

木造住宅の水分に起因する劣化リスクの分析と評価

齋藤 宏昭（足利工業大学 教授）

木造住宅の水分に起因する劣化リスクの 分析と評価

足利工業大学 工学部創生工学科
教授 齋藤宏昭

共同研究成果報告会 「木造住宅の雨漏り、結露、劣化リスクを考える」

講演内容

- ▶ 木造住宅の水分に起因する劣化リスク分析・同解説
 - ✓ 事例から**リスクの種類を整理**（材料、環境、施工、維持管理）
- ▶ 木造住宅外皮の雨水浸入リスク評価方法
 - ✓ **浸水量の定量化**（浸水の外力、機構、形態）
- ▶ 木造住宅の外皮木部の水分履歴に応じた腐朽危険度予測手法
 - ✓ 木材の劣化メカニズム、**浸水量からの腐朽予測手法**、保存剤の影響

劣化現象の分析

雨水浸入の評価
(定量化)

予測手法開発・適用

2

木造住宅の水分に起因する劣化リスク 分析・同解説



3

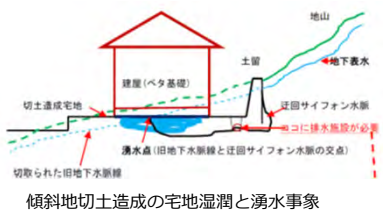
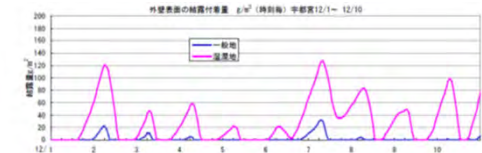
木造住宅の水分に起因する劣化リスクの 所在と種類

- ▶ 外皮の設計に起因するリスク
- ▶ 外皮の施工に起因するリスク
- ▶ 住まい方に起因するリスク
- ▶ 維持管理に起因するリスク
- ▶ 情報伝達に関わるリスク

4

外部環境に関わる要因と不具合

放射冷却による外壁面（北壁）の結露（宇都宮）



傾斜地切土造成の宅地湿潤と湧水事象

一般地：標準気象データ



湿潤地：同上で、絶対湿度を2割増



打継に残るセバ金物 浸水状態

5

使用材料に関わる要因と不具合



過剰水分による床下の結露



アスファルトフェルト8kgのやぶれ

やぶれ

- 防汚・防錆処理材との絶縁・ステンレス基材の採用
- 紫外線暴露時間の低減(1週間程度での外装材施工)

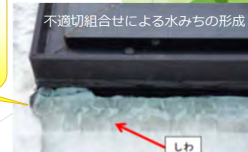
- メーカーの推奨品の防水テープの使用
- 外装材を速やかな施工・未処理材の使用



金属水切りの腐食



透湿防水シートの紫外線による劣化



不適切組合せによる水みちの形成

6

工事管理および工程に関わる要因と不具合

工事管理に関する要因と不具合

- 材料・施工部位の養生、劣化防止
 - バルコニー手すり壁を足場とする防水層損傷・漏水
 - シール材施工前の足場撤去
- 異業種間工程の不適切な連携
 - 先張り防水シートの不適切な施工
 - シール剤の充填不良
- 施工管理
 - 不適切な工具の使用・作業
 - 低温時の防水テープ施工

工程に起因する不具合の要因

- 基礎
 - 施工方法変遷に伴う品質管理の認識不足(独立基礎のような簡易な考え方からベタ基礎などRC構造へ)
- 外壁・屋根
 - 構法・層構成の変化による多様な職能の未整理

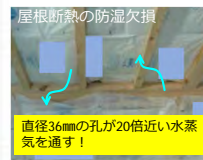
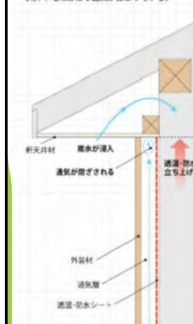
設計監理の不在、工事管理者の各職能への指示不足、新素材・機能性材料等の出現、構法・層構成の変化

↓
詳細は「屋根および外壁の設計・施工に起因するリスク・不具合と耐久性評価」で報告

7

外皮構造の計画・構成・納まりに関わる要因と不具合

軒天と外壁の取合い部の防水不備
×悪い例
天井下地用野縁で遮蔽が止まっている。

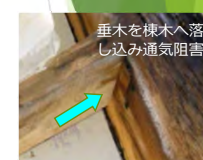


屋根断熱の防湿欠損

直径36mmの孔が20倍近い水蒸気を通す！



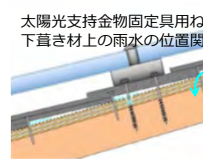
化粧スレートの縁切り不足



垂木を棟木へ落とし込み通気阻害



換気ダクト 取付勾配



太陽光支持金物固定具用ねじと下葺き材上の雨水の位置関係

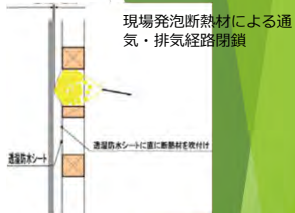
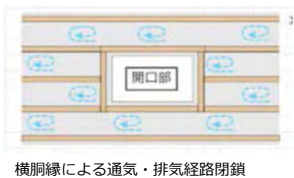


