

BLつくば

Vol. 22
2019

第22号

建築試験研究センター情報 令和元年6月

<巻頭言>

新時代の幕開け

<特集>

◎省エネ技術に係わる最近の話題



一般財団法人
ベターリビング つくば建築試験研究センター



巻頭言

新時代の幕開け 長崎 卓	3
-----------------------	---

特集

省エネ技術に係わる最近の話題	
・省エネルギーの半世紀 坂本 雄三	5
・省エネルギー基準評価プログラムの開発 評価法の拡張と新技術評定スキームの構築 宮田 征門	10
・住宅の断熱性が与える影響について 南雲 祐輝	16
・全熱交換器JIS改正点について 菅 哲俊	20
・省エネ適合性判定について 斎藤 卓三	24

試験・研究情報

つくば建築試験研究センターで実施している環境系試験の紹介 黒鳥 皓史	26
---------------------------------------------	----

トピックス

木造トラスの設計方法と事例 津田 千尋	28
------------------------------	----

施設紹介

床衝撃音試験施設で実施している試験の紹介 高橋 央	33
------------------------------------	----

事業報告

自主研究1：構造用集成材梁の火災時たわみ挙動の把握 堀尾 岳成、野中 峻平、福田 泰孝、金城 仁、平島 岳夫、清水 邦夫、馬場 重彰、染谷 朝幸	35
自主研究2：羽根付き杭の水平抵抗特性に関する研究 久世 直哉	39
自主研究3：融合不良が溶接部の力学的性能に与える影響 服部 和徳、宗川 陽祐	41
自主研究4：熱交換器の性能試験に用いる空気混合装置の開発 菅 哲俊	46

事業報告

自主研究5：ガス有害性試験方法の見直しのための基礎データ収集 福田 泰孝	47
2019年3月11日 BLフォーラム 大規模木造建築 欧州と日本 最新情報 岡部 実	48
平成30年度 TBTL実施業務概要（完了実績）	50

その他

自己紹介	
山田 宗範	52
山形 雄太	53
ライフstyle	
有馬 諒	54

編集後記

表紙写真撮影：福田 卓矢

新時代の幕開け

常務理事 長崎 卓

令和の時代が始まりました。30年前の平成の始まりが、当時はバブル経済の絶頂期であったにも関わらず、昭和天皇の崩御に伴いどこか暗く沈んだ空気に包まれていたのとは対照的に、令和は5月の陽光の下（関東地方では何度か雨も降りましたが・・・）、加えて初めての10連休ということもあって、明るく希望に満ちた空気の中で始まったような気がします。

この幕を開けたばかりの令和がどういう時代になるのか予想は難しいのですが、逆に30年前の平成の時代の始まりに何が起きたのかを改めて振り返ってみると、平成元年（1989年）というのは、いろいろと興味深い出来事があった年でした。

それらの中から、個人的に目を引いた出来事を概ね起きた順に取り上げてみると、まず4月には消費税3%が導入されました。支払いが1円単位になるため、当時はお店によって釣銭用の1円玉が不足するといった騒ぎ(?)も聞かれましたが、秋に10%への改定が予定されている今年、クレジットカードや電子マネーによる支払いが増えてきたせい、か、そのような心配は全く聞かれません。むしろカードで払うとポイントが還元されるなどと聞くと、隔世の感があります。お金というものが紙幣や硬貨というモノではなく、一種の信用であることを実感させる変化だと思います。

同じ4月には、携帯型ゲーム機「ゲームボーイ」が発売になり、6月にNHK-BSの本放送が始まりました。今日、通勤電車の中でスマホのゲー

ムに興じている人たちの姿を思い、また、4K、8Kといった高精細の映像が、エンターテインメントに限らず様々な分野で応用されはじめていることを思えば、どちらもその後につながるエポックメイキングな出来事だったと思います。

国内政治では、1年のうちに総理大臣が2回も交代するなど落ち着きのない年でしたが、世界に目を向けると、6月には中国で天安門事件が発生、11月にはベルリンの壁が崩壊し、12月には時の米ソ首脳により冷戦の終結が宣言されるという、その後の世界の枠組みに大きな影響を与えた出来事がありました。

また、平成の時代は地震や台風などの自然災害を抜きには語れませんが、10月には、サンフランシスコでマグニチュード6.9の大地震、「ロマ・プリータ地震」が発生し、高架の高速道路が崩壊するということが起きました。当時、専門家と称する人たちがそのようなことは日本では起きないと言っていたにもかかわらず、6年後の阪神淡路大震災での、阪神高速が横倒しになった映像は今でも鮮明に覚えています。

そして経済。10月には、日本企業がニューヨークのロックフェラーセンターを買収したということが、バブル経済の象徴として話題になりました。しかしながら、年末の東京証券取引所の大納会で、日経平均株価が史上最高値の38,957円44銭を記録したのを最後に、年明けの大発会から株価は下落に転じ、いわゆる「バブルの崩壊」が始まりました。

平成元年（1989年）の出来事はこれだけではありませんが、改めて振り返ってみると、やは

り時代を画すような、あるいはその後の30年を予感させるような、そういう年だったという気がします。果たして、令和元年はどんな年になるのでしょうか。

ベターリビングは、ちょうど時代が平成に変わる前の年（1988年）の8月に、財団の名称をそれまでの「住宅部品開発センター」から「ベターリビング」に改め、優良住宅部品（BL部品）の認定や住宅部品の試験・評価に限らず、「より良き住まい、より良き住環境、より良き建築の実現」に貢献することを目指して、住宅・建築物の設計、施工、部品、材料等に関する試験、評価、登録等の業務や、住生活に関する調査・研究業務など幅広く実施する組織への脱皮を図りました。

それから30年が経過し、目指したものはまだ道半ばかもしれませんが、今年の3月末にはさらなるステップアップを図るべく、令和元年度を初年度とする5か年の新しい中期計画を策定しました。

新しい中期計画では、先行き不透明な住宅・建築市場の下で、事業環境の変化にも柔軟かつ的確に対応できるように、財団運営の基本方針として、①安定的な経営基盤の確立、②持続可能で柔軟な組織・体制の整備、③生産性、業務品質向上や安全性・快適性確保のための基盤の整備、④公正・中立な基準認証・試験研究機関としてのプレゼンス向上の4つの取り組みを掲げました。

また、個々の事業においても、優良な住宅部品の開発普及の促進、材料・構法の試験等、住宅・建築物の確認検査等、及びマネジメントシステムの審査・登録のいわば財団運営の4本柱ともいべき事業を中心に、業務品質の確保とコンプライアンスに留意しながら、引き続き幅広い事業を展開することとしています。

つくば建築試験研究センターにおいては、市場環境や顧客ニーズに対応しつつ品質の高い

サービスを提供していくこととし、特に基礎・地盤関係の試験・評価の体制・設備を整備するとともに、新たな環境試験棟の整備とあわせて、省エネルギー性能に関する機器・技術の性能確認試験等に積極的に取り組むこととしています。

また、建築物等の省エネ性能の評価はベターリビングが得意としている事業分野の一つですが、建築物省エネ法の改正による対象建築物の拡大への対応はもちろん、より高い省エネ性能を目指すネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）／マンション（ZEH-M）／ビル（ZEB）の評価や、地中熱利用等の新技術の性能評価にも積極的に取り組むこととしています。

住宅・建築物の環境性能に関してもう一つ、ベターリビングとして積極的に取り組んでいるのが、住宅における良好な温熱環境の実現に向けた取り組みです。

住宅の温熱環境を整えることは、血圧の改善、入浴リスクや夜間頻尿リスクの低減につながるなど、健康に大きく影響することが明らかとなりつつあります。

一方で、わが国の特に古い住宅の温熱環境は劣悪で、冬季に浴室・トイレ・脱衣室等において身体が低温に曝されることで、いわゆるヒートショックをはじめ様々な健康被害や事故が発生しています。

こうした問題に対応するため、ベターリビングでは2016年度から3年間にわたって研究を進め、提言を取りまとめました。今後は、提言への幅広い理解を得るとともに、住宅における温熱環境の改善に資する改修手法や住宅部品の開発・普及に取り組むこととしています。

何はともあれ、いよいよ始まった令和の時代。何が待ち構えているかは予想できませんが、何があろうとも柔軟に対応できるような、しなやかで強いベターリビングでありたいものです。

省エネルギーの半世紀

東京大学名誉教授 坂本 雄三

1. はじめに

筆者はすでに引退した身なので、研究や基準の最先端などについて紹介することはできない。そこで、昔話をして若い読者を少し誤魔化そうと思う。筆者がまだ20～30才代のころ、老齢の先生方の中には、学会の学術講演会で自分の最新の研究成果を発表するのではなく、研究の歴史的なことについて発表されている方もいた。若い自分は、学会は自分が研究した新しいことや人が知らないことを発表する場であると思っていて、歴史などの皆が既知の事実は学会で発表するには相応しくないテーマであると思っていた。しかし、今、自分がそのような老齢の立場になると、歴史や昔話しかできない状況であり、昔の自分の考え方であれば発言権がないことになってしまうのだが、原稿を引き受けてしまったので、批判を承知の上で昔日を振り返ってみる。

テーマは「住宅・建築の省エネルギーの歴史」である。第1次オイルショックが起きたのが1973年であり、日本の省エネルギー政策などはこれを契機に始まったので、「歴史」といっても高々50年弱である。恩師である松尾陽先生（故人）が、その当時から省エネ基準の策定などに携わっていたので、筆者もエネルギー問題に躊躇することなく深く関わることになった。爾来、中断することもなく、40数年間、この分野で仕事をしてきた。

2. 省エネ分野のキーワードの変遷

振り返れば色々な話題や思い出があるが、今でも記憶に残っているキーワードを少し整理して示そう。次ページの表1である。これらのキーワードは筆者の主観で選んだものであるので、些末なものが入っていたり、重要なものが抜けていたり、異論のある人も多いと思う。これらのキーワード一つ一つの解説は誌面の制約上、省略せざるをえないが、現在も使われている技術や用語が割合多く載っているのではないかと思う。というか、筆者は現在も残っているものをよく記憶しており、残っていないものの多くは忘れてしまっているので、そうしたものがこの表に存在しないのは当然かもしれない。残らなければ忘れ去られるということであろう。

この表から、国際社会の動向の影響と、省エネ技術に対する国内外の反応（成果）を感じ取ってもらえれば幸いである。省エネルギーは、最初はエネルギー資源の浪費防止を目的として始まったが、その後、地球温暖化防止のためのCO₂削減の有力な手法としても位置づけられ、今や、その目的は二つになっている。この表から日本の省エネルギーの発展や変遷を読み取ることができるので、以下にまとめてみた。

① 日本では、2度のオイルショック以後、省エネ法が制定され、それに基づき建築物の省エネ基準が策定された（1980年）。ビル建築ではPALとCECという指標が使われ、空調（暖冷房）負荷の少ない外皮設計と、エネルギー効率の高い設備システムが目指すべき方向として明らかにされた。

- ② 一方、住宅では、まず断熱化によって暖房負荷を削減する方向が示され、木造住宅の高断熱・高気密技術の開発が進められた。その結果が次世代基準の制定（1999年）につながった。
- ③ 1980年以降は、ビル建築において、設備のパーソナル化や制御技術が進化した。中でもエアコン・空調機器のインバーター制御（熱量や流量の制御）や照明のセンサー制御

は省エネに大いに貢献している。また、自然通風や昼光利用の採用も試みられ、環境建築とかサステナブル建築という用語が生まれた。

- ④ 住宅の方では、ヒートポンプ機器の技術革新が進んだ。超省エネ的な壁掛けエアコンやヒートポンプ給湯機（エコキュート）が実現し、住宅設備の省エネルギー基準の策定へとつながった。

表1 歴代の省エネ関係の技術やトピックに関するキーワード

時代	社会・行政のトピック	主にビル建築の技術やトピック	主に戸建住宅の技術やトピック	電気・機械技術のトピック
1970年代	ローマクラブ	HASP/ACLD	断熱材	ヒートポンプエアコン
	オイルショック	シックビルディング	寒住法改正	
		全熱交換機		
1980年代	省エネ法	吸収式冷凍機		
	建築物の省エネ基準	PALとCEC	太陽熱温水器	
		熱線反射ガラス	パッシブソーラーハウス	
		ダブルスキン	建設省総プロ	
		ビルマルチエアコン	高断熱・高気密	
		ガスヒートポンプ	Q値とC値	
		自然通風	外壁の通気層	
1990年代	地球温暖化問題	HASP/ACSS	新住協	コジェネレーション
	ヒートアイランド問題	床吹き出し空調	R2000住宅	インバーター技術
		タスク&アンビエント	外断熱・外張断熱	VAV,VWV
		エアフローウィンドー	SMASH	
		サステナブル建築	シックハウス	
	家電のトップランナー基準 京都議定書	CASBEE BEMS	低放射複層ガラス 樹脂サッシ	
2000年代	地熱利用の促進	コミッションング	オール電化住宅	照明制御技術
	品確法と住宅性能表示制度	省エネ改修	エコキュート	LED
		モジュールチラー	エコジョーズ	太陽光発電の効率向上
		デシカント空調	住宅換気の義務化	
2010年代		BEST	断熱リフォーム	
	エコポイント（住宅・家電）	ZEB	エコハウス	ブラシレス直流モーター
	FIT制度	木造振興	ZEH	燃料電池
	震災による原発停止		HEAT20	蓄電池
	建築物省エネ法	省エネ基準の義務化	断熱と健康（血圧低下）	
	パリ協定	1次エネルギー消費計算	HEMS	
			全館空調	
SDGs		希ガス入り3層ガラス		

- ⑤ 21世紀に入ると、太陽光発電の高効率化やコストダウンが進み、ZEH（ゼロエネ住宅）とZEB（ゼロ・エネルギー・ビル）が現実のものになり、補助金給付などの政策が実施された。
- ⑥ 以上のような発展と進化を遂げた省エネ技術を正当に評価するために、省エネ基準が抜本的に見直され、ビル建築も住宅も主要な部分は1次エネルギー消費量を用いた評価に改められた（2013年）。また、その計算のために、万人が無料で使用できるwebプログラムが公開された。
- ⑦ 上記の省エネ基準の改正に続く形で、建築物省エネ法が制定され（2015年）、適合基準と誘導基準の制定など、建築物の省エネ行政が抜本的に整備された。

3. エネルギー消費量の変遷

1973年以後の毎年の日本のエネルギー消費量（2次エネルギー）を下の図1に示す。エネルギー消費量のデータは、言ってみれば「結果」である。国内外の政治、経済、技術革新、研究など、人間の全活動の結果がこのデータに反映されていると言ってよい。この図と前頁の表1から、日本の住宅・建築の省エネルギーについ

て、以下のことを読み取っていただければ幸いである。

- ① 基本的にエネルギー消費量には、1985年以降のバブル経済などのように、国内の経済状況が強く反映される。オイルショック（1973年と1978年）やリーマンショック（2008年）などの経済ショックは直ちに影響が表れた。
- ② 一方で、京都議定書（1997年）やパリ協定（2015年）などの取り組みは、ゆっくりとエネルギー消費量に影響を与えるように見える。
- ③ 1973年以降は、住宅（家庭部門）と建築（業務他部門）のエネルギー消費の伸び率が大きい。これは、日本人の住生活が向上したことと、産業構造が第3次産業へかなりシフトしたことの結果である。
- ④ 省エネルギーの技術革新や政策の影響が反映されて、図に示すようなエネルギー消費の結果が生じている。つまり、2008年以降は、家庭部門（住宅部門）も業務部門（ビル建築部門）もエネルギー消費が減少しつつある。省エネルギーの技術革新や政策が少しずつ効果を発揮しているからである。

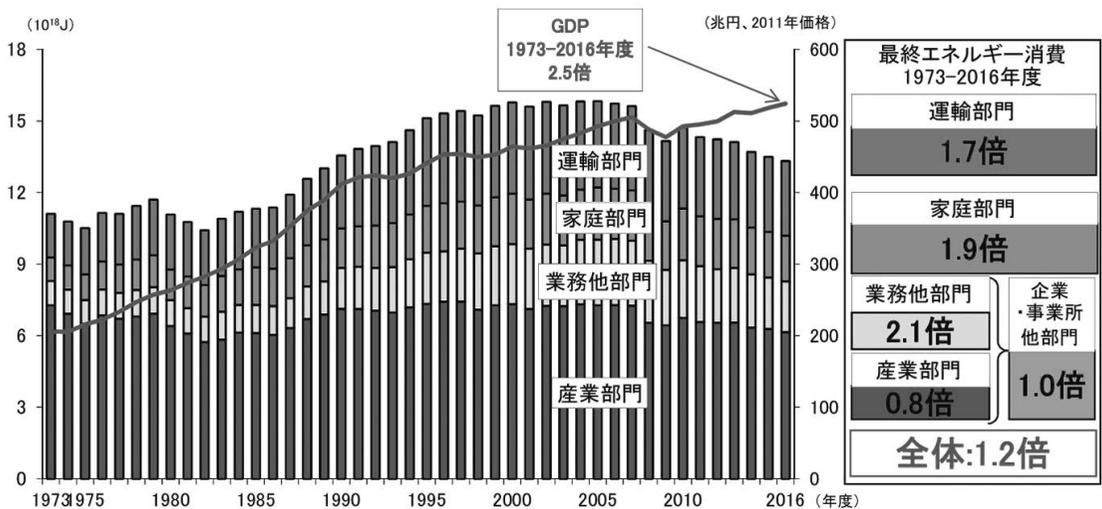


図1 日本のエネルギー消費の内訳と推移（出典：エネルギー白書2018¹⁾）

人口減少による影響と推理する人もいるかもしれないが、人口減少が始まったのは2014年であるので、人口減少はこのエネルギー消費の減少の原因とは考えにくい。

- ⑤ パリ協定（2015年12月締約）では、日本は2030年までに2013年比で26%のCO₂を削減することを宣言している。上記のようにエネルギー消費量が低減していることは、パリ協定の目標達成には好ましい傾向である。

このように、この半世紀の間、色々な技術革新と政策によって、結果として順調に見える結果がもたらされている。この結果について、どのような技術や政策が効果的だったか、もう少し分析や推測を深めたいものだが、残念ながら日本ではそれは難しいかもしれない。なぜなら、日本のエネルギー消費統計は十分なものとは言えず、そのような詳細な分析は不可能と考えられるからである。

4. 省エネ基準の苦悩

ということで、次の話題は筆者が半世紀に亘って関係してきた「省エネ基準」にしたい。建築・住宅の省エネ基準は、オイルショックの後、その対応策として1979年に制定された省エネ法「エネルギーの使用の合理化に関する法律」に基づき、1980年に初めて告示された。この基準は、その後、何回か改正されたが、強制力を持たない「努力義務を謳う」法律を根拠とする基準であったので、規制の効果は十分とは言えなかった。要するに、省エネは、耐震や防火とは異なり建築物の必須要件とは見なされず、省エネ基準を無視しても、建築確認申請は受理され、建物を建てられたのである。これが、「省エネ基準の苦悩」のそもそもの原因である。上述のように、省エネ基準は何度か改正・拡充されたが、省エネ法が根拠法である限り、適合の義務化は無理であり、「省エネ基準の適合に関する届出の義務化」が精一杯であった。

ところが、欧米では強制力を有する省エネ基準を有する国や州が多いこと（OECD加盟34カ国のうち、28カ国が省エネ基準の適合を義務化している）、また東日本大震災後の全原発の停止・再審査のために化石燃料の輸入が増大したこともあって、政府は2013年に建築・住宅の省エネ基準を段階的に適合義務化することを閣議決定した（日本再興戦略²⁾ p.74）。この決定は、省エネ基準の運用における大飛躍であり、それまでの「努力義務」の扱いとは根本的に異なる。そして、それを実現するために、2015年には前述した「建築物省エネ法（建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律）」を制定した。つまり、根拠となる法律を「省エネ法」から新たな「建築物省エネ法」に移し変えたのである。それまでの「努力義務」と新たな「適合義務」との大きな違いは、個々の建物の建設に行政のチェックが必ず入るか否かである。適合義務の場合には、行政機関のチェックが必ず入り、基準に適合していないものには建築確認が下りない。建築確認が下りていないのに建設すれば、それは違反建築となり処罰される。また、建築確認という行政手続きは日本では定着していて、建築基準法などの遵守が厳格に行われている。したがって、省エネ基準の適合チェックも、この建築確認の手続きの中に盛り込めば、無理なく省エネ基準の適合義務を実現できるのである。

