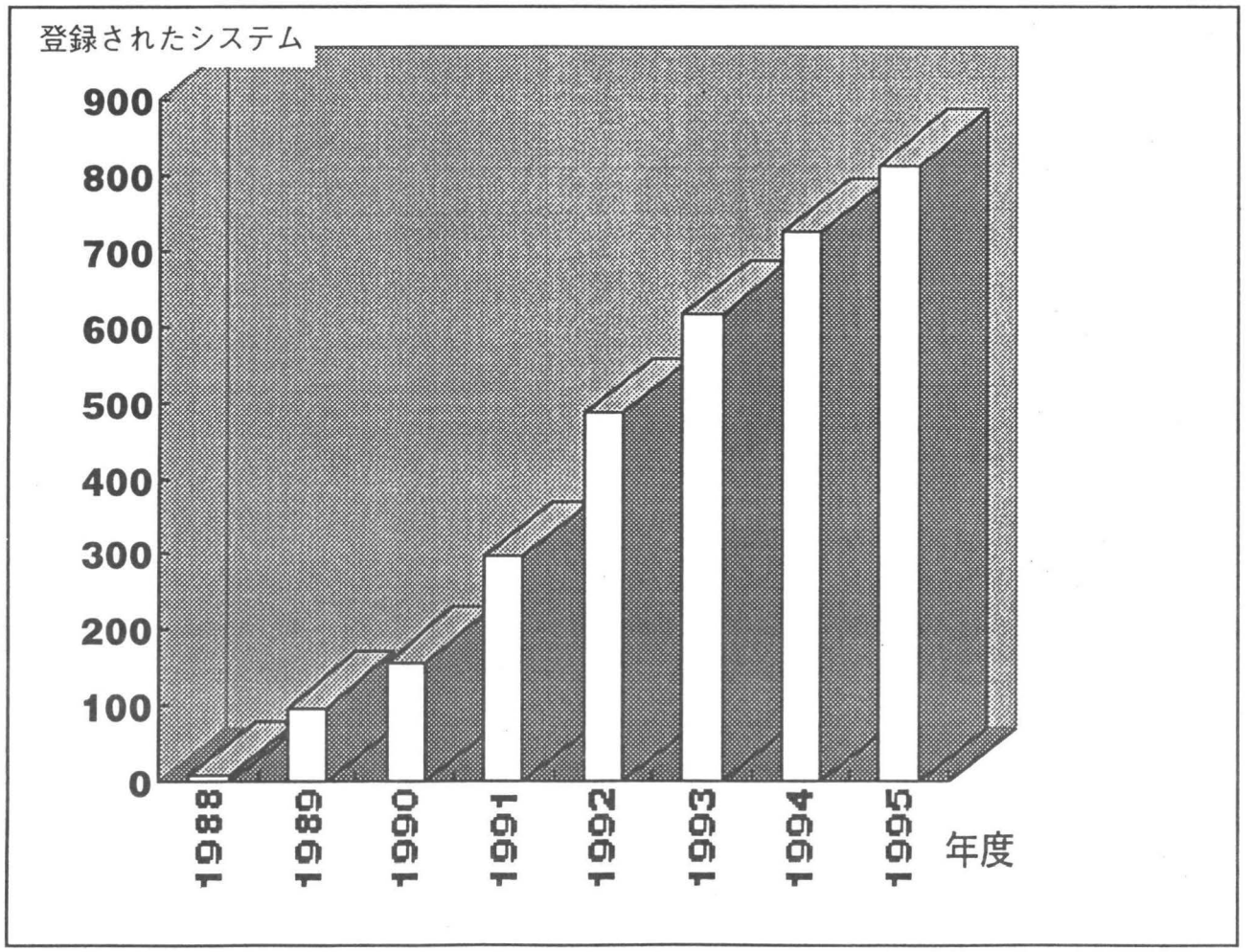
SWEDAC,
Box 878,
SE-501 15 Borås, Sweden
Telephone: +46 33 17 77 00.
Fax: +46 33 10 13 92.

Swiss Accreditation Service
c/o OFMET, Lindenweg 50,
CH-3084 Wabern, Switzerland.
Telephone: +41 31 323 3511.
Fax: +41 31 323 3510.

UKAS, Audley House.
13, Palace St. London SW1E 5HS,
United Kingdom.
Telephone: +44 171 233 7111.
Fax: +44 171 233 5115.

EAC European Accreditation of Certification

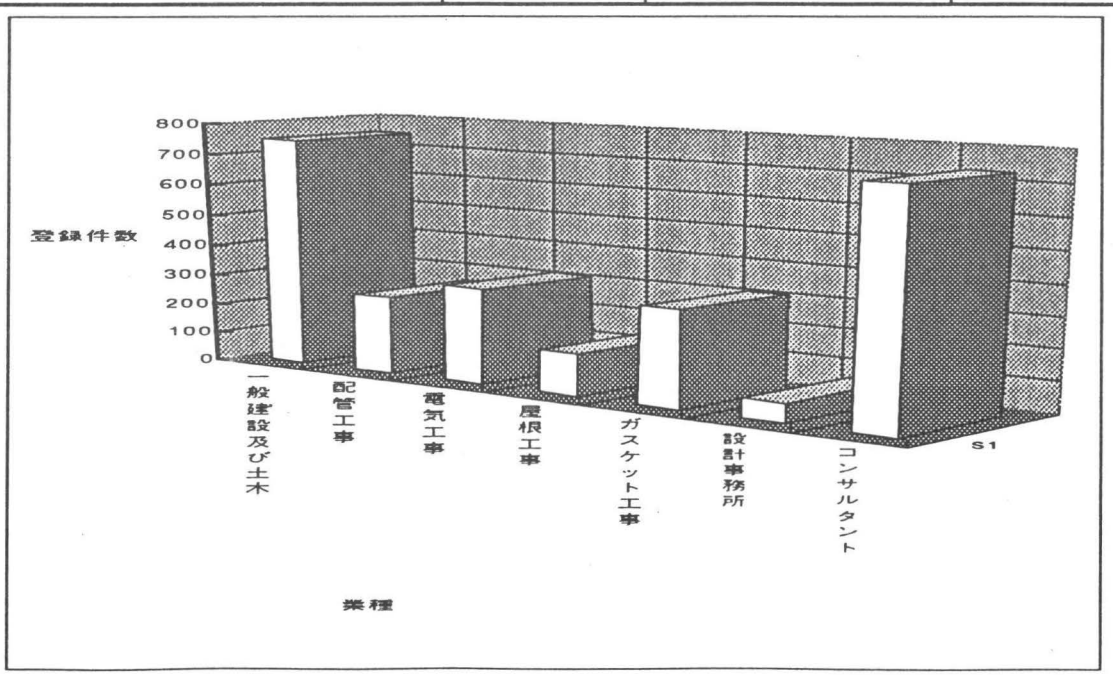
図－3　EAC 加盟リスト



図－4　CQAにおける年度別登録件数の推移

表－2　英国の建設関連企業の業種別登録件数及び登録率（1995年12月現在）

業　　種	企業数	登録済企業	登録率
一般建設及び土木	85,274	750	0.9%
配管工事	23,235	259	1.1%
電気工事	20,589	315	1.5%
建築主産業の合計	129,098	1,324	1.0%
大工	13,302	14	0.1%
塗装業	9,774	50	0.5%
屋根工事	8,383	136	1.6%
ガスケット工事	6,599	313	4.7%
左官工事	3,549	108	3.0%
解体業	708	57	8.1%
仮設／足場業	1,645	155	1.9%
プラント賃貸業	5,567	104	2.6%
床工事	2,248	未調査	***
防水工事	1,147	未調査	***
天井工事	1,597	42	2.6%
種々工事業	11,490	663	分類が不正確
その他の契約業	66,009	1,642	2.5%
合計	195,107	2,966	1.5%
建築サービス業			
設計事務所	7,042	60	0.9%
測量	10,200	455	4.6%
コンサルタント	19,109	732	3.8%
建築サービス業　合計	36,351	1,247	3.4%



表－３　英国の大手審査登録機関及び建設専門審査登録機関の割合（1995年12月）

審査登録機関名称	分野	登録数	全体の割合
BSI/QA	全分野	19,566	47.9％
Lloyds Register	全分野	7,137	17.5％
NQA	全分野	4,572	11.2％
Yarsley International	全分野	2,728	6.7％
小計		34,003	83.3％
QSMRC	コンクリート	1,202	2.9％
CQA	建設／建材	642	1.6％
TRADA	合板	439	1.1％
CICS	セラミックス	185	0.5％
CARES	鋼材	119	0.3％
AORCQ	リフト	83	0.2％
その他の分野		4,150	10.2％
合計		40,823	

Directory of Certificated Organisations

Quality Management Systems

ABB Environmental Systems Limited
Station Approach
Staines
Middlesex TW18 4HG
The design, procurement, installation and commissioning of environmental technology plant and equipment.
Certificate No. 277 9001

ABB Flakt Service Limited
6 & 7 Waltham Park Way
Billet Road
London E17 5DU
The installation, service and maintenance of mechanical, electrical and air conditioning building services.
Certificate No. 077 9002

ABB Industrial Systems (District Heating) Ltd.
Unit G
Stafford Park
Telford
Shropshire TF3 4BJ
Supply and installation of pre-insulated pipework for district heating systems.
Certificate No. 370 9002

ABB Steward Ltd Architron - London Region
Nash House
Old Oak Lane
London NW10 6DH
Supply planning & installation of voice and data communication cabling and equipment using both copper and optical fibre technology.
Certificate No. 27 9002

ABB Steward Ltd - South Western Region
50 Oxford Street
Southampton
Hampshire SO14 3DP

ABB Steward Ltd - Midlands Region
89 Rugeley Road
Chase Terrace
Walsall
West Midlands WS7 8AD

ABB Steward Ltd - Northern Region
Leeds Branch
Nash House
Pym Street
Leeds LS10 1PG

Manchester Branch
611 Stretford Road
Old Trafford
Manchester M16 0QN

ABB Steward Ltd - Eastern Region
Norwich Branch
Nash House
53 St Martins Lane
Norwich NR3 3AG
Electrical installation work comprising: procurement, installation, inspection and test.
Certificate No. 27 9002

ABB Steward Ltd - Eastern Region
Ipswich Branch
Nash House
17 Portman Road
Ipswich
Suffolk IP1 2BP
Electrical & mechanical work comprising: design,procurement, installation, inspection and test.
Certificate No. 27 9001

ABB Steward Ltd. - London Region
Nash House
Old Oak Lane
London NW10 6DH
Mechanical and elecrical work comprising: procurement, installation, commissioning, inspection, test and maintenance.
Certificate No. 27 9002

ABB Steward Ltd - Northern Region Sunderland Forge Services
Units 1 & 2 Swan Road
Swan Industrial Estate
District 9
Washington
Tyne & Wear NE38 8JJ
Electrical installation work on marine and land based projects comprising procurement, installation, inspection and test.
Certificate No. 27 9002

ABB Ventilation & Refrigeration Ltd.
Climate Systems
Barrett & Wright
Deben House
1 Selsdon Way
City Harbour
London E14 9GL
Design, supply and installation of heating, ventilation, air conditioning and industrial environmental protection.
Certificate No. 17 9001

ABB Ventilation & Refrigeration Ltd.
3 Broadway
Fiveways
Edgbaston
Birmingham B15 1BB
Design, supply and installation of heating, ventilation, air conditioning and industrial environmental protection.
Certificate No. 225 9001

ABB Ventilation & Refrigeration Ltd. ABB Flakt Marine, Oil & Gas
Credential House
33 Stockwell Street
Glasgow G14 R2
Design, supply, installation and commissioning of heating,ventilation, air conditioning and environmental systems for marine and off-shore industry.
Certificate No. 718 9001

Abba Sealants Limited
6 Hanson Street
Glasgow G31 2JW
Sealant applicators and epoxy/ concrete repairs.
Certificate No. 483 9002

G. Abbott & Co. Ltd.
Brenda Road
Hartlepool
Cleveland TS25 2BJ
Building and civil contracting, industrial maintenance, warehousing and storage.
Certificate No. 101 9002

ABC Turbo Clean Ltd/ Interscan Ireland
73 Old Dromore Road
Omagh
Co Tyrone BT78 5JH
Sewer and drain cleaning, tank de-sludging, CCTV underground surveying and exterior/ interior building cleaning
Certificate No. 783 9002

Ably Access Limited
Hoegate Farm
Hoe Street
Hambledon
Waterlooville
Hampshire PO7 4RD
The hire and erection of associated scaffold materials to provide agreed temporary structures and the supply of labour only operatives.
Certificate No. 653 9002

Acclaim Roofing Partnership
Acclaim House
62 Hill Avenue
Wickford
Essex SS11 8LT
The supply of labour, plant anc materials for roofing works on industrial, commercial and residential projects.
Certificate No. 397 9002

Adlec Installations Ltd
7 The Pavement
Chapel Road
London SE27 0UN
Electrical installation contractors, install and manintain computer data and electrical cable installations.
Certificate No. 588 9002

Air Handling Equipment Ltd.
8 Regent Road
Liverpool L3 7BX
The design and manufacture o air handling units.
Certificate No. 655 9001

A K Construction (Nottingham) Ltd.
104 The Wells Road
St. Anns
Nottingham NG3 3AQ
Highway maintenance works, including cable laying, reinstatement and ancillary works.
Certificate No. 591 9002

Alchem (Widnes) Ltd.
Hutchinson Street
Widnes
Cheshire WA8 0PZ
The detail design, procurement, installation and commissioning of electrical and instrumentation installations.
Certificate No. 34 9001

Fred G. Alden (Heating) Ltd.
6 Aristotle Lane
Kingston Road
Oxford OX2 6TS
The design, procurement, installation, testing and commissioning of mechanical engineering building services.
Certificate No. 193 9001

Alpa Lighting Limited anc Avonlux Limited
133-141 Nathan Way
West Thamesmead
Business Park
London SE28 0AZ
The design and manufacture of luminaires and precision louvres.
Certificate No. 756 9001

Doc. No: DIRECTORY Issue No: 10 1/4/96

図－5　CQAが登録した企業の品質システム（一例）

FIRE DOORS

HENDERSON-BOSTWICK

Henderson-Bostwick Industrial Doors Ltd
Grange Close
Clover Nook Industrial Estate
Somercotes
Derbyshire
DE55 4QT
Tel: 01773 830730
Fax: 01773 521901
Contact: Keith Way

Amber Doors Ltd
South Yorkshire, 01226 351135

Baydale Architectural Metalwork Ltd
Co Durham, 01325 460203

Bolton Brady (Repair & Service)
West Yorkshire, 0113 271 8633

Bolton Brady Ltd
West Yorkshire, 01274 729668

H C Bridgman & Co (Joinery) Ltd
Bedfordshire, 01234 720561

British Plywood Manufacturers Ltd
Middlesex, 0181 804 2424

Crosby Doors Ltd
Surrey, 01252 733933

Ascot Industrial Doors Ltd
Unit 1
Viloa Street
Bolton
Lancashire
BL1 8NG
Tel: 01204 309908
Fax: 01204 595949

F C Frost Ltd
Essex, 01376 329111

Hall & Tawse Scotland Ltd
Grampian, 01224 693155

Hunter Timber Engineering Ltd
Tyne And Wear, 0191 455 4311

Hunter Timber Tilbury
Essex, 01375 856855

Industrial Door Engineering Ltd
Cheshire, 01606 871832

Jandor Metal Doors Ltd
Middlesex, 0181 998 4321

James Longley Joinery Ltd
West Sussex, 01293 612001

Magnet Ltd
West Yorkshire, 01535 661133

Penrith Door Co Ltd
Cumbria, 01768 66786

Stanair Ltd
Buckinghamshire, 01908 222070

Syston Rolling Shutters Ltd
Leicestershire, 0116 260 8841

Watson Bros Ltd
Strathclyde, 013552 44476

FIRE PROTECTION

AARONITE PROTECTION

Aaronite Limited
Brookhill Road
Wharf Road Industrial Estate
Pinxton
Nottinghamshire
NG16 6LE
Tel: 01773 812505
Fax: 01773 861680

Barrier Fire Protection Ltd
Tyne And Wear, 0191 262 0510

Palgrave Brown Timber & Fireproofing
Warwickshire, 01455 290217

Project Fire Engineers Ltd
Staffordshire, 01785 222999

FIRE RESISTANT MATERIALS

Barrier Fire Protection Ltd
Tyne And Wear, 0191 262 0510

Caberboard Ltd
Stirlingshire, 01786 812921

Cape Boards Ltd
Middlesex, 01895 237111

Dow Corning Hansil Ltd
Surrey, 01932 351911

Essex Insulation Ltd
Essex, 01702 511311

Fosroc Expandite Ltd
Buckinghamshire, 01908 261220

Nullifire Ltd
Warwickshire, 01203 470022

Palgrave Brown Timber & Fireproofing
Warwickshire, 01455 290217

FIRE RESISTANT MATERIAL

Pendle Designs Ltd
Lancashire, 0161 764 2252

Timber Treatments (Retroflame) Ltd
Avon, 01934 632651

Fordbo NAIRN

Fordbo-Nairn Ltd
PO Box 1
Kirkcaldy
Fife
Scotland
KY1 2SB
Tel: 01592 643111
Fax: 01592 643999
CERTIFICATE NO: FM1174

FLOORING-INCL. INDUSTRIAL CARPET ETC

A W & R Roofing & Flooring Co Ltd
Merseyside, 0151 427 1798

A1 Flooring Ltd.
Bedfordshire, 01234 217733

Altro Floors Ltd
Hertfordshire, 01462 480480

Armorex Ltd
Suffolk, 01284 767606

Atlas Access Floors Ltd
Herefordshire, 01432 353003

C P Contracts
Bedfordshire, 01525 405430

Caberboard Ltd
Stirlingshire, 01786 812921

Cosmo Ceramics Ltd
Strathclyde, 0141 420 1122

Donn Products (UK) Ltd
Co Durham, 0191 586 1121

Durabella Ltd
Essex, 01708 851441

Eurogrid Ltd
Shropshire, 01952 581988

G R A B Industrial Flooring Ltd
Leicestershire, 0116 277 0024

Glamorgan Roofing & Flooring Svces Ltd
West Glamorgan, 01792 814600

Hewetson Floors Ltd
North Humberside, 01482 781701

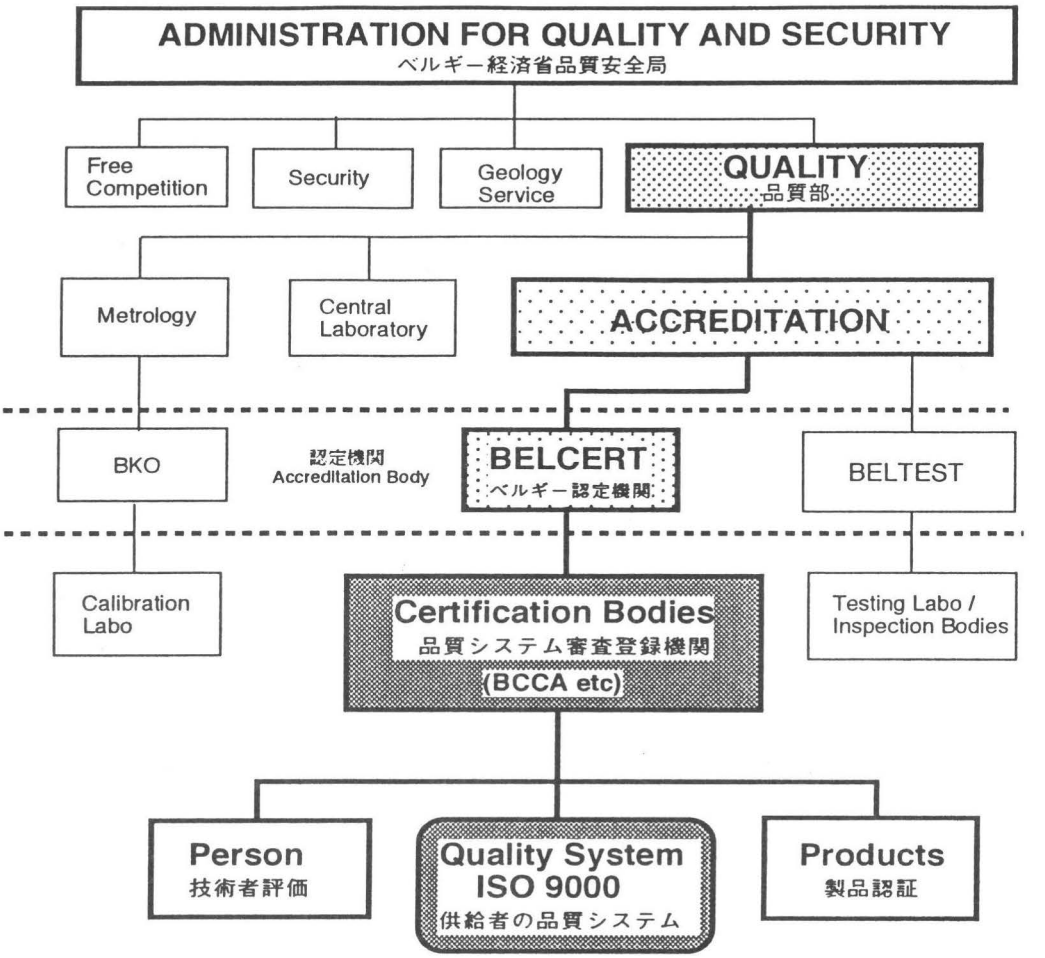
Jaychem (Bourne) Ltd
Lincolnshire, 01778 425407

