第14回（平成17年度）
研究助成成果報告書

２００８年３月

財団法人トステム建材産業振興財団

はじめに

我が国の住宅を質の高い豊かなものにして、世界に誇れる住宅大国を実現したいと願ってまいりました。

今、長寿の時代を迎えて、快適で健康的な生活を長く楽しむことができる住環境を整えることが、以前にも増して、強く求められます。

また、このための住宅投資の活性化は、雇用の拡大や、経済の持続的成長の主柱として期待されています。

このような社会的ニーズにいささかなりとも寄与したいと考え、弊財団では、平成4年設立以来、『住宅および建材産業の分野におけるすぐれた調査・研究・開発』について、研究助成を続けてまいりました。平成19年度までの助成実績は、延べ613件、6億5,124万円に達しております。

今回の助成成果報告書は、このうち、第14回（平成17年度）に助成を行なったものを中心に、研究成果の「要約」をまとめたものであります。これらの研究を通して、これからの住宅・建材産業の発展に貢献できれば幸いに存じます。

弊財団としては、今後とも研究助成を充実させてまいりますので、よろしくご支援のほど、お願い申し上げます。

財団法人トステム建材産業振興財団
理事長　潮田　洋一郎

※ 研究報告書の「全文」をご希望の方は、該当の研究テーマ名を記して、
弊財団事務局にご連絡ください。

財団事務局　〒136－8535　東京都江東区大島2丁目1番1号
TEL　03－5626－1008
FAX　03－5626－1033
http://www.tostemfound.or.jp

はじめに

第１部　調査研究

04-09　光路間平均換気量測定法の実用化に関する研究
東京大学大学院 新領域創成科学研究科 助手 熊谷 一清----------1

04-11　ヒートアイランドを緩和する瓦屋根の材料・構造等に関する調査開発研究
神戸大学 工学部 建設学科 教授 森山 正和 ----------3

04-16　リサイクル集成材に利用可能な廃木材量に関する研究
北九州市立大学 国際環境工学部 環境空間デザイン科 助教授 福田 展淳---------7

04-30　建材の意匠保護のあり方
中央大学法科大学院 教授 佐藤 恵太 ----------9

04-36　日本の建築･建材製品及び技術と東アジア建築マーケットに関する研究
福岡大学 工学部 建築学科 准教授 趙 翔 ----------11

04-43　カーボン配合モルタル製品の導電性の研究とその発熱効果を利用した融雪補導板の開発
(株)ティーアールティー 代表取締役 高橋 悌太郎----------17

05-01　圧密化とグリーンプラの複合化による軟質針葉樹の強度性能の改質
島根大学 総合理学部 助教授 吉原 浩 ----------21

05-02　木材用塗料の耐候性評価と耐用年数システムの開発
京都府立大学大学院 農学研究科 教授 湊 和也----------25

05-03　木質ラーメン構造に用いる接着積層多軸接合部材の開発
秋田県立大学 木材高度加工研究所 准教授 岡崎 泰男----------29

05-05　室内中 VOCs の安定同位体比を用いた汚染源解明
秋田県立大学 システム科学技術学部 助教 川島 洋人----------33

05-06　自然塗料、自然ワックスから放散する揮発性有機化合物に関する研究
お茶の水女子大学 生活科学部 教授 田中 辰明----------37

05-08　建材用セルフクリーニングガラスの開発
三重大学大学院 工学研究科 分子素材工学専攻 助教 橋本 忠範----------41

05-11　高齢者施設における脱臭機能を有する建材の脱臭効果の持続性に関する研究
大同工業大学 工学部 建築学科 助教授 光田 恵----------45

05-12　温度成層風洞による建物周辺における熱のよどみ域の形成に関する研究
独立行政法人建築研究所 環境研究グループ 上席研究員 足永 靖信----------49

05-13　現場計測による戸建住宅の断熱性能簡易評価手法に関する研究
三重大学大学院 工学研究科 建築学専攻 准教授　永井 久也----------51

05-14　高機能化ファサードを用いる建築設備一体化システムの解析と評価
工学院大学 教授 宇田川 光弘----------55

05-15　プレ・ポストアセスメントに基づく省エネ設計法の構築
東京大学 大学院 工学研究科 建築学専攻 教授 難波 和彦----------59

05-16　入浴におけるエネルギー消費量削減の検討
東京大学 大学院 工学研究科 建築学専攻 教授 鎌田 元康----------61

05-17　住宅のパッシブソーラーデザインに向けた開口部サーマルスクリーンに関する研究
岩手県立大学 盛岡短期大学 助教授 本間 義規----------63

05-20　古民家等の改修における古材の強度に関する非破壊診断指標の確立
名古屋大学大学院 生命農学研究科 助教授 佐々木 康寿----------65

05-21　繊維廃材の建材への活用に関する研究
京都工芸繊維大学 教授 木村 照夫----------69

05-22　アスベスト含有建築廃材の無害化とその有効活用
名古屋工業大学大学院 つくり領域 助教授 橋本 忍----------73

05-23　アルミサッシのリサイクル使用時における表面欠陥とその防止対策
室蘭工業大学 教授 世利 修美----------75

05-24　建築廃材・間伐材利用によるハイブリッド床構法の研究
武蔵工業大学 工学部 建築学科 講師 小見 康夫----------77

05-25　建築物解体により生じる難解体性建材のリサイクル化に関する実証研究
東京大学大学院 新領域創成科学研究科 准教授 清家 剛----------81

05-26　津波を経験した建物の耐力に基づく設計用津波荷重の評価とそのデータアーカイブ
東京大学生産技術研究所 助教授 中埜 良昭----------83

05-27　数値解析による土壁・小壁の耐力発現機構の解明
豊田工業高等専門学校 助教授 山田 耕司----------85

05-28　伝統的木造住宅の低コスト構造ヘルス・モニタリング・システムの開発
京都大学大学院 工学研究科 教授 林 康裕----------89

05-29　地震時の居住空間安全化向上のための学際的戦略創出
名古屋工業大学 教授 岡田 成幸----------91

05-30　被害発生確率に基づく耐震等級の性能説明手法に関する研究
慶應義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科 専任講師 小檜山 雅之--------95

05-31　防菌防臭機能を持つ竹繊維材料の製造とその応用製品の試作
鹿児島大学 農学部 助教授 服部 芳明 ---------- 99

05-32　収縮ひび割れ抵抗性に優れる高性能ハイブリッド・ファイバー・コンクリートの開発
宇都宮大学 工学部 建設学科 建築学講座 助教授 中村 成春---------- 103

05-33　低水セメント比コンクリートの実環境における材料性状を考慮した耐凍害性の評価
北海道大学 教授 千歩 修 ---------- 105

05-34　集団規定の性能規定化に対応した総合的都市環境再編手法に関する研究
芝浦工業大学 工学部 建築学科 教授 南 一誠---------- 109

05-35　伝統的景観保全のための参加型まちづくりを支援する知識共有化の研究
京都大学大学院 工学研究科 建築学専攻 教授 宗本 順三---------- 111

05-38　我が国における住宅用窓まわり製品の変遷
東京理科大学 工学部 建築学科 教授 真鍋 恒博---------- 115

05-39　リフォームのトラブル防止に関する調査研究と提案
特定非営利法人 NPO 消費者住宅フォーラム 理事長 矢野 方雄 ---------- 119

05-40　実用性を目指した床衝撃音対策技術の開発に関する研究
京都大学大学院 工学研究科 都市環境工学専攻 教授 高橋 大弐---------- 125

05-41　溶融亜鉛合金めっき鋼板の腐食開始過程の解析とその抑止法に関する研究
北海道大学大学院 工学研究科 助教授 安住 和久---------- 129

05-42　安全な室内温熱環境形成のための平均皮温･体内温予測モデル
北海道大学大学院工学研究科 助手 桒原 浩平---------- 133

05-43　超高層集合住宅の経年変化に関する研究－芦屋浜シーサイドタウン高層住区を事例として－
三重大学大学院 建築学専攻 准教授 高井 宏之---------- 137

05-46　IC タグを利用した動的建築生産システムとスケジュールの効率化
大阪大学大学院 教授 荒井 栄司 ---------- 141

05-47　一般住宅用防犯カメラシステムに関する研究
群馬大学大学院 工学研究科 教授 藤井 雄作---------- 143

05-48　戦後日本における建材の普及と建材産業育成に関する研究
－伊藤憲太郎氏（商工省退官後､建材協会理事長就任）旧蔵資料の分析等を中心として－
東京理科大学大学院 教授 菅原 進一 ---------- 147

05-49　ホームセンター型建材流通の可能性に関する研究
工学院大学 建築学科 教授 遠藤 和義 ---------- 155

05-50　木造住宅の性能表示基準に準拠した汎用性のある「みなし仕様」の研究
NPO 法人建築技術支援協会 理事 住宅技術部部長 福本 雅嗣 ---------- 161

05-51　次世代居住環境における最適情報空間構成法に関する基礎的研究
成蹊大学 理工学部 情報科学科 教授 小口 喜美夫----------163

第２部　人材育成・論文

05-52　木材製品マーケティングにおける森林認証の戦略、機能および利益
東京大学大学院 農学生命科学研究科 講師 尾張 敏章----------167

05-53　超微細粒鋼の耐震性と高速変形挙動
兵庫県立大学大学院 工学研究科 講師 土田 紀之----------169

05-54　構造用木質パネルの面内せん断疲労における損傷評価システムの確立と破壊機構の解明
名古屋大学大学院 生命農学研究科 博士課程後期課程２年 杉本 貴紀----------171

05-55　ポーラスコンクリートの強度性状に関する調査研究
三重大学工学部工学研究科 博士前期課程 建築学専攻 大学院２年生 黒田 萌 ------175

05-56　木造住宅における耐震補強の促進に関する研究
名古屋工業大学大学院 工学科 博士前期課程 荒木 智----------179

05-57　リユース率向上を目指した木造住宅の部材設計
名古屋工業大学大学院 大学院生 山崎 真理子----------181

05-58　集落の空間構成に関する研究－山口県上関町”祝島”集落とその近隣集落の比較研究－
広島工業大学大学院 環境学研究科 修士課程 地域環境科学専攻２年 池田 亜衣 ------185

05-59　石質仕上材料の美観評価指数構築を目指す印象評価に関する研究
九州大学ユーザーサイエンス機構 学術研究員 土屋 潤----------189

05-60　室内有害物質の浄化を目指した可視光応答型光触媒の開発～フラーレンを用いた酸化チタンへの挑戦～
山形大学大学院 理工学研究科 助手 日野 哲男----------191

05-61　炭化物の吸着性能の相対評価と、それに伴う品質評価手法の開発
鹿児島大学大学院 修士２年 森岡 秀夫 ----------193

05-62　イソシアネート接着剤を用いたボードの開発と特性
鹿児島大学 農学部 研究生 長谷部 出 ----------197

05-64　建材及び異種建材境界面におけるカビの発育
お茶の水女子大学 教務補佐員 柚本 玲 ----------201

05-65　コンクリート部材の李ユースによる期間限定型建築の開発
大阪大学大学院 工学研究科 建築学専攻 博士前期課程 大西 広朗----------205

05-68　住宅における冷房使用と窓開放行動との関係に関する研究
大坂市立大学 博士過程２回生 林 小勇 ----------209

05-69　調湿建材と省エネルギー型デシカント空調システムを併用したダンプハウス対策に関する研究
東京大学 工学系研究科 建築学専攻 博士過程 蔡 耀賢----------211

05-70　韓国建設産業における品質確保のための設計･監理者の役割
京都大学大学院 建築学専攻 修士 2 回生 李 俊錫----------213

05-71　自然系ワックスからの揮発性有機化合物放散
お茶の水女子大学 博士後期課程再学 ディアス マルチネス、デェイシー カタリナ----------217

05-72　吸着建材による室内空気中の化学物質濃度低減対策に関する研究
東京大学大学院 工学研究科 建築学専攻 博士課程 徐 長厚----------221

第 3 部　国際会議・国際協力

05-73　国際委員会 Annex41 京都会議の開催
京都大学大学院 工学研究科 建築学専攻 教授 鉾井 修一----------223

05-74　ファイバシティー構想の国際協同研究とシンポジウムの開催
東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授 大野 秀敏----------227

第 4 部　研究発表会・シンポジウム

05-75　エネルギーと環境コンペティション「みんなで創る都市･田園の eco 住宅」の開催
名古屋工業大学大学院 ながれ領域 教授 堀越 哲美----------231

05-76　公開シンポジウム：住宅における換気システムのコミッショニング
東北大学大学院 工学研究科 教授 吉野 博 ----------235

05-77　景観材料普及促進シンポジウム（観光空間への提言）
東京大学 名誉教授 渡邊 定夫 ----------239

第１部　調査研究

04-09 光路間平均換気量測定法の実用化に関する研究

東京大学大学院 新領域創成科学研究科
助手 熊谷 一清

１．本研究の背景と目的

室内の汚染質濃度の低減策として汚染源の除去や汚染質の排出が求められる。これを受け平成15年に建築基準法が改正され、その中では24時間換気システムの義務化などが盛り込まれていることから、今後一層の換気量測定に対するニーズが上がったといえる。しかし既往の換気量測定法では、

①トレーサーガスの測定位置が点滴であるため換気量測定対象空間におけるトレーサーガスの濃度分布による測定値に対する不確実性

②トレーサーガスとして使用される SF6 の地球温暖化係数が高く環境負荷が大きいことから京都議定書などでも使用が制限されているため問題となっている。また現在は実行可能なアトリウムホールやボイドなどの

③大空間における換気量測定法が存在しないため空調設備設計の段階で安全側をみてオーバースペックの機材が選定され、イニシャルコストとランニングコストの両面で増加している。

大空間での換気量測定を行う場合，大量のトレーサーガスの使用が考えられるが，一般に用いられている六フッ化硫黄や一酸化窒素などは，地球温暖化係数が非常に高く，地球環境保全の意味で好ましくない．そこで，居住空間での換気量測定に際しては，トレーサーガスとして人体呼気中の二酸化炭素を用いることが考えられる．しかし，人が居住している空間においては空間内に濃度のばらつきがあるため，排気口濃度や換気量評価に必要となる空間平均濃度の測定が，従来型のポイント測定を想定した測定器具では，困難である．赤外光吸収濃度計における装置内検出光路部を直接測定対象空間に設定する OP-FTIR(Open Path Fourier Transform InfraRed spectroscopy)は光路間のトレーサーガス平均濃度の測定が原則的には可能である．大空間においてこの装置を用いれば，空間平均濃度の測定による換気量や空間平均空気齢などの換気性状の評価が期待できる．

２．研究の方法

本研究では、①OP-FTIR により換気量を線的に測定し換気量測定対象空間の濃度分布の懸念を解消する。また、②トレーサーガスとして居住者から排出される呼気中の CO2 をトレーサーガスとして用いることにより換気量を測定するための環境負荷をなくす。呼気中の CO2 の利用が確認されることにより大空間での換気量測定時のトレーサーガスとして使用することが可能になる。本研究により、既存の換気量測定対象空間内のトレーサーガスの濃度分布の考慮する必要がなくなることからより正確な換気量測定が可能になる。また本測定法により大空間における換気量測定が可能になり、適切な空調設備の設置、そして空調設備のランニングコストの低減などに貢献できるものと期待される。

04-11 ヒートアイランドを緩和する瓦屋根の材料・構造等に関する調査開発研究

神戸大学工学部建設学科
教授 森山 正和

1．本研究の背景と目的

都市への人口集中と建築物の高断熱・高気密化は，プライバシーや保安･安全性の確保と相まって，市街化地域での夏期の冷房・空調を不可欠なものとしており，蒸暑気候下にある日本の大都市での夏期外部熱環境の悪化を益々助長している．このため，主要都市ではヒートアイランド現象が恒常的に観測されており，特に夏期夜間の弊害が著しい．都市化による蒸発面積の減少や人工排熱量の増加が主要な原因であると言われるヒートアイランド現象は，一般に日没後数時間の間に最も顕著に観測される．このことは，都市部で昼間の日射の受熱量が建築物の屋根や壁面，道路舗装面などに蓄熱し，日没後の放射冷却では表面温度はほとんど下がらず，高い表面温度を保っていることが主な原因になっているということを示している．

本研究では，日射を受ける日中に建築物屋根面においてヒートアイランドの原因となる顕熱流を削減し，それに伴い蓄熱量が低減され夜間の外気への放熱量も抑制可能な瓦屋根技術の開発を目的とする．日本における多くの一般的な戸建住宅では瓦屋根が採用されており，その中でも黒色系統の瓦が 6 割以上を占めており，赤色系統を併せると 9 割近くになる．従って，これらの瓦では多くの日射を吸収し表面温度が高温になるため表面から空気に伝わる顕熱流も大きくなり，ヒートアイランドを助長していると考えられる．また，瓦屋根は日射を受けて高温となり，日中の高温化に大きな影響を与えているにもかかわらず，その科学的な評価と対策は十分に検討されていない．そこで，本研究では従来のものより反射率の高い瓦などを主な検討対象とし，日本の風土に適し，且つヒートアイランド対策にも寄与する瓦の開発を目的とする．

本研究は，蒸暑気候下におけるヒートアイランドの緩和に有効な瓦屋根根技術の開発に資するものである．ヒートアイランド対策として屋上緑化が最近特に注目されているが，屋上緑化は主に陸屋根が対象となる．本研究で検討する瓦屋根技術は，日本の典型的な戸建住宅の傾斜屋根に対するヒートアイランド対策技術の一つとして有効な解決策を提示すると考えられる．

2．研究の方法

様々な瓦を対象として日射反射率や表面温度などを測定し相互比較を行うとともに，表面熱収支の数値計算により表面での熱バランスの観点から評価を行う．具体的な測定方法は以下に示すとおりである．

測定期間は 2004 年 10 月 5 日 18 時から 8 日 9 時までであり，島根県江津市内のアスファル

ト舗装された駐車場において測定を行った．瓦の設置台（合板 12mm 厚）は地表面から 10cm ほど浮かせて水平に設置し，その設置台上に面積 1.8m 平方（1 坪）の瓦を平葺した（S 形瓦 49 枚，J 形瓦 42 枚，F 形瓦 30 枚）．瓦の流れ方向は南北に向け，測定機器などによる設置台相互の影響を除くために距離を設けた．長短波放射収支計（3 台）および全天日射計（3 台）は，設置台中央の 30cm ほど上方に水平に設置した．設置面との形態係数は約 86%である．測定器数の関係から測定対象期間を 2 期間に分けた．測定期間 1 は 5 日 18 時から 7 日 9 時までで，測定期間 2 は 7 日 9 時から 8 日 9 時までである．両期間とも天気は晴れであった．

瓦の表面温度については，設置台中央とその周縁で温度差が生じる可能性，瓦の葺き重なり部位により温度差が生じる可能性があり，瓦形状により日射の入射，反射に差異が生じる可能性が考えられるが，今回の測定では設置台中央に葺いた瓦の中心部（谷）の温度を瓦の代表温度と定義し，放射温度計（放射率 1 に設定）を設置台北側に設置し，その位置に照準を合せた．熱電対は接着剤（無色，特殊シリコーン変成ポリマー70%，無機物 30%）を用いて瓦の表裏面に貼り付けた．特に J 形および S 形の瓦については，瓦の桟および谷の表面温度をそれぞれ測定した．いずれも 1 分間隔で測定を行い，その測定値を 10 分ごとに平均して解析を行った．

3．測定結果および考察

3．1　日射反射率の測定結果と考察

一般に太陽高度が小さいときに日射反射率はやや大きくなる特性があり測定誤差も生じやすい．その影響について検討を行ったところ，今回の測定では 10 時から 14 時の平均値と 8 時から 16 時の平均値はほぼ一致した．ここでは 10 時から 14 時の日射反射率を採用した．なお，反射日射量は 60 分積算値（毎時の前後 30 分）を用いた．

瓦表面が白色に近いほど日射反射率が高くなる傾向にあり，明色系の瓦の日射反射率は 34%から 25%程度であり，暗色系の瓦の日射反射率は 18%から 11%程度であった．明色系ではない瓦においても日射反射率が 25.3%となったものがあったが，これは光沢による反射の特性が大きいと考えられる．また，J 形の瓦で光沢のある瓦の日射反射量が 10 時および 12 時前後に急激に増加する傾向がみられた．これについては，これらの瓦が有する形状および光沢の特性による直達日射成分の正反射（鏡面反射）特性の影響であると推測されるが，今後詳細な検討が必要である．

3．2　表面温度の測定結果と考察

暗色系の瓦から明色系の瓦になるに従って，すなわち日射反射率の高い瓦ほど表面温度は低くなる傾向となった．日射量が減少した 10 月 6 日 12 時頃や 7 日 12 時 30 分頃には表面温度も低下した．測定期間によって気象条件が異なるため表面温度の最高値を絶対値で比較することは出来ないが，日射反射率が 10%増加すると表面温度の最高値は 4℃弱低下していた．

今回の測定では，放射温度計による表面温度と熱電対による表面温度は少し一致しない傾向があった．これについては，放射温度計に設定した放射率の影響，熱電対への日射の影響，風による瓦表面温度への影響などが考えられるが，今後詳細な検討が必要である．

4．数値シミュレーションによる表面熱収支の検討

測定結果より得られた日射反射率を用いて，夏季の気象条件における瓦表面の熱収支シミュレーションを行い，ヒートアイランド現象の原因となる顕熱流の抑制効果について検討を行った．気象条件には，ヒートアイランド現象が顕著に確認され，真夏日や熱帯夜日数などの指標からも最も厳しい熱環境である大阪市を対象とし，大阪管区気象台の 2005 年 7 月 18 日（梅雨明け日）～9 月 15 日の 60 日間のデータを用いた．

瓦別の表面温度（表面）の計算結果を，参照として別に計算したアスファルト，コンクリート，屋上緑化（芝），気温と比較して考察した．瓦以外の面に関する物性値は，神戸大学屋上において測定したデータに基づいて設定した．

日中は，瓦の温度は 40℃から 45℃程度になり，ここで設定した日射反射率による差は最大 5℃程度になった．夜間は，瓦間の差はほとんどなく，気温や他の被覆面と比較して 5℃程度低くなっていた．瓦は薄く熱容量が小さいために，日中比較的高温になるが，夜間は放射冷却によりかなり低温になることが示された．

ヒートアイランドの要因を考察する際の指標となる顕熱流について考察を行った．日中は，瓦の表面からの顕熱流は 200～300W/m^2 程度になり，アスファルトより 200W/m^2 程度小さい．夜間は，瓦間の差はほとんどなく，マイナス 80W/m^2 程度になり，顕熱は空気から瓦面へと流れ，瓦面は空気を冷却していた．それに対し，アスファルトは夜遅くまで正の値が続き空気を加熱し続けている．

緑化面を含め都市を構成する密度の大きな材料においては，昼間の日射を蓄熱するために夜間も表面温度が下がらず，顕熱流は大きな負の値にならない．それに対し，瓦は薄く熱容量が小さいので夜間低温となり，ヒートアイランドの抑制に寄与していることが示された．また，昼間も日射反射率が高い瓦では屋上緑化（芝）と同程度の表面温度，顕熱流となり，反射率を向上させることである程度のヒートアイランド抑制効果が期待できるといえる．

5．まとめ

多種類の汎用瓦の日射反射率および表面温度の測定結果とその比較考察より，明色系の瓦の日射反射率が暗色系の瓦の日射反射率と比較して 10%～20%程度高く，測定期間によって気象条件が異なるため絶対値で比較することは出来ないが，日射反射率が 10%増加すると表面温度の最高値が 4℃弱低下していることが確認された．

測定結果より得られた日射反射率を用いて夏季の気象条件における瓦表面の熱収支シミュレーションを行ったところ，汎用瓦の中でも日射反射率の高いものを選択することでヒートアイランド現象の原因となる顕熱流を 100W/m^2 程度抑制できることが示された．

参照とした，アスファルト，コンクリート，屋上緑化（芝）と比較すると，薄くて熱容量の小さい瓦面の夜間の表面温度の低下が顕著であり，顕熱流も負の値が大きく，瓦面は夜間空気を冷却する効果が大きく，ヒートアイランド現象の緩和に寄与していると考えられる．

04-16 リサイクル集成材に利用可能な廃木材量に関する研究

北九州市立大学　国際環境工学部　環境空間デザイン学科
助教授 福田　展淳

1．本研究の背景と目的

平成 14 年 5 月に施行された「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」（通称、建設リサイクル法）により、建設廃木材はリサイクルすべき建設廃棄物となった。また同年 12 月に施行された「ダイオキシン法特別措置法」によって焼却温度 950℃未満の焼却炉での処分が不可能となり、建設廃木材の処分が困難となった。現在、住宅解体時の建設廃木材の主な利用方法は、再生木質ボード（パーティクルボード）、バイオマス燃料としてのチップである。パーティクルボードは、遮音性、断熱性を高める効果があるが、繊維的強度が弱く、形体安定性に乏しい。また、水にも弱いので、ボードや化粧版など、強度の必要のない安価な材としてのみ用いられている。

本研究では、建設廃木材の約 30%を占める柱及び梁材を活用し、パーティクルボードに比べ、より付加価値の高い集成材(以後リサイクル集成材)を作ることを想定し、木造戸建住宅の解体時に排出される木材（柱、梁）の状況を実態調査し、その状態と大きさを把握することを目的とする。

2．リサイクル集成材

集成材は、平成 12 年の建築基準法改正により、大規模建築物にも使用が可能となった。構造計算ができ耐火代を考慮すれば、耐火性能があり、構造材、造作材、大きな板材として利用可能である。現在、原料となる木材は、ほとんど輸入に頼っているため、製造コストが高いという問題があるが、国内で排出される建設廃木材を利用すれば、廃木材の市場の活性化を図ることができ、環境面において二酸化炭素の固定による排出抑制につながる。状態のよい建設廃木材（白蟻の被害、かびなどがない物）の強度が高いことは調査済みである。 特に柱及び梁材は構造材としても使える価値の高い集成材に再生できる。またリサイクル集成材は、図 1 に示したように廃木材を新材で挟むようにすることで、外見上も集成材と変わりないようにする。

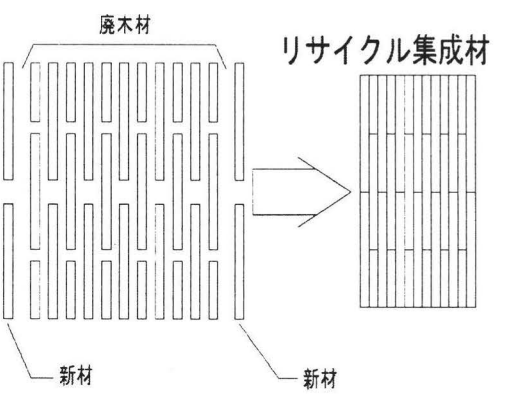


図１　リサイクル集成材

３．調査概要

木造戸建の住宅解体時における建設廃木材のうち、柱・梁を対象とした調査を解体現場及び中間処理場で実施した。解体業者での調査により 29 本、中間処理場での調査により 301 本、合計 330 本を以下のように調査した。

3-1 調査項目

3-1-1 住宅解体時の廃木材の寸法調査

集成材へのリサイクルを前提とするため、構造用集成材利用の長さ 600 ｍｍを最低値とし柱、梁の調査を重機による木材の割れ、裂けによる損失部分を除いた部分の測定を行った。

3-1-2 表面状態の調査

解体現場からの搬出時及び中間処理場における処理の前段階の搬入時の木材を現場で広げ、木材一つ一つの表面状態の調査を行った。主な調査項目は、廃木材の写真撮影、釘の本数、表面含水率の測定、その他表面状態の特徴の記入(ほぞ、ふし、背割れ、無駄木等の有無)などである。

4　まとめ

今回の一般住宅の廃木材は、厚さ、幅ともに 105 ㎜が最も多かった。幅について 120 ㎜以上のものが 80 本(24%)あり、構造材板材として十分使えるサイズの廃木材があることを把握できた。

・建設廃木材の釘について

建設廃木材 1 本当りに刺さっている釘の本数でも最も多かったのは釘本数 1～5 本の範囲で 85 本（25.8%）、次に多かったのが、0 本で 79 本(23.9%)であった。このことから、全体の約半分の廃木材が釘本数 5 本以下であることが把握できた。

・建設廃木材の歩留まり計算

構造材用の建設廃木材の余り部分を造作材として利用することで、歩留まりを良くすることができた。

・今後の課題

今後は、1 棟当りからでる住宅廃木材の実態調査を 20 棟以上行い、より詳しい廃木材の量について把握する必要がある。また、くぎ抜きによるコストがどのくらいかかるのか確認し、リサイクル集成材の製造に役立てたい。

【謝辞】

本研究は、北九州市立大学学部４年生小野祐介君、近畿大学学部４年生志野尚希君が中心となって、調査、研究のまとめを行いました。

また、近畿大学教授、依田浩敏先生には、多大なご協力をいただきました。廃木材調査にあたっては、(株)響エコサイトの徳原英利氏、(株)大森工業の森秀樹氏に、多大なご協力をいただきました。

ここに謝意を表します。

【参考文献】

1)国土交通省ＨＰ：

http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/index.htm

04-30 建材の意匠保護のあり方

中央大学法科大学院
教授 佐藤 恵太

本研究は、建材の意匠保護について、日本の意匠保護制度がどのような位置づけにあるのかを明らかにし、諸外国の法制の方向性といかにしてハーモナイズしていくかという検討を行うことを目的として開始された。

日本の意匠保護制度は、実体要件審査を行った後に意匠権の設定登録を行い、設定登録後に始めて権利行使が認められるという仕組みを採用しており、同様の法制を採る国が少数派であることは、既存の分析によって明らかにされており、各地域とも無審査制度に移行して手続を統一化する指向が見えてきているが、具体的に何を保護するかという次元での個別分野別の法比較は試みられたことがない。しかし、一見当然と思われる建材関係の意匠保護についても、調査してみると種々の点で問題があることがわかった。

調査成果の第一は、意匠分類が極めて不統一ということである。意匠分類は、意匠登録を行う際に各国が審査ないし整理の都合から国別に定めている分類であるが、建材分野についての相違が特に著しい。国際条約であるロカルノ協定が国際分類を定めているが、ロカルノ分類は、フランス、ドイツ等の無審査登録諸国の実務を基礎に作られており、実体要件審査を行っている多くの国、例えばアメリカ合衆国、日本、韓国等は加盟していない（現在の加盟国は５６カ国）。実際、各国の分類が多少違う程度であれば、ハーモナイズは比較的容易であるが（商標登録の国際分類であるニース協定は、７９加盟国に加えて、事実上ニース分類を用いているのがこの他に６８カ国ある）、二つの面で難しさが残る。第１は、ロカルノ分類と合衆国、日本等の分類の構造が全く異なること、第２は、特に日本は、意匠権の範囲が意匠分類と直結しているため、ロカルノ分類への移行は単に分類を整理するにとどまらない大きな影響があるということである。かような事情は、日本で創作された意匠の国際的保護を求める際に大きな障害となる。というのは、国際登録条約であるヘーグ協定１９９９年ジュネーブアクトに日本が加盟していない現状においては、手続の相違は、費用がかさむとともに、言語や手続内容に習熟していないという点が、登録手続を回避する動きにつながるからである。

第二に、日本において競争状態ともいえるほど多数の登録がなされている現実に対して、欧米諸国での登録数が極めて少ないという点である。本調査では、枠材、足場枠、継ぎ手、基礎くい、壁紙等の物品分野について、日米欧およびヘーグ協定の国際登録の各領域について登録数等のデータを調査したが、機能的物品（他の物品との接合などの

事情から、規格品であるかそれに近い制約が大きい物品）については日本が突出して登録数が多いのに対して、他の領域では極めて少ないが、選択の幅が極めて大きい壁紙については、登録数に大差がないという特徴を把握することができた。また、日本企業が直接ヘーグ協定等の登録を行うこともできるのに、欧州や国際条約に基づく登録がなされている例はわずかであることを併せて考えると、日本企業が日本国内のみにおいて意匠登録を行う競争を繰り広げているのが現実ということが明らかにされたものと思われる。

この日本における意匠登録競争は、いまのところ、国際的に波及している実態がないが、今後どうなるかという点は問題になろう。実際、この登録競争は、国際的手続が容易になれば、そのまま波及する可能性もあるように思われる。この点、ヘーグ協定ジュネーブアクトへの加盟が実現されるか否かにかかっている（米中が加盟に向けて検討中である）。また、今のところ TRIPs 協定のような限定的な方向しか示されていない国内実体法の統一のための条約が、今後どうなるかという点も問題となろう。特に、must-fit ないし must-match についての立法が、欧州意匠指令の改正案として複合製品の部品についての意匠権制限の議論が、建材に波及する可能性がある。欧州諸国では、これらの規定の影響があるためか、配管継ぎ手等の意匠保護は存在しないという考え方が広く浸透している可能性が高く、欧州では保護が認められていないこれらの領域に多数の意匠登録を認めている日本の意匠法改正が迫られるかもしれない。今後の推移を見守る必要があると思われる。

04-36 日本の建築･建材製品及び技術と東アジア建築マーケットに関する研究

福岡大学工学部建築学科

准教授　趙　翔

一、社会背景

中国の建築マーケットの住居施設を見てみると、毎年数億平方メートルの住宅が着工され、数千万平方メートルの住宅が落成し、数千万平方メートルの住宅が販売されることは、経済成長値に直接反映されている。2005 年上半期の統計資料によると、分譲住宅の工事面積は 90,082 万㎡、新着工面積は 25,525 万㎡である。一方、分譲住宅の竣工面積は 9,226 万㎡、販売面積は 11,224 万㎡となっている。中国における都市化の発展や経済成長の要因によって促進される分譲住宅建設の規模として、今後 50 年間、毎年 4～5 億㎡の新築住宅が完成されると見込まれている。

二、市場概況

中国では、市場に投入されている新築分譲住宅の約 80%が、内装なしの「スケルトンタイプ」である。言い換えれば、内装はまったく手付かずの状態で、建物の構造物だけが引き渡される。そのため、住宅を購入した後に、購入者自身が内装工事を別途手配しなければならない。すなわち、中国で住宅の内装というのは、ドア、窓、壁紙から浴槽、タイル、セメントまで、居住に必要なすべての建築用材を含む。内装に使う建材は、ほとんど建材センターと呼ばれるホームセンターで購入することができる。住宅購入者の多くは、内装工事を内装会社に依頼せず、自分で内装業者を手配し、細かく指示を出しながら工事を進めていく。このような実情に基づき、本研究はプロの設計者と素人である一般消費者（ユーザ）の両方を調査することで、建材製品の市場及び設計への評価をトータル的に把握しようとした。

三、調査地及び方法

中国では、沿海地域と内陸地域の経済発展と生活水準に一定の格差が存在している。本研究ではこういった状況を考慮し、調査結果が一定の普遍性が持てるように、沿海地域と内陸地域の複数の都市で調査を実行することにした。

一般消費者（ユーザ）を対象に行った調査は、沿海地域で経済発展が進んでいる上海市と広東省深セン市、内陸地域に属し経済発展が比較的に遅れている山西省太原市で実施した。一方、建築関係者（プロの設計者）を対象に行った調査は、上海市、深セン市、江蘇省無錫市をはじめとする沿海地域の都市と、湖南省長沙市をはじめとする内陸地域の都市という 2 つの中心を設定し実施した。

一般消費者（ユーザ）向けの調査は計 343 人、建築関係者（プロの設計者）向けの調査は計 163 人から回答を得た。

四、調査方法、概要及び考察

本研究は、アンケート用紙の方式で調査を展開した。一般ユーザ向けの調査は、大型建材センターの入り口で、来店した顧客に協力してもらい、アンケート用紙を記入してもらう方法を採用した。アンケート用紙には全部で 10 の質問が設けられてある。

専門の設計者向けの調査は、設計事務所などの設計会社に協力してもらい、そこのスタッフにアンケート用紙を記入してもらう方法を採用した。アンケート用紙には全部で 10 の質問が設けられてある。今回のユーザを対象とする調査は、中国の上海市、太原市、深セン市で実施されたものであるが、調査内容はこの 3 都市の現状であると同時に、近隣地域の現状や傾向もある程度反映している。

上海市のユーザが建材製品を選択する際に、以下のような順番が見られる。1、衛生器具　2、床材　3、ドア　4、天井材と壁紙（並列 4 位）　6、窓　7、その他。

1 位を占めた衛生器具は 22%、2 位の床材は 19%、ドアは 15%、天井材と壁紙はそれぞれ 13%、窓は 11%を占める。上海市のユーザの間で、ここに挙げた商品の市場ニーズの分布が比較的に平均的で、特に大きな傾きは見られない。

太原市のユーザが建材製品を選択する際に、以下のような順番が見られる。1、衛生器具　2、床材　3、その他　4、天井材　5、ドア　6、壁紙　7、窓。

1 位を占めた衛生器具は 28%、2 位の床材は 27%、その他の内容は 3 位で、14%の比例を占める。4 位の天井材は 13%、ドアは 9%、壁紙は 7%を占める。最も少なかった窓は 2%しか占めていない。太原市のユーザの建材商品のニーズ分布には一定の上下変動が見られ、最大の 28%と最小の 2%の間に、大きな差が存在している。

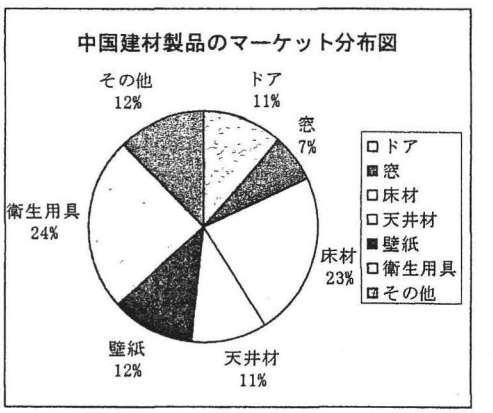


図 001

深セン市のユーザが建材製品を選択する際に、以下のような順番が見られる。1、衛生器具と床材（並列 1 位）　3、その他　4、壁紙　5、ドア　6、窓、7、天井材。

並んで 1 位となった衛生器具と床材はそれぞれ 23%を占め、3 位のその他は 16%、4 位の壁紙は 15%を占める。以下各種類の製品の占有率はいずれも一桁しかない。上位 3 位（4 項目）の比率の合計は全体の 77%を占める。深セン市のユーザの建材製品へのニーズは比較的に均衡で全面的であり、大きな上下変動が見られない。また、深セン市の特徴として、建材製品に「その他」（「その他」に含まれる内容は報告書に参照）の項目は全体順位の第 2 位を占めていることであ

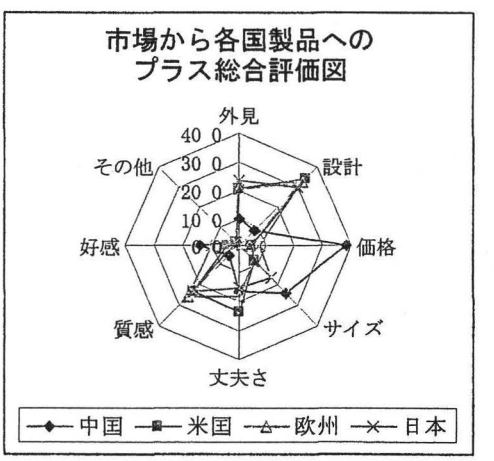


図 002

る。これは、深セン市の市場では、いわゆる一般的に使用されている建材製品だけではなく、その他の種類の建材製品へのニーズもあることを示している。言い換えれば、市場が求めている建材製品の種類が比較的に多くて幅広い。

各地の経済発展レベルや生活リズムの違いにより、住環境への要求も異なってくる。そのため、以上の調査統計（報告書図 1−1 参照）から、各地域が建材製品へのニーズの違いを見出すことができる。これらのデータを加重平均した結果を、現在の中国における建材製品の市場状態をある程度反映したものとみなす（図 001)。すなわち、消費量が最も大きいのは、衛生器具と床材であり、それぞれ 24%と 23%となっており、両者併せると市場シェアの半分を占める。その次は壁紙、その他（「その他」に含まれる内容は表 001 参照)、ドアと天井材であり、それぞれ 12%〜11%を占めている。最も少なかったのは窓で、7%しか占めていない。中国では今後 50 年間で、毎年約 5 億万㎡の住宅建築容量があると見込まれている。この数値に基づいて計算すると、仮に 1 住戸が内装時に 3 つの窓を使うとすると、中国市場では毎年約 750 億個近くの窓が必要になる（注：1 住戸を 200 ㎡として計算する場合)。

上海市のユーザが各国・地域製品へのプラス評価の上位 4 項目の合計は、いずれも内容全体の 80%前後を占める。そのうち、米国製品の場合が最も高く、日本製品のほうが最も低い。

米国製品へのプラス評価では、上位 4 項目以外の内容が占める割合が非常に少ないことが分かる。すなわち、米国製品の市場効果は簡単明瞭であるため、ユーザが製品への認知もはっきりしている。

日本製品へのプラス評価の上位 4 項目が占める割合は、他の 3 つの国や地域に比べると最も低い。すなわち、ユーザが 8 つの項目への評価分布には一定の均衡性が見られる。このような評価結果は、日本製品がすべての項目に対して周到に配慮しているというプラス的な面がある一方、製品に対するユーザの印象があいまいで、認知がはっきりしないというマイナス面もあることを示している。

中国製品へのプラス評価の 1 位が「価格」であるのに対し、他の 3 か国・地域の製品へのプラス評価の 1 位は、いずれも「設計」である。一方、中国と日本の製品へのプラス評価には、「サイズ」がいずれも上位を示したという共通性が見られ、この項目では日本製品は米国と欧州製品より優位性を持っていることが分かる。

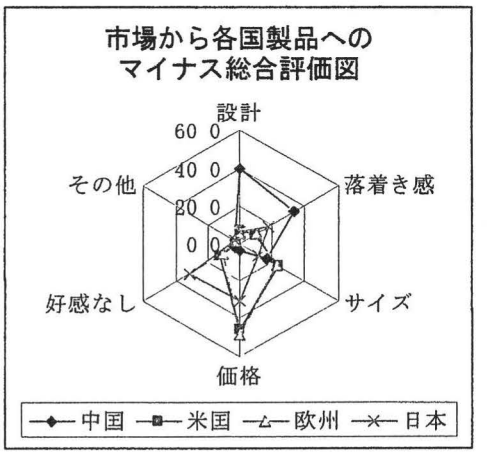


図 003

上海市のユーザのマイナス評価の上位 3 位が全体を占める比率が最も高かったのは欧州製品で、最も低かったのは日本製品である。上海市のユーザが欧州製品と中国製品へのマイナス評価ははっきりしている。たとえば中国製品の場合は「設計が悪い」、欧州製品の場合は「値段が高い」ことである。それに比べて、日本製品へのマイナス評価の結果も比較的にあいまいである。

太原市のユーザが各国・地域の上位 4 項目の合計がプラス評価の内容全体を占める割合もいずれも 80%前後である。そのうち、米国製品の場合が最も高く、日本製品のほうが最も低い。米国製品へのプラス評価では、上位 4 項目以外の内容が占める割合が非常に少ないため、

米国製品の市場効果は簡単明瞭で、ユーザが製品への認知もはっきりしていることが分かる。

日本製品へのプラス評価の上位4項目が占める割合は、他の3つの国や地域に比べると最も低く、ユーザが8つの項目への評価分布には一定の均衡性が見られる。このような評価結果は、日本製品がすべての項目に対して周到に配慮しているというプラス的な面がある一方、製品に対するユーザの印象があいまいで、認知がはっきりしないというマイナス面もあることを示している。

中国製品へのプラス評価の1位が「価格」であるのに対し、他の3か国・地域の製品へのプラス評価の1位は、いずれも「設計」である。

太原市のユーザのマイナス評価の上位3位が全体を占める比率が最も高かったのは米国で最も低かったのは日本製品である。太原市のユーザが米国製品、欧州製品、中国製品へのマイナス評価ははっきりしているが、日本製品へのマイナス評価の結果も比較的にあいまいである。

マイナス評価の上位3位の中で、米国製品、欧州製品、日本製品はいずれも「価格」の項目が占める割合が高い。それに、欧州製品の「サイズ」もマイナス評価の上位に入っている。一方、米国製品、欧州製品と日本製品の場合、「文化への好感なし」はいずれもマイナス評価の上位3位にランクインされ、製品と直接関係していない要因もユーザの選択に影響を与えていることが分かる。

深セン市のユーザが各国・地域の上位4項目の合計がプラス評価の内容全体を占める割合もいずれも80%前後である。そのうち、米国製品の場合が最も高く、中国製品のほうが最も低い。米国製品、欧州製品と日本製品へのプラス評価では、上位4項目はいずれも「設計」、「質感」、「外観」、「丈夫さ」であり、それぞれが占める割合もほぼ同じである。すなわち、深セン市のユーザにとって、それらの製品へのイメージが同じであることが分かる。

深セン市のユーザのマイナス評価の上位3位が全体を占める比率が最も高かったのは中国で、製品で、最も低かったのは日本製品である。

マイナス評価の上位3位の中で、米国製品、欧州製品、日本製品はいずれも「価格」の項目が占める割合が高い。それに、米国製品、欧州製品と日本製品へのマイナス評価の上位3位の内容も順番も同じであり、いずれも「価格」、「サイズ」、「文化への好感なし」となっているし、それぞれが占める比率も近い（83%～77%）。ここから、深セン市のユーザがこの3つの国や地域の建材製品へのマイナス評価も同じであることが分かる。

3都市のユーザは米国製品、欧州製品、日本の建材製品に対するプラス評価の上位4位の項目においても、マイナス評価の上位3位の項目においても、いずれも同じである（図002、003）。米国製品と欧州製品の場合、これらの内容への評価順位もまったく同じであるが、日本製品は順位においては、米国製品と欧州製品との違いが見られる。日本製品の米欧化により、同じ地域に属しているという、本来その優位性を発揮すべき部分の特徴が必ずしも持っていないようである。

「文化への好感」があるかどうかという質問において、一般のユーザに比べると、専門家である設計者のほうがより理性的に見える。この項目について、各都市の集計結果にはあまり大きな差が見られなかった。

米国、欧州、中国の建材製品へのマイナス評価の項目の中で、いずれも他の項目をはるかに超えた、目立っている内容指標が存在し、非常に覚えやすい（図 003）。もしその項目が改善されるなら、そのイメージも比較的に改善されやすい。一方、日本製品の場合、マイナス評価に問題点があるものの、いずれもそれほど突出していなかった。しかもそのうちの数項目に対する評価結果も近い。内容が多いため、はっきりと覚えることが難しい。仮にそのうちの 1 つの項目（内容）が改善されたとしても、米国製品や欧州製品のように、今まで良くなかった印象が短時間で改善されることが難しい。それは、ユーザの記憶に複数の評価指標が近いという印象があるため、うちの 1 つが改善されたことで話題になるかもしれないが、残りの項目がどのような状況なのかは依然知らない。すなわち、日本製品のあいまいさという特徴はここにも反映される。

五、今後の課題

本研究の調査地や調査人数が限られているため、今後は同様な調査や分析を行い、内容をさらに充実させていく必要がある。また、建材製品市場における設計者やユーザが、どのような習慣や特徴を持っているかについても調査し分析する必要がある。習慣や特徴は設計の最終結果を大きく影響することがあるため、建材製品の市場効果にも必ず影響を与えることになる。たとえばユーザは主に製品の一番目立っている特徴を求める傾向があり、それにより自分にとってのシンボルを得ることができる。一方の設計者は、主に平均的で、あらゆる面をカバーする製品を希望し、それにより最大公約数的な結果を求める。また、価格面における特別な優遇も市場の上下変動を促進することができるが、どの程度の持続性があるかについても分析する必要がある。こういった内容を市場行為のメカニズムと称することができるが、それを製品の市場分布、評価などと結びつけて研究することは、今後の課題となるだろう。

04-43 カーボン配合モルタル製品の導電性の研究とその発熱効果を利用した融雪補導板の開発

(株)ティーアールティー
代表取締役 高橋 悌太郎

【本研究の背景】

北陸、東北、北海道等の降雪地域においては、冬季間の積雪や凍結は、市民生活に大きな影響を与えるほか、産業活動を阻害する大きな要因となっている。特に近年は、都市化や高齢化が一段と進み、一層きめ細やかな冬の環境づくりが望まれている。これに伴う都市の融雪機能の強化による快適で安全な交通環境の確保や生活環境の向上を図ることが必要とされている。弊社では、昭和25年よりPC瓦と呼ばれるセメント瓦を製造しており、このセメント瓦の製造技術と工場設備を応用し、降雪地域が抱える社会的課題の解決に貢献することを目標に融雪機能を持つ歩道板の開発に着手した。

【本研究の目的】

本研究は、高圧プレス成型したカーボン配合のモルタル製発熱材料を内蔵する融雪歩道板の開発を目的としている。数% 程度の微量のカーボンを配合したモルタル製の抵抗発熱体は、カーボンヒーターの特徴である遠赤外線放射源であり、熱効率が良く、融雪効果が高いことが予測される。機械的、構造的特徴や熱特性を明らかにし、優位性の高い融雪歩道板の製造法を確立する。

【研究結果】

この度、弊社が開発したナノカーボン発熱体は、数%の炭素（ナノサイズ)とセメントから構成された面上発熱体であり、従来の発熱材料に比べて消費電力および発熱効率の面において非常に優れた素材である。また、カーボン系材料を用いた素材の特徴である遠赤外線の放射率に関しても申し分のない結果を得ることができた。Fig.1 はナノカーボンセメント発熱体の表面温度を赤外線サーモグラフィーを用いて測定したものである。従来の面上発熱体は、表面温度の斑が問題視されていたが、本発熱体はほぼ均一に温度を確保していることが観測できる。これは、発熱体を製造する段階での特殊な混練方法により、原料であるカーボンとセメントを均一に分散させることに成功した結果である。

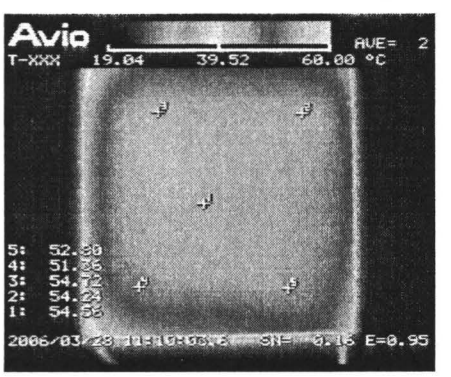


Fig.1 発熱体の表面温度

※ 宮城県産業技術センター

また、Fig.2 は外気温 -2 ℃下における発熱体 (20W) の温度推移グラフを表したものであるが、1 時間程度で 25 ℃に達し、平均最大温度 65℃と非常に熱効率が高いことが確認でき、暖房および融雪システムの分野において有効利用が期待できるものと考えられる。Fig.3 は東京都立産業技術研究所において本発熱体の遠赤外線分光放射出力を測定した結果である。分光放射出力は、理想形とされる黒体炉出力に非常に類似し、水分子および人体に好影響をあたえる 7 から 12 マイクロメートルの出力が非常に高い。また、測定加熱温度５０℃と通常の測定よりもかなり低い温度にもかかわらず、これだけの放射強度を得られたことは非常に興味深く、様々な分野への応用が期待できる。

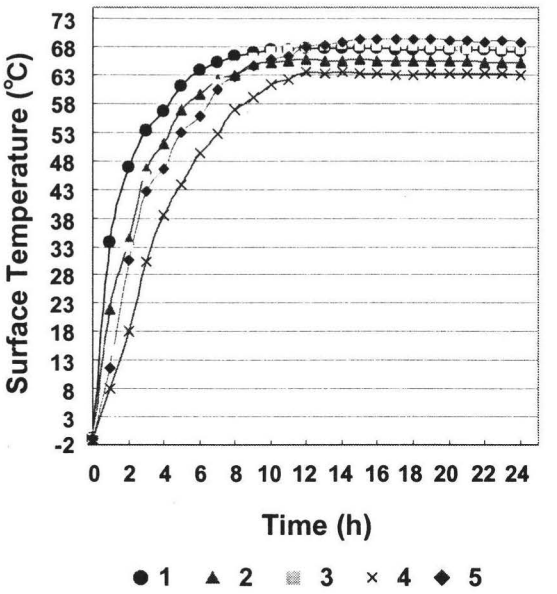


Fig.2 発熱体（20 W）の温度推移

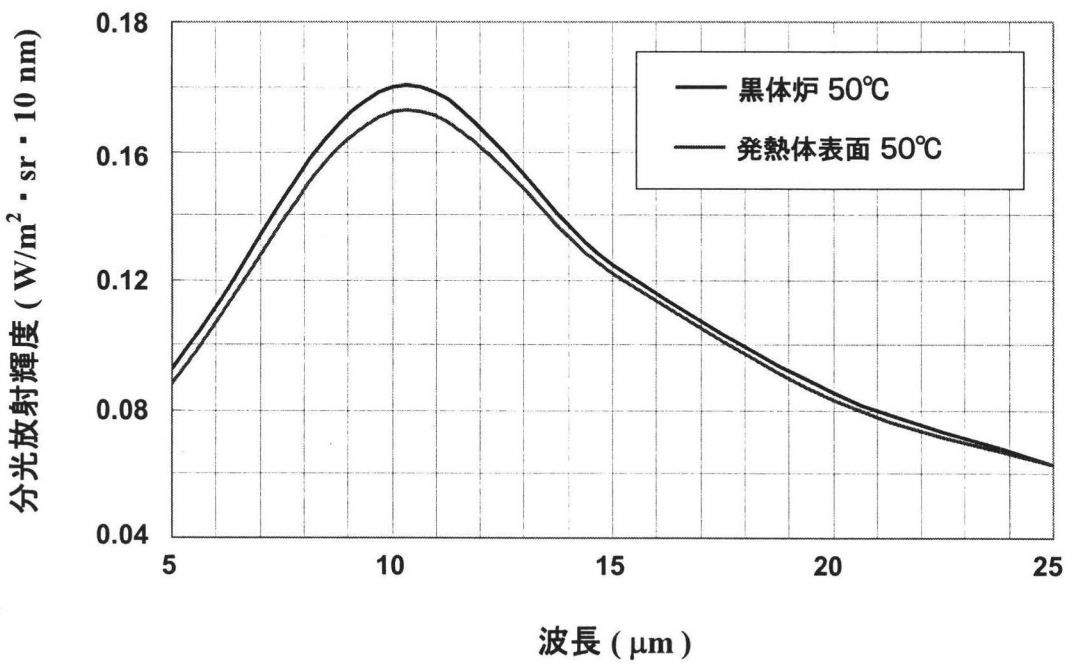


Fig. 3 発熱体の遠赤外線分光放射出力

Fig.4 はナノカーボンセメント発熱体を内蔵させた融雪歩道板である。発熱体が備える遠赤外線効果を十分に発揮できる構造をとり、非常にコンパクトサイズなため、狭いスペースにも設置可能です。また、十分な耐加重を備え、PSE も取得しております。Fig.5 は実際の融雪効果を確認するため、様々な地域においてフィールド試験をおこなった写真である。どの地域の雪質および

外気温等にも対応し、最大 1m40cm の積雪をも融雪しました。従来の融雪システムの場合、表面のジュール熱のみで融雪をおこなうため、積雪量に対応し難いという懸念がありましたが、本融雪方式では、表面熱に遠赤外線が加わるため、積雪量に対しても対応が可能であることが確認できました。さらに、従来の融雪システムと比べて少ない消費電力でこのような融雪が可能なため、普及率に関しても非常に期待が持てると考えている。

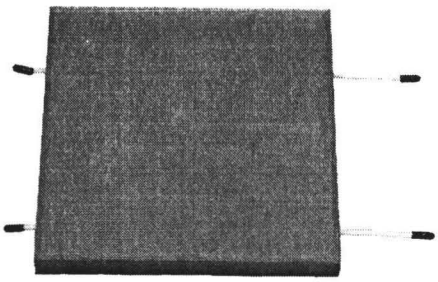
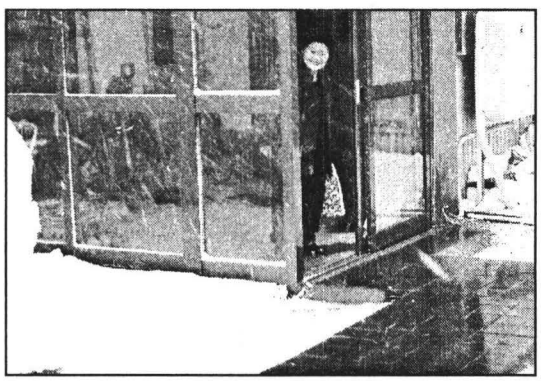
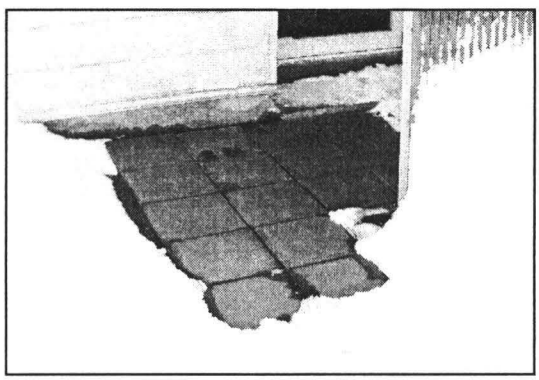


Fig. 4 融雪歩道板『雪大将』

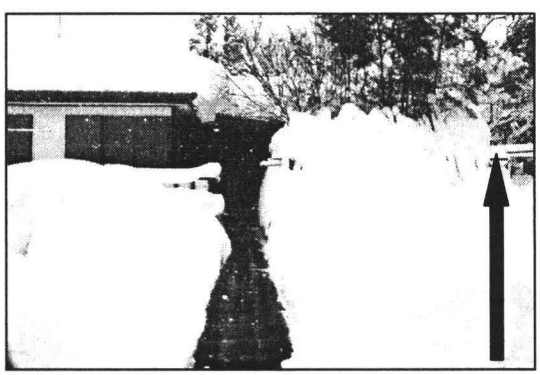


秋田県東成瀬村



福島県喜多方市

宮城県鳴子町



宮城県鳴子町

Fig.5 融雪歩道板フィールド試験

【まとめ】

本研究により開発したナノカーボンセメント発熱体は、非常に高い遠赤外線能力を備えるまったく新しい素材であり、このものを融雪に関して利用した場合、これまでの融雪システムでは考えられない融雪能力を発揮することが明らかとなった。この発熱体が備える遠赤外線の効果は、融雪のみならず様々な分野に応用が可能なため、今後もナノカーボンセメント発熱体を利用した製品の開発に尽力を注いでゆこうと考えている。

05-01 圧密化とグリーンプラの複合化による軟質針葉樹の強度性能の改質

島根大学総合理工学部

助教授 吉原 浩

【はじめに】

スギをはじめとして,戦後日本各地でおびただしい数の軟質針葉樹が植林され,近年ようやく活用可能な状況になっている。しかし,このような軟質針葉樹は総じて材質が低く,また生育地による材質のばらつきも大きいため,適切な活用方法がなかなか見出せない状況にある。こうした低質な木材の材質を改善し,できあがった製品のばらつきを少なくする方法として,高温高圧水蒸気中で木材を圧密化する方法が開発され,多くの場面で実用的な段階にある。しかし,材料に著しく大きな変形を与えるこの加工法で得られた製品の強度は,加工プロセスおいて生じる内部損傷の影響を著しく受けることがわかってきた。したがって,圧縮木材を構造用材料として使用することを考慮した場合,こうした損傷から構造的な崩壊を発生することが危惧されるため,損傷を避けたり修復したりするような加工が望まれる。

こうした損傷を高分子材料等で充てんすることによって力学特性の低下を抑制することが期待できる。これまでも圧密化と高分子の複合化によってより剛性の高い木質材料を製造する試みは比較的頻繁に行われている。ただし,木材と高分子材料の複合化に頻繁に使用される合成高分子は環境負荷が大きいものが多く,製造から廃棄までのプロセスを考えた場合あまり適切ではないため,できるだけ環境負荷の小さい高分子材料である生分解性高分子(グリーンプラ)の使用が望ましいと思われる。そこで本研究では代表的なグリーンプラであるポリビニルアルコールを代表的な針葉樹であるスプルースに含浸した後に圧縮加工して複合材料を製造し,繊維方向のヤング率,まさ目面および板目面のポアソン比とせん断弾性係数を測定することによって,複合化がこれらの弾性的性質におよぼす影響について検討した。

【試験方法】

試験にはシトカスプルース(*Picea sitchenis* Carr.)を使用した。材料は同一のフリッチから採取し,圧縮加工前の寸法を350 mm(繊維方向)×100 mm(接線方向)×10, 20 mm(半径方向)とした。このうち,半径方向の長さが20 mmのものは,後述する圧縮処理により10 mmとした。木材が水分を含みやすくなるように,上述の材料の板目面に直径1 mmの円孔を20 mm間隔で開けたものおよびコロナ放電処理を施したものを準備した。孔開けおよび放電処理した後,20 ℃の水中で48時間水漬処理した。また,生分解性高分子(グリーンプラ)としてポリビニルアルコール(エクセバールRS-2117,クラレ社製)を使用し,生分解性高分子水溶液に上述した孔開き加工および放電処理した試験体を浸漬した後,90 ℃に設定したオーブン内に入れ,2週間静置した。この際,水分が蒸発しないように適宜蒸留水を加えた。このような前処理を施した試験体を140℃で圧縮成型加工し,圧縮木材と生分解性高分子の複合材料を作製した。作製した試験体の概要を以下に示す。

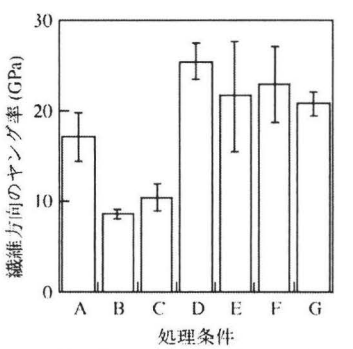
表　作製した試験体の概要

処理条件	試験体の前処理	圧縮加工	高分子の含浸の有無
A	なし	なし	なし
B	円孔（20 mm間隔）	なし	あり
C	コロナ放電処理	なし	あり
D	円孔（20 mm間隔）	あり	なし
E	円孔（20 mm間隔）	あり	あり
F	円孔（10 mm間隔）	あり	あり
G	コロナ放電処理	あり	あり

以上の表に示した試験体から，320 mm（繊維方向）× 15 mm（接線方向）× 10 mm（半径方向）の曲げ試験体をそれぞれの 10 本ずつ作製し，４点曲げ試験から繊維方向のヤング率およびまさ目面と板目面のポアソン比を，非対称４点曲げ試験からまさ目面と板目面のせん断弾性係数を測定した。

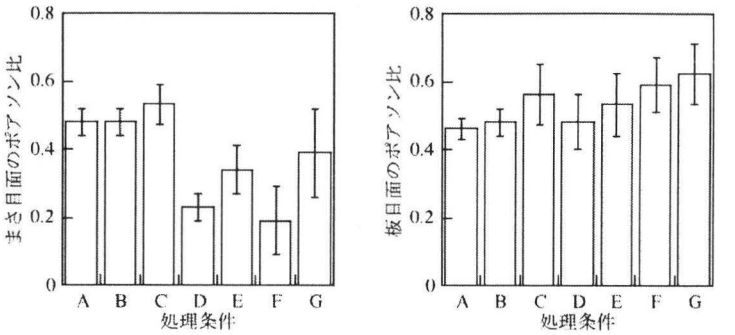
【結果および考察】

第１図にそれぞれの条件で作製した試験体の繊維方向のヤング率を示す。この結果から生分解性高分子を浸漬したのみではヤング率が低下しているが、この原因については今後さらに詳細に検討する必要があると思われる。また，圧縮加工したものはコロナ放電処理を施した条件 H を除いてすべてヤング率が上昇しており，圧縮加工の効果が示されているが，生分解性高分子を含浸させたもののヤング率が屹立して上昇したということはなく，ヤング率を上昇させるという観点からは生分解性高分子の含浸はあまり効果がない可能性がある。



第１図　各処理条件における繊維方向のヤング率

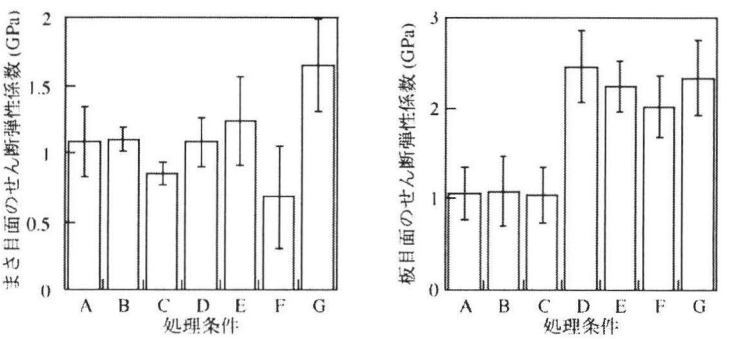
第２図にそれぞれの条件で作製した試験体のまさ目面および板目面のポアソン比を示す。既往の研究では圧縮加工によってまさ目面のポアソン比が低下することが示されたが，ここでも同様の傾向が見られた。しかし，20 mm 間隔で円孔を開けた試験体に生分解性高分子を含浸させて圧縮加工した試験体（処理条件 E）およびコロナ放電処理した試験体（処理条件 G）ではポアソン比の低下は抑制されており,複合化の効果が期待できると思われる。ただし，円孔の数を増やした場合（処理条件 F）ではポアソン比の値が低下している。このことから，適切な前処理によってポアソン比の低下がある程度抑制できることが示されていると考えられる。一方，板目面のポアソン比は未処理のものよりも総じて上昇しており，圧縮加工および複合化の効果が現れていると考えられる。



第２図　各処理条件におけるまさ目面および板目面のポアソン比

第３図にそれぞれの条件で作製した試験体のまさ目面および板目面のせん断弾性係数を示す。既往の研究では，圧縮加工でまさ目面のせん断弾性係数が低下したことが示された[1,2]。しかし，圧縮加工のみを施した処理条件 D に示されるように，本研究ではまさ目面のせん断弾性係数は未処理のものとほぼ同じ値となっている。しかし，20 mm 間隔で円孔を開けた試験体に生分解性高分子を含浸させて圧縮加工した試験体（条件 E）およびコロナ放電処理を施した試験体（条件 G）のせん断弾性係数は上昇しており，生分解性高分子の複合化によりせん断弾性係数を積極的に向上できる可能性が示されている。ただし，円孔の数を増やした場合（条件 H），むしろせん断弾性係数の値が低下している。このことから，適切な前処理によってせん断弾性係数を上昇させることができる可能性が示されたと考えられる。一方，既往の結果同様に板目面のせん断弾性係数は未処理のものよりも明らかに上昇しており，圧縮加工および複合化の効果が現れていると考えられる。

以上のことから，適切な処理を施すことにより，圧縮木材と生分解性高分子の複合化によって弾性的な性質を改善できる可能性が示されたと考えられる。



第３図　各処理条件におけるまさ目面および板目面のせん断弾性係数

【結論】

生分解性高分子（ポリビニルアルコール）をさまざまな処理を施したスプルースに含浸した後に圧縮加工して複合材料を製造し，繊維方向のヤング率，まさ目面および板目面のポアソン比とせん断弾性係数を測定した。その結果，適切な処理を施すことにより圧縮木材と生分解性高分子の複合化によって弾性的な性質を改善できる可能性が示唆された。

05-02 木材用塗料の耐候性評価と耐用年数システムの開発

京都府立大学大学院農学研究科
教授　湊　和也

１．研究の背景と目的

木材は屋外で用いたときさまざまな劣化を受けるが、気象がその因子となって起こる劣化と、生物による劣化とに大別することができる。気象劣化の一例を挙げると、太陽光(主に紫外線)による木材成分の光分解、それによる変色、さらには光分解により低分子化して水に可溶となった木材成分の雨水による溶脱、その繰り返しによる早材部分の目やせ、その他、大気中に含まれる土砂や汚染物質の付着、温湿度の変動に伴い含水率が変化することによる反りや割れの発生などを挙げることができる。一方、生物劣化には、腐朽菌による木材成分の分解、シロアリなど昆虫類による食害、それらが原因となって起こる著しい強度低下や美観の低下、形状の変化、カビなどの微生物による変色などを挙げることができる。前者の劣化に対しては塗料の塗布、後者に対しては防腐・防虫薬剤の含浸や塗布での対応が基本であるが、塗料には防腐や防虫の効果を持たせたものもあり、木材が被る劣化のすべてを塗装のみで制御しようとしている場合が多い。したがって、塗料の耐久性を正確に評価することは極めて重要である。ところが、JIS K 5600 で定められたウェザメータによる劣化促進試験や南面 35 ° 傾斜の屋外暴露試験結果と、壁面など、実際の使用条件での劣化との関連性が定かではない。また、塗装面の劣化に伴い、基材である木材は腐朽菌による被害を受けると考えられ、それは木製品にとって致命的であるにもかかわらず、どの程度の塗膜劣化でそれが発生するかも不明である。

そこで、本研究では、JIS に定められた劣化促進試験や 35 ° 暴露試験と、壁体を想定した垂直暴露との関連性の把握、ならびに塗装面の劣化と木材腐朽菌による被害発生との関連について検討した。

２．材料と方法

屋外暴露試験には、造膜・透明７種、半造膜・透明２種、半造膜・着色２種、浸透・透明４種、浸透・着色６種の塗料を用いた(表１)。キセノンランプ方式のウェザメータによる劣化促進試験には、このうち造膜・透明塗料１種と浸透型・着色塗料２種を除いた塗料を用いた。これらの試験に供した木材試験片はスギおよびヒノキ材の板目板であった。また、塗装面の劣化が木材腐朽菌による被害発生に及ぼす影響を調べる試験では、浸透・透明１種、浸透・着色１種、半造膜・着色１種の計３種の塗料を用いた。当試験ではスギ辺材の柾目板を供試木材とした。

塗装面はサンダー仕上げをした後、それぞれのメーカーの指示どおりの塗布条件で、刷毛塗りによる塗布を行った。室内で２週間程度の養生を行った後、材色等初期値を測定し、屋

外暴露試験等の試験に供した。屋外暴露試験は南面 35 ° 暴露と垂直暴露を奈良県森林技術センターにて行い、3 ～ 6 か月ごとに 24 か月まで、材色、光沢度、撥水度、塗装面の破損率、目視による5段階評価を行った。劣化促進試験にはキセノンランプ方式のウェザメータを用い、標準的な条件での照射と照射+水の噴霧を繰り返し、最長2000時間試験を行った。途中200～500時間ごとに、材色等の測定を実施した。塗料の劣化が木材基材の腐朽劣化に及ぼす影響を見る試験では、メタルハライドランプ方式のウェザメータを用いて最長 120 時間照射を行い、塗装面を劣化させた。その後、JIS K 1571 の表面処理用試験方法に準拠した腐朽試験を行い、抗菌操作に伴う重量減少率を求め、塗装面の劣化(撥水度)との関係を求めた。

3．結果と考察

3 1 屋外暴露試験における角度の影響、屋外暴露と促進暴露試験との関連性

3.1 1 浸透・透明塗料

材色に関して、屋外暴露試験で連続的な変化が見られ、その変化の幅が大きいのは b*、次いでΔ E*であった。ほとんどの塗料において、35 ° 曝露では、垂直暴露で見られるそれらの値の変化は、1/2 の暴露期間で認められた。撥水度でも垂直暴露での変化は、ほとんどの塗料において、35 ° 曝露では 1/2 の期間で生じる。塗膜の破損率でも、35 ° 曝露では、垂直暴露のおよそ 1/2 の期間で劣化が進行した。

一方、屋外 35 ° 暴露とウェザメータによる促進試験との関係では、a*と b*の変化が類似していることが分かった。a*の変化は屋外 35 ° 暴露 12 ～ 30 か月(平均 19 か月)が促進試験 1000 時間、一方 b*の変化は 7 5 ～ 15 か月(同 12 か月)が 1000 時間に比定された。また、撥水度では 12 か月が 1000 時間に、塗膜の破損率では 6 か月が 400 ～ 500 時間に相当するという結果が得られた。

3 1 2 浸透・着色塗料

屋外暴露試験で暴露角度の違いによる時間的な対比ができたのは、材色に関しては b*とΔ E*であった。ほとんどの塗料において、垂直暴露で見られる b*の変化を、35 ° 曝露では 1/2 の暴露期間で認めた。また垂直暴露におけるΔ E*の変化を、35 ° 暴露では 1/3 ～ 3/4(平均 1/2)の暴露期間で認めた。一部の塗料では、L*や a*についても、暴露角度の違いによる時間的な対比が可能であり、35 ° 暴露では、垂直暴露の 1/4 ～ 2/3(同約 1/2)の期間で、同程度の変化が見られた。撥水度についても、垂直暴露の 1/2 ～ 2/3(同 5/8)の暴露期間で同程度の低下が 35 ° 曝露では認められた。塗膜の破損率で比較しても、35 ° 曝露では、おおむね垂直暴露の 1/2 ～ 2/3(同 3/5)の期間で劣化が進行した。

一方、屋外 35 ° 暴露と促進試験との関係については、いずれの塗料でも b*の変化が類似していて、その変化は屋外暴露 12 か月が促進試験 1000 時間に比定されることが多かったが、中には促進試験 400 時間の変化が屋外 35 ° 暴露 24 か月に匹敵する塗料もあった。また、撥水度では 12 か月が 1000 時間よりはやや短い 700 ～ 800 時間程度(すなわち、1000 時間換算では 15 か月相当)に、塗膜の破損率では 12 か月が 1000 時間前後に相当するという結果が多く得られた。

3 1 3 半造膜・透明塗料

供試した 2 種の塗料のうち 1 種は劣化が軽微であり、暴露角度の違いや促進試験との時間

的な対比を材色変化から求めることができなかった。劣化が見られた1つの塗料でも暴露角度の違いにによる時間的な関係を材色変化から求めるには至らなかったが、促進暴露試験との関係では、屋外35°暴露3、9～12と20か月が、それぞれ促進試験400～600、800～1000と2000時間に比定された。

撥水度に関しても暴露角度の違いによる時間的な対比をすることはできなかったが、促進劣化試験との関係では、屋外35°暴露24か月が促進試験2000時間に相当した。塗膜の破損率では、屋外35°暴露6～12か月が垂直暴露24か月の結果と近似し、35°暴露では、垂直暴露の1/4～1/2の期間で劣化が進行した。また、促進試験との関係では35°暴露6～12か月が1000時間に、12～24か月が2000時間に比定された。目視評価点が3に達するまでの期間は、屋外35°暴露で約12か月、垂直暴露で24か月かそれ以上で、やはり35°暴露では、垂直暴露の1/2かそれ以上の期間で劣化が進行した。促進劣化試験ではそれは1000～1200時間であった。

3 1 4 半造膜・着色塗料

供試した2種の半造膜・着色塗料は耐候性が高く、屋外暴露24か月、促進劣化試験2000時間でも劣化が軽微であり、材色変化は少ないため、暴露角度の違いによる劣化度の時間的対比や促進試験との時間的な関連性を材色変化から求めることは現時点ではできていない。

撥水度については、一つの塗料で屋外35°暴露12～24か月の変化が促進試験1000～2000時間のそれに近似するという情報が得られた。破損率では、屋外35°暴露と垂直暴露との時間的関係が認められ、前者では3/8～3/4(平均1/2)の期間で、後者と同様の破損率が得られた。また、促進試験との関係にあっては一部を除いて、屋外35°暴露9～10、18か月がそれぞれ、1000、2000時間に相当するという結果になった。

3 1 5 造膜・透明塗料

屋外暴露試験での暴露角度の違いによる時間的な対比ができたのは、b*とL*であった。b*は暴露の初期に一旦増加した後減少に転じると推察されるが、その減少の局面において、35°暴露では垂直暴露のおよそ1/2の期間で、b*がほぼ同じ値になるという塗料が大半であった。L*は暴露開始後減少し、その後増加するが、その増加に転じる時期は、35°暴露では9か月、垂直暴露では12か月であり、前者は後者の3/4の期間であった。一部の塗料ではa*についても対比できたが、35°暴露では垂直暴露の2/3～3/4の期間で同じ変化が観察された。

撥水度は垂直暴露で暴露期間中に変化がない塗料が大半であった。塗膜の破損率で比較すると、35°暴露では垂直暴露の3/8～3/4(平均約5/9)で同程度の劣化が発生した。