しかし、ここにまた「苦悩の種」が潜んでいた。省エネ基準の適合義務化は、「日本再興戦略」にも書かれている通り、段階的に進められることになっていて、まずは2017年4月に床面積が2000㎡以上の非住宅建築物から、適合義務化が順調にスタートした。ここまではOKである。2019年には建築物省エネ法を改正して、この対象を拡大することになったが、ここでまた「苦悩」することになりそうなのである。現在の政府の改正案では、適合義務化は300～2000㎡の非住宅建築に拡大されるだけであり、300㎡以下の建物は住宅も非住宅も適合義

務化の対象から外れる改正案となっている。その理由については言及しないが、この改正案が2013年の閣議決定を反故にするものであることだけは明確にしておきたい。日本の全建築・全住宅に対して、省エネ基準が適合義務化される日はまだ遠い。耐震基準や防火基準と同じように適合義務基準となって、ようやく省エネ基準は「一人前の扱い」となり、「苦悩」から解放されるのである。

以上のように、高々50年の歴史しかない省エネルギー分野であるが、技術革新が非常に進むのは結構なもの、行政上の扱いにおいては、綱引きが続いており、省エネ基準は「苦悩」が続いている。

5. 省エネルギーの近未来

最後に、省エネルギーの近未来について、若干述べておく。省エネの技術革新はまだまだ続くものと予想される。トップを引き上げる技術、ボトムアップに貢献するものなど様々なものが

考案され、生き残るものが現れるであろう。省エネ基準もそうした新たな技術に対応することを迫られ、その効果を評価していかねばならない。省エネ基準が10年以内に適合義務化され、苦悩から解放されることを期待する。

【参考文献】

1. 経済産業省資源エネルギー庁：「平成29年度エネルギーに関する年次報告」（エネルギー白書2018）、平成30年6月
2. 首相官邸ホームページ：https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf、2013/06/14



坂本 雄三
(さかもと ゆうぞう)
東京大学名誉教授、工博
一般財団法人 日本建築セン
ター 顧問
国立研究開発法人 建築研究
所 前理事長
専門：建築環境工学

省エネルギー基準評価プログラムの開発

評価法の拡張と新技術評価スキームの構築

国土技術政策総合研究所 住宅研究部 建築環境研究室 宮田 征門

1. 省エネ基準評価プログラムの概要

平成 29 年 4 月より、2000m² 以上の非住宅建築物については、建築物省エネ法（建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律、平成 27 年法律第 53 号）に基づく省エネルギー基準への適合が義務化された。建築物のエネルギー消費量の削減は、エネルギー資源に乏しい我が国にとって喫緊の課題であり、国際問題である地球温暖化対策や災害発生時等の電力需給対策にも繋がる重要な課題であるため、今後も更なる規制強化が予想される。このような動きの中、国土技術政策総合研究所では、国立研究開発法人建築研究所と協力し、省エネルギー基準への適合性判定を支援するオンラインプログラム（以下、「Web プログラム」という。）を開発し、公開している¹⁾。Web プログラムは住宅用と非住宅用に分かれており、非住宅用については次の 2 つのプログラムを提供している。

- 1) エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）

<https://building.app.lowenergy.jp/>

- 2) モデル建物法入力支援ツール

<https://model.app.lowenergy.jp/>

前者の「エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）」は、いわゆる詳細計算法として位置づけられている「標準入力法」による評価を実施するためのプログラムである（図 1）。評価対象建築物の形状や室用途構成、設備機器や制御の仕様等を Excel ファイルに入力してプログラムにアップロードすると、当該建築物の PAL *（外皮性能指標）及び一次エネルギー

消費量が算出される（評価結果が印字された PDF をダウンロードできる）。後者の「モデル建物法入力支援ツール」は、簡易評価法である「モデル建物法」による評価を行うためのツールである（図 2）。評価対象建築物における代表的な外皮及び設備の仕様のみを Excel ファイルに入力してアップロードすると評価結果が得



図 1 エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）



図 2 モデル建物法入力支援ツール

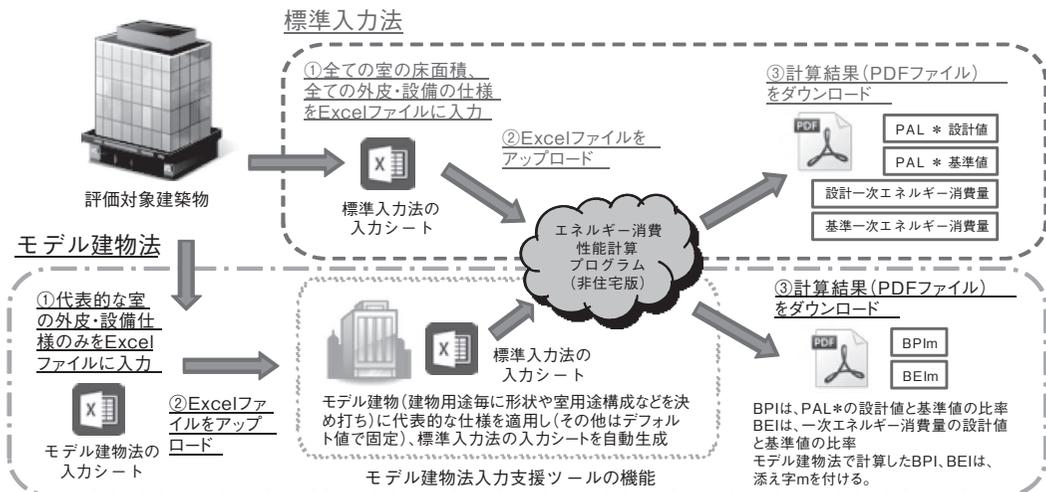


図3 標準入力法とモデル建物法の関係

られる。前者のプログラムと比較すると、入力項目が少ないため評価に要する労力は小さいが、評価可能な省エネ技術が限定されている等の制約を設けており、評価結果は前者のプログラムより少し厳しめに算出される。なお、裏で動いている計算エンジン(計算ロジック)自体は「エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)」と全く同じものである(図3)。

2018年のプログラムへのアクセス数(ユニークユーザー数)を図4及び図5に示す。「エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)」は、平日一日あたり200人程度、一ヶ月あたりで5,000人程度、「モデル建物法入力支援ツール」は、平日一日あたり400人程度、一ヶ月あたりで9,000人程度のアクセスがある。

2. 評価法拡張の背景と関連する研究開発

これらのプログラムの主目的は、省エネルギー基準という最低水準を満たすかどうかを公平かつ簡便に判断することであったが、近年は基準への適合性の判定だけではなく、より高性能の建築物を対象としたラベリング制度(建築物省エネルギー性能表示制度、BELS、ベル

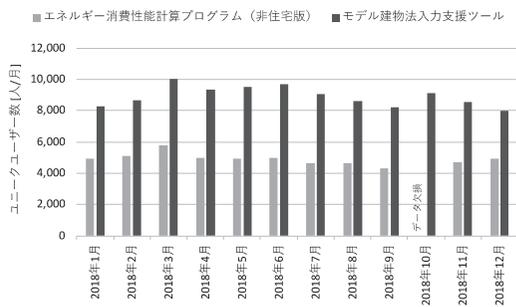


図4 プログラムのアクセス数(2018年、月別)

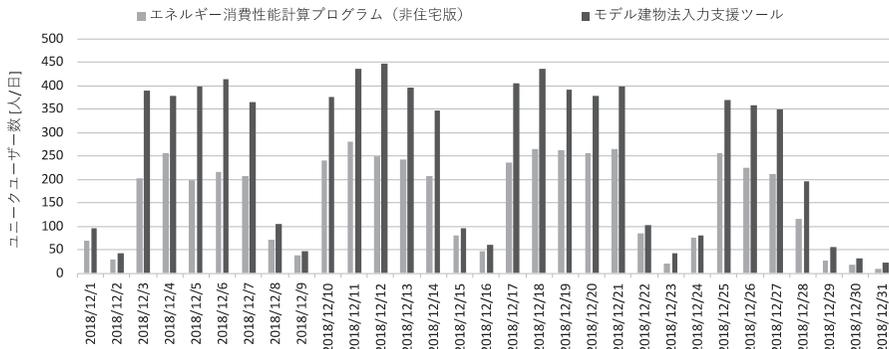


図5 プログラムのアクセス数(2018年12月、日別)

ス)のための評価ツールとしても使用されるようになった。つまり、基礎的な省エネルギー技術だけではなく、より高度な技術を採用した先進的な建築物をも適切に評価することが求められるようになってきた。そこで、国土技術政策総合研究所では、現状の Web プログラムでは技術的な検討が不足しており十分な評価ができない先進的な技術（特に、自動制御技術、未利用エネルギー活用技術）について、実態調査やシミュレーションによる解析を実施して評価方法を作成し、Web プログラムの機能拡張を行った。また、省エネルギー効果の根拠の一般化が困難な技術を対象として、その性能を評定し、省エネルギー基準の評価に活用できるスキームの構築を行った。本報では、これらに関する研究の成果を紹介する。

3. 高度な自動制御技術の評価法の開発

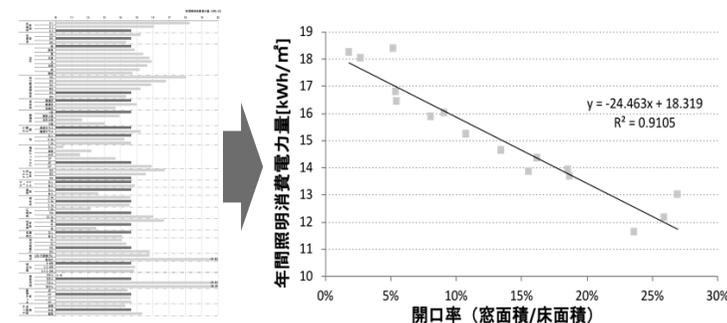
建築物のエネルギー消費は主として建築設備（空調設備や照明設備等）によるものであるが、このエネルギー消費量を削減するためには、高効率な機器を採用するだけではなく、機器を無駄なく効率よく動かす技術（自動制御技術）の普及も重要である。自動制御技術の普及を阻害している要因は、①先進的で開発途上の技術であるため、その技術の定義（規格）が明確ではないこと、②その導入効果を定量的に評価するための技術的知見が不足していることである。そこで、各種自動制御技術について、その定義

を明確に規定したうえで、各々の省エネルギー効果を定量的に評価する方法を開発した。

成果の一例として、照明設備における「明るさ検知制御」の検討結果を示す。まず、省エネルギー基準における「明るさ検知制御」とは「天井等に設置されたセンサーにより室内の明るさを検知し、その値に応じて照明器具の出力を制御すること」であると定義した。次に、昼光計算シミュレーション（Radiance）による解析を行い、昼光利用時の明るさ検知制御の効果は、大きくは開口率（床面積あたりの窓面積）と自動制御ブラインドの有無が影響することを明らかにし（図6）、この結果を踏まえて開口率毎にエネルギー削減率を定めた（表1）。また、この制御が有効に機能するための照明器具の要件、併用される自動制御ブラインドの機能要件等を併せて整理し、審査機関が適切に評価できるように資料を整備した。

4. 未利用エネルギーを活用した建築設備システムの評価法の開発

建築物の更なる省エネルギー化を目指して、未利用熱エネルギー（地中熱、井水、河川水等）を活用した高度な空調・給湯システムが普及しつつある。国土交通省の総合技術開発プロジェクト「電力依存度低減に資する建築物の評価・設計技術の開発（平成25～27年）」では、最も普及しているポアホール（ポーリング孔）型の地中熱利用システムを対象として、詳細な性



系統的シミュレーション

図6 明るさ検知制御の省エネルギー効果の解析

表1 明るさ検知制御の動作方式毎のエネルギー削減率

選択肢	適用条件	削減率
調光方式 W15	開口率15%以上	0.85
調光方式 W15BL	開口率15%以上 自動制御ブラインド有	0.78
調光方式 W20	開口率20%以上	0.80
調光方式 W20BL	開口率20%以上 自動制御ブラインド有	0.70
調光方式 W25	開口率25%以上	0.75
調光方式 W25BL	開口率25%以上 自動制御ブラインド有	0.63

能解析プログラムを開発して様々な仕様について解析を行い、その結果を集積して、設計時にエネルギー消費性能を評価する簡易手法を開発した。一方、近年、更に高効率かつ経済性の高いシステム（杭利用型、水平埋設型、井水や河川水等の直接利用型等）が登場しつつあるが、これらは現状の基準では評価できない。そこで、これらのシステムを対象として、シミュレーション及び実測調査を実施して性能を分析し、前述のボアホール（ボーリング孔）型と同様に、省エネルギー基準用のエネルギー消費性能評価法を開発した。

地中熱交換器の種類毎に地盤との熱交換性能は異なるため、種類毎に評価法を作成する必要があるが、そのためには、熱交換器の種類に関する明確な定義が必要になる。特に、本研究の成果は省エネルギー基準の評価方法として活用するため、熱交換器に関する高度な知識までは持たない審査者（登録省エネ判定機関）が図面をみて迷いなく区別できるように、明確なルールを作る必要がある。本研究では、建築設備設計者、施工者、学識者にヒアリングを行って代表的な方式を見出し、これらについてその定義を作成した。ヒアリング調査等の結果に基づき作成した地中熱交換器の分類と定義を図7に示す。充填材の種類、単一熱交換器中のパス数（1

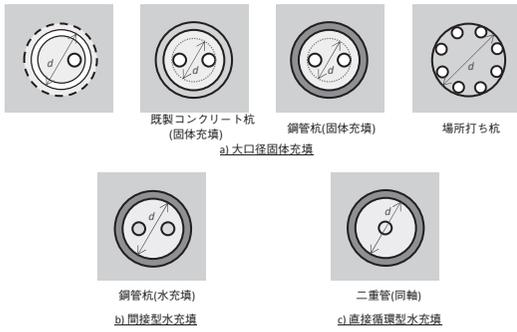
つの地中熱交換器の中に熱媒を通す経路の数）、ボアホールの孔径（杭利用の場合は杭径）によって分類をすれば、現在、我が国で採用されている代表的な地中熱交換器はほぼ網羅して分類できることを示した。

次に、現状の基準では評価できない「大口径固体充填」「間接型水充填」「直接循環型水充填」の3種類を対象として評価式の開発を行った。既往研究において、ボアホール型の地中熱交換器の性能は、相当熱交換器長（地盤の有効熱伝導率 $\lambda=2.0W/(mK)$ 、ダブルUチューブにおける熱的に同等の熱交換器長）を算出することで推定できることが判っている。本研究でもこの成果を利用して、「大口径固体充填」「間接型水充填」「直接循環型水充填」の3種類について相当熱交換器長を算出する式を開発した。

まず、性能解析プログラム（Ground Club。以下、「GC」という）を利用して理論計算を行い、実際の地中熱交換器長Lと相当熱交換器長L'の比（相当熱交換器長換算係数）Iを算出する。換算係数Iは熱交換器の種類、直径に係る寸法d、地盤の有効熱伝導率 λ の関数として算出した。作成した関数を図8に示す。ここで、dは地中熱交換器断面の直径に係る寸法であり、図8に定義を示す。この換算係数の妥当性を検証するために、4つの実システム

本計算方法における地中熱交換器の分類	シングルUチューブ		ダブルUチューブ		大口径固体充填			間接型水充填		直接循環型水充填
	1パス		2パス以上		1パス以上			水等(液体)		熱交換器中の充填水と直接交換
単一熱交換器中のパス数*	1パス		2パス以上		1パス以上			水等(液体)		熱交換器中の充填水と直接交換
ボアホール孔径(杭径)	200mm以下				200mm超					-
地中熱交換器の例										
名称	シングルUチューブ	ダブルUチューブ	スパイラルチューブU字	状チューブ	既成コンクリート杭(固体充填)	鋼管杭(水充填)	場所打ち杭	既成コンクリート杭(水充填)	鋼管杭(水充填)	二重管(同軸)
方式	ボアホール	ボアホール	ボアホール	ボアホール	杭	杭	杭	杭	杭	ボアホール
水平断面図(例)										
垂直断面図(例)										
材質	高密度ポリエチレン(Uチューブ)	高密度ポリエチレン(Uチューブ)	高密度ポリエチレン	架橋ポリエチレン管	杭:コンクリート	杭:スチール	杭:鉄筋コンクリート	杭:コンクリート	杭:スチール	外管:スチール
孔径・杭径(例)	孔径:100~200mm	孔径:110~200mm	孔径約500mm以上	孔径約300mm以上	内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約500mm以上	内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約200mm以上	内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約500mm以上	内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約200mm以上	内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約200mm以上	内管:ポリエチレン、塩ビなど 孔径約200mm以下
充填	珪砂、豆砂利、コンクリート	珪砂、豆砂利、コンクリート	珪砂、豆砂利	珪砂、豆砂利、コンクリート	珪砂	珪砂	コンクリート	水	水	水
熱媒	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水

図7 省エネ基準の評価法における地中熱交換器の分類と適用条件



a) 大口径固体充填：

$$\begin{cases} l = (-0.5953d + 1.2344)\lambda^{0.0475d - 0.2383} & (d < 0.6\text{m}) \\ l = (-0.2606d + 1.0246)\lambda^{0.0613d - 0.2943} & (d \geq 0.6\text{m}) \end{cases}$$

b) 間接型水充填：

$$l = (-0.881d + 1.6275)\lambda^{0.055d - 0.6618}$$

c) 直接循環型水充填：

$$l = (-1.0518d + 1.9231)\lambda^{0.2325d - 0.6564}$$

図8 開発した熱交換量推定式と地中熱交換器断面の直径の定義

を対象として検証実験を行った。結果の一例を図9に示す。開発した評価方法は概ね精度良く実態の性能を捉えていることを確認した。

5. 先進的な技術の評価スキームの構築

前述のとおり、現状の Web プログラムは、省エネルギー基準の適合性判定において白か黒かを公平に判断することを主目的として開発された行政ツールであるため、①確認申請時には概略の仕様しか決まらず施工段階において当該建築物の条件に合わせて仕様を決定していく技術、②採用事例が少なく検証が不十分で実態としての性能が明らかではない技術、③ JIS 等によって、その定義や性能値が規格化されていない技術については、現状の Web プログラムでは評価ができない。例えば、自動制御技術については、当該建築物の気象条件や運用条件等に応じてカスタマイズすれば、大きな省エネルギー効果を得ることが期待されるが、一方で、その効果は一般化しにくく、設計時点における定量的な評価は難しい（つまり、省エネルギー基準の評価法として組み込みにくい）。しかし、

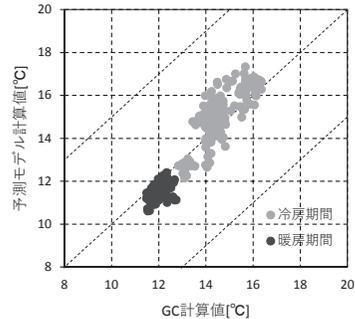
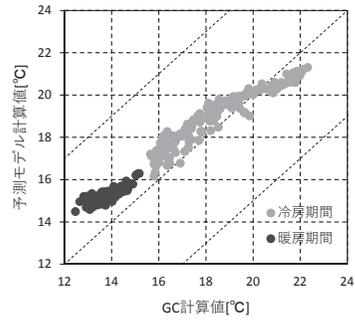


図9 実システムにおける検証実験の結果
(左：大口径固体充填、右：間接型水充填)

最先端の建築物には、このような特徴を持つ先進的な技術が多く採用されているため、これら技術の性能を評定し、省エネルギー基準の評価に活用できるスキームを構築した。

本研究では、各建築物特有の条件を踏まえた先進的な取り組みを個別に評価できるスキームとして、登録省エネ評価機関を活用した評定スキーム（任意評定制度）を提案した。提案した任意評定制度のスキームを図10に示す。任意評定制度は、現状の省エネルギー基準の評価方法では評価ができない技術について、予め定めたガイドラインに基づいて当該技術の性能を試験（もしくは計算）し、その試験結果の妥当性を任意評定実施機関（登録省エネ評価機関であり、かつ住宅性能評価・表示協会に登録された機関）が承認すれば、当該技術の性能値を使用して省エネルギー基準の一次エネルギー消費量計算をすることが可能になるスキームであるとした。ガイドラインは技術毎に作成するものとし、任意評定の対象とする技術の定義と範囲、性能を算出する試験方法（試験体の仕様や試験体数、試験実施機関に求められる能力等）や計

