

建材試験 情報^{vol.}52

2016

12

JTCCM
JOURNAL

巻頭言

経済産業省における国際標準化の取組について

寄稿

ジオポリマーおよびその建材分野における実用化に向けて
その2 使用材料および利用状況

技術レポート

CLT を用いた高耐力の耐力壁に関する研究
－ CLT 耐力壁の面内せん断試験 －

Environment

Testing

Life



一般財団法人

建材試験センター

Japan Testing Center For Construction Materials

I n d e x

p1

巻頭言

経済産業省における国際標準化の取組について
／経済産業省 産業技術環境局 国際標準課 課長 藤代 尚武

p2

寄稿

ジオポリマーおよびその建材分野における実用化に向けて
その2 使用材料および利用状況
／山口大学大学院 准教授 李 柱国

p8

技術レポート

CLTを用いた高耐力の耐力壁に関する研究
－CLT耐力壁の面内せん断試験－
／中央試験所 防耐火グループ 小森谷 誠

p14

連載

建築に学ぶ先人の知恵

世界の伝統的建築構法
第7回 住宅・建設産業のイノベーション
－建築ストック活用と社会変化がもたらすもの－
／芝浦工業大学 教授 南 一誠

p20

熱の基礎講座

第4回 断熱性能のはかり方 ①熱伝導率編
／中央試験所 環境グループ 主幹 田坂 太一

p25

たてもの建材探偵団

佐賀市の築地の反射炉・多布施の反射炉と精煉方など
／性能評価本部 主幹 木村 麗

p26

国際会議報告

ISO/TC146/SC6
(大気の状態/室内空気)
アメリカ・バーリントン会議報告
／九州大学 総合理工学研究院 教授 伊藤 一秀

p32

規格基準紹介

プレキャストコンクリート製品関連JISの改正内容と認証のポイント
／製品認証本部 副本部長 丸山 慶一郎

p34

国際会議報告

ISO/TC163/SC1
(建築環境における熱的性能とエネルギー使用/試験および測定方法)
ドイツ・ベルリン会議報告
／中央試験所 環境グループ 統括リーダー代理 萩原 伸治
中央試験所 環境グループ 主幹 田坂 太一
経営企画部 企画課 主任 佐竹 円

p41

建材試験センターニュース

p44

年間総目次

p46

あとがき・編集たより

巻頭言

経済産業省における国際標準化の取組について



経済産業省 産業技術環境局 国際標準課
課長 藤代 尚武

経済産業省における国際標準化行政は、大きく分けて三つの時期を経てきました。1995年から最初の10年間は、日本工業規格(JIS)を国際標準と整合させる、いわば受け身のスタイル、次の10年間は、JISを国際標準化機関であるISO/IECに提案していく半能動的なスタイル、そして、現在は、国際標準化と国内標準化を区別せずに、JISの開発とISO/IECへの提案を同等に進めていくことが求められる新しい局面を迎えています。

この新しい局面を迎えるに当たって、様々な取組を行っておりますが、その1つに、新技術に係る新市場創造型標準化制度の創設による国内標準化・国際標準化の迅速かつ円滑な活動に資する総合的な仕組みの構築があります。建築分野においては、建材は地産地消という考え方に寄りがちですが、省エネ性能の高い建材など我が国が技術的優位を有しているものについて、国際標準化を進めることで、国内外の市場の創出や拡大に貢献できるビジネスチャンスがあるはずです。この制度において、日本規格協会(JSA)のサポートにより迅速なJISの開発や国際標準提案をすることが可能になりましたので、標準化による我が国の優れた技術や製品の市場創出・拡大に貢献することを期待しています。

また、標準化人材の育成支援にも取り組んでおります。ISO/IECの国際標準化会議において、標準化をリードするためには、長期的観点で、官も民も標準化人材の育成を強化していくべきだと考え、次世代を担う若手標準化人材の育成として、通称「ヤングプロフェッショナル研修」や、企業各層(管理職、営業職、初任者など)を対象とした階層別の標準化研修などを実施しています。地道に長年続けていくことによって、標準化を戦略的に捉えて国際舞台の場で活躍できる多くの人材が育っていくことを期待しています。

今後も様々な取組をとおして、我が国の標準化の発展に貢献して参りたいと考えておりますので、貴センターをはじめとする皆様の引き続きのご理解とご協力をお願いいたします。

ジオポリマーおよびその建材分野における実用化に向けて

その2 使用材料および利用状況



山口大学大学院 准教授 李 柱国

1. はじめに

本稿は、国内外の文献を整理して、ジオポリマーおよび新材料としての利用現状、利用可能分野を紹介するものである。前報(その1 硬化機構および反応生成物, 2016年9月号)では、ジオポリマーの硬化機構および反応生成物を述べ、高炉スラグ微粉末のアルカリ刺激による生成物との違いを考察した。本報では、ジオポリマー (GP) の使用材料および建設材料分野における利用現状、実用化のために近年に取り込まれた研究を紹介する。

2. ジオポリマーの使用材料

2.1 アルカリ刺激材料 (Alkaline Activator, AA)

アルカリ溶液 (AA) の OH^- イオンは、アルミノシリケート材料 (aluminosilicate mineral, 活性フィラーと略称) の Si-O と Al-O の化学結合を破壊し、 Si^{4+} と Al^{3+} の溶出を働く。金属イオン Na^+ や K^+ は、ジオポリマーの構造を形成する元素となる。 Si^{4+} と Al^{3+} を溶出させるために、アルカリ溶液は pH12 以上を有する必要がある¹⁾。

NaOH や KOH を単独に使用する場合に、そのモル濃度は高いほど、GP の強度は高い²⁾。これは、活性フィラーからの Si^{4+} と Al^{3+} の溶出は増加するためであると考えられる。水ガラスと NaOH や KOH の併用は、 NaOH や KOH の単独使用に比べ、GP の強度は高い^{2), 3), 4)}。なお、 NaOH の pH は Na 系水ガラスより高いが、 NaOH の単独使用に比べ、水ガラスを単独に使用する場合の強度は高い⁵⁾。

N-A-S-H ゲルの Si/Al 比と Na/Al 比は、 NaOH を単独使用する場合にはそれぞれ 1.6 ~ 1.8 と 0.46 ~ 0.68 であるが、Na 系水ガラスを併用する場合にはそれぞれ 2.7 と 1.5 である²⁾。

つまり、水ガラスが Si^{4+} イオンを提供するため、縮重合の程度が向上し、GP の強度は増加する。また、文献⁶⁾ は、水ガラスの使用が、活性フィラーのイオン溶出を増加し、縮重合反応の起動に必要な Si^{4+} を補充する役割も果たすと指摘している。そこで、 NaOH または KOH と水ガラス ($n\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ または $n\text{SiO}_2 \cdot \text{K}_2\text{O}$) を混合したアルカリ溶液は常用されている。

Na_2O は多いほどアルカリ溶液の pH は高く、活性フィラーの反応性は向上する。アルカリ溶液の $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ (質量比) が小さいほど GP の強度は高い²⁾。Wang らは、BFS を用いた GP の場合、 Na_2O の最適な含量がスラグの質量の 3.0 ~ 5.5% であると指摘している⁵⁾。FA を用いた GP の圧縮強度は、 Na_2O 含量が FA の質量の 14% である場合に最大となる²⁾。

文献⁵⁾ によって、 Na_2O 含量は一定である場合、水ガラスのモル比 ($\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ 比) は大きいほど、GP の強度は高い。また、水ガラスの使用量が一定であれば、モル比が高いほど、 Na_2O 含量は低下し、アルカリ溶液の刺激作用は小さくなるが、アルミノシリケートゲルに Si は増加する。このように、モル比の増加によって、相反した影響は共に存在するため、最適なモル比は、活性フィラーの種類と粉末度および養生条件に依存する。BFS を用いた場合、水ガラスのモル比の最適範囲は、スラグの種類によって異なり、酸性スラグ、中性スラグおよび通常のスラグの場合にはそれぞれ 0.75 ~ 1.25, 0.9 ~ 1.3 および 1.0 ~ 1.5 である⁵⁾。

KOH より NaOH の使用によって活性フィラーからのイオン溶出は多いが、 K^+ イオンのサイズは Na^+ より大きいため、 AlO_4 単量体を含む大きな多量体は生成しやすくなり、GP の強度は NaOH を用いた場合より高い⁶⁾。

アルカリ刺激剤の添加方法は、液体混合法と粉末混合法があるが、粉末混合法の場合に、強度は低く、ばらつきは大きい⁵⁾。これは、ジオポリマーの凝結・硬化過程ではアルカリ刺激剤の溶解が難しいためである。

2.2 活性フィラー

現在、GPに常用される活性フィラーは、(a) メタカオリン(MK)、(b) 高炉スラグ微粉末(BFS)、(c) フライアッシュ(FA) および(d) 上記の(a)～(c)の混合物であるが、近年、他の廃棄物を用いたGPが次々に開発された。

活性フィラーの反応性は、そのシリカ成分の含量、無定形相の含量、粉末度およびカルシウムの含量に依存する^{7), 8)}。フィラー材料は、加熱されると、結晶構造が破壊され、無定形相が増加する。このため、天然アルミノシリケート材料(例えば、カオリン)より、高温履歴があるもの(例えば、メタカオリン、FAおよびBFS)を用いたGPの力学性能は優れる。

活性フィラーの比表面積は大きいほど、反応性は高くなり、強度は増加する一方、流動性を確保するためにアルカリ溶液が増え、強度は減少する。Wangらは、BFSの最適な粉末度がスラグのタイプによって4000～5500cm²/gの範囲にあると指摘している⁵⁾。

1) BFSとFAの併用

BFSのみを用いる場合は、高温養生と常温養生に拘らず、圧縮強度は高い(60MPa以上)が、凝結は15～40分で短い。BFSはCaOを大量に含有してC-A-S-Hゲルを生じるためであると考えられる。しかし、FAを用いたGPは、常温養生の場合には凝結時間が1日以上で、28日の圧縮強度が25MPa以下である。FAの大量処理と常温硬化の観点から、FAとBFSを併用してジオポリマーを製造することが薦められる。FAとBFSを併用するGPの強度は、FAがBFSを少量(BFS質量の10%以下)に代替する場合には増加する⁹⁾が、大量代替の場合には大幅に減少する¹⁰⁾。しかし、FAの代替はGPの流動性を増加する。

2) 下水道汚泥焼却灰、都市ごみ焼却灰の溶融スラグ

池田ら^{11), 12)}は、下水道汚泥溶融スラグ粉末を用いたジオポリマーを開発した。80℃で6時間養生された場合の曲げ強度(2日材齢)は約6MPaである。

筆者ら^{13), 14)}は、都市ごみ焼却灰溶融スラグ(WS)を粉砕して得られた粉末を用いたGP(以下、WS-GPと略称)を製造できることを確認し、WS-GPの凝結過程では発泡・膨張する現象を発見した。この発泡は、都市ごみ焼却灰に含まれる金属アルミニウム(銀紙起源)がアルカリの環境で水素を生じるためである。WS-GPの凝結時間は、排出工場によって異なり、CaOの含有量が多いほど短く、20℃の常温養生で3～20時間である¹⁵⁾。

筆者は、WS-GPを結合材としたコンクリートを試作した(アルカリ溶液とフィラーの質量比:0.50)。用いたアルカリ

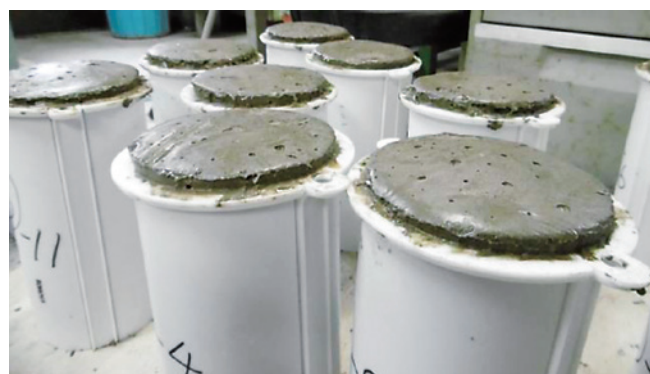


図1 WS-GPコンクリートとその凝結段階の発泡膨張

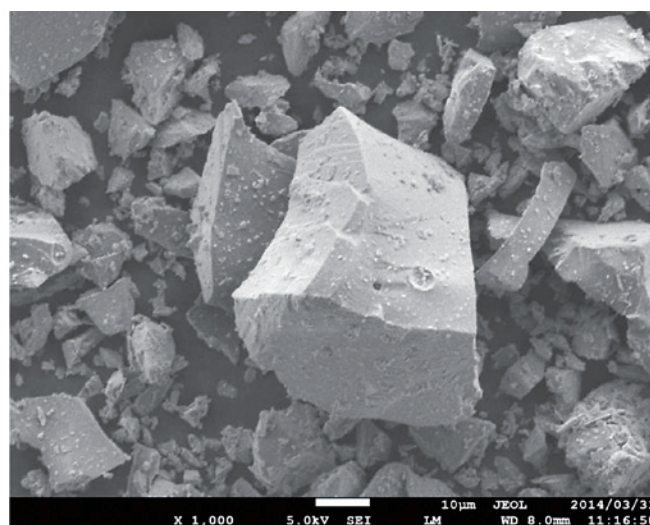


図2 流動床石炭灰粒子(専焼灰)のSEM

溶液は、JIS1号水ガラス水溶液(体積比1:1)と10Mの苛性ソーダ水溶液を3:1の体積比で混合したものである。60℃24時間の封緘養生後にさらに20℃、R.H.60%の空气中で6日間養生した。7日材齢の圧縮強度は35.6MPaに達した。図1に示すように、WS-GPコンクリートは凝結段階に発泡・膨張を生じたが、その後に膨張が発生せず、乾燥収縮が見られた。電気溶融スラグを用いるWS-GPはあまり発泡しないと報告されている¹⁵⁾。後述のように、WS-GPの発泡特性を活かし、発泡剤の追加で多孔質軽量建材を製造できる。

3) 流動床石炭灰(FBA)

流動床石炭灰(FBA)は、循環流動床燃焼方式のボイラーから排出される残渣である。燃焼温度は800～900℃であるため、FBAは、溶融してガラス質化せず、角ばっている不定形のものである(参照:図2)。脱硫方式によって、CaO高含有量(15～30%)のタイプとCaO低含有量(5%以下)のタイプに分けられる。また、燃焼の種類によって、専焼灰(石炭灰のみを燃やす)と混焼灰(石炭と廃棄物やリサイクル燃料を混焼する)に区分されている。

Kiharaら¹⁶⁾は、高カルシウム(25.0%)のFBAと水ガラス水溶液を混合して硬化体を作製した。FBAを単独に使用する場合の曲げ強度は約6.0MPaに達した。

筆者ら^{17), 18)}は、低カルシウムのFBAを使ってGPを試作したが、灰種と養生温度に拘らず、GPの曲げ強度が3.0MPa以下であった。また、混焼灰の場合、アルカリ溶液にNaOHが含まれると、凝結段階に発泡・膨張が生じた。その対策として、筆者ら¹⁷⁾は、BFS添加と水ガラスだけの使用によるFBAの固化方法を提案した。提案した方法によって、凝結段階に発泡せず、常温養生でも圧縮強度が30MPa以上の硬化体を作製できた。

4) 製紙スラッジ焼却灰

製紙スラッジ焼却灰(PS灰)は、古紙からパルプ繊維を回収する際に排出される製紙スラッジの焼却残渣である。筆者ら¹⁹⁾は、PS灰を用いてGP硬化体の作製を試みた。28日材齢の常温硬化体の曲げ強度と気乾密度は、それぞれ0.7~1.8MPa(圧縮強度は5MPaと推定)および1.0g/cm³前後であった。PS灰は多孔質体であり、吸水性が高いため、GPの液固比を大きくする必要がある(1.0以上)。これは、PS灰ジオポリマーの強度が低いの一因である。PS灰の多孔質特性を活かせば、軽量建材を製造できる。

2.3 添加材料

1) 強度調整材

Ca(OH)₂やCaOの添加によって、GPの常温養生の強度が増加するが、高温養生の強度は減少する²⁰⁾。また、Ca(OH)₂、CaOおよび石膏のいずれを添加すると、GPの凝結時間は大幅に短縮される。

一方、SiO₂がフライアッシュを10%以下代替すれば、FAを活性フィラーとするGPの流動性が低下するが、圧縮強度は増加する²¹⁾。また、SiO₂が10%のBFSを代替することは、NaOHを用いる場合には強度を増加するが、水ガラスを使用する場合には強度を低減する²²⁾。

ゼオライトが一部のBFSを置換すると、BFSのアルカリ刺激による凝結は若干遅らせるが、硬化後の強度は低下する²³⁾。置換率は大きいほど、硬化体の強度は小さい。

もみ殻灰が一部のFAを代替すると、GPの圧縮強度は低下するが、吸水性は増大する。代替率は高いほど、この傾向が顕著になる²⁴⁾。

2) 凝結遅延剤

ショ糖を添加すれば、FAを用いたGPの凝結時間を延長することができる²⁵⁾。しかし、無添加に比べ、凝結時間の増加率は最大35%である。

一方、酒石酸ナトリウムと主成分とするジオポリマー用遅延剤の添加は、Ca²⁺の溶出を抑制して、FAとBFSの併用系ジオポリマーの可使時間を1.4~2.5倍延長できる^{26), 27), 28)}。60℃以上の高温養生場合の強度に影響しないが、常温養生の強度が2~3割程度で低下する。

3) 収縮低減剤

GPペーストやモルタルの長さ変化は、OPCペーストやモルタルより大きい^{29), 30)}。水を消費するOPCの水和反応に対して、GPの硬化反応は脱水するためであると考えられる。FAとBFSの併用系GPの長さ変化は、BFSの混合率が小さいほど小さい²⁹⁾。単位アルカリ溶液量を低減する混和剤はいまだないため、単位アルカリ溶液量は大きく、GPコンクリートの乾燥収縮率は増大し、800×10⁻⁶を超えるケースが少なくない³¹⁾。

従来のOPCコンクリート用収縮低減剤は、ジオポリマーに適用できる³⁰⁾が、1.0%以上の添加率は必要であり、強度を損害するおそれがある³²⁾。最近、ポリエーテル誘導体(SRA2)や特殊な分子もつポリエステル誘導体(SRA1, SRA3)を主成分したジオポリマー用収縮低減剤が開発された^{33), 34)}。いずれの添加でGPの乾燥収縮を大幅に低減し、微膨張の場合もある³⁵⁾。

OPCコンクリート用の減水剤はジオポリマーの流動性の改善に殆ど効果がない。添加率が大きい場合、減水剤に含まれる水を補正しなければ、強度の低下が生じる。ジオポリマーの減液剤の開発は急務な課題である。

3. 建材分野におけるジオポリマーの応用

ジオポリマー材料は、既に自動車、航空、冶金およびプラスチックなどの産業に広く利用されている。その性能はSi/Alの原子数比によって異なり、用途は多岐である。Si/Alの原子数比は1~3であれば、GPの3次元構造が強いが、Si/Alの原子数比は15以上になると、ポリマーの性質を示す。GPの用途を表1に示す³⁶⁾。小さいSi/Alの原子数比を有するGPは建設分野に適用できると考えられる³⁶⁾。コンクリートの結合材に適合するSi/Alの原子数比は2である³⁷⁾。

表1 Si/Alの原子数比が異なるジオポリマーの用途

Si/Al原子数比	用途
1	れんが、セラミックス、耐火被覆材
2	バインダー、コンクリート、放射線と毒性廃棄物の隔離施設
3	防火ガラス繊維複合材、耐熱複合材

ジオポリマーの特殊な用途として、重金属廃棄物や毒性廃棄物³⁸⁾、放射性固形廃物³⁹⁾および放射性汚染水の処理技術⁴⁰⁾、⁴¹⁾は報告されている。次に建材分野における利用状況および利用可能な分野を述べる。

3.1 ジオポリマーコンクリート

ジオポリマーセメント(GPC)は、コンクリートの脱石灰石型新型結合材として、OPCよりCO₂排出量が少なく、廃棄物を大量に利用でき、強度発現が早く、反応熱と自己収縮が少なく、耐酸性・耐火性・アルカリ骨材反応抵抗性などが優れる特徴がある⁴²⁾、⁴³⁾。FAとBFS併用系のGPCコンクリートのCO₂排出量は、流動性と強度がほぼ同じであるOPCコンクリートの5割しかない⁴⁴⁾。

海外では、GPCコンクリートが道路の舗装、擁壁、水タンク、橋梁デッキおよび建物の梁などに利用された事例がある⁴⁵⁾。国内では、ジオポリマー製外溝ブロック⁴⁶⁾、まくらぎ⁴⁷⁾、ポーラスコンクリート(GPPC)⁴⁸⁾、⁴⁹⁾、⁵⁰⁾などが報告されている。ジオポリマー製ブロックは、温泉地域(強酸性土壌)に試用されている(「日本経済新聞」記事2015年5月21日)。また、日本で初めてのGPCコンクリートの現場練りと施工実験が2016年7月1日に発表されている⁵¹⁾。

GPコンクリートは、常温養生でも強度発現が速いため、コンクリートの二次製品や道路舗装に利用されやすいと考えられる。また、耐酸性・耐熱性が高く、下水道関連施設などの酸が発生する環境下や、製鉄所など高温となる環境下での活用が期待されている。

3.2 多孔質軽量建材

気泡コンクリート(ALC)は、鉄骨造・木造建築の外壁、間仕切壁、屋根、床に多用されている。ALCは、セメント、珪石、石灰および金属アルミニウム粉末などの原料を使って高温高圧蒸気養生で製造されるものが知られている。省エネルギーのため、高温蒸気養生を回避できる方法が望まれている。

一方、前述のように、都市ごみ焼却灰溶融スラグおよび流動床焼却灰のアルカリ環境下の発泡特性を活かして多孔質軽量建材の製造が可能である。しかし、これらのフィラー材料に含まれる金属アルミニウム(Al)の量が限られるため、発泡剤を追加しなければ、密度が1.0以下の発泡体を作製できない。勿論、金属Alが含まないフィラー、例えば、FAを使う場合、発泡剤の外添加は不可欠である。

下水汚泥焼却灰溶融スラグ微粉末を用いたジオポリマーは金属シリコンの添加で発泡できる⁵²⁾。筆者らは、一連の研究^{53)~56)}によって、1)FAを用いたジオポリマーの発泡に金属シリコンが適用可能であるが、CaO含有量が高い活性フィ

ラーを用いる場合または高温養生の場合は金属シリコンが適用できないこと、2)金属Alによる水素気泡よりH₂O₂による酸素気泡は脱出しにくいこと、3)FAやWSを用いて多孔質GPを作製するにはセメントやBFSを添加することが必要であること、5)ゼオライトを添加すればBFSの多孔質固化体を作製できること、6)ステアリン酸塩を添加すれば、大きな気泡の生成を抑え、気泡分布を改善できることなどを明らかにし、密度が1.0以下のGP多孔質硬化体の作製方法を提案した。

3.3 耐火被覆材

ジオポリマーは、その主成分が非晶質ゲルであるため、受熱後の強度低下が小さく、爆裂(spalling)を生じない⁵⁷⁾。この特性によって、耐火複合構造、成型耐火被覆材(ボード)の製造にジオポリマーを活用できる。

現在の耐火被覆市場では吹付けロックウールは90%のシェアを占める。吹付け工法に、ロックウール以外にセメントなどの原料は使われている。セメントの水和反応生成物は高温によって熱分解を生じ、強度が低下する(800℃では強度は殆どゼロ)ため、火災時に被覆層が剥離するリスクがあり、火災後に被覆層をはつりとって打ち直しなければならない。

筆者ら⁵⁸⁾は、前記のGP発泡方法を利用して、FAを主原料としたGP多孔質硬化体を作製し、その耐火性を考察した。硬化体の発泡・凝結時間は、FAと金属シリコンの発泡剤を使う場合には約5時間であり、FAとBFSの混合フィラーと金属Alの発泡剤を使う場合には45分以内であった。

GP多孔質硬化体の強度は、受熱温度が400~600℃の時に低下したが、600℃以上の加熱を受けると逆に増加した傾向が見られた。600℃の加熱でひび割れが多く発生し(強度低下)、それ以上の加熱温度で多孔質硬化体はポーラス化・セラミックス化した(強度と比強度は共に増大)。加熱によるセラミックス化の傾向は、FAを用いた非発泡GPにも見られている⁸⁾。したがって、GPを吹き付けて発泡することで、密度が0.5~0.8の高耐久性の耐火被覆を施すことができると考えられる。

4. 終わりに

本報(その2)では、ジオポリマーの使用材料およびその最新の研究成果をまとめた。また、ジオポリマーの利用現状および利用可能な分野を述べた。

地球温暖化問題と廃棄物排出の地域環境問題が益々深刻になりつつあるこの時代に、廃棄物を主原料とするジオポリマーは、これらの環境問題の解決に寄与しうる低炭素の新型セメントであると考えられる。ジオポリマーは、近年注目されており、その研究開発が急増しているが、その歴史は30年数年しかなく、未解決の課題はまだ山積している。建設分野では実用化するために、今後、産学官が連携しながら、性能解明、性能保証技術の開発および設計・製造・施工方法の規準化などに地道な努力を続ける必要がある。

