

建材情報交流会 — 建築材料から“環境”を考える —

第23回 建材情報交流会(平成20年1月23日)

“快適空間” 人に優しい室内空間を創る最新動向

「最近の断熱・遮熱・結露の試験・研究から」

(財)日本建築総合試験所 建築物理部
環境試験室 室長代理 小南 和也



報告内容

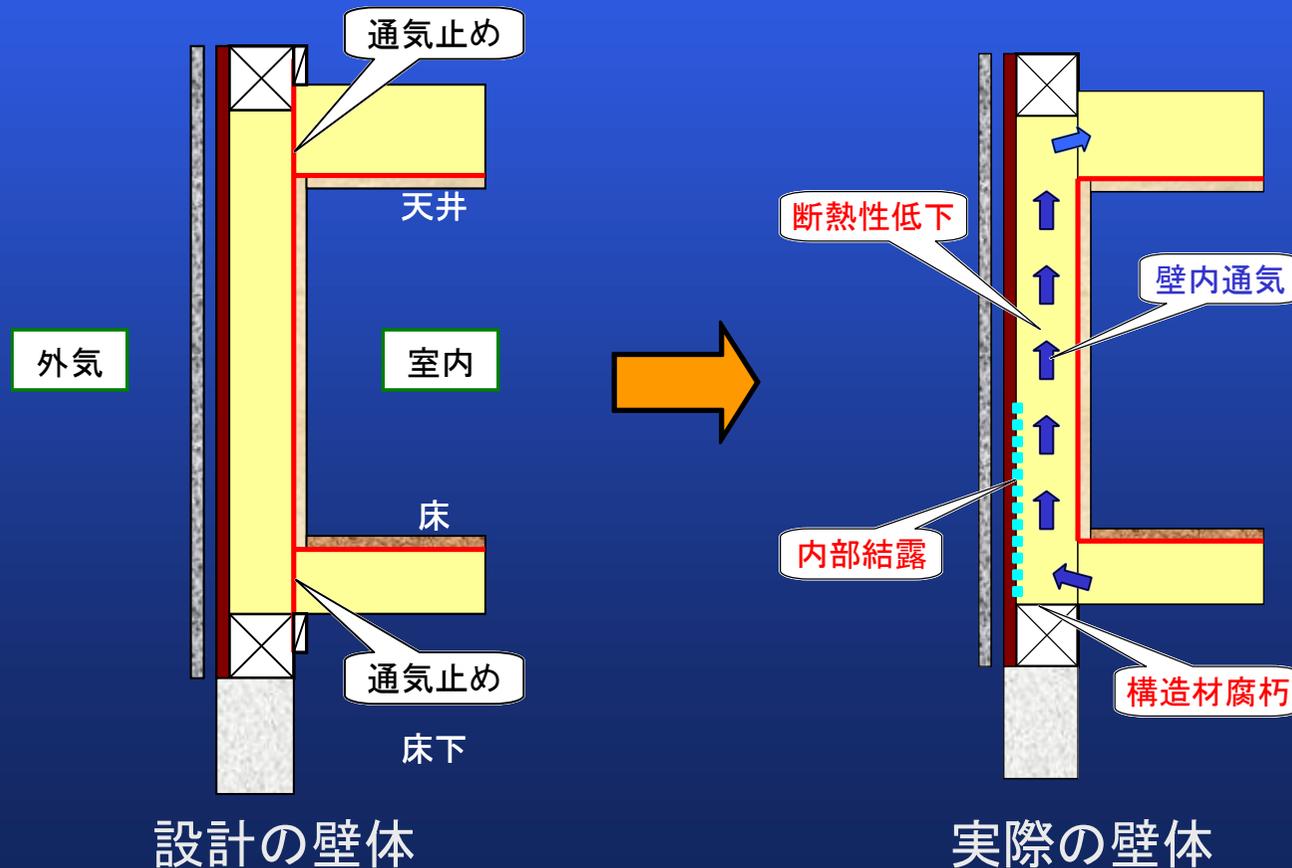
- ◆壁体内通気が壁体温湿度に及ぼす実験
(断熱・結露)
- ◆外壁・屋根の日射侵入率評価に関する実験
(遮熱)
- ◆各種実験のご紹介

壁内通気が壁体温湿度に及ぼす影響

在来木造工法の外壁取合い部の気密施工が困難(通気がある)



壁内通気の影響を壁体モデルを用いて検証する



現状の写真



壁体モデルの仕様一覧

壁体	対象部位	壁断熱材		床断熱材	天井断熱材	
		種類	施工状態			
1-1	1階	裸HGW充填	良	裸HGW	裸HGW	
1-2			不良			
1-3		裸GW充填	良	裸GW	裸GW	
1-4			不良			
1-5		袋GW充填	不良	裸GW		
1-6				GWボード		
1-7				PEボード		
1-8		袋GW充填 (福耳)	良	裸GW		
1-9				GWボード		
1-10				PEボード		
1-11				PSボード(内側)		
1-12		PSボード(外側)	不良	裸GW		
2-1	2階	裸HGW充填	良	なし		裸HGW
2-2			不良			
2-3		袋GW充填	不良		裸GW	

注)・裸HGW:高性能グラスウール、被覆材なし、16kg品、厚100mm

・裸GW:グラスウール、被覆材なし、16kg品、厚100mm

・袋GW:グラスウール、防湿フィルム付き、16kg品、厚100mm

・袋GW(福耳):グラスウール、防湿フィルム(厚手、幅広)付き、16kg品、厚100mm

・GWボード:グラスウール、防湿フィルム付き、32kg品、厚42mm

・PEボード:ポリエチレンフォーム、厚30mm

・PSボード:押出法ポリスチレンフォーム、厚50mm



裸GW、不良



袋GW、不良

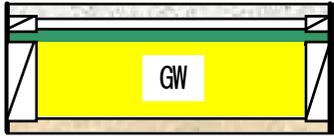
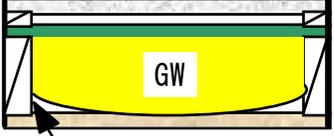
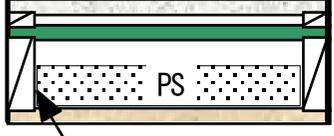
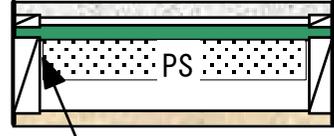


GWボード



PEボード

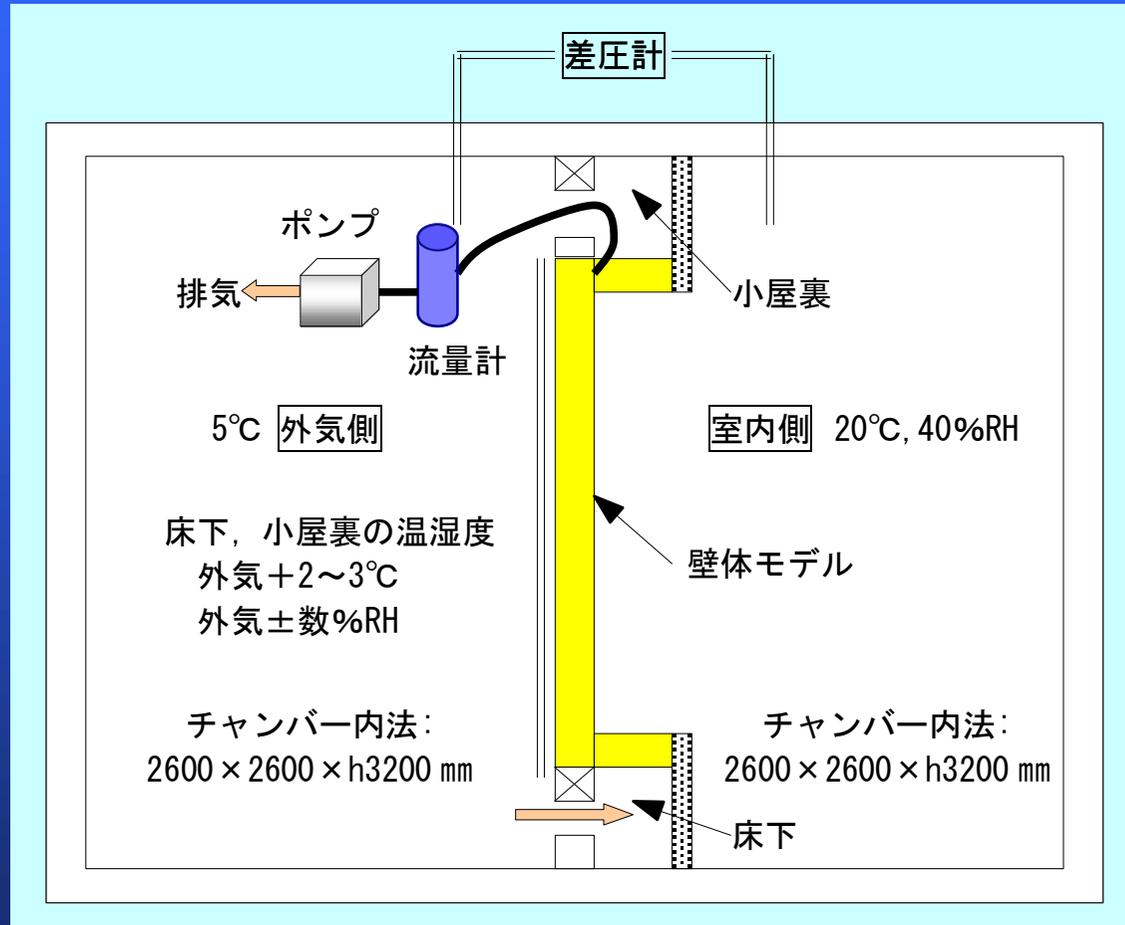
壁体モデルの仕様一覧(水平断面)

