

建物躯体の水蒸気拡散に関する評価研究

Evaluation Research on the Water Vapor Diffusion of the Building Structure

9530126 宮田 久視子

1. はじめに

日本の昔からの木造住宅は気密度が低く自然換気量が非常に多くて、建物内で発生する水蒸気に関心を払う必要がなかった。この昔の生活習慣のため、現在の高气密・高断熱住宅に必要な換気行為が十分なされていない。その結果、結露に起因する躯体の腐敗といった強度低下や、カビ・ダニによる室内空気汚染という問題が発生する。よって本研究では、建物躯体で発生する内部結露の有無と結露水量を計算機シミュレーションにより算出し、躯体の断熱材・防湿材の仕様の違いが、どのように結露の発生に影響するのか比較を行うことを目的とする。

2. 方法

本研究では、「INSYS 結露計算システム for Windows(製造・販売:(株)山内設計室)」という結露発生シミュレーションソフトを用いた。このソフトは、定常状態での各躯体の表面・境界面における温度、実在水蒸気圧、飽和水蒸気圧を求め、結露発生の有無とその計算を可能とする。結露が発生するときに計算に用いた式を次式に示す。

$$WB = \frac{f_1 - f_2}{R_1} - \frac{f_2 - f_3}{R_2}$$

WB : B境界面での結露水量 (g/m²h)
 fi : 各境界面での実在水蒸気圧 (mmHg)
 Ri : 透湿抵抗 (m²hmmHg/g)

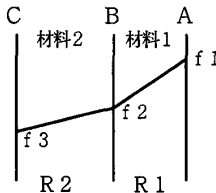


図1 実在水蒸気圧の分布図

2-1. 外壁

断熱材をグラスウール 16K・100mm のI地域仕様と10K・50mm のIV地域仕様、防湿材の有無で比較する。I地域仕様(2×6) IV地域仕様(2×4) IV地域仕様(2×4)防湿材なし

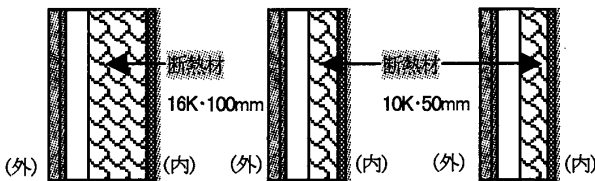


図2-1-1 図2-1-2 図2-1-3

表2-1 2×6仕様の層構成の例 (熱貫流率0.34kcal/ m²h°C)

材料	厚さ	熱伝導率	熱伝導抵抗	透湿比抵抗	透湿抵抗
単位	mm	kcal/mh°C	m ² h°C/kcal	m ² hmmHg/g	m ² hmmHg/g
(外気側)			(0.050)		
モルタル	20	1.3	0.015	163	3.26
合板	9	0.14	0.064	875	7.875
中空層	40	-	0.087	-	0.24
グラスウール16K	100	0.039	2.564	8.3	0.83
ポリエチレンフィルム	0.2	0.18	0.001	4585000	917
石膏ボード	12.5	0.19	0.066	768	0.96
ビニルクロス	0.1	-	0.000	-	5
(室内側)			(0.125)		

表の()内の値は、表面熱伝達抵抗を表す。

*断熱材 10K で50mmの場合(熱貫流率0.66kcal/ m²h°C)

2-2. 天井

断熱材グラスウール 10K の厚さを 150mm の高断熱仕様と厚さ 100mm の標準仕様、防湿材の有無で比較する。

高断熱仕様 標準仕様 高断熱仕様 標準仕様
 (防湿材なし) (防湿材なし) (小屋裏側)



図2-2-1 図2-2-2 図2-2-3 図2-2-4

表2-2 高断熱仕様の層構成の例 (熱貫流率0.28 kcal/ m²h°C)

