第13回（平成16年度）
研究助成成果報告書

2007年3月

財団法人トステム建材産業振興財団

はじめに

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

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

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

このような社会的ニーズにいささかなりとも寄与したいと考え、弊財団では、平成4年設立以来、『住宅および建材産業の分野におけるすぐれた調査・研究・開発』について、研究助成を続けてまいりました。平成18年度までの助成実績は、延べ521件、5億5,129万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13回（平成16年度）に助成を行なったものの研究成果の「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　健次郎

※ なお、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、弊財団事務局にご請求ください。

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

はじめに

第１部　調査研究

04-01　建築外皮の耐久性評価・長寿命化に関する研究
京都大学大学院 工学研究科 教授 鉾井 修一----------1

04-02　伝統的建造物のファサードの評価と景観の再生方法の研究
京都大学大学院 工学研究科 教授 宗本 順三----------5

04-03　リサイクル粒子材料を用いたシロアリ物理バリア工法の開発
京都大学大学院 農学研究科 助手 梁瀬 佳之----------9

04-04　伝統構法を応用した文化財建築物周辺市街地の景観再生に関する研究
（京都市を対象とした検討）
京都大学 防災研究所 教授 田中 哮義----------11

04-05　国産スギ材を効果的に空間デザインに用いるための内装仕上げ手法の研究
秋田県立大学システム科学技術学部 助教授 板垣 直行----------13

04-06　生活に起因する室内揮発性有機化合物(VOC)濃度低減に関する研究
秋田県立大学システム科学技術学部 助手 源城 かほり----------17

04-07　デシカント空調・換気によるダンプハウス対策に関する研究
東京大学 生産技術研究所 計測技術開発ｾﾝﾀｰ長･教授 加藤 信介----------21

04-10　長寿命化住宅対応型排水設備システムに関する研究
関東学院大学 工学部 建築学科 教授 大塚 雅之----------23

04-12　現場測定による住宅居室の総合的吸放湿特性データベースの構築と調湿設計手法の提案
東北大学大学院 工学研究科 教授 吉野 博----------27

04-13　窓サッシュの隙間による遮音性能低下の解明と改善法の研究
新潟大学 工学部 教授 岩瀬 昭雄----------29

04-14　釘接合部の非線形スリップ挙動を用いた面材貼り耐力壁の時刻歴応答解析
新潟大学 農学部 教授 中村 昇----------33

04-15　屋内光条件下で作用する複合型光触媒による微生物／ウィルス粒子の不活性化技術の開発
大阪大学大学院 基礎工学研究科 教授 田谷 正仁----------37

04-17　免震ゴム材料の高性能化に関する基礎研究
京都工芸繊維大学 助手 池田 裕子----------39

04-19　建築一体型空調設備としての窓システムシミュレーションモデルの構築
工学院大学 建築学科 教授 宇田川 光弘----------41

04-20　天然水硬性石灰(NHL)の用途開発と材料･環境特性に関する研究
工学院大学 建築都市デザイン学科 専任講師 中島 裕輔----------45

04-21　地元産木材を活用した産直住宅のシステム設計
奈良女子大学大学院 人間文化研究科 教授 中山 徹----------47

04-22　再生骨材を用いた環境適応型ポーラスコンクリートの製造と屋上緑化基盤への適用
三重大学 工学部 教授 畑中 重光 ----------49

04-23　土壌熱利用 HP 及び空気式床暖房システムに関する研究
－銅管を用いた熱交換器における性能測定－
宇都宮大学 工学部 教授 岡 建雄 ----------51

04-24　低風音材の開発と格子の低風音設計指針の構築
大分大学 助教授 濱川 洋充 ----------55

04-25　塗料、接着剤ならびに天然材料の揮発性有機化合物測定の開発研究
お茶の水女子大学 生活科学部 教授 田中 辰明----------57

04-26　次世代省エネルギー基準住宅に形成される温熱環境とエネルギー消費に関する実態調査
金沢工業大学 建築系 教授 垂水 弘夫 ----------61

04-27　生体摩擦学による家屋内事故防止建材・商品の提案
九州産業大学 工学部 助教授 中西 義孝 ----------63

04-28　遺伝子マーカーを用いた木材腐朽菌の検出および同定法の開発
高知工科大学 工学部 講師 堀澤 栄 ----------67

04-29　景観および視認性に配慮した視覚障害者誘導用ブロックの色彩に関する研究
滋賀県立大学 講師 宮本 雅子 ----------71

04-31　解体性接着工法の機器開発とその接着強度評価
東京電機大学 理工学部 教授 見村 博明 ----------75

04-32　建物の内部と外部をつなぐ設計手法の体系的整理
東京理科大学 工学部 建築学科 教授 真鍋 恒博----------77

04-33　ケイ酸カルシウム水和物系建材の新しいリサイクルシステム
東京工業大学大学院 理工学研究科 助教授 坂井 悦郎----------81

04-34　既存不適格木造建築物の耐震補強推進のための意思決定支援ツールの開発
名古屋工業大学 助教授 井戸田 秀樹 ----------83

04-35　伝統的木材保護塗料である柿渋の防腐効力発現機構の解明と性能の向上
奈良県森林技術センター 主任研究員 酒井 温子----------87

04-37　明暗によって図柄の変わる発光壁材の開発
竜谷大学 理工学部 教授 斉藤 光徳 ----------91

04-38　農業系廃棄物のブレンドによる機能性木質ボードの開発に関する研究
東京都立産業技術研究所 主任研究員 瓦田研介----------93

04-39　中高層集合住宅の外風による計画換気量の変動性状とベントキャップの形状効果に関する研究
北海道立北方建築総合研究所 居住環境科科長 鈴木 大隆----------97

04-41　小規模な木造住宅生産者の存在形態と将来構造に関する研究
NPO 法人建築技術支援協会 常務理事 阿部 市郎----------99

04-42　実際の地震波による瓦屋根の耐震性向上に関わる研究
社団法人全日本瓦工事業連盟技術委員会 副委員長 山田 勝雄----------103

第２部　人材育成・論文

04-44　建築と連動する可変的インテリア空間システムの研究
慶應義塾大学大学院 政策･メディア研究科 修士課程 丸島 潤----------105

04-45　リユース可能な建築モジュールに関する研究 －イベントにおける仮設建築システムの開発－
慶應義塾大学大学院 政策･メディア研究科 修士課程 岡部 修三----------107

04-46　断熱改修住宅の外皮と冷暖房用エネルギー消費量に関する研究
神戸大学 技術職員 石井 悦子----------109

04-47　計画的住宅地における環境単位のプロトコルに関する研究
神戸大学 COE リサーチアシスタント 三笠 友洋----------113

04-48　戦後の住宅建設における住宅金融公庫の史的考察
東京工業大学総合理工学研究科 博士後期課程１年 坪田 慎介----------115

04-50　木質ラーメン構造の柱－梁接合部に関する研究
名古屋工業大学大学院 工学研究科 博士前期課程１年 嶺岡 慎吾----------117

第３部　国際会議・国際協力

04-51　“ISO/TC163「建築環境における熱的特性とエネルギー使用」に係わる
試験方法規格の新規提案に関する内外関係機関等との交流及び協力”
財団法人建材試験ｾﾝﾀｰ 中央試験所参事 上園 正義----------121

第４部　研究発表会・シンポジウム

04-52　景観材料普及促進シンポジウム「景観材料が創る美しい国－景観法の実践」
東京大学工学 工学系研究科 社会基盤工学専攻 教授 篠原 修----------125

04-53　東北地方を中心とした住宅における省エネルギー技術とその効果の可能性
東北大学大学院 工学研究科 教授 吉野 博 ----------127

04-54　北方圏域における豊かなパブリックスペースの創造
北海道大学大学院 工学研究科 都市環境工学専攻 教授 繪内 正道----------131

第１部　調査研究

04-01 建築外皮の耐久性評価・長寿命化に関する研究

建築壁体における凍結・融解過程および温暖地の屋根瓦の凍害

京都大学大学院　工学研究科　建築学専攻
教授　　鉾井修一

１．本研究の背景と目的

地球環境問題やエネルギー問題が深刻化している現在、建築材料の耐久性向上と建築物の長寿命化は喫緊の課題である。中でも水分は、様々な被害を引き起こす重要な要因である。寒冷地では、壁体内部に蓄積した水分は、凍結・融解を繰り返すことにより、壁体の落下などの被害を生じさせる可能性がある。これらの被害は、屋根瓦の表面剥離や崩壊劣化に見られるように、関西のような温暖地でも発生している可能性がある。

本研究では、材料の熱水分物性値の影響と日射・夜間放射・降雨など外界気象の影響という２つの観点から検討を行い、材料内部における凍結・融解過程の性状を把握し、温暖地における凍結被害の可能性の検証を目的とした。検討対象としては、瓦やレンガなどの外界気象に曝される焼成外壁材料に着目した。まず結露・凍結実験を行いその特徴を調べ、ついで種々の気象条件下での解析を行い、温暖地における凍結・融解の発生について検討を行った。

２．材料物性値が凍結過程に与える影響

本研究ではレンガ用いて、材料内での水分移動や相変化の性状を把握するための基礎的な凍結実験を行った。実験試料はカナダ産レンガ（試料密度：1874.9[kg/m^3]）である。試料の上面は恒温・恒湿の空気に接し、底面は断湿され銅製の冷媒循環容器に接している。試料の側面は断湿・断熱とした。同一形状の４体の試料を用いた。３体は時期をずらして取り出し、三分割して含水率分布の測定を行った。残り一体は重量の経時変化測定用である。

測定された試料内の（液水と氷を合わせた）含水率は、含水率が小さい時には徐々に増加し、含水率が増すにつれ増加速度が大きくなった。液水移動が始まるためと推定される。試料分割後の含水率分布は、断湿している低温側に水分が蓄積しているもの、高温側の含水率が高いもの、その両者を合わせた性状を示す試料など、ほぼ同一条件下での実験にも拘わらず結果はかなり異なっていた。熱伝達率など外部条件が大きく影響したためと考えられ、興味深い結果といえる。

次に、実験に対応する二次元解析を行った。温度分布とその経時変化については比較的よく再現された。各試料の分割後の含水率分布については、量的にはまだ改善の余地があるものの、水分蓄積性状の傾向は再現できている。

実験と解析の対応から判断して、３つの試料で結果が大きく異なった理由は、試料内温度の違いによって、結露・結氷する場所が違ったためと考えられる。また、目視では結氷の観察はできなかったが、温度から判断して底面付近では結氷が生じていたものと考えられる。

３．外界気象条件が凍結・融解過程に与える影響

関西などの比較的温暖な地域でも、屋根瓦の表面塗装の剥離など水分凍結による被害が生じる可能性がある。その原因の一つとして夜間放射による壁体表面の温度低下が考えられる。そこで、夜間放射及び逆の作用をする日射を同時に考慮し、温暖な地域での壁体凍結の可能性を検討した。外界気象条件としては京都市の標準気象データを用いた。

解析対象は、レンガの内側に断熱材としてグラスウールを貼付し、外気側は断湿とした壁体である。壁面の方位角・対地角をパラメータとして計算を行った。

外気温の最も低い2月上旬には、水平面は正味長波長放射による熱損失が最も大きく、夜間は外気温よりも低くなることが多い。日中は日射が当たるため、外気温よりもはるかに高い温度となる。北向き斜面は日中直達日射が当たらないため温度も上がりにくく、夜間は外気よりも低い温度となり常に低温状態が続いている。北向き垂直面は、地面からの放射を多く受けるため夜間でも正味の熱流出は最も小さい。そのため温度はそれほど外気より低くならない。

日中室内よりも高温になる水平面では、壁体内で夜間と逆向きの水分流が生じるため、外表面を断湿していても水分は蓄積しにくい。日中でも温度が上がらない北向き斜面では、断湿している部分に水分が着実に蓄積し、結氷しやすくなる。

表面温度がより低い水平面では、壁体内部で温度が0℃以下になる領域も広く奥深くまで結氷が生じる可能性がある。斜面はより狭い範囲で結氷が生じるため、結氷していない部分からの水分流入量が多く、非常に高い含氷率となる。外表面の温度低下量は、結氷回数だけでなく結氷深度にも大きく影響する。

北向き45度斜面において外気側を透湿とした場合、外表面では水分の蒸発が速く低含水率に保たれ、結氷は生じなかった。12月～3月の間で内部での結氷回数は9回、最大含水率も4%であり、壁体全体の含水率が低くなったため、結氷の危険性は小さくなるといえる。

雨水の浸入があると降雨時には外表面はほぼ飽和に達し、その状態で温度が下がれば確実に結氷が生じる。さらに、降雨後にまでその水分が壁体内部に長く蓄積した場合、結氷の可能性はより高くなる。降雨が終わり外表面からの蒸発が起こるようになると、その付近の含水率は低下するが、壁体内部奥深くに浸入した水分は移動しにくいためである。雨水の浸透による壁体内部への水分蓄積を考えると、壁体の温度が下がった時に壁内部の高含水率域で結氷が生じる可能性があるため、より大きな被害に結びつく可能性が考えられる。

4．温暖地における屋根瓦の凍害に及ぼす外部からの結露の影響

前章では、夜間放射により関西のような温暖地でも凍結の可能性があることを示したが、冬期の外気は相対湿度が高くなるため、瓦の表面温度が外気温よりも低下すれば結露を生じ、この結露水が凍結を引き起こす原因となっている可能性がある。そこで、京都の気象条件下で屋根面の温湿度に関する非定常解析を行い、結露の発生頻度とその量を計算した。

計算対象としては、野地板の上に桟木を打ち、瓦を引掛けて葺く工法を想定し、瓦と野地板の間には空気層がある屋根勾配20°の北面した屋根とした。瓦の外気側表面は防水性の塗膜が施工され、水蒸気・液水ともに浸透しないとする。室内側は透湿とした。室内側は、空気層の温湿度を境界条件として与えている。

基本となるモデルでは、空気層が外気と連通しており、温湿度が外気と同じであるとして

いる。また、環境要因と考えられるいくつかのパラメータを変更したモデルでの計算を行い、それぞれ結露頻度と量に与える影響を検討した。

外気が最も低温となる１～２月には、北向き屋根でも勾配が 20 度と小さいため、日中は直達日射を受け外気よりも高温となる。一方、夜間は放射冷却により外気温よりも 3～4℃低くなっており、最大で-5℃近くまで低下している。解析した全時間に対する結露が発生した時間の割合は、基本モデルでは 19.9%に達し、その多くが深夜から朝にかけての時間帯である。発生回数は 121 日の解析期間に対して 72 回であるので、2 日に 1 回以上の割合で結露が生じることになる。特に瓦表面が低温となる１～２月には、結露発生時に表面温度がマイナスとなり結露水が結氷、朝方に融解というプロセスを繰り返していると考えられる。

モデルによって違いはあるものの、京都のような温暖地でも深夜から朝にかけて屋根瓦表面で結露し、さらにそのうち３～４割の時間で結露水が凍結するということがわかった。

また、空気層の湿度を若干高くした場合には計 17 回もの結氷が生じたが、特徴的なことは、瓦全体の温度が低いために、空気層側から流入した水分は瓦の外気側表面に至る過程で結露・結氷し、空気層側が高い含氷率分布となっていることである。これは前章で述べた壁体の含氷率分布とは異なっている。このように、接する空気の温湿度によって、瓦の外気側表面だけでなく、裏面でも結露や結氷の可能性があることがわかった。

5. まとめ

本研究は、建築外皮の耐久性評価・長寿命化という観点より、多孔質建築材料の凍結・融解過程の性状把握を目的としたものである。

まず、材料物性値が与える影響を調べる目的で、一定の温度勾配下・片側断湿条件での実験と解析を行った。実験では、水分蓄積の様相が試料により大きく異なるという結果が得られた。この水分蓄積性状を解析によりおおむね予測することができた。また、レンガにおいては、含水状態によって支配的な水分移動形態が変わることが示された。

次に壁体が曝される外界条件の影響を調べるため、京都市の標準気象データを用い、日射・長波長放射及び降雨を考慮して、壁面と屋根面を想定した壁体での解析を行った。その結果、屋根面を想定した水平面・傾斜面での温度低下が明らかとなり、関西などの温暖地でも結氷の可能性があることがわかった。

更に、瓦における凍害の原因の一つが表面結露の凍結ではないかと考え、その状況を数値解析で再現した。夜間放射量の多い屋根の場合、温暖地においても結露水が凍結する可能性は高く、長い時間をかけて瓦の表面を汚損したり剥離させる力を与えているのではないかと考えられる。また、瓦が接する空気の温湿度により、内部の含水・結氷状態が異なることも明らかとなった。屋根の通気層温湿度がわずかに違うだけでも、瓦の劣化速度が異なる可能性がある。

04-02 伝統的建造物のファサードの評価と景観の再生方法の研究

京都大学大学院建築学専攻
教授　宗本 順三

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

04-03 リサイクル粒子材料を用いたシロアリ物理バリア工法の開発

京都大学大学院農学研究科
助手　築瀬 佳之

内分泌攪乱化学物質（環境ホルモン）やダイオキシン汚染が明るみに出て，農薬や化学物質の濫用に少しでも歯止めをかけようという動きが世界的に高まってきている．さらに住宅に関連するシックハウス症候群に対する懸念も高まる中，シロアリ防除業界もそのような動きに無関係でいることはできず，最近では，レスケミカル（省薬施工）や，さらに進んだケミカルフリー工法という新しい防除技術の開発が期待されている．すでにアメリカなどでは，次世代の防除法として実験や実用化が進んでいるなか，わが国でも日本の風土，建築様式にあった防除技術の確立が必要になってくる．

薬剤を使わずにシロアリの侵入を阻止する方法には岩石破砕物や小石などの粒子を用いた物理バリア工法がある．これは，ある一定の粒子径範囲をもった粒子を層状に用いることで，地下からのシロアリの侵入を防ぐ工法であり，小さい粒子は，シロアリの口器で運搬され，大きい粒子は粒子どうしの隙間を通り抜けられることから，それぞれの粒子材料と防除対象となる地下シロアリの大きさとの関係で適切な粒子径をもった材料を使用する必要がある．また物理バリアに最適な粒子を選択するためには，粒子径だけでなく，粒子の形状や表面性状とシロアリの粒子層貫通性の関係についても検討する必要がある．そこで本研究では，3種類のリサイクル粒子材料（汚泥固化・破砕材(ポリナイト)，石粉造粒材料，廃ガラス破砕材）と対照試料としてガラスビーズを用い，シロアリの物理バリア層貫通に及ぼす粒子の径，形状および表面性状の影響について評価するとともに，最適な粒子材料の選別を行った．同時に野外のシロアリコロニーに対する物理バリアとしてのリサイクル材料の効果，および日本における新築，及び既設住宅へのリサイクル材料の施工試験を行った．さらに，シロアリ防除薬剤の評価試験方法はすでに確立されているものの，粒子材料を用いた物理バリア工法に関する試験方法は日本では確立されておらず，本研究において，新しい評価方法（実験室および野外試験）についても検討した．

実験室において，円筒形のアクリルパイプ（内径 20mm，長さ 200mm）内に，9 種類の粒子径範囲にふるい分けした各粒子材料の物理バリア層を寒天層で挟んで固定し，上部の空間にマツ材片，底部の空間にマツ材片とイエシロアリ(*Coptotermes formosanus* Shiraki)の職蟻 100 頭，兵蟻 10 頭を封入し，3 週間，1 日ごとにシロアリの粒子層への侵入距離を測定するとともに，40mm の粒子層が完全に貫通されるかどうか観察した．その結果，粒子径範囲 1.70~2.00mm のポリナイト，2.00~3.35mm の石粉造粒材料，1.00~2.80mm の廃ガラス破砕材，1.00~2.80mm のガラスビーズ(GB)の粒子層はシロアリの貫通を阻止することがわかった．また各粒子材料について，無作為に取り出した粒子径範囲 1.70～¬2.00mm の粒子 100 個の画像解析結果より，石粉造粒材料やガラスビーズのように粒子が球形に近づくほど密に詰まり，シロアリが粒子の隙間を通り抜けにくくなったために，有効粒子径範囲が広くなることがわかった．さらに触針式表面粗さ測定器（Surfcom 1400A-3DF，東京精密(株)）を用いて，粒子径範囲 1.70～2.00mm の各粒子の表面（1×1mm の領域）を走査し，粒子の表面性状を計測した結果，廃ガラス破砕材とガラスビーズはポリナイトや石粉造粒材料と比べて極めて表面が滑らかであり，シロアリが口器で粒子を挟む際に粒子表面が滑りやすいため，粒子を運び出すことができず，粒子層の貫通が阻止されたと考えられる．またシロアリが粒子の隙間を通り抜ける際，表面が滑らかなため粒子表面で滑って貫通が困難になることが観察されたことから，廃ガラス破砕材とガラスビーズではシロアリが粒子表面上を移動することも困難であ

り，粒子層へ侵入できないことがわかった．したがって，シロアリが粒子層を貫通する際，粒子が球状に近いことよりも，粒子の表面が滑らかであることが貫通行動に大きな影響を及ぼしていると考えられる．

これまでの物理バリアの研究において，そのほとんどがアクリルパイプを用いた縦方向のシロアリ貫通試験であったが，実際にシロアリが活動する環境として，砂壌土を用いてシロアリが土の中で活動している場所から，粒子層へ貫通行動ができるような新しい試験方法を考案した．二つのガラス容器をガラス管でつないだU字管を試作し，砂壌土を詰めた後，片方には試験用の粒子材料を任意の高さまで入れ，もう一方にはシロアリを投入した．この方法によってアクリルパイプを用いた試験よりもシロアリの生息環境に近い状況で試験を行うことが可能となり，試験期間が1ヶ月に及んでも，十分評価できる頭数のシロアリが生息する環境で貫通試験を行うことが可能になった．

和歌山県の煙樹ヶ浜松林を試験地とし，まず初めに松林内の切り株や立木を調査し，イエシロアリのコロニーを探し，その中でも活発なコロニー5 つを野外試験に利用した．従来の薬剤評価のための野外試験方法を利用せず，実際に住宅床下の基礎周辺に粒子を埋設することを考慮して，市販のコンクリート製の蓋付き会所桝（内側約 200×200mm，高さ約 270mm，厚さ 20mm 以上）をコロニー周辺に設置し，会所桝内の誘引用餌杭にシロアリが生息しているものだけを試験に使用した．会所桝内にポリナイト(1.20~2.50mm)，石粉造粒材料(0.60~5.00mm と 2.00~3.35mm)，廃ガラス破砕材(2.00~3.35mm)の 3 種類をそれぞれ層厚さ 50mm または 100mm になるように敷設し，約1ヶ月ごとに会所桝内の粒子層へのシロアリの貫通を観察し，物理バリアとしての粒子材料の評価を行った．試験開始から 6 ヶ月の期間にシロアリの活動が活発な時期を含むため，試験開始後 1 ヶ月で，すでにシロアリによって貫通された粒子材料が観察された．実験室実験の結果よりポリナイトの有効粒子径範囲は 1.70~2.00mm であったが，野外試験ではその範囲の量が十分得られなかったため，1.20~2.50mm の粒子径のものを使用したが，2 箇所のうち 1 箇所ではシロアリに貫通された．また 0.60~5.00mm の石粉造粒材料は，有効粒子径を含むものの，厚さ 50mm も 100mm もすべてシロアリに貫通された．実験室実験において，シロアリの貫通を阻止する結果が得られた 2.00~3.35mm の石粉造粒材料（層厚 50mm または 100mm）と 2.00~3.35mm の廃ガラス破砕材（層厚 100mm）はともにシロアリの粒子層の貫通を阻止する結果が得られた．

本助成期間中に，既設 1 棟，新築 1 棟の木造住宅に石粉造粒材料を試験的に施工し，施工性等について検討した．すでに，イエシロアリの被害が発見され，駆除を行った後の既設の木造二階建て住宅に粒子材料の施工試験を行い，被害の激しかった一階和室の床下部分に，石粉造粒材料を部分施工した．また新築住宅については，ベタ基礎を採用しているため，床下部分は粒子材料を施工せず，外周からのシロアリの侵入を阻止するために，外周の基礎から幅 300mm，深さ 300mm の部分の土を掘り起こし，粒子材料を敷設した後，粒子層上面にモルタルを施工して，粒子が見えなくなるように仕上げた．床下ではなく，外で粒子材料を使用する際は，風雨によって粒子が劣化することを避けること，また粒子層へ木片などが混入するのを避ける目的で，モルタルで表面を仕上げる方法を利用した．の基礎外周に粒子材料を施工した．本住宅はこの住宅については事前にシロアリの被害もないため，周囲からのシロアリの侵入を阻止するかどうかについて，経過観察を行っている．物理バリアの施工に関しては，新築住宅と既設住宅が対象となり，また施工方法としては床下全面施工または基礎周辺を中心とした部分施工が考えられる．新築住宅は，基礎を施工した後に粒子材料を施工するため，施工性は良いが，既設住宅は床下部へ入って施工するため，施工性が悪い．また全面施工は特に新築住宅においては施工しやすく，シロアリの侵入を高い確率で阻止できると期待されるが，一度床下に全面施工した場合，床下部に入って他の作業（例えば床下換気扇の設置等）をすることができなくなるという問題もある．シロアリはそのほとんどが，基礎に蟻道（シロアリが行動するためのトンネル）を構築して，そこから土台等の住宅部材へ被害を与えるため，基礎周辺のみへの部分施工によって，ある程度シロアリの侵入を阻止できると考えられるが，粒子材料を施工していない部分からの侵入も考えられるため，定期的な点検と組み合わせていく必要がある．

04-04 伝統構法を応用した文化財建築物周辺市街地の景観再生に関する研究（京都市を対象とした検討）

京都大学防災研究所
教授　田中啓義

本研究は、無秩序な建物によって損なわれている市街地景観を、当該市街地内の既存建物に我が国固有の伝統的市街地の景観構成要素として定着している瓦屋根を架構することにより、統一感を持たせ修景する手法と課題について考察したものである。瓦屋根を架けることによる市街地景観の向上については、他にも多くの提唱者が存在する。しかし、既存市街地に瓦屋根を架ける事で一帯の町並みに速やかに統一感を持たせ、さらに町並みにデザインコードを設定することで建物の建替え時に周囲の町並みと調和のとれた建物が増えていくことで更に景観を向上させると言う考え方は、本研究においてユニークな点である。本研究において実施した内容と成果は下記の通りである。

本研究を実施するに至った背景、研究の目的および京都市を対象とした市街地景観修景の基本的考え方を記述した。また外国および国内の事例を参照しながら、

（1）　勾配屋根が、都市のアイデンティティを形成する重要な要素であること

（2）　歴史の古い文化財的建物のみならず、新たな建築物も景観のルールとして勾配屋根が架けられている都市は多くあること

（3）　日本にも景観への配慮から勾配屋根を架ける RC の共同住宅や公共建築物の例があり、町並みの文脈しだいではごく自然であること

を示して、市街地景観修景のために、RC 造などの中高層建築物に瓦屋根を架けることの妥当性を論じた。

現在の日本の市街地は中高層の RC 造建築物が多く存在し猥雑な町並みと化しているのに対し、欧州には昔からの建築様式を維持しながら美しい町並み景観を保っている都市は多く存在する。そこで欧州３ヶ国８都市の歴史的町並みにおいて建物形態の実態調査を実施し、中層以上の建築物で構成される美しい町並みの建物階高と屋根形状の関係を抽出し、後述の CG を用いて既存町並みの建物に屋根を架設する際の、屋根デザインの設定方法を示した。

さらに‘既存’の建物に瓦屋根を架けることによって生じる可能性のある種々の課題の整理と分析を行い、

（1）　瓦は伝統的な屋根葺き材でありながら、新開発の多種の屋根材と比較しても遜色ない性能を持つこと

（2）　瓦屋根の施工費は他の屋根材と比較して若干高めだが、優れた耐久性のため維持費を含めたライフサイクルコストでは割安になること

（3）　瓦屋根架構による伝統的な雰囲気の創出は文化財をもつ地域の活性化に繋がる可能性があること

（4） 瓦屋根を架ける場合に関係する、容積率や高さ制限などの現行の建築基準法について記述し、法令上の問題は十分解決可能であること
（5） 防火性、耐風性、耐震性など安全性に関わる課題は、具体の設計段階で検討が必要なものもあるが、解消が著しく困難なものはないこと
（6） 瓦屋根架構により屋上設備の中に一部注意すべきものもあるが、屋根の設計の工夫で解決可能であること
を示し、現実的問題を解決するための確認を行った。

また京都市を対象として都市計画および景観規制の内容や指定地域と文化財建築物分布との関連を整理・分析し、それに基づいて文化財建築物と伝統的建築物群地区を、共に京都市の市街地景観の核とする修景対象地区選定の方針を立て、修景対象地区の選定を行った。なお修景対象地区の選定にあたり、京都市の景観から受けるイメージを効率的に向上させるという目的を設定し、観測者の行動と地域の特性から修景対象地域を選定する際の８つの条件を導き出した。
＜瓦屋根架設修景対象道路の選定基準条件＞
①集客力の高い観光地周辺
②上記観光地へ向かう主なバス路線
③車両交通量の多い幹線道路
④公共交通期間の駅舎・停留所周辺
⑤集客力の高い観光地同士を連絡する道路
⑥重要文化財以上の文化財建造物周辺
⑦建築物が勾配屋根である割合の低い商業地区、中高層住居専用地区
⑧電線類地中化事業対象地域、または対象地域が隣接又は近隣にある

なお修景計画を行う際には不可欠な、関係者との合意形成を得るための道具として用いられるCGを作成する簡易な手法を提案した。また修景対象地域として選んだ御池通・四条通において視覚的シミュレーションのケーススタディーを行い、様々な視点からの景観を準備でき、修正も容易であることを示した。また、誰もが作成できるように使用した機材や作成手順を記述した。なお、修景に関しては都市計画上あるいは建築基準法上の制約も認識に入れおく必要があることから、この地区における法規的な条件もケーススタディーの一部として整理した。

本研究では、わが国の景観の現状をかんがみて、既存市街地において景観を改善する具体的な手法を適用するべき地域の特性を導き出した。また、修景方法の実現性を述べるために施工費維持費が妥当であること、耐風、耐震、耐火上安全性に問題がないこと、法令上実現可能であることを明らかにした。付随して誰もが作成可能な景観の視覚的シミュレーション手法を提案し、御池通りを景観の視覚的シミュレーション事例として表現した結果、本手法が簡易性と柔軟性を持つことがわかった。

04-05 国産スギ材を効果的に空間デザインに用いるための内装仕上げ手法の研究

秋田県立大学システム科学技術学部建築環境システム学科
助教授　板垣　直行

スギは国内人工林の総資源量の約 50%を占めており、これを有効利用していく方法の提案が求められている。秋田スギは内装材としても古くから利用されており、伝統和風住宅においては様々な部位に多用され、その仕上げ方法も確立しているといえる。しかし、洋間を主体とした現代の住宅においては必ずしも利用が好まれているとはいえず、その需要は大幅に減少している。そのため、現代の居室空間にあった効果的なスギ内装仕上げ方法を検討することが、スギ材の需要拡大を図る上で重要である。

スギ材の素材・内装材としてのイメージ調査を行った既往の研究においては、スギ素材は和風のイメージが強いものの、板の張り方や木材率、また塗装により色彩を変化させることで、イメージが異なることが指摘されている。これを踏まえ、本研究では洋間に適した秋田スギの内装仕上げ方法を提案することを目的に、その基礎的イメージ傾向を調査した。

塗装に関しては、様々な塗装を施したスギ板片を用いて官能検査を実施した。試料は、スギ白太、赤身、源平の無垢・無塗装材 3 種、及びそれらに塗装を施した 7 種の全 10 種とした。塗装色は、基本色相を踏まえたレッド、イエロー、グリーン、ブルーに、木材色であるイエロー・レッドに属するローズウッド、オークを追加し、さらに無彩色としてホワイトを加えた。塗料は自然素材の浸透性タイプのものを使用した。試料はすべて寸法 150×150mm、厚さ約 12mm の板状のものを用いた。これらの試料を被験者の前の机上にあらかじめ提示しておき、アンケートに示されたそれぞれの評価項目に関して 2 分以内に印象の強い順番に並び替えてもらい、上位 3 位までを記入してもらった。被験者は建築学科学生 21 名と教職員 18 名とした。

アンケートの評価項目は既往の研究を踏まえ、『重厚－軽やか』『あたたかい－冷たい』『明るい－暗い』『美しい－美しくない』『派手－地味』『洋風－和風』『現代的－伝統的』『高価－安っぽい』という形容詞対に、『好き』『調和がとれている』を加えた 18 個を選択した。

アンケートの順位より、『好き』『美しい』などといった嗜好に関する項目について、建築学生はローズウッドを塗装したものを、教職員はスギ源平・無塗装材を高く評価しており、いずれも無塗装材あるいは木材色を塗装した材の評価が高かった。ホワイトは現代的イメージを持ち、嗜好の評価がそれほど低くないため、内装材として効果的な使用が期待できる。レッド、イエロー、ブルー、グリーンは、いくつかの評価項目で上位に位置しているものの嗜好の評価が低いことから、部分的な塗装などにより効果的な使い方を検討する必要がある。

仕上げ方法に関しては、板の張り方・木材率について系統立ててモデル化し、それらを CG により作成した試料画像を用いて官能検査を実施した。

試料画像となる木質壁内装デザインについては、建築雑誌等から木材率と板の張り方（縦，横，斜）に着目し16種類の壁内装モデルを選定した。これらのモデルは縦2.4 m、幅4.5 mの壁内装を想定し、内装板材には実際のスギ板目の画像を用い、白い部分は白色系のボードを想定した。検査にはA5サイズにカラープリントした画像を用いた。

検査は順位法により行い、アンケートにおける1質問事項につき4〜5分程度でそのＣＧ画像から受ける印象が強い順に1位から16位まで順位付けして回答してもらった。被験者は、建築学科学生37名と職員18名を対象とし、机上に置かれた16のサンプル画像を自由に並べ替え、検討できることとした。

アンケートの質問項目は、既往の研究における空間のイメージ評価に関わる嗜好や高級感、風合いなどの因子を踏まえ、『好き』『落ち着きがある』『高級』『あたたかい』『和風』『伝統的』『自然』『調和がとれている』の8形容詞を選出し、それらに対するイメージの強さを順位付けしてもらうものとした。

アンケートの順位より、縦張りは『和風』『伝統的』イメージが強い傾向があるが、『好き』などの嗜好も高く、活用性が高い仕上げ方法と考えられる。一方で斜張りは縦張りと相反するイメージがあり、嗜好に関する評価は低かった。また、建築学生は『好き』に対する個人差があり、明確な傾向は見られなかったが、職員は腰壁の嗜好的評価が高く『和風』や『伝統』を好む傾向が随所でみられた。実家や周辺環境において伝統的和風住宅を目にする機会が多く、親しみや慣れが背景にあると考えられる。両被験者とも『あたたかい』や『自然』では木材率が高いとそのイメージは強くなる傾向がみられたが、嗜好的評価に関しては木材率との関係はみられなかった。

上記の2つの調査結果を踏まえ、仕上げ方法に関しては実際の質感による影響、塗装に関しては塗装面積（ボリューム）による影響などを検討するため、実際に内装仕上げが施された検査ブースを用いて、スギ内装仕上げに対するイメージ傾向の検証を行った。

仕上げ方法に関する試料としては、スギ源平材(上小節)を目透かし張りとし、縦、横、斜め、それぞれ木材率100%で張ったものと、CG画像の検査にて職員の嗜好評価が最も高かった縦張り腰壁を用意した。これらは幅75mmの板を用いたが、幅の違いの影響を検討するため、縦張りについては、幅160mmの板を用いたものも用意した。

塗装に関する試料は、幅75mmのスギ源平材(上小節)を目透かし縦張りとしたものについて、無塗装のものと、ローズウッド、ホワイト、ブルー、および幅木・廻り縁のみブルーに塗装した5種類の試料を用意した。

検査ブース空間の寸法は、床面積910×1820mm、高さ1915mmとした。天井には、幅75mmのスギ白太材を、床には幅165mmのスギ赤身材を無塗装で用いた。また、幅木(幅60mm)、廻り縁(幅30mm)もスギ材とし、幅木・廻り縁のみブルーに塗装した試料以外では無塗装とした。

検査は、仕上げ方法に関する試料グループと塗装に関する試料グループそれぞれについて、ＳＤ法と順位法の2通りの方法で行った。ＳＤ法による検査では被験者に検査ブースの正前に立って15秒間注視してもらい、その後2分間で視覚のみで感じたイメージをアンケートに記入してもらった。順位法の検査ではそれぞれの試料グループの５つの検査ブースを対象

に3分間でアンケートに回答してもらった。被験者は建築学科学生23名と教職員20名とした。

SD法におけるアンケートでは、既往の研究を踏まえ、実際に居室空間を表現する際に用いられる形容詞対を、嗜好、雰囲気、色彩、ボリューム、風合い、デザインというキーワードから15個選定し、これらの形容詞対について5段階で評価してもらった。順位法においては、SD法に用いた形容詞対から、『好き』『居心地がいい』『現代的』『伝統的』『洋風』『和風』の6項目を選定し、評価指標とした。被験者にはそれぞれの評価指標ごとに試料を1位から5位まで並び替え、記入してもらった。

仕上げ方法に関する試料グループについては、アンケートについて因子分析した結果、建築学生は4因子、教職員は2因子抽出された。建築学生と教職員の両者とも腰壁が嗜好に関する因子得点が高く、教職員には特に好まれている。縦張りや横張りはどの因子においても中間的な評価であり、明確な傾向が無い分、受け入れやすい張り方であると考えられる。また、斜張りは嗜好に関する因子の評価は最も低く、5つの試料の中では、あまり好まれていないと言える。アンケートの順位より、建築学生では好む空間に個人差が大きいものの、『好き』で1位の横張りは『洋風』において斜張りに次いで上位にあり、洋風を好む傾向もみられた。教職員では年齢層が広いものの、好みにある程度傾向があり、CG画像での調査と同様に腰壁が最も好まれた。さらに腰壁は和風、伝統的なイメージが強いと示された。

塗装に関する試料グループについては、因子分析の結果、建築学生、教職員それぞれ2つの因子が抽出されたが、建築学生と教職員では形容詞と因子との関係に差があり、空間を評価する視点が違うと考えられる。アンケートの順位では、建築学生、教職員ともに『和風』『伝統的』空間を好む傾向が見られた。しかし、建築学生はローズウッドを、教職員はスギ源平を使った内装を最も強く和風・伝統的印象を受けると評価している。また、ホワイトの塗装は『現代的』印象を与える空間をつくり、嗜好の評価も比較的高いという結果が得られたことから、現代の居室空間に適した仕上げとして期待される。

以上の研究より得られた知見を以下にまとめる。

1) 斜張りは洋風なイメージを有するが必ずしも好まれておらず、一方、横張りは嗜好の評価も比較的高く洋風なイメージを持つ傾向がみられた。
2) 源平無塗装材、ローズウッド塗装材は好まれているものの和風・伝統的イメージが強い。ホワイトの塗装は現代的印象を与えつつ、嗜好の評価も比較的高く、現代の居室空間に用いる塗装としての可能性が示された。