対象部位	1, 2階		1階	
施工状態	良	不良		
壁体	1-1, 1-3, 1-8, 1-9 1-10, 2-1	1-2, 1-4, 1-5, 1-6 1-7, 1-8, 2-2, 2-3	1-11	1-12
水平断面	<p>外気側</p>  <p>室内側</p>	 <p>端部で 20 mmの隙間</p> <p>注) 防湿フィルム付きの断熱材は、間柱の内側に留め付ける</p>	 <p>周囲に3mmの隙間</p>	 <p>周囲に3mmの隙間</p>

壁体モデル の仕様一覧 (垂直断面)

対象部位	1階			
施工状態	良	不良		
壁体	1-1, 1-3, 1-8	1-2, 1-4, 1-5	1-11	1-12
垂直断面				
対象部位	1階		2階	
施工状態	不良	良	不良	
壁体	1-6, 1-7	1-9, 1-10	2-1	2-2, 2-3
垂直断面				

実験の方法

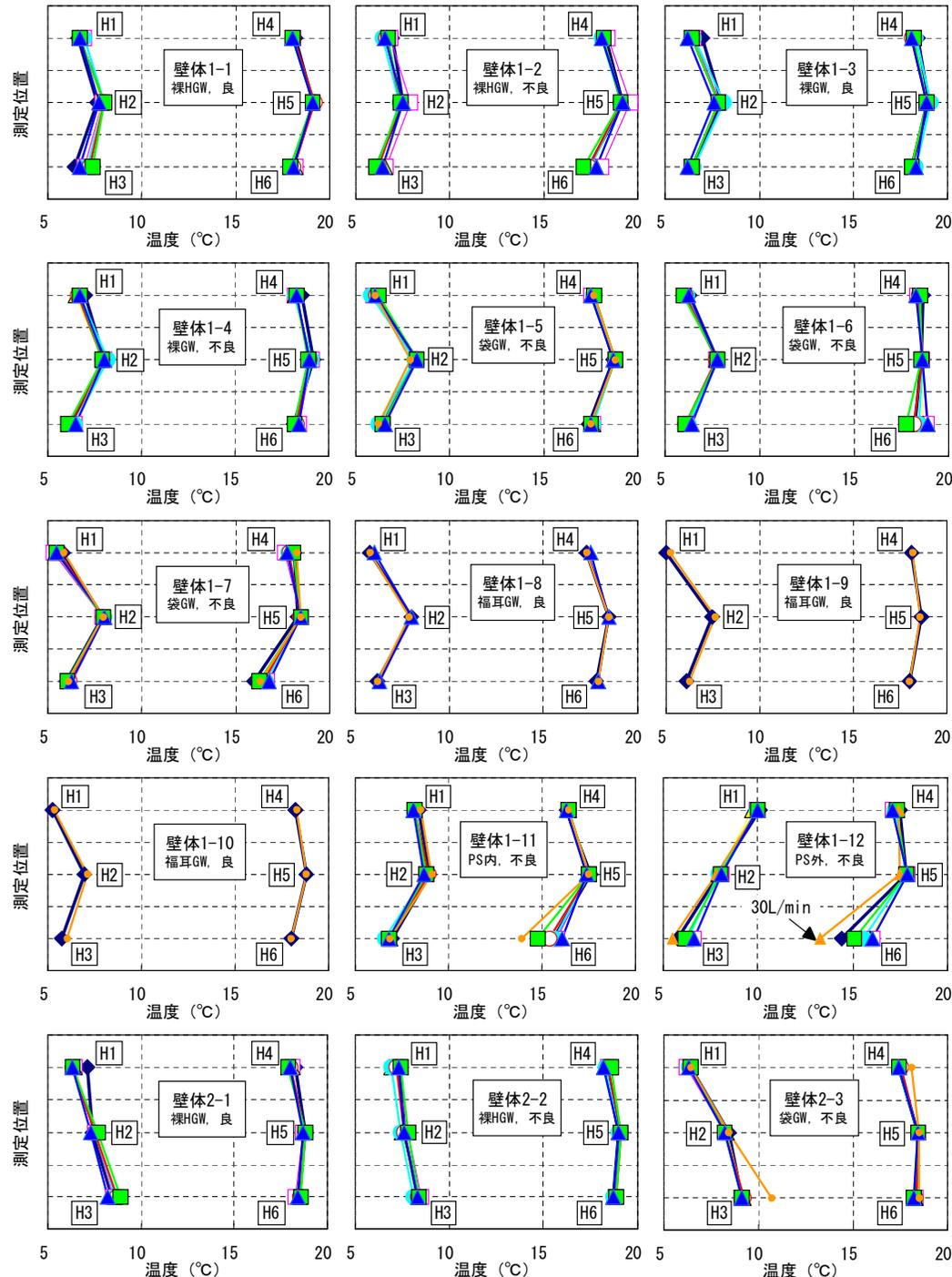


測定項目：壁体各部の温湿度及び熱貫流率

実験の結果 (温度)

総じて通気量による温度
変化の程度は小さい

壁体1-11、1-12
H6(内装材下端部)の低下
下が大きい



実験の結果 (湿度)

◆ 1階モデル

通気量の増加により相対湿度が低下

壁体1-1のH1が顕著
断熱欠損部で主に通気
HGWが影響大

壁体5~7(袋GW-不良)

外装下地材に影響
突き付けでは防湿なし

壁体8~10(袋GW-良)

