

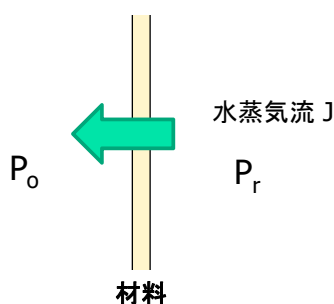
## 演習

透湿抵抗を使用した外壁の防露性能  
と乾燥性能の試算

## 透湿抵抗とは？

n(ナノ): 10のマイナス9乗

- 透湿抵抗: 材料の水蒸気の通り難さを表した係数。単位は( $\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ )/ng [面積 $1\text{m}^2$ 、1秒、1パスカルあたり、ナノグラム]
- 以下の式から、材料を透過する水蒸気流(透湿量)を算出できる。



$$J = \frac{(P_r - P_o)}{R'}$$

J: 水蒸気流 ( $\text{ng}/\text{m}^2\text{s}$ )

P: 水蒸気圧 (Pa)

R': 透湿抵抗 ( $\text{m}^2\text{sPa}/\text{ng}$ )

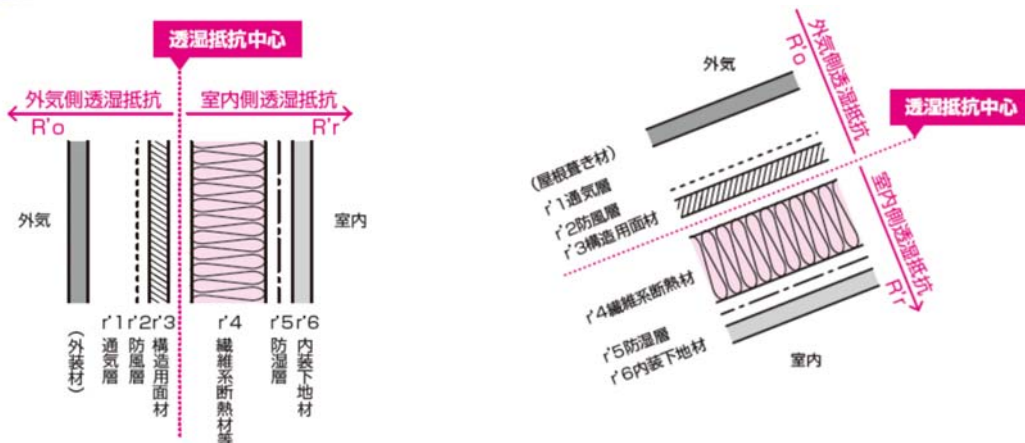
# 各材料の透湿抵抗

透湿抵抗は材料の種類や厚さにより異なる

材料名	透湿率	透湿比抵抗	厚さ mm	透湿抵抗	備考
	ng/(m·s·Pa)	(m·s·Pa)/ng		(m·s·Pa)/ng	
グラスウール・ロックウール	170	0.00588	100	0.000588	
セルローズファイバー	155	0.00645	100	0.000645	
ビーズ法ポリスチレンフォーム断熱材 1号	3.6	0.28	25	0.0069	JISA9521:2014
押出法ポリスチレンフォーム断熱材 (スキン層なし)	3.6	0.28	25	0.0069	JISA9521:2014
押出法ポリスチレンフォーム断熱材(スキン層あり)	1.4	0.73	25	0.018	JISA9521:2014
フェノールフォーム断熱材 1種1号、1種2号	1.5	0.67	25	0.0167	JISA9521:2014
吹付け硬質ウレタンフォーム断熱材 A種1	9	0.11	25	0.0028	JISA9526:2013
吹付け硬質ウレタンフォーム断熱材 A種3	31.7	0.0315	25	0.00079	
土壁	20.7	0.0483	100	0.00483	
コンクリート	2.98	0.336	100	0.0336	
ALC	37.9	0.0264	100	0.00264	表面処理なし
合板	1.11	0.901	12	0.011	
せっこうボード	39.7	0.0252	12	0.0003	
OSB	0.594	1.68	12	0.02	
MDF	3.96	0.253	12	0.003	
軟質繊維板	18.8	0.0532	12	0.00064	
木材	4	0.25	20	0.005	
モルタル (2210kg/m <sup>3</sup> )	1.62	0.617	25	0.015	
しっくい	52.1	0.0192	12	0.00023	
コンクリートブロック	7.7	0.13	200	0.026	
窯業系サイディング	2.1	0.48	12	0.0058	塗装なし
住宅用プラスチック系防湿フィルムA種	-	-	-	0.082	JISA6930:1997
住宅用プラスチック系防湿フィルムB種	-	-	-	0.144	JISA6930:1997
透湿防水シート	-	-	-	0.00019	JISA6111:2004
アスファルトフェルト 20kg	-	-	-	0.002	20kg/巻
アスファルトルーフィング22kg	-	-	-	0.144	22kg/巻
通気層+外装材(カテゴリーI)	-	-	-	0.00086	外壁:通気層厚さ18mm以上