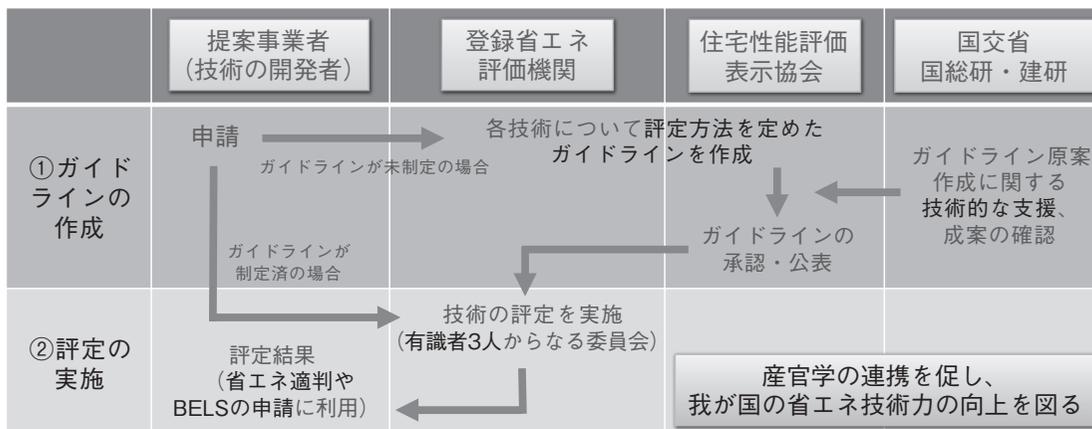


図 10 任意評定制度のスキーム

算方法(シミュレーションによる計算の場合は、そのシミュレーションに求められる機能や計算条件等の規定)等を規定することとした。

具体的には次のような特徴を持つ技術が評定の対象となり得ると想定し、幾つかの代表的な技術についてガイドラインの構築に関わる検討を現在行っている。

- ① 省エネ効果が、その個別の建物の使われ方に依存する自動制御技術
 - ・ 人感センサーによる在室検知制御
- ② 未利用エネルギー(井水熱、温泉熱等)を活用する技術(建設地毎に井水や温泉水等の温度は異なり、一般化が困難)
 - ・ 井水を利用したヒートポンプ熱源システム
 - ・ 温泉水等を活用した給水加温システム
- ③ 仕様が複雑で確認申請時点の設計図に詳細な仕様を記すことが難しい自動制御技術
 - ・ 空調機の給気風量最適化制御

6. 成果の反映

本研究の成果のうち、「高度な自動制御技術の評価法の開発」と「未利用エネルギーを活用した建築設備システムの評価法の開発」については、省エネルギー基準への適合性を判定する「エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)」に反映され、省エネルギー基準やBELSのための評価に使用されている。また、「先進的な技術の評定スキームの構築」については、

平成29年3月15日付の技術的助言(国住建環第215号、国住指第4190号)で制度が規定され、平成29年7月より運用開始(事務局：住宅性能評価・表示協会)されている²⁾。

謝 辞

本報の成果は、国土技術政策総合研究所の事項立て課題「自動制御技術によるエネルギー削減効果の評価法の開発(平成28～30年)」及び基礎重点課題「未利用熱エネルギーを活用した建築設備システムの評価法に関する検討(平成28～29年)」によるものである。

参考文献

- 1) 国総研資料 No.973:平成28年省エネルギー基準(平成28年1月公布)関係技術資料 エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)解説
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn973.htm>
- 2) 住宅性能評価・表示協会:任意評定
https://www.hyokakyoukai.or.jp/nini_hyoutei/index.html



宮田 征門
(みやた まさと)
博士(工学)
国土交通省
国土技術政策総合研究所
住宅研究部 建築環境研究室
主任研究官
専門:建築環境工学

住宅の断熱性が与える影響について

性能試験研究部 南雲 祐輝

はじめに

本記事を執筆している現在（2019年4月10日）、ベターリビング・つくば建築試験研究センターの所在地である茨城県つくば市は、どんよりとした灰色の雲が広がり、大粒の雨が降っています。最高気温7℃、最低気温0℃と、冬に戻った様な気温です。久しぶりに厚手のダウンジャケットを着こんで出勤しました。帰宅後、暖房を付けようとしたのですが、室内は想像以上に暖かく、Tシャツの上に薄めのパーカーを羽織り、暖房を付けない状態で快適に過ごせました。家事などで体を動かしていると、ちょっと暑いかな、と感じるくらいでした。ところが、昨年をの春ごろを思い返してみると、家の中においてもヒンヤリと肌寒く、4月でも暖房を使用していた記憶があります。

現在、筆者が住んでいる家は、築7年（2012年竣工）の集合住宅（RC造）で、窓は樹脂製の二重サッシ+単板ガラス（図1）です。昨年の春ごろは、築34年（1985年竣工）の集合住宅（RC造）に住んでおり、窓はアルミサッシ+単板ガラス（図2）でした。両物件とも断熱材の有無や種類などは不明ですが、築年数と窓だけで比較をしても、現在住んでいる家の方が断熱性に優れていることが想像できます。

1. 断熱性に影響されるもの

断熱性の差が、居住空間に対してどのような影響を与えるのでしょうか。図3に断熱性の違いによる影響の例について示します。ここでは、外気温が低い冬を想定して説明します。冬はエ



図1 二重サッシ+単板ガラス



図2 アルミサッシ+単板ガラス

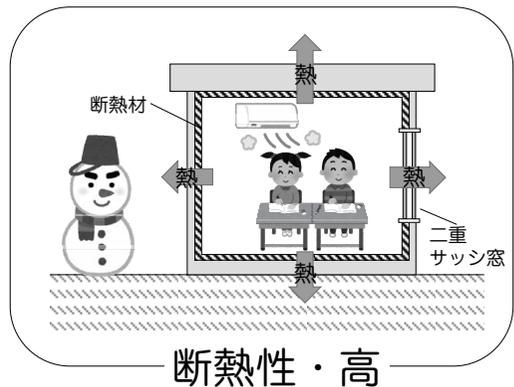
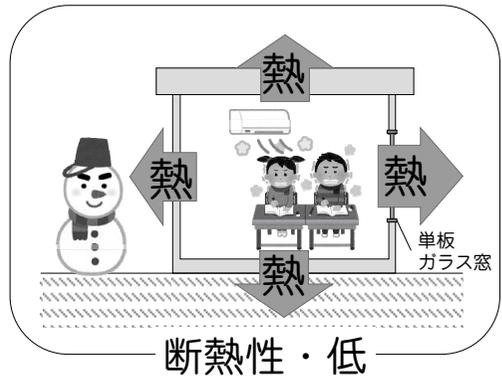


図3 断熱性の影響（冬の例）

エアコンやストーブなど、暖房機器を使う人が多いと思います。暖房機器を点けると室内の空気温度が徐々に上昇し、室内の壁・天井・床などの温度も徐々に上昇します。しかし、冷たい外気に接している外壁・窓・屋根や土に接している床下の基礎などは、室内側より温度が低く、室内の空気から壁・天井・床を通して熱が移動し、やがては外気に移動していきます。

断熱性の低い住宅と断熱性の高い住宅において、暖房機器の設定温度が同じ場合（断熱性以外は同条件）、断熱性が低い住宅（図3上段）では、室内から室外への熱の移動量が多く、暖房の効果がなかなか感じられません。断熱性の高い住宅（図3下段）では、熱の移動量が小さくなるため、暖かさを保ちやすくなります。

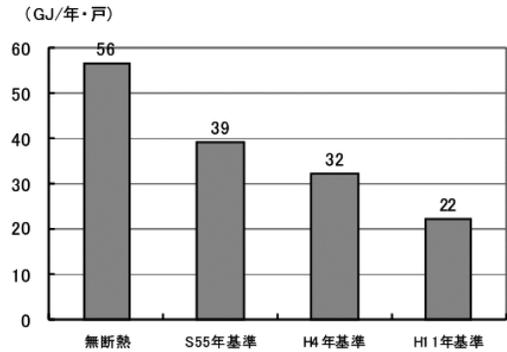
冒頭で、「暖房を点けなくても快適に過ごせた」と述べましたが、室内から外気へ逃げる熱が少なく、室内の暖かさを保ちやすい状態だったということです（暖房を点けていなくても、パソコンや照明などの発熱が、ある意味で暖房となっていたのです）。

2. エネルギー消費量の違い

断熱性の違いは、体で感じる暖かさだけでなく、冷暖房のエネルギー消費量にも影響します。図4に省エネルギー基準別の年間エネルギー消費量の試算¹⁾を示します。省エネルギー基準（省エネ基準）とは、省エネルギー法（1979年6月制定）に基づいて、住宅や建築物の省エネ対策について定められた基準で、1980年（昭和55年）に制定されました。その後、数回にわたって改正され、求められる断熱性能についても強化されていきました。無断熱の住宅における年間エネルギー消費量は1戸あたり56GJ/年と試算されています。そして、昭和55年、平成4年と改正されるにつれて年間エネルギー消費量が減少し、平成11年度基準では無断熱の場合と比較して約50%以下に減少していることがわかります。

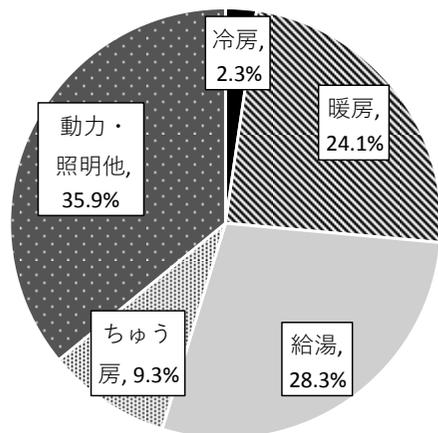
家庭用で消費されるエネルギーの内訳²⁾（図

5）に注目すると、冷暖房で消費されるエネルギー量は、家庭で消費されるエネルギー全体の約1/4を占め、家庭のエネルギー消費に対して非常に大きく影響していることがわかります。



出典：国土交通省「住宅・建築分野における省エネルギー対策について」

図4 年間冷暖房エネルギー消費量の比較



※経済産業省 資源エネルギー庁「平成29年度エネルギーに関する年次報告」を基に作成

図5 世帯当たりの用途別エネルギー消費量

3. 冷暖房費の違い

断熱性の違いは、冷暖房費にも大きく影響します。表1に省エネ基準別の年間冷暖房費の試算³⁾を示します。無断熱の住宅の場合、年間冷暖房費は1戸あたり133,000円/年と試算されています。昭和55年、平成4年と省エネ基準が改正されるにつれてエネルギー消費量に伴い冷暖房費も減少し、平成11年度基準では、無断熱の場合と比較して50%以下まで減少していることがわかります。

表1 省エネ基準別・年間冷暖房費の比較

省エネ基準	無断熱	S55基準	H4基準	H11基準
費用 [円/年]	133,000	92,000	75,000	52,000

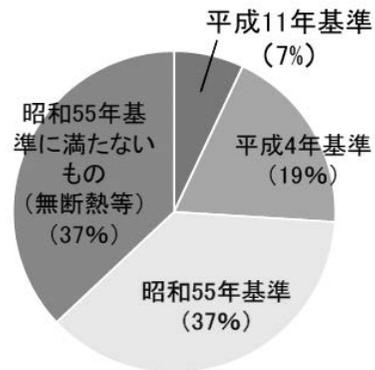
※資源エネルギー庁「今後の省エネルギー政策について」を基に作成

4. 二酸化炭素排出量の違い

断熱性の違いは、温室効果ガスである二酸化炭素（CO₂）排出量にも影響します。図6に示す構造（木造・鉄骨造・RC造）・省エネ基準・地域別（省エネ基準（平成11年基準における）では、日本を6つの地域に分けて基準値を規定しています）のLCCO₂排出量（ライフサイクルCO₂：建物の設計・企画から廃棄処分に至るまでのCO₂排出量）の試算値における比較⁴⁾を示します。居住時におけるCO₂排出量に注目すると、すべての構造・地域において、省エネ基準が改正されるにつれてCO₂排出量が減少していることがわかります。特に、平成11年基準は昭和55年基準の約50%程度までCO₂が削減されていることがわかります。暖房使用が多い寒冷地の削減率が高く、居住時の性能向上による省エネ効果が大きいと考えられます。

5. 住宅における断熱性能の現状

これまでに、断熱性の違いによる影響について示しました。最後に、日本国内における住宅の断熱性能の適合割合⁵⁾を図7に示します。既設住宅の約4割が昭和55年基準に満たない無断熱・または断熱性能が極端に悪い状態となっています。また、昭和55年基準に適合する住宅が約4割、平成4年基準に適合する住宅は約2割となっており、平成11年基準に適合している住宅はわずかに1割にも満たない状況です。



統計データ、事業者アンケート等により推計 (2014年)

図7 住宅における断熱性能の適合割合

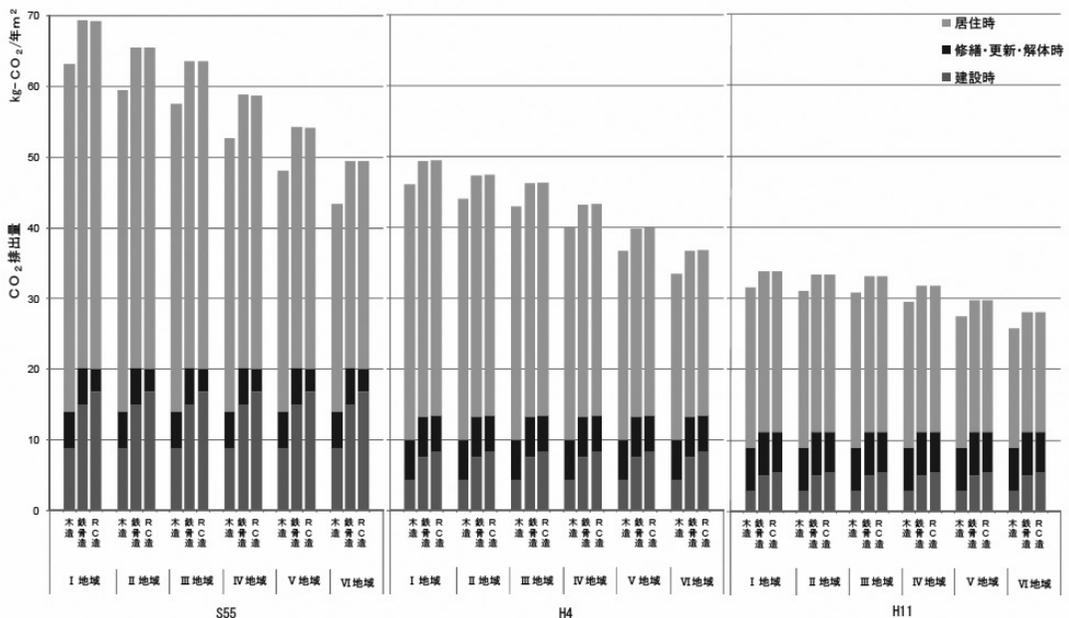


図6 省エネ基準・構造・地域別におけるLCCO₂

おわりに

これまでに、断熱性が影響するものについて、主に「省エネルギー」に関わることについて触れてきました。また、本号の特集が「省エネ技術に関わる～」ということなので、あえて触れませんでしたでしたが、断熱性の違いが「居住者の健康」に大きく影響することを忘れてはいけません。上記の理由により、本記事で詳しいことは述べるつもりはありませんが、「ヒートショック」や「低体温症」などにより悲惨な結果を迎える前に、現在お住いになっている住宅の断熱性について「省エネルギー」と「居住者の健康」を合わせ、いま一度考えていただけると幸いです。

【参考文献】

- 1) 住宅・建築分野における省エネルギー対策について, 国土交通省 (http://www.mlit.go.jp/singikai/infra/architecture/energy_conservation/images/070823_3.pdf)
- 2) 平成29年度エネルギーに関する年次報告, 資源エネルギー庁 (<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2018pdf/>)
- 3) 今後の省エネルギー政策について, 資源エネルギー庁 (https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/pdf/2016_03_shoueneseisaku_juutaku.pdf)
- 4) CO2 排出量が増大する民生部門における新たなCO2削減技術の策定調査報告書, 国土交通省 (<http://www.mlit.go.jp/common/000029413.pdf>)
- 5) 住宅ストック活用型社会の実現に向けて, 国土交通省 (<https://www.kkr.mlit.go.jp/news/top/topics/2018/ol9a8v0000016j9z-att/pdf.pdf>) の一部を加工して作成



全熱交換器JIS改正点について

性能試験研究部 菅 哲俊

1. はじめに

全熱交換器の規格 JIS B 8628 : 2003「全熱交換器」は 2017 年に改正されました。今回の改正では、特に風量試験、熱交換効率試験、有効換気量試験に関する内容が大きく変更され、さらに JIS B 8628:2017「全熱交換器」以外に、新しく JIS B 8639:2017「全熱交換器－風量、有効換気量、及び熱交換効率の測定方法」が制定されました。風量試験、熱交換効率試験及び有効換気量試験に関する試験方法は、ISO16494:2014 (E) Heat recovery ventilators and energy recovery ventilators-Method of test for performance の内容が多く反映されました。

全熱交換器には、全熱交換器に駆動装置を取り付けた回転形、全熱交換器が動かない静止形、全熱交換器と送風機とを一つの筐体に組み込んだ全熱交換・換気ユニットが含まれています。また、全熱交換・換気ユニットには、非ダクト接続形換気ユニットとダクト接続形換気ユニットが含まれます。非ダクト接続形換気ユニットは、いかなる空気流の吸込み口及び吹出し口にもダクトを接続しないものです。ダクト接続形は、一つ以上の空気流の吸込み口及び吹出し口がダクトに接続され、ダクトからの様々な静圧差への対応が意図されている吸込み口及び吹出し口を持つものが含まれます。

ここでは、住宅で導入されている割合が多いと思われるダクト接続形換気ユニットの風量試験、熱交換効率試験、有効換気量試験に関する内容の改正点を中心に説明します。

2. 風量試験について

風量試験では、試験装置及び試験条件（試験を実施する時に各吸込み口及び吹出し口と与える静圧条件）が変更されました。以下、試験装置及び試験条件について説明します。

2.1 試験装置

改正前の JIS B 8628:2003「全熱交換器」における風量試験の試験装置概要を図 1、図 2 に示します。図 1 は、給気系統（OA-SA）の風量試験を実施する際の試験装置ですが、給気側吹出し口（SA 側）を静圧測定装置や風量測定装置に接続して、SA 側に正の静圧をかけながら、風量静圧特性の測定を行います。外気側吸込み口（OA 側）、還気側吸込み口（RA 側）及び排気側吹出し口（EA 側）には試験装置を接続しないことになっており、各吸込み口及び

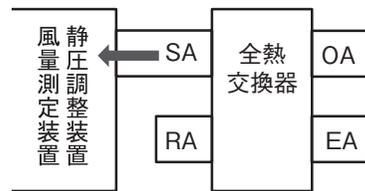


図 1 給気系統の風量試験装置概要 (JISB8628:2003)

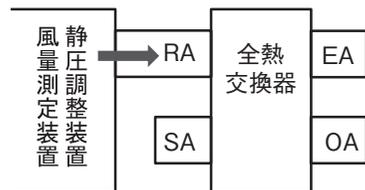


図 2 排気系統の風量試験装置概要 (JISB8628:2003)

吹出し口には出入口の形状静圧損失負荷がかかる程度です。図2は、排気系統（RA-EA）の風量試験を実施する際の試験装置です。還気側吸込み口（RA側）を静圧測定装置や風量測定装置に接続して、RA側に負の静圧をかけながら、風量静圧特性の測定を行います。給気系統の測定時と同じく、外気側吸込み口（OA側）、給気側吹出し口（SA側）及び排気側吹出し口（EA側）には試験装置を接続しないことになっており、各吸込み口及び吹出し口には出入口の形状静圧損失負荷がかかる程度です。なお、JIS B 8628:2003「全熱交換器」では、排気系統（RA-EA）の風量試験実施は必須ではなく、試験実施を推奨するという文面になっていました。

改正後のJIS B 8628:2017「全熱交換器」における風量試験の試験装置概要を図3、図4に示します。図3はダクト方式で試験を実施する場合の試験装置であり、図4は2室方式で試験を実施する場合の試験装置です。ダクト方式と2室方式の違いについては、後述の2.2 静圧条件の項目で説明します。JIS B 8628:2003とJIS B 8628:2017との大きな違いは、JIS B

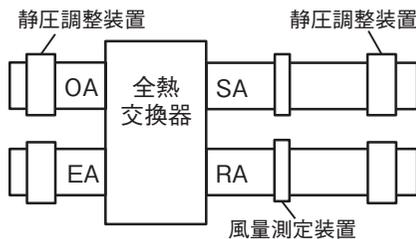


図3 ダクト方式の風量試験装置概要 (JISB8628:2017)

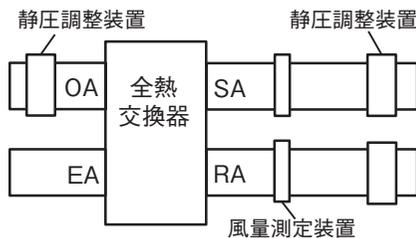


図4 2室方式の風量試験装置概要 (JISB8628:2017)

