

第15回（平成²⁰⁰⁶18年度）
研究助成成果報告書

2009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支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20年度までの助成実績は、延べ720件、7億7,124万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15回（平成18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

- 05-04 北東アジアにおける木材流通の変容 —北洋材を中心に
九州大学大学院 比較社会文化研究科 博士課程院生 永井 リサ ----- 1
- 05-07 貫通細孔を有する環境調和型ケイ酸カルシウム水和物系建材の合成
東京工業大学大学院 理工学研究科 助教授 坂井 悦郎 ----- 5
- 05-09 シックハウスにおける室内空気汚染と居住者の健康被害に関する継続調査ならびに改善方法の提案
東北大学大学院 工学研究科 教授 吉野 博 ----- 7
- 05-10 レーザー誘起蛍光法を用いた VOC 発生状況の可視化技術の開発
群馬大学 工学部 助教授 天谷 賢児 ----- 9
- 05-18 通風の高度有効利用のための建物周辺気流解析に関する研究
関東学院大学 工学部 建築学科 専任講師 遠藤 智行 ----- 13
- 05-19 外断熱壁体の熱・水分・変形状の数値予測に基づく耐久性向上に関する研究
京都工芸繊維大学 工芸学部 准教授 芝池 英樹 ----- 19
- 05-36 地域資源としての古民家調査と島根県大田市における移築を前提とした解体実験
慶應義塾大学大学院 環境情報学部 非常勤講師 松本 淳 ----- 23
- 05-37 近代の一般的な建具の調査と関連する技術復元のための研究
福濱嘉宏建築事務所 主宰者 福濱 嘉宏 ----- 27
- 05-44 中国・上海におけるカーテンウォール・サッシの設計施工プロセス及び関連基準類の現状
東洋大学ライフデザイン学部 人間環境デザイン科 准教授 名取 発 ----- 31
- 05-45 実火災時における防・耐火ガラスの破壊性状及びそのメカニズムに関する研究
東京大学大学院 工学系研究科 助教授 野口 貴文 ----- 35
- 06-01 廃ガラスびんのコンクリート混和材への有効利用に関する研究
秋田県立大学 教授 山田 寛次 ----- 37
- 06-03 耐久性評価に基づく再生骨材コンクリート構造物の LCC・環境負荷評価に関する研究
九州大学大学院 助教 佐川 康貴 ----- 41
- 06-04 スギ間伐材を用いた防火構造耐力壁の開発
宇都宮大学農学部 教授 吉澤 伸夫 ----- 45
- 06-05 セラミックガスセンサを用いた木材腐朽菌から発生するガスの検出
京都大学大学院 農学研究科 助教 築瀬 佳之 ----- 47

06-06	燻煙熱処理したスギ及び広葉樹材を用いた異樹種構成集成材の開発 宇都宮大学農学部 准教授 石栗 太 -----	49
06-07	建築廃材由来のバイオマス燃料を用いた環境低負荷なエネルギー回収システムの開発に関する研究 大分大学工学部 機械・エネルギーシステム工学科 准教授 田上 公俊 -----	53
06-08	近赤外分光法による木質系廃材分析システムの開発 名古屋大学大学院 生命農学研究科 教授 土川 寛 -----	55
06-11	超音波を利用した木質構造メカニカル接合部の負荷応力測定 九州大学農学研究院 助教 長谷川 益己 -----	59
06-13	板相互のすべりを防止して面内剛性を強化したスギ厚板実はぎビス留め剛床の開発 京大生生存圏研究所 教授 小松 幸平 -----	61
06-14	バイオマス利用に向けた CCA 処理木材からの薬剤除去技術の検討 北海道立林産試験場 利用部 再生利用科長 山崎 享史 -----	65
06-16	林産廃棄物の科学的利用法の開発 山形大学 准教授 芦谷 竜矢 -----	69
06-18	アルミサッシ材の黄砂、酸性雨、大気汚染物質 (Sox、Nox 等) との複合腐食 富山工業高等専門学校 物理工学科 教授 鳥山 成一 -----	73
06-19	建築用鋼材の長寿命化に資する基礎的研究 慶應義塾大学 教授 小茂鳥 潤 -----	77
06-20	長周期地震動および断層近傍地震動による超高層建築物のカーテンウォールの挙動 神戸大学大学院 工学研究科 教授 藤谷 秀雄 -----	79
06-22	性能指向型設計に基づく木造建物の耐震安全性に関する日米共同研究 信州大学工学部 准教授 五十田 博 -----	81
06-23	種々の外壁通気層構法における通気層内の流れと湿気排出機能に関する研究 北見工業大学 名誉教授 坂本 弘志 -----	85
06-24	熱・湿気同時移動非定常計算プログラムWUFIのわが国への適用とカビ防止予測、VOCs放散速度の予測 お茶の水女子大学 生活環境センター 名誉教授 工博 田中 辰明 -----	87
06-25	室内空気中アルデヒド類の 14C/12C による発生源解析 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授 吉永 淳 -----	91
06-26	可視光応答光触媒膜コーティング建材の作製とシックハウス症候群の低減 富山大学大学院 理工学研究部 准教授 高橋 隆一 -----	95
06-29	多成分リアルタイム VOC 計測装置の室内空気研究への応用に関する予備的研究 独立行政法人国立環境研究所 主任研究員 谷本 浩志 -----	97

06-30	住宅の Dampness に起因する健康リスク要因の解明 秋田県立大学 システム科学技術学部 准教授 長谷川 兼一 -----	99
06-31	高齢者施設における脱臭機能を有する内装材の効果的な使用方法の開発 大同工業大学工学部 建築学科 准教授 光田 恵 -----	101
06-33	住宅換気口のアクティブ騒音制御技術に関する実験研究 九州大学大学院 人間環境学研究院 助教 穴井 謙 -----	105
06-34	振動制御を用いたアクティブ遮音硝子の開発に関する研究 地方独立行政法人 東京都立産業技術センター研究開発部デザイングループ 研究員 福田 良司 --	109
06-35	聴感判断に基づいた建物ファサードの遮音性能評価方法に関する研究 千葉工業大学 准教授 佐藤 史明 -----	113
06-36	住宅用設備として水素エネルギーを安全に取り扱うための常温・常圧利用システムの開発 北海道大学大学院 工学研究科 准教授 濱田 靖弘 -----	115
06-37	発電機能を有する建材の実現を目指した基礎研究ービル及び住宅建築壁材料への色素増感太陽電池の活用 岐阜大学大学院 工学研究科 教授 箕浦 秀樹 -----	119
06-38	次世代省エネルギー規準住宅に適した設備システムの統合評価に関する研究 金沢工業大学 環境・建築学部 教授 垂水 弘夫 -----	121
06-40	ライフスタイル誘導型 HEMS に関する研究 早稲田大学理工学術院 准教授 高口 洋人 -----	123
06-41	景観シミュレーションのための揺らぎ現象のリアルタイムアニメーション技術の開発 岩手大学 教授 千葉 則茂 -----	125
06-42	大田市大森銀山伝建地区における伝統建築ファサードの環境デザインとしての役割 島根大学総合理工学部 准教授 長野 和雄 -----	129
06-44	谷中五重塔 1/5 復元模型制作プロジェクトにおける情報共有・プロジェクト管理システムの開発と運用に関する先行試験 千葉大学大学院 工学研究科 准教授 平沢 岳人 -----	131
06-45	法運用効果の向上に資するための住民自治による自律的住環境管理システム 京都工芸繊維大学 准教授 鈴木 克彦 -----	135
06-47	我が国における出入り口まわり製品の変遷に関する研究 東京理科大学工学部 建築学科 教授・工博 真鍋 恒博 -----	139
06-48	住宅リフォーム工事のアビリティに関する研究 芝浦工業大学建築工学科 准教授 蟹澤 宏剛 -----	143
06-49	建築基準法、品確法を満たして安心安全を確保するFCシステムの施工管理技術向上のためのチェックシステムの開発研究とチェックシート及び解説書の作成 特定非営利活動法人 建築技術支援協会 戸建住宅部会 会員 片岡 泰子 -----	145

06-50	エイジング特性を考慮した都市景観の色彩計画に関する研究 九州産業大学大学院 学術フロンティア景観研究センター 博士研究員 松山 裕子 -----	147
06-51	外部刺激により剥がしやすくなる壁紙用接着剤の開発 兵庫県立大学大学院工学研究科 准教授 遊佐 真一 -----	151
06-52	ポリエステル不織布端材のリサイクル材を活用した建築用吸音・断熱材の開発 九州大学大学院人間環境学研究院 教授 藤本 一壽 -----	155
06-53	新規な建材用環境調和型紫外線遮断材の開発 大阪大学大学院 工学研究科 応用化学専攻 教授 今中 信人 -----	157
06-54	街なか居住を促す採光確保型建築形態規制手法の研究 —窓面採光を指標とした商業地域内住居系用途の高さ斜線規制の有効性— 芝浦工業大学 システム工学部 環境システム学科 教授 篠崎 道彦 -----	161
06-55	炭酸化によるサイディングの耐凍害性能の低下要因の解明と凍害劣化予測法の開発 北海道立北方建築総合研究所 主任研究員 吉野 利幸 -----	165
06-57	住宅用アルミ建材等の梱包廃材対策 明治大学理工学部 建築学部 工学博士・准教授 小山 明男 -----	167
06-58	潜熱融解作用を利用した躯体蓄熱空調システムの開発に関する研究 宇都宮大学建設学科 准教授 横尾 昇剛 -----	169
06-60	金属製笠木の耐風設計用風力係数に関する研究 財団法人日本建築総合試験所 建築物理部耐風試験室長 西村 宏昭 -----	171

第2部 人材育成・論文

05-63	建設システムの合理化と住空間の多様化を図る応急仮設住宅の研究 慶應義塾大学大学院 相田 麻実子 -----	175
05-66	木造建物の耐震性能評価用 Web アプリケーション開発 早稲田大学大学院 理工学研究科 博士過程3年 松永 裕樹 -----	179
05-67	建物ファサードの総合的遮音性能の評価に対する研究 千葉工業大学音響情報フロンティアセンター 特別研究員 横山 栄 -----	183
06-63	防水層の耐根性評価 東京工業大学 応用セラミックス研究所 博士課程3年 表 淳珠 -----	185
06-64	住宅における太陽熱利用型のデシカント空調の評価・設計法に関する研究 東京大学大学院工学系研究科 建築学専攻 博士課程2年生 AREEMIT・Narongwit -----	189

06-65	Wind Tunnel Experiments and CFD Simulations on Urban Ventilation in 3-D Densely Built-up Areas 東京大学生産技術研究所 加藤大岡研究室 博士課程 Mahmoud Farghaly Bady Mohammed	191
06-66	木材のめり込み特性に基づく木造建築物の汎用構造解析法 京都大学大学院工学研究科博士課程 李 東潤	193
06-67	防水層の劣化が下地コンクリート炭酸化抑制効果に及ぼす影響 東京工業大学大学院理工学研究科 環境理工学創造選考 博士課程3年 塚越 雅幸	197
06-68	歴史的建造物保存専門教育に関する研究 九州大学大学院 芸術工学研究院 助教 福島 綾子	199
06-69	我が国における建売住宅の現状と構法に関する研究 東京理科大学工学部建築学科 助手・博士(工学) 池尻 隆史	203
06-70	非構造帳壁の地震時破壊メカニズムに基づく損傷量推定手法に関する研究 東京大学生産技術研究所 助教 高橋 典之	207
06-71	遺跡出土建築材の樹種同定に基づく江戸の町屋の建築用材の研究 早稲田大学 人間科学学術院 助手 鈴木 伸哉	211
06-72	表層圧密集成材の開発 秋田県立大学 木材高度加工研究所 流動研究員 中谷 誠	215
06-73	伝統軸組構法に使用される追掛大栓継手の力学性能改善に関する実験的研究 大阪大学大学院工学研究科 地球総合工学専攻 大学院博士前期課程2年 松本 渡	217
06-74	室内VOCの可視光応答型光触媒による分解除去 京都大学大学院 工学研究科 博士後期課程3年 尾崎 裕謙	219
06-75	室内温湿度変動による冷房使用状況の把握に関する研究 岐阜工業高等専門学校 准教授 青木 哲	223
06-76	築30年程を経過した都心の既存コンクリート構造物における改修時コア強度調査に基づく建物の維持可能性に関する基礎的検討 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 建築学専攻 助教 田村 雅紀	225
06-77	木質製ボルトーナットの接合強度性能と最適ネジ形状の設計 東京大学アジア生物資源環境センター 環境材料設計学研究室 修士過程2年 竹平 勝博	227
06-78	建設廃棄物リサイクルにおける生産者の役割：その現実と課題 山口大学 教育学部 准教授 阿部 新	231
06-79	燃料用竹ペレットの製造と品質評価 鹿児島大学大学院 農学研究科 修士2年 新森 裕介	235
06-80	木質バイオプラスチックの開発 鹿児島大学大学院 農学研究科 修士2年 田中 健	239

06-81	国産スギ材を使用した教育環境の快適性評価に関する研究 秋田県立大学 木材高度加工研究所 流動研究員 木村 彰孝 -----	243
06-82	磨耗による床のすべりの抵抗の変化の即時推定方法に関する研究 東北工業大学大学院 工学系研究科 建築学専攻 工藤 瑠美 -----	247
06-83	既存木造住宅の耐震性能評価に関する研究 東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻 博士課程3年 福本 有希 -----	251
06-84	アルミサッシの低温での相分解に及ぼす原子空孔の影響 山梨大学大学院 医学工学総合研究部 修士課程2年次生 入倉 秀 -----	255

第3部 国際会議・国際協力

06-85	第6回 建物室内の空気質と換気及びエネルギー消費に関する国際会議 東北大学大学院 工学研究科 教授 吉野 博 -----	259
06-86	ISO/TC163「建築環境における熱的性能とエネルギー使用」における試験方法規格の新規提案及び国内外研究関係機関等の技述及び動向に関する調査 財団法人建材試験センター 標準部 調査研究開発課 佐川 修 -----	263

第4部 研究発表会・シンポジウム

06-87	エネルギーと環境コンペティション 「Vernacular Architecture-地方特有の気候風土及び文化から生まれる建築」の実施 名古屋工業大学大学院 ながれ領域 教授 堀越 哲美 -----	267
06-88	研究者・業界関係者・消費者のためのシンポジウム「住宅の上手なりフォーム法」開催 NPO 消費者住宅フォーラム 副理事長 矢野 方雄 -----	271
06-89	人工林スギ材の住宅用構造材としての利用拡大に関するシンポジウム 鹿児島大学農学部 教授 田中 千秋 -----	275
06-90	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」 社団法人日本建材・住宅設備産業協会 景観向上委員会 渡邊 定夫 -----	279

第1部 調査研究

05-04 北東アジアにおける木材流通の変容

－北洋材を中心に

九州大学大学院 比較社会文化学府

国際社会文化専攻 博士後期課程 永井リサ

1. 本研究の背景と目的

背景

中国政府は1998年に発生した大洪水の反省から、1998年に「天然林保護計画」として、天然林での過伐防止と減産強化を開始した。対象地域は中国森林地域ほぼ全域、中国東北全域、中部森林地帯（四川省、山西省、貴州省他）、華南森林地帯（雲南省他）内蒙古にわたる。この結果減産した木材を海外から輸入する必要にせまられたが、この需要に充てられたのが北洋材（ロシア材）である。

現在中国では2008年の北京五輪、2010年の上海万博開催準備の為建設ラッシュであり、木材需要がかつてないほど高まっている。これらを背景に中国に輸入される北洋材輸入量は1996年～2002年で約5倍以上に伸び、丸太原木では27倍の伸びを示している。（中国に輸入される北洋材の7割が合板・ドア・窓枠等の建材として使われ、残りはパルプ用である）

このように1998年の中国の天然林減伐政策や、北京五輪、上海万博の開催を控えて、北東アジアにおける木材流通は大きく変わりつつある。中国は世界第2位の木材輸入国となりロシアや東南アジアから大量の木材を輸入せざるを得なくなっている。この需要の56%を満たすのが北洋材で、ロシアと国境を接する中国東北地区では、辺境貿易都市で中ロ貿易センターの建設、またロシア・北朝鮮国境地帯での新鉄道の敷設（2005年着工の東辺道鉄道：ロシアとの国境で北洋材最大入荷地である綏芬河から牡丹江－通化－丹東－大連間で敷設予定）が行われ、さらなる木材貿易の増大が見込まれている。

東辺道鉄道始点となる大連市の周辺地域には、針葉樹を材料とした日中合資の加工工場（木質パネル等の加工工場）が立ち並び、主に日本向け製品を加工している。大連周辺は中国における日本向け製材輸出の中心地である。

中国の天然林伐採減産は北洋材価格を引き上げ、中日韓を中心とした北東アジア全域の木材流通を変化させただけでなく、製材市場・製材流通も変えつつある。

本研究では近年の北東アジアにおける木材流通の変容を、北洋材を中心に考察する。主に中国における北洋材輸入増大と、それが日本の木材市場・製材市場へ及ぼす影響について検証する。

目的

中国による天然林保護プログラムが北東アジア木材市場に与えた影響と、天然林保護プログラムによって急増した中ロ木材貿易が今後の北東アジア木材市場に果たす役割を検証し、さらに2007年7月より始まったロシア木材輸出税引き上げが急成長した中ロ木材貿易や日中韓を含めた北東アジアの木材供給にどのような影響を与えつつあるか考察する。

2. 調査成果

上記の検証のため、報告者は2006年3月と2006年10月また2007年3月の三回に渡り、中国東北各都市の木材市場及び、中ロ国境の綏芬河、東寧、同江等で現地調査を行った。

【第一回調査】 2006年3月時調査

中国東北主要鉄道沿線都市の木材市場を以下の三種に分け、視察と聞き取り調査を行った。

- I 在来線（京哈線）沿線の木材市場－長春、瀋陽、ハルビン
- II 中露国境地域の木材市場－綏芬河、東寧
- III 東辺道鉄道敷設予定地木材市場－牡丹江、丹東、東港 大連

これら木材市場は大きく2種類に分かれており、取り扱い木材は国内材が中心で、自都市とその周辺の自家消費の木材が中心である、瀋陽、長春、海林、東港、にロシアからの輸入木材が多くロシア材の主要流通経路となっているハルビン、綏芬河、東寧、大連等である。後者のルートはロシアから輸入した原木を製材品にして、日本を初めとした先進国へ輸出するルートでもある。後者のルートでも、綏芬河は鉄道を経由して輸入されたロシア木材を一次加工して大連でさらに加工を加え海外に輸出し、東寧はウスリースクやウラジオストックへのアクセスの良さを武器に、ロシア材をトラックで輸入し加工して大連まで運びやはり海外へ製材を輸出している。東寧は鉄道が無いため、綏芬河の鉄道輸送に比べて不利に思われるが、ウスリースクからトラックで運んだ木材を東寧で大幅に加工することで輸送コストを下げ、大連に送ることで鉄道がないデメリットにも関わらず、綏芬河に劣らない大規模な木材会社や加工工場が存在していた。

東辺道鉄道は新しく敷設されるというよりは、在来線で鉄道が未開通となっているいくつかの地域に鉄道を敷設してゆき、最終的に大連－牡丹江まで開通させるという計画であり、大連－牡丹江直通というルートにはならない。その為、開通されたとしても大連－ロシア間の取引が急激に増大するという事態にはならず、東辺道鉄道は中露・中朝国境地帯の長白山を中心とした観光コースを走ることから、まず第一に観光客の増大への期待が大きく、貨物の輸送増加には現時点ではそれほど大きな期待はないらしいというのが今回の調査の印象であった。しかし、実際綏芬河の至近距離にある牡丹江を起点として大連まで鉄道が繋がるということは、現在木材で行われている様な綏芬河を中核とした大連－ロシア間の貿易を一層活発にするであろう。それゆえ当初の計画とは異なり、東辺道鉄道の終着駅からは外された綏芬河であるが、東辺道鉄道の開通によってさらに発展すると思われる。また現在牡丹江は経済的に沈下した状況にあるが、東辺道鉄道の終点・起点としてロシア－綏芬河－大連という中露貿易ルートの重要地点となるため、東辺道鉄道の開通後は経済的にも再浮上すると予測される。ただ中露貿易に関して言えば、ロシア政府の政策が重要であり、木材を中心とした一次資源が極東地域から大量に輸出され、かわりに民間互市経由で中国製の雑貨等の軽工業品が大量に流入しロシアの小売業を圧迫していることに対して、ロシア政府は強い危惧を抱いていると言われており、現在の綏芬河・東寧におけるロシア政府による民間互市への規制の例を見ても分かる様に、中露貿易の状況は両政府の意向によって左右される為、現在の様なあまりに中国への自然資源流出が激しい状態が続けば、各種資源の保護の為、さらなる規制がかけられることも予想される¹。

¹ 実際、調査一年後の2007年2月に、ロシア政府によりロシア森林法の追加的処置としてロシア木材輸出税引き上げが決定されている。

【第二回調査】2006年10月調査

中ロ木材貿易における中国側の主要都市である綏芬河、東寧、同江、伊春において追加調査を行った。各都市の木材関係企業や林業局、また綏芬河の『辺境貿易』編集部や、綏芬河の新聞社『綏芬河日報』などで聞き取り調査や資料収集を行った。

この頃より中国東北の綏芬河や東寧の木材市場関係者ではロシア政府による木材輸出税引き上げが噂されており、そのため綏芬河や満洲里を始めとする中国東北のロシア木材関連企業は、中国企業がロシアに直接投資しロシアで直接伐採し、ロシア内の中国資本の工場で製材加工を行う「吉信方式」（東寧の木材会社「吉信木業」が早くからこの経営方法を行っていた為、このように呼ばれている）への転換を急激に進めつつあった。

【第三回調査】2007年3月調査

ロシア側のウラジオストク、ハバロフスク、グロデコボ、ウスリースク、及び中国の綏芬河、東寧、同江等で現地調査をおこなった。今回はロシア木材輸出税引き上げに揺れる中ロ双方の現地状況を中心に木材市場、木材問屋、製材工場等で聞き取り調査を行った。

・ロシア木材輸出税引上問題

ロシア政府は、2006年12月25日に発動したロシア森林法の追加的処置として、2007年2月7日に林産物の輸出税を発表した。ロシア政府はロシア産針葉樹の原木に対して、現行6.5%の輸出税が、2007年7月1日より20%、2008年4月1日より25%、2008年1月1日より80%の高関税となり、今後ロシア丸太の輸入加工は採算が合わなくなる可能性が高い。（2007年2月15日農水省木材利用課通知）

・2009年以降、ロシア木材の輸出税80%になるため日本を始めとする韓国、中国の合板、製材関連企業が大打撃を受けると予想されている。

・ロシア木材輸出税引き上げによる中ロ木材貿易への影響

・輸出税引き上げ後、中国の綏芬河や満洲里ではロシア内で加工した製材への輸入にシフトしつつある。そのため木材市場まだ目立った動きは出ておらず、綏芬河におけるロシア木材総輸入量は微減程度に収まっている（2008年3月時点）。

・長い国境線をロシアと共有する中国は、鉄道やトラック輸送によるメリットが高い為、輸出税引き上げが決まった現在でもロシア木材の買い控えは起きておらず、むしろ中国企業の直接投資によるロシア極東における中国資本の製材工業の建設が盛ん起きており、ロシア極東における中国企業や中国人労働者による森林伐採、加工が急速に進行している（2008年3月時点）。そのため、ロシア木材輸出税引き上げ後も、ロシア極東における森林の過伐状況は当面持続すると考えられる。

・従来ロシア丸太の輸入に依存してきた、日本や韓国、ノルウェー、アイスランド、EU諸国等では価格引き上げによるロシア木材の買い控え現象や、ロシアから北欧や北米等、他地域産針葉樹への転換が起りつつある。

・しかし、従来のロシア木材生産量に代替可能な木材供給を確保できる地域は限られており、当面世界的に木材価格の上昇が続くと思われる。

今後の課題

①2007年7月より始まるロシア木材輸出税の引き上げが中ロ木材貿易に与える影響について、現地の状況から考察を行う。

②上記の分析を通じて、ロシア木材輸出税引き上げが北東アジアの木材供給に与える影響を検証する。

今後の調査予定

- ・現在のロシアにおける主要な伐採地である、バイカル・アムール鉄道（第二シベリア鉄道）沿線伐採地及び木材加工工場における聞き取り調査を行う。バム鉄道沿線のワニノ、イルクーツク、ウランウデ、チタで働く中国人製材業者や中国企業での聞き取り調査を実施する。
- ・上記バム鉄道調査と連動して、バム鉄道沿線で生産された木材の通過地点である黒河、満洲里、エレンホトにおける木材市場現況調査及び、ロシア輸出税引き上げが各地のロシア木材関係企業にどのような影響を与えているのかについて聞き取り調査を行う。

05-07 貫通細孔を有する環境調和型ケイ酸カルシウム水和物系建材の合成

東京工業大学大学院理工学研究科
教授 坂井 悦郎

1. 本研究の背景と目的

CaO、Ca(OH)₂ やポルトランドセメントなどのカルシウム源と α-石英などのシリカ源 (SiO₂) をオートクレーブ中で 170~250°C 程度の飽和水蒸気圧下で反応させ、合成したトバモライト (5CaO·6SiO₂·5H₂O) やゾノトライト (6CaO·6SiO₂·H₂O) などのケイ酸カルシウム水和物が建材、断熱材、保温材、耐火被覆材や人造木材などに利用されている。調湿材としては、上記の材料が一般的に実用・検討され、また、それらを炭酸化反応させたものなどが検討されている。これら各種のケイ酸カルシウム水和物を利用した材料や特に炭酸化による調湿機能の向上を期待した研究は、毛細管凝縮が起こると考えられるゲル空隙である 3nm 以下程度の空隙に着目したものであり、これより大きな毛細管空隙、特にその中でも大きな空隙の制御に着目した研究はない。毛細管空隙は通常、1 μm 程度までである。

以上より、本研究では、従来の調湿機能や有害ガス吸着機能を発揮する 10nm 以下の細孔は、そのまま維持しつつ、0.1 μm~5 μm 程度の貫通細孔になると想定される毛細管空隙を多量に含み、しかも、簡便な製造方法で流し込み成形も可能である効率的な調湿機能や有害ガス吸着性能を有する環境調和型ケイ酸カルシウム水和物系建材を提案することを目的とした。

2. 研究の方法

流し込み成形が可能で、簡便な製造ができ、強度を有するケイ酸カルシウム水和物系建材を基本としているので、出発原料としては、普通ポルトランドセメントと SiO₂ 成分としてケイ石微粉末を用いた。これら材料を所定の比率(トバモライトを目標とした場合 CaO/SiO₂ 比は 0.5~0.6 程度)で、水と練り混ぜた後、型に流し込み、予備養生後、脱枠した固化体をオート水熱反応させケイ酸カルシウム系水和物建材を合成した。その際、貫通細孔と思われる大きな毛細管空隙を残存させる方法が重要となる。これは次のような方法により可能となると想定し、実験を行った。すなわち、1)練り混ぜる水量を増加させると、生成した水和物が完全に空隙を埋めることができないため、要求される強度を確保しつつ、練り混ぜる水量を増加させる。2)水量の増加は、密度の異なる材料の材料分離につながり、均質な固化体を得ることができない。3)そこで、セメントの水和を遅延させない陰イオン界面活性剤と陽イオン界面剤を組み合わせ、アイオノマーを形成させることで材料分離を防止できる新規

な増粘剤（ビスコトップA,B）を用いるとことにより、水と粉体の比率を従来実用されている0.5以下程度より、著しく大きな0.6～1.0程度としても均質な成形体を得ることができる。この方法は、特殊な材料を使用せず細孔制御に環境にやさしい水を使用しようとする点に特色がある。

3. 実験結果と考察

水粉体比0.7を超えると急激に $0.04\mu\text{m}$ 以上の毛細管空隙が増加し50%以上を占めており、 $0.1\mu\text{m}$ 以上の毛細管空隙も増加している。水粉体比を増加させることで、貫通細孔となり得る大きな空隙を生成させることが可能となっている。水粉体比が0.5程度となると大きな空隙は急激に減少しており、水粉体比0.65から0.7程度が、その境界の水粉体比になっているものと推定される。従って、水粉体比0.7以上で練混ぜた普通ポルトランドセメントとケイ石微粉末を混合した材料を水熱合成することで、貫通細孔を有する可能性の高いケイ酸カルシウム水和物固化体の合成の可能性が示唆された。

また、水粉体比が0.7と0.9の貫通細孔を有する可能性が高い固化体の圧縮強度は18MPaと12MPaであり、部材として十分利用可能である。また、密度も1.02と0.81であり、軽量化も可能である。水粉体比の0.7以上のケイ酸カルシウム水和物固化体では、水粉体比が0.5の場合と異なり、表面に水をたらずと急激にしみ込み、良好な物質透過性を示し、また、カッターでの加工も容易で快削性を示した。

このような系の反応について検討を加えた。いずれの場合もセメント中のエーライトの反応率は90%以上の値を示し、ほとんど反応している。また、ケイ石微粉末の反応率は水粉体比が0.7および0.9の場合は、それぞれ43.3%と45.7%であり、水粉体比0.5の場合の39.5%より大きな値を示しており、反応の進行という観点からも水粉体比を大きくすることが有効であることが示されている。水粉体比の大きい方が、 CaO/SiO_2 比はトバモライト組成の0.83に近い値となっており、水和物の合成の観点からも水粉体比を増加させることが有利に働いている。また、水粉体比の増加とともに、トバモライトの結晶サイズは大きくなっている。普通ポルトランドセメントとケイ石微粉末の比率が50:50の場合、水粉体比0.7と0.9の1.1nmトバモライトの結晶サイズは23.4nmと24.7nmであり、水粉体比が0.5の場合の22.4nmよりも結晶は大きく成長しており、安定性の観点からも有用である。これは、結晶が成長する空間が確保されやすいことと、 CaO/SiO_2 比が、トバモライトのそれに近くなっているためと考えることができる。

4. 結論

普通ポルトランドセメントとケイ石微粉末を出発原料とし水粉体比を0.7以上とすることで、 $0.04\mu\text{m}$ 以上の大きな毛細管空隙を半分以上有し、壁全体を調湿材料として利用できる可能のあるケイ酸カルシウム水和物固化体とその合成法を提示することができ、有効な材料を提案することができた。また、大きな毛細管空隙の確保に加えて、ケイ酸質材料として α -石英などを用いた場合には、水熱合成によりケイ酸カルシウム水和物の結晶を大きく成長させつつ、発泡剤や起泡剤などを利用することなく軽量の材料を提供することができた。

05-09 シックハウスにおける室内空気汚染と 居住者の健康被害に関する継続調査 ならびに改善方法の提案

東北大学大学院工学研究科
教授 吉野 博

1. 本研究の背景と目的

近年、室内におけるホルムアルデヒドや揮発性有機化合物といった化学物質による室内空気汚染、いわゆる「シックハウス」が社会的問題となっている。我が国では、厚生労働省により、現在までに13の化学物質に対して室内濃度指針値が策定されており、2003年7月には、シックハウス対策を盛り込んだ改正建築基準法が施行され、ホルムアルデヒドを発生する建材の使用制限や換気設備の設置義務化などが始まったが、被害件数は依然として増加傾向にある。申請者らがこれまで健康被害住宅における室内空気汚染の実態把握を目的として行ってきた調査の結果から、24時間機械換気システムを設置していても、実際は設計通りの換気量（換気回数：0.5回/h）が確保できていない例が多いこと、規制対象外の化学物質が代用され居住者の健康を害している可能性があること、などの問題点が現状として浮かび上がってきた

2. 研究の方法

2000年から2007年にかけて、宮城県内のシックハウスが疑われる住宅62軒（延べ114軒）を対象として実施した。また、62軒中30軒では追跡調査を行っており、その内訳は2ヶ年：20軒、3ヶ年：5軒、4ヶ年：3軒、6ヶ年：2軒となっている。

調査内容として、室内環境に関する実測調査（気中化学物質濃度、温湿度、換気性状）と居住者の健康状態と住まい方に関するアンケート調査を行っている。

3. 実測調査結果

3.1 気中化学物質濃度測定

ホルムアルデヒドは64%、アセトアルデヒドは51%、TVOCは75%の住宅で厚生労働省指針値・暫定目標値を超過しており、健康被害の原因物質であることが考えられた。トルエンが指針値を超過した6軒はすべて築・リフォーム後年数が3年未満であり、p-ジクロロベンゼンが指針値を超過した12軒中8軒では衣類用防虫剤（うち5軒はp-ジクロロベンゼン系）の使用が確認された。

3.2 換気量測定結果

換気回数が建築基準法で定められた基準0.5回/hを満たしたのは、測定を実施した14軒中5軒（36%）であった。部屋別の結果では、41室中6室（15%）のみであった

4. 継続調査結果

4.1 追跡聞き取り調査結果

調査を実施した62軒中30軒に対しては、初回調査時と同じ内容の調査を実施している。今年度、追跡調査を実施していない住宅に対して、住環境、症状の変化について電話による簡単な聞き取り調査を行った（以下、追跡聞き取り調査とする。）。SHS発症者が居住する36軒（追跡実測調査実施30軒含む）の住宅における追跡調査結果を示す。

4.1.1 症状の変化

発症者の症状が「改善」したと回答した住宅が 36 軒中 10 軒 (27.7%)、「改善傾向 (一部症状が改善、または改善傾向にある状態)」にあると回答した住宅が 36 軒中 18 軒 (50.0%)、症状が持続している「変化なし」と回答した住宅が 7 軒 (19.4%)、症状が「悪化」したと回答した住宅は 1 軒 (2.7%) であった。

年数の経過に伴い、自然と症状が改善した居住者が大半を占めるが、未だに症状が持続、悪化している居住者も存在する。症状が持続している 7 軒については、臨床検査結果より化学物質過敏症 (以下、MSC) 疑いである住宅が 4 軒、MCS 様の症状を訴えている住宅が 2 軒であり、住宅内で発生する微量の化学物質にも反応してしまっていることが推測される。1 軒の悪化事例については、近所で農薬散布が行われたことが原因である。

また、「改善・改善傾向」と回答した住宅においても、住宅内で症状の発現頻度は減少したが、その後、新しい家具に頭痛や吐き気などを感じる、新しい建物で症状を訴えるようになったという居住者も多く見られる。

4.1.2 シックハウス対策と居住者の症状の変化

対策の内容としては、「換気の励行」「掃除の励行」等の日常的な行為から、空気清浄器の設置、リフォーム (建材、換気設備) などの積極的な環境改善や、医師の協力の下での、食事療法、薬の服薬等様々である。これらの対策を数種類あわせて実施している住宅もある。

SHS 患者宅で行っている対策として、最も多かった「換気の励行」については、29 軒中 23 軒で「改善・改善傾向」を示しており、実行しやすく効果が現れやすい対策であると言える。次に多かった「薬品・家具などの除去、持ち込む際の配慮」では、防虫剤・殺虫剤・ワックスなどの生活薬剤用品の使用中止、家具の廃棄、化学物質発生をしにくい家具を搬入する等の対策を行い、10 軒中 7 軒で症状が「改善・改善傾向」を示した。

4.2 追跡実測調査結果

継続的に室内環境調査を行った 30 軒 81 室におけるホルムアルデヒド、TVOC 濃度の経年変化については、どちらも減少傾向が著しい。ホルムアルデヒドについては、一部の住宅において、濃度が最終回調査時に上昇していた。これらの住宅の中には、新しい家具を設置した部屋や物置部屋で換気が行われていなかった部屋等があり、その影響によるものと考えられる。TVOC についても一部の部屋で極端な上昇傾向が見られるが、これはアンケート調査により防虫剤の使用によるものだということが確認された。生活用品における化学物質の使用を控えた住宅は、大幅な減少傾向が見られた。

5. 考察

8 年間に渡る追跡調査から以下の知見を得た。

- ・化学物質濃度は経年に伴い減少傾向を示していたが、防虫剤や家具などの居住者の持ち込み品による濃度上昇や、部屋の閉め切りによりなかなか濃度が低減しない住宅も見られた。
- ・生活改善および換気運転方式の変更、一年を通しての窓開け換気による空気質の改善に伴い、自覚症状も改善された事例が認められた。
- ・シックハウス対策としては、換気の励行、持ち込み品の配慮により、濃度の低減と症状の緩和が認められた家庭が多かった。

05-10 レーザー誘起蛍光法を用いたVOC発生状況の可視化技術の開発

群馬大学大学院工学研究科

准教授 天谷賢児

1. 研究の背景と目的

建材の保存剤や接着剤、建築物表面の塗料など住環境において発生するホルムアルデヒドやトルエン、キシレンなどの揮発性有機化合物 (VOC) は、シックハウス症候群の原因物質と考えられている。これら VOC には極めて多くの種類があり、その発生機構も様々であることから、発生状況を正確に把握し精密に評価するための技術の確立が求められている。このような VOC は、身近な住環境だけでなく、自動車に代表される様々な製品の塗装工程においても発生する。さらに、エンジンや燃焼器の燃焼ガス中や燃料蒸気中にも存在し、大気中で光化学反応により有害な微粒子を形成することも明らかにされている。このような VOC の排出が社会問題化している中で、現在、その発生抑制技術の開発や計測法の研究が進められている。

著者らは、これまでに燃焼過程で発生する多環芳香族炭化水素 (PAHs, 複数のベンゼン環を有する炭化水素) の火炎内における挙動を可視化する手法を開発してきた。この手法はレーザー誘起蛍光法と呼ばれ、分子がレーザー光により励起し蛍光を発生することを利用し、分子の濃度分布を測定する方法である。本研究ではこのレーザー誘起蛍光法を VOC の計測に応用し、VOC の発生状況を可視化する技術を開発しようとするものである。ここで提案する方法は、従来のサンプリング法に比較して VOC が発生して拡散してゆく様子を直接可視化できるために、VOC の発生過程の特性把握が可能と考えられる。このような可視化手法が確立すれば、低 VOC 塗料や接着剤の開発にも有効であると考えられる。

2. 研究の方法

本研究では合板と金属板 (アルミ板) を準備し、その表面に様々な塗料を塗り、その塗装面から発生する VOC を可視化することにした。塗料としては、比較的一般的な塗料である常温乾燥型塗料のアクリル塗料、エナメル塗料および水性塗料を用いた。実験としては塗料を合板あるいはアルミ板に均一の厚さに塗装し、電子天秤を用いて塗料質量の時間的な変化を調べ、トータルの放出量を測定した。

可視化実験に用いた計測装置の概略を図 1 に示す。VOC の励起に用いたレーザーは KrF エキシマレーザーである。波長は 248nm の紫外光源で、約 40ns の閃光時間を有している。レーザーのエネルギー密度は 1 閃光あたり、 $1.1\text{mJ}/\text{mm}^2$ である。上述の合板あるいはアルミ板の塗膜面に対して、厚さ 2mm、高さ 12mm のシート状のレーザー光を垂直に照射し、塗料から揮発する VOC のシート光面内で発生する蛍光を観察した。

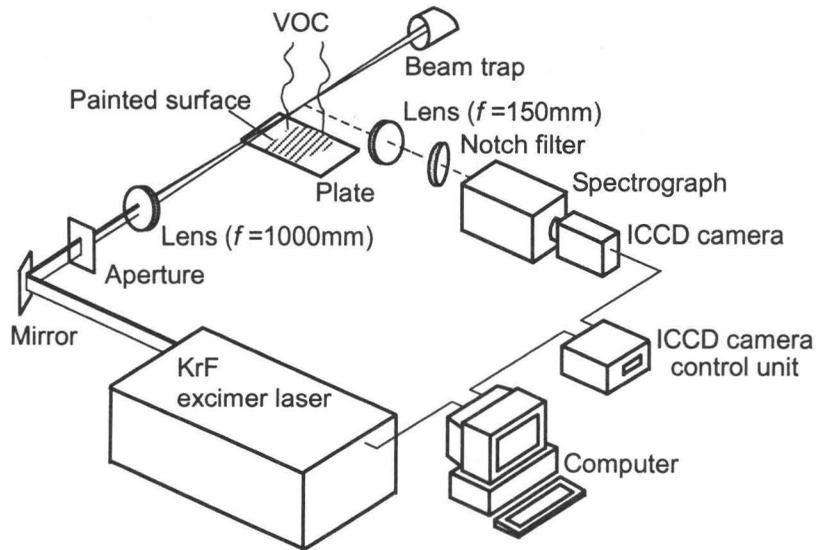


図1 計測装置の概要

3. 実験結果ならびに考察

はじめに、合板、および、アルミ面に塗装を行った後の揮発分の放出に伴う質量減少特性を求め、単位時間当たり単位面積当たりの質量の減少量から、質量減少率を求めて、その時間的な変化を調べた。この質量減少率が揮発速度に対応していることになる。

アクリル塗料を用いた場合の、合板、および、アルミ板における塗装後の質量減少率曲線を図2に示す。初期質量減少率はほぼ同じとなった。これは、塗装面がアルミであっても合板であっても、塗料の表面状態がほぼ同じであることに起因していると考えられる。ただし、時間の経過に伴う質量減少率は異なり、合板の方がアルミの場合よりも質量減少率が全体的に低い。このように合板の方がアルミ板に比べて質量減少率が小さい理由としては、合板の場合には塗料の一部が木材内部に染み込み、その分だけ表面からの揮発量が抑制されるためと考えられる。

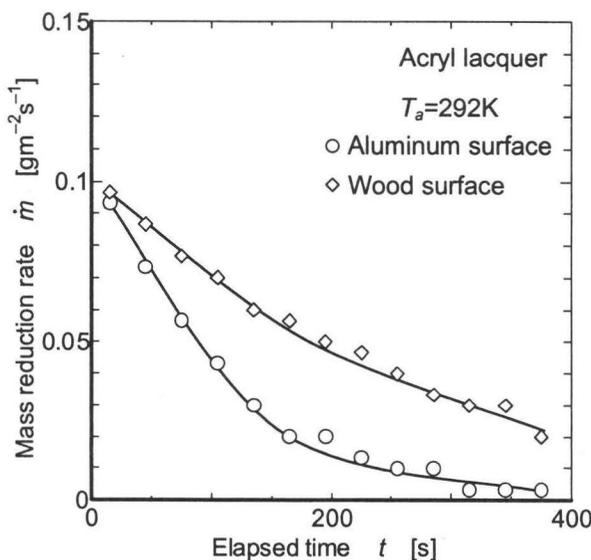


図2 アクリル塗料の質量減少率曲線

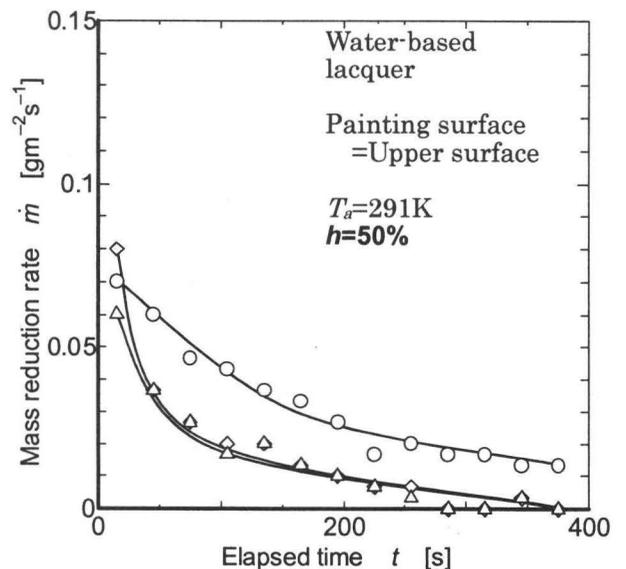
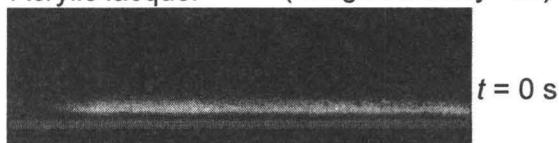


図3 水性塗料の質量減少率曲線

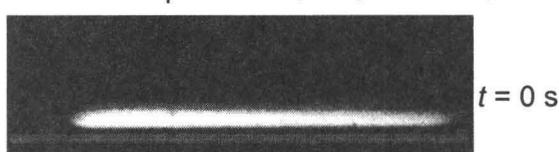
図3は水性塗料の質量減少率曲線を示したものである。水性塗料の場合もアクリル塗料の場合とほぼ同様な揮発特性があることがわかる。

LIF法によるVOCの可視化実験では、アクリル塗料、エナメル塗料、および、水性塗料を用いた実験を行った。図4はアクリル塗料、エナメル塗料、および、水性塗料を水平に置いたアルミ壁面に塗った直後のVOC発生状況を測定した結果である。アルミ壁面から0.5mm上方にシート状レーザー光を通して、いずれの塗料の場合にも、塗装面に近い部分に強いVOCの蛍光が現れ、壁面から離れるにしたがって徐々にVOC濃度が減少してくることがわかる。水性塗料の場合は、画像濃度をアクリル塗料の場合の4倍まで高くしても、蛍光を観察することができなかった。これは、水性塗料ではVOC成分が大幅に低減されていることを示していると考えられる。このように、LIF法を用いることにより、塗装面からのVOCの発生状況を容易に可視化できることが確認できた。

Acrylic lacquer (Image intensity=1X)



Enamel lacquer (Image intensity=1/8X)



Water based lacquer (Image intensity=4X)



Painting plate 10mm

図4 各種塗料のVOC蛍光

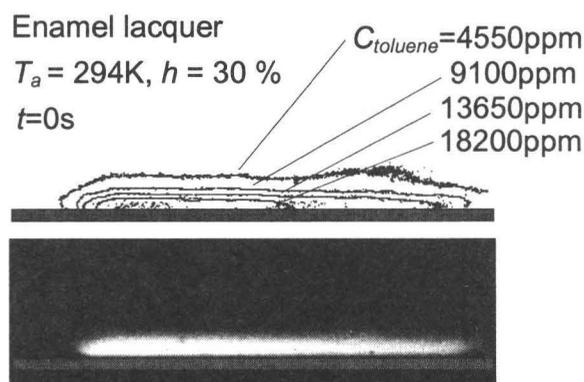


図5 エナメル塗料面のトルエン換算VOC濃度

VOCの発生量を定量化するために、定容容器にトルエンを入れて、それが完全に蒸発した状態の蛍光強度を求めた。トルエン濃度が15000ppm以下ではほぼトルエン濃度に比例して蛍光強度が増加していることを実験的に確認した。このデータをもとに、各種塗料のトルエン換算の濃度分布を求めた。その例を図5に示す。エナメル塗装面から高い濃度（トルエン換算値）のVOCが発生していることがわかる。

4. まとめ

レーザー誘起蛍光法を用いてVOCの拡散状態を可視化する手法を検討した。定量化手法については、今後ガス分析等も併用してさらに議論してゆく必要があるが、本研究で提案したレーザー誘起蛍光法を用いることによって、塗料等から発生するVOCの拡散状態を可視化することができ、ある程度の定量化が可能であることが示された。

05-18 通風の高度有効利用のための建物周辺 気流解析に関する研究

関東学院大学 工学部 建築学科
専任講師 遠藤 智行

1. 本研究の背景と目的

京都議定書の採択の後、諸分野において省エネルギー技術の提案がなされている。建築の空気環境においても然りであり、未利用エネルギー技術としての通風の有効利用について、国内外で盛んに研究発表が行われている。通風量の予測には筆者らが提案している「局所相似モデル」が有効と考えられるが、同モデルを実務において有効利用するためには、建物周辺における諸条件を的確に把握する必要がある。これらの解析手法には風洞実験と CFD が考えられるが、風洞実験は風工学や流体力学に関する専門知識を必要とし、かつコストや設備的な問題もあり、一般の実務者が個々の事例検討に用いる事は難しいと言える。一方、CFD による検討では、従来は流体力学を熟知したものによる自作コードでの検討が日本では盛んに行われており、この分野の知識に乏しい実務者などには敬遠される節があったが、最近の計算機（パーソナルコンピュータ）能力の著しい向上に伴い、商用 CFD ソフトの性能が充実し、現在では風洞実験に代わる手法として注目されている。これらの多くの場合においては、RANS と呼ばれる CFD の手法が用いられている。RANS においては気流の渦レベルまでを直接計算で解くことはせず、ある種のモデル式（乱流モデル）を用いて乱流成分の近似を行う。しかし、多くの研究者が提案している乱流モデル、計算解法など計算時に選択を迫られる項目については目的に応じた適切な判断指標がないことから、専門外の実務者による誤った結果を導く可能性も高い。本研究では以上の点を顧み、実務において建物周辺の気流解析を行う際の留意点について検討を行い、目的に応じて適切な選択を行うことのできるような指針の作成を目的とした。解析には現在、建築空気分野におけるユーザーからの注目度の高い商用ソフト（STAR-CD）を使用した。

2. 各種乱流モデルの評価

CFD を用いて建物周辺の気流解析を実施する際には、RANS 系の $k-\epsilon$ モデルを利用することが一般的であると考えられる。しかし、標準型の $k-\epsilon$ モデルは、建物の衝突する風上面において風圧係数や乱流エネルギーを過大評価するという欠点が知られている。これらに対し、各分野の研究者から様々な改良型が提案されている。日本の建築分野においても LK モデルや MMK モデルなどが提案されているが、エネルギーカスケードに矛盾が生じたり、計算の不安定性を招いたり、どちらも一長一短のモデルとも言え、現時点で実用に最適であるとは考えにくい。そこで、上記モデル以外に表 1 に示すよう

な様々な研究分野で提案され、実績を残している改良型 $k-\epsilon$ モデル (RNG や Durbin's limiter の組み込みなど) や $k-\omega$ モデル、応力方程式モデル (Reynolds Stress equation Model) らを単純形状建物 (図 1) の風圧力分布予測や建物周辺気流予測に適用することにより、それぞれの手法における特徴を把握した (表 1)。結論として、風圧予測に関しては Durbin's limiter (モデルパラメータ $\alpha=0.5$) を組み込んだ改良型 $k-\epsilon$ モデルが良好な対応を示し、総合的な評価では Durbin's limiter (モデルパラメータ $\alpha=0.65$) を組み込んだ改良型 $k-\epsilon$ モデル (以下、Durbin モデル) と繰り込み群理論を取り入れた改良型 $k-\epsilon$ モデル (以下、RNG モデル) が良いと判断された。

3. 複雑形状建物への適用

単純形状建物を対象とした風圧係数・建物周辺気流解析を実施し、総合的に判断すると RNG モデル及び Durbin モデル ($\alpha=0.65$) における再現精度が高い事を示した。次に、上記の乱流モデルを用いて 3 種類の複雑形状建物を対象とした風圧係数の再現精度の検討を実施した。計算対象は図 2 に示す 3 つの形状とした。結果を表 3 に示す。表中の数値は風洞実験結果値との偏差を表しており、数値が小さいほど実験値に近いことを示す。RNG モデルは、単純形状と同様に再現精度の高いことが確認された。また、Durbin モデル ($\alpha=0.65$) は複雑形状では適用に問題があることが判明した。 α の数値をより大きくした Durbin モデル ($\alpha=0.80$) は RNG モデルよりも良好な結果を示すものの、メッシュレイアウトによって計算結果に違いが生じ、メッシュ作成時に形状やサイズに注意する必要があることが分かった。

4. 周期境界条件の適用

これまでに、建物が単体で建っている場合の風圧係数・建物周辺気流解析を実施し、CFD にて同様の検討を行う際の乱流モデル選定について検討した。ここでは、密集市街地を想定した CFD 計算を実施し、計算負荷の小さな $k-\epsilon$ モデルによる街区モデルの再現精度について検討した。建物が複数存在する街区の風環境を CFD で再現する場合、対象とする街区そのものを全て計算する方法と、街区を単純化したモデルを作成し、CFD の特徴を生かした分析をする方法とがある。前者の手法は計算負荷が大きく、試行錯誤的な検討においては現実的ではない。後者の手法は計算領域の境界条件として周期 (サイクリック) 境界を適用することにより、注目する範囲を極狭くすることが可能となる。この方法では、全ての境界を解く場合と同程度の精度を保ちながら、少ない計算負荷での検討が可能となる。本研究では後者の手法による再現精度の検討を行った。図 3 に示す対象住宅の周辺を図 4 のように設定することで街区のモデル化を行う。流入・流出面には周期境界 (サイクリック境界) を適用し、領域側面には周期境界もしくは鏡面境界 (シンメトリー境界) を適用した。建物モデルのタイプは 3 種類用意し (Full モデル、分割 Full モデル、Half モデル)、それぞれについて、定常計算・非定常計算を実施した。結果を表 4~表 6 に示す。結果として、PISO 法を用いた非定常計算+RNG モデル、PISO 法を用いた非定常計算+Durbin モデルの両組み合わせにおいて、風圧係数分布を高精度

に予測することが可能となった。

表1 使用乱流モデル

乱流モデル		改良点
標準k-ε		改良無し
Quadraticモデル		レイノルズ方程式の改良
Durbinモデル	α=0.5	乱流粘性の改良
	α=0.65	
	α=0.8	
	α=1.0	
RNGモデル		ε 方程式の改良
Sugaモデル	Quadratic	
	Cubic	
Chenモデル		

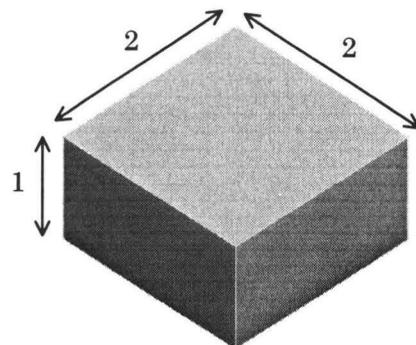


図1 単純形状

表2 総合評価結果 (評価項目のアルファベットは表2、図5と対応)

評価項目 (括弧内は既往研究の 実験結果)	風圧係数 (Cp)					乱流エネルギー		再付着点距離			備考	
	A (0.8~0.9)	最小値 (-1.4~-1.3)	B (○)	C (○)	D (○)	E (0.1)	F (○)	G (0.27)	H (1.64)	I (No data)		
標準	1.27	-1.76	×	×	○	0.24	×	-	2.11	0.14	- ほぼ全ての項目において再現性は低い	
Quadratic	0.90	-1.58	○	×	○	0.18	×	-	2.12	0.66	- 風圧係数の最大値は比較的良好 - 際立って再現性の低い項目はみられない	
Suga	Quadratic	1.12	-1.32	-	-	-	0.13	○	0.89	1.83	1.06	- 風圧係数分布の再現性が非常に低く、分布形状の評価は不可能
	Cubic	1.16	-1.47	-	-	-	0.20	○	0.56	1.45	0.76	
Chen	1.00	-1.72	×	×	○	0.16	×	-	2.42	0.60	- 全体的に標準 k-ε と同様の傾向	
RNG	0.97	-1.73	○	×	○	0.15	×	-	2.27	0.65	- 風圧係数の最大値は比較的良好 - 際立って再現性の低い項目はみられない	
Durbin	0.5	0.83	-1.48	○	○	○	0.07	×	1.99	3.08	1.02	- 乱流エネルギーの最大値が非常に低いが、それ以外の再現性は比較的高い
	0.65	0.87	-1.72	○	○	×	0.11	○	0.91	2.35	0.95	- 全体的に再現性は高い
	0.8	0.92	-1.74	○	×	○	0.13	×	-	2.17	0.64	- 際立って再現性の低い項目はみられない
	1.0	1.09	-1.62	○	×	○	0.24	×	-	1.64	-	- 全体的に標準 k-ε と同様の傾向
SST	1.32	-1.81	×	×	×	0.24	×	-	2.48	0.54	- 全体的に標準 k-ε と同様の傾向	

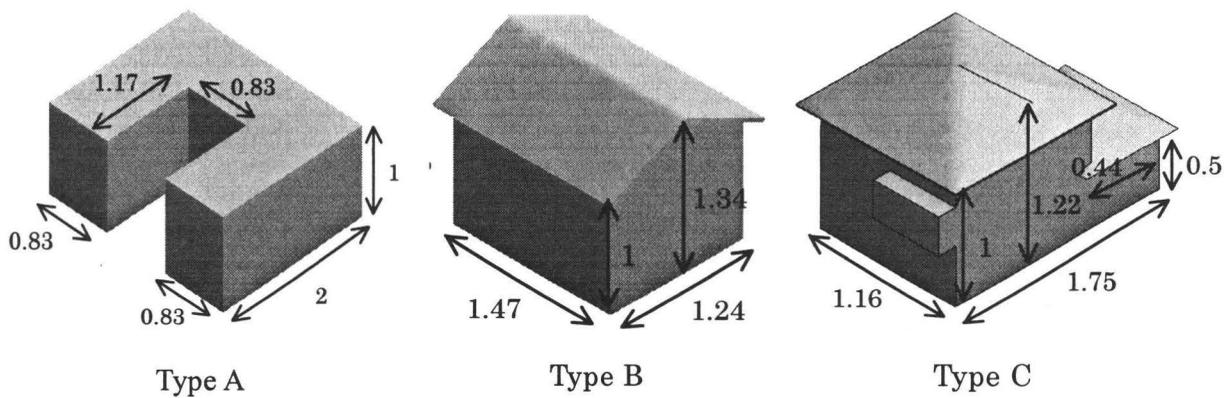


図2 複雑形状建物

表3 建物各面における標準偏差による乱流モデル比較

計算対象	建物部位	標準k-εモデル	RNGモデル	Durbinモデル		
				α=0.65	α=0.80	α=1.00
Type B	正面	0.406	0.247	0.177	0.178	0.213
	背面	0.071	0.060	0.064	0.063	0.067
	側面	0.191	0.197	0.224	0.217	0.207
	屋根面	0.092	0.095	0.120	0.126	0.098
	全体	0.219	0.171	0.169	0.168	0.168

計算対象	建物部位	標準k-εモデル	RNGモデル	Durbinモデル		
				α=0.65	α=0.80	α=1.00
Type C	正面	0.287	0.164	0.096	0.105	0.149
	背面	0.067	0.072	0.073	0.070	0.067
	側面	0.091	0.110	0.136	0.072	0.074
	屋根面	0.148	0.095	0.074	0.079	0.106
	全体	0.155	0.109	0.098	0.080	0.101

計算対象	建物部位	標準k-εモデル	RNGモデル	Durbinモデル		
				α=0.65	α=0.80	α=1.00
Type D	正面	0.335	0.213	0.162	0.181	0.221
	背面	0.095	0.083	0.086	0.089	0.094
	側面	0.210	0.218	0.227	0.214	0.204
	屋根面	0.370	0.359	0.358	0.361	0.368
	全体	0.284	0.264	0.262	0.261	0.266

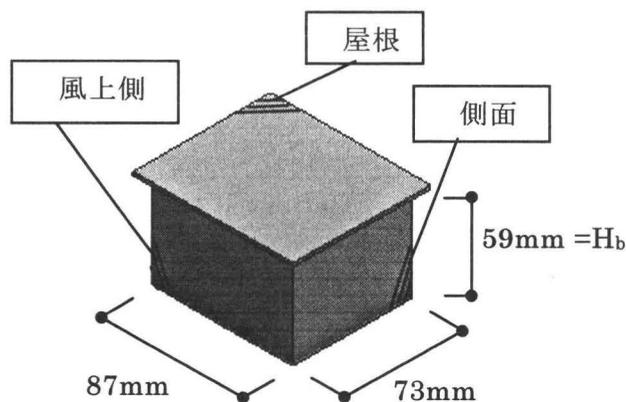


図3 対象建物概要

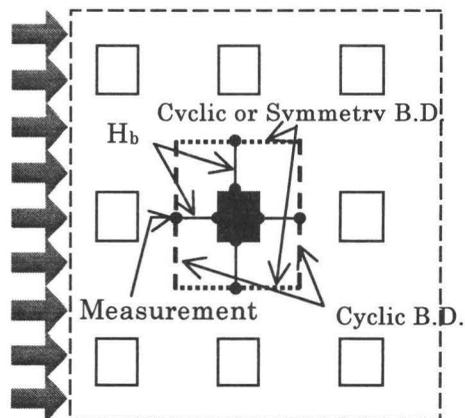


図4 計算概要 (Full-Type)

表4 SIMPLE法による定常計算結果

風向角	建物モデル	乱流モデル	境界条件		収束判定	風圧係数
			主流方向	スパン方向		
0°	Full-Type	Durbin 0.8	Anti-Cyclic	Symmetry	×	×
22.5°			Cyclic		×	-
45°				Cyclic	▲	○
					×	-

表5 SIMPLE法による定常計算結果 (Half-Type、分割Full-Type)

風向角	建物モデル	乱流モデル	境界条件		収束判定	風圧係数	
			主流方向	スパン方向			
0°	Half-Type	Durbin 0.8	Cyclic	Symmetry	○	○	
22.5°	分割 Full-Type			Cyclic	Cyclic	○	▲
						○	▲
45°				×	-		

表6 PISO法による非定常計算結果

風向角	建物モデル	乱流モデル	境界条件		風圧係数
			主流方向	スパン方向	
0°	Half-Type	Durbin 0.8	Cyclic	Symmetry	○
	Full-Type				×
					▲
22.5°	Full-Type		Cyclic	Cyclic	○
45°					○
0°	Divided-Full-Type		Cyclic	Cyclic	▲
22.5°		▲			
45°		▲			

表6 SIMPLE法による定常計算結果

05-19 外断熱壁体の熱・水分・変形状の数値 予測に基づく耐久性向上に関する研究

京都工芸繊維大学大学院
准教授 芝池英樹

1. 本研究の背景と目的

京都議定書が2005年2月に発行したことにより、冷・暖房エネルギーの削減や、建築物の長寿命・高耐久化への需要と期待が益々高まっている。建築物の高断熱・高气密化は、持続可能な開発に必要な基盤技術として位置づけられ、民生部門での温室効果ガス生成抑制にも大きく貢献する。特に、RC建造物の高断熱化に関して外断熱構法の優位性が、欧米では一般に認められ広範に普及している。我が国でも、住宅の省エネルギーと生活空間の品質向上の観点から「外断熱」の良さが一般に認められつつある。また、性能規定化を主眼とした改正建築基準法が1999年5月に施行されたことにより、主として北海道、東北日本で施工されてきた通気層式外断熱構法に加えて、従来防火性能の点で問題視され導入が抑制されてきた密着式外断熱構法が専門家判断で利用可能となったことが追い風となっている。この密着式外断熱構法の導入により、外断熱の工事価格が大きく低減されることになり、北海道、東北日本を中心に外断熱構法が急速に普及し始めている。西日本地域でも普及の兆しがあるが、高温多湿な環境での放湿・乾燥性能や耐久性能についての実績がまだ十分とは言えないため、技術的な検討の余地も残されている。特に外装仕上げ層の熱・水分応力による劣化に関しては、厚い断熱層を下地として隣接するので外乱の影響を直接受け止めることとなり、在来構法の外装仕上げ層よりも、より高い耐久性能が求められるが、そのような観点から壁体を計画・設計するため技術情報や、数値予測法はまだ確立されていない。

本研究の目的は、上記密着湿式外断熱構法に関して、その熱・水分・変形状の実用的数値予測法を構築し、2室式人工気候室での供試体実験で収録される実験データで数値予測法を検証し、安定性に優れ実用的な外断熱壁体の熱・湿気性能と耐久性能の設計手段を開発することである。

また、密着式複合板構法で用いられる無機系断熱材や仕上げ層の透湿性能は、密着湿式構法で用いられるEPS断熱材や仕上げモルタルの透湿性能よりもかなり劣ることが知られている。この密着式複合板構法での打設時のコンクリート初期含水をどのように乾燥させるかは、室内仕上げ層の防露や防カビに直結する重要な検討課題であるにも関わらず、実験結果を含めて未だ十分な定量的検討はなされていない。ここでは、外装材などの必要・十分な透湿性能について検討する。

2. 研究の方法

4種類の外壁供試体の熱・湿気・変形状に関して、本学の2室式人工気候室を用いて現実の外界気候条件や室内条件を課して実験的に研究する。結露被害を生じない高性能

な外断熱壁体の利点は、最近漸く一般的に知られつつあるが、1～2割の建設コスト高を伴うため、まだ広く普及するには至っていない。そこで、断熱・蓄熱性能だけでなく、透湿・吸放湿性能に関しても各構法の特徴を定量的に評価し、関東・関西地域のRC集合住宅への応用に適した外断熱構法の選択と改良について検討する。3種類の密着式外断熱構法を取り扱い、参照用のコンクリート外壁との相互比較により、各構法の断熱・蓄熱性能と透湿・吸放湿性能を実験的に明らかにする。密着式複合板工法の透湿・吸放湿性能を明らかにすると共に、密着湿式工法外壁や無断熱のコンクリート壁体の透湿・吸放湿性能についても検討する。なお、この実験的研究の一部は、マンション開発、ゼネコン等の建設関連11社を結集して、芝池英樹が主査となり組織された外断熱研究会による、本学との産学共同研究として実施されたものである。

3. 2室式人工気候室による外断熱供試体の熱・湿気・変形状の非定常実験

外断熱供試体の熱・湿気・歪み性状に関する人工気候室実験について、外気温度を23℃から0℃に単位励振させた測定結果を報告した。

3種類の密着式外断熱構法で作成された外壁供試体の熱・湿気性状に関して、2室式人工気候室を用いて現実の外界気象条件や室内条件を課して実験的に研究する。断熱・蓄熱性能だけでなく、透湿・吸放湿性能、熱・湿气的変形状に関しても各構法の特徴を定量的に評価し、関東・関西地域のRC集合住宅への応用に適した外断熱構法の選択と改良について検討した。

実験では、計4種類の供試体を製作し、各種センサーを配して長期測定を実施した。4供試体は、製作直後から人工気候室で実験期間を含めて約10ヶ月間に渡り温・湿度を管理した。3種類の密着式外断熱構法供試体を、参照用の無断熱コンクリート壁体と比較することで、各構法の性能の差異を実験的に明らかにした。

4供試体には、温度、湿度、熱流、歪みゲージ等の計139点の各種センサーを配置し、実験期間中1分間隔で連続的にデータ収録した。

各供試体は、コンクリート打設1週間後に人工気候室内に搬入し、2室の乾球温度・相対湿度を23℃、50%として、センサー設置期間を含めて約6ヶ月間人工気候室で保管した。その後、外気側室乾球温度を0℃に単位励振させて、測定を実施した。外気側室相対湿度は、設定温度が低すぎて制御できないため、成り行きとなっているが、絶対湿度は8 g/KgDA程度で測定期間中大略一定に保たれていた。

供試体A～Cでは、供試体Rに対してコンクリート内部の温度分布は2℃程度に留まっており、適切な保温性能が実現していた。ただし、断熱性能の違いにより、供試体Cでは供試体A、Bより、分布がより抑制されていた。

供試体A～Rの材料境界での熱流時間変動では、供試体Rに関しては、時間経過と共に両表面熱流は同程度の値を示しており、大略1次元条件が実現したと見なせた。一方で、供試体A～Cに関しては、室内側表面熱流は、RC外気側、外気側表面熱流に対して、十分に時間が経過しても3倍程度の値を示しており、コンクリート層周端部から鉛直および水平方向への多次元的な熱流が発生していることが視えた。ただし、RC外気

側，外気側表面熱流は，供試体A～Cの何れについても大略一致しており，断熱材層周端部からの多次元的な熱流は無視しうる程度である．従って，供試体A～Cの熱・湿気性状測定結果を以下で解析する場合には，このコンクリート層周端部からの多次元的な熱損失を考慮した補正が必要である．また，供試体A～Rの外気側表面熱画像に関しては，供試体B，Cの周辺部の温度が上昇しており，多次元的な熱損失が生じていることが分かった．

また，無機系断熱材へのタイル仕上げをした供試体A，Bに関して，タイルの外気側表面，および接着モルタル層の目地下とタイル下での歪み履歴を示した．各歪み履歴は，温度励振開始直前の約2週間の平均歪みからのオフセットとした．無機系断熱材の絶対湿度は，供試体Aが供試体Bよりも若干高くなっており，温度分布や断熱材両側境界での熱流に関しては，大略同様の変化をしているが，無機系断熱材の種類により，歪み履歴の形状はかなり異なっていることが分かった．各部位で3点の測定結果から判断するならば，供試体Aは供試体Bよりも若干大きな歪みが発生しており，その差異は両材料の湿気性状の違いに起因しているように見受けられる．関連する物性値を収集した上で，今後さらに検討する必要がある．

5. まとめ

3種類の密着式外断熱構法で作成された外壁供試体と参照用のコンクリート供試体の熱・湿気・歪み性状に関する人工気候室実験について，外気温度を単位励振（23℃→0℃）させた測定結果を報告した．熱・水分移動と変形問題が双方向に連成した数式モデルを開発する上で，温度，湿度，歪みデータを同時に記録したこのような実験データは，必要不可欠であり，連成の相互的影響などを定量的に検討することが可能となった．このような連成モデル開発は，今後の課題として残されている．これが実現すれば，密着式外断熱構法の外側仕上げ層の耐久性や安定性の数値的検討が可能となる．絶対的耐久性評価には至らないまでも，異種の仕上げ層の相互比較は可能となる．密着式外断熱構法における断熱材より外側の仕上げ層には，日射量，外気温変動，降雨などで引き起こされるかなり大きな熱・水分応力が作用し，在来構法に比して仕上げ層やタイル等の剥離や劣化などが生じやすい状況となる．一方で，実験的な劣化診断は，例え加速試験を実施したとしても非常に長期間の診断期間を要するので，数値的な劣化診断に基づく壁体構成の設計が可能となることの意義は大きい．

5. 参考文献

芝池英樹：密着式外断熱壁体の熱・湿気・歪み性状に関する実験的研究，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，E4，317-320，2007

H. Shibaike: Experimental Study for Hygro-Thermo-Mechanical Characteristics on Exterior Insulation Wall Assemblies without Cavity, 3rd International Advanced Hygrothermal Course and WUFI User Conference, 2007

05-36 「地域資源」としての古民家調査と島根県 大田市における移築を前提とした解体実験

慶應義塾大学 環境情報学部
非常勤講師 松本 淳

1. 研究の背景と目的

総務省統計局が平成 15 年に実施した住宅・土地統計調査によれば、全国の「空き家」数は 659 万戸で、「空き家」率は 12.2%を越えている。また平成 14 年 5 月に施行された「建設リサイクル法」によって、分別解体と建設廃棄物の再資源化が義務づけられたことにより、解体に経済的負担や手間がかかり、壊そうにも壊せなくなるなど、「空き家」として放置される住宅が今後増えていくと予想される。

現在、特定の法令を除くと住宅の評価は、経済的な指標が基準となる不動産的な価値によってのみ評価される枠組みしかなく、本来は文化的にも歴史的にも貴重な「地域資源」である木造住宅が、文化財として保護されない限り、まるで価値のないものと見なされてしまう状況にある。そこで本研究では、島根県大田市で行われている古民家利活用に関する試みに、大学として研究協力をし、過疎化地域における「空き家」となった古民家、その周辺の地場産業を「地域資源」として捉え、それらの利活用の可能性を検証することが目的である。

2. 研究の方法

まず島根県大田市の移築再生事業の基礎的研究を元に、島根県大田市に残る「古民家」の状況を整理した上で、移築を前提とした大中小の 3 つの異なる規模の古民家の実測調査を行い、採算性に関する検証を行った。うち 1 棟について解体実験を県内外のボランティアを中心としたワークショップ形式によって行い、地元の無形文化財である石見神楽を奉納する夜会を催すなど、積極的に地元住民と交流しながら行った。また解体実験を行った建物を国外へ移築するにあたり、寸法・材種・腐食状況など詳細な部材データの収集を行った上で部材の再利用率に関する検証を行った。

3. 調査地域の歴史的背景と民家の特徴

島根県大田市は島根県のほぼ中央に位置し、平成 19 年 7 月に国連教育科学文化機関（ユネスコ）の世界文化遺産「石見銀山遺跡とその文化的景観」として正式登録された石見銀山や物部神社、古墳のような古代から続く歴史的資産を擁し、それらと関係して伝統的建造物群保存地区に指定されている町並みを持つ地域である。

島根県にある民家の形式は、出雲地方、石見地方、隠岐島地方の 3 つ地域で大きな差があると言われている。出雲地方では古い民家は土間に沿って表から裏まで一室の広間をとる＜三間取形式＞が多いのに対して、石見地方では＜四間取形式＞が多い。大田市は出雲地方と石見地方のちょうど中間に位置するため、両方の形式がある程度混在した状況にあると言え、また中世に入り石見銀山周辺地域が天領、つまり幕府の直轄地となってからは、そこに建てられる建築様式そのものが、江戸や関東一帯に広がる形式と似たものへと変わったという歴史的背景もある。

4. 移築を前提とした古民家の実測調査

今回、S邸・母屋（建築面積：112.3坪、主要構造材の推定総立米：97.64 m³）、H邸・母屋（建築面積：55.7坪、主要構造材の推定総立米：40.11 m³）の実測調査も行ったが、実際に解体を行ったH邸・客殿についての概要のみ以下に記す。

建設年代：明治中期（所有者インタビューを経て推定）、形式：入母屋瓦葺き（石州瓦）・平入り、規模：桁行方向4間、梁間方向3間（約50 m²、15.7坪）、一間＝六尺五寸（約1970mm）、構造：木造一階平屋建て、最高高さ：6.12m、材料：梁に松（クロマツ）、構造柱に杉、一部に桜を使用。解体前の簡易測量によって推定された主要構造材の総立米：5.742 m³、建物の特徴：H邸の母屋横に離れて建つ客殿部分である。建坪自体は比較的小さなものであるが、客を迎え入れる空間として非常に繊細な構成となっている。素材としては松の他に、敷居、鴨居の部分に檜の使用が確認された。小屋組はシンプルな和小屋であるが、屋根には「むくみ」が見られ、全体的に柔和な印象を形づくっている。平成18年3月11日から3月15日ワークショップを行って解体した後、フランスC.I.R.E.C.AとNPO日本古民家研究会とが共同で平成20年12月にフランス、ポアティエ市にある広大な敷地への移築が完了した。

島根県大田市の過疎化地域は、中山間地域全体に渡って広く分布しているが、そもそも近世から近代にかけて隆盛を極めてきた土地柄である。戦災にもあっていないことから優良な古民家が「空き家」として数多く埋もれていることが明らかとなった。実測調査を行ったS邸、H邸といった旧庄屋は、特に近世に残された遺産として本来ならば文化財指定を受けてもおかしくない程に規模が大きな物件で、主要部材の中には、檜の大黒柱や栗の柱など、現代では希少価値のある部材、比較的高価に流通されている部材が多く使用されていることが明らかとなった。地域に散在する「空き家」となった古民家の状態を正確に把握し、所有者に代わって修繕しつつ、「地域資源」を無にしない枠組みを行政やNPO法人とともに作ることも重要であると考えられる。「地域資源」として利活用できると思われる古民家に対して、解体を積極的に進めるよりはむしろ、朽ちさせないように現地にて古民家の形で維持管理または修繕を適宜行い、購入希望者が現れるまでは地域の景観維持に貢献させながら、最新の情報を定期的に収集し、地理情報へのデータベース化、購入希望者がアクセスしやすいデータ管理化を行っておく必要がある。

5. 古民家移築および古材利活用の採算性に関する検証

5-1. 採算性の検討

H邸・客殿（建築面積：15.7坪）は実際に解体が行われ、簡易測量によって推定された主要構造材の総立米：5.742 m³の134.87%にあたる、7.744 m³の主要構造材が含まれていることが明らかになった。採算性の検討も実際の主要構造材の総立米を元に算定した。まずA)解体業者が解体費を負担し、ストック・販売する場合は以下の通り。解体費は50,000円/坪とすると785,000円、全ての主要構造材が採取できたとして101,369円/m³。「空き家」になってからの年数により70%の部材が採取できたとして5.421 m³。よって主要構造材の解体費は144,807円/m³。古材の販売価格を200,000円/m³に設定すると、1 m³あたりの粗利益は55,193円/m³となり「黒字」を見込める。つまりH邸・客殿においては採取できた古材の73%、つまり3.957 m³の古材を販売できれば利潤が確保される。次にB)購入者が解体費を負担する

場合は以下の通り。解体費 100,000 円/坪として 1,570,000 円。うち解体・ストック業者の利益は 785,000 円。ここで 70%の部材が採取できたとして、建物全体を完全移築した場合の価格は、日本古民家研究会の試算では、総工事費 8,474,116 円である。購入者の負担額は 10,044,116 円（坪単価 64 万円）。70%の部材が採取でき、さらにその半分を移築に利用した場合に古材としてストックできるのは 2.71 m³。古材の販売価格を 200,000 円/m³に設定すると 542,000 円。つまり 1,327,000 円のわずかな利益しか最大見込めない。以上、H 邸・客殿などの比較的小規模の物件に関してはストックされて販売されたとしても、採算を取るには、ほぼ完全移築に近い率での古材再利用が求められ、厳しい状況にある。

5- 2. 国外への移築実験から得られた知見、古材再利用率

平成 20 年 12 月に H 邸・客殿はフランスへ完全移築された。再利用できる古材は極力使用することを移築方針として実施された。また移築にあたり島根県浜田港から古材を輸送する際、ヨーロッパにおいては築 100 年以上を経過した木材については熱処理（燻蒸）をする必要がないことが明らかとなった。H 邸の客殿の場合、空き家となつてからの残置期間が長かったこともあり、主要構造材では柱の一部を新材で継いだり、土台材や壁の下地である竹小舞はその全てを新材に替える必要が生じた。解体によって得られた主要構造材の総立米：7.744 m³で、うち一部に新材を利用した総立米：1.6528 m³（21.34%）。旧材を利用した総立米：6.0912 m³（78.66%）。また解体木竹部材の総立米：19.502 m³で、うち移築の際、一部に新材を利用した総立米：6.1602 m³（31.6%）。旧材を利用した総立米：13.3419 m³（68.4%＝再利用率）である。なお解体木竹部材の総立米には、造作棚、建具、戸袋、障子、欄間などは含めていない。また石州瓦については全 4163 枚のうち、新瓦は 45.6%にあたる 1,897 枚を使用し、旧瓦は 54.4%にあたる 2,266 枚を使用した。

6. 結論

以上、島根県大田市において、大中小の規模の異なる 3 つの古民家の実測を行った結果、文化財指定されていない古民家であっても、断面の大きな部材や長さの長い部材、現代では希少価値である材種の構造材の使用が認められ、古民家を「地域資源」として見直す必要が示唆された。また架構のしくみをモデル化した上で、主要構造材の総立米を推定し、その数値をもとに、古民家移築および古材の採算性に関する検討を A) 解体業者が解体費を負担しストック・販売する場合、B) 購入者が解体費を負担する場合の 2 パターンで行った。その際、「空き家」となつてからの古民家残置期間を考慮して、部材の採取率を 70%から 80%と設定し、結果として規模が小さなものほど、古材として販売する率を高める（できれば完全移築する）必要があり、採算性が厳しくなることが実証された。特に古民家を「空き家」として放置してしまえば、雨漏りや蟻害によって利活用できる部材も急激に減ってしまうことから、既に「空き家」となっている古民家については、所有者と古民家自体の最新の状況を把握して、最低限の修繕を行えるような仕組みを今後、構築する必要がある。

なお本研究は、慶應義塾大学大学院で継続的に行われてきた研究の基礎的研究と位置づけられ、本研究をまとめるにあたって共同研究者である三宅理一氏（当時、同大学院教授）、増田圭吾氏（当時、同大学院修士課程）、および日本古民家研究会の成相脩氏に全面的にご協力頂いた。筆者は当時、同大学院 政策・メディア研究科 助教として参画させて頂いた。

05-37 近代の一般的な建具の調査と関連する 技術復元のための研究

福濱嘉宏建築事務所 居住技術研究所 晶地域文化研究所
福濱嘉宏 加藤雅久 椎原晶子

明治から戦前の一般的な建具における特徴は、板ガラスの採用にある。現在では、ガラスを多用する傾向にあるが、透明もしくは無装飾の型ガラスがほとんどで、その意匠的なバリエーションは少なくなってきた。かつては、型ガラスや摺りガラスをはじめ多くの文様をもつ板ガラスが存在したが、その調査はほとんどなされていない。本研究では、文様付きガラスの初期段階である砂摺り文様ガラス、いわゆるタペストリーガラスに焦点を当て、その由来、製法を明らかにする。この研究の技術的な成果は、近代の文化財建築修理をはじめ、新築住宅の意匠に反映されることが期待できる。

今回の調査で収集したタペストリーガラスは、以下の4種類の形態に分類できる。

・現物 ・図面 ・型紙 ・見本帳

東京都台東区の谷中・上野桜木において解体された住宅から採取したものや知人から情報提供により発見したガラスを以下に示す。

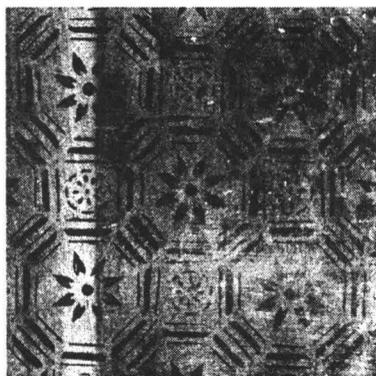


図-01

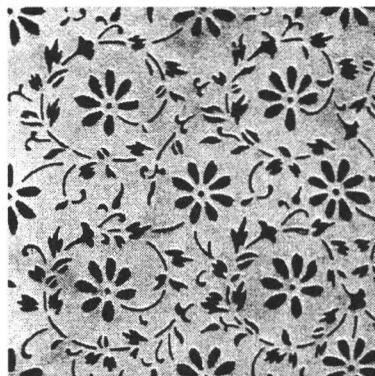


図-02

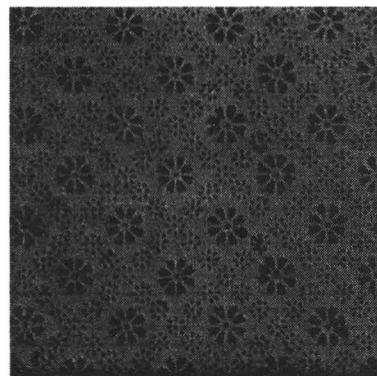


図-03

図面による記録で古いものは、木子文庫（東京都立中央図書館蔵）の「赤坂離宮三階家（明治32年）」の丸窓の図である。

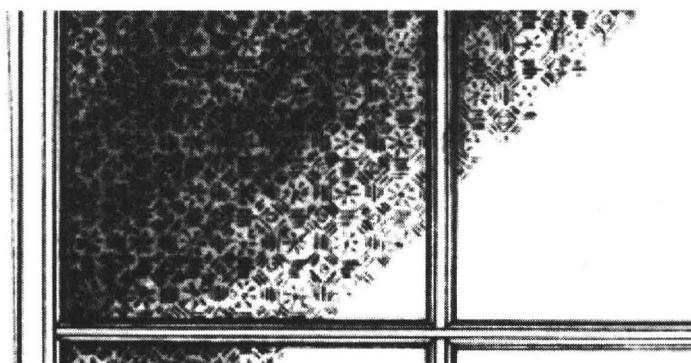


図-04 赤坂離宮三階家丸窓

今回発見のタペストリーガラスに関して、建物の建設年と使用箇所を表-01 にまとめた。全国的な広がりを見せていることがわかる。使用箇所は、和室もしくは台所、階段などで、和室の場合は紙障子や板戸のアクセント的な使用形態となっている。いずれの場合も、遠方からは透視できず、近接して透視可能というタペストリーガラスの機能に見合ったものである。

表-01 タペストリーガラスの種類と発見箇所

番号	名称	文様※	建物の建設年	使用箇所	使用形態
01	平井	蜀江	明治末	玄関	小壁に嵌め殺し
02	津村1	蜀江	明治末～大正初	台所	台所引き違い
03	津村2	菊唐草	明治末～大正初	台所	台所引き違い
04	山岸	小菊格子	大正中期	台所	台所引き違い
05	蒲生	小菊格子	明治41年	和室	紙張障子の額(たぬき)
06	是清1	蜀江	明治35年	和室・台所	ガラス障子の腰
07	是清2	蜀江	明治35年	和室・台所	ガラス障子の腰
	是清3	蜀江	明治35年	和室・台所	ガラス障子の腰
08	是清4	星格子	明治35年	和室・台所	ガラス障子の腰
09	明月1	唐花格子	戦後再建	和室	紙張障子の額(中帯)
10	明月2	星格子	戦後再建	和室	紙張障子の額(中帯)
11	羽咋	星格子	不明	和室	板戸の額(中帯)
12	佐賀1	唐花格子	不明	階段踊場	ガラス障子
13	佐賀2	唐花	不明	階段踊場	ガラス障子
14	今治	七宝つなぎ	不明	和室	紙張障子の額(中帯)
15	赤坂	蜀江	明治32年	和室	ガラス障子

都内のガラス業者が保管していた型紙を調査し、製法をヒアリングした。型紙は伊勢型紙である。製法は、「金剛砂を落下させ風車のようなものに打ち付け、強く飛ばしガラスにあてる。風車は、手動くらいでは十分な強さが得られないので動力によっていた。金剛砂は番手があって、細かい文様には細かい砂を使う。」ということであるが、本人に経験がなく正確さは不明である。

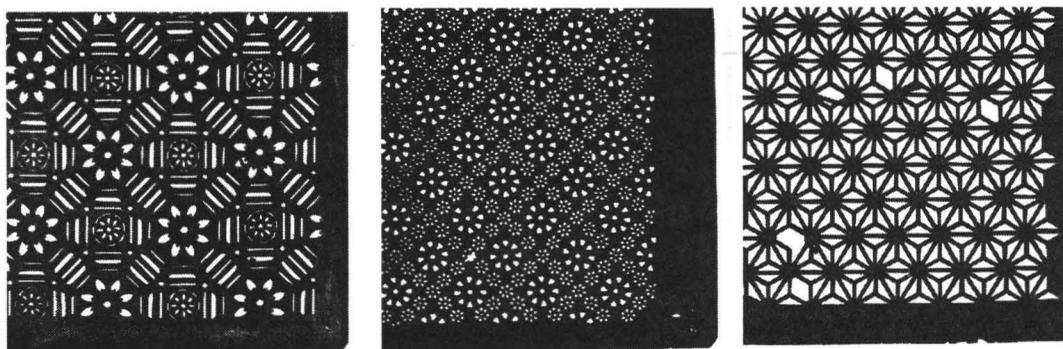


図-05 タペストリーガラスの型紙

ガラスの製法を確認するため、4点計測により厚さを測定した。測定結果を表-02 に示す。厚さが不均一であることは手吹円筒法により製造されたガラスに見られる特徴である。一方、厚さがほぼ一定のものはラバース式以降の機械式で製造されたガラスである。日本の国産ガラスの製法は、大正4年頃に手吹式から機械式に切り替っている。表-02 によれば「津村1、2」を除き、手吹式と機械式は年代的な前後関係を示している。なお、津村邸の建築年代は明治31年から40年までと言われているが、その場合ガラスは機械式の製法であることから大正中期以降に後補されたと思われる。

表-02 タペストリーガラスの寸法 (*1~4 省略)

建物名	建築年代	大きさ(mm)		厚さ(mm)*1				製法推定
		A	B	D1	D2	D3	D4	
蒲生	明治41年	513	284	1.7	1.9	1.6	1.4	手吹式
平井	明治41年以降	260	840	2.3	2	1.8	1.7	手吹式
津村 1	明治31~大正*2	261	194	1.8	1.9	1.8	1.8	機械式
津村 2	明治31~大正*2	281	195	1.7	1.7	1.7	1.7	機械式
山岸	大正8年*3	242	109	1.5	1	1	1.5	手吹式
明月 1	昭和20年以降*4	265	786	1.7	1.7	1.7	1.7	機械式
明月 2	昭和20年以降*4	265	786	1.7	1.7	1.7	1.7	機械式

蜀江文様のガラスは、点数が多く時代の分布範囲が広いことに加え、明確な幾何学性を有するので文様の分析と比較が可能であり、その結果から各ガラス板の特性を明らかにした。蜀江文様から基準線を抽出すると2種類のパターンがあることが分かった。図-06に示す「基準1」と図-07の「基準2」である。基準1は、 $a=1$ としたときに、 $b=1.41$ 、 $d+e=0.5$ となっており、小さい八角形の辺(赤い点線)は大きい八角形の辺(青い実線)の上で交差していることがわかる。一方、基準2ではこの交差はみられない。これは、 $d':e'=2:1$ としたことが原因と思われ、ガラス板発見の住宅の建設年代や基準線の整合性を考慮すると、基準1がオリジナルで基準2は形態だけを模倣した派生形の可能性が高いと考えられる。

また、基準線はbではなくaを基準として描かれており、実測値は「寸」体系、「インチ」体系で描かれているものの両方が存在した。インチ体系で作られたことをあげるまでもなく、赤坂離宮の図面が明治32年のものであることから当初のタペストリーガラスは輸入品である。今回の調査において、イギリスでヴィクトリア時代のエッチングガラスとして知られていることがわかった。板ガラスの国産化に伴い、輸入品であったタペストリーガラスも国内で生産されるようになり、文様を模倣して寸体系で描き直したものと考えられる。国産化されたタペストリーガラスは全国に普通の庶民住宅に用いられるようになったのである。

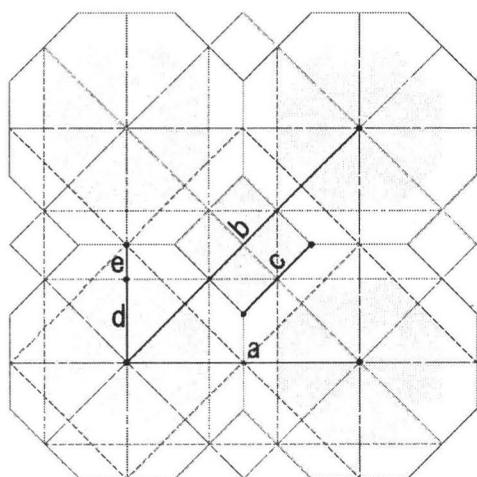


図-06 蜀江文様の基準線(基準1)

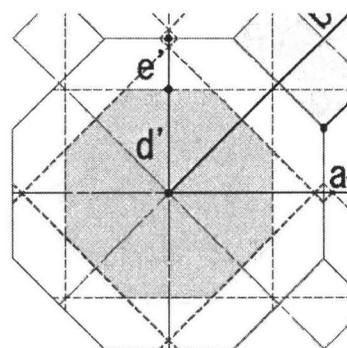


図-07 蜀江文様の基準線(基準2)

05-44 中国・上海におけるカーテンウォール・サッシの設計施工プロセス及び関連基準類の現状

東洋大学ライフデザイン学部人間環境デザイン科
准教授 名取 発

1. 本研究の目的・方法

本研究では、上海における金属カーテンウォール、アルミサッシ（ビル用～住宅用）を対象とし、設計～製造～施工に関する現状を把握することを主な目的とする。具体的には、各メーカーの業態や、建築設計者との関係、設計方法、性能基準等の各種基準類、具体的な技術・構法、施工方法等の調査を通して、中国におけるカーテンウォール・サッシ生産の全体像を把握する。

具体的には以下の五項目によって行った。

- ①上海の超高層建築の動向調査
- ②カーテンウォール、サッシに関連する基準類、制度調査
- ③サッシの設計手法・技術の把握
- ④カーテンウォールの設計手法・技術の把握
- ⑤中国・上海におけるカーテンウォール・サッシの問題点の明確化と、日本の状況との比較

2. 調査結果

2-1. 上海の超高層建築の動向

(1) 各種統計

統計資料は年間竣工延床面積や建物棟数の統計はあるものの、各種建材に関する統計は殆ど存在しない。建材関連の業界団体が十分に整備されておらず、団体があっても地方限定であったり、会員会社が一部であったりと、中国全土の生産者の全てを把握しきれないということが大きな理由である。

(2) 上海の集合住宅地における窓形式の特性

ベランダを室内化することが認められており、居住者による改修例が多く見られた。また、1980年代築のものは、当時スチールサッシだったものを、アルミサッシや樹脂サッシに改修したものが見られた。開閉方式は、はめ殺し+外開き形式と、はめ殺し+片引きが多い。ベランダを室内化した場合もほぼ同様であったが、2000年代築のものに、引き違いで全面開口とできる仕様のももあった。

2-2. 政策・法規・基準類

建築の技術的な事に関しては基本的に中華人民共和国国家標準（GB）や中華人民共和国業界標準（JGJ）で様々な性能・仕様が定められている。この他、各省によっても基準が設けられている。これらは日本で言えば、法令とJISの両方の性格を持ったものであると言える。規定の種類は多岐にわたっており、各地の風荷重、気候区分とそこで必要な断熱性能などのような規定のほか、公共建築・民間建築・住宅等に対する設計標準、さらに、サッシの性能区分や仕様に関する