※平成28年版 木造住宅工事仕様書:住宅金融公庫より

## 透湿抵抗比による防露評価



内部結露防止に必要とされる透湿抵抗比(温暖地)

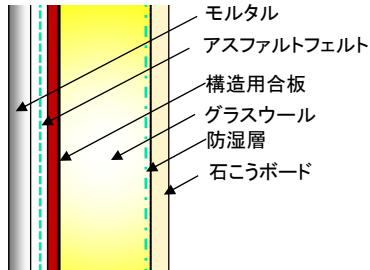
地域	5~7	4
外壁	2	2
屋根または天井	2	3

室内から断熱層に浸入した水蒸気を屋外に排出するため、室内側の透湿抵抗を大きく、外側の数値を小さくする。

# 課題1: 通気層なしの透湿抵抗比

通気なし

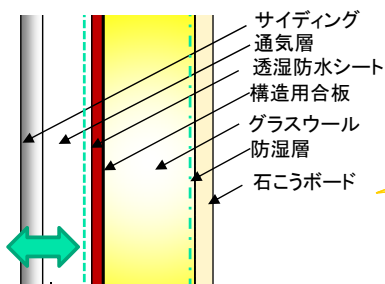
透湿抵抗の早見表を使用して、下記の壁体構成の透湿抵抗比を求めて下さい



層番号	材料	厚さ mm	透湿抵抗 m <sup>2</sup> sPa/ng	備考
1	石膏ボード	12	0.0003	
2	防湿フィルムA種	-	0.082	A種
3	グラスウール	100	0.000588	
4	合板	12	0.011	
5	アスファルトフェルト	-	0.002	20kg
6	モルタル	25	0.015	
室内側透湿抵抗			0.083	
外気側透湿抵抗			0.028	
透湿抵抗比			3.0	

# 通気構法の扱い

外側通気



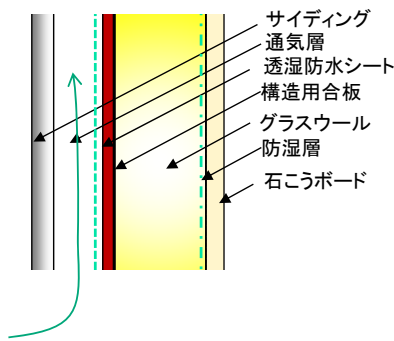
通気構法では外装材と通気層を合成した値を用いる。

通気層+外装材(カテゴリーI) : 0.00086 m<sup>2</sup>sPa/ng (通気層厚さ18mm以上)

