

**木造長期優良住宅の総合的検証委員会
耐久性分科会
平成24年度成果報告集**

平成25年3月

公益社団法人日本木材保存協会

はじめに

2009年6月に「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」が施行され、戸建て木造住宅の認定に関しては順調な滑り出しを見せているという。しかしながら、現行の認定基準は約30年前に実施した旧建設省の「耐久性総プロ」を技術的なベースとしており、現代の木造住宅の造り方から見た場合には多くの検証すべき課題がある。例えば、気象の変動や新しい外来シロアリの出現などによる腐朽菌やシロアリなどの劣化外力を再評価しなければならないし、当時は出現していなかった新しい構法も普及している。また、木造住宅を長期の使用に供するための基本となる木材、木質材料、接合部材（金物等）などに必要とされる材料等の品質や耐久性に関する要件は、必ずしも明確となっていない。さらには、長期優良住宅が想定する耐用年限の耐久性を確保するには、こうした建材が劣化し必要な強度、性能を保持できなくなる前に点検を行い、交換する等の措置が必要になるが、交換が容易に行えない場合も少なくない。

適切な長期優良住宅の普及を推進するためには、以上のような点について技術的な資料を収集し、必要に応じて改善点、修正点の根拠となる知見を蓄積した上で、あるべき認定基準の枠組みや方向性、そしてその具体的な内容を提示していく必要がある。

本報告書は、以上のことを背景として、長期優良住宅における耐久性上の現行認定基準の根拠となっている技術的知見について現代的な視点から再検証を行うことを目的に、以下の各項目について検討を加えた結果をまとめたものであり、昨年につき4年度目の成果を報告するものである。

第1章では、本事業の背景、目的を明らかにするとともに、検討項目を抽出した上でその検討体制を明らかにした。

第2章では、木造住宅の主たる劣化外力となるシロアリと腐朽を取り上げ、ヤマトシロアリおよびイエシロアリの生息北限を調査するとともに、気象データとの関係性について検討を加え、それらの結果からヤマトシロアリとイエシロアリの被害北限に関するマップを作成した。また、建築加害菌を明らかにするために、解体建物から採取した腐朽被害材についてDNA解析手法を用いた菌の同定作業を行っているが、その数が多岐にわたるため未だ同定する段階にまでは至っていない。

第3章では、従来必ずしも明らかでなかった各種木材保存処理の耐用性を明らかにすることを目的に、引き続き幾つかの薬剤について実験的な検討を継続して実施しているが、現段階では未だ明確な知見を得るには至っていない。

第4章では、住宅設計者の立場から各地の新構法の劣化上の問題点を探った資料をもとに、劣化現象とその原因および設計・施工時点で取るべき対策、留意点について分析し、今後設計・施工マニュアルを作成するための資料を得た。

第5章では、接合部試験体を強制劣化させたモデル試験体がほぼ想定した劣化状態に達したので、これを用いて従来明らかでなかった接合部の劣化が構造耐力に与える影響およ

びその非破壊による検出方法を検討した。

第 6 章では、昨年度に得られた「菌糸接種から質量減少が確認されるまでの期間は、湿潤状態では 2 ヶ月程度、乾湿繰り返し状態では 4 ヶ月程度が必要」との知見について、補足データを採取した。具体的には、質量減少率が 3%以下となる場合の菌糸の成長を電子顕微鏡で観察し、湿度状態と菌糸成長の関係について一定の傾向を見出した。

第 7 章では、これまでの検討で得られた知見を検証・補足するために、実住宅における天井の隙間量や下屋の換気量などについて新たな実測・実験を実施し、従来の知見を裏付ける結果を得ている。

第 8 章では、接合金物・接合金具の耐久性基準を明らかにすることを最終目的に、その第 4 年度目として、全国 4 箇所において保存処理木材 16 種と金物防錆処理 18 種の組み合わせに関する屋外曝露試験と耐湿試験を継続実施するとともに、新たに室内空間における曝露実験を実施し、使用環境別の発錆度の違いを検証している。また、錆の程度を定量化する方法として錆の RGB 画像を解析する手法を導入し、従来は主観的に区分されていた腐食度を客観的に評価する技術を開発した。その結果、従来の腐食度判定には一部修正が必要となることを見出している。

第 9 章では、長期優良住宅の維持保全計画のあるべき形を明らかにすることを目的に、本研究の初年度に実施した実態調査の継続として、維持保全計画の作成方法、点検周期の決定方法、地域性への考慮の有無および今後の展望などについてアンケート調査を実施した。また、地域別の気候差を考慮した維持管理の最適化について昨年引き続き検討を加えた。

本年度は、各 T G とも本研究プロジェクトの第 4 年度目（最終年度）として、昨年度に引き続き実験、調査を継続するとともに、最終成果物を得るべく作業を行っていただいた。これらの中には研究実施期間中に当初の目標を達成できたものもある一方、様々な事情から未だ十分な成果を出しきれていないものもある。残された課題については、今後、その内容を整理するとともに、当初の成果物を得るための方策について検討していく必要があると考えている。

いずれにしても、多岐にわたる問題を解決すべく各種の検討作業を精力的に実施していただいた T G 担当者各位に、この場を借りてお礼申し上げます。

平成 25 年 3 月 15 日

耐久性分科会
主査 中島正夫

目 次

はじめに（中島）

| | |
|--------------------------------------|----|
| 第1章 研究の背景・目的と実施体制 | 1 |
| 1.1 研究背景と目的 | 1 |
| 1.2 研究項目 | 2 |
| 1.2.1 研究の枠組み | 2 |
| 1.2.2 研究項目 | 2 |
| 1.3 研究体制 | 4 |
| 第2章 劣化外力の再評価（劣化外力検討TG 大村、桃原） | 7 |
| 2.1 各種シロアリ種の野外分布と気象因子に関する検討 | 7 |
| 2.1.1 目的 | 7 |
| 2.1.2 方法 | 7 |
| 2.1.3 結果と考察 | 7 |
| 2.1.3.1 北海道におけるヤマトシロアリ生息調査 | 7 |
| 2.1.3.2 シロアリ分布の推移と気象条件との関係 | 12 |
| 2.1.3.3 各シロアリ種の最新の分布マップ | 16 |
| 2.1.3.4 野外分布北限と関係性の高い1月平均気温の変化の追跡 | 17 |
| 2.1.3.5 イエシロアリ分布のめやす&ハザードマップ | 19 |
| 2.1.3.6 ヤマトシロアリ生息に及ぼす凍結深の影響とハザードマップ | 19 |
| 2.1.4 結論と今後の課題 | 23 |
| 2.2 腐朽危険度に関する検証 | 27 |
| 2.2.1 目的 | 27 |
| 2.2.2 事業実施体制 | 27 |
| 2.2.3 事業実施内容 | 27 |
| 2.2.4 結果と考察 | 31 |
| 第3章 保存処理の耐久性と耐久性能に関する検討（保存処理検討TG 桃原） | 39 |
| 3.1 目的 | 39 |
| 3.2 事業実施体制 | 39 |
| 3.3 実験 | 40 |
| 3.4 結果と考察 | 42 |
| 3.4.1 表面処理剤用木材保存剤の有効成分に関する検討 | 42 |
| 3.4.2 加圧処理用木材保存剤の有効成分に関する検討 | 44 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 3.4.3 | 暴露方法間の比較 | 52 |
| 3.4.4 | 暴露温度と減少速度 | 52 |
| 第4章 | 耐久性向上措置としての新構（工）法の健全度実態調査（劣化対策検討TG 佐藤） | 53 |
| 4.1 | 目的 | 53 |
| 4.2 | 調査方法等 | 53 |
| 4.3 | 結果および考察 | 53 |
| 4.4 | 今後の課題 | 53 |
| 【参考資料 1】 | | 58 |
| 第5章 | 接合部の強度劣化評価に関する検討（強度劣化検討TG 加藤） | 115 |
| 5.1 | はじめに | 115 |
| 5.2 | 実験方法 | 115 |
| 5.2.1 | 腐朽菌による強制劣化方法 | 115 |
| 5.2.2 | 接合部モデル試験 | 115 |
| 5.3 | 結果および考察 | 116 |
| 第6章 | 構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討（劣化環境検討TG（腐朽） 齋藤） | 125 |
| 6.1 | はじめに | 125 |
| 6.2 | 電子顕微鏡による腐朽進行の確認 | 125 |
| 6.3 | 結論と今後の課題 | 129 |
| 第7章 | 小屋裏開口面積と防露措置に関する検討（劣化環境検討TG（小屋裏） 齋藤） | 131 |
| 7.1 | はじめに | 131 |
| 7.2 | 天井面の隙間量に関する実測検査 | 131 |
| 7.3 | 下屋の換気量に関する実験室実験 | 142 |
| 7.4 | 小屋裏実験住宅における風圧力および風圧係数測定 | 153 |
| 7.5 | 片方流れ屋根の換気及び湿気性状の解析 | 160 |
| 7.6 | 結論と今後の課題 | 172 |
| 第8章 | 接合金物の耐久性に関する検討（接合金物検討TG 石山） | 173 |
| 8.1 | はじめに | 173 |
| 8.1.1 | 背景 | 173 |
| 8.1.2 | 平成23年度までの取組内容と成果 | 174 |
| 8.2 | 保存処理木材との接触時安全性検証実験 | 176 |
| 8.2.1 | 実験概要 | 176 |

| | | |
|-------|-----------------------------------|-----|
| 8.2.2 | 試験体仕様 | 178 |
| 8.2.3 | 評価方法 | 182 |
| 8.2.4 | 目視評価結果 | 183 |
| 8.2.5 | 画像解析による腐食量評価 | 190 |
| 8.2.6 | 飛来海塩粒子量の測定 | 191 |
| 8.2.7 | 考察 | 192 |
| 8.2.8 | 試験体画像 | 193 |
| 8.3 | 接合具発錆時の引抜耐力検証 | 200 |
| 8.4 | 結果と今後の課題 | 203 |
| | | |
| 第9章 | 長期優良住宅における維持管理に関する検討（維持管理検討TG 藤井） | 205 |
| 9.1 | 背景と目的 | 205 |
| 9.2 | 工務店や設計事務所に対するアンケート | 205 |
| 9.3 | アンケート結果 | 210 |
| 9.4 | 住宅温湿度調査結果のデータベース化 | 212 |
| 9.5 | 今後の課題 | 212 |
| | | |
| 第10章 | まとめと今後の課題（中島） | 217 |

第1章 研究の背景・目的と実施体制

1.1 研究背景と目的

長期優良住宅の認定基準における劣化対策の評価は、通常の維持管理が前提となっている。木材や木質部材の劣化対策の評価は、評価方法を定めた当初においては、現在使用できないCCAや強力な薬剤を前提としており、現在使用可能な防腐・防蟻薬剤にもとづく劣化対策においては、当初想定した通常の維持管理とは管理の要求が変わってきていることが想定されている。

そこで、長期優良住宅の認定基準における劣化対策の評価や、通常の維持管理のあり方をより適切なものとするためには、劣化対策技術の内容を見直し、維持管理点検の方法や頻度との関係を整理する必要がある。

長期優良住宅の正しい理解と普及を推進するためには、これらについて技術的な資料を収集し、必要に応じて改善点、修正点の根拠となる知見を蓄積していく必要がある。耐久性については、促進劣化試験の信頼性が不確実なことから、当初措置として施す劣化対策の有効性に関する永続的な追跡、測定が不可欠である。また、維持管理点検の手法やその頻度との関係で劣化対策技術の位置づけを検討する必要がある。

そこで、本事業においては以下の2つの項目について実際の建築物におけるデータ収集も含めた劣化対策に関する技術的な資料を収集し、長期優良住宅実現のための技術基盤として必要な整理を行う。

①長期に使用する木材、木質材料等の強度劣化機構の解明とその予測手法の開発

- 1) シロアリの種類と生息条件（地域：温湿度環境）を整理し、劣化外力の実態を調査し、把握する。
- 2) 木材、木質材料の生物劣化と強度の関係を実験的解明し、その強度低下が建築物全体の構造性能に与える影響を実験、解析の両面から検討する。
- 3) 保存処理薬剤の現状と実態を把握し、その効力の継続時間を促進劣化試験等により把握する。
- 4) 1)～3)により、長期優良住宅の各性能（耐震、耐風、省エネルギー性、維持管理容易性等）が担保されない限界状態を定義し、その限界状態に至る過程と時間の撞測方法について検討する。
- 5) 実大の柱宅において、劣化対策技術の有効性やその継続時間を検証するための実験条件や検証方法を検討する。

②木造住宅の長期性能の劣化の早期発見のための実用的な検査・診断、維持管理手法の確立とその実効性確保の検討

- 1) 木造住宅の検査・診断、維持管理の方法・頻度についての現状と実態を調査して把握する。
- 2) 長期優良住宅における劣化対策技術と検査、診断、維持管理の方法・頻度との関係を

整理する。

3) 劣化対策技術と検査・診断、維持管理の方法・頻度との組み合わせの有効性を実大の住宅において検証するための実験条件や検証方法を検討する。

1.2 研究項目

1.2.1 研究の枠組み

以上の研究背景と目的のもとに、耐久性分科会では以下の枠組みで調査研究を実施していくこととした。

- 1) 対象：軸組構法、枠組壁工法、プレハブ構法などの現代木造構法を対象とし、伝統木造についても適宜加える。
- 2) 部位：基本的には製材、木質材を主とした構造体木部と金属部（金物、接合具）を対象とし、基礎については構造分科会に任せる。
- 3) 前提：使用途中での大規模修繕は前提とせず、初期状態に対して一定の維持管理を実施することで期待する耐用年数を達成しうることを検討の前提とする。
- 4) 期待する成果物：住宅性能表示制度の劣化対策等級 2、3 の基準改正、もしくは追記事項を誘導する根拠資料。

1.2.2 研究項目

上記の枠組みを踏まえて、準備会において本事業で検討すべき研究項目を抽出した。その結果を現行の長期優良住宅認定基準の要点および各現行認定基準の抱えている課題と対応させて整理すれば、表 1. 1 のとおりである。そのうち、本年度は下記の各項目について調査研究を実施していくこととした。

1) 劣化外力の検討

背景・目的：現行基準の基礎となった腐朽危険度、シロアリ被害分布は現状の被害実態とは合わない部分が多い。そこで最新の劣化外力評価を行うことにより、実態に則した防腐朽防蟻処理範囲の検討をする。

検討項目：

- ①シロアリ分布マップの作成：シロアリ被害の実態を詳細に調べ、各種シロアリの被害ベース、生息ベースでの分布状況を明らかにする。
- ②腐朽危険度マップの作成：遺伝子解析法などをもとに木造建築加害菌を特定するとともに、その結果を踏まえて木造住宅の加害菌の生育適正温度を基礎とした腐朽危険度マップを作成する。

2) 保存処理の耐久性能に関する検討

背景・目的：木材保存処理の有効期間、メンテナンス方法を決定する上で、加圧処理、表面処理の耐用年数を明らかにする必要がある。ここでは各種保存処理の耐用年数を明らか

にし耐久設計、維持管理の基礎資料とする。

検討項目：

- ①代表的な保存処理薬剤の耐用性を計測するための促進曝露試験法の検討を行う。
- ②検討した促進曝露試験を実施し、各保存処理薬剤中の有効成分の残存濃度を測定し、表面処理、加圧処理の耐用年数評価の基礎資料を得る。

3) 新構法住宅および中古住宅の健全度実態調査データの収集検討

背景・目的：現行基準はおよそ30年前に普及していた構法に準拠して作成されている。そこで近年あらたに導入された新構（工）法（外断熱、通気構法、基礎断熱、高気密高断熱構法など）と中古住宅の健全度を明らかにすることで、構法の劣化対策面からの評価を行う必要がある。

検討項目：

- ①新構（工）法住宅の事故例を含めた健全度調査の実施
- ②上記調査結果を踏まえた上で、新構（工）法の設計・施工基準（設計、施工マニュアル）を作成する。

4) 接合部モデル試験による強度劣化評価

背景・目的：構造体に劣化が生じた場合の強度低下を検討することは、劣化が構造性能に与える影響度を評価し、適切なメンテナンスを実施する上で不可欠である。ここでは生物劣化による接合部強度低下への影響を実験的に明らかにし、木部構造体の維持管理のための基礎資料を得る。

検討項目：

- ①接合部の強度劣化試験：金物を使用した接合部モデル試験体をイエシロアリおよびファンガスセラーにより促進劣化させ、各種強度試験により接合部の耐力劣化程度を明らかにする。
- ②上記実験結果を基に、非破壊試験により得られる劣化度数値と接合耐力との関係を明らかにし、既存建物の維持管理における補修判断基準を作成する。

5) 結露害シミュレーションによる各種構法の耐久性評価

背景・目的：各部位の層構成あるいは通気換気構法によって結露が発生するか否か、あるいはそれによって結露害（腐朽など）が発生するか否かを検討しうる手法を開発しておくことは、長期耐用を目標とする住宅の耐久設計を行う上で不可欠である。ここでは水分収支計算に基づく結露害シミュレーションにより、各種構法の結露発生危険度と腐朽発生予測手法を開発する。また、小屋裏換気と結露の関係についても実験的に検討する。

検討項目：

- ①構造躯体が許容しうる湿分量（結露量）について、モデル試験を実施し木材腐朽菌の定着時間と湿潤の頻度、乾燥湿度、汚れの有無などの関係について検討する。
- ②結露害シミュレーション手法を応用し、構造躯体が許容しうる湿分量（結露量）について定量的な知見を得る。

③小屋裏換気口の設置方法と結露害との関係を実験およびシミュレーションにより検討する。

6) 接合金物・接合具の耐久性に関する検討

背景・目的：接合金物や接合具の構造的な重要性が増しているにも拘わらず、長期耐用住宅に対する防錆基準等は全く未整備の状況である。そこでここでは、構造体接合部における金物、接合具の劣化特性を明らかにし、そのあるべき使用法や防錆処理基準について明らかにする。

①欧米における防錆基準データの収集と検討を行う。

②保存処理木材と金物防錆処理との反応性を見る実験を、屋外曝露試験と耐湿試験の双方について実施する。

③金物、接合具の新たな品質基準を検討する資料を整理する。

7) 長期優良住宅における維持管理に関する検討

背景・目的：長期優良住宅の認定には少なくとも30年にわたる維持保全計画の提出とその履行が求められている。本来、木造住宅の維持保全は、構法、材料、立地などによって個別に立案されるべきものであるが、実態は公的な第三者機関が作成した維持保全計画書をコピーして認定書類としているものが少なくない。そこで、ここでは長期優良住宅における長期保全計画書の実態を明らかにするとともに、そのあるべき姿について以下の観点から検討する。

①全国の都道府県を代表する地域ビルダーを抽出し、それらに対して維持保全計画の実際をアンケートを実施する。

②併行して大手ハウスメーカーあるいは全国組織の木造建設業者団体を対象にヒアリングを実施する。

③維持保全の骨子となる、点検周期、点検項目、点検方法などについて、理論的、実証的な検討を加え、木造住宅にとって合理的な維持保全のあり方を整理する。

1.3 研究体制

以上の本年度研究項目を実施していくために、耐久性分科会（主査：中島正夫（関東学院大学教授））のもとに以下のようなタスクグループ（以下、TGとする）を編制した。

1) 各種シロアリ分布、被害実態に関する検討→劣化外力TG（シロアリ）

幹事：大村和香子委員（森林総研木材改質研究領域）

2) 建築加害菌に関する検討→劣化外力TG（腐朽）

幹事：桃原郁夫委員（森林総研木材改質研究領域）

3) 保存処理の耐久性と耐久性能に関する検討→保存処理検討TG

幹事：桃原郁夫委員（森林総研木材改質研究領域）

4) 耐久性向上措置としての新構（工）法の健全度実態調査→劣化対策TG

幹事：佐藤雅俊委員（東京大学）

- 5) 接合部の強度劣化評価→強度劣化検討 TG
構成：加藤英雄委員（森林総研構造利用研究領域）
- 6) 構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討→劣化環境 TG
幹事：斎藤宏昭委員（足利工業大学）
- 7) 小屋裏換気に関する検討→劣化環境 TG
幹事：斎藤宏昭委員（足利工業大学）
- 8) 接合金物の耐久性評価に関する検討→接合金物検討 TG
幹事：石山央樹委員（中部大学）
- 9) 長期優良住宅における維持管理に関する検討→維持管理 TG
幹事：藤井義久委員（京都大学）

なお、槌本敬大協力委員（国総研）は以上の全 TG に参画した。また、これらの TG をサポートする事務局は、（公益社団法人）日本木材保存協会内に設置した。

第2章 劣化外力の再評価

2.1 各種シロアリ種の野外分布と気象因子に関する検討

2.1.1 目的

日本におけるシロアリ被害の実態を調査し、各シロアリ種の最新の分布マップおよび住宅被害を加味したシロアリ被害危険度マップを作成することを目的とする。

昨年度までに家屋におけるシロアリ被害危険度を把握するため、全国的なシロアリ・腐朽被害実態調査アンケートを実施するとともに、日本における主要木材加害シロアリ種であるイエシロアリ、ヤマトシロアリの野外分布調査を行ってきた。今年度は分布限界付近における各気象因子とシロアリ生息の有無との関係を解明する。

2.1.2 方法

2.1.2.1 北海道におけるヤマトシロアリ分布実態調査

北海道北部（帯広市、広尾郡広尾、浦河町）におけるヤマトシロアリ野外分布調査を実施するとともに、シロアリ生息に関連する情報収集を行った。

2.1.2.2 各シロアリ種の最新の分布マップの作成

野外分布調査、文献調査ならびにヒアリングから総合的に判断した最新の分布マップを作成し、過去のシロアリ分布と比較した。

2.1.2.3 各シロアリ野外分布北限ライン近傍の気象データ比較

今回過去の気象台帳(1900-1903年、1934-1936年)ならびにアメダスデータ(1978年以降)をもとに、シロアリの野外分布と関連がある1月平均気温および1月の日最低気温平均値¹⁾²⁾の年推移を追跡し、白地図上でのマップ化を行った。1900-1903年および1934-1936年のデータは観測地点数が少ないため、プログラム上で高度等を加味した補間処理を行いマップ化した。

2.1.2.4 シロアリ野外分布への1月平均気温以外の気象因子等の寄与の検証

ヤマトシロアリの北海道北部における野外生息については1月の平均気温²⁾だけでは説明できないことから、野外生息を可能にする他の気象因子について検討した。

2.1.3. 結果と考察

2.1.3.1 北海道におけるヤマトシロアリ生息調査

北海道東部ではヤマトシロアリの新たな野外分布は確認されなかった。ヒアリングにおいて帯広における凍結深の急減や新たな昆虫類の生息情報、札幌における被害情報（市街地2件、北大構内、函館市）と群飛時期の情報を得た。

【ヤマトシロアリ野外分布調査および生息状況ヒアリング】

日時：2012年7月23日～26日

場所：北海道北部（帯広市、広尾郡広尾、浦河町）

参加者：大村和香子（森林総合研究所・主任研究員）
（敬称略） 土居修一（元 筑波大学大学院・教授）
竹松葉子（山口大学農学部・准教授）
調査協力者：紺野康夫（帯広畜産大学・教授）
（敬称略） 岩佐光哲（帯広畜産大学・教授）
佐野正和（北海道大学大学院農学研究院 生物生態・体系学分野 昆虫体系学研究室 研究員）
神戸崇（北海道大学大学院農学研究院 生物生態・体系学分野 昆虫体系学研究室 博士課程院生）

北海道大学大学院農学研究院生物生態・体系学分野昆虫体系学研究室 メーリングリスト

【調査概要】

北海道東部におけるヤマトシロアリの野外分布の確認を目的として、道東部の公園・林地においてヤマトシロアリの生息調査ならびにヒアリングを行った。

調査地点に関してはGPSによる記録を実施するとともに、Google マップの地点情報から経緯度情報を入手し、調査地と併記した。

行動記録は以下の通りである。

2012/07/23 <帯広畜産大訪問、市内調査>

11:35 札幌・新千歳空港着 土居先生と合流
12:25 レンタカー店出発
15:20-15:50 帯広畜産大・岩佐光啓教授 面会 情報交換
15:50-16:40 帯広畜産大・紺野康夫教授 面会 情報交換
17:12-18:15 帯広の森運動公園(N 42.53.601, E 143.08.776)
18:40 ホテル到着

2012/07/24 <帯広市内～広尾調査>

7:00 ホテルロビー集合・出発
7:30-8:30 緑が丘公園(N 42.54.523, E 143.11.387)
8:40-9:10 あかしや公園(N 42.9064, E 143.175931)
わかば児童公園(N42.905142, E143.170846)
光の子公園(N 42.905846, E 143.168987)
風の子公園(N42.904632, E143.163472)
9:23-9:30 白樺公園(N 42.913849, E 143.173013)
10:00-10:30 西町公園(N 42.922115, E 143.17503)
あづさ公園 (N 42.938863, E 143.170567)
10:55-11:00 帯広リバーサイド・ゴルフ場 (N 42.942664, E 143.173206)
11:15-12:30 鈴蘭公園 (N 42.945083, E 143.200049)

- 希望ヶ丘公園 (N 42.988922, E 143.191423)
 マツ枯れの写真撮影
 柳町広場 (N 42.975139, E 143.218653)
 音和の森公園 (N 43.0.11.2, E 143.13.21.9)
- 13:15-13:55 昼食休憩
 14:10 旧愛国駅記念館(N 42.837127, E 143.193741)
 14:25-14:40 大正本町河川敷(N 42.797762, E 143.155246)
 14:45-15:11 ヌップク川さけ・ます孵化場跡地 (N 42.47.489 E 143.09.554)
 15:25-15:35 幸福車両公園(N 42.745373, E 143.161855)
 18:00 ホテル到着
- 2012/07/25 < 広尾～浦河調査 >
- 7:00 ホテルロビー集合・出発
 7:28-8:10 十勝神社 (N 42.17.439, E 143.18.676)
 8:15-8:30 鉄道記念公園(N 42.296421, E 143.310342)
 8:45-8:50 曹洞宗禅林寺(N 42.287929, E 143.312112)
 9:00-9:10 十勝保健所支所訪問 聞き取り(N 42.299468, E 143.307145)
 9:42-9:50 音調津神社(N 42.13.336 E 143.19.136)
 10:30-11:30 百人浜 (計 2 カ所。 2 カ所目の地点 : N 41.58.777 E 143.14.507)
 11:30-11:45 襟裳岬
 12:00-13:00 昼食休憩
 13:43-13:52 様似駅 (JR 起点。 N 42.07.676 E 142.56.134)
 13:55-14:05 西様似駅 (カラマツ等の木材貯木場状態 N 42.08.297 E 142.54.489)
 14:19-14:21 日高幌別駅(N 42.08.555 E 142.50.098)
 14:40 ホテルチェックイン
 15:00-15:20 浦河町乗馬公園 (42.150614, 142.836256 木製ベンチのアリ被害)
 15:40-15:42 曹洞宗日高山光照寺 (N 42.163451, E 142.780133)
 16:00-16:30 潮見が丘公園 42.164692, 142.776968
 16:40-16:50 浦河町内海側調査
 17:00 ホテル到着
- 2012/07/26 < 浦河～新ひだか町調査。北大訪問 >
- 7:20 ホテル出発
 7:42-7:55 浦河神社(N 42.09.800 E 142.46.487)
 8:02- 緑町公園(N42.11.231 E 142.46.395) : グランドのみ。通過。
 8:08- 浦河町森林公園(N42.10.971 E 142.45.620) : 通過

- 8:26-8:40 三石海浜公園(N42.13.238 E 142.38.113)バンガロー
- 8:56- 蓬栄駅(N42.15.924 E 142.36.446)：通過
- 9:03-9:15 蓬萊駐車公園(N42.15.766 E 142.35.363) 道を挟んで川沿いの遊具等
- 9:44-10:05 真歌公園(N42.19.818 E 142.22.708) アイヌ・馬舎
- 13:00-13:40 北大農学部・昆虫体系学研 佐野氏・神戸氏面会。札幌市内群飛情報ならびに分布状況教授。
土居先生と解散。
- 14:30-14:45 森林総研北海道支所
- 16:00 新千歳空港着。竹松先生と解散。

23日に面会した帯広畜産大学の紺野教授と岩佐教授ならびに、事前調査として北海道大学大学院農学研究院 生物生態・体系学分野 昆虫体系学研究室 メーリングリストでのシロアリ生息情報からは、道東地区でのシロアリ被害情報は得られなかった。紺野教授と岩佐教授との情報交換から市内の調査候補地を選定し、23～24日に市内の公園・林地の倒木や枯木、切株、さらに立木を調査したが、木材腐朽と腐朽部へのアリ類とダンゴムシ類・ワラジムシ類による被害のみで、シロアリと考えられる被害は確認できなかった。

25～26日の広尾郡広尾～浦河町～新ひだか町における調査においてもその傾向は変わらず、結果として今回の調査地である帯広～広尾～浦河～新ひだか町では、ヤマトシロアリの新たな生息を確認できなかった。

26日午後の実施した北海道大学におけるヒアリングからは、今年6月の札幌市街地におけるヤマトシロアリ群飛情報を得ることができた。

ヤマトシロアリの原記載は明治初期の北海道函館であり、大正初期にすでに札幌においても確認されている。北海道における本種の分布拡大要因は、冬期の気象条件を考えると群飛による自然分布拡大よりも人為的な要因が大きいと思われる。したがって、現在廃線となっても旧国鉄時代の鉄道網に乗っての資材運搬や枕木による分布拡大がなされている可能性がある。特に道南部での空白地区である苫小牧市での再調査が必要と考える。

<追記>岩佐教授より帯広周辺では本調査を実施した2012年夏に、今まで記録がなかった甲虫類が突然大量発生したとの情報を得た。



写真1 案内板のアリ害



写真2 音和の森公園 案内板の劣化



写真3 自衛隊案内板



写真4 倒木の被害



写真5 貯木場のカラマツ原木心腐れ部アリ害



写真6 木製ベンチ蟻道その1 (アリ)



写真7 木製ベンチ蟻道その2 (アリ)



写真8 木杭のアリ害

2.1.3.2 シロアリ分布の推移と気象条件との関係

Abe(1937)は日本に生息するイエシロアリの分布北限と気温との関係を検討し、イエシロアリの生息地（発生報告地）が1月の平均気温4℃以上の地域であること、当時の自然分布北限が1月の平均気温4℃以上かつ日最低気温の平均値が0℃以上の地域に限定されると報告している¹⁾（図1。黒点がイエシロアリ生息確認地点。ラインは1月の平均気温4℃かつ日最低気温の平均値が0℃の等温線。）。

その後Ikehara(1966)は沖縄産シロアリ種の日本国内および中国・朝鮮半島～台湾における野外分布を調べ白地図上にそれらの北限を記しており（図2）、Abe(1937)の図1と比較するとイエシロアリの生息域の北上が見て取れる³⁾。一方、森本(1966)はヤマトシロアリ属の日本国内および中国・朝鮮半島～台湾における野外分布を調べ、種ごとの生息範囲を報告しており（図3）⁴⁾、Ikehara(1966)とはヤマトシロアリの分布北限ラインに相違が認められる。森本(1967)は日本国内および中国・朝鮮半島～台湾における野外分布北限を日本地図上に記しており（図4）⁵⁾、Ikehara(1966)（図2）とはイエシロアリの分布北限ラインはほぼ同位置である。

福島(1972)は福井県若狭・大島半島でのイエシロアリの被害発見を受けて、「1月の平均気温0℃がイエシロアリの分布北限、もしくは1日の最低気温0℃以下の日（冬日）が100日までが分布北限で、50日以下のところに被害が多い」と提唱している⁶⁾。従来「しろありの生存範囲が1年の平均気温10℃以上」とされていたが、ヤマトシロアリに関しては北海道の一部を除いて日本全国どこでも被害が発見されることから、ヤマトシロアリの生息地域としては「1月の最低気温0℃以下の日が150日より少ないところ」と記述している（図5、6）。

シロアリ分布マップに1月の平均気温-4℃のラインを初めて取り上げたのがMorimoto(1975)である（図7）⁷⁾。但し本文中には1月の平均気温-4℃のラインとシロアリ生息北限との関係についての記述は見当たらない。松本(1983)はMorimoto(1975)の記述を参考に日本地図上に気温ラインを示すとともに（図8）、鹿児島・沖縄以南に主として生息するシロアリ種の生息確認地点を記している⁸⁾。

森(1978)が北海道上砂川町におけるヤマトシロアリ被害を報告し⁹⁾、木材保存の知識(1981)では当時のイエシロアリとヤマトシロアリの生息マップに1月の平均気温4℃の等温線が描かれており¹⁰⁾、同じ図が建設省総合技術開発プロジェクト報告書(1986)に使用されている（図9）¹¹⁾。

「1月の平均気温-4℃のラインがヤマトシロアリ野外分布北限と（ほぼ）一致」とする記述は木材保存学入門(1992)¹²⁾、しろあり防除ダイジェスト(1993)¹³⁾以降に見られる（図10）。木材保存学入門改訂版(2001)ではヤマトシロアリの野外分布限界ラインが訂正されているが、「1月の平均気温-4℃のラインgヤマトシロアリの野外分布北限と（ほぼ）一致」とする記述は残ったままであった（図11）¹⁴⁾。

その後、森ら(2002)¹⁵⁾、森(2003)¹⁶⁾や青山・村上(2003; 2005)^{17), 18)}の調査・報告により

北海道におけるヤマトシロアリの野外生息や被害が報じられ、「1月の平均気温-4℃のラインがヤマトシロアリの野外分布北限と（ほぼ）一致」とする記述は見られなくなっている。現行のシロアリ分布マップは（社）日本しろあり対策協会の2004年7月の調査結果に基づくものである（図12）。



図1 イエシロアリの生息確認地点ならびに分布北限と1月平均気温4℃かつ最低気温0℃ライン
(Abe, 1937より改変)



図2 沖縄生息シロアリ種の日本における野外分布北限ライン (Ikehara, 1966より改変)
I ヤマトシロアリ II イエシロアリ III カタンシロアリ
IV オオシロアリ V サツマシロアリ



図3 ヤマトシロアリ属の分布 (森本, 1966より改変)
A 従来ヤマトシロアリ分布とされていた範囲
B ヤマトシロアリ *R. speratus* の分布
C 京都・奈良で採取されたもの
D 四国に多いもの E 宮崎と佐多で採れたもの
F 九州に多いもの



図4 日本のシロアリ分布
(森本, 1967より改変)

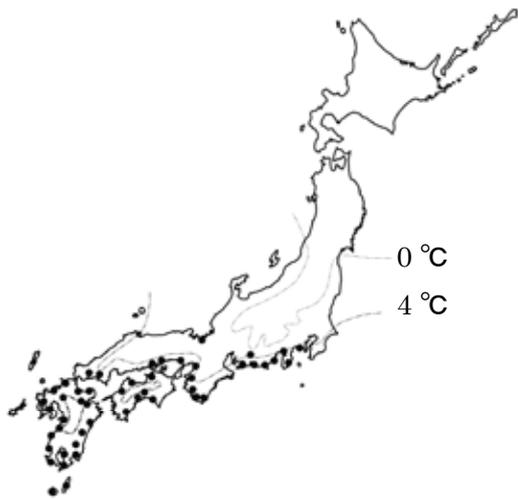


図5 イエシロアリ生息確認地点と1月の平均気温
0°Cおよび4°Cライン (福島, 1972 より改変)

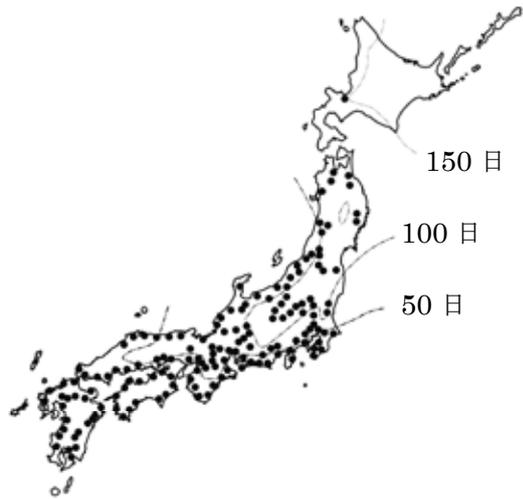


図6 ヤマトシロアリ生息確認地点と冬日日数
50日、100日、150日ライン
(福島, 1972 より改変)

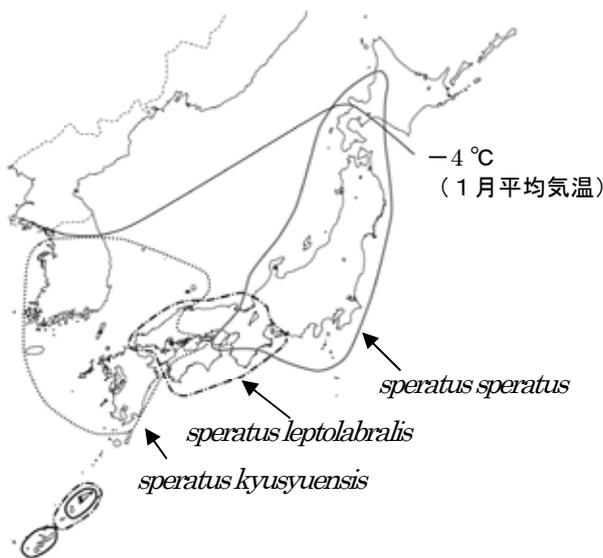


図7 ヤマトシロアリ属の分布と1月の平均気温
-4°Cライン (森本, 1975 より改変)
speratus speratus 基亜種
speratus leptolabralis 四国亜種
speratus kyusyuensis 九州亜種

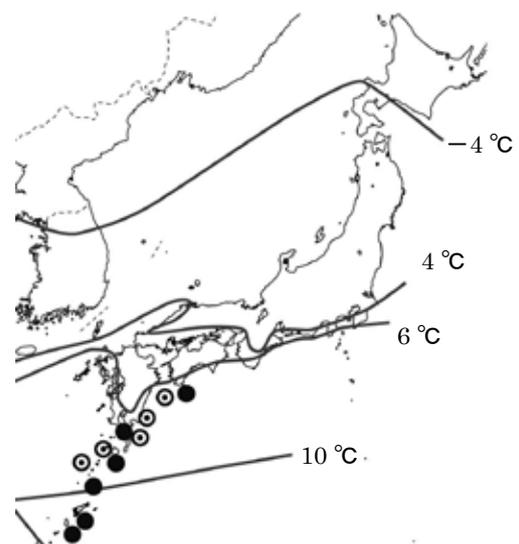


図8 1月の平均気温ライン (松本, 1983 より改変)
●オオシロアリ生息地点
◎サツマシロアリ生息地点
10°Cラインがダイコクシロアリの野外分布北限と一致



図9 イエシロアリとヤマトシロアリの分布
(建設省総合技術開発プロジェクト報告書(1986)より)



図10 主要シロアリの分布北限
(木材保存学入門,1992;1997より改変)
a ヤマトシロアリ建物内北限
b 1月平均気温-4°C (ヤマトシロアリ野外分布北限に合致)
c 1月平均気温4°C
(イエシロアリの野外北限はこれよりやや南)

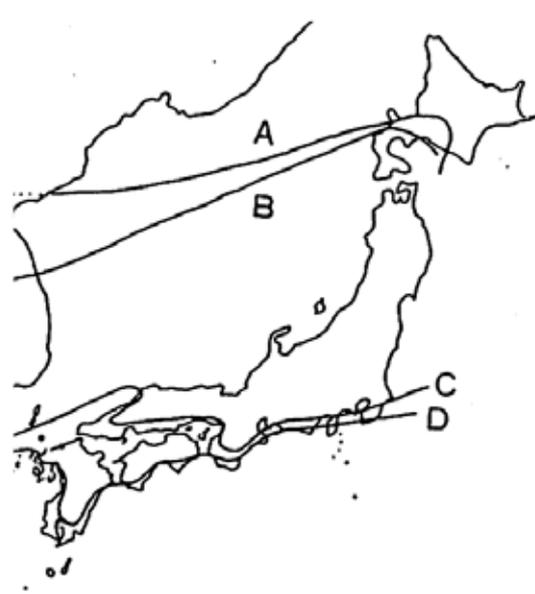


図11 日本産主要シロアリの分布と気温
(木材保存学入門第2版,2001より改変)
A ヤマトシロアリの分布北限
B 1月平均気温-4°C (ヤマトシロアリ野外の分布北限にほぼ一致)
C 1月平均気温4°C (イエシロアリの野外北限にほぼ一致)
D 1月平均気温6°C (カタンシロアリの分布北限にほぼ一致)



図 12 日本しろあり対策協会発行マップ(2004年7月調査結果)
(日本しろあり対策協会より許可を得て加工・転載)

2.1.3.3 各シロアリ種の最新の分布マップ

図 13 a,b に今年度までに収集した情報を元に各シロアリ種の最新分布を示す。

ヤマトシロアリの野外分布に関しては、今回の調査結果ならびに森ら(2002)¹⁵⁾、森(2003)¹⁶⁾、青山・村上(2003; 2005)^{17),18)}による報告を反映して作成した。イエシロアリに関しては、現在公表されている分布北限は茨城県潮来市内の家屋被害箇所であり、これは2002年に実施された(社)日本しろあり対策協会によるシロアリ被害実態調査の回答が情報源であるため、営巣箇所や生きた個体に関する情報は公開されていない。また、2010年に茨城県結城市の一般家屋でイエシロアリ被害が報告されたが、本件に関しても営巣箇所が不明である¹⁹⁾。イエシロアリはヤマトシロアリと異なり固定巣を構築することから、当該地において巣もしくは複数年に亘り群飛や生体の生存が確認されなければ、厳密な意味で‘定着’と判断できない。さらに関東地域におけるイエシロアリの生息調査報告は針木(2002)以降なされていない²⁰⁾。以上のことから、現在の野外分布北限は東京湾南部沿岸地域の神奈川県川崎市と判断し、その結果を反映してマップ化した。

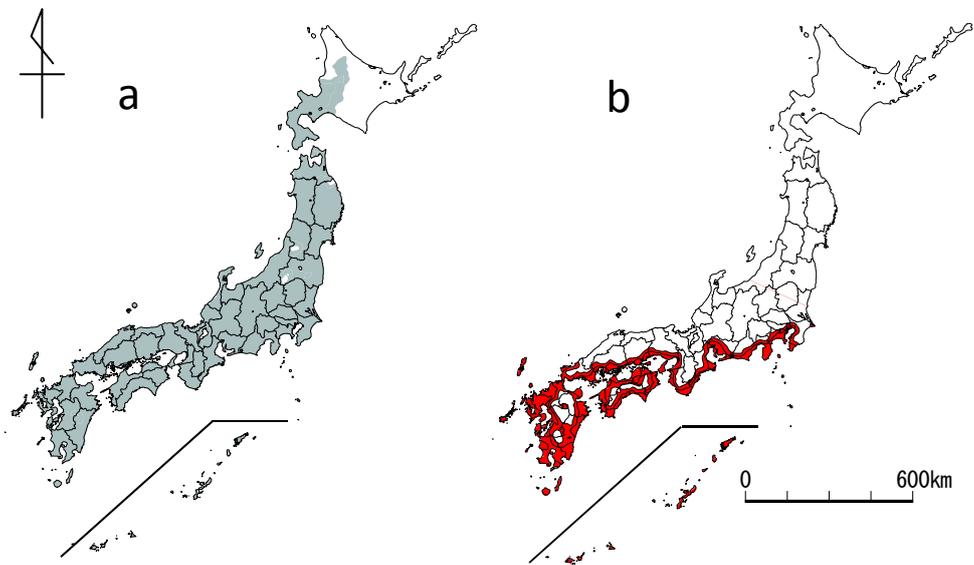


図13 日本産シロアリ分布 (2013年)

a: ヤマトシロアリ b: イエシロアリ

2.1.3.4 野外分布北限と関連性の高い1月平均気温の変化の追跡

1900-1903年、1934-1936年の1月の平均気温の3年平均値を元に描いた4℃および-4℃の等温ラインならびに1979-1983年、2009-2013年の1月の平均気温の5年間平均値をマップ化した図を示す(図14 a,b; 図15 a,b; 図16 a,b)。部分拡大して地域別で比較すると、特に関東地方における4℃以上の地域の拡大が顕著であることが明らかとなった。



図14 1900-1903年の1月の平均気温の3年平均値

a: 4℃ライン b: -4℃ライン



図 15 1934-1936 年の 1 月の平均気温の 3 年平均値
 a: 4 °C ライン b: -4 °C ライン

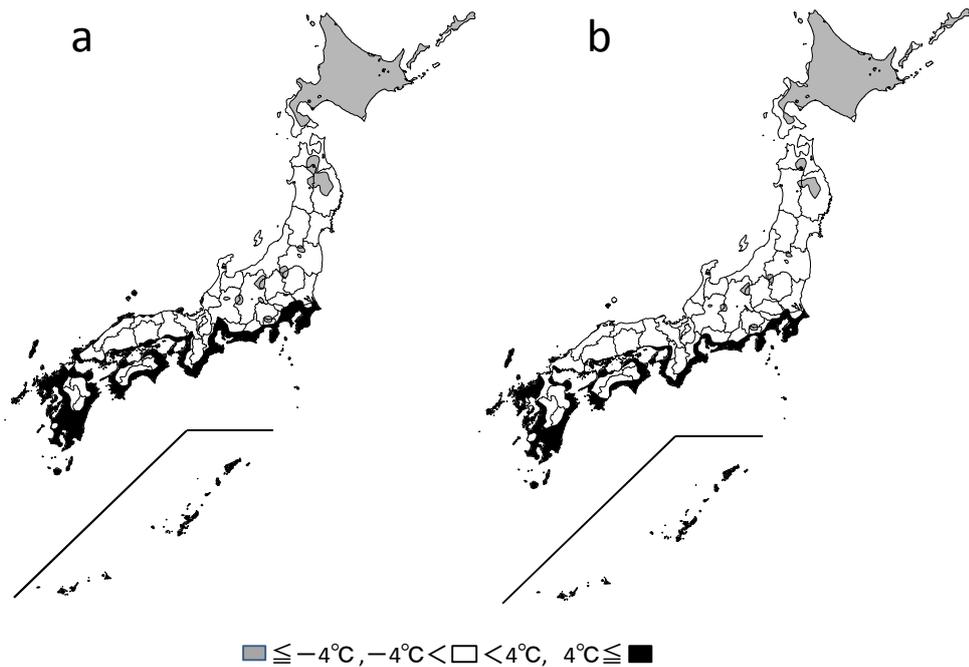


図 16 1 月平均気温の変化
 a: 1979-1983 年 b: 2009-2013 年

なお、1900-1903 年の観測地点数は 95 カ所、1934-1936 年での観測地点数は 128 カ所しかなかったため、地形（高度等）を考慮した補間処理プログラム（（株）北海道地図）により等温ラインを作成した。このため、4°C に相当する等温地点が 9 カ所（-4°C に相当する等温地点は 1 カ所）しかない 1900-1903 年において、4°C の等温ラインが 1934-1936 年や他の等温図と比較して高緯度に描かれたと考えられる。

2.1.3.5 イエシロアリ分布のめやす&ハザードマップ

2009-2013年のデータに基づき、日最低気温の平均値が0℃以上の地域をマップ化すると、野外生息が確認されている鹿児島県の東シナ海沿岸などが0℃未満の地域となる。以上のことから実際のイエシロアリ野外分布のめやすとしては1月の平均気温4℃以上の地域(図17a)、イエシロアリのハザードマップとしては、過去のイエシロアリ発生情報を加味して福島(1972)の提唱した1月の平均気温0℃以上の地域(図17b)が妥当と考える⁶⁾。

イエシロアリは地中部に塊状の大きな巣を作り、冬場、最低気温が0℃に落ち込む日であっても、例えばマツ伐根に営巣された巣内の温度は11~12℃に保たれていたという報告がある²¹⁾。したがってある程度の大きさに成長した巣であれば一時的に気温が0℃以下になっても巣温、つまりシロアリの生息に影響せず越冬が可能と推測される。

2.1.3.6 ヤマトシロアリ生息に及ぼす凍結深の影響とハザードマップ

ヤマトシロアリ野外分布北限に関しては従来、1月の平均気温-4℃との合致が提唱されていた^{2),12)}。しかし2000年に旭川市、2002年に名寄市での野外生息が報告されるにあたり、1月の平均気温-4℃との合致説は成書から消えている。

別途、福島(1972)が冬日150日以下の地域とヤマトシロアリの生息地域との合致を提唱

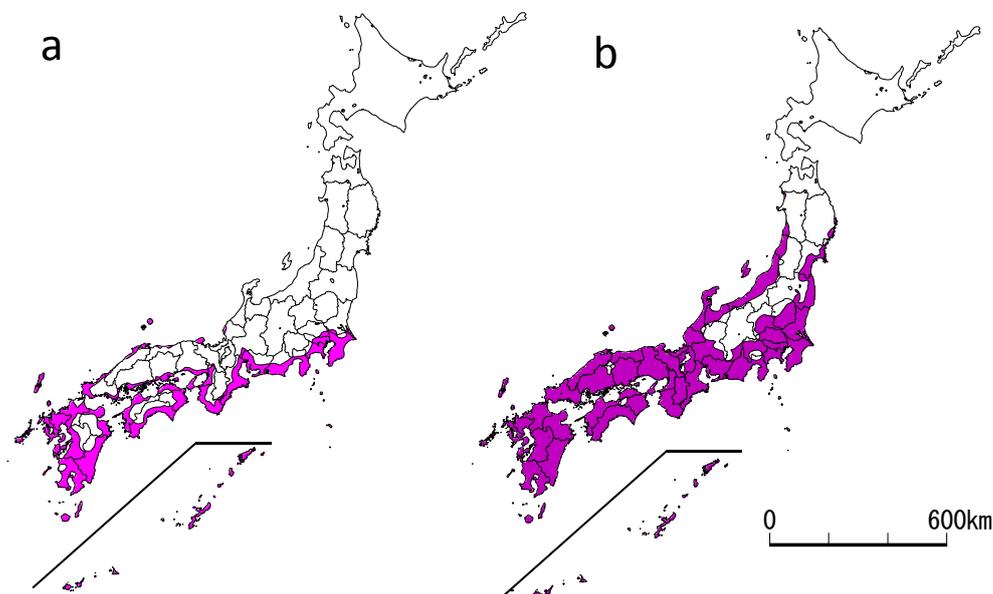


図17 2009-2013年1月の平均気温

- a: 4℃ (イエシロアリ野外生息分布域のめやす)
- b: 0℃ (過去の家屋におけるイエシロアリ被害発生事例を考慮した、人為的導入によりイエシロアリが定着する危険性のある地域を含んだハザード(被害危険度)マップ)

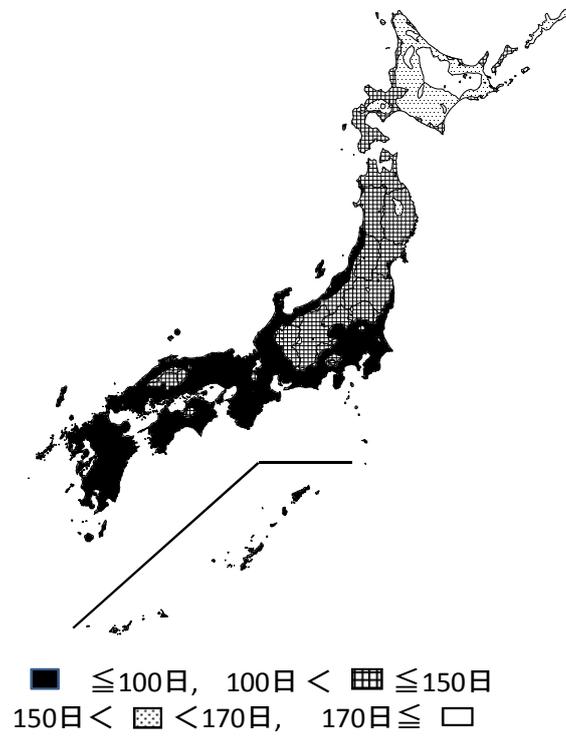


図 18 2010-2012 冬日の日数別地域

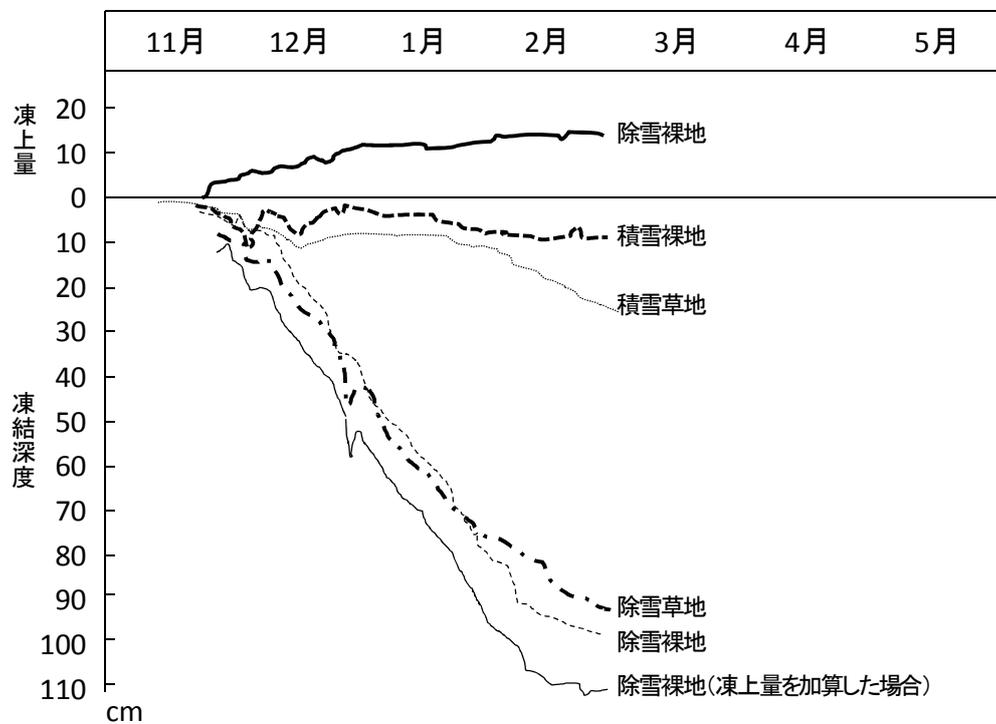


図 19 帯広畜産大構内における土の凍結過程（積雪の影響）
 （木下ら, 1978 より改変）

表 北海道における凍結深度とヤマトシロアリの生息の有無

| 都市名 | 凍結深度 | | 建築用 | ヤマトシロアリの生息の有無 |
|-----------|------------|------------|-----------|---------------|
| | 実測 積雪あり | 実測 積雪なし | | |
| 札幌 | 0 | 40 | 60 | ○ |
| 恵庭島松 | 0 | 50 | 60 | ○ |
| 旭川 | 0 | 50 | 80 | ○ |
| 留萌 | 0 | 40 | 60 | ○ |
| 名寄 | 0 | 60 | 80 | ○ |
| 函館 | 0 | 20 | 50 | ○ |
| 中川 | 0 | 40 | 70 | |
| 音威子府 | 0 | 50 | 80 | |
| 美深 | 0 | 60 | 80 | |
| 稚内 | 0 | 30 | 80 | |
| 宗谷岬 | 0 | 30 | 80 | |
| 豊富 | 0 | 40 | 80 | |
| 室蘭 | 10 | 30 | 60 | ○ |
| 江別 | 0 | 40 | 60 | ○ |
| 江差 | 0 | 10 | 60 | ○ |
| 小樽 | 0 | 30 | 50 | ○ |
| 苫小牧 | 20-30 | 50 | 70 | |
| 日高門別 | 20-30 | 60 | 80 | |
| 浦河 | 20 | 50 | 55 | |
| 帯広 | 40 | 70 | 100 | |
| 紋別 | 10 | 60 | 80 | |
| 網走 | 0-10 | 70 | 80 | |



図 20 北海道における土壤凍結深度分布（積雪のない状態での実測値）（木下ら, 1978 より改変）



図 21 北海道におけるヤマトシロアリの分布（図12bを拡大）

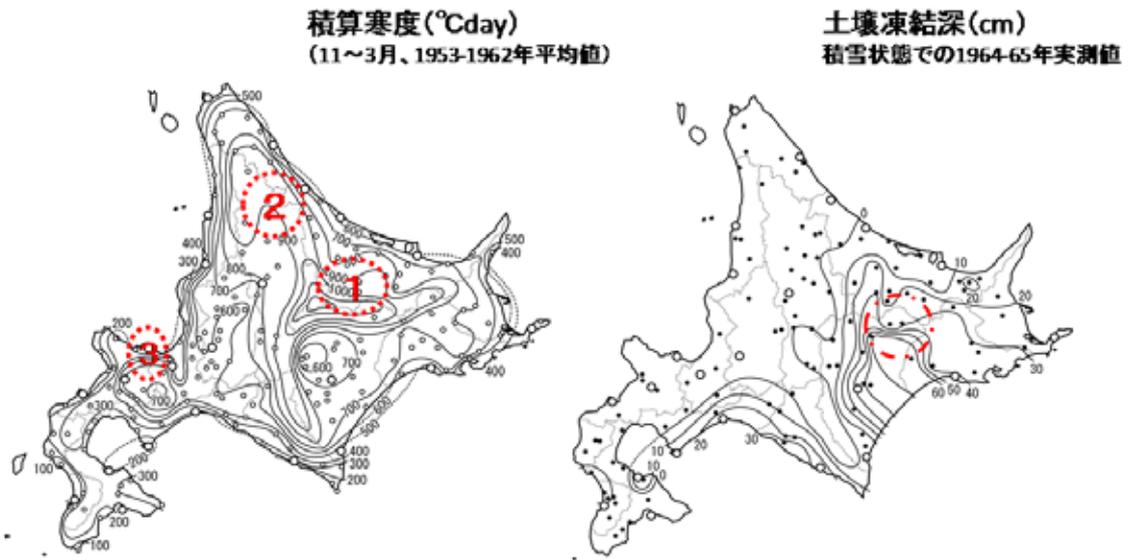


図22 北海道における積算寒度 (a) と土壤凍結深 (b) : 積雪状態での実測値 との関係
(石川・鈴木, 1964 ; 石井, 2006 より改変)

- a : 積算寒度が大きい3地域 (赤丸 (点線)) 1) 十勝平野、2) 上川・名寄盆地、3) ニセコ羊蹄山系
 b : 凍結深度が大きい地域 (赤丸 (一点鎖線) ・ ・ ・ 積算寒度、凍結深度ともに大
 → 釧路支庁西部 (石狩山系) ~ 十勝支庁東部 (十勝平野)

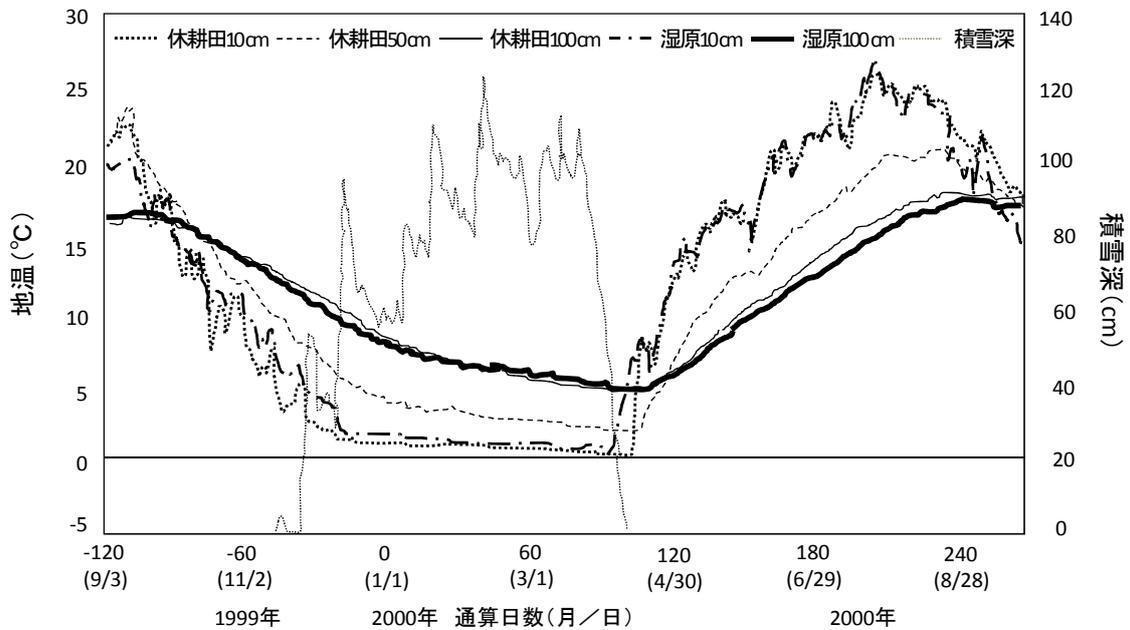


図23 日平均温度と積雪深 (北海道美唄市、休耕地と湿原)
(溝口・矢吹, 2002 より改変)

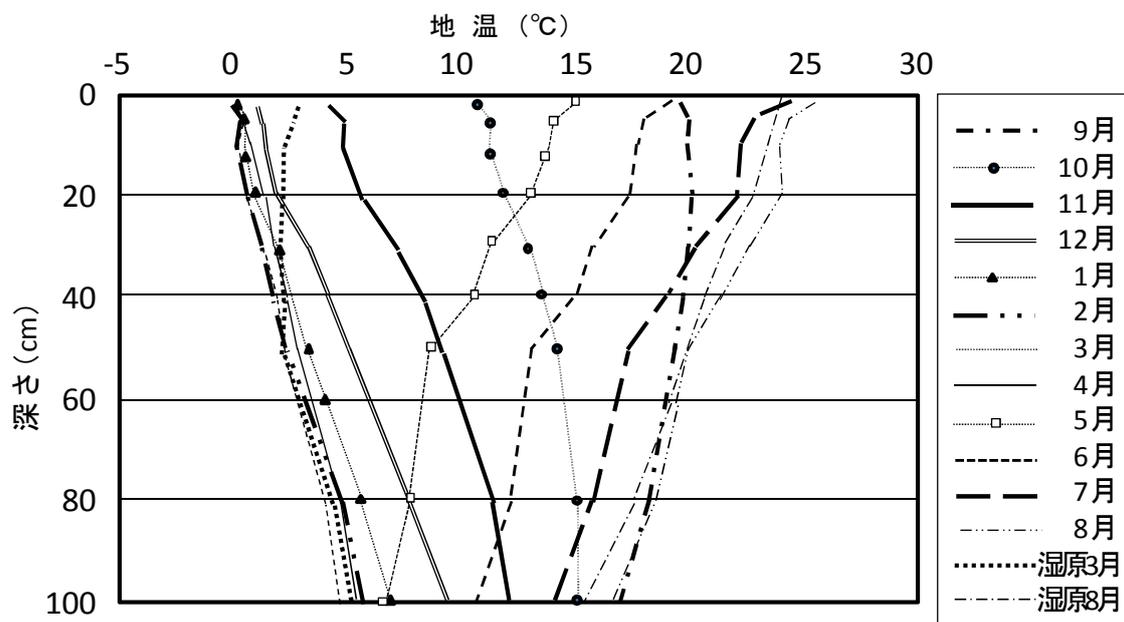


図 24 月平均地温と地中深さとの関係 (北海道美咲市休耕田)
(溝口・矢吹, 2002 より改変)

2.1.4 結論と今後の課題

各種気象データと最新の主要木材加害シロアリ種の野外分布との関係を照会した。イエシロアリの野外分布のめやすとしては1月の平均気温 4℃以上の地域、被害が生じる危険性を考慮したハザードマップとしては過去の被害発生履歴も考慮すると1月の平均気温 0℃以上の地域が適合すると考える。一方、ヤマトシロアリ野外分布に関しては、従来提唱されていた1月の平均気温-4℃以上の地域ではなく、土壌凍結深のない地域がめやすとなると考える。

人為的な拡大を含め、シロアリの分布域は徐々に広がっている。特に北海道東部では今後も凍結深の減少が続けば、将来的にヤマトシロアリの生息可能域になる、つまり人為的導入により木造建築物等へのヤマトシロアリ被害が生じる危険性を孕んでいることを示唆している。

また、シロアリの活動時期や巣温（営巣箇所）と地温、気温との関係については、報告年代も古く、日本における報告件数も少ない。今後、シロアリの実際の生息状況と気象条件との関係を実測・検討するとともに、民間の協力を得ながらシロアリ被害発生情報を常に更新していく必要がある。

【謝辞】ヒアリングにご協力下さいました紺野康夫・帯広畜産大学教授、岩佐光哲・同教授、北海道大学大学院農学研究院佐野正和氏、神戸崇氏、シロアリ分布に関する既往の報告等ご教授下さいました森本桂・九州大学名誉教授ならびに鹿児島におけるシロアリ被害状況に関する資料(参考資料)をご提供下さいました(株)廣瀬産業 にお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) Abe, Y. (1937) On the distribution of the oriental termite, *Coptotermes formosanus* Shiraki in Japan. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. IV ser. Biology, XI(4), 463-472.
- 2) 木材保存学入門 (1992) (社) 日本木材保存協会.
- 3) Ikehara, S.(1966) Distribution of termites in the Ryukyu Archipelago. Bull. Arts & Sci. Div., Ryukyu Univ. (Math. & Nat. SCi.), p.49-178.
- 4) 森本桂(1966) ヤマトシロアリについて (予報) , しろあり, 6 , 18-23
- 5) 森本桂(1967) シロアリの分布, しろあり, 7 , 7-11
- 6) 福島正人(1972)しろありと住居, pp.150, 理工図書.
- 7) Morimoto, K. (1975) Biology of Termites in the Far East, Rev. Plant Protect Res., 8, 29-40.
- 8) 松本忠夫(1983) 社会性昆虫の生態, 培風館.
- 9) 森八郎(1978)北海道におけるしろあり分布と文化財の蟻害について, 古文化財之科学, 23, 40-51.
- 10) 木材保存の知識 (1981) (社) 日本木材保存協会.
- 11) 建設省総合技術開発プロジェクト報告書(1986).
- 12) 木材保存学入門(1997) (社) 日本木材保存協会.
- 13) 森本桂 (1993) シロアリの生態, しろあり防除ダイジェスト, (社) 日本しろあり対策協会
- 14) 木材保存学入門改訂版(2001) (社) 日本木材保存協会.
- 15) 森満範, 竹松葉子, 吉村剛(2002) 北海道北部におけるしろあり事情と生息環境に関する一考察, しろあり, 127, 12-19.
- 16) 森満範 (2003) 道北地域におけるシロアリの生息状況 -シロアリの生態と生息環境-, 林産試だより, 1-4.
- 17) 青山修三, 村上竜彦 (2003) 北海道旭川市内で発見したシロアリ被害家屋 北海道における新シロアリ生息分布の考察, しろあり, 133, pp.9-15.
- 18) 青山修三, 村上竜彦 (2005) 北海道留萌市で発見したシロアリ被害家屋 北海道における新シロアリ生息分布の考察 第二報, しろあり, 141, pp.10-15.
- 19) 田中勇史 (2011) 北限 (?) のイエシロアリ被害, agreeable, 19,8-10
- 20) 針木聡一 (2002)イエシロアリの関東地方における分布, しろあり,130,35-43.
- 21) 中島茂, 森八郎(1961)しろありの知識, グリーン・エージ.
- 22) 石川正幸, 鈴木秀雄(1964) 北海道における 1964~1965 年冬の最大凍結深の分布, 農林省林業試験場北海道支部年報, 238-248.
- 23) 木下誠一, 福田正巳, 矢作裕(1978) 北海道における土の凍結深の分布, 自然災害資料解析, 5, 10-15.
- 24) 石井吉之 (2006) 融雪現象と融雪流下機構, <http://kankyousei.go.jp/topics/photo/ishii.pdf>.
- 25) 溝口勝, 矢吹裕伯(2002)積雪寒冷地における地温変化と凍結融解過程. 農業土木学会誌, 70(4), 321-324.