George Ritchie Interiors Ltd
Tayside, 01382 731111

Sealocrete PLA Ltd
Lancashire, 01706 352255

Register Quality Assurance

図－6　英国の建築分野において品質システムを登録した企業（一例）



図－7　ベルギーの審査登録制度

FIEC - Fédération de l'Industrie Européenne de la Construction

A
Bundesinnung der Baugewerbe
Münzgasse 6
A - 1030 Wien
TEL.: (+43.1) 718.37.37
FAX : (+43.1) 718.37.37.22

Fachverband der Bauindustrie
Karlsgasse 5
A - 1040 Wien
TEL : (+43.1) 504.15.51
FAX : (+43.1) 504.15.55

B
Confédération Nationale
de la Construction - CNC
34-42 rue du Lombard
B - 1000 Bruxelles
TEL.: (+32.2) 545.56.00
FAX : (+32.2) 545.59.00

CH
Schweizerischer
Baumeisterverband - SBV
Société Suisse des Entrepreneurs - SSE
Weinbergstraße 49
CH - 8035 Zürich
TEL : (+41.1) 258.81.11
FAX : (+41.1) 258.83.35

CR
SVAZ Podnikatelú ve Stavebnictvi v
Ceské Republice
Národní trida 10
CR - 110 00 Prague 1
TEL : (+42.2) 24912373
FAX : (+42.2) 29 30 62

D
Hauptverband der Deutschen
Bauindustrie e.V. - HVBI
Abraham Lincoln Str. 30
D - 65189 Wiesbaden
TEL.: (+49.611) 77.20
FAX : (+49.611) 77.22.40

Zentralverband des Deutschen
Baugewerbes - ZDB
Godesberger Allee 99
D - 53175 Bonn
TEL : (+49.228) 810.20
FAX : (+49.228) 810.21.21

DK
Entreprenørforeningen
Nørre Voldgade 106
Postbocks 2125
DK - 1015 Kobenhavn K
TEL.: (+45.33) 13.88.01
FAX : (+45.33) 13.24.50

E
SEOPAN
Serrano 174
E - 28002 Madrid
TEL.: (+34.1) 563.05.04
FAX : (+34.1) 562.58.44
ANCOP
C/Sil, 1
E - 28002 Madrid
TEL.: (+34.1) 563.89.53
FAX : (+34.1) 562.58.44

F
Fédération Nationale du Bâtiment - FNB
33 avenue Kléber
F - 75784 Paris Cedex 16
TEL.: (33-1) 40.69.51.00
FAX : (33-1) 45.53.58.77

Fédération Nationale des Travaux
Publics - FNTP
3 rue de Berri
F - 75008 Paris
TEL : (33-1) 44.13.31.44
FAX : (33-1) 45.61.04.47

FIN
Confederation of Finnish
Construction Industries
Unioninkatu 14
FIN - 00130 Helsinki 13
TEL : (+358.0) 129.91
FAX : (+358.0) 129.92.14

GR
Association Panhellénique des
Ingénieurs Diplômés Entrepreneurs de
Travaux Publics - PEDMEDE
23 rue Asklipiou
GR - 106 80 Athènes
TEL.: (+30.1) 361.49.78/363.19.05
FAX : (+30.1) 364.14.02

H
National Association of Building
Entrepreneurs of Hungary
Döbrentei tér 1.
HU - 1013 Budapest
TEL : (+36.1) 201.38.50
FAX : (+36.1) 201.38.86

I
Associazione Nazionale Costruttori
Edili - ANCE
16 Via Guattani
I - 00161 Roma
TEL.: (+39.6) 84.881
FAX : (+39.6) 44.23.28.32

IRL
The Construction Industry
Federation - CIF
Canal Road
Rathmines
IRL - Dublin 6
TEL : (+353.1) 497.74.87
FAX : (+353.1) 496.69.53

ISL
The Federation of Icelandic
Industries (FII)
Hallveigarstig 1
BOX 1450
IS - 121 Reykjavik
TEL : (+354.511) 5555
FAX : (+354.511) 5566

L
Groupement des Entrepreneurs
du Bâtiment et des Travaux Publics
7 rue Alcide de Gasperi
Plateau de Kirchberg
BP 1304
L - 1013 Luxembourg
TEL : (+352) 43.53.66/43.53.67
FAX : (+352) 43.23.28

N
Landsforeningen for Bygg og
Anlegg - L.B.A.
P.O. Box 128
Blindern
N - 0314 Oslo
TEL : (+47.22) 96.55.00
FAX : (+47.22) 69.58.56

NL
Algemeen Verbond Bouwbedrijf - AVBB
P.O. Box 90603
NL - 2509 LP's Gravenhage
TEL : (+31.70) 328.62.00
FAX : (+31.70) 324.49.00

P
Associaçao de Empresas de Construçao
e Obras Publicas-AECOPS
Rua Duque de Palmela n° 20
P - 1250 Lisboa
TEL : (+351.1) 311.02.00
FAX : (+351.1) 355.48.10

Associaçao dos Industriais da
Contrução Civil e Obras Públicas -
AICCOPN
Rue Alvares Cabral 306
P - 4099 Porto Codex
TEL : (+351.2) 20.80.408/20.81.624
FAX : (+351.2) 20.81.644

PL
UNI-BUD
21 Nowogrodzka Str.
PL - 00950 Warsaw
TEL : (+48.22) 629 82 13
FAX : (+48.22) 629 82 13

ZPB
ul. Swietokrzyska 14
PL - 00-050 Warsaw
TEL : (+48.22) 27 34 66
FAX : (+48.22) 26 85 65

ROM
ARACO
Splaiul Independentei Nr. 202 A.
Cod 77208, sector 6
ROM - Bucharest
TEL : (+40.1) 6374550
FAX : (+40.1) 3129626

S
Byggentreprenörerna
Norrlandsg. 15 D VII
BOX 7835
S - 103 98 Stockholm
TEL : (+46.8) 698.58.00
FAX : (+46.8) 698.59.00

SR
ZSPS Zvaz stavebnych podnikatelov
Slovenska
Záhradnicka 46
SR - 824 93 Bratislava
TEL : (+42.7) 526.13.77
FAX : (+42.7) 526.13.37

図－8　FIEC（欧州建設業団体）のメンバー

GENERAL ASSEMBLY

COUNCIL

STEERING COMMITEE

President
Thomas Rogge, D

Vice-President
Laurenz Börgel, D

Vice-President ("East")
Dario Crespi, I

Vice-President (ECO)
Michel Dussenne, B

Vice-President (EIC)
Harri Hintikka, FIN

Vice-President (SOC)
Jean Domange, F

Vice-President
Terje S. Backe, N

Treasurer
Enrique de Aldama, E

Vice-President (TEC)
Ioannis Papaioannou, GR

Economic and Legal Commission

President:
Vice-President
Michel Dussenne, (B)

Rapporteurs:
Ulrich Paetzold (FIEC)
Domenico Campogrande (FIEC)

1. Economy and Statistics
Michele Di Penta, (I)
Chairman of the sub-commission

2. Public Procurement, Contract Law and Competition
Heinz A. Schüssler, (D)
Chairman of the sub-commission

3. Taxation, Company Mergers
Roland Maes, (B)
Chairman of the sub-commission

4. Infrastructure and Financing
Spiro Agius, (F)
Chairman of the sub-commission

5. Global Approach
Leo Müller, (CH)
Chairman of the sub-commission

6. Fair relations between partners
Jacques de Meester, (B)
Chairman of the sub-commission

[redacted]

Chairman:
Vice-President Dario Crespi, (I)
Rapporteur:
Andreas Grüschow, (EIC)

Social Commission

President
Vice-President
Jean Domange, (F)

Vice-Presidents:
the sub-commission Chairmen

Rapporteurs:
Charles-Henri Metzger (FIEC)
Ulrich Paetzold (FIEC)

1. Vocational Training
Mrs. Emanuela Recchi, (I)
chairman of the sub-commission

2. Health-Safety
José Gascon y Marin, (E)
Chairman of the sub-commission

3. Economic and Social Aspects of Employment
Wilhelm Küchler, (D)
Chairman of the sub-commission

Technical Commision

President:
Vice-President
Ioannis Papaioannou, (GR)

Rapporteur:
John Goodall (FIEC)

1. Standards, Directives, Quality
Edmond Goes, (B)
Chairman of the sub-commission

2. Research & Development
Per Westlund, (S)
Chairman of the sub-commission

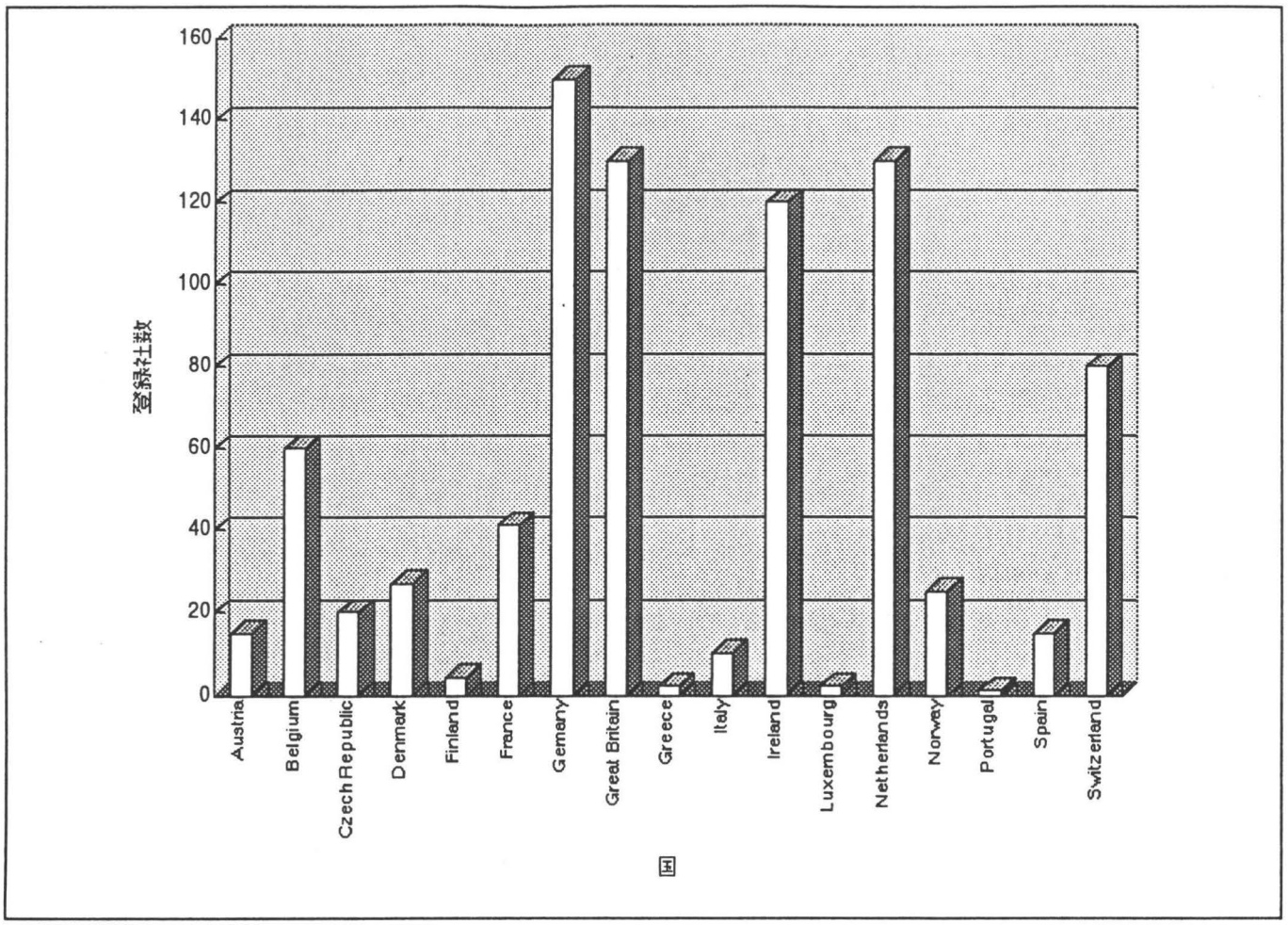
3. Environment
P.S.D. van Ommen, (NL)
Chairman of the sub-commission

EIC European International Contractors e.V.
Wiesbaden

President:
Walter Hogbin, (GB)
Vice-President:
Harri Hintikka, (FIN)

Director:
Rolf Bollinger

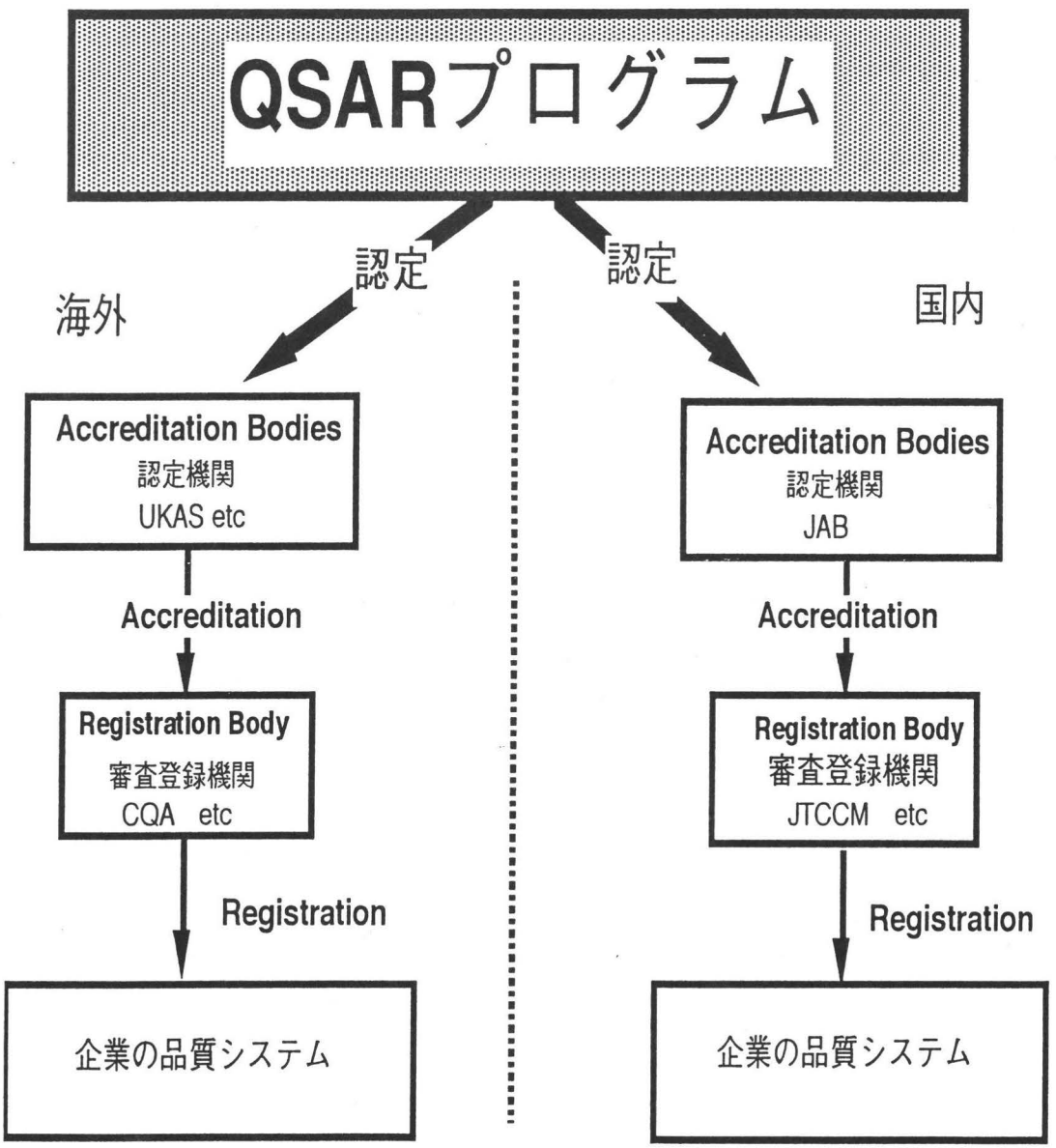
図－9　ＦＩＥＣの内部組織



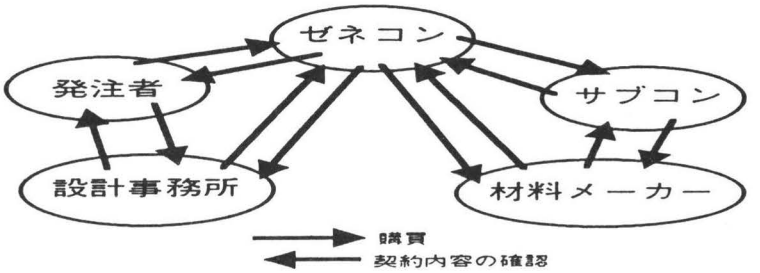
国	登録社数
Austria	15
Belgium	60
Czech Republic	20
Denmark	27
Finland	4
France	41
Gemany	150
Great Britain	130
Greece	2
Italy	10
Ireland	120
Luxembourg	2
Netherlands	130
Norway	25
Portugal	1
Spain	15
Switzerland	80

図－１０　　欧州におけるISO9000シリーズを取得した国別建設会社数

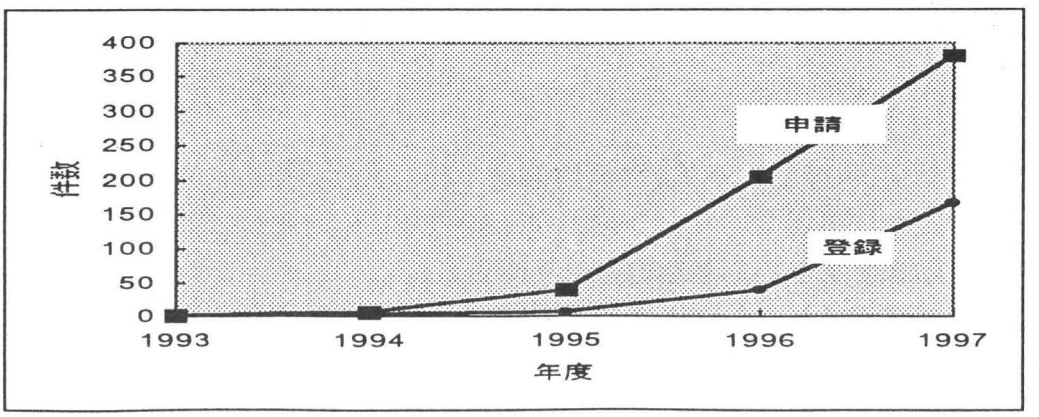
図－１１　QUALIBAT システムの概念



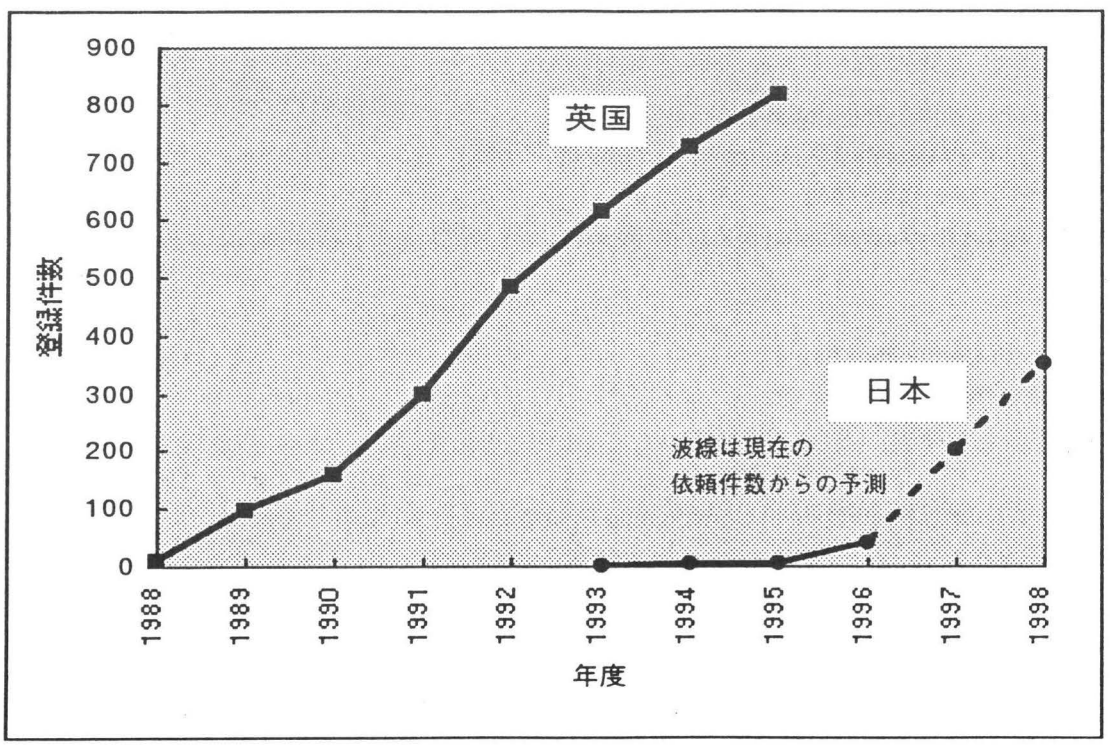
図－１２　QSAR システムのフロー



図－１２　品質のループ



図－１３（財）建材試験センターの申請／登録件数



図－１４　日本と英国との登録件数の比較

2－1　ＣＡＤ化推進による人材育成

学校法人富嶽学園日本建築専門学校
理事長　菊　池　光　起

1. はじめに

平成８年度を本校、日本建築専門学校の情報処理授業のテーマとして「ＣＡＤ化推進による人材育成」を取り上げたわけですが、まず本校は、人材育成助成金申込書にも書きましたとおり、「伝統的木造建築の技術者であり、後継者である人材を育成することを目的としている。」という命題が第一にあります。伝統的な工法の修得を目的とした場合、一般的にはこれらのわが国が古来より培い、発展させてきた伝統的な工法および、技術、技法を修得、体得することだけに注意が払われてきたように思います。このこと自体は非常に重要なことであり、いつにおいても真っ先に必要とされることであろうと考えます。