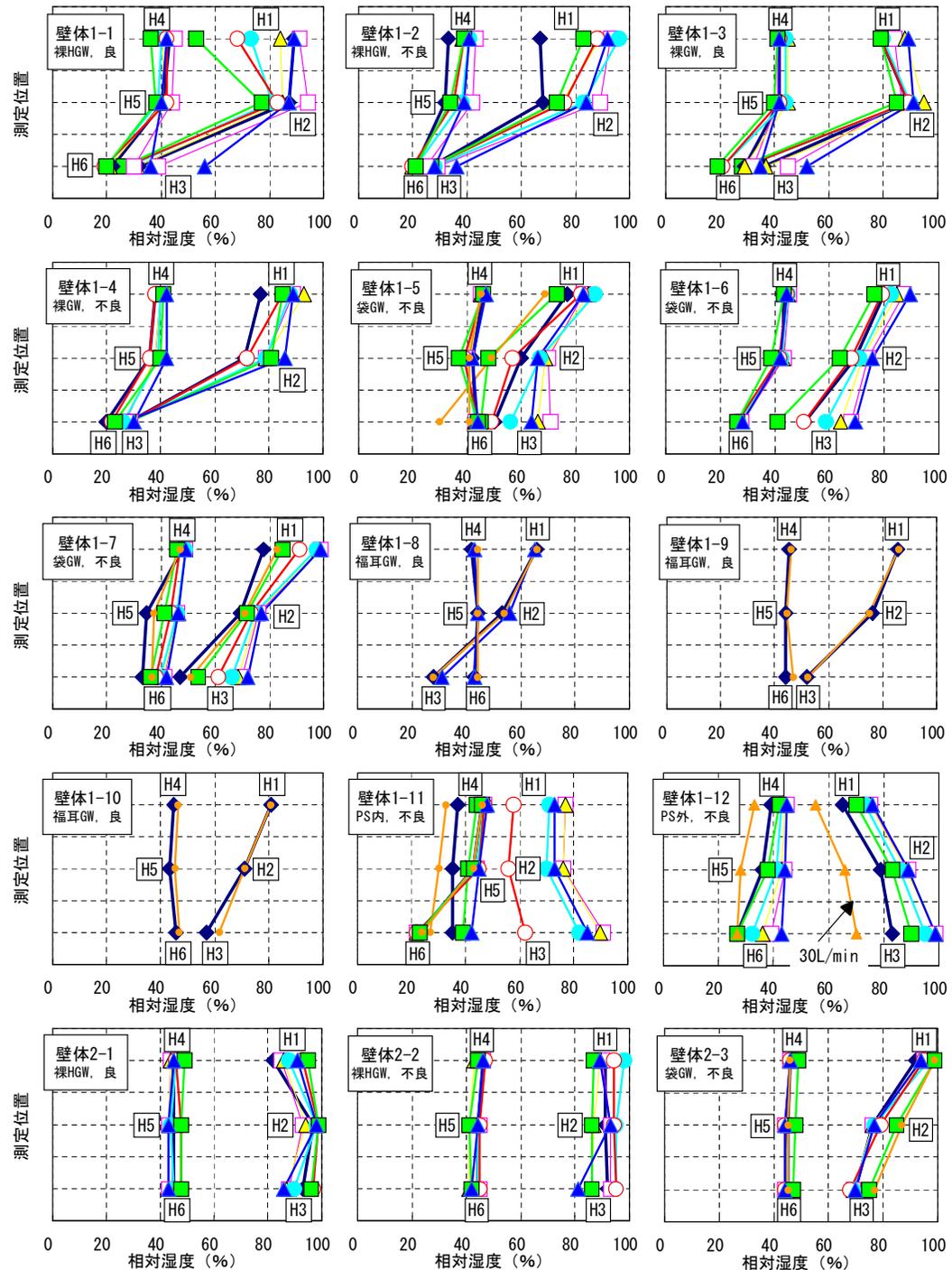
壁体通気なし

壁体11, 12(PS-不良)

PSの位置により差

◆ 2階モデル

通気量の増加により相対湿度が増加



実験の結果 (熱貫流率)

◆ 1階モデル

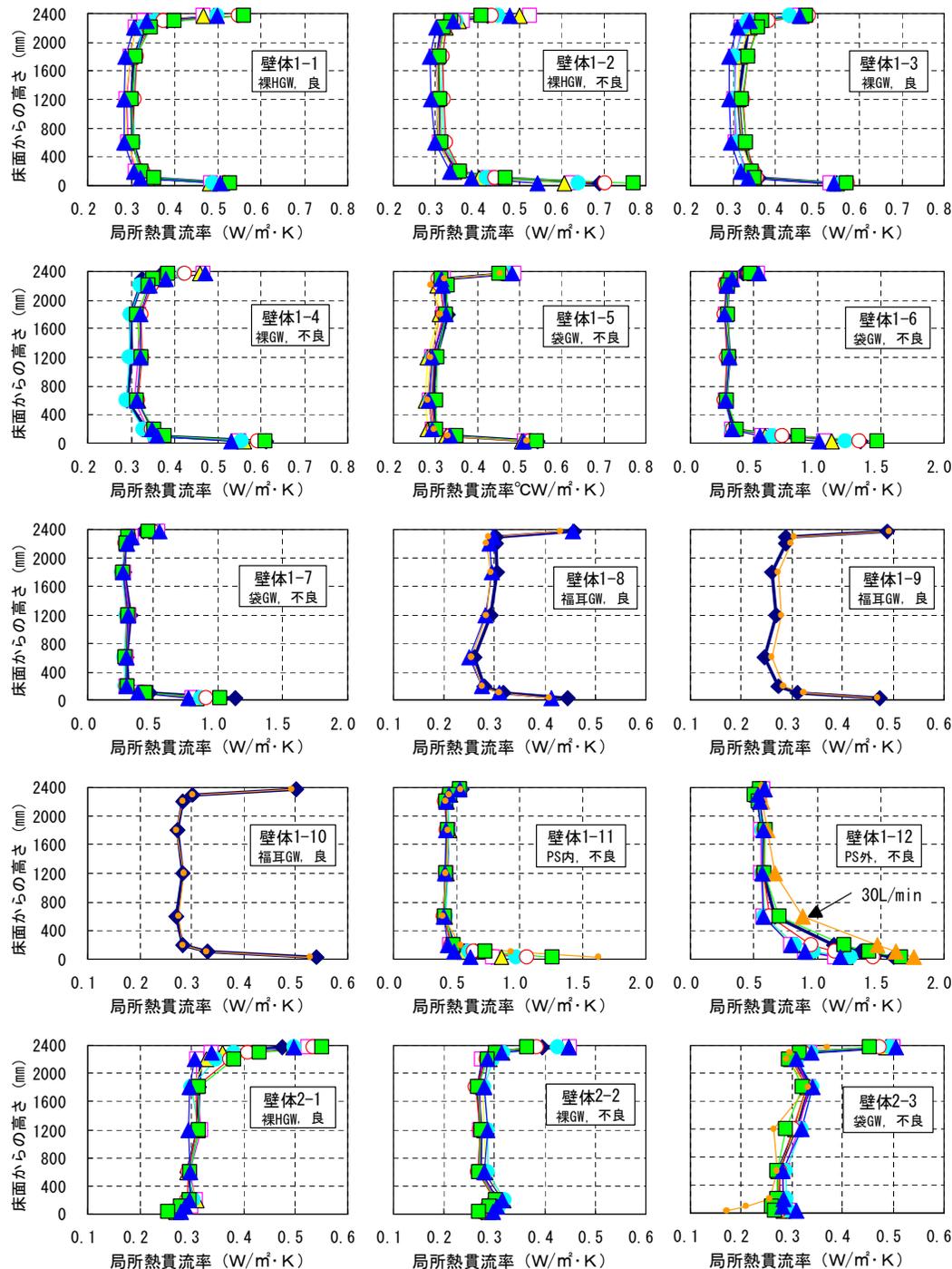
裸GW：通気量の増加により断熱性低下
 施工不良の上端部で逆袋GW，福耳：
 通気の影響小

PS：施工位置により差
 (外側：断熱性低下)
 特に下半分が大

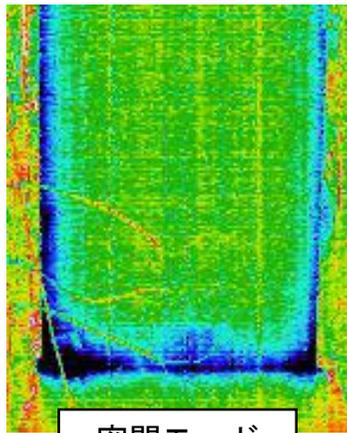
◆ 2階モデル

下端部は断熱性上昇、上端部は低下

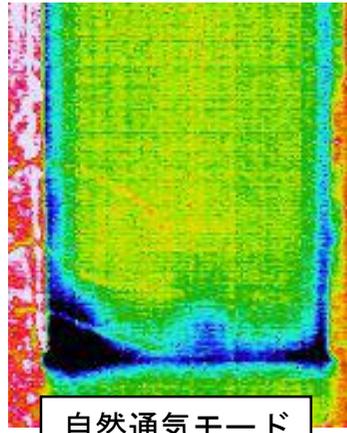
施工良・不良で上端部の断熱性が逆転
 良：全体に通気
 不良：不良箇所のみで通気