※平成28年版 木造住宅工事仕様書:住宅金融公庫より

## 課題2: 通気構法の透湿抵抗比

透湿抵抗の早見表を使用して、下記の壁体構成の透湿抵抗比を求めて下さい

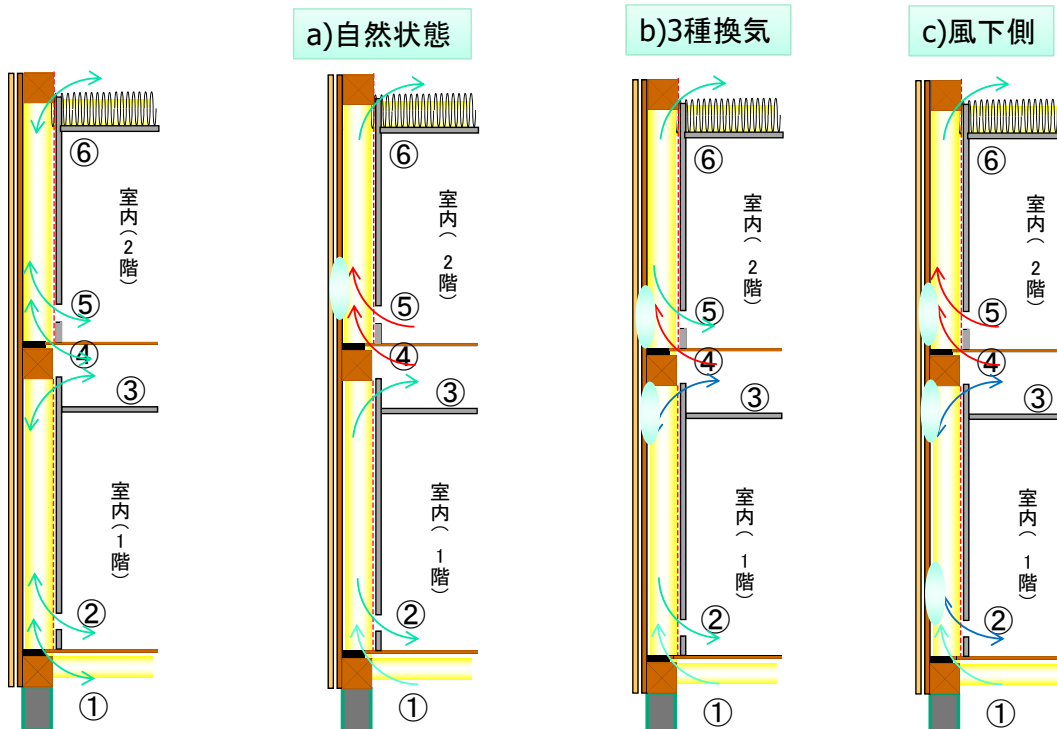


層番号	材料	厚さ mm	透湿抵抗 m <sup>2</sup> sPa/ng	備考
1	石膏ボード	12	0.0003	
2	防湿層	-	0.082	A種
3	グラスウール	100	0.000588	
4	合板	12	0.011	
5	透湿防水シート	-	0.0002	
6	通気層	18	0.00086	
7	窯業系サイディング	12		
室内側透湿抵抗			0.0829	
外気側透湿抵抗			0.01205	
透湿抵抗比			6.9	

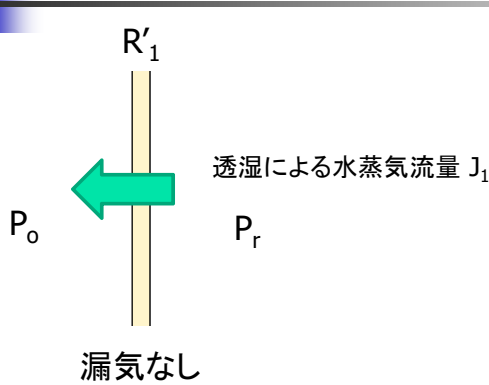
## 課題3: 暖房時の漏気の方法

※気密性は既存改修(低気密)を想定

各条件の漏気による空気の流入方向を矢印で記入して下さい。

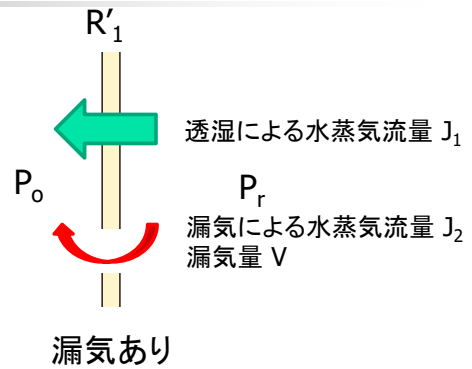


# 漏気がある場合の透湿抵抗



$$J_1 = \frac{(P_r - P_0)}{R'_1}$$

J: 水蒸気流 (ng/m<sup>2</sup>s)  
 P: 水蒸気圧 (Pa)  
 R': 透湿抵抗 (m<sup>2</sup>sPa/ng)  
 ρ: 空気密度 (≒1.2kg/m<sup>3</sup>)  
 V: 外壁1m<sup>2</sup>あたりの漏気量 (m<sup>3</sup>/sm<sup>2</sup>)