【参考資料】

かごしま住まいと建築展におけるシロアリ対策に関するアンケートおよび集計結果

シロアリ対策に関するアンケート

鹿児島県しろあり対策協会

答えのどちらかを選び、()に○を記入して下さい。
_____の部分には、数字を記入して下さい。

1. シロアリ対策に関する協会・組合があることを知っていましたか。
() 知っていた () 知らなかった
2. 今お住まいの地域は
() 鹿児島市内 () 南薩地域 () 北薩地域 () 県外
() 始良霧島地域 () 大隅地域 () 種子屋久奄美地域
3. 今おすまいの家の所有は
() 持ち家 () 借家
4. 今お住まいの家の構造は
() 一戸建て () 集合住宅(マンション、アパートなど)
5. 今の家に、何年くらいお住まいですか。
今の家に住んで、_____年くらいになる。
6. 今の家の建築年数は
今の家は建てて、_____年くらいです。
7. 今まで、シロアリを見たことがありますか。
() 見たことがある () 見たことはない
 
アンケート終了です。
8. 見たことのあるシロアリは、
羽が生えたシロア리를 () 見たことがある
() 見たことは無い
働きアリ(白いシロアリ)を () 見たことがある
() 見たことは無い
9. シロアリの被害にあったことが
() ある () 無い
 
アンケート終了です。
10. 被害にあった建物は
() 今の住宅 () 以前の住宅 () 住宅以外の建物
11. 被害にあったのはいつ頃ですか。
シロアリの被害にあったのは、_____年くらい前
12. 被害にあった時の建物の建築年数は？
建物が建てられてから、_____年くらいの時にシロアリ被害にあった。

かごしま住まいと建築展 シロアリ被害アンケート報告

調査機関 鹿児島県しろあり対策協会
調査期間 平成22年10月から平成24年10月
調査場所 かごしま住まいと建築展(鹿児島県交流センター)
アンケート数 836件

アンケートから、持家で一戸建てのデータを抽出し、家屋の被害率を算出した。
算出した、数値を以下に示す。

1戸建て持家の築年数別 シロアリ被害率

| 築年数 | 対象家屋数 | 被害家屋数 | 被害率 |
|-------|-------|-------|-----|
| ～ 10年 | 185 | 3 | 2% |
| ～ 20年 | 149 | 16 | 11% |
| ～ 30年 | 109 | 16 | 15% |
| 30年超 | 94 | 28 | 30% |
| 全体 | 537 | 63 | 12% |

被害家屋の被害発生年代

| 被害発生年代 | 発生件数 |
|--------|------|
| 1980年代 | 2 |
| 1990年代 | 10 |
| 2000年代 | 43 |
| 2010年代 | 8 |
| 合計 | 63 |

被害家屋の被害発生築年数

| 被害発生築年数 | 発生件数 |
|---------|------|
| 5 | 2 |
| 10 | 13 |
| 20 | 19 |
| 30 | 16 |
| 40 | 10 |
| 50年超 | 3 |
| 合計 | 63 |

2.2 腐朽危険度に関する検証

2.2.1 目的

建築害菌研究の第一人者である林康夫は2003年に「わが国で今までに見出され建築材の腐朽菌は20種に達する」と報告している。また、我々は一昨年度の事業で、1928年から2003年までに報告された建築害菌に関する日本における総説を分析したところ、建築害菌としてこれまで31種が記載されていることを報告した。しかし、これらの菌種数は、木材腐朽菌に分類される菌種数からすると著しく少ない。

これまで菌の分類は菌や子実体の形態観察に基づいており、菌種を同定するためには、腐朽がある程度進行し特徴的な菌糸や子実体が形成される必要があった。我々は、このことが建築害菌として記載されている菌種が非常に少ない理由と考えた。また、生育が早く、観察しやすい菌糸や子実体を形成する木材腐朽菌のみ建築害菌として検出されてきた可能性もある。

近年遺伝子の塩基配列の違いを利用した種の同定手法が発達したことにより、肉眼で菌糸や子実体を観察できない状態の腐朽材から木材腐朽菌のDNAを抽出し、腐朽材に含まれる木材腐朽菌種を同定することが可能になった。このことは建築害菌についても、形態観察をすること無しに腐朽した建築部材からDNAを抽出し、その塩基配列を解析することにより、どの菌が建築部材の腐朽を引き起こしたのかを特定できるようになったことを意味する。

そこで本事業では、最新の遺伝子を利用した木材腐朽菌同定手法を建築害菌の同定に適用し、菌糸や子実体が明確ではない住宅等の腐朽部材から木材腐朽菌を検出し、建築害菌に関する知見を広げることを目的に事業をおこなう。

2.2.2 事業実施体制

事業は、下記参画機関で実施した。

森林総合研究所 木材改質研究領域
東京農工大学共生科学技術研究科
高知工科大物質・環境システム工学科
筑波大学生命環境科学研究科
東京大学大学院農学生命科学研究科

2.2.3 事業実施内容

これまでの研究により、遺伝子を用いた解析をすることにより、形態観察無しに腐朽菌を同定できることが確認できた。そこで、本年度は菌を解析する腐朽材の種類を増やすことを目的に、前年度までに入手した住宅腐朽部材について、部材寸法が大きいものについては一つの腐朽部材の数カ所からサンプリングをおこない、部材内における菌の分布を解析した。一方、部材寸法が小さいものについては次世代シーケンサを用いて解析をおこなった。

(1) 供試体

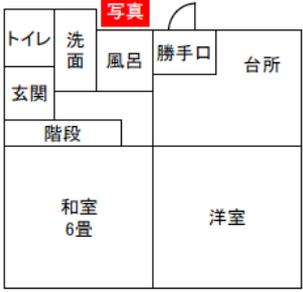
コシイプレザービング株式会社 川田達郎氏、独立行政法人 建築研究所 中川貴文氏、独立行政法人 木口実氏、関東白蟻防除(株) 南山和也氏よりご提供いただいた住宅腐朽部材を供試体とした。供試体は、森林総合研究所の安部久氏に依頼し樹種鑑定をおこなった。試料概要および腐朽材の樹種鑑定結果を表1に示す。

| フレパNo. | 瓶蓋No. | 瓶記述事項 | 同定結果 | | |
|--------|-------|-------------------|----------------------|--------------|-------------------|
| F-1 | 1 | 2012.4.23 風呂場土台① | | ヒノキ科 | Cupressaceae |
| F-2 | 2 | 2012.3.26 風呂筋交 | Abies | モミ属 | Pinaceae |
| F-3 | 3 | 2012.3.26 風呂窓 | Shorea (Rubroshorea) | レッドメランティ | Dipterocarpaceaea |
| F-4 | 4 | 2011.12.14 風呂柱 | Tsuga | ツガ属 | Pinaceae |
| F-5 | 5 | 2012.2.20 木製フェンス② | Xanthocyparis | ベイヒバ | Cupressaceae |
| F-6 | 6 | 2011.9.9 勝手床下 | Abies or Tsuga | モミ属またはツガ属 | Pinaceae |
| F-7 | 6 | 2011.10.11 ① | Abies | モミ属 | Pinaceae |
| F-8 | 6 | 2012.4.23 風呂窓土台③ | Tsuga | ツガ属 | Pinaceae |
| F-9 | 7 | 2012.3.26 勝手口屋根 | Cryptomeria | スギ | Taxodiaceae |
| F-10 | 8 | 2011.9.21 廊下土台 | Abies | モミ属 | Pinaceae |
| F-11 | 8 | 南山さん No.5 | Pseudotsuga | ペイマツ | Pinaceae |
| F-12 | 9 | 2012.5.15 台所間柱② | Abies | モミ属 | Pinaceae |
| F-13 | 12 | 2012.2.20 木製フェンス① | Larix or Picea | カラマツ属またはトウヒ属 | Pinaceae |
| F-14 | 17 | 2011.10.11 ② | Abies | モミ属 | Pinaceae |
| F-15 | 19 | 2012.4.23 風呂柱② | 針葉樹 | | |
| F-16 | 20 | 南山さん No. 2 | Picea | トウヒ属 | Pinaceae |
| F-17 | 22 | 2011.9.9 風呂床下 | Shorea (Rubroshorea) | レッドメランティ | Dipterocarpaceaea |
| F-18 | 22 | 20012.8.17 窓枠 | Cryptomeria | スギ | Taxodiaceae |
| F-19 | 25 | 2011.9.20 むれ縁土台② | Tsuga | ツガ属 | Pinaceae |
| F-20 | 26 | 南山さん No.1 | Picea | トウヒ属 | Pinaceae |
| F-21 | 2N硝 | 2012.8.17 風呂場下 | | ヒノキ科 | Cupressaceae |
| F-22 | 2N硝 | 2012.5.15 風呂桁① | Abies or Tsuga | モミ属またはツガ属 | Pinaceae |
| F-23 | 外 | 2011.9.20 むれ縁① | Tsuga | ツガ属 | Pinaceae |
| F-24 | G | コシイ 2/16着サンプル | Cryptomeria | スギ | Taxodiaceae |
| F-25 | | 2011.9.21 卓球台 | Shorea (Rubroshorea) | レッドメランティ | Dipterocarpaceaea |

表 2.2.1 試験に用いた住宅腐朽部材の概要

また、川田氏からご提供いただいた試験体には調査票が付いており、腐朽部材を採取した住宅の築年数や腐朽部材の位置や状況についても把握できるようになっていた。調査票の例を表 2 に示す。

これらの試験体のうち比較的小さなものについては、試験体の一部を削り取り、木粉にしてから DNA を抽出した。得られた DNA を PCR で増幅した後、次世代シーケンサを用いた遺伝子の解析を実施した。一方、比較的大きな試験体については、変成ゲル電気泳動法を活用し、試験体内の糸状菌の分布解析を実施した。

| 調査箇所 | | 調査対象材 | | 調査事項 | |
|---|--|--|---------------------|--|--------|
| 部位 | 小屋組、 <u>軸組</u> 、床組 | 小屋組 | 棟木、もや、たる木 | 腐朽 | 蟻害 |
| | <u>窓</u> 、出入口 | | 小屋梁、小屋束、火打ち | | |
| 方位 | 東 西 南 <u>北</u> | | 野地板、小屋筋かい等 | <u>しみ</u> | 食痕 |
| 位置 | <u>1階</u> 2階 | 軸組 | 土台、柱、 <u>筋かい</u> 、梁 | <u>変色</u> | 蟻道 |
| 室名 | 風呂場窓台、外壁 | | 胴差、軒けた、 <u>窓台</u> 等 | <u>ひび割れ</u> | 蟻土 |
| | | 床組 | 梁、大引、根太、火打ち | <u>付着物</u> | シロアリ生息 |
| | | | 根太掛け、床束、床板等 | | |
| | | その他 | | | |
| 状況説明 | 風呂場窓周りを調査。風呂場窓台の木材が幅50cm程度で腐朽しており、手で取れる程劣化していた(写真1)。窓台は幅30cm程の金属板で補強されており、その部分に湿気が滞留しやすくなっていたと考えられる。窓下の外壁を剥がすと、横架材も同様に幅50cm程度で腐朽していた(写真5)。また、入隅部分の筋交が幅20cm程度で腐朽していた(写真4)。この部分も金属板に接しており、入隅部分であったことから湿気が滞留しやすい構造になっていたと考えられる。 | | | | |
| 腐朽程度 | 窓台、横架材、筋交共に手で取れる程腐朽 含水率40~50% | 蟻害程度 | | | |
| 腐朽範囲 | 窓台幅50cm、横架材幅50cm 筋交幅20cm | 蟻害範囲 | | | |
| 腐朽高さ | 140cm | 蟻害高さ | | | |
| 調査箇所の腐朽・蟻害状況説明図 | | | | | |
|  <p>写真1. 風呂場窓の全景</p> | |  <p>写真2. 風呂場窓台の腐朽 腐朽サンプル採取</p> | |  <p>写真3. 風呂場外壁の全景</p> | |
|  <p>写真4. 外壁筋交の腐朽</p> | |  <p>写真5. 外壁横架材の腐朽</p> | |  | |

P. 1

表 2. 2. 2 川田氏からご提供いただいた調査票の例

(2)次世代シーケンサを用いた腐朽材に存在する菌類の網羅的解析

腐朽材の一部を採取し、Qiagen TissueLyser (Qiagen)を用いて粉碎して得た碎物約 0.3g から、 IsoPlant II (ニッポンジーン) を用いて DNA を抽出し、PowerSoil DNA Isolation Kit (MO Bio)で精製した。この DNA をテンプレートとして PCR により ITS I 領域を増幅した。

PCRには、MightyAmp(R) DNA Polymerase Ver.2 (Takara) を用い、プライマーには異なる試料を次世代シーケンサで同時に分析するとき試料を識別するために付加する配列であるある tag 配列を含むプライマーを使用した。

tag を付加して調製した試料の品質を電気泳動および濃度測定により確認し、分析できるレベルであることを確認した後、GS FLX (Roche Applied Science) を用いてシーケンスを行い、シーケンサ付属のソフトウェアにより塩基配列 (リード配列) を取得した。

tag 配列に基づき塩基配列 (リード配列) を分類した。タグ分類毎に、各 OTU (operational taxonomic unit; 操作的分類単位) の代表配列を抽出し、NCBInt データベースに対して相同性検索を実施した。

(3)ゲル変成電気泳動を用いた腐朽材に存在する菌類の網羅的解析

供試体には、中川氏からご提供いただいた常陸太田市 N 邸、および木口氏からご提供いただいたつくば市 K 邸の腐朽材を用いた。供試体から 15cm の間隔で幅 1cm に試料を切り出した (図 2.2.1)。

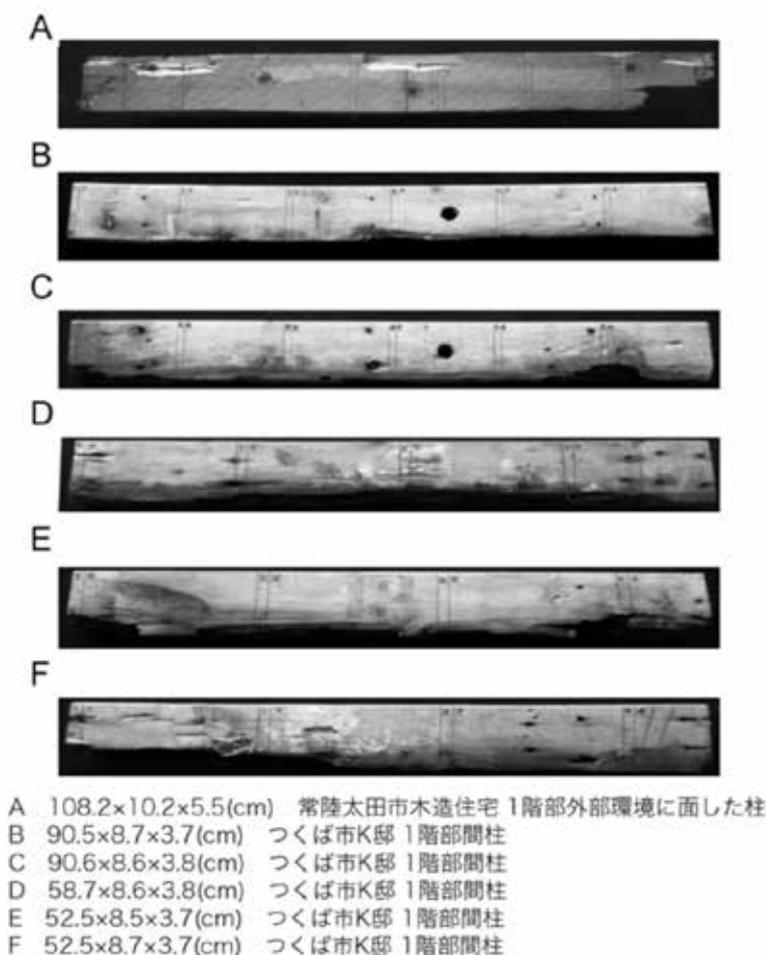


図 2.2.1 DGGE を用いた解析に使用した腐朽材サンプル

切り出した試料をウィーリーミルで粉碎し、さらにそれを液体窒素で凍らせた後サンプルミルで粉碎した。粉碎試料は DNA の抽出に用いるまで-80°Cで保管した。

各粉碎試料からの DNA 抽出には、DNeasy® Plant Mini Kit (QIAGEN) を用い、DNA の溶出を 50µl で行った。

DNeasy® Plant Mini Kit で抽出したゲノム DNA を鋳型として、真菌類のリボソーム DNA 遺伝子中の ITS 領域 (図 X) を特異的に増幅するプライマー対 (表 2.2.3) を用いて PCR を行った。反応液の組成は、2×PCR Buffer

for KOD FX Neo 10 μ l、dNTPs 4 μ l、プライマーITS-1F-DGGE(10 μ M)、及び ITS4(10 μ M)を各 0.3 μ l、KOD FX Neo 0.4 μ l、ゲノム DNA 1 μ l、滅菌水 4 μ l、の計 20 μ l とした。PCR 反応条件は、94 $^{\circ}$ C2 分を 1 サイクル、98 $^{\circ}$ C10 秒・60 $^{\circ}$ C30 秒・68 $^{\circ}$ C1 分を 40 サイクルとした。反応は n=3 で行った。得られた PCR 増幅産物を 2%アガロースゲルで電気泳動し、増幅産物を得た。

表 2.2.3 使用したプライマーの塩基配列

| プライマー | 塩基配列 (5' → 3') |
|-------------|---|
| ITS1-F-DGGE | CGCCCGCCGCGCCCCGCGCCCGTCCCGCCGCCCCCGCCCC TTGGTCATTTAGAGGAAGTAA |
| ITS4 | TCCTCCGCTTATTGATATGC |



図 2.2.2 プライマーがハイブリダイズする領域

上述した PCR で増幅された DNA 溶液を DGGE 解析に供した。DGGE 解析は、変性剤 (100%変性剤は 40%ホルムアミドと 7M 尿素の混合液) を 20-50%の直線濃度勾配として含む 8%ポリアクリルアミドゲルを用いて行った。PCR 産物と等量の 2 \times DGGE loading buffer (ニッポンジーン (株)) を混合し、これをサンプルとした。電気泳動は 0.5 \times TAE を用いて、60 $^{\circ}$ C、15 時間行った。その際の電圧は 75V とし、ゲルのサイズは 180mm \times 200mm \times 0.5mm とした。電気泳動後、SYBR[®] Green I (タカラバイオ (株)) で染色し、PCR 産物を検出した。各 DNA 断片をゲルから切り出し、E. Z. N. A. Poly-Gel DNA Extraction Kit (Omega Bio-Tek) を用いて DNA 断片を精製した。この DNA 断片をダイレクトシーケンス解析に供した。ダイレクトシーケンスにより解析できなかった断片は、pGEM[®]-T Easy Vector (Promega) に挿入し、シーケンス解析に供した。米国国立衛生研究所医学図書館の生物工学情報センター (NCBI) が提供する相同性検索ウェブサイト (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast/>) において、シーケンス解析により得られた塩基配列情報を用いた BLASTN 検索を行った。アルゴリズムは megablast を用い、パラメーターは全てデフォルト設定で行った。

2.2.4 結果と考察

(1) 次世代シーケンサを用いた腐朽材に存在する菌類の網羅的解析

表 2.2.4 に次世代シーケンサによる解析例を示す。この表は、1 カ所の住宅腐朽部材から調製した木粉に含まれる DNA を解析することによって明らかとなった菌類の種名とその出現数を表したものである。この表が示すように、少量の木粉から多数の菌種の遺伝子が検出されていることから、木材腐朽は単一の菌種によって進行するとは限らず、多数の菌が平行して木材を腐朽する場合もあることが示唆された。

| 種名 | カウント数 |
|--|-------|
| <i>Amanita calyprata</i> | 1 |
| <i>Ascomycota</i> sp. AR-2010 | 2 |
| cf. <i>Passalora</i> sp. CPC 11876 | 1 |
| <i>Chrysosporium</i> sp. | 30 |
| <i>Conlarium duplumascospora</i> | 3 |
| <i>Devriesia queenslandica</i> | 1 |
| <i>Devriesia shakazului</i> | 2 |
| <i>Drechlerella dactyloides</i> | 20 |
| <i>Fomitiporella caryophylli</i> | 1 |
| fungal endophyte | 1 |
| <i>Geomyces</i> sp. 12NJ08 | 83 |
| <i>Geosmithia pallida</i> | 5 |
| <i>Grandinia</i> cf. <i>barba-jovis</i> UBC F19756 | 1 |
| <i>Helotiales</i> sp. REF049 | 1 |
| <i>Hymenochaetales</i> sp. 1 LM-2012 | 4 |
| <i>Lenzites tricolor</i> | 2 |
| <i>Mycosphaerella</i> sp. KH00254 | 1 |
| <i>Penicillium citreonigrum</i> | 2 |
| <i>Penicillium</i> sp. BM14311 | 2 |
| <i>Phialophora hyalina</i> | 2 |
| <i>Polyporus brumalis</i> | 6 |
| <i>Pratylenchus goodeyi</i> | 4 |
| root associated fungal sp. shylhd18 | 2 |
| <i>Trametes hirsuta</i> | 7 |
| <i>Trametes sanguinea</i> | 5 |
| uncultured <i>Chalara</i> | 1 |
| uncultured <i>Chrysosporium</i> | 1 |
| uncultured ectomycorrhizal fungus | 2 |
| uncultured endophytic fungus | 1 |
| uncultured fungus | 41 |
| uncultured <i>Geomyces</i> | 7 |
| uncultured organism | 1 |
| uncultured soil fungus | 3 |
| <i>Xenopolyscytalum</i> sp. CCF 4159 | 2 |

表 2.2.4 次世代シーケンサによる解析で検出された腐朽住宅部材中の菌類とそのカウント数

(2) ゲル変成電気泳動を用いた腐朽材に存在する菌類の網羅的解析

常陸太田市の住宅から採取された柱は腐朽があまり確認されず、表面に変色が見られた。また、震災の被害によるものと見られる、激しい物理的な損壊が確認された。つくば市の住宅から採取された柱 5 本全てにおいて激しい腐朽が確認された。

各木片由来のゲノム DNA を鋳型に PCR を行った結果、全てのサンプルにおいて真菌類由来の ITS 領域が増幅されたことが確認された(図 2.2.3)。

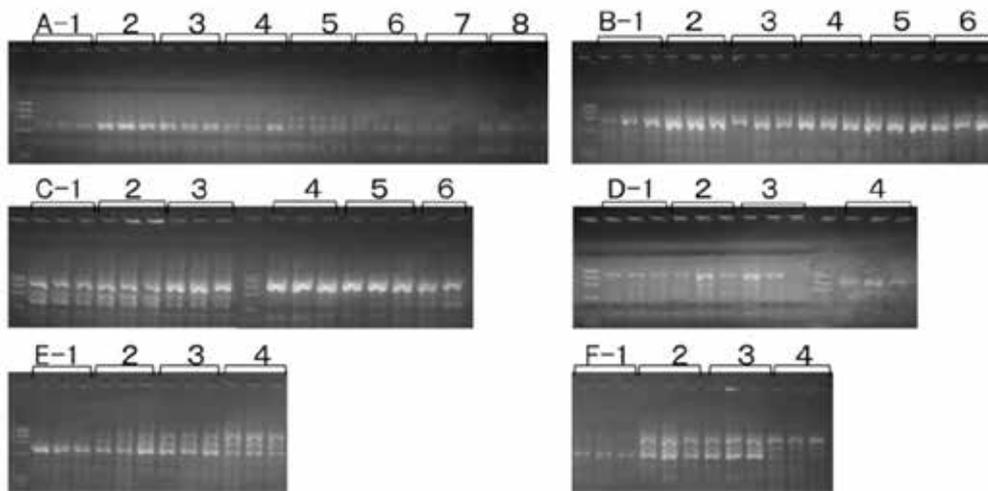


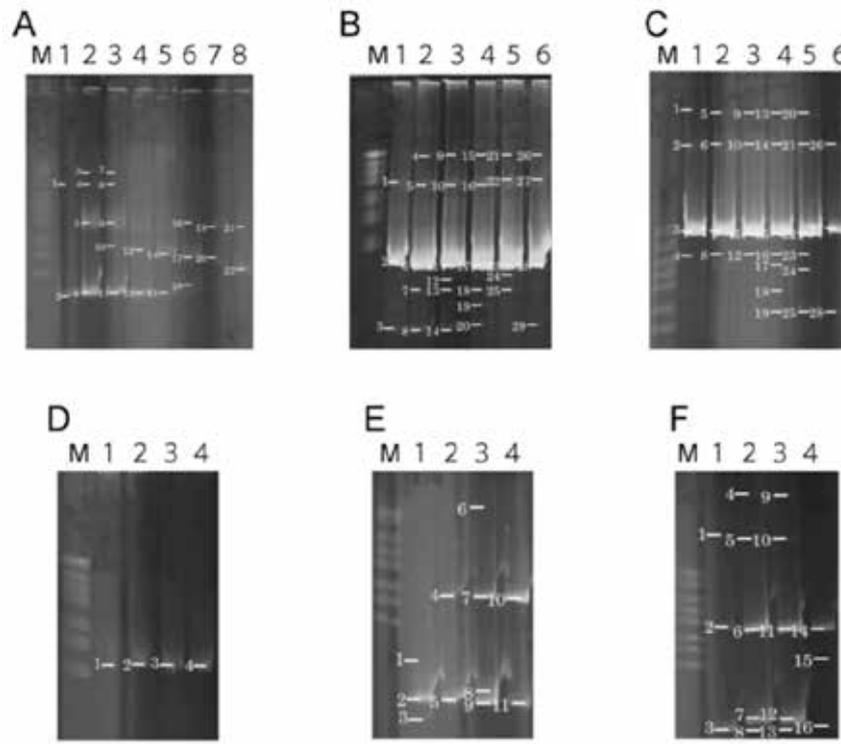
図 2.2.3 により増幅された真菌類由来 ITS 領域断片

DGGE 解析の結果を図 2.2.4 に示す。ほとんどのレーンで複数のバンドが確認されたことから、多くのサンプルでは複数の真菌類が存在していることが示唆された。

DGGE で得られたバンドをシーケンス解析に供し、相同性検索によって菌種を同定した(表 2.2.4)。また、同定された菌種と対応する部材の位置を示したものを図 2.2.5 として載せた。解析の結果、全てのサンプルで真菌類に相同性を示す DNA 断片が得られたことから、全ての部材において柱全体に渡って真菌類が存在していることが明らかとなった。また、本研究で用いたサンプルのうち、サンプル D を除く全てのサンプルで複数の菌種が同定されたことは、DGGE で複数のバンドが観察された結果と一致するものであり、これらの結果は、同一部材において複数の菌が共存していることを示唆している。同一部材における部位間の菌種の比較を行ったところ、部位が異なっている場合であっても検出される菌種に大きな差異は観察されなかった。したがって、今回使用した材サンプルでは菌種の多様性が比較的少なかったと考えられる。しかしながら、本研究で対象とした住宅は二棟のみであったことから、今後、多くの住宅に対して同様の調査を行っていく必要がある。

また、本研究を実施する過程で大きな問題点が見いだされた。本研究で用いた多くのサンプルでは、一次診断で明らかな腐朽が観察されたにも関わらず、木材腐朽性の担子菌が検出されたのはサンプル B の *Hyphodontia* sp. のみであり、それ以外の箇所では子のう菌もしくは非腐朽性の担子菌（主に担子酵母）のみが検出された。主要な子のう菌の一つとして、*Paecilomyces* sp. に属する菌が同定されたが、この菌は腐朽の極めて後期に木材に侵入する菌として知られていることから、このサンプルでは担子菌による腐朽の後に微生物群集構造の変遷が起こった結果、子のう菌が優占種となったと考えられた。したがって、本研究で用いた多くのサンプルでは、腐朽を引き起こす原因菌を特定することはできなかった。

遺伝子を用いた同定手法の特徴は、形態観察が不要で微量の腐朽材でも菌を同定可能であるところにあるが、腐朽材であれば必ず腐朽菌が同定できる訳ではなく、微生物群集構造に変遷が起こった場合などには菌種同定が難しくなることが明らかとなった。



各番号はDNA断片に由来するバンドを示す

図 2.2.4 PCR 産物の DGGE 解析

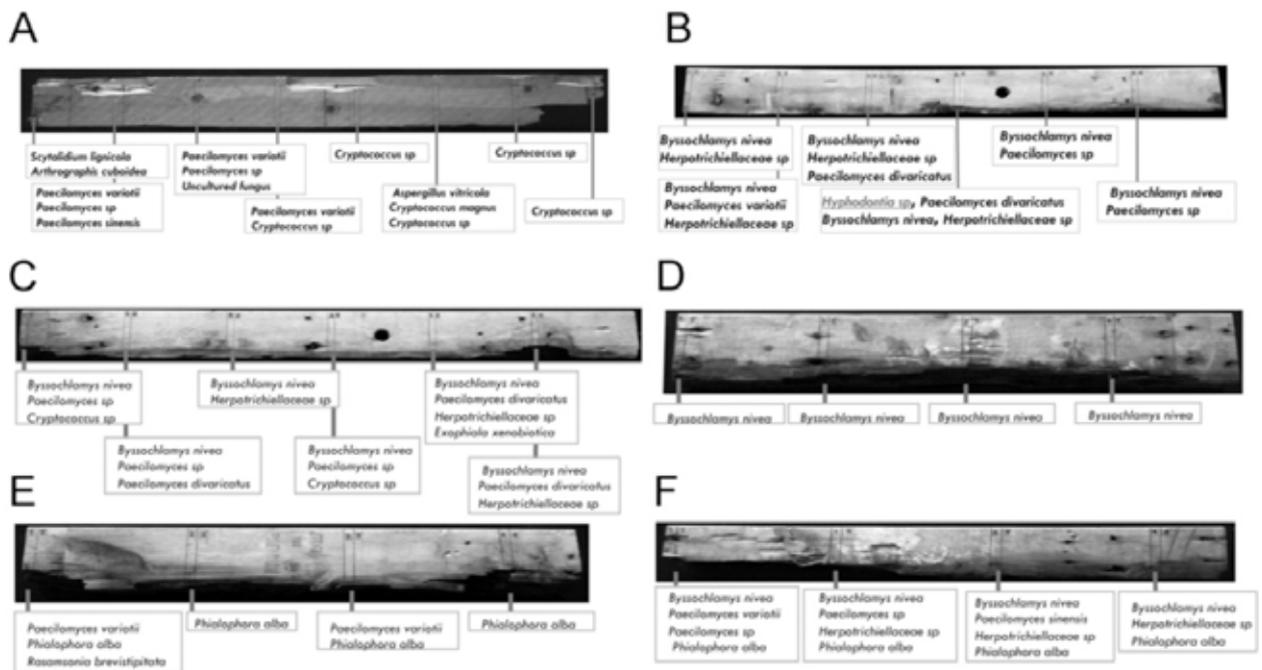


図 2.2.5 それぞれの部材に存在する真菌類

2.2.5 付録

表 2.2.4 サンプル A で同定された菌種

| A | 菌種 | Max ident | Accession | 分類 |
|----|---------------------------------|-----------|------------|----|
| -1 | 1 <i>Scytalidium lignicola</i> | 94 | JF340238.1 | A |
| | 2 <i>Arthrographis cuboidea</i> | 93 | AY557369.1 | A |
| -2 | 3 <i>Paecilomyces variotii</i> | 91 | FJ011547.1 | A |
| | 4 <i>Paecilomyces sp</i> | 93 | AB217858.1 | A |
| | 5 <i>Cryptococcus magnus</i> | 95 | KC254021.1 | B |
| | 6 <i>Paecilomyces sinensis</i> | 92 | EU272527.1 | A |
| -3 | 7 <i>Paecilomyces variotii</i> | 86 | FJ011547.1 | A |
| | 8 <i>Paecilomyces sp</i> | 92 | AB217858.1 | A |
| | 9 <i>Cryptococcus magnus</i> | 95 | KC254021.1 | B |
| | 10 <i>Uncultured fungus</i> | 97 | JX984768.1 | - |
| | 11 <i>Phialophora alba</i> | 99 | HM116755.1 | A |
| -4 | 12 <i>Cryptococcus sp</i> | 96 | JX164076.1 | B |
| | 13 <i>Paecilomyces variotii</i> | 99 | FJ011547.1 | A |
| -5 | 14 <i>Cryptococcus sp</i> | 99 | FJ210546.1 | B |
| | 15 <i>Paecilomyces sp</i> | 98 | AB217858.1 | A |
| -6 | 16 <i>Cryptococcus magnus</i> | 95 | KC254021.1 | B |
| | 17 <i>Cryptococcus sp</i> | 96 | JX164076.1 | B |
| | 18 <i>Aspergillus vitricola</i> | 92 | EF652046.1 | A |
| -7 | 19 <i>Cryptococcus sp</i> | 99 | JX164076.1 | B |
| | 20 <i>Cryptococcus sp</i> | 94 | JX164076.1 | B |
| -8 | 21 <i>Cryptococcus sp</i> | 99 | FJ210546.1 | B |
| | 22 <i>Cryptococcus sp</i> | 98 | JX164076.1 | B |

A : 子のう菌 B:担子菌

表 2.2.4 サンプル B で同定された菌種

| B | 菌種 | Max ident | Accession | 分類 |
|----|------------------------------------|-----------|------------|----|
| -1 | 1 <i>Byssochlamys nivea</i> | 98 | AY265223.1 | A |
| | 2 <i>Byssochlamys nivea</i> | 95 | AY265223.1 | A |
| | 3 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 99 | EF060665.1 | A |
| -2 | 4 <i>Byssochlamys nivea</i> | 99 | AY265223.1 | A |
| | 5 <i>Paecilomyces variotii</i> | 99 | AY753337.1 | A |
| | 6 <i>Byssochlamys nivea</i> | 95 | AY265223.1 | A |
| | 7 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 98 | EF060491.1 | A |
| | 8 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 98 | EF060665.1 | A |
| -3 | 9 <i>Cryptococcus sp</i> | 99 | JX164076.1 | B |
| | 10 <i>Paecilomyces divaricatus</i> | 99 | FJ389932.1 | A |
| | 11 <i>Byssochlamys nivea</i> | 95 | AY265223.1 | A |
| | 12 <i>Malassezia globosa</i> | 88 | KC152884.1 | B |
| | 13 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 98 | EF060665.1 | A |
| | 14 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 99 | EF060665.1 | A |
| -4 | 15 <i>Byssochlamys nivea</i> | 99 | AY265223.1 | A |
| | 16 <i>Paecilomyces divaricatus</i> | 99 | FJ389932.1 | A |
| | 17 <i>Byssochlamys nivea</i> | 95 | AY265223.1 | A |
| | 18 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 99 | EF060665.1 | A |
| | 19 <i>Malassezia restricta</i> | 91 | EU400587.1 | B |
| | 20 <i>Hyphodontia sp</i> | 96 | DQ340319.1 | B |
| -5 | 21 <i>Paecilomyces divaricatus</i> | 100 | FJ389932.1 | A |
| | 22 <i>Paecilomyces sp</i> | 99 | FR718449.1 | A |
| | 23 <i>Byssochlamys nivea</i> | 93 | AY265223.1 | A |
| | 24 <i>Malassezia globosa</i> | 98 | KC152884.1 | B |
| | 25 <i>Uncultured fungus</i> | 99 | JN847480.1 | - |
| -6 | 26 <i>Byssochlamys nivea</i> | 98 | AY265223.1 | A |
| | 27 <i>Paecilomyces sp</i> | 99 | FR718449.1 | A |
| | 28 <i>Byssochlamys nivea</i> | 92 | AY265223.1 | A |
| | 29 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 99 | EF060665.1 | A |

A : 子のう菌 B:担子菌

表 2.2.6 サンプル C で同定された菌種

| C | 菌種 | Max ident | Accession | 分類 |
|----|------------------------------------|-----------|------------|----|
| -1 | 1 <i>Byssochlamys nivea</i> | 93 | AY265223.1 | A |
| | 2 <i>Paecilomyces sp</i> | 98 | FR718449.1 | A |
| | 3 <i>Byssochlamys nivea</i> | 91 | AY265223.1 | A |
| | 4 <i>Cryptococcus sp</i> | 93 | JX164076.1 | B |
| -2 | 5 <i>Paecilomyces divaricatus</i> | 100 | FJ389932.1 | A |
| | 6 <i>Paecilomyces sp</i> | 99 | FR718449.1 | A |
| | 7 <i>Byssochlamys nivea</i> | 93 | AY265223.1 | A |
| | 8 <i>Malassezia globosa</i> | 86 | KC152884.1 | B |
| -3 | 9 <i>Herpotrichiellaceae sp.</i> | 98 | EF060665.1 | A |
| | 10 <i>Paecilomyces sp</i> | 99 | FR718449.1 | A |
| | 11 <i>Byssochlamys nivea</i> | 93 | AY265223.1 | A |
| | 12 <i>Herpotrichiellaceae sp.</i> | 99 | EF060665.1 | A |
| -4 | 13 <i>Byssochlamys nivea</i> | 98 | AY265223.1 | A |
| | 14 <i>Hamigera fusca</i> | 86 | GU092939.1 | A |
| | 15 <i>Byssochlamys nivea</i> | 94 | AY265223.1 | A |
| | 16 <i>Herpotrichiellaceae sp.</i> | 99 | EF060665.1 | A |
| | 17 <i>Byssochlamys nivea</i> | 93 | AY265223.1 | A |
| | 18 <i>Cryptococcus magnus</i> | 99 | KC254021.1 | B |
| | 19 <i>Paecilomyces variotii</i> | 100 | AY753337.1 | A |
| -5 | 20 <i>Exophiala xenobiotica</i> | 99 | AB566310.1 | A |
| | 21 <i>Paecilomyces divaricatus</i> | 99 | FJ389932.1 | A |
| | 22 <i>Byssochlamys nivea</i> | 94 | AY265223.1 | A |
| | 23 <i>Herpotrichiellaceae sp.</i> | 99 | EF060665.1 | A |
| | 24 <i>Herpotrichiellaceae sp.</i> | 99 | EF060665.1 | A |
| | 25 <i>Herpotrichiellaceae sp.</i> | 98 | EF060458.1 | A |
| -6 | 26 <i>Paecilomyces divaricatus</i> | 99 | FJ389932.1 | A |
| | 27 <i>Byssochlamys nivea</i> | 98 | AY265223.1 | A |
| | 28 <i>Herpotrichiellaceae sp.</i> | 99 | EF060665.1 | A |

A : 子のう菌 B:担子菌

表 2.2.7 サンプル D で同定された菌種

| D | 菌種 | Max ident | Accession | 分類 |
|----|-----------------------------|-----------|------------|----|
| -1 | 1 <i>Byssochlamys nivea</i> | 90 | AY265223.1 | A |
| -2 | 2 <i>Byssochlamys nivea</i> | 94 | AY376406.1 | A |
| -3 | 3 <i>Byssochlamys nivea</i> | 92 | AY376406.1 | A |
| -4 | 4 <i>Byssochlamys nivea</i> | 90 | AY265223.1 | A |

A : 子のう菌

表 2.2.8 サンプル E で同定された菌種

| E | 菌種 | Max ident | Accession | 分類 |
|----|------------------------------------|-----------|------------|----|
| -1 | 1 <i>Paecilomyces variotii</i> | 88 | FJ011547.1 | A |
| | 2 <i>Phialophora alba</i> | 95 | HM116755.1 | A |
| | 3 <i>Rasamsonia brevistipitata</i> | 91 | JF417488.1 | A |
| -2 | 4 <i>Byssochlamys nivea</i> | 93 | AY265223.1 | A |
| | 5 <i>Phialophora alba</i> | 93 | HM116755.1 | A |
| -3 | 6 <i>Paecilomyces variotii</i> | 86 | FJ011547.1 | A |
| | 7 <i>Byssochlamys nivea</i> | 93 | AY265223.1 | A |
| | 8 <i>Paecilomyces variotii</i> | 88 | FJ011547.1 | A |
| | 9 <i>Phialophora alba</i> | 97 | HM116755.1 | A |
| -4 | 10 <i>Byssochlamys nivea</i> | 93 | AY265223.1 | A |
| | 11 <i>Phialophora alba</i> | 97 | HM116755.1 | A |

A : 子のう菌

表 2.2.9 サンプル F で同定された菌種

| F | 菌種 | Max ident | Accession | 分類 |
|----|----------------------------------|-----------|------------|----|
| -1 | 1 <i>Paecilomyces variotii</i> | 95 | FJ011547.1 | A |
| | 2 <i>Byssochlamys nivea</i> | 98 | AY265223.1 | A |
| | <i>Paecilomyces sp</i> | 100 | AB217857.1 | A |
| | 3 <i>Phialophora alba</i> | 95 | HM116755.1 | A |
| -2 | 4 <i>Paecilomyces sp</i> | 99 | AB217857.1 | A |
| | 5 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 92 | EF060665.1 | A |
| | 6 <i>Byssochlamys nivea</i> | 94 | AY265223.1 | A |
| | <i>Paecilomyces sp</i> | 100 | AB217857.1 | A |
| | 7 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 99 | EF060665.1 | A |
| | 8 <i>Phialophora alba</i> | 99 | HM116755.1 | A |
| -3 | 9 <i>Paecilomyces sinensis</i> | 99 | EU272527.1 | A |
| | 10 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 92 | EF060458.1 | A |
| | 11 <i>Byssochlamys nivea</i> | 98 | AY265223.1 | A |
| | <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 97 | EF060458.1 | A |
| | 12 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 99 | EF060665.1 | A |
| | 13 <i>Phialophora alba</i> | 99 | HM116755.1 | A |
| -4 | 14 <i>Byssochlamys nivea</i> | 94 | AY265223.1 | A |
| | 15 <i>Herpotrichiellaceae sp</i> | 88 | EF060458.1 | A |
| | 16 <i>Phialophora alba</i> | 96 | HM116755.1 | A |

A : 子のう菌

第3章 保存処理の耐久性と耐久性能に関する検討

3.1 目的

優良な住宅ストック形成を図ることを目的に、「住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）」が施行され、「評価方法基準」が制定された。同基準では、木造住宅に使用される材料の劣化の進行を遅らせるための対策がどの程度講じられているかを、通気・換気をはじめとする構法上の工夫や、高耐久の木材の使用・保存処理の種類などの点から評価し、外壁の軸組等を例にとれば、「通気層を設けた構造」で、「防腐及び防蟻に有効な薬剤が塗布され、加圧注入され、浸漬され、若しくは吹き付けられたもの又は防腐及び防蟻に有効な接着剤が混入されたもの」であれば小径 10.5cm の軸組を使用した住宅でも劣化等級 3 と表示できることになった。

この品確法の「防腐及び防蟻に有効な薬剤」については、日本農林規格や日本工業規格をはじめとする諸規格によって規定されているが、それらの薬剤で処理された保存処理木材の効力の持続性については、一部の注入処理用木材保存剤について屋外暴露 20 年以上の長期試験の実績があるものの、その他多くの木材保存剤では注入処理用木材保存剤で 10-15 年、表面処理用木材保存剤では 2 年程度の試験実績しかないものがほとんどである。また、屋外暴露の劣化環境は通常の住宅内の劣化環境よりもはるかに厳しいことから、屋外暴露で求められた耐用年数をそのまま保存処理木材を住宅部材として使用した際の耐用年数とすることは適切ではない。

そこで、保存処理木材を適切に管理された住宅の構造用部材として長期間使用した際の耐久性を予測することを目的に、木粉に添加された状態で高温条件下に暴露する促進劣化試験を実施してきた。本年度、この促進劣化試験を継続しておこない、促進劣化試験の効果を確認する。

3.2 事業実施体制

事業は、以下のメンバーからなる「保存処理の長期耐久性検討 TG」および分析協力企業により実施した。

保存処理の長期耐久性検討 TG 参画機関

独立行政法人 森林総合研究所
日本木材保存剤工業会（三井化学アグロ株式会社）
日本木材防腐工業組合（兼松日産農林株式会社）
財団法人 日本住宅・木材技術センター
公益財団法人 日本合板検査会
住友林業株式会社
一般社団法人全国木材検査・研究協会

分析協力企業

大日本木材防腐株式会社
株式会社コシイプレザービング

3.3 実験

3.3.1 表面処理用木材保存剤の有効成分に関する検討

(1) 供試有効成分

一昨年度調製し曝露を開始した試料を供試試料とした。使用した薬剤は以下の通り。

- ① チアメトキサム（和光純薬分析用標準品、純度 99.0%）
- ② イミダクロプリド（和光純薬分析用標準品、純度 98.0%）
- ③ ペルメトリン（Dr.Ehrenstorfer GmbH 試薬、純度 94%）
- ④ エトフェンプロックス（和光純薬分析用標準品、純度 99.5%）
- ⑤ ビフェントリン（和光純薬分析用標準品、純度 98%以上）
- ⑥ IPBC（Working STD、純度 99.8%）
- ⑦ シプロコナゾール（和光純薬分析用標準品、純度 99.0%）
- ⑧ F-69（Working STD、純度 98%以上）
- ⑨ テブコナゾール（和光純薬分析用標準品、純度 98.0%）
- ⑩ プロピコナゾール（和光純薬分析用標準品、純度 99.0%）

(2) 試料の調製

スギ辺材をブレンダーミルで粉碎後メタノール洗浄し脱脂した 50-100 メッシュの木粉 1.5g を試験容器である 50 ml 容の PP 製遠沈管（φ 約 3 cm, 高さ約 12 cm, スクリューキャップ付）に入れた。

この容器内の木粉に上記有効成分の内の 1 つを所定濃度で溶解させたアセトニトリル 0.55ml ずつ滴下し、処理木粉を調製した。

処理木粉を試験容器ごと室温、50℃、80℃の環境に暴露した。その際、室温条件に曝した試料は、薬剤ごとに仕分けしてプラスチック製コンテナに収め、実験室内に静置した。50℃条件、80℃条件も同様に薬剤ごとに仕分けし、それぞれの温度条件に設定した恒温器内に静置した。静置期間中はいずれも遮光条件とした。

処理後 18 ヶ月後および 24 ヶ月後の計 2 回サンプリングを実施した。その際、各試料の繰り返し数はそれぞれ 3 とした。

サンプリング後の試験容器に抽出溶媒 40 ml を加え、180 分間超音波に付した後、上澄み液を 1.5 ml 採取し前処理フィルタに通して分析用試料とした。検量線溶液は薬剤ごとに用時調製した。

分析用試料または検量線溶液 25 μl を島津 LC-10Avp シリーズ（PDA 検出器付）に注入し、得られたピークを島津 Labsolutions LC で解析した。HPLC 分析で得られた検量線溶液のピーク面積と濃度から回帰直線をプロットし、得られた近似式を検量線とした。各薬剤は別々に分析した。以下に、HPLC 測定条件の一例を示す。

表 3.1 HPLC 測定条件の例 (チアメトキサム及びイミダクロプリド用)

| | |
|----------|--|
| カラム | STR ODS-II ϕ 4.6×150 mm |
| カラム温度 | 40°C |
| 波長 | チアメトキサム 250 nm (スリット幅 4nm) イミダクロプリド 270 nm (スリット幅 4nm) |
| 移動相 | 混合溶媒*/水=20/80, v/v |
| 流速 | 1.0 mL/min |
| タイムプログラム | 0-14 分 混合溶媒*/水=20/80, v/v (洗浄: 14.01-17 分 同 95/5, v/v) (調整: 17.01-24 分 同 20/80, v/v) |
| 保持時間 | チアメトキサム: 約 7.5 分 イミダクロプリド: 約 12.6 分 |
| 注入量 | 25 μ L |
| 最終液量 | 40 mL |

混合溶媒*: メタノール/アセトニトリル混合溶媒=1/1, v/v

3.3.2 加圧処理用木材保存剤の有効成分に関する検討

(1) 供試試料

一昨年度に調製し曝露を開始した試料を用いた。薬剤の種類は以下の通り。

(a) 第四級アンモニウム化合物系(AAC)

有効成分-DDAC

(b) 銅・第四級アンモニウム化合物系(ACQ)

有効成分-CuO、BKC (塩化ベンザルコニウム)

(c) 銅・アゾール化合物系木材保存剤 (CUAZ)

有効成分-CuO、シプロコナゾール

(d) 第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系(SAAC)

有効成分-DMPAP、シラフルオフェン

(e) アゾール・ネオニコチノイド化合物系(AZN)

有効成分-シプロコナゾール、イミダクロプリド

(2) 促進曝露試験

促進曝露試験は三井化学アグロ株式会社 農業化学研究所において実施した。木材保存剤を注入し養生した処理供試体を、室温、50°C、80°Cの環境下に所定期間放置した。なお、50°C及び80°Cでの促進曝露は恒温器を用いておこない、曝露時の湿度については特に調整しなかった。

(3) 残存木材保存剤の分析

残存木材保存剤の分析は昨年度の方法に準じておこなった。なお、分析機関は、(財)日本住宅・木材技術センターおよび保存処理各社(兼松日産農林(株)、大日本木材防腐(株)、(株)コシイプレザービング)とした。以下に、分析方法の一例としてCUAZに含まれるシプロコナゾールを分析した例を記す。

=====
CUAZ 中のシプロコナゾール量の定量方法

試料木粉約 0.5g を 20ml スクリュー管瓶に正確に量りとり、エタノール 15ml を加えて栓をし、1 時間ごとによく振り混ぜながら超音波による抽出（水温は 40℃以下に維持）を 3 時間行う。静置後、抽出物を吸引ろ過するとともに、木粉をエタノールで洗浄した。ろ液は 45℃の湯浴上で減圧乾固した。放冷後、エタノール 3ml に溶解して試料液とした。

試料液を Oasis MCX 6mg/3cc 30 μ m (Waters)を用いて精製し、溶出液を回収した。溶出液を 45℃の湯浴上で減圧乾固し、放冷後エタノール 2ml に溶解したものを測定溶液とした。測定溶液を HPLC 用フィルタでろ過した後、HPLC で分析した。

分析条件

カラム Waters XBridge C18 5 μ m、カラムサイズ 内径 2.1mm×長さ 150mm
 ガードカラムサイズ 内径 2.1mm×長さ 10mm、
 移動相 アセトニトリル：水=60：40 (v/v)、移動相流速 0.2ml/分
 検出器 UV 221nm、カラムオープン温度 40℃、注入量 2 μ L

得られたシプロコナゾールのピーク面積から測定溶液中のシプロコナゾール濃度を求め、その値から木粉中のシプロコナゾール量を算出した。

=====
3.4 結果と考察

3.4.1 表面処理用木材保存剤の有効成分に関する検討

表面処理用木材保存剤の有効成分を脱脂スギ木粉に添加し、室温、50℃、80℃の環境に 18 ヶ月または 24 ヶ月暴露した後に残存していた各有効成分の残存率(%)を示す。

表 3.2 チアメトキサムの残存率（初期値=100%）

| 曝露期間（月） | | 0 | 18 | 24 |
|---------|-----|-----|-----|-----|
| 曝露温度 | 室温 | 100 | 6.1 | 5.9 |
| | 50℃ | 100 | 5.0 | 3.3 |
| | 80℃ | 100 | 2.4 | 0 |

表 3.3 イミダクロプリドの残存率（初期値=100%）

| 曝露期間（月） | | 0 | 18 | 24 |
|---------|-----|-----|-----|-----|
| 曝露温度 | 室温 | 100 | 8.3 | 6.6 |
| | 50℃ | 100 | 7.0 | 5.7 |
| | 80℃ | 100 | 5.6 | 2.3 |

表 3.4 ペルメトリンの残存率（初期値＝100%）

| 曝露期間（月） | | 0 | 18 | 24 |
|---------|-----|-----|-----|-----|
| 曝露温度 | 室温 | 100 | 8.7 | 8.1 |
| | 50℃ | 100 | 7.7 | 7.5 |
| | 80℃ | 100 | 5.7 | 4.5 |

表 3.5 エトフェンプロックスの残存率（初期値＝100%）

| 曝露期間（月） | | 0 | 18 | 24 |
|---------|-----|-----|-----|-----|
| 曝露温度 | 室温 | 100 | 7.1 | 7.4 |
| | 50℃ | 100 | 6.1 | 6.5 |
| | 80℃ | 100 | 3.4 | 4.0 |

表 3.6 ビフェントリンの残存率（初期値＝100%）

| 曝露期間（月） | | 0 | 18 | 24 |
|---------|-----|-----|----|----|
| 曝露温度 | 室温 | 100 | 0 | 0 |
| | 50℃ | 100 | 0 | 0 |
| | 80℃ | 100 | 0 | 0 |

表 3.7 IPBC の残存率（初期値＝100%）

| 曝露期間（月） | | 0 | 18 | 24 |
|---------|-----|-----|-----|-----|
| 曝露温度 | 室温 | 100 | 6.6 | 2.2 |
| | 50℃ | 100 | 2.1 | 0 |
| | 80℃ | 100 | 0 | 0 |

表 3.8 シプロコナゾールの残存率（初期値＝100%）

| 曝露期間（月） | | 0 | 18 | 24 |
|---------|-----|-----|----|----|
| 曝露温度 | 室温 | 100 | 57 | 43 |
| | 50℃ | 100 | 48 | 40 |
| | 80℃ | 100 | 28 | 19 |

表 3.9 F-69 の残存率（初期値＝100%）

| 曝露期間（月） | | 0 | 18 | 24 |
|---------|-----|-----|----|----|
| 曝露温度 | 室温 | 100 | 73 | 68 |
| | 50℃ | 100 | 67 | 62 |
| | 80℃ | 100 | 55 | 49 |

表 3.10 テブコナゾールの残存率（初期値＝100%）

| 曝露期間（月） | | 0 | 18 | 24 |
|---------|-----|-----|----|----|
| 曝露温度 | 室温 | 100 | 67 | 51 |
| | 50℃ | 100 | 54 | 43 |
| | 80℃ | 100 | 49 | 40 |

表 3.11 プロピコナゾールの残存率（初期値＝100%）

| 曝露期間（月） | | 0 | 18 | 24 |
|---------|-----|-----|----|----|
| 曝露温度 | 室温 | 100 | 52 | 53 |
| | 50℃ | 100 | 44 | 39 |
| | 80℃ | 100 | 24 | 21 |

今回試験した有効成分の中では、ビフェントリンと IPBC の有効成分が比較的速く失われる傾向にあった。また、防蟻成分と防腐成分との比較では、防蟻成分が曝露温度に関わらずいずれも比較的速やかに失われたのに対し、IPBC を除く防腐成分は 80℃に曝露した場合であってもおよそ 20%以上が残存していた。

3.4.2 加圧処理用木材保存剤の有効成分に関する検討

加圧処理用木材保存剤の分析では分析機関間の誤差が混入するのを防ぐため、試験機関ごとの結果を示す。

(1) 日本住宅・木材技術センターでの分析結果

各処理試験体中の有効成分量を表 3.1 から表 3.5 に示す。

表 3.12 ACQ 処理試験体中の有効成分量

| | | 吸収量 (kg/m ³) | |
|-----|-------|--------------------------|-----|
| | | CuO として | BKC |
| 暴露前 | | 2.2 | 4.9 |
| | | 2.3 | 4.4 |
| 室温 | 20 ヶ月 | 2.1 | 3.6 |
| | 27 ヶ月 | 2.2 | 4.3 |
| 50℃ | 20 ヶ月 | 2.0 | 3.1 |
| | 27 ヶ月 | 2.2 | 3.1 |
| 80℃ | 20 ヶ月 | 2.4 | 3.1 |
| | 27 ヶ月 | 2.7 | 4.7 |

表 3.13 CUAZ 処理試験体中の有効成分量

| | | 吸収量 (kg/m ³) | |
|-----|-------|--------------------------|----------|
| | | CuO として | シプロコナゾール |
| 暴露前 | | 1.3 | 0.0091 |
| | | 1.4 | 0.0093 |
| 室温 | 20 ヶ月 | 1.2 | 0.0037 |
| | 27 ヶ月 | 1.1 | 0.0017 |
| 50℃ | 20 ヶ月 | 1.3 | 0.0036 |
| | 27 ヶ月 | 1.2 | 0.0022 |
| 80℃ | 20 ヶ月 | 1.1 | 0.0018 |
| | 27 ヶ月 | 1.3 | 0.0010 |

表 3.14 AAC 処理試験体中の有効成分量

| | | 吸収量 (kg/m ³) | |
|-----|-------|--------------------------|--|
| | | DDAC | |
| 暴露前 | | 7.5 | |
| | | 5.7 | |
| 室温 | 20 ヶ月 | 6.9 | |
| | 27 ヶ月 | 7.3 | |
| 50℃ | 20 ヶ月 | 5.3 | |
| | 27 ヶ月 | 5.3 | |
| 80℃ | 20 ヶ月 | 5.2 | |
| | 27 ヶ月 | 4.9 | |

表 3.15 SAAC 処理試験体中の有効成分量

| | | 吸収量 (kg/m ³) | |
|-----|-------|--------------------------|----------|
| | | DMPAP | シラフルオフェン |
| 暴露前 | | 11 | 0.023 |
| | | 10 | 0.035 |
| 室温 | 20 ヶ月 | 7.9 | 0.024 |
| | 27 ヶ月 | 8.7 | 0.021 |
| 50℃ | 20 ヶ月 | 7.3 | 0.027 |
| | 27 ヶ月 | 8.1 | 0.022 |
| 80℃ | 20 ヶ月 | 8.3 | 0.013 |
| | 27 ヶ月 | 7.5 | 0.006 |

表 3.16 AZN 処理試験体中の有効成分量

| | | 吸収量 (kg/m ³) | |
|-----|-------|--------------------------|----------|
| | | シプロコナゾール | イミダクロプリド |
| 暴露前 | | 0.14 | 0.061 |
| | | 0.14 | 0.064 |
| 室温 | 20 ヶ月 | 0.12 | 0.061 |
| | 27 ヶ月 | 0.098 | 0.036 |
| 50℃ | 20 ヶ月 | 0.12 | 0.061 |
| | 27 ヶ月 | 0.11 | 0.042 |
| 80℃ | 20 ヶ月 | 0.060 | 0.029 |
| | 27 ヶ月 | 0.044 | 0.011 |

(2) 大日本木材防腐(株)での分析結果

大日本木材防腐(株)では、CUAZ 及び AAC の定量をおこなった。暴露前、暴露 20 ヶ月目、27 ヶ月目のデータを以下に示す。

表 3.17 CUAZ 試料の有効成分の吸収量

| | | 吸収量(標準偏差) (kg/m ³) | |
|-----|-------|--------------------------------|----------|
| | | CuO として | シプロコナゾール |
| 暴露前 | | 1.2 | 0.021 |
| 室温 | 20 ヶ月 | 1.2 | 0.020 |
| | 27 ヶ月 | 1.7 | 0.020 |
| 50℃ | 20 ヶ月 | 1.2 | 0.021 |
| | 27 ヶ月 | 1.5 | 0.020 |
| 80℃ | 20 ヶ月 | 1.1 | 0.017 |
| | 27 ヶ月 | 1.5 | 0.015 |

表 3.18 AAC 試料の有効成分の吸収量

| | | 吸収量(標準偏差) (kg/m ³) | |
|-----|-------|--------------------------------|--|
| | | DDAC | |
| 暴露前 | | 6.3 | |
| 室温 | 20 ヶ月 | 6.9 | |
| | 27 ヶ月 | 7.0 | |
| 50℃ | 20 ヶ月 | 6.0 | |
| | 27 ヶ月 | 7.0 | |
| 80℃ | 20 ヶ月 | 4.0 | |
| | 27 ヶ月 | 4.0 | |

(3) (株)コシイプレザービングでの分析結果

(株)コシイプレザービングでは、ACQ 及び SAAC の分析をおこなった。また、数個の試料から調製した木粉を混ぜ合わせた試料中に含まれる有効成分を定量しているため、標準偏差については記載しなかった。

表 3.19 ACQ 試料の有効成分の吸収量

| | | 吸収量 (kg/m ³) | |
|-----|-------|--------------------------|-----|
| | | CuO として | BKC |
| 暴露前 | | 2.3 | 2.0 |
| 室温 | 20 ヶ月 | 2.2 | 1.9 |
| | 27 ヶ月 | 3.3 | 2.4 |
| 50℃ | 20 ヶ月 | 2.3 | 1.9 |
| | 27 ヶ月 | 2.5 | 2.0 |
| 80℃ | 20 ヶ月 | 2.1 | 2.0 |
| | 27 ヶ月 | 2.9 | 2.0 |

表 3.20 SAAC 試料の有効成分の吸収量

| | | 吸収量 (kg/m ³) | |
|-----|-------|--------------------------|----------|
| | | DMPAP | シラフルオフエン |
| 暴露前 | | 3.2 | 0.02 |
| 室温 | 20 ヶ月 | 4.0 | 0.02 |
| | 27 ヶ月 | 4.0 | 0.02 |
| 50℃ | 20 ヶ月 | 3.6 | 0.02 |
| | 27 ヶ月 | 3.6 | 0.02 |
| 80℃ | 20 ヶ月 | 3.3 | 0.02 |
| | 27 ヶ月 | 3.3 | 0.02 |

(4) 兼松日産農林(株)での分析結果

兼松日産農林(株)では AZN の定量をおこなった。結果を以下に示す。

表 3.21 AZN 試料の有効成分の吸収量

| | | 吸収量(標準偏差) (kg/m ³) | |
|-----|-------|--------------------------------|----------|
| | | シプロコナゾール | イミダクロプリド |
| 初期 | | 0.16 | 0.076 |
| 室温 | 20 ヶ月 | 0.17 | 0.078 |
| | 27 ヶ月 | 0.18 | 0.081 |
| 50℃ | 20 ヶ月 | 0.16 | 0.069 |
| | 27 ヶ月 | 0.15 | 0.073 |
| 80℃ | 20 ヶ月 | 0.10 | 0.045 |
| | 27 ヶ月 | 0.087 | 0.026 |

(5) 木材保存剤別、有効成分別の傾向

今回暴露試験を実施した木材保存剤の有効成分は、(a)酸化銅（銅イオン）、(b)第四級アンモニウム化合物、(c)第四級アンモニウム化合物以外の低分子有機化合物に大きく分類することができる。

この中の(a)銅イオンは、揮発性が非常に低いため揮散する虞が無く、熱による分解もないため、液体状の水の出入りが無い限り木材から失われないと予想された。(b)の第四級アンモニウム化合物は、分子内にプラスのイオンを持つことから、銅イオン同様揮発性が非常に低く、揮散する虞はないものの、有機化合物であることから長期間環境中に暴露することにより、分解・変質する虞があることが予想された。(c)の有効成分は分子がプラスやマイナスに荷電していないため、前 2 者と比べ揮発性が高く、また有機化合物であることから長期間の暴露中に分解する虞もあることが予想された。

そこで今回供試した 5 種の木材保存剤の有効成分の中から上記(a)~(c)に相当するものとして、CuO (a)、DDAC (b)、シプロコナゾール(c)を取り出し、その減少挙動を以下に図示する。CuO については試験前に予想されたように、暴露温度・暴露期間に関わらず、残存量が大きく低下することはなかった(図 3.1~3.3)。一方、揮散しにくく減少しないと考

えられた DDAC を注入した試験体では、80℃に暴露した試験体中の DDAC 量が減少していくのが認められたが、室温や 50℃に暴露した試験体中の DDAC 量についてはほとんど変化していなかった（図 3.4～3.6）。揮散する虞や分解する虞があると考えられたシプロコナゾールについても、DDAC と同様 80℃に暴露した試験体からシプロコナゾールが失われていくのが認められたが、50℃や室温に暴露した試験体ではシプロコナゾールが失われなかった（図 3.7～3.9）。

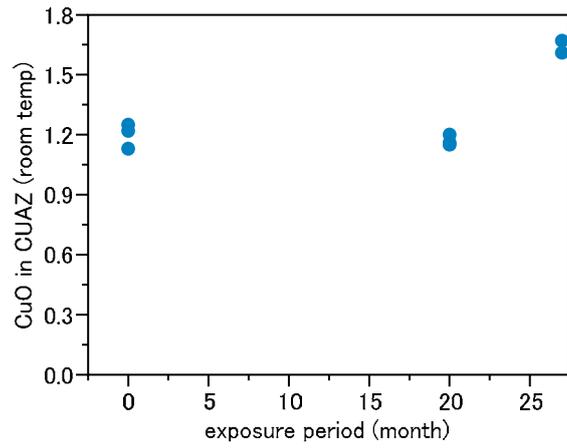


図 3.1 室温に暴露した CUAZ 中の CuO 量の経時変化 (n=3)