サーモカメラによる熱画像

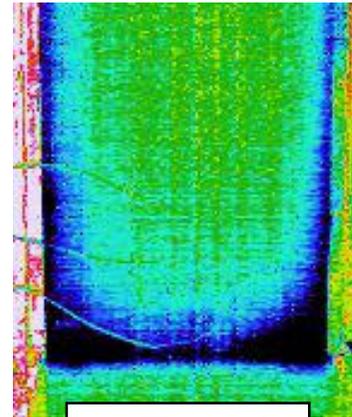


密閉モード

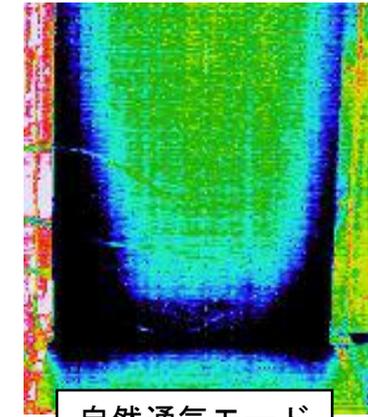


自然通気モード

壁体 1-8 (施工良)



密閉モード

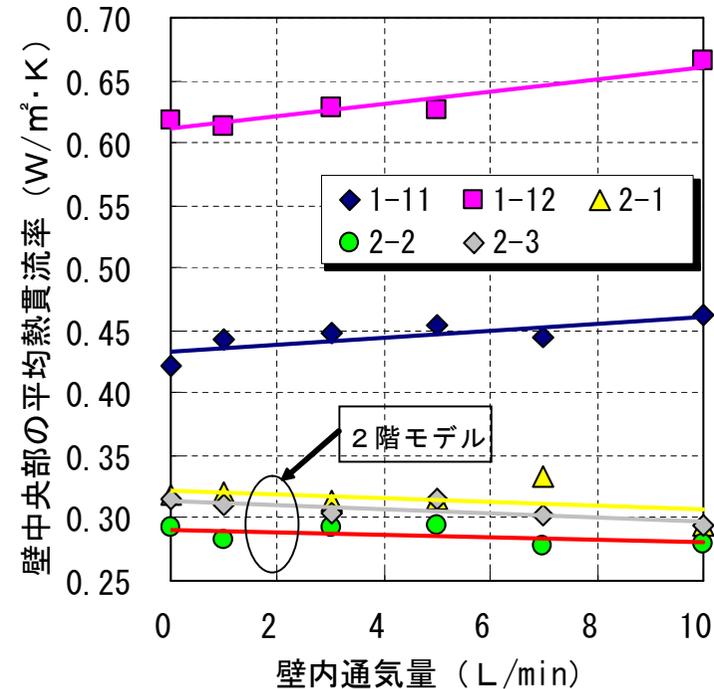
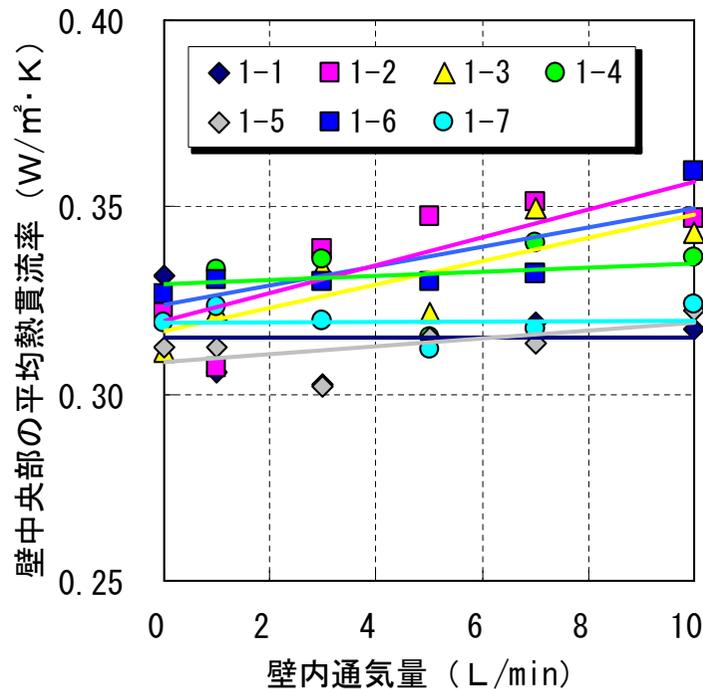


自然通気モード

壁体 1-5 (施工不良)

- ・ 施工良：密閉モードと通気モードで温度変化は少ない。
- ・ 施工不良：通気モードでは温度低下領域が拡大

外壁中央部の平均熱貫流率と通気量の関係

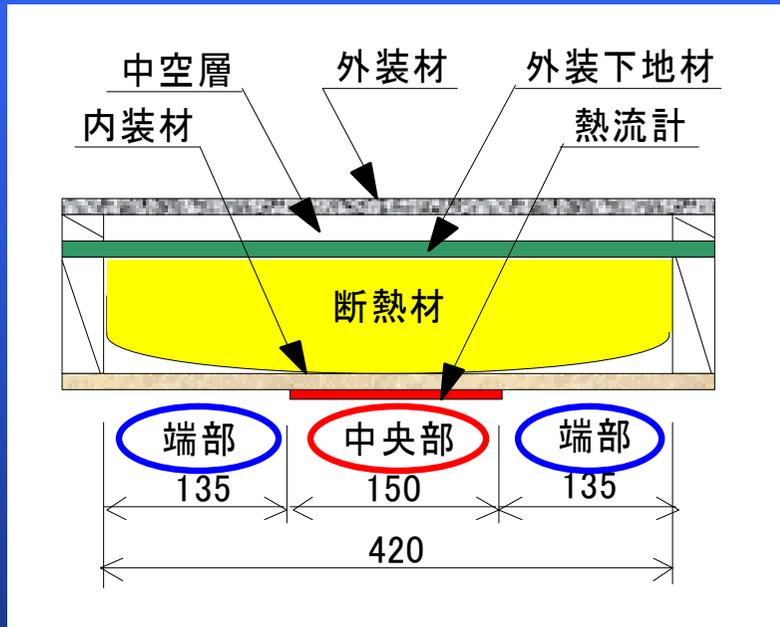


1階モデル＝壁内通気量：大 → 断熱性：低下

2階モデル＝壁内通気量：大 → 断熱性：向上

(自然通気モデル：3～10L/minと同程度)

外壁全体としての熱貫流率の検討



壁体の分割方法

$$\alpha = Q / (\theta_i - \theta_{sc}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$K = \alpha (\theta_i - \theta_{sa}) / (\theta_i - \theta_o) \quad \dots\dots\dots (2)$$

α : 熱伝達率 [W/(m²·K)]

K : 熱貫流率 [W/(m²·K)]

Q : 貫流熱量 [W/m²]

θ_i : 室温 [°C]