る規定などがある。また、「国家建築標準設計」として、標準ディテールがまとめられている。

2-3. サッシ・カーテンウォールの設計手法及び技術

(1) 設計手法

集合住宅におけるサッシ設計では、まず、住宅ディベロッパーが住宅自体のランク（超高級～中級等）を決め、それに基づいてサッシのコストと性能（水密、気密、音、耐風圧）を決定する。次に「施工図設計」段階で設計者が窓割り等を決定し、サッシ設計コンサルタントが強度計算等を行う。施工図設計終了後にサッシ設計コンサルタント（サッシメーカーのコンサルタント部署が行う事が多い）がサッシ断面図と周囲の納まりを設計し、それに基づいてサッシメーカーの入札が行われる。なお、実際に製作されるサッシは、入札時に提示された断面となる。

カーテンウォールについてもほぼ同様で、施工図設計の段階で具体的な断面が決定され、それを基にカーテンウォールメーカーの入札が行われる。

(2) 各種技術

サッシの押出し技術については、様々な面で無駄が多く、製品精度も日本ほど精密ではない。中国ローカルメーカーで、断熱仕様のサッシも製造されているが、サッシの金物周りや接合部のヒートブリッジの処理が日本製品ほど完全ではない。これと並行して集合住宅の外壁は外断熱仕様が普及しはじめているが、他部材との取り合いなどについては研究途上である。

(3) 施工精度と施工に関わる業種

集合住宅の開口部の寸法管理では、3～5cmの誤差は許容される。カーテンウォールでは、ビルの階高の寸法精度が±5～10cmあることも普通であるため、製造前に階高を計測し直し、その数値を基にカーテンウォールの寸法を決定する点が特徴である。

3-4. 価格と製品ランク

サッシの価格は非断熱サッシで 400～500 元/m² (6000～7500 円/m²)、中国仕様断熱サッシ 600 元/m² (9000 円/m²)、日本メーカーの日本仕様断熱サッシ 1000 元/m² (15000 円/m²) となる。住宅ディベロッパーはコスト優先の傾向が強いため高性能断熱サッシの普及には至っていない。

4. 提案・まとめ

本研究で明らかになった中国におけるサッシの各種問題点を踏まえ、中国製品の改善の可能性を提案する。

(1) 上海のサッシCWの問題点と改善の提案。（技術／環境配慮）

提案1. ユーザーへに関する事項

- ・ユーザーへの高性能サッシの快適性・経済性のアピール

提案2. 発注者・設計者に関する事項

- ・発注者・設計者が窓の性能を指定し、チェックできる体制をつくる。

提案3. サッシメーカー・施工者に関する事項

- ・設計時に指定された性能を実現できる技術の開発。

提案4. 基準類、資料の充実

- ・GBに定められる「性能分級」が実現できる具体的な仕様を明らかにする。

(2) 日本製品に求められているものと、今後の展開の可能性

中国から日本に求められていることは、最終的には、「日本における高性能で環境配慮が可能な様々な技術が中国側へ提供されること」である。

技術だけを提供するのではなく、それを企業活動の一環として行うためには以下のような展開が考えられる。

提案1. 中機能+市場に受け入れられる程度の価格

- ・中国のユーザーをうまく誘導するマーケティングが必要ではないか。
- ・中程度の技術供与をしながら中国メーカーを育てることを否定しない、という考えも必要。

提案2. 環境配慮設計・高性能設計のコンサルティング

- ・環境配慮に関する各種規準への適合をアピールし、確実にその性能が確保できる個別のディテールを提供するコンサルティング業務を行う。

提案3. 施工

- ・中国の施工レベルに適したディテールの開発
- ・中国の押出型材を利用した、新しい取付け方法の開発

以上のように、中国・上海におけるヒアリング調査、工場調査、現場調査を通じて得られた知見をもとに、中国におけるサッシ・カーテンウォールの今後のあり方を提案することが出来た。今後はこれらの提案の具体的な実現手法について検討する必要がある。

05-45 実火災時における防・耐火ガラスの破壊性状及びそのメカニズムに関する研究

東京大学 大学院工学系研究科 建築学専攻

准教授 野口貴文

防火ガラスは、特殊防火設備として火災時に延焼防止や防火区画を構成する重要な部材である。しかし、実際の火災時には、消防隊による放水やスプリンクラー設備からの散水などによりガラスが部分的に急冷される可能性がある。その結果、ガラス表面及び内部に温度勾配による熱応力が発生し、破壊に至る可能性がある。また、物が当たるなどの物理的な衝撃も加わる可能性があり、それらの要素が単独あるいは複合的に防火ガラスに作用し、破壊に至ることが予想される。

本研究課題では、特殊防火設備として認定された防火ガラスでも、ある条件下においては急激な温度変化により生じる温度応力の影響で破壊に至るケースがあることを含めて、防火ガラスの高温時の物性及び急速な温度変化を総合的に検証し、既存の性能評価試験との整合性を明らかにする。また、本研究を通して、建築防火部材としての防火ガラスの高温時の挙動を究明し、高温時における破壊性状及び破壊メカニズムを解明することで、火災時における防火ガラスの破壊状況の予測モデルを構築することを目的とする。

研究の流れは右図に示す通りで、はじめに実験方法の確認、防火ガラスの物性に関する基礎実験を行い、実験方法の信頼性と高温時の防火ガラスの物性を把握した。

基礎実験の知見を用いて、有限要素法を適用することで同心円曲げ試験法により、ヤング率の計算法、異なる寸法の試験体における破壊応力計算法を構築した。また、その計算方法により、実験で得られたデータを修正し、高温時粘弾性物性値の数値解析を実施した。

これと平行して、防火ガラスの高温時の物性値測定実験を行った。耐熱結晶化ガラスの高温時のヤング率と破壊応力は同心円曲げ試験で測定した。耐熱強化ガラスでは、

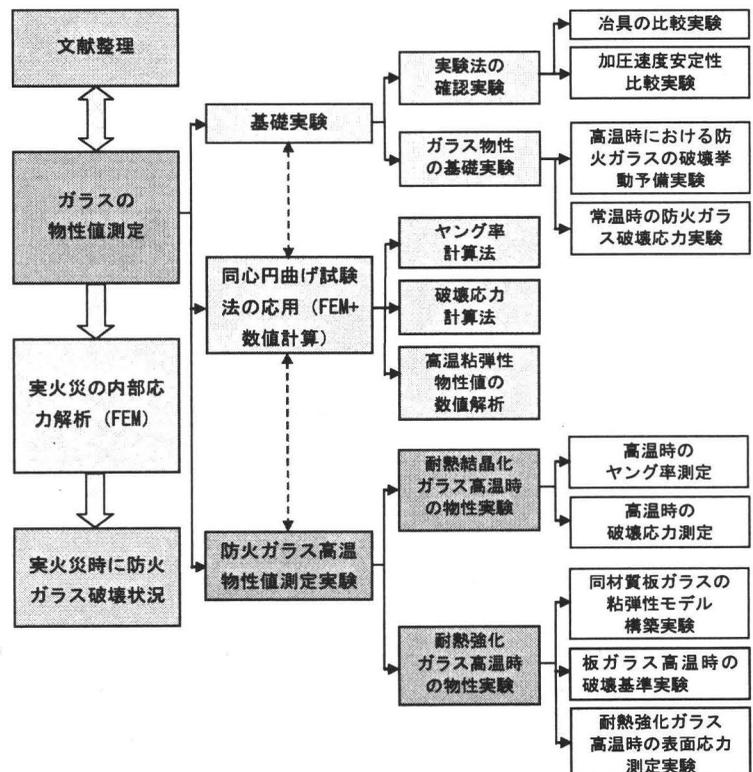


図 研究の流れ

風冷強化されるため、同材質の板ガラスの粘弾性モデル構築実験、高温時の破壊基準実験及び光弾性測定設備を用いて、高温加熱後の耐熱強化ガラスの温度における表面応力を測定し、その計算式を求めた。それらを総合的に考察して、実大寸法に近い部材を用いた温度の不均一分布及び急冷などの検証実験を行い、実火災時における防火ガラスの破壊挙動が把握可能となった。

防火ガラスの高温時の物性について、耐熱結晶化ガラスでは、常温時のヤング率の平均推測値は83.67GPaとなる。475℃と575℃の平均値それぞれは84.17と83.90GPaとなり、常温時の推測値とほぼ一致している。破壊応力については、常温時の82.1MPaと比較して、475℃及び575℃時では91.9MPaと103.8MPaとなり、若干高い値を示し、800℃ではさらに高い値を示した。これは、試験におけるばらつきに加え、特に800℃では耐熱結晶化ガラスのガラス相の極僅かな軟化により、ガラス表面に存在するキズの影響が少なくなったものと推察される。耐熱結晶化ガラス常温時のヤング率はフロート板ガラスより高く、破壊応力が低いが、高温になっても性質が変わらず、破壊応力がさらに高くなる。一方、耐熱強化ガラスの高温時の物性について、常温時の破壊応力は平均311.5MPaであり、耐熱結晶化ガラスの約4倍であるが、歪点の近傍に達してから表面強化の解除が始まり、600℃の近傍（風冷強化の製作温度）で殆どなくなった。粘性の影響によりヤング率も歪点の近傍から下がったが、急速な応力発生時に、高い瞬間弾性率が作用し、内部に生じた応力が高くなり破壊に至ることが確認された。また、実火災加熱下において放水急冷された防火ガラス部材の実証実験及び有限要素法検証について、実験の結果、耐熱結晶化ガラスは熱膨張係数が低いため加熱や水球衝突による変化は確認されなかった。有限要素法の応力検証も加熱、放水で生じる熱応力は10MPa以下、高温時破壊応力の約1/10となり、破壊は発生しなかった。これに対して、耐熱強化ガラスは実験時の水球衝突により細かな粒状に破損し脱落した。有限要素法解析においても、水球衝突により生じた熱応力は表面強化が解除される途中の破壊応力約35MPaを超え、破壊に至る可能性が高い結果となった。

今回の研究では、耐熱結晶化ガラスは破壊応力が低いが、熱膨張率も低いため、火災時の消防注水など急速な温度変化に対応できると考えられる。一方、耐熱強化ガラスは、加熱面温度が歪点を越えてから表面応力が減少し、消防注水などの急速な温度変化により破壊が生じる可能性がある。また、冷却時の温度応力、加熱実験後に生じる応力誘起浸食及び小荷重によって耐熱強化ガラスの破壊が生じる可能性があり、残り火による二次火災、家具転倒などによって耐熱強化ガラスが破壊し、延焼火災にいたる恐れがあると考えられる。但し、ガラスの破壊応力はバラツキが大きいいため、平均破壊応力の2～3倍の範囲内で破壊するのが普通である。例として、板ガラスの破壊応力は約50～100MPaと言われるが、実測の平均値は128MPaであった。今回の実火災検討は防火ガラスの破壊応力の平均値で行い、結果として耐熱強化ガラスの実験と検証は熱応力が破壊応力を超えたが、表面キズの少ない強度が高いものでは破壊が生じない可能性もある。これに対して、水球衝突がなく加熱のみの温度差による熱応力で破壊が生じる可能性もあると考えられる。今後は、火災時に防火ガラスの破壊が生じない安全範囲の検討、防火ガラスの寸法効果、火事現場における高さの影響及び安全設計の各種防火ガラスの適材適所などの検討が必要と考えられる。

06-01 廃ガラスびんのコンクリート混和材への有効利用に関する研究

秋田県立大学
教授 山田寛次

1. はじめに

容器リサイクル法の発効後、各地でガラスびんリサイクル専門の機構が誕生し、活動を開始した。しかし、地方都市ではリサイクルガラスびんの主販売先であるガラス溶融工場が無く、輸送費のハンディキャップから、破碎後のガラスカレット販売先がない。そのため、地方でも利用可能な用途開拓が必要である。

また近年、建物の劣化による剥落防止や、耐震性の向上を目的として、コンクリートに繊維を混入した繊維補強コンクリートの開発が行われている。そこで使用されている繊維のうち、ガラス繊維は古くから使用され、薄肉の二次部材や意匠性の高いパネルとして需要が高いが、セメント中に含まれるアルカリによって繊維が劣化し、信頼性が低い。

そこで本研究では両問題を一挙に解決すべく、ガラス繊維を混入した試験体について、同時に廃棄ガラス粉体を混和材として混入して、アルカリとガラス繊維の反応を低減させる事で、試験体の性能を向上させる検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントはアルカリシリカ反応性試験用セメントを使用し、砂はセメント強さ試験用標準砂を使用した。また混練水は水道水と、Na₂O 当量で濃度 1.2%の NaOH 溶液を混入する試験体に分けた。ガラス粉体は緑色のガラスカレットを、粉碎機で 1mm メッシュ粉碎し、600 μm のふるいにかけて、通過したものを更に 0.25mm メッシュ粉碎した。これをガラス粗粉体とし、ガラス微粉体については、更にボールミルで 5 時間粉碎を行ったものを使用した。ガラス繊維は長さ 6mm の E ガラス繊維を使用した。

2.2 調合および養生

実験水準を表-1 に、調合表を表-2 に示す。試験体は JIS A 1146 に準拠して作成した。

表-1 実験水準

試験体名	アルカリ	実験水準
PRN	なし	Reference/Plain (PR)
PFN		セメントの20%をガラス微粉体添加
PCN		セメントの20%をガラス粗粉体添加
rRN		Reference/ガラス繊維2%
rFN		セメントの20%をガラス微粉体添加/ガラス繊維2%
rCN		セメントの20%をガラス粗粉体添加/ガラス繊維2%
pra	あり	Reference/Plain (PR)
pfa		セメントの20%をガラス微粉体添加
pca		セメントの20%をガラス粗粉体添加
rra		濃度 1.2% Reference/ガラス繊維2%
rfa		濃度 1.2% NaOH溶液 セメントの20%をガラス微粉体添加/ガラス繊維2%
rca		濃度 1.2% NaOH溶液 セメントの20%をガラス粗粉体添加/ガラス繊維2%

表-2 調合表

試験体名	水 (g)	NaOH 溶液 (g)	セメント (g)	標準砂 (g)	ガラス		
					繊維 (g)	微粉体 (g)	粗粉体 (g)
PRN	102.3	0	170.6	383.8	0	0	0
PFN	97.1		161.8	364.0	0	32.4	0
PCN	97.4		162.3	365.1	0	0	32.5
rRN	100.3		167.1	376.1	15.3	0	0
rFN	95.2		158.6	356.9	15.3	31.7	0
rCN	95.4		159.0	357.8	15.3	0	31.8
pra	0	102.3	170.6	383.8	0	0	0
pfa		97.1	161.8	364.0	0	32.4	0
pca		97.4	162.3	365.1	0	0	32.5
rra		100.3	167.1	376.1	15.3	0	0
rfa		95.2	158.6	356.9	15.3	31.7	0
rca		95.4	159.0	357.8	15.3	0	31.8

** 繊維の混入量は体積の 2%

これらの組み合わせで 12 水準の試験体を各 3 体ずつ、材齢 7 日、14 日、28 日、90 日、180 日ごとに作成した。試験体の寸法は高さ 15mm、幅 40mm、長さ 160mm である。打設後、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 95% で 24 時間の湿空養生を行った。その後に脱型し、試験体を温度 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 95% 以上に保たれた養生槽に入れ、それぞれの材齢の期間湿空養生を行った。

曲げ試験は、スパン 150mm の中央集中荷重による試験を行った。また、材齢 180 日の繊維混入試験体について、SEM 像観察による破面観察と水銀圧入法による空隙率の測定を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 曲げ強度と WOF

試験体の曲げ強度の比較を図-1 に示す。この図から、全体的な傾向として材齢 90 日で曲げ強度のピークを迎える事が分かる。またガラス粉体を混入した試験体では、ガラス粉体を混入していない試験体に比べて材齢 180 日での曲げ強度が高くなっている。この事からガラス粉体を混入する事でガラス繊維の劣化を低減させている事が考えられる。さらに rFN や rCN から見るように、ガラス粉体が細かい方が曲げ強度は高くなることが分かった。

3.2 WOF

WOF とは荷重-変位関係で囲まれる面積を断面積で除した値である。全試験体の WOF の比較を図-2 に示す。繊維の混入していない試験体の変位 1.0mm までの WOF ではアルカリの有無に関わらず、材齢 90 日まで WOF の上昇は見られるが、それ以降は頭打ちとなる。また材齢 180 日になるとガラス粉体の混入していない pra に比べて、ガラス粉体の混入している pfa と pca では WOF の減少が少ない事が分かる。さらに繊維の混入している試験体の変位 1.0mm までの WOF は、材齢 14 日または材齢 28 日で最大となりその後減少しているのが分かる。以上の結果からガラス粉体の混入によってアルカリとの反応を遅らせる事ができていると考えられる。

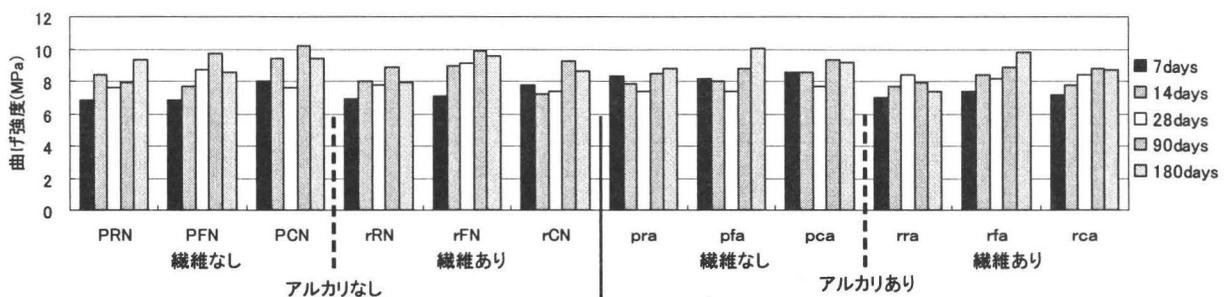


図-1 曲げ強度の時間的推移

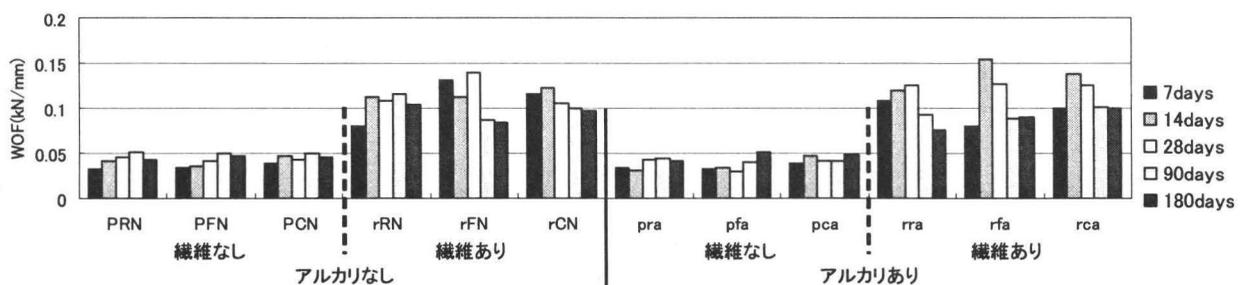


図-2 WOF の時間的推移

3.2 破面観察

図-3 にアルカリを混入していない試験体のガラス繊維の表面の様子を、図-4 にアルカリを混入した試験体のガラス繊維の表面の様子を示す。この図からガラス粉体を混入していない rRN や rra に比べて、ガラス粉体が混入している rFN、rCN、rfa、rca の繊維表面の劣化が少ない事が分かる。この事からガラス粉体によってアルカリによるガラス繊維の劣化を防げている事が確認された。

3.3 空隙率

表-3 に試験体の空隙率の測定結果を示す。この表からガラス粉体を混入していない試験体の空隙が多い事が分かる。またガラス粗粉体を混入した試験体に比べてガラス微粉体を混入した試験体の空隙率が低くなっている。この事からガラス粉体の混入によって試験体中の空隙は減少し、曲げ強度が高くなる事が分かった。さらにガラス粉体の粒度の違いが物理的性質に影響する事が分かった。

4. まとめ

破面観察からガラス粉体の混入によってガラス繊維のアルカリによる劣化を低減する事ができると確認された。またガラス粉体を混入する事で試験体中の空隙が減少し、曲げ強度が高くなる事が分かった。さらにガラス粉体の細かさが物理的性質に関係している事が確認された。

表-3 試験体の空隙率

試験体名	密度 (g/cm ³)	嵩密度 (g/mL)	見かけ密度 (g/mL)	空隙率 (%)
rRN	2.292	1.992	2.373	16.142
rFN	2.284	1.987	2.205	9.973
rCN	2.270	1.947	2.229	12.732
rra	2.246	1.939	2.262	14.358
rfa	2.202	2.023	2.220	8.924
rca	2.236	2.036	2.352	13.534

以上のことから、特にガラスの微粉体はガラス繊維劣化防止の混和材として、有望であると考えられる。今後は、空気連行作用など、他の用途開拓の可能性を探索したい。

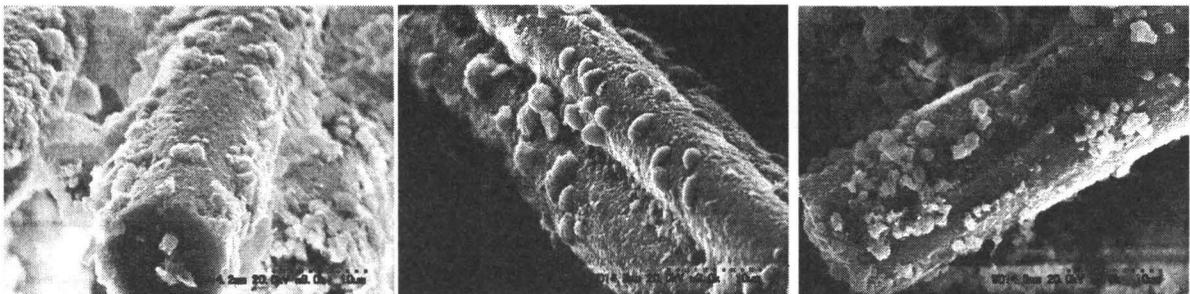


図-3 アルカリなしのガラス繊維の表面(左からr RN、r FN、r CN)

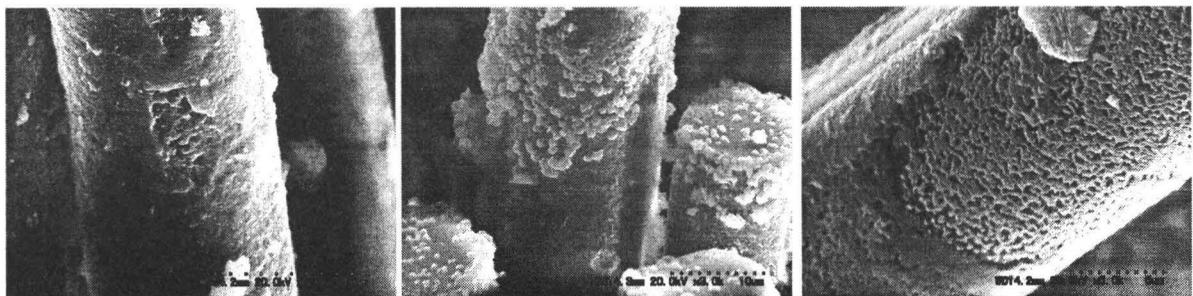


図-4 アルカリありのガラス繊維の表面(左から rra、rfa、rca)

06-03 耐久性評価に基づく再生骨材コンクリート 構造物の LCC・環境負荷評価に関する研究

九州大学大学院

助教 佐川 康貴

1. はじめに

本研究は、コンクリート用再生骨材の有効利用の更なる促進に向けて、再生骨材の品質が再生骨材コンクリートの強度および耐久性の低下に及ぼす影響について調べ、LCA・LCC評価を行う上で必要となる耐久性に関する指標（中性化速度係数・塩化物イオン拡散係数）について明らかにしたものである。また、コンクリート製品への実用化を視野に入れた検討も併せて行った。

2 再生骨材コンクリートの中性化・塩化物イオン浸透性状について

再生骨材コンクリートの中性化抵抗性および塩分浸透抵抗性について明らかにするため、促進中性化試験および塩分浸漬試験を行い、天然骨材コンクリートとの比較を行った。

塩分浸透深さの測定結果を図-1 に示す。粗骨材を天然骨材から再生骨材に置換した場合には塩分浸透深さは同程度であるが、細骨材に再生骨材を使用すると塩分浸透深さが大きくなった。中性化速度係数についても、再生細骨材使用による影響が大きくなるという結果が得られた。

よって、再生骨材コンクリートの耐久性の低下は、再生細骨材を使用することによる影響が大きいことが明らかとなった。

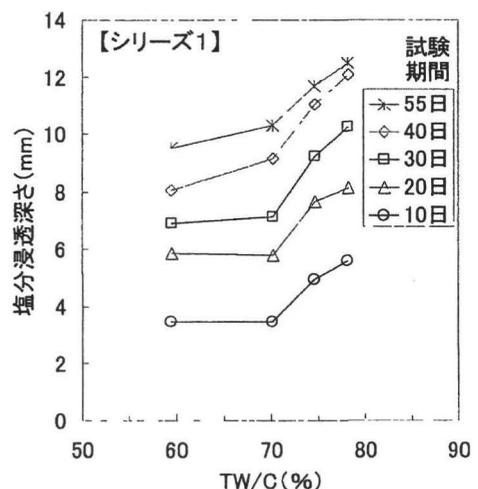


図-1 TW/C と塩分浸透深さの関係
(乾湿繰返し)

3 強度・耐久性の低下メカニズムの解明

再生細骨材を用いた場合のコンクリートの強度・耐久性の低下メカニズムを明らかにするため、再生細骨材を使用したモルタル（再生モルタル）を用い、強度試験、促進中性化試験および塩分浸透試験を行うとともに、水銀圧入式ポロシメータにより細孔径分布を測定し、細孔容積と強度ならびに耐久性との関係について調べた。

新ペーストに含まれる直径 50nm~2 μ m の細孔容積と圧縮強度の関係を、図-2 に示す。図より、本研究の範囲内では、骨材の種類および混和材の置換率、水セメント比の違いにか

かわらず、細孔容積の対数と圧縮強度との間には相関関係が認められる。

次に、再生モルタルの中性化速度係数および塩化物イオンの見かけの拡散係数について検討した。その結果、中性化速度係数については混和材（フライアッシュ、高炉スラグ微粉末）を使用しない場合には細孔容積との相関が高いこと、混和材を使用した場合には、混和材の種類に応じた係数を導入し有効結合材量として表現することにより一義的に評価できることを示した。

また、塩化物イオン拡散係数については、混和材使用により小さくなり、混和材を用いることによって塩化物イオン浸透抵抗性が向上することが明らかになった。しかし、この現象の原因および統一的に評価するための指標は本研究内では明らかにすることはできなかった。

4. 再生骨材を用いたコンクリート二次製品の耐久性評価

再生骨材の有効利用は、構造物の設計・建設・廃棄・処理が同一団体あるいは限定された範囲内で行われる場合、例えば、電力・エネルギー施設や、建設会社の自社の物件であれば、比較的容易に行うことができると考えられる。

そこで、本研究ではこのような事例の一つとして、配電用コンクリート柱（いわゆる、電柱）のリサイクルに着目した。電柱は製造時に遠心締固めが行われるため、再生細骨材を用いた場合の弱点部であるモルタル分を減らすことができるという特徴を有する。しかし、配電用コンクリート柱は、かぶり厚さが非常に小さいため、塩害地区に設置するためには塩分浸透抵抗性状について検討する必要があることから、本研究では再生骨材を用いた配電用コンクリート柱を製造し、普通骨材を用いた場合との塩分浸透抵抗性状について比較した。

3ヶ月間の塩水乾湿繰返し試験の結果、図-3に示すように塩分濃度分布に大きな差は認められなかった。よって、塩分供給が著しく過酷でなければ、再生骨材コンクリートを用いた電柱の実用化も可能であると考えられる。

5 まとめ

本研究では、まず、再生骨材コンクリートの強度・耐久性の低下原因が、再生細骨材の使

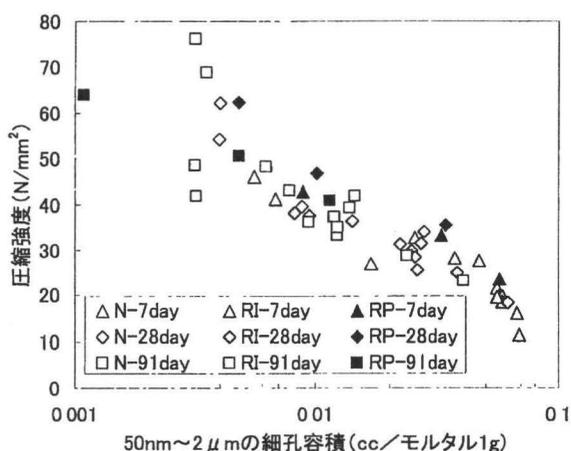


図-2 細孔容積と圧縮強度の関係

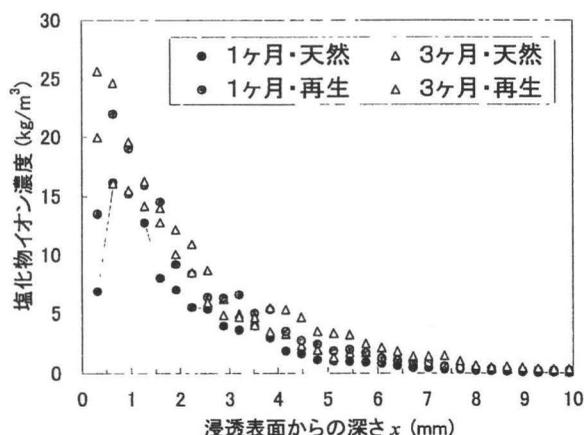


図-3 再生電柱の塩分濃度分布

用にあることを示した。次に、その原因を解明するためにモルタルを用いた実験を行い、細孔容積を用いた考察から、再生骨材に吸水された水分が新セメントペースト中に滲み出し、空隙構造が粗になることを明らかにした。

これらの結果を踏まえ、再生骨材コンクリートの実用化に向け、強度・耐久性の低下を軽減するため、遠心締固め法により製造されるコンクリート電柱に着目し、その耐久性について調べた。その結果、従来の天然骨材コンクリートとほぼ同等の塩化物イオン浸透抵抗性を有することを明らかにした。

さらに、構造物のライフサイクルでの環境負荷を評価する上で必要となるインベントリデータについて調査した結果、コンクリートに関するインベントリデータは最近徐々に蓄積されつつあり、例えば、再生骨材の製造方法・品質と環境負荷との関係について調べた事例などがあることが分かった。しかし、最近のコンクリート出荷量の減少、乾燥収縮抑制対策としての石灰石骨材などの増産などの要因により、再生骨材の有効利用に向けてのインセンティブが未だ働いていないことが明らかとなった。

06-04 スギ間伐材を用いた防火構造耐力壁の開発

宇都宮大学農学部

教授 吉澤伸夫

本研究では、地球温暖化防止対策の一つとしてロングライフ化に対応できる新機能性を有する木材の開発を目的として、木材の乾燥及び材質改良技術として注目されている燻煙熱処理技術を用いて、スギ間伐材からの難燃材（内装用、外装用）、特に、防火指定市街地域で使用できる外装用防火構造耐力壁を開発し、耐火性能を評価した。

宇都宮大学農学部設置されている「遠赤外線増殖燻煙熱処理炉」を用いて、スギ間伐材の生材丸太を樹皮をつけたまま、廃木材を燃焼させて直接燻煙熱処理した。熱処理は、材内温度 80~100℃の保持時間を 30 時間に設定して行った。熱処理後、厚さ 22mm、幅 10cm、長さ 150cm の板を採取し、天然乾燥した。乾燥後、リン酸アンモニウム水溶液を含む減圧釜に板材を浸漬し、0~60cmHg の減圧度で 30 分間減圧して空気を除去しながら薬剤を注入した。常圧に戻した後、板材を取り出し、リン酸アンモニウムを含む別な水槽に移し、24 時間放置した。板材を取り出し、材の含水率が 30%以下になるまで人工乾燥し、別の難燃剤、珪酸ソーダを用いて同様に処理してリン酸アンモニウムと反応させ、リン酸アンモニウムと珪酸ソーダの難燃複合化合物を細胞壁内に形成させた。難燃剤を注入した板材を人工乾燥後、燃焼実験および強度特性実験に供した。

燻煙熱処理心材（2液性）の薬剤注入による重量増加率の結果から、常圧での浸漬による注入では、重量増加率は低く、無処理材と燻煙熱処理材の間に大きな差は認められなかった。一方、薬剤注入時の減圧度が増加するにつれて、重量増加率は増加する傾向を示し、無処理心材に比べて熱処理心材で大幅に増加した。これらの材を用いて 20 分間の予備燃焼実験を行ったところ、燃焼後の重量残存率は、減圧度の増加と共に増加する傾向が認められた。これは、薬剤の重量増加率の増加に対応していた。燃焼実験の結果、無処理試験片は、いずれも燃焼面の裏側まで燃焼しているのが認められた。しかしながら、60cmHg で減圧した場合、無処理心材では 60cmHg 以下の処理剤と同様に試験片は燃焼したが、燻煙熱処理心材は、燃焼面の裏側までの燃焼は認められず、ある程度の難燃効果を示した。このことから、本実験で用いた条件の場合、重量増加率が 30%以上である程度の難燃効果が得られるものと考えられる。さらに、重量増加率と燃焼後の試験片の重量残存率の相関を調べたところ、燻煙熱処理心材で高い正の相関（0.926;5%有意）が得られた。これは、難燃剤重量の増加と共に燃焼後の重量残存率が増加することを示している。

一方、燻煙熱処理による MOR（曲げ破壊強度）と MOR（曲げ弾性率）の変化にはほとんど差が認められなかった。薬剤注入を行っていない材と行った材を比較した場合、燻煙熱処理の有無に関わらず、MOR には 1%有意で変化は認められなかったが、MOE は、無処理・燻煙熱処理材共に注入時の減圧度の増加と共に増加する傾向が認められた。また、いずれの

減圧度で処理した場合においても、燻煙熱処理の有無による MOR と MOE の大きな変化は認められなかった。これらの結果は、燻煙熱処理及び薬剤注入による強度の低下が生じないことを示している。

予備燃焼実験で高い難燃効果を示した 2 液性の難燃材を用いて実大材サイズの燃焼実験に対応できるかどうか、50x50 x 50cm の犬小屋を作成し、燃焼実験を行った。無処理材は、着火 5 分後には大きな炎を上げて燃え上がり、10 分後には屋根が燃え崩れ、20 分後には完全に燃焼した。小屋と小屋との間隔は 20cm であったにも関わらず、難燃材で作成した小屋への延焼は起こらなかった。また、内壁は着火せず、炭化が進行したのみであった。これらの結果から、防火構造及び準耐火構造耐力壁認定を受けるに十分な耐火性能を有していると判断し、実大材の試験体を作成し燃焼実験を行った。

耐火構造耐力壁認定規格に準じて試験体を作成し、燃焼実験は、難燃材認定機関に指定されている三生技研株式会社（埼玉県吉川市）に依頼して行った。900℃、30 分燃焼後の試験体加熱面の状態は良好であった。加熱面の状態は、外装材が炭化して残されていた。また、裏面温度は、加熱後 25 分までは 30℃前後で推移し、30 分後の到達最高温度は 46.6℃であった。裏面温度は 30 分加熱では、200℃以下であることが要求されているが、この点でも十分な結果が得られた。これらの結果から、この試験体は、防火構造耐力壁認定を取得できるものと考えられる。

900℃、45 分加熱では、裏面温度は、35 分過ぎから急速に増加して最高温度 100℃に到達したが、200℃以下の条件はクリアした。しかし、加熱面の状態をみると外装材の一部が焼失し、断熱材のグラスウールがむき出しになっているのが認められた。このことは、目地部のたわみ、目開きが生じるために炉内貫通の可能性が示唆された。準耐火構造耐力壁の国土交通大臣認定を得るためには、さらに、試験体の厚みの増加と薬剤注入量の増加を検討する必要がある。

本実験の結果、次のような結論と今後の課題が得られた。

- ①皮付き丸太を直接遠赤外線増殖燻煙熱処理することによって、壁孔壁を破壊することが可能であった。さらに、難燃効果を向上させるために壁孔壁の破壊率を高める必要がある。
- ②薬剤注入による重量増加率が 30%以上であれば、ある程度の難燃効果を得ることができる。経費の削減と生産効率の向上を図るために、難燃効果の高い 1 液性の難燃薬剤を開発する必要がある。
- ③薬剤注入による強度の低下は見られなかった。
- ④900℃、30 分加熱では、加熱面の状態及び裏面温度（最高温度 50℃以下）から見て、外装用防火構造耐力壁として国土交通大臣認定が取得できる可能性が示唆された。
- ⑤900℃、45 分加熱では、裏面温度（最高温度 100℃以下）200℃以下はクリアできたが、試験体の一部が焼失した。準耐火構造の大臣認定を取得するためには、さらに、薬剤注入量の増加と外装用板の厚みを増加させて検討する必要がある。

06-05 セラミックガスセンサを用いた木材腐朽菌から発生するガスの検出

京都大学大学院農学研究科
助教 築瀬 佳之

木材腐朽とは菌類のうち担子菌などのいわゆる木材腐朽菌によって木材の成分が分解する現象である。つまり、腐朽菌の菌糸が木材に侵入し広がっていく侵入期を経た後、細胞内腔の側から積極的に細胞壁を溶解していく破壊期のことをいう。木材腐朽が進行すると木材は大きな被害を受ける。木材片は白い糸状の菌糸に覆われ、菌糸が出す酵素によって木材組織が徐々に分解され、木材全体の腐朽へとつながっていく。

木質住宅や木製内装部位に見られる腐朽や虫害といった生物劣化については、その有無や程度を客観的、簡便的かつ高信頼性のもとで計測評価する方法は確立されていない。特に木材の腐朽は、その進行が緩慢でわかりにくく、床下や壁の内部など見えない部分で進行するため、被害に気が付いた時には相当腐朽が進行している場合が殆どであり、検出・評価する方法についても確立されていない。

本研究では、機能性セラミックを用いたガスセンサによって、木材腐朽菌から発生するガスを非破壊的に検出し、実際の住宅での木材腐朽菌検出技術の開発を図るための基礎的データを収集するとともに、腐朽菌の種類、腐朽木材の種類などによるガス成分および濃度への影響について検討した。ガス濃度計測と同時に、腐朽菌の生育状態を目視によって観察し、ガス濃度との関係を検討する。さらに腐朽材の重量減少率を計測することで、木材腐朽の程度とガス濃度との関係についても検討した。

1. ポータブル型半導体ガスセンサを用いた腐朽菌から発生するガスの検出

試験には、ポータブル型の半導体式ニオイセンサと水素センサの2つを用いた。ニオイセンサはニオイ成分に含まれる還元性のガス成分を検出し、また水素センサは、ニオイセンサと同様の検出原理であるが、酸化スズ焼結体の表面に「分子ふるい」の機能を持つ緻密なシリカ層を形成し、還元性ガス分子の中で最小の分子直径をもつ水素のみを検出する。

菌の増殖培地は培養ビンに石英砂とともに入れ、そこに白色腐朽菌のカワラタケ(*Trametes versicolor*)または褐色腐朽菌のオオウズラタケ(*Fomitopsis palustris*)を接種した。培養ビンはそれぞれの菌ごとに80本用意し、その半数には培地の上に滅菌処理したスギ木片(*Cryptomeria japonica*, 断面20×20mm, 繊維方向長さ50mm)を置いた。培養ビンは、中央部にあるガス抜き取り用の穴をゴム栓で塞いだ金属製の蓋で密封し、26°Cの恒温室に設置した。1週間毎に培養ビンをそれぞれの菌について8本ずつ(木片のあるもの4本とないもの4本)取り出し、10回程度振ってからゴム栓に注射器の針を刺し、水素検出用に50cc、ニオイ検出用に10ccの気体を順に採取した。その後、ガス検出器の吸入口にガスを注入した。ガス濃度の測定は1ビンにつき3回ずつ行い、8週まで続けた。ガス濃度測定後、木片を水洗、乾燥し、重量減少率と横圧縮強度を求めた。

オオウズラタケの培養ビンから採取したガスは、木材試験片の有無や検出ガス成分によらず、濃度の時間変化に一定の傾向は見られなかった。また同じ時期のビン間でのばらつきも大きい場合が見られた。これは菌糸の発育がビンによって異なったことが考えられる。また、カワラタケについては、木片のない培養ビンから検出したニオイ成分のように、時間変化に特徴の見られるものもあったが、全体としてはガス濃度の時間変化に一定の傾向は見られず、培養ビン間でのばらつきも大きくなった。しかし、培養基のみのビンからはガスは検出されなかったことから、腐朽菌の存在によってガスが発生したものと考えられる。なお、目視に

より培養ビンを1週間毎に観察したところ、最初の2,3週間は菌糸が順調に生育したものの、その後あまり生育しなかった。いずれの試料でも重量減少は見られず、また、健全材と8週目の横圧縮強度を求めたが、強度も変化は見られなかった。これは、密閉容器で腐朽菌を生育させたために、酸素が欠乏し、生育が阻害されたものと考えられる。検出ガス成分ごとに、菌種、木片の有無および経過時間を因子としてガス濃度の分散分析を行った結果、水素については、菌種および木片の有無による有意差が、1%水準で認められた。交互作用については、菌種と木片の有無の2因子交互作用が、5%水準で有意となっているが、これはこれらの因子の単独での効果、いわゆる主効果が高いために生じたものと考えられる。またニオイ成分については、木片の有無のみが5%で有意となった。

全ての計測結果について、検出ガス成分とガス濃度との関係は、ニオイ成分の方が平均濃度は高いが、標準偏差も大きく、検出ガス成分による濃度差は有意とはいえなかった。そして腐朽菌の種類とガス濃度との関係については、オオウズラタケの方が平均値は高いが、標準偏差も大きく、腐朽菌による濃度差は有意とはいえなかった。木片の有無とガス濃度との関係については、木片のない培養ビンの方が平均値は高いが、標準偏差も大きくなった。木片がなくても培養基の養分によって腐朽菌は生長するが、成長の様子にばらつきがあり、標準偏差が大きくなったと考えられる。一方、木片があると平均ガス濃度は低く標準偏差も減少する傾向にあり、発生したガスが木片に吸着したのではないかと推測される。

2. 水素・メタン高感度型センサを用いた腐朽菌から発生するガスの検出

腐朽菌として、白色腐朽菌6種と褐色腐朽菌5種を用い、各供試菌にスギ試料片(15×15×5mm)を1週間または2週間暴露した後、表面の菌糸を取り除いたものを試験に用いた。またコントロールとして、腐朽処理を施していない試料片も用いた。容積450mlのマヨネーズ瓶の底に水2mLを含ませた脱脂綿を敷き、菌を接種したスギ試料片を設置した後、蓋を閉めて密閉した。この瓶を温度28°C、相対湿度75%の恒温恒湿器に入れた後、24時間ごとに、あらかじめ蓋に取り付けたゴムセプタムからシリンジで瓶内のガスを1mL抜き取り、ガスアナライザ(新コスモス電機社製)を用いて濃度を測定した。ガスアナライザは、特に水素およびメタンの定性・定量分析に優れた装置である。

1ppm以上の水素が検出されたのは、暴露1週間と2週間のシイサルノコシカケと暴露2週間のアガゲカワラタケのみであった。水素濃度は、計測開始から時間とともに増加し、極大値をとった後低下する傾向を示した。なお、メタンについては、どの供試菌からも検出されなかった。今回の計測では、ガスアナライザによって得られたクロマトグラフに、水素とメタンのピークの間にはっきりした別のピークが見られる供試菌が存在し、このピークは一酸化炭素に由来するものであることが、一酸化炭素検知管(GASTEC No.1La)によって確かめられた。各供試菌に1週間暴露した後の試料については、白色腐朽菌5種、褐色腐朽菌1種から、20ppm以上の一酸化炭素が発生し、特に、シイサルノコシカケからは、1000ppmを超える一酸化炭素が検出された。シイサルノコシカケ以外の供試菌では、計測開始後、濃度は時間とともに増加するが、2週間ほどで増加は緩やかになったり、止まる傾向が見られた。2週間暴露した後の試料については、一酸化炭素が発生した供試菌(暴露後1週間)と同じ菌から100ppm以上の一酸化炭素が発生し、同様にシイサルノコシカケからは、1000ppmを超える一酸化炭素が検出された。暴露後2週間の供試菌からの一酸化炭素濃度は、暴露後1週間よりも高い傾向がみられたが、これは、試験開始前の状況で、暴露後1週間と2週間で供試菌の試料への菌糸の生育状況などに差があったためだと推測される。

計測終了後、菌糸の生育状況を観察した結果、一酸化炭素が検出された供試菌では試料片上に菌糸がひろがっていることが観察されたが、検出されなかった試料片では目視では菌糸のひろがりも観察されなかった。また、一酸化炭素が検出された供試菌については、別途PDA培地(バレイショ・ブドウ糖寒天培地)で菌を培養し、ガス検出を試みた結果、木材試料がなくても菌は生育し、培地を覆い包むまでになったが、一酸化炭素は検出されなかった。したがって、今回検出された一酸化炭素は、木材腐朽菌の木材分解過程において発生していると推測される。

06-06 燻煙熱処理したスギ及び広葉樹材を用いた異樹種構成集成材の開発

宇都宮大学農学部
准教授 石栗 太

1 はじめに

申請者は、木質燃料を燃焼させて生じた燃焼ガスにより丸太を直接熱処理する、いわゆる燻煙熱処理の研究を行ってきた。燻煙熱処理は、バイオマス由来の木質燃料のみを使用して、材質の熱劣化なし材質改良を行う画期的なものである。しかしながら、燻煙熱処理に関する実験の多くは、小試験片を用いた実験であり、実大材を用いて、実験を行った例は少ない。また、その具体的な利用方法について検討した例も少ない。

スギ材の有効利用を図るという課題への対策の1つとして、住宅用材としてシェアの拡大している集成材に、スギ材を利用することが考えられる。しかしながら、スギ構造用集成材は、強度特性が他の樹種より低く、特にヤング係数の低さとめり込みに対する抵抗力の弱さは、強度利用面における大きな問題点となっている。一方、低い強度を持つ樹種と、高い強度を持つ樹種を組み合わせることにより、高い強度等級を可能とする異樹種構成集成材に関する研究が、多く報告されてきている。しかしながら、異樹種構成集成材に関する研究の多くは、針葉樹材どうしでの組み合わせであり、広葉樹材と針葉樹材での組み合わせによる集成材についての報告は少ない。

本研究では、住宅建築様式の多様化および工期短縮に対応できるような国産材をベースとした建材の開発を目的とし、加工・利用上の問題を抱えている針葉樹間伐材や広葉樹材を、化石燃料を用いない材質改良法の一つである燻煙熱処理し、得られた材から異樹種構成集成材の作製を試みる。なお、本報告では、燻煙熱処理材を用いた集成材製造実験を行う前段階として、無処理材のスギおよびクリ材を用いて、針葉樹と広葉樹の異樹種構成集成材の作製を行い、異樹種構成集成材の静的曲げ物性及び収縮・膨潤特性について調査した結果について述べる。

2. 材料及び方法

供試木として、栃木県産のスギ及びクリを使用した。供試木の基礎的強度性能を評価するため、静的曲げ試験及び収縮率試験を行った。静的曲げ試験は4点荷重方式で行い、曲げ強さ ($MORbs$) 及び曲げヤング率 ($MOEbs$) を算出した。収縮率試験の結果より、全収縮率 (α) を算出した。

供試木から、幅15×厚さ3×長さ500mmのラミナを作製し、ラミナの動的ヤング率 ($DMOEL$) を両端自由たわみ振動法により求めた。また、構造用集成材の日本農林規格 (JAS) に準じて、等級区分を行った。

等級区分したラミナを用いて、6プライのスギ及びクリ同一樹種構成集成材 (A、B及びDはスギラミナ、Cはクリラミナで構成) 及び外層にクリラミナを使用した異樹種構成集成材 (E及びF) を作製した。接着剤として、水性高分子イソシアネート系接着剤 (光洋産業 KR-134) を用いた。仕上がり寸法は、幅11×厚さ18×長さ450mmとした。表1及び表2に、作製した集成

材の断面構成を示す。

強度性能評価のため、静的曲げ試験をⅡ.1と同様に行った。静的曲げ強さ(MORG)、静的曲げヤング率(MOEG)とし、変動係数(COV)を算出した。また、収縮膨潤性能評価のため、静的曲げ試験に使用した試験体の両端から、長さ1cmの試験片を作製し、真空ポンプで水を限界まで試験体に注入後、膨潤率(β)を算出した。

3. 結果及び考察

クリ材のMORbs、MOEbsは、ともにスギ材の約1.3倍の値を示した。クリ材の α は、T-方向で1.6倍、R-方向で17倍スギ材より高い値を示した。

外層にクリラミナを配置することによるMORG及びMOEGの増加効果 各集成材のMORG及びMOEGの平均値及びCOVを表3に示す。外層に用いるクリラミナの等級を段階的に向上させたことによる、MORG及びMOEGの増加効果を検討するため、AとE、BとFのMORG及びMOEGを比較した。AとEを比較すると、EのMORGは、外層の等級を1段階上げたE-2で急激に値が向上した。しかしながら、さらに外層の等級を1段階上げたE-3では、外層の等級が1段階低いE-2と比較して、MORGの増加率に差は認められなかった。一方、MOEGは、外層の等級を上げることで、段階的な値の向上を得た。BとFを比較すると、F-1及びF-2においてMORGの値が向上した。しかし、外層のクリラミナの等級を一段階上げたF-2では、外層の等級が1段階低いF-1と比較して、MORGの増加率に差は認められなかった。一方、MOEGは外層の等級を1段階上げることで、値の向上が認められた。

外層にクリラミナを配置することによる強度向上の限界異樹種構成集成材のMOEGとMORG間の相関は、E集成材の相関係数は、E-1は0.923、E-2は0.523及びE-3は0.325とであり、E-1では、1%水準で正の相関が認められたが、E-2及びE-3では有意な相関が認められなかった。F集成材の相関係数は、F-1は0.019、F-2は0.391であり、ともに有意な相関は認められなかった。このことから、異樹種構成集成材のMORGの増加は、外層にある等級以上のラミナを用いた場合、ほぼ一定になることが示唆される。また、各集成材の平均値は、E-2、E-3、F-1及びF-2それぞれ、85.2、86.2、83.9及び87.2 MPaであり、それぞれの間で有意な差は認められなかった。また、それぞれの最大値はいずれも90MPa前半を示した。これらの結果から、クリラミナを外層に配置して強化できるMORGの限界は90MPa前半であり、集成材のMORGは外層にある等級以上の異樹種のラミナを配置しても、増加しない可能性が示唆された。

異樹種構成集成材のMORGの変動 異樹種構成集成材のMORGはスギ同一樹種構成集成材と比較し、大きな変動を示したため、スギ同一樹種及び異樹種構成集成材及び対照としてスギ及びクリまさ目板試験体の最大曲げ仕事量、ヤンカ靱性係数、最大荷重たわみ及び比例限度たわみの平均値及びCOVを算出した。クリ材においては、塑性領域に到達してすぐに破壊に至る試験

片と、反対にかなりの塑性ひずみを示した後に破壊に至る 2 種類が確認された。異樹種構成集成材は、比例限度たわみを除いた項目で、スギ同一樹種構成集成材よりも高い *COV* を示した。これらのことから、異樹種構成集成材においては、外層にクリラミナを配置することで、塑性領域の曲げ挙動に、クリ材の曲げ挙動が大きく影響し、その結果、*MOR* に差が出たものと考えられる。

膨潤収縮試験 異樹種構成集成材試験体とスギ同一樹種構成集成材試験体について、T-方向の β に差が見られたことから、この 2 種について *t*-検定を行ったところ、1%水準での有意差が認められた。

4. おわりに

本研究の遂行によって、スギ材を内層に、クリ材を外層に積層した集成材の基礎的な曲げ物性が明らかにすることができた。これを基礎として、現在、燻煙熱処理した材を用いた実験が進行中であり。また、長期荷重に対する挙動を明らかにするためのクリープ試験についても現在進行中である。これらの積み重ねによって、燻煙熱処理材を用いた異樹種構成集成材の実用化が進むものと確信している。なお、本研究の一部は、2008 年 3 月に茨城県つくば市で開催された第 58 回日本木材学会大会において発表した。また、現在、本研究の一部を取りまとめて、国内学会誌へ投稿準備中である。

表 1 同一樹種構成集成材

ラミナ	断面構成のタイプ				
	A (n=7)	B (n=6)	C (n=3)	D-1 (n=3)	D-2 (n=3)
1	L70-80	L90-100	L90-100	L90-100	L110-120
2				L70-80	L70-80
3					
4					
5					
6				L90-100	L110-120

表2 異樹種構成集成材

ラミナ	断面構成のタイプ				
	E-1	E-2	E-3	F-1	E-2
	(n=6)	(n=9)	(n=7)	(n=10)	(n=9)
1	L70-80	L90-100	L110-120	L90-100	L110-120
2	L70-80	L70-80	L70-80	L90-100	L90-100
3					
4					
5					
6	L70-80	L90-100	L110-120	L90-100	L110-120

表3 各集成材のMORG及びMOEG

断面構成	試験体数	MORG		MOEG	
		平均 (MPa)	COV (%)	平均 (MPa)	COV (%)
A	7	71.0	7.2	8.69	5.0
B	6	72.1	4.4	10.03	3.3
C	3	88.6	2.4	10.05	3.9
D-1	3	75.9	3.6	10.08	1.2
D-2	3	73.3	1.1	10.21	3.9
E-1	6	76.4	9.0	8.90	5.3
E-2	9	85.2	8.1	9.43	4.1
E-3	7	86.2	6.8	10.43	5.8
F-1	10	83.9	7.6	10.05	4.4
F-2	9	87.2	6.1	10.98	3.7

06-07 建築廃材由来のバイオマス燃料を用いた環境低負荷なエネルギー回収システムの開発に関する研究

大分大学工学部 機械・エネルギーシステム工学科

准教授 田上公俊

現在、地球温暖化問題や資源枯渇問題が深刻化する中、自然エネルギーへの関心が高まっている。中でもバイオマスは再生可能であり、カーボンニュートラルな特徴を有する環境調和型のエネルギー資源としてその役割が強調されており、既に欧州を中心にバイオガスプラントの建築がなされている。我このよう社会背景の下、森林資源ときわめて密接な関係にあり地球環境へ多大な影響を与えている建築分野においても、バイオマス利用に関して積極的な役割を果たしていく必要がある。建築の生産から廃棄にいたるまでには、多くの木質廃棄物が排出されているが、多くは再資源化されずに放置されたり、消却処分されているものが多い。こうした廃材を代替燃料として利用することができれば、二酸化炭素排出低減及びエネルギーの有効利用につながる。建築廃材や間伐材などの木質系バイオマスは、年間 2650 万トン発生しており、このうち現在利用されているものを除くと、家庭用エネルギー消費の 5%相当となる。本研究はエネルギーの有効利用と二酸化炭素排出量低減のために、建築廃材から製造されるバイオマスを燃料としたコジェネレーション用燃焼器の効率的な開発を目的として基礎的な検討を行うことである。木質系バイオマスを発電用燃料として使用する場合、直接の利用ではなく、エタノールへ転換し使用すれば、より環境低負荷であり、また既存のシステムが利用できる。しかしながら、バイオマス派生のバイオエタノールを用いた低公害な実用燃焼器の効率的な開発のためには、その基礎的な燃焼特性を把握する必要がある。石油代替燃料として注目されているエタノールは植物や木材からの生成が可能なバイオマスであるため、カーボンニュートラルな特徴を有する環境調和型のエネルギー資源としてその役割が強調されており、これまでエタノール単体の燃焼特性に関する研究や実機での運転特性に関する研究など多くの研究が行われてきた⁽¹⁾。しかしながら、エタノールを単体で内燃機関に用いる場合、エタノール供給に対するインフラストラクチャー整備と既存のエンジンに対する変更の必要性などの問題があるため、一部の国を除き、普及にはなお相当の時間を要するものと考えられる。このため、現状ではエタノールをガソリンに混合して使用する手法が注目されている。しかしながらエタノールの燃焼はガソリンとは異なるため、実用低公害エンジンの効率的開発のためにはその燃焼特性、反応過程及びエタノール添加がガソリンの燃焼特性に及ぼす影響などを調べる必要がある。本研究では大気圧下及び高圧下において、エタノール及び PRF (Primary Reference Fuel) の成分であるノルマルヘプタン、イソオクタン単体での層流燃焼特性を調べるとともに、層流火炎を対象にイソオクタンの燃焼特性に及ぼすエタノール添加の影響を調べた。

イソオクタン、ノルマルヘプタン、エタノールの層流燃焼特性に関してはこれまで主に定容燃焼器及びバーナーを用いていくつかの研究がなされている。

定容燃焼器を用いた実験として、Gulder はエタノール及びイソオクタン予混合火炎の層流燃焼

速度を調べた。Gulder らの実験は火炎半径の特定にはイオンプローブが使用されており、また火炎伸張の影響が考慮されていない。Metghalchi らは圧力履歴からイソオクタン燃焼速度を算出した。この場合も火炎伸張の影響は考慮されていない。一方、Kwon らは高速度カメラを使用したシャドウグラフにより、イソオクタン、エタノールの火炎伸張の影響を除去した層流燃焼速度を算出したが、大気圧下の実験が主であった。Bradley らはイソオクタンとノルマルヘプタンを混合した燃料を対象に層流燃焼速度を算出したが、単体での燃焼速度は当量比 0.8, 1.0 の場合しか示されていない。

一方、バーナーを用いた実験として、Heimel らはブンゼンバーナーを用いた実験によりノルマルヘプタン及びイソオクタンの層流燃焼速度を得ている。この場合、火炎伸張の影響は考慮されていない。また、対向流バーナーを用いて Egolfopoulos らはエタノール及びイソオクタンの層流燃焼速度を、また Davis らはノルマルヘプタン及びイソオクタンの層流燃焼速度を算出している。しかしながら対向流バーナーを用いた燃焼速度算出には燃焼速度の定義に曖昧さがある。さらにバーナーを用いた研究は全て大気圧下での結果であり、高圧下での実験は装置の特性上困難である。以上の背景から本研究では新たに開発した高圧定容燃焼器を用いて体系的に大気圧及び高圧条件下でのイソオクタン、ノルマルヘプタン、エタノールの層流燃焼特性を調べるとともに、層流火炎を対象にイソオクタンの燃焼特性に及ぼすエタノール添加の影響を調べた。得られた結論は以下のとおりである。

- 1 エタノール、ノルマルヘプタン、イソオクタン混合気において、希薄側では、燃焼初期に火炎伝ば速度が遅く、時間の経過と共に次第に加速していくが、過濃側においては燃焼初期の伝ば速度が速く、次第に減速していく。これは火炎伸張とルイス数効果から説明できる。
- 2 エタノール、ノルマルヘプタン、イソオクタン混合気に対して層流燃焼速度を算出した。エタノール、ノルマルヘプタン、イソオクタンの層流燃焼速度を比較すると、全ての当量比でエタノールの値が大きく、次に $\phi=1.3$ 以上の過濃側を除いてノルマルヘプタンの値がイソオクタンより大きい値となった。また、圧力の増加に伴い層流燃焼速度は低下することが分かった。
- 3 大気圧下において、イソオクタンの燃焼特性へのエタノール添加の影響としては $\phi=1.4$ 以上の混合気に対しては不安定化を抑え、その結果不安定化による燃焼速度の急激な増加を抑制する効果があることが分かった。
- 4 大気圧下でノルマルヘプタン、イソオクタンの過濃側 ($\phi=1.4, 1.5$) において火炎の不安定化が観測されたが、エタノールでは本研究の当量比範囲において不安定化は見られなかった。また、圧力の増加にともない火炎の安定領域が狭くなった。

06-08 近赤外分光法による木質系廃材分析 システムの開発

名古屋大学大学院 生命農学研究科

教授 土川 覚

1. 本研究の背景と目的

木材を構造用部材として利用する場合には、防腐・難燃等の処理を施すことが多く、また、合板や集成材等の木質建材には多量の接着・塗装剤が使用されている。このような 2 次加工には種々の化学物質が用いられているため、廃棄・リサイクルの過程においてもそれらの種類・含有量・強度などを正確に把握して、可燃・不燃の見極めや最適な利用法を考えることがたいせつとなる。

本研究では、有機系素材の非破壊計測手法として近年大きな注目を浴びている近赤外分光法（波長域 800-2500nm の近赤外光をサンプルに照射して、光の吸収量変化から構成物質を同定する方法）に着目し、これによって、さまざまな木質系廃材の総合判別分析システムを一連の基礎研究によって確立することを目指した。

2. 研究の方法

研究用および可搬型分光光度計によって近赤外拡散反射スペクトルを測定し、木質系素材・廃材の計測に適した波長域、分光法ならびに受光システムについて検討する。

種々の統計解析による定性・定量分析を行う。本テーマでは、樹種の同定、塗料・含浸薬剤の種類、および強度推定に関して、近赤外スペクトルをケモメトリックス的手法に基づいて分析する。これにより、木質系廃材分析手順の確立を目指す。

3. 近赤外分光法による木質系廃材の判別に関する研究

建築・工業材料として使用された木質建材の再利用を促進し、焼却・棄却にともなう環境負荷リスクの低減をはかることを目的として、近赤外分光法による木質系廃材の判別に関する研究を行った。

まず、形状にむらがなく素性が明らかな木質系建材を対象とした基礎実験を行い、本法の有用性および問題点について検討した。マハラノビス汎距離による判別分析では、高い正答率を得ることができなかった。KNN および SIMCA 等の多変量解析アルゴリズムによる判別分析では、研究用近赤外分光光度計（L-type、測定波長範囲：800-2500 nm）および可搬型可視・近赤外分光光度計（F-type、測定波長範囲：500-1010 nm）によって測定された拡散反射 2 次微分値スペクトルを対象とした場合、高い正答率を得ることができた（図 1）。

次に、廃材処理工場で実際に採取した木質系廃材を対象として、ケモメトリックス法手法を用いた判別分析を行い、精度および妥当性について基礎的な検討を行った。既知木質建材の屋外暴露試料および実際の木質廃棄物を混在させて母集団を構成し、研究用分光光度計によって測定された拡散反射 2 次微分値スペクトルを対象として SIMCA 解析を行った。この場合、木質廃棄物の判別正答率は 90% まで向上し、廃材処理工場での適用が可能になる糸口が見出された。

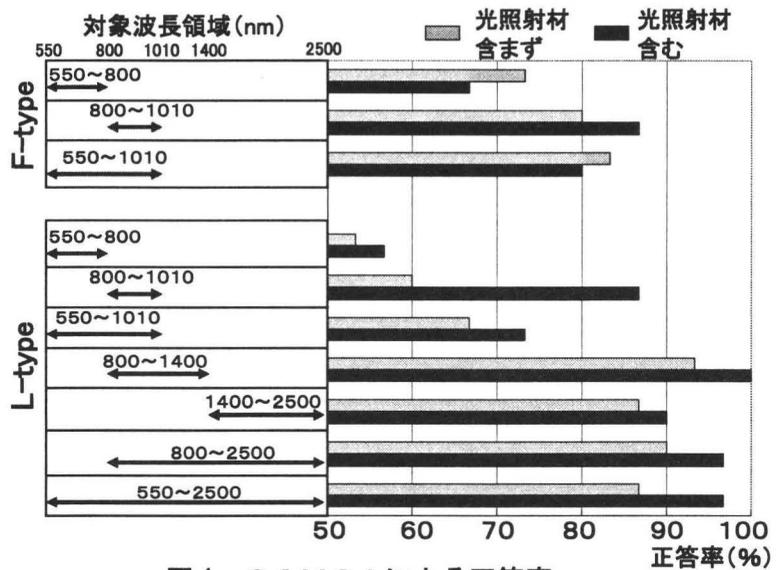


図1 SIMCAによる正答率

4. 近赤外分光法による木材の強度推定

木材を製材品や製紙用チップとして利用した場合、強度特性や密度、繊維長、セルロース含有量等はその品質を左右する重要な指標である。本研究では、2 種類の近赤外分光光度計および応力波測定装置を用いて、木質廃材の強度を非破壊で計測する手順の検討を行った。

試験体の気乾密度を測定後、応力波測定装置を用いて伝播速度を求め、これより試料のヤング率を推定した。可搬型可視・近赤外分光光度計および FT 近赤外分光光度計(測定波長: 1000-2500nm)の 2 種類の分光光度計を用いて拡散反射スペクトルを測定した。スペクトル測定後、万能試験機を用いて 3 点負荷法による曲げ試験を行い、曲げヤング率を算出した。実測ヤング率を目的変量とし、2 種類の分光光度計を用いて取得した木材の可視・近赤外スペクトル (2 次微分値) を説明変量として PLS 回帰分析を行い、ヤング率の検量線を作成した。以上の方法で得られた 3 つの推定ヤング率と、実測ヤング率を比較し、機器間での曲げヤング率の推定精度の違いについて検討した。

応力波伝播時間によって推定された曲げヤング率の予測値標準誤差 (SEP)

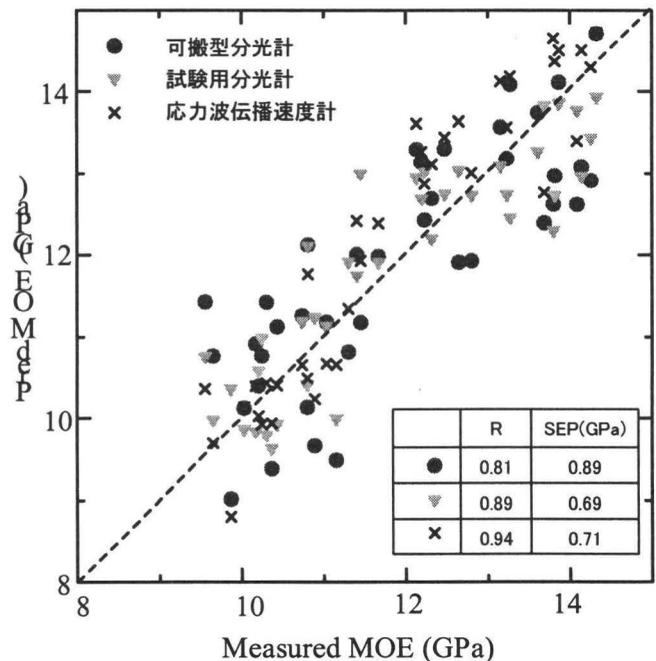


図2 応力波伝播速度および拡散反射スペクトルから推定された木材の曲げヤング率

は 0.71GPa であり、また、実測値と予測値の間の相関係数 (r) は 0.94 となり、非常に高い精度で強度が推定可能となることがわかった。実用上、問題ないレベルにあると思われる。

図 2 は、可視・近赤外および近赤外スペクトルから推定した強度の結果（実測値と予測値の関係）である。図中には、応力波伝播速度によるヤング率の推定結果も併せて示されている。もっとも予測精度が高かったのは応力波伝播時間からの推定であったが、一般にこの方式では密度が既知でなければならない。一方、反射スペクトルからも十分な精度で強度を予測できることが示唆された。

最後に、木材の曲げヤング率の予測に関与する吸収帯について検討した。可視・近赤外分光光度計で測定した場合、波長 900nm 近傍の CH に由来する吸収帯で強い相関が認められた。一方、FT・近赤外分光光度計による測定の場合、セルロース由来の OH やリグニン、ヘミセルロース由来の CH に関係する吸収帯で強い相関が認められる。このことから、木材の構成する化学成分の大小が曲げヤング率と深く関わっていることが推定された。

5. まとめ

以上の実験・解析により、近赤外分光法による木質系廃棄物の判別（定性分析）および強度推定（定量分析）が可能であることが見出され、本研究の目標がおおむね達成された。今後は、現場での使用が可能なシステムの設計を目指して、さらに研究を進めていきたいと考えている。

06-11 超音波を利用した木質構造メカニカル接合部の負荷応力測定

九州大学大学院農学研究院
助教 長谷川益己

近年、建築基準法の改正により大規模な木造建築が盛んに建てられるようになり、大断面集成材が主として構造部材に使用されている。この大断面集成材を用いた構造では部材と部材の接合にボルトやドリフトピンなどの鋼棒による接合が多用されている。本研究では、接合部中のドリフトピンに焦点をおいて音弾性法を利用して、木質構造物のメカニカル接合部の負荷応力測定を試みた。音弾性法はある材料中を伝播する超音波の伝播速度が応力によって変化する現象、すなわち音弾性効果を利用した応力測定法である。この手法を用いることで、ドリフトピンを伝播する超音波縦波の伝播速度（あるいは伝播時間）を測定し、鋼棒の曲げ変形量を推定する。これを基にして、木材構造物のメカニカル接合部に生じている力学状態を明らかにし、接合部の耐震性や安全性を評価することを目的としている。

手始めにドリフトピンの音弾性現象を把握するために、構造用軟鋼（SS400）から作成した中実丸棒（長さ 260mm、直径 25mm）に曲げ荷重を与え、曲げ変形を起こさせて、同時に長軸方向に超音波縦波（固有振動数 5MHz）を伝播させた（図 1）。伝播時間は端面で反射した縦波を受信し、シングア라운드法により計測した。シングア라운드法はパルス波の送受信を繰り返して、伝播時間を積算し、平均値を求める方法で、シングア라운드의回数を増やすことで測定精度が上がる。

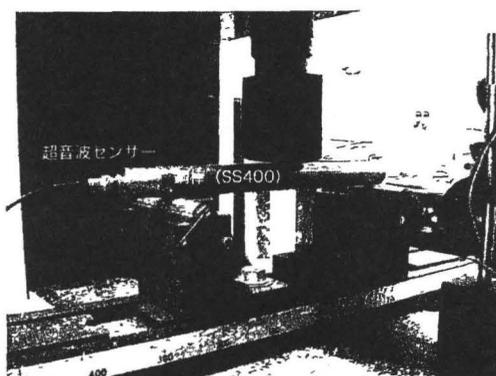


図 1 鋼棒の伝播時間測定の実験風景

本研究では繰り返しは 10000 回とした。無応力状態における超音波縦波の伝播時間、および伝播速度は $89.317 \mu s$ （変動係数 0.006%）、 $5822 m/s$ （変動係数 0.01%）となり、SS400 は伝播速度のバラツキが小さく、精度良く計測できることが示された。伝播時間は曲げ荷重下で荷重初期から荷重の増加とともに、直線関係を保ちながら増加した。伝播時間変化率は荷重の増加と正の比例関係にあり、その比例定数 (K_t) は $0.71 \times 10^3 [N^{-1}]$ となった。また、伝播時間変化率とたわみ量と正の比例関係から比例定数 (K_d) $0.74 \times 10^4 [mm^{-1}]$ が得られた。鋼棒のたわみ角は伝播時間から算出し、ひずみゲージ法および理論計算値と比較した。音弾性法による鋼棒のたわみ角は理論計算値及びひずみゲージ法より大きくなった。超音波の伝播時間からドリフトピンの曲げ変形量としてたわみ角による評価は難しいことが示唆された。

次にドリフトピンを利用したメカニカル接合部の強度試験を行い、同時にドリフトピンの軸方向に伝播する縦波の伝播時間を測定し、荷重とすべり量と伝播時間の関係を用いてドリフトピン内部の力学的状態を推定した。試験体はダグラスファー (*Pseudotsuga menziesii*) から、長さ 240×厚さ 30×幅 85mm の主材および側材を作成し、ドリフトピン挿入用の試験

孔(φ21mm)を開けた(図2)。ドリフトピンは直径21mm,長さ90mmの構造用軟鋼(SS400)とし,試験体は全部で10体用意した。試験体の気乾密度と含水率はそれぞれ0.45g/cm³,10.5%であった。接合強度試験は圧縮型繊維平行方向加力とし,インストロン型材料試験機を用いて負荷速度1.0mm/minで行った。接合部強度試験では,一般的な荷重-すべり曲線が得られ,最大荷重・すべり係数は平均値でそれぞれ20.3kN,27.3kN/mmとなった(図3)。試験体の破壊性状は,主材の割裂による破壊がほとんどで,ドリフトピンに変形は見られなかった。最大荷重は主材の気乾密度と1%有意水準で正相関,含水率とは5%有意水準で負相関が見られ,接合部の強度性能はドリフトピンよりも主材の密度・含水率の影響が大きかった。伝播時間は荷重の増加とともに直線的に減少し,伝播時間変化率と荷重は比例関係が見られた(図4)。鋼棒の曲げ試験とは逆の傾向を示した。接合部内部のドリフトピンの力学状態は単純曲げ試験の場合とは異なることに考えられる。今後,接合部内の鋼棒の変形挙動に関して,さらなる考察が必要となる。しかし,伝播時間変化率の絶対値はほぼ同等であることから,伝播時間変化率の絶対値からドリフト

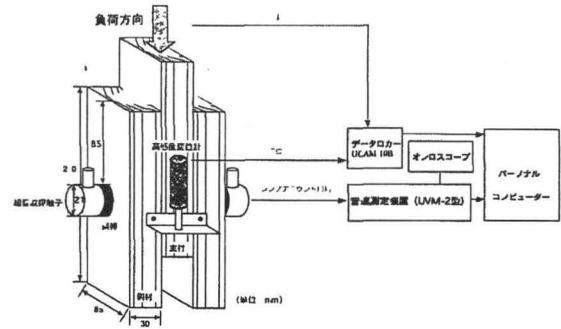


図2 接合部強度試験の概略図

ピンの力学状態の評価を試みた。ドリフトピンの負荷荷重とたわみ量を伝播時間から推定した。伝播時間変化率と K_f ($=0.71 \times 10^2 \text{N}^{-1}$)から求めた負荷応力の推定値は実際の値の0.35倍となり,ドリフトピンには試験体(主材)に与えた荷重の約1/3が負荷していることが分かった。同様に, K_d ($=0.74 \times 10^{-4} \text{mm}^{-1}$)からたわみ量を推定した。ドリフトピンの変位量は試験体(主材)の0.52倍となり,たわみ量は約1/2であることが明らかになった。

以上のように,接合具であるドリフトピンに焦点をあててメカニカル接合部の負荷応力測定を実験的に行い,ドリフトピンの力学的状態をたわみ量,負荷応力というパラメーターで決定できた。これは,超音波を利用して木質構造物の接合部の非破壊評価を接合具に焦点をあてて評価することができる可能性が示唆された。しかし,接合具の変形量(たわみ角)の評価や内部応力の種類の判別が困難であるなど問題点は残された。今後は接合具の種類(ボルト・ラグスクリュー)や接合部の種類(鋼板挿入型,添板型)についても検討を進めることで,最終目的である既存の構造物の部材の非破壊評価に向けての道が拓けていくと言える。

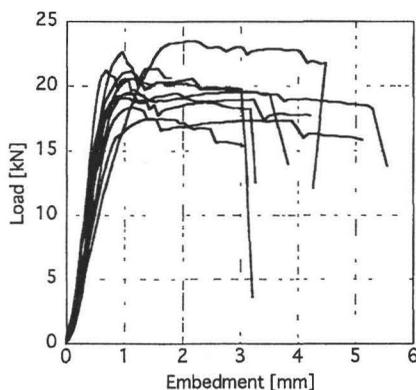


図3 荷重-すべり量の関係

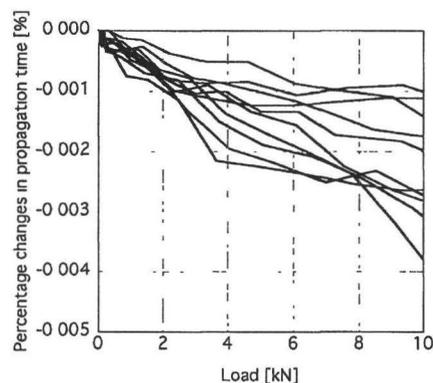


図4 荷重-伝播時間変化率の関係

06-13 板相互のすべりを防止して面内剛性を強化した スギ厚板実はぎビス留め剛床の開発

京大生存圏研究所
教授 小松 幸平

1. 研究の目的

木造住宅の耐震性を確実に高めるためには、耐力壁の量の確保と、住宅内部での配置に偏りがなく、バランスが取れていることであるが、その必要条件を活かすためには、床構面が出来る限り剛であることが重要な十分条件である。そこで、本研究では、各地の林業地帯から沢山生産されるスギの厚さ 4cm、幅 160mm 程度の厚板をそのまま「あらわし床板」として梁・桁に直付けして、「本物の醍醐味」を備えた「無垢材仕様」で高剛性の「あらわし床組」（図 1-1 参照）を開発することを目的とした。

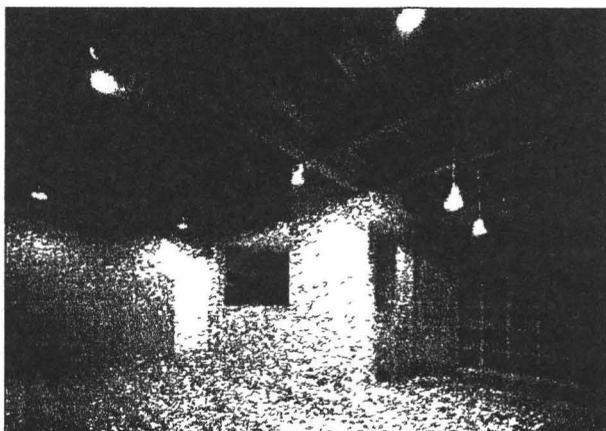


図 1-1 1階の天井が2階床で「あらわし床」となっている例

2. 研究の進め方

現在広くあらわし床構面の施工に用いられている3つの工法、すなわち、「隠しビス打ちタイプ」、「脳天ビス打ちタイプ」、「落とし込み脳天ビス打ちタイプ」、で2Pサイズの実大床構面試験体を作成し、品確法で規定された方法に準拠して、それぞれの床構面における床倍率を評価し、既往の工法では不十分な床構面性能しか発揮されないことを認識する。

あらわし床構面の面内せん断性能を向上させるためには、厚板相互のびりを阻止することが最も効果的であることが、既往の研究からも明らかであるので、この目的に合う、しかも現場施工性と審美性を損なわない金物として、図 2-1 に示す「面内剛性金物」を開発し、力学モデルによる検証を可能とするために、その一面せん断性能を実験的に評価する。

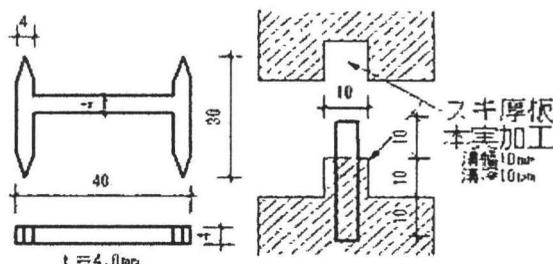


図 2-1 面内剛性金物の形状と厚板内における金物の挿入状況

また、厚板と床梁（基本的にはベイマツ KD 材を使用）を留め付けるビスに関しても、力学モデルによる検証を可能とするために、ビスの一面せん断性能を実験的に評価する。

脳天ビス留め仕様の試験体の挙動を理論的に推定できる力学モデルを提案し、床構面を構成する

各種パラメータを既知とすることによって、床構面の終局状態までの挙動が推定可能かどうか検討する。力学モデルの妥当性は、実大床構面の静的正負繰り返し加力実験の結果によって検証する。

3. 実験方法

図3-1に示すようなタイロット形式の床構面水平加力実験を行って、実大床構面のせん断カーせん断変形角挙動を観察するとともに、住宅木材技術センターのマニュアルに準拠して各仕様によって組立てられた床構面の床倍率を評価する。

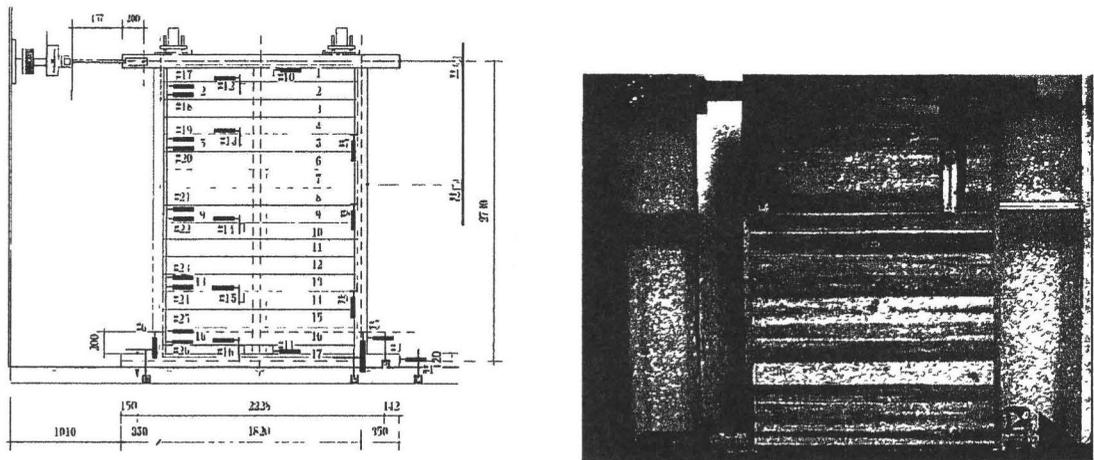


図3-1 床組試験体の水平せん断加力実験の方法と測定器種類の位置

一方、図3-2や図3-3のような実験を行って、ビスの一面せん断性能や「面内剛性金物」の一面せん断性能を評価して、力学モデルによる検証を可能とする。

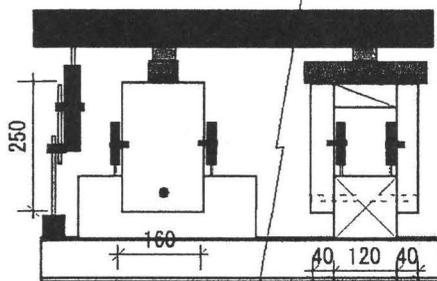


図3-2 ビスの一面せん断実験

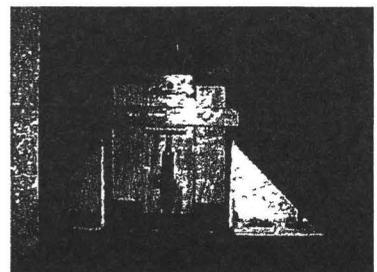
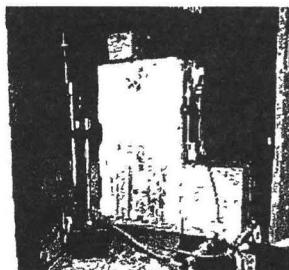


図3-3 面内剛性金物の一面せん断実験

4. 結果の概要

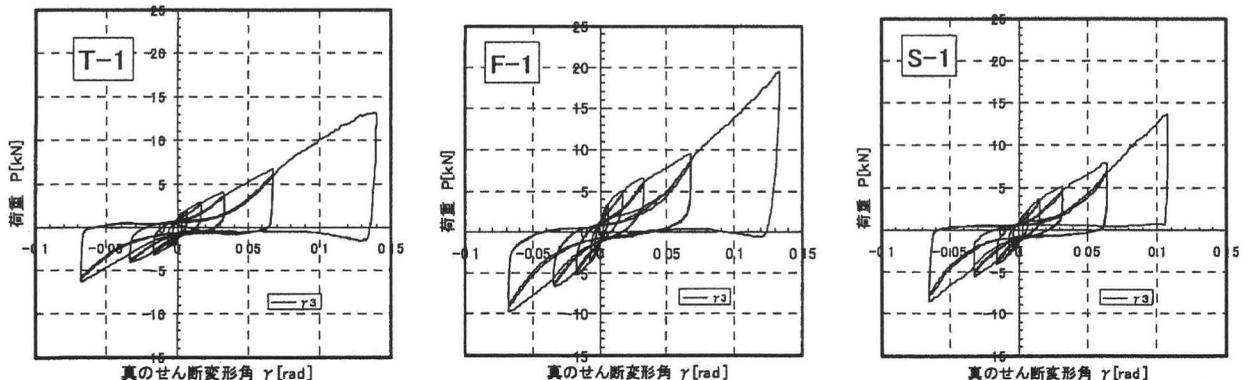


図4-1 各仕様で製作された床構面のせん断荷重—せん断変形角の一例

図4-1は各仕様で製作された2P床構面試験体のせん断荷重—せん断変形角の一例を示す。これに対して、厚板相互の迂りを阻止する目的で910mm間に1個の「面内剛性金物」を圧入したFHタイプ（改良型）試験体の荷重—変形関係を図4-2に示す。両者を比較すると、明らかに初期剛性の向上と、降伏荷重の増加が認められた。

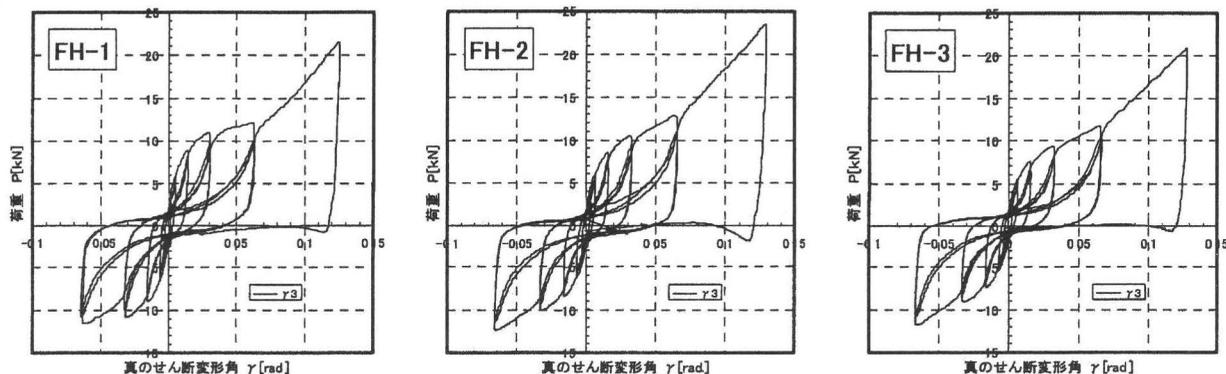


図4-2 面内剛性金物装着仕様脳天ビス留めタイプにおける荷重—せん断変形角の関係

また、表4-1に金物を装着しない従来仕様の床構面（T, S, Fタイプ）と面内剛性金物を挿入したタイプ（FHタイプ）との性能比較の一覧を示す。開発した面内剛性金物を910mmピッチおきに1個入れることで、床倍率が大きく向上することが分かった。

表4-1 従来仕様のあらわし床構面と金物仕様の床構面の性能比較

仕様			隠しビス留めタイプ	落とし込みタイプ	脳天ビス留めタイプ	金物装着タイプ
記号			T	S	F	FH
(1)	P_y	(kN)	2 92	3 76	4 12	6 62
(2)	$P_u * 0.2 * \sqrt{2\mu - 1}$	(kN)	2 19	2 46	2 96	5 87
(3)	$2/3 (P_{max})$	(kN)	4 69	5 65	5 80	8 03
(4)	$P/150$	(kN)	2 28	2 24	2 92	5 84
P_o (kN)			2 19	2 24	2 92	5 84
床倍率			0 61	0 63	0 82	1 64
最大耐力	P_{max}	(kN)	7 029	8 476	8 703	12 050
終局耐力	P_u	(kN)	5 261	6 443	6 649	10 343
初期剛性	K	(kN/rad)	214 980	228 456	299 299	711 417
塑性率	μ		2 652	2 236	2 979	4 459
	$1/\sqrt{2\mu - 1}$		0 419	0 506	0 434	0 336
P_y 時変形角	γ_y	rad	0 011	0 015	0 013	0 008
降伏点変形角	γ_v	rad	0 020	0 027	0 021	0 013
終局時変形角	γ_u	rad	0 066	0 066	0 066	0 066

5. 考察

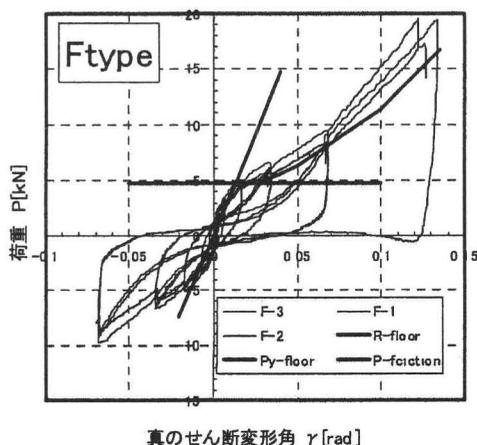


図5-1 面内剛性金物がない場合の比較

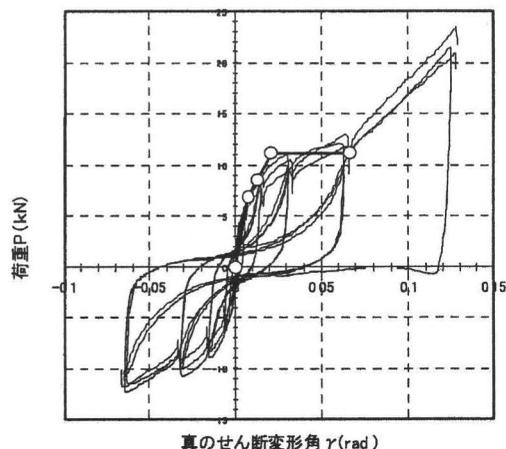


図5-2 面内剛性金物が圧入された場合の比較

脳天打ちビスのせん断挙動や「面内剛性金物」の厚板界面における迂り防止効果を考慮に入れた力学モデルを提案し、実大実験で観察された挙動と比較した。図5-1に「面内剛性金物」がない場合の脳天ビス留め仕様試験体の計算値と実測値の比較を、また図5-2に「面内剛性金物」を圧入した脳天ビス留め仕様試験体の計算値と実測値との対比を示す。これらの比較から、提案した力学モデルの妥当性と「面内剛性金物」による初期剛性向上効果、並びに降伏耐力向上効果を明確に看取することができる。

6. 要約

- 1) 厚さ40mm、幅160mm、長さ1800mmで、雄実と雌実が両側面にモルダー加工されているスギ厚板材を用い、「隠しビス留めタイプ：Tタイプ」、「脳天ビス留め：Fタイプ」、そして「落とし込みタイプ：Sタイプ」の3種類の留め付け方で「あらかし床構面試験体」を製作し、品確法で規定されている床倍率試験を実施した。その結果、Tタイプは0.61倍、Fタイプは0.82倍、Sタイプは0.63倍という結果で、いずれも剛床とは言い難い性能であった。
- 2) 現場で大工によって簡単に圧入可能で、あらかし床構面の外観を損なわないよう工夫された「面内剛性金物」と称する迂り防止金物を開発し、その一面せん断性能を実験的に評価した。
- 3) 「面内剛性金物」を910mmに1個圧入したFタイプ床の倍率は1.64となり、厚板同士の迂りを拘束することによって床倍率を効果的に向上させることが可能であることを確認した。
- 4) 厚板脳天ビス打ちによる床構面の水平せん断性能を、簡単な力学モデルによって比較的高精度に推定することが可能であった。
- 5) 「面内剛性金物」を圧入した床構面の挙動についても、力学モデルを設定することで、ある程度まで推定可能であった。
- 6) 以上の研究成果から、スギ厚板をそのまま「あらかし床板」として梁・桁に直付けして、「本物の醍醐味」を備えた「無垢材仕様」の高剛性で、審美性の高い「あらかし床構面」を、設計で要求されるレベルを満足するように実現していくことが可能となった。

7. 謝辞

本研究は、(財)トステム建材産業振興財団平成18年度(第15回)助成金を受けて実施できたものであり、ここに謹んで財団の御厚意に感謝の意を表します。

06-14 バイオマス利用に向けた CCA 処理木材からの 薬剤除去技術の検討

北海道立林産試験場
再生利用科長 山崎 亨史

はじめに

建築解体材として発生し、建設リサイクル法の基本方針で適正処理することとされている CCA 処理木材について、バイオマス資源として活用を図るため、薬剤の分離手法およびバイオマス利用としての木材糖化を検討した。