屋外35°暴露と促進試験との材色変化の傾向は近似していて、時間的な対比は、L*、a*、b*全てで可能であった。L*では値が減少から増加に転じる時点での比較をすると、促進試験1000時間が屋外35°暴露5～15か月前後(平均12か月)であった。a*では8～20か月(同12か月)、b*では11～16か月(同13か月)となり、ほぼ1000時間＝12か月となった。撥水度では促進試験1000時間が屋外35°暴露12～24か月(平均16か月)、塗膜の破損率では促進試験1000時間が9～40か月(同21か月)となり、材色変化から見たときよりも、促進試験1000時間に比定される屋外暴露の期間が長くなった。

3 1 6 塗装の劣化試験全体のまとめ

屋外暴露試験において、35 ° 暴露と垂直暴露との時間的対比を、塗料の分類ごとに、材色変化や撥水度、塗装面の破損率等に関してまとめた結果を表２に示す。表中の数字は、垂直暴露での変化と同程度の変化が、35 ° 暴露で現れるまでの期間(垂直暴露を１として)を示しており、そこに分類された塗料の平均値である。また、過半(分類された塗料の 2/3 以上)の塗料で関係が求められた場合、太字とした。この表によると、いずれに分類された塗料でも、35 ° 暴露では、垂直暴露のほぼ２倍の早さで種々の変化が現れることが分かる。

また、屋外 35 ° 暴露試験とウェザメータによる促進劣化試験との関係については、表３のとおりであった。表中の数字は促進試験 1000 時間が屋外 35 ° 暴露何ヶ月に相当するかを示すものであり、表２と同様、そこに分類された塗料の平均値であり、過半の塗料で関係が求められた場合太字とした。ただし、目視評価については、評価点３に達した時期(メンテナンスに適した時期)の平均値(か月数)で、括弧内は促進試験での時間数である。これについてみると、屋外 35 ° 暴露 12 か月が促進試験 1000 時間に相当するという結果が多く得られた。定説では、屋外暴露と促進試験との関連性はほとんどないと言われていたが、このように測定項目ごとに経時変化を観察することで、一定の関係を示すことができた。

3 2 塗料の劣化が基材である木材の腐朽に及ぼす影響を見る試験

供試した３種の塗料すべて、未照射のときには、すなわち JIS K 1571 に準拠した試験では、腐朽試験による重量減少率は 3%以下であり、木材保存剤としての基準を満たした。しかし、照射時間とともに重量減少率の増加が見られ、10 ～ 40 時間照射した試験片で、腐朽試験による重量減少率の平均値が 3%を超えた。撥水度との関係では、少しでも木材基材への水のしみ込みが観察されると、腐朽菌による木材基材の劣化が生じることが明らかになった(図７)。これらのことは、塗料のみにより、木製品に耐朽性を付与することの難しさを示すものである。

屋外暴露試験の結果、浸透型塗料では１年以内に、造膜塗料であってもほぼ２年以内に、木材基材への水のしみ込みが観察される状況になっており、デッキや木製サッシなど、少なくとも 10 年程度の耐用年数が求められる木製品にあっては、木材保存剤を含浸して生物劣化を抑制した上で、何らかの塗装を施し、日光や雨水による表面劣化を抑制することが不可欠と言える。

05-03 木質ラーメン構造に用いる接着積層多軸接合部材の開発

秋田県立大学木材高度加工研究所
准教授　岡崎 泰男

【研究の背景と目的】木材を使用した木質ラーメン構造では、鋼板・引きボルト等を用いて柱と梁を直接接合する方式が用いられているが、このような構造では、特に3軸方向の部材の接合を行う必要がある箇所ではその取り合いが非常に複雑になるため、複雑な形状の接合金物の設計および面倒な二次加工が必要となり、これを避けるために梁の位置を変える等の措置が取られることも多く、構造設計・意匠設計の両面で大きな制約となっている。木材には非常に加工性が良く、また、元来有機物であるため接着剤との親和性が高いという特徴があり、この特徴を活かして集成材、合板、ＬＶＬのような「木質材料」と総称される様々な材料開発が行われてきた。本研究は、上述した木材の特徴（加工性、接着性）を活かし、木質ラーメン構造に使用できる、板材もしくはロータリー単板を原料とする接着積層多軸接合部材の開発を目指したものである。

【研究の方法】本研究では研究の第一歩として、まずコストが低く抑えられること、現場での作成が可能であることの二点を重視して研究を行った。上記条件を満たすため、原料単板から接合部材を製造するのではなく、市販流通品である構造用合板を基材とし、現場接着用の接着剤を接着剤として用いた接着積層接合部材の開発を試みた。まず、構造用合板を使用した接着積層接合部材製造に当たっての問題点、接合部材の回転剛性・強度等の基本性能の確認、および性能試験実施にあたっての問題点を確認するために、土台用の接合部材を作成し、そのモーメント抵抗性能試験を行った。次に、24mm、12mm、9mm構造用合板を基材とし、市販品である木ダボ用接着剤（発泡ウレタン系接着剤）を接着剤として使用した柱-梁接合用の接着積層接合部材を作成、これに柱および梁を二次接合したT型のモデル試験体に対しモーメント抵抗性能試験を行ない、接合部材の製造性およびその性能、二次接合部の性能等についての検討を行った。

【構造用合板を用いた土台用接着積層接合部材の作成と性能試験】

構造用合板を使用した接着積層接合部材製造に当たっての問題点、接合部材の回転剛性・強度等の基本性能の確認、および性能試験実施にあたっての問題点を確認するために、市販流通品である厚さ24mmの構造用合板（ネダノン）を基材とし、同じく市販流通品である床根太用接着剤(アクリル系常温硬化型)を接着剤として使用した土台用の接合部材を作成し、そのモーメント抵抗性能試験を行った。その結果、回転剛性 1.8×10^{3}kN·m/rad、最大モーメント22.1 kN·mという値が得られた。この結果および製造に際して発生した諸問題を踏まえ、次項の接合部材の試作および構造モデルのモーメント抵抗性能試験を実施した。

【構造用合板を用いた柱ー梁接合用接着積層接合部材をモーメント抵抗接合具として用いた構造モデル試験体のモーメント抵抗性能試験】

作成した接着積層接合部材は、図1,2に示した通り。105×240mm 部材（オウシュウアカマツ集成材）用、120mm×300mm 部材（ベイマツースギ複合集成材）用の2種類の接合部材を作成した。柱－梁接合用接着積層接合部材と柱、梁との接合は、鋼板挿入ドリフトピン接合により行なった。柱－梁接合用接着積層接合部に設けた溝を活かすため、各接合部ごとに厚さ 9mm 鋼板を2枚挿入する仕様とした。作成したモデル試験体例を写真 1,2 に示す。モーメント抵抗性能試験の実施状況は、写真3に示した通り。柱材中心から加力点までの距離を 1.3m、支点間距離を 2.6m として試験を行い、頂部変位から求めた見かけのせん断変形角(γ)、および接合部材の変形角(θ)、各二次接合部の変形角(α1、α2、α3）を計測し、作用モーメントとの関係から回転剛性を算出した。ただし、当初は全ての孔にドリフトピンを打ち込む予定であったが、接合部材の梁側腕の交差接着部に最も近いドリフトピン部分で脆性的な破壊が生じたため、105mm タイプでは、A （全ての孔に打ち込み）:1 体、B（梁側腕の交差接着部に最も近い孔には打ち込まない）:1 体、C （さらに、2番目に近い孔には打ち込まない）:1 体、120mm タイプでは、A :1 体、B:2 体の試験を行った。得られた結果は表1の通り、破壊状況例は写真4に示した通りであった。

【まとめ】本研究により、以下の通りの結果が得られた。

1) 価格および入手しやすさの面、現場での作成が可能であること、および接合部材と他の部材（柱、梁等）との接合強度等を考慮して市販の各種厚さの構造用合板を基材とし、市販の発泡ウレタン系接着剤を用いた接着積層部材を作成した。120mm×300mm タイプのものについては、実用に足るレベルの回転剛性が得られたが、105mm×240mm タイプについては、回転剛性が小さく実用化は困難である。今後は幅 120mm 以上の断面に絞って開発を進めていく。

2) 交差接着によって生じる溝を鋼板ドリフトピン接合による二次接合に活用することを試み、各種厚さの構造用合板を組み合わせて接着積層部材を作成したが、薄い合板が二次接合部分から曲げ破壊を起こし、期待したほどの耐力は得られなかった。24mm の厚物構造用合板のみを使用した方が、二次接合部耐力は向上するものと考えられ、今後はその方向で開発を進めていく。

3) 二次接合部については、鋼板を接合部材の交差端部まで差込み、めり込みにより剛性・強度を上げようとしたが、かえって、交差端部に最も近いドリフトピン部分に大きな力が作用し、そこから脆性的な破壊が生じる結果となった。また、製造時にはみ出して硬化した接着剤が邪魔になり、生産性が低下した。鋼板と交差端部の間に 50mm 程度のクリアランスを設ければ解決できる問題であり、今後はその方向で開発を進めていく。

4) 構造モデル試験体のモーメント抵抗性能試験の結果、見かけの回転剛性、最大耐力については、実用化が可能なレベルではあるが、普及のためには更なる性能向上が必要とされる結果が得られた。上述の理由を含め、構造用合板部分のドリフトピン接合部の性能が予想を下回ったためであり、今後はこの部分の性能を向上させ、実用化を目指していく。

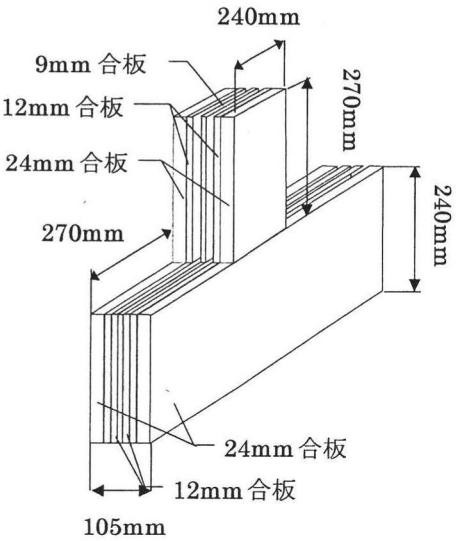


図 1 105mm タイプ接合部材

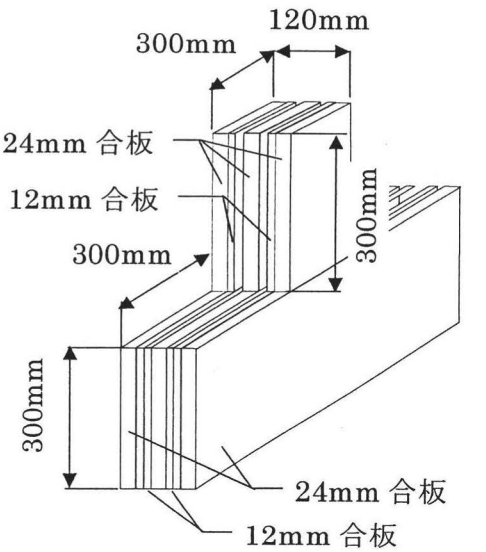


図 2 120mm タイプ接合部材

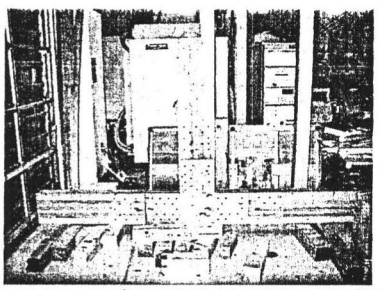


写真 1　構造モデル試験体（柱、梁断面寸法 120mm×300mm）

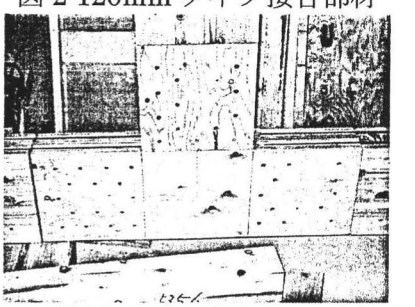


写真 2　構造モデル試験体 二次接合部

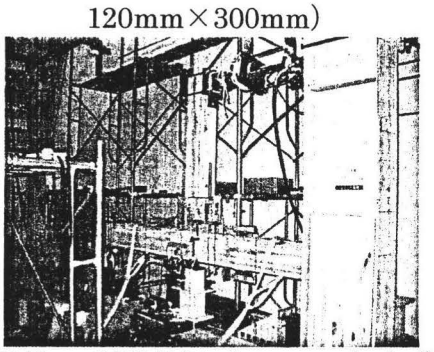


写真 3　試験状況（105mm タイプ）

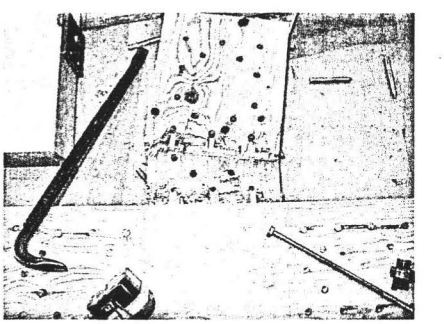


写真 4　接合部破壊状況（105mm タイプ-B）

表 1 構造モデル試験体 試験結果

	Mmax (kN·m)	回転剛性(×10³ kN·m/rad)				
		γ	θ	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$
105−A	6.96	0.366	1.04	0.443	2.72	4.28
105−B	11.2	0.307	1.09	0.465	2.34	1.06
105−C	8.32	0.234	1.12	0.258	0.640	1.25
105−A	20.48	0.839	3.24	1.02	4.67	4.17
120−B-1	23.34	0.670	2.49	0.548	4.89	9.59
120−B-2	26.78	0.664	3.04	0.644	1.38	2.66

Mmax：最大モーメント

05-05 室内中 VOCs の安定同位体比を用いた汚染源解明（要旨）

秋田県立大学システム科学技術学部経営システム工学科
助教　川島　洋人

1. 背景・目的

近年，寒冷地を中心に住居の高断熱，高気密化が進んでいる。その結果，各部屋の温度差は減り，より少ないエネルギー消費で快適な生活を送られるようになった。しかし，住居の高断熱・高気密化は室内・室外空気の出入りを減少させるため，空気が浄化されず汚染を招いた。これにより室内空気汚染が原因の，いわゆる“シックハウス症候群”と呼ばれる健康被害が発生し，国は 13 物質の揮発性有機化合物の指針値策定，建築基準法改正などの対策をとった。

シックハウス症候群を引き起こすとされる原因の一つに揮発性有機化物(Volatile Organic Compounds, VOCs)がある。VOCs は眼，鼻，咽喉への刺激，頭痛，神経障害を引き起こすとされている。しかし，室内における大気中 VOCs は 1 つの物質でも複数の汚染源から由来しているため(花井ら，1996)，発生源の特定は困難である。そのためシックハウス症候群の患者は化学物質を全く使用していない住居に住むなど極端な対応を取らざるを得なくなってしまっている。室内における大気中 VOCs を効果的に対策するためには，発生源を特定し優先順位をつけて除去することが必要である。

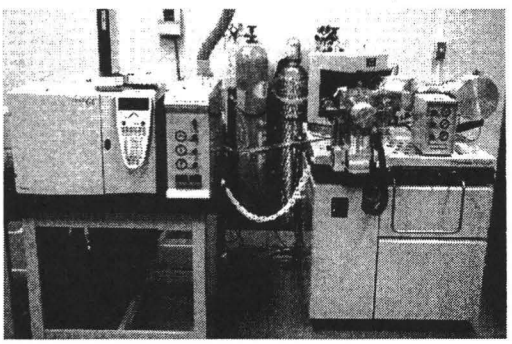


図 1　GC/C/IRMS

1990 年代になりガスクロマトグラフィーと安定同位体比質量分析計(GC/C/IRMS)が融合した装置が実用化され始め，個別化合物の安定同位体比を測定(CSIA)することが可能になった（図 1）。安定同位体比は物質の生成過程，生成時期などの違いにより異なる比を持つ性質を持っているため，発生源間に違いを生み発生源解明に役立つことが示唆されており，事実，最近では自動車排出ガス，燃料などに適用した報告事例も少しずつ出始め，同じ物質でも物質によっては異なる安定同位体比を持つことがわかってきた。しかし，国内外問わず，室内環境中の汚染物質の発生源解析に安定同位体比が適用された報告例は皆無であった。

そこで本研究では，まず秋田県など寒冷地域における高断熱高気密化住宅の実態調査を行うことを第一の目的とし，室内大気の VOCs 中の炭素安定同位体比を利用した発生源解析を行うことを第二の目的とした。また今回，前処理方法として SPME（固相マイクロ抽出）法を用いたが，大気中の VOCs の例として既往の研究事例は非常に少なく，また安定同位体では皆無であったため，測定精度等も調査した。

2. 実験内容の概要

サンプリングは秋田県由利本荘市内の賃貸住宅 10 軒を対象に 2007 年 1 月 16 日から 2 月 8 日の冬季に行った。サンプリングはテドラーバックと吸引ポンプを用いて，住居内の大気を

捕集した。住居は出来るだけ日常生活の状態を知りたいと考え，住人には捕集する前日に簡単な換気を行う程度に留めてもらった。VOCs が高濃度で検出された住居はアンケート調査と聞き取り調査を行い，発生源を予測し濃度低減策を講じてもらった。

安定同位体比による発生源解析は 1 軒の住居と室外発生源として自動車排出ガス，ガソリンスタンド，精密機械工場，ドラム缶洗浄工場の 4 箇所，室内発生源としてファンヒーター，灯油タンク，ニス，ラッカーうすめ液の計 8 つを対象とした。VOCs の濃度測定，炭素安定同位体比測定はそれぞれ GC/MS と GC/C/IRMS を用いて行った。前処理方法としては SPME ファイバー（75-μm carboxen/PDMS（*SUPELCO*））を用いた。

3. 結果・考察

簡易で安価である等，様々な利点を有した前処理法である SPME 法を用いて，大気中 VOCs を測定するための方法を検討した。検量線は約 40 成分が決定係数 0.99 以上と高い精度となり，検出限界・定量限界値も既存の手法と比べてみても遜色ない結果となった。最終的には本手法ではベンゼン，トルエン等を含めた VOCs，36 成分が測定可能となった。

寒冷地域である秋田県由利本荘市内の 10 軒の賃貸住宅において室内大気中 VOCs の濃度測定を行った。その結果，住宅によっては BTEX 類やデカン，ノナン等の高沸点化合物等が高濃度で曝露していることがわかった。アンケート調査や聞き取り調査を行ったところ，発生源をファンヒーター，灯油タンク，煙草，防虫剤，洗剤と予測することが出来た。その後，住人にそれら発生源を取り除き換気をする等の対応策を実施してもらった結果，多数の物質において大幅な濃度低減が可能だった。さらに定量的に発生源を把握するため，発生源と住宅の結果との相関関係を見たところ，発生源が存在する住宅の結果はその発生源との相関が高い等，妥当な結果となった。

SPME 法を用いて，大気中 VOCs 中の炭素安定同位体比の測定を国内外で初めて行った。その結果，ベンゼン，トルエン等の BTEX 類，トリクロロエチレン，テトラクロロエチレン，スチレンの 9 成分で繰り返し分析の標準偏差が ±0.30‰（トリクロロエチレン）から±1.61‰（テトラクロロエチレン）と既往の研究に比べてみても遜色のない測定精度で分析することが出来た（図 2）。次に室内中のトルエンと m,p-キシレンを対象に，炭素安定同位体比を利用した発生源解析を行った。室内発生源としてファンヒーター，灯油タンク，油性速乾ニス，油性用ラッカーうすめ液と室外発生源 4 種と室外発生源として自動車排ガス，ガソリンスタンド，ドラム缶洗浄工場，精密機械工場の計 8 種の測定を行った。室内と各発生源の炭素安定同位体比を比較したところトルエンはファンヒーターによる灯油燃焼由来，m,p-キシレンは灯油タンクからの灯油揮発由来が主な発生源であることが予想された（図 3）。濃度のみの結果では個別物質ごとの発生源の詳細はわからなかったが，安定同位体比を利用することでより

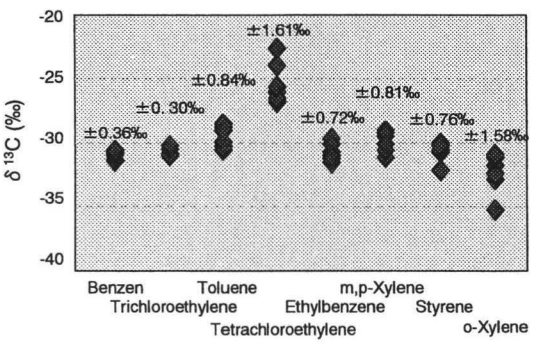
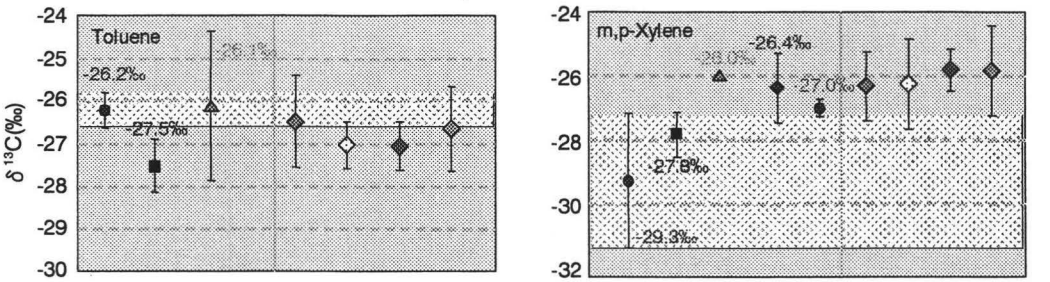


図 2　標準ガス（VOCs8 成分）の炭素安定同位体比の測定精度

詳細な発生源を推定することが可能になった。

今回，VOCs 中の炭素安定同位体比を利用することで室内における個別物質の発生源を推定することが出来たが，測定数が限られていること，発生源の種類が限られていること等，依然として課題もあった。今後はさらにデータ数を確保し，より総括的に居住環境の発生源解析を行うことが望まれた。また今回は炭素安定同位体比を扱ったが，水素や塩素の安定同位体比は，いくつかの利点があり，これからの室内環境問題への新たな研究として期待される。



左から順に，トルエン： B 宅，灯油揮発，ファンヒーター，自動車排ガス，ガソリンスタンド，精密機械工場，ドラム缶洗浄工場
m,p-キシレン：B 宅，灯油揮発，ファンヒーター，ニス，ラッカー，自動車排ガス，ガソリンスタンド，精密機械工場，ドラム缶洗浄工場

図 3　B 宅と室内発生源と室外発生源の炭素安定同位体比

4. 研究成果

Hiroto Kawashima, Yasuhiro Katayama, Rhan Zuiroku, Eiji Kikuchi, Takao Soma(2007), Source apportionment of unknown pesticide in paddy soil using stable carbon isotope ratio, Abstract of the 23rd International Meeting on Organic Geochemistry, Turkey, England, UK

Hiroto Kawashima(2006), Application of independent component analysis to atmospheric pollutants at industrial area, Japan, Abstract of the SETAC North America 27th Annual Meeting, pp.290, Montreal, Quebec, Canada

Mai Murakami, Hiroto Kawashima(2006), Stable carbon Isotopic ratio of VOCs using SPME-GC/C/IRMS, Abstract of the SETAC North America 27th Annual Meeting, pp.174, Montreal, Quebec, Canada (*SETAC Student Travel award*)

Hiroto Kawashima(2006), Source apportionment using Independent component analysis, Abstract of The Sixteenth International Conference on Quantitive Methos for Environmental Science (TIES 2006), pp.45, Kalmar

川島洋人, 村上舞, 片山泰宏, 笹山一樹, 梁瑞録, 菊地英治, 相馬隆雄(2007), 安定同位体比を用いた環境中有害化学物質の発生源の探索, 日本法中毒学会, 宮崎県

片山泰宏, 川島洋人(2006), 炭素安定同位体比を利用した未知農薬の起源推定, 日本リスク研究学会研究発表会講演論文集, Vol.19, pp.135-140

村上舞, 川島洋人(2006), 固定・移動発生源を対象とした VOCs 中炭素安定同位体比, 大気環境学会年会講演要旨集, Vol.47, pp.24, 東京都

村上舞, 川島洋人(2006), 固相マイクロ抽出法を用いた VOCs 中炭素安定同位体比の測定法の開発, 分析化学討論会予稿集, vol.67, pp.44, 秋田県

05-06 自然塗料、自然ワックスから放散する揮発性有機化合物に関する研究

お茶の水女子大学

生活科学部教授　田中　辰明

1. 本研究の目的

近年建築物の気密化が進むにつれ、揮発性有機化合物（以下 VOCsと記す）や微生物が原因であるシックハウス症候群が社会問題化し、天然由来の建材が注目されている。本研究では、市販の天然物質由来塗料からのカルボニル化合物および揮発性有機化合物の放散が、塗布後時間の経過とともにどのように変化するかを予測することを目的とし、最大 90 日間放散速度変化を測定し変化パターンを分析した。

2. 方法

2 1　実験概要

「自然塗料」として市販されている天然物質由来塗料 3 種について 7 日間放散速度を測定した。その中から長期放散の続く可能性の高い 1 種を選定して約 90 日間放散速度の経時変化を調べた。そしてその結果から変化パターンについて検討した。

2.2　試料

天然物質由来塗料 3 種（市販品）について、7日間放散速度を測定し、その経時変化を観察した。またその結果より、長期放散すると予測される試料について 90 日間放散速度を測定した。実験に使用した塗料 3 種について表 1 に記す。

表 1　実験で使用した天然物質由来塗料

サンプル ID	名称	製造元	備考
塗料 A	クノス	リボス社(トイツ製)	アマニオイル、 天然樹脂エステル等
塗料 B	アルドホス	同上	同上
塗料 C	アトムカラーニス	アトムサポート （日本製）	F☆☆☆☆ （登録番号 A03115）

2.3.　捕集方法

サンプリングは JIS A 1901 に準拠した小形チャンバー法により実施した。を使って測定を行った。アルデヒド・ケトン類は DNPH カートリッジ（SUPELCO 社）で、その他の揮発性有機化合物は TenaxTA 管で捕集した。

2 4　分析方法

カルボニル化合物はDNPHカートリッジよりアセニトリルで抽出し、抽出液を高速液体クロマトグラフィー(JASCO 860-CO、JASCO 社)で分析した。Tenax TA 管で捕集した揮発性有機化合物はGC/MS(GC-17A、GCMS-Q5050A、Shimadzu 社)で分析した。

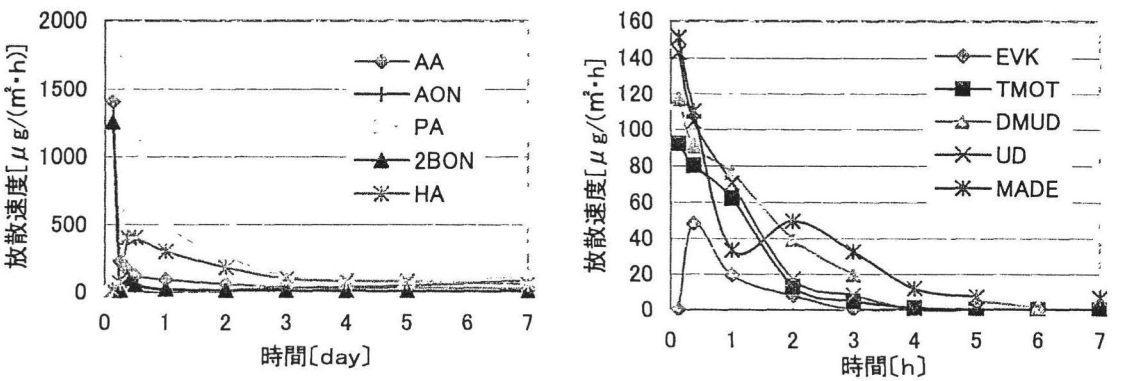
3　結果および考察

カルボニル化合物については、13 物質標準液 (13 物質、30 μg/ml、SUPELCO 社)により定性、定量分析を、揮発性有機化合物についてはGC/MS のデータベースを参照し定性を実施し、一定濃度に調整したトルエン換算で定量した。放散量の大きかった物質について、放散量の経時変化を示した。

3.5.　短期放散速度

図 1、図 2、図 3 測定した塗料から放散する化学物質の 7 日間の放散速度経時変化を示す。

測定した 3 種の天然物質由来塗料は、いずれも塗布後数時間後から 1～2 日後の間に、放散量が極大となり、その後 7 日以内に大きく放散速度が減少した。



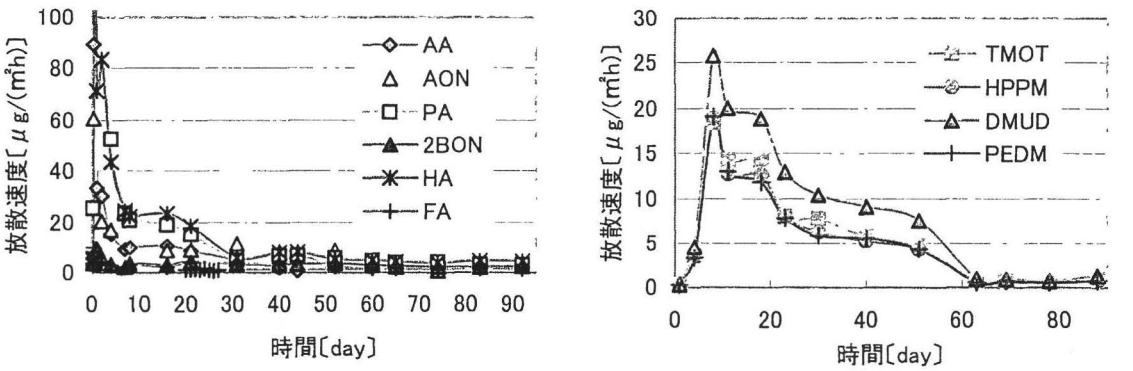
Formaldehyde(以下 FA)、Acetaldehyde(以下 AA)、Acrorein、Aceton(以下 AON)、Propionaldehyde(以下 PA)、Crotonaldehyde(以下 CA)、Metacrolein、2-Butanone(以下 2BON)、Butyraldehyde(以下 BA)、Benzaldehyde、Valenaldehyde(以下 VA)、m-Tolualdehyde、Hexaldehyde(以下 HA))

図 4　塗料Cからの放散速度(左:カルボニル化合物、右:揮発性有機化合物)

3.6.　長期放散

7 日間の放散速度を測定した塗料の中から、7 日経ったときのカルボニル化合物の放散が比較的高かった塗料 C:アトムカラーニスを選び、約 3 ヶ月間測定を続けた塗布後しばらくは、放散量の緩やかな減少が続いたが、カルボニル化合物については塗布後 30 日目頃から、その他の揮発性有機化合物については塗布後 60 日目頃から安定状態に達した。放散が止まる物質もいくつかあったが、安定状態に達して

からは放散量の変化はほとんどなく、各物質について3～4μg/(㎡h)程度で放散が続いた。



Formaldehyde(以下 FA)、Acetaldehyde(以下 AA)、Acrorein、Aceton(以下 AON)、Propionaldehyde(以下 PA)、Crotonaldehyde(以下 CA)、Metacrolein、2-Butanone(以下 2BON)、Butyraldehyde(以下 BA)、Benzaldehyde、Valenaldehyde(以下 VA)、m-Tolualdehyde、Hexaldehyde(以下 HA))

図 5　塗料Cからのからの90日間放散速度(左:カルボニル化合物、右:揮発性有機化合物)

4. まとめ

天然物質由来塗料からも、少量ながら化学物質の放散は起こっていることが分かった。ホルムアルデヒドの放散量においても、JIS の定めるホルムアルデヒド放散区分等級で F☆☆☆☆に当てはまるが、完全に放散が止まるという訳ではないので、化学物質過敏症の人においては注意が必要と考えられる。塗布後に見られた極大は、原料中の植物性油脂の空気酸化に起因すると考えられる 1)。また、カルボニル化合物に比べ、その他の揮発性有機化合物の方が放散速度の減少に時間がかかった理由として、その他の揮発性有機化合物は主に炭化水素類であり、分子量が大きく、また比較的拡散係数が小さいので、塗膜を通過しにくかったものと考えられる 2)。

謝辞

研究は田中の指導のもと、お茶の水女子大学生活科学部生活工学講座前田百合香さんが実験を担当して実施した。実験を紳士に実行した前田さんに謝意を表す。

参考文献

1　輸入品から国産品へも展開　自然塗料の国内市場、月刊建築仕上げ技術　29　N0 340　2004-2

2　「自然素材」でつくる健康・快適空間、建築知識、No 569 2003-6

05-08 建材用セルフクリーニングガラスの開発

三重大学大学院工学研究科分子素材工学専攻
助教　橋本　忠範

光触媒ガラスの一つであるセルフクリーニングガラスは，自分できれいになるガラスあるいは汚れにくいガラスであり，窓の清掃作業などのメンテナンス費用を抑えることができるだけでなく，ヒートアイランド対策用の建材用ガラスとしても注目されている。実用化されているものとして，日本板硝子（株）のクリアテクト®，旭硝子（株）のビューテック®，セントラル硝子（株）のファインセルフ，（株） PPG-CI の SunClean™などが挙げられる。特に有名なのは愛知県常滑市沖合の中部国際空港のターミナルビル（ 20,000 m^2）のクリアテクト®であろう。また，最近の自動車の半数以上のバックミラーにはこのセルフクリーニングガラスが採用されている。このセルフクリーニングガラスは， TiO_2 あるいはその複合体をコーティングしたガラスであり， TiO_2 の光触媒活性と光誘起親水性の両方の性質を利用している。

既存のセルフクリーニングガラスは，外観の良さ（高い可視光透過性）が要求されるので，比較的緻密な TiO_2 膜が形成され，結果的に表面積がかなり低下しているため粉末に対するデータから期待されるほど光触媒活性は高くはない。アモルファスの TiO_2 微粒子や膜が光触媒活性を示すという報告があるが，予想される通りアモルファスの TiO_2 の光触媒活性は低く，結晶との比較対照にすぎない。溶融法で作製したガラスが光触媒材料として開発されていないのは当然のことと思える。

TiO_2 のもう一つの重要な性質として光誘起親水性が挙げられる。この重要な性質の発見のお陰でセルフクリーニングという新しい研究分野と市場が確立されたのはいうまでもない。アモルファス TiO_2 の光誘起親水性に関する研究も行われており，光触媒活性と異なりアモルファスでもかなり優れた性能を示す。

一般に，セルフクリーニングガラスの場合，光触媒活性より光誘起親水性の方が重要視されている。したがって申請者はアモルファス TiO_2 もセルフクリーニング材料としても利用できると考えてきた。しかし，常識的にはアモルファスの TiO_2 が長期間安定で存在するとは考えにくい。しかも，アモルファス TiO_2 薄膜を使用する理由は特にないと思われる。

市販のセルフクリーニングガラスがガラス表面に光触媒層をコーティングしたものであることを考えると TiO_2 ガラスができればコーティングフリーのセルフクリーニングガラスとなり得る。しかし，よく知られているように通常の溶融法では TiO_2 ガラスはできない。

申請者は，これまでに鉛やヒ素を含まない環境にやさしい軽量・高屈折率の光学ガラス（エコガラス）の開発に成功している（特許公開 2004-83344 ）。このガラスは Ti^{3+} を含まない TiO_2 高含有ガラスである TiO_2-P_2O_5 ガラスであるため，光学ガラス以外の有効な利用法の一つとして，そのセルフクリーニング特性に着目した。エコガラスである TiO_2-P_2O_5 ガラスが

ガラス自身によるセルフクリーニングが実現可能なら，結晶材料より活性が低くても次に示すような多くのメリットがあるため非常に魅力的な材料になり得ると考えられる。

（１）既存のセルフクリーニングガラスのような光触媒膜をコーティングするプロセスが不要である。コーティングプロセスフリーのため製造コストを大幅に抑えることができる。

（２）コーティングに適さない複雑な形状のセルフクリーニングガラスが作製可能となる。

（３）コーティング膜に関する設計（反射率設計）が不要になるだけでなく，美観を損ねない。膜の干渉色の影響は皆無である。

（４）光触媒膜の劣化等による再コーティングも不要となるためランニングコストの一層の削減が期待できる。

（５）吸収端のテーリングが大きく，太陽光（可視光）を有効利用できる。

（６）特性改善のための添加物の導入が容易である。

さらに，申請者の開発した可視光応答光触媒作製技術（特許公開 2005-74376 ）を組み合わせることで可視光応答セルフクリーニングガラスの開発も可能と考えられる。

本研究では，多量の TiO_2 を含有することによる光触媒機能性の発現を期待し，チタノリン酸塩系建材用セルフクリーニングガラスを開発することを目的として，屋外でのセルフクリーニングを実現するために数 mW cm^{-2} の光照射に対して応答を示す材料の開発を目指し以下の検討を行った。

（１）光触媒用チタノリン酸塩ガラスの作製　TiO_2 の特に多い組成を中心に溶融法あるいはゾル- ゲル法で作製した。さらに，貴金属や希土類のドープ量や OH 量のコントロールによる特性の最適化を行った。

（２）セルフクリーニング特性（光触媒機能性・光誘起親水性）の評価を行うに当たって，チタノリン酸塩ガラスの光触媒活性は低いと予測されたので通常の光触媒機能性評価に用いられる照度（１mW cm^{-2}）よりあえて強い照度（８mW cm^{-2}）を用いた。

（３）光触媒機能性の評価　メチレンブルー水溶液に浸した TiO_2-P_2O_5 系のガラス試料にキセノンランプを用いて紫外線から可視光線を照射し，メチレンブルー溶液の吸光度の変化（分解挙動）をファイバーマルチチャンネル分光システムを用いて測定した。

（４）光誘起親水性の評価　キセノンランプを用いて紫外線から可視光線をガラス試料に照射した前後の試料の水に対する接触角を申請した接触角計（マツボー： PG-3 ：今回の助成金で購入した設備備品）を用いて測定した。

結論から先に述べると，チタノリン酸塩ガラスには光触媒活性と光誘起親水性があった。高い活性を示した訳ではないが，市販のセルフクリーニングガラスに匹敵するようなデータ（Ag 析出チタノリン酸塩ガラス）も得られた。また，WO_3 を添加したチタノリン酸塩ガラスが，通常の照度（１mW cm^{-2}）でも光誘起親水化することを見いだした。

活性を示す結晶を析出させかつ高透過性を維持するのは容易なことではないが，チタノリン酸塩ガラスを表面結晶化させると活性はさらに高くなった。この表面結晶化は通常のアニールプロセス中に可能なので，いわゆるコーティングプロセスが不要であることやコーティング膜と下地となるガラスとの間の高い密着性は既存のセルフクリーニングガラスとの差別化を図る上で重要なポイントとなる。

最近になって，チタノリン酸塩ガラスのセルフクリーニング特性が作製直後から備わっている訳ではないことが分かってきた。すなわち，ガラス中の Ti^{3+}を熱処理する間にガラス表面がTiO_2リッチな組成になる。そしてこのような表面層を形成できた場合に光誘起親水性が発現するようである。このようなTiO_2リッチなアモルファス層が500℃程度の加熱（アモルファスTiO_2薄膜なら結晶化するような温度）に対しても極めて安定であることは，実用化を考えた時の重要なポイントなり得る。

以上のように，本助成によりチタノリン酸塩ガラスの光触媒機能ならびに光誘起親水性を評価することで建材用のセルフクリーニングガラスの開発に資するデータを得ることができた。本助成金で得た結果を元に今後も建材用セルフクリーニングガラスの研究を進めていく予定である。

05-11 高齢者施設における脱臭機能を有する建材の脱臭効果の持続性に関する研究

大同工業大学　工学部　建築学科
助教授　光田　恵

1. はじめに

調湿効果に優れている建築材料には臭気物質を吸着する能力もあり、脱臭効果があるとされている。しかし、臭気物質の吸着能力には限界があり、飽和点に達すると臭気物質が再放出する可能性が考えられる。そこで本研究では、臭気物質の最大吸着量を明らかにするとともに、再放出量について検討を行うこととした。まず、カラム内に建材の試験片を入れ、臭気物質を一定流量で流す方法により、臭気物質の種類、調湿建材の種類、臭気ガス流量の違いによる最大吸着量および再放出量の検討を行った。また、バッグ内に建材を入れ、バッグ内の温湿度と再放出量の関係を検討した。

2. 本試験に用いた調湿建材の種類

実験には3種類の建材を使用した。天然ゼオライトを加工したパネルを試料A-1、試料A-1に紫外線応答型の光触媒を塗布したものを試料A-2、火山性ガラス質複層板を試料Bとした。

3. カラム実験

3-1. 実験方法

パネルを6mm角に加工し、加工した試験片9個をカラム（直径10mm、長さ80mm）内に詰めた。吸着実験開始前に80℃に設定した恒温器内にカラムを入れ、窒素を10ml/minで10日間流した。臭気物質別の吸着・再放出特性の検討として、試料A-1を用いて、アンモニア（臭気強度3相当、1.5ppm[1]）とトルエン（臭気強度2相当、5ppm[1]）による比較を行った。図1にカラム実験装置の概要を示す。カラム内へはアンモニアは2L/min、トルエンは0.5L/minで臭気物質を流した。インキュベーター内を25℃に設定し、3時間ごとにカラムの出入口ガス濃度を検知管(アンモニア検出下限濃度0.1ppm、トルエン検出下限濃度1ppm)で測定した。また、電子上皿天秤を用いて試験片の入ったカラムの重量測定も行った。カラムの出入口濃度が一定になった点を飽和点と判断し、飽和状態であることを確認した後に再放出実験に切り替えた。再放出実験ではインキュベーター内の温度を夏季室内における高温時を想定して40℃まで上昇させ、吸着実験と同様の流量2L/minの窒素を流した。再放出実験では30分間隔でカラム出口のガス濃度を測定し、電子上皿天秤によるカラムの重量測定も行った。再放出実験では、検知管による測定で検出下限値以下になった点を実験終了とした。調湿建材の種類別の検討としては、試料A-1と試料Bによる比較を行った。臭気ガスの流量別の検討では、試験片A-1を用いてアンモニア流量2L/minと4L/minで比較した。再放出実験の窒素流量は吸着実験時と同じ流量とした。

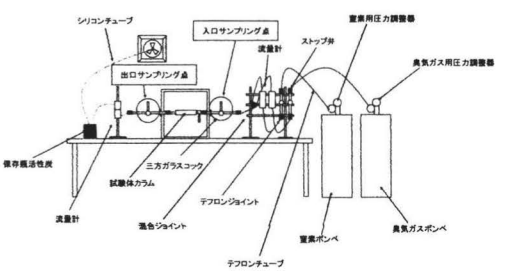


図1　カラム実験装置の概要

3-2. 実験結果および考察

(1) 臭気物質の違いによる比較

吸着実験においてアンモニアとトルエンとも時間経過に伴いカラムの出口濃度が入口濃度に近づいていき、アンモニアは66時間で出口濃度と入口濃度が一致し、トルエンは2時間で一致した。試験片の増加重量の変化は、出口濃度の上昇に伴い、試験片の重量も徐々に増加した。重量が一定になるまでに要した時間は、アンモニアでは60時間、トルエンで2時間であり、カラムの出口濃度と入口濃度が一致した時間と同程度であった。臭気物質が試験片に吸着し、試験片の重量は増加したものと考えられるが、ガス濃度と重量測定の結果から、アンモニアでは約60時間、トルエンでは約2時間で最大吸着量に達したものと考えられる。

アンモニアとトルエンの再放出実験における出口濃度について、アンモニアは 2 時間 30 分、トルエンは45分で検出下限以下となった。試験片変化重量については、アンモニアでは1時間30分までに0.005gの減少がみられ、トルエンでは30分までに0.001gの減少がみられたが、その後、重量の変化はなかった。25℃で最大吸着量に達した後、40℃になった場合にはアンモニア、トルエンとも若干の再放出が起こることが確認された。

(2) 調湿建材の種類別の比較

吸着実験においてアンモニアの出入口濃度が一致するまでの時間は、試料 A-1 では 66 時間、試験片 B では27時間であり、試験片の重量が一定の値を示すまでの時間は、試料A-1では60時間、試料Bでは27時間で、いずれも試料A-1と試料Bでは約2倍の差があった。

再放出実験における出口濃度について、測定開始時の試料 A-1 は 1.2ppm であり、試料 B は1.9ppmであったが、いずれも検出されるアンモニア濃度が徐々に低下して行った。検出下限以下までの時間は、試料A-1では2時間30分、試料Bでは2時間であり、ほぼ同程度の再放出量であると考えられる。これらのことから、ゼオライトを原料とする建材の吸着性能の方が優れている可能性が示された。

(3) アンモニアの流量の違いによる比較

吸着実験において出入口濃度が一致するまでの時間は、4L/minでは45時間、2L/minでは66時間となり、4L/minの方が21時間早かったが、再放出量の変化は同様であった。これらのことから、今回の条件では流量と最大吸着量とは関係しないことが明らかとなった。

(4) 各建材における臭気ガスの最大吸着量の検討

表1にカラム内の試験片（6mm角×9個）における臭気ガスの最大吸着量、再放出量、最大保持量を示す。最大吸着量は吸着実験でカラム出入口の濃度が一致した点までに吸着したガス量とし、再放出量は再放出実験で検知管の検出下限値までに放出されたガス量とした。また、最大吸着量から再放出量を引くことで最大保持量を求めた。この結果を基に建材 1m^2 当りの最大保持量を求めると、試料A-1のアンモニアは6～8g、試料A-1のトルエンは0.6g、試料Bのアンモニアは2～3gとなる。

表1　カラム実験試験片における臭気ガスの最大吸着量

実験条件			ガス量(mg)		
臭気物質	試料	流量	最大吸着量	再放出量	最大保持量
アンモニア	A-1	2L/min	2.10188	0.07162	2.03026
アンモニア	B	2L/min	0.83569	0.06229	0.77340
アンモニア	A-1	4L/min	2.70967	0.12457	2.58510
トルエン	A-1	2L/min	0.19784	0.00297	0.19487

4. 実空間を想定したバッグ実験

4-1. 実験方法

試料A-1、試料A-2とも厚さ6mmで、15℃-45%の室内に保存されたパネルを

用い、200mm×200mm に加工した。それぞれ 10L 固形物用サンプリングバッグに 2 枚ずつ入れた。バッグ内へは 1100ppm のアンモニアを注入した。図 2 にバッグ実験装置の概要を示す。バッグ内のアンモニア濃度が検知管（検出下限濃度 0.1ppm）で検出下限以下までになったことを確認した後、紫外線ランプを点灯し、室内の温湿度を上昇させ設定温湿度に調整し、再放出実験を開始した。アンモニア濃度の測定は紫外線ランプを点灯させてから 0 分後、30 分後、1 時間後、3 時間後に行い、それ以降は 3 時間毎に行った。吸着時のバッグ内の温湿度は 15℃-45%とし、再放出時の温湿度は 30℃-60%または 20℃-30%の 2 条件とした。

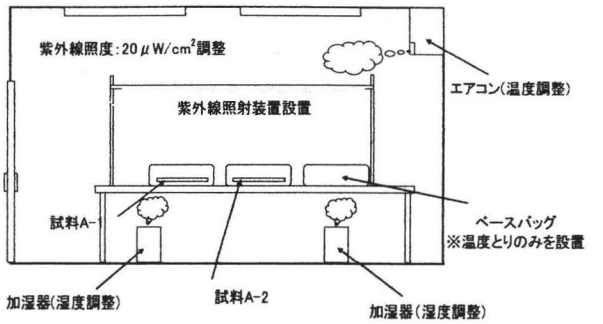


図 2　バッグ実験装置の概要

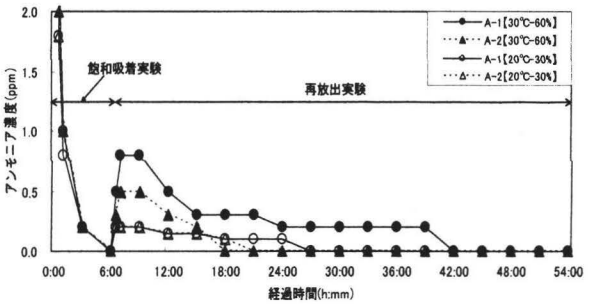


図 3　バッグ内のアンモニア濃度の変化

4-2. 実験結果および考察

図 3 に再放出実験の温湿度 20-30%と 30℃-60%におけるバッグ内濃度の変化を示す。試料 A-1、試料 A-2 ともにアンモニアを注入してから 6 時間後に検出下限以下になり、再放出実験を開始した。20℃-30%では試料間に大きな差はみられず、いずれも 30℃-60%と比較して再放出量が少ないことが分かる。温湿度を 30℃-60%に設定した場合には、試料 A-2 の検出濃度の方が低く、アンモニアが分解されることにより、再放出量が抑えられていると考えられる。

5. まとめ

本研究では脱臭機能を有するとされる建材の脱臭効果の持続性を明らかにするために、カラム内に建材の試験片を入れ、臭気物質の種類、調湿建材の種類、臭気ガス流量の違いによる最大吸着量および再放出量の検討を行った。また、実際の空間を想定し、バッグ内に建材を入れ、バック内の温湿度と再放出量の関係を検討した。得られた知見は以下のとおりである。

(1)　アンモニアとトルエンでは最大吸着量および再放出量が異なることが明らかとなった。

(2)　ゼオライトを原料とした建材の最大吸着量の方が多いことが把握された。

(3)　ガス流量の違いによる最大吸着量、再放出量を検討したが、今回は流量による違いは認められなかった。

(4)　臭気ガスの再放出量は、高温高湿の場合に多くなる可能性が示された。また、建材に光触媒を塗布することで吸着した臭気物質が分解され、再放出量が低減できる可能性が示された。

【参考文献】

1）悪臭法令研究会：ハンドブック悪臭防止法四訂版、ぎょうせい、pp431、2001

05-12 温度成層風洞による建物周辺における熱のよどみ域の形成に関する研究

独立行政法人建築研究所　環境研究グループ
上席研究員　足永靖信

1．本研究の背景と目的

近年、ヒートアイランド現象が社会問題とされている。特に、都市再生事業に伴い急ピッチで建設される高層建物群が都市の風を遮断し、気温上昇を来たすと懸念されている。1970年代に超高層建物が出現した際、ビルから吹き降ろす強風が問題視されたが、現在は連なって存在する建物群による風の停滞影響を解明することが求められている。

本研究は建物周辺の風の停滞が気温場に及ぼす影響を温度成層風洞実験により明らかにすることを目的とし、地表面を温度制御した規則的配置の建物群を対象にして建築形態に関わるアスペクト比等を変化させた温度成層風洞実験を実施した。

2．研究の方法

図１に実験概要を示す。助走区間 8m において人工芝、アルミラフネスを配置し、気流の乱れを十分発達させ４分の１乗則を得た（住宅市街地を想定）。下流 2m 領域では規則的配置の建物群を設置し、風洞床面温度を制御して温度成層流を作成する。実験条件はアスペクト比、温度条件を変化させた以下の５つである。

ケースM　　地表面加熱の標準的配列の建物群の場合
ケースH　　建物高さを増加させた場合（ケースMを標準とする）
ケースW　　建物間距離を増加させた場合（ケースMを標準とする）
ケースN　　建物間距離を減少させた場合（ケースMを標準とする）
ケースC　　地表面を冷却した場合（ケースMを標準とする）

気温は熱電対により計測を行い、全ケースの総計測点数は約１万点である。

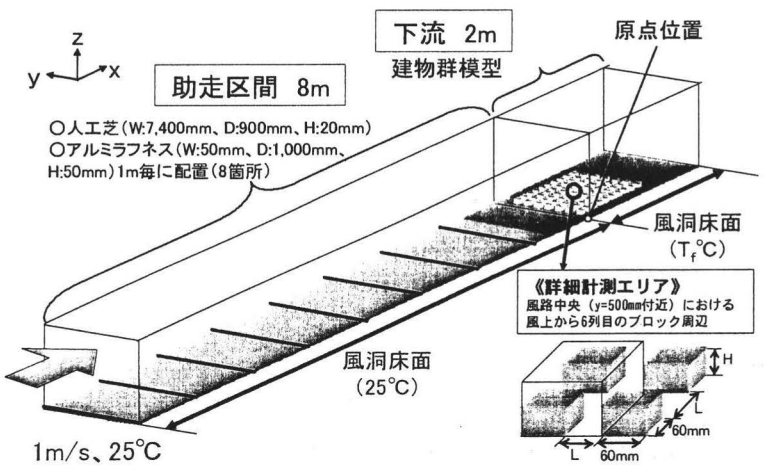


図１　実験概要

3．計測結果

アスペクト比が異なる3ケース（Case-W、Case-M、Case-N）について建物側の気温の鉛直断面分布を表したのが図2である。3 ケースとも地表面近傍、キャノピー上端において風上部分が風下部分より気温が高い。これは建物周辺の循環流のためである。地表面近傍の気温はアスペクト比（L/H）が大きくなると低下する傾向が見られる。一方、キャノピー上端においてはアスペクト比が小さい Case-N の気温が低い。これは、建物の占有率が大きく、他のケースと比較して風洞床からの放熱が実質抑制されたためと考えられる。

図3に地上近傍（z=10mm）における気温とスカラー風速（水平2成分の2乗和平方）の関係を散布図で示す。風速が増加する箇所では無次元気温は低下する傾向が見られる。特に、アスペクト比が大きい Case-W では風通しが良く気温低下傾向が見られる。

4．まとめ

地表面を温度制御した規則的配置の建物群を対象にして建築形態に関わるアスペクト比等を変化させた温度成層風洞実験を実施した。1 万点の気温計測データに基づいて、地表面近傍の気温はアスペクト比（L/H）が大きくなると低下すること、地表面付近においてスカラー風速が小さい箇所では気温が上昇することなどを明らかにした。

今後の課題として、実験データの蓄積を継続すると共に、数値シミュレーションとの比較検証が考えられる。

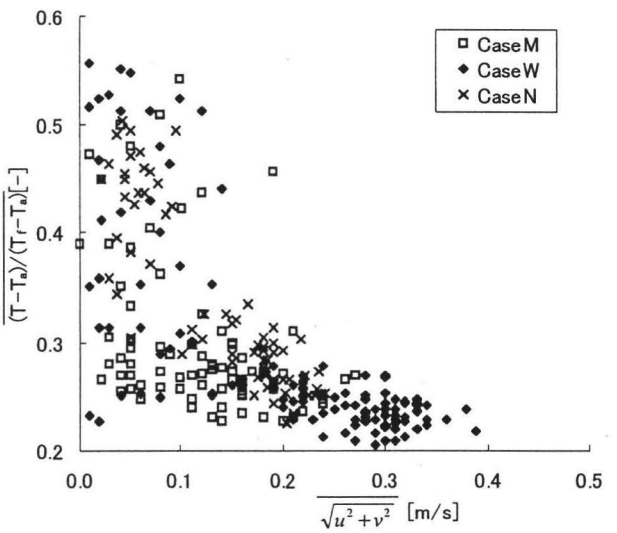


図3　z=10mm(1/4H)の気温と風速

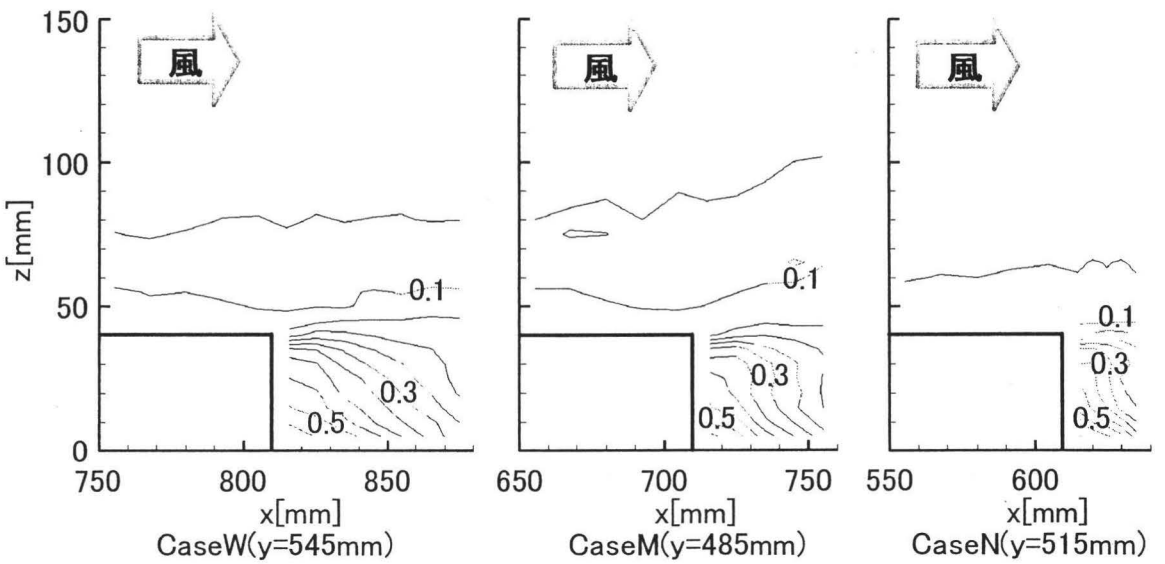


図2　気温の断面分布（建物側）

05-13 現場計測による戸建住宅の断熱性能簡易評価手法に関する研究

三重大学大学院工学研究科建築学専攻

准教授　永井久也

住宅の長期耐久性技術の開発は循環型社会を形成する上での基盤要素の一つであり、これを開発・発展させるには、建設・施工技術や材料開発といったハード面での研究・開発と並行して、その初期性能、経時的な性能変化を明確に行なう評価技術の開発が重要である。住宅の省エネルギー性能評価は気密性能と断熱性能に大別されるが、このうち気密性能に関しては、実際に建設された住宅において、１時間程度という短時間で実測する手法が開発されており、その性能検証法（C 値測定法）は確立されている。これに対して、断熱性能評価は設計目標の指標となる Q 値が実際に建設された住宅でどの程度実現されているかを判断・評価する手法・技術は未だ開発されておらず、戸建住宅の断熱性能実測法の確立が急務とされている。

国内での住宅の熱性能評価手法に関する研究はこれまで多く行なわれている。松尾らは実住宅において間欠的に発熱を行い、この時の室温の応答を指数一項の近似関数で表現し、実測値により最小二乗法で近似関数の係数を決定する手法を提案している。本手法は、比較的精度良く断熱性能を同定できる手法であると考えられるが、熱容量の大きな地盤に接する部位における熱損失の全熱損失に占める比率が比較的大きい場合にはその推定精度は極端に下がるため、この部分を解決する必要がある。また、現場による簡易計測と言う観点（例えば、計測時間、計測項目等々）からは、解決すべき課題が山積している。海外では木造住宅が主流であるスウェーデンにおいて、Sandbergらが全電化住宅を対象とした夜間のみの実測データを用いた簡易評価法を提案している。本手法は取り扱いの難しい日射の影響を軽減するために夜間のみの実測により評価を行なう手法であり、非常に簡易かつ有効な手法であるが、気象条件や生活様式（全日暖房と間欠暖房等）が大きく異なる我が国で本手法をそのまま適用することは困難である。本研究ではSandbergらの手法を基礎として、我が国の気象環境下で適用できる比較的簡易かつ精度の高い手法の開発を目指すものである。

本研究は主に、以下の４つの項目について検討を行った。

①小規模高気密高断熱モデル住宅を対象とした夜間発熱実験による熱損失係数推定法の検証
②本推定手法による熱損失係数推定値への夜間放射及び住宅の熱容量の影響についての検討
③換気負荷の時間変動に関する検討
④標準規模の高気密高断熱実住宅での本予測手法の適用

上記検討項目のうち、本究助成期間において実施した部分は主に上記の②から④についてであるが、研究の内容上、①の結果についても併せて以下にその概要・結果を述べる。

①小規模高気密高断熱モデル住宅を対象とした夜間発熱実験による熱損失係数推定法の検証

ここでは、比較的小規模な高気密高断熱モデル住宅を対象として、一年間各季節毎に、夜間発熱による住宅熱損失係数簡易実測実験を実施した。本実験では、電気ヒーターを用いた夜間発熱によりどの程度の室内温度分布が生じるかを明らかにするために、熱電対を使用した詳細計測を行った。その結果、本モデル住宅のような次世代基準レベルの高断熱高気密住宅においては、住宅内温度分布は、常識的な発熱量の範囲では非常に小さいことが明らかとなり、また、夜間発熱による熱損失係数も概ね±10%程度の再現性で推定可能であることが明らかとなった。

②本推定手法による熱損失係数推定値への夜間放射及び住宅の熱容量の影響についての検討

①の検討で、本簡易手法は概ね良好な再現性を有していることが明らかとなったが、本手法は、簡易さ、判り易さの観点から、室内外温度差、室内発熱量および換気量のみの計測であるため、夜間放射および住宅の熱容量の影響については無視している。そこで、ここでは①のモデル住宅を対象としてこれらの影響を数値解析により定量的に検討した。その結果、夜間１２時間発熱では、やはり十分な定常値は得られず、本手法による推定値は最大で 13%程度過大に見積もられることが明らかとなった。また、夜間放射についても、最大で 18%程度推定値を過大に見積もることが明らかとなり、両者を合わせて最大で 30%程度、推定値を過大に推定することを示した。

③換気負荷の時間変動に関する検討

本簡易手法の現場での測定項目は、室内外温度差、発熱量および換気量であるが、換気量の測定は簡易さという観点からは、除外したい項目である。したがって、機械換気方式（主に第３種換気方式）による換気が設計値通り時間的な変動無くなされていれば、この項目は、別途換気量の確認のみを行えば除外することができる。そこでここでは、高気密高断熱実住宅において、長期間に亘る夜間換気実測を実施し、その変動を確認した。その結果、実測 C 値 1.0 程度の高気密住宅においても、機械換気による換気量の時間的変動は極めて大きく、

実測期間中の30分毎の換気回数平均値に対して、±50%という非常に大きな変動があることが確認された。このことから、本簡易手法では、機械換気は停止し、密閉状態の漏気のみによる換気状態下で実測すべきとの結論を得た。

④標準規模の高気密高断熱実住宅での本予測手法の適用

ここでは、上記①から③の結果を踏まえ、竣工引渡し直前の標準規模の実住宅を対象に本簡易手法の適用可能性検討を行った。対象とした実住宅は約120㎡と150㎡の2つの高気密高断熱住宅である。その結果、標準規模の実住宅においても本簡易手法により概ね±10%程度の再現性で熱損失係数推定値が得られることが明らかとなった。また、これら得られた値はいずれも熱損失係数設計値より15%程度大きな値となり、仮に両住宅の熱損失係数が設計値通りであるとすれば、②で検討を行った検討結果の範囲に入り、十分理論的に説明可能であるここも明らかとなった。

以上から、本簡易手法は、例えば、住宅性能表示制度における省エネ性能等級判定・確認程度であれば、十分適用できる可能性が確認された。ただし、本簡易手法は夜間放射等については、計測を行っていないため、熱損失係数の正確な同定（絶対値の確認）は困難であり、今後は、他の詳細手法による結果との比較を多数の住宅に対して実施し、そのデータの蓄積を行っていく必要があると考えている。

05-14 高機能化ファサードを用いる建築設備一体化システムの解析と評価

工学院大学
教授　宇田川光弘

はじめに

最近の建築ではファサードに断熱、遮熱、昼光利用、自然換気などの環境制御機能を積極的に取り入れ、さらに空調・換気機能を組み込むなどファサードの高機能化が図られつつある。エアフロー窓を組み込んだカーテンウォールシステム、ダブルスキンシステムなどがその例であり、ファサードに環境制御機能を組み込むことにより、室内環境の制御性向上と空調負荷や電力負荷の低減を狙ったものである。また、透過型太陽光発電パネルを用いた窓や太陽熱集熱器と一体化された外壁や屋根など建築外皮部材に発電機能や集熱機能を持たせたものもある。

筆者は、これまで、建築設備の設計において快適で健康な居住環境と省エネルギー設備の設計ツールとして、建築の熱性能と設備システムを統合した建築熱環境・設備システムシミュレーション手法を作成し、シミュレーションプログラム EESLISM を開発してきた。EESLISM は建築設備一体化空調システムのシミュレーションが可能であることから、建築環境・設備の設計ツールとして、今後とも活用されることが期待されている。本研究では、EESLISM への適用を前提として、カーテンウォールやダブルスキン構造など窓ガラスおよび外装パネル、日照調整装置さらに太陽熱集熱器など太陽エネルギー利用も含めた高機能ファサードシステムについてシミュレーションモデルを作成した。

1．高機能化ファサードシステム

これまでの実施例や設計例についての調査により対象とするファサードシステムを把握した。国内外の高機能化ファサードを設置した建築の調査結果から、空気流通窓、ダブルスキン構造およびこれら外皮システムと空調システムとの関連について整理した。また、太陽光発電パネルや太陽熱集熱器を組み込んだ種々の太陽エネルギーの積極的利用機能を意図したサファードについても調査した。これらの高機能化ファサードは、シミュレーションアルゴリズム作成を考慮しつつ建築部位種別に分類すると以下のようになる。

（1）窓システム
- 多層ガラス窓（多層部材窓）
- 空気流通窓
- 透過型太陽光発電パネル窓

（2）外壁および屋根
- 通気層のある構造
- 太陽光発電パネルとの一体化構造

・太陽熱集熱器との一体化構造
・トロンブ壁など日射の集熱、蓄熱壁体
（3）太陽エネルギー利用を図る日除け
（4）ダブルスキン構造

2　高機能化ファサードの計算モデル

2 1　窓

窓については、空気流通窓やダブルスキン方式を含めたカーテンウォールのアルゴリズムを作成した。計算モデルは、窓システムとして制御されることを前提とする必要がある。ブラインドやカーテンの開閉、空気流通窓では流通空気の制御なども考慮する必要がある。

（1）多層窓

複層ガラス、ガラスおよびカーテンブラインドも含め複数の部材で構成されている窓について、空気流通窓など高機能化ファサードの計算法の基礎的方法として、多層部材からなる計算モデルを述べた。窓の計算の基本式は、既に筆者のものも含め既報があるが、ここで述べる多機能窓についても関連の深いので、各層の熱収支式を行列表示した一般化した基本式を示した。

（2）空気流通窓

空気流通窓やダブルスキン外皮のような外皮構造の中に空気を流通させる構造を持つものについては、空気流通部分を含め窓として一体化する計算モデルを示した。

（3）透過型太陽光発電パネルを用いた窓

窓に使用される透過型電池パネルが窓部材の１つとして用いられる場合は、カラス板を透過型太陽光発電パネルで置き換えればよいことを示した。

2．2　高機能化外壁の計算モデル

高機能化した外壁や屋根ついて、一次元非定常熱伝導を仮定したモデルで計算する。図８に高機能化を図った外壁、屋根の例を示した。

（1）通気層のある外壁

熱容量を考慮すべき部材の外側にガラスや金属板などがあり日射などの影響を受ける構成を考える。この場合、通常の外壁の外側に、２　１で述べた構成部材があるとして計算モデルを構築した。

（2）太陽熱集熱器との一体化構造

太陽熱集熱器を外皮システムと一体化した場合の裏面境界条件の設定方法について述べた。集熱器に関しては、定常熱計算モデルが示されており、このモデルにより計算するのが一般的であるが、集熱器裏面が屋根や壁に組み込まれた集熱器を想定した計算モデルを示した。

（3）太陽光発電パネルとの一体化構造

太陽光パネルについても、２　1(3)および２．２(1)の方法から計算できることを示した。

3. 家熱負荷及び空調システムシミュレーションモデル

シミュレーションの前提として流通空気の流量や集熱器通過熱媒流量などは計算条件として与えられるものとする。空調システムや給湯システムの系統図からシステム内の水や空気などの通過を設定する。なお水や空気の経路は自由に設定できる。また、ブラインドのような可動式の日照調整システムや空気流通窓や集熱器などの制御は可能であり、あらかじめ定められた時間スケジュールや気象条件などと関連させた制御条件により、室構成部材や設備機器など建物熱性能に関係するシステム構成要素の状態が決められるとする。

室の計算モデルに組み込まれる高機能化ファサードでは、流通空気の入口温度は、空気流通窓から見れば境界条件の一つであるが、流通空気の入口温度は、空気流通窓の上流側にある他の機器からの出口温度である。水や空気の通過経路に機器や建物部位が接続されているので、上流側要素の出口温度と下流側要素の入口温度は同じであり、各要素ごとに入口、出口の関係を表示しておけば、システム全体の連立方程式から全ての入口あるいは出口の状態値である温度、湿度が決まり、必要な熱量の計算がなされる。

4．一体化空調システムとしてのシミュレーションによる総合性能評価への適用

EESLISM の拡充により建築･設備システムの総合的なシミュレーションが可能となる。高機能化ファサードの建物モデルを想定し、室内環境制御システムとしての熱環境性能および空調システムとしてのエネルギー性能について詳細なシミュレーションを行い評価する。

シミュレーションでは、基本ケースと高機能化ファサードケースの比較により高機能化ファサードの効果を評価する。シミュレーション結果として比較するものは、各ケースの室熱負荷、空調機負荷、室内表面温度による室内熱環境などである。あるいは、PMVやOT(作用温度)による室内熱環境を設定してシミュレーションを行い、各ケースの室熱負荷や空調機負荷について比較することもできる。室内熱環境は同等にして空調機負荷の比較をする。空調機負荷からエネルギー消費量、CO_2排出量も推定できるので、これらについての比較も可能である。

05-15 プレ･ポストアセスメントに基づく省エネ設計法の構築

東京大学大学院工学系研究科建築学専攻
教授　難波　和彦

1. 背景と目的

近年、「省エネ」で「快適」な住宅を目指す環境配慮型の住宅が増えてきている。しかし、施工後に、設計時の意図通りの十分な建物性能が発揮されているか、また、運用時に、想定通りの快適な空気・熱環境が形成されているかを検証している例は極めて少ない。本研究では、実物件の、設計・施工・運用の三つの段階における建物性能、空気・熱環境を定量的に評価していくことで、実態の把握とともに、問題点の抽出、シミュレーション評価を組み合わせた省エネ住宅設計法の構築を目的とする。

2. 実物件における空気・熱環境の評価

2-1. ［設計］設計対象建物概要

本研究で扱った8件の建物データを表0-1,2,3にまとめた。調査対象の「箱の家シリーズ」1)は、1)吹抜空間　2)大開口　3)間仕切壁最小限　4)日射制御・通風促進　5)外張断熱・通気構法・水蓄熱式床暖房　6)生地のままの仕上げ　7)コストパフォーマンスのよい材料と構法の採用　8)シンプルな箱型といった特徴をもつ住宅シリーズである。

図１　調査対象の物件

表１　建物性能の調査方法

評価項目	断熱性能	気密性能	換気性能			
評価指標	熱損失係数Q値	相当隙間面積C値	換気回数N値			空気齢
単位	W/(K･㎡)	㎠/㎡	回/h			h
定義	室内と室外の温度差が1℃の時、家全体から単位時間に単位面積あたり、どれだけの熱量が逃げるかを示す数値。値が小さいほど、断熱性能が高い。	住宅外周部位にある隙間の総面積を床面積で割った値。値が小さいほど、気密性能が高い。気密性が高いと、漏気が減ることで断熱性能が高くなり、内部結露が生じにくくなり、計画的な換気ができるようになる。	1時間に室の空気が入れ替わる回数。値が大きいほど、換気量が多い。シックハウス対策のために換気扇などの機械力を使って、常時0.5回/h以上の換気回数を確保することが、建築基準法で定められている。ただし、過剰に換気し過ぎると、熱負荷を増加させるので、注意する必要がある。換気方式には第一種換気（強制給排気方式）、第三種換気（強制排気・自然給気方式）などがある。			空気が給気口から室内のある点へ移動するのにかかる平均時間。空気の新鮮度合いを表す値。値が小さいほど、早い時間でその地点に空気が到達している。
基準	次世代基準：27	次世代基準：5.0(高気密住宅基準：2.0)	建築基準法：0.5			-
計算方法	屋根・天井、外壁・窓、床から逃げる熱を、熱貫流率[W/m²K]を部材の厚さ[m]、熱伝導率[W/mK]から求め、換気で逃げる熱と足し合わせ、床面積で割ることで求める。	無し。仕様規定有り。気密性能を高くするには、外壁、床、天井、間仕切りの取合部（面と面の取合部）、開口部、換気扇、点検口まわり・外皮にあけられた穴まわりの主に2点に注意し施工する。	室全体の換気回数：その室に取り付けられている換気扇のカタログに記載されている風量の合計を気積で割ることで求める。 局所的な換気回数：無し。特に居室空間の換気量を必要十分量確保できるように、適切な数の給・排気口を適切な位置に設けるようにする。			無し。居室部分に新鮮な空気が行くような経路になるのが望ましい。汚染空気が居室に逆流するような経路にならないように注意する。
実測方法	Q値測定：ヒーターで室内外に20℃程度の温度差を付け、設定温度を保つのに必要な熱量を測定する。※坂本雄三研究室開発	減圧法：室内空気を送風機によって屋外に排気することで室内側を減圧し、その際に室内に流入する空気量を気密測定器により測定し、差圧と通気量から求める。	風量測定：換気扇の風量を風量測定器で測定し、その合計量を気積で割ることで求める。室全体の換気回数を求めることができる。	一定濃度法：空間のトレーサガス濃度が常に一定になるようにガスを供給し、その供給量から換気量を求める。局所的な換気回数を求めることができる。	濃度減衰法（ステップダウン法）：トレーサガス濃度の減衰曲線から換気量を求める。局所的な換気回数を求めることができる。	連続供給法（ステップアップ法）：トレーサガスを連続的に供給することによって、換気回数・空気齢を求める。給気口から入った空気の経路、到達時間を把握することができる。
使用機器	Q値測定用ユニット	送風機・気密測定器	風量測定器	マルチガスモニタ	マルチガスモニタ	マルチガスモニター・定流量計

2-2. ［施工・運用］建物性能の実測調査

施工後の建物性能を把握するため、106,108,112,113,115 計 5 件の実測調査を行った。調査項目は、1)断熱性能、2)気密性能、3)換気性能、4)温度むらであり、その計算・実測手法を表 1 にまとめた。

2-2-1. 断熱性能

108、112 において、実測により Q 値同定 3)を行った。実測値は、計算値とほぼ同等からやや小さい値となり、既往研究 3)の 3 事例でも同様の傾向が見られた(図 2)。設計時の Q 値計算は有効といえる。また、実測値が計算値よりも小さい、

2-2-2. 気密性能

箱の家 5 件において気密測定を行った。同じ集成材造 106,108,113 の 3 件を比較する(図 3)。106 の相当隙間面積 C 値は 2.08[c㎡/㎡]であり高気密だったが、測定時に室内側を減圧した際、軸組の接合部からの空気流入が目立った。その空気の流入源と考えられる断熱パネル同士の接合部の隙間を、108 以降、施工時にブチルテープでシールするようにした。その結果、106 と比べて、108 は 50%、113 は 75%C 値が小さくなり、十分高気密な住宅となった。

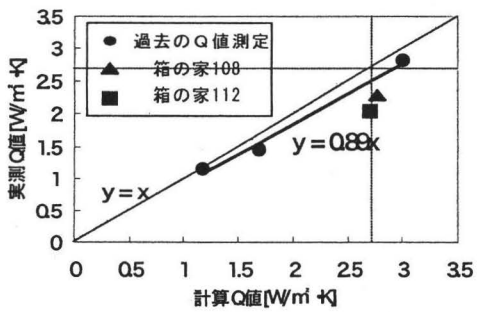


図 2 熱損失係数Q値計算値-実測値

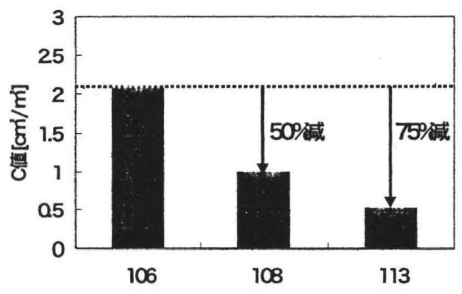


図 3 相当隙間面積 C 値実測値

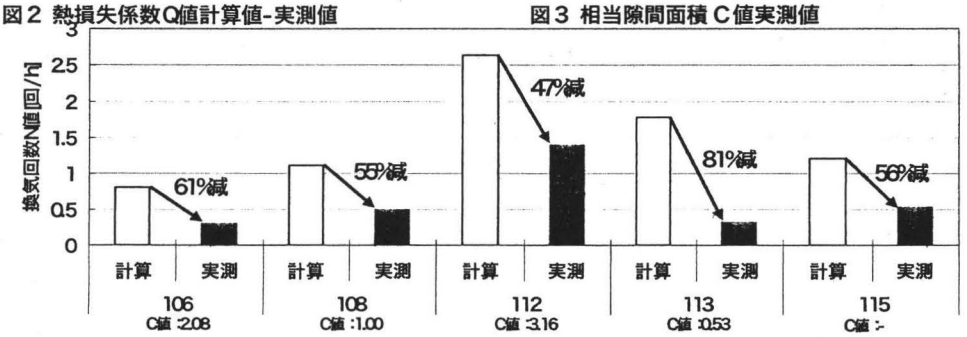


図 4 換気回数 N値 計算値-実測値

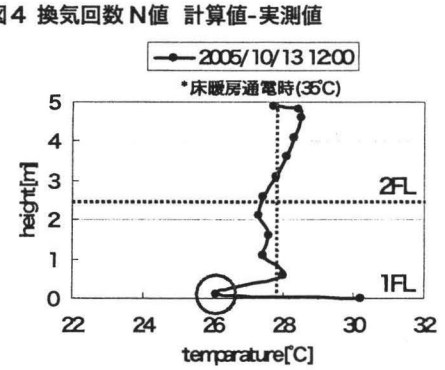


図 5 108冬期垂直温度分布

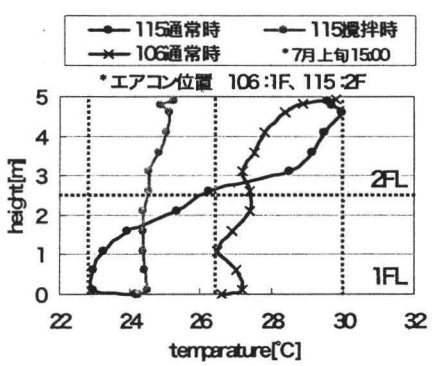


図 6 106・115夏期垂直温度分布

05-16 入浴におけるエネルギー消費量削減の検討

東京大学大学院工学系研究科建築学専攻
教授　鎌田元康

1．本研究の背景と目的

近年、地球環境問題が深刻化するなかで、今なお増加する住宅分野でのエネルギー消費量削減が急務である。家庭におけるエネルギー消費量のうちの約３分の１を占める給湯における省エネも重要な課題となっている。給湯におけるエネルギー消費量は、瞬間式・貯湯式といった給湯機器の種類や、浴槽の断熱性や容量、利用者の入浴スタイルや湯使用方法など、さまざまな要因に相互に影響される。

最近では給湯機の多機能化が進み、給湯消費の多くを占める浴槽においても従来の水栓落とし込みから自動湯はり・自動保温・自動追い焚きが標準化してきているなかで、浴槽からの放熱ロスが今まで以上に重要となっている。放熱ロスを低減した保温性の高い浴槽も登場しているが、これが給湯システムに組み込まれた場合の省エネ効果は十分検討されていない。そこで、本研究では、最近登場した浴槽断熱型の浴槽を中心に、入浴においての給湯機の入浴スタイルや自動保温による追い焚きなどの要因による給湯機のエネルギー消費への影響を把握することにより、入浴にともなうエネルギー消費量削減の検討を行うことを目的とする。

2．研究の概要

人工環境実験室内に給湯機および浴室スペースを設置し、住宅での実使用を再現した実験を行う。実験は、東京大学大学院工学系所有の人工環境実験室で行い、内部に高断熱仕様の浴槽を有するユニットバスを設置し、周りを発泡断熱材で覆った。給湯機は、CO2HP給湯機(以下、CO2HP)と、潜熱回収型ガス瞬間式(以下、潜熱ガス)の２台を使用した。

研究の主な内容を以下に示す。

（イ）入浴モードの作成：入浴実験に基づいた既往研究資料を参考に、入浴部分をより詳細に設定した入浴モードを作成した。

（ロ）浴槽保温実験：ガス瞬間式給湯機により、浴槽の開閉や換気方式などの違いによる浴槽保温の熱負荷の差異を検討した。

（ハ）入浴時効率再現実験：CO2HP について、「修正Ｍ１モード」と、入浴部分をより詳細に設定した「入浴モード」による実験を行った。

3．入浴モードの作成

本研究では、給湯モードに従い給湯機を運転した場合の消費エネルギーおよび給湯機のエネルギー効率を把握する。「モード」とは、湯使用量・流量・使用時刻等を規定したものを意味する。用いた給湯モードは、４人家族を対象に実使用を考慮して作成された「修正

Ｍ１モード」と、それを元に修正された「入浴モード」である。「入浴モード」では入浴部分がより詳細に検討され、浴槽湯はりは自動湯はり＋保温で再現される。

４．浴槽保温実験（潜熱ガス）

浴槽自動湯はり・保温における熱負荷を検証するため、潜熱ガスを熱源として、５ケースにおいて、実験を行った。雰囲気条件は全て冬期条件（雰囲気７℃・給水温度９℃）とした。変化させたのは、浴槽の設定水位・湯はり温度・浴室換気・蓋開閉である。入浴のスケジュールは「入浴モード」に従うものとした

- 基本となる Case1 では、浴槽湯はりに 20.2[MJ]かかる一方で、保温にも 3.9[MJ]程度かかっている。浴槽が高断熱仕様であることを考えると、保温による熱負荷がかなり大きいことが分かる。
- 蓋常時開放では、1.2[MJ]程度熱負荷が増加しており、最も増加量が大きい。
- 湯はり温度を 42℃に上げると、熱負荷が 0.4[MJ]程度増加。
- 湯はり量を増やしても、熱負荷がほとんど変化しない。
- 浴室換気を停止すると、熱負荷が 0.2[MJ]減少。
- 潜熱ガスの効率については、浴槽湯はりでは 90%程度と高いものの、追焚では 60%程度まで下がっている。そのため、全体の効率も 80%前半に押し下げられている。

５．入浴時効率再現実験（CO2HP）

CO2HP は、季節による雰囲気温度の差や日々の使い方・保温の有無・長短により、効率が変化することが予想されたため、修正Ｍ１モードと入浴モードにより検討を行い、以下の知見を得た。

- ＣＯ２ＨＰにおいて、浴槽の自動湯はり・保温を行わない修正Ｍ１モードでの検証を行い、季節条件や日消費により効率が大きく変化することを確認した。
- ＣＯ２ＨＰにおいても、追焚に伴う貯湯槽内の熱利用により、給湯機の効率が大幅に低下する。これは、温度成層がくずれ、ヒートポンプへの入水温度が上昇することによるものと推測された
- 入浴時間 2 時間と 4 時間で比較した場合、入浴時間が長い 4 時間の方が熱負荷が増加する。つまり家族全員がまとめて短時間に入浴した方が省エネになると言える。

６．まとめ

以上より、浴槽の保温にかかる熱負荷が、入浴におけるエネルギー消費の削減に不可欠であることが示された。高断熱浴槽においても保温にかかる熱負荷自体が大きい上に、保温により給湯機の効率が大きく低下することため、２重の意味で影響が大きい。

保温の熱ロス低減のためには、家族がまとまって入る・蓋を閉める・入浴時は換気を止めるなどが有効であった。また、給湯機の効率低下のためには、保温や追焚を使わずに、高温のさし湯などをする方が望ましい。こうした知見は一般ユーザーにとっても有用と思われ、有意義な結果が得られたものと考える。

05-17 住宅のパッシブソーラーデザインに向けた開口部サーマルスクリーンに関する研究

公立大学法人岩手県立大学盛岡短期大学部

助教授　本間義規

高い断熱水準の住宅に移行すると,おもな熱損失対策は換気負荷削減と開口部対策となる.開口部からの熱損失を削減するには断熱強化と面積削減が直接的な対策となるが,住宅全体の暖房用エネルギー収支をゼロにするためには昼夜で断熱性能を可変できる比較的大きな開口部が必要となる.開口部の断熱強化による省エネルギー効果を試算した結果が図1～3である.Ⅱ～Ⅳ地域までの次世代省エネルギー基準を満たす住宅を対象とし,日中は通常のガラス開口部のみで,夜間に断熱戸を付加した場合の,開口部面積比率と熱損失量（エネルギー消費量）との関係である.日射受熱量は南鉛直面90W/m^{2}を仮定している.