材料	厚さ	熱伝導率	熱伝導抵抗	透湿比抵抗	透湿抵抗
単位	mm	kcal/mh°C	m ² h°C/kcal	m ² hmmHg/g	m ² hmmHg/g
(小屋裏側)			(0.100)		
グラスウール10K	150	0.045	3.333	72	1.08
ポリエチレンフィルム	0.2	0.18	0.001	4585000	917
石膏ボード	9.5	0.19	0.05	768	0.73
(室内側)			(0.100)		

*断熱材が 100mm の場合(熱貫流率0.40 kcal/ m²h°C)

2-3. 床

フローリング仕上げ、断熱材はポリスチレンフォームとし厚さ 50mm の高断熱仕様と 25mm 標準仕様とを比較する。



図2-3-1 高断熱仕様 図2-3-2 標準仕様

表2-3 高断熱仕様の層構成の例 (熱貫流率0.46 kcal/ m²h°C)

材料	厚さ	熱伝導率	熱伝導抵抗	透湿比抵抗	透湿抵抗
単位	mm	kcal/mh°C	m ² h°C/kcal	m ² hmmHg/g	m ² hmmHg/g
(室内側)			(0.167)		
吉野杉	12	0.1	0.12	235	282
合板	15	0.14	0.107	875	13.125
ポリスチレンフォーム	50	0.031	1.613	628	31.4
(床下側)			(0.167)		

*断熱材が 25mm の場合(熱貫流率0.73kcal/ m²h°C)

2-4. 外壁における内断熱と外断熱

コンクリート造で断熱材を躯体の内と外に設け、効果の違いを比較する。

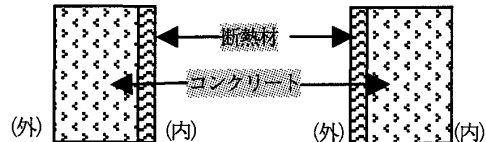


図2-4-1 内断熱 図2-4-2 外断熱

表2-4 コンクリート造の層構成 (熱貫流率0.85 kcal/ m²h°C)

材料	厚さ	熱伝導率	熱伝導抵抗	透湿比抵抗	透湿抵抗
単位	mm	kcal/mh°C	m ² h°C/kcal	m ² hmmHg/g	m ² hmmHg/g
コンクリート	150	1.4	0.107	699	104.85
押出し発泡ポリスチレン	25	0.028	0.893	628	15.7

3. シミュレーション結果と考察

結果は、各部位別に温湿度条件の一例を表に示す。

3-1. 外壁

冬:表3-1より、2×6仕様は充分な防露構造がとられているといえる。2×4仕様は、室内湿度が90%でグラスウールとポリエチレンフィルム間にわずかながら内部結露が発生しており、この条件は、換気をしない浴室・脱衣所や居室内に洗濯物を干している場合が相当する。防湿材がない場合は、合板と中空層の間で内部結露が発生しやすくなっている。夏:冷房時など室内外の温度差が大きいと内部結露が発生しやすい。グラスウールとポリエチレンフィルム間で結露し、高気密住宅の方が、結露水量が多かった。夏季に高温多湿となる日本特有の夏型結露の問題だといえるであろう。

表3-1 外壁における内部結露水量 単位(g/m²h)

室内温度	室内相対湿度	2×6仕様		2×4仕様		2×4仕様 (防湿材なし)	
		外気温度 0°C					
		外気相対湿度					
		40%	60%	40%	60%	40%	60%
18°C	40%	0	0	0	0	0	0
	60%	0	0	0	0	0.34	0.42
	90%	0	0	0	0	1.05	1.13
22°C	40%	0	0	0	0	0.1	0.18
	60%	0	0	0	0	0.71	0.79
	90%	0	0	0.07	0.08	1.6	1.68
24°C	外気温度 35°C						
	40%	0	0.15	0	0.07	0	0
	60%	0	0.15	0	0.07	0	0
26°C	40%	0	0.16	0	0.08	0	0
	60%	0	0	0	0	0	0
	90%	0	0	0	0	0	0

3-2. 天井

冬:すべての仕様において充分な防露構造がとられているといえる。

表3-2 天井における内部結露水量 単位(g/m²h)