【参考文献】

- 1) D. Macphee, and I. Garcia-Lodeiro: Activation of aluminosilicates - some chemical considerations, Proc. of 2nd International Slag Valorisation Symposium (Belgium), pp.51-61, 2011.4
- 2) A. Fernández-Jiménez, and A. Palomo: Composition and microstructure of alkali activated fly ash binder: Effect of the activator, Cement and Concrete Research, Vol.35, pp.1984-1992, 2005
- 3) A. Palomo, M.W. Grutzeck, M.T. Blanco: Alkali-activated fly ashes: A cement for the future, Cement and Concrete Research, Vol.29, pp.1323-1329, 1999
- 4) M. Criado, et al.: Alkali activation of fly ashes. Part 1: Effect of curing conditions on the carbonation of the reaction products, Fuel, Vol.84, pp.2048-2054, 2005
- 5) S. Wang, K. Scrivener, and P. Pratt: Factors affecting the strength of alkali-activated slag, Cement and Concrete Research, Vol. 24, No. 6, p p. 1033-1043, 1994
- 6) H. Xu, and J.S.J. Van Deventer: The geopolymerisation of aluminosilicate minerals, International Journal of Mineral Processing, Vol.59, pp.247-266, 2000
- 7) P. T. Fernando, et al.: Alkali-activated binders: A review, Part 2. About materials and binders manufacture, Construction and Building Materials, Vol. 22, pp.1315-1322, 2008
- 8) W. D.A. Rickard, et al.: Assessing the suitability of three Australian fly ashes as an aluminosilicate source for geopolymers in high temperature, Materials Science and Engineering, Vol.528, pp. 3390-3397, 2011
- 9) E. Douglas, and J. Brandstetr: A preliminary study on the alkali activation of ground granulated blast-furnace slag, Cement and Concrete research, Vol.20, pp.746-756, 1990
- 10) P. Nath, P. K. Sarker: Effect of GGBFS on setting, workability and early strength properties of fly ash geopolymer concrete cured in ambient condition, Construction and Building Materials, Vol. 66, pp.163-171, 2014
- 11) 池田 攻・山口 典男・木須 一正: 下水汚泥溶融スラグを活性フィラーとするジオポリマー固化体, 特開2010-143774, 2010.7.1
- 12) N. Yamaguchi, and K. Ikeda: Preparation of geopolymer materials from sewage sludge slag with special emphasis of the matrix compositions, Journal of the Ceramic Society of Japan, Vol. 118, No.2, pp.107-102, 2010
- 13) Z. Li, K. Ikeda, and Y. Zhang: Expansion of geopolymer concrete using ground molten slag of municipal waste incineration residue, Proc. of 3rd International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies (Kyoto), pp.756-785, 2013.8
- 14) Z. Li, K. Ikeda, and Y. Zhang: Development of geopolymer concrete using ground molten slag of municipal waste incineration residue, 日本建築学会中国支部研究報告集, Vol.36, pp.57-60, 2013.3
- 15) N. Yamaguchi, et al.: Preparation of monolithic geopolymer materials from urban waste incineration slag, Journal of the Ceramic Society of Japan, Vol.121, No.9, pp.847-854, 2013
- 16) T. Kihara, et al.: Consolidation of pressurized fluidized bed combustion ash (PF - Ash) by the geopolymer technique at ambient temperature, Science for New Technology of Silicate Ceramics, pp.163-168, 2003.
- 17) 李柱国ほか: 低カルシウム流動床石炭灰の固化方法及び固化体, 特願2015-254394, 出願日2015.12.25
- 18) 岡崎弘樹・李柱国・池田攻: ジオポリマーによるCaO低含有量の流動床石炭灰のリサイクル方法に関する基礎研究, 2015年度日本建築学会中国支部研究報告集, Vol.39, pp.65-68, 2016.3
- 19) 李柱国・池田攻: 製紙スラッジ焼却灰を用いたジオポリマーおよびその放射能汚染水の処理への応用に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No.1, pp.2337-1342, 2016.7
- 20) J. Temuujin, A. Riessen, and R. Williams: Influence of calcium compounds on the mechanical properties of fly ash geopolymer pastes, Journal of Hazardous Materials, Vol. 167, pp.82-88, 2009
- 21) F. A. Memon, M. F. Nuruddin, and N. Shafiq: Effect of silica fume on the fresh and hardened properties of fly ash-based geopolymer concrete, International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials, Vol.20, No.2, pp.205-213, 2013.2
- 22) J. scalante-Garcia, A. Gorokhovskiy, G. Mendonza, and A. Fuentes: Effect of geothermal waste on strength and microstructure of alkali activated slag cement mortars, Cement and Concrete Research, Vol.33, 1567-1574, 2003
- 23) 藤永勇太・李柱国・池田攻・大久保孝昭: ジオポリマーの付着性能に関する研究, 2014年度日本建築学会中国支部研究報告集, Vol.38, pp.13-16, 2015.3
- 24) P. Kamhangritirong, et al.: Synthesis and properties of high calcium fly ash based geopolymer for concrete applications, Proc. of 36th Conference on Our World in Concrete & Structures (Singapore), 2011.8
- 25) A. Kusbiantoro, et al.: Development of sucrose and citric acid as the natural based admixture for fly ash based geopolymer, Proc. of 3rd International Conference on Sustainable Future for Human Security, 2012
- 26) 李柱国・岡田朋久・北里 慎悟: ジオポリマー用添加剤及びジオポリマー硬化体, 特開2016-79046, 公開日2016.5.16.
- 27) 岡田朋久・菅彰・橋爪進・李柱国: ジオポリマーに適用する凝結遅延剤に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No.1, pp.1975-1980, 2015.7
- 28) 岡田朋久・李柱国・橋爪進・永井伴英: 凝結遅延剤を添加したジオポリマーコンクリートの性能に関する実験的考察, コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No.1, pp.2295-2300, 2016.7
- 29) M. Chi, Y. Liu, and R. Huang: Mechanical and microstructural characterization of alkali-activated materials based on fly ash and slag, IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol. 7, No. 1, pp. 59-64, 2015.2
- 30) 河尻留奈・国枝稔・上田尚史・中村光: ジオポリマーの基礎物性と構造利用に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.1943-1948, 2011
- 31) 永井伴英・李柱国・高垣内仁志・岡田朋久: ジオポリマーコンクリートの乾燥収縮特性に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No.1, pp.2301-2306, 2016.7
- 32) V. Bilek, et al.: Some Issues of Shrinkage-Reducing Admixture Application in Alkali-Activated Slag Systems, Materials, Vol. 9, No.462, pp.1-12, 2016,

- 33) 李柱国・岡田朋久・橋爪進:ジオポリマー用混和剤及びジオポリマー硬化体, 特願2016-096909, 出願日2016.5.13
- 34) 李柱国・岡田朋久・橋爪進:ジオポリマー用収縮低減剤及びジオポリマー硬化体, 特願2016-096908, 出願日2016.5.13
- 35) 岡田朋久・李柱国・橋爪進・北里慎悟:ジオポリマーの乾燥収縮による体積変化を制御する添加剤に関する研究, 「建設分野におけるジオポリマー技術の現状と課題」に関するシンポジウム論文集, pp.67-72, 2016.6
- 36) J. Davidovits: Chemistry of geopolymetric systems, terminology, Proc of 2nd International Conference on Geopolymer '99, pp.9-39, 1999
- 37) M. M. A. Abdullah, et al.: Mechanism and chemical reaction of fly ash geopolymer cement- A review, International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology, Vol. 6, No.1, pp. 35-44, 2011
- 38) T. W. Cheng, et al.: The heavy metal adsorption characteristics on metakaolin-based geopolymer, Applied Clay Science, Vol.56, pp.90-96, 2012
- 39) A. D. Cozzi, et al.: Immobilization of radioactive waste in fly ash based geopolymer, Proc. of 2011 World of Coal Ash Conference (Denver, USA), 2011.5
- 40) 李柱国・池田攻: 汚染水の処理方法, 特許第5669120号, 取得日2014.12.26
- 41) Z. Li, T. Ohnuki, and K. Ikeda: Development of Paper Sludge Ash-Based Geopolymer and Application to Treatment of Hazardous Water Contaminated with Radioisotopes, Materials, Vol.9, No.633, 2016.7.28
- 42) 一宮一夫ほか: フライアッシュベースのジオポリマーの配合ならびに高温抵抗性, コンクリート工学年次大会論文集, Vol.36, No.1, pp.2230-2235, 2014
- 43) 原田 耕司・一宮一夫・津郷 俊二・池田 攻: ジオポリマーモルタルの耐久性に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp. 1937-1942, 2011
- 44) 李柱国: ジオポリマーコンクリートの環境影響に関する定量的考察, 「建設分野におけるジオポリマー技術の現状と課題」に関するシンポジウム論文集, pp.43-50, 2016.6
- 45) J. Aldred, and J. Day: Is geopolymer concrete a suitable alternative to traditional concrete?, Proc. of 37th Conference on Our World in Concrete & Structures, Singapore, pp.1-14, 2012.8
- 46) 原田耕司ほか: 環境に優しい材料「ジオポリマー」の適用事例について, 西松建設技報, Vol.35, pp.1-2, 2012
- 47) 上原元樹・東原実・横川勝則: ジオポリマー法による環境負荷低減 PCまぐらぎの作製, 土木学会年次学術講演会概要集, Vol. 64, V-369, pp. 735-736, 2009. 8
- 48) Z. Li, and S. Kanai: Lightweight geopolymer porous concrete with aggregate of crushed waste PVC, Proc. of 10th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia (China), pp.1406-1410, 2014.10
- 49) 李柱国: 廃棄物を用いた軽量ジオポリマーポーラスコンクリートに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), pp.351-352, 2014.9
- 50) 前川明弘・三島直生・畑中重光: ジオポリマーを結合材として使用したポーラスコンクリートの基礎物性に関する研究, Vol.36, No.1, pp.2224-2229, 2014
- 51) <http://release.nikkei.co.jp/detail.cfm?relID=417217&lindID=6> (発表日: 2016/07/01)
- 52) 山口典男: 溶融スラグを用いた多孔質材料の開発, 長崎県窯業技術研究センター研究報告, pp.23-27, 2009
- 53) 張羸丹・李柱国: 都市ごみ溶融スラグ微粉末を用いたジオポリマーの軽量化技術に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), pp.353-354, 2014.9
- 54) Y. Zhang, and Z. Li: Development of lightweight aerated fly ash-based geopolymer, Proc. of 10th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia (China), pp.1402-1405, 2014.10
- 55) 李柱国・池田攻: ジオポリマーの多孔質硬化体, 特開2016-135723, 公開日2016.7.28
- 56) 張羸丹・李柱国・池田攻: ジオポリマー系軽量気泡コンクリートの製造技術に関する研究, 2014年度日本建築学会中国支部研究報告集, Vol.38, pp.29-32, 2015.3
- 57) R. Zhao, J. G. Sanjayan: Geopolymer and Portland cement concretes in simulated fire, Magazine of Concrete Research, Vol.63, No.3, pp.163-173, 2011
- 58) 田青・李柱国・李莎: ジオポリマー系軽量耐火被覆材料に関する基礎研究, 2015年度日本建築学会中国支部研究報告集, Vol.39, pp.41-44, 2016.3

プロフィール

李 柱国 (リ・ツウグオ)

山口大学大学院 准教授 博士 (工学)

専門分野: 建築材料学, コンクリート工学

最近の研究テーマ:

①フレッシュコンクリートのレオロジー, 性能評価試験法および数値解析による施工性設計法, ②火災で損傷したコンクリートの性能回復挙動と補修・補強技術, ③コンクリートの環境配慮型設計・製造技術(環境影響評価方法と評価支援ツール, ジオポリマーコンクリートの性能解明と実用化技術および気泡コンクリートによるCO₂の固定技術) など。

CLTを用いた高耐力の耐力壁に関する研究 － CLT 耐力壁の面内せん断試験 －

小森谷 誠

1. はじめに

現在、日本では、平成22年10月に施行された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」を受け、公共建築物を中心に木材の利用促進が求められている。なかでも、学校校舎は、「学習環境の改善・地場産業の活性化・地球環境の保全・地域の風土や文化への調和」¹⁾の観点から木材の利用が推奨されている。また、平成27年には、建築基準法の改正により一定の条件を満たせば3階建ての学校校舎が準耐火建築物として建設可能となった。さらに、木造校舎の平面形状・軸組形式等についてまとめられたJIS A 3301 (木造校舎の構造設計標準) が2015年に改正され、今後、学校校舎の木造化が促進されると期待されている。ここで、以下、JIS A 3301と略す。

しかし、JIS A 3301は、2階建ての木造校舎に関する規格であるので、同JISで規定している耐力壁の仕様では3階建てに対応することが困難である。そのため、3階建ての学校校舎を木造で建設するためには、大きな鉛直力及び水平力を支持することが可能な高耐力の耐力壁とその工法の開発が必要となる。

このような中、木造3階建ての学校校舎を実現するため、かねてより強度性能・耐火性能・設計手法に関する実験が行われてきた。また、直交集成板 (Cross Laminated Timber, 以下、CLTと記す) が建築基準法に基づく告示として平成28年4月1日に公布、施行され、CLTを利用した実験も行われてきた。本報告は、そのうち、CLTを壁柱として利用する工法の開発・実用化を目指して当センターで受託試験として行った内容を紹介する。

2. 想定する学校校舎の概要

想定する学校校舎の平面プランは、JIS A 3301に示されている基本ユニットプラン²⁾のうち、Aタイプ (片廊下式)、Bタイプ (教室+オープン・スペース)、Cタイプ (中廊下式) とした。本来、JIS A 3301は、3階建てを適応範囲外として

表1 固定荷重

部位	単位荷重 (N/m ²)	備考
屋根	1430	水平投影面積に対して
床	1500	—
外壁	1100	—
内壁	800	—

表2 積載荷重

区分	床用 (N/m ²)	大梁・柱基礎用 (N/m ²)	地震たわみ用 (N/m ²)
屋根	490	300	200
教室	2300	2100	1100
廊下	3500	3200	2100

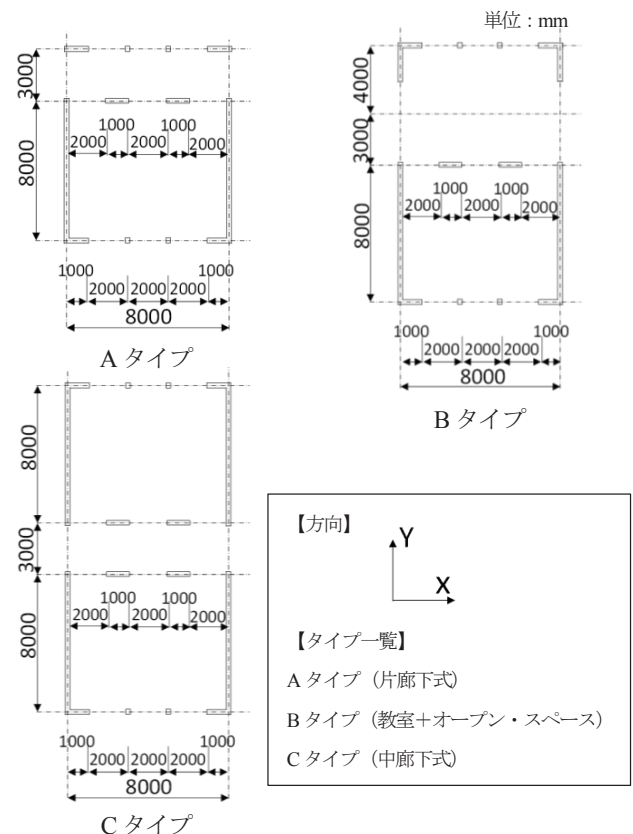


図1 平面プラン

いるが、本報告では、基本的な平屋建て及び2階建てのユニットプランを3階にも採用できるものと考え、各階同じ平面形状で構成されたモデルを設定し、耐震フレームの検討を行った。

想定した建物の荷重条件等は、JIS A 3301を参考に設定した。固定荷重を表1に、積載荷重を表2に、平面プランを図1に示す。また、積雪荷重は、級別1級（一般区域、垂直積雪量30cm以下）とした。

階高は、各階3650mm、GL～FLを600mmとした。つぎに、屋根は張間方向に水勾配を設けた切妻（4寸勾配）として建物の高さを算定した。その他の条件は、軒の出を1000mm、内壁については、高さに階高から300mmを差し引いた値を採用した。また、Y方向の壁は、1/2の荷重を負担するものとし、標準せん断力係数を0.25（重要度係数1.25）として必要水平耐力の計算を行った。

3. 必要水平耐力の算定

想定した建物条件に基づき算定した必要水平耐力を、表3に示す。なお、水平力は、各平面タイプの桁行方向の耐力壁で負担するものとした。

想定した建物においては、各耐力壁線に壁幅1.15mの耐力壁を2カ所配置するものとし、耐力壁1カ所が負担する水平力を算出すると、表3より約40～50kNとなる。

そこで、本研究では、耐力壁の性能を1mあたりの短期基準せん断耐力（以下、短期基準せん断耐力と記す）で示し、その目標値を40kN/m以上とした。

表3 必要水平耐力

平面プラン	必要水平耐力 (kN)	耐力壁線の数	各耐力壁線が負担する水平力 [壁長さ8m] (kN)
A	235.73	3	78.58
B	297.07	3	99.02
C	371.81	4	92.95

4. 試験概要

4.1 試験体

試験体に用いたCLTの概要を表4に、試験体の概要を表5

表4 CLTの概要

部材名	耐力壁
ラミナの種別	A種構成
強度区分	Mx60-5-5
樹種	すぎ
構成の区分	5層5プライ
幅はぎ接着	あり
接着材の種類	水性高分子ーイソシアネート系

表5 試験体の概要

試験体名	仕様	土台	PC鋼棒		曲げ戻し効果
			径(mm)	初期張力	
2F-A	2階	すぎ集成材	φ19	—	あり
2F-B			φ23	20kN	
1F-A	1階	ひのき集成材 (壁脚部は箱型金物)	φ19	—	
1F-B			φ23	20kN	
1F-C					ひのき集成材 (壁脚部は土台なし)
1F-D			ひのき集成材	なし	

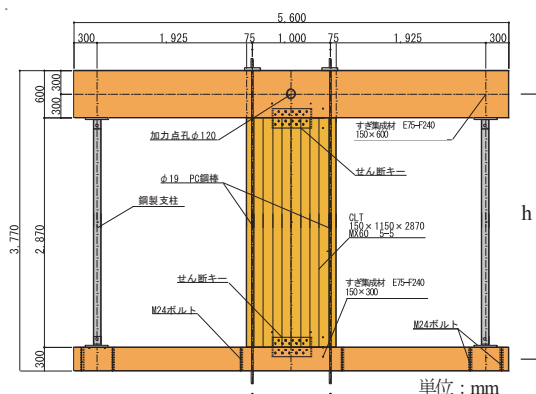


図2 試験体図 2F-A

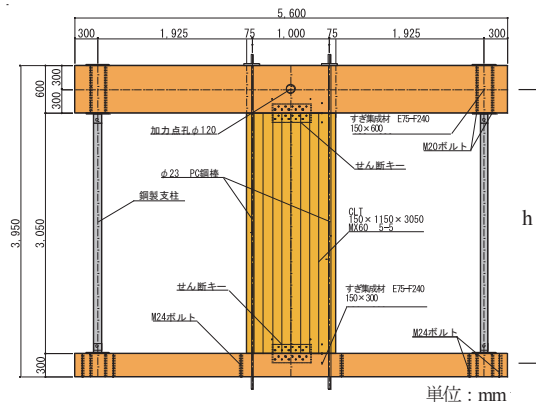


図3 試験体図 2F-B

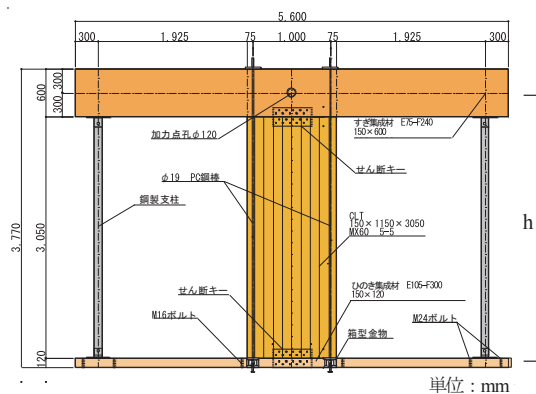


図4 試験体図 1F-A

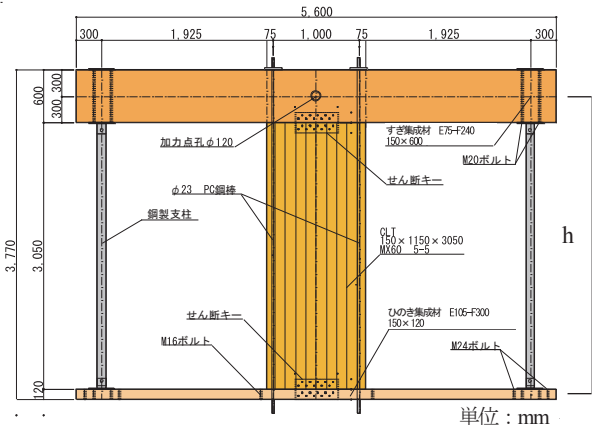


図5 試験体図 1F-B

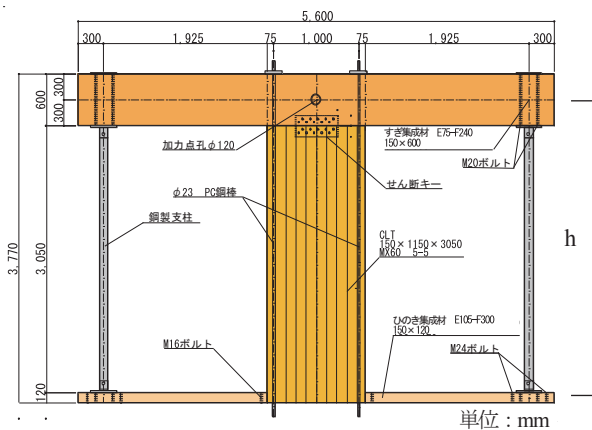


図6 試験体図 1F-C

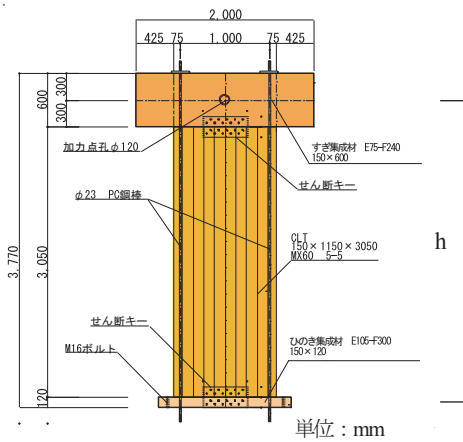


図7 試験体図 1F-D

に、試験体図を図2～図7に示す。

試験体は、CLT壁柱の上下に集成材の梁及び土台を設置し、PC鋼棒により接合した。試験体の水準（試験数）は、1階仕様及び2階仕様の2水準による計6体である。樹種として、1階仕様は、土台をひのき集成材、梁をすぎ集成材とした。2階仕様は、1階の上部に継ぐことを想定し、土台、梁共にすぎ集成材とした。また、CLT壁柱に梁の曲げ戻し効果

を与えるため、試験体両端の梁と土台間をピン接合による鋼製支柱で接合した。さらに、CLT壁柱と梁及び土台のせん断接合には、各部材に設けた切り欠きにせん断キー（構造用合板：厚さ28mm）を挿入し、CLT壁柱の両面から建築用びすを用いた二面せん断による抵抗とした。

4.2 試験方法

実施状況を写真1に示す。試験は、試験体に水平方向の繰返し荷重を加えるため、試験体の壁脚部又は土台を、締め付けトルク40N・mで試験架台に固定した後、梁のスパン中央部貫通孔位置にびすで鋼板を固定し、貫通孔に挿入した鋼製ピンを介して、試験体に水平荷重を加えた。

荷重方法は、見かけの変形角で1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/50radの正負交番繰返し荷重を各3回行った後、試験体が破壊に至るまで正加力を行った。この間、試験体各部の変位を測定するとともに、試験体の状況を目視観察した。

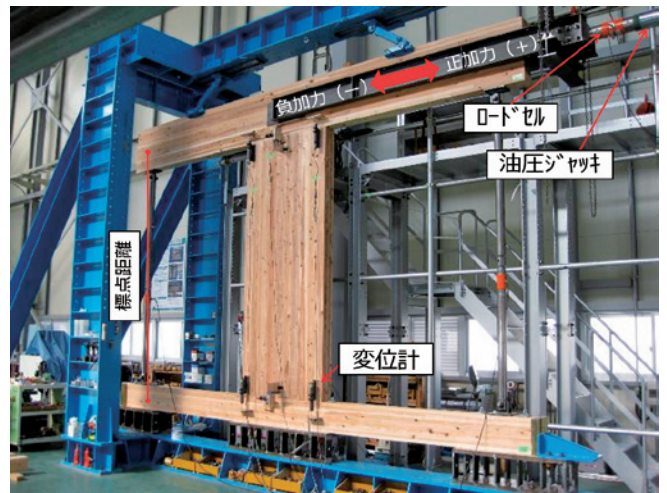


写真1 実施状況

5. 試験結果

各試験体の完全弾塑性モデルの特性値を表6に、荷重－変形角曲線を図8～図13に示す。

表6 完全弾塑性モデルの特性値

試験体名	降伏耐力 Py (kN)	初期剛性 ($\times 10^3$ kN/rad)	最大耐力 Pmax (kN)	終局耐力 Pu (kN)
2F-A	48.6	3.504	77.8	69.6
2F-B	43.4	3.902	79.3	68.2
1F-A	49.5	3.529	92.3	83.9
1F-B	62.8	4.735	107.0	95.6
1F-C	51.4	5.341	101.5	93.0
1F-D	43.1	3.358	73.1	65.2

