

平成24年度国際標準開発事業

窓の断熱性計算方法に関する標準化 -報告書概要-

標準化委員会 標準企画部会

本事業は、平成23年度～24年度の2ヵ年事業で、窓の断熱性計算方法に関する国際標準開発事業として所定の成果を上げることができ、本年3月に最終報告書を提出した。ここでは、平成24年度の実施内容を中心に、主な実施結果について説明する。

1. テーマの背景

一般的に、窓は外壁と比べて熱抵抗が小さく、熱損失が大きいことが知られている。省エネルギーの観点から窓の断熱性能の改善は急務であり、それに伴い窓の断熱性能評価方法の定義付けが求められている。

現在、窓の断熱性能評価方法として使われている JIS A 4710(建具の断熱性試験方法)による熱貫流率測定は容易に行うことができず、また窓のサイズや形状は数多くあるため、すべてを試験によって評価することは現実的に困難な状況になっている。そのため、計算によって窓の熱貫流率を導き出すことができる JIS A 2102-1(窓及びドアの熱性能-熱貫流率の計算-第1部:一般)、JIS A 2102-2(窓及びドアの熱性能-熱貫流率の計算-第2部:フレームの数値計算方法)が平成22年度に公示された。

JIS A 4710 では室内側と室外側の表面熱伝達抵抗の和が定められているが、室内側と室外側の個々の値は示されていない。しかし、熱伝達抵抗の和が一定であっても、熱貫流率は室外側熱伝達抵抗の値に影響を受けることが既にわかっている。また、窓面内の熱伝達抵抗分布は明らかになっておらず、試験設備の形状や試験方法によっては異なる分布となることが想定される。更にその結果、熱貫流率も変化しうるということが想定される。

一方、JIS A 2102-2 では室内側と室外側熱伝達抵抗の和が JIS A 4710 とは異なる値で定義されており、これが試験法との誤差を発生させていると考えられる。JIS A 2102-2 では、隅角部において定義された熱伝達抵抗を適用させるのみとなっており、更に、窓面内熱伝達抵抗分布に関しては考慮されていない。隅角部や窓面内熱伝達抵抗分布によって熱貫流率は変化することが想定され、これらの影響を把握することも必要不可欠と言える。

2. 平成23年度の実施事項

JIS A 4710 と JIS A 2102-2 において、熱伝達抵抗の和は異なる値で設定されているので、これら二つの整合性を確認することを目的として実施した。

JIS A 4710 の試験設備を有する国内6機関においてラウンドロビンテストを実施し、試験装置による差異や窓面内での熱伝達抵抗分布を把握した。計算法 JIS A 2102-1、JIS A 2102-2 において、隅角部における熱伝達抵抗や窓面内熱伝達率分布の影響を把握した。

その結果、伝達率測定結果の分布を考慮すると JIS A 2102-1 による熱貫流率算出精度は、多少向上する。それに比べて JIS A 4710 で規定する熱箱法で求めた熱貫流率測定結果は、ばらつきが大きく、熱箱の寸法やその設置位置などの影響が大きい。表面熱伝達率の分布を考慮しても、熱貫流率の精度は格段によくないことがわかった。

3. 平成24年度の狙い、実施事項

平成 23 年度実施結果から、表面熱伝達率の分布を検討することよりも、ISO10077-1 を翻訳し JIS A 2102-1 とした際に省かれた窓の付加物について検討する事になった。屋外付属物の海外シャッターは日本仕様と異なるので、JIS ではシャッターを省いた経緯がある。また、屋内付属物であるロールスクリーンは、同じ ISO でも ISO10077-1 に入っていないが、ISO15099 に入っている不整合がある。

そこで、屋外付属物のシャッターと屋内付属物のロールスクリーンについて熱抵抗値を測定し、断熱性の向上を確認した。合わせて、計算結果との検証を行った。また、テーマ設定当初の目的であった ISO/TC163/SC2/WG9 会議に出席し、窓の断熱における日本の現状について報告を行った。

4. 平成24年度の実施内容と成果

1) 窓の付加物の熱抵抗測定

(1) シャッター試験体(図 1)