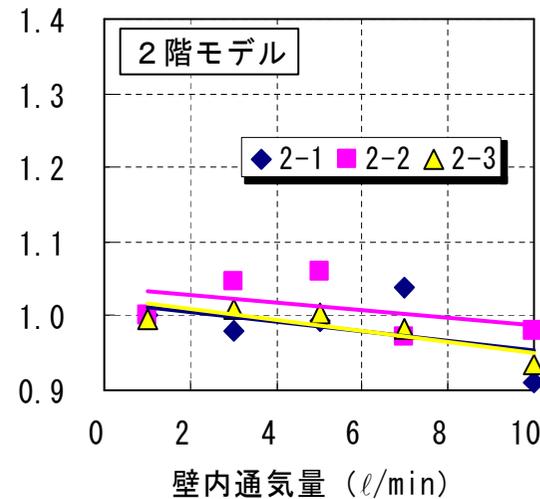
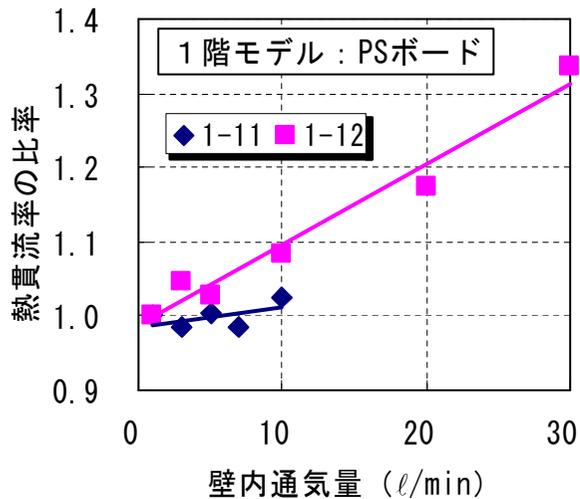
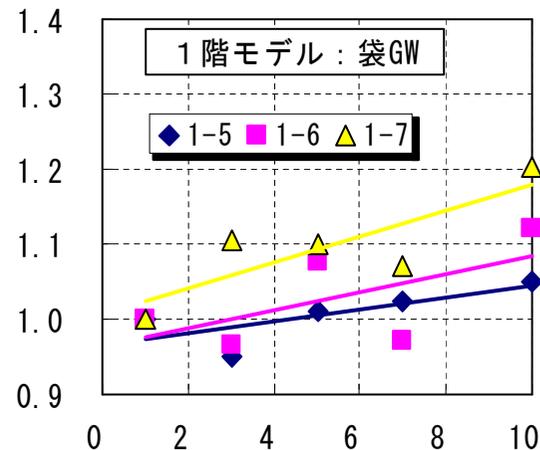
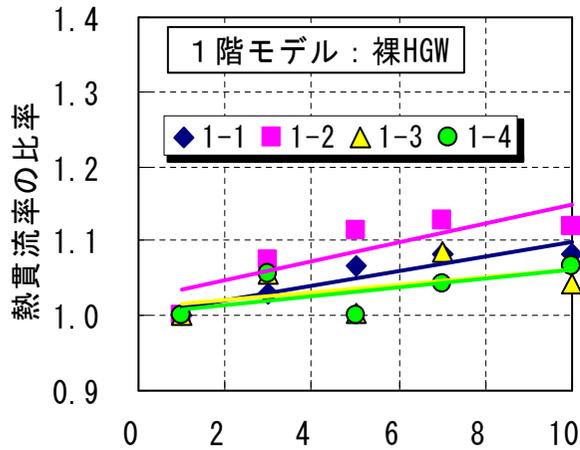
θ_{sc} : 壁中央部表面温度 [°C]

θ_{sa} : 壁全体表面温度 [°C]

θ_o : 外気 [°C]

外壁全体の熱貫流率と壁内通気の関係

通気による影響
HGW > GW



PSボード
内側に施工 → 影響：小
外側に施工 → GWに近い

袋入りGW
PEボード >
GWボード >
裸GW



床断熱材の通気性があるほど影響が大きい

2階モデル
通気量：大 → 断熱性向上

結果のまとめ

●断熱材の種類及び施工の程度により、壁体内部の温湿度性状及び断熱性能は、壁内通気により大きく影響を受けている。

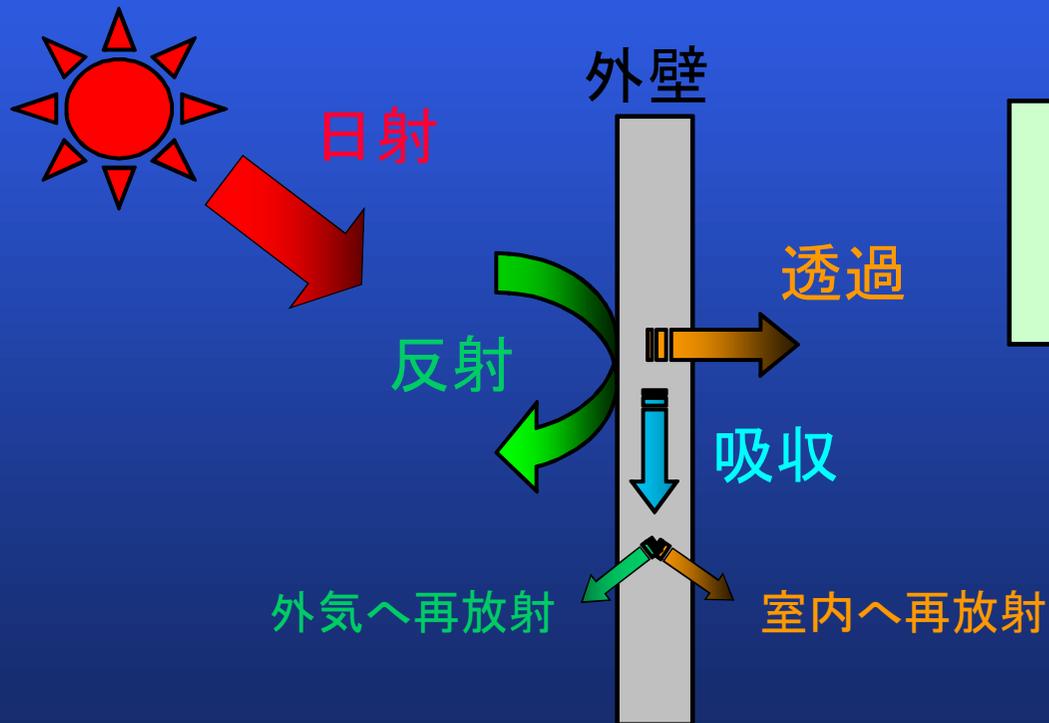
- ・基本的に丁寧な断熱・防湿工事：構成材料の熱湿気物性で計算
- ・リフォーム工事でも通気止め処理が重要
- ・壁内通気：シミュレーションで確認 → 許容可能な通気量（隙間）

●本実験で対象とした壁体では、自然通気モードでも3～5L/min程度の壁内通気量が生じている。

外壁・屋根の日射侵入率評価に関する実験

日射侵入率(η 値):

省エネ基準の夏期日射取得係数を算出するための物性値



$$\eta = \frac{\text{透過} + \text{室内へ再放射}}{\text{日射}}$$

省エネ基準の η 値

省エネ基準

・壁・屋根などの不透明部位: $\eta = aU / \alpha_o \doteq 0.034U$

a: 日射吸収率 (0.8)

U: 熱貫流率

α_o : 外気側熱伝達率 (23)

・窓などの開口部: 添付の表又は実測値

・土間床: 不要



現実には窓以外ほとんど計算には用いられていない

省エネ基準の窓関係の η 値

表10.2.4 ガラス単体並びにガラスと付属部材の組合せの η 値

適用地域	ガラスの仕様	空気層	ガラス面の η 値					
			日射遮蔽物等の種類					
			なし	レースカーテン	内村ブラインド	紙障子	外付ブラインド	
I	普通三層複層ガラス	12mm	0.71	0.50	0.44	0.38	0.16	
	低放射複層ガラスA	12mm	0.75	0.55	0.49	0.44	0.16	
	II	低放射複層ガラスB	12mm	0.62	0.48	0.43	0.39	0.15
	低放射複層ガラスC	12mm	0.59	0.47	0.43	0.40	0.14	
III	普通複層ガラス	12mm	0.79	0.53	0.45	0.38	0.17	
	低放射複層ガラスA	6mm	0.74	0.53	0.47	0.42	0.16	
	低放射複層ガラスB	6mm	0.61	0.46	0.41	0.37	0.15	
	IV	低放射複層ガラスC	6mm	0.58	0.45	0.41	0.37	0.14
V	遮熱複層ガラスA	6mm	0.50	0.37	0.33	0.29	0.12	
	遮熱複層ガラスB	6mm	0.42	0.32	0.29	0.26	0.11	
	遮熱複層ガラスC	6mm	0.55	0.39	0.35	0.30	0.13	
VI	普通単板ガラス	—	0.88	0.56	0.46	0.38	0.19	
	遮熱複層ガラスA	6mm	0.50	0.37	0.33	0.29	0.12	
	遮熱複層ガラスB	6mm	0.42	0.32	0.29	0.26	0.11	
	遮熱複層ガラスC	6mm	0.55	0.39	0.35	0.30	0.13	
	熱線反射ガラス2種	—	0.55	0.41	0.36	0.32	0.13	
	熱線反射ガラス3種	—	0.35	0.31	0.28	0.26	0.10	