一般に,開口部面積が大きくなると熱損失が増えることになるが,日射受熱量が増加することで逆に増加する熱損失分よりも熱取得の方が大きくなるため,実質的にエネルギー消費量は低減する.その効果は試算の範囲内では外気温度の高くなる地域で顕著にみられ,Ⅰ・Ⅱ地域よりもⅢ・Ⅳ地域になるほうが効果的であること,また,その効果は,付加した開口部サーマルスクリーンの熱抵抗値が0 36～0 72m^{2}K/W程度であっても,開口部比率や地域条件により約30～40％程度のエネルギー消費削減が可能であることがわかる.

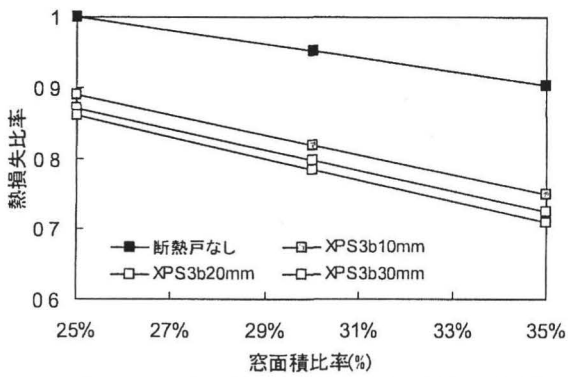


図1　窓面積比率と熱損失比率の関係（Ⅱ地域）

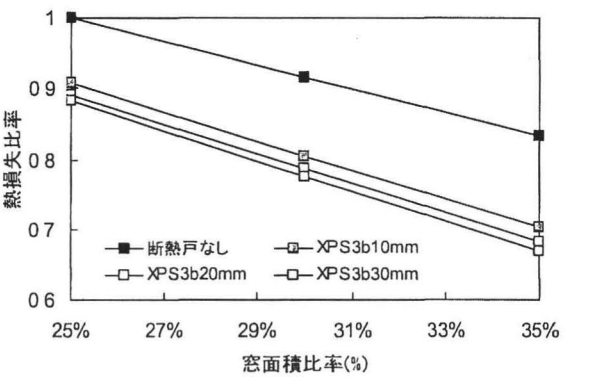


図2　窓面積比率と熱損失比率の関係（Ⅲ地域）

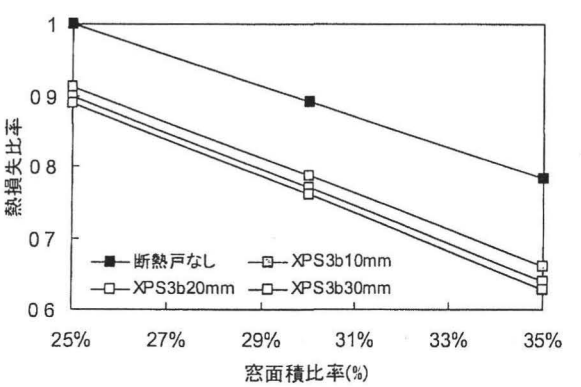


図3　窓面積比率と熱損失比率の関係（Ⅳ地域）

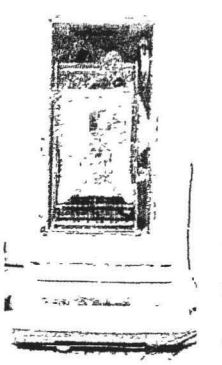


写真1　ガラス面滴状凝縮・蒸発性状に関する実験装置

表 1 滴状凝縮・蒸発時の湿気伝達率とルイス数

	ΔT	湿気伝達率	対流熱伝達率	(Le)^(2/3)
	K	kg/m^{2}s	1.7ΔT^0 25	
滴状凝縮時の平均値		0.0079	2.4453	0 3586
滴状凝縮後の蒸発時の平均値		0 0019	2.5137	1 4329

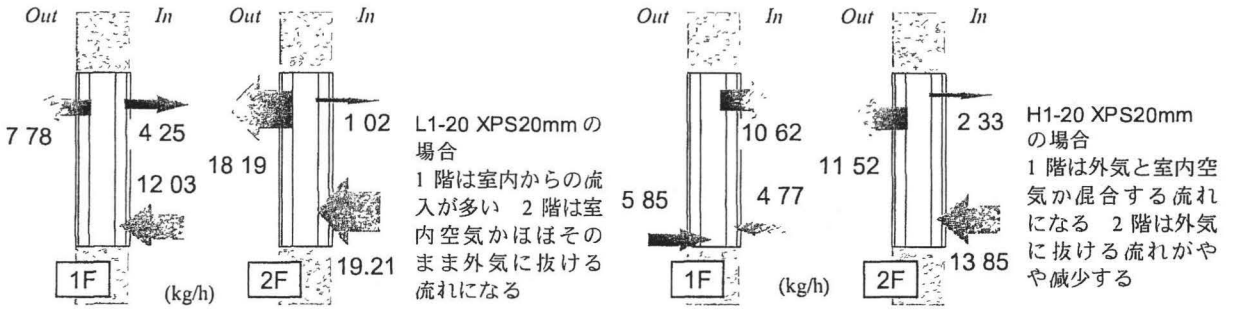


図 1 換気量設定の違いが開口部まわりの空気流れに与える影響(左 0 1ach, 右 0 5ach, 盛岡市)

本研究では，以下に示す実験的検討およびシミュレーション検討により，内側サーマルスクリーンの設置可能性と省エネルギー効果について検討した．

①ガラス表面での液滴凝縮・蒸発の関係（写真１，表１）

②スクリーンタイプの隙間量同定実験

③換気系と連成した多数室温湿度シミュレーションに基づく開口部中空層の結露量評価

滴状凝縮・蒸発時の湿気伝達率とルイス数を表 1 に示す．この実験値および②で求めた隙間量を用いて③のシミュレーションを実施する．

中空層の窓面結露に大きな影響を与える水分供給源は，室内からのサーマルスクリーンの隙間を経由した空気移動である．内側に断熱性能のある層が設置されることで中空層の温度が変化し，外窓のガラス表面温度が低下するとともに，室内と中空層との空気移動性状も変化する．その流れは，住宅全体の換気に伴う移流も大きく影響している　一例として，換気量設定の違いが窓まわりの空気移動に及ぼす影響を図 1 に示す．室内で一定量の換気が確保されないと，1F 窓は室内空気が流入するが，換気量が 0.5ach 確保されればサーマルスクリーンの隙間量が多くても中空層内への室内空気流入量は少ないことがわかる

次に，窓面結露量に対する気象条件の違いをみるため，盛岡，仙台，東京，大阪の４地域を対象にシミュレーションを行った．その結果，同一熱抵抗のサーマルスクリーンの仕様では，東京での結露量を 1（基準）とすると，盛岡 3 倍，仙台 2 倍，大阪 2 倍と見積もることができた．特に東京と大阪は 1 月の平均外気温度にはほとんど差がないにも係わらず（東京 6 3℃，大阪 6.1℃），2 倍の差が生じているのは，外気の絶対湿度が大阪のほうが高いからである（東京 2 78g/kgDA，大阪 3.54g/kgDA）．このことは，外気の温度のみではなく湿度も設計条件として考慮すべきことを意味している．

以上の検討の結果，熱抵抗値が比較的高くかつ非気密なサーマルスクリーンの設置は，建築基準法に基づく住宅の換気計画と量の確保により可能であることがわかった．特に，外気温度が比較的高く，外気絶対湿度が比較的低い地域では，住宅全体の省エネルギー性能の向上に対して非常に効果的であることが明らかになった．

05-20 古民家等の改修における古材の強度に関する非破壊診断指標の確立

名古屋大学大学院生命農学研究科
助教授　佐々木康寿

1 緒　言

我が国には古来より現在に至るまで木材を構造材料として利用してきた長い歴史がある．特に文化財建造物に多く見られる寺院建造物をはじめとして古民家などを含む多くの木造建築には，台風・地震など幾多の災害を乗り越えて現代までその姿を残しているものが多い．これらでは，断面寸法の大きい豪壮長大な部材が使用されているため，その視覚的な迫力や質感，長い年月にわたる使用感が現代人の関心を呼び，近年移築やリフォームなど，解体古材を再使用する場合が多く見受けられるようになってきた．木材の長期使用は環境保全の観点からも好ましく，こうした風潮は推進すべきである．しかし，再使用の際，古材の強度性能を適切に判断することなく再使用の判断がなされることは問題である．古民家の移築やリフォーム後の構造安全性を確保するためには，これら古材の保有強度の把握や損傷探査を何らかの方法によりできるだけ簡便に行う必要がある．このような部材の利用・再利用に当たっては，熟練大工の目視・経験による可否判定の行われる場合が多く，保有強度・損傷に関する科学的な数値化は未だ成されていない．また，解体前の構造体の状態で非破壊的に部材の強度特性を知ることは実現していない．

本研究では，木造建築物の修理・改築・建替え等において，使用されている構造部材の強度性能を非破壊的に確かめ，安全かつ合理的に利用するシステムを確立することを目的として，解体前の構造体のままの状態で，応力波を用いることにより部材（木材）の強度性能を推定する方法を開発した．築年数の長い寺院建造物や古民家等で大量に使用されている木材の保有強度・損傷を評価し，再利用に供することは，CO2 の固定機能を持つ木材の低環境負荷性を最大限に活かすことにも貢献するものである．

2 方　法

木材の強度パラメーターとして最も一般的なヤング率を対象とした場合，これを求める方法としては①負荷法，②周波数解析(打撃法)，③超音波法，④応力波法などがある．このうち①では，材料の断面形状を特定する必要があり，また，構造体内での試験は不可能である．②では，材料の支持方法が問題となるため，構造体内での実施は不可能である．材料の密度も必要である．③は，材料（木材）とセンサーの接触（密着）性が問題であり，材料の密度も必要である．技術的には実験室レベルを超えておらず，現場での使用は未だ困難である．これらに対して④は，作業（応力波伝播速度の測定）は簡便であり，材料の支持方法も不問であるため，現場での簡便な測定法として非常に優位となる．

以上のようなことから，ここでは応力波法を採用している．

3　推定方法

材料中を伝播する応力波の速度と材料の密度が分かればヤング率を求めることができる．この場合，密度を求めるには材料全体，または，小切片を採取し，その体積と重量を計測することが考えられるが，作業は面倒であり，特に小試片により得られる密度は材の局所的な値であり，必ずしもその材の代表値であるわけではない．このようなことから，本方法は研究蓄積の多い木材強度に関するデータベースを利用することにより，密度を測定することなく，応力波伝播速度のみからヤング率を推定するものである．

4　測定方法

応力波伝播速度の測定には，Fig. 1 に示すハンディタイプの応力波伝播時間測定器（FAKOPP）使用した．本機は打ち込み専用センサーに衝撃を加えると発生するエネルギー（応力波）が受信用センサーに到達するまでの時間（μs）を測定するものである．2 個のセンサー間の距離と応力波伝播時間を，ヤング率推定用計算プログラムをインストールした PC に入力すれば，直ちにヤング率（および密度）の推定分布値が求められる．

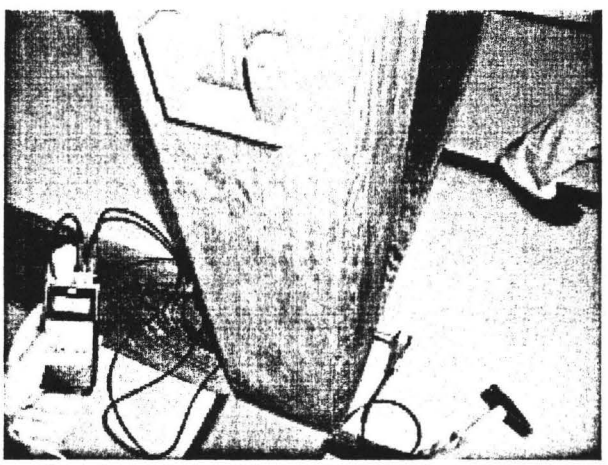


Fig. 1. Stress wave measurement by using FAKOPP.

5　検査例

現在，半解体修理中の善光寺三門（重要文化財，長野市，築後経過年数 260 年）を始めとする築後経過年数が 200～300 年の古寺院および古民家（築 110 年）において構造材の検査を行った．いずれの物件についても，検査対象としたのは柱，梁などの構造部材で，主たる樹種はアカマツ，ヒノキ，ケヤキであった．応力波は部材(木材)の長軸(繊維)方向および半径方向に伝播させた．

5.1　ヤング率の推定

本推定法により部材のヤング率を推定する場合，木材強度（ヤング率と密度の関係）に関するデータベースを使用する．そこで，ヤング率の推定に及ぼすデータベースの影響を検討した．Fig. 2 に，アカマツ（佐久市・貞祥寺，柱，梁）のヤング率推定値の分布を示す．図中 A はアカマツ古材のデータベース[1,2]によるもの，B は，機械等級区分データ[3]によるものである．これによれば，推定範囲（8～15 GPa），平均値（12 GPa 台）がほぼ同じ

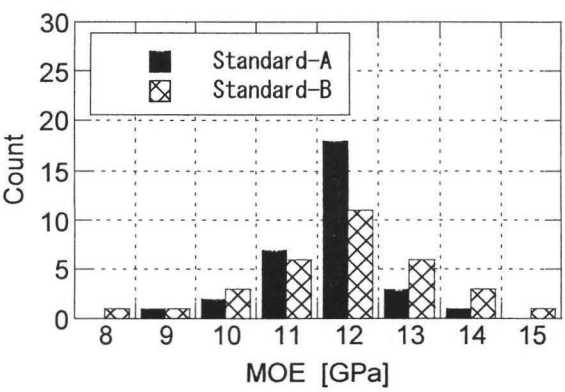


Fig. 2. Effect of data-base on the estimation of Young's modulus.

であり，推定分布形もほぼ同じと見なせる．樹種が特定できる場合には，該当樹種のデータベースによるのが推定精度の点からも好ましいが，そうでない場合には既存のデータベースによっても推定可能（推定範囲が広がってしまう）であることを示している．

Fig. 3 は，古民家（豊田市・鈴村邸，明治27年築）に使われていた土台（ヒノキ）に関するヤング率の推定値の分布である．目視により健全であると判断された材は，ヒノキのヤング率としては若干大きめ（10～14GPa）ではあるが，ほぼ常識的な値を推定している．目視により明らかに腐朽していた材のヤング率は，健全であった材の約 75%に推定している．

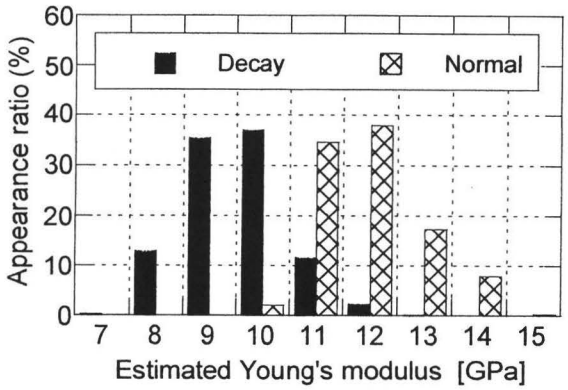
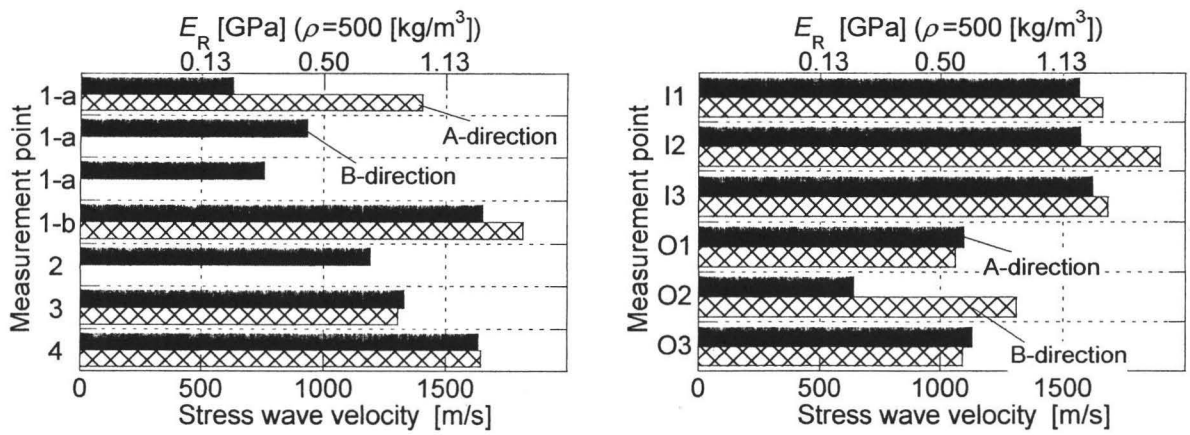


Fig. 3. Comparison between decayed- and normal-wood.

5.2 損傷の探査

応力波は木材中を伝播するとき，亀裂等の損傷・欠陥が存在すればこれを迂回して伝播する．この場合，健全材に比べて伝播時間が長くなる．これを利用すれば，内部損傷を探査することができる．Fig. 4 には部材の半径方向に伝播させた応力波速度とヤング率換算値（密度を 500kg/m^3 と仮定）を示す．図(a)は小屋梁の同一部位（1-a）で各方向から伝播させた場合，伝播速度は遅く，それぞれ異なる値を示しており，内部損傷の存在を示唆している．これに対し，同一部材の異なる部位（1-b）においては，他の健全材（2, 3, 4）と同様，常識的な値となっている．図(b)は寺院本堂の内部と外部にある柱の測定結果である．内・外部とも外観上，異常は見られなかったが，長年にわたって外気にさらされていた柱は，伝播速度が遅く，ヤング率も常識的な値に比べて半分程度に評価されるなど，内部損傷・劣化が推測された．



(a) Beam (Koukokuji, Susaka, Nagano). (b) Column (Soutokuji, Ueda, Nagano).

Fig. 4. Inspection of inner defect.

参考文献

1)　平嶋義彦，杉原未奈，佐々木康寿，安藤幸世，山崎真理子：古材の強度特性（第3報），ケヤキおよびアカマツの静的曲げ強度特性および衝撃曲げ強度，木材学会誌，51(3)，146～152，(2005)．

2)　山崎真理子，平嶋義彦，佐々木康寿：建築解体木材の強度特性，日本建築学会構造系論文集，588，127～132，(2005)．

3)　森林総研強度性能研究会：「製材品の強度性能に関するデータベース」データ集＜５＞，(2001)．

05-21 繊維廃材の建材への活用に関する研究

京都工芸繊維大学
教授　木村照夫

1. 本事業の背景と目的

我が国においては年間200万トンにも及ぶ繊維廃材が発生している。それらのうち、7～8割は使用済みのアパレル類を中心とする一般廃棄物（通称“ぼろ”）であり、残り2～3割が繊維関連企業から排出される産業廃棄物である。これらの繊維廃材の中で、有効利用（リユース、リサイクル）されているのは1割程度にとどまり、残りは焼却あるいは埋立られているのが現状である。

本助成事業では繊維廃材の新たな有効利用法の確立を目指して、種々の繊維廃材の建材への活用を検討することを目的とした。とくに、二種類の異なる融点を持つ繊維廃材を組み合わせて断熱板の成形を試みた。低融点の熱可塑性材料をバインダー材料とし、高融点の合成繊維廃材を成形品の機械的強度や断熱性を高める繊維材料として用いた。本事業では機械的強度にも優れた断熱板の成形に焦点をあて、優れた断熱板を得るための繊維廃材の組み合わせ、繊維配列、成形手法などについてプラスチック成形加工学、伝熱工学の見地から検討を行った。

2. 使用材料

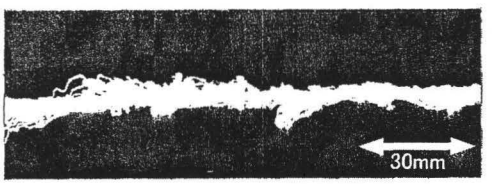


図1　ポリエステル捨て耳

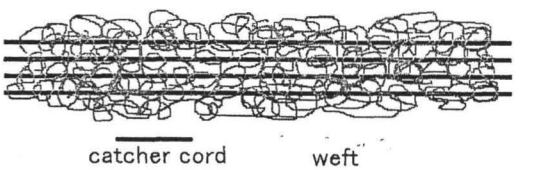


図2　捨て耳の模式図

図1に本事業で使用した高融点の合成繊維廃材を示す。この繊維廃材はポリエステル織物の製造工程で排出される、「捨て耳」と呼ばれるひも状の繊維廃材である。このようなポリエステル捨て耳は全国で５００トンもの量が毎月発生している。捨て耳の構造の模式図を図2に示す。図2からわかるように、捨て耳は連続状のキャッチャー糸に長さ数ｃｍの緯糸が絡み付いているひも状の繊維集合体であり、繊維集合体内部に大量の空気層を有している。この捨て耳内部の空気層によって成形品に断熱性が付与される事が期待できる。しかしながら、繊維集合体による空隙は成形品の機械的特性を低下させる要因となり、機械的強度の向上には何らかの方策が必要となる。ここで、捨て耳を構成する連続状のキャッチャー糸がこうした機械的特性の低下を低減する役目を果たすことが期待できる。使用したポリエステル捨て耳の融点は測定の結果、約２５８℃であった。また、直径は4～5mm、質量は1.1g/m、である。

バインダー材料としてはポリエステルの融点以下の熱可塑性素材を使用すればよく、一例としてポリプロピレン不織布屑を用いた。しかし、不織布をバインダーとして用いると加熱溶融時に大きな収縮が生じ、成形品寸法が安定しなくなることが判明した。そこで、フィルム状のPLA（三菱樹脂製エコロージュSA101）を用いた成形実験を行った。ＰＬＡはトウモ

ロコシやイモなどからでんぷんや糖質を抽出して、発酵や重合などの過程を経て生成される植物系ポリマーであり、再生可能な天然由来物質から生産できるので、環境に優しい材料と言われている。なお、本事業で使用したPLAフィルムの融点は165℃である。

PLAとポリエステルのように、二種類の熱可塑性樹脂から成る成形品は加熱により再溶融するため、使用後の成形品はポリマーブレンド材料として再利用できるため、リサイクル性に優れている。また、ポリエステル捨て耳を排出時の形状のままで利用する事によって成形にかかる手間やコストが低減できる利点がある。

3. 成形手法

ここでは高融点の繊維廃材と低融点の樹脂フィルムから断熱板を成形する手法につい説明する。板材の成形手法として加熱圧縮成形手法を用いることとし、成形を行う前段階として、予備成形体を作成した。前述のように、高融点繊維廃材としてポリエステル捨て耳を、低融点バインダーとしてPLAフィルムを用いた。図3に予備成形体の模式図を示す。先ず、ポリエステル捨て耳を一方向に配列させて、捨て耳の層を作り、捨て耳の層間にはPLAフィルムを挿入したものを積層させることで予備成形体を得た。この予備成形体に対して加熱圧縮成形し、PLAフィルムのみを溶融固化させる事により板材が得られる。加熱圧縮成形条件を表1に示す。ポリエステル捨て耳は溶融しないので、捨て耳がもつ空気層はそのまま保持されるため、板材には断熱性が付与される事が期待できる。また、ポリエステル捨て耳内部のキャッチャー糸により、成形品の機械的強度の向上が期待できる。

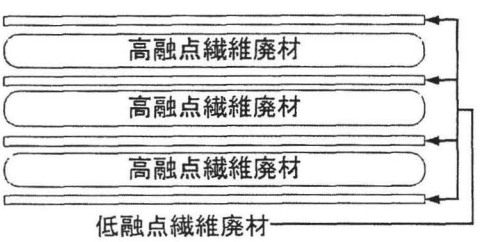


図3　予備成形体

表1　加熱圧縮条件

加熱温度	190℃
圧力	20MPa
加熱時間	5min

4. 成形品の評価

本事業で得られた板材の機械的特性として引張特性と曲げ特性を測定した。図4に成形品の引張強度を示す。図の横軸はポリエステル捨て耳の質量含有率であり、図中の"平行"、"垂直"表示は引張試験片の引張方向（捨て耳配列方向に対する方向）を示す。成形品密度が大きくなるにつれて引張強度は向上した。また、捨て耳配列方向と平行な方向の試験片の方が引張強度は大きい値となった。さらに、成形品の捨て耳含有率が増加するにつれて引張強度は低下した。図5に成形品の曲げ強度を示す。図の横軸は捨て耳の配列間隔である。同密度の成形品であっても、捨て耳配列間隔によって曲げ強度が変化する。特に捨て耳配列間隔が1mmの場合に最も曲げ強度が小さい値を示した。

本事業の成形品は断熱板として使用する事を想定しており、成形品の断熱性として、熱伝導率を測定した。図6に捨て耳含有率と熱伝導率の関係、図7に捨て耳配列間隔と熱伝導率の関係を示す。図6から明らかなように、捨て耳含有率が増加するにつれて成形品の熱伝導率は低下する。この事からポリエステル捨て耳が断熱材として機能している事がわかる。ま

た、図７からわかるように、捨て耳配列間隔が大きくなるにつれて、成形品の熱伝導率は上昇する。これは成形品断面の樹脂層と繊維層の配列(位置関係)が大きく影響していることがＳＥＭ観察結果から明らかになった。ここで本事業で得られた板材の熱伝導率は最大で 0.07、最小のもので 0.045 程度であった。これは市販の断熱板の値と同等であり、成形品は断熱材として利用可能であると判断できる。

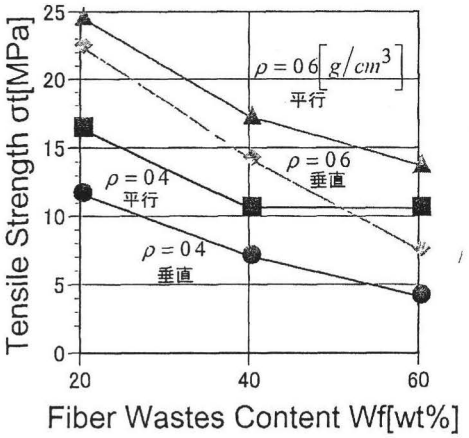


図４ 成形品の引張強度

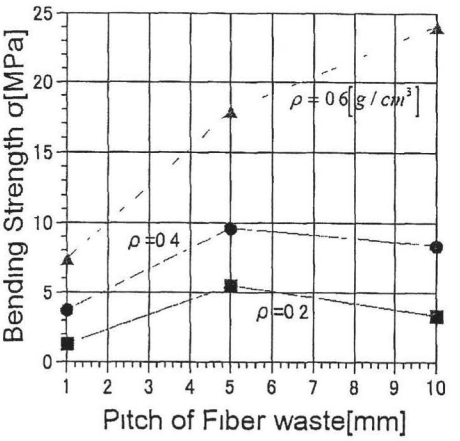


図５ 成形品の曲げ強度

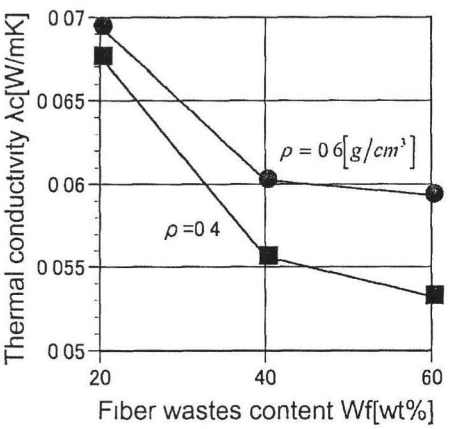


図６ 熱伝導率捨て耳含有率の関係

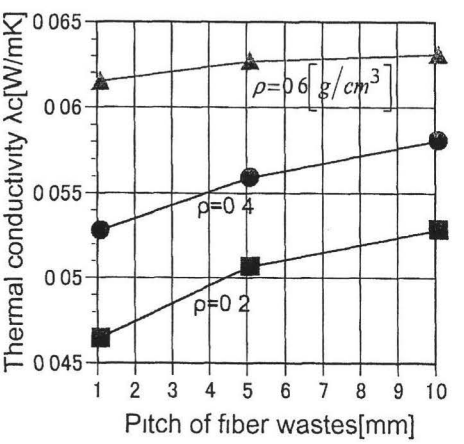


図７ 熱伝導率と捨て耳配列間隔の関係

5. おわりに

本事業では高融点繊維廃材と低融点樹脂を成形素材として用いて板材を成形し、成形品の建材への活用を検討した。特に、本事業で高融点繊維廃材として用いたポリエステル捨て耳は繊維集合体内部に大量の空気層を持つひも状の繊維廃材であり、板材の成形素材として用いる事によって板材に断熱性が付与できた。また、キャッチャー糸は強化材として効果を発揮し、本事業で提案する断熱板の成形手法は繊維廃材の特徴を活かした手法であると言える。

ここでは繊維廃材としてはポリエステル捨て耳に限定したが、キャッチャー糸に短繊維が絡みついた捨て耳は綿織物や絹織物の製造工程でも生じており、これらの捨て耳も同様の手法で成形素材として使用可能である。本事業で提案した成形手法は繊維廃材の建材としてのマテリアルリサイルの推進に寄与するものと考えられる。

05-22 アスベスト含有建築廃材の無害化とその有効活用

名古屋工業大学大学院つくり領域

助教授　橋本忍

アスベストは，1975年以前に竣成した一部の建物に吹き付けられたクロシドライトやアモサイトを除いて,ほぼクリソタイルが使用されてきた．またこのクリソタイルの大半が建材として使用された．飛散性の高い吹き付けアスベストは，厚生省（現：厚生労働省）が示した「建築・解体工事に伴うアスベスト廃棄物に関する技術指針」で明記されているように，厳重な厚手のビニール袋で2重梱包され，管理型最終処分場で埋め立て処分されている．現在，環境省では，その中間処理として1500℃以上の溶融処理を推奨している．一方，アスベストを含んだ建材廃棄物は，解体作業は吹き付けアスベストと同様で「防護服着用」に「手ばらし」で行なう．しかし排出された廃棄物は，アスベストがセメントで固定されていて飛散の恐れがなく安全であるという理由から，一般の廃棄物処分場での埋め立て処理が可能となっている．しかし現実には，アスベストを含んだ廃建材等を埋め立てると，将来にわたってその土地が使用できなくなるため，処分場が受け入れを拒否するなどの問題が生じ始めている．それ故，アスベストを含んだ廃棄物の無害化が緊急の課題となっている．現在，このセメントで固定された非飛散性のアスベスト廃建材も溶融処理の対象である．

著者らは，以上のようなアスベストを含んだ廃建材の問題を解決するために，その無害化処理法として一般的な加熱溶融法とは異なる新規な「低温加熱粉砕法」を提唱している．それは，クリソタイルやそれを含んだ廃建材をクリソタイルが脱水を起こして変質を開始する低温から溶融までには至らない温度で加熱し，それに続いて粉砕処理を施すことで，物質的にも形態的にもクリソタイルとは異なるものとし無害化を図ろうという試みである．

本研究では，アスベストを含んだ建材の無害化に止まらず，それを再びポルトランドセメントに加えた2次セメントの作製を試みた．アスベストを含んだ廃建材を2次セメントとして再生利用としようとした試みは，今までにも行なわれた例があるが，最も重要な2次セメント中のクリソタイルの有無を詳しくは調べてはおらず，また実際の使用を想定した機械的強度特性までは明らかにされていない．そこで「低温加熱粉砕法」に基づいて処理されたアスベストを含んだ廃建材から2次セメントを作製し，その機械的特性を明らかにすると同時に，2次セメント中のクリソタイルの有無を再確認することで現状の法規を遵守した無害化再生利用の可能性を探った．

アスベスト（クリソタイル）を550～1100℃で熱処理し,熱処理後のアスベストの有無をJIS A 1481:2006[1)]に基づく位相差顕微鏡を用いた分散染色法によって確認した結果,1000℃以上に加熱するとアスベストの消失が確認できた.また,アスベスト（クリソタイル）含有セメント板を熱処理し,セメントに含包されたアスベストの変化をX線粉末回折法・SEM・位相

差顕微鏡を用いて調査したところ,セメントに含包された状態では,800℃2 時間以上の加熱でアスベストの消失が確認できた.アスベスト（クリソタイル）はセメントと共存すると変質（消失）反応が促進されると考えられる.

位相差顕微鏡による分析でクリソタイルが検出されなくなり,無害化できたとされる加熱条件で処理したアスベスト含有セメント板を，粉砕して篩により粒径を 180μm 以下にした．その無害化された廃棄アスベストセメント粉末と普通ポルトランドセメント(OPC)を所定比に混ぜ合わせ，その固体粉末全体に対する水比を 15 質量%の一定に保って水を加えて混合した．調製された試料を直径 15mm の金型枠に入れ，約 60MPa の圧力を印加して高さ約 30mm の円柱状 2 次セメント試料とし,7 日および 28 日養生後の 2 次セメント試料に対する圧縮試験を行なった．28 日後の強度の方が 7 日後の強度よりも，すべての添加量の条件において大きくなった．そして，無害化廃棄アスベストセメントの割合が増加するのに伴い，圧縮強度は低下する傾向を示した．OPC のみの場合 7 日養生後の圧縮強度は 70MPa であったが,廃棄アスベストセメント粉末を 50 質量%混合した場合その値は半分弱の 32MPa となった.

走査型電子顕微鏡(SEM)により 2 次セメントの破断面の微細組織観察を行なったところ,いずれの条件で作製した試料からも長さ数μm，最大 5μm，幅 0.5~1μm の針状の粒子が多数観察されたが,この針状粒子は XRD 分析の結果からセメント硬化時の針状組織の一つであるエトリンガイト($C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$)であるとみられた．しかしながら，クリソタイルを含んだアスベストセメントの微細組織と類似した針状粒子形態であったので,この針状粒子がクリソタイルではないことを明らかにするために，2 次セメントに対する位相差顕微鏡によるクリソタイルの有無の分析を行った．通常，位相差顕微鏡を用いた分散染色法では，クリソタイルの繊維状粒子は青紫色に染色されるが，無害化廃棄アスベストセメントを 50 質量%含んだ試料，およびその 100%から作製された試料からもアスペクト比が 3 以上の繊維状の青紫色を呈する粒子は観察されなかった(JIS A 1481:2006 規格上でも 0 であった)．ただし両試料において，塊状に青紫色を呈する粒子がところどころに観察された．しかしこれは原料からクリソタイルを全く含まないポルトランドセメントのみから作製された試料からも観察されたので．この青紫色の塊状粒子はクリソタイルとは別物と推定された．現在までのところ，この青紫色を呈する塊状粒子が，セメント硬化成分中の何かは明らかにされていない.

以上の結果から，無害化廃棄アスベストセメントを添加して 2 次セメントを作製した場合，その添加量に関係なくクリソタイル粒子は検出されなかったので，2 次セメント中にはアスベストは含まれておらず，安全なセメントであることが明らかとなった.

05-23 アルミサッシのリサイクル使用時における表面欠陥とその防止対策

室蘭工業大学
教授 世利修美

本研究は6063系アルミニウム合金を取り上げ、表面の金属間化合物の選択溶解とそのメカニズムを実験的に研究し、合わせて選択溶解した6063合金に陽極酸化皮膜を施した。

供試材はJIS規格のAl-Mg-Si系合金6063の市販品を用いた．寸法は幅15mm，長さ100mm，厚さ2．0mmとし，絶縁テープとシリコーン樹脂を用いて露出面積を4．5Cm^2とした．初期表面状態を統一するために前処理を施した．硫酸水溶液中の6063試片にカソード定電流（電流密度約-2KA・m^{-2}）を300s間流した．本文ではこの方法をカソード処理（CaThodic TreaTmenT in Sulfuric Acid:以下CTSA処理）と呼ぶ．

各硫酸濃度と各処理液温の組合せ(硫酸濃度10%, 20%, 30%, 40%の4種類と温度298K(室温), 313K, 323K, 333Kの4種類の各条件を組合せて合計16種類の実験を行なった．）でCTSA処理を行った．傾向として温度が高くなるにつれ，また硫酸濃度が高くなるにつれ析出物が除去された．液温の効果は濃度の効果より顕著に現れた。例えば表中では最も薄い溶液である10%硫酸水溶液の場合，室温ではCTSA処理の効果は認められないが，液温が高くなると表面の析出物は徐々に少なくなり，液温333Kでは金属間化合物が除去されている場合があった．しかし温度・濃度は共に高ければ高い程良好な表面が得られるわけではなく，例えば，温度・濃度が最も高い333Kの40%硫酸水溶液中では析出物も除去されているが，マトリックスも溶解されてしまう場合が出現した．

以上のことを踏まえて本論文では6063のCTSA処理の条件として実験が行いやすい条件（液温が低くかつ硫酸濃度が低い条件)，すなわち313Kと20%硫酸水溶液の組合せを採用した．処理①．前処理のみ、処理②：前処理＋カソード処理、処理③：前処理＋陽極酸化処理（60s）＋封孔処理、処理④：前処理＋陽極酸化処理（180s）＋封孔処理、処理⑤：前処理＋陽極酸化処理（300s）＋封孔処理、処理⑥：前処理＋カソード処理＋陽極酸化処理（60s）＋封孔処理、処理⑦：前処理＋カソード処理＋陽極酸化処理（180s）＋封孔処理、処理⑧：前処理＋カソード処理＋陽極酸化処理（300s）＋封孔処理の8種類の処理を施した試片を用い，電気化学的測定及び浸漬腐食試験を行った．

最適なCTSA処理の電気化学特性を調べるため分極曲線を測定した．処理①と②のアノード分極曲線には明瞭な孔食電位が-650mV付近に現れ，その時の電流密度は共に約0.6$\mu A \cdot Cm^{-2}$を示している．処理③では急激なアノード電流増加が-600mV付近で観察されるが処理①と②に比べ，

その値は貴（約50mV）な電位域であらわれている．同様な傾向が処理④でも認められ，-590mV付近で$3\times10^{-3}\mu A\cdot C\,m^{-2}$～$0.7\mu C\,m^{-2}$へと電流が増加するが，その後電位を200mVまで上げても電流は処理③ほど流れなくなり，大きな分極抵抗を示している．一方，処理⑤，⑥，⑦，⑧には孔食電位は現れず，ほとんど電位軸と平行な分極挙動（アノード電流密度は約1×10^{-3}～$2\times10^{-3}\mu A\cdot Cm^{-2}$，アノード分極抵抗はほぼ無限大）を示した。これは完璧な酸化皮膜が形成されていたことを示唆している．特にCTSA処理によって表面の金属間化合物を除去した表面の酸化皮膜（処理⑥，⑦，⑧）では数回の分極曲線測定でも孔食電位は観察されなかった．一方，析出物が存在している試片の陽極酸化皮膜（処理③，④，⑤）ではアノード分極曲線の形はややばらついた．すなわち厚い酸化皮膜の場合（処理⑤）では孔食電位は現れなかったが，処理③及び処理④（薄い陽極酸化皮膜）ではアノード電流増加が現れる場合が多々見られた．表面の金属間化合物の存在が健全な酸化皮膜形成に大きな影響を与えていることがわかった．以上の実験結果から、電気化学的処理によりアルミニウム合金6063表面に存在するα-FeSi系金属間化合物を除去することができた．その方法の一つは313Kの20%H_2SO_4水溶液中でカソード定電流（電流密度約一2kA／m^2）を300s間通電する方法（CTSA処理）であった．表面のα-FeSi系金属間化合物を取り除いた6063に陽極酸化処理を施すと，その耐食性は更に高まることが確認された．

05-24 建築廃材･間伐材利用によるハイブリッド床構法の研究

武蔵工業大学工学部建築学科
講師　小見康夫

平成 12 年の建築基準法の性能規定化により、木造もしくは木造と他構造の複合化による耐火建築物が可能になり、戸建住宅・集合住宅や老人福祉施設などが建設され始めた。今後はさらに用途が拡大し、ホテルやオフィス等、不特定多数の利用する建物への適用が予想される。そこでは、従来の木造建築に比べて高い遮音性能等が求められるが、従来の（軽歩行を前提する）根太＋合板の木造床をベースにしたものでは、要求性能を満足できない恐れがある。鉄筋コンクリートによる床スラブを用いれば解決可能ではあるものの、施工性や職種の違い等を考えれば、木質材料をベースにしつつ中～重歩行を可能にする、木構造と親和性の高い床構法も選択肢に入っていることが望ましい。

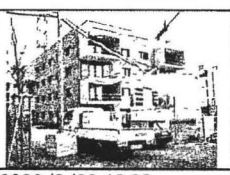
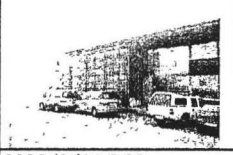
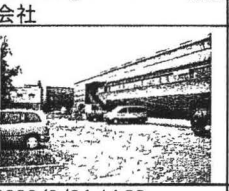
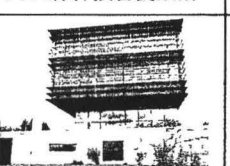
本研究の目的は、建築廃材のうち再利用が可能なものや間伐材などの低利用木材を、①製材（またはそれ以前）の形態のまま加工度を極力抑え　②多量に用いる　ことができる利用手法として、これらと異種材料の複合による、中～重歩行に適用可能なハイブリッド床構法の実現に資する調査・試作等を行うことである。

研究の方法は、Ⅰ．海外における関連事例調査　及びⅡ．ハイブリッド床構法の試作実験による。

Ⅰ．海外における関連事例調査

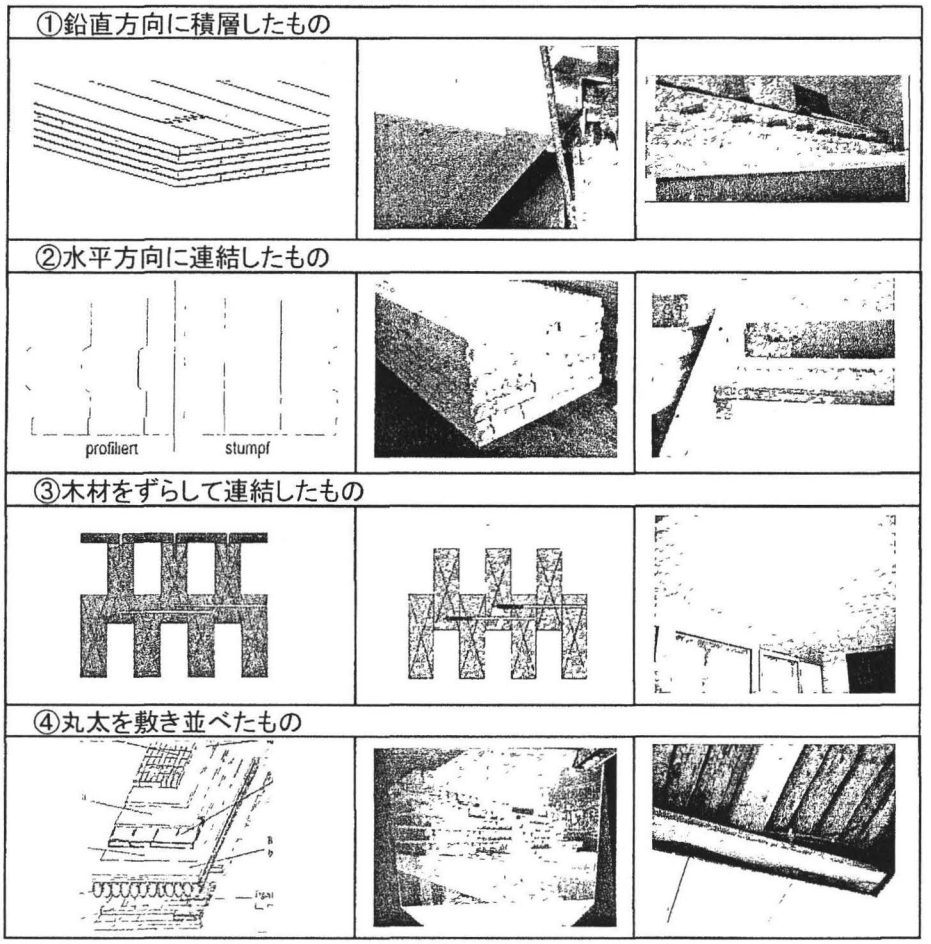
欧州諸国の中には、豊富な森林資源を背景に、木材を多量に用いた新しい木構法が建設されている国がある。木材を重ねて厚い中実な版とし、躯体を構成する「マッシブホルツ構法」がその代表であるが、これらの構法は本研究の参考になると考えられる。そこで、オーストリア・スイスの２国を対象に新しい木構法、特に床構法に関する事例調査を行った。

表１　調査物件一覧

物件名	Kandl-Gasse集合住宅	Firma HolzbauTechnik SOHM	Voralberger Okohaus有限会社	スイス森林技官養成所	CBS-CBT社(CBT S A)
					
訪問日時	2006/3/22 10 00	2006/3/24 9 00	2006/3/24 14 00	2006/3/25 14 00	2006/3/27 14 00
所在地	【オーストリア】 1210 Wien, Fritz-Kandl-Gasse	【オーストリア】 Buhel 818 AlberschwendeA-6861	Zementwerkstrasse 42, A-6713 Ludesch	Hardernstrasse 20	Jordils Park, rue des Jordils 40 CH-1025 St-Sulpice
概要	マッシブホルツ構法 （鉛直連結型） 木造＋RCによるハイブリッド工法 集合住宅	マッシブホルツ構法 （水平連結型）	マッシブホルツ構法 （鉛直連結型）	間伐材を利用した床スラブ リサイクルシステム	木質スラブ コンクリートとの複合スラブ

これらの調査物件について、対象を床構法に絞り、その構成方法から４つに分類し、一覧にしたものが表２である。

表２　調査物件の床構法の分類



Ⅱ．ハイブリッド床構法の試作実験

ここでは廃木材とモルタルの複合によるハイブリッド床を想定し、施工実験を行った。まず、予備実験として小断面の製材を用いたモデルを用いた。

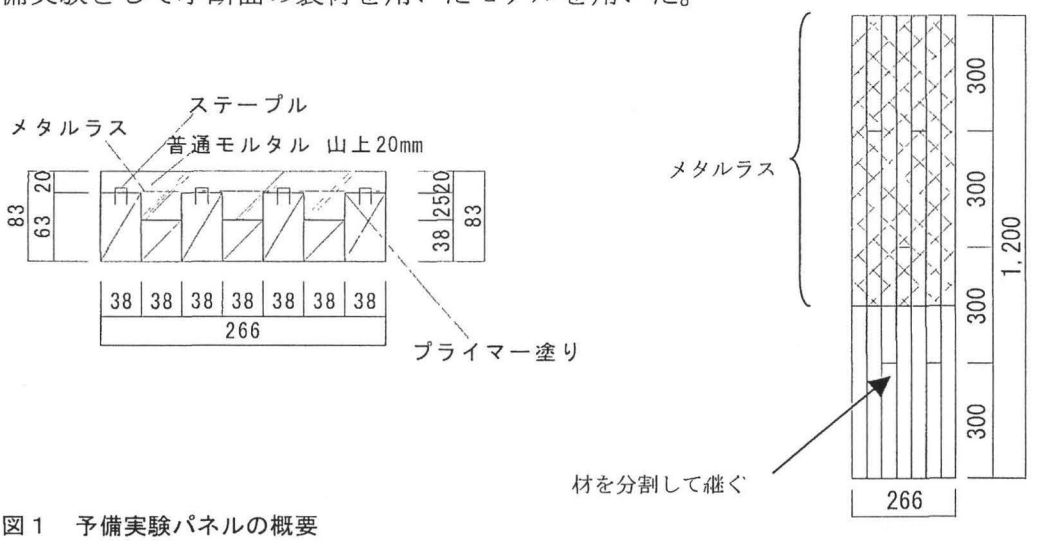


図１　予備実験パネルの概要

続いて、廃木材（２×４住宅の新築現場から端材を入手）を用いて本実験を行った。

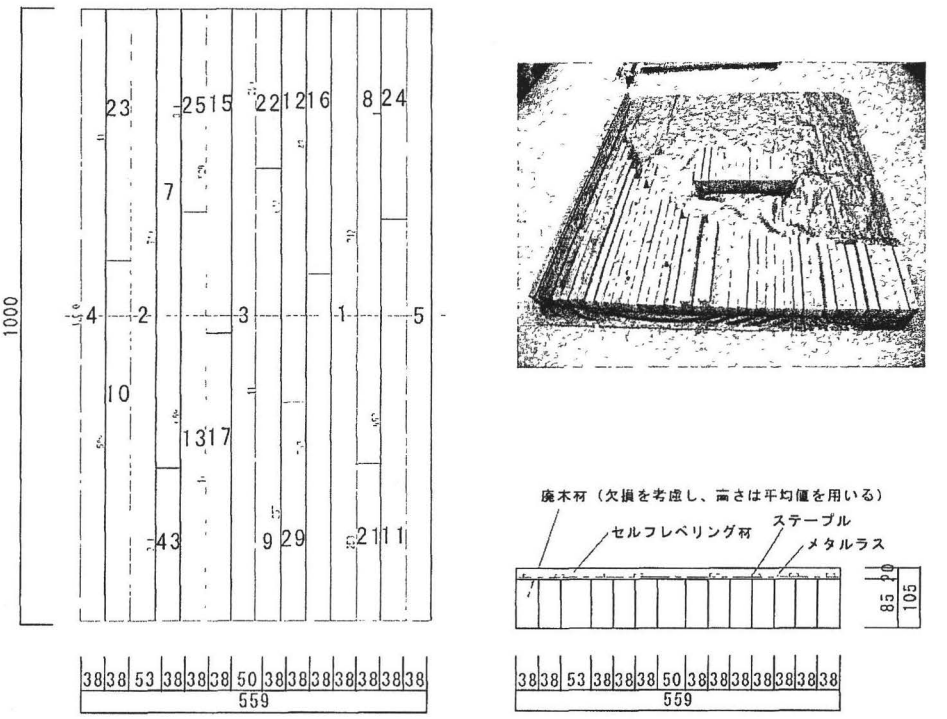


図２　本実験パネルの概要（廃木材に長さ順の番号を付して割り付け、余長部分はカット）

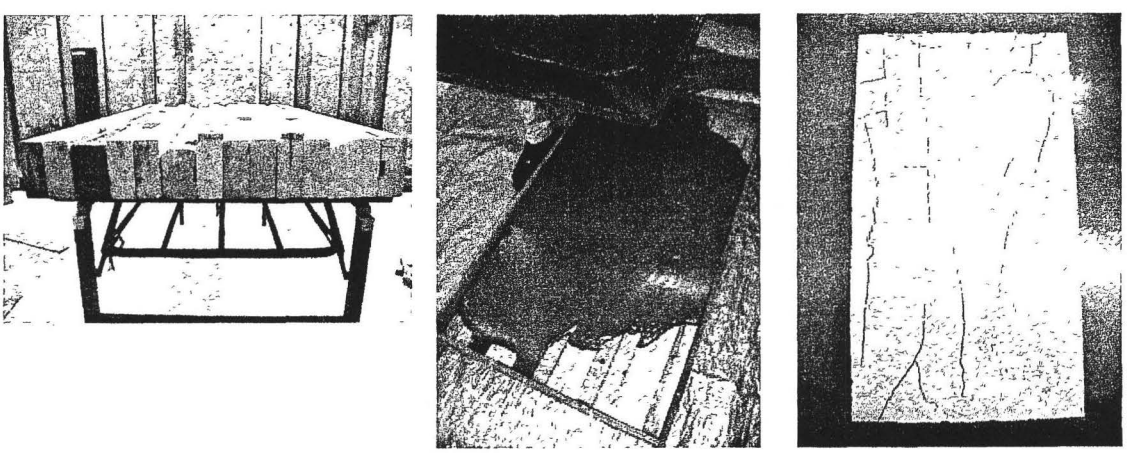


写真１　本実験パネルの製作と初期クラックの発生

これらにより、パネルの製作やモルタル（セルフレベリング材）打設などに関して、一定程度の実現可能性を検証することができた。

構造性能については、たわみ実験により、無垢の通直材で構成した場合に比べて曲げ剛性が約半分であると推定された。

実際の床スラブとして用いるには、さらにスケールアップした断面構成のものを用いる必要がある。その場合の施工性の検証はもとより、構造性能、遮音性能、さらには耐火性能（この場合、パネル上面はともかく、裏面をメンブレン耐火とする必要があろう）などについても検証する必要があるが、それらについては今後の課題としたい。

05-25 建築物解体により生じる難解体性建材のリサイクル化に関する実証研究

東京大学大学院 新領域創成科学研究科
准教授 清家 剛

建築解体現場においてアルミニウムで構成されているサッシは、リサイクル可能な材料として適切に回収されている。一方で、プラスチック系断熱材を充填したドアや雨戸などは、軽量で高機能な優れた建材とされているが、充填したプラスチックと金属の分離が難しく、解体後に適切に処理されにくい。さらに発泡ウレタン中のフロンは、長期にわたって残存することがわかっており、それらが解体時に放散しないように回収することが望まれている。本研究ではこれらを難解体性建材と呼んで、こうした建材の破砕実験を行い、金属と断熱材を分離すると同時にフロンも回収可能な技術を確立し、これらを適切に回収するリサイクルシステム構築のための基礎調査を行ったものである。

まず述べたいことは、難解体性建材の課題が解決される技術的要件が、実物を使った実験によって検証されたことは、大変意義があるという点である。廃棄物に関連する技術開発は、現時点で実行可能なシナリオが描けないために、机上の、あるいは実験室レベルでの検証にとどまることが多い。そのような中で実行可能と位置づけられたものが、実際に運用しようとすると想定外の課題によって実用化されないということが起きがちである。そのためには、実物による検証が欠かせないのである。今回実際の解体現場からのものは集められなかったが、工場から廃棄された実物によって技術が検証されたことに、大変意義があると考えている。

今回は技術的な検証が中心であったが、実際の課題はリサイクルシステムの構築である。そのためにはいくつかのシナリオによって検討する必要がある。

一つのシナリオは、廃棄物処理費の高騰によりこのシステムが実現するというものである。調査の中にも述べられているが、難解体性建材は実際には埋め立て処分されている。今回検証までいたった技術が実際に稼働するためには、廃棄物処理費用や金属スクラップの値段が高騰することが条件になるというシナリオである。

しかし、多少の価格の高騰でこれらが実行された例はほとんどない。やはり、国の補助や規制など他の要件が重ならない限り、実用化されないと考えている。そこで、二つめのシナリオとして、フロン回収の義務化を位置づけることができる。フロン回収という地球環境に影響を与える新たな課題を加えて検証した点は、今回の技術開発が現実的な解決策を模索しているからであり、これによってシナリオの選択肢に「断熱材中のフロン回収が義務づけられた場合」が加えられるのである。

技術的に細かく詰めると、金属を回収しフロンを回収したあとのウレタンの処理方法によっても、さらに細かくシナリオは分かれると考えられる。

今回得られた知見をもとに、今後の廃棄物処理の中でどのようなシナリオでリサイクルシステムを構築するのか、それを実行するのは既存の廃棄物処理に関わる業者なのか、あるいは新たな業種を創出させるのか、そうした検討が今後必要になってくる。そのための企画を練るだけの条件は、今回の調査によって明らかに出来たと考えている。今後いろいろな方々のご助言を得て、実現可能な状況に近づけていきたい。

05-26 津波を経験した建物の耐力に基づく設計用津波荷重の評価とそのデータアーカイブ

東京大学生産技術研究所
教授　中埜　良昭

東海地震，東南海・南海地震に代表される海溝型地震では，震動被害とともに津波被害の軽減も重要な課題であり，津波避難ビルの設置は重要な震災対策の一つにあげられている．内閣府においても津波避難ビルの選定基準が議論され，「津波避難ビル等に係るガイドライン（以下ガイドライン）」では津波に対する安全性を確認する際の津波荷重算定式が提示されている．津波避難ビルの実務設計時に参照しうる簡便な荷重算定式としては，現時点ではこれが唯一の算定式であるが，これは直立護岸を越流する津波を想定した２次元水理模型実験結果に基づくものであり，津波を経験した実在構造物の耐力と被害程度の比較により設計用津波荷重の妥当性を定量的に議論した事例は，建築耐震構造の研究分野と異なり，ほとんど見られない．そこで筆者は，津波を経験した構造物の水平耐力とその被害程度の比較に基づきガイドラインで提示された設計用津波荷重の妥当性を検討すべく，2004 年 12 月 26 日に発生したスマトラ島沖地震による被災地域であるスリランカおよびタイを調査した．

本研究の目的は，その調査結果に基づき設計用津波荷重の妥当性を検討するとともに，その際の詳細データをデジタルデータとして公開することにより，津波シミュレーション手法の検証用基礎データなど，今後の津波被害軽減対策に直接的に有益なデータを構造工学的立場から提供することにある．

本研究の基礎となる津波被害調査は2005年2月19日～26日にスリランカ北東部（Trincomalee）および南部（Galle, Matara, Hambantota ほか）で，3月9日～13日にタイ・プーケット島およびカオラック周辺でそれぞれ実施した．これらの調査地域は震央からそれぞれ約1600km および約500km 離れており，被害に対する震動の直接的影響はない．調査は多種多様な構造被害の実態をアーカイブすることを目的に約80地点で行ったが，それらの内，以下の(1)～(3)を満たす構造物について津波荷重と構造耐力の関係を検討すべく，採寸，配筋調査を含む詳細調査を行った．

(1) 調査対象の耐力が実測結果から比較的容易に推定できること
(2) 調査対象位置での津波高さが明確であること
(3) 津波荷重を直接的かつ単純に評価できること

詳細データは28件について収集し，その観察された破壊形式に応じて，曲げ降伏耐力 My，曲げ破断（主筋破断）耐力 Mu，転倒耐力 M_T，せん断耐力 Vu を算定した．

一方，ガイドラインで提示されている設計用津波荷重算定の基本的な考え方は(1)式で表され，「設計用浸水深 h の３倍の高さに達する三角形分布（波圧分布の最下部で静水圧の３倍となる最大波圧）を」とした波圧分布を，津波を受ける構造物の受圧面に対してその高さ方向に想定したものである．そこで，本研究ではこれを参考に(2)式の形式で構造物に作用する津波荷重を設定し，これによる波力と調査対象の耐力が等しくなる係数 a を逆算した．

$q_x = \rho g (3h - z)$ (1)

$p_x = \rho g (a\eta_{max} - z)$ (2)

q_x ：ガイドラインによる構造設計用の津波波圧 (kN/m^2)

ρ ：水の単位体積質量 (t/m^3) （本検討では1.0を仮定した）

g ：重力加速度 (m/s^2)

h ：設計用浸水深 (m)

z ：当該部分の地盤面からの高さ (m)

(1)式で$0 \leq z \leq 3h$ (2)式で$0 \leq z \leq a\eta_{max}$

p_x ：最大浸水深η_{max}時の津波波圧 (kN/m^2)

a ：［耐力相当時の水深η'］／［最大浸水深η_{max}］

η_{max} ：最大浸水深（GL からの実測値で定義）(m)

(2)式と耐力から逆算される係数 a は，耐力相当時の水深 η'（計算値）の最大浸水深 η_{max}（実測値）に対する比率（$a = \eta' / \eta_{max}$）で，もし $a = 3$ で被害と無被害が区分されれば(2)式が妥当であることを示す.

検討の結果，被害の有無を区分する係数 a の値や被害程度の特徴は，以下に示すとおり津波を受けた構造物や部位の形状（壁部材などの面材と柱部材などの線材）により若干異なる結論を得た.

①壁部材の場合：漂流物の衝突の可能性が高い事例を除き，a が2.5程度以上であれば被害が生じていない一方で，漂流物が衝突した事例では $a = 4$ 程度でも損傷を受けた事例があり，漂流物対策は別途検討する必要がある.

②柱部材の場合：柱部材では壁部材に比べて被害・無被害を区分する a の値は若干低く，漂流物の衝突がなければ 2 程度がその境界値である．すなわち震動被害を受けない程度の耐震性を有すれば，津波来襲時には面材よりも線材の方が津波外力に対して抵抗機構上有利であることを示唆している．ただし，この場合も $a = 2 \sim 3$程度では漂流物の衝突被害の回避は困難で，前述の壁部材と同様，漂流物対策は別途検討する必要がある.

以上から，津波被害を経験した構造物の調査結果に基づき設計用津波荷重の妥当性を検討したところ，ガイドラインで提示されている「浸水深の３倍の高さに達する三角形分布を仮定した静水圧分布に基づく津波荷重評価」はおおむね妥当であるが，漂流物対策については別途検討する必要があることがわかった.

＝＝＝

※本研究による成果は下記文献1)で，またその背景となる詳細データアーカイブは文献2)でそれぞれ公表されている.