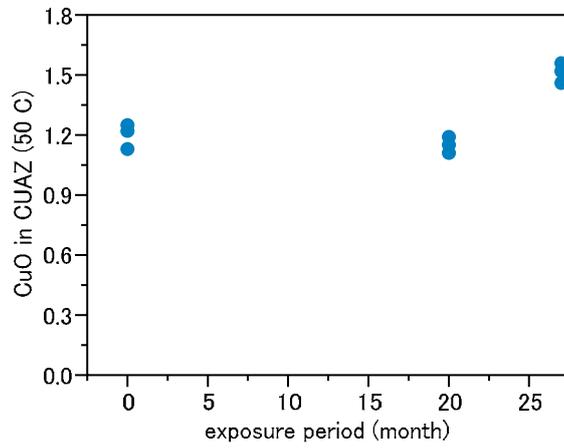


図 3.2 50°Cに暴露した CUAZ 中の CuO 量の経時変化 (n=3)

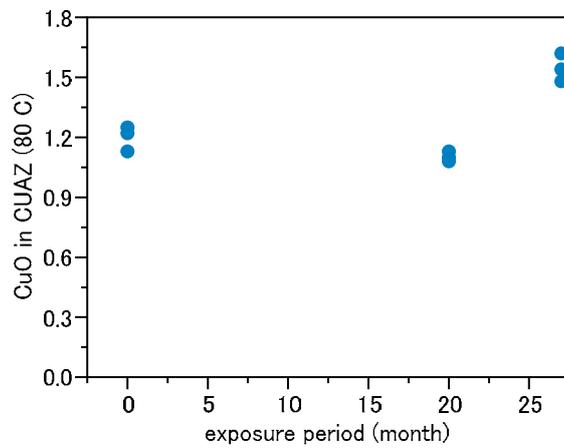


図 3.3 80°Cに暴露した CUAZ 中の CuO 量の経時変化 (n=3)

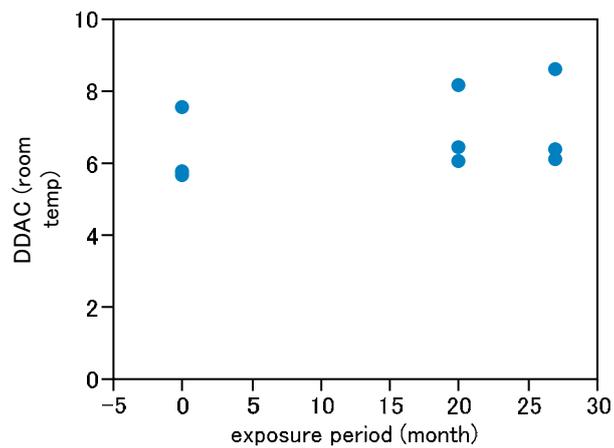


図 3.4 室温に暴露した AAC 中の DDAC 量の経時変化 (n=3)

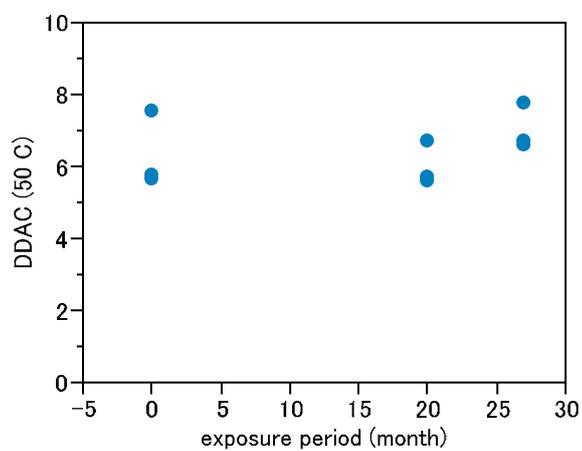


図 3.5 50°Cに暴露した AAC 中の DDAC 量の経時変化 (n=3)

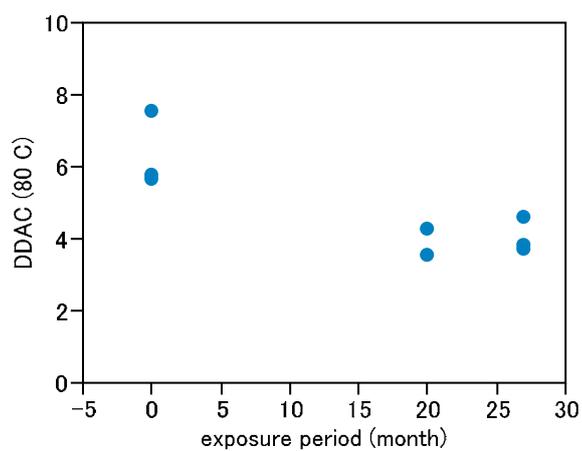


図 3.6 80°Cに暴露した AAC 中の DDAC 量の経時変化 (n=3)

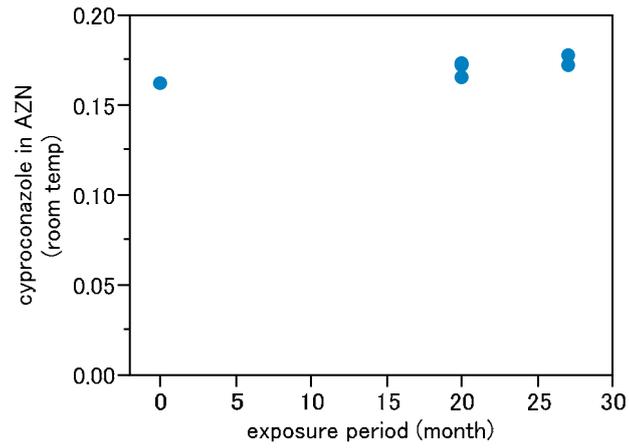


図 3.7 室温に暴露した AZN 処理木材中のシプロコナゾール量の経時変化 (n=3)

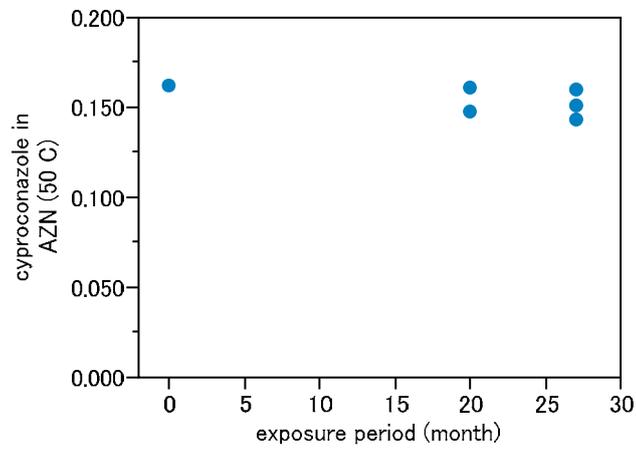


図 3.8 50°Cに暴露した AZN 処理木材中のシプロコナゾール量の経時変化 (n=3)

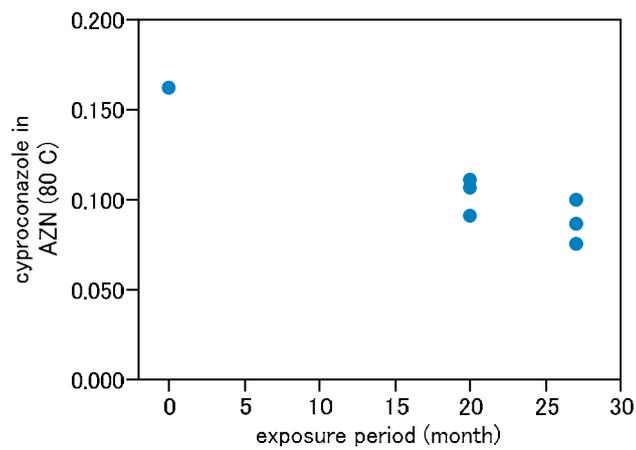


図 3.9 80°Cに暴露した AZN 処理木材中のシプロコナゾール量の経時変化 (n=3)

3.4.3 暴露方法間の比較

今回の実験では、表面処理用木材保存剤の有効成分標品を木粉に添加し各種温度に暴露する方法と、加圧処理用木材保存剤を1×1×2cmの試験体に注入した後各種温度に暴露する方法とを用いて促進暴露をおこなった。これらの暴露方法間の違いを確認する目的で、両方法に暴露したシプロコナゾールおよびイミダクロプリドの減少率を確認したところ、有効成分を木粉に添加して暴露した場合には80℃、20ヶ月の暴露で残存量が2.3%および19%へと減少したのに対し、注入処理した試験体では試験機関によって結果に違いがあるものの、いずれの試験機関・薬剤であっても40%以上の残存率を示した。

この結果は、表面積の広い木粉の形状で暴露するよりも、表面積の小さい試験体の形状で暴露した方が、薬剤の減少速度が遅くなることを示唆した。

3.4.4 暴露温度と減少速度

薬剤有効成分の種類によって異なるものの、暴露期間中に減少していった有効成分については、暴露温度が高くなるに従って残存率が小さくなる傾向にあった。しかし、同じ温度に暴露した有効成分残存率が暴露期間が増加すると増加する場合が認められるなど、暴露期間と残存率との適切な関係式を構築するには問題が多い場合もあった。また、速度常数が求められた場合であっても、その値をアレニウス式に代入した際に直線関係が認められないものが多かった。

今後、暴露期間が長くなるに従って残存率が必ず低下するような高い精度で実験・測定をおこなうと共に、有効成分の減少傾向をシミュレートするモデル式を構築する必要がある。

第4章 耐久性向上措置としての新構（工）法の健全度実態調査

4.1 目的

現代木造住宅に適用されている新たな構（工）法（外断熱、高気密高断熱、べた基礎、床下・小屋裏換気、壁体通気、金物等）に関する実態調査等の資料等を基に、これらの耐久性能を検証し、耐久性能を向上させるための措置等について検討する。

4.2 調査方法等

本年度は、昨年度までの調査結果（表 4.1）に基づき、この中から表 4.2 に示すような 19 項目の事故例を選択し、事故事例が発生した事象等を、昨年度検討した事故事例原因チェックシートの項目等（表 4.3）を変更して、劣化部位、劣化事例、所在地、竣工年数、構造仕様、劣化原因、設計基準、制御対策などの項目に分けてまとめを行った（結果の一部を表 4.4 に示す）。

4.3 結果および考察

本年度は、昨年度の調査事例から新構（工）法等に関連する項目を選択し、それらについて、事故の原因等が推測できるようなまとめを行い、「耐久性能確保のための設計・施工マニュアル（案）」（最終成果案）を作成する際の基礎資料を作成した。検討した 19 項目については、参考資料 1 として添付する。また、事故例の発生原因について FTA 手法を用いて分析した結果を参考資料 2 に示す。

4.4 今後の課題

設計・施工マニュアル（案）を作成する際の基礎資料となる事故事例原因チェックシートの検討を継続実施するとともに、他 TG との連携、さらに、他 TG の研究成果等の取り込みを含め「耐久性能確保のための設計・施工マニュアル（案）（仮称）」について検討を行う予定である

表 4.1 昨年度までの調査項目一覧

| 番号 | 事 項 | 番号 | 事 項 |
|----|-----------------------|----|------------------|
| 1 | 宅地の形質・宅地の湧水・土砂堆積が結露誘発 | 19 | 主要構造体の劣化因子対策 |
| 2 | 敷地内の造園・植栽と劣化生物 | 20 | 屋根・小屋裏の結露対策 |
| 3 | 外構付帯施設の関わりと劣化要因 | 21 | バルコニーの漏水・結露対策 |
| 4 | 外部設備配管類と虫害劣化誘因 | 22 | 軒先の雀口、軒裏の翅蟻侵入対策 |
| 5 | 根伐り部分の埋戻しがシロアリを誘引 | 23 | バリアフリー対策と土間の嵩上 |
| 6 | 仮設工事が床下結露を誘発 | 24 | 出入り口建具の化粧付枠が狙われる |
| 7 | 工事中の養生作業が通気排湿処理を阻害 | 25 | 基礎立上り化粧仕上げ |
| 8 | 床下や隠蔽部分の清掃不備が劣化因子 | 26 | 基礎断熱：外張りの蟻害リスク |
| 9 | 床下の防湿シート押えの不具合による湿潤 | 27 | 基礎断熱：内張り断熱の腐朽リスク |
| 10 | ベタ基礎の防蟻施工 | 28 | 薬剤規制と生物劣化の相関 |
| 11 | 床組・床断熱材の結露・カビ・腐朽・蟻害 | 29 | 最下階床張りの気付かない劣化要因 |
| 12 | 間仕切りの気流抜け | 30 | 最下階床断熱材の劣化制御対策 |
| 13 | 玄関周りの湿潤腐朽と蟻害 | 31 | 断熱部分の劣化要因 |
| 14 | 和室回りの気流の抜け | 32 | 外皮：外装材の劣化要因 |
| 15 | 浴室UB収納区画の除湿措置 | 33 | 居住建物の床下換気障害 |
| 16 | 床・壁・天井等の点検口にも注意 | 34 | 植栽ガーデニングが招く劣化リスク |
| 17 | 外壁通気工法の危険性 | 35 | 外構施設と建物への配慮・注意事項 |
| 18 | 玄関外ポーチ周りにも除湿・排湿措置 | | |

表 4.2 本年度検討した項目一覧

| 番号 | 事 項 | 番号 | 事 項 |
|----|-------------------|----|------------------|
| 1 | 宅地の形質による劣化要因 | 11 | バルコニー周りに係る劣化要因 |
| 2 | 工事中の仮設養生作業による劣化要因 | 12 | 点検口に係る劣化要因 |
| 3 | ベタ基礎による劣化要因 | 13 | 小屋裏に係る劣化要因 |
| 4 | 主要構造部の劣化要因 | 14 | 防蟻防蟻措置に係る劣化要因 |
| 5 | 外壁仕上げに係る劣化要因 | 15 | 設備機器配管による劣化要因 |
| 6 | 外壁内通気工法による劣化要因 | 16 | 太陽光設備による劣化要因 |
| 7 | 気流抜けによる劣化要因 | 17 | 外構付帯施設による劣化要因 |
| 8 | 基礎断熱による劣化要因 | 18 | 立地環境、植生状況による劣化要因 |
| 9 | 玄関周りに係る劣化要因 | 19 | 維持管理・保守点検に係る劣化要因 |
| 10 | 土間防湿による劣化要因 | | |

表 4.3 事件事例原因チェックシート

| | | |
|-------------|---|---|
| <p>部位</p> | <p>■屋根（断熱位置： <input type="checkbox"/>天井裏断熱 <input type="checkbox"/>屋根断熱）</p> <p><input type="checkbox"/>壁（軸組み 内側一外側：<input type="checkbox"/>大壁一大壁 <input type="checkbox"/>真壁一大壁 <input type="checkbox"/>真壁一真壁 <input type="checkbox"/>真壁一真壁）</p> <p><input type="checkbox"/>床（断熱位置：<input type="checkbox"/>床断熱 <input type="checkbox"/>基礎外断熱 <input type="checkbox"/>基礎内断熱）</p> | |
| <p>基準</p> | <p style="text-align: center;">設 計</p> <p><input type="checkbox"/>屋根は勾配屋根とする。</p> <p><input type="checkbox"/>下葺き材はアスファルトルーフィング940又は同等以上。</p> <p><input type="checkbox"/>上下は100mm以上、左右は200mm以上重ね合わせる事。</p> <p><input type="checkbox"/>屋根面と壁面立上部の巻き返し長さは250mm以上</p> | <p style="text-align: center;">施 工</p> <p><input type="checkbox"/>下葺き材の防水性能を具体的な数値で確認する。</p> <p><input type="checkbox"/>重ね幅を確認する。</p> <p><input type="checkbox"/>立ち上り寸法の確認。</p> |
| <p>劣化原因</p> | <p><input type="checkbox"/> おさえ金物の不備により、雨水を壁へ引き込んだ。</p> <p><input type="checkbox"/> 瓦と壁立ち上がりの納め不備。</p> <p><input type="checkbox"/> 壁側水切り立ち上りが無い。</p> <p><input type="checkbox"/> 防水紙の補強張り不足。</p> <p><input type="checkbox"/> ルーフィングの立ち上り不足。</p> | |
| <p>劣化現象</p> | <p>■下屋根、壁立ち上がり部からの雨漏れ</p> <div style="border: 1px solid black; width: 400px; height: 200px; margin: 20px auto; text-align: center;"> <p>写 真</p> </div> | |

表 4.4 事故事例原因チェックシート記入例

| | | | |
|------|---|--|---|
| 劣化事例 | No. 4 -07 | No. 4 -08 | No. 4 -09 |
| |  |  |  |
| | 柱と軒桁の食害状況。 | 土台・桢材が激しく腐朽劣化 | 外壁中空部に腐朽菌が蔓延。 |
| 物件所在 | 福岡県福岡市 | 静岡県磐田市 | |
| 竣工経年 | H20/03→H21/10 | H14/03→H20/06 | |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎、絨毯式断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：転根太床板張、品質：性能等級評価仕様、 | 桢組壁工法：2階建（共同住宅）、ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材（室内側外周気密バリア）高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：剛床床板直張り、品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 軸組柱・胴差桁・軒桁 | 東側桢組壁躯体全面・耐力壁合板・バルコニー | |
| 劣化原因 | <ul style="list-style-type: none"> ■脚部(構造 GL+1 m 以下)部材の切削・穿孔等の木口部の防腐・防蟻処置が未処理であった。 ■構造用耐力壁合板(合板・OSB)の壁体中空部の除湿措置が不全であった。(通気不具合) ■脚部構造金物 (HD・AB 等) に結露が起き木部に繰返し湿潤させていた。 ■壁体内断熱材の空隙部に外気の水蒸気が侵入した。(防風透湿シートの不具合) ■外壁内通気層の隙間厚さ及び防風透湿シートの端部・継手部の押えに不具合があった。 | | |
| 規則基準 | 設計 | 施工 | |
| | <input type="checkbox"/> 建築基準法施行令：第 37 条 構造部材の耐久 同第 49 条 2 項 所要構造部材の地面から 1 m 以内の防腐防蟻措置。 <input type="checkbox"/> H22 住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書 4.3 木部防腐防蟻 ※防露に関する記述は無い。 <input type="checkbox"/> H21 住宅保証機構：性能保証住宅標準仕様第 2 節第 10 条 乾式の外壁仕上：解説(1)②(ハ)通気層の構造、(1)②(イ)外壁内の通気措置 | <input type="checkbox"/> H22 住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書 4.3 木部の防腐・防蟻措置 4.3.1 土台の防腐・防蟻措置 4.3.2 土台以外の木部の防腐・防蟻措置 解説：留意事項・施工方法(木部防腐剤塗り) 土台の木口、柄及び柄穴等加工部以外は塗る必要はない。=4.3.3-5(現場の加工切削部の薬剤処理) | |
| 制御対策 | <ul style="list-style-type: none"> ■主要構造部材には含水率 18%以下の乾燥処理材を使用する。 ■主要構造部材には耐久性の高い D 1 材を優先的に選択する。 ■梁・桁等の横架材には D 1 材に相当する母材を使った集成材若しくは積層材が望ましい。 ■構造木部の湿潤し易い環境状況を排除する。(遮湿と除湿通気の確保) ■木部切削・穿孔等木口に防蟻措置(防蟻薬剤・接着剤・硬質のエポキシ樹脂等)を塗布する。 ■構造金物に防露に有効な断熱措置を施す。(特にアンカーボルト・HD 金物等) | | |

参考資料 1

以下に近江戸氏の資料を参考資料 1 で、参考資料 2 で中島先生の資料を添付してください。

新構法を用いた木造建築物の生物劣化とその対策

【本書の趣旨】

本書は、木造建築物における劣化事象のなかで主に日本産地下シロアリ（以下シロアリ）及び木材腐朽菌（以下腐朽菌）による生物劣化について、近年の事故調査から得られた劣化原因とその制御対策を示すものである。

木造建築物における劣化制御措置として示されている現行の各種規則や技術基準の重要性とともに、それらの規則・基準を遵守しても生じうる生物劣化の制御対策の必要性を設計・施工に必要な情報として提供する。

木造建築物の設計・施工における過去の経験則では予測できない、新たな施工環境の変化への対策の遅れが劣化事故の誘因となる事を、できる限り具体的に示すことで対処できる体制を構築する事を目的としている。

劣化要因には建築物自体の不具合の他、宅地の形質や立地状況による要因や工事中の施工事情や竣工後の居住者の不注意に因る場合などもあり、建物の維持点検により制御できる生物劣化対策も提示した。

【項目と定義】

劣化部位：生物劣化が確認された部分。（■＝劣化部位、□＝関連部位）

劣化生物：木部劣化を生じさせた生物。（シロアリ・腐朽菌・カビ）

劣化事例：実際に起きた劣化の実態。

物件所在（生物劣化が確認された建物の所在場所）

施工経年（事故建物の竣工年月と劣化事故確認された年月）

構造仕様（構造種別・建築規模・構法仕様・性能品質等の内容）

劣化箇所（劣化事象が確認された箇所・範囲）

劣化原因：劣化生物を誘発させた原因。

規則基準：設計・施工に係わる規則基準。

制御対策：規則基準に示されていない、生物劣化を制御するための対策。

【木造劣化要因】

木造建築物が生物劣化する要因には次のような事情が挙げられる。

1、立地状況に因る場合。

宅地の形質・劣化に繋がる要因。

2、工事中の不注意に因る場合。

工事仮設状況・施工管理者の認識不足・工事工程と職能区分担当の齟齬。

3、施工の不具合に因る場合

既成概念・新機能の認識不足・想定外の事案。

4、規則基準に示されていない事に因る場合。

建材の食合わせ・規定外の耐久性の向上対策の情報不足。

5、維持管理の不注意に因る場合。

居住者に対する維持管理・保守点検の情報不足。

木造住宅の長寿命化を達成する為の生物劣化に対する措置の重要性。

規則基準が示す防霉・防蟻・防水・防カビ・防露・止水対策の具体化と課題。

規則基準に示されていない木造の劣化リスクとそれらに対する認識。

施工合理化や建設技術の新しい仕組み、工事工程と工事職種の齟齬。

建築材料の食合わせともいえるマイナス要素の出現。

新たな住宅性能要求の為に既成概念にはない手法開発の必要性。

気密化と通気（透湿・除湿）措置の組合せと使い分け。

省エネルギー対策と高精度の断熱施工の重要性。

立地環境・施工事情における劣化要因の把握と対策措置。

シックハウス対策と生物劣化リスクの相関性の情報提供。

高齢者、障害者対策と生物劣化のリスクへの注意喚起。

耐震性向上対策に潜む劣化リスクに関する対処方法。

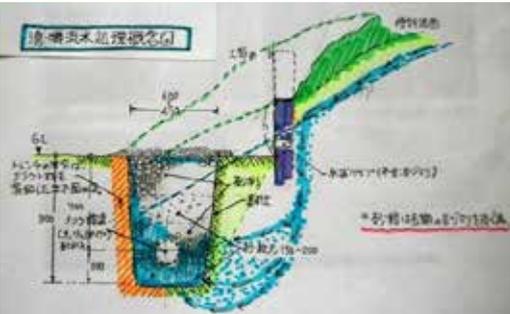
耐久性能と構造安全性についてリスクバランスの確保。

目 次

| 整理番号 [劣化要因表題] | 頁番号 |
|-------------------------------|-------|
| 表紙・目次 | 01～03 |
| No. - 0 1 : 宅地の形質による劣化要因 | 04～06 |
| No. - 0 2 : 工事中の仮設養生作業による劣化要因 | 07～09 |
| No. - 0 3 : ベタ基礎による劣化要因 | 10～13 |
| No. - 0 4 : 主要構造部の劣化要因 | 14～16 |
| No. - 0 5 : 外壁仕上に係る劣化要因 | 17～19 |
| No. - 0 6 : 外壁内通気構法による劣化要因 | 20～22 |
| No. - 0 7 : 気流抜けによる劣化要因 | 23～25 |
| No. - 0 8 : 基礎断熱による劣化要因 | 26～28 |
| No. - 0 9 : 玄関周りに係る劣化要因 | 29～31 |
| No. - 1 0 : 土間防湿による劣化要因 | 32～33 |
| No. - 1 1 : バルコニー周りに係る劣化要因 | 34～37 |
| No. - 1 2 : 点検口に係る劣化要因 | 38～40 |
| No. - 1 3 : 小屋裏に係る劣化要因 | 41～42 |
| No. - 1 4 : 防腐防蟻措置に係る劣化要因 | 43～44 |
| No. - 1 5 : 設備機器配管による劣化要因 | 45～47 |
| No. - 1 6 : 太陽光設備による劣化要因 | 48～49 |
| No. - 1 7 : 外構付帯施設による劣化要因 | 50 |
| No. - 1 8 : 立地環境、植生状況による劣化要因 | 51～55 |
| No. - 1 9 : 維持管理・保守点検に係る劣化要因 | 56～57 |

【目次No. - 01】 宅地の形質（評価基準対象外）

| | | | |
|------|---|--|--|
| 劣化部位 | ■床 | 最下階床組部分及床仕上部分 | |
| | □基礎 | ベタ基礎土間及継手部分 | |
| | □外部 | 宅地&地盤部分及隣接地境界部分 | |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌 | | |
| 劣化事例 | No. 1 - 01 | No. 1 - 02 | |
| |  |  | |
| | 地下湧水で土間が冷却し床裏に結露が発生。 | | ベタ基礎の外周打継から浸水を起した事例。 |
| 物件所在 | 兵庫県相生市 | | 奈良県橿原市 |
| 竣工経年 | H21/10→H23/06 | | H16/08→H21/06 |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建・耐力壁合板、ベタ基礎、 充填断熱方式：床発泡断熱、高気密・高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装、 床組：剛床直張り方式、 品質：長期優良住宅認定仕様、 | | 軸組構法：2階建・耐力壁合板、ベタ基礎、 充填断熱方式：床発泡断熱、高気密・高断熱、 外壁：通気工法・湿式外装、 床組：転根太床張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 |
| 劣化箇所 | 一階床組・床板・仕上材 | | 一階床組・床板・仕上材 |
| 劣化事例 | No. 1 - 03(No.01の床板) | No. 1 - 04 | No. 1 - 05 |
| |  |  |  |
| | 床仕上材の変色と剥離状態。 | ベタ基礎外周部の打継部からの浸水状態。 | 床組大引きの下面に発生したカビの状態。 |
| 物件所在 | 兵庫県相生市 | 兵庫県姫路市 [㊤] | 滋賀県彦根市 |
| 竣工経年 | H21/10→H24/06(改修時) | H22/03→H23/06 | H20/12→H21/07 |

| | | |
|-------------|--|--|
| | <p>ないか確認する事。</p> <p>□H21 住宅保証機構：性能保証住宅標準仕様書、 設計施工基準・第1節第5条の1 地盤の許容応力度の計測結果により必要に応じて地盤補強等を行う。</p> <p>※湧水・排水等の処置要求の記述は無い。</p> | <p>設計施工基準・第5条の2(1) 地盤表層改良。同第5条の3 砕石地業等。</p> <p>□H22 住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書・3.3.3-1・注) 参考図</p> <p>1階の床下地面は建物周辺の地盤より 50 mm 以上高くする。</p> <p>※排水処置の施工規準や検査・規則は無い。</p> |
| <p>制御対策</p> | <p>■地盤面が湿潤し易い場合は、地盤調査に合わせて敷地の常水位や出水状態の調査を行う事。</p> <p>■基礎工事に先立ち地盤表層を改良し又は余盛措置を施す。</p> <p>■湧水や出水を集水、排水する為の地中暗渠等を敷地内に溝状に敷設する。</p> <p>■傾斜地や段型造成の場合、宅地内水上側の敷地境界線に接している法面や擁壁の直近に、宅地側への出水や湧水に対する集水・排水処理措置が必要。</p> <p>①トレンチを掘り出水量と湧水深さを確認し掘削底部を決める。</p> <p>②砂利層と砂利を仕込んだ有孔排水管を敷設する。</p> <p>③有孔管を最寄排水路（又はピット）に接続する。</p> <p>※敷地の広さに余裕があれば湧泉井戸を設ける。（出水監視用・中水に利用できる。）</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>排水暗渠を敷設し建物直下への湧水を防ぐ。 左図の湧水排水施設の敷設事例。(井戸併設)</p> <p>■建物の外周が法面や擁壁に面して配置される状況では、法面から降雨時等に土砂崩落により宅地地盤に土砂堆積が生じない措置を講じる。</p> <p>①法面尻に花壇・伊達堤等による土留め柵を設ける。</p> <p>■宅地を擁壁等で形質変更する場合は、擁壁の水抜き措置が機能する事を散水試験等で事前に確かめる事。</p> | |
| <p>留意事項</p> | <p>◆宅地の地下湧水による床下土間の湿潤状態は春先から夏にかけて起こり易く、地下水の温度と床下空間の温度の差により発生する水蒸気飽和状態により生じる。</p> <p>◆床下空間の湿気粒子は床断熱材と床板の間に侵入し結露水になると、水滴が抜け難く長期滞留する事で床板合板や木部の劣化リスクを高める事につながる。</p> | |

【解説】※、建物直下に地下水が湧出すると、床下土間コンクリートを湿潤状態にし、放射冷却による床下空間の水蒸気飽和現象を誘発し、結露により床組木部を長期に亘り湿潤状態におく可能性がある。

【目次No. - 0 2】 仮設工事（評価基準対象外）

| | | | | |
|------|--|---|--|--|
| 劣化部分 | ■床 | 最下階床組部分及床仕上部分・1階床の床下点検口部分 | | |
| | □基礎 | 外周床下換気孔部分 | | |
| | □外構 | 工事足場掛け及仮設養生部分 | | |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌 | | | |
| 劣化事例 | No. 2 - 01 | No. 2 - 02 | No. 2 - 03 | |
| |  |  |  | |
| | 床断熱材と床板の裏面にカビ。 | 断熱材にシミ・床板湿潤剥離 | 断熱材にシミ・床板湿潤剥離 | |
| 物件所在 | 鹿児島県鹿屋市 | 新潟県見附市 | 長崎県佐世保市 | |
| 竣工経年 | H19/04→H21/06 | H14/11→H17/07 | H19/06→H21/06 | |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：転根太床張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高断熱高気密、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床直張り、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高断熱高気密、 外壁：通気工法・湿式外装材、 床組：転根太床張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 床組・床板 | 床板・床断熱材・床仕上材 | 床板・床断熱材・床仕上材 | |
| 劣化事例 | No. 2 - 04 | No. 2 - 05(No.2-02の床仕上材) | No. 2 - 06 | |
| |  |  |  | |
| | 床板合板と床仕上材が剥離。 | 床仕上材が湿潤して剥離。 | ※床下点検口の補強枠(木製)と断熱枠(発泡断熱材)との間に発生した結露水を補強枠が一方的に吸水しシミ痕となって残された。 | |
| 物件所在 | 東京都三鷹市 | 新潟県見附市 | 兵庫県姫路市® | |

| | | | |
|------|---|--|---|
| 竣工経年 | H18/08→H22/10 | H14/11→H17/07 | 工事中に発生。 |
| 構造仕様 | 軸組壁構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎：(逆スラブ)、充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：剛床直張り方式、品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建、ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：剛床直張り方式、品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高断熱高気密、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：床板直張り方式、品質：長期優良住宅仕様、 |
| 劣化箇所 | 床板・床仕上材 | 床板・床断熱材・床仕上材 | 点検口補強受枠 |
| 劣化原因 | <p>■ベタ基礎施工後の短期間に床断熱材の仕込みと板直張りを施工。基礎外周の換気スリットに被せた為床下換気が閉塞された為、土間コンクリートから放出された水蒸気の換気除湿が阻害され床下空間が水蒸気飽和状態となった。</p> <p>■飽和状態となった床下空間の水蒸気が床板と床断熱材の隙間に侵入し結露状態で長期滞留し、床板合板や化粧フロア材を浸潤させた為、カビ・腐朽菌が蔓延する原因となった。</p> <p>■土台水切りに先行して透湿防風シートを張り付けた際、その下端が基礎天端の換気孔に被さり、換気除湿の妨げとなり床下空間に水蒸気飽和をもたらせた。</p> <p>■木工事に於いて通気工法用の防風透湿シート張りまでの間、防雨用の養生材を外周耐力壁合板に張り合した際に床下換気孔を塞いだ為、床下の除湿が妨げられ結露が発生した。</p> | | |
| |  <p>床養生材が換気孔を閉塞。 防水用養生シートが外気を遮断。透湿防風シートが換気孔を閉塞。</p> | | |
| 規則基準 | 無し | □H21 住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書 2.2.1 足場・仮囲いは関係法令に従う。 | |
| 制御対策 | <p>■基礎外面等の外部養生材を使用する場合はスリット換気孔を塞がない事。</p> <p>■工事中の床養生材や外壁防水シート、足場シートなどを足元まで垂下げる場合は建物脚部外周の換気を阻害しないように注意する事。</p> <p>■ベタ基礎+床板直張り方式等一階床をプラットフォームとして施工する場合。</p> <p>①工事中は排湿措置として床面の一部(床板や床下点検口等)を開放し換気を助成する事。</p> <p>②厳寒期の屋内作業中は内外の温度差に配慮して適切に換気措置を講じる。</p> <p>※床板直張りとする場合、床裏の断熱材と床板の間に侵入した湿気が結露水として残留し易くなる為、断熱材に透湿性を有する繊維系断熱材を使用するなど、床下空間に働く換気気</p> | | |

流に因る排湿作用の効果を活用し床板に接する結露水の長期残留を抑制する事。

■足場防護シートは地面まで下ろさず外周脚部を外気に晒せるよう配慮する。



土台水切り

足場防護シートの下部は開放する。

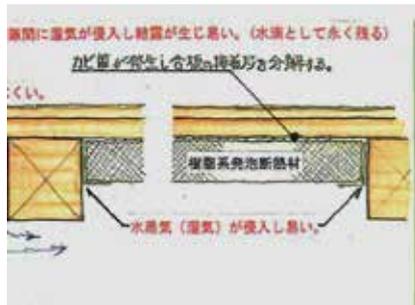
■外壁内通気構法の場合、土台水切りを透湿防風シート張りに先行して取付ける。

①土台外周部の水切りの取付けが外装工事の取扱いである場合でも先行取付けが必要。

留意事項

◆防護シートの垂下り下端は地面+7.5cm程度で止める。保安上の配慮であき寸法が4.5cm程度しか確保できない場合は、上部途中にも開放面を確保する。(制御対策項の写真参照)

◆ベタ基礎+ネダレス+外壁内通気構法の仕様物件の施工においては、土台水切りを透湿防風シートの施工に先行して取付ける事。



床板と断熱材の間に結露が発生し易い。

◆床板に使用する構造用合板は耐水性にも優れており、多少の湿潤にも合板層が剥離する事は想定されないが、製品の品質や合板樹種・接着ムラなど製造工程における諸事情により長期間の湿潤状態に置かれることで合板層の剥離を起こすことも起こり得る(接着層の剥離事象は事故調査により確認されている。)事に注意すべきである。

【解説】※、ベタ基礎における土間コンクリートからの水蒸気放出は、気候条件や地盤の湿潤状態に因り差異はあるが打設後凡そ20日~30日の間は、土間1㎡当り1g/h程度の水蒸気を放出する。

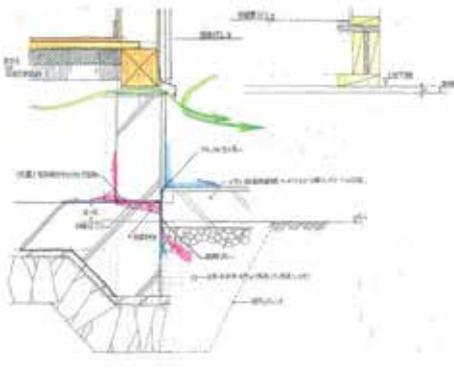
※、近年、木造建築物の高耐震化や省エネルギー対策として合板類の使用が増加し構造体の空洞部や隠蔽空間の気密性や不透湿性が高まり、漏水や結露など少しの湿潤がカビの発生つながり易くなっている。

ゆえに、木造住宅内に於ける水湿分の滞留を制御する為、除湿や透湿に有効な通換気あるいは遮湿や気密(高气密構造)に十分配慮する事が求められている。

※、室内空間における0.5回/1hの換気機能や主要構造部分の隠蔽された空間などの通気排湿(外壁内通気構法・床下及小屋裏空間の換気)措置を滞りなく機能させる事が重要となる。

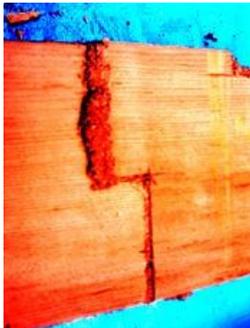
【目次No. - 03】 ベタ基礎

| | | | | |
|------|---|--|---|--|
| 劣化部位 | ■壁 | 外壁軸組及踏込土間周囲の構造部分 | | |
| | ■床 | 最下階床組部分及床仕上部分 | | |
| | □基礎 | ベタ基礎外周の立上り打継部。 | | |
| 劣化生物 | シロアリ | | | |
| 劣化事例 | No.3 - 01 | No.3 - 02 | No.3 - 03 | |
| |  |  |  | |
| | 打継の貫通孔からの侵入蟻道 | 水抜き穴からの侵入蟻道 | 玄関框下の基礎打継から侵入 | |
| 物件所在 | 長崎県佐世保市 | 大阪府堺市 | 長崎県大村市 | |
| 竣工経年 | H18/03→H19/07 | H18/12→H20/06 | H18/03→H19/10 | |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：床板直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | 枠組壁構法：3階建て、 ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床直張り、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 土台・軸組脚部・柱 | 壁体枠組・二階側根太 | 玄関框・床組・軸組及桁 | |
| 劣化事例 | No.3 - 04(No.3 - 01 の上部) | No.3 - 05(No.3 - 02 の上部) | No.3 - 06(No.3 - 03 の上部) | |
| |  |  |  | |
| | 軸組内に構築された蟻巣。 | 枠組壁構造脚部の食害状況。 | 玄関上框の白蟻の食害状況。 | |
| 物件所在 | 長崎県佐世保市 | 大阪府堺市 | 長崎県大村市 | |
| 竣工経年 | 竣工後1年4ヵ月 | 竣工後1年6ヶ月 | 竣工後1年6か月 | |
| 構造仕様 | No.3 - 01 に準ずる。 | No.3 - 02 に準ずる。 | No.3 - 03 に準ずる。 | |
| 劣化箇所 | 土台・間仕切り軸組 | 内部間仕切り枠組壁 | 玄関框・軸組 | |

| | | |
|-------------|---|--|
| <p>劣化原因</p> | <p>■ベタ基礎外周の打継部分からの浸水・シロアリの遡行は以下のような状態が起因していた。</p> <p>①外周ベタ基礎の打放し打継部に玄関ポーチ等の嵩上土砂を被せていた。</p> <p>②打放し状態の外周ベタ基礎に接し無筋の土間コンクリートを打設した。</p> <p>③基礎外周に接して地盤面が土砂堆積により打継部分より高くなっていた。</p> <p>■外周基礎高さ基準(GL+400 mm)を確認し、高さ不足の場合は鋤取り整地等を行う事。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">◀土間剥離</p> <p>立上り打継部からの浸水・白蟻侵入概略図。 外周基礎に接する差筋無し土間は剥離し易い。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p>ベタ基礎外周打継部分の状態。 水抜き穴と打ち込まれたセパレーター金物の打設状態。</p> | |
| <p>規則基準</p> | <p>設計</p> <p>□建築基準法施行令： 第 38 条 基礎：地盤の沈下又は変形に対して構造耐力上安全であること。 同第 42 条 土台及び基礎：最下階の柱の下には土台を設ける。 同 42 条 2 項 土台は基礎に緊結すること。 □住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書 (解説) 3.3 基礎工事 同 3.3.2 布基礎 参考図 3.3.2-2 (布基礎) 同 3.3.3 ベタ基礎参考図 3.3.3-1(ベタ基礎) 同 4.4.1 床下地面の防蟻措置：地面に講じる防蟻措置にイ) ベタ基礎、ロ) 布基礎と鉄筋により一体とコンクリート土間。 参考図 4.4.1-1 (防蟻に有効なベタ基礎)</p> | <p>施工</p> <p>□建築基準法施行令： 第 22 条 居室の床の高さ及び防湿方法： 一) 床高は直下の地面から床仕上面まで≥ 45 cm 二) 外壁の周長 5 m 以下ごとに 300 cm²以上の換気孔 □住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書 (解説) 3.3 基礎工事 同 3.3.2-1 布基礎の参考図及び(A)～(E) 同 3.3.3-1～5 ベタ基礎の参考図 (注)4.配管用の貫通孔は防蟻性材料で充填する。 5.基礎底盤に設ける水抜き穴は竣工後に塞ぐ。</p> |

| | | |
|-------------|--|--|
| | <p>参考図 4.4.1-2 (防蟻に有効な布基礎土間)</p> <p>□瑕疵担保履行法保険：設計施工基準第 6 条 基礎：解説(1)～(4)</p> <p>□品確法：等級評価基準</p> <p>3. 劣化の軽減に関する事：3.2.1 劣化対策等級 基本原則等告示</p> <p>3-1(3)イ①：d,地盤(i)基礎、同各解説</p> | <p>※土間と立上り部の打継(CJ)及び型枠用幅留め金物の処理についての記述は無い。</p> <p>同 4.4.1 床下地面の防蟻措置</p> <p>参考図 4.4.1-1 及び 4.4.1-2 各 (注) 留意事項</p> <p>□品確法：等級評価基準</p> <p>3. 劣化対策 1)：告示 3-1(3)イ①：</p> <p>解説 図 3-6～14 土台と基礎の劣化対策</p> <p>※基礎底盤と立上り部の打継に関する技術規準は文言として記述されていない。</p> <p>※、配筋を施した基礎コンクリートの施工工程における基礎型枠の施工要領についての注意事項の記述は無い。</p> |
| <p>制御対策</p> | <p>■ベタ基礎打継部にセパレーターを使わず、半セパ金物と止水板を打込み貫通孔を無くす。</p> <p>①土間(底盤)コンクリート打設の堰型枠に高さ 75 cm の外型枠を使用する。(留意事項図参照)</p> <p>②外型枠は立上りコンクリートの打設完了まで残置使用する。</p> <p>③外周基礎の内型枠の土間天端に使用するセパレーター金物には、半セパ金物を設置する。</p> <p>※全幅型枠金物や水抜は施さない。(止むを得ず使用する際は施工後に空隙を充填処理する。)</p> <p>④外周の土間と立上りの打継部に止水材を打込み、シロアリの遡行や浸水を防御する。</p> <p>⑤外周の土間と立上り打継部の外側を低くした段型打継とし、シロアリの遡行や雨水の浸水を防御する。</p> <p>■外周基礎の化粧モルタルは全て基準地盤面以下まで塗り下げる。(土砂が被る場合も同じ。)</p> <p>■外周基礎に接して設ける犬走りやポーチ土間などは差筋を施すか切離し絶縁する。</p> <p>■基礎天端より高くポーチ土間を設置する場合は基礎外周部との間に止水・防蟻に有効な措置を講じる事。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>踏み台設置は基礎外面との間に隙間(10 cm以上)を設ける。 玄関ポーチに遮断溝を設ける。</p> <p>※、建物基礎に接する無筋コンクリートによる勝手口踏み台や給湯機台基礎・土間ポーチ等は基礎から 10 cm 以上隔離又は建物基礎と剥離を防ぐ為に差筋等により一体化する事。</p> | |

【目次No. - 0 4】 躯体劣化：軸組・枠組壁（耐震構造性能評価基準）

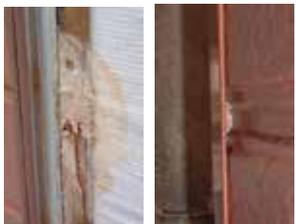
| | | | |
|------|---|--|---|
| 劣化部分 | ■壁 | 土台・桁・柱、枠組材・耐力壁合板・端根太・側根太 | |
| | □基礎 | ベタ基礎・布基礎及設備配管貫通部 | |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌・シロアリ | | |
| 劣化事例 | No. 4 - 01 | No. 4 - 02 | No. 4 - 03 |
| |  |  |  |
| | 軸組胴差桁の座彫穴からの食害状況。 | 左の胴差桁の食害状態。 | 胴差桁の継手から食害。 |
| 物件所在 | 熊本県植木市 | | 鹿児島県川内市 |
| 竣工経年 | H17/12→H18/10（竣工後8ヵ月） | | H13/11→H16/08 |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎、 充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：床板直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎、 充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 床組：床板直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 |
| 劣化箇所 | 北側軸組躯体全面・床組・床板合板及び耐力壁合板表層 | | 軸組柱・胴差桁 |
| 劣化事例 | No. 4 - 04 | No. 4 - 05 | No. 4 - 06 |
| |  |  |  |
| | 外壁枠組壁躯体の食害状況。 | 同左、側桁材の食害状態。 | 二階外周壁の下枠食害状態。 |
| 物件所在 | 和歌山県南部市 | | |
| 竣工経年 | H16/12→H18/10 | | |
| 構造仕様 | 枠組壁工法：2階建、ベタ基礎、充填断熱方式：壁は繊維系断熱材、床は発泡系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：剛床直張り、品質：性能等級評価仕様、 | | |

| | | | |
|------|---|--|--|
| 劣化箇所 | 枠組壁躯体全面・床板・発泡断熱材 | | |
| 劣化事例 | No. 4 - 07  柱と軒桁の食害状況。 | No. 4 - 08  土台・枠材が激しく腐朽劣化 | No. 4 - 09  外壁中空部に腐朽菌が蔓延。 |
| 物件所在 | 福岡県福岡市 | 静岡県磐田市 | |
| 竣工経年 | H20/03→H21/10 | H14/03→H20/06 | |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：転根太床板張、 品質：性能等級評価仕様、 | 枠組壁工法：2階建（共同住宅）、ベタ基礎、 充填断熱方式：繊維系断熱材（室内側外周気密バリア） 高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床床板直張り、 品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 軸組柱・胴差桁・軒桁 | 東側枠組壁躯体全面・耐力壁合板・バルコニー | |
| 劣化原因 | <ul style="list-style-type: none"> ■脚部(構造 GL+1 m 以下)部材の切削・穿孔等の木口部の防腐・防蟻処置が未処理であった。 ■構造用耐力壁合板(合板・OSB)の壁体中空部の除湿措置が不全であった。(通気不具合) ■脚部構造金物 (HD・AB 等) に結露が起き木部に繰返し湿潤させていた。 ■壁体内断熱材の空隙部に外気の水蒸気が侵入した。(防風透湿シーートの不具合) ■外壁内通気層の隙間厚さ及び防風透湿シーートの端部・継手部の押えに不具合があった。 | | |
| 規則基準 | 設計 <input type="checkbox"/> 建築基準法施行令： 第 37 条 構造部材の耐久 同第 49 条 2 項 所要構造部材の地面から 1 m 以内の防腐防蟻措置。 <input type="checkbox"/> 住宅金融支援機構：H22 木造住宅工 事仕様書 4.3 木部防腐防蟻 ※防露に関する記述は無い。 <input type="checkbox"/> 住宅保証機構：H21 性能保証住宅標 準仕様第 2 節第 10 条 乾式の外壁仕上：解説(1)②(ハ)通気層の 構造、(1)②(イ)外壁内の通気措置 | 施工 <input type="checkbox"/> 住宅金融支援機構：H22 木造住宅工事仕様書 4.3 木部の防腐・防蟻措置 4.3.1 土台の防腐・防蟻措置 4.3.2 土台以外の木部の防腐・防蟻措置 解説：留意事項・施工方法(木部防腐剤塗り) 土台 の木口、柄及び柄穴等加工部以外は塗る必要はな い。=4.3.3-5(現場の加工切削部の薬剤処理) | |

| | |
|-------------|---|
| <p>制御対策</p> | <ul style="list-style-type: none"> ■主要構造部材には含水率18%以下の乾燥処理材を使用する。 ■主要構造部材には耐久性の高いD1材を優先的に選択する。 ■梁・桁等の横架材にはD1材に相当する母材を使った集成材若しくは積層材が望ましい。 ■構造木部の湿潤し易い環境状況を排除する。(遮湿と除湿通気の確保) ■木部切削・穿孔等木口に防蟻措置(防蟻薬剤・接着剤・硬質のエポキシ樹脂等)を塗布する。 ■構造金物に防露に有効な断熱措置を施す。(特にアンカーボルト・HD金物等) |
| <p>留意事項</p> | <p>◆木造躯体の桁や張りに使用されることが多い米松はシロアリが好んで食害を及ぼす傾向がみられる。</p> <p>特に構造木部に施される構造金物用の座彫・穿孔部等の木口が露出する部分からの食害の進行が顕著であり、注意が必要である。</p> |

【解説】※、シロアリの食害事故の多くは構造木材の木口から始まっている事が多い。

【目次No. - 05】外壁仕上

| | | | | |
|------|---|---|---|--|
| 劣化部分 | ■壁 | 外壁内通気層・耐力壁合板 | | |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌 | | | |
| 劣化事例 | No. 5 - 01 | No. 5 - 02 | No. 5 - 03 | |
| |  |  |  | |
| | H型役物から浸水し腐朽。 | 角金物と目地から漏水し劣化。 | 縦樋控金物から浸水し腐朽。 | |
| 物件所在 | 静岡県清水市 | 大阪府茨木市 | 静岡県磐田市 | |
| 竣工経年 | H16/04→H21/10 | H14/10→H22/08 | H14/03→H20/06 | |
| 構造仕様 | 枠組壁工法：2階建、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、床組：剛床直張り、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：直張り乾式外装材、 床組：転根太床板張、 品質：性能等級評価仕様、 | 枠組壁工法：2階建、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床直張り、 品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 防風透湿シート・耐力壁合板 | バルコニー腰壁・耐力壁合板 | 耐力壁合板・腰壁取合い部 | |
| 劣化事例 | No. 5 - 04 | No. 5 - 05 | No. 5 - 06 | |
| |  |  |  | |
| | 開口部周りの漏水と結露で躯体木部の殆どが腐朽劣化。 | 板金加工水切り天面の勾配が緩く、降雨時に下地へ浸潤。 | 右の内部躯体側土台が腐朽。 | |
| 物件所在 | 静岡県磐田市 | 大阪府枚方市 | | |
| 竣工経年 | H14/03→H20/06 | H13/11→H24/09 | | |
| 構造仕様 | 枠組壁工法：2階建、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床直張り方式、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎（高基礎 H=600 mm）、 充填断熱方式：繊維系断熱材、通常気密、 外壁：湿式直張り（二重通気工法）改良フェルト＋リグラス、 床組：床板直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | | |

| | | | |
|------|--|--|---|
| | 品質：性能等級評価仕様、 | | |
| 劣化箇所 | 外壁開口部周り躯体木部 | 土台・通し柱脚部・床板木端 | |
| 劣化事例 | No. 5 - 07  外装付底の取合いから浸水。シーリング剥離が庇裏乾式外装材の表面を浸水汚損した。 | No. 5 - 08  軒先の水切り不調で水垂浸水 | No. 5 - 09  胴飾板が通気を遮断し湿潤。 |
| 物件所在 | 兵庫県南あわじ市㉔ | 兵庫県南あわじ市㉕ | 静岡県静岡市 |
| 竣工経年 | H20/10→H24/10 | H15/09→H23/10 | H15/09→H23/12 |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：床板直張り方式、品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、通常気密、外壁：通気工法・湿式外装材、床組：転根太床張り方式、品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎、充填断熱方式：発泡断熱材、通常気密、外壁：通気工法・湿式外装材、床組：床板直張り方式、品質：性能等級評価仕様、 |
| 劣化箇所 | 外装下地・耐力壁合板 | 外壁と軒先の取合い部 | 外装下地合板・通気胴縁 |
| 劣化原因 | <ul style="list-style-type: none"> ■金属製H型ジョイナー（差込み式）を条溝付外装版にシーリング無しで使用していた。 ■左官下地防水フェルトに替えて防風透湿シート（通気工法用）を使用していた。 ■シーリング用バックアップ部材の選択を誤った。（3面接着・非着性の失効） ■仕上げ塗装材の透湿・防水性を軽視していた。（不透湿性が原因） ■左官下地の金属ラスの選択が間違っていた。（平ラスを使用） ■堅樋取付用金具（躯体打込み釘式）の取付角度が逆勾配でシール止水処理が無かった。 ■外装用オーナメントの胴飾り板が通気層を遮断し通気障害により湿潤結露していた。 ■湿式外装仕上げにおいて水切り板金の水切り勾配傾斜が不足し下地構造材を湿潤させた。 ■開口部周りの防水シート押えテープ張り部分に皺やピンホールが生じ漏水していた。 ■開口部周りの外装版との防水シーリングがバックアップ材と接着し剥離浸水していた。 | | |
| 規則基準 | 設計 | 施工 | |
| | <input type="checkbox"/> 建築基準法施行令：第49条 外壁内部等の防腐措置等 <input type="checkbox"/> 住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書 9.2.モルタル下地ラス張り、9.3.モルタル塗り | <input type="checkbox"/> 建築基準法施行令：第37条 構造部材の耐久 <input type="checkbox"/> 住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書 9.左官工事 9.2.2 材料 | |

| | | |
|------|--|--|
| | 同 8.6.窯業系サイディング張り 8.7.金属サイディング張り | □住宅保証機構：性能保証住宅標準仕様書 設計施工基準 第9条外壁の防水 同第10条乾式の外壁仕上げ 第11条湿式の 外壁仕上げ |
| 制御対策 | <ul style="list-style-type: none"> ■乾式外装版の継手部・端部の止水処理には役物の如何を問わず必ずシーリング処理を施す。 ■湿式左官の下地には防水フェルト+波型・リヴラス等を使用し平ラスは使用しない事。 ■乾式外装版のシーリング用バックアップには二面接着を担保できる下地材を使用する事。 ■左官下地の仕上げ塗装には防水性に加え透湿性を有する材料を選択する事が望ましい。 ■堅雨樋の控金物は外装面に後付（止水パッキン付）等を使用して取付ける。 ■開口部周りの防水シート押え及シーリング止水措置 | |
| 留意事項 | <ul style="list-style-type: none"> ◆外装部分からの浸水は、微量であっても下地壁体の通気・除湿機能の程度によっては躯体隠蔽空隙部の結露に直結する。 ◆外壁内通気工法に使用されている防風透湿シートは通気胴縁や金物などと接している部分では浸潤水が透過する性質もあり、下地の合板や躯体木部の湿潤の原因となり易い事に注意が必要。 | |

【解説】

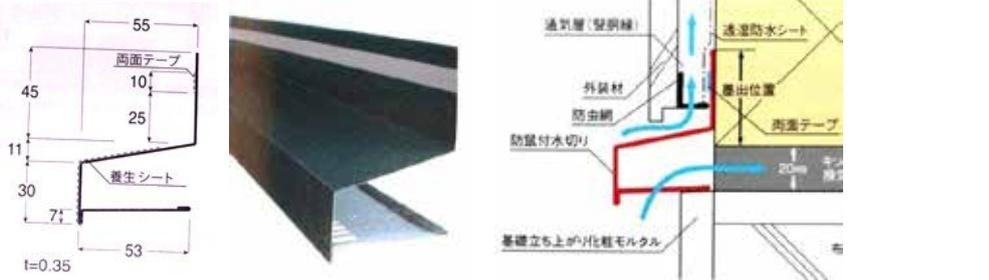
※、外壁内通気構法における外装下地への浸水・漏水について、通気層を二重防水と考え長期間放置しておくことは、下地や構造木部の生物劣化リスクを高める。

※、住宅の定期的な保守点検において外装部分のシミや汚れが発見された場合は、速やかに下地部分の湿潤状態について検査し、生物劣化に繋がる状態の有無を確かめる必要がある。

※、外壁の構造用合板は、長期あるいは繰り返される湿潤状態に置かれると、合板層と接着層に剥離を起こすことがあり、外壁内通気層への漏水の侵入が面内座屈に対する耐力を弱め長期的な構造耐久力への影響も懸念される。

【目次No. - 06】 外壁内通気構法（劣化軽減評価基準）

| | | | | |
|------|---|---|---|--|
| 劣化部分 | ■屋根 | 小屋組及び小屋裏空間部分・軒天井部分・外壁取合部分 | | |
| | ■壁 | 外壁土台等脚部・外壁内通気層部分 | | |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌 | | | |
| 劣化事例 | No.6 - 01 | No.6 - 02 | No.6 - 03 | |
| |  |  |  | |
| | 通気層の閉塞で結露し腐朽。 | 壁体内結露で木部が腐朽 | 耐力壁合板に黒カビが蔓延 | |
| 物件所在 | 静岡県三島市 | 静岡県磐田市 | 大阪府松原市 | |
| 竣工経年 | H14/12→H20/08 | H14/03→H20/06 | H22/03→H24/08 | |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床直張り方式、 品質：長期優良住宅仕様、 | 枠組壁工法：2階建、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・湿式外装材、 床組：床板直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 軸組躯体木部 | 枠組壁躯体木部 | 耐力壁合板・軸組内部 | |
| 劣化原因 | <p>■通気層上部が遮蔽され気流溜りによる慢性化した結露により木部(通し柱)が腐朽した。</p> <p>■内装材下地張りの気密シートに結露が繰り返して発生し壁体内で木部を腐朽させた。</p> <p>■防風透湿シート下端押えの不備により外気がシートの壁体側に侵入し結露を生じさせた。</p> | | | |
| |  <p>シート下端の押え不備の状態。水切りへのシート押え不備の施工事例。工程手順の不具合</p> <p>※壁体内通気構法の目的と機能の認知不足と工程手順の齟齬に因る施工不具合が生じた。</p> | | | |

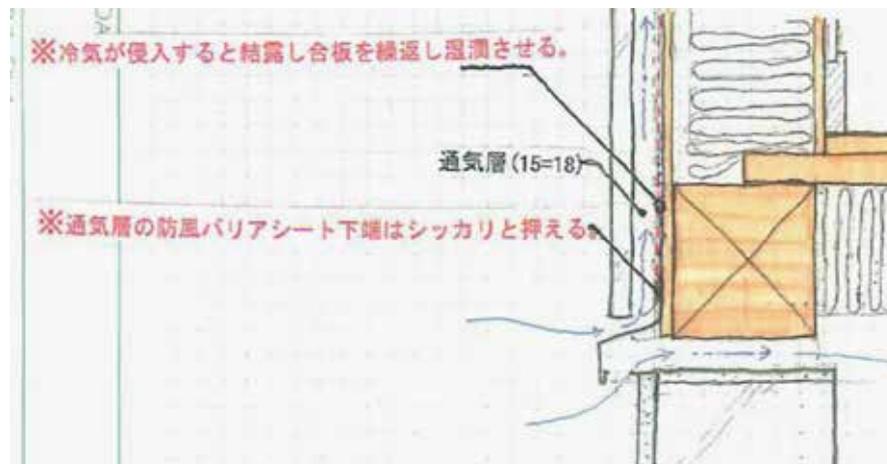
| | | |
|-------------|--|---|
| |  <p>通気層の防風シート重ね継手の押え不備と通気胴縁取付部の撥水性失効に因る浸透湿潤事例。</p> <p>■外壁内通気層に漏水した水が木製通気胴縁に押えられている部分の防風透湿シート裏面へ浸潤し耐力壁合板を湿潤させた。</p> | |
| <p>規則基準</p> | <p>設計</p> <p>□住宅金融支援機構：H22 木造住宅工事仕様書 8.4 外壁内通気措置 8.4.1&8.4.2</p> <p>同 4.3 防腐・防蟻措置 4.3.2 土台以外の木部の防腐・防蟻措置 1.ロ.外壁内に通気層を設け、壁体内通気を可能とする構造とする他、</p> <p>□品確法：劣化軽減措置評価基準</p> <p>□住宅保証機構：H21 性能保証住宅標準仕様書・設計施工基準 第9条（外壁の防水）第10条（乾式の外壁仕上）</p> | <p>施工</p> <p>□住宅金融支援機構：H22 工事仕様書 参考図 8.4.1(A)～(D)及び留意事項</p> <p>※防風透湿シート下端部の押えの重要性について本文に記述無し。</p> <p>□住宅保証機構：H21 性能保証住宅標準仕様書・設計施工基準・第9条 2(1)(4)、同第10条 1、2(2)(3)同解説</p> <p>※防風透湿シートの上端部の抑えの必要性について本文に記述無し。</p> |
| <p>制御対策</p> | <p>■防風透湿シートの下端は防水テープ等で隙間無く確実に押える。</p> <p>※、市販品のシート重ね部分に両面接着テープを備えた土台水切り等の仕様も有効である。</p>  <p>■通気層上部の気流抜け(軒裏又は外部若しくは小屋裏に連通)を確実に確保する。</p> <p>※切妻等の建物の妻側壁通気層上部の気流抜け、陸屋根小屋裏の換気の確保に注意。</p>  | |

軒天井板を施工する場合に銅木等で通気路を確保した例。開口周囲のテープ押えは手順厳守。
 ※通気工法において最も重要であり優先すべきことは土台への水切りの先行取付けである。
 ■防風透湿シートの端部・重ね継手部は防水テープ等にて捲れや隙間なく確実に押える。
 ■防風透湿シートは弛み・皺・膨らみ無く均等に張り通気層のクリアランスを確保する事。
 ■通気層のクリアランスは十分大きくとる事。(通気胴縁の厚さは18mm以上が望ましい)



◀乾式外装用のスターター付通気金具の使用例。

防風透湿シートの下端は水切りに防水テープで押え、乾式外装用の金具をその上に取り付ける。
 (隅角部水切り役物の立上り部には防水テープをシート押えとし貼り付け処置を施す。)



◀参考図

※防風透湿シートの中間継手の押えは通気層を通過する気流の流れを阻害しないよう、被せ側シートの重ね代下端を確実に押える事。

| | |
|------|--|
| 留意事項 | <ul style="list-style-type: none"> ◆オレフィン系樹脂製防風バリアシートに保存処理木材を使用する場合は、防水テープ等による接触面の絶縁措置を講じる事が望ましい。 ◆通気工法用金物を使用する場合は、ビス等の留め付け部からの漏水を防ぐ(防水テープ張り等)措置を講じる事。 |
|------|--|

【解説】

※防風透湿シートの捲れや膨らみは通気層を通過する気流の流れを阻害し、狭小な隙間を通過する気流に含まれた水蒸気粒子がフィルター作用により篩い残される事により常習的な結露発生の原因になり易い。

【目次No. - 07】 間仕切り気流抜け（省エネルギー評価基準）

| | | | | |
|------|--|---|---|--|
| 劣化部分 | ■壁 | 間仕切り内木部 | | |
| | ■床 | 最下階床組部分・和室床板及周囲見切り造作部分 | | |
| 劣化生物 | カビ・シロアリ・腐朽菌 | | | |
| | No. 7 - 01 | No. 7 - 02 | No. 7 - 03 | |
| |  <p>間仕切壁中空上部の劣化状態</p>  <p>間仕切内部が湿潤し結露湿潤中空部に蟻巣を形成した。</p> |  <p>湿気抜け部土台の湿潤カビ</p>  <p>抜け気流に因る結露湿潤カビ土台が黒く変色している。</p> |  <p>床断熱材から遡行した蟻道痕</p>  <p>畳寄の隙間からシロアリが侵入し新建置の発泡材を侵食。</p> | |
| 物件所在 | 広島県呉市 | 山口県防府市 | 福岡県飯塚市 | |
| 竣工経年 | H18/12→H20/09 | H14/09→H17/06 | H19/12→H21/07 | |
| 構造仕様 | 軸組構法：平屋建耐力壁合板ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・湿式外装材、床組：転根太床板張り、品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、通常気密、外壁：湿式外装材直張り、床組：転根太床板張り、品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：階建耐力壁合板ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、通常気密、外壁：通気工法・湿式外装材、床組：転根太床板張り、品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 2階桁・床組・間仕切り | 間仕切り・床組 | 和室畳寄せ・床組・床板 | |
| 劣化原因 | <p>■間仕切壁の下部・階段裏側の空間に気流抜けの隙間が残されていた。</p> <p>■浴室 UB 収納区画の間仕切壁上部の湿気抜けを防ぐ気流止めが施されていないかった。</p> <p>■和室の造作工事(銘木加工が絡むトコの間周り等)は、床の断熱材や床板の施工を後工程とした事から、気流止め処理を怠っていたため床下からの湿気の抜けが生じていた。</p> | | | |



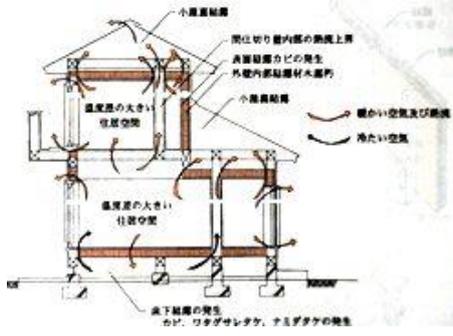
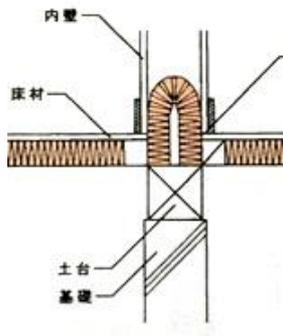
間仕切壁下部の湿気抜け。階段下空間の湿気抜け。外壁下の断熱材押え不備で湿気抜けが。

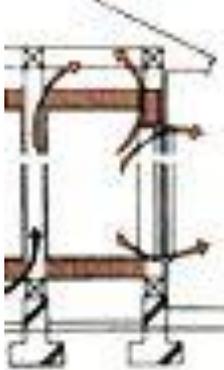
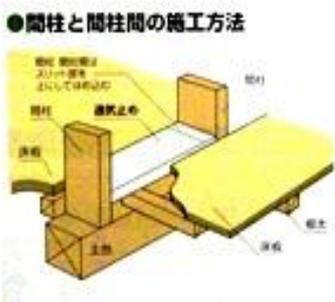
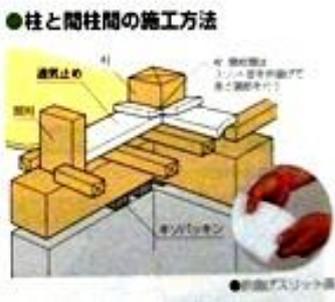