04-06 生活に起因する室内揮発性有機化合物(VOC)濃度低減に関する研究

秋田県立大学　システム科学技術学部　建築環境システム学科

助教　源城　かほり

住宅の断熱気密化による自然換気量の減少と，建具のみならず家具，日用品，防虫・防蟻剤等をはじめとして，住宅内でさまざまな化学物質が使用されるようになってきたことを背景として，シックハウスの問題が顕在化してきている。平成15年7月より建築基準法が改正され，クロルピリホスの使用禁止，ホルムアルデヒド発散建材の使用制限，機械換気設備設置の義務化が定められた。しかし，室内で化学物質を多用する住宅や，換気設備を備えているにもかかわらず使用していない住宅も存在することが，これまでの研究代表者らの調査により明らかになっており，居住者に健康被害が生じていない場合であっても，日用品等の使用により，住宅内の化学物質濃度が高濃度になっているケースが想定される。したがって，シックハウス問題は多くの住宅で潜在していると言うことができ，その実態把握と低減のための基礎的資料の整備が必要である。

そこで，本研究では生活に起因する室内揮発性有機化合物(VOC: Volatile Organic Compounds)の実態解明と，その低減に向けた基礎的資料の整備を目的とし，実態調査を実施する。また，機械換気設備の有無と室内化学物質濃度との関係性についても考察する。

本研究では以下の3項目について検討する。

(1)化学物質気中濃度および換気量の実態把握

夏季，冬季において，①アルデヒド類気中濃度，②VOC気中濃度，③床面からのアルデヒド類・VOCの放散速度，④換気量について測定し，その実態を把握する。調査対象として，機械換気設備を備えた住宅と備えていない住宅を選定する。

(2)住まい方と化学物質気中濃度の関連性に関する検討

夏季，冬季における冷暖房・換気設備の運転状況，日用品の使用等と化学物質気中濃度の関連性に関して，居住者にアンケートやヒアリングを通じて検討する。

(3)化学物質気中濃度と居住者の健康性との関連性に関する検討

居住者の現在の健康状態についてヒアリングを実施し，化学物質気中濃度と居住者の健康性の関連性について検討する。

調査対象は，秋田県内に建設されている木造戸建住宅3件である。機械換気設備を備えていない住宅としてA邸を，機械換気設備を備えた住宅としてB邸，C邸を選定している。換気方式はB邸が第3種，C邸が第1種であり，両邸とも機械換気設備を常時運転している。気密性能はいずれも5.0cm²/m²以下であり，次世代省エネルギー基準(Ⅲ地域)を満たしている。A邸は7人家族で，長男(10歳)に皮膚の湿疹と痒み，副鼻腔炎，気管支喘息の症状があり，

ハウスダストアレルギーと診断された。B 邸は 7 人家族で，新築当時から家族全員に，体に力が入らない，乾燥して喉や眼が痛いといった症状があり，2003 年から長男，次男，母親の症状が悪化している。特に次男(16 歳)の症状がひどく，定期的に通院している。C 邸は 4 人家族であり，母親は入居後 1 ヶ月間咳が出て肋骨が折れてしまうほどだったため，一時通院していたが，空気清浄機の運転により咳はなくなり，調査時には症状は治まっていた。子供は 2 人とも入居後良く鼻血を出すということであり，鼻の乾燥感を感じている。A 邸，B 邸は，夏季，冬季とも調査し，C 邸は竣工直後に室内化学物質濃度が高かった可能性が考えられ，シックハウスの疑いがあるため，A 邸，B 邸に追加して冬季のみ調査した。

まず，化学物質気中濃度と換気量の測定結果について述べる。アルデヒド類に関しては，ホルムアルデヒド，アセトアルデヒドともに厚生労働省の指針値 100 μ g/m^3，48 μ g/m^3 を超える住宅は見られない。冬季の A 邸の子供室においてホルムアルデヒドの気中濃度が 90 μ g/m^3 と他の住宅に比べて高い。TVOC(Total Volatile Organic Compounds: 総揮発性有機化合物)濃度に関しては，冬季の B 邸で居間，子供室とも暫定目標値 400 μ g/m^3 を上回り，600 μ g/m^3 を示している。他の住宅の TVOC 濃度に関しては暫定目標値 400 μ g/m^3 以下である。特に，問題となるような VOC は 3 件とも検出されなかった。床面からのアルデヒド類・VOC の放散量に関しては，居間，子供室のそれぞれの床面から，ホルムアルデヒド，アセトアルデヒド，トルエン，デカン，α-ピネン，酢酸エチル等が検出された。A 邸ではアルデヒド類はほとんど検出されていないが，VOC に関してはトルエンや酢酸エチルの放散が認められる。一方，B 邸ではアルデヒド類はホルムアルデヒド，アセトアルデヒドの放散が認められ，VOC に関しては A 邸と同様，トルエンや酢酸エチルの放散が認められる。換気回数に関しては，A 邸は夏季 8.9 回/h，冬季 0.3 回/h，B 邸は夏季 0.1 回/h，冬季 0.7 回/h，C 邸は冬季 0.5 回/h と算出された。A 邸では，夏季は窓を開放していたためうまく測定できていない可能性があり，過大な値が算出されているが，冬季に関しては換気回数が 0.5 回/h を下回っており，換気量がやや不足している可能性がある。B 邸では 1 階に比べて 2 階の換気量が少ない傾向にあり，住宅全体としての換気量が非常に少なく，不足していると考えられる。第 1 種換気方式の機械換気設備を常時運転している C 邸に関しては，換気回数が 0.5 回/h と算出され，次世代省エネルギー基準を満たしており，必要最低限の換気量は確保されている。

次に，住まい方と化学物質気中濃度との関連性に関して検討する。A 邸では居間において蚊取り線香の使用がある他には，化学物質の発生につながるような日用品の使用はほとんどない。夏季には窓を開放しているが，冬季は締め切っていることが住まい方の特徴の一つとして挙げられる。B 邸では殺虫剤をたまに使用する程度であり，化粧品以外は，化学物質が発生するような日用品の使用は少ないが，家具や電化製品，衣類，観葉植物などの物の量は多い。住まい方の特徴として，日常的に多量の洗濯物を室内に干しており，また風呂場の湯気を室内に入れていることもあり，室内で発生している水蒸気の絶対量が多いと考えられる。B 邸の居住者は喉，口の中，唇，皮膚，眼などに乾燥感を訴えているが，実際の湿度から判断すると低湿度とは言えない。機械換気設備は常時運転されているものの，換気量の少なさと化学物質の存在によって，居住者の湿度の感じ方に影響を及ぼしているのではないかと考えられる。また，B 邸では天窓で結露が発生し，結露水に伴うカビが発生しているが，掃除

がしづらいため，対処に困る状況であった。建築的要因によって室内環境に影響が生じており，このような事例を防ぐよう，設計に配慮が必要である。C 邸では浴室においてカビ取り剤の使用がある他には，化粧品，タバコなどの使用があるが，特に問題となるような日用品の使用は見られなかった。

最後に，化学物質気中濃度と居住者の健康性との関連性に関して検討する。居住者の健康性に関して，A 邸，B 邸では乾燥感やアレルギー症状が見られ，A 邸の症状は軽いが，特に B 邸では症状が重い居住者が見られ，健康被害が顕著である。C 邸では入居直後に関してはシックハウスの疑いがある。A 邸では夏季にホルムアルデヒド濃度が高かったほかは，問題は認められなかった。B 邸では夏季，冬季ともプロピオンアルデヒド濃度が高かったほか，冬季において TVOC 濃度が厚生労働省の暫定目標値 400 μ g/m^3 を上回っていた。B 邸では気密性能が高い上に，換気量が少なく，汚染された空気が滞留しやすい可能性があり，これらのことによって化学物質気中濃度が高くなり，居住者の健康性に被害を及ぼしていると考えられる。さらに，B 邸では夏季においても，冷房設備を 1 日に 7 時間程度運転しており，窓を開放するのは 1 日に 1 時間程度で締め切っていることが多く，換気量が不足しがちである。C 邸では入居時期が夏季であったため，入居当時は室内化学物質濃度が非常に高かった可能性があるが，実測調査を実施した 2005 年 12 月は，入居してから 1 年 4 ヶ月が経過しており，化学物質濃度は低減しており，特に問題となるような物質は検出されなかった。C 邸では，機械換気設備の常時運転により，適切な換気量が確保されていることも化学物質濃度が低い要因であると考えられる。

以上までに述べたとおり，本研究では，機械換気設備の有無が室内化学物質濃度に及ぼす影響や，室内化学物質濃度と健康性との関連性について幾つかの知見を得ることができた。

最後に，本研究から得られた今後の課題を述べる。換気量が不足している住宅に関しては，換気に配慮するようアドバイスしたり，空気清浄機を運転するようにとのアドバイスをすることになるが，それによって解決されない場合に，どう対応すべきか苦慮するところであり，実態に応じたマニュアルの提案が望まれる。また，居住者の健康性に問題があり，室内化学物質濃度が高い場合，建築を専門とする立場から，住宅設備や住まい方の改善に関しては助言をすることができても，医学的な見地からの助言ができず，その点に関しては今のところ，シックハウス症候群・化学物質過敏症の問診票の手法を用いる以外に手立てがない。今後は，医学の分野とうまく連携していくことが必要であると考えられる。

他方，換気設備を備えている住宅に関して，換気量が確保されている適切な換気計画がなされておらず，設計換気量を満たしていない事例が見受けられることから，換気に関する設計指針の整備も今後の課題の一つであると考えられる。

04-07 デシカント空調・換気によるダンプハウス対策に関する研究

東京大学生産技術研究所

教授　加藤信介

1．研究背景

近年、欧米では、住宅の気密性の強化に伴い、室内換気回数の低下による室内湿度上昇が生じ、室内におけるカビ発生などの問題が顕著となっている。湿度上昇に伴う結露被害は、建物の腐朽のほか、カビ毒などによる生物起源の IAQ（空気質：Indoor Air Quality）の悪化や健康影響を意味しており、ダンプハウス（Damp House）或はダンプビルディング（Damp Building）と称される社会的な問題となっている。そのため、欧米では室内空気汚染によるシックハウス問題は、室内揮発性化学物質からダンプハウス・ダンプビルディングとそれによる生物起源汚染に関心が移っている。日本の場合、北欧、欧米に比べ多湿気候区であることから、この問題は近い将来に社会的に話題になると思われる。

2．研究目的

本研究の具体的目的は次の 3 点である。

(1) 健康的なドレンレス空調システムの提案。
空調機と室内の空調ユニットのドレン工事が必要ないため、工期の縮減かつ設備費用のコストダウンが可能になる。さらに、一般空調機内のドレンパンやフィルタにしばしば発生するカビや汚れなどの問題がないため、健康面でもメンテナンス面でも有利となる。また、空調機の小型化も可能になるため、設備空間も節約できる。

(2) 環境配慮型空調システムの提案
本研究では、ヒートポンプの温排熱を除湿材の再生に活用することにより省エネルギー効果を図る。また、太陽熱および地中熱など自然エネルギーの導入により、環境配慮型空調的システムとなることを図る。

(3) 調湿建材及びデシカント空調システムの併用
潜熱負荷変動に空調システムの容量制御のみで対応することには限界がある。省エネルギーを図るには、この負荷変動のレベルを抑え込むことが必要となる。本研究では調湿建材を室内に設置し、一部の湿気負荷を負担する併用方式、及び、調湿建材の吸湿・放湿サイクルについて検討する。

3．研究結果

3.1　新たなデシカント空調システムの構築について

本研究では、CO_2HP のガスクーラ及び蒸発器で発生した温熱及び冷熱を直膨方式でデシカント空調機に組み込み、低温排熱が得られない場合にも安定した再生用エネルギーが供給出

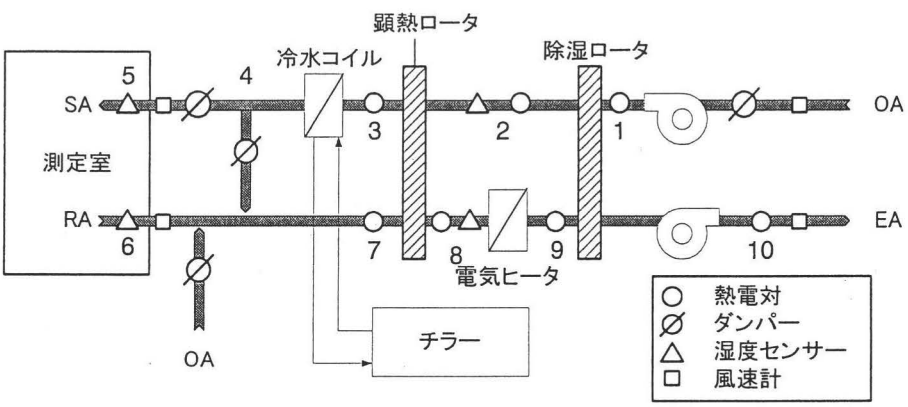
来る高効率のデシカント空調システムを提案した。また、夏期におけるシステムの性能実験を行った結果、本システムでは結露が生じず、相対湿度 70%を超える累積頻度が 30%以下となり、微生物汚染の可能性は小さいと考えられる。

実験用システムの電気ヒータの代わりに、CO_2HP のガスクーラからの排熱を利用することを想定した場合、成績係数は 2.32 に達し、一般のデシカント空調システムより効率が大幅に向上することが期待できる。

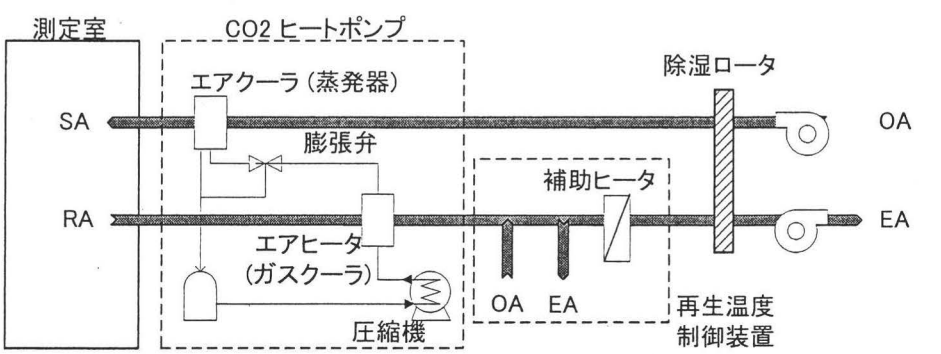
3.2 調湿建材及びデシカント空調システムの併用について

本研究では、CFD による室内気流・温湿度分布の解析及び建材内の熱・水蒸気同時移動解析を連成させ、新たな室内・壁体内温湿度の解析手法を提案した。また、1 質点モデルと CFD 連成解析を比較した結果、両モデルの解析した室内温湿度の平均値は近い値を示したが、CFD 連成解析モデルでは、空間形状及び発生源の場所等による空間的温湿度分布及び室内各所にある建材の差異を表すことができる。

また、調湿用シリカゲルを室内に設置し、夜間にデシカント空調と併用する実験を行った結果、設置しない場合と比べ、室内の絶対湿度を約 1g/kg' 程度低減することができた。また、室内の湿度変動を緩和する効果も見られた。更に、調湿用シリカゲルを夜間吸湿、昼間吸湿の一日サイクルで利用する検討を行った結果、強制換気により昼間の外気を利用した乾燥方式は適用可能であった。



図－1　システム構成及びセンサーの設置位置



図－2　CO_2HP を組み込んだシステムの一例

04-10 長寿命化住宅対応型排水設備システムに関する研究

関東学院大学　工学部　建築学科
教授　大塚 雅之

1.研究背景と目的

1.1 研究背景

住戸内の水まわりの空間を自由に設定できることは、建築計画上も大きなセールスポイントとなる。しかし、その自由度を制限しているのが、衛生器具からの生活排水を排水立て管に導く排水横枝管システムの計画と設計である。同システムでは、重力式排水方式が一般に採用されており、円滑な排水を行うには適正なこう配を確保することが不可欠であるが、特に床ふところの寸法が現在の集合住宅では、150 ㎜程度と小さいために配管長が長い場合には、(社)　空気調和・衛生工学会規格 SAHASE- 206 に規定する最小配管こう配(1/50)を確保することがスペース的に難しくなる。そのような背景の中、専用部と共用部の機能を分離させたサポート・インフィル住宅(以下、SI 住宅)が開発されている。SI 住宅は、専用部の床下配管の取り合いに配慮し、床ふところの寸法を 250～300 ㎜と従来に比べ大きく確保したため、緩こう配(1/100)の配管ながら計画できるみずまわりの範囲が広くなった。その配管には専用の排水ヘッダを用いた「SI 住宅用排水ヘッダシステム」が用いられ、現在普及しつつある。その一方でフリープラン化の可能性をさらに拡張させるために、配管こう配や床ふところの寸法の大小に関係なく、いかなる住戸プランでも排水を可能とした圧送ポンプの付いた「強制排水システム」も開発されている。

しかし、これらの新しい排水システムに関する性能評価方法や設計マニュアルが整備されていないため、実務者は対応に苦慮している現状である。また、現場施工者からは、配管施工後の性能検証が簡易にできる現場対応の性能試験法の提案を望む声も多い。このような背景から。フリープラン化に対応できる新しい排水設備システムの性能評価方法と設計方法に資する技術の蓄積が必要とされている。

1.2 研究目的

前記の背景のもと集合住宅の専用部分に設置する新しい排水システムの開発、その性能評価法と設計法を提案することを目的とした実験研究である。具体的には、先ず、継続研究の成果を拡張させ重力式の SI 住宅用排水ヘッダシステムの新しい部材開発とそれを用いたシステムの性能評価行った。次に重力式では排水性能が確保できないため対応が難しいケース、例えばこう配を確保できない位置に浴室等の衛生器具を設置する場合や、老人介護用トイレのように応急措置として居室に設置する場合にも対応できる強制排水システムの導入に向けた性能評価と行った。その結果から二つのシステムの実用性と検討し設計に資する知見を得ることを目的とした。

2．研究方法

2.1　専用部合流排水対応型ヘッダーシステムの開発の性能評価と設計手法

従来は、汚水系統と雑排水系統を専用部内では分流配管とし、共用部の排水立って管で合流させるシステムを検討してきた。本研究では、配管の削減と合理的な配管を行うために、汚水と雑排水系統を専用部内でスムーズに合流できる専用の排水ヘッダ部品を独自に開発し、その合流性能の評価を行い配管方法を検討する。

2.2　強制排水システムの導入に向けた性能評価と設計手法

重力式の排水ヘッダシステムでは対応が難しい場合に対処できる強制排水システムを開発し、その性能評価手法を検討する。また、強制排水システムは、排水ヘッダ方式に比べ、ポンプの起動時に瞬時に大きな排水流量が排水立て管に流入するため排水立って管システムの排水性能(トラップへの影響)についても、本学所有の高層排水実験タワー装置(地上 25m)を用いて検討し、実用化に向けた基礎データの収集を図る。

以上の研究成果を集約させ、長寿命化住宅に適用できる新しい排水システムの考え方や設計方法に資する知見を提示する。

3．研究成果の概要

3.1　専用部合流排水対応型ヘッダーシステムの開発の性能評価

従来の主管径 75mm の分流排水方式の排水ヘッダ（従来排水ヘッダ）に対し、新たに主管径 100mm の合流方式の排水ヘッダ（供試排水ヘッダ）を試作し、実際の住戸内の水まわりに設置する衛生器具を用いた排水実験を行った結果、以下の知見が得られた。

（1） 合流排水による供試排水ヘッダ方式の排水システムの性能評価を、①管内圧力変動、②トラップ水位変動（封水損失値も含む）、③床排水トラップへの逆流の有無、④各排水系統での排水の先端流速、⑤大便器系統での汚物の搬送性能の 5 項目とした性能試験法を提案した。

（2） **（1）** を用いて、SI 住宅の専用部において想定される各種配管モデルを実験室に組み立て、実際に排水実験を実施し性能評価を実施し、合流排水対応型の排水ヘッダの安全性を確認した。

（3） 各評価項目において得られた知見は以下のとおりである。

1）　従来排水ヘッダでは、器具数３（大便器；サイホンゼット式使用）を用いた合流排水時に配管内圧力が判定基準値±400Pa を超えた。それに対し、供試排水ヘッダでは±40Pa 以内と 1/10 以内におさまった。トラップ封水変動に関しても供試排水ヘッダの方が有利であった。

2）　接続トラップへ合流排水が逆流する危険性についても、合流点から距離を 2.5 m以上確保すること、床仕上げ面まで立ち上げ配管を行うことで供試排水ヘッダでは実用上は肺比できる。

3）　合流排水により排水された汚物やトイレットペーパーが一時的に滞留することや排水終了後も堆積することはなかった。

以上より、従来型排水ヘッダに比べ、供試排水ヘッダは評価項目において安全性が高く実用上有効であることが確認できた。

3.2　強制排水システムの導入に向けた性能評価

市販の圧送排水ポンプユニットを用いた強制排水システムに関する性能評価を行った結果、以下の知見を得た。

（1）専用部の用途変更プランとし、①老人介護用に寝室付近に専用トイレを設置した場合、②眺望の良い居間に隣接して浴室を設置した場合を想定し、同システムの有効性を確認した。

（2）設計の基本となる各圧送ポンプユニットと大便器、浴槽を設置した場合のポンプ特性曲線と排水特性値を定量的に把握した。

（3）8層建て程度の高層集合住宅の専用部の（1）で想定したトイレと浴室湯ユニットが排水立て管系統に設置された場合に、他の下階の衛生器具トラップへの影響の有無を、実際の排水実験施設を用いて実験検証した。

（4）（3）の結果を空気調和衛生工学会規格 SHASE-S206 給排水衛生設備規準同解説に基づく排水配管の設計方法に適用させた結果、計算上は10～15層程度での高層集合住宅への適用が可能との試算結果が得られた。

以上より、強制排水システムと重力式排水システムの両者を住戸内に有する高層排水立て管システムにおいて、その適用できる階数（高さ）や専用部内での配管の引き回し方法に関して基礎的な知見が得られた。

4.総括と課題

重力式排水を用いた合流排水対応型の排水ヘッダシステムと、それでは対処できない住戸プランや高齢者対応住戸などにもフレキシブルに対応ができる強制排水システムの二つに関する性能試験を実施し、それらの性能評価手法と設計に資する知見が得られた。今後は、今回開発した部材や性能評価手法を実際の建物やコンバジーョン(用途転用・変更)で直面する水まわりの新設や増設に対しても適用させ、その有効性を確認して行きたい。

04-12 現場測定による住宅居室の総合的吸放湿特性データベースの構築と調湿設計手法の提案

東北大学大学院工学研究科
教授　吉野 博

1. 本研究の目的

1）実住宅における居室の総合的な吸放湿特性の現場実測法について検討する。

2）居室の吸放湿特性のデータ蓄積により，今後の住宅設計のための基礎資料として整備する。

2. 本研究の内容

上記を目的として，人工気象室に設置された実験チャンバーを対象とした実験、実大屋外実験住宅を対象とした実験、実住宅を対象とした実験を行った。

2.1 チャンバー実験

温湿度をコントロールされた人工気象室内に設置した小型チャンバーを用いて，吸放湿材、コピー用紙、布団、Tシャツなど単一の室内容物がある場合、複数の室内容物を組み合わせた場合の加湿実験を行った。1ケース当たりの実験時間は、加湿6時間，放湿6時間の計12時間である。室内温湿度，加湿量，換気量の同時モニタリングを行い，絶対湿度の積算、土屋式に基づいた湿度の応答曲線による対象の室内容物の吸放湿特性を検討した。全ての実験において、室内容物に調湿効果があることが確認された。吸放湿材以外の室内容物に関しては、上記の2つの方法を用いた評価結果に矛盾点が見られたが，ケース毎に1回の実験であったため，実験結果の差が調湿効果による差であるのか，その時の実験条件が影響して偶然生じた差であるのかが曖昧であった。同条件における実験を繰り返し行い，分析する必要があると考えられる。

2.2 屋外実験住宅の実験

実際の住宅は人工気象室内の状況とは異なり，室内温湿度は屋外の気候条件に影響され，換気量も一定ではない。室内の吸放湿はそれらの影響を強く受けるため，人工気象室での検討を発展させる必要がある。そこで，屋外実験住宅の1室にて加湿を行い，屋外の気候条件を考慮した検討を行った。室内容物はチャンバー実験と同一で、換気量や加湿量をパラメータとした3条件の実験を，1条件当たり2〜3回実施した。1ケース当たりの実験時間は、加湿6時間，放湿6時間の計12時間である。前述した2つの評価方法を用いたが，同じ条件でも結果が大きく異なる場合があった。
変動する外気条件下にあり，且つ、様々な室内容物を含んだ実住宅の吸放湿特性の評価は非常に複雑であり，総合的に評価を行うためのより簡易な手法の検討が必要である。

2.3　実住宅の実験

様々な吸放湿特性を持った室内容物が存在する実住宅の寝室を対象に、気化式加湿器を用いて加湿実験を行った。室内容物はカーテン、布団、本類、木造家具などである。第1種熱交換機械換気と自然換気の2条件で，絶対湿度の面積の積算からこれらの室内容物の吸放湿特性を評価し、実住宅の室内容物の調湿効果が高いことが確認された。また，機械換気より自然換気の場合の方が、吸放湿効果が大きいことが分かった。

チャンバー実験と屋外実験住宅の実験から，室の容積や形状、室内容物の量と種類、内装材の材料、換気量、外気条件などの様々な要因が絡んで室内湿度に影響していることが判明しており、今後は、様々な条件下において多くの現場実測を行い、データを蓄積していくことが重要である。

04-13 窓サッシュの隙間による遮音性能低下の解明と改善法の研究

新潟大学　工学部
教授　岩瀬　昭雄

1．本研究の目的

窓は外周壁に設けられた建築物内外を結ぶ接点で、外部環境を緩和して内部空間を快適な状態に保つ重要な役割を負うと広く認識されている。音環境に関して述べれば、外周部の総合的な遮音性能は窓サッシュの性能でほぼ支配され、聴覚で敏感な1kHz以上の高音部分での遮音性能の低下現象も良く知られる。

本研究は開閉型窓サッシュの遮音性能が低くなってしまう問題について可能な限り詳細な原因解明を行い、その改善の糸口を示そうとするものである。すなわち、小型無響箱を用いた計測法を基本として音響共鳴現象を明確に定量的に捉えるようにする。その検討を通じて共鳴を抑制し性能を向上させる方法を見出す。

2．研究方法の概略

遮音性能を低下させる原因として周辺の取り合い部やめし合わせ部に生じる隙間に管楽器と同様の基音倍音からなる多数の周波数で共鳴現象が生じると判明していた。そこで、以下の様な実験と1次元音響回路理論計算を中心にした検討を行った。

(1) 既存のサッシュを対象にした遮音性能の実態把握実験
(2) 小型サッシュを用いた隙間の音響特性解明の遮音模型実験
(3) 隙間迷路の直進1次元化音響回路モデル化による隙間の音響伝搬計算
(4) 実験結果と数値計算と比較しつつ隙間の深さ（迷路長）や、幅、(周辺の延長）長さ、音響抵抗で説明する近似音響モデルの設定
(5) より複雑な隙間形状やゴム封止(シール)を想定した遮音性能の把握と計算モデル化

3．実験による検討の結果

(1) 実際のサッシュの遮音特性の把握

3mm ガラス入り窓サッシュを対象として、召し合わせ部や四周戸当部の隙間近傍の室内側(表)・室外側(裏)間でFFT分析器による細かな音響透過特性を観察した。図3.2に示す測定例のように、音響透過特性には顕著なピークが認められる。すなわち、アルミ窓サッシュの遮音性能に1kHz以上の周波数で大きな遮音低下が生じ、特に開錠時など隙間の影響が大きいことを再確認した。

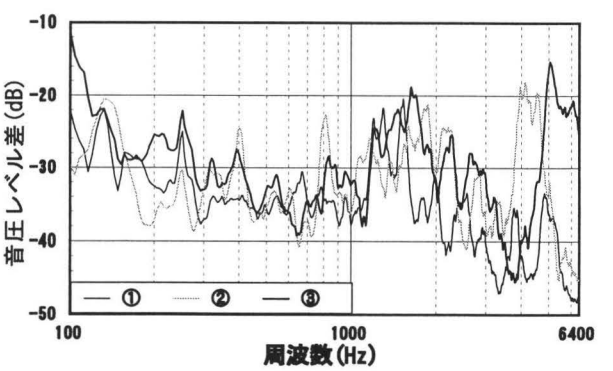


図3.2　戸当たり部①②と召し合わせ部③における遮音性能の周波数特性の実態

(2) 小形窓サッシュによる遮音性能比較実験

図3.3に示す様な、装置を用い小形窓サッシュの隙間を変化させ音響透過特性や遮音低下に関する観測実験を行った。その主な実験結果は以下の様であった。

①小形窓サッシュの実験でも召し合わせ部や四周部で遮音性能の違いが判明し、上部での遮音性能低下が顕著であった。②召し合わせ部や戸当たり部を対象に音の入射方向の違いによる遮音特性の比較を行った結果では、図3.10、図3.11に示す通り、入射角度が隙間に音波が進入しやすい方向の場合に、1000Hz以上の周波数で遮音性能低下が生じることが判明した。③サッシュの隙間には遮音性能を低下させる共鳴透過現象が生じ、音響透過特性にピークが現れる。図3.15に示す様に隙間の迷路長を変えてその影響を調べた。隙間経路の総長さは49mmから、アルミ板で50mm延長した実験結果を図3.16に示すが、3500Hzで確認できたピークが、99mmの場合には2112Hzとピークの周波数が低音側に移動しており、他のピーク周波数の例でも同様に延長経路による変化で共鳴透過周波数が変化する。④サッシュ隙間内におけるゴムシール（封止）の効果を見るため、ゴムをガムテープで押さえ込み、ゴム封止効果を減じた場合を想定した実験を行ったが、ゴム封止の有無による差は200Hz以降の周波数域で最大20dB程度と非常に大きな差が認められた。ゴムの一部分（10mm）にとどめた影響も調べた。召し合わせ部では施錠・開錠の影響も大きいが、この防音型サッシでは隙間内のゴム封止が、遮音性能向上に大きな役割を果たしていることが改めて確認できた。

4．　複雑迷路形状やゴム封じ位置効果の実験

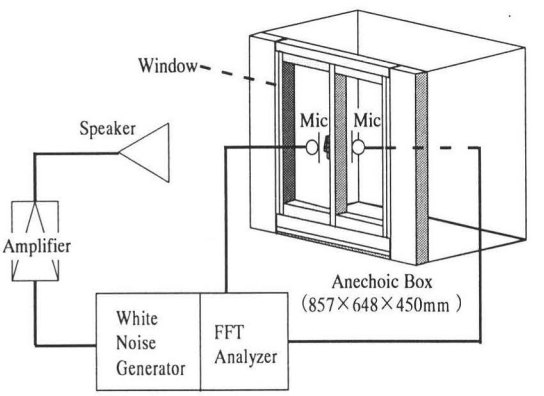


図3.3　模型実験測定系統図

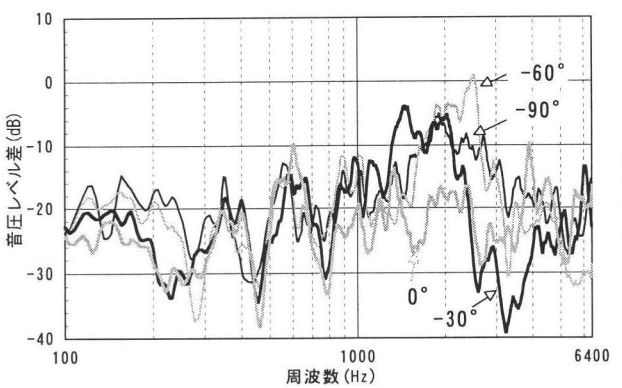


図3.10　戸当たり部分において音源の入射角度を変えた場合の比較Ⅰ（施錠時）

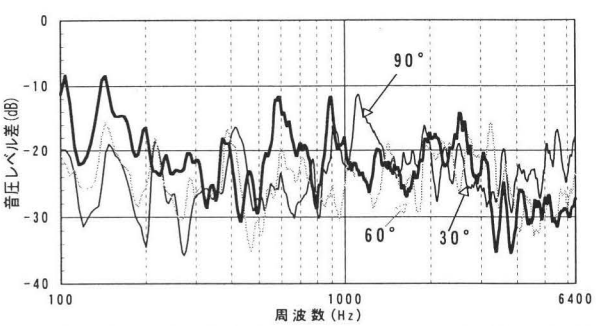


図3.11　戸当たり部分において音源の入射角度を変えた場合の比較Ⅱ（施錠時）

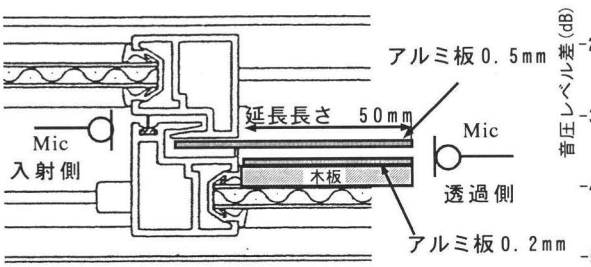


図3.15　伝搬経路長さの測定法（99mmの場合）

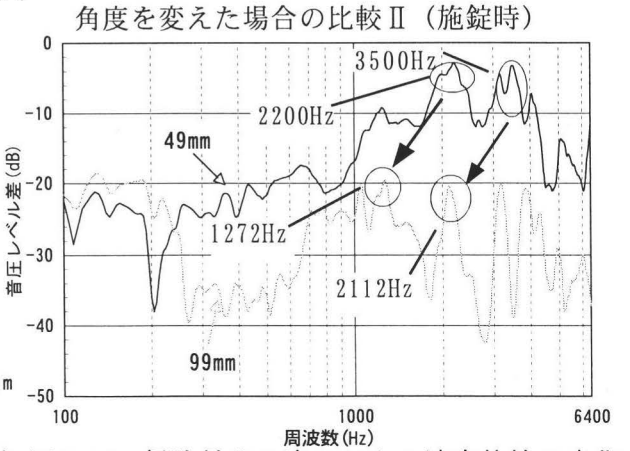


図3.16　経路長さの違いによる遮音特性の変化

アルミ板や積層板で複雑な迷路形状の隙間模型を対象とし、さらにゴム封じ位置を変えてより現実的な隙間状態での影響を調べた。その結果の例を図５．４と図５．５に示す。顕著なピークが認められるとともにより複雑な伝搬周波数特性となる。
ゴムを挟み込んだ結果は封じ無しに比べて、１ｋＨｚ以上の透過は抑制され、入射側端部配置の性能が相対的に高く、迷路の半ばに配置した例は片側開口共鳴が重なり性能が低下する傾向が認められる。さらに、２カ所封じの結果では、両開口部端へと間隔を長く配置する方が遮音上優位であった。

５．一次元音響モデルの計算の改善

一次元音響モデルにより図４．２に示す様な隙間部のみの透過特性の計算に、アルミ単板の音響透過特性の計測値を隙間の音響透過分に加えた音響透過モデルでの計算法を試みた。図６．１のゴム封止も想定した計算例で、ピークの現れる周波数は図５．５の実験例とも良く対応するが、ピーク透過値は必ずしも一致しにくい結果であった。

６．　研究のまとめ

（１）隙間の音響透過特性に共鳴透過による遮音低下を意味するピークが現れる。ピーク値は隙間幅、隙間長さに影響を受け、共鳴周波数は主に隙間深さに影響を受ける。
（２）隙間に対する音の入射角度５０°、６０°の斜め入射時に遮音性能は最も低下する。
（３）施錠・開錠の影響も大きいが、四周部では隙間内部のゴム封止効果の有無による違いの方が遮音性能向上への影響が大きい。
（４）迷路形状隙間やゴム封止の効果実験から、複雑な特性が現れる他、ゴム封止を中程に重点配置するより両開口２カ所に離した配置が効果的であることなどが分かった。
（５）１次元音響回路計算を試み、共鳴透過やゴム封止位置による遮音低下現象の観測結果ともある程度の対応が得られる。

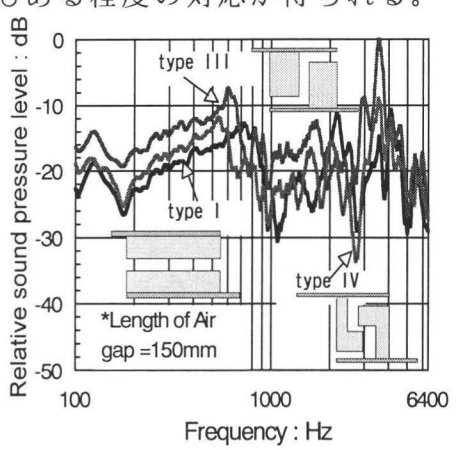


図５．４　迷路型隙間の音響透過特性の変化

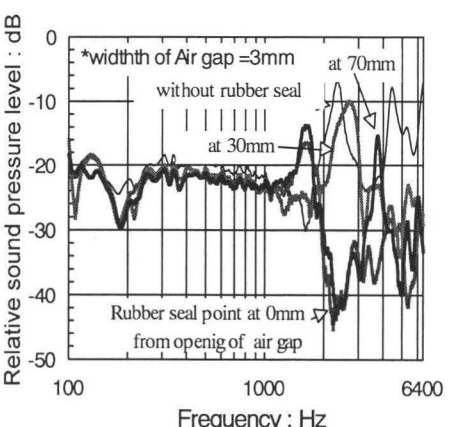


図５．５　隙間内ゴム封止位置と音響透過特性の変化

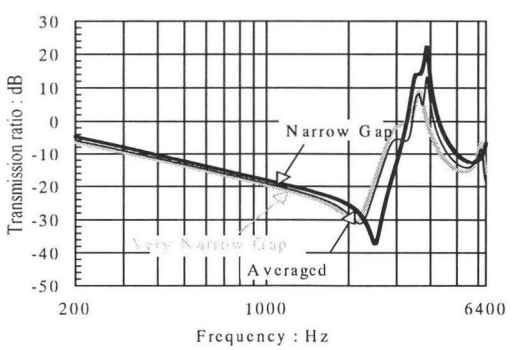


図4.2　経路長さオリジナルの場合の計算結果

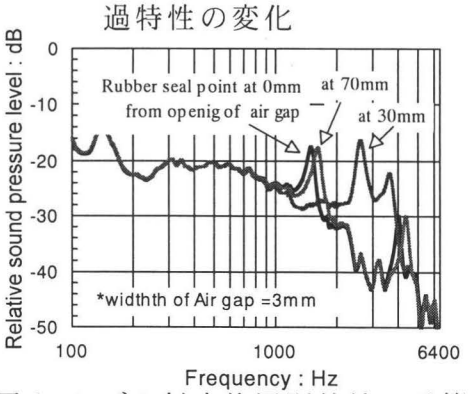


図６．１ゴム封止位置別特性の計算結果

04-14 釘接合部の非線形スリップ挙動を用いた面材貼り耐力壁の時刻歴応答解析

新潟大学農学部

教授 中村　昇

秋田県立大学木材高度加工研究所

准教授 岡崎泰男

1．研究の背景と目的

いつくるか分からない大規模地震に対し、兵庫県南部地震や新潟県中越地震のように、木造住宅の倒壊が繰り返されるのであるなら、今後、木質構造における構造設計は、地震力や風圧力に対する動的な挙動をもとに設計されて行かなければならない。これまで、木質構造における耐力壁の時刻歴応答解析は、振動台による実験やアクチュエータによる仮動的応答実験を行うことにより行われてきた。また、理論的な解析は、耐力壁自体の静的せん断実験から得られる、水平力－変形曲線を数式的にモデル化することにより行われてきた。しかし、仕様やサイズの異なる耐力壁に対し、振動台による実験やアクチュエータによる仮動的応答実験を行うことは、たいへんな予算と労力を要する。一方、釘接合部など、接合部要素に関する静的なスリップ挙動の把握は、比較的小規模な実験装置で行うことが可能である。