1) 中埜良昭：2004 年スマトラ島沖地震津波の被害調査結果に基づく津波避難施設の設計外力評価，日本建築学会技術報告集，No. 25，2007.6.（掲載予定）

2) http://sismo.iis.u-tokyo.ac.jp/Research.files/topic4.files/topic4-007.files/T4-7-1.pdf

05-27 数値解析による土壁・小壁の耐力発現機構の解明

豊田工業高等専門学校

助教授　山田耕司

伝統木造住宅の耐力機構の研究は，実大実験によるものが多い．これは，材料および構法がモデル化を行うに複雑であり，かつ，実大実験が簡単に実施可能なためである．結果として，土壁の耐力機構に関する研究は実大研究によるものが多い．しかし，村上らの実験結果報告から考えれば，実験のみから土壁の耐力特性の要因を全て説明することは難しいといえる．これは，破壊実験では試験体のバラツキや部分的な応力集中などが調査しがたいことがあり，理論体系や個々の耐力発現機構を分析するには難しいためといえる．従って，数値解析を含めた理論的アプローチから，土壁の耐力特性の要因を説明する必要がある．そこで，申請者は土壁を含む架構の数値解析手法を開発した．

一方，土壁と小壁が連続する架構の耐力は，通常，それぞれの架構耐力の加算則により計算されている．本研究では，伝統木造住宅の耐震性能である土壁と小壁の耐震性能，特に小壁の耐力特性を数値解析し，特に，土壁と小壁が連続している場合の耐震性能（変形性能，耐力発現機構）を明らかにする．なお，本報で用いる土壁の解析手法は，2006年６月に建築学会技術報告集第２３号に掲載されており，本報では割愛する．

先ず，小壁耐力への柱径の影響を検討した．解析モデル作成例を図１に示す．

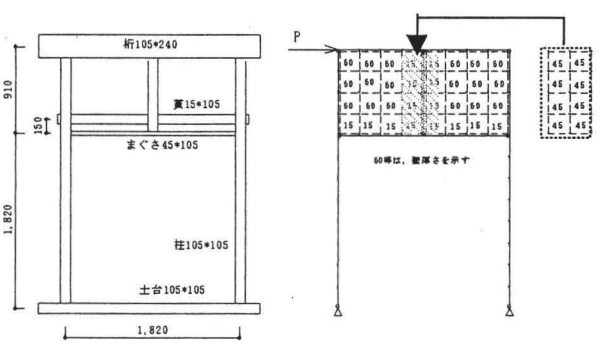


図１　小壁の要素モデル（標準小壁：壁高さ 900mm）

図２に標準小壁の荷重－変位曲線を示す．実験値は既往の研究の繰り返し載荷試験から求めた骨格曲線であり，その他は単調載荷試験を模擬した計算結果である．ここで，“柱引抜拘束”とあるのは，柱脚部をピンと仮定した場合の計算結果である．実験と比較すると，初期剛性は柱引抜拘束を行った場合が良く近似しているが，最大耐力は柱引抜を考慮した場合（標準モデル）の方が良い近似値を与えている．また，標準小壁の柱

径（120mm 角）を 150mm 角，180mm 角に変更して計算した結果，初期剛性・最大耐力とも標準小壁とほぼ同程度の値となった．柱径 150mm,180mm の場合は，土壁要素の圧壊が先行し，最大耐力発生後に耐力が低下している．

図３に最大耐力時の柱に作用するモーメント分布に最大耐力時の柱の負担せん断力を示す．標準モデルと柱引抜拘束モデルは，ほぼ同程度のモーメント分布および柱負担せん断力比となっている．一方，柱径が変化した場合，柱径が増大するに従い，右側柱の負担せん断力比が増加することが分かる．

以上の事から，小壁の荷重－変位曲線および耐力発生機構は，柱脚の固定度，柱径に影響を大きく受ける事が分かる．

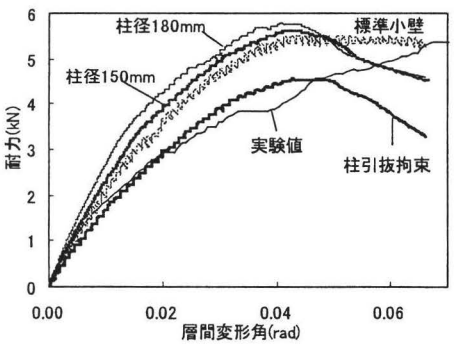
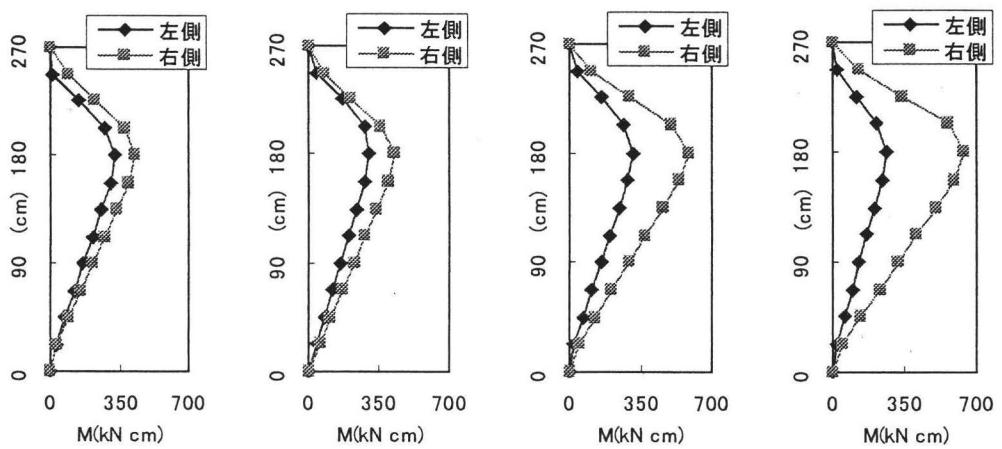


図２　小壁の骨格曲線の比較



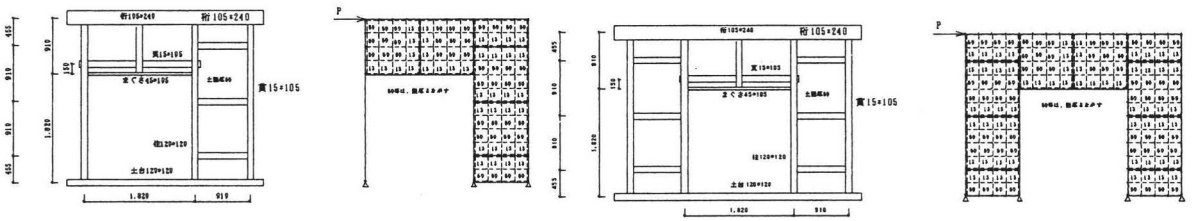
a)　標準モデル　　b)　柱引抜拘束　　c)　柱径 150mm　　d)　柱径 180mm

図３　最大耐力時に小壁の柱に作用する曲げモーメント

次に，図４に示す小壁付きと土壁と土壁ラーメンを一方向加力により荷重変位曲線を求めた．図５に計算結果を示す．小壁付き土壁は，正加力時と負加力時とで，層間変形角 0.02rad を超えた辺りから荷重変位曲線が異なってくるが，ほぼ同等の最大耐力を示している．また，柱径が増大するほどその傾向が顕著に表れることから，加力方向により独立柱に作用するせん断力分担率が異なる影響と考えられる．しかし，実質的には，柱径の影響を考慮するほどの耐力の差は生じていない．最大耐力も 1P 土壁の耐力(5.3kN)と

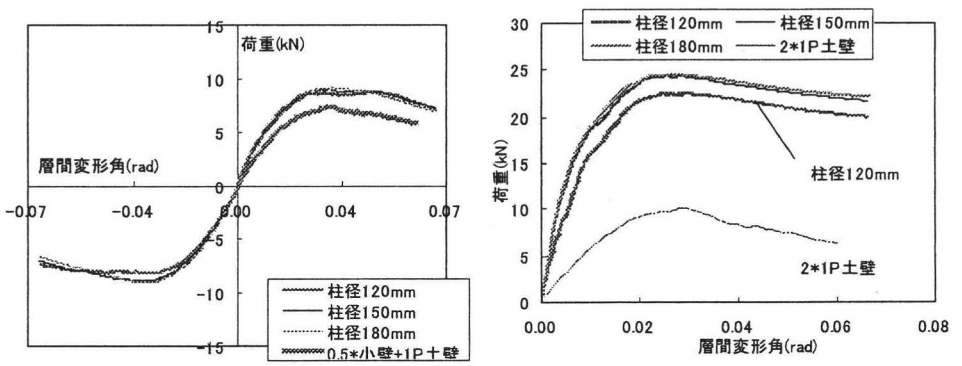
小壁の柱１本辺りの耐力(2.3kN)の和とほぼ等しい．

一方，土壁ラーメンの場合，柱径により１割ほどの差があるものの，荷重変位曲線自体はほぼ同じ形状をしている．この耐力差は，図３より，柱の負担せん断力の差（右側柱で，120mm 角に比して 1.0～1.5kN 程度せん断力が増大）であると考えられる．ただし，最大耐力は，1P 土壁(5kN)の４倍程度発生している．これは，土壁と小壁によりラーメンが形成され，土壁上部における曲げ戻し効果のため，１P 土壁に比して耐力が２倍となったためと考えられる．



a) 小壁付き土壁　　b) 土壁ラーメン

図４　土壁・小壁連成壁のモデル



a) 小壁付き土壁　　b) 土壁ラーメン

図５　土壁・小壁連成壁の荷重変位曲線

本研究では，土塗り小壁の特性を定性的に把握するために，数値解析を行った．その結果，以下の事項が判明した．

・土塗り小壁の荷重－変位曲線および耐力発生機構は，柱脚の固定度，柱径に影響を大きく受ける．

・２枚の土壁と小壁でラーメンを作成した場合は，土壁１枚に比して４倍の耐力が発生する．

05-28 伝統的木造住宅の低コスト構造ヘルス・モニタリング・システムの開発

京都大学　大学院工学研究科
教　授　　林　康裕

常時微動計測を用いた簡易耐震診断には、精度や適用性には限界があるものの、簡便、低コスト、非破壊で実施可能なことや計測時間も短く、固有振動数の推定も即時にできることから期待は高い。

本研究では、伝統的木造住宅の合理的な耐震診断・改修を促進するとともに、本来保有している耐久性を活かして長寿命化を目指した、低コスト構造ヘルス・モニタリング・システムとして、常時微動計測を用いた簡易耐震診断法の提案を行う。まず、伝統的木造住宅(京町家)の微振動と温湿度の同時モニタリング結果に基づいて、固有振動数の季節変化とその変動量の定量的把握と変動要因の分析を行った。そして、伝統的木造住宅の固有振動数が季節変動していることを明らかにし、固有振動数の季節変動(相対湿度)を適切に補正できる季節補正法を構築した。最後に、補正した固有振動数を基に、現状の耐震性能を推定可能な式を提案し、生物劣化などによる耐震性能低下度および、大地震後の残存耐震性能の把握を可能とする高精度モニタリング・システムのプロトタイプを試作した。以下に主な結論を示す。

1)　京町家の振動モニタリング

本研究では、地震観測を行っている伝統的木造住宅(京町家) 4 棟（KJ 邸、KT 邸、IR 邸、TN 邸）を対象として、週に 1 度、定時に 10 分間を基本として微動計測を継続的に行い、京町家の振動特性について分析した。

- 通り庭を有する KJ 邸、KT 邸、TN 邸の 1 次並進モードを示す固有振動数は、けた行方向で 2～3Hz、張り間方向で 5Hz 前後、耐震要素を配置し難いけた行方向で小さな値となっている。
- 耐震改修が行われた IR 邸では、耐震改修の前後で固有振動数が変化している。IR 邸の固有振動数は、耐震改修前には両方向とも 5Hz 以下であったが、耐震改修後には 6.4～8.6Hz と高く変化している。
- 対象京町家 4 棟のピーク振動数は、けた行方向、張り間方向共に夏に高く冬に低い季節変動をしており、その変動幅は±5-10%、変動係数は 2-4%である。
- 経年変化の見られない京町家 3 棟について、建物、方向および年を区別せずにピーク振動数の月別基準化平均値を算出し、固有振動数季節変動の月別補正係数を定義した(図 1)。
- 全体的な固有振動数の変化は、気温の変化よりも相対湿度の変化との相関性があるように見え、その変化は相対湿度から時間遅れを持っているように見える。

2)　京町家の常時微動と温湿度の同時モニタリング

地震観測システムの計測スケジュールを変更して、15 分間隔で常時微動計測を行うとと

もに、TN 邸に温湿度計を設置して、常時微動と温湿度の同時モニタリング計測を行い、温湿度変化が固有振動数の変化に及ぼす影響について分析した。

- 屋外相対湿度の影響を受けて、木造住宅の固有振動数は若干の時間遅れをもって変化する可能性が示されたが、両者の相関係数は、時間遅れを補正するだけでは必ずしも改善しなかった。
- 1 階床上の相対湿度と固有振動数との相関係数が最も高く、屋外の相対湿度や温度と固有振動数との相関係数は低い。そのため、1 階床上での相対湿度が固有振動数に最も強く影響を及ぼしている可能性が高いと考えられる。

3) 微動計測に基づく簡易耐震診断

微動計測を行って同定された固有振動数を基に、温湿度環境の影響などを考慮して木造住宅の耐力を推定する方法を構築した。その上で、常時微動計測による京町家の簡易耐震診断を行う際に、より安全側(固有振動数を低めに)に診断することを目的として、固有振動数の季節変動補正法を提案した上で、以下のような木造住宅（京町家）の簡易耐震診断法を提案した(図 2)。提案した簡易耐震診断法は簡便、低コストで即時に耐震診断することが可能であり、多数の木造住宅の中から詳細な耐震診断が必要とされる木造住宅かどうかの選別に有効であると思われる。

[微動計測に基づく京町家の簡易耐震診断]

① 常時微動計測によって京町家の固有振動数 f_0 を把握する。
　標準的な伝統軸組構法で施工・仕上げされた京町家に適用を限る。

② 固有振動数 f_0 に月別補正係数 α を乗じて、季節変動を補正する。

$$f = \alpha f_0 \qquad (1)$$

③ 固有振動数の季節変動を補正した後、降伏ベースシア係数の概数を簡略的に推定する。

$$C_y = (f-1)/10 = (\alpha f_0 - 1)/10 \qquad (2)$$

$$C_y \fallingdotseq f^2/60 = (\alpha f_0)^2/60 \qquad (3)$$

④ 診断基準(表 1)に基づいて、固有振動数および推定降伏ベースシア係数より限界耐力計算による精算的な耐震診断の必要性チェックや診断後の結果の妥当性検討を行う。

表 1 耐震診断基準

	降伏ベースシア係数Cy、固有振動数f0
弱い	0≦Cy<0.1かつ0≦f0<2
やや弱い	0.1≦Cy<0.25または2≦f0<3.5
やや強い	0.25≦Cy<0.4または3.5≦f0<5
強い	0.4≦Cyまたは5≦f0

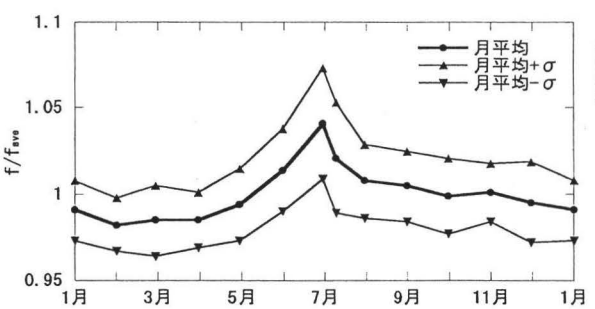


図 1 ピーク振動数の月別平均

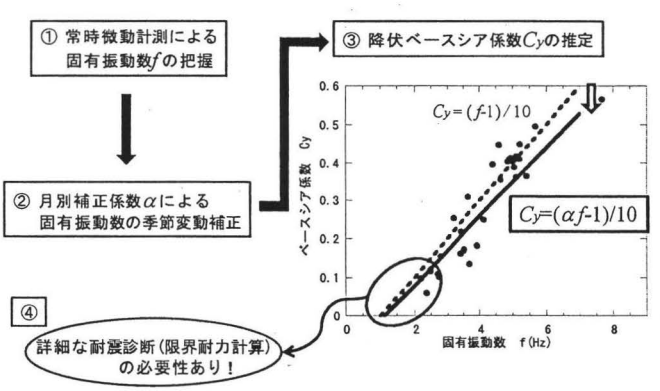


図 2 微動計測に基づく京町家の簡易耐震診断法の概要

05-29 地震時の居住空間安全化向上のための学際的戦略創出

名古屋工業大学
教授　岡　田　成　幸

住家の耐震化対策が進められている一方で、未だに地震時に家具が転倒し室内が散乱することに起因する死傷発生が、わが国では極めて多いことは憂える事実である。地震後の被災地域の住家の被害分布と負傷者発生分布（いわゆる人的被害分布）とは多くの場合一致していない。一般に、住家被害分布は局地的な偏りを示す一方で、人的被害は地域内に広く分布する。このことは、住家の耐震化対策のみでは人的被害を真に軽減することにはならないことを意味している。住家という人間の入れ物の安全に加えて、室内居住空間という人間の生活の場の地震安全性に着目した研究の必要性が高まっている。

上記背景からくる地震防災上の最優先課題として、本研究は主として2003年9月26日発生の十勝沖地震および2004年10月23日に発生した新潟県中越地震の調査･解析を通して、居住空間の安全／危険環境の現状把握と改善の戦略立案を目的に掲げる。家具転倒に伴う人的被害を軽減させるための一般的対策として家具の固定が提唱されているものの、実効性が上がっているとは言い難い。そもそも居住空間という生活場の安全性は、「家具固定」という人間を考慮の外におく無機質的対応の如何のみで決定するわけではない。生活場の地震安全性は「空間の形態・広さ、家具の固定状況・空間内での占有領域率・配置」という幾何学的パラメータに加え「生活者の属性・行動能力・家族構成からの制約条件としての行動パターン・趣味等のライフスタイルから制約される空間利用法」等の生活者パラメータ、さらに襲来する「地震の発生時間・大きさ」等の地震パラメータなどに大きく影響される。これらを建築構造学・建築計画学・人間行動学・地震工学から総合的・学際的に評価し、個々人の居住空間をオーダーメイド的に安全向上化する戦略へと昇華し、従来からの家具固定の重要性のみを訴える画一的防災教育を超える、具体的安全化対策規範を創出する。

具体的調査として本研究では、上記地震で被災した96世帯257人について、地震当時の様子（家具転倒状況・住人行動軌跡・負傷状況等）を室内平面図上に再現し、時系列で詳細に聞き取った。その調査資料をベースに、負傷制御要因を家具転倒等の直接的成傷器となる居住環境（床面積当たり家具数）と住人の災害回避行動を規制する家族構成パターンに特定し、負傷発生確率モデルに一般化した。これにより、地震時の負傷回避方策がこれまでの家具固定をキャンペーンするのみの一般住民への画一的防災意識教育から、真に安全な室内空間を作り出す具体的方法提示が可能となった。

以下に、負傷回避のための具体的方策として得られた結果を要約する。

地震時の負傷危険性を指標化するために、居住環境を家具密度で表現することを試みた。家具が転倒し、その下敷きとなって負傷する状況を考えた場合、家具を直方体でモデル化しその幅をW・奥行きをD・高さをHとするとき、家具が転倒して床面と設置する面積（すな

わち、在室者に負傷を与える面積）はW×Hで与えられる。面積がArのある閉空間に設置されている家具の数をmとするとき、その閉空間における家具転倒領域率Trを以下で定義する。

$$T_r = \sum_{i=1}^{m}(W_i \times H_i) \Big/ \left\{ A_r - A_r^{-} - \sum_{i=1}^{m}(W_i \times D_i) \right\} \quad \cdots \quad (1)$$

転倒領域率は一人の在室者が占める面積を単位とするグリッドで閉空間を分割し、転倒した家具が重なり合わないことを仮定すれば、一人の在室者のその閉空間における負傷確率pに一致することが分かる。さらに、その平面にn人が存在している場合、狭小空間に多人数が居留する場合を除き、各人における負傷発生確率pはほぼ独立とみなせるので、k人が負傷する確率P[X=k]は家具転倒落下領域率Trを負傷確率とした以下の二項分布で近似できる。

$$P[X=k] = {}_nC_k \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k} \quad \cdots(2)$$

ここに、${}_nC_k = n! / (k! \cdot (n-k)!)$。また負傷確率pは家具転倒領域率Trで与えられる。調査資料から得られた負傷発生確率（相対負傷割合）と上式による理論値との間には、極めて高い相関が確認でき、理論式の正しさが実証できた。上式を室内安全化のための使い易い規準とするため、転倒領域率の替わりにより簡便な指標である家具密度 Fd を導入した。家具密度とは床面積当たりの家具数を意味し、床面積S[m²]の閉空間にmこの家具が存在するとき、次式で与えられる。

$$Fd = \frac{m}{S} \quad \cdots \quad (3)$$

最終的に式(2)は以下に変換される。

$$P[X=k] \fallingdotseq {}_nC_k \cdot (0.890 \cdot F_d)^k \cdot (1-0.890 \cdot F_d)^{n-k} \quad \cdots \quad (4)$$

これをグラフ化したのが図1であり、部屋の広さと家具数及びそこに在室する人数をパラメータとする負傷発生確率評価グラフである。これより、発生確率50%以下になるように、部屋の家具数を調整することで安全な空間を確保できる。因みに、平成12年国勢調査によれば、全国における平均世帯人数は2.70人であり、この世帯人数に対する負傷顕在化家具密度（負傷発生確率50%となる家具密度）を式(4)より求めると、0.25［個/m²］となる。これ以上の家具を保有している世帯は、地震時に負傷者が発生する確率が極めて高いことに気づくべきである。

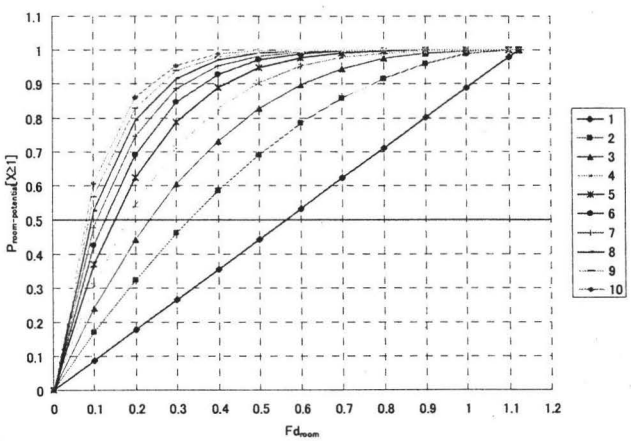


図1　在室人数別の家具密度と負傷発生確率の関係

家族構成パターンの解析からは、家族構成が住人の行動を強く規制する側面があることが判明した。特に、学童をかかえる子供中心型の場合は、幼児を守る弱者介護が大きな優先行動として支配的になっており、親の行動が共に複雑多岐となってしまっている。主要動時における親の強引な種々の行動が結果的に負傷につながっている。このことを強く認識し、揺

れている最中の行動規範を定着させる必要がある。負傷回避の行動規範としては、以下のことが指摘できよう。一人暮らしの住人や家庭内での役割分担にあまり関与しない子供であれば、自分の身を守るという自己防衛行為が優先するので安全を確保しやすいが、世帯の家長や母親の場合、まず子供をそして家族を守ろうという意識が強く働き、主要動時においても強引な行動を選択することが多く本人自身の負傷危険度が極めて高くなる。実際にこれらの行為により子供達の安全が確保されるわけであるから、行為を禁止するわけにはいかないが、主要動時の移動行為は危険行為であるということを強く認識した上で、行動することが被害回避に繋がる。揺れが始まったなら、家族全員が安全領域に身を置くことをまず考え、そこが安全領域であるなら不必要な行為を行わない、危険領域であるなら安全領域へいち早く移動する、そしてその行為選択の前提となるのが、家庭内の安全領域はどこかを家族全員で事前情報として共有しておくことであろう。安全領域の具体的確保の方策は、前編で述べた適正家具密度規準および家具配置方法が参考になるはずである。また、家族で地震時の行動について話し合いを持ち、それぞれのとるべき行動指針を共有し他者の行為負担をできるだけ軽減するなど、正しい防災知識を意識して身につけることが、より安全に近づく道である。

05-30 被害発生確率に基づく耐震等級の性能説明手法に関する研究

慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科
専任講師　小檜山雅之

2000年に住宅の品質確保の促進等に関する法律（以下，品確法）が施行され，耐震性能を評価する指標として耐震等級が規定された。耐震等級の等級1, 2, 3は，基準法が規定する最低限の地震荷重のそれぞれ1倍, 1.25倍, 1.5倍に耐えうる耐力があることに相当する。これにより，住まい手が望む住宅の耐震性能を設計者に要求することが以前に比べて格段に容易となった。しかし，現状の耐震等級の説明では耐震性能の優劣しかわからないため，専門知識を持たない一般市民にとっては，その性能が自分にとって十分なのかどうか判断しにくいと考えられる。したがって，住まい手が各等級の耐震性能を理解し，自身の要望を満足させる耐震等級を見極めることができるよう，地震リスクや建物被害リスクを明示するといった方策が必要である。

そこで本研究では，横浜市，川崎市，東京都23区内に在住の，今後20～30年間持ち家に住む意思を持つ30代･40代の男女1000人にアンケート調査（調査期間：2006年11月1日～2日）を実施し，地震リスク認知の構造，耐震等級1から等級2, 3にした場合のリスク低減率やコスト増加率の認知状況，耐震性能の選好性や耐震等級に対する理解状況などを分析した（有効回答者数：759）。そして，住宅耐震性能の選択の意思決定を支援するため，被害発生確率を用いた説明の有効性を検証し，リスクやコストに関する情報を提供することで住宅の耐震性能の選好性にどのような変化が現れるかを分析した。

まず，地震リスク認知に関して，自身が将来遭遇すると思う最大の地震動の大きさを震度で回答してもらったところ，58.6%の人が震度7であった。震度6強から7程度の地震動の再現期間が数百年と想定できることから，回答者は将来の大地震への危機感が強く，地震リスクを過大視している傾向が窺われた。また，住んでいる町や周辺の町に被害を及ぼすような大地震が発生するのは何年後くらいと思うかの回答は，10年後と答えた割合が37.4%と一番多く，30年後までに発生するであろうと考えている人は85.1%に達していた。これらのことから，大地震発生の危機感が高いことが確認された。

建物被害のリスク認知に関しては，ある震度に対し平均的な新築建物がどの程度の被害を生じると思うか回答してもらったところ，震度6強の地震で倒壊しないと考えている割合は92.1%であったが，震度5強の地震で損傷を生じない（無被害）と考えている割合が41.3%しかおらず，建築基準法での想定を下回り，建物被害リスクをやや過大視する傾向が確認された。

続いて，耐震等級1から等級2, 3にした場合のリスク低減率やコスト増加率への認知に関しては，等級2，等級3の建物の価格が，等級1と比べどれくらい増えると思うか回答してもらったところ，実際には等級2で1～3%増，等級3で3～5%増と試算されるが，それぞ

れ 84.2%，83.3%の回答者が過大なコストを想像していた。続いて，等級 2，等級 3 の建物の 30 年間の被害（倒壊）発生確率が，等級 1 と比べるとどれくらい小さくなると思うか回答してもらったところ，被害発生確率の比は，等級 2 が等級 1 の 1/5 程度，等級 3 が等級 1 の 1/10 程度と評価されるが，等級 2，等級 3 でそれぞれ 70.5%，66.3%の回答者が耐震性能をより低く考えている傾向があった。このギャップは住宅購入希望者にとっても設計者・施工業者にとっても不利益となるため，今後は耐震等級の説明においてコストと地震被害リスクの低減率の情報についても提供することが望まれる。

耐震性能の選好性に関しては，まず各震度に対して納得できる被害を聞いたところ，震度に対して想像する平均的な新築建物の被害に似た分布となった。震度 6 強の地震に対しても補修負担額 200 万円以下の比較的小さな被害を望む回答者が 50%を超えており，基準法を満たす最低限の耐震性能を持つ住宅では，この要望に応えられないことが確認された。また，将来遭遇すると思う最大の地震動による被害で納得できる被害程度を集計した結果から，耐震性のニーズは多様であることが確認された。よって，性能設計ではこの住まい手のニーズをなるべく明確にし，それに応じた設計を行うことが肝要であるといえる。

耐震等級の理解の状況に関しては，本研究のアンケート調査は品確法が施行されてから 6 年後に行われたが，品確法を知っていると答えた人は全体の 10%にも満たず，また，耐震等級を知っていると答えた人も全体の 6%程度に留まっていた。したがって，アンケート調査時点ではまだ十分に制度が認知されていないといえる。品確法が規定する耐震等級の定義が専門知識を持たない一般市民にとってわかりやすいか調べるため，品確法の各耐震等級の定義を提示し，理解できたか回答してもらった。その結果，約半数の回答者がわかりにくいといった否定的な回答であった。

確率による性能説明の効果に関して，耐震等級の説明として，被害発生確率を用いた説明手法の有効性の確認を行った。その結果，震度の大きさに対する被害発生確率を示した説明が 55.2%の支持を得た。一方，建物供用期間に応じた被害発生確率を示した説明は 8.8%とあまり支持が得られず，情報を提供しても耐震性能の理解を助ける効果は小さいことが明らかとなった。

被害発生確率に関し，どのような表現が好まれるかを分析するため，倒壊確率，非倒壊確率，倒壊頻度，非倒壊頻度の計 4 つ説明を示し，どれが一番わかりやすいかを回答してもらった。X 棟中 Y 棟が倒壊する，または倒壊しない，といった頻度による表現を用いた説明は支持が得られず（倒壊頻度:13.8%，非倒壊頻度:1.8%），確率の値をそのままパーセント表記する説明が多くの支持を得た（倒壊確率:58.1%）。

等級 1 の被害発生確率を基準とした場合，等級 2，等級 3 の被害発生確率の表現としてどのようなものが好まれるかを分析するため，確率，確率比，ポイント差の計 3 つの説明を示し，どれが一番わかりやすいかを回答してもらった。その結果，各等級とも被害発生確率をパーセント表記で値を示す説明が 77.5%と最も多く支持された。

次に，アンケート調査を介して得た知識をもって住宅の耐震性能の選好性にどのような変化が生じたか確認を行った。まず，耐震等級の各等級の性能やコストについての知識を得る前であるアンケートの序盤（情報提供前）に品確法の耐震等級の定義のみを提示し，どの等

級の住宅に住みたいかを回答してもらった。そして，各等級の被害発生確率やコストの増加率の情報などを提示したアンケートの最後（情報提供後）に，再びどの等級の住宅に住みたいかを回答してもらった。これらの結果を図１に示す。情報提供後も等級２以上の住宅と回答する割合が 90.1%であり，多くの人が高い耐震性能の住宅を望んでいることが判明した。アンケート調査結果から地震リスクを過大視する傾向が確認されたが，正確な建物被害リスクの情報を与えると，高い耐震性能の住宅を選択する人が少なくなることも予想しうる。しかし，等級 2，等級３の被害発生確率の低減率や建設費用の増加率の情報を提供したことで，逆に高い耐震性能の住宅を選択する人が有意に多くなったことが確認された（マクネマ検定の結果：$p \ll 0.01$）。

また，納得する被害程度と耐震性能の選択とのクロス集計による分析では，情報提供前では有意な差が見られなかった（カイ２乗検定の結果：$p > 0.05$）が，情報提供後は震度６強，震度７などで有意な差が見られた（同検定の結果は，震度６強：$p < 0.05$，震度７：$p \ll 0.01$）。情報提供後，震度７の地震に対し小さな被害以下を望む人は，等級３の耐震性能を超える住宅を選ぶ割合が有意に増えた。これより，アンケートを介した情報提供で各個人の要望に適う耐震性能の選択を促せたと考えられる。

以上をまとめると，耐震性能の説明では，震度の大きさに対する被害発生確率を提示すると比較的理解を促しやすいことが明らかとなった。一方，供用期間に対する被害発生確率は上記ほどのわかりやすい説明とは評価されなかった。また，耐震性能の比較を行う際には，被害発生確率を比率やポイント差のみで説明するより，それぞれの確率を数値で示す方がわかりやすいことも判明した。

地震リスクを過大視している人々に，正しいリスクの認知を促すことはリスク回避行動を抑制する恐れがあるとも考えうる。しかし，本研究のアンケート調査結果では，供用期間に対する建物倒壊確率を提示しバイアスを緩和した後に，逆に高い耐震性能を選ぶ人が増えた。これは，耐震性能の向上による建物被害リスクの低減効果や建設費用に関する情報を提示したことによるものと考えられる。情報提供後に納得できる被害と耐震性能の選択に相関が生じるようになったことも確認され，アンケート調査票の情報による耐震性能の説明の効果が見られたと考えられる。以上，耐震等級の性能を被害発生確率を用いてわかりやすく説明する方法について有益な知見を示すことができた。

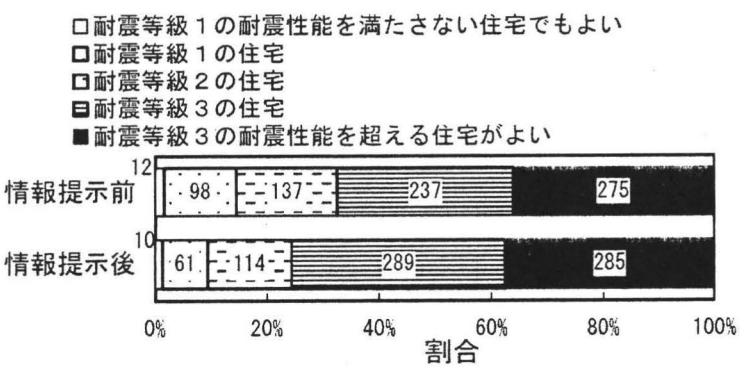


図１　耐震性能の選好性の変化

05-31 防菌防臭機能を持つ竹繊維材料の製造とその応用製品の試作

鹿児島大学　農学部
助教授　服部芳明

1　本研究の背景と目的

南九州地方は気候温暖で竹類の生育には適している。特に鹿児島県は生育する竹の種類、竹林面積、竹材生産量ともに国内１位を誇る。竹材は昔から民具としての利用が盛んであった。しかし、生活スタイルの変化、化石燃料由来製品の開発、発展に伴い、竹材の利用量は減少した。また、住宅の施工方式が変わり、かつ、竹材の代替資材が普及したため、竹材の需要は激減したままである。これと歩調をあわす様に未利用・放置される竹林は年々増加しており、住宅資材としての利用も極めて少ない。

ごく最近になって、竹材はその資源循環と持続的利用の面で再評価されつつある。すなわち、ここ数年来着目されている竹材の利用法として、その強靭な強度的性質を利用した用途が注目されている。床材や竹ボードなどとして一部は市場に出ている。また、建装材としては、竹の繊維質をほぐして固めた壁材や瓦、内装材などの開発が進められている。

竹材は住宅に古くから利用されてきたが、これまでの利用法では耐蟻性が不要な部位にしか使用されず、耐蟻性の研究はあまりなされてこなかった。現在、竹材を用いた集成材や爆砕や煮沸処理によって抽出した竹繊維を利用する研究が行われており、今後、竹材は住宅の構造材あるいは構造に深く関わる部材として利用されるものと予測される。

本研究では、竹材の利用形態として、竹繊維に着目し、この利用方法を開拓した。特に、竹繊維の抽出・利用にあたっては省資源、省力化をめざし、人と環境に優しい新素材の断熱シートを製品として開発した。さらに、その品質試験を行った。さらに、住宅部材としての利用を想定し、竹材の耐蟻性を調べた。

当研究の目的は、次の３つであるが、(a)と(b)とはまとめて記述した。(a)地域にモザイク状に散在する小規模の竹林を対象とし、竹材から繊維を取り出す方法を開発すること。(b)取り出した竹繊維から、建築内装材を開発すること。竹繊維を活用した竹繊維ボード、マット、成型体の開発をすること。(c)竹材の「抗菌防臭機能」を活用すること。建築や工芸分野では、竹材の使用の難しい点は「割れ・虫・かび」といわれ、実際に害虫とかびによる被害、すなわち生物劣化は木材に較べて竹材では極めて激しい。

本項では、(b)で開発した竹繊維シートに応用するため、竹材の耐蟻性について調べた。

2　研究の方法

2 1　竹材からの繊維の抽出と竹繊維シートの試作

鹿児島県産のモウソウチク(*Phyllostachys pubescens*)材と水とを圧力蒸煮釜に入れ,圧力8kg/cm^2、温度175℃で90分間蒸煮して軟化させた。蒸煮後、蒸煮材をハンマーなどで叩くことによって維管束鞘と柔細胞とに分離し、維管束鞘からさらに細かい繊維を採取した。この竹繊維を利用したシートの製造法として、竹繊維を水とともに型枠に流し入れ、圧締して水分を出す成

形方法を開発した。その製造過程での解繊時の繊維(ファイバー)の収率を求めた。

木質繊維を原料とした、畳の芯材や断熱材などに使用されているインシュレーションボードのJIS規格A 5905-1994に沿って、本研究で作製した竹ファイバーボードの品質試験を行い、木材の代替資源として竹繊維の利用が可能であるかの検討を行った。試験項目は、気乾比重、含水率、曲げ強さ、吸水厚さ膨張率の4つの測定を行った。

竹ファイバーボードを 10×5×1,5～2cm³ の寸法にカットし、気乾比重及び含水率を測定した後、迅速熱伝導率計(京都電子製QTM-500)を用い、熱伝導率を測定した。

竹ファイバーボードと発泡ウレタンフォームを5×2×2cmの寸法にカットし、乾燥機で48時間乾燥させ、全乾密度を測定した。温度25℃湿度86%、47%、76%の順に調整したデシケータに入れ、サンプルの重量を測定し吸放湿量及び平衡含水率を測定した。

2 2　竹材の耐蟻性

供試材は鹿児島市内で採取したモウソウチク(*Phyllostachys pubescens*)を用いた。対照材としてスギ(*Cryptomeria japonica*)の心材とアカマツ(*Pinus densifora*)の辺材を用いた。モウソウチクは煮沸処理した試料と無処理の試料を用いた。煮沸した試料はモウソウチクをオートクレーブで170℃(0.8MPa)で30分間処理した。シロアリは鹿児島県日置郡の吹上浜で捕獲したイエシロアリ(*Coptotermes formosanus*)を用いた。

ブロック試験と粉体試験とを実施した。ブロック試験は物理的要因、供試材の硬さによる影響を調べるために行われる試験である。木竹粉試験は粉にすることで、食餌行動に対する材の硬さの影響をなくし、材に含まれる化学成分の影響を調べるために行った試験である。

ブロック試験は日本木材保存協会規格JWPS-TW-S.1に準じて行った。各供試材から10×10×20㎜の試験片を作製し、60℃で48時間乾燥して、恒量とした。飼育容器は塩化ビニル製円筒容器を用いた。飼育容器の中に海砂を入れ、蒸留水を加えた。海砂の上にスライドガラスを置き、その上に試験片を置いた。そこにイエシロアリの職蟻150頭、兵蟻15頭を投入し、28℃の恒温器内で21日間飼育した。試験終了後、1日間風乾した後、60℃で48時間乾燥し、恒量とした。それを用いて試験片の質量減少率を算出した。試験は3回繰り返して行った。

木竹粉試験では、粉体試料としては30～100メッシュの粉を用いた。粉体試料を3ｇ取り、蒸留水7ｍｌを加えて混ぜて、シャーレに入れた。各シャーレにイエシロアリの職蟻30頭、兵蟻3頭を投入し、28℃の恒温器内で2週間飼育した。死虫数を24時間毎に測定した。死虫率は死虫数を百分率(%)で表した。試験は3回繰り返して行った。また、死虫率が50%に達した日数を50%致死時間とした。

3.　結果および考察

3.1　　竹材からの繊維の抽出結果と竹繊維マットの試作結果

当研究では、化学薬剤を一切使用しない方法を新規に開発したことに新規性がある。この方法による竹繊維の収率は51.0%となった。竹繊維の自己接着性を生かし、合成接着剤や熱圧締なしでボード成型を可能とした。また、圧締力を変えることで目的に沿った比重や強度のボードが作製できた。

熱伝導率と密度との相関を調べた結果、密度が大きくなるにつれ熱伝導率も増大する傾向を示した。相関係数はｒ=0.83であった。熱伝導率の平均は0.061W/mK、最小値0.051、最大値0.067

であった。一般に断熱材として効果のあるものは、およそ 0.086W/mK（0.1 kcal/mh℃）以下とされている。したがって、断熱材としての使用が可能であると考えられる。この熱伝導率の平均値 0.061W/mK を一般の断熱材と比較すると、インシュレーションボードなどの木質系断熱材と同等であった。ポリスチレンフォームなどのプラスチック系は平均 0.035W/mK、グラスウールなどの鉱物系は平均 0.045W/mK であるため、竹繊維シートの断熱性能は無機系断熱材よりは劣るが、断熱材の空隙の中に溜まる空気が断熱性能をもたらすため、さらに比重を小さくすれば断熱性能を上げることが可能である。

吸放湿結果を次に述べる。竹繊維シートは湿度変化に応じて吸放湿をした。一方、同じ実験条件では、発泡ウレタンフォームはほとんど吸湿を行っておらず、単位体積当たりの吸湿量は竹繊維シートの 16 分の 1 であった。

本研究で試作した竹繊維シートは、圧締力などの作製条件を変えることで、目的に応じた比重や強度のマットやボードに調整することができる。よって、様々な種類の板材の作製が可能である。試作シートの断熱性能は基準値を満たしており、天然素材の利点である調湿性能によって、壁内結露を防ぐなどの効果が期待できる。すでに述べたように、薬品処理や合成接着剤などの化学製品を一切使用せずに竹繊維シートを作製することができ、従来にはない省資源化・省力化・環境負荷低減化を実現できた。

3 2　竹材の耐蟻性

無処理のモウソウチク材を用いた場合の死虫率は、アカマツ材の場合より大きく、スギ材よりは小さかった。粉末状でなければ無処理のモウソウチクの耐蟻性はアカマツよりも高いと言える。無処理の竹材は、粉体にしない限り、スギ材と同程度の食害は受けることが判明した。

一方、モウソウチク材の無処理材と煮沸処理した材とでは耐蟻性に違いがあった。煮沸処理したモウソウチク材では死虫率は 100%であった。アカマツ材と無処理のモウソウチク材では死虫率が 50%に達しなかった。また、煮沸処理したモウソウチク材の 50%致死時間は 3 日であった。飢餓状態でもイエシロアリは 1 週間以上生きていられることを考慮すると、煮沸処理したモウソウチク材には何らかの殺蟻成分が含まれる可能性がある。さらに、煮沸処理したモウソウチク材は、ブロック試験では食害にあっていたが、竹粉試験では高い死虫率を示したことから、竹材の利用の仕方によっては耐蟻性を発揮できることがわかった。

以上に述べたように、化学薬剤を全く用いずに竹材から維管束鞘繊維を抽出できた。得られた繊維束鞘を用いて、竹繊維シートを試作した。試作した竹繊維シートは、断熱性を有するとともに吸湿性をあわせ持っていた。この竹繊維シートは、住宅の断熱材として、あるいは吸湿性を有する内装材としての活用が期待できる。

将来的には、竹繊維を住宅構造材に類する部材として活用することを念頭におき、竹材の耐蟻性について検討した。その結果、ブロック状態においては、無処理の竹材の耐蟻性はアカマツ材よりは大きく、スギ材と同程度であった。一方、煮沸処理した竹材は、未処理の竹材よりも軟化しているためにシロアリの食害は受けやすいものの、シロアリの死虫率は 100%となり、しかも、致死時間はスギ材の 1/3 程度に短かった。このことは、煮沸処理したモウソウチク材では、天然の殺蟻成分が含まれることを示唆している。この成果は、将来、竹繊維を構造部材に関連させて活用する際に、竹繊維製品、あるいは、構造部材と竹繊維との複合による構造部材への効果的な耐蟻性付与に役立つものと期待される。

05-32 収縮ひび割れ抵抗性に優れる高性能ハイブリッド・ファイバー・コンクリートの開発

宇都宮大学工学部建設学科建築学講座
助教授　中村　成春

鉄筋コンクリート（RC）造建築物は，乾燥収縮に伴って持続的な拘束作用に起因したひび割れが生じやすく，収縮ひび割れ制御への社会的関心が高い。そのひび割れ低減の一方法として繊維補強手法があるが，拘束収縮ひび割れに対して繊維補強効果を理論的に検討した事例は少なく，不明な点が多い。また，コンクリートの引張破壊は，拘束収縮の有無に関わらず，まず微細ひび割れが発生し，それが累積・連結成長して，結合応力0の巨視ひび割れに至る破壊進行領域を形成する。この微細ひび割れは，引張強度の0.7～1倍でごく限られた領域にて顕在化し，破壊局所化の始まりが引張強度の0.7倍近傍となる。これは，引張強度に達する前に，巨視ひび割れにつながる微細ひび割れの局所損傷蓄積を表す。

そこで，微細ひび割れ発生を積極的に抑制することで，破壊局所化を抑え込み，巨視ひび割れ発生を制御させることを考えた。すなわち，収縮ひび割れ抵抗性の向上のために，微細ひび割れ抑制を長さ10mm未満の微小繊維で，巨視ひび割れ抑制をそれ以上の長さの短繊維で対応させる高性能ハイブリッド・ファイバー・コンクリート（HFC）の開発コンセプトの着想を得た。

本研究は，繊維長さ3mmの微小PVA(ポリビニルアルコール)繊維と長さ30mmのPVA短繊維を使用したHFCについて，拘束時の拘束応力発生源となる収縮変形挙動に対するハイブリッド・ファイバー補強効果を，粗骨材の混合有無に対する影響も考慮し，理論及び完全拘束実験から検討し，HFCの収縮ひび割れ抵抗性の向上メカニズムを考察し，新たに有用な材料設計手法を提案した。また，HFCについて，タイル等の建築仕上材に対する補修補強左官材料への利用を考え，厳しい環境条件や脆弱な施工条件にあるユネスコ世界文化遺産に指定されているイラン建築文化財のモザイクタイル浮き剥落劣化に対する補修補強維持管理状況を実地調査し，HFCの実用可能性を検討した。

その結果，次のことを示すことができた。

(1) モルタルをマトリクスとしたハイブリッド・ファイバー補強効果を，モルタルのクリープを考慮した有効弾性率発現に基づき，繊維寸法と余剰モルタルとシアラグと2相並列・直列の混合モデルによる円柱体単位セルで定量化できた。

(2) ハイブリッド・ファイバー補強による単位セルの収縮力学挙動は，構成材体積率に基づき3相直列モデルで定量化でき，モルタルベースのHFCmに粗骨材を混合したHFCcについても，2相直列モデルで定量化でき，HFCの若材齢からの完全拘束収縮挙動の定量評価方法を提案できた。

(3) 提案手法によるHFCの拘束収縮挙動のパラメトリック解析結果から，繊維ヤング率のみ変えると，拘束応力よりも収縮歪が大きく変化し，モルタルヤング率のみ変えると，収縮歪よりも拘束応力が大きく変化していることが明らかになった。これらのことは，タイル等の建築仕上材への左官材料にHFC利用を考えると，仕上材の浮き剥落しないように，HFC中の繊維ヤング率をパラメータとして，収縮歪を制御する材料設計が有用であり，また，構造躯体の収縮ひび割れ抑制には，HFC中のマトリクスのヤング率をパラメータとして，拘束応力を制御する材料

設計が有用であることが把握できた。

(4)イラン・イスファハンのユネスコ世界文化遺産に指定されているマスジド・イマームを対象として，HFC のモザイクタイル左官材料への実用可能性を実地調査した結果，建築文化財の本質を変えない範囲で，新旧技術の融合が必要かつ重要であることがわかり，HFC 開発コンセプトである微小繊維の積極活用に関して，マスジド・イマームの躯体を構成している石膏に混合された細骨材の一部を，微小繊維で置換することの HFC 適用可能性を見出すことができた。

最後に，有意義な研究成果を得られたことに対して，（財）トステム建材産業振興財団平成17年度（第14回）助成を受けられたことに深く謝意を表します。得られた研究成果は，次に示す諸学会で発表報告できました。

1) 中村成春：ハイブリッド・ファイバー・コンクリートの拘束収縮ひび割れに及ぼす乾燥の影響，日本コンクリート工学協会，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp.383-388，2006.7

2) 中村成春：多様な組合せの PVA 繊維を使用したハイブリッド・ファイバー・コンクリートの曲げ破壊時の破壊進行領域に関する一考察，日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)材料施工，Vol.A-1，pp.291-292，2006.9

3) 小島一樹，中村成春，野俣善則，佐藤　豊，金子和人：PVA繊維を使用したハイブリッド・ファイバー・コンクリートの拘束収縮変形特性　－完全拘束実験と収縮変形力学モデル化の検討－，日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)材料施工，Vol.A-1，pp.311-312，2006.9

4) 中村成春：コンクリート逍遙 第8回イランRC粗積混合造建築文化財と補修補強維持管理雑感，日本建築仕上学会，FINEX，Vol.19，No.110，pp.35-47，2007.1/2

5) 中村成春：若材齢コンクリートの拘束収縮におけるハイブリッド・ファイバー補強の影響，日本コンクリート工学協会，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.1，2007.7（2007.3 現在審査済，掲載決定，印刷中）

6) 小島一樹，中村成春：拘束収縮下におけるハイブリッド・ファイバー・コンクリートの若材齢引張力学特性，日本コンクリート工学協会，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.29，No.1，2007.7（2007.3 現在審査済，掲載決定，印刷中）

05-33 低水セメント比コンクリートの実環境における材料性状を考慮した耐凍害性の評価

北海道大学
教授　千　歩　　修

1.　本研究の背景と目的

低水セメント比(以下、W/C)の高強度コンクリート等では、空気量の確保は強度の低減を意味することから小さい値に設定されることが多い。このような空気量の少ない低 W/C コンクリートは促進試験で一般に耐凍害性に優れると評価されるが、筆者らの研究では、屋外暴露後に同じ試験を行うと耐凍害性が大きく低下するものがあることを報告している。このことから、屋外暴露時に材料性状が変化していると考えられ、現在の標準的な促進凍結融解試験では実環境におけるコンクリートの耐凍害性の評価は不可能と考えられる。本研究は、実環境における材料の性状変化を考慮した各種の凍結融解試験および屋外暴露試験を実施し、評価法の提案とこれによる各種コンクリートの耐凍害性評価を行うことを目的とする。

2.　研究の概要

2.1　実環境における材料の性状変化を考慮した耐凍害性評価法の提案(シリーズ 1)

実験計画を表 1 に示す。ここでは、水セメント比、空気量を変えたコンクリートについて実環境を想定した様々な条件で乾湿繰返しを行った後、凍結融解試験を実施し、その結果と 1 年間屋外暴露した後に凍結融解試験を行ったものを比較し、屋外暴露後と同様な劣化を再現できる乾湿繰返し条件を決定する。

2.2　乾湿繰返しを加えた凍結融解試験による各種コンクリートの耐凍害性評価(シリーズ 2)

実験計画を表 2 に示す。ここでは、各種コンクリートに対して、シリーズ 1 で決定した乾湿繰返しを行った後、凍結融解試験を行い、それぞれのコンクリートの耐凍害性を検討する。

2.3　乾湿繰返しを受けたコンクリートの凍害劣化メカニズムの検討(シリーズ 3)

実験計画を表 3 に示す。ここでは、乾湿繰返し・凍結融解時の試験体内部の比抵抗(含水状態)から、コンクリートの耐凍害性が乾湿繰返しなどにより低下するメカニズム、乾湿繰返しを受けたコンクリートの凍害劣化メカニズムを検討する。

なお、いずれのシリーズも、凍結融解試験は JIS A 1148 A 法(水中凍結融解試験方法)に準じて行い、乾湿繰返しを行った試験体は 2 日間の水中浸漬後に凍結融解試験を開始した。

3.　結果および考察

3.1　実環境における材料の性状変化を考慮した耐凍害性評価法の提案(シリーズ 1)

図 1 および図 2 に空気量 1%の試験体の凍結融解試験結果を示す。なお、図 1 は乾湿繰返し条件 w、d、1(全て 7 サイクル)および s (標準)、E(1 年屋外暴露)の影響を示したものであり、図 2 は、主に条件 d におけるサイクル数の影響を示したものである。

1 年間の屋外暴露と同様の劣化程度を示すものは W/C25%、空気量 1%では条件 d となり、W/C45%、空気量 1%では条件 s となるが、W/C45%の場合、乾燥による耐凍害性向上効果と

乾湿繰返しによる低下の効果の両方が加わっていると考えられ、両方の効果のない条件 s はここで検討している試験法としては不適となる。W/C35%および 45%の条件 d(7 サイクル)をみると、屋外暴露よりもやや耐凍害性は高いものの、屋外暴露と同等の劣化を示しているといえる。また、サイクル数については、W/C25%では乾湿繰返しを 7 サイクル以上行った場合、質量変化率が屋外暴露とほとんど差が見られず、同等の劣化形態を示すものと考えられる。以上より、1 年間の屋外暴露を行った場合と同等の劣化を示す凍結融解試験前の乾湿繰返し条件は、40℃乾燥 42 時間、水中浸漬 6 時間を 7 サイクル行ったものとする。

3.2　乾湿繰返しを加えた凍結融解試験による各種コンクリートの耐凍害性評価(シリーズ 2)

図 3 に水中養生後すぐに凍結融解試験を行った試験体(s)と乾湿繰返し後に凍結融解試験を行った試験体(d)の耐久性指数の関係を、図 4 に気泡間隔係数と耐久性指数の関係を示す。

各種コンクリートについて、シリーズ 1 で決定した乾湿繰返し後に凍結融解試験を行うと、乾湿繰返しを行わないものと比較して耐凍害性が向上するものに再生骨材コンクリート、低下するものにエコセメントコンクリートがある。また、良質な気泡を確保した低い気泡間隔係数のコンクリートは乾湿繰返しを受けても耐凍害性の変化は小さいことがわかる。

3.3　乾湿繰返しを受けたコンクリートの凍害劣化メカニズムの検討(シリーズ 3)

図 5 に W/C25%、図 6 に W/C45%のコンクリートの凍結融解時の凍結時・融解時比抵抗と相対動弾性係数の関係を示す。なお、凍結融解試験は、標準(S)およびシリーズ 1 で決定した乾湿繰返し後(d)に行った。融解時比抵抗は含水率に反比例する指標であり、劣化に伴い値は減少する。一方、凍結時比抵抗は凍結水量に比例する指標であり、劣化に伴い値は増加する。

これから、乾湿繰返しを行った W/C25%の non-AE コンクリートは、凍結融解による劣化は表層から内部へと進行し、この時、内部から表層へ水分移動が生じることが考えられる。また、W/C45%の non-AE コンクリートは凍結融解時に、乾湿繰返しで生じた含水率分布を保持し、劣化が進行することが考えられる。

4.　まとめ

実環境における乾湿繰返しを考慮したコンクリートの耐凍害性評価法を提案し、この方法ではコンクリート種別によって従来の方法と耐凍害性の評価が異なることを示した。乾湿繰返しを受けたコンクリートは凍結融解時に水分移動があり、メカニズムの検討が必要である。

表 1　実験計画(シリーズ 1)

コンクリート種別		凍結融解開始条件								
W/C(%)	Air(%)	水中養生後[s]	乾燥40℃6h 水中42h[w]	乾燥20℃42h 水中6h[i]		乾燥40℃42h 水中6h[d]				屋外暴露
			7	7	14	1	7	14	21	[E]
25[2] 45[4]	1[1]	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3[3]	○					○			○
	4.5[4]	○					○			○
35[3]	1、3、4.5 [1,3,4]	○					○			○

表 2　実験計画(シリーズ 2)

コンクリート種別 [記号]	W/C(%)	空気量(%)	凍結融解開始条件
基本 [S]	50	4.5	・2週水中養生後[c] ・乾燥40℃42h水中6h 7サイクル [d] ・屋外暴露(1年)[x] ・屋内放置(1年)[i]
再生骨材 [R]			
エコセメント [E]			
フライアッシュ [F]			
膨張材 [B]			
収縮低減剤 [D]			
基本 [3S]	30		
高流動 [3H]			

表 3　実験計画(シリーズ 3)

W/C (%)	AIR (%)	凍結融解試験開始条件[記号]	試験方法	測定事項
25 45	1.0	標準[S] 乾湿繰返し[d] (乾燥40℃・42h・水中浸漬6h×7c)	・凍結融解試験 (JIS A 1148 A法) ・コンクリートの基礎性状試験 圧縮強度・ヤング係数 (JIS A 1108)	・比抵抗 (電極法(表層・1cm/内部・3.25cm)) ・長さ変化率 (埋込型歪ゲージ/ダイヤルゲージ) ・内部温度(熱電対) ・質量変化率 ・相対動弾性係数

※試験体記号：[ ]内の記号を用い,「W/C」+「凍結融解試験開始条件」とする。(例:25S)

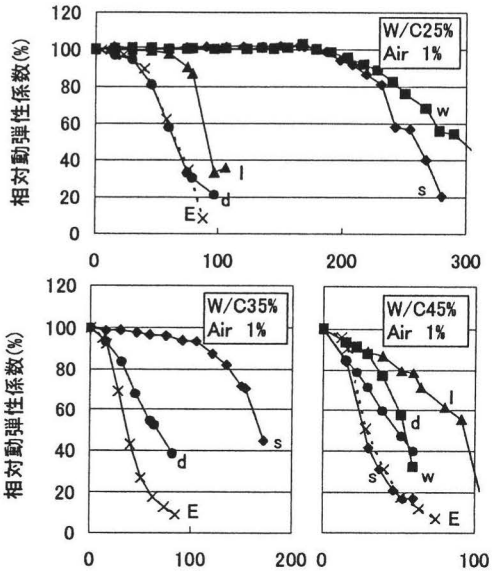


図１　乾湿繰返し等を行った試験体の凍結融解試験結果

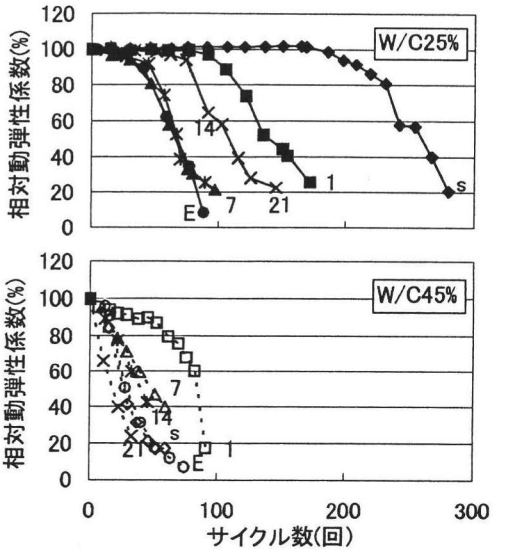


図２　凍結融解試験結果
（サイクル数の影響・条件：d）

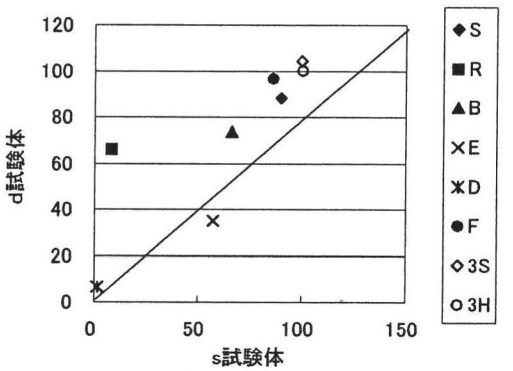


図３　s試験体とd試験体の耐久性指数

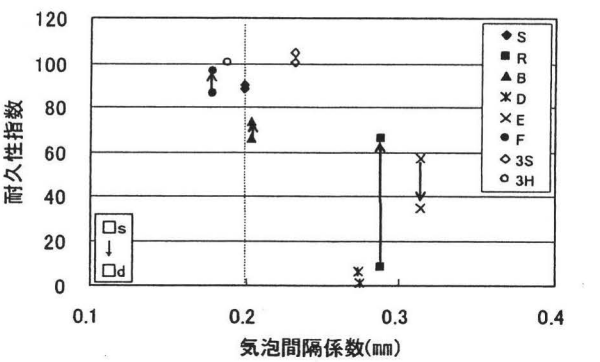


図４　気泡間隔係数と耐久性指数

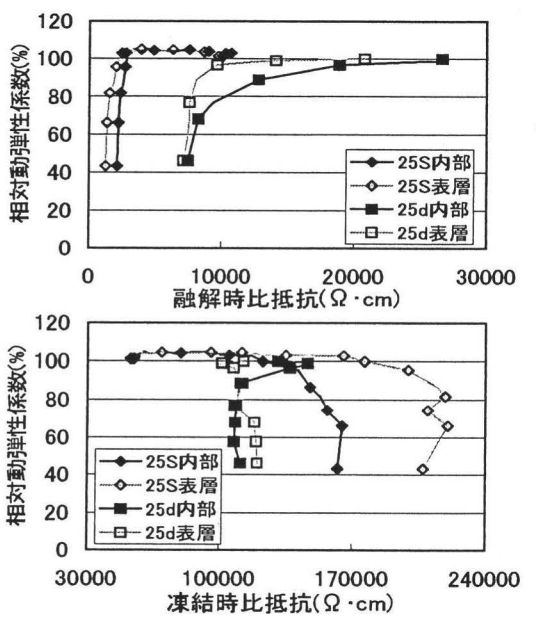


図５　W/C25%の凍結時・融解時比抵抗と相対動弾性係数

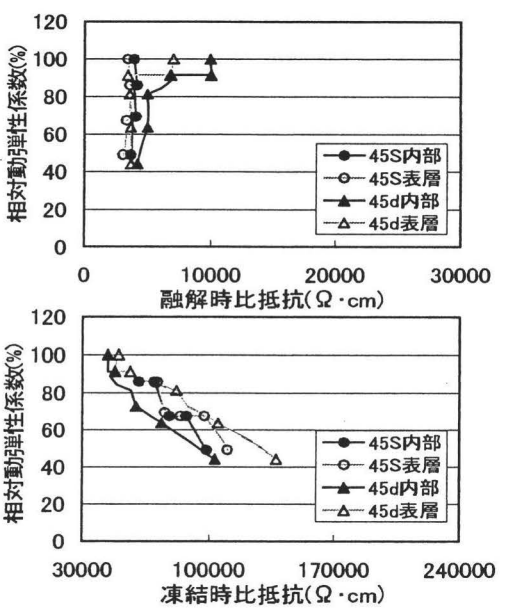


図６　W/C45%の凍結時・融解時比抵抗と相対動弾性係数

05-34 集団規定の性能規定化に対応した総合的都市環境再編手法に関する研究

芝浦工業大学　工学部　建築学科
教授　南　一誠

1．本研究の背景と目的

戦後の経済成長はわずか半世紀で巨大建築群からなる都市空間を実現したが、美しい景観や潤いある公共空間が実現しているとは言い難い。このことは建築、都市計画、土木、造園の各分野が専門分化するあまり、都市環境を総合的に計画する手法を確立しえていないことにその一因がある。都市環境の性能を担保するには現行の敷地単位の規制には限界が生じており、その改善策の一つとして建築基準法の集団規定の性能規定化を探る研究が求められている。研究対象とする港区西新橋地区は、都市計画道路（環状第２号線、通称マッカーサー道路）の建設が予定され、その沿道となる市街地の都市環境が今後、大きく変容すると予想され、新たな「まちの性能」の目標設定が求められている。本研究は街区、地区レベルにおける都市環境の目標性能、水準を明確化し、その内容を地区計画、地区整備計画等において担保することにより、都市計画、土木、建築、公園・緑地などが連携した総合的、一体的な都市環境の整備手法を提案することを目指している。

2．研究成果

研究対象地域とした「新橋～虎ノ門地区」は霞ヶ関、汐留地区に隣接するため、都市計画道路が整備されることにより今後飛躍的な発展が予想され、業務機能、居住機能の再編が必至である。しかし地球環境問題を鑑みると、スクラップアンドビルドの手法による再開発は最適であるとは言えない。地域の有形無形の資産・資源を活用し、継承する手法を探るため、まず地理的特性、歴史的発展経緯、産業構造の変遷、都市居住の特性などについて、古地図、航空写真などにより分析を行った。また地域に存在する建物ストックの現況について、台帳図面、現地調査により調査し、用途転用の対象となりうる建築物の所在、特性のデータベース化を行った。街区の将来のあるべき都市空間については、CGや模型を作成して空間を可視化して検討を行った。地域の将来像を関係者が共有できるものとするため、検討成果をもとに、都市計画道路（環状第２号線、通称マッカーサー道路）沿道街区を主な対象地区とした「デザインガイドライン」を取りまとめた。

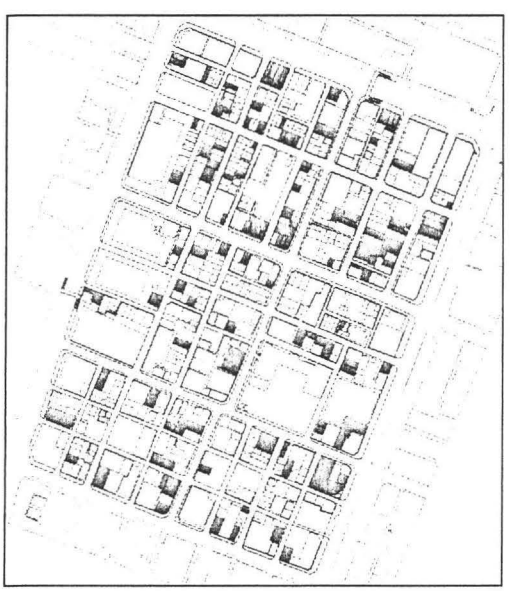


図１　地域の空きオフィスの現況

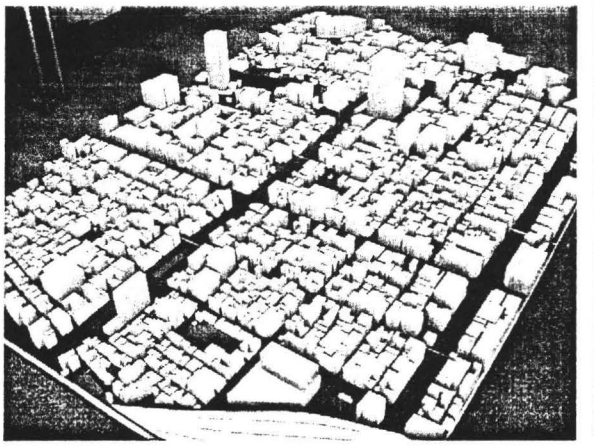


図２　模型による都市空間の可視化

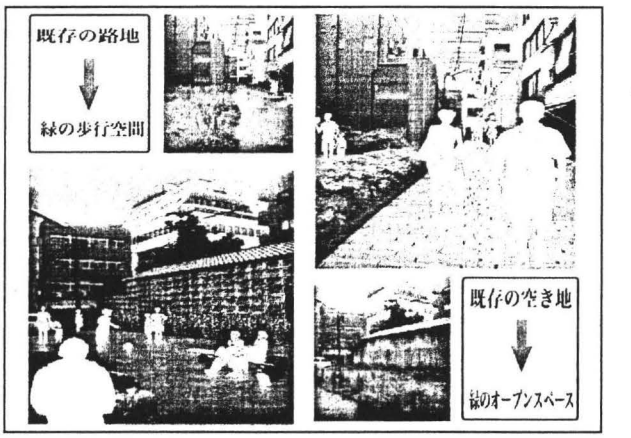


図３　街区内部の既存の未利用空間を　緑地に転換し、ネットワーク化する。

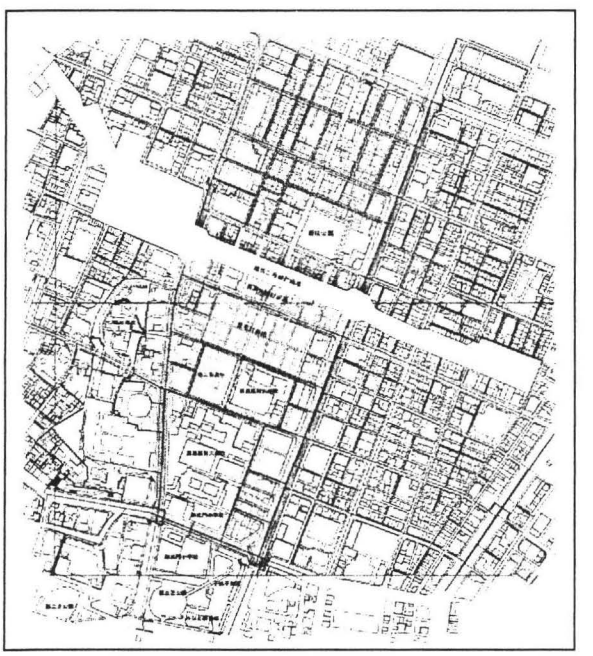


図４　西新橋のマスタープラン

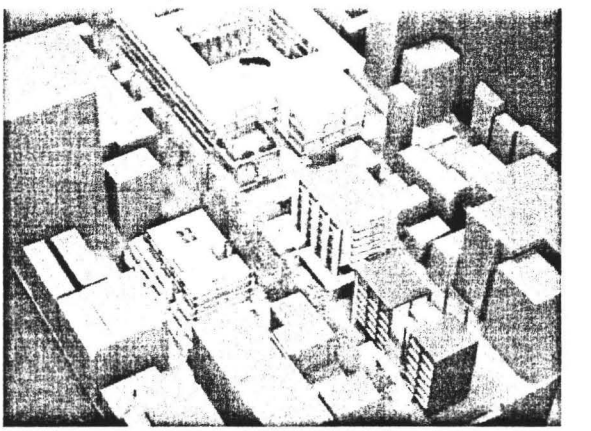


図５　街区を南北に貫く緑道

研究対象とした港区西新橋地区は環状２号線の建設に伴い、今後大きく市街地環境が変容すると予想される。このような広幅員の街路整備が大都市中心の既成市街地において行われることは、歴史的にもまた世界的にも稀有なことである。都市計画道路の周辺地区を総合的一体的に計画することにより、虎ノ門～新橋地区は、表参道やシャンゼリゼのような個性ある魅力的な都市空間として再編できる可能性が存在している。そのような市街地再編を実現するためには、現行法令が依拠する敷地単位の規制手法では限界がある。地域住民へのヒアリングを通して分かったことは、現在、港区西新橋地区の住民が抱える最大の課題は、地域の将来像が見えないことである。本研究は、既に敷地単位での再開発事業が動きだしている西新橋地区を対象として、まず地区全体の将来像を明確にし、その上で目標とする「まちの性能」を仕様規定、性能規定にこだわらず、関係者が共有可能な表現手法で記述することにより、総合的、一体的な都市環境整備手法の基礎を構築することを試みた。

05-35 伝統的景観保全のための参加型まちづくりを支援する知識共有化の研究

京都大学大学院建築学専攻
教授　宗本 順三

景観法など「美しい国づくり」あるいは「美しい都市づくり」を目指して、全国的に種々の制度が整えられつつある。本研究は、伝統的で美しい景観が制度的に保全されてきた京都の伝統的建造物群保存地区（以下伝建地区と約す）の一つである産寧坂伝建地区を対象として、人間の感性的な評価方法を用いて建造物のファサードを評価するとともに、改修、改築、用途変更などを通して「劣化してきた景観」に対する新たな再生方法を検討するものである。

産寧坂伝建地区は観光地化しており、住宅が店舗へと用途変更され、景観の劣化が進んでいる。また、伝建地区は居住者の活動によりその環境の保全がされているが、居住者の高齢化と空家化に伴う景観の劣化が進んでいる。すなわち店舗化や空家の取り壊しなどが連続する道路沿いのファサードの伝統的景観に与える影響について現在までほとんど明らかにされていない。

景観を構成する建造物のファサードに対して人間が直感的に「伝統的である」とする評価には曖昧な部分が大きく、そのメカニズムは非明示的である。ここでは、伝建地区の指導要綱に見られるような形態要素の有/無に加え、複数の形態要素が相対的に影響し合う幾何学的な相互関係等に基づいて、総合的に「伝統的である」との判断が行われていると考えられる。本研究では、感性評価により「伝統的である」とされる一定のレベルを満足する評価をもたらす概念を、知識技術を利用して論理的に明示可能な規則として獲得する。この規則を用いて、これまでの硬直的な行政の指導基準では防ぐことが出来なかった伝建地区の景観の劣化を捉えて、本来の伝統的景観の再生を図るファサードの設計方法を確立する。

建築物のファサードを見て感じる、「伝統的である」という概念は、複雑で高次の知識に基づくものであり、建築物の部位や部材といった建築言語を用いて、その意味を余すところなく明示的に翻訳することは困難である。またこの「伝統的である」という概念は、個人の背景や有する知識体系等に左右されるため、一定で普遍的なものではなく、観察主体に依存して多様である。しかしながら、多様な解釈の幅を持ちつつも、観察主体に因って全くバラバラな概念というわけではなく、集団で共有している部分も少なからず存在すると考えられる。伝統的建造物群保存地区（以下伝建地区と約す）一帯のファサードに対して、多くの人が「伝統的である」と感じるのは、この概念の共有部分によるものと考えられる。

伝統的建造物には、長い時間の中で形成されてきた様式があり、開口や庇といった形態要素は、少数の種類の形式に分類される。すなわち、伝統的建造物のファサードは、一定少数の要素の組み合わせにより構成されている。ここで「伝統的である」と感じるファサードを構成する形態要素の組合せと、それらの重要度を求める方法があれば有効である。

一方、対象がいくつかの属性により表現されている場合に、対象の特徴を十分有効に説明する、少数の属性の（粗い、ラフな）組み合わせを知るものとして、ラフ集合理論(Rough set

theory)がある。対象とこれを表現する複数の属性との関係を知る手法としては、線形回帰モデルがよく知られているが、各属性が互いに依存するような、複雑な非線形の場合の関係を扱うことはできない。また、ファジィ理論もラフ集合理論と同様に、対象と属性の曖昧な関係を扱うものであるが、ファジィ理論は入力空間の領域の曖昧さを扱うもので、ラフ集合理論のように、対象の識別不能性に基づいて、重要な（関与の大きい）属性の組み合わせを求めるものではない。ニューラルネットワークのバックプロパゲーションアルゴリズム（backpropagation algorithm）も対象と属性の関係を学習するものであるが、各ニューロンのどのような組み合わせが対象を簡単かつ十分有効に表すことができるかを知ることはできない。ラフ集合理論は類別や近似の概念に基づくデータ解析を基礎として、近似類別、機械学習、多基準意思決定などに応用されている。また感性工学分野では、自動車や携帯電話などのプロダクトデザインの分野で導入が試みられている。

複雑な対象をできるだけ詳細に記述するには、多大な量の語彙を必要とする。すなわち「伝統的である」と感じるファサードの概念を詳細に記述することは困難であり、たとえ記述できたとしても、そこからその意味や本質を理解することは容易ではなく、設計に役立てるには煩雑な手続きを要すると考えられる。しかしながら、そのような複雑な概念のうち、冗長な枝葉末節を差し置いて、より簡単で一般性のある中枢を捉えるには、ラフ集合理論を援用することが有効である。例えば、ある種の窓意匠と庇形状の組合せがファサードに表れる場合に、多くの人はそのファサードを「伝統的である」と評価する等の結果が期待できる。こうして人間が直感的に「伝統的である」あるいは「伝統的ではない」と判断する要因を、ファサードの構成要素の組合せを要約した縮約として得ることが出来れば有用な知見となり、人間の感性に根ざした伝統的景観を形成していく上で、ファサードの修理・修景のための一定の基準を与え得るものとして、設計の実用に資するものと考えられる。

本研究では、直感的に「伝統的である」と判断する要因を、ファサードの形態要素の組合せとして獲得し、これを明示的に記述することを目的としている。

本研究の対象は産寧坂伝建地区の建造物のファサードとする。産寧坂伝建地区は、清水寺の参道に接する産寧坂から二年坂、高台寺門前を経て円山公園に至る南北約 600m、東西 250m の地域であり、「伝統的である」と一般的に認識されている地区である。

産寧坂伝建地区は 1972 年 9 月に特別保全修景地区に、1976 年 6 月には伝統的建造物群保存地区に指定された。さらに同年 9 月には文化庁により重要伝統的建造物群保存地区に選定された。現在、産寧坂伝建地区内の建築行為に際しては、行政による指導が行われており、伝統的建造物については、主として外観を保存するために、産寧坂伝建地区保存計画書に示された外観の基準により修理が実施され、伝統的建造物以外の建造物については、周囲の景観と調和するよう伝統的建造物と同様の保存計画書に示された外観の基準により修景が行われている。

産寧坂伝建地区において独自に建造物のファサードの調査を 1999 年 6 月～2000 年 1 月および 2002 年 11 月～2003 年 3 月、追加調査を 2005 年 1 月～2005 年 2 月に行った。調査対象は石部小路部分を除く産寧坂地区内の伝統的建造物および非伝統的建造物を対象とした。

対象となった建造物は延 344 軒である。調査により得られた建造物のファサードの画像および実測したデータから、ファサードを構成する形態要素の情報を得た。これに加え 1994 年～1995 年に京都市により実施された産寧坂町並み調査の報告書、および京都市都市計画局に保管されている過去 10 年（1993 年～2003 年）の修理・修景の記録をもとに、ファサード立面データベースの構築を行った。

上記データベースおよび建造物のファサードの写真を用いて、被験者がそのファサードは「伝統的である」と感じるか「伝統的ではない」と感じるか、直感的な評価の実験調査を行った。知識背景の異なる集団によって共有される概念にどれほどの相違があるか調べるため、被験者の内訳を建築系学生、非建築学生各 5 名とした。上記の感性評価実験により、99 形態要素の組み合わせによるファサードに対する 10 名分の評価データを得た。

本研究が目的とする、「伝統的である」と識別するための形態要素の抽出において、非線式の一つであるラフ集合理論を用いて決定ルールの抽出を行う。ラフ集合理論では、対象は全て何らかの属性情報の組合せにより表現されていると仮定され、情報に内在する識別不能性に起因する曖昧さが数学的に扱われる。ラフ集合理論の基本概念では情報の価値は対象を識別する能力として捉えられる。対象をより詳細に識別するためには対象に関するより多くの情報を集めれば良いが、逆に少ない情報を用いても、より多くの情報を用いた場合と同等の識別能力が得られるならば、それらの情報は等価であると考えられる。このようなラフ集合の概念を用いることで、識別に用いられる属性情報をその識別能力を損なうことなく簡略化すなわち本質を要約する。

上記ラフ集合理論の枠組みを適用し、感性評価実験の結果から、感性評価により「伝統的である」とされる縮約を獲得した。獲得した縮約の評価事例に対する包含状況を検証することにより、本研究の方法の有効性の検証を行った。

本研究では、はじめに京都市都市計画局に保管されている記録資料および独自に行ったファサードの調査の結果より構築したファサード立面データベースを用いて、形態要素の整理、感性評価実験を行った。次に、感性評価実験の結果にラフ集合理論を適用し、伝統的であるか否かというファサードの直感的な評価を左右する形態要素の組合せを縮約として獲得し、これを明示的に記述した。得られた縮約が同一の評価が与えられる事例に含まれる割合を算出し、信頼性の検証を行った。得られた縮約の分析により、「伝統的である」と感じるファサードは、重要な少数の形態要素の組み合わせを用いて、有意に説明できることが示された。背後にある概念は複雑であっても、建築物として具体化される際には、必然的に有限個の建物要素の組み合わせに簡素化されて翻訳され、「伝統的である」とされるファサードを構成する際に規則として用いることが可能と考えられる。本研究の、ある概念にとって重要な形態要素の組み合わせを推論する方法は、建築設計に直接的に資すると言える。

05-38 我が国における住宅用窓まわり製品の変遷

東京理科大学工学部建築学科

教授・工博　真鍋 恒博

1．背景

建築分野で用いられる様々な部品や構法は、時代の要請や技術の発展によって変化している。しかし、その変化の足跡については、ニュース性のある特殊な事例のみが記録され、ごく一般的に使われている「普通のもの」については、変遷の詳細な記録があまり残されていない。そこで真鍋研究室では、1983(S58)年度より様々な部品・材料・構法を対象として変遷の調査を行ってきた。こうした研究の一環として本研究室では「アルミサッシの変遷」について1989(H01)年度にも調査を行っている。

しかし、一度調査した部品や構法も、それがなくならない限り変化し続けている。そのため、改めて調査を行い、データを更新することが必要と考えられる。窓に関わる部品についても状況は同様であり、また上記の研究では金属製サッシを対象としたため、近年、住宅において需要が高まりつつある樹脂製サッシや木製サッシ等の非金属製サッシ等についての詳細なデータは記録されていない。そのため、これらの変遷を調査し、記録する必要がある。

2．目的

・サッシ及び関連製品の変遷の要因となる事柄や影響等の構法的な調査・記録
・各対象部品の分類観点及び各種要求に対応する手法の整理に基づく資料化
・変遷の要因・影響を含めた各種観点ごとの変遷、及び各部品に共通する変遷の明確化

3．対象部品

主に住宅(集合住宅を含む)で使用される「サッシ」、部位は異なるが通常の窓用サッシと同様の特徴を持つ「天窓」、サッシの補助的役割を持つ「雨戸」・「窓用シャッター」および「網戸」を対象とした。

4．研究の方法

本研究では文献・企業資料の網羅的調査を行った。文献調査では、雑誌「日経アーキテクチュア」・「建築技術」・「建築知識」を主な対象とし、製品関連記事や写真等、材質・機能等の資料を収集した。企業資料は、「カタログ」・「社史」等を中心とする。同時に企業調査も行い、アンケートやヒアリングを通じて「製品の開発・発売年代」・「開発背景」、さらには開発プロセス等の情報を得ている。対象部品は以下の項目を設定することにより、整理した。

1）「構成要素」の設定

製品の相互比較を図り、各部品を部材レベルまで細分化し構成要素を抽出した。

2）「分類観点」の設定

本研究では対象部品の持つ本質的な性質である「属性」と「可動性」に着目し、各部品の構成要素を「形状」・「材質」・「開閉方式」等の観点から分類した。

3）サッシ・天窓に起こる要求の抽出

これまでに真鍋研究室で行ってきた「手法の体系化」研究と同様の方法で、対象部品の中からサッシと天窓に起こる要求を抽出した。

要求は建物の「供用段階」と建設時である「生産段階」に起こる様々な現象に対して発生する。供用段階では建築空間に作用するエネルギーや物質である「作用因子」の挙動現象と、その作用因子の作用によって建物の性状が変化する現象である「性状変化現象」に分類でき、生産段階では生産するための基本作業である「生産現象」と、その生産現象を行うことによって派生的・副次的に起こる「派生的不都合現象」に分類できる。

4）要求に対する手法の体系的整理

設定した要求に対してサッシ・天窓に見られる手法を、真鍋研究室で行ってきた方法と同様に、各種要求に関連する現象を制御するための原理的方法である「制御原理」と「構成要素」を軸とするマトリクスを作成し整理した。

5）変遷データベースの作成

対象部品の内容を検索可能し、変遷の概要をまとめると共に各種の分類観点及び要求に対する手法という観点からの分析を加えた。

5．調査結果

調査を通じて、住宅用サッシ・天窓・雨戸・窓用シャッター・網戸について、それぞれの変遷が明らかとなった。以下に箇条書きで示す。

1）住宅用サッシの変遷

①基礎的技術の確立

アメリカからの技術導入 / 国産製品の誕生・サッシ業界の形成

②基本性能の向上(1960年代後半～1970年代)

JIS規格の制定 / 寒冷地向け商品の開発・ユニット化などの試み

③高付加価値製品の登場(1970年代～1980年代)

④バブル期の製品の多様化・高級化(1980年代後半～1990年代初頭)

⑤環境・安全等への配慮(1990年代半ば～)

2）天窓の変遷

①製品の登場(1970年代後半～1980年代前半)

②多機能・高付加価値商品の開発(バブル期・1980年代後半～)

③省エネルギー製品の開発(1990年代～)