8628:2017では四つの吸込み口及び吹出し口にダクトや風量測定装置、静圧制御装置が接続されているところです。なお、2室方式の吸い込み口（OA）は、ダクトのみです。

2.2 試験条件（静圧条件）

JIS B 8628:2003とJIS B 8628:2017では、試験を実施する際の試験条件（各吸込み口及び吹出し口に与える静圧条件）が大きく異なります。JIS B 8628:2003では、給気系統（OA-SA）の風量静圧特性を測定する場合、排気系統（RA-EA）は開放（静圧はほぼ0Pa）でしたが、JIS B 8628:2017では給気系統の風量静圧特性を測定する場合にも、排気系統に静圧をかけた条件で測定を行うことになっています。

JIS B 8628:2017の試験条件（静圧条件）は、主にダクト方式と2室方式で分けることができます。ダクト方式と2室方式では、各吸込み口及び吹出し口に与える静圧条件が異なります。以下、ダクト方式と2室方式に分けて説明します。ダクト方式では、吸込み口と吹出し口に均等に静圧負荷をかけると解釈すると、わかりやすいかと思います。例えば、給気系統の吸込み口（OA側）にかける静圧の絶対値と給気系統の吹出し口（SA側）にかける静圧の絶対値が同等になるように調整します。同じく、排気系統の吸込み口（RA側）にかける静圧の絶対値と排気系統の吹出し口（EA側）にかける静圧の絶対値も同等になるように調整します。また、最大風量及び最小風量の測定時以外（中間点風量）は、上記すべての吸込み口（OA側、RA側）及び吹出し口（SA側、EA側）の静圧が同等になるように調整することになります。上記、静圧の絶対値が同等という表現にしましたが、JIS規格では明確な数値範囲を示しています。静圧絶対値の差が、10Paと絶対値の5%の数値を比較して、2者のうちより大きい数値以下であれば試験条件を満たすことになります。少し分かりにくい表現ですが、実際の測定において静圧の絶対値の差が10Pa以内であれば、試験条件を満足すると判断してよいと思いま

す。吸込み口と吹出し口に均等に静圧負荷をかけるダクト方式に比べて、2室方式は吹出し口側（SA側とEA側）にすべての静圧負荷をかけるというイメージになります。吸込み口（OA側とRA側）には、0Pa以下の静圧負荷をかける文面になっていますが、図4のOA側接続ダクトから推測すると吸込み口の静圧損失とダクトの摩擦損失の合計と見られますので、0Paに近いマイナス静圧負荷だと理解してよいかと思えます。上記以外の要求事項としては、すべての測定において吹出し口（SA側、EA側）の静圧の絶対値が同等であるように、また吸込み口（OA側、RA側）の静圧の絶対値も同等であるように調整することになっています。ここでの同等というのも、上記ダクト方式での許容範囲と同じであり、10Paと絶対値の5%の数値を比較して、2者のうちより大きい数値以下です。

3. 有効換気量試験について

3.1 試験装置

JIS B 8628:2003「全熱交換器」の有効換気

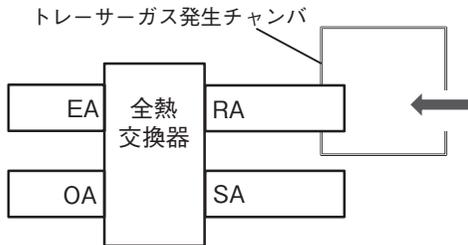


図5 有効換気量試験装置概要
(JISB8628:2003)

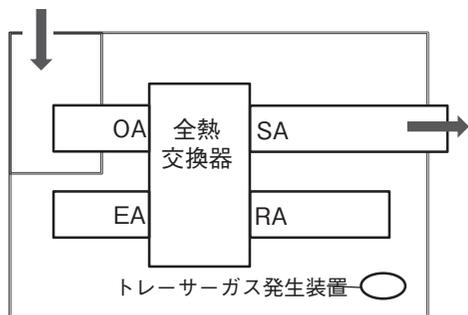


図6 2室方式の有効換気量試験装置概要
(JISB8628:2017)

量試験の試験装置を図5に、JIS B 8628:2017「全熱交換器」の2室方式の有効換気量試験の試験装置を図6に示します。試験対象の全熱交換器の設置環境が大きく変わったのはJIS B 8628:2017の2室方式についてです。JIS B 8628:2003の有効換気量試験において、試験対象全熱交換器はトレーサガス濃度が低い空間に設置されていることに対して、JIS B 8628:2017の有効換気量試験では、試験対象の全熱交換器がトレーサガス濃度の高い測定室に設置されることです。

3.2 試験条件（静圧条件）

JIS B 8628:2003「全熱交換器」の有効換気量試験は、熱交換を行う最大風量で運転した条件で測定を行うこととなっています。ただ、機外静圧を表示した全熱交換器においては、示した機外静圧で運転した条件で有効換気量試験を行うこととなっています。これに比べて、JIS B 8628:2017「全熱交換器」の有効換気量試験は、ダクト方式又は2室方式のどちらかを選択し、熱交換効率試験と同じ動作条件で実施することとなっています。ダクト方式及び2室方式における静圧条件の要求事項は、前述の風量試験の2.2 試験条件（静圧条件）と同様です。

4. 熱交換効率試験について

4.1 試験装置

試験体の設置環境で変更があったのは、2室方式です。図7にJIS B 8628:2003「全熱交換器」の2室方式の試験装置を、図8にJIS B 8628:2017「全熱交換器」の2室方式の試験装置を示します。JIS B 8628:2003では、試験対象全熱交換器の中央に2室型恒温室の壁があるのに対して、JIS B 8628:2017では試験対象全熱交換器全体が屋内側の試験室に位置することになっています。

4.2 試験条件（静圧条件）

JIS B 8628:2003「全熱交換器」の熱交換効率試験は、最大風量で運転した条件で測定を行うことになっています。ただ、機外静圧を表示し

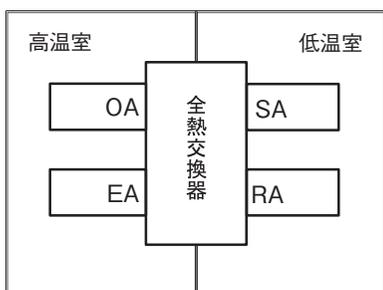


図7 熱交換効率試験装置概要 (JISB8628:2003)

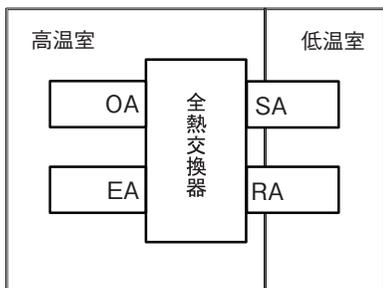


図8 熱交換効率試験装置概要 (JISB8628:2017)

た全熱交換器においては、示した機外静圧で運転した条件で試験を行うこととなっています。これに対して、JIS B 8628:2017「全熱交換器」の熱交換効率試験はダクト方式、又は2室方式のどちらかを選択して測定を実施することになっています。ダクト方式及び2室方式における静圧条件の要求事項は、前述の風量試験の2.2試験条件（静圧条件）と同様です。

4.3 試験条件（温湿度条件）

JIS B 8628:2003「全熱交換器」の熱交換効率試験における空气の温湿度条件を表1に示します。また、JIS B 8628:2017「全熱交換器」の熱交換効率試験における空气の温湿度条件を表2に示します。改正後のJIS B 8628:2017では選択できる温湿度条件が多くなっていますが、JISでは日本国内において使用する製品については、少なくとも表のT3、T6で実施しなければならないと規定してあります。ちなみに空気条件T3、T6がJIS B 8628:2003の空気条件と最も近い値です。空気条件で注意すべき点は、試験実施時の空気温湿度の許容変動範囲で

表1 測定空気条件（JISB8628:2003）

	室内		室外	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
	℃	℃	℃	℃
冷房	27±1	20±2	35±1	29±2
暖房	20±1	14±2	5±1	2±2

表2 測定空気条件（冷房）（JISB8639:2017）

		標準測定条件			
		T1	T2	T3	T4
		℃	℃	℃	℃
屋外温度	乾球	35	35	35	35
	湿球	23	24	31	34
屋内温度	乾球	21	24	27	27
	湿球	15	17	20	19

表3 測定空気条件（冷房）（JISB8639:2017）

		標準測定条件		
		T5	T6	T7
		℃	℃	℃
屋外温度	乾球	2	5	7
	湿球	1	3	6
屋内温度	乾球	21	20	20
	湿球	14	15	12

す。表1に示す通り、JIS B 8628:2003では乾球温度と湿球温度とも±1℃を許容範囲とします。これに対して、JIS B 8628:2017の空気条件の許容範囲は附属書Fにおいて、空气の乾球温度は±0.3℃、湿球温度は±0.2℃とされています。JIS B 8628:2003の許容範囲より厳しい温湿度条件です。

5. おわりに

以上、JIS B 8628「全熱交換器」に改正点について説明させていただきました。改正前後で変更になった内容が多いことと、筆者の理解不足などで分かりにくい点や間違い点などがあるかと思えます。疑問になる点やご不明な点などありましたら、ぜひご連絡をいただき意見交換ができればと思います。

省エネ適合性判定について

住宅・建築評価センター 認定・評価部長 齋藤 卓三

はじめに

平成 27 年に建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律（以下「建築物省エネ法」という。）が制定され、平成 29 年 4 月 1 日に同法の完全施行がされた。これに伴い、一定規模以上の非住宅建築物の新築等について、エネルギー消費性能基準（以下「省エネ基準」という。）に適合することが義務付けられたことは、既に周知のとおりである。

本稿では、当該義務付けを担保するための仕組みである省エネ適合性判定について、開始から約 2 年を経た現在の状況について記載を行う。

1. 省エネ適合性判定の概要

省エネ適合性判定は、建築物省エネ法第 12 条に基づく制度となっており、特定建築物（2000 m²以上の非住宅用途建築物）の新築もしくは増改築を実施する際は、当該建築物が省エネ基準に適合していることを、登録建築物エネルギー消費性能判定機関による判定を受けるという仕組みとなっている。

併せて、当該適合性判定を建築基準関係規定と位置付けることにより、省エネ基準への適合義務化の担保を行っている。

また、従前の省エネ法と同様に、適合義務の対象とならない建築物についても、用途や規模等に応じ、建設地の所管行政庁に対する省エネ計画の届出が求められることとなる。届出あるいは適合義務等の関係を示すと、表 1 のとおりとなっている。

表 1 適合義務等の概要（新築）

規模等		必要措置
大規模 (2000 m ² 以上)	非住宅	適合義務
	住宅	届出義務
中規模 (300 m ² 以上 2000 m ² 未満)		届出義務
小規模 (300 m ² 未満)		努力義務

2. 省エネ適合性判定の実施状況

制度開始から、これまでの 2 年間の省エネ適合性判定の実施状況は、表 2 のとおりとなっている。

表 2 省エネ判定交付状況

用途	H29	H30
複合建築物	2,358 棟	3,221 棟
非住宅建築物	34 棟	57 棟
合計	2,392 棟	3,278 棟

注：用途の「複合建築物」とは、住宅用途と非住宅用途の複合用途建築物を示す

施行 1 年目である平成 29 年度は、全国で 2,392 棟の建築物が、省エネ基準への適合判定通知書の交付を受けている。前年までの建築確認の申請状況を踏まえ、当初 4,000 棟前後が対象になると想定されていたが、建築物省エネ法施行前の駆け込み等も発生したため、判定件数は予想を下回る結果となった。

また、施行 2 年目である平成 30 年度は、全国で 3,278 棟の建築物が、省エネ基準への適合判定通知書の交付を受けており、平成 29 年度実績を 886 棟超える実績となった。

当初、省エネ基準への適合義務化により、建築確認等の業務の遅延が発生することが危惧されたが、この2年はそのような状況も無く、順調に省エネ適合性判定業務が実施されている状況である。これは、先に記載したとおり申請件数が想定を下回っているということのみではなく、既にこれまでの省エネ届出制度に基づき、一定程度省エネ計算書等の作成に、事業者等が習熟していた点も大きいと考えられる。

ただし、義務化という新たな制度に基づき、省エネ適合性判定機関として省エネ計算書の厳密なチェックを実施すると、申請者ごとの独自の考え方に基づく入力を行ったり、省エネ計算結果に大きな影響を及ぼす設備機器等の性能値が正確で無い等の問題点も生じている。現行の基準では、最終的に適合判断に用いる基準値がさほど厳しくないため、多少の修正を行っても適否判断が変わるケースはほとんどないが、今後より省エネ化を進めるためには、明確なルールと設備機器等の性能値根拠のより一層の整備が必要と考えられる。

3. 当財団の省エネ適合性判定等の実施状況

当財団による省エネ適合性判定の実施状況は、平成29年度15棟、平成30年度26棟と、必ずしも多いとは言えない状況である。これは、一般的に、省エネ適合性判定は確認申請と同一機関に申請されるケースがほとんどであり、当財団は、建築確認の実施件数がそもそも少ないためと考えられる。

一方、より高い省エネ性能を評価・表示する仕組みである建築物エネルギー消費性能表示制度(BELS)については、設備機器等を含めた優良な部品の認定あるいはつくば建築試験研究センターにおける性能試験等で培った、これまでの当財団の知見の蓄積を活かし、高度な設備機器等を有する大型物件なども含め、数多くの審査を実施しているところである。

さらには、現在の省エネ基準では計算の対象

とならない新しい設備機器や技術などについても、設計者、施工者あるいは設備機器メーカー等と協力し、つくば建築試験研究センターと連携を図りつつ評価の土俵に載せるべく任意評定を行うなど、より当財団の有する専門性を活用した案件の判定、評価を積極的に実施していくことを目指している。

4. 今後の省エネ適合性判定について

平成31年1月31日付け国土交通省社会資本整備審議会により取りまとめられた「今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方について(第二次答申)」では、今後の適合義務制度(省エネ適合性判定)について触れられているが、その中で以下の2つが大きなポイントとして記載されている。

(1) 適合義務制度の対象の拡大

市場への影響等を十分に勘案し、大規模非住宅建築物に加え、省エネ基準への適合率の高い中規模非住宅建築物についても適合義務制度の対象とすることが適当。

(2) (1) と併せて推進すべき施策

届出制度における行政庁への負担の軽減及び建築主の省エネ性能に関する理解の推進等を目指し、民間審査機関の活用や建築士による建築主への省エネ適合に関する説明の義務化などが適当。

上記の提言を踏まえると、今後の省エネ適合性判定を含む省エネ化の推進は、より義務化対象範囲が拡大されるとともに、対象範囲以外のものについても、建築士が建築主に省エネ基準への適否等の説明が必要となるなど、建築業界に携わる者にとって、益々避けておこなうことのできないものとなっていくと考えられる。

当財団は、半世紀近くにわたり、優良な住宅部品・設備機器等の認定や、試験・評価を実施しており、今後は省エネ化の推進に向け、信頼できる第三者機関としての地位を確立するため、体制の整備を実施していく予定である。



つくば建築試験研究センターで実施している環境系試験の紹介

性能試験研究部 黒鳥 皓史

本稿では、つくば建築試験研究センターで実施している環境系試験について紹介します。

1. 熱性能に関する試験

○断熱性試験

2室型恒温恒湿室を用いて、サッシやドアといった建具の試験（JIS A 4710 準拠）、建築用構成材の試験（JIS A 1420 校正熱箱法準拠）や天窓の試験（優良住宅部品性能試験方法 BLT WDR:2018 準拠）を実施しています。

○結露試験

2室型恒温恒湿室を用いて、建具の結露防止性能試験（JIS A 1514 準拠）を実施しています。断熱性、結露試験で使用している恒温恒湿室の概要を表1に示します。

表1 恒温恒湿室の概要

項目	仕様
試験体取り付け開口部	高さ 2.25m×幅 2.00m
設定可能温度	高温室：15～50℃ 低温室：-15～15℃

○熱伝導率試験

熱流計を用いて、断熱材や建材の熱伝導率試験（JIS A 1412-2 熱流計法準拠）を実施しています。

○温水床暖房熱耐久試験

大手ガス会社3社が定めている、ガス会社統一基準方式に準拠した床材の熱耐久試験を実施しています。

○その他熱性能試験

上記以外に、床暖房ユニットの性能試験、配管の熱損失試験といった熱性能に関する試験を実施しています。

2. 換気設備に関する試験

○熱交換器の性能試験

全熱交換機や顕熱交換機について、風量静圧特性試験、熱交換効率試験、有効換気量試験などを実施しています。各試験はJIS B 8639の他に、JRA 4056やJRA4059に準拠した方法で実施可能です。

○換気扇の性能試験

換気扇について、風量試験、消費電力試験や油捕集効率試験などを実施しています。試験はJIS C 9603やJIS B 8330に準拠した方法で実施可能です。

○ダクトなど搬送部材、部品の性能試験

ダクトなどの搬送部材について、静圧損失特性試験を実施しています。

3. 音響試験

○遮音性能試験

不整形7面体の残響室を用いて、壁、サッシ、ドアや換気口といった建築部材の音響透過損失測定試験を実施しています。試験はJIS A 1416, JIS A 1428, JIS A 4702, JIS A 4706といった各規格に準拠して実施可能です。

○残響室法吸音率試験

上記残響室を用いて、グラスウールなどの建材や壁体、システム天井といった建築部材の吸

音率測定試験（JIS A 1409 準拠）を実施しています。

○床衝撃音試験

乾式二重床やフローリングといった建材の床衝撃音試験（JIS A 1440 準拠）を実施しています。詳細は以後の施設紹介記事「床衝撃音試験施設についての試験紹介」にも記述されています。

○現場騒音測定

建築物の現場において遮音、床衝撃音、騒音及び振動測定を実施しています。

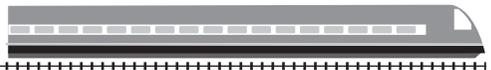
4. 動風圧試験

壁用、屋根用の動風圧試験装置を用いて、サッシや屋根材といった各種建築部材の水密性試験（JIS A 1517 準拠）、気密性試験（JIS A 1516 準拠）や耐風圧性試験（JIS A 1515 準拠）を実施しています。

5. その他の試験

これまで紹介した定型的試験以外にも、建材、設備機器について任意方法での試験や立会試験を実施しています。試験を検討の際は当センターまでお問い合わせ頂ければ幸いです。





木造トラスの設計方法と事例

性能試験研究部 津田 千尋

1 木造トラス

このところ、木造の大規模化がもたげられ、同時に大スパンも要求されてきています。大スパンといえば、まず思いつくのは、断面効率の良い鉄骨梁ですが、例えば、図1に示す比強度においては木造も負けておらず、構造計画次第では、木造も構造効率がよくなります。

木造大スパンの実現には集成材やトラスまたは複合梁などを採用することになりますが、材料価格の面も含め、国産材や一般的な流通材の採用を考えると、小断面部材で構成するトラスに行きつくことになります。

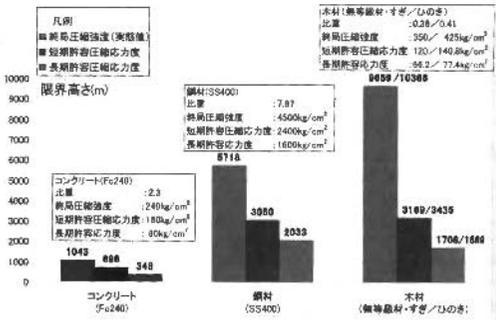


図1 比強度 (強度 / 比重) (1)

木造のトラスは枠組壁工法の図2に示す合板ガセットやメタルプレートコネクターを用いたトラスや、在来軸組工法の洋小屋組、または一般的なトラス梁などがあげられます。これらには、図3のように様々な形状のトラスがあり、構造デザインや構法の慣習などにより採用されています。

一方、木造の大スパン化は今に始まったことでなく、今から71年前の昭和23年の構造用教材I⁽³⁾及びII⁽⁴⁾には、既に図4の大規模なトラスの設計事例や規格計算法による算例も示されています。また、昭和16年には、堀口勘吉著「新興木構造」が出版されていることなど、

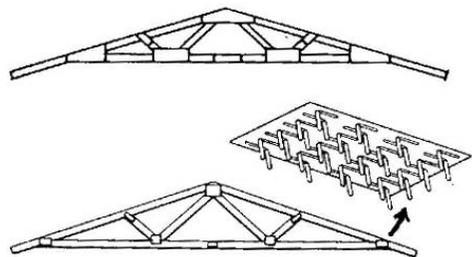


図2 合板ガセットとメタルプレートコネクター (2)