そこで、本研究は、既往の研究に見られるような、耐力壁自体のせん断実験から得られる静的挙動をモデル化することにより地震波に対する時刻歴応答を推定するのではなく、釘接合部のせん断実験から得られる静的挙動から、耐力壁の時刻歴応答を推定することを目的とした。接合部の静的挙動は破壊までをモデル化するので、耐力壁の破壊挙動までも推定可能である。

2．耐力壁のモデル化

耐力壁を次に示す仮定のもとに、モデル化を行った。1) 枠材はピン接合されている。2) 面材は面外変形しないくらい厚い。3) フレームに水平力が加わった時、上下は水平を保ち、平行四辺形に変形するが、面材はせん断および回転変形する。このような仮定に基づき、歪みエネルギーの差分に基づいた、静的な解析に必要な方程式を導いた。つまり、全体の歪みエネルギーを U_t、外力によるポテンシャルエネルギーを W_e とし、i 番目の変位自由度を q_i とすれば、オイラー・ラグランジェの方程式より、次式が得られる。

$$\frac{\partial U_t}{\partial q_i}=\frac{\partial W_e}{\partial q_i}、\ i=1,2\cdots,\mathrm{N}\quad（\mathrm{N}は自由度）\qquad(1)$$

全体の歪みエネルギーU_tは、釘接合部のすべりによるエネルギーU_cおよび全ての下地の変形によるエネルギーU_sで構成される。一方、フレームに加わる外力をFとすれば、外力によるポ

テンシャルエネルギーは、Fとフレームの頂点の水平変位u_fを乗じて求められる。

$$W_e = F \cdot u_f \qquad (2)$$

(1)、(2)式を基に、積分と差分を行えば、次式の静的な挙動を支配する方程式を得ることができる。

$$[K(\{q\})]\{q\} = \{Q\} \qquad (3)$$

ただし、$\{q\}$は全体変位を、$\{Q\}$は全体荷重を、$[K(\{q\})]$は全体剛性マトリックスを表す。また、接合部における、すべり量Δ_{ij}と対応する荷重をP_{ij}との関係は実験からパラメータを求め、曲線を適切な式で近似した。これより、(3)式をニュートン・ラプソン法のような繰返し計算を行い、水平荷重を増分させ、変位が収束したときを解とし、逐次変位を求めることができる。

さらに、地震力が加わった場合の、運動方程式は次式のように表すことができる。

$$[M]\{\ddot{q}(t)\} + [C]\{\dot{q}(t)\} + \{F_C(t)\} = -[M]\{r\}\ddot{x}_g(t) \qquad (4)$$

$\ddot{q}(t)$、$\dot{q}(t)$、$q(t)$、$\ddot{y}(t)$はそれぞれ時刻tにおける加速度、速度、変位、地動加速度、$[C]$は等価粘性定数、$\{F_C(t)\}$は時刻tにおける復元力である。時刻歴応答は、ニューマークのβ法（平均加速度法）を用い、(4)式を逐次積分することにより変位を算出することができる。この手法は、時刻tと$t+\Delta t$における微小時間Δtにおいては次式が成り立つことをしている。

$$[M]\cdot\{\Delta\ddot{q}\} + [C]\cdot\{\Delta\dot{q}\} + \{\Delta F_C\} = -[M]\cdot\{r\}\Delta\ddot{x}_g$$

$\Delta F_C = K_T \cdot \Delta q$であり、$K_T$は復元力の接線剛性を表し、$i$-$j$接合部の履歴曲線から得られるすべり係数の接線勾配である。全体質量マトリックスは、フレームの上枠上に質量M_Tの質点が作用し、各下地の質量はその中心に集中していると仮定した。また、木質耐力壁における主なエネルギー吸収は、接合部における塑性履歴によるものであり、二次的には材料内部の摩擦など塑性によらないものである。これらのエネルギー吸収は、実験で得られた減衰と等価な粘性減衰に置き換えた。ここでは、等価減衰定数を質量に比例した値として、比例定数αを用いて次式で表す。αは実験により適切に定めた。

$$[C] = \alpha[M] \qquad (5)$$

3．実験

まず、接合部における1面せん断実験を行った。2X4材の樹種はS-P-F、下地材としては9mm厚合板（樹種はカラマツ）、12mm厚OSB（Oriented Strand Board）、7.5mm厚MDF（Medium Density Fiber Board、商品名ダイライト）、釘は枠組壁工法用CN50である。実験は、釘2本の接合部におけるすべり量が、概ね1.0mm、-1.0mm、2.0mm、-2.0mm、±3.0mm、±4.0mm、±5.0mmの正負繰返し、荷重－すべり曲線を測定した。試験体は下地各2体とした。これより、包絡線を作製し、すべり量Δ_{ij}と対応する荷重をP_{ij}との関係を表すパラメータを求めた。その結果、近似式は実験値を再現していることが分かったる。

次に、振動台を用いて、耐力壁に関する時刻歴応答実験を行った。試験体は、枠組壁工法耐力壁である。耐力壁の寸法は、高さ1,820mm、幅910mm、下地は9mm厚カラマツ合板1枚である。釘は、水平方向には上下枠材に、鉛直方向には左右および中央に100mmピッチでCN50を打った。合板のせん断弾性係数G=49kN/mm^2、密度ρ=5N/mm^3、(4)式における比例定数αは、釘接合部繰返し実験におけるエネルギー吸収を参考にして、0.01とした。

振動台実験は水平 1 軸加振とした。振動台の上にまず鋼製フレームでできた冶具を固定した。冶具の役割は試験体加振方向への転倒防止及び面外方向への振れ止めである。試験体は振動台上にボルトとストッパーによって固定し、慣性力を得るために、試験体の上部に質量を載せるための箱形の冶具を設置した。質量には袋詰めした鉄砂を用い、質量が振動によって移動しないように質量設置用の箱形冶具内に仕切を設けた。実験で設定した質量は 800、1000、1200、1400、1600kg である。入力地震波は El Centro1940NS と JMA Kobe1995NS である。また、JMA Kobe の波形をそのまま使用すると、最大変位が使用した振動台の最大ストロークを超える恐れがあったため、最大加度を維持し、かつ、変位を抑えるために加速度波形の時間軸を 0.975 倍に短縮した。試験体は質量、入力地震波の異なる実験毎に新しいものを用いた。主な測定項目としては、振動台上の加速度、試験体頂部の応答変位と応答加速を測定した。データのサンプリングは 200Hz 刻みで行った。

4．結果と考察

質量 800kg における El Centro 波に対する応答変位の推定値は、実験値を比較的よく表していると考えられるが、JMA Kobe 波では、推定値が、耐力壁が途中で傾いた状態で振動していると思われる波形を表している。これは、合板に打たれた釘のうち、いくつかの釘接合部のせん断力に対する抵抗力が 0 となってしまい、このような波形になってしまったと考えられる。El Centro、JMA Kobe 両波形で、質量がさらに大きくなった場合も、同じようなことが生じてしまった。また、合板以外の OSB、MDF についても、同様の推定を行ったが、パラメータの値に大きな差がなかったため、合板の場合と同様の結果になった。

これは、載加重量による鉛直力の効果をモデルが考慮していないためと考えられる。また、振動台実験では、試験体の脚部の浮き上がりを防ぐため、引き寄せ金物を用いている。しかし、モデルでは、ピン接合を仮定しており、このことも推定値と実験値の相違に影響を及ぼしていると考えられる。したがって、鉛直力による効果および脚部における拘束力を考慮したモデルの見直しが必要である。

これまでの結果では、接合部の静的な非線形挙動をもとに、耐力壁の時刻歴応答を推定することができなかった。しかし、今後、モデルの再考を行い、接合部の静的な繰り返しせん断実験による非線形挙動を用いることにより、それらの要素を用いた耐力壁の地震波に対する時刻歴応答を推定することができれば、静的挙動の推定も可能であり、個々の耐力壁の静的挙動を重ね合わせることにより、建築物における壁線の静的挙動が推定でき、さらに、それぞれの壁線の静的挙動をもとに、ねじれを考慮した運動方程式を作成すれば、建築物自体の地震波に対する時刻歴応答も可能となることが期待できる。

04-15 屋内光条件下で作用する複合型光触媒による微生物／ウィルス粒子の不活性化技術の開発

大阪大学大学院基礎工学研究科
教授　田谷　正仁

研究成果概要

近年，清潔な環境を維持するという観点から，優れた酸化力を有する二酸化チタン光触媒を用いた光殺菌システムが，広範囲の微生物に有効に作用する新規殺菌技術として注目されている．室内環境中に存在する微生物の多くは，固体表面に付着して増殖・拡散することから，光触媒を固定化した表面において付着した微生物を殺菌することで，室内環境中の微生物を低減できる．実使用環境を想定した場合，二酸化チタン光触媒の利用には，屋内照明光照射下でいかに高い殺菌活性を発揮させるかが重要な課題となる．本研究では，実用的な観点から，これら課題を解決するため，気相光殺菌反応系における定量評価ならびに屋内照明光照射下において有効に機能する光殺菌面の設計と評価を行った．

二酸化チタンを用いた光反応システムに関する研究が盛んに行われているが，気相中に存在する細胞を反応物とし，その殺菌過程で定量的に評価する検討はほとんど行われていない．本研究では，建築用資材表面での殺菌システムを想定し，二酸化チタン粒子を負荷したプレート表面における気相中微生物の不活性化について定量的検討を行った．所定の密度(D_{TO} = 0 - 1.0 kg/m^2)となるように調製した二酸化チタンを含む生理食塩水をシリコンゴム製の枠を設けた石英プレート上に 0.3 cm^3 塗布した．複数枚のプレートを装置内の石英板上に乗せ，大腸菌 IM303 株を所定の濃度まで培養して超音波式噴霧器を用いて装置内気相中に噴霧し，石英板下方より光強度 I_0 = 15 W/m^2 で光照射することにより，プレート表面に落下した生細胞を殺菌した．まず，プレート上での IM303 株の殺菌特性を調べた．いずれの二酸化チタン濃度，初期細胞密度で実施した場合も，生存細胞数 N_V の対数値は光反応時間に対して直線的に減少した．本実験系における殺菌反応を速度論的に評価するために，series-event model に適用し，見かけの殺菌速度定数 k'を算出したところ，試験した範囲では初期細胞密度 $N_{V,0}$ に依らず，k' はほぼ一定(k' = 0.526 min^{-1})であった．次に，大腸菌を気相中に噴霧し，プレート上に落下した生細胞を不活性化する実験を行い，プレート表面細胞の N_V の経時変化を調べた．光照射を受けたプレートでは，N_V の値は，初期においては光照射時間の進行とともに増加し，t = 3 min において最大値に達し，その後は徐々に減少して，t = 20 min では，光照射を受けたプレート上では生存細胞が検出されなかった．一方，光照射を受けなかったプレートでは，N_V は遅れ時間 (t = 0 - 0.4 min) の後上昇し，t = 3 min で安定状態になった．そこで，プレート上の生存細胞の物質収支式と蓄積速度式，殺菌速度式より，N_V を計算したところ，計算値は光照射を受けた二酸化チタン負荷プレート表面の生存細胞の実測値とほぼ一致することが分かった．

二酸化チタン光触媒の屋内光照射下での低い殺菌効率を向上させるために，銅成分添加によるフェントン様反応を組み合わせることを検討した．

TiO_2 薄膜上に 10 mmol/m^3 $CuCl_2$ 水溶液を置き，白色蛍光灯照射の下（I_0 = 28 W/m^2），水溶液中で Cu^+に対して特異的に反応して発光するキレート剤であるバソキュプロインジスルホン酸塩（以下 BC）を用いて，反応液中の Cu^+イオン濃度を測定した．暗条件下の TiO_2 薄膜上では，ほとんど Cu(I)-BC は増加しなかったのに対し，白色蛍光灯照射下の TiO_2 薄膜上の反応液中の Cu(I)-BC の濃度が増加した．このことから，白色蛍光灯のような紫外光が微弱な光源

によっても，TiO_2 薄膜表面で Cu^{2+}が Cu^{+}に還元されることが分かった．そこで，次式に示すような Cu^{+}によるフェントン反応を介して，TiO_2 表面上において光触媒によって生成した H_2O_2 からより反応性の高い・OH を生成させ，室内蛍光灯のような微弱紫外光照射下において，光殺菌効率を高める反応系を考えた．

$$Cu^{+} + H_2O_2 \rightarrow Cu^{2+} + \ ・OH + OH^{-} \qquad (1)$$

$$Cu^{2+} + e^{-}\ (TiO_2) \rightarrow Cu^{+} \qquad (2)$$

ガラス板上では，大腸菌 IM303 株に対して直接作用しない濃度の $CuCl_2$（10 mmol/m^3）を投与し，TiO_2 薄膜上での殺菌活性を調べたところ，光殺菌活性の著しい向上が見られた．この結果をふまえ，溶液中ではなく，TiO_2 薄膜表面において固相の Cu(I)と Cu(II)を介した光殺菌機構を有する殺菌反応場の検討を行った．TiO_2 薄膜のコーティング液原料に銅塩を加えることにより，銅含有 TiO_2 薄膜（以下 Cu/TiO_2）を調製した．同様の光殺菌実験によって光殺菌活性を比較したところ，銅を含有しない TiO_2 薄膜に対して，銅含有 TiO_2 薄膜は光殺菌活性が著しく向上した．また，元素分析により 6 h Cu/TiO_2 上に静置した反応液中の Cu^{2+}濃度を測定したところ，9 mmol/m^3 程度の Cu 成分の溶出が認められたが，この濃度の Cu^{2+}では，溶出した銅による直接的な不活化効果はないことが確認された．

次に，屋内照明光照射下の実使用環境を念頭に，光殺菌効率におよぼす環境因子について調べたところ，反応液中に含まれる無機塩が殺菌活性に大きな影響をおよぼすことが示されたため，大腸菌ファージの不活性化における銅および無機塩の共同効果について検討した．

白色蛍光灯照射下，10 μM の $CuCl_2$ および NaCl 100 mM を TiO_2 薄膜上に添加し，ファージ相対力価の経時変化を測定した．TiO_2 薄膜上に $CuCl_2$ のみを添加した場合，添加しない場合と比べて活性が少し向上した．さらに，$CuCl_2$ と NaCl を同時に添加した場合，TiO_2 薄膜の活性が著しく増加するということが分かった．また，TiO_2 薄膜の代わりにガラス面を用いた場合にはファージ不活性化効果は認められず，活性の向上は $CuCl_2$，NaCl，TiO_2 および光の四要素が必要であることが示された．また，NaCl のうち Na^{+}と Cl^{-}のどちらかが活性向上に寄与しているかを検討するため，KCl または $NaNO_3$ と 10μM の $CuCl_2$ を添加してファージ不活性化実験を行った．KCl を添加した場合，NaCl を添加したときと同様の不活性化速度定数の向上が見られたが，$NaNO_3$ を加えた場合，NaCl や KCl を添加したときにみられたような不活性化速度の増加は認められなかった．以上のことから，反応液中に塩化物イオンが存在することで Cu^{2+}が Cu^{+}に還元され，それによってフェントン様反応が促進された結果，高い不活性化効果が得られたものと考えられた．

本研究に関する発表

1) 佐藤尚志，田谷正仁　「白色蛍光灯照射下，酸化チタン薄膜上での大腸菌殺菌に及ぼす銅含有効果」　化学工学会第 37 回秋季大会，岡山，2005 年 9 月

2) 大西恭子，有村直美，佐藤尚志，田谷正仁　「白色蛍光灯照射下，酸化チタン薄膜上で有機酸がファージの不活性化に及ぼす効果」　化学工学会第 71 年会，東京，2006 年 3 月

3) 田谷正仁，大西恭子　「二酸化チタン薄膜によるファージ不活性化に及ぼす銅および無機塩の共同効果」　第 58 回日本生物工学会大会（2006 年度），豊中，2006 年 9 月

4) 大西恭子，泉 貴博，田谷正仁　「銅共存下における二酸化チタン薄膜によるファージの不活性化」　日本農芸化学会 2007 年度大会，東京，2007 年 3 月　（予定）

04-17 免震ゴム材料の高性能化に関する基礎研究

京都工芸繊維大学

助手　池田裕子

地震大国　日本において、ビルや橋げた、住宅などの免震技術の発展は重要かつ緊急な課題である。神戸大震災を機に本格的に免震設備の導入が増加し、免震材料の開発研究も活発に行なわれてきた。免震技術の開発において、一つのキーポイントとなるのはゴム材料である。現在、カーボンブラック充てん系 NR 架橋体がゴム系免震装置の素材として用いられているが、その高強度、高弾性については、未だ、十分には解明されておらず、免震ゴムの材料設計に有用な知見を得るために NR／カーボンブラック（ＣＢ）系材料の特徴を基礎科学的に探究することが急がれる。そこで、本研究ではＣＢ充てんＮＲ架橋体の変形に伴う高強度化の要因を、変形速度に追随してリアルタイムに明らかにすることを目的として、シンクロトロン放射光を利用した一軸延伸下での in situ（その場観察）広角Ｘ線回折実験を行った。すなわち、NR が外力に応じて伸長結晶化して高強度ゴムとなる現象に補強充てん材ＣＢがどのように影響しているかをシンクロトン放射光を利用して、結晶化挙動と応力と歪との同時時分割測定を行った。

試料は、表１に示す配合に従ってＣＢ充てん量を変量した配合物を 140℃で熱プレスを行い作製した。厚さ 1mm の試料をリング状に打ち抜き、引張速度１０mm/min で一軸引張試験と WAXD 測定の同時測定を SPring-8 BL-40XU ラインにて行った。Ｘ線の波長は０．８３Å、露光時間は２００msec、カメラ長２１７mm で、検出器にはＣＣＤカメラを使用した。歪０．５ごとに得た二次元ＷＡＸＤパターンに厚み変化による吸収補正を行い、全散乱体積に対する結晶の散乱体積の比を求めて、結晶化度の指標となる Crystallinity index（ＣＩ）と配向したアモルファス相の割合の指標となる “Oriented amorphous index”（ＯＡＩ）を得た。その結果、　世界一高輝度の SPring8 シンクロトロン放射光施設において、初めて、ＣＢの充てん量を０pnr から８０phr と変量させて作製したＣＢ充てんＮＲ加硫物の伸長結晶化挙動を明らかにすることが出来た。図１に示すように、応力―ひずみ曲線はＣＢの充てん量の増加に伴い応力の立ち上がりが低歪から上昇すること、また、ＣＢ充てん量が４０phr を超えると伸長直後から応力が急上昇する傾向を示した。図２に

Table 1　Recipe of NR vulcanizates (phr[a])

Sample code	NR-0	NR-5CB	NR-10CB	NR-20CB	NR-40CB	NR-60CB	NR-80CB
NR	100	100	100	100	100	100	100
Stearic acid	2	2	2	2	2	2	2
ZnO	1	1	1	1	1	1	1
CBS[b]	1	1	1	1	1	1	1
Sulfur	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
CB	0	5	10	20	40	60	80

[a] Parts per one hundred rubber by weight.

[b] *n*-Cyclohexyl-2-benzothiazole sulfenamide.

示すように、WAXD 測定より全ての試料についてＣＩは歪に対して直線的に増加し、４０phr までではＣＢ充てん量が増えるにつれて結晶化開始歪（α_c）が低歪側にシフトして結晶化速度も小さくなる傾向が認められた。ＣＢ含量が４０phr 以上になるとα_cや伸長結晶化速度には大きな違いが見られず、８０phr ではほとんど伸長結晶化は起こらないことも明らかとなった。α_cの低下は、ＣＢとゴムとの相互作用が架橋点の働きをし、網目鎖密度が上昇した結果、ＮＲ分子鎖の配向が促進されたためであると考えられる。結晶化速度の低下は、ＣＢがＮＲセグメントの結晶化にとっては不純物として働き、結晶成長を阻害したためでると考えられる。４０phr あたりから引張物性においても伸長結晶化挙動においても低ＣＢ含量試料とは異なった挙動を示したのは、ＣＢがフィラーネットワークスを形成したためであろう。つまり、ＣＢとゴムとの相互作用よりもＣＢ同士の相互作用の方が大きくなって、力学物性に及ぼすＣＢのメカニズムが変わったことによると推測する。また、応力を担うのはゴム鎖の結晶成分よりもＣＢの方が大きいことが、また、ＣＢが高含量になるほどそれが顕著になることも判った。

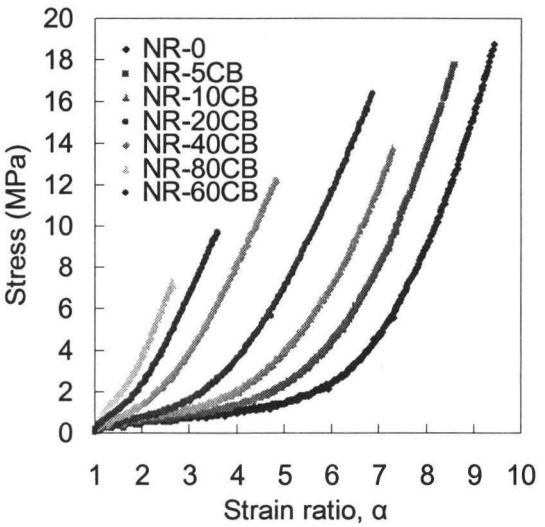
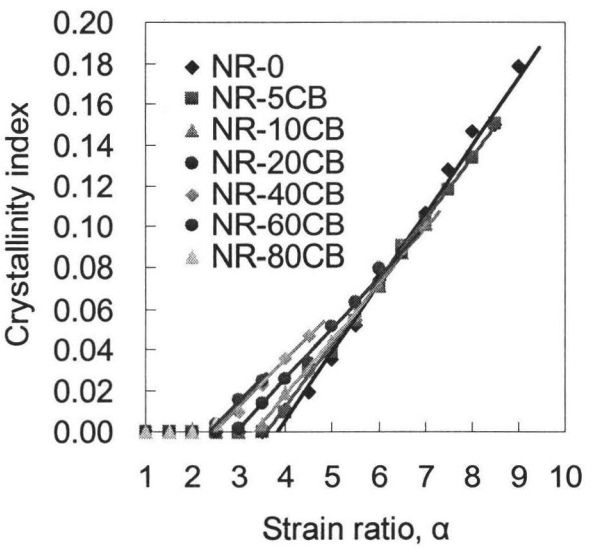


Fig.1 Stress-strain curves of NR vulcanizates.



strain-induced crystallization of NR vulcanizates.

本実験で明らかになった「ＣＢ充てんNR 加硫物において、８０ｐｈｒの高含量ＣＢ充てんが伸長結晶化を阻害すること」は大変興味深く、ＣＢの補強効果が、ＣＢが形成する凝集構造に起因していることをこれまで以上に明確に示すことができた。我々は、3D-TEM 観察によってＣＢが作る三次元ネットワークスの可視化に世界ではじめて成功しており[1)]、今後、ＣＢのモルフォロジーと伸長結晶化を含めた材料の物性との相関を明らかにしてゆく。また、ＣＢの体積やＣＢの凝集によって形成されるオキュルードラバーの体積を考慮した考察を深める。

引用文献

1）S. Kohjiya, A. Katoh, T. Suda, J. Shimanuki, Y. Ikeda, *Polymer*, **47**, 3298(2006).

謝辞 本研究は高輝度光科学研究センターの許諾により、SPring8 BL40XU にて実験を行いました。（課題番号：2005A0425-ND1b-np）

04-19 建築一体型空調設備としての窓システムシミュレーションモデルの構築

工学院大学
教授　宇田川光弘

はじめに

高断熱窓やエアフロー窓、ダブルスキン外皮など最新の窓システムは、建築一体化空調システムの一部とも考えられ室内熱環境の快適化と空調用エネルギーの低減化を両立させるものとして注目されている。本研究では、これらの最新窓システムの室内環境および空調用エネルギー消費量への影響を定量的に評価するためのシミュレーション手法およびその活用を課題としている。

具体的には、室内熱環境年間熱負荷シミュレーションおよび空調システムシミュレーションへの適用を前提として、高断熱窓やエアフロー窓、ダブルスキン外皮など最新窓システムのシミュレーションアルゴリズムを構築する。また、構築したアルゴリズムを使用して最新窓システムを設置した建物についてのシミュレーションを実施し、室負荷、空調機負荷、空調用エネルギー等について評価を行うことを目的とした。

1．最近の窓システムと窓の熱計算

国内に加えドイツを中心とするヨーロッパやアメリカ、カナダでの事例など、最近の建築で使用されている窓システムについて、ガラス、サッシなど窓の基本的な部材、ブラインドやルーバーなどの日射遮蔽装置、またエアフローウィンドウやダブルスキン外皮などの空気流通型窓についてのデータを収集し、シミュレーションモデル構築の基礎資料とした。従来、ヨーロッパの建築は窓が小さいのが特徴と言えたが、最近では、住宅、大型建築ともに窓の大きな新築建物が多く見られるようになった。これは、窓の断熱性能、遮熱性能が向上したため暖房や冷房用のエネルギー消費量の増加させることなく、また室内熱環境の快適性を維持しながら昼光による光環境の快適性を享受することを具現化したものと思われる。窓に関する建築技術は益々重要さを増してきた例といえる。

最新窓システムの事例調査に加えて、窓に関する熱計算法についても調査を行った。最近、ISOでは建築の熱計算に関する規格が多く作成されている。窓の熱計算に関してISO 10077-1、ISO 10077－2 ではサッシを含めた窓の熱貫流率の詳細な計算法が示されている。また、ISO 15099 では、窓枠の計算に加えて日射遮蔽装置も含めた日射熱取得について詳細な計算法が示されている。これらは、年間シミュレーションアルゴリズムに直接利用するには必ずしも適さないが、最新窓システム用アルゴリズム構築の基礎資料として重要である。

2．窓の熱計算方法の構築

従来、開口部においてガラス部分とサッシ部分の扱いは明確でなく、開口部は全てガラスとみなした窓の計算法が一般的であった。最近では、ガラス部分、サッシュ部分とも断熱性能が

向上し、窓性能はガラスとサッシの組み合わされた「窓」として性能表示されるようになってきた。このため、年間シミュレーション用アルゴリズムにおいてもガラス部分とサッシ部分を明確に分ける傾向が見られる。本研究では、筆者が開発してきた汎用シミュレーションプログラムEESLISMに組み込むことを前提に、最新窓システムのアルゴリズムを構築した。基本方針は次の通りである。

1）基礎式としてガラスと窓枠とは分離する。また、基礎式では、日射熱取得もガラスと窓枠も分けて考える。

2）室温、熱負荷シミュレーションアルゴリズムへの適用では、ガラスと窓枠は一体であるとする従来の窓計算法を準用できるような窓計算アルゴリズムを構築する。

このほか、表面熱伝達率が変化する場合にも対処できるモデルとする。外部および内部の表面熱伝達率の変化は、熱貫流率のみでなく日射熱取得にも影響を及ぼすので、日射熱取得についてもその影響を考慮しうるものとする。このような方針に従い、窓枠を考慮した窓の熱計算法についての計算法を作成した。

3．空気流通窓の計算法

ダブルスキン、エアフローウィンドウ、プッシュプルウィンドウなど空気流通窓により建築外皮を二重化してペリメータの熱環境をインテリア化するとともに空調負荷の削減を期待する二重窓システムの事例が、多く見られるようになってきた。この方式は建築と空調システムを一体した環境制御システムの1つと考えられる。性能の評価や設計においても建築の窓システムと空調システムを統合化したシミュレーションが効果的と期待される。

本研究では、エアフロー窓やダブルススキンなど二重となる建築外皮部位の中空層内を空気が流通する窓システムについて、EESLISMでの室内熱環境、熱負荷シミュレーションへの適用を前提としてアルゴリズムを作成した。計算モデルとして、次に示すように、a)一体化モデルとb)室計算モデル準用の2種類が考えられる。

a)一体化モデル

エアフロー窓などを複層ガラス窓のように扱うが、中空層を空気が流通する1つの窓システムとして扱うモデル。外部から内部への1次元的熱流を仮定するが、流通空気の入口から出口までの温度変化は考慮される。

b)室計算モデル準用

二重外皮の空気層部分を空気流通のある1室として考える。空気流通窓やダブルスキン外皮の空気が流通する中空層をガラスに挟まれた1つの部屋と考え多数室室温計算モデルを準用するモデル。室温計算モデルでは、室温均一が大前提であるので、中空層の温度分布は考慮されない。中空層への流入、流出空気の経路は、一般の空調システム空気系統の経路指定と同じに考えられる。

4．汎用シミュレーションプログラムEESLISMの拡張および総合性能評価

窓枠の影響を考慮する窓の熱計算モデルを熱負荷シミュレーションに適用できるような形式で作成した。また、空気流通窓や大きな中空層のあるダブルファサードの熱的性能を総合的

に把握するため建築設備一体化システムの視点から、そのアルゴリズムを作成し、シミュレーションプログラム EESLISM への組み込みを行っている。EESLISM は「C」言語を用いて作成されているため、具体的は関連データ記述のための窓システムについての構造体の追加、計算のための関数の作成を行っている。

2 章で述べた計算方法を検証するため、実験用空調システムを使用して収集したデータを用いて、表面熱伝達率の検討を行った。また、熱貫流率、日射熱取得率等を試算し、アルゴリズムの検証を行った。さらに EESLISM で使用するデータベースとしてシミュレーションプログラムに組み込む準備として、必要な窓材料、部材の仕様や物性値についてのデータを調査、収集した。

建物を想定した総合的な性能評価は、本格的には最新窓システムについての EESLISM の拡張が完了した段階でシミュレーションを実施するが、建物モデルの作成や現在の EESLISM でシミュレーション可能な建築一体化空調システムのシミュレーションモデルについては一部シミュレーションを行った。

事務所ビルについて窓を高断熱化した場合に暖房負荷を大幅に軽減でき、冷房専用の空調システムが可能性を検討した。この結果、窓を複層ガラスとすることにより、東京の気象条件で標準的な室内発熱量を与えた場合でも冬季の暖房負荷は大幅に削減できることを示した。暖房用エネルギーが削減される効果もあるが、冷房専用システムでも年間空調が行える可能性が示され、システムの単純化によるシステム効率の向上が期待できることがわかった。

5．まとめ

窓に関する熱計算について、ガラス部分と窓枠部分を分ける計算法に基づき、貫流熱量、日射熱取得および透過日射について熱負荷シミュレーションアルゴリズムに組み込む方法を述べた。また、窓システムについての詳細計算結果や性能試験によって、熱貫流率や日射吸収率や透過率などの標準的な性能仕様が与えられる場合に、内・外表面熱伝達率が変化する場合の修正法やガラス窓本体の熱的、光学的性能が既知の場合にブラインドのような窓面に付加的に設置される日射遮蔽材や断熱材の効果に対する修正法などシミュレーションアルゴリズム構成上重要な手法についても示した。

今後は、EESLISM を用いた本格的なシミュレーションを行う。また、アルゴリズムの検証を重ねてゆくとともに、ファサード一体型の太陽光発電システム、太陽熱集熱器など、より積極的に自然エネルギー利用を図る窓システム、ファサードシステムについても総合的な性能評価を目指して、シミュレーションアルゴリズムを開発してゆく。

04-20 天然水硬性石灰(NHL)の用途開発と材料･環境特性に関する研究

工学院大学
助教授　中島　裕輔

1．本研究の目的と概要

近年、シックハウス問題、建築系廃棄物問題、湿気・結露の問題などが起きている中で、無垢の木材や土壁・漆喰など伝統的な天然素材の良さが見直されつつある。本研究では、最近フランスなどで健康や環境に対する意識の高まりからセメントモルタルに代わって見直され始めている天然水硬性石灰(NHL)に着目した。NHLは珪土質の天然石灰岩を焼成後、水を付加して消化することで得られ、水中で硬化（水硬性）した後、さらに空気中で緩やかに硬化（気硬化）し再石灰化するという完全循環型の100%天然材料である。混合する骨材・すさ材料の配合割合を変えることで、断熱性、調湿性、吸音性、耐火性等を発揮するとともに、水硬性によって接着剤が不要のため、健康配慮型建材とも言える。本研究では、このNHLを使用して骨材・すさ材料の配合割合を変えながら、NHLの各種環境性能を把握することを目的としている。

研究概要としては、NHLの環境性能調査として、断熱・蓄熱といった建物の省エネに関わる「熱的性能」、室内の湿気を調整する「吸放湿性能」、シックハウス原因物質や臭い成分の軽減に関わる「ガス吸着性能」の大きく3種類について検証をおこなった。

2．各種NHL試験体による単体性能調査

2.1　熱的性能

NHL左官試験体の熱伝導率について、籾殻の有無や珪砂の種類を変えて測定を行ったところ、籾殻の無いものは1.2[W/mK]前後と一般プラスターと同等であるが、籾殻を混入すると0.6[W/mK]前後と土と同等となり、籾殻の有無で断熱性能に大きな違いが現れることが分かった。

NHL版築試験体及びNHL+籾殻断熱材の熱伝導率・容積比熱について、籾殻の有無や配合比を変えて測定を行った。NHL版築壁はコンクリートより優れた断熱性能を持ち、コンクリートの7割程度の容積比熱を持つことが分かった。NHL+籾殻は断熱性ではグラスウールに劣るが、木材と同等程度の性能があった。熱拡散率を算出すると、NHL版築壁はコンクリートに比べて優れた蓄熱性能があることが確認された。

2.2　吸放湿性能

NHL試験体試験体の配合比・塗り厚・表面仕上げを変えて24体の試験体を製作し、JISの吸放湿試験に準拠(中湿域)して簡易測定を行った。その結果、吸放湿性能に最も影響を与えるのが籾殻の有無であり、籾殻を入れることで吸放湿性能は向上した。厚塗り・表面粗面も若干向上するが、籾殻ほどではなかった。次にこの簡易測定で結果が良かった3体について、（財）建材試験センターに委託して測定したところ、同様に籾殻の有無で性能に違いが見られた。市販の

調湿建材と同等以上の性能であり、配合比によってはさらなる向上も見込めると思われる。

2.3 ガス吸着性能

試験体を匂い袋に入れて検知管を用いて初期濃度8ppmで実施したホルムアルデヒド吸着性能試験の結果、籾殻有の試験体より籾殻無の試験体の方が高い吸着性能を表した。また籾殻有で比較をすると10㎜厚より7㎜厚の薄い試験体の方がよく吸着したため、厚さはあまり関係ないといえる。これらのこれを芳香消臭脱臭剤協議会による分析式にあてはめ、初期濃度0.3ppm、表面積12㎡、空間容積5000L（トイレ空間）を想定し計算すると、厚生労働省の指針値0.08ppmまでは1時間半ほどで削減できることが推察された。

ホルムアルデヒドと同様の方法で、初期濃度200ppmで実施したアンモニア吸着性能試験の結果、籾殻有7㎜の薄い試験体が最も高い吸着性能となり、約2時間後には初期濃度の約4分の1となった。前述の分析式にあてはめて初期濃度2ppmでトイレ空間を想定し計算すると、3時間で全て吸着する結果となった。

以上の試験結果より、NHL左官試験体では、ホルムアルデヒド、アンモニアともに高い吸着性能を発揮したと言える。

3．NHL施工建物における実測調査

3.1 吸放湿性能に関わる実測調査

北九州市に建つ集成材を利用した実験小屋、及び箱根湯本の旅館客室の内壁、天井にNHL左官を施工し、それぞれ室内の温湿度環境を測定した（どちらも2005年秋）。その結果、実験小屋では、外気湿度の大きな変動に関わらず室内を50～60%の湿度に維持する調湿性能が確認された。また旅館客室では、NHLを施工していない客室と温熱環境を比較したところ、NHL施工室の方が室内の上下湿度分布にほとんど差が見られず、こちらでは特に天井面に施工したNHL左官の影響と思われる調湿効果が見られた。

以上のように、NHL左官は室内の相対湿度を調整する一定の性能があることが確認された。

3.2 熱的性能に関わる実測調査

実験的にNHL版築を内外壁に利用した住宅F邸において、室内温熱環境の実測調査を実施した。実測は2006年8月に計測機材を設置し、夏期・中間期・冬期の各期においてデータを収集し、分析を行った。

その結果、特に中間期から冬期にかけて、版築壁の蓄熱・断熱性能と見られる効果によって、外部の大きな温度変化に比べて室内の温度は非常に安定しており、快適な環境に保たれていることが確認された。また外壁内部の温度測定結果からも、外部環境の変化を緩和する版築壁の優れた蓄熱性能が確認された。

4．まとめ

本研究の結果によって、NHLを左官や版築として使用した場合の優れた断熱・蓄熱性能、吸放湿性能、各種ガス吸着性能を確認することができた。合わせて、保水性土舗装の固化剤としても有用性が確認された。完全な天然素材でこれらの環境性能を併せ持つ材料としてNHLは非常に珍しい材料である。個々の性能としてはまだ開発途上であり、今後も配合や施工方法を検討しながら、より良い環境材料として確立していく計画である。

04-21 地元産木材を活用した産直住宅のシステム設計

奈良女子大学大学院人間文化研究科
助教授　　中山　徹

1．本研究の背景と目的

本研究は地元あるいは近くの山の木を「地域材」と定義付け、地域材を活用した家づくりに取組む組織に着目し、その組織体制及び住宅供給の現状を把握することを目的とする。具体的には、近年活発化している木材生産者と住宅生産者が連携し、消費者を巻き込んで取組む家づくりについてその住宅生産及び組織概要を明らかにし、その特徴を把握することを目的とする（調査 1)。

さらに、先駆的な実践を行っている団体を調査した。また、こうした取組みの主導者が林業・木材関連業と住宅産業に大別できることに着目し、主導者別に組織体制や使用する木材に関する内容や住宅供給を把握することでその共通点・相違点を明らかにするとともに、両者の連携体制と取組み内容を考察する（調査 2)。

2．　調査方法

（調査 1)

地域材の活用を進める組織をインターネットにより把握し、全国 325 組織への郵送アンケート調査を行った。調査期間は 2004 年度と 2005 年度である。110 組織から回答を得た。回収率は 33.8%であった。

（調査 2)