押し入れ床裏の湿気抜け状態。トコの間裏側に大きな空隙。畳寄・敷居・トコ踏込下の湿気抜け。



※、軸組工法の場合、床板直張り方式に於いても見落とし易い湿気抜け部分となっている。

| 規則基準 | 設計 | 施工 |
|------|---|---|
| | <p>□(支)H22 工事仕様書 7. 断熱工事 7.4.10 気流止め 参考図 7.4.11-1</p>  <p>□断熱層室内側には気密措置を講じる事。 □木造住宅における、浴室間仕切り壁の上部通気抜けに関する技術規準はない。</p> | <p>◆(支) H22 工事仕様書 7. 断熱工事 7.4.11 注意事項 参考図 7.4.11-1&2 図(D)(F)</p>  |

| | | |
|-------------|---|---|
| | |  <p>□間仕切り壁の上下端部には気流止め措置を講じる事。</p> <p>※、浴室区画の間仕切り上部の気流止めに関する技術規準はない。</p> |
| <p>制御対策</p> | <p>■最下階の床組を転ばし方式とする場合は、幅・長さ共に弾力性のある断熱型通気止めや繊維系断熱材を充填する。※、参考品：既成の弾性・断熱型気流止め部材</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="367 974 654 1254">  </div> <div data-bbox="662 952 997 1254"> <p>●間柱と間柱間の施工方法</p>  </div> <div data-bbox="1005 952 1340 1254"> <p>●柱と間柱間の施工方法</p>  </div> </div> <p>■軸組工法の最下階床を床板直張り(ネダレス)とする。</p> <p>■軸組工法・枠組壁構法の如何を問わず、UB (ユニットバス=以下同様) 区画の間仕切壁(非耐力)上部の気流抜けを防ぐ措置を講じる事。</p> <p>※軸組工法の床板直張り方式の場合は、和室トコの間下部分にも床板直張りを徹底する。</p> | |
| <p>留意事項</p> | <p>◆木造（特に軸組工法）においては、和室の造作工事に於いて床下と室内空間の気流抜け部分が残され易く、又浴室のUB収納区画の上部や階段裏の空間にも気流抜けが残されている事例が多くみられる。</p> | |

【解説】

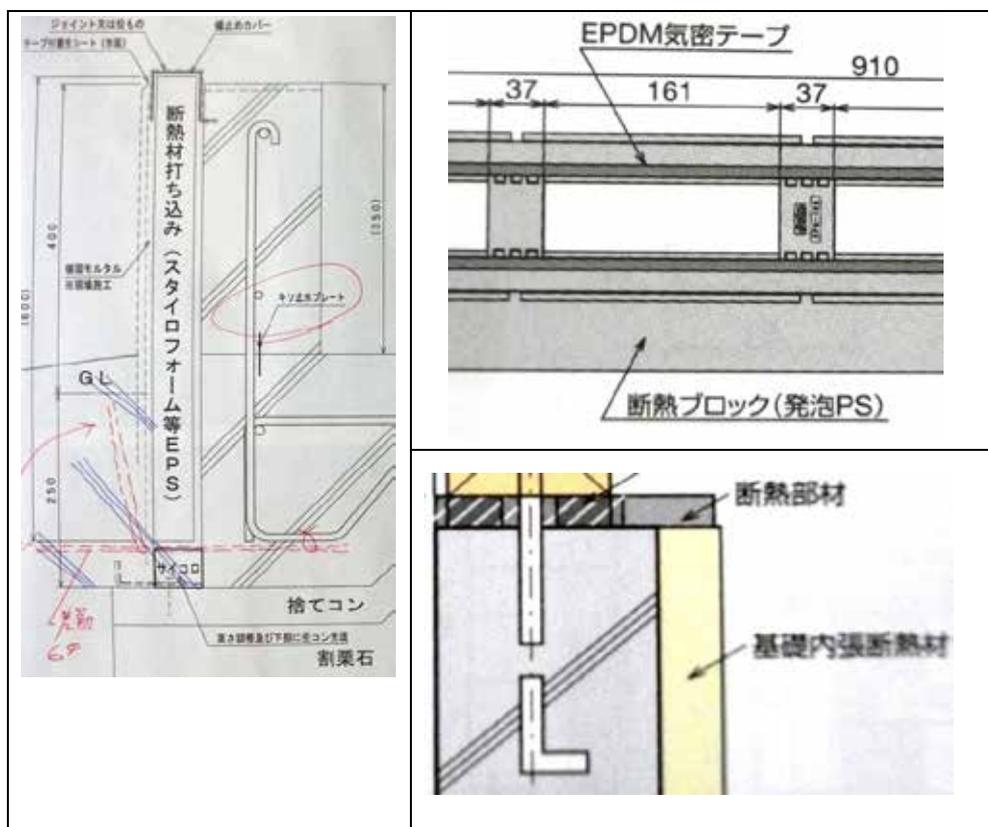
※、間仕切りや浴室区画・階段裏等に残される気流抜けは床下の換気流の働きに不具合をもたらせ、床下空間の除湿を停滞させ且つ、滞留した湿気が気流抜け部分を介して和室や他の居室空間に漏出させる事につながり結露やカビを生じさせる原因となり易いので注意が必要。

【目次No. - 08】外張断熱方式：基礎断熱(外張・内張)・気密 (省エネ評価基準)

| | | | | |
|------|---|---|---|--|
| 劣化部分 | ■床組 | 打込み断熱材及土台・床板・床組 | | |
| | □基礎 | 基礎天端の気密材及基礎天端の露出部分。 | | |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌・シロアリ | | | |
| 劣化事例 | No.08-01 | No.08-02 | No.08-03 | |
| |  |  |  | |
| 物件所在 | 岩手県花巻市 | 山形県天童市 | 和歌山県田辺市 | |
| 竣工経年 | H16/06→H19/06 | H17/03→H20/06 | H18/12→H19/08 | |
| 構造仕様 | 枠組壁構法：2階建、ベタ基礎： 内張断熱、充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床・床板直張り、 品質：性能等級評価仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎：内張断熱、 充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、外壁： 通気工法・乾式外装材、 床組：剛床・床板直張り、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板 ベタ基礎：内張断熱、 充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床床板直張り、 品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 土台 | 一階床板・大引き | 断熱材のみ | |
| 劣化原因 | <ul style="list-style-type: none"> ■コンクリートと断熱材の界界面にシロアリの侵入ルートが残されていた。 ■断熱材が地盤面下に接した状態であった。 ■基礎天端の断熱ラインの露出部分が見落とされていた。 ■基礎天端に発泡ウレタンを木部土台まで充填被覆され木部の放湿を妨げ湿潤させた。 ■断熱材と木部、断熱材相互の接続箇所に残った空隙が結露源となり木部を湿潤させた。 ■エラストリックな気密材が基礎の天端不陸により圧迫伸張破断を起し土台が湿潤した。 ■基礎立上り打継部と剥離した犬走りとの隙間から内張り断熱材へシロアリが侵入した。 | | | |
| 規則基準 | 設計 | | 施工 | |
| | □住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書 3.4.基礎断熱 | | □住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書 7.4.5 基礎の施工 | |

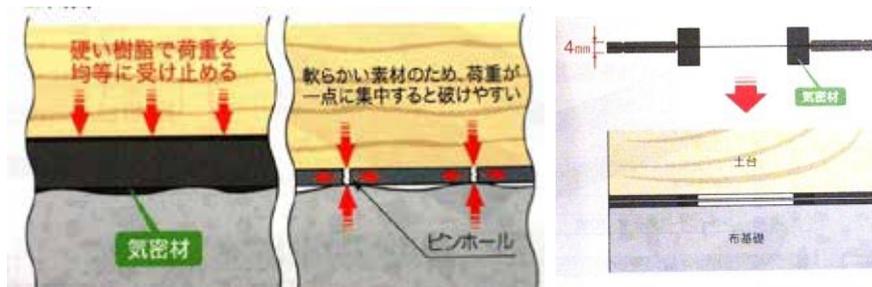
制御対策

■断熱材の下部は地盤面に埋め込み土砂と接触させない事。(基礎につながる配筋を施したコンクリートの土間=犬走り)に打込んでおく等。)



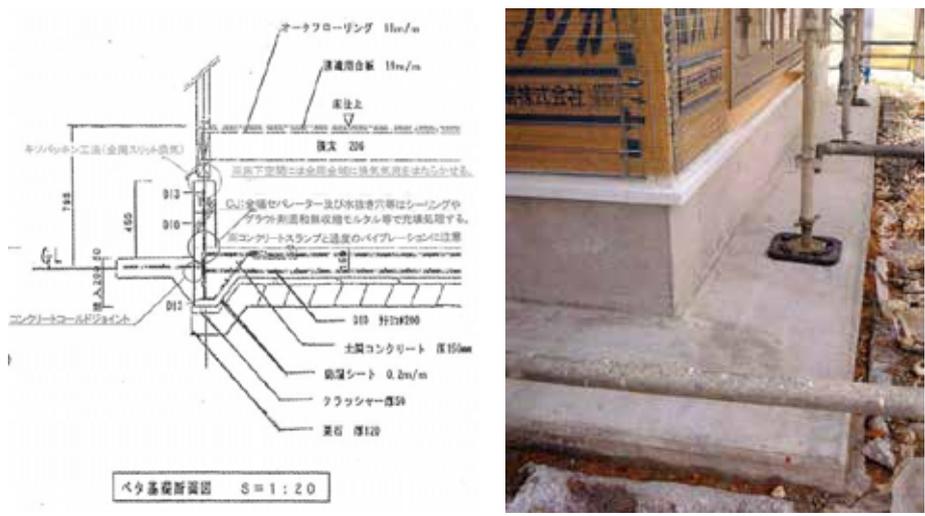
■気密材を保護するスペーサーを補助する。(非鉄金属又は硬質樹脂製の耐圧板を差込む)

※気密材は耐圧板の厚さ(4mm)以上は圧迫されず保護される。



■気密材にはパッキン材を圧迫破断から保護する耐圧措置を講じ、土台と基礎天端を長期に亘って絶縁状態に維持する事が必要。

■外周基礎に接する犬走り・ポーチ土間等は基礎と一体の有筋コンクリートとし、土間の嵩上はコンクリートにて増し打ち方式とする。(地下シロアリの蟻道生成を制御監視する。)

| | |
|-------------|--|
| |  <p> ■防蟻剤混入の発泡断熱材を使用する場合は、継手・加工部分の防蟻処理も必要となる。 ■基礎外張り断熱にはシロアリの遡上を阻止できる金属版・SUS 細目金網等を差込み、断熱材を遡行する蟻道が目視確認できる仕組みを講じる。(物理的障害による食害制御) </p> |
| 留意事項 | <p> ◆土間部（ベース基礎）を犬走りまで一体化した状態で設ける。その際、基礎立ち上がり設置部に段を付け、犬走り部を土間天以下に下げしておく。これにより万が一打ち継ぎ部に隙間が発生した場合でも、雨水の浸入が防げる。(地下シロアリが床下ゾーンに遡行する際は必ず犬走り土間の表面に遡行蟻道を生成する事から発見し易く、又日射紫外線や外風気流を忌避するシロアリの生態の特質を利用する事で食害予防対策とする方法も考慮する。) </p> <p> ◆基礎の断熱材張付けに於いては、地中に埋設する範囲を有筋コンクリートに打込み土壌に断熱材が接する事を防蟻措置が必要。 </p> |

【解説】

寒冷地域等で施工される基礎断熱に於いては、シロアリ（ヤマトシロアリ）による食害が起き易く、特に外張断熱方式の食害が近年増えつつある。

ベタ基礎による土壌防蟻措置の代替仕様を採用するが増えており、基礎立上りに被せた外張の発泡系断熱材がシロアリの遡行ルートに利用されることが増えている。

ベタ基礎と内張断熱方式に於いても、基礎の打継部に残された型枠金物や水抜き穴等の貫通孔がシロアリの侵入遡行ルートとして利用されることも少なくない。

北海道の道央や西部地域にはヤマトシロアリが生息しており、外張方式による高断熱仕様に於いては特に注意を要する。

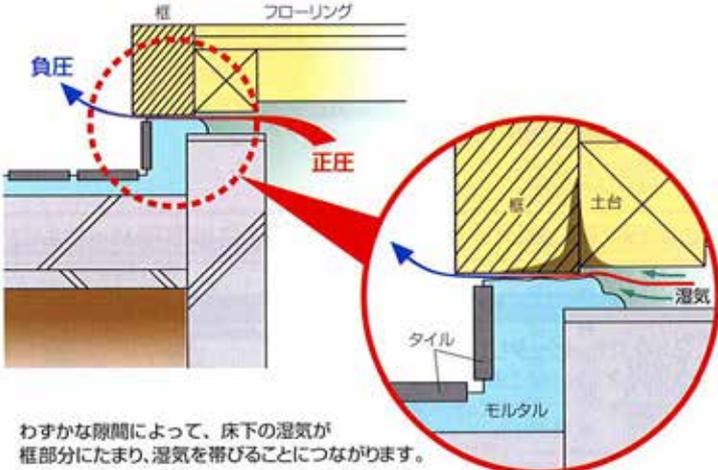
内張り断熱に於いては、基礎天端と土台の間にコンクリートが露呈し易い部分が残され易く熱橋による結露の発生と土台の湿潤が起き易くなる。又、この熱橋部分を吹き付け発泡材等で被覆する場合にも吹付け内側に空隙を残さないよう施工には慎重な措置が求められる。

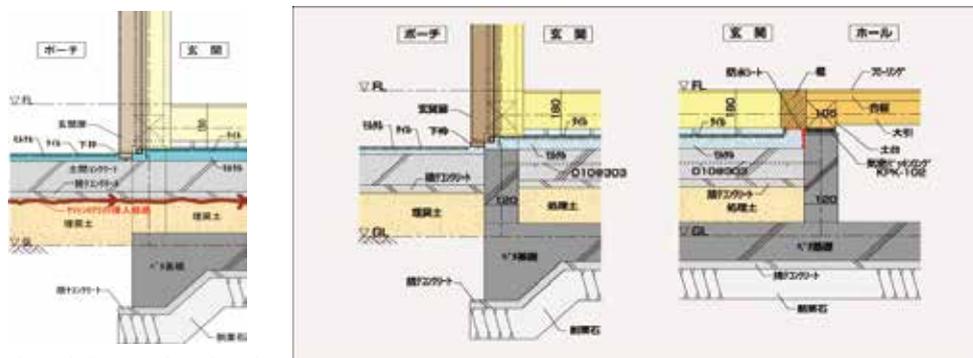
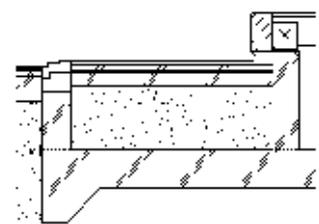
内張り断熱の場合、熱橋被覆用発泡材の吹付けに於いては、土台木部の放湿乾燥の妨げとならないよう発泡材の吹付け範囲には細心の注意が求められる。

【目次No. - 0 9】 玄関踏込土間周り（バリアフリー対策評価基準）

| | | | | |
|------|---|---|---|--|
| 劣化部分 | ■壁 | 踏込土間周りの軸組構造部分 | | |
| | ■床 | 最下階床組・玄関上り框・床仕上部及軸組構造部分 | | |
| | □基礎 | 玄関土間及区画基礎部分 | | |
| | □外構 | 外部嵩上土間及勝手口踏み台部分 | | |
| 劣化生物 | カビ・シロアリ・腐朽菌 | | | |
| 劣化事例 | No. 9 - 01 | No. 9 - 02 | | |
| |  |  |  | |
| | 玄関上り框が湿潤により変色。 | 框土台が湿潤腐朽した状態。 | 框受木と床板が蟻害劣化。 | |
| 物件所在 | 長崎県大村市 | 新潟県新潟市 | 和歌山県白浜市 | |
| 竣工経年 | H18/03→H19/10 | H16/06→H18/08 | H19/12→H21/07 | |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：発 泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：転根太床板張り、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：発 泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・湿式外装材、 床組：転根太床板張り、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：発 泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・湿式外装材、 床組：床板直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 玄関上り框・床組・柱桁 | 玄関上り框・床組 | 上り框・軸組柱・床板 | |
| 劣化事例 | No. 9 - 04 | No. 9 - 05 | No. 9 - 06 | |
| |  |  |  | |
| | 玄関踏込土間の蹴込剥離部か ら遡行したシロアリの食害。 ヒバ集成材土台の食害は微少 | 玄関上り框に下端木口が接した化 粧付枠のシロアリ(ヤマトシロアリ) による食害。 | 玄関建具と付枠裏側を遡 行し躯体木部に食害が及 んでいた。 | |
| 物件所在 | 和歌山県海南市 | 東京都三鷹市 | 熊本県熊本市 | |
| 竣工経年 | H17/12→H22/05 | H18/08→H24/07 | H15/09→H18/10 | |

| | | | |
|------|--|---|---|
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板 ベタ基礎、充填断熱方式：発 泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：床板直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | 枠組壁構法：2階建、ベタ基礎（逆 スラヴ方式）、充填断熱方式：発 泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | 枠組壁構法：2階建、 ベタ基礎、充填断熱方 式：繊維系断熱材、高気 密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外 装材、床組：剛床直張り、 品質：性能等級評価仕様、 |
| 劣化箇所 | 玄関上り框・土台・床組 | 玄関付枠・上り框 | 玄関建具付枠・枠材 |

| | |
|--|---|
| 劣化原因 | <p>■シックハウス対策として室内24時間機械換気設備で共用部が負圧空間になっていた。</p> <p>■立上りコンクリート天端と木部(框・土台)の界接部が遮湿シートのみで絶縁されていた。</p> <p>■バリアフリー化により嵩上された土間と上り框(F L面)の段差が少なくなり、土間下に埋設された土台の含水率が高まりシロアリの食害を受けた。</p> <p>■室内の機械換気により、常に室内側が負圧状態となり外気や床下空気が玄関框下の界接部から屋内側に吸引され、外気や床下空気に含まれる水蒸気がフィルター現象により框下の木部とコンクリート等の基礎との界接部に結露として残され腐朽していた。</p> <p>■框下の土台が継続的に湿潤を繰り返し木部の劣化リスクを高めた。</p> <p>シックハウス対策として設備された24時間機械換気が共用部分にも常時稼働していた事で、床下空間から玄関ホールへの漏気による湿潤が框部の木部に生じ、蟻害や腐朽を誘因する原因となっていた。</p> |
|  <p>わずかな隙間によって、床下の湿気が 框部分にたまり、湿気を帯びることにつながります。</p> | |
| <p>■玄関踏込土間の嵩上土砂と外部ポーチ土間の嵩上土砂が繋がりシロアリが侵入した。</p> <p>■玄関踏込土間と外ポーチ土間のコンクリートが連続して打設され、周囲の基礎と配筋による一体化がされず土間コンクリート端部が剥離しシロアリが遡上し土台が食害を受けた。</p> | |

| 規則基準 | 設計 | 施工 |
|------|---|----|
| | | 無し |
| 制御対策 | <p>■ 玄関踏込土間と外部ポーチ土間の隔離遮断。土間コンクリートを基礎と配筋一体化させる。</p>  <p>玄関建具下は遮断する事</p> <p>■ 玄関扉下に気密性・耐圧性に優れたパッキンを敷設する。</p> <p>■ 土台と框を並べる場合は、土間堰板や框下見切り材等を設置し、コンクリートと絶縁する。</p> <p>■ 框とモルタル部分を防水テープで絶縁する。</p> <p>■ 建具下の基礎立上り部とポーチ及び踏込土間は差筋等で剥離しないよう一体化を図る事。</p> <p>※ シロアリの侵入を阻止する為、コンクリートの打継部分の外側にエポキシ樹脂等硬度のあ る材料などで被覆処理を施す。</p>   <p>◀土間配筋</p> | |
| 留意事項 | <p>◆ 玄関踏込土間の嵩上部分にシロアリの侵入を阻止する措置が重要。(土間と基礎の一体化)</p> <p>◆ 玄関や勝手口周りの化粧框等の含水率を高めない気密措置が必要。</p> <p>◆ 玄関の上り框などに使用されることの多い集成材を芯材に使った化粧造作材は、劣化生物による食害・腐朽に備えた防御措置を講じる事が望ましい。(防水・乾燥維持・保存処理)</p> | |

【解説】

※、バリアフリー対策として玄関の上り框部の段差を180mm以内とする場合等は、踏込土間の仕上げ面が土台等の木部（特に枠組壁構法）より高くなる場合が多く、湿潤し易くカビや腐朽・シロアリの食害を受けやすい状態になる。

故に、玄関や勝手口の踏込土間周りの構造脚部木部には防湿措置を講じる事が必ず必要となる。又、シロアリの遡行ルートになり易い土間コンクリートと基礎の剥離を防ぐため、配筋を施し基礎と土間の一体化を図る事も求められる。

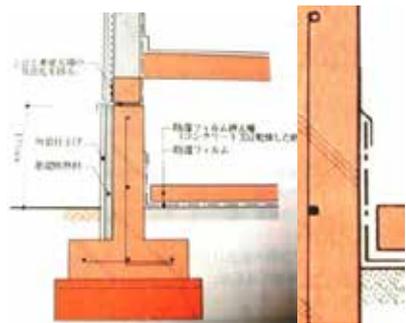
※、木造建築物に遡行するシロアリによる食害は、建物外周のポーチや嵩上された土間下の土壌から外周基礎の打継部分に残された貫通孔や土間との剥離部分を通して侵入し直近の木部に被害を及ぼすことが多く、玄関・勝手口・土間テラス・犬走り部分には十分な注意が必要となる。

【目次No. - 1 0】 土間防湿（劣化軽減措置評価基準）

| | | | | |
|------|---|---|--|--|
| 劣化部分 | ■床 | 最下階床組部分・床仕上部分・床裏断熱材部分 | | |
| | ■基礎 | 防湿土間部分 | | |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌 | | | |
| 劣化事例 | No. 1 0 - 01 | No. 1 0 - 02 | No. 1 0 - 03 | |
| |  |  |  | |
| | 基礎天端に凍結・土台に湿潤カビ。 | 断熱材裏面が結露し配管の保温材が湿潤し給水管凍結。 | 土間防湿シートが基礎際で捲れ土壌水分が床下に漏出。保存処理床組木部にカビが発生。 | |
| 物件所在 | 北海道釧路市 | 北海道留萌市 | 北海道室蘭市 | |
| 竣工経年 | H19/06→H20/06 | H18/05→H20/06 | H16/04→H22/09 | |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板布基礎、土間防湿フィルム砂押え、充填断熱方式：吹込み断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：床板直張り方式、品質：性能等級評価仕様、※床下換気常時開放型、 | 枠組壁構法：2階建、布基礎、土間防湿フィルム砂押え、充填断熱方式：吹込み断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：剛床直張り方式、品質：性能等級評価仕様、※床下換気常時開放型、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、布基礎、土間防湿フィルムモルタル押え、充填断熱方式：吹込み断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：剛床床板直張り、品質：性能等級評価仕様、※床下換気常時開放型、 | |
| 劣化箇所 | 床組・土台・床板 | 設備配管凍結・床組 | 床組木部・設備配管凍結 | |
| 劣化原因 | <p>■土間防湿シート押えに無筋モルタルを使用したため収縮クラックが発生し、土間下の地盤の沈降によるシートの重ね部分の剥離により土間下の水分が床下空間に漏出した。</p> <p>■土間防湿シートの基礎際立上り上端、入隅隅部などの押え不具合により土間下の土壌から湿気が漏出し床下空間を水蒸気飽和状態にする原因となった。</p> <p>■コンクリートのアルカリ分と押えテープの粘着剤が反応し接着力失効により、防湿シートが剥離し土壌からの湿気の漏出による床裏断熱材の表面結露と木部湿潤を起こした。</p> <p>■基礎立上り部分への土間防湿シートの押えが不十分で土間下からの湿気が床下空間に漏出し、木部結露と床断熱材の裏面に水滴化し配管の保温材も湿潤させ、配管凍結の誘因となった。</p> | | | |



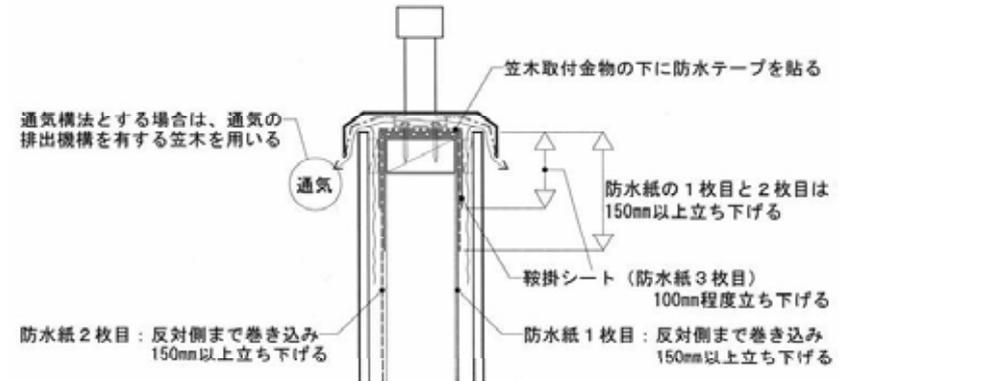
基礎際で捲れた防湿シートの状態。(左:砂利押え、中:コンクリート押え、右:押え土間コンの割れ)

| | | |
|-------------|--|---|
| <p>規則基準</p> | <p>設計</p> <p>□住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書 3.3 基礎工事 5. 土間コンクリートの仕様：厚さ、土間の中央には 4mm 径以上縦横間隔 150 mm 以下のワイヤーメッシュを配する。</p> <p>工事仕様書 3.3 基礎工事 14. 床下防湿 防湿土間の仕様：2)防湿フィルムを施工する場合の規準。</p> <p>同、木造住宅工事仕様書 3.4 基礎断熱工事 1.&2.及び 3.4.1 参考図</p> <p>□住宅保証機構：設計施工基準第 6 条：基礎 解説の項。</p> | <p>施工</p> <p>□(支)工事仕様書 3.3 基礎工事 解説：参考図 -3.4 - 1 & 3.4 - 2 防蟻措置の必要性に応じた基礎断熱(A)床下防湿シートによる防湿。</p> <p>※同施工上の留意点にも基礎立上りへの防湿シート上端の押えについては図示のみで文言による記述は無い。</p> <p>□(確)告示 3 - 1 (3)イ① 図 3-14 基礎断熱工法。※防湿シート上端押えは図示している。</p> <p>※防湿シートの立上げ部の湿気漏出の制御について解説等の記述は無い。</p> |
| <p>制御対策</p> | <p>■防湿シート立上り上端は基礎立上り面にシーリング・テープ等でしっかり止め付ける。</p>  <p>◀(支)工事仕様書:参考図 3.4-2 土間防湿シートの端部。</p> <p>■防湿シート押えコンクリートは有筋・差筋等で基礎立上り部と剥離しないよう措置する。</p> <p>■土間防湿シート押えには砂押え等、地面沈降への追従性に適した方法が望ましい。</p> <p>●防湿シートの継手や端部の押えはシリコン系粘着テープ若しくはシーリング剤等にて処置する事。</p> | |
| <p>留意事項</p> | <p>◆土間の防湿シート押えは基礎際のシール等による張付けが必ず必要。</p> | |

【解説】防湿シートのコンクリートへの張り付けにはシーリング剤若しくはアルカリ分と反応せず剥離し難い粘着テープを使用することが望ましい。

【目次No. - 1 1】 バルコニー（評価基準対象外）

| | | | | |
|------|--|--|---|--|
| 劣化部分 | ■屋根 | 階上バルコニー部分 | | |
| | ■壁 | 外壁及バルコニー腰壁の取合い部分 | | |
| | ■床 | バルコニー歩行床裏の空間部分 | | |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌 | | | |
| 劣化事例 | No. 1 1 -01 | No. 1 1 -02 | No. 1 1 -03 | |
| |  |  |  | |
| | 漏水と結露による腐朽状態。 | 歩行床裏空間が結露し躯体の胴差桁が劣化状態に。 | バルコニー受桁が湿潤し腐朽とヤマトシロアリによる劣化。 | |
| 物件所在 | 静岡県磐田市 | 神奈川県相模原市 | 宮城県塩釜市 | |
| 竣工経年 | H14/03→H20/06 | H18/12→H20/07 | H17/06→H19/06 | |
| 構造仕様 | 枠組壁構法：、2階建 ベタ基礎、充填断熱方式： 繊維系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：剛床直張り、品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：床板直張り方式、品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：床板直張り方式、品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 片持張り床組及腰壁 | 2階軸組側の胴差桁 | 上階床裏組及断熱材 | |
| 劣化原因 | <ul style="list-style-type: none"> ■腰壁の内側通気層下端の押え不備に加え外装側・内側の通気層上端が閉塞されていた。 ■腰壁と建屋の取合い部分の入り隅三次面の防水処置が不十分で漏水を招いた。 ■笠木天端の透湿シートの重ね上に弾性防水テープの押えが施されていなかった。（笠木取付用の金具の固定接合具が防風透湿シートに直接打込まれ漏水の原因となった。） | | | |
| |  |  |  | |
| | <p>防水テープが通気層上部を閉塞。防風透湿シートに金具を直止め。天端防水テープの施工不備。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■腰壁天端の鞍掛け防水シートを笠木ホルダー部分のみで天端の全長に被せていなかった。 | | | |

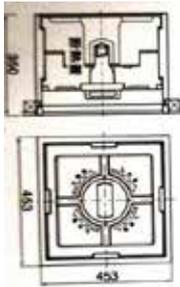
| | |
|-------------|--|
| |  <p>※バルコニーの床裏空間の通気除湿の必要性と結露対策に係る技術規準の記述は無い。</p> |
| <p>制御対策</p> | <ul style="list-style-type: none"> ■腰立上り壁の外装・内張りに通気層を設け、その上端を開放する。 ■腰壁と建屋の取合い部分の防風層を破らない事。入り隅三次面の防水処置を確実に行う。 ■床面防水下地の入隅・コーナーには瓶摺り(45度見附 30 mm以上)を施す事。 ■排水ドレインの縁部は防水層仕上げ面より突出させない事。 ■床面防水層の立上り上端はシーリング充填納まりとし、下地のプライマー処理と底面のボンドブレイカー処置を施しシーリング材が3面接着とならないよう慎重に施工する事。 ■笠木天端の躯体部分には下地シートの上から弾性防水テープ押えを施す事。(笠木取付用の金具の固定接合具からの漏水に備える事。) |

防水シート（鞍掛けシート）を損傷する事が無いよう十分な養生措置が必要である。

【解説】

【目次No. - 1 2】 点検口（維持管理評価基準）

| | | | | |
|------|--|--|---|--|
| 劣化部分 | ■屋根 | 天井点検口部分 | | |
| | ■壁 | 壁・小屋裏点検口部分 | | |
| | ■床 | 最下階床下点検口部分 | | |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌 | | | |
| 劣化事例 | No.12-01 | No.12-02 | No.12 | |
| |  |  |  | |
| | 天井板切込型点検口のカビ | 壁気密断熱型点検口のカビ。 | 天井点検口の結露湿潤カビ。 | |
| 物件所在 | 大阪府枚方市 | 北海道旭川市 | 北海道留萌市 | |
| 竣工経年 | H14/12→H23/08 | H16/04→H20/06 | H18/05→H20/06 | |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力筋違、 ベタ基礎、充填断熱方式： 繊維系断熱材、通常気密、 外壁：湿式外装材直張り、 床組：転根太床板張り、 品質：性能等級評価仕様、 | 枠組壁構法：2階建、布基礎、 土間防湿フィルム砂押え、 充填断熱方式：吹込断熱材、 高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 布基礎、土間防湿フィルム砂押え、 充填断熱方式：吹込断熱材、 高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床床板直張り、 品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 小屋束・小屋梁 | 点検口合板堰枠板 | 点検口囲い堰板 | |
| 劣化原因 | <ul style="list-style-type: none"> ■点検口の取付け開口と点検口の寸法不整合が生じ、点検口周囲に隙間が生じていた。 ■点検口の金属製蓋枠(角部)の継ぎ目が漏気し、熱橋が生じていた。 ■壁の点検口に天井用点検口を転用した為、ヒンジ部のズレにより枠に隙間が生じた。 | | | |
| |  | <p>◀床に設けられた設備配管取出口やPSの点検口は気密層の欠損に。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■高気密・高断熱仕様住宅の屋内に設備配管用の開口部が非気密状態で残されていた。 ■点検口自体の化粧面材に気密処置がされておらず、裏面の断熱材に気密漏れがあった。 ■居室収納部(クローゼット等)の天井点検口に気密処置が施されていないかった。 ■最上階の天井下地に気密措置が施されていないかった。 | | |

| | | |
|------|---|---|
| | | |
| 規則基準 | 設計 □住宅金融支援機構：H22 木造住宅工事仕様書 F35S 1.省エネルギー性仕様 1.5.7. ロ.ハ.点検口の気密性 同 4.耐久性仕様 4.2.5 点検口の設置 1.2. ※建屋内の設備配管等壁点検口の記述は無い。 | 施工 □住宅金融支援機構：H22 木造住宅工事仕様書 F35S 1.省エネルギー性仕様 参考図 1.5.7-1 点検口まわり、(A)(B) 同 4.耐久性仕様 4.2.5 点検口の設置 1.2. ※壁点検口に関する記述は無い。 同 8.9.1 小屋裏換気 解説：施工方法③点検口 |
| 制御対策 | <p>■床・壁・天井・小屋裏等の点検口は点検口の蓋・枠の一体性と熱橋リスクのない気密性を備え断熱を付加する事ができる扉枠付き一体の専用タイプを使用する事。</p> <p>■点検口取付け開口寸法の精度を良くして、点検口枠周辺の隙間を極力少なくする事。</p> <p>■高気密・高断熱型点検口は開閉蓋の気密性に加え気密性の高い断熱蓋を併用する事。</p> <p>参考品：蓋枠気密一体型に断熱内蓋が付随したもの。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">     </div> <p>壁・小屋裏点検口(気密型) 床点検口(気密・断熱・収納型) 天井高気密高断熱型(寒冷地タイプ)</p> <p>■最上階の天井下地には気密フィルム等の防湿措置を講じる。</p> | |
| 留意事項 | <p>◆最上階の天井裏に施す断熱材の空隙がヒートブリッジによる結露を招く為、隙間を最小限に納められる吹込み式（ブローイン）撥水性断熱処理が最も安定している。（天井点検口には吹込み断熱材が崩れないように開口堰板枠が付随したものが必要となる。）</p> <p>◆点検用開口部には補強用の栈木を添え開口辺部の剛性を高め、点検時の人の重さに対しても極力撓みを押えられるような配慮が必要。</p> | |

【解説】

※、居室内の空気環境維持対策として設備される24時間機械換気を設備する場合、北海道など寒冷地では全館が常に負圧状態に置かれ床下や小屋裏・天井懐空間と繋がる僅かな隙間部分には漏気による結露が生じ易くなることに注意が必要。

【目次No. - 1 3】 小屋裏空間（省エネルギー対策評価基準）

| | | |
|------|---|--|
| 劣化部分 | ■屋根 | 小屋組木部・軒裏及び小屋裏空間・野地裏木部 |
| | □小屋 | 小屋裏換気孔部分・軒裏換気孔部分 |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌 | |
| 劣化事例 | No. 1 3 -01 | No. 1 3 -02 |
| |  <p>小屋裏換気不具合に因るカビの発生と腐朽。</p> |  <p>換気不具合に因る小屋裏の梁・樑・野地板にカビ</p> |
| 物件所在 | 滋賀県彦根市 | 大阪府枚方市 |
| 竣工経年 | H12/03→H24/11 | H14/12→H23/08 |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建、耐力壁筋違、 ベタ基礎、充填断方式：繊維系断熱材、 通常気密、外壁：湿式直張り外装材、 床組：転根太床板張り方式、 品質：性能等級評価無し、 | 構法：2階建、耐力壁筋違、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、 通常気密、外壁：湿式直張り外装材、 床組：転根太床板張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 |
| 劣化箇所 | 小屋組躯体・外壁下地木部 | 小屋組躯体・屋根下地木部 |
| 劣化原因 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 小屋裏換気に斑があり、輪道気流に因る湿気溜りが局所的な水蒸気の溜り空間をつくった。 ■ 瓦の掛け残止め付釘が野地板を貫通し小屋裏空間に露出していた。 ■ 寄棟屋根の小屋裏換気の不順により屋根裏に水蒸気のこもり部分が常態化していた為木部の湿潤に因りカビが蔓延・金物にも腐蝕が進行した。 ■ 小屋裏直下階の室内天井面に気密措置がされていなかった為室内からの湿気が小屋裏に常時供給されていた。 ■ 小屋裏直下の室内の暖房に灯油ストーブを使用する事があった。 | |
| 規則基準 | 設計 | 施工 |
| | □住宅金融支援機構：H22 木造住宅工事仕様書 5.5 小屋組 同 7.4.9 屋根断熱材の施工 | □住宅金融支援機構：H22 木造住宅工事仕様書 5.5 小屋組～5.6 屋根野地 同 8.9 断熱 解説：施工方法(1)～(3) |

| | | |
|------|--|-----------------------------|
| | 同 8.9.1 小屋裏換気 1.&2. ※防虫措置の記述は無い。 | 及び①～③ 8.9.1 小屋裏換気 2.イ～ニ、 |
| 制御対策 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 小屋裏換気孔を軒裏全周に均等に配し換気気流の澱み域を作らないよう注意が必要。 ■ 小屋裏の頂頭部に気流を排出し易い換気出口を必ず確保する。 ■ 小屋裏直下階の室内天井面の下地には気密措置（気密バリアシート等）を施す事。 ■ 小屋裏点検口等の開口部には気密性を備えた製品を設置する事。（No. 1 2 の項参照） | |
| 留意事項 | <ul style="list-style-type: none"> ◆ 軒裏等に設ける換気孔にはスポット方式よりもライン状の全周換気方式の方が小屋裏空間に換気の澱み域が出来にくい点で好ましい。 ◆ 小屋裏に限らず、換気孔出入り口の設置は 2 カ所以上で高低差を 1 m 以上確保する事が望ましい。 ◆ 小屋裏空間へは室内空間（天井面等）からの湿気が侵入し難い気密措置を施すことが必要。 | |

【解説】

※、小屋裏空間の換気には、軒裏等下位部分の換気開口に加え棟頂部の換気開口（換気棟・切妻の矢切等）を一对に設ける事により、風圧力と温度差による気流が生じ易くなり、小屋裏空間の換気が効果的に行えることにより空気中の水蒸気の滞留を防ぐ事ができる。

【目次No. - 1 4】 防腐防蟻措置（室内空気環境評価基準）

| | | | | |
|------|--|--|---|--|
| 劣化部分 | ■屋根 | 小屋組部分・屋根葺き下地部分 | | |
| | ■壁 | 躯体隠蔽部分 | | |
| | ■床 | 最下階床組部分・床及内装仕上部分 | | |
| | □外構 | 防蟻処理土壌部分・根伐り土埋戻し部分 | | |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌・シロアリ | | | |
| 劣化事例 | No. 1 4 -01 | No. 1 4 -02 | No. 1 4 -03 | |
| |  |  |  | |
| | 土台継手の薬剤による処理を怠った為木口から食害された例。 | 保存処理材もシロアリに対する表面の忌避効果は無い。 | PG スケア材の湿潤状態が長引き腐朽劣化した状態。 | |
| 物件所在 | 東京都三鷹市 | 熊本県玉名市 | 静岡県清水市 | |
| 竣工経年 | H18/08→H24/07 | H14/12→H21/06 | H16/04→H21/10 | |
| 構造仕様 | 枠組壁構法：2階建、共同住宅 ベタ基礎：(逆スラブ)、 充填断熱方式：発泡系断熱材、 高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床直張り、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建、耐力壁 合板、ベタ基礎、 充填断熱方式：繊維系断熱材、 高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：転根太床板張り、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建、耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、 高気密高断熱、 外壁：通気工法・湿式外装材、 床組：床板直張り方式、 品質：性能等級評価仕様 | |
| 劣化箇所 | 保存処理土台 | 保存処理土台 | 保存処理土台 | |
| 劣化原因 | <p>■保存処理された木材を切削加工した木口の薬剤処理を怠ったため、木口から侵食された。 ※シロアリの床下への侵入を防がなければ、保存処理材であっても行動を阻止する忌避効果は期待できないため遡行ルートとして縦横に遡行される。</p> <p>■工事中の床下空間の水蒸気飽和状態から発生した結露水が残り保存処理木材にカビが蔓延し、腐朽菌が繁殖し易い環境におかれていた。</p> | | | |
| 規則基準 | □建築基準法施行令：第 49 条の 2 地面から 1 m 以内の防腐・防蟻措置、 同第 20 条の 6 一、二、クロルピリホスの使用禁止。 | | □住宅金融支援機構：木造住宅工事仕書 4.3.1 土台の防腐防蟻措置 4.3.2 土台以外の木部の防腐防蟻措置 4.3.3 薬剤の品質等 | |

| | | |
|-------------|---|---|
| | <input type="checkbox"/> 住宅金融支援機構：H22 木造住宅工事仕様書 4.3 木部の防腐・防蟻措置 <input type="checkbox"/> 品確法：設計等級評価基準 3-1 劣化軽減措置 ※耐久性の高い樹種：D 1 材/保存処理材 ※耐久性の高い樹種規定（桧・ヒバ・・・） <input type="checkbox"/> 住宅保証機構：性能保証住宅標準仕様書 (7)土台廻りの耐久性に係る措置(例) | 4.3.3 の 6 クロルピリホスの使用禁止。 同、4.4. ※ベタ基礎による土壌防蟻措置緩和規定。 <input type="checkbox"/> 品確法：建設等級評価基準 3-1(3)木造【解説】(i)～(iii)軸組等、 通気構造・薬剤処理。3 - 1 (3)イ①土台 <input type="checkbox"/> 住宅保証機構：性能保証住宅標準仕様書 (7)土台廻りの耐久性に係る措置(例) |
| 制御対策 | <ul style="list-style-type: none"> ■保存処理された木材であっても乾燥状態を維持し続ける措置が必要。 ■木材木口の防腐・防蟻処置は必ず徹底する。 ■床下の換気の不全を起こさないよう気流が停滞する原因を作らないように注意する。 ■木部とコンクリートの接触部分には必ず絶縁措置を講じる事。 ■最下階床下地板に使用する合板には耐水性に有利なF 3を使用することができる。 | |
| 留意事項 | <ul style="list-style-type: none"> ◆シロアリは木材の木口を好んで摂食する傾向があり、保存処理された木材を切削加工した木口の薬剤処理を怠ると、シロアリの食害を受け易い。(蟻害による木部の劣化の殆どは木口から侵食がはじまっている。) ◆薬剤によるシロアリの忌避効果は期待できない事実を施工者に周知徹底する事が必要。 ◆木部腐朽は腐朽菌のシュウ酸化作用により構造金物の腐蝕が生じ易く金物劣化・木部劣化を誘発する一因となり易い。(解説写真参照) | |

【解説】

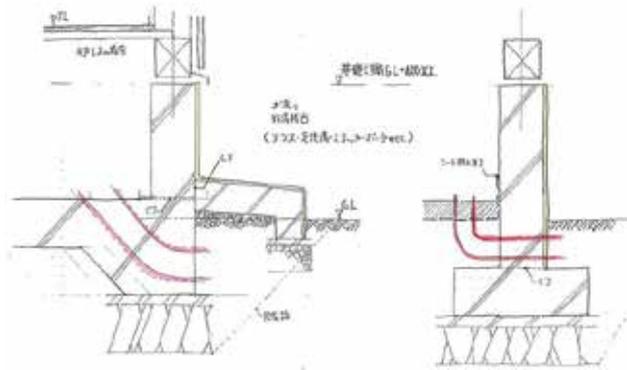
※、集成材・合板などの耐水性と接着安定性を維持するために使われてきたホルムアルデヒドなどの薬剤の使用禁止や制限により、木造住宅の住環境の保全が図られているが「人に優しい環境は木造の耐久性を脅かす劣化生物にも優しい」という事に施工者は十分注意する事が必要である。



腐朽菌と酸化による木部・金物の劣化。

【目次No. - 1 5】 住設機器・設備配管（維持保全：設備配管の更新）

| | | | | |
|------|--|---|---|--|
| 劣化部分 | ■床 | 最下階床下及床組部分・床仕上造作部分 | | |
| | □基礎 | ベタ基礎打継部分・設備配管打設貫通部分 | | |
| | □外構 | 付帯設備類の置台部分・二次側設備配管部分 | | |
| 劣化生物 | シロアリ | | | |
| 劣化事例 | No. 1 5 -01 | No. 1 5 -02 | No. 1 5 -03 | |
| |  |  |  | |
| | 設備機器裏側の遡上蟻道。 | 鞘管と配管の隙間から侵入蟻道。 | 配管の保温材を摂食し侵入 | |
| 物件所在 | 大阪府堺市 | 石川県小松市 | 埼玉県浦和市 | |
| 竣工経年 | H18/12→H20/06 | H18/11→H21/08 | H19/12→H21/07 | |
| 構造仕様 | 枠組壁工法：3階建、 ベタ基礎、 充填断熱方式：発泡系断熱材、高木道高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：剛床直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：床板直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：床板直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 枠組壁躯体・二階側桁 | 軸組躯体 | 軸組土台・柱 | |
| 劣化原因 | <p>■基礎部分のコンクリートに埋め込まれた配管保護材或は更新用の鞘管部・スリーブ貫通部分のシロアリ侵入防止措置が施されておらず地下からの侵入路に利用された。</p> <p>■建物の外壁に接して設置された給湯器・空調室外機（或はその防塵カバー）が外壁脚部の通風を阻害しメンテナンスの障害となっていた為、シロアリの遡行を見逃していた。</p> | | | |



◀赤いラインがシロアリの侵入路に。



奥の給湯機が外壁に接近しすぎ。機器カバーが隙間を塞ぎ給湯保温管の蟻道痕を見逃がす。

| | | |
|------|---|---|
| 規則基準 | 設計 | 施工 |
| | <p>□住宅金融支援機構：H22 木造住宅工事仕様書 F35S の 5. 耐久性・可変性に関する基準（劣化対策等級 3 及び維持管理対策等級 2）に係る仕様。</p> <p>□2003 品確法：評価基準・技術解説：告示 4-1. (3)イ①. 専用配管は基礎立上り部を貫通する場合を除きコンクリート内に埋め込まれていないこと。</p> <p>※、いずれの仕様書本文に配管更新の為の鞘管等具体的な技術規準は無い。</p> <p>□ベターリビング協会：電気給湯機の安全性の確保他</p> | <p>□住宅金融支援機構：H22 木造住宅工事仕様書 F35S の 5.</p> <p>解説：5. 9 専用配管の 1 項、2 項。参考図 5. 9-1 ベタ基礎における専用配管の貫通。</p> <p>□2003 品確法：評価基準・技術解説 等級 3. 解説図 4-6~9.</p> <p>※、いずれの基準も本文に配管更新の為のスリーブやベタ基礎の場合の鞘管の記述は無い。</p> <p>□ベターリビング協会：戸建住宅の 1 階の屋内外に設備する給湯機器については地震時等の 0. 4 G の横力に安全を確保できる事。</p> |
| 制御対策 | <p>■外部に設置する設備機器は基礎外面から 10 cm 以上離し、監視・保守点検が容易にできるよう配慮すると共に通風を確保する。</p> | |

| | |
|--------------------|--|
| | <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">配管ヘッダー</p> <p>空調室外機等は基礎から10cm程度話して設置。 寒冷地域で先行普及している配管ヘッダー。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 幹管集中配管や床下ヘッダー方式など外周基礎を貫通する配管箇所数を少なくする。 ■ 基礎を貫通する設備配管の基礎外面部分の隙間にはエポキシ樹脂・ガラス繊維シート・無収縮モルタル・網目 0.5 mm以下の SUS メッシュ等を用いてシロアリが侵入できない措置をする。 |
| <p>留意事項</p> | <p>◆ 地中に埋設される設備配管及び防蝕や保温のために捲かれる養生材や基礎貫通部は食害を受けやすくシロアリの遡行ルートに利用される事があるので注意。</p> |

【解説】

※、外部の配管は埋設深さや埋戻し土砂の隙間などによりシロアリの遡行アプローチに利用され易い。



シロアリに侵入され易い設備配管の事例。

【目次No. - 16】 屋根太陽光発電設備（省エネ対策：評価基準）

| | | |
|------|---|---------------------------|
| 劣化部分 | ■屋根 | 軒桁及屋根下地部分・軒部分・屋根葺き部分・頂棟部分 |
| | ■壁 | 外壁躯体上部軒桁部分 |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌 | |
| 劣化事例 | No.16-01 | |
| |  <p>※設置された太陽光パネルの下部葺き材に腐食錆が流出したと思われる変色が見られる。 又、軒裏の外壁外装材の上部にも湿潤による変色が集中的に見られる。</p> | |
| 物件所在 | 大阪府高槻市 | |
| 竣工経年 | H16/12→H24/06 | |
| 構造仕様 | 構法：④㉔、基礎：⑩⑪、断熱：③④／⑤、気密：①②、外壁：⑥⑦／⑧、床組：⑨⑫／⑬、 品質：⑭⑮／⑯、 | |
| 劣化箇所 | 屋根葺き下地・軸組上部軒桁・外装上部の下地 | |
| 劣化原因 | <ul style="list-style-type: none"> ■野地板に合板を使用した。（杉板のような水湿分の吸湿・肺室の調整が効かない。） ■太陽光発電パネル設置範囲と直射日光を受ける屋根面や野地板・小屋裏との温度差が生じ、小屋裏空間の水蒸気飽和による結露が生じ易い状態となっていた。 ■合板野地板と防水ルーフィングの組合せが排湿機能が低く結露しやすい状態であった。 ■化粧スレート葺きの止め付釘が合板野地板を貫通し小屋裏空間に露呈、太陽光発電パネルによる日陰部分との温度差により夏型結露を繰り返し野地合板を湿潤させた。 | |

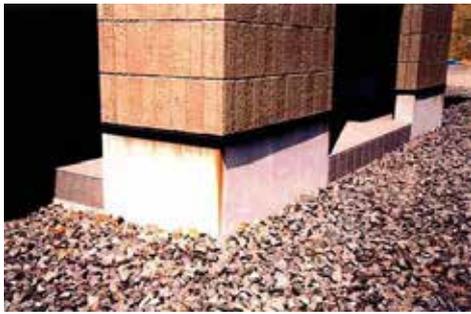
| | | |
|------|---|----|
| 劣化原因 | <p style="text-align: center;">野地裏湿潤(結露)事象の概略 作図:スレート葺きの場合(五寸勾配)</p> | |
| 規則基準 | 設計 | 施工 |
| | 無し | 無し |
| 制御対策 | <ul style="list-style-type: none"> ■屋根葺き面に温度差の生じ易い気候格差状態をつくらない。 ■屋根面に日陰が出来る場合は、遮蔽物と屋根葺き面の間にクリアランスを確保し外気流が屋根葺き材の上面に流れ易い工夫等を施す。 ■小屋裏空間に温度差が生じにくい措置を講じる。 ■野地裏と小屋裏空間との間に断熱性を持たせた仕切り材による通気層を設ける。 ■勾配野地裏の通気層を確保し、小屋裏頂部に棟換気など効率の良い換気措置を講じる。 ■屋根面に隅棟や谷部を設ける際は、葺き材の防雨仕舞を確実に措置する。 ■化粧スレート葺等の場合は防水層の上に流し桟+二重野地板方式を採用し葺材の止め付釘が小屋裏空間に貫通しない措置を講じる。 ■小屋裏には野地との間に通気層をもたせた外張断熱方式を施す。 ■妻側ケラバ等の外壁との雨仕舞には破風板等を施し十分な止水・水切り措置を講じる。 | |
| 留意事項 | <p>◆勾配屋根への太陽光発電設備設置作業者へ「小屋裏温湿度環境への影響等」に関する情報提供を連携よく徹底する必要がある。</p> | |

【解説】 ※屋根葺き下地(野地板・防水紙等)に界接する空間に温度差が生じると、外気に含まれる水蒸気が飽和状態となった時点で余剰な水分が野地板や樫などを湿潤させ、その状況によっては軒桁等軸組上部の木部を繰返し湿潤状態に置くことになる。

木部の水分量が20%以上の状態が続くことで腐朽し易い状態に至るので、小屋裏(特に野地板の上下面)における湿潤には十分な注意が必要となる。

野地板に合板を使用すると小屋裏の水蒸気が抜け難くなることから、小屋裏空間の換気機能不具合状態が続くとカビの発生や腐朽の劣化リスクが高まる。

【目次No. - 1 7】外部附帯構造部分（評価基準対象外）

| | | |
|------|---|--|
| 劣化部分 | ■壁 | 玄関周りの独立壁・袖壁・垂れ壁・腰壁 |
| | □外構 | 玄関ポーチ土間 |
| 劣化生物 | カビ・腐朽菌・シロアリ | |
| 劣化事例 | No. 1 7 - 01 | No. 1 7 - 02 |
| |  <p>ポーチ袖壁内部が結露し土台の保存剤が流出</p> |  <p>通気不順による結露で木部保存が流出</p> |
| 物件所在 | 兵庫県西脇市① | 兵庫県西脇市② |
| 竣工経年 | H16/08→H19/05 | H17/12→H19/05 |
| 構造仕様 | <p>枠組壁構法：2階建、ベタ基礎、 充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：湿式直張り、床組：剛床床板直張り方式、 品質：性能等級評価仕様、</p> | <p>枠組壁構法：2階建、ベタ基礎、 充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・湿式外装材、床組：床板直張り、 品質：性能等級評価仕様、</p> |
| 劣化箇所 | 玄関ポーチ袖壁柱 | 玄関ポーチ袖壁 |
| 劣化原因 | <p>■外装下地に通気層が確保されていない。（下地胴縁は仕上げ面の調整のみの目的で施工） ■入込式ポーチ天井懐空間の除湿に必要な換気措置が確保されていなかった。 ■オーバハング水切り部に上階外壁の壁体通気層への気流侵入孔が採られていなかった。</p> | |
| 規則基準 | 設計 | 施工 |
| | 無し | 無し |
| 制御対策 | <p>■外部に設ける壁体・独立柱の化粧面裏側にも外壁と同様の通気層を確保し除湿処理を行う。 ■入込式ポーチ天井の懐空間にも除湿換気措置を確保する。</p> | |
| |  <p>玄関ポーチ袖壁の通気措置例。</p> | |
| 留意事項 | 外壁に附帯する袖壁やバルコニーの壁体中空部にも排湿通気措置が必要。 | |

【解説】 玄関等の外部附帯壁の外装下地にも通気層を確保して外装裏側の結露を防ぐ事が必要。

【目次No. - 18】 外構ガーデニング（評価対象外）

| | | | | |
|------|---|---|---|--|
| 部位部分 | ■屋根 | 軒先下地木部・軒裏下地木部・屋根下地木部 | | |
| | ■壁 | 内部中間間仕切り部分・合板表層 | | |
| | ■床 | 1階床組部分・床板合板表層 | | |
| | □基礎 | 外周附帯土間コンクリート部分・換気孔部分 | | |
| | □外構 | 植栽植込み部分・植栽樹木部分・根伐り整地部分 | | |
| 劣化因子 | シロアリ | | | |
| 劣化事例 | No. 18-01 | No. 18-02 | No. 18-03 | |
| |  |  |  | |
| | 軒裏から小屋裏に侵入した羽アリの落翅 | 柱の蟻道の痕跡。 (下からの見上げ) | 床板裏の断熱材との空隙部(根太の間)に形成された巣。 | |
| 物件所在 | 熊本県植木市 | 鹿児島県鹿屋市 | 和歌山県南部市 | |
| 竣工経年 | H17/12→H18/10 | H19/04→H21/06 | H16/12→H18/09 | |
| 構造仕様 | 軸組構法2階建合板耐力壁、ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：床板直張り、品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：平屋建耐力壁合板、ベタ基礎：充填断熱方式：繊維系断熱材、通常気密、外壁：通気工法・乾式外装材 [㊟] 、床組：転根太床板張り、品質：性能等級評価仕様、 | 枠組壁構法：2階建、ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・湿式外装材、床組：剛床直張り、品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 軸組・床組・間仕切り | 床組・軒桁・間仕切り | 耐力壁・床組・間仕切り | |
| | No. 18-04 | No. 18-05 | No. 18-06 | |

| | | | |
|------|---|--|---|
| |  |  |  |
| | 外周軒桁を降下する蟻道。 | 軒桁と垂木の接合部分に蟻道痕と食害が及んでいる。 | 壁断熱材に形成された蟻巣 |
| 物件所在 | 鹿児島県鹿屋市 | 福岡県福岡市 | 長崎県平戸市 |
| 竣工経年 | H19/04→H21/06 | H20/03→H21/10 | H19/12→H23/08 |
| 構造仕様 | 軸組構法：平屋建耐力壁合板、ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：転根太床板張り、品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎、充填断熱方式：発泡系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・乾式外装材、床組：転根太床板張り、品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、外壁：通気工法・湿式外装材、床組：床板直張り方式、品質：性能等級評価仕様、 |
| 劣化箇所 | 柱・軒桁・天井下地 | 軒桁・屋根下地 | 軸組・軒裏下地木部 |
| 劣化原因 | <p>■ 樹木の根幹部に営巣したイエシロアリが、根伐り部の埋戻し土に混在していた木片や大鋸屑等を伝って建物の床下に侵入した。＝下図参照＝</p>  <p>■ 建物外周に設営された木製デッキにより、紫外線や床下換気が阻害されシロアリが床下に侵入し易い環境をつくっていた。</p> <p>■ 敷地内や隣地にシロアリが営巣した樹木が存在した。</p> <p>■ 庭に設置された木製の簀子やエクステリアがシロアリの侵入環境をつくった。</p> | | |



外部の木製デッキが換気孔を塞ぎ、通風や陽当りを遮るとシロアリ遡行のリスクを高める。

- 敷地内にシロアリの営巣に気付かず移植した若木樹が存在した。
- 根伐り掘削溝の木質残材を除去せず、場内に残置されていた土砂を埋戻しに使用した。
- 建物基礎外周に接して密度の高い植栽を設けていた為蟻道の形成を見落としていた。



梅枯死木の食害事例。イエシロアリの巣を抱えた移植桜。通換気障害となった花壇の例。



黒松の根元に営巣されたイエシロアリの本巣。倒木に営巣されたヤマトシロアリの分巣。

- 軒先瓦の雀口・面戸部及び軒裏換気部材の取付部に残されていた隙間から羽アリが侵入。



軒先瓦の裏面と広小舞板(ルーフィング仕舞)の間に空隙。軒天換気材と軒先板金の裏に隙間が。

規則基準

設計

施工

| | | |
|-------------|--|-----|
| | 無し、 | 無し、 |
| <p>制御対策</p> | <p>■建物外周脚部に接する植込み花壇や灌木等の植栽を控える。</p> <p>■植栽・樹木は家屋からできる限り距離を確保する。</p> <p>※、シロアリは、樹木の地下茎に好んで巣をつくる傾向がみられる。</p> <p>■宅地内に枯死木・切株・木材の残材・木製エクステリア等を放置しない。</p> <p>※、建替え新築時には旧家屋の木材片の撤去や土壌の入替整地を行う。</p> <p>■建物軒先・軒裏等に羽アリが侵入し易い隙間を残さない。</p> <p>■新築住宅の敷地内の灌木や植栽木の周辺にはシロアリの生息モニタリング用の副木やバイトステーション等を埋設部し定期的に点検し、樹勢やシロアリ棲息の有無を調べる。</p> <div data-bbox="395 705 1364 884"> </div> <p>バイト容器部材の例。バイト容器埋設状態。 回収型容器の例。 回収型容器の埋設状態。</p> <p>■イエシロアリとヤマトシロアリのいずれにも対処する場合には、摂食型防蟻材若しくは回収型処理土壌ステーションを設置し、地下巣（本巣及び中継分巣）を根絶させる。</p> <div data-bbox="370 1041 1348 1400"> </div> <p>副木の食害</p> <p>間伐材(杉材)の埋設部は摂食されていた。 造園植栽の副木(摂食被害)</p> <p>■屋根軒先の葺材先端(雀口)は防虫網(SUS製2mm目)や無収縮モルタル・漆喰等で塞ぐ。</p> <p>■軒天井や外壁上部の換気孔には羽アリの侵入を防ぐ措置を講じる。</p> <div data-bbox="370 1568 1364 1836"> </div> <p>野地ルーフィングと軒先瓦の間(雀口)に無収縮モルタルを充填し面戸部分も裏籠め固定する。</p> | |
| <p>留意事項</p> | <p>◆軒先から侵入したシロアリは屋内を遡降し地中に到達できない場合は床裏の空隙部や壁の中空部に創巣する事も見られる。(事象事例写真No. -22, 23)</p> | |

◆根伐り埋戻し土砂に場内の土を使用する場合は木屑や木粉大鋸屑等は十分に除去する事。



鉋屑・木片・建材の切れ端等が散在した状態。外周の根伐り埋戻し部分には木片等が混在する。

【解説】※、地中の木の根や木片はシロアリの遡行に基質として利用され易い。

【目次No. - 19】 住宅の点検・維持管理

| | | | | |
|------|--|---|--|--|
| 劣化部分 | ■壁 | 躯体外周脚部 | | |
| | ■床 | 床組部分・床裏断熱材部分 | | |
| 劣化生物 | シロアリ | | | |
| 劣化事例 | No.19-01 | No.19-02 | No.19-03 | |
| |  |  |  | |
| | 植込みを遡行したシロアリによる床組(杉材大引)の食害。 | 基礎を遡行したシロアリが換気孔を閉塞し土台軸組に食害。 | 気流の働きが弱い換気部に覆土を形成し食害を及ぼす。 | |
| 物件所在 | 和歌山県田辺市 | 静岡県三島市 | 新潟県新潟市 | |
| 竣工経年 | H17/11→H20/07 | H14/12→H20/08 | H16/06→H18/08 | |
| 構造仕様 | 軸組構法：2階建耐力壁合板 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、通常気密、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：転根太床板張り、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、高気密高断熱、 外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：転根太床板張り、 品質：性能等級評価仕様、 | 軸組構法：2階建耐力壁合板、 ベタ基礎、充填断熱方式：繊維系断熱材、 通常気密、外壁：通気工法・乾式外装材、 床組：転根太床板直張り、 品質：性能等級評価仕様、 | |
| 劣化箇所 | 土台及び大引・軸組脚部 | 土台及軸組脚部・床板 | 土台・軸組 | |
| 劣化原因 |  | | | |
| |  | | | |
| | <p>■生活用具を外周基礎に添わせて置いた為、床下換気を阻害しシロアリの遡行を助長させた。</p> <p>■基礎に沿わせた花壇や物置が床下換気口を遮断し通気阻害と蟻道の形成を助長していた。</p> | | | |
| 規則基準 | 設計 | 施工 | | |
| | 無し、 | 無し、 | | |

| | |
|------|--|
| 制御対策 | <ul style="list-style-type: none"> ■換気開口部の換気障害による劣化リスクに関する「住まいの維持管理」について居住者への注意喚起を徹底する事。(引渡時の重要説明事項とする事) ■建物外周部の床下換気孔の換気障害となる日用品・物置等の障害物基礎に接して置かない。 ■建物外周部の基礎に接して花壇等の密度のある植栽を控える。 |
| | |
| 留意事項 | ◆建物外周脚部に接して物を置く場合には通風・換気を阻害しない配慮が必要。 |

【解説】

※シロアリは気流や紫外線を忌避する性質があり、日陰や換気障害が蟻害や木部の湿潤を誘発し劣化事故の原因となり易い。

第5章 接合部の強度劣化評価に関する検討

5.1 はじめに

木部構造体の維持管理のための基礎資料を得ることを目的とし、生物劣化による接合部強度低下への影響を実験的に明らかにするため接合部強度試験を実施するとともに、その結果に基づいた非破壊評価技術を検討した。接合部強度試験は、接合金物を使用した接合部モデル試験体を強制的に生物劣化させ、接合部耐力と劣化程度との関係を検討することとした。そのため、まず生物劣化を強制的に発生させる方法（以下、強制劣化方法）を考案することとし、ここでは腐朽菌による強制劣化方法を検討した。

5.2. 実験方法

5.2.1 腐朽菌による強制劣化方法

腐朽菌による強制劣化方法は、菌床による方法とファンガスセラーによる方法について検討した。

(1) 菌床による強制劣化方法

菌床による強制劣化方法は、木粉培地の培養瓶で培養したチョークアナタケの菌床で検討した。作製した菌床を接合部モデル試験体に接触させるため、まず試験体にエタノールを霧状に吹きかけた。次に、接合金物（CP-T）が取り付けられる部分に木粉培地を直接試験体に接触させ、腐朽菌が木粉から試験体に摂取されるようにした。その後、木粉を盛り付けた部分の保湿と雑菌の繁殖を防止するため、試験体を重ね合わせた状態でストレッチフィルムにより巻き固めた。巻き固めた試験体は、温度 30℃、湿度 63%RH の恒温恒湿室で養生した。養生の際、試験体の乾燥を防ぐため、水を張った平底水槽の上に試験体を設置した。なお、試験体に菌床を盛り付け後、接合部モデル試験体を仮組みしてストレッチフィルムで巻き固める方法も併せて検討したが、この方法は、重ね合わせた状態よりも設置場所の制約を受けたり、試験体の取り扱いが煩雑になったりするため、更に検討が必要と考えた。

(2) ファンガスセラーによる方法

ファンガスセラーによる強制劣化方法は、木粉培地の培養瓶で培養したナミダタケの菌床を温度 20℃の恒温室内の人工土壌に混入して検討した。人工土壌は、試験体の接合部のみ設置するように盛土状にした。また、試験体の加力部分の腐朽防止と盛土の形状維持を目的に、コンクリートブロックを配置した。また、恒温室は比較的乾燥状態のため、試験体と人工土壌の湿潤状態を維持するための水分補給方法も併せて検討した。

5.2.2 接合部モデル試験

日本建築学会木質構造接合部設計マニュアル（2009年11月）の5.3接合部の試験法・評価法に従って接合部試験をした。接合部モデルは、土台－柱接合部とし、接合金物はCP-T