実験目的

外壁・屋根について温暖地の夏季を対象にした遮熱対策の有効性を検討する



- ・構成材の日射反射特性
- ・排熱(通気層)の有無
- ・断熱性能の違い



- ・遮熱性能 η 値に与える影響を定量的に把握
- ・シミュレーション評価のための基礎データ

実験の方法

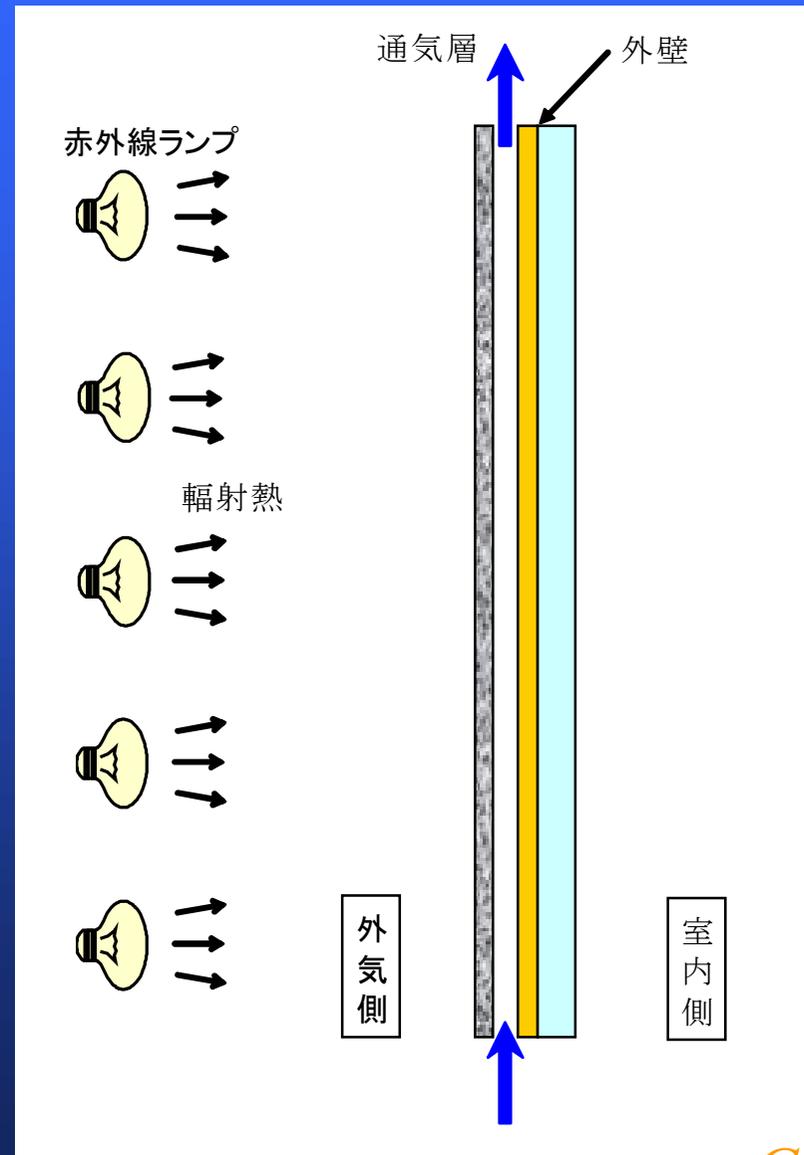
設定条件

- ・ 温暖地：VI地域（沖縄）
- ・ 外気：日変動
- ・ 日射：1h毎のステップ照射
- ・ 室内：22°C, 60%RH一定

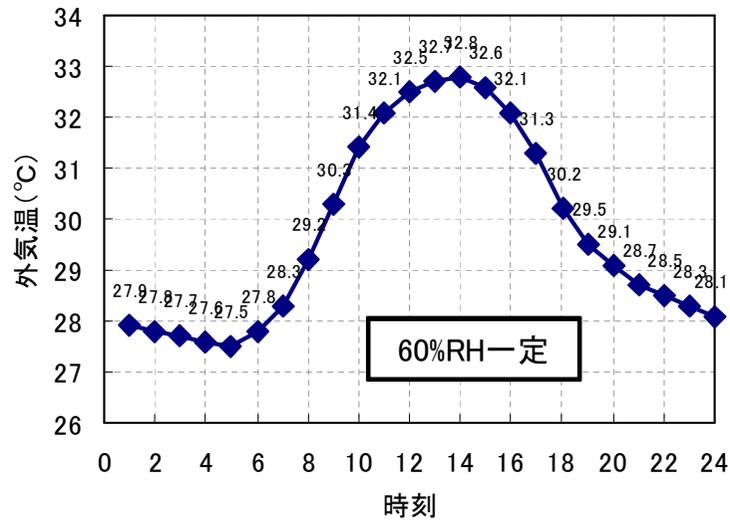
測定項目

- ・ 各構成材料の温度
- ・ 壁体貫流熱量
- ・ 通気層の通気量（風速2条件）
- ・ 材料の熱伝導率・日射反射率

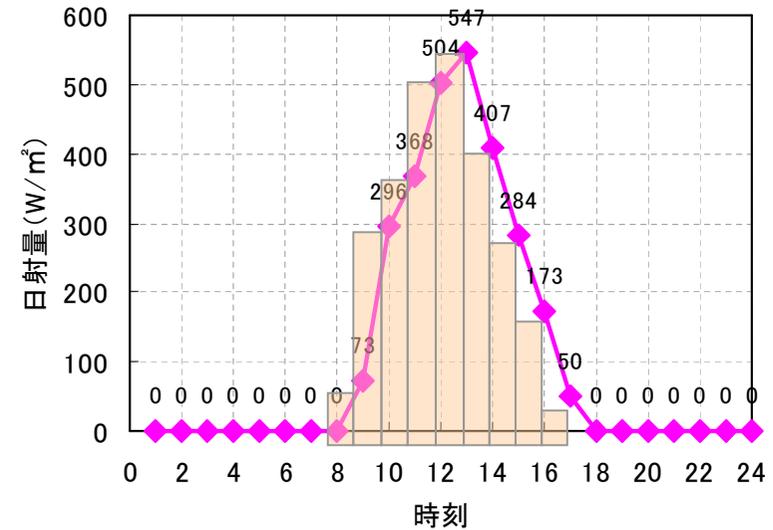
U値と η 値の傾向を把握



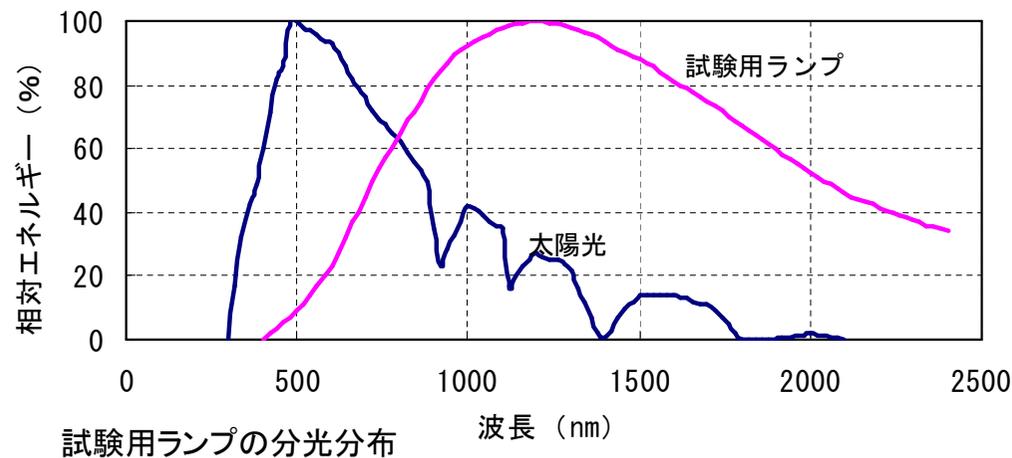
外気側の設定条件(外壁の場合)