しかし、これらのことだけでは本校の目的とする「真の木造建築技術者の育成」はできないのではないか？　なにかが足りないのではないか？　と考えておりました。めまぐるしく変動する現代社会の中において、その時の社会情勢や風潮、あるいは流行によっても建築というもの、建築技術というものは変化してゆくのが常でしょう。このように状況の中で、伝統木造技術というものも同様にして、その時々の社会情勢等により変化してゆく部分と、そうでない、いつにおいても時代の波を受けずに変化しない、変化させてはならない部分とがあるでしょうし、それらをしっかりと見極めることが非常に重要なものとなるでしょう。このようなことを考えと、現代社会に通用する木造技術者を育成するためには、単に木造建築の技術修得と伝統技法等の歴史考察にとどまらず、現代社会の動向と潮流を考え、敏感に感じ取ることのできる木造技術者の育成が必要であろうと考え、これらの一環として情報処理授業をとらえ、今回の人材育成の助成を受けたものであります。

さて、このような背景と「ＣＡＤ化推進による人材育成」という目的を踏まえ、「ＣＡＤ化推進」というよりは、大意としての広範なコンピューター利用という観点にたち、人材育成活動を続けてきました。これらの内容を大別しますと、以下のようになります。

①「広範なコンピューター利用による人材育成」のためのコンピューター機器および、周辺環境の整備
②授業活動（４年生）としての、コンピューターへの苦手意識の解消と利用度の向上と利用範囲の拡大。
③授業活動の前段階（予備知識）として、授業対象学生以外（教職員も含む）利用講習会の実施。

2. 実施内容

①の内容としてましては、

○平成元年よりパソコン（富士通ＦＭＲ－５０ＬＴ）を18台導入し、情報処理の教育課程として位置付けコンピューターの利用、教育指導を実施してまいりましたが、今日のコンピューター機器の機能向上、使用方法の変化による現代の社会状況とかなり遊離したものとなってしまい、コンピューター利用においての初期知識導入者（学生）にとっては、混乱を招きかねない状況にあったこと。

○使用マシン（富士通ＦＭＲ－５０ＬＴ）がラップトップタイプのマシンであり、また、教室も他の普通授業との共用であることを考え合わせると、マシンの常設もできず授業開始時に保管棚よりの移設使用となるうえ、スタンドアローン（単独使用）のためプリンターの接続も滞り、コンピューター授業の結果の出力も充分にできないという状況があり、学生から見ると面白味という側面に欠ける部分が少なからず生じていた。（大工、職人技術的指向の強い学生は、ともすると「自分にはコンピューターは必要ない。」という考えになりがちである。）

○教材として使用するソフトが、プログラミング言語としてのＢＡＳＩＣと表計算言語の１-２-３の２つのソフトが主体であり、コンピューターそのものに興味のある学生は別としても、上記のような学生にとっては、自分の目指す建築とコンピューターの関わりかたがイメージしにくかった。

上記のような､理由よりコンピューター機器の更新を平成７年度に実行し､Apple社のMacintoshを18台導入し、それらによるネットワーク環境を構築し、１台のプリンターによる共有使用を図り、学生各自の成果（作品）のペーパー出力が可能となりました。これらのハードと合わせて、ＣＡＤソフト（MiniＣＡＤ６）とワープロ、ペイント、ドロー、表計算機能を持った統合ソフト（クラリスワークス）の２本のソフトを主として、授業を進めてきました。

ネットワークを構築することで、学生間（コンピューター間）でのデーターの交換を容易にし、１台のプリンターを多人数で使用することで、ネットワーク共有による資源の有効利用を実際に体験できるようになりました。このことにより現在のコンピューターの機能と、ネットワークという社会の潮流の一例に触れることができるようになり、これらに興味を持つ学生が増えたことが挙げられます。そして何より、機器の有効稼働時間を多くとれるようになったことが、大きな成果といえるでしょう。

しかしネットワーク環境を構築し、資源の有効活用が図られるようになったことで、そのほかのハード的、諸問題が解決したわけではありません。透過的（特別な知識、操作を必要としない）なコンピューターネットワークがもたらす効果は、ハード、データーの共有利用など非常に大きく多岐にわたりますが、実際のマシンの操作方法、マシン上に表示した文書、図面、データー等の作成、加工には、学生をコンピューターに向かわせ、教壇より言葉や巡回による説明では、なかなか伝わりにくいものでした。

個々の学生による理解度の差や言葉の解釈の違いにより、同一事項を何度も繰り返して説明しなくてはならないという状況が発生してしまいます。これはネットワーク環境がもたらす云々とはまったく次元の違う問題であり、この種の教育では常に発生する問題であろうと思います。この問題のためには、やはり百聞は一見にしかず、受講者である学生に同時に見えるように、サンプルデモンストレーションを行いながら説明することでした。操作内容をデモし補足説明を加えることで、それを受けての学生の反応を極めて迅速になりました。

しかし、このようなデモを行うためには、もう１セットのコンピューターが必要となり、今回

の助成金申請となったわけです。この助成金によって2セットのコンピューター、その他周辺機器を購入し（別添付書類参照）、上記の対応ができるようになり、十分ではないにしろコンピュータ台数が増えたことで、これらを適宜配置することにより他の授業の方々の管理、研究用のコンピューターが不足していた件も多少なりとも対応できたように思います。このことは、助成金の直接的な成果としてあげられます。

②の内容としては、

○これまでは使用マシンが旧機種であったために、その能力の限界より学生が直接建築という分野に結びつく題材（興味を抱く内容）で対応しにくかった。

コンピューター更新以前は、マシンが古いこともあり授業内容としては、ＢＡＳＩＣ等のプログラミング実習、表計算ソフト1-2-3 による簡単な集計計算の実習に限られていました。このような状況の場合、コンピューター全般に興味のある学生と、大工技術志向の学生との間に、授業時間内での操作時間や理解度の差異を生じさせる原因の一つになっておりました。そこでマシンの更新を機にＣＡＤソフト（MiniＣＡＤ6）およびワープロ、ペイント、ドロー、表計算の機能を持った総合ソフト（クラリスワークス）を購入し、より建築の分野によった題材で授業をできるようになりました。

その進行内容より段階的に述べてみますと、

1：コンピューターの初期理解段階

コンピューター利用に対する初期段階であり、コンピュータというものに興味を持たせるために最も重要な段階でしょう。この段階でコンピュータは、ごく日常的な機械であり道具であることの認識を持たせることが重要であると考えます。そのためにまず、マシンの起動、終了の容易さ、様々な使用語句の意味の解説をデモを交えて繰り返すことで、コンピューターに対するアレルギー、恐怖心を取り除くようにします。またこの時期の初心者が陥りがちな、「何もしないのにこうなってしまった。」、「何もやっていないのに勝手に機械がやってしまった。」これらの誤解を解くことが重要でしょう。

コンピューターは

○使用者が命令しなければ、絶対になにも実行しないこと。

○自分で判断し、なにかを実行することは絶対にしないこと。

この2点を徹底して理解させることで、コンピュータに対する誤った不信感を持つことの無いように努力しました。それは、マシンが意図しない反応をした場合に、その内容をデモとして再現し、どのような理想でそうなったかを説明する事で、その原因が使用者、自分にあることを理解させることができたように思います。これらのことを繰り返すことで、初心者がコンピューターに対して抱きがちな不透明感を軽減でき、次に統合ソフト（以下クラリスワークス）により何がコンピューターでできるのか実践します。

○絵を描く

まずは構えることなく遊び感覚でマシンに向かえるように、絵を描くことからはじめ、課題を与えてそれぞれの創作意欲を刺激し、スケッチブックに向かう感覚でできたように思います。

○描いた絵に解説、考察を書く。

上記で描いた絵に、各自なりにクラリスワークスのワープロ機能を使い、解説文章を書かせる。これにより、これまでは、絵を描くツールであったものが文書作成ツール、ワープロになることを体験することで、コンピューターの多様性を実感させることができるようになりまし

た。

この絵を描き、それについての文章考察をすることで、コンピュータが思考ツールとなることを体験することができ、つぎの本格ＣＡＤへの前段階に位置づけられたように思います。

２：ＣＡＤの本格利用段階

１番の初期理解段階を経て、コンピューターに対する不必要な不信感等がなくなり、より高度な利用形態に興味が移り始めたところで、ＣＡＤ（以下MiniＣＡＤ）の利用段階に入り、直接的な建築との関わり方を体験させます。最初はMiniＣＡＤの使用説明ですが、第一段階を経ていますので短時間で本来のＣＡＤ作業に移れました。

○プランニングをし、その建物の平面、立面図を描く。

使用したMiniＣＡＤは専用ＣＡＤ（ある特定の工法の建築図面を半自動で描く）ではなく、汎用ＣＡＤ（特定な工法分野に特化せず汎用的に図面を描く）であるため、いたずらに高度な図面を描こうとしなっかたこと、中途半端な自動作成による図面ではなかったことが、逆にＣＡＤ本来の部品図作成と作図ツールの利用による、ひな形的図面の描き方が理解できたように思います。期限を与えて、これらの図面を描くことで早くきれいに描けることの認識は大きなものがあったと言えます。

○教室の平面図、展開図、これらを組み合わせ起こし絵を作成する。

ＣＡＤの基本的な利用ができたところで、同様にして自分たちの教室の平面図、展開図を描き、完成した展開図をコピー、移動、回転することで新たな起こし絵として作成する。これによって手書き作業では、難しい或いは時間のかかる作業が簡単に実行できることを体験し、ＣＡＤの有用性、いかなる利用形態が適しているのか理解できたと思います。

3. 成果

以上のことが、４年生49人に対しての授業としての内容であり、これらのことを年間を通して実行できたことによって上げることのできた効果をまとめてみると、

○当初の目標どおり、個々の学生のコンピューターに対する漠然とした不安感を取り去ることができた。

○コンピューターを使うことが目的ではなく、個々の事項にどのようにコンピューターを利用してゆくのか把握し、理解することの方が重要であることを具体的に例を挙げて示すことができた。

○ＣＡＤ利用に構える必要のないこと、思っていたよりも手軽なことを実体験させられた。

○ＣＡＤによって図面を描くことで、他の図面へも再利用可能であること、図面をデーターの蓄積として捉えることができるようになった。

○なによりもまして、より多くの学生が、ＣＡＤを利用し、手軽に図面作成できるようになった。

このほかに、機器に多少なりとも生じた余裕度を利用し、今までは学生の授業のみでしか利用できなかったマシンを、他の教授の方々の研究活動、授業の補助機器として利用できるようになりました。その具体的なものとしては、本校岩崎教授による「大断面集成材の在来軸組仕口による実験的強度の検証」（大断面集成材の場合、金物等による架構が一般的であり、在来軸組の仕口による架構は少なく強度検証もあまり行われていない。）の授業内での実験において、様々な架構仕口の場合の載荷、変形量のデーター収集、および考察に利用することができました。

この成果としては、

○載荷、変形量のデーター収集、管理ができた。

○実験データーを受けての今まで利用できなかったデーター加工、考察ソフトの利用が可能となった。

○実験データーのコンピューター処理により、最終結果判定の時間短縮、およびより深い考察が可能となり、有効な結果を得ることができた。

次に本校では4年生に情報処理としてコンピューターの授業を位置づけておりますが、この1年間をより有効にマシン利用するために、平成8年度より試験的に、4年次のマシン利用効率をより高いものにするため、3年生の空き時間を利用して、今回4年生に行った②第一段階　初期理解段階と同様の時間をとるようにし、3年生の学生50人にも事前に予備知識として対応できるようになりました。この結果として、

○マシンの稼働時間を上げることができ、利用利率が高まった。

○情報処理授業の内容を、より実践的なものに移行する下地ができた。

○より多くの学生にコンピューター利用の機会を与えることができるようになった。

○多くの学生がコンピューターに興味を持ち、本年度よりコンピュータクラブが発足し、自主的なより広範な活動が期待できるような環境となった。

以上のようなことが効果として挙げられますが、これらに対する反省点として、

○コンピューター1台に学生2～3人というのが現状であり、コンピューターの利用形態とすると恵まれたものは言いがたいものであり、個々の学生のコンピューターの利用時間の配分を均等にはできなかった。

○ともするとリクリエーション的な時間となりがちなため、指導目標を端的に把握できる興味あるタイムリーな課題に不足した。

4. 今後の課題

これらのことを踏まえて本年度では基本方針のもと、より一層なこれら機器の有効利用を図ることができるものと期待しております。

○3年生に対する、前段階講習をより充実化し、4年次の授業内容をより実践的なものとしてゆきたい。

○前段階講習を3年生にとどまらず、より早い段階より実施してゆきたい。

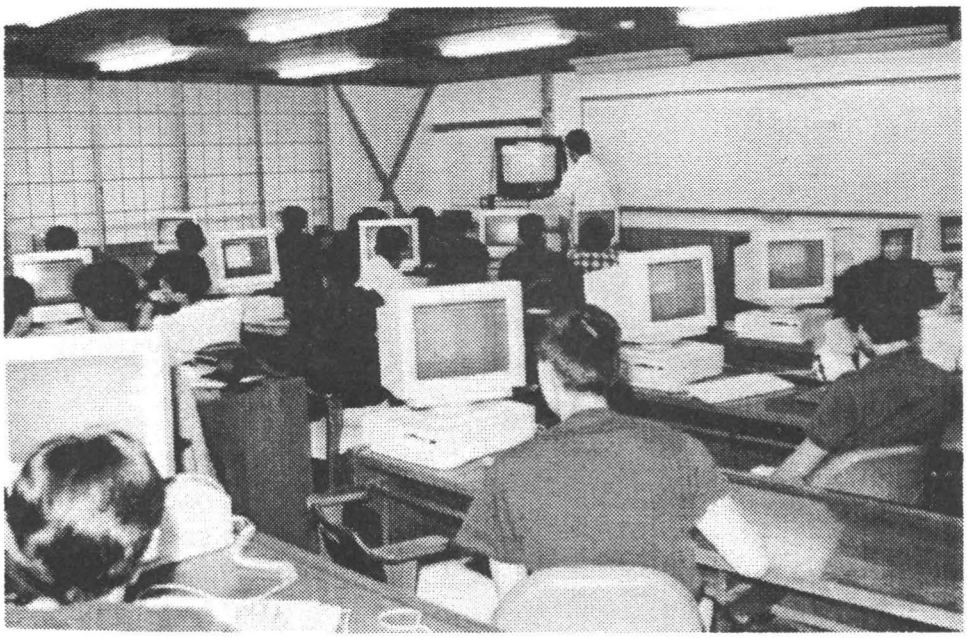
○コンピューターの取扱説明会ではなく個々の目的のために、いかにコンピューターを道具の1つとして利用するか、常に意識できるようにしたい。

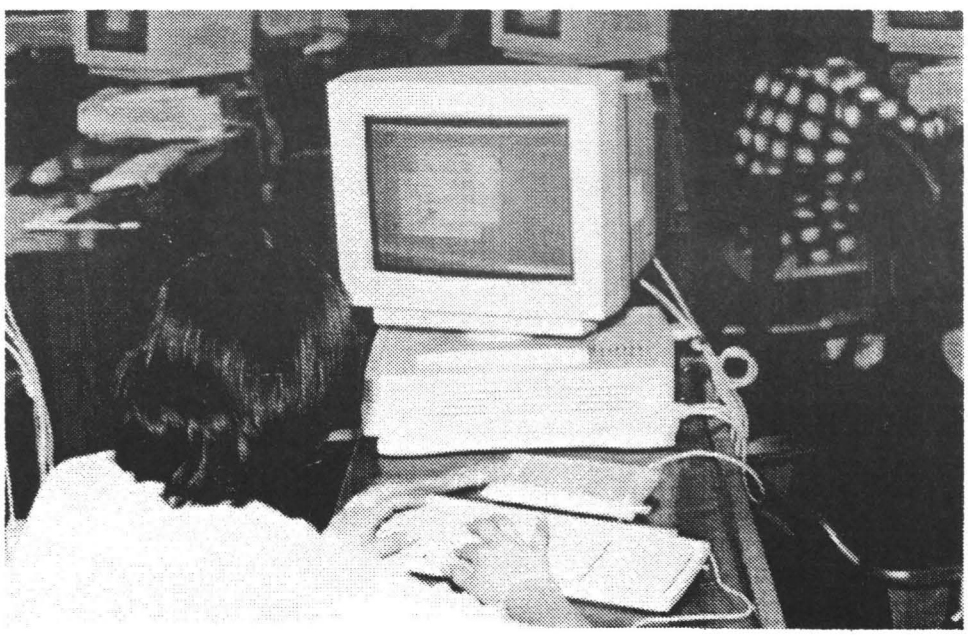
○他の教科、授業（特に卒業研究等）において、各教授の方々の管理、研究および教授、学生間の情報交換のために実務利用を図りたい。

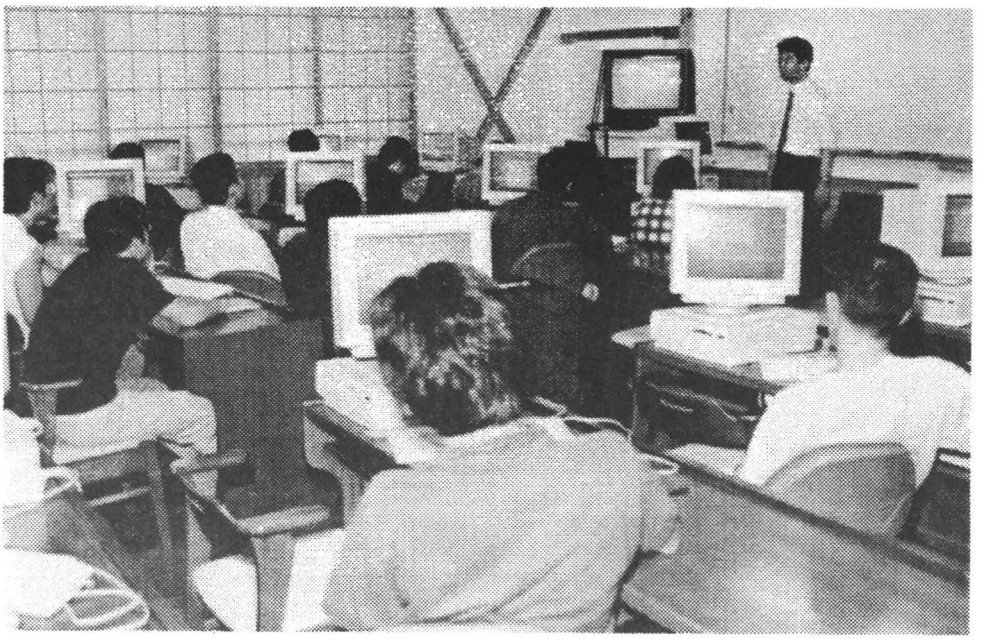
本校では、4年生の卒業研究の提出にワープロ記述が義務づけとなり、これら授業で理解した内容を活用しながら、より高い利用形態を思考できるものと信じております。