とした。樹種は、アカマツ、スギ、ベイツガ、ベイマツとした。加力方法は、繰返し加力とした。繰返し加力は、ISO 11670 に準拠した。終局変位 D_u は、25mm とした。加力速度は、0.1~10mm/s の範囲で一定の加力速度とした。加力の繰返し回数は、全てのステップで各 3 回とした。加力履歴は、第 1 ステップは、繰返しの基準を許容短期耐力、第 2 ステップは、繰返しの基準を $0.1D_u$ とした。それ以降のステップは順に、 $0.2D_u$ 、 $0.4D_u$ 、 $0.6D_u$ 、 $0.8D_u$ 、 $1.0D_u$ を繰返しの基準とした。得られた試験結果から、初期剛性、降伏荷重、降伏変位、最大荷重、終局荷重、終局変位を算出した。

加力試験後、接合部の断面状況の観察、ピロディンによるピン打ち込み深さ、レジストグラフによる穿孔抵抗、全乾法による含水率測定を行い、非破壊評価パラメータを得た。

5.3. 結果および考察

樹種ごとに最大荷重を比較した結果を図 5.1 から図 5.4 に示す。なお、これまでに得られているイエシロアリによって強制劣化した接合部の試験結果も比較のために図にプロットした。チョークアナタケにより劣化したグループは、コントロールと比べると、最大荷重が小さくなるか変わらない傾向だった。この差は、樹種の差よりも劣化の程度の違いによるものと考えられた。

樹種ごとに最大荷重時における変位を比較した結果を図 5.5 から図 5.8 に示す。なお、これまでに得られているイエシロアリによって強制劣化した接合部の試験結果も比較のために図にプロットした。チョークアナタケにより劣化したグループは、コントロールと比べると、ベイツガを除き変位は大きくなる傾向だった。

樹種ごとに初期剛性を比較した結果を図 5.9 から図 5.12 に示す。なお、これまでに得られているイエシロアリによって強制劣化した接合部の試験結果も比較のために図にプロットした。チョークアナタケにより劣化したグループは、コントロールと比べると、スギを除き初期剛性は小さくなる傾向だった。しかし、小さくなる割合は、樹種によって異なり、ベイツガ<ベイマツ<アカマツの順で大きかった。

菌床による劣化操作した一例を写真 5.1 に示す。劣化部位は、目視で確認できるもののその範囲や程度の判別は、困難であった。また、破壊形態は、コントロールでは観察されたことのない状態を示すことがあった。

土台のピン打ち込み深さの平均値と最大荷重との関係を図 5.13 に示す。ピン打ち込み深さの平均値が小さくなるに従い、最大荷重が低くなる傾向が認められた。

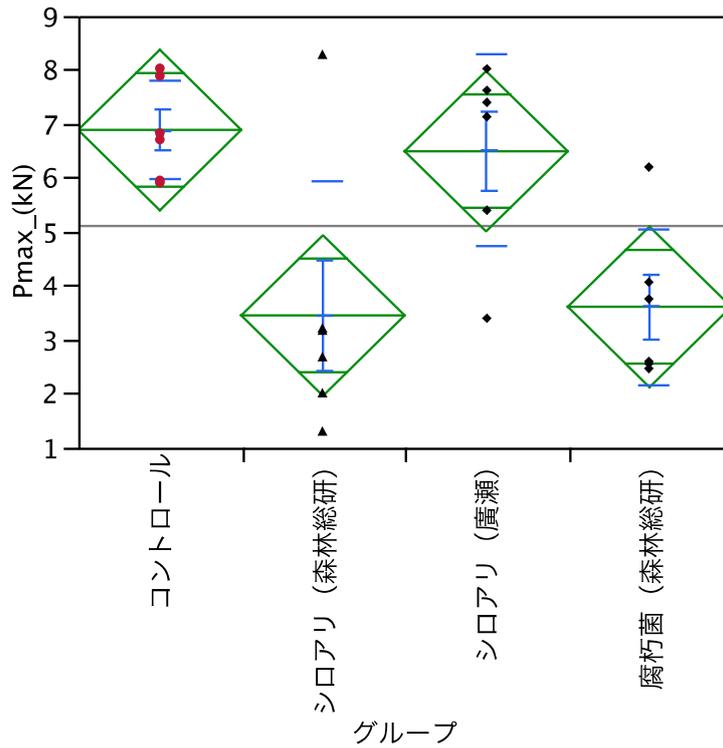


図 5.1 最大荷重の比較 (アカマツ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)

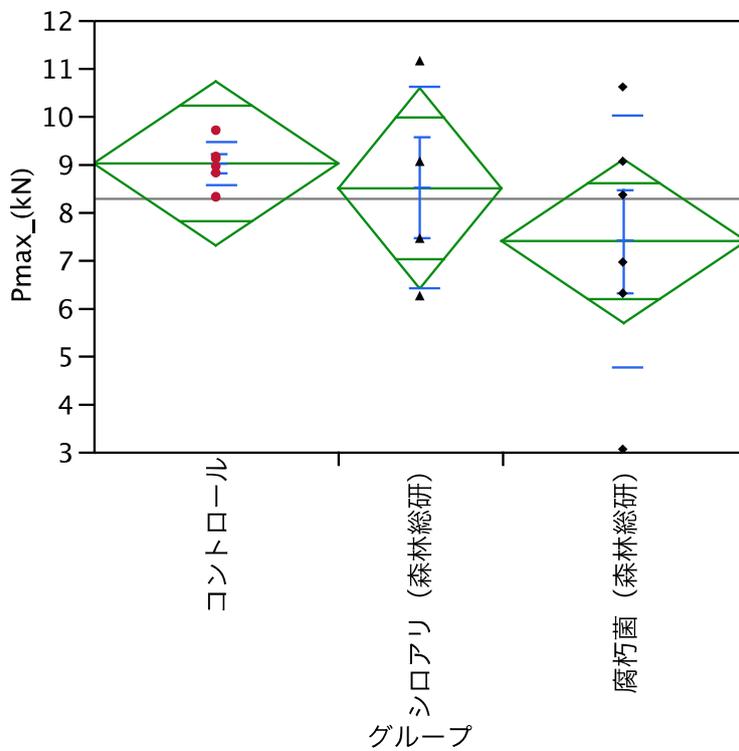


図 5.2 最大荷重の比較 (スギ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)

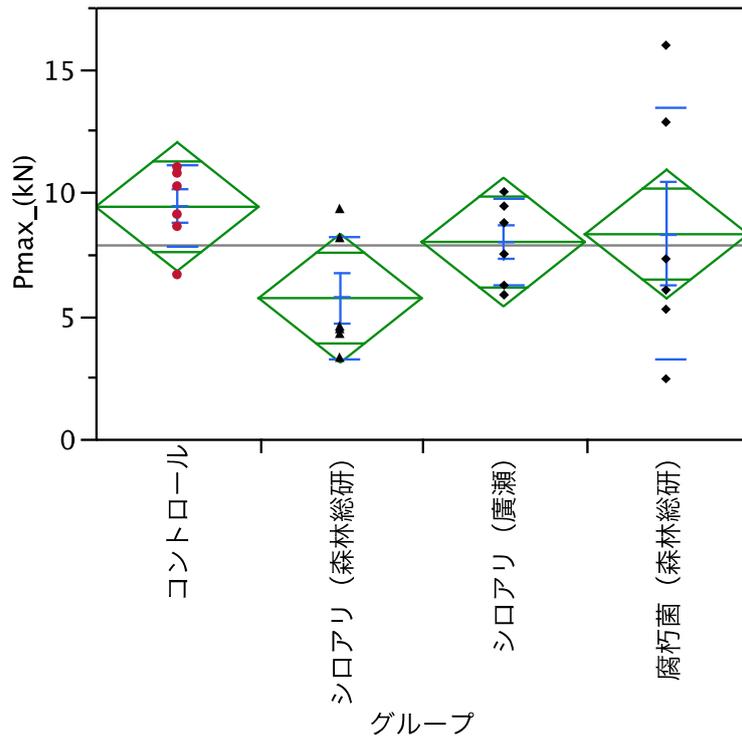


図 5.3 最大荷重の比較 (ベイツガ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)

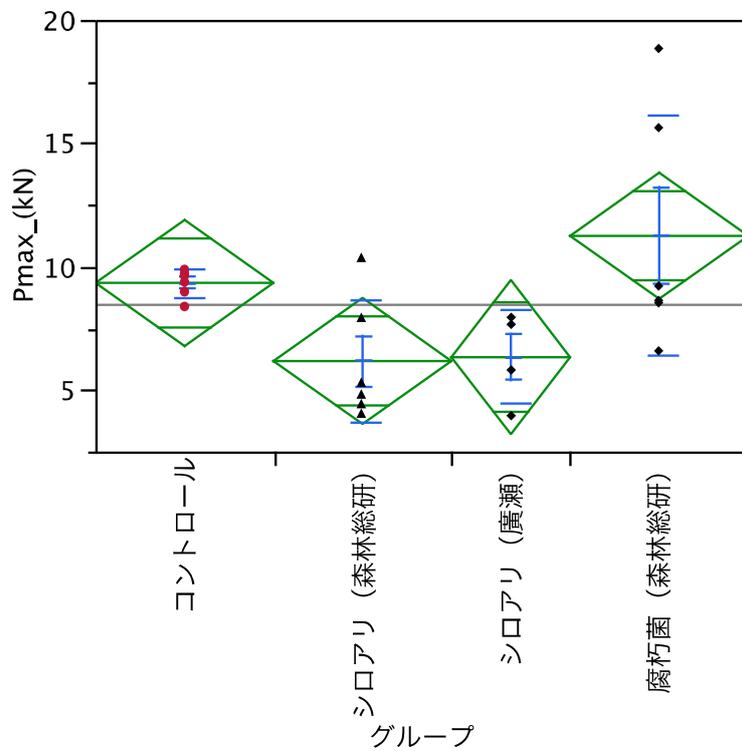


図 5.4 最大荷重の比較 (ベイマツ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)

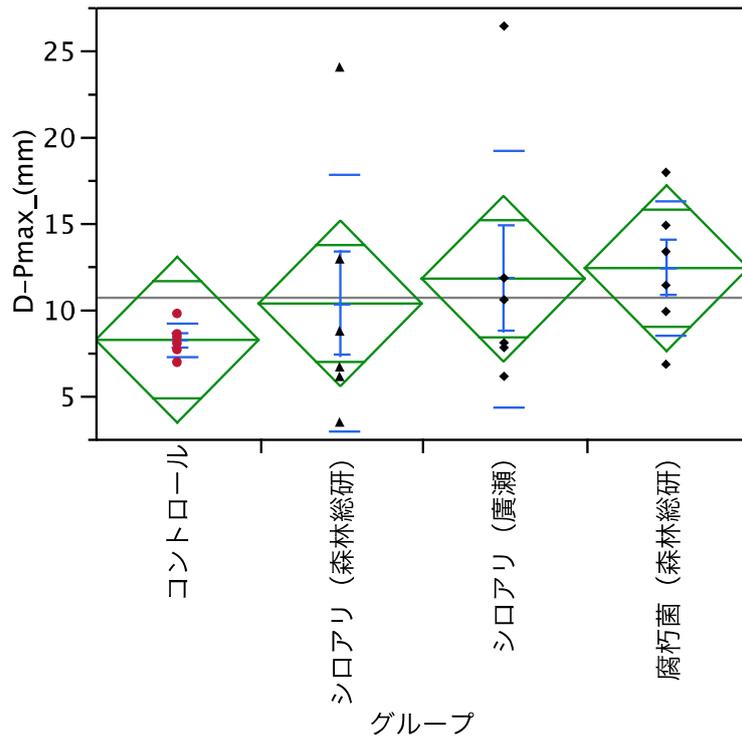


図 5.5 最大荷重時における変位の比較 (アカマツ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)

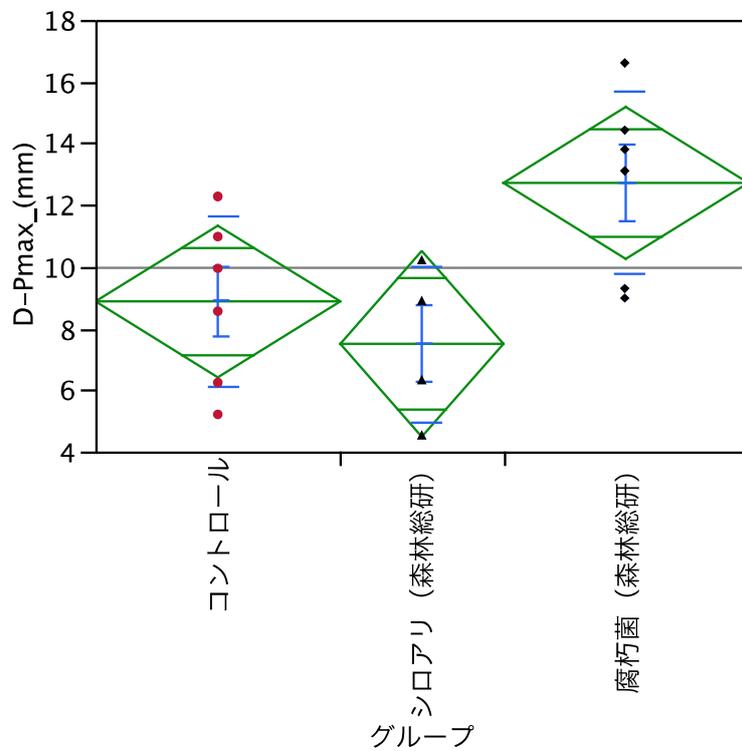


図 5.6 最大荷重時における変位の比較 (スギ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)

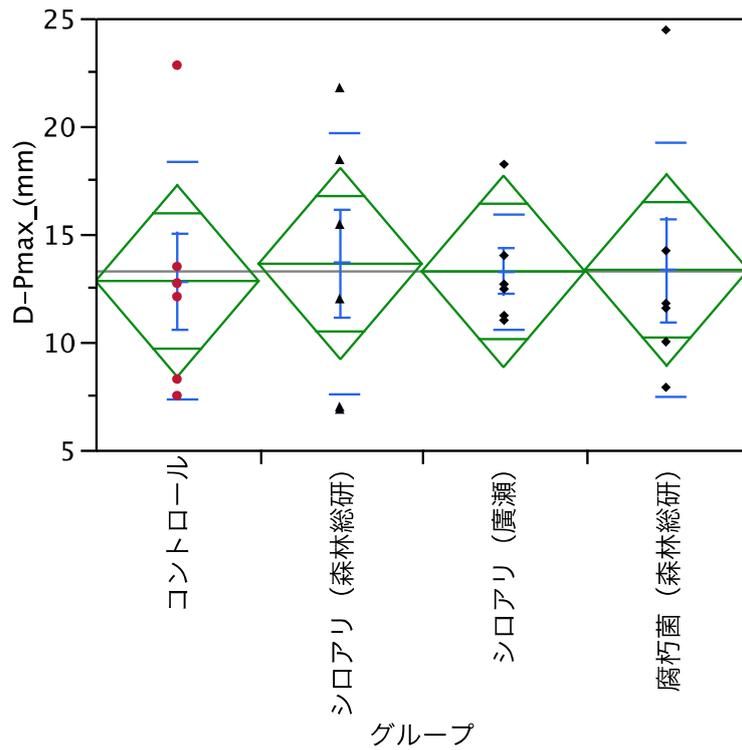


図 5.7 最大荷重時における変位の比較 (ベイツガ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)

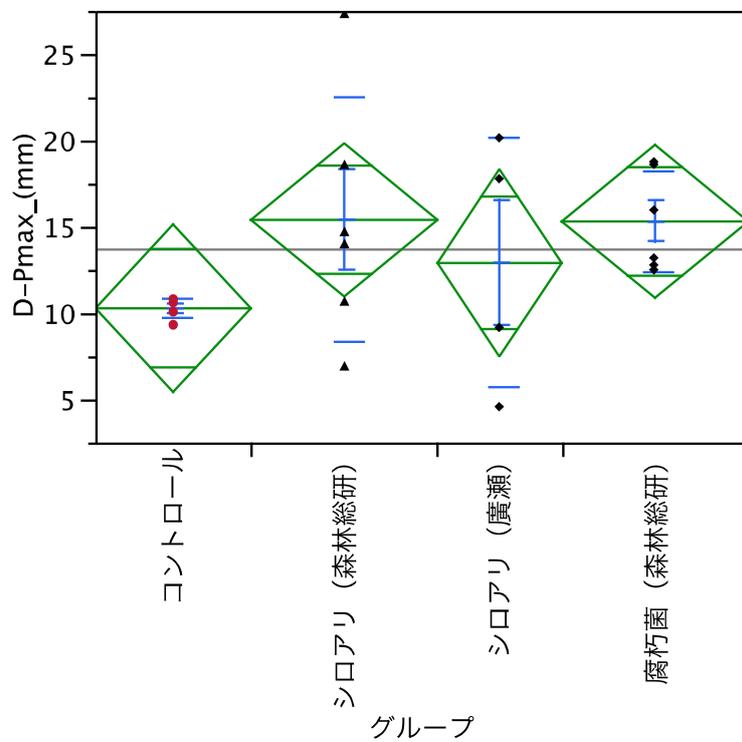


図 5.8 最大荷重時における変位の比較 (ベイマツ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)

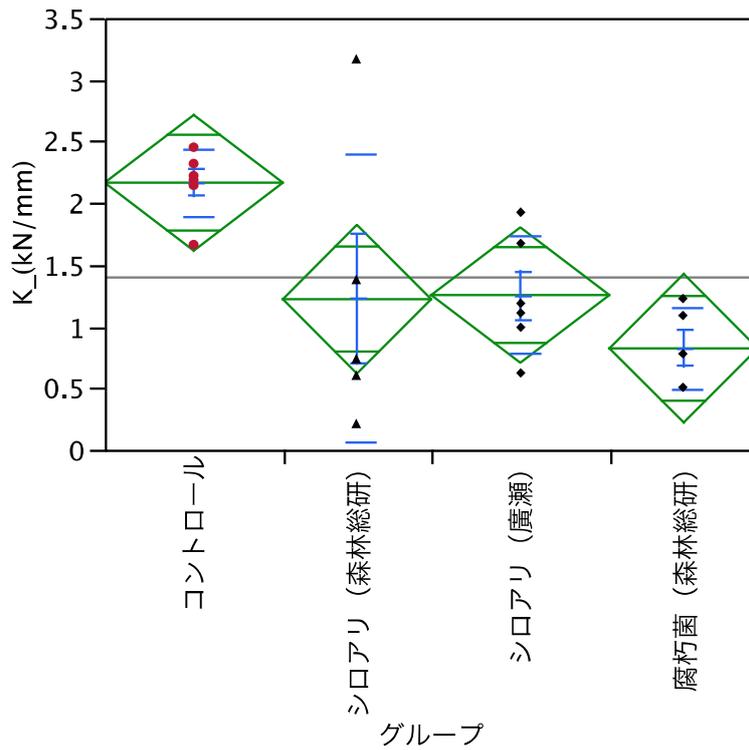


図 5.9 初期剛性の比較 (アカマツ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)

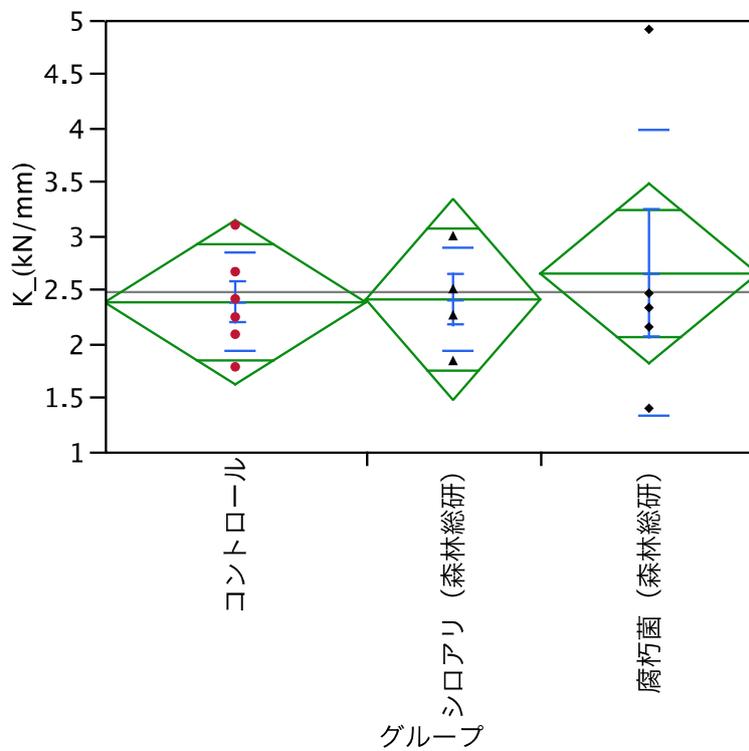


図 5.10 初期剛性の比較の比較 (スギ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)

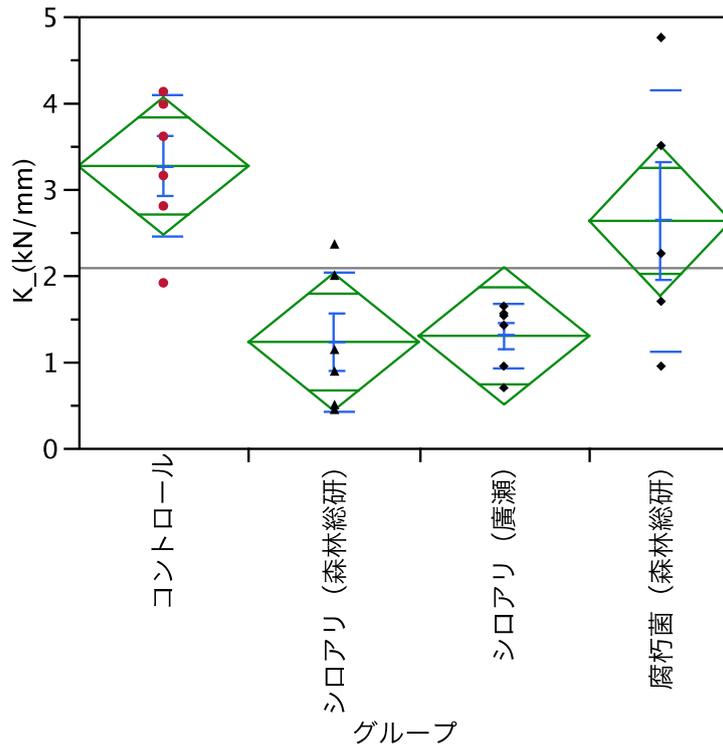


図 5.11 初期剛性の比較の比較 (ベイツガ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)

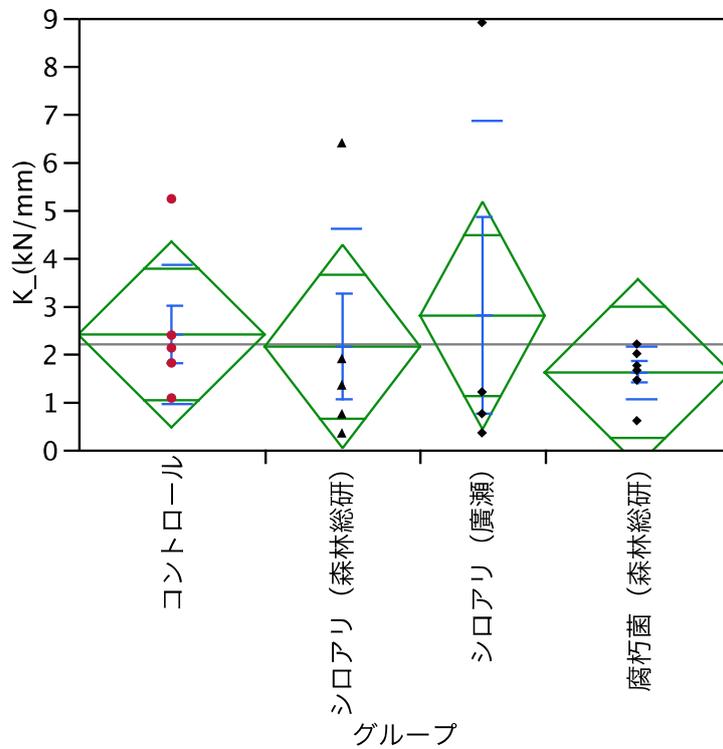


図 5.12 初期剛性の比較の比較 (ベイマツ)

(◇ : グループ平均の 95%信頼区間、- : 誤差バーおよび 1 標準偏差)



写真 5.1 菌床による劣化操作した試験体の一例
(左：試験開始前、右：試験終了後)

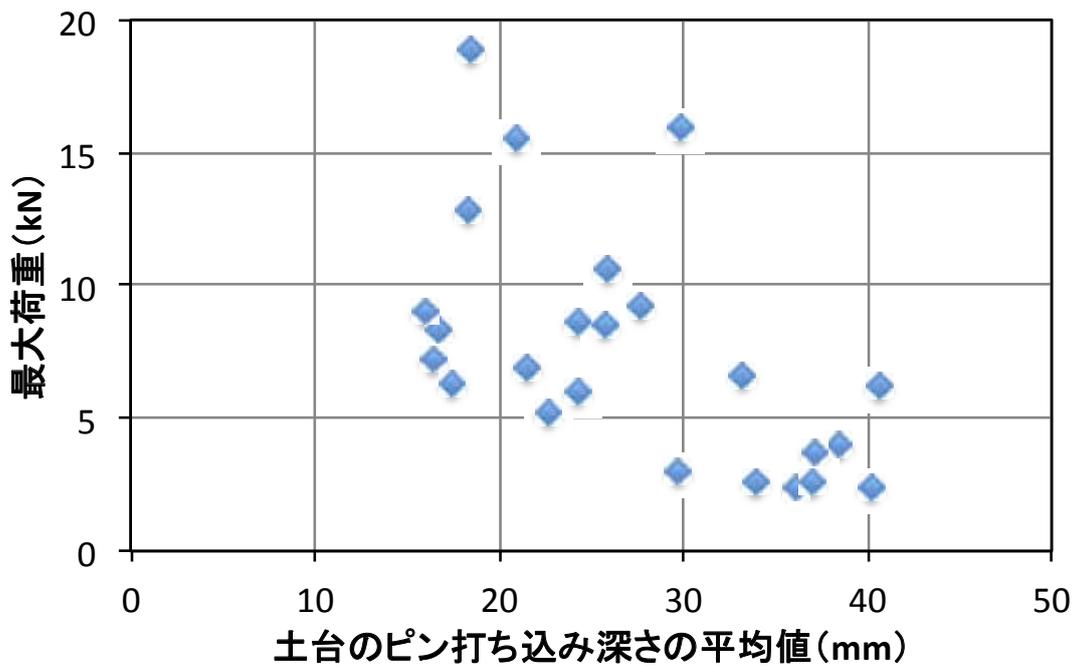


図 5.13 腐朽菌で強制劣化させた土台のピン打ち込み深さと最大荷重との関係 (全樹種)

第6章 構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討

6.1 はじめに

本研究では、有害な結露に関する判断根拠を得る観点から室内腐朽試験を行い、菌糸接種から質量減少が確認しうる期間について検討を行ってきた。室内腐朽試験では試料中央にφ8mmのオオウズラタケの菌糸を寒天培地と共に接種し、カルチャーボトル等を用いる一般の腐朽試験と比べ、構造躯体が曝される状況に近い環境下を模擬した。これまでの実験結果（図1）によると、菌糸接種後、質量減少が確認されるまで湿潤状態では約2カ月程度、湿潤と乾燥を繰り返す条件下では乾燥湿度90%で4ヵ月以上の期間を要する知見が得られている。しかし、乾燥湿度75%のように質量減少率が微増に留まり、明確な腐朽進行が確認できない条件については、試料全体の腐朽か、菌糸接種部分のみの腐朽か判断が難しい。そこで、今年度はこれらの知見を補足・検証するデータを収集した。

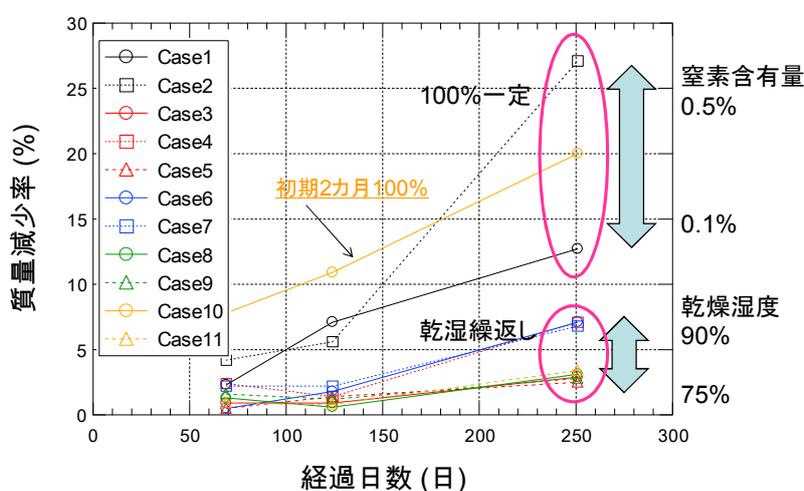


図1 雰囲気湿度と質量減少率の関係

6.2. 電子顕微鏡による腐朽進行の確認

(1) 実験概要

これまでの検討では、湿潤状態の暴露2ヵ月や乾燥湿度75%の暴露8ヵ月の質量減少率は、図1に示すように3%程度であった。一般に、質量減少率3%以下では腐朽進行の判断が困難であるため、電子顕微鏡による試料内部の菌糸成長の痕跡を確認し、腐朽進行可否の判断根拠を得る。表1に観察対象の暴露条件と質量減少率を示す。観察対象の試料は、質量減少率が10%以下のものを主とするが、腐朽進行が顕著な100%一定のCase1、2については、比較対象として選択した。昨年度の腐朽試験では、写真1に示すように試料中央に菌糸を接種し暴露を行ったため、接種位置付近では雰囲気湿度にかかわらず、菌糸に付着した寒天培地の水分を利用した菌糸成長が懸念される。そこで、撮影位置については、図2に示すように、試料中央に加え端部から2mm程度の位置も対象として切断し、断面部分の撮影を行った。

表 1 観察対象となる試料の暴露条件と質量減少率

| 条件 | 質量減少率 (%) | | | 乾燥湿度 | 周期 (乾燥/湿潤) |
|--------|------------|------------|------------|--------|---------------|
| | 2 か月 | 4 か月 | 8 か月 | | |
| Case1 | <u>2.3</u> | 7.1 | 12.7 | 100%一定 | — |
| Case2* | 4.2 | 5.6 | 27.1 | 100%一定 | — |
| Case6 | — | <u>1.8</u> | 7.1 | 90% | 72h/72h |
| Case7* | — | <u>2.2</u> | 6.9 | 90% | 72h/72h |
| Case9 | — | <u>1.2</u> | <u>2.8</u> | 75% | 18h/6h |
| Case11 | — | <u>0.8</u> | <u>3.4</u> | 75% | 6h/18h |

*Case2、Case7は試料の窒素含有量を0.5%とした



写真1 暴露直後の試料

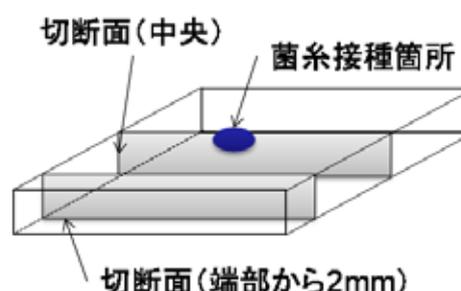


図2 試料の観察面

(2) 観察結果

暴露条件別の菌糸の観察結果を写真2~写真13及び表2に示す。写真ではCase1のみ中央部の観察結果を併記しているが、その他は端部の結果である。写真中の破線で囲んだ部分が、腐朽菌の菌糸である。

写真2のCase1の試料中央は暴露2ヵ月で菌糸が確認されているが、写真3の端部は見られない。傾向としては、写真4のCase2を除いた100%一定と乾燥湿度90%では、おおよそ暴露4ヵ月で試料内部の菌糸が確認され、8ヵ月では蔓延していた。一方、乾燥湿度75%は暴露8ヵ月でも菌糸は確認されなかった(写真13)。また、試料の窒素含有量の差は100%一定ではCase1とCase2の2ヵ月、乾燥湿度90%ではCase6とCase7の4ヵ月で表れており、窒素分は接種初期の菌糸成長に寄与したことが推測される。なお、接種面直下についてはほとんどの条件で菌糸が確認されたが、接種時に付随した寒天培地の水分を利用したと思われるため、表2の評価では無視している。

表 2 菌糸の観察結果

| 暴露期間 暴露条件 | 2 ヲ月 | 4 ヲ月 | 8 ヲ月 | 評価 |
|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|
| 100%一定 | Case1 × Case2 △ | Case1 △ | Case7 ○ | ○ : 多量 △ : 微量 × : なし |
| 100→90% | — | Case6 × Case7 △ | Case6 ○ Case7 ○ | |
| 100→75% | — | — | Case9 × Case11 × | |

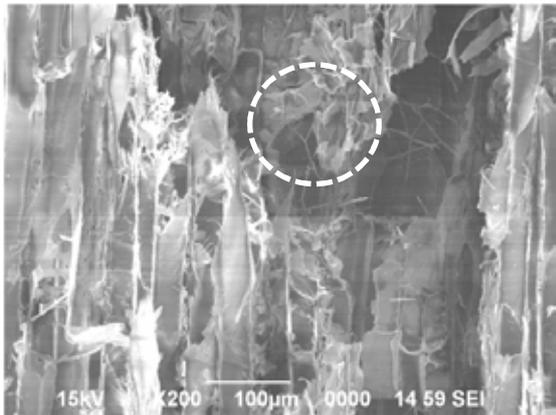


写真 2 Case1 (2 ヲ月、試料中央)

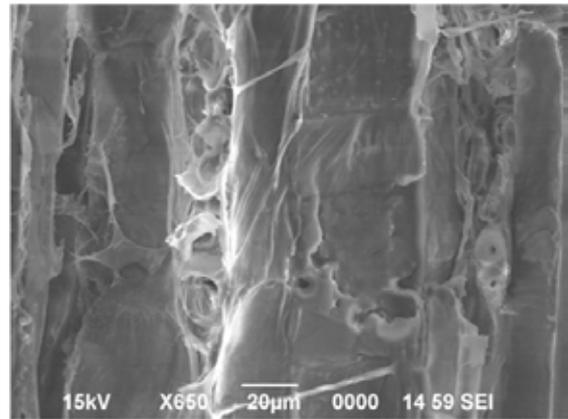


写真 3 Case1 (2 ヲ月)

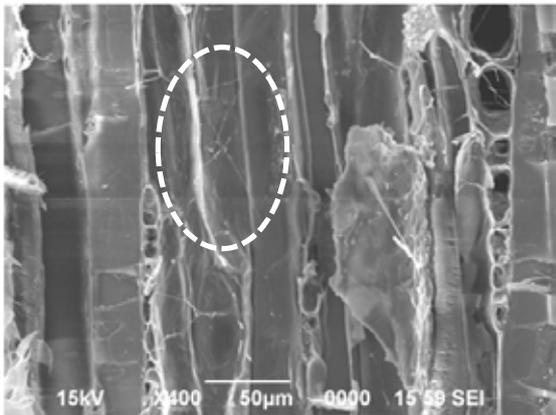


写真 4 Case2 (2 ヲ月)

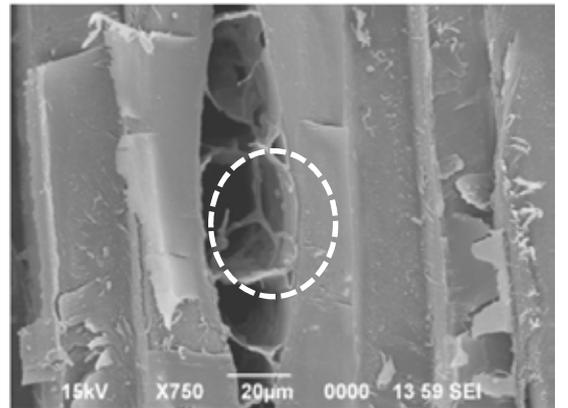


写真 5 Case1 (4 ヲ月)

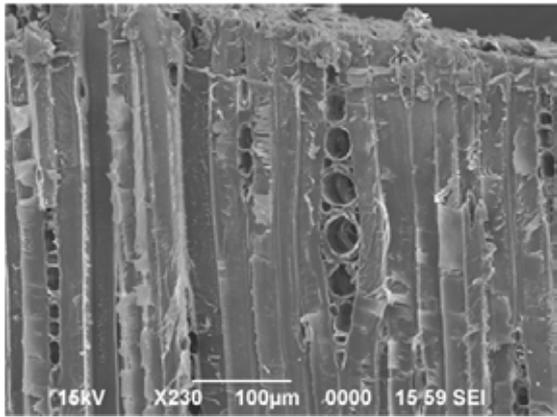


写真6 Case7 (4ヵ月)

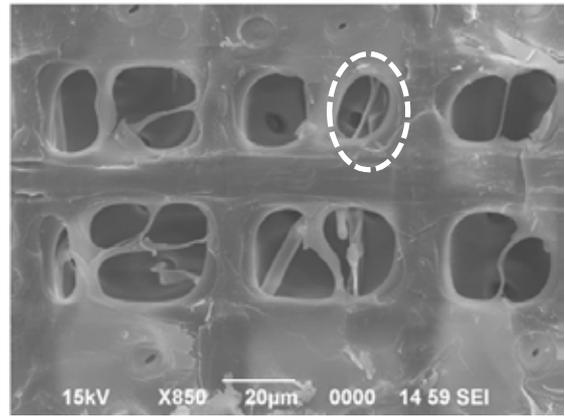


写真7 Case7 (4ヵ月)

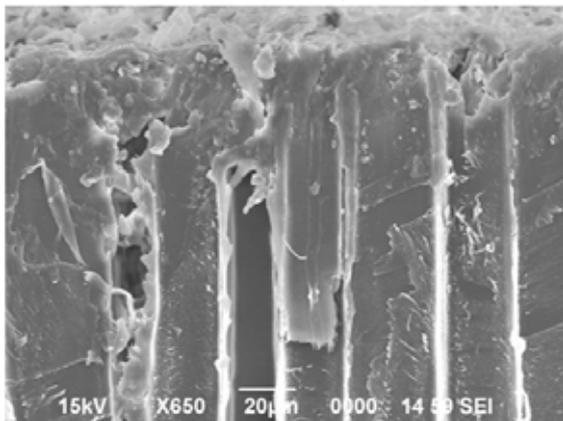


写真8 Case6 (4ヵ月)

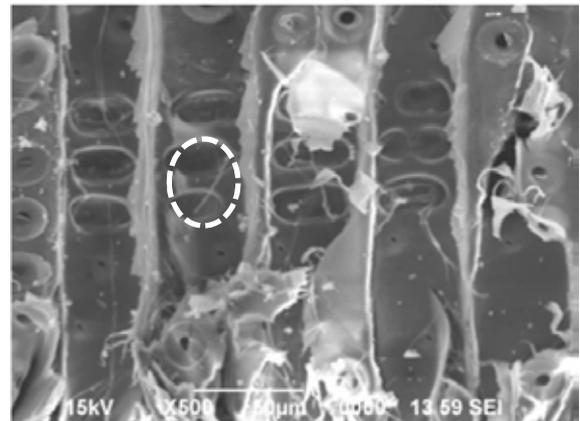


写真9 Case6 (8ヵ月)

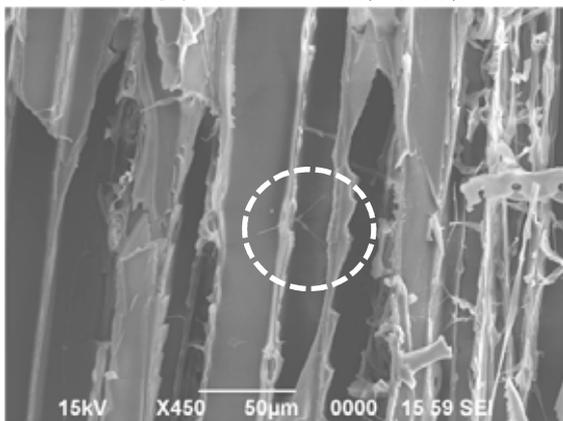


写真10 Case6 (8ヵ月)

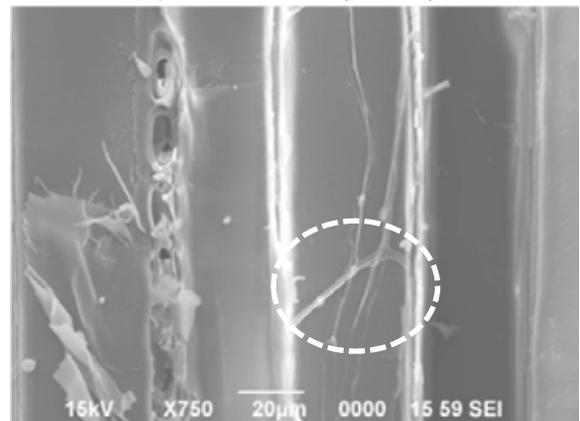


写真11 Case7 (8ヵ月)

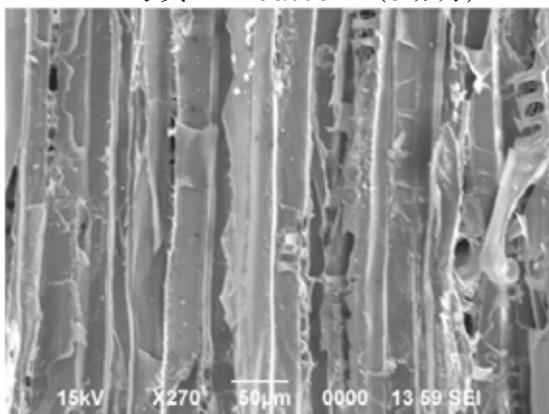


写真12 Case9 (8ヵ月)

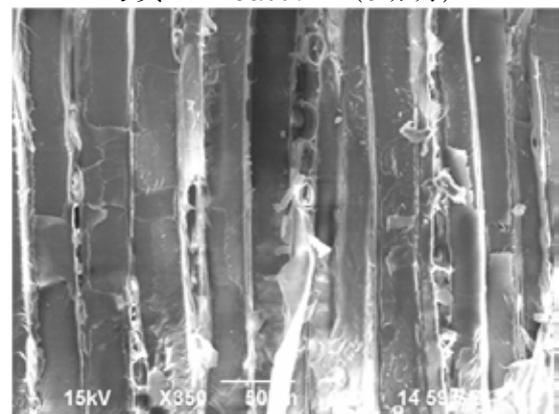


写真13 Case11 (8ヵ月)

6.3 結論と今後の課題

本検討より質量減少が微増した乾燥湿度 75%では、試料全体への腐朽進行は生じていないことが確認された。また、乾燥湿度 90%でも菌糸蔓延には 4 か月程度の期間を経る必要があることが示された。これらの結果を勘案すると、1 日から数日の周期ならば一時的に結露や湿潤する状況が生じた場合でも、繊維飽和点に比べ十分低い湿度で乾燥を繰り返す状況ならば、木材腐朽菌が蔓延し構造耐力に影響を及ぼす危険性は低いと言えよう。特に、本実験は常温付近での結果であり、菌の成長速度が遅くなる冬期の条件下ではリスクはさらに低下すると予想される。

今後の課題としては、予測モデルの実証やこれまでの成果からの許容しうる湿潤状態の整理、液水付着時の挙動などが挙げられる。

第7章 小屋裏開口面積と防露措置に関する検討

7.1 はじめに

昨年度までの検討では、小屋裏換気口の要求性能を明示する観点から、熱・換気・水分に関する数値計算を行い、野地板の含水率を一定水準以下にするための換気口面積と気密性能の組合せが示されている。また、数値計算と並行して実験住宅における実測データを収集し、計算との整合性について検討を進めてきた。

しかし、計算結果と実測との整合性では風向によって立地の影響と思われる齟齬が見られることや、実際の住宅の天井隙間面積に関する実証データが不足する等の課題が残っている。そこで本年度は、これらの課題を補足・検証するためのデータ収集や分析を行った。

7.2 天井面の隙間量に関する実測調査

(1) 目的

小屋裏空間の高湿化は天井面の気密性能の影響が最も顕著であることが、昨年までの検討結果より示されている。しかし住宅全体の気密性能に関する既往研究は多いものの、天井に繋がる隙間量まで分析した事例は少ない。そこで、実際の戸建住宅で天井面の隙間量の測定を行い、データの収集を行った。試験対象は最上階の1室とし、居室と小屋裏空間の圧力差と流量の差分より隙間量を求めた。

(2) 測定対象建物の概要

測定対象建物は在来木造工法の戸建住宅で、断熱・防露性能は平成11年省エネルギー基準に準拠した仕様である。外壁の防湿・気密層は繊維系断熱材付属のシートにより確保しており、天井についてはOG邸が天井面の石膏ボードで、他の2邸は別張りの気密シートを採用している。床は剛床であるが、OG邸の間仕切壁天井部分の気流止めは無く、M邸、N邸は乾燥木材を使用している。建物概要を表1に、平面図を図1～図3に示す。

表1 測定建物概要

| 項目 | OG邸 | M邸 | N邸 |
|---------|-------|-------|--------|
| 工法 | 在来木造 | 在来木造 | 在来木造 |
| 所在地 | 埼玉県 | 茨城県 | 茨城県 |
| 階数 | 2 | 2 | 1 |
| 延床面積 | 85.3 | 134 | 108 |
| 断熱・防露仕様 | H11基準 | H11基準 | H11基準 |
| 防湿・気密層 | 壁 | 付属シート | 付属シート |
| | 天井 | 石膏ボード | 別張りシート |
| 間仕切気流止め | 床 | 剛床 | 剛床 |
| | 天井 | なし | 乾燥木材 |

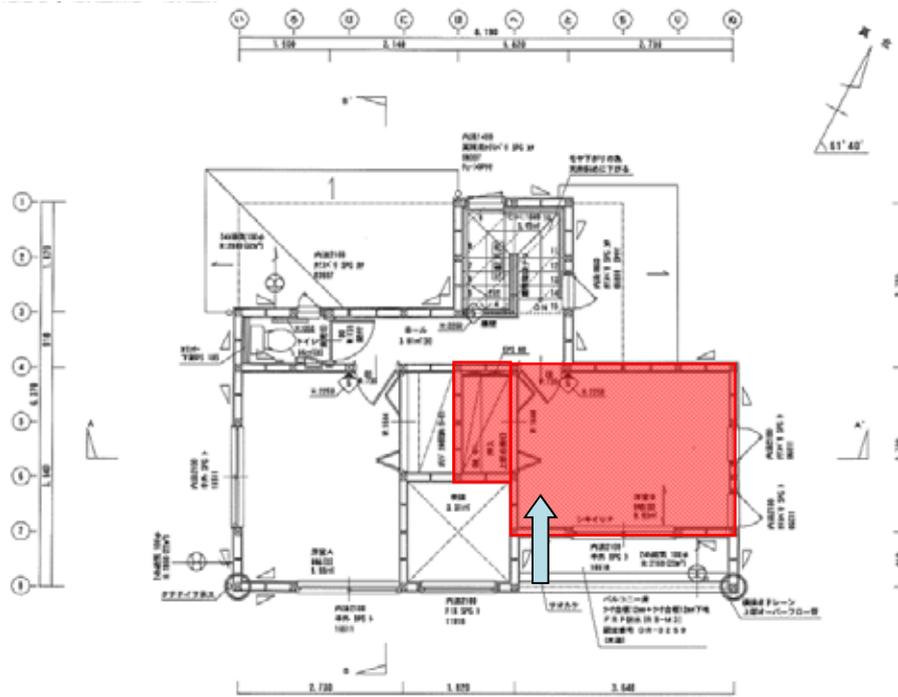


图 1 OG邸2階平面図

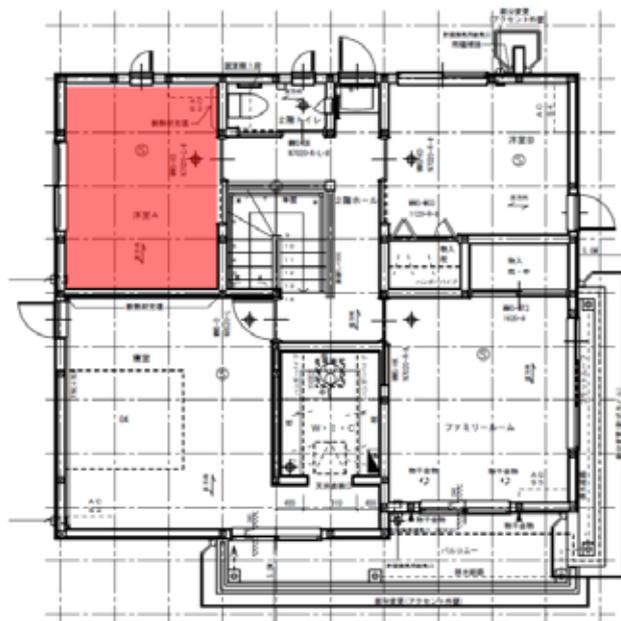


图 2 M邸2階平面図

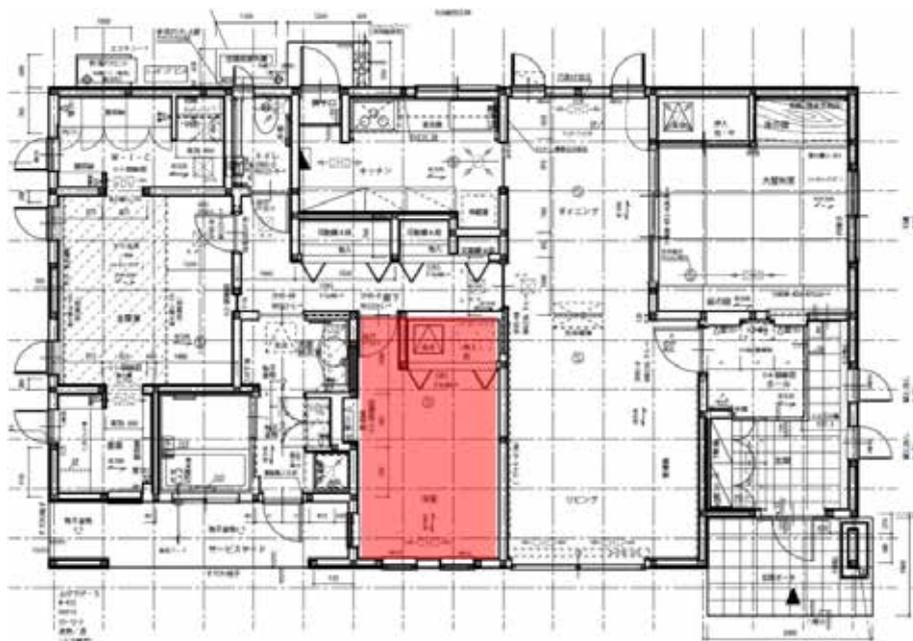


図3 N邸1階平面図

(3) 測定方法

測定は図1～図3で赤塗した部屋を対象とし、開口部からファンによって室内側に外気を押し込み（写真参照）、室内外の差圧とファンの流量を測定し、差圧と流量から対象居室の相当隙間面積を算出した。この時、対象居室に押し込まれた空気が全て小屋裏へ行くようにするため、外部開口部や内部ドアおよび間仕切り壁の隣室側にあるスイッチ・コンセントには目張りを行った。なお、間仕切り壁の下は床下地合板勝ちの収まり（剛床工法）のため、床側への空気の移動は無いものと想定した。天井照明など小屋裏へ通じる経路と考えられる部位にそれぞれ目張りをし、順次除いていくことで、各々の隙間量を求めた。表2～表4に各建物の目張り条件を、写真1～写真2に測定状況を示す。

表2 目張り条件 (OG邸)

| 条件名 | 目張りの有無 | 内容（目張り位置等） |
|-----|--------|--|
| 条件1 | 有 | 室内ドア，電気スイッチ，外壁給気口，照明，コンセント，間仕切り壁幅木，分電盤，小屋裏点検口，窓 |
| 条件2 | 有 | 室内ドア，電気スイッチ，外壁給気口， 照明 ，コンセント，間仕切り壁幅木，分電盤，小屋裏点検口，窓 |
| 条件3 | 有 | 室内ドア， 電気スイッチ ，外壁給気口， 照明 ， コンセント ，間仕切り壁幅木，分電盤，小屋裏点検口，窓 |
| 条件4 | 有 | 室内ドア， 電気スイッチ ，外壁給気口， 照明 ， コンセント ，間仕切り壁幅木， 分電盤 ，小屋裏点検口，窓 |
| 条件5 | 有 | 室内ドア， 電気スイッチ ，外壁給気口， 照明 ， コンセント ， 間仕切り壁幅木 ， 分電盤 ，小屋裏点検口，窓 |

表3 目張り条件 (M邸)

| 条件名 | 目張りの有無 | 内容 (目張り位置等) |
|-----|--------|--|
| 条件1 | 有 | 室内ドア, 電気スイッチ, 外壁給気口, 蛍光灯, 火災報知機, 情報コンセント, 床中木外壁側 3.6 m, 天井給気口, 天井-壁継目 12.6 m, コンセント |
| 条件2 | 有 | 室内ドア, 電気スイッチ, 外壁給気口, 蛍光灯, 火災報知機, 情報コンセント, 床中木外壁側 3.6 m , 天井給気口, 天井-壁継目 12.6 m, コンセント |
| 条件3 | 有 | 室内ドア, 電気スイッチ, 外壁給気口, 蛍光灯, 火災報知機, 情報コンセント , 床中木外壁側 3.6 m , 天井給気口, 天井-壁継目 12.6 m, コンセント |
| 条件4 | 有 | 室内ドア, 電気スイッチ, 外壁給気口, 蛍光灯, 火災報知機, 情報コンセント , 床中木外壁側 3.6 m , 天井給気口, 天井-壁継目 12.6 m, コンセント |
| 条件5 | 有 | 室内ドア, 電気スイッチ, 外壁給気口, 蛍光灯, 火災報知機, 情報コンセント , 床中木外壁側 3.6 m , 天井給気口, 天井-壁継目 12.6 m , コンセント |

表4 目張り条件 (N邸)

| 条件名 | 目張りの有無 | 内容 (目張り位置等) |
|-----|--------|--|
| 条件1 | 有 | 室内ドア, 空調吹出口, 情報コンセント, コンセント |
| 条件2 | 有 | 室内ドア, 空調吹出口, 情報コンセント, コンセント |
| 条件3 | 有 | 室内ドア, 空調吹出口, 情報コンセント , コンセント |
| 条件4 | 無 | 住宅の気密性能 (外壁を貫通する開口部及び給排気口の目張りは行わなかった。) |



写真1 測定状況 (OG邸)



外気引き込み



送風機



通気量測定管



測定機器



M 邸 情報コンセント



N 邸 空調吹出口



N 邸 情報コンセント



N 邸 コンセント

写真2 測定状況 (M 邸及びN 邸)

(3) 測定結果

表 5～表 7 に各条件における通気率、隙間特性値及び相当隙間面積の測定結果を、図 4～図 6 に通気量と圧力差の関係を示す。総相当隙間面積 αA は、圧力差 9.8Pa 時の通気量から算出した。なお、M 邸では外部風の影響、OG 邸では幅木部の隙間が僅かであったため、条件によっては目張り部分を減らしたにもかかわらず、値が逆転している条件がある。

表 5 試験結果 (OG 邸)

| 条件 | 通気率 a [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Pa}^{1/n})$] | 隙間特性値 n (—) | 総相当隙間面積 αA (cm^2) |
|------|---|---------------------|--|
| 条件 1 | 4.89 | 1.28 | 20.4 |
| 条件 2 | 5.55 | 1.26 | 24.1 |
| 条件 3 | 7.33 | 1.24 | 32.9 |
| 条件 4 | 9.58 | 1.45 | 32.7 |

表 6 試験結果 (M 邸)

| 条件 | 通気率 a [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Pa}^{1/n})$] | 隙間特性値 n (—) | 総相当隙間面積 αA (cm^2) |
|------|---|---------------------|--|
| 条件 1 | 4.21 | 1.38 | 15.2 |
| 条件 2 | 4.58 | 1.43 | 15.6 |
| 条件 3 | 5.80 | 1.45 | 19.3 |
| 条件 4 | 5.73 | 1.45 | 19.1 |
| 条件 5 | 6.67 | 1.53 | 20.4 |

*3 : 総相当隙間面積 αA は、圧力差 9.8Pa 時の通気量から算出した。

表 7 試験結果 (N 邸)

| 条件 | 通気率 a [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Pa}^{1/n})$] | 隙間特性値 n (—) | 総相当隙間面積 αA (cm^2) |
|------|---|---------------------|--|
| 条件 1 | 5.03 | 1.40 | 17.7 |
| 条件 2 | 5.05 | 1.39 | 18.0 |
| 条件 3 | 5.16 | 1.37 | 18.8 |
| 条件 4 | 91.3 | 1.75 | 231.8 |

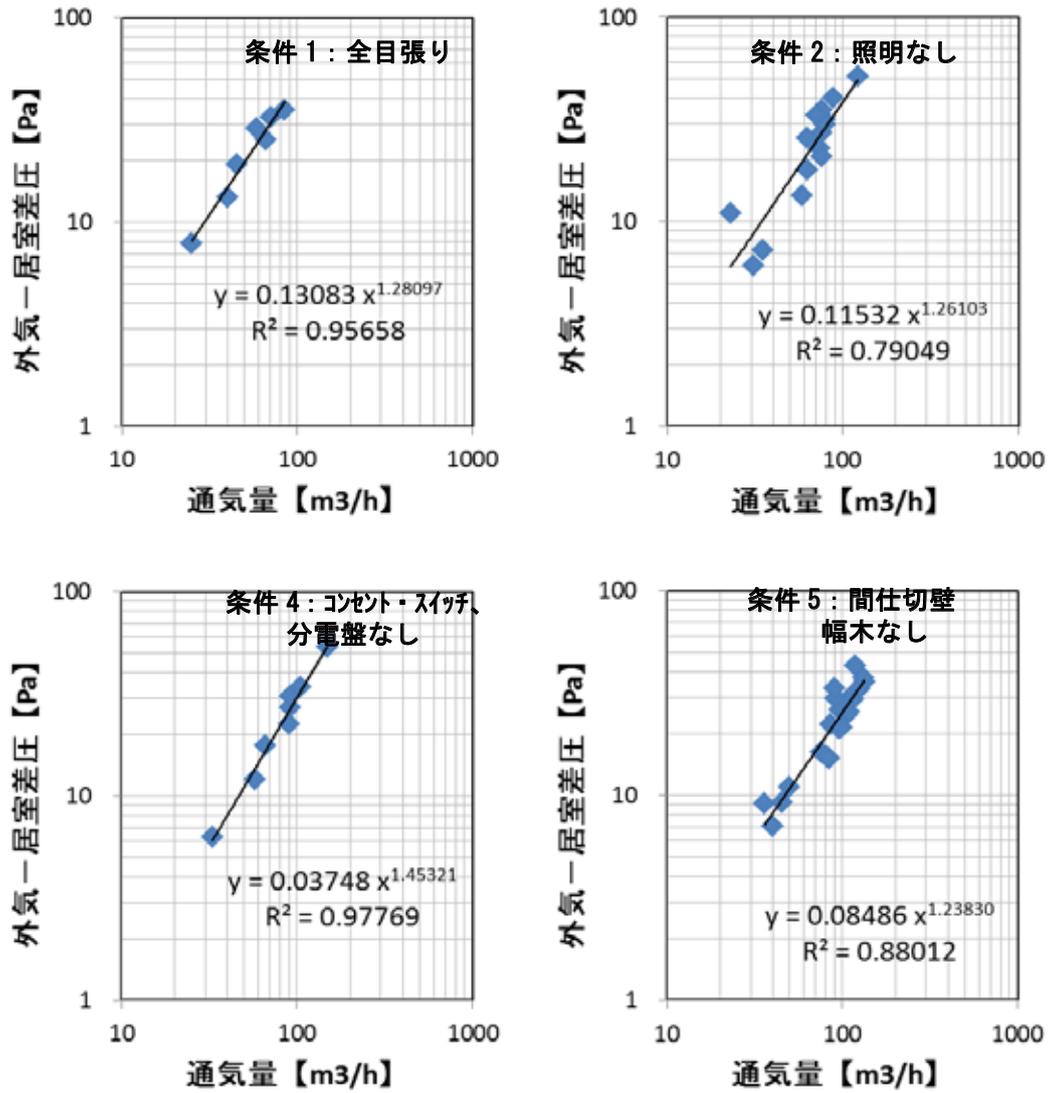


図 4 通気量と圧力差の関係 (OG 邸)

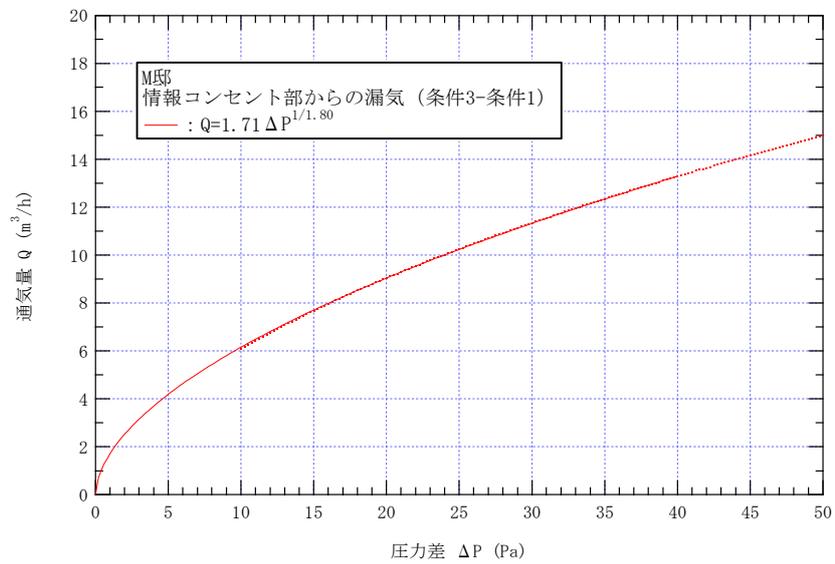
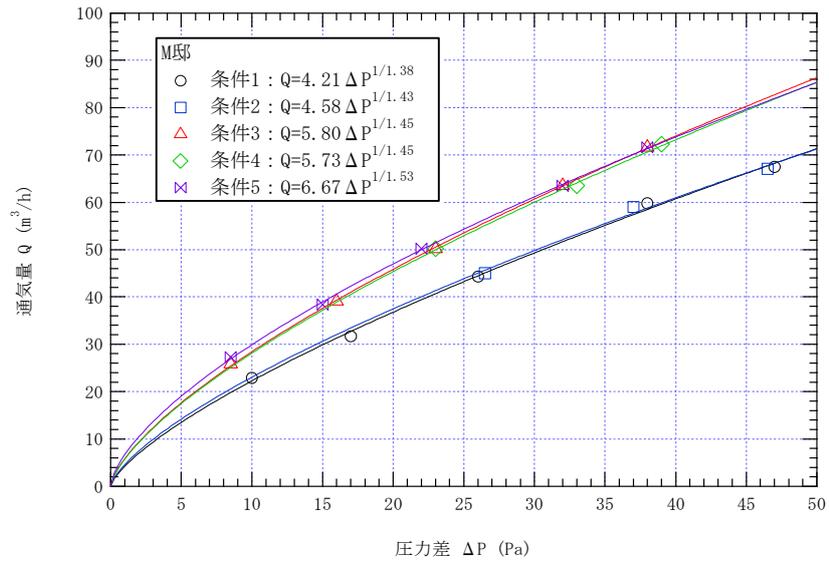


図5 通気量と圧力差の関係 (M邸)

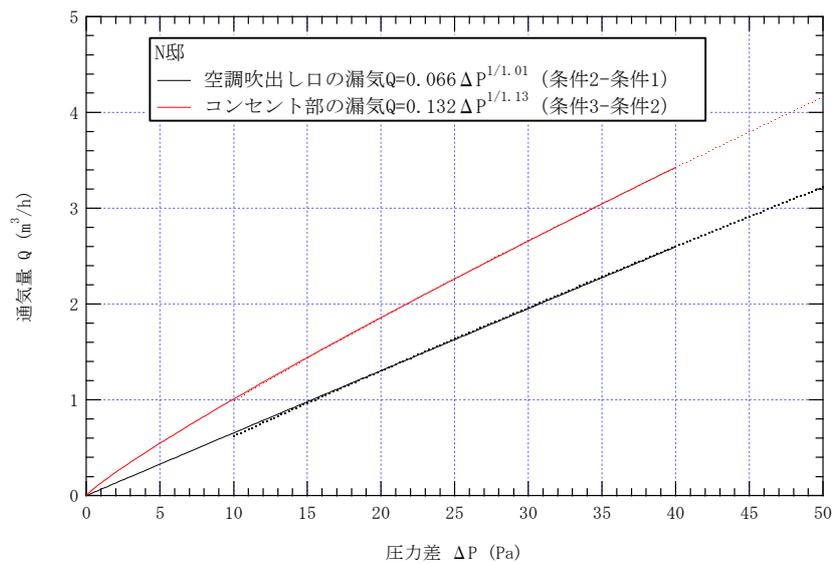
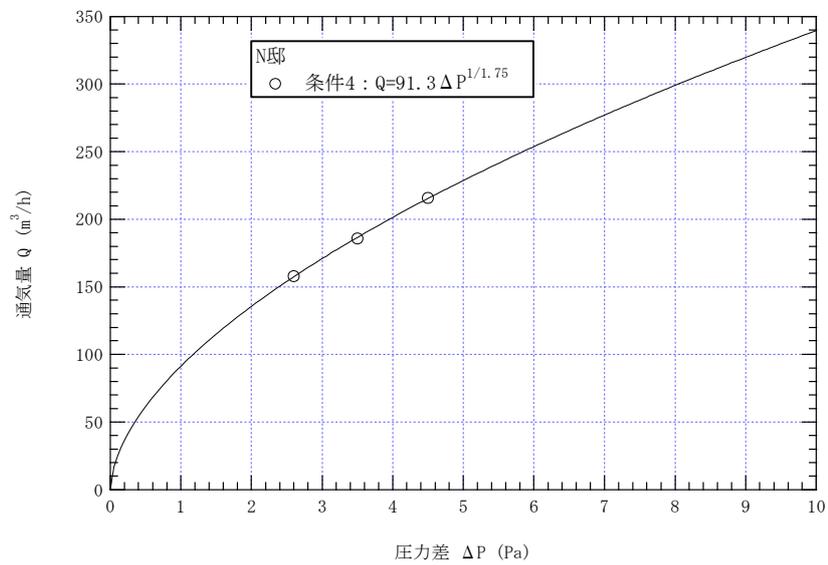
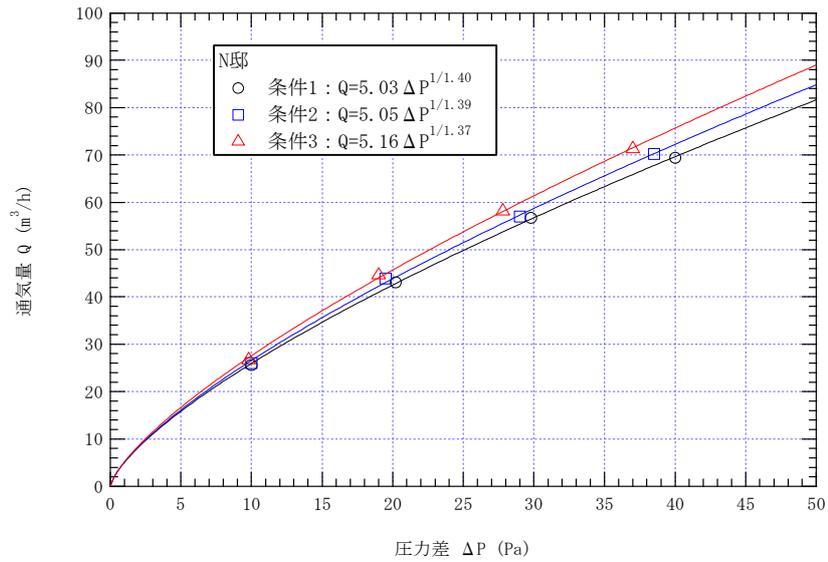