希硫酸による溶出試験

筆者らは、濃硫酸法による CCA 処理木材の加水分解（糖化）によって、CCA 成分のほとんどが溶出する結果を得ている。濃硫酸法では糖化後の液を硫酸と糖液に分離するが、そこに CCA 成分が含まれると、後の処理への悪影響が懸念されるため、CCA 成分の分離も必要となる。

そこで、より合理的な糖化と CCA 成分の分離を目指し、予め希硫酸による前処理で CCA 成分を取除き、その後、濃硫酸で糖化する手法について検討した。

1g の CCA 処理木粉（0.5~0.25mm、薬剤吸収量：クロム・銅・ヒ素化合物として約 10.2mg/g）を、100ml トールビーカー中で、所定濃度（0.5、1、2、4、30、45%）の硫酸 20ml に浸漬し、30℃、125rpm に設定した恒温水槽で、1、2、4、16、24、40、48 時間振とうした。振とう処理後、ガラスフィルターでろ過し、残渣は水洗後、105℃乾燥機で絶乾、秤量して重量減少率を求めた。また、ろ液は原子吸光光度計により、クロム、銅、ヒ素の濃度を測定し、CCA 成分の溶出率を求めた。

図 1~2 に硫酸濃度と処理時間によるクロム、銅の溶出率の変化を示す。クロムは、硫酸濃度が高くなるほど溶出する速度が速くなった。最も低い濃度 0.5%硫酸であっても 48 時間で 80%以上溶出させることができた。濃度が比較的高い、30%、45%においては、それぞれ約 24 時間、16 時間弱でほぼ溶出させることが可能と思われる。

銅は、クロムよりも溶出が容易であり、硫酸濃度による差は小さかった。低い濃度 0.5%硫

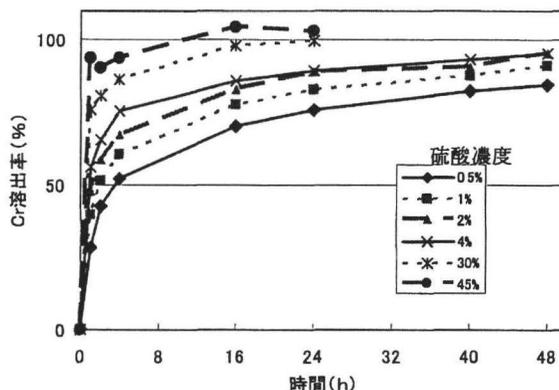


図 1 硫酸処理によるクロムの溶出率

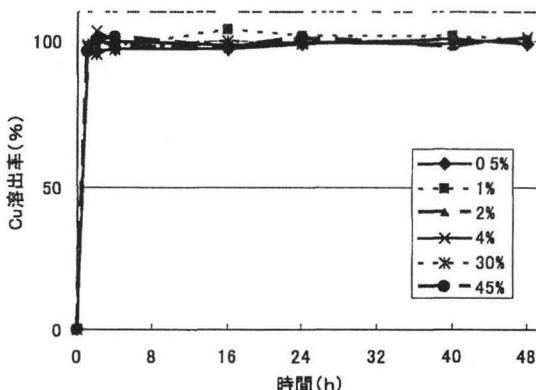


図 2 硫酸処理による銅の溶出率

酸で24時間、2%以上では1時間程度ではば溶出させることができた。

なお、ヒ素については、測定機器の特性から、含有する有機物の影響を大きく受けたが、時間経過によるグラフの推移などから、クロムよりも溶出しやすく、銅よりも溶出しにくいと考えられた。

次に、図3に硫酸処理による重量減少率を示す。0%（コントロール）による重量減少は、水溶性の抽出物によると考えられ、

16時間以降ほとんど変化なく1.2%程度であった。一方、希硫酸は濃度が上がるほど、時間とともに重量減少率が大きくなる傾向を示した。ただし、0.5~4%間の差は小さく、0.5%硫酸48時間で2.9%、4%硫酸48時間で3.7%程度であった。なお、CCA成分の溶出による重量減少率は計算上1.02%程度であり、水溶性抽出物以外の有機物も溶出していると考えられた。また、30%硫酸24時間で5.8%、45%硫酸24時間で15.4%の重量減少があり、主に、ヘミセルロースの溶出と考えられた。そこで、単糖化処理した後、還元糖量を求めたところ、重量減少に見合うものではなかったが、最大で6%程度の糖を検出した。

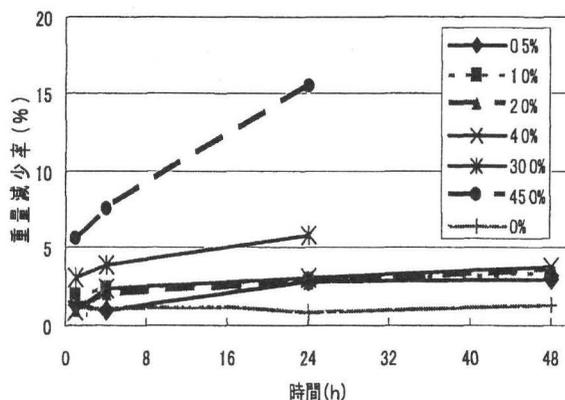


図3 硫酸処理による重量減少率

硫酸の繰返し使用試験とCCA成分のマスバランス

分離を効率的に行うことを目標に、硫酸を繰返し使用して、硫酸内にCCA成分をため込み（濃縮）、まとめて分離する場合の処理回数の影響を調べた。また、あわせてCCA成分のマスバランスについても求めた。

溶出（抽出）条件は、30%硫酸を用い、①試験同様に固液比20ml/gとしてCCAa0.25↑を浸漬し、30℃、125rpmで24時間振とうとした。処理後、2GP16または1GP16のガラスフィルターで希釈せずろ過し、ろ液をメスシリンダーで受け、液量を測定した。ここで回収した硫酸を次の抽出に用いた。抽出処理した木粉は十分に洗浄した後、乾燥させて重量変化率を測定した。また、抽出処理した木粉中のCCA残存量を測定するため、JAS試験同様に酸化分解して分析した。

表1に溶出液のCCA成分濃度と溶出率、回収率を示す。回収率は濃度と回収した硫酸量から算出した。硫酸の回収率は、繰返し回数はほとんど影響せず、全体平均で87.2%であった。このことから、CCA成分を100%溶出させても、吸引ろ過だけでは木粉に12.8%が残されることになる。

硫酸回収率が回数による変化が見られなかったのに対し、クロム、銅の溶出は回数を重ねるごとに、濃度が増加し、クロム、銅ともに1回目のほぼ回数倍の濃度になっている。一方、溶出率（母数は前回までに使用した木粉も加えた値）を見ると、回数を重ねるごとに100%を上回るようになっている。用いた木粉より多くなることはありえない。したがって、水分の蒸発による濃縮が起こっているものと考えられる。

CCA成分の回収率は、2回目以降減少していた。これは、回収できなかった硫酸に含まれるCCA成分は、回数を重ねるごとに濃度が上がり、結果としてその総量も増えることによる

表1 溶出液のCCA成分濃度と回収率

	硫酸		クロム				銅			
	回収率	濃度	/1回目	溶出率	回収率*	濃度	/1回目	溶出率	回収率*	
	%	mg/L		%	%	mg/L		%	%	
1回目	87.2	150.8		100.6	87.8	73.6		99.4	86.7	
2回目	87	300.5	2.0	111.4	81.6	148.6	2.0	111.4	81.5	
3回目	87.4	447.1	3.0	124.3	76.3	218.1	3.0	122.6	75.3	
4回目	87	601.6	4.0	143.3	75.2	299.9	4.1	144.5	75.4	
5回目	87.5	731.5	4.9	162.6	83.2	372.6	5.1	167.5	83.9	

* 硫酸未使用分に含まれる成分を考慮した補正值

と思われる。

表2に処理木粉に含まれるCCA成分の濃度を示す。先に述べた溶出率では、クロム、銅ともにほぼ100%溶出している結果が得られているが、木粉の分析では、銅が0.2%に対し、クロムが12.5%

表2 処理木粉に含まれるCCA成分の濃度

	クロム		銅	
	濃度	残存率	濃度	残存率
	mg/g	%	mg/g	%
1回目	0.42	12.5	0.003	0.2
2回目	0.44	13.1	0.005	0.3
3回目	0.39	11.6	0.007	0.4
4回目	0.45	13.4	0.010	0.6

残っている結果となった。抽出による重量減少を考慮してもクロムは溶出率と残存率の合計が110%を超えることになっており、原因を含めて不明であり、更なる検証が必要である。

以上から、硫酸の繰返し使用により、多くのCCA成分を硫酸に溶出させることはできるが、回数が多くなるほど、木粉に残るCCA成分も増え、また、原液および定率による洗浄液の回収率は減少傾向にあることから、繰返し使用の利点は得られなかった。

希硫酸とCCA成分の分離

CCA成分の分離について、陰イオン交換膜による拡散透析を行って硫酸の回収を試みた結果、回収率は、硫酸74.7%、クロム1.1%、銅1.0%、ヒ素41.2%となり、回収液へのヒ素の混入率が高かった。硫酸とともにイオン交換膜を透過したヒ素については、陽イオン交換樹脂を用いたイオン排除クロマトグラフィーによる強酸と弱酸の分離においては、弱酸が遅れて溶出した。陰イオン交換膜により硫酸を回収し、混入したヒ素については陽イオン交換樹脂を用いたイオン排除クロマトグラフィーの原理によって分離できる可能性を示すことができた。

膜分離と別に、CCA成分を吸着させる安価な吸着剤の開発を目的に、化学修飾を用いた機能性炭化物（化学修飾炭）を検討した。化学修飾炭は、木炭を水蒸気賦活により活性炭にした後、硝酸に浸漬処理するメリット法により調整した。その結果、図4に示す様に、化学修飾によりCCA成分、特にクロムの吸着が市販の活性炭より優れていた。

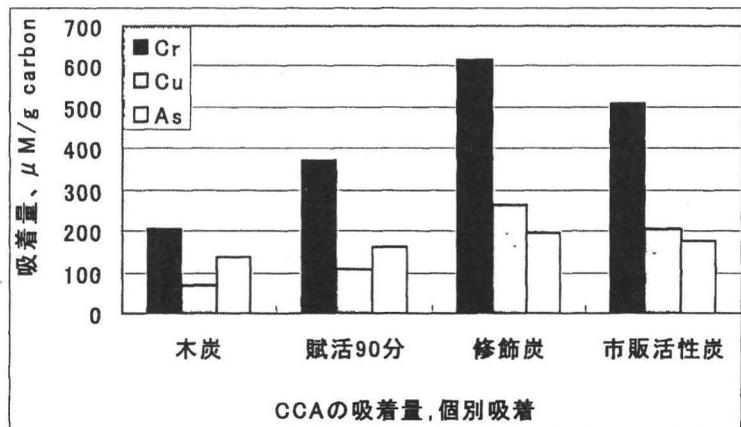


図4 CCA成分の吸着結果(個別)

06-16 林産廃棄物の科学的利用法の開発

山形大学

准教授 芦谷竜矢

1. 緒言

本研究では、最も利用法開発の望まれている樹皮の化学的利用法を確立するため、特に国内で問題となっているスギ等の樹皮から、グリコール・バイサルファイト法による液化を経て、ポリウレタン材料を調製し、新たな材料（断熱材、シート等）として有効活用する事を目的としてスギ樹皮のグリコール・バイサルファイト法による 200℃における液化処理操作の最適化とウレタン材料の調製について検討した。続いて、液化物とその処理で得られた残渣の化学組成の分析を行い、調製された材料の腐朽菌・害虫（シロアリなど）に対する生分解性・抵抗性の検討を行った。

2. 実験

2.1 スギ樹皮の液化と水酸基価測定

樹皮の液化については既報¹⁾に準拠して行った。35 ml 容耐圧ミニオートクレーブ中にスギ樹皮粉 2 g, PEG-400 を 6 ml, 所定濃度の亜硫酸水素ナトリウム水溶液を 6 ml 添加し, 200 °C で所定時間保持後, 氷浴で急冷して反応を停止した。得られた反応生成物を, 80% 1,4-ジオキサン水溶液とガラス繊維ろ紙を用いて洗浄・吸引ろ過し, ろ液をロータリーエバポレーターで水分量が 1%以下になるまで減圧下で乾燥させ, スギ樹皮液化物を得た。得られた液化物は既報²⁾に準拠して水酸基価を決定した後, 材料調製に供した。

2.2. フィルム調製

スギ樹皮液化物 (5g) を 100 ml・ポリプロピレン容器中で, 同重量のジクロロメタンと均一に混合 (2000-3000 rpm で攪拌) し, イソシアネート (ウッドキュア 300: 日本ポリウレタン製) を所定量加えた。その後, 3000 rpm で 10 分間攪拌後, シャーレにキャストし, 冷蔵庫内で 3 日間乾燥させた。さらに室温で 11 日間硬化し, 100 °C で 8 時間熱処理し, 厚さ 0.25 mm のフィルムを得た。各フィルムについて, 引っ張り試験を行った。

上記の水酸基価測定に供したスギ樹皮液化物を原料に用いてPUフィルムを調製し、引っ張り試験を行った結果を Fig. 2 に示す。引っ張り強度はNCO/OH=0.6-1.4と変化したとき、7.3-74MPaの間で上昇した。のびは、NCO/OH比が0.8-0.1.0の間で、減少し、NCO/OH=1.0以上では、ほぼ一定の値となった。引っ張り強度の値は、250℃の液化操作で得た液化物を原料に用いて調製したPUフィルムとほぼ同等の値であった。

以上の結果より、200℃の液化処理条件では、250℃の場合と比べて長時間が必要であるが、同等の可溶化率と同程度の物性を持つ液化物由来の材料を調製できることが示された。

生分解試験においては、土壌埋設試験で、樹皮液化物を原料とした材料は糸状菌がウレタン表面に生育していることが認められ、シロアリ試験でもシロアリの食害痕が認められ、土中生物による崩壊が示された。よって、スギ樹皮由来 PUF が一定期間使用された後に土中に廃棄される場合、環境に対する負荷が小さくなるものと期待された。

参考文献: 1) 上野智子, 耿興連, 芦谷竜矢, 親泊政二三, 坂井克己, 木材学会誌, 47, pp. 260-266 (2001). 2) Tomoko Ueno, Tatsuya Ashitani, Kokki Sakai, *Journal of Wood Science*, 48, pp. 348-351 (2002), 3) 芦谷竜矢, 木材工業, 59, pp. 393-397 (2003), 4) Y. Kurimoto, M. Takeda, A. Koizumi, S. Yamauchi, S. Doi and Y. Tamura, *Bioresource Technology*, 74, pp. 151-157 (2000).

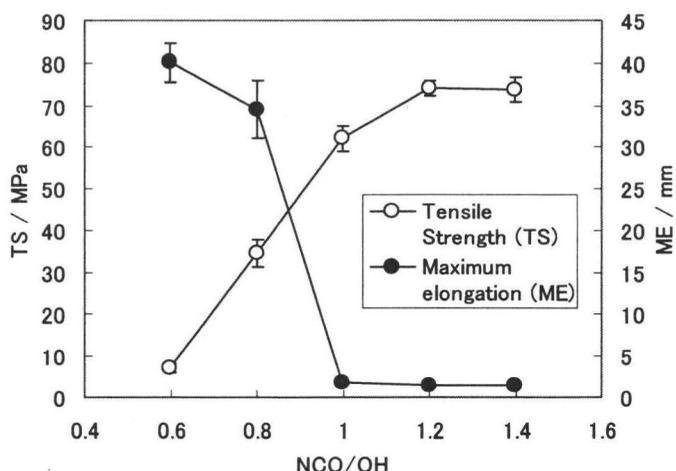


Fig. 2. Tensile Strength (TS) and Maximum elongation (ME) of PU films prepared from liquefied Sugi bark. Note: Initial length of PU film was 30 mm.



Fig. 5. PUF after termite-feeding test.

2.3 ポリウレタンフォーム (PUF) の調製

スギ樹皮液化物, 所定量の発泡剤(水), 整泡剤, 触媒を十分に攪拌した後, 所定量のポリメリック MDI を加え 5000 rpm で約 5 秒間攪拌し, 9×5×14 cm の箱に移して発泡体を調製した。得られた PUF を 60 °C で 24 時間以上硬化処理した。

2.4 土壌埋設腐朽試験

培養土と腐葉土を重量比 1 : 1 で混合した土壌中に PUF を埋設し, 9 ヶ月後取り出し, 光学顕微鏡による観察を行った。

2.6 シロアリによる PUF の生分解性試験

日本木材保存協会の規格に準拠し, イエシロアリを用い, 30 °C で約 4 週間試験を行った。

3. 結果および考察

Fig. 1 に 200 °C でのバイサルファイト液化処理における, 可溶化率の時間ごとの変化を示す。反応剤添加濃度は 6% で最も高い可溶化率が得られ, 3% または 9% では可溶化率は減少した。6%・NaHSO₃ 水溶液添加の処理では 240 分間の処理で可溶化率は 72.8% となりそれ以上処理時間を長くしても変化なかった。6%・NaHSO₃ 水溶液添加, 200°C, 反応時間 240 分間の条件で液化したスギ樹皮液化物の水酸基価測定の結果は

8.69 mmol/g であった。250°C, 30 分間, 3.3%・NaHSO₃ 水溶液添加条件でのスギ樹皮の液化では, 可溶化率は 71.3% で, 液化物の水酸基価は, 12.4 mmol/g であったことから, 反応温度が低いと水酸基価が低下することが示された。

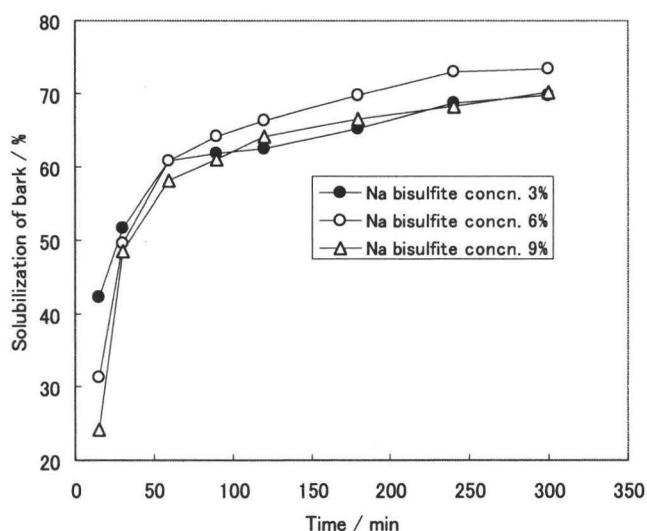


Fig. 1. Solubilization of Sugi bark by PEG-bisulfite method at 200 °C

06-18 アルミサッシ材の黄砂、酸性雨、大気汚染物質(Sox、Nox 等)との複合腐食

富山工業高等専門学校 物質工学科
教授 鳥山成一

1. はじめに

2002 年春に大規模な黄砂が日本に飛来し、大気環境基準の設定がある浮遊粒子状物質濃度 (Suspended Particulate Matter, SPM; 以下 SPM という。) は、全国規模で超過が見られた。このような飛来は初めてで、日本海沿岸の各地域で大きな問題となった。酸性雨による金属腐食の研究については、地域特性が大気汚染を反映しているとする報告が多く、酸性雨を含めた大気汚染による文化財や東アジア等に関連した金属等腐食調査が比較的少ない。また、黄砂による金属腐食に関する報告がない状況である。

金属板の腐食は因子として①酸性雨、②ガス(ガス状大気汚染物質; SO_x, NO_x 等)及び③エアロゾルに大別される。著者らは、この酸性雨(酸性霧又は純水霧)及び霧困気(ガスとエアロゾル又はガスのみ)の違いによる金属溶出及び腐食を3通りの条件下で、各種金属及びイオン成分の溶出特性について検討を行い報告した。

今回は黄砂による金属腐食挙動を解明するために、人工腐食曝露装置を使って、①純粋雨+ガス、②純粋雨+ガス+エアロゾル、③人工酸性雨+ガス+エアロゾル3通りの条件下で、更に各金属板に黄砂を噴霧したものとししないもの2通りを設定して詳細な実験を行い、各種金属板の溶出特性及び各イオン成分について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 黄砂試料及び曝露用金属板

噴霧に用いた黄砂試料は、標準試料黄砂の CJ-1 (China Loess) を使用した。腐食試験に用いた炭素鋼板は、一般用冷間圧延鋼板であり、アルミニウム合金板は Al-Mg-Si 系のアルミニウムサッシ材として、使用されている。

2.2 人工曝露装置

曝露装置は Fig.1 に示す。

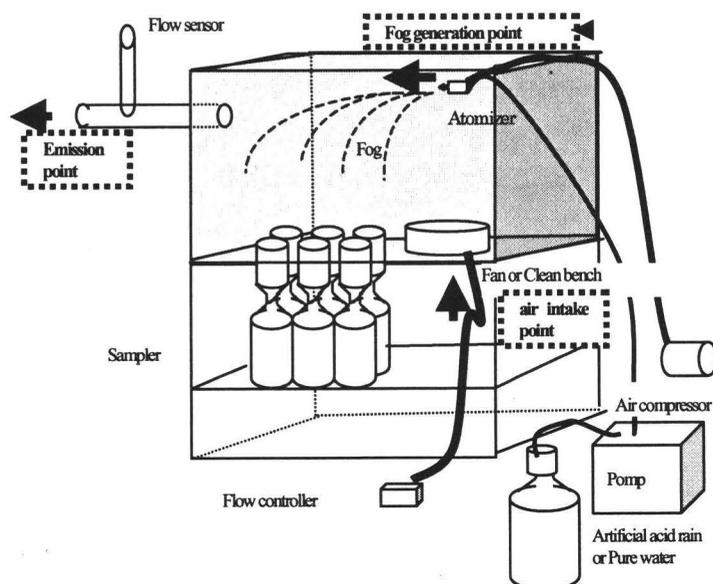


Fig. 1 Leaching tests by artificial acid fog and pure water fog

3条件下の3基の人工曝露装置

- ・[①の条件]人工酸性雨噴霧+ガス+エアロゾル霧囲気 (以下, ①の条件という。)
- ・[②の条件]超純水噴霧+ガス+エアロゾル霧囲気 (以下, ②の条件という。)
- ・[③の条件]超純水噴霧+ガス霧囲気 (以下, ③の条件という。)

の3通りの条件の人工曝露装置を3基設置した。

人工酸性霧及び純水霧によって溶出し、ろ過され、ポリビンに捕集され、7日毎に回収した金属成分等の溶出液18試料は、pH (H⁺) 及び導電率を測定する。ICP-MS 及びイオンクロマトグラフを用いて金属8成分 (Fe, Cu, Zn, Pb, Sn, Al, Mg, Si), イオン10成分 (F⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, Cl⁻, NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺) を測定した。

3. 結果及び考察

3.1 炭素鋼板から溶出含有金属成分

(1) 炭素鋼板から溶出したFe(イオン)、Mn(イオン)

黄砂噴霧の有無による違いを比較すると、全ての条件で黄砂噴霧有りは積算溶出量が少なく、当初、予想した黄砂噴霧による腐食促進ではなく、逆に、腐食抑制傾向が示された。

3.2 アルミニウム合金板から溶出含有金属成分

(1) アルミニウム合金板から溶出したAl(イオン)、Si(イオン)

黄砂噴霧の有無による違いを比較すると、Fe(イオン)やMn(イオン)のように全ての条件で黄砂噴霧有りは積算溶出量が少なく腐食抑制傾向が見られた。

(2) アルミニウム合金板から溶出したMg(イオン)

黄砂噴霧の有無による違いを比較すると、全ての条件で黄砂噴霧有りは積算溶出量が多く腐食促進傾向が示された。

(3)黄砂噴霧のあるMg²⁺のCa²⁺の挙動

①、②の条件では、Mg²⁺、Ca²⁺は、ともにアルミニウム合金板と炭素鋼板の積算溶出量が大きくかつ自然対数型回帰で初期に大きい傾向を示した。これは黄砂中のMg²⁺、Ca²⁺が、ともに炭素鋼板のFeやアルミニウム合金板のAlから見れば電気化学的には貴で、アノードとなって、FeやAlよりも優先的に溶解すると考えられる。

4. まとめ

炭素鋼板及びアルミニウム合金板の2種類について、黄砂による金属腐食挙動を解明する目的で人工曝露試験を行った。3基の人工腐食曝露装置は①純粋雨+ガス、②純粋雨+ガス+エアロゾル、③人工酸性雨+ガス+エアロゾル3通りの条件下で、更に各金属板に黄砂を噴霧したものとしないものとブランクの3通りを設定し、各種金属板の溶出特性及び各イオン成分について検討した。

黄砂噴霧無しの溶出量をベースに、黄砂噴霧有りの溶出量の溶出量増加率を見ると、アルミニウム合金板の①、②の条件で溶出したMgイオンのみプラスとなり、黄砂による腐食促進傾向が示された。しかしながら、その他のイオンは、いずれもマイナスとなり、当初、予想した黄砂による腐食促進ではなく、逆に、黄砂噴霧による腐食抑制傾向が見られた。

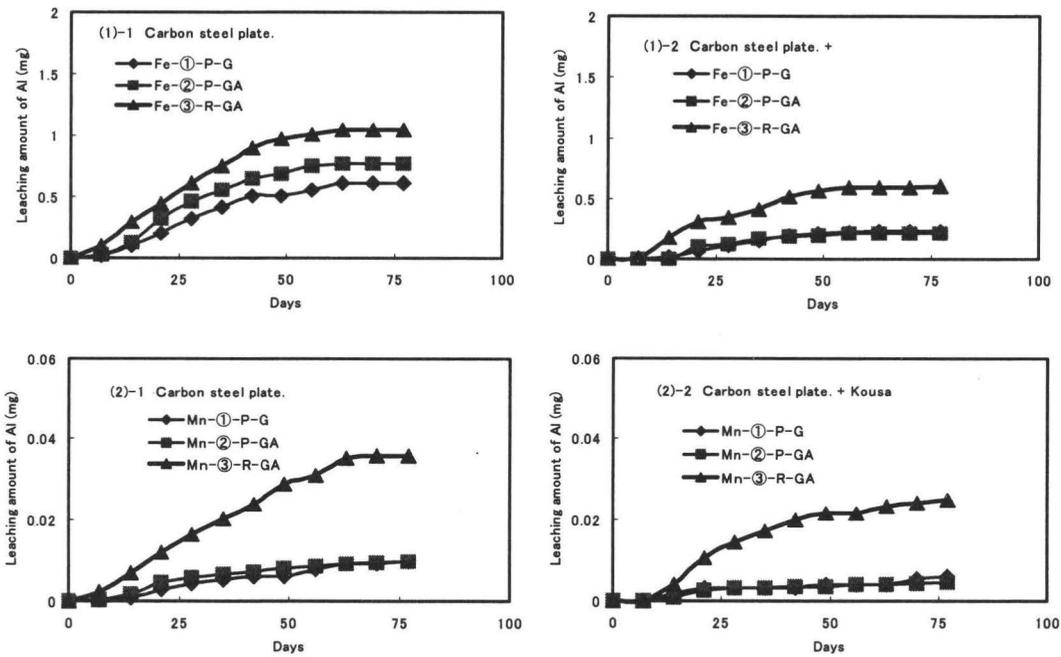


Fig.2-1 Variation of accumulative leaching amount of carbon steel plate.

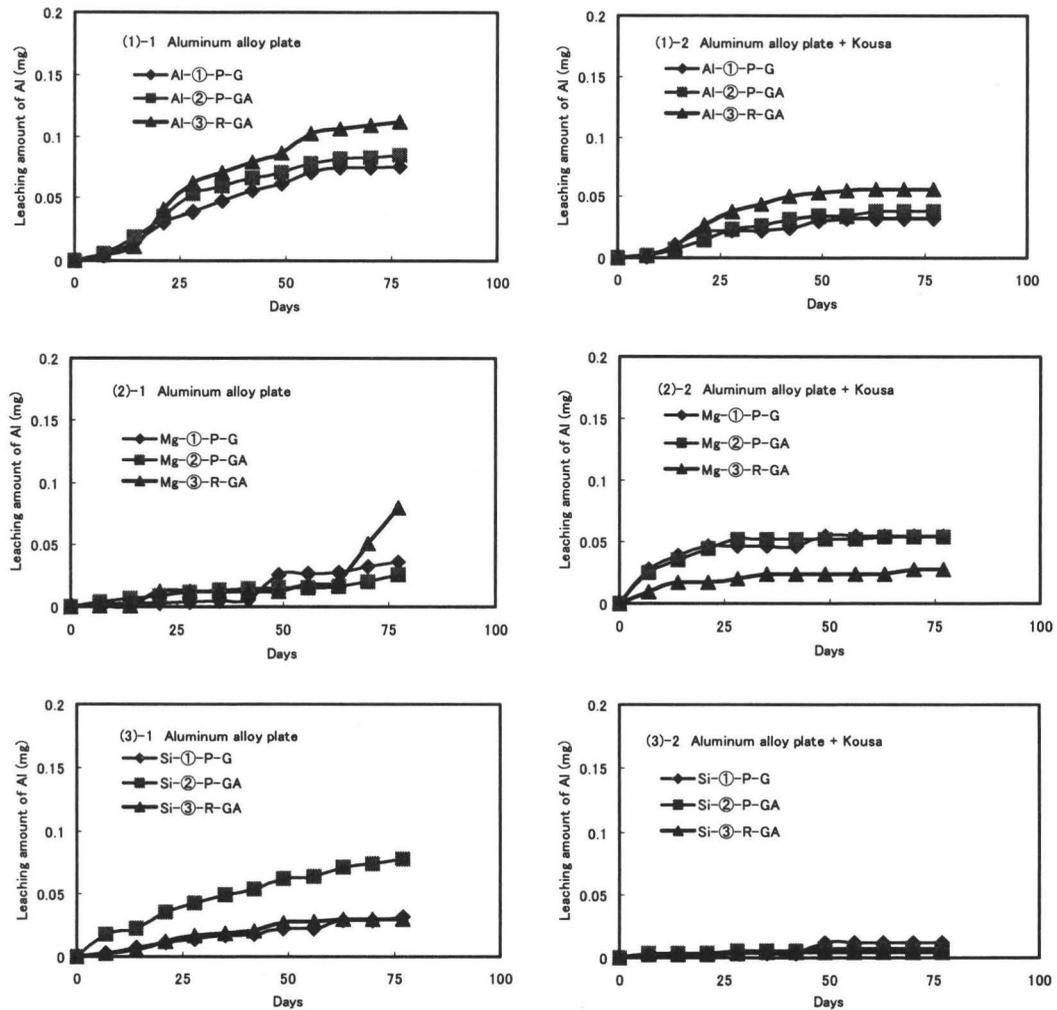


Fig.2-2 Variation of accumulative leaching amount of aluminum alloy plate.

06-19 建築用鋼材の長寿命化に資する基礎的研究

慶應義塾大学

教授 小茂鳥 潤

微粒子ピーニング (Fine Particle Peening: FPP) は、通常のショットピーニングと比較して高い圧縮残留応力を材料表面に付与できることに加え、投射粒子の構成元素を被処理面に拡散させることが可能なため、近年注目を浴びている処理である。著者らは、そのような拡散現象の促進を目的として、高周波誘導加熱 (Induction Heating: IH) 装置と FPP 処理を組合せた高周波誘導加熱微粒子ピーニング (IH-FPP) 処理に関する基礎研究を行っており、これまでに著者らは、構造用鋼に Cr 粒子を投射することでその耐食性の改善が可能なことを報告している。

一方、この IH-FPP 処理システムは、被処理材を変態点以上の温度まで加熱した状態で FPP 処理を施すことが可能なため、粒子投射時に噴射される圧縮空気を利用して被処理材を急冷することも可能となる。このことは、IH-FPP 処理により、微粒子の投射と熱処理の両者を同時に施すことができる可能性を示唆するものである。

本研究は、建築用鋼材の長寿命化を最終目標として実施するものである。その第一段階として、IH-FPP 処理を用いて、高硬度表面の創製を試みることにした。その際、IH-FPP 処理による被処理材の微視組織にも注目し、効果発現メカニズムについても検討・考察を加えた。さらにこの特徴を利用して、高温で FPP 処理を施すことにより形成された鋼の微視組織形態に注目し、疲労特性の改善を試みた。さらに、IH-FPP 処理によりその効果発現メカニズムについて検討・考察を加えた。

供試材としては、クロムモリブデン鋼 (SCM435H) を用いた。同材を $\phi 15\text{mm}$ 、厚さ 4mm の円盤試験片、および切欠き ($K_t=2.36$) を有する砂時計型の試験片に機械加工した。円盤試験片に対してはエメリー紙を用いた研磨を、疲労試験片の最小径部に対しては電解研磨を施した。その後、 $1100^\circ\text{C}\times 2$ 時間の焼きなましを施した後、種々の温度 (400°C から 1200°C) で IH-FPP 処理を施した (IH-F シリーズ)。

FPP 処理は、吸引式投射装置を用いて、投射圧力 0.6MPa 、投射間距離 100mm 、粒子投射時間 30 秒の条件で行った。その際、投射粒子には、平均粒径 $63\mu\text{m}$ の高速度工具鋼 (SKH59) を用いた。疲労試験片に対して FPP 処理を行う際には、小型旋盤を用いて試験片を回転させることにより、最小径部の全周にわたり均等に処理が施されるよう留意した。

また比較のために、IH 装置により T_1 まで加熱した後、FPP 処理の圧縮空気により冷却した試験片 (IH シリーズ) および未処理材に対して室温で FPP 処理を 10 秒施した試験片 (RTF シリーズ) を準備した。疲労試験は室温・大気中において小野式回転曲げ疲れ試験機 (3000rpm) を用いて行った。

円盤試験片の縦断面を研磨した後、2%ナイタールを用いて現出させた組織を光学顕微鏡により観察した結果、600℃で処理した場合には、フェライト・パーライト組織が観察されたのに対して、変態点以上で IH-FPP 処理を施した IHF-800 シリーズの場合には、マルテンサイトが形成されていることが明らかとなった。このことは、IH-FPP 処理により焼入れの改質効果が得られることを示すものである。

またピクリン酸でエッチングした後、旧オーステナイト粒を光学顕微鏡により観察した結果、IHF-1000 シリーズの表面には、渦状の微細な組織が形成されていることが明らかとなった。この渦状組織は、IH-FPP 処理により付与される塑性ひずみの蓄積に起因するものと考えられる。また、IH1000 シリーズの表面に認められた酸化層は、IHF-1000 シリーズには認められなかったことから、IH-FPP 処理は焼入れ過程で生じる酸化層を除去する効果も有しているものと考えられる。

つぎに、円盤試験片表面において、残留応力を測定した結果、IH-FPP 処理を施すことにより圧縮残留応力が生起することが明らかになった。またその値は、処理温度の増加に伴い増加しており、とくに変態点以上で IH-FPP 処理を施した試験片の場合には、常温で FPP を施した RTF シリーズと比較して高い圧縮残留応力が生起することがわかった。

最後に疲労試験を行った。その結果、IH-FPP 処理装置を用いた焼入れにより、鋼の疲労強度が上昇することが明らかとなった。

現在の熱処理条件では粗大な結晶粒が形成されるため、顕著な疲労強度向上効果を得ることはできなかった。今後は、加熱条件を検討するとともに、鋼の疲労特性に及ぼす IH-FPP 処理の影響について検討を加えていく。

06-20 長周期地震動および断層近傍地震動による 超高層建築物のカーテンウォールの挙動

神戸大学大学院工学研究科
教授 藤谷 秀雄

1. はじめに

近年、海溝型地震による長周期地震動によって高層建築物が大振幅の振動を起こす可能性があることが指摘されている。高層建物の外装カーテンウォール（以下 CW）は様々な想定外力に対し設計されているが、地震時の外力によりフロア間に大変形が生じた際の CW に生じる挙動や破壊状況はあまり知られていない。本報では標準的のックダウン構造の CW について大変形時の挙動確認と破壊に至るプロセス解析を目的とした層間変位試験を実施したので報告する。

2. 試験概要

試験体は、実大 CW 1 層 2 スパンの標準的のックダウン構造の CW を使用した。

層間変位量は、 $-H/300(11.3\text{mm}) \sim +H/20(170.0\text{mm})$ とした。

※ここで $H=3400\text{mm}$ （階高）、また今回の試験体における部材とガラスの接触が想定される層間変位をシーリング材の拘束を考慮の上で算出したところ $H/44(77.3\text{mm})$ であった。

試験内容：動的試験 $\pm H/300$ （周期 3 秒）

動的試験 $\pm H/200$ （周期 4 秒）

静的試験 $+H/300, +H/200, +H/100, +H/66, +H/50, +H/40, +H/30$ （7 段階）

動的試験 $0 \sim +H/20$ （周期 10 秒）

測定内容：CW 各部の水平変位 13 点、鉛直変位 5 点

ガラスの面内応力 12 点

3. 試験結果

3.1 動的試験 $\pm H/300$ 及び $\pm H/200$

第 1 段階の動的試験は基本性能の確認のために実施したが、観察結果では特記すべき内容は皆無で残留変形も微量であり全く損傷はなかった。

3.2 静的試験観察結果

観察結果では $+H/100$ 以降外力による負荷が増大しガラス周りの押縁に横ズレ及び軋み音が見られ始めた。 $+H/40$ ではガラス周りシーリング材の部分的な破損、最大変位の $+H/30$ でガラス周りの押縁の浮き上がりが確認されたが CW 部材の破壊には至らなかった。

3.3 静的試験測定結果

各測定点の結果について、ここでは CW 部材とガラスの挙動に着目して考察する。

(1) 主要部材の変形状況

方立の剪断変形は $+H/30$ まで層間変位量の約 95% で大きな増減は見られず変形の性状に変化は見られなかった。これは方立及び締結部の変形追従性が $+H/30$ まで機能していること

を表すものである。取付金物については上部に比べて下部ブラケットの変形が非常に小さい理由として、上部方立の剪断変形による力が方立ジョイントを通じて下部方立に伝わりにくいためであり、このことは+H/100 以降ジョイント部の変位増大につれブラケットの変位も増大していることから明らかである。

(2) FIX 窓の変形状況

中段 FIX 窓におけるロッキングの比率は 58~47%であり、層間変位量が大きくなるにつれロッキングの比率が小さくなる傾向にある。ガラスのスライド量は上辺よりも下辺が若干大きいもののほぼ同等と見る事が出来る。図-1のグラフからもガラスのロッキング量、スライド量とも直線的に増加しており、ガラスと部材との接触による変化は確認されなかった。

3.4 動的試験 0~+H/20

観察の結果、部材の破損・脱落などは見られず形状を保持している事を確認した。その他の現象として、ガラス周りの押縁に横ズレ及び軋み音が見られ、シーリング材の部分的な破損が発生した。また、特殊な現象として内観右及び中央方立の高さ調整ボルトに浮き上がりの残留変位が見られた(図-2)。この現象は片側1方向への動的試験によるものであり、通常行われる両方向への動的試験では起こり得ないものと思われる。

解体後の確認結果として、ガラスと部材の接触した形跡は見られなかったが、無目材端部の固定ビスに抜けが確認された。

4. まとめ

本試験では標準的ノックダウン構造の CW を用いて破壊に至るプロセス解析を試み、破壊の初期段階に生じる現象はいくつか確認できた。ガラス周りの押縁の横ズレ及び浮き上がり、シーリング材の破損などでありこれらの現象が発端となり破壊が徐々に進行するものと思われる。また結果として+H/20の大変形を CW に与える事は出来たものの、当初想定したような CW 部材を大きく破壊させるには至らなかった。これはノックダウン CW の柔軟性に富む構造的特徴と今回のガラス形状(縦横比)により非常に高い層間変位追従性を持つ試験体であったためである。

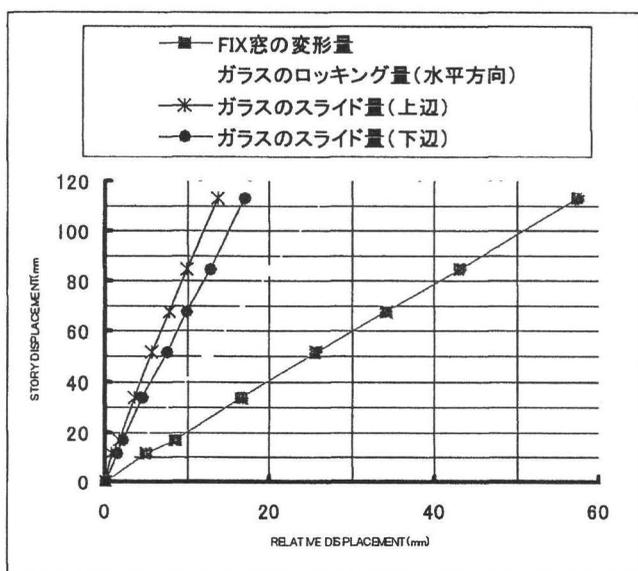


図-1 FIX窓の測定結果

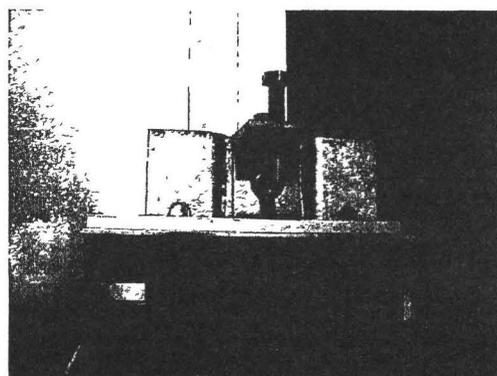


図-2 高さ調整ボルトの浮き上がり

06-22 性能指向型設計に基づく木造建物の耐震安全性に関する日米共同研究

信州大学工学部

准教授 五十田博

1. 研究の背景と目的

本研究では国際的に調和の取れた木造建物の性能指向型設計法を構築することを究極の目的としている。助成を受けて実施する研究は、日米の振動台実験結果を例にして、これまで提案した中層階建てにも適用可能な解析手法の洗練を図るとともに、性能指向型設計法の構築に向けた基礎資料の整備を図ることであった。研究当初の研究課題は以下のとおりである。

木造住宅を対象にした振動解析 モデルの構築と検証。

復元力特性モデルのパラメータの定義と整理 必要なデータは実験等で補うとともに、今後補う際にどのようなデータを蓄積すべきか例示する。

性能設計法の検証 等価線形化手法により設計用地震動に対する変形を求める。その精度を実地震動に対して検証する。

ツールの整備 設計を支援するツールの整備をおこない、ユーザーフレンドリーとまではいかなくとも、ある程度の技術者が利用できるような環境を整備する。

以上の項目について、日常的には電子メールを用いて情報交換をおこなうとともに、平成18年7～8月にかけて米国の振動台実験に参加するとともに、平成19年2月日本にて米国側研究代表者と打ち合わせの機会を持った。

2. 木造住宅を対象にした振動解析

振動モデルを構築して、日米の在来構法を対象に振動台実験結果の追跡を同様の手法を用いてその精度を確認した。検証に用いた日本側の建物と米国側建物をそれぞれ写真1に示す。

米国で開発された時刻歴応答解析ソフトで日本側建物の解析を実施したところ、全体的な傾向は捕らえられてはいるものの、応答値の絶対値の追跡精度は確保できていないことがわかった。米国側でも同様の手法で解析を実施している。試験体の概要、解析結果については次のURLを参照願いたい。<http://www.engr.colostate.edu/NEESWood/capstone.html>

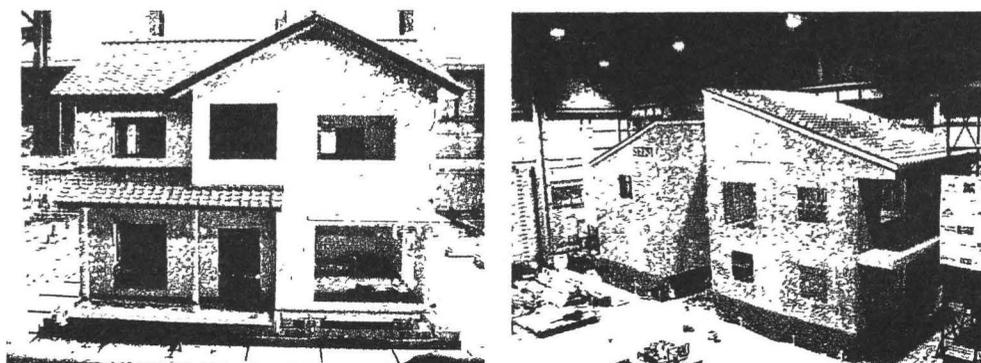


写真1 対象試験体 (左：日本、右：米国)

3. 復元力特性パラメータの定義と整理

復元力特性パラメータの整理として、壁実験モデルを木造用の復元力特性モデルとして提案されている bryan モデルに当てはめた。壁の実験と当てはめた復元力特性モデルで同じ変位履歴を与えた場合について比較したところ、繰り返し部分で若干モデルが十分に実験を表現できていないところもあるが、全般的には良好に一致することがわかった。

4. 等価粘性減衰定数に関するデータベースの整備

壁実験と実大モデルに対して等価粘性減衰定数のデータベースを構築した。結果を図1、2に示す。評価式は異なるものの日本側仕様、米国仕様ともに同程度の履歴減衰性能であった。評価式は下記である。

$$\text{日本: } h = 0.20(1 - 1/\mu) \quad \text{米国: } h = \begin{cases} 0.5\delta & \delta \leq 0.35\% \\ 0.18 & \delta > 0.35\% \end{cases}$$

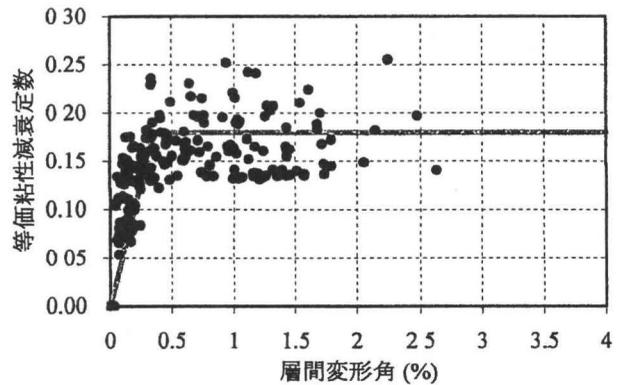
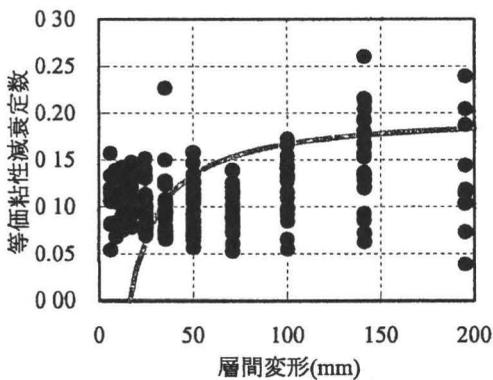


図1 壁実験から求まる等価粘性減衰定数 図2 建物モデルから求めた等価粘性減衰定数

5. 性能設計法の検証

日本の限界耐力計算の精度を振動台実験の結果と比較することにより、性能設計法の精度検証とした。スペクトルの山にさしかかる部分に応答点が存在し、わずかな耐力の上下で敏感に応答変形が前後するが、全体的には良好に応答変形を追跡できることがわかった（図2）。

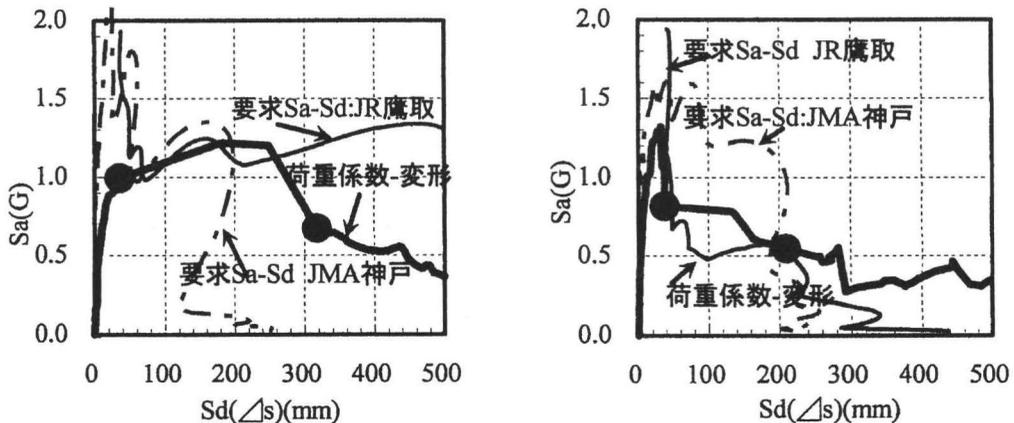


図2 限界耐力計算の結果（左：X方向、右：Y方向）

6. 今後の予定と性能設計にむけてのツールの整備・検証

本年度以降の計画として 2009 年（当初 2008 年であったが変更）に日本において、米国中層階建て木造建物と日本の中層階建て木造建物の実験を予定している。いずれも構築した性能設計法を確認するとともにその精度向上を目的としている。

ツールの整備に関しては NEESWood で開発を目指している時刻歴応答解析ソフト SAPWOOD の開発に際し、ベータ版からその評価に参画した。評価に際して SAPWOOD を用いて木造 3 階建て日本仕様の枠組壁工法に対する振動台実験の追跡を試みた。参考までに SAPWOOD の流れとともに壁レベルの解析結果を以下に掲載する。なお、本ソフトは NEESWood の下記 URL より自由にダウンロードが可能である。

<http://www.engr.colostate.edu/NEESWood/sapwood.html>

図 3 には SAPWOOD の解析の流れを示した。構造モデルの構築で使用する壁の復元力特性のパラメータは、壁実験から直接求める方法と釘一面せん断試験の結果から求める方法の 2 通りがある。建物としてのモデル化は各階について壁の座標を入力し、開口部の位置、釘ピッチ、面材の大きさ、厚さなどを入力する。以上で解析に必要な建物モデルの入力は終了である。ついで、入力地震波を選択し、解析を実行すれば任意の点の時刻歴の変位、任意の壁の荷重変形関係、層の荷重変形関係などが出力可能である。また、時刻歴応答解析と並列して、増分解析のツールも用意されている。

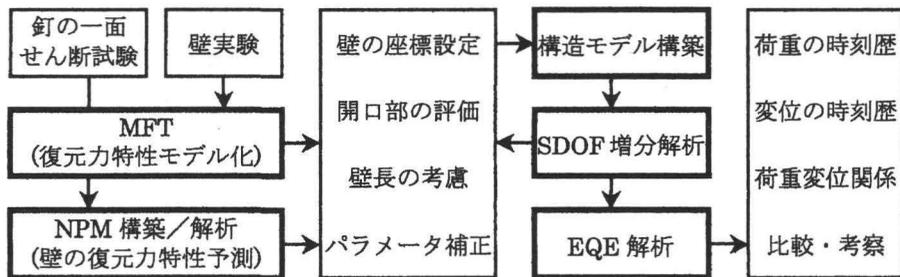


図 3 SAPWood 解析の流れ

7. おわりに

以上、木造住宅の性能設計法の構築に関連して、日米共同で実施した研究内容を取りまとめた。なお、本研究の成果をまとめ、現在下記の論文を投稿し、審査中である。

Hiroshi Isoda, Andre Filiatrault and Bryan Folz:

SEISMIC COLLAPSE TESTING AND ANALYSIS OF A JAPANESE WOOD HOUSE

Paper submitted for possible publication in the Journal of Earthquake Engineering

06-23 種々の外壁通気層構法における通気層内の流れと湿気排出機能に関する研究

北見工業大学
名誉教授 坂本 弘志

1. 本研究の背景と目的

住宅の耐久性の向上化を図る上で、外壁通気層の役割は益々重要となってきた。しかしながら外壁通気層の機能に関しては未だ不明の点が多く、解決しなければならない多くの課題がある。本研究は、現在行われている種々の外壁通気層構法に対して、外壁通気層内の流れの解明と壁体内の湿気排出機能に関して、実験並びに理論に基づいて明らかにしたものである。あわせて外壁通気層構法の設計、並びに施工の確立を図ることを目的としたものである。

2. 研究の内容と方法

外壁通気層の機能の解明に当っては、つぎに示す三つの課題を遂行することによって実施した。

(1) 外壁通気層内に発生する気流の流速の評価： 外壁通気層内に発生する気流は、躯体の掃気および壁体内の湿気排出に重要な役割を果たすものである。本テーマでは、建物の立地条件、各地域の気象条件（風向、風速、温湿度、日射量、雨量等）、外壁通気層構法の相違による通気層内の流れを、数値シミュレーション解析に基づいて評価した。

(2) 壁体内に発生する湿気量の評価： 壁体内の湿気量は、室内から侵入する湿気、壁体の木材から発生する湿気、そして外部から侵入する湿気に基づいて発生する。本テーマでは各地域の気象条件、居室の温湿度、壁体を構成する建材・施工材、建物の気密レベルの相違等に基づく壁体内に発生する湿気量を数値シミュレーション解析によって評価した。

(3) 外壁通気層による壁体内の湿気排出機能の評価： 本テーマでは、恒温恒湿室に外壁通気層モデルを設置し、通気層内に発生する気流の流速および室内外の温湿度を変化させ、壁体内に発生する湿気の排出量を評価した。この評価された通気層による湿気排出量が、(2)で評価された壁体内に発生する湿気量に比べて大きければ、壁体内には湿気は停留されず、湿気に基づく躯体の腐朽の防止が図られることになる。

3. 研究結果とまとめ

3. 1 通気層内の流速の評価

本研究で得られた通気層内の流れに関する知見をまとめると以下に示すものとなる。

(1) 外壁通気層内に発生する気流の流速は、建物壁体の風圧力および外壁通気層内の温度差に基づくところの2つの換気力によって生ずる。これら2つの換気力によって生ずる外壁通気層内の流速を評価するための建物の風圧係数の評価、並びに数値シミュレーション解析手法の確立を図ることが出来た。

(2) シミュレーション解析による外壁通気層に発生する気流の流速の評価に当って必要とする外壁通気層の通気抵抗係数、通気層を構成する各部材（通気層入口部の水切板、スリットを有する横胴縁材等）の通気抵抗係数、並びに小屋裏の掃気に関連する軒天並びに棟換気部材の通気抵抗係数等を風洞モデル実験によって評価した。

(3) 外壁通気層内に発生する気流の流速は、外壁通気層が軒天で開放される独立型換気と外壁通気層が建物の小屋裏に開放される連続型換気とは大きく異なり、独立型での流速は連続型の1/10程度となることが見出された。その結果、躯体掃気は独立型に比べて連続型が極めて有効で

あることが判明した。

(4) 確立した数値シミュレーション解析法は、各地域の気象条件（風速、風向、温度、日射量、雨量、積雪量等）、建物形状（切妻屋根や陸屋根）、建物の立地条件（単独立地や隣接立地）および各通気層構法（縦胴縁構法や横胴縁構法）のいずれにも適用できるものである。本研究では具体的に、全国4都市（札幌、東京、新潟、福岡）を代表させ、種々の条件における外壁通気層内の流速の評価を行うことができた。

3. 2 壁体内に発生する湿気量の評価

壁体内に発生する湿気量の評価に当っては、つぎに示す湿気の移動拡散方程式を用いることによって行った。

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \lambda \left(u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{\partial q}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\alpha \frac{\partial q}{\partial y} \right) + M$$

q : 比湿、 t : 時間、 x : 壁体幅方向、 y : 壁体高さ方向、 u : x 方向の速度、
 v : y 方向の速度、 M : 結露量、 λ : フラグ、 α : 湿気拡散係数

結果的に、各地域の気象条件、建物立地条件、外壁通気層の構法、並びに躯体の掃気方式が与えられると、壁体内に発生する湿気量を評価できることとなった。

3. 3 湿気排出能力の評価

本研究で得られた外壁通気層による湿気排出能力に関してまとめると、以下に示すものとなる。

(1) 縦胴縁構法での連続型および独立型掃気方式のいずれも通気層の厚さが12 mm以上とすることによって、夏期、梅雨期および冬期のいずれも壁体内に発生する湿気を残留させることなく、外部に排出させることができる。

(2) 横胴縁構法での連続型掃気方式では通気層の厚さが15 mm以上とすることによって、夏期、梅雨期および冬期のいずれも壁体内に発生する湿気を残留させることなく、外部に排出させることができる。ただ横胴縁構法の独立型掃気では通気層の厚さを18 mm程度とすることが望ましい。

(3) 南側あるいは西側の壁体内に生じる夏型結露は、1～2日間の周期で結露の発生と消失が繰り返されるために、建物の壁体を劣化させる障害にはあまりなり得ない。

(4) 横胴縁構法での通気層内に発生する流速が縦胴縁構法のその1/10程度であるが、両者における壁体内の湿気排出能力に大きな差異がない。このことから通気層の湿気排出能力は、通気層内の流速よりもむしろ通気層の有する空間体積に支配されると考えられる。

(5) 通気層の厚さが15～18 mm程度であれば、縦胴縁および横胴縁構法のいずれにおいても、通気層内の平均流速が2～3 cm/s程度であれば、壁体内に発生する湿気は残留することなく、外部に排出させる。

(6) 通気層の壁体内の湿気排出機能は、通気層内に発生する気流の評価によって推定することができる。種々の通気層構法での通気層内の平均流速が2～3 cm/s程度であれば、壁体内の湿気を排出できるものと考えてよい。

06-24 熱・湿気同時移動非定常計算プログラム WUFI のわが国への適用とカビ防止予測、 VOCs 放散速度の予測

お茶の水女子大学
名誉教授 田中 辰明

1. 本研究の背景と目的

本研究の目的は、わが国において実務レベルで非定常解析による構造内の熱湿気性状を把握できるようになり、同時に揮発性有機化合物放散に留意しなければならない建築部位の予測を可能にすることである。

その実現のために、非定常熱湿気同時移動解析プログラム WUFI (ヴーフィ) の日本への適用を目的として、日本における解析事例の充実を目指した。

我が国における非定常解析プログラムはいくつか存在している。ただし、使いこなすために高度な知識を要するものが多く、一般の実務家の間で広く普及するに至っていない。

一方、本研究で提案している非定常熱湿気同時移動解析プログラム WUFI (ヴーフィ) は、ドイツの Fraunhofer 建築物理研究所により開発され、欧米で広く標準的に使用されている。このプログラムの大きな特徴は直感的に分かりやすいユーザーインターフェースである。また、建材物性値のデータベースが充実しており、同研究所で行われている暴露試験結果をフィードバックし、盛り込んだ非常に精度の高いプログラムである。

のプログラムを日本でも完全に使用できるようになると異なる建築部位と室内条件、外気条件、立地条件において、構造内の湿気性状を明らかにすることができる。その結果から結露やカビの害を予測することにより、その地域の気象条件で工法が適切かどうかを評価することができる。

この事例紹介により、WUFI が日本に広く日本に普及するための足がかりとしたい。

2. 研究の方法

解析はヴーフィプロ4.1日本版 (WUFI Pro 4.1 for Japan: フラウンホーファー建築物理研究所) を用いた。WUFIは水蒸気及び液水移動、日射および雨の影響を考慮した上で非定常での1次元熱湿気同時移動を解析できるプログラムである¹⁾。

壁体は屋外側より、外装仕上げ—通気層—透湿防水層-合板—断熱材：住宅用グラスウール (以下GW)—ポリエチレン防湿シート (以下PE) —石膏ボードを想定した。

対象地域は次世代基準²⁾の各地域区分から1都市から3都市を選択し10都市とした (札幌市、弘前市、盛岡市、仙台市、長野市、新潟市、金沢市、東京都、宮崎市、那覇市：拡張アメダス気象データ³⁾を下にWUFIの形式に変換されたソフト搭載データを使用)。室内温湿度は8月15日に最高28°C・60%RH、2月15日に最低20°C・30%RHを示すサインカーブとなるよう設定した。

分析開始時には、各地域の平均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、10 mまでの高さの戸建て建物を想定した。

3. 結果および考察

3.1 断熱材屋外側の相対湿度変化

Fig. 1に断熱材屋外側の相対湿度変化を示す。防湿シートなしの場合、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月頃80%RH以上の高湿度が認められた。一方防湿シートを設置した場合、これらの都市では壁体内で高湿になることは無かった。このように寒冷地では防湿シートが効果を示した。

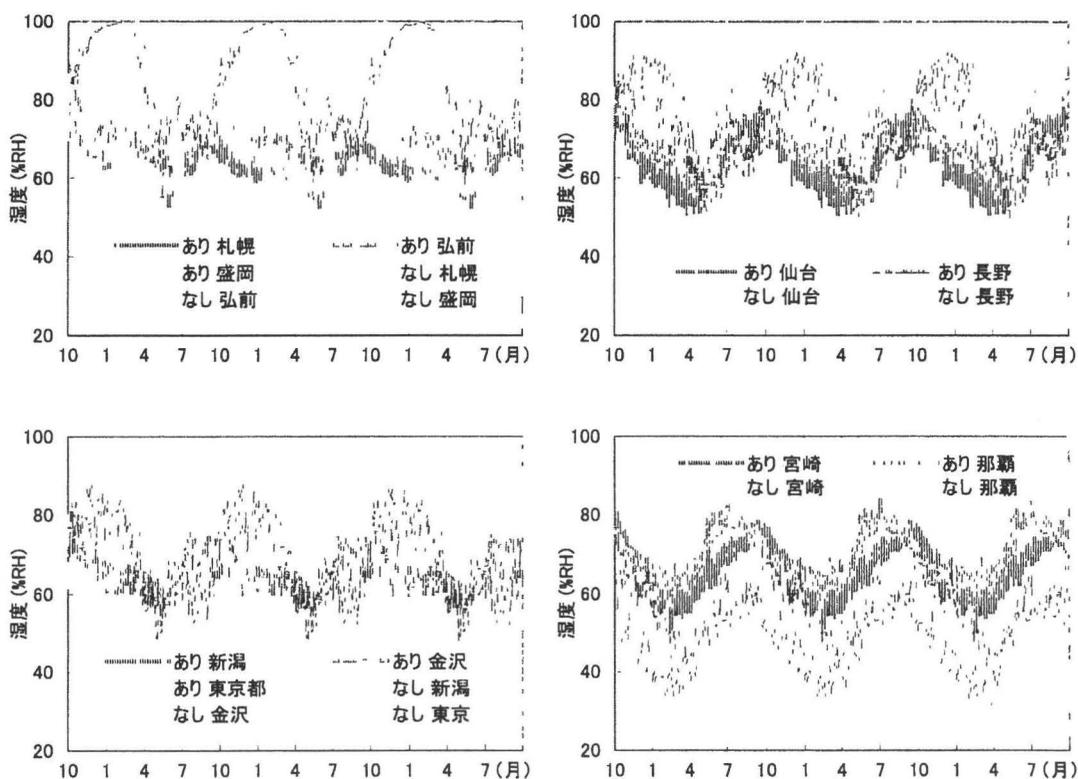


Fig. 1 断熱材屋外側の相対湿度変化
(上左：I地区、II地区、上右III地区、下左：IV地区、下右：V地区、VI地区)

3.2 防湿シート屋外側の相対湿度変化

Fig. 2に防湿シート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に、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を超える場合が認められた。また、断熱材外側の湿度変化を見た場合、Fig. 5のようにシートを設置した場合、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、PEシートが夏季に壁体内を高湿にする場合があることを示した。

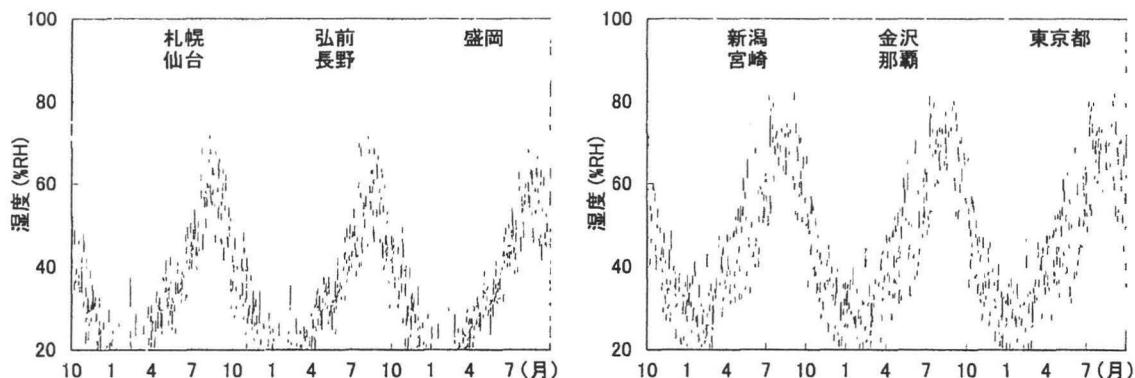


Fig. 2 防湿シート屋外側
(左：I地区、II地区、III地区、右：IV地区、V地区、VI地区)

4. 結論

本研究では木造軸組充填断熱工法で防湿シートの有無が、壁体内部湿気性状に与える影響を明らかにすることを目的とし、非定常熱湿気同時移動解析を実施し、以下の結論を得た。

- ・ I、II、III地区の札幌市、弘前市、盛岡市、仙台市、長野市では冬季、壁体内の高湿度を防ぐために防湿シートが有効に働いた。
- ・ V、VI地区である那覇市、宮崎市の蒸暑地では防湿シートにより、夏季に壁体内が高湿になってしまう場合があった。
- ・ IV地区に分類される場合、防湿シートを設置した方が良い場合と必要ない場合がある。そのため、気象に合わせて解析する必要性が認められた。

なお、この報告書の内容は第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(2007/4/12)で「田中ら：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：(B-12 p.97-p.99)」として、また2007年度日本建築学会大会(2007/8/29)で「田中ら：41168・非定常解析プログラムWUFI(ヴーフィ)による木造住宅壁内の湿気に関する研究：(D-2)」として発表された。さらにTatsuaki Tanaka und Lei Yumoto: Nicht stationäre Simulation von hygrothermalen Aspekten einer Dampfsperrenmembran in Holzwohnbauten: Gesundheits Ingenieur. Vol. 128, No. 3 (2007) p. 136 -139 として審査を経て掲載された。

引用文献

- 1) H.M. Kuenzel; Aussen dampfdicht, vollgedaemmt? Die rechnerische Simulation gibt Hinweise zu dem Feuchteverhalten aussen dampfdichter Steildaecher; bauen mit holz (1998)
- 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, 同設計及び施工の指針 (1999/3)
- 3) 拡張アメダス気象データ; 日本建築学会編

06-25 室内空气中アルデヒド類の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ による 発生源解析

東京大学大学院 新領域創成科学研究科
教授 吉永 淳

【研究背景】

室内空气中に比較的高濃度に存在するホルムアルデヒド、アセトアルデヒドなどのアルデヒド類による健康障害について、かつては化学物質過敏症を主とする慢性影響が問題となっていた。これによりアルデヒド類(特にホルムアルデヒド)の低減化対策も施され、その効果があらわれて新築住宅の室内空气中ホルムアルデヒド濃度レベルが低下するに伴い、近年ではむしろこれらアルデヒド類の低レベル曝露による発がんに関心が寄せられるようになった。最近のリスクアセスメントによれば、厚生省によるホルムアルデヒドの室内指針値 80 ppbv でも発がんリスクは受容レベルを超えていることが指摘されている。これまで行われた対策によって、建材に用いられてきた接着剤等のアルデヒドを含有する化学物質の使用が控えられ、室内空気汚染レベルも低下してきている現在、依然として室内空气中に存在しているこれら化学物質の発生源がどこにあるのか特定することは、今後より低減化を図るうえで必須である。

【研究目的】

本研究では、室内空气中のホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの放射性炭素同位体比($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$)を測定することにより、その発生源を解析し、これらアルデヒド類による健康リスクの低減化対策に資することを目的とした。

【研究項目】

上記の目的のため、以下の3つのサブテーマを設定して研究を遂行した。

- ① 室内空气中からのホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの単離方法の確立
- ② ①に基づく実際の家屋の室内空气中アルデヒド類の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 測定
- ③ 光化学反応によるアルデヒド類の発生調査

以上の3つを組み合わせることにより、現在のわが国の一般家庭における室内空气中アルデヒド類の発生源について考察を行う。

【結果】

サブテーマ1. 室内空气中ホルムアルデヒドの放射性炭素同位体比($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$)分析のためのホルムアルデヒド単離手法の確立

$^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ を用いて室内空气中アルデヒド類の起源を解析するためには、室内空气中に存在する数多くの化学物質のうち、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドのみをそれぞれ単離精製して $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ を測定することが必要である。DNPH を担持したシリカゲルを詰めた大型(60mL)捕集管を自作し、室内空気を 10L/min で 12 時間~7 日間程度吸引することで、 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 分析に十分な量のアルデヒド類を捕集することが可能であった。捕集したアルデヒド類をホルムアルデヒド、アセトアルデヒドに単離・精製する、分取液体クロマトグラフィー、分取キャピラリーガスクロマトグラフィーの諸条件を確立した。この方法によるホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの回収率、純度はどちらもほぼ 90%程度以上であった。

サブテーマ2. 日本の家屋の室内空气中アルデヒドの $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$

東京都内、千葉県、茨城県の計 10 軒の一般家庭を対象として室内空気のスAMPLINGを行い(2007 年 1 月～7 月)、サブテーマ1で確立した方法を用いてそのホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ を測定した。その結果、室内空气中ホルムアルデヒドのほとんどすべてが ^{14}C を含まない、石油化学由来のホルムアルデヒドであることが判明した(図 1 左)。接着剤、防腐剤などからの放散が疑われた。一方、アセトアルデヒドはホルムアルデヒドと異なり、7 割以上が現世植物起源、すなわち建材として用いている木材起源であることが判明した(図 1 右)。

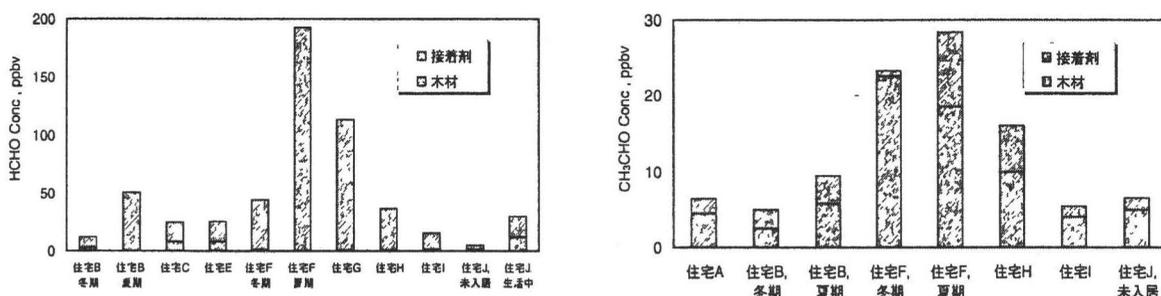


図 1 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ からみた室内空气中ホルムアルデヒド(左)、アセトアルデヒド(右)の起源

サブテーマ3. 光化学反応によるアルデヒド類二次生成の見積もり

室内空气中のアルデヒドの発生源としては、建材などからの一次放散だけでなく、空気中での光化学反応によって生じるものがある可能性が指摘されている。そこで、光化学反応によってアルデヒド類が二次生成するとすれば、昼間の室内濃度の方が夜間よりも高くなる、という仮説に基づき、同じ家屋で夜昼別々にあるいは 3 時間毎に室内空気をサAMPLINGし、そのアルデヒド分析を行った。その結果、ホルムアルデヒド濃度が昼間のある時間帯にやや高い値をとる、という結果もあったが、昼間と夜間という時間的範囲で比較する限り、昼間が夜間より高いという結果はえられなかった。すなわち、長期的に見ると室内空气中に存在するアルデヒド類には他 VOC 類を前駆体とする二次生成はほとんど寄与しておらず、一次放散のみであることがわかった。

【考察】

本研究開始時点で考えられた室内アルデヒド類の発生源を整理すると表 1 のようになる。

表 1 室内空气中アルデヒド類の発生源

	一次放散	二次生成
人為(石油化学)起源	接着剤・防腐剤などからの一次放散	接着剤等から放散したトルエン・キシレンなど VOC の光化学反応による二次生成
天然(木材等)起源	木材からの一次放散	木材等から放散したテルペン類などの VOC の光化学反応による二次生成

本研究結果から、まず建材等から放散した VOC 類を前駆体とする二次生成による生成はあったとしてもきわめて短時間的な影響のみで室内中濃度にはほとんど寄与しないことが明らかとなった(サブテーマ3)。したがって表 1 のうち、一次放散のみが問題となることが明確となった。また、 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ を利用した発生源解析によって、室内空气中ホルムアルデヒドは主に人為起源の一次放散に由来すること(図1左)、アセトアルデヒドは天然起源の一次放散の寄与が7割程度あること(図 1 右)も明らかとなった。これはホルムアルデヒドは依然として建材に使用された接着剤などからの放散が主であることを示している。2003年7月の建築基準法改正以降、建材からのホルムアルデヒド放散量が減少したことは事実であっても、現在もまだ発生源は接着剤等であることを示している。ホルムアルデヒド濃度が室内指針を超えた家屋は2軒とも1995年、1998年と改正以前に建築されたものであり(図 1 左)、本研究でも改正の効果があったように見える。しかし、ホルムアルデヒドの発がんリスクに目を向けると、許容できる発がんリスク(10^{-6})に相当する濃度は0.6 ppbvであり、発がん予防の観点からは室内濃度はもっと下げるべきである。そのためには、現在よりいっそう接着剤などホルムアルデヒドを含有する化学物質の建材使用を低減化する必要があることを本研究結果が示している。一方、アセトアルデヒドは建材である木材そのものからの放散の寄与が大きいことから、室内濃度の低減化はより困難であると考えられる。樹種によりアセトアルデヒド放散量が異なることが知られているので、今後は建材として使用する樹種の選定によりいっそうの配慮が必要であるが、木材からの放散量を見捨てるレベルに下げることが困難であれば、空気清浄機の活用も視野に入れたほうがよいであろう。

06-26 可視光応答光触媒膜コーティング建材の 作製とシックハウス症候群の低減

富山大学大学院理工学研究部
准教授 高橋 隆一

近年、シックハウス症候群による被害が大きく取り上げられてきた。住宅の高気密化、高断熱化が進み、建材や塗装剤から揮発するVOC(揮発性有機化合物)が原因とされ、有名なものに、合板の糊の防腐剤として使われるホルムアルデヒドがある。その他にも、塗料や接着剤から出るトルエンなどの有機溶剤、殺虫・防虫剤、防炎加工剤なども問題になっている。ごく微量のVOCが、居住空間に長時間とどまるために、目や鼻、のどの痛みを始め、頭痛、めまい、吐き気、脱力感、肩こり、皮膚の炎症、発疹などの症状を訴える人が増加してきた。また、これらVOCに対する感受性は人によって異なり、従来は安全とされた低濃度のものでも、過敏に反応する「化学物質過敏症」の人たちも現れている。我々はこれに対し、いろいろな実験データから、光触媒が有効であると考え、シックハウス対策として、酸化チタン光触媒フィルタを用いた空気清浄機の性能向上や、建材表面への可視光応答酸化チタン光触媒膜のコーティングが必要であると考えている。

今までの研究から、光触媒は微量でも問題となる物質を分解・除去することに有効であることが明らかにされてきた。具体的には、最も問題となっているホルムアルデヒド(化学式： HCHO)の光触媒による分解反応実験から、100 ppm以下の濃度域では、ホルムアルデヒドは完全に光触媒分解されることが確認され、より高濃度の反応でも、酸化チタン表面にギ酸(化学式： HCOOH)の生成が確認された。実際のシックハウス症候群で問題になるのは1 ppm以下なので、その低濃度域では、ホルムアルデヒドは、光触媒反応によって完全に二酸化炭素と水に分解される。また、酸化チタンはホルムアルデヒドに対して光触媒として作用するだけでなく、非常によい「吸着剤」として作用することも明らかになった。活性炭のような吸着剤では、ある程度以上は吸着できない状態になるが、酸化チタンは光さえあれば、吸着有機物を酸化分解し、最終的には二酸化炭素が空气中に放出される。従来、 TiO_2 に関しては種々研究されているが、その光触媒反応は太陽光のごくわずかな紫外線に頼らざるを得ないため、今後の実用化を考えると室内での生活空間の多数を占める可視光を用いる次世代光触媒の研究・開発が必要となり、避けては通れない課題である。一方、従来はゾル-ゲル法による微粒子状 TiO_2 を用いたものが多く、実用的には、扱いが容易で低温で利用できる薄膜化技術が必要になってきている。

そこで、本研究では可視光の吸収効率を改善するために、 TiO_2 よりも可視光をより多く吸収できる酸化タングステン(WO_3)、酸化鉄(Fe_2O_3)並びに硫化カドミウム(CdS)に注目し、 TiO_2/WO_3 、 $\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 並びに TiO_2/CdS 二層膜を反応性スパッタ法並びにケミカルバス法でガラス基板および高分子フィルム(建材と想定)上に作製し、ホルムアルデヒドの分解実験を行い、 TiO_2 単層と比べ、可視光応答に関する二層化の効果について調べた。

我々は従来のゾル-ゲル微粒子状TiO₂フィルタの代わりに上述の可視光応答スパッタ二層膜をガラス基板上に作製し、これを用いてホルムアルデヒドの分解実験を行った。以下、研究方法を箇条書きで説明する。

1. 反応性対向ターゲット式スパッタ装置を用いて、Ar+O₂ガス中でWやFeのターゲットを用いて、WO₃薄膜やFe₂O₃薄膜を形成し、その上に連続的にTiターゲットを用いて、TiO₂薄膜をガラス基板上に形成させ、太陽光応答TiO₂/WO₃やTiO₂/Fe₂O₃光触媒スパッタ二層膜を製作した。
2. 最近、白金微粒子をWO₃粉末に分散担持した光触媒が可視光照射下で著しく大きな光活性を示すことが分かり、我々はそれに代わる材料としてFe₂O₃に注目し、スパッタ法で白金極薄層を上記のFe₂O₃膜表面に形成させた試料を作製した。
3. TiO₂/CdS二層膜の作製では、下地層のCdS薄膜をケミカルバス法で形成した。TiO₂膜の形成条件は上記 1.と同じである。
4. 上記で形成された薄膜並びに二層膜の構造・特性評価を本学工学部所有のX線回折法・電子線回折法(結晶性)、AES(膜厚方の組成分析)、EPMA(組成分析)、ESCA(元素の結合状態)、富山県工業技術センター所有のビッカース硬度計・ロックウエル硬度計(膜の硬度)、当方所有のフーリエ変換赤外分光光度計(膜の吸収スペクトル)などを用いて行った。
5. 各種二層膜のホルムアルデヒド分解特性が膜の結晶・微細構造や光透過・反射特性に依存するので表面微細構造の観察を AFM、薄膜の分光特性の測定を紫外・可視分光光度計を用いてそれぞれ行い、膜表面の粗さと光透過・反射特性の関係を調べた。
6. ホルムアルデヒドを含んだ円筒セル中に、二層膜試料を固定、保持し、人工太陽光を照射しながらホルムアルデヒドの分解実験を行い、二層膜の光触媒特性を評価した。ホルムアルデヒドの分解される度合をフーリエ変換赤外分光光度計により調べた。

上記の実験を行った結果、つぎのことが明らかにされた。

- ① 太陽光照射下での TiO₂/WO₃ 二層膜では、ホルムアルデヒドの分解速度は、TiO₂ 単層のときの約 2 倍である。
- ② 太陽光照射下での TiO₂/CdS 二層膜では、ホルムアルデヒドの分解速度は、TiO₂ 単層のときの約 4 倍である。
- ③ 太陽光照射下での TiO₂/Fe₂O₃ 二層膜では、ホルムアルデヒドの分解速度は、TiO₂ 単層のときと同じである。
- ④ 可視光照射下での Fe₂O₃ 単層膜では、ホルムアルデヒドの分解はできなかったが、Pt-Fe₂O₃ 膜では、その分解は顕著であり、Pt 極薄層の担持は極めて有効である。

06-29 多成分リアルタイム VOC 計測装置の室内 空気研究への応用に関する予備的研究

独立行政法人国立環境研究所

主任研究員 谷本浩志

近年、建築技術の向上に伴って建物が高气密化されたことにより、内装建材や家具などから放散する揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds, VOC) が、めまい・吐き気・頭痛など居住者の健康に影響を及ぼすことが数多く報告され、シックハウス症候群として問題となっている。このような状況を受けて、厚生労働省は室内空気汚染の原因となる化学物質について、室内濃度に関する指針値の設定を行い、これまでにホルムアルデヒドをはじめとする 13 物質について指針値が設定された。対象となった VOC は、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、エチルベンゼン、トルエン、キシレン、スチレン、パラジクロロベンゼン、クロルピリホス、フェノブカルブ、ダイアジノン、テトラデカン、フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル、の 13 種であり、数 ppb から数十 ppb が越えてはならない基準値とされている。これまで、このような室内空気汚染の分析調査に用いられてきた計測手法には、結果を得るまでに時間がかかる、全ての対象物質を同じ手法で同時に測定できない、などの欠点があった。そこで本研究では、これまで開発してきた VOC の多成分リアルタイム測定手法を用いて、これらシックハウス症候群原因物質の検出を試み、その応用に関する検討を行った。

本研究で主に用いる手法は、プロトン移動反応イオン化-質量分析計 (Proton Transfer Reaction - Mass Spectrometry, PTR-MS) である。PTR-MS 法は大気中における揮発性・半揮発性有機化合物を高速に測定しうるオンライン質量分析計であり、次の 2 つの特徴を有する。(1) プロトン移動反応を用いるソフトイオン化のため、原理的に低級アルカン以外の多くの有機化合物についてソフトにイオン化できる。具体的には、イオン源で発生させた H_3O^+ を VOC と反応させる。ほとんどの有機化合物はプロトン親和力が水よりも大きいので、



と反応し、 $\text{VOC} \cdot \text{H}^+$ として質量分析計で検出される。(2) 質量分析計による直接検出は試料の濃縮や前処理をせずとも高感度検出が可能であるため、吸着性の高い物質の検出にも適している。

試料の導入は各化合物の蒸気圧に応じて異なる方法を用いた。気体状の化合物には濃度既知の標準ガスを用い、液体状の化合物はガラスリザーバーの中で一部を気化させ、純空気をキャリアガスとして装置に導入した。

まず初めに、濃度指針値が設定されている 13 種類の化学物質についてプロトン親和力の文献調査を行い、PTR-MS 装置による検出の可能性を考察した。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、エチルベンゼン、トルエン、キシレン、スチレンの 6 種類については、プロトン親和力の文

献値が得られ、最も低いものでホルムアルデヒドの 170.4 kcal/mol であった。しかしながら、この値でも、水のプロトン親和力 (165.2 kcal/mol) よりは高く、PTR-MS 法による検出が原理的に可能であることが示唆された。

次に、各化合物を実際に PTR-MS 装置に導入することでリファレンスとなる質量スペクトルを取得し、その検出特性を実験的に求めた。具体的な検討項目は、検出されるイオンやその検出感度である。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、エチルベンゼン、トルエン、キシレン、スチレン、パラジクロロベンゼンの 7 種類については、親イオン (目的化合物にプロトンが付加したイオン。式 1 の中では $\text{VOC} \cdot \text{H}^+$ と表記されている) が検出された。このうちエチルベンゼンについては、親イオンが支配的に検出されたが、親イオンに対して 12% の強度でフラグメントイオン (親イオンから分解したイオン) も検出された。上記 7 成分の検出感度については概ね高い値が得られ、6~14 ncps/ppbv の範囲であることが分かった。従って、指針値濃度を十分に検出可能であった。

クロルピリホス、フェノブカルブ、ダイアジノン、テトラデカン、フタル酸ジ-n-ブチル、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの 6 種類については、親イオンが検出されずフラグメントイオンのみが検出された。クロルピリホスについてはフラグメントイオンによる検出でも比較的良い検出感度が得られたが、フェノブカルブ、テトラデカン、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルについては、いずれも検出感度が 1 ncps/ppbv を大きく下回り、指針値濃度の検出は困難であった。ダイアジノンとフタル酸ジ-n-ブチルには高感度に検出できるフラグメントイオンがあったが、これらはいずれも大気中に存在する他の化合物由来のシグナルと重なるため、検出は困難であると考えられた。

以上をまとめると、13 種類のシックハウス症候群原因物質のうち 7 種類 (ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、エチルベンゼン、トルエン、キシレン、スチレン、パラジクロロベンゼン) については、室内環境における指針値濃度を秒単位で選択的に検出可能であると考えられた。残り 6 種類の化合物については親イオンでの検出が困難であったが、クロルピリホスについてはフラグメントイオンで指針値濃度を検出可能である。フェノブカルブ、テトラデカン、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルについては、検出感度が低いため指針値濃度の検出は困難である。ダイアジノンとフタル酸ジ-n-ブチルについては、他の物質からの干渉があるため、実際の室内空気中において指針値濃度を検出することは非常に困難である。

このように、13 種類の対象化合物全てを検出することはできなかったが、ホルムアルデヒドやアセトアルデヒドなど主要なアルデヒド化合物、およびエチルベンゼン、トルエン、キシレン、スチレンなど主要な芳香族化合物を高感度に同時検出できることが明らかになったことは、本装置の室内空気汚染計測に関する応用の可能性として一定の成果が得られたと考えられる。特に、室内大気汚染問題でもっとも重要な成分の一つであるホルムアルデヒドの検出下限は 5 秒積算で 0.2-0.5 ppbv と見積もられ、室内環境で超えてはならない指針値である 0.08 ppmv (= 80 ppbv) を十分に検出可能であるとともに、その場でリアルタイムに計測できることが明らかになった。この利点は、例えば屋内のどこから物質が飛散しているかを特定するのに有効であると思われる。

06-30 住宅の Dampness に起因する健康リスク 要因の解明

秋田県立大学 システム科学技術学部
准教授 長谷川 兼一

1 研究の目的

我が国では、結露被害やカビの発生を始めとして、建物内の湿度環境に関連する問題が指摘されてきた。最近、欧米諸国では、建物内の湿気が原因でカビやダニなどの微生物が繁殖し、アレルギー性症状や呼吸器疾患を引き起こす危険性が改めて注目されており、湿度が高い状態(Dampness)に起因する健康被害の実態把握と因果関係の解明に向けて、積極的に研究が進められている。

Dampness とアレルギー性症状等の健康被害との因果関係を考察する場合、湿気そのものが直接に影響する可能性は低く、例えば、微生物由来のアレルゲンが健康被害と関わるように、Dampness に伴う二次的、三次的要因との関連を把握する必要がある。また、人への健康影響は、遺伝的因子や生活環境など様々な要因が関係しているため、Dampness に起因する健康影響のメカニズムを明らかにするには、健康被害に影響する可能性が高い要因を何らかの手法で抽出する必要がある。このような要因を把握することは、防除策としての設計手法を体系的に整備するための基礎的資料となり、たいへん意義深い。

申請者は、我が国の住宅では Dampness に関連する問題が潜在していることを指摘し、2005 年度には秋田県内の児童の健康状態に着目した大規模なアンケート調査を実施した。その結果、アレルギー性症状等の健康被害は室内環境要因との関連が深く、特に、健康被害へのリスク要因として結露やカビ発生が挙げられることを指摘したが、健康リスクの観点から系統的に整理するには至っていない。そこで、本研究は、住宅の Dampness に起因する健康リスク要因を明らかにすることを目的とし、建築的な対応策を探るための基礎的資料とする。

本研究では、居住環境と児童のアレルギー性疾患等との関連性に関する疫学調査とケース・コントロール手法に基づいた実測調査を実施し、得られたデータを用いて住宅の Dampness に起因する健康リスク要因を明らかにする。

2 居住環境と児童のアレルギー性疾患等との関連性に関する疫学調査の概要

アンケート調査は秋田県全域を対象とし、調査対象は秋田県内 8 市町村の小学校に通う 4 年生、5 年生の児童である。調査に用いたアンケート用紙は、呼吸器・アレルギー性疾患の疫学調査に広く用いられている ATS-DLD 質問票(環境庁版)を基にして、シックハウス症候群と関連が深いとされるアレルギー性疾患等に見られる主要な症状や、居住環境ならびに家族の健康状態に関する質問を付加したものである。調査項目は児童の個人属性、健康状態、住宅属性、室内環境に関連する内容である。

児童のアレルギー性症状について、何らかの症状(現在及び既往)がある児童は 66%(男子 354 人, 女子 318 人)であり, 現在も何らかのアレルギー性症状(現在)がある児童は 56%(男子 260 人, 女子 196 人)で, 過半数の児童に何らかのアレルギー性症状が見られる。この割合は男子で有病率が高い。また, 健康には多くの要因が複合して影響するが, 各要因がどの程度症状に寄与しているか検討するためには, 交絡因子の影響を除去した上で要因解析を行う必要がある。そこで, ロジスティック回帰分析を行った。アレルギー性疾患との間で「性別」(OR(オッズ比)=1.92)「母親のアレルギー体質(OR=1.96)」「ダニ(OR=1.93)」等に関連が見られる。また, 花粉症様症状では「新築・改築に伴う健康被害(OR=2.76)」「カビ発生(OR=1.46)」等と関連が深い。このように, 児童のアレルギー性症状等には, ダニやカビ等の微生物の発生が影響している可能性が示唆されたことはたいへん興味深い。

3 ケース・コントロール研究に基づいた実測調査の概要

対象住宅は, 先のアンケート調査より選定し, 秋田県内に建設されている戸建住宅 10 件である。ケース群の症状として, 全体的に子供の症状が重く, 13 人中 12 人は医師による診察を受けた経歴があり, アレルギー性鼻炎が 5 人, アトピー性皮膚炎が 6 人, 気管支喘息が 3 人, さらにアレルギーテストによりハウスダストに対する陽性反応を持っている子供が 3 人見られる。現在も 6 人の子供は薬を服用することがある。いずれの住宅においても, これらの症状は通年見られる訳ではなく, たいていは季節の変わり目に発症している。温湿度のように住宅内の環境には季節変化があり, 同時に微生物濃度にも季節変化があると推察すると, 濃度が上昇する時期に症状が悪化することが推察される。なお, コントロール群の居住者の健康状態はいずれも良好である。

調査では, 物理環境として室内外温湿度, 化学物質濃度, ダニ量, カビ数を測定した。温湿度は測定期間中に 20 分間隔にて連続して計測し, 気中のカビ数はひと月毎に住宅を訪問し測定箇所一室当たり 30 秒間のサンプリングを行った。ハウスダスト中のカビ数は, 掃除機の紙パック等からハウスダストを取り出し, 1g あたりのカビ数と主要なカビの種類を同定した。また, 居住者の健康状態にヒアリング調査を訪問時に行い, 症状の変化と物理環境の変化を同時に捉えることを意図した。得られたデータにより, 健康に影響を及ぼしている要因について総合的に考察した。

ケース群とコントロール群のカビ数(PDA 培地)の月変動を見ると, 両者の相違点は冬期に見られ, 冬期にカビ数が減少しないことがケース群の特徴の一つであることが, 本調査により把握することができた。

また, 室内のカビ数と体調不良症状とに関連性が疑われる事例を把握したが, 現段階ではカビアレルゲンの寄与を明確に示すには至っていないため, 今後の課題としたい。また, ハウスダスト中のカビ数は浮遊真菌と関連性が見られ, 室内のカビ汚染の原因として無視できない可能性があることが分かった。

06-31 高齢者施設における脱臭機能を有する 内装材の効果的な使用方法の開発

大同工業大学

准教授 光田 恵

1. 本研究の背景と目的

高齢者施設の入所者、職員、訪問者に対してアンケート調査を実施した結果、高齢者施設内の臭気の特徴として、寝具、カーテン、壁面、天井等への染み付きの問題があり、低濃度の臭気を不快に感じていることが明らかとなった。

本研究では、居室の染み付き臭の原因となる臭気成分と臭気の挙動を明らかにし、それらの臭気成分に対する可視光応答型光触媒の除去効果を検討し、脱臭機能を有する内装材を高齢者施設の居室に使用する場合に必要データを整備することを目的とする。

2. 施設の居室における臭気特性の検討

2-1. 調査方法

調査は、高齢者施設と同様の特徴を持つ愛知県内にある築2年目の一般病院の医療型療養病棟内の病室(4床室)を用いて実施した。また、建築後32年を経過した医療施設の病室(以下、築32年病室)の臭気のレベルも測定し比較検討を行った。調査にはにおいセンサー(ニオイセンサー AET-S 新コスモス電機製)(以下、センサー)を用いるとともに、病室の空気をサンプリングバッグ(フレックサンプラー100F タイプ 近江オドエアーサービス製)に採取し、その試料における臭気濃度を測定し、ガスクロマトグラフ(以下、GC)により臭気成分分析を行った。硫黄系とアルデヒド類、トリメチルアミンはGC-14B、脂肪酸類はGC-2014、アンモニアは分光光度計(UV-1700)を用いた(いずれも島津製作所製)。