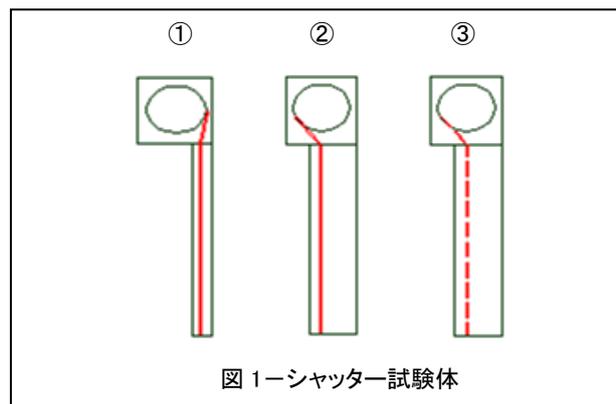
- ① 逆巻きタイプ
- ② 正巻き(スリット閉)タイプ
- ③ 正巻き(スリット開)タイプ

(2) スクリーン試験体

- ① ダブルハニカムスクリーン(仕様・材質：ポリエステル繊維、内側にアルミ蒸着あり)
このタイプのみ左右両サイドにスクリーン昇降用のレール付き
- ② シングルハニカムスクリーン(ポリエステル繊維)
- ③ 遮熱ロールスクリーン(ガラス繊維、PVC コーティング+屋外側アルミ蒸着)
- ④ 一般ロールスクリーン(ガラス繊維、PVC コーティング)

(3) 試験方法、試験場所、試験期間

シャッターの場合、JIS A4710 で規定する外気側の気流発生装置がシャッターに当たり、下から送風した状態で測定できないため、一般財団法人ベターリビングで行っているシャッター表面に風を当てる方法で行った。



① 試験方法

i) シャッターの測定：BLT WDW-1:2006(ベターリビング優良住宅部品性能試験方法(木造住宅用サッシ)断熱性試験(測定法))に準じた。

窓両側での熱伝達抵抗の和は $0.165[\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$ としている

ii) スクリーンの測定：JIS A 4710^{※)}に準じた。

注)：JIS A 4710 では、窓の取り付けにより生じる壁の厚からの損失熱量は、試験体からの損失熱量とは見なさず、試験体通過熱量から熱貫流率を求めている。今回、壁の厚み寸法内にロールスクリーンを設置した。そのため、壁の厚み方向から逃げていく熱量は無視できないため、壁の厚み寸法から逃げていく熱量も窓部の試験体から逃げていく熱量として、熱貫流率を求めた。

② 試験場所：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

③ 試験期間：平成 24 年 10 月 30 日(火)～11 月 16 日(金)

(4) 標準試験体概要

標準試験体は、PVC フレーム窓サッシに Low-E 複層ガラスをおさめ、ガラス両表面に 300mm 角の熱流センサーを 20 枚ずつ貼付したものであり、平成 23 年度に使用した試験体と同一のものである。

(5) 測定結果

熱貫流率と付属物の付加熱抵抗の測定結果を図 2、図 3 に示す。

図2において、測定熱貫流率は測定値より算出し、それに両側の表面熱伝達抵抗の和が $0.165[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ になるよう補正(基準化)したものが基準化熱貫流率である。付属物無しの場合と比較して、スクリーンでは最大 $1.1[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ 程度の差が、シャッターでは最大 $0.5 [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ 程度の差が生じており、付属物による断熱性能の向上がみられる。特にダブルハニカムでは熱貫流率の値が半減しており、Low-E ペアガラス単独の場合の倍の断熱性能になる。