図6 通気量と圧力差の関係 (N邸)

(4) 考察

表 8 に目張り前後から求めた各部の相当隙間面積を示す。OG 邸、N 邸については住宅全体の気密測定も行い、それぞれ $2.8 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 、 $2.1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ であり、N 邸は天井面の別張り防湿シートの効果が見られる。

N 邸は内装材の貫通部である空調吹出口（周囲の隙間が測定対象）、情報コンセントともに 1 cm^2 を下回っているが、OG 邸は照明や分電盤が高く、仕様の違いが表れている。天井全体の隙間量を天井面積当たりに換算すると、N 邸は $0.4 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 、OG 邸は $0.6 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ と 50% 増となっている。一昨年度実施したシミュレーションの与条件は、表 9 の吉野らの調査結果を参考に住宅全体の気密レベルに応じて、 $C=5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 相当で天井全体の隙間が $0.81 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 、 $C=2 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 相当では $0.41 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ とした。天井に別張りシートを用いた N 邸については $C=2.1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ であることを勘案すると、おおよそ合致する結果となった。OG 邸は別張りシートを採用していないので、これらの中間に位置する結果であった。なお、M 邸の情報コンセントの値は、間仕切壁を介した他居室コンセントの目張り不備により、他居室との隙間量も含まれると思われるため参考値とした。

昨今の住宅では従来の電気分電盤に加えて、最上階に LAN 用の情報分電盤が併設されることが多く、配線が増えるため気密を確保するのが難しい。今回の OG 邸の測定結果からは分電盤ないしは情報分電盤が間仕切壁に設置され、その上部に気流止めが無いと相当隙間面積で 5 cm^2 程度増加することが明らかとなった。

表 8 各部の相当隙間面積

| OG 邸 ($C=2.8 \text{ cm}^2/\text{m}^2$) | | M 邸 | | N 邸 ($C=2.1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$) | |
|---|---------------------------------------|-----------|--------------------|--|-------------------------------|
| 照明 | 3.7 cm^2 | — | — | 空調吹出口 | 0.44 cm^2 |
| 分電盤 | 5.1 cm^2 | 情報コンセント** | 4.2 cm^2 | 情報コンセント | 0.69 cm^2 |
| 廻縁 | 検出不可 | — | — | 廻縁 | $0.14 \text{ cm}^2/\text{m}$ |
| 天井全体 | $0.6^* (1.1) \text{ cm}^2/\text{m}^2$ | — | — | 天井全体 | $0.4 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ |

*分電盤を除いて算出。() は分電盤を含めた値。

**壁裏面側の情報コンセントの目張り不備のため、参考値とする。

表 9 既往研究における住宅気密性能と天井隙間量の関係

| 住宅全体の気密性能 (cm^2/m^2) | 天井面の単位面積当たりの相当隙間面積 (cm^2/m^2) |
|--|---|
| 2.0 超 5.0 以下 | 0.81 |
| 2.0 以下 | 0.41 |

7.3 下屋の換気量に関する実験室実験

(1) 目的

実際の住宅では2面以上の換気口が確保できる大屋根だけでなく、下屋や複雑な屋根形状など1面のみ換気口が設けられるケースが存在する。この場合、通風経路が確保できないため換気量が減少するが、一般に下屋部分は天井面積が小さいため、適切な防湿気密措置が確保されていれば居室からの水蒸気流入量は少ないものと思われる。しかし、1面開口では温度差換気と濃度拡散による水蒸気排出が支配的になると思われ、これまでの検討で得られた風圧力を主たる駆動力と想定した推定式の適用は困難である。そこで本検討では、下屋など片面開口の屋根部に適用しうるデータの収集を行った。

(2) 実験概要

実験は、図7に示す1800×900mm程度の下屋部分の試験体を作成し、N₂ガスの濃度減衰法により換気回数を測定した。換気口については、相当開口面積が既知の軒裏換気口を設置した。

実験は箱内に窒素ガスを酸素濃度が15%以下になるまで注入し、その後、酸素濃度を一定の間隔で測定して片対数グラフにおいて、ほぼ濃度変化が直線になった範囲で換気回数を算出した。

試験条件を表10に、試験状況を写真3に示す。周辺気流は自然状態に加え、ファンで換気口に気流を当て若干の差圧が生じる条件を設定した。また、奥行きも2水準設け影響を把握する。

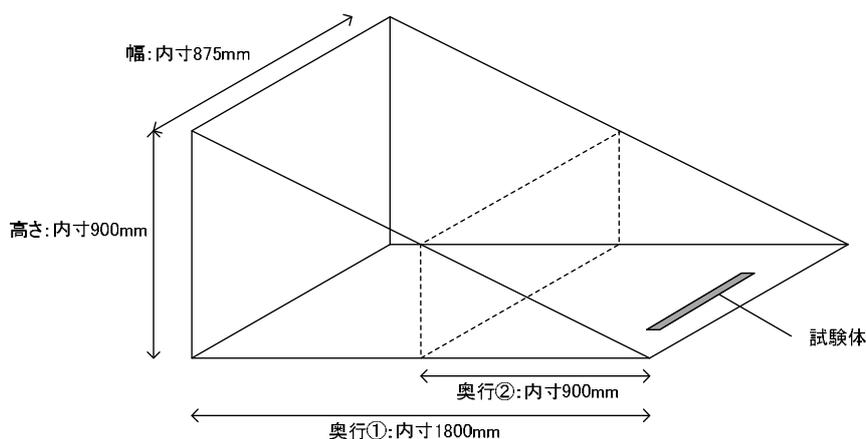


図7 試験体設置概要

表10 試験条件

| | |
|----------|---|
| 箱容積 | 0.709 m ³ |
| 軒裏換気口 | 寸法：900mm×42mm、有孔開口面積：208.2cm ² 、相当開口面積：144.2 cm ² |
| 箱内気流 | 自然対流、但し換気口の真上を除く |
| 酸素濃度測定位置 | 箱の重心位置 |
| 換気口の大きさ* | 3水準（2倍[1/109]、1倍[1/219]、0.5倍[1/438]） |
| 箱外の風速** | 3水準（0.0 m/s、0.5 m/s、1.0 m/s） |
| 箱の奥行 | 2水準（1800 mm、900 mm） |

*：軒裏換気口の要求性能を天井面積の1/250として、相当開口面積の概算倍率[]で表記した。

**：換気口直下100mmの位置での測定

測定原理を以下に示す。

箱内でトレーサーガスが良く混合し、瞬時拡散、一様であればトレーサーガス（酸素）濃度の増加を測定する場合、次式（Seidel の式）で箱内部への換気量が求められる。

$$p_0 - p = (p_0 - p_1) e^{-\frac{Q}{V}t} + \frac{k}{Q}(1 - e^{-\frac{Q}{V}t}) \cdot \dots \dots \dots (1)$$

Q : 換気量 (m³/h)

V : 箱容積 (m³)

p : t 時間後における酸素濃度 (%)

p_0 : 外気酸素濃度 (%)

p_1 : 箱内初期酸素濃度 (%)

k : 箱内酸素発生量 (m³/h) $k = 0$ (酸素の発生はないため)

t : 時間 (h)

(1) 式に従って、酸素濃度 ($p_0 - p$) と時間 (t) の関係から $\frac{Q}{V}$ を回帰して求めた。

また、換気口入口にピトー管を設置し、各風速条件で換気口付近に生じる風圧力を測定した。

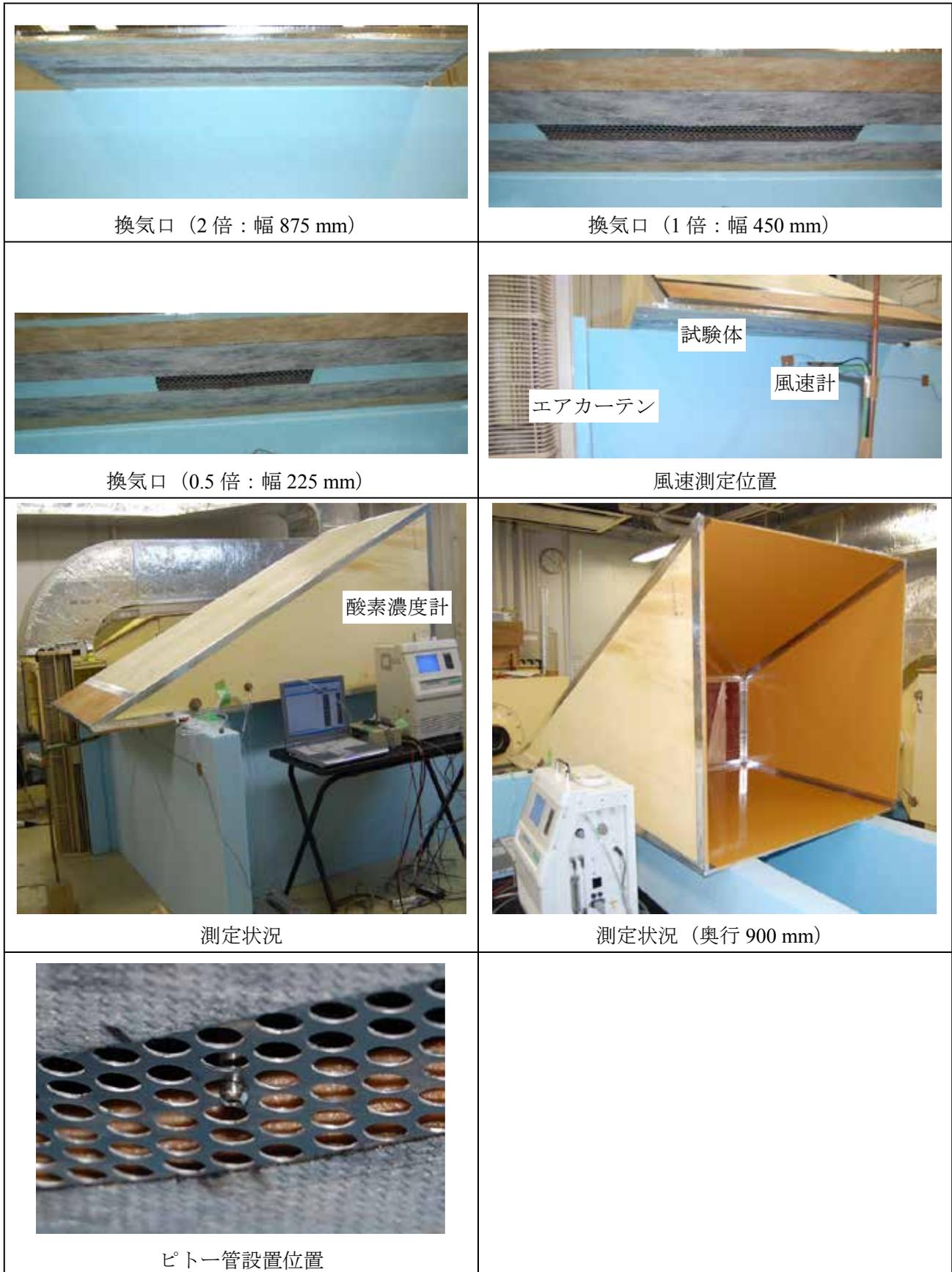


写真3 試験状況

(3) 結果・考察

測定結果を表 11 及び図 8～図 19 に示す。外気酸素濃度は試験室（箱外）の測定値（20.9%）を用いた。ピトー管の測定値より求めた、換気口に生じる風圧力を表 12 に示す。気流は送風機により換気口の直行方向に吹かせるため、風圧力は負圧となっている。

図 20、21 に風圧力と天井面積あたりの外気流入量の関係を示す。凡例は換気口の相当開口面積であり、外気流入量は換気口面積の影響が大きいことが判る。一昨年度のシミュレーション計算による検討では、軒裏換気方式の場合、小屋裏換気口面積 $40\text{cm}^2/\text{m}^2$ で $1\sim 2\text{kg}/\text{m}^2\text{h}$ 程度の換気量が得られている。ゆえに、下屋換気口に生じる風圧力が 0.3Pa 程度を上回るならば、軒裏換気方式と同等の換気性能が得られると言えよう。なお、本実験は居室からの空気流入は無いと仮定しているため外気流入量はやや多いと考えられ、実際には若干の下方修正が必要と思われる。

表 11 試験結果

| 奥行水準 | 換気口水準 | 風速水準 | 換気回数 (回/h) | |
|---------|--------|---------|------------|-----|
| 1800 mm | 2 倍 | 1.0 m/s | 4.8 | |
| | | 0.5 m/s | 0.87 | |
| | | 0.0 m/s | 0.086 | |
| | 1 倍 | 1.0 m/s | 1.9 | |
| | | 0.5 m/s | 0.42 | |
| | | 0.0 m/s | 0.051 | |
| | 0.5 倍 | 0.5 m/s | 0.34 | |
| | 900 mm | 4 倍 | 0.5 m/s | 5.4 |
| | | 2 倍 | 1.0 m/s | 4.9 |
| 0.5 m/s | | | 2.6 | |
| 0.0 m/s | | | 0.21 | |
| 1 倍 | | 0.5 m/s | 1.9 | |

表 12 換気口に生じる風圧力

| | 風圧力 (Pa) | |
|------|--------------|--------------|
| | 近傍風速 1.0 m/s | 近傍風速 0.5 m/s |
| 平均 | -0.30 | -0.22 |
| 標準偏差 | 0.93 | 0.65 |

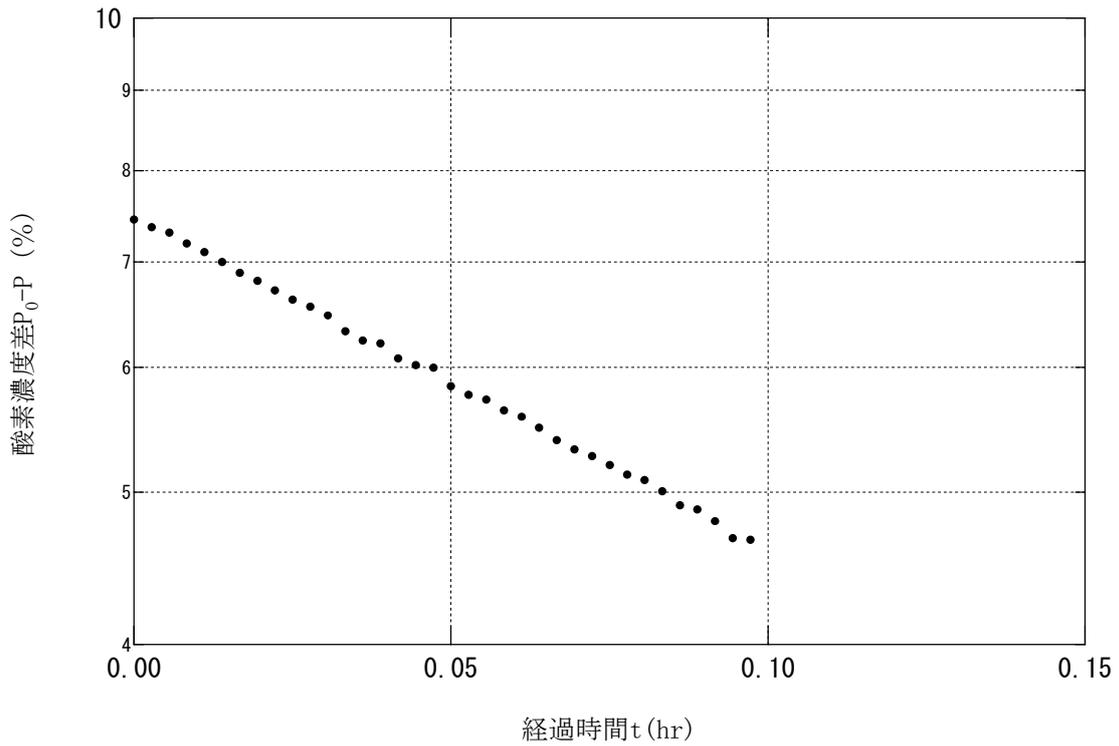


図 8 箱内酸素濃度と時間の関係（奥行水準 1800 mm，換気口水準 2.0 倍，風速水準 1.0 m/s）

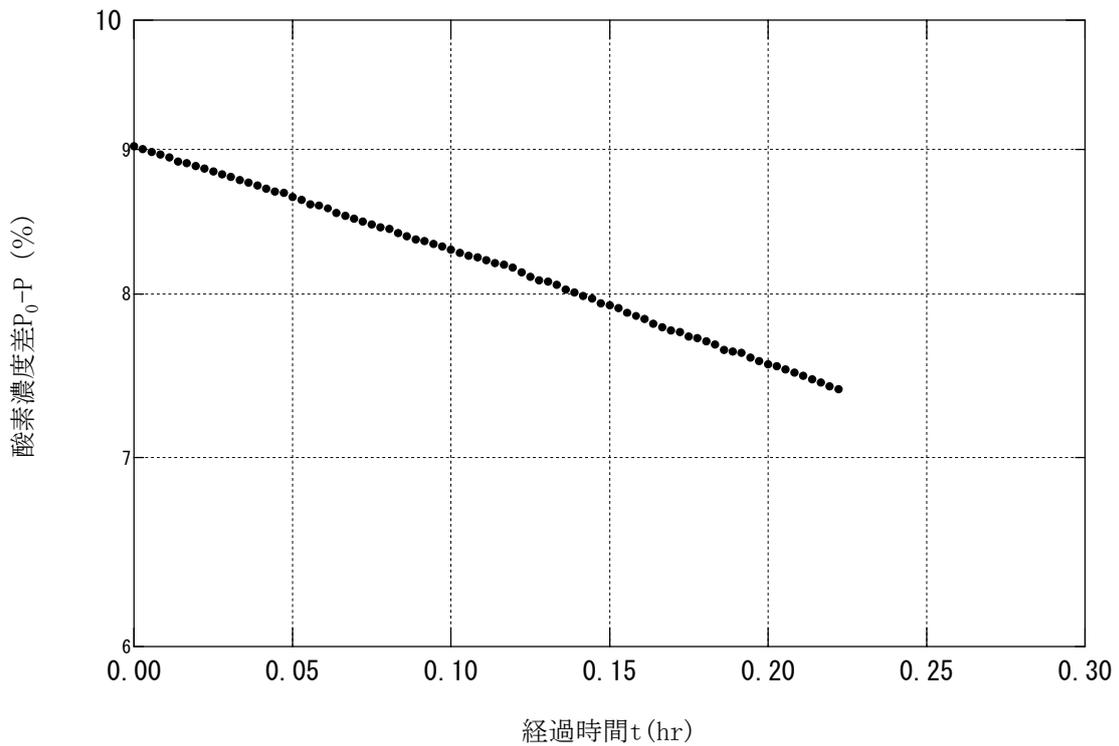


図 9 箱内酸素濃度と時間の関係（奥行水準 1800 mm，換気口水準 2.0 倍，風速水準 0.5 m/s）

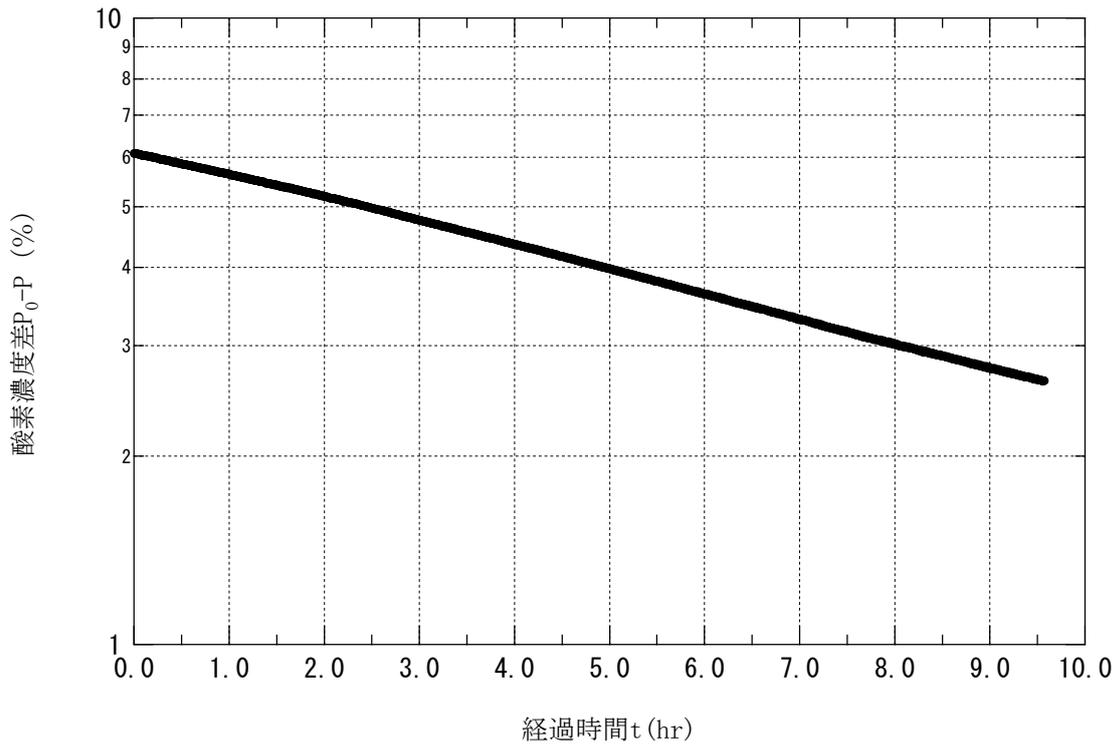


図 10 箱内酸素濃度と時間の関係 (奥行水準 1800 mm, 換気口水準 2.0 倍, 風速水準 0.0 m/s)

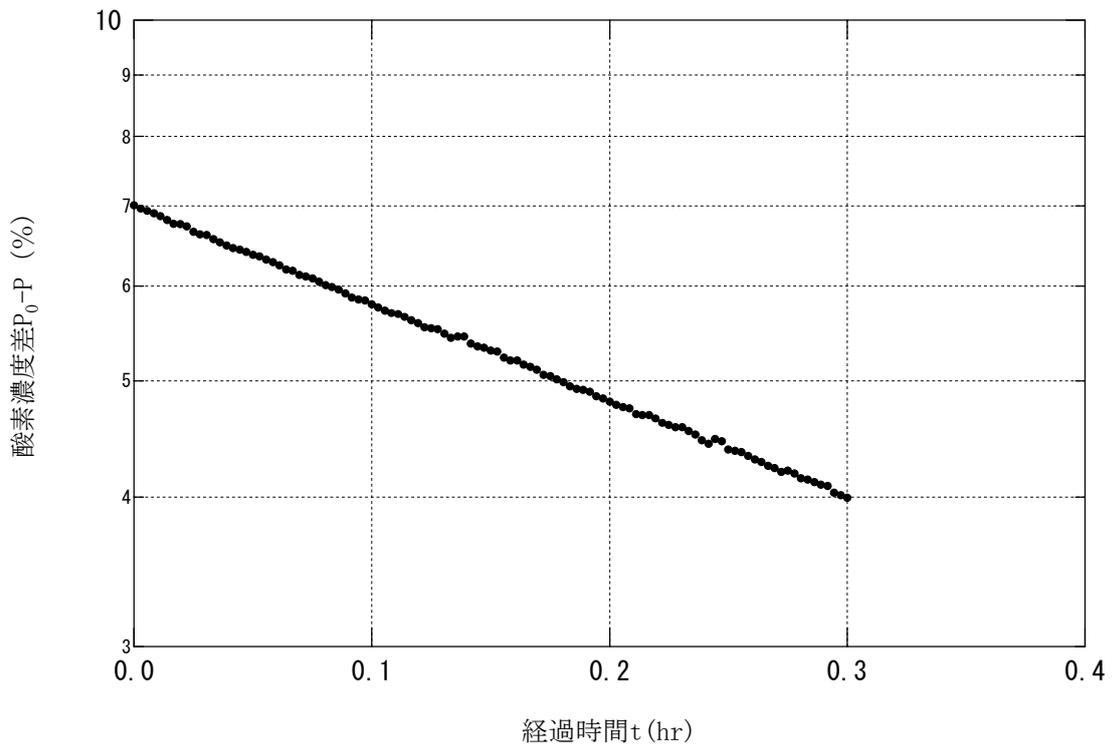


図 11 箱内酸素濃度と時間の関係 (奥行水準 1800 mm, 換気口水準 1.0 倍, 風速水準 1.0 m/s)

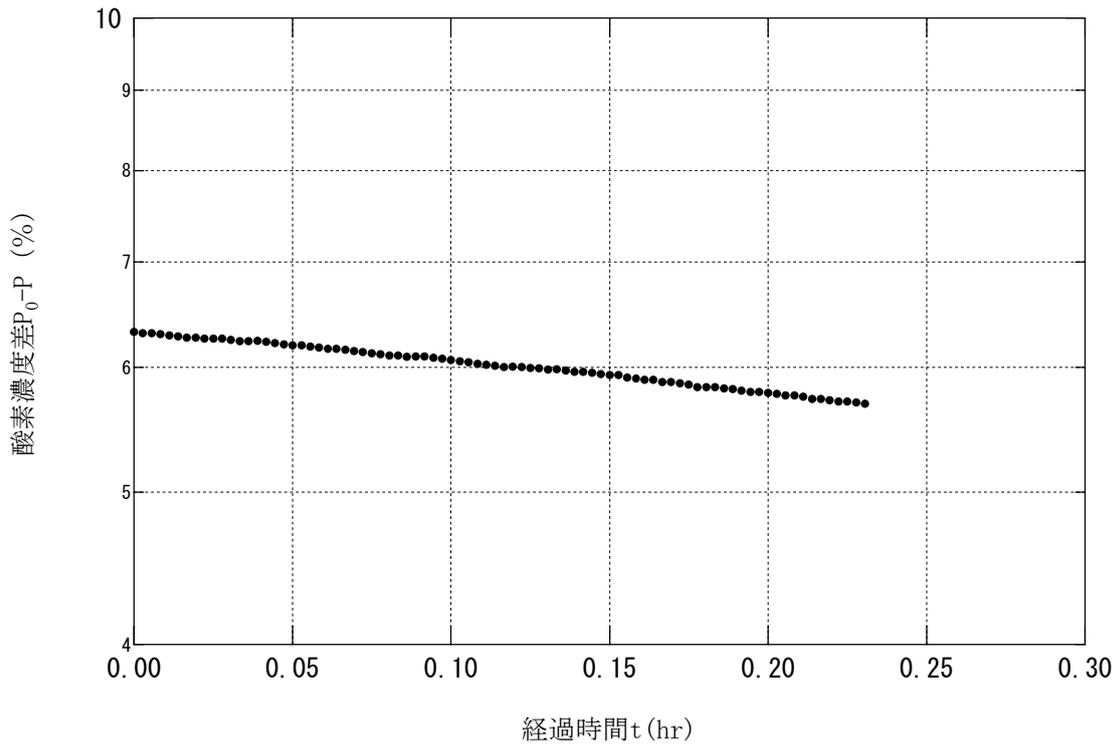


図 12 箱内酸素濃度と時間の関係 (奥行水準 1800 mm, 換気口水準 1.0 倍, 風速水準 0.5 m/s)

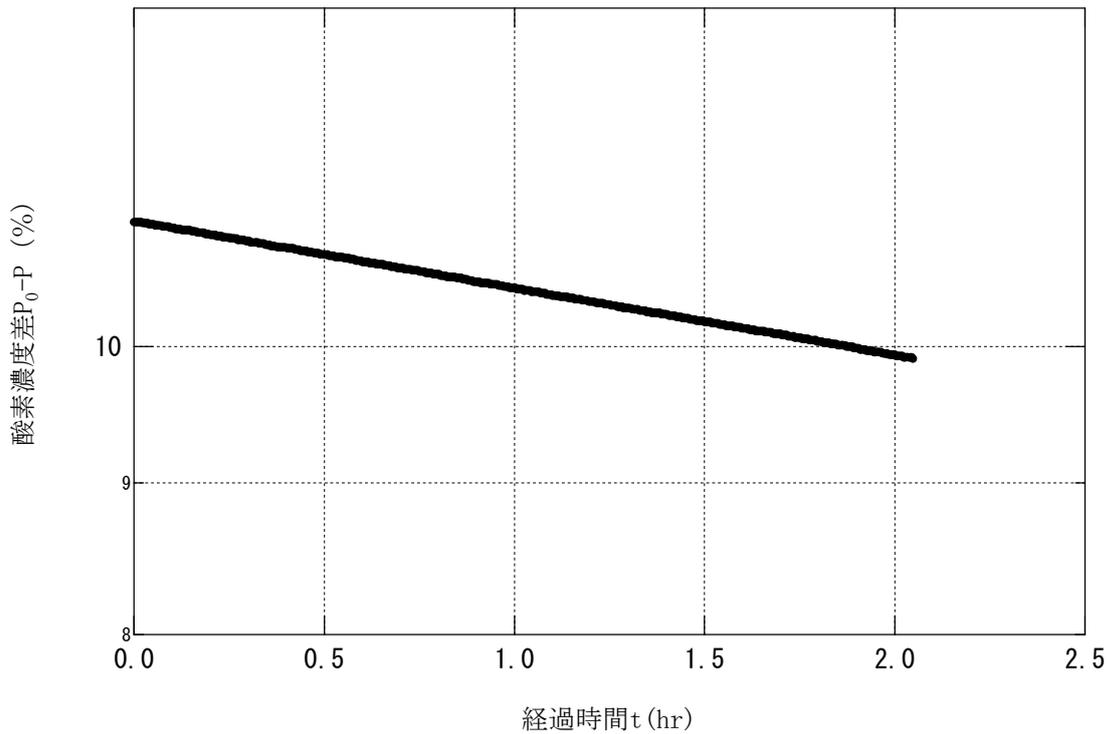


図 13 箱内酸素濃度と時間の関係 (奥行水準 1800 mm, 換気口水準 1.0 倍, 風速水準 0.0 m/s)

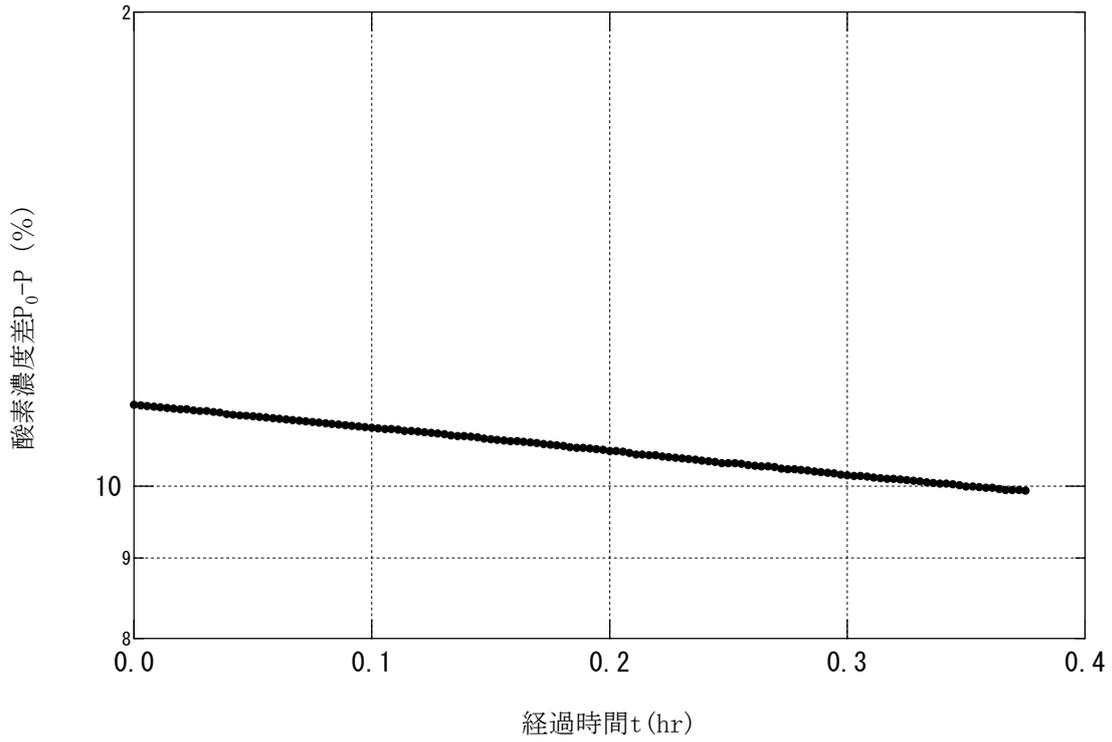


図 14 箱内酸素濃度と時間の関係 (奥行水準 1800 mm, 換気口水準 0.5 倍, 風速水準 0.5 m/s)

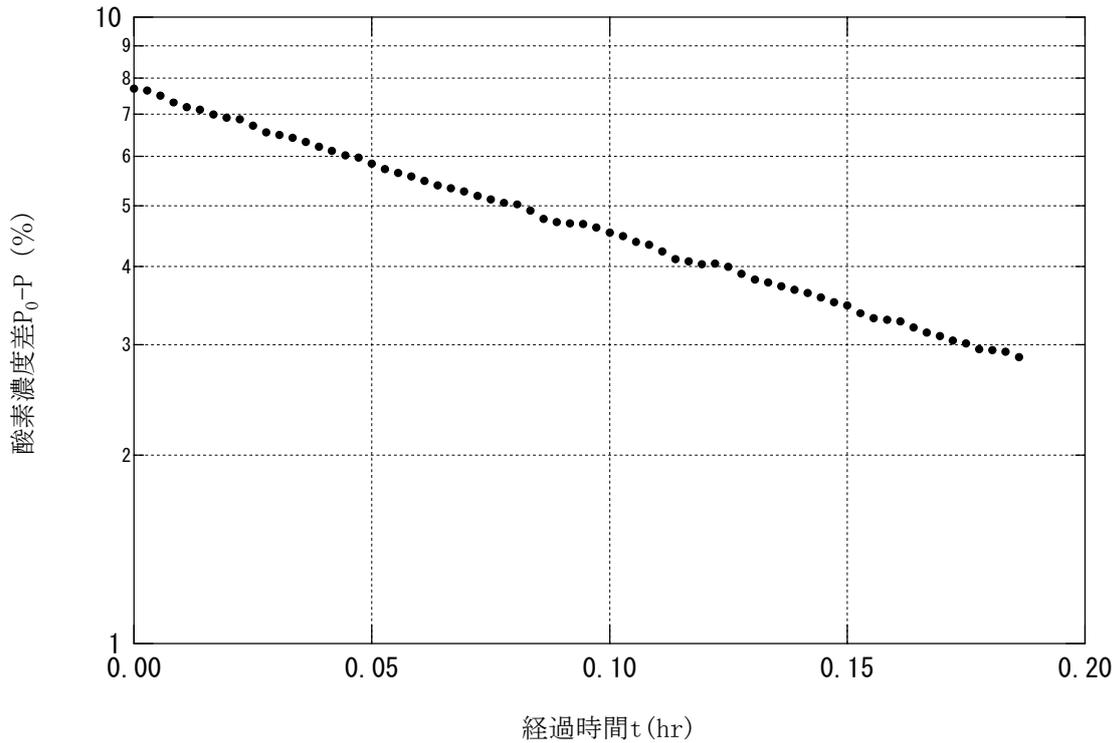


図 15 箱内酸素濃度と時間の関係 (奥行水準 900 mm, 換気口水準 2.0 倍, 風速水準 0.5 m/s)

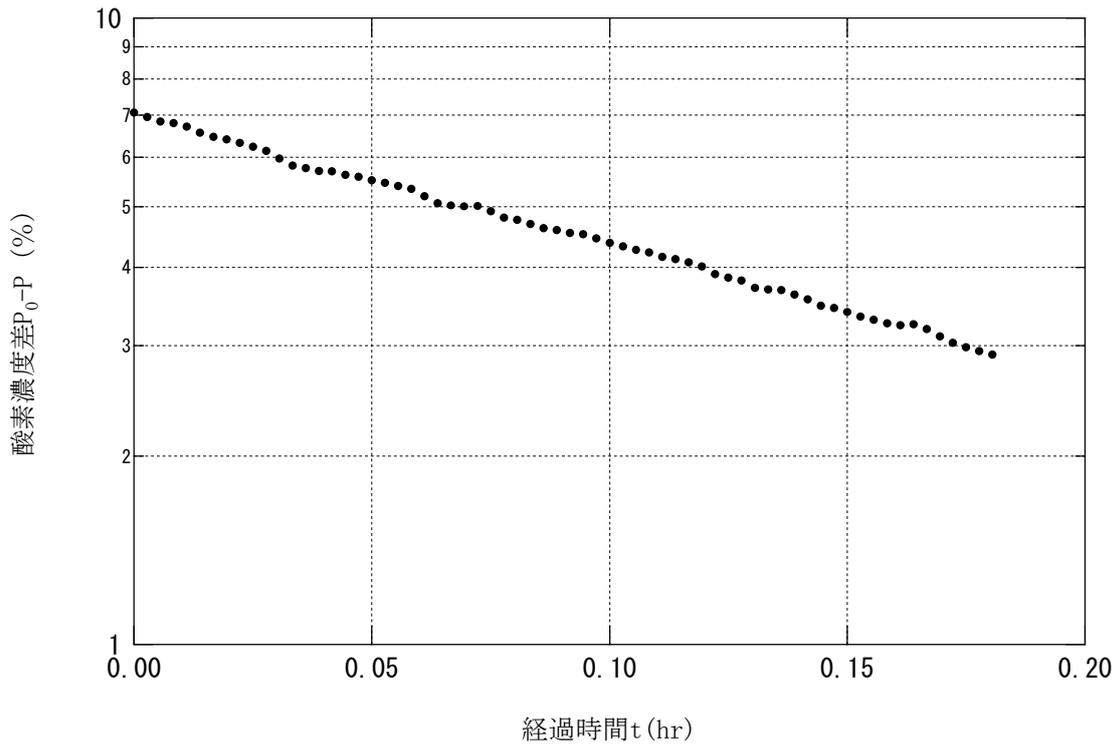


図 16 箱内酸素濃度と時間の関係（奥行水準 900 mm，換気口水準 1.0 倍，風速水準 1.0 m/s）

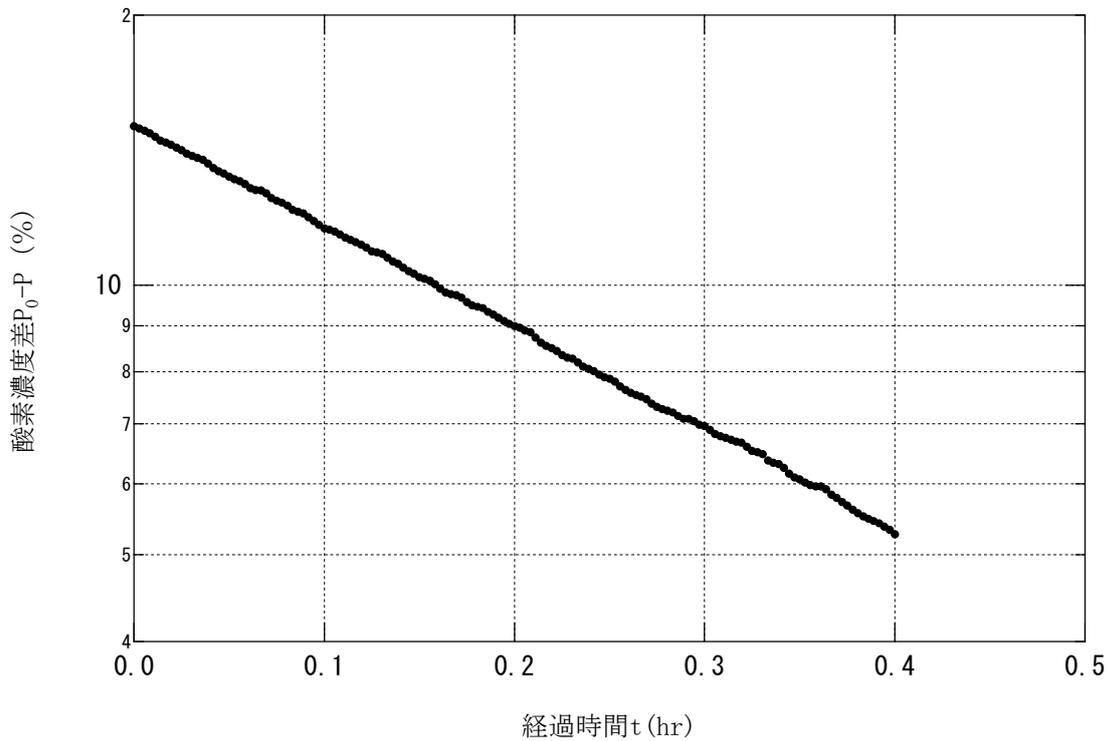


図 17 箱内酸素濃度と時間の関係（奥行水準 900 mm，換気口水準 1.0 倍，風速水準 0.5 m/s）

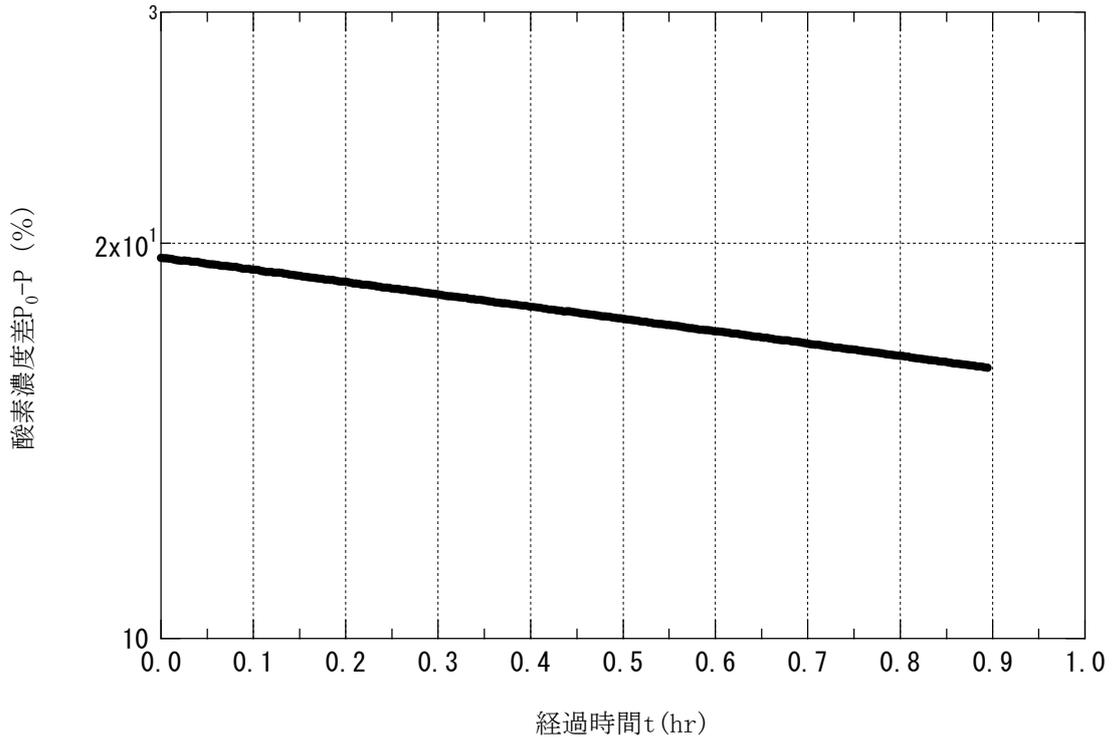


図 18 箱内酸素濃度と時間の関係（奥行水準 900 mm，換気口水準 1.0 倍，風速水準 0.0 m/s）

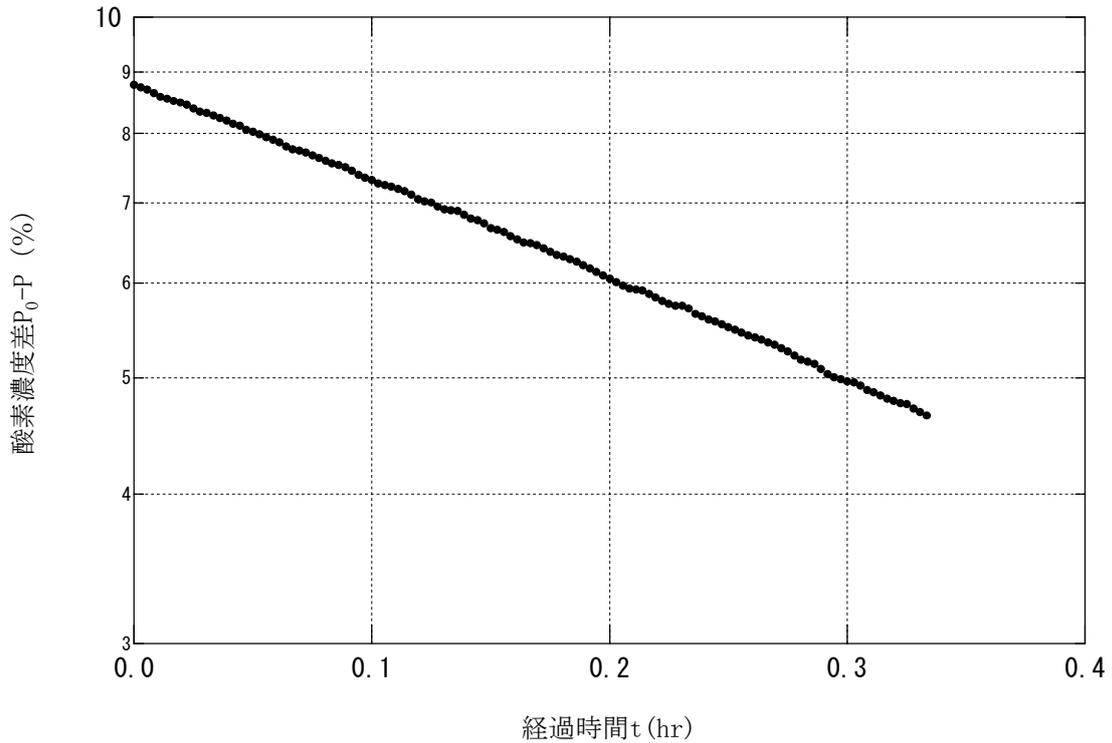


図 19 箱内酸素濃度と時間の関係（奥行水準 900 mm，換気口水準 0.5 倍，風速水準 0.5 m/s）

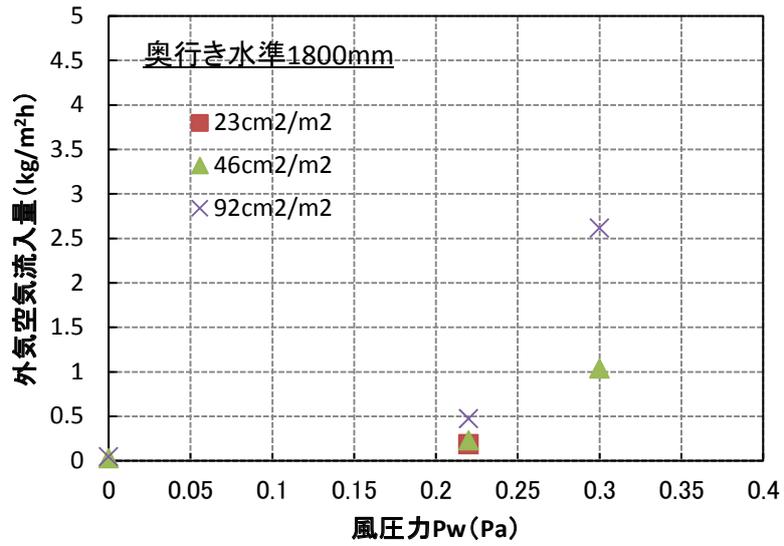


図 20 風圧力と外気流入量の関係（奥行き水準 1800mm）

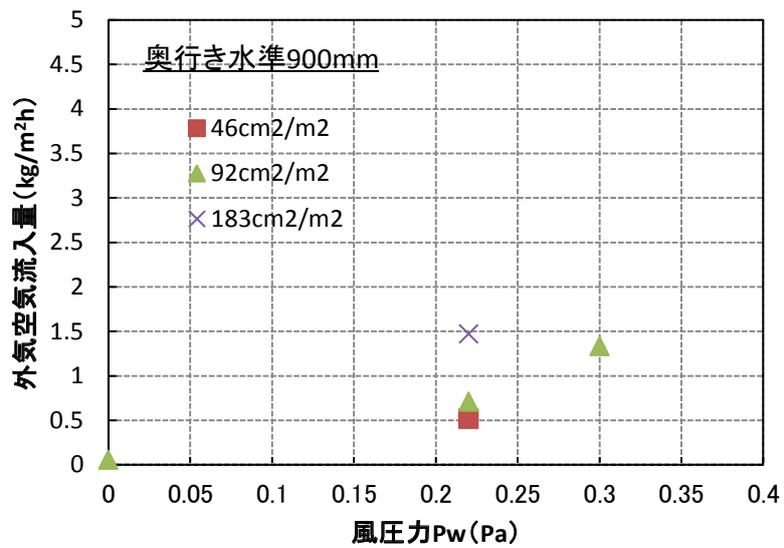


図 21 風圧力と外気流入量の関係（奥行き水準 900mm）

7.4 小屋裏実験住宅における風圧力および風圧係数測定

(1) はじめに

昨年度の報告では、軒裏換気方式と妻換気方式の換気量推定実験において、妻換気方式の換気量が少ない結果となった。この結果の詳細な考察には、実験住宅の立地条件による換気口への風の当たり方（風圧力）の違いを考慮する必要がある。今回、実験住宅外表各部位の風圧力（基準圧力に対する差圧）測定および風圧係数の算出を行ったので、その結果を報告する。

(2) 実験概要

実験住宅周辺の状況を図 22、23 に示す。

図 24 に示す位置に、微差圧計（バラトロン）の高圧側のチューブを、各部温度（T 型熱電対）を設置した。微差圧計の低圧側は室内に開放とした。測定間隔は 1 s である。風向・風速計には VAISALA 社のウェザートランスミッター（WXT510）を用い、10 分間の平均風向・風速を記録した。また、外気および室内温度は 10 分間隔で測定した。



図 22 実験住宅周辺図

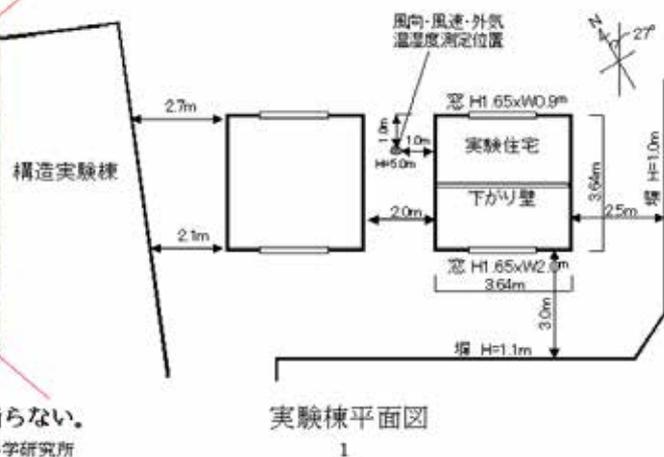


図 23 実験住宅平面図・配置図

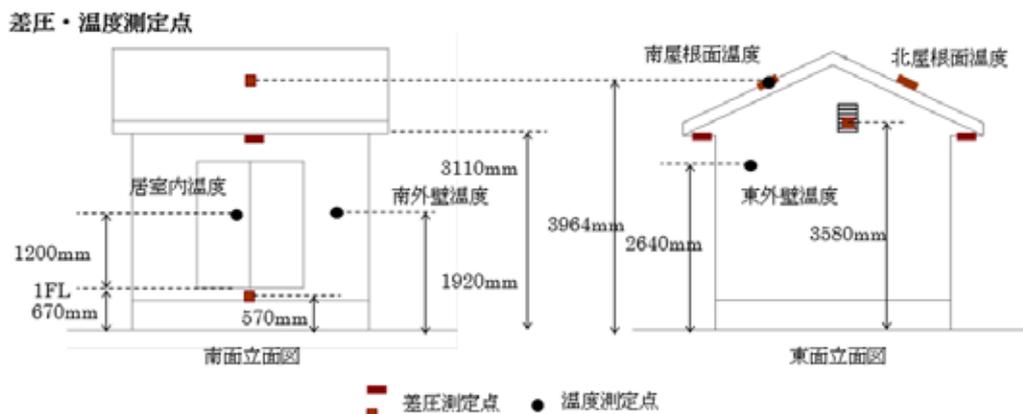


図 24 差圧計・温度計設置位置

(3) 解析方法

解析には下記のそれぞれ 1 週間の測定データを用いた。

2010 年 12 月 28 日-2011 年 1 月 3 日

2011 年 1 月 15 日-1 月 21 日

解析手順を以下に示す。

- ① 差圧測定データ（1秒間隔）を1分平均にする。
- ② 室内温度・外気温度を直線補完で1分間隔に変更（10分間隔測定のため）。
- ③ 居室温度・外気温度・屋根南温度・屋根北温度・外壁南温度・外壁東温度から空気密度を求める。

$$\rho = \frac{1.293 \times P}{1 + 0.00367 \times t}$$

P[atm] : 大気圧(P=1), t[°C] : 温度

- ④ 差圧測定チューブ内の空気の重さを除去するため、次式により測定値の温度補正を行う。次式右辺の第3項は、風圧力のみを取り出すため、地表面を基準 (=0) とする外部位置圧の補正である。

$$\Delta P_{ki} = \Delta P_{ki}^m - \sum \rho_k g h_k + \rho_o g h_o$$

ΔP_{ki} : 風圧分の測定点と室内の差圧【Pa】 , ΔP_{ki}^m : 測定点と室内の測定差圧【Pa】

ρ_k : チューブ経路の空気密度【kg/m³】 , g : 重力加速度=9.8【m/s²】

h_k : 各チューブ経路の高さ【m】 , ρ_o : 外気空気密度【kg/m³】

h_o : 測定点の地表面からの高さ【m】

- ⑤ 補正された測定差圧を10分平均する。
- ⑥ 風圧力は外部風速と次式の関係 (C_p : 風圧係数) があるので、各方位毎に $\frac{\rho_o}{2} v_o^2$ と得られた ΔP_{ki} の関係を直線 $y=ax+b$ で最少二乗法により近似し、係数 a を風圧係数 C_p とする (b は推定室内大気基準圧【Pa】)。

$$P_w = \Delta P_{ki} = C_p \frac{\rho_o}{2} v_o^2$$

C_p : 風圧係数【-】 v_o^2 : 地物の影響を受けない外部風速【m/s】

以上の手順を、風向1を真北±11.25度、風向2を11.25度以上33.75度未満と右回りに16方位を設定し解析した。

(4) 解析結果

解析期間中の風向の頻度グラフを図 25 に示す。風向 5 が特出して頻度が高い。これは、建物北面法線から約 60 度の風向で、この方向の写真を図 26 に示すが、ちょうど周りの建物と建物の間である。実験住宅より東に 300m ほどの所に南北に流れる川（一級河川：中川）がある。関東平野は冬季、北の風が多く吹くが、この川に沿って北から吹いてきた風が、周辺建物の間を通過して当実験住宅に当たるのだと思われる。建物北東方面の風向 3～5 で全体頻度の 6 割を占めている。

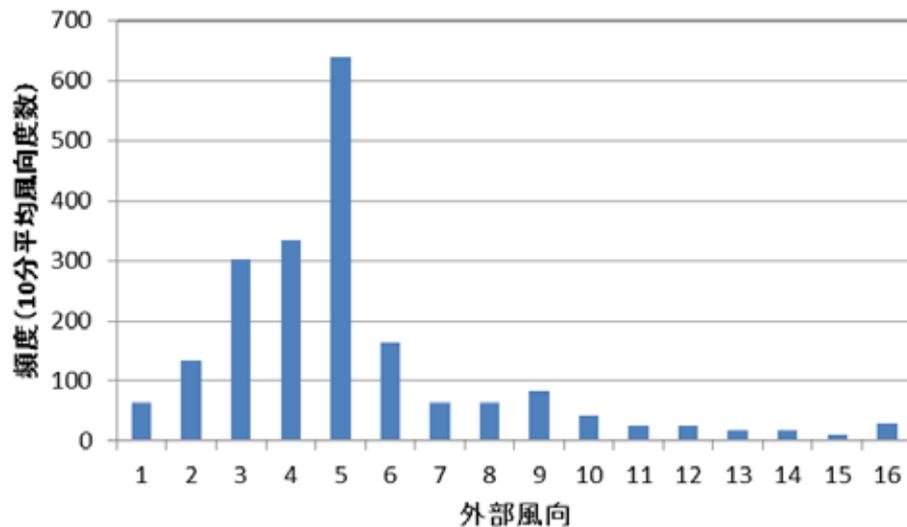


図 25 実験住宅の外部風向別頻度（2010/12/28-2011/1/3, 2011/1/15-1/21）



図 26 実験住宅北東方面の周辺写真

$\frac{\rho_0}{2} v_0^2$ と差圧 (ΔP_{ki}) の関係グラフを、建物の北面法線方向（風向 2）、建物の東面法線方向（風向 6）および最多頻度風向（風向 5）を抜粋して図 27～29 に示す。グラフの傾きが風圧係数となり、y 切片が外部地表面に対する室内の大気基準圧（推定）である。なお、全風向別の各部の風圧係数を表 13 に示す。

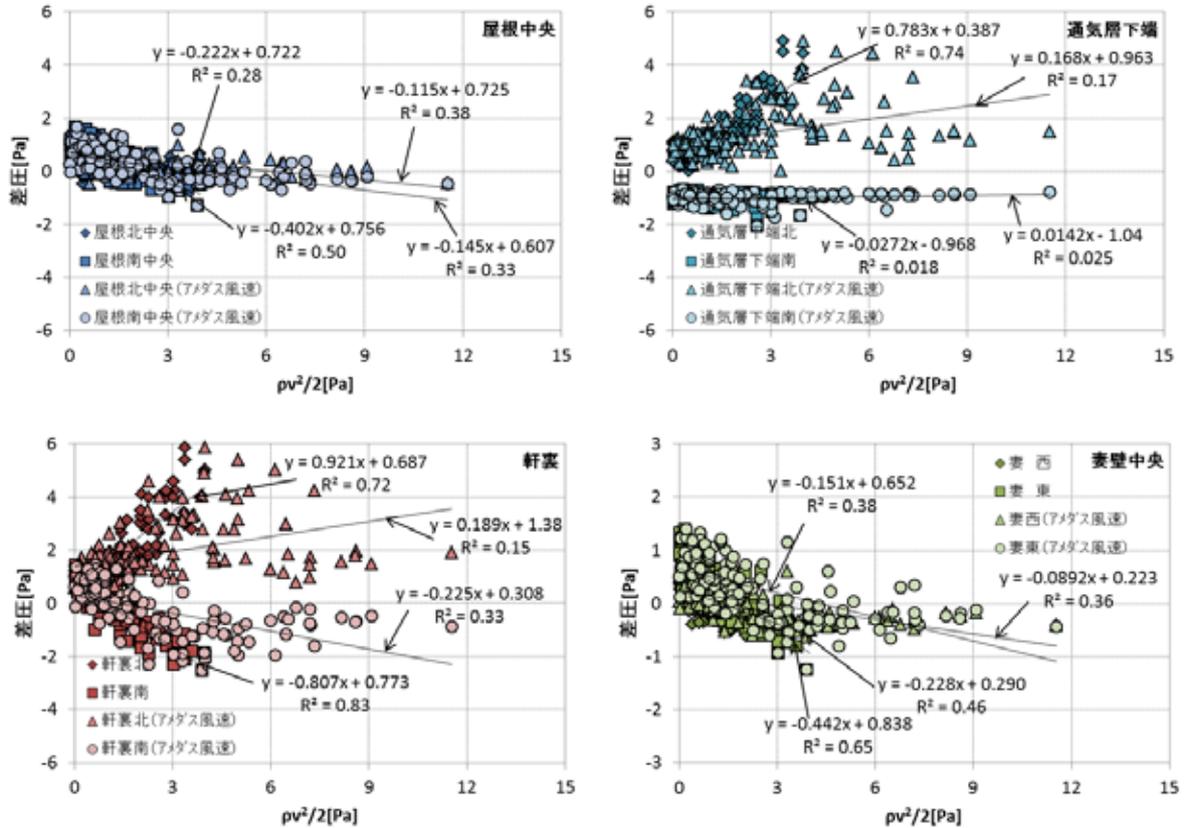


図 27 各部 $\frac{\rho_o}{2} v_o^2$ と差圧 (ΔP_{ki}) の関係 (風向 2 : おおよそ実験住宅北面法線風向)
 左上 : 屋根南北中央、右上 : 通気層下端南北、左下 : 軒天南北、右下 : 妻換気東西グラフ

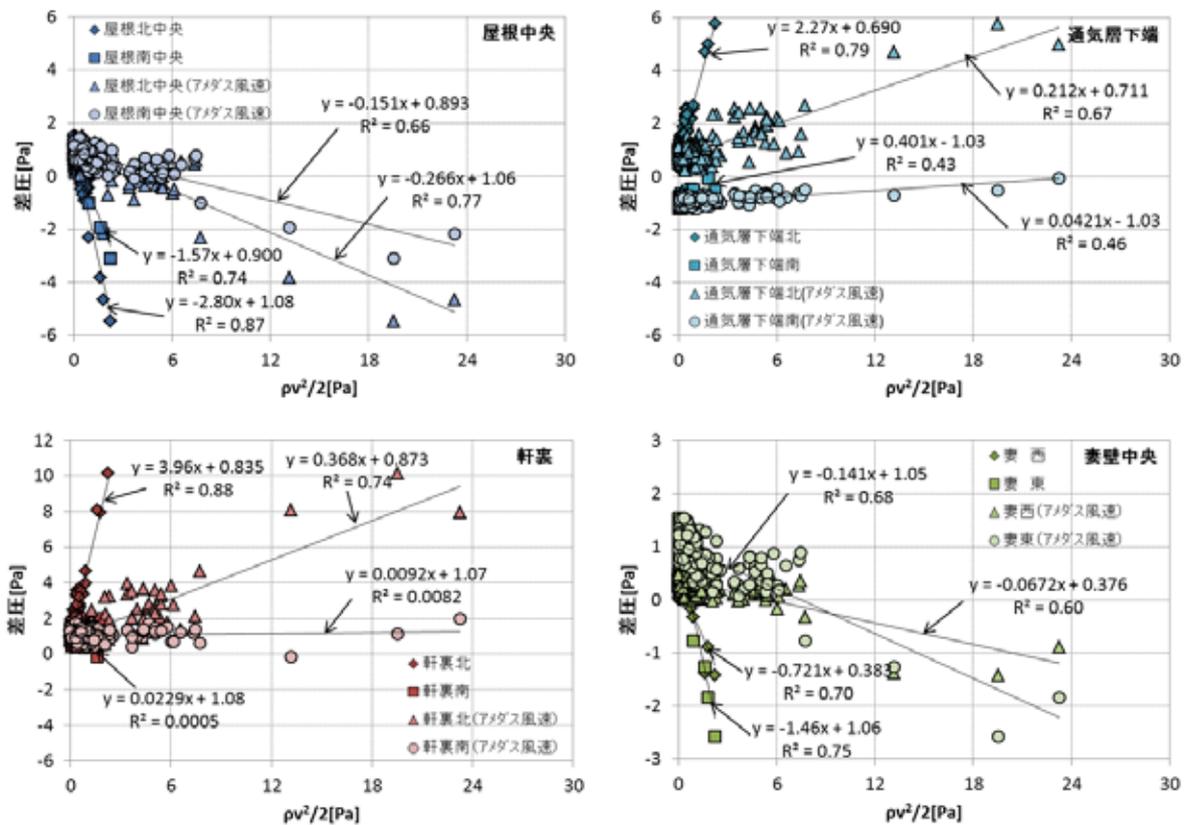


図 28 各部 $\frac{\rho_o}{2} v_o^2$ と差圧 (ΔP_{ki}) の関係 (風向 6 : おおよそ実験住宅東面法線風向)
 左上 : 屋根南北中央、右上 : 通気層下端南北、左下 : 軒天南北、右下 : 妻換気東西グラフ