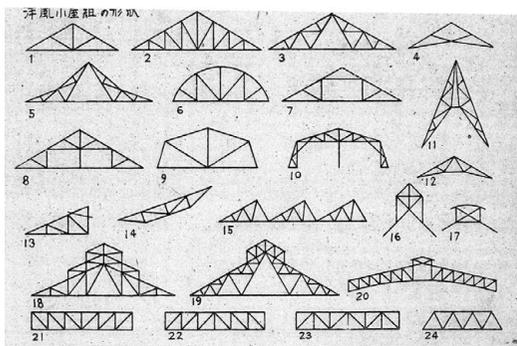


図3 様々なトラス形状 (3)

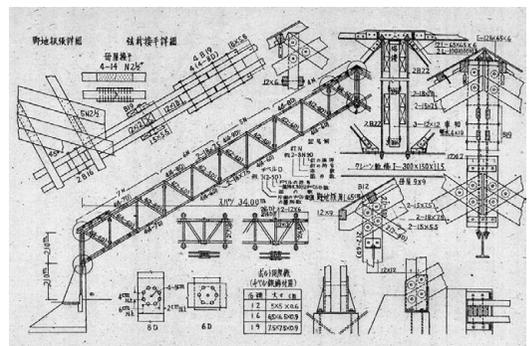


図4 大規模なトラスの設計事例 (3)

2 木造トラス構造の計画

明治から昭和の戦中にかけて、物資不足などを背景に、大規模木造や木造トラスの実現を試みてきたという変遷が見受けられます。

比較的到大スパンを必要とする木造校舎には、昭和23年の構造用教材Ⅱ⁽⁴⁾に図5に示す軸組図の事例があり、小屋組にはトラスが採用されています。このトラスのラチス配置は左右対称ではなく、廊下側の柱の支点配置を踏まえた構造計算が行われ、小屋組トラスの標準化が試みられていたことが推測できます。筆者が今までに実施した耐震調査のなかに、図6の昭和25年頃に設計された愛媛県の西条栄光教会の幼稚園があります。この小屋組には構造用教材Ⅱ⁽⁴⁾の木造校舎と同様の小屋トラスが採用されており、この小屋トラスのディテールが比較的に一般化していたことが推測できます。

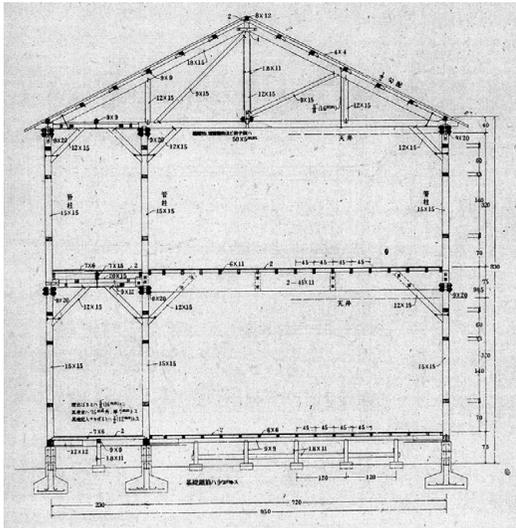


図5 木造小学校中間骨組立面図⁽⁴⁾

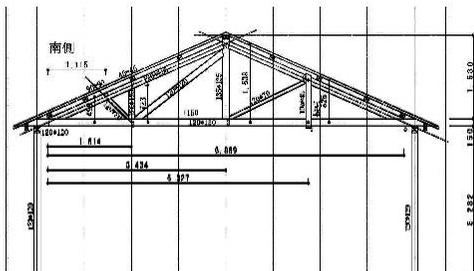


図6 幼稚園の小屋組トラス

木造トラスの構造計画で最も大切なのは、過大なたわみを防ぐこととなります。応力度を許容するのは比較的に簡単ですが、トラスは部材数と接合点数が多くなるので、木造特有の接合部のすべりや初期ガタを構造計画から意識していかなくはなりません。例えば、接合部が圧縮応力となるようなラチス配置としたり、初期ガタを小さくするように、ドリフトピンや構造用ビスの接合にしたり、ボルトのせん断接合の場合は1本だと初期ガタが大きく生じるので多本数で計画する、などを考えます。

(木造トラス計画の注意点)

- ① 過大なたわみの防止
- ② 上下弦材の2次応力
- ③ ラチスの部材接合点の偏心による2次応力
- ④ クリープたわみ

例えば、前述した図6の幼稚園の小屋トラスの場合、トラス形状の基本形はキングポストトラスです。ただ、廊下の柱の支持により、ラチスの応力は図7左のように一部引張りになります。そうすると、接合部の初期ガタが生じやすく、加えて、接合部には高い引張り剛性が要求されるので、その結果、高い施工精度を要求したり、または過大な接合部ディテールになりやすくなります。構造計画の時点で、図7右のようにラチスが圧縮応力になるように計画し、接合部は、めり込みとこの接触面積にて、比較的に高い剛性を確保すると、たわみのコントロールがしやすくなります。

図8に示す礼拝堂のトラスは、これと同様の考え方で、ラチス応力が圧縮になるハウトラスになっています。また、ポスト部分には引張りが生じるので、鋼棒になっていますが、剛性は鋼棒の断面と上下弦材の座金のめり込み剛性に依存しており、比較的コントロールしやすいディテールです。また、写真1のように圧縮部分のディテールは大入りの軸方向めり込みになっており、施工がしやすいことが分かります。

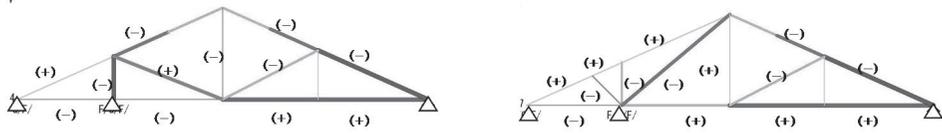


図7 キングポストトラス (左) と変形トラス (右)

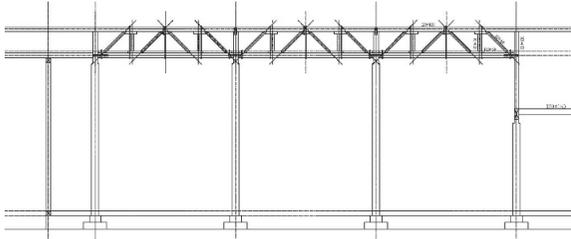


図8 礼拝堂のトラス

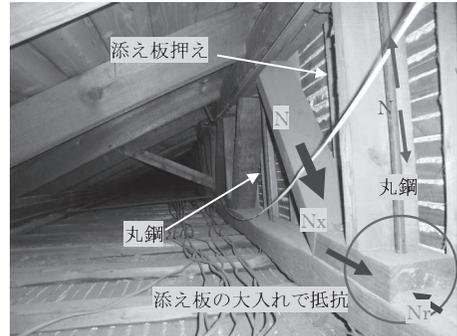


写真1 礼拝堂のトラスの機構

3 木造トラスの計算と設計

前述したように、木造トラスは、昔から力学計算により応力検定が行われてきたことが分かります。昭和58年木構造設計規準・同解説⁽⁵⁾のトラスばりの計算法には式1の仮想仕事法によるたわみ計算の式が示されており、部材のひずみに加えて、初期ガタやすべりを考慮した第2項の式があり、木造特有のたわみ検定式になっています。今では、数値解析ソフトが普及しているので、トラスなどの応力やたわみの計算はフレーム解析で行うことが主流になり、残念なことに2002年版以降の木質構造設計規準・同解説はこの計算式等は省略されています。

$$y = \sum \frac{\bar{N}N_e}{EA} \ell + \sum \bar{N}\Delta \quad \text{式1}$$

N_e : 上下弦材の曲げによる負担荷重を差引いた残りの荷重により生じる軸力

\bar{N} : たわみを求めようとした点に単位力を加えた時の各部材の応力

A, ℓ : 各部材の断面積、長さ

E : ヤング係数

Δ : N_e により接合部に生じる材軸方向の変位

(木造トラスの構造設計プロセス)

(1) トラスばりの設計方針

- ・ラチス材仕口、弦材継手および部材の伸縮の変形と2次応力を考慮した応力検定
- ・不都合なたわみや振動障害を生じないように所定の剛性を確保

(2) トラスばり弦材の応力度検定

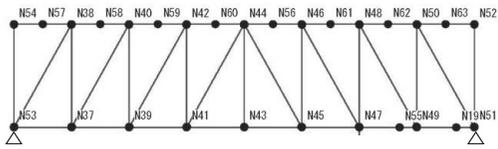
(3) トラスばりの応力とたわみ検定

(4) 注意事項

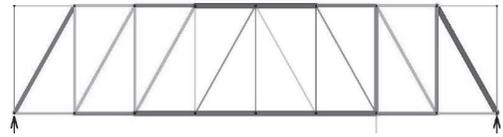
- ・トラスのせい
- ・斜材の傾斜
- ・トラスばりラチス仕口のゆるみの対処
- ・節点間の弦材の曲げの対処

4 フレーム解析による木造トラスの計算と設計

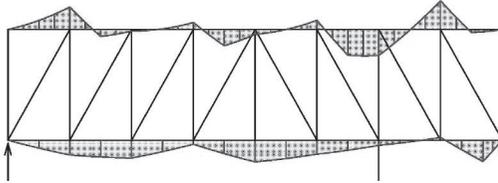
木造平屋建て住宅の大開口部分に木造トラスを採用し、二方向の屋根荷重を負担する図9に示す架構の構造設計例を紹介합니다。前述したように過大なたわみの防止が最初の構造基本計画に挙げられます。特に、トラス下は大開口の建具であったために、スパン8mのトラスの長期たわみを1/500radより小さくなるようにクライテリアを立てています。小屋組ということ



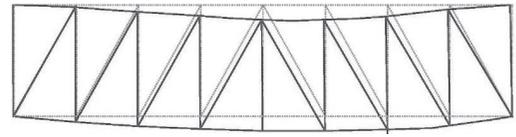
モデル



N 図



M 図



たわみ図

図 14 ハウトラスの解析結果

【引用文献】

- (1) 目でみる木造住宅の耐震性、宮澤健二著、2007年、株式会社東洋書房
- (2) 木質構造設計ノート、1995年、社団法人日本建築学会
- (3) 構造用教材（Ⅰ）、昭和23年、社団法人日本建築学会
- (4) 構造用教材（Ⅱ）、昭和23年、社団法人日本建築学会
- (5) 木構造設計規準・同解説、昭和58年、社団法人日本建築学会



写真1 床仕上げ材小サンプルによる
聴感比較実験の様子

(フローリングやカーペット、ラグマットなどホームセンターなどで比較的手軽に用意できる床仕上げ材を複数用意して、上室および下室での聴感比較実験なども行っております。騒音源には椅子の引きずり音、食器類、ウェイトトレーニング用具などというような、JISの標準衝撃源(重量、軽量)以外にも様々な音源を用いる場合があります。)

住宅における生活排水音としてはトイレ・浴室や台所からの排水音などがあります。排水騒音についてはホテル・集合住宅等で問題視されていましたが、数多くの研究が行われた成果もあり、騒音対策が施されてその程度は大幅に改善されてきました。しかし、サッシの遮音性能向上や建物の気密性の向上により生活空間の暗騒音が低くなってきたことで、従来は全く気にならなかったような音が気がかりな音として聞こえるようになり、騒音問題に発展する場合がございます。

当試験施設の2階床と1階壁には貫通孔がそれぞれ1カ所ずつ設けられており、実験室を貫通する形で配管を設置する事が可能となっております。建物の2層分に限定されますが、実建物に近い配管経路を実験室で再現して、実際の流水音による排水騒音測定を実施・検証することができます。

2階床・1階壁に設けた貫通孔は複数のシリンダで構成されており、シリンダを抜き差しする事により貫通孔の直径を調整することがで

きます。貫通孔の直径はVU管4種類(VU50, 75, 100, 150)を通せるように66mm、95mm、120mm、171mmの4種類を用意しております。



写真2 貫通孔に設けたシリンダセット
(呼び径50mm～150mmを用意しています。)

測定では、2階部分に水槽を設けて水量調整しながら定常状態での測定を行う方法や、実際の便器などを設けて実使用状態のなかで測定を行う方法などが実施可能です。実際に流水した時の排水管の管壁から放射される音を対象としているので、流水時の室内音圧レベルを測定する事により管の材質や管の被覆材による騒音低減効果を測定することができます。



写真3 1階室内に設置した配管(VP50を使用)
(配管を被覆した時の騒音低減効果を検証、聴感体験することができます。)

構造用集成材梁の火災時たわみ挙動の把握

性能試験研究部 堀尾 岳成／野中 峻平／福田 泰孝
 技術評価部 金城 仁
 国立大学法人 千葉大学 平島 岳夫
 日本集成材工業協同組合 清水 邦夫
 大成建設株式会社 馬場 重彰
 株式会社 日建設計 染谷 朝幸

1. はじめに

現在の木質耐火構造の建築基準法大臣認定における性能評価では、荷重支持部材が炭化しないことを確認することで非損傷性能を評価している。そのため、設計においては図1に示すように、木質構造部材を特殊な工法・材料等を実施して被覆する被覆材の燃え止まり性能の向上に主眼が置かれている。現在の評価方法は部材自身の火災時耐力（非損傷性能）を評価する方法ではなく、被覆（部分）材の燃え止まり性能を確認することで間接的（荷重支持部材が炭化しない）に木質構造部材の火災時耐力（非損傷性能）を評価する手法となっている。

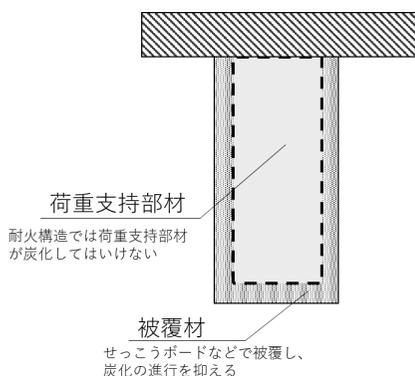


図1 燃え止まり工法の一例

そのため木質構造部材が本来有する耐火性能について不明な点が多く、木質構造部材の火災時における崩壊に至る挙動については解明され

ていない。燃え止まり工法を施していない木質構造部材が火災に曝されると、図2のように側面より炭化が進行していくが、内部には健全な断面（炭化していない部分）が残る。火災時耐力（非損傷性能）を直接的に把握（評価）するには、この健全な断面（炭化していない部分）における荷重支持能力に着眼し、定量的に把握することが重要となってくる。木質構造部材の火災時耐力（非損傷性能）を直接的に把握（評価）することが出来れば、特殊な燃え止まり工法を施さない木質構造部材を耐火構造部材に適用することが可能となり、国産木材の利用促進にも期待が出来る。

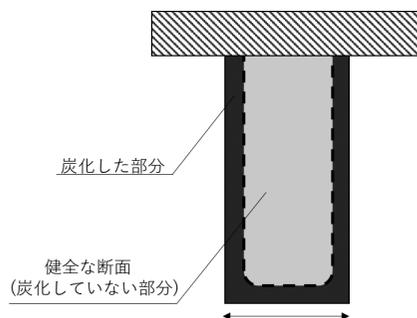


図2 木質構造部材の炭化断面

本研究実験では木質構造部材（梁部材）の断面寸法、加熱時間、樹種及び荷重条件等に応じて火災時から火災終了後の放冷過程における崩

壊挙動について実大実験により把握し、木質構造部材の火災時耐力（非損傷性）及び火災時倒壊時間を予測する技術に必要なデータの収集することを目的として実験を行った。2017年度から2か年に渡り研究実験を行い、2017年度はスギ構造用集成材、2018年度は樹種をカラマツに変えて実施した。

2. 実験方法および試験体

実験は（一財）ベタリーピング制定「防耐火性能試験・評価業務方法書」に準拠して荷重加熱実験を行った。図3の実験概要図に示す通り、試験体長さ6m、支点間距離5.4m、加熱長さ4mとした。測定項目は温度（加熱温度および試験体断面内部温度）と変位量（変位量より試験体長さ方向の中央、両側荷重点位置でのたわみを算出）である。図4に断面内部温度測定位置を示す。

試験体の断面寸法をW210mm×H420mm、W360mm×H600mmの2条件とした。実験荷重は集成材断面に長期許容曲げ応力度が生じる荷重（1L）に対する比率を変えて、1L、2/3L、1/3Lの3条件とした。加熱時間は30分、60分、90分の3条件として加熱を行った。加熱終了

後は放冷し、加熱開始から最長で12時間計測および経過観察を行った。12時間経過した時点で荷重を支持し続けた場合は、荷重を漸増させていき破壊させた。試験体脱炉後は試験体の亀裂状況を観察し、破壊性状を確認した。

本研究実験の試験体は、2017年度はスギ構造用集成材が8体、2018年度はカラマツ構造用集成材が8体、スギ構造用集成材が1体の計9体行った。スギ及びカラマツ構造用集成材は対象異等級構成集成材で、強度等級はカラマツがE105-F300、スギがE65-F225である。

3. 実験結果

ここでは2017年度実施したスギ構造用集成材の実験結果の一例を報告する。研究実験では全て実験条件において、加熱中に破壊した試験体はなく、加熱終了後の放冷過程において破壊に至るか燃え止まる結果となった。したがって、実験荷重1Lのうち加熱時間60分の試験体については全て準耐火1時間の性能を満足する結果となった。実験結果一覧を表1に示す。

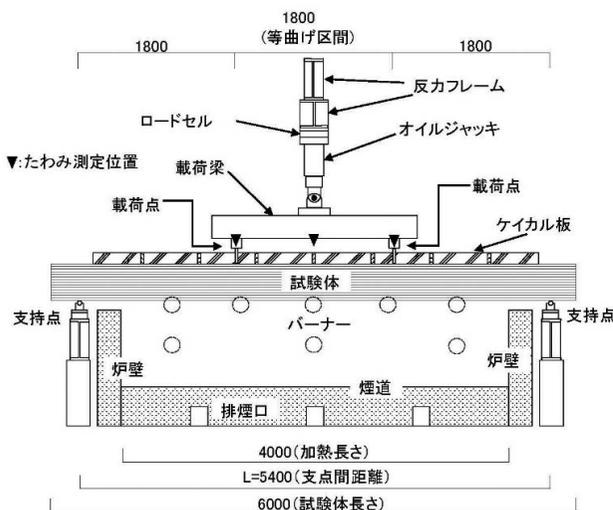


図3 実験概要図

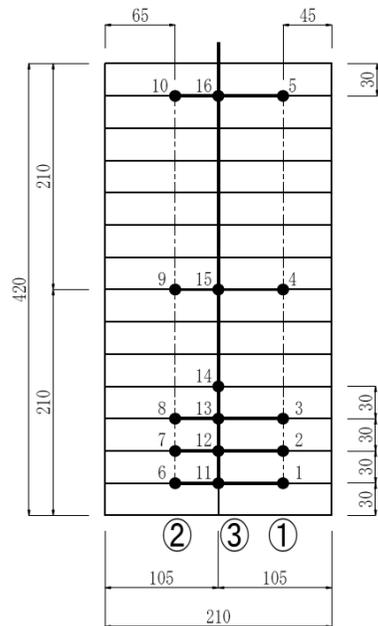


図4 断面内部温度測定位置

表1 実験結果一覧

2017年度（スギ）

試験体 No.	断面寸法 (mm)	加熱時間	荷重比	破壊時間 (分)	破壊荷重 (kN)	破壊性状
①	420×210	30	1	604	52.1	せん断破壊
②			2/3	-	79.8	せん断破壊
③		60	1	93	52.1	曲げ破壊
④			2/3	144	34.8	曲げ破壊
⑤			1/3	284	17.4	曲げ破壊
⑥	600×360	60	1	287	176.1	曲げ破壊
⑦			2/3	619	117.4	曲げ破壊
⑧		90	286	117.4	曲げ破壊	

※破壊時間がー（ハイフン）については加熱開始から12時間後に荷重を漸増させて破壊した。

実験条件である荷重比、加熱時間、断面寸法の違いにより結果の比較を行った。図5はW210 mm × H420 mm断面における1時間加熱の比較である。荷重比の違いにより加熱中から徐々にたわみの進行に差が生じ破壊に至る時間に差が生じた。

図6は加熱時間の違いによる比較である。加熱時間が長くなると、加熱中から加熱終了後の放冷過程における自己燃焼による断面焼損が進行し、たわみが増加して破壊に至る。

一方、試験体⑦のように加熱時間が短く、放冷過程での自己燃焼が抑えられた場合においても、その後の放冷過程における断面内部の温度上昇によって破壊に至る。図7は試験体⑦の断面内中央部温度測定結果である。加熱終了後の放冷過程において一旦は温度上昇が抑えられたものの、再び温度が上昇し始めて、第2～3層目までが炭化領域（260℃）に達しているのが分かる。

