

# 建築物理学講座

## 第22講「周囲の湿度によって湿気の通りやすさが変化するシート」

田中 辰明

柚本 玲

(お茶の水女子大学名誉教授・工博) (お茶の水女子大学田中研究室・博士(生活科学))



### 1. はじめに

わが国では内断熱であっても、外断熱であっても熱貫流率は同じであるからその優劣に差は無いとの考えがある。しかし建物外皮である外壁や屋根構造は熱だけではなく水蒸気も同時に移動をしている。水蒸気移動のことを考えても、室内側にしっかりした防湿層を設ければ水蒸気が外壁の中に入っていないので問題は無いという意見もある。冬季のことだけを考えれば確かに室内で発生した水蒸気は防湿層により浸入を阻止され壁内に入っていないが、実際には四季が存在する。防湿層を張る仕事は人間が行うので、例えば電気ボックスをつければそこから水蒸気が壁体内に浸入するし、雨水が外壁を濡らすこともある。水蒸気が入った外壁は夏季には外壁内から室内へ水蒸気を出そうとする。そのときに室内側表面に完全な防湿層が存在すると水蒸気は室内側に放湿できなくなり、防湿層である壁紙の張り合わせ部分を破って室内側に水蒸気を放出することになる(Photo 1)。

このような事を排除するにはどうすればよいか、ここではドイツで行われている木造住宅に関する方法を紹介する。

### 2. 壁内の結露

寒冷地では冬季の内部結露を防ぐため、木造住宅では防湿シートが用いられる。Fig.1のように、冬季に、温かく水蒸気を多く含む室内の空気が内外の水蒸気圧差により壁内に侵入すると、断熱材と合板の境の温度は外気に近い状態となっており、そこで急激に冷やされることにより結露が起こる。防湿シートは冬季にFig.2のように、水蒸気が壁内に侵入するのを防ぎ、結露発生を防止す