3）雨戸の変遷

①製品の登場

木製雨戸の鋼製化(1958～) / アルミ製品の登場(1960年代後半～)

②多様化の進展

製品の性能向上（断熱性・遮音性など)

4）窓用シャッターの変遷

①窓用シャッターの登場

鋼製(1968)からアルミ製(1970年頃)へ

②窓用シャッターの多様化・多機能化

断熱・遮音性能の向上/ 収納ケースのコンパクト化技術の確立(1990年代)

5）網戸の変遷

①製品の登場

枠材：木製(1950年代中頃)～アルミ製(1970年代)

網材：金網(1950年代中頃)～塩化ビニル系素材(1970年代)

②網戸の多様化・多機能化

高付加機能製品の登場(1980年代以降) / 遮熱性・防火性の向上

6．考察・まとめ

1）要求に対する典型的手法の抽出・傾向

実例を基に要求毎の典型的手法を抽出する。最も手法の多く見られた要求は「適度な温熱環境の確保」であった。一例として、この要求に対する典型的手法を以下に示す。

・熱の輻射の抑制

①遮断効果のある部品と一体化させる　②透過率の小さな透過材にする

・熱の伝導の抑制

①周囲の部品・戸によって複層にする　②非金属製の形材にする

③金属と非金属の複合形材にする　④アルミ形材を断熱材で分離する

⑤樹脂製の透過材にする　⑥透過材を複層にする

2）各種分類観点の変遷の分析

各種分類観点の内、各部品の構成要素毎の「材質」と「開閉方式」の変遷について年表を作成し、その傾向を分析した。

3）典型的手法の変遷の分析

要求に対する典型的手法がどのように変遷してきたのかを、住宅用サッシにおいて手法の多く見られた「適度な温熱環境の確保」・「気密性の確保」・「雨仕舞・水仕舞の確保」・「燃焼・延焼の防止」の４つの要求について年表を作成し、その傾向を分析した。

4）対象部品全体の変遷

各部品の変遷を分析した結果、全体の変遷は以下のように５つの段階に区分できる。

①住宅用製品の基礎の確立 (1950年代～1960年代)

②住宅の洋風化への対応(1970年代)

③省エネルギー意識の高まり(オイルショック後)

④製品の多様化・多機能化(バブル期前後)

⑤環境性能・安全性への意識の高まり(1990年代以降)

7．成果・課題

住宅用サッシを始めとして各部品の変遷を明確にした。また、これら製品における要求と手法を体系的に整理することで、熱や空気等の主要な要求に関する変遷を分析した。その結果、我が国における住宅用窓まわり製品の変遷の全体像を明確にすることができた。

今後の課題としては、玄関ドアやシャッター全般等の他の開口部関連部品の変遷についても再調査し、開口部関連部品全体の変遷の全体像を明確にすることが必要と考えられる。

05-39 リフォームのトラブル防止に関する調査研究と提案

特定非営利活動法人　消費者住宅フォーラム

理事長　矢野　方雄

１．本研究の背景と目的

住宅のリフォーム市場では、最近主に高齢者を対象にした悪質リフォームが増え、大きな社会問題となってきています。

しかし、本来住宅のリフォームは、新築と異なり、実施する際に消費者が生活している場所で作業しなければならないなどの制約条件が多い為、リフォームの計画から、引渡しまでの各段階で、トラブルが発生する可能性が大きいと言えます。

そこで実際起きているリフォームのトラブル事例を収集し、それを基に今後リフォームトラブルの発生を押さえ、消費者とリフォーム業者が、互いに安心して満足できるリフォームが実現出来るような対策を検討し、最終的に提案することにしました。

２．研究方法

この研究の進める基本方針の決定と、結論を纏めるために、「リフォーム・トラブル防止調査研究委員会」（委員長　藤澤好一　芝浦工大名誉教授）を設置し、下記の調査と、その結果から、対策・提案の纏めを実施しました。

（１）リフォームを経験した消費者（発注者）へのヒアリング調査（首都圏　３１名）

（２）フォーム業者（施工者）へのヒアリング調査（首都圏　１０社）

（３）国民センターへの相談事例の内容調査（除く訪問販売　計２，００１件）

（４）　〃　（全体　計６，３８３件）

３．調査研究の内容

●第１ステップ　トラブルの原因を調査

（１）リフォームを経験した消費者へのヒアリング調査による

総計７１件（複数回答有り）に関して、その原因（８種類）と発生時期（６段階）について纏めると、下記の通りでした。**＜別表１参照＞**

①実際にリフォームを行い、トラブルを経験した消費者の回答は、「工事の品質」「施工方法と施工者の対応」等の施工内容によるものが、全体の３５件（５０％）と圧倒的に大きな比率でした。その為トラブルの発生時期も、[施工中]が３６件（５１％）と多く、続いて[契約時]が、２５件（３５％）ありました。

②発生原因は、工事の「出来栄え」や「金額」について、発注者と施工者間で事前にきちんと取り決め（合意）が出来ていない為が、ほとんどでした。

③結論的には、リフォーム経験者の場合は、本来のリフォーム目的である、住環境の改善に直接繋がる施工内容が、多くのトラブル原因になっていることが分かりました。

（2）リフォーム業者へのヒアリング調査による

１０社に実施した結果は、下記の通りでした。

①どの業者も、お客様との信頼関係づくりに全力を挙げている姿勢がみられました。しかし、工事開始後のコミュニュケーション不足により、些細なことで信頼関係が壊れ、トラブルを発生させた例も見られました。

②又、無理な受注活動の結果、実力以上の工事を引き受けた失敗例も、多く報告されています。

③事前調査の不足により、お客（消費者）の選別を間違えた例もありました。

（3）国民生活センターへの相談事例（＝トラブル）の内容調査による

国民生活センターから情報公開請求により入手した昨年９ヶ月間の全国の相談事例（訪問販売を除く計２，００１件）について、前記消費者へのヒアリング調査と同様に、原因（１０種類）と発生時期（６段階）に分類して、纏めると下記の通りでした。　**＜別表２参照＞**

①戸建住宅の相談事例の原因では、予想通り「契約内容」５６１件（３０％）と「業者の質・能力」４０６件（２２％）が多く、この２つで半分を超えています。

具体的には、契約の解約・途中破棄に関するものと、業者の信頼性に疑問をもつものの相談が多く、「見積・金額」や「工事の品質」に関するものは、各々２５１件（１３％）と、１７２件（９％）と低い数字でした。

②発生時期（段階）については、[契約時]６９１件（３７％）と、[引渡し後]５０６件（２７％）が多く、[施工中]や[引渡し時]が少なくなっています。後者の２つの時期が少ないのは、実際のトラブルが少ないのではなく、相談者がその段階では、施工内容をＣＨＥＣＫする機能を持っていない為と思われます。

全体としては、リフォームが進行する流れの中で、[業者選定・計画時]、[契約時]、[引渡し後]などの最初と最後の段階に相談事例が集中し、[施工中]などの中間の段階が少なくなっています。

③上記①と②の関係では、[業者選定・計画時]には、「業者の質・能力」に関するもの（１８７件）が多く、[契約時]には、「契約内容」に関するもの（４０６件）が、特に多く見られました。結論的にはリフォームトラブルの原因は、業者選びの失敗と、契約内容の不備によるものが多いことを、裏付けています。

（4）国民生活センターの相談事例の内容調査（全体　６，３８３件）

上記（3）の資料により、訪問販売を含めた全体の相談事例に使用されているキーワードの上位３０位までを集計した結果は、下記の通りです。多く使用されているキーワードが、トラブルの原因になっていることが推定できます。

①先ず相談内容に関する「工事」、「契約」、「訪問販売」上位を占めています。

②次に、施工場所を示す「屋根」、「外壁」、「床下」が多く見られます。

③更に、工事の種類で、「屋根工事」、「塗装工事」等が多く見られました。

●第２ステップ（消費者の立場に立った）トラブル防止対策の検討

第１ステップの調査で分かった結果を基に、委員会等で、リフォームの実施６段階別に、消費者に対する対策を、取り敢えず纏めてみました。（内容は全文参照）
対策は、事例集に掲載されていた実例の他、極力トラブルの発生を押さえてリフォームを実施ししている、モデル工務店の手法を参考にしました。

●第３ステップ　トラブル防止対策の提案

最後に第２ステップの対策を基に、リフォーム・トラブルを防止する為の提案を、消費者、リフォーム業者、行政機関及び関係団体等別に、下記の事項について具体的に行いました。具体的な提案内容については、細かくなるので、全文をご参照下さい。
要点は、発注者と施工者間で、お互いが信頼関係を持てるようなルールを作り、それを、実施する為に必要な対策を、実行することです。
常に両者の間のコミュニケーションを良くしておくこと、決めたことは口約束でなく、必ず記録を残すことなどが基本です。

（１）消費者に対する提案

①消費者が、安心して実施出来る様に、（最低限）必要な知識を身に付ける方策
②消費者が、優良リフォーム業者を選択する方策
③消費者が、リフォームの見積内容・金額に対してもつ疑問を解決する方策
④消費者が、実施前に期待していた成果を、実現し易くする方策
⑤消費者が、リフォーム実施後にもつ不安を解消する方策

（２）リフォーム業者に対する提案

①リフォーム業者としての防衛策の実施
②消費者の信頼確保策の実施

（３）行政機関及び関係団体等に対する提案

①消費者が進んでリフォームに取り組む為の施策の実施
②（消費者の相談者として）建築士、増改築相談員等を活用する仕組み作り
③住宅リフォーム工事の瑕疵賠償保険制度（リフォーム業者が加入）の新設
④消費者教育の奨励
⑤リフォーム優良業者への支援と、リフォーム不良業者の取り締まり強化

（３）提案の纏め

①今回の調査により、リフォームは、当初の計画段階から、最終の引渡し後迄の広範囲で、大小様々のトラブルが、発生していることが分かりました。
②従って、対策も広範囲に及ぶ為、十分に絞り切れませんでした。
③今後リフォーム市場を健全な形で成長させていく為には、「消費者とリフォーム業者の双方が、既にお互いが必要と感じている新しいシステム（ルール）の構築を、早急に実現することである。」と言うことを、今回の結論にします。

以　上

＜別表１＞　消費者「不満・トラブルの原因と発生時期」　　単位：件数

	業者選定・計画時	契約時	施工中	引渡し時	引渡し後	その他	合計
業者の質・能力	4	2			1		7
契約内容		3	1				4
見積・金額	1	7		1			9
工事の品質		8	16	2			26
施工方法と施工者の対応		1	8				9
工期			9				9
メンテナンス					1		1
その他		4	2		0		6
合計	5	25	36	3	2	0	71

＜別表２＞　相談内容の原因と発生時期　　単位：件数

(戸建住宅)

	業者選定・計画時	契約時	施工中	引渡し時	引渡し後	その他	合計
業者の質・能力	187	119	9	12	50	29	406
契約内容	9	406	31	22	47	46	561
見積・金額	12	76	19	61	64	19	251
工事の品質		3	19	35	110	5	172
施工方法と施工者の対応			17	16	14	1	48
工期		20	35	4	3		62
メンテナンス			1	4	107	3	115
その他	3	11	5	2	33	19	73
工事の必要性	7	31	8	5	52	9	112
お客の支払能力		25	2	9	26	9	71
合計	218	691	146	170	506	140	1,871

(集合住宅)

業者の質・能力	25
契約内容	43
見積・金額	17
工事の品質	15
施工方法と施工者の対応	2
工期	4
メンテナンス	5
その他	11
工事の必要性	3
お客の支払能力	5
合計	130

05-40 実用性を目指した床衝撃音対策技術の開発に関する研究

京都大学大学院工学研究科 都市環境工学専攻

教授 高橋 大弐

音響的に解決が難しい問題の多くは低い周波数帯域に集中している。その対策として、床衝撃音の問題に関しては床仕上げの構造にその焦点が絞られ、結果として重くて剛な床構造とすることが従来までの基本であった。これは床の振動そのものを抑制しようとする考え方であり、多重床構造など音響放射となる面の振動を局所的に制御する方法が種々考案されてきた。しかしながら床衝撃音などの固体音問題では加振から構造躯体中の波動伝搬、そして音響放射に到るまでには建物を構成する部材のすべてが関与し、従来のように床・天井といった局所的な対応では片手落ちとなる。特に高層マンションなど軽量化が要求される建物、また軽量鉄骨構造の共同住宅などではこの傾向が強くなることが予想される。床・天井部分に関し、たとえ完璧な対策が取られたとしてもそれ以外の経路からの寄与が顕在化して問題は残る。

本研究では床衝撃音に代表される固体音問題に関し、最終的に騒音問題として顕在化するに到る過程(加振-波動伝搬-音響放射)でどのような要因がどのように関与しているかを明確にするためのシミュレーション技術の開発を目的とする。

研究は建物構造体を伝搬する波動とそれによる音響放射をシミュレーションするための解析モデルの開発と実験による検証という形で行なわれた。床衝撃音に代表される固体音が問題となるため、対象とされる周波数範囲は低周波数域に限定される。このことから波動理論に則った厳密な解析が必要となる。問題の複雑さから、従来は実測・実験からの推定、エネルギー的な捉え方によるマクロな推定、建物構造体の分岐部のみを波動論的に扱った基礎的な研究などが行われており、ここで提案するような建物全体を厳密な波動理論で構成するモデル化は全く新しい試みである。

提案された解析手法の妥当性を検討するため、床衝撃音遮断性能評価試験に使われる実大音響実験室を使用した振動と放射音の測定が行われた。

本研究では建物の基本的な構造として壁・床・天井が板状材料で構成される 2 階建モデルについて、その一点を加振したときの任意点の振動応答を求めるための有限要素法(FEM)による波動伝搬解析手法及び振動面からの音響放射を求める解析手法の提案が行われた。この建物モデルは壁・床・天井が板状材料で構成される建物構造体の典型的な基本ユニットと考え

られ、この形の解析モデルが構築できれば、より複雑な建物モデルに対しても容易に拡張が可能と考えられる。建物構造体の基本である板状材料では、１点が加振された場合、接続部の分岐により全ての部材で、屈曲･圧縮膨張・せん断の３種類の波が伝搬する。この波動形態を考慮したFEMモデルを構成する場合、その構成段階で分岐部の境界条件を自動的に満足する手法の提案がポイントなっている。具体的には通常の曲げ理論では考慮されない面内の回転をダミー変数として導入し、さらに各部材における変位並びのパターンを、境界条件が自動的に満足されるように６パターン用意する点などである。

床衝撃音などの固体音では面の振動によりそれに接する空気の振動という形で音が放射される。これに関する解析方法を提案し、具体例として室内音圧レベルと各面からの音響放射パワーの数値計算例を示した。63Hz以下の低周波数域では室中央部よりも室のコーナー部で音圧レベルの上昇が見られ、周波数が高くなるとそれが逆転するという、実測による従来の知見と一致した傾向が再現された。

放射音低減のための天井を設けることによる床衝撃音対策を考えた場合など、室内へ放射された音に関し、壁･床･天井各面の寄与がどの程度かの情報は重要な意味をもつことになる。これに関し各面からの音響放射パワーを計算し、全体的には直接加振される天井面からの放射が若干優勢であることの確認とともに、対象とする周波数帯域と構造体の条件によってはその他の面からの放射が優勢となる場合もあることが示された。いずれにしても加振面(天井面)のみの処理では不十分であることは明らかであり、建物構造体全体を捉えた対策技術の必要性を示唆する結果が示された。

本解析手法の妥当性を検証するため、床衝撃音遮断性能評価試験に用いられる実大音響実験室における実測値との比較を試みた。インパクトハンマーを用いた駆動点及び伝達インピーダンスの測定と、標準重量衝撃源としてJISに規定されるインパクトボール(シリコンゴム製)を1mの高さから落下させた場合の振動伝搬に関する伝達損失、及び下室での音圧レベル特性を測定した。実測値についてはデータレコーダーに収録された音圧波形をFFTによるスペクトルレベル[dB]として処理し、理論計算値については、1N加振による周波数応答を計算しインパクトボールの持つ衝撃力のスペクトルで畳み込みを行うことにより求めた。

駆動点インピーダンスと伝達インピーダンスに関して理論計算値と実測との比較として検討した結果、理論と実測は周波数軸に対し若干のずれが見られるものの、相反則の成立とともに、極めて良好な一致を示すことを確認した。

建物構造体を伝搬する波動は部材の接合部における分岐によりその振動エネルギーが変化する。一般的には減衰するが周波数によっては増大する場合もある。この振動エネルギーの変化を表現する指標である伝達損失を用いて検討を行った。理論では周波数特性上の変動がかなり大きく出ているが、そのピーク・ディップの位置と形状に関し実測値との良好な対応が見られた。63Hz, 125Hz近辺においてはほとんど減衰なしに振動エネルギーが伝達するケースを見ることができる点についても理論･実測値ともに一致した傾向が見られた。

実験室は150mmと200mmの2種類のRC床スラブに対して測定できるようになっており、今回は150mm，200mmの両方の裸床スラブに対し、上述のインパクトボールを1mの高さから落下させた場合の下室での音圧レベル特性を測定した。室内音圧レベル特性に関し、理論と実測の一致した傾向として次のような特徴が挙げられた。

1．　50Hz近辺と100Hz近辺にピークが見られ、その間に大きなディップが存在する。

2．　31Hzから63Hzに至る低い周波数帯域では中央部の音圧が低くなり、125Hzを中心としたほぼ1オクターブの帯域では逆に高くなる。

建物構造体を伝搬する波動はいくつかの要因によりそのエネルギーが減衰する。距離による減衰は最も基本的な要因であり、次に分岐による減衰効果を挙げることができる。そして異なった材料の接合部あるいは厚みの異なった接合部も減衰効果をもたらす大きな要因と考えられる。音響放射についてこれらの影響を検討するため、厚みの異なったスラブの加振により下室と隣室でどのような放射特性となっているかを算定し実測値との比較を行った。一つの大きな特徴として、スラブ厚の違いによる隣室への影響という観点から見たとき、200mm厚スラブの加振では150mm厚スラブ加振に比べて隣室への影響が若干大きくなる傾向を捉えることができた。

05-41 溶融亜鉛合金めっき鋼板の腐食開始過程の解析とその抑止法に関する研究

北海道大学工学研究科
助教授　安住和久

1．本研究の背景と目的

建材用鋼板の大半は、防食の目的で溶融亜鉛あるいはその合金めっき（Zn-Al, Zn-Al-Mg等）が施され，良好な耐食性を確保している。しかし，実際の施工においては防食処理および塗装したロール材等を切断し，コスト上昇を防ぐために端面処理なしで使用することが多いため、端面から腐食が発生・進行して材料の寿命を低下させる。亜鉛系めっき鋼板の塗膜下腐食の抑制にはクロム化成処理，クロム系塗膜の利用が有効であるが、世界的なクロム規制のため代替手段が必要とされており，熱処理，プラズマ処理など各種の表面処理や合金化めっき膜組成の研究開発が行われている。また腐食は塩分の存在する高湿度環境で発生しやすいため、国内の沿岸地域，融雪剤散布地域のみならず，今後塗装鋼板の市場が拡大するであろう東南アジアなどで問題が顕在化する可能性がある。このため，早いうちに端面腐食・塗膜剥離・糸状腐食の課題に取り組み、その機構解析と対策の糸口をつけておくことは有意義であると思われる。特に腐食初期に発生する糸状腐食は，塗膜下で線状に進行するため，塗膜剥離を促進する，美観を損なうなどの問題がある一方，糸状腐食は端面における塗膜下腐食の評価指標になりうると考えている。

本研究では，溶融亜鉛めっき塗装鋼板の端面腐食の基礎的な解析，腐食の定量評価およびモニタリング，その防止法の開発を目的としている。具体的な研究の進め方として，(1) 湿度／温度環境制御セル内の作製　(2) 端面腐食発生条件および腐食進行速度の調査　(3) 端面腐食の簡略かつ視覚的な評価法の開発　(4) 端面腐食の制御法に関する検討　を立案し，実験を遂行してきた。本報では，このうち成果が得られてきた (1)〜(2) に関して主に報告する。具体的には，Steel／Zn／Paint 試料の端面から発生する腐食過程を定量評価・解析するためのモデル電極系を考案し，またその腐食過程を解析するための多分割電極測定装置を開発した。この端面腐食模擬系をまず水溶液系で検証し，次により一般的な大気腐食系にも適用可能なことを試みた。以下にその原理を述べる。

金属腐食は電気化学反応であり，一般に金属の酸化反応（さび等の金属酸化物形成，イオンとして溶解する反応を含む）と，これと等しい速度のカソード反応（酸素の還元反応などを含む）が「カップリング」することにより進行する。筆者らはこのカップリング電流を測定するための「多分割電極」を開発した。この装置では，対象とする金属材料試料を複数に分割してそれぞれを独立した電極として扱い，それぞれの電極間に流れる電流（分担電流）を測定評価するものである。具体的には各電極をオペアンプを経由して「仮想接地」することにより等しい電極電位におくとともに，各電極を流れる電流を計測することを可能とする。この仕組みにより，分割された電極が電気的にひとまとまりの電極と等価な状態としたまま，各部に流れるアノードまたはカソード分担電流を測定することができる。この手法は，不均一な組成からなる金属材料（異種金属腐食系）や，腐食環境が不均一な系の測定に

有効であり，溶接材料の腐食速度および防食評価，すきま内腐食速度分布評価に応用してきた。塗装鋼板の端面腐食系は Steel と Zn または Zn-55Al が環境に暴露されている「異種金属腐食系」であるため，「多分割電極法」の応用が適している系のひとつである。

2．実験方法

試料として基材の Steel（鋼）に溶融 Zn または Zn-55Al（ガルバリウム）をめっきし，Paint（塗装）を施した溶融亜鉛めっき塗膜鋼板ものを用いた。比較のために，Zn めっき後にクロメート処理を施したものと施していないものを用意した。なお実験では，Zn-55Al 合金単体の入手が困難なため，それぞれの金属を単電極として扱う実験では Zn めっき試料を主に用いた。これらの試料を適切なサイズに切断し，実験によっては表面を研磨あるいは有機溶剤で処理して Zn 面，Steel 面を露出させた。本研究のために試作した多分割電極測定装置は同時に 4 電極の分担電流を測定できるため，様々な端面腐食条件を模擬する 4 つの電極の組を選定し，水溶液系の実験ではシリコンシートに，また大気腐食系の実験では試料断面が露出するよう樹脂に埋め込んで使用した。測定は室温で行い，水溶液系では試料を人工海水相当水溶液（0.6 mol dm^{-3} NaCl 水溶液）に浸漬して各試料の分担電流と浸漬電位，および開回路状態の各電極の浸漬電位の経時変化を測定した。また大気腐食系では相対湿度を一定時間間隔で 100%と乾燥状態に変えて同様な測定を行った。

3．結果および考察

水溶液系の実験では，Steel／Zn／事前腐食 Zn／塗膜試料の組を塩水に浸漬した際の各電極の分担電流，仮想接地時の浸漬電位，開回路時の各電極の浸漬電位を測定したところ，分担電流はまず腐食 Zn がアノード犠牲陽極となり，事前腐食 Zn は未処理 Zn よりもアノード溶解しやすいことが確認できた。また浸漬 130ks 後には事前腐食 Zn よりも Zn のアノード電流が優勢となり，先に腐食が進行して表面が腐食生成物で被覆された事前腐食 Zn ではアノード溶解反応速度が小さくなることがわかった。2 つの Zn 電極の開回路時浸漬電位は −1V 付近でほぼ等しく，両者の分極抵抗が小さいことが確認できた。約 300ks の浸漬実験中，Steel は継続してカソード防食されていたが，2 つの Zn 電極のカソード電流が時間とともに減少して防食効果が低下し，浸漬約 250 ks 程度から浸漬電位の貴方向へのシフト量が大きくなるのに伴って Steel 上で腐食が発生した。一方塗膜試料ではこの時間範囲では腐食が開始しておらず，分担電流は観察されなかった。このように，各試料間に流れる分担電流および浸漬電位を追跡することにより，溶融 Zn めっき層による犠牲防食効果の持続性，実際の腐食開始・進行をより定量的に解析できることが示された。

次に，2 つの Steel とクロメート Zn および Zn を組み合わせた測定を行ったところ，浸漬初期には Zn のアノード電流が優勢であり，約 200ks 以後はクロメート Zn が優勢となった。この変化は，初期には Zn 上のクロメート皮膜がある程度の耐食性を発揮するもののその効果は時間とともに失われ，一方先に腐食反応が進行した Zn 上では腐食生成物の蓄積によりアノード反応が抑制されたことによる。Steel に対する犠牲防食効果はこれら 2 つの Zn 電極上のカソード電流の総和で決まるが，浸漬電位が 450ks 以後徐々に貴側にシフトしたことから，この付近から犠牲防食効果が不足したことがわかった。事実，この付近から Steel 上で腐食開始したことが目視で確認された。

この他，様々な試料の組み合わを評価して以下の結論を得た。(1) 多分割電極法を用いてモデル化した端面腐食の分担電流および腐食電流分布をある程度評価できた　(2) Zn 溶解による防食機能の持続時間は，Zn / Steel 面積比に大きく依存するが，これを分担電流測定お

よび浸漬電位測定より評価できた (3) 端面をカソード防食するために必要な Zn のアノード溶解速度は，表面の腐食状況，クロメート被覆等に依存した (4) Steel が Zn 腐食生成物で被覆されることによる防食効果は確認できなかった。(5) 本実験で用いた電極面積が比較的大きいため，単一試料内での不均一腐食，Zn 腐食生成物の不均一な被覆などが起こった。このため，腐食試料をより小さなサイズに分割する必要がある。

次に，より実際の系に近い大気腐食系へ本手法を適用した。実際の端面腐食系により近づけるため，Steel および Zn の断面（厚さはそれぞれ 0.5 mm, 0.2 mm）が露出するように樹脂に埋め込み，Zn 防食効果の距離依存性を調べるために 3 枚の Steel を異なる位置に配置した。また実験前に試料表面に塩水を噴霧し乾燥させた（塩がないと腐食は発生しない）。この実験では初期より 3 つの Steel 試料が同程度のカソード分担電流を示した。また目視観察から，加湿中の試料表面において塩が吸湿して水滴を形成していた。この実験では，試料表面の電導性を利用して試料の電位を測定するために飽和 KCl を含んだ寒天を用いて銀／塩化銀参照電極を試料表面に接触させていたが，この寒天中の水分が湿度を与えたために実験装置内の相対湿度 *RH* があまり下がらず，また KCl が溶出して試料表面の塩濃度を上昇させたため，高いイオン伝導性によりどの位置の Steel でも同程度にカップリングが成立したためと考えられる。寒天が乾燥するにつれて *RH* が低下して分担電流が小さくなり，実験 100ks 以降では乾燥時にカップリング分担電流が極めて小さくなった。

塩橋の影響を除くために参照電極を用いず分担電流のみ測定した場合，明瞭な分担電流が観察されるのは実験開始 70ks 後からであった。カップリング形成が遅いのは試料間にイオン伝導パス（腐食性生物によるブリッジ）が形成されるのに時間を要するためである。また同じ Steel 上でもブリッジが形成された部位以外では腐食が発生した。すなわち，カソード防食が成立するためには試料側の電子伝導パスのみならず，表面でのイオン伝導パスが必要であることが確認された。一方，離れた位置にある Steel ではカップリング形成が極めて弱く，カソード防食効果が発揮されないため腐食が発生した。

以上，大気腐食系において，以下の点が明らかとなった。(1) 多分割電極法は大気腐食系における分担電流測定が可能であることを実証した (2) Zn / Steel ガルバニック対形成は試料表面のイオン伝導性に依存する (3) Zn 腐食生成物は，表面水分（および塩分）を保持することによりブリッジを形成して表面イオン伝導性を確保し，カソード防食を有効とする (4) Zn から近い位置にある Steel はカソード防食を受けやすく，離れた位置にある Steel は受けにくいことが確認できた。端面腐食では Zn と Steel が隣接しているため，Zn めっき層によるカソード防食効果が極めて発揮されやすい状況にあるといえる。

4. 今後の課題

本研究では，筆者らが開発した多分割電極法を端面腐食のモデル電極へ適用し，水溶液系腐食ならびに大気腐食系の両方で定量解析へ利用しうることを示した。その一方で，端面を含む腐食分布をより正確に把握するためには，腐食試料を，同一分割電極内で不均一腐食が起きない程度にさらに小さく分割する必要があることが明らかとなった。この目的のために，現在 100ch 程度の電極数に対応できる測定装置を設計中である。さらにクロメート処理の有無，Zn と Zn-55Al めっきとの比較，長時間暴露時の塗膜劣化による塗膜面を通しての分担電流の測定等，腐食対を形成している Steel と Zn の面積比および位置関係，端面から塗膜／下地界面を伝搬しての腐食の進展に対する本手法の適用などに関して，今後系統的な測定を行う予定である。

05-42 安全な室内温熱環境形成のための平均皮温・体内温予測モデル

北海道大学大学院工学研究科
助手　栗原　浩平

1．本研究の背景と目的

本研究は，温熱性発汗を考慮した平均皮膚表面温度（以下，平均皮温）・体内温度（以下，体内温）・発汗量・心拍数を予測する簡易な人体モデルを構築し，気流による高温障害防止の効果を把握する事で，暑熱環境の安全性評価指標として利用しようとするものである．高温対策として，人体に気流を当てる事が一般的である．しかし，これまでの知見で，平均皮温が上昇しているにもかかわらず，顔面への気流の影響が強く作用して涼しく感じている場合が見られた．このため高温障害のリスクが増す危険性も考えられ，暑熱環境における気流の人体生理心理反応に及ぼす影響を把握することは重要なことであると考えられる．

そこで本研究では，暑熱環境における気流が人体の平均皮温や体内温，暑さ感，運動強度感等に及ぼす影響，および送風時の本人体モデルの適用可能性について検証する．

2．研究の方法

気流が人体の生理心理反応に及ぼす影響を検証するために，また人体モデルに組み込むための高温環境における平均皮温・体内温データ収集を目的として，被験者実験を行った．実験は，北海道大学工学部内の環境試験室にて行われた．被験者には20代の健康な男子大学生3名を用い，中等度の作業を2時間行うことを想定し，室内での作業を模擬した自転車エルゴメータ（約3.8met，負荷43.5W/m^2）による運動を2時間行なわせた．同時に，人体側は皮膚表面温（8箇所）・直腸温・心拍数・体重減少量を測定し，環境側は気温・相対湿度・グローブ温を測定した．被験者には，暑さ感，気流感，総合的な快適度，運動強度感等の申告を10分ごとに行わせた．環境試験室は風速を調節できないため，送風には扇風機を使用した．気温33℃，相対湿度50%に固定し，風速を無風，弱風，中風，強風の4段階に設定し，頭部へ前方から送風した状態と，中風速に固定し，頭部前方，頭部後方，胴部前方の3方向から送風する状態で行った．両者の比較により人体の平均皮温や体内温に及ぼす気流の影響を明らかにすると共に，高温障害予防のための人体顔面部に対する送風の有効性，送風部位による有効性の相違について検証する．

3．実験結果と考察

3.1 風速分布実測結果

人体の位置する断面を70×180cmの格子に分割し，格子毎に風速を測定した．頭部送風時において頭部では弱風で0.5m/s程度，中風で0.9m/s程度，強風で1.7m/s程度の値を示しており，頭部から肩にかけて高

表-1　平均風速

	頭部			胴部	重み付け
	弱	中	強	中	
足	6	12	30	9	0.07
下腿	7	12	28	13	0.13
大腿	12	11	22	29	0.19
腹	24	40	66	74	0.35
手	17	15	29	75	0.05
前腕	31	50	86	67	0.14
頭	47	93	169	26	0.07
全身	20	33	58	49	

単位：cm/s

風速域となっている．胴部送風時では，胴部で0.7～1.0m/s程度の値を示し，首から大腿部にかけての広範囲で高風速を記録した．自転車エルゴメータのハンドル等の影響で風速は他の実験よりも若干低くなった．後頭部への送風は前方送風時の実測値を適用する．全身の平均風速は，各部位に接する格子の風速を単純平均して部位毎の平均風速を求め，DuBoisの7部位の重み付けを用いて加重平均した．各部位，全身の平均風速を表-1に示す．

3.2 平均皮温，体内温，暑さ感，快適度

図-1（上）に風速別の平均皮温，直腸温，暑さ感，総合的な快適度の平均値を示す．平均皮温は，風速の増加とともに0.6～1℃程度低下した．直腸温は，0.2℃程度の低下を示した．同時に暑さ感，快適度の最終申告値の平均を示したが，暑さ感は皮膚温と同様に風速の増加とともに減少しており，皮膚温と暑さ感は良く対応していることが見て取れる．快適度は，風速の増加と共に快適側に移動していることが読み取れる．風速は生理，心理反応の両方に影響を及ぼしていることがわかる．図-1（下）に送風部位別の平均皮温，直腸温，暑さ感，総合的な快適度を示す．全身の平均風速は，胴部前方よりも頭部前方の方が小さいにもかかわらず，平均皮温，暑さ感，快適度はほぼ同じ値を示しており，頭部前方への送風の有効性が示される結果となった．

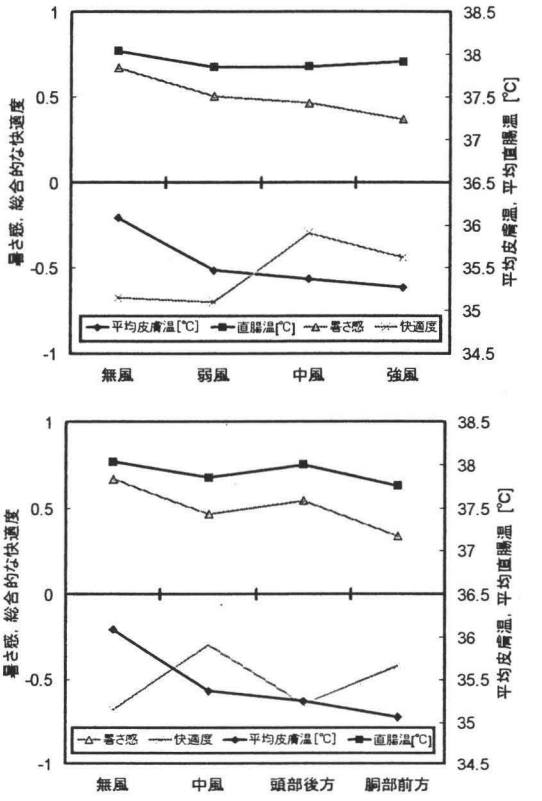


図-1　平均皮温，直腸温，暑さ感，快適感

3.3 心拍数，体重減少密度，運動強度感

図-2（上）に風速別の心拍数，運動強度感の変化を示す．強風時では心拍数は10拍/分程度の低下を示し，運動強度感も「かなりきつい」から「楽である～ややきつい」まで低下していることがわかる．頭部に対する1m/s程度の送風により，運動の負担感をかなり軽減できることが示された．図-2（下）に送風部位別の心拍数と運動強度感を示す．送風部位別に見ると，頭部，胴部への送風によりほぼ同程度の運動強度感，心拍数の低下を示した．

図-3(上)に風速別の120分後の体重減少密度，着衣重量増加密度と気流感を示す．着衣時体重減

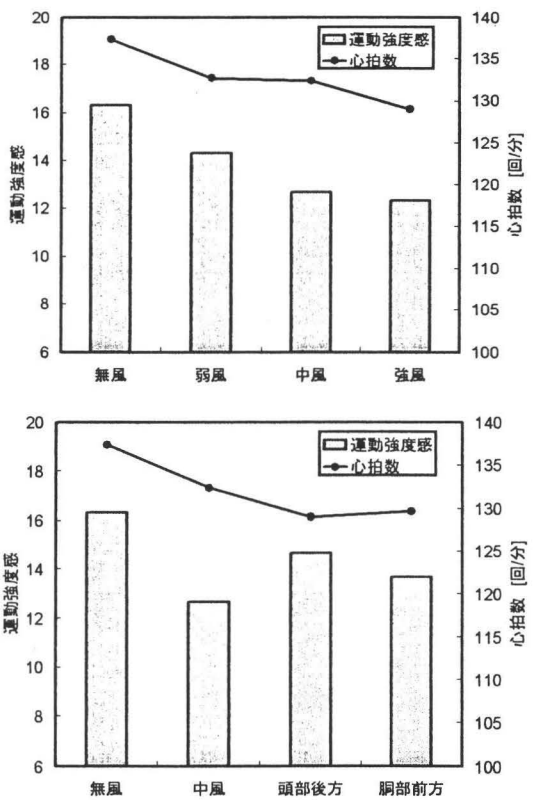


図-2　心拍数，運動強度感

少密度は風速に依存せず，裸体時体重減少密度と着衣重量増加密度は風速の増加と共に減少していることが見て取れる．これは風速の増加に伴い発汗ぬれ率が低下し，無効発汗が減少したことが要因と考えられる．気流感は，風速と共に上昇している．図-3（下）に，送風部位別の体重減少密度，着衣重量増加密度と気流感を示す．同様に有風時において裸体体重減少密度と着衣重量増加密度の減少が見られた．気流感は，頭部後方で低下しているものの，おおむね同等の申告をしている．全身の平均風速の差に関わらず体重減少密度，気流感はほぼ同じ値を示していることから，頭部前方への送風が生理量，心理量に及ぼす影響が大きいことが示された．

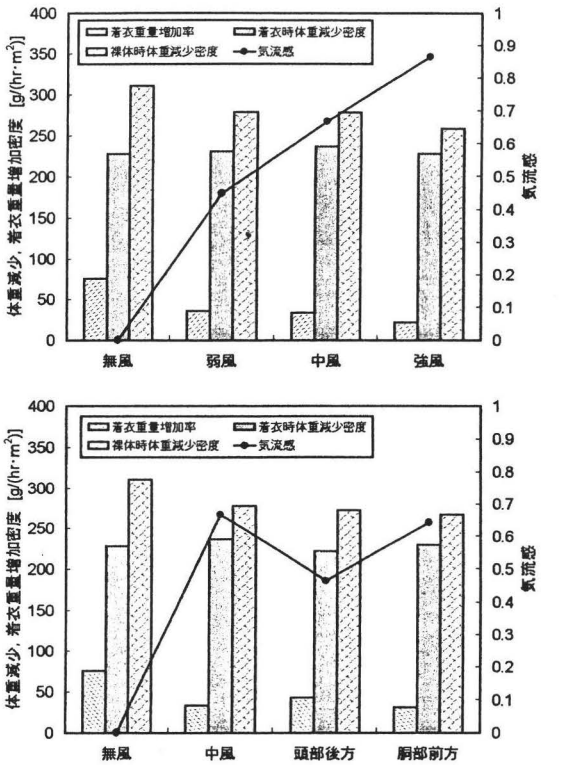


図-3　体重減少，着衣重量増加と気流感

4．送風時の平均皮温･体内温予測モデルの検証

平均皮温・体内温予測モデルは，無効発汗と着衣のぬれの影響を考慮した熱平衡式から得られる平均皮温に基づいている．本研究では，平均皮温の予測値と送風時の被験者実験から得られた平均皮温の実測値との比較から本モデルの有効性を検証する．なお検証には，30 代 1 名，50 代 1 名の椅座時（無風）の実験データも使用する．図-4 は，無効発汗と着衣のぬれを考慮した予測平均皮温と実測値を比較したものである．20 代のプロットは各条件の平均値を表している．予測値と実測値の差は概ね±0.5K 内にあり，無効発汗と着衣のぬれを考慮した予測モデルが有風時においても有効であり，20 代以外の被験者にも適用可能であることが確認できる．

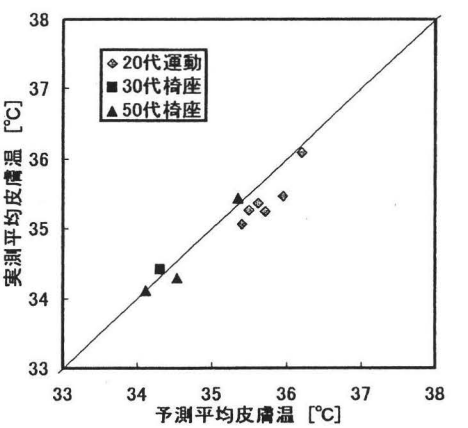


図-4　平均皮温　予測 vs.実測

5．おわりに

気温 33℃，頭部への 0.5～2.0m/s の送風時の被験者実験の結果から，風速の増加と共に平均皮温，心拍数，暑さ感，運動強度感の低下が見られた．また送風部位別の被験者実験から，頭部，胴部前方においてほぼ同等の平均皮温，心拍数，体重減少密度，暑さ感，運動強度感の低下が見られ，頭部前方への送風の有効性が示された．無効発汗と着衣のぬれを考慮した平均皮温・体内温予測モデルを用いて，椅座，自転車エルゴメータでの被験者実験から得られた平均皮温の実測値と比較した結果，予測値と実測値は良く一致し，全身の平均風速を適用することで局所的な送風においても本モデルが適用可能であることが示された．

05-43 超高層集合住宅の経年変化に関する研究
－芦屋浜シーサイドタウン高層住区を事例として－

三重大学大学院 建築学専攻　准教授　高井宏之
京都大学大学院 都市環境工学専攻　教授　高田光雄

1．研究の背景･目的･方法

芦屋浜シーサイドタウン高層住区（以下､芦屋浜高層住区）は､住宅計画の理念が大量供給･効率性重視の高度経済成長期に企画され、質重視に大きく転換した後の 1979 年に竣工した、総戸数 3381 戸の大規模高層集合住宅である。しかしこの事例には、計画や技術等の面で多くの提案的な要素が盛り込まれており、現在もそれらは先進性を失っていない。

本研究はこの事例について、1980 年と 1988 年の調査研究の結果との比較を念頭に行った各種調査により、経年変化の実態・要因と改善の方向性を明らかにするとと共に、サステナブルな超高層集合住宅の計画・運営管理面に関する提案を行うことを目的とする。

2．事例の特性と調査概要

芦屋浜高層住区の計画概要は図１～３と写真１の通りであり、住棟間の大きな広場、２面開放型の住戸、スキップフロア型アクセス、５階ごとの空中公園などが大きな特長である。この事例について、管理主体と管理組合等のヒアリング調査、広場と空中公園の観察調査、居住者アンケート調査、居住者ヒアリング調査、参考事例調査の５つの調査を実施した。

3．管理主体／管理組合等からみた経年変化

良好な住環境や設備･管理のシステムなどが維持されながらも、老朽化や居住者の高齢化･少子化や防犯性など社会的変化の中で徐々に変化が起きており、課題も少なからず発生して

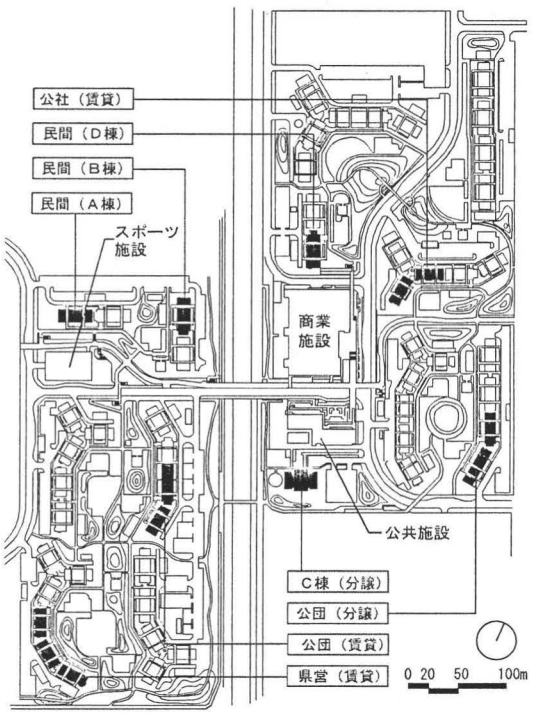


図１　住棟配置図及び調査対象住棟

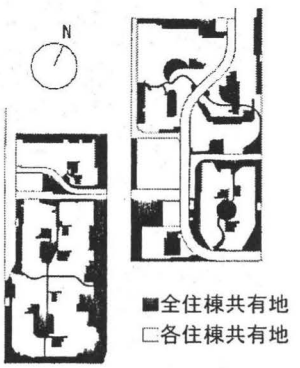


図２　住宅用地区分図

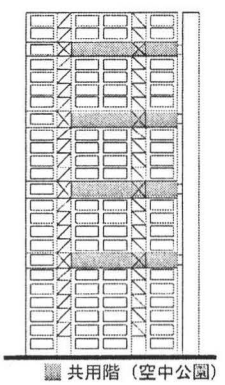


図３　住棟立面図

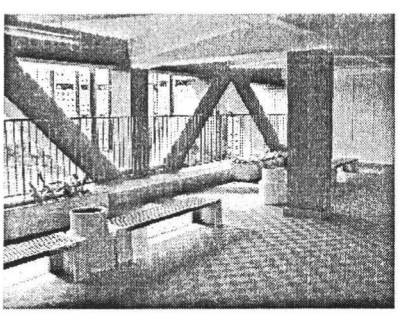


写真１
空中公園

いる。管理主体や管理組合等もこれらの課題について問題意識を強くもっている。

4．居住者特性の変化

図１の計９棟796戸にアンケート調査を行い、52%の有効回収率であった。竣工当初からの入居者は26%で、阪神・淡路大震災を経過した1996年以降は45%である。調査年ごとに高齢化の傾向（図１）が顕著に見られ、これに併せ少子化（図２）も進んでいる。

5．高層集合住宅の居住性評価とその変化

現在の魅力は、「真空ゴミ収集システム」「眺望」で、「日当たり・風通し」「プライバシー」など２面開放型住戸や広場に関わる評価も高い。一方「駐車場・自転車置場」「エレベーター」の不満が高く、後者はスキップフロア型に起因する。調査年ごとでは近年の個別空調システムの性能向上と関連する設備システムの評価が下がり、「建物デザイン」は上昇している。

6．共用空間の利用とその変化

空中公園は、当初からあまり利用されておらずその利用自体も減少してきた。居住者の意識も希薄化の傾向にあるが、この空間の領域意識は強化されつつある。

広場も、調査年ごとに利用の減少が見られる。高齢者数自体は増加しているが主たる利用者として顕在化していない。緑が豊かとの評価は増加しており、利用する空間から眺める空間へと役割が変化してきている。

7．共用空間の利用実態とその変化

空中公園に置かれている物（図４・５）の状況は分譲棟と賃貸棟で大きく異なり、利用規約と関連が深い。

広場は、滞留者数（例:表１）が大幅に減少しているが、花壇や菜園づくりなど、高齢者を中心に新たな居場所づくりを求める様々な兆しが見られた。

8．定住・住みかえの意識

「住み続けたい」「住みかえたい」が30%半ばと概ね近い値であり、これは竣工当時と大きな変化はない。ただ、住みかえ理由（図３）では、建物の老朽化と共にスキップフロア型が大きな理由となっている。

9．参考事例の共用空間利用とコミュニティ活動

芦屋浜高層住区と共通する特性をもつ６事例の現地調査を行い、空中公園・広場の利用や、高齢化への対応についての示唆を得ることができた。

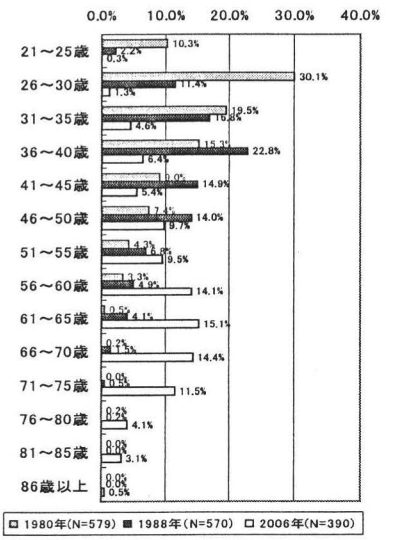


図１　世帯主年齢（単一回答）

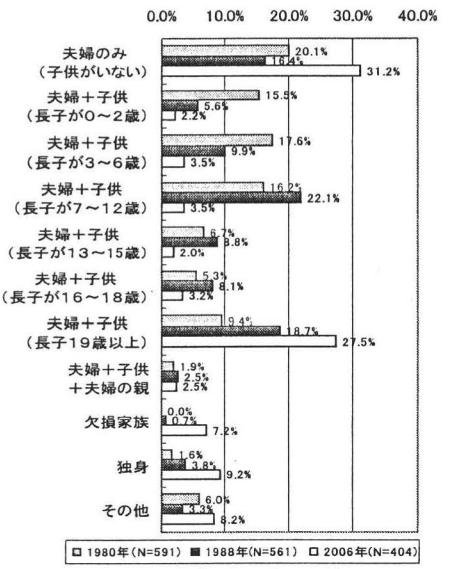


図２　家族構成（単一回答）

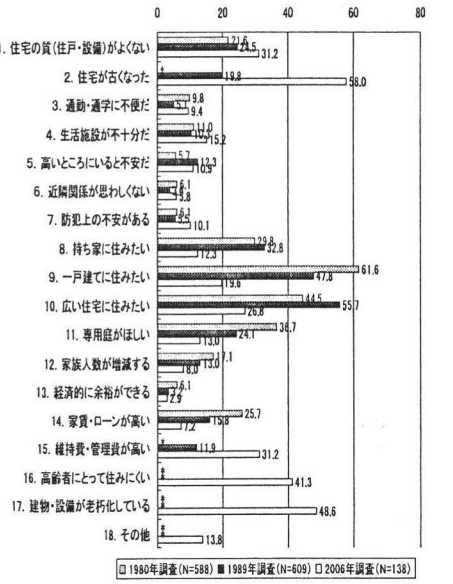


図３　住みかえ理由（複数回答）

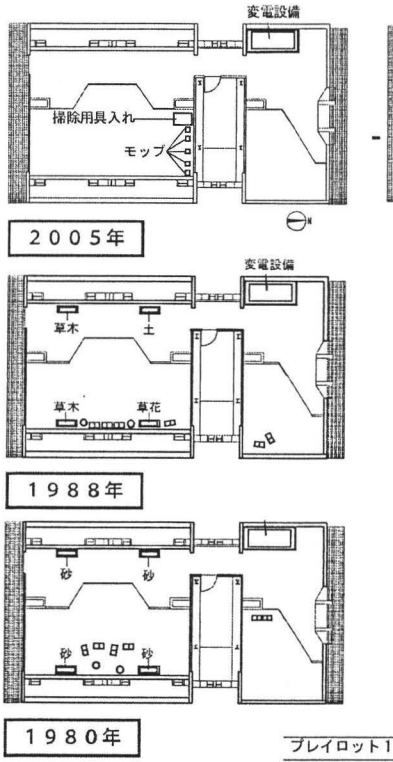


図4 空中公園に置かれている物（公団分譲）

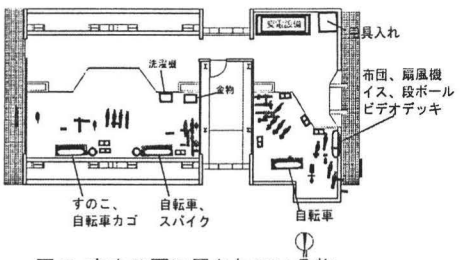


図5 空中公園に置かれている物
（公社賃貸）

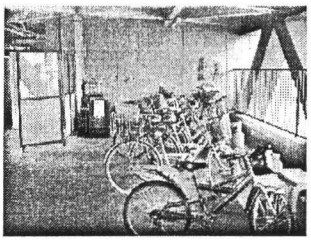


写真2 空中公園の利用状況
（公社賃貸）

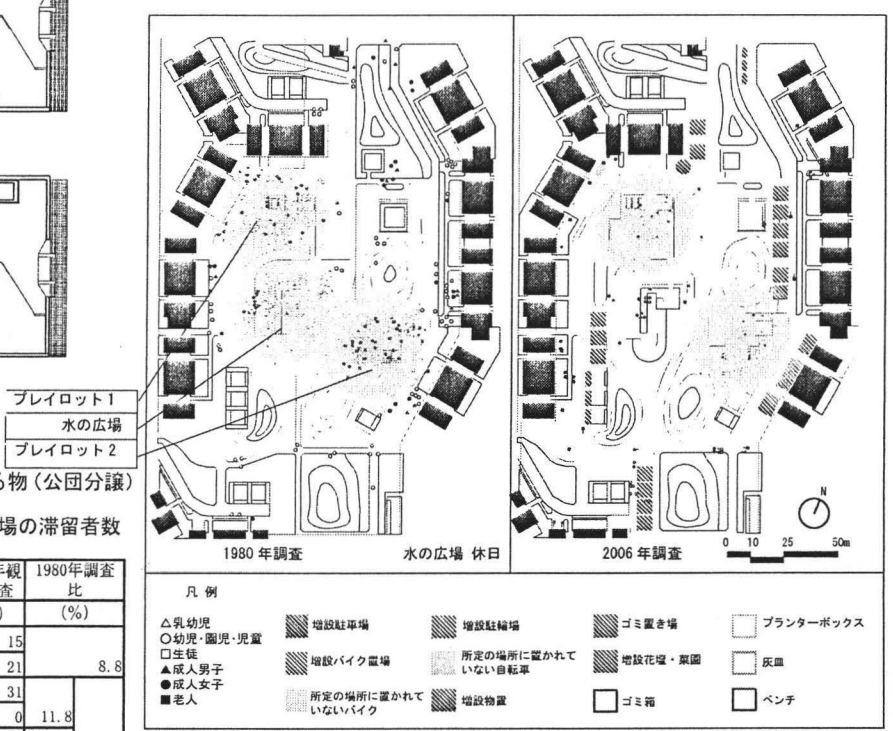


図6 「水の広場」利用実態の経年変化（休日）

表1 「水の広場」のある広場の滞留者数

		1980年観察調査 (人)	2006年観察調査 (人)	1980年調査比 (%)	
水の広場	休	184	15		
	平	223	21		8.8
プレイロット1	休	161	31		
	平	102	0	11.8	
プレイロット2	休	148	39		
	平	89	71	46.4	28.2

10. 結論

芦屋浜高層住区は計画当時の時代や居住者のニーズに応え、新しい共用空間を提案・実現した。しかし竣工後26年を経過した今日、住宅の老朽化・陳腐化と共に、当時想定が難しかった少子高齢化が進行し、居住者の体力・ライフスタイルやニーズに十分対応できていない面が顕在化しつつあり、社会的ストックとして更なる改善が求められる状況に直面している。

芦屋浜高層住区の今後の方向性としては、次の4点があげられる。

・空中公園：屋内型共用室とすることにより利用を喚起
・広場：子供利用中心から、高齢者等も念頭に置いた居心地の良い空間・しつらえに変更
・用途複合化：例えば高齢者向けの共用空間や高齢者施設、サービスの拠点等を計画
・計画の実現：計画地全体の一団地設計を踏まえ、将来像を明確化の上全体計画を見直し

更に、サステナブルな超高層集合住宅の要件としては、建築自体を長寿命とするためのSI（スケルトン・インフィル）型設計、居住者が高齢化した時の用途複合化も含めた明確なシナリオを備えた計画、及び将来的変更時に的確に対応できるような管理主体や管理組合／自治会などの住環境に関わる主体の意思決定の仕組みづくりがあげられる。

05-46 IC タグを利用した動的建築生産システムとスケジュールの効率化

大阪大学大学院
教授　荒　井　栄　司

1．はじめに

建築生産システムのように、部品レベルでの管理や物流などの考慮が必要な場合や環境の変化が多い場合を考えると、管理の対象となる空間が工場内に限定されなくなるため、生産設備を結合したネットワークシステムを構築し相互に通信することにより生産状況を把握し対応するような従来の生産システムの知能化・自律化による管理手法では不十分である。そういう状況から、部品自体がいつ、どこに、どんな状態であるのかという情報が不可欠になると考えられる。そこで本研究では、資材と情報を一体化する RFID 技術を用いて、動的な資材管理と施工スケジューリングを生成するシステムを提案する。

2．建築生産管理の現状

本研究の対象である、建築生産システムにおける施工管理の現状を知るため、実際にどのような問題や要望があるのかについて、元請施工者の役割を担う建設会社と建材供給業者の役割を担うメーカーにヒアリングを行った。そこから、プロセスの多くがオープンフィールドであることや、事業毎に環境が異なるため、その環境に合わせシステムを再構成する必要があることがわかった。さらに、建築生産システムでは、そのネットワークが現場毎に異なる組合せとなり、多数の企業が参画し、これらの企業は業種も地域も多岐に渡ることがしばしばあるということもわかった。

表1　必要な情報要素

要求			必要となる情報要素
施工工程の進捗情報を共有し効率よく変化に対応したい	施工作業の効率をあげたい	？修正があった場合にいつ搬入作業を行えばよいかもしれない	修正後の搬入スケジュール
		①修正があった場合にどこに資材を置けばよいかもしれない	修正後の資材置き場使用スケジュール
		②修正があった場合にいつ工事を行えばよいかもしれない	修正後の工事スケジュール
		③いつ共有工具を使用できるかもしれない	共有工具の使用スケジュール
		④上下階での作業になっていないかもしれない	作業を進めて安全かどうかの確認情報
	工程管理の効率をあげたい	⑤どの資材がいつ搬入されたかの情報がほしい	資材ID、搬入時刻
		⑥工事現場毎の進捗情報がほしい	資材ID、工事位置ID、作業業者ID、作業内容、作業時刻
		⑦資材置場毎の使用状況の情報がほしい	資材ID、資材置場ID、置場毎の資材有無、置場利用時刻
		⑧共有工具の使用状況の情報がほしい	工具ID、使用者ID、使用位置ID、使用時刻
施工工程の現状を把握し効率よく業務を進めたい	施工作業の効率をあげたい	⑨予定通り搬入作業ができるかもしれない	搬入許可確認情報
		⑩納入品をどこへ移重すればよいかもしれない	移重位置情報
		⑪運輸経路と使用する揚重設備の指示が欲しい	運輸経路の指示、使用すべき揚重設備の指示
		⑫作業用足場が安全であるかもしれない	作業用足場情報
		⑬再組み立てがある場合、構成部品が何であるかもしれない	資材ID、構成部品情報
		⑭正確な取付け位置がもしれない	資材ID、取付け位置情報
	工程管理の効率をあげたい	⑮搬入経路毎の仕様情報がほしい	経路ID、経路仕様情報
		⑯納入品が何であるかという情報がほしい	資材ID、資材情報
		⑰納入されたものが発注したものと一致しているか確認したい	資材ID、発注品情報
		⑱揚重設備毎の仕様・能力情報がほしい	揚重設備ID、揚重設備仕様情報
		⑲資材置場毎の仕様情報がほしい	資材置場ID、資材置場仕様情報
		⑳作業用足場毎の仕様・能力情報がほしい	作業用足場ID、作業用足場仕様情報

3．建築生産管理への要求

ヒアリングから得られた要求の中から施工工程管理について整理を行った。次に、整理したそれぞれの要求に応えるのに必要となる情報要素を表１のようにまとめた。

4．建築生産システムへの RFID の活用

表１において整理した⓪から⑳の施工工程管理における要求の中で、⓪、①、②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧、⑨、⑩、⑯、⑰の要求に応えるのに必要となる情報要素から、RFID を用

いることが有効だと考えた。そこで、RFID 技術を用いることで、動的な資材管理と施工スケジューリングを生成するシステムを提案した。また、建築現場における施工工程では、その関係性として「１メーカー対１サイト」「複数メーカー対１サイト」「１メーカー対複数サイト」などが考えられるが、今回提案するシステムでは「複数メーカー対１サイト」の関係に対して適用した。こうした RFID を用いた施工工程管理システムの利点として、（1）リアルタイムに工程管理が行える、（2）企業間で工程情報を共有できる、（3）フロア毎の工程管理を行うことができる、（4）建設現場の環境に強い、ことが挙げられる。

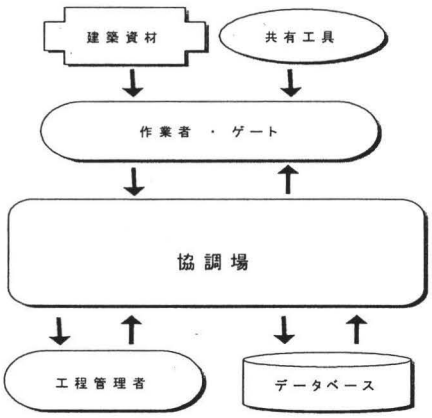


図１　施工工程管理システムの概念図

今回提案するシステムアーキテクチャの概念図を図１に示す。施工現場で取り付け、使用される建築資材、共有工具にはあらかじめ RF タグが取り付けられており、資材/工具の ID および現在の作業内容が書き込まれている。作業内容は、搬入、間配りから取付け、検査までの工程に従い書き換えられてゆく。資材/工具は建設現場の搬入箇所や資材置場、取付け工事箇所に設けられたゲート、またはそこにいる作業者が読み取る毎に、ID と現在位置及び作業内容を、ネットワークシステムを通じて送信することができる。一方、工程計画は、マスタ・スケジュールが立てられた後、スケジューリングシステムにより、進捗管理が行われることとなるが、ここでは各資材/工具が存在すべき位置と、その位置における作業内容を見ることができる。ネットワークを通じて伝達される各資材/工具のリアルタイムな位置と作業内容と、これを比較することにより、マスタ・スケジュールからのズレを検出することが可能となる。ズレの量に応じて、再スケジュールが必要だと判断した場合には、これを実行することとなる。そして、修正後のスケジュールを、作業者に送信する。

５．結論

建築生産の施工工程管理において、目指すべきシステムの手がかりとして複数の建材供給業者と一つの施工現場とを相互接続して運用する「多対１」方式に注目し、実際に企業においてどのような要求があるかをまとめ、RFID 技術を用いて施工現場から得られる情報をもとに、動的な資材管理と施工スケジューリングを生成するシステムを提案した。

05-47 一般住宅用防犯カメラシステムに関する研究

群馬大学大学院工学研究科
教授 藤井雄作

筆者らは，一般市民が普及したIT(lnformationTechnology)を利他主義に基づいて使うことにより，地域社会の安全性を向上させようとする考え方「ｅ 自警ネットワーク」を提案し，この考え方の可能性と問題点について論じる．昔のコミュニティでは，個々の一般住民が身の回りの出来事へ注意を払うということが広く行われ，このことが，犯罪が発生した場合の犯人検挙に寄与すると共に，通常時におけるコミュニティ内の防犯にも大きく寄与してきた．著者らは，そうした昔のコミュニティで機能していた防犯メカニズムを，監視手段として各人の目の代わりに各人が所有・管理するカメラを用い，記録手段として各人の記憶（脳）の代わりに各人が所有・管理するＰＣを用いることにより，時間的に余裕のなくなった現代社会に適合する形で再現しようという考え方である「ｅ自警ネットワーク」を提唱し，その普及活動を行っている．一人一人の主体的な市民が，地域社会の安全のために自宅の周りに目を配り，地域内に犯罪が発生した際に各戸から当該時間帯に当該地域に出入りした人・車の写真が一斉に提供される地域は，高い犯罪抑制力，犯罪解決力を獲得することが期待できる．各戸に装備されるシステムは全て，各戸が所有・管理するものであり，そこから得た画像（情報）に対して，各戸（個々の市民）が所有権とそれに伴う責任を負うことになる．ｅ自警ネットワークの特徴は，ＩＴに代表される普及した科学技術を利他主義的な考え方を持って市民一人一人が使うことにより，地域社会の安全性を大きく向上させようとする点にある．

これまでに行ってきた活動の中には，以下のようなものが含まれる

桐生市との共同研究：桐生市内の４つの学校（幼稚園，小学校，中学校）において１年以上にわたって実証実験を続け，高い評価を得ている．今年度，他の学校へ順次導入することが計画されている（主に，財団法人セコム科学技術振興財団研究助成金で実施）

桐生警察署との共同研究：桐生市東交番管内の一般住宅を対象とする実証実験を半年以上に渡り実施中．また，各地の警察署の要請に基づいて，コンサルティング，講演などを行っている（2005年1月，桐生警察署より感謝状を贈呈される．）（主に，財団法人セコム科学技術振興財団研究助成金で実施．）

群馬県警察本部との共同研究：犯罪捜査システムの開発(2005年1月，群馬県警察本部より感謝状を贈呈される)

ＮＰＯ飛組との共同研究：前橋市日吉２丁目における，実証実験を兼ねた実用導入を実施既に，２０軒以上の一般住宅に３０以上のカメラが設置され，各戸の家主による管理・運用が行われている

こうした中で，2005年5月に，群馬大学と群馬県住宅供給公社との間で，「公営住宅、共同住宅及び住宅団地へのｅ自警ネットワークシステム（防犯カメラ）導入に関する研究」に関する共同研究契約が締結された．本研究は，予算措置のないこの共同研究を推進することを目的のひとつとしている．具体的には，以下を行ってきた．

（1）**新築住宅への導入**：公社が開発中の「ロイヤルタウンみずき野（前橋市，約200戸の造成宅地）」において２戸のモデルハウスへのｅ自警ネットワークシステムの導入が行われているこの実験を通して，一般新築住宅に適したハードウエア，ソフトウエア，工事法の開発を行ってきた．これらの成果は，研究会のホームページで公開している

（2）**エレベータへの導入**：公社が管理する共同住宅のエレベータ，ホールへのｅ自警ネットワークシステムの導入が行われているこの実験を通して，共同住宅の既設エレベータへの後付に適したハードウエア，ソフトウエア，工事法の開発をしてきた．これらの成果は，研究会のホームページで公開している．

ｅ自警ネットワークの普及のために１よマスコミによる報道が非常に有力な手段となる．本研究を通じ，マスコミへの働きかけを積極的に行った結果，Table1に示すようにマスコミ報道が多くなされてきたこれも，本研究の大きな成果であると考えている．

本研究では，広く普及したＩＴを利他主義に基づき使用することにより，行政による財政負担なしに，地域社会の安全化を高度に実現する可能性について追求した．本研究により，ｅ自警ネットワークの一般住宅への導入における，さまざまな問題点が低減できたと考えている、さらに，本研究により，一般新築住宅へのｅ自警ネットワークの標準装備化という大きな目標を達成するための指針を見出すことができたと考えている．一人一人が利他主義的な市民としての義務感から自宅前を確実に見守るということだけで，完全な安全が得られるわけではないが，逆に，それなくして，高度な安全を獲得することは，不可能であると考える．「地域社会の安全のため，一人一人が自分の家の前を見守る．その手段として，ＰＣに接続したカメラを用いる．」というｅ自警ネットワークのITを利用した利他主義的な考え方が全国の地域社会に浸透し，こどもの安全に対し，地域社会がより積極的に責任を持とうとする機運が醸成され，こどもの安全がよりよく確保されるようになることを願っている．

Table 1. 本研究に関連したマスコミによる報道実績

記事のタイトル	新聞・ＴＶ　名	日付
自販機内蔵カメラで防犯	日本経済新聞（30面）	2008 1 7
画像を暗号化、用途限定 防犯カメラ運用開始	上毛新聞（17面）	2007 12 22
STOP！自転車盗 ～次世代型防犯カメラ～	群馬テレビ ニュースシャスト N	2007 12 21
自販機に防犯カメラ	毎日新聞（27面）	2007 11 22
自販機に防犯カメラ	上毛新聞（19面）	2007 11 20
防犯に役立つ自販機	読売新聞（35面）	2007 11 20
周辺映像を記録する自販機開発	NHK総合 おはよう日本	2007 11 19
防犯カメラ設置を検討	上毛新聞（19面）	2007 10 9
プライバシー守る防犯カメラ	NHK総合 首都圏ネットワーク	2007 7 11
カメラで高齢者見守る	上毛新聞(17面)	2007.6 25
商店街に防犯カメラ桐生市で実用化試験	読売新聞（30面）	2007 6 7
ミマモリ君で犯罪防止	日刊きりゅう（2面）	2007 6 7
プライバシー保護を実現	群馬建設新聞	2007 6.5
商店街での実験開始	桐生タイムス（夕刊3面）	2007 6 4
監視画像を暗号化	上毛新聞	2007 6.4
「ミマモリ君」を設置	日刊きりゅう	2007 6.3
見守り今度は〝面〟で	桐生タイムス（夕刊1面）	2007 5 28
お年寄りの見守りにIT導入	群馬よみうり amigo（2面）	2007 5 5
家の前を見張る人が多いと防犯効果が高まる	群馬よみうり新聞	2006 6 8
地元大学が防犯カメラのソフト開発	NHK総合 首都圏ネットワーク	2006.5 23
地域ぐるみで防犯活動 前橋のＮＰＯ「飛組」	毎日新聞	2006 3 30
ＮＰＯ法人飛組　大臣表彰祝賀会を開催	群馬建設新聞	2006 3 15
総務大臣表彰、６０人が祝う． 地域づくりの飛組、前橋で祝賀会	上毛新聞	2006 3 14
全小中学校に防犯カメラ・大間々町	桐生タイムス	2006 3 13
地域防犯へ着実な広がりも残る抵抗感 地域守る責任自覚、意思の高まり鍵か	群馬建設新聞	2006 3 1
自宅前を守る	毎日新聞（全国紙）（夕刊）	2006.1 26
学区安全化構想　桐生市全域で導入 隣近所の目　PCで再現	産経新聞	2006 1 17
桐生市の保育園、幼稚園、小・中学校 全施設に防犯カメラ	上毛新聞	2006.1.10

05-48 戦後日本における建材の普及と建材産業育成に関する研究

－伊藤憲太郎氏（商工省退官後，建材協会理事長に就任）旧蔵資料の分析等を中心として－

東京理科大學大学院
教授 菅原 進一

１調査研究の概要

１－１．目的

近年、戦前から戦後にわたって日本の建材産業と建材行政に深く関わった、故・伊藤憲太郎氏の資料（以下、伊藤資料と略記）が発見された。伊藤資料は、伊藤氏がかかわった業務一切の資料であり、戦中の物資統制から戦後復興期を経て高度成長期に至るまでの建材政策・建材産業を示す新発見資料であることがわかった。

本研究では、発見された伊藤資料の分析を中心に、戦後における建材情報の整備をはじめとした建材普及活動や日本工業規格等による品質の確保がどのように進められてきたのかを明らかにし、その経緯を取りまとめ今後の建材産業の発展に資することを目的とする。

１－３．調査研究の実施状況

まず、発見された伊藤資料の整理方針を検討し、資料の分類・分析等をすすめ、建材行政や建材産業育成策の変遷の概要を把握した。次に、当時の建材情報の整備と品質確保における所管官庁である通商産業省や社団法人日本建材・住宅設備産業協会及び財団法人建材試験センター等の関連機関の状況について、当時の状況に詳しい方々へのヒアリングを交えながらその概要を把握した。これらによっての得られた情報をもとに、戦後日本における建材の普及と品質の確保の仕組みが、戦前からどのような経緯によって成立しえたかを把握した。更に、研究の成果の公開・活用の検討とともに、建造物の修復・コンバージョンのための資料活用について検討した。

具体的な実施状況を下記に示す。

１）伊藤資料の整理

発見された資料は、宅配便120サイズの段ボール箱に換算すれば約３５箱にも及んだ。先ず、資料を大づかみで縦覧し、資料分野や年代、紙質などの分類項目を作成し、その後、データベースソフトに項目別に分類・入力しながら、資料整理を実施した。

２）伊藤資料の分析等

整理した資料の分析をすすめた結果、これまで不明であった戦中期の商工省・内務省から戦後の通商産業省に至る建材行政の変遷や、今日の日本建材・住宅設備産業協会に至る建材産業団体の経緯と建材普及活動の変遷、各時代の建築材料製品の広がり等、仔細にわたり把握することができた。

3）ヒアリングの実施と関連資料の収集

必要に応じて当時の通商産業省の建材担当行政官（標準担当を含む）、建材関連委員会委員及び関連団体担当者等からヒアリング等を実施した。また、補足すべき関連資料の入手に努めた。

4）日本における建材普及史のまとめ

伊藤資料の分析結果にヒアリングによる情報、関連資料から得られた情報を加味し、建材の普及や建材産業育成策等の変遷を取りまとめた。

5）伊藤資料の保存方法の検討

今回の分析作業以降の保存方法について文書保存の専門家の意見を聞き検討した。

1－4．資料の整理状況

1）資料分野の構成

建材分野では、戦中・戦後を通じての建材開発と品質確保、及び建材の普及や建材情報の発展に関する事項が数多くあり、特に建材行政資料は一次資料が殆どを占めている。内容は、建材統制、代用品、標準化、建材情報化・資料化活動、カタログ・開発資料などで構成されている。

2）資料の発行機関

資料の発行機関としては、警視庁保安部建築課、商工省、臨時物資調整局、軍需省、通産省、建設材料協会といった、伊藤氏の職歴に合致するものが確認できたほか、政策では大日本帝国政府や日本政府のものがあった。また、関連機関としては、日本建築学会、ＧＨＱ、各統制組合、各建材メーカーなどのものがあった。

3）資料形態

建材行政の一次資料では、自筆原稿やタイプ原稿、謄写版等が多く見られた。建材産業資料では、一次資料のほか、カタログや資料集、業界誌などの出版物、建材サンプルなどがあった。また、新聞記事スクラップや書簡などもあった。

4）資料の数

資料は出版物なら１冊、原稿なら内容ごとに１件としたが、綴り物については綴りごとに１冊とした。また、新聞記事は今回の整理から除外した。現在までに整理を終了した資料の数は、約6,500件を超えており、綴り物の内容をさらに詳しく分類したり、新聞記事を加えれば、10,000件は超えるものと予想される。

5）データベース化の概要

アーカイブズの原則にしたがって、資料には資料番号（アクセション番号）と保管番号（ロケーション番号）を付した。資料番号は永久に変わらない（変更しない）。保管番号は将来、保管形態や保管場所が変わったり、保管順序が変われば変更される。

各資料は資料番号と保管番号を基本項目として、題名や発行者、年代、資料種などの分類項目を付加し、データベースに入力した。

２．調査結果

２－１．伊藤憲太郎氏の経歴と建材の普及育成に果たした役割

資料から、伊藤憲太郎氏の略歴を示す。

- ・昭和５年３月　　東京帝国大学工学部建築学科卒
- ・昭和５年４月　　警視庁保安部勤務、警視庁技師建築監督官（課長：石井桂）
- ・昭和１３年９月　　時物資調整局技師
- ・昭和１４年６月　　商工省化学局無機課技師（課長：白井義三）
- ・昭和１８年１１月　　軍需省技師
- ・昭和２２年６月　　商工省内の建材課設置に伴い初代課長となる
- ・昭和２４年５月　　通産省建材課長
- ・昭和２５年３月　　通産省建材課長退官
- ・昭和２５年４月　　社団法人日本建材協会会長
- ・昭和２５年８月　　社団法人日本建設材料協会への改組に伴い、初代理事長となる
- ・昭和３７年３月　　歴年の知見をまとめ学位取得（工学博士、東京大学）
- ・昭和４８年　　社団法人日本建設材料協会会長

２－２．建材情報化の歴史

建材産業の振興策と建材カタログや巡回展・常設展などによる建材情報の整備は、関東大震災後の建材展覧会と建築資料協会による活動から始まり、戦後は伊藤憲太郎氏の指導の下、日本建材・住宅設備産業協会の前身団体が引き継いだことがわかった。

２－３．品質確保の歴史

片野博「工業標準化の歴史」（標準化ジャーナル1995.5～11、日本規格協会）によれば、日本の建材規格は、明治38年のポルトランドセメント試験法を皮切りに、大正10年の旧ＪＥＳ、昭和14年の臨ＪＥＳ、21年の新ＪＥＳを経て24年ＪＩＳに至っている。

一方、戦中から戦後復興期にかけては、原材料の窮乏を背景に、こうした流れとは別の統一規格・基準が作られ、それらの認定を受けた建材が公共工事などに用いられていた。この建材審査による品質確保は、代用品の登場が契機となっており、審査の仕組みは、代用品協会などにより戦中期に形成された。それがベースとなって、戦後の「振興建設材料」やJISにつながった。

２－４．建材産業団体の歴史

まず、関東大震災後に東京で建築資料協会が組織された。伊藤資料により、その後、昭和19年に、建築資料協会と、名古屋の東海建築資料協会、大阪の関西建材会とを統合し、戦中の各統制組合を統率する全国組織として「日本建設材料協会」が設立されたことがわかった。

この協会は終戦直前に一旦は解散したが、戦後、伊藤憲太郎氏の尽力により昭和22年にこれが「新日本建設材料協会」として再建され、日本建材協会、建設材料協会とつながった。