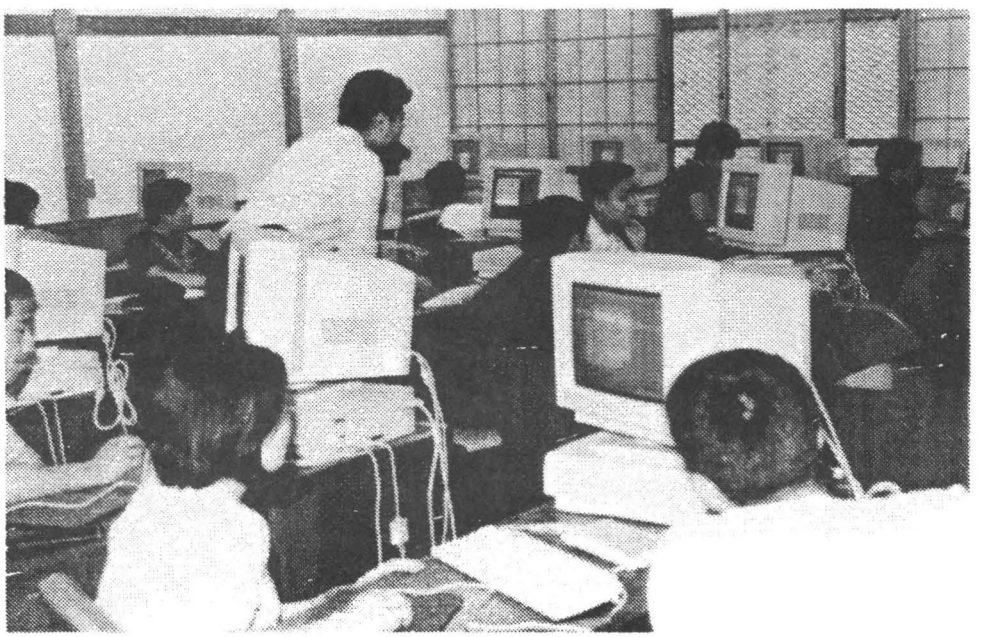
このようなことが実行可能であったのも、助成金によるコンピューターの補充によって成し得た、機器の有効活用によるところに他ならず、今回の助成金の成果には、大きなものがあったと感謝にたえません。反省点でも述べたように、コンピューターの利用環境とすると恵まれたものとは言いがたいものではありますが、建築、特に日本が古来より培ってきた伝統工法と現代のコ

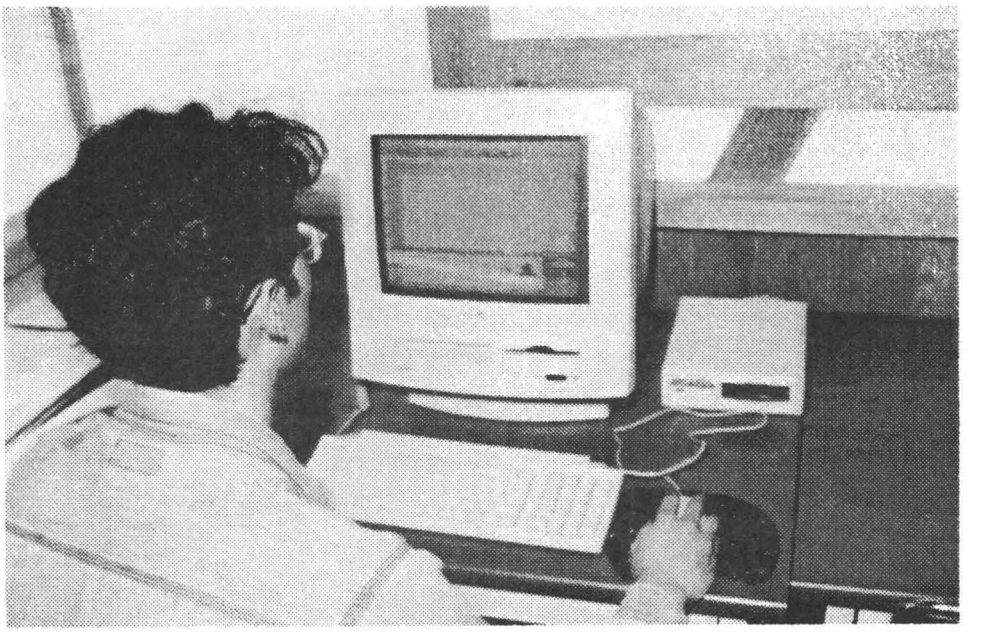
ンピューター社会（ＣＡＤ）に対し、どのように取り組んでいけばよいのか常に考えてゆきたいと思い、報告ならびに感謝の言葉に換えさせていただきます。

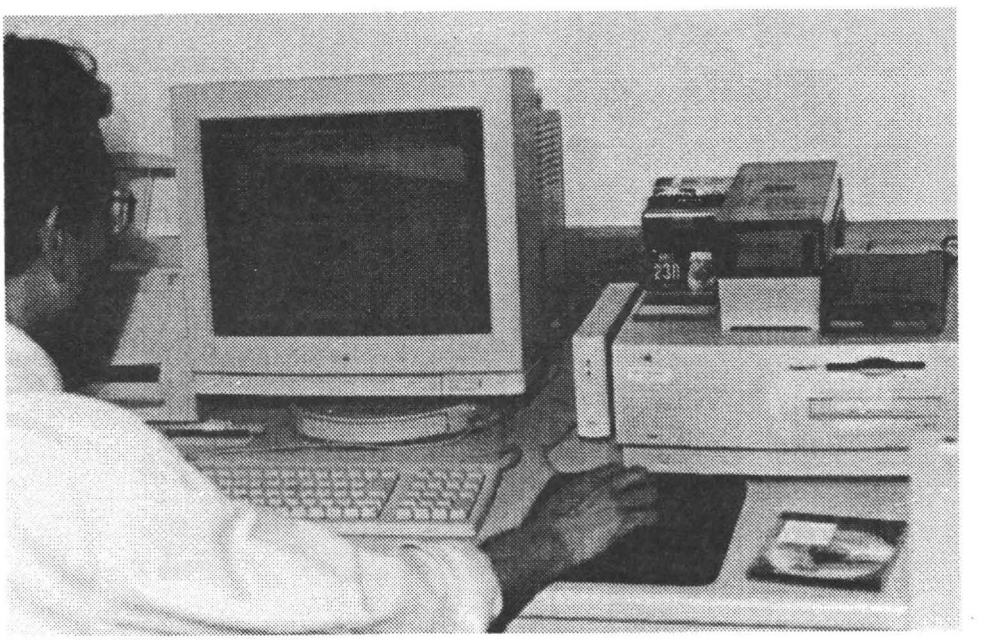












2－2　環境共生住宅のための建材、住居システムに関する研究

京都大学大学院工学研究科建築学専攻
博士課程　田　中　麻　里

1. はじめに

近年とくに地球環境に関する関心が高まりつつあり、西欧や日本では環境共生住宅のモデル団地が建設され、実現化に向けた個々の技術開発も著しい。民家を気候風土に適応した住居のモデルとして見直す研究もみられる。東南アジアにおいても、建築研究機関などでは地域資源の有効利用を考えた技術開発の研究が行われている。また住居は環境に応じた多様な地域性を示しており、地域の生態環境とのかかわりをみるとき自律的な住宅生産、住居に学ぶべきことは多い。しかし、東南アジアでは自律的に成立してきたシステムが急速に解体されつつある。本研究では、東南アジア諸地域における生態系に基づく住居および建材の生産・供給・リサイクル、自然エネルギーの活用などを考慮した環境と共生する住居システムを再構築するための諸策を考察・提案することを大きな目的とする。

主に焦点をあてるのは、東南アジアにおける環境共生技術開発の取り組みの実態把握と農村集落における住居システムの実態、変容を明らかにすることである。すなわち、技術開発的な研究の動向と自然環境と共生してきた農村集落の住居にみられる工夫を探るとともに、近代化による農村集落の変容の動向を明らかにすることをねらいとしている。現在取り組まれている環境共生技術については現地調査機関の視察によって、農村集落の住居システムの実態把握は資料のみからでは困難なため対象地域を限定したケーススタディを行うことにした。対象地域としては、タイ北部チェンマイ近郊のメーテン地域の農村集落を選定した。文献資料と併せて住居の特徴およびその変容、気候風土に配慮した住居の工夫、住宅生産の現状を中心に調査し考察を行う。タイ北部を対象とした理由は、これまで、東南アジア島嶼部における住宅生産システムについてはいくつかの報告がみられるが、大陸部については十分であるとはいえない状況にあること、これまで豊富であった木材資源の枯渇により今後、住居システムが変容を余儀なくされるであろうが、その動向についても抑えておく必要があると考えたからである。

研究の枠組みとして、以下の項目について考察する。

1)　伝統的住居集落にみられる環境共生的特徴
2)　農村集落における住居システムの変容
3)　環境共生技術開発の取り組み

2. 伝統的住居集落にみられる環境共生的特徴

タイはタイ族を中心とした多民族で構成されるが、住居の形態としては高床の木造住宅が基本である。中国人、ベトナム人居住地では一部地床住居も見られる。北部の山岳地域には少数民族も居住しており、民族ごとに異なった住居集落の構成がみられるが、ここでは伝統的なタイ住居の特徴を対象とする。

タイ様式の住居としては中部タイのものが代表的なもののひとつである。住居はチーク材を主体にしてきたが、最近では手に入りにくいのでマホガニーや他の堅木を用いる。外壁は明るい茶色や渋い赤茶色の紅殻風の色で仕上げられる。外壁パネルは上にいくほど内側に傾斜（約２度）させて構成し、各柱の間の壁パネルはルーク・フアグと呼ぶ伝統的格子模様のデザイン・パターンで組み立てられている。天井はなく、引っかけ式瓦が室内からみえるシンプルな構造である。部屋の入り口は敷居が一段高く（約30㎝ほど）なっており、またいで入ることになる。これはアニミズム信仰で悪霊が室内に入らないようにとの意味があり、この敷居に座ったり立ったりすると病気や不幸を招くとされている。

平面構成をみると、大規模な住居ではテラスを家の中央に広く（家の40-50％）とり、その周囲にオープンテラス、寝室、居間、団欒の間、仏間、台所、穀物倉庫等を設けるクラスター形式をとる。部屋はほとんど仕切りはなく、寝室は蚊帳やカーテンで仕切るのみである。住居は通風を考え、異なった床の高さで構成され、また開放的である。窓は縦長で、内に向けて開く板戸が正式であり、外側は防犯のため木製の格子がつけられている。ガラス戸はなく、現在では虫除けの網戸がいれられている例が多い。一般農家では外側に突き上げ式蔀戸を設け、つっかえ棒を用いて固定する方式が現在でも使われている。

東北タイでは中部タイの様に住居はテラスでつながったクラスター型のものではなく単棟もしくは、寝室と台所がテラスでつながったものが主流である。他の地域と比べても住居の細部に装飾が少なくシンプルなものが多い。中部タイでみられたような強い日射と熱気を避けるための急勾配屋根はみられない。東北、北部では寒季には肌寒い時もあり、窓も開口部の小さいものが好まれる。南部タイでは、灼熱の日射を遮るため、果物をはじめ樹木を屋敷地に多く植え木陰をつくり、屋根葺き材も断熱性が高く、手に入りやすい椰子の種類の葉が多用される。住居は単屋根もしくは双子屋根のものが多く、またイスラム教の影響も強く窓などにイスラム的装飾が施されるものも多い。

北部タイの伝統的住居は、黒に近い色で塗装を施しどっしりと重量感があり、中部タイの明るい華麗な色彩の家とは対照的である。日本の神社にも見られる「千木」によく似た「ガレエ」と呼ばれる棟飾りが一部富裕層の住居で見られる。そのいわれはいくつかあるが、水牛の角をデザインした「勝利の象徴」ともされており、中国の雲南地方から伝わったものと言われている。この地方では農耕に古くから使われている水牛を非常に大切にしており、水牛を崇める祭が各地方で現在でも行われている。また、チーク材に彫刻を施し全体を黒い色で塗装して、太くがっしりした柱を足に見立て、屋根の頂部に一対の角をデザインして取り付け、すくっと頭をもたげた力強い水牛に見立てているとも言われる。主な柱は中部タイ同様内側に傾斜されて建てられるが、北部タイの外壁パネルは上部を外側に傾斜させているものもあり、部屋の内側からみると上部への空間が拡がりが誇張されると同時に室内への光線の入り具合が効果的であるといわれる。

北部、東北部では小さい窓、引違い窓が採光をかねて設けられている。中部では厳しい日射、熱気を遮るため急勾配の高い屋根をもつ。熱帯の気候で快適に住まうため、床下空間や戸外をうまく利用している。床下で機を織ったり、食事をしたり、露台を設けて村人と話をしたり、日中

は生活のさまざまな行為がここで行われる。農村部や都市の一部でも熱源に薪や炭を使うことが多いが、煙がこもらないよう開放的な台所、もしくは屋外をうまく利用している。どの屋敷地でもマンゴやパパイヤなどの果実をはじめ、香辛料、食用にする野菜などを育て、多様な食材をもとにした自給生活を可能にしている。屋敷林は日射を遮り、木陰をつくり冷風を通す働きをもっている。また、寒季には北から南へ風が吹くので住居配置も東西を軸としている。北部では近くに山をもち、水は比較的得易いため井戸を利用するが、東北タイや中部タイでは乾季には深刻な水不足を抱えるため、雨季の雨水は貴重な生活資源として利用している。中部や東北タイでは雨水を溜める雨水タンクを製造販売する小規模工場が数多く存在し各村に売り回る。熱帯地方での生活には自然環境をいかに取り込み、遮断するかといった生活の知恵が根付いている。住居構成、材料、窓などの開口部にはさらに微妙に異なる地域の気候条件に対応した工夫が見られる。

3. 農村集落における住居システムの変容

前述したような伝統的住居は近年、近代化によって大きく変化している。タイでは地域性の継承よりもブロックなど新建材の普及が目覚ましく、木造高床住居を基礎としながら床下をブロックで取り囲んだり、木材の支柱に変わってコンクリートの支柱がめだっている。このような変化は地域性によらず全国的にみられる。そうした農村地域の住居と建設システムの変容を明らかにするためケーススタディを行った。

調査は1996年２月７日～21日チェンマイ県メーテン郡ソプァー行政区ムーホック村のフアイボン集落（Changwat Chiangmai, Amphore Mae Teng, Tambon Sophure Moo 6, Bahn Huaybon)に滞在して行った。

(1) メーテン郡ムーホック村の概要

メーテン郡ムーホック村は、チェンマイ市から北西50kmに位置している。ムーホックには100年以上前の壁画をもつワット・ターカームという寺があり、フアイボン集落、ターカーム集落、モン集落で構成される。タイでは幹線道路沿いに、幹線道路を起点として奥部に線状に民家が分布するリニアーな村落が多く存在するが、ムーホックもそうしたリニアー村落の一つである。幹線道路からターカーム寺に至る道沿いにフアイボン集落、ターカーム集落がある。二つの集落は村内を流れるメーハオ川（MaeNam Mae Hao）によって分けられる。村は約130年の歴史があるといわれており、もともと中国のシプソンパンナーやチェンマイの他郡より移住してきた６、７家族で構成され、天然資源が豊富で、チークの森林があったといわれている。現在では森林は伐採され、ほとんどが水田と大豆栽培、ラムヤイ（龍眼）など果樹園になっている。

モン集落とはモン族の人々の村であり、２集落から３kmほど離れている。現在、ムーホックの人口は667人、151世帯、187住戸であり行政区域としては３ヶ村で構成されるが、村長の話によると村の集会などはモン集落を除く２集落で行われている。

フアイボンとターカーム集落の構成要素として寺、小学校、保育所がある。寺の前に２軒、幹線道路沿いに１軒の雑貨店がある。商業施設としては美容院を営む民家が１軒、店開きしたばかりの小さな食堂が１軒、村の若い女性たちが裁縫を習い、そこで製作した洋服や鞄などを販売している店が１軒ある。また、隣り村との境界には火葬場がある。

(2) 住居の構成・建材

現在の農村住居にはどのようなものがあるのか。確認できた96の主屋の構造についてみると、台所など一部にブロックを使用しているものも含めて木造のものが50、ブロックを壁材などとして使用し、木造の小屋組をもつ木・ブロック混合構造のものが27、ブロックが主で木材はほとんど使われていないブロック造のものが19である（図1）。新しいものほど、ブロックを多用する傾向がみられる。ヒアリング調査を行った15世帯の19住居について、使用されている建材の種類、建設年代、台所やトイレなど別棟の有無についてまとめたものが表1である。村における代表的なものを選定しており村の住居の傾向を理解することができる。

集落内でも古い住居のひとつである住宅13の建設は1964年であり、全体としても築30年未満の新しい住宅が多い。とくに1988年以降に9軒の住宅が建設されているが、内6軒は柱梁、小屋組は木造で壁材がブロック造もしくは木とブロック併用のものである。残りの3軒も木造であるが、台所など一部にブロックを使用している。地床のものは6例みられ，いづれも1985年以降に建設されている。ブロック造地床式住居の増加は、タイ政府による木材伐採、とくにチーク材の伐採、取引に対する厳しい取り締まり、木材価格の高騰、一方でブロックだと木造よりも耐久性があると考えられていること、掃除など維持管理も容易であることなどが要因として考えられる。また、床高が1m前後のものも建設されている。高床木造住居の床下1階部分をブロックで囲ったものが4例あるが、木造二階建ては極めて少ない。

天井は張られず屋根が直接見えるものがほとんどである。壁には木が使われ、ブロック造の場合には腰高まではブロックで上部は板張りのものもある。ドアや窓などもすべて木製である。台所は約半数が屋内と屋外の両方をもつ。屋内にあるものも壁と天井の間にすき間を設けたり、ブロックと木造格子などでつくられ換気が十分にできる半戸外的な台所である。それらは、調理熱源に薪や炭を使用し、プロパンを補助的に使う場合には好都合である。とくに薪を使用する場合は煙がでるため、屋外もしくは風通しのよい場所が適している。また調理は、しゃがみ込んだり、座って行われるため、屋外の台所空間は採光や涼しさといった作業環境にも適応している。

トイレ兼水浴び場は屋外の別棟にある場合が12例と別棟傾向は根強いが、近年新築された住戸では屋内に設けられる傾向が見られる。

(3) 住宅の建設システム

住居の建設方法、建材の入手方法についてみると、建設を依頼するのは同じ村に住んでいる大工が多い。その他に手伝いが加わったり、村人や親戚のものが協力することも多い。その場合、大工には現金で報酬を支払うが、手伝いや村人には食事を提供するだけの場合が多い。1980年代の終わりころからは、村人が直接手伝うことは少なくなった。これは村に住んでいる若者とくに男性の多くが工場や町へ働きに行くようになったためである。

建材の入手先のうち、木材はそのほとんどが森林から伐採してきたものを蓄えておいて住居建設に使い、その他の材料も身近な店から購入している。隣村（M005）の幹線道路沿いにセメント、砂、ブロックなどを扱う建材店があり、多くがそこから購入している。つぎに利用されるのが、村から最も近いメーマライ市場である。隣り村やメーマライ市場で扱う建材の種類は限られており、そうした材料でつくられる村の住居は色やデザインも奇抜なものは少ない。窓も板窓や板窓の上部にガラスがはめ込まれた形のものが多くみられ、製品化されたものを買ってくれるわけではない。大工と形などを相談し、大工がガラスを入れて取り付ける。車をもっている者は

近くの町で建材を購入するが、それでもチェンマイ（50km）など都市へ買い付けにいくことはほとんどない。

建材店で扱う建材の種類の変化とともに、住宅の外観などデザインも変容していくものと思われる。そうした状況のなか、木材資源の入手の困難さは今後も続くことが予想され、ブロックを利用する住宅が増加すると思われる。ただ、現在でも少しづつ、古材を含めて木材を収集し納屋にストックしたり、スケルトンのみを木材でつくって、将来子供のための住居建設にむけて準備をしている世帯もみられる。根強い木材とくにチーク嗜好が存在しており、そのことが古材利用をすすめている。

⑷ 住居の空間構成

伝統的な住居は木造高床のものであるが、近年では地床のものや高床の床下部分を囲って室内化するものもみられる。そうした構造の違いによってどのような空間構成の特徴がみられるだろうか。表２は、住居の構造と、部屋の配置の仕方によって住居を類型化したものである。最も多くみられるのは、高床で平面プランⅠ型のものである。高床住居で原型と思われるが、それはいくつかの特徴をもっている。階段をあがると庇のついたテラスがあり、そこにはハンナムHan namとよばれる水を溜めた壺と柄杓がおかれている。誰でも自由に壺の水で口を濯いだり、手を洗ったりすることができる。入口を入ると、客を招きいれるテーンと呼ばれる部屋があり三方に窓などの開口部があり、一面は寝室の壁と廊下につながっている。廊下を挟んで両側に寝室が設けられ、寝室には廊下側のドアから出入りする。廊下のつきあたりは台所になっている。台所との境界にドアはないが、台所の床は一段低くなっている。床は板ばり、部分的に竹ばりのものも見られる。壁は天井まで設けられなかったり、格子になっている場合が多く、煙をだすため通風を十分に考慮した開放的なものである。台所には屋外に通じる出入口があり、外部には屋外テラスが接続している。そこにも水壺が置かれている。高床の床下には露台がおかれ、日中はたいてい涼しい床下で過ごす。床下は農機具や自転車などの置き場としても使われる（６、９、13）。７Ａはテーンが広く取られ、台所の横に寝室が設けられておりⅠ型の変形タイプとみなせる。