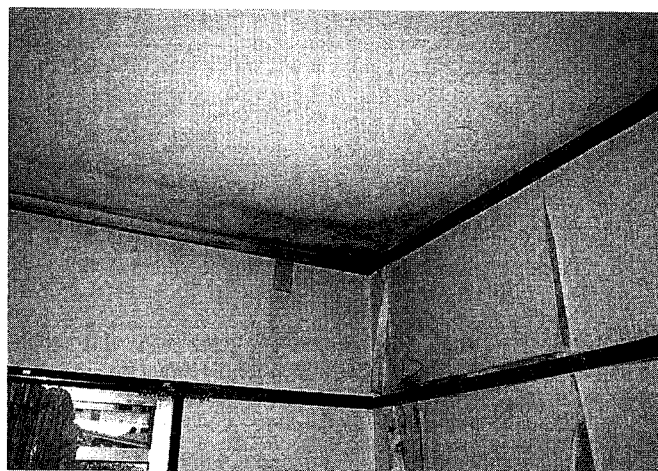


Photo 1 内断熱の建物で壁紙が破れた状態

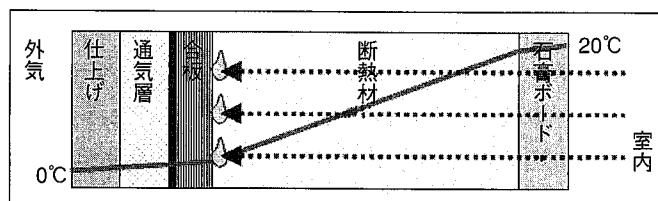


Fig. 1 冬季防湿シートがないと壁内に室内空気が侵入し合板と断熱材の境界で結露する

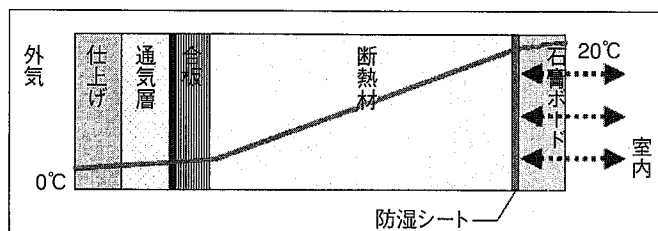


Fig. 2 冬季防湿シートが壁内に室内水蒸気が侵入するのを防ぐ

る。しかし、外気の温湿度が高く、室内が冷房で冷やされているような夏季には、逆の現象が起こりうる。つまり、Fig.3のように温かく湿った外気が壁内に侵入し、冷房で冷えた防湿シートの裏側で結露することがある。この場合は防湿シートで湿気をとめてしまうよりも、Fig.4のように室内側に空気を逃がしてしまう方が都合が良い。つまり、四季を通じて建物外皮の水蒸気の移動現象に対処しなければいけない場合があるということである。

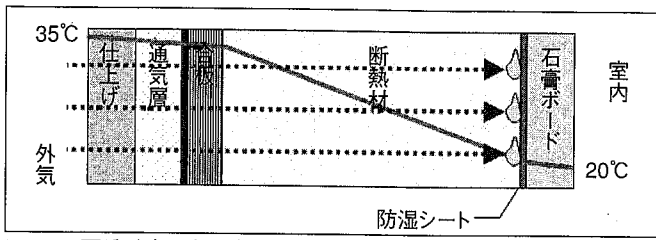


Fig. 3 夏季壁内に高湿度の外気が侵入し防湿シート裏で結露する

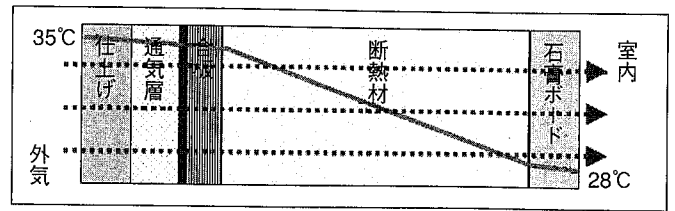


Fig. 4 調湿シートを用いると夏季壁内に侵入した水蒸気が室内側に逃げる

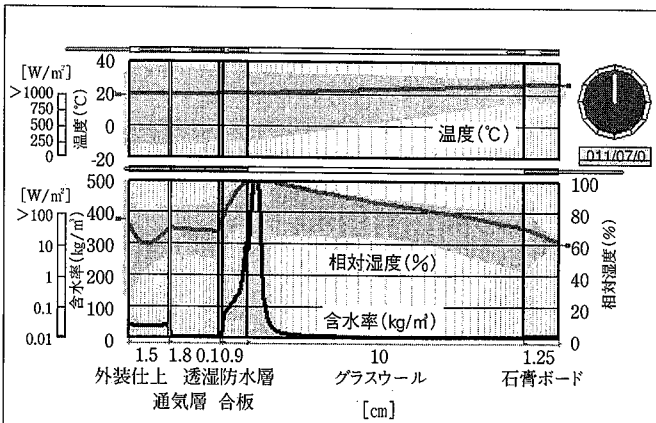


Fig. 5 札幌市で防湿シートを設置しない場合の壁断面の温湿度、含水率分布結果(実線は3年目6月30日23時の結果、網がけは各パラメータの解析期間を通した履歴)

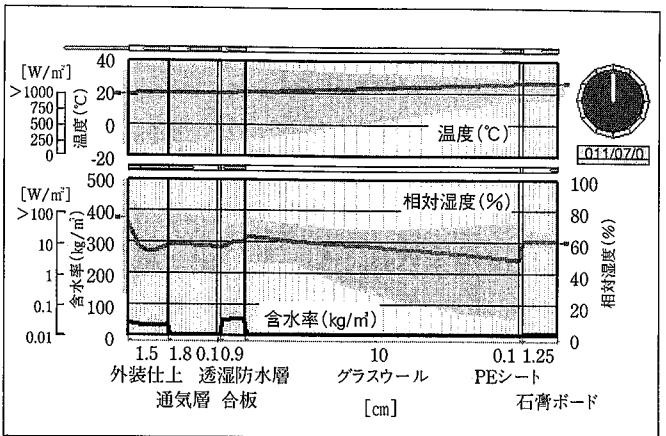


Fig. 6 札幌市で防湿シートを設置した場合の壁断面の温湿度、含水率分布結果(実線は3年目6月30日23時の結果、網がけは各パラメータの解析期間を通した履歴)