２－５．建材の普及と建材産業育成策の変遷

伊藤資料を中心に、関連文献等を加えてまとめる。

２－５－１．国産奨励と建材普及団体

１）建材の国産化と国産建材使用奨励

輸入建材の改良国産化が漸次進められる中で、国産建材の発展に大きく寄与した要因として挙げられるのが、関東大震災後の復興事業と帝国議事堂の建設であった。

２）日本建築資料協会の役割

ａ）協会の設立

関東大震災の復興事業の一環として帝都復興建築資料展覧会が開催された。これが動機となり業界全体の強力な指導・統制機関設置の必要性が認識され、大正13年11月に日本建築資料協会が創立された。

ｂ）「Sweet’s」式建材総合カタログによる建材情報の提供

日本建築資料協会は、前述の帝都復興建築資料展覧会の成果を「建築資料」（大正13年）と題して出版した。これが近代日本国内における建材総合カタログの最初である。同シリーズはその後隔年で刊行され、合計７回の出版回数が数えられる。

ｃ）啓蒙・普及・教育

協会の事業内容（定款）

一、建築資料の技術的調査、研究および指導
一、建築資料の常設陳列場を設け之を公開すること
一、建築資料の国産奨励及び輸出振興に関する諸事業
一、斯業に関する展覧会、講演会又は座談会の開催
一、会報、図書、共同型録、雑誌其の他の刊行
一、其の他本会の目的達成に必要なる一切の事業を行う

昭和19年に協会は、名古屋の東海建築資料協会、大阪の関西建材会と統合し、時局下の各統制組合を統率する全国組織として「日本建設材料協会」を設立した。

２－５－２．時局下における資材割り当ての背景と仕組み

１）労務者住宅建設と資材優先割当

昭和13年木材について、米松販売取締規則の改正が行われている。昭和14年になると「労務者住宅建設」が政策に挙がるようになる。建設に当たり、建築資材のかなり細かい部分についても所要量を設定し、全体の所要量の把握に努めている。

２）防空政策と防火改修

昭和13年ごろから、防空関係需要物資調査が行われている。また、昭和14年には「防火建築用資材の統制」が見られる。以降、太平洋戦争の開戦前であるが、政府では空襲被害想定や物資配給事務処理策などの検討がなされている。

３）罹災建築復旧資材

昭和17年、開戦前であるが、「災害住宅要復興数調」を行い、昭和18年２月には、「復舊資材の所要量および各地区別の分散保管率」を設定し、開戦及び被災に備えている。

4）木材資源節約としての規格統一

昭和14年8月、「木造建築制限二依ル主要物資節約量」が検討される。

昭和17年、「耐火木材規格案」が木材保存協会から出される。

昭和18年、「耐火木材検定報告二關スル件」と題する文書の往来を各府県との間で行っている。

昭和19年、防空總本部施設局から軍需省總動員局へ「耐火木材検定報告二關スル件」として耐火木材検定合格の報告を行っている。

2－5－3．代用品行政と建材審査機構の誕生

1）商工省の代用品育成策と品質確保

商工省では、代用品発明研究費補助金、代用品製造試験費補助金、代用品見本制作費補助金などを交付して代用品の育成をはかった。又、代用品関係団体との協力指導、不急不要代用品を抑制し不適格品を統制するための生産品目の指示指導、適応代用品の指示が行われた。

一方、増加する代用品に対し、物資の浪費を防ぎ健全な発達を促すため、性能上不適格なもの及び不急不要なものを代用品不適格品として製造を禁止した。

2）代用品工業協会と国策代用品普及協会

昭和13年国家総動員法が施行され、統制経済下での国策代用品時代が到来した。

各種資源の使用制限を受けるなか、代用品の価格統制、原材料の配給斡旋、製造業者間の摩擦緩和、宣伝の共同化、情報交換など、代用品製造のための共同的中心機関が必要となった。そこで、商工省化学局の尽力により、昭和13年10月に同省の外郭団体として代用品工業協会が設立された。同協会は、翌年５月に社団法人に改組した。

3）日本商工会議所優良代用品選定委員会と「日商選定新興品」

昭和15年度には、企画院による「昭和15年度物資動員計画綱領」において、「品質優良ニシテ適正ナル」代用品の選定が求められた。そこで、日本商工会議所の肝いりで優良代用品選定委員会が設置され「日商選定新興品」の選定にあたった。しかし、「日商選定新興品」は、生活用品に絞られ、建材などの半製品は対象外とされた。

4）代用建材の開発と品質確保

代用品のうち、代用建材が極端に少ないことから、代用品工業協会は、昭和15年に建築学会関係者、商工省（伊藤氏を含む）、及び建築資料協会と懇談会を実施し、約半年後には、商工省は代用建材リストを作成した。

審査基準や試験方法などの技術面については、代用品工業審議会を設けて、分野ごとにそれぞれ審査基準と等級が定められた。

5）全国組織の成立と解散

昭和19年、東京の建築資料協会、名古屋の東海建築資料協会及び大阪の関西建材会が整理統合され、東京に日本建設材料協会が発足した。

ようやく全国的な建材審査体制が完成したのもつかの間で、戦局が本土空襲に至って、終戦直前に日本建設材料協会は解散の止むなきに至った。

2－5－4．戦後復興期における資源・建材不足の背景

1）進駐軍向け資材

昭和22年当時ですでに進駐軍のために多くの建材の供給と工事が行われた。建材を製造するために必要な電力の供給計画も、進駐軍用、輸出用というように特別に計画されていた。進駐軍の優先要求物資ですらも遅れや納品できないものもあった。国民の住宅建設に必要な建材が不足していたのは当然であった。

2）輸出政策

昭和22年8月に制限付きで民間貿易が再開され、少ない外貨を輸入に割り当て、その原料を使って輸出製品を作り日本経済を立て直すという、加工貿易が推奨された。

絶対量が圧倒的に少なかった輸出用資材をどう振り分けるか、および事務処理方法が検討された。

昭和24年10月24日、12月１日から輸出の許可制を廃止することが、新聞に発表された。

これにより、通産省は輸出契約の事後調査にとどめる事になった。

２－５－５．商工省建材課の政策と新興建設材料

1）復興建材の供給体制と品質確保

昭和18年当時は物価・配給統制令もあり、建設資材は戦力に重大な関係があるだけに影響力も大きかった。物資の品質より供給確保に重きが置かれた時代でもあった。

昭和24年頃から産業界における工業製品等の品質が本格的に対処されるようになってきたといえよう。

またこの頃から輸入技術も含む通商産業省の技術開発策が強化されてきている。

2）戦後の新日本建材協会と新興建設材料審査委員会

建材業界の和親協議により日本再建に協力することを目的として、日本ルーフィング工業会、日本砂利協会、全国石材振興会、日本保温保冷工業会、日本アスファルト工事業組合、日本建築金物工業連合会、日本サッシュ協会の関係業界８団体で新日本建設材料協会として昭和22年1月20日に発足、以降は次のように名称が変遷した。

昭和22年07月02日	新日本建材協会
昭和23年02月15日	日本建材協会
昭和24年03月31日	社団法人日本建材協会（商工省指令24第445号）設立許可
昭和25年08月28日	社団法人日本建設材料協会（通産省指令26第112号）改組

3）代表的な新興建設材料の概要

新興建設材料は商工省建材課が一元的窓口となり、昭和24年2月までに80種以上に達した。

4）生産と普及の実情

昭和37年から昭和38年の建設資材ボード類、サッシ、タイル等19品目の年度別生産実績では対前年比113％の伸びを示し、その後右肩上がりの経済動向と連動し生産量が増加傾向を示している。

5）構想に終わった建材見本住宅建設

伊藤氏の新興建設材料育成策は、見本住宅の建設にも言及していた。昭和22年8月12日付の建材課起案と思われる文書では、新興建築材の普及策の一つとして組立住宅の商品化をあげている。

昭和24年2月25日、新建設材料振興対策要綱が省議決定されたが、その中で伊藤氏は、建材の審査のみならず、新建設材料による新しい建築方法、施工方法の審査・指導や、常設展示場の設置、見本建築の助成まで範囲を広げている。

しかしこうした一連の見本住宅建設構想は、実現することは無かった。

２－５－６．混乱期の終息と新たな役割

１）新興建設材料から新建設材料へ

事業者団体法（昭和23年7月29日）に伴い、新日本建設材料協会は新興建設材料審査会の業務を遂行できなくなった。審査会を日本建材協会から切り離すため、まず商工省によって新建設材料新興協議会が設置された。

名を変え形を変えつつも、新興建設材料政策が継承されていった背景には、外貨獲得という国家の最優先業務がある以上、国内の民需は未利用資源の活用に頼らざるを得なかったことがあると思われる。

２）新建設材料から新建材へ

昭和25年は朝鮮戦争特需もあり国内産業は元の勢いをとりもどしつつあった。伊藤氏の牽引した新興建設材料は急速にその役割を終えていったが、そのいくつかは、復興応急資材としての位置を抜け、戦後の新しい建材として普及した。

３）臨ＪＥＳからＪＩＳへ

行政官としての伊藤氏にとって規格化というのは、ほとんど原料・資材の節約であった。戦中の臨時物資調整局では、労務者住宅の建設に伴う木材資源の確保に腐心しており、その後の木材規格化、臨ＪＥＳ制定にあたって、全国の住宅モデュールを調査し、最も資材量が少なくなる寸法を割り出している。

新興建設材料での審査・試験は直接ＪＩＳにつながるものではない。ただし品質管理という側面では、戦後混乱期にあって品質確保に努めた先例として、建材の工業標準化の歴史における意義は大きいといえよう。

４）社団法人建設材料協会の発足

ａ）協会1の改組と新たな役割

昭和22年1月20日、新日本建設材料協会として発足し、7月2日に新日本建材協会、昭和23年2月15日に日本建設材料協会と名称を変えながら新興建設材料の普及につとめてきた協会は、事業者団体法を受けて昭和24年3月31日に社団法人日本建材協会となり、それまで協会内組織であった新興建設材料審査委員会を解散した。そして新たに新建設材料の審査・普及を担う「新建設材料新興協議会」の一委員として、その役割を継続していくこととなった。

協会は昭和25年8月28日に改組し社団法人日本建設材料協会となったが、以降昭和63年に社団法人日本建材産業協会となるまで、建材普及のため、常設展示場、展示会、定期刊行物の刊行、総合カタログの編集発行を担っていった。

ｂ）協会15年史に見る事業の詳細

・建材カタログの発行と建材情報の普及活動

昭和24年に「建設材料総合型録」を刊行した。その後、「建設総合型録」を刊行し、昭和34年からは「ＣＭファイル」（加除式）を刊行した。

・巡回展と展示会

「新しい建築材料の巡回発表会」を昭和28年から昭和36年までに計483回開催した。また、これと並行して、建材の総合展示会も行なった。

・常設展示場の整備

昭和30年東京・銀座に東京建材センターを開設したのを皮切りに、国内7カ所と、バンコクに順次開設した。

・ＪＩＳ原案作成業務

工業標準化法の時代を迎え、協会は昭和26年から標準原案の作成に従事した。

・その他の事業

防火認定手続業務試験、研究会・懇談会・講習会などを実施した。

05-49 ホームセンター型建材流通の可能性に関する研究

工学院大学 建築学科
教授 遠藤 和義

1. 研究の背景

近年、新築住宅の着工数は、ストックの充実、少子・超高齢化など構造的要因によって120万戸程度で推移しており、再び高度経済成長期の水準に戻る可能性は低い。こうした新築の減は、住宅投資のリフォーム・リニューアル(以降リフォーム)へのシフトと表裏一体の関係にある。これにより、住宅市場を担う生産システムは、主に新築をターゲットとしてきた大工・工務店と大手住宅メーカーによる二極構造から、様々な需要側のニーズに細かくセグメントした新たなビジネスモデルの競合がみられる。ただし、市場は未成熟で、近年発生したリフォーム詐欺事件にみられるように、法制度の未整備、情報の非対称性等の課題を抱えている。

本研究の重要な背景の一つは、こうした市場の変化が建材流通や住宅生産システムに求める変革である。これに関連して、すでにユーザーには以下のような傾向が顕著である。

①住宅取得経験者が中心となるため、商品知識を持ち、改善要求が比較的明確であること
②低コスト、コストの透明性が求められ、在来の一式請負以外の方法も検討されていること
③インターネット等から業者、工事価格等に関する情報の入手性が高まっていること
④ユーザーが設計や工事への積極的に関与することによって、自助努力や自己実現を指向していること

また、過去に筆者らの実施した大工・工務店に対する調査[1)]や有価証券報告書の分析による大手住宅メーカーの経営分析[2)]によれば、それらのビジネスモデル(利益創出方法)に共通するのは、調達利益すなわち顧客に提示される資材の価格と実際の調達額の差に依存していることである。上記の住宅市場の動向、ユーザーの傾向および既存生産システムのビジネスモデルの実態は、従来の数次の卸・販売店、施工業者等を経由する流通チャンネルを代替する新たな建材流通・生産システム構築の必要を示している。

2. 研究の目的

本研究は、こうした状況の中、住宅市場における建材流通の拠点として注目されているホームセンター(以降HC)に着目する。近年、HCの顧客はユーザーだけでなくプロフェッショナルにも拡張し、様々なサービスの提供によって住宅生産の重要なインフラとなりつつある。本研究では、このHCを中心とした、新たな建材流通・生産システム構築の可能性および今後の課題について検討する。具体的には、①建材流通チャンネルの現状調査、②国内におけるHCの実態調査、③海外におけるHCの実態調査、④HCを建材流通の拠点とした新たな建築生産システムの検討、について明らかにする。

3. 研究の方法

3.1 研究の具体的な内容

研究は以下の方法によって実施した。

(1)建材流通チャンネルの現状調査

- 大工・工務店、プレファブメーカー、ビルダーの工事経営の実態調査
- 建材流通チャンネルの現状調査(職業別電話帳による業者数調査、大工・工務店、建材商社等へのヒアリング調査、対象は豊島区、板橋区、仙台市、徳島市)

(2)国内における HC の実態調査

- 日本 DIY 協会等へのヒアリング、文献調査による国内 HC の戦略研究
- 国内大手 HC に対するアンケート調査、ヒアリング調査

(3)海外における HC の実態調査

- アメリカ、ドイツ、中国を対象とした HC の現地実態調査

(4)HC を建材流通の拠点とした新たな生産システムの検討

- HC を建材流通の拠点とした生産システムの典型を抽出し、それらの可能性と課題について上記調査をもとに整理

3.2 研究の体制

本研究は遠藤が研究代表者となり全体を実施したが、研究協力者として、小野寺徹（当時工学院大学大学院生）米山祐介(当時、東京大学大学院院生)、小沢宏成(当時、工学院大学卒論生)、木崎啓太（同)が加わった。

また、本研究の成果の一部は 2005 年 12 月に(財)トステム建材産業振興財団の研究自主事業として財団内部に設置された「ホームセンターによる建材流通」研究会の活動に依っている。研究会のメンバーは、松村秀一委員長(東京大学大学院教授)、委員に角田 誠(首都大学東京准教授)、米澤一幸(トステムビバ(株)専務執行役員営業本部長)、小池実郎((財)トステム建材産業振興財団専務理事)、遠藤、運営事務局に(財)トステム建材産業振興財団、WG 事務局に建築環境ワークス協同組合、オブザーバーとして経済産業省、大学院生、卒論生からなる。

4. 本研究の成果の概要

本研究の成果の概要を、建材流通チャンネルの現状調査、HC の現状調査に大きく分けて以下に示す。

4.1 建材流通チャンネルの現状調査

(1)大工工務店

大工・工務店から提供された客先提示内訳書、実行予算書、工事台帳、下請作成見積書等の分析から、大工・工務店の利益の源泉は、資材の調達利益が大きな割合を占めることを確認した。しかしながら、ユーザーの求めるコストの透明性やインターネット経由による価格情報の入手性向上によって、その確保が困難となっている実態も明らかとなった。

なお、新築工事における大工・工務店の建材調達先は既存の建材店、金物店等の専門店からが中心であるが、小規模な内装工事、リフォーム工事の比率の高い施工者では、HC の利用

率が高まる傾向がある。

(2)大手住宅メーカー、ビルダー

有価証券報告書による大手住宅メーカーの経営分析から、その利益の源泉の多くは、大工・工務店と同様に資材の調達利益にあることを確認した。なかでも、進出著しいフランチャイズビルダーや建売・売建ビルダーと競合程度の強い大手木質系住宅メーカーでは、そうした調達利益の確保に向けて、近年、現場施工を担当する下請大工・工務店の現場調達材を減じ、本社で集中購買して支給する方向にシフトしている。一方、フランチャイズビルダーや建売・売建ビルダーは、取引先を一本化して、外装、サッシ、バスユニット、キッチンセット、洗面台、電気器具等をパッケージ化し、定額で取引する例が多い。上記のような主要な建材を現場施工を担当する下請大工・工務店がHCから調達することは基本的にない。

(3)建材流通

木材の流通については、プレカットの普及率が高まり、ビルダーや大工・工務店はプレカット工場から材工一式で調達する場合がほとんどで、従来の流通チャンネルである材木店は都市部で業者数が激減している。職業別電話帳の追跡調査では、昭和40年に東京23区内に約700社あった木材商は現在約350社にまで減っている。従来的な建築金物店の業界も需要の減少や、経営者の高齢化、後継者不足による廃業等で衰退しつつある。

建材については、INAXとトステムの経営統合、大建工業、TOTO、YKKの業務提携などによる営業窓口の一本化によって、一棟に投入される資材の多くを建材店がビルダーや大工・工務店と一括して取引する例が増えている。ビルダーや大工・工務店サイドもユーザーの低価格要請に対応するため、建材調達のパッケージ化によるコストダウンを狙っている。

4.2 HCの実態調査

(1)HCの戦略

1970年代に始まったわが国のHCは、日本DIY協会による直近の調査で年間売上高約4兆円規模にまで成長した。業界では、一部企業の経営不振、大規模な合併などによる再編や大規模店舗化、その一方では地域の商圏等細かなニッチへの対応も進められている。

そのなかで建材については、既存の流通チャンネルからの乗換えの余地が相当にあるため、最近10年間でHCでの売上は2.22倍に増え、今後も拡大すると見込む企業が多い。

ヒアリングや文献調査によって、HC業界の取り組みの方向性はおよそ、①従来的なDIY、日曜大工の拡大、②BIY(Buy It Yourself)の拡大、③リフォーム参入、④プロショップ化に整理できることがわかった。

(2)HCにおける各戦略の可能性と課題

以下に、HCに対するアンケート、ヒアリング調査をもとに上記の戦略の可能性と課題を整理する。

①従来的なDIY、日曜大工

DIY(Do It Yourself)の起源は、第二次世界大戦後のイギリスにおいて、Do It Yourself誌編集長が被災者に自力の住宅復興を呼びかけたことにある。後にその精神はアメリカに伝わり、大衆消費文化と融合してHCの業態が成立した。わが国の本格的HCの第1号は1972年のドイト与野店と言われ、現在は全国で約4千店にまで出店は広がった。今後も団塊世代の大量退職による総余暇時間の増加によって、業界はDIY市場の拡大を予想している。

しかしながら、わが国の戦後60年の住宅生産は、請負契約を前提とした施工者側のフルサービスを基本とし、住まい手がその過程に関与する機会は相当に失われてきた経緯がある。法規制、資金の融資制度、教育機会など、わが国におけるDIYerを取り巻く環境は、DIY先進国の北米、北欧、オセアニア地域等と比較して相当に厳しい。

業界内には、DIY市場の頭打ちと店舗数増加による過当競争を指摘する意見もある。そうした状況を象徴するのが、従来的なDIY、日曜大工に特化した店舗展開を行っているチェーンの経営不振である。この分野の老舗ドイトは、ディスカウントストア大手ドンキホーテによって完全子会社化され、旧ドイトは解散するに至っている。

②BIY(Buy It Yourself)

BIYとは、文字通りユーザー自らがHCあるいはインターネットのウエブ上で建材、部品等を選択・購入し、その加工、取り付けをHCが手当てした施工者が行なうものである。ユーザーにとっては、工事費が材料費と工賃、経費に明確に区分されその透明性が増す。米国のHCでは、BIY可能な商品のすべてに定額の据付コストを明示するチェーンが多い。BIYは取り付ける建材や部品等対象が明確なため、工事内容は単純で熟練した単一職種で品質も確保しやすく、HCとしても次に述べるリフォームよりも取り組みやすい。

当然、ユーザーの関与のレベルはDIYよりも低いが、高いDIYのハードルを下げ、高齢者をはじめとするユーザーの日常的なハウスキーピングにまでサービスは広がる可能性を持っている。実際に国内のHCには、天井照明の電球交換、蛇口のパッキン交換等の依頼に対応するとところもある。

施工はHCが組織化した工務店や専門工事業者による場合やHCが直接に作業者を雇用する場合もある。現在、米国最大手のHCチェーンであるホームデポ社は、1980年代の米国住宅産業の低迷期に失業した建設労働者をこの分野で大量に雇用して事業全体の拡大につなげている。

③リフォーム

リフォームは、すでに様々な業態が参入しているが、日本DIY協会はユーザー向けのパンフレットや標準契約書式を用意するなどして、この分野に相当に注力している。

大規模店舗では、店内のモデルルームやモックアップ、パンフレットで客のイメージを喚起すると共に、インテリアデザイナーの配置、協力工務店の組織化や自ら建設業許可を取り施工部隊を持つことによって、フルサービスを提供するところもある。客にとっても、HCの固定店舗の営業は、リフォーム詐欺や品質不良のリスクに対する安心感となる。

あるHCから入手したリフォーム工事の受注件数データによると、BIYと区分が曖昧になるが、エアコン取り替え等の雑工事が一番多く、次いで、温水洗浄便座、洗面化粧台、台所と続く。外構関連では、物置が圧倒的に多く、次いで、テラス、カーポート、門扉と続く。受注額を見ると、工事件数の7～8割が5万円以下と、軽微な工事が多い事が分かる。

ヒアリングにおいても、リフォームは工事内容、価格の幅が相当に大きく、また施工部隊の技能・技術レベルによってはクレームの多発など、本質的にマネジメントの難しい領域であると認識され、参入に慎重なHCチェーンもある。

④プロショップ

すでに建材流通の実態調査結果で述べたように、プロショップとは言っても、新築一棟分の資材をHCで全て揃えるプロはいない。この分野では建材メーカー間の経営統合、業務提携

による営業チャネルの一元化、資材のパッケージ売りが広がりつつある。また住宅メーカーでは資材を集中購買し、下請工務店の現場調達材は相当に減っている。木材流通を出自とする一部のHCチェーンでは、在来やツーバイフォーの構造材のプレカットを請ける場合もあるが与信管理の観点から取引相手をある程度絞らざるを得ない。

一般のプロがHCを使うのは、それらがカバーしない現場の「足らず買い」が中心である。加えて、近年、プロショップのユーザーとして増えているのが、リフォームなど小工事の施工に直接関わるプロの一群である。多くは内装工出身である彼らは、道連れで発生する躯体、外装、設備工事等もこなす多能工として機能している。HCは、彼らに簡便な工具や多種少量の資材をワンストップで提供する。我々の生活がコンビニエンスストアなしではもはや成り立たないのと同様に、HCは現在の建築生産を支えるインフラの一部となりつつある。また、HC側も与信枠の大きな法人向けクレジットカードによる信用取引も実施している。

ただし、HCの一般店舗では、こうしたコンビニエンスを強みとし、取引数量の多さやプロであることによるディスカウントをほとんど設定していない。購入量が多くなれば、当然プロは量によってディスカウントの利く専門店から調達することになり、そこにHCの守備範囲の外延が存在する。

国内の有力HCの多くは、プロ向けの品揃えに注力している。すでにユニリビングの「ユニハードウェア」、コメリの「パワーコメリ」、コーナンの「コーナン PRO」等がプロ対応型店舗として展開中である。

ただし、こうした店舗展開にはいくつかの障害のあることもヒアリングでわかった。建材メーカーや工具メーカー等は、現状は既存の専門店ルートを優先する傾向がある。圧倒的に販売力の強いHCを販路に加えれば、既存専門店は経営の継続は困難となる。そのため、メーカーはHCに耐久性や性能のやや劣る製品を流しており、完全プロ仕様ではない。この問題は根深く、あるチェーンではHCの看板を下ろし、金物店に切り替えて営業を続けている。

また、プロの要望に応えられる商品知識を持ったスタッフの確保が困難である場合が多い。これは、単にプロの質問に答えられないという範囲にとどまらず、新たな商品の必要を聞き出すというリテールには欠かせない能力の欠如を意味する。

5. まとめ

上記の分析から、HCを拠点とした建材流通としては、在来的なDIYを除くと、BIY、プロショップ化、リフォームの順に可能性が高いと判断する。BIYの普及には、施工を担当する技能者・技術者の雇用・育成を必要とする。これについては、現状十分に手が打たれているとは考えられないが、米国ホームデポのような先行事例の分析が参考となる。また、このビジネスモデルの成否は工賃の設定にポイントがあり、その決定ロジックの開発が必要である。

現状、プロによるHCの利用は基本的に「足らず買い」に留まっている。本格的な建材流通の拠点となるためには、与信管理を組み込んだEDI（電子化取引）の導入、現場への配達、プロに対応できるスタッフの育成、さらにそこで得られた情報を基に建材メーカーと組んだプライベートブランドの開発等が必要であろう。

建築リフォームについては、商流でマージンを取るビジネスとするのか、工事も含めた請

負のビジネスとするのかの間で試行錯誤が続いている。そのポイントは品質管理にある。後者とするのであれば、品質管理のレベルを決定づける人材や施工体制確立の問題にまず取り組む必要がある。

参考文献

1. 小野寺徹, 遠藤和義, 大工・工務店による小規模工事の原価管理に関する実態調査, 日本建築学会計画系論文集, 2006 年 12 月号, 2006 年
2. 小野寺徹, 遠藤和義, バブル経済期前後の大手住宅メーカーの経営分析, 日本建築学会, 日本建築学会大会学術講演梗概集, F-1 分冊, 2004 年
3. 米山祐介, ホームセンターを介した施主主導型住宅生産の可能性に関する研究, 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻修士論文, 2006 年
4. 小沢宏成, 木崎啓太, 戸建住宅分野を中心とした建材流通チャネルの変化とホームセンターの位置づけに関する研究, 2006 年度 工学院大学卒業論文, 2007 年
5. 大野隆司(研究代表者), DIY によるリフォームに配慮した住宅構法・情報のあり方と既存建物への応用, 平成 14ー16 年度 科学研究費補助金基盤研究(B)(1)研究成果報告書, 2005 年
6. (株)矢野経済研究所, 流通小売マーケティングシリーズ 2005 DIY・ホームセンターの市場戦略と方向性 2005, (株)矢野経済研究所, 2005 年
7. プロ需要取り組み状況アンケート結果, DIAMONDO HOME CENTER 2006 年 2 月号, 2006 年
8. 石原靖曠, 最強のホームセンターホームデポ, 商業界, 1998 年
9. (財)住宅産業情報サービス, 工務店の企業活動ならびに建材の需要情報に関する調査報告書(上)(下), (財)住宅産業情報サービス, 1973 年

05-50 木造住宅の性能表示基準に準拠した汎用性のある「みなし仕様」の研究

NPO 法人建築技術支援協会
理事 住宅技術部部長 福本 雅嗣

１．本研究の目的

本研究の「みなし仕様」とは、住宅各部の性能を具体的に汎用性のある仕様レベルに落とし込んで、それを使用することにより所定の性能ある建物が造られるように企画することである。

わが国の木造住宅の標準ともなっていた、住宅金融公庫の「木造住宅工事共通仕様書」も建築基準法の構造に関する要求性能を満たし、かつその他の諸性能も融資を担保できる水準の汎用性ある使用にさだめたものであり、一種の「みなし仕様書」的内容をもつものと言える。

本研究は、具体的には工務店が日常使用している標準仕様を「みなし仕様」に落とし込んで、不足分は補足するような作業をすれば、いちいち計算する手順をふまなくても、一定レベルの性能表示住宅が出来るようにすることが、第一の目的である。

したがって運用にあたっては、何でもできる言ったものを狙うと膨大な裏付け資料が必要になり、実用性からは遠くなるので、日常使用されている規模に構造・仕様範囲を限定して、その中で具体的なものに作り上げてみた。

２．成果物の作成方針

戸建住宅の場合、設計段階では顧客の要件を聞いてプランニングをして構造計画は後やりでプランに合わしてゆくことが多いが、これが構造計画上寒心すべきプランの家が堂々と建てられている一因になっていると考えられる。構造安全の点では設計担当者は構造基準を頭に入れて、それに基づいて平面計画行なうことが肝要である。

また、現在発生しているフランチャイザーのクレームの主要因は、施工管理の不備によるものが多い。また、施工管理システムの不備、管理技術者の技術力・技術基礎知識の欠如により、ミス・ロス・無駄を生じ原価の流失をしているケースが多い。

ＦＣシステムの健全な発展のためには、フランチャイザーの技術者の教育による資質の向上と施工管理力の強化が喫緊の要である。

以上の視点から「性能表示住宅での型式仕様」の在りよう、いわゆる実用的な「みなし仕様」は、品確法での性能表示制度の「日本住宅性能表示基準」を基本に置きながら、

①ユーザーにメリットが判りやすい、と同時に工務店側にもメリットのある仕様とする。

②木造住宅の技術基準を整備の上、一般的な「みなし仕様」を作成し、地域の工務店が自由に使える仕組みを研究する。

③この「みなし仕様」は、性能表示住宅における表示項目に転用できるレベルを設定しておく。

以上に視点をさだめ、下記２項目を作成の目安とした。

（１） 構造安全を確保するために設計担当者が理解し習得できる構造基準の策定。

（２） 施工管理技術者が適確に品質を確保するための、工事を理解しチェックしやすい、実践的なチェックシートと同解説の策定。

３．みなし仕様の概要

１）みなし仕様の概要

■財団法人トステム建材産業振興財団による、木造住宅の性能表示制度に準拠した「住宅みなし仕様」は、都市型の標準的な木造軸組工法住宅での工法及び仕様を前提とし、その仕様は原則として評価方法仕様基準によることとした。

■各項目の性能レベル（等級）は別紙一覧表による。ただし、「構造の安定」及び「火災時安全」「高齢者への配慮等」においては等級１を合めるものとした。温熱環境については建設地域を地域区分Ⅳに特定した。

■主要な部分の、基準適合建材、及び、基準適合ディテールシートを作成した。

■「みなし仕様」による性能表示住宅個別申請の運用方法を記載した。

■「みなし仕様」の品質を確保するために、構造の安定、劣化軽減と維持管理、温熱環境、高齢者への配慮及び空気環境についての自主基準マニュアルを作成し、設計の手順を示した。

４．みなし仕様適用範囲

みなし仕様の適用範囲は以下の通りとする。

１）建設想定地域　：一般地域に適用するものとし、多雪地域、特別な強風地域等固有の工法を必要とする地域は除外した。　また温熱環境に関してはⅣ地域とした。

２）建設場所　　：都市計画法第９条及び建築基準法第４８条の規定を遵守した。

３）地域・地区　　：防火地域以外の地域とした。

４）建物規模　　：延べ床面積　３００㎡以内。

５）階　　数　　：地上２階とする。（小屋裏利用の３階建ては含まない）

６）構　　造　　：木造軸組工法。

７）用　　途　　：住宅性能表示制度で定める住宅。

８）各工事に使う材料および部品の中、ＪＩＳ（日本工業規格）、ＪＡＳ（日本農林規格）に定められているものはその合格品またはこれと同等以上の品質とし、規格のないものは業界団体・メーカーの自主規格により品質管理されたものとした。

９）木質系建材の一次製品についてはＪＩＳ・ＪＡＳ等でそれぞれの等級が確認する。また、これらの一次製品を化粧加工あるいは製品として複合化された二次製品については、「住宅部品ガイドライン」として業界団体が自主的に策定した、確認・表示したものとした。

１０）材料名は原則としてＪＩＳ・ＪＡＳ等によるが、実用の便をはかるために製品例を示すこともある。

１１）平面モジュール（基準寸法）は原則として９１０mmとし、その倍数の１８２０、２７３０、３６４０（mm）を用いる。分割単位は、４５５、３０３（mm））とした。

05-51 次世代居住環境における最適情報空間構成法に関する基礎的研究

成蹊大学理工学部情報科学科

教授 小口 喜美夫

1．本研究の背景と目的

私たちの生活する居住空間は情報通信技術の進展により日々進化している。代表的な技術キーワードはユビキタス（いつでもどこでも）とブロードバンド（高速・広帯域性）である。家庭内のPCを結合する無線LAN（ローカルエリアネットワーク）やICタグを代表とするユビキタス化、FTTH(ファイバ・ツウ・ザ・ホーム）によるブロードバンド化、さらにはオーディオ・ビジュアル（AV）家電を中心とした各種ディジタル情報家電の出現がその主なトリガとなっている。

この居住空間は、今後の高齢化人口の増加を考慮し、なお一層の安心・安全・便利・快適さの充実が期待されている。

安心：健康情報を無拘束なセンサを用いて知らず知らずのうちに取得し、自身の状態把握だけでなく、遠隔の医療従事者や家族へ通知、またフィードバック

安全：防犯、防災などのセキュリティ情報、化学物質等の環境情報の獲得

便利：様々な物（例えば冷蔵庫内の食品も含む）につけたICタグによる物の位置や状態の管理

快適：高品質映像・音声によるエンタテイメント情報、生活情報の利用や各種環境情報を用いた空間の最適環境制御

この居住空間の形成に向け、これまで様々な視点からの研究開発が進められているが、まだ十分に総合的なすごしやすさを感ずる空間の形成に至っていない。それは、収容される端末機器類はそれぞれ個別に高性能化が計られているが、独立して機能することが多く、全体として有機的に結合していない。また、住宅構造を考慮した構成・形態となっていないことが主な理由である。

私たちが総合的に住みやすさを感じる空間を形成するためには、
住宅構造を考慮した次世代の統一的なホームネットワーク（最適情報空間）の形成が必要不可欠である。

このような背景を考慮し、本研究では、安心・安全・便利・快適なユビキタス・ブロードバンド次世代居住空間を実現するために、情報通信技術（光ファイバ通信技術、ワイアレス技術、センサ技術、情報処理技術等）

を活用し、住宅構造を考慮した最適情報空間構成法の基本検討を行った。

2．想定される次世代ホームネットワーク構成

想定される次世代ホームネットワークイメージを図２．１に示す。ここではネットワークを介して転送される情報／信号もあわせて示した。また、接続される端末等の観点からの次世代ホームネットワークイメージを図２．２に示す。

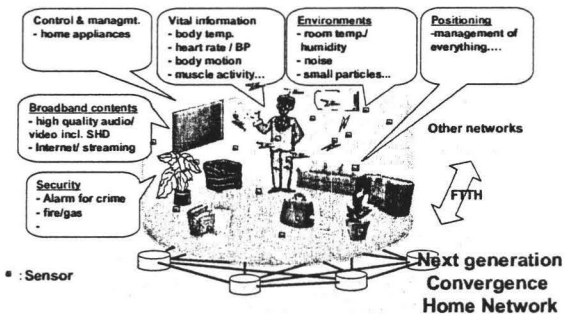


図２．１　次世代ホームネットワークイメージ

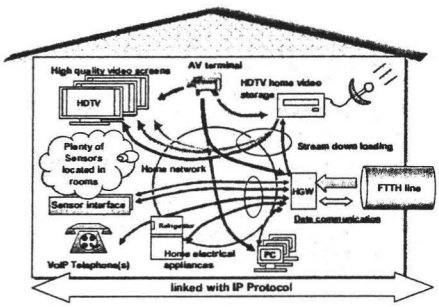


図２．２　接続端末イメージ

第１章で記述したように、安心・安全・便利・快適な居住空間を実現するために、次世代ホームネットワークは様々なサービスをサポートすることが必要となる（図２．１参照）。また、次世代ネットワークに収容される端末・機器類として以下のような様々なものが考えられる。

- 高精細画像（HDTV：High Definition TV）端末と関連の蓄積装置
- 各種 PC 類
- ネットワークを介して様々な情報をやりとり可能なインタフェースを有する次世代の白物家電（情報家電）（例えば、次世代冷蔵庫、電子レンジ等）
- インターネットプロトコルを用いた電話（IP 電話）
- 各種センサとセンサ情報をコントロールするセンサインタフェース
- 各種情報信号をコントロールするホームゲートウェイ（HGW）

これらの端末・機器類は光ファイバ等の有線技術または無線技術を用いてネットワークが構成される。安定した通信をするためには、大容量で伝送可能な光ファイバが伝送媒体として考えられる。しかし、実際に家庭内に光ファイバを配線する際の配線手法はこれまで確立されていなかった。

3．　家庭内の光ファイバケーブル配線経路の検討

次世代ホームネットワークを構成する際に想定されるトポロジ(接続形態)にはシングルスター型、ダブルスター型、リング型がある。ここで、トポロジとは、家庭内に少なくとも１台配備されるホームゲートウェイと各部屋に設備される光情報コンセントの間を接続するケーブルの接続形態を示すものである。図３．１にシングルスター型、図３．２にダブルスター型、図３．３にリング型の配線経路をそれぞれ示す。これらの配線経路は一般的な住宅構

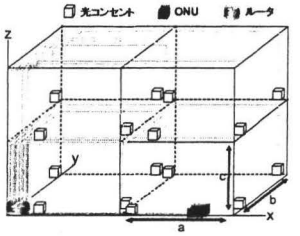


図３．１　シングルスター型

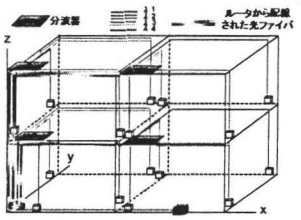


図３．２　ダブルスター型

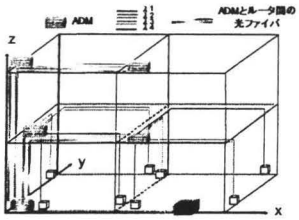


図３．３　リング型

造から各部屋の天井裏を通り、各軸に沿った配線経路と仮定した。

（検討の前提条件）図３．１に示すように、各部屋の４隅に光コンセントを設置し、ルータを原点(図で左隅)に配置する。ONUは任意の位置に配置した。また、１部屋の長さをｘ軸方向 a、ｙ軸方向 b、ｚ軸方向 c と定義する。

（総配線長検討結果）ここでは、a=1、b=1、c=1、フロア数 F=2 と定義し、部屋数 Nx=3、Ny>1 の時の配線長の比較結果を図３．４に示す。

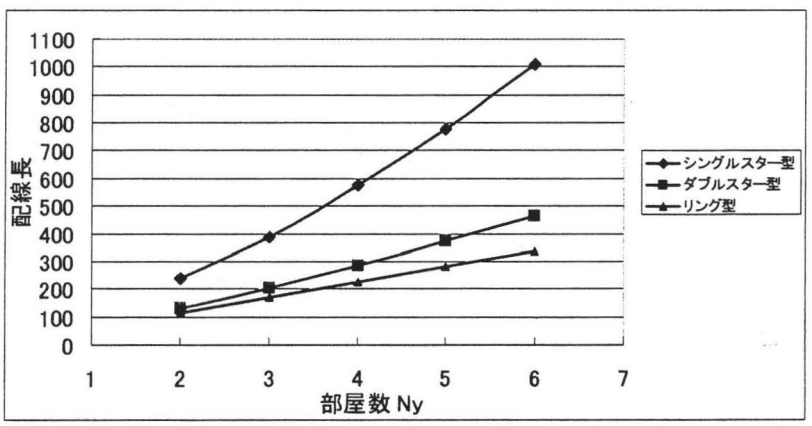


図３．４　配線長の比較

図より明らかなように、リング型が最も総配線長が短い。また、シングルスター型はダブルスター型やリング型に比べて倍以上の配線長が必要となる。

（最長伝送距離検討結果）日本国内の持ち家一戸建て住宅の平均的住宅規模（以下のパラメタ）から最長伝送距離を導出した。使用したパラメタ：部屋サイズ：a=4.5 m、b=4.5 m、c= 2.4 m；フロア数：F=2；１フロアにおける部屋数=4

シングルスター型における最長距離(ルーターから最遠の光ソケット)は25.2mであった。ダブルスター型では同じく25.2m、リング型では最長距離は29.7mであった。

（光レベルダイヤグラム検討結果）光ファイバを用いた次世代ホームネットワークを実際に実現するためには、現在使用されている光ファイバや光部品類を用いて構築しなければならない。そこで、配線長の導出結果と光部品類の値を用いた光レベルダイヤグラムの設計を行った結果、シングルスター型とダブルスター型はどちらも十分光パワの余裕があり実現の可能性があるが、リング型は実現のためにさらに詳細な設計が必要となることが明らかとなった。

4. まとめ

安心・安全・便利・快適なユビキタス・ブロードバンド次世代居住空間を実現するために、光ファイバ通信技術を活用し、住宅構造を考慮した最適情報空間構成法の基本検討を行った。まず、想定されるサービスイメージ、アーキテクチャについて検討した。次に、ネットワークトポロジーと総配線長、最長伝送距離の検討から光レベルダイヤグラム設計により、最適なトポロジーを見出した。

様々な端末／機器類が家庭内に導入されるに従い、家庭内の統一的なネットワーク化が必要となり、光ファイバを中心とした情報空間を構成することにより、安心・安全・便利・快適な次世代居住空間が実現できると確信する。

最後に、本研究を進めるにあたりご支援いただいた（財）トステム建材産業振興財団に対し、深く感謝します。

参考文献

[1] Kimio Oguchi, “Next generation convergence home network”, 7th Chitose International Forum on Photonics Science and Technology (CIF2007), Chitose, Nov. 27-28, 2006

[2] 柿島　悠、岡田　耕平、小口　喜美夫、“次世代ホームネットワークにおけるネットワークトポロジの検討”、２００７年電子情報通信学会総合大会、Ｂ－７－８８、名古屋、2007年3月23日

[3] Yu Kakishima, Kohei Okada, Dai Hanawa, and Kimio Oguchi, “Wiring the Physical Network of the Next Generation Home Network”, Taiwan-Japan Joint Conference on Communications Technology, Paper. SA-3, pp. 11-15, Hshinchu. Taiwan, Nov. 8-9, 2007

[4] Shohei Terada, Yu Kakishima, Kunio Tojo, Teruyuki Taniguchi, Takashi Kawakami and Kimio Oguchi, “Comparison of transmission media for next generation home network”, OECC/IOOC2007, Paper 11P-37, pp. 292-293, Yokohama, July 9-13, 2007

[5] 総務省統計局、“平成15年住宅・土地統計調査　確報集計結果　全国編統計表”、http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2003/4.htm

以上

第２部　人材育成・論文

05-52 木材製品マーケティングにおける森林認証の戦略、機能および利益

東京大学大学院農学生命科学研究科
講師　尾張 敏章

森林認証・ラベリングは、持続可能な森林経営の推進に寄与するだけでなく、企業のマーケティングツールとしても大きな可能性を持っている（Rametsteiner、 1999）。林産物マーケティング（Forest Products Marketing）の分野ではこれまで、森林認証製品に対する買い手側の購買行動の研究が数多く行われてきた。一方、マーケティングにおける森林認証の役割を売り手である木材製品企業の側から分析・評価した研究は海外でも少ない。そこで本研究では、ヨーロッパ市場における森林認証製品の主要な供給国であるフィンランドを対象に、木材関連産業のマーケティングにおける森林認証の役割を実証的に明らかにした。

本研究の主たる課題は次の４点である。

1. どのような属性を持つ企業がCoC認証を取得する傾向にあるか？
2. CoC認証取得企業・非取得企業にとって、森林認証はいかなる重要性を持つのか？
3. CoC 認証取得企業のマーケティングにおいて認証はどのように利用されているのか？
4. CoC認証取得企業は森林認証からいかなる便益を得ているのか？

郵送法による調査では回収率が極めて低くなると予想されたため、調査方法は直接面接法によるインタビューとした。調査対象には一次加工木材製品（製材品および木質パネル）と付加価値木材製品（エンジニアードウッド、家具、建具、ログハウス）の両製造業が含まれる。紙・パルプ産業は含まれない。現地の業界団体や研究機関の支援のもとで 67 の調査対象企業を選定し、うち 50 社から回答を得た（回答率 75%）。フィンランドの３大林産企業（ストーラエンソ、ＵＰＭキュンメネ、メッツァリート）のうち回答が得られたのは１社であったため、本調査の結果は主にフィンランドの中小企業の認識を表している。

インタビューには調査票を用いた。調査票の主な質問内容は次の３つである。①企業にとっての森林認証の重要度（5：たいへん重要である～1：まったく重要でない）、②マーケティングにおける森林認証の利用度（5：非常に多く利用する～1：まったく利用しない）、③認証取得による利益（5：非常に利益が大きい～1：まったく利益がない）。いずれも回答はリカート尺度の５段階評価とし、②と③についてはCoC認証取得企業にのみ質問した。

本調査で明らかとなったのは次の諸点である。

1. フィンランドではCoC認証の取得企業は製材業者が中心であり、イギリスやドイツの市場へ製品を輸出する比率が高い企業がＣＯＣ認証を取得する傾向にある。
2. CoC認証取得企業は、企業の社会的責任の明示、市場シェアの維持、既存市場における製品の販売といった点で森林認証が重要であると考えている。認証取得企業が森林認証を市場からの圧力に対応する手段と捉えているのに対して、認証非取得企

業は森林認証が新たな市場開拓につながるものと期待している。

3. CoC 認証取得企業は認証ラベルを製品に貼付する権利をフルに行使しているわけではなく、一部の顧客向け製品にのみラベリングする企業も多い。認証製品の情報伝達にあたっては、コストや労力を抑えるため、個別接触や請求書といった既存の伝達ルートのみを利用する傾向にある。大部分の企業が認証製品に価格プレミアムを上乗せすることはできないでいる。
4. CoC 認証取得企業が認証から得た利益としては、既存顧客の維持や満足度の向上、社会的評価の向上があげられる。一方、認証取得が収益性の改善には直接つながっていない。

以上の結果から、フィンランドでは森林認証が木材製品のマーケティングにおいて果たす役割は小さいものと結論づけられる。認証製品の販売が価格や販売量増につながらないことから、フィンランドの木材産業は森林認証を効果的なマーケティングツールとは見なさなくなってしまった。現時点においては、CoC 認証の取得は環境問題に敏感な市場へ製品を輸出する企業にとっての義務という位置づけになっている。収益面でのメリットが生じない限り、顧客からの需要がなければ認証製品を供給しない、という受動的な態度が今後も続くものと考えられる。

05-53 超微細粒鋼の耐震性と高速変形挙動

兵庫県立大学大学院工学研究科
講師　土田紀之

1. 本研究の背景と目的

最近の結晶粒微細化強化に関する研究により，数ミクロン以下の微細結晶粒を持つ金属材料の作製が可能となった．結晶粒径を微細化させることにより，高強度だけでなく従来には得られなかった興味深い変形特性も報告されている．本研究では，結晶粒径が大きく異なる組織の変形特性を詳細に調べるために，フェライト粒径が 0.47～13.6 μm の広い粒径範囲のフェライト-セメンタイト(FC)鋼を用いて，引張試験により得られる応力-ひずみ関係を中心に高速引張変形挙動，変形応力のひずみ速度依存性，加工硬化挙動，リューダース伸びについて議論した．

2. 実験方法

本研究では，低炭素鋼である JIS-SM490 鋼(0.15C, 0.3Si, 1.4Mn (mass%))を用いて温間域での強加工と熱処理の組み合わせにより平均結晶粒径が 0.47～13.6 μm の FC 鋼を作製した．これらの材料より引張試験片を作製し，ギア駆動式試験機と検力ブロック式試験機を用いて，常温 296 K にて 3.3×10^{-4} s^{-1}, 10^{0} s^{-1}, 10^{3} s^{-1} の 3 種類のひずみ速度にて引張試験を行った．

3. 結果と考察

3-1. 応力-ひずみ曲線

各ひずみ速度における引張試験により得られた，公称応力-公称ひずみ曲線を整理した．同じひずみ速度の場合，結晶粒微細化により下降伏応力や変形応力は増大し，均一伸び，全伸びは減少した．結晶粒径が数 10 μm から数μm まで大きく変化すると，応力-ひずみ関係にも変化が現れる．Yu et al.は結晶粒径の異なるアルミの結果を用いて，応力-ひずみ曲線のタイプを議論した．Fig. 1 には Yu et al.の整理に従いそれぞれの応力-ひずみ曲線のタイプを記したが，本 FC 鋼の応力-ひずみ曲線は変形初期に降伏点が現れリューダース変形後に加工硬化するタイプ III と，同じく変形初期に降伏点が観察されるが明確なリューダース伸びは見られずまた加工硬化しないタイプ II に分かれる．タイプ III の応力-ひずみ関係において観察されたリューダース伸びは，下降伏応力(LYS)における加工硬化率による整理だけでなく，LYS と変形応力の粒径依存性の関係からも議論でき，応力-ひずみ関係を元に両者の関係性を見いだすことができた．

また，10^{3} s^{-1} における高速引張試験で得られた応力-ひずみ曲線ついては，微細化に伴い強度は増大し，均一伸びや全伸び，局所伸びは減少した。平均粒径 0.47 μm の FC 鋼は静的引張試験においてはほとんど加工硬化せず均一伸びはゼロであったのに対して，高速引張試験ではわずかに加工硬化し，均一伸びは約 13 %を示した。一方、高速試験は低温の 210 K, 77 K でも行ったが、平均粒径 1.5 μm 以下の FC 鋼の結果は降伏後加工硬化することなく荷重は減

少した。通常，ひずみ速度 10^3 s^{-1} までは塑性変形を単一の熱活性化過程で考えることができ，等温変形であればひずみ速度を高くすることによる効果と温度を低くすることによる効果は等価であり，静的引張試験で加工硬化率が温度低下とともに増大したように，ひずみ速度が高くなった場合も同様に加工硬化率は増大したと考えられる。しかしながら，高速変形の場合は変形中の発熱の影響も無視できない。変形とともに温度が上昇し，それに伴って変形応力の温度依存成分(熱的応力成分)が低下し，それに伴う加工硬化率の減少も予想される。ひずみ速度増加による変形応力増大と発熱による変形応力減少のバランスにより，高速変形時の加工硬化率や均一伸びの大きさが決まり，296 K においては塑性不安定条件を満足するひずみ(均一伸び)が静的引張試験より向上したと考えられる。高速試験の際の発熱の影響は，得られた応力-ひずみ曲線から変形による発熱量の 95 %が試料の温度上昇をもたらすと仮定し，以下の式を用いて推算することができる。

$$\Delta T = 0.95/\rho \cdot C_p \int_0^e s(e)de \qquad (1)$$

ここで，ρは密度(kg/m^3)，C_p は比熱(J/g・K)，s と e はそれぞれ公称応力，公称ひずみを示す。(1)式と高速引張試験で得られた 296 K での公称応力-ひずみ曲線を用いると，ひずみ 20 %において粒径 0.47 μm の FC 鋼では約 60 K の温度上昇が推算された。推定の妥当性を調べる目的で，296 K における高速引張試験においては試験片中央部にスポット溶接にて熱電対を付け，温度上昇を測定した。その結果は，(2)式による推算結果とほぼ一致した。したがって，微細化による高強度化は発熱量を増すので高速変形時の温度上昇が大きくなることが予想される。また，変形応力の高くなる低温(210 K や 77 K)での高速引張試験でも発熱量が大きくなり，試験片の温度上昇に伴う応力低下が 296 K よりも大きく現れていると考えられる。

3-2. 変形応力のひずみ速度依存性

一方で，リューダース変形領域以降のひずみ 7%における変形応力におよぼすフェライト粒径ならびにひずみ速度の影響について整理を行った．ここでは，静的引張試験と高速引張試験の結果より、ひずみ速度の範囲を 3.3×10^{-4} s^{-1} から 10^3 s^{-1} まで、結晶粒径を 0.47～13.6 μm を対象とし、変形応力に及ぼすひずみ速度の影響について検討を行った。

まず、7%変形応力をひずみ速度に対して整理した。すべての結晶粒径の FC 鋼において、7%変形応力はひずみ速度の上昇とともに増大した。このときの変形応力のひずみ速度依存性ついて詳細に検討を行うために、3.3×10^{-4} s^{-1} と 10^3 s^{-1} における変形応力を用いてさらに整理を行った。まず、ひずみ速度 3.3×10^{-4} s^{-1} での 7%変形応力に対する、ひずみ速度 10^3 s^{-1} における 7%変形応力の関係を整理した。一般的に、静的引張試験の強度が増大するに従って、高ひずみ速度との強度差は小さくなり、一対一の直線に近づく傾向にある。しかし FC 鋼の微細化に伴う変形応力は、この直線とほぼ平行であることがわかった。また、各 FC 鋼のひずみ速度 10^3 s^{-1} と 3.3×10^{-4} s^{-1} の変形応力差Δσ(静動差)を求めたところ，静動差は結晶粒径によらずほぼ一定の値をとることが分かった。ひずみ速度変化による変形応力差である静動差は，変形応力のひずみ速度依存性を示すものであり，これらの実験結果より判断すると、変形応力におよぼすひずみ速度の影響は結晶粒径にほとんど依存していないと考えられる。

05-54 構造用木質パネルの面内せん断疲労における損傷評価システムの確立と破壊機構の解明

名古屋大学大学院生命農学研究科
博士課程後期課程2年　杉本　貴紀

1．本研究の背景と目的

近年の地球環境に対する国民意識の高まりや心身ともに健康で過ごせる住環境を求めて，木造住宅に対する国民のニーズと期待は大きく，安心して長く快適に住める木造住宅が求められている．また，地球温暖化や廃棄物の処理などの社会的問題を背景として循環型社会の実現が急務である今日，木造住宅に関しては約30年といわれる平均使用年数の長寿命化が期待されている．木造住宅の使用年数が長期化すると，必然的に木質材料が地震や風圧によって受ける負荷の回数も増加する．従って安全な長寿命木造住宅を実現するためには，木材や木質材料の強度性能に及ぼす繰り返し負荷の影響を解明することは必要不可欠である．

そこで本研究では，現在の木造住宅の耐力壁などに用いられ，耐力要素として不可欠な構造用木質パネルについて，地震や風圧による繰り返し面内せん断力に対する力学挙動を実証すること，及び様々な負荷条件下における疲労損傷メカニズムの解明と実荷重下における疲労損傷評価システムの構築を最終目的とした．

2．研究の方法

供試パネルとして，合板と配向性ストランドボード（OSB）を用いた．合板は，JAS 構造用合板・特類・2級に類するもので，単板構成は3層，長さ 1820 mm，幅 910 mm，公称厚さ 9 mm である．単板の樹種はロシア産カラマツ（*Larix sibirica* Ledebour），接着剤はアルカリフェノール樹脂である．OSB は，JAS 構造用パネル・4級に類するもので，4層構成，長さ 2400 mm，幅 900 mm，公称厚さ 9.5 mm である．ストランドの樹種はアスペン（*Populus tremuloides* Michx.），接着剤は表裏2層ではフェノール樹脂，内部2層ではイソシアネート樹脂である．供試パネルから，長さ 350 mm，幅 240mm の試験体を1パネルにつき12体ずつ切り出して，表裏面の長辺端にレゾルシノール樹脂で添え木を接着した．添え木部にボルト穴を複数あけ，試験体の把持に用いた．試験体中央部には，せん断ひずみを計測するために2軸ひずみゲージ（共和電業製，KFG-5-120-D16，ゲージ長さ 5 mm，ゲージ抵抗 120 Ω）を貼り付けた．

作成した試験体の長辺に，2つの L 型スチールレール対をボルト固定し，1対を油圧サーボ式疲労試験機（島津製作所製，EHF-UB5-10L）のアクチュエータに，もう1対を土台に取り付けて試験体を把持した．試験中には，ひずみ，荷重，及びアクチュエータのストロークを終始計測した．このような試験法は ASTM D2719 “Two-rail shear test”に準じたものである．

本研究では，様々な負荷を考慮して構造用木質パネルの面内せん断疲労挙動を明らかにするために，2つの実験を計画した．

まず実験①では，負荷因子として負荷波形・負荷周波数・応力レベルに注目し，これらが構造用木質パネルの疲労挙動に及ぼす影響を検討した．負荷条件（負荷波形・周波数）として，

矩形波・0.5 Hz，三角波・0.5 Hz，三角波・5.0 Hz の 3 パターンを設定し，いずれも片振り荷重とした．また，各負荷条件下にて，応力レベルを静的強度の平均値（合板，5.16 MPa；OSB，7.34 MPa）の 50，70，90%に設定した．従って，負荷条件 3 パターン×応力レベル 3 段階の計 9 条件下にて荷重制御で合板，OSB の疲労試験を行った．1 条件につき 3 体を供した．なお，実験①では，これらの条件は疲労試験中に変化させず，固定した．

次に実験②として，実際の荷重では上記の因子が不規則かつ複合的に変化することをモデル化した変動荷重試験を設定した．具体的には，実験①で得られた結果を元に，負荷の大きさ，すなわち応力レベルのみを途中で一度だけ変化させる条件（two-stage fatigue I），及び負荷波形・負荷周波数・応力レベルを途中で一度だけ変化させる条件（two-stage fatigue II）を設け，各条件についてそれぞれ 4 変動パターンを設定した．

3．結果と考察

まず，実験①において，合板の疲労寿命はいずれの応力レベルにおいても負荷条件の影響を顕著に受け，矩形波・0.5 Hz，三角波・0.5 Hz，三角波・5.0 Hz の順に長くなった．一方 OSB では，負荷条件の影響がそれほどみられなかった．これらの結果から，構造用木質パネルの材料構成によって疲労挙動に及ぼす負荷条件の影響が異なるといえる．

繰り返し負荷 1 回目に得られた合板の応力－ひずみヒステリシスループは，その形状が負荷条件の影響を強く受けて変形挙動が大きく異なり，繰り返し面内せん断負荷に対して強い粘弾性を有すると考えられた．一方 OSB では，ヒステリシスループに及ぼす負荷条件の影響が合板ほど顕著ではなく，粘弾性が弱いと考えられた．このような応力－ひずみヒステリシスループを負荷 1 回目から疲労破壊に至るまで毎回記録し，合板と OSB のせん断剛性について繰り返し負荷に伴う変化を検討した．全体的な傾向として，せん断剛性は，初期の負荷数回の間にやや大きく低下した後，繰り返し負荷回数の増加とともに徐々に低下し，疲労破壊直前に著しく小さくなった．合板のせん断剛性は，負荷条件によって低下速度が異なり，矩形波・0.5 Hz では最も低下が速く，三角波・5.0 Hz で最も緩やかな低下を示した．一方，OSB のせん断剛性の変化はいずれの負荷条件でもほぼ同様の傾向を示し，また，初期の数回の後から破壊直前までの間，せん断剛性の低下が非常に小さかった．このことから，今回試験に用いた合板と OSB では，OSB の方が繰り返し負荷に対して強く，初期剛性を維持する期間が長いといえる．この理由の一つとして，両パネルの材料構成の違いが挙げられる．さらに特筆すべきは，特に合板において顕著にみられた傾向であるが，僅か 10 回程度の繰り返し負荷によって剛性が初期の 1 割以上低下したということである．このことから，木造住宅の使用中に構造部材が疲労破壊に至るほどの負荷回数を受けなくても，部材の力学性能が僅かな回数の負荷によっても低下することが十分に考えられる．従って，部材毎の性能劣化の程度やそれらが住宅全体の構造性能にどのように影響を及ぼすのかということも含めて，繰り返し負荷に対する木材及び木質材料の性能評価が必要不可欠になるものと考えられる．

上述したように，合板の疲労挙動は負荷条件の影響を顕著に受け，OSB の疲労挙動は負荷条件にほとんど依存しない．負荷条件の影響を受ける材料では，実荷重の不規則性を考慮すると異なる負荷条件における挙動を共通に捉える手法を開発する必要がある．さらに，負荷

条件の影響を受ける材料と受けない材料を統一的に表現できる方法を見出すことが必要である．これらを解決する一つの方法として，筆者はひずみエネルギーをパラメータとして疲労挙動を表現する方法を試みた．ひずみエネルギーは，応力－ひずみヒステリシスループの負荷下における曲線と横軸と応力の最大値を通る縦軸で囲まれる面積であり，ある荷重に達するまでの変形挙動をも反映するパラメータである．

疲労破壊に至るまでに与えられたひずみエネルギーの累積値（累積ひずみエネルギー）と疲労寿命との関係を調べると，合板，OSB のどちらも，累積ひずみエネルギーと疲労寿命の関係は 3 負荷条件間でほぼ同じであり，両対数グラフ上で線形関係が得られた．従って，疲労挙動が負荷条件に依存する合板もそうでない OSB も，累積ひずみエネルギーを用いることによって，いずれの負荷条件にも共通な疲労破壊クライテリオンをそれぞれ得ることができた．すなわち，いかなる負荷条件においても，材料に与えられた累積ひずみエネルギーがこの直線に達すると破壊するということである．さらには，疲労試験の途中で応力レベルや負荷波形・周波数を変化させた実験②においても，実験①と同一の累積ひずみエネルギーと疲労寿命の関係が得られた．このように負荷条件や負荷の履歴による影響を受けない破壊基準は材料固有のものであると推察される．このひずみエネルギーに基づく疲労破壊基準を用いることによって，不規則に変動する実荷重下での疲労寿命を推定することが可能になると考えられ，実際の地震・風圧力に対する構造用木質パネルの損傷評価・寿命予測システムの根幹となるものである．

実験②のように途中で応力レベルを変化させる場合の疲労寿命算出式のひとつとして，Miner 則が知られている．しかしながら，実際の疲労寿命が常に Miner 則に従うわけではないというのが通説であり，本研究においても，実験②で得られた疲労寿命は Miner 則には当てはまらなかった．そこで Miner 則を基として，負荷回数の対数値を用いた新たな累積被害則を考案した．これは，木質材料の疲労における力学特性の変化が負荷回数の対数値を基準として捉えられる場合が多いことから考案したものである．実験②で得られた疲労寿命は，概ね新たな累積被害則に当てはまり，新たな累積被害則で構造用木質パネルの二段二重面内せん断疲労の寿命を説明できることが明らかとなった．この新たな累積被害則は，繰り返し負荷回数の対数値のみを用いた非常に簡便なものであり，他の材料についても適用の可否を検討する価値があるものと推察される．

4．結論

構造用木質パネルの疲労寿命や力学的特性の変化に及ぼす負荷条件の影響は，木質パネルのパネル構成によって異なり，合板では負荷条件の影響を顕著に受けたものの，OSBでは負荷条件の影響は小さかった．このように負荷条件の影響が異なる木質パネルについて，ひずみエネルギーに基づく解析を行うと，それぞれ負荷条件に依存しない疲労破壊クライテリオンを得ることができた．この破壊基準は，疲労試験の途中で応力レベルや負荷波形，負荷周波数が変動する場合でも同一のものであり，実際の地震・風圧力に対する構造用木質パネルの損傷評価・寿命予測システムの基礎となる重要な知見が得られた．さらに，二段二重疲労における新たな累積被害則を提案し，変動荷重下での構造用木質パネルの疲労寿命予測を可能とした．

05-55 ポーラスコンクリートの強度性状に関する調査研究

三重大学大学院工学研究科博士前期課程建築学専攻

大学院２年生　黒田　萌

1. はじめに

ポーラスコンクリートは、その内部に有する連続空隙を生かし、植生ブロックや透水性舗装など、様々な分野で利用されている非常に有用な材料であり、建築用の建材としても、非構造部材としての適用が検討されている。

本研究では、ポーラスコンクリートの強度性状に関する既往の研究を、粗骨材に砕石を用いたもの、および再生骨材を用いたものに整理してまとめた。そして、粗骨材の品質がポーラスコンクリートの強度性状に及ぼす影響を確認するために、砕石と再生骨材を用いて実験を行ない、その実験結果から、格子モデルを用いたポーラスコンクリートの圧縮強度－空隙率関係の推定手法[1]に基づき、粗骨材強度の影響を考慮する手法の提案を行った。

2. ポーラスコンクリートの強度に関する既往の研究

2.1 砕石を用いたポーラスコンクリート

ポーラスコンクリートの圧縮強度に最も大きく影響を及ぼすのは空隙率であり、空隙率が高くなるほど圧縮強度は低くなる（図-1[1]）。しかし、圧縮強度－空隙率関係に影響を及ぼすと考えられる諸要因は複数存在する[1]。また、曲げ強度も圧縮強度と同様に、空隙率の影響を受ける。

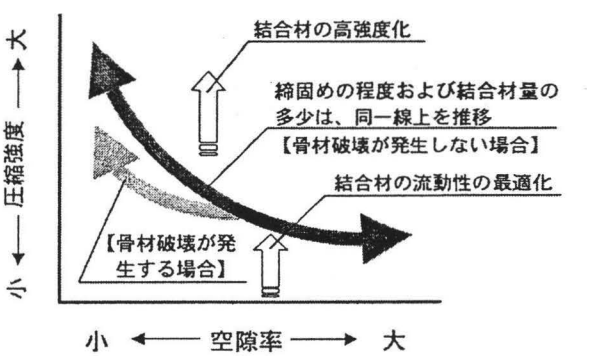


図-1　ポーラスコンクリートの圧縮強度-空隙率関係に及ぼす諸要因の影響の概念図[1]

2.2 再生骨材を用いたポーラスコンクリート

増加するコンクリート塊の有効利用を目的として、ポーラスコンクリートの粗骨材に再生骨材を利用するための研究が行なわれている。

畑中ら[2]は、再生骨材を用いたポーラスコンクリートは、砕石を用いたポーラスコンクリートに比べ圧縮強度が低下する領域と低下しない領域が存在し、圧縮強度の低下の原因は再生骨材に含まれているモルタル分であると報告している。

2.3 既往の研究のまとめおよび課題

ポーラスコンクリートの圧縮強度－空隙率関係に関しては既にいくつかの研究がなされている。これに対して本研究では、これまでに検討されていない要因である「締固め方法」について、圧縮強度－空隙率関係に及ぼす影響を実験的に確認し、圧縮強度－空隙率関係の推定方法の提案を試みる。

3. 締固めによる角欠けが圧縮強度－空隙率関係に及ぼす影響

締固め方法の違いによって発生する骨材の角欠け量の違いが、圧縮強度－空隙率関係に及ぼす影響を確認することを試みた。

3.1 実験概要

粗骨材に砕石と再生骨材を用い、締固め方法を変化させてポーラスコンクリートを製造し、圧縮強度および空隙率を測定した。

3.2 実験結果および考察

実験の結果から得られたポーラスコンクリートの圧縮強度－空隙率関係を図-2に示す。図-2より、圧縮強度－空隙率関係は締固め方法および圧縮強度の測定位置によらず、骨材種類ごとに一本の曲線で近似できることが明らかとなった。また、締固め時に発生すると考えられる骨材の角欠けの影響は、明確には確認されなかった。

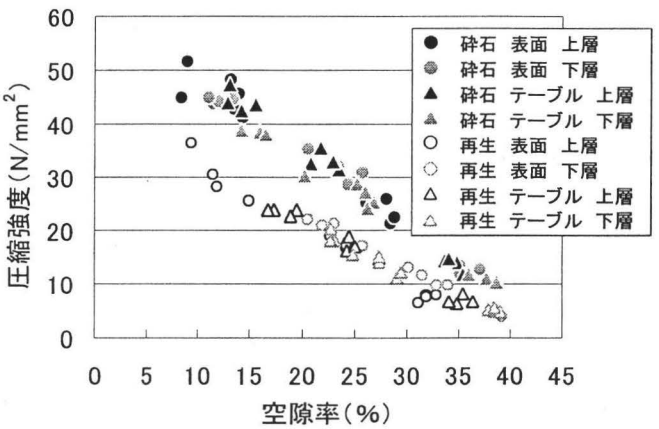


図-2 圧縮強度-空隙率関係（h/d≒1）

また、砕石を用いたポーラスコンクリートよりも再生骨材を用いたポーラスコンクリートの方が、同じ空隙率において圧縮強度が低くなる傾向があり、その差は高空隙率になるほど小さくなっている。これは、既往の研究[2]と同様の傾向で、高空隙率の供試体では結合材量が少ないため結合材部分の破壊が先行し、骨材強度の影響を受けにくいためだと考えられる。

4. 骨材強度を考慮した格子モデルを用いたポーラスコンクリートの圧縮強度－空隙率関係のモデル化

前川[3]が提案した斜方格子モデル［図-3(a)］を、再生骨材を用いたポーラスコンクリートに適用することを試みた。

4.1 検討方法

格子断面を結合材と骨材に分割し、それぞれに対して結合材強度および骨材強度を入力パラメータとして与えることで、骨材強度の影響を考慮する。

図-3(b)に示すように、単位格子の断面は、格子上面からの高さ x によって異なる。強度に複合則が成り立つと仮定した。すなわち、x の位置における断面の骨材面積比と結合材面積比に、各材料の強度をそれぞれ乗じて加えたものを、その断面の圧縮強度［$F(x)$］と仮定した。また、単位格子全体における圧縮強度（F）には、基本的に、各断面の圧縮強

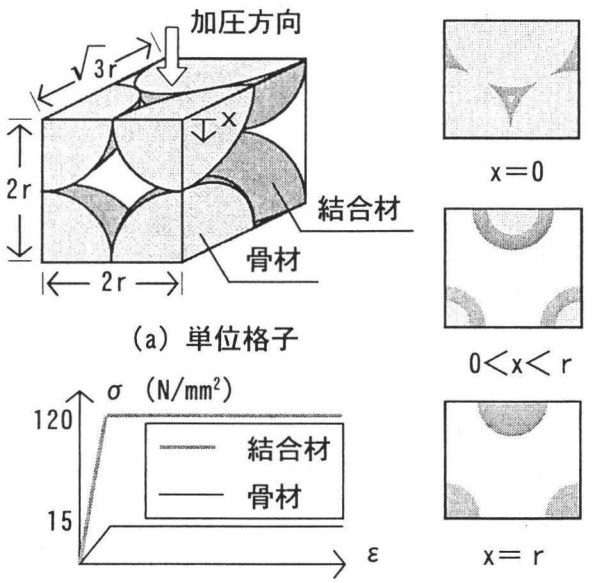


図-3 斜方格子

度［$F(x)$］の最小値を用いるものとする。

4.2 検討結果

図-4 に、断面の圧縮強度［$F(x)$］および圧縮強度（F）の計算結果を示す。骨材強度は 15N/mm²、結合材強度は 120N/mm² とした。**図-4** には、x＝0 および x＝r の計算値しか示していないが、これは 0＜x＜r の断面において $F(x)$＞$F(0)$ または $F(x)$＞$F(r)$ であったためである。**図-4** より、圧縮強度が最小となる断面 x は空隙率によって変化することが示された。ここでは、骨材破壊および結合材破壊を**図-4** に示すような断面で圧縮強度が決定した場合と仮定した。

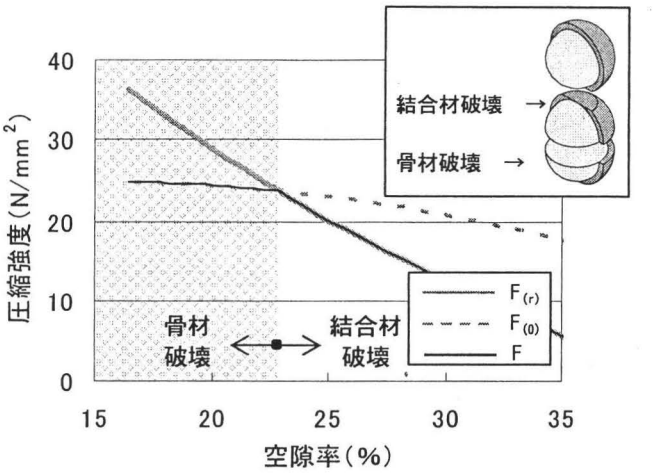


図-4　圧縮強度-空隙率関係（骨材強度 F_A=15N/mm²、結合材強度：F_B=120N/mm²）

図-4 は、畑中ら[2]の研究結果と同じ様な傾向を示しており、各材料強度の違いを考慮することで、低空隙率側では骨材破壊、高空隙率側では結合材破壊という骨材強度を考慮したポーラスコンクリートの破壊形態を比較的簡便な形で表現できる可能性がある。ただし、ここで仮定した骨材および結合材の材料特性［**図-3 (c)**］は、実際のものとは一部異なる。また、破壊形態も圧縮破壊のみを考慮しており、改良の余地を残している。

5. まとめ

本研究では、ポーラスコンクリートの強度性状に関する調査を行い、粗骨材の品質がポーラスコンクリートの強度性状に及ぼす影響を確認するための実験を行った。実験結果からは、圧縮強度－空隙率関係は角欠けの有無によらず、骨材強度ごとにほぼ一本の曲線で近似することができることが明らかとなった。また、格子モデルを用いてポーラスコンクリートの圧縮強度－空隙率関係を推定するための理論的な検討からは、ポーラスコンクリートの圧縮強度－空隙率関係を、斜方格子モデルを用いて推定できる可能性があることを示した。

参考文献

1) 畑中重光、三島直生、湯浅幸久：ポーラスコンクリートの圧縮強度－空隙率関係に及ぼす結合材強度および粗骨材粒径の影響に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、No.594、pp17-23、2005.8

2) 畑中重光、湯浅幸久、三島直生：再生骨材を用いたポーラスコンクリートの圧縮強度性状に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、No.570、pp31-36、2003.8

3) 前川明弘：小粒径から大粒径までのポーラスコンクリートの体系化に関する研究、三重大学博士論文、2007.3

05-56 木造住宅における耐震補強の促進に関する研究

名古屋工業大学

大学院工学科博士前期過程　荒木　智

1.　本研究の背景と目的

そこで本報では、地震による人的被害、財産の保護を目的として「新しい耐震補強法の提案」と「等変位繰返し載荷における土壁の耐震性能評価実験」を行った。

2.　新しい耐震補強法の提案

本報では軸組木造住宅を対象として、既存の耐力壁で最も一般的である土壁に付加すること、その費用が安く簡便であることを条件に耐震補強法を提案し、実験により考察する。

図２－１、２－２に補強方法を示す。補強は、柱に下地材としてアルミアングル(9×40、t=2)を木ビスで固定し（図中左側）、その上に構造用合板をタッピングビスでアルミアングルと固定する（図中右側）方法とした。本報では、この方法で補強した試験体と、補強されていない試験体を壁倍率算定実験により比較した。

表２－１に基準せん断耐力と壁倍率を示す。壁倍率は補強なしが 1.70、一般壁補強方法が 3.11、押入用補強方法が 3.23 であった。一般壁補強方法と押入用補強方法の壁倍率は土壁も含んでいるので、それを減するとそれぞれ 1.41 と 1.53 となり、費用の安さと簡便さから考えると、この補強方法は有効であると考えられるが、同一試験体３体を行うことでこの補強方法のばらつき係数を算定すると共に、仕上方法、柱脚接合部の補強方法についても検討しなければならない。