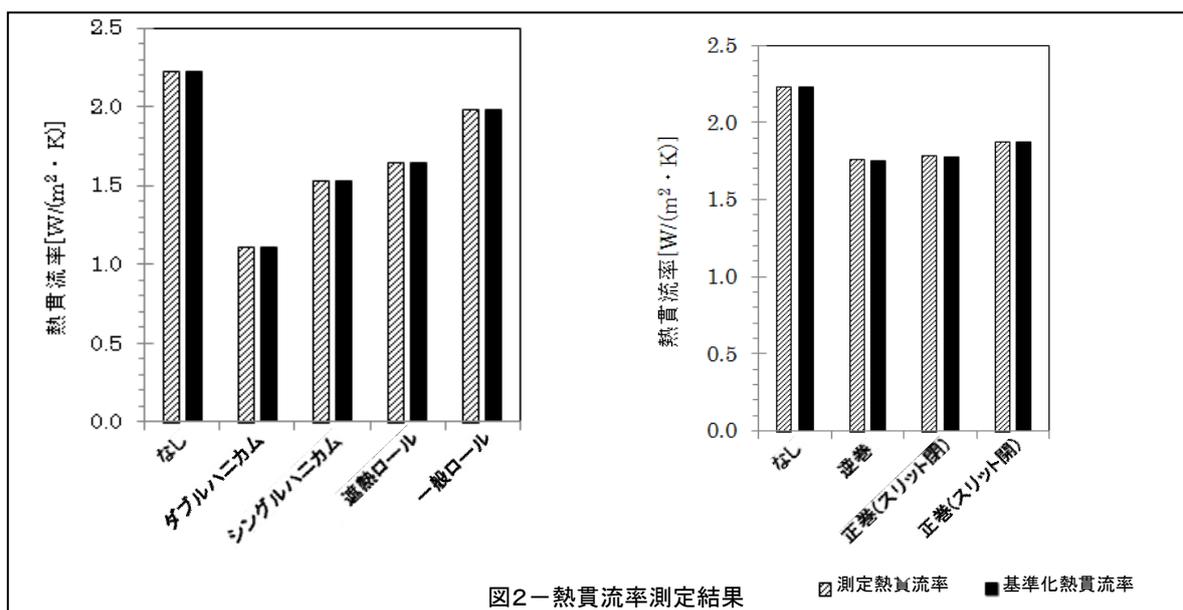


図2—熱貫流率測定結果

■ 測定熱貫流率 ■ 基準化熱貫流率

図3の付属物の付加熱抵抗は、基準化熱貫流率の値から算出したものである。中空層の熱抵抗も含んでいるが、ダブルハニカムの付加熱抵抗は0.45[m²·K/W]にもなる。ロールスクリーンはそれ自体の熱抵抗はほとんどなく、中空層の熱抵抗が付加熱抵抗になるが、一般ロールスクリーンに比べ、遮熱ロールスクリーンは0.1[m²·K/W]以上熱抵抗が大きくなっており、遮熱目的で蒸着されたアルミが中空層内の放射伝熱も抑制する効果の大きさが見て取れる。