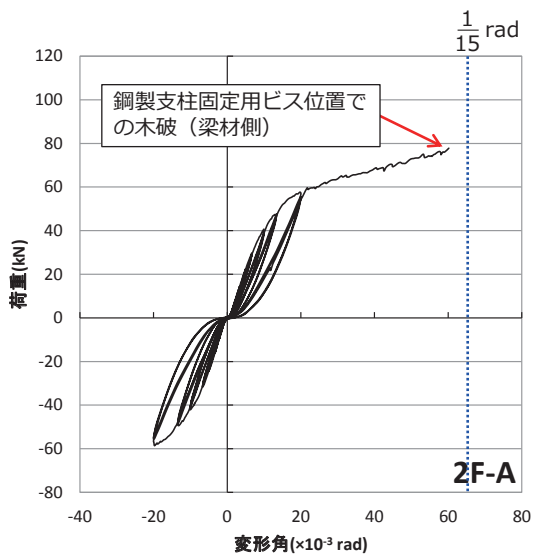


図8 荷重-変形角曲線 (2F-A)

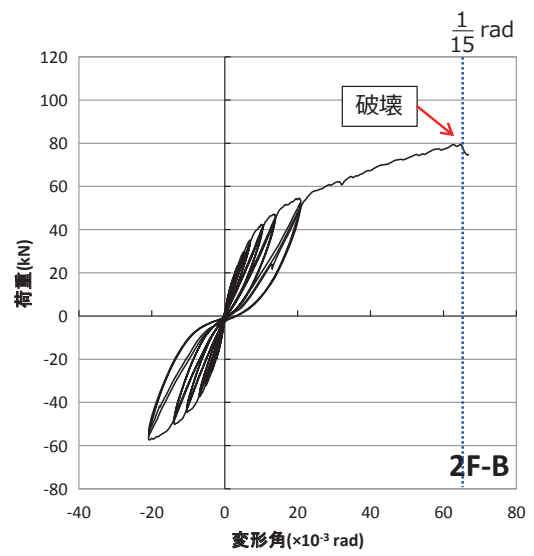


図9 荷重-変形角曲線 (2F-B)

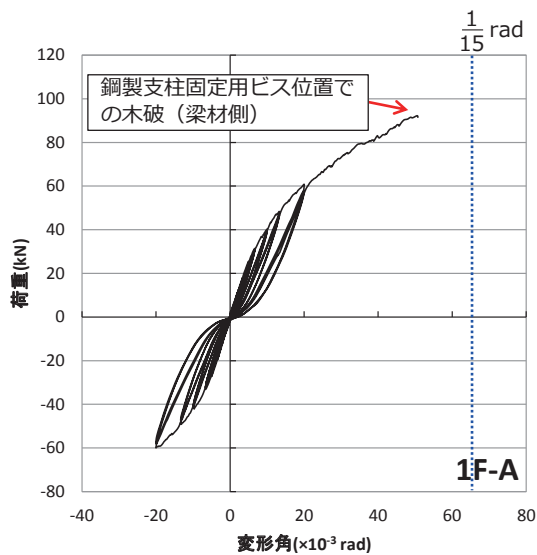


図10 荷重-変形角曲線 (1F-A)

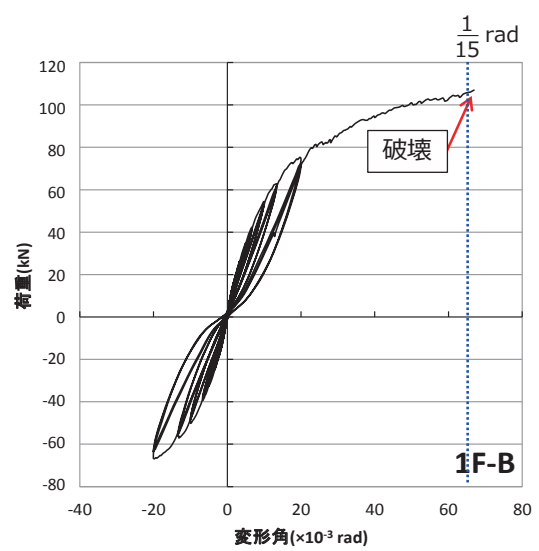


図11 荷重-変形角曲線 (1F-B)

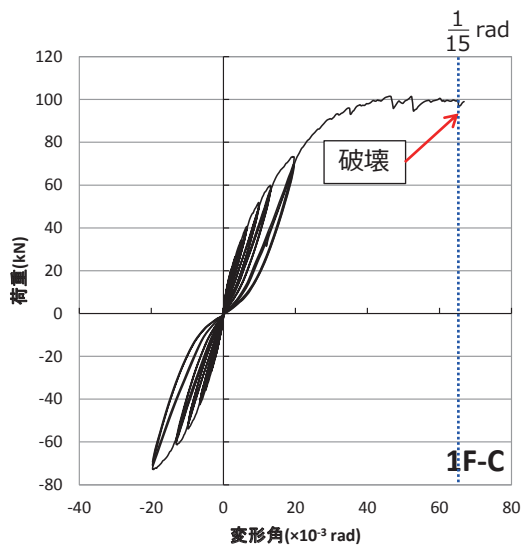


図12 荷重-変形角曲線 (1F-C)

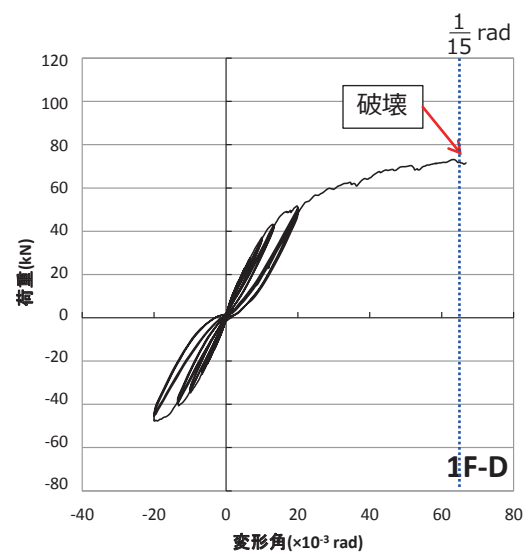


図13 荷重-変形角曲線 (1F-D)

5. 1 破壊状況

実施後の試験体状況の一例を写真2に示す。破壊状況は、ほぼ全ての試験体において、CLT壁柱端部の梁及び土台へのめり込み(写真3及び写真4)、CLT壁柱のロッキング挙動によるせん断キーと土台接合部に割れ(写真5及び写真6)が確認された。また、PC鋼棒に初期張力を導入した2F-B、1F-B、1F-C、1F-Dは、梁上部の座金のめり込み(写真7)が顕著にみられた。



写真2 試験後の試験体状況



写真3 CLT壁柱の梁へのめり込み



写真4 CLT壁柱の土台へのめり込み

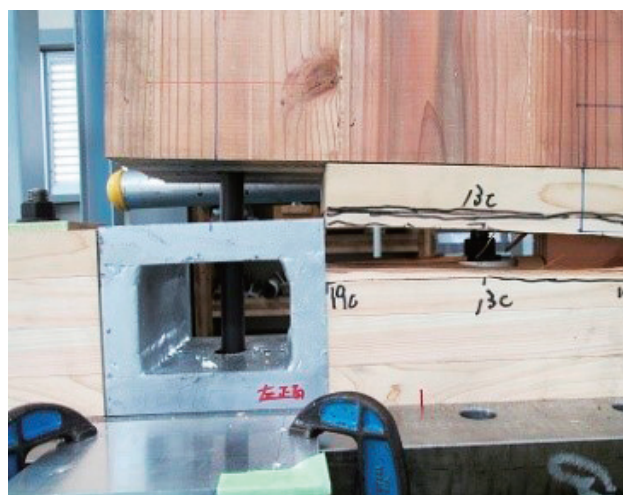


写真5 土台の割れ

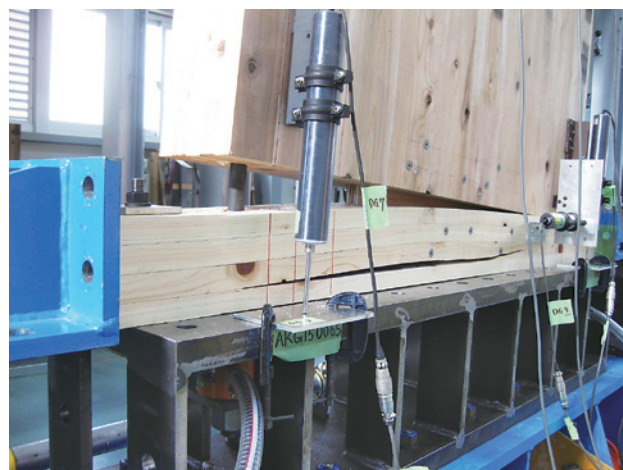


写真6 土台の割れ



写真7 座金のめり込み

5. 2 短期基準せん断耐力

短期基準せん断耐力は、各試験体の評価項目の最小値をCLT壁柱の幅1.15mで除して算出した。なお、2F-A、1F-Aの値は、1/15rad到達前に鋼製支柱頂部の接合部で梁が割

表7 短期基準せん断耐力

試験体名	降伏耐力 P_y (kN)	$(0.2/D_s) \cdot P_u$ (kN)	$2/3 \cdot P_{max}$ (kN)	$\gamma=1/120rad$ 時 (kN)	短期基準せん断耐力 (kN/m)
2F-A	48.6	33.3	51.9	35.7	28.9
2F-B	43.4	35.1	52.9	39.1	30.5
1F-A	49.5	36.0	61.5	36.5	31.3
1F-B	62.8	45.4	71.3	49.0	39.5
1F-C	51.4	48.1	67.7	47.2	41.0
1F-D	43.1	31.6	48.7	32.7	27.5

(注) 表中の□は、短期基準せん断耐力の決定要因を示す。

れ、耐力が低下したため、破壊前の耐力を維持し、1/15radに到達したと仮定し算出した。短期基準せん断耐力の算出結果を表7に示す。

短期基準せん断耐力は、1F-Cが40kN/mを満たし、それ以外はいずれも下回る結果となった。短期基準せん断耐力の決定因子は、1F-Cでは見かけの変形角1/120rad時の耐力であった。一方、目標値を下回った全ての試験体は、 $(0.2/D_s) \cdot P_u$ が決定因子である。1F-C以外は、CLT壁柱の土台へのめり込み及びCLT壁柱 - 土台接合部の割れが支配的であったため、短期基準せん断耐力の目標値である40kN/m以上を満たすためには、今後、CLT壁柱 - 土台接合部の仕様検討が必要と思われる。

6. まとめ

本報告では、試験結果より以下の知見を得られた。

- CLT壁柱端部の梁、土台へのめり込み及びCLT壁柱のロッキング挙動が確認された。
- 短期基準せん断耐力は、1F-Cが目標値(40kN/m以上)を満たした。
- 今後、CLT壁柱 - 土台接合部の仕様検討が必要である。

【謝辞】

本研究は、林野庁平成26年度補正予算事業「CLT等新たな木質部材・工法の開発等支援事業」の一環として行い、当センターで受託試験として行ったものである。なお、本報告は、平成28年度日本建築学会大会学術講演会(九州)にて発表した内容に加筆・修正したものである。ここに記し、ご協力頂いた関係者並びに関係団体各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 文部科学省:公立学校施設における木材の利用状況(平成26年度), 2015.11.13, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyosei/mokuzai/1364241.htm (参照:2016.10.17)
- 2) JIS A 3301:2015, 木造校舎の構造設計標準
- 3) 原田浩司, 腰原幹雄, 荒木康弘, 田中圭, 鈴木圭, 早崎洋一, 小森谷誠:CLTを用いた高耐力の耐力壁の水平せん断試験(その1試験概要), 日本建築学会学術講演梗概集構造Ⅲ(九州), pp.187-188, 2016.8
- 4) 小森谷誠, 早崎洋一, 鈴木圭, 原田浩司, 田中圭, 荒木康弘, 腰原幹雄:CLTを用いた高耐力の耐力壁の水平せん断試験(その2CLT耐力壁の面内せん断試験), 日本建築学会学術講演梗概集構造Ⅲ(九州), pp.189-190, 2016.8

*執筆者

小森谷 誠(こもりや・まこと)
中央試験所 防耐火グループ
従事する主な業務:
構造部材の防耐火試験



世界の伝統的建築構法

第7回 住宅・建設産業のイノベーション — 建築ストック活用と社会変化がもたらすもの —

芝浦工業大学 教授 南 一 誠

今日、私たちは、経年の進んだ建築ストックの増加、建設技能労働者不足、地球環境問題、人口減少、高齢化など、数多くの課題に直面しています。今回は、住宅・建設産業の将来像を考え、住宅・建設産業に求められるイノベーションとは何かを述べたいと思います^{注1)}。

1. 住宅・建設産業におけるイノベーションの動向

イノベーションとは、技術の革新にとどまらず、これまでとは全く違った新たな考え方、仕組みを取り入れて、新たな価値を生み出し、社会的に大きな変化を起こすこととされ^{注2)}、色々な場で議論されてきました。住宅・建設産業に関しては、内閣府の長期戦略指針「イノベーション25」において、「イラストで見る20のイノベーション代表例」の一つとして「200平米200年住宅」が例示されています。そこでは、日本各地に省エネルギーで、子育て・介護支援が充実したコンパクトシティが実現し、大都市一極集中が緩和し、さらには資産評価の見直しや長期的な利用を可能とする技術が普及して、200m²の住宅に安く住めるようになると予想されています。対応性・適応性の高い住宅・建築システムが開発されることや、大都市圏以外の地方で生産される付加価値の成長率が大都市圏を上回ることも期待されています^{注3)}。

また平成28年版科学技術白書の第1章「超スマート社会」の到来では、20年先の未来社会像が予想されており、建築分野では「建築物の企画から維持管理まで」と題して、打合せがスムーズに、工事もスマート化、維持管理もサポート、既存インフラの長寿命化の4項目が示されています。ICT、AI（人工知能）、BIM、ロボットなどの発展を想定したものだと思えます^{注4)}。

民間企業の取り組みも活発で、イノベーションの世界で言う「新結合 (neue Kombination)」と呼べるような新しい動きが見られます。たとえば、2015年6月30日に報道発表された、アマゾン・ジャパン、大和ハウスリフォーム、積水ハウス、ダスキンなどの企業が始めたインターネットを活用した既存住宅のリノベーション市場の創出です。始まったサービスでは、インターネットで約5千点の住宅部品、建材を検索し、それを一定の金額で施工してくれる企業を見つけることができます。まだ浴室、キッチン、トイレなどの部分的なリフォームを商品・サービスとして販売していますが、いずれは、より包括的なリフォーム工事の依頼が出来るように発展するのではないかと予想されます。アマゾンのような情報処

理と流通を得意とする企業が、既存の住宅産業、建材産業、住宅設備産業などと連携することにより、これまででない新たなビジネスモデルを開発し、その結果、リフォーム工事を安価に、安心して依頼できる仕組みが社会に生まれつつあるように思います。

2. 生活者のニーズに立脚した新たな市場の創造

イノベーションは単に技術開発を行うだけでなく、その結果として社会に新たな価値を生み出すことが求められます。エンドユーザーにとって、どのような価値を生み出すかが、最も重要であるため、イノベーションは需要が牽引する面が強いと思います。日本の住宅・一般建築はすでに量的な面では充足した成熟した市場になっていますので、物や工法面での技術革新ではなく、サービスの内容や、その提供方法に創造的破壊が起こる可能性があると思います。建築の設計分野や施工計画におけるAIの活用などが、技術的特異点 (Singularity) をもたらし、これまでとは違ったサービスの提供方法や、仕事の仕組みが生まれると予想されます。

その前兆となるような事例を、オランダの高齢者用環境共生住宅に見ることが出来ます。オランダのペルグロムホフに建設された高齢者用環境共生住宅 (図1～図4) では入居予定者が、自分自身で入居する部屋のインテリアを設計しています。素人の高齢者が設計しやすいように、家具の姿図を平面図に並べてインテリアを設計できるようになっています。もちろん専門家の助言を得ることも出来ます。私は現地を訪問してお住まいになっている高齢のご婦人と話したことがありますが、「私の方が建築家より設計は上手よ。私が住むのだから、一番よく分かっているのは私よ。」と仰っていました。この事例は新築住宅^{注5)}ですが、持ち家のリフォームの場合も、一番ニーズがわかっているのは居住者自身です。日本の分譲マンションは販売しやすいように、市場が求める最大公約数的な設計・仕様になっていると思いますが、リフォームの場合は、居住者が自ら考えて造るわけですから、自分の生活に最も適した設計にできます。居住者にとっては、自身の望みを実現できることがリノベーションの最大の魅力です。すでに日本のいくつかの工業化住宅メーカーでは顧客が、自分自身で家を設計できるように手助けするインターネットのサイトを設けています。AIが発展すれば、住宅については、戸建て、共同住宅の新築、改修とも、かなり高度なレベルまで、入居者自身が設計できる仕組みが実現する



図1 オランダ、高齢者用環境共生住宅
 (写真は建築家Frans van der Werf氏の提供、図2から4も同様)

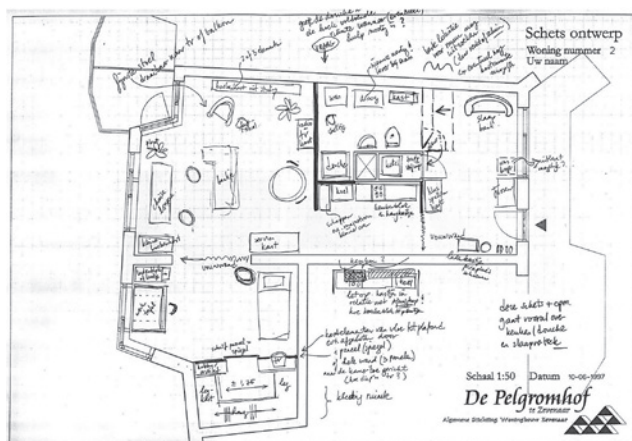


図2 入居者自身による間取りのスケッチ

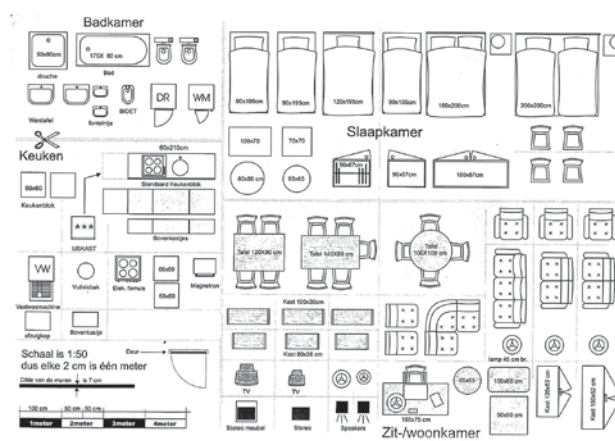


図3 間取りをスケッチすることを手助けする家具の姿図

と思います。

居住者自身がインテリアを設計することを手助けする方法として、工場生産されたインフィルユニットを使って、空間をつくっていく方法があります。日本のある不動産会社が販売しているマンションでは、浴室、洗面室などの水廻り以外は、台所も含めてレイアウトは自由です。何種類かの可動収納ユニットが用意されており、ユニットの下部にあるレバーを操作することにより、ユニットを移動できます。自由なレイアウトを実現するため、柱型、梁型は室内には出でず、住戸全体に二重床、二重天井を採用することにより、レイアウトの自由度を最大化しています。この可動収納壁により住戸内部を間仕切る方法は、KEPやNEXT21など、こ



図4 オランダ、高齢者用環境共生住宅の住戸内部

れまでも用いられてきた手法です。今日の長期優良住宅においても可動インフィルによりインテリアの変容性を実現することが提案されています。

熟練技能者の不足が予測される住宅・建設産業にとって、入居者自身が設計・施工できる方法を拡大することは重要です。素人でも施工できるような簡単な工法の開発は、工事価格を下げ、エンドユーザーに大きなメリットをもたらすことになります。なにより、家族構成やライフスタイルの変化などに合わせて、インテリアを改変できることは、生活の質の向上に寄与します。如何に職人の手間を減らして、コストもかけずに短い工期でリフォームを行うか。その解決策の一つは、家具でインテリアを造る手法を導入することです。UR 都市再生機構ではIKEYA や MUJI などの家具メーカーとのコラボレーションにより、若い人達も住みたいと思う現代的なインテリアに改修する取り組みを展開しています。住宅・建築産業における家具メーカーの役割は今後、拡大する可能性が高いと思います。水廻りや収納は、それほど遠くない将来、ほとんど工場でユニットとして生産され、現場作業は据え付けるだけの単純な作業になるかもしれません。

3. サプライチェーン全体の再構築

成熟産業である住宅・建設産業は、他産業に比べて生産性の向上が乏しいと言われることが多いようです。建築ストック活用の比重が高まっていますが、改修工事は新築工事に比べて、工事費が少なく手間がかかりますので、一人当たりの生産高としては、減少傾向になります。そのため、個々の現場単位での生産性の向上を上回る、資材の流通や専門工事業のあり方などを含めた産業構造全体としての効率化、合理化が求められていると思います。

たとえばマンションの改修工事の工期が長く、価格が高いのは、一軒一軒の個別の改修工事に、数がまとまった新築工事と同じ方法で対応していることが原因の一つではないでしょうか。オランダ、フォーブルグの公的賃貸住宅では、入居者の転居に伴う3週間の間に、入居者の希望のある程度、反映したインフィル改修工事を実施したことがあります。それを可能にしたのは、効率の良いロジスティックスを構築したことと、現場の配管作業を効率化した構法の開発です。既存建築の改修工事はサプライチェーン全体を合理化して、効率よく多種多様な建材を現場に届け、効率よく職人を配置することが必須です。

我が国の住宅産業は、設計から生産、メンテナンスまで、サプライチェーン全体に情報技術が活用され、世界に類がない先進的な産業になっています。工業化住宅メーカーの生産工場では、ロボットが一軒一軒、異なる設計の住宅の構造部材を、工事現場で行う建て方の順番を考慮して溶接作業をしています。木造軸組み工法の構造部材を加工しているプレカット工場でも、邸別に継手仕口の加工がされ、自動立体倉庫に保管され、出荷を待っています。一般的なオフィスビルなどの工事現場では、外壁のカーテンウォールや間仕切り壁などの重い部材の設置にロボットが使われていますが、あまり盛んではありません。今後は、ロボットによる施工を前提とした、単純な形の構造躯体の設計が求められると思います。



図5 高層集合住宅の単純な形状の構造躯体

図5は、ある集合住宅の躯体ですが、住戸と住戸の間の戸境壁は、乾式工法が採用され、柱や構造壁が内部空間に存在しない大きな空間になっています。できるだけ、躯体を単純な形状で作っておくことは、ロボットによる施工を可能にするだけでなく、将来対応の自由度を増すためにも有効です。このことは、1961年にニコラス・ハブラーケン氏が、著書「サポート マスハウジングに替わるもの」の中ですでに提案していました。最近、3次元スキャナーの活用が進んでいますが、躯体寸法を3次元スキャナーを使って高精度に測定しておくことで、新築工事だけでなく、将来の模様替え工事にも役に立ちます。今後は、新築マンションの躯体寸法を高精度に測定して、そのデータを区分所有者に渡すことにより、将来のリフォーム工事が円滑に行われるようになると思います。

4. ソーシャル・イノベーションを生み出す社会制度改革

日本の住宅・建設産業は非常に成熟しているので、既存技術の改良だけでは、創造的破壊はなかなか起こりません。規制緩和を含めた、社会システムの改革がソーシャル・イノベーションを生み出す可能性が高いと思います。

たとえば、既存建築ストックを活用した新しいビジネスを進めるには、新築工事を前提とした現在の建築関連法令が阻害要因になっていると言われることがあります。管見ですが、アメリカ合衆国においても建築関係の法制度は主として新築工事を想定したもので、既存建築の改修工事については、自治体により、また物件により、当初は行政の判断にばらつきがあったそうです。アメリカでも、かつては建築主や建築家が改修工事の計画段階でどのような行政判断になるかを予想することが困難であり、そのことが既存建築を改修して建物を使い続けることを敬遠する原因の一つになっていたとされます^{注6)}。既存建築ストック活用のきっかけとなったのはニュージャージー州において1998年に実施された制度改正です。それまで「改修工事」(Alteration)という言葉は曖昧で、いろいろな工事を対象としていたため、工事内容と規模により、間取り変更を伴わない「模様替工事」(Renovation)」、間取り変更を伴う「改修工事」(Alteration)」、工事期間中、工事部分を使用できない本格的な工事となる「再建」(Reconstruction)の3つに区分し、その上で遡及適用