### 3. 非定常解析事例紹介

防湿シートとして一般に用いられるポリエチレン製シートを設置しない場合と、シートを設置した場合を想定して札幌市で非定常熱湿気同時移動解析を実施した。非定常解析には、この連載の第12講(2008年3月号)に紹介した非定常熱湿気同時移動解析プログラムWUFIを用いた<sup>1)</sup>。

その結果得られた壁断面の温度、湿度、含水率の分布をそれぞれFig.5、Fig.6に示す。シートを設置しないと、壁内の特に合板付近が高湿度になってしまうが(Fig.5)、Fig.6のように防湿シートによりそれが改善されることが分かる。これは、2.「壁内の結露」で述べたことが理由である。

さらに、同じ条件で東京都、金沢市、福岡市で解析を行った。

これら3都市でも札幌市と同様にポリエチレン製防湿シートにより合板付近の高湿度が改善された。代表として東京の防湿シートを設置した場合の断面温湿度、含水率分布をFig.7に示す。しかし、シートの断熱材側(屋外側)では札幌市の場合と異なり80%RHを超え、高湿度になった。この部位、つまりシートと断熱材の間の相対湿度

の変化を追ってみると(Fig.8内PEの折れ線)、夏季に短い期間ではあるが相対湿度が80%RHを超えていることが分かる。夏季にこの部分が高湿度になるのは、Fig.3のように屋外の湿った暖かい空気が断熱材を通り抜け、冷房で冷やされた防湿シートの裏側で冷やされるからである。

最近欧州で、湿った空気が防湿シートでとどまらないようにするため、周囲の相対湿度によって透湿抵抗(国際的には水蒸気拡散抵抗係数が用いられている)が変化するシート(以下、調湿シートと呼ぶ)が商品化され市販されている。防湿シートをこれらの調湿シートA、調湿シートBそれぞれに変えて解析することとした。これらのシートの透湿抵抗の物性値、つまり周囲の相対湿度と水蒸気拡散抵抗係数の関係をFig.9、Fig.10に示す。これはフラウンホーファー建築物理研究所における試験結果であり、WUFIデータベースに掲載されている。これらのシートに変えた結果、東京ではシートAの場合もシートBの場合も、冬季夏季ともに壁内の湿度が低く保たれた(Fig.8)。

より寒冷な金沢市においても、どちらの調湿シートの場合もシートと断熱材間の境界の湿度はポリエチレン製防湿シートよりも低く保たれた。しかし、Fig.11の冬季の合板と断熱材間の湿度を見ると分かるように、シート

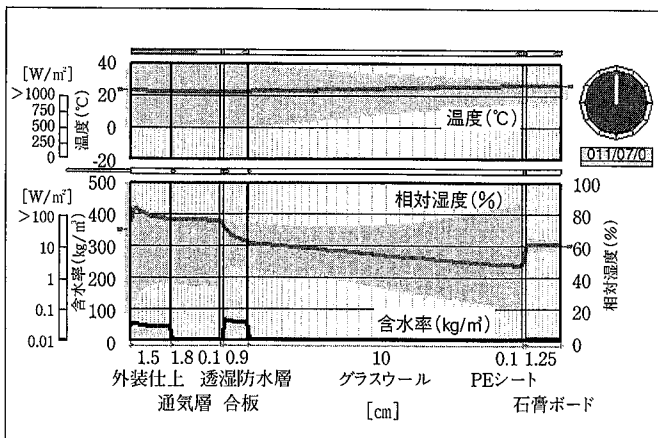
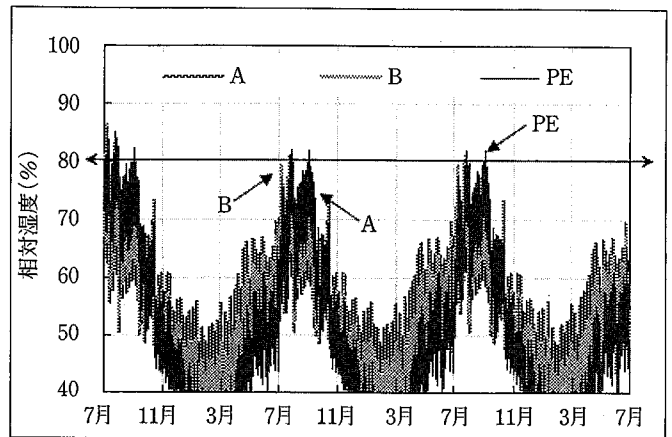