シャッターについては、付加熱抵抗は密閉度(気密性)による違いで若干の差が生じるものの、どれも0.1[m²·K/W]程度の値となっている。

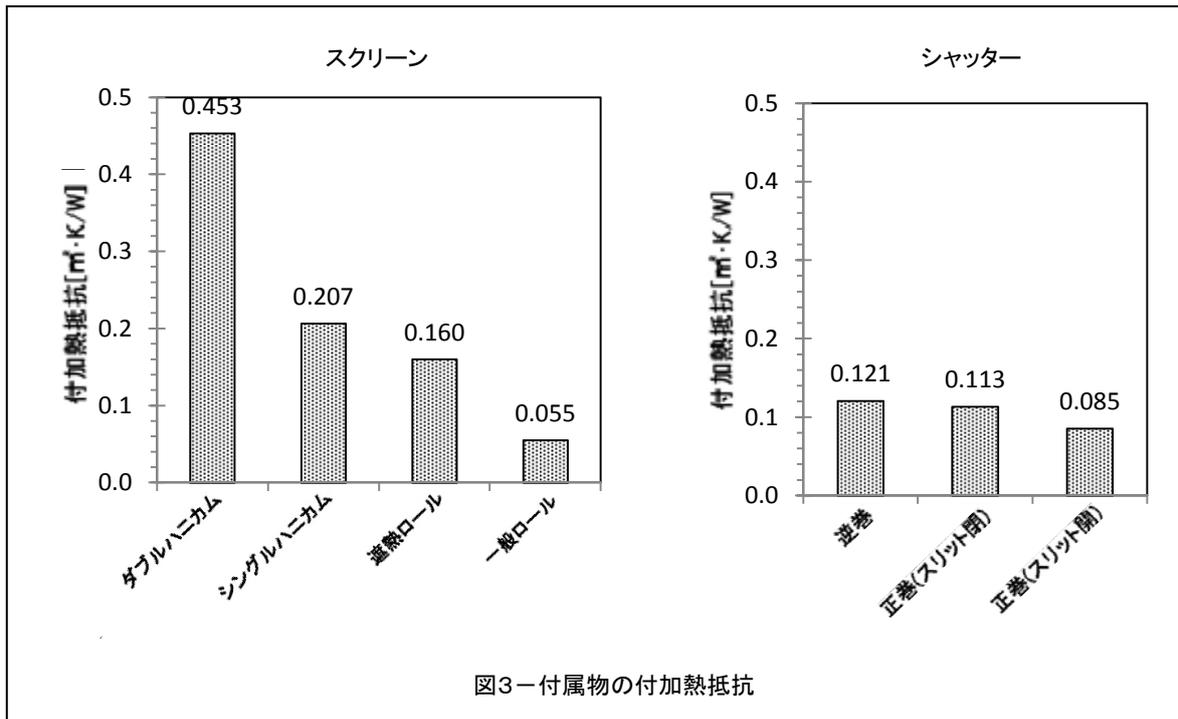


図3-付属物の付加熱抵抗

2) 計算結果

計算は、簡略化した窓枠図面から、窓のフレームの断熱性能の計算ソフト(TB2D/BEM)を用いた。また、ガラス部熱抵抗算出には、JIS R 3107(板ガラス類の熱抵抗及び建築における熱貫流率の算定方法)を用いて行った。ロールスクリーンの場合について、計算と実測熱貫流率(U 値)の比較を表1に示す。計算値と実測値はほぼ一致しているが、実測値では見込み方向の熱流もカウントされていることを考慮すると計算値は過大であり、中空層の熱抵抗の設定を見直す必要がある。

表1-計算と実測熱貫流率

	遮熱ロール	一般ロール
実測U値(基準化U値)[W/(m ² ·K)]	1.641	1.982
計算U値[W/(m ² ·K)]	1.683	1.992
実測R値[m ² ·K/W]	0.609	0.504
計算R値[m ² ·K/W]	0.594	0.502
計算U値/実測U値	103%	100%