義務などについて整理されました。その取り組みが契機となって、既存建築の活用が促進されたと言われています。

ニュージャージー州の事例は、その後、全米に適用されるモデルコード(図6)に反映されました^{注7)}。アメリカでも最初から既存の建築ストックが積極的に活用されていたのではなく、現実即した制度改正が進められた結果として、実現したのだと思います。日本もきめ細かく現行制度の見直し作業を行っていくことが、既存建築ストックの活用を円滑にするためには必要でしょう。そのような地道な社会システムの改善作業の積み重ねが、結果的には、大きなイノベーションにつながるかもしれません。

社会システムの改変が新たなビジネスモデルを生み出したもう一つの事例として、アムステルダム市の埋め立て地アイブルグに建設されたソリッド(SOLIDs, 図7～図9)というプロジェクトがあります。アムステルダム市の規制緩和により、この地区の建物の用途は、工場や風俗営業以外は基本的に自由です。供給方法も先駆的で、インターネットオークションにより入居テナントを決めています。つまり、一番高い値段で入札した人が入居する権利を得ることになります。

この手法を考案したのはビーデンダイクさんという、現在、80歳を超える建築家です。埋め立て地の開発事業では、街が段階的に成長していくので、将来、どのような街になるか分からない。従って、あまり固定的に建築をつくるのではなく、住宅として造った部屋がオフィスになったり、店舗になったりと、色々な用途に模様替えできるようにしておくのが良いと、ビーデンダイクさんは考えました。どのような用途にも対応できる建物にするためには、建設の初期コストは高くなりますが、不動産業にとって一番、重要なことは空室率をいかに下げるかで、用途自由のスケルトン賃貸方式にすることにより、いつでも最も高い賃料を払ってくれるテナントが入るので、十分ペイすると信じて実施したとのことです。

いろんな方がインターネットで申し込んできますので、実際にやって見るとなかなか大変なようです。例えば、7階のある区画に住みたいと入札してきた人に、同じ階はオフィスが多いので、住宅が多い別の階に変えますか、という程度の調整はしたそうです。その結果、低層階にはレストラン、花屋、歯科医院などが、上層階にはオフィスと住居が入居した複合ビルが完成しています。

1971年から1973年までRIBA(Royal Institute of British Architects: 英国王立建築家協会)の会長だったSir Alexander John Gordon氏は、1972年、Long Life, Loose Fit, and Low Energyと述べています。石油危機が起こる前にこれからの建築のあるべき姿として建築の長寿命化、可変性、省エネルギーを提唱しており、先見性のある言葉として今日でもイギリスの建築家の中には、この一節を引用する人がいます。建築をあまりに機能主義的に、合目的的に造ると、竣工直後は最適だけれど、社会が変化したり家族構成が変化したりすると、その時々ニーズにFitしにくくなる。そう

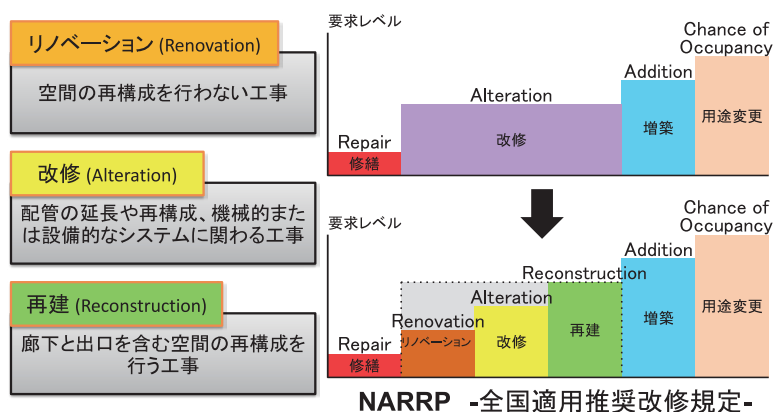


図6 米国:曖昧だった「改修」を分類、定義を明確化

出典: SMART CODES in Your Community, Prepared for the Department of Housing and Urban Development Office of Policy Development and Research Washington, DC 20410, Building Technology, Inc. August 2001

するとその建築を使い続け、住み続けるのは難しい。したがって、少し余裕を持たせてLooseにFitさせるのが良い。太っても、痩せても体に合う着物のように、変化に柔軟に対応できる建築がLoose Fitということでしょう。Long Life, Loose Fitを目指した建築は、長寿命化につながるため資源を浪費せず、環境にも配慮したLow Energyでサステナブルな建築になります。そのような建築の在り方を、RIBAのGordon会長は1970年代初頭に今後の建築のあり方として提唱したのだと思います。

アムステルダムのソリッドやRIBA会長Gordon氏の考え方は、建築のストック活用が本格化した日本にも当てはまります。建築のストック活用にあたって、スケルトン(構造体など)はロングライフであるべきですが、ただ建物を長く使えば良いわけではなく、インフィル改修をしながら、長く使っていく社会的な仕組みを構築しなければなりません。

日本には約600万戸のマンションストックがあります。10年後には築30年以上経過したマンションが250万戸を超るとされています。マンションの大規模修繕工事には、技術的知識や資金管理能力が必要なので、居住者が高齢化するなか、適切に維持管理し続けるのは容易なことではありません。信頼できる専門家に委託するのも一つの改善策ですが、根本的な問題として、区分所有法による住宅供給方法は、新築には向いていますが、長期的な保有、維持管理、建て替えには向いていないように思います。建築の長寿命化、特に、躯体や外装などの建物のベースになる部分を長期間保有し、維持管理するのは、個人やその集合である管理組合ではなく、公的な機関などが責任を持って行ったほうが良いかもしれません。その方が、大震災時の対応も、居住者にとっては安心だと思います。土地とスケルトンを賃借し、インフィルは自分で設計・施工するスケルトン賃貸方式は、入居者が転居した時のインフィルの取扱いが課題となり、積極的に採用されてきませんでした。今後、有望な住宅供給方式として再評価すべきではないでしょうか。

もう一つ、改善が望まれる日本の建築社会システムは、都



図7 オランダ、アイブルグの開発
ソリッドは手前の建設中の建物
(写真は事業主 Ir. Frank Ph. Bijdendijk 氏の提供, 図8・9も同様)



図8 オランダ、ソリッド外観
Baumschlager and Eberle, Architects
Owner: Het Oosten
Development Company: Krystal

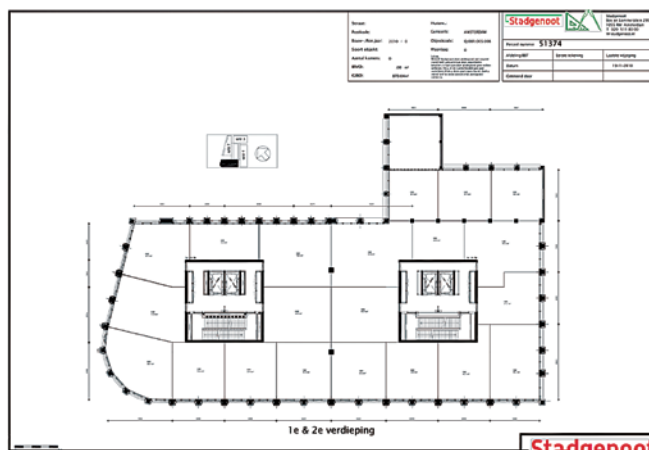


図9 オランダ、ソリッド平面
建築設計: Baumschlager and Eberle

市計画と建築計画の調和です。日本では一つ一つの建築は素晴らしいのですが、それが集合してできる町は美しくないと指摘されることが多いようです。市街地の容積率が高すぎるのか、低層の住宅地に隣接してマンションが建設されるとトラブルになることが多いのではないのでしょうか。かつて、

日本の古い町では町屋が立ち並び、美しい景観と快適な居住性が実現していました。京都では町式目と呼ばれるルールがあり、建築の作り方だけでなく、街路の清掃の仕方、地域の防犯、防火、失火時の責任など、ハード・ソフトの両面で町に住まう作法が定められていたと聞きます。京都の姉小路で

は平成版の町式目を定めて、先人の知恵を今に継承しようとされていますが、全国的に、都市部における建築の作法を再構築する必要があると思います。そうすれば、全国のマンション紛争もなくなるのではないのでしょうか。

5. 巨大災害等への対応が、新たな社会的価値を創造

我が国は災害大国ですが、それに備え、前向きに対応していくことが、新たな産業を生み出す契機になると思います。今後、30年以内に大地震が起こる確率の高いとされる地域に、現在、人口や社会経済活動が集積しています。海外の再保険会社は、東京を世界で最も災害リスクの高い都市として評価しています^{注8)}。首都や大都市に、人口や諸機能が集中し過ぎていると、首都直下地震、東海地震、南海トラフ地震等が発生した場合、日本経済、世界経済は大きな影響を受けることになります。災害リスクを軽減し、日本全体の持続可能性を高めるため、都市部への過度な人口集中・機能集中を是正し、国土全体にバランスよく居住することが求められます。ロンドン、パリ、ベルリンなどの首都の人口が国の総人口に占める比率は数パーセントから十数パーセントですが、東京は戦後の地方から東京への人口移入のため、圏域としては30パーセントと突出して高い比率となっています。今、国を挙げて地方創生に取り組んでいますが、東京一極集中の問題と地方の問題に対処していくことが、日本の将来の課題を解決するためには根幹になる政策だと思います。文化庁の京都市への移転にとどまらず、各省庁の主たる機能を地方都市に移転すべきです。そのためには国と地方の役割分担や、行政と議会の関係なども抜本的に変えなければなりません、今こそ、それを実行すべきだと思います。

地方から東京の大学に進学する若者が多いですが、東京は学費、生活費が高く、学生はアルバイトに時間を取られて、勉強する時間が不足しがちです。海外の大学生が、キャンパス内に立地する学生寮に住み、勉強やスポーツ、地域活動などに専念しているのと大きな違いです。日本の将来を担っていく若者は、学生時代は地方都市に住み、時間を有効に活用して欲しいと思います。

また大規模災害発生時には、応急仮設住宅が建設されますが、地元自治体や事業者も被災しており、速やかに建設することには大きな困難が伴います。葛文俊 (Wenjun Ge) という建築家は、二人の人がいれば3分間で組み立てることが可能なモビルホーム Movilla を開発しました。チベットなど気象条件が厳しい山間地等のホテルは、利用される時期が限られ、稼働率が低くなりがちですが、車での移動が可能のため、宿泊需要がある地域を巡回することにより、年間85%の稼働率を実現できるとのことです。一般的には建設が難しい国立公園内の宿泊施設として、このようなキャンピングカーを大きくしたようなモビルホームの季節限定の設置を許可する代わりに、災害時には仮設住宅として速やかに、被災

地に移動する社会的なシステムを構築できれば、地域の観光振興と災害対策の両方が実現するのではないのでしょうか。

6. 最後に

これまでの日本の経済成長は、産学官が緊密に連携して取り組んできたことがその背景にあると思います。技術的には高度な発展を遂げた日本の住宅・建設産業のさらなる発展のためには、技術開発、技術革新だけでなく、新たな価値を生み出す社会システムの再編が望まれています。社会システムの改革と技術革新を一体的、効率的に進めるためには、今後も政策をつかさどる行政部門と研究・技術開発を担う部門の連携、すなわち産学官連携のオープンイノベーションの推進が鍵になると思います。

注)

- 1) 本稿は、2016年10月28日に開催された国立研究開発法人建築研究所創立70周年記念講演会における筆者の講演「住宅・建設産業におけるイノベーションー建築ストック活用と社会変化がもたらすものー」の内容をもとに作成したものである。
- 2) 長期戦略指針「イノベーション25」、内閣府、平成19年6月1日閣議決定
<http://www.cao.go.jp/innovation/index.html>
- 3) イラストで見る20のイノベーション代表例、内閣府
<http://www.cao.go.jp/innovation/action/conference/minutes/20case.html>
- 4) 「超スマート社会」の到来、平成28年版科学技術白書
http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afiedfile/2016/05/19/1371168_005.pdf
- 5) リースホールドのような形式
- 6) SMART CODES in Your Community, Prepared for the Department of Housing and Urban Development Office of Policy Development and Research Washington, DC 20140, Building Technology, Inc., August 2001
<https://www.huduser.gov/portal//Publications/pdf/smartcodes.pdf>
- 7) モデルコードでは「再建 (Reconstruction)」は廊下や玄関の改変を伴う改修工事 (work involving reconfiguration of spaces including corridors and exits) と定義された。
- 8) 世界大都市の自然災害リスク指数、平成16年版 防災白書。元資料はミュンヘン再保険会社のアニュアルレポート。
http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h16/BOUSAI_2004/html/zu/zu1000080.htm
(上記のウェブサイトの参照時期は、すべて2016年10月)

プロフィール

南 一誠 (みなみ・かずのぶ)
芝浦工業大学 工学部 建築学科 教授
最近の研究テーマ: 建築ストック活用、
建築構法



熱の基礎講座

第4回 断熱性能のはかり方 ①熱伝導率編

1. はじめに

前回のこの基礎講座では、断熱の重要性や断熱性能の指標の一つである熱貫流率について、そのはかり方も含めて簡単に紹介しました。今回は、断熱性能の指標の中で最も基本となる「熱伝導率」のはかり方を紹介したいと思います。

2. 熱伝導率について

前回も少し触れたように、建築分野では、熱伝導率、熱抵抗、熱貫流率、熱貫流抵抗など、さまざまな断熱性能を表現する指標が使われています(表1)。このうち材料そのものの断熱性能は、熱伝導率で表現することがほとんどです。この熱伝導率は、熱の伝わりやすさを示す指標で、JISでは「均質材料の平行2平面において、定常状態の下で、単位厚さについて、単位面積を通過する単位温度差当たりの熱流量¹⁾」と定義されています。少し理解しにくいかもしれませんが、図1に示すように、厚さが1mの材料の両面に温度差が1℃(=1K(ケルビン))付いたとき、高温側から低温側にどのくらいの熱が流れているかを表す値です。値が小さいほど熱を伝えにくく、断熱性能に優れていることを意味します。

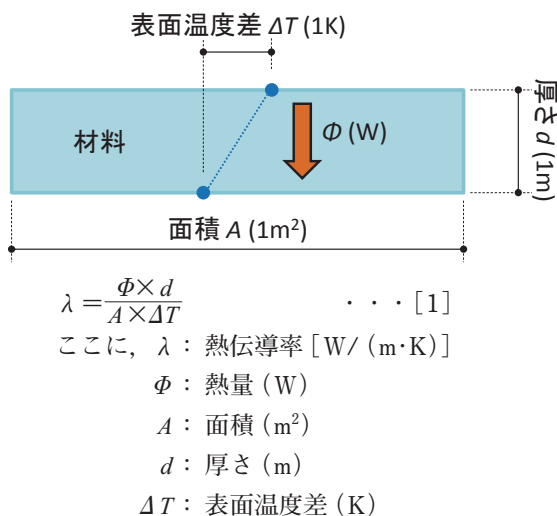


図1 熱伝導率の定義

では、熱伝導率の小さい材料はどのようなものか? 金属を除くと、建築材料の熱伝導率は2~0.02W/(m·K)程度となりますが、コンクリートなどの重い材料ほど熱を伝えやすく、グラスウールなどの軽い材料ほど熱を伝えにくくなる性質があります。この理由は、軽くなるほど材料内部に多くの空気を含んでいるためです。空気の熱伝導率は0.024W/(m·K)程度となり、私たちの身の回りにあるものの中でも特に熱伝導率の小さい物質です。断熱材は、材料内部のすき間に空気を閉じ込めることで断熱性能を高めています(写真1)。

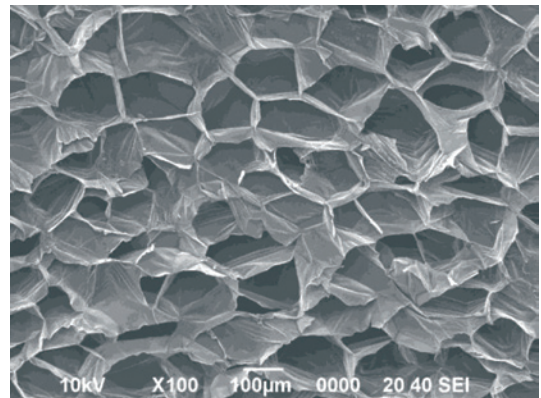


写真1 発泡プラスチック断熱材の断面(電子顕微鏡で観察)²⁾

ただし、この基礎講座の第2回でも紹介したように、空気のような気体は、伝導のほかに対流でも熱が移動します。軽すぎる材料は、すき間が広かったり、つながり合っているため、中の空気が動きやすくなっています。材料により傾向は異なりますが、密度が30~100kg/m³程度が熱伝導率の最も小さくなるピークで、密度がこれよりも小さくなると熱伝導率はやや大きくなります(図2)。これは、対流で移動する熱が増えることが原因です。

ここでは材料の重さ(密度)と熱伝導率の関係について紹介しましたが、そのほかにも以下の性質があります。

- ・材料が湿ると熱伝導率は大きくなる。
- ・材料の温度が上がると熱伝導率は大きくなる。

従って、どのような状態での性能を知りたいのか? どのような条件ではかった値なのか? というのもとても重要

表1 断熱性能の指標と定義

対象	指標	記号	単位	定義
材料	熱伝導率	λ	W/(m·K)	均質材料の平行 2 平面において、定常状態の下で、単位厚さについて、単位面積を通過する単位温度差当たりの熱流量 ¹⁾
部材	熱抵抗	R	m ² ·K/W	材料の平行 2 平面において定常状態の下で、単位時間に単位面積を通過する単位熱流量によって生じる両面の温度差 ¹⁾
部位	熱貫流率	U	W/(m ² ·K)	固体壁の両面が流体に接するとき、単位面積の固体壁を通過して、単位温度差を持つ高温側流体から低温側流体へ単位時間に伝わる熱流量 ¹⁾
	熱貫流抵抗	1/ U	m ² ·K/W	熱貫流率の逆数
建物	外皮平均熱貫流率	U_A	W/(m ² ·K)	建物の外皮 [断熱境界となる部位 (天井または屋根, 壁, 床, 開口部)] の熱貫流率の平均値

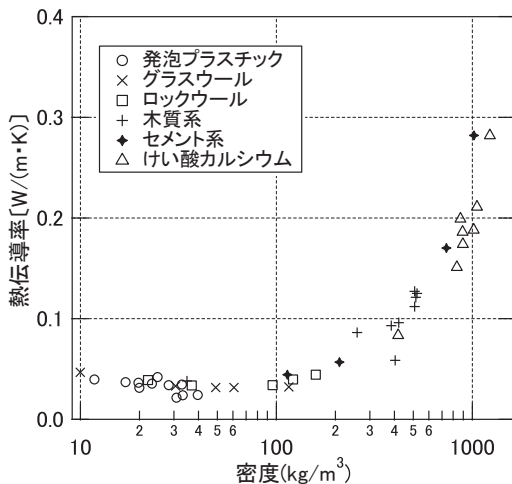


図2 建築材料の密度と熱伝導率の関係

な情報です。また、建築物に使うときには、結露などによって湿らない工夫をすることも大切です。

なお、特定の厚さの材料の断熱性能は、熱抵抗で表現することもあります。この熱抵抗は、熱の伝わりにくさを示す指標です。JISでは「材料の平行 2 平面において定常状態の下で、単位時間に単位面積を通過する単位熱流量によって生じる両面の温度差¹⁾」と定義されています。熱伝導率とは逆に、値が大きいほど熱を伝えにくいことを示し、断熱性能に優れていることを意味します。

この熱抵抗と熱伝導率には式 [2] の関係があるので、熱伝導率と厚さがわかれば熱抵抗を求めることができます。この式からもわかるように、熱抵抗は厚さに比例する値です。同じ材料や部材であれば、厚さが倍になると熱抵抗も倍になります。

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \dots [2]$$

ここに、 R : 熱抵抗 (m²·K/W)

d : 厚さ (m)

λ : 熱伝導率 [W/(m·K)]

3. 熱伝導率のはかり方

材料そのものの熱の伝わりやすさを熱伝導率で表現することがわかったので、ここからはそのはかり方を紹介したいと思います。

表2に示すように、熱伝導率のはかり方にはさまざまな種類があります。それぞれ特徴や対象とする材料が異なりますが、大きく、温度が時間的に変化しない状態ではかる「定常法」と温度が時間的に変化する状態ではかる「非定常法」の2種類に区分できます。このうち定常法は熱伝導率が比較的小さい材料に、非定常法は熱伝導率が比較的大きい材料に適しています。建築材料は熱伝導率が比較的小さいものが多いので、定常法ではかることがほとんどです。

では、定常法ではどのように熱伝導率をはかるのか? 式 [1] からわかるように、熱伝導率は長さ (面積と厚さ) と温度と熱量の3つの物理量を組み合わせた値です。従って、ある厚さの材料の両面に一定の温度差を付けて、そのときに流れる熱量をはかることができれば、熱伝導率がわかります。定常法では、図3に示すように、均質な平板状の材料の両面に温度を調節できる平板状のプレートを取り付け、一定の温度差を付けて、そのときに流れる熱量をはかります。

測定量のうち、長さや温度は比較的簡単にはかることができますが、熱量を正確にはかるのは簡単ではありません。このため、熱量のはかり方の違いによって、さまざまな熱伝導率のはかり方が考えられてきました。表2では5つの定常法による熱伝導率のはかり方を示していますが、このうち断熱材のはかり方の基本ともいえるのが「保護熱板法」で、最も良く使われているのが「熱流計法」です。当センターでも、保護熱板法の装置を3台、熱流計法の装置を2台所有しています。

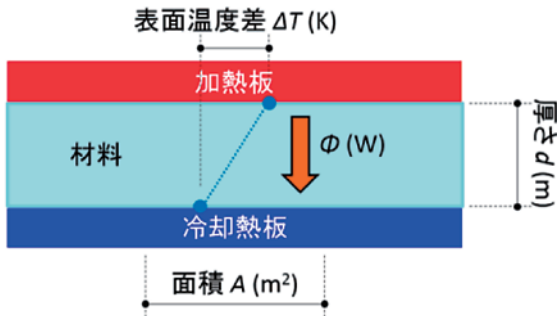


図3 定常法による熱伝導率のはかり方の概要

3. 1 保護熱板法 (GHP 法)

保護熱板法は、断熱材の熱伝導率のはかり方として最も歴史があり、そのほかの定常法の基礎となっています。保護熱板を英語で“Guarded Hot Pleat”ということから、その頭文字をとってGHP法と呼ばれています。

装置は、材料の両面に温度差を付けるための加熱板と冷却熱板というヒータが入った金属プレートが主な部分となります(図4, 写真2)。この金属プレートの中に熱伝導率を調べたい材料を挟みます。加熱板は1枚ですが、その両側に2枚の冷却熱板があるので、同じ材質・同じ厚さの材料が2枚必要となります。加熱板は、幅2mm程度のGAPと呼ばれる断熱層を介して、中心部の主熱板とその周囲の保護熱板に分かれています。このうち主熱板の部分(正確にはGAPの中心線の内側)が熱伝導率をはかる範囲となります(図5)。

温度差は、JIS⁴⁾では10℃以上付けることが推奨されており、当センターでは20℃程度に設定してはかっています。例えば、断熱材は製品規格などで平均温度23℃の熱伝導率をはかることになっています。この場合、主熱板を33℃、冷却熱板を13℃に設定し、一定の温度に保ちます。熱は高温側から低温側へ流れるので、主熱板を33℃に保つために主熱板内のヒータに一定の電力を供給します。これだけだと横方向にも熱が流れてしまうので、保護熱板も主熱板と同じ温度になるように、保護熱板内のヒータに供給する電力を調節します。これで主熱板に供給した電力は熱としてすべて2枚の冷却熱板側に流れ、「主熱板に供給する電力=材料を流れる熱量」となります。従って、主熱板に供給した電力を測定すれば、式[1]から熱伝導率を求めることができます。

なお、主熱板と保護熱板の間には、示差熱電対が取り付けられています。示差熱電対は熱電対を直列につなげたもので、温度差を検出するセンサです。このセンサの出力がゼロになると「主熱板と保護熱板に温度差がない=横方向への熱の流れがない($\phi_{edge} = 0$)」ことを示します。

保護熱板法は、2枚の同じ材料を使うはかり方(試験体2枚方式)が基本となりますが、1枚の材料でもはかることが

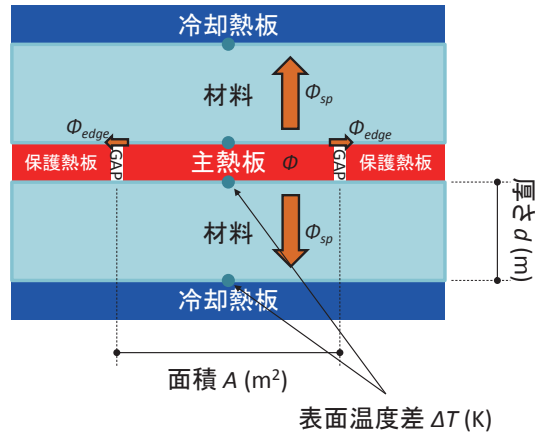


図4 保護熱板法による熱伝導率のはかり方(試験体2枚方式の場合)