2-3. 結果および考察

2-3-1. 臭気の挙動

病室内で行われる処置やケアとセンサー値の対応では、いずれの点においてもおむつ交換時、食事注入時、体位変換時にセンサー値が上昇していた。また、ベッド中央部で上げられたおむつから発生する臭気は、枕元側に流れた後、天井方向に拡がり、その後、床方向へ拡がることセンサー値より読み取れた。

2-3-3. 嗅覚測定法による病室の臭気のレベル

通常病室はいずれも窓を閉鎖し、換気扇が作動している状態であった。通常病室の臭気濃度は55が最も高く、17が最も低かった。おむつ交換時病室は74が最も高い値であり、通常病室と大きな違いは認められなかった。おむつ交換時病室の臭気のレベルが一定時間を経過した後も回復していない可能性が示唆される。通常病室と築32年の病室の臭気レベルを比較すると、通常病室の臭気濃度は31であったが、築32年病室は230と高く、1%の水準で有意差が認められた。繰り返し行われるおむつ交換により残留した臭気が蓄積し、通常病室の臭気のレベルが徐々に上がっていったものと考えられる。

2-3-4. 機器分析による病室の臭気特性

表1 病室内臭気ของガスクロマトグラフ分析結果

試料名	通常病室				おむつ交換時病室		築33年目病室		検出 下限値	嗅覚 閾値	
	A	B	C	D	E	F	K	L			
硫黄系	硫化水素	185 (4.5)	210 (5.1)	202 (4.9)	205 (5)	0.95 (2.3)	0.54 (1.3)	ND	ND	0.9	0.41
	メチルメルカプタン	153 (22)	Tr	ND	169 (24)	ND	130 (19)	146 (21)	149 (21)	0.8	0.07
	硫化メチル	0.91 (0.3)	0.97 (0.32)	ND	ND	ND	ND	Tr	Tr	0.1	3.00
脂肪酸類	二硫化メチル	Tr	Tr	ND	ND	ND	ND	Tr	Tr	0.2	2.20
	プロピオン酸	Tr	Tr	Tr	0.51 (0.09)	Tr	0.56 (0.1)			0.5	5.70
	ノルマル酪酸	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr			0.3	0.19
	イソ吉草酸	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr			0.2	0.60
	ノルマル吉草酸	Tr	Tr	Tr	0.28 (3.7)	Tr	Tr			0.2	0.08
	アセトアルデヒド	2155 (14)	2543 (17)	1570 (10)	ND	1054 (7)	2715 (18)			0.1	1.50
アルデヒド類	プロピオンアルデヒド	Tr	Tr	ND	ND	ND	ND			0.2	1.00
	トブチルアルデヒド	ND	ND	ND	ND	ND	ND			0.2	0.67
	N-ブチルアルデヒド	ND	ND	ND	ND	ND	ND			0.2	0.35
	トバレルアルデヒド	ND	ND	ND	ND	ND	ND			0.1	0.41
	N-バレルアルデヒド	ND	ND	ND	ND	ND	ND			0.1	0.10
	ホルムアルデヒド			19.70 (0.04)	14.82 (0.03)	17.81 (0.04)	14.82 (0.03)			14.0	500
	トリメチルアミン			7.71 (240)	ND	Tr	ND			1.5	0.03
アンモニア			580.12 (0.37)	744.84 (0.5)	888.41 (0.46)	754.25 (0.5)			0.2	1500	

*分析値=ppb ()内は閾希釈倍数値 Tr (Trace) 痕跡のみ ND (Not Detective) 未検出の略

GC分析の結果を表1に示す。全体的には「硫化水素」「メチルメルカプタン」「アセトアルデヒド」の閾希釈倍数値が20程度あり感覚量に影響を与えている物質と考えられた。場合により「トリメチルアミン」も影響を与える物質となった。

3. 可視光応答型光触媒による臭気物質の除去性能評価

3-1. 実験概要

病室の臭気特性に関する調査結果より明らかとなった、病室内の主要な臭気成分であるメチルメルカプタン、アセトアルデヒドを使用することとした。またこれらの物質のほか、アンモニアとプロピオン酸も用いることとした。それぞれの初期値は分析の下限値と病室の臭気レベルを考慮し、6段階臭気強度で2.5~5に相当する濃度に設定した。

実験は図1に示す1 m³ボックス実験装置と図2に示す51 m³空間を使用して実施した。1 m³ボックスの照度は1000lxに設定し、アルミ板に光触媒を塗布したものを試験体とした。51 m³空間試験では、空間内にある蛍光灯を使用し、壁面に光触媒を塗布したアルミ板を28.4 m²分設置した。壁面の平均照度は512lxであった。実験条件としては、試験体を入れない状態で測定した後、試験体を入れランプONの状態、OFFの状態を測定した。

72時間以上、ブラックライトに当てて初期化した試験体を1 m³アクリルボックス内に設置した後、活性炭を通して空気を送り込み、その後臭気ガスを注入する。アンモニアの場合、アンモニアガスを注入後、攪拌ファンによりボックス内を10分攪拌し、検知管により0時間の測定をし

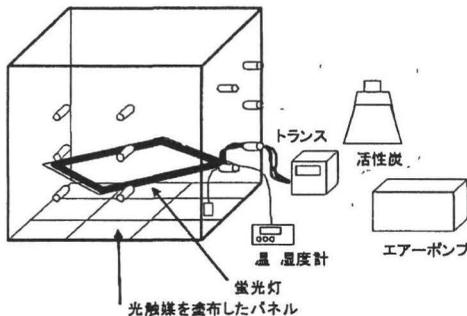


図1 1 m³ボックス実験装置

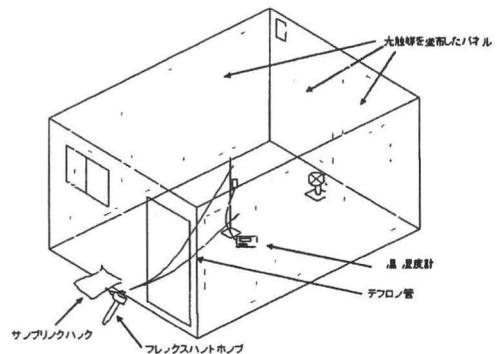


図2 51 m³空間の概要

た。アンモニアの測定時間は、0、0.5、1、2、3、6、9、12、24 時間後とした。プロピオン酸、メチルメルカプタン、アセトアルデヒドの場合には、各臭気ガスを注入後、攪拌を 20 分間し、10 分後を 0 時間として GC 分析を行った。メチルメルカプタン、プロピオン酸の測定時間は、0、0.5、3、24 時間後とした。アセトアルデヒドは 0、3、24 時間後とした。

51 m³空間では照明器具にブラックライトを設置し、初期化した後、蛍光灯に付け替え臭気物質を注入した。その後扇風機によって 30 分攪拌し、GC 分析により 0 時間の測定をした。測定時間は 0、1、4 時間後とした。

3-2. 実験結果および考察

図 3 に臭気物質別の残存率を示す。臭気物質としては、アンモニア (30ppm)、メチルメルカプタン (0.0356ppm)、プロピオン酸 (0.0058ppm)、アセトアルデヒド (0.0877ppm) について検討した。メチルメルカプタン、プロピオン酸については 3 時間後までの低下は著しく、24 時間後に

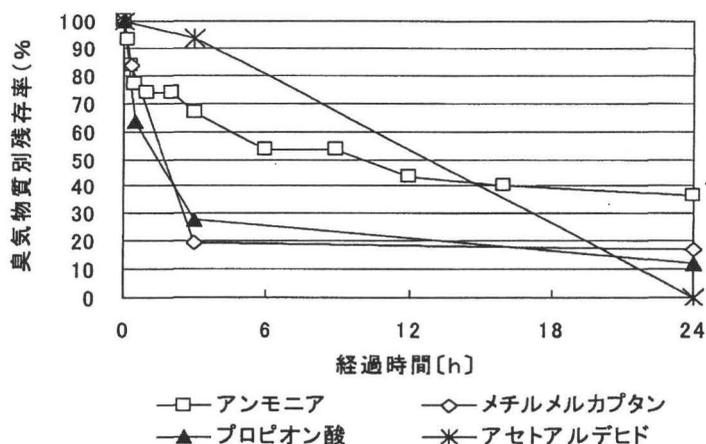


図 3 臭気物質別の残存率

はメチルメルカプタンは臭気強度 4 相当であったものが 3 相当まで、プロピオン酸は 2 相当が 1 以下まで低下したことになる。アンモニアについては臭気強度に換算すると、5 相当から 24 時間後には 4 相当まで低下したことになる。アセトアルデヒドについては、3 時間後にはほとんど低下していないが、24 時間後には検出下限値以下となり、臭気強度 2.5 相当から 1 以下まで低下したことになる。これらの物質の中では感覚的に考えると、アセトアルデヒドの低減が顕著であった。

また、51 m³空間においてアセトアルデヒドの除去性能を検討したが、51 m³空間においても今回の実験では 1 m³と同様の効果が認められた。

4. 結論

本研究では、介護環境において居室の染み付き臭の原因となる臭気成分と臭気の挙動を明らかにし、主成分である臭気成分に対する可視光応答型光触媒の除去効果を検討した。介護環境における主成分としては、硫化水素、メチルメルカプタン、アセトアルデヒドであることが明らかとなった。また、室内の臭気レベルに影響を与えている要因としては、おむつ交換、食事注入、体位変換、清掃であることが示されたが、このうち、おむつ交換は日に数回行われるものであり、高濃度の臭気が発生しやすいため、室内の染み付き臭の主要因と考えられた。おむつ交換時の臭気の挙動を検討したところ、まず天井方向に広がることが示されたため、脱臭機能を有する内装材を天井に使用することで、効率よく臭気の除去が行えるものと推察された。また、壁面の照度は 500lx 以上あると、今回使用した可視光応答型光触媒では特にアセトアルデヒドの低減に有効であることが明らかとなった。

【謝辞】

調査実施にあたりご協力下さいました施設の皆様、調査員ならびに被験者としてご協力下さいました皆様に厚く御礼申し上げます。

06-33 住宅換気口のアクティブ騒音制御技術に関する実験研究

九州大学大学院人間環境学研究院
助教 穴井 謙

快適な生活環境形成のためには住宅内の静けさを確保する必要があるが、鉄道騒音や道路交通騒音などは依然として大きく、これら屋外騒音の侵入を防ぐためには住宅の外周部に高い遮音性能が求められる。換気口は、空気の流入出のために孔を開けておくことが本来の目的であり、これは騒音防止の基本である孔を塞ぐことと相反する。したがって、換気口は住宅外周部の遮音性能のボトルネックとなりやすく、効果的な遮音対策の実施が求められている。本研究は、換気口の騒音対策として従来から用いられているキャップ型フードなどの高音域の遮音に優れたパッシブ手法と組み合わせて使用することを前提に、一般的に中低音域の騒音制御に優れるとされるアクティブ騒音制御 (Active Noise Control, ANC) 技術を適用して、換気口から室内に侵入する騒音を抑制しようとするものである。実用に適う住宅換気口のための ANC システムを構築することを目指し、本研究では数値実験を行い、室内で発生する生活音が ANC の効果に及ぼす影響を把握し、その改善方法を提案した。

本研究で行った数値実験のシステムブロック図を Fig 1 に示す。参照点から制御点までの音場を模擬するために、参照点に入力した騒音 (x) に対して換気口を想定したインパルス応答 (c) を畳込み、制御点に入力した ($e = x * c$)。制御点では、さらに生活音 (v) が混入する ($e' = e + v$) ことを想定した。また、ANC 機能として、参照点の信号 (x) に適応フィルタ (h) を畳込み、信号 e と符号が反転する信号 ($y = x * h$) を生成して 2 次音源から出力し、制御点に付加した ($e = x * c + y$)。適応フィルタは、制御点の信号 (e') を誤差信号と見なして、Normalized LMS アルゴリズムにより逐次更新した。そして、生活音の混入した信号 (e') が適応フィルタの更新に使用されないように、参照点の信号 (x) と制御点の信号 (e') から生活音の混入の有無を判別するための新たな判別フィルタ (d) を導入する ($e' * d$) ことで、生活音による影響を抑制することができるか否かについて検討した。

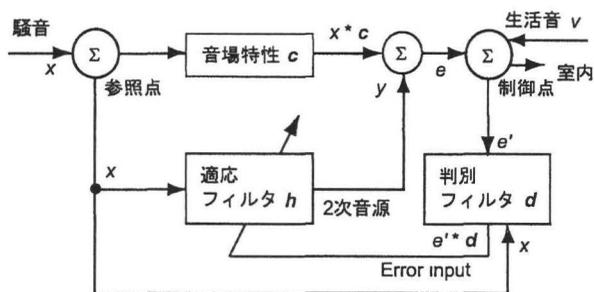


Fig 1 ANC システムのブロック図

本研究では、中心周波数 500 Hz の 1/3 オクターブバンドノイズを騒音、そして音声 (男性の朗読音) を生活音として用いた。制御点に入力する生活音の大きさは、参照点に入力する屋外の騒音とほぼ同等とした。生活音がなければ、ANC により 12.9 dB (信号 e の 1s 間の平均音圧レベル差) の効果が得られた。しかし、生活音が混入すると生活音の音圧変化に対応して ANC の 2 次音源の出力が

変動し、生活音がない場合から 16.8 dB 上昇し、ANC を使用することで 3.9 dB 大きくなってしまいう結果となった。そのため、住宅換気口のための ANC システムは、生活音の混入を防ぐことができるシステムが望ましいと考え、生活音による ANC 効果の劣化の改善方法を検討した。

Fig 1 に示した制御点に指向性マイクロホンを用いて、感度の良いマイクロホン正面を制御対象の騒音が到来する方向に向けることで室内側から届く生活音の入力が小さくなることを想定し、生活音の振幅を縮めてシミュレーションを行った。1s 間の平均音圧レベルで比較すると、生活音が 3 dB 小さくなったと想定した場合には、指向性マイクロホンを使わない場合に比べて -4.1 dB、生活音が 6 dB 小さくなると制御点で -7.9 dB、生活音が 10 dB 小さくなると制御点では -14.0 dB となり、生活音の影響を完全には排除できなかったが、騒音に比べ相対的に生活音を小さくする (S/N を上げる) に連れて効果が大きくなることが確認できた。実際の居室で十分な効果が得られるか否かは検証できていないが、逆効果に働くことはないと思われ、実効性の高い方法と考えている。

また、S/N が確保できない環境でも、参照点および制御点で得られた信号を用いて生活音の混入を検知し、その影響を抑えることができないか検討した。すなわち、生活音が混入したと判断したときに、その誤った信号で適応フィルタを更新しないように、強制的に誤差信号 (e') を 0.0 にする判別フィルタ (d) を導入して、その効果を確認した。判別フィルタの構成方法として、音圧レベル差に着目した方法と、ニューラルネットワーク (NN) を利用して音圧変化のパターンにより識別させる方法を提案した (この要約では、前者の詳細は割愛する)。パターン認識に長けた NN を使って、参照点および制御点で捉えられる音圧変化をパターンとして認識させ、各々の音圧変化の大小で生活音の混入を判断させた。すなわち、騒音と生活音は含まれる周波数帯が異なり、したがって微小時間の音圧変化パターンが異なるため、NN に騒音と生活音の音圧変化を学習させることで、信号内の生活音の有無を判断させることができるのではないかと考えた。入力層のユニット数は、騒音と想定している 1/3 オクターブバンドノイズ (f_c : 500 Hz の切断周波数である 447 Hz) の 1 波が収まるように、参照点と制御点を各 20 サンプル (約 2.4 ms 分) とし、それらを並べて入力できる 40 ユニットとした。入力層の各ユニットには振幅を 2 乗して 0.0 以上の実数に変換して入力した。出力層は 1 ユニットで、制御すべき騒音と判断した場合は 1.0、生活音が含まれていると判断した場合は 0.0 と、1.0 ~ 0.0 の実数が出力されるようにした。演算負荷を小さくし、リアルタイムに処理できるように、NN 全体のユニット数はできるだけ少ないほうが良い。したがって、隠れ層のユニット数は、処理に要する時間と生活音混入の判別精度から最適な数が決まると思われるが、本研究では試行錯誤の結果から、現在のところ 7 ユニットとしている。教師信号は、1/3 オクターブバンドノイズ (f_c : 500 Hz) の音圧変化パターンの代表として 500 Hz の純音を用い、制御点より参照点に大きな振幅の信号を入れたときに 1.0、制御点の方が振幅が大きい場合に 0.0 と学習させた。また、音声の周波数特性は広帯域であるが、本研究では生活音の音圧変化パターンの代表として 250 Hz 純音を用い、制御点のみに大小さまざまな振幅の波を入れたときに 0.0 と学習させた。上述のとおり学習させた NN を Fig 1 に示した判別フィルタ (d) として用いて、生活音の混入を判断させた。生活音として男性の朗読音を混入させた場合の、制御点の音圧 (e') の時間変動と NN フィルタの判断結果を併せて Fig 2 に示す。振幅が大きくなっている箇所 (例えば 1.5 s ~ 1.8 s) は生活音が混入しているところで、そのと

NN フィルタからは 0.0 に近い値が出力され、また、生活音が小さい箇所（例えば 2.3s~2.4s）では NN フィルタから 1.0 に近い値が出力されており、およそ正しい判断ができていると思われる。制御点の音圧から生活音の影響を除去した信号 (e) の音圧レベル (125ms) の変動 (Fig 3) を算出し、NN フィルタの効果を確認した。全般的に、混入した生活音に反応して出力される 2 次音源からの音が小さくなり、10s 間の平均音圧レベルで 88 dB 抑えられた。ただし、NN フィルタを導入する前より音圧レベルが上昇する箇所もあり（例えば 15s 前後）、適応フィルタの更新を無造作に止めると、ANC が機能しなくなり逆効果になる恐れがあることが示された。

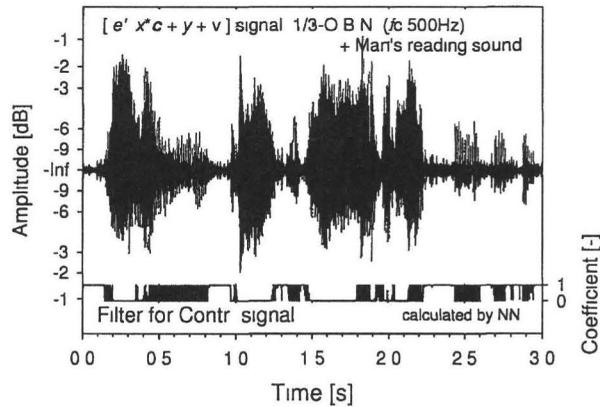


Fig 2 NN による判別フィルタ d の出力

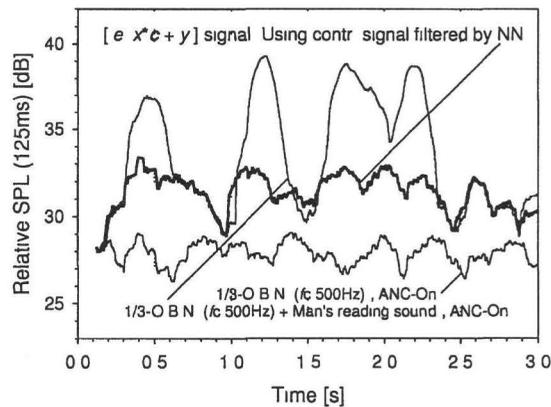


Fig 3 NN を用いた判別の効果

判別フィルタを新たに導入する方法は、いずれも 9 dB 近い効果を確認でき有用な方法であると考えているが、生活音が混入した際に ANC の適応フィルタの更新を中断するという方法であるため、結果的に ANC の性能を犠牲にすることとなり、実用にかなう方法であるかは現時点では不明である。今後さまざまな騒音および生活音に対する効果と欠点を明らかにしていく必要がある。

謝辞

本研究は、財団法人トステム建材産業振興財団の平成 18 年度助成 (06-33) によるものである。また、本研究の遂行にあたり九州大学教授・藤本一壽先生にご助言いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

06-34 振動制御を用いたアクティブ遮音硝子の開発に関する研究

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター
研究員 福田良司

1. 本研究の背景と目的

国土面積が豊かとはいえない日本において、騒音に関する問題が後を絶たない。騒音対策は、音源側と受動側との対策に大別され、また、能動的な手法と受動的な手法とに大別されよう。それぞれの手法にはコストや騒音低減効果等において一長一短があるが、一般的には比較的lowコストである遮音材や防音壁の設置といった、受動的な手法によるものが多く施されている。しかしながらこの受動的な手法は、高周波領域においては有効であるものの、低周波領域においては、騒音低減効果が大幅に減少する。この低周波領域の音に関しては「低周波騒音」という問題が増加しており、新たな対策が必要である。そこで本研究ではこの低周波騒音にも有効な手法として、振動制御を用いたアクティブ遮音手法を提案する。

2. 振動クラスタ最小化による音響透過損失の向上

はじめに数値解析を用いて、ガラスを想定した矩形平板にクラスタ制御を講じた際の振動制御効果と、音響透過損失の改善効果について述べる。これはガラスにクラスタ制御を講じた際の音響透過損失の改善効果を推定するのが目的である。

解析は、図1に示すような無限大バフルに埋め込まれた周辺単純支持平板を対象とし、クラスタ制御により振動制御を講じた際の音響透過損失の改善効果について検証する。図2に奇/奇クラスタを制御した際の音響透過損失を示す。35Hz付近の(1,1)モードのみならず、より低い周波数帯域でも10dB以上の抑制効果が得られている。このことから、クラスタ制御による音響透過損失の改善ができることを明らかにした。

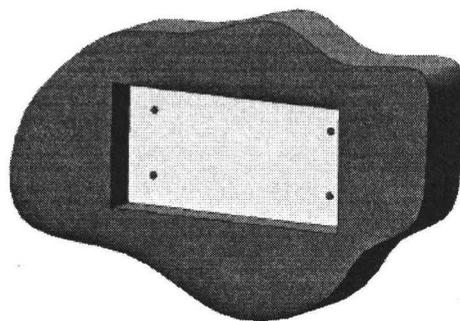


図1. 無限大バフルに埋め込まれた矩形平板

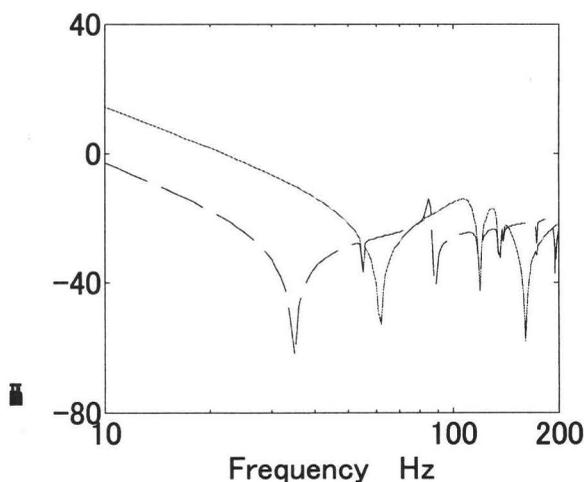


図2. 平板の音響透過損失
—— 奇/奇クラスタ制御
----- 制御なし

3. アルミサッシのモード解析

ガラスにクラスタ制御を講じることで、音響透過損失の向上が図れることを数値解析により明らかにした。本章ではアルミサッシのモード解析について報告する。解析を行ったアルミサッシは、デュオ SG 内倒し窓 06005 およびインプラス開き窓の 2 種類であるが、紙面の都合上ここではインプラスの結果のみ報告する。デュオ SG については報告書の 6 ページを参照されたい。実験により得られたインプラスのモード形状を図 4 に示す。この結果から、デュオ SG はモードの対称性を有しているが、エンクロージャに設置が可能なインプラスにはクラスタ制御を直接適用することは困難であることが明らかになった。

しかしながら、このようなモード形状が明らかになったことにより、新たな振動制御アプローチを提案することが出来る。それは、インプラスのような性質を持つアルミサッシにおいて、ガラスの振動を抑制するためには、直接ガラスに制御力を加えなくとも、周辺のフレーム部に制御力を講じれば、ガラスの振動を抑制できるということである。

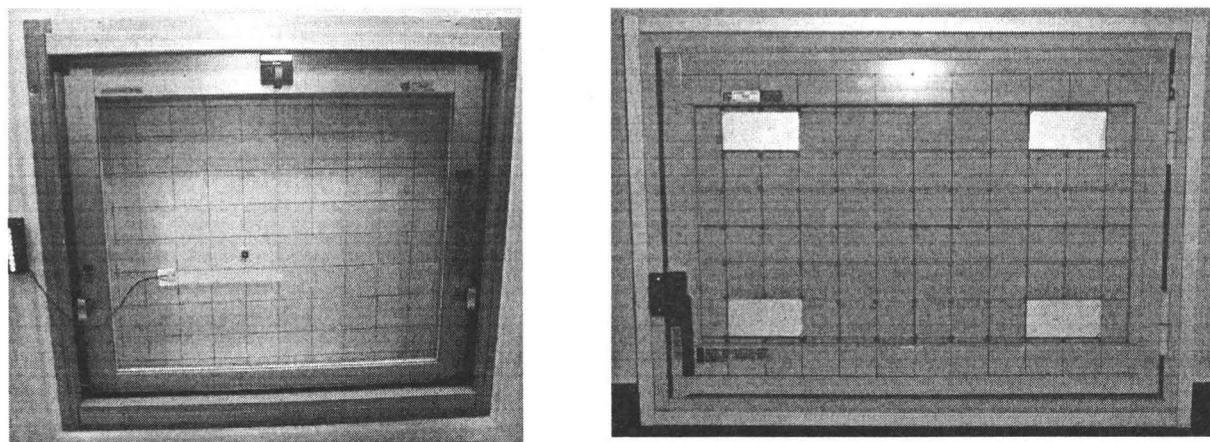
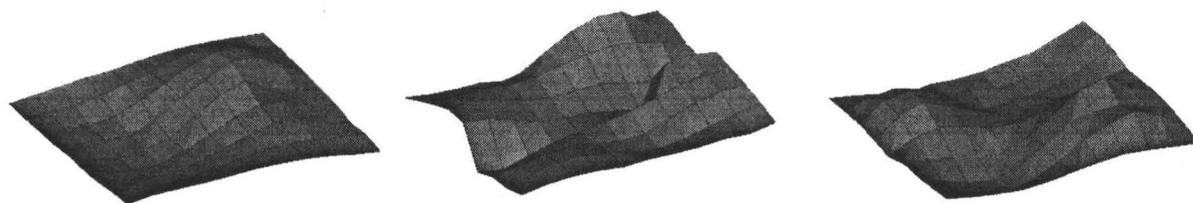


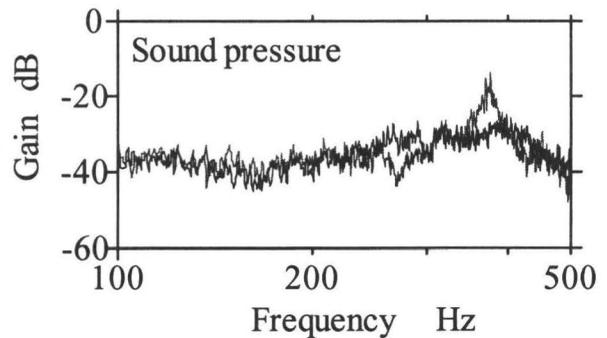
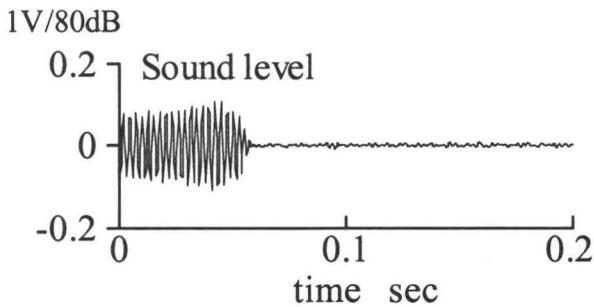
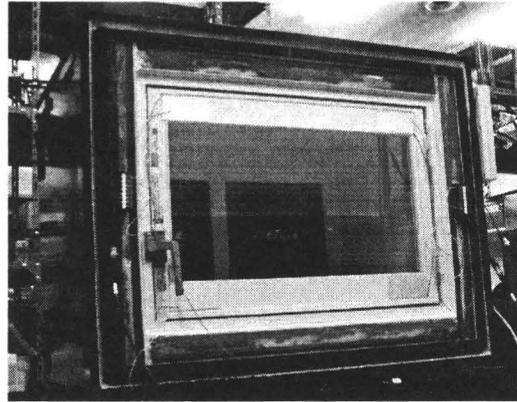
図 3. トステム株式会社製デュオ SG06005(左)とインプラス開き窓(右)



4. アクティブ遮音の実験

図 5 に示すアルミサッシ付エンクロージャを用いて、振動制御によるアクティブ遮音の実験を行った。制御系は Filtered-x LMS アルゴリズムによる適応型フィードフォワード制御である。制御器は TI 社製の DSP スタータキット (TMS320C6713 DSK) に平塚エンジニアリング社

製の A/D, D/A ボードを組み合わせて、自作のプログラムにより具現化した。はじめ 370Hz の正弦波を外乱とした際の制御結果を図 6 に騒音レベルで示す。0.05 秒付近を境に音のレベルが変化しているが、0~0.05 秒付近までは制御なし、0.05 秒付近以降は振動制御を講じた際のマイクロホン出力である。騒音レベルは非制御時の 70.4dB から 59.4dB へ、11dB の騒音低減効果が得られた。次に、100~500Hz までのホワイトノイズをスピーカから発生させて、振動制御を講じた際のマイクロホンの周波数特性を図 7 に示す。この制御により、騒音レベルは非制御時の 70.3dB から 66.7dB へ 3.6dB 低減し、振動制御によるアクティブ遮音を実現した。



5. まとめ

本研究で得られた成果を以下に述べる。

1. 構造物に振動制御(クラスタ制御)を講じた際の音響透過損失の向上について、数値解析により明らかにした。
2. 2種類のアルミサッシについて振動モード解析を行い、モード形状を明らかにした。インプラス開き窓については、ガラス部のみでなく、フレーム部も一体となったモード形状を呈していることを明らかにした。この結果から、インプラス開き窓のような性質を有するアルミサッシにおいて、ガラスの振動を抑制するためには、必ずしもガラスに直接制御力を講じる必要は無く、周辺のフレーム部に制御力を講じれば、ガラスの振動が抑制できる。
3. アルミサッシのフレーム部にアクチュエータ(圧電セラミクス)を貼付したインプラス開き窓を用いてアクティブ遮音の実験を行い、本研究で提案する手法の制御効果を明らかにした。

06-35 聴感判断に基づいた建物ファサードの遮音性能評価方法に関する研究

千葉工業大学
准教授 佐藤 史明

文化的な生活を営むために快適な音環境を実現することは言わずもがな重要である。そのために、各種高遮音性能サッシ等が開発されてきている。また近年においては、24時間換気の必要性から換気設備の導入例が増えてきているが、そのような換気設備においても当然の事として高い遮音性能が求められる。製品の種類やグレードに関わらず、製品開発の際の目標値として、或いは消費者への情報提示として、製品の遮音性能を示す何らかの数値（遮音性能指標）が用いられている。ここで、製品の遮音性能を示す値が人間の感覚（聴感）とよい対応を示すべきであることは言うまでもない。

現在日本においては、サッシ等の遮音性能指標として TS 等級が主として用いられている。しかし、TS 等級は、その指標の導入にあたって聴感的側面からの検討がなされていたとは言い難い。また、製品開発に際しては TS 値が開発目標とされる場合が多々であるが、仮にある TS 等級ギリギリの製品が開発され、その値が謳われることがあれば、それは極めて遺憾でもある。さらに残念なことに、現行の TS 等級は決して国際的な指標ではない。

そこで、主観評価実験を通し、人間の聴感判断と対応のよい遮音性能指標を提案することを本研究の目的とする。

実験としては、定常ノイズを信号源とし、各種の窓サッシの透過音に相当するスペクトルをもつ音を信号処理により合成し、それらに対するラウドネス反応を聴感実験によって調べる方法をとった。壁（窓サッシ）への入射音としては、道路交通騒音のモデルスペクトルを用い、また窓サッシの遮音性能としては、多くの音響透過損失の実験データから 11 種類にモデル化した上で、それらから決定される透過音スペクトル相互の等ラウドネス性について、被験者調整法により調べた。全 11 種のうち、1 つはダクト型換気ユニットを設置した窓サッシのデータである。壁に入射する騒音（負荷騒音）に関しては、道路交通騒音をモデル化した -3 dB/octave band のスペクトル特性の定常ノイズを用いた。

具体的実験手続きとしては、被験者調整法によるラウドネスマッチングの方法によった。レベルを固定した標準刺激 (S_s) とモデル化した透過音（比較刺激 (S_c)) を交互に被験者に呈示し、被験者には、両者のラウドネスが等しくなるように比較刺激をアッテネータで納得いくまで調整させ、全 11 の比較刺激の主観的透過点を求めた。

実験により得られた透過音のラウドネスに関する主観的等価点より遮音量を逆算し、次の 4 種の遮音評価尺度を用いて評価した。

- ・ TS 等級 (JIS A4706 に規格)

- ・ TS 等級の 1 dB ステップ
- ・ STC (ASTM E413 に規格)
- ・ $TL(125-4k)$ (125~4k Hz の TL 値 (デシベル) の算術平均値)

すなわち、ある同一の付加騒音が 11 種のサッシェを透過した音をシミュレートし、それらの透過音に対して被験者が同じ音の大きさと感じる点 (主観的透過点) を求めたわけであるから、その時の逆算されたサッシェの性能を評価する場合には、その評価値は同じ値を示すべきである。左様な観点からデータをまとめたところ、対象とした 4 種の遮音評価尺度の中で、 $TL(125-4k)$ が最も安定した評価値を与える結果となった。次には STC であり、TS 等級に関しては、ラウドネス判断の観点からは適当でないことが示唆された。

以上、窓サッシェの遮音性能の評価方法について、ラウドネスの観点からの検討を行ったところ、現行の TS 等級による評価方法の危険性が指摘され、 TL 特性の各バンドの算術平均値の有用性が確認できた。

06-36 住宅用設備として水素エネルギーを安全に取り扱うための常温・常圧利用システムの開発

北海道大学大学院工学研究科
准教授 濱田 靖弘

1. 緒言

現在産官学では水素エネルギー社会の実現に向け燃料電池コージェネレーションをはじめとした利用技術に関する研究開発を進めているが、その中でも近年は天然ガスをエネルギー源とした天然ガス改質型燃料電池の研究が盛んに行われている¹⁾。しかし改質型燃料電池は燃料電池に内蔵される改質器に起因する起動時間、負荷追従時間の長さが問題とされており、そのため起動時の所要エネルギー、負荷変動時のエネルギー損失の改善が課題となる。

そこで著者らはこれまでに、改質器を効率的かつ安定して運転するための手法として、改質器と燃料電池本体を分離し、改質器で生成した水素を一時的に貯蔵し、貯蔵された水素を供給して燃料電池を運転するという方法を提案し、改質器の効率的利用を目指し住宅用水素貯蔵に関する研究を行ってきた²⁾。改質器と燃料電池を分離することにより改質器の連続運転が可能となり、改質器の運転の効率化、改質器の発停回数を減らすことによる長寿命化、集合住宅を想定した場合に各戸に純水素駆動型燃料電池を採用し、改質器を全戸で共有することによるシステムの簡素化、低コスト化などのさまざまな効果が期待できる。

本研究では、まずはじめに改質水素を貯蔵することによるバッファ効果（水素供給システムの分離効果）についてシミュレーションを行い、その省エネルギー性、環境性について効果を確認した後、具体的な水素貯蔵方法について検討を行った。検討の結果、住宅用水素吸蔵材料として水素吸蔵合金を採用し、安全でかつ省エネルギー性に優れた水素貯蔵・供給システムを開発した。次に、開発した水素貯蔵・供給システムを用いた燃料電池運転の実証実験を行い、本装置による安定した純水素駆動型燃料電池の運転の可能性を検証した。

2. バッファ効果のシミュレーション結果

シミュレーションを行なうにあたって、改質型燃料電池、純水素駆動型燃料電池の起動性能、追従性能をそれぞれ評価した。純水素駆動型燃料電池については基本性能試験を実施し、改

Table 1 Analysis conditions

Operation	Reference fuel cell	
	Power load following operation	Power load following operation
Maximum power output	750 W	750 W
Minimum power output	250 W	250 W
Rise load-following	0.25 W/sec	Quick load following
Down load-following	1.0 W/sec	Quick load following
Power efficiency	30.25%	30.25%
Natural gas - Hydrogen	-	30.25%
Efficiency of reformer	-	83.00%
Energy consumption for restart-up after 8 hour-stop	1.6 MJ (Natural gas consumption) 0.7 MJ (Electric consumption)	1.6 kJ (Hydrogen consumption)
Conversion factor		
Primary energy (Natural gas)	46.04651 MJ/Nm ³	
Primary energy (Electricity)	8.83 MJ/kWh	
CO ₂ emission (Natural gas)	2.15 kg-CO ₂ /Nm ³	
CO ₂ emission (Electricity)	0.36 kg-CO ₂ /kWh	
CO ₂ emission (Electricity of thermal power)	0.89 kg-CO ₂ /kWh	

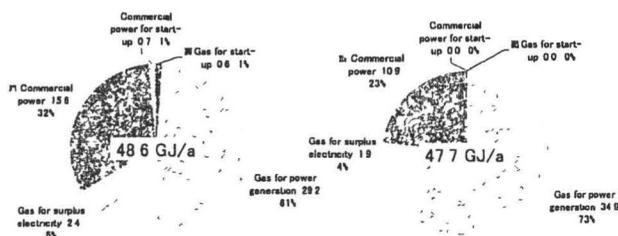


Fig 1 Result of analysis.

質型燃料電池については既報³⁾の結果を参照した。表1に本シミュレーションの条件を、図1に改質型燃料電池、純水素駆動型燃料電池を用いて年間の電力負荷追従をシミュレーションした結果の年間の消費エネルギーの用途別内訳を（一次エネルギー換算）それぞれ示す。

純水素駆動型燃料電池はその優れた追従性能から改質型燃料電池に比べて負荷追従率も高い。それにより燃料電池の寄与率は14.8%向上し、系統連携からの購入電力量も40.4%低下した。また、起動に要するエネルギーも大幅に削減していることが分かる。

本シミュレーションにより、改質型燃料電池から改質器を分離させ、新たに水素貯蔵・供給システムを導入した場合に期待される水素バッファ効果の効果が明らかになった。これにより、本研究の提案する手法が従来の改質型燃料電池の改質器の起動と負荷追従特性に起因する問題の解決に貢献する可能性が示唆された。

3. 水素貯蔵材料の検討

水素の貯蔵方法としては現在、高圧圧縮による貯蔵、液化による貯蔵、そして水素吸蔵合金を用いた方法が存在する。ここで、高圧圧縮においてはその取り扱いの危険性と体積エネルギー密度の低さが、液化においてはエネルギー消費量の多さに加えて蒸発の問題が存在することが、水素吸蔵合金では重量貯蔵密度の低さと反応熱の供給および排除がそれぞれ課題になっている。

本研究では住宅用水素貯蔵材料として水素吸蔵合金に着目した。水素吸蔵合金にはさまざまな種類が存在し、その種類や組成によって大きく性質が異なる。そのためそれらの選択により常温・常圧で水素を吸蔵・放出させることができ、反応熱の供給と排除に別途エネルギー入力を必要とせず、取り扱いが安全で省エネルギー性に優れた水素貯蔵・供給システムの開発が可能となるからである。本研究では、様々な合金種の中から本研究の用途に最も適した水素吸蔵合金を選出するために、基礎実験および性能試験を実施し検討を行った。

4. 水素貯蔵・供給装置の開発と燃料電池運転試験

検討の結果本研究では住宅用水素吸蔵合金として $MmNi_{15}$ を採用した。本研究で使用した合金の水素吸蔵・放出時の平衡水素圧を示した PCT 線図を図2に示す。 $MmNi_{15}$ の有効水素吸蔵量は 154.7 cc/g と比較的大きく、また 25 °C における水素吸蔵圧は 0.6 MPa、水素放出圧は 0.46 MPa である。この平衡圧力は高圧ガス保安法による特別な管理を必要とせず、常温空気と熱交換を行なうことによって水素の吸蔵・放出が可能であることを意味しており、高い省エネルギー性、環境性が期待できる。

本研究ではまず開発した水素供給・貯蔵システムの基本性能を把握するため基本性能試験を行なった後、実規模の水素貯蔵・供給装置を用いて燃料電池運転試験を行なった。図3に燃料電池の運転継続時間と水素貯蔵システムの基本性能試験の結果を示す。水素貯蔵システム ($MmNi_{15}$, 30 kg) からの水素供給によって燃料電池を出力 400 W で継続して 10 時間運転することに成功した。この各出力における水素貯蔵システムの基本性能試験の結果については、燃料電池の制御圧力と予想される水素圧力が 0.03 MPa~0.15 MPa に達するまでの時間をそれぞれ図中に示した。

近年の燃料電池はこの水素制御圧が低下してきていることから、運転継続時間は拡大していくことが図3から考えられる。今後燃料電池の水素制御圧が低下した際には運転継続時間を図3から予測し、燃料電池に求める出力と運転継続時間をパラメーターとして最適な水素吸蔵合金容量を算出することが可能である。

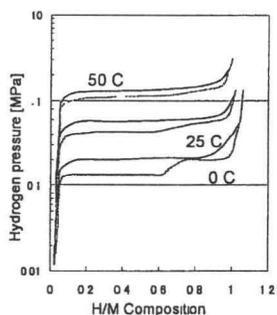


Fig 2. Pressure-Composition-Temperature diagrams

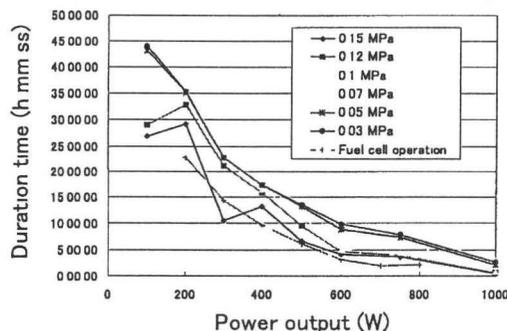


Fig 3 Results of basic performance tests and actual operations.

6. 結 言

(1) 住宅用水素貯蔵システムの有効活用と燃料電池コージェネレーションのさらなる効率の利用を目的として、天然ガス改質型燃料電池の起動特性・負荷追従特性に関する課題に注目し、改質器と燃料電池を分離するための水素貯蔵・供給システムを提案した。

(2) 改質器との分離効果を把握することを目的として年間の電力負荷追従シミュレーションを行い、その省エネルギー効果を検討した。シミュレーションの結果、純水素駆動型燃料電池は改質型燃料電池と比較して、その起動特性・負荷追従特性の違いから、寄与率が73.3%から84.1%へ向上し、約2倍のCO₂削減効果があることが明らかになった。

(3) 住宅用水素貯蔵・供給システムに適した水素吸蔵材料として、省エネルギー性、安全性に優れ、取り扱いの容易な水素吸蔵合金を採用した。

(4) 実規模の水素貯蔵・供給装置を開発し、純水素駆動型燃料電池運転実験を行った。結果として出力400Wで10時間運転を実規模で継続させることに成功した。またこの結果は基本性能試験の結果とよく一致した。今後はこれらのデータを用いて燃料電池に求める出力と運転継続時間を設定することにより、最適な水素貯蔵・供給装置の容量を算出することが可能である。

文 献

- 1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：次代を担う燃料電池・水素技術（2006）
- 2) 塩澤拓馬ら：燃料電池・水素・再生可能エネルギー利用技術を導入した寒冷都市次世代エネルギーシステムに関する研究（第6報）水素貯蔵システムの導入可能性評価、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集（2005）、pp.99～102
- 3) 濱田靖弘ら：燃料電池水素・再生可能エネルギー利用技術を導入した寒冷都市次世代エネルギーシステムに関する研究（第2報,第7報）、空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演会論文集（2005）

06-37 発電機能を有する建材の実現を目指した 基礎研究—ビル及び住宅建築壁材料への 色素増感太陽電池の活用

岐阜大学大学院工学研究科

教授 箕浦秀樹

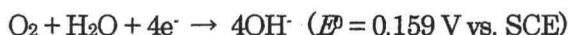
持続可能社会の構築を目指す試みが本格化せざるを得ない状況の中、環境負荷の低い新エネルギー関連の研究開発にも熱い期待がかけられるようになってきた。中でも我が国は太陽光発電では世界一の技術力を誇っており、その期待も大きい。しかし、年率数十%の伸びで推移してきたわが国の太陽電池生産量は2005年までは全世界の約半分を占めてきたが、ここに来てドイツをはじめ欧米諸国、中国、台湾などの急激な伸びで比重が下がり始めた。太陽電池の普及においても、一時の大きな伸びにやや陰りが見られ、勢いのついたドイツに首位の座を奪われて、残念ながらその差をどんどん広げられている。

当面は既存のシリコン太陽電池が主流になることは疑いのないところではあるが、太陽電池のいっそうの普及を実現してゆくためには、低コスト化に限界があると考えられる結晶シリコン太陽電池に代わる太陽電池の開発が待たれる。その中で新たな期待を担うようになってきたのが、色素増感太陽電池である。

この太陽電池は、単なる低コスト化に寄与するのにとどまらず、色素による光吸収を利用するための豊富なカラーバリエーションが可能であるため、黒っぽい色一色の太陽電池のイメージを変えて新たな用途に結びつく可能性を秘めている。

本研究では、テンプレートを用いた電解析出法により得られる多孔性酸化亜鉛薄膜を用いた色素増感太陽電池を、将来的にビルや住宅用壁材に応用して、実用レベルにまでもってゆくための基礎的検討を行った。このためには、変換効率のいっそうの向上、スケールアップ及び耐久性の向上など、極めて大きな課題を抱えている。また、色素太陽電池はいままで、経験に頼った手法にて試作されてきたが、実用化を考えた場合には、高い制御性を有する作製法を確立せねばならない。

実験としては、下記の反応を利用して酸化亜鉛薄膜を作製した。



今までの知見から、低濃度のエオシン Y を電解浴中に添加することによって、それがテンプレートとしての役割を果たして、得られる酸化亜鉛薄膜が結晶配向性を有すると共に、色素増感太陽電池用電極として望ましい程度のメソポーラス化が実現されることが分かっているため、製膜はもっぱらその条件下で行った。電解には三極一室型セルを用い、酸素ガスを流通した 5 mM ZnCl₂ と 0.1 M KCl を含む混合水溶液 (70°C) に種々の濃度になるようにエオシン Y を添加して、回転ディスク電極 (Radiometer) にセットした FTO ガラス作用極の回転数を 100 から 500 rpm に変化させながら掃引速度

5 mV s⁻¹で測定した。対極には亜鉛線、参照極には飽和カロメル電極を用いた。

本研究によって得られた重要な結果の第一は、従来とかく経験に基づく手法に頼りがちであった色素増感太陽電池用光電極の作製を、高度に制御性のある手法へと高めることができたことである。特に、電子輸送、電解液輸送の特性に影響を及ぼす微細構造の制御を、テンプレート材の濃度を変えるという極めて簡単な方法で行うことができることを明らかにした点は興味深い。

太陽電池のカラフル化をめざして、特に赤色から近赤外領域への光を吸収する増感色素の研究を行って、赤色域に吸収を有する青色色素として、高効率変換を可能とする非対称スクアリリウム色素、赤外域の光を吸収しうる色素としてヘプタメチンシアニン色素を合成し、それらの波長領域を吸収する色素としては、かなり高い変換効率の色素増感太陽電池を作製することができた。

色素増感太陽電池の特性において、短絡光電流値を決める IPCE 値は 100%に近い値が得られるようになってきたが、開路電圧にはまだ改善の余地がある。本研究では理論から予想される値よりも実験値が小さくなる理由を、酸化亜鉛からの逆電子移動によるものと考えて、それを抑制するために抵抗性の無機化合物をコートする試みを行なった。それらにより、開路電圧の上昇の方向は見られたものの、色素吸着特性の低下などのために、光電流値特性の低下がみられ、出力向上の結果は得られなかった。

酸化亜鉛用としては今のところ最適とされるイオンドリン系色素を用いて、高効率太陽電池の試作を試みた結果、白色光照射下で、5.6%のエネルギー変換効率を得ることができた。

以上の結果より、電析法によって得られる酸化亜鉛光電極と有機色素の組合せた太陽電池の本格的な研究開発を推進することで、従来技術を上回るレベルへの高性能化が可能であることが証明されたと考えている。特に酸化亜鉛用の増感色素開発がその実現に向けて重要となるが、高度なナノ構造制御が可能であるなど、用いる色素の能力を引出すために酸化亜鉛光電極をチューニングすることも可能なのが電析法の良さである。低温プロセスであるために、高性能化をプラスチック化と両立出来るのも低コスト化と用途の拡大に向けて大きなメリットとなるであろう。

以上、壁材や建材用への応用にはまだまだ以前として距離があるが、それにたいして必要とされる基礎技術の点でいくつもの進展が見られた。

最後に、本研究遂行には(財)トステム建材産業振興財からの研究補助金が極めて有効であった。厚く御礼申し上げます。

06-38 次世代省エネルギー規準住宅に適した設備システムの統合評価に関する研究

金沢工業大学

環境・建築学部 教授 垂水 弘夫

1 研究の目的

地球温暖化防止対策推進の重点セクターと目される「住宅」の省エネルギーを実効的に進めるためには、建物の熱性能を高めるだけでなく、居住者の生活をサポートする諸設備とそのエネルギー供給のあり方を検討する必要がある。

現在、住宅で利用が可能な新しい設備としては、上述した CO₂冷媒ヒートポンプ給湯器や太陽光発電の他に、高性能ヒートポンプエアコン、小型燃料電池・マイクロガスエンジンを導入したコージェネレーションシステムなどがある。また、オール電化の流れの中では蓄熱型の設備が多く用いられ、温熱環境的な選択から床暖房システムの採用も多数見られるところである。

このように、住宅において選択可能な設備システムは多岐にわたるが、これまでに存在する評価は、各機器のメーカーが行った単独の性能評価がほとんどである。これら様々な設備やシステムが持ち込まれる住宅にとっては、「統合的な観点からの評価」こそ重要である。

様々な設備システムが登場・普及してきた今日、設備システムの統合評価が住宅に、特に次世代省エネルギー基準住宅に喫緊の課題として求められていると考えられる。

本研究では、以上の考察を踏まえ、北陸に立地する次世代省エネルギー基準住宅群の実測調査から得られた消費用途別エネルギー消費データをベースとして、次世代省エネルギー基準住宅に適する設備システムの構成を明確にすることを目的に、設備システムの統合評価による省エネルギー効果ならびに CO₂削減効果のシミュレーションと解析を行うものである。

2 研究計画

2.1 次世代省エネルギー基準住宅における用途別エネルギー消費のパターン化と設備効率調査

(1) 省エネナビ設置住宅から回収・取得したデータを基に、1) 系統毎の時刻別エネルギー消費パターン、2) 各エネルギー消費の季節性、3) 延床面積・家族構成・住まい方とエネルギー消費量との関係、などを解析し、住宅の設備システムの評価シミュレーションに用いる消費用途（暖房・冷房・給湯・調理・照明その他動力）ごとの住宅エネルギー消費パターン（用途別・月別・時間帯別）を確定する。

(2) また、現在、富山と長野市内で実施している太陽光発電住宅の省エネナビ設置調査の結果を基に、北陸地域における日射量と発電量の関係を、季節・天候・時間帯のパラメータを含めて解析し、太陽光発電により賄うことの出来る住宅のエネルギー消費の範囲（時間帯、消費用途、量）を定め、上記のエネルギー消費パターンに対応する、太陽光発電による住宅エネルギー消費削減パターン（用途別・月別・時間帯別）を確定する。

(3) さらに、エネルギー供給と住宅設備に関する機器効率、COP 等に関するメーカー技術資料調査を、以下の分類に従って実施する。1) エネルギー供給 (系統電力、自家発電 (燃料電池、マイクロガスエンジン)、太陽光発電、都市ガス、石油類)、2) 暖房設備 (ヒートポンプエアコン、蓄熱型暖房機、床暖房、深夜電力対応型潜熱蓄熱型暖房機、FF式暖房機)、3) 冷房設備 (ヒートポンプエアコン)、4) 給湯設備 (CO₂冷媒ヒートポンプ給湯器、深夜電力対応型給湯器、都市ガス焚き給湯器、灯油焚き給湯器、貯湯槽)、5) 調理器 (電磁調理器、ガス調理器)

である。

2.2 次世代省エネルギー基準住宅への設備システムの適用に関する統合評価モデルの作成とシミュレーション

次世代省エネルギー基準住宅における月別・時刻別住宅エネルギー消費パターンに対して、各種エネルギー供給・設備システムを適用するための統合評価モデルを作成し、省エネルギー効果と CO₂ 発生量削減効果の評価を通じて、これからの時代に普及すべき次世代省エネルギー基準住宅に適した設備システムを提示する。エネルギー供給形態と暖冷房給湯設備等の組み合わせに加え、さらに運転形態を考慮することにより、およそ数十種類のシステム構成を評価対象とする。

3 住宅エネルギーシステムによる統合化効果算定結果とまとめ

統合化を以下の 3 タイプに分類し、それぞれについて算定結果を提示した。

タイプ 1. 熱源機及び蓄熱槽における統合化

タイプ 2 コ・ジェネレーションシステム導入による統合化

タイプ 3: 自然エネルギー活用設備との統合化

解析結果を以下にまとめる。

- 1) 熱源機・貯湯槽の統合化について、ガス利用型システムにおいて一次エネルギー・二次エネルギー消費量の低減効果が確認された。
- 2) 全電化型システムは、従来型と比較した場合、エネルギー費は低減されるものの、一次エネルギー消費が増加する傾向にある。
- 3) 熱源機・貯湯槽のみの統合化効果は少なく、統合化する場合にはコージェネレーションシステム等の導入を検討する必要がある。
- 4) コージェネレーションシステムを用いる場合、発電を主体としてヒートポンプ暖房需要に合わせるよりも、効率の高い排熱回収分を主体として給湯需要に合わせるほうが、エネルギーの無駄が少ない。
- 5) 太陽集熱機と夜間電力利用機器の組合せでは、エネルギー需要と供給の時間差から、効率が低下する場合がある。
- 6) 自然エネルギー活用設備を統合した場合、太陽集熱機よりも太陽光発電機との統合のほうが省エネルギー効果は高い。

06-40 ライフスタイル誘導型 HEMS に関する研究

早稲田大学理工学術院

准教授 高口洋人

本研究の目的は、居住者に対して住宅機器のエネルギー消費状況や光熱費等の情報を提供し自覚を促すとともに、高い機器効率を達成できるライフスタイルへと居住者を誘導できる、ライフスタイル誘導型 HEMS を開発することにある。一般的に HEMS は家電や照明の自動制御を通じ、省エネルギーを実現しようとするものであるが、本研究は HEMS を「見る」ことによる「間接効果」に着目したものである。本研究では、このライフスタイル誘導型 HEMS を開発する上で基礎となる生活者のライフスタイルを分析した上で、現在販売されている情報提供機器、開発中の危機の情報収集と整理を行い、ライフスタイル誘導型 HEMS 開発の一助とすることを目的とする。

本研究では、まず省エネ機器として固体高分子形燃料電池 CGS (以下 PEFC-CGS) を取り上げ、機器の導入による省エネ効果とライフスタイルの関係を見た。さらに詳細にライフスタイルを検討する手法を開発するため、ここでは単身者のライフスタイルを調査し、クラスター化による分類を行い、各ライフスタイルの省エネ性を検討した。さらに、現在販売中、また開発中の HEMS 機器、省エネ情報提供機器を整理した。

PEFC-CGS のライフスタイル別省エネ効果の検証では、標準モデルの年間 1 次エネルギー削減率は 7.8%、電力・給湯多消費モデルでは 9.0%、電力多消費モデルでは 6.5%、給湯多消費モデルでは 10.4%となった。生活パターンにより、省エネ効果に大きな差が生じることが明らかになったが、これは給湯負荷が大きい場合、排熱が有効に利用されるため総合エネルギー効率が向上し、さらに PEFC-CGS 由来の電力がしめる割合も上昇することから省エネ効果が高まった結果である。即ち、この種の機器では一定以上のエネルギー多消費型の世帯でより効果が大きいということになる。この場合、多世代同居や大家族が、機器の効率をより高めるライフスタイルと想定され、さらにその中での暮らし方次第で省エネ効果はさらに高まると考えられる。光熱費削減効果は電力・給湯多消費モデルが最も大きく 66,779 円、最も小さな標準モデルで 50,307 円と、年間で約 13,000 円の差が生じる結果となった。

各世帯のライフスタイルをさらに詳細に分析するため、単身世帯を対象にアンケート調査を実施し、それを元に単身世帯のライフスタイル分類を行い、省エネ効果を分析した。クラスター分析により単身世帯は図 1 に示すように 16 通りに分類した。

この 16 分類されたライフスタイル別に、断熱改修、家電機器の買い換え、そして種々の省エネライフスタイルの実行など、パターン化した省エネルギー対策を各ライフスタイルに講じた場合の省エネルギー効果の変化を検証した。全ての省エネライフスタイルを実行すると、約 30%のエネルギー消費量が削減でき、この効果は断熱性の向上や家電機器の買い換えよりも有効である。

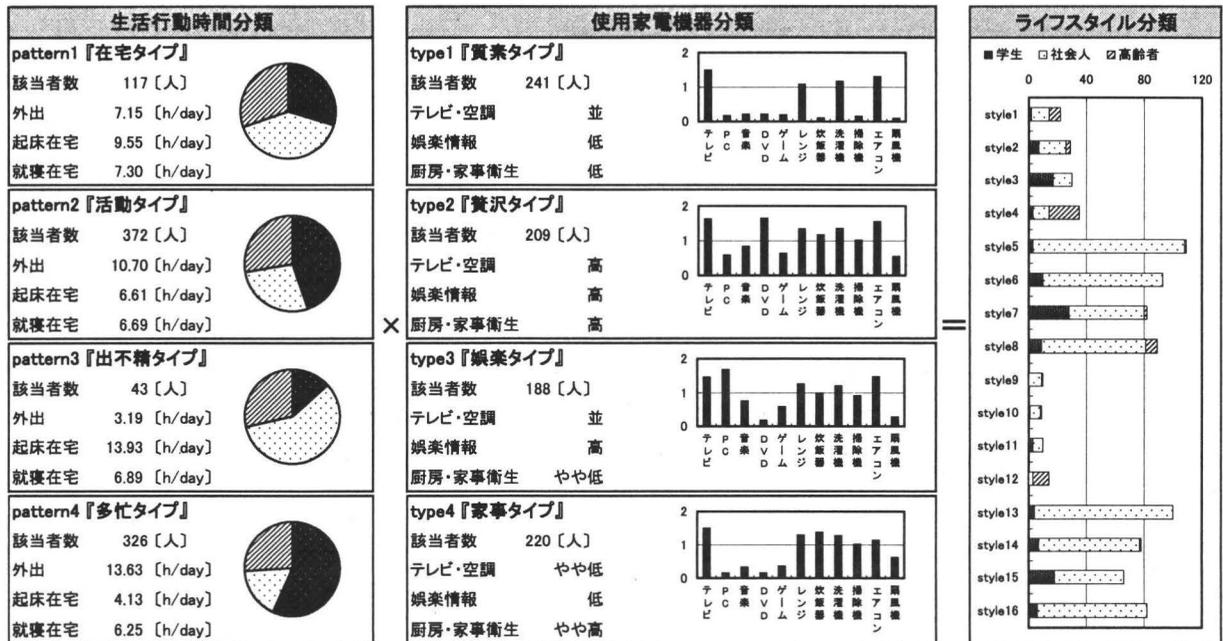


図1 生活行動時間、使用家電機器、ライフスタイルの分類

どのライフスタイルにおいても、給湯に関するライフスタイルの変更が最も省エネルギー効果大きい。しかし娯楽や厨房機器、家事衛生や空調においては、概して空調に関する省エネルギー効果大きいものの、在宅時間が比較的短く、娯楽情報機器を多く持つ style6,14 では娯楽機器に対する変更が有効であり、家事・厨房機器を多く使用する style4,8,12 では家事・厨房に関する対策が有効となるなど、変更前を加えるライフスタイルによって有効な省エネルギー対策が異なる。style13~16 に関しては、ライフスタイル変更によるエネルギー消費量削減率が他のライフスタイルに比べて大きく、在宅起床時間が短時間である場合には、ライフスタイルの変更による省エネルギー対策はさらに有効である。情報提供機器のコンテンツを開発するにおいても、ライフスタイルに応じて効果が高く、また受容度も高い選択肢を居住者が選び取れるよう、適切に情報提供できることが重要である。

助成を受けた平成 19 年以降、家庭でのライフスタイルを省エネ型に誘導することを目的とした環境情報提供機器が急増している。収集した情報機器は大きく三つに分類することができた。一つは省エネナビに代表される簡易 HEMS、ついで電力消費量を表示することのみに特化したワットメーター、最後に熱源機器類コントローラーである。最初の二つは新たに機器を購入し設置する必要があるが、最後のコントローラータイプは、「HP 給湯器」や「小型ガスエンジン CGS」、「ソーラー発電機器」等に付属するものである。最新のものではエネルギー消費量、CO2 排出量（削減量）、光熱費等が表示される。その他、センサー類を独自に取り付け、パソコンなどで整理しリアルタイムで情報提供を行う試みも行われているが、コスト的に回収できず実用化には至っていない。今後の情報提供機器開発においては、エアコン等に搭載されたセンサー類、また給湯機器やソーラー発電のコントローラーでの情報提供機能、そして情報表示装置としてのデジタル TV など、住宅内に既にインストールされた機器、資源をつないだネットワーク型の HEMS という方向性で、開発を進めることが重要であると考えている。

06-41 景観シミュレーションのための揺らぎ現象のリアルタイムアニメーション技術の開発

岩手大学
教授 千葉 則茂

1. 本研究の背景と目的

建設計画のプレゼンには水彩画調のパース図の作成を含めて、コンピュータグラフィックス（CG）が景観シミュレーションの重要な表現技術となっている。さらに、ムービーによるアニメーションやインタラクティブなリアルタイムアニメーションが利用される場面も多くなってきている。しかしながら、流体の表現を含めて、現在主流なアプローチとなっている物理ベースシミュレーション法では、膨大な計算時間を必要とし、PC環境での効率的なアニメーション生成には全く活用できないのが実情である。そのため、申請者らは、数年前より、樹木の枝葉や穂波の揺らぎ運動について、 $1/f^{\beta}$ ノイズ（以下、単にノイズという）を用いた効率的な表現技術の開発を行ってきた。本研究では、ノイズを活用するアプローチによる効率的な技術開発を行い、実用レベルで利用可能な以下の表現技術の開発を行うことを目的とし、本稿で報告する成果を得た。

- (1) 樹木の風による揺らぎにともなう木陰の揺らぎ現象、(2) 木漏れ日の揺らぎ現象
- (3) 水の揺らぎ現象、(4) 旗やカーテンなどの揺らぎ現象、(5) 炎の揺らぎ現象

2. 研究の方法

本研究では、揺らぎアニメーションの生成にノイズを活用する。このノイズは、図1に示すように、周波数 f の β 乗に反比例するパワースペクトルをもつノイズであり、IFFT（高速逆フーリエ変換）によりプログラムで容易に生成することができる。

3. 樹木の風による揺らぎにともなう木陰の揺らぎ現象

本研究では、樹木の揺らぎに伴う、木陰の効率的な生成を行う手法開発を行った。光源である太陽は大きさを持つため、例えば葉の地面に投げかける影は境界がぼやけた半影となる（図3(a)）。一般に、大きさをもつ光源による半影計算は長い計算時間を必要とする。そのため、本研究では、樹木の3次元モデルをポリゴンではなく、ポイントで表現するビルボードを考え、各ポイントにスプラットと呼ぶ

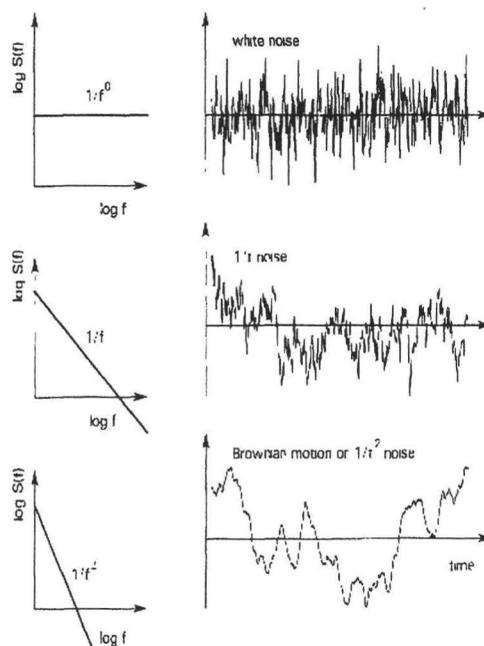
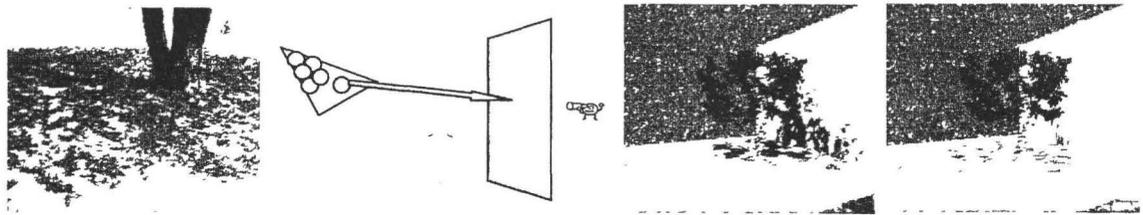


図1. 本研究で用いるノイズ

周辺に近いほど透過度（ α 値という）の高くなるディスク状のテクスチャを用いて、 α ブレンディングを伴うポイントベースレンダリング法を適用し半影を表現する方法の開発を行った（図3 (b) (c)）。



(a)半影（実写） (b)ポリゴンのポイント表現 (c)ポイントベースレンダリングの例

図3. 半影の表現

4. 木漏れ日の揺らぎ現象

本研究のアプローチは、木漏れ日のシーンに見られる木の葉の輝きに見られる特徴的な部分に着目して、出来るだけ簡便なモデルで効率的に表現することを目的とした。木漏れ日には、樹冠の中から太陽光の方向に見た時に観察される①葉群の間から漏れる光による透明感のある葉、太陽光を受けて②影を映し高い輝度で光る葉の裏側、葉群の間から漏れた③光の筋（光条）が可視化されたものがある。葉の内部での光の散乱光が裏側から放出されるというモデルによれば①②とともに共通的に表現可能である。このモデルに従い、まず、太陽光を視点とした隠面消去を行い、光を受ける葉（の部分）を判定し、次に実際の視点側からのレンダリングの際に、表側はハイライトと拡散反射を考慮したレンダリングを、裏側は、輝度の高い拡散反射によるレンダリングを行うことで表現を試みた。結果を図6に示す。

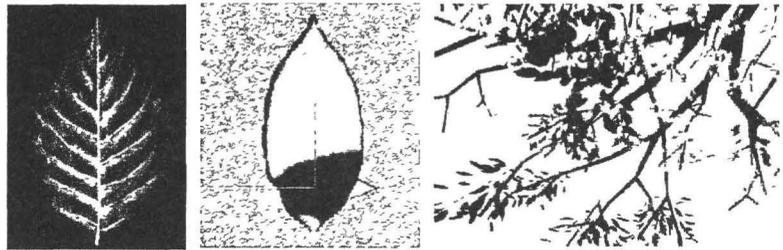


図6. 葉のテクスチャ、影の判定、木漏れ日の表現

5. 水の揺らぎ現象

3次元の流れの表現には、通常メッシュや粒子法による流体計算が行われるが、計算時間の点で難点がある。そのためここでは、基本的には2次元の計算モデルであるセルオートマトンモデルにより、波などの水の移動のアニメーションを生成するための基本的なプログラムを開発した。このモデルでは、各セル（タンク）には近傍セルとの間にパイプがあり、パイプ両端での圧力差による水の移動を計算することにより、また水面上への物体の落下や、

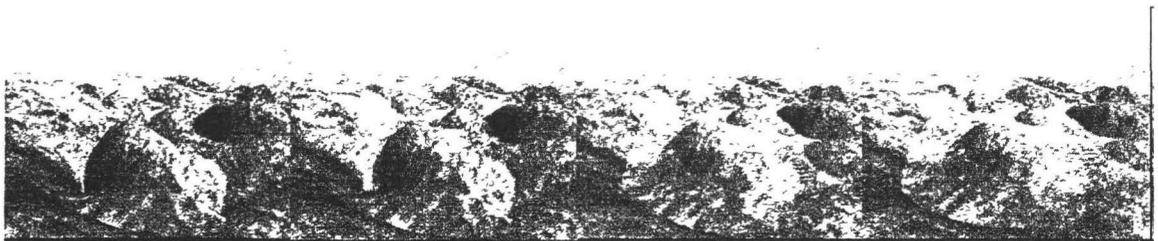


図9. セルオートマトンによる流れのアニメーション

水の落下による外部からの力を考慮することにより、水の振る舞いをシミュレーションするものである。このオリジナルのモデルは、底面が傾斜のない平面を仮定しており、これを流れの表現に適用するために、傾斜した底面を考慮したモデルへの拡張を行った(図8)。図9にこのモデルによる流れのアニメーション例を示す。さざ波の発生が確認できる。また、本手はGPUを活用してインプリメントしており、リアルタイム実行が可能である。

6. 旗やカーテンなどの揺らぎ現象

クロスシミュレーションとして物理シミュレーションによる表現法が主流であるが、カーテンや旗のような風によりなびく様子をリアルに表現できている例はない。本研究では、カーテンなどの2次元平面状物体を、正方格子状のリンク構造でモデル化する。運動生成は、まず縦の列にあたるリンクだけを考え(すだれ状)、列上部から2次元ノイズの値を順次伝搬させ、そのノイズを回転角として、風による揺れを表現する。上部からノイズを順次適用すると、風がカーテンの末端から抜けていくような運動が得られる。図13に格子モデルとレンダリングした結果を示す。

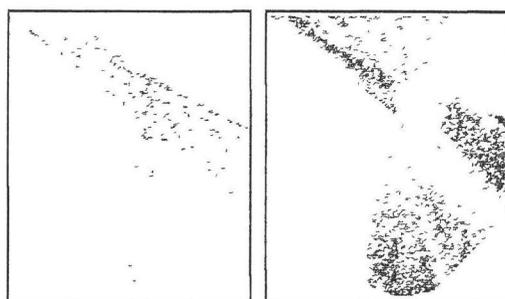


図13. 格子モデルとレンダリング結果

7. 炎の揺らぎ現象

本研究では、例えばろうそくの炎の1枚の静止画像からアニメーションを生成する方法について検討を行っている。このような手法が開発できれば、静止画、ビデオ、CGシミュレーションなどの素材から、エンドレスのアニメーションを生成する方法への展開も可能になる。

本研究では、ろうそくの炎を例に、より効率的に炎の2次元アニメーションを得る一つのアプローチとして、炎のスタイル(静止画像)に対して、連続的にモーフィングを適用することにより、揺らぎ現象に基づいたアニメーションを得る手法を検討した。本手法では、モーフィングをコントロールする制御線の運動をノイズにより生成しており、空気の乱れによる炎の揺らぎが表現可能である。

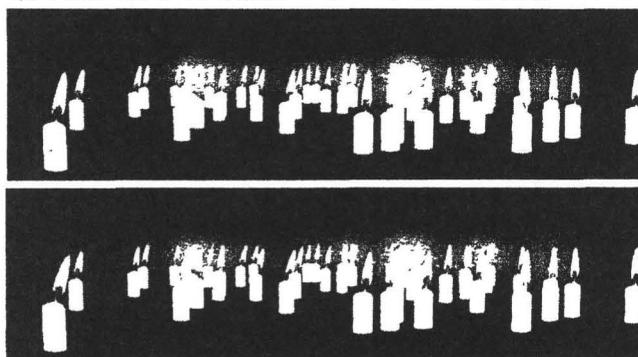


図22. ろうそくのアニメーションからの抜粋

8. おわりに

本報告では、主にノイズを活用したアニメーション技術の開発について、その成果について述べた。今後の課題として汎用的な風の表現法の開発が挙げられる。

最後に、本研究を支援していただいた財団法人 トステム建材産業振興財団に感謝いたします。

06-42 大田市大森銀山伝建地区における伝統建築 ファサードの環境デザインとしての役割

島根大学総合理工学部

准教授 長野和雄

銀鉱で栄えた島根県大田市の大森銀山地区は、武家屋敷と町家が混在しながら細く連なる。武家屋敷が道に面して門や塀、奥に母屋を置き、その間に前庭や露地を取るのに対し、町家は道に沿って建ち、その多くが切子格子をおもてに見せる。1987年に重要伝統的建造物群保存地区（以下、伝建地区）となって修景が進み、既に多かったアルミサッシから再び格子の表構えが増えた。2007年には世界遺産となり、急激に観光客が増えている。

大森の切子格子は切り止め高さが低いのが特徴である。これは、道幅が狭くて武家屋敷のように前庭もなく、採光上不利な幕板も要する中、プライバシーを守りつつも日照導入を確保する工夫であったと推察される。すなわち、土地が本質的に保持している気候風土こそ、この伝統的な街並み景観を形成する根元的な要素であると捉えられる。しかしアルミサッシが好まれた時代があったことは、それでもなお採光上の便が十分ではなかったとも推察される。本研究は、大森銀山伝建地区の住宅のファサードを一つの建築気候景観と位置づけ、そこから室内に導入される採光、室内外温湿度の様子を実測し、環境デザインとしての機能を検証した。

室内温熱環境を捉えるため、隣接する武家屋敷（K邸）と町家（A邸）の温湿度・グローブ温度を実測した。屋外気候についても観測し、山間集落の気候特性を把握した。得られたデータより総合体感温度である修正有効温度ETVを算出した。

武家屋敷（K邸）・町家（A邸）を含む、ファサード形態の異なる7軒を対象に、道路に面した1室における開口部の開閉、建具の有無を含む計12条件について、照度を実測した。格子状に並べた観測点において6方位照度を測り、スカラー照度平面分布、ベクトル照度平面分布、ベクトル照度鉛直分布を求めた。

夏季・秋季・冬季について、気温・体感温度ともに、町家・武家屋敷間で家屋形態の違いによる顕著な差異は認められなかった。屋外気候について、観測点によって天空率が大きく異なり、日射の影響に差異がみられたが、照り返しなど、室内への影響を見いだせるものではなかった。

光環境については、ファサードの違いにより特徴の違いが見いだされた。すなわち、障子の有無による比較を行った3軒は、いずれも障子があることで照度が小さくなるが、奥行方向への減衰は緩やかであった。このことから、障子が指向性の強い入射光を拡散させ、室内照度の均質性を高めていることが確かめられた。簾の有無による照度の減衰は障子や格子よりも顕著に現れた。切子格子は上部の空隙が比較的大きいため、照度の減衰は簾よりは抑えられていたが、それでも読書もままならない程度の明るさしかなく、十分とは言えなかった。別途行われたアンケート調査結果からも、光環境に対する不満が特に若い世代で認識されていた。

これらより、熱環境については伝統的形態であるが故の憂慮は小さいように見受けられる。しかしながら、光環境については、修景によって居住環境が悪化したのは事実と認められよう。民家の修景は観光客の増加、地域の活性化に貢献したが、プライバシーの確保のために、ますます前面道路側の開口部を開け放てず光を満身に採り入れられない状況にある。したがって、塀を構えて開口部を開け放ちやすい武家屋敷はまだしも、町家の格子を増やしている現在の修景事業は、必ずしも居住環境の質を維持しているとは言えない。その要因として、格子の切止め高さや堅子の間隔が、ファサードの審美性や歴史性によって決められ、内部の光環境に配慮されたものではなかったことが考えられる。時代を下るにつれて推奨照度基準は高くなる傾向があり、より明るい環境を好む現代人に伝統的な光環境がなじまないことも考えられよう。

今後は歴史性を維持しながらも、現代の生活水準にも適応したよりよい解決法を探らなければならない。しかし、これは容易なことではなく、歴史家・建築家・環境設計家が協同していくことが求められる。

06-44 谷中五重塔 1/5 復元模型制作プロジェクトにおける情報共有・プロジェクト管理システムの開発と運用に関する先行試験

千葉大学大学院工学研究科
准教授 平沢 岳人

1. 本研究の背景と目的

この研究は、特殊な方法により実現する精緻なデジタルアーカイブ構成手法を歴史的建造物に適用し、文化的に有意義なデジタルアーカイブの活用手法を模索するものである。

デジタルアーカイブは実寸でモデリングされ、そのデータの確からしさは1/15スケールの模型で確認されている。

五重塔のような特殊な歴史的建築物のデジタルアーカイブを用いて全国に分散する有志により復元・複製するならばどうなるか、それを支援するならどのような機能が必要となるのか、そのあり方を追求する。

2. 研究の方法

本研究では、精緻なデジタルアーカイブの存在が前提となるので、まずはデジタルアーカイブの構成手法について検討を行う。さらに、このようなデジタルアーカイブが存在する場合に、分散協調環境の支援のあるべき姿を試行する。

3. デジタルアーカイブ作成の流れ

デジタルアーカイブ作成の流れは図1の通りである。図1にもとづき、その手順を示すと以下のようになる。

- ① 現地調査、文献調査等により各部材モデルのライブラリパーツ(部材雛形)を作成する。それらをもとにパーツライブラリを作成する。パーツライブラリの作成は、パラメトリックなモデリング^(注1)を用いて行う。
- ② ライブラリパーツを CAD^(注2)図面上にライブラリパーツを部材モデルとして配置し、エレメント化(実体化)し3Dでの組み上げを行う。この段階において視覚による整合性の確認を行う。
- ③ CAD 図面上に配置された部材モデルに対し、模型の作成が可能であるかの評価を行う。評価手法としては、数値制御加工機(NC ルーター)による切削を行い、試験用小スケール模型を作成し、この模型上で整合性などを確認する。ここでなんらかの不具合が発見された場合、

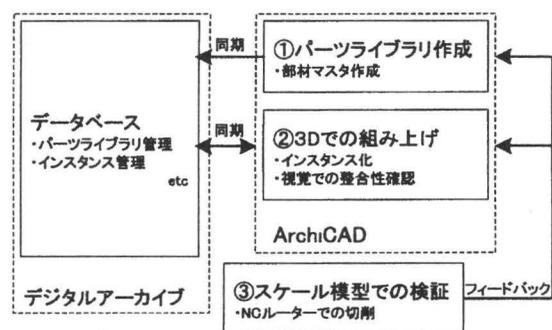


図1 デジタルアーカイブ作成の流れ

部材モデルを修正し、整合性の確認されるまでこの過程を繰り返す。なお、NC ルーターによる切削では、ルーターの機構上、切削できる形状に制約がある^(注3)。本研究では、検証の価値が失われない程度に部材モデルに変更を施し、それを NC モデルとし、本来の形状である図面モデルとの対応を取りながら、模型による検証を行う。

各過程において、デジタルアーカイブ作成に必要な情報はネットワーク上のデータベース^(注4)に送信される。ここで、本研究でいうところのデジタルアーカイブは CAD の図面そのものでなく、CAD を一つのインターフェイスとするデータベースであることに注意されたい。

3. CAD とデータベースの連携

2節において、パーツライブラリ作成、部材モデル化および精緻さの検証について記した。この節では、デジタルアーカイブの作成に向けて、データベースによるパーツライブラリの管理と、CAD 図面上に配置されたエレメントの管理を行い、CAD とデータベースの連携による発展性について述べる。

3. 1. ライブラリパーツ、エレメントの管理

ライブラリパーツの管理は、ArchiCAD におけるライブラリパーツの構成を踏まえ、主キーを OwnUnID とすることで可能である。エレメントの管理には主キーとなるものを与える必要がある^(注5)。各エレメントに公開変数 dbID を与え、それを主キーとして行う。ADD-ON を用いることで、ArchiCAD 図面上でのイベント(ユーザーによる操作)を把握することができる。イベントに対するハンドラ(処置)を定義し、エレメントに正確に dbID が設定されるようにした。

3. 2. CAD とデータベースの連携による発展性

CAD とデータベースを連携され、パーツライブラリとエレメントを管理することで、デジタルアーカイブの作成における以下のような発展性が期待される。

- ・多主体間による作業のサポート
- ・ライブラリパーツの取りあいの一括管理
- ・パラメーターの管理

4. 小スケール模型によるデジタルアーカイブの妥当性

以上の、手法およびシステムにより検証済み高精度なデジタルアーカイブを得ることが出来る。小スケールといえども、幾何モデルは実寸で作成されており、また、NC 工作機の精度から実物の完全な縮小コピーが得られている。図2に、実際に切削された部品の写真等をまとめて示すが、写真からも切削された各部品の精度が伺えるだろう。

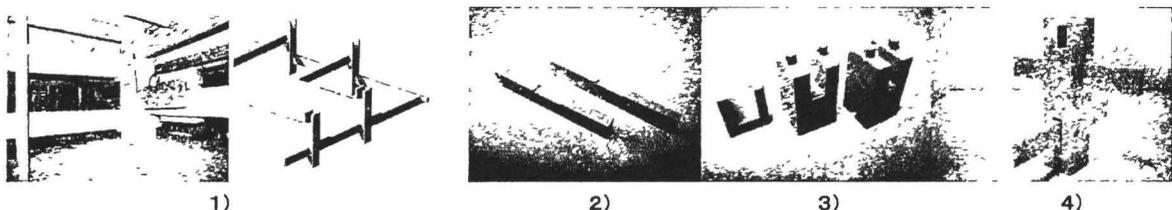


図2 3Dモデルと切削された部品

1)市川五重塔の縁東部周辺(左)と、ArchiCAD でモデリングした縁東と縁繫、縁貫の位置関係(右)2)切削したNCモデル縁貫(左)と縁繫(右)

3)切削したNC縁東上段(左)、中段(中央)、下段(右)

4)切削した各部材を組み合わせた様子

5. デジタルアーカイブの活用例

全国の有志による協調作業による大スケール模型作成プロジェクトを想定し、プロジェクト支援WEBサイトを活用方法として示す。このプロジェクトで想定した制作工程は以下の通りである。

- 1) 全国の有志が地域ごとチームに分かれ、伝統建築物をユニットごとに分担し制作する。
- 2) 制作後、各ユニットを収集し、全体の対スケール模型として組み上げる

支援WEBプログラムでは、PHPによって、データベースとチームによるユニット分担、進捗管理などを行う。支援WEBサイトでは、以下の実装を行った。

- 1) プロジェクト参加のためのチームエントリー
- 2) チームによるユニットの作成登録
- 3) チーム分担ごとの進捗管理
- 4) チーム交流のための画像掲示板

図3に支援WEBサイトの利用の様子を紹介する。

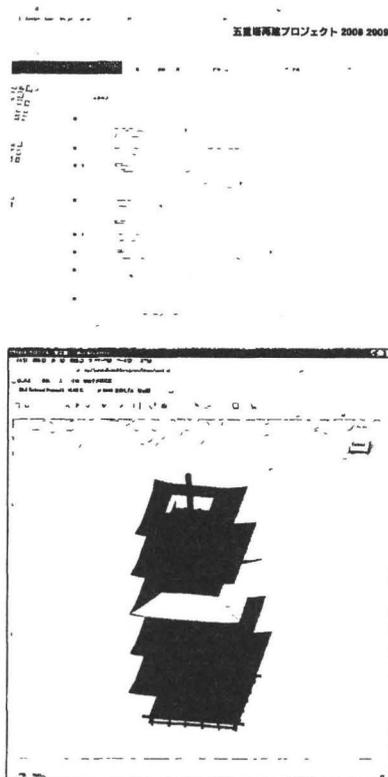


図3 支援WEBサイトの利用の様子
(上 分担ごとの進捗グラフ表示)
(下 3D表示による分担明示)

6. まとめと考察

谷中五重塔1/5復元模型制作プロジェクトにおける情報共有・プロジェクト管理システムの開発と運用に関する先行試験として、本研究ではデジタルアーカイブの構成手法と、分散協調環境の支援のあるべき姿を試行した。精緻なデジタルアーカイブの構成手法に関しては、部材の雛形としてライブラリパーツを作成し、ネットワーク上の共有フォルダにおくこととし、CADでの作業情報をデータベースに格納していくことを検証した。CADでの作業情報をデータベースに格納することで、他主体間での作業への発展性を見出した。また、部材の取りあいなど、CADでは管理しにくい情報をデータベースに管理させるなど、CADとデータベースの連携による利点を示した。分散協調環境の支援のあるべき姿の試行としては、全国の有志による協調作業による大スケール模型作成プロジェクトを想定し、プロジェクト支援WEBサイトを例示した。今後の課題としては、デジタルアーカイブの活用手法を考案するとともに、デジタルアーカイブの効率的な作成のためのデータベースのスキーマの考案を行っていきたい。

注

- 注1) モデルの幾何情報のうち任意の数値を変数化し、モデルの雛形に変数を取引数として与え、形状を得るというモデリング手法。
- 注2) ArchiCAD グラフィソフト社。
- 注3) 切削は回転歯によって行われるため、隅にフィレットが生じることがある。また、アンダーカットなどもこの制約に含まれる。
- 注4) 本研究では PostgreSQL を利用した。
- 注5) エレメントにもライブラリパーツ同様、単体の ArchiCAD 内で、主キーとして作用する構成要素 (GUID) は存在するが、多主体間作業への対応など、データベースとの連携に不向きであったため、独自に主キーとなる要素を加えた。

06-45 法運用効果の向上に資するための住民自治 による自律的住環境管理システム

京都工芸繊維大学大学院

准教授 鈴木克彦

持続可能な住環境づくりを目指して、住民自治により自律的に住環境を管理・育成していく役割に期待が高まっている中、本研究は住民合意のもと自発的に建築ルールを定めて住環境を運営している建築協定地区を主な研究対象として、長年の協同居住により育成された住環境管理活動や協定運営活動などのスキームの特徴を明らかにすることを目的としている。建築協定地区での住環境管理の特徴は、地域住民によって協定運営委員会を組織し、様々な自律的住環境管理活動を展開している点にあるが、こうした住民協同による維持管理活動を通じた「地域力」の醸成実態に着目し、住民自治による住環境管理活動が良好な社会資産形成に向けて果たしている効用について分析することで、法運用効果の向上に資するような自律的住環境管理システムを提示するものである。そのために、下記のような研究を行った。

(1) 建築協定制度の運用履歴

全国の建築協定の運用実態を、これまでの調査データの蓄積を活用してデータベース化し、地区ごとに協定認可後の運用履歴を把握した。また、全国の建築協定の更新実態を調査・分析し、有効期限切れ後の対応実態の特徴を明らかにした。その結果、近年の傾向としては、新住宅地で締結された建築協定が有効期限に達し、新たに住民合意を確保して再締結した地区が年々増加しているために、一人協定制度での締結件数が減る一方で、住民合意で締結された建築協定（合意協定）が増加していることが分かった。また、建築協定に定められている制限項目の特徴を地域別に明らかにした結果、用途制限では政令指定都市の他に東北地方と近畿地方で制限を設けている割合が高いこと、敷地制限では関東地方、政令指定都市等の大都市部で高い制限率となっていること等が分かった。さらに、建築協定の文言を調べた結果、建築物の制限に関して「協定運営委員会の承認を得ること」と表現している地区が多く存在することが分かった。こうした協定運営委員会の判断に委ねる承認手続きは、地域コミュニティが主体となった住環境管理を進める上では欠かせない重要な仕組みであることを提示した。

なお、1989年4月から2002年3月までの間に期限切れを迎えた全国の建築協定地区(1,808地区)を調査対象地区として協定の更新実態を調査・分析した結果、64.3%が更新(内、再締結は22.5%)、失効率は24.3%であったが、建築協定地区連絡協議会が設立されている5自治体(横浜市、名古屋市、京都市、大阪府、神戸市)では、再締結率が47.5%と高くなっており、連絡協議会の活動成果が反映されていた。また、一人協定制度で締結された分譲住宅地では、既成市街地で締結された合意協定地区よりも失効率が低く、協定の定着率が高くなっていることが分かった。その他、協定内容を変更して更新した地区や協定区域を拡大した地区では更新のための多様な活動がなされており、その影響で失効期間が長くなっていること、協定区域の広い地区でも失効期間は長めであるものの、建築協定の必要性が住民に認知され、失効率は小規模地区よりも低くなっていること等が明らかになった。

(2) 建築協定地区における住環境管理実態と合意形成活動

全国の建築協定地区（横浜市、名古屋市、京都市、大阪府、神戸市）を対象にしたアンケート調査結果の分析を行い、建築協定を更新する際の合意率や失効期間に関与している要因を数量化理論Ⅰ類によって明らかにした。その結果、合意形成のためのアンケート調査の実施は合意率の向上と失効期間の短縮化の双方に寄与していたこと、「住民全員による共同作業の実施」は失効期間の短縮化に大きく関与していること、更新に成功した背景では、「制限内容を絞り込んだこと」が合意率の向上や失効期間の短縮化の双方に寄与していること等が分かった。また、合意率を向上させるスコアが最も高かったのは「住民の中に専門家がいた」であったが、「建築協定の役割を住民が理解」「町内活動が活発だった」「日頃から付き合いを重視」といった日常のコミュニティ活動による成果は失効期間の短縮化に現れていた。

また、建築協定制度と類似する制度として、京都市内において市街地景観整備条例に基づく景観協定を結んでいる地区（西陣大黒町地区、四条大宮地区、祇園町南側地区）を事例にヒアリング調査やアンケート調査を行ったが、建築協定と同様に住民自治による運営方法の如何によって法制度の運用効果は大きく左右されることを確認した。

(3) 街並み景観への影響度からみた増改築等の実態分析

増改築等の街並み景観への影響を客観的に評価するために、京都市の洛西ニュータウン内（西京区）に立地するテラスハウス団地を調査対象にして、住戸周辺との「調和性」*1と、街路からの印象である「社会性」*2との面から増改築等の実態を把握し、地区ごとに景観の特性を明らかにした。

*1) 調和性：周囲とのまとまりを大切に、調和を重んじる性質。

*2) 社会性：他人を含めた全ての人との人間距離を臨機応変に保つ性質。

その結果、テラスハウスであることから外壁の色調や外構のデザイン等に「調和性」の高いものが多く、「社会性」の高い住戸も多いことや、「調和性」と「社会性」とは相関が見られることが分かった。さらに、「調和性」と「社会性」の両者の達成度から、増改築パターンを「開放型」「閉鎖型」「自主型」「孤立型」に分類し、それぞれの特徴を明らかにしたが、建築協定が締結されている地区では非協定地区と比較して「調和性」と「社会性」が共に高く、「開放型」の街並みを形成しており、しかも近所付き合いが活発で永住意識も高く、住環境に対する総合満足度が高いことが分かった。

(4) 建築協定の締結効果の検証～路線価を評価対象として

建築協定が締結されていることが路線価方式による地価にどのように影響しているかを分析するために、京都市西京区内で締結されている建築協定地区と洛西ニュータウンを対象として、平成18年から過去6年間の路線価について調査し、その変動を明らかにしたが、建築協定地区の方が周辺地区よりも地価が高い結果となり、地価変動率も低くなっている結果が明らかになった。

(5) 法運用効果を高める建築協定の運営方法

建築協定の運営課題を明確にした結果、建築確認申請前に工事内容を協定運営委員会に届け出、審査する仕組みである「事前協議制」を有効に活用することや、日常のコミュニティ活動と連携した協定未加入者への働きかけといった活動が重要であることが分かった。その

ため、協定違反の未然防止活動や協定除外地・隣接地への対応方法等について検討したが、事前協議の手続きを条例化する等して所定のチェックシートを確認申請書へ添付することを義務化していくことが大切な取り組みとなることが分かった。また、協定除外地や隣接地への対応としては、建築協定では定めることができないような幅広い地域問題にも対処した生活ルールを、自治会規約などで明文化して協定除外地や隣接地にも適用して取り組んでいくことが、より一層効果的であることが分かった。