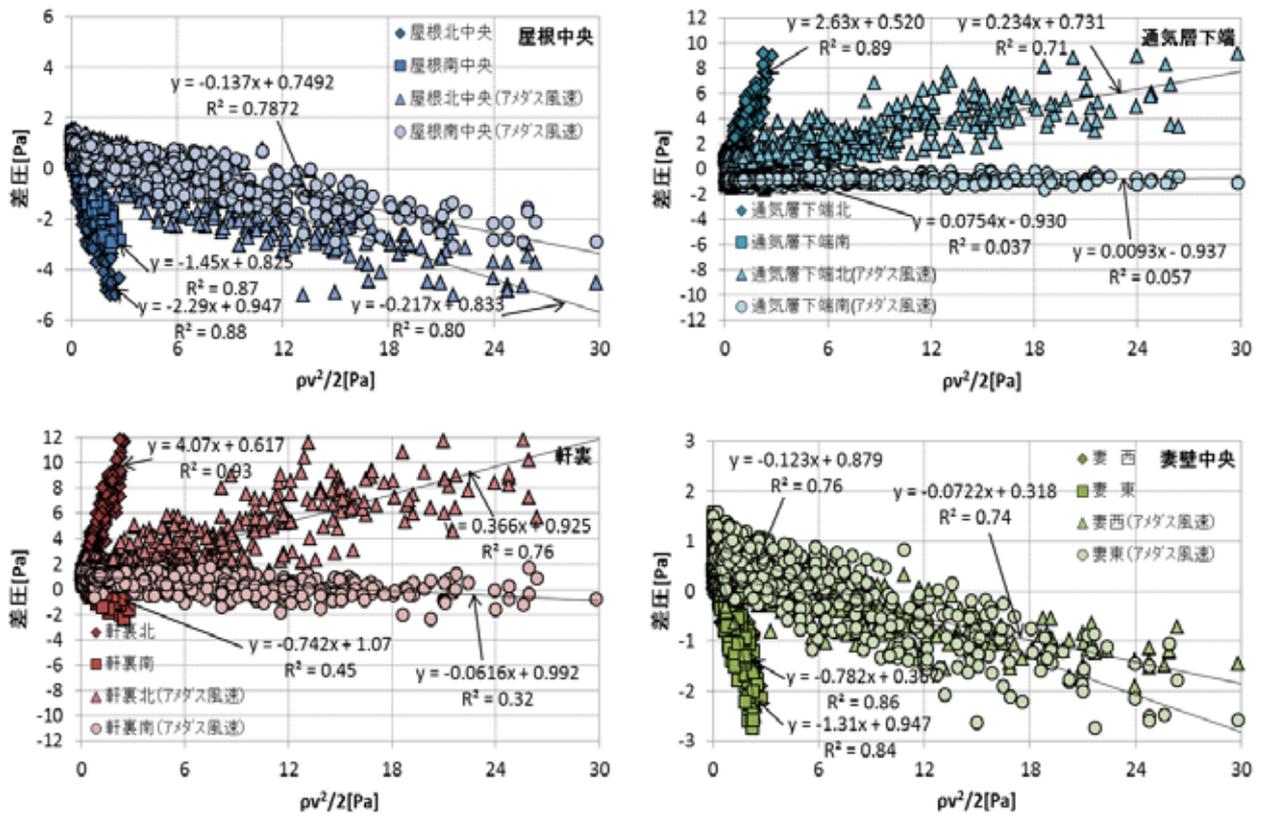


図 29 各部 $\frac{\rho_0}{2} v_o^2$ と差圧 (ΔP_{ki}) の関係 (風向 5 : 最多頻度風向)
 左上 : 屋根南北中央、右上 : 通気層下端南北、左下 : 軒天南北、右下 : 妻換気東西グラフ

表 12 観測地点 (地上 5m) 風速に対する風圧係数

| 風向 | 屋根北中央 | 屋根南中央 | 軒裏北 | 軒裏南 | 妻西 | 妻東 | 通気層下端北 | 通気層下端南 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 1 | -0.350 | -0.331 | 0.437 | -0.633 | -0.220 | -0.348 | 0.387 | -0.0056 |
| 2 | -0.222 | -0.402 | 0.921 | -0.807 | -0.228 | -0.442 | 0.783 | -0.0272 |
| 3 | -0.337 | -0.543 | 1.76 | -1.11 | -0.310 | -0.547 | 1.48 | -0.234 |
| 4 | -1.20 | -0.944 | 3.23 | -1.19 | -0.570 | -0.882 | 2.40 | -0.245 |
| 5 | -2.29 | -1.45 | 4.07 | -0.742 | -0.782 | -1.31 | 2.63 | 0.0754 |
| 6 | -2.80 | -1.57 | 3.96 | 0.0229 | -0.721 | -1.46 | 2.27 | 0.401 |
| 7 | -2.00 | 0.628 | -0.392 | -0.593 | -0.306 | 0.924 | -0.927 | 0.707 |
| 8 | -1.23 | 0.358 | -0.682 | 0.133 | -0.411 | 0.488 | -0.859 | 0.322 |
| 9 | -1.11 | 0.126 | -0.545 | -0.167 | -0.355 | 0.256 | -0.667 | 0.218 |
| 10 | -1.16 | 0.102 | -0.797 | -0.507 | -0.249 | 0.563 | -0.0067 | 0.324 |
| 11 | -0.982 | 1.07 | -0.732 | -0.386 | 0.317 | 1.21 | -0.380 | 0.513 |
| 12 | -0.991 | 0.994 | -0.588 | -0.301 | 0.192 | 1.15 | -0.271 | 0.564 |
| 13 | -1.11 | 0.716 | -0.479 | -0.275 | 0.0974 | 0.916 | -0.148 | 0.331 |
| 14 | -1.13 | 0.675 | -0.523 | -0.325 | 0.0721 | 0.888 | -0.152 | 0.403 |
| 15 | -0.949 | -0.105 | -0.337 | -0.684 | -0.218 | -0.0224 | -0.122 | 0.168 |
| 16 | -0.469 | -0.195 | 0.181 | -0.348 | -0.188 | -0.166 | 0.216 | 0.0283 |

風圧係数の絶対値は理論上、1 以上にはならないが、上記では 1 以上となる点はいくつかあった。この理由として、実験住宅周辺の立地条件により、実験住宅の外部風向・風速観測点での風速は大きくはないが、差圧計を設置したポイントの風圧力（風速）が局所的に高くなったと考えられる。そこで、気象庁アメダスの越谷観測点（越谷市大字北後谷・観測高さ 10m）の風速を用いて風圧係数を算出した（風向は実験住宅での測定値とした）。結果の一覧を表 13 に示す。アメダス観測風速は、実験住宅で測定された風速より大きいため、風圧係数の絶対値は全て小さく算出され、1 未満になった。したがって、当該実験住宅の換気方式による小屋裏換気量の違い対しては、換気口に当たる風圧（差圧）の大小が重要となる。最多頻度の風向 5 の時（図 29）には妻東面より軒裏北の方の室内基準圧に対する差圧が約 4 倍大きく、建物東面の風向 6（図 28）でも軒裏北の方が 2 倍程度大きい。このことより、当該実験住宅では妻換気口に風圧力がかかりにくい立地条件であったといえる。

表 13 アメダス越谷（地上 10m）に対する風圧係数

| 風向 | 屋根 北中央 | 屋根 南中央 | 軒裏北 | 軒裏南 | 妻西 | 妻東 | 通気層 下端北 | 通気層 下端南 |
|----|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|------------|------------|
| 1 | -0.141 | -0.135 | 0.104 | -0.197 | -0.0832 | -0.139 | 0.108 | -0.0028 |
| 2 | -0.115 | -0.145 | 0.189 | -0.225 | -0.0892 | -0.151 | 0.168 | 0.0142 |
| 3 | -0.113 | -0.121 | 0.363 | -0.230 | -0.0885 | -0.117 | 0.289 | -0.0373 |
| 4 | -0.195 | -0.133 | 0.352 | -0.107 | -0.0714 | -0.124 | 0.255 | -0.0073 |
| 5 | -0.217 | -0.137 | 0.366 | -0.0616 | -0.0722 | -0.123 | 0.234 | 0.0093 |
| 6 | -0.266 | -0.151 | 0.368 | 0.0092 | -0.0672 | -0.141 | 0.212 | 0.0421 |
| 7 | 0.0604 | 0.0328 | 0.0538 | 0.0605 | 0.0332 | 0.0139 | 0.0603 | 0.107 |
| 8 | -0.232 | 0.0497 | -0.138 | 0.0342 | -0.0761 | 0.0826 | -0.151 | 0.062 |
| 9 | -0.245 | 0.0339 | -0.144 | -0.0032 | -0.0782 | 0.0531 | -0.154 | 0.0538 |
| 10 | -0.233 | 0.0508 | -0.132 | -0.0698 | -0.023 | 0.829 | -0.161 | 0.098 |
| 11 | -0.228 | 0.251 | -0.165 | -0.0844 | 0.0768 | 0.284 | -0.0847 | 0.116 |
| 12 | -0.311 | 0.341 | -0.204 | -0.106 | 0.0626 | 0.372 | -0.0958 | 0.235 |
| 13 | -0.454 | 0.305 | -0.202 | -0.120 | 0.0544 | 0.396 | -0.0635 | 0.144 |
| 14 | -0.412 | 0.224 | -0.192 | -0.134 | 0.0175 | 0.293 | -0.0571 | 0.133 |
| 15 | -0.201 | -0.0401 | -0.0577 | -0.145 | -0.0542 | -0.0273 | -0.0203 | 0.0324 |
| 16 | -0.142 | -0.0668 | 0.0335 | -0.107 | -0.0577 | -0.0577 | 0.0436 | 0.0279 |

【補足】

実測や解析の妥当性を確認するため、一般に知られている風圧係数（図 30）と比較する。図の断面と同じ風の流れとなるよう、実験住宅北面法線方向の風（風向 2）を取り上げる。解析の結果は、表 1 より風上である側軒裏北が 0.92、風下側である軒裏南が-0.81、外壁面である通気層下端北が 0.78、南が-0.03 であった。これらの結果は通気層下端南を除くと、図 30 左下の図と良く一致する。実測解析結果の数値がやや大きいのは、図 27 の各数値は地表面の影響を受けない風速に対する風圧係数であることに対して、実測値では風速測定が地上 5m で周りの建物の影響を受け、減速された風速で風圧係数を算出しているためと考えられる。通気層下端南の数値の違いについては、3m先に塀があるため（図 23 参照）、北からの風が塀に当たって建物側に戻ってきている気流の影響だと推測される。

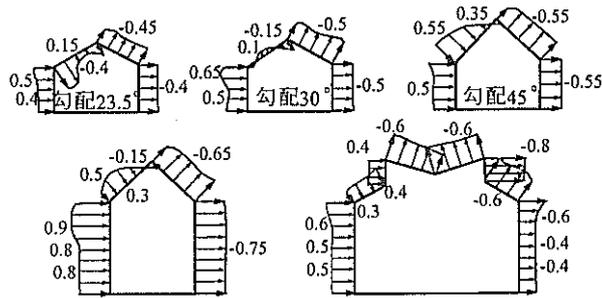


図 30 独立建物の風圧係数

出典：石原正雄, 建築換気設計, 朝倉書店, 1972

(5) まとめ

H22 年度および H23 年度に行った軒裏換気方式と妻換気方式の小屋裏温湿度性状把握実験において、それぞれの換気口に当る風圧（差圧）の測定を行い、風圧係数を算出した。

結果を以下に記す。

- 当該実験住宅の冬期の最多頻度の風向は東の風、実験住宅に対して東北東の風であった。北東～東の風向で全体の約 6 割を占める頻度であった。
- 最多頻度の風により、かかる風圧は東面妻換気口よりも軒裏北換気口の方が約 4 倍、妻換気口に正対する風（東南東の風）でも約 2 倍、軒裏北換気口の方が大きかった。
- すなわち、当該実験住宅では、周辺立地条件により妻換気口にかかる風圧力は小さく、軒裏北に風圧力がかかり易いことが分かった。

7.5 片流れ屋根の換気及び湿気性状の解析

(1) はじめに

これまでに、シミュレーション計算による寄棟と切妻屋根に関する検討がなされたが、片流れ屋根については未着手であった。近年、意匠性や施工コスト面の観点から、特に都市部で片流れ屋根の住宅が増加しているものの、判断根拠となるデータが存在しない。そこで、片流れ屋根に関する熱水分移動及び換気計算を行い、寄棟と切妻屋根と同列に評価するためのデータを収集する。

計算対象は図 31 に示す規模の住宅で、熱、水分、換気の連成計算を行い、換気口面積と換気量や、野地板の含水率との関係を明らかにする。

(2) 計算対象住宅

1) 建物規模及び仕様

本検討の計算対象は日本建築学会の熱負荷計算用標準問題に用いられる住宅モデルに準拠した、図 31 に示す住宅である。延床面積は 132.50m² (9,100 mm × 7,280 mm) の総 2 階建てで、屋根は片流れとした。開口部 (窓) 面積比率は、延床面積に対して 27% とし、南面 15%、東西面各 5%、北面 2% の配分で配する。また、1・2F の開口部 (窓) 面積は同一としている。なお、通気層は開口部 (窓) がある上下部の計算は除き、上から下まで窓の無い部分のみで計算を行っている。

対象住宅の各部の仕様を表 14 に示す。

表 14 対象住宅の各部仕様

| | |
|----|---|
| 天井 | GWB250mm + 石こうボード 12mm |
| 壁 | 外装材 (サイディング) 12mm + 通気層 + GW16K 100mm + 石こうボード 12mm |

片流れ計算モデル

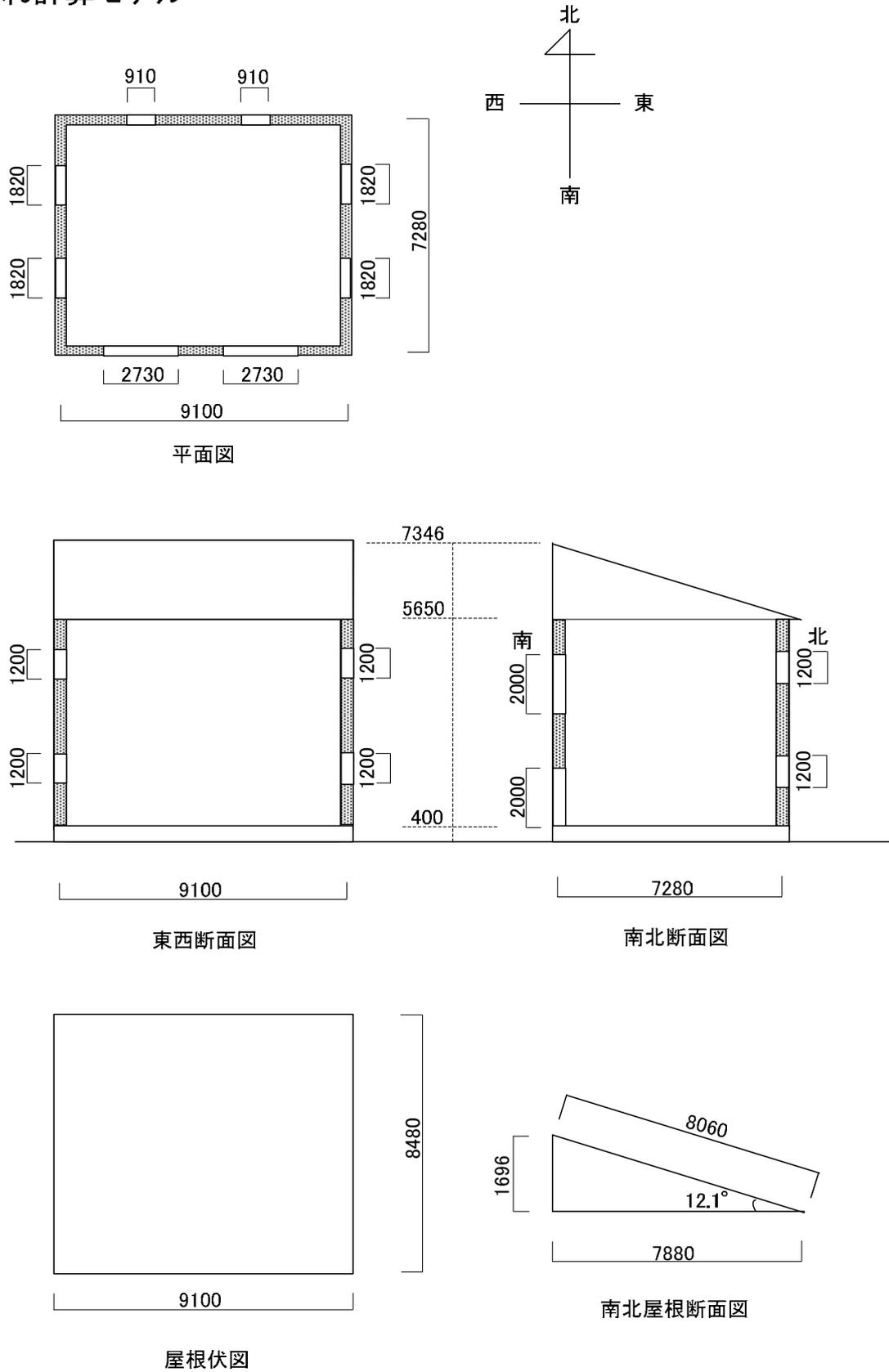


図 31 片流れ屋根計算対象

2) 気密性能と小屋裏開口面積

天井面の隙間は既往研究の結果を考慮し、表 15 に示す平成 11 年省エネルギー基準（以降、H11 年基準とする）の温暖地及び寒冷地レベルに相当する 2 水準を設定した。

小屋裏換気口については、住宅性能表示制度および住宅金融支援機構標準仕様書による基準値（軒裏給排気：天井面積の 1/250）を参考に（図 32）、表 16 の値を設定した。ただし、計算では単純開口として扱い、隙間特性値 $n=2$ とした。

表 15 隙間割合の設定と C 値

| 記号 | 天井面の気密性能* $C_{ceiling}$ (cm ² /m ²) | 住宅気密性能の目安 C_{Total} (cm ² /m ²) | 備考 |
|----|---|---|----------|
| A | 0.81 | 4.9 | 温暖地の気密住宅 |
| B | 0.41 | 2.4 | 寒冷地の気密住宅 |

* 天井の隙間面積を天井面積で除した値

表 16 小屋裏開口面積の設定

| 換気方式 | 面積水準 | 小屋裏換気口面積 αA (cm ²) | 天井面積あたりの 小屋裏換気口面積 C_{attic} * (cm ² /m ²) | 備考 |
|------|------|--|--|---------------|
| 軒換気 | 1 | 2650 | 40 | 軒裏給気・排気塔排気基準値 |
| | 2 | 1325 | 20 | 基準値×0.5 |
| | 3 | 662 | 10 | 基準値×0.25 |

* 小屋裏換気口面積を天井面積で除した値

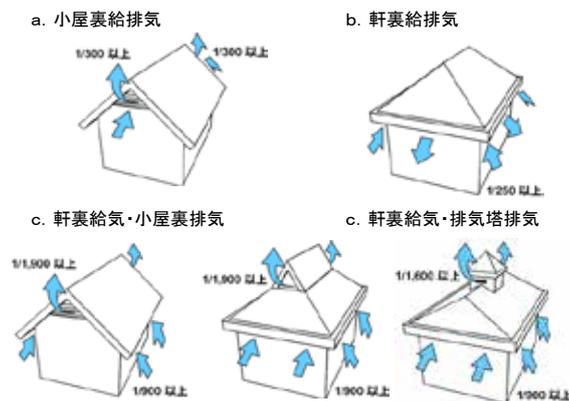


図 32 住宅性能表示における小屋裏換気口の分類

3) 室内外条件

本検討で対象とする都市は、平成 11 年基準のⅡ地域以南である盛岡、宇都宮、富山、福岡の 4 都市とし、拡張アメダス気象データの標準年を計算に用いることとした。盛岡の外気温度、絶対湿度、風速を図 33 及び図 34 に示す。居室の温度条件は連続暖房を想定した 7.1 式の条件とし、

湿度は 60%一定とした。

$$T_r = 4.5 \cdot \cos \frac{48\pi(D-212)}{8760} + 22.5 \quad (7.1)$$

相対湿度 60%一定 (7.2)

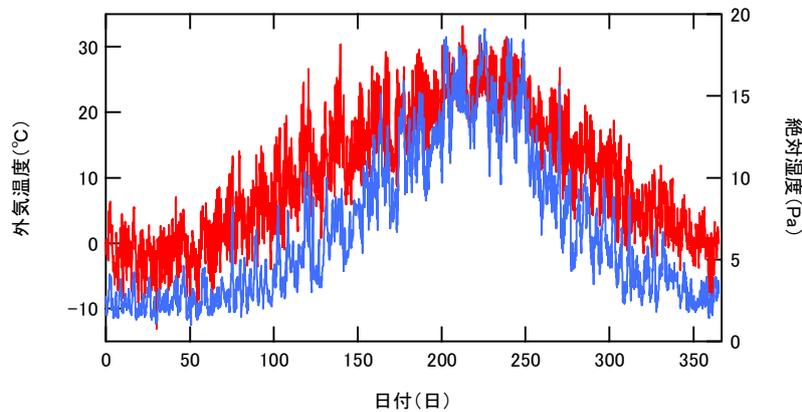


図 33 外気温度及び絶対湿度 (盛岡)

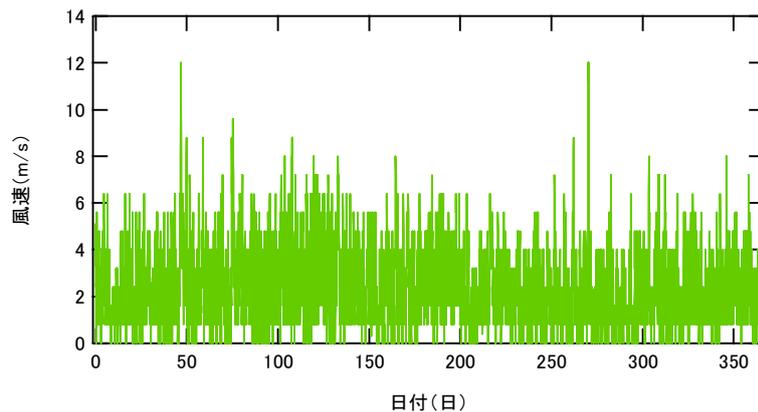


図 34 風速 (盛岡)

(3) 計算概要

1) 多数室換気計算

(a) 基本式

換気計算の対象となる空間は①小屋裏居室（1F・2F で 1 つの空間とする）、②～⑤東西南北の壁通気層、⑥居室とする 6 室モデルである。換気量は各空間の温度と外部風による風圧力の影響を受けるため、1 時点ごとに各部の伝熱計算との収束計算を行っている。ただし、⑥居室の温湿度と室内基準圧は既知として扱った。

各開口の流出入量 Q 及び圧力差 ΔP は以下の式で表すことができる。

$$Q = 3600\alpha A \sqrt{\frac{2}{\rho} |\Delta p|} \quad (7.3)$$

$$\Delta p = (p_j - g\rho_j h_j) - (p_i - g\rho_i h_i) \quad (7.4)$$

外部風のある場合、外部側の空気圧力 P_o は以下の式で表せる。

$$P_o = P_w - g\rho_o h_o = C \frac{\rho_o}{2} V_o^2 - g\rho_o h_o \quad (7.5)$$

(7.6) 式に示すように、各計算対象室の換気量の総和を 0 仮定し、各室の床面基準圧 p_i を未知数とした非線形連立方程式として整理し、これを Newton-Raphson 法によって解くことにより流出入量 Q を求めた。

$$\sum Q_i = 0 \quad (7.6)$$

ここに、 Q : 開口の流出入量 【m³/h】

αA : 相当開口面積 【m²】

ρ : 流出入空気の密度 【kg/m³】

Δp : 開口両端の空気の圧力差 【Pa】

p : 大気基準圧 (外気の場合は=0) 【Pa】

g : 重力加速度 (=9.8) 【m/s²】

h : 開口の床面 (あるいは地表面) からの高さ 【m】

P_w : 風圧力 【Pa】

C : 風圧係数 (風上 0.025、風下-0.025)

ρ_o : 外気の空気密度 【kg/m³】

h_o : 地表面から開口までの高さ 【m】

V_o : 外部風速 【m/s】

Q_i : 各開口流量 (正が流入、負が流出) 【m³/h】

添字

i : 対象室、 j : 隣接室 (あるいは外気)

(b) 外部風の設定

換気計算においては外部風が大きく影響するが、特に建物周りの風圧係数の設定は敷地の周辺状況や風向に影響されるため設定が容易ではない。そこで本検討では、風圧係数差 $\Delta C_p=0.05$ 一定として、敷地条件によって制約を受けない安全側の値を設定した。 $\Delta C_p=0.05$ については、住宅密集地などで外部風の脈動によって生じる風圧係数差に相当する。これは風向によらず生じる最小値と考えられるため、本検討では気象データから得られる1時間毎の外部風速に対し、図35に示すように15分ごとに風向が①～④に変化し、風上側とそれ以外の方位で $\Delta C_p=0.05$ が生じると仮定して計算を行った。

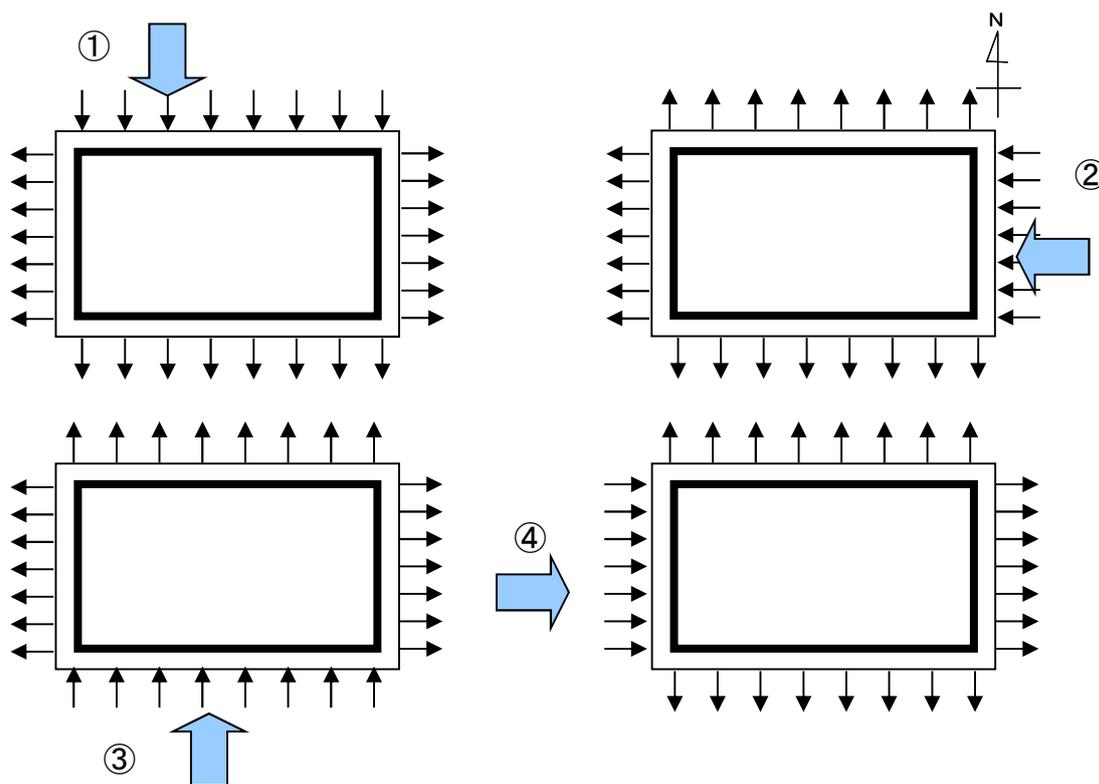


図 35 脈動により生じる風圧力の設定

2) 熱水分同時移動方程式に基づく野地板含水率及び小屋裏温湿度計算

(a) 熱水分移動の基本式

基本式は1次元湿流を想定した熱水分同時移動方程式と熱及び水蒸気の収支式より構成される。その概要は①建物外皮の材料を通過する熱・水分の移動、②換気による熱・水分・空気の移動、③室内から小屋裏へ流入する熱・水分の移動から成り立っている。

詳細を述べると、小屋裏及び通気層の温度と絶対湿度は、対象となる空間に対して瞬時拡散を仮定した熱湿気の収支式である(7.7)、(7.8)式を用いる。材料実質部に対する基本式は、水蒸気拡散領域から液水移動領域まで適応することが可能であるうえ、多層壁に対しても統一場で解析できる利点を持つ、水分化学ポテンシャルを用いた熱水分同時移動方程式(7.9)、(7.10)式を適用する。

$$\rho_a c V \frac{\partial T_r}{\partial t} = \sum \alpha A (T_s - T_r) + \rho_a c Q (T_o - T_r) \quad (7.7)$$

$$\rho_a V \frac{\partial X_r}{\partial t} = \sum \alpha' A (X_s - X_r) + \rho_a Q (X_o - X_r) \quad (7.8)$$

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \{ (\lambda + r \lambda'_{Tg}) \nabla T + r \lambda'_{\mu g} \nabla \mu \} \quad (7.9)$$

$$\rho_w \frac{\partial \phi}{\partial \mu} \frac{\partial \mu}{\partial t} = \nabla (\lambda'_\mu \nabla \mu + \lambda'_T \nabla T) \quad (7.10)$$

室内及び外界との境界条件は(14)、(15)式を用いた。

$$-\left[\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \right]_s - r \left[\lambda'_{\mu g} \frac{\partial \mu}{\partial n} + \lambda'_{Tg} \frac{\partial T}{\partial n} \right]_s = \alpha (T_r - T_s) \quad (7.11)$$

$$\left[-\lambda'_\mu \frac{\partial \mu}{\partial n} - \lambda'_T \frac{\partial T}{\partial n} \right]_s = \alpha' (X_r - X_s) \quad (7.12)$$

水分化学ポテンシャルに対する水分伝導率は絶対湿度基準の湿気伝導率に対して、時間ステップごとに(7.16)、(7.17)式により数値微分を行ない逐次計算したものを与えた。

$$\lambda'_\mu = \lambda' \frac{\partial X}{\partial \mu} \Big|_T \quad (7.13)$$

$$\lambda'_T = \lambda' \frac{\partial X}{\partial T} \Big|_\mu \quad (7.14)$$

(b) 材料物性値

計算に用いた材料物性値を表 17 に示す。なお、平衡含水率及び水分拡散係数については液水移動領域まで計算を行うため、文献を参考に図 36 に示す値を用いた。

表 17 構成材料の物性値

| 材料名 | 密度 (kg/m ³) | 比熱 (J/kgK) | 熱伝導率 (W/mK) | 湿気伝導率 (kg/msPa) |
|---------|----------------------------|---------------|----------------|------------------------|
| グラスウール | 16 | 840 | 0.045 | 1.58×10 ⁻¹⁰ |
| 合板 | 500 | 1860 | 0.16 | — |
| せっこうボード | 700 | 870 | 0.22 | 3.97×10 ⁻¹¹ |
| 瓦 | 1095 | 962.5 | 0.963 | 4.17×10 ⁻¹⁰ |

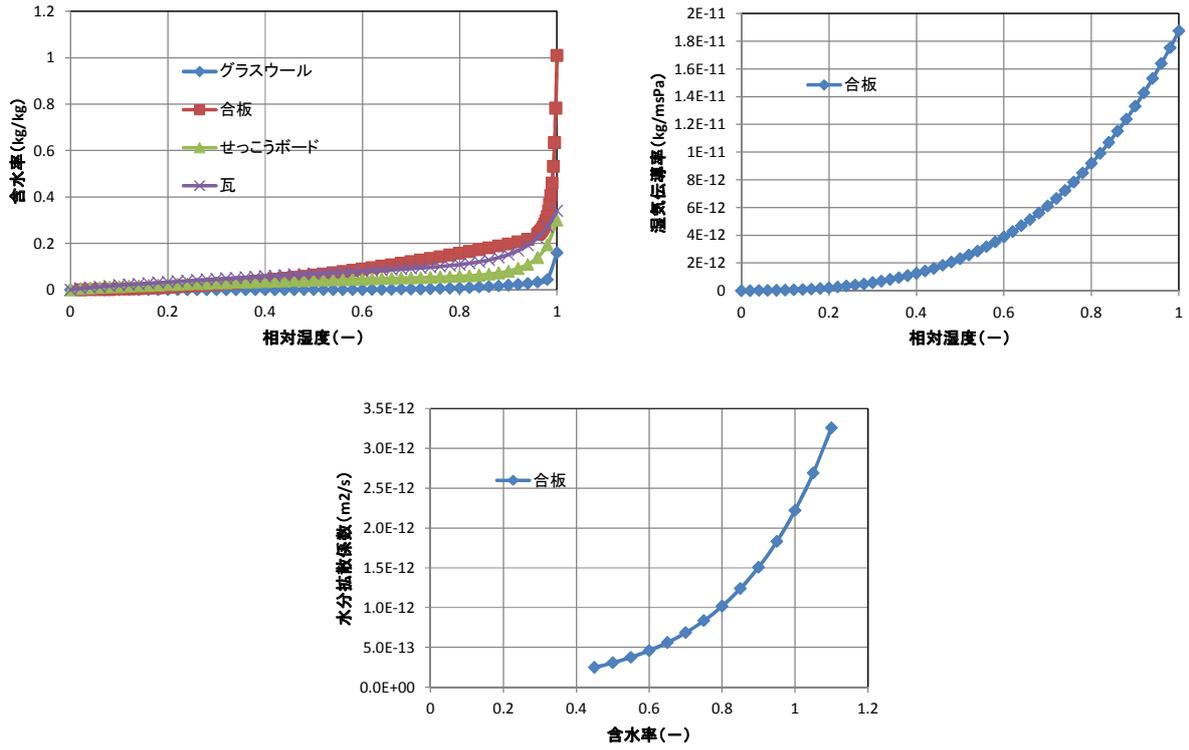


図 36 計算に使用した湿気物性値
 (上段左：平衡含水率、上段右：湿気伝導率、下段：水分拡散係数)

(4) 計算結果及び考察

1) 外気空気流入量

図 37 に小屋裏換気口及び外壁通気層からの外気流入量を示す。片流れ屋根では、小屋裏換気口に高低差があるため温度差換気が促進される。ゆえに、換気口面積に対する外気流入量の増加の割合は大きく、地域の影響もそれ程大きくない。図 38 は一昨年度の報告書から抜粋した寄棟屋根における軒換気方式の結果であるが、傾向は同様であり、換気量は図 37 の片流れが若干多くなっている。これらの差は軒、棟、それぞれの開口面積の設定で変わると思われるが、片流れ屋根については寄棟等の軒換気方式の要求性能を適用すれば、少なくとも安全側になることが確認できたと言えよう。

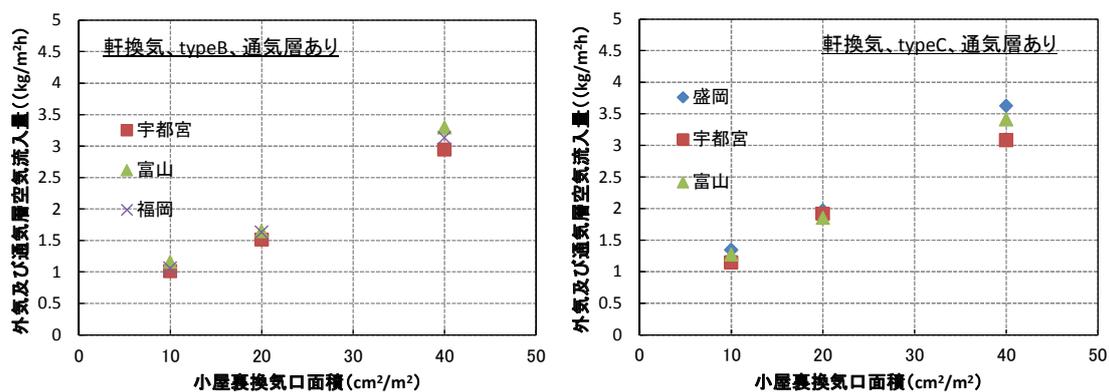


図 37 小屋裏換気口面積と小屋裏への通気層空気流入量の関係
(左：typeB、右：typeC)

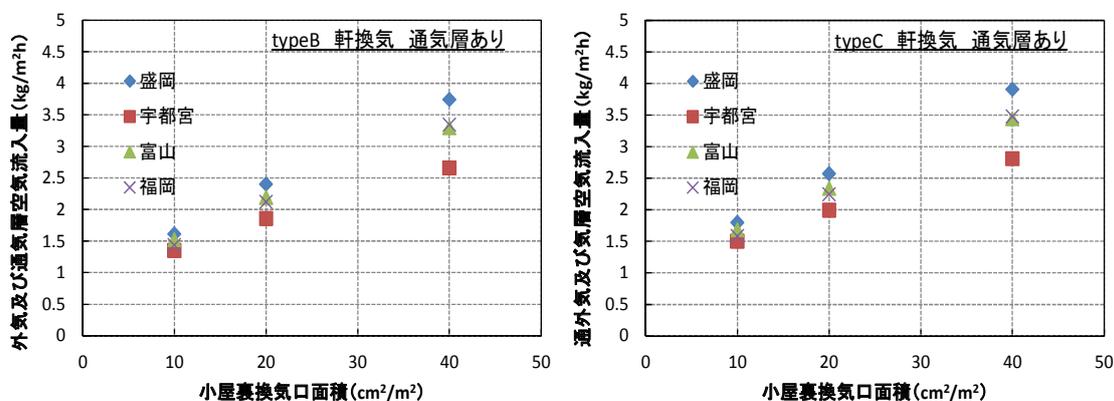


図 38 小屋裏換気口面積と小屋裏への通気層空気流入量の関係
(寄棟[一昨年度報告書より抜粋] 左：typeB、右：typeC)

2) 年間の小屋裏温湿度及び野地板含水率変動

図 39~図 44 に 1 年間の温湿度及び含水率変動を示す。これまでの知見と同様に、含水率は夏期に低下し冬期に上昇する傾向が見られ、長期的に水分が蓄積する危険性は低い。しかし、外気流入量が少ない条件で冬期の含水率が 30%に達しており、熱橋部では結露水の流下等の害も想定される。

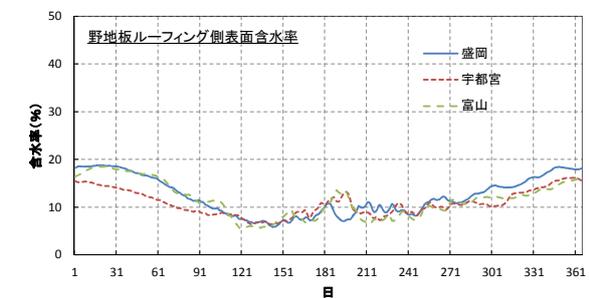
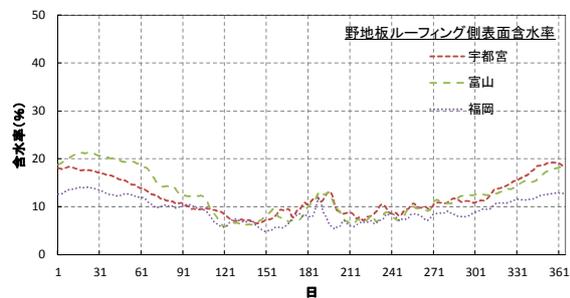
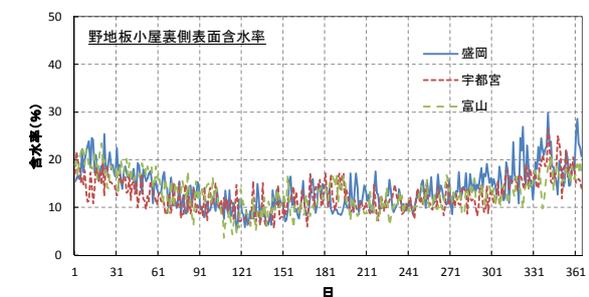
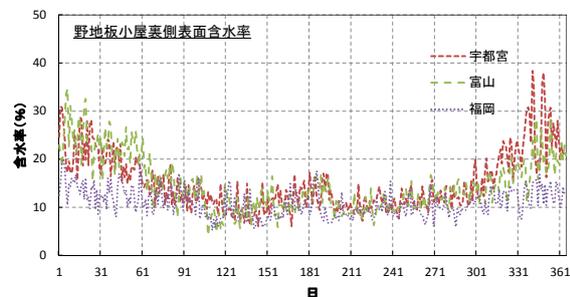
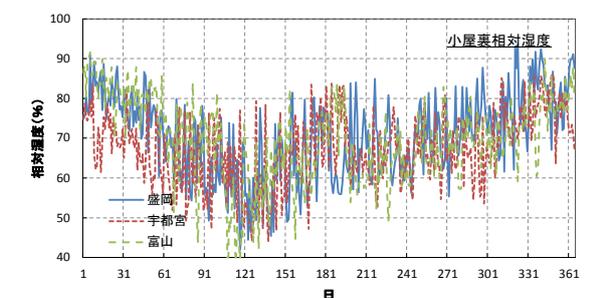
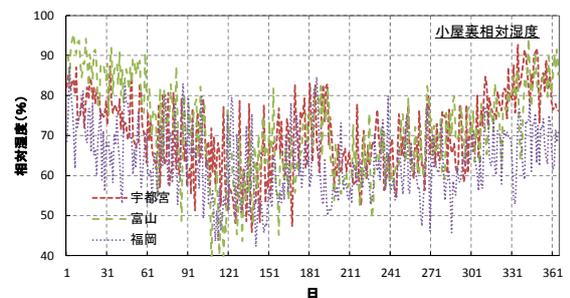
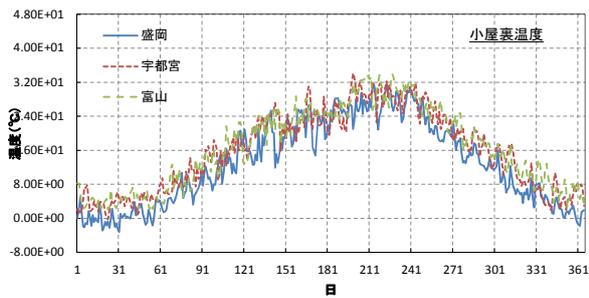
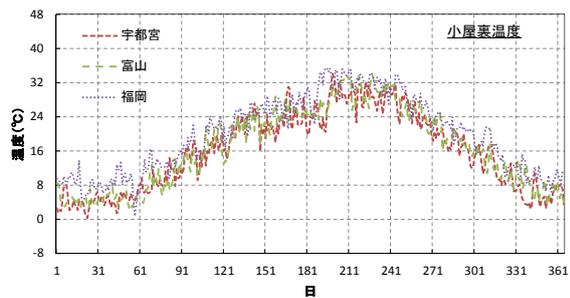


図 39 1 年間の温湿度及び含水率変動
(typeB_1 通気層あり)

図 40 1 年間の温湿度及び含水率変動
(typeC_1 通気層あり)

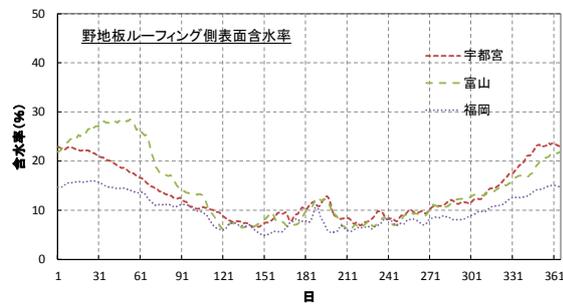
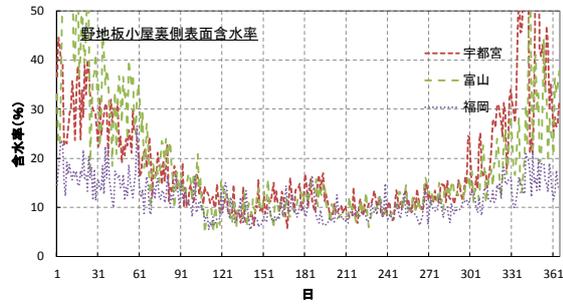
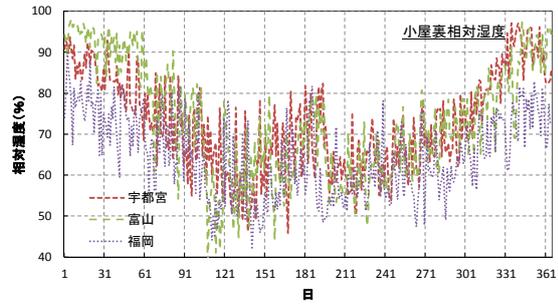
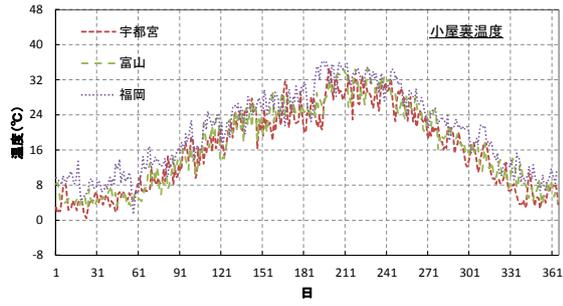


図 41 1 年間の温湿度及び含水率変動
(軒換気 typeB_2 通気層あり)

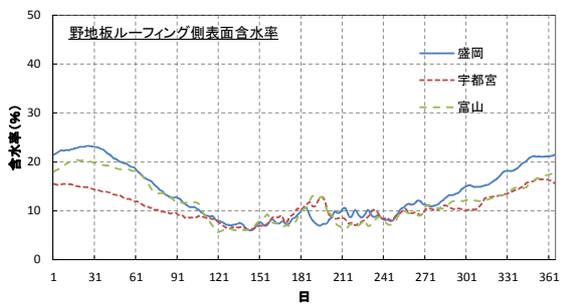
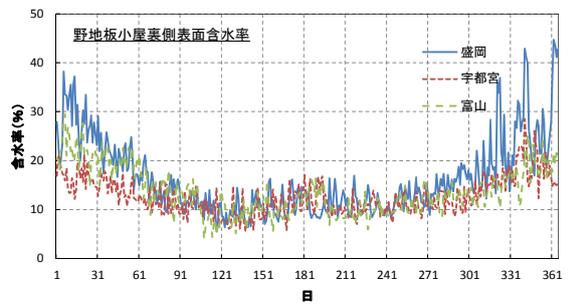
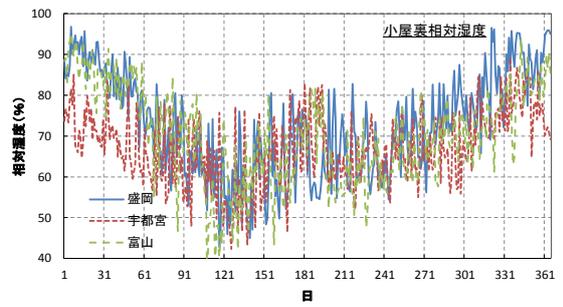
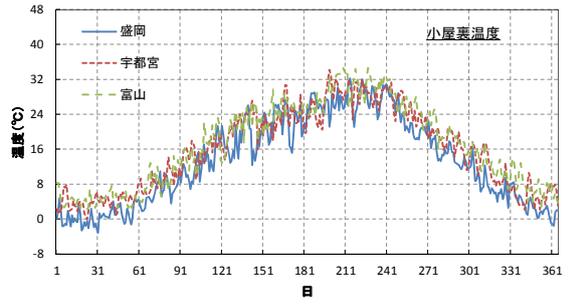


図 42 1 年間の温湿度及び含水率変動
(軒換気 typeC_2 通気層あり)

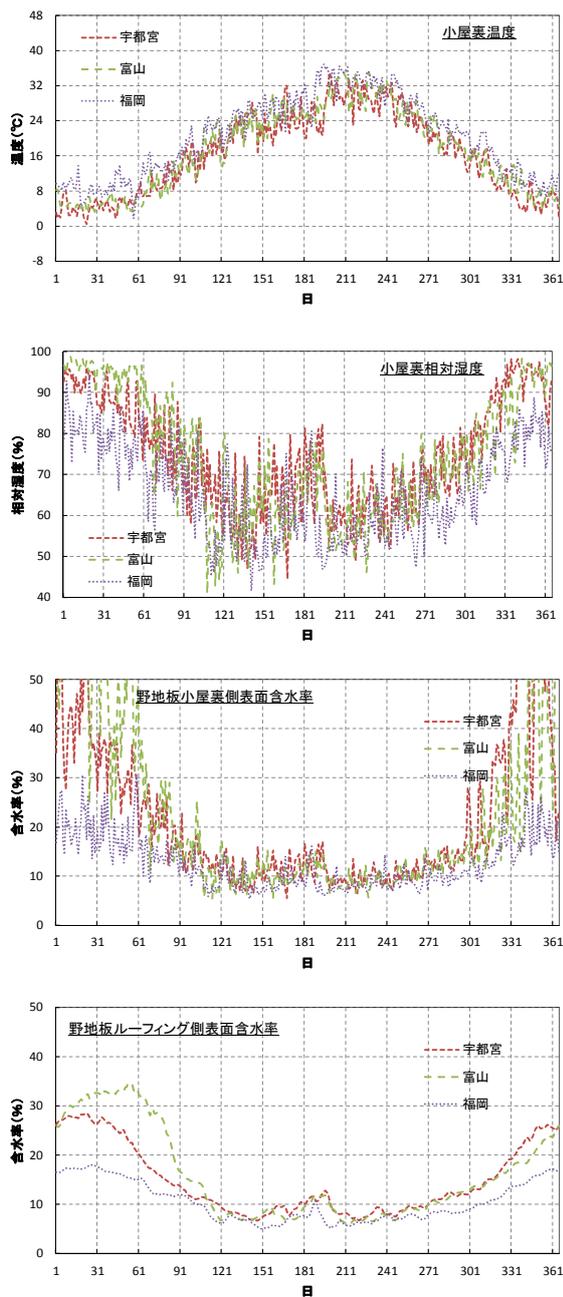


図 43 1年間の温湿度及び含水率変動
(typeB_3 通気層あり)

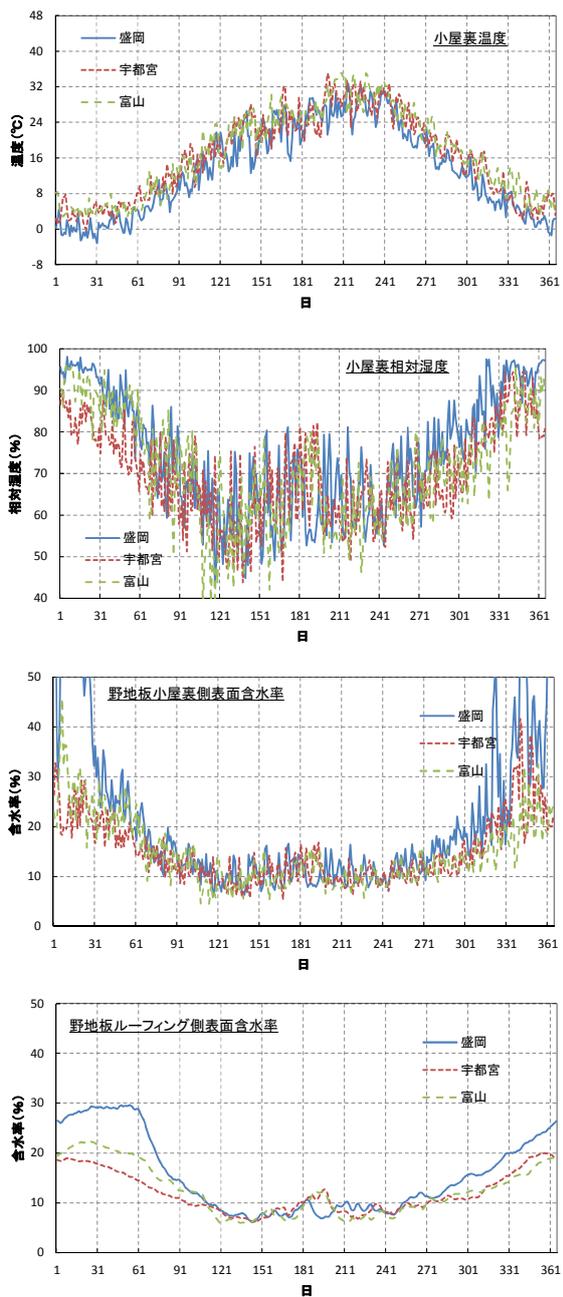


図 44 1年間の温湿度及び含水率変動
(typeC_3 通気層あり)

3) 各種条件と野地板含水率の関係

1~2月の北側野地板表面含水率（小屋裏側）の一覧を表18に示す。含水率28%以上の結果は白抜きとなっており、天井面の気密性能、小屋裏換気口面積それぞれに対する値を掲載した。片流れ屋根は、軒裏給気・排気塔排気基準値を遵守する限り、温暖地ならば $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 相当、準寒冷地なら $2\text{cm}^2/\text{m}^2$ 相当の気密性能があれば野地板含水率の上昇は抑えられる結果となった。温暖地では計算上半分程度の換気口面積でも支障はないが、実際には局所的に換気が不足するケースもあるため、余裕を持った設計が望ましいと思われる。

表 18 各種条件と含水率の関係

| C_{ceiling} (cm^2/m^2) \diagdown | C_{ceiling} (cm^2/m^2) | 0.81(B) | 0.41(C) | 地域 |
|--|--|---------|---------|-----|
| 2650(1) | | - | 17.9 | 盛岡 |
| 1325(2) | | - | 21.7 | |
| 662(3) | | - | 28.6 | |
| 2650(1) | | 16.7 | 13.9 | 宇都宮 |
| 1325(2) | | 20.6 | 14.2 | |
| 662(3) | | 26.1 | 17.4 | |
| 2650(1) | | 20.2 | 17.6 | 富山 |
| 1325(2) | | 26.4 | 19.3 | |
| 662(3) | | 31.6 | 20.9 | |
| 2650(1) | | 13.1 | - | 福岡 |
| 1325(2) | | 15.0 | - | |
| 662(3) | | 16.7 | - | |

7.6 結論と今後の課題

今後の課題としては、本検討の成果に基づき、地域別の要求性能の整備が必要と思われる。小屋裏湿度性状は、気密性能と室内温湿度が最も大きな影響を持つことがこれまでの知見で示されている。現在、住宅の断熱性能と暖房設備の変化は過渡期であり、前提条件次第で要求性能は異なる結果となろう。その他の課題については、項目のみ以下に示す。

- ・天井隙間量と仕様との関係把握
- ・小屋裏湿度の空間分布の把握
- ・棟換気・片流れ屋根の換気性状に関する詳細検討

第 8 章 接合金物の耐久性に関する検討

8.1 はじめに

8.1.1 背景

2009 年に長期優良住宅の普及の促進に関する法律が施行された。この法律における基準は性能評価制度（住宅の品質確保促進等に関する法律）の劣化対策等級 3 をベースにしており、これらの技術的背景は主に昭和 55 年から実施された建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発」（以下、「耐久性総プロ」と呼ぶ）によるものである。一方、近年の木造住宅では、2000 年の建築基準法改正で柱頭柱脚および筋かいの端部の接合金物仕様が明確に規定されるなど、接合金物類の重要性が高まってきている。しかしながら、耐久性総プロ当時はこれら金物類の構造上の位置づけが曖昧であったこともあり、金物類の表面処理については明確な基準化がなされてこなかった。

そこで本 TG では、長期優良住宅の接合金物耐久性基準や JIS 基準に反映することを目的として、木造住宅における接合金物および接合金具の劣化特性を明らかにするための取組みを行う。

接合金物の耐久性を論じるには、「どのような環境でどの程度腐食が進行するのか」という腐食速度に関する情報と、「どの程度の腐食でどの程度の構造性能を有するか」という腐食時構造性能に関する情報が必要である（8.1.1）。

平成 24 年度は、平成 23 年度までに引き続き、保存処理木材との接触部位における接合金物類の腐食性に関する実験的検証として、屋外暴露実験、湿潤実験、高湿実験を継続実施するとともに、屋内暴露実験を開始することとした。また、築約 60 年の木造軸組構法住宅から抽出した部材における釘の引抜実験を実施し、釘が腐食した時の引抜性能を検証した。

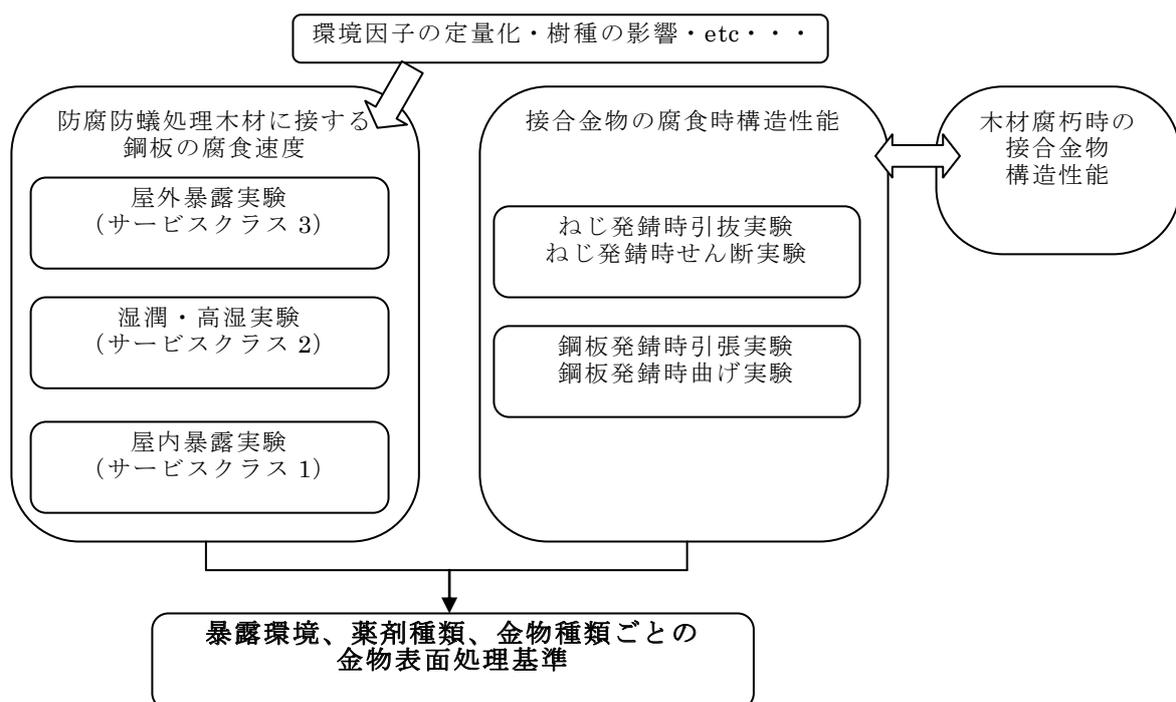


図 8.1.1 検討概要

8.1.2 平成 23 年度までの取組内容と成果

本 TG では平成 23 年度までに、主として下記の取組を行ってきた。

- ① 既往研究の文献調査による、接合金物類の腐食実態の整理
- ② 現在流通している防錆処理および防錆基準の整理
- ③ 海外における防錆基準の整理
- ④ 保存処理木材との接触安全性検証実験 屋外暴露実験
- ⑤ 保存処理木材との接触安全性検証実験 湿潤実験
- ⑥ 保存処理木材との接触安全性検証実験 高湿実験
- ⑦ 飛来海塩粒子量の測定

これらの取組から明らかになったことを概観すると以下のようである。

- ・ 一般的に、腐食の著しい個所は、部材境界面、含水率 18%超の木材内¹⁾、含水率の高い他材料との接触部²⁾、ホウ酸等を含む防火処理木材との接触部³⁾、銅を含む防腐防蟻処理木材との接触部⁴⁾、床下等⁵⁾である。
- ・ 屋外と屋内の腐食速度の比率は 1/8 とされている⁶⁾。
- ・ 亜鉛めっきの限界状態はめっき付着量の 90%が消失した時点とされている⁶⁾。
- ・ 釘の一面せん断耐力は発錆初期にいったん増加し、さらに錆が進行すると減少していく。
- ・ 合板耐力壁釘接合部の劣化時性能実験⁷⁾に基いて限界残存重量を設定し、高温高湿暴露による促進試験と木造住宅試験棟躯体内の環境測定結果をアイリングモデルに適用して寿命予測を行った結果、寿命は約 230 年と推定された⁸⁾。
- ・ 平成 21 年国土交通省告示第 209 号では、長期使用構造等とするための措置として、例えば、一般部に使用される厚さ 2.3mm 以上の鋼材の表面処理は、Z45 もしくは Z60 の溶融亜鉛めっきが必要とされている。
- ・ 現在流通している木造住宅接合金物の表面処理の中で最も高い同等性評価を受けているものは、プレめっき鋼板では Zn+Mg 合金めっき (HDZ55 同等) Ep-Fe/Zn8/CM2C である。
- ・ Eurocode5 では、接合金物類の形態および寸法ごと、使用環境ごとに防錆処理基準を定めている。
- ・ Eurocode5 における接合金物類の使用環境はサービスクラス 1~3 に分類されている⁹⁾。サービスクラス 1 は「屋内のような乾燥した環境」、サービスクラス 2 は「直接雨に曝されない屋外環境あるいは多湿な屋内環境」、サービスクラス 3 は「直接雨に曝される屋外環境」である。

特に保存処理木材との接触安全性検証実験では以下の知見が得られた。

- ・ ACQ、CUAZ-2、CUAZ-3 の腐食性が高い傾向が見られた。
- ・ その他加圧注入材、ベイマツ未処理材の腐食性も高い傾向が見られた。
- ・ 屋外暴露実験において、表面処理薬剤の腐食性は低い傾向であった。
- ・ 湿潤実験、高湿実験においては、鋼板表面処理の種類によっては、表面処理薬剤に対してもある程度腐食が進行した。屋外暴露実験においては、表面処理薬剤が溶脱している可能性がある

- 電気亜鉛めっき＋有機皮膜、Z27＋カチオン電着塗装の防錆性が高い傾向が見られた。
- 横浜、つくば、宇治はほぼ同じ傾向であった。旭川は現在のところ腐食性が低い傾向であった。

8.2 保存処理木材との接触時安全性検証実験

8.2.1 実験概要

実験は、既往の研究⁴⁾を参考として、各種保存処理木材に各種表面処理鋼板を取り付けた状態で屋外暴露および高湿空間暴露し、数ヶ月おきに接触面の発錆状況を観察評価することによって行った。屋外暴露実験は神奈川、つくば、京都、旭川の4箇所で実施した。なお、高湿空間暴露については以下の2種の実験を実施した。すなわち、底部に水を張ったコンテナ内に、鋼板を取り付けた木材の木口部分を浸すように設置し、コンテナを屋外暴露する実験（以下、「湿潤実験」と呼ぶ）と、鋼板をはさんだ木材を温湿度をコントロールしたデシケータ内に静置する実験（以下、「高湿実験」と呼ぶ）である。湿潤実験は神奈川で、高湿実験はつくばで実施した。なお、屋外暴露実験はEurocode5におけるサービスクラス3、湿潤実験および高湿実験はサービスクラス2に対応していると言える。また、温湿度および飛来海塩粒子量の測定を実施した。

平成24年度はこれに加え、Eurocode5におけるサービスクラス1に対応する実験として、屋内暴露実験を開始した。概要を図8.2.1に、試験条件、試験地、観察スケジュールをそれぞれ表8.2.1～3に示す。



屋外暴露実験



湿潤実験



高湿実験



屋内暴露実験

図 8.2.1 実験概要

表 8.2.1 試験条件

| 試験種別 | 温度 | 湿度 | 備考 |
|------|------|--------|--------|
| 屋外暴露 | なりゆき | なりゆき | 雨がかりあり |
| 湿潤 | なりゆき | 100%RH | 木材端部浸水 |
| 高湿 | 40℃ | 約96%RH | |
| 屋内暴露 | なりゆき | 約75%RH | |

表 8.2.2 試験地一覧

| 試験場所 | | 試験内容 |
|------|------------------|-------------|
| 横浜 | 関東学院大学工学本館屋上 | 屋外暴露実験・湿潤実験 |
| つくば | 住友林業株式会社 筑波研究所屋上 | 屋外暴露実験・高湿実験 |
| 宇治 | 京都大学生存圏研究所 | 屋外暴露実験 |
| 旭川 | 北海道立総合研究機構 林産試験場 | 屋外暴露実験 |
| 春日井 | 中部大学18号館屋内 | 屋内暴露実験 |

表 8.2.3 観察スケジュール

| 試験地 | 試験種別 | start | 8週目観察 | 12週目観察 | 24週目観察 | 1年目観察 | 1.5年目観察 | 2年目観察 |
|---------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 横浜 | 屋外・湿潤 | 2010/10/20 | 2010/12/15 | 2011/01/12 | 2011/04/14 | 2011/10/20 | 2012/06/01 | 2012/08/22 |
| つくば | 屋外 | 2010/10/18 | 2010/12/08 | 2011/01/06 | 2011/04/04 | 2011/10/18 | 2012/05/26 | 2012/08/31 |
| 宇治 | 屋外 | 2010/10/26 | 2010/12/22 | 2011/01/23 | 2011/04/23 | 2011/11/16 | 2012/07/06 | 2012/09/14 |
| 旭川 | 屋外 | 2010/11/12 | 2011/01/07 | 2011/02/10 | 2011/04/28 | 2011/11/18 | 2012/06/02 | 2012/08/20 |
| つくば(高湿) | 高湿 | 2010/12/10 | 2011/02/04 | 2011/03/07 | 2011/06/22 | 2011/12/09 | 2012/06/02 | 2012/10/12 |
| 春日井 | 屋内 | 2012/09/14 | - | 2012/12/14 | | | | |