室内温度	室内相対湿度	高断熱仕様		標準仕様		高断熱仕様 (防湿材なし)		標準仕様 (防湿材なし)	
		小屋裏温度 0°C							
		小屋裏相対湿度							
		40%	80%	40%	80%	40%	80%	40%	80%
18°C	40%	0	0	0	0	0	0	0	0
	60%	0	0	0	0	0	0	0	0
	90%	0	0	0	0	0	0	0	0
22°C	40%	0	0	0	0	0	0	0	0
	60%	0	0	0	0	0	0	0	0
	90%	0	0	0	0	0	0	0	0
24°C	小屋裏温度 35°C								
	40%	0	9.93	0	14.5	0	0	0	0
	60%	0	9.93	0	14.5	0	0	0	1
26°C	40%	0	9.94	0	14.51	0	6.02	0	10.2
	60%	0	7.36	0	10.68	0	0	0	0
	90%	0	7.37	0	10.69	0	0	0	0

夏:小屋裏湿度が高いと内部結露が発生した。防湿材を施した気密住宅はグラスウールとポリエチレンフィルム間

において結露し、結露水量が多い。これは、温度低下と共に飽和水蒸気圧が小さくなるにも関わらず、防湿材の透湿抵抗が大きいために、そこで水蒸気圧の低下が抑えられてしまうためであると考えられる。

3-3. 床

表3-3 床における内部結露水量 単位(g/m²h)

室内温度	室内相対湿度	高断熱仕様		標準仕様	
		床下温度 0°C			
		床下相対湿度			
		40%	80%	40%	80%
18°C	40%	0	0	0	0
	60%	0	0	0	0
	90%	0	0	0.1	0.17
22°C	40%	0	0	0	0
	60%	0	0	0	0
	90%	0.12	0.16	0.23	0.29
24°C	床下温度 20°C				
	40%	0	0	0	0
	60%	0	0	0	0
26°C	40%	0	0	0	0
	60%	0	0	0	0
	90%	0	0	0	0

冬:室内湿度が90%のとき、吉野杉と合板の間でわずかながら内部結露が発生していた。標準仕様においては、断熱材の不足から表面結露も発生していた。夏:結露の発生はなかった。

3-4. 外壁における内断熱と外断熱

冬:断熱材は透湿抵抗が小さく、熱伝導率は小さいため、内部の温度は保つが、両側において温度勾配が大きいので水蒸気圧は低下し低温側で内部結露が発生しやすい。内断熱は、室内側に防湿層を設ける必要があるといえる。外断熱はコンクリートの透湿抵抗が大きいため実在水蒸気圧が、飽和水蒸気圧を上回ることなく内部結露は発生しなかった。夏:外断熱で、外気湿度が非常に高い場合に内部結露が発生した。

表3-4 内・外断熱の内部結露水量 単位(g/m²h)

室内温度	室内相対湿度	内断熱		外断熱	
		外気温度 0°C			
		外気相対湿度			
		40%	80%	40%	80%
22°C	40%	0.11	0.13	0	0
	60%	0.36	0.38	0	0
	90%	0.70	0.71	0	0
24°C	外気温度 35°C				
	40%	0	0	0	0.37
	60%	0	0	0	0.41
26°C	40%	0	0	0	0.48
	90%	0	0	0	0.48

断熱材を中心に材料の配列を考えると低温側は透湿抵抗の小さいものを、反対に高温側または高湿側には透湿抵抗の大きい材料が望ましいといえる。

4. まとめ

省エネルギー性に優れた高気密・高断熱仕様においても、夏季に結露が発生しやすいことが確認できた。夏季の住まい方に特に留意することが必要であるといえる。

【参考文献】

- 1) 田中辰明:防露構造と暖房 理工図書 2) 竹内真弓 指宿美純:輸入住宅の断熱・気密性能と居住者意識に関する研究 平成9年度お茶の水女子大学卒業論文 3) Seifert: Wasserdampfdiffusion im Bauwesen 4) 断熱建材協議会編:断熱建材ハンドブック 養賢堂

指導教官 田中辰明