(6) 建築協定の運営による「地域力」の醸成プロセス

全国の建築協定地区を対象にして行ったアンケート調査の項目の中から、協定運営活動に関する 11 のアイテム（総カテゴリー数：68）を分析対象にして、数量化理論Ⅲ類の方法により協定地区における「地域力」の醸成実態を明らかにした結果、協定運営活動には「協同性」、「自律性」、「規律性」という三つの側面があることが把握できた。そして、協定地区の地区条件別にこれらの三側面の醸成実態から「地域力」を評価したが、一人協定地区では建築協定が入居時から存在することから、当初から「規律性」は合意協定地区よりも高いが、住民間のコミュニケーション不足や住環境保全意識の未熟さから「協同性」や「自律性」は低いこと、しかしながら日常のコミュニティ活動や協定運営活動をつうじてこれらの側面が醸成され、さらに建築協定の更新（再締結）を経験することで「自律性」が高まっていること等が分かった。一方、自動更新制で更新された一人協定地区では、運営年数を経るごとに「協同性」は高まっているものの、「自律性」は再締結地区ほど高まっていなく、住民意思を再確認する手続きで進められた更新活動が、協定運営の「自律性」を高める点で特に重要な取り組みであることが分かった。

さらに、協定運営の醸成プロセスを建築協定の締結形態ごとに分析したが、一人協定地区においては日常のコミュニティ活動や協定運営活動、さらに建築協定の更新を経験することで「地域力」が高まっていき、協定違反の未然防止や未加入者への働きかけといった多様な協定活動が実施されるように発展していていること、一方で合意協定地区の場合には当初から「協同性」や「自律性」が醸成されているが、協定締結後は協定運営をつうじて「規律性」が養われていることが明らかになった。

そして、「地域力」を高めるような協定運営の方法について考察したが、協定運営委員会開催の定例化に加え多様な協定活動やコミュニティ活動を展開していくことは「協同性」と「規律性」の双方を高めていること、運営委員が建築工事の監視を行っている地区では「協同性」の他に「自律性」の向上にも寄与していたこと等が明らかになった。また、協定未加入者に対しても日頃の付き合いを大切に、建築協定への理解を深めてもらうような協定活動は「協同性」「自律性」「規律性」すべての側面の「地域力」を高めていることも分かった。

以上の結果より、建築協定地区で定着している「事前協議制度」や日常の多様な合意形成活動は、地域コミュニティが主体となった住民自治による住環境運営手法として大きな役割を果たしており、こうした仕組みを広く地域に定着させていくことが、持続可能な社会づくりを進めていく上で重要となることを提示した。

06-47 我が国における出入り口まわり製品の変遷に関する研究

東京理科大学工学部建築学科

教授・工博 真鍋 恒博

1 背景

建築には多種多様な部品・材料が用いられている。これらは、初めてこの世に出現した当時から比べると様々な理由から変化してきており、それとともに建物全体の構法にも変化がみられる。しかし、著名な建物に採用されたような特殊例は別として、一般に普及している部品・材料等は、変遷の詳細な記録があまり残されていないのが現状である。建築史の分野でも、現代の建築部品・材料・構法の変遷が研究対象とされることは稀である。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「内装・開口部の変遷」について1987(S62)年度にも調査を行っており、その結果は書籍「図説 近代から現代の金属製部品の変遷 第1巻 開口部関連部品／真鍋恒博著」(株式会社建築技術／1996年2月10日発行)として公表されている。

今後も様々な部品・材料が開発され、変化していくであろうが、これらの変化を把握・考察することは、今後の開発にも非常に役立つものと思われる。

また、社史や業界史を編纂しているメーカーや業界団体もあるが、部品・材料の詳細まで言及したものは少ない。過去の製品のサンプルやカタログを体系的に保存するメーカーにいたってはほとんど無い。

以上のような状況のもとで建築部品・材料の変遷の調査を進めるには、各メーカーの開発担当者の記憶に頼るところが多くなるが、特に戦後日本の建築部品・材料・構法の技術史を捉える上では、現在、開発担当者の引退時期であり、早急な調査が必要である。

また、一度調査した部品や構法も、それがなくなる限り変化し続けている。そのため、改めて調査を行い、データの更新が必要と考えられる。出入口関連部品についても、上記の研究においては、金属製の製品のみを、可動間仕切に関してはオフィス等の非住宅用の製品のみを対象としている。そのため、近年の特に住宅に見られる要求の多様化を反映した製品についての詳細なデータを記録が必要である。

2 目的

- ・1966(S41)年から現在までの国内における出入口関連部品の変遷の様子・技術開発など変遷の要因となる事柄や影響などの構法的な調査・記録
- ・調査・記録した情報による年表
- ・変遷の要因・影響を含めた各種観点ごとの変遷の把握
- ・各材料間(特に出入口関連部品の枠・框材料)の関係等の把握

3 対象部品

本研究では、開口部関連部品の変遷調査の継続研究として、住宅及び集合住宅の出入口関連部品(玄関戸・一般室内戸及び可動間仕切・勝手口戸・浴室戸)を対象として、その変遷を調査した。ただし、浴室ユニット専用の戸は対象外とした。

4 研究方法

既往研究から関連項目を抽出した後、雑誌・書籍・社史・カタログ等から、住宅の出入口関連部品の材質・開閉方式・開発理由等の読取りが可能な資料を収集した。更に、企業調査(アンケート25件、ヒアリング7件)により、開発のプロセス等、文献資料からでは得られない情報について調査を行った。以上の調査結果を各種観点から分析し、対象部品ごとに変遷の概要をまとめた。

5. 調査結果

5-1 玄関戸の変遷

①住宅用製品の登場

1960年代までは建具屋が製作した木製玄関戸が主流であったが、1960(S45)年に大手建材メーカーからアルミ枠玄関開き戸が登場した。芯材は木芯かペーパーハニカムであり、強度や防錆の要求に対応して化粧鋼板が採用された。

②高度経済成長期

1970年代には、袖・欄間を一体化した製品や、ドアクローザーやドアチェーンを採用した製品が登場した。また、住宅の洋風化・高級化に対応して、鋳物で装飾された玄関戸が発売された。

当時の玄関戸は金属製が主流であった。楽器メーカーなどが木製玄関戸を発売したが、反り・耐候性等の問題から1980年代前半にはほとんど消滅した。一方で、木製玄関戸に対する人気から、アルミに塩ビ製の木目調シートを貼った製品が登場した。

③断熱玄関戸の発展

1980(S55)年の省エネルギー基準制定に対応して、既に発売されていた戸の内部にグラスウールを充填した断熱玄関戸に加えて、発泡ウレタン注入の断熱玄関戸が登場した。その後、同基準の2度の改正に伴い、戸の断熱のみならず、枠や框にも発泡樹脂で断熱を施した製品が登場した。1986(S61)年には枠・戸を樹脂で製作した玄関戸が登場したが強度等の問題から販売中止になった。

④製品の多様化

バブル期には、デザイン・色の種類の増加や電気錠の採用など、製品が多様化した。また、防犯意識の高まりから、ディンプル錠や、戸の厚みの中に納まって破壊されにくい薄型シリンダーを装備した製品も登場した。1990年代後半には、下枠の段差が小さくて開口幅が広いバリアフリー製品が発売された。

2000(H12)年以降になると、玄関戸の性能が一定水準に達し、各メーカーは性能向上以外の面でも、製品のモデルチェンジや技術の複合を行っている。

また2005(H17)年頃からは、環境負荷低減のため、断熱材が、フロンをを用いるウレタンから水を用いる硬質発泡スチロールへと変化しつつある。

5-2 室内戸の変遷

5-2-1 一般室内戸の変遷

①製品の登場

1975(S50)年に戸のみの製品が登場した。この頃から、建材メーカーによる枠・戸セットの製品の発売が始まったが、当時はまだ、枠は大工が作り、戸は建具屋が作って取り付けるのが、一般的であった。

②製品の一般化

1990年代に入ると、それまで1サイズのみを生産していた建材メーカーが、次第に住宅の建設現場の実状に対応するようになり、サイズの種類を増やしていった。これらを背景に、1970年代から発売されていた枠・戸セットの製品が、ようやく一般的となった。

枠・戸セットの製品の普及とともに、次第に品揃えの多様化が必要になり、この頃から各メーカーともに色・柄・デザインの豊富な製品を発売するようになった。

③バリアフリー・環境配慮製品の登場

1995(H7)年に建設省から発表された「長寿社会対応住宅設計指針」に基づき、各メーカーから有効開口750mm以上のバリアフリー対応製品や、開閉し易い機構の製品が発売された。1990年代半ばからは、脱塩ビ化や低ホルムアルデヒド化の取り組みが始められた。

また1980年代は主に完成品での出荷だったが、現場での正確な組立が可能になり、現場での廃材の発生を抑える必要が生じてきたため、1990年代には、ロックダウン式が主流になった。

1980年代には高い遮音性を強調した製品が多く発売されたが、2003(H15)年に改正建築基準法に基づくシックハウス対策が施行され、室内での24時間換気の義務化が

始まったため、近年ではそのような製品は少なくなった。

5-2-2. 可動式間仕切の変遷

①住宅用製品への転用

1950年代、可動間仕切は主にオフィス用であったが、住宅の洋風化の影響を受け、1964(S39)年に住宅用にサイズダウンした製品が登場した。

②製品の浸透

1970年代には、伸縮式可動間仕切が公団住宅に採用され、襖に代わる間仕切として、一般の住宅にも浸透した。

1980年代後半には、折戸式可動間仕切の開発が全盛期を迎えた。1994(H6)年には省スペース化を図った4枚折戸方式の新たな機構の製品が開発されたが、壁でも戸でもない中途半端な製品であったため、バブル崩壊と共に衰退した。

③近年の動向・新たな製品の登場

2000年頃以降、伸縮式可動間仕切メーカー数は全盛期の4分の1程度になった。一方、襖・障子の要素を現代住宅に応用した引戸型可動間仕切が普及し始め、発売当初は、各メーカーとも下荷重タイプであったが、バリアフリーに対応するため2005年頃からは上吊タイプも登場した。

5-3 勝手口戸の変遷

製品化された勝手口戸は、アルミサッシの延長として1970(S45)年に登場した。1990年代に入ると住宅の気密化に伴い、通風のための上げ下げ機構が開発された。2001(H13)年頃、勝手口周りの土間からフローリングへの変化に対応して、勝手口戸にも水密・気密性が求められるようになった。2003(H15)年には、2ロックや鍵の不要な錠等の採用によって防犯性を高めた製品が登場した。

5-4 浴室戸の変遷

1971(S46)年に浴室戸単独の製品であるアルミ製浴室戸が発売された。1980年代後半になると、各メーカーから強化ガラスや樹脂パネルを使用して安全性を高めた製品が発売された。またこの頃、脱衣室側からコインで解錠可能な機構が登場した。バブル期には、現在では見られないカラーバリエーションが用意された。

住宅用ユニットバスの普及により、1990年代以降は浴室戸単独での新たな製品の開発はあまり見られない。

6. まとめ・成果・課題

出入口関連部品は、従来は大工・建具屋が製作していたが、住宅の増加に伴って製品化が進んだ。玄関戸・勝手口戸には耐候性・断熱性・防犯性等が求められ、一方で室内戸・浴室戸には1980年代後半から安全性・使い勝手等が要求されるようになった。1990年代以降には、出入口関連部品全般にバリアフリー製品が多く登場した。また近年は、生活環境や嗜好の多様化に対応するため、各メーカーともに性能や意匠の面で様々な試みを行っている。

以上のように、我が国における住宅用出入口関連部品の変遷を把握することが出来た。今後は、引き続き関連企業に対してヒアリング等の調査を行うなど、さらに詳細な情報を収集することで、変遷の内容をより充実させる必要がある。また、他の工業化された建築部品の変遷との比較及び考察を行っていくことも課題である。

参考文献

- 1) 真鍋恒博・千羽範尚・小野真沙美 我が国における建築用断熱材の変遷—現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究—日本建築学会計画系論文集 590号 2005年
- 2) 真鍋恒博 渡邊基・齋藤大輔 我が国における階段製品の変遷—現代の建築部品・構法の変遷史—日本建築学会計画系論文集 595号 2005年
- 3) 真鍋恒博・前田裕史 我が国における洗面化粧ユニットの変遷—現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究—日本建築学会計画系論文集 537号 2000年
- 4) 安部理恵子・池田ゆかり 加藤泰子 現代の建築部品・構法の変遷史—フライント、カーテンレール、金属製ドア、シャッターについて—共立女子大学卒業論文 1987年
- 5) 小山田雅美 内装・開口部部品の変遷に関する調査研究 東京理科大学大学院卒業論文 1987年
- 6) 齋藤大輔 我が国における住宅用サッシ及び関連部品の変遷 東京理科大学大学院卒業論文 2005年

06-48 住宅リフォーム工事のアビリティに関する研究

芝浦工業大学建築工学科
准教授 蟹澤宏剛

1 はじめに

わが国では、既に住宅ストックが世帯数を上回っており、新設住宅数は長期的に漸減傾向にある。住宅は、量から質への転換が求められるようになってきているわけであるが、国土交通省の住宅需要実態調査によれば、住宅に対する満足度はまだまだ高いとはいえない。

そういった背景もあって、リフォームが注目を浴びるようになって久しいが、市場が伸び悩み傾向にあるのは（（財）住宅リフォーム・紛争処理支援センターの資料による）、リフォームに対するネガティブなイメージが払拭しきれていない現状の反映とも考えられる。

住宅需要実態調査結果等からリフォーム工事の実態を読み取ると、水回りの改善に関する工事、壁紙や床の張り替え、屋根工事などが多く、価格では、そのほとんどが500万円未満の所謂「軽微な」工事である。そういった事情もあり、現状のリフォーム業界は、規制が少なく、参入しやすいこともあり、悪質業者による訪問契約、粗雑な工事、不必要な工事などリフォームに関しては、従前から様々な問題が指摘されている。その一方で、従来は地域の住宅の維持（広い意味でのリフォーム）の担い手であった工務店等の小規模建設業は衰退しており、ユーザはリフォームに関する身近な相談窓口を持たないという実態がある。また、工務店等の側は、リフォームのニーズが、確実に存在することを認知しつつも、様々な不確定要素のリスクを危惧する余り、事業の推進を躊躇しているという悪循環が存在している。

以上が現状のリフォーム工事および市場の概況であるが、その問題やトラブルの内容について、体系的に整理されているとは言い難いのが現状である。本研究は、住宅のリフォーム工事に必要な知識・技術・技能・マネジメント力等を表す概念を「アビリティ」と定義し、まずは、トラブルの事例から、現状の住宅リフォーム市場の状況を整理した。続いて事業者等への調査により住宅リフォーム工事必要なアビリティを抽出して、そのアビリティを向上させる手段等を考察する。それにより、一般消費者との間のトラブルを減少させる対策を提案しようというものである。

2 研究方法

本研究は、全国の消費生活センターへ寄せられた消費生活相談情報「PIO-NET」をベースにしている。データは、「独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律」に基づき、国民生活センターから得たものである。分析を行ったデータは、2005年4月 - 2006年12月の21ヶ月分、合計16,588件である（なお、PIO-NETにおけるリフォーム工事とは、屋根工事、壁工事、増改築工事、塗装工事、内装工事を合算したものと定義されている）。

続いて、これらから抽出された課題に対し、増改築相談員に対するヒアリング調査を行った。増改築相談員制度は、昭和60年度に創設されたもので、登録者数は平成19年4月現在、約18,200人となっている。

さらに、リフォーム工事のトラブルを防止するために、実際どのような対策が施されているかについて、リフォーム工事の担い手である、専門者と工務店の調査をおこなった。主な調査項目は、以下の通りである。

- 契約書の書式と免責事項、特記事項について
- 積算における現場確認の方法
- 特に、目視検査不可能な下地、漏水等に関する扱い。
- 見積もりの方法、標準メニューの有無など
- アフターサービス、保証について

3 まとめ

リフォーム工事は、制度が前提とするように「軽微」とは限らず、様々な点においてむしろ新築より難しい。特に、構造体に触れる必要のある改築や設備の更新などは、不確定要素も多く、事業者の側はリスク、ユーザの側は多くの不安を抱えることになる。

トラブルの多くは、そうした前提と実態のミスマッチに所以するものであり、悪徳業者による訪問販売は、逆にこうしたリスクや不安を巧みに利用したものであるともいえる。それに対し、制度（特に建設業法）やユーザの認識、参入する事業者がその前提に立っていないところにトラブルの要因があると考えることができる。

トラブルのほとんどは、「改装」レベルが主流であり、トラブルが生じるのは、① 屋根や壁などの見えやすい部分、② 床下、屋根裏などの見えない部分（ブラックボックス）の相反する事象に二分する傾向がある。これは、ビジネスにおいても同様で、元来ニーズが多いと思われる修繕や改築などは非常に少ない。

構造体や仕上げの下地にさわる工事は、不確定要素が多く、工事業者の側から見ると、思わぬ追加工事が発生するリスク、工期遅延のリスク、採算割れのリスクなどの潜在的リスクを抱える。これを、ユーザの側からみると、事前に価格が確定せず、思わぬ追加工事が発生するリスク、工期遅延のリスクなどは同様で、さらに、素人にはブラックボックスであるが故の不安、事業者を信頼して良いのかという不安、工事金額がオーバーするのではないかと不安などの潜在的不安を抱える。

悪徳業者による訪問販売は、逆にこうしたリスクや不安を利用したものであり、善良な事業者が尻込みをする理由でもある（実際、明らかにユーザの側に問題があるトラブルも多い）。

事業者側のアビリティとしては、見積と現状調査が重要である。見積には、積上げ方式と定価方式があるが、現状、後者は少数派で、顧客には分かり易いが、下請けへの発注が難しくなるという問題がある。リスク回避のための事前現場確認は、営業と技術系の複数の人員で、施主立ち会いのもとに行うなどの方法がある。

経費については、新築と同様施主の理解が得にくく、実コストの一部（全体金額の3～15%）計上し、計上出来ない分は、製品代の一部や施工費に上乗せしているのが実態である。ただし、産廃処理費については、明示するのが一般化しつつある。適正な経費の明示は、積算の困難なリフォームでは、より重要であり、業界側の努力も必要である。

いずれにせよ、元来、リフォーム、すなわち住まいに対する手入れは、一過性ではない。対処療法でなく、長期的な視点に立った方策を事業者、ユーザ双方に提示することが必要である。

06-49 建築基準法、品確法を満たして安心安全を確保するFCシステムのチェックシステムの開発研究とチェックシート及び解説書の作成

特定非営利活動法人 建築技術支援協会
戸建住宅部会会員 片岡 泰子

1. 研究の背景と目的

1-1. 背景

近年、急激に業績を伸ばしている住宅FCシステムの施工現場の実態は、ともすれば営業や材料供給に重点が置かれ、設計・施工の品質管理は寒心に堪えない状況が散見される。特に、施工管理を見ると、これに携わるフランチャイザーに属する個々の技術者の知識(能力)差が大きい。この状況を早急に改善するためには、系統立てた技術教育を必要とする。

また、FCシステムに限らず、戸建住宅の場合、受注活動、設計、工事、AMまでの一連の流れの中で、「営業」「設計」「施工(工事管理)」「監理」「AM」を同一企業が行うのがごく一般的である。

それ故に建物の品質管理という観点から見れば、今日の住宅供給の仕組みの中で、建築関係諸法規の主旨を体して、工事管理者が工事管理において客観性のあるチェックを確実に行ってゆける仕組みを充実させることが重要である。

2-2. 目的

住宅をシステムの的に供給する場合、整備された構造基準、標準図、基本仕様等があり、更にそれを適確に実現する品質管理体制がないと現場でミスを起こしやすい。故意でなくても、うっかりミス、知識不足によるミス等がおきがちであり、これを未然に防ぎ、真に住宅品質確保促進法に適合するようなFC住宅の品質管理の具体的な方策を提案する。

中間検査や完成検査において、各々の特定行政庁や確認検査機関の検査は「工事施工者(工事管理者)」が自主検査していることを前提に、現場チェックを実施する部分が圧倒的に多いことから「工事施工者(工事管理者)」は工程管理に併せて第三者チェックレベルの検査を行い検査時の記録を確実に残しておく必要がある。そのための基本的な仕組みと「チェックシートおよび同解説」を併せて研究作成する。

2. 研究の対象と成果

2-1. 研究の対象

極めて幅の広い木造軸組工法の中から、あるFCグループの標準的仕様を基本にして、現在、最も多く使われている住宅金融公庫木造住宅工事共通仕様書による2階建て住宅の範囲を対象とした。

2-2. チェックシートの作成方法

上記のFCの工事現場をサンプルに、敷地調査の段階から着工から完成引渡しまでの、主要工程についてその施工段階ごとに区切り、現場密着で徹底的に調査したデータに基づいて、工事の現況とこれの問題点を抽出してチェック事項にフィードバックし、施工上のチェックポイントをチェックシート方式にまとめその改善方策を研究し解説することにより、汎用性のある「工事チェックシートおよび同解説」を作成する。

3. 報告書の概要

3-1. 第1章

現在のフランチャイズシステムを、住宅づくりの全体ネットワークからみて、資材供給ネットワークや加盟店の問題点に焦点をあわせて考察した。

3-2. 第2章

木工事に関しては今やプレカットが主流をなしている。この流れを流通から品質管理、工場生産までのプロセスを考察し、F C市場の管理体制への影響解明を試みた。

3-3. 第3章

品質管理項目の原則を、検査種別及び検査項目ごとに整理。①地縄検査(自主検査、施主立会)、②配筋検査(含公的検査)、③基礎出来型検査(自主検査)、④構造区体全般検査(自主検査)、⑤中間検査(公的検査)、⑥雨仕舞検査(自主検査)、⑦木工事完了検査(自主検査)、⑧各種設備の検査(自主+公的検査)、⑨竣工検査(自主検査)、⑩完了検査(公的検査)、⑪施主立会、⑫引き渡し、⑬アフターメンテナンス引継、⑭現場管理遂行上伝様な設計図書類の14項目にまとめた。

3-4. 第4章

前章を承けて、各工事の解説とチェックシートを作成した。構成はかきのとおり。

[工程 1]仮設工事

[工程 2]基礎工事

[工程 3]木工事一般事項

[工程 4]木造躯体工事

[工程 5]屋根工事

[工程 6]断熱工事

[工程 7]内部造作工事

[工程 8]左官工事

[工程 9]防水・止水工事

[工程 10]バスユニット工事

[工程 11]外部建具工事

[工程 12]外装工事

[工程 13]タイル工事

[工程 14]内装工事

[工程 15]塗装工事

[工程 16]その他雑工事

[工程 17]設備工事

[工程 18]竣工検査

[工程 19]クリーニング

3-5. 第5章

第4章の各工事チェックシートに基づいて、工事写真と共に記載例を示した。

以上

06-50 エイジング特性を考慮した都市景観の 色彩計画に関する研究

九州産業大学大学院

学術フロンティア景観研究センター

博士研究員 松山 祐子

地方公共団体による都市景観条例の制定に加え、「美しい国づくり政策大綱」の発表や景観緑三法の施行により、近年、わが国では良好な都市景観を形成するための仕組みが急速に整備されつつある。その一方で、近年の建築外装仕上材料の開発や技術の発展に伴い、都市景観においては様々な色彩が無秩序に現れてもいる。

これまでの建築物等の色彩に関する規制としては、都市景観条例における抽象的な表現と、景観色彩ガイドライン等により推奨される色彩を提示する方法がとられていた。しかし、法律の根拠を持たない自主条例のため、強制力をもたないのが実情であった。これに対し、景観法の施行により、景観計画を策定してより強い規制が可能となった。そこで、色彩の基準を明確化し、客観的なルールを策定する地方公共団体が増えている。

さらに、地球環境の保全と地球資源の維持の観点から、建築の分野でもスクラップアンドビルドから建築物の寿命をいかに伸ばすかという課題が重要視されるようになってきている。日本建築学会においても建築物の耐用年数の向上は具体的な行動目標として掲げられており、そのためには建築物の耐久性の向上と適正な維持保全が基本的な条件となる。長寿命化に伴い建築物に歴史が付加され魅力が増し、社会的にも経済的にも有用な資産となるような価値観を形成するためには、美観の維持が重要な課題と考えられる。特に、建築物ファサードを形成する外装仕上材料は美観を左右する重要な要因であり、その表面の色彩が景観評価に及ぼす影響は大きい。

本研究では、まず、景観色彩に関する行政の指針を把握するとともに、国内外の代表的な都市景観の現状の色彩特性と、その形成過程を明らかにする。その後、景観を構成する主要素である建築外装仕上材料の美観性評価やエイジング特性を加味したデータベースを構築することにより、都市景観の持続可能性を考慮した色彩計画に寄与しうる知見を得ることを目標とする。

まず、これまでの景観計画における色彩規制を吟味すると、建築物等の色彩に関して色彩値による規制の記述が認められたのは44計画であり、全てがマンセル表色系を用いたもので

ある。いずれも、主に建築物等の基調色（最大面積部分）を対象として基準値が設定されており、彩度基準値はその全てで設定されている。明度基準値の設定数は 18 計画のみであり、その設定方法は上限値の設定（「○以下」表記）、上限値と下限値の設定（「○以上○以下」表記）、下限値の設定（「○以上」表記）の 3 種類である。明度基準値の設定に関して、色相による差異はあまり見られない。彩度基準値はすべて上限値設定（「○以下」表記）であり、色相ごとに異なる基準値を設定する計画が多い。R~Y は 4 または 6、その他の色相は 2 という設定が約 4 割で得られる。また、自然素材や表面に着色を施していない素材には、その規制が適用されない計画が多い。さらに、基調色以外の色彩基準値設定の対象としては屋根が 9 計画、アクセント色が 4 計画である。重点地区ではより厳しい彩度基準値を設定している計画が多く、R~Y は 2~4、その他の色相は 1 または 2 である。また、使用不可となる色相を設定する計画も見られる。

つぎに、都市景観の現状調査として、福岡市（政令指定都市）、鹿児島市（中核市）、久留米市（中核市）、佐世保市について調査を行った。いずれも、景観行政団体として、景観計画の策定を目指した取り組みを始めている。景観計画において行為の制限として規制が予定される建築物等を対象に、乱数による単純無作為抽出法により抽出し、JIS 標準色票を用いた基調色（最大面積部分）の視感測色調査を行った。いずれの都市も、暖色系（R, YR, Y）の色相が半数以上を占め、比較的高明度で、低彩度の色彩が多く見られた。さらに、街路景観の現状調査として、国道 202 号（けやき通り）と都道 413 号（表参道）の調査を行った。どちらもけやきの街路樹とベージュ系、もしくは無彩色系の建築物の統一感により景観価値が高まり、良好な景観として認知されていると思われる。

そこで、得られた全データを、建築外装仕上材料別に分類すると、最も多いのがタイル仕上で約 3 割となる。次いで、塗装仕上が多く約 2.5 割となる。タイル仕上に関しては、YR の高明度・低彩度の状態が最も多い。エイジングを考慮しすると、調査を行った建築物の多くは、経過年が増すに従って劣化が目立つようになり好ましさが低下する傾向があるといえる。そのため、新しく好ましいと評価される比較的高明度が高いタイル仕上に関しては、維持管理を行うことで好ましさを保つ必要があるといえる。また、塗装仕上に関しても、定期的な塗り替えにより、好ましさを保つ必要があるといえる。

さらに、福岡市（全 780 棟）については、GIS ソフト（ESRI 社 ArcGIS）を使用し、その地図上に種々のデータと写真資料を搭載し、データベースの整備を行った。さらに、測色をおこなった建物基調色の色彩を用いた彩色マップを作成し、空間的な分析を行った。これらを基に、今後、継続して測色調査を行って、時間分析につなげたい。

以上のことを踏まえ、エイジング特性を考慮した都市景観の色彩計画手法（案）の提案を行った。これまでの建築物等に関する色彩誘導に対する考え方は、「周辺に調和する色彩を選ぶ」や「けばけばしい色彩は避ける」といった表記からも分かるように、地域の景観を阻害するような色彩を排除していくことに重点が置かれている。また、「騒色」としても取り上げられるようになり、周辺との関係性を無視し、目立つことのみを強調した建築物は地域の問題と

して扱われる事例もある。これらを踏まえれば、これからの景観計画における色彩規制においても、地域の色彩調査結果を基礎データとし、現状の色彩の出現頻度を考慮した上で、極端なはずれ値を排除することが、対策の手始めとして妥当と考えられる。

そこで、極端なはずれ値を排除することを念頭に置き、統計手法の一つであるパーセンタイルを用いた色彩基準値の検討を試みる。現状を踏まえた色彩調査結果により検討を行うため、色彩基準値を設定する際の客観的な判断指標になり得るのではないかと思われる。これらのことを踏まえ、本研究では、試みに設定値を中央値が含まれ、分かりやすい範囲設定である四分位点とした。明度は上下四分位間、すなわち25-75パーセンタイル値を扱い、彩度は、彩度値0から上四分位値の75パーセンタイル値を扱った。

また、景観色彩計画を検討する際、その地域固有の風土色（＝自然色）を抽出し、そこで得られた色彩をもとに建築物等の色彩を計画することで、都市景観の色彩調和の基礎が得られると思われる。風土色として、行政によって統一された調査、分類方法によってまとめられ、一般に公開され、活用可能な状態である植生分布と表層地質分類および土壌分類より検討する。これらの情報は、縮尺と更新頻度にやや問題があるが、日本全体の情報がまとめられた状態にあるため、国内における地域の風土特性を計る客観的な指標となる。自然景観の中では大きな面積を占める樹木や土壌の色彩がベースとなる一方、都市景観においては建築物の色彩がベースとなる。そのため、風土を保存していくためには、建築物等の基調色（最大面積部分）は風土色よりも目立つものであってはならないだろう。つまり、風土色よりも鮮やかな色彩の使用は避けることが望まれる。

地域固有の景観の質を向上するためには、文芸や美術、宗教、風習等のあらゆる人間生活の表現から得られる色彩を踏まえることにより、建築物の基調色のみならず、強調色（アクセントカラー）として地域のオリジナリティを活かした色彩計画も必要である。本研究では、その前提として、広く公開された自然景観に係るデータと、これまでの都市景観施策をもとに抽出された建築物等の色彩調査結果に基づき、統計手法を用いた建築物の外壁基調色の客観的な色彩基準値と設定方法を提案した。本研究では、パーセンタイルの設定値として四分位点を考慮したが、地域によって範囲設定を変更することも可能であると考えられる。都市景観条例等の施策をもたない地方公共団体においては、行為の制限として規制対象とする建築物等を検討した上で、それに該当する既存建築物等の適当なサンプル数を抽出し、調査することが望ましい。また、エイジングに配慮する誘導も必用であると思われる。エイジング効果の高い仕上材料や色彩を推奨することにより、メンテナンス計画も含め、建築物のエイジングに関する対策を計画時より検討を行うことが望ましい。

06-51 外部刺激により剥がしやすくなる壁紙用 接着剤の開発

兵庫県立大学大学院工学研究科
准教授 遊佐 真一

1. はじめに

これまで壁紙と建材との接着に使用する接着剤は主に接着性の良さのみが注目され、壁紙の剥がしやすさが考慮されることはなかった。近年、住環境の変化や生活様式の変化から、家の建て替えよりもリフォームを行う人の数が増加してきている。また気分に合わせて壁紙を交換したり、オフィスや飲食店などの模様替えの際に壁紙を交換するなど、消費者のニーズは多様化している。さらに建築物を取り壊す場合、多くの壁紙に使用されているポリ塩化ビニルは環境問題の点から、他の建材と共に廃棄することはできないので、完全に壁紙を剥がして分別を行ってから処分する必要がある。従って、これまで以上に壁紙を建材から簡単に剥がせる接着剤の需要は伸びると予想される。単純に接着性が弱く剥がしやすいというコンセプトでは、壁紙の耐久性が著しく低下すると予想される。そこで、通常の状態でも強力な接着性を示し、壁紙は剥がれる事はないが、外部から pH や温度などの特定の刺激を与えた時だけ、それらの外部刺激に応答して剥がしやすくなる接着剤を開発することが本研究の目的である。

建材に接着した壁紙を剥がすときに、与えることのできる刺激としては以下のようなものが想定される。

1. 機械的な力
2. 添加物（水、塩、pH、有機溶媒など）の有無および量の変化
3. 温度変化
4. 光照射
5. 電気刺激
6. 磁気刺激

1 の機械的な力は必ず必要になる。機械的な力に何らかの外部刺激を組み合わせた時に、初めて壁紙が剥がせるような接着剤の開発を目指す。2 の添加物を外部刺激として利用する場合、環境への負荷があるために有機溶媒を用いて剥がすことは好ましくない。従って水または水溶性の添加物量および、pH の変化などにより剥がしやすくなることが望ましい。ただし、単純に水で剥がれてしまうと、梅雨の湿気の多い時期の壁紙の耐久性が低くなってしまふ。そこで、例えば水だけではなく塩、酸、アルカリなどを含む水溶液を壁紙と建材の隙間に染み込ませることにより、壁紙を剥がしやすくする等の工夫が必要である。

3 の温度変化の利用方法としては、高分子のガラス転移点 (T_g) の利用が考えられる。例えば室温付近でガラス状態で剥がれることは無いが、加熱した時に T_g 以上となりゴム状態に

変化して剥がしやすくなるような高分子を接着剤に混合しておく。4 の光照射を利用するのは、壁紙が透明でない場合は困難が予想される。また5と6の電気刺激及び磁気刺激は、かなり発展的な発想だと考えられる。

上述事項から、「力学的力+酸またはアルカリ」「力学的力+塩」「力学的力+温度」もしくはこれを組み合わせた刺激により、剥がれやすくなる接着剤を開発するのが適切であると考えられる。本研究では建材と壁紙の接着に使用されている澱粉-酢酸ビニル系接着剤に刺激応答性高分子を混入することで、刺激に応答した接着性の制御を行う。刺激応答性高分子として外部刺激による水和状態の違いにより体積が変化する外部刺激応答性ヒドロゲルを接着剤に混入することで建材と壁紙は剥がれやすくなると予想される。

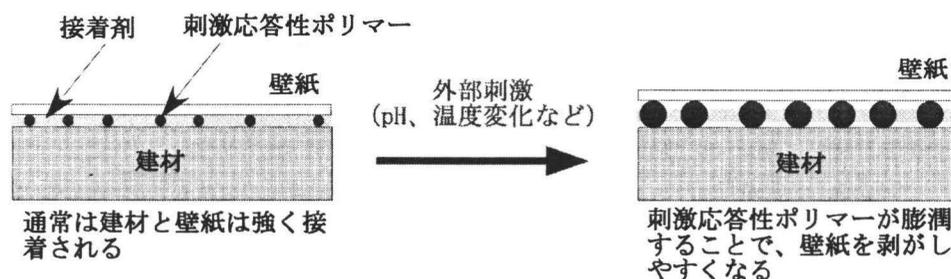
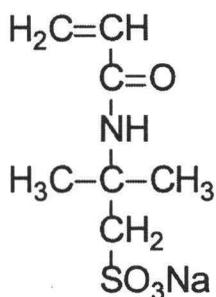
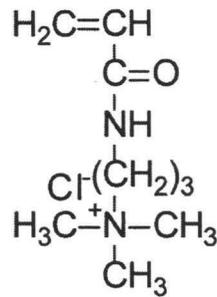


図 1 建材と壁紙の剥離機構

刺激応答性のヒドロゲルとしては pH に応答して膨潤する高分子電解質であるポリアクリル酸ゲルなどが知られている。ポリアクリル酸側鎖のカルボキシル基はアルカリ性の水中でナトリウム塩に変化する。従って水との親和力およびゲル内部の可動イオン濃度が高くなるために発生する浸透圧によりゲル外部の水を吸収して膨潤する。



AMPS



APTAC

また塩濃度の変化を外部刺激として用いる場合は鎖上に正と負の電荷を両方持つ両性高分子電解質ゲルが一般的に使用されている。本研究ではアニオン性の2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸 (AMPS) とカチオン性の(3-アクリルアミドプロピル) トリメチルアミンアンモニウムクロリド (APTAC) の両性高分子電解質ゲルを用いた。このゲルは一定の塩濃度以下ではアニオンとカチオンの反対電荷での静電相互作用によりゲルは収縮するが塩濃度が増大すると静電相互作用が遮断されるため膨潤する性質を持つ。

ヒドロゲルの合成法は二官能性の架橋剤を使用したラジカル重合が一般的であるが、通常のラジカル重合では分子量や構造の制御が容易ではない。そこで可逆的付加-開裂連鎖移動 (RAFT) 型リビングラジカル重合によるヒドロゲルの合成を試みた。

AMPS-APTAC ゲルの膨潤度

各食塩水濃度 (0~3 mol/L) でのゲルの膨潤度を図 2 に示す。

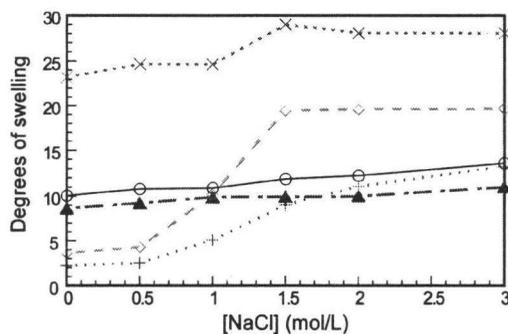


図 2 AMPS-APTAC ゲルの食塩水中での膨潤度、p(AMPS-co-APTAC) 1% (×)、p(AMPS-co-APTAC)-CPD₂₀₀ 5% (○)、p(AMPS-co-APTAC)-CPD₄₀₀ 5% (▲)、pAMPS-b-pAPTAC 5% (□)、pAMPS-b-pAPTAC 10% (+)

通常のラジカル重合により合成した p(AMPS-co-APTAC)ゲルおよび CPD を用いた RAFT 重合により合成した p(AMPS-co-APTAC)-CPD₂₀₀ と p(AMPS-co-APTAC)-CPD₄₀₀ ゲルは塩濃度に対する顕著な膨潤挙動を示さなかった。p(AMPS-co-APTAC)-CPD₂₀₀ および p(AMPS-co-APTAC)-CPD₄₀₀ は膨潤度にほとんど違いは見られなかった。一方 p(AMPS)-CPD を用いた pAMPS-b-APTAC-CPD ゲルは塩濃度の増加に伴い、膨潤度も増加した。pAMPS-b-APTAC-CPD ゲルは pAMPS がグラフト鎖として機能することでポリマー間でより強い静電相互作用を示す。塩濃度が低いとポリマー間での静電相互作用により水分子を取り込まないが、塩濃度が高くなるとポリマー間での静電相互作用が弱くなることで水分子が入り込みゲルが膨潤したと考えられる。

ポリアクリル酸ゲルの膨潤度と AMPS-APTAC ゲルの膨潤度を比べると最大膨潤度はアクリル酸ゲルの方が上回っている。ヒドロゲルとしてはポリアクリル酸ゲルの方がより顕著な膨潤収縮挙動を示すことがわかった。

外部刺激応答性ポリマーとしてポリアクリル酸ゲルと AMPS-APTAC による両性高分子電解質ゲルを合成した。前者は pH、後者はブロックポリマーを導入した場合のみ塩濃度に応答した膨潤挙動を示した。実験結果より接着剤に混入する外部刺激応答性高分子は、ポリアクリル酸のように外部刺激に応答して数十倍膨潤するものを用いるのが理想であるが、安全面を配慮するとアルカリ水溶液で膨潤するポリアクリル酸ゲルよりも食塩水で膨潤する AMPS-APTAC ゲルの方が適切だと考えられる。

06-52 ポリエステル不織布端材のリサイクル材 を活用した建築用吸音・断熱材の開発

九州大学大学院人間環境学研究院

教授 藤本一壽

現在、建築用吸音・断熱材として広く使用されているグラスウール (GW) は、優れた吸音・断熱性能を有している一方で、ガラス繊維の飛散や水分を吸った際の繊維破壊 (壁内部に施工された際の結露による離脱) などの問題点が指摘されている。また、使用後の GW は、現在、建設廃棄物となっている。GW と同様な細いポリエステル繊維でできたポリエステル不織布 (PW) は、GW のような繊維の飛散はなく、水を吸っても乾燥すれば元の形に戻るなどの優れた特性を有するとともに、完全リサイクル可能な素材であるので、地球環境保全の観点からも優れた材料といえる。このようなことから、近年、PW の建築用吸音・断熱材への応用が試みられている。しかし、一般的な PW は、GW に比較して吸音性能が劣ると報告されている。筆者らは、PW を建築用吸音・断熱材として用いるためには、GW 並みの吸音・断熱性能を有する PW を開発する必要があると考え、PW 加工業者である F 社と共同研究を実施し、密度と厚さが同じ GW とほぼ同じ吸音性能を有する PW を開発した。PW は製造・加工過程で約 20% の“端材”が発生し、これらは廃棄物として処分されている。これは、貴重な資源の浪費であり社会的にも大きな問題である。この問題に対処するため、筆者は F 社と共同で独自の PW 端材リサイクル技術を考案した (特許出願中)。この技術は、PW 端材を一旦細かく粉砕し、それを熱処理して不織布として再加工するという比較的簡単な方法であり (このようにして製造されるリサイクル材を RPW と略記する)、リサイクルに要するコストが極めて小さいことが最大の利点であるが、一方で、リサイクルによって繊維構造が変化するため、RPW の吸音・断熱性能はバージン材 (PW) に比べて劣る。PW 端材のリサイクルを推進するには、RPW に建築用吸音・断熱材として必要な性能を確保しなければならない。

このような観点から、本研究はポリエステル不織布のリサイクル材を活用した建築用吸音・断熱材の開発を目標とし、次の 2 点を具体的な研究目的とした。

- (1) ポリエステル不織布端材のリサイクル工程と RPW の吸音・断熱性能の基本的関係の解明
- (2) 建築用吸音・断熱材としての性能を確保するための RPW の仕様とその製造条件の解明

筆者らの開発したリサイクル技術は、PW 端材の繊維を残したままリサイクルするもので、その工程は、1) 端材を粉砕・裁断する、2) バインダー (繊維を結合する PET) を加える、3) 熱処理・プレスする、4) スパンボンド仕上げ (表面仕上げ用の PET 薄膜) を施す、の 4 つである。そこで、研究目的 (1) として、(A) リサイクル工程と RPW の吸音性能の関係、(B) 繊維太さの異なる端材を混合したときの吸音性能、(C) 端材に PW 原材料を混合することの影響、の 3 項目について、試料を製作して実験的に検討した。その結果、端材を適度に細かくし、スパンボンド仕上げを施すことで、吸音率が高くなること、バインダー混合率に関しては、原料となる端材にもよるが、バインダー混合率をできる限り少なくすることで吸音率が高くなることがわかった。また、吸音率に最も影響するのは繊維太

さであり、平均繊維太さを細くする(繊維太さの細かい材料を端材に混在させる)ことで吸音率の向上が見込めること、PWの原材料を加えても吸音率の上昇にはつながらないこと、が明らかになった。

研究目的(2)のためには、様々な仕様(密度と厚さ)のPW、RPWの吸音性能を把握することが必要である。一般に、多孔質材の吸音性能は材料の特性インピーダンス Z_c と伝搬定数 γ で決まり、両者は材料の単位面積流れ抵抗 σ と関係することが知られている。そこで、様々な仕様のPW、RPW試料の Z_c 、 γ および σ を測定し、両者の関係について検討した。その結果から Z_c 、 γ と σ の関係式を得た。得られた関係式を用いることによって、PW、RPWの σ だけを測定すればPW、RPWの吸音率を推定でき、さらに必要な吸音性能に対応したPW、RPWの仕様(密度や厚さ)を得ることができる。

PW、RPWの応用例として、PW、RPWを用いた吸音楔の吸音性能について検討した。楔形吸音構造は無響室などの高い吸音性能を求められる実験室に用いられるものであるが、従来のGWを用いた吸音楔は、ガラス繊維の飛散防止のために綿布などの表面仕上げが不可欠であり、表面仕上げが楔の吸音性能に及ぼす影響が無視できなかつたが、PW、RPWは繊維飛散防止のための表面仕上げが不要であるので、表面仕上げによる影響のない吸音楔を実現できる。これは大きな利点であると考えている。

本研究の最後として、PW、RPWの断熱性能を把握するために熱伝導率を測定した。その結果、PW、RPWを密度と厚さを同一にしてGWと比較した場合、PWはGWよりもややよい断熱性能であり、RPWはほぼ同じ断熱性能であるという結果であった。このような結果は、PW、RPWが省エネルギー建築への適用にふさわしいことを示すもので、今後、PW、RPWの建築分野への応用が期待できるものと考えている。

06-53 新規な建材用環境調和型紫外線遮断材の開発

大阪大学大学院工学研究科応用化学専攻

教授 今中 信人

1. 背景と目的

オゾン層の破壊に伴う紫外線照射量の増加が指摘されて久しいが、近年になってようやく紫外線の悪影響がマスコミを通じて大きく取り上げられるようになった。人体においてはシミ、シワなどの皮膚老化を促進させるだけでなく、皮膚ガンや免疫抑制等の原因となることは勿論であるが、紫外線量の増加により、外壁など直接日光が当たる部分に用いられている建材の表面の劣化、ペンキ顔料、ラッカー、ワニスの退色により建材の寿命が短くなり、塗り直し、取替えを余儀なくされる状況が続いている。このことは、省資源の観点からも、また、環境保全への悪影響を踏まえても、できるだけ環境に負荷をかけない長年に渡り使用できる建材の実現が強く望まれている。

当研究室では、セリウム(Ce)とチタン(Ti)の複合アモルファスリン酸塩を母体材料として選択し、安全で副作用を及ぼさない全く新規な紫外線防御剤の開発を行ってきた¹⁻⁵⁾。本アモルファス $Ce_{1-x}Ti_xP_2O_7$ には従来の酸化チタン、酸化亜鉛、酸化セリウムに見られた光あるいは熱触媒活性は見られず、皮脂や他の有機物を分解しないことも確認している。しかしながら、これらの特性はアモルファス状態であるときにのみ得られ、結晶化すると失われることがわかっている。そこで本研究では、高い温度にさらされる建材用への応用を視野に入れ、アモルファス状態の安定化、すなわち耐熱性の付与について検討を行うこととした。また、UV-A(320~400 nm)の防御能をさらに高めるために 400 nm 以下の波長の吸収を向上させることも同時に目指した。具体的には、耐熱性および UV-A の防御能を向上させるために、アモルファス CeP_2O_7 に W を添加した試料を合成し⁶⁾、キャラクターゼーションを行った。

2. 結果と考察

2-1. アモルファス $Ce(P_{1-x}W_x)_2O_{7+8}$ ($x = 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.7, 0.9$)

アモルファス CeP_2O_7 の耐熱性および紫外線防御能を向上させるために、リン酸塩中に W の導入を試みた。図 1 に、様々な組成のアモルファス $Ce(P_{1-x}W_x)_2O_{7+8}$ 試料に対する紫外可視反射スペクトルを示す。図から $x = 0.4$ 以上になると、UV-A(320~400 nm)領域、特に 370~400 nm の反射率が低下し、長波長紫外線の吸収能が、アモルファス CeP_2O_7 よりも向上することが明らかとなった。

また、熱分析より、アモルファス CeP_2O_7 と同様、発熱ピークが観測された。そこで、タン

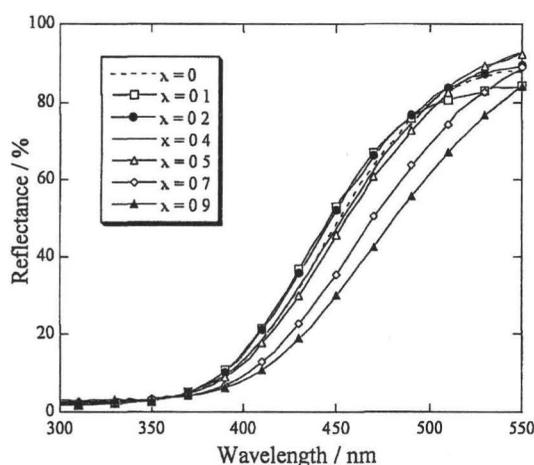


図 1 アモルファス $Ce(P_{1-x}W_x)_2O_{7+8}$ の紫外可視反射スペクトル

グステン量により発熱ピーク温度がどのように変化するかを調べた。発熱ピーク温度におけるアモルファス $\text{Ce}(\text{P}_{1-x}\text{W}_x)_2\text{O}_{7+8}$ の組成依存性を調べた結果、 $x=0\sim 0.4$ の間で発熱ピークの温度の上昇が見られた。また、 $x=0.4$ を越えると発熱ピークの温度が低下し、さらに、 $x=0.7$ 以上ではアモルファス CeP_2O_7 よりも低下することがわかった。

2-2. アモルファス $\text{Ce}(\text{P}_{0.8}\text{W}_{0.2})_2\text{O}_{7.2}$ の加熱による耐熱性評価

アモルファス $\text{Ce}(\text{P}_{0.8}\text{W}_{0.2})_2\text{O}_{7.2}$ において滴下終了後に pH を 0.5 に調整することにより熱分析時の結晶化温度が上昇することが確認された（アモルファス CeP_2O_7 と比べ 61°C 高い温度）。そこで、実際に $\text{pH}=0.5$ に調整して合成したアモルファス $\text{Ce}(\text{P}_{0.8}\text{W}_{0.2})_2\text{O}_{7.2}$ に対して各温度で加熱による耐熱性の検討を行った。図 2 には、各温度での加熱時における粉末 X 線回折測定の結果を示す。図より 500°C までの加熱においては、明確なピークは観測されずハローパターンのみであったが、 600°C および 700°C では CePO_4 と同定できるピークが観測された。この CePO_4 の生成は加熱によって 4 価のセリウムが 3 価のセリウムになっていることを示している。これは、リン酸塩中のセリウムイオンが結晶状態では 3 価として安定に存在するためであると考えられる。

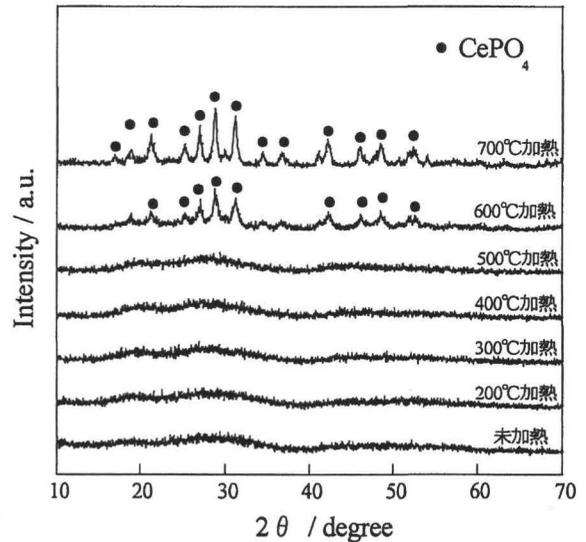


図 2 各温度で焼成したアモルファス $\text{Ce}(\text{P}_{0.8}\text{W}_{0.2})_2\text{O}_{7.2}$ の粉末 X 線回折パターン

3. 結論

アモルファス CeP_2O_7 の耐熱性および紫外線防御能の向上を目指してリン酸塩中にタングステンを導入することにより、アモルファス CeP_2O_7 よりも良好な紫外線防御能を示すアモルファス $\text{Ce}(\text{P}_{1-x}\text{W}_x)_2\text{O}_{7+8}$ ($x \geq 0.4$) を開発した。また、開発したアモルファス $\text{Ce}(\text{P}_{1-x}\text{W}_x)_2\text{O}_{7+8}$ に対して、熱分析を行い、結晶化温度を調べたところ、 $x=0\sim 0.4$ の間で結晶化温度の上昇が見られた。また、アモルファス $\text{Ce}(\text{P}_{0.8}\text{W}_{0.2})_2\text{O}_{7.2}$ に対して pH を 0.5 に調整し合成すると、アモルファス CeP_2O_7 より結晶化温度が 61°C 向上することが明らかとなった。さらに、その試料に対して、加熱による検討を行った結果、結晶化すると CePO_4 が生成し、4 価のセリウムは 3 価のセリウムになっていることがわかった。

参考文献

- 1) N. Imanaka, T. Masui, H. Hirai, and G. Adachi, *Chem Mater.*, **2003**, *15*, 2289–2291.
- 2) T. Masui, H. Hirai, N. Imanaka, and G. Adachi, *phys stat. sol. (a)*, **2003**, *198*, 364–368.
- 3) H. Hirai, T. Masui, N. Imanaka, and G. Adachi, *J. Alloys Compd*, **2004**, *374*, 84–88.
- 4) N. Imanaka, T. Masui, and H. Hirai, *J Mater Sci*, **2005**, *40*, 3309–3311
- 5) T. Masui, H. Hirai, N. Imanaka, and G. Adachi, *J Alloys Compd*, **2006**, *408–412*, 1141–1144.
- 6) T. Masui, K. Teruya, and N. Imanaka, in contribution.

06-54 街なか居住を促す採光確保型建築形態 規制手法の研究

— 窓面採光を指標とした商業地域内住居系用途の高さ斜線規制の有効性 —

芝浦工業大学システム工学部
教授 篠崎 道彦

1. 研究の背景と目的

まちづくり3法が2006年に改正され、中心市街地の活性化が政策的に指向されるなかで、街なか居住の推進はその重要な達成目標のひとつとして位置づけることができる。鉄道駅周辺の中心市街地の多くは商業地域の用途指定を受け、日影規制の適用を受けないほか、隣地斜線制限も住居系用途地域と比べ、その制限が弱い。近年、住居系用途との床負担力が相対的に高まり商業地域へのマンション建設が増加しているが、そもそも商業地域においては、市街地の環境の最低水準を定める建築基準法集団規定においても居住を主目的とした環境担保の想定がなく、敷地条件などによってはきわめて低い居住環境におかれる場合も少なくない。これらの研究背景を踏まえ、本研究では商業地域における住居系用途の最低限の採光確保を目指し、高さ規制のひとつである隣地斜線制限の変更が居室の採光確保にどの程度効果的であるかを検討することとする。

2. 研究の方法

2.1. 検討対象地区の選定

検討対象地区として、さいたま市浦和区中心部をとり上げる。本地区は、JR浦和駅から徒歩10分圏内に位置している。旧中山道、幅員12mに接しており、東西方向に延びる短冊形の敷地が多く残っている。当該地区は商業地域、容積率400%、建ぺい率80%が指定されている。

2.2. 居室内採光環境水準の設定・その根拠など

居室内において確保すべき採光環境の水準として「日本建築学会設計計画パンフレット 30 昼光照明の計画」（日本建築学会、1985年）を参考に電灯に頼らずに読書など日常のアクティビティを行うことができるとされる 300lx 確保を基準とし、短時間・普通の視作業に必要な 150-300lx の水準も含めて住環境における採光環境を評価するものとする。

3. モデルの設定と採光環境の計測

3.1. モデル 街区・敷地形状、建物平面および居室

検討対象地区の敷地・建築物及び周辺道路状況を考慮し、街区・敷地及び建築物モデルを南北方向に走る幅員16mの幹線道路に接するように、東西80m・南北20mの短冊型敷地を配置する。敷地には、36m×16mの平面形状を持つ建築物を幹線道路から東西方向にそれぞれ4mセットバックさせて配置した。各居室は幅4m高さ3.5mとし、中央部に幅2m高さ1mの窓を設ける。計測用測定点は卓上での読書など日常のアクティビティを想定し、窓面から1m室内側・床面から高さ75cmの位置に配置する。

3.2 隣地斜線の変更と採光環境の計測

現況検討モデルを用いた採光環境のシミュレーション結果について説明する。計測の初期条件として、全てのモデルに共通で、冬至日（12月22日）・曇天・正午を設定している。

次に、現行の商業系隣地斜線で規定される建築物について、住居系並の斜線勾配・起点高さに規制を強化して得られる建築物モデルにおける室内採光環境の把握を行う。建築物モデルは東西に十分な長さを持つ平面形状を持ち、住棟間には現状を反映させた5mの隣棟間隔を設定する。南側住棟に対してFig.1(a), (b)に示す通り現行隣地斜線（商業系・住居系）を適用し、建築物形状を規定するものとする。北側住棟は、同隣地斜線に従って得られる最大高さを持つ単純形状の建築物モデルを設定し、南側に住戸を配置する。Fig. 2は窓面の照度分布、Fig. 3は測定点の照度グラフを示している。この結果から、住居系隣地斜線の適用、開口面の拡大とともに、3階レベルで設定した照度水準を得るには至らなかった。

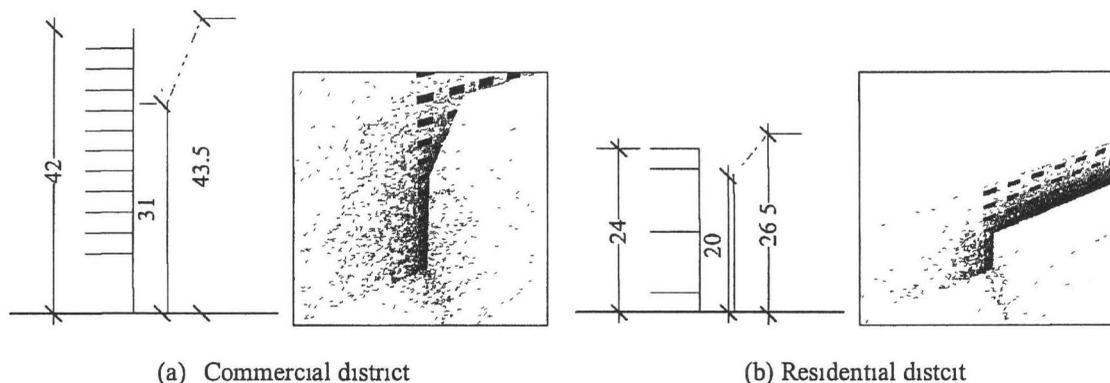


Fig 1 Regulation of the building height

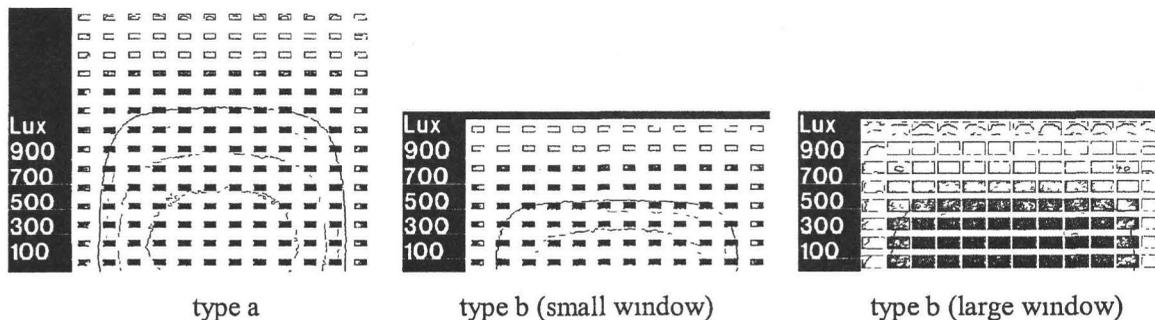


Fig 2 Distribution of the illuminance on the wall

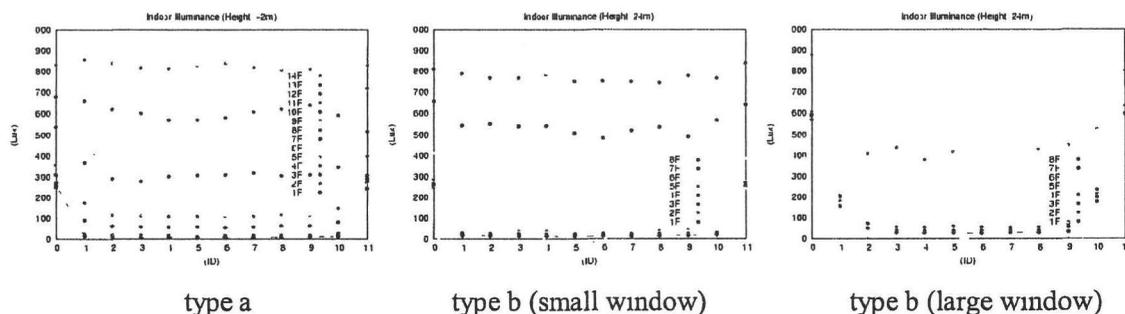


Fig 3 Indoor daylight performance of the housing buildings

4. 照度水準の見直しと斜線勾配, 起点高さの組み合わせによる採光環境

前章までの結果を受けて, 斜線勾配 h について4パターン, 起点高さ a について13パターンを設定しその組み合わせ毎の採光環境を計測した。Fig 4にその一部を示す。また照度水準を見直すため, 表1から表3に示す通り, それぞれ窓面から50cm, 75cm, 100cmの地点における照度をあわせて計測した。

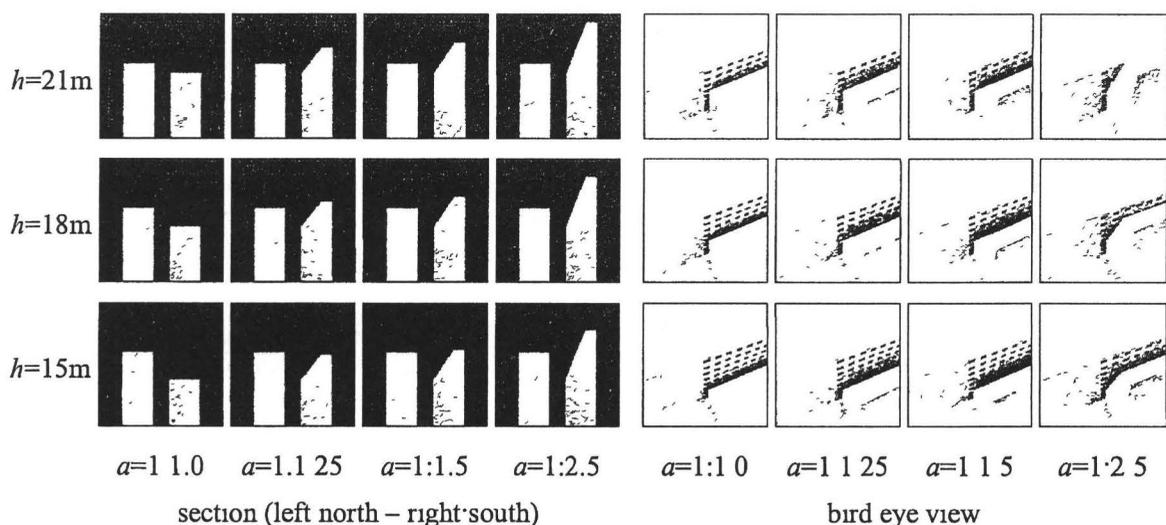


Fig 4 Height limit generated by the combination of height control parameters

Table 1 Daylight illuminance in the room (1.0m from window, 75cm above the floor)

$D=1.0m$	small window (w 2000 x h 1000)				large window (w 3600 x h 2000)			
	$a=1.0$	$a=1.25$	$a=1.5$	$a=2.5$	$a=1.0$	$a=1.25$	$a=1.5$	$a=2.5$
21	17	16	17	16	37	33	33	33
20	18	18	17	15	37	37	35	35
19	20	17	17	16	36	36	35	35
18	20	18	19	16	38	41	35	35
17	24	20	19	17	44	39	40	38
16	22	21	19	17	45	42	42	40
15	25	21	19	18	215	203	131	57
14	27	23	22	18	433	362	204	72
13	29	24	25	19	725	522	341	75
12	228	25	30	31	884	618	508	95
11	448	61	46	47	1240	712	534	103
10	631	224	55	65	1422	876	687	120
9	755	288	135	84	1622	1031	884	178

Table 2 Daylight illuminance in the room (0.75m from window, 75cm above the floor)

$D=0.75m$	small window (w 2000 x h 1000)				large window (w 3600 x h 2000)			
	$a=1.0$	$a=1.25$	$a=1.5$	$a=2.5$	$a=1.0$	$a=1.25$	$a=1.5$	$a=2.5$
21	28	25	27	24	51	52	52	49
20	28	27	25	25	52	52	52	49
19	31	28	27	26	57	52	53	52
18	33	30	28	26	164	152	128	51
17	33	29	31	26	232	293	281	49
16	36	33	33	28	483	467	504	50
15	38	35	31	29	712	676	651	107
14	150	147	102	36	945	854	695	168
13	376	231	102	55	1167	1014	836	308
12	623	375	199	77	1423	1122	922	407
11	880	469	302	89	1689	1285	1090	455
10	1137	595	374	104	1950	1398	1266	549
9	1260	694	529	109	2135	1520	1363	659

Table 3 Daylight illuminance in the room (0.5m from window, 75cm above the floor)

D=0.5m h (m)	small window (w 2000 x h 1000)				large window (w 3600 x h 2000)			
	a=1.0	a=1.25	a=1.5	a=2.5	a=1.0	a=1.25	a=1.5	a=2.5
21	48	46	44	43	274	276	359	277
20	53	48	47	43	445	494	479	379
19	55	51	50	44	539	526	552	470
18	57	53	50	44	701	793	686	516
17	181	168	208	46	839	820	893	598
16	359	363	351	45	1135	1091	1041	691
15	607	530	554	55	1337	1256	1221	750
14	829	814	685	117	1510	1547	1387	833
13	1006	908	690	187	1780	1714	1440	905
12	1321	1056	871	269	2123	1825	1594	1063
11	1612	1147	981	439	2396	1933	1770	1129
10	1874	1332	1129	470	2656	2058	2012	1248
9	2080	1443	1215	585	2930	2300	2170	1289

75lx
75-150 lx
150-300 lx
> 300lx

これらの起点・勾配の組み合わせで得られる建築物のいくつかは、現行の商業系隣地斜線「起点高さ31m, 斜線勾配1:1.5」で規定される建築物形態によって得られる容積と比較して著しく下回る場合が生じるが、これは商業地域での街なか居住を志向した建築形態コントロール手法の検討としては実効性が低い。このことを勘案し、3階レベルの居室における採光環境として、窓面から50cmから75cm間での測定点における、150lx、もしくは300lxの確保を水準として設定することで、住居系斜線制限の適用効果が発生することが明らかになった。

5. まとめ

本研究では、商業系地域内における街なか居住の推進に向け、良好な環境形成に資する形態規制手法の研究について検討を行ってきた。その中で、いわゆるドミノマンションを対象として扱い、室内採光環境シミュレーションを通じた現況把握と、隣地斜線制限を変更させた場合の環境への影響に着目した。これら結果から以下の3点がまとめとして得られた知見である。

- 現況建築物モデルを用いたシミュレーションから、隣地斜線規制について、現行法制での斜線勾配から得られる建築物においては商業系・住居系ともに3階居室内部で20lx以下とほとんど採光が得られていないことが分かった。
- 商業地域に現行の住居系隣地斜線勾配を適用した建築物について、窓面サイズを面積比で3.6倍（窓面横幅x高さ：2,000x1,000mmから3,600x2,000mm）にした場合、3階居室で25lx程度と、室内における同測定点では採光環境の向上にほとんど寄与しないことが分かった。しかし、窓面から約50cmの地点では、300lxの明るさを確保することができると明らかとなった。これは、住居系隣地斜線の適用により、十分な窓面サイズのもとでは窓面至近の位置で日常のアクティビティに必要な明るさを確保できることを示している。
- 斜線制限の勾配及び斜線立ち上がり起点をパラメータとし、「3階居室内の床上75cmで日常的な視作業に必要な照度を確保する」と設定した採光水準に対して有効に機能する斜線制限の組み合わせについて探った。この時、得られる建築物の容積が現行商業系隣地斜線によって得られる建築物の容積と大きく乖離しないことを満たす斜線制限について検討し、水準に応じて有効に機能する斜線制限の組み合わせを明らかとした。

06-55 炭酸化によるサイディングの耐凍害性能の低下要因の解明と凍害劣化予測法の開発

所属機関名 北海道立北方建築総合研究所
役職 主任研究員 吉野 利幸

住宅の長寿命化を実現するためには外部環境に接している外装材の長期耐用が必要であり、そのためには外装材の劣化に影響する要因を分析し、長期間の耐久性について予測可能な評価方法を確立することが重要である。寒冷地において外装材として多用されているサイディングの主要な劣化現象である凍害は、凍結温度、凍結融解回数など冬期の気象条件の影響を大きく受けるが、空気中の二酸化炭素との反応による炭酸化や夏期の乾燥、乾湿繰返しなどの影響も指摘されている。

本研究では、炭酸化、乾燥、乾湿繰返しがサイディングの耐凍害性能に及ぼす影響を検討し、それらの結果を踏まえて凍結温度と耐凍害性の関係を統計的な解析により定量化し、凍害劣化要因を考慮した凍害劣化予測式を求めた。さらに、実環境におけるサイディングの温度予測式を誘導し、国内 57 都市の凍結融解環境と JIS 法相当サイクル数の表示を試みた。

第 1 章では、研究の背景と目的を述べている。

第 2 章は、本研究の目的の一つである炭酸化や乾燥、乾湿繰返しがサイディングの耐凍害性に及ぼす影響を検討したものである。サイディングの耐凍害性に関連すると思われる物性として平面引張強さ、空隙構造、比表面積、水和物組成を取り上げ、炭酸化、乾燥、乾湿繰返し処理を行ったサイディングについてこれらの物性変化を把握するとともに凍結融解試験を行い、各物性値と耐凍害性の関係を検討している。なお、サイディングの耐凍害性を表す物性値は厚さ変化率としている。

凍結融解試験の結果、炭酸化処理と乾燥処理が一部のサイディングの耐凍害性に対し悪影響を及ぼし、乾湿繰返し処理は耐凍害性を向上させることがわかった。特に、抄造法で常圧養生されたサイディングに対しては炭酸化や乾燥、乾湿繰返しの影響が顕著であった。

平面引張強さは、炭酸化、乾燥、乾湿繰返しのいずれについても処理程度が進むほど大きくなる傾向が見られたが、その傾向は厚さ変化率の変化傾向と相関性がなく、炭酸化処理や乾燥処理を行ったサイディングの耐凍害性の変化は平面引張強さの相違に起因するものではないと推察された。

空隙構造のうち、空隙率は全てのサイディングにおいて炭酸化期間が長くなるほど減少する傾向にあり、乾燥や乾湿繰返しは空隙率が減少するものと増加するものにばらついた。しかし、空隙率の変化傾向と厚さ変化率は必ずしも相関しておらず、空隙率が炭酸化や乾燥によるサイディングの耐凍害性の变化要因ではないと判断された。もどり比は、炭酸化処理や乾湿繰返し処理では耐凍害性の变化と相関するような傾向が見られ、もどり比が概ね 0.4 を超えると厚さ変化率が大きくなり、炭酸化や乾湿繰返しによる空隙形状の変化が耐凍害性の相違に影響している可能性が見出された。中央値、比表面積は、耐凍害性との相関性はほと

んど見られなかった。

水和物組成の X 線回折結果では炭酸化により水酸化カルシウムや 1.1nm トバモライトのピークが消失したが乾燥や乾湿繰返しはいずれの試験体でも無処理と比較して組成の変化は見られず、炭酸化による水酸化カルシウムや 1.1nm トバモライトの消失が耐凍害性に悪影響を及ぼしているとは言えないと考えられた。

以上の結果、炭酸化及び乾燥がいくつかのサイディングの耐凍害性低下に影響することがわかった。また、乾燥によって耐凍害性が大きく低下するようなサイディングでは、無処理の場合の厚さ変化率も耐凍害性の有無の判断目安となる 10% を大きく上回っており、乾燥処理を行わなくても耐凍害性の良否の判断を誤らせる恐れはないと考えられ、乾燥を凍害劣化要因から除いても問題はないと判断した。

第 3 章は、本研究のもう一つの目的である凍害劣化予測式の検討を行ったものである。第 2 章での結果を踏まえ、サイディングの耐凍害性に影響する環境要因を炭酸化とし、無処理及び炭酸化処理を行ったサイディングについて凍結時の最低温度を変化させた促進凍結融解試験結果から最低温度と厚さ変化率の関係を統計的な解析により定量化し、サイディングの凍害劣化を予測する手法を求めた。

試験体には養生法及び成形法の異なる 5 メーカー 14 種類のサイディングと耐凍害性に優れたセメント系外装材として実績のあるフレキシブル板を加えた 15 種類を用い、炭酸化処理は、CO₂ 濃度及び炭酸化処理期間を広げた再検討の結果にもとづき CO₂5%、2 週間とした。凍結融解試験は、凍結時の最低温度を -5、-10、-15、-20、-25℃、融解時の温度を +10℃ の一定とした試験をそれぞれ 200 サイクル行っている。厚さ変化率は最低温度が低くなるほど大きくなり、凍害劣化の温度依存性が改めて確認された。また、十分吸水したサイディングの場合、無処理及び炭酸化処理のいずれにおいても厚さ変化率と凍結融解サイクル数の関係はほぼ原点を通る直線となった。この結果から各温度での凍結融解 1 サイクルあたりの厚さ変化率を求め、耐凍害性の程度と凍結最低温度をパラメータとした重回帰分析から、様々な温度における 1 サイクルあたりの厚さ変化率が JIS 法による 200 サイクル時の厚さ変化率と凍結最低温度により表されることを見出し、その式を得た。

第 4 章は、実環境におけるサイディングの温度予測式を誘導し、国内 57 都市の凍結融解環境と JIS 法相当サイクル数の表示を試みたものである。まず、北海道内における屋外暴露実験で測定されたサイディングの温度データを用い、暴露試験を実施した都市の気象因子データ（気温、風速、全天日射量）からサイディングの日最高温度及び日最低温度を予測する重回帰式を誘導した。重回帰式による計算値と北海道内及び本州で得られた実測値は良く対応し、国内各都市の温度環境におけるサイディングの温度予測式として十分実用可能と判断された。このサイディング温度予測式を用い、サイディングに生じる最低温度別の凍結融解回数を全国 57 都市について求めて凍結融解環境を表すとともに、当該都市の凍結融解環境におけるサイディングの厚さ変化率予測値および JIS 相当サイクル数（JIS 法 200 サイクル時厚さ変化率が 1% となるサイディングで、実環境においても十分吸水している場合）の表示を試みた。

第 5 章では本研究のまとめと残された課題、今後の予定について述べている。

06-57 住宅用アルミ建材等の梱包廃材対策

明治大学理工学部 建築学部
工学博士・准教授 小山 明男

本調査研究を通じて住宅用建材の梱包資材使用の実態と、取扱い事業所における梱包廃材の処理実態が明らかになり、リサイクルシステムの構築に向けての課題が明らかになった。主な問題点と今後の課題は下記の通りである。

1. 梱包材料の実態では、各社急速に梱包材料重量を削減してきている。またコスト削減、梱包仕様改善事例、輸送不良撲滅など矛盾する事柄を、各社努力している。しかし、梱包材料は最終的には、処理されるものであり、資源的な観点でいえば、理想的には梱包の無い輸送が望ましい。

一方、ハウスメーカー向けの輸送形態は、梱包材を極力少なくし緩衝材などをリターナブル化する方法がほとんどである。つまり、製品の品質を確保した上で梱包廃材をゼロに近づけることは技術的に可能である。よって、今後はこのような輸送形態、リターナブル化を取扱い事業所向け（ルート品）にも拡充していく必要がある。

2. 現在、取扱い事業所において紙系（特にダンボール）は、市場価格の高騰により8割程度有効に回収されている。しかしながら、我が国の社会において廃棄物に関する市場は不安定であり、価格の乱高下の要素もすてきれない。廃棄物処理費用に占める輸送コストの割合は大きいことから、全国的に通用する紙系梱包廃材の流通・処理システムを構築しておくべきであろう。
3. 全国の取扱い事業所では、特にプラスチック系梱包廃材の処理に困っており、半分以上が焼却または埋め立てなど最終処分されている。

サッシ各社の Reduce の取り組みにより、プラスチック系梱包資材の使用量は削減されてきているが、必ずしも充分とはいえない。取扱い事業所からは品質を確保した上でプラスチック系梱包資材の削減を要求されており難しい面も有しているが、部材の養生、結束仕様のさらなる改善を行う必要がある。

一方、Recycle への取り組みとしては、プラスチック系梱包廃材のリサイクル率を上げるために、取扱い事業所で分別しやすくする方法として、材質の標準化などを検討する必要がある。

4. 仮に Reduce, Reuse, Recycle できないものであっても、廃棄物として適正処理されなければならない。しかしながら、一部の取扱い事業所において産業廃棄物処理の法的システムが理解されていない。また、廃棄物の削減やリサイクルを進めるためには、それに携わる人々の意識が循環型社会に向くことが肝要である。よって、サッシ協会または各社が理解しやすい廃棄物取り扱いマニュアルや啓発資料等を作成し、地区別または個別に教育、指導する必要がある。

06-58 潜熱融解作用を利用した躯体蓄熱空調システムの開発に関する研究

宇都宮大学建設学科
准教授 横尾 昇剛

1. 研究目的

今回の研究において、伝熱パイプを躯体に埋め込む方式や貼り付ける方式におけるコンクリートの熱応力を解析するとともに、パネルに保冷剤を貼り付けることで蓄熱量を増大できるシステムを提案する。このようなシステムを開発することで安価な蓄熱式の放射冷暖房システムの普及を目的とする。

現在の躯体蓄熱空調システムは構造体であるコンクリートスラブに空調機のファンを利用して蓄熱させる。厚さ 15cm のスラブ 100m² に氷蓄熱層 1m³ 分の熱量 (約 340KJ) を蓄熱することができると言われている。

今回の研究で提案するシステムは、コンクリート内部に直接、伝熱パイプを埋設し、そのパネルに相変化による潜熱を蓄熱できる保冷剤を貼り付ける。コンクリートには顕熱を、保冷剤には潜熱を蓄熱させることで蓄熱量を増大することができる。伝熱パイプをコンクリート躯体に直接埋設されていることは実際に行われているが、その安全性は確認されていない。このように伝熱パイプをコンクリート躯体に直接埋設する場合、熱応力によるひび割れなどが起こる事が考えられる。今回の研究においてコンクリートの温度変化による応力分布を解析した。この解析はコンクリートのひび割れ防止の観点からパイプをコンクリート内部への埋設又は直接貼り付けるといった新たな施工方法の開発につながると考えられる。省エネルギーの観点からは躯体における蓄熱量が増大するため、夜間電力の利用による電力平準化、室内環境の観点からは放射熱空調により快適性が向上するため、生産性が向上することが期待できる。

2. 躯体蓄熱システム概要

保冷剤の潜熱融解作用を利用した伝熱パイプ埋め込み式の躯体蓄熱システムとして次のようなシステムを提案する。

2.2 システム検証

今回提案するシステムの性能を検証するためにシステムをモデルである試験体を実際に製作し、実証実験を行う。実験においてコンクリートにおける温度変化、応力変化を測定し、熱応力の検証、蓄熱・放熱の特性や保冷剤における相変化の特性を把握する。

蓄熱時、コンクリートが伝熱パイプから受ける熱によって生じる温度変化、またそれに伴う応力解析の基礎的なデータをシミュレーションソフト

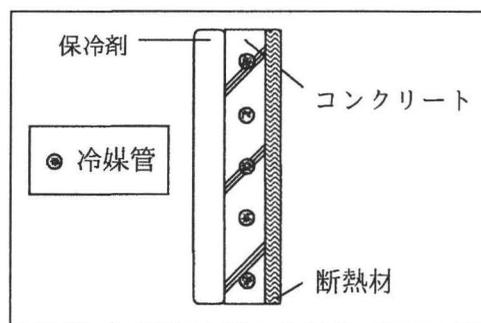


図 1 保冷剤の潜熱融解作用を利用した躯体蓄熱システム

で解析する。

2.3 実験システム概要

図 2 に実験システム図を示す。コンクリート壁モデルの試験体に熱源である水冷式ヒートポンプ(以下 HP)を配管で接続し、冷媒である水を循環させることでコンクリート壁モデルの試験体に蓄熱する。

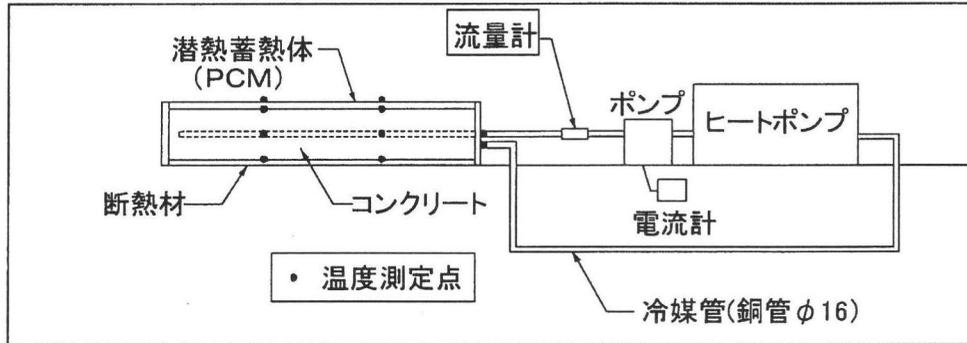


図 2 実験システム概要図

コンクリート壁モデルとなる試験体は、コンクリート壁と潜熱蓄熱体 PCM (Phase Change Materials, 以下 PCM) から成る。試験体のサイズは、縦 910(mm)×横 840(mm)×高さ 150(mm)とし、側面と下面を断熱材で覆うことで側面と下面からの熱の流出流はないものとした。試験体の上面には PCM を敷き詰めた。試験体は仕様異なる試験体 1・2 を用意した。試験体には熱源である HP に接続している伝熱パイプを試験体に埋め込んでいる。試験体 1 は伝熱パイプを下面より 75mm の位置に、試験体 2 は伝熱パイプを下面より 112mm の位置に埋め込んでいる。測定期間は夏期、冬期、中間期で行い、測定は HP を 8 時間稼働し、その後の試験体の温度変化を測定した。

3. シミュレーションソフトによる解析

シミュレーションソフト Phoenix (英国法人 CHAM 社) を利用し、蓄熱時にコンクリートが伝熱パイプから受ける熱によって生じる温度変化、またそれに伴う応力解析の基礎的なデータをシミュレーションソフトで解析する。

4. 結果

- 測定結果より HP を 8 時間稼働した場合、夏期、冬期共に単位面積当たり約 50[kJ] の蓄熱量が得られた。
- HP を 8 時間稼働し、伝熱パイプ内に 48°C の冷媒水を通すと仮定した場合において、シミュレーションの初期条件を Y-Z 平面を固定し、Y 軸方向を無限と仮定した場合、シミュレーションの結果は定常状態で 300 回の繰り返し計算を行った結果、X 軸方向の変位は 0.37842(mm) となった。

06-60 金属製笠木の耐風設計用風力係数に関する研究

財団法人 日本建築総合試験所

建築物物理部耐風試験室長 西村宏昭

1. 本研究の背景と目的

金属笠木は建築物の周縁のパラペット上に設置され、その部分に作用する風圧力は建物に作用する風圧力の中で最も強く、また笠木はボルトやビスで貫通して固定されないことから、強風による飛散の危険性がある。

一般に、建築外装部材は建築基準法で耐風性能を確認することが要求される。外装材における耐風性能の要求は、建築基準法施行令第 39 条第 1 項に「屋根ふき材、内装材、外装材、帳壁その他これらに類する建築物の部分及び広告塔、その他建築物に取り付けるものは、風圧並びに地震その他の振動及び衝突によって脱落しないようにしなければならない。」と定められている。外装材の構造計算は、施行令第 82 条の 4 で「屋根ふき材、外装材および屋外に面する帳壁については、国土交通大臣が定める基準に従った構造計算によって風圧に対して構造耐力上安全であることを確かめなければならない」と定められ、ここでいう大臣が定める基準とは告示第 1458 号を指している。平成 12 年建設省告示第 1458 号には建築外装材の構造計算のための種々の建築物や部材の風力係数が定められているが、基本的な形状の建築物および部材についてのみ例示されている。笠木は特殊な部材であるため、告示 1458 号に示されておらず、同告示の他の部材の例示を準用することも困難である。

建築部材の設計用風力係数は、告示 1458 号では風洞実験によって定めることを基本としているが、笠木はパラペットとの間に隙間があり、ここを風が流れるために風洞実験を有効に適用できない。風力係数は部材の両面に作用する圧力の合力であり、笠木の裏面に作用する圧力を考慮することが重要である。本研究では、自然風中の建物に設置された笠木の表・裏面に作用する風圧の差を測定することにより、笠木に作用する風力を求めた。

2. 研究の方法

笠木の風力を測定する建物を 2 箇所選んだ。ひとつは久米工業(株)本社社屋（名古屋市南区明治 1-10-14）で、名古屋港に注ぐ堀川の東岸に位置し、強い西風が吹く場所である。観測建屋は 4 階建てで、地上 14m の屋上の南西隅角部のコンクリート製パラペット上に観測用笠木を設置した（写真 1）。笠木の表裏それぞれに内径 4mm の穴を開け、その穴に作用する圧力をビニールチューブを介して風圧計に接続し、風速・風向計の出力とともにコンピュータで測定した。この測定では、笠木の表面に設置した測定穴には雨水が溜まるので、雨天時には測定ができない。降雨のない強風の発生時にのみ測定が可能となるので、測定条件は非常に限られる。

もうひとつの観測は、大阪市舞洲にある大阪市立大学舞洲耐風構造実験所にある観測小屋の屋上にパラペットを設置し、その上に観測用笠木を設置して行った（写真 2）。この観測で

は、笠木の上面とパラペットの上面（笠木の下）に測定穴を設置した。笠木上面の測定穴に接続したビニールチューブは途中で分岐して、一端を圧力計に接続し、もうひとつの分岐先を水の中に開放した。この方法により、笠木上面から入る雨水は水溜まりの方に流れ、圧力の測定が無人で行うことができる（強風を待って観測の準備をする必要がない）。

観測された圧力と風速・風向のデータはコンピュータに収録され、風速の値で基準化して、風力係数として表した。

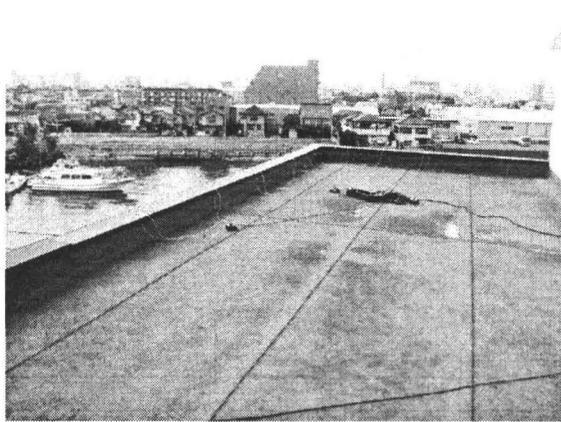


写真1 名古屋での観測

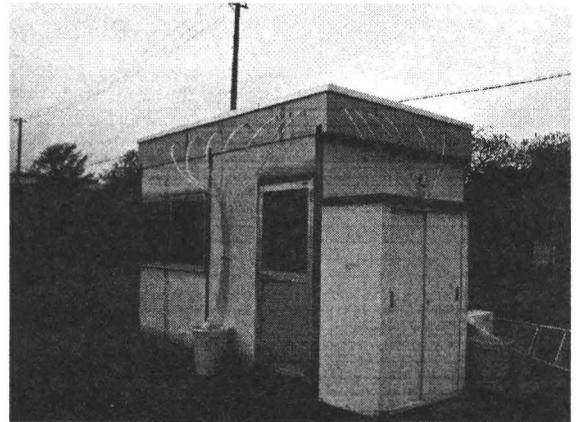


写真2 大阪舞洲での観測

3. 実験結果

名古屋における笠木の瞬間風力係数の一例を図1に示す。笠木に作用する瞬間風力係数は平均値がゼロ付近で、正（上から押し付ける方向に働く）と負（下から上に吸われる方向に働く）の両方に作用することがわかる。観測時の平均風速は 3m/s ～ 5.5m/s で比較的低い風速であった。そのため、全体的にばらつきが大きく、11点の測定点の中には瞬間的には -20 を超える風力係数も観測された。これらのデータは設計用風力係数を設定するには適さないと判断して、次に示す大阪舞洲の観測結果を採用することとした。

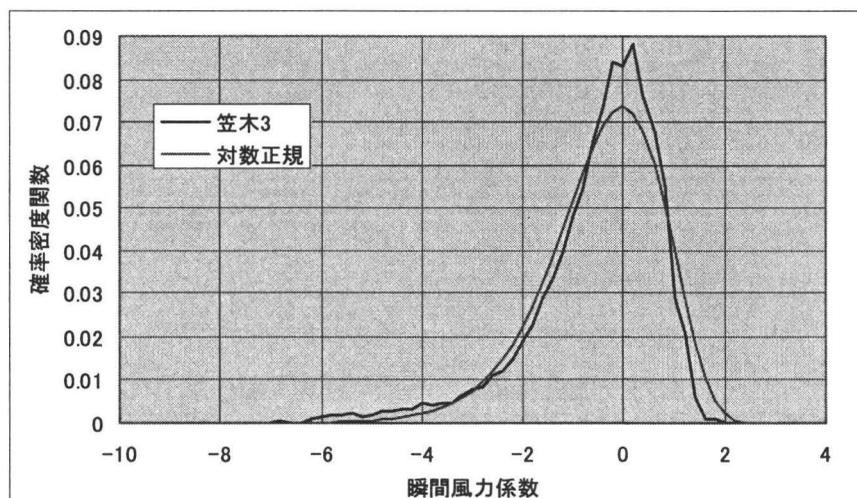


図1 名古屋における笠木の瞬間風力係数観測結果

大阪舞洲における観測結果の一例を図2に示す。名古屋における観測数は少なかったため

全測定の瞬間風力係数を示したが、舞洲で観測された結果の数が比較的多かったので、平均化時間を 0.5 秒とした瞬間風力係数のうち負の最大値のみを抽出して示した。負のピーク風力係数は負側に裾が伸びる分布をしている。13 点の測定穴で得られた結果の内、1 点を除く 12 点それぞれの負のピーク風力係数の頻度分布を対数正規分布に近似し、その 95% を包含する極値を設計用ピーク風力係数とした。その結果、設計用ピーク風力係数を -3.5 と決定した。

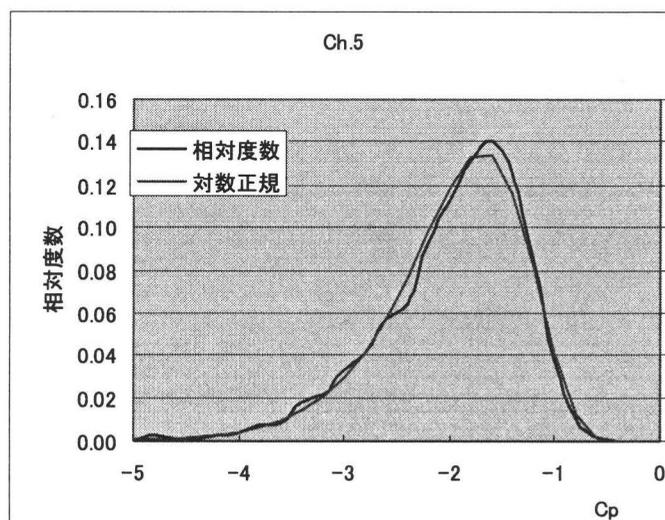


図 2 大阪舞洲における笠木の負のピーク風力係数観測結果

4. まとめ

金属製笠木の風力係数を自然風中で測定し、その結果を統計処理することによって、設計用風力係数の値を決定した。自然風中の観測は強風を待たなければならないので効率的ではないが、比較的風が強い場所を選択し、一定の成果を得た。

笠木の設計用ピーク風力係数の値は -3.5 と決定した。これはばらつきをもつ風力係数の 95% を包含する値として決定した。

第2部 人材育成・論文

05-63 建設システムの合理化と住空間の 多様化を図る応急仮設住宅の研究

慶應義塾大学大学院

相田 麻実子

1 研究の背景

現在、わが国は地震活動期に入ったと言われ、特に首都直下の地震が懸念されている。2004年度は新潟県中越地震と福岡県西方沖地震が発生し、災害対策が全国的な課題となった。特に建造物の崩壊が原因で緊急生活を余儀なくされる人々にとって、良好な生活空間の確保は重要な問題といえる。災害時の国による応急仮設住宅の供給は復興対策としての第一前提にあり、その需要は年々増している。

しかし、応急仮設住宅の居住性能については、建設される度に同じ様な問題点が指摘されてきたが、毎度個別並列的な対策を行うのみであり、根本的な解決方法は未だ提示されていない。