調査 1 で有効回答を得た組織の中で、家づくりを行っていて主導者を把握できた 71 組織についての再集計をもとに分析した。ただし 71 組織中、林業・木材関連業主導は 18 組織と少ないことから、林野庁「顔の見える木材での家づくり」調査報告 4(218 組織中本研究で扱う主導者に分類できた 209 組織)で把握できた項目(主導者、規模、形態、年間供給数)についてはこちらのデータを用いて傾向を把握した。また、2005 年 6、7 月及び 12 月に 9 組織に対してヒアリング調査を行った。

3．(調査 1) のまとめ

木材生産者と住宅生産者の連携による家づくりの組織体制や目的、活動内容等について本研究で明らかとなったのは下記の通りである。

①「異業種が連携したネットワーク」で運営する組織が 80 組織(72.7%)と多い。設計事務所・工務店・製材所の加入率が高く、設計事務所・工務店の住宅生産者が発起人やリーダーである場合が多いことから、組織の大半が住宅産業を中心に活動している。組織は住宅産業主導型と林業・木材関連業主導型の 2 タイプに大別できた。構成員数について回答を得た 79 組織中 60 組織(76.0%)が構成員数 20 以下の規模であった。組織への入会はあっても退会は少なく、安定した体制を保っている。活動への賛同や地域材活用、異業種連携に賛同・興味をもって加入するが、移転・廃業や思った以上に仕事依頼が少ないなど、経営上の理由から退会する業者が多い。

②組織は山の自然環境維持(木材利用・利益還元・関連産業活性化・消費者意識向上)と林業から住宅建設までの流れ(顔)の見られる関係づくりの 2 点を主な目的として活動している。主な活動内容は、製材業者や設計・施工者と施主とのコミュニケーションの場を設けるものと、こうした活動への参加者を増やすための PR 活動の 2 種である。

③年間住宅戸数は 110 組織中 75 組織(68.2%)が 10 戸以下であった。「同業種間の連携」で活動する組織では年間 26 戸以上を供給している組織(26.1%)が、「異業種の連携したネットワーク」(3.8%)や「1 社のみ・その他」(14.3%)で活動する組織に比べて多かった。坪単価（外構工事・造り付け家具、設計費等は除く）は 50?60 万と回答した組織が 110 組織中 54(49.1%)であった。住宅価格に対する組織の意識は、「高い・やや高い」(52.8%)の回答がやや多かったものの、普通から安めとした組織と意見がほぼ二分された。住宅総工費に占める木材コスト割合は約 6 割の組織が全国的な傾向に同じコスト割合 20%であったが、コスト割合 20%以上の組織も 36.4%を占める。92 組織(83.6%)が流通短縮やプレカットといった木材分野でのコスト削減を行っていた。
④75 組織(68.2%)が住宅に地域材を 60%から 80%以上使用している。外材使用に関しては 45 組織が国産材のみとした一方で、52 組織は「予算によって」又は「予算に限らず」外材も使用している。木材のストックは「していない」組織が 43.6%であるが、年間住宅供給数 26 戸以上の組織で 70.0%がストック体制を確立していた。ストック量は「250 立方メートル以上」が 33.3%、次いで「50 立方メートル以下」の 28.3%であった。ただし年間供給数が少なくても十分な量の木材をストックしている組織も存在する。木材の規格化はしていない組織が 55.5%と多いが、プレカットは 45.5%の組織でされており、「する場合としない場合がある」を含めると約 6 割の組織がプレカットできる体制にある。
⑤60.4%の組織が「施主の獲得」を課題とし、ホームページ作成、営業パンフレット配布により顧客を獲得しようと活動する組織が多い。住宅完成前・完成後ともに組織の約半数が施主からのクレームを受けている。その内容は工期の長さ、地域材を利用することのメリット、木が割れる・割れる音がする等である。

4．（調査 2）のまとめ

①主導者別組織の共通点・相違点

共通点としては、両主導組織ともに任意団体の形態をとる組織が約 6 割、構成員数 20 以下の中規模が 7 割程度を占め、山や環境を意識して組織を結成・活動していたこと、年間供給数 10 戸以下の組織が半数程度を占めたことである。相違点としては、住宅産業主導組織に比べ、林業・木材関連業主導組織の方が主導者の専門業に関する分野の活動を積極的に行う傾向があり、木材のストック体制や規格化も進んでいた。また、国産材のみを使用する組織が約 6 割と多かった点である。

年間供給数やモデル住宅建設などを見ると林業・木材関連業主導組織の方が活発であり、住宅建設に関しては主導者の専門業に影響されていない。

②具体的事例にみる組織実態

林業・木材関連業主導組織は主導者の専門業を意識した目的、活動を行う傾向が強く、使用する木材の品質管理や提案する材へのこだわり、ブランド化に取組みながら住宅に関してもモデル住宅を設置して消費者にアピールしていた。一方で、住宅産業主導組織の中には木材と住宅両分野を一体的に扱う組織も存在し、住宅生産者側からの木材流通・林業への歩み寄りが見られた。また、必ずしも組織が住宅建設を直接請負う立場ではないことも明らかとなった。

以上のように主導者によって特に使用する木材の状況に違いが見られ、林業・木材関連業主導組織は専門業への意識が強い傾向にあった。主導者の専門分野への偏りが少なかった住宅産業主導組織には木材生産・流通を含めた家づくりを行う組織が存在し、それは林業経営と木材流通のあり方を見直し、木材供給拡大につながる取組みとして注目できる。このように住宅生産者を基本とする家づくりから、木材生産者や林業経営を含めた家づくりまで組織によってその位置付けは異なっていた。

04-22 再生骨材を用いた環境適応型ポーラスコンクリートの製造と屋上緑化基盤への適用

三重大学大学院工学研究科
教授　畑中　重光

1．本研究の背景と目的

ポーラスコンクリートは、一般に構造耐力を期待して用いられることがないため、鉄筋コンクリート構造物の解体時に排出される再生骨材の利用先として有望である。このため、本研究ではまず、再生骨材を用いたポーラスコンクリートの力学特性の把握を試みた。

また、建築分野におけるポーラスコンクリートの使用方法の一つとして、建築物の屋上緑化基盤がある。本研究では、土壌などを用いず水耕栽培による屋上緑化工法を採用して、ポーラスコンクリートの屋上緑化基盤としての適用性に関する検討を行った。

2．ポーラスコンクリートの圧縮強度特性に及ぼす再生骨材混入率の影響に関する実験

現実に得られる再生骨材の中には、様々な強度のものが混ざっているため、この低強度な再生骨材の混入率がポーラスコンクリートの圧縮強度の低下にどの程度影響を及ぼすかを把握することを試みた。本実験で用いたコンクリートの調合例を**表-1** に示す。

表-1　ポーラスコンクリートの調合例

設計空隙率 (%)	再生骨材混入率 (%)	W/C (%)	FL (mm)	単位量 (kg/m³) 水	セメント	砕石	再生骨材 (mm) 5-10	10-13	SP (%)
30	0	25	190	62	248	1512	0	0	0.435
	33			55	220	1008	161	286	0.395
	67			48	192	503	322	573	0.395
	100			41	164	0	483	859	0.395

注）W/C：水セメント比、FL：設計フロー値、SP:高性能 AE 減水剤添加率

使用する再生骨材は、圧縮強度が 20N/mm² 程度となるように原コンクリートの段階から製作し、その後、破砕および粒度調整を行ったものを用いた。

実験の結果得られた圧縮強度と空隙率の関係を**図-1** に示す。図中の推定式[1]における結合材強度には実験より得られた結合材強度 (130N/mm²) を用いた。再生骨材を用いたポーラスコンクリートでは全ての領域において骨材破壊が先行したと考えられ、圧縮強度が砕石のみのポーラスコンクリートと比べてわずか（5N/mm² 未満程度）であるが低下する傾向にあった。また、本実験の範囲では、再生骨材混入率の違いによる圧縮強度の差は明確に見られず、再生骨材などの低強度骨材が 30%程度以上混入した場合には、全て低強度骨材を使用した場合とほぼ同等な圧縮強度となると結論づけられる。

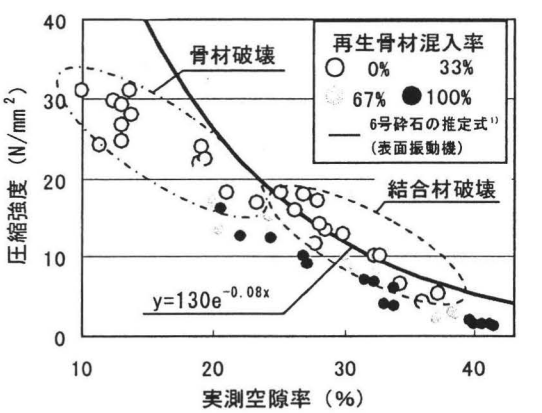


図-1　圧縮強度-空隙率関係

3．軽量ポーラスコンクリートを用いた水耕栽培による屋上緑化に関する研究

本実験の要因と水準を**表-4** に示す。空隙の大きさを変化させるために粒径を、また空隙の量を変化させるために空隙率をそれぞれ変化させた。植物の種類はセイヨウシバ、ハダイコン、ホワ

イトクローバの 3 種類を用いた。水位はある一定の水位 αG_{min} が常に保たれるように調節した。αG_{min} とは、緑化基盤用供試体の上面から水面までの距離を、最小骨材粒径 G_{min} の倍率 α で表したものである。ポーラスコンクリートの骨材には、屋上緑化を想定して自重軽減のために人工軽量粗骨材を用いた（水耕栽培においては、軽量骨材と再生骨材で植生基盤としての性能はほぼ同等と考えられる）。播種は 7 月下旬に行った。播種より 1 週間後に、顆粒状肥料を緑化基盤用供試体 1 体につき約 50g 与えた。

表-4　要因と水準

要因		水準
ポーラスコンクリート	粒径（mm）	5-10, 10-20
	空隙率（%）	20, 30
	厚さ（mm）	50, 100
	垂れ	有り, 無し
水位 αG_{min}（mm）		$0G_{min}$, $1G_{min}$, $2G_{min}$
植物の種類		セイヨウシバ ハダイコン クローバ

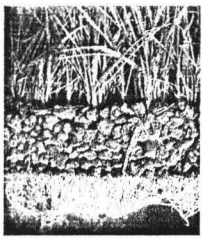


写真-2 根の様子（シバ 8 週）

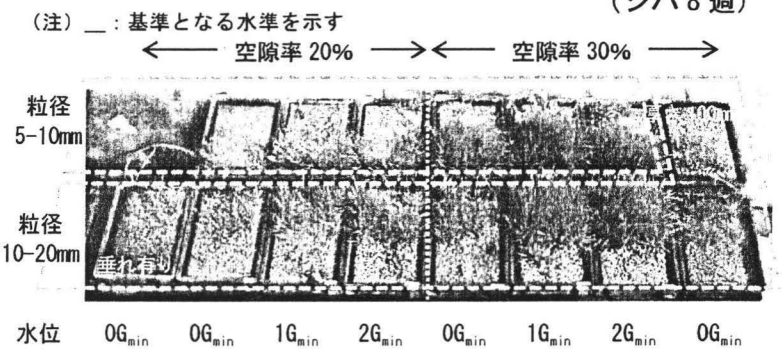


写真-1　実験全体風景（16 週）

実験の全体風景を**写真-1** に示す。シバおよびクローバの生育は良好であり、ポーラスコンクリートを緑化基盤とした屋上での水耕栽培は可能であることが確認された。また、厚さが 50mm の緑化基盤用供試体は、播種後約 1 ヶ月でシバの根が供試体を貫通したことも確認できた。**写真-2** は、8 週の時点の状況を示す。評価項目は、緑被率 [2]（供試体表面を植物が被覆した領域の面積比）および目視観察結果とした。また、シバは草丈も評価項目とした。実験の結果、本実験の範囲では、植物の生育には空隙率による影響が最も大きく、空隙率が大きい方が生育が良好であった。これは、空隙率が大きいほど空隙の量が多く、空隙の量の多さは根が成長できる領域の多さであるということに起因していると考えられる。

その後、1 年間水位の保持のみを継続した結果、冬期には葉が茶色くなるなど変化がみられたが、その後、春には新しい芽が生え始め、1 年後の 6 月には初年度以上に旺盛な生育が観察された。以上より、本手法による屋上緑化には持続性も期待でき、充分に実用に耐え得ると言える。

4. まとめ

本研究では、ポーラスコンクリートの圧縮強度性状に及ぼす再生骨材の影響、および植生基盤としての適用性に関する実験的な検討を行った。その結果、低強度な再生骨材の混入により、ポーラスコンクリートの圧縮強度は低下し、その低下の度合いは再生骨材を 30%程度以上混入した場合では混入率によらずほぼ同等となることが明らかとなった。また、ポーラスコンクリートを緑化基盤とした水耕栽培による屋上緑化は可能であり、年間を通じた観察の結果からは充分に実用に耐えうることが確認された。

参考文献 1）畑中重光、三島直生、湯浅幸久：ポーラスコンクリートの圧縮強度-空隙率関係に及ぼす結合材強度および粗骨材粒径の影響に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、No. 594、pp17-23、2005. 8　2）山田敏昭、米澤敏男、柳橋邦生、中西康博：緑化コンクリートに生育した植物の冠水抵抗性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 19、No. 1、1997

04-23 土壌熱利用HP及び空気式床暖房システムに関する研究
－銅管を用いた熱交換器における性能測定－

宇都宮大学
教授　岡　建雄
助教授　横尾　昇剛
学生　籾山　達則

今後ＣＯ２排出量の削減が大きな技術的課題となってくると予想される。そこでエネルギー効率の高い土壌熱利用ＨＰシステムを提案し，そのエネルギー性能を把握する。昨年の研究では地熱用専用機器ではなく汎用ヒートポンプでの可能性を考察し，アースオーガを使用した掘削方法によって安価な土壌熱利用システムを構築することを目的としたものである。また，今後の床暖房の市場は大きいものと予想される。しかし温水式床暖房は漏水の危険性や冷房との二重投資，空調機による空気清浄や加湿がない等改善すべき点も多い。これらの欠点を解決すべく空気式床冷暖房を提案し，その快適性を検証したものである。

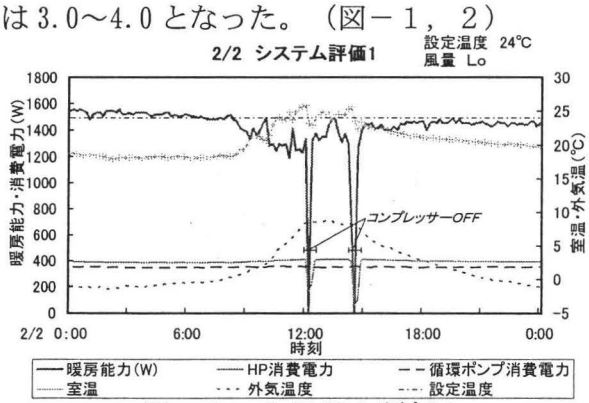
本システムの地中熱交換器は，昨年はポリエチレン管を使用し，内径 20A，埋設深度 6m とし，室外に地中熱交換パイプを 24 本（垂直部全長 144m）埋設して実験を行った。

空気式床暖房システムは，まず空調された新鮮な空気を一旦床下を通す。床下を通った空気は室内に供給される仕組みになっている。この空調システムで，床冷暖房による輻射空調の効果、床下からの空気による対流空調の効果の２つの効果が得られる。（図－３）

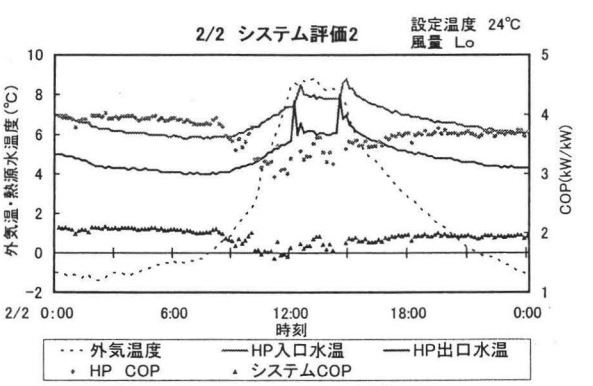
アースオーガを使用した結果，機械損料は１日当たり 3.5 万円，人件費，経費を含めて，１日当たり 15 万円ですむ。ボーリングではU字管を埋設すると，パイプ１ｍ当たり 6,200～11,500 円の土工事費用となるので，アースオーガを使用したほうが安価な土壌熱利用システムの構築が可能であることが明らかになった。（図－５，６）

昨年の運転実績面での実験は，地中内の深さごとの温度を測定した結果，土壌温度は１日を通して一定であり，深度２ｍ以上では 15℃以上の土壌温度となっている。

空気式床暖房システムを用いた結果では，床表面温度は 23℃程度で安定し，空気式床暖房システムは充分な床暖房効果を発揮することも明らかとなった。また，本システムのＣＯＰは 3.0～4.0 となった。（図－１，２）



図－１　システム評価１



図－２　システム評価２

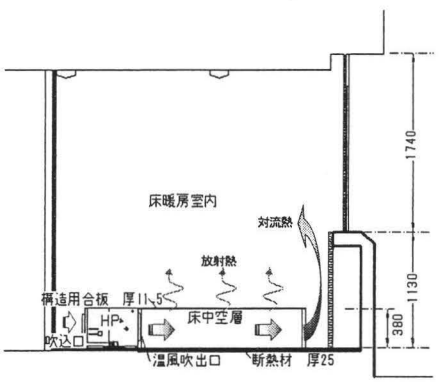
昨年の実験では地中熱交換器にポリエチレン管を使用し，地中を通り抜けたＨＰ入口付近の水温はおよそ７℃、出口付近はおよそ５℃という結果となり，地中から採取される熱が低かった。地中温度とポリエチレン管内を通る水の温度差に開きがまだ大きくあるので，地中からより高く且つより効率よく熱を採取できるのではないかと考えた。

そこで今年度は，熱伝導率でポリエチレンよりも高い数値をもつ銅に着目し，地中熱交換器を銅管にした場合の性能把握と，銅管時とポリエチレン管時の性能比較を目的とした。

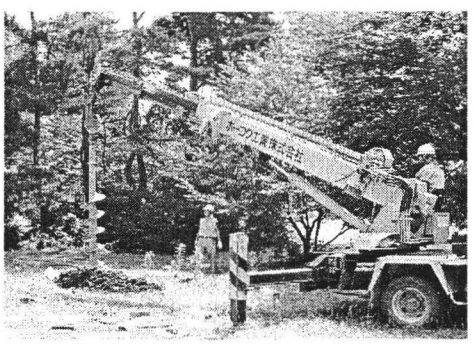
土壌温度（図－８）は昨年と近似して15℃以上の温度が得られ，１日を通して安定した土壌温度が得られた。運転実績面において昨年と比較すると，まずHP水温はポリエチレン管の時は数値が安定せず，銅管時はコンプレッサがOFFの時は平均温度より高いが，他は比較的安定していた。これはポリエチレン管より銅管時の方が土壌中の熱交換器を通した水が熱を多く吸収しているといえる。また，暖房能力では銅管時のほうが約100Wほど高くなり，床上下温度では1～2℃高い結果になった。消費電力では，流量を近似させて測定したので循環ポンプの消費電力はほぼ変わりなかった。HP消費電力は，HP水温が銅管時のほうが高いためかポリエチレン管時より約10W程度低かった。これらのためにCOPでは，HPのCOPが0.5ほど上がり，システムCOPは0.2ほど上がった。全ての点を見ても，グラフはそれぞれほとんど似た形をとったが，数値は銅管時のほうがポリエチレン管時より優れたものになった。

次に，熱量計算として土壌から銅管内の水への伝熱量と比較するために銅管内に保有される熱量 q_w [kcal/h]は，

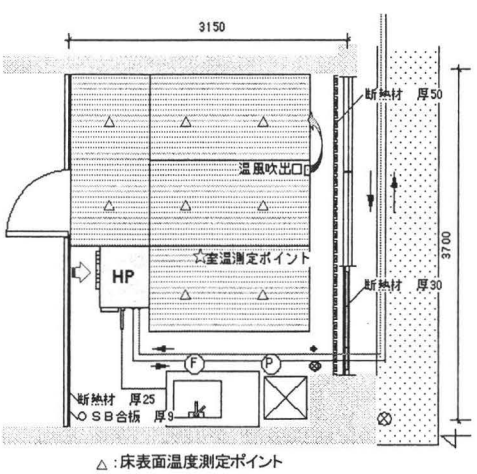
$$q_w = V_p \times (t_{wn} - t_{wn'}) \times \gamma_p \times C_{pw}$$



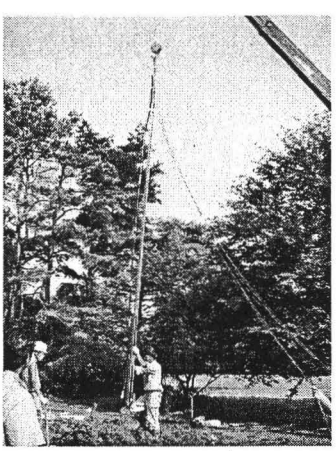
図－３　空気式床暖房システム系統図



図－４　アースオーガ掘削工事風景



図－５　実験室平面図及び測定ポイント



図－６　銅管埋設風景

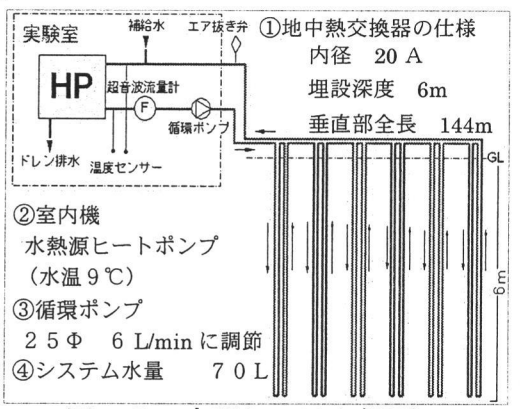
で求められる。ここに，

t_{wn}：地中内の銅管入口温度　[℃]　　t_{wn}'：地中内の銅管出口温度　[℃]

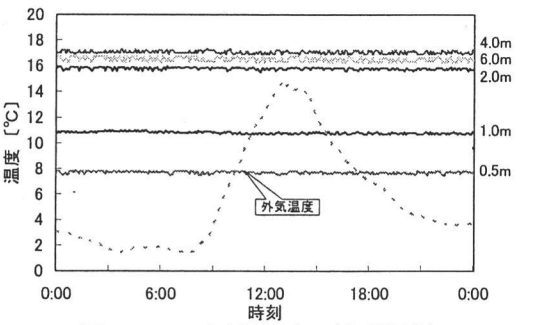
V_p：銅管中の水の容積　[m³]　γ_w：水の比重量　[kg/m³]　C_{pw}：水の比熱　[kcal/kg℃]

銅管時の実測値の平均は 176.7〔kJ/h〕，ポリエチレン管時の実測値の平均値は 139.9〔kJ/h〕であり，銅管時との差は 40〔kJ/h〕ほどという結果となり，熱量においても銅管時とポリエチレン管時の大きな差が見られた。この時，銅管を通る水の流量はほぼ等しい条件で測定を行ったので，銅管とポリエチレン管の水温の差は熱伝導率の違いによるといえる。運転実測でも明らかにしたが，この熱量計算の比較においても銅管のほうが効率の良いシステムが構築できることが明らかとなった。

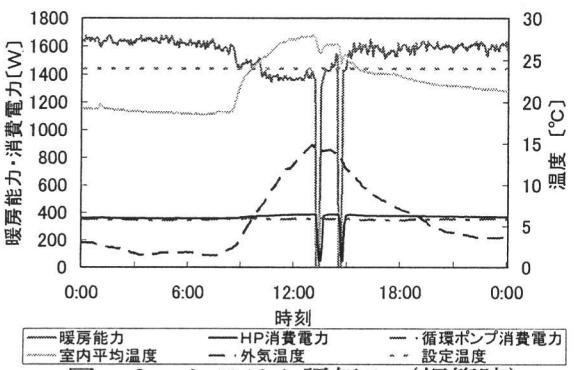
本実験の結論として，熱量をはじめ，暖房能力，ＨＰ水温，床温度の点でポリエチレン管より銅管のほうが優れ，ＣＯＰも 0.5 程度あがり，より良いシステムの構築を示すことができた。



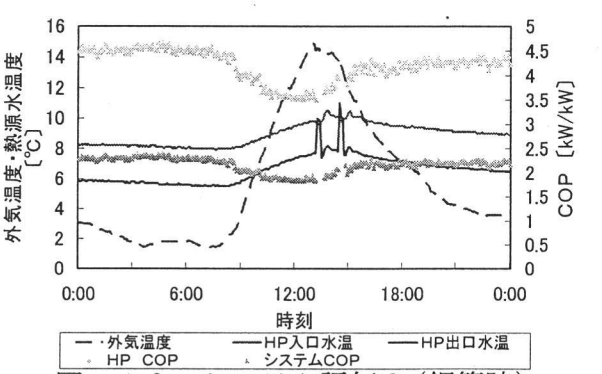
図－７　空調システム概要



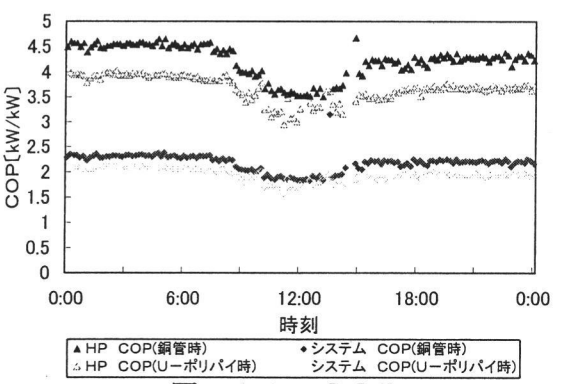
図－８　土壌温度（銅管時）



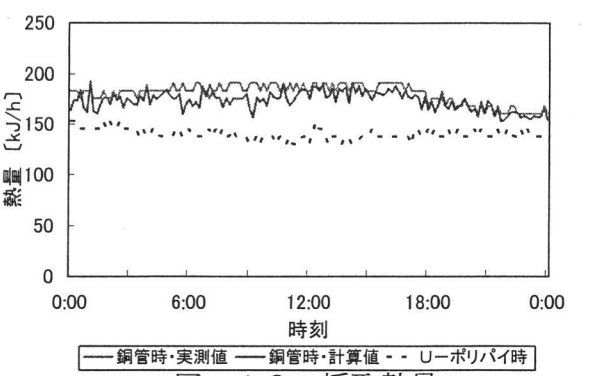
図－９　システム評価１（銅管時）



図－１０　システム評価２（銅管時）



図－１１　ＣＯＰ



図－１２　採取熱量

04-24 低風音材の開発と格子の低風音設計指針の構築

大分大学工学部機械・エネルギーシステム工学科
助教授　濱川洋充

1．研究の背景と目的

最近，高層・超高層集合住宅の需要が高まり，大都市圏を中心に建築物が増えつつある．また，住宅地の不足から丘陵や丘阜上の住宅も増加している．入居者からは常に品質の良い静かで快適な住環境が求められているが，これまで中高層集合住宅や丘陵の住宅のベランダ等に設置された手すり格子や格子状の門戸が耳障りな大きな風音を頻繁に発生させる場合があり，問題視されてきた．周辺住民から騒音公害として訴訟に発展する場合もあり，解決しなければならない重要な課題の一つである．

風音の主な原因は，格子が風を受けて振動することによって手すり構造体との接点で金属同士の接触音（ビー音）が発生することと，風を受けた格子の後方に発生したカルマン渦に起因する渦放出音（エオルス音）であると考えられている．前者については，すでに金属同士の接点に特殊な緩衝材を装填し減衰付加する防止対策が開発されている（山田ら，2003）．また，後者については，単独円柱から発生するエオルス音の特性および防止に関する研究（藤田，2004）や複数の円柱を並べた発電所の熱交換器の伝熱円柱群からの渦放出に関する研究が行われている（Chen ら，1968）．しかし，手すりや門戸などの格子材を対象とした研究はあまり行われておらず，効果的な防止対策は未だ明らかにされていない．

このような背景から，本研究は，低風音機能を有する格子材および門戸材の開発と設計指針構築のために，新しい風音低減化技術を開発することと，設計指針構築のための諸特性を明らかにすることを目的とする．

2．新しい低風音材について

風音の原因の一つは，風を受けた格子の後方に発生したカルマン渦に起因する渦放出音（エオルス音）である．手すりや門戸の断面形状として四角形状を採用すると，はく離点が固定されカルマン渦が発生しやすくなる恐れがある．また，長方形状の場合，前縁付近に形成されるはく離泡が騒音の発生源となることもある．このような観点から，本研究では，格子材の基本的な断面形状として，円形を採用することにする．

風などの流れの中に設置された構造物の表面に柔毛材を貼り付けると，風切り音が低減できることが明らかにされている（西村ら，2004）．しかしながら，風雨にさらされる手すりや門戸などでの柔毛材や吸音材の使用は汚れによる景観の観点から適切でない．したがって，本研究では，手すりの格子材の表面形状を変化させて低風音化を図ることにする．ここでは，新しい低風音材として，（A）円柱表面に薄板を螺旋状に巻き付けたもの（螺旋状のスリットをいれたもの），（B）微小突起を多数螺旋状に設置したもの，（C）細いワイヤ状の突起を複数本ある間隔で螺旋状に巻き付けたものの 3 種類（図 1 参照）を提案し，諸特性試験を行っ

た．

3．結　論

(1) 螺旋状の突起物を円柱の表面に設置し，突起のスパン方向のピッチを変化させて，渦放出に及ぼす影響を調べた．その結果，渦放出に関して螺旋状の突起物は円柱の直径を増大させる効果を有することがわかった．すなわち，突起のピッチが小さくなるにつれて円柱の目安の直径が大きくなり，渦放出周波数は低下する．

(2) 螺旋状の突起物を円柱の表面に設置し，スモークワイヤ法を用いて流れの可視化を行った．その結果，円柱の表面上の突起物には周辺の流れを乱すだけでなく，円柱表面付近の流れを偏向させる性質があることがわかった．

(3) 円柱の表面に螺旋状の突起物を小ピッチで巻きつけると，スパン方向のカルマン渦の構造が増大することがわかった．これは流れに対する突起物の傾きが原因である．

(4) 円柱表面に螺旋状に巻かれた突起物を設置すると，エオルス音が低下することが分かった．風速が 30m/s において，Type B は突起物の無い円柱と比べ音圧レベルのピークレベルが 23dB 減，Type C は 9dB 減となった（図 2 参照）．

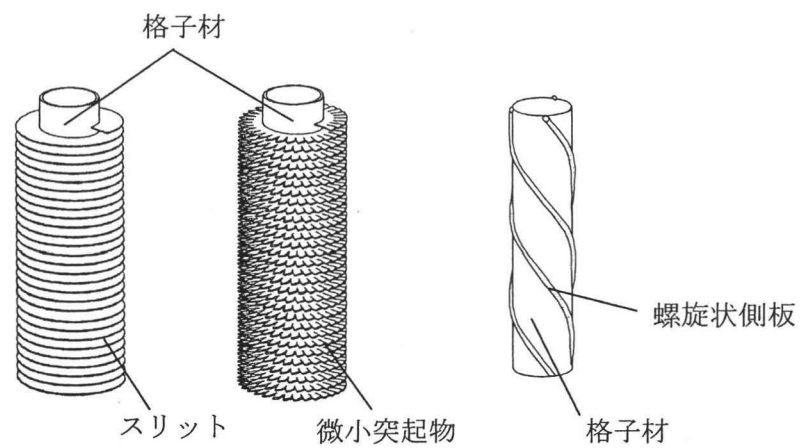


図 1　格子材の表面形状

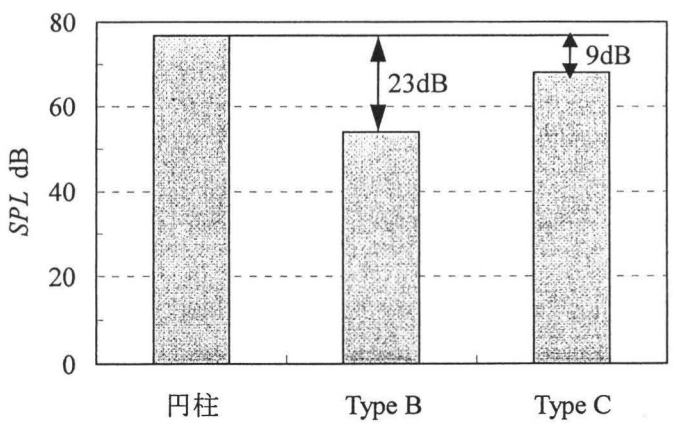


図 2　風音の音圧レベルのピーク値の比較（U_∞=30m/s，A 特性）

04-25 塗料、接着剤ならびに天然材料の揮発性有機化合物測定の開発研究

お茶の水女子大学生活科学部

教 授　田 中 辰 明

1.本研究の背景と目的

近年、社会的な問題となっているシックハウス症候群は室内空気汚染が原因として考えられている。その汚染源の要因として住宅内装材(合板・ボード・接着剤・塗料)などから放出されるアルデヒド類や揮発性有機化合物(Volatile Organic Compounds：以下VOCs)が挙げられる。[1)]

汚染対策として住宅内装材からの化学物質放散速度の測定が用いられる中、室内環境問題に対応するため平成15年7月に建築基準法が改正された。[2)]この改正により内装用建築材料について、ホルムアルデヒド規制とクロルピリホスの使用禁止及び換気条件が義務付けられた。

一般的に使用される多くの塗料は、塗膜形成過程において化学物質の放散は避けられない。塗料の水性化は進んでいるが、用途あるいは性能面で全てを水性化することは困難である。[3)]

本研究では、水性塗料と油性塗料の塗膜形成過程における化学物質の放散量変化を測定し、塗膜の構造と透過性との関係を検討することを目的とした。

2.研究の方法

市販の水性塗料及び油性塗料をそれぞれアルミ板に塗布し、20 L の小型チャンバー（ADPAC 製）によって測定を行った。

測定条件は、温度 28 ℃、湿度 50 %、換気回数 0.5 回/h （空気流速 167 mL/min)、試料負荷率 0.55 m^2/m^3 を目安とした。アルミ板 105 mm×105 mm の部分に試料を約 1 g 塗布し、サンプルホルダーで固定したものを小型チャンバーに設置し、所定時間ごとにチャンバーから流出する空気中の化学物質を 1 時間捕集した。アルデヒド・ケトン類は Waters 社製アクティブサンプラー Sep-Pak DNPH Silica Cartridge（以下 DNPH)、その他の揮発性有機化合物は GL サイエンス社製 Tenax TA（以下 Tenax 管）で捕集した。

3　分析方法

DNPH で捕集したアルデヒド・ケトン類は、アセトニトリルで抽出し、抽出液を高速液体クロマトグラフィーで分析した。Tenax 管で捕集した揮発性有機化合物は GCMS-QP5050A（以下 GC/MS）で分析した。

分析装置の測定条件は以下の通りである。

■　高速液体クロマトグラフィー

カラム　：　日本分光工業社製 CREST PAK C18S（内径　4.6mm、長さ　150 mm)

を 40 ℃で使用。

検出　：　分光光度計検出器を波長 360 nm で使用。

溶離液　：　アセトニトリル 55 %水溶液を流速 0.8 ml/min で使用。

試料注入量　：　20 μL

■　GC/MS（島津製作所製）

カラム　：　GL サイエンス社製キャピラリーカラム TC-1
（内径　0.32 mmϕ、長さ　60 m、膜厚　1.0μm）

熱脱着温度　：　200 ℃

トラップ　：　−20 ℃

キャリアガス（ヘリウム）流速　：　3.4 mL/min

4．4　使用した塗料の種類

今回使用した塗料の詳細は以下の通りである。

■　水性塗料（スーパー水性カラーさび止め：サンデーペイント株式会社）

品名　：　合成樹脂さび止めペイント

成分　：　合成樹脂（常温架橋形アルキッド）、顔料、水

ホルムアルデヒド放散等級　：　F☆☆☆☆

■　油性塗料（建物用プラス：ニッペホームプロダクツ株式会社）

品名　：　合成樹脂塗料

成分　：　合成樹脂（長油性フタル酸）、顔料、有機溶剤

ホルムアルデヒド放散等級　：　F☆☆

5　結果

近年、社会的な問題となっているシックハウス症候群は室内空気汚染が原因として考えられている。その汚染源の要因として住宅内装材（合板・ボード・接着剤・塗料）などから放出されるアルデヒド類や揮発性有機化合物が挙げられる。

一般的に使用される多くの塗料は、塗膜形成過程において化学物質の放散は避けられない。塗料の水性化は進んでいるが、用途あるいは性能面で全てを水性化することは困難である。

本研究では、水性塗料と油性塗料の塗膜形成過程における化学物質の放散速度を測定し、塗膜の構造と透過性との関係を検討することを目的とした。

塗料からの化学物質放散速度の経時変化を明らかにし、塗膜の透過性を数値化し、構造の拡大観察を行った。

その結果、水性塗料は、塗膜形成が進むにつれほとんど化学物質放散が見られなくなったため数値化することはできなかった。これは、水性塗料に含まれるもともとの化学物質の量が少ないということもあるが、塗膜形成前に大半が放散してしまったため、あるいは透過性が低いためではないかと考えられる。

油性塗料は、分子径の大きい化学物質ほど物質移動係数の値が小さく、塗膜中の透過性が低いことがわかった。また、透過性の高い物質ほど塗膜形成後の放散速度の割合が高くなると考えられる。

塗膜の構造は、油性塗料に比べ水性塗料のほうが密であることがわかった。水性塗料は塗膜形成前に全て放散し終わった、あるいは塗膜が密な構造のため形成後はほとんど放散されないということが考えられる。油性塗料は塗膜が疎な構造のため、塗膜形成後も放散が続くと可能性として考えられる

建築基準法で規制されているホルムアルデヒド以外の化学物質が、塗膜形成後においても多量に放散されているというのが現状である。シックハウス症候群の原因となる化学物質はホルムアルデヒドだけに限らないので、それぞれ放散等級表示を設けるべきで

ある。

また、塗膜形成前に塗料中の化学物質の大半を放散させ、塗膜形成後は確実に封鎖できる製品を開発していくべきである。

実験は田中の指導の下、当研究室の片倉あすかさんに担当していただいた。この研究の一部はドイツで126年の歴史がある科学誌"Gesundheits-Ingenieur-Haustechnik-Bauphysik-Umwelttechnik"に採択され2005年6号（１２月発行）に"Eine Einteilung flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) Flüssiger Anstrichmittel unter Berücksichtigung ihrer Entsehungsart"という題で掲載された。文末にこの別刷りを添付する。（財）トステム建材産業振興財団から貴重な助成金を拝受し、この研究が行われた事は大変に有意義なことであり、深甚なる謝意を表すものである。

平成18年3月31日

お茶の水女子大学生活科学部
教授　田　中　辰　明

04-26 次世代省エネルギー基準住宅に形成される温熱環境とエネルギー消費に関する実態調査

金沢工業大学
環境・建築学部　教授　垂水 弘夫

本研究は、地球温暖化防止対策推進の重点セクターとなっている「住宅」の省エネルギーを実効的に進めるため、住宅の熱的性能の向上がもたらす効用を、温熱環境面とエネルギー消費の両面から、各地域における居住実態として明らかにしなければならないという必要性から、特に冷房負荷も暖房負荷も大きいという地域的特徴を有する北陸陸 3 県に立地する次世代省エネルギー基準住宅群の年間エネルギー消費の実態を居住状態下の実測により把握し、同住宅の今後の普及に資するデータを明確にすることにある。