外気側温度



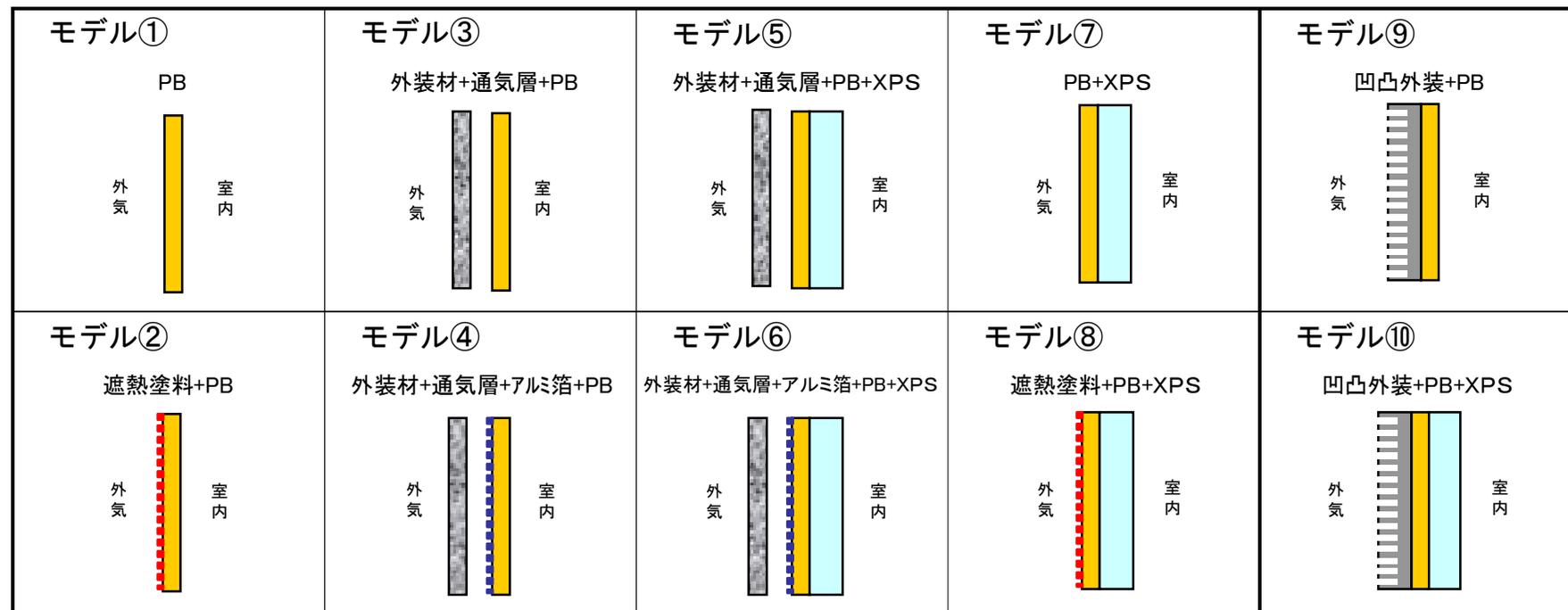
日射量



試験用ランプの分光分布

壁体モデル(①～⑩)

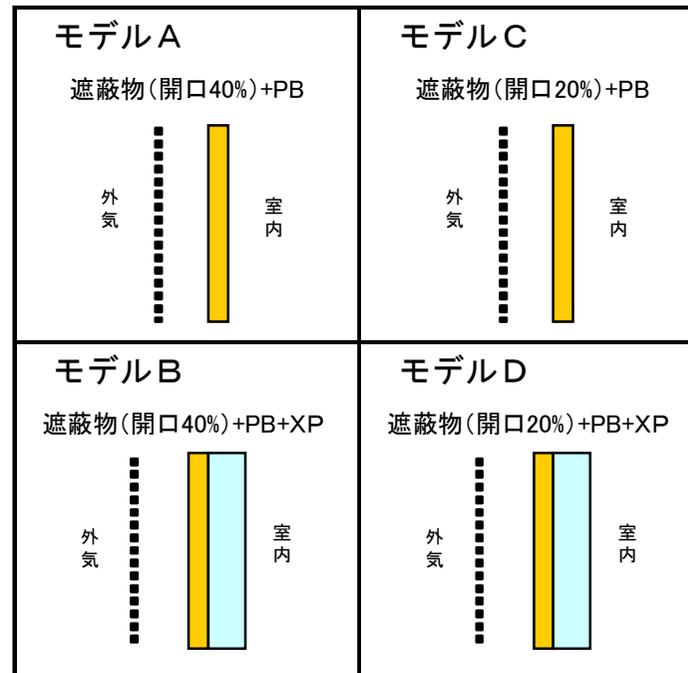
・コンクリート壁体を想定して、断熱性を同一に、熱容量を小さくして実験



P B : 厚15mm、 遮熱塗料 : 白色、 外装材 : けい酸カルシウム板 厚12mm
 通気層 : 厚15mm、 X P S : 1種 厚20mm

壁体モデル(A~D)

・コンクリート壁体を想定して、断熱性を同一に、熱容量を小さくして実験



PB:厚15mm、 遮熱塗料:白色、 外装材:けい酸カルシウム板 厚12mm
通気層:厚15mm、 XPS:1種 厚20mm
遮蔽物:アルミパンチングメタル(開口率:20%, 40%)

屋根モデル(①~⑥)