高床で床下部分がブロックなどで完全に囲われている場合、一階はホーン・ナン・レン Hone nan len と台所である。ホーン・ナン・レンとは“座って遊ぶ部屋”という意味であり、そこにはテレビや露台、イスなどが置かれ居間的な使われ方がされる。台所は吹き抜けになっており、二階へ通じる屋内階段が設けられている。台所部分には出入口が設けられ、水瓶や調理器具などが置かれた外台所と連結している。正面入口近くに設けられた二階への屋外階段は頻繁には使われず、儀礼時等に使用される。（４、14）

Ⅱ型はⅠ型のプランと類似しているが、台所が別棟に設けられ、そのため最後部の台所部分が物置になっているタイプである。台所が別棟になった理由は、「新築当初は台所として使っていたが、煙が出て住戸にこもるから新しく台所を自分でつくった⑵」や「もともと台所が別棟にあったから必要なし（１、５、11）」など、台所別棟志向は根強いが、台所の屋内化に関しては伝統的な半屋外の台所空間にみられた通風や採光といった条件に十分配慮する必要があることを示している。

Ⅲ型は1991年に建設されたものであるが、唯一台所もトイレも屋内にある場合である。基本的な平面構成はⅠ型と同じであるが、屋内に設けられた台所、トイレおよび水浴び場は住宅の最後部に設けられる。

Ⅳ型は店舗付き住宅や作業場つき住宅である。12は二階建てで、一階部分の一部が美容院、接客のための場所として使われている。階段の位置などは他と異なるが、二階部分はテーンと廊下を挟んで両側に寝室がある基本型Ⅰの平面構成と同じである。

4. 東南アジアにおける環境共生技術開発の現状

ここでは、現在東南アジアで行われている環境共生の技術開発の取り組みについてみてみたい。1994年９月から1996年２月の間に東南アジアにおける建築研究所をはじめＮＧＯ、大学などの現地視察を行い、資料の収集を行ってきた（表３）。タイでは１．タイ科学技術研究所（ＴＩＳＴＲ）、２．人口とコミュニティ開発財団（ＰＤＡ）、３．アジア工科大学院（ＡＩＴ）、４．コンケン大学、５．ビルディング・トゥゲザー、である。これら諸機関における環境共生技術に対する取り組みを材料技術、設備・環境工学、計画技術施工技術の点から評価する。

(1) 材料技術

身近な材料を用いた材料開発が広く展開されている。なかでも、ソイルセメントブロックの生産、マイクロコンクリート（ＭＣＲ）屋根材の生産は普及しつつある。ソイルセメントブロックは、枯渇する木材資源の代替として東南アジア各国で取り組まれている。地場ソイルとセメントを混合して、主として手押し式機械を用いて生産する。近年、アジア工科大学院ではソイルセメントブロックの生産を量産化するため、電動式機械を製作した。従来の手押し式機械では、一日の生産量が250個であったのが、電動式機械により2000～3000個と飛躍的に生産量が増加した。今後、都市地域を中心に東南アジア各国でも導入されるものと思われる。

ＭＣＲ屋根材は、砂、石粉、セメントを混合して瓦状に成型したものである。これも東南アジア各国でひろく生産されている。軽く、施工も容易で、波板鉄板に比べて断熱性が高い。

籾殻灰やバナナ、ココナツ繊維といった農業廃棄物を利用した開発も行われてきたが、原材料の質が均質でないことなどの問題を抱えて実用化には至らなかった。天然資源で成長のはやい竹は南米などでは注目されており、中米のコスタリカでは、国家プロジェクトとしての竹の植林を行い、木ではなく竹を構造材としたバンブーハウスが大量に供給されている。タイではタイ科学技術研究所がタイ農村部でみられる竹の住宅の耐久性を向上させるため、竹壁に石灰を塗り込める方法が提案されたが、下地材として使う竹の乾燥が十分でないと塗り込めても耐久性が十分期待できないので、普及しなかった。熱帯の竹は日本のものに比べて肉厚で、利用可能性も高い。伝統的にタイ山岳地帯のアカ族などは竹を多用している。日本においても、戦中に竹筋コンクリート等の研究が進められた。しかし、東南アジアでは一般的に竹を構造材として使用する方法をはじめ竹の利用については本格的には取り組まれていない。

(2) 設備・環境工学

水資源を有効利用するため雨水の利用が積極的に進められている。雨水タンクの建設や住宅の敷地内に雨水を浸透させる井戸（雨水浸透井戸）の設置などである。日本でも雨水浸透性舗石の利用が進んでいる。雨水を地下に浸透させることによって、都市洪水を防ぎ、地下水量を増大させる効果をもつ雨水浸透井戸は、現在インドネシアのジャワ島を中心に設置が義務づけられるようになった。

タイのＰＤＡでは東北タイを中心に雨水タンクの設置をコミュニティ活動のひとつとして行っている。ＰＤＡはもともと家族計画の普及活動を大規模に展開してきた組織であり、すでに村人のネットワークを築いている。雨水タンクの設置もそうしたネットワークを活用して普及が進んでいる。タイに限らず、水を確保するための活動、雨水タンクの建設は地域コミュニティの共同作業、相互扶助で行われることが多い。

(3) 計画技術

住居建設を行う場合においても東南アジアでは豊富な労働力を利用したセルフビルドを許容するコアハウジングは、住宅建設のあり方として有効な方法として評価できる。コアハウジングとは簡単な水回りとワンルームを供給し、後は居住者に委ねる住宅供給の手法である。初期の住宅供給コストは低く抑えられ、居住者のニーズに対応した住居の増改築ができるなど、居住者自身が建設に携わることができる方法として有効である。1970年～1980年にかけて広く供給されたが、フィリピンやインドネシアでは現在も盛んに行われている。

(4) 施工技術

上記で述べた技術は、高度な技術を必要としない適正技術を基本としている。居住者にとって建設、維持管理がしやすいものである必要がある。

5. まとめ

(1) 住居の形態と建設システムの変容

伝統的なタイの木造高床住居には微妙な気候の違いに応じて屋根の勾配、窓など開口部の取り方などに工夫がみられた。また適度に自然環境を遮断、取り入れる工夫を行い、高床の床下空間や戸外を巧みに生活空間として利用してきた。近年でもそうした生活は継承されているが、とくに1980年後半以降ブロックを多用した住居が増加している。それに伴い地床住居も建設されている。現在農村住居には高床や床高１ｍ前後のもの、地床のものなど床高が多様化しているが、原型と考えられる高床住居の平面構成がそのまま再現されている。すなわちテラス、テーン、寝室、台所が空間構成の基本的要素であり、テーンと寝室、台所と廊下が連結されるという伝統的な平面構成が継承されている。新築される場合には、これまで別棟であったトイレ兼水浴び場が屋内に設けられる傾向もみられるが、その場所は住居の最後部である。台所は別棟が主流であるが、ブロックを使って内部化するものもみられる。その場合、薪や炭を使う生活様式に対応した換気ができ開放的な空間でなくてはならない。

住居の建設に関しては、森林に木材が豊富にあり入手できたのは1980年はじめ頃までで、その頃は村にいる大工と親戚や村民の協力のもと住居建設が行われていた。1980年後半以降は木材を入手することが困難となった。それでも木材はこれまで少しづつストックしておいたものを利用したり、知り合いを通じて入手しているセメントや砂、ブロックなどは近くにできた建材屋でを購入することが多くなった。そこで扱う建材はセメントや砂、シンプルなコンクリートブロックなど限られており、そうした材料でつくられる村の住居は色やデザインも奇抜なものは少ない。窓も板窓もしくは板窓上部にガラスがはめ込まれた形のもので既製品を購入して取り付けるわけではない。近くの町へ建材を購入するために行くことはあるがチェンマイなど都市へ買い付けに

いくことはほとんどない。

台所など汚れやすい所には昔から竹など取り替えがきく材を使用していたが、近年では竹に変わってブロックが利用されることが多い。ブロックの利用は掃除が容易であること、耐久性が高いためと考えられている。しかし、主屋をブロックで作る場合には、むしろ木材資源の枯渇それに伴う価格の高騰など木材の入手が困難なことが大きな要因のひとつであると考えられる。古材を少しづつ収集したり、古民家の売買なども行われており、根強い木造住宅志向が古材の利用やリサイクルをすすめている。

(2) 環境共生技術開発の取り組み

ソイルセメントブロックやマイクロコンクリート屋根材といった材料技術の開発がタイをはじめ東南アジアで積極的に取り組まれている。枯渇する木材の代替品としての建材の開発である。それらを基本として、籾殻灰やバナナ、ココナツ繊維といった農業廃棄物を利用した開発も試みられたが原材料が均質でないため実用化には至っていない。熱帯の竹は日本のものに比べて肉厚であり、成長もはやい。しかし、東南アジアでは中米ほど積極的に利用されておらず豊富に存在する竹について利用方法を検討することは今後の課題となる。設備・環境工学といった面からは、水資源を有効利用するため雨水の利用が積極的に進められている。雨水タンクの建設や住宅の敷地内に雨水を浸透させる井戸（雨水浸透井戸）の設置が行われている。日本でも墨田区が推進している雨水タンク（路地尊*）の設置、国技館や大学など公共建築での中水利用、雨水浸透性補石の利用が進んでいる。インドネシアでは雨水浸透井戸を各住宅敷地内に設置することがジャワ島を中心に義務づけられている。雨水タンクの建設を地域コミュニティの共同作業、相互扶助で行うなど日本のこれからの地域コミュニティ活動に取り入れる示唆に富んだ活動が行われている。

計画技術面では、住居建設を行う場合、豊富な労働力を利用したセルフビルドを許容するコアハウジングなどは、住居建設のあり方として有効な方法として評価できる。それを実現させるべく高度な技術を必要としない適正技術を基本とし、居住者にとって建設、維持管理がしやすいものである必要がある。

（注）＊路地尊：路地の安全を守るシンボルとして路地の辻に路地尊というストリート・ファニチャーが設置され、掲示板や町内の瓦版として、掃除用具を置き、災害時用のホースや消火器が内蔵されておりここに雨水利用を導入している。

参考文献

"The Kamthieng House", The Siam Society, 1966

Jarun Tambandit, Prasarn Runmai, Prayad Jatuponpitakkul, Somboon Tamnong and kanjana Ratanatammetia, "Analysis on non-school education system for the economic development of the community", Chiangmai University Master thesis, 1992.

Anuvit Charernsupkul and Vivat Temiyabandha, "Northern Thai Domestic Architecture and Rituals in House Building", The Fine Arts Commission of the Association of Siamese Architects Under Royal Patronage, 1978.

Naengnoi Punjabhan et.al. "The Charm of Lanna Wood Curving", Rerngrom publishing company, 1994.

雨水利用東京国際会議論文集、1994年８月１－６日、東京

世界竹会議、1995年６月19－22日、インドネシア

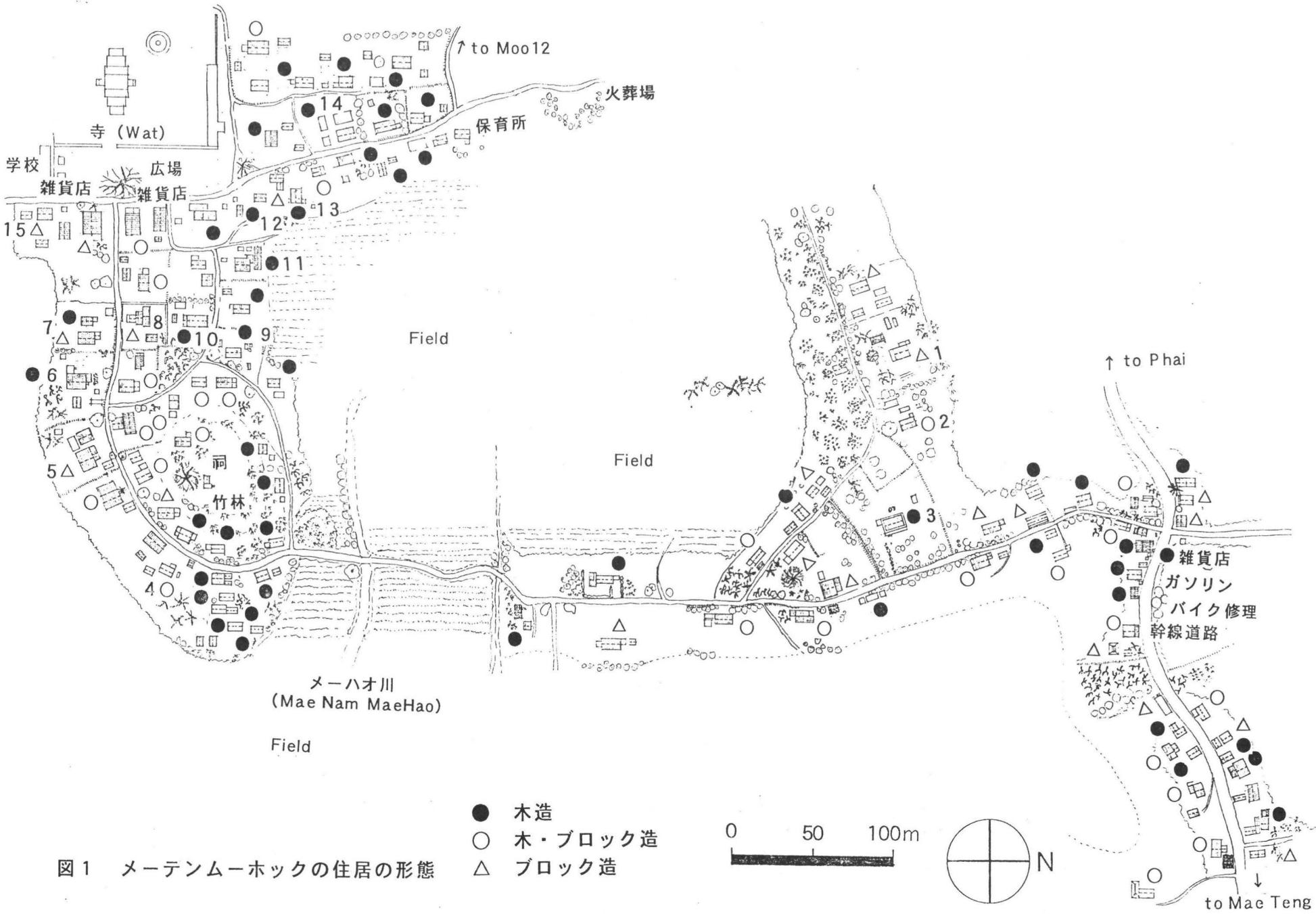


図1　メーテンムーホックの住居の形態

表1　住居の概要

	住居番号	構造*1	床高さ*2	床	外壁	天井	屋根	建設年代	平面型	台所	調理熱源	トイレ	居住人数	建設組織*3	建材入手先
1	①	ブロック造平屋	地床	コンクリート	ブロック	なし	スレート	1991	II	別棟（竹）	薪、プロパン	屋内	4	大工（M6）*、いとこ	-
2	②	木・ブロック造平屋	地床	コンクリート	ブロック、木	なし	スレート	1988	II	屋内→別棟へ	薪、炭	別棟	2	大工（M6）*、村人	大工に一任
3	③	木造（一部ブロック）	高床	木	木	なし	タイ瓦	1994	IV	屋外	薪、炭	屋内	1	大工（M6）*	古民家古材、M5建材店、チェンマイ
4	④	１Ｆブロック　２Ｆ木造	高床*	１Ｆｺﾝｸﾘｰﾄ、２Ｆ木	ブロック、木	石膏ボード	スレート	1978	I	屋内と屋外	炭、プロパン	別棟	5	大工（M6）*	M5建材店、メーテン
5	⑤	木造（一部ブロック）	高床*	木	木	なし	スレート	1994	II	別棟	薪	別棟	3	大工（M6）*	村の共同組合、Ｍ５建材店
6	⑥	木造	高床	木	木	なし	タイ瓦	1974	I	屋内と屋外	薪	別棟	5	大工（M6）*、村人	森などから
7	⑦A	木造	高床	木	木	なし	スレート	1981	I	屋内と屋外	新住宅で調理	別棟	1	大工（M6）*、村人	メーマライ市場
	⑦B	ブロック造平屋	地床	コンクリート	ブロック	なし	スレート	1991	III	屋内と屋外	薪、プロパン	屋内	4	大工（M6）*、手伝い	M5建材店
8	-	ブロック造平屋	110cm	コンクリート	ブロック	石膏ボード	セメント瓦	1993	III	別棟	炭、プロパン	屋内	3	大工（M6）*、手伝い	M5建材店
9	⑨	木造	高床	木	木	なし	スレート	1985	I	屋内と屋外	薪、プロパン	別棟	2	いとこ（大工M6）、村人	-
10	⑩A	木造（一部ブロック）	100cm	木	木	なし	スレート	1994	I	屋内と屋外	薪、プロパン	別棟	3	息子、息子の友人	古材、他
	⑩B	木造	地床	木	木	なし	スレート	1985	-	別棟（新住宅内）	薪、プロパン	別棟	2	息子	森などから収集
11	⑪	木造（一部ブロック）	高床*	木	木	なし	スレート	1985	II	別棟（木造）	薪	別棟	5	息子、主人、村人	古材、メーマライ市場
12	⑫	木造２階建て	２階建て	１Ｆｺﾝｸﾘｰﾄ、２Ｆ木	木	なし	スレート	1972	IV	屋内と屋外	薪、炭、プロパン	屋内	2	主人（大工M6）、手伝い	メーマライ市場、チェンマイ
13	⑬A	木造	80cm	木	木	石膏ボード	トタン	1969	-	屋内	薪、炭、プロパン	別棟	4	主人（大工M6）、手伝い*	メーマライ市場
	⑬B	木・ブロック造平屋	地床	コンクリート	ブロック、木	石膏ボード	金属折板	1994	-	-	薪、炭、プロパン	-	4	主人（大工M6）、手伝い*	隣村から
	⑬C	木造	高床	木	木	なし	タイ瓦	1964	I	屋内	薪、炭、プロパン	別棟	4	主人（大工M6）、いとこ、	森などから ・
14	⑭	１Ｆブロック　２Ｆ木造	高床*	１Ｆｺﾝｸﾘｰﾄ、２Ｆ木	ブロック、木	なし	スレート	1972	I	屋内と屋外	薪、プロパン	別棟	4	大工（M5）*、息子、村人	森などから
15	-	ブロック造平屋	地床	コンクリート	ブロック	石膏ボード	スレート	1988	IV	-	プロパン	-	5	大工（-）*、手伝い*	メーマライ市場

住居番号①～③はファイボン集落，④～⑲はターカーム集落inある

注）*1　ここでいうブロック造とは木造柱梁にブロックを積み上げるonomwoiu

*2　*は高床の床下が囲われているもの

*3　*は金銭の支払いがあったもの

表2　住居類型

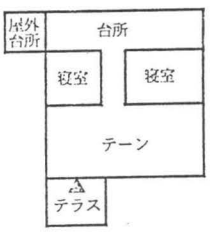
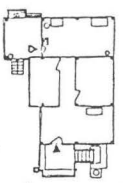
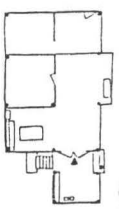
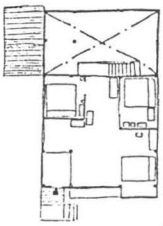
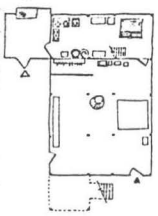
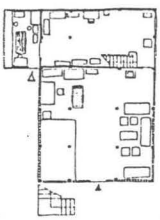
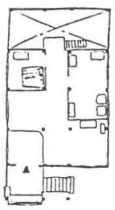
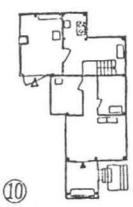
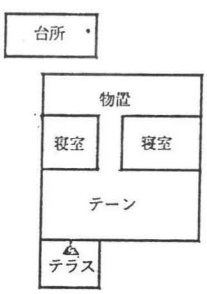
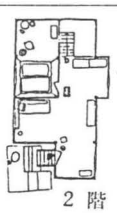
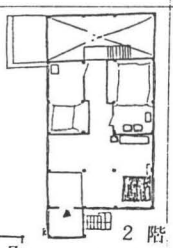
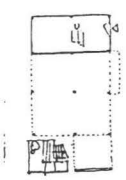
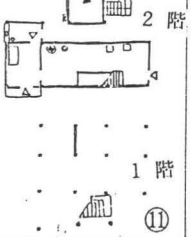
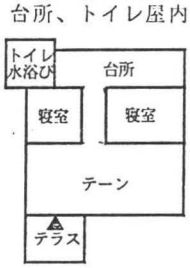
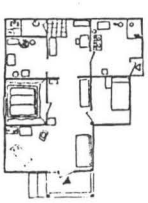
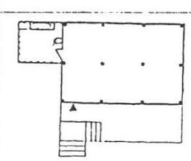
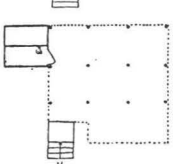
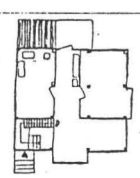
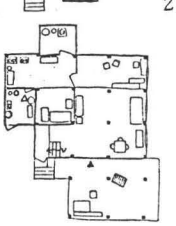
	地床	高床	高床（床下囲いあり）	二階建て
Ⅰ　基本型 		⑬  ⑨ ⑥  ⑦ A	 2 階  2 階  ④ 1 階  ⑭ 1 階  ⑩	
Ⅱ　台所別棟 	② ①		 2 階  2 階  ⑤ 1 階  1 階 ⑪	
Ⅲ　台所、トイレ屋内 	 ⑦ B			
Ⅳ　その他 店舗付き住宅 アトリエ住宅			 2 階  ③ 1 階	 2 階  ⑫