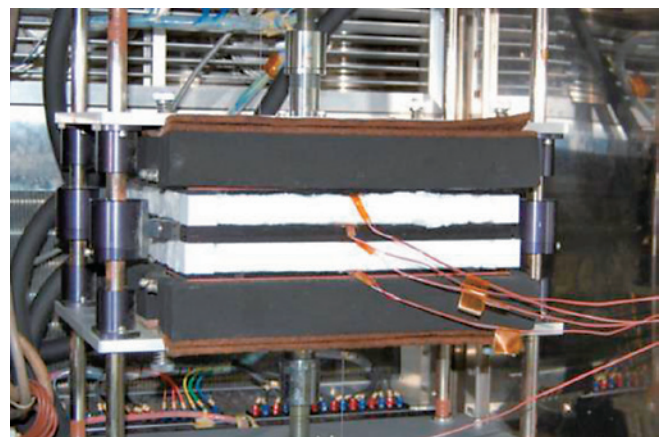


写真2 保護熱板法の装置(試験体2枚方式)

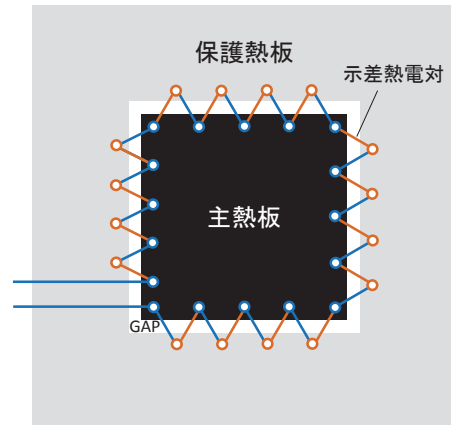


図5 加熱板(主熱板と保護熱板)の概要

できます。このはかり方を試験体1枚方式といい、図6に示すように、片方の冷却熱板内のヒータを加熱し、主熱板と同じ温度になるように調整します。これで主熱板に供給した電力は材料を挟んでいるもう片方の冷却熱板側だけに流れる($\phi_g = 0$) こととなります。この場合、主熱板と保護熱板と同じように、主熱板と補助熱板も示差熱電対で温度差を検出して調整します。

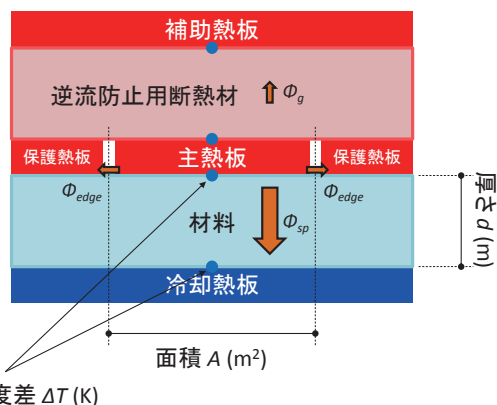


図6 保護熱板法による熱伝導率のはかり方(試験体1枚方式の場合)

3.2 熱流計法(HFM法)

熱流計法は、装置が単純で誰でも簡単にはかれるものが多く、最近では保護熱板法よりも広く使われているはかり方です。熱流計を英語で“Heat Flow Meter”ということから、HFM法とも呼ばれています。

熱流計法は、図6および写真3に示すように、加熱板と冷却熱板で材料に一定の温度差を付けるところは保護熱板法と同じですが、熱量を「熱流計」というセンサではかる点が大きく異なります。熱流計にはいくつかの種類がありますが、JIS⁵⁾では「こう配型」と呼ばれるものが規定されています。この熱流計は、基板と呼ばれる薄く熱抵抗の小さい板材(熱抵抗体)の両面に熱電対を直列につなげた熱電対列(示差熱電対の一種で、サーモパイルとも呼ばれています。)を取り付けたものとなっています(図8)。基板の両面に温度差が付くと、それに応じた電流が流れるので、その出力と熱量の関係がわかれば、熱量に変換することができます。このため、熱量に変換するための係数をあらかじめ調べておく「校正」が必要となります。

校正には、熱伝導率がわかっている校正用標準板を使います。通常のはかり方と同じように校正用標準板を装置に設置することで、熱流計の出力と熱量の関係から係数を求めます。従って、熱流計法の信頼性は、この校正の精度によって決まります。校正用標準板の熱伝導率は保護熱板法ではかるので、熱流計法の測定精度は保護熱板法の精度に依存することになります。校正用標準板には、熱伝導率がわかっていることのほかに、以下の性能が求められます。

- ・経時とともに断熱性能が変化しないこと
- ・はかりたい材料と同程度の断熱性能を持つこと

4. おわりに

今回は、断熱性能の指標の一つである熱伝導率のはかり方を紹介しました。次回は、断熱のはかり方の第2弾として、熱貫流率のはかり方を紹介する予定です。

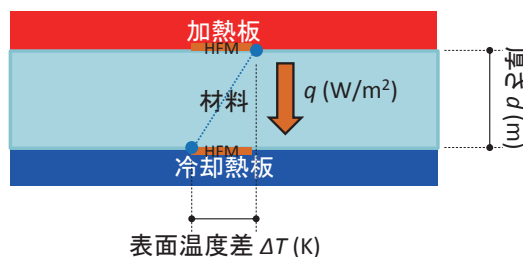


図7 熱流計法による熱伝導率のはかり方(試験体1枚・熱流計対象構成方式の場合)



写真3 熱流計法の装置(試験体1枚・熱流計対象構成方式)

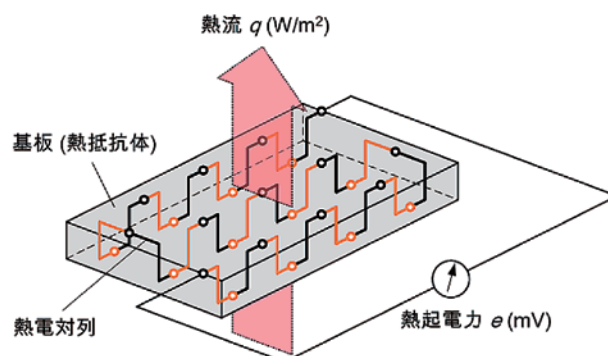


図8 こう配型の熱流計の概要⁶⁾

【参考文献／引用文献】

- 1) JIS A 0202 (断熱用語)
- 2) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構：断熱材の長期断熱性能評価に関する標準化調査成果報告書，平成20年3月，p.106
- 3) 一般財団法人 建材試験センター編：設計施工・技術開発・品質管理に携わる技術者のための建築材料・部材の試験評価技術，p.398
- 4) JIS A 1412-1 [熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第1部：保護熱板法 (GHP 法)]
- 5) JIS A 1412-2 [熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第2部：熱流計法 (HFM 法)]
- 6) 国立研究開発法人産業技術総合研究所：“平成22年度固体熱物性クラブ資料1 熱流密度の標準と計測技術”，https://www.nmij.jp/~nmijclub/netsu/docimngs/8_20110222_netsuryumitsudo_hyojyun_kacho.pdf，(参照2016-11-15)

(文責：中央試験所 環境グループ 主幹 田坂 太一)

表2 代表的な熱伝導率のはかり方と特徴

はかり方		特 徴	関連規格
定常法	保護熱板法	材料を流れる熱量を主熱板への供給電力としてはかる方法。熱板と材料の水平方向への熱の流れを防ぐために、主熱板の周囲に主熱板と同じ温度に保つための保護熱板を設けてある。はかることができる材料の厚さは装置の大きさで決まる。装置は300×300mmが標準的な大きさで、この場合厚さ50mmの材料まではかることができる。熱抵抗が $0.1\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ よりも大きい材料に適している。ほかの定常法も同じだが、10℃以上の温度差を付ける必要があるため、金属やシート・塗膜などの薄い(熱抵抗の小さい)材料ははかることができない。測定に半日から数日程度かかる。	JIS A 1412-1 ISO8302
	熱流計法	材料を流れる熱量を熱流計ではかる方法。保護熱板法で熱伝導率をはかった校正用標準板で熱流計を校正するので、二次測定法となる。推奨される装置の大きさや対象となる材料は、保護熱板法と同じである。装置の大きさは200×200mmと300×300mmのものが多い。200×200mmの大きさでは厚さ30mmの材料まではかることができる。通常、2～3時間程度で結果が得られ、保護熱板法に比べ短い時間ではかることができる。	JIS A 1412-2 ISO8301
	比較法	熱伝導率がわかっている標準板と材料を厚さ方向に重ねて全体に温度差を付け、それぞれの温度差を比較することで熱伝導率を求める方法。装置の大きさは200×200mmで、厚さ10～25mmの材料をはかることができる。標準板が熱流計と同じ働きをする。標準板と熱抵抗が極端に違う材料ははかることができない。	JIS A 1412-2 附属書A
	保護熱板式熱流計法	装置が900×900mmと大きいため、厚さ200mmの材料まではかることができる。グラスウールのような厚みのある繊維断熱材を製品厚さのままはかるための方法。材料を流れる熱量は熱流計ではかるが、熱流計の周囲に保護熱板があり、熱板と材料の水平方向への熱の流れを防ぐようにしている。	JIS A 1412-2 附属書B
	円筒法	名称のとおり、保温筒などの円筒状の材料をはかるための方法。保温筒内外に温度差を付けるために筒状の加熱管に材料を取り付けてはかる。加熱管は1m程度の長さのものが必要となる。	JIS A 1412-3 ISO8497
非定常法	熱線法	細いヒータ線を材料内に取り付けて一定電力を供給し、温度の上がり方から熱伝導率を求める方法。通常、1～2分程度で結果が得られ、非常に短い時間ではかることができる。	JIS R 2616 JIS R 2251-1 JIS R 2251-2 ISO8894-1 ISO8894-2
	プローブ法	熱線法を応用したはかり方で、プローブと呼ばれる表面に細いヒータ線を取り付けた断熱材を材料に押し当てて、熱線法と同様に温度の上がり方から熱伝導率を求める方法。あらかじめ、複数の標準板で温度の上がり方と熱伝導率の関係を把握する必要がある。	—
	ホットディスク法	面状のヒータを材料内に取り付けてはかる方法。熱線法と同様に温度の上がり方から熱伝導率を求める。	ISO22007-2
	フラッシュ法	平板状の材料の片側をパルスレーザー光で瞬間的に加熱し、裏面の温度変化をはかることで熱拡散率を求める方法。熱伝導率は、密度と比熱と熱拡散率を乗じて求める。従って、密度と比熱を別に調べておく必要がある。	JIS R 1611 JIS R 1650-3 JIS H 8453
	周期加熱法	材料の片側に周期的な温度変化を与え、厚さ方向の温度変化をはかることで熱拡散率を求める方法。フラッシュ法と同様に、熱拡散率と密度と比熱から熱伝導率を求める。現在、国際標準化に向けた検討が進められている。	—

たてものでの建材探偵団

佐賀市の

築地の反射炉・多布施の反射炉と 精煉方など



我が国の製鉄・鉄鋼産業の近代化は、大砲の製造や造船に始まり、橋や建物の建設へと続きます。

我が国の産業革命先駆けの地「佐賀」は、我が国の製鉄・鉄鋼技術の発達を見るうえで、意義のある地域です。

「佐賀」と、「東京」のゆかりの地をみてみます。

<佐賀の反射炉と、品川台場の大砲(港・品川・江東区)>

長崎湾の警護を担ってきた佐賀・鍋島藩は、幕末、大砲の製造を目的に、他藩に先駆けオランダ書(ヒュゲニン著)をもとに、築地に反射炉を築造しました(写真1)。この実績が認められ、幕府の要請を受け、公儀の反射炉を多布施にも築造しました(写真2)。幕府は、江戸湾の海防を目的に、品川台場に大砲の設置を計画したためです。品川台場は、伊豆菫山の代官江川太郎左衛門英龍により築かれました^{※1}。

<佐賀の大砲と、上野戦争(台東区)>

この時期、大砲は、カノン砲からアームストロング砲へ威力を増していきます。佐賀市内には、カノン砲やアームストロング砲の模型が多く見られます(写真1, 3)。佐賀で造られたアームストロング砲は上野戦争でも使われました。しかし、我が国民同士での戦いを懸念し、その威力を憂慮して、藩主鍋島直正は空砲も扱ったともいわれています。

<佐賀の精煉方や三重津海軍所の機械と、赤羽工作分局(港区)>

精煉方とは、科学技術研究所のことです。ここでは、蒸気機関車や蒸気船の模型などが作製されました(写真4)。そして、三重津海軍所では、我が国初の本格的蒸気船、木製の凌風丸が製造されました(写真5)。中心的に活動した人物には、佐賀賢人の一人、佐野常民が挙げられます。

このような研究や製造のため、鍋島藩は、多数の高価な機械を輸入し、我が国の近代化に向けて取り組みました。しかし、佐賀藩は財政難が続き、これらの機械を幕府に献納しました。

明治に入ると、新政府は、佐賀藩献納の機械の活用と、我が国の工業の発達を目的に、明治新政府に置かれた工部省に、赤羽工作分局を設置しました。赤羽工作分局では、鉄製の橋や門扉、機械などが作られました^{※2}。

<佐賀の藩校弘道館と、工部省跡(港区)>

佐賀の藩校弘道館の出身者の多くは、後に、工部省に在席しました(写真6)。工部省は、鍋島藩中屋敷跡の虎の門にありました。工部省跡地に置かれた国立印刷局は、環状2号線の工事に伴い移転し、2015年に発掘調査された跡地からは、鍋島焼の欠片などの埋蔵物が見つかりました。

<水利のある佐賀市と、佐賀町(江東区)>

有明海に面した佐賀市は、三重津海軍所が置かれた早津江川などが流れ、多くの水路も見られます。佐賀湊に地形が似ているという理由で、江東区に佐賀という地名があります。元禄の頃に名付けられました。佐賀町は隅田川河口に位置し、水路が多い地域です。水利のある地として、後に工業が発達してきたという共通点も見受けられます。

(文責：性能評価本部 主幹 木村 麗)

※1 建材試験情報 2015.11 たてものでの建材探偵団「菫山の反射炉と梨本の耐火煉瓦が製造の発案」
※2 建材試験情報 2011.8 - 2013.2 明治期の国産化建材 探訪記(1)～(7)連載



写真1 築地反射炉跡(現 佐賀市立日新小学校敷地)
右奥 反射炉模型、左手前 カノン砲模型。
反射炉は1850年築造1859年までには解体。



写真2 多布施反射炉跡(現 株ミゾタ敷地)
2010年の発掘調査による埋蔵物の展示。
耐火煉瓦に刻印はないが嬉野市志田山周辺の生産とされる。反射炉は1853年築造1871年頃解体。



写真4 精煉方跡(現 民有地) 多布施川沿い
精煉方は1852年築造。



写真3 アームストロング砲模型(佐賀城内)
アームストロング砲の砲身はらせん状である。



写真5 三重津海軍所跡(佐野常民記念館より) 早津江川河口沿い
海軍所は1858年設置1871年頃解体。2015年に世界文化遺産に登録された。



写真6 弘道館跡の記念碑

ISO/TC146/SC6 (大気の質 / 室内空気) アメリカ・バーリントン会議報告

1. はじめに

燃焼機器の不完全燃焼による一酸化炭素発生といった高濃度短期暴露の問題や、建材から放散される揮発性有機化合物によるシックハウス・シックビル等の低濃度短期暴露の問題を指摘するまでもなく、室内空気環境問題は居住者に深刻な健康影響を及ぼす重要な課題である。

ISOではTC146がAir Quality (大気の質)に関する規格化を担当しており、その傘下には6つのSC (SC 1～SC 6)がある。その中でSC6がIndoor Air (室内空気)を担当し、一般環境中での室内空気質関連の国際標準化を目的としている。近年は建築空間のみならず、車室内等を含めた閉鎖空間一般を対象とした空気質測定法の国際標準化が精力的に進められている。現在までに、室内空気のサンプリング方法、化学物質の分析方法、小形チャンバー法、臭い、微生物関連のサンプリング法等の標準化が行われてきた。SC6で取り扱うISOは16000というキリの良い番号が割り振られており、Part 1から順次規格に番号が付されている。新規提案分を含めれば、現在Part40まで到達しており、非常に活発に標準化が進められている分野と云えよう。

我が国では、空気中の化学物質による室内空気汚染問題(シックハウス)対策のために関連JISが多く制定されており、国内基準JISと国際標準ISOが共に整合性の基準となるよう、積極的な情報発信とハーモナイズに関する継続した努力が求められている。SC6では現在においても既存規格の改定作業、室内エアロゾル粒子関連やバクテリア・真菌関連などの測定法標準化に向けて活発に活動しており、また新規提案NWIPも多い。

当然のことではあるが、複数の選択肢がある場合に最も良い技術や論理が最終解となるとは限らない。様々な境界条件や駆け引き、力関係の基でのバランスに配慮した結果として、合意案が導かれる。結局のところ、議論を行うグループに所属しているか、交渉相手の顔が見えているか、自分自身はグループにどの程度貢献してきたか、といった要因が発言力となり、最終結果に大きな影響を及ぼす。これは国際標準化の

プロセスにおいても全く同様であり、SC6で審議されている各種の原案に関してWGレベルでの議論に参加・貢献することは、最新国際動向の把握のみならず、国内規格の反映という視点でも我が国の国益として重要となる。

また、我が国独自の規格であった吸着建材の試験法ならびにSVOC測定法に関しては、我が国がコンビーナをつとめ、ISO 16000-23, 24, 25として既にISOとして発行されているが、ISO 16000-23ならびに24は公開から5年を経て定期見直しの時期になっており、すでに改訂版がNWIとして承認されており、具体的に改定作業を行う段階となっている。

さて、本稿は2016年9月26日から30日の5日間にかけて、米国バーモント州バーリントンのHotel Vermontを会場として開催されたISO/TC146/SC6国際会議の審議の概略を報告するものである。今回のバーリントン会議はSC6設立後、22回目となる国際会議である。本稿の筆者である伊藤はSC6のExpertという立場の他、WG11のSecretaryであり、ISO/TC146/SC6の会議に継続的に参加することで室内空気に関するISO審議における我が国のプレゼンスを向上させること、室内空気関連の国際標準化動向を把握すること、国内の事情(特にJISとの整合性)にあわせた意見を反映させること、WG11(コンビーナ:東京大学 加藤信介先生)で審議されるISO 16000-23ならびに24の定期見直しの議論に関して支援を行うこと、そしてSC6議長である早稲田大学 田辺新一先生の支援を行うこと、が任務であった。本稿はこの立場からの会議参加報告である。

図1の写真はHotel Vermont, Courtyard Marriottの建物ならびに会議の様子である。今回はTC146傘下の全てのSCが合同で会議を行う2年に一度の機会であり、各SCのWG会議は、2カ所のホテル内に分散して複数の部屋で平行して進められた。

SC6はTC146の中でも活発に活動しているSCの一つである。2016年現在、SC6で活動中のWG一覧を表1に示す。この中で、アスベストを担当するWG4は実質的にSC3が主体であり、自動車関連のJWG13はTC22とのジョイントで開催されるもので、実質的にはTC22側の委員が主導的である。ま



図1 会場：Hotel Vermont / Courtyard Marriott

表1 活動中のWG一覧

SC/WG/ (Chairman/Convener)	
SC6	Indoor air (Shin-ichi Tanabe, Japan)
WG4	Asbestos/Mineral fibres (Eric Chatfield, Canada)
WG10	Fungi (Regine Szewzyk, Germany)
WG11	Performance tests for sorption (Shinsuke Kato, Japan)
JWG13	Determination of volatile organic compounds in car interiors (Roland Kerschler, Germany)
WG16	Test methods for VOC detectors (Ichiro Matsubara, Japan)
WG17	Sensory testing of indoor air (Birgit Müller, Germany)
WG18	Flame retardants (Michael Wensing, Germany)
WG20	Determination of phthalates (Michael Wensing, Germany)
WG21	Strategies for the measurement of airborne particles (Benjamin Bergmans, Belgium)
WG22	Brominated flame retardants (Man-Goo Kim, Republic of Korea)
WG23	Determination of amines (Andreas Schmohl, Germany)
WG24	IAQ Management System (Paulino Pastor Perez, Spain)

た、VOC検知器を扱うWG16は既に全ての標準化作業が完了し、ISO 16000-29：Test methods for VOC detectorsとして発行されているものの、正式なWG終了手続きが未了のため、書類上は活動中との記載になってしまっている（この不備は本年度のSC6全体会議で対処された）。SC6では、実質的に10のWGが活動を行っていることになる。

また本年度からSC6の正式なSecretaryがNehr博士から Elisabeth Hösen博士に交代となった。SC6の顔であった

Bollmacher博士は10年以上SecretaryとしてSCの運営に貢献され、DIN（ドイツ）での定年を機に2年前にSasha Nehr博士に交代したばかりであったが、たった2年でHösen博士に事務局が引き継がれることになった。Sasha Nehr博士の交代はDIN内部で担当部署の移動に伴うものとの説明があったが、彼は非常に優秀であったため残念なことである。

以下、バーリントン会議で審議された各WGの概要を順に報告する。

2. バーリントン会議の概要と報告

2.1 ISO/TC146/SC6/WG4：Asbestos-Mineral Fibres（アスベスト/鉱物繊維）

アスベストは室内汚染源であるとの理解より、このWGはSC6の傘下にある。しかしながら、アスベスト関連は歴史的にも特有のグループが組織されており、通常のSC6メンバーはWG4の議論には参加しないことが多い。このWGには日本からの貢献も多いが、最後に審議していたISO 16000-7とISO 16000-27の規格化も終了したため、SC6傘下のWG4としての活動は終了することになった。今後、ISO 16000-7とISO 16000-27に関する担当はSC3/WG1に引き継がれることが決定したようで、アスベストグループも元の鞘に戻る事となった。

2.2 ISO/TC146/SC6/WG10：Fungi（カビ孢子）

このWGは室内環境微生物を専門とするRegine Szewzyk博士（ドイツ）がコンビーナを務めている。当初はカビ孢子のサンプリング・分析に関する規格化を主に担当していたが、ISO 16000-16からISO 16000-21までのカビ孢子に関する一連の規格に目処が付いたこともあり、一昨年からは空気清浄器による空気中バクテリアの除去性能評価法ISO/AWI 16000-36に関して審議を行っている。この規格案は韓国から提案されているものであり、バクテリアの他、ウィルスや真菌孢子までを対象にしたいとの思惑があったようであるが、韓国内での研究費獲得状況が芳しくなく、基礎実験が進まないということで、まずはバクテリアのみを対象として規格化が進められている。

この規格案の基になる基礎実験は韓国で実施された一例のみであり、換気量や温湿度の時間変動といった詳細の環境条件が示されていないことや、濃度低減性能の評価式の理論的な誤りなど非常に多くの問題点を含んでいる。この点は日本からも厳しく指摘しているものの、2017年中にはDIS投票まで進める方針となっている。

我が国は空気清浄機を製造販売しているメーカーが多いため、規格化の動向には注意が必要である。

2. 3 ISO/TC146/SC6/WG11 : Performance tests for sorption (吸着性能試験)

建材の吸着性能試験法であるISO 16000-23 (ホルムアルデヒドのみを対象) ならびにISO 16000-24 (ホルムアルデヒドを除くカルボニルとVOCを対象) は2009年12月に正式にISOとして発行されているが、5年毎の定期見直しの時期となり、昨年2015年よりWG11が再度活動を始めている。この規格は我が国のJIS A 1905-1 (小形チャンバー法による室内空気汚染濃度低減材の低減性能試験法—第1部：一定ホルムアルデヒド濃度供給法による吸着速度測定), JIS A 1906 (小形チャンバー法による室内空気汚染濃度低減材の低減性能試験法—一定揮発性有機化合物 (VOC), 及びホルムアルデヒドを除く他のカルボニル化合物濃度供給法による吸着速度測定) を基にISO化されたもので、本WGのコンビーナも加藤信介先生が務められている。

昨年の会議では、ISO 16000-23ならびにISO 16000-24を化学物質のサンプリング・分析法で規格を分けるとの方針が決定し、ISO 16000-23に対象化学物質としてホルムアルデヒドに加えてカルボニル系の化学物質を移動し、16000-24はVOCのみを対象とすることになっている。本年度の会議では韓国から指摘があった誤植の修正のほか、バックグラウンド濃度のTVOC基準、温度範囲 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ の $\pm 1^{\circ}\text{C}$ への変更などに関して議論を行い、全てに関して修正方針の同意が得られた。

今後、特に深刻な指摘事項が無ければ、CD投票をスキップし、直接DIS投票に進むことが同意されている。

図2はWG11の会議の様子である。

2. 4 ISO/TC146/SC6/WG18 : Flame retardants (難燃剤)

本WGが担当するISO 16000-31 Indoor air - Part 31: Measurement of flame retardants and plasticizers based on organophosphorus compounds - Phosphoric acid ester は2014年5月に発行されている。同族系物質の分析に関するISO 16000-6との整合性や特にハウスダストのサンプリング・分析法の可能性を検討するために継続審議の対象となっていたが、今回、NWIPとして正式に改訂作業を進めることが同意された。主たる論点は、Settled House Dustのサンプリング法と分析法であるが、ドイツではダスト齢により測定値が異なることが指摘されており、規準化するためには問題点がある点も指摘された。米国で2016年に出版された論文Consumer Product Chemicals in Indoor Dust: A Quantitative Meta-analysis of U.S. Studies, DOI: 10.1021/acs.est.6b02023においてサンプリングの標準化、ふるいの統一が指摘されており、ドイツ、オランダを中心とするWGメンバーで基礎検討を進める方針となった。