化粧スレートの踏み割れ

8

外皮構造の計画・構成・納まりに関わる要因と不具合

軒・けらばの出不足屋根



防湿施工の不備



土埃によるけらば水切りからのオーバーフロー

住まい方・維持管理に関わる要因

- ▶ 雨樋
 - ▶ 清掃不足
 - ▶ 破損
- ▶ 水蒸気発生
 - ✓ 洗濯物
 - ✓ 加湿器
 - ✓ 開放型暖房器
- ▶ 換気不足
 - ✓ 24時間換気の停止
- ▶ 低温部分
 - ✓ 断熱不足、家具の配置、



水蒸気発生

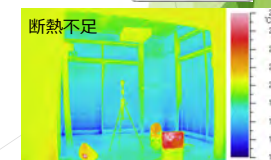


1時間当たり200mlの水分発生

24時間換気の停止



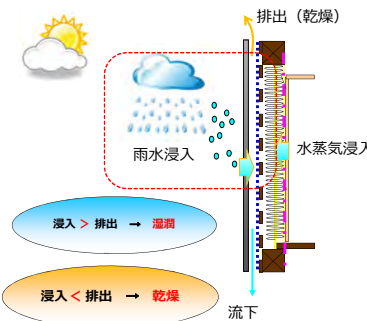
断熱不足



木造住宅外皮の雨水浸入リスク評価方法

木造住宅の劣化要因としての雨水

▶ 雨水浸入量把握の重要性

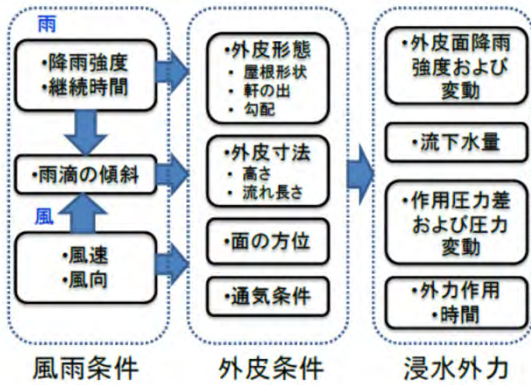


雨水浸入リスクの定量化

- ✓ 浸入外力の特徴
 - 多量の水分、風による外力
 - 雨がかりと外皮面の形態
- ✓ 浸入の機構、形態に関する特徴
 - 外力と浸入口の形状
 - 移動経路、滞留位置
 - 滞留による水蒸気発生源