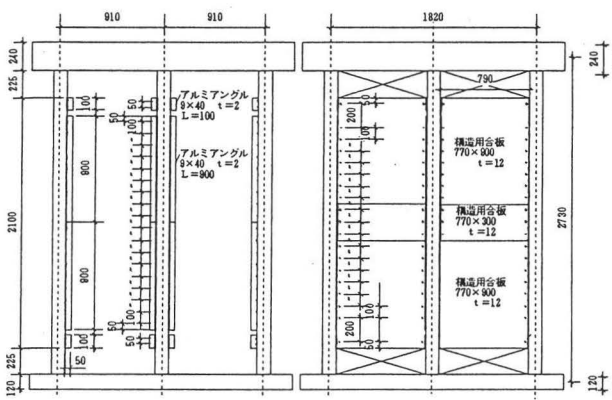


図２－１　一般壁用補強方法立面図

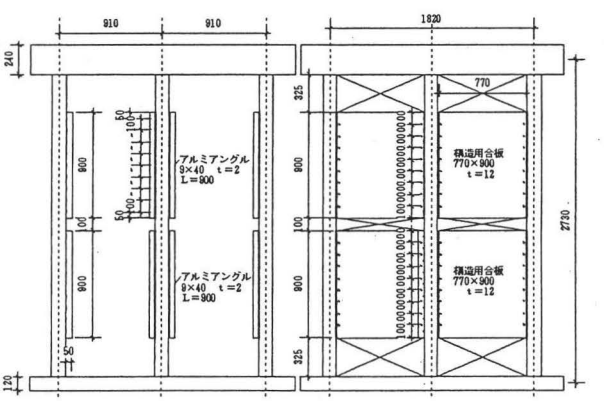


図２－２　押入用補強方法立面図

表２－１　基準せん断耐力と壁倍率

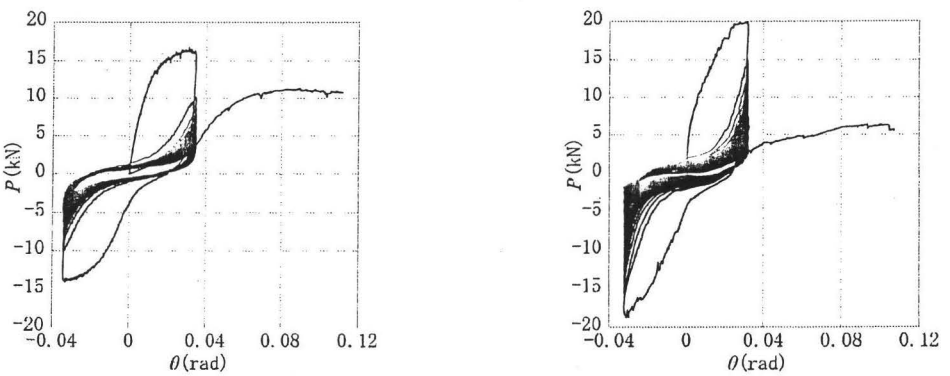
試験体名	$2/3P_{max}$(kN)	P_y(kN)	$P_u \times (0.2/D_s)$(kN)	$P_{1/120}$(kN)	壁倍率
補強なし	9.34	11.56	8.93	6.07	1.70
一般壁用補強方法	16.72	13.82	11.09	12.83	3.11
押入用補強方法	13.52	17.26	11.53	14.30	3.23

3. 等変位繰返し載荷における土壁の耐震性能評価実験

軸組木造住宅の耐震性能を評価するためには、基本耐震要素である耐力壁の力学的特性を適切に把握する必要がある。現在、耐力壁の力学的特性は壁倍率で扱われ、その評価には、静的な3回繰返し漸増載荷による結果が用いられている。試験方法を統一することは、様々な形式の構造要素の性能を統一的に評価する上では重要であるが、試験での載荷プログラムと実地震動による入力の差を把握しておくことも必要である。こうした観点から本報は、実験により耐力壁において繰返し載荷が耐力特性に与える影響を把握するとともに、その影響を考慮した復元力特性モデルを提案する。

本報では繰返し載荷が耐力特性に与える影響を把握するために、代表的な耐力壁である土壁と面材壁を対象とした実験を行った。載荷プログラムは①単調載荷②繰返し漸増載荷③変形角を1/120、1/60、1/30（rad）の3種類とし、その3種類の変形角をそれぞれ繰返し回数10、20、50回の3種類とし、計9種類の載荷プログラムによる等変位繰返し載荷の3パターンとした。なお、等変位繰返し載荷は繰返し載荷が終了した後に単調載荷を行った。

その結果、単調載荷と繰返し漸増載荷はあまり差がなく、等変位繰返し載荷では土壁、面材壁いずれの場合でも繰返し回数の増加の伴い繰返し変形角時の耐力が徐々に低下し、繰返し載荷終了後の単調載荷では、耐力が徐々に上がり、その後同一試験体の単調載荷と類似した荷重-変形関係となった（図３－１）。なお、面材壁の繰返し変形角1/30（rad）では、繰返し回数が10回付近で金属疲労による釘の破断が発生した。



土壁　　面材壁

図３－１　等変位繰返し載荷結果（繰返し変形角1/30、繰返し回数50回）

以上で挙げた繰返し載荷が耐力特性に与える影響を復元力モデルに組み込むために耐力劣化率と復元変形角で定量化した。耐力劣化率とは、繰返し回数ごとの繰返し変形角の耐力を1回目の繰返し変形角時の耐力で除したものとし、復元変形角とは繰返し載荷後の単調載荷時において剛性が同一試験体の単調載荷と同等となるまでの変形角を示す。

この耐力劣化率と復元変形角を用いて復元力モデルに繰返し載荷による耐力劣化の特性を組み込んだ。木造住宅の復元力モデルはバイリニア＋スリップモデルとしてモデルの剛性・変形角パラメタは実験値により算定した。図３－２に実験値と復元力モデルの比較を示す。耐力劣化が精度良く表されている。

05-57 リユース率向上を目指した木造住宅の部材設計

所属機関名　名古屋工業大学大学院

大学院生　山崎真理子

１．本研究の背景と目的

循環型社会の形成を目指すなか，環境負荷低減型材料である木材の利用価値が再認識されつつある．この木材の特長と価値（再生可能，天然資源，炭素固定機能）を十分に生かすためには，木材の可使時間の長期化を図ることが重要である．ストック型木材利用の最大シェアを占める建設用材の場合，可使時間を長期化させる上で最も有効な再資源化法は，現容積をできる限り維持してストック型用途に再使用する「リユース」である．これに関して，構造用木材は，構造物建造後数百年を経過した材料であっても強度的に再使用可能であることが報告されている．しかし，木材の再資源化法についてみると，経済的な問題やシステムの未整備などから現段階では粉砕（小片化）および焼却に限られており，上述のリユースはほとんどなされていない．木材は天然生物材料であり，人工的に容積を増大させることが不可能な材料である．すなわち，小片化は容積的に不可逆法であり，再資源化の手段としては本来後方順位に位置づけられるものである．

本研究では構造用木材の更なる有効利用と廃棄物の減量を図ることを目標理念とし，一般住宅における環境適合設計の一つとして，将来的にリユースの可能性を向上させる上で必要な材料の断面寸法を検討した．本報では再資源化施設における解体木材の実態調査を行い，特に，その搬入状況，材料の大きさ，および損傷等を定量的に把握した．これにより，解体木材の再使用可能性について解体による損傷量と材料の断面寸法の関係から検討した．

２．方法

解体木材の実態調査は，名古屋市近郊にある木質系廃棄物の中間処理施設において搬入される材料を対象に行った．当該中間処理施設には軸材，軸材と板材の混在物，パレットなどが搬入される．これらは敷地内で別途選別され，接着剤等の異物の混入がない比較的状態の良い軸材は製紙・パルプ用チップとして，また，異物が混入した材や損傷の著しい材は燃料用チップとして小片化されている．本研究では，リユースの可能性が高いと考えられる軸材を主たる調査対象とし，これらの写真撮影と重量測定による調査を行った．また，搬入業者に対して排出元等に関するヒアリング調査も行った．

図１　搬入時の写真撮影による軸材の形状調査

解体木材の性状調査では，解体材の搬入車両ごとにその側面および後方（図１）の写真を撮影した．また，別途選別後の軸材については，山積みされた軸材のロットの側面と断面の写真を撮影した．いずれの場合も寸法基準とする木製スケールを併撮した．これらの画像データを基に画像解析ソフト Sigma Scan Pro (Ver.5)を用いて材の形状・寸法を測定するとともに，選別後の軸材については欠損（一次利用の加工時に生じたと考えられるもの）と損傷（経年，および解体・運搬によるもの）を定量化した．

３．結果と考察

３．１　搬入量

木質系廃棄物の搬入量は，運搬者と中間処理施設の間で受け渡される伝票を基に整理した．重量は施設内の重量計で実測されている．図２に調査期間中の平均日間搬入量を示す．軸材，および「軸材と板材の混合物」の搬入量が全体に占める割合は，それぞれ 28.4%，40.1%であった．さらに，「軸材と板材の混合物」中の軸材の割合を画像解析により調べたところ，平均±標準偏差で 17.4±15.4%程度であった（解析率＝解析可能部分／車輌縦断面全体は 78.3±26.1%）．これより，軸材は全搬入重量の概略 35.5%程度を占めると推察される．

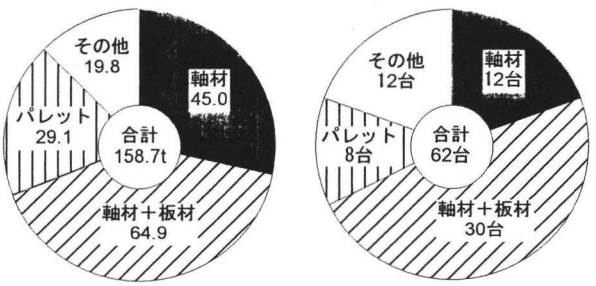


図２　平均日間搬入重量（左図）
および搬入台数（右図）

３．２　軸材の断面積

軸材の形状を画像解析により調べた．調査対象とした軸材は，①「軸材」として搬入された直後のもの（搬入車輌上での調査），②「軸材と板材の混合物」として搬入された直後のもの（搬入車輌上での調査），③施設内で「良質な軸材」と選別されたもの（山積みされたロット単位の調査）の３種類である．②については，③の最小断面積以上の断面を有するものを軸材とした．表１に調査した軸材の数量と断面積を整理した．これより，中間処理施設における選別の前後では断面積の分布に違いがあることが窺える．選別前の軸材（①＋②）の平均断面積は 119.5 cm^2（n=671，表には記載していない）に対し，選別後（③）は 140.6 cm^2（n=810）であった．これは，搬入後の選別により断面の小さい軸材が多く取り除かれていることを示唆するものである．

表１　画像解析を行った軸材の断面積分布

	本数	断面積　(cm^2)				
	(本)	最小値	平均値	最大値	中央値	標準偏差
新搬入の軸材	393	37	144	1859	111	128
混在物中の軸材	278	29	85	455	80	46
選別後の軸材	810	29	141	1240	110	102
全体	1481	29	131	1859	104	105

軸材全体の断面辺長の分布を調べると，9～12cm 角の材料が全体の 45.5%と大きな割合を占めており，一般住宅におけるこれらが多く使用されていることが裏付けられた．住宅建材の現状を考えると，このサイズの軸材の排出・搬入は今後も増加し，その集成材化が進むものと予想される．ある程度決まった形状の材料がまとまった量で継続的に搬入されること，集成材化が進み製紙パルプ用チップへの加工が困難になるであろうことなどから，このサイズの軸材を対象とした再資源化法の開発は一つの課題となり得る．一方，比較的大容積を有する 15cm 角以上の材料も 10%以上あった．

３．３　軸材の欠損と損傷

軸材の欠損と損傷の状況を調べた結果，欠損として，ほぞ穴（出現率 24%），切欠（19%），金物（14%），背割り（13%）が確認された．損傷の出現率は 28%であった．

３．４　再使用可能割合

一本の軸材における再使用可能な長さの割合について定量的に把握するために，「搬入時の長さ」に対する「損傷を除去した後の残りの長さ」の割合を再使用可能割合と定義して解析を試みた．正方形断面を持つ軸材について，断面辺長と再使用可能割合の関係を図３に示す．これより，断面辺長 11cm 付近を境に再使用可能割合の下限値が高くなる傾向が読取れる．これについて KS 検定を用いて詳細に分析したところ，辺長 11.0cm を境界として再使用可能割合の分布形に違いが認められ（１%有意），断面の大きい材は再使用可能割合の下限値，すなわち保証値が大きいことが示された．

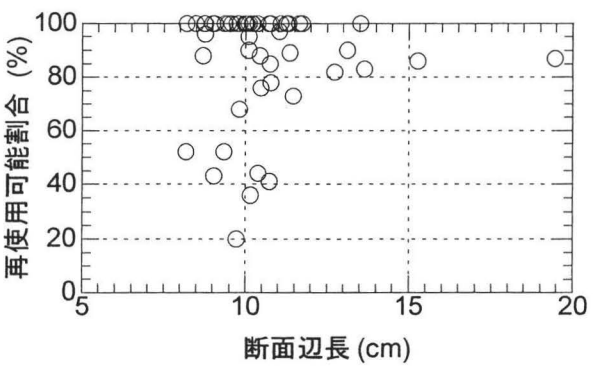


図３　正方形断面材の再使用可能割合と断面辺長の関係

図４は，図３の関係について，さらに搬入後の選別によって取り除かれた材を数量的に考慮し，累積頻度曲線としたものである．この累積頻度曲線が，ある一棟の木造住宅から排出された解体木材（軸材）の再資源化割合を示すものと仮定すると，縦軸と曲線で囲まれる面積は住宅一棟分の再使用可能割合としての意味を持つと考えられる．これを軸材の再使用可能係数と定義し，本研究の調査結果を元に試算したところ，断面辺長が 11.0cm 以下では 0.52，同 11.0cm 以上では 0.92 となった．これは，断面寸法の増大が軸材の再使用可能割合の向上に寄与することを示す一方，断面が現行の JAS 10.5cm 角程度の材であっても非損傷部分は平均で 50%以上あり，これらは容積を維持した再使用の可能性を有するものであることを示唆している．

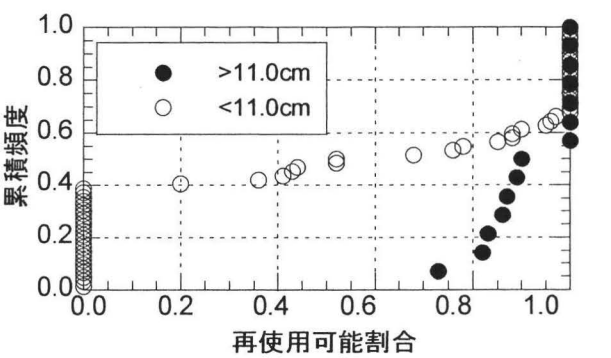


図４　正方形断面材の再使用可能割合に関する累積頻度曲線（断面辺長による違い）

05-58 集落の空間構成に関する研究
－山口県上関町”祝島”集落とその近隣集落の比較研究－

広島工業大学大学院　環境学研究科　修士課程　地域環境科学専攻

2年　池田　亜依

1. 研究背景

現代の都市内の住宅地区は、格子状の道路計画に加え、集住のカタチが見えにくく、利便性中心に一様に組まれた計画になっている場合が多い。一方、農山漁村の集落は、自然環境・風土に順応し、地域に合った集住のカタチを形成している場合が多い。そのような集落の空間構成を、「物的な空間構成」を中心とし、そして、「環境共生」の視点も加えて、現地の各種の状況から、分析・考察を行うことが必要であると考える。ここでの「環境共生」とは、自然環境、人間・社会環境の持続的共生関係とする。

2. 研究目的・意義

本研究は、所属研究室（森保研究室）で平成13年8月より継続的に研究している山口県上関町“祝島”集落を主対象とし、その空間構成事例に基づき、「集落空間の現れ出た姿（集落構成の姿・現象）」から、「集落の空間構成要素」を求め、空間構成要素の枠組み化（空間構成化）を図り、それらをふまえて、近隣集落および他集落との比較を行うことを目的とする。

本研究の意義としては、主として、対象とする集落の“保全への集住提案”を行うものであり、また、瀬戸内の“他集落への展開”、更に、都市内の密集住宅地などを対象とした“新しい集住に関する計画条件”の提供をも考えるものである。

3. 所属研究室の既往の祝島集落研究成果と本研究との関係

祝島は、山口県南東部、人口555人（平成19年1月末）の上関港南西約16kmの周防灘に浮かんでいる周囲約12kmの離島である。比較的平坦な斜面に住宅が集中し、集落を形成している。島の歴史を伝える行事として、4年に1回、神舞（かんまい）神事が催され、島は賑わいを見せる。水産庁は、平成18年2月17日に「未来に残したい漁業漁村の歴史文化財産百選 」として『祝島の神舞と石積み集落』を決定、さらに、百選を代表する5地区に認定し、農林水産大臣認定証を授与した。

所属研究室（森保研究室）の既往の祝島集落研究成果としては、①練り塀の類型：塀型・準塀型・準壁型・壁型の4型5種、②「路居」：みちを中心にして、みちの両側に練り塀、その練り塀により、いえがつくられている集住の形式を示す新しいカタチ、③空間構成：いえ、みち、水路を基本として、本道・練り塀・中間領域・集合単位に関わるものや、ソフトシステム等が、複雑に絡み合い、形成された集落であることが明らかとなっている。

本研究は、その成果を再解釈し、路居の概念化と中間領域を中心に各空間構成要素の考察とその枠組み化、祝島集落と近隣集落および他集落との比較を新たに行うものである。

4. 研究内容・方法

1）祝島集落における空間構成要素のうち、路居の形成に関わる要素、中間領域および生活組織・祭事等を抽出・確認し、それらを含めて全体から枠組み化を行う。2）祝島集落の路居の形成に関わる空間構成要素をふまえて、路居を中心に、近隣および他集落の空間構成要素に関する実態把握を行い、祝島集落との比較を行う。3）スケルトン・インフィルシステムを用いて、路居の解読・一般化を行う。

5. 祝島集落における空間構成要素とその枠組み

5-1　練り塀と路居

既往研究成果での路居の命名を受けて、ここでは、現地調査を基に、以下の 4 視点から路居に関する概念化を新たに行った。ⅰ）所有形態：本道は、公有地であり、練り塀・いえは、私有地に存在する。ⅱ）物的形態：この練り塀は、いえをカタチづくり、みちをもカタチづくる。ⅲ）意識形態：練り塀のみち側といえ側とでは、居住者の利用意識上、異なる性格を持つ。ⅳ）集住形態：みち、そして練り塀を介在として、いえが取り付き、それらがみちに沿って連なり、いえ並み、まち並みを形成している。つまり、練り塀は、単なる塀ではなく、集落の一つの空間構成要素といえる。

5-2　本道に取り付くいえ（住宅）の型

本道とは、冠婚葬祭の際、通ることが決められている主要な道で、時代的に古い道を示しており、集落内を行き来するために縦横に張り巡らされているものである。本道沿いの特徴ある「いえ（住宅）の型」で、特に敷地が小規模で、練り塀が主として塀型・準塀型であるいえ（住宅）の型を 7 種確認した。

5-3　路居に従属する型

特に敷地が中規模以上で、主として壁型である練り塀により形成され、空間変化が継時的に顕著にみられた特徴的な「いえ（住宅）の型」、Ⅰ囲い込み型、Ⅱ内部増設型、Ⅲくら型、Ⅳ多要素混在型の 4 種を確認した。

5-4　中間領域

共的利用空間に関わる門（かど）、オザレ、ニワ、セド、通り抜け（便利道）等、各種のものが得られた。特に、私有の土地を通り抜ける、「通り抜け」の道は 6 種あり、便利道として機能しており、集落全体に張り巡らされていた。

5-5　空間構成要素の性格付け

土地の所有と利用の観点から、「公」：公有地を公的に利用すること、「準公」：公有地を共的に利用すること、「準私」：私有地を共的に利用すること、「私」：私有地を私的に利用することと定義（設定）し、祝島集落における全ての骨格の各種の空間構成要素に対して性格付けを行った。結果として、「準私」・「準公」といった性格の空間構成要素が多数存在しており、これは、祝島集落の特徴といえ、空間構成の再整理に大きく影響するものと理解された。

5-6　祝島集落における空間構成

祝島集落における空間構成は、全体として、集落形成発展段階（現在）については、全ての骨格が複雑に絡み合い、『路居』という形態が作られたものと考えることができた。

生活組織・祭事と空間構成の関係について、まず、生活組織・祭事に関しては、惣・講・

株うち・トウド・神舞等が得られ、これらは、集落の空間構成要素とは別種のものであるが、集落形成において、集住のカタチへ大きく反映・下支えしたものとして捉えることができた。

以上より、路居の形成に関わる空間構成と生活組織・祭事とを合わせて解釈すると、祝島集落は、自然環境（条件）を基盤として、それらの環境に順応し、生活組織・祭事等のソフトシステムを基礎として、路居の形成に関わる空間構成要素が複合的に絡み合っており、つまり、環境共生型のいえとまちのカタチが形成されてきたものと解釈できた。

6. 近隣集落および他集落における空間構成要素と祝島集落との比較

6-1　近隣集落の現地調査

《沖家室集落》生業、いえの型、水路や井戸の分布状況は、祝島集落と共通していた。特に、「みち」と「水路」には、強い類似性がみられた。《平郡島集落》東と西の集落共に、コールタールを外壁に塗っており、「練り塀」はないが、「コールタールの薄い皮膜」が、単なるコールタール以上の「集落のいえの連なり」の意味を強調しているものとも感じられた。《佐田岬の集落》三崎町・井野浦集落ほか何か所かで、石垣がみられた。連続した塀が存在していたが、路居の概念はみられなかった。

6-2　海に面した国内市町村へのアンケート調査

祝島集落に類似した空間構成要素の実態把握のため、海に面した国内市町村へのアンケート調査（全国調査）を、計4回に分けて実施した（全880市町村配布。回収率約60%）。

結果として、「練り塀」に類似した石造構造物（工作物）は、西日本に多く存在していることが判明したが、路居の概念を有している市町村はなかった。また、本道、中間領域、生活組織・祭事についても、同時に調査を行ったが、祝島集落のように、数多くの空間構成要素が存在している市町村はなかった。

7. サポート・インフィルシステムと集落に関する考察

路居の概念を、サポート・インフィルシステムを用いて、解読・一般化を行うために、集落形成に関連した考察を行った。祝島、沖家室、平郡島集落に当てはめると、スケルトンは、集落を形成する際、基本的骨格となる“みち”“水路”、インフィルは、“いえ（内部）”である。次に、修繕部位と境界部位は、それぞれを明確に分けず、曖昧な空間部位としてセットしてみると、2つの部位は、“祝島”集落は“練り塀”、“平郡島”集落は大壁の外壁に加えた“コールタールが塗ってある舟板”、“沖家室”集落は外壁に加えた“舟板”とされる。実例として、修繕部位・境界部位には、「オープン外構やセミオープン外構」があげられ、路居の概念を用いたいえ並みでは、大阪の「コモンシティ星田」があげられ、今後の事例展開が期待される。

8. 結論

祝島集落における空間構成要素に関しては、路居の形成に関わる要素を把握し、空間構成要素の相互関係とその枠組み化、およびソフトシステムを含めて、祝島集落の路居の形成に関わる空間構成を得た。また、近隣集落および他集落との比較により、祝島集落の独自性を確認できた。ここで示した「祝島集落における空間構成」は、環境共生、地域・風土と居住文化等で特徴ある本集落の「保全」への条件と考えられ、「路居の一般化」は、いえ並みのデザインコードとして、設計・計画要件の一つのカタチ（姿）ともいえ、瀬戸内の他集落や、密集したまち（住宅地）の計画への応用・展開が期待される。

05-59 石質仕上材料の美観評価指数構築を目指す印象評価に関する研究

九州大学ユーザーサイエンス機構
学術研究員　土屋潤

本研究の最終目的は，材料の視覚的特性を明らかにし，設計者やユーザーにとっての材料美観評価指標を示すことで，適切な材料選定を可能にし，質の高い景観を有する都市形成に寄与することである。

都市建築ストックに多用されている天然・人工石材を含む石質系仕上材料の視覚的性能に関しては系統的な研究例がなく，汚れやメンテナンス方法に関しては数多くの事例が紹介されているが，使用石材種類・表面性状と印象評価との関連性については未だ十分に解明されていない。

そこで、建築の内外装仕上材料として多用され，質の高い景観構成に寄与すると考えられる石材を用い，視覚的評価に影響を及ぼす要因を定量化し，有効な評価指標を提案するための基礎データの蓄積を主たる目的とする。具体的には，観察条件を変化させた環境下での実験から，材料の視覚的快適性をより向上させる照明条件や，空間的位置関係等の情報を得ることを目指した。

材料の視覚的印象は、材料固有の表面性状とともに観察する人間の環境により変化を生じるため、各種観察条件下での印象評定等が必要となることが、これまで検討してきた結果からも明らかであった。石材が仕上材として使用される場合には、表面に各種の仕上技術により凹凸を付与しており、それらは特に照明条件により陰影の差異が生じ視覚的印象に大きな影響を及ぼすと考えられる。過去の研究においても、照明の要因は大きな影響があることが指摘されているが、石材の多数の仕上げに関して照射光の方向と視覚に関する検討を行った例は少ない。照明条件と印象評価との関係は、特に内装材用の石材の設計、日照条件と外装材の印象評価の把握などに有効と考えられる。

印象評価に用いる試料は、実際の石材を材料レベルで評価するため寸法 300×300mm、厚さ 20mm に切断したものを用いた。また鉱物による光沢や模様の影響を極力減らし、主に表面性状の影響を考察するために石材種の中から国内外で産出される表面色や質感が異なる 5 種類を選定した。これらの砂岩に打部径の異なるハンマービシャンを用い、打数を変え、パターンを変化させた叩き仕上げと、ダイヤモンド砥石とツヤバフにより研磨回数を変化させた平滑仕上げを人力により施し、試料を作製し検査に供した。

砂岩試料表面への拡散光源の照射角度条件を変化させた検討を行った結果、砂岩仕上げの凹凸感、目の粗さ感は照射角度との関係が明確に見られ、照射角度が小さいほど凹凸があり、目が粗いと評価されたが、自然感、心地よさ、特色感、複雑さは照射角度との関係は不明確であることが明らかになった。また光沢のある試料は照射角度が小さいほどつや感が高くな

ることが明らかになった。石材表面の機械的凹凸を評価する表面粗さ Ra との関係については、各照射角度において凹凸感、目の粗さ感、特色感、複雑さと関係があり、特に Ra 値が大きいほど目が粗く、複雑と評価される傾向が見られた。

表面形状を変化させた砂岩を用いて、光の照射角度と観察距離が印象評価に及ぼす影響を検討した結果、凹凸のある試料は観察距離が遠くなるほど凹凸感が低く、平滑な試料は観察距離による変化が少ないことが明らかになった。また、光沢のある試料は照射角度が小さい条件下で観察距離が遠いほど心地よさの評価が高くなった。画像から抽出した陰影分布情報の平均明度・コントラスト・集中度に関しては、凹凸感、目の粗さ感において集中度（陰影の偏り）、コントラストの影響が大きかった。明暗感、心地よさに関しては平均明度の影響が大きく、陰影により表面の明度が低下すると、暗く、不快と評価されることが明らかになった。

05-60 室内有害物質の浄化を目指した可視光応答型光触媒の開発 ～フラーレンを用いた酸化チタンへの挑戦～

山形大学大学院理工学研究科
助手 日野 哲男

近年，ホルムアルデヒドに代表されるガス状有害有機物（揮発性有機化合物：VOC）が，シックハウス症候群と呼ばれる，目の痛みや頭痛などさまざまな症状の原因になるとして，極めて大きな問題となっている。こららの，有害化学物質は，多くの家具や建材に含まれるほか，石油系の暖房器具などからも発生し，室内の空気を汚染することが知られている。現在までに，吸潜除去シートや光触媒として知られている「酸化チタン」を用いた試みが国内外で幅広くなされており，特に，酸化チタンを用いた場合にはその浄化効果は極めて長期にわたるのに加え，触媒を活性化させるのに必要なエネルギー源は光だけであるため，材料開発面からも特に有用であると考えられている。光触媒は名前の通り，光によって触媒として作用するが，光の種類として紫外線のみに反応するという欠点がある。つまり，屋外や日差しが入る室内などでは高い光触媒作用を示すが，夜間の室内などは，光を発するものが多くの場合蛍光灯だけしか無いため，光触媒の触媒反応を起すための紫外線量が非常に微量であり，十分な光触媒反応を発揮することが出来ない。ある例では，光触媒を屋外において検討した場合には，１日で分解・浄化出来たものが，室内では1000日もかかってしまうことが報告されている。つまり，蛍光灯の光が照明の主となる室内環境では、**可視光線反応型の光触媒の方が光触媒の効果が有効的**であるといえる。なおこのような観点の下，可視光応答型に改良した酸化チタンも最近いくつか報告されている。

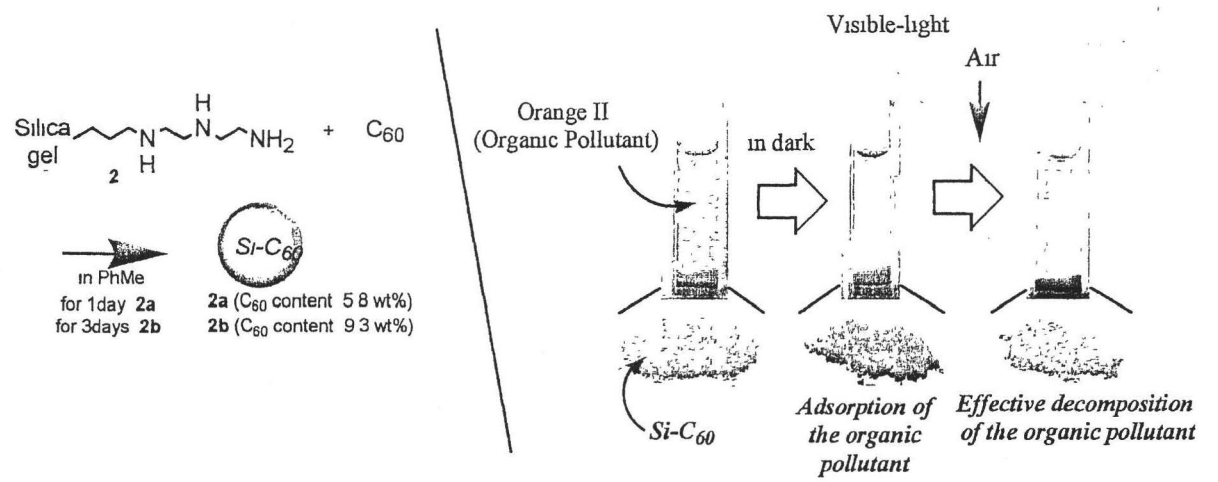
本研究テーマでは、その特徴的な構造に起因する特異的な電子的な性質から大きな注目を集めているフラーレンに着目し，フラーレンとアミノ修飾シリカゲルからなる新規有機一無機ハイブリッド型活性酸素発生化触媒(1)を設計合成し、この，酸素（空気）存在下での，可視光照射による有機汚染物質・有害化学物質の光分解作用の検討を行った。なお，分解有機物のターゲットとしては，印刷業界における水質汚染物質の代表例である，メチレンブルー（MB）ならびにオレンジⅡ（ＯⅡ）などを勇気汚染物質のモデル物質としてもちいて，本触媒の可視光触媒としての性能評価を検討した。

その結果、本触媒が可視光照射下で有効に光触媒能を示すことが明らかとなった。特に、触媒のシリカゲル部位とフラーレン部位のアミノ結合鎖が基質と相互作用することで、単にシリカゲルとフラーレンを吸着させた場合にくらべ大幅に効率のよい触媒活性を示すことがわかった。特に、酸性官能基を有するＯⅡを用いた場合においてはおそらく、酸塩基相互作用などにより触媒に効率よく吸着するためその光分解挙動が促進されることが示唆された。

また、本系でのメイン活性種は・OHであることがEPR測定から示唆された。

またさらに、本触媒は回収し、そのまま繰り返し使用することも明らかにした。図5には、本触媒を50回繰り返し用いた場合と、一回目に用いた場合での反応結果を示しているが、分解挙動はほぼ同等であり、触媒活性がすくなくとも50回は維持されていることが明らかとなった。

また、予備的検討の段階ではあるが、VOCの主原因となっているホルムアルデヒドの水溶液であるホルマリン溶液の分解反応、さらには環境ホルモンの代表格であるビスフェノールAの可視光照射下での光分解反応にも成功した。今後は、今回得られた知見を基にし、さらなる高効率触媒の設計を踏まえた新触媒の開発ならびに光分解可能有害有機物への適応性などについても精査していくことで、より高活性の「可視光応答型光触媒」が開発できるものと確信している。



The typical reaction mixtures and the catalyst before and after the visible-light irradiation

05-61 炭化物の吸着性能の相対評価と、それに伴う品質評価手法の開発

鹿児島大学大学院　農学研究科
修士２年 森岡秀夫

【はじめに】

炭化物の性質は、炭化温度や炭化時間によって異なる。炭化温度が上がるにつれて、真密度、ｐＨ は大きくなり、導電性を示した。炭化する際に起こる反応は複雑多様であり、用途も調湿材料、吸着材料、土壌改良資材、燃料と幅広い。中でも吸着は炭化物の中でも、水質浄化、悪臭除去など、多岐にわたり応用が利く用途であると考えられる。吸着する時は、吸着する物質と吸着される物質の境界で起こる。

本研究では、炭化物が物質を吸着する際、炭化物自体はどのような状態になっているのか調べることを目的とした。X線光電子分析装置(以下、XPS)は物質表面に存在する原子の結合状態を知る、有力な手段である。炭化温度の異なる炭化物を製造し、XPS を用いて炭化物表面の分析をした。

【実験方法】

試料:スギ材、スギ樹皮、モウソウチク節間部

炭化過程:卓上マッフル炉(デンケン製,KDF S80)にて、上昇時間 20 分、保持時間1時間の条件で炭化した。それぞれ木炭、樹皮炭、竹炭として、炭化温度は 400℃～1,000℃まで 100℃おきの 7 段階とした。

形状:(1)約 4cm 四方(2)粒径約 5mm(3)粒径 45μm 以下として、次の①～③の試験に供した。

①見かけの密度測定:(1)を使用。電子天秤を用いて炭化物の質量・水中における浮力を測定し、これをもとに見かけの密度を算定した。

②よう素吸着試験:(3)を使用。JIS K 1477 に準拠し、残留しているよう素濃度からよう素吸着量を求めた。

③XPSによる表面分析:(2)を使用。分析機器はＸ線光電子分析装置(SHIMADZU,ESCA-1000)を用いた。X線源はMgを使用し、加速電圧を 10ｋV、電流は 20ｍA、分析スリットはφ1mm を用いた。分析は 1,100～0eV の範囲で行った。測定する物質に、ある一定以上の大きな波長のＸ線を照射すると、原子の内殻にある電子が励起し、光電子として外に脱出する。この現象を光電効果という。内殻電子が軌道を励起して、脱出の際に出てきた電子の運動エネルギーの値は原子別で異なり、それぞれ固有の値を持つ。C原子の電子軌道のうち、内殻の1ｓ軌道においては励起した電子の数がピークに達する 300～2 7 5eV の範囲で 0.1eV 毎に測定を行った。試料に対してある刺激を与えた際、その刺激や応答を特徴づける量に対して応答強度を記録したものをスペクトルという。分析する 300～2 7 5eV の範囲をＸ線から照射された炭素原子の1s軌道の中にある電子の応答強度として C1s スペクトルとした。同様に、O1ｓスペクトルの範囲である 540～520eV、I(よう素)3d スペクトルとなる 637～612eV において分析をした。その後、C1s スペクトルについては 287～282eV の範囲で化学シフトを参考にピークを波形分解し、炭素原子結合状態別の定量を行った。また②で

吸着した炭化物試料を恒温乾燥機にて105℃で1週間以上乾燥させた後、同様の試験を行い、分析による吸着の前後を比較した。【結果および考察】

①:図1に見かけ密度を示す。竹炭と樹皮炭は高温で炭化しても形が崩れていなかった。逆に木炭では、炭化の際に高温で炭化したものは炭化する前の原形をとどめておらず、割ってみると、内部割れに近い変形をしていた。図1を見ると木炭は他の炭化物に比べて見かけ密度が小さい。割れによって木炭の内部に空洞ができ、見かけ密度が低下していると考えられる。炭化温度が高くなると真密度、は大きくなるが、見かけ密度は炭化温度によりも左右する大きな要因があると考えられる。

②:図2に炭化物 1g に対するよう素の吸着量の結果を示す。すべての炭化物で、炭化温度の違いにより、よう素の吸着量が異なった。吸着量が多かったのは、900℃で炭化した木炭や、800℃で炭化した樹皮炭であった。スギ炭、樹皮炭は炭化温度が高くなるにつれて単位吸着量が大きくなった。炭化温度が 1000℃になると、わずかに吸着量が減少した。竹炭は 400,1000℃で炭化した際に多くよう素を吸着した。また、図1と図2の樹皮炭と竹炭について、比較してみると、見かけ密度が大きいほど吸着量が増えると推察される。見かけ密度を測定するだけで、おおよその吸着力が判明できると考えられる。木炭については高温の炭化物について、特に大きな内部割れが存在していたため同様の傾向は見られなかった。

③:図3に樹皮炭のC1sのピークスペクトルを示す。炭化温度400℃から炭化温度1,000℃の炭化物において、C1sスペクトルを比較すると、木炭、樹皮炭、竹炭の3種ともにC1sスペクトルは 284eV でのピークを示した。竹炭には292eV の位置に木炭、樹皮炭にないようなピークが発生した。これはX線によって光電子が励起し飛び出した際の運動エネルギーや shake-up 過程より、真空中に離脱したベンゼン環を含んだ物質が XPS によって検出された。

化学シフトにより、グラファイト/芳香族炭素化合物、直鎖上の脂肪族炭素化合物、ヒドロキシル基エーテル基などの官能基、に波形分解をすると、脂肪族炭素化合物の割合が最も多く存在した。図4、5には木炭によう素を吸着させる前後での、図6、7には竹炭炭によう素を吸着させる前後での、波形分解した炭素化合物の移り変わりを示した。ともに脂肪族炭素化合物は吸着後に減少を示した。

【まとめ】

見かけ密度の測定によって、炭化物がどれだけの吸着能力があるのかを判断できる要因が得られる。炭化物は複数種の炭素化合物によって構成されておりよう素を吸着させた前後での炭化物は、炭素原子の結合状態が変化している事が確認できた。

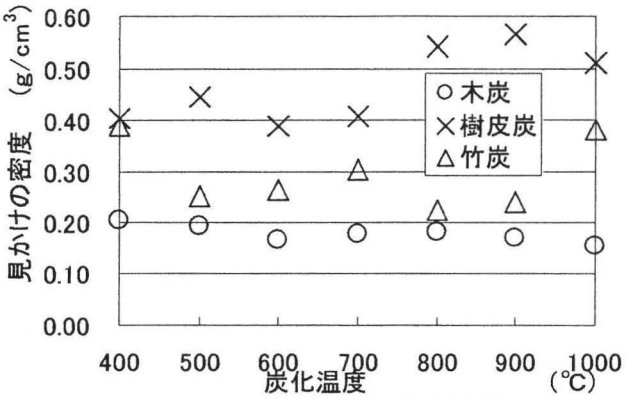


図１．見かけ密度の測定結果

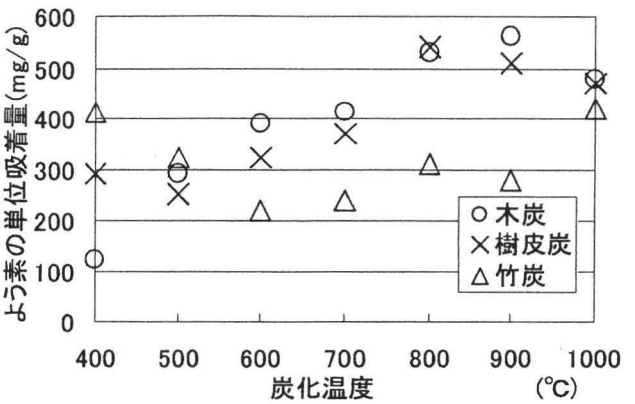


図２．よう素の単位吸着量の測定結果

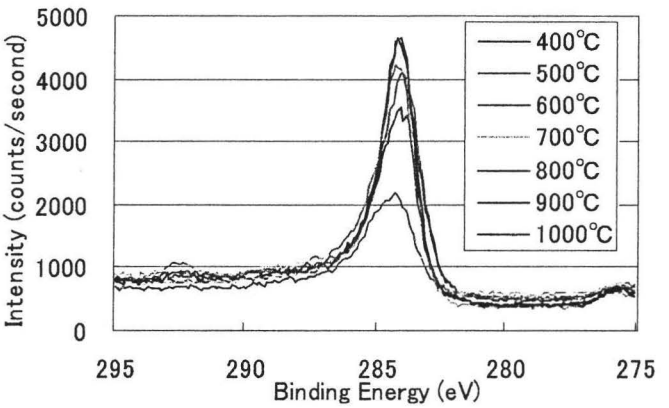


図３．樹皮炭 C1s 軌道での光電子数の測定結果

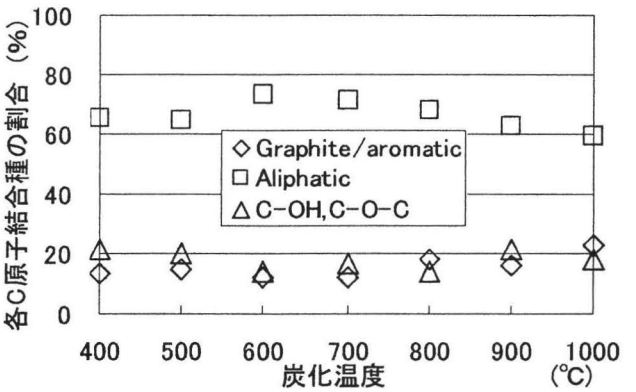


図４．木炭のＣ原子結合の種類構成割合(吸着前)

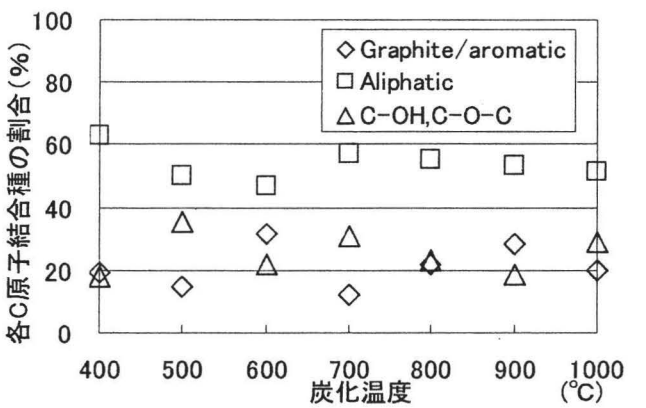


図５．木炭のＣ原子結合の種類構成割合(吸着後)

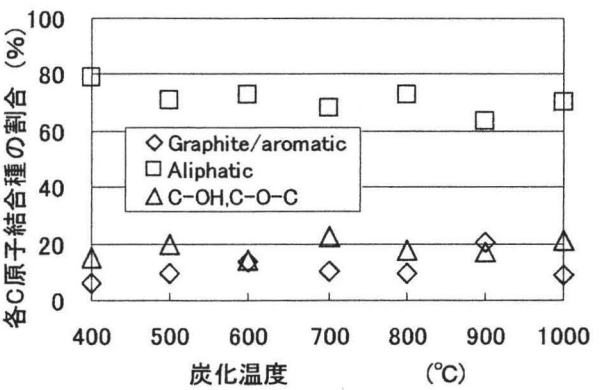


図６．竹炭のＣ原子結合の種類構成割合(吸着前)

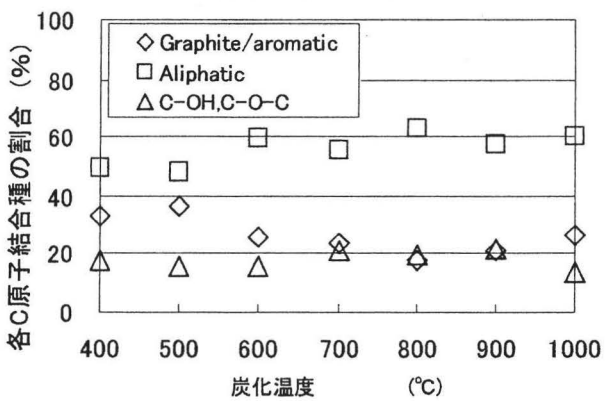


図７．竹炭のＣ原子結合の種類構成割合(吸着後)

05-62 イソシアネート接着剤を用いたボードの開発と特性

鹿児島大学 農学部
研究生 長谷部 出

現在の日本の林業にまつわる諸問題は、外材輸入に伴って国産木材の単価が低下したことに起因しており、伐採量の減少、間伐材の未活用問題、また台風などによる自然被害のための倒木の処理問題などが挙げられる。これらの解決策のひとつとして、木材を接着加工してボードにする方法を検討した。本研究の目的は、木材の用途の一つとなり得る新たなボードの開発である。強度面、耐水性において現在上市されているボード類を上回るものを開発したい。同時に、ホルムアルデヒド系接着剤の問題である VOC 問題も解決することである。このために、水性高分子イソシアネート系接着剤を利用してボードを開発することによって実現しようとした。

研究材料として南九州産スギ材（Cryptomeria japonica D. Don）を用いた。接着剤は水性高分子イソシアネート系接着剤（アイカアイボン：アイカ工業株式会社製）を用いた。ボードの型枠として120 ㎜×120 ㎜（膨潤・収縮率用）、90 ㎜×250 ㎜（曲げ強度試験用）を作製した。

ボードの製造方法は以下の通りである。①スギ材を超仕上げかんな盤により厚さ 1～1.5 ㎜，2～3 ㎜にスライスした。スライスしたスギ材を幅 2～3 ㎜でカットし、木片（エレメント）を採取した。②採取したエレメント（少量）と接着剤を混ぜ合わせ、一定方向に少しずつ型枠に並べた。これを繰り返し、厚さ 3～4 ㎜程度になるまで重ねる。重ねたものを上からある程度圧さえつけ、予備圧締した。型枠から外した後、油圧ジャッキ式プレス機で圧締を行った。油圧ジャッキ式プレス機は上下温度約 60～80℃，圧力 80 kgf/cm ^{2}～120 kgf/cm ^{2} で約 1 時間～2 時間、熱圧締した。ただし、試験目的によってボードのエレメントの寸法，型枠，エレメント量，接着剤量，圧締圧力は異なる。

膨潤・収縮率用のボードは、エレメントの幅，厚さに関しては同じサイズでとした。ただし、繊維長は 50 ㎜，120 ㎜の 2 つに分け、2 種類のボードを成型した。曲げ試験用の縦方向用ボードは、エレメントの繊維長，幅は同じサイズ。厚さに関しては 1.0～1.5 ㎜厚，2.0～3.0 ㎜厚の 2 つに分け、2 種類のボードを成型した。横方向用ボードについては試料が足りなかった為、1 種類のボードを成型した。

試験用サンプルの採取は、膨潤・収縮率用試験片は成型したボードから試験片 30 ㎜×30 ㎜の試験片を採取した。密度がなるべく等しくなるように端から 10～15 ㎜程度を切り落とし、繊維長 50 ㎜で成型したボードから 12 個，120 ㎜で成型したボードから 8 個，計 26 個採取した。曲げ強さ用試験片は、縦方向と横方向の 2 種類の試験片を採取した。

エレメントが長さ方向に並んでいるものを縦方向試験片とし、幅方向に並んでいるものを横方向試験片とした。120 ㎜×250 ㎜の成型したボードより、縦方向試験片（幅 50 ㎜×長さ 200 ㎜）をエレメント 10～15 ㎜厚成型，エレメント 20～30 ㎜厚成型より各 3 枚、計 6 枚を採取。横方向用試験片はエレメント 20～30 ㎜厚成型より計 4 枚を採取した。

膨潤･収縮試験の方法は、JIS に規定されたボードの中で一番近い JIS A 5908 パーティク

ルボードに準じて試験を行った。

曲げ試験の方法は次の通りである。JIS A 5908 パーティクルボードの規格では、支点間距離（スパン）については厚さの 15 倍とし、かつ 150 ㎜以上と規定されているが、本実験で使用する試験片の厚さは 9 ㎜厚であり、15 倍しても規定のスパンに達しないため、スパンを 150 ㎜とした。

結果及び考察は以下の通り。

(1)膨潤・収縮率試験

膨潤率について、JIS 規格では、厚さ膨潤率の値は 12%以下とされ手居る。当開発ボードでは 12%を下回った。エレメント 120 ㎜成型のボードは変動係数 1%を下回る値を示したのに対し、50 ㎜成型のボードは密度・膨潤率共に平均値は 120 ㎜成型のボードと同様であったものの、変動係数は 5～100%の値を示した。

エレメント 50 ㎜で成型したボードは、エレメントの端と端とが重なり合う部分が出来てしまう。重なり合う部分は手作業で行う為、不均一に出来てしまう。それに対してエレメント 120 ㎜で成型したボードは、型枠のサイズ（120 ㎜×120 ㎜）と同じ長さなので、エレメントの端同士が重なることはなく、密度が安定したボードも成型出来ると考えられる。

また、文献値と比較すると、PB の厚さ膨潤率の値は 3 日間浸漬で、20～30%の値を示していた。本試験での表 2 の厚さ膨潤率は、3 日間浸漬で平均 6.14～6.24%であった。

収縮率では、エレメント 50 ㎜のボードと 120 ㎜のボードとの平均値を比べると、ほぼ等しかった。しかし、エレメント 120 ㎜に比べて 50 ㎜は変動係数が大きかった。エレメント 120 ㎜の成型ボードの体積収縮率は 12～20%であった。これは気乾状態の含水率が 20%前後あったため、大きな値となったと考えられる。変動係数は概ね 0.19%の値を示していた。

全体としては、本実験では他種の接着剤を用いた対照実験をしていないため、明確な考察は出来なかった。文献値と比較してみると、ユリア樹脂接着剤を用いたものとは膨潤率が大きく違っていた。得られた結果からは、イソシアネート系接着剤はフェノール樹脂接着剤と同様、屋外などや水を頻繁に使用するような場所などにも使用出来ると考えられる。これは、1 類（特類）相当の耐水性に相当している。これは、イソシアネート系接着剤は木材中の水分や水酸基（セルロース，リグニン）などに結びつき、これが高い耐水性を発現しているものと考えられる。

曲げ試験の結果を以下に示す。

縦方向については、エレメント 1～1.5 ㎜厚，エレメント 2～3 ㎜厚の両方が 50N/㎟ 前後の値を示した。エレメント 2～3 ㎜厚のボードについては、破壊面を見ると節の部分で破壊が起きていた。節によって強度にどの程度の影響が出るのかは今回の試験では見なかったが、節を多く含むことで破壊しやすかったと考えられる。また、養生時間が短かったことも影響していると考えられる。

横方向では、1.5～3.6N/㎟ となった。縦方向よりも小さかった。また、横方向の値はインシュレーションボードと同等の値を示した。JIS に記載されている曲げ強度試験方法は、ボードのタイプによって細かく区分されるが、大まかに縦・横方向共に最低 8 N/㎟ 以上の強度を持ち、縦・横方向の値の小さい方を採用することとしている。本試験では横方向になるが、最低の 8 N/㎟ 以上にも達する値ではなかった。

文献値と照らし合わせると、密度がほぼ同等の単層 PB の曲げ強さは、ほとんどが 30～40N/

㎜ ² の間にある。当開発ボードは縦方向がそれらより大きい値を示した。横方向については大きく下回った。縦方向の強度が大きいことといかしてボードを３層で形成することで、横方向に対する強度も解決できると考えられる。

以上のように、本実験で開発したボードは縦方向の曲げ強度が強く、水分に左右されづらいボードが出来た。しかし、２試験しか行っていないこと、曲げ強さ試験で横方向の強度が低いことなど、現段階では使用することに対してたくさんの問題がみられる。だが、縦方向の曲げ強度を活かして、互い違いに層を形成させた３層ボードを形成するなどの改良を行うことで解決出来ると考えられる。そして、実際に製品化する際のもう一つの問題として、他のホルムアルデヒド系の接着剤に比べイソシアネート系接着剤のコスト高が上げられる。現在、イソシアネート接着剤は価格が高く広く使用されていない。その為、単価も高く、ホルムアルデヒド系接着剤に押されている。しかしボード特性をあげ、イソシアネート接着剤が広く使用されるようになれば、廉価になると期待できる。

05-64 建材及び異種建材境界面におけるカビの発育

お茶の水女子大学

教務補佐員　柚本玲

1. 本研究の目的

近年、わが国の建築物は省エネルギーを目指し、高気密・高断熱化されてきた。これは省エネルギーの観点から見ると効果をあげている。しかし一方で、室内空気と外気の換気がうまくおこなわれず、シックハウス症候群や、結露、カビの問題が生じ始めた。断熱工法などが不適切な建物で、浮遊真菌数が多かったという報告がある[1)]。

本研究では、建築構造内におけるカビ発育の可能性を非定常解析により明らかにすることを目的とし、木造住宅で防湿シートを設置する場合とそうでない場合で、構造内各境界面のカビ発育の可能性を検討した。

2. 方法

2.1. 非定常解析プログラム

解析には非定常熱湿気同時移動解析プログラムWUFI(ヴーフィ:WUFI Pro4、フラウンホーファー建築物理研究所)を用いた[3) 4)]。

2.2. 壁体構造

壁体は屋外側より、外装仕上げ－通気層－合板－断熱材(住宅用グラスウール:GW)－ポリエチレン防湿シート(PE)－石膏ボードを想定した。断熱材の厚みは次世代基準に従い、I地区のみ150mm、それ以外で100mmとした。以下防湿シートを設置した場合を"シートあり"、設置しない場合を"シートなし"と呼ぶ。

2.3. 気象条件

対象地域は次世代基準の各地域区分から1から3都市を選択した(I札幌市、II弘前市、盛岡市、III仙台市、長野市、IV新潟市、金沢市、東京都、V宮崎市、VI那覇市)。室内温湿度は2月に最低20℃、40%RH、8月に最高28℃、60%RHを示すサインカーブとなるよう設定した。

2.4. その他の条件

分析開始時には、各地域の平均相対湿度の時の各建材の含水率を設定した。また、温度はすべての建材に一律で各地域の平均温度を与えた。分析は経年の水分蓄積を確認するために、3年分実施した。建物の向きは南向き、10mまでの高さの戸建て建物を想定した。

3. 結果および考察

31. 含水率

含水率が経年で上昇すると構造に水分が蓄積していくことが考えられ、不適切な工法と判断できるが、本結果で解析したケースでは、水分の蓄積のあるケースは認められなかった。

32 相対湿度

Fig. 1 に防湿シート屋外側、Fig. 2 に断熱材屋外側の相対湿度変化を示す。

防湿シートを設置した場合のシート屋外側の相対湿度変化を見ると、那覇市では夏季 6 月から 9 月の 3 ヶ月間、80%RH 以上となった。また、宮崎市でも 7 月から 8 月の間に 80%RH を超える時期が認められた。それ以外の地域では特に高湿度になるケースはなかった。

断熱材と合板間の湿度変化を見た場合、シートを設置すると那覇市では 6 月前後、宮崎市では 9 月前後に 80%RH に迫る高湿度を示した。温暖な土地では、防湿シートにより夏季に壁体内が高湿になる場合があることが示された。

シートなしの場合、札幌市、弘前市、盛岡市、仙台市、長野市で冬季に 80%RH 以上の高湿度を示した。特に I 地区および II 地区の 3 都市（札幌市、弘前市、盛岡市）では 10 月から春先（3 月から 5 月）までの約 6 ヶ月間高湿度を示した。

IV 地区である新潟市、金沢市でも 1 月周辺で 80%RH 以上の高湿度が認められた。一方、同じ IV 地区の東京ではシートの有無に関わらず高湿度とならなかった。

4. まとめ

本研究では木造建物で防湿シートの有無が、壁体内部湿気性状にどのような影響を与えるかを明らかにするために、非定常熱湿気同時移動解析を実施し、カビ発育の可能性について分析した。

その結果、寒冷地では防湿シートを設置しなければ、屋外側の合板などでカビ発育や腐敗の危険が考えられるため、シートの設置が不可欠である。一方那覇のような蒸暑地ではシートがあることでかえって、シートの屋外側に高湿度の部位が生じることが確認された。

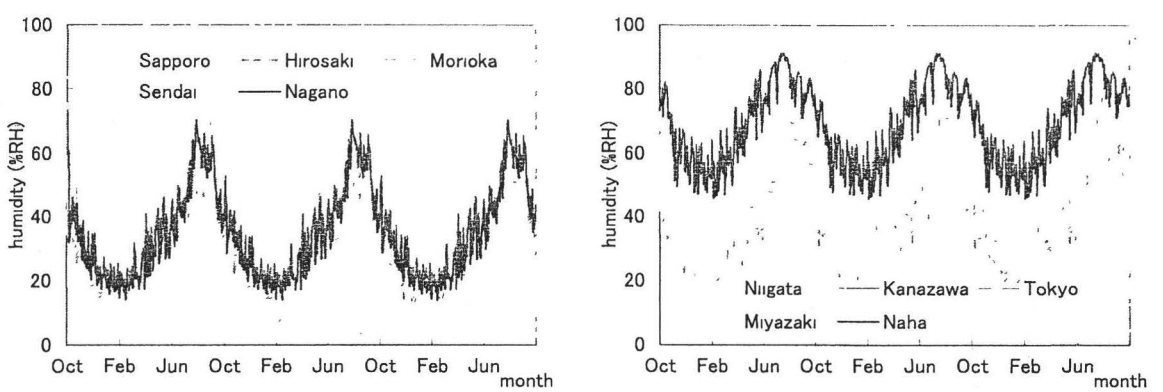
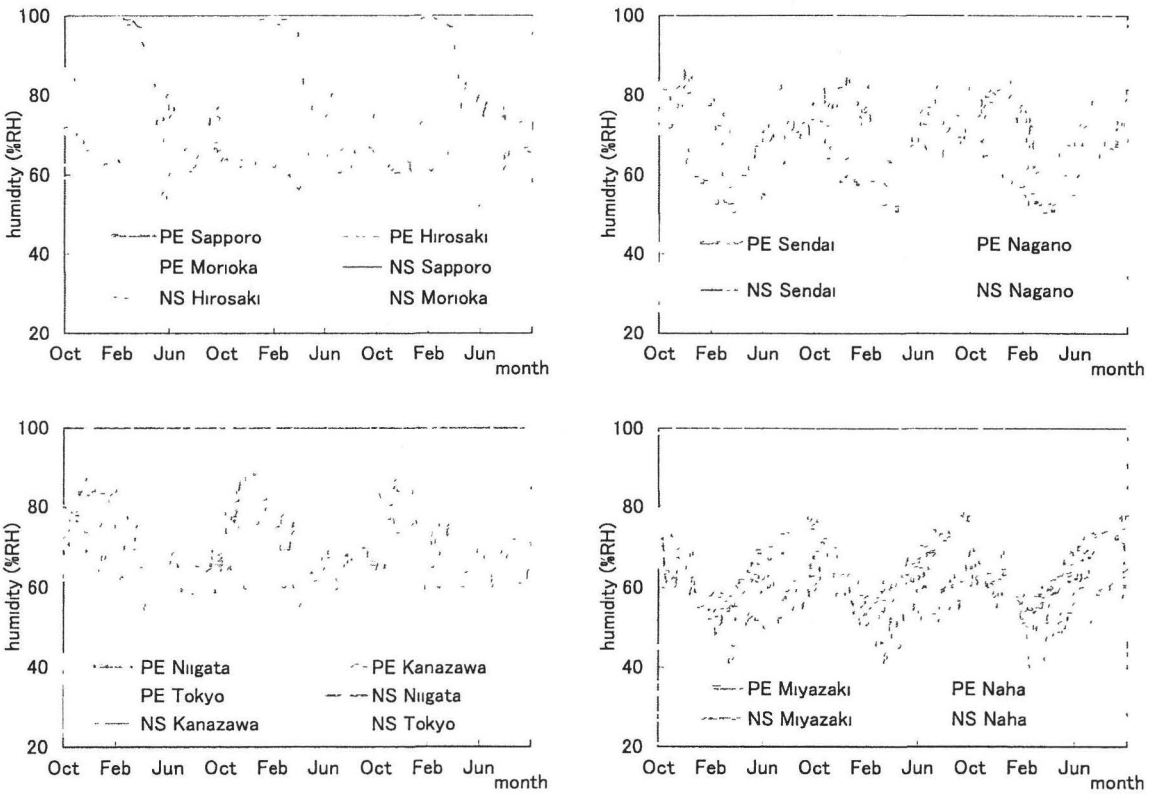


Fig. 1 防湿シートの屋外側における相対湿度変化



PE 防湿シートあり、NS 防湿シートなし

Fig. 2 住宅用グラスウールの屋外側における相対湿度変化

引用文献

1) 木村千暁，田中辰明，高鳥浩介，李憲俊，小林文香 居住環境にみる真菌の発育条件および抵抗性に関する研究 空気調和・衛生工学会論文集 No 86 (2002) p 67-76

2) 住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断と基準」及び「同設計及び施工の指針」(1999 年 3 月改正告示)

3) H M. Kunzel Simultaneous Heat and Moistue Transport in Building Components. One and two- dimensional calculation using simple parameters Stuttgart 大学博士論文 Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart (1995)

4) Hartwig M Kunzel, 田中辰明 WUFI を使った建築部位における非定常熱湿気同時移動のシミュレーション 月刊建築仕上技術 Vol.30, No 355 (2005)

本研究に関わる発表

1 柚本玲，堀内正純，田中辰明 木造住宅における防湿シートの熱湿気性状に関する非定常シミュレーション 平成 18 年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文 (2006/9)

2 柚本玲 非定常熱湿気同時移動解析プログラム WUFI(ヴーフィ)について 建材フォーラム No 362 (2006/11) p 13-p 15

3. 柚本玲，堀内正純，田中辰明，木造住宅における防湿シートの熱湿気性状に関する非定常解析 第 25 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会 (2007/4 予定)

05-65 コンクリート部材の李ユースによる期間限定型建築の開発

大阪大学大学院工学研究科
建築工学専攻博士前期課程　大西　広朗

1. 研究の背景と目的

環境を考えた「良質なストックとしての建築」が建築産業の主流である一方、長引く不況に対して「良質なフローとしての建築」が求められている。この二つの要求に対して、アンボンド PC 鋼材による部材リユースシステム(以下、RePC)を提案する。さらにこのシステムが、都市活性型建築モデルとしての妥当性を持ち合わせているかについて検証する。

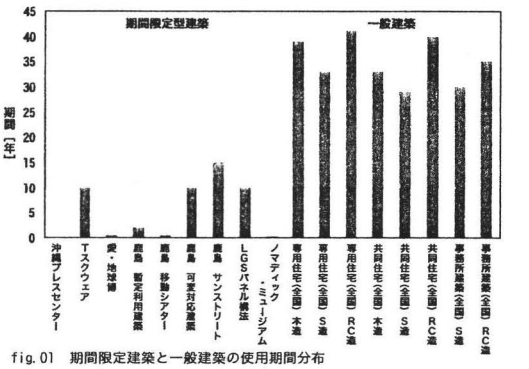


fig. 01　期間限定建築と一般建築の使用期間分布

2. 予備的考察

COP3 や学会声明によって建築において環境への意識が高まり始めた1997年から10年程度を振り返り、雑誌から期間限定型建築の事例を収集した。さらに、小松らの研究*1 より、一般建築の寿命実態を加えて記す(fig.01)。期間限定型建築は、１年前後のものと１０年前後のものに分類される。そして、これらの事例はコンテナ造を含む鉄骨系と、木系に限られている。コンクリート系は90%以上の再資源化率を有し、リサイクルの研究開発は活発であるが、リユースに関連する事例は、コンバージョンやリノベーションなどの既存建物を延命する例以外に見られなかった。また、物理的耐用年数に関しては、木造３０年、鉄骨造７０年程度に対して RC 造６０年と言われているが、高強度コンクリートを用いれば単位水量を減らすことができ、耐久性は格段に上がる。JASS５*2 による中性化がかぶり厚さに到達する期間を耐用年数と考えると、数百年である。これを用いて長寿命な部材を製作すれば、リユース建築として非常に有効だと思われる。

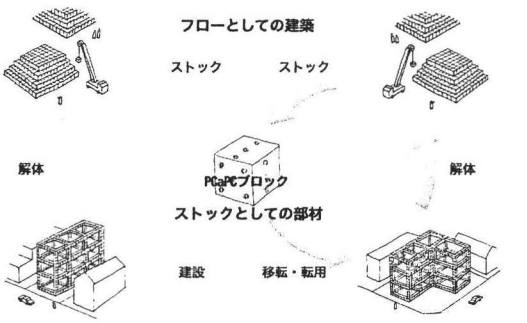


fig. 02　RePC概念図

耐用年数 $y = \frac{0.3(1.15+3x')}{R^2(x'-0.25)^2}C^2$	y = 475 年
かぶり厚さ　4 cm 中性化率　1.17 水セメント比　0.38　(AEコン使用で、+5% とした)	

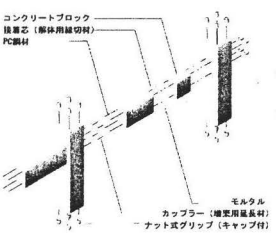


fig. 03　接合部

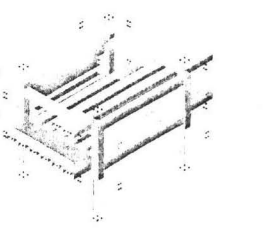


fig. 04　基本ユニット

3. システムの提案と試設計

コンクリートが期間限定建築として敬遠される理由の１つに、部材重量の大きさがある。重量を含めた施工性が原因で、コンクリート系は優秀な環境性能を発揮することができていないと言える。これを踏まえて本研究では、部材を小さなピースに分割することで部材重量

を鉄骨レベルに下げ、この小さなブロックをストックして流通させるというシステム(fig.02)を提案する。構造計算により、6m 程度のスパンに対して 450x600mm の梁断面を、柱に関しては 600x600 ㎜断面を想定した。構造計算上は上階で柱のピッチや寸法を小さくできるが、それよりも全体を統一したシステムで構成することで部材種類を限定し、数の増減によりプランに自由度を与えた。また、コンクリートの防音性・蓄熱性・耐震性が最も効果的に発揮でき、部材を繰返し使用できるよう、中層型の集合住宅を選択し、敷地は期間限定型という特性と土地利用の活性を目的として、都心の遊休地を選定した。敷地に与える影響を小さくするため、既存杭を積極的に利用し、解体後も新設杭と共に地中に残す。また、建物本体の環境性能として、ボイドスラブによる自然換気システムを使用する(fig.05)。fig.06 は 1 戸 66 ㎡の 7 階建て集合住宅の試設計図面より抜粋した。

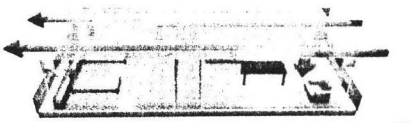


fig. 05　ボイドスラブ

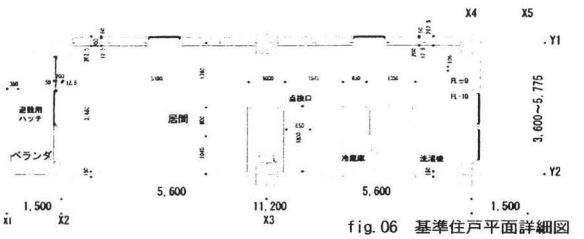


fig. 06　基準住戸平面詳細図

4. 環境負荷の評価方法

本論では、上記の試設計を元に廃棄物重量と CO_2 排出重量により環境負荷を測定する。前者には部材重量をそのまま用い、後者には部材重量に建築学会の $LCCO_2$ 原単位*3 を掛けたものを採用し、それらを建物の耐用年数で除した一年当たりの環境負荷と、それを積上げ式に足し合わせた総環境負荷によって評価し、他構造の集合住宅と比較する。

(1) ライフサイクル

部材製造・輸送・施工・使用・部材リユース・素材リサイクル・廃棄を考え、使用と廃棄は本論の評価に含めない。使用は設備にまつわるものが多く、廃棄そのものの環境負荷は無視できるものとする。

(2) 比較対象の建物

岩田らの研究*4 で登場する一般的な 7 階建て RC 造集合住宅と、それに使用を併せた鉄骨造集合住宅を引用した。

table. 02　設定シナリオ

構造別シナリオ		リユース	リサイクル	廃棄			リユース	リサイクル	廃棄
S造	鉄骨	90%	10%		ReS造	鉄骨		90%	
	金属		80%	20%		金属		80%	20%
	コンクリート		95%	5%		コンクリート		95%	5%
	木材		70%	30%		木材		70%	30%
	アルミ		100%			アルミ		100%	
RC造	コンクリート		95%	5%	RePC造	PC・鋼材	90%	10%	
	木材		70%	30%		木材		70%	30%
	アルミ		100%			ALC板		95%	5%
						アルミ		100%	

(3) 建物の耐用年数

社会的な背景を踏え、100 年以内の範囲で比較を行う。

(4) 工事種類

仮設工事・土・地業・コンクリート・型枠・鉄筋・鉄骨・PC・防水・タイル・木・金属・左官・木製建具・金属製建具・ガラス・塗装・内外装・仕上げユニットに分類し、杭・外構・設備工事などは除き、基礎梁から上の建物単体について評価を行う。

(5) シナリオ

リユースは仮設足場と鋼製型枠の 90%、さらにリユース鉄骨造では鉄骨部材を、RePC 造に関してはブロックと PC 鋼材の 90% をリユースすると仮定する。リサイクル率は各種資料*5・6 を参考に設定し、全てのシナリオにおいて仕上は 25 年ごとに更新するものとする (table02)。

5. 分析

最も複雑な形状をしているボイドスラブを 2 パタンとし、それによって 4 つの特徴的なプランを得た(fig.07)。柱・梁架構の上にボイドスラブを載せる形式をとっているため、設備スペースが躯体と切り離された。ブロック数の調整によって、高さ・間口方向のスパンに可変性を与えている(fig.08)。ブロックに関しては、大きさと重量の点で、それぞれ 1m・1t と鉄骨レベルであるが、ボイドスラブは載せ方の都合上、長く重いものになっている。施工手順では、

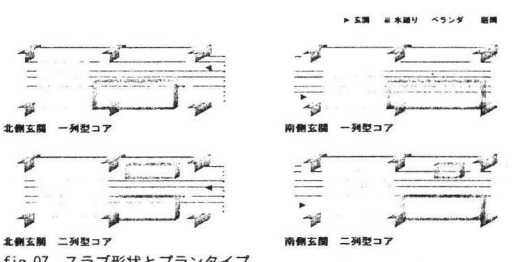


fig. 07　スラブ形状とプランタイプ

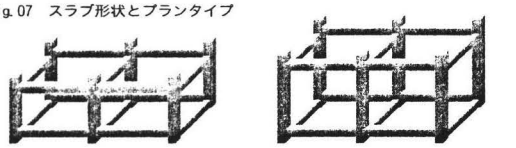


fig. 08　ブロックの組方

柱の組立はクレーンで簡単に行えるが、解体時に建設時と同様の足場を作成するという不利な面も見られた。また、ブロックとブロックの目地部分については、様々な材料を検討し、接着芯*7 を用いれば、解体後もほぼ元のままで、建設・解体を３度繰り返した結果も非常に良好な剥離性を示した(fig.09)。接合部以外の部材は配筋を施していないが、無傷であり(fig.10)、繰返し・長く使うというシステムの性格に適合していると言えよう。fig.11 は各構造による建物の $LCCO_2$ と部材重量を表したもので、前者は構造による差は殆どないが、後者では、RePC 造が鉄骨造と RC 造の丁度中間に位置している。また、部材の流通後はコンクリート部分がなくなる。fig.12 は現状に近いリサイクル率を設定したシナリオ（table.02）で構造別に比較したものである。廃棄物を見ると、RC 造が他の構造に比べて 20%程度大きい。しかし、CO_2 排出量は構造ごとに差が生じ、RePC 造は、RC 造の 50%、ReS 造の 75%程度に抑えられている。fig.13 は 100 年を 1 スパンとした時に、環境負荷を積上げ式に求めたものである。建物の平均寿命 33 年で建替えた場合には、RC 造と RePC 造に廃棄物 1500t、CO_2 排出量 4000t の差が出ている。当然、短期更新の方が絶対量の差が大きくなるが、RePC の場合には、期間を短くした場合にも環境負荷を抑えることができており、10 年程度の短期間限定建築にも対応しやすいことを示唆している。fig.14 では、さらに階数をパラメータとして追加した。x 年更新の a 階建てを xY-aF とすると、10Y-3F と 33Y-7F の間で一部逆転している箇所も見られるが、これは 25 年更新の仕上げに起因している。S・ReS・RC 造では、10Y-3F が 100Y-10F の 1.5 倍となっているのを見ると、更新の早い低層商業建築などは環境負荷が大きいことが容易に分かる。しかし CO_2 排出量を見ると、10Y-3F の RePC 造が、100Y-10F の S や RC 造より小さい。つまり、RePC 造なら、10 年程度の短期間限定型でさえ、他構造の 100 年建築並みの効果が期待できる。

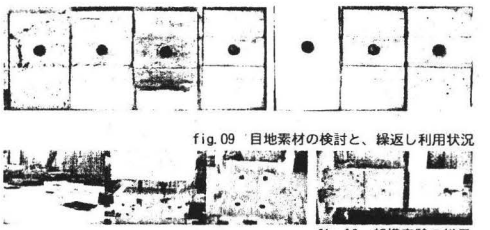


fig. 09 目地素材の検討と、繰返し利用状況

fig. 10 架構実験の様子

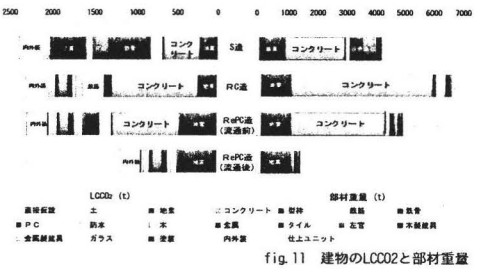


fig. 11 建物のLCCO2と部材重量

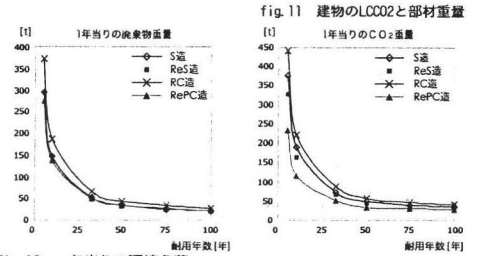


fig. 12 一年当りの環境負荷

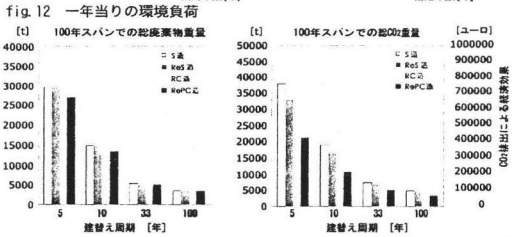


fig. 13 100年スパンでの総環境負荷

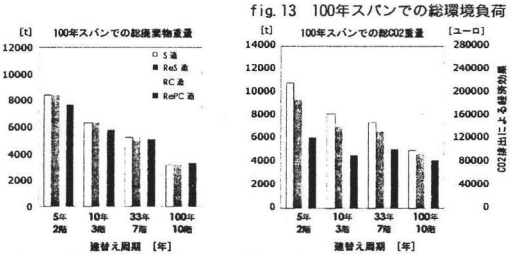


fig. 14 100年スパンでの総環境負荷（階数別）

6. まとめ

「４つのプランと可変性を持つ階高・スパン」

解体と流通を考慮したことで、特徴的な部材が得られた。部材の中で最も特異な形状をしているのがボイドスラブであり、工場製作と搬入の点で工期にも影響を与えることが予測されたため、二種類に絞った。これによって、４つのプランが決定した。また、階高・スパンもそれぞれ 500・1000 ㎜ピッチで伸縮可能なものになった。

「ひび割れの入らない無筋ブロック」

接合部以外は無筋ブロックを採用したが、構造実験によって短期・長期ともひびが入らないことが確認された。無筋では、鉄筋の腐食を考える必要がないため、耐久性が格段に高くなる。また、粉砕しても鉄くずの混入がない為、リサイクルの観点でも非常に有利である。

「非常に小さい CO_2 排出量」

特に CO_2 排出量の削減効果が非常に高いことを定量的に評価した。通常の RC 造の半分、リユースS造の7割程度に抑えられ、排出権取引が実施される将来は経済効果も期待できる。

「短期更新型施設としての可能性」

短期間に繰返し更新を行うシナリオでも、現状の 100 年建築と同等以上の環境負荷削減効果が認められた。解体が可能であることに加え、環境負荷が非常に小さいということは、情勢変化で急遽解体を迫られる場合にも有利である。昨今では、定期借地権付き土地や都市計画区域などを含め、将来のことはさておき、とりあえず建てるというケースが少なくない。期間限定型建築としては 10 年までしか事例が見られなかったが、このような場合、結果として 10 年以上の使用になることも考えら、RePC 造に向いていると言える。

「混構造としての利用の可能性」

本論におけるコンクリート部材のリユース効果測定では、特に環境負荷低減効果とその経済効果による社会貢献度が定量的に評価された。fig.15（*4*8*9 より作成）を見れば、全ての構造で最も多い割合を占めるのはコンクリートであることからも、本論のような架構全体としての使用は勿論、部分的にコンクリートリユースを用いた場合も、効果が大きいと言える。