図8は断面寸法の違いによる比較である。断面寸法が大きくなることで、試験体自身の

熱容量が大きくなるため、断面内部の温度上昇も穏やかになる。加熱から放冷過程での自己燃焼による断面焼損の割合が小さくなるため、残存断面の剛性低下が抑えられ、たわみの進行に差が生じた。

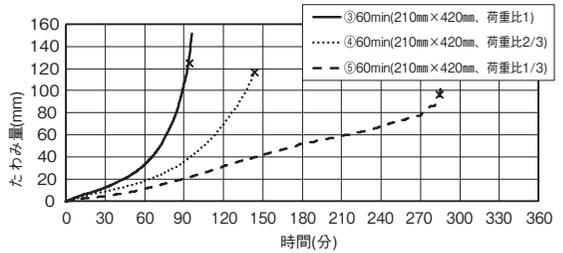


図5 荷重比の違いによる比較

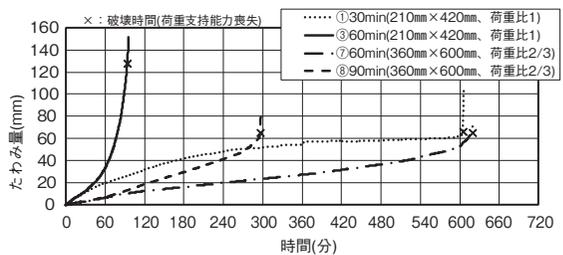


図6 加熱時間の違いによる比較

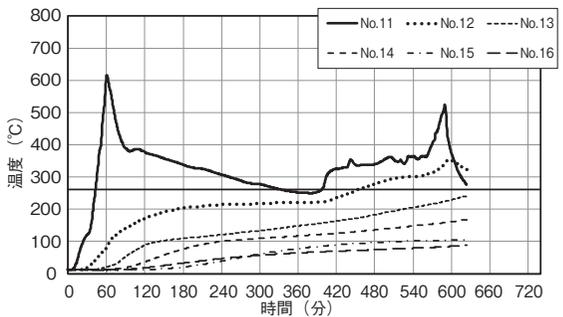


図7 断面内中央部温度（試験体⑦）

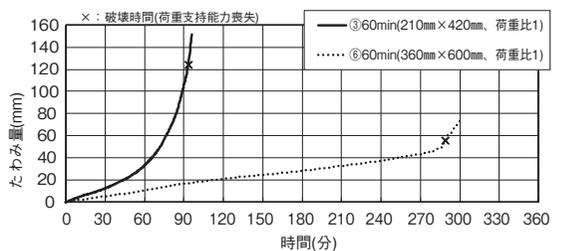


図8 断面寸法の違いによる比較

写真1 および写真2 は実験終了後の試験体破壊状況の一例である。試験体③は等曲げ区間内側の梁下端のラミナ破断が確認された。また、ラミナ破断部分を起点に亀裂が生じ、梁長さ方向に大きく破断していた。試験体③のような曲げ破壊をした試験体は6体であった。試験体①および試験体②は等曲げ区間の外側において図心軸付近に年輪に沿ったずれ

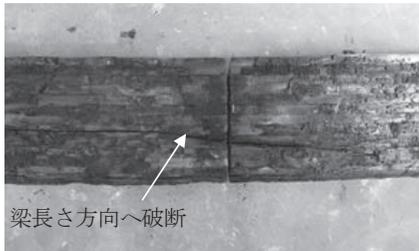


写真1 試験体破壊状況 (試験体③、側面)



写真2 試験体破壊状況 (試験体③、断面)

が確認され、上記の6体とは異なる破壊性状であった。破壊性状については、試験体の亀裂状態とたわみ挙動、実験経過から総合的に判断した。実験条件の違いにより、破壊性状にも違いが生じることが確認された。

4. おわりに

本研究では木質構造部材（梁部材）の火災時から火災終了後の放冷過程における崩壊挙動について、実大実験を行うことにより、荷重比、加熱時間、断面寸法の違いによる影響を定量的かつ定性的に把握することが出来た。

【謝 辞】

本研究実験は、国土交通省住宅・建築物技術高度化事業の助成を受け実施した。また、試験体製作において株式会社東亜理科に多大なる協力を得た。ここに記し、感謝の意を表する。

【参考文献】

- (1) 一般社団法人日本建築学会 構造材料の耐火性ガイドブック 2017
- (2) 一般財団法人ベターリビング「防耐火性能試験・評価業務方法書」
- (3) 堀尾岳成他：標準火災加熱を受ける構造用集成材の変形 挙動および破壊時間 その2、スギ構造用集成材による梁の荷重加熱実験結果、日本建築学会大術講演梗概集、防火、pp253-254、2018.9
- (4) 野中峻平他：標準火災加熱を受ける構造用集成材の断面内温度および炭化性状 その2 スギ構造用集成材による梁の加熱実験結果、平成30年度日本火災学会研究発表会梗概集、2018.5

羽根付き杭の 水平抵抗特性に関する研究

建築基礎・地盤業務部 久世 直哉

筆者らは、羽根付き杭周辺の粘性土地盤においては杭の回転貫入による施工に伴い、密度の増加、構造の脆弱化及び隙間の発生という土性変化が生ずる場合があることを報告している(Kuze et al. 2016)。この土性変化は、羽根形状の影響を受けると考えられるが、これについて検証された事例は見当たらない。よって、本報告では、羽根径 (D_w) と杭軸径 (D_p) の比 (D_w/D_p) をパラメータとして、実大杭の水平載荷試験等を行い、 D_w/D_p が羽根付き杭の水平抵抗特性に及ぼす影響を把握した結果を示す。羽根付き杭の形状を図1に示す。

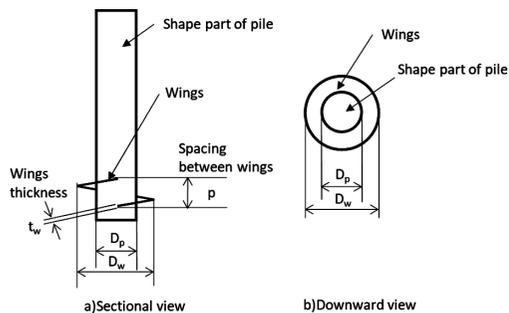


図1 Shape of pile with wings

実大杭の載荷試験により、施工時の杭1回転あたりの貫入量と羽根1巻き当たりの間隔の比を1.0とし、 D_w/D_p を2.0以上とした場合の水平方向地盤反力係数(以下、 k_h)が、プレボーリング工法により施工されたストレート形状の杭(以下、ストレート杭)の k_h よりも低下したことも既往の研究において確認している。

今回の検討では、 D_w/D_p が大きくなるに従い、 k_h が低下することを確認した。一方、 D_w/D_p

を最も小さい条件である1.5とした場合、ストレート杭よりも k_h が増加した。荷重 (H) と杭頭変位 (y) の関係を図2に、ストレート杭に対する羽根付き杭の基準変位 (10mm) 時の k_h (以下、羽根付き杭においては k_{hw0} 、ストレート杭においては k_{hs0}) の比と D_w/D_p の関係を図3に、それぞれ示す。

k_h の減少は、羽根の通過による地盤の脆弱化及び空隙の発生が、地盤の密度増加の効果よりも卓越したことによるものと考えられる。一方、 k_h の増加は、これとは反対に、密度増加の効果が卓越したものと考えられる。

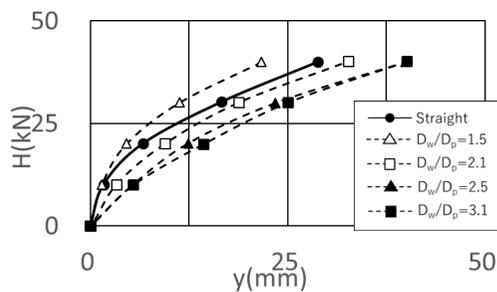


図2 Relationship of H-y

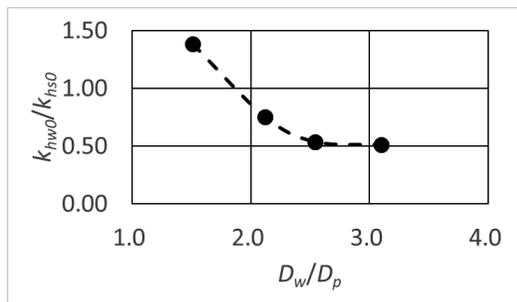


図3 Relationship of k_{hw0}/k_{hs0} - D_w/D_p

施工に伴う空隙発生状況については、模型杭とカラー粘土を用いた施工試験により把握した。

D_w/D_p を 2.0 とした場合は、羽根通過部に押し広げられた土が充填されていた。しかし、 D_w/D_p を 3.0 とした場合は、羽根通過部の外側に空隙があった。これは、羽根径が大きくなる

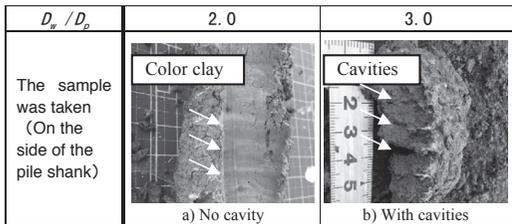


図 4 Results of visual observation

と、押し広げられる土の量と圧力が不足するため、再外縁に空隙が残ったものと推察される。

本研究により、羽根付き杭の水平抵抗は、羽根の形状の影響を受け、杭軸径に対する羽根径の比は k_h と負の相関関係にあることが明らかになった。

【参考文献】

Kuze, N., Suemasa, N., Inoue, N., and Futaki, M. (2016) .: Property Changes of Soil Around a Rotary Press-in Pile with Wings and Lateral Loading Behavior of the Pile, Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ) , Vol. 81. No. 727, pp. 1455-1465. (in Japanese)



融合不良が溶接部の力学的性能に与える影響

性能試験研究部 服部 和徳／宗川 陽祐

1. はじめに

溶接欠陥には、ブローホール、スラグ巻込み、溶込不良、割れおよび融合不良などが挙げられる（図1）。平成12年国土交通省告示第1464号において、溶接部は、割れ、内部欠陥等の構造耐力上支障のある欠陥がないことと規定されている。開先面の融合不良が溶接部の力学的性能に与える影響については不明な部分があり、現在、研究を進めている。これまでの開先面の融合不良を対象とする実験（板厚16mmおよび25mm）において、同一欠陥

率においても接合部の変形能力が異なるという実験結果が得られ、欠陥断面率のみで溶接欠陥を評価することは困難であり、板厚を考慮した評価が必要であることが明らかとなった（図2）^{1)~3)}。

本研究では、更に欠陥寸法と板厚が接合部の耐力および変形性能を実験的に検討するため、異なる板厚、欠陥の高さ、長さの施された試験体の単調引張試験を行い、実験によって検証することを目的とする。

2-1. 試験体

試験体一覧を表1に示す。試験体の板厚は、16mm、25mm、40mmの3種類である。試験体の形状を図3に示す。試験体はすべて

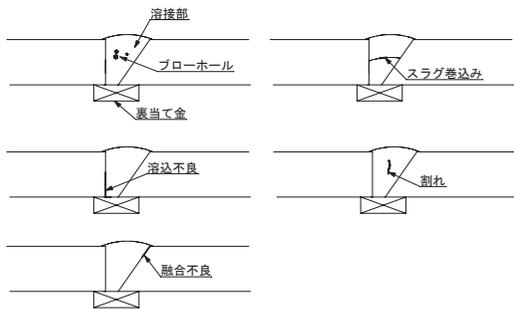


図1 溶接欠陥

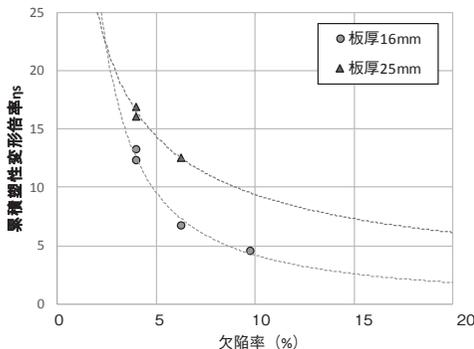


図2 累積塑性変形率-欠陥率関係（既往の実験）

表1 試験体一覧

試験体 No.	板厚 t mm	板幅 B mm	欠陥寸法 (mm)			欠陥面積 S mm ²	欠陥率 α %
			高さ d	長さ a	幅 w		
1-1	16	40	3.2	3.2	0.4	10	1.6
1-2			5.0	5.0	0.4	25	3.9
1-3			6.4	6.4	0.6	41	6.4
1-4			8.0	8.0	0.6	64	10.0
2-1	25	62.5	5.0	5.0	0.4	25	1.6
2-2			6.4	6.4	0.6	41	2.6
2-3			6.4	12.8	0.6	82	5.2
2-4			8.0	8.0	0.6	64	4.1
2-5			10.0	10.0	0.6	100	6.4
2-6			12.8	6.4	0.6	82	5.2
2-7			12.8	12.8	0.6	164	10.5
3-1	40	100	8.0	8.0	0.6	64	1.6
3-2			10.0	10.0	0.6	100	2.5
3-3			10.0	20.0	1	200	5.0
3-4			12.8	12.8	0.6	164	4.1
3-5			16.0	16.0	1	256	6.4
3-6			20.0	10.0	1	200	5.0
3-7			20.0	20.0	1	400	10.0

欠陥率 $\alpha = S / (t \times B) \times 100$

SN490B 鋼材である。欠陥は、開先角度 35° の開先端端部に想定する位置に放電加工で人工的に設けている。なお、本実験で使用した試験体の標点間距離 L_0 は、いずれの試験体も 70 mm に統一している。試験体形状は、既往実験^{1)~3)}(H 形鋼に融合不良を施した繰返曲げ試験)の形状とほぼ同形状としている。板幅 B と板厚 t の比は、 $B/t=2.5$ で統一をした。

2-2. 供試材の機械的性質

素材引張試験結果を表 2 に示す。引張試験片は、JISZ2241 : 2011 (金属材料引張試験方法) に示される 1A 号試験片とした。表 2 には、ミリシート値も併せて示す。応力-ひずみ関係を図 4 に示す。

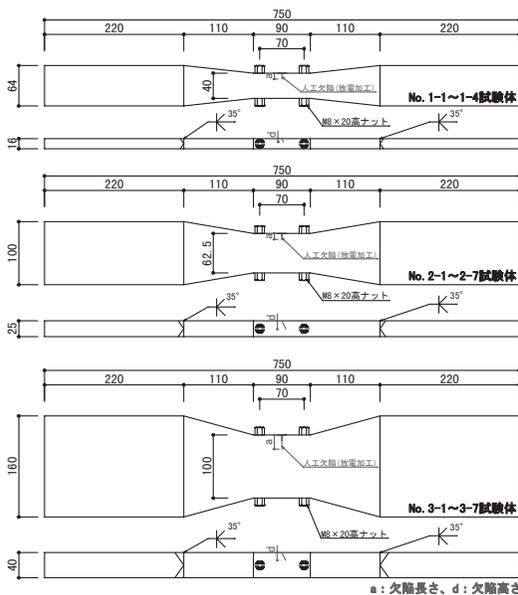


図 3 試験体図

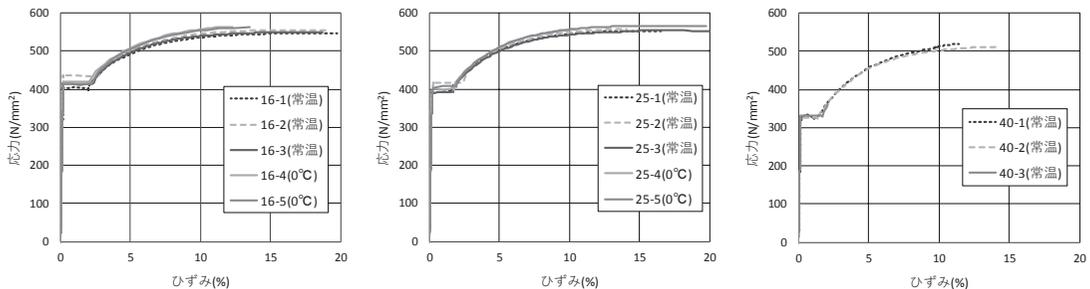


図 4 応力-ひずみ関係 (素材引張試験結果)

2-3. 供試材の衝撃特性

供試材のシャルピー衝撃試験結果一覧を表 3 に示す。試験片は JISZ2242 : 2018 (金属材料のシャルピー衝撃試験方法) に示される V ノッチ試験片とした。試験片採取位置は、板厚 25 mm および 40 mm は板表面から $1/4t$ の位置、板厚 16mm は板表面から 6mm の位置がシャルピー試験片の中央になる様にした。表 3 には、ミリシート値も併せて示す。シャルピー衝撃試験結果を図 5 に示す。

3. 試験方法

実験装置は 1000kN アムスラー型油圧万能試験機を用い、単調引張試験の板厚 40mm のみ 3000kN 試験機を用いて行った。ドライアイス

表 2 素材引張試験結果一覧

板厚 mm	試験温度 °C	σ_{yH} N/mm ²	σ_{yL} N/mm ²	σ_u N/mm ²	Y.R. %	ϵ_p %	EL. %	Z %	数量 体
16	常温	418	414	551	76	2.37	26.2	59.2	3
	0	415	413	567	73	2.19	25.8	58.5	2
	ミリシート	428	-	553	77	-	26	-	-
25	常温	401	399	556	72	1.90	27.2	59.9	3
	0	403	400	567	71	1.83	27.4	58.2	2
	ミリシート	404	-	560	72	-	27	-	-
40	常温	328	323	518	63	1.52	31.8	64.3	3
	ミリシート	348	-	529	66	-	30	-	-

σ_{yH} : 上昇伏点、 σ_{yL} : 下降伏点、 σ_u : 引張強さ、 ϵ_p : 加工硬化開始点のひずみ、Y.R.(= $\sigma_{yH}/\sigma_u \times 100$): 降伏比、EL.: 破断伸び、Z: 絞り

表 3 シャルピー衝撃試験結果

板厚 mm	v_{E0} J	v_{B0} %	v_{E20} J	v_{B20} %	v_{T_s} °C	v_{T_e} °C	$v_{E_{shelf}}$ J	$v_{E_0}^{-1}$ J
16	135	19	172	1	-26	-18	185	161
25	166	15	180	12	-27	-22	206	184
40	123	35	159	21	-11	-14	188	102

v_E : 吸収エネルギー、 v_B : 脆性破面率、 v_{T_s} : 破面遷移温度、 v_{T_e} : エネルギー遷移温度、 $v_{E_{shelf}}$: 上部棚吸収エネルギー、*1: ミルシート値

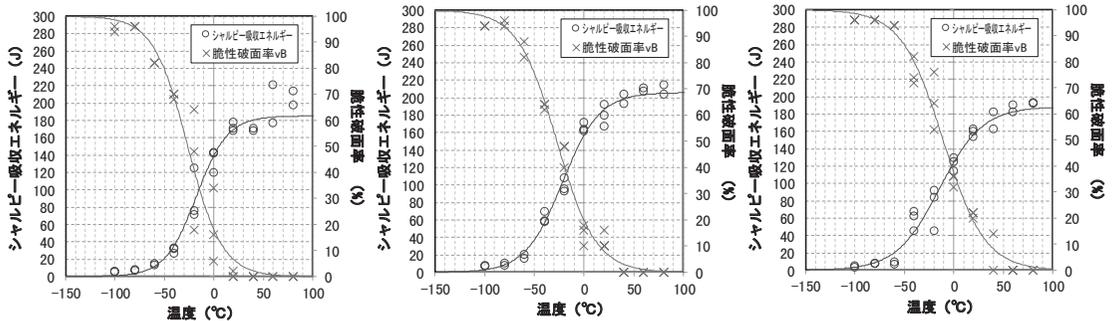


図5 シャルピー衝撃試験結果

で冷やしたエタノールをビニール袋に入れて試験体に密着させ、CTOD 試験方法⁴⁾を参照して、板厚 16mm は 10 分、板厚 25mm は 20 分間温度を保持した後、冷却しながら引張試験を行った。板厚 40mm は室温 (20°C) で行った。

変位の測定は、試験体高ナットに変位計 (D1,D2) を 2 箇所に取り付け、引張試験を行った。変位 δ は D1 と D2 の平均値とした。荷重は、試験機の荷重計により測定した。