2 研究の目的

そこで本研究は、過去の災害事例において度々指摘されている災害時の応急仮設住宅の居住性能について、最新の事例を対象に居住者に密着した詳細な調査を行い、その問題の有無を検証するとともに、供給体制についても供給者と行政を対象に調査を行い、その実態と課題を明らかにする。

そしてその枠組みの中で居住性能を上げるための改善提案を行うことを目的とする。提案にあたって、供給者側である（社）プレハブ建築協会の指導を得ていることを特筆しておきたい。

3 応急仮設住宅の定義と概要

応急仮設住宅とは災害時に仮設的に住む住宅のことであり、災害救助法に基づき災害救助基準が定められている。それによると期間2年以内、規格29.7平米(9坪)、限度額2,433,000円となっている(平成16年度)。この災害救助基準に基づき、(社)プレハブ建築協会が応急仮設住宅の建設計画、規格、仕様を設定している。

4 過去の事例において指摘された問題

応急仮設住宅の居住性能については、阪神・淡路大震災において以下の問題が指摘された。

(1) 部位別設備に関する問題

特に玄関まわり、台所、ユニットバスにおいて様々な問題が見受けられ、個別並列的な事後対策で対応していた。

(2) 規格・性能に関する問題

隣や外部の物音がうるさい、収納スペースが少ない、狭い、暑いまたは寒いといった問題があり、改善策は提示されていなかった。

5 居住性能評価

2005年3月に発生した福岡県西方沖地震により建設された応急仮設住宅団地内にて居住性能評価を行い、阪神・淡路大震災において指摘された問題の具体的実態を明らかにした。200世帯を対象にした全戸アンケート調査(回収率・51%)及び単身世帯3戸、多人数世帯4戸を対象にした戸別居住実態調査により以下の実態と問題が明らかになった。

(1) 部位別設備に関する問題

阪神・淡路大震災において指摘された問題は、当時の戸別並列的な対応策を事前に行ったため、一部の高齢者世帯を除き、ほぼ解決されていた。

(2) 規格・性能に関する問題

全戸アンケート調査により、阪神・淡路大震災と同様、隣や外部の物音がうるさい、収納スペースが少ない、狭い、暑いまたは寒いといった問題があることが明らかになった(表1)。

また、戸別居住実態調査により、3人以上の世帯において、室内全体の狭さ・収納スペース不足の問題を感じていることが明らかになった。

また、台所の使い勝手の悪さの問題も明らかになった(図1)。

これらの問題は全て、世帯人数に関わらず、一律9坪の応急仮設住宅を供給したことから生じたものであり、規格及び規格の決定の仕方に要因があるといえる。

6 供給の体制と課題

次に、応急仮設住宅の規格決定にいたる経緯と背景を明らかにするために、供給側である(社)プレハブ建築協会へインタビュー調査を行い、建物タイプを整理した。

表2は淡路大震災当時の内訳、表3は福岡県西方沖地震当時の内訳である。これらの表から、応急仮設住宅が単純化されている傾向にあることが分かる。

また、神戸市、長岡市、福岡市にインタビュー調査を行い、阪神・淡路大震災、新潟県中越地震、福岡県西方沖地震それぞれの時の供給内容を整理した(表4,5,6)。これにより、特に建設の初期段階において、応急仮設住宅の希望調査・建設・管理・解体にかかる時間と手間を省くため、単一の供給を行う傾向にあることが明らかになった。

7 ロフト型応急仮設住宅の提案

これらの問題をふまえ、現行の基準面積(9坪)基本構造を変えずに、全体の狭さ・収納スペース不足・遮音性能の低さ・居住性能上の問題(台所の使いにくさ)を解決し、かつ供給の単一化を可能にする「ロフト型応急仮設住宅」を提案する(図2,3)。

これは往來と同じ規格・構造のまま、屋根を切妻型にしロフトスペースを設けた住宅で、述べ床面積が1.7倍なるため居住性能上の問題を解決することが可能となる。

また一つのタイプでより多人数の世帯が入居できるため、供給の単一化をはかることも可能となる。

8 実現へ向けた検討

提案モデルの実現化に向けて、実物大モックアップによる空間性能の検証を行った(図4)。その結果、ロフトスペースが部屋として十分に機能することが明らかになった。

またコストの算定を行い、切妻屋根等の設置にかかる費用は380,000円であることが明らかになった。これは、12坪タイプの建設にあたっておよそ395,000円の費用がかかることを考慮すると妥当な金額であるといえる。

またプレハブリースメーカーにプレゼンテーションを行い、ロフト設置のアイデアは良いが切妻屋根の導入は現時点では難しいとの評価を得た。

提案モデルの実現化に向けて、常時の切妻型規格建築の需要を見だし、生産体制を整えておくことが今後の課題であるといえる。

参考文献

- (社)プレハブ建築協会「平成7年兵庫県南部地震 応急仮設住宅記録写真集」平成7年
- (社)プレハブ建築協会「平成16年新潟県中越地震 応急仮設住宅建設記録」平成17年
- (社)プレハブ建築協会「平成17年度 災害対策業務関連資料集」平成17年

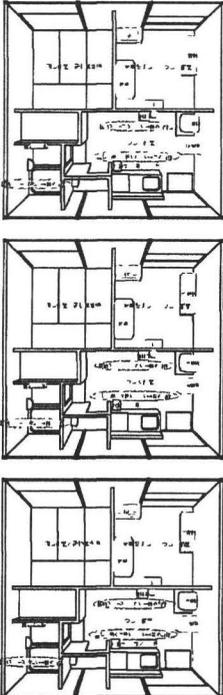
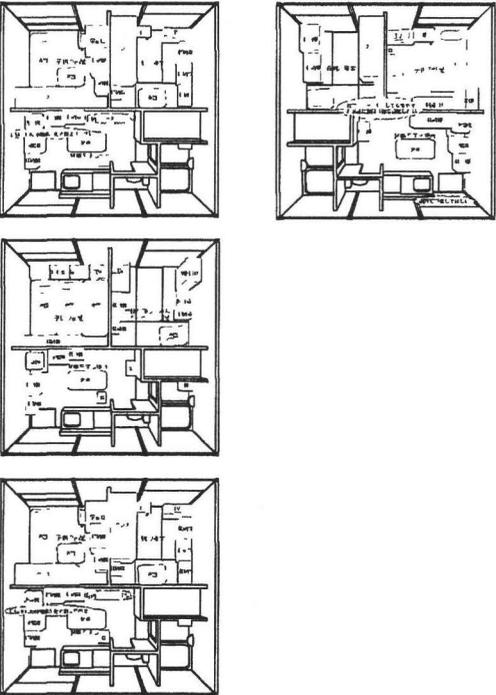
	単身世帯	多人数世帯
家具の配置		
狭さ	一室(和室)余っている	全体的に狭い 特に台所では家族全員が集まっての食事ができていない
収納	台所 浴室の収納スペースが不足	全体的に不足
その他	心身のケア サポートの必要性	世帯人数に応じた広さ、家具の供給の必要性

図1 全戸ヒアリング調査結果

表1 全戸ヒアリング調査結果

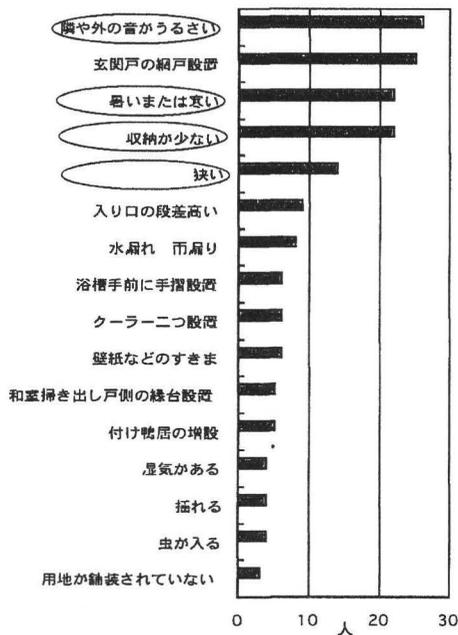


表2 阪神・淡路大震災時の建物タイプ内訳

建物タイプ	住宅面積・プラン	住宅形状
一戸建て	6型(1k)	陸屋根型
高齢者・障害者向け地域型仮設住宅	8型(2K)	切妻型
地域型仮設住宅	9型(2k)	

表3 福岡県西方沖地震時の建物タイプ内訳

建物タイプ	住宅面積・プラン	住宅形状
一戸建て	6型(1k)	
一戸建て	9型(2DK)	陸屋根型
	12型(2LDK, 3K)	

表 4 阪神・淡路大震災 応急仮設住宅供給概要

建設次	建設戸数	発注日	建設期間	建設日数	住宅タイプ
1	2961戸	1月14日	1/20-3/2	42日間	規格建築2K(8坪,9坪)タイプ
2	8141戸	1月25日	1/26-3/31	64日間	規格建築2K(8坪,9坪)タイプ
3	10598戸	2月1日	2/4-3/31	55日間	規格建築2K(8坪,9坪)タイプ
4	8347戸	2月9日	2/14-3/31	45日間	規格建築2K(8坪,9坪)タイプ、外国製、都市公団
5	4550戸	2月25日	2/16-5/20	93日間	規格建築2K(8坪,9坪)タイプ、高齢者・障害者地域型仮設住宅
6	2355戸	3月3日	3/16-5/20	65日間	外国製
7	2289戸	3月27日	3/30-5/20	52日間	規格建築2K(8坪,9坪)タイプ、高齢者・障害者地域型仮設住宅
8	6281戸	5月31日	6/1-8/11	81日間	規格建築2K(8坪,9坪)1K(6坪)タイプ、高齢者・障害者仮設住宅
9	245戸	6月20日	6/20-7/20	31日間	規格建築2K(8坪,9坪)1K(6坪)タイプ
10	2533戸	6月27日	6/27-8/10	55日間	規格建築2K(8坪,9坪)1K(6坪)タイプ、地域型仮設住宅

表 5 新潟県中越地震 応急仮設住宅供給概要

建設次	建設戸数	発注日(指定)	建設期間	建設日数	住宅タイプ
1	3460戸	10/26 11/8	10/27-12/5	40日間	規格建築1K(6型)、2DK(9型)、3K(12型)

表 6 福岡県西方沖地震 応急仮設住宅供給概要

建設次	建設戸数	発注日	建設期間	建設日数	住宅タイプ
1	200戸	不明	3/29-4/24	28日間	規格建築2DK(9坪)タイプ
2	30戸	不明	4/19-5/11	23日間	規格建築2DK(9坪)、3K(12坪)タイプ

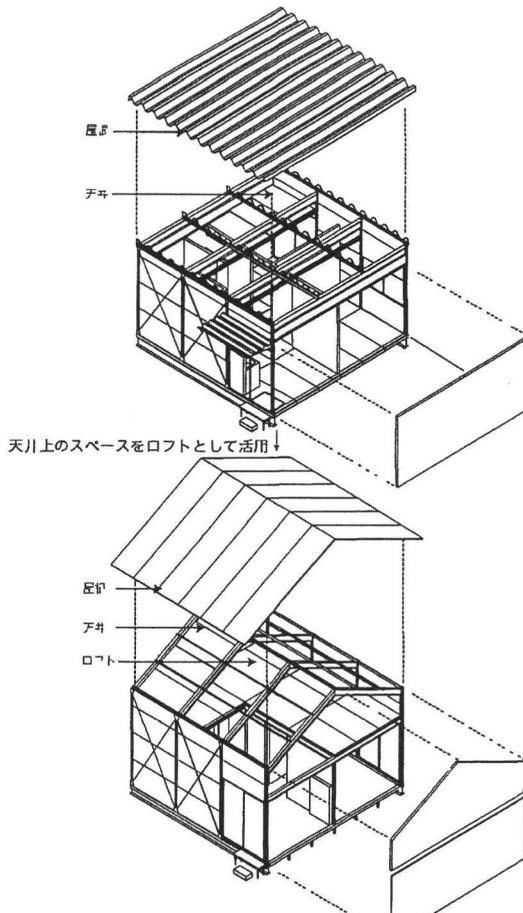


図 2 提案モデル全体構成図

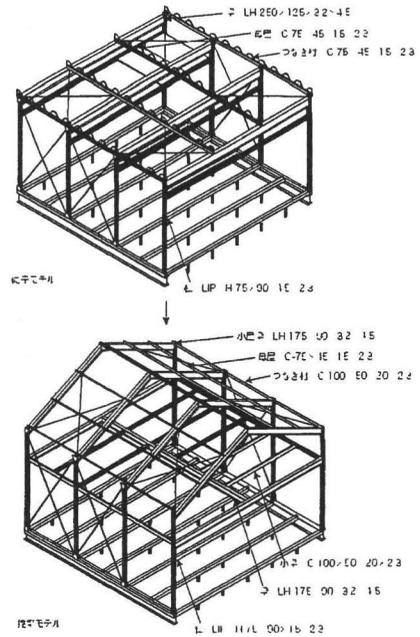


図 3 提案モデル躯体図



図 4 実物大モックアップ 内観写真

05-66 木造建物の耐震性能評価用 Web アプリケーション開発

早稲田大学大学院理工学研究科
博士課程 3年 松永 裕樹

1. 本研究の背景と目的

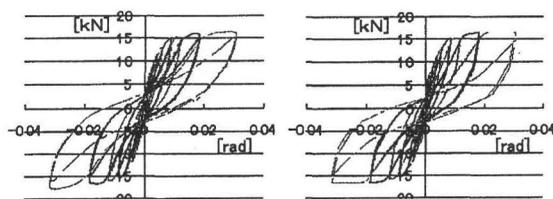
1995年の兵庫県南部地震をはじめとする近年の大地震への不安から、既存木造住宅の耐震改修が急務となっている。現在、木造建物のほとんどは在来軸組構法建物であり、従来の壁量計算では耐力重視型の設計法であるため、軸組構法建物では十分な構造安全性を確保できていないことが指摘されているが、軸組構法建物は層間変形に対し高い能力を持っていることも知られている。そのため、それぞれの構法に適した耐震性能評価法で建物の現状を把握し、耐震補強計画を立てる、そうした合理的な耐震設計法・耐震補強法の開発が課題となっている。本研究は、木造建物のモデル化手法を中心に検討し、適切な耐震性能評価を行うこと、及び研究成果を「Web アプリケーション」という形で外部公開とすることを目的とする。

2. 研究の方法

本研究では、各種耐力壁やその他の雑壁（非耐力壁）の復元力特性のモデル化手法の検討を行う。最初に実大木造住宅の振動台実験を例に木造建物モデルを構築する手法について検討する。実験建物を構成する各種木造軸組壁の詳細な力学モデルから建物モデルを構築し、地震応答解析結果と実験結果を比較する。次に、木造軸組壁のモデル化について NCL モデルを応用した、高精度且つ汎用的なモデル化手法について検討する。この手法を用い、各壁の骨格曲線データからその力学モデルを効果的に推定する手法を提案し、一連の成果を Web アプリケーションとしてまとめる。簡易な建物条件の入力と、壁の種類と枚数から地震応答解析を行い、圧効きオイルダンパによる制振補強計画支援まで行うアプリケーションとする。

3. 実大振動台実験建物のモデル化手法の検討

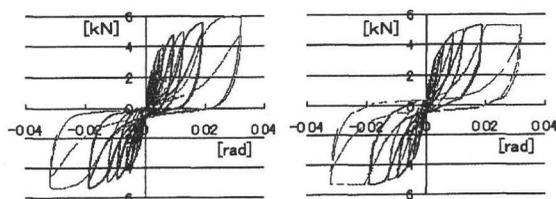
本節では、2 階建て木造軸組住宅の実大振動台実験について詳細な実験建物モデルを構築し、実験結果を非常に精度良く模擬可能であることを示す。初めに、実験建物を構成する各種木造軸組壁の正負交番載荷試験で得られる荷重変形履歴を基に、詳細な力学モデルを構築する手法を示す。例としてダイライト壁と石膏ボード壁の実験結果の荷重変形履歴より力学モデルを作成したものを図 1、2 に示すが、何れも非常に精度良くモデル化できている。



実験結果

力学モデル

図 1 ダイライト壁のモデル化



実験結果

力学モデル

図 2 石膏ボード壁のモデル化

次に、実大実験結果と建物モデルの解析結果を比較した例を示す。実験では、主要なものとして神戸海洋気象台観測波の100%と150%の加振を行ったが、その150%のものについて図3、4にて建物1層の解析結果と比較している。建物モデルは、各壁の力学モデルよりその存在壁長さを基に作成しているが、詳細なモデルから成るため、実験結果を非常に精度良く模擬することが可能であることがわかる。

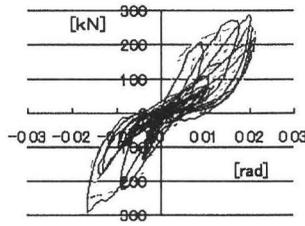


図3 神戸波 150%比較

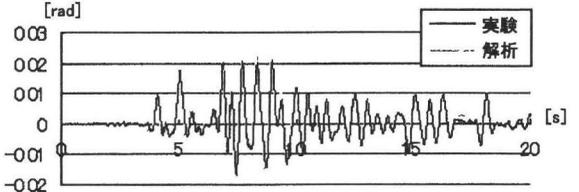


図4 神戸波 150%層間変形角時刻歴比較 (0~20[s])

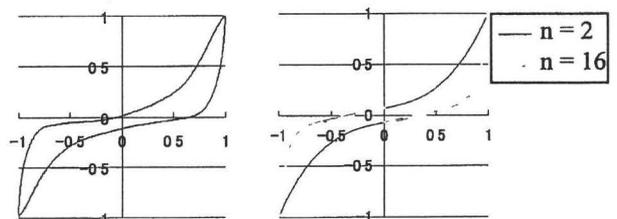
4. NCLモデルを応用した木造軸組壁のモデル化手法

前節では木造軸組壁の複雑な復元力特性をモデル化する手法を示したが、個々の要素のパラメータを決める手順が汎用性に欠けており、この点を改善するため、本節ではNCLモデルを応用したモデル化手法を提案する。木造軸組壁の正負交番載荷試験などから得られる荷重変形履歴を対象に、NCLモデルの修正を基本としたモデル化を行うことで、煩雑なモデルパラメータの算出をプログラミングにより自動化することを可能とするものである。

NCLモデルとは一方向単調荷重により得られるスケルトンカーブと、各荷重段階で得られた定常ループを各々の頂点座標で無次元化した固有ループとを組み合わせることで複雑な復元力特性を表すものである。本研究で提案する固有ループは式(1)で表される。

$$L(x) = \mp Ax^4 + Bx|x|^n + (1-B)x \pm A \quad (1)$$

しかし図2の石膏ボードのような履歴はスリップ域が長くなるにつれ除荷後の勾配が極端に大きくなり、モデル化の際は図5(b)のように上限・下限式を正負変位領域で分けてスリップ域を調整すると精度良くモデル化できる。また、固有ループは元来原点対称なのでループの半分のみ考えればよく、適切に式(1)の各係数、指数値を設定することで、固有ループ全体を表せる。例として、図6に石膏ボード壁の固有ループを小変形から大変形までモデル化したものを示す。これらは実験データから自動計算するプログラムを組み、求めている。非常に高精度なモデルであることが確認できる。スリップ性状の大きく異なるものについても非常に有効であり、パラメータを自動計算できるため汎用性が高いモデル化手法である。



(a) 石膏ボード壁 (b) 式2によるモデル化例
固有ループ (1/30[rad]) (A=0.06, B=0.78)

図5 正負変位領域に分けてモデル化を行った例

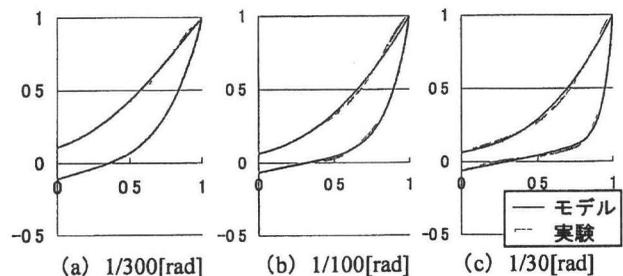


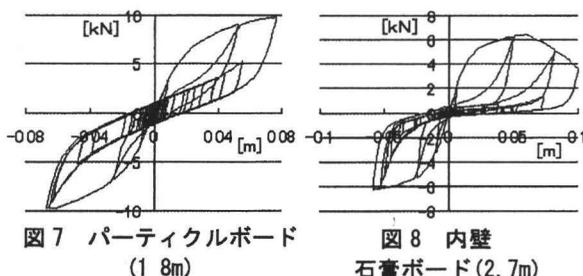
図6 実験結果による固有ループとモデル化した固有ループとの比較 (石膏ボード)

次に、木造軸組壁の荷重変形履歴が得られていない場合について、告示や品確法評価方法基準に定められた耐力壁等についての標準骨格曲線データシートを基に、本モデル化手法を応用し、力学モデルを推定することを考える。当然詳細なモデル化とはならないが、固有ループ関数の係数、指数について、これまでの実験結果からその傾向を分析し（安全側に）値を設定することで、標準的な骨格曲線に従う力学モデルを構築することが可能である。例として、表 1 に示すパーティクルボードについてダイライト壁の固有ループ関数の係数、指数を安全側に設定して適用し、内壁：石膏ボードについて、今回モデル化したものを用いる。

表 1 品確法評価方法基準に定められた準耐力壁、及び診断で等価的に耐力壁扱いする雑壁（強度 kN/m）

変形角 ($\times 1/1000\text{rad}$)	1	2	3	5	7.5	10	15	20	30	40	60
パーティクルボード	0.62	1.24	1.86	2.8	3.57	4.11	4.78	5.28	5.67	5.04	1.12
内壁 石膏ボード	0.4	0.81	1.12	1.6	1.93	2.07	2.27	2.33	1.71	0.6	0

解析モデルについて、せん断 1 質点モデル、質量 3[t]、減衰定数 2%（初期剛性比例）、入力地震波はエルセントロ NS 成分の原波として、表 1 のモデルをそれぞれ壁長さを指定して解析を行った。図 7、8 に解析結果の荷重変形履歴と壁長さを示すが、それぞれ表 1 の骨格曲線に従う履歴を描いており、最大変形に応じた固有ループの形状の変化など、図 1、2 の履歴特性が良く反映されている。以上のように、本モデル化手法によれば、どのような復元力特性も容易に実現可能である。



5. Web アプリケーションの構成について

ここまでの成果を踏まえ、Web アプリケーションとして以下のように構成する。建物条件について、耐力壁以外は、層数・階高・床面積の入力と、「重い屋根」「軽い屋根」という程度の情報から固定荷重、積載荷重を算定する簡易なものとする。壁要素は骨格曲線データのあるものについて用意し、その種類と壁長さの合計から建物モデルを構築する。地震応答解析で耐震性能評価を行い、その後圧効きオイルダンパによる制振補強について、補強効果を最大応答値等のグラフの比較により視覚的に表現する。最後に解析結果を Download することができるものとした。アプリケーションの詳細は以下のアドレスを参考にされたい。

「<http://www.soda.arch.waseda.ac.jp/MNCL/index.aspx>」

6. まとめ

本研究は、木造建物の耐震性能評価を適切に行うための耐力壁／非耐力壁の力学モデルの構築を中心に行った。実大振動台実験を例に詳細な力学モデルから建物モデルを構築することの有効性を示した。次に、荷重変形履歴データからモデルパラメータを自動計算する手法を考案し、骨格曲線データからでも相応の力学モデルを構築できることを示した。現在それらの成果を Web アプリケーションとして公開しているが、壁要素の詳細なデータの蓄積、修正した NCL モデルの手法の改善や一般化、限界耐力計算による制振補強設計法の策定等を検討、Web アプリケーションを随時更新することを今後の課題とする。

05-67 建物ファサードの総合的遮音性能の評価に 対する研究

千葉工業大学音響情報フロンティアセンター
特別研究員 横山 栄

これまで建物ファサードの遮音性能の測定では、外周壁内外におけるオクターブバンドごとのエネルギー（スペクトル）をそれぞれ測定し、その差から接線法により遮音性能を評価する方法が広く用いられてきている。しかし、周波数帯域全体にわたる性能が評価結果に反映されにくく、必ずしも心理的影響との対応が良い指標とは言えない。また、欧米で広く用いられている評価法とは大きく異なり、国際化が要請される中、ISO 規格への完全な整合が困難となっている。一方、平成 10 年に改定・告示された「騒音に係る環境基準」においては、建物ファサードの遮音（防音）性能を考慮した室内での騒音レベルが等価騒音レベル (L_{Aeq}) により規定されており、私たちは、これまでに様々な環境騒音を対象に室内へ透過した騒音が及ぼす心理的影響について実験室内 3 次元シミュレーション音場で主観評価実験を行い、ラウドネス、ノイジネスの他、アノイアンス (Annoyance) の観点からも影響を調べてきている。上記、音場シミュレーションシステム、6 チャンネル収音・再生システムは、主に環境騒音を評価する目的で構築したものである。主観評価実験では、すべて実騒音（居室内に透過した騒音を録音）を用いて音場をシミュレートし、心理的影響を評価することで成果を挙げているが、居室内での測定には非常に制約が多く、屋外で録音した騒音と建物ファサードの総合的な遮音性能（ハウスフィルタ）を用いて居室内への透過音をシミュレートすることが強く望まれる。本研究では、建物ファサードの総合的遮音性能の測定法の開発、および国際化を視野に入れた評価法の見直しを最終的な目的としているが、まず始めに、従来、音響伝搬測定に用いられているインパルス応答の測定手法を建物ファサードの遮音測定に適用し、ハウスフィルタの構築を図ること、さらに、遮音性能の評価法について、これまでわが国で用いてきている接線法、欧米で用いている手法、および平均値による評価法等を対象に、それぞれ心理的、生理的影響との対応を実験室実験による主観評価実験により明らかにすることを目的としている。

近年、特に都市部における沿道・沿線建物について、ファサードに工夫が施され高遮音化される傾向にあり、まず、JR 沿線の居室内外における騒音の実態を調査し、建物ファサードの遮音性能の現状を把握した。測定の対象とした当該建物は鉄道騒音の影響が大きい低層階のファサードがダブルスキン構造となっており、窓の開閉条件を 4 段階に変えて調査を行った。窓を開放とした場合にも 7 dB 程度の遮音効果があったが、一重だけ窓を閉じた場合には遮音等級 T1 (500 Hz 帯域の音響透過損失が 25 dB) を下回る結果であり、二重のダブルスキンとした場合に T3 等級 (同 35 dB) を満たしていた。在来線の最近接軌道から 20 m 程度の距離に当該建物ファサードが位置していたが、二重に窓を閉じた場合には居室内の騒音レベルの最大値はほぼ 45 dB 以下であった。さらに、測定時は空室であったが、実際に居住する際には家具やカーテンなどの吸音力が期待でき、騒音レベルはこれを下回ると考えられる。

つぎに、これまで居室内の心理的影響評価を行う際には、屋外で測定した騒音のスペクトルだけを変化させて居室内の音環境をシミュレートする方法が一般に用いられてきていたが、実際には周波数特性だけではなく、音波伝搬の過程で時間的な変化も生じている。本研究では、より精緻なハウスフィルタを構築するために、従来、音響伝搬特性の測定に用いられている測定法の1つである Swept-sine 法を遮音測定に適用し、建設中の集合住宅で測定できる機会を得て、屋外から居室内に音波が透過する際のインパルス応答を測定することを試みた。実験には、音源スピーカとして12面体無指向性スピーカを用い、約120秒間の Long Swept-sine 信号を用いた。また、後で行う可聴化のために受音には6チャンネルマイクロホンも併用した。近年、建物の高気密化により遮音性能が高く設計されている上に、現場測定では複合的かつレベルの高い暗騒音下での測定となることが考えられたが、今回は非常に時間長の長い Swept-sine 信号を用いたことで、十分な S/N を確保することができた。

上述の測定結果を用いて、屋外で収録した各種騒音にインパルス応答（ハウスフィルタ）をたたみ込んで居室内の音環境をシミュレートした。なお、今回は6チャンネル收音・再生システムを適用し、各方向別に信号処理を施し、無響室内に3次的に音場をシミュレートすることを試みた。これにより、原音場の方向情報も含め、正確にシミュレートすることができる。ハウスフィルタを用いてシミュレートした音場と従来法による音場を比較試聴した結果、直接音の明瞭性（不明瞭性）に違和感のあった従来法と比較して直接音の時間的変化も捉えられており、本手法が有効な手段であることが示された。ただし、今回音源を設置した集合住宅内のアトリウムでは残響が生じていたことから、シミュレートした音場では若干、響いている印象があり、今後、一般的なハウスフィルタを構築するには周辺を含めた現場の状況を考慮すべきである。

さらに、遮音性能の評価方法について、日本では主に T 等級等の接線法で規定する方法が用いられてきているが、国際的には等価騒音レベル等のエネルギーベースの評価量で評価する動向が見られることから、等価騒音レベルを例に取り、評価指標としての有効性を実験的に検討した。実験では、上述の居室内に透過する在来線鉄道騒音を評価対象として実験室内にシミュレートし、人為的に音圧レベルを変化させた騒音も実験条件に加え、Magnitude Estimation Method (ME 法) によって「うるささ」の評価を試みた。その結果、「うるささ」の印象と等価騒音レベルの間にはきわめて高い相関がみられ、遮音性能の評価指標としての有効性が見出された。しかし、今回の検討では基礎的な検討に終始しており、今後、さらに純音成分を含む音など様々なスペクトルをもつ透過音について検討を重ねる必要がある。

以上の実験的検討によって、本研究では、以下のことを明らかにした。

まず、建物ファサードの遮音性能の実態を把握し、つぎに、遮音性能を総合的に評価するための方法として、従来の周波数特性だけを考慮する方法ではなく、時間特性も考慮する方法を提案し、実際の集合住宅においてハウスフィルタの構築を試み、その測定方法および適用可能性を明らかにした。さらに、遮音性能の評価方法について、従来の T 等級など接線法で規定する方法に代わり、国際化を視野に等価騒音レベルなどのエネルギーベースの評価量で規定できる可能性について、実験室実験による心理評価実験の手法により基礎的検討を加えた。

06-63 防水層の耐根性評価

東京工業大学 応用セラミックス研究所
博士課程 3年 表淳珠

1 研究の背景と目的

近年、屋上緑化が急速に普及している。その多くは以前のような、保護コンクリートで防水層がしっかりと守られ、その上に植栽がなされているといった重装備なものではなく、軽量化を図るために保護コンクリートが省略され、防水層の上に直接土壌層を置き、それに直接植栽するものである。この場合には植物の根や地下茎の先端が直接防水層に接触し、それが弱い場合には貫通することがある。それは漏水に直結するため防水層にとっては重大な損傷となる。

そのため、屋上緑化に用いる防水層には耐根性が求められることになる。ところで今までの防水層では、耐根性を評価すべき項目とは考えておらず、それを評価するための手段はなかった。結局のところ、実際に植物を植え一定期間を経た後で、根や地下茎が突き抜けたかどうかの観察により、その安全性を判断するしかなかった。この方法は実植物を用いるといった点では、現実的方法ではあるが、結果を得るまでに1年以上の期間を要するものであり、何よりも、結果は植物の生育程度に依存するという欠点を持っている。生育の悪い植物の場合は防水層を突き破る力が弱いため、当該防水層には合格の評価の下される可能性が残るのである。そのため客観的な評価を下すためには、防水層の他性能項目と同様、そのような影響の少ない機械的な方法による試験が望ましい。本研究は、このような背景のもと、できるだけ簡便で再現性のある耐根性を評価するための機械的試験方法について検討したものである。

2 模擬針侵入試験

植物の根や地下茎は防水層に侵入することがあるが、特に破損の被害を起こさせるのは地下茎であることが多い。そのためここでは地下茎を対象として装置の開発を行うこととした。特に損傷例の良く見られるクマザサとノシバを代表として、その先端の顕微鏡による観察を行い、これら地下茎を模擬した針状の先端（先端直径 0.1mm φ, 0.3mm φ, 0.5mm φ の模擬針）を作成した。防水層侵入力の測定試験は写真 1 に示すように、針の先端を防水層に押し込み、その時の荷重と模擬針の変位を測定した。試験に使用した防水層は、硬さを変えたウレタンゴム・ウレア樹脂系塗膜防水層 5 種、厚さを変えた塩化ビニル樹脂系シート防水層 5 種、無補強のもの及び補強の構成を変えた加硫ゴム系 (EPDM) シート防水層 5 種とした。

模擬針の防水層への侵入にともない荷重は増加し、ほとんどのものは最大荷重時に模擬針先端が突き抜け、直ちに荷重は低下した。模擬針先端直径の影響は、模擬針先端が大きい場合は最大

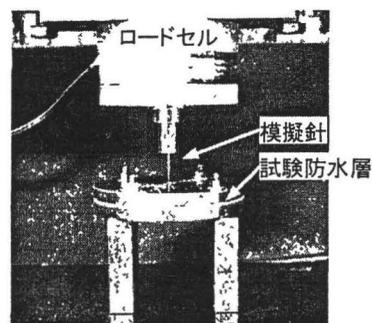


写真1 測定装置と試験の状況

荷重が増加する傾向が見られた。

3 実植物を用いた耐根性試験

試験体は 20mm φ の孔が多数空けられているパンチングメタルの内側容器（試験防水層を敷きこみ、土壌を入れ植物を植え込む）と、それを入れる外側容器（内側容器と外側容器の間にも土壌が充填される）とから構成されたものであり、その試験体断面を図 1 に示す。植物の植え込みは、植物の生育の非常に活発な初夏の 2004 年 7 月 27 日に行なった。

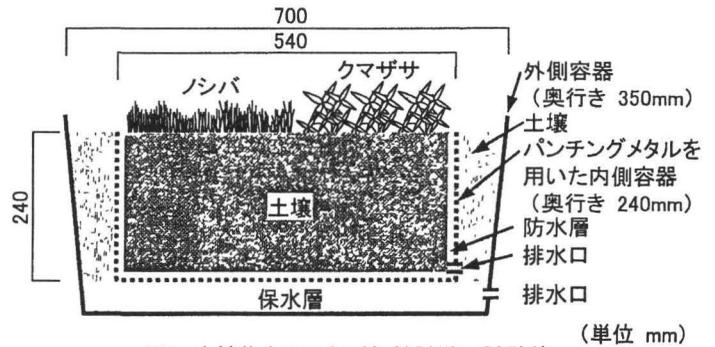


図1 実植物を用いた耐根性試験用試験体

試験開始後、定期的に植物の植え込まれている内側容器を引き上げ、側面、底面からの根や地下茎の防水層貫通状態を観察した。観察は、2005 年 7 月 27 日までの 1 年間行なった。

その結果、いくつかの防水層で地下茎の貫通が見られた。全体的には硬い防水層では地下茎は貫通しにくく、柔らかいものでは貫通しやすいという傾向が認められた。

4 模擬針侵入試験と実植物を用いた耐根性試験の比較

防水層への模擬針の侵入試験における各種物理項目と実植物を用いた耐根性試験結果とを比較した。模擬針侵入試験における荷重-変位曲線（最大荷重 50N まで）より、最大荷重値、変位 1.0mm の時の荷重値、最大変位、貫通までのひずみエネルギー（=貫通までの荷重と変位の面積）について整理し、図 2 に示す。この図では、実植物を使った耐根性試験での結果で地下茎貫通のあったものを黒色で区別示した。

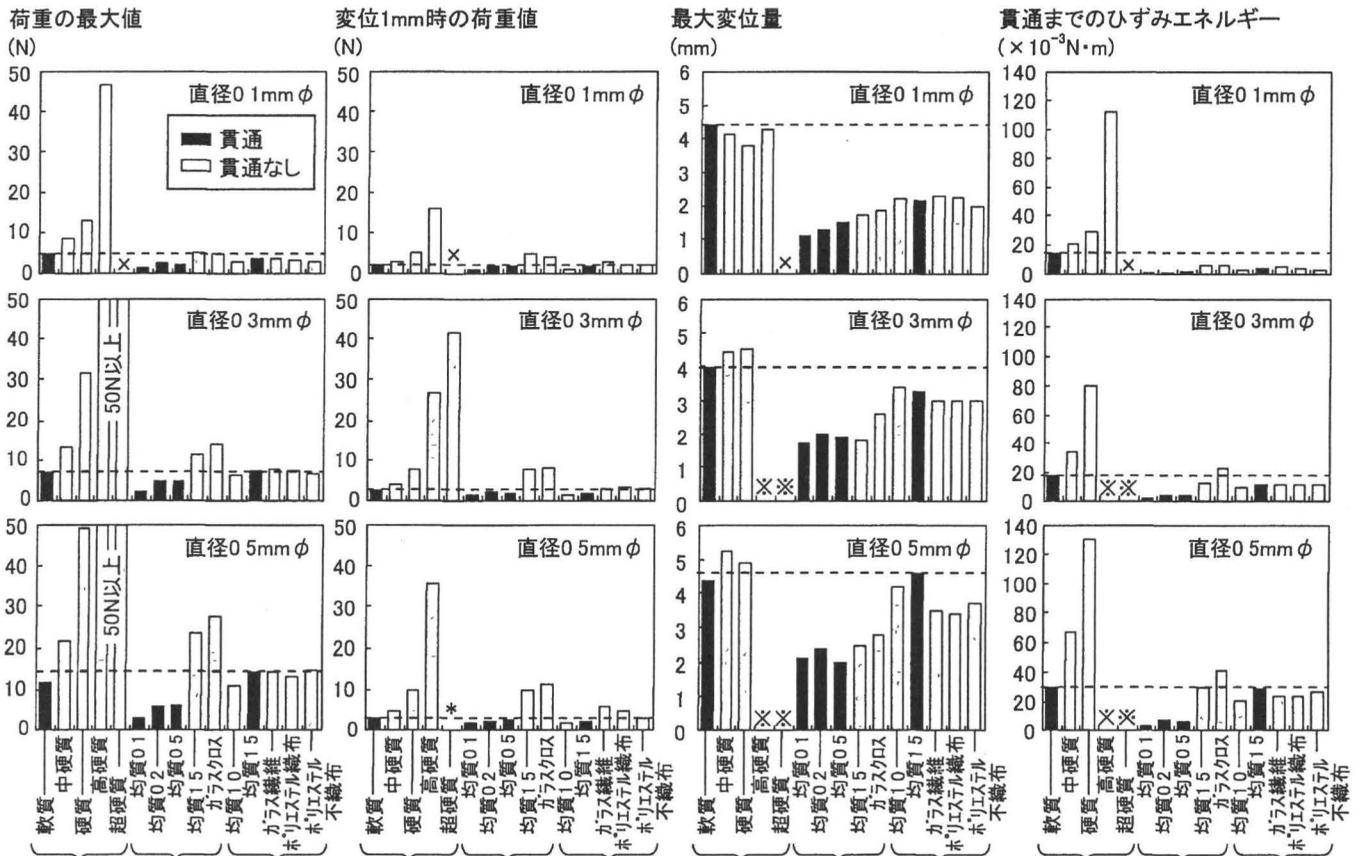
模擬針貫通までの荷重の最大値と耐根性試験結果との関係は、模擬針先端直径 0.1mm φ の場合は 4.9N 以下の範囲で、実植物を用いた実験で 5 種の防水層に貫通現象が見られている。ただしこの荷重値以下でも貫通現象の見られていないものが 4 種あった。また模擬針先端直径 0.3mm φ、0.5mm φ の場合はそれが各々 7.2N、14.3N であった。それ以下の荷重値でも貫通現象の見られなかった防水層は各々 2 種類であった。それ以外はすべて貫通現象が見られている。従って、0.3mm φ、0.5mm φ の模擬針先端直径による最大侵入力は、防水層の耐根性評価の尺度として、ある程度利用ができそうである。

1.0mm 変位時の荷重値との関係は、模擬針先端が 1mm 移動した時の荷重値は、先端直径 0.1mm φ の模擬針の場合 2.1N、0.3mm φ の場合は 2.7N、0.5mm φ の場合は 2.9N を限界として、それ以下の場合に、実植物を用いた実験で地下茎の貫通が見られている。それ以下でも、貫通の見られていない防水層は加硫ゴム (EPDM) シート防水層・均質 1 種類だけである。1.0mm 変位時の荷重は、耐根性と強い関係がありそうであり、これも防水層の耐根性評価の尺度として利用できそうである。

模擬針貫通までの最大変位量との関係は、特定の模擬針貫通時の変位量での線引きは難しく、実植物を用いた実験結果との整合は全く見られていない。

模擬針貫通までのひずみエネルギーとの関係は、模擬針先端直径 0.1mm φ の場合は 14×10^{-3}

N・m、0.3mm φ の場合は 18×10^3 N・m、0.5mm φ の場合は 30×10^3 N・m のもので、地下茎の



ウレタン・ウレア 塩化ビニル EPDMゴム ウレタン・ウレア 塩化ビニル EPDMゴム ウレタン・ウレア 塩化ビニル EPDMゴム ウレタン・ウレア 塩化ビニル EPDMゴム

図2 模擬針侵入試験による各種測定値とクマザサでの耐根性試験結果 × 測定できず、※ 計算できず、* 変位1mm以下

貫通が見られている。但し、それ以外でも貫通の見られていない防水層が各々6種、5種、4種あり、耐根性評価尺度としての利用は難しそうである。

これらを総合的に判断すると、耐根性評価のおおまかな評価尺度としては、変位 1mm の時の荷重値、もしくは模擬針貫通までの荷重の最大値が利用できそうに思われる。特に、0.3mm φ、0.5mm φ の先端を持つ模擬針については、実植物を用いた耐根性評価試験結果との整合性も高い。

5 結論

- (1) クマザサ、ノシバ地下茎先端を模擬した針を用いた、耐根性評価のための簡便な試験方法を提案した。
- (2) この試験方法により各種防水層への侵入力を測定し、その荷重と変位量との関係を明らかにした。
- (3) 実際のクマザサ、ノシバを用いた耐根性試験を行い、防水層の厚さの薄いもの、材質の柔らかいものでは、地下茎が貫通することを明らかにした。
- (4) 模擬針を用いた侵入試験結果と実植物を用いた耐根性試験結果とを比較し、0.3mm φ、0.5mm φ の先端を持つ模擬針を用いた時の最大荷重値、もしくは変位 1mm 時の荷重値が、防水層耐根性評価のためのスクリーニング的意味での簡便な尺度として利用できそうであることを示した。

06-64 住宅における太陽熱利用型のデシカント 空調の評価・設計法に関する研究

東京大学大学院工学系研究科

建築学専攻 AREEMIT Narongwit

1 はじめに

シリカゲルなどのデシカント（乾燥剤）は、一般的に低価格な物質である。しかし、その乾燥材を用いたローター式のデシカント空調装置は、広く普及しつつあるのだが、装置の生産や設置が複雑になるので、決して安価とはいえない。それゆえ、シリカゲルを利用したもっと安価なデシカント空調装置への要求が高まっている。また、現在のローター式のデシカント空調装置は、冷房負荷の処理とデシカントの再生を同時的に行うが、住宅のような建物の場合には、日射が無くてデシカントの再生を行えない夜間に冷房負荷が発生する傾向にあるので、このような方式のデシカント空調方式はあまり適さないことになる。つまり、住宅などに適用する場合には、長時間にわたり冷却能力を保持できるデシカント空調装置でなければならない。ここでは、デシカント槽を用いて異なる時間帯に再生と冷房とが行われる太陽熱デシカント空調システムについて、予備的な研究を行ったので、報告する。

2 実験方法

神奈川県（北緯 35 度 1 分、東経 139 度 42 分）において、2006 年 9 月から 10 月にかけて行った。本システムの運転モードは 3 つの時間帯に分けられる。つまり、8 時～16 時の日射が利用可能な時間帯では、システムはデシカントの再生を行う（再生モード）。また、16 時～24 時の間は除湿及び冷房を行う（除湿モード）。そして、24 時から 8 時の間は休止モードであり、運転は行われず（休止モード）。

運転の詳細を示すダイアグラムを図 2 に示す。ソーラーパネルは前述のように 8 種類のパネルに分かれているが、各パネルを通過する風量を等しくするために、各パネルの流出口には風量調整用のダンパーが取り付けられている。これにより、再生モード中は、各パネルに比較的等しい風量の外気が導入される。各パネルで加熱された外気は流出口で合流し、デシカント槽へと流れこむ。デシカント槽へ流入した高温の外気はデシカントを再生し、屋外へ排出される。この排出ファンは 0.3m×0.6m の太陽電池によって供給される電力で稼動する。これには、デシカント再生のための風量を、日射量の強さによって調整するという利点がある。

除湿モードでは、外気がデシカント槽を通過し、除湿が行われる。デシカント槽から流出した空気（外気）は、対向流式熱交換器の 1 次流（主流）となるが、そこでは顕熱冷却される。熱交換器の 1 次流を冷却するための二次流は、一台目の蒸発冷却機によって冷やされた湿

った外気である。冷却された1次流は、二台目の蒸発冷却機によってさらに断熱冷却され、屋外へ排出される。本研究では、この屋外へ排出される1次流を建物の冷房用の空気として考える。また、休止モードでは、次の再生過程が始まるまで、全ての運転が停止される。

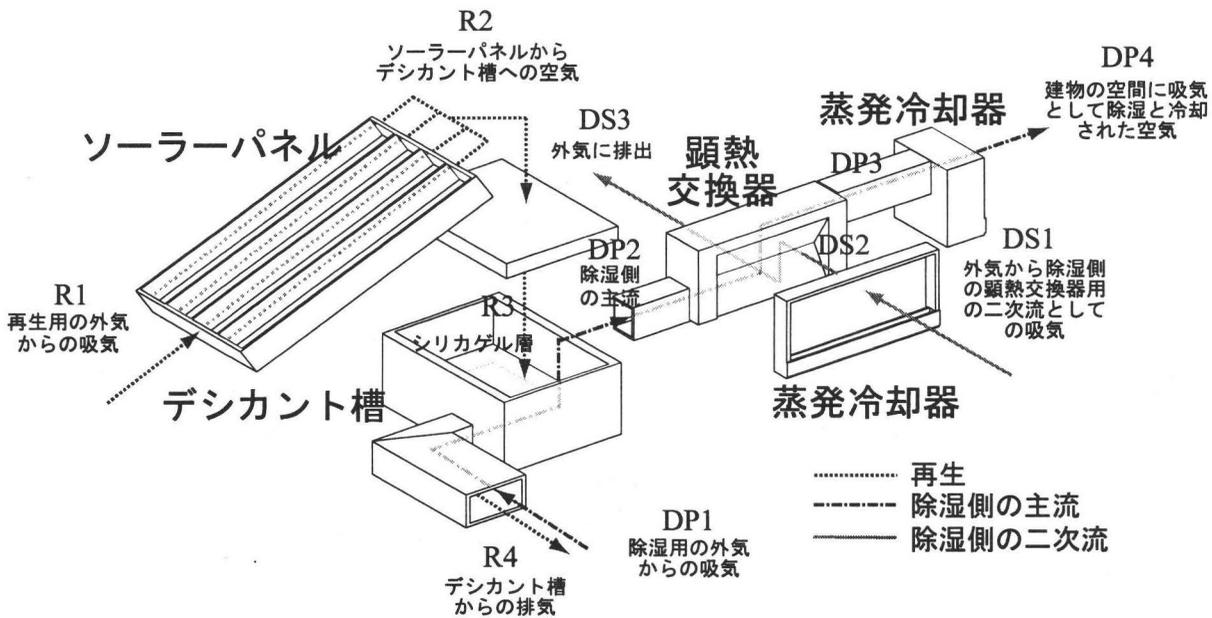


図2 本デシカント空調システムのダイアグラム

3 実験結果と結論

実験結果を考察するために、計測期間の内、晴天が続いた10月8日から10月10日の期間の結果を抽出する。考察は、本システムの全体に関わる再生性能及び除湿・冷却性能と、本システムの各要素に関わる性能の2つに分けて行う。予備的な研究として、日中に日射により再生し、夜間に冷房用の冷熱を供給するデシカント槽を用いた太陽熱空調システムについて実験的に研究した。本システムの電力効率(COP)は3.8であり、一般的な従来型のエアコンの効率3と比較して、効率的であると言える。さらに、本システムは、漏気を減らし、良質の熱交換器と蒸発冷却器を用いることで、効率が改善され、COPが7.03になったため、効率的なシステムとして期待される。また、シミュレーションと実験の結果が良く一致したことによって、本予測シミュレーション手法は、システムの正確な運転の予測やシステム設計手法として有用であることが分かった。

06-65 Wind Tunnel Experiments and CFD Simulations on Urban Ventilation in 3-D Densely Built-up Areas

東京大学生産技術研究所 加藤大岡研究室

博士課程 マハモド ファラガリー バデイ モハメド

In the way to create comfortable conditions for inhabitants inside urban areas, planners and designers have to consider many aspects, which affect wind flow characteristics and hence air quality inside urban domains. Among many parameters, the geometry and arrangements of adjacent buildings and ambient wind directions are considered the most important ones. So, it is worth to investigate these parameters for better understanding of the atmospheric processes which determine pedestrian comfort and air quality.

The main objective of my research was to attain an optimum design for future overcrowded built-up areas from the environmental point of view, regarding both the pedestrian comfort and air quality requirements. Another objective of this research was to set a group of guides and rules for future urban areas, in the way to modify the Japanese building code completely. To achieve the above goals, wind tunnel experiments together with numerical simulations using computational fluid dynamics (CFD), were carried out simultaneously in order to study all factors which may affect the air quality and wind flow characteristics inside urban domains.

Results of my research can be summarized as follows:

- The study results provide evidence that building configurations and wind direction are very important factors in determining wind flow pattern, which controls pollutant diffusion characteristics within urban domains.
- The results demonstrate that model (I) is a good choice for densely built-up areas, in terms of its wind flow characteristics and air quality. The results of such model reflect that the presence of gaps between adjacent buildings is a very important factor to be considered by planners and designers. The gaps have the ability to introduce more wind to urban domains, which improves their air quality (and natural ventilation as well).
- Further analysis of the wind environments of the four models is needed in order to attain complete assessment for the four building patterns. Such analysis is very important to insure a reasonable level of air quality for inhabitants.
- The exceedance probability seems to be an effective tool for evaluating wind conditions within urban domains. It affords the ability to estimate the optimum direction for building arrays that provide a good wind environment for inhabitants of

such areas by improving the air quality and human comfort conditions.

- Dense building arrays with some narrow gaps can be set in any direction within the construction site. The presence of narrow gaps leads to a decrease in differences between air exchange rates for variable wind directions.
- Since the study target is to assess the wind environment of the building arrays in nine selected Japanese cities, the wind conditions of Yokohama and Niigata seem to be better than those of the other seven cities, reflected by the AER and wind kinetic energy values at the minimum probability values. This conclusion is drawn from the weak wind point of view.
- The exceedance probabilities strongly depend on the geometries of the building arrays as well as the wind conditions of the construction site.
- Recommendations for the best directions of the three building arrays, which enhance more wind and attain the maximum ventilation performance and the best comfort conditions within the pedestrian domain, are presented. However, the application of these recommendations depends basically on the potential to connect existing roads in the city in question with those passing through the building array. Also, the directions of the building arrays which were estimated based on kinetic energy are recommended only for weak wind conditions.
- Densely built-up areas with some narrow gaps can be set in any direction within the construction site. This is attributed to the fact that the narrow gaps decrease the differences in air exchange rates within urban domains for variable wind directions.
- In order to make use of the advantage of the computational model, this type of research is desirable during the project design stage. If necessary, the building arrangement or the building array direction could be improved.

Current and Future Work:

The current topic of my research is the Reverse Simulation. It introduces a technique to determine pollution source locations in urban environments -when the pollutant concentration field is known- through the use of reversed time marching method (RTMM). The method depends primarily on the solution of the scalar transport equation with time integration in the negative direction. This leads to reversing the velocity field and also the diffusion term. The study demonstrates how to use the inverse CFD model with the reversed time marching method to identify pollution sources in urban environments. Steady state numerical simulations were carried out at first in order to estimate the wind flow fields. With the steady-state airflow patterns, direct CFD modeling (forward-time simulation) was used to calculate pollutant concentration distributions for step-function sources. In the last stage, the scalar transport equation was solved again but with the reversed flow field and the negative diffusion term. By using peak concentration, one could identify the pollution source location.

06-66 木材のめり込み特性に基づく伝統木造の柱脚と柱-貫接合部におけるモーメント-回転角関係のモデル化

京都大学工学研究科建築学科
博士課程 李 東潤

1. 研究の目的

伝統的木造建築物では半剛接合部の特性が建築物の全体の挙動を大きく支配することと、接合部の挙動がめり込み特性に依存することに着目して、木材のめり込み特性に基づき、柱脚-礎石間の傾斜復元力の特性や柱-貫接合部のモーメント-回転角関係をより、簡単な実験方法で明らかにすることを目的とし、木材のめり込み特性に基づく汎用構造解析法の枠組を構築することを旨とする。

2. 柱脚要素実験

2.1. 傾斜復元力

本節では柱の傾斜復元力の基本的な定式化を示す。図 1(a)に示す 2 本の剛柱と剛床からなる平面骨組を考える。柱の高さを H 、柱の幅を B とする。床の重量を W とし、柱の重量は床の重量に対して無視できるほど小さいとする。この骨組の床の重心に水平力 Q を作用させると図 1 (b) のように変形する。この時の柱の回転角を θ とする。この時、図 1 (c) に示す柱に関する力の釣合より次式が得られる。

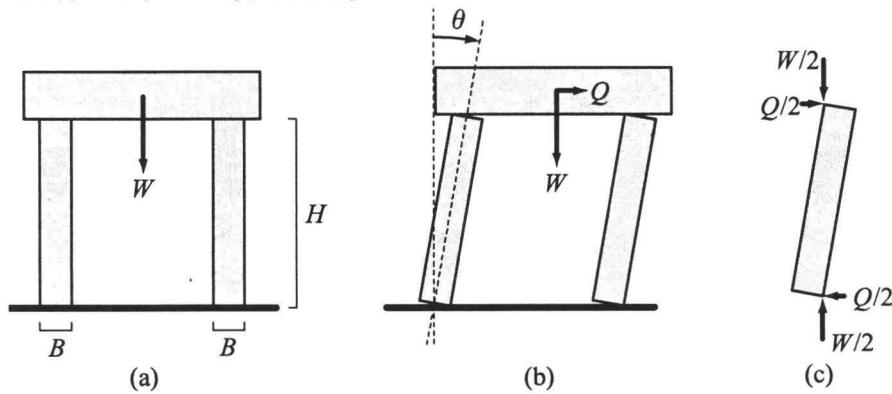


図 1：剛体からなる骨組の変形と力の釣合

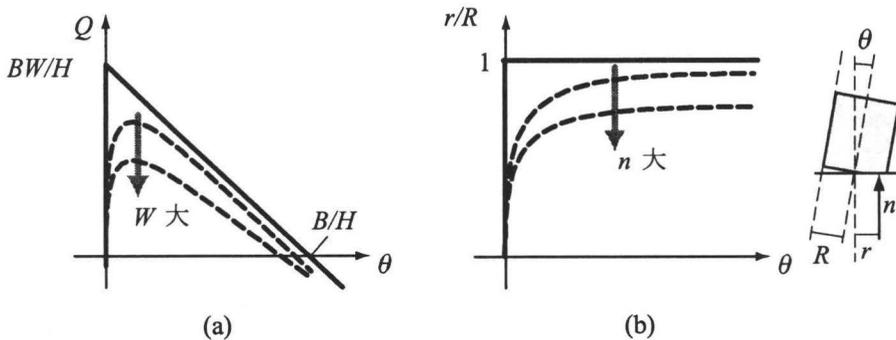


図 2：傾斜復元力と柱脚での集中反力作用位置

$$Q(B \sin \theta + H \cos \theta) = W(B \cos \theta - H \sin \theta) \quad (1)$$

$\theta < 1$ を仮定すると $\cos \theta = 1$, $\sin \theta = \theta$ となり, 次式が成り立つ。

$$Q = \frac{H}{B} - \theta W \quad (2)$$

ここで $B/H = 1$ の関係も用いた。この関係を図 2 (a) に実線で示す。柱が剛体ではなく変形体の場合, 柱脚や柱頭で柱のめり込みが生じ, 傾斜復元力は図 2 (a) の点線のように変化する。床重量 W が大きいほど, 傾斜復元力の最大耐力は小さくなる。

柱脚に鉛直荷重と強制回転を与えると, 変形は図 2 (b) のグラフ右の図のように柱脚底部に集中する。柱脚の回転角を θ , 柱幅の 1/2 を R とする。礎石から柱脚に作用する鉛直分布力と等価な集中力の大きさを n , その作用位置 r とする。この時 n は部材軸力と等しい r/R は, 以下のように n と θ の関数として表せる。

$$r/R = f(\theta, n) \quad (3)$$

この関係は, 柱脚が剛体の場合は図 2 (b) のグラフの実線で, 変形体の場合は点線で表せる。本研究では, 回転角を固定して柱脚要素を礎石にめり込ませる実験を行い, その結果を式(3)のめり込み構成則の形で整理する。めり込み構成則が得られれば, 柱脚に作用するモーメント M は次式により得られる。

$$M(\theta, n) = n \mp r(\theta, n) \quad (4)$$

これらの式から, めり込み実験結果を内挿することで, 指定された軸力と回転角の下でのモーメントを予測することができる。

2.2 めり込み構成則

本研究では, 上谷らの定式化を参考に, 次式により式(3)のめり込み構成則を近似する。

$$r/R = f(\theta; n) = k_1^q(n)(1 - e^{-k_2^q(n)\theta}) \quad (5)$$

ここで $k_1^q(n)$ と $k_2^q(n)$ は軸力 n の関数であり, q は Case A では A , Case B では B , Case C では C である。軸力 n を指定すると, 各回転角 $\theta = 1/10, 1/15, 1/30, 1/60$ について, 実験結果の各グラフからこれに対応する r/R の値が定まる。例えば標準的な柱軸力である $n=4, 9, 36$ (kN) の場合に r/R を求め, その平均を白丸でプロットしたグラフを図 3 に示す。これらの点と式(5)を用いて最小自乗近似を行うと, 指定した n に対応する $k_1^q(n)$ と $k_2^q(n)$ を求めることができ, 図 3 の実線の $r/R-\theta$ 関係が得られる。

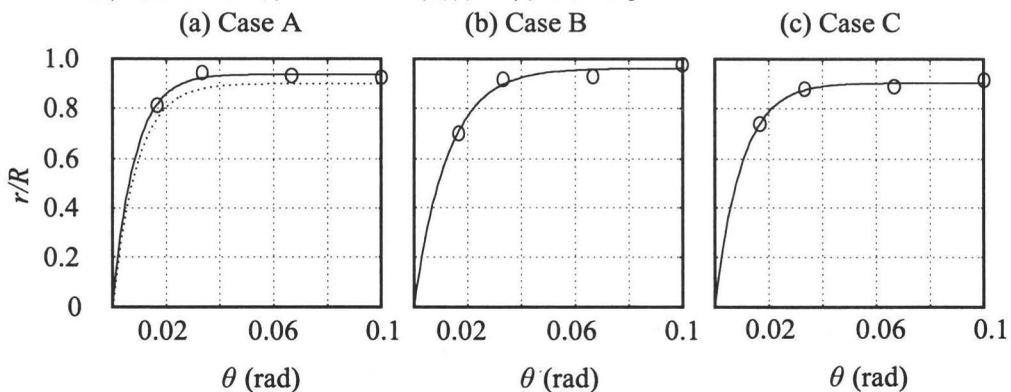


図 3 : $n=4$ (kN) の場合の r/R -関係

3. 柱-貫要素実験

3.1 めり込み構成則の記述

本節では、めり込み形状、めり込みにより生じる境界反力、これらの関係式を記述する。まず、楔や仕口の切欠きがない場合を考える。図 4 のように、各部材の接合部周辺部位に仮想剛域を想定し、めり込み形状を、互いの剛域が重なりあう三角形形状に単純化して記述する。柱端部のめり込み量を w とし、柱と貫の相対変形角度 θ とすると、めり込み形状は (w, θ) を独立変数として表せる。本モデルでは、柱から貫の接触面に作用する境界分布反力を、静的等価な集中境界反力に置換する。等価集中境界反力の大きさを n 、柱端部を原点とする作用線位置を r とすると、この等価集中境界反力は (n, r) を独立変数としてあらわせる。境界分布反力は接触面の垂直方向成分と接線方向成分に分解できる。本研究ではめり込み特性に焦点を絞るため垂直方向成分のみを考慮する。これらの変数を用いて、めり込み形状と境界反力を関係付けるめり込み構成則を、以下の関数形で定式化する。

$$n = f(w, \theta), \quad r = g(w, \theta) \quad (6)$$

このようにめり込み形状やめり込み反力を定義することにより、楔や仕口を考慮する場合でも、めり込み形状とめり込み反力をそれぞれ (w, θ) と (n, r) を独立変数としてあらわせる。

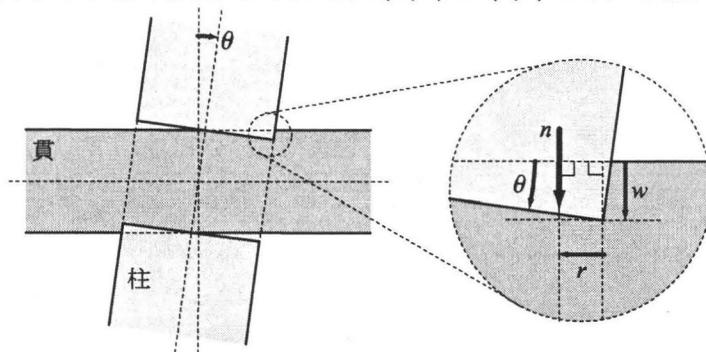


図 4：接合部におけるめり込みの記述（楔・仕口非考慮）

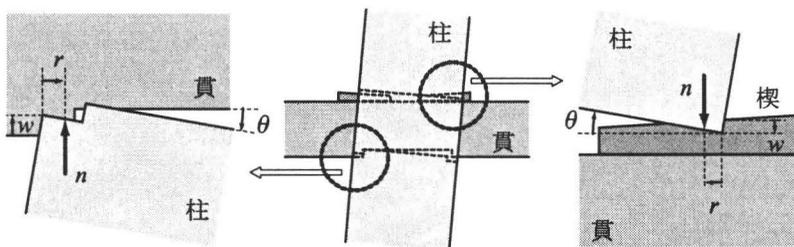


図 5：接合部におけるめり込みの記述（楔・仕口考慮）

3.2 要素めり込み実験

めり込み構成則の式(6)の f と g の関数形の定式化を目的として、独立変数 (w, θ) のうち回転角 θ を固定して強制めり込み実験を行う。図 6(a)–(c)に示すように、貫の上下接触面を取り出し、別個にめり込み実験を行う。材料試験装置の下側から鉛直方向の準静的漸増振幅繰返し強制変位を与え、柱鋼板に楔や貫試験体をめり込ませる。計測荷重値と貫に関するモーメントの釣合から、分布反力の合力 n と重心位置 r を求められる。

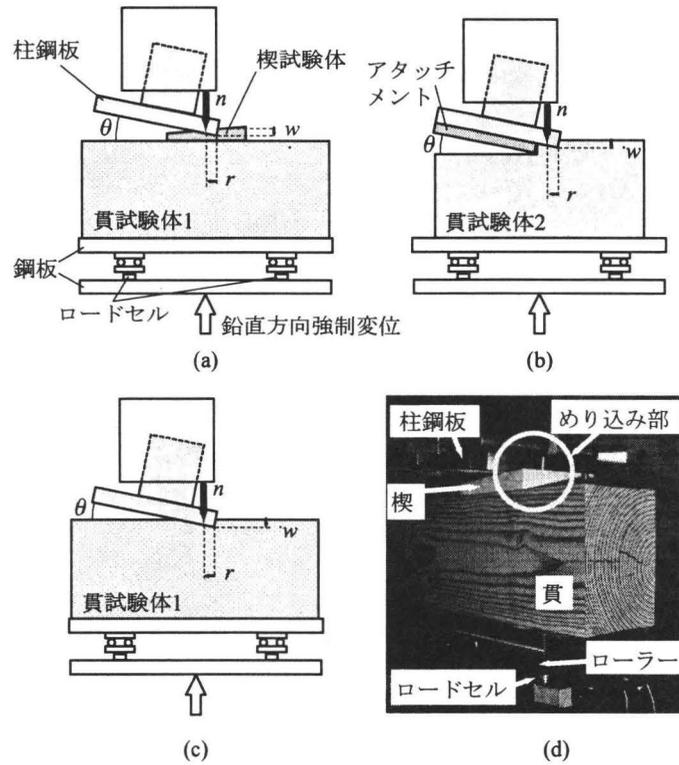


図 6 : (a), (b), (c) 貫試験体, (d)貫上部試験写真

3.3 実験結果

各 Case の荷重—めり込み関係 ($n-w$ 関係), 重心位置—めり込み関係 ($r-w$ 関係) を示す。Case A, B, D における $n-w$ 関係と $r-w$ を図 7(a)と(b)で, Case C における $n-w$ 関係と $r-w$ を図 7(c)と(d)でそれぞれ近似する。図 7(b), (d)では, 幾何学的考察から r の上限値が存在し, この上限値は柱の半径に一致する。図 7(a)と(b)で近似曲線の傾きを $k_n^q(\theta)$, $k_r^q(\theta)$ とする。上添字の q は各 Case における値であることを表す。めり込み接触の生じる部分要素のみを取り出した実験を行い, めり込み形状と境界反力を関係付けるめり込み構成則を得た。

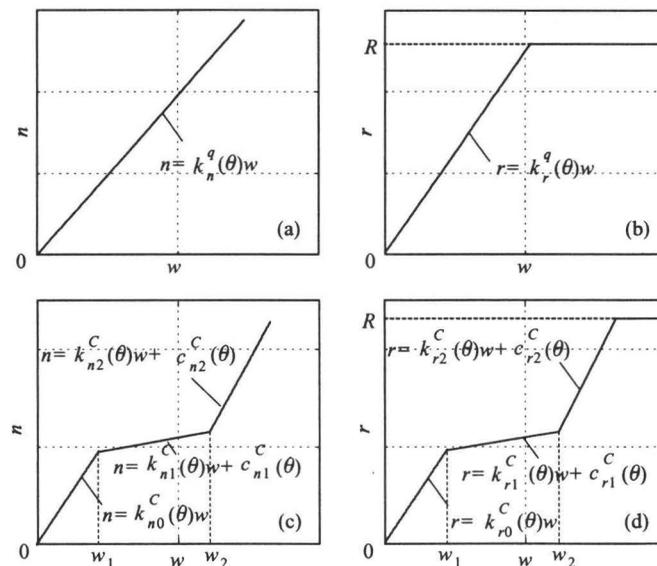


図 7 : めり込み実験結果のモデル化

06-67 防水層の劣化が下地コンクリート炭酸化抑制効果に及ぼす影響

東京工業大学 大学院総合理工学研究科
環境理工学創造専攻
博士課程3年 塚越雅幸

1.はじめに

防水層下のコンクリートにひび割れが生じた場合、防水層による下地の炭酸化の抑止効果は低下する。さらに、防水層は屋外環境下に暴露された場合、様々な要因を受けて劣化し、さらなる抑止効果の低下が懸念される。本研究では防水層がウェザリングにより劣化を受けた時の下地の炭酸化速度に与える影響の検討を行った。

2.防水層が劣化を受けた時の炭酸ガス遮断性能と下地の炭酸化予測

各種劣化を受けた防水層は、炭酸ガスの遮断性能の低下が予想される。その為、シート状試験体を作製し、これに各種劣化因子を与え、劣化の有無による防水層の炭酸ガス遮断性能の変化を測定した。試験結果を図1に示す。

この試験で得られた通り、防水層が各種劣化を受けた場合、炭酸ガスの遮断性能は低下する。そこで、この結果をもとに、図2に示すようなモデル化を行い、シミュレーションにより下地コンクリートの炭酸化の進行予測を行った。

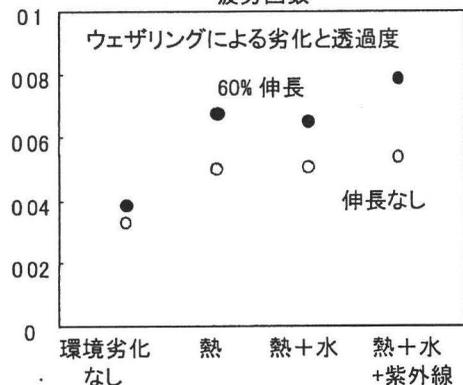
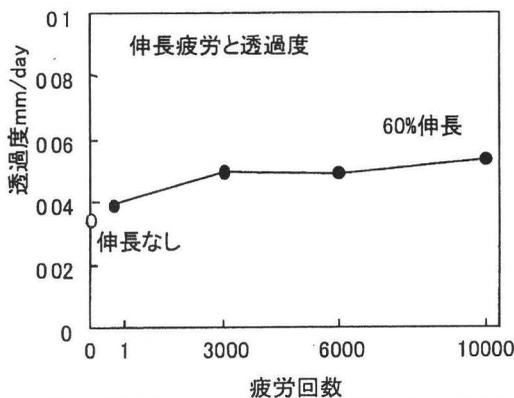


図1 防水層の炭酸ガス透過度

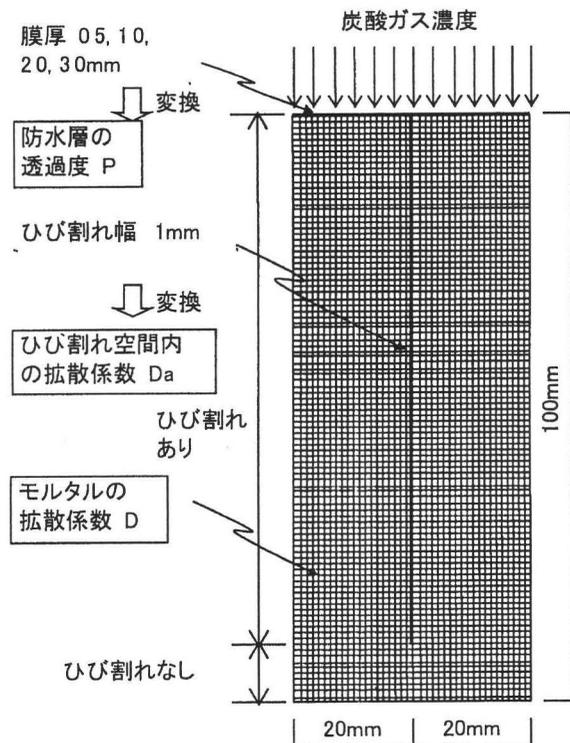


図2 下地ひび割れ部のモデル化 (要素寸法 1mm×1mm)

図3に全予測結果を示す。解析結果は水酸化カルシウムが減少した割合表示している。

下地のひび割れにより、引き伸ばされ薄くなった防水層は炭酸ガス遮断性能が低下し、一般部と比べ下地方向への炭酸ガスの進入速度が速くなる。さらに、防水層がウェザリングの影響を受けることで劣化すると、遮断性能は低下し、下地の炭酸化はより深い位置まで進行すると予想される。

防水層直下部の、下地ひび割れ部の炭酸化と、塗膜厚さとの関係を図4に示す。仕上げ材料に下地の炭酸化の抑止効果を期待する場合、下地のひび割れや防水層の劣化を考慮に入れて、塗膜の厚さを検討する必要があることを示した。

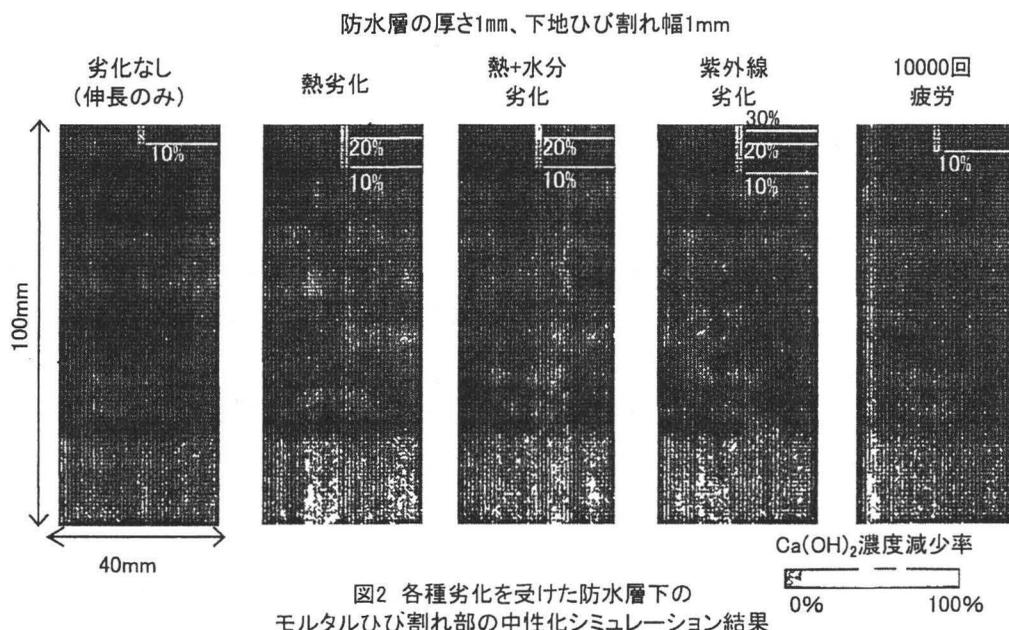


図2 各種劣化を受けた防水層下のモルタルひび割れ部の中性化シミュレーション結果

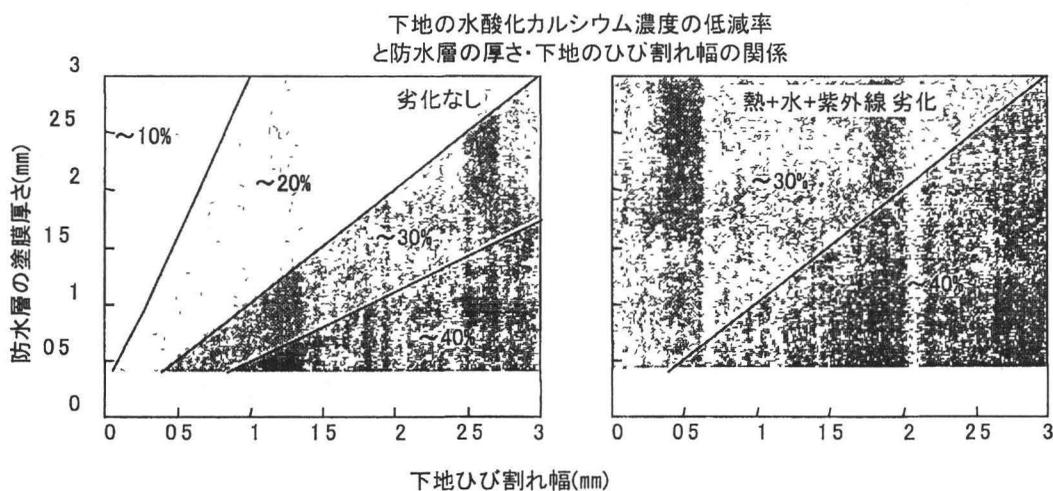


図3 防水層の厚さと下地の炭酸化抑止効果

3. 結論

防水層が外部の環境や下地の影響を受け劣化を考慮した、下地の炭酸化の進行予測プログラムを開発した。これを用いることで、炭酸化抑制効果に必要な防水層膜厚さや、補修・改修時期の提案を行うことが可能となった。

06-68 歴史的建造物保存専門教育に関する研究 ーオーストラリアの経験から得る示唆ー

九州大学 芸術工学研究院
助教 福島綾子

研究概要

本研究の目的は以下である：

- ① 歴史的建造物、まちなみ/歴史的区域、景観などの不動産の文化遺産保存に関する、オーストラリアの大学・大学院等の高等教育機関における専門教育の内容を取材調査し；
- ② 文化遺産保存専門家養成に効果的な教育プログラムの要素を分析し；
- ③ 長期目標として、これからの日本における新たな保存教育の構築へと貢献する。

オーストラリアを取材対象地に選んだ理由は、オーストラリアが世界の文化遺産保存の領域において果たしているリーダー的役割とそのユニークかつ先進的な保存分野における国際的活動内容にある。オーストラリアは如何にして、北米や欧州、アジア諸国とも異なる、独自の保存政策を確立し、保存専門家を育成しているのか、保存教育が社会との関連においていかに実施されているか、そういった状況を実見し背景と理由を分析することを本研究の目的とした。

本研究助成では、シドニー大学建築・デザイン・計画学院 (the University of Sydney, Faculty of Architecture, Design and Planning)内に設置されている大学院プログラムである Heritage Conservation Program (文化遺産保存プログラム, 以下 HCP) を中心に、保存専門家が勤務する複数の官民の組織も合わせて取材調査を実施した。

オーストラリアの保存政策・理念の独自性

シドニーでの現地調査においては、オーストラリアが独自に発展させた保存に対するアプローチ・理念のあり方が、保存教育においても強く反映されていることが分かった。

オーストラリアにおいては、対象とするモノの「価値(value)」がなにかを問うことが、全ての出発点であり、あらゆる保存活動のための最重要要素となっている。何があるモノを他のモノとは違う「文化遺産(place of cultural significance)」たらしめるのか、文化遺産の価値にはどのような種類があり、それぞれの価値はどう定義できるのか、徹底的な議論をおこなっていることである。オーストラリア ICOMOS が国内向けに作成した文化遺産保存のガイドライン「バラ憲章(Burra Charter)」には、このことの必要性和ロジックが明確に示されており、バラ憲章プロセスは国内に広く普及し、保全専門家の共通理解となっている。またオーストラリアでは、審美的価値(aesthetic value)よりも社会的価値(social value)やモノが持つ意味(meaning)などの無形の価値や地域的価値が重視される傾向にある。このことは欧州的な審美的価値を重視するアプローチとは、オーストラリアのアプローチが一線を画することをオーストラリアの保存専門家達は強く認識し、自負し、その差異にオーストラリアの保存の独自性やアイデンティティを見出している。

シドニー大学 Heritage Conservation Program (文化遺産保存プログラム, HCP)

シドニー大学 HCP は、建築・デザイン・計画学院(Faculty of Architecture, Design and Planning)内に設置された大学院プログラムである。

HCP で取得可能な学位は、Graduate Certificate (修了証書) , Graduate Diploma (大学院ディプロマ) , Master of Heritage Conservation (修士) の3種類が基本である。これに加え、4つ目の学位に相当するものとして、Master of Heritage Conservation with Honours が存在する。

HCP の現在のスタッフは、プログラムのコーディネーターであり、ダイレクターであるトレバー・ハウエルズ(Trevor Howells)上級講師、そしてミュラート・ガル(Murat Gul)講師の2名である。両名とも、建築が専門である。ハウエルズ氏は HCP 設立当初からのコア・スタッフであり、西洋建築史が専門であるが、イギリスのヨーク大学で保存のコースを修了している。ガル氏はトルコからの移民であり、ニュー・サウス・ウェールズ州政府 Heritage Office の常勤職員である。建築保存をトルコで専攻した。HCP では週2日勤務の非常勤体制である。

HCP の所属学生は一学年平均 15~20 名である。ほぼ全員が社会人学生であり、また、既に建築や保存の実務に携わっている者も少なくない。学生のほとんどはシドニーに在住しており、地元で働いている。過去の学生のバックグラウンドは、建築、都市計画が比較的多いものの、それ以外にも金融、ビジネス、神学、歴史、法律、美術史、ランドスケープ、薬学、考古学、石工など、非常に多岐に渡る。建築や保存とは全く関連のないバックグラウンドでも、モチベーションが非常に高く優秀である学生は多く、卒業後、保存専門家として異分野からのキャリアチェンジを果たした者も少なくない。社会人経験もない学生も HCP は受け入れている。ハウエルズ講師によれば、社会人経験の有無は、講義内容の理解などにはそれほど大きな問題としては表れないという。

保存分野における教育機関と民業との関係

保存専門家はオーストラリア国内において社会的に認知・確立された専門職であることが分かった。HCP のハウエルズ講師も明言していることだが、シドニー大学 HCP は、ニュー・サウス・ウェールズ州における保存実務を前提にし、NSW 州内で活動する保存専門家養成を主要な目的とする教育プログラムである。州制度をとっているオーストラリアでは、州ごとに法律が大きく異なり、保存関連の法も例外ではない。NSW 州で働く場合は、NSW の法律を理解する必要がある、そのための専門教育・知識が必要となる。HCP が特に政府機関や民間企業と公式な提携を結んでいるというわけではないが、大学と保存実務社会との間で連携関係が自然に構築されてきていることが観察された。

保存学位の意義

取材調査において、オーストラリアでは保存の学位が社会的に重視され、保存専門領域内では専門家としての社会的信頼性(credibility)を補完するものとしての保存の学位が認識され、価値あるものと考えられていることが分かった。取材した公的・民間の様々な機関に勤める保存専門家の多くが保存に特化した学位(主に修士号)を取得している。また、彼らの

多くは、保存の実務に携わり始めた後に社会人学生として大学に通い、学位を取得していることも共通する特徴である。また、インタビューをおこなった全ての保存専門家が、保存専門家として学校教育(formal education)と実践(practice)の両方を兼ね備えていることが大切であると述べた。しかし、保存の学位に対する考え方はオーストラリアの専門家間でも若干の差異はある。保存の設計事務所では、即戦力を重視するため、学位ではなく実務経験を明らかに重視する傾向にある。

再生活用(Adaptive Re-Use)とまちなみに調和した新築建築(Infill)という概念

特にシドニーのような都市における保存は、建造物の再生と活用、そして 19~20 世紀前半の歴史的町並みの中にどのように新築の建築やファサードの改修をおこなって建築を融合させていくかという 2 つの課題と、常に不可分である。シドニー大学 HCP では Infill (インフィル、町並みに調和するよう空白域を新築建築で埋める設計) の問題に特化した講義が 2007 年から新たに開講されており、また NSW 州 Heritage Office はロイヤル・オーストラリアン・インスティテュート・オブ・アーキテクツ(RAIA)と共同で Infill のためのガイドラインを作成・ウェブ上で無償配布している (NSW Heritage Office and the Royal Australian Institute of Architects NSW Chapter Infill Guidelines Working Party, *Design In Context*, 2005)。

これは日本の多くの町並み、そして保存教育が示唆を得るべき重要な点である。日本でも近年は積極的な再生活用事例も少なからず見受けられる。しかし、「インフィル」に関しては未だそれに相当する概念さえも存在しない。日本で使用されている「修景」という用語はインフィルに近い意味があるが、インフィルよりは広い概念である。日本の建築界では「インフィル」という用語は全く違う意味で使用されている。

オーストラリアでは、再生活用やインフィルといった社会的ニーズの高いテーマが、大学教育にもよく反映され、組み込まれている。

価値の議論・定義に主軸を置いた保存教育

先述したオーストラリア独特の理念やアプローチは保存教育にも強く反映されており、HCP の講義においても、value (価値) のとらえ方に関する議論がしばしばなされていた。

日本では保存は絶対的善であることを前提として教育がなされており、何のための保存か、ということは大学の教育者がとくに教えるべきこととは理解されていない。保存の意義やモノの価値の説明に基準を設け、論理化する習慣もない。つまり日本の保存教育は、純粋学問的であるか技術方法的でありすぎる傾向がある。保存を通じて如何なる価値を保全・継承するかという哲学は、限られた人間しか語らない事柄となっている。オーストラリアではそれを公式の議論の場においてオープンに問いかけ、明快に論理化する作業過程が必ずある。あらゆる保存計画や修復、管理などの技術的側面は、対象とするモノの価値の定義なくしては始まらないことが保存教育においても強調され、保存専門家の常識として根付いている。

06-69 我が国における建売住宅の現状と構法の特性に関する研究

東京理科大学工学部建築学科
助手・博士（工学） 池尻 隆史

1. 背景

わが国における住宅生産において、戸建住宅の占める割合は依然として高い。これら戸建住宅のうち、“建売住宅”と呼ばれるものについては一貫して多量の供給を誇り、現状の住宅市場において一つの中心を成す存在である。

しかしながら、この建売住宅については、ごく一般的な存在であるがゆえに、具体的な構法・仕様を検討する研究は少なく、これらの具体的な設計・仕様の内容についてはあいまいな理解に留まっているというのが現状である。

今後のわが国におけるストック型住宅生産の伸張、郊外開発の鈍化など建売住宅を支えてきた社会的状況は大きく変化することが予想される。今後の建売住宅のあり方をめぐっては、まず現状でどのような住宅が生産・供給されているかを把握する必要がある。

2. 研究目的

- ・住宅販売情報の継続的収集による建売住宅の供給例の収集
- ・収集したデータに基づく、建売住宅の諸属性の傾向把握
- ・建売住宅事業者に対する聞き取り調査に基づく、設計手法・構法の実態把握

3. 研究対象

本調査研究では建売住宅を「業者があらかじめ建設を行い、土地とあわせて分譲する在来住宅」と定義し、調査を行った。構法的見地からの研究的蓄積のある住宅メーカーの建売分譲住宅、また売り建て住宅や注文住宅は対象としない。対象地区は今後の郊外における大規模開発の鈍化、ならびに人口の都心回帰傾向を考慮して、販売業者の多くが城南地区と呼ぶ東京都南西部一帯（港区・渋谷区・世田谷区・目黒区・大田区および狛江市）としている。

4. 研究方法

本研究では以下の様に二種の調査を行い、これを基に分析を加えた。

1) 文献・雑誌調査

一般的な住宅情報雑誌から建売住宅の販売情報を収集し、販売事例一覧を作成した。これを基に価格や性能・仕様の大まかな傾向を把握した。ここでは同時に販売・施工業者のリストを作成し、企業調査の対象を選定した。

2) 事業者に対するヒアリング調査

文献調査から抽出された住宅販売・施工業者に対して、住宅の仕様や設計手法、またそれらについての今後の方針についてヒアリング調査を行う。可能であれば、同時に図面資料やカタログ・販促資料についても入手し、その後の分析に用いる。

3) 分析

文献・雑誌調査の結果を用いて、現在の建売住宅の仕様に関する一般的傾向に関して分析を加えた。ここからは価格等の経済的要素、また面積や間取りといった建築計画的特徴が明らかとなる。詳細な住宅の性能や仕様に関してはヒアリング調査によって補い、採用される設備・機器や建具部品等の選定方式や設計手法について、その傾向を示している。これらをあわせて、建売住宅の現状と今後検討すべき点を示した。

5. 対象地区における建売住宅の基本的構成

調査結果より、建売住宅の基本的傾向を以下に箇条書きで示す。

1) 用地の条件

用地面積：84.59 m² (平均値)、50~60 m² (最頻値)

用途地域：第一種低層地域を中心とする

2) 住宅の基本的傾向

延床面積：106.50 m² (平均値)、90~100 m² (最頻値)

全国平均に比して狭小住宅が中心となる

階数：2階ないしは3階で、供給比はほぼ等しい
地域によって分布に差がある

間取り：3LDKあるいは4LDKの2種類にほぼ限定

構造種：ほぼ全て木造
稀に混構造が採用される

分譲戸数：同時3戸以下分譲の小規模開発が主

価格：7673万円 (平均値)、6000~7000万円 (最頻値)

3) 各属性の相互関係

各属性を比較することで、相互の関係性の有無と特徴について考察を加えた。

・用地に関連する属性の比較

基本的に延床面積は用地面積を上回る

容積率 y は大きく3つの値に集中 ($y=0.97, 1.34, 1.56$)

用途地域別に用地面積は狭広の2種に分類可能

・住宅に関連する属性の比較

延床面積と間取りの関係

延床面積110 m²以上の場合、3LDKの採用率は減少する

延床面積の増大に伴う居室数の増加傾向 (両属性の連動関係)

・延床面積と階数の関係

階数に関わらず、延床面積の平均値 (約90 m²) は変化しない

3階建ての採用は一定の延床面積の確保を目的とする

その他、各属性間の比較を表1に示す。

▼表1 属性の相互関係 (一部)

		土地面積	延床面積	価格	建築率		階数	間取り	用途地域
					法規	計算			
土地面積		▲平均値84.59m ² 、 最頻値70~75m ²	-	-	-	-	-	-	-
延床面積		□全体的に延床面積は土地面積を上回る	▲平均値106.50m ² 、 最頻値85~90m ²	-	-	-	-	-	属性間の関係 ○土地の属性×土地の属性
価格		□特に件数の多かった面積について価格を比べた土地面積が広いほど価格の最頻値は高い	●価格が延床面積に依存している傾向は見られない	▲平均値7673万円、 最頻値6500~7000万円	-	-	-	-	●建物の属性×建物の属性 □土地の属性×建物の属性 ▲各属性の特徴
建築率	法規	○建築率の大きい土地は小さく分譲している	□建築率による延床面積の差は見られない	□	▲60%が中心 狛江市は40%程度	-	-	-	-
容積率	法定値(法規上)	-	-	-	-	▲	-	-	-
	計算値	□土地面積が90m ² より小さいと容積率は150%台、大きいと90%台に集中している	●	●価格が高くなると容積率は低くなる	□	-	▲90~100%と150~180%の周辺に集中している	-	-
階数		□約90m ² を超えると3階建が2階建を上回る	●	●9000万円を超えると2階建が3階建を上回る	□建築率が60%を超える地域は3階建が多く見られる	-	●120%を超えると3階建が2階建を上回る	-	▲3階建の方が若干多い狛江市や世田谷区では2階建が多い
間取り		□約90m ² を超えると4LDKが上回るLDKの大きさではなく、居室数を増やす傾向にある	●約110m ² を超えると4LDKを上回るLDKの大きさではなく、居室数を増やす傾向にある	●9000万円を超えると4LDKが3LDKを上回る	□建築率が60%を超える地域は4LDKが多く見られる	-	●	●2階建には4LDK、3階建には3LDKが多く見られる	▲ほとんどが3LDKまたは4LDKである港区には2LDKが多くみられる
用途地域		□1種低層地域は高さや建築率に制限があるため大きく土地を分譲している	□用途地域による延床面積の差は見られない	□	○他地域はほとんどが60%のに対し、1種低層地域は40~50%も多い	-	□1種低層地域は他地域に比べ低い容積率に集中している	□他地域は3階建が多いのに対し1種低層地域は2階建が多い	□1種低層地域は4LDKが多い

6. 構法の現状把握

建売住宅事業者へのヒアリング調査結果を表2に示す。

▼表2 ヒアリング調査結果 (一部)