表３　環境共生の技術開発の動向

国名	研究機関	概要	主な活動	特徴
タイ	TISTR	Thailand Institute of technology and Science 1979年に設立された国の研究機関 建築材料、建築技術、建築研究室がある	ソイルセメントブロックの開発と適用 バンブーハウス改良技術開発 ポリスチレンのサンドイッチパネル	建材開発が中心。
	AIT	Asian Institute of Technology（アジア工科大学院） 1989年アジア工科大学院ハビテックパーク設立	ソイルセメントブロックの開発 農業廃棄物の利用・ マイクロコンクリートルーフィング（MCR）の生産	ブロック開発とMCR屋根材の生産、技術普及が中心。 発展途上国の実状に即した自助型建築システムの開発を行う。
	PDA	Population and Community Development Association 1974年に設立された人口とコミュニティ開発財団（NGO）	家族計画の普及活動 雨水タンクの設置普及活動 環境保護コミュニティの山林管理 環境衛生の指導 農業技術の普及など	もともと家族計画の普及活動が中心であったが、 健康およびコミュニティ開発の統合的活動を実施。 家族計画に取り組んでいる世帯は優先的に雨水タンクが 設置できる。
	コンケン大学	東北タイにある国立大学 基礎建築学科と建築技術学科、建築学科がある	ソイルセメントブロックの開発 地域産材の利用に関する研究	建築技術学科は、環境および建材に関する研究に取り組む。
	ビルディングトゥゲザー	1978年設立。 ハウジングのプロセスを一貫して担う実践的組織	協同住宅建設活動 居住に関する法的アドバイスの提供 ローコスト建材を用いたローコスト住宅の供給	現在はローコスト住宅の建設、供給が中心。
インドネシア	ディアン・デサ	1972年、ジョグジャカルタに設立されたNGO 伝統的なコミュニティや技術、生活の知恵をベースに 農村地域の生産基盤の改善に取り組む 水供給部門、農業、エネルギー開発、小規模産業部門 など10部門で構成	雨水タンクの設置 バイオガスの利用 エネルギー効率を高める素焼きストーブの開発 廃棄物利用（廃棄魚の革を利用した皮革製品の加工） 技術トレーニング、ワークショップ、企業家育成	住民間の協同作業を前提としたもので、地域に適した 技術移転の方法を考慮している。 プロジェクト導入後のモニタリングを重視。
	ガジャマダ大学	環境工学科があり、Sustainable Urben Drainageに取り組む ジョグジャカルタにある	雨水浸透井戸の開発	住宅敷地内に雨水を浸透させ地下水位の上昇をはかる。 雨水浸透井戸の設置は、政府によって現在ジャワ島を中心に 義務づけられている。
	APEX	ジャワ島スマラン市にあるNGO	現地と日本のNGOの協力によってゴミリサイクル、 ゴミから堆肥をつくる活動	
フィリピン	NHA	National Housing Autority（フィリピン住宅開発庁） スラム改善および低中所得者層への住宅供給を担う	バイオモデュールを使った下水処理施設方法の導入	途上国建設技術開発促進事業のモデル事業として実験段階。 微生物を付着させ、汚水中の有機物を処理する方法。 設置面積が小さく、維持管理費が安い。
	FtoB	1974年に設立されたNGO（Freedom to Build） 居住者の住宅建設活動をサポート 建材供給からコアハウジングの供給に取り組む	中低所得者を対象としたコアハウジング供給	インフラが整備された宅地に水回りとワンルームのコアハウスを 供給し、あとは居住者に委ねる方法。居住者のニーズに応じた 段階的住宅建設の方法として注目される。
	パグタンバヤヨン財団	コミュニティを組織化することをめざしたコミュニティ オーガナイザーによって設立されたNGO セブ市にある	コミュニティ組織化 コミュニティ融資事業 ソイルセメントブロックの開発、生産普及活動 屋根材(MCR）の開発、生産普及活動	1995年より適正技術センター、建設請負業務も別組織として活動開始。
	MPC	Mount Pinatubo Committee ピナツボ火山の噴火災害対策のため設立された機関	火山灰を利用したコンクリートブロック開発	

3－1　ROOMVENT'96 1996年室内換気に関する国際シンポジウム
5th International Conference on Air Distribution in Rooms(ROOMVENT'96)

東京大学生産技術研究所
教　授　村　上　周　三

1. はじめ

ROOM VENTは、室内換気全般に関する学術情報交換の場として北欧空調・暖房衛生工学会(SCANVAC) 主催で、1987年よりほぼ2年ごとに開催されてきており、1996年夏に横浜で第5回のROOM VENT '96(5th International Conference on Air Distribution in Rooms)が開催された。これまでは欧州で開催されてきたもので、欧州以外では初めての開催である。この国際会議は、㈳空気調和・衛生工学会、SCANVAC、東京大学生産技術研究所、ASHRAE が主催し、更にＩＥＡ、日本建築学会、トステム建材振興財団、他が協賛、後援している。会議の運営は空気調和・衛生工学会　空気調和設備委員会　換気効率・基準小委員会（主査　村上周三）が主体となって行われた。

欧州でしか開催されたことのなかったROOM VENTが極東において開催されたのは、1992年に空気調和・衛生工学会、ASHRAE、東京大学生産技術研究所の共催で開催された室内気流と換気効率に関する国際会議ISRACVE(International Symposium on Room Air Convection and Ventilation Effectiveness)を通じて、日本の換気に対する関心や研究のレベルの高さが、北欧を始めとする欧米諸国に認識された結果でもある。従ってROOM VENT '96は、ISRACVEの第2回会議としても位置付けられており、室内の換気性状、換気効率に関して前回の会議で提起された様々な問いかけに対する回答について検討される会議としても期待された。

更に、この会議は国際エネルギー機構（IEA）におけるIEA Annex26(第26分科会　大空間の換気性状に関する研究委員会）の研究活動の総括会議とも位置付けられていた。1993年より本格的に開始されたIEA Annex26の3年間あまりの国際共同研究の成果が、ワークショップ形式で報告された。

本報告は、会議最終日のGeneral Reportなどを参考にし、会議の概要について報告するものである。

2. 会議の概要

会議の概要を表１に示す。海外参加者は142名、国内参加者は245名であった。また、国別の海外参加者は北米が10名、西欧が50名、北欧が41名、東欧が10名、アジアが10名、その他が21名であった。欧州で始まった会議である性格上、海外参加者の中では、欧州（ロシアを含む）からの参加者が全体の75％を占めており、北米やアジアからの参加は比較的少ないことがわかる。今後はアジア、北米などからも多数の参加者を集める全世界的な国際会議に発展することが期待される。

ROOM VENT '96で発表された論文のテーマは非常に多岐にわたっている。一般講演のセッションのテーマは下記の通りである。

①気密性、換気量と室間換気
②タスク空調と温熱環境
③置換換気と床下空調
④空調設備の制御と噴流の挙動
⑤室内気流の計測
⑥室内気流のモデル化とシミュレーション
⑦大空間の室内気流
⑧換気効率と室内空気汚染
⑨自然換気
⑩省エネルギー効果の高い大空間の換気（IEA Annex26）

3. 研究発表の内容

会議のプログラムは、招待講演、一般講演、ワークショップの三つで構成されている。ここではそれぞれについて、発表された内容を概観する。

3.1 招待講演

招待講演は会議の初日と最終日の午前中に二回開催され、合計５名の方が講演を行った。いずれも大ホールで、全員参加の下で行われた。招待講演ではヘッドフォンが貸し出され、同時通訳により日本語で聞くこともできた。

⑴大空間の室内気候制御の設計　Mr.Alistair Guthrie

ＣＦＤや実験などを駆使しながら、快適な大空間の設計を行った実例が紹介された。快適な温度条件を作り出すために室内気流の予測・制御が非常に重要であり、それらを考えた設計のためには、ＣＦＤが有用であることが示された。日本の関西空港のターミナルビルも紹介された。

⑵取り囲む建築外皮　Mr.Rafael Vinoly

ガラスで囲まれた東京国際フォーラムの設計手法について解説が行われた。

⑶風、機械そして建築　Dr.Eiji Maki

演者が日建設計において関わってきた実例をもとに、機械と自然との調和が環境にやさしく省エネルギー的な建物を実現することが示された。

⑷伝統的韓国建築におけるパッシブ設計の理念と技術　Dr.Kyung Hoi Lee

オンドルに代表される伝統的なパッシブ技術の紹介と、代表的な伝統建築物が紹介された。家の中に家があるという二重構造の住宅や地下住宅、納経堂などが紹介された。

⑸伝統的日本建築における気候制御のためのパッシブクーリング　Dr.Ken-ichi Kimura

日本建築における伝統的パッシブクーリング手法について説明がなされた。単に物理環境を良くするばかりではなく、心理的な快適性も重視した日本の伝統的手法が印象的である。

以上が招待講演の概要である。室内気流研究の重要性を改めて認識すると共に、建設設計思想によって研究の方向性が異なって来ることが示唆された。

3.2　一般講演

一般講演は１時間30分のセッションごとに４つの室で常に同時進行の形で進められた。セッションは口頭発表だけのＯＳ(Oral Session)と口頭発表とポスターの前での発表とを両方行うＯＰ（Oral and Poster Session)の２種類からなっていた。１題あたりの発表時間は、ＯＳで15分（10分発表、５分質疑応答）、ＯＰで５分発表であり、ＯＰではポスター前で１時間の討論時間が設けられていた。ＯＰでの論文発表が口頭でも行われたため、どのポスターを見に行くかを決めることができ大変役に立った。同時進行で行われたため、一般講演の４分の１しか実際には公聴できないわけであるが、最終日に５人のゼネラル・レポーター（ＧＲ）によってセッションの発表内容についての概要説明が行われ、これを聞くことで会議の全容を把握することができた。以下、当日会場で配られた資料の日本語訳（抄訳）を紹介させていただく。ＧＲによって発表形式が異なるので、若干書式の統一がとれていないこと、研究者名を明記していないことをご了承頂きたい。

3.2.1　換気と室内空気汚染　GR:Dr. Claude-Alain Roulet

⑴換気

①モデリング手法：いまやＣＦＤ（Computational fluid Dynamics）は、換気に関する問題を解決する手段として利用されている。Annex26のワークショップでも、大空間での効率的換気システムの非常に有効な設計方法であることが示された。しかし、ゾーンモデルも発展しており、IEA-ECB Annex23では、多数室からなる建物の気流シミュレーションの使いやすいゾーンモデルプログラムが提供されている。故に、モデル選択の幅は広く、解きたい場に応じて選択したモデルを適合させていかなければならない。

②測定手法：可視化技術に基づく方法やトレーサーガス技法などが発展している。特に可視化に基づく「場」の計測方法はこれからますます発達し、「点」の計測技術を越える日が来るかもしれない。

③換気手法とシステム：換気と冷房に関するパッシブな技術が見直されてきている。良い建物を設計するために、革新的なパッシプ手法とアクティブ手法の組み合わせが提案された。

⑵室内空気汚染

周期的に変化するＩＡＱ（Indoor Air Quality、室内空気質）が室内空気質の受容性を向上させること、また同時に新鮮外気の取り入れによるコストが高い場合には空調管理者によって外気採り入れ口が塞がれてしまうことが報告された。

①換気効率、汚染物捕集効率、寄与率：これらの概念は拡大され発展した。測定方法による誤差の違いが検討され、換気効率がエネルギーの側面からも検討された。

②ケーススタディ：ＩＡＱに関するパラメータを評価するために、実測、ＣＦＤ、模型実験の結果が報告された。高い換気効率を実現することが実際には難しいという報告がいくつかな

された。

⑶結論

風と設備と建築を最大限に利用して、良い室内環境を保証すること、なかでも室内気候にとって良い設計をするための新しい方法を提示することが我々の使命である。本会議では、この方向での多くの新しい知見が提示されたという印象を持っている。

3.2.2　新しい空調換気システム　GR:Dr.Francis J.Offerman III

⑴タスク空調と温熱環境

いくつかの興味深いアイデアが発表された。たとえばタスク・アンビエント空調システム、デスク置換換気システム（置換換気とタスク空調とを融合したのも）、ＶＡＶシステムでの高風速を用いた冷房効果、間欠気流による冷房効果、大空間で給気口を座席に集中する換気システム、動・静脈吻合人体熱モデル、オゾン脱臭システムなどを挙げることができる。これらの研究において、ＰＴＶ（Particle Tracking Velocimetetry;粒子追跡風速計）やＣＦＤを用いた予測の有用性が検証されている。

⑵置換換気と床下空調

「タスク空調と温熱環境」以上に興味深い考え方や研究内容が発表された。まず、置換換気と床下空調と従来方式の比較から、換気効率は置換換気が最も良いが、温熱的な不快感を生じさせる上下温度分布を生むことが指摘された。また、天井放射冷房が置換換気気流に影響を及ぼすこと、床下空調の方が天井空調より室内粉塵濃度が低いこと、床下空調は夜間換気をすることで天井空調より著しく省エネルギーになること、朝に吹き出し空気により室内空気の気流をつくれないこと、など新しい知見が得られた。室内の粉塵濃度、換気効率の検討例も報告された。

新しい考え方・モデルとしては、熱源の種類とアルキメデス数を考慮した温度分布解析モデル、置換換気の場合の鉛直分析をパソコンの表計算ソフトで求めることができる新しいモデル、置換換気における２ゾーンモデルなどを挙げることができる。

⑶結論

将来も空調換気システムの革新的な研究が期待される。タスク換気と置換換気システムに対する興味はますます高まり、進歩が続くであろう。換気効率、温熱的快適性などの換気評価指標の標準的な測定法が出現すれば、これらの新しいシステムはますます進歩するであろう。また、快適性と空気汚染のための知的センサーと、新しい空気浄化方法が開発されれば、将来新しいシステムを普及させるには、これらの新しい空調・換気システムによって生じるそこで働く人々の作業性の向上について研究をする必要がある。

3.2.3　室内気流の解析　GR:Dr.Mats Sandberg

⑴噴流

噴流の研究が再び着目された。現在は制限効果と浮力噴流に焦点が当てられているが、大空間でコアンダ効果を利用する試みもあった。浮力流れの特性値としては伝統的にアルキメデス数が用いられるが、いわゆる熱的長さ（Thermal Length）を用いて距離を無次元化することを提案した研究者もいた。将来熱的長さを用いて整理された浮力流れの研究結果が見れるものと期待されてる。

⑵気流の制御方法

コンピューターの発達によって、下記のような新しい制御アルゴリズムが可能になった。

①例えば実際の電気料金を考慮した空調空気の吹き出し量制御

②室間の温度を変化させることによる空間換気量の制御

③冷噴流の下降制御

⑶大空間

ＩＥＡ、Annex26で行われた研究を一部反映して、大空間に関する多くの研究が発表された。難しい問題を解決するために、多くの手法が用いられた。

①ＣＦＤ：自然対流場の予測における境界条件の問題

②単純モデル：長期にわたる予測を行うためには単純モデルが必要である。いろいろな目的のために、単純モデルの必要性は永久的に（？）なくならないであろう。

⑷自然換気・通風・建物内自然対流

室内の自然対流に関する基本的な問題を取り扱う論文があった。いろいろな手法を用いることが重要である。

自然換気に関する論文は多かった。発展途上国でのローコスト換気システムの必要性を一部反映している一方で、工業国の「自然回帰」への興味、永続的社会への回答、現在の機械換気システムへの不満などが反映されているものと思われる。しかし、自然換気が成功したという報告ばかりではなく、一日中或いは年中うまく働くとは限らないと言う報告も多い。したがって、自然換気はいつでもどんな気候下で有効な解決策であると結論づけるべきではなく（不確定性と）妥協しながら使うことが重要であろう。

風力や温度差によって生じる建築内の気流をＣＦＤによって予測する場合には、境界条件の設定に困難を伴う。ある程度建物の周辺の領域についても同時に解かなければならないであろう。これは今後の研究課題である。

⑸新しい話題

最近の日本の超高層建築にはボイド空間（中庭）がしばしば計画されている。この種のボイド空間には様々な機器からの排ガスが排出される。従って、排ガスがどのように拡散するかについて研究を行う必要がある。

3.2.4　室内気流のモデル化とシュミレーション　GR:Dr.Shinsuke Kato

⑴概評

室内気流の研究においては、乱流モデリングとシミュレーションという二つのカテゴリーで発表がなされた。室内気流の予測法は確実に発展している。また、シミュレーション方法を用いて室内気流の分析が多く行われた。

⑵講演内容の項目別解説

①開発

・ＣＦＤ手法（複雑な形状の乱流モデル、放射場計算との連成シミュレーション）

・マクロモデル：汎用性の高い物理モデル

②気流解析

・室内の対流、放射、伝導による熱移動解析

・室内の換気効率の分析

・境界層、（乱流への）遷移、不安定性などの基本的な流れ解析

③乱流モデル

・標準κ－εモデル

・低レイノルズ数型κ－εモデルとその改良モデル（ＬＳモデル、ＭＫＣモデルなど）

・ＬＥＳ(Large Eddy Simulation)(スマゴリンスキーモデル、動的モデル)

※ＲＳＭモデル（レイノルズ応力方程式モデル）の発表はなかった。

④室内空気のＣＦＤ

・２バンド型放射計算と熱伝導解析と連結したＣＦＤ（境界条件の簡素化、対流熱伝達、温度）

・非構造型メッシュシステム

⑤マクロモデル

・流れ要素（フローエレメント）手法を使ったモデル

・制御システムの時間的レスポンス

⑥ＣＦＤ手法

・目標について（特定の境界条件でのケーススタディー、特定の境界条件の変化に対する感度解析）

・境界条件モデリング（単純化）

・乱流モデルの選択

・総計算量の調節（分析グリッド数）

⑦対流熱伝達

・室空気の熱収支から、室内の体積平均温度が決定された。熱収支は、壁からの対流熱伝達量と給気と排気の温度差による熱移動量による。

・放射計算と連成されたＣＦＤ解析を行うためには、対流熱伝達量の正確な見積もりが必要である。なぜなら、対流熱伝達量によって固体表面での熱収支計算における放射熱伝達量の計算値が大きく変化するからである。

・一般対数則に基づく壁関数が多く用いられた。

・低レイノルズ数型κ－εモデルも多く用いられた。

・比較的粗いグリッドを持つＣＦＤシュミレーションにおいて対流熱伝達率を固定した解析が行われた。

⑧空間分布

・換気される室内では、移流と拡散の場において平均の対流が卓越する。言い換えれば、平均風速や平均温度などの平均値の空間分布形成に当たって、乱流拡散はそれほど重要ではない。

⑨モデル選択

・現在のところ、実用的には標準κ－εモデルとその改良モデルが最も広く用いられている。

・乱流の非等方性を考慮した改良型κ－εモデルが考案され、κ－εモデルの適用性が広げられた。

・次なる乱流モデルではＲＳＭを飛び越して、ＬＥＳとなる。

⑩グリッドと計算時間

・シュミレーションの総グリッド数は10,000から1,000,000であった。

・多くの場合、100,000以下のグリッド数が用いられた。

・0.2GFLOPSの計算機で、一つのシュミレーションに要する時間は0.2から500時間であった。

・シュミレーションに必要な総時間は３日から３ヶ月であった。

⑪グリッド分割

・我々は常に不十分なグリッド分割でシュミレーションを行わなければならない。
・我々は不十分なグリッド分割によって生じる問題を回避することは出来ない。
・グリッド分割に対して敏感でない数値解法を用いなければならない。
・不十分なグリッド分割によって発生する誤差が評価されなければならない。

⑫室内空気流動の解析

・ガラスが覆われたアトリウム内の気流が短波と長波の二帯域の放射計算と連成させたＣＦＤを用いて解析された。
・境界条件の変化が室内気流分布に与える影響が検討された。
・室内の換気効率がＣＦＤを用いて解析された。簡単に解析することができ、効率的に換気効率を理解することができる。