図2 WG11開催の様子

2. 5 ISO/TC146/SC6/JWG13 : Determination of volatile organic compounds in car interiors (車室内のVOC試験法)

WG13はTC22との合同WGであり、車室内の空気質関連の測定法に関して議論を行っている。ジョイントWGであるWG13が出来るまでの複雑な経緯があり、TC22 (自動車) より日本自動車工業会JAMAが参画している。WG13ではISO 12219-1から12219-9までの7規格を審議しているが、既に規格化された5規格を除き、本会議ではISO 12219-6から12219-9までの議論が行われた。ISO 12219-6ならびにISO 12219-7は軽微な修正後にISO化、ISO 12219-8は2017年3月までにDIS投票に進めることが承認されている。ISO 12219-9に関しては日本からのラージバック法の内容審査に多くの時間が割かれ、加熱時間が2時間となっているが、部品の温度が一定になるためには2時間では不十分ではないかとの指摘があった。その他、日本から2種類のNWIP (Passive sampling method on evaluation of air quality in carsとCabin method for busses and trucks) が提案され、測定データなどを充実させた上で、次回のWGにて継続審議することとなった。

また、ISO 12219-1は定期見直し時期となったため、NWIPとして審議を開始する予定である。

2. 6 ISO/TC146/SC6/WG21 : Strategies for the measurement of airborne particles (エアロゾル粒子)

このWGでは室内エアロゾル粒子の一般的なサンプリング法を規定する16000-34 (sampling strategy) と、PM2.5に特化した16000-37 (PM2.5) に関して審議を行っている。

16000-34 (sampling strategy) に関しては、室内環境中での粒子濃度測定のほか、室内での放散限の同定を目的として含めており、その点では野心的な規格と云えるが、空气中濃度測定からの汚染源同定は基本的に逆問題解析であり、理論的に

破綻のない測定基準の作成は困難である。この潜在的な矛盾が顕在化しないように詳細を詰めていくことは容易ではなく、今回のWGではのべ2日間にわたる議論が行われた。

16000-34 (sampling strategy) では室内空気中のエアロゾル粒子濃度を正確に測定するための装置選択や分析に関する記述に関してほぼ同意が得られたと思われるが、換気量やバックグラウンド濃度の評価法に関しては曖昧な部分が残っており、室内濃度の定量という点では課題が多い。

16000-37 (PM2.5) では、規定する代表的な測定法としてフィルタ法を規定しているが、代替法としてGravimetric法や他の光学手法を認めることになっている。PM2.5は粒径が2.5μm以下の粒子も含む定義となっているが、フィルタ以外の方法では300nm以下の粒子を計測対象外とすることが多く、このような方法では厳密なPM2.5の定義に適合した計測が出来ないことになる。しかしながら、測定法を一つに限定するよりは代替法の記載を残すために、どのような表記法がありうるのか、議論された。

WG21のコンビーナはベルギー人のBenjamin Bergmans博士であるが、彼が一人で修正作業を担当しており、その他のバックアップ体制が無い様子である。また、彼は、各国エキスパートが問題点を指摘してコメントテーブルを作成し、その指摘に対してコンビーナが回答案を提示する、との正式な手順を踏んでおらず、修正規格案を一文一文確認しながら進める、という会議スタイルが取られている。コンビーナの事前準備や事前確認も不十分であり、会議時間切れとなり、規格案の全文章をチェックするに至らなかった。

2. 7 ISO/TC146/SC6/WG23 : Determination of amines (アミンの定量)

このWGではアミンのサンプリング法AWI 16000-38 (Active sampling) ならびに定量法AWI 16000-39 (HPAC MS-MS analysis) に関して審議を行っている。本年度の会議では、Andreas Schmohl博士より昨年度会議からの進捗が報告され、特に、32種類のアミンを測定対象とすること、同定にMS、タンデムMS、クロマトグラフィー+HPLC-MS-MSを使用した場合の測定結果、などが報告された。また、測定精度を改善するためのサンプリング法やカラム選定などに関して、企業や研究機関へ問い合わせることで情報収集を継続すること、また分析法の開発に関して協力してくれる研究機関をさがすこととなった。

アミンの分析法に関しては、学術的に完全にコンセンサスが得られた手法が確定している訳では無く、検討事項が多く残っている。そのため、現在、AWI段階のISO 16000-38ならびに39は2017年2月までにDISステージに進めなければ廃

止対象となる。そのため、WG活動期間の延長(48ヶ月)をSC6に求めることとなった。

2. 8 ISO/TC146/SC6/AHG : IAQ Management system (室内空気質管理システム)

IAQ Management System Standardに関する規格化は2013年にNWIPとしての可能性に関して議論が開始され、その後も継続してAHG, WGとして議論が進められている。IAQ Management SystemはスペインのUNE 171330 (特にSC6の範囲との整合性の点からPart 3のみを対象) を基にしている。当初のアイデアとしては光が音といった各種の室内環境要素を含んだ包括的なマネジメント手法を規定するものであったが、今回は空気質のみに着目して規格化を進めるとのことで、正式なWGとして活動することとなった。

コンビーナはスペイン人のPaulino Pastor Pérez博士であり、正式なWG発足に際して共同コンビーナとして豪州のVyt Garnys博士が指名された。具体的な審議事項として、IEQとの用語はすべてIAQに変更することの他、マネジメントシステムの具体例を明確にするため、Annexを作成して事例を載せること、などが同意された。継続してWEB会議を実施して、迅速に規格化を進める方針が承認された。

2. 9 ISO/TC146/SC6 : Plenary Meeting (SC6全体会議)

全てのWGが開催された後、各WGの活動と成果がSC6 Plenary Meeting (全体会議) にて審議される。2014年から議長は田辺新一先生である。この場では前述した各WGの活動内容の他、ISO 16000-6 : Tenax TAによるVOC分析法に関して、Mark Polster博士とDerrick Crump教授に共同コンビーナとしてWGの立ち上げを依頼する方針が承認された。2017年から改訂作業が始まる予定である。その他、リアルタイムVOC分析に関するPTR-MS法、建材断面(エッジ)からの化学物質放散量評価法、一酸化炭素CO測定法などが標準化の必要性が高い項目として指摘された。

2. 10 ISO/TC146 : Plenary Meeting (TC146全体会議)

TC146全体会議では傘下の各SCよりレポートが報告された。

- ・ SC 1 - Stationary source emissions
- ・ SC 2 - Workplace atmospheres
- ・ SC 3 - Ambient atmospheres
- ・ SC 4 - General aspects
- ・ SC 5 - Meteorology
- ・ SC 6 - Indoor air

ここ暫くSC4の議長が不在でこのSCは活動を行っていない

かったようであるが、今回Michael Brisson博士を議長として再活動するとの報告があった。

TC146の全体会議は、通常、各SCからのレポートをそのまま承認する場であり、時間の制約から密な議論を行うことは困難である。しかしながら、今回はSC1のレポート報告の後、SC1のResolutionを認めるか否かで議論が白熱した。詳細を記述する紙面は無いが、SC1で議論している地球温暖化ガス関連の基準に関して、CENによって規格化されたEN 19694 Part1から6を基にファーストトラック制度を利用してISO化を進めるという手法に対して、米国と日本が反対を表明した、というものである。ISOとは基本的に欧州グループにアドバンテージがある基準であり、そこで我が国が一定の競争力を維持することは非常に困難なことである、との現実を実感した。

今回のTC146全体会議は2年後の2018年に豪州で開催される予定である。



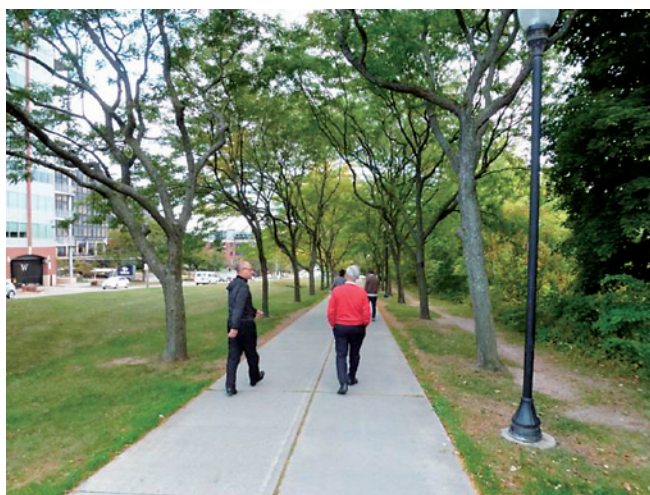
図3 SC6メンバーの集合写真

3. 最後に

SC6は毎年一度全体会議を開催するが、開催国は基本的にボランティアでの引き受けとなる。会場の確保の他、昼食やお茶、バンケットの準備などに相当の予算が必要となる。これまでの開催国を見てみれば、欧州での開催が50%程度、米国が30%程度、その他アジア・アフリカが20%程度、といった分担実績であるように思う。前述のとおり、ISOは元来欧州のための規格であり、欧州やCEN規格には各種の優遇措置のあることを踏まえれば応分の負担は当然とも思われるが、日本の貢献は十分では無いようにも感じる。早稲田大学の田辺新一先生がSC6の議長であることを鑑みれば、そろそろ日本が手を挙げる時期に来ているようにも感じる。

さて、今回のバーリントン会議は2016年9月26日から30日

の5日間、朝9時から午後5時ごろまで、毎日会議が組み立てられた。大学での仕事をほったらかして、1週間の時間を確保することは結構大変なことである。会議自体も非常にハードなスケジュールで疲れる。しかしながら、会議の合間の休憩時間には、会場近くを散歩する時間も(少し)あり、建築環境分野で日本を代表するお二人、田辺先生と加藤先生、と密な時間を共有できることがご褒美である、と感じる。



最後に、ISO/TC146/SC6の国内事務局を担当している建材試験センターのスタッフ各位に深甚なる謝意を表すると共に、室内空気関連の我が国の競争力を維持するために、今後の継続したサポートをお願いする次第である。

【参考文献】

現在、TC146/SC6で審議中もしくは新規提案中の規格タイトル一覧

- [1] ISO/DIS 12219-6 Indoor air of Road vehicles – Part 6: Determination of the emissions of semi-VOCs – Small chamber method
- [2] ISO/CD 12219-7 Indoor air of Road vehicles – Part 7: Odour determination by olfactory measurements
- [3] ISO/AWI 12219-8 Indoor air of Road vehicles – Part 8: Handling and packaging of materials and components for emissions testing
- [4] ISO/AWI 12219-9 Indoor air of Road vehicles – Part 9: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials – Large bag method
- [5] ISO/AWI 16000-23 Indoor air – Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde concentrations by sorptive building materials
- [6] ISO/AWI 16000-24 Indoor air – Part 24: Performance test for evaluating the reduction of volatile organic compound (except formaldehyde) concentrations by sorptive building materials
- [7] ISO/DIS 16000-33 Indoor air – Part 33: Determination of phthalates with GC/MS
- [8] ISO/AWI 16000-34 Indoor air – Part 34: Strategies for the measurement of airborne particles (PM_{2.5} fraction)
- [9] ISO/AWI 16000-35 Indoor air – Part 35: Measurement of polybrominated diphenylether, hexabromocyclododecane and hexabromobenzene
- [10] ISO/AWI 16000-36 Indoor air – Part 36: Test method for the reduction rate of airborne bacteria by air purifiers using a test

chamber

- [11] ISO/AWI 16000-37 Indoor air – Part 37: Strategies for the measurement of PM_{2.5}
- [12] ISO/AWI 16000-38 Indoor air – Part 38: Determination of amines in indoor and test chamber air – Active sampling on samplers containing phosphoric acid impregnated filters
- [13] ISO/AWI 16000-39 Indoor air – Part 39: Determination of amines in indoor and test chamber air – Analysis of amines by means of high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled with tandem mass spectrometry (MS/MS)
- [14] ISO/AWI 16000-40 Indoor air – Part 40: air quality management system
- TC146/SC6で既に規格化されたISOタイトル一覧
- [1] ISO 12219-1 Interior air of road vehicles – Part 1: Whole vehicle test chamber – Specification and method for the determination of volatile organic compounds in cabin interiors
- [2] ISO 12219-2 Interior air of road vehicles – Part 2: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials – Bag method
- [3] ISO 12219-3 Interior air of road vehicles – Part 3: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials – Micro-scale chamber method
- [4] ISO 12219-4 Interior air of road vehicles – Part 4: Method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials – Small chamber method
- [5] ISO 12219-5 Indoor air – Road vehicles – Part 5: Static chamber method
- [6] ISO 16000-1 Indoor air – Part 1: General aspects of sampling strategy
- [7] ISO 16000-2 Indoor air – Part 2: Sampling strategy for formaldehyde
- [8] ISO 16000-3 Indoor air – Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air – Active sampling method
- [9] ISO 16000-4 Indoor air – Part 4: Determination of formaldehyde – Diffusive sampling method
- [10] ISO 16000-5 Indoor air – Part 5: Sampling strategy for volatile organic compounds (VOCs)
- [11] ISO 16000-6 Indoor air – Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and chamber air by active sampling on TENAX TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID
- [12] ISO 16000-7 Indoor air – Part 7: Sampling strategy for determination of airborne asbestos fibre concentrations
- [13] ISO 16000-8 Indoor air – Part 8: Determination of local mean ages of air in buildings for characterizing ventilation conditions
- [14] ISO 16000-9 Indoor air – Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing – Emission test chamber method
- [15] ISO 16000-10 Indoor air – Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing – Emission test cell method
- [16] ISO 16000-11 Indoor air – Part 11: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing – Sampling, storage of samples and preparation of test specimens
- [17] ISO 16000-12 Indoor air – Part 12: Sampling strategy for polychlorinated biphenyls (PCBs), polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)
- [18] ISO 16000-13 Indoor air – Part 13: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) – Collection on sorbent-backed filters
- [19] ISO 16000-14 Indoor air – Part 14: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like PCBs and PCDDs/PCDFs – Extraction, clean-up and analysis by high-resolution gas chromatography/mass spectrometry
- [20] ISO 16000-15 Indoor air – Part 15: Sampling strategy for nitrogen dioxide (NO₂)
- [21] ISO 16000-16 Indoor air – Part 16: Detection and enumeration of moulds – Sampling by filtration
- [22] ISO 16000-17 Indoor air – Part 17: Detection and enumeration of moulds – Culture-based method
- [23] ISO 16000-18 Indoor air – Part 18: Detection and enumeration of moulds – Sampling by impaction
- [24] ISO 16000-19 Indoor air – Part 19: Sampling strategy for moulds 2012-06 ISO 16000-23 Indoor air – Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde concentrations by sorptive building materials
- [25] ISO 16000-20 Indoor air – Part 20: Detection and enumeration of moulds – Determination of total spore count
- [26] ISO 16000-21 Indoor air – Part 21: Detection and enumeration of moulds – Sampling from materials
- [27] ISO 16000-23 Indoor air – Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde concentrations by sorptive building materials
- [28] ISO 16000-24 Indoor air – Part 24: Performance test for evaluating the reduction of volatile organic compound (except formaldehyde) concentrations by sorptive building materials
- [29] ISO 16000-25 Indoor air – Part 25: Determination of the emission of semi-volatile organic compounds for building products – Micro chamber method
- [30] ISO 16000-26 Indoor air – Part 26: Sampling strategy for carbon dioxide (CO₂)
- [31] ISO 16000-27 Indoor air – Part 27: Determination of fibrous dust on surfaces by scanning electron microscopy (SEM) (direct method)
- [32] ISO 16000-28 Indoor air – Part 28: Determination of odour emissions from building products using test chambers
- [33] ISO 16000-29 Indoor air – Part 29: Test methods for VOC detectors
- [34] ISO 16000-30 Indoor air – Part 30: Sensory testing of indoor air
- [35] ISO 16000-31 Indoor air – Part 31: Measurement of flame retardants and plasticizers based on organophosphorus compounds – Phosphoric acid ester
- [36] ISO 16000-32 Indoor air – Part 32: Investigation of constructions on pollutants and other injurious factors – Inspections
- [37] ISO 16017-1 Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part 1: Pumped sampling
- [38] ISO 16017-2 Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part 2: Diffusive sampling

* 執筆者



伊藤 一秀 (いとう・かずひで)
九州大学 総合理工学研究院 教授
最近の研究テーマ:
建築環境工学, 公衆衛生工学

プレキャストコンクリート製品関連 JIS の改正内容と認証のポイント

1. はじめに

2016年4月20日にプレキャストコンクリート製品関連の JIS が改正となりました。共通項目をまとめた JIS A 5361 ~ JIS A 5365 の5つの基本規格, JIS A 5371 ~ JIS A 5373 に亘る3つの構造別製品群規格, さらに認証の指針である JIS Q 1012 分野別認証指針, 併せて9本が改正されました。

プレキャストコンクリート製品 JIS は2000年の大改正による構造別製品群規格への再編成で, 本体-附属書という構成になりました。さらに2004年の改正では本体-附属書-推奨仕様の3つに区分して製品の詳細規格を分けた構成とし, 将来的には団体規格の引用を想定した JPCS (コンクリート製品 JIS 協議会規格) を制定・発行しました。2010年の改正では JIS Z 8301 (規格票の様式及び作成方法) の改正を受けて, これに整合させるなど, 近年の改正動向には注目すべきものがあります。今回の改正においても全体の骨格は変わらず, 基本となる3製品規格は, 16附属書, 31推奨仕様から構成されます (表1参照)。

プレキャストコンクリート製品 JIS 改正の末席に係ってきただけ者として今回の改正を振り返ってみたいと思います。

2. 改正の趣旨

2004年の改正時に, コンクリート製品の設計根拠を示して設計例を残そうとする動きがありました。これを団体規格 JPCS に収録して, これまで各社各様に行っていた設計根拠 (らしきもの?) を統一しましたが, そもそも薄肉部材が多い小型のプレキャストコンクリート製品に構造物である鉄筋コンクリートの設計手法を応用した従来の計算手法で正しい評価ができるのか, という疑問に答えるべくコンクリート製品の設計手法に関する技術的な研究も実施されました。当然のことながら設計手法が変更になると規格の規定内容に影響が生じる可能性があります。このように技術的な問題提起と解決への模索も行われましたが, 既存製品の中には各種の仕様書などに取り込まれて運用されている製品もあることから, 今回の改正では製品仕様への影響は避けています。個人的に

は, 構造別製品群規格 (推奨仕様群) の見直しや, 新製品の取り込みなど製品体系の見直し時期も近いのではないかと思います。今回の改正はそこまで飛躍せずに, 以前から続いていた試験荷重に合わせた製品規格ではなく, 構造物の設計手法にあわせた, コンクリート製品の設計方法 (考え方) に整理統一をおこなっています。また, 団体規格 JPCS の将来像ですが, JIS が団体規格 JPCS を引用するという形式が製品認証制度にそぐわないという事から, JPCS のあり方を見直すことになりました。このことはプレキャストコンクリート製品業界にとっては, 表面的な JIS 改正の内容と異なり大きな節目ともなる2016年の改正となりました。

3. 今回の改正内容

各 JIS における改正の主な内容を挙げます。

● JIS A 5361 プレキャストコンクリート製品-種類, 製品の呼び方及び表示の通則

表示の方法が「印刷, 押印, 刷り込みなど」と幅を広げることになりました。従って, 刻印などによる表示も可能となりました。

● JIS A 5362 プレキャストコンクリート製品-要求性能とその照査方法

要求性能の用語を見直しました。たとえば, 「使用状態性能」を要求しているのではなく「使用性」が要求性能となりました。同じく「終局状態性能」が要求性能ではなく終局時の「安全性」が要求される。というように語句を整理しています。なお, 従来の「照査方法」は「照査指標」として, 「耐力」という概念を導入しています。一例をあげると, 従来の「曲げひび割れ強度」は「曲げひび割れ耐力」となりました。

● JIS A 5363 プレキャストコンクリート製品-性能試験方法通則

製品の曲げ試験が曲げ耐力試験に代わったのを受けて, 試験荷重 (F) の算出式が, 曲げ耐力 (M) の算出式に代わりました。

● JIS A 5364 プレキャストコンクリート製品-材料及び製造方法の通則

フレッシュコンクリートとしてレディーミクストコンクリートを使用する場合、JISA5308を引用するのではなく、JIS A 5364のフレッシュコンクリートの品質を満足すればよいこととして、実務上の利便性を図りました。

●構造別製品群規格 (JIS A 5371 ~ JIS A 5373 : 本体-附属書-推奨仕様)

附属書の「性能」では、I類製品が推奨仕様に適合すること、II類はJIS A 5362の規定に従って、受渡当事者間の協議によって要求性能を決めることを明確にしました。

推奨仕様の「性能」では、「一般的な環境で標準的な荷重作用に対して」(JIS A 5362より引用)発生するであろう、製品(部材)の耐力(曲げひび割れ耐力など)を表すことにしました。従来使用していた試験荷重の算出式は、耐力の計算方法に改め、耐力の値は従来の試験荷重による計算値を参考に定めています。なお、「試験」(曲げ耐力試験など)の項では、合否判定に活用できるよう、従来の「試験荷重」は残しています。載荷スパンを変更しない限りは、耐力から試験荷重を計算しなくても、従来通りに推奨仕様に記載されている「試験荷重」を用いて試験することが可能で、合否判定が容易となるように配慮しています。

4. 認証のポイント

一部の工場では、製品の種類に影響することもあります。多くの工場にとっては今回のJIS改正が社内規格、特に語句の修正が中心となります。同時に改正されたJIS Q 1012分野別認証指針では、審査に影響するような変更箇所はほとんどなく様式改正となったことから、社内規格を2016年版のJISに対応させることを、きちんと理解していない工場もあるようです。今回の改正内容は、考え方の整理に伴う語句の変更が多くなります。審査側から見ると、2016年版への移行が完了しているのか未対応なのかは、社内規格を一瞥しただけでわかります。このあたりが審査上のポイントにもなってきますので、これを機会に標準化の原点に立ち返って社内規格の見直し審議、周知、改正の基本的な活動を行っていただきたいと思えます。もちろん、現地審査では記録の確認は行いますので、漏れの無いようにお願いします。

5. おわりに

今更ながら見直すと、あれもこれも色々気になる点がありますが、各コンクリート製品協会などでも情報発信していますので、ここでは割愛させていただきました。

さて、移行措置期間は2016年10月19日で終了しています。

正誤表も発行されました。(JSAのHPで確認できます)JISの改正内容を十分に理解して対応頂きたいと思えます。今後とも、諸兄が良品製造に邁進されることを祈念してペンを置きます。長文にお付き合いいただきまして、ありがとうございました。

表1 構造別製品群規格の構成

製品規格	附属書(規定)	推奨仕様
JIS A 5371 4附属書 7推奨仕様	附属書A 暗きょ類	A-1 無筋コンクリート管
	附属書B 舗装・境界ブロック類	B-1 平板
		B-2 境界ブロック
	附属書C 路面排水溝類	C-1 L形側溝
附属書D ブロック式擁壁類	D-1 積みブロック	
	D-2 大形積みブロック	
JIS A 5372 7附属書 15推奨仕様	附属書A くい類	A-1 鉄筋コンクリートくい
	附属書B 擁壁類	B-1 大形積みブロック
		B-2 鉄筋コンクリート矢板
	附属書C 暗きょ類	C-1 鉄筋コンクリート管
		C-2 遠心力鉄筋コンクリート管
		C-3 組合せ暗きょブロック
		C-4 鉄筋コンクリートボックスカルバート
	附属書D マンホール類	D-1 マンホール側塊
	附属書E 路面排水溝類	E-1 U形側溝
		E-2 上ぶた式U形側溝
		E-3 落ちふた式U形側溝
		E-4 L形側溝
	附属書F 用排水路類	F-1 フリューム
		F-2 組立土留め
	附属書G 共同溝類	G-1 ケーブルトラフ
JIS A 5373 5附属書 9推奨仕様	附属書A ボール類	A-1 プレストレストコンクリートパイプ
	附属書B 橋りょう類	B-1 道路橋用橋げた
		B-2 道路橋橋げた用セグメント
		B-3 合成床版用プレキャスト板
		B-4 道路橋用プレキャスト床版
附属書C 擁壁類	C-1 プレストレストコンクリート矢板	
附属書D 暗きょ類	D-1 プレストレストコンクリート管	
	D-2 プレストレストコンクリートボックスカルバート	
附属書E くい類	E-1 プレストレストコンクリートくい	

【参考文献】

- JIS A 5361 プレキャストコンクリート製品-種類、製品の呼び方及び表示の通則
- JIS A 5362 プレキャストコンクリート製品-要求性能とその照査方法
- JIS A 5363 プレキャストコンクリート製品-性能試験方法通則
- JIS A 5364 プレキャストコンクリート製品-材料及び製造方法の通則
- JIS A 5371 プレキャスト無筋コンクリート製品
- JIS A 5372 プレキャスト鉄筋コンクリート製品
- JIS A 5373 プレキャストプレストレストコンクリート製品
- JIS Q 1012 適合性評価-日本工業規格への適合性の認証-分野別認証指針(プレキャストコンクリート製品)