会社名	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社	I社
所在地	東京都目黒区	東京都目黒区	東京都目黒区	東京都目黒区	埼玉県越谷市	埼玉県越谷市	神奈川県横浜市	千葉県千葉市	東京都目黒区
事業内容	販売・施工	販売・設計	販売・設計・施工	販売・設計・施工	販売・設計・施工	販売・設計・施工	販売・設計・施工	販売・設計・施工	販売・設計・施工
事業エリア	大田区・品川区・渋谷区・目黒区	大田区・品川区・渋谷区・目黒区	大田区・品川区・渋谷区・目黒区	大田区・品川区・渋谷区・目黒区	大田区・品川区・渋谷区・目黒区	大田区・品川区・渋谷区・目黒区	大田区・品川区・渋谷区・目黒区	大田区・品川区・渋谷区・目黒区	大田区・品川区・渋谷区・目黒区
主体構法	在来軸組構法 金物構法【メタルフィット構法】 【パワーメタル構法】	2×4構法	在来軸組構法 2×4構法	在来軸組構法 2×4構法	在来軸組構法 2×4構法	在来軸組構法 2×4構法	在来軸組構法 2×4構法	在来軸組構法 2×4構法	在来軸組構法 2×4構法
基礎材	内藤力壁(MGF)	-	鉄骨コンクリート	鉄骨コンクリート	鉄骨コンクリート	鉄骨コンクリート	鉄骨コンクリート	鉄骨コンクリート	鉄骨コンクリート
外壁材料	高成材	-	高成材	高成材	高成材	高成材	高成材	高成材	高成材
仕上	石膏仕上(ジョリパット)	ガルバリウム鋼板・石膏仕上(ジョリパット・イタリヤ石膏)	スレート葺	スレート葺	スレート葺	スレート葺	スレート葺	スレート葺	スレート葺
屋根	スレート葺	スレート葺	スレート葺	スレート葺	スレート葺	スレート葺	スレート葺	スレート葺	スレート葺
その他	トイレ・タイル張り 内装・クロス張り・タイル張り・床張り 外装・石張り 玄関・大窓石	洗面所・タイル張り トイレ・タイル張り キッチン・タイル張り 玄関・大窓石	トイレ・タイル張り キッチン・タイル張り 玄関・大窓石	トイレ・タイル張り キッチン・タイル張り 玄関・大窓石	トイレ・タイル張り キッチン・タイル張り 玄関・大窓石	トイレ・タイル張り キッチン・タイル張り 玄関・大窓石	トイレ・タイル張り キッチン・タイル張り 玄関・大窓石	トイレ・タイル張り キッチン・タイル張り 玄関・大窓石	トイレ・タイル張り キッチン・タイル張り 玄関・大窓石
キッチン	サンウェーブ(サンリズ)	タカラスタンダード	タカラスタンダード・サンウェーブ	YAMAHA・TOTO・アイカ工業・INAX・モカド	モカド・National・クリナップ・サンウェーブ	INAX	YAMAHA	TOSTEM・タカラスタンダード・サンウェーブ	タカラスタンダード・クリナップ・TOTO・INAX・HTAGI
風呂	INAX	INAX	INAX	INAX・モカド	TOTO・INAX・National	INAX	YAMAHA	TOSTEM(ルネサンスシリーズ)・タカラスタンダード	INAX・TOTO・HTAGI
トイレ	INAX	INAX	INAX	INAX・モカド	TOTO	INAX	YAMAHA	INAX	INAX・TOTO
設備仕揃(一部)	ホームセキュリティ・カメラ付インターホン・テレビ電話・浴室・洗面・トイレ・セントラル換気・空調・床暖房	浴室乾燥機・生ゴミ処理機・カメラ付インターホン	浴室乾燥機・生ゴミ処理機・カメラ付インターホン	浴室乾燥機・生ゴミ処理機・カメラ付インターホン	浴室乾燥機・生ゴミ処理機・カメラ付インターホン	浴室乾燥機・生ゴミ処理機・カメラ付インターホン	浴室乾燥機・生ゴミ処理機・カメラ付インターホン	浴室乾燥機・生ゴミ処理機・カメラ付インターホン	浴室乾燥機・生ゴミ処理機・カメラ付インターホン
高齢者対策	階段をつくらない 目隠し・スチレンスレー 上がり幅2cm	-	バリアフリー・手摺	-	-	-	-	-	-
販売対象	30~40代	30~40代	30~40代	30~30代	30代前半~40代前半	30代前半~40代前半	30代・40~50代	30代後半~40代前半	30代前半
特色	・仕様が豊富で、価格が高い ・マンションの設備・仕様を戸建にも採用している	・マンションの設備・仕様を戸建にも採用している	・仕様が豊富で、価格が高い ・マンションの設備・仕様を戸建にも採用している	・高級感がある ・仕様が豊富で、価格が高い ・マンションの設備・仕様を戸建にも採用している	・仕様が豊富で、価格が高い ・マンションの設備・仕様を戸建にも採用している	・仕様が豊富で、価格が高い ・マンションの設備・仕様を戸建にも採用している	・仕様が豊富で、価格が高い ・マンションの設備・仕様を戸建にも採用している	・仕様が豊富で、価格が高い ・マンションの設備・仕様を戸建にも採用している	・仕様が豊富で、価格が高い ・マンションの設備・仕様を戸建にも採用している

1) 主体構法

木造・在来軸組構法を中心とした構法選択

接合部への金物構法の積極的導入

現状金物構法における未発達な部品の規格化

集成材などの工業化建材を使用した耐力面材の積極的採用

2) 仕上構法

外壁仕上げ

地域別に二種類へ分化

城南地域：アクリル系吹き付け材（ジョリパット）の優勢

東京近郊：各種建材によるサイディング

屋根仕上げ

スレート葺きの浸透

3) 設備

それぞれ独自の標準仕様を策定

地域別に標準仕様の内容に高低差

設備機器における独自商品の開発・採用

4) 設計手法

設計そのものよりも仕様・仕上げ・設備機器の選択を重視する傾向の存在

選択手法に明確な基準は存在していない

7. 成果・課題

本調査研究では東京・城南地区を対象を絞り、供給されている建売住宅を、その一部ではあるものの継続的に集計し、全体的傾向の抽出を試みた。また対象地区の建売住宅事業者に対するヒアリング調査を展開することで、構法の実態把握も図った。

今後の課題としては、対象地区の拡大、雑誌調査・ヒアリング調査の調査項目の増加による詳細データの収集が不可欠である。また、今回得た知見には在来構法の合理化の急速な進展が示唆されており、その近年の動向に関する実態調査、あるいは各種工業化住宅との構法の比較なども大きな課題と言える。

06-70 非構造帳壁の地震時破壊メカニズムに基づく 損傷量推定手法に関する研究

東京大学生産技術研究所
助教 高橋 典之

1. はじめに

アジアおよび中南米などの地震多発地域において多く用いられている無補強組積造壁を有する RC 造架構の構造特性に関する基礎データの蓄積を目的として、以前実施した¹⁾ 無補強コンクリートブロック造壁を有する実大 RC 造架構の面内方向への静的載荷実験結果をもとに無補強コンクリートブロック造壁の損傷進展過程について分析した。また、実被害においてよく見られる無補強組積造壁の面外方向への破壊を考慮するため、面外方向への組積造壁の転倒に影響を与えると予想される梁の変形（壁体拘束条件の変化）を考慮した 1/4 スケールの剛梁型および柔梁型試験体の面内方向への静的載荷実験を行い、梁変形の有無による無補強組積造壁の損傷量の変化について検討した。

2. 試験体概要

耐震設計がなされていない 1980 年代の韓国の学校建物の標準設計（図 1）のコンクリートブロック造壁を有する RC 造学校校舎を対象建物とした。試験体は張間方向の 1 層 1 スパン分（実験施設の制約上スパン長さは 4.05m とした）を想定し、1 階部分の軸力レベルを想定した実大模型である IW1 試験体（図 2）、IW1 試験体を 1/4 スケールに縮小した剛梁型試験体（IFSB1 試験体）、梁の変形（壁体拘束条件の変化）を考慮した 1/4 スケールの柔梁型試験体（IFFB1 試験体）である（図 3）。壁を構成する組積体（3つの空隙を有するコンクリートブロック）の数は 9 列×12 段で、全ての試験体において後積み施工とした。

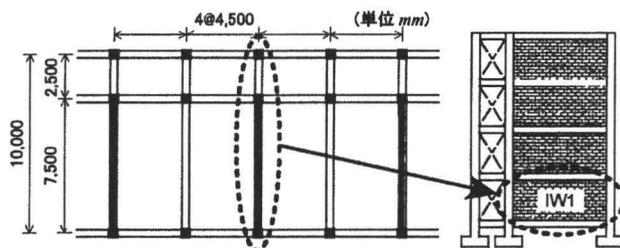


図 1 韓国の 1980 年代の学校建物の標準設計例

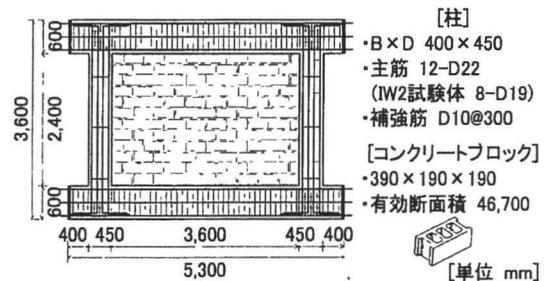
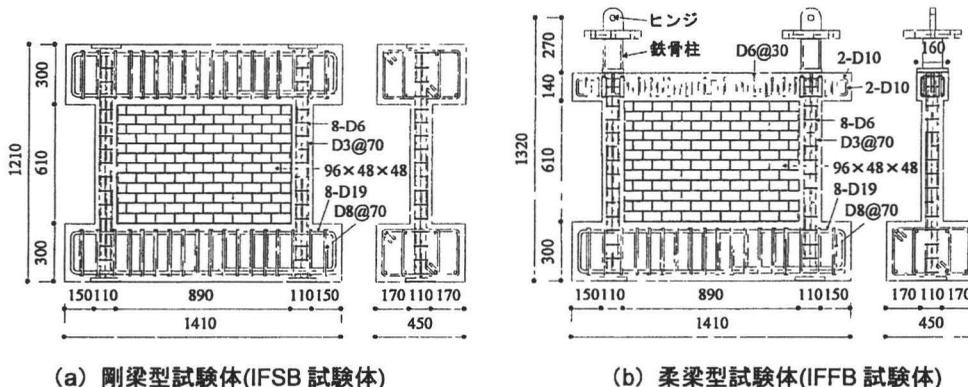


図 2 IW1 試験体の詳細図



(a) 剛梁型試験体(IFSB 試験体)

(b) 柔梁型試験体(IFFB 試験体)

図 3 縮小試験体の配筋詳細（単位：mm）

3. 実大試験体の損傷進展過程分析

3.1 目地ひび割れの損傷進展過程

実大試験体 (IW1 試験体) の横目地および縦目地のひび割れ発生率 (目地長さに対するひび割れ長さの比) を調べた。横目地のひび割れ発生率の空間分布を図 4 に、縦目地のひび割れ発生率の空間分布を図 5 に示す。横目地の方が縦目地よりも多くのひび割れが早く発生し、壁体上下端および柱の反曲点位置となる横目地番号 5 と 8~9 周辺にひび割れが集中した。縦目地では縦目地番号 5~6 と 16~18 でひび割れが集中した。

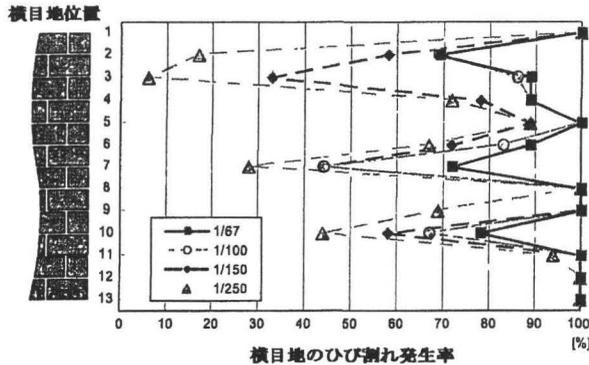


図 4 横目地のひび割れ発生率

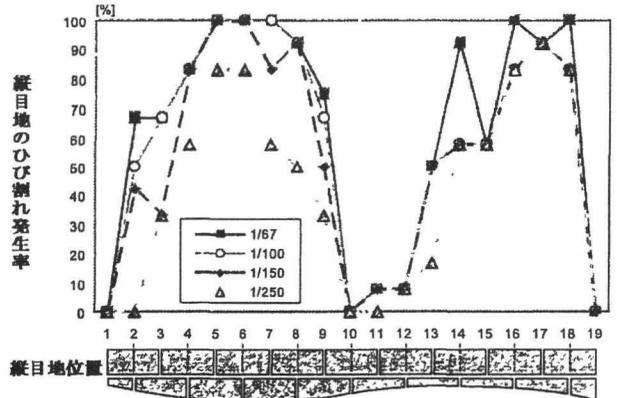


図 5 縦目地のひび割れ発生率

3.2 組積体の損傷進展過程

実大試験体 (IW1 試験体) の組積体の損傷箇所は主にコンクリートブロック空洞近傍のシェル部分であることから、ブロック空洞と対応する位置番号 (図 6 および 7 中の組積体断面図に記した 1, 2, ..., 5 の番号) で生じた貫通ひび割れ数およびひび割れ長さを図 6 と 7 に示す。組積体中央の空洞近傍に損傷が集中しており、損傷の進展と共にその傾向が強くなった。

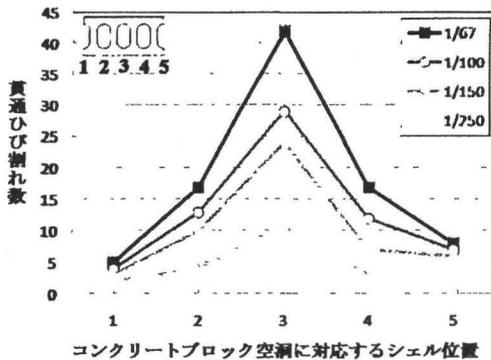


図 6 壁体の貫通ひび割れ発生パターン

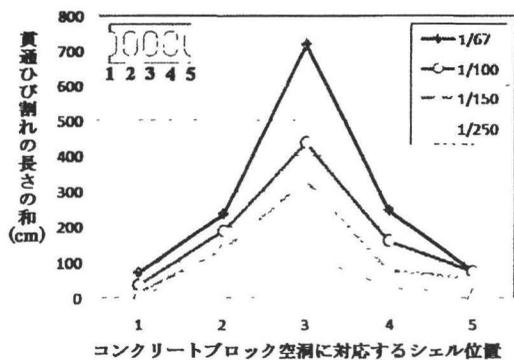


図 7 部材角による壁体のひび割れ進展長さ

4. 無補強組積造壁の損傷進展過程の定量的評価

実験の詳細は文献 1) および 2) を参照されたい。ここでは、実大試験体および縮小試験体の無補強組積造壁に発生した損傷量 (目地ひび割れおよび組積体に生じた貫通ひび割れの長さ) の評価を行う。まず、部材角に応じて組積造壁のひび割れ総長さがどのように進展したのかを図 8 に示す。初期ひび割れ分の差を踏まえても、部材角が大きくなるにつれ IW1 試験体の方が IFSB1 および IFFB1 試験体よりもひび割れ総長さ (の縮小率を勘案したレベル) が大きくなる。これは、組積体自体の貫通ひび割れが IW1 試験体では壁体の圧縮ストラットに

沿って数本生じたのに対し、IFSB1 および IFFB1 試験体では壁体の圧縮ストラットに沿って 1~2 本生じたのみであったためと考えられる。IFSB 試験体と IFFB 試験体とではひび割れ総長さの進展に大きな差は生じなかった。

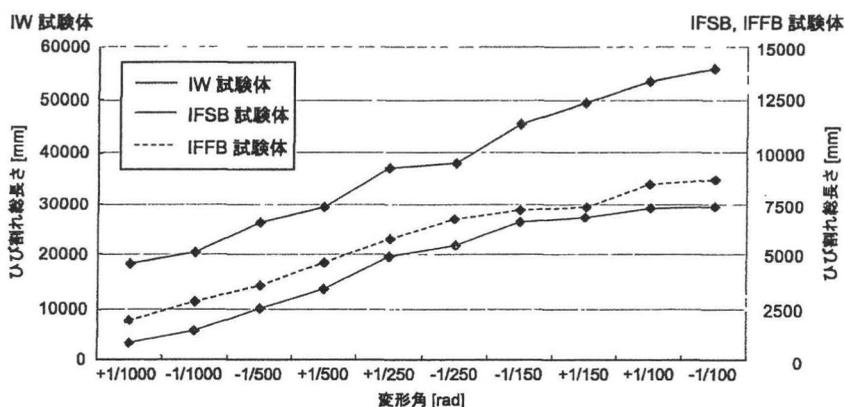


図 8 部材角ごとのひび割れ総長さの変化 (IW1, IFSB1, IFFB1 試験体)

次に、ひび割れの伸展角度について検討を行う。柱材軸となす角が 0 度のものを縦目地ひび割れ、90 度のものを横目地ひび割れ、それ以外を 15 度ずつに区分したとき、ひび割れの伸展角度の頻度（ひび割れ総長さに対する該当角度で伸展するひび割れ長さの比）は図 9 のように表される。ここで、面外方向への組積造壁転倒の影響を検討するため、横目地に梁スパン全長に渡って生じるひび割れに着目する。なぜならば、梁スパン全長に渡って横目地ひび割れが生じた箇所が自由端となり、面外方向への慣性力に対して壁が抵抗する力を大きく失うためである。IW1 試験体では初期ひび割れで生じた横目地ひび割れの占める割合が大きいが、部材角の増加に伴って横目地ひび割れの割合は小さくなり、縦目地ひび割れの占める割合が大きくなった。一方、IFSB1 試験体では部材角の増加に伴って横目地ひび割れの占める割合が大きくなっており、実際 1/250[rad]から 1/150[rad]の間に梁スパン全長に渡る横目地ひび割れが生じていた。IFFB1 試験体では部材角の増加に関わらず横目地ひび割れの占める割合が殆ど増加していないが、これは梁の変形により最上段のブロックが局所的に圧壊し、最上段ブロック直下の横目地に梁スパン全長に渡るひび割れが極めて早い段階で (1/500[rad]までに) 生じたことで、それ以降の载荷において該当目地の滑りによる変形追従が卓越し、新たな変形追従箇所(梁スパン全長に渡る横目地ひび割れ)の発生が抑制されたためである。すなわち、面内方向に载荷をしている限り IFSB1 試験体と IFFB1 試験体の壁体損傷量に大きな差はないが、面外方向の慣性力に対しては IFSB1 試験体では部材角の増大に伴って面外に転倒しやすく、IFFB1 試験体では小さな部材角から面外に転倒しやすくなると考えられる。

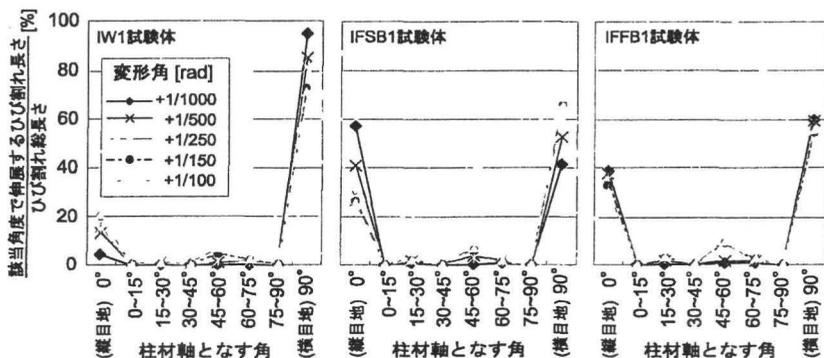


図 9 ひび割れ伸展角度の発生頻度 (IW1, IFSB1, IFFB1 試験体)

5. まとめ

RC 造架構に内蔵された無補強コンクリートブロック造壁の地震時損傷パターンを検討したところ、実大実験の結果から、

- (1) 横目地の方が縦目地よりも多くのひび割れが早く発生すること
- (2) 組積体（コンクリートブロック）中央の空洞近傍のシェルに貫通ひび割れが集中し、部材角が大きくなるにつれその傾向が強まること

が分かった。また、この結果を踏まえて作成した縮小ブロックを用いて 1/4 スケールの縮小試験体を製作し、面外方向への組積造壁の転倒に影響を与えると予想される梁の変形（壁体拘束条件の変化）をパラメータとした面内静的載荷実験を行い、無補強組積造壁の損傷量の変化について検討したところ、

- (3) 幾何学的条件を可能な限り等しくしても、縮小試験体では圧縮ストラットに沿った組積体の貫通ひび割れ発生本数が異なるため、実大試験体と同じ損傷量を再現できない（実大試験体よりひび割れ総長さレベルが小さくなる）こと
- (4) 面内方向に載荷をしている限り、無補強組積造壁自体に生じた損傷量に大きな違いはないが、面外方向の慣性力に対しては、破壊パターンが異なるため、柔梁型試験体の方が小さな部材角から面外に転倒しやすく、剛梁型試験体では部材角の増大にともなって面外に転倒しやすくなること

が分かった。本研究により、今後実施予定の縮小試験体を用いた面外方向への震動実験結果に対し、本研究結果に基づくキャリブレーションを行うことで、縮小試験体の損傷量を実大構造物の損傷量に置き換えることが可能になる。また、無補強組積造壁の面内方向の耐震性能／損傷量評価が等しい場合でも、面外方向も考慮した耐震性能／損傷量評価は壁体の拘束条件に応じて異なる可能性があることを示した。

参考文献

- 1) 崔琬, 中埜良昭, 高橋典之: ブロック造壁を有する鉄筋コンクリート造架構におけるブロック造壁のひび割れ幅と変形の関係, 構造工学論文集, Vol. 52B, pp.267-272, 2006 年 3 月
- 2) 晉沂雄, 崔琬, 高橋典之, 中埜良昭: 梁の変形を考慮した無補強組積造壁を有する RC 造架構の静的加力実験, コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, 2009 年 (投稿中)

06-71 遺跡出土建築材の樹種同定に基づく 江戸の町屋の建築用材の研究

早稲田大学人間科学学術院

助手 鈴木伸哉

近世における木材利用の歴史、とくに膨大な消費の中心となった都市部における木材利用の様相については、史料的な制約もあり不明な点も多い。そのような中で、東京都中央区日本橋一丁目遺跡では、江戸の商業の中心地の町屋跡が発掘され、江戸時代初期から近代に至る多数の遺構と、それに伴う土木・建築材が出土した。これらの遺構、なかでも下水木樋・枝樋、土蔵跡、穴蔵、井戸は各時期にわたって構築されており、木材利用の変遷を知る上で重要な資料が得られた。本研究は、これらの土木・建築材の樹種同定と寸法の計測をおこない、それに基づいて江戸の町方における土木・建築用材の変遷と、そこから類推される木材利用の様相を明らかにした。土蔵跡 17 基から 859 点、穴蔵 23 基から 592 点、下水木樋・枝樋 86 基から 468 点、井戸 5 基から 14 点の、あわせて 131 基から、構築材 1934 点を任意に採取し、樹種同定と寸法の計測をおこなった。遺構構築材から採取した木材切片をガムクロラルで封入して同定用プレパラートとし、生物顕微鏡下で観察し、現生木材標本と比較することで分類群を同定した。それぞれの遺構の用材には、江戸時代初期から幕末・近代にかけて変遷が認められ、とくに 17 世紀中葉～後葉と 18 世紀中葉～後葉に顕著であった。17 世紀中葉以前には、下水木樋・枝樋にサワラを中心とする様々な針葉樹と広葉樹が、また穴蔵には多様な針葉樹が用いられていた。当時の用材は、江戸時代初期の多元的で変異に富んだ木材の生産・流通や、徳川家康の江戸入府前後における都市建設と木材需要の急増による各地からの多様な木材の搬入を反映していると考えられる。17 世紀中葉以後になると、下水木樋・枝樋にはアカマツを主体とする様々な針葉樹が用いられ、穴蔵には大径のアスナロ（ヒバ）が多用されるようになった。土蔵は、18 世紀に入って町方で建築が活発になった当初から、基礎部分にはアカマツ、クリ、スギ、ツガ属、アスナロ、モミ属が多用され、胴木・枕木には様々な転用材が用いられていた。これは、木材生産・流通網の整備によって用途に応じた用材選択が確立し、江戸近郊をはじめとする二次林や人工林産の樹種が用いられ、特定の樹種が必要とされるものには遠隔地からの移入材を用いるなどした一方で、それ以外では転用材を用いて経費を削減したことを示していた。また、穴蔵が普及した 17 世紀後半から、町方において土蔵の建築が禁止されていた 18 世紀はじめまでは、穴蔵が唯一の防火建築で、そのため高額の良い材を購入してでも穴蔵を構築する必要があったが、土蔵建築の解禁と普及によって、穴蔵では経済的な事情や木材価格に応じた用材選択がなされ、土蔵では経済性を考慮して基礎部分とそれ以外で用材が使い分けられた。18 世紀後葉以降になると、下水木樋・枝樋、穴蔵土蔵のいずれにおいてもヒノキ科の針葉樹の減少と、アカマツや、スギ、カラマツ属の利用の拡大が認められ、江戸近郊における植林材の生産・流通の拡大が反

映されていると考えられた。こうした変遷の背景には、都市人口の増加と、明暦の大火（1657年）や目黒行人坂の大火（1772年）をはじめとする、江戸市中に度々起こった火災の影響が考えられる。とくに明暦の大火の影響は顕著であり、大火後の江戸の都市計画の変更と大規模な復興により、木材需要が急激に拡大したこと（黒木，1977）に集約される。火災が木材利用に与えた影響とそれによる用材の変化は、火災を画期とした特定の樹種の使用の開始や途絶といったものではなく、それ以前から進行していた用材選択の拡大縮小や安定化、あるいは用途による用材の絞り込みと多様化が、火災とその後の木材需要の急激な増加を契機として、促進されたものと推定された。

研究成果

原著論文

鈴木伸哉・能城修一. 2008. 東京都中央区日本橋一丁目遺跡出土木材からみた江戸の町屋における土木・建築用材の変遷とその背景. 植生史研究 16: 57-72.

学会発表（ポスター）

鈴木伸哉・能城修一. 日本橋一丁目遺跡出土木材からみた江戸の町屋の土木・建築用材の変遷. 日本植生史学会第23回大会（福島大学）. 2008年11月.

鈴木伸哉・能城修一. 東京都中央区日本橋一丁目遺跡より出土した江戸時代の建築用材の樹種. 日本文化財科学会第25回大会（鹿児島国際大学）. 2008年6月.

表 中央区日本橋一丁目遺跡における土木・建築材の用材変遷

遺構種別	年代 樹種 / 生活面	17c						18c						19-20c		
		-1657						-1772						-1923		
		13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1上	
下水木樋 ・枝樋	カラマツ属							2	7							
	アカマツ・複維管束亜属	2 (2)	9			1		31	54 (2)	32 (1)	16	41 (6)	6	9		
	マツ属単維管束亜属								1							
	モミ属	1 (4)	9 (3)					8 (2)	14	6						
	トウヒ属		1					2								
	ツガ属		6 (1)			1		4	3	1 (1)						
	トガサワラ	1	1 (1)													
	スギ	4 (4)	8 (2)	2 (1)				2	16	4	10	2 (1)	2			
	ヒノキ	2 (3)	6 (1)	1				4	7 (1)							
	サワラ	20 (4)	7													
	ネズコ							1								
	アスナロ (ヒバ)								6 (1)	(1)	2	(2)				
	カヤ		1													
	クマシデ属	(1)														
	イヌシデ属	(1)														
	アカガシ亜属	(3)	1													
	クリ	(1)			(2)			1								
	ツブラジイ	(1)			(1)											
	シキミ	(1)	(1)					1								
	クロモジ属	(1)														
クスノキ科	(2)															
サカキ	(3)															
ヒサカキ	(1)															
ウツギ属	(1)															
サクラ属								1								
エゴノキ属	(1)															
シオジ属							1									
土蔵跡	カラマツ属											1	2			
	クロマツ										1	1		3		
	アカマツ・複維管束亜属							29	(14)	25	27 (1)	79 (7)	8	68	37 (7)	
	マツ属単維管束亜属											(1)				
	モミ属							8		1	3	2	3	3		
	トウヒ属											1				
	ツガ属							10		11	10	34 (3)				
	スギ							12		10	1 (14)	20 (2)		(9)		
	ヒノキ							1		1		1 (1)				
	サワラ							2		3						
	ネズコ													(1)		
	アスナロ (ヒバ)							3		2	(7)	23 (4)				
	オニグルミ													1		
	イヌシデ属							1								
	クリ							74		98	27	59 (2)	35	25		
	ケヤキ											1				
	ハリギリ											2	1			
	シオジ属											1				
	穴蔵	カラマツ属									7 (3)	4	4 (3)	31 (12)	1 (7)	
		アカマツ・複維管束亜属		(2)	4							(3)		(15)		(28)
マツ属単維管束亜属					1											
モミ属		18 (8)		10 (4)	6 (2)	1	4			1 (1)						
トウヒ属		(2)														
ツガ属		4 (8)			6	2	2			2 (1)	(3)					
トガサワラ						1										
スギ		1 (1)	(3)	3 (4)	(3)	(1)						(18)		29 (25)	7 (1)	
コウヤマキ							4 (3)									
ヒノキ				3 (2)	(3)		15		3 (1)						(9)	
サワラ				1						1		(3)		(1)		
アスナロ (ヒバ)			(1)			19 (4)	3 (4)	47 (4)	28 (2)	18 (3)	7 (5)	1	(6)	11 (2)	(1)	
マキ属			(1)													
カヤ											24 (4)	(4)				
コナラ属															(1)	
アカガシ亜属												(1)	(1)	(2)		
クリ						2	(4)				(1)		(1)			
ツブラジイ		4		1			(1)									
ムクノキ															(1)	
ケヤキ											1	6				
クスノキ科					1											
カツラ												2				
ナツツバキ属												2				
ヒサカキ					1											
井戸	スギ	2	2								2		2			
	ヒノキ		1													
	サワラ	2	(1)								1					

06-72 表層圧密集成材の開発

秋田県立大学木材高度加工研究所

流動研究員役職

中谷誠

スギはその材質の脆弱さ（低強度、低弾性率）、物理的性質のばらつきが大きいこと、また伐採・運搬・製材・乾燥を合わせたコストが外国産材より高額であることから、中・大断面構造用集成材への使用が敬遠されてきた。そこで、本研究では、材質の物理的性能を飛躍的に向上させることができる圧密加工に注目した。スギの圧密加工に関しては、これまでに多くの研究がなされており、圧密の際の材料の挙動、材質の影響、圧密変形の寸法安定化処理などについて報告されている。しかしながら、これらの報告の多くが実験室レベルの材料寸法であり、実大サイズの部材で研究が行わなかったケースはほとんどない。また実際の製造工程を考慮すると、節などの欠点を完全に取り除く材料の選別は不可能であり、寸法安定化処理に必要な熱処理および水熱処理については大規模な処理施設および運転費用が必要となり、現実的ではないと考えられる。そこで、表層圧密集成材の製造工程の簡略化に向けた見直しと提案を行う。製造工程は、原材料に未乾燥ラミナを用いることで、木質材料の生産工程において最も時間とエネルギーを消費する乾燥工程を短縮する。そして高温での熱板圧縮により、ラミナ同士の接着と同時に熱処理による寸法安定化の効果を期待する。また、表層を選択的に圧密材とすることで、従来の異等級構成集成材の製造工程におけるグレーディングの工程とラミナの仕組工程を簡略化する。しかしながら、この製造工程を確立するためには、次の4つの課題を検討する必要がある。1) 湿潤状態の木材の接着に適した接着剤の選別、2) 熱板圧縮による乾燥、3) 圧密加工に適する材料の選別、4) 圧密加工の寸法安定化処理。本研究では、この4つの課題について実験と考察を行い、表層圧密構造用集成材の製造工程の確立について検討を行った。

湿潤材の接着に適した接着剤と接着条件の検討を目的に、フェノール樹脂接着剤、ウッドキュア300（MDI系水乳化型イソシアネート系）、コロネート3060（一液型ポリウレタン系）の3種類の接着剤を用い、接着剤の塗布量を変化させ、湿潤状態のスギラミナ2層（接着層1層）の熱圧縮接着を試みた。せん断実験と煮沸実験の結果、湿潤状態のラミナの接着は、コロネート3060を300g/m²塗布することで、構造用集成材として十分な接着性能を得られることが分かった。

生材ラミナを熱圧縮した結果、ラミナの初期含水率により、作製される試験体の含水率に13%から44%と差があらわれた。熱板圧縮による乾燥は、材料の初期含水率に対して熱板圧縮条件（熱圧時間、熱板の温度など）をコントロールすることで可能であると考えられる。また、内部圧力を測定することで材内の水分状態を推定できることから、今後は様々な条件の材料についてデータを蓄積することで、材料に合わせた最適な乾燥工程を設定できると考える。

圧密加工の原材料には、加工中の損傷を防ぐために節や欠点そして樹心を含まない板目材が最適とされている。しかしながら、スギを用いた中・大断面集成材の作製において、節や欠点を全く含

まず、年輪方向の揃ったラミナ材を集めることは不可能である。そこで、多少の節と欠点を有するスギ湿潤ラミナを用いて3層の圧密集成材の製造を試みた。その結果、節などの硬い組織は、他の層にめり込むように圧密されることが確認できた。故に、圧縮方向とラミナの年輪方向により、各層の圧縮量に差が生じた。このことから、圧密加工に使用するラミナは、ある程度の欠点を含み、年輪走向のばらつきがあっても、他層にめり込みながら圧縮されるために、問題ないと考えられる。

圧密加工された木材は、水、熱そして経過時間によりその寸法が回復する特性を持つ。そのため、建築材料としての表層圧密構造用集成材を製造するためには、寸法の回復を抑制する寸法安定化処理を施す必要がある。既往の研究より、高压高温の水蒸気による水蒸気処理は、化学的な処理を施さず、材料の物理性能をほとんど劣化させないまま変形回復を制御できることが明らかにされている。しかし、水蒸気処理を行うためには圧密加工を施した材料に高压高温処理を行う必要があり、本研究の対象である中、大断面集成材では処理を施せる装置の設置、またそのランニングコストにより処理は容易でない。そこで本研究では、より簡便に寸法安定化処理を施せる方法として、高温の熱板による未乾燥ラミナの圧密加工を試みた。これは、熱板圧密により、未乾燥ラミナの含有する水分を材内部にて高温、高压状態とし、水蒸気処理と同様の効果を期待するものである。また、これまでの研究において、圧密過程における材料内部の圧力を測定した事例がない。そこで、本研究では材料内部の状態を正確に把握するため、内部圧力の測定方法の確立を試みた。測定は圧力変換機{共和電業製 PG-20KU(容量 2MPa)または PH-10KB(容量 1MPa)}に、特殊治具を配してステンレス製パイプ(外径 1.57mm、内径 1.02mm)を取り付け、それを直径 2mm のドリルにより柁目面から材中央部まであけた穴に挿入して行った。穴とステンレスパイプの隙間はシリコン樹脂系接着剤によりコーティングした。また、ステンレス製パイプは内部を水で充填することで、より敏感に圧力の変化を測定できるようにした。実験より、内部温度は圧縮数分後から上昇し、一次ピークをむかえたあと 100 度付近まで低下した。その後、再び上昇する傾向を示した。内部圧力は、内部温度から少し遅れ上昇し、内部温度より早くピークを迎えると直線的に減少した。一次ピークまでに測定された内部温度と内部圧力の関係は蒸気圧と温度の関係に準じていることから、材内部において過熱蒸気状態にあると考えられる。また、内部温度、内部圧力ともに材端側よりも内部側が高い値を示した。また、含水率が高いほど内部圧力および温度ともに高い値を示した。これより、飽水状態のラミナを熱板プレス機で圧縮することで、材料内部が水熱処理と同じ状態になっていると推察される。また内部温度は、既往の研究で示されている寸法安定化の処理条件である 180 度で 10 分間を超えている。しかし、これは材中央部(試験体端部より 150mm)の結果であり、材端部に近いと最高温度、圧力とも低くなる傾向を示した。また、寸法安定化の効果を観察するために、圧密した試験体を端部から中央部に 10mm おきに細分化し、各パーツを減圧装置にて浸水し、1 時間煮沸したのち寸法の測定を行った。材中央のパーツでは圧密後の厚さ 20mm が 24.6mm、材端側では 33.0mm が 36.9mm に回復した。またこの実験を通して、いくつかの試験体にパンク破壊が発生した。今後、パンク破壊を抑制する方法の確立と、寸法回復が起こる材端からの除去範囲を検討する必要がある。

本研究により、簡便な表層圧密集成材の製造方法の開発に関する考察を行い、その実現に向かって更なる問題点と可能性を示せたと考えている。今後、研究を重ねることで、新たな木質建築材料である表層圧密集成材を提案できると考える。

06-73 伝統軸組構法に使用される追掛大栓継手の力学性能改善に関する実験的研究

大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻

大学院博士前期課程 2年 松本 渡

1. 研究の背景と目的

我が国の社寺建築を中心とした伝統的木質構造に用いられる伝統的継手は、釘やボルトなどの接合金具を用いずに、木材同士の機械的かみ合わせだけで接合するという特徴があり、耐久性、デザイン性に優れている。しかしその反面継手性能が職人の熟練度に左右されること、材料性能のばらつきが大きいこと、接合部の形状が複雑であることなど様々な要因により力学性能が十分に評価されないまま慣習的な継手加工が行われているのが現状である。

そこで本研究では力学性能に優れている継手の一つであると言われている追掛大栓継手に注目し、追掛大栓継手を有する梁の曲げ載荷試験を行い、その力学性能を明らかにする。またその実験の結果を受けて、簡単な改良により追掛大栓継手の継手性能を向上させることができると考えられる2種類の改良型追掛大栓継手を提案する。そしてその継手に関しても同様の実験を行うことで継手性能が向上しているかどうかを確認する。

2 従来型追掛大栓継手を有する梁の曲げ載荷試験

従来型の追掛大栓継手を有する梁に対して繰り返しを中心とした曲げ載荷を行った。その結果以下のことがわかった。

- ・全ての試験体で初期割れは継手側面の栓から目違い付近までの水平亀裂であった。
- ・最終的な破壊は曲げ引張側の掛かりの部分における損傷であった。
- ・掛かりの損傷の仕方は、掛かりから目違いまでのせん断破壊と、掛かりの圧壊の2種類がある。そしてせん断破壊した場合は図2の第1象限のような急激な破壊となり、圧壊した場合は第3象限のような緩やかな破壊性状となっていた。
- ・栓が梁せいの中央にあるため、掛かりが損傷を受けて中立軸が移動し始めるまでは栓が曲げ引張り力を負担することはなかった。

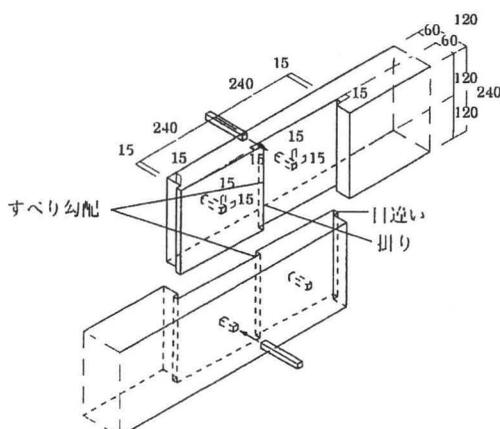


図1 従来型追掛大栓継手

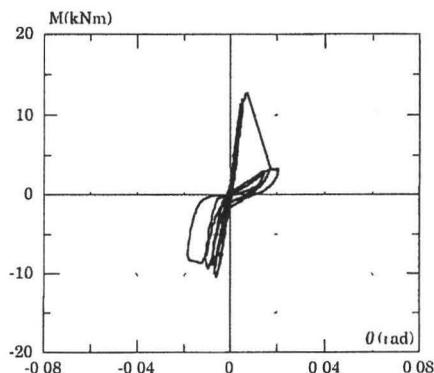


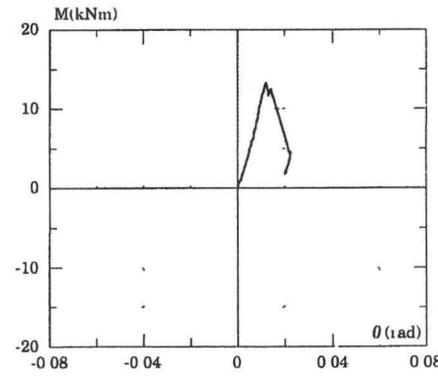
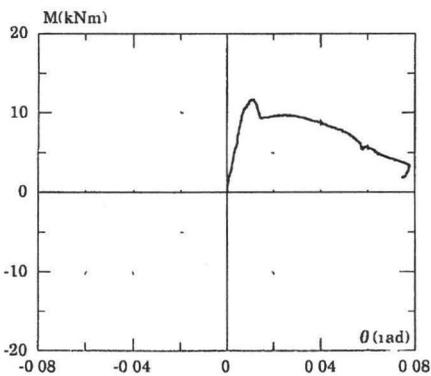
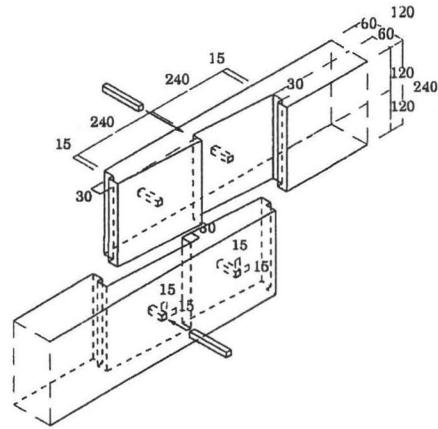
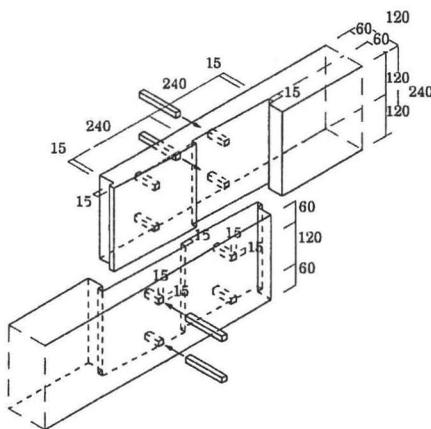
図2 従来型 M-θ 関係

3 改良型追掛大栓継手を有する梁の曲げ載荷試験

従来型の実験結果を受けて、簡単な改良により追掛大栓継手の継手性能を向上させることができると考えられる改良型追掛大栓継手を提案する。一つは図3のように従来型よりも栓を2本増やして4本に増加させた栓改良型である。栓を4本にし栓をそれぞれ梁せいの上下1/4の点に振り分けることで、掛かりで負担していた曲げ引張り力を栓によって負担でき、それにより耐力が向上すると考えた。もう一つは図4のように掛かりの幅を15mmから30mmに広げた掛かり改良型である。これにより少なくとも掛かりが圧壊することはなくなるため、耐力が向上する可能性があると考えた。

その結果それぞれ図5、図6のようなM- θ 関係が得られた。その結果以下のようなことが分かった。

- ・栓改良型、掛かり改良型共に破壊の性状は従来型とほぼ同じで、継手側面に亀裂が入った後、掛かりが損傷して破断に至った。ただし今回は掛かりが圧壊したものはなかった。
- ・栓改良型、掛かり改良型共に、耐力及び剛性の向上は見られなかった。以上のことから追掛大栓継手の耐力及び剛性を向上させるためには、掛かりから目違いまでの栓断面積を大きくする必要があると言える。
- ・栓改良型は従来型に比べて最大荷重後の変形性能が大きく、この点に関しては栓を増やすことは有効な改良であったと言える。



06-74 室内 VOC の可視光応答型光触媒による 分解除去

京都大学大学院工学研究科
博士後期課程 3 年 尾崎 裕謙

光触媒作用を利用した有機物質の除去・超親水性などが、近年活発に研究されている。中でも、チタニア (TiO_2) は、比較的安価であり化学的にも安定などの理由から、光触媒材料として最も広く用いられている。しかし、アナターズ型チタニアの場合、バンドギャップは 3.2 eV であり、光触媒作用の発現には波長が 380 nm 以下の紫外光が必要である。近年、太陽光利用を目指してチタニア光触媒に可視光応答性をもたせる試みが多くなされている。我々の研究グループでは、これまでに、グリコサーマル法により高表面積を持つアナターズ型チタニアの微結晶が得られること、反応組成に少量の Si 源を添加することによってさらに高表面積で熱安定性に優れた Si 修飾チタニアが得られることを見出している。また、この Si 修飾チタニアへの N ドープを検討したところ、N-Si 共ドープチタニアが、400~550 nm の可視光域に大きな吸収を有し、可視光照射下におけるアセトアルデヒドの分解において高い光触媒活性を示すことを見出している。本研究では、グリコサーマル法により合成した種々の異種元素修飾チタニアに対し、高温でのアンモニア処理を施し、得られた生成物の物性および光触媒性能について調べた。また、種々の遷移金属を担持した N-Si 共ドープチタニアの光触媒性能についても検討を行った。

修飾チタニアは、Ti 源にチタン酸テトライソプロピル、1,4-ブタンジオール、および修飾剤(オルトケイ酸エチル、ホウ酸トリメチル、酢酸マグネシウム、アルミニウムイソプロポキシド、リン酸トリメチル、亜鉛(II)アセチルアセトナート、ガリウム(III)アセチルアセトナート)を用いて、グリコサーマル法により合成し、キセロゲルとして回収した。これらを空气中 500 °C で焼成 (M-XG(x)、ただし、M は修飾元素、x は M/Ti 比) した後、600 °C で 1 時間アンモニア処理を施し、さらに空气中 500 °C で 30 分アニール処理して触媒とした。これらの触媒は N-M-XG(x) (M は修飾元素、x は M/Ti 比) と表記する。市販のチタニア (P-25、ST-01) に対しても同様に窒化処理を施した (N-P-25、N-ST-01)。窒化処理前および処理後の試料に含浸法で種々の遷移金属を担持し、空气中 500 °C で 30 分間焼成した。得られた試料には、"metal(y)" を付けて表記する。ここで、metal は担持元素、y は metal/Ti 比である。得られた試料の XRD、UV-vis スペクトル、XPS、ESR、BET 表面積測定を行った。

光触媒活性は、気相アセトアルデヒドの分解をモデル反応として評価した。90 mm ϕ のガラスフィルター上に均一に分散させた触媒 (0.2 g) を 1 L のガラス容器内に設置し、300 W キセノンランプを光源としカットオフフィルター (L-42) を通して光照射を行った。所定時間、光照射した後、生成した CO_2 量をガスクロマトグラフィーによって求めた。

得られた修飾チタニアはいずれもアナターズ構造を示し、大きな BET 表面積 (71~106 m^2/g) および小さな結晶子径 (12~21 nm) を有しており、これらはアンモニア処理後も大きな変化は認められなかった。合成後、空气中で焼成した試料はいずれも白色粉末であったが、

アンモニア処理を施した試料は黄色から灰緑色を呈した。UV-vis 吸収スペクトルでは、XG(0)、Mg-XG(0.1)、B-XG(0.1)は 400 nm より長波長域の広い範囲に吸収が認められた。一方、Al-XG(0.1)、P-XG(0.1)、Zn-XG(0.1)、Ga-XG(0.1)では、400~550 nm に吸収が見られたが、550 nm より長波長域ではわずかな吸収しか見られなかった。

アンモニア処理を施した試料ではいずれも可視光照射下で光触媒反応が進行したが、P-XG(0.1)以外は XG(0)と比較して活性が低下した。これは、修飾により電子-正孔の再結合サイトが増加したためと思われる。P-XG(x)について P の修飾量の影響を検討したところ、 $x = 0.1$ までは修飾量の増加とともに光触媒活性が向上した。 $x \geq 0.2$ では、Ti(OH)PO₄相の生成が確認され、修飾量の増加にともない光触媒活性は徐々に低下した。N-P-XG(x)の N 1s スペクトルを波形分離したところ、396 eV、397.8 eV、400 eV、402 eV の 4 つの成分に分離された。396 eV のピークはチタニア中にドーブされた窒素に由来すると考えられており、 $N_{396\text{eV}}/\text{Ti}$ 比は P 修飾量の増加とともに大きくなり、P/Ti 比が 0.2 で最大となり、それ以上では減少した。N-P-XG(x)の光触媒活性は、 $N_{396\text{eV}}/\text{Ti}$ 比と良い相関を示した。

N-Si 共ドーブチタニアに、極めて少量のバナジウム ($V/\text{Ti} = 0.0001\text{--}0.001$) を担持すると活性が向上することを認め、他にも、タングステンやモリブデン、鉄を担持することで N-Si 共ドーブチタニアの光触媒活性が向上することを見出した。担持量については、W 担持の場合は、 $W/\text{Ti} = 0.06$ 、Mo 担持では、 $Mo/\text{Ti} = 0.03$ 、また V 担持では、 $V/\text{Ti} = 0.001$ のときに活性が最も高くなり、担持をしていない N-Si 共ドーブチタニアに比べ 4~5 倍活性が向上した。鉄担持では、 $Fe/\text{Ti} = 0.03$ のときに 10 倍以上の大幅な活性向上が認められた。N をドーブしていない試料に鉄を担持しても、可視光照射下において光触媒活性が全く認められなかったことから、担持された鉄種は助触媒として機能していると考えられる。

遷移金属の担持効果については、ESR により解析を行った。Si 修飾チタニアの ESR を空气中、暗所で測定した場合、 $g = 2.003$ に酸素欠陥に由来するシグナルがみられただけであったが、これに紫外線を含む光を照射すると、 $g \approx 2.025\text{--}2.002$ に活性酸素種のシグナルが、また、 $g = 1.990$ 、 1.959 に光励起され Ti 上に捕捉された電子 (Ti^{3+}) による ESR シグナルが観測された。Si 修飾チタニアに少量の Fe を担持した試料に、同様に光照射すると、 Ti^{3+} のシグナル強度が減少し、一方、活性酸素種のシグナル強度は増大した。

N-Si 共ドーブチタニアの減圧下、暗所での ESR スペクトルでは、 $g_1 = 1.999$ ($A_1 = 32.2$ G) に試料表面に吸着した含 N 種に由来する triplet のシグナルがわずかに認められたのみであったが、これに可視光を照射すると、 $g_2 = 2.003$ ($A_2 = 32.3$ G) にチタニア中にドーブされた N 種に由来する triplet のシグナルが認められた。Fe を添加した N-Si 共ドーブチタニアでは、可視光照射時に観測されるドーブされた N 種によるシグナルの強度が大幅に増大し、Fe 担持により電子-正孔の再結合が抑制されていることが示唆された。一方、 Fe^{3+} に由来するシグナル ($g = 4.3$) に関しては、減圧下での測定では、可視光照射によりその強度が大きく減少したが、空气中での測定では、光を照射しても強度はほとんど変化しなかった。これらの結果は、光励起され Fe 上に移った電子が、空气中では酸素分子へ速やかに移動していることを示しており、このような電荷分離により電子と正孔の再結合が抑制されることで、光触媒活性が向上したものと考えられる。

成果発表

- 1) Effect of the Fe addition on the photocatalytic activities of N- and Si-co-doped titanias under visible-light irradiation, H. Ozaki, S. Iwamoto, M. Inoue, Soul, The 11th Korea-Japan Symposium on Catalysis.
- 2) N-Si 共ドーパチタニアの光触媒活性に対する遷移金属イオン添加効果、尾崎裕謙、岩本伸司、井上正志、第 100 回触媒討論会
- 3) Marked promotive effect of iron on visible-light-induced photocatalytic activities of nitrogen- and silicon-codoped titanias, H. Ozaki, S. Iwamoto, M. Inoue, *J. Phys. Chem. C*, 111 (2007) pp. 17061–17066.
- 4) Effect of amount of Si addition and annealing treatment on the photocatalytic activities on N- and Si-co-doped titanias under visible-light irradiation, H. Ozaki, S. Iwamoto, M. Inoue, *Ind. Eng. Chem. Res.*, submitted.

06-75 室内温湿度変動による冷房使用状況の把握に関する研究

岐阜工業高等専門学校
准教授 青木 哲

家庭におけるルームエアコンの普及は著しく、内閣府の調査によると1980年に39.2%であった全国普及率は、1990年に63.7%、2007年3月現在では88.6%まで上昇している。都市域の高温化などに伴い、各家庭での冷房の使用率も高まりをみせていると考えられ、室内温湿度環境に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

また夏季の快適で健康な室内環境の形成や省エネルギーの促進のため、冷房と室内環境に与える影響についての研究が多方面で行われている。その過程で、冷房の運転状況の把握を必要とする場合があり、方法として居住者にエアコンの使用状況の記録を依頼することや、各家庭のエアコンへのデータロガーの取り付けがある。しかし、前者では居住者への負担が大きく、後者では使用中の家電機器に取り付ける際、コードに加工が必要であり、また使用状況をリアルタイムに記録されることに居住者が抵抗感を感じるという問題を抱えている。一方、研究代表者らはこれまでの研究において、絶対湿度の内外差は冷房効果の把握の有用な指標になることを明らかにしており、絶対湿度変動を分析することで、冷房使用状況が温湿度データのみから把握できる可能性がある。

本研究では岐阜市周辺の居住住戸を対象として、冷房使用時の冷房の電流を基準に、冷房使用による室内絶対湿度変動への影響について検討し、居住住宅の温湿度測定データのみから冷房使用状況（オン・オフ）を簡便に把握する手法の提案を試みることを目的とした。また冷房オン・オフの記録を居住者に依頼した際の信頼性についても検討を行った。

測定は2007年、2008年の夏季に行った。2007年は冷房使用状況の把握の可能性を検討するために4戸で実施した。それを踏まえ2008年では、除湿運転時の影響の検討やデータの蓄積のため10戸で実施した。各住戸の居室を対象として、冷房使用時の室内温湿度および冷房（エアコン）の電流および外気温湿度を計測した。

測定した電流データと温湿度データから、冷房による室内温湿度変動を分析したところ、以下のような知見が得られた。

- 1) 冷房効果の分析には、温度よりも絶対湿度の低下を判断基準とすることが有用であることが確認できた。
- 2) 温湿度の計測において測定高さや日射、冷房からの直接的冷風や家電製品による発熱には注意が必要である。しかし予測の際に絶対湿度の計測値そのものではなく、偏差や時間経過による差、あるいは内外差を判断材料とすれば、温湿度ロガーの平面的設置場所は冷房

使用状況の予測に大きな影響がないと推測された。

3) 冷房のオン・オフ時の絶対湿度変動は、大きく分けて3つの変動型がみられた。①オン時の大きな低下、②冷房による室温コントロール時、③オフ後の上昇、という3つのうち全てあるいは①③の過程を経ており、これらの過程を考慮することで、冷房使用状況の予測が可能であると考えられた。

以上の知見を踏まえて、室内温湿度変動のみによる冷房使用状況の予測方法の立案を行った。

まず、予測に使用するシステムは、温湿度測定に使用する機器の多くが、表計算ソフトに記録したデータを取り込むことが可能であることから、表計算ソフト Microsoft Excel を用いることとした。

冷房オン・オフの予測方法としては、冷房使用時に室温の低下よりも絶対湿度の低下が優先することと、先に挙げた3つの絶対湿度の変動型を基に判定式を用いて、条件を満たしたときに冷房オン時であると判断した。冷房をオンにした際、室内絶対湿度が急激に低下し、しばらくすると絶対湿度が低い状態で安定するという特性を利用し、冷房オンの条件として、低下値が指定する値を超えたとき、または室内絶対湿度が低下した状態が続いたときであるととした。

以上の条件より冷房使用状況の把握を試み、信頼性の検討を行った。簡易予測の結果は電流値から冷房オン時であると判断される時間では、この判定法においても概ねオンであった。簡易予測の信頼率は居住者によるアンケート記録の信頼率よりも全体的にやや低い値であったものの、アンケート記録の信頼率は必ずしも100%ではなくミスが発生していたことから、改良を加えることで、調査対象住宅の居住者のアンケートなどによる負担を軽減し、同等かそれ以上の信頼率で冷房使用時間の把握が可能であると推察された。

今後の課題としては、大きく分けて3つが挙げられる。1つめは、予測に1時間近くの長期的なデータを用いているため、短時間での冷房のオン・オフを検出できないこと。2つめは、冷房が起因ではない居住者の炊事や食事、発汗等による絶対湿度変動があった際に予測ミス発生可能性があること。3つめは、予測で用いている数値は、冷房能力や室の規模、気密性などに依存せず、固定値を用いているため、汎用性の検証が必要である。

検証後には、測定した温湿度データをExcelファイルに貼り付けるのみで、冷房使用状況が図示化されるよう、ファイルをマクロ化するなど、インターフェイス部分の検討も必要である。

06-76 築30年程を経過した都心の既存コンクリート 構造物における改修時コア強度調査に基づく 建物の維持可能性に関する基礎的検討

首都大学東京大学院 都市環境科学研究科建築学専攻
助教 田村 雅紀

1. 研究の背景・目的

現在、既存RC建物の耐震診断・改修が数多く実施されている。今後は、新築と既存改修による建物ストックの双方の維持可能性を、技術的かつ社会的な視点から合理的に追求することが必要と考えられる。本研究では、関東地区において、築30年程度を経過し、耐震改修等を目的に構造体コンクリートのコア物性評価なされた建物を主対象に、それらの諸性質(建物の竣工情報、コンクリートの物性値など)を評価した上で、今後の都市建築ストックの維持可能性のあり方について検討する。

2 研究概要

2.1 既存RC建物の用途調査・竣工年代調査

コンクリート工事材料試験データ(既存改修分 153 物件)におけるコンクリートコア物性データ(密度、圧縮強度、中性化深さなど)の調査結果より、建物用途は、学校、事務所、住宅の順に多く、学校施設の防災機能の整備推進に関わる社会的環境の影響を大きく受けていることが考えられた。また、耐震改修を速やかに実施することが求められている建物の用途は、ある程度特定できることが確認された。更に、それらの竣工年は、2001年データにおいて1970年が最多であり、竣工後30年程度を経過した建物とその評価対象となりやすく、その前後期間は相対的に発生率が低くなることが確認された(図1)。

2.2 既存RC建物のコンクリート設計基準強度・圧縮強度

続いて、竣工時建物の設計基準強度は、180~210kg/cm²が大部分を占め、現在のレディミクストコンクリートの呼び強度分布を考慮すると、極端に低い数字とはいえず、既存コンクリート部材の一定の構造安全性を担保する要因となり得る。一方、躯体平均コア強度は26.0N/mm²程度であったが(図2)、設計基準強度の変遷の影響により、年代により強度が大きく低下する可能性があること、コア強度の変動係数が20%程度である等により、現在の基

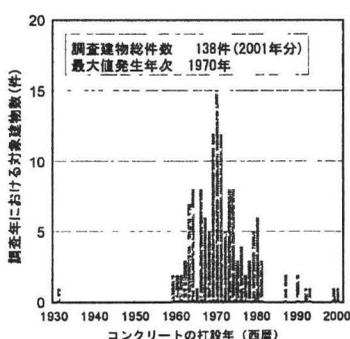


図1 採取したコアの打設年代

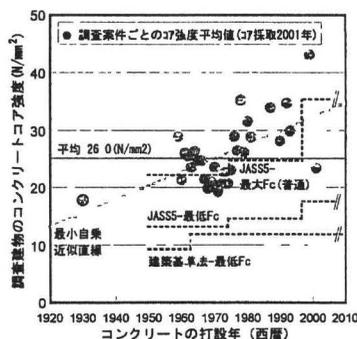


図2 コア平均圧縮強度

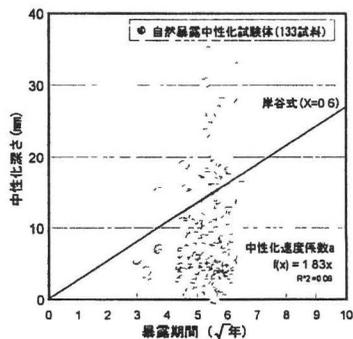


図3 コア平均中性化深さ

準を満たす上では部分的に問題となる事例が存在することが確認された。また、2000年竣工の構造体コンクリート強度の平均値は 34.1N/mm^2 程度であったため(本文図)、既存建物の躯体強度は新設の75%程度の残存強度でそのばらつきも大きいという解釈も可能であろう。

今後の既存RC建物の価値評価は、環境負荷低減性や資源循環性を考慮した上で、建物の構造安全性を前提とした長期的な維持性に求められるといえよう。現在、その要求を満足することが困難な既存建物は一定割合存在すると考えるのが妥当であり、解体・滅失の選択肢も生じる場合があり得るといえる。

2.3 既存建物コンクリートの中性化特性・炭酸ガス固定能の評価

続いて、コアコンクリートの中性化特性(図3)より、供用後30年程度を経た構造体コンクリートの平均中性化深さは大きなばらつきを有しているものの、採取部位等の情報も整理されていることから個別の材料特性値として有用なデータになると判断された。なお、中性化深さ値は、現在、実務的な中性化評価指標として一般化しているが、二酸化炭素ガスの固定量の導出に向けた仕組みは未だ十分な整備がなされていない。そこで、当該データを基に、コンクリート打設時の調合情報と組み合わせながら、最終的に二酸化炭素固定量の導出方法の具体化を試み、二酸化炭素固定量の算定チャートの作成、算定プロセスの評価および、示差熱・熱重量測定による実試料の二酸化炭素量評価などを実施したところ、幾つかの課題が残されていることが確認された(コンクリート調合の推定、水酸化カルシウム量生成量の定量化など、詳細は本文)。しかし、実試料を用いたコンクリート組成の化学分析手法も幾つか具体化されていることから、最終的には炭酸ガス固定能の評価は可能と考えられた。

2.4 新規建物コンクリートの計画調合の記録・評価

これまでの検討で、竣工した建物を長期にわたり合理的に維持していくためには、結果として、新築時の計画調合の把握、材料構成の特徴が既知であることが重要と考えられた。従って、新設コンクリートの諸物性に関して調査をしたところ、使用骨材の産地、コンクリート強度、設計条件など、基礎データとして記録・保存が可能な指標はいくつかあることが確認され、その中でも関東地区の骨材需要に関しては、その骨材産地と種類の傾向に大きな特徴があることが今後の重要な維持可能性の要因になることが確認された。

3. 本研究まとめ

本研究により、以下の知見が得られた。なお詳細については報告書本文に述べられている。

- 1)コンクリートコアによる物性調査がなされた実建物は学校建築が全体の6割を構成した。
- 2)既存構造物の竣工年代は、1970年が最多であり、竣工後30年程を経過したものが多い。
- 3)既存構造物コアの設計基準強度は、 $180\sim 210\text{kg/cm}^2$ が大部分であった。
- 4)既存構造物コアの平均圧縮強度は 26N/mm^2 程度であり、新設用の3/4程度にあたる。
- 5)既存構造物コアの中性化深さ等の調査データ、示差熱・熱重量分析結果ならびに化学分析結果を用いることで、コンクリート中の二酸化炭素固定量を算出することは可能である。
- 6)新設構造物の構造用コンクリートの骨材は、葛生産石灰石砕石、千葉産陸砂が多く用いられており、石灰石骨材の使用が拡大していることから、コンクリートの完全リサイクルコンクリートへの道程も今後は期待できる。

06-77 木質製ボルト・ナットの接合強度性能と最適ネジ形状の設計

東京大学アジア生物資源環境センター 環境材料設計学研究室
修士課程 2年 竹平 勝博

1. 本研究の背景と目的

ボルト接合は、集成材構造をはじめとする大断面構造材料を使用する木質構造において、一般的に用いられる締結方法である。金属製のボルトは、建築に多く使用されている。一方で、木質製のボルトについては、工芸的な利用として使用されている。

木造建築において、金属ボルトを木質ボルトに置き換えることは、部材の再資源化を促進し、躯体を軽量化させる等、木質の利点を活かすことができる。しかし、木質接合具が木造建築の接合部に使用されないのは、強度に関する知見が十分に得られていないからである。

本研究では、ネジ部の引抜き抵抗の確認および木質ボルトの強度特性の把握を目的とした①木質製ボルト・ナット接合部強度試験を行った。さらに、②最適ネジ形状を設計することを目的とした2次元モデルによるネジ部モデルの接合部強度試験を行った。

2. 研究事項

①木質製ボルト・ナット接合部強度試験

(実験方法)

ハードメイプルおよびシラカシ棒材に雄ネジ加工を行うことでスタッドボルトを作製した (Fig. 1)。また、ハードメイプルの板材の板目面に雌ネジ加工を行い、ナットを作製した。ネジ山のピッチおよび角度を Table 1 に示す。ボルト・ナット接合部試験体について接合部のせん断強度を測定した。荷重変位曲線および最大荷重を求めた。

Table 1 ボルトネジ山形状

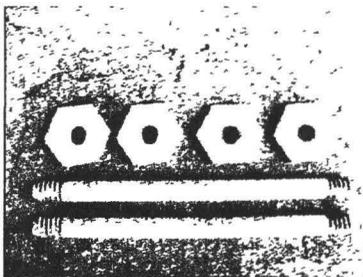


Fig. 1 木質製ボルトおよびナット

Bolt diameter (mm)	12.0	18.0	24.0
External diameter (mm)	13.0	19.3	26.2
Internal diameter (mm)	10.9	16.2	23.0
Pitch (mm)	2.8	4.0	4.2
thread angle (°)	66.5	66.5	66.5

(結果と考察)

・荷重変位曲線

直径 18mm のシラカシ製ボルト、厚さ 10mm のハードメイプル製ナット接合部試験の荷重変位曲線を Fig. 2 に示す。A~D 点における接合部断面の観察写真を Fig. 3 に示す。荷重は初期段階におけるすべりの後、変位とともに直線的に増加した。変位が約 2mm で最大荷重に達した後、荷重が急激に減少し、そのまま変位が増加した。ナットの雌ネジが、初期に

接触のないボルトの雄ネジに、順次、接触するため、段階的な荷重特性を示すと考えられる。試験体断面の観察では、雄ネジ谷部において、繊維平行方向のせん断破壊が認められた。

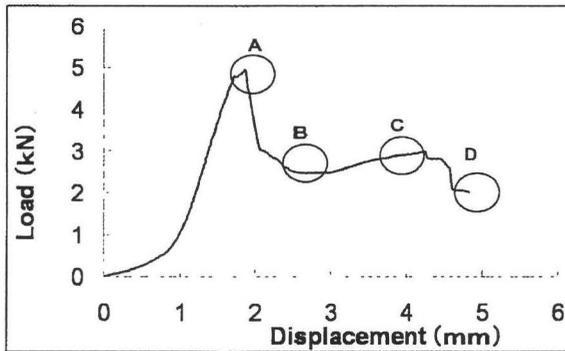


Fig. 2 木質製ボルトおよびナット

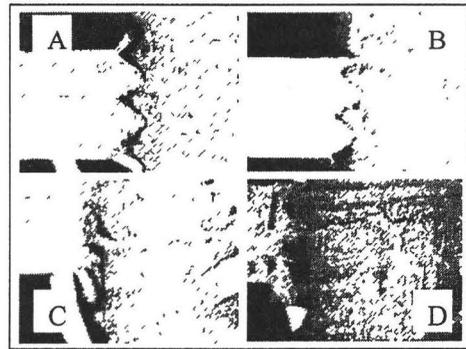


Fig. 3 A、B、C、D点における観察

・ 接合面積が最大せん断荷重におよぼす影響

最終的な破壊は雄ネジの谷底から加力方向に向けて発生していたことを考慮に入れ、ボルト谷部の円周とナット厚さを乗じたものを接合面積と定義し、接合面積と最大せん断荷重の関係を Fig. 4 に示す。シラカシおよびハードメイプルの接合面積と最大せん断荷重との間に正の相関関係が認められた。

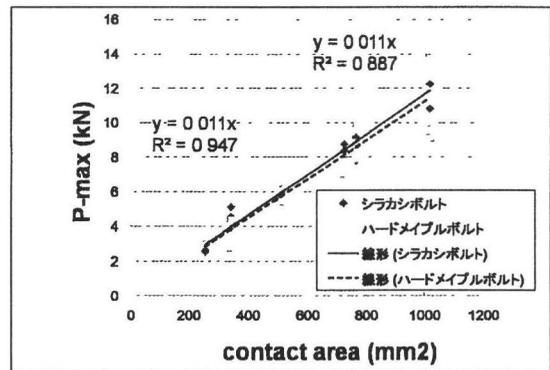


Fig. 4 接合面積と最大せん断荷重の関係

②ネジ部モデルの接合部強度試験

(実験方法)

ハードメイプルの板目材から Fig. 5 のように、ネジ山が両側にある雄ネジモデルおよび片側にある雌ネジモデルを作製した。繊維方向、ネジ山の角度、ネジ山の数を変化させ、接合部のせん断強度を測定した。

(結果と考察)

・ 形状および繊維方向が異なるネジ山と最大荷重の比較

形状および繊維方向が異なるネジ山を持つモデルについて、強度および破壊形体を比較した。顕著な差が確認されたネジ山の頂角を変化させた場合の最大荷重の比較を Fig. 6 に示す。ネジ山の頂角が 60° の場合と比較し、 90° 、 120° では最大荷重が増加した。

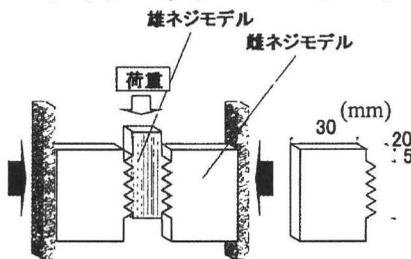


Fig. 5 ネジ部のモデルの概要

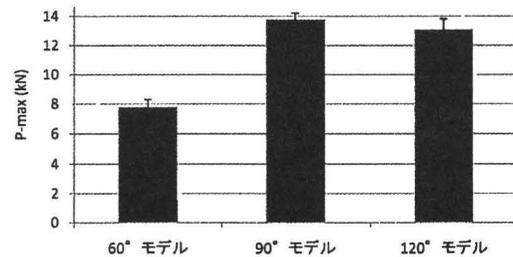


Fig. 6 ネジ山の頂角の違いによる最大荷重

・荷重変位曲線と破壊形体

Fig. 7 に頂角が異なるネジ山モデルの荷重変位曲線および破壊形態を示す。破壊形態については、60°モデルにおいては、ネジ山自身に変形は見られず、雄ネジ部のネジ山の谷底から繊維方向に沿ってのせん断破壊が確認できた。90°モデルでは、雄ネジ側のネジ山が変形し、さらにネジ山の谷底で、繊維方向に沿ってのせん断破壊が確認できた。120°モデルでは、雄ネジ側のネジ山の変形が確認できた。繊維方向に沿ったせん断破壊もネジ山の一部で生じたが、60°モデル、90°モデルと比べ、顕著ではなく、

ネジ山にかかる力の方向がネジ山の破壊に大きく影響したと考えられる。

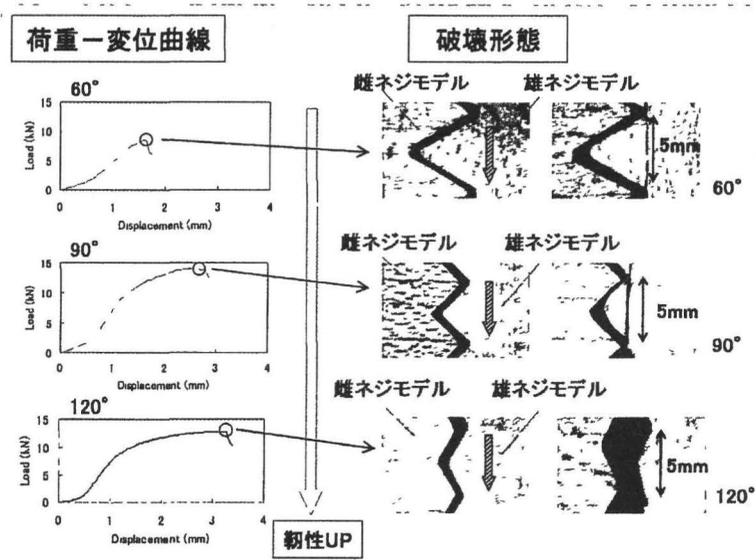


Fig 7 ネジ山頂角の異なるモデルについての荷重変位曲線と破壊形態

3. 研究の成果

①木質製ボルト - ナット接合部強度試験により、ネジ部の引抜き抵抗が確認され、木質ボルトの強度特性が把握できた。ネジ部の引抜き抵抗は、ボルトの谷部の直径とナットの厚さの積で表される接合面積によって決定されることが確認でき、高精度で接合部強度の管理が可能となった。

②2次元モデルによるネジ部モデルの接合部強度試験により、ネジ形状を変化させることで、強度的に優れたネジ部の設計が可能となった。ネジ山の繊維方向等も強度に影響するが、ネジ部の設計において最も重要なことはネジ山の頂角で、角度によっては2倍近くの強度差が生じた。今回の実験の範囲内においては、90°が最適であった。また、幾何学的な考察により、その範囲を拡大したとしても、最適角90°に妥当性は見出せた。①のボルトにこの知見を適応すると、今回の実験値の2倍近くの強度が得られることがわかり、より高性能の木質製ボルトの作製が可能となった。

4. 研究発表

竹平勝博、井上雅文、相馬智明、田中圭、安藤直人：木質製ボルト - ナット接合の強度性能、日本加工技術協会第24回年次大会、2006

Adachi, K., Takehira, K., Tanaka, K., Soma T., Inoue, M. "Evaluation and analysis of mechanical properties of wooden bolt-nut joints", Proceedings of 10th World Conference on Timber Engineering, Miyazaki, Japan, 2008, in press

06-78 建設廃棄物リサイクルにおける生産者の役割：その現実と課題

山口大学 教育学部
准教授 阿部 新

本研究は、建設廃棄物の処理において、住宅・建材メーカーがどのように関わっているのかという現段階の到達点を明らかにすることを目的とする。具体的に、回収や再利用、処分を行うにあたり、メーカーは専門処理業者や同業者、あるいは建設業者や流通業者らとどのように連携をし、どのような工夫をしているのか、または排出される廃棄物のうち、どの程度の回収、処分に対応でき、どのような限界があるのかを調査する。

■他製品における生産者の役割

まず、建設物の事情との比較を念頭に置き、各種生産者責任の構造、特徴を整理した。生産者責任は、日本では、容器包装リサイクル法、家電リサイクル法、自動車リサイクル法などがある。これらの個別リサイクル法において、生産者が廃棄物排出抑制、適正処理について負う責任とは、①生産者が設計時において有害物質を使用しないなどの環境配慮をする責任、②生産者が発生した使用済製品またはその部分品を回収する責任、③生産者が発生した使用済製品を処理する責任が考えられる。このうち、②と③は廃棄物処理法のもとで表裏一体と考えられる。つまり、回収したら廃棄物の占有者になるため、その処理責任が発生するのである。また、③は回収しなくても責任は問われないが、不法投棄などが起きたときに責任が問われる。

容器包装リサイクル法は、製造者のみならず、利用者も生産者としている。また、事業者の規模は小さく、数も多いことから、事業者によっては再商品化の負担が大きく、指定法人を設け、再商品化の委託を可能にしている。問題は、特定事業者のうち、再商品化のための費用を負担しないフリーライダーが存在することである。この点は、比較的生産者が限定される家電や自動車は、懸念が少ない。家電リサイクル法や自動車リサイクル法では、耐久性の向上や製品設計時における原材料の工夫などの責務も生産者に課している。しかし、罰則がないことから、インセンティブとしては弱い。

■建設廃棄物における生産者の関わり方

建設廃棄物については、生産者に廃棄物の回収や処分の責任を課す包括的な法的枠組みはないが、各部材については、相応に取り組みがなされている。ここでは、個別の建材についての事例を見つ、どのように関係者に役割を与えているのかを見ている。

塩ビ管は、業界団体主導でリサイクルシステムが作られている。背景には、廃棄物の焼却によって生まれるダイオキシンが社会問題となっており、消費者の間で塩ビを回避する動きがあったこととされる。回収されるのは、施工中で発生した端材のほか、使用された後のいわゆる使用済み塩ビ管・継手も含まれる。

ALC 建材は、建材メーカー、建設業者双方の社会的責任が背景にあり、建設会社との協

力関係の下、使用済み建材が自主回収されている。問題は、建設現場における置場であり、ALCのみ回収する必要があるが、異物は回収しないことにしている。建設現場ではALCだけのためのスペースを設けなければならず、積載効率の問題なども含め、結果的に、ALC建材の回収ができるのは大規模現場に限られている。なお、解体時のものは回収しておらず、建設時の端材の回収が主である。

建設物の生産者とは誰かという問題があるが、建設物の“生産段階”、廃棄段階、処理段階において、設計者や施工業者は、相応に関わっていることがわかる。例えば、“生産段階”においては、建設物の環境性能で評価し格付けする手法として、建築物総合環境性能評価システム（CASBEE）がある。これは、国全体で定められている義務ではないが、自治体によっては制度に盛り込み、届出が必要な場合もある。

廃棄段階においては、建設時における端材と解体時における使用済み材の二つがある。前者は“生産”段階における副産物とも捉えられ、企業の社会的責任のなかで、建設資材メーカーが自主的に回収をしていることが多い。後者は、塩ビ管・継手のように、資源有効利用促進法の特定再利用業種に指定され、使用済み材を回収し、利用しなければならないというものもあるが、企業の社会的責任の枠組みの中で、自主的に回収をするケースは少ない。この点は、使用済み材の回収の限界であり、課題である。

処理（利用、処分）段階は、廃棄段階と表裏一体であり、廃棄物を回収した事業者は、その占有者として処理に関わらざるを得ない。また、上記の使用済み塩ビ管・継手のように、利用率について実績の公表が求められる場合もある。つまり、同じ原材料であれば、使用済み塩ビ管・継手から発生したりサイクル原料を利用することが求められる。

■ 資源価格の変動の影響

一方、制度の下で役割分担を設定し、適正処理を確保する回収ルートを整備したとしても、資源価格の変動により、必ずしも適正なルートに廃棄物が流れない恐れがある。とりわけ、使用済み材が価値を持つようになると、通常の財として扱われ、許可なく回収ができるようになる。適正処理のためのシステムを作るためには、使用済み材が有償になる可能性を考慮したものでなければならない。非有償の状況のみを考慮すると、使用済み材が想定通りに流れない場合があり、その流通量や経路を把握できなくなる。

木くずは、燃料価格の増大や地球温暖化の社会的関心の高まりなどから、その価値が増大した。度重なる不法投棄事件を背景に、企業の社会的責任から、建設廃棄物としての木くずの回収拠点として設けられた事業所もあるが、そのような目的を持った事業所では、想定した金額では原料を仕入れることができなくなった。そのため、事業費用の増大を念頭に置きつつ、製品に付加価値をつける必要性が出てきた。

同様に、鉄スクラップも2000年代になり、資源需要が増大することで、価格が上昇した。これは、個人や零細企業を含めた回収事業への参入を促すことになるが、その結果として流通が不透明になりうるという影響がある。また、不適正な分別や、長期間に渡る保管によって環境問題も引き起こされる。

■ 考察と課題

(1) 環境配慮型設計の拡大 家電や自動車などの多くの製品において環境配慮型設計が課題となっているが、CASBEEは他の製品よりも環境配慮型設計を促す仕組みになりうる。応用可能性を含めてさらなる分析が求められる。一方、現状は、建築の規模がある一定以上のものを環境配慮型設計の対象としている。徐々にその対象を広げていく方向とされながらも、費用面を考慮した際に、どの程度浸透していくのかという課題もある。

(2) 建設時の建設廃棄物の課題 廃棄時における“生産者”の取り組みは、建設時と解体時があるが、主として建設時の端材であることが多い。これ自体は、将来的な解体時の建設廃棄物の発生量を抑えるインセンティブになりにくい。また、回収は、自主的に行われることが多く、建設業者とメーカー双方の社会的責任の範囲内で採算に見合う程度が回収されうる。経済が悪化することで、それに重点を置く状況ではないこともある。その場合に、果たして建設業者やメーカーが回収システムを継続していくのが懸念される。

(3) 解体時の建設廃棄物の課題 建設時の建設廃棄物に対する取り組みが多いなかで、資源有効利用促進法の下で指定されている塩ビ管・継手は、例外的である。これは、将来的な回収を効率化させるための製品利用（建設物設計）を提案するインセンティブが相対的に生まれやすい。これを他の建設資材にも促すことが理想だが、塩ビ管が、他の資材と比べるとマテリアルリサイクルしやすい土壌にあるという点は認識しておく必要がある。また、使用済みの建設物の生産者は、設計者、建設を請け負う建設業者、建設資材メーカーなどが関係すると思われるが、往々にして使用期間が長いことから、解体時にこれらが存在しているとは限らない。その点、既存のリサイクル法のような指定法人による回収、処理も想定される。加えて、発生した使用済み材の回収は、建設資材メーカーが個別に対応するのでは、運送費を含めて効率的ではない。建設業者や住宅メーカーあるいは第三者の何らかのコーディネートが求められる。

(4) 資源価格変動を考慮した制度 生産者による廃棄物回収の制度ができたとしても、資源価格の変動により、使用済み材の回収量が変わる恐れがある。問題は、有償で買い取った使用済み材を不適正に分別するインセンティブであり、適正な処理業者が市場から淘汰される懸念である。そのため、適正な処理業者の育成とともに、使用済み材が適正に流通するような制度が求められる。この点は、自動車リサイクル法は機能しており、参考になりうるが、自動車と同じような徹底が建設物で実現可能なかは別である。

(5) 持続可能な処理業者の確保 生産者が廃棄物を回収する制度ができたとしても、それを実行する場合は、既存の廃棄物処理業者などの関係者の協力が必要である。建設廃棄物の処理ルートはかねてより成立しており、それを排除することは社会的に難しい。如何にして既存の事業者と協力体制を作るかが重要である。その際に持続可能な処理業者としてどのような事業者を選定し、確保しておくかが重要になる。それには、処理業者が直面する投入物とともに、産出物の競争性を加味することが重要である。

以上

06-79 燃料用竹ペレットの製造と品質評価

Production method and quality of bamboo pellets for fuel

鹿児島大学大学院農学研究科

修士2年 新森 裕介

【要約】

竹ペレット燃料の最適製造条件とその品質を検討した。原料には、鹿児島県産モウソウチク (*phyllostachys pubescens*) 鋸屑を用いた。竹ペレット燃料製造には、ディスクペレッターを用い、鋸屑の含水率が竹ペレット燃料の品質に及ぼす効果を検討した。得られた結果は、以下の通りである。

- 1) 含水率 25~30%の鋸屑が竹ペレット燃料製造には最適で、成型しやすく、形状も揃い、硬く、崩れにくく、高歩留まりで、消費電力も少ない。
- 2) 含水率 25%の鋸屑を用いて製造した竹ペレット燃料の密度は 1.2g/cm³、発熱量はおよそ 18.3MJ/kg、含水率は 11~14%、粉化度は 20~10%、灰分は約 3.7%、であった。

キーワード：竹ペレット燃料、製造条件、品質

【ABSTRACT】

The production method and the quality of bamboo pellets for fuel were investigated. A disk pelleter was used to produce bamboo pellets. The material for pellets was sawn dust of Mousou-chiku (*phyllostachys pubescens*) from Kagoshima prefecture. The moisture content of bamboo sawn dust was varied to investigate the effects on the production and quality of the pellets. The conclusions are summarized as follows:

- 1) The hardness of the bamboo pellets produced from the sawn dust was higher and the size of the pellets was more uniform when the moisture content of the dust was 25 to 30 %. Also the bamboo pellets produced by the sawn dust with this moisture content resulted in higher production yields and lower power consumption of the manufacturing process in comparison to those produced from the sawn dust with other moisture content.
- 2) The specific gravity, moisture content, calorific value, pellet pulverization degree and ash content were 1.2, 11~14%, 18.3MJ /kg, 20~10% and 3.7%, respectively, for the bamboo pellets made of the sawn dust with moisture content of 25%.

