

外気高湿化を考慮した木造住宅外壁における夏型結露リスクの検討

正会員 ○梅野徹也*1
同 出端祐輔*2
同 橋本侑樹*3

夏型結露 外壁 通気層
高湿化 冷房 数値解析

1. はじめに

近年、夏季における外気絶対湿度の上昇が指摘されている¹⁾。夏季の高湿化は、熱中症のリスクや冷房潜熱負荷の増加などとともに、冷房時の壁体内結露の要因となる。冷房時に壁体内で発生する夏型結露は、発生初期の発見が難しく大きな被害に至る可能性が高い現象である。

住宅の外壁における夏型結露については多くの研究がなされており^{2,4)}、外気の流入や外装材からの放湿により壁体内が高湿化し、室内側に設けられた防湿層の外気側表面で結露する可能性が指摘されているものの、夏型結露は発生時間が短く、湿害に至ることは少ないとされている。木造住宅の防露設計では主に冬型結露への対策が重視され、室内から流入する水蒸気が壁体内で結露するリスクに対し、室内側での防湿と通気層により水蒸気を排出する通気層工法が多く採用されている。本研究では通気層を有する木造住宅の外壁を対象として、外気の高湿化に伴う壁体内での夏型結露発生リスクを数値解析により検証した。

2. 数値解析の概要

解析対象とした壁体モデル、解析に用いた材料物性値をそれぞれ図1、表1に示す。材料内の熱水分移動は壁面法線方向に一次元の熱水分同時移動とし、 κ 、 ν は前時間の相対湿度を用いて平衡含水率曲線より求める非線形な扱いとした。水分移動は絶対湿度をポテンシャルとし蒸気拡散支配とした。境界条件を除き、解析方法は既報⁶⁾と同様である。夏型結露を生じる要因として、1)外気の高湿化、2)冷房時室温の低下、3)高断熱化を挙げて、条件を変えて解析を行った。解析条件を表2に示す。外気条件は、2019年の気象台観測値(以下「2019年データ」)⁷⁾と標準年EA気象データ(以下「標準年データ」)⁸⁾(いずれも東京)を比較した。東面を対象とし、壁面日射量は気象データの水平面全天日射量を直散分離して求めた。図2に示す通り、標準年データに対して2019年データの絶対湿度が夏季に高い。室内条件は式(1)より求めた室温を冷房なし条件とし、冷房あり条件では室温が設定温度を上回る時間に各設定温度で冷房するものとした。室内絶対湿度は外気絶対湿度の月平均値を与えた。

$$T = 20 + 7 \cos\left(2\pi \frac{\text{day}-212}{365}\right) + 3 \sin\left(2\pi \frac{\text{hour}-12}{24}\right) \quad (1)$$

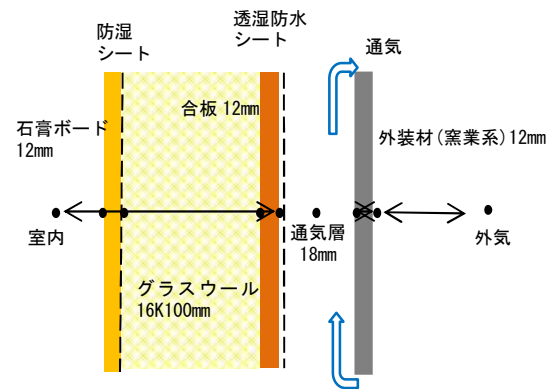


図1 計算モデル

表1 解析に用いた材料の物性値⁵⁾

材料	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	λ' [g/ms (g/kg(DA))]	C_p [J/m ³ K]	ϵ [m ³ /m ³]
外装材	1000	0.35	1.6×10^{-6}	840	0.53
合板	550	0.16	3.1×10^{-7}	1,880	0.60
グラスウール	16	0.038	2.2×10^{-5}	840	0.99
せっこうボード	700	0.22	4.0×10^{-6}	870	0.70
	熱伝達抵抗[m ² K/W]		透湿抵抗[m ² s(g/kg(DA))/g]		
透湿防水シート	0.18		1.04×10^3		
防湿シート	-		5.0×10^5		