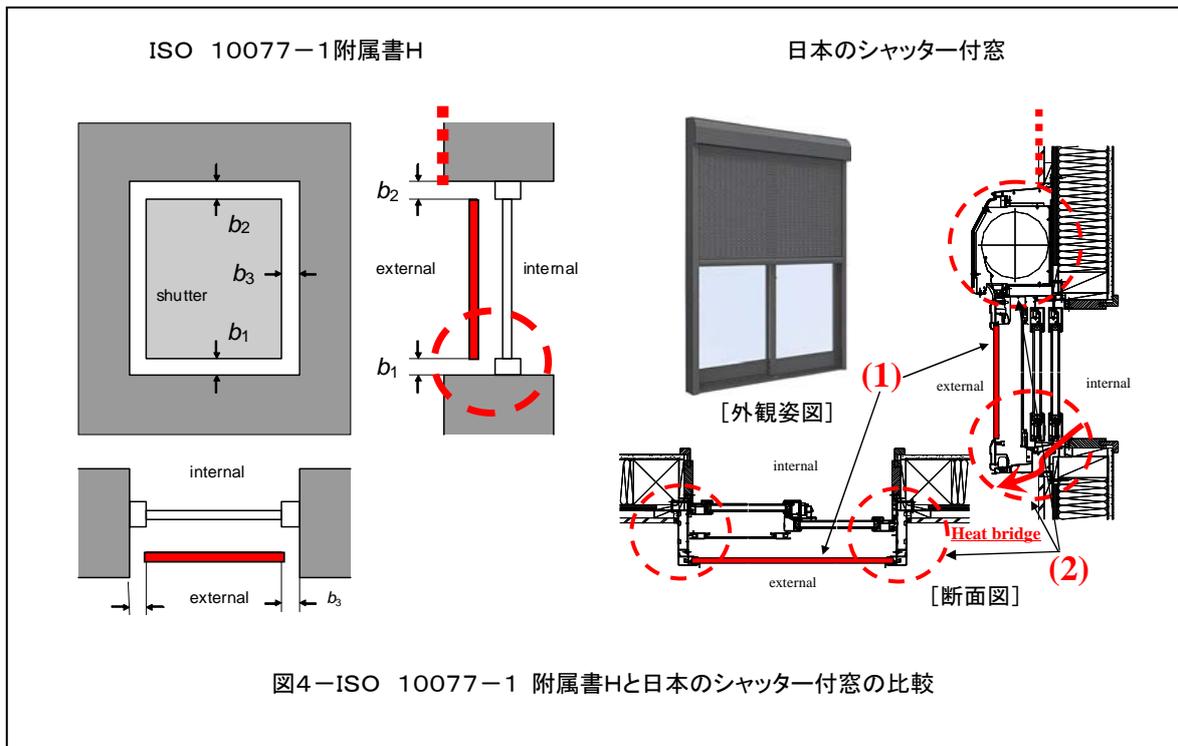
3) 日本のシャッター付窓の計算方法

(1) 日本のシャッター付窓と ISO10077-1 との相違点

ISO 10077-1 の附属書 H と日本のシャッター付窓(シャッター一体枠タイプ)の比較を図 4 に示す。附属書 H のイメージ図ではシャッタースラットが躯体の見込み内に納められているのに対し、日本のシャッター付窓では外壁から突出した位置にある(図 4 図中(1))。また、附属書 H ではシャッターボックスや窓とシャッターの接続部分が不明確であるのに対し、日本のシャッター付窓では上部にシャッターボックスがあり、窓周囲では窓とシャッターが枠部で連結されている(図 4 図中(2))。これらのことから、日本のシャッター付窓と ISO 10077-1 に記載されたものとは構造的に大きく異なり、ISO の適用範囲に入るのか不明である。

これらの相違点に対し、以下の 2 つの取組みが必要である。

- ・外壁から突出したシャッターの付加熱抵抗実証試験と ISO との差異の把握
- ・窓とシャッターの連結部(シャッター一体枠タイプ)での熱橋の評価法開発



なお、附属書 H では、図 4 スラットすき間寸法(b)値から、シャッターの通気ランクを求め、その材質によって一覧表から付加熱抵抗(ΔR)を決定している。

(2) ISO/TC163/SC2/WG9 への参加

ISO 10077-1 の適用範囲や付加熱抵抗の根拠について、情報収集と協力要請を行った。

会議名：ISO/TC163/SC2/WG9 LaRochelle Meeting February 2012

日 時：平成 24 年 9 月 4 日(火) 13:00~16:00

場 所：ラロッシュェル大学 17071 La Rochelle - Cedex 9, France

会議議事概要：

① WG9 への主な情報提供

i) ISO 10077-1 に示されるシャッター構造と日本の製品の構造が異なるため、JIS 策定では当該部分を削除したこと

ii) 窓とシャッターが一体となる枠では熱橋が形成される。その場合、熱橋に対して線熱貫流率などによる対応が必要と考えられること。

② 日本のシャッター製品を ISO 10077-1 に基づいて評価可能にするための WG9 への主な要望

i) 日本のシャッター製品が、附属書 H に示される構造の適用範囲に入っているのか、附属書 G に示される付加熱抵抗の根拠、測定方法を確認したい。

ii) 窓とシャッターが一体となる枠では熱橋が形成される。その場合、熱橋に対して線熱貫流率などによる対応が必要と考えられること。

③ WG9 委員からの主なコメント

a. ISO 10077-1 の付加熱抵抗の根拠は測定である。測定は Hot box 法によるべきだ。

b. 熱橋や隙間の影響など、使用した材料や試験条件など記載して日本の試験結果を報告してほしい。

(3) シャッター一体枠タイプの熱橋部の計算方法

日本ではシャッター一体枠タイプは、市場の約 3 分の 2 を占める。図 4(図中(2))に示すように、シャッター閉鎖時に窓枠からシャッター枠への熱橋効果の影響が考えられる。

熱橋効果は、式の第 2 項で示されるように上・下・縦の窓フレームの線熱貫流率として定義する。

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} + \frac{\sum l_s \Psi_s}{A_w}$$

U_{ws} : シャッターを閉じた窓の熱貫流率 [W/(m²·K)]

U_w : 窓の熱貫流率 [W/(m²·K)]

ΔR : シャッター自身と窓とシャッターに囲まれた空気層の熱抵抗 (m²·K/W)