⑬人体周りの気流

・人体周りの気流シュミレーションが、開始された。
・我々は将来いくつかの未知の環境に遭遇することになるであろう。
・（それは）いま考えられている新しい建物や新しい乗り物など。
・ＣＦＤと他のシュミレーション技術を用いることによって、そのような環境が人体に及ぼす影響について解析を行うことができる。

⑭基本的流れ

・自然対流、衝突する流れなどいくつかの基本的な流れがＣＦＤによって解析され、それらの性質が考察された。
・これらの研究は新しい乱流モデルや室内気流関連の流れを制御する装置を開発するために役立つであろう。

⑶結論

ＣＦＤと室内の気流分布を予測するための有望な手法であることは確かである。標準$\kappa-\varepsilon$モデルとその改良モデルとがＣＦＤの基礎原理として広く用いられている。$\kappa-\varepsilon$モデルの後継者として有望な手法は、ＬＥＳ（Large Eddy Simulation)であるが、現在のところまだその時機ではないであろう。

室内空気のＣＦＤは、不十分なグリット分割という問題をもっている。グリッド分割の善し悪しにあまり影響されない数値計算方法が開発されるべきである。また、全ての解析結果に対して、不十分なグリッド分割が原因となって生じる誤差が評価されなければならない。

放射解析などと連成したＣＦＤが一般的になってきた。気流の解析を含む建物内での熱移動を詳細に解析することが、建築環境工学の新しい潮流になったといえる。人体のすぐ周りの気流や環境をＣＦＤを用いて解析する研究が始まっている。

3.2.5　室内気流の測定　GR:Dr.Dominique Blay

⑴適用領域

室内空気の測定に関して発表された全ての論文を分類するのは並大抵のことではない。なぜなら、研究の領域は「豚小屋の換気」から「バスの中の熱的快適性」まで非常に幅広いからである。このことは多くの研究者と技術者が室内気流の制御に関心を持っていることを示している。

研究は、二つのカテゴリーに分けることができる。

①応用研究：特定の室内空気をより良く理解しようとする目的の研究

・冷房と暖房
・混合型換気（農業用、工業用、住宅用）
・置換換気
・防火安全性

数多くの研究のなかでも、置換換気に対する関心が高まってきている。

②基礎研究：研究の目的は、噴流や境界層などの流れ要素について研究することにある。結果はコンピュータの計算コードの精度検討に用いられたり、境界条件をより正確に決定するための資料として用いられる。

・鉛直境界層
・浮力噴流
・制限場の室内気流

⑵測定技術

殆どの研究に共通しているのは、風速或いは温度の測定を行っているということである。研究の目的に応じて様々な技術が用いられている。

風速測定：特筆すべきは風速の測定法の新しい試みである。正確な風速が必要とされる場合には、熱線風速計や超音波風速計のような古典的手法が用いられるが、場全体の風速測定法がこれからますます関心を呼ぶものと言える。

・煙による可視化手法とデジタル処理
・粒子追跡法
・粒子画像による風速計測（PIV;Particle Image Velocimetry）

ＰＩＶでは、瞬時にして大きな領域（最大30×30㎝）における風速ベクトル図を得られるという利点を持っているため、室内の風速場の計測にとって非常に有効である。ＣＦＤがここ10年で気流解析に大きな影響を及ぼしたように、近い将来ＰＩＶは風速計測技術に大きな影響を及ぼすであろう。さらに、ＰＩＶとＣＦＤを組み合わせることで、室内気流の複雑な流入条件の設定が可能になるであろう。

温度測定：温度測定に大きな問題があるわけではない。可能ならば、実験における壁面の温度より正確に制御した条件規定が望まれる。実験データはＣＦＤコードの検討の基礎データとなることから、これは非常に重要な問題である。一方、局所的な熱流を直接測定する試みも行われた。熱流量が小さいことからこの種の測定には困難が伴うが、自然換気、自然対流の場での壁面での熱流量計測データが明らかに不足している。

⑶結論

室内気流のよりよい理解と数値計算手法の検討を行うために、正確で適切な実験データが絶対的に必要である。実験は高価であり、従ってなかなか行うことができないにも関わらず、質の高い実験の必要性はますます高くなっている。

以上が最終日のＧＲによって紹介された一般講演の全容である。詳しくはProceedingを参照されたい。

3.3　ワークショップ

ワークショップでは、IEA Annex 26「エネルギー効率の良い大空間の換気」が報告された。当

日配布された別冊資料の目次を紹介する。

ワークショップのプログラム

議長：S.Murakami

1．はじめに	A.Moser
2．解析と予測の技術	P.K.Heiselberg
3．測定と数値解析の実例	
(1)De Montfort大学	R.Walker
(2)実験用アトリウム	S.Kato
(3)Gjovikオリンピックホール	H.M.Mathisen & A.Schaelin
(4)ガラス繊維補強プラスチック工場	J.Fontaine & S.Collineau
(5)ミュンヘン体育館	D.muller
4．設計原理指針	R.Waters & H.Yoshino
5．討論	議長：U.Renz

3.4　その他

その他、下記のようなイベントが催された。非常に盛りだくさんで実りの多い会議であった。

①ビデオセッション：8題の発表が行われた。ＣＦＤコードのデモンストレーションや可視化映像の紹介、設計用アプリケーションの紹介などが行われた。

②技術展示：21社が出展した。

③レセプション：会議の始まる前夜、世界中から集まった研究者たちが和やかな雰囲気でだんらんのひとときをもった。

④バンケット：ロイヤルパークホテル日航にて行われた。豪華絢爛で非常に華やかな雰囲気であった。

⑤テルニカルビジット：大成建設㈱技術研究所、旭硝子㈱中央研究所、みなとみらい21熱供給㈱・よこはまランドマークタワー、東京国際フォーラム・東京大学生産技術研究所

など合計４つのツアーが企画された。

4. おわりに

次回のROOM VENTは、２年後1998年にスウェーデンのストックホルムにて開催される予定である。スウェーデン王立工科大学 T.G.Malmstrom氏が議長を勤める予定と聞く。今回のROOM VENT'96をきっかけにして、数多くの日本人の研究者、技術者の参加が期待されるところである。

表1　ROOM　VENT'96の概要

日　　時	1996年7月17日（水）～19日（金）
会　　場	パシフィコ横浜（横浜市　横浜みなとならい21地区）
主　　催	空気調和・衛生工学会、ＳＣＡＮＶＡＣ、東京大学生産技術研究所　ＡＳＨＲＡＥ
協賛・後援	ＩＥＡ（Annex26）、日本建築学会、可視化情報学会、空気清浄協会、㈶ベターリビング、㈶住宅・建築　省エネルギー機構、横浜市、㈶トステム建材産業振興財団、他
言　　語	英語（同時通訳、逐次通訳あり）
登録参加者	国内参加者245名（うち同伴者3名） 海外参加者142名（うち同伴者10名） 登録者総数387名（うち同伴者13名）
機器展示のみの参加者	202名
会場議長	東京大学生産技術研究所　村上周三　教授

3－2　周期構造を有する人工境界壁の電磁波反射特性の研究

東京工業大学
教　授　安　藤　　真

ICEAA95:International Conference on Electromagnetics in Advanced Application
電磁界理論とその先端的応用に関する国際会議
Politechnico di Torino　トリノ工科大学、イタリア（1995年９月12日～17日）

1. 開催概要

本会議は、宇宙航行および航空関連の電磁界理論を議論する特色ある国際会議として始まり４回の歴史を持つ会議である。殆どが、トリノ工科大学を会場としているものである。本年度は、170編以上の投稿があり、このうち約100編が採択され発表された。本年から会議名も、先端的応用と名付けられたように、基礎理論の議論に加えて、これを駆使した様々な応用が、提案されている。近年の関連会議も同様であるが、(1)計算機パワーの発達により可能となった巨大シミュレーション、(2)アンテナ設計や、散乱断面積の制御などに有効なグラフィック技術の提案、(3)現象の物理的理解を深めるためにも有効な近似解法の研究などが数多く発表された。会期は４日間で２日目には夜８時からバンケットがあった。会議は２部屋のパラレルセッションで行われ、午前を４時間、午後を４時間として、昼休みを１時～２時半としたため、午前も落ちついたセッション構成となっていた。筆者は、14日の午前の“Numerical Techniques”の座長を務めるとともに、15日午前中に論文の発表を行った。

参加者は約100人で規模は小さいが専門の近いものが集まっているので、セッション中の質問や、コーヒーブレイクでの討論はとても熱心なものであった。さらに、昼食も参加者が一同にとるよう設定していたので、セッションでの議論の続きを行ったり、質問をするのが容易でなかなか好評であった。これは、他の規模の大きい国際会議ではなかなかできないことである。国際会議の一番の目的が研究者間の技術交流であるとすると、今後企画する会議にはぜひ反映させてゆきたい。

最後に会場は約150人収容の記念講堂であったが、ＯＨＰ、プロジェクタ、ビデオ、照明など、講演を行うのに最適な設備が備えてなり、トリノ工科大学の評判を上げるのにも一役買っていると思われるほどであった。

2. 講演内容と質疑内容

筆者は14日に“Numerical Analysis”のセッションで座長を務めるとともに、15日の最終日に“PO Doffraction Coefficients for Periodic Surface-Strip Array on a Grounded Dielectric

Slab-(周期構造に対する物理光学回折係数＜誘電体基板装荷ストリップアレー＞）と題して講演を行った。主な内容は、コルゲート構造と同じ性質を持ち、はるかに製造が容易な誘電体基板ストリップアレーについて、有限寸法からの散乱波を正確に簡単に計算するための回折係数を初めて導出したものである。申請者らが等方性反射板に対して以前に提案した一様回折係数の和として異方性境界壁の回折係数が表現される。この回折係数は、誘電体基板装荷ストリップアレーの総ての構造パラメータおよび入射の方向と偏波、そして有限板の周囲形状の関数として与えられており電卓で計算可能である。より一般的な意味では、異方性周期構造の散乱解析のための新しい手法を提案するものであり、高周波理論にもとずく導出と、実験による検証をおこなったものである。講演後、高周波回折理論に関してのリビュー記事をIEEE（米国電気電子学会）のマガジンへ寄稿するよう要望があった。本講演での異方性板からの散乱解析の成功により、筆者らの提案している等価端部電磁流法の一般的な有効性が広く理解された結果であると考えている。講演に対するおもな質問内容として次の３つがあった。

(1)具体的な回折係数が、円周上でどのように変化しているか。入射波の偏波が場所により変わる事がどのように計算に反映されるか。円周上のすべての点で、入射波の偏波、ストリップの方向の変化を考慮した局所的係数を定義している。したがって、回折係数は場所により異なる値となっている。高周波近似の意味で精度が保証されるが、実験では10波長程以上の散乱体では十分な精度を有することを認識してる。

(2)回折係数による等価端部電磁流の面積分の値と、物理光学近似の意味での等価面電磁流の面積積分の結果との一致はどうか。非常に核心を突いた良い質問であった。主偏波については、完全に一致するものの、交差偏波ではずれが生じることを図で例を示して説明した。マックスウェルの方程式の解である電磁界と、自由に描けるストリップ列の関係から、線積分が面積分で近似できない場合があることは必然であることと、観測点における観測偏波によっても結果が影響を受けることを説明した。

(3)異方性反射板からの散乱波解析、および地板をストリップ列にして指向性を制御するアンテナの、具体的な応用に関して質問があった。移動体通信や屋内無線ＬＡＮにおける、壁や床における反射散乱と多重波伝搬の解析、さらにはトンネル内電波伝搬環境に適したアンテナ指向性の実現など、一般的に未開拓な研究分野、応用分野が多いことを回答した。

Optical Fiber Science and Electromagnetic Theory(OFSET95)
電磁界理論日中合同会議
天津大学、中国（1995年９月19日～25日）

1. 開催概要

電磁界理論および光ファイバーに関する日中合同研究会は電子情報通信学会の電磁界理論研究専門委員会と中国通信学会の共催で開催された。約200人の参加者があり、招待講演を含み100件の発表があった。日本からは電磁界理論の論文が、中国からはファイバーを用いたネットワーキングの論文が数多く発表された。会場は電磁界理論とファイバーとで２部屋並行のプログラムが組まれた。

2. 講演内容と質疑応答

申請者は、“High Frequency Diffraction Analysis of Electromagnetic Waves”（電磁波の高周波散乱解析）と題して招待講演を行った。高周波近似の一つである、物理光学回折係数については、より一般的にインピーダンス境界における物理光学法の妥当性確認に加え、放射面積分をすべて解析的に表現する試みの中の一つと位置づけし説明を行った。反射鏡アンテナへの応用に関する具体的な質問と、異方性反射板への応用に関する質問が出された。中国では、現在はアプリケーションに関心が集中している様子が窺えた。

3－3　環境デザインの新手法開発のためのワークショップ

芝浦工業大学建築工学科
教　授　藤　井　博　己

1. はじめに

芝浦工業大学大学院建設工学専攻において、ロシアのモスクワ建築大学とフランスのパリ・ベルヴィ建築大学との間で、新たな環境デザインを目指したワークショップを開催しました。提携校の教員（専門家）と大学院生が参加し、東アジア（東京）、東欧（ルーマニア）、西欧（パリ）を開催地として歴史的環境との関わり合い、ライフスタイルと住宅の関係、都市（地域）開発の新たな動向といったテーマを論じ合い、今日の環境デザインと建築のありかたについて、学生のトレーニングを兼ねた実地の現場においてテーマの分析とプロジェクトの制作を行いました。

2. ワークショップ実施日程及び参加者

●合同ワークショップの開催（東京）

参加大学	芝浦工業大学
	パリ・ベルヴィル建築大学
実施日程	1995年７月14日～８月11日
参加教員	藤井博巳教授　曽根幸一教授（芝浦工大）
	ロラン・サロモン教授（パリ・ベルヴィル建築大学）
参加学生	大学院生　11名（芝浦工大）
	大学院生　９名（パリ・ベルヴィル建築大学）
テ ー マ	臨海副都心と芝浦地区を対象として、ウォーターフロント開発の現況、都心型の住機能のありかたに焦点を絞った、新たな住空間モデルの作成
ワークショップの内容	1)教員、専門家による講義
	2)他都市（大阪、高松、いわき）の視察
	3)東京臨海副都心の調査分析
	4)都市計画、建築設計、プロジェクトの制作及び講評

●合同ワークショップの開催（ルーマニア・スチァーヴァ）

参加大学	芝浦工業大学
	モスクワ建築大学
実施日程	1995年７月16日～８月13日

参加教員　大和田義正教授（芝浦工大）
ナタリア・ルサコバ教授（モスクワ建築大学）
ハンナ・デレル助教授（ブカレスト・イオン・ミンク大学）

参加学生　大学院生　10名（芝浦工大）
大学院生　10名（モスクワ建築大学）
大学院生　5名　（ブカレスト・イオン・ミンク大学）

その他の専門家　水島信（建築家）
アンカ・ペテルスク（建築家）

テ ー マ　ルーマニア北部のモルドヴァ地方の主邑スチャーヴァにおいて、歴史的環境の保護と地震対策を兼ね合わせた、新たな計画の指針を策定

ワークショップの内容　1)教員、専門家による講義
2)他都市（トランシルヴァニア、ウクライナ）の歴史都市・木造建築の視察
3)モルトヴァ地方の歴史的環境の視察
4)地域計画、建築修復プログラムの作成ならびに講評

●合同ワークショップの開催（パリ）

参加大学　芝浦工業大学
パリ・ベルヴィル建築大学

実施日程　1996年2月11日～3月12日

参加教員　藤井博巳教授（芝浦工大）
ロラン・サロモン教授（パリ・ベルヴィル建築大学）

参加学生　大学院生　8名（芝浦工大）
大学院生　7名（パリ・ベルヴィル建築大学）

その他の専門家　赤堀忍（建築家）

テ ー マ　「Espace Modern」の基本の習得を中心に、歴史的建築の中でいかに新しい建築を取り入れるかを学ぶ

ワークショップの内容　1)教員、専門家による講義
2)パリ市内あるいは近郊都市の都市計画を視察
3)新たなパブリック・スペースならびに集合住宅の設計、講評

3. 研究成果をめぐって

日欧間における都市環境や環境デザインに対する取り組みは大きく異なっている。しかも、旧ソ連や東欧といった、これまであまり注目されてこなかった地域の問題がグローバルな角度から大きく浮かび上がり、従来の方法論では必ずしも十分ではなくなっている。そこで日欧間の合同ワークショップ｛開催地：東京、スチャーヴァ（ルーマニア）、パリ｝を通して、それぞれの土地における固有の問題を掘り下げ、また東アジア、東欧、西欧というそれぞれ異なった場所での歴史的環境との関わり合い、ライフスタイルと住宅との関係、都市（地域）開発といったテーマを互いに論じ合い、新たな環境デザインの方法論の構築を目指した。

今回のワークショップでは、単に学生の経験や知見を増すだけでなく、異なった文化間を繋ぐ新たなパラダイムの発見に寄与するとともに、以下の事項に研究の成果が見られた。

⑴それぞれの地域に則した問題の発見とそのグローバルな切り口の発見。（例えば、ウォーターフロント、歴史的環境、工場跡地といったものの今日的問題）

⑵個々の環境問題に則した独自の住空間モデルの策定と、その建築的なディテールの開発。（例えば、東京における工業部材の採用、東欧における伝統的な木と石の構法の活用、パリにおける新たな都市設備の開発）

⑶日本、東欧、西欧を繋ぐ国際的ネットワークの強化と、データベースの相互の交換

⑷大学院教育における新たな方式の確立と国際交流。

以上は、今回実施した合同ワークショップの内容とその研究成果の要約であるが、ロシア、フランス、日本との共同教育研究所というフレームの中で、相互理解を増していくことは、将来的に極めて必要度の高い課題である。この交換授業をさらに継続していくことによって、多くの世界の専門家が他国の文化や都市に触れる機会がつくられ、それによって豊かな文化的相互理解が可能になると考えられる。

4－1　建材用アルミニウム押出形材の曲げ加工技術

社団法人軽金属学会押出形材成形法部会
部会長　上野　恵尉

1. はじめに

研究テーマ「建材用アルミニウム押出形材の曲げ加工技術」に関するシンポジウムの開催

建築デザインの多様化により、使用されるアルミニウム押出形材を高精度に曲げ加工することが要求されてきているが、これまで系統的なデータがなく、経験的なノウハウの蓄積によって行われているのが実情であった。

軽金属学会では、産学共同の研究組織を設置し、研究データを蓄積してきたが、その研究成果をアルミニウムの押出し産業の盛んな富山県高岡市において開催し、多数の参加者をもって活発な質疑応答がなされ、盛会裡に終えた。

開催日：平成8年6月7日
会　場：高岡地域地場産業センター（富山県高岡市）
参加者人数：126名（講師含む）
内　容

1．建築用形材の曲げ加工の課題	：三協アルミニウム工業㈱	木下　茂
2．形材の製造技術	：古河電気工業㈱	松岡　建
3．形材曲げ加工技術の特徴	：日立製作所㈱	上野恵尉
4．各種曲げ加工技術		
(1)　回転引き曲げ	：東京都立科学技術大学	坂木修次
(2)　プレス曲げ	：東京都立大学	西村　尚・長谷川 収
(3)　圧縮曲げ	：職業能力開発大学校	森　茂樹
(4)　押通し曲げ	：電気通信大学	村田　真
5．形材曲げ加工シミュレーション技術		
(1)　ＦＥＭ解析	：東京理科大学	星野倫彦
(2)　簡易解析	：神奈川工科大学	遠藤順一

2．開催報告

平成8年6月7日に高岡地域地場産業センターにおいて、「建材用アルミニウム押出形材の曲げ加工技術」と題するシンポジウムを開催した。参加者は126名（含む講師）でこの種のシンポジウムとしては、大変な盛況で講師、聴講者ともども有意義な情報交換ができたことを主催者と

して、満足している。
講演題目と講師氏名は前述の通りでいずれの方もその道の第一任者である。

3．概　　要

「建材用アルミニウム押出形材の曲げ加工技術」

本セミナーで用いたテキストは4章からなっており全108ページの技術内容が記述されている。

第1章は押出形材の製造方法と機械的性質である。

製造方法としては、代表的なA6063S形材の製造工程を図1に示す。主な工程は溶解、鋳造、熱間押出しがあるが、合金によっては均質化処理を省略したり、逆に熱間押出しの後に溶体化処理を別に行う場合もある。形材の断面形状の設計では、図2に示す形材断面のように、ソリッド、ホロー、セミホローに分類される。それぞれの断面形状について押出しの難易、限界を示している。さらに、アルミニウム押出しの今後の動向についてまとめた。

機械的性質では、形材断面内強度分布を小形の試験片に使用して詳細に調べた。押出し材は断面内で強度、延性に差があるという報告もあるが、40㎜角と断面寸法が小さいこともあって、本研究の範囲内では差がなかった。また、長手方向についても強度差を調べたが同様に差がなかった。実験に用いた4種類の材料についての一般的な機械的性質を一覧表にまとめた。