表2 解析条件

要因	条件
1) 外気条件	標準年EA気象データ(東京), 2019年東京気象台観測値
2) 室内条件	冷房なし, 冷房あり 26°C, 24°C, 22°C, 20°C
3) 高断熱化	グラスウール 100mm, 200mm, 300mm

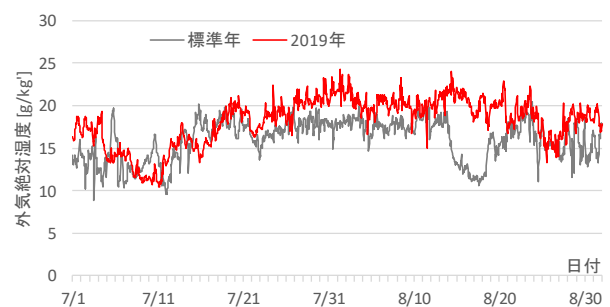


図2 外気の絶対湿度(東京)

3. 解析結果

1) 外気高湿化の影響

夏型結露の発生リスクが高い防湿シート外気側の相対

Numerical study on the risk of the condensation during summer season in the exterior wall of wooden house considering the rising trend of outdoor humidity.

UMENO Tetsuya, DEBATA Yusuke, HASHIMOTO Yuki

湿度を図 3 に示す。日射が当たる午前中の数時間に相対湿度が高くなっており、外装材からの放湿による夏型結露が生じていると考えられる。標準年データに対し 2019 年データでは結露時間が長く結露発生リスクが高まっているが、室内を冷房しない条件では結露が長期間継続することはない。

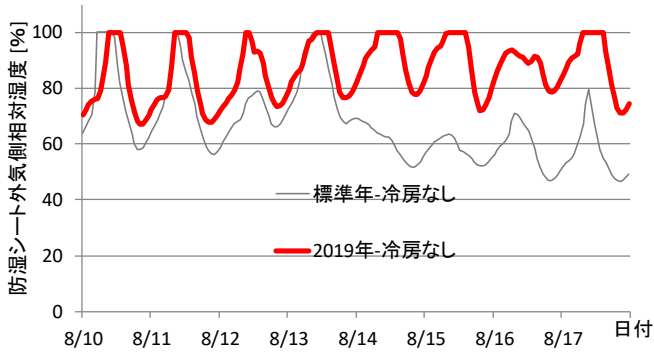


図 3 冷房なし条件での結露リスク

2) 低温冷房の影響

室内を冷房する条件での防湿シート外気側相対湿度を図 4, 図 5 に示す。冷房温度が低いほど相対湿度が高くなるが、標準年データ(図 4)では 26°C 冷房での結露時間の急激な増加は見られず、22°C や 20°C など低温で冷房した場合に結露時間が長くなっているのに対し、2019 年データ(図 5)は高湿度状態が長く、低温で冷房する条件では結露が終日発生する状況が数日間続いている。

夏季(6~9 月, 2928h)における結露発生時間(図 6)は、低温で冷房するほど長くなっており、2019 年データではその傾向が顕著である。

3) 高断熱化の影響

高断熱化による室内側内装下地材の温度低下の影響を検討した結果を図 7 に示す。今回検討した条件では、防湿シート外気側での結露リスクについて断熱性能の違いによる差は見られなかった。

4. まとめ

通気層を有する木造住宅外壁における冷房時の夏型結露発生リスクについて数値解析により検証した。標準年 EA 気象データに比べて高湿化傾向にある 2019 年の外気条件では防湿シートの外気側表面で結露する可能性が高いこと、冷房温度が低いほど結露する時間が長くなり、高湿な外気条件では結露が長期間連続で発生するリスクがあることを示した。

参考文献 1) 川田ら: 気象観測点周辺における土地被覆状況と気候変化の関係について, 日本建築学会環境系論文集, 第 756 号, pp.197~204, 2019. 2) 斎藤ら: 冷房時の夏型壁体内結露に関する研究(その 6) 実大住宅における壁体内温湿度環境実測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.271-272, 1998. 3) 宮副ら: 季節蒸暑地域における通気壁体の温湿度変動解析その 1 試験家屋による夏季冷房実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.275-276, 1996. 4) 田中ら: 通