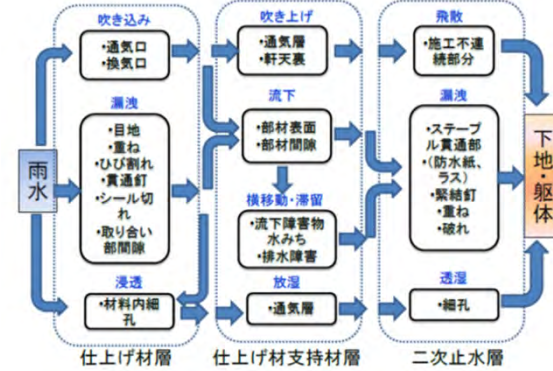
外皮の雨水浸入リスクを定量的に把握し、耐久性評価への連携を試みる

住宅外皮の浸水外力



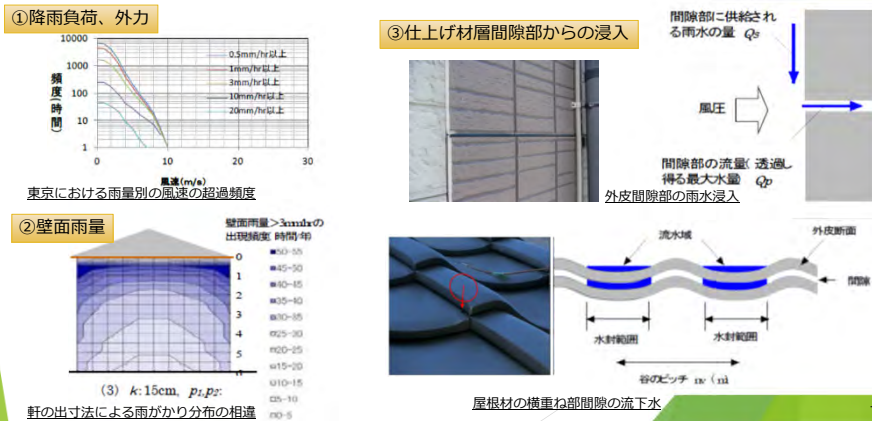
13

木造住宅外皮内における雨水の移動



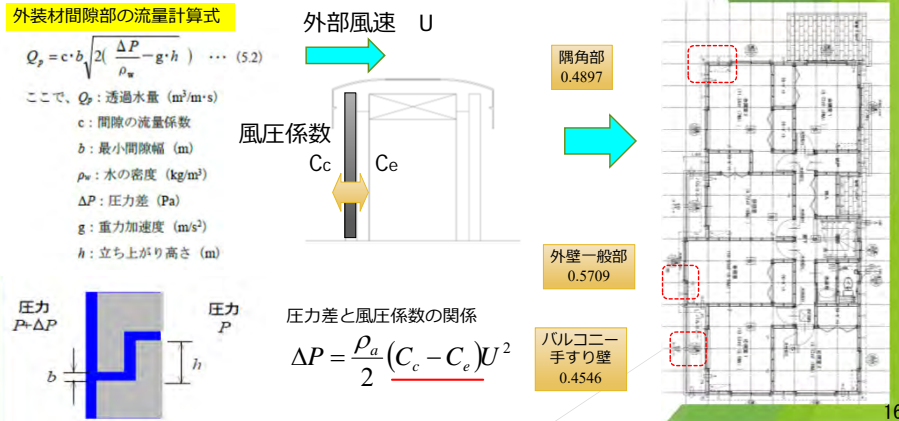
14

外皮に及ぼす降雨の負荷 外皮表面間隙部からの雨水浸入量の評価方法



15

風雨を受ける外装部材表裏の 圧力差、雨水浸入量の評価



16

外皮二次止水層における浸入水量の推定

二次止水層の流量計算式

$$Q_p = c \cdot A \sqrt{2gh}$$

Q_p : 最大漏水量 (m³/s)

$c \cdot A$: 流量係数×隙間面積

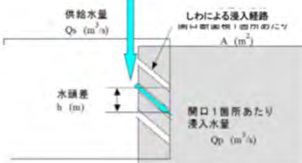
g (重力加速度): 9.80665 (m/s²)

h (水頭差): (m)

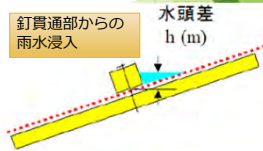
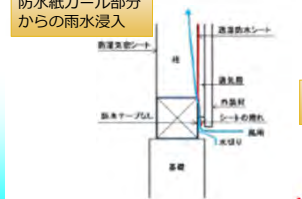
防水材料の必要性能

- ✓ 耐熱性・耐薬剤性
- ✓ カールのしにくさ
- ✓ シワが発生しにくい性能
- ✓ モルタルがひび割れても破断しない性能
- ✓ 紫外線劣化防止

しわによる雨水浸入



防水紙カール部分からの雨水浸入



木造住宅の外皮木部の水分履歴に応じた腐朽危険度予測手法

木材の生物劣化

建築木部の生物劣化の種類と関与する主な生物

生物劣化の種類	劣化の原因生物
表面汚染	接合菌類、子囊菌類、(不完全菌類)
変色	子囊菌類、(不完全菌類)
腐朽	担子菌類、子囊菌類
虫害	乾材害虫類
蟻害	シロアリ類

木材中に存在する水の状態



木材保存剤の効果と外皮構成部材への影響評価

代表的な水溶性木材保存剤

系別とその防腐・防蟻成分
水溶性木材保存剤 第四級アンモニウム化合物系
第四級アンモニウム化合物系 ジデシルジメチルアンモニウムクロリド N,N-ジデシル-N-メチルポリオキシエチルアンモニウムプロピオネート
銅・第四級アンモニウム化合物系 銅化合物 + : N-アルキルベンジルジメチルアンモニウムクロリド : ジデシルジメチルアンモニウムクロリド
銅・アゾール化合物系 銅化合物 + : ホウ素化合物+テブコナゾール : シプロコナゾール : シプロコナゾール+助剤 (リグノスルホン酸塩)
ホウ素・第四級アンモニウム化合物系 ホウ素化合物+ジデシルジメチルアンモニウムクロリド