Fig. 7 東京で防湿シートを設置した場合の壁断面の温湿度、含水率分布結果(実線は3年目6月30日23時の結果、網がけは各パラメータの解析期間を通した履歴)



A: シートA, B: シートB, PE: ポリエチレン製シート, NS: シートなし  
Fig. 8 東京におけるシートと断熱材の境界の湿度変化。

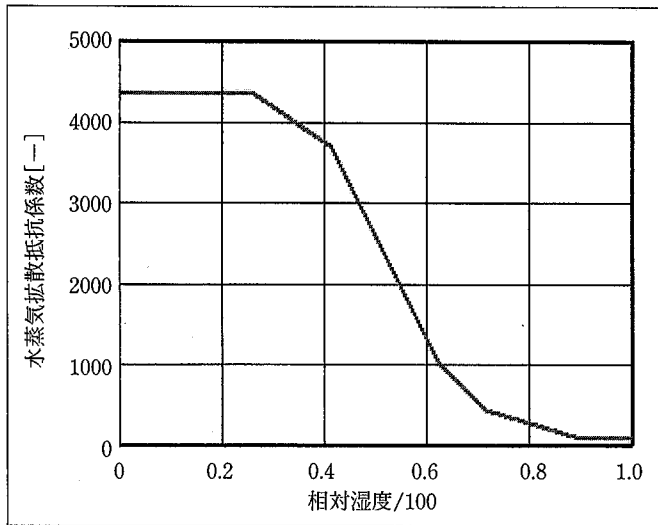


Fig. 9 調湿シートA(ポリアミド)の相対湿度と水蒸気拡散抵抗係数  $\mu$  の関係

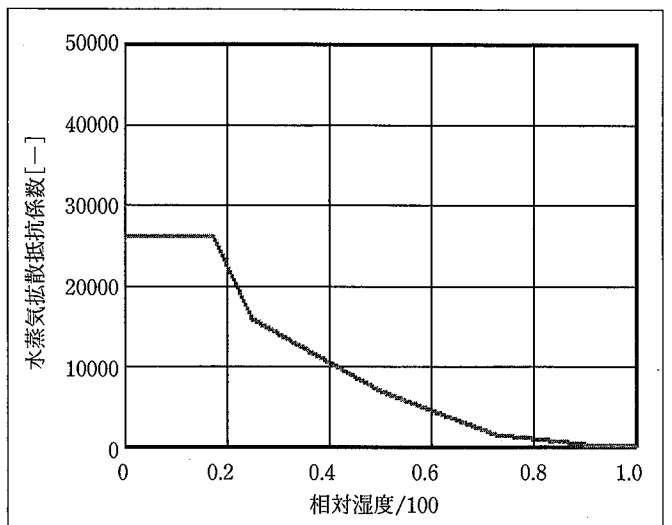
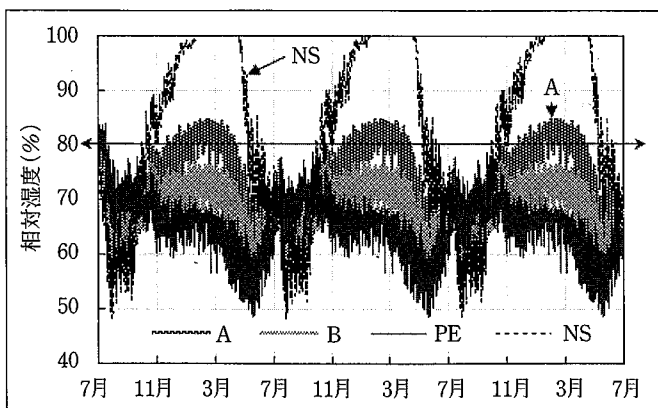
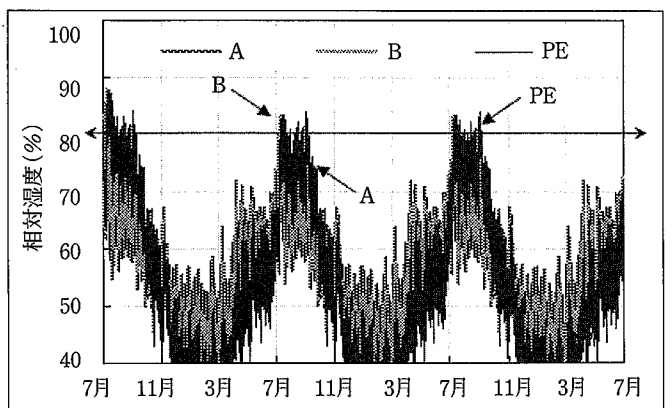


Fig. 10 調湿シートB(ポリプロピレンにポリエチレンコポリマー樹脂)の相対湿度と水蒸気拡散抵抗係数  $\mu$  の関係



A: シートA, B: シートB, PE: ポリエチレン製シート, NS: シートなし  
Fig. 11 金沢市における断熱材と合板の境界の湿度変化。シートAでは冬季室内の湿気をささぎるには透湿抵抗が小さすぎる事が分かる。



A: シートA, B: シートB, PE: ポリエチレン製シート, NS: シートなし  
Fig. 12 福岡市におけるシートと断熱材の境界の湿度変化。PE, Bのシートでは夏季にやや高湿度となってしまいがAでは低い湿度に保たれる。

Aでは80%RHを超える高湿度となってしまった。したがって、シートAはこの地域の防湿シートとして今回の条件下ではふさわしくないと考えられる。