$$J_1 = \frac{(P_r - P_0)}{R'_1}$$

$$J_2 = 6.13 \times 10^6 \rho V (P_r - P_0)$$

$$J_T = \frac{(P_r - P_0)}{R'_1} + 6.13 \times 10^6 \rho V (P_r - P_0)$$

透湿による水蒸気流量  $J_1$

漏気による水蒸気流量  $J_2$

# 課題4: 漏気のある場合の透湿抵抗

$$J_2 = \left( \frac{1}{R'_1} + 6.13 \times 10^6 \rho V \right) (P_r - P_0)$$

$$\downarrow \frac{1}{R'_T}$$

$$R'_T = \frac{1}{\left( \frac{1}{R'_1} + 6.13 \times 10^6 \rho V \right)}$$

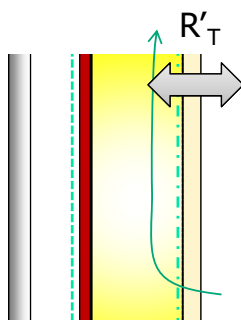
防湿層に漏気のある場合の透湿抵抗  $R'_T$  を求めて下さい。  $R'_1$  には **防湿層の値** を、  $\rho$  と  $V$  は以下の値を使用して下さい。

R': 透湿抵抗 (m<sup>2</sup>sPa/ng)

ρ=1.2 (kg/m<sup>3</sup>)

V=1.39 × 10<sup>-5</sup> (m<sup>3</sup>/sm<sup>2</sup>)

→外壁面積1m<sup>2</sup>あたりの断熱層の換気回数0.5回/h相当



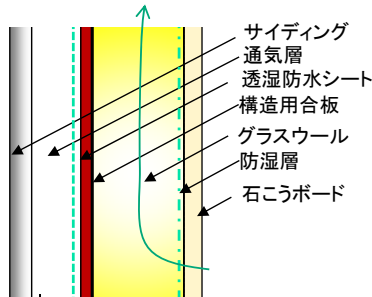
$$R'_T = \frac{1}{\left( \frac{1}{0.082} + 6.13 \times 10^6 \times 1.2 \times 1.39 \times 10^{-5} \right)} = 0.00874$$

漏気ある防湿層

漏気の無い防湿層

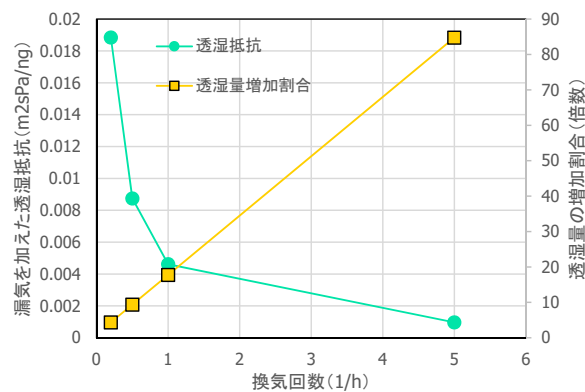
# 課題5: 漏気のある壁体の透湿抵抗比

課題4で得た値を使って、防湿層に漏気のある場合の透湿抵抗比を求めて下さい。



層番号	材料	厚さ mm	透湿抵抗 m <sup>2</sup> sPa/ng		備考
			漏気なし	漏気あり	
1	石膏ボード	12	0.0003	0.00874	漏気0.5回/h
2	防湿層	-	0.082		
3	グラスウール	100	0.000588	0.000588	
4	合板	12	0.011	0.011	
5	透湿防水シート	-	0.0002	0.0002	
6	通気層	18	0.00086	0.00086	
7	窯業系サイディング	15			
室内側透湿抵抗			0.0829	0.00963	
外気側透湿抵抗			0.01205	0.01205	
透湿抵抗比			6.9	0.8	

# 漏気による透湿抵抗の低下



換気回数 1/h	透湿抵抗 m <sup>2</sup> sPa/ng	透湿量増加割合 (倍数)	換気量 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
0.2	0.01885	4.4	0.02
<b>0.5</b>	<b>0.00874</b>	<b>9.4</b>	<b>0.05</b>
1	0.00462	17.8	0.1
5	0.00097	84.8	0.5

※室内空気の浸入を想定した暫定的な値

# 課題6: 外壁の乾燥性能の試算

構造躯体に水分が浸入した際、1日にどの程度の水蒸気を排出できるか試算して下さい(室内側、外気側への透湿量の和)。グラスウールの透湿抵抗は無視して下さい。

水蒸気流 (ng/m<sup>2</sup>s)