(文責：製品認証本部 副本部長 丸山 慶一郎)

ISO/TC163/SC1 (建築環境における熱的性能とエネルギー使用 / 試験および測定方法) ドイツ・ベルリン会議報告

1. はじめに

平成28年9月25日から30日にかけて、ISO/TC163の総会がドイツのベルリンにあるDIN(ドイツ規格協会)で開催された。

本稿では、筆者らが参加した各会議について、その概要を報告する。

2. TC163 および TC163/SC1 について

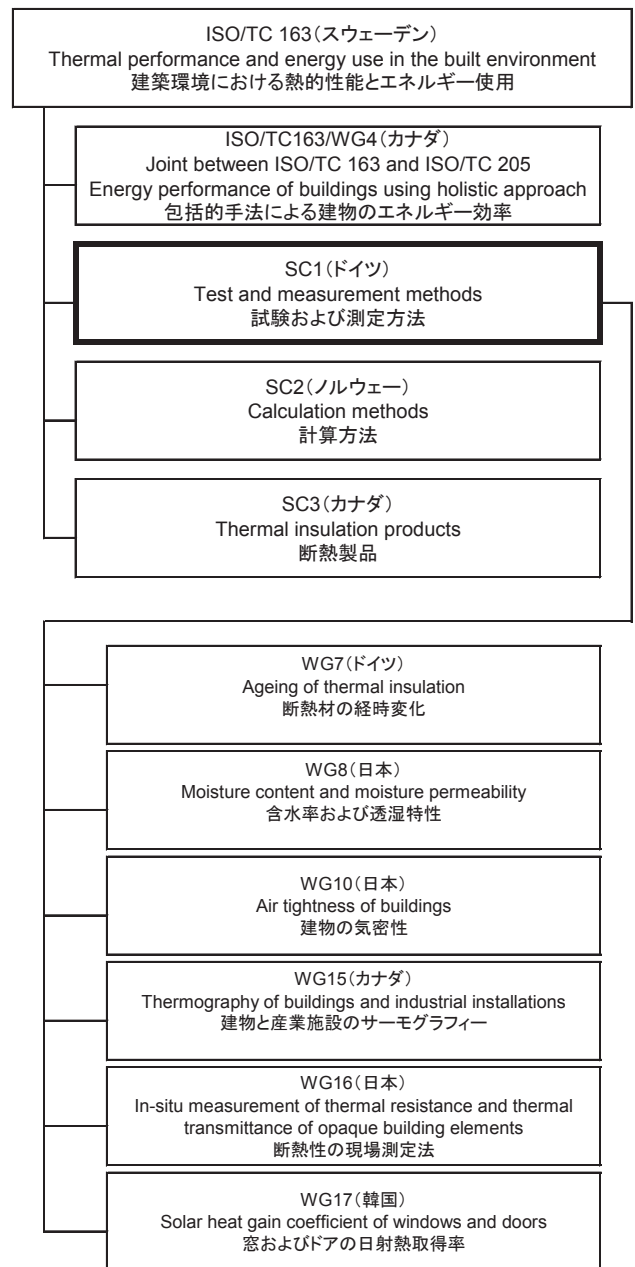
TC163は1975年に設立され、建築物および土木建築物の分野における熱・湿気およびエネルギー使用などに関連する試験、計算方法および製品の性能評価に関する国際規格を審議しているTC(専門委員会)である。TC163には、図1に示すようにTC205とのJWG(合同作業グループ)および3つのSC(分科委員会)が設置されている。



写真1 ベルリン会議会場(DIN)



写真2 ベルリン市内の様子



注) 括弧内は、幹事国またはコンベーナ担当国を示している。

図1 ISO/TC163/SC1の構成

当センターは、平成15年度からSC1の国内審議団体を担っており、2016年11月現在、Pメンバー24ヵ国、Oメンバー13ヵ国が参加している。SC1には、6つのWGが設置されている。このうち、WG8、WG10、WG16は、日本がコンビーナ(主査)を担当している。

3. ベルリン会議の概要と報告

ベルリン会議のスケジュールと日本からの出席者(TC163/SC1・当センターからの参加者)を表1に示す。並行して開催された会議もあり、SC1関係の会議全てに参加することはできなかったため、本稿では参加した会議の概要を報告する。ベルリン会議の会場およびベルリン市内の様子を写真1および写真2に示す。

表1 TC163/SC1関係会議スケジュールと参加者

日程	会議名
9月26日(月)	午前: TC163/SC1/WG16 午後: TC163/SC1/WG15
9月28日(火)	午前: TC163/SC1/WG8 午後: TC163/SC1/WG10
9月29日(水)	午前: TC163/SC1 Plenary Meeting
日本(TC163/SC1・当センター)からの出席者・担当会議	
吉野 博	東北大学高度教養教育・学生支援機構 総長特命教授 SC1日本代表, WG10コンビーナ
加藤信介	東京大学生産技術研究所 教授 WG16コンビーナ, WG15エキスパート
内海康雄	(独法)国立高等専門学校機構 仙台高等専門学校 教授 WG10エキスパート
富村寿夫	熊本大学大学院 教授
大村高弘	(独法)国立高等専門学校機構 和歌山高等専門学校 准教授
藤本哲夫	当センター 常任理事・中央試験所 副所長 WG8コンビーナ
萩原伸治	中央試験所 環境グループ 統括リーダー代理 WG8, WG15, WG16エキスパート
田坂太一	中央試験所 環境グループ 主幹 WG8, WG17エキスパート
佐竹 円	経営企画部 企画課 主任 SC1国内対策委員会事務局

3.1 ISO/TC163/SC1/WG16 (断熱性の現場測定法)

コンビーナ: 加藤信介 東京大学生産技術研究所 教授
参加国: カナダ, イギリス, 韓国, 日本

WG16では、ISO9869-1(現場の断熱性測定法-第1部:熱流計法), ISO/CD9869-2(第2部:熱画像法)の標準化等が行われている。会議の様子を写真3に示す。

1) ISO/CD9869-2について、コンビーナより、2016年4月から6月の期間で行われたCD投票は賛成:11ヵ国、反対:2ヵ国(カナダ・イギリス)であったこと、反対票および賛成票を投じた国のうちフランスおよびイランからコメントが提出され、コメントへの対応について審議を行う



写真3 WG16の会議の様子

ことが説明された。会議に出席していたカナダから追加のコメントが提示されたため、追加のコメントについても審議を行った。

- 2) 「タイトル」について、イギリスより「wood」以外の建物、例えば鉄骨構造の建物に対してもこの測定方法は適用できるので、「wood」を削除し「framed construction」に変更した方が良いと提案があった。木構造、鉄骨構造ともに、本規格の測定対象として問題ないと考えられることから、タイトルを変更することとした。
- 3) 「適用範囲」について、カナダより、この規格には湿気による不良や漏気があった場合の影響が記載されていないとの指摘が出された。コンビーナより、測定時の状況については「試験報告」として記載することが説明された。カナダより、規格の適用範囲を明確にする必要があること、またISO6781-3が参考になるとの意見があり、規定を見直すこととなった。
- 4) 「測定期間」について、継続した3日間をどのように測定するかが指摘された。コンビーナより、ISO/CD9869-2はISO9869-1と異なり、日射のない夜間で継続した3時間~6時間の測定を求めていることが説明された。
- 5) カナダより、ETセンサーを用いて環境温度を求め、また熱外線カメラで測定した壁の表面温度と環境温度との差から壁の通過熱量を求める方法を示した規格であるが、どのような運用を考えているのか、との質問があった。コンビーナより、この規格は既存建築物の断熱欠損有無を検知することを目的としており、また、どの程度の断熱性能を有しているのかを定量評価するための手順を示した規格であることが説明された。この説明を受けて、BackgroundまたはLimitationにおいて、説明を記述した方がよいとの意見が出され、ドラフトを修正することとした。
- 6) 「測定の不確かさ」の赤外線カメラの精度の規定についてカナダより指摘があり、赤外線カメラを用いた温度の

測定結果と熱電対による温度の測定結果とを比較して、赤外線カメラの測定結果をチェックする手順を記載することとした。

- 7) 審議を受け、11月上旬迄にドラフト修正案を日本で作成してWG16メンバーに回付を行い、WG16メンバーからの指摘があればさらに修正を行い、12月上旬までに、次の段階であるDISに向けてSC1セクレタリーにドラフトを送付することが決議された。

3. 2 ISO/TC163/SC1/WG15 (建築物と産業施設のサーモグラフィ)

コンビーナ：Mr. Anthony Piggin (カナダ)

参加国：カナダ、イギリス、日本

WG15では、ISO/CD6781-1 (建物の性能-赤外線法による熱・空気・湿気のレギュラリティー 第1部：全体手順)～ISO/PWI6781-6 (第6部：特別な建物のための赤外線による検査と報告)の標準化等が行われている。

- 1) コンビーナより、CD投票が行われているISO/CD6781-1およびISO/CD6781-2(第2部：装置要求事項)のドラフトの概要について説明が行われた。ISO/CD6781-1において人の技量によるクラス分けが規定されていることについて、イギリスよりクラス分けすべきではないとの指摘があった。コンビーナより、建物の湿気のパフォーマンスを確認するためには一定の技量が必要であること、ISO6781-3において既に人のクラス分けを規定しており、これに基づきISO/CD6781-1も規定したことが説明された。また、人のクラス分けが建物の種類(戸建住宅/商業ビル/工業ビル)により規定されていることについて、確認する目的(湿気による不良、気密性の欠陥など)で分けた方がよいとの指摘があった。審議で得られた意見およびCD投票で寄せられたコメントをもとに、カナダがドラフトの改訂を行っていくことが説明された。
- 2) コンビーナより、WG15では赤外線カメラによる建物全体の湿気等の性能把握を目指していることが説明され、カナダにおける建物の検証事例が紹介された。

3. 3 ISO/TC163/SC1/WG8 (含水率及び透湿特性)

コンビーナ：藤本哲夫 当センター 常任理事・

中央試験所 副所長

参加国：イギリス、日本

WG8では、ISO12570 (加熱乾燥による含水率の測定)、ISO12571 (平衡含水率の測定)、ISO12572 (水蒸気透過特性の測定、カップ法)、ISO15148 (部分浸漬による吸水率の測定)及びISO16957 (水分・湿気を含む建築材料の見かけの熱伝導率の測定)の標準化等が行われている。WG8の会議の様

子を写真4に示す。

- 1) 会議の冒頭でコンビーナが水谷名誉教授(名古屋工業大学)から交代したことが報告された。
- 2) コンビーナより、2015年のSC1 Plenary Meetingでは、WG8が担当しているISO15148とEN [ISO29767 (部分浸漬による短期的な吸水量の測定)]との統合が指摘されWG8として対応方針を検討する必要があること、2つの規格の要求事項と適用対象が異なっていることが説明された。ISO29767はEN1609 (部分浸漬による短期的な吸水量の測定)をベースとしていることを確認し、ISO15148とISO29767は別々の規格として維持していくことが決議された。この方針について、SC1事務局へ報告することとした。
- 3) コンビーナより、シカゴ会議の折に、当時のコンビーナの水谷教授より、“気圧と水蒸気圧の差によって生じる水分移動(透湿性能)の測定法”の規格開発を行うことが提案されたが、コンビーナが交代し継続が難しいことが説明された。この説明を受けて、規格開発を中断することとなった。
- 4) 日本より、ISO12570の8.3 NOTEに記載されている水の密度の数式に誤りがあり、規格を改正する必要があることが説明された。ドラフトの確認を行い、規格を改正することが承認された。改正に当たり、追補改正/正誤票発行のどちらで対応するかについては、SC1事務局の指示を仰ぐこととした。
- 5) コンビーナより、建材の吸放湿性を把握するための試験方法をNWIPとして進めていくこと、次回WG8の会議までにドラフトを準備することが提案された。この提案を受けて、標準化を進めていくことを確認した。
- 6) 日本より、WG8が扱っている5つの規格のISO化が終了したこと、2014年以降会議を開催していないことから、WG8の存続について中央事務局から指摘があり、SC1 Plenary Meetingで審議が予定されていることが説明さ



写真4 WG8会議の様子

れた。会議に出席していたイギリスより、標準化の案件があるためWG8を存続させる必要があるとの意見が出され、SC1会議でこの方針を表明することとした。

3. 4 ISO/TC163/SC1/WG10 (建物の気密性)

コンビーナ：吉野 博 東北大学高度教養教育・学生支援機構 総長特命教授

参加国：フランス、ベルギー、カナダ、アメリカ、日本

WG10では、ISO9972 (建築物の気密性の測定：加圧法)、ISO12569 (建築の換気性能の求め方：トレーサーガス希釈法)、ISO14857 (建築材料の通気性能の求め方) およびISO16956 (屋外測定方法による建築用途での気流速度の求め方) の標準化等が行われている。会議の様子を写真5に示す。

- 1) フランスより、ISO9972の差圧の数式について、フランス国内で見解が分かれており規定の解釈を確認したいこと、差圧測定の「 $10\text{Pa} \pm 3\text{Pa}$ 」の規定について、フランスではこの規定値での調整が難しい場合があり「 $20\text{Pa} \pm 1\text{Pa}$ 」に改訂して欲しいとの意見が出された。日本より、差圧測定の数式について説明を行うとともに、ISO9972は2015年に発行されたばかりであるため、規定の見直しは次回改正の時に対応したいことを説明し、了承された。
- 2) コンビーナより、ヴィクトリア会議で提出されたISO9972とISO/FDIS52000-1 (EPB評価を踏まえた建物の熱エネルギー性能-第1部：フレームワーク) との用語の整合化については、ISO/FDIS52000-1が標準化の途中であるため、ISOが発行された後に検討したいとの提案が行われ、承認された。
- 3) ISO12569について、日本より2016年1月～4月の期間でDIS投票が行われ、80件以上のコメントが寄せられたことが報告された。コメントをもとにドラフトの改訂を行い、次の段階であるFDISに向けて作業を行うことを



写真5 WG10会議の様子

確認した。

- 4) WG10で今後開発する規格として、カナダより、”Performance of Buildings - Building Enclosure Airtightness Compliance Testing - Part 1: Building Enclosure”をSC1に提案を予定していることが説明された。規格タイトルに“Part1”と記載されているが、規格の全体構成はまだ決まっていないとのことである。カナダからの提案内容について検討を行い、WG10で規格開発を進めていくこととした。また、カナダが提案を予定しているISO14857の改訂について、今年度中にNP提案を予定していることも説明された。カナダからの提案を踏まえ、WG10としては、①煙突効果による高層ビルの建物の気密性、②建物の部材等の気密性、③建物全体の気密性の確認方法、④ダクトの気密性について、今後開発を行っていくことを確認した。

3. 5 ISO/TC163/SC1 Plenary Meetingへの出席

議長：Mr. Andreas H. Holm (ドイツ)

シクレタリー：Mr. Sebastian Edelhoff, Mr. Benjamin Wienen (ドイツ)

参加国：ベルギー、カナダ、中国、デンマーク、フランス、ドイツ、日本、韓国、ノルウェー、ロシア、南アフリカ、フランス、イギリス、米国

SC1会議の様子を写真6に示す。

3. 5. 1 各WGからの報告

各WGより、標準化活動の進捗状況について以下の報告が行われた。

(1) WG7 [説明：Ms. Sabine Groenveld (ドイツ)]

ISO/DIS18393-1 (通風のある屋根裏用の吹込み用断熱材の沈降による経年変化の測定) について、標準化が進められている。カナダより、ラウンドロビン試験実施が提案されたが、どのように実施するか決まっておらず



写真6 SC1 Plenary Meetingの様子

検討を行っている。

(2) WG8 [説明：吉野 博 (日本)]

2015年のSC1 Plenary Meetingで指摘があった、ISO15148とISO29767の関係性については統合せず、現状のまま2件の規格を維持する。“気圧と水蒸気圧の差によって生じる水分移動(透湿性能)の測定法”の規格開発は見送る。建材の吸放湿性能を把握する規格を次回会議までにNWIとして準備する。また、ISO12570(高温乾燥による含水率の求め方)の数式の誤りについて改訂を行う。

この報告を受けて、ISO12570の追補改正をSC1の業務として採択することが満場一致で承認された。

(3) WG10 [説明：吉野 博 (日本)]

ISO9972とISO/FDIS52000-1との用語の整合化は、ISO/FDIS52000-1のISO化を待って検討する。ISO12569は、次の段階であるFDISに向けてドラフトの改訂を行う。WG10は、気密性に関する4つのテーマについて、今後標準化を進めていく。

(4) WG15 [説明：Mr. Anthony Piggin (カナダ)]

ISO/CD6781-1とISO/CD6781-2は、CD投票が実施されている。ベルリン会議の審議結果およびCD投票の結果をもとにドラフトの改訂を行う。

(5) WG16 [説明：吉野 博 (日本)]

ISO/CD9869-2は、次の段階であるDISに向けてドラフトの改訂を行う。

(6) WG17 [説明：Mr. Kwang Ho Lee (韓国)]

ISO/DIS19467は、次の段階であるFDISに向けてドラフトの改訂を行う。

3. 5. 2 定期見直し投票への対応

セクレタリーより、定期見直し投票が行われたISO12623(保温筒の部分浸水による短期吸水の求め方)、ISO12624(水溶性塩化物、フッ化物、ケイ酸塩、ナトリウムイオン、pHの求め方)、ISO12628(保温筒の寸法、直角度の求め方)、ISO12629(保温筒の水蒸気透過特性の求め方)の4件の規格について、「確認」としたことが報告された。

3. 5. 3 新規業務提案およびその他の検討

“ISO/NP21901”、“ISO/NP21935”、“ISO/NP21936”および“High Temperature Guarded Hot-Plate”の4件の規格についてプレゼンが行われた。また、WG8の存続の可否について検討が行われた。

(1) ISO/NP21901”Test Method for Thermal Diffusivity of Thermal Insulation(周期加熱法による熱拡散率測定方法)”

(株)野村総合研究所より当センターが受託し、国際提案

を行っている「周期加熱法による熱拡散率測定方法」について、富村教授・大村准教授より提案趣旨および規格概要について説明が行われた。プレゼンの後、次の質疑応答が行われた。プレゼンの様子を写真7および写真8に示す。

- ・提案されている方法は、ASTMと同じ測定方法か？
→ ASTMとは異なる方法である。
- ・周期加熱法を標準化する効果は？また、GHP法との関係性は？
→ 周期加熱法は、GHP法と比較すると試験装置が小さく、またGHP法との相関があり、高温域で熱性能を直接測定する方法として有用である。GHP法との相関は、±10%である。
- ・この方法は、断熱材だけでなく火災工学分野でも活用できるのか？
→ 活用できると思う。

質疑応答の後、議長のMr. Andreas Holmより、まだ3ヵ国しか投票を行っていないため、期日まで投票を行うこと、また、ISO/NP21901に興味のある国はエキスパートをノミネート



写真7 周期加熱法の提案趣旨を説明する富村教授



写真8 規格概要を説明する大村准教授

して欲しいことが呼びかけられた。

(2) ISO/NP21935”Thermal Performance of windows and facades-Determination of the center of glazing solar heat gain coefficient using solar simulator (ドアとファサードの熱性能-ソーラーシミュレーターによるグレーディングの日射熱取得率の決定方法)”

Mr.Young Tae Chae (韓国) よりプレゼンが行われ、その後、質疑応答が行われた。

・この方法は、国によって測定方法が異なるのではないか？

→ドイツや日本等でこの方法に関する実績がある。

(3) ISO/NP21936”Shutters and external ventilation blinds” (シャッターとブラインド)

Mr. Donghyun Seo (韓国) よりプレゼンが行われ、その後、質疑応答が行われた。

・提案先はTC163ではなくTC162 (Doors and windows) ではないか？また、TC163で扱うにしてもSC1ではなくSC3の管轄ではないか？

(4) ” High Temperature Guarded Hot-Plate” (高温下でのGHP法)

Dr. Sanghyun Lee (韓国) よりプレゼンが行われ、その後、質疑応答が行われた。

・この方法は、ISO8302の改正か、または違う規格で標準化するのか？

→ISO8302のPart2とするか、新しい規格番号で標準化するかは、今後の検討課題である。

・この方法は、ENに同様の方法があるのではないのか？

→ENをベースに提案を行う予定である。CENと調整する予定である。

(5) WG8の存続について

セクレタリーより、WG8は担当している規格のすべてがISO化されたこと等から、中央事務局よりWG8の解散の有無を検討するよう連絡が来ていることが説明された。

吉野総長特命教授より、WG8はこれから2件の標準化を行う予定であることが説明され、中央事務局 Ms. Anna Caterina Rossi よりWG8を存続することが表明された。

3. 5. 4 次回SC1 Plenary Meeting について

議長より、次回SC1会議は日本(東京)において、2017年9月25日から29日の期間でTC163とTC205の合同会議として開催することが報告され、閉会となった。

4. 会議を終えて

日本がコンビナを担当するWGでは、各WGとも次の段階に向けて活発な審議が行われた。このうち、WG8は2016年7月に担当する規格のISO化が完了したばかりであるが、9月の会議においてWGの存続が問われることとなった。WGを維持していくためには、継続的な標準化活動が必要であることが示された。

ベルリン会議では、周期加熱法の国際提案採択に向けて、SC1会議でのプレゼン、またロビー活動として会議の合間にPメンバーへ規格概要の説明を行った。面談をとおして規格開発を行う上で重要な課題が得られた。提案の採択に向けて、各国に丁寧な説明を行い承認しやすい環境作りが大切であると感じた。

【参考文献】

本文中に記載した規格番号および名称は別表1のとおりである(平成28年11月現在)。

* 執筆者

萩原 伸治 (はぎはら・しんじ)

中央試験所 環境グループ 統括リーダー代理
博士(工学)
従事する業務: 建築材料・部材の熱湿気に
関わる試験



田坂 太一 (たさか・たいち)

中央試験所 環境グループ 主幹
従事する業務: 建築材料・部材の熱湿気に
関わる試験



佐竹 円 (さたけ・まどか)

経営企画部 企画課 主任
従事する業務: 国際標準化に関する業務、研
究・発表に関する企画および
運営など



別表1 本文中に記載した規格番号および名称

(平成28年11月現在)

担当	規格番号	名称
WG7	ISO/DIS 18393-1	Thermal insulation products -- Determination of ageing by settlement -- Part 1: Blown loose-fill insulation for ventilated attics
WG8	ISO 12570	Hygrothermal performance of building materials and products -- Determination of moisture content by drying at elevated temperature
	ISO 12571	Hygrothermal performance of building materials and products -- Determination of hygroscopic sorption properties
	ISO 12572	Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water vapour transmission properties -- Cup method
	ISO 15148	Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water absorption coefficient by partial immersion - Amendment 1
	ISO 16957	Measurement of apparent thermal conductivity of wet porous building materials by a periodic method
WG10	ISO 9972	Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method
	ISO 12569	Thermal performance of buildings - Determination of air change in buildings - Tracer gas dilution method
	ISO 14857	Thermal performance in the built environment - Determination of air permeance of building materials
	ISO 16956	Thermal Performance in the Built Environment -- Determination of Air Flow Rate in Building Applications by Field Measuring Methods
WG15	ISO/CD 6781-1	Performance of buildings -- Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods -- Part 1: General Procedures
	ISO/CD 6781-2	Performance of buildings -- Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods -- Part 2: Equipment Requirements
	ISO 6781-3	Performance of buildings -- Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods -- Part 3: Qualifications of equipment operators, data analysts and report writers
	ISO/PWI 6781-6	Performance of buildings -- Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods -- Part 6: Conducting thermographic inspections and reporting of results for institutional and special use buildings
WG16	ISO 9869-1	Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance -Part 1 : Heat flow meter method
	ISO/CD 9869-2	Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance - Part 2: Infrared method
WG17	ISO/DIS19467	Thermal performance of windows and doors - Determination of solar heat gain coefficient using solar simulator
SC1	ISO 12623	Thermal insulating products for building equipment and industrial installations -- Determination of short-term water absorption by partial immersion of preformed pipe insulation
	ISO 12624	Thermal insulating products for building equipment and industrial installations -- Determination of trace quantities of water soluble chloride, fluoride, silicate, sodium ions and pH
	ISO 12628	Thermal insulating products for building equipment and industrial installations -- Determination of dimensions, squareness and linearity of preformed pipe insulation
	ISO 12629	Thermal insulating products for building equipment and industrial installations -- Determination of water vapour transmission properties of preformed pipe insulation
	ISO/NP 21901	Test method for thermal diffusivity of thermal insulation --Periodic heat method
	ISO/NP 21935	Thermal Performance of window and door systems-Determination of solar heat gain coefficient of the centre of glazing using solar simulator
	ISO/NP 21936	Shutters and external venetian blinds -- Resistance to operation in frosty conditions -- Test method
ISO 29767	Thermal insulating products for building applications -- Determination of short-term water absorption by partial immersion	
TC163	ISO/FDIS 52000-1	Energy performance of buildings -- Overarching EPB assessment -- Part 1: General framework and procedure
EN	EN 1609	Thermal insulating products for building applications. Determination of short term water absorption by partial immersion

平成28年12月1日

機関誌「建材試験情報」の電子版発行に伴う改編のお知らせ

一般財団法人建材試験センター
建材試験情報編集委員会

平素は当センターの機関誌「建材試験情報」をご愛読いただき誠にありがとうございます。

「建材試験情報」は、広報委員会および建材試験情報編集委員会において、これまでの読者アンケートを踏まえ、読者の皆様より頂きました要望にお答えすべく協議を重ねた結果、来年1月から、冊子版に加え、電子版（電子ブック）の発行を行うことといたしました。

今回の電子ブック化に伴い、過去の機関誌についても、順次、電子ブック化を進めてまいります。それにより、これまでの機関誌の検索・閲覧が容易に行えるようになります。

電子版の発行に伴い、読みやすい紙面構成に変更し、幅広いお客様へ当センターの情報を提供してまいります。なお、発行回数および発行日につきましては、下記のとおり変更となります。

「建材試験情報」の発行をつうじて、当センターの使命である住生活・社会基盤整備の発展に資する情報の提供に努めてまいります。

今後も変わらぬご支援・ご協力を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

記

1. 電子版の提供

電子版の発行は、平成29年1・2月号より当センターのHPで開始いたします（1月31日公開予定）。

2. 発行回数および発行日

年6回・奇数月の隔月発行

奇数月の月末（月末が休日・祝日となる場合はその前）

【お問い合わせ先】

一般財団法人建材試験センター 経営企画部 企画課

TEL：048-920-3813 FAX：048-920-3821

(((((.....))))))