気工法における壁体内結露性状とその被害についての検討, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 環境系, pp.89-92, 1999. 5) 日本建築学会: 建築材料の熱・空気・湿気物性値, 丸善, 2001. 6) 梅野ら: 壁体内通気層で生じる吸放湿についての検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.275-276, 2016. 7) 気象庁ホームページ: (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>). 8) 赤坂ら: 拡張アメダス気象データ, 日本建築学会, 2000.

記号 T: 室温[°C], day: 1 月 1 日からの日数[-], hour: 時刻[h]

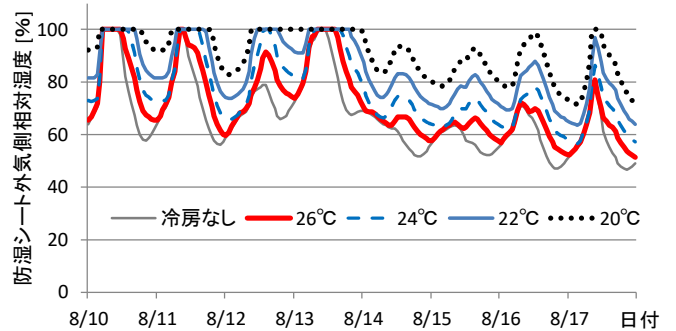


図 4 冷房条件での結露リスク(標準年)

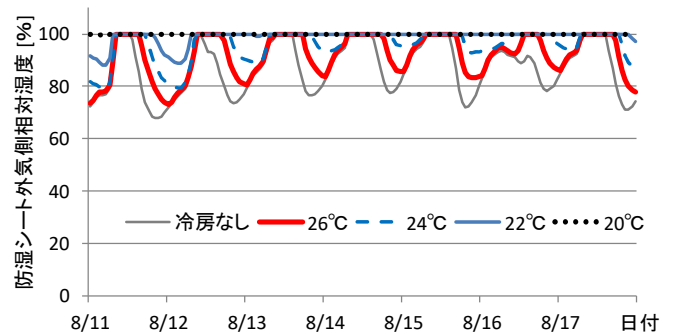


図 5 冷房条件での結露リスク(2019 年)

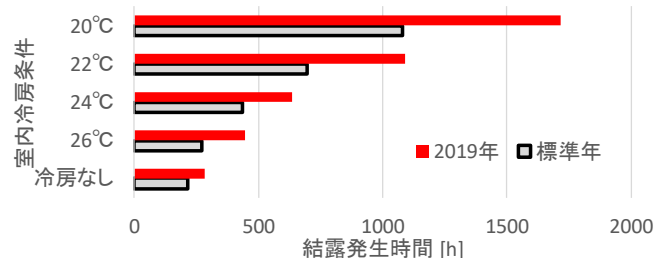


図 6 冷房温度の違いによる結露発生時間

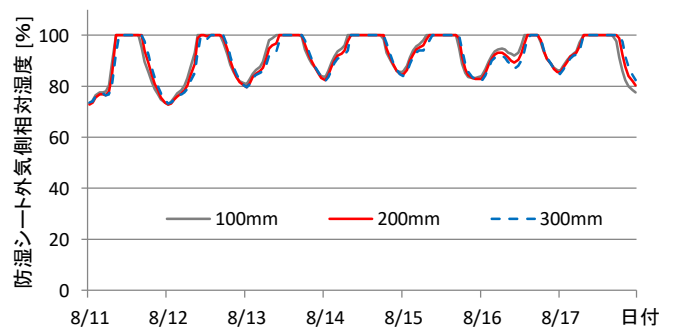


図 7 高断熱化の影響

*1 積水ハウス 博士(工学)
*2 積水ハウス 修士(工学)
*3 積水ハウス 博士(環境学)

*1 Sekisuihouse, Dr. Eng.
*2 Sekisuihouse, M. Eng.
*3 Sekisuihouse, Dr. Env.