温度は試験体の表面および人工欠陥の切欠き底に熱電対を取り付け測定した。

4. 実験結果

実験結果一覧を表 4 に示す。荷重—変位関係および応力—ひずみ関係を図 6 に示す。応力 σ およびひずみ ε は、式 (1) および式 (2) により算出した。累積塑性変形倍率 η_s は式 (3) により算出した。

$$\sigma = P/A \dots (1)$$

$$\varepsilon = \delta/Lo \times 100 \dots (2)$$

σ : 応力, P : 試験荷重, ε : ひずみ δ : 変位, Lo : 標点距離 (70mm)

A : 断面積 (No.1-1 ~ 1-4: 640mm², No.2-1 ~ 2-7: 1562.5mm², No.3-1 ~ 3-7: 4000mm²)

$$\eta_s = W / (P_p \times \delta_p) \dots (3)$$

η_s : 累積塑性変形倍率, P_p : 降伏荷重 (= $\sigma_{yh} \times A$)

W : 履歴吸収エネルギー (最大荷重の 90%まで)

δ_p : 加工硬化開始点の変位 (= $\varepsilon_p / 100 \times 70$)

(No.1-1 ~ 1-4: 1.53mm, No.2-1 ~ 2-7: 1.28mm,

No.3-1 ~ 3-7: 1.06mm)

図 6 より、板厚 16mm 試験体では、欠陥率が大きくなるにつれて、最大荷重時のひずみ量が小さくなる傾向が見取れるが、板厚 40mm の試験体においては、その傾向が小さい。これは、本試験体において全ての試験体で標点距離 Lo を等

表 4 実験結果一覧

試験体 No.	板厚 t mm	板幅 B mm	欠陥寸法 (mm)			欠陥率 α %	P_{max} kN	δ_{max} mm	σ_{max} N/mm ²	ε_{max} %	σ_{max}/σ_{yh}	σ_{max}/σ_u	η_s	破壊状況
			高さ d	長さ a	幅 w									
1-1	16	40	3.2	3.2	0.4	1.6	372.6	7.8	582	11.2	1.41	1.06	12.76	延性
1-2			5.0	5.0	0.4	3.9	360.6	5.3	572	10.2	1.38	1.04	8.59	延性
1-3			6.4	6.4	0.6	6.4	352.6	5.2	551	7.4	1.33	1.00	5.58	延性
1-4			8.0	8.0	0.6	10.0	335.3	3.9	524	5.6	1.27	0.95	3.83	延性
2-1	25	62.5	5.0	5.0	0.4	1.6	904.5	5.5	579	7.9	1.45	1.04	8.33	延性
2-2			6.4	6.4	0.6	2.6	894.0	5.0	572	7.2	1.43	1.03	6.33	脆性
2-3			6.4	12.8	0.6	5.2	865.7	3.6	554	5.2	1.39	1.00	3.58	脆性
2-4			8.0	8.0	0.6	4.1	877.1	4.5	561	6.5	1.41	1.01	5.77	延性
2-5			10.0	10.0	0.6	6.4	842.5	3.3	539	4.7	1.35	0.97	4.03	延性
2-6			12.8	6.4	0.6	5.2	865.4	4.2	554	6.0	1.39	1.00	5.21	延性
2-7			12.8	12.8	0.6	10.5	779.9	2.4	499	3.4	1.25	0.90	1.93	脆性
3-1	40	100	8.0	8.0	0.6	1.6	2101.7	4.1	525	5.9	1.60	1.01	6.05	延性
3-2			10.0	10.0	0.6	2.5	2073.8	3.5	518	5.0	1.58	1.00	5.25	延性
3-3			10.0	20.0	1	5.0	1988.0	3.6	497	5.1	1.52	0.96	4.45	延性
3-4			12.8	12.8	0.6	4.1	2015.0	3.5	504	5.0	1.54	0.97	4.97	延性
3-5			16.0	16.0	1	6.4	1947.8	3.5	487	4.9	1.48	0.94	5.28	延性
3-6			20.0	10.0	1	5.0	2017.6	3.8	504	5.5	1.54	0.97	4.05	変位計治具より破断
3-7			20.0	20.0	1	10.0	1837.5	3.7	459	5.3	1.40	0.89	4.94	延性

P_{max} : 最大耐力、 δ_{max} : 最大耐力時の変位、 σ_{max} : 最大応力、 ε_{max} : 最大応力時のひずみ
 σ_{yh} : 上降伏点(素材引張試験)、 σ_u : 引張強さ(素材引張試験)、 η_s : 累積塑性変形倍率(最大耐力の90%まで)

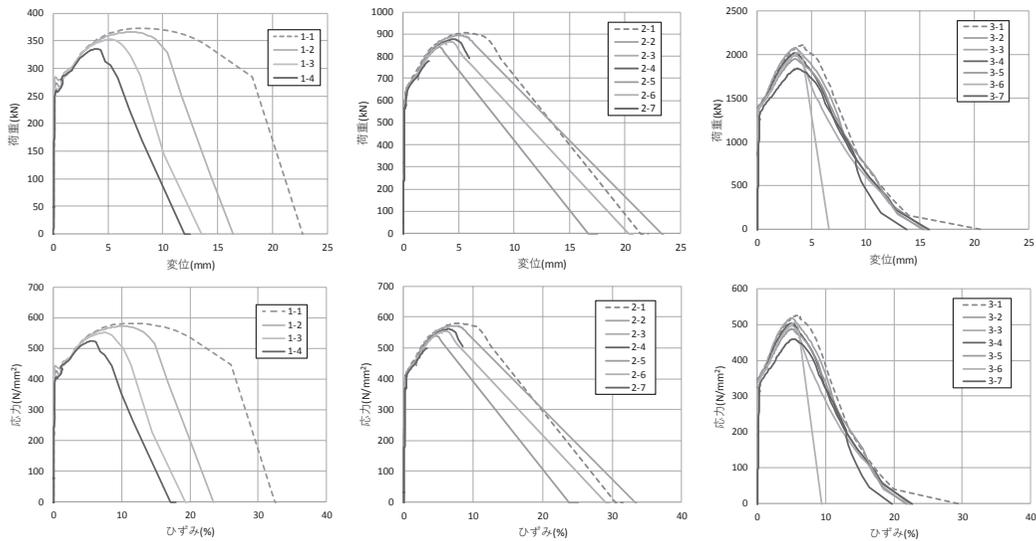


図6 荷重—変位関係および応力—ひずみ関係

しくしており ($L_0=70$ mm)、板厚の厚い試験体では拘束の影響が大きかったものと推測される。

5. 考察

図7に、 σ_{max}/σ_u —欠陥率関係を示す。図7の縦軸は、最大応力 σ_{max} を素材の引張強さ σ_u で無次元化したものである。いずれの板厚においても、欠陥率が大きくなるにつれて、最大耐力が低下している。また、今回の実験範囲において、欠陥による耐力低下の割合（グラフの傾き）は、いずれの板厚において、概ね同様の傾向であった。

図8に ε_{max} —欠陥率の関係を示す。板厚16mm、板厚25mmについては、欠陥率が大きくなるにつれて ε_{max} が線形的に低下する傾向があった。一方、板厚40mmの試験体については、欠陥率2.0%を超えるとほぼ一定の値を示している。

図9に累積塑性変形倍率 η_s —欠陥率の関係を示す。累積塑性変形倍率においても、 ε_{max} とほぼ同様の傾向が示される。

板厚40mmの試験体が他の試験体と傾向が異なるのは、試験体のプロポーシヨンの影響だと推察される。一般的に、金属材料の引張試験において、応力およびひずみは断面積および標

点距離に依存することが知られており、特に、破断伸びは $B\sqrt{A}$ (B : 材料定数、 A : 断面積) と相関があり、JISZ2241に示される比例試験片においては、標点距離は $5.65\sqrt{A}$ と定められている。

本試験体の標点距離 L_0 は、JISで定められる標点距離 L_0 に比べ非常に小さいものとなっている。そこで、少し乱暴な整理ではあるが、JISに定める標点距離に換算すべく、実験より得られた累積塑性変形倍率の補正を試みた。補正の方法は、式(4)による。

$$\eta_s^{(補正)} = \eta_s^{(実験)} \times 5.65\sqrt{A} \div \text{標点距離} \dots (4)$$

$\eta_s^{(補正)}$: 補正した累積塑性変形倍率、
 $\eta_s^{(実験)}$: 累積塑性変形倍率 (実験値)、
 A : 断面積、標点距離 (= 70 mm)

$\eta_s^{(補正)}$ —欠陥率の関係を図10に示す。図10には、既往実験であるH形鋼の3点曲げ試験の結果も併せて示す。ただし、板厚40mm、欠陥率が2.0%以上である試験体は除外している。図7より、本実験結果は、既往の曲げ試験結果と概ね近い傾向が得られた。従って、試験体のプロポーシヨンにより拘束度が試験結果である耐力および変形性能に与える影響が大きいものであると推定される。

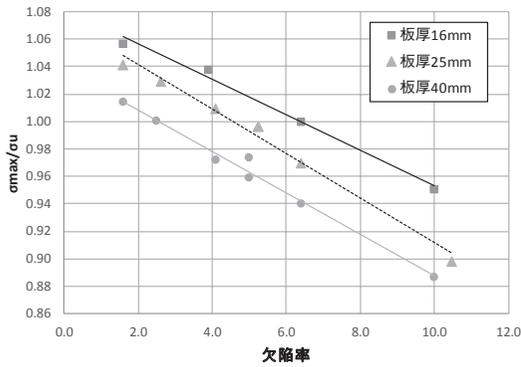


図7 σ_{max}/σ_u —欠陥率関係

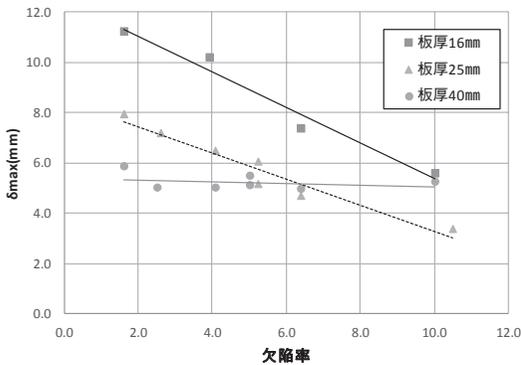


図8 δ_{max} —欠陥率関係

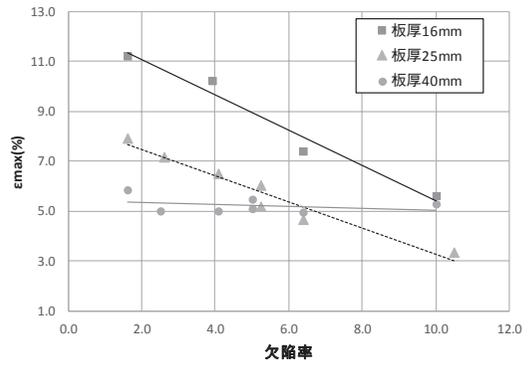


図9 累積塑性変形倍率 η_s —欠陥率関係

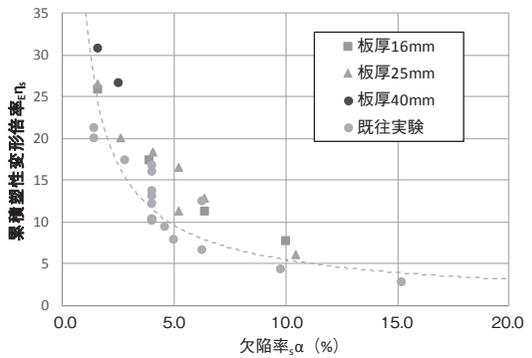


図10 累積塑性変形倍率（補正）—欠陥率関係

6. まとめ

本研究では、板厚（16mm、25mm、40mm）および欠陥面積をパラメータとし、標点距離を一定（70mm）とした場合において、融合不良が溶接部の力学的性能に与える影響を単調引張試験により検討した。その結果、既往の研究どおり、欠陥率が大きいほど耐力および変形性能が低下する傾向を確認した。

本研究では、板厚の違いをパラメータとして、融合不良が溶接部の変形能力に与えるについて実験的に検証することを目的としたが、標点距離を短く設定してしまった為、板厚の影響について十分に把握するに至らなかった。しかしながら、試験体の拘束度がひずみに与える影響が大きいことを確認することが出来た。今後の課題として、試験体の標点距離を変えた実験ならびに数値解析を実施する予定である。

【参考文献】

- 1) アルムニフ サミル、服部 和徳、見波 進、笠原 基弘：35度開先面に融合不良を有する接合部の繰返し载荷実験（その1）（その2），日本建築学会大会学術梗概集，A-1，pp.1043-1046，2016.9
- 2) Almuniyif Thamer、見波 進、服部 和徳：35度開先面に融合不良を有する接合部の繰返し载荷実験（その3），日本建築学会大会学術梗概集，A-1，pp.1201-1202，2016.9
- 3) 成川 優也、見波 進、服部 和徳、宗川 陽祐、中野 達也：35度開先面に融合不良を有する接合部の繰返し载荷実験（その5）（その6），日本建築学会大会学術梗概集，A-1，pp.7-10，2018.9
- 4) 日本溶接協会：WES1108 亀裂先端開口変位（CTOD）試験方法、6.2.2 試験片

熱交換器の性能試験に用いる 空気混合装置の開発

性能試験研究部 菅 哲俊

H30年に開始した自主研究業務「全熱交換器の性能試験に用いる空気混合装置の開発」は、全熱交換器の特性値である熱交換効率、排気移行率（有効換気量試験関連）を測定する性能試験におけるダクト内に設置する空気混合装置の開発を目指すものです。業務実施期間はH30年度～H31年度の2年間です。図1に性能試験方法で示したJIS B 8628「全熱交換器」の熱交換効率試験装置概要及び有効換気量試験装置概要における空気混合装置の設置場所を示します。

顕熱熱交換効率と排気移行率は、図1及び図2に示す給気(SA)ダクト内の温度やトレーサガス(CO₂)濃度を測定して、所定の計算式で計算することになりますが、測定した給気温度が約0.1℃、トレーサガス濃度が0.02%異なるだけで熱交換効率と排気移行率が約2%異なる結果になります。そのため、給気ダクト内の断面で温度分布やトレーサガス濃度分布が生じる場合は、温度や濃度測定位置によって試験結果に誤差が生じる可能性があります。そこで温度や濃度測定点の前に空気混合装置を設置して、ダクト内空気を十分に攪拌し、温度及びガス濃度を均一にすることで測定誤差を小さくすることがねらわれています。

しかし、日本国内では空気混合装置の仕様に関する明確な規定はなく、メーカーや試験機関では各自考案した空気混合装置を使用している

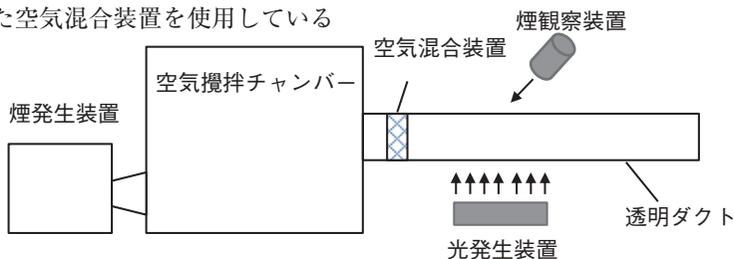


図2 空気流れ可視化装置

と思われます。また、空気混合装置の効果、性能確認方法も見当たりません。経験から意見を述べると、空気混和装置の空気通過孔が小さいほど（空気抵抗が多いほど）空気攪拌効果が優れるものと思われます。ただ、空気通過孔を小さくするとダクト内の空気抵抗が大きくなり、使用する補助送付機の能力を大きくするなどの対応措置が必要になります。空気混合装置に求められる性能としては、空気攪拌性能以外に静圧損失性能も考慮すべきだと考えます。

そこで、本自主研究業務は実験により性能が確認された空気混合装置を開発し、提案することを目的としました。混合装置の空気攪拌効果と静圧損失性能（空気抵抗）については、煙発生による空気流れ可視化装置及び風量静圧実験により確認する予定です。H30年度は図2に示す空気流れ可視化装置を検討し、測定装置の構築を行いました。

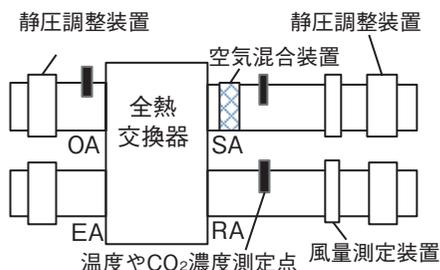


図1 熱交換効率試験装置の説明図

ガス有害性試験方法の見直しのための 基礎データ収集

性能試験研究部 福田 泰孝

1. 研究概要

建築基準法に係る防火材料の大臣認定に関する性能評価業務で実施しているガス有害性試験方法では、実験用マウスを使用して、対象となる材料の燃焼時に発生する燃焼ガスの毒性の評価を行っています。

将来的に実験用マウスを使用しない方法を検討することを目的として、現状の試験方法の特性を把握するための基礎データの収集を行いました。

2. 実験概要

特定のサンプルから発生するガスの特性を把握することを目的として、平成 29 年度では対象とするサンプルを外部の分析機関にて特定の燃焼方法（前処理方法）により発生したガスの分析を行い、平成 30 年度では通常の試験方法（ガス有害性試験方法）による燃焼時の発生ガスについて前年度と同様の分析を行いました。

対象となるサンプルは、毒性の高いガス（シアン系）が発生すると推測される材料を中心に選定し、定性・定量分析を行い、材料毎の発生するガスの特性を確認しました。

(1) 分析対象サンプル

①アクリル繊維クロス、②ウレタンフォーム（密度 43kg/m³）、③メラミン樹脂含侵紙、④スギ板（厚さ 15 mm）、⑤:PVC フィルム（アクリル樹脂接着剤付）

(2) 発生ガスサンプル採取方法（平成 30 年度）

当財団制定「防耐火性能試験・評価業務方法書」によるガス有害性試験装置を用いた試験方法により、加熱終了直後から 6 分 40 秒間、約 20L の燃焼ガスを採取

(3) 分析方法

1) 定量分析

CO,CO₂: ガスクロマトグラフ法 (GC/TCD)・検知管法 (CO)

F: JIS K0102 34.4 流れ分析法 (捕集液: (1+99) 過酸化水素水)

Cl,Br, 硫黄酸化物: イオンクロマトグラフ法 (捕集液: (1+99) 過酸化水素水)

HCN: 4-ピリジンカルボン酸-ピラゾロン吸光光度法 (捕集液: 5 mol/L NaOH 水溶液)・検知管法

窒素酸化物: 検知管法

2) 定性分析

測定方法: ガスクロマトグラフ質量分析法 (GC/MS)

3. 分析結果等

前年度の分析結果と比較し、燃焼方法やサンプルの質量（燃焼量）の違いより、定性分析では発生ガスの種類、定量分析では各種ガス量の比率に違いが見られました。今後は試験方法の特性把握のためのデータ収集を引き続き行い、発生ガスに対する評価方法などについて検討を行う予定です。

2019年3月11日 BLフォーラム 大規模木造建築 欧州と日本 最新情報

担当部長 岡部 実

1. BL フォーラム

ベターリビングは、建築に係わる企業・団体に向けての情報発信の場として、BL フォーラム事業を行っています。今回は2019年3月11日に新木場の木材会館において、「大規模木造建築 欧州と日本 最新情報」講演会を開催しました。

一般に木造建築というと、日本では戸建住宅をイメージします。一方世界に目を向けると、木質材料は、コンクリートや鋼材と同じ建築材料の一つという位置づけであり、設計者が性能やコストを考慮して自由に建築材料を選択し、組み合わせて建築物を造り上げています。

気候変動を最小限に抑えるため、近年 Sustainable というキーワードが建築においても使われるようになっていますが、欧州や北米では、設計時に木質材料を利用することが優先される傾向¹⁾が広がりはじめています。

このような背景の中で、欧州で開発された CLT (直交集成板) を、GLT (集成材) などと組み合わせることで、中層・大規模木造建築物の建設を実現されている各国からの情報が日本でも紹介されています。筆者は2017年9月から2018年7月までBLを休職し、オーストリア・グラーツ工科大学に留学しました。欧州で開発された CLT の第一人者である Schickhofer 教授との情報交換が、住宅を中心とした日本の木造建築から、さらに発展していくためには必要であると判断したためです。

2. 日本の大規模木造 最新情報

スギ、ヒノキ、カラマツが、日本の三大建築用材であり、とくにスギ材の利用促進は国家プロジェクトであり、CLT の日本農林規格の制定や、建築基準法における CLT パネル工法に関する関連告示等の整備は、スギ材の利用促進も考慮されています。むろん Sustainable というキーワードが使われる点では、世界的な流れに乗っています。ただし設計者が性能やコストを考慮して自由に建築材料を選択し、組み合わせて建築物を造り上げていこうとした場合、CLT を含め、木質材料が選択され、住宅以外の木造建築物が実現するかというと、設計者はまだ一歩前へ進めない現状があります。