喜々津 仁密主任研究官による講演会を開催

中央試験所

去る2016年11月2日(水)、中央試験所では職員研修の一環として、本年度から当センターの技術委員に就任いただきました国土交通省 国土技術政策総合研究所の喜々津仁密主任研究官をお迎えし、「近年多発する自然災害と今後の建築のあり方」と題した講演会を開催致しました。

喜々津先生は、建築構造、耐風工学、建築防災をご専門とし、近年では建築の竜巻に対する性能の検証法の構築、庁舎・

避難施設等の地震後の継続使用性確保に資する耐震性能評価手法の構築など、自然災害に対する建築物の性能検証方法についてご研究されています。

ご講演の際には、最新の自然災害の事例、災害に対する建築物の性能検証法についてお話しいただき、当センター職員にとって非常に貴重な情報となりました。当日は、他事業所の役職員を含む約50名が熱心に聴講していました。



講演の様子



講演される喜々津先生

ISO 9001 登録事業者

ISO 審査本部では、下記企業(2件)の品質マネジメントシステムをISO9001(JIS Q 9001)に基づく審査の結果、適合と認め平成28年10月14日付で登録しました。これで、累計登録件数は2280件になりました。

登録事業者(平成28年10月14日付)

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住 所	登録範囲
RQ2279	2016/10/14	ISO 9001:2015 (JIS Q 9001:2015)	2019/10/13	みしま工事株式会社	岡山県岡山市南区箕島2597番地	舗装及び土木建造物の施工
RQ2280	1996/5/24*	ISO 9001:2008 (JIS Q 9001:2008)	2017/5/23	大成建設株式会社 国際支店 建築部	東京都新宿区西新宿1-25-1	建築物の施工

※他機関からの登録移転のため、登録日・有効期限が他と異なります。

ISO 14001 登録事業者

ISO 審査本部では、下記企業(1件)の環境マネジメントシステムをISO14001(JIS Q 14001)に基づく審査の結果、適合と認め平成28年10月29日付で登録しました。これで、累計登録件数は715件になりました。

登録事業者(平成28年10月29日付)

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住 所	登録範囲
RE0715	2002/2/27*	ISO 14001:2004 (JIS Q 14001:2004)	2017/2/26	東京二十三区清掃一部事務組合 北清掃工場	東京都北区志茂一丁目2番36号	一般廃棄物処理、ごみ焼却、熱供給、発電に係わる業務

※他機関からの登録移転のため、登録日・有効期限が他と異なります。

「建材試験情報」年間総目次

項目	1月号	2月号	3月号	4月号	5月号	6月号
巻頭言	新たな飛躍を目指して：長田直俊	これからのまちづくりにむけて：春川真一	建物・部位・建材のエネルギー性能：永田明寛	中央試験所拡張・整備の開始に当たって：川上修	熟練技術労働者が減少する中での技術開発：角南国隆	営業マンの心得(雑考)：林 宏治
寄稿	特集 ＜ASEAN 諸国における建築材料・設備製品の普及基盤構築に向けての取組み＞ 【特別座談会】 日本とASEAN 諸国の連携による建築材料および住宅設備製品の普及基盤構築を目指して：福田泰和, 坂本雄三, 富田育男, 川上修 【ASEAN 諸国における政策動向と取組み】 ・基準認証政策について - 戦略的な国際標準化への対応とアジア諸国との連携強化：福田泰和 ・ミャンマー・ラオスにおける国土交通省住宅局の技術協力の取組み：亀村幸泰, 長谷川知弘	膜構造建築物に用いるETFE フィルムの防火性能：斉藤嘉仁	軽量角形鋼管による耐震天井構造の開発に関する研究：松本慎也		日本建築学会賞(論文) 2015 年を受賞して「外気環境により劣化するRC 外壁の目的指向型耐久設計技術の確立に関する研究」：大久保孝昭	鋼構造の一步進んだ資源循環：部材リユース：藤田正則
技術レポート		コンクリートの高温時力学的特性に及ぼす養生条件と水セメント比の影響 その1. 応力 - ひずみ関係：山下平祐, 穴倉大樹	コンクリートの高温時力学的特性に及ぼす養生条件と水セメント比の影響 その2. 全ひずみ実験：変位拘束実験：穴倉大樹, 山下平祐	柱梁S造・床木造システムの開発 水平炉による2時間耐火性能の検証：矢埜和彦	引抜きによる鉄筋とコンクリートとの付着強度試験の供試体小形化に関する検討：若林和義	建築用セメント防水剤の透水試験に用いるけい砂に関する実験検討：鈴木澄江
試験報告		組立式木造水平トラスの曲げ試験：小森谷 誠	軽量角形鋼管による耐震天井構造の実大水平加力試験：早崎洋一	アルミニウム合金はくの性能試験：岡田裕佑	棟換気材の性能試験：松本知大	可動間仕切りの水平加力試験：上山耕平
業務報告	【研究の動向】 ・ASEAN 諸国における建築材料・設備製品の普及基盤構築に向けた取組み-窓・カーテンウォール関係の動向-：二宮秀典 ・建築用断熱材関係の研究開発動向：岩前 篤 ・WPRC の標準化と技術開発・研究の動向：古田裕三	第10回 アジア・オセアニア国際火災科学技術シンポジウム参加報告：穴倉大樹	海外インターンシップ報告 Vietnam Institute for Building Materials (VIBM) でのインターンシップを終えて：大西智哲			
規格基準紹介	【業界の取組み】 ・INAX-ASEAN 加盟国とベトナムの人々の生活の質を向上させてきた20年間のみちのり：Nguyen Quang Tiep, 伊藤慎二 ・WPRC(木材プラスチック再生複合材)市場動向：菊池武恭	JIS A 1412-1 [熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法 - 第1部：保護熱板法 (GHP 法)] の改正について - 改正原案作成委員会の審議・検討概要報告 -：田坂太一	JIS A 6301 (吸音材料) について：阿部恭子	JIS A 5031 及び JIS A 5032 の改正原案について - 改正原案作成委員会の審議・検討概要報告 -：室屋しおり	JIS A 1304 (建築構造部分の耐火試験方法) の改正原案作成について - 改正原案作成委員会の審議・検討概要報告 -：常世田昌寿	浸水防止用設備の浸水防止性能試験方法 JSTM K 6401-1 及び 6401-2 の制定について：松本知大
基礎講座	・ASEAN 諸国への高日射反射率塗料の普及に向けての取組み：渡辺健児 【海外試験研究機関の紹介】 ・ベトナム建築材料研究所 [Vietnam Institute for Building Materials (VIBM)] について：大西智哲 ・マレーシア木材産業局 [Malaysian Timber Industry Board (MTIB)] について：熊谷瑤子	熱の基礎講座 第3回 省エネルギーの基本 ①断熱編：萩原伸治	木材と建築 第1回 木材利用と木造建築：中島史郎	雨・風と建築/建材 建材に要求される耐風性能と水密性能 ⑦ 建物の水害対策：松本知大		木材と建築 第2回 木質材料の種類と特徴：早崎洋一
試験設備紹介				100kN 電動貫入装置：松本智史	200kN 全自動耐圧試験機：古山英資	コーンカラーメーター：高橋一徳
業務紹介	【試験報告】 ・木材・プラスチック再生複合材の性能試験：石川祐子 ・真空断熱材の断熱性試験：馬淵賢作 【試験設備紹介】 凍結融解試験機(A法)：杉原大祐		収納家具の性能試験：渡辺 一	中央試験所の拡張・整備計画の概要：川上 修 浸水防止設備の技術評価：和田暢治 アスファルト混合物の試験業務について：高館明裕		中央試験所・技術課新設について：和田暢治
連載	建物の維持管理 ＜第20回＞：村島正彦	建築に学ぶ先人の知恵 世界の伝統的建築構法 第4回 カルパチア山脈周辺の木造教会と校倉民家：南 一誠	ダニと住環境 II. ダニの増殖と住環境要因 第7回「ダニと住まい方」編：高岡正敏		建築に学ぶ先人の知恵 世界の伝統的建築構法 第5回 中国安徽省の古民家群 宏村・呈坎：南 一誠	各種建築部品・構法の変遷 第1回 天然スレート葺きおよびアスファルト系屋根の変遷：真鍋恒博
その他	年間総目次 2015 VOL. 51.1月～12月		ごあいさつ 建材試験情報誌委員会の委員長を終えるにあたり：田中享二	委員長就任のご挨拶：阿部道彦	平成28年度事業計画	

(2016 VOL52. 1月～12月)

7月号	8月号	9月号	10月号	11月号	12月号
建築用断熱材としての真空断熱材(VIP):赤坂裕	健全な競争による技術開発を可能にする性能検証:加藤信介	知財四題:奥田慶一郎	建材試験センター着任の雑感:松本浩	耐久性を証明することの難しさ:西川和廣	経済産業省における国際標準化の取組について:藤代尚武
	鉄筋集材材構法の概要と構造性能および試作棟:塩屋晋一	ジオポリマーおよびその建材分野における実用化に向けて その1 硬化機構および反応生成物:李柱国	建築産業展望 オリンピック後のレガシーに向けて:野城智也	ISO55001アセットマネジメントシステムの認証取得について:岡本芳樹	ジオポリマーおよびその建材分野における実用化に向けて その2 使用材料および利用状況:李柱国
カーテンウォールの熱貫流率評価法に関する検討-熱貫流率評価法の精度検証 -:秋原伸治	建築用真空断熱材の断熱性能の測定方法に関する検討:馬淵賢作	自力避難困難者の一時退避場所の安全性に関する研究:松本知大	真空断熱材の長期耐久性試験方法に関する検討-熱・湿気による断熱性能変化に関する実験 -:田坂太一	火災加熱を受けるコンクリートの荷時熱ひずみに及ぼす水分の影響に関する実験的研究:山下平祐	CLTを用いた高耐力の耐力壁に関する研究-CLT耐力壁の面内せん断試験 -:小森谷 誠
防火ダンパーの耐火性能試験:佐川 修	鉄筋コンクリート用棒鋼溶接継手の一方繰返し試験:佐島 淳	軽量シャッター(手動式)の開閉繰返し試験:渡辺 一	耐火被覆H形鋼・直交集成板の接合床の2時間耐火性能試験:河野博紀	パイプサポートの両端ナイフエッジ押しによる圧縮強度試験:大西智哲博紀	
2015年度 調査研究事業報告:鈴木澄江, 室星しおり		「コンクリートテクノプラザ2016」の出展報告:伊藤嘉則	国際会議報告 ISO/TC 92/SC2(火災安全/火災の封じ込め)エディンバラ会議報告:常世田昌寿	国際会議報告 国際会議 SiF2016 参加報告:山下平祐	国際会議報告 ISO/TC 146/SC6(大気 の 質 / 室内空気) アメリカ・バーリントン会議報告:伊藤一秀 国際会議報告 ISO/TC 163/SC1(建築環境における熱的性能とエネルギー使用/試験および測定方法)ドイツ・ベルリン会議報告:秋原伸治, 田坂太一, 佐竹 円
「JSTM H 8001 土工用製鋼スラグ砕石」の改正について:中村則清	JIS A 1476(建築材料の含水率測定方法)の改正原案作成について-改正原案作成委員会の審議・検討概要報告 -: 室星しおり	JIS A 5706(硬質塩化ビニル雨どい)の改正について:村井 陸	建築材料の比熱測定法(断熱型熱量計法) JSTM H 6107の制定について:佐伯智寛	JSTM C 2105(コンクリートの圧縮強度試験用供試体の平面度及び直角度測定方法)制定について:室星しおり	プレキャストコンクリート製品関連JISの改正内容と認証のポイント:丸山慶一郎
		木材と建築 第3回 木造軸組耐力壁の試験・評価方法:上山耕平			熱の基礎講座 第4回 断熱性能のはかり方 ①熱伝導率編:田坂太一
高温用保護熱板法熱伝導率試験装置:高木 亘	シャルピー衝撃試験機:吉田仁美		飛び火試験装置:宍倉大樹	コンクリートの圧縮強度試験用供試体の平面度測定「平面度測定器」:山口裕士	
鉄筋引張計測システムの導入について:藤巻敏之	試験所紹介 西日本試験所:山邊信彦 アセットマネジメントシステムの概要と現状:林 淳	試験室紹介 船橋試験室:成毛 勝			
ダニと住環境 II. ダニの増殖と住環境要因 最終回「住居内のダニ対策」編:高岡正敏	建材への道のり 第1回 素材と材料:田村雅紀	建築に学ぶ先人の知恵 世界の伝統的建築構法 第6回 清らかなモダニズム建築 吉田鉄郎が目指したもの:南 一誠	各種建築部品・構法の変遷 第2回 我が国のセメント系屋根葺き構法の変遷:真鍋恒博	建材への道のり 第2回 石材編:田村雅紀	建築に学ぶ先人の知恵 世界の伝統的建築構法 第7回 住宅・建設産業のイノベーション -建築ストック活用と社会変化をもたらすもの -: 南 一誠
					たてもの建材探偵団 佐賀市の築地の反射炉・多布施の反射炉と精煉方など:木村 麗 年間総目次 2016 VOL. 52.1月～12月

あとがき

今年も残りあとわずかです。2017年を迎えます。今年を振り返ると、このあとがきでは書ききれないほど様々な出来事がありました。4月に熊本、10月には鳥取で大きな地震が発生し甚大な被害をもたらしました。その中で火災被害についてはあまり目立つことはなかったものの、地震と火災は非常に密接な関係があります。地震が発生し避難する前に、ブレーカーを落としてから避難することを消防庁が呼び掛けています。地震時の停電などから電気が復旧し通電した際、熱を発生する電気機器から（もしくはその周囲の物へ）発火し火災につながる恐れがあるからです。いざというときにこの行動をとることが出来れば、被害を抑えることができるはずですが、こういった呼びかけがあることを世間はどのくらい認知しているのでしょうか。今やネットの時代でもあるので、思っている以上に認知されているのかもしれませんが、実際に行動することはめったにないかもしれませんが、この行動が“あたりまえの行動”として浸透していくことを願います。

(穴倉)

編集をより

本誌「建材試験センターニュース」にてご案内しましたが、平成29年1月より、発行形態、発行回数、発行日が変わります。

本誌は、昭和40（1965）年9月に「建材試験会報」として出発し、本年で52年目を迎えました。現在の制作会社である株式会社工文社には平成3年4月号より約25年にわたり、機関誌発行にご協力いただき、厚く御礼申し上げます。当時、機関誌と並行して発行していた「建材試験センターニュース」との統合やA4へのサイズ変更、カラーページの導入など、読みやすい誌面づくりに多大なご協力をいただきました。

平成29年1・2月号からは電子ブックでの提供に伴い、制作会社が変わります。PCやタブレット等の電子機器からでも読みやすい誌面を目指し、コンテンツ・デザインを刷新致します。新たな試みとして、編集の意図が皆様に伝わるよう、毎号コンセプトを設定して構成・デザインに配慮していく予定です。

当センターでは今後も読みやすく・わかりやすい誌面作りに取り組んでまいります。引き続きご愛読いただけましたら幸いです。

(佐竹)

建材試験 情報

12

2016 VOL.52

建材試験情報 12月号
平成28年12月1日発行

発行所 一般財団法人建材試験センター
〒103-0012
東京都中央区日本橋堀留町2-8-4
日本橋コアビル
<http://www.jtccm.or.jp>

発行者 松本 浩
編集 建材試験情報編集委員会
事務局 経営企画部 企画課
TEL 048-920-3813
FAX 048-920-3821

本誌の内容や記事の転載に関するお問い合わせは事務局までお願いします。

建材試験情報編集委員会

委員長

阿部道彦（工学院大学・教授）

副委員長

砺波 匡（建材試験センター・理事）

委員

石井俊靖（同・総務課主任）

守屋嘉晃（同・中央試験所構造グループ
統括リーダー代理）

田坂太一（同・中央試験所環境グループ主幹）

穴倉大樹（同・中央試験所耐火グループ）

佐藤直樹（同・工事材料試験所浦和試験室
室長代理）

深山清二（同・ISO審査本部審査部主任）

木村 麗（同・性能評価本部性能評価課主幹）

山本圭吾（同・製品認証本部管理課）

早崎洋一（同・西日本試験所試験課主任）

事務局

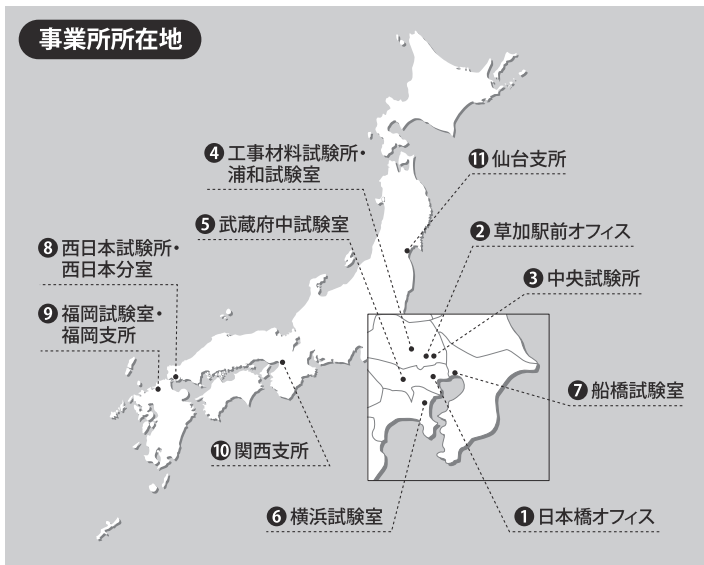
鈴木澄江（同・経営企画部部長）

伊藤嘉則（同・企画課課長代理）

佐竹 円（同・企画課主任）

藤沢有未（同・企画課）

制作協力（印刷・製本） 株式会社工文社



1 日本橋オフィス

〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町2-8-4
日本橋コアビル5階

ISO審査本部

審査部
TEL: 03-3249-3151 FAX: 03-3249-3156
開発部・GHG検証業務室
TEL: 03-3664-9238 FAX: 03-5623-7504

製品認証本部

TEL: 03-3808-1124 FAX: 03-3808-1128

最寄り駅から

- ・東京メトロ日比谷線・都営地下鉄浅草線人形町駅 (A4出口) より徒歩3分
- ・都営地下鉄新宿線馬喰横山駅 (A3出口) より徒歩5分
- ・JR総武本線快速馬喰町駅 (1番出口) より徒歩7分
- ・JR各線・新幹線東京駅 (八重洲中央口) からタクシーで約15分

2 草加駅前オフィス

〒340-0015 埼玉県草加市高砂2-9-2 アコス北館Nビル
性能評価本部 (6階)

TEL: 048-920-3816 FAX: 048-920-3823

総務部 (3階)

TEL: 048-920-3811 (代) FAX: 048-920-3820

経営企画部 (6階)

企画課
TEL: 048-920-3813 FAX: 048-920-3821
調査研究課
TEL: 048-920-3814 FAX: 048-920-3821
顧客サービス室
TEL: 048-920-3813 FAX: 048-920-3821
検定業務室
TEL: 048-920-3819 FAX: 048-920-3825

最寄り駅から

- ・東武スカイツリーライン草加駅 (東口) より徒歩1分

3 中央試験所

〒340-0003 埼玉県草加市稲荷5-21-20

TEL: 048-935-1991 (代) FAX: 048-931-8323

管理課

TEL: 048-935-2093 FAX: 048-935-2006

技術課

TEL: 048-931-7208 FAX: 048-935-1720

材料グループ

TEL: 048-935-1992 FAX: 048-931-9137

構造グループ

TEL: 048-935-9000 FAX: 048-931-8684

防耐火グループ

TEL: 048-935-1995 FAX: 048-931-8684

環境グループ

TEL: 048-935-1994 FAX: 048-931-9137

▶ 右段へつづく

最寄り駅から

- ・東武スカイツリーライン草加駅 (東口) または松原団地駅 (東口) からタクシーで約10分

高速道路から

- ・常磐自動車道・首都高速三郷IC (西口) から約10分
- ・東京外環自動車道草加ICから国道298号線を三郷方面に向かい約15分

4 工事材料試験所・浦和試験室

〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島2-12-8

管理課 / 品質管理室

TEL: 048-858-2841 FAX: 048-858-2834

浦和試験室

TEL: 048-858-2790 FAX: 048-858-2838

住宅基礎課

TEL: 048-858-2791 FAX: 048-858-2836

最寄り駅から

- ・JR埼京線南与野駅 (西口) より徒歩15分

5 武蔵府中試験室

〒183-0035 東京都府中市四谷6-31-10

TEL: 042-351-7117 FAX: 042-351-7118

最寄り駅から

- ・京王線中河原駅よりバスで約15分
四谷六丁目循環バス四谷六丁目下車し徒歩2分
- ・都営泉2丁目バス四谷泉下車し徒歩1分

高速道路から

- ・中央自動車道国立府中ICから約5分

6 横浜試験室

〒223-0058 神奈川県横浜市港北区新吉田東8-31-8

TEL: 045-547-2516 FAX: 045-547-2293

最寄り駅から

- ・横浜市営地下鉄新羽駅 (出口1または出口2) より徒歩15分
- ・東急東横線綱島駅よりバスで約15分
新横浜駅行, 新羽駅行, 新羽営業所行バス貝塚中町下車し徒歩約2分

7 船橋試験室

〒273-0047 千葉県船橋市藤原3-18-26

TEL: 047-439-6236 FAX: 047-439-9266

最寄り駅から

- ・JR武蔵野線船橋法典駅よりバスで約10分
桐畑・市川営業所行, 桐畑・中沢経由ファイターズタウン鎌ヶ谷行バス藤原5丁目下車し徒歩3分

8 西日本試験所

西日本分室 (製品認証本部)

〒757-0004 山口県山陽小野田市大字山川

TEL: 0836-72-1223 (代) FAX: 0836-72-1960

最寄り駅から

- ・JR山陽本線・山陽新幹線厚狭駅からタクシーで約5分

高速道路から

- ・山陽自動車道植生ICから国道2号線を小郡・広島方面に向かい約5分
- ・山陽自動車道山口南ICから国道2号線を下関方面に向かい約40分
- ・中国自動車道美祿西ICから国道65号線を国道2号線 (山陽方面) に向かい約15分

9 福岡試験室 (西日本試験所)

福岡支所 (ISO審査本部)

〒811-2205 福岡県糟屋郡志免町別府2-22-6

福岡試験室 (西日本試験所)

TEL: 092-622-6365 FAX: 092-611-7408

福岡支所 (ISO審査本部)

TEL: 092-292-9830 FAX: 092-292-9831

最寄り駅から

- ・福岡市営地下鉄福岡空港駅より徒歩10分
- ・JR各線・新幹線博多駅よりバスで約20分
西鉄バス (30, 32, 33番路線) 別府で下車し徒歩1分

高速道路から

- ・九州自動車道福岡ICから都市高速または国道201号線を福岡方面に向かい約20分
- ・九州自動車道太宰府ICから国道3号線を福岡空港国内線ターミナル方面に向かい約20分
- ・福岡都市高速空港通ランプを福岡空港国内線ターミナル方向に向かい約5分
- ・福岡都市高速榎田ランプを福岡空港国内線ターミナル方面に向かい約10分

10 関西支所 (ISO審査本部)

〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原2-14-14

新大阪グランドビル10階

TEL: 06-6350-6655 FAX: 06-6350-6656

最寄り駅から

- ・市営地下鉄御堂筋線東三国駅 (4番出口) より徒歩2分
- ・JR東海道新幹線・山陽新幹線新大阪駅 (新幹線中央改札出口) より徒歩8分

11 仙台支所

〒980-0014 宮城県仙台市青葉区本町3-5-22

宮城県管工事会館7階

TEL: 022-281-9523 FAX: 022-281-9524

最寄り駅から

- ・仙台市営地下鉄勾当台公園駅 (北2出口) より徒歩5分
- ・JR各線・新幹線仙台駅 (西口) より徒歩20分



<http://www.jtccm.or.jp>

建材試験センター	検索
----------	----