・コンクリート壁体を想定して、断熱性を同一に、熱容量を小さくして実験

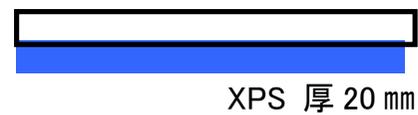
モデル①



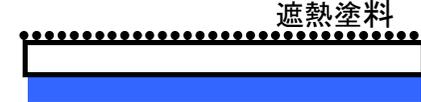
モデル②



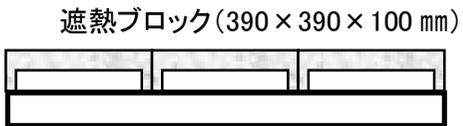
モデル③



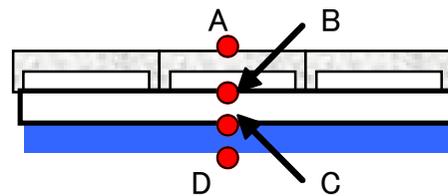
モデル④



モデル⑤



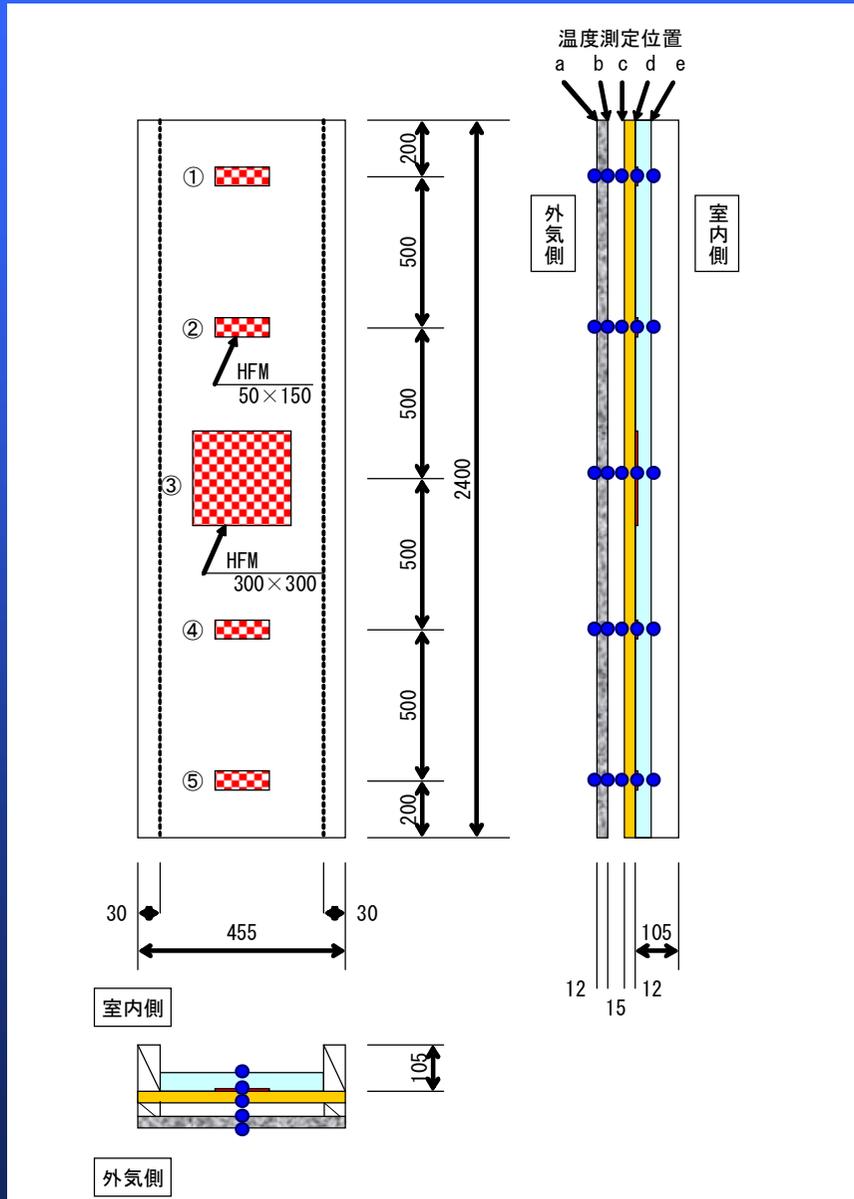
モデル⑥



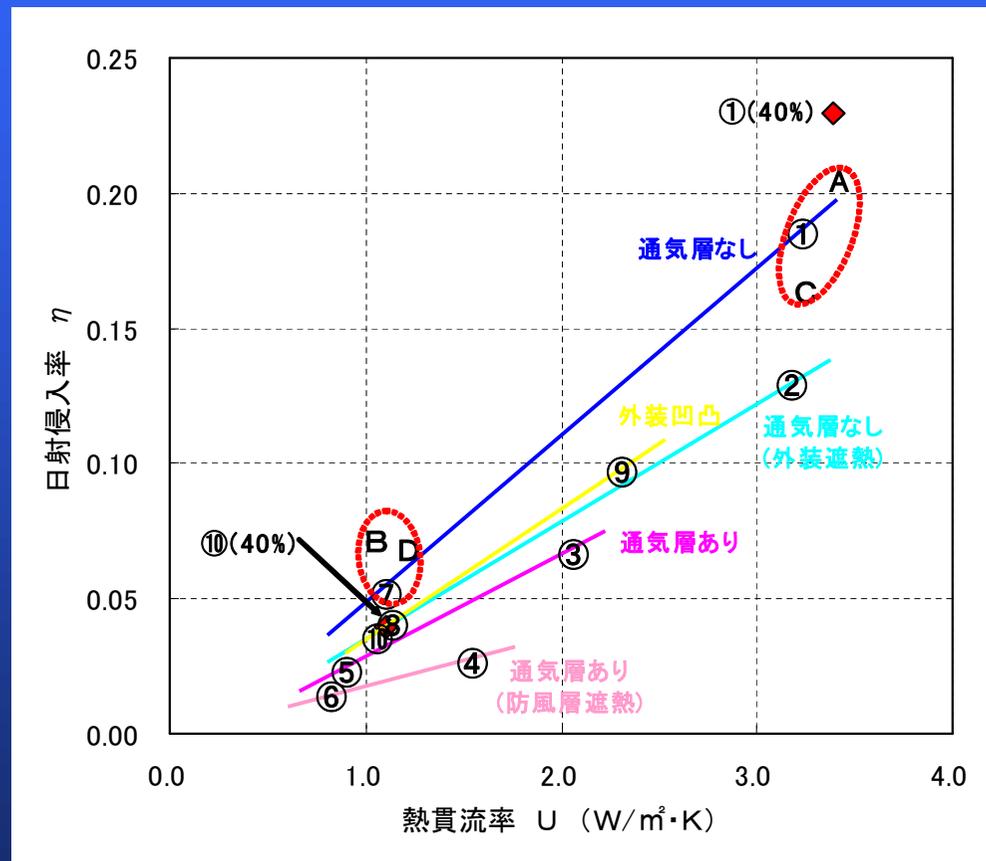
● : 温度測定位置 : A~D



壁体寸法及び温度・熱流測定位置



壁体のU値と η 値の計算結果



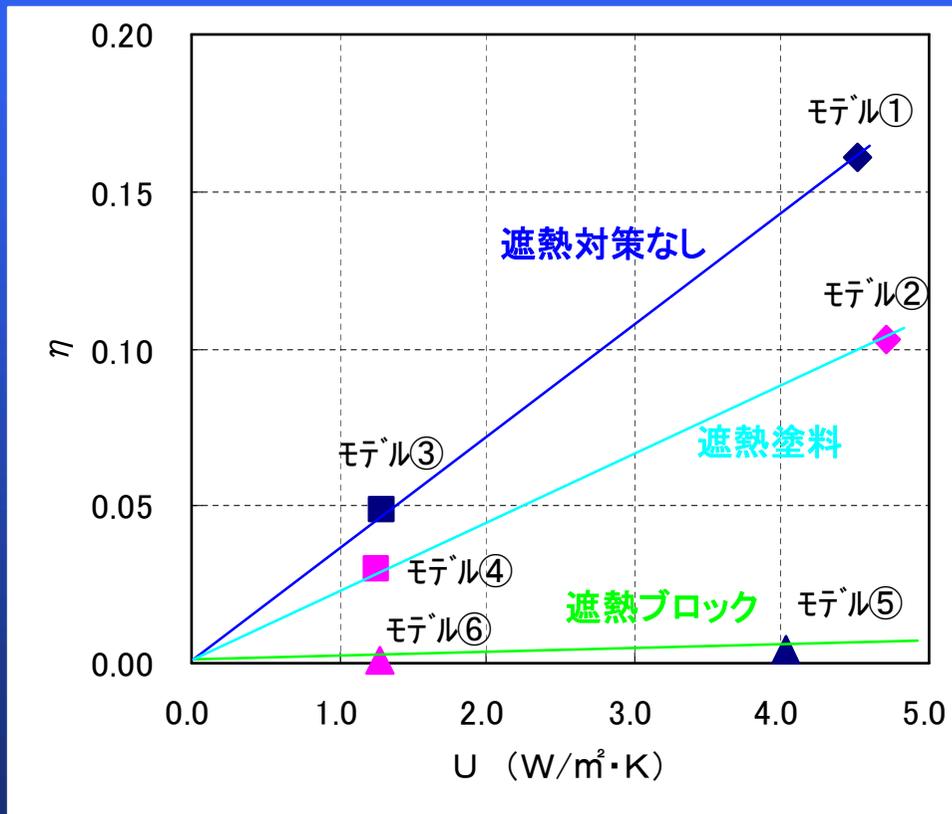
通気層モデルは、0.1m/sを記載

- ◆通気層なし(①, ⑦の青線)と比較して、
 - ・外装材を遮熱(②, ⑧の水線)すると、約3割低下。
(外装凹凸(⑨, ⑩黄線)も同程度)
 - ・通気層を設ける(③, ⑤の桃線)と、約5割低下。
 - ・通気層を設けて防風層を遮熱(④, ⑥の薄桃)すると、約7割低下。

- ◆遮蔽物を設けても η 値は同程度。
 - ①とA, C
 - ⑦とB, D

- ◆日射量を変化させても η 値は同程度。
 - ①及び⑩40%

屋根のU値と η 値の計算結果



◆遮熱対策なし (①, ③の青色) と比較して、遮熱塗料を塗布した場合 (モデル②, ④) は約3割低下 (外壁と同様の傾向)

◆遮熱ブロックは効果大
日射による影響はほとんどなし
蓄熱の影響もほとんどなし

結果のまとめ・今後の検討課題

- ・概略、U値と η 値の関係が把握できた。

全モデル: $\eta = 0.049 \cdot U$

遮熱断熱モデル: $\eta = 0.029 \cdot U$

- ・壁体構成が η 値に与える影響を定量的に把握できた。

通気層なしと比較 → 表面遮熱: 3割減少

通気層: 5割減少 など

今後の検討課題

- ・ η 値測定の評価
- ・ η 値とU値のトレードオフの可能性の検討