そこで、工法、設計、施工から、木造建築物に要求される様々な性能を含め、幅広い知見を有する NPO 法人 team Timberize 理事長で、東京大学生産技術研究所教授の腰原先生に講演を依頼しました。私の講演「欧州の大規模木造 最新情報」が前座で、「日本の大規模木造 最新情報」の講演で、縮めてほしいという気持ちもありました。またベターリビングが主催する講演会であるため、設計者や建設・住宅関連ビルダーの参加者の他、非構造部材である設備・部品メーカーも集まることが期待できるので、木造建築設計の観点から、設備・部品側への要求も講演に盛り込んでほしいと伝えました。さらに国産材利用にはこだわらないので、建築側からの木材利用について自由に講演頂きたいともお願いしました。

腰原先生は講演で、設計者が大規模木造建築を設計する際、RC造やS造に比べ作業が多く、構造計算ソフトを用いて容易に設計が完了する状況になっていないため、木造建築の普及には Sustainable な木造建築設計手法が必要ではないかという話をされました。

3. 欧州の大規模木造 最新情報

10ヶ月間のオーストリア・グラーツ工科大学の留学で、CLTの材料設計法が盛り込まれる予定となっているEN規格と、日本のJASや基準法告示との比較で、有意義な Discussion ができました。今回の講演では、欧州での Sustainable な建築に関するEN規格や、これを受けて行われているCLT、GLT製造及び大規模な木造建築事例を紹介しました。(写真1)



写真1 グラーツ近郊の木造アパート

腰原先生からは、欧州で建設されている写真のような木造建築物が、容易に設計できるようになれば、日本の木造建築も新たな広がりを見せるのではないかというコメントを頂きました。私の講演の中では、日本は地震、台風など

の水平力に対する設計が欧州と異なる点や、高温多湿な環境により、木材に与える劣化外力も大きい点は、設計者を疲労させる要因が多々ありますが、日本独自の材料や工法開発で世界から注目されることを期待したいとしました。

4. 講演会の様子

年度末の忙しい時期でしたが、82名の参加を頂きました。業種別参加者内訳を図1に、会場の様子を写真2に示します。

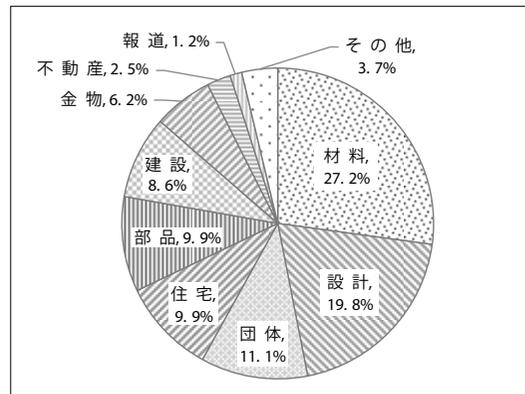


図1 業種別の参加者内訳



写真2 講演会場（木材会館大ホール）

【参考文献】

- 例えば カナダ BC州では
<https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/forestry/supporting-innovation/wood-first-initiative>

平成30年度 TBTL実施業務概要（完了実績）

つくば建築試験研究センター（TBTL）で実施している主な業務には、一般依頼試験、建築基準法や住宅品質確保促進法に基づく性能評価試験、優良住宅部品関連試験（BL認定に関わ

る試験）、工所用材料試験、評定等、調査・研究、共同研究・自主研究、国際協力などがあります。

平成30（2018）年度にTBTLで実施し、完了した業務、件数は以下のとおりです。

1. 一般依頼試験

構造分野	R C 構造：くい体曲げ、擁壁、プレキャスト壁、他 鋼 構 造：アルミ仮設構造、エスカレータートラス、角型鋼管継手、他 木 質 構 造：高耐力壁、接合部強度、CLT 構造、他 そ の 他：複合構造、免震ダンパー、他	95 件
環境・設備分野	熱 物 性：建具・材料の断熱特性、熱伝導率、他 換気・熱交換：全熱交換器・ヒートポンプ性能、パッケージエアコン、他 床暖房関連：仕上げ材熱耐久性、放熱ユニット特性、他 音 響 特 性：音響透過損失、床衝撃音、騒音、他 その他	122 件
防 耐 火 分 野	壁・梁・床等の防耐火性能確認 車両床耐火性能 不燃材料発熱性・ガス有害性 その他 （注）建築基準法性能評価試験（試験を伴うもの）147 件は含まない。	74 件
材料・施工分野	コンクリート・モルタル品質 接着系アンカー 床材 優良住宅部品関連試験 その他	106 件
試験体製作管理	建築基準法性能評価案件用試験体製作、他	126 件
工所用材料試験	コンクリート圧縮 地盤改良体一軸圧縮 鉄筋引張 改良体の簡易配合試験 その他	20,468 件

2. 建築基準法性能評価関連

建築基準法に基づく構造方法等の大臣認定に係る性能評価	耐火構造 防火材料／防火設備 ホルムアルデヒド発散建築材料 指定建築材料 その他	158 件
----------------------------	------------------------------------------------------	-------

3. 評定等業務関連

評定	既製コンクリート杭、場所打ちコンクリート杭、鋼管杭、杭継手に関する性能評定・施工品質評価 鉄筋コンクリート造に関する性能評定 鋼構造に関する性能評定 木質構造に関する性能評定 既存建物の耐震診断評定	78 件
建設技術審査証明	屋上防水技術 場所打ちコンクリート杭工法 PE 管接合技術 アスベスト粉じん飛散防止処理技術 その他	13 件
一般依頼調査	大臣認定擁壁の計算書検査 その他	36 件

4. 受託調査・自主研究事業

プレキャストコンクリート部材の品質 頭部補強杭の水平抵抗特性 杭根固め部の品質調査 ビル用マルチエアコンのエネルギー消費特性 その他	8 件
--------------------------------------------------------------------------------	-----

5. その他（広報事業等）

BL フォーラム事業	木造建築講演会 平成 31（2019）年 3 月 11 日、於：木材会館大ホール	参加者 81 名
書籍の発行、および講習会開催	「2018 年版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針 ―セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法―」（一般財団法人日本建築センターとの共同事業）	講習会申込者 511 名
国際協力	JICA 建築防災研修等への協力	2 件
技術支援	杭曲げ試験勉強会（HM グループ会主催）への協力	参加者 14 名
見学者対応	TBTL 施設案内（つくば科学技週間における一般公開を含む）	見学者 96 名



自己紹介



性能試験研究部 山田 宗範

平成 31 年 4 月 1 日付で嘱託採用となりました山田宗範と申します。大阪で生まれ、東京の下町・小岩で育ちました。最近テレビで特集された事もあり、小岩には「一風変わった」イメージがあるかもしれません。しかし、実家の周りは川や土手の緑、貨物列車が走る単線がある、すごくのどかな住宅街です。家の前を流れる川で幼少期からハゼ釣りをしていました。釣りは今でも続けているとっておきの趣味です。

そんな住み慣れた小岩ですが、つくば建築試験研究センターに勤務することを機に離れることになりました。つくば駅や研究学園駅周辺は想像以上に栄えていましたが、車で少し離れると古い街並みがあったり、もう少し行くと田園風景が変わったりと東京とは一味も二味も違う暮らしが待っているような気がします。初めての一人暮らしということで、生活リズムがガラッと変わりますが新鮮さを楽しみながら少しずつ慣れていこうと思っています。

ところで、ベターリビングを知ったきっかけは大学時代に地盤調査改良会社でアルバイトをしたことでした。当時は建築を学び始めたばかりで意匠系・構造系どちらにも興味がありました。将来は漠然と建築に関わる仕事がしたいと思っただけです。その後、大学の講義やアルバイトを通して専門知識や技術を以て課題を

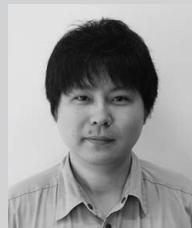
解決していく仕事に魅力を感じはじめました。その頃には意匠系よりも構造系に進みたいと思っていたのですが、学部 4 年の研究室配属でふと選んだのは材料系でした。

研究室では既存建築物の耐久性調査をメインとして軍艦島など築 100 年近く経過した歴史的建築物や築 50 年程度の住宅などに足を運び、サンプル採取や現地で簡易試験を実施していました。建築材料の視点から建築物の寿命について探求する面白さは勿論ですが、研究を通して関わる方々から学びながら学生同士協力して課題を解いていくことに強いやりがいを感じていました。そんな研究生活の中で、常に好奇心を持って打ち込んでいる人を見て、自分もそうになりたいと思ったのが研究のできる職場を選んだ理由です。

つくば建築試験研究センターは大学時代お世話になった企業の方々や一足先に社会に出た大学関係の先輩同期後輩と再び関わるチャンスの多い環境と感じております。今まで培ってきたことも、点と点を線で結びながら少しずつ日々の試験業務の中で自分らしさを引き出すことができればと思っております。今後ともよろしく願いいたします。



自己紹介



性能試験研究部 山形 雄太

「はじめまして」

みなさまはじめまして、山形雄太と申します。2017年12月からつくば建築試験研究センターで勤務しておりますが、今年の4月から正職員として働くこととなりました。つくばにきて1年と半年ほどですが、BLとの出会いはもうちょっとだけさかのぼります。

「出会い」

つくばにくるさらに1年前、あるスカウトの目に留まった私は何の前触れもなく、突然名古屋ラボで働くことになりました。スカウトさんとは中学、高校、大学、さらにはアルバイト先までもが一緒という家族よりも同じ時間を過ごした仲でしたので、これも何かの縁かと思ひBLで働くことを決めました。

「名古屋ラボでのお仕事」

私は大学で電子情報工学を専攻しており、建築・土木といった世界とは無縁でした。すぐにクビになるんじゃないかという不安のなか、生きるために必死で働きました。毎日泥だらけになりながら土を練り、土を潰し、土を練り、土を潰し、いつしか土の声が聞こえるようになりました。潰した改良体の数が1万本をも超えようかというある日、不思議と仕事も楽しくなり興味を持つようになりました。当時、ラボの長だった井上さんには土の魅力をたくさん教えてもらいました（お酒の魅力もたくさん教えてもらいました）。

「いざつくばへ」

名古屋での仕事にも慣れてきたころ、つくばでの1週間の研修がありました。衝撃を受けました。もっともっといろいろなことが知りたい！学びたい！働きたい！と、好奇心旺盛な私はすぐにつくば勤務を希望しました（翌月にはつくばの土地で元気に働いていました）。名古屋にはたった1年しか住めませんでした。街も人も素敵なところでした。ご飯もおいしかったです。

「これから」

現在の仕事は、主に工所用材料試験を担当していますが、今年度からは他分野の仕事もどんどん覚えていきたいと思っております。根性と体力には自信がありますので、思う存分こき使ってください。喜んでゲージを貼りにいきます。

また、昨年環境計量士（濃度関係）の資格を取得しました。資格を活かした新しい仕事にもチャレンジできればなど、検討しております。

「悩み」

第一次結婚ラッシュがはじまりました。友達が幸せになるのはうれしい反面、あせりも感じはじめました。仕事よりもこちらのほうが問題かもしれません。

こんな私ですが、これからも温かい目で見守っててください。一生懸命がんばります。何卒よろしく願いいたします。

ライフ style

性能試験研究部 有馬 諒

ご挨拶

こんにちは、つくば建築試験研究センター性能試験研究部の有馬です。つくば勤務6年目(非常勤込み)の僕、未だに実家住みです…。日々片道50kmを通勤しております。運転が好きですので苦ではありません。生まれも育ちも茨城県、現在も銚田市在住ですので、つくば市での生活とはいきませんが、僕のライフ styleを紹介させていただきます。

TBTLでの業務

僕は入社当時より体重が約15kg落ちました。やはり痩せた?と聞かれます。決してストレスではございません(ダイエットしました)。防耐火の試験はサウナのような環境ですので業務を行いつつダイエットになります(笑)。同僚の小谷さんが太り気味ですので一緒に防耐火試験はいかが?

試験業務は試験体製作管理、防耐火試験がメインではございますが環境及びBL部品の試験も携わりはじめております。最近では防耐火試験、BL部品試験を任せいただけるようになり、今後も様々な試験が実施できるよう日々奮闘し成長したいと思います。

アリマの休日

ドライブが趣味の一つですので、休日は愛車のジュークでどこへでも行きます。茨城は魅力

度ランキング最下位ですが、素晴らしい景色や観光地があります。国営ひたち海浜公園のネモフィラ、袋田の滝や千波湖などがあり、もちろん筑波山も忘れてはいけません。たくさんの観光地、ショッピングモール、パワースポットがございますので、是非茨城県を観光してみたいかがでしょうか。もちろん僕は茨城県内をあちこちウロウロして、茨城県の再発見をしています。

ここつくば市のシンボルである筑波山の入り口には、朝7時より開店する製麺所がありラーメンが試食できます。ラーメンを食べて筑波山に登るのはいかがでしょうか?僕は小学生の遠足以来、登山はしておりません。これを機に登山もやってみようかなと思います。



千波湖

つくばの休日

つくば市はパンの激戦区!と勝手に思っています。休日は朝の焼きたてパンをいただきに、またカフェも多いのでコーヒーを探しに、約50kmかけつくば市に出発する日もあります。去年は休日につくば建築試験研究センターの若

手が参加する球技大会を小谷さんが企画し、開催種目はバドミントンでした。防耐火チームは構造チームに惨敗してしまいました。リベンジをしたいと思います！



小谷さん vs 野中先輩

個人の趣向

ドライブの他に建築物、美術工芸品を鑑賞するのが僕の休日の過ごし方です。幼い頃からものづくりが好きで、建築物、美術館を巡る旅をしながら休息にカフェでコーヒーをいただき、空間を楽しむ。そんな休日を過ごしております。笠間市の笠間美術の森公園にて陶芸を嗜み平皿を製作しました。今後も続け、世界に一つの食器を作り続けたいと思っています。



初めての平皿（リンゴをイメージしたつもり…）

また絵画、カメラや木工が特技・趣味ですので、風景画を描きつつ、その風景をお気に入りの一眼レフカメラで撮影するのも好きです。見

たまの風景画を描くだけではなく空想の景色を描くのも悪くないと思います。絵画だと写真の型にはまらない景色が楽しめると思います。

ジュークとカメラを相棒に休日は茨城県だけではなく関東圏をドライブ！ばかりしています。愛車のジューク、走行距離がなんと…20万kmを突破しました。まだまだ乗ります！

DIY style

先程木工が特技だと紹介しましたので、僕がこれまで製作した木工作品（インテリア等）を紹介いたします。

テーブル、チェスト、TVボード、犬小屋、室内用ドアを製作しました。古い建具をリメイクしたり、自分の部屋の壁紙を貼り替えたりと、やりたい放題(笑)。もちろん失敗もありますが、完成した時は自分を褒めています。「さすが！」と、出来はイマイチですが親も満足の様子です。ちなみに次はソファ製作を計画中です。



手作りのTVボード

終わりに

以上が僕の茨城ライフ、休日の紹介といたします。お付き合いいただきありがとうございます。今後もよろしく願いいたします。



本号は令和最初のBLつくばとなりました。筆者は昭和生まれながら昭和の記憶は全くなく、「平成最後」が昭和と違い記念的に扱われることに感慨を覚える意見に同意するような、それが当然であるようなという感覚でおりました。

本号の特集テーマは「省エネ技術に係わる最近の話題」といたしました。徒然草にある「家の作りやうは、夏をむねとすべし」という一文は有名ですが、現在では省エネ、特に断熱性能に手を抜く言い訳として使われることが多いように見受けられます。エアコンなど存在しなかった室町時代ならばさておき、現在において熱的に低性能な住宅が新造されるのは、入居者個人に光熱費の増大という不利益をもたらすだけでなく、利用価値の低い住宅ストックを追加することで将来的に必要なはずの改修、解体費用を社会に負担させるという日本全体に対する不利益をもたらすものであるという視点が必要であると考えます。

末筆になりましたが、本号発行に際し記事のご提供を頂きました坂本様、宮田様と、編集に係わった各委員に御礼申し上げます。

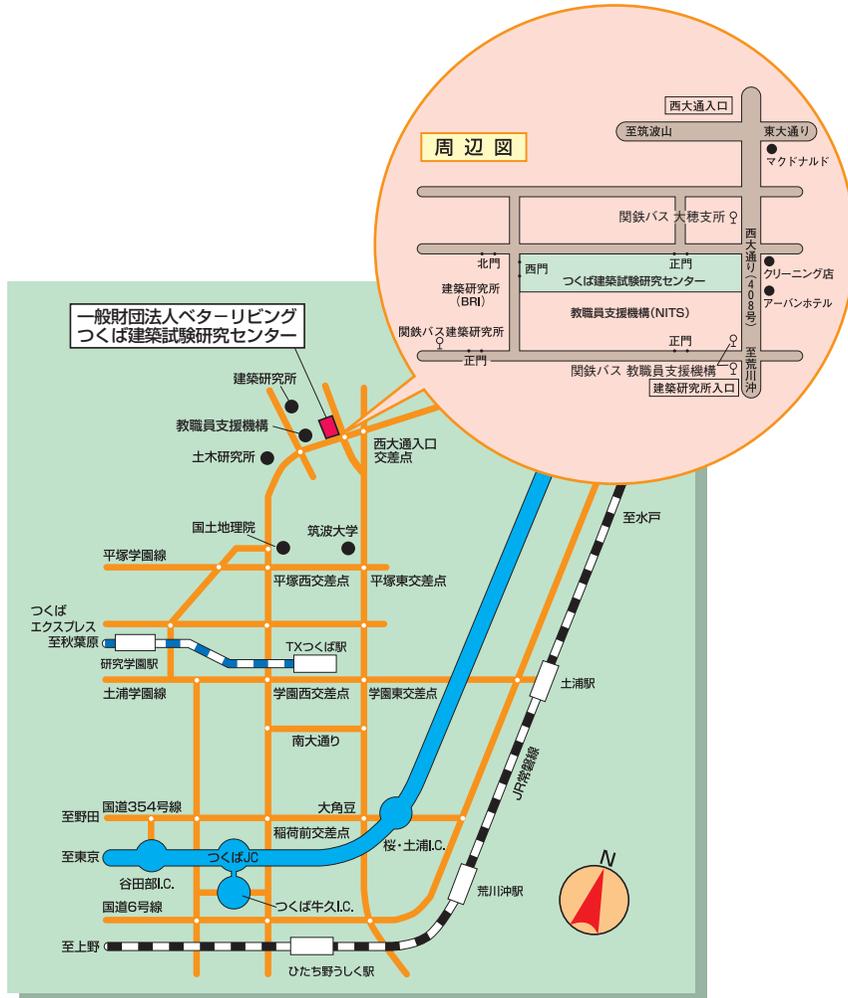
黒鳥 皓史

BLつくば編集委員会

委員長 藤本 効
主査 大野 吉昭
委員 加藤 博人、永谷 美穂、福田 卓矢、野中 峻平
高橋 豪、小谷 直人、黒鳥 皓史、津田 千尋、
有馬 諒

BLつくば 第22号

発行年月日 令和元年6月6日
発行所 一般財団法人ベターリビング
つくば建築試験研究センター
発行者 藤本 効
〒305-0802 茨城県つくば市立原2番地
TEL: 029 (864) 1745 FAX: 029 (864) 2919
<http://www.cbl.or.jp> E-mail: info-tbtl@tbtl.org
印刷 株式会社かいせい



【交通機関のご案内】

■つくばエクスプレスご利用の場合

- 「つくば」駅下車
- ・タクシーにて約15分
- ・関鉄バス「下妻駅」または「建築研究所」行き「教職員支援機構」下車 徒歩約10分
- ・つくばバス北部シャトル「筑波山口」行き「大穂窓口センター」下車 徒歩約10分

「研究学園」駅下車

- ・タクシーにて約10分

(バスの便数は限られているためご利用の際にはご注意ください)

■常磐自動車道ご利用の場合

「つくば牛久I.C.」または「桜土浦I.C.」より学園都市方面へ約15km
西大通り「教員研修センター北」交差点を西へ

※上の地図ご参照。教職員支援機構と建築研究所に隣接した角地です。

一般財団法人ベターリビング

つくば建築試験研究センター

〒305-0802 茨城県つくば市立原2番地

TEL:029-864-1745(代) FAX:029-864-2919(代)

http://www.cbl.or.jp E-mail: info-tbtl@tbtl.org