日本建築学会では 2001 年から「住宅内のエネルギー消費に関する調査研究委員会」を設置して全国調査を実施しているが、北陸 3 県では次世代省エネルギー基準住宅の消費用途別・時別データが含まれていない状況にあり、本研究の推進によって、そうした穴を埋めるとともに、「冬寒く、夏も暑い」準寒冷地「北陸」における次世代省エネルギー基準住宅の普及ポテンシャルを示すことが可能になると推察される。よって以上の考察を踏まえ、富山・石川・福井の北陸 3 県及び長野県に立地する次世代省エネルギー基準住宅群を主対象として、屋内に形成される温熱環境ならびにエネルギー消費を居住条件下の実態として調査し、暖冷房等の用途別エネルギー消費水準を明らかにして、旧基準、新基準など各レベルの住宅との比較検討を行うことを目的とする。

対象住宅はいずれも北信越地域に立地している次世代省エネルギー基準住宅である。富山県富山市に立地するＡＯ邸は、太陽光発電パネル、深夜電力利用電気温水器を搭載した 3 人家族である。長野県長野市に立地するＫＲ邸は、太陽光発電パネルとヒートポンプ給湯器を搭載した 6 人家族である。富山県高岡市に立地する WK 邸はヒートポンプ基礎暖房システム、深夜電力利用電気温水器を搭載した 4 人家族である。福井県福井市に立地するＦＫ邸および石川県金沢市に立地するＴＲ邸は、ヒートポンプ給湯器を搭載し他 4 人家族である。また、ＴＲ邸は平成 18 年 8 月に給湯設備を電気温水器からヒートポンプ給湯器に変更した。以上の住宅はいずれも木造 2 階建て住宅である。

これらの各住宅について、冷房、暖房、給湯、調理、照明・その他動力、住宅全体の系統別に省エネナビを設置して、1 年間の連続測定・データ記録を実施した。冷房と暖房は複数系統に分かれている場合が多いので、各住宅に 5～10 台程度の装置を用意する。測定間隔は 1 時間である。

また、同時に各住宅の居住室（居間、寝室等）と非居住室（トイレ等）内の床上 0.1m、1.1m を主として小型温湿度計を設置し、室間温度差・上下温度差ならびに冷暖房の稼動状況を 15 分間隔でモニターした。メモリー容量と定期的データ取得状況確認の必要性から、また、季節に応じた居住者の住まい方ヒアリング調査の重要性の観点から、1 ヵ月半に 1 回の頻度で調査住宅を訪問した。

太陽光発電量の冬季の1日の変化について、発電時間帯は7時から15時頃で、AO邸では13時に1.1kWh/時、KR邸では11時に1.5kWh/時の最大値となった。KR邸の発電量はAO邸に比べて多く、1日の中でも特に10時台に0.4kWh/時ほど多くなっている。

天気の違いによる太陽光発電量の変化は、両住宅ともに晴天日の12時頃が最大発電量を記録しており、AO邸は0.57kWh/kw・時、KR邸は0.76kWh/kw・時であった。曇天日と雨天日は、晴天日よりも1日の最大値となる時間が1〜2時間早くなる傾向がある。

発電量が最も多かった月はAO邸・KR邸ともに8月であり、日射量も183.62kWh/㎡・月、183.69kWh/㎡・月と8月が最も多くなっており、日射量の増減と発電量の増減は同じ傾向が見られる。発電量の最も少なかった月は日射量も少なくAO邸は12月、KR邸は1月である。太陽光発電によりAO邸では最も発電した8月において家全体の38.6%、KR邸では8月において家全体の83.2%を賄うことができるとわかった。

ヒートポンプ基礎暖房システムの消費電力量は運転開始2時間後に1.43kWhと最も多く、徐々に減少していく。逆に基礎表面温度は、運転開始1時間後が30.9℃と最も低く、徐々に上昇し約16時間後に最も高い値となったことから、消費電力量のピークから蓄熱量の増加ピークまでに14時間の差が生じているといえる。このように熱伝達には時間がかかるため、上下階の温度差は5℃以上に広がる。

各住宅の用途別単位面積当り消費電力量については単位面積あたりに換算し比較を行った。各住宅における家全体のエネルギー消費量の年平均値は、AO邸 393.63MJ/㎡・年、FK邸545 MJ/㎡・年、KR邸309.36 MJ/㎡・年、TR邸593.86 MJ/㎡・年、WK邸532.54 MJ/㎡・年であり、熱損失係数の高低差が必ずしも反映されない結果となった。また、WK邸以外の住宅の冬季暖房用エネルギー消費量の全体に占める割合は5〜7割と大きく、給湯用がついで2〜5割程度となった。ただし、WK邸暖房用の内訳はヒートポンプ基礎暖房システムのみであり、補助暖房を含んでいないため、実際は今回の結果よりも暖房の占める割合は高い。

室内温熱環境については、居住室内は温度よりも湿度のほうが比較的どの住宅においても変動が大きく、特に冬におけるFK邸の湿度が40%を大きく下回っていることがわかった。温度は、AO邸・KR邸の冬季室温が17℃を下回ってやや低い傾向にあるが、外気温のより低いKR邸よりもAO邸の室温が低いのは、大きな吹き抜けにより上方に熱が逃げたためと考えられる。また、TR邸は居間が2階であるため、1階居住室と2階居住室の両データを示したが、1階のほうがやや湿度は低いものの、温度については大きな差が見られなかった。

図19は非居住室についての温度分布であるが、居住室とは逆に湿度よりも温度の変動が大きくなっている。湿度はどの月もほぼ不不快的域内に収まるが、冬季のWK邸及びKR邸については温度が15℃を下回っている。TR邸は非居住室と居住室の差が最も小さく、家全体で安定した室内環境が保たれている。AO邸とFK邸については、居住室よりも非居住室のほうが変動は小さく、不不快的域内に収まっているが、これについては生活行動の影響が居住室に対してより大きく影響した結果であると考えられる。

温熱環境からみて、冬季の居住室温度が不不快的域内に保たれていない住宅は年間の消費電力量も他住宅と比べて低いことから、暖房用エネルギー消費が年間エネルギー消費量に大きく関係していると推測される。

04-27 生体摩擦学による家屋内事故防止建材・商品の提案

九州産業大学工学部バイオロボティクス学科
助教授　中西義孝

１．本研究の背景と目的

近年では家屋内事故の防止を目指したバリアフリー化が注目されている．一般的に住環境のバリアフリー化といえば，人間工学的な観点を中心に考えた段差などの構造変更，機能寸法や動作空間の算出を想像しがちである．しかしながら，段差などでの転倒事故による死亡は住宅内事故死の 3.5％にすぎず，同一平面上で発生した転倒死の 10.0％と比較しても非常に少ない．主な死亡原因は溺死の 33％であり，これは建材や設備機器とヒトとの界面の「滑り」によるトラブルが原因と考えられる．そこで本研究では生体摩擦学（バイオトライボロジー）の観点から，複数の小テーマを設定し研究を行った．

２．研究テーマおよび成果

２－１．ヒト皮膚の摩擦特性

２－１－１．皮膚摩擦特性の定性化

代表部位としてヒト手指と人工材料（ガラス）の摩擦特性と調査した．摩擦波形は大きく３つのパターン（１．スティックスリップを起こす波形，２．最大値から徐々に摩擦係数が減少もしくは一定となる波形，３．最大静止摩擦の後，動摩擦係数が一定となる波形）が存在することが明らかとなった．しかし，これらはヒト手指の指紋パターン（１． Arch 型，２． Loop 型，３． Whorl 型）との間に相関関係は認められなかった．ヒト皮膚の摩擦特性は大きく低荷重域（5.0Ｎ未満）と高荷重域（5.0Ｎ以上）に分けることができると考えられた．低荷重域では荷重が低いほど摩擦係数が高くなり，静止荷重時間の影響も受けた．さらに摩擦係数のばらつきも大きくなっていた．高荷重域では，摩擦係数はほぼ一定の値を示し，ばらつきも小さくなっていた．滑り速度の影響ほとんど見られないが，荷重が 1.94N の条件において滑り速度が遅い方（0.05 mm/sec）が速いほう(0.1 mm/sec）に比べて優位（$p<0.05$）に高くなっていた．これは制止荷重時間と摩擦係数を調査した結果においても同様の特異点が表れており興味深かった．皮膚と人工材料間を湿潤させると，摩擦係数の荷重依存性が小さくなり，はぼ一定の値を示すことが明らかとなった．またこれらの値は乾燥条件よりも低い値を示していた．これらの結果は，もしガラスと同じ表面性状を持つ材質（比較的疎水的で表面粗さが小さいもの）で手すりを製造した場合，浴室などで事故が起こりやすいことを示していた．

２－１－２．恣意動作での摩擦特性

恣意（ヒトが自由に相手面を摩擦する）動作においては，軽く擦った時の押しつけ力は約 0.5～5.0N であり，2-1-1.における摩擦係数の高い領域であることが

わかった．また，強く擦った時の押しつけ力は10.0Nを超えており，摩擦係数の安定している領域であることがわかった．指を手前に寄せながら摩擦するほうが水平方向力は小さいが，摩擦係数は大きくなっており，摩擦方向による差異が明確に表れた．これらの事からヒトは無意識に，摩擦係数は高いが値の安定しない領域と，摩擦係数は低いが安定している領域を使い分けているものと考えられた．

２－２．手すり把持動作

２－２－１．体幹の安定に用いる場合

体幹の安定に最適と感じる手すり直径は，手すりの設置状態に関わらず33～35mmの間となった．これは最大把持力を発生しやすい手すり直径（35～48mm）からするとやや小さめであった．両者に差が表れる原因としては，最大把持力を発生させる場合，手すりと掌の滑り（剪断力）に対する対応をヒトがとるためであると考えられた．しかしながら，たとえ手すりの直径が変化したとしても，ヒトはこれに対応すべく把持力を変化させることはなく，各使用者が把持するに最適と考える把持力を維持し続ける特性があることが明らかとなった．手すりが１本の場合，水平方向に設置しても，垂直方向に設置しても，体幹の揺れを直接止める方向，言い換えれば手すりの長手方向よりも半径方向に力を加えている事も判明した．横手すりを体幹の左右に２本設置すると，手すり表面を掌で押すという行為のみで，言い換えれば，把持力を必要とせずに体幹の揺れを抑制できることが分かった．これは，高齢者や慢性関節リウマチなどによって巧緻性が十分ではない人に対して両側に手すりを設置することが特に有効である裏付けになった．

２－２－２．立ち上がり動作に用いる場合

縦手すりの設置高さは加齢により低くすべきであるとの結果を得た．これは加齢よって肩の可動域が狭められ，肩が上がらなくなるためであると考えられた．立ち上がり動作に最適と考える手すり平均直径は33mmとなった．立ち上がりに必要な把持力は，各被験者間で値はばらついているが，同一被験者では，ほぼ一定値を示した．これは手すりの直径を変化させても同様であった．これらの現象は2-2-1.（体幹の保持動作）の結果と一致した．これにより手すりの直径は使用目的により使い分ける必要がないと思われた．立ち上がり動作中では把持力と手すりにかかる合力の最大値はほぼ同じ時間に最大となっているのが分かった．これらのことより，ヒトは各人固有の力，方向，タイミングで立ち上がり動作を行っていることがわかった．

２－３．歩行動作

靴下装着時における床材（フローリング材とクッションフロアマット）と荷物運搬の影響を調査した結果では，２峰性を示す鉛直成分方向力のうちフローリング材では爪先離地，クッションマットでは踵接地のピーク（力）の方が大となる傾向があり，ヒトが床材の硬度等により歩行動作を制御していることが予測できた．進行方向成分力は荷物の運搬がない場合，クッションマットの方が爪先離地のピークが大となった．これは柔らかい床面に足裏が微視的に沈み込むことも影響していると

考えられた．しかし，荷物を運搬すると爪先離地において床材の差異は認められなくなった．足裏摩擦（Plantar friction）は鉛直成分力と同様に２峰性のピークを示した．しかし，大きな差異は２峰間で零に近い数値が記録されていることであった．これは踵接地後の重心移動領域では，足裏面と床面が転がり運動に近い（相対速度が小さい）状態であることを示していると考えられた．足裏摩擦は荷物の運搬がない場合，クッションマットの方がフローリング材より爪先離地のピークが大となった．フローリング材での歩行では，荷物運搬により踵接地のピークは小さく，爪先離地のピークは大きくなった．クッションマットではこのような顕著な差異は認められなかった．これはフローリング材を滑りやすいと知覚し，踵接地時の水平方向力の低減を行ったこと，そして，十分な推進力を得るために爪先離地時に水平方向力を増加させたことが原因ではないかと思われた．

床材（クッションフロアマットと畳）と靴下装着の有無の影響を調査した結果では，２峰性を示す鉛直成分方向力のうちクッションマットでは踵接地，畳表では爪先離床のピークの方が大となった．この結果も，ヒトが床面の状態を感知し歩行動作を調整しているため予想できた．クッションマットの場合，裸足歩行では爪先離床時の前後成分力は靴下歩行のそれより 1.5 倍程度増加した．一方，足裏摩擦は 3 倍以上に増加し，その値も 1.0 を越えた．これは鉛直成分力より大きな力が発生していることを意味し，通常の人工物同士の摩擦においては希な現象であった．このような高摩擦係数は 2-1. で実証されており，足裏皮膚においても同様の高摩擦発生メカニズムが存在していることが予想された．クッションマットは畳表と比較し，その表面は疎水的であり，このような床材の性質が高摩擦を発生させたものと考えられた．クッションマットでは，踵接地時に進行方向と同じ前後成分力が観察された．この現象は踵接地時に床面と滑ることなく体幹が安定できると身体が自覚したときのみ現れるものと推測できた．この現象は踵接地時の股関節伸展の影響が表れたものと考えられ，畳表より自然な歩行動作が行われていると予想できた．

本研究で提案した足裏摩擦は，一般的に認諾されている摩擦係数と似ている．大きな違いは摩擦力ではなく水平方向力を垂直方向力で除すことにあった．これにより足部と床面の動的な接触状態を反映することが出来た．主観的評価に依るところが多かった床の滑りを定量化する試みは従来から散見されるが，本研究で提案した足裏摩擦は床の滑りやすさのみならず，これを知覚し歩行に反映させるヒトの補償動作を評価する上で重要な指標であると考えられた．

２－４．e-Learning システムの提案

2-1. ～2-3. において得られた知見を広く公開するため，住環境のコーディネート情報をデータベース化し，e-Learning システムとして提案した．本システムを大学工学系学部教育にて試用しながら，逐次改善を行っている．本システムの使用がきっかけで住環境整備に関わる各種資格を取得する者も現れ始めた．今後は一般公開に向けた作業を進めていく予定である．

04-28 遺伝子マーカーを用いた木材腐朽菌の検出および同定法の開発

高知工科大学工学部物質・環境システム工学科

講師　堀沢　栄

１．本研究の背景と目的

木材に腐朽菌が侵入しているかどうかを判断するのは困難である。木材外観に子実体や菌糸の発生など明らかな特徴が認められる場合は判定できるが、たいていは見えない場所で腐朽が進行する。また腐朽菌とその他の菌類の区別がつけにくい、初期の腐朽では強度低下が見られない（強度を測定することでは発見できない）ことなどがあげられる。木材腐朽菌の存在を判定する方法を開発すれば、住宅性能表示における腐朽診断や木材腐朽過程の研究ツールとして利用できる。近年、腐朽菌のもつ生体分子を検出する方法が検討されており、本研究では核酸を検出する方法を採用した。核酸はＰＣＲによって増幅することが可能であるので、高い検出感度が期待でき、また、生物の遺伝情報に基づく判定であるので精度の高い判定が可能であると考えられる。種に特異的なＤＮＡ配列を用いるので、腐朽菌であるかどうかの判定と種の同定を迅速、簡便に行なうことができる。また、定量的な増幅方法を用いることにより、バイオマス量を測定することも可能である。本研究では、5 種類の家屋腐朽菌について種特異的プライマーを開発した。種特異的プライマーの適用は腐朽菌の検出と同時に種を特定することも目的とされるため、対象の種以外の増幅がないことが重要である。これら配列の増幅に対するＰＣＲの条件を検討した。

２．研究の方法

本研究では、木材腐朽菌である *Serpula lacrymans, Coniophora puteana, Gloeophyllum sepiarium, G. trabeum, Trametes versicolor* の検出および同定を目的とした。培養した各供試菌の菌糸より DNA を抽出しカラム精製した。

種特異的 PCR を行うにあたり、フォワードプライマーとしてユニバーサルプライマーITS１または ITS５を採用し、リバースプライマーとして ITS 領域よりそれぞれのターゲット種の特異的配列を採用した。NCBI/EMBL/DDBJ データベースより供試菌と同種および近縁種の rDNA 配列を参照して、ITS 領域中で種に特異的である配列を選択し、種特異的プライマーを設計した。腐朽菌のゲノム DNA をテンプレートとして、特異的プライマーを用いた PCR を行なった。アニーリング温度、PCR サイクルを検討し、信頼度の高い条件を検索した。

腐朽材中の木材腐朽菌を量的に評価する方法として、定量 PCR による DNA 増幅を検討した。

３．研究の計画と進捗状況

３．１　研究の計画

3.1.1　日本の住宅に頻出する木材腐朽菌に対する種特異的プライマーの開発

日本の住宅に頻出する木材腐朽菌のリボソームＤＮＡの情報を分離株のゲノム配列を解読またはデータベースから取得し、種に対して特異的なＰＣＲプライマーを作成する。

3.2.2　種特異的プライマーの選抜

作成したプライマーに対し、それぞれの種のテスト株を用いてＰＣＲを行い、増幅を確認する。また、酵素の種類、ＰＣＲのアニーリング温度、温度サイクルプログラムの検討を行ない、増幅ミスが少なく、短時間のうちに高い増幅効率の得られる条件を確立する。

3.2.3　環境中の菌類にから増幅したＤＮＡ断片の配列に基づく分離法

糸状菌類（細菌類は対象としない）の複数種のゲノムＤＮＡを鋳型とし、ユニバーサルなプライマーで増幅したＩＴＳ全域を、長さと配列の違いによって２次元電気泳動を行って分離する方法を検討する。条件を確立したのち、環境中の菌群または腐朽材の菌群に対して菌相解析を行なう。

３．２　進捗状況

研究計画の 3.1.1 および 3.1.2 については、日本の住宅に頻出する木材腐朽菌のうち５種について種特異的プライマーを複数設計し、そのうち再現性の高いものを選抜した。また、開発したプライマーに対し最適化された PCR プログラムを設定することができた。3.2.3 の環境中の担子菌類対する検出／同定方法の開発検討については、混合ゲノムに対して定量性のある評価方法を提案することができた。

４．今までに得られた成果

種特異的プライマーを用いて PCR を行い、ターゲット種のテンプレートのみで増幅が見られるか確認した。その結果、特異性、再現性のよいプライマーを採用した。

木材腐朽菌の rDNA の ITS 領域をユニバーサルプライマーで PCR を行なったところ、各供試菌のゲノムからそれぞれ ITS 領域が増幅された。次に、フォワードプライマーに ITS１、リバースプライマーに種特異的プライマーを用いて、ゲノム DNA を鋳型として PCR を行なった。開発したいくつかの種特異的プライマーの中から目的の断片のみを最も効率良く増幅するものを選抜した。それぞれの種特異的プライマーについてはアニーリング温度を検討し、目的種のみを検出する条件を割り出した。

目的種のゲノムをテンプレートとし、ユニバーサルプライマーペアおよび種特異的プライマーを用いたリアルタイム PCR を行った結果、目的種のテンプレート量の定量性は、種特異的プライマーを用いた場合もユニバーサルプライマーペアを用いた場合とほぼ同様であることが示された。したがって、目的種においては種特異的プライマーを用いた定量的 PCR が可能であることが示された。また、目的種以外のゲノムを検出することはなかった。

次に、様々な混合比の２種のゲノムをテンプレートとして、目的種の検出および定量を目的としたリアルタイム PCR を行った。その結果、混合したゲノムから目的種のゲノム量を検出かつ定量できた。

５．これから期待される成果

5種類の木材腐朽菌 *C. puteana, G. trabeum, G. sepiarium, S. lacrymans, T. versicolor* に対し、rDNA の ITS 領域より種に特異的な配列を選び、種特異的プライマーを開発した。ゲノムをテンプレートとして特異的プライマーを用いて PCR を行うことで迅速に目的種の検出と同定を同時に行うことが可能である。リアルタイム PCR を使ってゲノムの量から腐朽材中の目的種の量を評価することが可能であることが示唆された。これらの成果を利用することで、住宅などの木材腐朽診断に応用できると考えられる。また、研究の分野では木材腐朽のメカニズムを解明する際の協力なツールとなりうると考えられる。

６．残る問題点と対策

本研究では５種類の木材腐朽菌に対する種特異的プライマーを開発したが、日本の住宅に頻度高く見られる木材腐朽菌は約 20 種類と考えられる。同様に開発作業を繰り返すことで、主立った腐朽菌をカバーすることができる。また、他生物が多く混在する環境中からの検出・同定についての検証はまだ行われていない。

７．研究発表の実績および予定

論文発表

１．Journal of Wood Science （投稿準備中）

口頭発表

１．Sakae Horisawa , Yoh Sakuma , and Shuichi Doi.(2005) Establishment of quantitative detection system for wood rot fungi. Proceeding of Internal Symposium on Wood Science and Technology, 27-30 Nov, Yokohama, Vol.2, pp.437-438.

２．Sakae Horisawa , Yoh Sakuma , and Shuichi Doi.(2005) Quantitative detection of wood rot fungi using genetic marker. The international forestry review vol.7(5), No.28, 22nd IUFRO World Congress 2005, 8-13 August, Brisbane, Australia, p.390.

３．堀沢　栄, 佐久間洋, 土居修一 (2005) 遺伝子マーカーを利用する木材腐朽菌の定量的検出. 第53回日本木材学会大会(京都)要旨集, p.135.

８．実用化計画

遺伝子を利用した診断技術として、問い合わせがあった。具体的には検討中である。

04-29 景観および視認性に配慮した視覚障害者誘導用ブロックの色彩に関する研究

滋賀県立大学人間文化学部
助教授 宮 本 雅 子

1．研究の背景と目的

近年、移動空間として公共性の高い歩道のデザイン舗装が、景観材料として大きな位置を占めるようになってきた。デザインが多様化していく中で、時には、無秩序な色彩の使用、デザインの行き過ぎは景観に不調和を与え問題となる。

舗装床を敷設する場合、視覚障害者誘導用ブロック（以下点字ブロックと記す）との関係を考慮する必要がある。黄色の点字ブロックはわが国独特のバリアフリーデザインとして市街地で整備されすっかり馴染みあるものとなっているが、点字ブロックの黄色が都市景観を損ねているという意見もある。そのため点字ブロックの色を舗装床の色に近づけ目立たなくしている例を見ることができる。しかし、弱視者にとっては、「景観に配慮した同系色」では機能性が劣ることになる。

そこで、本研究では景観および視認性に配慮した点字ブロックと舗装床の色彩の組み合わせはどのようなものであるのか、点字ブロックとして使用できる色 Y（黄）はどのような色の範囲であるのかについて検討することを目的とした。

2．研究方法

2.1 実測調査

まず、はじめに舗装床と点字ブロックの色彩の実態を知るために実測調査を行った。実測には色彩色差計（CR-310、MINOLTA）を使用し、マンセル値を測定した。

2.2 実験１

舗装床と点字ブロックを想定して作成した色票を使用して、弱視者５名を対象に視認性・好み・調和についての評価実験を行った。

使用する色の組み合わせは、ガイドラインや既往の研究、実態調査の結果を踏まえ、色相、明度、彩度の類似、対比の条件を組み合わせて 18 通りの配色を選出した。さらに舗装床と点字ブロックの色を反転させることで合計 36 通りの配色を条件とした。

2.3 実験２

画像は実際の景観写真を用いて歩道の色彩と点字ブロックの色彩を Photoshop により変化させた画像を印刷したものを用意した。

色票による評価実験より評価の高かった配色１２種類と現状調査により多く使用されていた色の配色（舗装床：10YR4/1　点字ブロック：10YR6/4 をプロトタイプとする）の計 13 配色を使用した。対象景観としては、３対象を選定した。

被験者は大学生 44 名、場所は大学の講義室内で、人工照明（白色蛍光ランプ）下、机上面照度 500lx 程度である。

実験では、それぞれの景観画像について、点字ブロックの区別のしやすさについて４段階、景観全体の好み、舗装床と点字ブロックが景観に調和しているかの２項目について５段階で評価してもらった。

2.4　実験３

点字ブロックの色彩を舗装床と同一色にした、景観写真を使用した予備調査から評価の高かった景観４種類を選択し、景観写真を用いて点字ブロックの色彩のみをPhotoshopにより変化させた（１景観につき７～９対象)。合計33対象について評価実験を行った。

実験では、それぞれの景観画像について、点字ブロックの区別のしやすさ、景観全体の好み、景観全体の美しさの３項目について５段階で評価してもらった。

被験者は大学生40名 、高齢者20名、弱視者13名である。

2.5　実験４

視覚障害者誘導用ブロックの色彩として認識されている黄色について、弱視者にとって黄色と判断できる色彩について検討した。また、色の差が認識できる色差について検討した。

実験は、盲学校内の教室を使用し、明るさは約1200lx、昼光・蛍光灯照明併用で行われた。

被験者は、弱視者14名である。

2.5.1　黄色と判断できる色彩についての検討

使用した色は、若齢者による予備実験から黄色と判断される主な色相が 10YR～5Y の範囲の色相であったことから、2.5Y を中心に 7.5YR から 7.5Y までの色相について、9 段階に分け、43色を選定した。

実験は、6cm角の色紙を6cm角の台紙に貼ったカードを使用し、N6.5の紙上で行った。

2.5.2　色の差が認識できる色差についての検討

背景に同系色が使用される場合、点字ブロックの識別が難しくなることから、どの程度の色差があれば識別が可能になるかについて検討した。

43色から色調差と色相差の検討ができるよう、表に示すような94の色の組み合わせを取り上げた。

実験には、N6.5の台紙に6cm角の２色の色紙を張ったものを使用し、見てすぐに同じ色に見えるか、違う色に見えるかを判断してもらった。

３．結果および考察

実験結果から得られたことをまとめると以下のようになる。

１）弱視者は彩度差による視認性の向上は認められないことから、景観上不必要に彩度の高い色彩を使用することは望ましくないことが明らかとなった。

２）弱視者の視認性を得るためには舗装床と点字ブロックの明度差が重要である。

３）輝度比が十分に得られない場合、対比色相を使用すると視認性が向上する。しかし、対比色相は景観と調和しない場合が多いので注意が必要である。

４）景観によって望ましい点字ブロックと舗装床の色彩の配色があるという仮定のもとで評価実験を行ったが、YR,Y系の類似色相、対比明度、類似彩度の配色が今回提示したどの景観にも調和するという結果となった。

5）若齢者の好み・美しさの評価は、舗装床と点字ブロックの彩度差が大きくなるほど下がる傾向にある。
6）地域の特性に合った点字ブロックの色彩を選定していくことの可能性が示唆された。
7）今回取り上げた色彩の中では、3.75Y8/10 の場合に黄色と認識する者が最も多いと予測できる。
8）今回の実験からは、色差が 50 以上あれば異なる色であると判断すると予測できる。

今回、景観と視認性に配慮した視覚障害者誘導用ブロックの色彩について検討したが、夜間の視認性までは、対象としなかった。夜間はより視認性が低くなるため、点字ブロックを識別しやすくするためには明度の高い色を使用することや蛍光色を利用することが望ましいとされる。今後、より好ましい視覚障害者誘導用ブロックの色彩について考える上で重要であり、今後の課題としたい。

文献

1）宮本雅子：視覚障害者誘導用ブロックと舗装床の色彩の組み合わせによる視認性と景観評価に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp449-452, 2004
2）Masako Miyamoto: Study on visibility and evaluation of color combination of Braille pavers and sidewalk, AIC Colour 05 Proceedings Book, pp559-562, 2005

04-31 解体性接着工法の機器開発とその接着強度評価

東京電機大学理工学部建設環境工学科

教授 見村博明

建築施工において内装材や外装材を接着剤を用いて，瞬時に取り付ける工法が開発されつつある。接着用の専用機は電磁誘導の原理に基づくもので，接着には内・外装材の裏面に金属フィルムとテープ状の接着剤を用い，これに誘導加熱の熱で接着剤を溶かして接合するものである。本工法の特徴は，騒音や振動のない施工が可能なため作業環境を改善できること，釘やビスを使わないため仕上げ材表面に傷がつかず，壁紙を貼った壁材やタイル等の貼り付けが可能であること，使用する接着剤が常温で固形であり，溶剤を用いないのでシックハウス等の問題を解決した環境対応型の新工法であること，再加熱で解体,再利用が可能であることが挙げられる。本工法では熱可塑性の接着剤を使用しているので再度の加熱により再び溶融した状態に戻すことができ，簡単に剥がすことができる。これは本接着工法の最大の特徴であり，解体性接着工法の由来でもある。

本研究は既に着手され試作機による実験を重ねたて来たが，従来の釘打ち施工等に比べ施工時間を要すること，出隅・入り隅のようなコーナー部の接着が困難のことの問題点が明らかになった。従って，本研究での内容は，(1)接着時間の短縮，並びに出隅・入り隅部，及び直線型の接着を可能にする機器を開発すること，及び(2)開発された機器による各種建築材料の組み合わせによる加熱時間と接着強度の関係を明らかにし，建築における内・外装材の施工への適用性を調べる，ことを目的としたものでる。

まず，電磁誘導加熱装置に関しては，接着時間の短縮と出隅・入り隅部，及び直線型の接着を可能にする機器の開発を行った。前者の接着時間の短縮に関しては，従来の 100V電源の使用を 200V電源とすることにより解決できた。しかしながら被接着材の材質によっては 200V電源の使用機器では強力過ぎて，材料が焦げるなどの損傷を生じることもある。本開発ではこの点を解決するため，両電源での使用が可能な小型トランスの改良も行い，その結果作業に携帯可能な重さ約 1.5Kgの小型化とすることができた。なお，被接着材料に直接当てるアプリケータ部の重さは約 500gと軽量化も実現した。後者の出隅・入り隅部，及び直線型の接着を可能にする機器として，従来のスパイラル型コイル(渦巻き型コイル)を矩形型コイルに改良することにより問題の解決することが出来た。今回開発した電源 200Vでのスパイラル型コイルを用いた機器と矩形型コイルを用いた機器の加熱特性では，前者はホットメルト接着剤が溶ける目安の温度 200℃に達する時間は 4 秒程度であったのに対し，後者では7～8 秒と 2 倍の時間を要する結果であり，更なる改良が必要である。

開発機器による接着強度，並びに解体性能について下地材として木材，コンクリート，鋼材を用い，仕上げ材としてコルクタイル，合板，石膏ボードを用い，これらの組み合わせによる加熱時間と強度の関係，加熱時間と解体性状を実験的に明らかにした。下地材が木材の場合では加熱時間は2～3秒程度と短いが，下地材が鋼材の場合では6～10秒程度となる。また，解体に要する加熱時間は接着に要した時間とほぼ等しい結果であった。

合板同士の接着強度について浴室を想定した環境負荷における経時変化を調べた。両環境における 1 年後の負荷後の接着強度には大きな差はなく，その強度は材料の破断強度を上回った。また，環境負荷後の解体に要する時間は接着時間の 1.5 倍から 2.0 倍であった。

また，本接着工法による耐震壁接着の可能性に関する実験を行った。試験体はスチールハウスを想定したもので，軽量鉄骨材に合板を接合した耐震壁である。また，比較のため従来工法のビス止め試験体とビスと接着の併用工法の試験体による実験も行った。本接着工法による耐震壁のエネルギー吸収能力はビス接合耐震壁よりもやや劣る結果であった。ビス接合耐震壁と同等の耐震性能を有するためには，接着剤のせん断強度の向上，及びより弾性性状を有する接着剤の開発が必要である．当面はビスとの併用とすることで，ビス接合以上の耐震性能を発揮できる。

以上

04-32 建物の内部と外部をつなぐ設計手法の体系的整理

東京理科大学工学部建築学科
教授・工博 真鍋 恒博

1．背景

建築の外周部位に対する要求として、建物内部を外部環境から保護すること、すなわち各種作用因子の遮蔽機能が挙げられる。具体的には断熱性・遮音性の向上による「省エネルギー」・「プライバシーの尊重」などの要求によるものである。その一方で近年、バリアフリー、狭小敷地における外部空間の有効利用など、「建物の内外空間の一体的利用」が要求される傾向がある。このとき２つの相反する要求を同時に満たす必要がある。

2．目的

・建物の内部と外部を一体的に利用するための空間作りのための設計手法を、具体的な事例の分析をもとに構法の観点から整理すること
・各設計手法の実例について、その詳細図面から、ディテールを決定する要因や、同時に考慮すべき問題点などを考察・分析し、要求別にディテールの原理を求めること
・体系的に整理した手法を具体例と対応させて示すことで、実際の設計や製品開発の際の参考資料として活用可能とすること

3．対象

研究の対象部位は、建築の内部空間と外部空間の境界（以下、「内外境界面」）とその近傍の床・壁・天井の各部位とした（以下、「内外境界部」、一部植栽や外部手摺などを含む）。建物の規模・用途は限定せず、「外部と内部の一体的利用」の観点から詳細に手法を読み取れる図面、解説を雑誌、ディテール集などから幅広く収集し分析した。

4．方法・内容

4－1．「典型的な要求」の設定

「建物の内部と外部の一体的利用」については、「開口を大きくとりたい」、「段差をなくしてスムーズな行き来がしたい」など、さまざまな要求が考えられる。本研究では、優先させたい意匠的手法として、①「視覚的障害物の排除」、②「各要素の属性の一致」、③「部位面のフラット化」という３つの「典型的な要求」を設定し、実例手法の収集・分析を行った。

4－2．構成要素の分類

設計手法の適用部位をより詳細に分析するために、真鍋研究室の構法レベルの考え方に基づいて「内外境界部」を構成要素に分類した。

４－３．実例の収集

各種雑誌、ディテール集、開口部関連部品のカタログなどから、内外境界部の図面や写真が読み取れるような実例、および標準ディテールを収集し、それぞれの実例の名称･用途･所在地･設計者などの基本情報をデータベース化した。また「典型的な要求」のための手法と不都合現象に対する制御手法を抽出した。代表的な実例については資料カードと対応させた。

４－４．「典型的な要求」に対する手法の体系的整理

１）制御原理の抽出

設定した「典型的な要求」をもとに、制御対象とすべきパラメータ（制御項目）とその操作方法（制御原理）を抽出した。

２）手法の体系的整理

抽出した「制御原理」と「構成要素」を軸にマトリクスを作成し、実例から収集した手法を体系的に整理した。代表的な手法は写真や図面と対応させた。現実的にはあり得るが実例として収集できなかった手法も、演繹的に抽出した。これにより、「典型的な要求」のための設計手法を網羅的に把握できた。

４－５．不都合現象の制御手法の体系的整理

１）不都合現象の抽出

「典型的な要求」を満たしただけでは、その結果、雨仕舞や安全などの面で不都合が生ずることが考えられる。そこで、一般に内外境界部で起こりうる現象の中から、「典型的な要求」のための手法によって派生的に生ずる不都合現象を演繹的に抽出した。

２）制御原理の抽出

抽出した不都合現象の中で事例の多いものについて、時系列などの観点から、制御項目と制御原理（主に抑制方向）を抽出した。

３）制御手法の体系的整理

「典型的な要求」のための手法の整理と同様、「制御原理」×「構成要素」のマトリクス上に、収集した制御手法を整理し、手法カードを作成した。

５．手法の傾向･考察

５－１．概要

収集した手法に固有の番号を付することにより、「典型的な要求」のための手法と派生的不都合現象の制御手法を相互に参照できるようにした。以下に主な組合せの傾向･考察を記す。

５－２．視覚的障害物の排除

・大開口、ガラス張り境界面

孔空き素材･ルーバーを用いた視線方向の制御による眺望の確保とプライバシーや過度な光の侵入を防ぐ例が多い。輝度対比を利用して、境界面を明るくして内部を見えなくする手法や、安

全の観点からは、不透明シール貼付、格子や桟の付設、飛散防止フィルム貼付によって、人の衝突やガラス面の破壊を防止する、という手法があった。

５－３．属性の一致

・材質の一致

建物の内部と外部で仕上げ材の材質を一致させるという手法に対しては、変質や変形の速度の違いへの対処が多かった。例えば、防腐剤の塗布による変質(変褪色･腐朽など)の速度差の制御や耐変質性の確保が挙げられる。

・仕上げ材の目地の一致

材質と合わせて内外で完全に一致させている例は多くは見られなかった。精度の差や、「外装は機能重視、内装は外観重視」の傾向によるところが大きいと考えられる。

・物品(家具など)の共通化

建物の内部から外部にかけて同一の家具を設置するときに、固定する場合は、水抜き穴や表面加工で対処する。固定しない場合は、スタッカブルとして悪天候時の一時収納･移動を容易にする。

５－４．部位面のフラット化

・対象とした戸建て住宅では、段差や溝の完全に解消されている例は多くは見られなかった。個人の身体状況や価値観の影響が大きいと思われる。近年では、フラットレールのサッシなど、バリアフリー対応製品が登場している。

・集合住宅のバルコニーなどでは、目透かし張りなど下方に排水できる床と、水勾配をつけた躯体との組み合わせによって、室内床やサッシの高さに合わせる手法が多い。

・枠が床面に納まるという点で、同時に「視覚的障害物の排除」を実現するなど、同一手法によって複数の「典型的な要求」に対応している事例も見られた。

６．成果･課題

以上により、建物の内部と外部を一体的に利用するための設計手法を体系的に整理することができた。設計手法を「典型的な要求」と「派生的に生ずる現象に対する要求」の両面から分析することで、より現実的な設計の資料となることが期待できる。また、今回示した「典型的な要求」に関する制御原理は、内部空間と外部空間だけではなく、例えば内部空間どうしの境界面にも適用可能と考えられる。

今後は、より幅広い文献からの手法の収集と、実際の手法の適応範囲や効果、使われ方等についての検討が必要と思われる。

04-33 ケイ酸カルシウム水和物系建材の新しいリサイクルシステム

東京工業大学大学院
助教授　坂井悦郎

1．まえがき

セメント産業や建設産業は多くの循環型資源を有効に活用しており、循環型社会構築における役割は非常に重要となっている。一方、産業廃棄物の排出量も建設産業はその主要な地位を占めている。従って、建設分野においては、セメント系材料を利用する際の循環型システムの提案も重要となっている。すなわち、今後新たにセメント系材料を利用する部材や建材においては、リサイクルまでを想定したシステムの確立も必要である。また、セメント製造時に発生する炭酸ガスの有効利用も重要な課題である。