一方、温暖な福岡ではどちらのシートの場合も冬季の

壁内の高湿度は改善された。しかし、調湿シートBの場合、Fig.12のように、夏季に調湿シートと断熱材の間の湿度が高湿度となった。したがって、今回の条件下では、金沢市ではシートB、福岡ではシートAが、よりふさわし

Table 1 建材物性値<sup>2)</sup>から抜粋

材 料	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	熱伝導率 (W/mK)	比熱 (J/kgK)	水蒸気拡散 抵抗係数 (-)
コンクリート(中程度のかさ密度)	1800	1.15	1000	60-100
鉄筋コンクリート(鋼1%)	2300	2.30	1000	80-130
乾燥空気	1.23	0.025	1008	1
ガラス				
アルミニウム	2800	160	880	∞
鑄鉄	7500	50	450	∞
ウレタン/発泡ポリウレタン(断熱材として)	1300	0.21	1800	60
石膏ボード	900	0.25	1000	4-10
漆喰とモルタル	600	0.18	1000	6-10
構造用木材	500	0.13	1600	20-50

Table 2 Sd値<sup>2)</sup>から再掲

材 料	Sd(m)
ポリエチレンフィルム0.15mm	50
ポリエチレンフィルム0.25mm	100
ポリエステルフィルム0.2mm	50
PVCフィルム	30
アルミニウムフィルム0.05mm	1500
ポリエチレンフィルム(積層)	8
れき青浸透紙	2
アルミニウム多層フィルム	10
コーティング材料	0.1
光沢ラッカー	3
ビニール壁紙	2