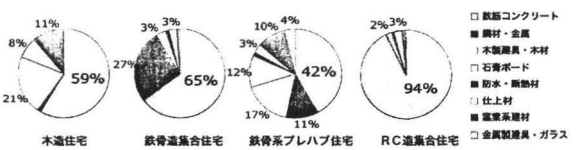


fig.15 構造形式ごとに見た構成部材重量の割合

7. まとめ

コンクリート造は、耐久性や蓄熱性、防音性などに優れながら、寿命実態は 40 年程度である。材料の点でも、全ての構造において最も構成重量が多いが、リサイクルしか選択できず、CO_2 削減には効果がない。また、コンクリート系では既存建物の延命を除いてリユースの事例はなく、期間限定型の事例は木造か鉄骨造に限定されている。しかし、本論のシュミレーションによって、RePC 造では期間の長短を問わず環境負荷が小さく、その経済効果も高いことが示された。ストックでありつつフローとなりうる RePC は、情勢変化の著しい昨今に適合した都市活性型建築モデルと呼べるのではなかろうか。本研究が建築業界の現状に新たな一石を投じることを願う。

尚、本論は RePC 研究会の成果の一端である。研究会は、中塚佶、鈴木毅、山中俊夫、高草大次郎、幸山真也、中森卓也、大西広朗、巽英明、寒川勝彦、古林桂太、多田正治、渡辺勧、菅田昌弘、片岡誠によって構成されている。

【参考文献】

*1 小松幸夫 他「わが国における各種住宅の寿命分布に関する調査報告」日本建築学会計画系論文報告集 1992.9
*2 日本建築学会編「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2003」 2003
*3 日本建築学会編「建物の LCA 指針 環境適合設計・環境ラベリング・環境会計への応用に向けて」 2003
*4 岩田衛 他「建築鉄骨構造のライフサイクルにおける環境負荷削減のシナリオとその評価」日本建築学会構造系論文集 2000.7
*5 国土交通省ＨＰ「建設物副産物実態調査」
*6 日本アルミニウム協会ＨＰ「統計資料」
*7 巽英明 島田他「リユース PC 建築物を対象とした剥離性接合目地のせん断特性に関する実験研究」日本建築学会大会学術講演梗概集 2002
*8 清家剛 小山明男「戸建て住宅の新築施工現場における投入・排出資材量調査」 日本 LCA 学会研究発表会 2005
*9 清家剛 秋元孝之 監修「サステイナブルハウジング」東洋経済新報社 2004
*10 高草大次郎「ストックアンドフローとなる建築モデルの可能性～ＰＣリブロックシステム」UIT 推進会議技術研究発表論文 2006

05-68 住宅における冷房使用と窓開放行動との関係に関する研究

大阪市立大学
前期博士課程 2 回生　林　小勇

背景：

地球環境問題を背景にエネルギー消費量の削減が強く求められている。近年、建築における自然エネルギーの活用は課題になっている。住宅部門のエネルギー消費は，日本のエネルギー消費の 14%を占めるといわれている。総務省が行った平成 15 年の住宅・土地統計調査によれば、平成 10 年～15 年の増加率をみると，「6 階建以上」の住宅の増加率は共同住宅全体の増加率(12.8%増)を大きく上回っており，共同住宅の高層化が進行している。また、エネルギー庁「電力需給の概要」によると、家庭において最も電気を消費しているのはルームクーラーや冷暖房兼用エアコンといった空調機器であり、2003 年度では家庭用電力消費の約 1／4 を占めている。冷房消費電力の削減が省エネルギーの観点から必要となっている。

住宅における窓の開閉行為は温熱環境を調整する居住者による適用行動の一つとして捉えられている。Raja ら,Wong ら,Feriadi らの研究では、居住者による適応行動や心理的要因がその温冷感に与える影響は大きいと指摘している。窓の開閉は居住者による温熱環境調節行為として積極的に導入すべきものであり、環境負荷低減につながると同時に、快適性にも寄与する。

以上のことから夏季においては、冷房設備に頼るのではなく、冷房を使用せずに、快適な居住環境を作り出すことが重要である。夏に住者による温熱環境適応行為は、着衣量調節、代謝量調節、窓開閉や日射遮蔽等がある。これらの実施状況を把握した上で、調節行為に影響を及ぼす要因をあきらかにすることによって、より快適で、より経済的で、より健康的な温熱環境調節の実現が可能になると思われる。

目的：

本研究は夏季の温熱環境と環境調節行為、環境に関する意識、ライフスタイルに関する調査を集合住宅を対象におこない、環境調節行為の生起要因を明らかにすることを目的とする。本研究における温熱環境調節行為とは、冷房使用、窓開閉及び扇風機使用をさす。

方法：

調査は大阪市内南部の住吉区を中心とする地域に立地する 6 階建て以上の中高層集合住宅に調査票を配布し、郵送により回収した。住棟は分譲と賃貸、民間公営が均等になるように予め選定し、住棟のすべての住戸に調査票を配布した。住棟数 24 棟、配布住戸数 1681 戸、回収数 290 通である。

調査項目は、表 1、2、3 に示すように、A：住戸属性（9 項目）、B：住環境評価（16 項目）、C：回答者属性（15 項目）、D：意識と習慣（11 項目）、及び環境調節行為としての E：扇風機使用（2 項目）、F：冷房使用（9 項目）、G：窓開閉（7 項目）である。調査は 3

～6 カテゴリーで行った。

環境調節行為に関係のある因子を調べるために、平均値の検定を行った。検定では表の行の評価カテゴリーを大きく 2 カテゴリーに分けた。

本研究の結果としては、以下のようになる。

1) 冷房使用程度と関係ある因子項目は、居住年数、住環境の満足度、風通し、日当たり、ベランダからの眺め、外からの視線、結露、湿気や臭い、カビ、日射の熱、日射、冷房効きやすさ、夏の暑さ、回答者の暑さへの耐性である。意識と習慣の「夏はできるだけ冷房に頼らず自然の風で過ごしたい」、「室内でも外とのつながりが感じられる方がよい」に当てはまる(2%)、「節水をこころがけている」、「節電を心がけている」、「都市高温化を実感している」、「都市高温化や地球温暖化に関心がある」は冷房使用程度と関係がある。

2) 起きている時の窓開放と関係ある因子項目は、風通し、ベランダからの眺め、湿気や臭い、夏の暑さ、性別、暑さへの耐性、寒さへの耐性、生活の型、食事時間、朝食の摂取状況である。意識と習慣の「夏はできるだけ冷房に頼らず自然の風で過ごしたい」、「冷え性の傾向がある」、「室内でも外とのつながりが感じられる方がよい」、「節水をこころがけている」、「節電を心がけている」は起きている時の窓開放と関係がある。

3) 就寝時の窓開放と関係ある因子項目は、居住階数、住環境満足度、日当たり、ベランダからの眺め、外からの視線、湿気や臭い、日射の熱、夏の暑さ、暑さへの耐性である。意識と習慣の「夏はできるだけ冷房に頼らず自然の風で過ごしたい」、「室内でも外とのつながりが感じられる方がよい」、「節電を心がけている」は就寝時の窓開放と関係がある。

4) 扇風機使用程度と関係ある因子項目は、居住階数、ベランダからの眺め、部屋に湿気や臭い、コバエ、日射の熱、居住者の年齢である。意識と習慣に関する項目すべてには、扇風機使用の程度による差がない。

5) 冷房の使用程度は、電気代意識、電気代の差、冷房設定温度、就寝時の冷房使用、冷房使用についての考え方、起きている時の窓開放、就寝時の窓開放と関係がある。

6) 起きている時の窓開放は、使い扇風機の台数、扇風機使用程度、冷房使用程度、電気代意識、冷房設定温度、就寝時の冷房使用程度、冷房使用についての考え方、就寝時の窓開放、窓かける幅、玄関の開放と関係がある。

7) 扇風機使用程度は、使い扇風機の台数、電気代意識、起きている時の窓開放と関係がある。

05-69 調湿建材と省エネルギー型デシカント空調システムを併用したダンプハウス対策に関する研究

東京大学大学院　工学系研究科　建築学専攻

博士課程　蔡耀賢

1．研究背景

近年、欧米では、住宅の気密性の強化に伴い、室内換気回数の低下による室内湿度上昇が生じ、室内におけるカビ発生などの問題が顕著となっている。湿度上昇に伴う結露被害は、建物の腐朽のほか、カビ毒などによる生物起源のIAQ（空気質：Indoor Air Quality）の悪化や健康影響を意味しており、ダンプハウス（Damp House）或はダンプビルディング（Damp Building）と称される社会的な問題となっている。

従来の冷房システムは、室内空気を露点温度以下に冷却し、除湿するという冷却減湿方法を主に用いている。しかしこれは、露点温度以下の冷却による除湿は結露に伴うドレンパン上のカビなどの発生の遠因となり、上記ダンプハウス問題を深刻化させることこそすれ、これを軽減するものでは必ずしもない。日本の住宅の室内気候を改善するため、換気量の確保および室内の温度・湿度調整を両立するに、環境に優しい室内温度・湿度環境調整方式が必要であると考えられる。

2．研究目的

本研究の具体的目的は次の3点である。

(1) 健康的なドレンレス空調システムの提案。

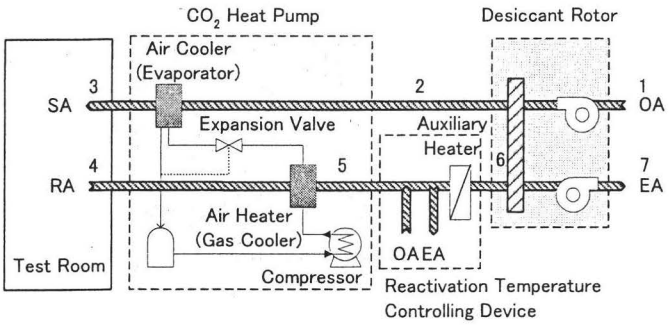
空調機と室内の空調ユニットのドレン工事が必要ないため、工期の縮減かつ設備費用のコストダウンが可能になる。さらに、一般空調機内のドレンパンやフィルタにしばしば発生するカビや汚れなどの問題がないため、健康面でもメンテナンス面でも有利となる。また、空調機の小型化も可能になるため、設備空間も節約できる。

(2) 環境配慮型空調システムの提案

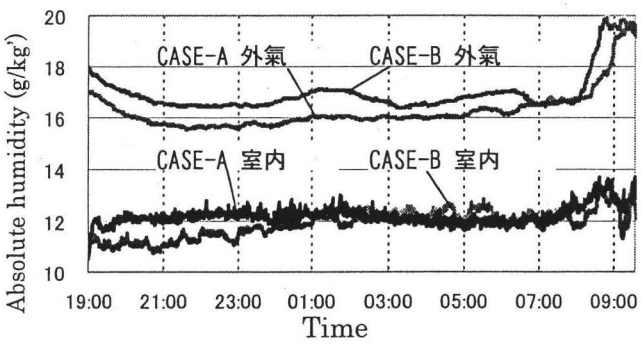
本研究では、ヒートポンプの温排熱を除湿材の再生に活用することにより省エネルギー効果を図る。また、太陽熱および地中熱など自然エネルギーの導入により、環境配慮型空調的システムとなることを図る。

(3) 調湿建材及びデシカント空調システムの併用

潜熱負荷変動に空調システムの容量制御のみで対応することには限界がある。省エネルギーを図るには、この負荷変動のレベルを抑え込むことが必要となる。本研究では調湿建材を室内に設置し、一部の湿気負荷を負担する併用方式、及び、調湿建材の吸湿・放湿サイクルについて検討する。



本提案システムの構成



CASE-A（調湿建材なし）と CASE-B（調湿建材あり）の室内・外気の絶対湿度変化

3．研究結果

3.1　新たなデシカント空調システムの構築について

本研究では、CO_2 ヒートポンプのガスクーラ及び蒸発器で発生した温熱及び冷熱を直膨方式でデシカント空調機に組み込み、低温排熱が得られない場合にも安定した再生用エネルギーが供給出来る高効率のデシカント空調システムを提案した。また、夏期におけるシステムの性能実験を行った結果、本システムでは結露が生じず、相対湿度 70％を超える累積頻度が 30％以下となり、微生物汚染の可能性は小さいと考えられる。

実験用システムの電気ヒータの代わりに、CO_2 ヒートポンプのガスクーラからの排熱を利用することを想定した場合、成績係数は 2 程度に達し、一般のデシカント空調システムより効率が大幅に向上することが期待できる。

3.2　調湿建材及びデシカント空調システムの併用について

本研究では、調湿用シリカゲルを室内に設置し、夜間にデシカント空調と併用する実験を行った結果、設置しない場合と比べ、室内の絶対湿度を約 1g/kg' 程度低減することができた。また、室内の湿度変動を緩和する効果も見られた。更に、調湿用シリカゲルを夜間吸湿、昼間吸湿の一日サイクルで利用する検討を行った結果、強制換気により昼間の外気を利用した乾燥方式は適用可能であった。

05-70 韓国建設産業における品質確保のための設計･監理者の役割

京都大学大学院建築学専攻
博士２回生　李　俊錫

＜第１章＞

・韓国では１０数年前、いくつかの重大な建設事故を経験し、その後、第三者による「責任監理制度」を導入するなど、品質確保の問題に国を挙げて取り組んでいる。
・日本よりも早く第三者監理を受け入れた韓国では、品質確保のためどのような方法を使っているのか、またその方法の問題は何であるのかを明らかにする必要がある。

＜第２章＞

・「国土開発総合計画」が打ち立てられ、本格的な土地開発事業が始まり、国のインフラ及び建設産業に対する投資が国家運営の主要項目として認識された。
・GDP に対する建設投資の比率は、1970 年代の前半期から増加しつづけ、1995 年には 22.1%に至るようになった。
・朝鮮戦争後の復興事業も追い風となり、韓国における建設投資は順調に伸び、それに伴い建設産業も肥大化し、建設業者が乱立した。乱立した建設業者を整備し、また零細な建設業者を育成するため、1958 年「建設業法」を制定した。1960 年代に入ってから韓国の建設産業は飛躍的に成長したが、量的な成長が優先され、品質に関する認識は足りなかった。1962 年から政府主導で「経済開発 5 か年計画」が推進され、建設産業が韓国経済の大きい軸として浮上し、経済開発の過程で技術蓄積と大型化の土台を備えた。また、1970 年代の後半には中東市場に進出し、莫大なオイルドルを誘致することによって韓国の経済発展に大きくに貢献した。

このように 1960 年代から 1980 年代の前半期までは、韓国の建設産業が超好況を向かえた時期であった。この期間、韓国の政府は免許基準を強化することによって不良業者を整理し、品質確保を図ろうとしたが、建設産業での既存業者と新入業者との競争がなくなり、国際競争力及び品質の低下を引き起こした。1973 年には、TQC を建設産業に導入するなどの動きもあったが、品質に関する認識不足などによって、未だにその成果は充分なものとはなっていない。1980 年代に入ってから、建設市場の開放および、韓国の建設生産システムが原因になるいくつかの崩壊事故によって品質管理や監理者の必要性を感じ、「建設技術管理法」や「責任監理制度」などを導入したが、このような努力にも関わらず、死傷者 1400 人を超える大型惨事が発生し、建設産業に対する批判的なイメージが広がった。このような状況により、建設産業全般にかける危機感を感じた韓国政府は、建設産業の構造を改善するため、「建設産業基本法」と韓国のＣＭ方式である「建設事業管理制度」を導入した。

・設計監理とは、新工法や特殊工法を用いる公共工事等が制度の適用対象であり、対象工事の基本設計、実施設計が建築法等関係法令に従ったものであるかのチェックを民間業者に委託する制度である。
・責任監理とは 100 億ウォン以上の公共工事に関して、公共発注機関の監督者に加え民間監理専門会社に対して工事監理業務を委託することである。
・建設事業監理制度とは建設工事に関する企画、妥当性調査と分析、設計、調達、契約、施工管理・監理、評価、事後管理等に関する管理業務の全部又は一部を遂行することをいう。

＜第 3 章＞
・ 監理の定義から監理体系まで法律によって厳しく決められている韓国の監理制度は、責任監理、工事監理、施工監理、検測監理、建設事業管理に分けられている。
・ 監理方式は、プロジェクトの種類によって第三者監理方式、第三者の責任監理方式、設計者監理方式、発注者監理方式、建設事業管理方式に分かれている。
・ プロジェクトの実施方式は、設計施工分離発注方式が一般的な方式であり、大型工事などはターンキー方式や建設事業管理方式で実施できる。
・

＜第 4 章＞
・ 韓国での設計者とは自己責任下で建築物の建築・大修繕、建築設備の設置或いは工作物築造のために図面・構造計算書及び工事仕様書、その他建設交通部令が決める工事に必要な書類を作成し、その設計図書が意図したのを解説し、指導・諮問する行為を行う人を称し、設計業務は事前調査から、設計図書の作成、設計意図の説明などである。
・ 発注者と設計者の関係で設計契約は請負契約であり、設計の瑕疵が発生した場合には、設計者は設計に対する補修責任及び一般的損害に対する責任を負担しなければならない。
・ 設計者の責任は設計者のみではなく、発注者、監理者、施工者に転嫁される場合が多い。
・ 設計者の役割はその業務から分かるように、建築プロジェクトのプロセスの中で設計情報を作成及び発注者の要求が生産情報、中間生産物、最終生産物により反映されるように解析・諮問することである。
・

＜第 5 章＞
・ 韓国での監理制度は、1980 年代から設計者及び施工者の技術的な能力の不足、大規模の建設関連事故などが原因となり、問題を解決するため、五つの監理制度に分化している。
・ 監理制度の中で監理者の業務を整理してみると、発注者と行政機関の代理としての業務と、施工に対する監理者本来の確認業務、施工者の安全管理や品質確保に対する指導・監督業務などまで、プロジェクトに幅広く関与している。
・ 監理者の業務遂行を支援するため、監理者に工事中止命令などの強い権利を付与し、それに対する厳しい責任も負わせている。
・ 監理者の業務は、設計以後段階で品質確保のために最も大切な役割を行っていると考えられるが、その分、監理者の負担も大きい。

・ 韓国の監理制度は、全体的な体系を完成した後、細部事項を制定したことではなく、その時代の問題を解決するため、監理者の役割を強化して現在に至っている。

・

＜第６章＞

・ 韓国の設計者による監理方式は、設計者が工事の最後まで関与できることにより、発注者の要求が建築物に充分に反映できるが、前述のとおりに専門的な監理・管理能力が不十分であるため、施工段階での品質確保は期待しがたいと考えられる。

・ 第三者による監理方式は、監理者が施工段階での技術指導や監督の業務に加えて、発注者の要求に基づき、設計以後からプロジェクトの管理業務、品質及び安全管理業務まで行う場合が多いため、監理者の負担は増加するが、専門的な監理者によって監理業務が行われるため、品質確保が容易である。すなわち、監理者の能力がプロジェクトの成果を左右すると考えられるが、監理者の能力が施工者や設計者より低い場合が多いため、指導・監督業務が中心ではなく、チェックリストによるチェックが中心になっている。このような過度な業務の集中は、むしろ監理者としての正常的な業務遂行を妨害していると考えられる。

・ 発注者による監理方式は、設計者とのコミュニケーション及び発注者が十分な管理や管理能力を持っていれば、優秀な品質確保が期待できる方式であると考えられる。

・ ＣＭｒが監理業務を行う監理方式は、CMr が設計監理や責任監理業務を含め、プロジェクト全体の管理を行うため、CMr の力量によって品質、コスト、工期などの生産性の向上が期待され、近年その契約高が伸び続けている。

・ 第三者の監理者とＣＭｒの両方が存在する監理方式は、プロジェクトの初期から各主体の役割などが管理されるので、高い品質が期待できるが、ＣＭｒの工事監理機能と監理者の役割が重なることによって、効率性の問題が提起され、最近では殆ど行われていない。

・ 監理とは設計と施工の技術能力や自主管理、プロジェクトへの協調の土台の上で働ける事実を看過し、未成熟な建設環境のまま、監理者の任命によって品質関連問題の一括的解決を狙って導入したことにより、システム的に問題が発生した。

・ 設計者による監理方式以外の場合、最も基本的な問題は設計者と施工者間の断絶である。つまり、設計図書の完成の後、施工者を選定するので、施工者はプロジェクトの最後段階まで参与できない。また、設計者は設計段階では施工者の技術レベルが予想できないので、新しい工法の適用より一般的な工法を選択する傾向もある。これにより設計者と施工者の対立関係が引き起こされた。

・ 韓国の監理者は、施工段階での品質管理の業務以外に、発注者の代わりの行政業務やマネジメント業務が相当程度含まれるため、監理者がプロジェクトの管理者としての役割まで遂行しなければならない。このような過度な業務の集中は、むしろ監理者としての正常な業務遂行を不可能にしていると考えられる。

・ CMr としての組織も設計検討や責任監理業務などを遂行するため、自分の組織の中に設計や監理部門に対する組織を持たなければならないので、むしろコストアップなどの原因になる可能性もあると考えられる。

05-71 自然系ワックスからの揮発性有機化合物放散

お茶の水女子大学
博士後期課程再学
ディアス マルティネス、
デェイシー カタリナ

1 はじめに

近年、脱石油を目的とした再生可能資源の利用技術開発が進行しつつあるが、液状建材の分野でも天然系製品の使用、開発が行われている。これらの揮発性有機化合物(VOCs)の放散対策の観点からは、比較的放散量の多い初期放散と放散量は比較的少ないが恒常的な長期放散とを分けて考える必要がある[1)]。本報では自然ワックスについて初期及び長期のVOCs放散について検討した。

2 実験方法

3種類の自然ワックス(LV1、AU1、CE1)それぞれをアルミ板に塗布して測定用試料とした。これら試料からのVOC放散をJIS A1901に準拠した小形チャンバー法によって測定した。測定条件は温度28℃、湿度50%RH、換気回数0.5回/h、試料負荷率 2.2m^2/m^3を目安とした。カルボニル化合物はDNPH管で捕集し高速液体クロマトグラフィにより、その他のVOCsはTenax TA管で捕集し加熱脱着GCMSにより分析した。

3 結果及び考察

3 1 カルボニル化合物の短期放散

VAはValeraldehydeを表す。図1から図3よりFA(Formaldehide)はいずれのワックスでも放散は非常に小さかった。ワックスLV1ではHA(Hexaldehyde)、AA(Acetoaldehyde)の初期放散が比較的大きかったが、半日も経てば下がった。AU1ではHAの初期放散が2日間に渡って大きかった。CE1ではPA(Propionaldehyde)HAの初期放散が大きかったが、1日経てば下がった。

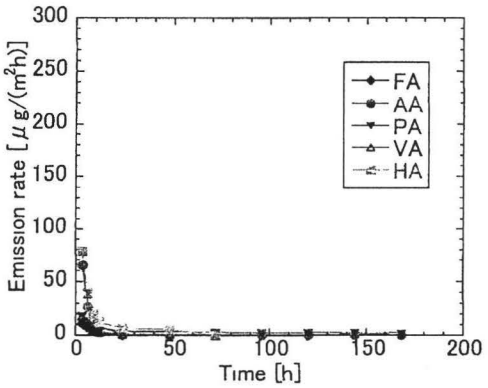


Fig.1 Emissions of carbonyl compounds from LV1

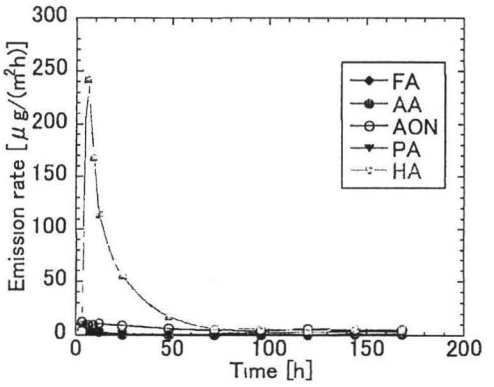


Fig.2 Emissions of carbonyl compounds from AU1

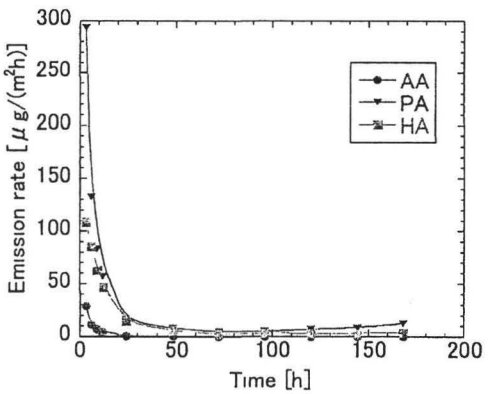


Fig.3 Emissions of carbonyl compounds from CE1

3.2　カルボニル化合物の長期放散

図 4 よりワックス LV1 では 50 日程度の測定期間中、微量ながら PA の放散が継続していた。図 5 より AU1 では 90 日程度の測定期間中微量の AON(Acetone)放散が継続していた。また、図 6 より CE1 では 10 日程度から特に PA、HA、AA の放散速度の急激な上昇が見られた。このように、1週間程度で放散が治まるように見えて、後から本格的な放散が起こることもあるということが分かった。このようになるのは CE1 中に含まれる空気中の酸素やオゾンによって酸化されやすく、アルデヒドを生成し易い亜麻仁油のためではないかと考えられる[2)]。

3 3　カルボニル化合物以外の VOCs放散

カルボニル化合物以外では、ワックス LV1 からは 1-Octanol の放散が、CE1 からは Limonene と Hexanoic acid の放散が見られた。AU1 からの長期放散の例を図 9 に示す。図 7 より LINA 、LIEP 、MENT に関しては2日で急激に減少し、7日以後は放散が停止した。LIMO だけは1ヶ月程度まではかなり放散し、それ以後も微量の放散が継続した。

4. まとめ

全体的にアルデヒド類やリモネンなど植物由来化合物の放散が見られた。ワックスによっては塗布して 10 日程度経過した後、アルデヒド類の放散速度が突然急上昇した。これはワックスに含まれていた亜麻仁油が酸化されたためと考えられる。比較的大きいが短期的な初期放散、中期的な突然の亜麻仁油由来の放散、小さいが持続する長期放散の3型の放散に異なる種類の注意を払う必要がある。

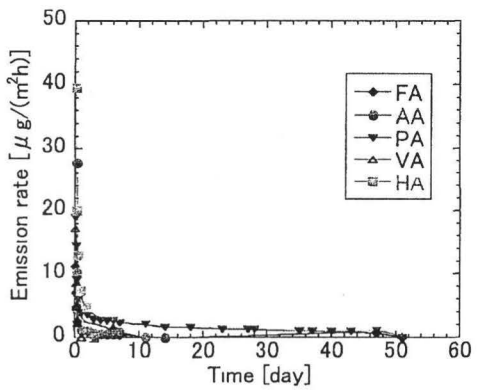


Fig 4 Long term emissions of carbonyl compounds from LV1

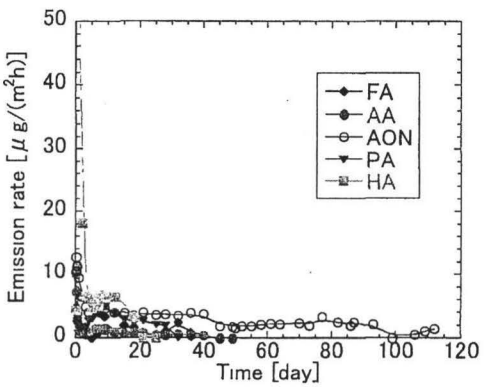


Fig.5 Long term emissions of carbonyl compounds from AU1

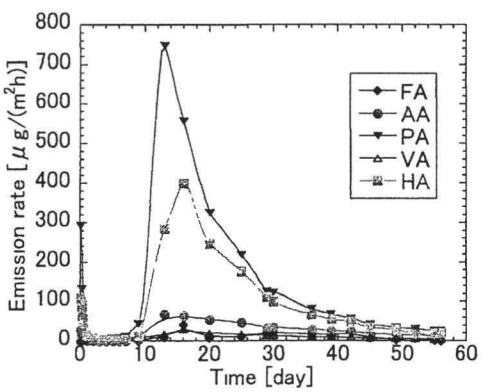


Fig 6 Long term emissions of carbonyl compounds from CE1

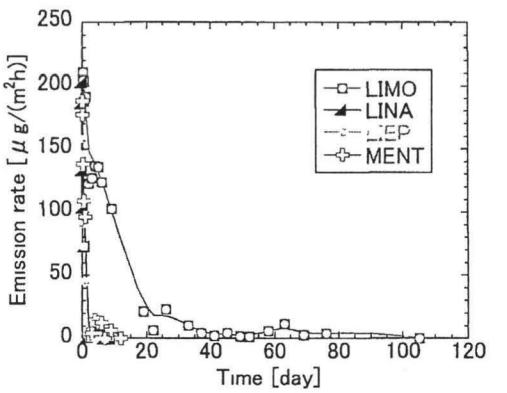


Fig.7 Long term emissions of VOCs from AU1 analysed by GCMS

LIMO Limonene、LINA Linalyl alcohl、LIEP Limonene epoxide、MENT p-Mentha-6,8-dien-2-one

参考文献

1) 前田百合香、テェイシー ディアス、中井敏博、田中辰明、自然塗料における揮発性有機化合物の短期及び長期放散 空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集(2006)255～256

2) テェイシー ディアス、仙本玲、小林靖尚、中井敏博、田中辰明、久保田紀久枝、亜麻仁油市販品における揮発性有機化合物の短期及び中長期的放散 空気調和・衛生工学大会講演論文集(2006)471～474

05-72 吸着建材による室内空気中の化学物質濃度低減対策に関する研究

東京大学大学院　工学系研究科　建築学専攻

博士課程　徐長厚

● 研究背景

最近、室内空気汚染化学物質の問題の対策として、汚染源対策、常時換気だけではなく、パッシブ吸着建材がよく使用されている。toluene などの VOCs に関する対策の場合、汚染物質吸着能力を持たせた石膏ボードなどの建材が製品として市場に流通しているが、吸着建材の濃度低減効果評価法や統一された試験法で横並びの性能評価が行われていない。また、toluene 濃度低減性能試験に関する研究の事例はあまり報告されてないのが現状である。

本研究では、試験体表面の気流がコントロール可能な物質伝達率制御型小形 Test Chamber を用いて一般的な吸着材である粒状活性炭及び各種吸着建材による VOCs 濃度低減性能試験を行い、濃度低減性能に及ぼす影響因子を検討する。また、吸着破過試験[1]を用いて、活性炭及び各種吸着建材の toluene 吸着等温線を推定し、toluene に対する吸着持続性能を検討する。

● 研究概要

VOCs 濃度低減性能試験は物質伝達率制御型小形 Test Chamber を用いて行う。測定試料は一般的な吸着材である活性炭、5 種類の吸着建材（活性炭配合石膏ボード、活性炭ボード、多孔質調湿セラミック建材、ケイカル系調湿建材及びセラミックタイル）及び通常の建材の石膏ボードである。

吸着建材の吸着持続性能の検討は、破過試験を用いる。破過試験の測定試料は活性炭、活性炭配合石膏ボード、活性炭ボード及び通常の建材の石膏ボードである。

● 研究成果及び課題

本研究では、吸着材の活性炭及び各種建材の VOCs 濃度低減性能及び破過試験を用いて、その持続性を検討した。

1. 実験及び CFD 解析により、活性炭などの各種建材の VOCs 濃度低減効果を確認した。活性炭の VOCs 濃度低減効果は非常に優れ、破過試験により、その持続性の検証も確認できた。他の建材に関しても濃度低減効果と吸着性能持続性の相関が見られた。

2. 活性炭における破過試験結果を気相吸着 Langmuir 理論に適用し、今回行った破過試験の妥当性を証明した。

3. 室内 VOCs 濃度低減性能試験法及び吸着破過試験法を用いて、各種建材の横並び性能評価を行い、本研究の有効性が確認できた。

4. VOCs 混合ガスの破過試験を行い、各種建材の多成分有機化合物に対する吸着性能持続性の検討が必要である。

Table1　実験結果

Testing materials	Supply gases	C_i [μg/m^3]	C_o [μg/m^3]	ads [μg/(m^2·h)]	Q_{ads} [m^3/(h·m^2)]
活性炭	TL	280	48	52	1.1
	EB	305	55	56	1.0
	p-XL	104	18	19	1.1
	ST	300	50	55	1.1
活性炭配合石膏ボード	TL	300	149	34	0.2
	EB	330	168	37	0.2
	p-XL	114	55	13	0.2
	ST	320	151	38	0.2
石膏ボード	TL	290	270	6	0
	EB	320	292	7	0
	p-XL	110	97	2	0
	ST	305	272	8	0

※TL: toluene, EB: ethylbenzene, p-XL: xylene, ST: stylene

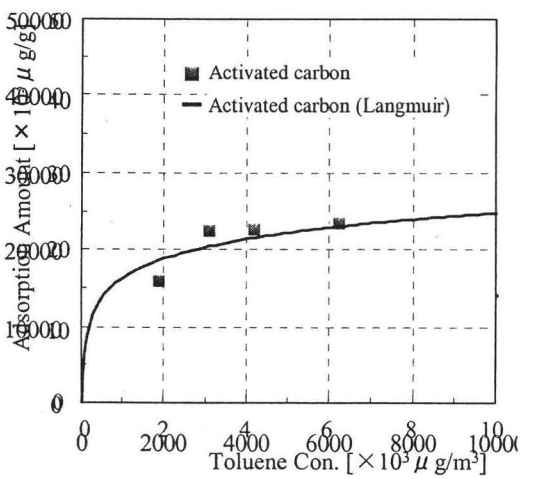


Fig.1 活性炭

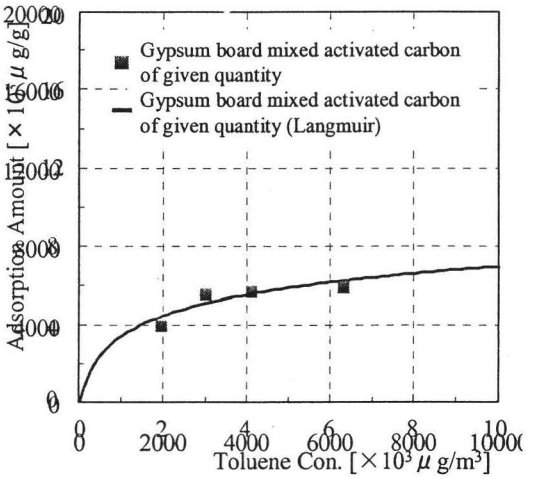


Fig.2 活性炭配合石膏ボード

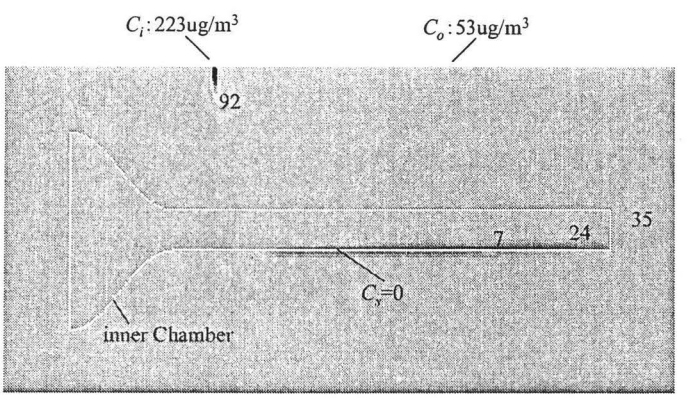


Fig.3 Test chamber 内の toluene 濃度分布

第３部　国際会議・国際協力
05-73 国際委員会 Annex41 京都会議の開催

京都大学大学院　工学研究科　建築学専攻
教授　鉾　井　修　一

１．本研究の背景と目的

1.1 背景

国際エネルギー機構 IEA（International Energy Agency）は、様々なエネルギーの開発とその適切な利用に取り組んでいるが、IEA の「建築コミュニティにおける省エネルギー研究プログラム ECBCS（Energy Conservation through Building Community Systems）」では、2003 年に新しい研究プロジェクトの一つとして Annex 41「建物全体における熱、空気および水分移動（Whole building heat, air and moisture transport（MOIST-ENG））」が開始された。このプロジェクトは、IEA 加盟の十数ヶ国の参加を得て、４年間（2003 年～2007 年）で進められる予定であり、日本も申請者・鉾井を委員長、東北大学･吉野 博教授を主査としてこの研究プロジェクトに参加している。

建物の使用に伴い発生したり外壁を通して流入する熱や水分により、壁体に水分が蓄積すると、カビの発生、エネルギー消費の増加、壁体の耐久性の低下など種々の問題を引起す。この際、建物内外のランダムな空気流動は、壁体の熱水分挙動を変化させる。また、暖冷房･空調システムは、室温を適当なレベルに保つように熱は供給するものの、湿度については多くの場合成り行きとなっている。しかし、室内湿度が温熱快適性、種々の疾患、室内空気質（IAQ）、空調用エネルギー消費量に影響することは良く知られている。これに関連して、これまでの Annex 12、24、32 の活動を通して、壁体だけでなく建物全体の熱・空気・水分の収支が室内環境、空調用エネルギーおよび壁体の耐久性に及ぼす影響、カビの成長を促進する微気候、予想しなかった空気流動と水分蓄積が室内気候に与える影響、壁体と建物全体の熱･空気･水分性能の関係を把握することの重要性が明らかになってきた。

1.2 目的

以上の観点より、Annex 41 では、建物全体における熱、空気、湿気の挙動を総合的に解明し、その結果を設計に応用することを目的とし、そのために、熱、空気、湿気の挙動が、省エネルギー性能耐久性、持続可能性、さらに快適さ、IAQ、健康に及ぼす影響を明らかにしようとしている。また、これらの結果を設計に生かすためのデザインツールの開発がもう一つの大きな柱となっている。

Annex 41 は以下の４つのサブタスク・グループより構成され、それぞれが分担する内容について研究を行っている。

Subtask 1：モデリングと共通の試験
Subtask 2：実験的検討
Subtask 3：境界条件

Subtask 4：長期の性能と技術移転

2．研究の方法

2.1 実施計画

IEAにおける研究期間は2004～2007年で、Annex 41全体のとりまとめはベルギー・ルーベン大学のHens教授が担当している。日本は、湿気、換気および空気質を中心として、これに関与している。

Annex41の活動は、各サブタスクグループ毎に設定された課題を参加各国が検討し、半年ごとに持ち回りで開催される委員会においてその成果を報告し、意見交換を行うという形式で進められている。これまで、ベルギー・ルーベンで2003年11月に開催されたKick Off Meetingを皮切りに、

第1回：2004年5月12～14日、チューリッヒ EMPA

第2回：2004年10月13～15日、グラスゴー GCU

第3回：2005年5月16日～18日、モントリオール　Concordia University

第4回：2005年10月、トロントハイム　Norwegian University for Science & Technology

と続き、第5回の委員会を2006年4月に京都で開催することが決まった。今回の申請は、この第5回の委員会を日本において開催することに関わる費用に対する助成をお願いしたものである。日本における委員会開催には種々の負担が伴うが、日本からの貢献が認められたことを意味していると考えられる。

2.2 期待される成果

今回の建物全体として熱・空気・水分の移動と蓄積を扱うという観点は、室内側の温度を適当な一定に近い状態に保つことを絶対的な条件として生活し、建物の設計をしてきた北欧・北米では、これまであまり重点が置かれてこなかったものであるが、間欠的な暖冷房が当たり前の日本ではごく自然なことである。過去における日本からの研究発表や情報が、今回の提案に密接に関係していると考えられる。その意味でも、日本からの積極的な参加と貢献が強く期待されている。逆に、壁体に集中してなされてきた欧米の研究、経験の蓄積と詳細なデータベースは非常に貴重で、残念ながら日本に欠けているものである。両者の蓄積が今回のAnnex においてうまく融合されれば、斯界の研究の飛躍的な発展と広範な技術移転が可能になると考えられる。同時に、これらは言うまでもなく住宅・建材産業に密接に関係するものであり、グローバルな将来の方向性を決定する重要な活動と考えられる。今回のAnnex41会議の日本開催は、そのような動向に身近な場で接することにもなり、日本の住宅・建材産業に大いに貢献したと考えられる。

現在、Annex41には18ヶ国が参加しており、参加者は会議により多少変化するが、50名程度となっている。以下に、代表者と各サブタスクリーダー名のみリストアップする。

Operating Agent ： H. Hens, K.U.Leuven, Belgium

Subtask 1 ： C.Rode, DTU, Denmark

Subtask 2 ： S.Roels, K.U.Leuven, Belgium

Subtask 3 : K.Kumaran, NRC, Canada, C.Sanders, Caledonian University, UK
Subtask 4 : A.Holm, FBF, Germany

日本からの参加は１１名であり、事務局はIBECが務めている。
委員長：鉾井修一（京都大学）
主査：吉野　博（東北大学）
委員：岩前　篤（近畿大学）、三田村輝章（足利工業大学）、桑沢保夫（国土交通省）、斉藤宏昭（建築研究所）、吉成晃一（関西電力）、梅野徹也（積水ハウス）、渡辺真志（大和ハウス）、相澤芳弘（東京ガス）、野中俊宏（トステム）

３．Annex41 京都会議の概要

京都会議は、
日時：2006年4月3日～4月5日
場所：芝蘭会館会議室（京都市左京区）
で開催された。12ヶ国23機関より35名の参加があった。日本からは７名のメンバーと５名のオブザーバーが参加した。３日間にわたる会議において、２０数編の論文およびSubtask活動報告がなされた。以下、検討項目を示す。

１日目（2006年4月3日）

(1) General Information
(2) Subtask 1 (Common Exercise)
(3) Subtask 1 (Free Papers)
(4) Subtask 2 (Free Papers)

２日目（2006年4月4日）

(5) Subtask 2 (Modeling exercise)
(6) Subtask 3 Indoor Free Papers
(7) Subtask 3 Outdoor (Free Papers)
(8) Subtask 4 (Free Papers)

３日目（2006年4月5日）

(9) Future Work
(10) Final reports
(11) 次回以降の会議予定

05-74 ファイバシティー構想の国際協同研究とシンポジウムの開催

東京大学大学院新領域創成科学研究科

教授　大野秀敏

（イベント概要）

■　shrinking cities × fibercity @ akihabara （略称：S×F @ A）「縮小する都市に未来はあるか？」

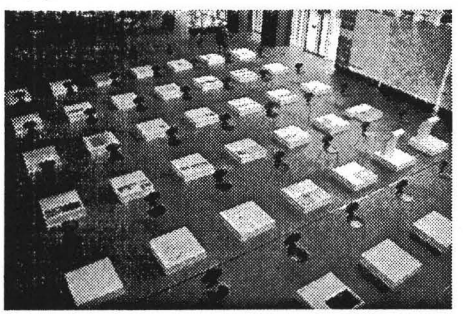
主催：S×F @ A 組織委員会

共催：東京大学 21 世紀 COE「都市空間の持続再生学の創出」／ Aki DeCo ／ドイツ連邦文化財団 Kulturstiftung des Bundes

後援：日本建築学会／日本都市計画学会／住宅総合研究財団／千代田区／(仮称)秋葉原タウンマネジメント組織設立準備委員会／秋葉原電気街振興会／秋葉原再開発協議会／ UDCK 柏の葉アーバンデザインセンター

協賛：NTT 都市開発／ダイビル／鹿島建設／クロスフィールドマネジメント／東京ガス／能村膜構造技術振興財団／トステム建材産業振興財団／ヤマギワ

協力：Goethe- Institut /ドイツ文化センター



■展覧会 shrinking cities × fibercity @ akihabara

会期：2007 年 1 月 28 日（日）～ 2 月 18 日（日）無休

会場：AKIBA_SQUARE （秋葉原 UDX　2 階）

■ 国際シンポジウム

縮小する都市に未来はあるか

モデレーター：三宅理一（慶應義塾大学大学院教授）

パネリスト：蓑原敬（都市プランナー）、大野秀敏（東京大学大学院教授）、フィリップ・オスワルト（Shrinking Cities Office 代表）山形浩生（翻訳家、評論家）

■ トーク・イン（Talk-in）／縮小する都市の未来を語る

① 1 月 28 日（日）　時間をデザインする：日高仁＆山代悟（モデレーター：東京大学）

② 2 月 2 日（金）　都市の未来を描く：北沢猛（モデレーター：東京大学）

③ 2 月 3 日（土）　長生きする建築：馬場正尊（モデレーター：建築家）

④ 2 月 4 日（日）　住まいとコミュニティ：木下庸子（モデレーター：建築家）

⑤ 2 月 9 日（金）　コミュニティに根ざした情報デザイン：渡辺保史（モデレーター：智財創造ラボ）

⑥ 2 月 10 日（土）　森と水（仮題）：三谷徹（モデレーター：千葉大学）

⑦ 2 月 16 日（金）　住民とまちをつくる：小林正美（モデレーター：明治大学）

⑧ 2 月 17 日（土）　地域の力を引きだす：宇野求（モデレーター：千葉大学）

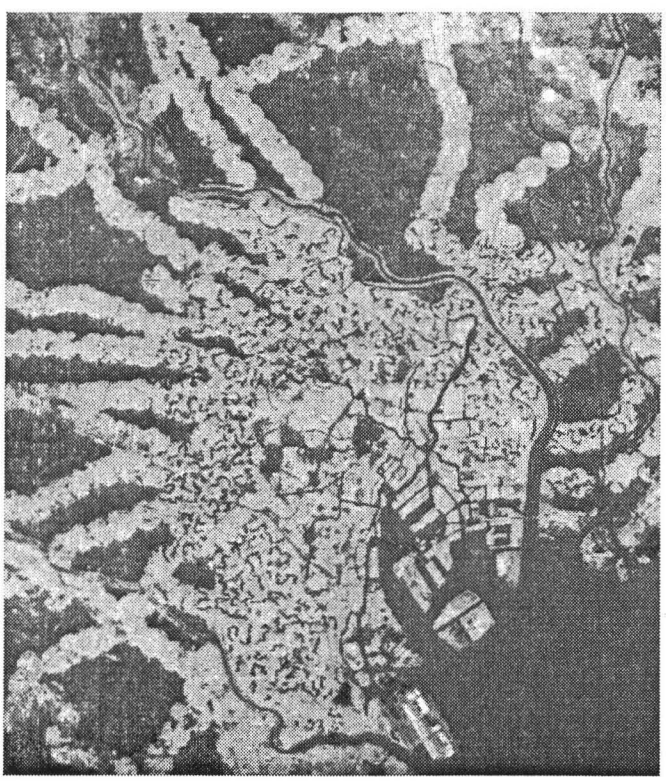
⑨ 2月18日（日）　街を楽しくするサービス：太田浩史（モデレーター：東京大学）

（研究概要）TOKYO 2050 ／縮小する東京のための都市デザイン戦略

ファイバーシティ２０５０は、縮小の時代のメガロポリスのための都市モデルを、都市の線状要素（ファイバー）に着目して組み立てようという構想である。

1990年頃から先進諸国の都市で大きな変化が起こっている。それは、情報革命であり、政治経済のグローバライゼーションであり、環境問題であり、人口構造の変化（超高齢化と少子化）である。これらの問題群は、都市と建築に産業革命が果たしたのと同じく重大な影響を与えると思われる。とりわけ日本の都市が直面する急速な人口減少と高齢化と環境と災害に共通する性格が「縮小」であることは重要である。人口減少はもちろん、高齢化も地域の経済的体力を縮小させますし、環境問題への対応も過剰消費過剰生産の抑制が求められる。

縮小は放っておけば、都市環境と社会を荒廃させる。人口減で施設や住宅が余り、郊外には空き地が増え、都市基盤も維持する財政的余裕がなくなり更新ができなくなるかもしれない。しかし、適切な都市計画的誘導をすれば、この災いを福に転じ、未解決の都市問題を解決することもできるというのが我々の思いである。ただし、こうした問題群を扱うには膨張を前提としたこれまでの計画手法ではまったく対応できないから、新たな設計のパラダイムを創出しなければならいというのがわれわれの基本的考え方である。ここに示す提案は、このような姿勢で、東京を含む首都圏の 2050 年のあるべきひとつの姿を描いたものである。



ファイバーシティ・東京２０５０

１．ファイバーシティとは何か？

ファイバーシティは平安京のように碁盤目でも、丹下健三氏の「東京１９６０」のように強い軸性があるわけでもない。「東京１９６０」が幾何学的で機械のように精巧にできているのに対して、ファイバーシティは布ように柔らかで、テクスチャーに富み、目を寄せてみれば同じような構造が繰り返される、いわゆるフラクタル的性質を備えている。その他にも以下のような特徴がある。

１．経済的合理性を追求して、最小の介入で最大の効果を上げようとする。

２．現在ある構造物はむやみに壊さず、まずはそれらを活用する道を探る。

３．公共交通を都市の環境問題の解決と高齢社会への対応のために欠かせないと考える。

４．様々な価値の交換こそ都市の魅力であり、それを支えるのは密度とモビリティと境界だと考える。

ファイバーシティを実現するための都市デザイン戦略として、我々は、首都圏に「街の皺」、

「緑の間仕切り」、「緑の網」、「緑の指」を提案した。いずれもが、都市空間のファイバーを操作することで面的な変化を誘発しようと意図したものである。また、いずれもが都市空間の再活性化、住宅地整備、防災対策、交通政策などが緑地整備と複合化されている。これらの提案は、実現性だけではなく、長期的視野に立ったコンセプト的原則論を示し、人間のスケールを扱いながらも首都圏全体を視野に入れている。ファイバーシティ２０５０は縮小の時代のメガロポリス像である。

１．緑の指／GREEEN FINGER

「緑の指」とは、郊外の住宅地を鉄道沿線の歩行圏内に集中させ、駅から歩けない地域は全部緑地に戻す戦略である。緑地としては、農地、市民農園、広い緑地を確保することを約束してくれる研究所や高等教育機関などある。歩行できる小さな居住地（コンパクトシティ）は東京の誇る鉄道ネットワークで相互に連結されて都市高齢社会が必須とするモビリティを保証する。この郊外空間の再編成によって、環境性と大都市の魅力が同時に提供される。

２．緑の間仕切り／GREEN PARTITION

「緑の間仕切り」とは、密集した住宅地を細い緑地帯で仕切り、防災性と快適性の両方を高める戦略である。大地震時に大火災の発生と大量の犠牲者が避けられない地区として、首都圏では環状６号線と７号線に挟まれた木造建築密集地域などがある。細い緑地帯でも防火壁となり、災害が起っても火災を拡大させず、しかも安全な避難路も提供する。間仕切りとなる線状の緑地は、時々空き地となる宅地を繋いで作り、その一端を必ず地域の避難空地に接続させる。同時に帯状の緑地は密集地区に潤いを与える。この計画を実現するためには、地区の８％程度の宅地を緑地に変えなければならないが、住宅地の経済的価値の上昇で見合う。

３．緑の網／GREEN WEB

「緑の網」は、都心の首都高速道路の中央環状線の内側を、救援道路と緑道に用途替えする戦略である。

都心では、建物の耐震化は進み、個別の安全性が高まってきているが、都市基盤のほうは依然として脆弱なまま、むしろ大規模開発によって都心への活動の集積が続いている。環状６号線の地下トンネルが開通すると首都高速道路網に中央環状線ができあがる。環状線内部の首都高速道路の負担が減るので、その部分の一車線を災害時の救援専用道通路にする。残りの車線を緑地にして都心のヒートアイランドの緩和に繋げ、自転車などの軽車両と歩行者の専用道を通す。更に高架道路面に配管し高架下にプラントを置けば、沿道の地域冷暖房化を可能にする。沿道の敷地は、高度利用をはかり、新しくできた空中歩廊に直接接続する。

４．街の皺／URBAN WRINKLE

「街の皺」は街の一角に潜む線状の場所（皺）の可能の魅力を引き出して、市民にとって魅力的な場所を創造する戦略である。歴史の長い都市には魅力的な皺が多数刻み込まれているものである。「街の皺」は現代の名所作りと位置づけられる。３千万人を超える人が住むにしては、首都圏には商業空間以外に魅力的な場所が少なすぎる。お金を使わなくてもすごせ、東京の歴史の地層の深部に繋がる魅力的な場所を増やさなければならない。今回は８カ所について具体的な提案をした

第４部　研究発表会・シンポジウム
05-75 エネルギーと環境コンペティション「みんなで創る都市･田園のeco住宅」の開催

名古屋工業大学大学院ながれ領域
教授　堀越哲美

＜背景と目的＞

現在求められている省エネルギーで環境に配慮した建築や都市の構築には，それを支える人材の育成が不可欠である。ここで，大学におけるエネルギー・環境教育の強化など専門性の高い時期での教育も重要であるが，環境やエネルギー教育にほとんど時間を割くことができない高等学校や工業高校（建築系）の段階での教育こそ，循環型の都市や建築を支える多くの人材を育成するために重要であると考える。

そこで，本事業では高校生を対象として，環境やエネルギーに配慮した建築や都市について建築設計や都市計画のアイディアを競う,「エネルギーと環境コンペティション ーみんなで創る都市･田園のeco住宅ー」を実施することを目的とする。

＜実施概要＞

全国の建築・設備系の工業高等学校および高等専門学校（建築系3年以下），また普通科の高等学校の生徒を対象として，「都市・田園のeco住宅」をテーマとする以下のコンペティションを実施した。9月30日が登録締め切り，12月20日が作品の応募締め切りとした。1月下旬に，全110点の作品に対して，建築家や教育関係者，大学教員からなる審査委員によって審査会を行った。その結果，最優秀賞1点，優秀賞3点，入選5点，審査員特別賞4点が選定された。

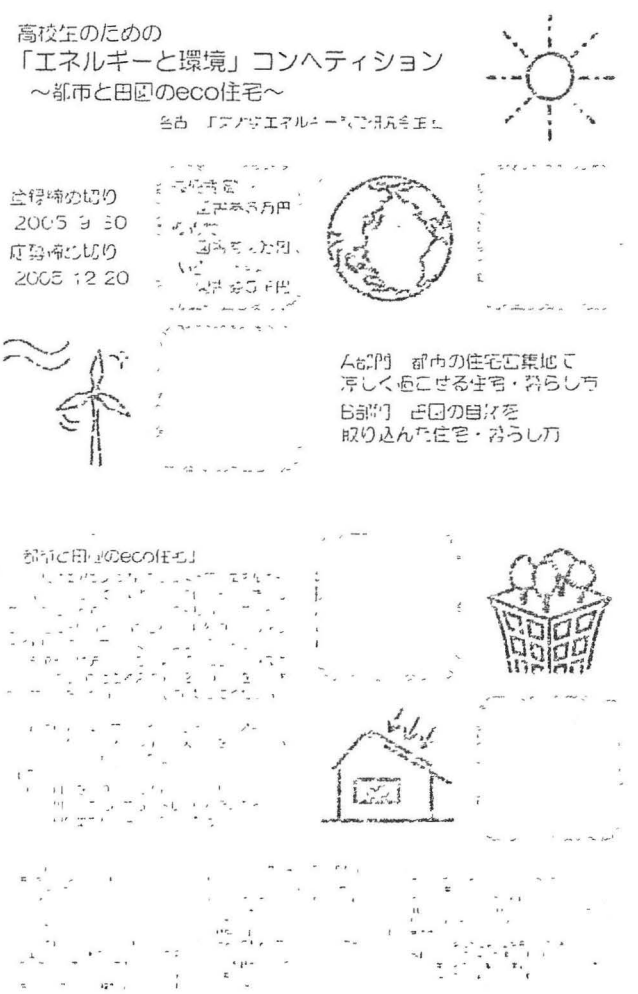


図１　高校・高専に配布した募集要項

1）実施方法について

住宅の仕組みや住まい方を工夫することで、今より地球に優しい生活を送ることができるように，自然のちからをうまく利用して夏を涼しく過ごせる住宅・暮らし方のアイディアまたはデザインを提案させた。A 部門（都市の住宅密集地で、涼しく過ごせる住宅・暮らし方），B 部門（田園の自然を取り込んだ住宅・暮らし方）の２部門を設けた。応募は未発表作品に限った。上記 2 部門から１つ選び、さらに設計とアイディアどちらでも応募できるものとした。審査は，審査委員長の堀越哲美(名古屋工業大学建築・デザイン工学科　教授)，他に笠島淑恵(建築家)，堀口通安(愛知県立愛知工業高等学校校長)，堀越英嗣(芝浦工業大学教授・建築家)，水谷章夫(名古屋工業大学教授)らで行った。

2）実施経過について

2006 年 3 月 5 日に名古屋工業大学にて開催された表彰式では，受賞した学生，高校の教員，ご家族等 32 名が出席した。最優秀賞と優秀賞の生徒には約 5 分間の作品プレゼンテーションの場を設けた。また，その後，全入選作品を囲んで名古屋工業大学の建築系の学部生や大学院生らと高校生，教員らが作品に関して討論する場として交流会を設けた。交流会では環境共生型の建築や都市に関して活発な意見交換がなされた。

本コンペティションの結果は，参加者の今後の活動意欲向上や，環境や省エネルギーに配慮した住まいや都市について勉強する高校生が閲覧できるよう，名古屋工業大学エネルギー教育研究会のホームページにて公開している。また，入選作品に加え全応募作品を掲載した作品集を作成している（４月上旬完成予定)。

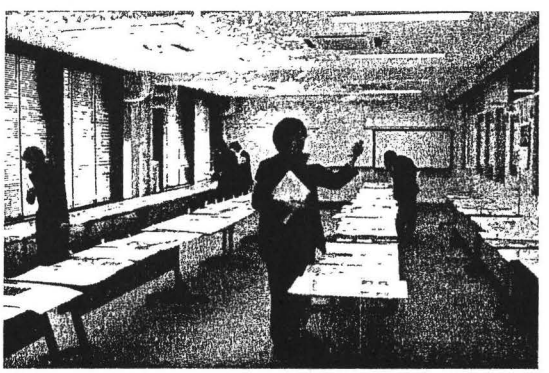


図２　審査会風景

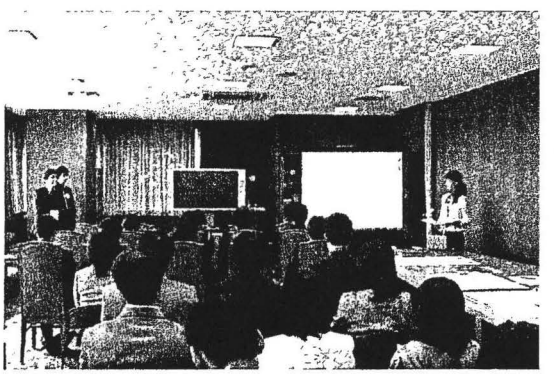


図３　表彰式風景

＜まとめと今後の課題＞

以上により，高校生のための「エネルギーと環境」コンペティションを開催した。昨年度と同様，100 点を超える応募があり，建築系の工業高校や高専での授業の課題としても採用されている事例もみられた。普段，環境やエネルギーについて取り組むことの少ない高等学校に対して，有意義な場を設けることができたのではないかと推察する。表彰式での交流会までを含み，本コンペを通して，環境やエネルギーに配慮した建築について高校生自らが住まいの設計や都市計画のあり方について考える場を提供することができたと考える。

また，今後は作品集を参加者に配布すると共に，来年度の募集テーマとともに，各地域の高校学校へ作品集を教材として還元する。これによって，高等学校にて次世代の環境やエネルギーに配慮した住まいや都市の在り方について，考える機会を増やせるものと期待する。

コンペ実行WG委員．堀越哲美（代表　名古屋工業大学大学院　教授），田中稲子（助手），武田紀子（M２）金澤愛（M１），冨田周佑（M１），原科ひと美（M１），

05-76 公開シンポジウム：住宅における換気システムのコミッショニング

大学法人東北大学　大学院工学研究科
教授　　吉野　博

1　本研究の目的

2005 年 2 月に地球温暖化防止のための京都議定書が発効し、二酸化炭素の削減目標の達成に向けて、住宅分野においても省エネルギーの実現が強く要望されており、その結果、住宅の高気密・高断熱化は更に進行し、室内空気汚染によりシックハウスとなる危険性が高まっている。高気密住宅において室内空気汚染を防止するためには、換気を行うことが最も有効な手段の一つであり、適切な換気計画を実施することが設計者、ハウスメーカー、技術者、施工者に求められている。また、行政面では、シックハウス防止のための改正建築基準法が 2003 年 7 月に施行され、機械換気システムの義務付けなどにより、住宅の居室において換気回数 0 5 回/h 以上の換気量を確保することが要求されているが、設計通りの換気量が確保されていない例が多く見られる。

これらの問題を早急に解決するために、住宅換気システムの総合的性能検証（コミッショニング）のための新たな手法を確立することが求められているが、その手法はまだ確立されていないのが現状である。

そこで、本シンポジウムでは、住宅換気システムのコミッショニングに関連した研究を進められている研究者を招き、最新の研究成果を基に、研究者、設計者、ハウスビルダー、ユーザー間で広く意見を交換し議論することを目的とする。

2　実施概要

以下の次第で、本シンポジウムを開催した。参加人数は司会者、講演者含め計 48 名であった。

「住宅における換気システムの現状と課題－性能検証（コミッショニング）の必要性－」
主　催　住まいと環境　東北フォーラム
後援　（社）空気調和・衛生工学会東北支部
（社）日本建築学会東北支部環境工学部会
（社）建築設備技術者協会東北支部
日　時・平成 18 年 9 月 15 日　13 30～17.00
会　場　フォレスト仙台　2F　第 5・6 会議室（仙台市青葉区柏木 1 丁目 2 番 45 号）
内　容　開会　13 30～13 40
総合司会　石川　善美（東北工業大学　教授 教授、
住まいと環境 東北フォーラム 副理事長）
第1部　講　演　13·40～15 10
1. 住宅換気に関するコミッショニングの必要性　13:40～14:10

吉野　博（東北大学大学院工学研究科 教授、
住まいと環境 東北フォーラム 理事長）

2　住宅用換気システムの風量検証について　14 10〜14 40

田島　昌樹（国土交通省国土技術政策総合研究所・研究官）

3．計画換気が導入された北海道の既存住宅で生じている
問題と性能改善について　14 40〜15 10

鈴木　大隆（北海道立北方建築総合研究所・居住環境科長）

第2部　パネルディスカッション　15 20〜17:00

司会　吉野　博（前掲）

パネリスト　池田　耕一（国立保健医療科学院・建築衛生部長），
安井　妙子（(有)安井設計工房・副社長）
田島　昌樹（前掲）
鈴木　大隆（前掲）

3　シンポジウムの内容

第 1 部では 3 人の講師陣による講演が行われた。

まず「住宅換気に関するコミッショニングの必要性」と題して吉野が、化学物質を含めた室内空気汚染のリスクを回避するための室内環境計画と、住宅換気におけるコミッショニングの必要性について報告を行った。

次に「住宅用換気システムの風量検証について」と題して、国土交通省国土技術政策総合研究所・研究官 田島昌樹氏から、現場や実験室実験から得られた知見を元に実用的な風量測定方法について記述された「住宅の現場における風量測定マニュアル」の概要やその特徴について報告された。

最後に「計画換気が導入された北海道の既存住宅で生じている問題と性能改善について」と題して、北海道立北方建築総合研究所・居住環境科長 鈴木大隆氏より、北海道において、計画換気が適用された住宅の中で圧倒的大部分を占める「機械換気」を主な対象に、運用段階で生じている諸障害に関し、それらの性能改善の方向性について報告された。

第 2 部では最初に、講演を行わなかったパネリストにより各自の発言主旨が簡単に述べられた。

まず「換気コミッショニングの重要性と課題」と題して、国立保健医療科学院・建築衛生部長 池田耕一氏から、近年、換気コミッショニングの意義が問いただされている中、その重要性と課題として、コミッショニングエンジニアに関する概要や日本のコミッショニングの現状、またコミッショニングに関する問題点などについて報告された。

次に「断熱気密の目的は換気のできる家にすること―将監の家での実践」と題して、（有）安井設計工房・副社長 安井妙子氏から、安井氏がこれまで住宅業に関わってきた中で、より快適な居住環境を実現するためにどのような点に留意すべきかについて、断熱、気密、換気、通気、エネルギー、長寿命化などの観点から報告された。

パネリストによる報告の後、講演に対する質問や意見を会場から受け付け、講師の先生方が答えていくという形式で、ディスカッションが進められた。

4 まとめ

本シンポジウムは、住宅換気システムの総合的性能検証（コミッショニング）に関連した研究を進められている研究者を招き、最新の研究成果を基に、研究者、設計者、ハウスビルダー、ユーザー間で広く意見を交換し議論することを目的に行われた。研究者のみならず、企業関係者、学生等、たくさんの参加を頂き、住宅換気システムの実態を把握し、今後の方策について議論する場を持てたことは大きな成果だと思われる。特にパネルディスカッションでは、講演への質問のみならず、意見や指摘が数多く挙げられ、今後の研究課題を考える上でも貴重な場となった。今回のシンポジウムの目的の一つとして、換気システムのメンテナンスについて議論することを挙げていたが、一般住宅におけるメンテナンスはどうするのか？という質問も会場から寄せられた。一般住宅においては、“清掃しやすい”などのメーカー側の工夫、“メンテナンスしやすい”という建築側の工夫、そして“居住者への教育”という専門家側の工夫が考えられる。また、できるだけメンテナンスフリーにしていく努力も必要である。今後は今回のシンポジウムで交わされた議論を踏まえ、さらに有効なコミッショニング手法について研究を進め、発表していきたいと考える。

05-77 景観材料普及促進シンポジウム（観光空間への提言）

東京大学
名誉教授 渡邊 定夫

１．本研究の背景と目的

本研究は、日本建材産業協会の姉妹団体である景観材料推進協議会が主たる事業として進めている優良な景観材料の啓発・普及促進活動の一部として実施するものである。

景観とは、人の営みそのものであり、時間の経過とともに変わっていくものと言える。すなわち、そこで暮らす市民自らが作り上げ、守っていくものではないでしょうか。

平成１６年６月に「景観緑３法」が国会で成立し、１７年６月には関連する政省令も整備された。この「景観緑３法」の制定により、従来のような機能や効率一辺倒の社会資本整備に一筋の光が差し込むことになり、単なるコスト至上主義の物売りは通用しなくなる時代が来たと言える。これは経済発展の基盤作りに邁進してきた日本が、心のゆとりや生活の豊かさにつながる、社会資本の「質」の充実へ大きくシフトしたことを意味している。一方、行政も、「景観・緑３法」に基づき、各自治体が新しい景観条例を制定する等、新しい局面を迎えようとしている。

本研究では、「観光空間」における景観の整備に着眼した。従来のような、観光客の興味本位のままに整備し続けた地域は今や国民から無視され地域自体が衰退する状況がみられるといっても過言ではない。景観法の理念を踏襲するならば地域住民の理解の下、観光空間が単なる商業優先ではなく、後世への資産となるような景観づくりを行い、多くの国民に理解されるものでなくてはならない。

このため、観光空間において、今後の景観づくりがどのようになされるべきかを「景観緑３法」のその後の経過等を勘案し景観材料との関連を実際の事例を通しながら、それらに求められる方向性を探る。また、景観向上に一層の効果を発揮する優良な“景観材料”の普及啓発を図り、「美しい国づくり」のために自治体、市民、デザイナー、メーカーおよび生活者の意識向上と資質の向上、そして、ひいては良質な景観材料の市場を安定・拡大に導くことを研究の目的とするものである。

２．研究の計画

本研究は、シンポジウムを開催することで実施する。本シンポジウムでは、メーカー・都市プランナー・ゼネコン・エンジニア・デザイナーが実例紹介及び意見交換を行い、より優良な

景観材料を通して豊かで住みやすい住民のためのまちを実現するための方策を研究する。

また、社会資本とそれらを総合的に機能させるしくみ（ルール）や、住む人の視点で構成された景観のバランスがとれたまちの実現に向け、「景観三法」に照らし合わせながらより実践的な解答を導き出すことを研究する。

そのために、開催場所として、景観整備事業に対する意識の高い自治体であり、また著名な観光地である、鎌倉市を選定し、市民参加型の公開討論を市担当部局、県の景観整備担当部署、景観計画に関与する NPO、メーカー、市民代表、都市プランナーを交えて開催する。また、本パネル討論会は、地域に密着した提案や議論を行う場を企画・提供するものでもある。

3．シンポジウムの開催

景観材料普及促進シンポジウム「景観材料が創る美しいまち・地方・国―観光空間への提言」を平成 18 年 10 月 20 日（金）鎌倉商工会議所地下ホールで開催した。

景観材料推進シンポジウムは経済産業省、神奈川県および鎌倉市のご後援を得て開催した。本シンポジウムは平成 13 年度から 5 年間に亘り全国各地で開催していた景観材料推進協議会シンポジウムの後を受けて、新たらしいシリーズとして開催するものであり、(社)日本観光協会、神奈川県および鎌倉市の全面的なご協力を頂いた。本シンポジウムは東京大学名誉教授渡邊定夫氏のコーディネートによるもので、「景観材料が創る美しいまち・地方･国―観光空間への提言」を副題とし、メーカー、デザイナー、神奈川県および鎌倉市の景観整備担当者、神奈川県の大学の先生方および市民等併せて５２名が参加して実施した。

まず午前においては、鎌倉市景観部都市景観課課長補佐比留間氏により、鎌倉市の都市景観形成への取り組みについて紹介があった。鎌倉時代には武士の都として栄えたがその後は長い間寒村であった鎌倉が近年リゾート地、住宅地として発展した経緯から紹介があり、この鎌倉市が発端で古都保存法が制定され、ナショナルトラスト運動により市民が緑を守ったこと、行政指導で若宮大路では建物の高さが 15m以下になりかつ屋上広告はなくなったこと、市民の協力でたて看板、張り紙が全く見られないことなど現在の鎌倉市の景観は行政と市民による長年の努力の賜物との紹介があった。この講演後、参加者は昼食を兼ねて鎌倉駅周辺の景観を散策した。

午後は、当協議会富田専務理事の主催者挨拶、経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課長喜多見氏の来賓挨拶に続いて、話題提供講演と東京大学名誉教授渡邊定夫氏をコーディネーターとしたパネル討論を実施した。

まず話題提供講演を紹介すると、(社)日本観光協会古賀所長からは観光地づくりと景観～建物から見た景観と観光か～について講演された。観光地といっても様々であり、一概には論じられない。ここでは、様々な観光地での景観づくりをパターンに分ける試みについてご紹介があった。このなかで景観とは、単なる物としての存在ではなく、生活とか文化という観光に値する裏付けが必要であり、使われる材料も安いから使って欲しいではなく、そこに使われる裏付けが必要との提言があった。また、(株)都市環境研究所の土田旭氏からは「景観材料の使い方、

使われ方」について講演があった。景観材料の使われ方で日常気になっている点として、欧米の都市での使われ方を例に、景観材料の使い方、使われ方、特にメンテナンスが大事との紹介があり、日本ではメンテナンスの時に景観が破壊される例が多いと紹介があった。パネル討論会では、景観材料推進協議会会員メーカーからは地域の特徴や特色を生かした景観材料製品として、伊藤鉄工(株)藤繁俊五氏より「観光地における景観鋳物」(株)ＩＮＡＸ濱田敏幸氏より「ソイルセラミックスによる地域産物活用例」(舗装材) 太平洋プレコン工業(株)馬場　卓氏より「地域特性を生かす景観材料」(舗装材) についてそれぞれ紹介があった。また、神奈川県県土整備部井上技幹からは本年 11 月に施行される県の景観条例およびこれから開催される市民主催の湘南邸園文化祭の紹介があった。(財)鎌倉風致保存会の小金丸氏からは(財)鎌倉風致保存会の紹介があり、昭和 39 年に大仏次郎氏等が設立したこと、日本でのナショナルトラスト運動の第 1 号として鎌倉八幡宮の裏山を購入できたこと、さらに現在にいたるまで購入を続け、現在は鎌倉の緑の 2 割を購入しているとの紹介があった。現在は購入した山林の管理維持活動を市民のボランティアにより続けていること、この活動を通して鎌倉の緑と景観を市民自らが守る多くの市民が育っていることの報告があった。

神奈川県と鎌倉市からは、いずれも景観行政団体として、景観法による法整備をとおして、今後はより強力な景観行政を進めるとの報告があった。

また会場の市民から関東大震災の時、地震と津波により鎌倉市が全滅したにも拘らず、対策が遅れているとの指摘があり、景観まちづくりには安全・防災が前提であるとの大切な提言があった。

最後に、当協議会地域事業推進委員会伊藤貞二委員長による閉会挨拶をもってシンポジウムを終了した。

4．得られた研究成果

①「まちづくり」の大きなキーワードとして今回「観光」を取り上げた。このなかで、「観光地」といっても様々であり、それぞれ固有な「まちづくり」が必要との観点から観光地を分類する試みについて(社)日本観光協会から紹介があった。今後は観光による「まちづくり」をこの分類でより具体的に整理・検討していくことが期待される。

②このなかで景観とは、単なる物としての存在ではなく、生活とか文化という観光に値する裏付けが必要であり、使われる材料も安いから使って欲しいではなく、この裏付けが必要との提言があった。このことは、景観材料メーカーに裏付けのある（その地域の特徴とか特色を生かした）景観材料を製造する技術の蓄積および提供すことが要求されていることを意味している。

③鎌倉市からは、地道な継続的な取り組みが成果を生んでいったことの報告があった。例えば、これは条例等がなくても、コンビニやガソリンスタンドなどが鎌倉市に出店する際には、事前に業者が市当局に相談し、市が指導する店の看板色彩などについて協力していること、行政指導で若宮大路では建物の高さが 15m以下に統一され、かつ屋上広告は全くなくなったこ

と、市民の地道な協力により鎌倉市ではたて看板、張り紙が全く見られなくなったことなどなどが挙げられる。今後の「まちづくり」には大きな参考となることが期待された。

④ＮＰＯ法人からは、自分のまちを愛する市民を育てることが大切であると報告があった。簡単には育たないので、地道な活動を継続するなかで育てる必要があると報告があった。

⑤参加された鎌倉市民の方から、関東大震災では津波により鎌倉の中核部分が全滅に近い多大な被害を蒙ったこと、しかし、全く忘れ去られていて対策が取られていないことの指摘があった。改めて、景観には「安全」「防災」という前提があること、今後の街づくりには十分配慮が必要であることを実感させられた。

⑥具体的な景観整備計画や事例をもとに住民、デザイナー、メーカー、自治体、設計者がよりよい景観形成について建設的な意見交換を実施したことで具体的なまちづくりにおける関係者の合意形成の方法、参加を促す仕組み、ポイントなどが明らかになり、まちづくりを如何に進めるべきか更には景観形成後のメンテナンスが如何にあるべきかなどについて複雑な要素があることが明らかにされた。

⑥人工の構築物も工夫により、自然あるいは景観に調和できると考えられます。これからの建材メーカーに要求されることは、注文されたものを単に提供するのではなく、専門家として景観を美しくするための知恵を提供し、少しずつでも実現することにあると考えられます。勿論、地域の特性を生かせる建材を提供できる技術力の向上も求められています。

5．これから期待される成果

各景観材料メーカーには本シンポジウムで得られた情報を良好な景観材料の開発・提供に生かしていくことを期待する。

今回は、より良い景観形成には市民・設計者・材料メーカーの意見交換が今まで以上に重要であることが、確認された。参加の材料メーカーは、このことに対し今後の材料メーカーのあり方に対する重要な一つの警告として受け止めなければならない。景観形成における量産規格品の今後のあり方として大いに参考になるものと思料される。

これからの建材メーカーに要求されることは、注文されたものを単に提供するのではなく、専門家として景観を美しくするための知恵を提供し、良好な景観を少しずつでも実現することにあると考えられる。勿論、地域の特性を生かせる建材を提供できる技術力の向上も求められている。

6．残る問題点と対策

今回の議論では、観光空間において、今後の景観づくりがどのようになされるべきか、を実際の事例を通し、景観材料との関連、求められる方向性を探ることまでには至らなかった。さらにシンポジウムを続けて開催し、議論を深めることが必要である。まちづくりについて関係者間の合意形成、まちづくり後のメンテナンス、材料開発のあり方、材料メーカーの係わり方などに着目し、議論を深めることが必要と考えられる。　　以上

禁 無 断 転 載

第14回（平成17年度）研究助成成果報告書

2008年3月吉日

発　行　財団法人トステム建材産業振興財団
〒136-8535 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
電　話　０３－５６２６－１００８
ＦＡＸ　０３－５６２６－１０３３