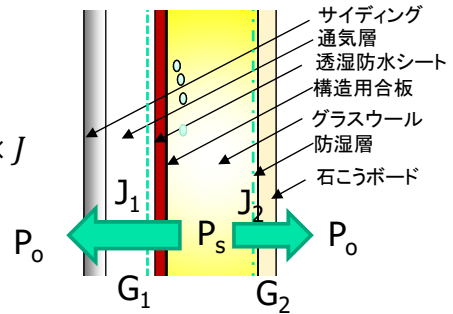
$$J = \frac{(P_s - P_o)}{R'_1}$$

$$G = 24 \times 3600 \times 10^{-9} \times J$$

1日あたりの乾燥速度 (g/m<sup>2</sup>day)

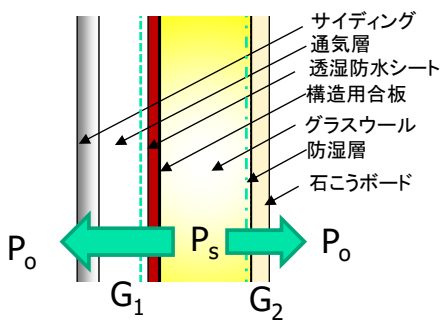
$$G_{total} = G_1 + G_2$$

P: 水蒸気圧 (Pa)  
R': 透湿抵抗 (m<sup>2</sup>sPa/ng)

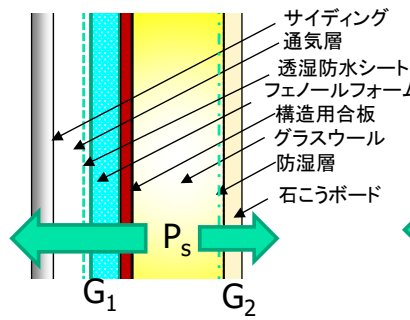


壁体内の水蒸気圧Psは26°C100%相当(3366Pa)、室内と外気の水蒸気圧Poは26°C60%相当(2020Pa)とします。

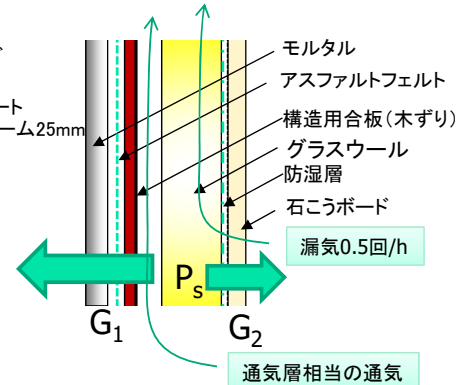
a) 充填断熱



b) 付加断熱



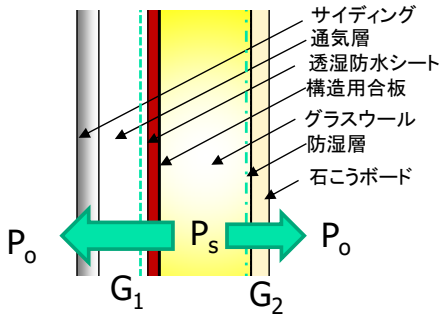
c) 根太床非気密



※断熱材の内外に壁内気流が生じる仕様を想定(断熱材や気流止めが無い在来構法外壁)

# a) 充填断熱

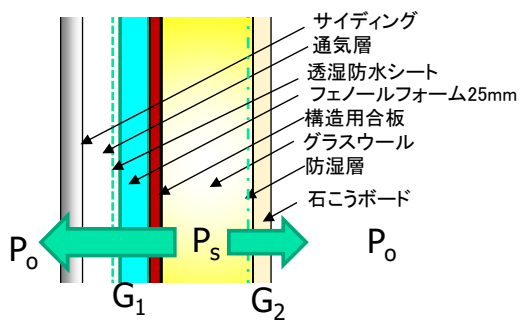
a) 充填断熱



層番号	材料	厚さ mm	透湿抵抗 m <sup>2</sup> sPa/ng
1	石膏ボード	12	0.0003
2	防湿層	—	0.082
3	グラスウール	100	0.000588
4	合板	12	0.011
5	透湿防水シート	—	0.00019
6	通気層	18	0.00086
7	窯業系サイディング	15	
室内側の透湿抵抗R' <sub>1</sub> (m <sup>2</sup> sPa/ng)			0.0823
外気側の透湿抵抗R' <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> sPa/ng)			0.01205
室内側の乾燥速度G <sub>1</sub> (g/m <sup>2</sup> day)			1.41
外気側の乾燥速度G <sub>2</sub> (g/m <sup>2</sup> day)			9.65
1日あたりの乾燥速度G <sub>total</sub> (g/m <sup>2</sup> day)			<b>11.1</b>