いと考えられる。

このように、外気条件や室内条件に影響を受けて壁内熱湿気性状が変わり、非定常熱湿気同時移動解析でこれらを詳細に正確に予測することで、より良い建物の供給に寄与することができる。

$\mu$  値は水蒸気の通しにくさが同じ厚さの空気層の何倍になるか、Sd値は同等の湿気の通しにくさとなる空気層の厚さ(m)で表現したものである。つまりこれらの値が大きいほど水蒸気(湿気)を通しにくい。Table 1に建材物性値、Table 2にSd値を示す。

#### 4. 参考

ここで解説した調湿シートのメーカーとしてはモル・建築エコロジープロダクツ(株)(MOLL bauökologische Produkte GmbH)があり、幾つかの調湿シートを市場に出している。商品名ではインテロ(INTELLO)と呼ばれ、これにもINTELLOとINTELLO PLUSがある。INTELLOのSd値は0.25mから10mと変化するのに対し、INTELLO PLUSは0.25mから20mに変化する。製品については同社のホームページ(www.proclima.com)により詳しい情報が得られる。同社では冬季室内側の相対湿度が高くなったときにはシートの分子密度が引き上げられ、水蒸気の透過を阻止し、夏季に相対湿度が低くなったときにはシートの分子密度が下がり、水蒸気の透過を促すとしている。INTELLOやINTELLO PLUSでは水蒸気の通過しにくさをSd値で示したが、Fig.9、Fig.10では水蒸気拡散抵抗係数で示している。シートのように薄く、熱移動では無視できる物であるため、Sd値で表現した。

WUFIを使用したり、調湿シートを理解するには水蒸気拡散抵抗係数やSd値を理解する必要がある。本稿第7講(2007年10月号)<sup>2)</sup>、第11講(2008年2月号)<sup>3)</sup>、測定法については第8講(2007年11月号)<sup>4)</sup>で解説を行なっているが、ここでそれらを再録し、いくつかの建材の値を示す。

#### <引用文献>

- 1) 田中辰明, 柚本玲: 建築仕上技術者のための建築物理学講座 第12講「非定常熱湿気同時移動解析WUFI」: 建築仕上技術: Vol.33, No.392(2008/3) p.86-89
- 2) 田中辰明, 柚本玲: 建築仕上技術者のための建築物理学講座 第7講「水蒸気拡散抵抗係数」: 建築仕上技術: Vol.33, No.387(2007/10) p.83-87
- 3) 田中辰明, 柚本玲: 建築仕上技術者のための建築物理学講座 第11講「非定常熱湿気同時移動解析プログラムWUFIで使用する物性値」: 建築仕上技術: Vol.33, No.391(2008/2) p.86-89
- 4) 田中辰明, 柚本玲: 建築仕上技術者のための建築物理学講座 第8講「建材の物性値」: 建築仕上技術: Vol.33, No.388(2007/11) p.83-86
- 5) 柚本玲, 堀内正純, 田中辰明: 断熱材の種類が木造建物の壁内湿気分布に及ぼす影響: 平成19年度空気調和・衛生工学会大会(2007/9)
- 6) 柚本玲, 堀内正純, 田中辰明: 非定常解析プログラムWUFI(ヴェーフィ)による木造住宅壁内の湿気に関する研究: 2007年度日本建築学会講演会(2007/8)
- 7) Tatsuaki Tanaka und Lei Yumoto: Nicht stationäre Simulation von hygrothermalen Aspekten einer Dampfsperrenmembran in Holzwohnbauten: Gesundheits Ingenieur: Vol.128, No.3(2007) p.136-139
- 8) 住宅性能評価機関等連絡協議会, 計算又は実験の結果による温熱環境(結露の発生を防止する対策)に関する試験ガイドライン(2004/04)
- 9) 拡張アメダス気象データ; 日本建築学会編