ここでは、炭酸化反応により、ビーライトの反応が促進され、高強度な硬化体の作製が可能なことと、また、製造時に発生する CO_2 量の約半分程度を固定化できることを明らかにしている[1]、低熱ポルトランドセメント（高ビーライト系セメント）を基本的な材料として選定し、水熱合成により建材などに利用されているトバモライトなどのケイ酸カルシウム水和物系との組み合わせによるリサイクルシステムについて検討した。すなわち、炭酸化反応と高ビーライトセメントおよびトバモライトを連関させることにより新たなセメント系建材の循環システムを構築しようするものである。また炭酸化反応との組み合わせにより、従来のセメント製造より低温でのセメント製造の可能性とそれを利用した循環型システムについての検討も行った。なお、建材は回収ルートの確立の可能性が高くい建材などとして使用されているトバモライトについても併せて検討を加えた。

2．実験概要

低熱ポルトランドセメント(LHC)を水セメント比 0.5 で練り混ぜ、2×2×8cm の試験体を作製後、湿空養生 1 日後、水中養生 2 日させ得られた硬化体を粉砕し、20℃、RH60%、CO_2 濃度 5%で炭酸化させた。CO_2 量の固定量を測定し、その値が飽和したものを試料とした。さらに、その試料を 150μm 以下に粉砕し、加圧成形後 750℃～1300℃にて 8 時間焼成し、炉から速やかに取り出し、室温で冷却した。MgO を標準物質として生成物量を XRD 内部標準法により、また、遊離石灰量はエチレングリコール法により定量した。

$Ca(OH)_2$ とシリカ質微粉末を用いて 180℃, 48ｈオートクレーブ養生し、トバモライトを合成した。その試料を上記と同様の条件にて炭酸化反応させ、粉砕した試料を成形後、600℃～800℃で焼成し、生成物について検討を行った。

3．結果と考察

LHC 硬化体粉末の材齢に伴う CO_2 吸収量は材齢 5 日程度でほぼ飽和しているので、材齢 12 日の試料を用いて検討を行った。この際の CO2 吸収量は 32.8%であった。また、合成したトバモライトについては、材齢 40 日で CO_2 吸収量は飽和しており、同様に、その後の焼成実験の試料とした。

炭酸化 LHC を各温度で焼成した場合の生成物においては、ビーライトは 750℃から生成し

ていた。これは従来のセメント製造における温度よりも非常に低い温度である。炭酸化したLHC硬化体は、カルサイトやバテライトおよびCO_2を含むCaO/SiO_2比の非常に低いゲル状水和物が主体をなしていることを報告しているが、このようなゲル状のシリカ成分と炭酸化反応により生成する微粒と想定される炭酸カルシウムの反応が生じ多量なビーライトが比較的低温から生成していると考えることができる。従って、この系は低温からビーライトの生成が可能であると指摘されている料彊石と類似した組織が形成されているものと想定される。

しかし、遊離石灰量が高いので、混合材との併用やFe_2O_3やAl_2O_3などの添加による間隙相量による調整が必要であると思われる。1250℃と1300℃ではエーライトが生成しており、また、遊離石灰量も急激に減少しており、低熱ポルトランドセメントに近い組成となっている。以上のように、低熱ポルトランドセメントを基本的な材料として炭酸化反応を組み合わせることで、リサイクルシステムの可能性が示唆された。

合成したトバモライトの炭酸化反応後、焼成した生成物では、600℃程度からビーライトが生成している。750℃では遊離石灰量も 0.70%となっており、ビーライト量も 49.1%を示している。800℃になるとα-ワラストナイトの生成により、ビーライト量は 29.4%に減少してお

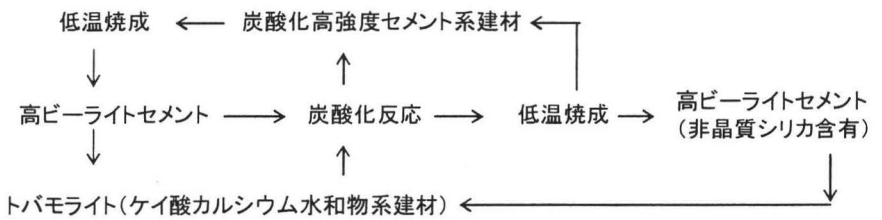


図１　セメント系材料の新しい循環システム

り、 トバモライトの場合には、焼成温度を750℃程度とする必要があることを示している。

４．炭酸化反応を利用したリサイクルシステム

LHC と炭酸化反応を利用することにより、高ビーライトセメントとトバモライトなどのケイ酸カルシウム水和物系建材における図１のようなセメント系材料の循環型システムの可能性が示唆された。

すなわち、LHC を出発材料として、建材や部材を製造する際に炭酸化反応を利用するか、利用後の処理において炭酸化反応を利用することにより、低温でのセメントの製造が可能となるものと思われる。また、水熱合成して得られるケイ酸カルシウム系水和物の代表であるトバモライトも炭酸化反応と低温焼成により高ビーライトセメントを製造することができる。高ビーライトセメントは、これを炭酸化反応をさせ、高強度な部材や建材の製造や構造物の構築に利用することができる。また、水熱合成（オートクレーブ養生）により、トバモライトを主成分とするケイ酸カルシウム水和物系建材への利用が可能となる。なお、本システムは、今後セメント系材料を用いて新たに製造される建材や部材あるいは構造物を念頭においたものであるが、既に使用されているセメント系材料についても適応の可能性はあるものと考えている。今後はさらに、焼成時におけるFe_2O_3やAl_2O_3分の添加などの技術的な検討、製造プロセスの検討、さらには経済性評価やライフサイクルコストあるいは環境負荷評価などの詳細な検討を行い本システムのさらなる可能性を追求して行く予定である。

04-34 既存不適格木造建築物の耐震補強推進のための意思決定支援ツールの開発

名古屋工業大学大学院社会工学専攻
助教授　井戸田秀樹

阪神淡路大震災では，その被害調査報告などから明らかにされているように，死者の80%以上は家屋の倒壊による圧死，窒息死であった．構造種別に被害を見ると，在来軸組工法による木造住宅，特に建築年代の古い既存不適格の木造住宅において被害が甚大であった．こうした事実から見れば，人命の観点で地震防災を考えるときの最優先課題は既存不適格木造住宅の耐震性向上である．

既存不適格木造住宅の所有者の大多数は一般市民である．したがって，それらの耐震化はその住宅所有者の判断に委ねられている．住宅所有者による耐震改修工事促進のため，無料の耐震診断制度や耐震改修費用の補助制度などが各自治体により実施されているが，既存不適格木造住宅の耐震化率は依然きわめて低いのが現状である．

こうした地震防災上の現状を鑑み，既存不適格木造住宅の耐震化を促進するために必要とされている技術を再点検し，その問題点を解決できる技術的な支援ツールについて検討を行うことが本研究の目的である．

一般市民を対象としたインターネットアンケート調査などから，耐震改修促進のためには改修費用に関する費用対効果を説明することが重要であることが明らかとなった．そこで，本研究ではまず改修費用について検討を行った．その結果，木造住宅の耐震改修促進には所有者に地震によって損傷を受けるメカニズムから耐震改修効果を実感させることが不可欠であり，そのためには，以下の３つの項目について説明することが必要と考えた．

1）対策すべき地震の大きさ
2）目標とする耐力特性
3）予想される損傷程度

対策すべき地震の大きさを説明する最も身近な方法は，ある特定の地震に対して公開されている予想震度を利用する方法である．東海地方を例にとれば，近い将来の発生が確実視されている東海地震，あるいは東南海地震がその対象であり，そのときの住宅所在地の予想震度を対策すべき地震の大きさとするような説明は住宅所有者に対して説得力は高い．ただし，特定地震に対する予想震度を上回る地震が発生する可能性があることは同時に説明すべき項目である．また，住宅所有者が確率的な考え方を意思決定に反映させるだけの知識がある場合には，海溝型地震と内陸活断層の影響も考慮した確率論的地震動予測地図を用いる方法がある．ある震度以上が発生する確率や，生起確率に応じた最大震度がマップに表現されており，確率的な情報に基づいた意思決定を選択する住宅所有者には有力な説明ツールである．

対策すべき地震の大きさが設定されれば，その地震に対して住宅に与えたい耐力特性を説明しなければならない．一般の住宅所有者に対して説明性を持つ木造住宅の耐力特性の尺度は，木造住宅の耐震診断法の評点が唯一である．したがって，耐震改修によって目標とする

耐力特性を決めるには，評点に対して予想される住宅の損傷および耐震改修の費用との関連を明確にした説明が不可欠である．

予想される損傷の程度は，改修後の耐力特性と想定する地震の大きさから決定される．損傷の程度を表現する物理量は，最大応答変位，残留変位，被害調査等で用いるダメージインデックス，あるいは損害額などが考えられ，住宅所有者の理解に応じた説明手段が必要である．

一般の住宅所有者が耐震改修工事に対して持っている費用対効果に対する疑問を解決し，安心を実感する改修計画を実現するには，対策すべき地震，目標とする耐力特性，予想される損傷の３つを有機的に関連させ，改修実施のための意思決定を可能にする技術的な説明ツールが必要である．

以上のような技術的対応策の検討結果に基づき，本研究では一般住宅所有者が木造住宅の耐震改修工事を実施するための意思決定支援ツールを提案した．

改修後の耐震性能は，外力としての地震の大きさと，その結果発生するであろう被害との関係の中で説明するのがわかりやすい．この関係は，性能設計の概念で一般的に用いられている性能マトリクスと同様のものである．提案する意思決定支援ツールでも，改修後の耐震性能の説明には地震の大きさとそのときの被害程度の関係を用いる．説明対象が一般住宅所有者であることを考えると，地震の大きさの尺度には原則として「震度階」を用い，必要に応じて最大加速度，再現期間などを説明に加える．また，被害程度に関しては，イメージのしやすさを考慮して一般的な地震被害の尺度として用いられている「倒壊，大破，中破，小破」などの用語を用いる．ただし，最大応答変位や仕上材の損傷などと関連させた定義をしておくことが必要である．

以上のような性能マトリクスを，改修後の耐力特性と費用に合わせて提示することが必要となる．耐力特性は，現在用いられている一般耐震診断の評点を尺度として用いる．これらを表現するイメージを図１に示す．図中に示す数値や記述は単なる例示であり，明確な根拠の下に示されたものではないが，住宅所有者が意思決定を行うためのツールとして具体的に考える上での重要な参考資料になりうると考えて定量的に提示した．性能マトリクス上には改修前の評点に対応した性能レベル，および改修後の性能に対応した性能レベルが明示され，各性能レベルにはそのレベルまで耐震改修するための費用が明示される．説明性を高めるため，改修費用は特定の住宅に対する総額を絶対値で示すのが効果的である．また，縦軸の損傷欄には，評価尺度である「倒壊，大破，中破，小破」などの言語に対応した被害状況，損害額，層間変形角などが示される．横軸の地震の大きさは「震度階」で表現され，各震度階に対応した発生確率，再現期間，最大加速度などが補足的に示される．

意思決定支援ツールの構築に当たっては，前述した各評価尺度間の定量的な関係を明示しておく必要がある．特に，「評点」と「損傷度」の関係については，既往の研究成果の中では明確にされていないのが現状である．したがって，現在用いられている耐震診断手法に基づく評点と，地震時の損傷度の関係を具体的に提示することは現在技術的に必要とされている最も重要な課題といえる．壁の性能に限定すれば，耐震診断の評点と力学的特性は壁量と偏心を用いて定量的に関係づけることができる．したがって，この力学特性を用いて各震度階と損傷度の関係を明らかにしていくことが求められている．本研究では，ある評点に対応した解析モデルに対する地震応答解析を行い，表１に示すような関係を提示した．

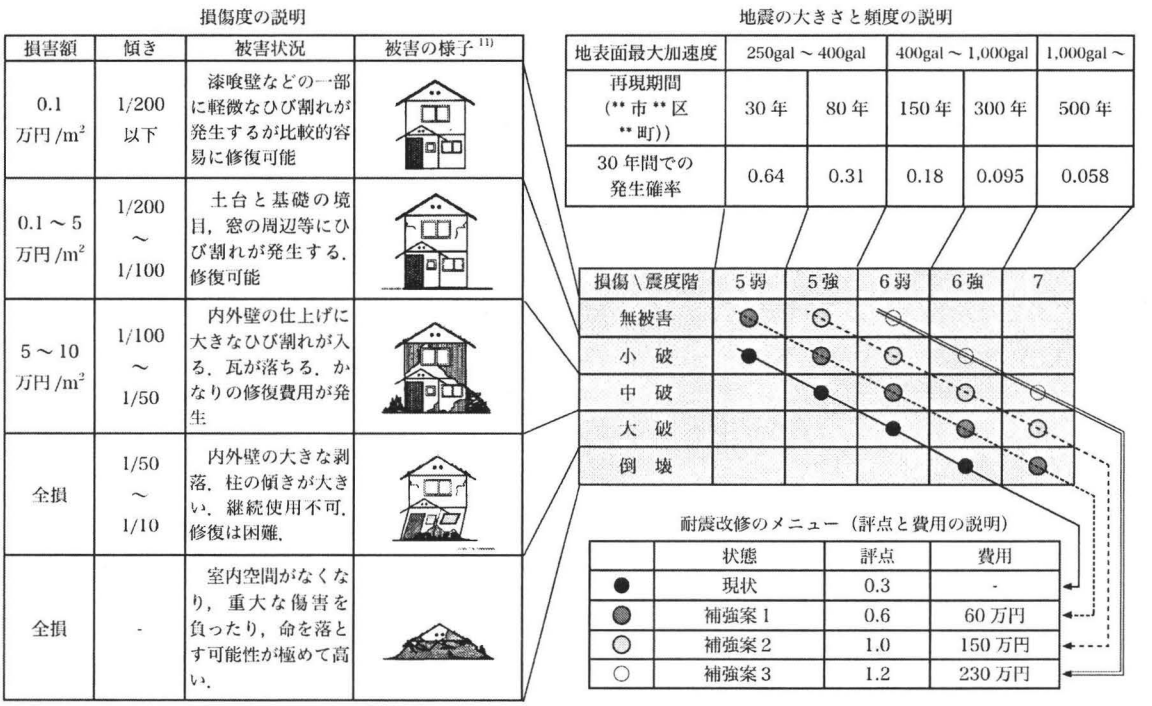


図 1　耐震改修意思決定支援ツールのための性能マトリクスのイメージ（表中の数値，記述等は単なる例示であり未検討である）

表 1　確率表示された性能マトリクス（%）

(a)　評点 0.4

	4	5弱	5強	6弱	6強	7
無被害	100	76	44	7	0	0
小破	0	19	27	14	0	0
中破	0	6	19	32	60	0
大破	0	0	10	26	33	0
倒壊	0	0	0	21	7	100

(b)　評点 0.7

	4	5弱	5強	6弱	6強	7
無被害	100	84	58	4	0	0
小破	0	14	27	26	0	0
中破	0	1	12	41	67	0
大破	0	0	2	26	33	0
倒壊	0	0	0	3	0	100

(c)　評点 1.0

	4	5弱	5強	6弱	6強	7
無被害	100	91	83	11	0	0
小破	0	9	14	43	0	0
中破	0	0	4	32	77	0
大破	0	0	0	13	23	8
倒壊	0	0	0	0	0	92

(d)　評点 1.3

	4	5弱	5強	6弱	6強	7
無被害	100	97	89	22	0	0
小破	0	3	11	46	17	0
中破	0	0	0	30	73	17
大破	0	0	0	2	10	75
倒壊	0	0	0	0	0	8

(e)　評点 1.6

	4	5弱	5強	6弱	6強	7
無被害	100	96	92	18	0	0
小破	0	4	8	47	7	17
中破	0	0	0	32	83	25
大破	0	0	0	3	10	58
倒壊	0	0	0	0	0	0

(f)　評点 1.9

	4	5弱	5強	6弱	6強	7
無被害	100	96	90	28	0	8
小破	0	4	8	47	13	17
中破	0	0	2	23	73	42
大破	0	0	0	2	13	33
倒壊	0	0	0	0	0	0

04-35 伝統的木材保護塗料である柿渋の防腐効力発現機構の解明と性能の向上

奈良県森林技術センター
主任研究員　酒井 温子

柿渋とは、渋柿を熟する前に収穫し、圧搾器で搾って得た浸出液を発酵熟成させた褐色透明な液体である。戦後間もない時期までは、日本全国各地で農家の庭先などでも生産され、木材、竹、紙、布、漁網の保護塗料として、また漆器の下塗りとして広く使用されていた。

近年、合成化学物質の健康面への悪影響を懸念して、一般消費者は身の回りで使用する薬剤に天然物由来の物質を好む傾向にある。柿渋は天然物由来の物質であり、木材保護塗料として使用された実績もあるため、木材保存剤としての可能性について再検討が始まっている。

既往の研究において、塗布や注入処理を行うと、柿渋はカワラタケに対しては防腐効力が弱いが、オオウズラタケに対しては耐候操作を実施しなければ高い防腐効力が認められると報告されている。しかし、柿渋の持つ木材防腐効力の発現機構については十分な説明がされていない。

また、木材保存剤としての利用を考えると、カワラタケに対する防腐効力の向上と耐水性の改善が不可欠であり、柿渋を化学的に改良する必要がある。

そこで、本報では、従来から使用されてきた標準型の柿渋（A剤）とともに、濾過により特有の臭いの原因となる低分子物質を除去した柿渋（B剤）と、低分子物質からなる濾過液（C剤）を使用し、3薬剤間での木材防腐効力の比較から、防腐効力を持つ成分を確認した。同時に、顕微鏡による観察を実施し、柿渋処理木材の表面の様子や菌糸の木材への侵入の様子等から、柿渋の木材防腐効力の発現に関する考察を行った。さらに、柿渋を化学的に改良し、木材防腐効力の向上を試みた。

まず、検討①「柿渋の持つ木材防腐効力とその発現機構の解明」においては、上記の3薬剤を使用して、JIS K 1571に準拠した表面処理用の木材防腐効力試験を実施した。その際、スギ試験体への柿渋の処理は、原液に3回浸せき、原液あるいは原液を脱イオン水で希釈した50%水溶液もしくは25%水溶液に1回浸せきとした。1回の浸せき時間は3分間とした。3回浸せきの際には、2回目および3回目の処理は翌日と翌々日にそれぞれ実施した。

薬剤処理後、7日間風乾し、60℃恒量を測定してから、オオウズラタケおよびカワラタケを用いて 12 週間の抗菌操作を実施した。処理試験体と同時に抗菌操作に供した無処理試験体の質量減少率は、オオウズラタケに対しては 31.2 %、カワラタケに対しては 18.5 %であった。本試験規格では、無処理試験体の質量減少率がオオウズラタケに対して 30 %以上、カワラタケに対して 15 %以上である時に、試験が有効とされる。したがって、菌の活力はやや弱いながらも、今回の試験は成立している。なお、今回は、3 薬剤が本来持ち合わせて

いる防腐効力を正確に把握するため、耐候操作は実施しなかった。

また、薬剤処理後と抗菌操作後の試験体の表面を、実体顕微鏡および走査型電子顕微鏡（日立製 N-2250）で観察した。

その結果、オオウズラタケに対しても、カワラタケに対しても、B剤はC剤よりも防腐効力が高いことから、高分子物質、おそらくタンニンが防腐効力の発現に寄与していると推定された。しかし、いずれの薬剤で処理をしても、腐朽による質量減少率は10%以上であり、木材保存剤としての合格基準である 3%以下には及ばず、柿渋の持つ防腐効力は不十分と言わざるを得なかった。

また、腐朽後の木材試験体を顕微鏡で観察したところ、オオウズラタケの菌糸は塗膜の切れ目から木材内部に侵入していた。したがって、繰り返しの塗布または浸せき処理で、亀裂のない塗膜とその直下に均一な柿渋浸透層を形成させることができれば、オオウズラタケに対してより高い防腐効力を持たせることができると推定された。

一方、カワラタケの菌糸は、柿渋の塗膜を貫通して木材内部に侵入していた。したがって、カワラタケに対する防腐効力を向上させるためには、柿渋そのものにカワラタケの侵入を防ぐための新たな防腐成分を加えることが必要であると考えられた。

次に、検討②「柿渋と新たな防腐成分を組み合わせた際の木材防腐効力」においては、柿渋（B 剤）とともに、カワラタケに対して防腐効力を有する新たな薬剤として硫酸銅を使用した。

検討①と同様に、JIS K 1571 に準拠した表面処理用の木材防腐効力試験を実施した。

その結果、硫酸銅が加わることで、カワラタケに対する防腐効力は格段に向上し、腐朽にともなう平均質量減少率は 3%以下と良好な成績が得られた。また、オオウズラタケに対しては、硫酸銅の使用と柿渋の２回浸せきで防腐効力は向上し、腐朽にともなう平均質量減少率は 5%以下となった。

ただし、以上の結果は、耐候操作を実施せずに行っており、木材保存剤としての利用へつなげるには、耐水性の確認とその改善について、さらなる検討が必要である。

そこで、引き続いて、検討③「柿渋の耐水性の向上」において、柿渋の重合を促進させ耐水性を向上させるための措置を検討した。

その結果、いずれの柿渋に対しても、温度の変化やゼラチン水溶液の塗布は、重合促進効果が明確ではなかった。それに対して、柿渋にアルデヒド類を添加した場合には、塗膜は速やかに重合し、水に不溶となることが確認された。

最後に、検討④「柿渋と新たな防腐成分および重合促進剤を組み合わせた際の木材防腐効力」において、検討②で防腐効力の向上に有効であった硫酸銅と、検討③で柿渋の重合促進に効果的であったアルデヒド類を、柿渋と組み合わせて使用し、JIS K 1571 に準拠した表面処理用の木材防腐効力試験を実施した。この際、薬剤処理後に耐候操作を実施し、水に溶脱する成分を洗い流してから、抗菌操作を実施した。

その結果、硫酸銅が加わることで、カワラタケに対する防腐効力は格段に向上し、腐朽に

ともなう平均質量減少率は 3%以下となった。耐候操作を実施しても、平均質量減少率が低い数値となったのは、銅が柿渋のタンニンとキレートを形成しているためと推定される。また、オオウズラタケに対しては、硫酸銅とともに柿渋の2回浸せきで防腐効力は向上し、さらにグルタルアルデヒドの添加により耐水性が付与され、平均質量減少率は 5%以下となった。

以上より、今回検討した範囲では、柿渋を木材保存剤として利用する上で、「柿渋で複数回浸せき処理すること」および「硫酸銅およびグルタルアルデヒドを添加すること」が、防腐効力の向上にもっとも有効であることが明らかになった。今後は、柿渋の浸せき回数、硫酸銅やグルタルアルデヒドの適当な濃度等についてさらに検討を行い、最適な処理条件を見つけ出す必要がある。また、今回の硫酸銅やグルタルアルデヒドの使用濃度は低いとはいえ、毒性を有する薬剤であるので、同様の効力を有し毒性の低い他の薬剤への転換も検討する必要がある。

04-37 明暗によって図柄の変わる発光壁材の開発

龍谷大学 理工学部
教 授　斉藤 光徳

近年、世界各地で地下鉄火災やテロによる爆破事件などが相次ぎ、地下街や大規模ビルの防災対策を充実させることが求められている。電力を断たれた状態でも数時間発光を続ける蓄光材料(夜光塗料)は、非常口標識などとしてすでに利用されているが、最近、高輝度・長寿命のアルミン酸系素材が開発されたことを契機に、照明光源としても利用することが考えられている。災害時の暗闇において、局所的な非常表示だけでなく空間全体を照明することで、互いの顔を認識したり文字を読んだりすることができれば、パニックを防ぎ落ち着いた避難行動が取れるものと予想される。我々は、これまでに行った研究で、発光面積を大きくすれば新聞の見出しが読める程度の照度が得られることを確認している。しかしながら、壁や天井の大部分を蓄光材料で覆ってしまった場合、平常時においては空間が殺風景になり、落ち着きのない雰囲気が満ちてしまうことになる。現在使われている非常口標識なども平常時には不必要なものであり、特にギャラリーやレストランなど、雰囲気を大切にしなければならない空間では目障りなものになっている。そこで本研究では、電力が供給されている平常時には絵画や広告などが表示される大型パネルとなり、電力が断たれた非常時においては避難方向などを示す表示が出る照明装置となるような、図柄の変わるパネルの開発を行った。

二重絵画パネルの構造を図 1(a)に示す。透明シートにインクで描かれた絵画の上に、半透明ミラーと、蓄光材料で描かれた避難標識が重ねられている。平常時には部屋の電灯 I_R とバックライト I_B の両方で照明されるが、バックライトで強く照明されるインク絵の光の方が蓄光材料の発光よりはるかに強いので(I_P>I_S)、インク絵だけが見える。半透明ミラーでバックライトを反射することで、インク絵はさらに明るく鮮明になる。一方、部屋の電灯とバックライトを消した暗闇では蓄光材料の発光だけが残る。半透明ミラーを置くことで、蓄光材料の光がインク絵を照明することを防げるので、蓄光標識だけが見えることになる(I_S>I_P)。このようにして作製したパネルの写真を図 1(b)に示す。左はバックライトと室内光で照明されているときの写真であり、インクで描かれた広告(建物の絵)が見えており、避難標識は見えていない。照明を消すと、右のように表示が避難標識に変わり広告は見えなくなる。写真では黒く見えている周囲の部分も緑色で発光しており、パネル全体が照明光源として機能して

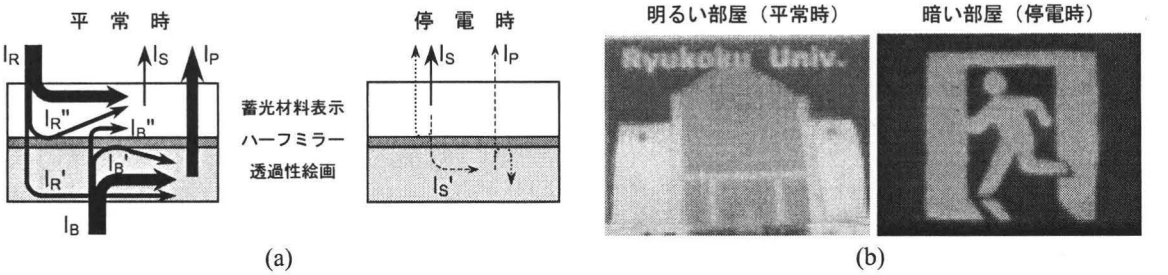


図 1　(a)二重絵画の構造と原理。(b)作製したパネルの明るい部屋と暗い部屋での写真。

いる。消灯してから 10 秒後に、パネルから 0.1m 離れた位置で測定した照度は 4.6 ルクスであった。パネルのそばでは、消灯してから 5 分間ぐらいは蓄光材料の光で新聞の見出しを読むことができた。

現在のところ、蓄光材料による高輝度・長寿命の発光は、青と緑でしか実現していない。蓄光材料を照明に用いる場合、青や緑など冷感色の光だけではお化け屋敷のような照明環境になってしまうので、暖色系の発光が望まれる。また、避難標識などの表示も、青と緑だけでは色コントラストが低く視認性が悪い。赤、橙、黄色などの発光色をもつ蓄光材料の開発も行われているが、高輝度・長寿命な発光は実現していない。そこで本研究では、高輝度で長寿命の赤色発光を実現するため、有機色素の波長変換機能を利用することを考えた。有機色素は短波長の光を吸収して長波長の光を放出する性質を持っているので、蓄光材料の光を赤色に変換できるのではないかと予想される。そこで、ロダミン 6G、ロダミン B、キトンの 3 種類の赤色発光色素を用いてサンプルを作製した。図 2(a)は、色素と緑色蓄光材料を混合した 3 種類のサンプルと、市販の赤色蓄光材料を分散させたサンプルの写真である。撮影は、暗室内で励起光の照射を停止してから 2 秒後、および 2 分後に行った。写真右下の赤色蓄光材料のサンプルは減衰が激しく、4 つのサンプルの中で最も発光強度が弱かった。最も明るい発光が見られたのは、ロダミン B を混合したサンプルであった。図 2(b)は、これら 4 つのサンプル、および緑色蓄光材料だけを分散させたサンプルの発光強度の減衰過程を示している。赤色蓄光材料のサンプルは、他のサンプルと比べて減衰速度が速いことが分かる。色素を混合したサンプルは緑色蓄光材料と同じ時定数で減衰し、数時間にわたって橙や赤の発光を観察することができた。

以上で述べた技術を利用すれば、地下街や駅などに設置されているバックライト式の広告パネルや駅名表示を改造して非常用照明光源として用いることもできるので、コストや設置スペースなどの点で現実的な防災対策となりうる。さらに、RGB(赤・緑・青)という光の三原色の発光が可能になったことで、無電力ディスプレイの可能性も生まれ、防災だけでなくインテリアとしても蓄光材料を利用できる道が開かれたと言える。

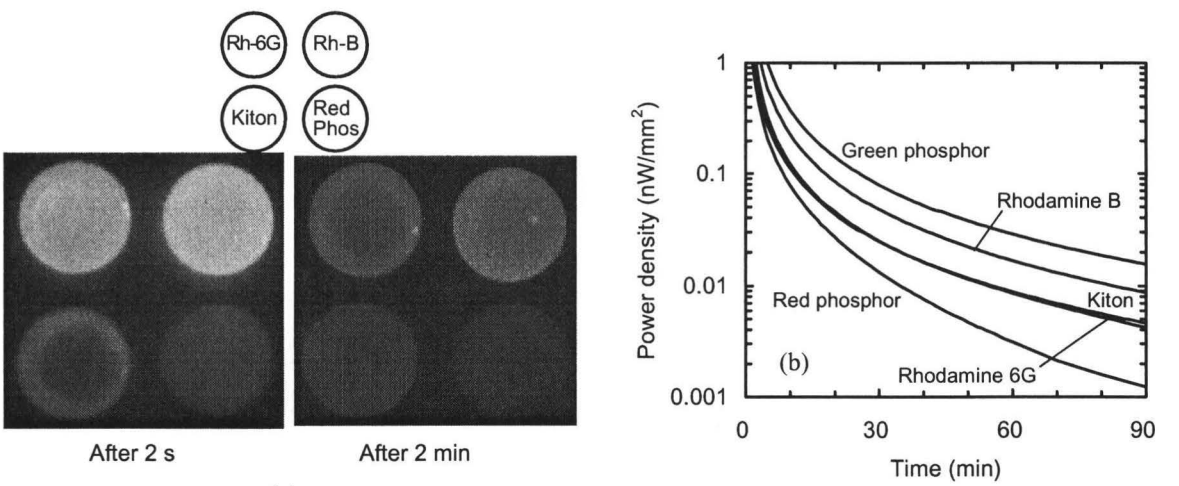


図 2　(a)赤色発光体の写真と、(b)それらの発光の減衰過程。

04-38 農業系廃棄物のブレンドによる機能性木質ボード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
主任研究員　瓦田　研介

1．目的と背景

平成 14 年の建築基準法改正で、ホルムアルデヒド（FA）を放散する建材の使用制限が規定されるなど、室内空気汚染物質としての FA の低減化対策が求められている。そこで建材及び接着剤メーカーでは、化学薬品を用いた FA キャッチャー剤を開発し、木質ボードの表面に塗布して FA 放散量を低減させている。近年では、お茶に含まれるカテキンは FA 吸着能力が高いことが証明され、お茶から抽出したカテキンを木質系ボードに塗布したものも開発された。一方、お茶の栽培農家では、お茶の整枝作業に伴い発生する廃棄物の処理に困窮している。整枝作業とは、お茶の生育制御のために枝や葉を切り取る作業のことで年に数回必ず行われている。東京都内で発生する整枝茶葉だけでも年間 1400t（乾燥重量 280t）にもなり，これらの一部は土壌中で生分解されるが、大部分は農業系廃棄物として処理に困っている。そこで、FA 吸着能を有するカテキンを豊富に含む整枝茶葉を建築廃材チップにブレンドして、FA 吸着能力などの機能を有する木質ボード（パーティクルボード）の製造を本研究の目的とした。

2．整枝茶葉の室内空気汚染物質の吸着能の評価

建材や建材原料の FA 吸着能を調べる方法は多数報告されているが，簡易で安価な方法として松田らが提案した方法に準拠した（松田ほか，木材工業，58(5)，p210-215(2003)）。この方法は，実環境に近い FA 濃度（数 ppm）の環境をガラスデシケーター内に作成し，そこでの各材料の FA 吸脱着性能について評価するものである。まず，整枝茶葉，粒状活性炭（試薬，塩化亜鉛賦活法による），海砂（試薬，20-35 メッシュ，生物培地用）の FA 吸着能について調べた結果を図 1 に示す。なお，各試料はデシケーター内に 6g ずつ投入した。FA のブランク濃度には多少のばらつきがあり，その範囲は 0.80～1.89ppm であった。そこで，ブランク試験の FA 濃度を基準とした各試料の相対濃度を求めて，ホルムアルデヒド吸着能として評価した。23℃で 24 時間吸着させた初期吸着では，活性炭にくらべて整枝茶葉のほうが FA 濃度は減少した。

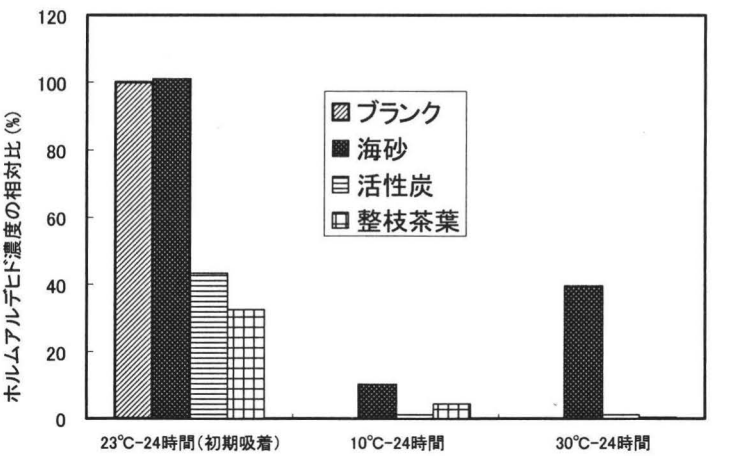


図 1　整枝茶葉の FA 吸着能の評価

比較として用いた海砂は初期吸着では，ほとんど FA を吸着しなかった。次に，デシケーターを 10℃に調整し，FA 吸着を促進させた。その結果，活性炭は温度低下によりさらに周囲の FA を吸着した。整枝茶葉及び海砂も FA 濃度が減少した。この後，デシケーターを 30℃に調整して吸着した FA の脱着の有無について検討した。30℃では，活性炭及び整枝茶葉では吸着した FA をほとんど気中に放出しなかった。一方，海砂では吸着していた FA が気中に放出されたために気中濃度が著しく増加した。したがって，活性炭や整枝茶葉は FA を良く吸着し，熱が加えられても脱着しないことが判明した。さらに，整枝茶葉をパーティクルボード(PB)にブレンドしてボードを製造する際には，熱硬化型の接着剤を使用するため，整枝茶葉を含むマットに 100℃～160℃程度の熱を加える。図１に示した整枝茶葉は，非加熱の試料であることから，整枝茶葉の加熱による FA 吸着能の変化について調べた。20g の整枝茶葉を 40×40cm の金属板上に均一に散布した後に，ホットプレスにより 100，120，140，160℃で 10 分間熱圧締した。金属板から取り出した整枝茶葉の FA 吸着能を調べた結果を図２に示す。23℃の初期吸着では，FA 濃度はブランクの半分以下までに低下する。また，熱圧締温度が高いほうが FA 気中濃度は高い傾向を示した。10℃の吸着促進段階では，すべての整枝茶葉試料で FA 濃度がさらに低下した。30℃の脱着段階では，すべての整枝茶葉試料で FA の若干の脱着が見られた。これらは，FA 濃度にすると 0.04-0.08ppm であり非常に低濃度である。しかし，図１に示す非加熱の整枝茶葉にくらべると，100℃以上に加熱した整枝茶葉は FA との結合力が低下していることが推測された。そこで，加熱した整枝茶葉に含まれるカテキン類（エピカテキン：EC，エピガロカテキン：EGC，エピカテキンガレート：ECg，エピガロカテキンガレート：EGCg）及びカフェイン量について HPLC を用いて定量した（図３）。カテキン類は加熱処理により含有量が減少し，減少の程度はカテキンの種類によって異なり，EGC が最も減少した。一方，カフェインは加

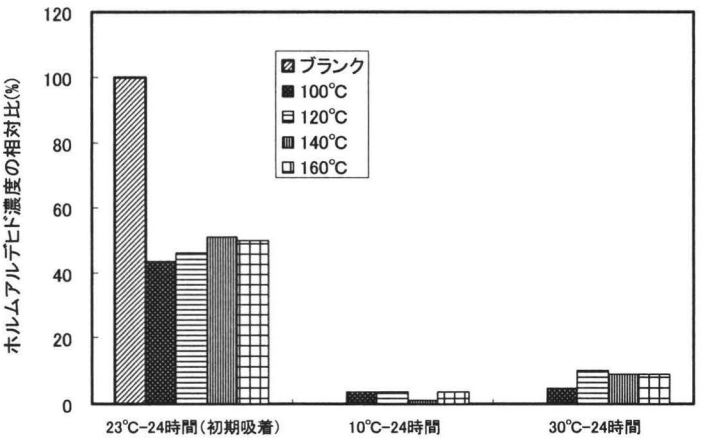


図２　加熱処理した整枝茶葉の FA 吸着能の評価

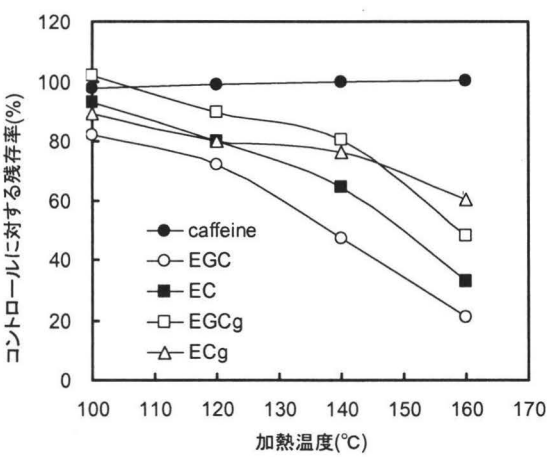


図３　カテキン類及びカフェインの加熱による含有量の変化

熱によっても含有量は変化しなかった。従って，整枝茶葉の FA 吸着能を有効に活用するためには，木質ボードの熱圧締温度を低く設定することが必要であることがわかった。

3　整枝茶葉のブレンドが PB の強度に及ぼす影響

整枝茶葉のブレンドが PB の強度に及ぼす影響を調べるため建築廃材から調製したチップを原料とする PB を製造した。製造条件は，フェノール樹脂接着剤，ワックスエマルジョンを用いて,含脂率 8%の 3 層 PB（300×300×厚さ 15mm）を 160℃で 10 分間熱圧締して製造した。整枝茶葉は FA 吸着等の機能付与を目的としていることから，表層用のチップに，10 及び 20%（質量）ブレンドした。ボードの目標密度は，0.55 及び 0.75g/cm^3 とした。製造した PB は鋸断して，23℃-50%RH の環境下で養生した後，JIS A 5908:2003「パーティクルボード」に準拠して，曲げ強さ，曲げ弾性率，はく離強さ，吸水厚さ膨張率，吸水率及び木ねじ保持力を求めた。PB の強度試験結果を表 1 に，分散分析結果を表 2 に示す。茶葉の表層へのブレンドは，曲げ弾性率，はく離強さに影響を及ぼすことがわかった。茶葉混合率の増加にともない曲げ弾性率は向上し，はく離強さはやや低下した。一方，曲げ強さ，吸水率，木ねじ保持力等は，整枝茶葉を表層に 20%添加しても影響を受けないことが判明した。

表 1　整枝茶葉をブレンドした PB の強度特性

Tea content(%)	Density(g/cm^3)	MOR[a](MPa)	MOE[b](GPa)	IB[c](MPa)	TS[d](%)	SWR[e](N)	WA[f](%)
0	0.56(0.001)	5.7(0.8)	2.7(0.14)	0.58(0.07)	14.9(0.5)	278(29)	79.7(4.5)
10	0.53(0.01)	5.1(0.1)	2.6(0.04)	0.56(0.02)	12.7(0.6)	291(36)	85.3(1.7)
20	0.56(0.02)	5.2(0.3)	3.2(0.09)	0.45(0.06)	13.5(0.5)	275(8)	76.7(8.4)
0	0.75(0.02)	17.6(1.3)	6.4(0.09)	1.28(0.08)	14.0(1.9)	663(25)	46.2(6.4)
10	0.75(0.02)	15.6(0.6)	6.2(0.22)	1.12(0.06)	13.9(0.9)	694(8)	46.2(3.6)
20	0.79(0.01)	16.4(0.9)	6.4(0.14)	1.13(0.02)	17.8(0.5)	632(107)	47.8(3.6)

a MOR=Modulus of Rupture
b MOE=Modulus of Elasticity
c IB=Internal Bond
d TS=Thickness Swelling
e SWR=Screw Withdrawal Residence
f WA= Water absorption
values in parentheses are standard deviations.