第2章は各種曲げ加工法である。

対象とした形材の形状は図3に示す3種類（曲げ方向を考慮すると6種類）であり、各断面形状について材質、肉厚を含めるとそれぞれ16通りになる。次に、試みた曲げ加工法別に以下に結果を示す。

①均等曲げ：均等曲げは形材を均一な曲げモーメントのみで曲げる方法で、曲げの最も基本となる方法である。均等曲げの実験結果をまとめると、曲げ加工度の増加に従って横断面形状に、フランジの落ち込み及びウエブの膨らみ変形が発生する。加工度がある限界に達すると、圧縮フランジより座屈によるしわが発生する。座屈限度に及ぼす板厚の影響は大きく、板厚が2倍になることによって、座屈限度の加工度は、4～8倍になる。均等曲げにおける曲げモーメントは、n乗硬化則に従う材料とする単純理論で推定することが可能である。プラスチック積層中子の使用は有効である。

②プレス曲げ：3点曲げの代表であり、パンチとダイを用いて曲げる能率のよい方法である。形材には主として曲げモーメントが作用し、金型からの拘束も弱く、製品形状寸法精度は高くない。また、曲げ角度の限界が厳しい。プレス曲げの実験結果をまとめると以下のようになる。T材では、割れ限界が厳しい、O材では、延性が大きいため割れは生じない。A型断面とB1型断面の加工性に大きな差はないが、B2型断面のリブはフランジしわの抑制効果が大きく、中子を使用しなくても加工性は良好である。C1型断面は断面変形が大きく成形品としての価値は低い。C2型断面は金型の剛性が十分であれば、中子の使用でウエブしわの抑制が期待できる。ピアノ線を中子として使用することにより形材の断面変形の抑制、屈服、割れの抑制といった中子の効果を確認した。

③圧縮曲げ：圧縮曲げ（押し通し曲げともいう）は最も一般的な曲げ加工法である。形材を固定曲げ型と締め付け型との間でクランプし、回転押し型によって形材を固定曲げ型のまわりに押し付けて加工する方法である。この方法は金型の構造が比較的簡単で、作業能率も高く、曲げ

角度も180度まで加工できるなどの利点がある。しかし、形材には主として曲げモーメントが作用するため、片肉やしわが出やすく、曲げ半径はあまり小さくはできない。圧縮曲げの実験結果を以下に示す。Ｂ２型断面は、Ａ，Ｂ１に比べてフランジしわの抑制効果が大きく、加工限界は向上する。また、Ｂ２のしわ抑制効果は小球マンドレルを使用した場合よりも高い。しかし、ウエブにまでしわが進行するような厳しい曲げ条件では、Ｂ２であっても良好な曲げは難しい。Ｃ３はＡ，Ｂ１に比べて曲げ中立面が圧縮側に寄っているため、圧縮側のひずみが小さくフランジしわの発生が遅れ、加工限界が向上する。

④回転引き曲げ：この方法も形材の曲げに最も多く用いられている方法である。形材を回転曲げ型と締め付け型の間でクランプし、回転曲げ型を回転させ、回転曲げ型と圧力型との間で加工する。形材には、曲げモーメントの他に軸方向の引張りが作用すると共に、曲げ変形が行われている近傍が回転曲げ型、圧力型、当て金、マンドレルで拘束され、自由変形が生じる箇所が少ないので、曲げ内周側での座屈も生じにくい。この方法はマンドレルは移動の必要がないので、活用されることが多い。回転引き曲げの実験結果では、断面形状をＢ２にすることにより、マンドレルなしでも曲げが成功するようになる。また、曲げが成功しない場合でもＢ２を選択することにより断面形状のゆがみ等が抑制される。マンドレルなしの条件では、断面形状Ｃ１については、全ての条件でフランジの倒れ込みとねじれ現象を生じる。また、断面形状Ａの結果を見るとＯ材では曲げ成功領域が現われているものの、Ｔ材では曲げ成功域がなかった。Ｂ１断面についても同様な結果が得られた。マンドレルとしてアルミナ粒子を用いた場合のＡとＢ２断面形状における変性モード境界線図を見ると、Ｏ材では広い範囲で曲げが成功しているが、Ｔ材では成功領域は少ない。しかし、Ｂ２にすると、Ｔ材の成功領域が広がる。

第３章　曲げ加工における数値シミュレーションでは、有限要素法の概要、曲げ加工への適用事例、形材の曲げ加工への汎用ＦＥＭソフトの適用についてまとめてある。有限要素法による解析手順としては、⑴解析対象を節点で連結された要素の集合体としてモデル化する。⑵各要素の剛性を計算する。⑶各要素の剛性からモデル全体の剛性を計算し、剛性方程式を作る。⑷境界条件を既知の節点変位と節点力として剛性方程式に与える。⑸剛性方程式を解析し、未知の節点変位と節点力を求める。⑹各要素のひずみと応力を計算する。具体的にはホロー材のプレス曲げの解析をＪＯＨ／ＤＡＹＮＡ３Ｄ（陽解法）によって行った。パンチ直下の横断面の各頂点の移動量、長手方向のひずみ分布パンチ直下の横断面形状などが、解析によって求められた。その結果と上述した実験結果とを比較したところ良い一致が見られた。

第４章　押出形材の曲げ加工事例では、自動車部品の加工事例と、建築部材の加工事例について記述してある。自動車部品では軽量化の目的で多くの事例が示されている。ショルダーベルトガイドレール、バックウインド、ファンシュラウド、エアインテクマニホールド、ルーフラック、さらに、将来の自動車軽量化の切り札スペースフレームなど興味深い事例が多く紹介されている。建築部材では表１に示すように、形状分類と製品例が示され、事例として、ビル用サッシ、カーポート、高欄、オーダーサッシなどが写真入りで紹介されている。

以上の講演の後、質疑討論に入り、約40分間講師と聴講者との間で熱のこもった討論が行われた。質問は、実用的な内容のもの、曲げの理論に関するものなど多彩であった。総じて有意義なシンポジウムであったと講師一同感じている。

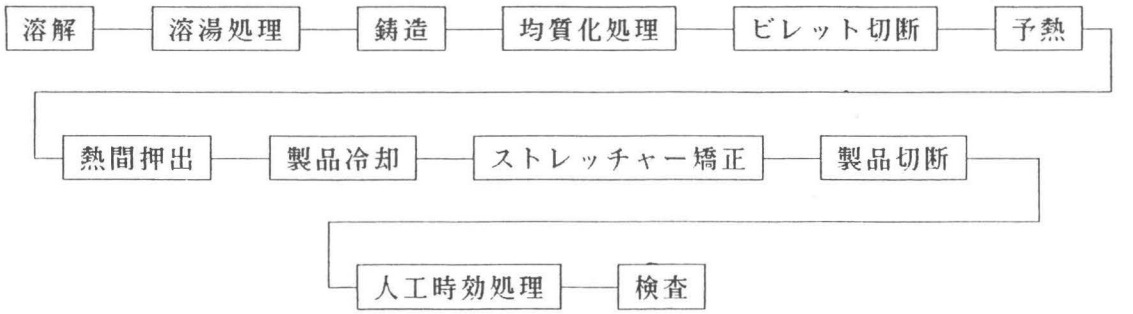


図1　　A6063S－T5形材の製造工程フローチャート

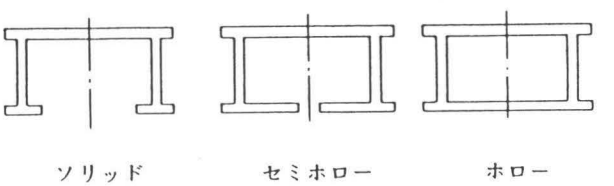


図　　押出形材の断面形状による分類

材質・熱処理	A6061-T6, 0 及び A6063-T5, 0
板厚 to	1.0, 1.5, 2.0, 3.0mm
高さ Ho、幅 Wo	40mm（Ho, Wo とも）

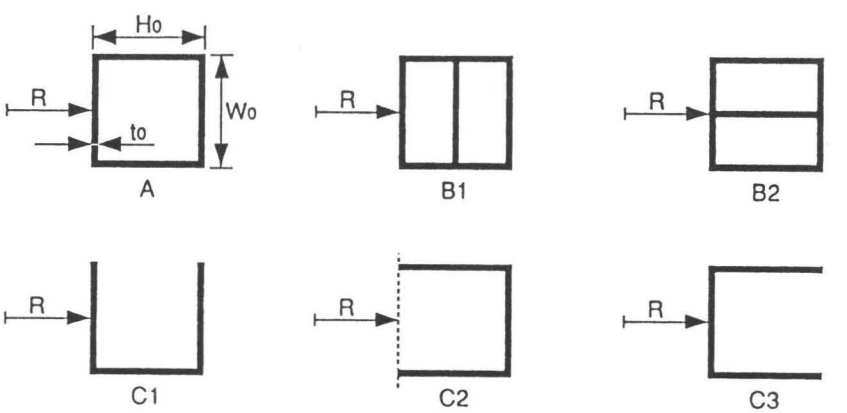
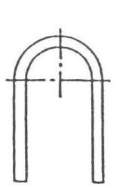
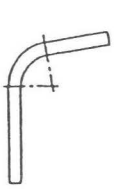
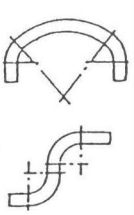


図　　形材の断面形状と曲げ方向

表　　曲げの形状分類

分類	アーチ形	コーナー形	フルアール形	多角(複合)形
形状				
製品例	アーチ窓 玄関ドア	サンルーム カーポート	アール付出窓 アーケード	バルコニー カーポート

4－2　公開シンポジウム：高断熱高気密住宅をめぐって

東北大学工学部建築学科
教　授　吉　野　　博

1. はじめに

省エネルギーや健康性、快適性の向上に対する要求などにより、高断熱高気密住宅が北海道を除く地域においても普及してきている。しかしながら、その性能については十分に評価されているとはいえない。また、高断熱高気密住宅に対しては、室内空気質の問題や夏の暑さを懸念する声も聞かれる。一方、建設省では、住宅に対する省エネルギー基準の見直しの作業を開始している。このような状況のなかで、平成８年３月８日（金）午前10：00から午後５：00、仙台市シルバーセンターにおいて、関連の学協会、研究グループが相集い、高断熱高気密住宅の室内環境やエネルギー消費の実態を報告すると同時に省エネルギー基準の見直し作業に関わっている方々より、検討している内容について報告していただき、併せて関連する諸問題について、ディスカッションを行った。参加者350名。

2. 高断熱高気密住宅における室内環境評価

第１部は司会三浦秀一氏（東北芸術工科大学）のもと、高断熱高気密住宅における室内環境評価について具体的な調査例やその活用について６名の講演者より講演が行われた。

まず始めに長谷川兼一氏（東北大学）は、寒冷地を対象としたアンケート調査について報告した。アンケートは北海道、東北、北陸地方及び長野県その他の地域における高断熱高気密住宅を対象としており、設備、住まい方、エネルギー消費量、室内環境の問題点等について調査した。冬期における温熱環境の向上が確認される一方、換気設備の運転や乾燥の問題点等が指摘された。

石川善美氏（東北工業大学）は、仙台市および盛岡市における室内環境調査について報告した。前報告における調査対象の中から16件の住宅を選び、夏期、冬期の熱空気環境の実測調査を実施した。冬期の温熱環境は良好に保たれているものの、夏期は外気温よりも高くなる住宅が多いこと等が確認された。

赤林伸一氏（新潟大学）は、新潟地域における室内環境調査について報告をした。展示用モデルハウスを用いて、暖房方式を違えながら温熱環境の実測、灯油使用量の記録を行った。床暖房は室温が安定し、上下温度差も小さいこと、夏期において夜間の室温と外気温が逆転すること等を明らかにされた。

山岸明浩氏（信州大学）は、長野地域における室内環境調査について報告した。断熱気密性能と温熱環境の実測及びアンケート調査の結果との関係について考察を行っており、断熱気密性能

が高い住宅ほど、冬期の室内温熱環境は向上すること、居住者の意識もそれに対応していること等が確認された。

澤田紘次氏（八戸工業大学）は、八戸地域における室内環境調査について報告した。高断熱高気密住宅3戸と一般の住宅2戸を対象に、温湿度を実測した。日射遮蔽の配慮不足による夏期の室温の高温化や、少数の暖房機器による集中的な暖房による部屋間の温度差、上下温度差等が指摘された。

吉野博氏（東北大学）は、環境設計データベースの作成とその意義について報告した。今後、良質な建築を社会ストックとして残すために、住宅完成後の環境性能並びにエネルギー消費に関するデータを蓄積し、データベースを作成することの必要性、データベースの項目、応用例等が説明された。

この後、会場と活発な議論が交され、最後に澤田氏より第1部のまとめと今後の課題について総括がなされた。

3. 次世代省エネルギー基準の方向

はじめに司会（松本真一、東北大学）より、第2部の趣旨が説明された。現在策定作業の進められている、いわゆる「次世代省エネルギー基準」について、その策定作業に直接係わっておられる下記の先生方より、策定基準の概要、特に基準の定められた背景について、紹介いただくというのがその趣旨である。

1．住宅における省エネルギー施策の概要：安藤尚一（建設省住宅局　住宅生産課・課長補佐）
2．高断熱・高気密化と次世代省エネルギー基準の考え方：坂本雄三（東京大学大学院工学系研究科　建築学専攻・助教授）
3．気密性能：吉野博（東北大学工学部　建築学科・教授）
4．換気設備：澤地孝男（建設省建築研究所第5研究部　設備計画研究室・主任研究員）
5．海外の動向：唐津智行（旭ファイバーグラス　グラスウール事業本部・企画管理室長）

講演は上記の順に一人ずつ行われ、最後に質疑応答の時間が設けられた。

最初に、安藤氏より、今日の我が国におけるエネルギー事情、輸入住宅等高性能住宅の出現、基準の国際化を背景として、いわゆる「新省エネルギー基準」を見直し、新しい「次世代省エネルギー基準」を策定していることの国策としての意義についての説明があった。また、それにリンクした住宅金融公庫制度改正の動向、新エネルギー導入の推進、環境共生住宅の普及についての補足説明があった。

坂本氏は、「次世代省エネルギー・環境基準」策定の基準部会の主査として、基準の基本的な考え方（目的とコンセプト）について解説し、'96年2月中旬時点での検討案を紹介した。単に省エネルギーのみを睨んだ基準ではなく、良好な室内環境を達成するための環境基準であるところが強調された。

吉野氏は「気密性能基準」に関する作業部会の主査の立場から、気密化の目的、新しい基準の考え方と基準値案、気密性能の現状について解説した。また、基準値を設定するにあたって行われた数値シミュレーション結果について補足し、気密性能は換気設備とリンクして設定しなければならないことを示した。

次に澤地氏より、換気設備に関する「次世代省エネルギー住宅」の方向についての解説がなさ

れた。防露・空気質維持・省エネルギーを同時に達成することはトリレンマとでも言うべき、難しい問題であるため、規定を導くには合理的・システマティックな手順が必要であると述べ、そのフローチャートを示した。また、軀体の気密性能と換気設備を変化させた住宅モデルの計算例を紹介し、住宅全体のシステムとして換気設備を捉えなければならないことを示唆した。

最後に唐津氏は、諸外国における基準の決め方と基準値の現状を紹介し、策定中の「次世代省エネルギー基準」が国際的に見てどのような水準にあるか解説した。諸外国においても基準が強化される方向にあるが、「次世代省エネルギー基準」もその流れの中に位置付けられ、諸外国と足並みをそろえたものであることを示唆した。

質疑としては、気密性能の基準と施工技術との関係、環境基準としての「次世代省エネルギー基準」のコンセプトについて活発な質問・意見が交わされた。

4. 高断熱高気密住宅の諸問題

関係する分野から4名が参加してパネルディスカッションが行われた。

司会の佐藤宏氏（河北新報社）から、温暖な地域での可能性、換気の必要性、健康への影響などについて使う立場から見た感想が述べられ、各パネラーの発表の後、幾つかの話題についた討論が行われた。

二郷精氏（設計集団「空」）：建築家の立場から、石油、石炭、ウランのエネルギー資源の枯渇、今後の急速な人口増加などに基づき、エネルギーを無駄にしないで使うことの重要性を述べた。日本の輸入木材の量が非常に多いことを指摘して、森林資源の減少を防ぐためにも耐久性のある建物が必要であるという説得力に溢れる説明があった。そして高断熱高気密住宅というシステムは、エネルギー資源を有効に利用できることと、建物の耐久性が向上することから、注目される時期が来たと述べた。一方、東北地方の生活習慣について縁側や2間や3間続きの部屋などの例を挙げ、すべての空間が高断熱高気密であることには疑問を投げかけた。そして外部環境も含めたシステム的な検討が必要であり、「環境共生」という見方を提案した。

田中正敏氏（福島県立医大）：医学の立場から空気や温度が人体の健康へ及ぼす影響について述べた。空気と健康の関係は酸素補給、体熱放散、有害物質（空気汚染、微生物など）から考えられ、酸欠、CO中毒の症例、新建材から発生するホルムアルデヒド、かび、アレルギー（アトピー性皮膚炎、鼻アレルギー、気象病、季節病）などについて豊富なデータを基に広範な解説を行った。また最近の人間が暑さ寒さに弱くなってきていると指摘し、住まい方を考える必要があると述べた。

小玉佑一郎氏（建設省建築研究所）：住宅研究の立場から、会場で配布された資料を基に明確な説明があった。日本では暖房デグリーデイが地理的に大きく異なるので、日本に合った考え方が必要である。また室内の温熱的快適さを追求する上では、エネルギーを投入するだけではなく、建物の性能を上げる方法が重要であり、地域に合った高断熱高気密の仕様があるべきとの見解を示した。快適な環境を実現する技術はあるので、暖房のための負荷、日射の遮蔽、冷房の有無、リスクへの対処などを考慮した熱の流れの設計が可能となる。

鎌田紀彦氏（室蘭工業大学）：高断熱高気密住宅の普及に早くから携わった立場から、30年前に断熱材が使われ始めてからの経過を、断熱材の効果、閉鎖系と解放系の住宅の考え方などを基に概観した。10年前に高断熱高気密が始まり、断熱材を使って実感のわく住宅がようやく出てき

たとのことである。また高断熱高気密住宅の夏の問題について、日射遮蔽が不十分であることが主な原因であると指摘した上で、住宅30戸の調査を基に夏の住まい方を実例を挙げて提案した。

討論は、夏の暑さと湿度について行われた。パネラーの意見を以下に要約する。

小玉氏：夏の暑さについては、夏は冬と比べて室内外温度差が小さいので、断熱の効果は大きくはならない。従って、日射熱の遮蔽と外気の取り入れが重要である。ただし、リスクである冬の結露は防がねばならない。また地域性を考慮する上では、様々な曖昧な事柄に対する対処が大事であるが、手段として断熱気密化、外界エネルギーの利用、外界との共生がある。

二郷氏：断熱気密化は必要であるが、温熱感覚がクライアントにより個々に異なり、プランも3間続きなどがあり、これらは地域的、歴史的背景をもっている。それぞれの地域に応じた対処が必要となる。

田中氏：生理的な面からは、成人裸体で30℃以上になると作業能率が低下する。子供は生後数年で汗腺数が決まってしまうのでは夏は暑くあるべきであるが、老人は暑さに弱い。地域的に言うならば、福島、山形は夏暑く冬寒いという特徴があり、冷房の普及率が30～40％であり、これらを考慮する必要がある。

鎌田氏：夏は涼しくする工夫が必要で、昼は暑さの主な原因である日射を遮蔽、夜は通風して外気を取り入れることで制御ができる。盛岡では午後6時に戸を開けて、翌朝午前6時に戸を閉めるという方法を取った実例がある。

小玉氏：湿度については、夏型結露に対しては断熱材やクーラーで対処できる。冬型結露については水蒸気の排出方法の工夫で対処できる。

二郷氏：東北の湿度についてはアンケート結果によれば、住んで満足という家に結露とかびの発生がある場合が見られた。一律に基準値を決めてしまうのは危険である。実際の設計では断熱材とペアガラスで対処している。

田中氏：人体中の水分は子供70％、成人60％、老人50％と齢を重ねると少なくなる。ビル管法では40～70％という基準があり、冬には加湿、夏には除湿が必要となる。なお、ダニ、かびの発生防止には30％以下としなければならない。

鎌田氏：個人的には快適なはずの20℃60％の状態で30分後には不快となった経験がある。湿度の感覚は何か別な共通しているものを考えねばならないのだろうか。

小玉氏：その湿度で快適かどうかの判断は居住者が決めるものであり、設計者は微調整の手段を提供すべきである。

最後に司会が、環境破壊を無くし、エネルギーを大事に使うことが必要であり、今後はより高断熱高気密住宅に注目し、普及すべきであるとまとめを述べた。

編 集 後 記

平成７年度研究助成の成果をまとめ、第４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て有難うございました。

1998年３月

第４回（平成７年度）研究助成成果報告書

1998年３月26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