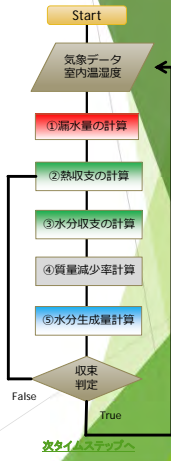
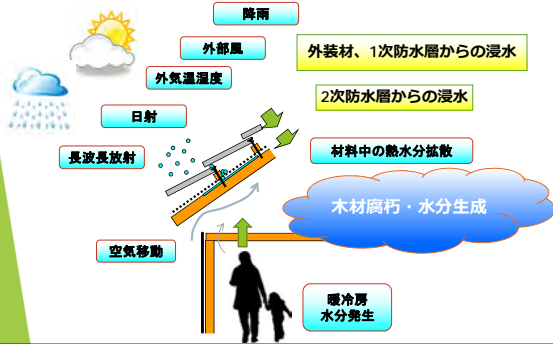
界面活性剤による透湿防水シート性能低下



土台水切りの腐食

水分履歴に応じた腐朽危険度予測手法

外界気象、室内環境を与条件とした熱物質移動、雨水浸入等のサブモデルの計算に基づき、木材腐朽の時間進行予測を行う。1年から数十年といった長期間の木部の劣化を評価する。



劣化事例の調査

- 物件概要
- 3階建て木造戸建住宅（東京都、築7年）
- 外壁通気層及び軒の出なし
- 立地条件：住宅密集地（隣家が接しているため劣化発生個所の冬期日照なし）



野地板の質量減少率（単位：%）

ルーフィング側								水上	
8	26	24	57	10	34	38	8	17	
16	46	46	80	46	51	37	6	10	
2	14	44	86	50	54	32	8	15	
2	6	9	77	74	40	3	8	7	
1	1	5	5	7	1	2	7	6	
腐木部分								水下	

屋根の腐朽現象の解析

① 笠木から野地板表面への漏水量

$$\frac{dW_L}{dt} = \frac{F_v \cdot R_h}{3600} + \alpha'(X_a - X_s) - J_w$$

$$J_w = \rho_w c_w \sqrt{2gh}$$

② 瓦・野地板の熱収支

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (\lambda + r \lambda'_{rg}) \nabla T + r \lambda'_{rg} \nabla \mu$$

③ 瓦・野地板の水分収支

$$\rho_w \frac{\partial \phi}{\partial t} = \nabla \cdot (\lambda'_w \nabla \mu + \lambda'_v \nabla T) + W_L + J_w$$

④ 野地板の質量減少

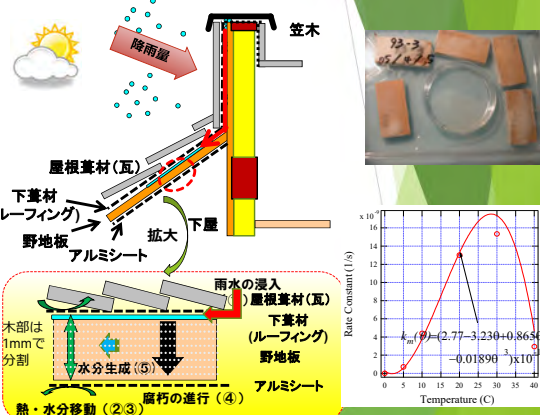
$$\frac{dL}{dt} = k_m(\theta)$$

⑤ 質量減少に伴う水分生成量

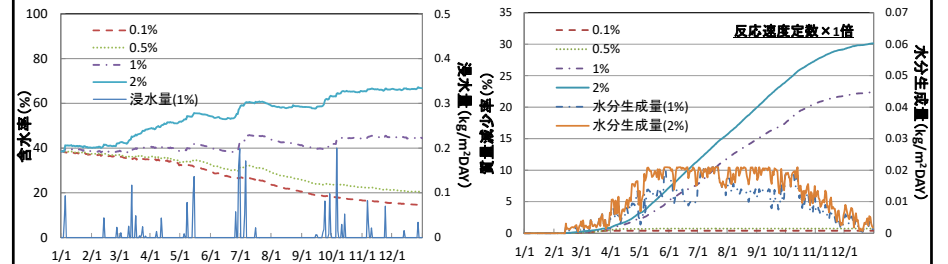
$$W_L = h \rho_w \frac{dL}{dt} \quad h = \frac{d\phi}{dL}$$

⑥ 腐朽速度と温度の関係

$$k_m(\theta) = (2.77 - 3.23\theta + 0.865\theta^2 - 0.0189\theta^3) \times 10^{-10}$$



野地板の腐朽進行予測（1年間）



- ✓ 浸水率が1%以上で年間20%以上の質量減少（腐朽）
- ✓ 計算結果より調査物件では浸水率1%以上、浸水後2-3年経過

まとめ

- ▶ 水分に起因する劣化リスクについて、外部環境、使用材料、工程管理、納まり等の要因を分析した。
- ▶ 外皮における雨水浸入の定量化のため、浸水外力を考慮した仕上げ層、仕上げ材支持材層、二次止水層の浸水予測・評価を試みた。
- ▶ 木部の水分履歴から腐朽進行を予測するモデルを示し、劣化事例への適用を試みた。