# b) 付加断熱

b) 付加断熱

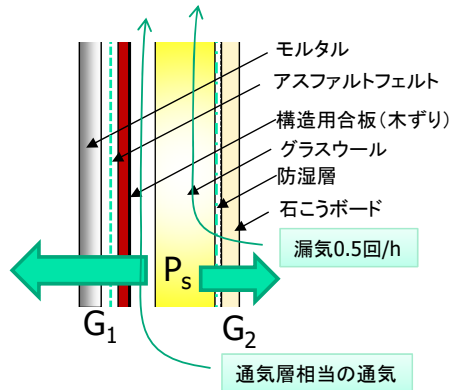


層番号	材料	厚さ mm	透湿抵抗 m <sup>2</sup> sPa/ng
1	石膏ボード	12	0.0003
2	防湿層	—	0.082
3	グラスウール	100	0.000588
4	合板	12	0.011
5	フェノールフォーム	25	0.0167
6	透湿防水シート	—	0.00019
7	通気層	18	0.00086
8	窯業系サイディング	15	
室内側の透湿抵抗R' <sub>1</sub> (m <sup>2</sup> sPa/ng)			0.0823
外気側の透湿抵抗R' <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> sPa/ng)			0.02875
室内側の乾燥速度G <sub>1</sub> (g/m <sup>2</sup> day)			1.41
外気側の乾燥速度G <sub>2</sub> (g/m <sup>2</sup> day)			4.04
1日あたりの乾燥速度G <sub>total</sub> (g/m <sup>2</sup> day)			<b>5.5</b>



## c) 根太床非気密

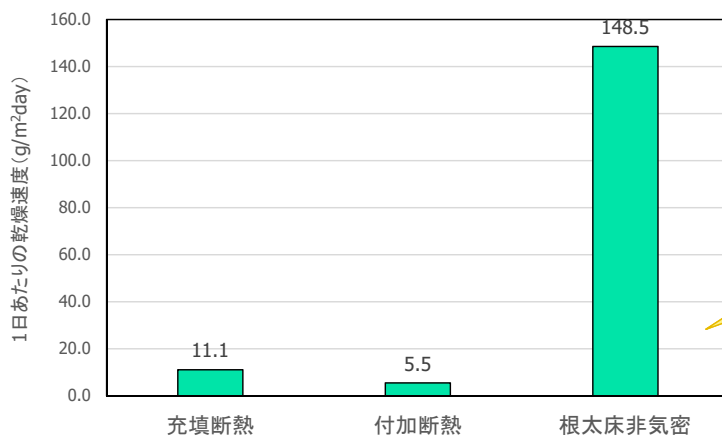
c) 根太床非気密(旧基準)



層番号	材料	厚さ mm	透湿抵抗 m <sup>2</sup> sPa/ng
1	石膏ボード	12	0.00874
2	防湿層	—	
3	グラスウール	100	0.000588
4	合板	12	0.00086
5	アスファルトフェルト	—	
6	モルタル	25	
室内側の透湿抵抗R' <sub>1</sub> (m <sup>2</sup> sPa/ng)			0.00874
外気側の透湿抵抗R' <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> sPa/ng)			0.00086
室内側の乾燥速度G <sub>1</sub> (g/m <sup>2</sup> day)			13.3
外気側の乾燥速度G <sub>2</sub> (g/m <sup>2</sup> day)			135.2
1日あたりの乾燥速度G <sub>total</sub> (g/m <sup>2</sup> day)			<b>148.5</b>

通気層の水分排出能力  
も同程度

## 躯体部分の1日あたりの乾燥速度



断熱性能の向上に伴い、躯体の乾燥性能は低下。  
通気層の設置、外壁への雨がかりの低減、取合部の水密性確保・維持管理は不可欠。

例: H25基準 HEAT20 G2 S55基準

※本講義の課題は、**相対比較**のための定常状態を想定した**試算結果**であり、今後、詳細な検討が必要