表 2　分散分析結果　(α=0.05)

property	MOR[a]	MOE[b]	IB[c]	TS[d]	SWR[e]	WA[f]
Density	S[g]	S	S	S	S	S
Tea content	NS[h]	S	S	NS	NS	NS

a MOR=Modulus of Rupture
b MOE=Modulus of Elasticity
c IB=Internal Bond
d TS=Thickness Swelling
e SWR=Screw Withdrawal Residence
f WA= Water absorption
g S=Significant
h NS=Not Significant

04-39 中高層集合住宅の外風による計画換気量の変動性状とベントキャップの形状効果に関する研究

北海道立北方建築総合研究所
環境科学部　居住環境科長　鈴木大隆

１．研究の概要

集合住宅の換気量実測調査によれば、設計換気量に対し、１／２程度の換気量しか確保されていない状況の住宅も少なくない[1)]。 換気量が確保されていない住宅では、カビや VOC によって室内環境が著しく悪化する。それに加えて寒冷地の場合、ダクト内結露や氷柱の形成など冬期障害が発生し、クレーム等の大きな要因となっている。

本研究では、集合住宅で発生する換気障害（換気量不足）の実態を調査し、その障害の一因となっている換気フードの形状に着目し、解決に向けた実験的検討を実施した。その結果に基づき、換気障害の解決に向けた換気フードの選定・設置方法に有用な設計情報を提示する。

２．研究成果の概要

本研究では、主に強風地域の集合住宅で発生する換気量低下や氷柱などの障害に着目して、実態調査と種々の実験的な検討を実施した。検討結果の概要を示すと次の通りである。

1) 集合住宅における換気障害の実態

集合住宅で発生する換気量不足や結露・氷柱被害などの実態を明らかにするため、トラブルが報告されている集合住宅を対象に現地調査を実施した。調査の結果、換気システムに関連する障害の主な原因には、配管の不適切な設計施工や換気装置フィルターの埃・虫による目詰まり等「システム要因」が考えられる。その一方、強風による「外的要因」によって配管内への雨水や吹雪の侵入する問題や室内空気の排出が著しく抑制される問題も無視できないことを明らかとした。（写真１）

2) 強風時の換気性能に影響を及ぼす換気フードの形状に関する実験

換気フードの強風時の特性を示す情報を構築する目的で、市販されている換気フードを対象に風洞実験によって外風の影響による換気量の変動や低下率に関する実験的な検討を実施した。その結果から、換気フードの選定や取り付け位置によっては、換気量の科不足が生じる危険性があることを指摘し、特に第３種換気の自然給気口を設ける場合には、過剰換気による室内温熱環境の低下や暖房負荷の増大が懸念されることを示した。（図１）

3) 換気フードから配管内への吹雪の侵入に関する実験的検討

換気フードからダクト内に侵入する吹雪は、換気経路や換気装置での結氷・漏水につながる。このことから、風洞装置内で実際の吹雪状況を再現して、換気口から侵入する吹雪量の測定を試みた。その結果から、換気口への吹雪の侵入量は、壁面を流れる気流に対する換気フードの開口方向に大きく影響を受けること、換気ファンで排気を行い配管内部から外への気流がある状態では、吹雪の侵入は殆どないことなどを明らかにした。（写真２）

4) 常時換気装置の稼働時における換気量の変化

給排気ファンが常時運転される換気システムの給排気口を対象に、外風が作用した際の換気量変動について実験的検討を実施した。その結果、排気経路では、ファンの機外静圧が換気フードに作用する外風圧よりも下回った場合に、逆流や換気量不足が発生する。特に、機外静圧の低いファンを用いた場合は、外風圧の影響を受けて換気量が変動しやすいため、壁面の気流状態を十分に把握し、外部風が容易にダクト内に侵入しないフードの選定や設置場所に工夫が必要であることを示した。一方、給気経路では、換気フードから外風が侵入することによって過剰給気になることが懸念される。給気フードも排気側のフードと同様にその開口面が外部風の風向に正対しないようにするなど、選定するフードの形状に工夫が必要と言える。これら工夫を行うことで、ファンの機外静圧に換算して最低でも 10～20Pa の換気量変動を抑制できることを示した。（図２）

写真１　換気障害の実態調査例

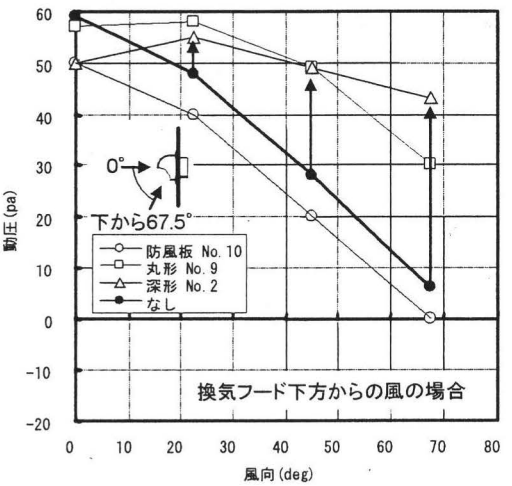


図１　強風時の換気性能に影響を及ぼすフードの形状

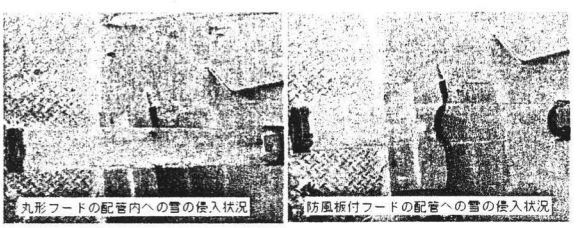


写真２　フードの違いによる配管への吹雪の侵入状況

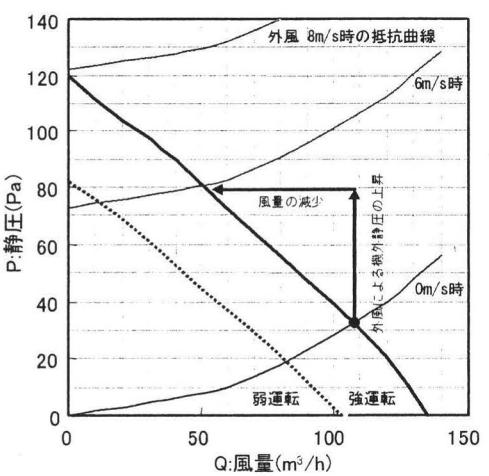


図２　排気ファンの P-Q 特性と外部風との関係

1)～4)の結果から、壁面を流れる気流の方向が換気フードの開口面に正対する場合は、安定した換気回数の確保が難しくなることや、ダクト内へ吹雪が侵入しやすくなることを示した。また、これらの障害を防止するための換気システムの設計情報として、壁面気流の方向と換気フードに作用する動圧との関係、外風の強さとファンの機外静圧との関係などの基礎的情報を提示した。平成 12 年の建築基準法の改定以降、居室においては機械換気装置の設置が義務付けられているが、これらの換気装置で発生する不具合の実態や強風地域での設計方法に関しては、多くの技術資料が提示されているとは言い難い現状にある。本研究で示した成果は、性能信頼性の高い換気システム設計の一助となると考えている。

04-41 小規模な木造住宅生産者の存在形態と将来構造に関する研究

ＮＰＯ法人建築技術支援協会 常務理事 阿部 市郎

第Ⅰ部 概 要

１．研究の背景と目的

小規模な木造住宅生産者は本来、柔軟な資源集約機能により、価値観・ライフスタイルが多様化・個別化する生活者に対して一層肌理細やかな対応が可能となる。資源の集約機能を高度化することにより、小規模な木造住宅生産者は独自性を構築し、成熟社会における住宅生産者としての確固たる存在形態を形成することができる。本研究では、注文戸建木造住宅の生産及び供給主体として成長してきた小規模な木造住宅生産者の存在形態と将来のあり方の基本的な方向性を描出することを目的とし、①住宅及び住宅生産者に対する生活者の意識、②小規模な木造住宅生産者の資源集約機能の現状について明らかにする。

２．住宅及びその生産者に対する生活者の意識 ―生活者へのアンケート調査―

２－１．アンケート調査の概要

本アンケート調査は、ネットリサーチ会社を利用し、ウェブサイト上でアンケート調査票を配布・回答し、及び回収を行った。アンケート調査の実施期間は、2005 年 3 月 11 日～3 月 12 日である。設定サンプル数は、700 サンプルである。本調査では、年齢層を 3 つに分け、年齢層毎にサンプル数を設定した。年齢層毎に設定したサンプル数は、26～40 才のサンプルを 300、41～55 才のサンプルを 200、56～70 才を 200 であり、727 サンプルを回収した。回収率は 104%である。年齢層毎の回収サンプル数は、26～40 才が 309 サンプル、41～55 才が 209 サンプル、56～70 才が 209 サンプルである。アンケート調査の対象は、マクロミル社にマクロミルモニタとして登録している一般生活者である。アンケート調査における調査項目は、「楽しさや喜び」、「期待する生活のイメージ」、「現在住んでいる住宅」、「現在住宅にある問題点と改善方法」、「理想とする住宅」、「住宅生産者のイメージ」、「住宅生産者に望む条件」などである。

２－２．結果の代表制の吟味

本調査はインターネットを活用したアンケート調査であり、母集団の属性から本調査により得られた結果が代表制を有するか十分に考慮する必要性がある。本アンケート調査の母集団の属性の傾向は、他の民間研究所及び内閣府が行ったライフスタイル調査の結果などとの比較からも、大きな差異また偏りはない。本調査の結果が一定の代表制を有し、住宅及び住宅生産者に対する生活者の意識を理解するための妥当性を持ち得ていると言える。

２－３．生活者調査の結果と考察

本アンケート調査の結果は、生活者全般に、住宅または室内でリラックスすることに楽しさや喜びを感じる傾向が強いということを示した。自宅のインテリア（模様替えや家具・小物の購入）に積極

的に取り組む意向を示しているのは、26～34才の若い世代、または女性の生活者である。

生活者全般が抱く期待する生活のイメージは、生活者は全般的に生活空間の心地良さ、または生活環境の質的な高さを求め、また個人的な趣味や楽しみを生活の中に取り入れたいという傾向も見られる。年齢層別や性別でその嗜好性は異なっている。居住空間にゆとりを求める傾向は、男女に関係なく、またどの世代の生活者においても、最も高い割合を示している。生活者は自身が求める生活像を居住空間、または住宅を軸に築いていることが分かる。家事や整理整頓のしやすさという機能的な住宅での生活を期待する生活者は、女性、または26～34才の若い世代の生活者が高い割合を示している。また、趣味や特技を活かした生活をしたいと感じる傾向は、男性、または55～70才の生活者に多く見られる。

生活者が希望する住宅タイプは、構造種と関係なく戸建住宅が多い。共同住宅を選択する割合は、鉄筋コンクリート造の場合を除いて全て現状よりもその選択される割合は低くなっている。

住宅の問題点は、収納スペースの不足、内壁の結露と傷み及び日射量の不足が高い値を示した。木造戸建住宅は地震と屋根・外壁の雨漏りが、木造共同住宅は火災、内壁の結露、近隣の住戸間に生じる音を問題として感じている生活者が多い。問題点の改善については、「特に何もしない」、「補修や交換程度の小規模リフォーム」とする生活者の割合が高い。

全国で知られているハウスメーカーの評価がよく、従来の住宅生産を担っていた地域周辺の工務店の評価があまり良くない。しかし、いくつかの項目で地域周辺の工務店の評価もよい。また、「通常に住宅を取得する場合」と「リフォームをする場合」の住宅生産者別の希望をみると、ハウスメーカーや建築設計事務所の12.7%に比べ、地域の工務店は17.1%とリフォームの場合の比率が高く、さらに『リフォーム専門業者』よりも比率が高い。このことから生活者の視点からみると『地域周辺の工務店』は、リフォームを視野に入れながら展開することが有効であると考えられる。

「建築設計事務所＋工務店」に対する将来の選択希望が増加しており、生活者は自身の求める住宅を実現可能な住宅生産者として、建築設計事務所による設計と工務店による施工に対して大きな期待をしている。また、住宅生産者の規模に従って将来の選択希望が増加しており、住宅生産者の規模に応じた組織の信頼性が住宅生産者を選ぶ基準になっていると考えることができる。

将来の選択希望が拡大傾向にある住宅生産者は、他の住宅生産者からの希望者の移動量が多く、再選択率が高い。つまり、自社のリピーターを増やすことが、住宅生産者にとって重要になると言える。また、住宅生産者に求める条件は「組織の信頼・信用」、「施工品質の高さ」、「住宅の品質の高さ」、「設計・計画スキルの高さ」及び「サービスのスピード」である。既にわが国の住宅需要は量から質への転換は1970年代に済んでおり、そのことを加味すると、生活者が必要としている住宅生産者は、高品質の住宅を供給できるだけの住宅生産者ではなく、高品質の住宅は当然のこととして、さらに生活者が望む理想の住宅像を実現できる住宅生産者であるということが、基本的な条件となっていると言える。

3．小規模な木造住宅生産者による資源集約機能―工務店調査―

3－1．インタビュー調査の概要

首都圏において注文住宅を積極的に行っている小規模な木造住宅生産者１０社の代表者に対して、インタビュー調査を実施し、「企業概要とマネジメント」、「職人及びその集約機能」、「部品及びその

集約機能」、「住宅技術及びその集約機能」という４つを中心に話を伺った。

３－２．工務店調査の結果と考察

工務店では、大工を自社専属の大工、または専門工事業者を自社の協力業者を適用する傾向が強い。さらに、それらの大工及び専門工事業者の使い分けは、積極的に行われているわけではない。大工の場合、大工の専属化と多能工化が進められているということが分かる。また、大工に比べ、専門工事業者の使い分けの傾向は、若干強い。職人の集約機能は硬直化しており、今後職人の高齢化や優秀な職人の確保の困難という問題を抱える可能がある。

木材に関しては、ストックヤードのある工務店の中では、施主に使いたい木材を選んでもらうということを行っている工務店もあるが、施主が選択して、工務店により木材を改めて調達するということはほとんどない。つまり、工務店の選んだ木材を使って、施主が住宅を建てているということである。

建材に関しても、工務店が施主にオススメの建材を提示したり、また特に住宅設備についてはメーカーのショールームなどへ行って選択させるという手段を採用している。しかし、その場合工務店が住宅生産のプロフェッショナルとして施主へアドバイスした上で、最終決定がされている。その結果、最終的に部位毎に生産者が予め腹づもりしている建材や部品に限定されているという現状になっていると考えられる。今後、施主が自身のイメージする理想の住宅像を具現化するためには、工務店による家づくりのあり方の改革だけでなく、施主の持つ情報量の高度化、または家づくりへの参加意識の高まりということも求められるようになる。

工務店による住宅技術の取得方法は大きく分けて、社会的な要請、つまり住宅に関連した特定の問題が顕在化したり、また大きく注目されることで対応の必要性を感じた場合に住宅技術を取得するというプロセスと、同業他社などとの情報交流により、自社の住宅をより良いものへと変化させる可能性があると考えられる住宅技術を取得するというプロセスの２つある。どちらのプロセスにより、住宅技術を取得するかは、時期やその技術の種類により異なっている。また、同様の効果を持っている技術種（例えば、高気密・高断熱技術など）のうち、工務店が取得する技術数は１つであることがほとんどであり、複数の技術を取得するケースはほとんど見られていない。つまり、注文住宅では本来達成すべき個々の性能が異なることは多々あるが、特定の目標を達成するために複数の技術群の中から最適な技術を選ぶということは現在行われていない。

04-42 実際の地震波による瓦屋根の耐震性向上に関わる研究

社団法人　全日本瓦工事業連盟

技術委員長　山田　勝雄

1．実大耐震実験の技術的観点からの目的

今回の実大耐震実験にはいくつかの重要な目的があるが、技術的な観点からは、ガイドライン工法の耐震性を、地震動を再現した震動台での動的実験により確認するという点になる。ガイドラインでは標準試験として、静的に１Ｇを加えるという実験を位置付けた。この方法は、建築基準法に規定された耐震性の要求性能を満たしていることを、比較的に容易に確認できるものとして開発されたものである。しかし、実際の地震動により瓦屋根に作用する力は動的な力である。以前に実施した神戸海洋気象台での地震動を再現した多度津での実大建物の震動台実験では、２階梁桁位置でのピークの加速度は1.2Gといった“応答加速度”が記録されている。単純な数値上の比較ではガイドラインの試験は不十分なものと考えられる。しかし、この場合の1.2Gは一瞬の値であり、かつ瓦屋根を揺すろうとする揺れであって、瓦屋根自体の揺れではない。高層建築物が周期の短い波には反応しないように、瓦も屋根に揺れに対し完全に反応するわけではない。そういったことを考えたとき静的な１Ｇは、動的な1.2Gに比較して、決して小さな値でないとも言える。しかしながら、確認されたわけではない。今回の実験では、このことを確認したいというのが大きな目的の一つになっている。

2．実験の概要

実験には兵庫県南部地震の神戸海洋気象台での記録（最大加速度 818 ガル）、および予測されている東海地震による静岡県清水市付近で想定される地震動（最大加速度 854 ガル）をそれぞれ増幅して２階建ての屋根梁桁位置のものにしたものが使われた。このことを兵庫県南部地震を例にもう少し詳しく説明をする。

今回の実験は屋根だけを再現した試験体を用いている。しかし屋根試験体を揺すった波は神戸海洋気象台での記録で、２階建ての住宅を揺すったときの２階梁桁位置の揺れの記録波である。この波は以前に多度津で実大２階建ての住宅の震動実験をした際に記録しておいたものである。したがって、今回の実験は、２階建ての住宅が神戸海洋気象台の位置に建っていて、兵庫県南部地震を受けた状態を非常に忠実に再現した実験であったといえる。東海地震の波についても同様の処置をした。ちなみに２階梁桁位置では兵庫県南部地震の場合、最大加速度は上記では 1.2Gと記したが、正確には 1231 ガルである。東海地震の場合は 1314 ガルである。

実験の前には内心、大丈夫であろうかといった心配がないわけではなかったが、結果は、瓦のズレ、口あき、落下は起きなかった。今回の試験体が、ガイドライン工法として耐震実験を受けるものと同程度の余裕度（＝安全率）も含めて耐震性を有していたとすれば、

すなわちガイドライン工法を代表しているとすれば、ガイドライン工法の耐震性が改めて実証されたものと思う。

3．今後に向けて

今回の耐震実験で、ガイドライン工法で葺かれた瓦屋根（＝ガイドラインの標準試験で耐震性が確認された工法の屋根）には十分な耐震性があることは確認された。今後の課題は、実際の瓦屋根がガイドライン工法で葺かれているか否かになる。2004 年の春に瓦屋根の施工方法に関する調査を行った。現在の棟工法については、以前に比べれば、現在の工法は耐震性のあるものに変わってきてはいる。しかし、ガイドライン工法にはなっていない工法を採っておられる方もまだ少なからずいらっしゃるようである。

今回の実大耐震実験の最大の目的は、現在の瓦屋根には十分な耐震性があることを、世に認めてもろおうというところにあったと思う。

ガイドライン工法は確かに十分な耐震性があった。しかし現在、実施されている瓦屋根工法の全てがガイドライン工法になっているわけではない。瓦業界の方たちの努力で一、日も早く全ての屋根がガイドライン工法となる日がやってくることを期待したい。

第２部　人材育成・論文

04-44 建築と連動する可変的インテリア空間システムの研究

（論文題目：　家具と建築／小規模都市型住宅における家具的空間システムの提案）

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
修士課程　丸島　潤

要旨：

本提案は、家具的要素と建築的要素の横断的操作によって、小規模住宅における暮らし方の拡張を可能にする空間システムの有効性を提示するものである。

近年、住宅敷地の細分化が進行し、東京23区における小規模敷地（100m2未満）率は46%に達している。そして建築基準法改正（1987）による木造3階建て認可もあって、小さな空間単位のフロアが積層する狭小住宅・ミニ戸建て住宅が急増している。これらは都市計画学的観点から批判される一方、根強い独立住宅志向と近年の都心居住需要に支えられ、都市型住宅形式の一つとして認知されつつある。しかしその多くは、多様な生活行為に対してnLDK型など機能諸室の配列で対応しようとするが故に、各階で平面的な過細分化を招いており、住空間として有効活用が計られてはいない。

一方で近年、家具と建築の中間的性格をもつ空間要素を用いて、住空間を再構築する試みが散見される。それらは空間要素の可動性と関連行為の規模がもつバランスを変化させ、住空間における多様な行為への適応性獲得を目指すものと捉えられる。伝統的な長屋などでは古くから家具や建具によって日常的に住空間の設えを変化させ、多様な生活行為への適応を可能にしていた。同様に近年の小規模都市型住宅においても、建築的操作による空間分割だけでなく、家具的操作による空間利用形態の時間分割が有効である。

小規模都市型住宅における多様な生活行為の支援には、空間の断面的活用と家具的要素による空間の可変性が有効である。本論文では、1) 長屋やnLDKといった都市型住空間の諸形式、及び家具・建築の横断的事例の調査・分析成果を整理し、2) それを踏まえた上で、ラックウォール家具の着脱・支持機構を応用し、断面的適応性を備えた住空間システムのプロトタイプを設計・提案する。

キーワード：
1. 家具　2. 狭小住宅　3. ミニ戸建て　4. ラックウォール　5. 断面

04-45 リユース可能な建築モジュールに関する研究 －イベントにおける仮設建築システムの開発－

慶応義塾大学大学院　政策・メディア研究科
岡部　修三

論文要旨

建築におけるリユース、特に主要な構成材としてリユースされているものは、
1）　移築(古民家、パビリオンetc.)、
2）　リース仮設部材(工事用仮設資材、イベント用仮設資材etc.)、
という大きく分けて２つの事例が挙げられるのみである。リユースは再生産時のカスケードやエネルギー消費量の点において、リサイクルに比べて有効であるにもかかわらず、なかなか実現していないという現状にある。これからの循環型社会のために、リユースに適した建築、リユースを前提とした建築が提案されるべきである。

本研究は、これらの希少な事例のうち、はじめから繰り返しの利用を想定しているリース仮設部材のなかでも、比較的空間を構成するために利用されていると思わる、イベント用仮設建築を対象としている。そうした、希少かつ進んでいる実例について、具体的な調査、分析を行うことで、「リユースのしやすさとは何か」について論じる。

本研究を通して、リユース建築を可能にするための循環型構成材の標準性、作業性、多様性と言う 3 つの指標のトレードオフされるポイントの、重要性の確認と、それぞれの指標についての検討項目の整理を行った。そして、構成材を循環使用するためには、その構成材のデザインだけでなく、その周りを取り巻く循環システムを含めたデザインを行う必要があると言う結論に至った。本研究によって、イベントにおける仮設建築のシステム開発にまで至ることは出来なかったが、こうして導き出された結論は、今後、構成材の循環使用を考慮した建築をデザインする際の知見となると言える。

キーワード
1、 循環使用　2、構成材　3、仮設建築　4、イベント　5、デザイン手法

04-46 断熱改修住宅の外皮と冷暖房用エネルギー消費量に関する研究

国立大学法人 神戸大学
技術職員　石 井 悦 子

1．本研究の背景と目的

環境問題が大きな社会問題となる中で住宅のエネルギー消費量は，近年著しく増加しており，中でも約25%を冷暖房のためのエネルギーが占めている[1)]．この冷暖房用のエネルギー消費を住まいの断熱性能を上げるなどして抑制しようとする動きが高まっている．既存住宅においても住宅の性能が重要視され，断熱改修も需要が増すものと推察される．外断熱改修は既存住宅の床面積を減少することなく，室内はそのままに改修を行える利点があり，その効果に注目が集まっている．本研究は，木造外断熱建物について熱環境特性及び熱負荷に関する考察を行うことを目的とする．

2．研究の方法

木造外断熱を施工した実測施設において，最暑期，最寒期の室温や壁体温度の変動を測定し，検討することによって，断熱材の性能効果について考察する．また，この結果をもとに計算によるシミュレーションを行い，その結果と断熱が無い場合との差を比較することによって，木造外断熱改修の有効性について考察を行う．

3．外断熱を施工した実験施設における測定

3．1　測定施設概要

測定を行った施設は，7620×5245×1800mm(横×縦×高さ)の単室の施設である．壁の構成は，室内側から化粧石膏ボード(熱伝導率 0.22W/(m･K)，容積比熱 904kJ/(m³･K)) が 12.5mm，90mm の中空層を挟んでケイ酸カルシウム板(熱伝導率 0.16W/(m･K)，容積比熱 716kJ/(m³･K)) が 12mm，ポリスチレンフォーム系の断熱材 (熱伝導率 0.043W/(m･K)，容積比熱 25kJ/(m³･K)) が 75mm 施工され，モルタルで仕上げた施設である．なお，屋根面についてはクールルーフの実験施設であり，熱物性値はその実測結果から求めた値[2)] (土部：熱貫流率 0.28 W/(m²･K)，容積比熱 1670kJ/(m³･K)，スラブ部：熱貫流率 2.1 W/(m²･K)，容積比熱 1800kJ/(m³･K)) を用いた．窓ガラスおよび出入り口は網入り複層ガラス (熱貫流率 3.3W/(m²･K)) である．また，南面と東面の一部は隣接する壁の影響により日射は遮蔽されている．

3．2　測定期間および測定項目

測定期間は2005年2月および同年7月である．気温，全天日射量は実験施設近傍にて測定した．壁体温度は各方位のなるべく柱等の影響が少ない点を選び，壁体内に断熱材の両側，

その室内側のケイ酸カルシウム板室内側，および室内側表面の計 4 点に T 型熱電対を埋め込んで 10 分間隔で計測を行った．

3．3　壁体内の温度測定結果

図 1 に西壁における各時刻の壁体内部の温度変化を示す．断熱材の外側では，日射や外気温の影響を受けて高く（低く）なるが，室内側への影響はほとんどみられない．

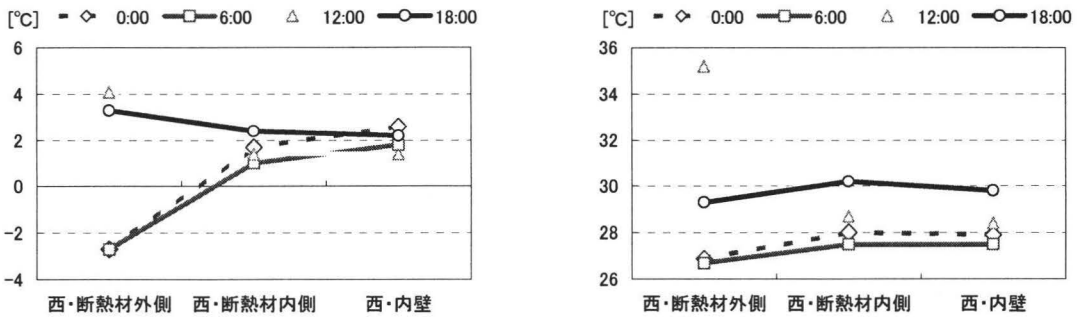


図 1　西壁温度測定結果（左図：2005 年 2 月 2 日，右図：2005 年 7 月 18 日）

4．計算による考察

4．1　計算方法

多数室の自然室温や熱負荷を周波数応答法で計算するための基礎式 [3)~6)] を示す．総室数 n の場合，各室の熱収支を記述する連立微分・積分方程式に関して，系が周期 T [s]の周期的定常に有り，外乱が正弦波 1 項で表せることを前提にして周波数領域 f (=1/T)[Hz]に変換することで，次の複素係数連立方程式(1) が成り立つ．

$$\begin{bmatrix} K_{11}-\overline{C_1}j\omega & K_{12} & \cdots & K_{1n} \\ K_{21} & K_{22}-\overline{C_2}j\omega & \cdots & K_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{n1} & K_{n2} & \cdots & K_{nn}-\overline{C_n}j\omega \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \vdots \\ \theta_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ \vdots & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & -1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ \vdots \\ H_n \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_n \end{Bmatrix} \theta_0 - \begin{Bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ \vdots \\ h_n \end{Bmatrix} \quad \cdots(1)$$

θ_0:複素外気温[K]
θ_i:i 室の複素室温[K]
H_i:i 室の複素熱負荷[W]
L_i:i 室へ外気温 θ_0 による総熱貫流量を与える複素係数[W/K]
h_i:i 室での日射等による既知発熱量[W]
K_{ik}:k 室室温励振による i 室への総熱貫流量を与える複素係数[W/K]
K_{ii}:i 室室温励振による i 室への総放熱量を与える複素係数[W/K]
C_i:i 室の空気等の熱容量[J/K]
j:虚数単位

なお，H_i が未知量となる場合は，(1) 式の左辺および右辺第 1 項の係数行列の第 i 列の各々に−1 を乗じて入れ替える変形を加え，複素連立方程式が構成できる．

4．2　計算条件

建物の概要や熱物性値は前述の値を用いた．計算を行う時間間隔は 1 時間とした．また各部位熱橋等は考慮せず，自然換気回数は 0.5 回/h とした．また，負荷計算を行った際の室内の設定温度は，冬季 20 度，夏季 28 度とした．その設定温度を超えても冬季は冷房を，夏季は暖房を行わないものとする．

4．3　計算結果

室温について計算した結果，計算値は実測値と比較して0.3～1.6度の違いが見られた．室内への日射に関する取り扱い方による影響と考えられる冬季の日中に差が見られたが，最高・最低気温の形成時間などは一致しており，室温をおおむねよく再現できた．また，断熱材が無い場合を想定して計算した結果，ある場合の方が室温の変動が押えられており，断熱材の効果で暖房負荷がおよそ1/2に，冷房負荷がおよそ1/4になることが示された．

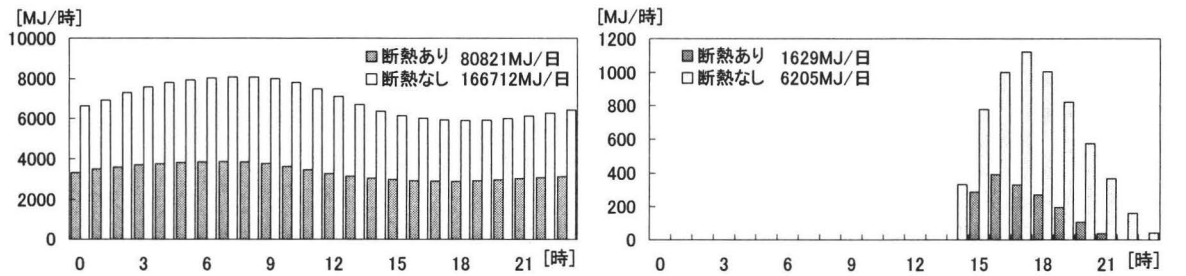


図2　熱負荷（左図：暖房負荷（2005/2/2）右図：冷房負荷（2005/7/18））

5．まとめ

本研究では，改修による断熱効果の有効性を探るために測定と計算の2面から考察を行った．その結果，高断熱の建物での壁体内の温度分布の様子を詳細に測定した結果，日射が壁にあたり，壁の外側が高温になっても，断熱材の効果により室内側の壁まではその影響が至らないことが確認できた．また，計算により高断熱を施工した建物における室温を再現し，断熱材がある場合とない場合を想定して，熱負荷について検討した．その結果，木造でも高断熱にすれば冷暖房熱負荷が大幅に小さくなるという結果が得られ，断熱材の有効性を示せた．断熱材の厚さや冷暖房の設定温度によって異なるが，今回の想定したケースでは，冷暖房負荷が半分以下になる効果が見られた．現存する省エネ法が改正される以前に建てられた住宅では，断熱が不十分な建物も多く，外断熱改修はそれらの住宅では特に省エネルギーに寄与できると考えられる．

謝辞

外断熱の施工は東邦レオ株式会社から提供を受けた．また，本研究を進めるにあたり，京都工芸繊維大学の芝池英樹助教授にご指導いただいた．ここに記して感謝いたします．

参考文献

1) ㈱住環境計画研究所，家庭用エネルギーハンドブック（1999年版），財団法人 省エネルギーセンター，p．44，（1999）
2) 野上摂，屋上緑化及び高反射塗料の熱収支に関する研究，神戸大学大学院自然科学研究科博士前期課程修士論文，（2005）
3) 中沢泰明，建築の熱的設計に関する基礎的研究，博士論文，京都大学，（1977）
4) 芝池英樹，他2名，地盤接合壁体を含む多数室室温性状の周期的定常解析，日本建築学会近畿支部研究報告集，33（計画系），pp．73-76，（1993）
5) 赤嶺嘉彦，周期的定常熱負荷算定法を用いた住宅の省エネルギー方策に関する研究，神戸大学卒業論文，（2001）
6) 芝池英樹，他2名，周波数応答法による住宅の熱負荷性状に関する研究，空気調和・衛生工学会学術講演論文集Ⅲ，pp．1605-1608，（2001）
7) 宇田川光弘，パソコンによる空気調和計算法，オーム社，pp．63-65（1986）

04-47 計画的住宅地における環境単位のプロトコルに関する研究

神戸大学自然科学研究科
博士後期課程　三笠友洋

研究の背景と目的

本研究は計画的住宅地の変容過程を、敷地、建物、用途の点から明らかにし、居住者の生活と増改築行為との関係を考察することを目的としている。

都市環境は多様な主体の多様な価値観に基づいて日々更新されている。その多様さの故に全体としての姿は時として混乱を増し、景観的にも環境性能的にも悪化につながる場合がある。都市が多様な主体によって構成されることは本質的には好ましいことだと言える。それゆえに多様さを許容しながらも快適で美しく調和のとれた共生的都市環境を持続的に形成していくことが今後課題になってくる。そのためには現代的生活が集積した都市において、いかに個々の関係を調整し、全体へと導くか、その為の計画モデルと計画言語を獲得することが課題と言える。

本研究では環境単位という概念からこれらの課題に取り組んでいる。「環境単位」とは、住居や街区、地区といった空間の段階的なまとまりを、居住者の内発的な要求を反映したプロトコル（接続の為の空間形式）によって秩序づけられた系としてとらえようとする概念である。美しく成熟した住宅地は、個々の環境単位は居住者の内発的な要求と隣接する同位の単位や地形、気候などの外的要因に応じて相互に調整された、優れたプロトコル（接続規定）を有しているといえよう。本研究は市街地の変容を環境単位のプロトコルの複合と変容のプロセスとしてとらえようとするものである。

以上の背景と目的のもと、本研究は明治４３年に開発された計画住宅地である池田室町地区を対象とし、以下の方法で研究をおこなった。まず空中写真、住宅地図の分析によって敷地、建物用途、住宅の配置の変容を明らかにした。つぎに居住者ヒアリング調査による生活行為と空間構成及びしつらえの改変履歴の把握を行い個々の生活と空間の改変の関係を考察した。

調査対象地区の概要

本研究の調査対象地区である池田室町は１９１０年に箕面有馬電気軌道（現阪急電鉄）によって開発された日本で最初の郊外住宅地である。地区の面積は約１０．３haで２０００年時点での人口は１４７９人である。池田室町は従来からある呉服神社を取り囲む形で開発された。地区は約３６m×１２６mの短冊型街区を基本とし、それらが南北方向から約４５度振った線路に沿う形で格子状に配置されている。敷地は１００坪正方形を標準とし（以降標準型敷地と呼ぶ）、地区の縁辺部においては不定形な敷地となっている。地区中央部には倶楽部と購買組合が設置されている。住宅は明治４３年の第一回分譲から大正６年１１月の第七回分譲まで少なくとも７年にわたって段階的に建設され、基本４タイプを規則的に配列することによってバリエーションを持ちながら連続的な街路景観が計画されていた。

得られた知見

敷地は一定の細分化傾向にあったが、細分化された敷地の多くは複数の敷地が初期に統合された大規模なもので、細分化後に当初の計画の基本単位である標準型敷地の規模やその半分の規模に収束し、一定の単位性が維持されている。

標準型の敷地に建つ住宅の配置は、南北の接道方向の違いによる一定の傾向が見られ、変容による高容積化の進行はあるものの、南角に空地を残す形式が維持されている。

短冊型敷地に建つ住宅の配置は、南北でそのばらつきの差が大きく現れた。特に北側接道の敷地においてばらつきが大きく現れる傾向にある。

個々の増改築事例においては、濡れ縁の内部空間化や押入の拡張など既存の機能を拡張するものと、接客スペースの増築など比較的大規模に新たな機能を付加するものが見られた。後者の増築は、開発当初の配置形式であるＬ字型の配置の先端で行われており、機能を付加しながら基本的な空間形式を損なわない形で行われている。Ｌ字に囲まれた庭は、庭園として当初から維持されており、増改築を方向付ける基点となっている。

建替え事例については、２世帯住宅化などの住要求の変化に対応しつつも街路との関係において一定の構成が保たれている。特に増築事例とも共通する点として、南側の空地が園芸が施され、それらを眺める形で接客的スペースが計画されている。