Ψ_s : 窓-シャッター一体枠の熱橋による線熱貫流率 [W/(m·K)]

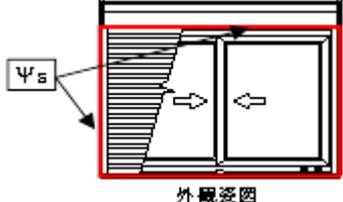
l_s : 窓-シャッター一体枠の長さ (m)

A_w : 窓の面積 (m²)

(4) 計算結果との比較

アルミ樹脂複合窓の場合について、ISO 10077-1 との熱貫流率の計算結果比較を表 2 に示す。

表 2—熱貫流率の計算結果

アルミ樹脂複合窓		3+A16+3 一般複層 [W/m ² ·K]		外観図		
W	1.69 [m]	1.84				
H	1.37 [m]					
Aw	2.32 [m ²]					
ガラス部 Ug						
フレーム部 Uf		見付寸法 [m]	ISO10077-1 計算 [W/m ² ·K]	シャッター一体モデル [W/m ² ·K]	ΔUf [W/m ² ·K]	ΔΨs [W/m ² ·K]
内障子側	上部	0.078	1.64	3.04	1.40	0.109
	下部	0.093	1.85	3.05	1.20	0.111
	縦部	0.064	2.15	4.10	1.95	0.125
外障子側	上部	0.078	3.10	7.17	4.07	0.317
	下部	0.093	2.62	5.00	2.38	0.221
	縦部	0.064	2.66	5.34	2.68	0.172
召合部		0.038	3.11	4.12	1.01	0.038
窓全体 Uws		ISO10077-1 計算 [W/m ² ·K]		シャッター一体モデル [W/m ² ·K]	ΔUws [W/m ² ·K]	
		2.09		2.41	0.322	

147 熱橋効果の影響が大きいアルミ樹脂複合フレームの場合、 Ψ_s は最大で $0.317[W/(m \cdot K)]$ となることから、熱橋による断熱性能への影響は大きいということがわかる。

一例ではあるが、日本のシャッター一体枠タイプの熱橋効果を評価することができた。熱橋効果による熱貫流率の増分は $0.32[W/(m^2 \cdot K)]$ となり、熱橋を考慮しない場合と比較して 10% 以上危険側(熱貫流率が小さくなる)の評価となる。

5. 全体まとめ

付属物をつけることで、窓の断熱性能は向上し、高性能なダブルハニカムスクリーンでは Low-E ペアガラス単独の場合の倍の断熱性能となった。また、遮光・遮熱目的で裏面にアルミ蒸着されているスクリーンは、断熱性能も格段に向上することを確認した。試験できた付属物の種類は限定的であり、また気密性の設定について課題を残すものの、熱流量の計算自体は窓フレームと切り離して単純な付加熱抵抗として比較的容易に扱ってよいと考えられる。シャッターは取り付けることにより $0.1[m^2 \cdot K/W]$ 程度の断熱性能向上が得られ、これは ISO 10077-1 に示されている値とほぼ同等である。シャッター一体枠タイプでは熱橋効果を考慮することにより計算精度が向上することも確認した。

室内側に付属物をつけることで断熱性能が向上するものの、付属物の断熱性能が高くなるほど、窓・フレームでの結露リスクは増大する。中空層部分での上下温度分布が大きいことから、結露リスク評価には上下温度分布も考慮する必要がある、その評価方法が今後の課題となろう。

【 ISO 用語解説 】

■ ISO 10077-1 :

Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance
-- Part 1: General

日本語訳：窓、ドア及びシャッターの熱性能－熱貫流率の計算－第1部：一般

■ ISO 15099:

Thermal performance of windows, doors and shading devices -- Detailed calculations

日本語訳：窓、ドア及び日よけ装置の伝熱能力－詳細計算

■ ISO/TC163/SC2/WG9 :

TC163 : Technical Committee 163

Thermal performance and energy use in the built environment

建築環境における熱性能及びエネルギー使用専門委員会

SC2 : Sub-Committee 2

Calculation methods 計算法分科委員会

WG9 : Working Group 9

Calculation methods of heat transmission 伝熱計算作業部会