Keywords: bamboo pellets for fuel, production method, quality

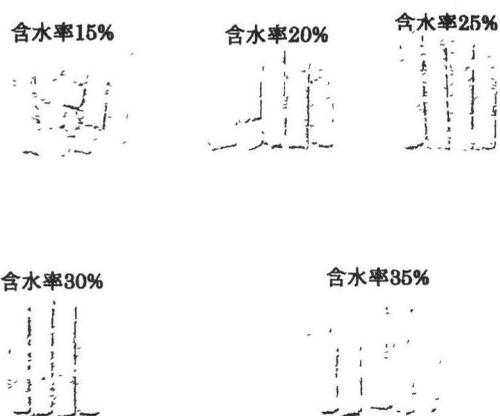


写真 1 試料の含水率と竹ペレット燃料の形状

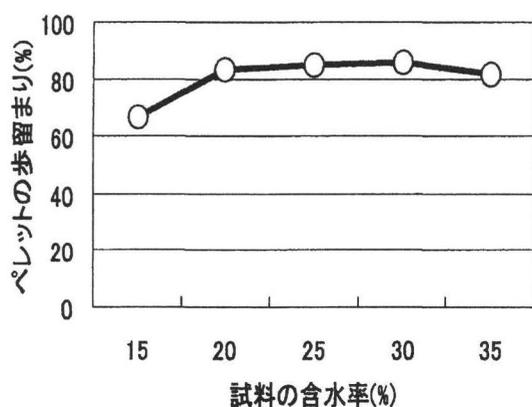


図 1 竹ペレット燃料の歩留まり

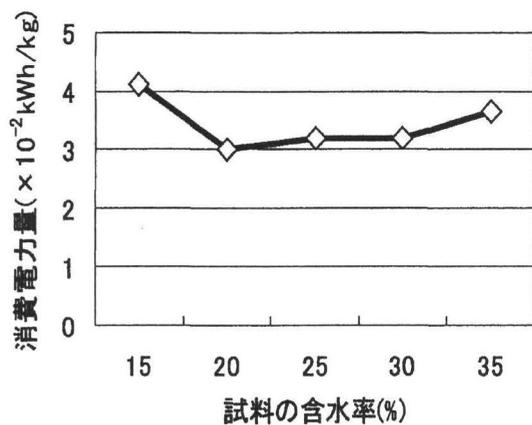


図 2 製造時の消費電力量

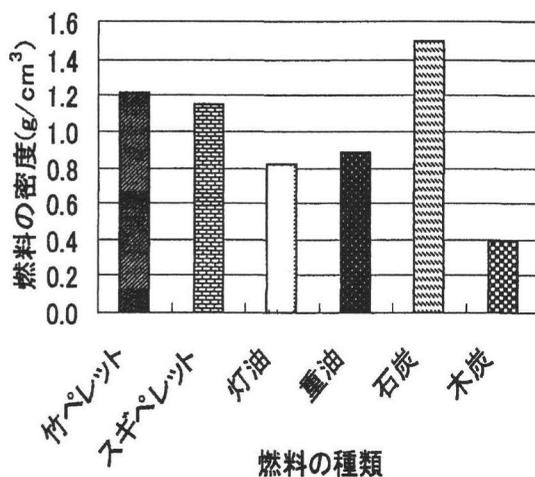


図 3 竹ペレット燃料と他燃料の密度の比較

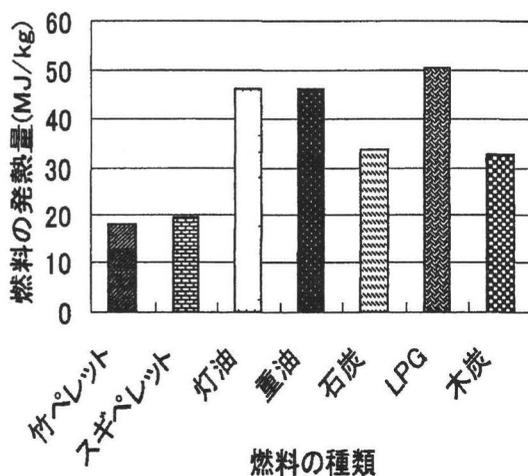


図 4 竹ペレット燃料と他燃料の発熱量の比較

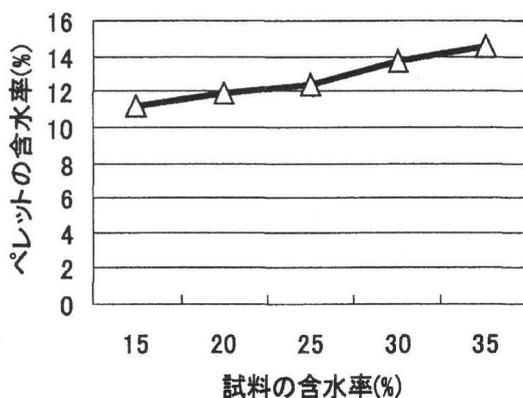


図 5 竹ペレット燃料の含水率

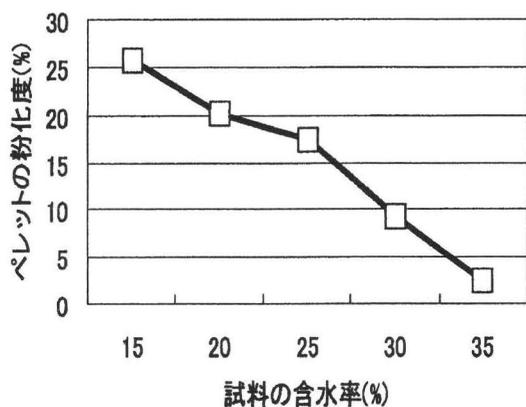


図6 竹ペレット燃料の粉化度

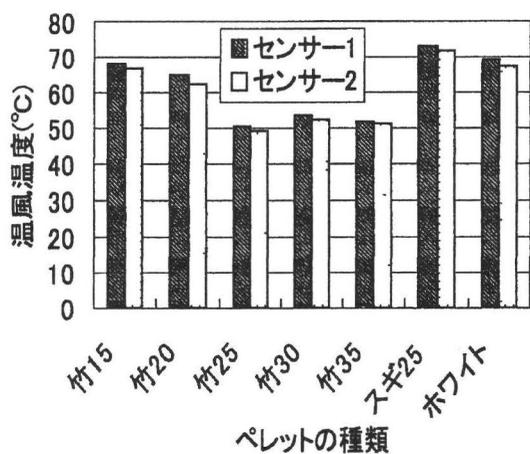


図7 各種ペレット燃料の温風温度

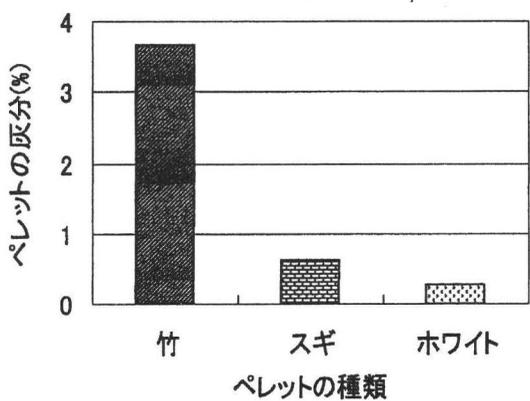


図8 各種ペレットの灰分の比較

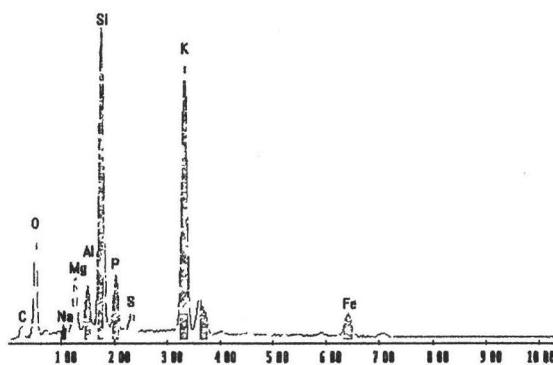


図9 竹ペレット燃焼灰の元素分析

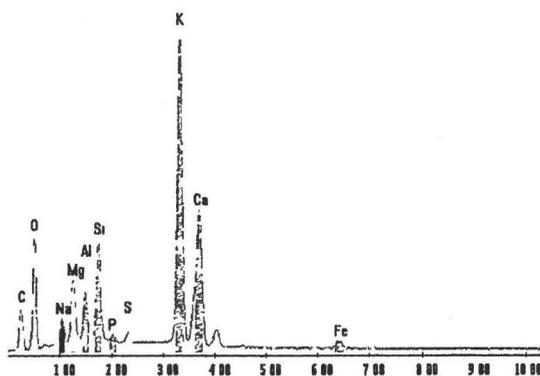


図10 スギペレット燃焼灰の元素分析

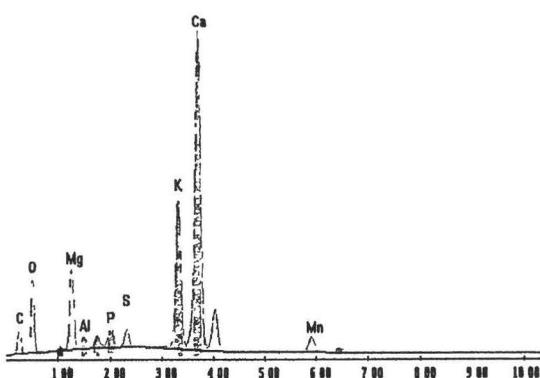


図11 ホワイトペレット燃焼灰の元素分析

06-80 木質バイオプラスチックの開発

鹿児島大学大学院農学研究科

修士2年 田中 健

要約

本研究では、鹿児島県に豊富に存在するモウソウチク材と、皮革製造時に排出される副産物であるシェービング皮革屑の有効利用するため、これらを原料に用いたボードを製造した。そして、ボードの製造方法、ならびに曲げ強度を測定し、新たな素材として利用できないかを検討した。得られた結果は以下の通りである。

- (1) モウソウチクに高温、高圧処理を30分間施すことで、柔細胞を軟化させ、維管束鞘繊維を抽出する最適な条件は170℃、0.8atmであった。160℃以下だと柔細胞が十分軟化せず、180分間だと維管束鞘繊維の強度までも損なった。
- (2) シェービング皮革屑を乾燥処理後、粉末化したものを水とともに混練し、乾燥することで、最大131MPaの曲げ強度を持つボードを製作することができた。これはPPの曲げ強度(25MPa)の5.24倍であった。
- (3) 皮革屑を粉末にするための前処理乾燥の温度は、60℃で乾燥させた比較屑の方が、100℃で乾燥させた皮革屑よりもボード成型に適していた。
- (4) ボードの曲げ応力は、皮革屑(60℃)と水とを混練する時間が長くなるにしたがって上昇した。しかし、180分間をピークに、以後は大きな変化は見られなかったため、混練時間は180分間が適しているといえる。
- (5) 皮革屑のみで製作したボードは高い曲げ強度を持つが、硬く、もろいため、限界点にまで応力が達すると瞬時に破断した。
- (6) ボードの強度を低下させる原因の一つとして、製造途中に混入した気泡が挙げられた。
- (7) 竹繊維を混入することで曲げ強度は低下した。これは竹繊維と基材との親和性が低いためと考える。



写真1 鹿児島県産3年生モウソウチク



写真2 煮沸処理後のモウソウチク

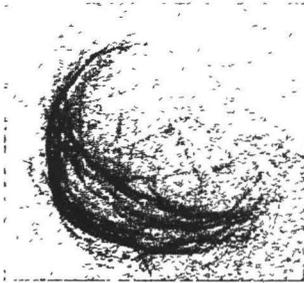


写真3 抽出した維管束鞘繊維

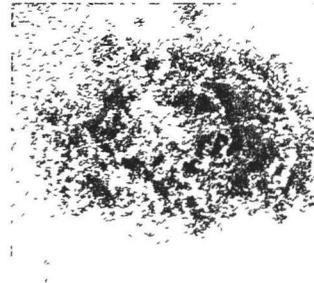


写真4 シェービング皮革屑

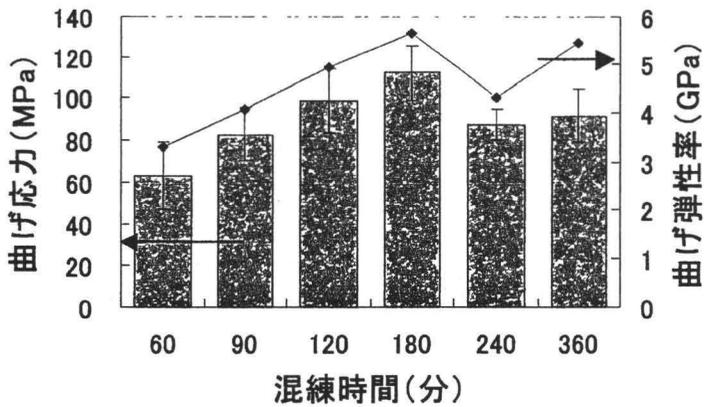


図1 混練時間別皮革屑ボードの曲げ強度

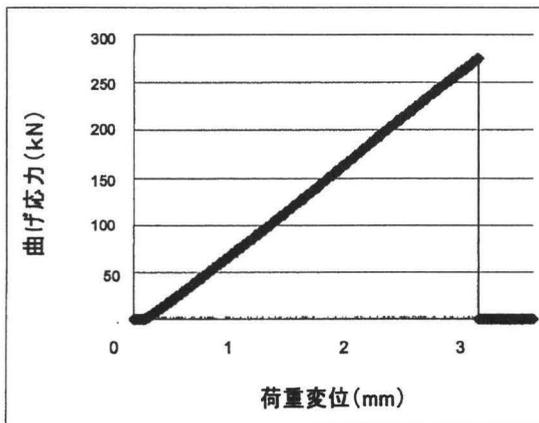


図2 皮革屑ボードの荷重変位曲線

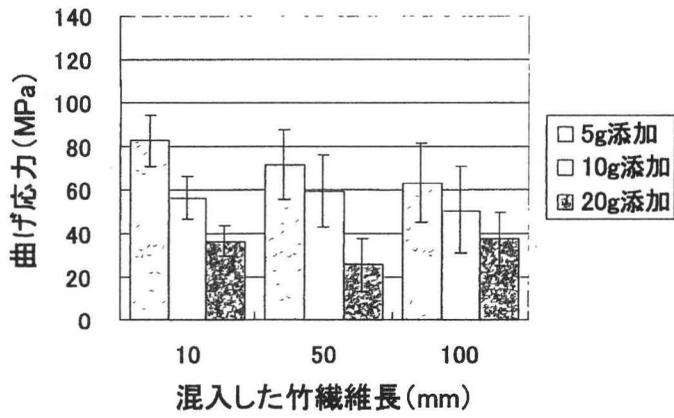


図3 竹繊維混入ボードの曲げ強度

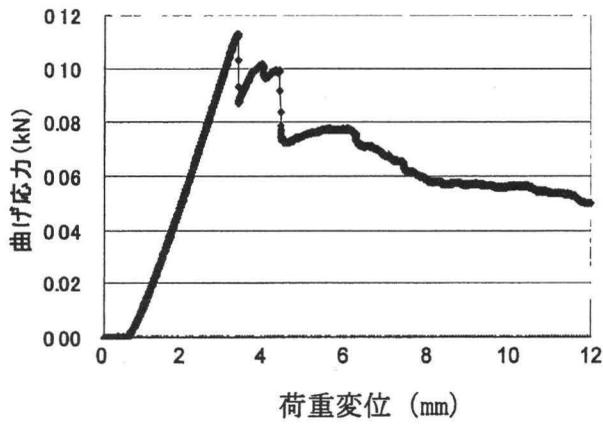
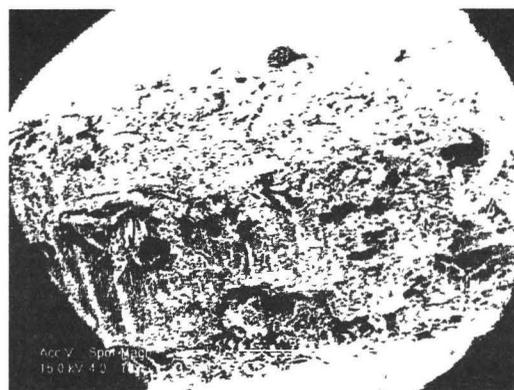


図4 竹繊維混入ボードの



SEM写真1 皮革層ボードの破断面



SEM写真2 竹繊維混入ボードの破断面

06-81 国産スギ材を使用した教育環境の 快適性評価に関する研究

秋田県立大学 木材高度加工研究所

流動研究員 木村 彰孝

1. 本研究の背景と目的

近年、木造校舎の建設数は全国的に増加傾向にある。これは木材のもつ物理的優位性、補助金額の増加、木材関連産業の振興、耐震・耐火などの技術面の改善、エコスクールの推進などの要因によると考えられる。木造校舎の教室環境の実態把握はこれまでも行われてきたが、近年建てられた校舎については行われていない。また、PMV(Predicted Mean Vote)などの人の熱的快適性の指標や子どもによる評価を取り入れた研究はあまり行われていない。

以上の背景により、本研究では秋田スギを使用した空間が子どもの教育空間として相応しいか知るとともに、現代の子どもにとって快適な学習環境を形成する木質空間のあり方を提案するための基礎データの収集を目的としている。具体的には、[1] 秋田県能代市内に建つ木造校舎を対象にフィールド調査を行い、教室内の温熱・空気環境の実態把握と PMV による総合的な評価を行う。[2] 測定と同時に心理的評価を行い、物理量との関係を検討する。加えて、[3] 実在する教室の内装に近い部屋を用い、その木材使用量の違いが人の心理的評価に及ぼす影響を実験室実験により明らかにする。

2. 1年を通じた木造校舎の教室環境の実態把握と総合的評価

【測定対象と方法】測定対象は、秋田県能代市内の小中学校のうち、建築年が1985年以降の木造校舎(以下「新木造」)、1985年以前の木造校舎(以下「旧木造」)、鉄筋コンクリート造校舎(以下「RC造」)の小学校と木材が全面に使用されているRC造校舎(以下「内装木質化RC造」)の中学校の計8校である(表1)。調査期間は2005年10月～2007年7月とし、秋期、冬期(暖房機器を1日中使用している期間)、梅雨期、夏期の計7回、各学校につき1日(8:00～17:00)又は2日間(8:00～翌日の17:00)実施した。

教室環境の物理量として、気温、相対湿度、グローブ温度、風速、壁・床の表面温度(図1)、照度、二酸化炭素濃度の測定とVOCの捕集を行い、絶対湿度、上下温度差(FL=1000mmと100mmの差)、PMV(気温、相対湿度、グローブ温度、風速、着衣量、作業量から算出)などを求めた。また、測定時の教室の使用状況と窓・出入り口の開閉状況を記録した。

【結果と考察】教室内在室時の測定結果のうち、



図1 各測定項目の測定位置

注) FL: 床から測定機器設置位置までの垂直距離,

GL: 地面から測定機器設置位置までの垂直距離

ここでは冬期の温熱環境について述べる。気温について、学校環境衛生の基準は 18~20℃を最も望ましい範囲としている。基準値と FL=1000mm 平均気温を比較すると、全体的にやや高めに推移した。OW-1 は廊下側で基準値以下となった。(図 2)。上下温度差について、ISO7730 は不満足者率 5%以下において 3℃以内としている。基準値と算出値の平均値を比較すると、新木造はほぼ 3℃以下であったが、旧木造、RC 造、内装木質化 RC 造は 3℃を上回る値がみられた(図 3)。PMV について、ASHRAE STANDARD は-0.5~0.5 を一般的な快適範囲としている。快適範囲と算出値の平均値を比較すると、教室内の FL=1000mm 平均気温が 25℃前後であった NW-3 を除く新木造と内装木質化 RC 造は、廊下側で-0.5 を下回る傾向がみられた。OW-1 は、全測定位置において-0.5 を下回った。OW-2 は、暖房機器から遠くなるとともに低下し、廊下側で-0.5 を下回った。RC 造は、全測定位置で-0.5 を下回った(図 4)。以上の結果から、各教室で測定日や施工時期、仕様が異なるものの、新木造が他と比較して特に冬期で優れた教室環境を形成していることが明らかとなった。

3. 教室環境の物理量と心理的評価との関係

【測定対象と方法】調査は、教室環境の測定対象のクラスで生活・学習する子どもを対象に行った。調査日は物理量の測定を行った同日とし、秋・冬期は小学校 5 年生・中学校 2 年生、梅雨・夏期は小学校 6 年生・中学校 3 年生とした。調査票を朝、午前中、昼、夕方の 1 日 3 又は 4 回配布し、教室内の全身温冷感を「寒い(-3)・涼しい(-2)・やや涼しい(-1)・どちらともいえない(0)・やや暖かい(1)・暖かい(2)・暑い(3)」で評価させ、回答時の座席位置を記録した。

表 1 測定対象の概要と調査人数

学校名	NW-1	NW-2	NW-3	OW-1	OW-2	RC-1	RC-2	RCW-1	
施工年	1995年	2003年	2006年	1957年	1955年	1970年	1981年	1989年	
教室部の建築構造	木造	木造	木造	木造	木造	RC造	RC造	RC造	
測定階数 (総階数)	2階 (2階)	2階 (2階)	2階 (2階)	2階 (2階)	2階 (2階)	3階 (3階)	3階 (3階)	秋・冬期:2階 梅雨・夏期:3階 (3階)	
校舎面積	2650㎡	2838㎡	3448㎡	2622㎡	5484㎡	4137㎡	4698㎡	4933㎡	
教室床面積	56.8㎡	50.4㎡	2006年梅雨・夏期:76.7㎡ 2007年秋・冬・梅雨期:63.2㎡	58.7㎡	58.7㎡	45.5㎡	54.0㎡	62.1㎡	
OSの有無	なし	あり	なし	なし	なし	なし	なし	あり	
外気窓ガラスの種類	複層	複層	複層	単板	単板	単板	単板	複層	
教室の暖房方式	蓄熱式暖房 (電気)	蓄熱式暖房 (電気)	蓄熱式暖房 (電気)	石油ストーブ (半密閉型)	石油ストーブ (半密閉型)	石油ストーブ (密閉型)	石油ストーブ (密閉型)	石油ストーブ (密閉型)	
教室内の暖房設置箇所 (廊下又はOSへの設置有無)	外気側壁面に 2台(あり)	外気側壁面に 2台(あり)	外気側壁面に 2台(あり)	外気側前方 に1台(なし)	外気側前方 に1台(なし)	外気側壁面に 2台(なし)	外気側壁面に 前方に1台(なし)	外気側壁面に 2台(あり)	
学校用机・椅子の材質	木材(スギ)	木材(スギ)	木材(スギ)	スチール	スチール	木材(スギ)	木材(スギ)	スチール	
調査延べ人数	2005年秋季	39名	54名	未調査	87名	未調査	81名	72名	81名
	2006年秋季	44名	34名	53名	未調査	89名	93名	96名	69名
	2006年冬期	33名	54名	未調査	88名	未調査	79名	96名	78名
	2007年冬期	42名	36名	70名	未調査	152名	142名	97名	71名
	2006年梅雨期	39名	54名	90名	未調査	未調査	81名	102名	81名
	2007年梅雨期	27名	53名	94名	未調査	208名	119名	92名	48名
2006年夏期	39名	51名	93名	未調査	未調査	81名	102名	78名	

注)NW:新木造, OW:旧木造, RC:鉄筋コンクリート造, RCW:内装木質化RC造, OS:オープンスペース, 加湿器:OW-2以外で使用

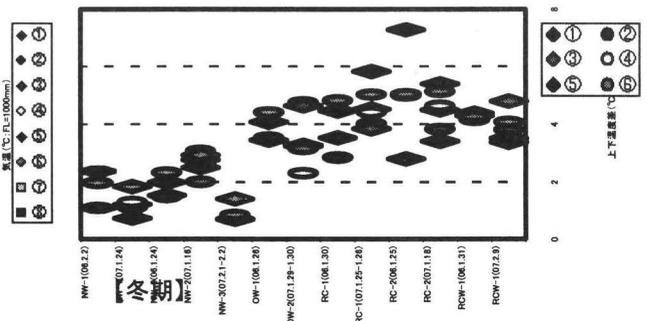
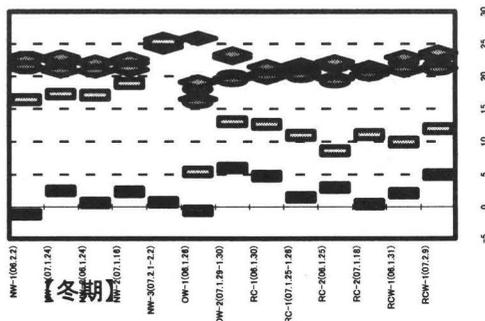


図 2 各測定位置における在室時の平均気温 図 3 各測定位置における在室時の平均上下温度差

【結果と考察】1年を通じた PMV と全身温冷感評価の関係をみると、PMV-1 前後で「どちらともいえない」という評価を示し、PMV が大きくなるとともに全身温冷感評価は暖かい側となる傾向を示した。また、PMV 1 前後の全身温冷感評価は「暖かい」から「どちらともいえない」へ内装への木材使用量の多い順(内装木質化 RC 造, 新木造, RC 造)であったことから、木材使用量の違いによる視覚的効果の全身温冷感評価に及ぼす影響が示唆された(図 5)。

4. 室内空間における木材使用量の違いが人の心理的評価に及ぼす影響

【実験方法】供試空間として、木材率(内装への無垢木材の使用割合)の異なる4部屋を用いた(図 6)。被験者は、健康な高校・大学生 23 名とした。実験は夏期である 2007 年 8 月 2 日～9 月 7 日に行った。全身温冷感の評価方法は、

前章と同様とした。実験は、まず室内に入室し、前を向いた状態で 1 分間安静座位をとらせた後、全身温冷感の評価させた。評価と同時に室内の温熱環境を測定し、PMV を算出した。

【結果と考察】PMV が ISO7730 で一般的な快適範囲とされる $-0.5 < PMV < 0.5$ の場合、室内空間への木材使用は全身温冷感に影響を及ぼさないことが分かった。また、PMV が $0.5 \leq PMV \leq 1.6$ という比較的暖かい範囲の場合、Room D は Room A と比較して有意に「あたたかく」感じる室内空間であった(図 7)。本実験結果から、教室内装への木材使用量の違いが全身温冷感評価に影響を及ぼすという前章の示唆について再検討した結果、内装木質化 RC 造は Room D、新木造は Room C、RC 造は Room B に近い室内空間であることから、前章の教室内における全身温冷感評価の違いに及ぼす内装への木材使用の影響は少ないと考えられる。

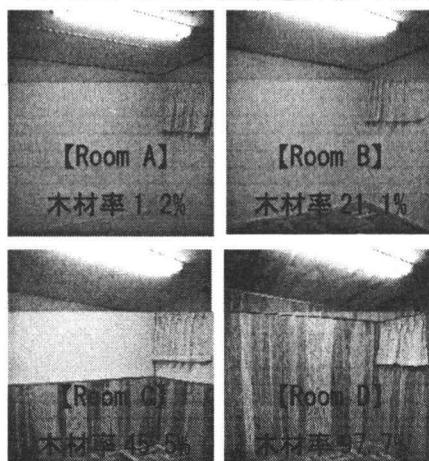


図 6 各部屋の仕様と木材率

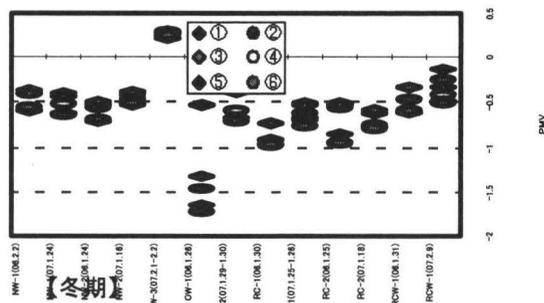


図 4 各測定位置における在室時の PMV の平均値

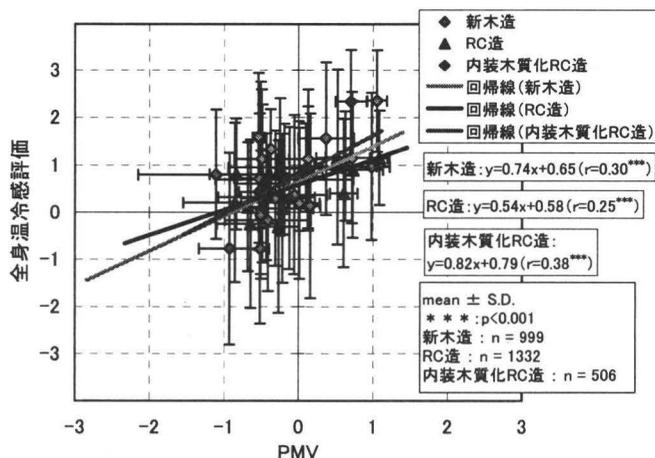


図 5 新木造, RC 造, 内装木質化 RC 造の教室における PMV と子どもの全身温冷感評価の関係

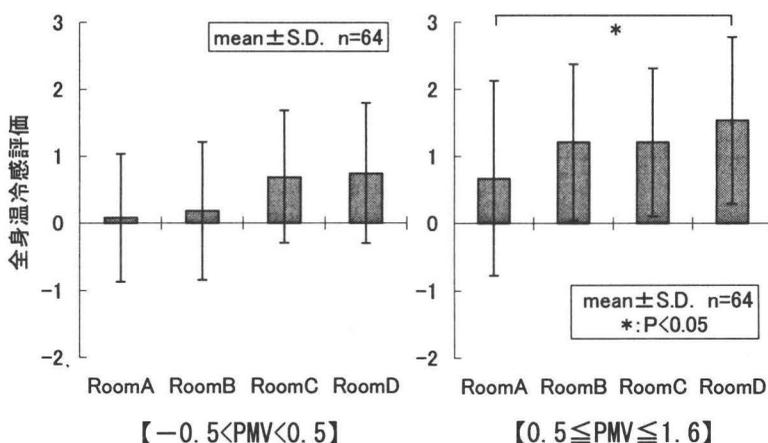


図 7 各 PMV 範囲における各室内での全身温冷感評価

06-82 磨耗による床のすべり抵抗の変化の即時推定方法に関する研究

東北工業大学大学院

工学研究科 建築学専攻 工藤 瑠美

1. 序

現在、床や路面および構成する材料（以降、一括して床と呼ぶ）には、人々が安全、快適に動作できるように、所定のすべり抵抗の保持を目的として、様々な加工が施されているものが多い。一方、床が磨耗され、初期のすべり抵抗が保持できなくなることに起因する転倒事故が発生するなどの事例も多い。

磨耗によるすべり抵抗の変化は宿命的に生じると考えられるが、すべり抵抗の減少と磨耗との関係は、安全性の観点から早急に究明すべき重要な課題と考える。

本研究の目的は、多種多様の床を対象とした場合、すべり抵抗の変化を生じさせる上で最も一般的と考えられる歩行負荷による磨耗に近似した磨耗を短時間で生じさせる試験機（以降、床のすべり抵抗変化用磨耗試験機と呼ぶ）を開発するとともに、磨耗による床のすべり抵抗の変化を速やかに推定できる方法を提案することにある。

なお、本研究の成果は、磨耗によるすべり抵抗の変化の少ない床の開発、すべり抵抗の観点からの床の維持・管理に有効と考える。

2. すべり抵抗測定方法の設定

本研究は、床のすべり抵抗を媒体として展開するので、床のすべり抵抗の測定方法は、極めて重要となる。床のすべり抵抗の測定条件として、すべり試験機は妥当性があり、測定が簡易であるべきことから、携帯型床のすべり試験機（ONO・PPSM）とし、特にすべり試験機に取り付けるすべり片、すべり片と床との間に介在させる物質に関しては、様々な検討を加えた上で設定した。

3. 磨耗による床のすべり抵抗の変化の把握

3.1 実際床における磨耗によるすべり抵抗の変化の把握

実際床の同一場所で、歩行負荷を受けていない部分と歩行負荷を受けて磨耗しているのが明確な部分のすべり抵抗の差異を測定した。

測定結果から、歩行人数などの詳細は不明であるが、磨耗されることで、すべり抵抗が大幅に減少している床があること、一方、さほど変化しない床があること、などが明確となり、本研究の意義および必要性が確認された。

3.2 磨耗による床のすべり抵抗の変化の定量的把握のための実地歩行磨耗実験の有効性の検討

磨耗による床のすべり抵抗の変化を定量的に把握する上で、実際と近似した条件下での人間の歩行負荷による実地歩行磨耗実験を行った。実地歩行磨耗実験に供する試料として、多種多様な計 16 種類の床仕上材料を選定した。歩行条件として、設置した試料のほぼ中央に記した足型に着地する歩行（以降、強制歩行と呼ぶ）とすることとし、1 試料につき計 96,000 歩まで歩行させることとした。また、試料表面に介在させる物質として、豊浦産標準砂を選定した。

以上の条件で行った実地歩行磨耗実験前後のすべり抵抗測定結果から、実地歩行磨耗実験前後において、すべり抵抗の大きな変化、特にすべり抵抗の減少は全体的に見られなかった。一方で、すべり抵抗が増加する場合が多く見られた。

理由として、強制歩行にしたことから、被験者が意識的に足型に着地する歩行になり、特に“踵でこする歩行動作”などの自然な歩行をおこなわなかったことなどが考えられた。また、砂を散布したことから、実際とは異なり、必要以上に床表面が荒らされたため、すべり抵抗が減少する変化があまり見られなかったとも考えられた。

つまり、実地歩行摩耗実験では、実情と近似した状況で、摩耗による床のすべり抵抗の変化を把握することが極めて困難なことを既往の研究成果をも含めて確認できた。

4. 歩行による摩耗発生現象把握のための履物底と床との接触状況の観察

3. の結果から、実際床での通常歩行と、実地歩行摩耗実験で行った強制歩行による履物底と床との接触状況を観察し、すべり抵抗の変化の観点から、摩耗を発生させる歩行負荷機構の基本を把握した。通常歩行と強制歩行それぞれの場合の履物底と床との接触状況の観察結果の代表例を図1に示す。

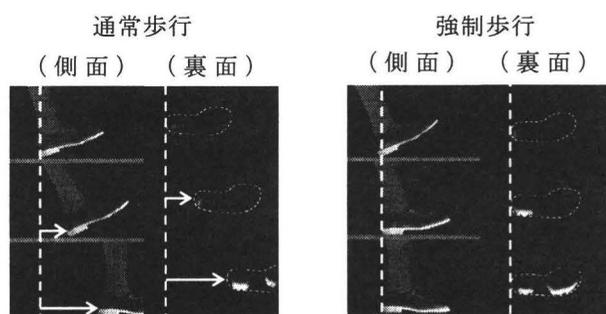


図1 履物底と床の接触状況の観察結果の代表例（紳士靴の場合）

図には、履物底と床との接触状況を側面と裏面ごとに、履物底が床に接触開始した位置を点線で示し、以降の接触移動方向を矢印で示した。通常歩行と強制歩行を比較すると、通常歩行では、踵を主とする履物底部分が床表面をこすりながら、最終的に履物底全体が接触移動する現象がみられた。一方、強制歩行では、履物底の踵部分が床に接触した位置で履物底全体が接触し、通常歩行で見られる以降のこすりながら移動する現象はあまり見られなかった。以上の結果は、多くの観察状況から得られた総括的結果で、個人差や場合差があることも事実であった。しかしながら総じて、床のすべり抵抗の変化に影響を及ぼすと考えられる歩行時の摩耗には、通常歩行時に見受けられるこすり現象が大きく寄与していると想定できた。

5. 実地こすり摩耗実験

4. の観察結果より、摩耗による床のすべり抵抗の変化を定量的に把握する上で、人間が歩行時に床に与える摩耗負荷のうち、主に踵によるこすり負荷を試料に与え、試料を摩耗させる実地摩耗実験（以降、実地こすり摩耗実験と呼ぶ）を行った。実地こすり摩耗実験に供する試料として、4種類の床仕上材料を選定した。動作条件は、図1に示す通常歩行時の接触状況と近似した状況で、片足の踵で踏み込んで着地し、そのまま前方にこする動作とし、1試料につき計40,000回（以降、歩と呼ぶ）までこすることとした。

以上の条件で行った実地こすり摩耗実験前後のすべり抵抗測定結果から、すべての試料において、すべり抵抗が減少するのを明確にできたことにより、摩耗による床のすべり抵抗の変化を再現できる摩耗試験機の開発時の基礎的資料、つまり、実情に近似した条件での摩耗負荷による摩耗試料をすべり抵抗の変化とともに得ることができた。

6. 床のすべり抵抗変化用摩耗試験機の設計・試作

5. の実地こすり摩耗実験で得たすべり抵抗の変化と同様のすべり抵抗の変化を再現できる床のすべり抵抗変化用摩耗試験機を設計・試作した。

まず、履物底の踵部分と床との接触時に生じる、踏み込んでこする現象を逸脱しない範囲

で、出来るだけ実情に近似する摩耗を再現することを目的とし、摩耗試験機の機械的負荷の骨子を試行錯誤的に考案した。考案した機械的負荷の基本構想の骨子に基づいて、設計・試作した試験機を写真1、図2に示す。

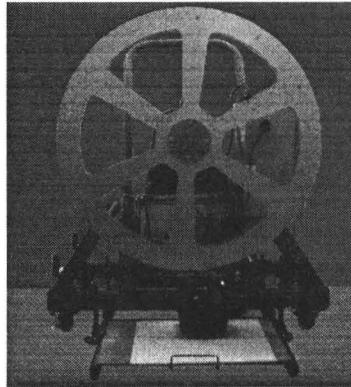


写真1 設計・試作した床のすべり抵抗変化用摩耗試験機

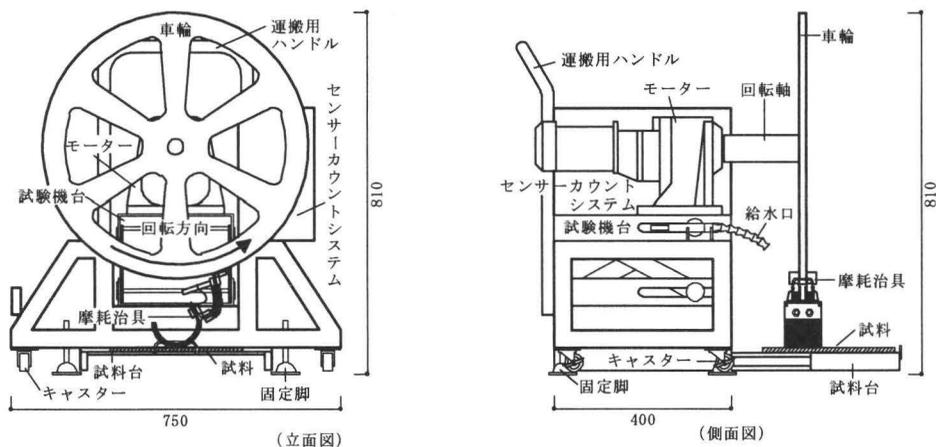


図2 設計・試作した床のすべり抵抗変化用摩耗試験機

本試験機は、モーターの回転軸に設置した車輪に摩耗治具を取り付けたもので、車輪が回転し、摩耗治具の摩耗片が設置した試料表面に接触し、試料表面をこすりながら移動することで、踏み込みおよびこすり現象を発生させるものである。

実地こすり摩耗実験で用いた4種類の試料を用いて、設計・試作した試験機による摩耗試験を行った。摩耗試験の結果から、すべての試料において、実地こすり摩耗実験40,000歩時点に得られたすべり抵抗の変化をほぼ再現することができた。つまり、設計・試作した試験機は、すべり抵抗の変化を再現する摩耗試験機として妥当性を有していると判断できた。

7. 結

歩行負荷を代表とする摩耗による床のすべり抵抗の変化を再現する床のすべり抵抗変化用摩耗試験機を設計・試作し、以下を結とした。

『設計・試作した床のすべり抵抗変化用摩耗試験機を用いて、試料を摩耗し、携帯型床のすべり試験機ですべり抵抗を測定して、その変化を定量的に求める方法を摩耗による床のすべり抵抗の変化の即時推定方法として提示する。』

06-83 既存木造住宅の耐震性能評価に関する研究

東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻

博士課程 3年 福本 有希

本研究は「実況に即した木造住宅の耐震診断法の構築」を目標として、微動測定結果を用いた荷重変形関係の推定手法を提案する。本報では診断法構築に先立ち、実大建物の倒壊実験及び並行して実施した微動測定試験の結果を用いて荷重変形関係の割線剛性、微動レベルで得られる剛性、耐震診断結果の割線剛性及び解析モデル復元力特性における初期剛性の関係を明らかにする。まず、試験体性状の変化が振動特性に及ぼす影響を把握するため、変化の前後に微動測定試験及び震動台加振試験をおこない、微動測定結果を性状変化の相対的な指標として用いることの妥当性を検討する。次に、ある状態の試験体について、荷重変形関係と微動測定から評価される建物剛性の関係を把握するとともに、この関係性を利用した耐震診断の補正をおこなうことにより、真の荷重変形関係を推定する。また、震動台実験結果を追跡する質点系解析モデルの初期剛性等との大小比較を通して、試験体の荷重変形関係におけるさまざまな微動測定の位置づけを明らかにする。

微動測定に基づく建物性能の相対評価

本章では重量、劣化、被災、耐震補強等試験体が異なる状態におかれる前後で微動測定を実施し、性状の変化が微小変形域内の振動特性に及ぼす影響を明らかにする。さらに大地震波加振試験で得られた試験体の荷重変形関係を参照し、この傾向が微小変形域と中小～大変形域とでどのように異なるかを把握し、微動測定結果を試験体剛性の相対評価指標として用いることの妥当性を検証する。

・重量変化の影響の推定

複数の微動測定結果を組み合わせて用いることにより、精確かつ簡便に建物重量の推定をおこなう方法について検討した。試験体A、B棟に関して、実績荷重を基準にして40%程度(81kN)の重量変化を解体現場で屋根材等撤去により与えた場合、重量変化量に比べて固有振動数の変化は微小であり、微動測定結果による建物重量の推定をおこなうことは困難であった。一方、2階床の積載重量のみを変化させたC棟試験では、重量変化を最少の10kNとしても誤差20%程度と良好に同定された場合があった。大地震波加振時(2階床積載重量比:1)を基準にして積載重量を減じた場合が増加した場合に比べて固有振動数の変化が大きく、推定が可能となる傾向にある。本検討では常時微動測定による方が、人力加振試験に比べて推定精度が高かった。

・劣化の影響の推定

劣化による性能低下程度を定量的に把握することを目的として新築C棟と既存A棟を対象に微動測定をおこない、両者の剛性の相違から、微小変形領域での新築に対する既存の「剛性低下率」を明らかにする。さらに大地震時の両者の性能と対照することにより、微動測定結果を中小変形域以降の性能評価に適用することの妥当性に関して検討する。既往の研究事例と同様に、既存建物の剛性低下率は1/1000～1/500rad付近で大きい。住宅が経年による劣化を受けた場合、常時微動測定、強制加振試験等から求められる微小変形域での剛性低下率が8割弱程度であっても、中小～大変形域にわたる剛

性は6割程度に落ち込んでいる可能性がある。試験体の微小～中小変形域では、特に外装材の影響が振動特性に大きく反映されるが、A棟のモルタル外壁の劣化は試験体の剛性に影響を及ぼしていたと推測される。

・震動台加振の影響の推定

新築C棟に関して震動台中小加振試験経験前後の振動特性を比較することにより、加振経験(=被災)が剛性低下に及ぼす影響について把握する。常時微動測定、人力加振試験によれば13%、起振機加振によれば11%、震動台中小加振(100ga1)では-1%と、変形量の増大につれて加振経験前後の剛性の差が小さくなる傾向にあった。いずれの試験体とも外観目視観察による加振後の損傷は確認されていない。試験体の1次設計において想定する地震動(入力加速度100gal、震度4程度)の加振経験後の剛性低下は、常時微動測定など微小変形領域においては若干の低下があるものの、中小～大変形域においては極めて小さく、外観被害は無く、建物性能に及ぼす影響は小さいものと考えられる。前節の結果と対照すると、微小～中小変形領域の試験体剛性に対する被災と劣化の影響度は、劣化がより大きいと判断される。

耐震補強効果の把握

・構造用合板施工の効果

D棟に関して補強用の構造用合板施工前後の振動特性を比較し、微小変形域における合板補強の影響について検討する。常時微動測定、人力加振試験、起振機加振試験など、いずれの試験においても剛性増大率は0～6%程度と微小である。合板等の施工のみによる壁補強効果を微動測定により確認した場合、補強前後の剛性向上率は低く評価される傾向にあるが、今回も同様の結果であった。

・診断評点を4倍弱増加させる耐震補強の効果

耐震補強の効果について、微動測定により把握する。補強前後の診断評点は1階で0.50から1.84に上昇している。常時微動測定に基づく場合、33%の剛性の向上が確認され、合板及び2ツ割筋かいの耐力壁を増設したことによる補強効果が表れている。大地震波加振試験による荷重変形関係を参照し、微小変形域と中小～大変形域での剛性向上効果を比較すると、1/1000rad. 以降剛性増大率は60%程度でほぼ一定であり、常時微動による増大率を中小～大変形域の割線剛性に適用しても概ね安全側であると言える。これまで合板耐力壁による補強程度では微小変形域の剛性に大きな影響を与えず、微動測定による剛性向上の確認が難しいという報告が多かったものの、今回はこれを確認できた。

試験体の荷重変形関係と微動計測に基づく剛性の関係性

本章では、大地震波加振試験による荷重変形関係、耐震診断結果、大地震波加振試験を追跡する解析モデルの復元力特性及び常時微動測定、強制加振試験、震動台中小加振試験結果に基づく建物剛性との関係性について対応する振幅との関係に着目して明らかにする。

・変形レベルの違い

各試験における2階床レベルの変形量は、常時微動測定: $1.0 \sim 1.6 \times 10^{-7}$ rad.、人力加振試験: $1.9 \sim 4.7 \times 10^{-5}$ rad.、起振機加振試験は $3.6 \sim 7.8 \times 10^{-5}$ rad.、震動台中小加振45ga1で $7.0 \sim 8.7 \times 10^{-5}$ rad.、100ga1では $2.2 \sim 2.8 \times 10^{-4}$ rad. 程度であった。試験体間で各試験時の変形量は概ね同程度だが、人力加振及び起振機加振の共振振動時には幅が見られた。

・震動台加振による荷重変形関係と微動測定

各試験による建物剛性の関係大地震波加振試験により得られた荷重変形関係のうち、特定変形角

における割線剛性と微動測定による剛性の大小関係を把握する。微動測定各試験により算定される剛性値と大地震波加振時の割線剛性(1/200rad.)と比較した比率 α は、常時微動測定が3.8~6.5倍、人力加振試験が3.4~5.4倍、起振機加振試験が3.1~3.9倍、震動台45ga1加振が2.8~3.2倍、震動台100gal加振が1.4~2.5倍であった。入力レベルが大きい試験ほど算出される剛性は低く、本来の荷重変形関係に近づく。変形の推移と剛性の変化の關係に注目すると、モルタル外壁・無補強のA、C棟は微小変形域では大きな比率を取るものの、値は急激に減少する。これに対して補強B棟では変化が緩やかである。前者の2棟を比較すると、本試験の範囲では、既存A棟が新築C棟に比べて変化は急激であった。

・微動計測を用いた耐震診断結果の補正

耐震診断結果と大地震波加振から得られた真の荷重変形關係には開きがあるが、前節の結果を踏まえて微動測定結果を踏まえた耐震診断結果の補正を行うことにより、真の荷重変形關係を推定する。耐震診断結果の属せん断力を β 倍すると特定変形角における診断結果と真の荷重変形關係の荷重が等しくなるよう、補正係数 β の値を決定する。特定変形角をA棟:1/67rad.、B棟:1/133rad.、C棟:1/100rad. としたとき、最大耐力近傍までの荷重変形關係を追跡でき、各試験体における β はA棟:1.80、B棟:1.01、C棟:3.01であった。本報の対象とする試験体では β はいずれも1.0を上回り、新築モルタル外壁・無補強のC棟で特に大きく、既存・補強のB棟で小さい値となった。

・建物モデルの剛性と微動測定各試験による建物剛性の關係

震動台実験加振結果を追跡する解析モデルに関して、モデル1層の骨格曲線第1剛性と微動測定による剛性を比較する。A棟Y方向に関して2質点系時刻歴応答解析における復元力モデルの第1剛性(1/317rad.)に対して微動測定結果に基づく剛性は、常時微動測定では4.5倍、人力加振では3.7倍、震動台中小加振(1/350rad.)では0.9倍という關係にあった。強震観測等の結果より1/350rad.程度での試験体剛性が得られれば、そのままこれを大変形域までの応答を追跡可能な復元力モデルの初期剛性に適用できると考えられる。

常時微動測定だけでなく人力加振試験、起振機試験や大地震波加振結果等を参照することで、試験体性状の変化が建物剛性に及ぼす影響について広範な変形域にわたって把握することができた。また、本報の対象とする(ある特徴を有する)試験体に関して、微動測定と大地震波加振試験による荷重変形關係、耐震診断及び解析用復元力モデルの割線剛性の關係が明らかとなった。本報では、試験対象を3棟の住宅のみに限定している。これらの特徴別に上記の關係を参照することも可能であると推測されるが、より一般性を確保するため、今後、微動測定と振動台加振等大変形域の性能を把握する試験を組み合わせた測定事例を増やして、微動計測の利用法について更に検討したい。

06-84 アルミサッシの低温での相分解に及ぼす 原子空孔の影響

山梨大学大学院 医学工学総合研究部

修士課程 2 年次生 入倉 秀

1. 緒言

我々の研究グループでは、代表的な低濃度合金でありアルミサッシに多用されている 6063 合金の 2 段階時効に関して研究を進めている。Fig. 1 は先に行われた研究の一例であり、溶体化処理直後に 273 から 573K の各温度で 1.0ks 保持する焼入れ中断処理が、2 段階時効挙動（時効：263K, 604.8ks, 最終時効：413K, 108ks）に及ぼす影響を実験的に検討した結果である。Y 軸上には、溶体化処理後直ちに氷水中に焼入れた試料(A. Q.)、その後時効(As P. A.)および最終時効した試料(2-step-aged)、ならびに急冷直後に最終時効を施した試料(None pre-aged)に関する耐力もあわせて示した。図に示す結果から明らかかなように、2 段階時効に伴い耐力は約 40% 低下 (210→135MPa) することから、負の効果を明瞭に捉えることができる。ところが、423K 付近で焼入れ中断処理を施すと、最終時効処理段階での耐力の増加が著しく、2 段階時効に伴う耐力低下を効果的に防止することができる。これは、263K のような低温時効では、試料中に存在する原子空孔濃度が相分解を左右することが知られているので、中断処理に伴う相形成の過程で空孔濃度が低下し耐力に影響を与えたと考えられる。以上の背景に基づき、本研究では 6063 合金の 2 段階時効に係わる相分解を理解するために、主として低温時効における空孔濃度の役割に着目して検討を加えた。

2. 実験試料

Mg₂Si 含有量が約 0.79mass% である 6063 合金の押出板材 (T5 処理材, 板厚: 1.85mm) を供試材とした。化学組成の分析結果を Table 1 に示した。本研究では、空孔濃度が低温時効の相分解に及ぼす影響を検証する。熱処理プロセスを Fig. 2 に示す。熱処理プロセスは、833K で 1.8ks の溶体化処理を施した後、313 から 473K の温度範囲を基本として 1.0ks の焼入れ中断処理を加え、直ちに氷水中へ急冷した（焼入れ中断処理を施さない試料も行う）。その後、焼入れ直後の空孔濃度（以下、凍結空孔濃度）が相分解に及ぼす影響を確認するために、263K で低温時効処理を施した。時効時間は 100s から 604.8ks を基本とした。また、403K の高温時効についても類似の検討を行った。高温時効では、時効処理後直ちに熱力学的に平衡な空孔濃度（以下、平衡空孔濃度）に達することが予想されるので、中断処理に伴う凍結空孔濃度の影響が現れ難いと考えたためである。低温および高温時効の結果を比較することにより、凍結および平衡空孔濃度が相分解に及ぼす影響を検証することとした。

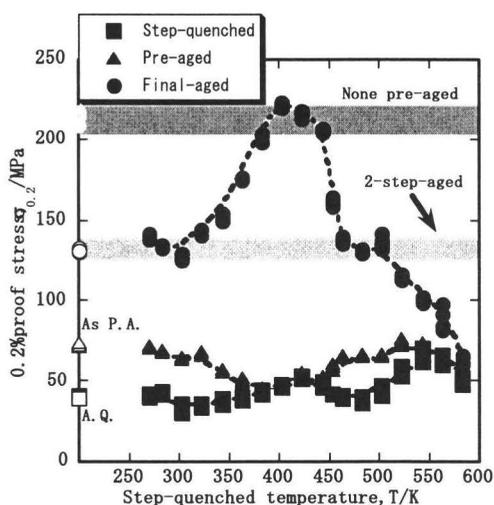


Fig. 1 2 段時効に及ぼす焼入れ中断処理の影響

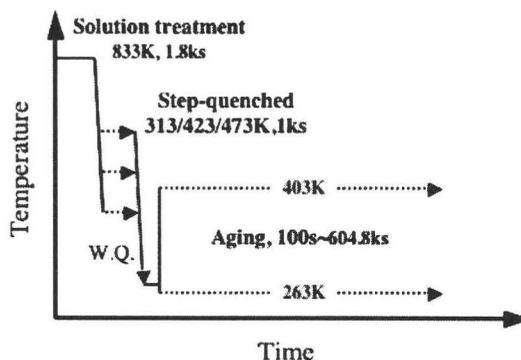


Fig. 2 熱処理プロセス

Table 1 実験試料の化学組成

									(mass %)	
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al	(Mg ₂ Si)	
0.44	0.16	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.01	Bal	(0.79)	

3. 実験方法

①電気比抵抗

試料は、板剪断機で 3mm×120mm×1.85mm に切り出した棒状試験片を用いた。

②引張試験

JIS7 号相当の試験片（評点間距離：13.3mm，幅：6mm，板厚：1.85mm）を引張試験に用いた。試験片は、押出板材の押出方向と試験片の長手方向が平行となるようにマシニングセンタで作製した。

4. 実験結果および考察

Fig. 3 に低温時効処理（263K）の電気比抵抗（絶対値）を示し、Fig. 4 に高温時効処理（403K）の電気比抵抗（絶対値）を示す。焼入れ中断処理を施さず時効処理のみを施した試料を W. Q. とする。

低温時効処理の結果は、中断温度が 423K だけ他と比較して抵抗値が増加しなかった。他の条件では、時効時間が 10²ks 付近から徐々に抵抗値が増加し 604.8ks では約 9.3nΩm まで増加した。しかし、中断温度が 423K では 8.6nΩm までしか増加しなかった。このことから、中断温度が 423K では電気比抵抗の値を増加させるクラスタ^{1) 2) 3) 4)}が抑制されていることがわかる。クラスタが抑制されているということは、時効処理前に凍結空孔濃度が減少していたと推測できる。

高温時効処理の結果は、焼入れ中断処理での抵抗値の差のまま、4 条件ともほぼ等しいグラフとなった。このことから、高温時効処理では焼入れ中断処理における凍結空孔濃度の影響を受けないと考えることができ、凍結空孔濃度の影響よりも時効温度における平衡空孔濃度の影響を受けることが推測できる。また、時効時間が 10¹ks から抵抗値が著しく減少するので強化相である β'' 相が析出^{1) 2) 3) 4)}していることがわかる。

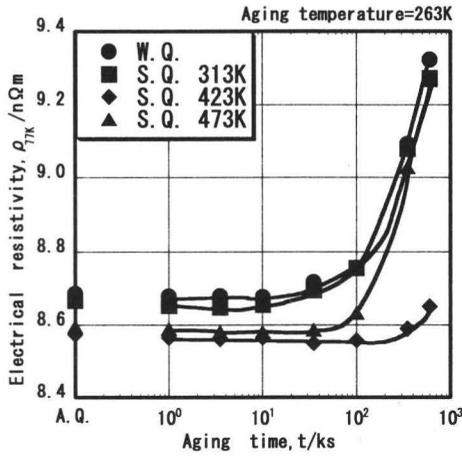


Fig. 3 低温時効に伴う電気比抵抗

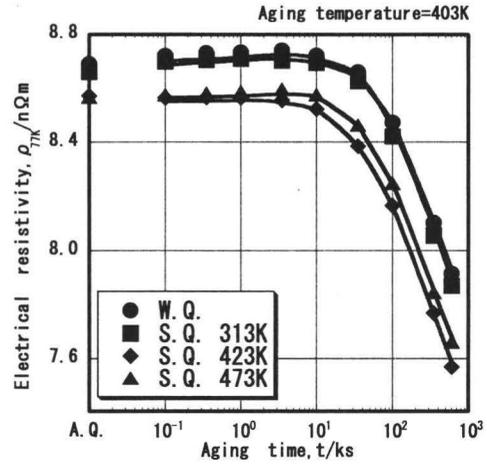


Fig. 4 高温時効に伴う電気比抵抗

機械的性質を検討するために引張試験を行った. 低温時効処理での 0.2%耐力を Fig. 5 に, 高温時効処理での 0.2%耐力を Fig. 6 に示す. 低温時効処理の 0.2%耐力において, 時効処理の初期段階では 423K の強度が最も大きくなった. しかし, その後は強度の増加はみられなかった. これは, 焼入れ中断処理時に析出した G.P. ゾーン^{5) 6)} が強度を大きくしたものと考えられる. 423K 以外の 3 条件は時効時間が 10²ks 付近から増加した. これは, 焼入れ中断処理時に G.P. ゾーンの析出量が少ないことから凍結空孔濃度が低下しなかった. よって, 時効処理時に凍結空孔を利用してクラスタが析出し強度を増加させたと考えられる.

高温時効処理の 0.2%耐力は, 4 条件ともほぼ等しく増加した. 時効処理の初期段階では, 多少の差は認められるが, 時効時間が 10ks 付近からほぼ等しい値となり, その後は等しい割合で増加した. 増加割合が等しくなるということは β'' 相が同程度に析出し強度を上昇^{5) 6)} させたものと考えられる.

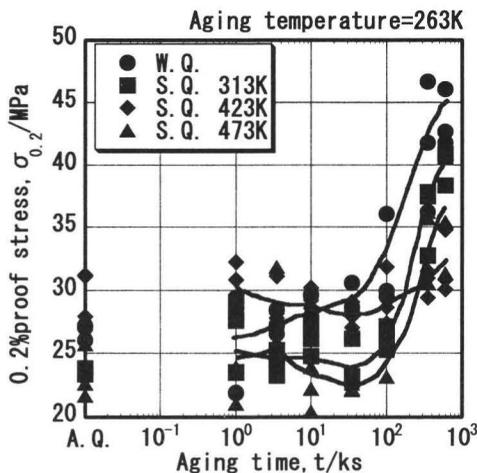


Fig. 5 低温時効に伴う 0.2%耐力

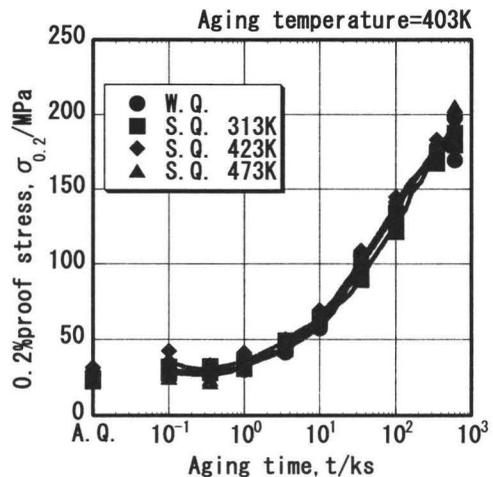


Fig. 6 高温時効に伴う 0.2%耐力

5. 結言

以上の研究から以下の内容が明らかとなった.

- ①低温時効処理では, 焼入れ中断処理の影響が確認できた. よって, 低温時効処理の相分解には焼入れ中断処理時の凍結空孔濃度が影響していると考えられる.
- ②高温時効処理では, 焼入れ中断処理の影響が確認できなかった. これは, 焼入れ中断処

理時に相分解が変化するが,短時間で高温時効温度(403K)での平衡空孔濃度に達し,焼入れ中断処理時の凍結空孔濃度の影響をうけないと考えることができるためである.

参考文献

- 1) 長村光造,中村藤伸:軽金属 33(1983),55-64.
- 2) 鈴木寿,菅野幹宏,白石泰久:軽金属 29(1979),197-203.
- 3) 菅野幹宏,鈴木寿,白石泰久:軽金属 28(1978),553-557.
- 4) 鈴木寿,菅野幹宏,伊藤吾朗:軽金属 30(1980),609-616.
- 5) 山田健太郎,里達雄:日本金属学会誌 65(2001),897-902.
- 6) 山田健太郎,里達雄,神尾彰彦:軽金属 51(2001),215-221.

謝辞

本研究の実施に際しては,一部,財団法人トステム建材産業振興財団に助成頂いた.深甚なる謝意を申し添える.

第3部 国際会議・国際協力

06-85 第6回 建物室内の空気質と換気及び エネルギー消費に関する国際会議

東北大学大学院工学研究科 教授
IAQVEC2007 会議議長 吉野 博

1. 本会議の目的と討議内容

2005年に7年間の交渉を経て京都議定書が発効され、地球温暖化ガスの排出削減に有効な手段を講じることが急務となっており、温暖化ガスの主要な排出源である建物の設計・建設・管理等を見直す時期が迫っている。このような地球環境時代の中で開催された第6回目の本会議では、「持続可能な環境の形成 (Sustainable Environment)」という大きなテーマを掲げ、建築環境や省エネルギー分野における最新の研究成果を提供するとともに、個人的な議論や情報・アイデア・成果の交換の機会を設け、建築物起源の温室効果ガス削減のための戦略、シックハウス症候群に関する室内空気環境や換気技術、空気調和技術、建築分野における自然エネルギーの利用促進のための技術開発等について集中した議論を行った。

2. 実施概要

以下の次第で、本国際会議を開催し、参加人数は司会者、招待講演者、発表者を含め395名 (国内 200名、海外 (31カ国) 195名) であった。

「第6回 建築における空気質・換気・省エネルギーに関する国際会議」

主 催・東北大学大学院工学研究科

共 催 (社) 空気調和・衛生工学会、(社) 日本建築学会、青葉工学振興会

後 援 Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC)、

American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Associations (ASHRAE)、
Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC)●、

Energy Conservation In Buildings And Community Systems (ECBCS)、

Federation of European Heating and Air-conditioning Associations (REHVA)、

International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ)、

SCANVAC (The joint Organization of HVAC-Technology for the National Societies in
Scandinavia, Iceland and the Baltic States)、EPA (US Environmental Protection Agency)、

宮城県、仙台市、(財) 建築環境・省エネルギー機構、建築・住宅国際機構●、

(財) 仙台観光コンベンション協会●、室内環境学会●、人間-生活環境系学会、

日本臨床環境医学会、日本雪工学会、(社) 空気調和・衛生工学会東北支部●、

(社) 日本設備設計事務所協会、(社) 日本空調衛生工事業協会●、

(社) 建築設備技術者協会●、(社) 日本建築家協会、住まいと環境 東北フォーラム、

(独) 日本学術振興会●、(財) 大林都市研究振興財団●、(財) 前田記念工学振興財団●、

(独) 日本万博博覧会記念機構●、(財) トステム建材産業振興財団●、

(財) インテリジェント・コスモス学術振興財団●、(財) 東北大学研究教育振興財団●、

東京電力(株)●、東北電力(株)●、東京ガス(株)●、(株) 北洲●、スモリ工業(株)●、

積水ハウス(株)●、他 (●は資金協力あり)

日 時：平成19年10月28日（日）～31日（水）
会 場：仙台国際センター（宮城県仙台市青葉区青葉山）
内 容・演題数 345（口頭発表 241、ポスター 104）
10月28日（日）（1日目） 受付、レセプション
29日（月）（2日目） 開会式、基調講演、発表（口頭・ポスター）、
Special session、学生フォーラム（資料15-4参照）
30日（火）（3日目） 基調講演、発表（口頭・ポスター）、Special session、晩餐会
31日（水）（4日目） 基調講演、発表（口頭・ポスター）、Special session、閉会式
11月1日（木）（5日目） テクニカルツアー
※ この他に、企業展示、書籍販売を行った。

3. まとめ

会議の運営組織として、国内外の研究者から構成される顧問委員会（9名）、国際学術委員会（立ち上げ当時は61名、その後1名追加）、国内の研究者から構成される組織委員会（立ち上げ当時は54名、その後2名追加）、実行委員会（立ち上げ当時は28名、その後9名追加）を立ち上げ、7回の組織委員会、9回の予備打ち合わせを経て15回の実行委員会を会議前に実施し、国際学術委員を中心に論文の梗概と本文の査読作業を行うなど、会議の準備を進めた。その中で、Webサイトの立ち上げ、First Announcement・Second Announcementの発行・配布、国内外の学会誌・後援団体のWebサイト等への会告文の掲載、委員・後援団体からの呼びかけ、地域情報誌等への関連記事の掲載、テレビ・ラジオでの会議情報の放送等により、本会議の開催及び論文募集を国内外に広く告知した結果、当初300名を見込んでいた参加者は、予想を遥かに上回る395名に達した。

海外からの参加者は31ヶ国からの195名で、各国の最新の研究成果や先端技術について、国の枠を越えた情報交換や技術交流を行う場を多くの世界の研究者に提供するという意味で、国際会議としての役割を果たすことができた。

異常気象、氷河の融解による海面上昇、砂漠化の進行、生態系の混乱、農業や漁業への悪影響等、地球温暖化による影響が顕在化している中で、本会議では、「持続可能な環境の形成（Sustainable Environment）」という大きなテーマを掲げ、一般演題の募集、招待講演や特別講演の企画を行った。

一般演題としては、口頭発表171題、ポスター発表104題の投稿があり、エネルギーや持続可能なデザインに関する論文は全体の約2割に上った。また、依然として多くの問題を抱える室内環境に係わる研究として、室内空気汚染やその発生源、人体の健康への影響に関する論文、建物内の換気・空調技術に関する論文も数多く投稿された。投稿された論文の中には、電車や自動車の車内環境に関する研究が幾つか見られ、環境への配慮や快適性の追求は、建物に限らず様々な分野で行われていることが浮き彫りとなった。各発表会場での口頭発表に対する質疑・応答の時間帯、ポスター会場での質疑・応答の時間帯には活発な議論が行われ、参加者に対しては、研究成果や先端技術への理解を更に深めることに貢献し、発表者に対しては、今後の検討課題を見出すことなどに貢献した。

一般講演のテーマに即した各研究分野から選出した8名の招待講演者は、各々の分野に関する最新の研究成果を体系的に説明した。また、特別演題として70題の発表を企画し、13のセッションを設けてより専門的な議論を行った。特に、IPCCの報告や二酸化炭素排出量が

世界第二位の中国におけるエネルギー事情などを含むエネルギー関連のセッションを多く設定し、地球温暖化問題の解決のための方向性について活発な議論を行った。

招待講演を含む A 会場での発表は、英語から日本語に同時通訳され、国内の学生・大学院生、企業からの参加者、実務者などの参加を促すことができた。

また、受付にて学生・大学院生全員の写真を撮影し、学生フォーラムへの参加について積極的に呼びかけを行った結果、29 日の夜に行われた学生フォーラムには、100 名近くの学生・大学院生が集まった。編集した写真をスクリーンに映しながら 1 名ずつ自己紹介を行うという手法を用いて、将来の研究の担い手となり得る若手研究者たちに有意義な交流の時間を提供することができた。

アジア地域からは約 100 名の参加があった。本会議への参加が、発展著しいアジア地域へのサステナブルな建築技術等の将来的な普及につながることを期待している。

企業展示には、計測器メーカー、ソフトメーカー、省エネ機器メーカー、環境配慮に取り組むハウスメーカー、シックハウス等に取り組む建材メーカー等の 54 社が参加し、本会議の参加者に対して、パネルやスライドによる説明、計測器・シミュレーションソフト・省エネ機器のデモンストレーション等を行った。特設ブースではハウスメーカーが展示用の家を立て、その建物内で関連メーカーの展示を行うなど、工夫を凝らした展示が目をつけた。

11 月 1 日にオプションとして行われたテクニカルツアーは、2 つのコースに分かれて実施された。コース 1 は、地元企業の環境配慮への取り組みや最新技術を紹介するもので、通常は入ることのできない企業の研究施設を見学できるとあって国内からの参加者も多数集まった。コース 2 は、数百年前に建設された民家を省エネルギー基準に即した断熱気密性能の住宅へと改修した再生民家を見学するもので、使用可能な部材を再利用することで日本の伝統住宅の姿を残しつつ、住み易い室内環境の実現を可能にした長寿命住宅の技術を国内外の研究者に紹介することができた。

以上のように、受付日を含めて 4 日間という短期間ではあったが、盛り込んだ様々な企画は成功に終わり、健康で快適な建築室内環境をより少ないエネルギー消費、環境負荷で実現させるための持続発展可能な建築技術に関して、世界の研究者が相集い情報交換や技術交流を行うとともに、建築物起源の温室効果ガス削減のための戦略、シックハウス症候群に関する室内空気環境や換気技術、空気調和技術、建築分野における自然エネルギーの利用促進のための技術開発等について集中した議論を行うという本会議の目的は達成された。本会議を通して、環境負荷の削減と良質な居住環境の実現に関する世界の厳しい現状、各国が抱える問題点が浮き彫りとなり、今後、世界各国で協力してこれらの問題に取り組むことの必要性・重要性を提言できたことは大変有意義なことである。そして、本会議で発表された最新の研究成果や先端技術は、今後の問題解決のために各国で有効に利用されることが期待され、本会議の果たした役割は大きいと言える。

06-86 ISO/TC163 「建築環境における熱的性能とエネルギー使用」における試験方法規格の新規提案及び国内外研究関係機関等の技述及び動向に関する調査

財団法人 建材試験センター
標準部 調査研究開発課
佐川 修

1. はじめに

近年、産業基盤の強化、地球的な環境問題への取組みに資するツールとして、国際標準の獲得及び作成が重用されている。ISO/TC163（建築環境における熱的性能とエネルギー使用）は、主に建物に使用される部材・部位の断熱性能を評価するための試験方法規格、計算方法規格、及び個別製品規格に関する国際標準の審議・検討を行っている技術委員会（TC）である。2001年にはTCの名称が変更され、2005年にはビジネスプランが見直され、特に建築物におけるエネルギー性能を評価するための標準化作業が新たな事業として組込まれた。

本調査では、ISO/TC163において、日本工業規格（JIS）若しくは学会基準等をベースとした試験方法に関する新たな国際標準の提案及び主として海外における建物の省エネに関する技術動向を調査・報告するものである。新規の国際標準案の提案は、2007年4月に開催されたISO/TC163/SC1 ヘルシンキ会議において検討されたものである。

2 ISO/TC163/SC1 ヘルシンキ会議の概要

2007年4月に開催にされたISO/TC163/SC1 ヘルシンキ会議には16カ国、39名（うち、日本からの出席者5名）が参加し、主に建築材料の熱湿気特性の測定方法や、計測方法に関する国際標準の審議が行われた。また、同時期にSC1直轄の作業グループであるSC1/WG8（含水率及び透湿特性）、SC1/WG10（建物の気密性）及びISO 9869Ah hoc groupを開催した。これらのグループのコンビナー（会議招集の権限を有し、通常、会議の議長を務める）はいずれも日本が担当している。以下、それぞれの会議における審議概要並びにSC1会議における決議事項を示す。

2.1 ISO/TC163/SC1/WG8 会議の概要

開催日：2007年4月23日

参加国：4カ国（9名）

審議内容：

・ ISO/FDIS 24353

ISO/FDIS 24353はJISを元に日本から提案した国際標準案で、CD、DISを得てFDIS（最終国際規格原案）まで進んでいる。DIS案において、図面や文章の一部に修正が必要であったため、これらに関する協議を行い、適宜修正することでFDIS案を作成することが承

認された。

- ・ **ISO 12572** の改正

建築材料の平衡含水率の測定方法について規定した規格である。制定後既に5年を経過していることから、見直しの時期を迎えている。なお、**ISO 12572** を元にして **JIS A 1475** が作成されていることから、**ISO 12572** に規定のない JIS 独自の規定項目を ISO へ反映させることを提案、概ね良好な回答を得た。

- ・ コンビナーの交代

コンビナーの交代を提案し、引続き日本が WG8 のコンビナーを担当することとなった。このことは、WG8 に関連した規格の見直しの際には日本主導で作業を進めることができることとなる。

2.2 ISO/TC163/SC1/WG10 会議の概要

開催日：2007年4月24日

参加国：3カ国（13名）

審議内容：

- ・ **ISO 9972** の見直し

2006年に第2版として発行された **ISO 9972** について、編集上のミス及び測定結果に対する評価規定に不備があったことから、追補 (Amendment) による改正を検討、合意を得た。

- ・ **ISO 12569** の改正

日本の学会基準をベースとして改正案を作成し、WGにおいて複数回検討を加えてきた。概ね原案が完成したため、最終的な内容について作業グループで確認、改正案として SC1 に諮ることが承認された。

- ・ 換気風量測定方法の提案

WG10における将来的な作業項目として、換気設備に対する風量測定方法を新たに提案した。ただし、設備系の測定方法であるため、WG10での作業内容にはそぐわない、との意見もあり、引続き、内容の精査及び周辺情報を収集しながら、作業を継続して進めることとした。

2.3 ISO/TC163/SC1 ISO 9869ad hoc group 会議の概要

開催日：2007年4月23日

参加国：4カ国（10名）

審議内容：

- ・ **ISO 9869** の見直し

1991年に熱流などの現場における定量的な測定方法として作成された規格であるが、制定後大幅な見直しが行われていないことから、特に、ISOに規定の装置類の精度を中心として見直しを行うことを提案し、合意を得た。

- ・ **ISO 9869** 見直しに伴う新規規格の提案

日本において、主として木造住宅などの断熱性を測定する試験方法として、赤外線カメラを用いた現場における熱画像法を **ISO 9869** の姉妹規格として新規に作成することを提案し、合意を得た。

2.4 ISO/TC163/SC1 会議の概要

開催日：2007年4月25日

参加国：16カ国（39名）

審議内容：

- ・各WGからの報告

SC1直轄のWGよりそれぞれの活動が報告された。日本がコンピナーを担当するWG8及びWG10の活動及び業務提案について、いずれも承認された。

- ・各特設グループからの報告

ISO 8301及びISO 9869に対する特設グループの活動が報告された。特に、日本がコンピナーを担当するISO 9869について、Part 1の導入及び新規規格の提案について、引続き作業を進める形でいずれも承認された。

- ・今後の作業プログラム

EPBDをサポートする形で規格類の整備、開発を行っていくことが確認された。

3 TC163 ヘルシンキ会議を活用した関連技術及び動向調査

TC163において、EPBDの施行を受けて主にCENにおいて検討が進められていた、建物におけるエネルギー性能の評価方法に資する規格類の体系化をTC163においても同様の手法によって進めていくことが合意された。今後5年間を目標としてEN規格の整備並びにISO規格の整備を行っていくこととなった。

4 まとめ

ISO/TC163では欧州指令に基づき、各国でエネルギー性能評価方法を明確にし、かつ機器の検査や性能表示等を整備して、建築物のエネルギー消費の抑制を強化する動きが活発化しつつあったが、ヘルシンキ会議を受けて、本格的な活動目標が定められた。これらの動きに連動して、既に各機関で各種製品の性能評価手法の確立に向けた評価軸の制定あるいは評価手段としての試験及び測定方法規格の整備が進められている。WTO/TBT協定に基づき、ISO化に連動して国内の規格や法令等にも影響を及ぼすことが懸念される。一方で、一連の動きを前向きに捉えれば、JIS等の技術指針をISOとして新たに提案できる可能性もある。このためには、気候風土の似ている中国・韓国など東アジアで連携して国際規格の開発等を行っていく必要がある。

第4部 研究発表会・シンポジウム

06-87 エネルギーと環境コンペティション

「Vernacular Architecture－地方特有の気候風土及び文化から生まれる建築」の実施

名古屋工業大学大学院 ながれ領域
教授 堀越 哲美

1. はじめに

今日の地球環境問題がますます深刻化しているのは、都市における資源やエネルギーを大量に消費する我々の暮らし方が大きく起因するものである。こうした問題の解決には、環境やエネルギー教育を通じた人材育成を時間をかけて行い、地域社会と共にその解決手段を見出していくことが、大学の建築・都市デザイン分野に求められているものとする。

以上のことから、申請者らは平成14年度より「名古屋工業大学エネルギー教育研究会」を発足させ、平成16年度からは県内外の高校生や小中学生を対象に、住まいや暮らしを取り巻く環境問題の解決策について、新たな建築や都市の提案のコンペティションを開催してきた。本事業では、第3回高校生のためのエネルギーと環境コンペティションとして、実在する地域の気候・風土及び文化を考慮した建築を生徒自ら調査・思考・提案するコンペティションとして「Vernacular Architecture－地方特有の気候風土及び文化から生まれる建築－」の実施を目的とする。

2. H18年度エネルギーと環境コンペティションの実施概要

(1) 募集概要

・コンペティションの課題：

H18年度のテーマは「Vernacular Architecture－地方特有の気候風土及び文化から生まれる建築－」と題して、実在する地域の気候・風土及び文化を対象として、強風の地域、積雪の多い地域など、環境の良し悪しに関わらず、これらの地域の特徴を住まいに活かしながら、環境問題も改善し、まちの活性化にも繋がるような住まいや暮らし方を提案させるものである。

・募集方法：

募集対象は、高校生および高等専門学校の1～3年生（グループ応募は可）として、建築や設備系以外の工業高校生や普通科高校の生徒も参加できるように、設計・デザイン部門またはアイデア部門のいずれかへ応募し、アイデア部門ではイラスト等で提案できるような応募規定とした。平成18年10月31日に登録を締め切り、12月20日を応募締め切りとした。

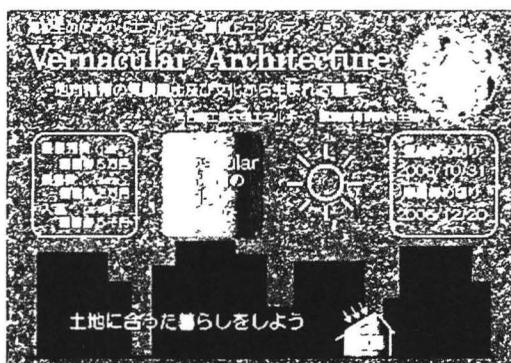


図1 コンペティション募集ポスター

(2) 実施結果

・審査経過と結果：

審査は部門別に行い、設計・デザイン部門は、堀越哲美(名古屋工業大学・教授)、堀越秀嗣(建築家・芝浦工業大学・教授)、笠嶋淑恵(建築家)、北川啓介(名古屋工業大学・助教授)、アイデア部門は、水谷章夫(名古屋工業大学・教授)、成田君子(イラストレーター)、堀口通安(愛知県立愛知工業高等学校・校長)、渡邊慎一(大同工業大学・助教授)が審査委員として担当し、平成19年1月に審査会を開催した。作品は無記名の状態で審査された。

応募総数は153作品であった。設計・デザイン部門は工業高校および工芸高校が13校91件、高等専門学校が3校9件、合計100作品が提出された。アイデア部門は工業高校および工芸高校が5校11件、高等専門学校が3校32件、普通科高校が1校10件で、合計53作品であった。審査結果は表1に示す通りである。今回のテーマは高校生には馴染みの薄いやや難しい課題であったにも関わらず、テーマをよく理解したものが多く見られた。

・表彰式および交流会：

平成19年2月18日に名古屋工業大学内ラウンジにて、表彰式および交流会を開催した。受賞者23名と所属する高校の教員や審査委員、実施メンバー等を合わせ総勢48名が参加した。表彰式および交流会の様子は、別添資料「作品集」のp.2を参照されたい。

表彰式では最優秀賞受賞者の作品プレゼンテーションと、その作品に関する意見交換を行った。交流会では各自の作品の説明や意見交換も非常に活発に行われ、それぞれの地域における気候や風土、文化を活かした住まいのあり方を互いに知る機会を与えることができた。また、普段交流することのない全国各地の高校や高専の教育の違いなどに触れ、学生同士がよい刺激を受けたものと思われる。さらに、高校生と大学生・大学院生、大学教員等の交流の中で進路相談をする場面も見られ、今後建築系の進路を歩む上での励みになっていることを期待する。

・成果公表：

審査結果は入賞者に郵送で通知すると同時に、名古屋工業大学エネルギー・環境教育研究会ホームページ(<http://archi2.ace.nitech.ac.jp/enekyo/compe2006/index.html>)で公表した。また、別添資料の通り、応募のあった全作品を掲載した「作品集」を制作した。応募者の今後の教育効果も考慮し、入賞者以外でも審査会で評価を得た作品に対してはコメ

表1 H18年度コンペティション入賞者一覧

設計 デザイン部門				
	氏名	所属	学年	タイトル
最優秀賞	小野田夏美 増田詠美 河島千晶	静岡県立静岡工業高等学校	2年	樹海 ～生命溢れる場所～
優秀賞	田中侑	大阪市立工芸高等学校	2年	風纏 穠纏 視纏
優秀賞	中尾綾	山梨県立甲府工業高等学校	2年	冬の家と夏の家
入賞	須田彩乃	埼玉県立大宮工業高等学校	3年	テークー ～呼吸する住まい～
入賞	関口宏海	山梨県立甲府工業高等学校	1年	甲州勝沼発 樹の家
入賞	丹羽陽子	愛知県立愛知工業高等学校	3年	Peaceful Box
入賞	上野隆寛 高橋久孝	佐賀県立佐賀工業高等学校	3年	蘇生
入賞	中村圭佑	静岡県立島田工業高等学校	3年	Andante
入賞	伊東勇輔 立石雅英	静岡県立静岡工業高等学校	2年	石垣イチゴ
プレゼンテーション賞	山下少織 近藤光	大阪市立工芸高等学校	3年	きたろうと
アイデア部門				
	氏名	所属	学年	タイトル
最優秀賞	中嶋潤彦	長崎県立長崎高等学校	3年	Re beautiful NAGASAKI
優秀賞	高橋宏太	長崎県立長崎高等学校	3年	種数種 石垣いちご
優秀賞	平島昌美 宮地祐基 村松伸彦	静岡県立静岡工業高等学校	1年	登呂ロード
優秀賞	小塚加衣	木子工業高等専門学校	3年	レンズ風損
入賞	石川恵 中嶋睦美	大阪市立工芸高等学校	3年	住 商 橋
入賞	堤義工	有明工業高等専門学校	3年	産園竹笠
入賞	山本麻実	木子工業高等専門学校	3年	かまぐらのマチ

ントを掲載した。また、次年度のコンペティション募集要項と合わせて、平成18年度コンペティションへの応募者ならびに応募高校へ配布した。さらに、作品集自体を環境に配慮した住まいや暮らし方の教材として活かしてもらおうと、東海4県の建築系および設備系学科を含む工業高等学校、愛知県内の普通科高等学校、全国の建築系工業高等専門学校等へ作品集を配布するとともに、次年度募集要項も同封した。

3. まとめ

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「Vernacular Architecture 地方特有の気候・風土及び文化から生まれる建築」を実施した。今回で3回目を迎えた本コンペティションは、前年度の応募総数110点を上回る153点の応募があった。これを通じて、地域性を考慮した住まいについて高校生自らが調査し対象となる地域の特徴を読み込み、考える機会を提供することができたものとする。また、建築系の工業高校では製図の課題として応募させる例も見られ、普段、環境をテーマとして取り組むことの少ない学校に対しても、有意義な場を設けることができたものと思われる。

現在、平成19年度のコンペティションに向けて始動しているが、今年度は普通科高校へのアプローチも積極的に試みたいと考えている。このように、今後も高校生に対して環境やエネルギーに配慮した次世代の住まいや都市のあり方、暮らし方について考える機会を増やし、実践の場で活かす日が来ることを期待する。

—平成18年度高校生のためのエネルギーと環境コンペティション実施メンバー—

堀越哲美	名古屋工業大学	産業戦略工学専攻	教授（研究代表）
田中稲子	同上	都市循環システム工学専攻	助手
兼森周平	同上	社会工学専攻	修士1年（学生代表）
高木えり	同上	産業戦略工学専攻	修士1年
中野康治	同上	産業戦略工学専攻	修士1年
松下拓真	同上	産業戦略工学専攻	修士1年
宗廣耕市	同上	産業戦略工学専攻	修士1年
原科ひと美	同上	産業戦略工学専攻	修士2年

ほか、名古屋工業大学堀越研究室学生一同

06-88 研究者・業界関係者・消費者のためのシンポジウム 「住宅の上手なリフォーム法」開催

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

最近、消費者が住宅のリフォームを実施する際に、トラブルが多発し、大きな社会問題になっており、その影響でリフォーム需要が、伸び悩んでいると思われます。

そこで今後リフォーム需要を拡大するためには、消費者のトラブル発生に対する不安を取り除き、安心してリフォームに取り組める様な仕組み(ルール)を早急に作り、消費者に広く普及していく必要があります。

この点について私どもNPOは、既に昨年「リフォームトラブル防止に関する調査研究と提案」(平成17年度貴財団研究助成事業)と言うテーマで、芝浦工業大学と協同研究を実施したほか、日常の消費者からの相談事例などから、原因分析とその対応策を纏めました。

その結論を発表するとともに、リフォーム市場に関係する各業界の代表者に意見を発表して頂き、消費者を主体にした参加者に満足リフォームを実践して頂く目的で、この度このシンポジウムを開催しました。

2.実施の概要

実施したシンポジウムの概要は、下記の通りです。

- (1)行事名 シンポジウム「住宅の上手なリフォーム法」
- (2)実施時期 平成19年10月12日(金) 14:00~16:50
- (3)実施場所 新宿住友ビル47階 スカイルーム第1会議室 (新宿区西新宿2-6-1)
- (4)主催者 特定非営利活動法人 消費者住宅フォーラム
- (5)対象 主に一般消費者(家の建替え、リフォームを計画している人など)
参加者数 108名 (当初目標は90名)
- (6)参加費 無料
- (7)後援など 国土交通省・住生活月間協賛事業・東京都・東京都消費者月間協賛事業・
(中)日本増改築産業協会
- (8)プログラム ●第1部 基調講演 [講師 1名]
「データから見たリフォーム・トラブルの実態と対策」
芝浦工業大学 建築工学科 准教授 蟹澤 宏剛
第1部 成果報告 [講師 1名]
「リフォーム・トラブルの防止対策について」
NPO消費者住宅フォーラム 理事長 矢野 方雄

●第2部 パネル討論 [パネラー4名+司会者1名]

「こうすれば、安心・満足リフォームを実現できる」

(消費者)東都生活協同組合 理事 仲野 いずみ
(事業者)(中)日本増改築産業協会 会長 山口 慶之助
(行政担当者)(財)住宅リフォーム・紛争
処理支援センター 所長 小川 陵介
(研究者) 芝浦工業大学建築工学科 准教授 蟹澤 宏剛
(司会) 新建新聞社 編集長 三浦 祐成

●まとめの挨拶 東京都都市整備局 住宅政策推進部長 瀬良 智機

3. 実施結果

(1)基調講演と成果報告

先ず芝浦工大の蟹澤准教授が、最近2年間に国民生活センターに持ち込まれた、リフォーム苦情相談事例データ(16, 588件)の分析から、最近のリフォーム・トラブルの実態とその対策について発表しました。

続いて当NPOの矢野理事長が、上記発表に加えて実際にトラブル被害にあった消費者の事例(71件)を分析した結果を基に、「リフォーム成功のための5ヶ条」を発表し、その内容を説明しました。

両講師とも、テキスト及び画像を主体に分かり易く説明したので、参加者も熱心に聞いてくれて、十分理解できた様でした。(当日のアンケート調査結果などによる)

(2)パネル討論

休憩後、4人のパネラーにより、前半の基調講演の内容も含めて、「安心・満足リフォームを実現するための手法」について、パネル討論を実施しました。

討論のテーマは、主に下記の4点でした。

- ①リフォーム事業者の選定方法
- ②リフォームに関する有益な情報の入手方法
- ③住宅の性能を向上させるリフォームの実施方法
- ④リフォーム実施の各段階での注意点など

4人のパネラーは、それぞれ消費者・事業者・行政担当者・研究者の立場から、消費者に役立つ前向きな意見発表を行ったため、参加者からは、「色々な立場の方の有益な意見を聞くことが出来て大変参考になった。」という意見が多く聞かれ好評でした。

(当日のアンケート調査結果などによる)

(3)纏め

最後にシンポジウムの各パネラー及び司会者から、これからリフォームを実施する消費者に、満足リフォーム実現のための総括的な提案が、発表されました。

その後、来賓の瀬良智機氏(東京都都市整備局住宅政策推進部長)から、本イベントに

に対する感想と、今回東京都で作成した「住宅リフォーム事業者行動基準」(リフォーム10)の紹介がありました。

4. 評価と今後の展開

(1) 集客状況

3ヶ月前より、このシンポジウムの事前告知活動を開始した結果、最終的には、当初予定(90名)を上回る108名の参加者を、集めることが出来ました。

一般紙(朝日・毎日)の事前告知記事の掲載以外に、当NPOのDM(ダイレクトメール)や、東都生協の組合員を通しての口コミによる集客活動の効果が大きかったと思われます。参加者は、都内居住者が65%でした。

(2) 評価と反省点

事前の集客活動や、当日の講演、パネル討論の内容ともほぼ予定通りで、全体としては「目的にかなった、実のあるイベントであった」と言えると思います。

参加者の反応は、終了後の参加者のアンケート結果や個別相談会での意見によると、全体の約85%が満足していました。

ただ時間の配分で、第1部の時間オーバーが、最後まで影響し、参加者からの質問を受ける時間が不足してしまいました。次回への反省点です。

尚、終了後のリフォーム個別相談は9件あり、当NPOの担当者が、手分けして対応しました。

(3) 今後の展開

①本シンポジウムの内容を記載した小冊子の報告書を、11月末迄に作成する予定です。その報告書を、関係官庁、マスコミ、事業者団体、業界関係者、消費者団体などに配布することにより、今回の提案を、より広く社会に知らせていきます。

②既にその目的で、その後同一のテーマで実施したセミナーなどは、下記の通りです。

a. 日経住まいのリフォーム博2007の会場内セミナー

- ・テーマ よくあるリフォーム・トラブルの事例と対策
- ・日時 10月25日・28日 11:00~11:30
- ・場所 東京ビックサイト東ホール(江東区)
- ・対象 一般消費者計 250名
- ・講師 副理事長 大河内 隆之、理事 阿部 守

b. 東京アーバンライフ2007 青山エリアセミナー

- ・テーマ 満足できる上手なリフォーム法
- ・日時 11月 7日 14:30~15:20
- ・場所 NHK青山荘(港区)
- ・対象 一般消費者計 35名
- ・講師 理事長 矢野 方雄

①来年度は、主にリフォーム事業者を対象のシンポジウムを、開催する計画です。

以上

06-89 人工林スギ材の住宅用構造材としての 利用拡大に関するシンポジウム

鹿児島大学 農学部
教授 田中千秋

1. 背景と目的

木造住宅建材である軸・横架材は、住宅・建材産業の根幹材料である上に、木材を資源循環型材料として利用するに当たって不可欠な材料であるので、今後一層利用されることが期待される。

我が国は、これらの製品、及び、その原料となる針葉樹林の80%までをヨーロッパ、北米諸国から輸入している。今日、我が国の製材工場、集成材工場、合板工場はその規模を大きくし、これら材料を大規模に製造する傾向にある。このことは、輸出諸国の針葉樹林が生産する木材をわが国が木造住宅用建材に加工することにより、欧米輸出諸国の森林資源循環システム構築に協力するという形を執って木造住宅用建材を資源循環型材料としていることを意味する。

わが国が、軸材・横架材、及び、その原料である針葉樹林の80%までを輸入するのは、輸入材が国産材より安価である、強度が強い、乾燥が容易である、大量入荷が可能である等に原因する。一方、国産の軸材・横架材を生産すると期待されているわが国のスギ人工林は、拡大造林政策以降、その材積を蓄積し、伐期、間伐期に達しているが放置されたままである。このため樹木の質的低下だけでなく、森林の環境保全機能を発揮できないほど荒廃している。わが国のスギ人工林が利用されないのは、スギ材の強度が輸入材より小さい、乾燥が困難である、大量入荷が困難である等に原因している。この状態を放置し続けると、わが国のスギ人工林は、環境保全機能を低下させるだけでなく、林業も崩壊することになる。

以上のような背景の下、シンポジウムでは、欧米諸国からの輸入材を利用するという市場動向を変更し、我が国の人工林スギ材を木製軸材・横架材として利用拡大し、スギ人工林の環境保全機能を向上させる方法について、参加者とともに考えることにした。

さらに、シンポジウムの質疑応答を踏まえ、以下についての調査を実施した。

- ① スギ材の人工乾燥法改良のための基礎調査
- ② スギ間伐材を間柱として利用するための釘保持性能

2. 実施したシンポジウムの概要

シンポジウムの実施要領は次の通りであった。

KWF 講演会 ～スギの利用促進～

演題：「信頼性の高いスギ構造材の供給に向けて」

講師：熊本県林業研究指導所 林産加工部研究主幹兼林産加工部長 池田元吉氏

になる。この試算は平成9年6月に発表されたもので、試算条件は当時の乾燥事情を反映し、容量100石(28 m³入り)、油焚きボイラー使用、目標含水率25%、乾燥日数15日間となっている。試算条件が今日の乾燥事情と異なる点もあるが、材料費と仕上げ費を含めた試算例として、乾燥コスト全体をみて低減策を検討するうえで有用な資料と考える。

乾燥コストの総額は1 m³当たり約20,000円である。この乾燥コストの内訳を%で示すと次のようである。直接費として、設備費19.3、人件費6.0、エネルギー費39.1、直接費の小計は64.4である。材料費として、収縮損失12.0、不良品10.5、材料費の小計は22.5、仕上げ費として、修正挽き9.9、品質管理3.2、仕上げ費としての小計13.1である。なお、この数値は、平成9年6月、日本木材学会第5期研究分科会報告書「21世紀に向けた木材乾燥技術」、Ⅲ-97頁の表3-2から引用した。

最も比率が高いエネルギー費の低減対策は、油炊きから木屑焚きボイラーの転換である。設備費の低減対策としては、生産する乾燥材の種類と量から、乾燥法の適切な組合せを検討し、適正規模の設備導入に努めることが重要となる。この乾燥法の組合せ方については、この間の乾燥機導入状況から見て、ごく最近では変化してきているように感じる。それは、柱材乾燥を例にあげれば、高温乾燥機等による材面割れ抑制処理した材を、屋内外での天然乾燥や中温倉庫型乾燥機を活用した仕上げ乾燥に取り組む事例が増えていることである。今後は、仕上げ乾燥や予備乾燥費のさらなる低コスト化を目指して、小空間(例えば、棧積みを保管する棚の単位)の低コスト加熱法の検討に取り組むべきである。

3.1.3 品質管理体制の整備

乾燥材の供給体制で改善が求められることに、供給量の安定確保が挙げられ、その対応策の一つに共同出荷がある。この場合、集荷した製品の性能が揃っていることが重要である。出荷者間の品質のバラツキをなくすため、品質管理の方法、使用機器の点検方法について、講習会等を通して共通の認識を持つことが重要である。たとえば、熊本県における共同出荷の担い手は、くまもと県産材共同集出荷センターである。同センターは平成13年9月に設立され、現在の会員数は20社(内JAS工場数、構造用製材10社、人工乾燥構造用製材9社)、会員が生産する種々の製品を主に県外へ出荷しているが、最近では地元出荷量が増える傾向にある。会員のメリットを尋ねると、センター事務局は優秀な営業マンである、幅広い需要情報が入る、自社の専門性が活かせるなどの声が聞かれる。

3.1.4 需要拡大のための情報発信 スパン表の作成

熊本林業指導所では、蓄積したスギ実大材の強度試験データ、なかでも長期曲げ荷重試験(梁・桁材の利用状況を想定したスギ平角材の曲げクリープ試験)データを基に、熊本県版スギ横架材のスパン表を作成し、機会を捉えては、材料供給者、設計士、住宅供給者への説明に努め、このことを通して、スギ平角材が横架材に使われる機会を増やしている。

平成19年6月20日に改正建築基準法が施行された。このことは、今後、より確かな品質・性能を構造材料に求めることにつながると推察される。今後、スパン表に示した性能の横架材を安定供給できる体制整備を急ぐことが求められている。

06-90 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」

社団法人日本建材・住宅設備産業協会
景観向上委員会
渡邊 定夫

1. 本シンポジウムの背景と目的

日本建材・住宅産業協会（建産協）の姉妹団体であった景観材料推進協議会が平成19年3月31日をもって解散し、その業務を建産協の1委員会である景観向上委員会が継承した。景観向上委員会においても優良な景観材料の啓発・普及促進活動は大事な事業の1つである。その事業として、当協会としては今回初めて本シンポジウムを実施したものである。

景観とは人の営みそのものであり時間とともに変化していかざるを得ない。そこで暮らす人々と訪れる人々や行政と一緒に作り上げ守っていくものであります。

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。また、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。

一方、観光立国推進基本法が平成18年1月1日に施行され、夏には観光立国推進基本計画も策定・公表されました。本シンポジウムでは、「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・拡大に導くことをシンポジウムの目的とするものである。

2. シンポジウムの計画

本シンポジウムでは、建材メーカー・都市プランナー・観光事業についてのプランナー・エンジニア・デザイナーが事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、横浜市を選定し、市民参加型の公開討論を市担当部局、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19年9月18日（火）横浜市のパシフィコ横浜アネックスホールで開催した。景観材料推進シンポジウムは経済産業省、国土交通省および横浜市のご後援を受けて開催した。本シンポジウムは平成18年から観光空間を取り上げるシリーズとして開催するものの2回目であり、(社)日本観光協会、横浜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、国土交通省、メーカー、デザイナー、横浜市の観光政策の立案者、景観整備担当者、横花国立大学、横浜市立大学の先生方および市民等併せて65名が参加した。

当協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および国土交通省総合政策局観光資源課長水嶋氏の来賓挨拶に続いて、第1部として、基調講演として①東京大学名誉教授渡邊定夫氏の「景観を維持管理する」と②国土交通省総合政策局観光政策課企画室課長補佐瀬井威安氏の「観光立国推進基本法と景観について」という講演があった。第2部として、横浜市立大学准教授鈴木伸治氏をコーディネーターとしたパネル討論会を実施した。

まず話題提供のためのプレゼンテーション講演を紹介すると、①横浜市役所都市整備局都市デザイン室長秋元康幸氏から横浜市の都市デザインについて、その目標、都心部のデザイン、都市形成について日本大通りの例を中心にして観光の観点から講演された。次に②横浜国立大学大学院教授飯田善彦氏から最近飯田氏が手掛けられた仕事について報告された。最後に③(社)日本観光協会古賀所長からは観光（地域）と景観～感じる景観、拒絶される景観～というテーマで講演された。3氏のプレゼンテーションを受けて国交省の瀬井課長補佐、大日本塗料(株)の吉岡氏、太平洋プレコン工業(株)の馬場氏からコメントがあった。

瀬井課長補佐のコメントは、観光地客を意識して施設を整備する街づくりではなくて地元の住民の日々の生活をやりやすいようにする。そう言うことの結果が観光客を呼び込む。飯田先生の話の中にあった目立たないデザインがよい。個別の施設というのは目立たないことで地域の風景の中に溶け込む。溶け込んでいるということは即ち、それが地域の特性を活かしていることになる。

吉岡氏のコメントは建築デザイナーが設計した形・形状を活かすことがカラープランニングのテーマである。景観に調和した色彩を考えると同時に個性・キャラを与えるということである。要は周囲の色となじみながら、さりげなく個性を与えることが大事である。塗料には保護と美装の2つの役割があるが、色を自由に選ぶことが出来るメリットがあるので、塗料産業は景観色彩に対して大きな役割を担っていると考えている。

馬場氏のコメントは馬場氏の会社はコンクリート二次製品の製造販売をしており、設計者の中でエコロジカルな材料を求めてこられても今あるレギュラーな品揃えで十分に対応できます。観光地の地域特性を演出したい材料、その観光地特有の材料を使った特注品を求められる場合には相談していただければ対応できると考えています。

最後に、景観向上委員会のシンポジウム、セミナー開催の担当部会である調査企画部の伊藤貞二部会長による閉会の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日本一の港町、横浜市を舞台に「まちづくり」の大きなキーワードとして前回に引き続き「観光空間」を取り上げた。このなかで、横浜市の都市整備の目標は「他の都市とは異なる横浜独自の魅力ある都市空間をいかに作っていくか」であるということです。このために1. 歩行者空間を重視する。その場で暮らしている人、働いている人、このような方々が街の中で歩くということを重視している。2. 都市の要素として形を重視する。美しいものを作っていく。3. 人々が触れあえる場、コミュニケーションの場を増やす。形態的なもの以外にその場で活動する人たちが触れあえる場所を大切にする。このような考え方、独自性がそれぞれの街で必要であり、観光客を呼び寄せると言える。
- ②景観材料をどういう風に考えるかという視点が必要である。建物・住宅を設計していてもクライアントのためだけにあるのではなくて建物・住宅がある街なみであるとか、時代であるとか色々なものを反映している。皆さんが一生懸命にデザインしているわけである。とにかく目立とう、目立とうとしている。目立たなければ取り上げられない。デザイナーとしては目立つものが欲しい。目立たないということは、デザインがないのではなくてデザインそのものはより洗練されないといけないということである。
- ③観光には2つの物差しがある。1つは観光客の物差し、もう1つは観光地を運営する人である。基本的には生活が重要で物差しが地元でないといけない。観光客に合わせて物差しをつくると変なものになる。経済活動だけを求める景観づくりになってくると、変になる。日本では観光に季節変動が大きいために、施設が仮設でよいということになりやすい。仮設ではなくてきちっとしたものを作る。作り込んでいくことが大事で素材を活かすために、自然を

生かすために自然の景観を良くするために景観材料を持ち込むことが大事である。

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、観光空間における、より良い景観形成にはそこで生活する人たち・働く人たち・訪れる人たち即ち、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。観光地に住んでいる生活者の視点から景観を作り込んでいくことが大事である。参加の景観材料メーカーは、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。

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、良好な景観を生活者と協同しながら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ができた。しかし、景観と経済効果ということまで議論が至らなかった。景観を良くすることが経済的にも非常に効果があって、それが観光の面でも非常に評価されるんだという共通認識が形成されるために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15回（平成18年度）研究助成成果報告書

2009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

トステムショールーム東京7階

電話 03-5626-1008

FAX 03-5626-1033