まとめ

日本の郊外住宅地の先駆的存在である池田室町は、約１００年に渡る時間の経過の中で緩やかに変容しながら現在まで良好な環境を維持してきた。相続に伴う敷地の分割や、土地利用の変化などいくつかの課題は有るものの、個々の住宅において一定の配置形式が維持されており、良好な街路景観を産み出している。それらは接道方向や方位との関係による一定の規定を受けながら、当初の空間形式と生活行為の継承によって維持されてきたといえよう。今後の居住環境の維持継承を考える上で、単に外面的な形式を規制によって維持するだけでなく、その背後にある生活行為と関連づいた空間の意味を探り、それに適した個別の制度を考えることが重要といえよう。

04-48 戦後の住宅建設における住宅金融公庫の史的考察

東京工業大学大学院　篠野研究室
博士後期過程３年　坪田慎介

第２次大戦後、我国の住宅政策は持家の建設促進を大きな柱として進められてきたと言われ、住宅金融公庫（以下公庫と略す）が、その政策を担ってきた主要な機関として指摘されている。公庫は終戦後の厖大な数量的住宅不足の解消に向けて、住宅建設の資金供給のための恒久的特殊金融機関として1950年６月に発足した。本研究は、公庫により1951年から発行された標準住宅設計図を対象とし、そこから読み取れる住宅像の特質及びそこに示された住宅建設の指導理念、さらにその受容の実態の解明を通じて、公庫が戦後の我国の住宅形式や住宅観の形成に果たした役割について史的評価を行うものである。さらに、公庫作成の標準住宅設計図を媒介として、戦後我国の庶民住宅像を展望しようとするものである。

1950年６月に金融機関として設立された公庫の業務の中核が、住宅資金貸付及びその資金の管理回収であったことは言うまでも無い。しかし公庫の業務として、融資物件に対する建設指導業務も付帯的に組み入れられていた。公庫の設立当時、我国の住宅建設は、特に小住宅の場合、予め詳細な設計図を作らず、工事中に大工と口頭で打ち合わせつつ工事を進めることが一般的な慣習として成立していた。公庫の建設指導業務は、こうした我国の慣習的住宅建設方式の是正を目的として、業務の一環に組み込まれたと判断できる。

そのため公庫は建設指導業務として、具体的には融資物件の設計図面提出を義務づけ、融資の審査を行うこととし、基準あるいは標準を規定することで、住宅の品質の確保と、住宅建設やその手続きの合理化を推進するものであったと言える。

標準住宅設計図の作成は、時期の詳細は不明であるが、1950年６月の公庫発足直後に、建設指導業務の一環として、申請者の設計図面作成経費節減および審査手続きの簡略化を図ることを目的に企図され、建設および融資申請に必要な図面一式を例示しつつ、建設基準に適合した住宅の設計例を提示することで、融資住宅およびその建設の健全化を目指すものであり、建設指導業務の一環として行われたと言える。なお、標準住宅設計図は、「一般圖面」１枚、「矩計詳細圖」１枚の２枚一組で構成されており、「一般圖面」には平面図、基礎伏図、小屋伏図、四方向各面の立面図、参考建物配置圖、参考附近見取圖、數量見積表が含まれていた。

各住宅の設計には、公庫職員のほか、業務委託を受けた民間の建築家及び住宅設計の懸賞競技も活用された。標準住宅設計図の作成に関与した公庫職員の論説には、それぞれの位置づけが次のように示されている。すなわち「通俗的なもの」—公庫職員、「新傾向のもの」—懸賞競技、「中間的のもの」—建築家である。必ずしもこうした作業の分担が厳密に行われていたとは限らないが、様々な視点からの設計案を募集して、標準住宅設計図に多様性を持たせようとする意図があったと判断できる。こうして木造 240 種、簡易耐火構造･耐火構造55種、合計295種類の標準住宅設計図が1951年３月に完成し、以後有償頒布された。こ

のように事例の大半が公庫職員により設計された事実も認められるが、1951年発行の標準住宅設計図が、公庫職員の他に、当時の建築家や建築設計の実務家を含めた広範な建築界の考えを反映したものであることは注目に値する。融資の審査条件に適合するという意味で「標準的」なものであったと言えるが、様々な生活様式に対応した多様な住宅設計案の収集が目指されたものと言える。

公庫は、設計図のうち平面図を収集した平面図集を刊行したが、その平面図集の改訂状況をみると、木造住宅の標準住宅設計図を掲載した平面図集の刊行は、1951年より1975年まで継続的に行われてきた。66年の改訂以降、75年の1回のみで、主に50年代から60年代半ばにかけて行われてきたと言える。また、公庫は社会的要求の変化に応じた住宅設計例を提示することで、住宅建設の当事者である当時の日本人が実際にどのような設計例を好むかを考慮しつつ、各時期に相応しい融資住宅の姿を模索していったと言える。標準住宅設計図の新規追加や削除、それに伴う木造住宅平面図集の改訂の繰り返しは、そうした公庫の模索の過程を表すものと言える。

各改訂版に掲載された住宅をみると、50年代において、申込まれるものよりも床面積の大きい住宅を提示しており、公庫が当時の実態に対して床面積の増加を促していたといえる。さらに、申込まれる住宅の床面積は増加傾向にあり、その増加に合わせるように、掲載の設計例の床面積を漸次増加させており、さらに55年には2階建てまで採りこんでいる。その規模の拡大は、各単位空間の拡大よりはむしろ、食事室や子供室等所要室の増加、浴室及び洗面室等設備の拡充及び洗濯機や冷蔵庫等家電の置場の確保への対応に起因すると言える。すなわち、日本人全般の生活水準の向上による生活スタイルの変化への対応によるものであると言える。

標準住宅設計図の申込の実態を通して、50年代半ばにおいては、戦前から普及していた畳敷の住宅に対して居住者の需要がまだ高かったことが判る。これに対して、60年代後半には、食事する居室の椅子座化の普及や居間中心型の住宅に対する受容の萌芽がみられ、50年代から60年代にかけて生活改善で提唱された住宅像が受容されたと言える。

50年代初期において、公庫は住宅としての基本的な性能の確保と、標準住宅設計図を利用した適切な住宅建設、融資住宅の普及を優先していた。各設計例の設計においても、多様性を旨として、公庫としてあるべき住宅像は示さなかった。一方で60年代後半には、メートル法移行に伴う大幅な改訂があり、通俗的且つ保守的な間取の設計例を継続して採用することへの留意もみられるが、保守的な生活様式からの脱却を促し、椅子座式の食事室やダイニングキッチンなど新しい住様式を提示することへの積極的な姿勢もみられる。すなわち、公庫は平面図集の改訂を通して、日本人の生活スタイルの動向に合わせ、より進取な住宅を提示することで、融資住宅及び住宅一般の改善を図ったと言える。

戦後日本の住宅像は、建築家や公的機関の技術者の提案と、居住者を含む日本人一般の現実の保守的な住宅像との間の運動の中に成立したといえるが、公庫の平面図集はその過程を具体的に示すものと位置付けられる。本研究では、平面図集を通じて日本人一般の住宅像の傾向と、公庫の描いた住宅像を明らかにしたが、戦後50年代から60年代における日本人の住宅像は保守的なものと進取なものとの間に流動的に存在したと言える。

04-50 木質ラーメン構造の柱－梁接合部に関する研究

名古屋工業大学大学院
博士前期課程　嶺岡　慎悟

木質ラーメンは開口部を確保した水平抵抗要素として木質構造の可能性を広げることのできる構造形式である。ラーメン構造は柱と梁の剛接合を前提とした構造形式であり，完全な剛接合が難しい木質ラーメンでは、接合部の剛性と耐力をいかに高めるかがラーメン全体の性能を左右する。

こうした観点から，木質モーメント抵抗接合部のより高い性能を目指し，主に集成材を対象として様々なモーメント抵抗接合の方法が検討されている。ボルトやドリフトピンからの性能向上を目指した代表的な接合方は主に次に３つのタイプに分けられる。

１）ボルトやドリフトピンに鋼板を挿入あるいは添えたもの
２）梁の上下に配した引っ張りボルトにより固定するもの。
３）分割された梁とシアファスナーとボルトを用いるもの。

それぞれの接合方法の力学特性は実験を通して詳細に比較検討されている。

また，これ以外にもさまざまなモーメント抵抗接合が提案されている。しかし，いずれの工法においても，特殊な金物や材料を必要としたり，接着剤や樹脂を使用する必要があるなど，コストや施工性においていくつかの実用上のデメリットを有する。

以上のような木質モーメント抵抗接合部の現状を鑑み，本研究は接合面に山形加工を施した集成材のモーメント抵抗接合部を提案し，高い力学的性能とともに，特殊な金物や工法を一切用いない優れた施工性も兼ね備えた接合部の可能性を実験的に検討するものである。

本研究で提案する山形接合部は、接合面に施した山形加工の山がお互いに噛み合うように合わせたのち，ボルトにて柱-はりを締め付ける。接合面に生じたせん断力は山の側面を介して広い面積で伝達されるため，ドリフトピンやシアプレートのように応力の局部的な集中や，金物の繊維直交方向へのめりこみによる初期の剛性低下が少ないのが特徴である。接合部は，柱とはりの組み合わせによって１面せん断形式，２面せん断形式，あるいは接合部のみに側材を用いた形式等，いくつかのバリエーションが考えられる。いずれの形式においても，接合面に山形加工を施し，それをボルトで締め付けるだけであり，従来のボルト接合と同様の極めて簡単な施工でモーメント抵抗接合部が形成できる。山形形状の加工は山のピッチと斜面角度に応じた刃（ルーター）を作成し，ＮＣ加工機を用いて製作できる。

提案した接合部の力学特性を把握するため，柱-はりモーメント抵抗接合部を想定した性能検証実験を行った。試験体は柱を主材，梁を側材とし，２枚の側材で主材をはさみこむ２面せん断形モーメント抵抗接合部である。山形加工は水平方向，すなわち主材に対して繊維直交方向，側材に対して繊維方向の溝を連続して加工することにより作成した。力学性能に影響を及ぼすパラメータには，山形状，山ピッチ，斜面角度，ボルト本数等が考えられるが，

本研究では提案するモーメント抵抗接合部の基本性能把握という観点から，主たるパラメータを山形加工の有無とボルト本数の２つに限定し，山のピッチp，斜面角度θは，いずれの試験体も25mmおよび45°とした。接合面の山形加工は，原則として主材に対しては繊維直交方向，側材に対しては繊維方向とした。これは，長期荷重に対して山に沿ったすべりが生じないような方向とするためである。

まず，材断面が250×50[mm]のモーメント抵抗接合部実験の結果，山形加工のないボルトだけの試験体では，ボルト穴のクリアランスに伴う初期ガタが見られ，最大耐力もボルト４本で2.0 kN･m，ボルト６本で7.4 kN･m弱であったのに対し，山形加工を施した試験体ではいずれも高い初期剛性と最大耐力が観察されるとともに，ボルト本数の増加や側材鋼板の使用に応じて極めて大きな耐力上昇が見られた。ボルト本数の等しい試験体で比較すると，山形加工を施した接合部は初期剛性で13.7倍，最大耐力で約２倍の性能が確認できた。また，接合部パネルゾーンに１本だけのボルトを配した試験体でも山形加工なしで６本のボルトで接合した試験体に対し約４倍の初期剛性とほぼ等しい最大耐力を示した。これら山形接合の特性は，接合面に施した山斜面を介して広い面積で部材間の応力伝達が行われるためであり，ボルトの本数が増加すると山斜面に沿ったすべりによって側材が開こうとする変形に対してより大きな拘束力が発生することによるものと考えられる。ただし，８本のボルトを用いた試験体では，最大耐力以降，急激な耐力低下が見られた。

次に，材断面を大きくした試験体での実験を行った。側材は550×48 [mm]，主材が550×96[mm]である。ボルト本数9本の試験体で比較すると，初期剛性で約10倍，最大耐力も約15%上昇した。ボルト本数25本の試験体の比較では，初期剛性で６倍以上，最大耐力でも10%強の上昇が見られた。一般的なモーメント抵抗接合方法としては比較的高い剛性を持つとされているシアプレート接合に対しても，同じボルト本数で２倍以上の初期剛性が確認できた。また，一次設計時の剛性評価の目安となる1/120変形時の耐力についても，山形加工を施したS試験体はボルトだけのF試験体と比べて５倍前後の耐力を示しており，耐震設計上高い優位性を持つといえる。

接合面に山形加工を施した集成材のせん断挙動に対する基本的な力学性状を把握するため，２面せん断実験を行った。試験体は，主材を２枚の側材で挟み，径12mmのボルト１本を接合面内に配置した２面せん断型の試験体である。主材および側材にはラミナ厚32mm，曲げヤング係数11.2～12.2kN/mm^2（110.0～124.8t/cm^2）のベイマツ集成材を用いた。また，側材の足元には，載荷時に側材の開きを拘束する径12mmのボルト２本を配置した。　載荷は，試験体を圧縮試験機上に設置し，主材の上部を試験機で直接押すことにより行った。

通常のボルト接合部である試験体では，ボルト穴のクリアランスによるわずかな滑りが生じた後，弾性域を経て降伏し，緩やかな耐力上昇が続いた。一方，接合表面に山形加工を施した接合部は，ボルト接合部に比べると初期滑りはなく，高い初期剛性と最大耐力を示した。山斜面の角度qが30°の試験体では，主材と側材の相対変位dが山ピッチpの半分弱のときに最大耐力が観測され，その後一旦耐力は低下するが再び上昇し，最初に観測された最大耐力を上回った。これは，すべり変形によって山の頂点どうしが揃う直前付近で最大耐力が発生し，その後頂点を超えると耐力は減少するが，次の山斜面と接触することで再度せん断抵抗

が生ずるためである。一方，q=45° の試験体では山のすべりが少なく，主材と側材の山の頂上どうしが揃う前に最大耐力が発生し，その後側材が面外曲げ変形を伴って主材から離れ始め，耐力が急激に減少した。これらの実験結果より剛性および最大耐力を評価式による検証を行った。

以上のような実験，検討を行い以下の結論を得た。

1）接合面に山形加工を施したモーメント抵抗接合部は，ボルト，ドリフトピン，あるいはシアプレートを用いたモーメント抵抗接合部と比べてより高い初期剛性と耐力を有する

2）山斜面を圧着させるボルトの軸剛性が接合部の合成と耐力に関係するため，ボルト本数を増やしたもの，側材に合板を用いたものほど高い剛性と耐力が得られる。ただし，最適なボルト本数が存在しボルト本数が過多になると剛性，耐力ともに低下する場合がある。

3）ボルト本数の少ないものでは加工した山のせん断破壊で，ボルト本数の多いものでは接合部の割裂破壊によって耐力が決定される。

第３部　国際会議・国際協力

04-51 “ISO/TC163「建築環境における熱的特性とエネルギー使用」に係わる試験方法規格の新規提案に関する内外関係機関等との交流及び協力”

財団法人　建材試験センター
標準部標準管理課　参与　上園正義

1. はじめに

ISO/TC 163 は，主に断熱材料や製品，部位，要素及びシステムの熱・湿気性能の標準化を目的として，1975 年に設立された専門委員会（TC）である。当該委員会はスウェーデン（SIS）が幹事国を担当しており，各国の持ち回りのもと，１年から１年半に一回の頻度で全体会議が開催されている。2001 年に開催されたオタワ会議（カナダ）において，TC の名称が“断熱”から“建築環境における熱的性能及びエネルギー使用”に変更され，これに伴い，TC の活動目的も建築・土木建設分野での熱・湿気及びエネルギー使用等に関する材料，構造，施工またはこれらの試験，計算方法及び製品の性能評価へと範囲が拡大された。

本報告は，2005 年 10 月に開催された ISO/TC 163 東京国際会議に向けた取組まれた ISO/TC163/SC1/WG8（コンビナー：宮野秋彦　名古屋工業大学名誉教授）及び ISO/TC163/SC1/WG10（コンビナー：吉野博 東北大学教授）の活動を中心に報告するものである。

2. ISO/TC163/SC1/WG8 の活動報告

ISO/TC163/SC1/WG8（含水率と透湿特性）では，主に建築材料（含む断熱材等）の含水率や透水特性を測定するための試験方法について審議を行っている。WG 8 ではこれまでに5規格がISとして発行されており，現在は，日本から新規業務項目として提案したDIS 21129（Hygrothermal performance of building materials and products－Determination or water vapour transmission properties－Box method；建築材料及び製品の熱湿気性能－水蒸気透過特性の測定－ボックス法）及び CD 24353（Hygrothermal performance of building materials and products－Determination of moisture adsorption/desorption properties in response to humidity variation；建築材料の製品の熱湿気性能－調湿建材の吸放湿性試験－湿度応答法）の審議が主な作業となっている。表１に平成 16 年度から 2005 年 10 月に開催した ISO/TC163/SC1/WG8 会議までの WG8 国内委員会の開催状況及び審議事項を示す。WG8 国内委員会では上述した国際規格案の作成及び提案国として，規格作成の中心的な作業を行っており，都度毎に各国の専門家と連絡を取りながら，国内外とのコンセンサスの形成を図った。

表 1　TC163/SC1/WG8 委員会　開催及び審議状況

委員会（会議）	開催日	主な審議内容・投票状況及び結果
第 2 回 WG8 国内委員会	H16.4.19	CD 21129 及び NWI（JIS A 1470-1）について
第 3 回 WG8 国内委員会	H16.6.8	NWI（JIS A 1470-1）英語版の検討
第 4 回 WG8 国内委員会	H16.12.13	DIS 21129 及び NWI（JIS A 1470-1）について
WD 24353　WD 投票	H17.5.31	CD として回付
第 5 回 WG8 国内委員会	H17.6.23	CD 24353 の検討
DIS 21129　DIS 投票	H17.8.8	賛成→FDIS へ進むことが承認
CD 24353　CD 投票	H17.8.31	DIS として回付されることが承認
第 6 回 WG8 国内委員会	H17.9.21	WG8 国際会議対応。DIS 21129 及び CD 24353 に対して提出された意見への対応
WG8 会議（東京）	H17.10.3	DIS 21129，CD 24353 及び NWI（JIS A 1470-2）に関する協議
第 7 回 WG8 国内委員会	H17.11.17	FDIS 21129（案）及び DIS 24353（案）の検討

表 1 に示すとおり，日本から提案した NWI としての JIS A 1470-1（CD 24353）は，順調に審議が重ねられ，平成 17 年 8 月 31 日の CD 投票を経て DIS として回付（登録）されることが承認され，DIS 段階へ進むこととなった。

3.　ISO/TC163/SC1/WG10 の活動報告

WG 10 は，主に建物の気密性や換気量に関する試験方法及び測定方法について審議を行っており，ISO の見直しに伴う改訂案の作成として現在は，FDIS 9972 (Thermal performance of buildings－Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method；断熱－建築物の気密性能試験－送風機加圧法）及び ISO 12569（（Thermal performance of buildings－Determination of air change in buildings－Tracer gas dilution method；建築物の熱性能－建築物の換気性能試験－トレーサガス希釈法）の審議が主な作業となっている。

表 2 に平成 16 年度から 2005 年 10 月に開催した ISO/TC163/SC1/WG10 会議までの WG10 国内委員会の開催状況及び審議事項を示す。TC163/SC1/WG10 では，国内意見及び諸外国の意見を取りまとめるために，平成 16 年度及び平成 17 年度に 9 回の国内委員会を開催し，諸外国の専門家とは主にメールを中心とした審議を行い，当該規格のコンセンサスの形成及び国内外意見の調整を図った。

表2　TC163/SC1/WG10 委員会　開催及び審議状況

委員会（会議）	開催日	主な審議内容・投票状況及び結果
第1回 WG10 国内委員会	H16.8.6	NWI　国際規格としての検討その1
第2回 WG10 国内委員会	H16.9.24	NWI　国際規格としての検討その2
第3回 WG10 国内委員会	H16.11.12	NWI　英語版の検討
第4回 WG10 国内委員会	H16.12.13	NWI　英語版の検討 （検討結果は SC1 事務局へ送付）
第5回 WG10 国内委員会	H17.4.8	NWI　付録の検討
第6回 WG10 国内委員会	H17.7.8	NWI　付録英語版の検討
第7回 WG10 国内委員会	H17.8.2	NWI　付録英語版の検討
第8回 WG10 国内委員会	H17.9.24	NWI 及び国際会議対応
WG10 会議（東京）	H17.10.3	FDIS 9972 及び NWI に関する協議
第9回 WG10 国内委員会	H17.11.4	NWI に関する協議

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る。このことは，これに関連する建物全体のエネルギー消費性向を評価する方法（計算方法等），部位（壁、屋根等）の熱透過性能その他の関係性能の評価手法，使用材料の（使用部材の熱特性に与える影響に関する）特性の評価方法，及び材料種別ごとの製品規格における関連熱特性要件規定等，色々な規格の整備の必要性を示唆するものである。

これらの動きに連動して，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必要となっており，これに連動して分野横断的なより汎用性の高い測定並びに試験方法の制定が求められている。

今後，TC163 の分野において，技術的・思想的に先行している欧米等の動きに注視するとともに，気候風土の似ているアジア諸国，とりわけ中国・韓国とより密接に協議・調整を図りながら，WG8 及び WG10 の活動基盤をより一層強化し，国際規格作成及び日本意見の提案を活発に行っていく予定である。

第４部　研究発表会・シンポジウム
04-52 景観材料普及促進シンポジウム
「景観材料が創る美しい国－景観法の実践」

東京大学工学 工学系研究科 社会基盤工学専攻
教授　篠原 修

1. 本研究の背景と目的

本シンポジウムは、日本建材産業協会の姉妹団体である景観材料推進協議会が主たる事業として進めている優良な景観材料の啓発・普及促進活動の一部として実施するものである。

日本の市街地の多くは街路や建築物などの全体的な調和に欠けており、これからの都市計画では美しい街並み造りが主要なテーマとなっているが、これを受けた法制面の動きとして「景観緑三法」が2004年6月に国会で成立、翌2005年6月全面施行された。

その基本理念としての良好な景観は、現在及び将来における国民共通の資産であることが挙げられ、また景観形成には地域の自然、歴史、文化等と人々の生活、経済活動等との調和が不可欠であり、地方公共団体、事業者および住民による一体的な取り組みが必要であるとされている。

この「景観緑三法」が今後の景観づくりにどのように活かされ、そしてどのような結果をもたらすのか。「景観緑三法」と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「美しい国づくり」のために自治体・市民・デザイナー、そしてメーカーが議論を行うことで、生活者および事業に係わる各々の意識向上と資質の向上、そして優良な景観材料の普及啓発を図り、ひいては良質な景観材料の市場を安定・拡大に導くことを目的としてシンポジウムを開催することとした。

2. 研究の方法

シンポジウムを開催することで、メーカー・都市プランナー・ゼネコン・エンジニア・デザイナーが実例紹介及び意見交換を行い、より優良な景観材料を通して豊かで住みやすい住民のためのまちを実現するための方策を提起する。

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目的に当該シンポジウムを実施する。そのために景観整備事業を実施しようとする、あるいは実施を予定している自治体、特に当該整備事業に対する意識の高い上記のような自治体を選定し、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、ゼネコン、エンジニア、デザイナーなどともに行い、地域に密着した提案や議論を行う場を企画・提供する。また、それらのコラボレーションの成功事例をテーマにパネルディスカッションも行う。

3. 研究の計画と進捗状況

シンポジウムは平成１６年７月７日（木）に実施、無事所期の目的を達成することができた。

4. 今までに得られた成果

具体的な景観整備計画や事例をもとに住民、デザイナー、メーカー、自治体、設計者がよりよい景観形成について建設的な意見交換を実施したことで具体的なまちづくりにおける関係者の合意形成の方法、参加を促す仕組み、ポイントなどが明らかになり、まちづくりを如何に進めるべきか更には景観形成後のメンテナンスが如何にあるべきかなどについて複雑な要素があることが明らかにされた。

5. これから期待される成果

景観整備はそこに生活する人々、また訪ねてくる人々にとって安らぎと調和に感動を覚えさせるようなものでなければならない。主役はあくまでも市民である。

今回は、より良い景観形成には市民・設計者・材料メーカーの意見交換が今まで以上に重要であることが、確認された。参加の材料メーカーは、このことに対し今後の材料メーカーのあり方に対する重要な一つの警告として受け止めなければならないとしていたが、景観形成における量産規格品の今後のあり方として大いに参考になるものと思料される。景観材料メーカーが、各種側面からの意見交換を行ったシンポジウムで得られた情報を元に、良好な景観材料の開発が進むと思われる。

6. 残る問題点と対策

景観法が全面施行され、現在多くのまち、景観行政団体でまちづくりが計画されているが、多くは財政的に余裕がないのが実態であり、一方においては住民等景観形成の関係者の意識が向上し、景観形成に複雑な要素が関係してくる。更に町の活性化にとって重要な観光開発まで複雑に係わりを持っているのが実態である。こうした状況を踏まえ上記でも述べたようにこうした関係者間のまちづくりの合意形成、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、いま少しこうした側面を深堀し、各側面の態様について分析することが必要と考えられる。

7. 研究発表の実績及び予定

シンポジウムの報告書を作成し、シンポジウム参加者および関係自治体へ配布した。今後は良好な景観整備を普及・促進してゆく活動のために、過去5回にわたるシンポジュウムを総括し、集大成した本を編集・発刊し、一般市民誰でも親しく読むことが可能なように店頭販売する予定である。

以上

04-53 東北地方を中心とした住宅における省エネルギー技術とその効果の可能性

大学法人東北大学　大学院工学研究科
教授　吉野　博

1. 本研究の目的

住宅分野における省エネ対策として，住宅性能，設備性能の向上等が挙げられるが，住宅性能が向上すると居住者の快適水準も向上し，また暖冷房設備や家電製品の性能の向上に伴い，性能が高い設備機器の一世帯当り保有台数が増加する等，最終的には住宅分野における省エネにつながりにくいという現象（リバウンド）が顕在化している。殊に東北地方においては，住宅の断熱気密化と快適水準の向上により，全室連続暖房が行われるようになり，暖房面積や暖房時間の増大によるエネルギー消費のさらなる増加が懸念されている。そのため，住宅性能や設備性能の向上と同時に，エネルギー消費に密接に関わる人々のライフスタイルに関わる省エネ意識の向上，自然エネルギー利用の促進を図っていくことが重要であり，このような省エネルギー策を具体的に講じていくためには地域特性に応じたきめ細かな検討が必要である。

そこで，本研究ではシンポジウムを開催し，東北地域の気候風土や暮らし，住宅エネルギー消費の実態を踏まえながら，自然エネルギー利用などの省エネルギー技術の現状や課題，それらと密接に絡み合う私たちのライフスタイルの在り方について，著名な研究者，設計技術者とともに考え，東北地方の住宅分野における省エネの可能性と京都議定書の削減目標達成に向けた実現可能な具体的対策について議論することを目的とする。

2. 実施概要

本研究では以下に示す実施概要のもとにシンポジウムを開催した。

「東北地方を中心とした住宅における省エネルギー技術とその効果の可能性」
主　催：東北大学大学院工学研究科　建築環境工学研究室
共　催：（社）空気調和・衛生工学会東北支部
（社）日本建築学会東北支部環境工学部会
（社）建築設備技術者協会東北支部
住まいと環境　東北フォーラム
日　時：平成 17 年 7 月 22 日　13:00～17:00
会　場：斉藤報恩会館　国際会議場（仙台市青葉区本町 2 丁目 20 番 2 号）
参加費：無料
内　容：挨　拶　13:00～13:10
吉野　博（東北大学大学院工学研究科 教授，

住まいと環境 東北フォーラム 理事長）

第1部　講　演　13:10〜15:10

1. アンケート調査によるエネルギー消費と住まい方の実態　13:10〜13:40
   講 師　井上　隆（東京理科大学　教授）
2. 東北地方の住宅におけるエネルギー消費の詳細実測調査　13:40〜14:10
   講 師　三田村　輝章（足利工業大学　講師）
3. 低負荷型ライフスタイルメニューの提示による省エネルギー効果　14:10〜14:40
   講 師　源城　かほり（秋田県立大学　助手）
4. 標準的な住宅を用いた低負荷型ライフスタイルによる省エネルギー効果の数値計算　14:40〜15:10
   講 師　長谷川　兼一（秋田県立大学　助教授）

第2部　パネルディスカッション　15:30〜17:00

テーマ：「東北地方における住宅分野の省エネの可能性について」

司会　吉野　博（前掲）

パネリスト　井上　隆（前掲），三田村　輝章（前掲）
長谷川　兼一（前掲），源城　かほり（前掲）

3. シンポジウムの内容

第1部では4人の講師陣による講演が行われた。まず「アンケート調査によるエネルギー消費と住まい方の実態」と題して，東京理科大学教授 井上隆氏から，全国数千件を対象として行われたエネルギー消費量に関するアンケート調査による結果が報告された。多くの調査結果が住宅のエネルギー消費量に対して，住まい方の影響が大きいことを示すものであり，今後省エネを図っていくためには，ライフスタイルの変更が必要である，というまとめが発表された。なお，このアンケート調査結果は全て日本建築学会の HP に記載されており，閲覧することが可能である。

次に「東北地方の住宅におけるエネルギー消費の詳細実測調査結果」と題して，足利工業大学講師 三田村輝章氏から，東北地方の住宅13件において行われたエネルギー消費量の詳細な実測調査結果について発表された。各住宅におけるエネルギー消費量にばらつきがあり，特に暖冷房・給湯用消費量において大きな違いが見られたことや，その差は暖房方式や居住者の使用方法，省エネ意識の違いによって生じることが報告された。

続いて「低負荷型ライフスタイルメニューの提示による省エネルギー効果」と題して，秋田県立大学助手 源城かほり史から，省エネルギーを意識した住まい方（低負荷型ライフスタイル）による省エネ効果を明らかにすることを目的として，東北地方に位置する10件の住宅を対象に行われた実測調査結果について報告された。低負荷型ライフスタイルメニューの実行度の高さと省エネルギー効果との対応関係が見られたものの，住宅によって受け入れ方や実行度に差があり，また冬期は外気温度の影響を大きく受け，効果が表れにくいこと等がまとめとして述べられた。

最後に「標準的な住宅を用いた低負荷型ライフスタイルによる省エネルギー効果の数値計算」と題して，秋田県立大学助教授 長谷川兼一氏より，ライフスタイルの変更がエネルギー消費量に与える影響度について，パラメトリックスタディ及び実験計画法を用いて行った検討結果が発表された。シェルター性能の変更よりも機器使用に関わるライフスタイルを変更したほうがエネルギー消費量の削減に寄与する割合が高く，低負荷型ライフスタイルへの移行による省エネルギーの可能性が大きいことが報告された。

第2部では「東北地方における住宅分野の省エネの可能性について」というテーマでパネルディスカッションが行われた。第1部の講演に対する質問や意見を会場から受け付け，講師の先生方が回答していくという形式で進められた。省エネルギーを実現するために，どういった対策が有効か，その対策によってどの程度の省エネルギーが可能であるか，といったことを中心に議論が行われた。各講師陣の回答では，エネルギー消費量を削減するには住宅の性能や機器効率だけではなく，居住者の住まい方や意識に踏み込んでいくことが必要であり，両方向からの検討が重要であることが強調された。またエネルギー消費量をただ削減するだけではなく，室内快適性や健康性を保った上で，省エネを図ることの重要性も述べられた。

4. まとめ

本シンポジウムは，東北地方の住宅における省エネの可能性と実現可能な対策の方向性について議論することを目的として開催された。研究者のみならず，企業関係者，学生等，たくさんの参加を頂き，住宅内エネルギー消費量の実態を把握し，今後の省エネ方策について議論する場を持てたことは大きな成果だと思われる。特にパネルディスカッションでは，講演への質問のみならず，意見や指摘が数多く挙げられ，今後の研究課題を考える上でも貴重な場となった。今回のシンポジウムの目的として，京都議定書の削減目標達成にむけた実現可能な対策について議論することを挙げていたが，議定書の削減目標であるCO_2排出量15%削減は可能だろうか？という質問も会場から寄せられた。現状のままでは難しいと考えられるが，建物性能や機器効率を高め，さらには居住者のライフスタイルを低負荷型へと変更することによって可能になると思われる。今後は今回のシンポジウムで交わされた議論を踏まえ，さらに有効な省エネ手法について研究を進め，発表していきたいと考える。

04-54 北方圏域における豊かなパブリックスペースの創造

所属機関名　北海道大学大学院工学研究科
役職　教授　繪内正道

1．本研究の背景と目的

現代の社会人の多くは、家庭、乗物、勤め先、乗物、家庭という生活様式の中で、それらを繋ぐ屋外の滞在時間の最小化を良しとしている観がある。その意味では、週末の屋外活動に対する積極的な決意をしない限り、一般人の日常生活の時間帯の90％以上は屋内と言うことになる。

北海道の場合、一年の半分は『雪と寒さ』を意識せざるを得ない。成人の一部にはウインタースポーツの可能な冬を「好ましい季節」と捉える向きもあるが、大部分の人々は、耐え忍ぶ季節と捉え、屋内に引きこもっているのが現状である。

昨年度、小学校の学童を対象にアンケート調査を行い、低学年では、『冬をポジティブ』に捉えている傾向にあるにも拘わらず、高学年に向かうにつれて成人と全く同様の『冬をネガティブ』に捉える適応に変わってくることを掴み、その一方で、冬をポジティブに捉える学童ほど、屋外で活動する時間が長いことも突き止めた。この調査結果は、2004 年 2 月、Anchorage で開催された Winter Cities Forum において高い評価を受けた。

北欧では、冬期におけるパブリックスペースの積極的な利用を前提に、ベンチや遊具も積雪寒冷期の使用に耐える材料やデザインが選択され、外気浴と称して住民は積極的に屋外滞在の時間を確保している、と言われている。通年の使用に耐えるパブリックスペースの微気候計画、インテリアからエクステリアへと連続する建築材料や調度の開発研究は、北方圏域の豊かな公開空地の創造に必須のものである。

北欧では、外気浴が習慣化していると言われているけれども、その一方で、通年使用に耐えるパブリックスペースの設置計画には大変苦労している。本研究の目的は、科学研究費補助金基盤 B・海外（2）『北方圏域における小学校児童から成人の冬の適応に関する意識調査結果を踏まえ、『冬をポジティブ』に捉えている低学年の屋外活動をサポートするための、建築環境学、建築材料学、都市計画学的なアプローチを学際的に、また国際的に論議し、北方圏域における豊かなパブリックスペースの創造に寄与することにある。

2．研究の方法

（1）平成 16 年 9 月、日本建築学会北海道支部・北方系住宅専門委員会に『北方圏域における豊かなパブリックスペースの創造に関する Working Group』を設立し、科学研究費補助金基盤 B・海外（2）『北方圏域における小学校児童から成人の冬の適応に関する意識調査』の検討を平成 17 年 1 月から 3 月に行う。

（2）平成 17 年度の厳寒期のカナダ、フィンランド、ロシア、中国におけるパブリックスペ

ース（小学校校庭や街区公園）の屋外気候条件や積雪量等の調査結果、区画手法、遊具の設置状況とその使用実体のビデオカメラによる撮影結果を検討する。

（3）平成17年6月、カナダの都市計画家とランドスケープ建築家、フィンランドと中国の建築環境研究者、ノルウェーのプレイグラウンド建築家を招聘し、国際フォーラムを開催すると共に、住民や小学校学童の参加もとで、『北方圏域における豊かなパブリックスペースの創造に関するWork Shop』を行う。

3．研究の成果

（1）　学校学童の『冬の適応』

Waterloo大学のN. Pressman名誉教授が提案した、下記の6水準を用い、

Six levels of adaptation to winter (提示した図の横軸の表記)

1. Enduring Winter	**冬を忍耐する**
2. Tolerating Winter	**冬を大目に見る**
3. Accepting Winter	**冬を受け入れる**
4. Respecting Winter	**冬に期待する**
5. Appreciating Winter	**冬に感謝する**
6. Celebrating Winter	**冬を祝賀する**

その国の言語と習慣に対応させ、Sapporo(日本), Waterloo(カナダ), Espoo(フィンランド), Khabarovsk(ロシア), Haribin(中国)の小学校学童とその都市の成人の冬の適応状況に関するアンケート調査を実施し、冬をどの様に捉えているか、を明らかにした。また、各都市の学童の冬の遊びの様子を観察した。

（2）遊具の設置状況とその使用実体

各都市の学童の冬の遊びの様子を観察したが、Block park, Neighborhood park, District Parkのおかれている状況は積雪寒冷な北海道の状況とそれ程大きな差異がある訳ではない。遊具を鉄製や合成樹脂製から木製に変更し、通年使用に向けた計画意図を計ったと言いながら、カナダやフィンランドにおいても、日中、既成の遊具で遊ぶ学童を見受けることは少なかった。

9.11以後のテロの影響と言うよりも、誘拐や小児を対象にした性犯罪の多発の影響と思われるが、カナダばかりでなく北欧や中国においても、学童にカメラを向け、冬の遊びの様子を収録することは大変に難しい状況にあることが分かった。数少ない機会を捉えて観察した遊びの様子から、防寒着が完備した際には、学童にとって必ずしも冬(屋外の寒さ)が敵対するものではない、とする思いを強くした。

（3）国際フォーラムとワークショップ

(財)トステム建材産業振興財団にお願いした助成は国際フォーラムとワークショップの開催にある。カナダ、フィンランド、ノルウェー、中国等からの招待講演者6名、北海道大学大学院工学研究科と日本建築学会北海道支部の主催、空気調和衛生工学会北海道支部、こども環境学会、北海道北方建築総合研究所、北海道建築指導センターの共催、(財)トステム建

材産業振興財団、北方圏センター、札幌国際プラザの支援の下で6月24日、25日に開催した。

国際フォーラムでは、招待論文6編、応募論文7編を中心に討議し、**北方圏域における豊かなパブリックスペースの創造**における諸課題を明らかにした。また、ワークショップにおいては、学童グループと成人グループ夫々が、"I hope playing method like this and playground like this", "Presentation of own idea and works"を主題に討議し、夫々の成果を確認すると共に、今冬に向けて、We think what we can do actually in this autumn と We try what to make and play in Erumu-No-Mori Park in this winter を宿題として、取り組みを継続することにした。

4．今後の課題

建材産業は未だ建築本体の建設に最大の関心があると思われるが、快適な居住環境とは、快適な室内環境と共に快適な屋外活動を保証する屋外環境によってもたらされるものと考えなければならない。パブリックスペース(オープンスペース)は単なる空き地ではない。パブリックスペース内の微気候形成に係わる植生や外構計画（通年使用を可能とする遊具等）は建材産業の新たな研究開発展開を必要としている。本研究の成果は**北方圏域における豊かなパブリックスペースの創造**にとってささやかな一粒に過ぎない。しかし、これを出発点とする豊かなパブリックスペースの創造は、21世紀に相応しい生活環境の実現に直結すると考えている。

禁 無 断 転 載

第13回（平成16年度）研究助成成果報告書

2007年3月吉日

発　行　　財団法人トステム建材産業振興財団

〒136-8535 東京都江東区大島２丁目１番１号

トステムショウルーム東京７階

電　話　　０３－５６２６－１００８

ＦＡＸ　　０３－５６２６－１０３３