8.2.2 試験体仕様

木材の保存処理仕様を 8.2.4 に、鋼板の表面処理仕様を表 8.2.5 に示す。山田の研究¹⁾においては、屋外暴露実験および湿潤実験では加圧注入処理剤が、高湿実験では表面処理剤が用いられているが、本実験では加圧注入処理剤および表面処理剤を同時に屋外暴露実験および湿潤実験に供することとした。試験体種類は山田の研究を参考に、以下の木材保存処理仕様を追加した。すなわち、樹種による腐食性の違いを検証するためのベイマツ未処理材、有効成分が同一である表面処理剤において、油剤か乳剤かによる腐食性の違いを検証するための、エトフェンプロックスを有効成分とする油剤および乳剤、および海外で広く使用されているホウ酸処理材である。また同様に、以下の鋼板表面処理仕様を追加した。すなわち、鉄骨造における長期使用構造基準（平成 21 年国土交通省告示第 209 号、長期使用構造等とするための措置）における 2.3mm 以上の鋼板に要求される Z60 および両面付着量 450g/m²の溶融亜鉛めっき（HDZ23 と呼ぶ）、近年注目されている複合処理 2 種、および防錆処理の技術評価で同等性指標として用いられることの多い HDZ35 である。また、高湿実験では、試験装置容積の制約から、これらのうちから数種類ずつを抜粋して実施することとした。抜粋するに当たり、木材保存処理では既往の研究から腐食性が高いと思われるものと低いと思われるものおよび追加仕様、鋼板表面処理では既往の研究から防錆性が高いと思われる複合処理および一般的でありベンチマークとなる亜鉛めっきを選択することとした。なお、Zn5Cr6 は膜厚 5 μm、6 価クロメート処理の電気亜鉛めっきを表す。屋内暴露実験では、鋼板仕様としてさらに、複合処理 1 種、ステンレス 2 種を追加した。

屋外暴露実験および湿潤実験においては、試験体木材に対し、鋼板試験体をねじ留めした。試験体作製時および観察後の再取付時のねじ留めは全て熟練工が行った。ねじは異種金属接触腐食を避けるため、できる限り同種の表面処理のものを用意した。亜鉛めっき鋼板（Z27、Z60）および Zn+Mg 合金めっき鋼板に用いるねじは極力付着量の多い電気亜鉛めっきとして Zn20Cr6 を用いた。溶融亜鉛めっき（HDZ-A、HDZ23、HDZ35）ではねじのビット穴に液だまりが生じてしまうため、同様に Zn20Cr6 のねじを用いた。Z27+カチオン電着塗装に関しては上記と同様 Zn20Cr6+カチオン電着塗装のねじを用いた。鋼板とねじの組み合わせを表 8.2.6 に示す。

高湿実験および屋内暴露実験においては、試験体木材で鋼板をはさみ、輪ゴムでくくった。

試験体の繰り返し数は 3 とした。

HDZ23 を木材に接触させない状態で試験に供し、これを標準試験体とした。

屋外暴露実験、湿潤実験、高湿実験および屋内暴露実験の試験体図をそれぞれ図 8.2.2～4 に示す。

表 8.2.4 木材保存処理仕様

| 表記記号 | 名称 | 区分 |
|------|--------------|------|
| 1 | AAC | 加圧注入 |
| 2 | SAAC | 加圧注入 |
| 3 | BAAC | 加圧注入 |
| 4 | ACQ | 加圧注入 |
| 5 | CUAZ-2 | 加圧注入 |
| 6 | CUAZ-3 | 加圧注入 |
| 7 | AZN | 加圧注入 |
| 8 | ナフテン酸銅 | 表面処理 |
| 9 | チアマトキサムほか | 表面処理 |
| 10 | ジノテフランほか | 表面処理 |
| 11 | ビフェントリンほか | 表面処理 |
| 12 | エトフェンプロックス乳剤 | 表面処理 |
| 13 | エトフェンプロックス油剤 | 表面処理 |
| 14 | ホウ酸 | 加圧注入 |
| 15 | 未処理材(ベイマツ) | 未処理材 |
| 16 | 未処理材(ベイツガ) | 未処理材 |

表 8.2.5 鋼板表面処理仕様

| 表記記号 | 名称 | 区分 |
|------|---------------|---------|
| A | Zn5Cr6 | 亜鉛めっき |
| B | Zn8Cr6 | |
| C | Zn5Cr3 | |
| D | Zn8Cr3 | |
| E | Z27 | |
| F | HDZ-A | |
| G | HDZ23 | |
| H | Z60 | |
| I | HDZ35 | |
| J | Zn+Al焼付塗装1 | 亜鉛合金めっき |
| K | Zn+Al焼付塗装2 | |
| L | Zn+Sn合金めっき | |
| M | Zn+Mg合金めっき1 | |
| N | Zn+Mg合金めっき2 | |
| O | 電気亜鉛めっき+被膜1 | 複合処理 |
| P | 電気亜鉛めっき+被膜2 | |
| Q | 電気亜鉛めっき+被膜3 | |
| R | Z27+カチオン電着塗装 | |
| S | Zn+Al焼付塗装+被膜4 | ステンレス |
| T | SUS304 | |
| U | SUS430 | |

※網掛けは高温実験に供する試験体仕様

※S、T、Uは屋内暴露実験のみ

表 8.2.6 鋼板とねじの組み合わせ

| | | 鋼板の表面処理 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 表記記号 | 商品名 | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
| ねじの表面処理 | A | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | C | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | D | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | F | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | G | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | H | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | J | Zn+Al焼付塗装1 | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | |
| | K | Zn+Al焼付塗装2 | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | |
| | L | Zn+Sn合金めっき | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | |
| | M | Zn+Mg合金めっき1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | N | Zn+Mg合金めっき2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | O | 電気亜鉛めっき+皮膜1 | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | |
| | P | 電気亜鉛めっき+皮膜2 | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | |
| | Q | 電気亜鉛めっき+皮膜3 | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ |
| | R | Z27+カチオン電着塗装 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | - | Zn20Cr6 | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | ○ | | | |
| | - | Zn20Cr6+カチオン電着塗装 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

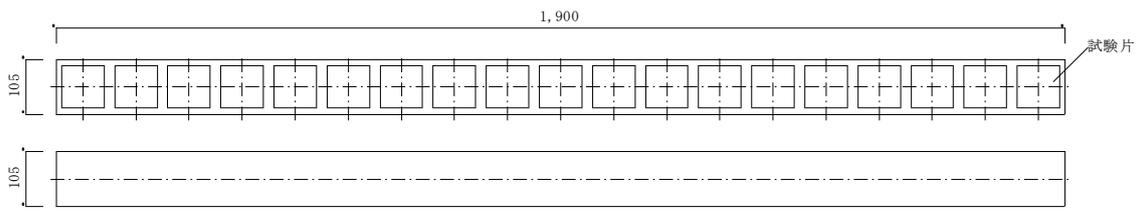


図 8.2.2 屋外暴露実験 試験体図

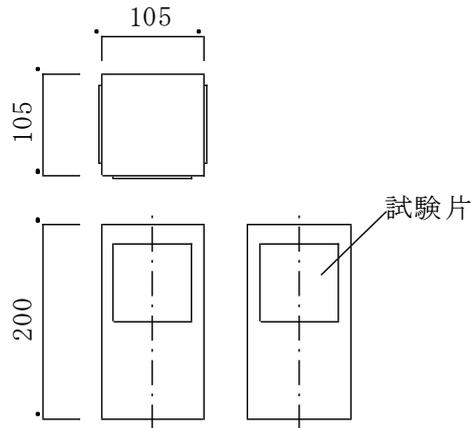


図 8.2.3 湿潤実験 試験体図

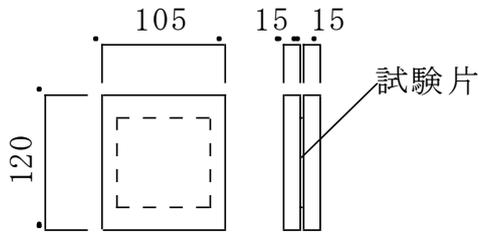


図 8.2.4 高湿実験・屋内暴露実験 試験体図

8.2.3 評価方法

試験体鋼板は定期的に試験体木材から取り外し、接触面の発錆状況を評価した。評価は既往の研究を参考として目視 5 段階評価で行った。評価基準を図 8.2.5 に示す。

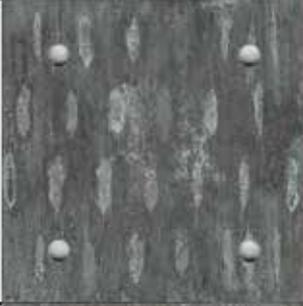
| 評価点 | 状態 | |
|-----|--------------|--|
| 1 | 変化なし |  |
| 2 | 変色、白錆発生 |  |
| 3 | 微量の赤錆発生 |  |
| 4 | 概ね30%以下の赤錆発生 |  |
| 5 | 概ね30%以上の赤錆発生 |  |

図 8.2.5 試験体発錆状況評価基準

8.2.4 目視評価結果

図 8.2.6～17 に評価結果を示す。評価は 8.2.3 の評価方法にしたがって行い、試験体数 3 体分の平均値を算出した。さらに評価結果 3.0 未満、3.0 以上 4.0 未満、4.0 以上に区分し、色分けして表示した。

屋内暴露実験では 3 か月目に観察評価を行った。その結果、ナフテン酸銅処理木材に接する Zn+Mg 合金めっき鋼板にわずかな赤錆が見られたほかは、殆ど変化が見られなかった。

| | Zn5Cr6 | Zn8Cr6 | Zn5Cr3 | Zn8Cr3 | Z27 | HDZ-A | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | Zn+Al焼付塗装1 | Zn+Al焼付塗装2 | Zn+Sn合金めっき | Zn+Mg合金めっき1 | Zn+Mg合金めっき2 | 電気亜鉛めっき+皮膜1 | 電気亜鉛めっき+皮膜2 | 電気亜鉛めっき+皮膜3 | Z27+カチオン電着塗装 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|-----|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AAC | 3.3 | 4.0 | 4.7 | 4.3 | 3.0 | 3.3 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 4.0 | 5.0 | 2.7 | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 4.3 | 2.0 | 2.0 |
| SAAC | 3.7 | 3.3 | 5.0 | 4.3 | 3.0 | 4.7 | 4.0 | 2.3 | 4.0 | 3.0 | 5.0 | 3.3 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 4.0 | 2.0 | 2.0 |
| BAAC | 3.3 | 3.7 | 4.7 | 4.7 | 3.7 | 4.3 | 3.3 | 2.0 | 3.3 | 3.7 | 4.3 | 2.7 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 5.0 | 2.0 | 2.0 |
| ACQ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 4.7 | 4.0 | 4.7 | 3.7 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 4.7 | 3.3 | 5.0 | 2.7 | 2.0 |
| CUAZ-2 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 2.7 | 2.0 |
| CUAZ-3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 2.3 | 2.0 |
| AZN | 2.3 | 2.3 | 4.0 | 3.3 | 2.3 | 3.3 | 2.7 | 2.0 | 3.3 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 1.5 |
| ナフテン酸銅 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 3.3 | 3.0 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 2.7 | 3.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 1.5 |
| チアマトキサムほか | 3.0 | 2.3 | 3.3 | 3.0 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 3.3 | 2.0 | 1.7 |
| ジノテフランほか | 2.3 | 2.0 | 3.0 | 2.7 | 2.0 | 2.7 | 2.3 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 1.5 |
| ビフェントリンほか | 2.3 | 2.0 | 4.0 | 2.7 | 2.0 | 3.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 3.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス乳剤 | 2.3 | 2.0 | 2.7 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス油剤 | 2.7 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 1.5 | 1.5 |
| ホウ酸 | 2.7 | 1.8 | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 1.5 | 1.5 |
| 未処理材(ベイマツ) | 3.3 | 2.7 | 4.3 | 3.3 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 2.0 | 3.0 | 3.0 | 4.3 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 4.0 | 2.0 | 1.5 |
| 未処理材(ベイツガ) | 3.0 | 2.0 | 3.7 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.7 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 1.5 |

図 8.2.6 評価結果（屋外暴露実験・横浜・1.5年目）

| | Zn5Cr6 | Zn8Cr6 | Zn5Cr3 | Zn8Cr3 | Z27 | HDZ-A | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | Zn+Al焼付塗装1 | Zn+Al焼付塗装2 | Zn+Sn合金めっき | Zn+Mg合金めっき1 | Zn+Mg合金めっき2 | 電気亜鉛めっき+皮膜1 | 電気亜鉛めっき+皮膜2 | 電気亜鉛めっき+皮膜3 | Z27+カチオン電着塗装 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|-----|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AAC | 3.3 | 4.0 | 5.0 | 4.7 | 3.0 | 3.7 | 2.7 | 3.0 | 3.7 | 4.0 | 5.0 | 2.7 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 4.3 | 2.3 | 2.0 |
| SAAC | 4.0 | 3.3 | 5.0 | 4.7 | 3.0 | 5.0 | 4.0 | 2.7 | 4.3 | 3.0 | 4.7 | 3.3 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 3.7 | 2.3 | 2.0 |
| BAAC | 4.0 | 3.7 | 4.7 | 4.7 | 3.7 | 4.7 | 3.3 | 3.0 | 3.3 | 3.7 | 4.3 | 2.7 | 2.7 | 3.0 | 3.7 | 5.0 | 2.7 | 2.0 |
| ACQ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 4.3 | 4.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 4.7 | 3.3 | 5.0 | 3.0 | 1.8 |
| CUAZ-2 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 3.0 | 1.5 |
| CUAZ-3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 3.0 | 1.5 |
| AZN | 2.7 | 2.7 | 4.3 | 3.7 | 2.3 | 3.3 | 2.7 | 2.0 | 3.0 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 1.5 |
| ナフテン酸銅 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.0 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 1.5 |
| チアマトキサムほか | 3.0 | 2.0 | 3.7 | 3.3 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 2.7 | 1.5 |
| ジノテフランほか | 2.7 | 2.3 | 3.0 | 2.7 | 2.0 | 2.7 | 2.3 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 1.5 |
| ビフェントリンほか | 2.3 | 3.0 | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 3.3 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 3.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 1.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス乳剤 | 2.3 | 2.0 | 2.7 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 |
| エトフェンブロックス油剤 | 3.3 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 2.7 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 1.0 |
| ホウ酸 | 3.0 | 1.8 | 4.3 | 3.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 4.0 | 1.0 | 1.0 |
| 未処理材(ベイマツ) | 3.3 | 2.7 | 4.3 | 3.7 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 2.3 | 3.3 | 3.0 | 4.3 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 3.3 | 2.7 | 1.2 |
| 未処理材(ベイツガ) | 2.3 | 2.3 | 3.7 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.7 | 2.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 1.2 |

図 8.2.7 評価結果（屋外暴露実験・横浜・2年目）

| | Zn5Cr6 | Zn8Cr6 | Zn5Cr3 | Zn8Cr3 | Z27 | HDZ-A | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | Zn+Al焼付塗装1 | Zn+Al焼付塗装2 | Zn+Sn合金めっき | Zn+Mg合金めっき1 | Zn+Mg合金めっき2 | 電気亜鉛めっき+皮膜1 | 電気亜鉛めっき+皮膜2 | 電気亜鉛めっき+皮膜3 | Z27+カチオン電着塗装 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|-----|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AAC | 4.0 | 4.3 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 4.0 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 4.0 | 5.0 | 2.7 | 2.3 | 3.7 | 3.0 | 3.7 | 1.5 | 1.0 |
| SAAC | 4.0 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 3.3 | 2.3 | 4.0 | 3.0 | 5.0 | 2.3 | 2.3 | 2.7 | 2.3 | 4.0 | 1.5 | 1.0 |
| BAAC | 3.3 | 2.3 | 4.0 | 4.3 | 2.7 | 4.7 | 3.3 | 2.3 | 3.3 | 3.3 | 4.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.3 | 1.5 | 1.0 |
| ACQ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 1.5 | 1.2 |
| CUAZ-2 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 2.0 | 1.5 |
| CUAZ-3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 2.0 | 1.5 |
| AZN | 2.7 | 2.7 | 4.7 | 3.7 | 3.3 | 3.7 | 2.7 | 2.3 | 2.7 | 3.3 | 3.7 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 3.7 | 1.5 | 1.0 |
| ナフテン酸銅 | 2.5 | 2.0 | 2.7 | 2.5 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 1.5 | 2.7 | 1.5 | 1.0 |
| チアトキサムほか | 2.3 | 2.0 | 4.0 | 3.7 | 2.0 | 3.7 | 2.0 | 1.8 | 2.7 | 2.7 | 3.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.3 | 1.5 | 1.3 |
| ジノテフランほか | 2.3 | 2.0 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 3.7 | 3.3 | 2.3 | 3.3 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.3 | 1.5 | 1.2 |
| ビフェントリンほか | 2.3 | 2.3 | 3.7 | 3.0 | 2.3 | 3.3 | 3.0 | 1.8 | 2.3 | 2.3 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 3.3 | 1.5 | 1.0 |
| エトフェンブロックス乳剤 | 1.8 | 2.0 | 2.7 | 1.8 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 1.7 | 2.0 | 2.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 3.3 | 1.5 | 1.0 |
| エトフェンブロックス油剤 | 1.8 | 1.8 | 2.2 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 2.7 | 1.7 | 3.0 | 2.3 | 2.5 | 2.3 | 1.8 | 1.8 | 1.5 | 2.0 | 1.5 | 1.0 |
| ホウ酸 | 1.8 | 1.8 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.3 | 1.5 | 1.0 |
| 未処理材(ペイマツ) | 4.3 | 4.0 | 5.0 | 4.0 | 3.3 | 4.3 | 3.0 | 2.7 | 2.7 | 4.3 | 5.0 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 2.5 | 4.3 | 2.0 | 1.3 |
| 未処理材(ペイツガ) | 2.3 | 2.0 | 3.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.0 | 1.5 | 1.0 |

図 8.2.8 評価結果 (屋外暴露実験・つくば・1.5年目)

| | Zn5Cr6 | Zn8Cr6 | Zn5Cr3 | Zn8Cr3 | Z27 | HDZ-A | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | Zn+Al焼付塗装1 | Zn+Al焼付塗装2 | Zn+Sn合金めっき | Zn+Mg合金めっき1 | Zn+Mg合金めっき2 | 電気亜鉛めっき+皮膜1 | 電気亜鉛めっき+皮膜2 | 電気亜鉛めっき+皮膜3 | Z27+カチオン電着塗装 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|-----|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AAC | 4.0 | 4.3 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 4.7 | 3.3 | 3.3 | 4.3 | 4.3 | 5.0 | 3.0 | 2.3 | 3.7 | 4.7 | 3.7 | 2.7 | 1.5 |
| SAAC | 4.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 5.0 | 4.3 | 3.0 | 4.7 | 3.7 | 5.0 | 3.0 | 2.7 | 3.3 | 3.0 | 4.3 | 2.0 | 1.3 |
| BAAC | 3.3 | 3.0 | 4.3 | 4.3 | 3.0 | 5.0 | 3.7 | 3.0 | 4.3 | 3.7 | 5.0 | 3.0 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 4.3 | 2.7 | 1.5 |
| ACQ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 3.0 | 1.7 |
| CUAZ-2 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 3.0 | 1.5 |
| CUAZ-3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 3.0 | 1.5 |
| AZN | 3.0 | 3.0 | 5.0 | 3.7 | 3.3 | 5.0 | 3.3 | 2.3 | 3.3 | 3.7 | 3.7 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 4.3 | 2.3 | 1.5 |
| ナフテン酸銅 | 2.7 | 2.3 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 2.7 | 3.3 | 2.3 | 2.7 | 2.3 | 2.3 | 3.3 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 3.3 | 2.0 | 1.5 |
| チアトキサムほか | 3.0 | 3.0 | 5.0 | 3.7 | 2.7 | 4.3 | 2.7 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 3.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 3.3 | 3.0 | 1.7 |
| ジノテフランほか | 3.0 | 3.0 | 4.0 | 3.0 | 3.7 | 3.7 | 3.7 | 2.7 | 3.7 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 3.3 | 2.3 | 1.7 |
| ビフェントリンほか | 2.7 | 3.0 | 4.0 | 3.0 | 2.3 | 3.7 | 3.3 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 3.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 3.7 | 2.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス乳剤 | 2.3 | 2.3 | 3.3 | 2.7 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 3.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 3.3 | 2.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス油剤 | 2.3 | 2.3 | 3.3 | 2.7 | 2.3 | 3.0 | 2.7 | 2.0 | 3.0 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 1.5 |
| ホウ酸 | 3.0 | 2.7 | 3.7 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 1.5 |
| 未処理材(ペイマツ) | 4.7 | 4.3 | 5.0 | 4.0 | 4.0 | 5.0 | 4.0 | 3.7 | 3.3 | 4.3 | 5.0 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 3.0 | 4.7 | 3.0 | 1.8 |
| 未処理材(ペイツガ) | 2.7 | 2.0 | 3.3 | 2.7 | 2.3 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 |

図 8.2.9 評価結果 (屋外暴露実験・つくば・2年目)

| | Zn5Cr6 | Zn8Cr6 | Zn5Cr3 | Zn8Cr3 | Z27 | HDZ-A | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | Zn+Al焼付塗装1 | Zn+Al焼付塗装2 | Zn+Sn合金めっき | Zn+Mg合金めっき1 | Zn+Mg合金めっき2 | 電気亜鉛めっき+皮膜1 | 電気亜鉛めっき+皮膜2 | 電気亜鉛めっき+皮膜3 | Z27+カチオン電着塗装 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|-----|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AAC | 3.3 | 4.3 | 4.7 | 5.0 | 3.3 | 4.7 | 3.0 | 2.3 | 3.3 | 4.0 | 5.0 | 3.3 | 2.3 | 2.3 | 2.7 | 5.0 | 2.0 | 1.5 |
| SAAC | 3.3 | 3.0 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 4.3 | 2.7 | 4.0 | 3.3 | 5.0 | 3.0 | 2.0 | 3.0 | 2.7 | 4.3 | 2.0 | 1.5 |
| BAAC | 3.0 | 3.3 | 4.3 | 4.3 | 2.7 | 4.0 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 4.0 | 4.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 3.3 | 4.3 | 2.0 | 1.5 |
| ACQ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 4.3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 2.7 | 1.5 |
| CUAZ-2 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 2.7 | 1.5 |
| CUAZ-3 | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 5.0 | 4.7 | 4.7 | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 2.7 | 1.5 |
| AZN | 3.0 | 3.0 | 4.7 | 3.7 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 2.0 | 3.0 | 3.7 | 3.7 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.7 | 2.0 | 1.5 |
| ナフテン酸銅 | 2.3 | 2.3 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 2.7 | 2.3 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 1.5 |
| チアマトキサムほか | 2.3 | 3.0 | 3.3 | 2.7 | 2.3 | 4.7 | 3.3 | 3.0 | 4.3 | 3.0 | 3.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 3.7 | 2.0 | 1.5 |
| ジノテフランほか | 2.3 | 2.3 | 3.7 | 2.7 | 2.7 | 3.7 | 3.7 | 2.3 | 2.3 | 3.0 | 3.3 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.3 | 2.0 | 1.5 |
| ビフェントリンほか | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 3.3 | 2.0 | 5.0 | 3.3 | 2.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス乳剤 | 1.7 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス油剤 | 2.0 | 1.7 | 3.7 | 2.3 | 2.7 | 3.3 | 2.7 | 2.3 | 2.7 | 2.7 | 2.3 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 1.5 |
| ホウ酸 | 1.5 | 2.0 | 4.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 1.5 |
| 未処理材(ベイマツ) | 4.3 | 3.7 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 4.0 | 4.3 | 5.0 | 2.7 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 4.7 | 2.0 | 1.5 |
| 未処理材(ベイツガ) | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 1.5 |

図 8.2.10 評価結果 (屋外暴露実験・宇治・1.5年目)

| | Zn5Cr6 | Zn8Cr6 | Zn5Cr3 | Zn8Cr3 | Z27 | HDZ-A | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | Zn+Al焼付塗装1 | Zn+Al焼付塗装2 | Zn+Sn合金めっき | Zn+Mg合金めっき1 | Zn+Mg合金めっき2 | 電気亜鉛めっき+皮膜1 | 電気亜鉛めっき+皮膜2 | 電気亜鉛めっき+皮膜3 | Z27+カチオン電着塗装 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|-----|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AAC | 3.7 | 4.3 | 4.7 | 5.0 | 4.0 | 5.0 | 3.7 | 3.0 | 3.3 | 4.0 | 5.0 | 3.3 | 2.3 | 2.3 | 3.3 | 5.0 | 2.3 | 2.0 |
| SAAC | 4.3 | 4.3 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 4.7 | 3.0 | 4.0 | 3.3 | 5.0 | 3.0 | 2.0 | 3.0 | 3.0 | 4.3 | 2.0 | 2.0 |
| BAAC | 4.0 | 4.0 | 4.7 | 4.7 | 3.7 | 5.0 | 2.0 | 3.0 | 3.0 | 4.3 | 4.3 | 2.7 | 2.0 | 2.3 | 3.3 | 4.3 | 2.7 | 2.0 |
| ACQ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 4.3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 3.0 | 1.7 |
| CUAZ-2 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 3.0 | 1.7 |
| CUAZ-3 | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 3.0 | 1.7 |
| AZN | 3.7 | 3.7 | 4.7 | 4.0 | 3.0 | 4.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.7 | 4.0 | 2.7 | 8.7 | 2.0 | 2.0 | 3.7 | 2.0 | 1.7 |
| ナフテン酸銅 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 2.3 | 3.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.7 | 1.5 |
| チアマトキサムほか | 2.7 | 3.3 | 4.0 | 4.0 | 2.7 | 4.7 | 3.3 | 3.0 | 4.3 | 3.0 | 3.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 3.0 | 1.5 |
| ジノテフランほか | 3.0 | 2.7 | 3.7 | 3.7 | 2.7 | 4.3 | 3.7 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 3.7 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 3.3 | 2.0 | 1.5 |
| ビフェントリンほか | 3.0 | 2.7 | 3.7 | 3.7 | 2.3 | 5.0 | 3.7 | 2.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.7 | 1.5 |
| エトフェンブロックス乳剤 | 2.0 | 1.7 | 3.3 | 3.0 | 2.3 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス油剤 | 2.3 | 2.2 | 4.0 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.0 | 2.3 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 1.5 |
| ホウ酸 | 3.0 | 3.3 | 4.0 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 1.5 |
| 未処理材(ベイマツ) | 4.7 | 4.0 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 4.3 | 4.3 | 5.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 4.7 | 3.0 | 1.7 |
| 未処理材(ベイツガ) | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 1.5 |

図 8.2.11 評価結果 (屋外暴露実験・宇治・2年目)

| | Zn5Cr6 | Zn8Cr6 | Zn5Cr3 | Zn8Cr3 | Z27 | HDZ-A | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | Zn+Al焼付塗装1 | Zn+Al焼付塗装2 | Zn+Sn合金めっき | Zn+Mg合金めっき1 | Zn+Mg合金めっき2 | 電気亜鉛めっき+皮膜1 | 電気亜鉛めっき+皮膜2 | 電気亜鉛めっき+皮膜3 | Z27+カチオン電着塗装 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|-----|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AAC | 3.0 | 3.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 3.0 | 4.0 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 2.3 | 3.7 | 2.0 | 1.5 |
| SAAC | 2.0 | 2.3 | 5.0 | 3.0 | 2.7 | 3.7 | 3.3 | 2.0 | 3.7 | 3.0 | 3.7 | 2.7 | 2.7 | 3.0 | 2.7 | 3.3 | 2.0 | 1.5 |
| BAAC | 3.7 | 4.0 | 4.7 | 3.3 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.3 | 3.7 | 3.3 | 2.7 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 5.0 | 2.0 | 1.5 |
| ACQ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 2.3 | 1.5 |
| CUAZ-2 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 2.7 | 1.5 |
| CUAZ-3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 3.3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 2.7 | 1.5 |
| AZN | 2.7 | 2.0 | 4.7 | 2.7 | 2.3 | 3.7 | 3.0 | 2.0 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 4.3 | 2.0 | 1.5 |
| ナフテン酸銅 | 3.0 | 2.7 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 3.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 4.0 | 2.0 | 1.5 |
| チアマトキサムほか | 2.0 | 2.0 | 3.3 | 3.0 | 2.3 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 3.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.3 | 2.0 | 1.0 |
| ジノテフランほか | 2.7 | 2.7 | 3.3 | 3.0 | 2.3 | 3.3 | 2.7 | 2.3 | 3.3 | 3.0 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.3 | 1.5 |
| ビフェントリンほか | 2.0 | 2.7 | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 3.3 | 3.0 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 3.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 1.3 |
| エトフェンブロックス乳剤 | 2.0 | 2.7 | 4.7 | 3.3 | 2.0 | 3.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 3.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 4.0 | 2.0 | 1.2 |
| エトフェンブロックス油剤 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 2.7 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.0 |
| ホウ酸 | 2.7 | 2.7 | 3.0 | 2.7 | 2.7 | 3.0 | 2.7 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 1.0 |
| 未処理材(ベイマツ) | 3.3 | 3.3 | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 3.7 | 2.7 | 2.7 | 3.3 | 3.3 | 4.3 | 2.7 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 4.3 | 2.7 | 1.2 |
| 未処理材(ベイツガ) | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 1.0 |

図 8.2.12 評価結果 (屋外暴露実験・旭川・1.5年目)

| | Zn5Cr6 | Zn8Cr6 | Zn5Cr3 | Zn8Cr3 | Z27 | HDZ-A | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | Zn+Al焼付塗装1 | Zn+Al焼付塗装2 | Zn+Sn合金めっき | Zn+Mg合金めっき1 | Zn+Mg合金めっき2 | 電気亜鉛めっき+皮膜1 | 電気亜鉛めっき+皮膜2 | 電気亜鉛めっき+皮膜3 | Z27+カチオン電着塗装 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|-----|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AAC | 3.0 | 3.7 | 5.0 | 4.3 | 3.3 | 4.3 | 3.3 | 2.7 | 3.7 | 3.0 | 4.3 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.7 | 3.7 | 2.0 | 1.5 |
| SAAC | 3.0 | 3.3 | 4.3 | 3.0 | 2.7 | 4.3 | 3.3 | 2.0 | 4.0 | 3.0 | 3.7 | 2.7 | 2.0 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 2.0 | 1.5 |
| BAAC | 3.7 | 4.0 | 4.7 | 4.3 | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 2.3 | 2.7 | 3.7 | 3.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 5.0 | 2.0 | 1.5 |
| ACQ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 2.7 | 1.7 |
| CUAZ-2 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 2.7 | 1.5 |
| CUAZ-3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 4.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 3.0 | 1.5 |
| AZN | 2.7 | 2.0 | 4.3 | 2.7 | 2.7 | 4.3 | 4.0 | 2.0 | 3.7 | 2.3 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 4.0 | 2.0 | 1.5 |
| ナフテン酸銅 | 3.0 | 3.0 | 4.0 | 3.7 | 3.7 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 2.7 | 2.3 | 2.0 | 4.0 | 2.0 | 1.5 |
| チアマトキサムほか | 2.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.3 | 2.7 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 3.0 | 2.0 | 1.5 |
| ジノテフランほか | 2.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.3 | 4.0 | 3.0 | 2.3 | 3.3 | 3.0 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.7 | 2.3 | 1.5 |
| ビフェントリンほか | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 3.7 | 3.0 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 3.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.7 | 2.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス乳剤 | 2.0 | 3.0 | 3.7 | 3.0 | 2.3 | 3.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 3.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 3.7 | 2.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス油剤 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.2 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 1.5 |
| ホウ酸 | 2.7 | 2.5 | 3.3 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.7 | 2.0 | 1.5 |
| 未処理材(ベイマツ) | 3.3 | 3.7 | 5.0 | 3.7 | 3.3 | 4.0 | 3.7 | 2.3 | 4.0 | 3.7 | 4.3 | 2.7 | 2.0 | 2.7 | 2.3 | 3.7 | 2.7 | 1.7 |
| 未処理材(ベイツガ) | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.5 |

図 8.2.13 評価結果 (屋外暴露実験・旭川・2年目)

| | Zn5Cr6 | Zn8Cr6 | Zn5Cr3 | Zn8Cr3 | Z27 | HDZ-A | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | Zn+Al焼付塗装1 | Zn+Al焼付塗装2 | Zn+Sn合金めっき | Zn+Mg合金めっき1 | Zn+Mg合金めっき2 | 電気亜鉛めっき+皮膜1 | 電気亜鉛めっき+皮膜2 | 電気亜鉛めっき+皮膜3 | Z27+カチオン電着塗装 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|-----|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AAC | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 4.3 | 2.7 | 2.3 | 3.0 | 3.0 | 5.0 | 2.0 | 2.0 |
| SAAC | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 3.7 | 4.0 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 4.3 | 3.3 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 4.7 | 2.0 | 2.0 |
| BAAC | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 2.3 | 2.7 | 3.7 | 2.7 | 3.7 | 5.0 | 2.0 | 2.0 | 3.7 | 2.0 | 5.0 | 2.0 | 2.0 |
| ACQ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 3.0 | 4.0 | 4.7 | 4.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 3.0 | 5.0 | 3.0 | 3.0 |
| CUAZ-2 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 3.0 | 3.0 |
| CUAZ-3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 4.7 | 5.0 | 4.7 | 4.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 3.0 | 3.0 |
| AZN | 4.0 | 3.3 | 5.0 | 3.3 | 3.0 | 2.7 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 3.3 | 2.0 | 2.0 |
| ナフテン酸銅 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 3.7 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 5.0 | 2.0 | 2.0 |
| チアマトキサムほか | 4.7 | 4.7 | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 2.7 | 2.3 | 3.0 | 2.3 | 3.0 | 3.7 | 2.0 | 2.3 | 2.7 | 2.3 | 4.7 | 2.3 | 2.0 |
| ジノテフランほか | 4.7 | 3.3 | 4.7 | 4.0 | 3.0 | 3.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 3.3 | 3.3 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 |
| ビフェントリンほか | 4.7 | 3.7 | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 3.7 | 2.7 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 |
| エトフェンブロックス乳剤 | 4.7 | 3.0 | 4.3 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.7 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 |
| エトフェンブロックス油剤 | 3.3 | 3.0 | 4.3 | 3.3 | 3.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.7 | 2.0 | 2.0 |
| ホウ酸 | 3.7 | 4.7 | 4.3 | 3.7 | 3.0 | 2.7 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 2.7 | 3.0 | 2.7 | 2.3 | 3.0 | 2.3 | 3.7 | 2.0 | 2.0 |
| 未処理材(ベイマツ) | 3.7 | 2.3 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.7 | 3.3 | 2.7 | 3.0 | 2.3 | 2.0 | 4.3 | 3.0 | 2.0 |
| 未処理材(ベイツガ) | 3.3 | 2.3 | 4.7 | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 2.7 | 2.3 | 2.3 | 2.7 | 2.3 | 2.0 | 3.7 | 2.3 | 2.0 |

図 8.2.14 評価結果 (湿潤実験・1.5年目)

| | Zn5Cr6 | Zn8Cr6 | Zn5Cr3 | Zn8Cr3 | Z27 | HDZ-A | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | Zn+Al焼付塗装1 | Zn+Al焼付塗装2 | Zn+Sn合金めっき | Zn+Mg合金めっき1 | Zn+Mg合金めっき2 | 電気亜鉛めっき+皮膜1 | 電気亜鉛めっき+皮膜2 | 電気亜鉛めっき+皮膜3 | Z27+カチオン電着塗装 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|-------|-----|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AAC | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 3.3 | 3.0 | 4.7 | 3.7 | 3.3 | 4.7 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 3.3 | 5.0 | 3.0 | 2.0 |
| SAAC | 5.0 | 4.3 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 3.3 | 3.7 | 3.3 | 4.0 | 3.7 | 4.3 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 5.0 | 3.0 | 2.0 |
| BAAC | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 2.3 | 2.7 | 4.3 | 3.7 | 4.3 | 5.0 | 2.0 | 3.3 | 4.3 | 2.7 | 5.0 | 3.0 | 2.0 |
| ACQ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 3.0 | 3.0 |
| CUAZ-2 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 3.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 5.0 | 3.0 | 3.0 |
| CUAZ-3 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 5.0 | 3.0 | 3.0 |
| AZN | 5.0 | 4.3 | 5.0 | 4.7 | 4.3 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 3.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 4.3 | 2.3 | 2.0 |
| ナフテン酸銅 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.3 | 4.3 | 3.3 | 3.0 | 4.3 | 3.0 | 3.3 | 4.3 | 4.0 | 4.0 | 3.0 | 5.0 | 2.7 | 2.0 |
| チアマトキサムほか | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 4.0 | 2.7 | 2.7 | 3.0 | 2.3 | 3.0 | 4.0 | 2.7 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 5.0 | 2.7 | 2.0 |
| ジノテフランほか | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 4.7 | 4.0 | 3.7 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 3.3 | 1.8 | 2.0 |
| ビフェントリンほか | 5.0 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 4.3 | 3.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 4.0 | 3.0 | 2.0 |
| エトフェンブロックス乳剤 | 4.7 | 4.3 | 5.0 | 4.0 | 3.7 | 3.0 | 3.7 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 2.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.7 | 2.7 | 2.0 |
| エトフェンブロックス油剤 | 3.7 | 3.3 | 4.7 | 4.0 | 3.7 | 2.7 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 3.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.7 | 2.7 | 2.0 |
| ホウ酸 | 4.7 | 5.0 | 4.7 | 4.7 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 3.3 | 3.0 | 2.7 | 4.3 | 3.0 | 2.0 |
| 未処理材(ベイマツ) | 5.0 | 2.0 | 4.3 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 4.3 | 3.0 | 2.0 |
| 未処理材(ベイツガ) | 5.0 | 3.3 | 5.0 | 4.3 | 3.7 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.7 | 3.0 | 2.0 |

図 8.2.15 評価結果 (湿潤実験・2年目)

| | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | 電気亜鉛 めっき+皮 膜1 | 電気亜鉛 めっき+皮 膜2 | 電気亜鉛 めっき+皮 膜3 | Z27+カチ オン電着 塗装 |
|------------------|-------|-----|-------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| AAC | 3.3 | 2.7 | 3.7 | 3.0 | 5.0 | 1.7 | 2.0 |
| CUAZ-3 | 4.3 | 2.3 | 3.0 | 1.7 | 5.0 | 1.0 | 2.0 |
| ナフテン酸銅 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 |
| チアマトキサムほか | 2.7 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 5.0 | 1.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス 乳剤 | 3.0 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 4.3 | 1.0 | 2.0 |
| エトフェンブロックス 油剤 | 3.3 | 2.0 | 3.3 | 1.0 | 5.0 | 1.0 | 1.7 |
| ホウ酸 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 |
| 未処理材(ベイマツ) | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 1.0 | 4.0 | 1.0 | 1.7 |
| 未処理材(ベイツガ) | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 1.0 | 3.7 | 1.0 | 1.3 |

図 8.2.16 評価結果（高湿実験・1.5年目）

| | HDZ23 | Z60 | HDZ35 | 電気亜鉛 めっき+皮 膜1 | 電気亜鉛 めっき+皮 膜2 | 電気亜鉛 めっき+皮 膜3 | Z27+カチ オン電着 塗装 |
|------------------|-------|-----|-------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| AAC | 3.3 | 2.7 | 3.7 | 3.0 | 5.0 | 1.7 | 2.0 |
| CUAZ-3 | 4.3 | 2.3 | 3.0 | 1.7 | 5.0 | 1.0 | 2.0 |
| ナフテン酸銅 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 |
| チアマトキサムほか | 2.7 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 5.0 | 1.0 | 1.5 |
| エトフェンブロックス 乳剤 | 3.0 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 4.3 | 1.0 | 2.0 |
| エトフェンブロックス 油剤 | 3.3 | 2.0 | 3.3 | 1.0 | 5.0 | 1.0 | 1.7 |
| ホウ酸 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 |
| 未処理材(ベイマツ) | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 1.0 | 4.0 | 1.0 | 1.7 |
| 未処理材(ベイツガ) | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 1.0 | 3.7 | 1.0 | 1.3 |

図 8.2.17 評価結果（高湿実験・2年目）

8.2.5 画像解析による腐食量評価

これまでの腐食量評価は目視による5段階評価に基づいて行ってきた。目視による評価は簡便であるものの、再現性が低い可能性がある、熟練者がいなければ評価作業が実施できない等の不都合があるため、画像解析による腐食量評価を試みた。

まず、明らかに赤錆である30部位のRGB値を抽出し、R、G、Bそれぞれの平均値と標準偏差 σ を求めておく。求められた平均値 $\pm 2\sigma$ を赤錆のRGB範囲とした(表8.2.7)。次に、スキャンした鋼板画像を100×100ピクセルに縮小し、RGB値が前述したRGB範囲に含まれるピクセルを赤錆と考え、赤錆と判定されたピクセル数の比率を赤錆面積率とした。ただし、R値が小さく、GやB値が大ききなものを認識しないよう、R/GおよびR/Bが1.1未満の場合は前述のRGB範囲に含まれても赤錆と判定しないこととした。

こうして赤錆と判定されたピクセルを抽出したものの一例を図8.2.18に示す。また、図8.2.19に目視評価結果と赤錆面積率との関係を示す。これより、目視評価は一定の精度を有することが確認できたが、目視評価4は赤錆面積を過小評価しがちであることが分かった。

一方、今回実施した画像解析方法では、赤みがかった色に変色した部分、鋼板に付着した木材片、鋼板の孔の影、黒色に近い赤錆等の判別が困難であるという課題が残った。

表 8.2.7 赤錆の RGB 範囲

| | 平均値 - 2 σ | 平均値 + 2 σ |
|---|------------------|------------------|
| R | 32 | 195 |
| G | 38 | 177 |
| B | 42 | 165 |

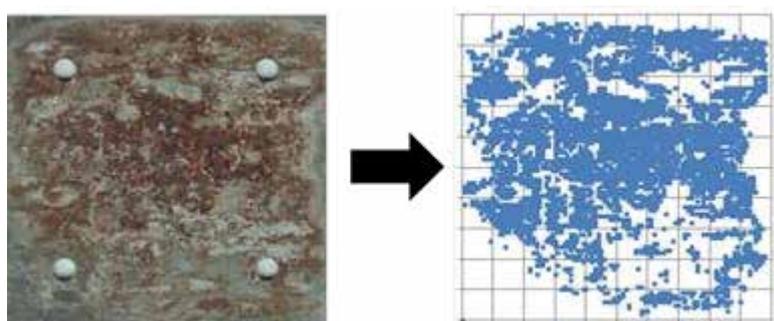


図 8.2.18 赤錆抽出の一例

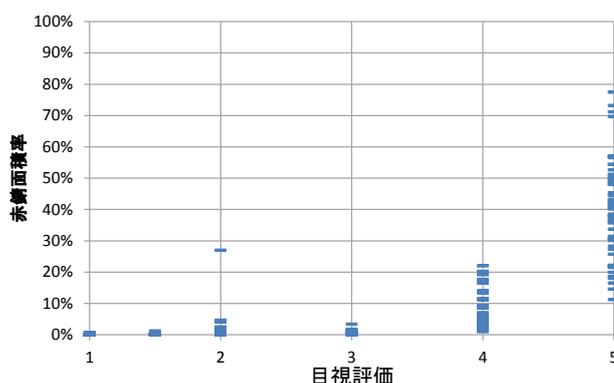


図 8.2.19 目視評価結果と赤錆面積率

8.2.6 飛来海塩粒子量の測定

2011年3月～2012年2月の12ヶ月にわたり、各屋外暴露実験値において飛来海塩粒子量の測定を実施した。測定はJIS Z2382:1998 大気環境の腐食性を評価するための環境汚染因子の測定にしたがって行い、分析は日本ウェザリングテストセンターに依頼した。

表 8.2.8 に分析結果を、これをプロットしたグラフを図 8.2.20 に示す。

表 8.2.8 飛来海塩粒子量

| 横浜 | H23.3.1～ | H23.4.1～ | H23.4.28～ | H23.6.2～ | H23.7.1～ | H23.8.1～ | H23.9.1～ | H23.10.1～ | H23.11.1～ | H23.12.1～ | H24.1.1～ | H24.2.1～ |
|-------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|
| | H23.4.1 | H23.4.28 | H23.6.2 | H23.7.1 | H23.8.1 | H23.9.1 | H23.10.1 | H23.11.1 | H23.12.1 | H24.1.1 | H24.2.1 | H24.3.1 |
| 捕集日数 | 31 | 27 | 35 | 29 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 29 |
| 海塩粒子量 | 13.3 | 30.2 | 10.0 | 13.1 | 17.4 | 10.7 | 57.4 | 15.1 | 13.9 | 5.3 | 8.2 | 11.0 |
| 宇治 | H23.3.4～ | H23.4.1～ | H23.5.2～ | H23.6.1～ | H23.7.1～ | H23.8.1～ | H23.9.1～ | H23.9.30～ | H23.11.1～ | H23.12.1～ | H23.12.29～ | H24.2.2～ |
| | H23.4.1 | H23.5.2 | H23.6.1 | H23.7.1 | H23.8.1 | H23.9.1 | H23.9.30 | H23.11.1 | H23.12.1 | H23.12.29 | H24.2.2 | H24.3.1 |
| 捕集日数 | 28 | 31 | 30 | 30 | 31 | 31 | 29 | 32 | 30 | 28 | 35 | 28 |
| 海塩粒子量 | 3.1 | 2.7 | 1.4 | 1.3 | 0.9 | 1.4 | 2.6 | 2.4 | 2.5 | 1.5 | 2.0 | 2.2 |
| 旭川 | H23.3.4～ | H23.4.1～ | H23.5.1～ | H23.6.1～ | H23.7.1～ | H23.8.1～ | H23.9.1～ | H23.10.3～ | H23.11.1～ | H23.12.1～ | H23.12.29～ | H24.2.3～ |
| | H23.4.1 | H23.5.1 | H23.6.1 | H23.7.1 | H23.8.1 | H23.9.1 | H23.10.3 | H23.11.1 | H23.12.1 | H23.12.29 | H24.2.3 | H24.3.1 |
| 捕集日数 | 28 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 32 | 29 | 30 | 28 | 36 | 27 |
| 海塩粒子量 | 9.0 | 4.0 | 1.6 | 1.2 | 0.4 | 1.2 | 2.3 | 0.3 | 4.5 | 4.0 | 0.8 | 5.0 |
| つくば | H23.3.7～ | H23.4.1～ | H23.5.1～ | H23.6.1～ | H23.7.1～ | H23.8.1～ | H23.9.1～ | H23.10.1～ | H23.11.1～ | H23.12.1～ | H23.12.29～ | H24.2.2～ |
| | H23.4.1 | H23.5.1 | H23.6.1 | H23.7.1 | H23.8.1 | H23.9.1 | H23.10.1 | H23.11.1 | H23.12.1 | H23.12.29 | H24.2.2 | H24.3.1 |
| 捕集日数 | 25 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 28 | 35 | 28 |
| 海塩粒子量 | 1.2 | 2.9 | 1.9 | 1.0 | 1.7 | 1.5 | 2.7 | 1.6 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.9 |

※9/21に台風15号が関東上陸

海塩粒子量(mg・NaCl/m²・day)

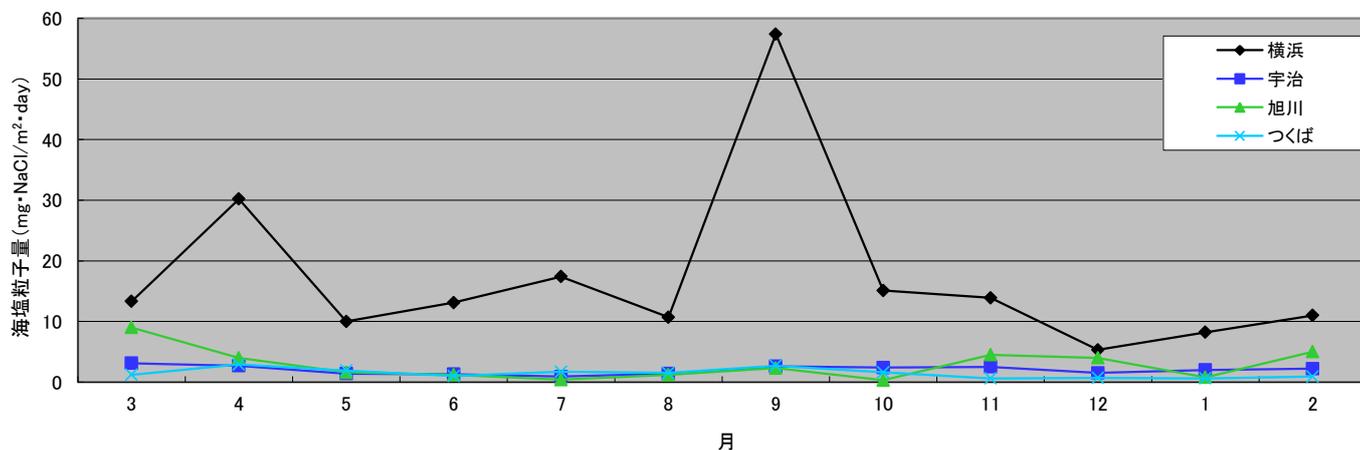


図 8.2.20 飛来海塩粒子量

8.2.7 考察

試験より得られた知見を以下に示す。

- ACQ、CUAZ-2、CUAZ-3の腐食性が高い傾向が見られた。
- その他加圧注入材、ベイマツ未処理材の腐食性も高い傾向が見られた。
- 屋外暴露実験において、表面処理薬剤の腐食性は低い傾向であった。
- 湿潤実験、高湿実験においては、鋼板表面処理の種類によっては、表面処理薬剤に対してもある程度腐食が進行した。屋外暴露実験においては、表面処理薬剤が溶脱している可能性がある
- 電気亜鉛めっき＋有機皮膜、Z27＋カチオン電着塗装の防錆性が高い傾向が見られた。
- 標準試験体（木材非接触）はいずれの試験地でも現段階では赤錆未発生であり、鉄骨造基準相当は現段階では不明である。
- 横浜、つくば、宇治はほぼ同じ傾向であった。
- 屋内暴露実験は屋外暴露実験、湿潤実験、高湿実験よりも腐食の進行が遅い。

8.2.8 試験体画像

鋼板試験体の発錆状況はスキャンニングによって記録した。一例として、横浜における 1.5 年目および 2 年目の試験体画像を図 8.2.21～26 に示す。



| 左 | 右 |
|-----------|-----------|
| 鋼板：Zn5Cr6 | 鋼板：Zn5Cr6 |
| 木材：CUAZ-2 | 木材：CUAZ-3 |

図 8.2.21 試験体画像（屋外暴露・横浜・1.5年目）



| 左 | 右 |
|-----------|-----------|
| 鋼板：Zn5Cr6 | 鋼板：Zn5Cr6 |
| 木材：CUAZ-2 | 木材：CUAZ-3 |

図 8.2.22 試験体画像（屋外暴露・横浜・2年目）



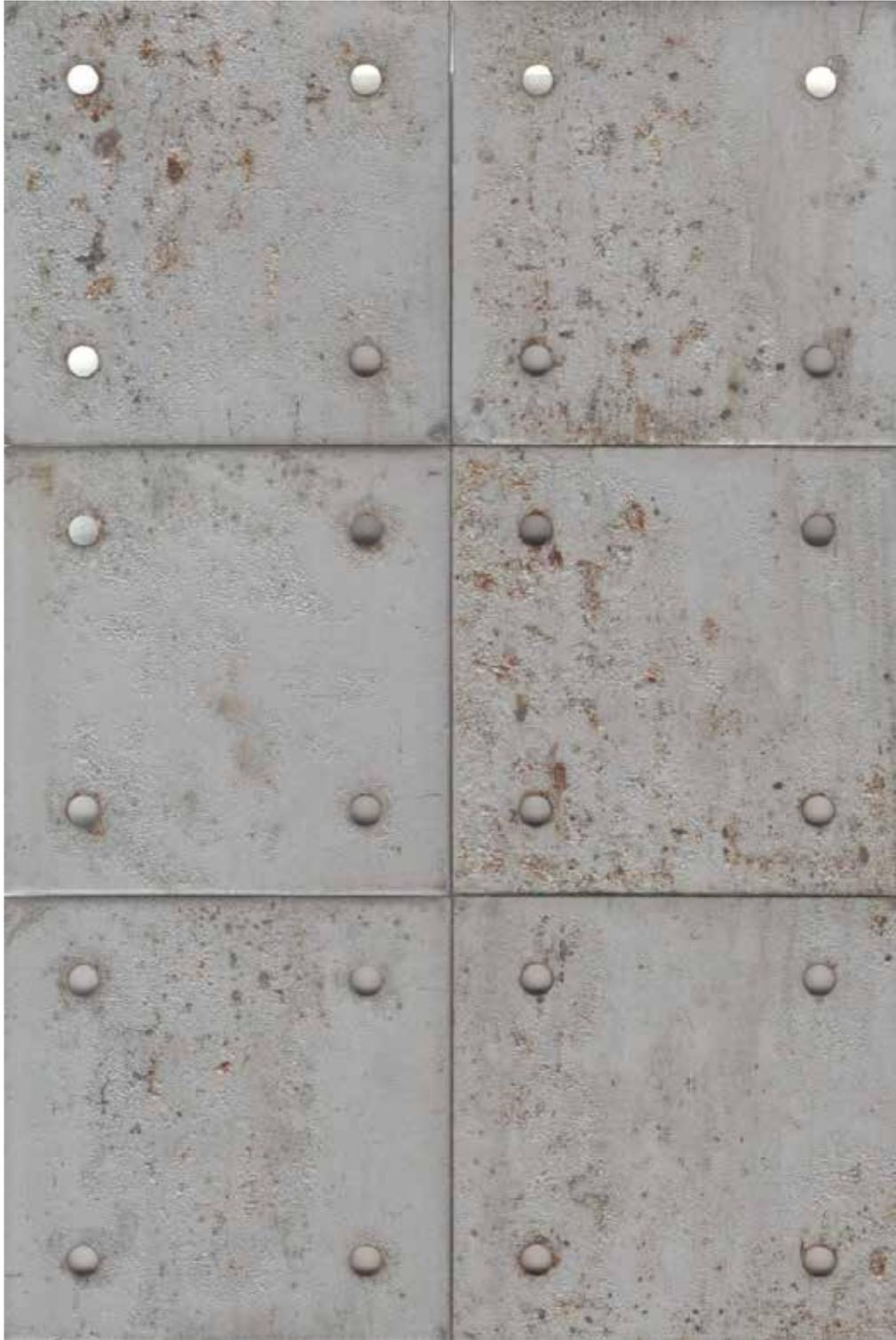
| 左 | 右 |
|-----------|-----------|
| 鋼板：HDZ23 | 鋼板：HDZ23 |
| 木材：CUAZ-2 | 木材：CUAZ-3 |

図 8.2.23 試験体画像（屋外暴露・横浜・1.5年目）



| 左 | 右 |
|-----------|-----------|
| 鋼板：HDZ23 | 鋼板：HDZ23 |
| 木材：CUAZ-2 | 木材：CUAZ-3 |

図 8.2.24 試験体画像（屋外暴露・横浜・2年目）



| 左 | 右 |
|---------------------|---------------------|
| 鋼板：電気亜鉛めっき +被膜 1 | 鋼板：電気亜鉛めっき +被膜 1 |
| 木材：CUAZ-2 | 木材：CUAZ-3 |

図 8.2.25 試験体画像（屋外暴露・横浜・1.5 年目）



| 左 | 右 |
|---------------------|---------------------|
| 鋼板：電気亜鉛めっき +被膜 1 | 鋼板：電気亜鉛めっき +被膜 1 |
| 木材：CUAZ-2 | 木材：CUAZ-3 |

図 8.2.26 試験体画像（屋外暴露・横浜・2年目）

8.3 接合具発錆時の引抜耐力検証

発錆した釘の引抜性能検証、発錆した木ねじの引抜性能検証を実施した。釘は築 60 年の木造軸組構法住宅(高田馬場)から根太ごと採取したものである(図 8.3.1)。釘の発錆度合いは今村らの劣化度評価基準(図 8.3.2)¹⁰⁾に従って評価した。また、同一材に新品の釘を打ち込み、引抜性能を比較した。荷重変形曲線を図 8.3.3~5 に示す。その結果、釘が発生すると最大引抜耐力が上昇することが確認された(図 8.3.6)。

木ねじ(L30)はスギ製材に打ち込んだ後 40℃100%RH に調整したデシケーター内に 3 週間程度静置することで劣化度 2 程度まで強制的に発錆させた。新品ねじの最大引抜耐力と発生後のねじの最大引抜耐力を比較したところ、殆ど差異は見られなかった(図 8.3.7~8)。



図 8.3.1 採取した試験体

| 劣化度 | 基準 | 例 |
|-----|-----------------|---|
| 1 | 微小さび | |
| 2 | 表面部分的さび、肉眼的損傷なし | |
| 3 | 表面全面さび、内部健全 | |
| 4 | 部分的損傷、原長維持 | |
| 5 | 原形不明 | |

図 8.3.2 釘の劣化度評価基準

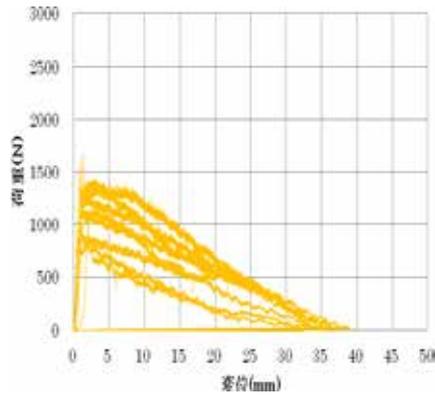


图 8.3.3 荷重变形曲线 (N65 新品)

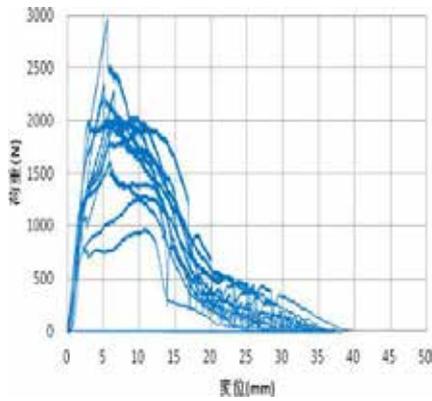


图 8.3.4 荷重变形曲线
(N65 劣化度 3.5)

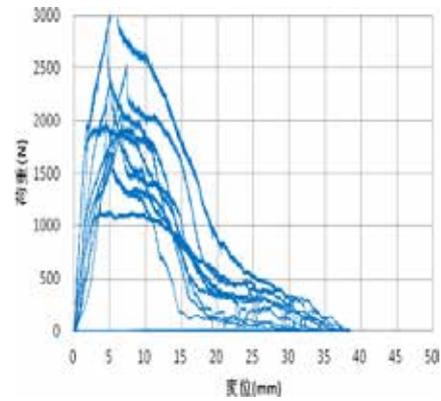


图 8.3.5 荷重变形曲线
(N65 劣化度 4)

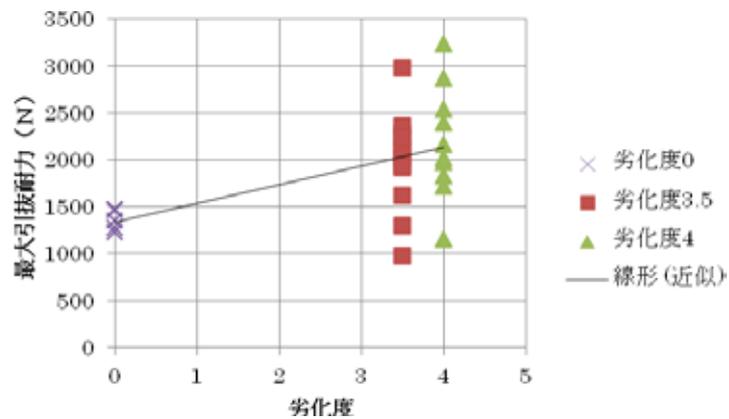


图 8.3.6 劣化度と最大引拔耐力

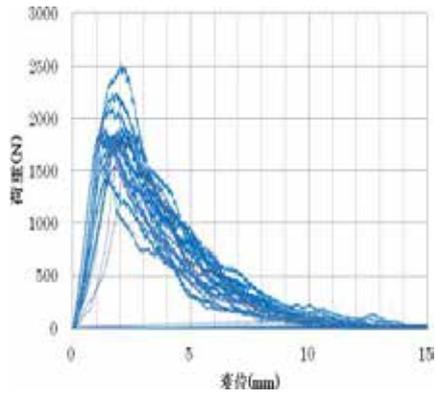


図 8.3.7 荷重変形曲線
(L30 木ねじ 新品)

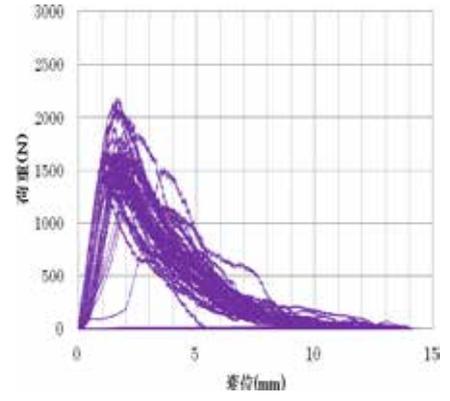


図 8.3.8 荷重変形曲線
(L30 木ねじ 劣化度 2)

8.4 結論と今後の課題

各種保存処理木材に各種表面処理鋼板を取り付け、屋外暴露および高湿空間暴露実験を行った結果、鋼板の腐食性の高い組み合わせとそうでない組み合わせが明らかとなった。ただし、これはあくまでも相対評価であり、絶対評価の目安となる標準試験体の赤錆発生には現段階では至っていない。今後引き続き観察を継続する必要がある。

また、屋外暴露実験と湿潤実験、高湿実験との比較により、屋外暴露実験における表面処理薬剤の溶脱の可能性が示唆された。今後、試験法の適否についても検討する可能性がある。

このほか、今後取り組むべき課題を以下に挙げる。

- ・ 屋内暴露実験と他環境での暴露実験との比較
- ・ 接合金物、接合具の発錆時性能検証（発錆クライテリアの設定）
- ・ 塩害に関する既往の知見の再整理
- ・ 発錆に対する樹種の影響の調査
- ・ 画像解析方法の改良

参考文献

- 1)Kubler,H. : Corrosion of Nails in Wood Construction Interfaces, Forest Products Journal,42,pp.47-49,1992.1
- 2)石本徳三郎、宮下優：鉄骨住宅部材の解体による腐食性状の調査と考察-軽量鉄骨系工業化住宅の耐久性に関する研究 -その1-,日本建築学会構造系論文集 第415号,pp.13-20,1990
- 3)Baker,A.J. : Corrosion of Metal in Wood Products, Durability of Building Materials and Components. ASTM STP 691,pp.981-993,1980
- 4)山田知明：木造住宅用接合金物の腐食に関する実験的研究,関東学院大学2008年度修士論文
- 5)神山幸弘、古野秀二郎：木造住宅における釘の腐食調査報告,日本建築学会大会学術講演梗概集(東海),pp.243-244,1976.1
- 6)建設大臣監房技術調査室：建築物の耐久性向上技術シリーズ 建築構造編Ⅱ 鉄骨造建築物の耐久性向上技術,技報堂出版,1986.9
- 7)石山央樹、腰原幹雄：釘接合部の劣化時せん断性能に関する実験的研究,日本建築学会構造系論文集,第646号,pp.2281-2289,2009.12
- 8)石山央樹、腰原幹雄、中野一郎、関真理子：アイリングモデルを利用した木造住宅における鉄釘の寿命予測,日本建築学会技術報告集,第33号,pp.453-456,2010.6
- 9)中島正夫：木造住宅用接合金物類の耐久品質をめぐる現状と課題,住宅と木材 Vol.34 No.397,pp.21-25,2011.1
- 10)今村浩人、木口実、大黒昭夫：木造家屋の外壁における釘の劣化からみた木材の劣化環境,林試研報,No.345,pp.101-149,1987

第9章 長期優良住宅における維持管理に関する検討

9.1 背景と目的

長期優良住宅の認定には少なくとも30年にわたる維持保全計画の提出とその履行が求められている。本来、木造住宅の維持保全は、構法、材料、立地などによって個別に立案されるべきものであるが、実態は公的な第三者機関が作成した維持保全計画書をコピーして認定書類としているものが少なくない。そこで、ここでは長期優良住宅における長期保全計画書の実態を明らかにするとともに、そのあるべき姿について以下の観点から検討する。

- ① 全国の都道府県を代表する地域ビルダーを抽出し、それらに対して維持保全計画の実態をアンケートを実施する。
- ② 併行して大手ハウスメーカーあるいは全国組織の木造建設業者団体を対象にヒアリングを実施する。
- ③ 維持保全の骨子となる、点検周期、点検項目、点検方法などについて、理論的、実証的な検討を加え、木造住宅にとって合理的な維持保全のあり方を整理する。

以上の基本方針を踏まえて、過去3年間の事業では以下の項目を実施した。

- ① アンケート、ヒアリングや資料収集による維持保全計画書の実態調査
- ② 事業者の特性(規模、地域、技術開発能力など)などと維持保全計画との関係性の検討
- ③ 材料や薬剤処理の耐用年数と点検、取り替え・修繕の合理的な周期の検討
- ④ 材料や立地条件、構法による合理的な点検項目、点検周期の決め方の検討
- ⑤ 非破壊検査方法などに基づく劣化指標とその判断基準や対応措置の検討。

上記のうち、①から③については平成22、23年度に検討し、報告した。平成24年度は、改めて①から⑤まで項目を達成するために必要な項目として、維持管理計画の実施上の課題を明らかにするために以下の事業を実施した。

9.2 工務店や設計事務所に対するアンケート

一般社団法人 すまいづくりまちづくりセンター連合会に登録している「長期優良住宅を設計・施工する建築士事務所」(約1800社)、その他200社に対して長期維持保全計画の立案や実施状態、維持管理に関するアンケート実施した。

アンケートでは、以下の項目を質問した。

- ・事業所の基本情報
従業員数や営業地域を含む
- ・住宅建築の実績
過去3年間と1年間について、着工数、新築・改修の区別、分譲・注文の区別、構法、木造率
- ・これまでに建てた家での雨漏り発生の経験
有無と件数、部位、築後年数、原因、長期優良認定の有無
- ・これまでに建てた家での蟻害発生の経験
有無と件数、部位、築後年数、処理、長期優良認定の有無
- ・長期優良認定住宅
建築経験の有無、件数、開始時期、構法、主な屋根仕上げ、主な外壁仕上げ
- ・維持保全計画について
維持保全計画の有無、開始時期、作成方法、作成時に参考にした図書、点検周期の決定方法や考慮点、維持保全計画における地域性の考慮の有無と仕方、維持保全計画に対する工夫など。

アンケートは平成 25 年 1 月に依頼状とともに郵送で配布し、ファックスや Web 入力で回収した（図 1）。

ファックスでの回答が約 340 社、Web からの回答が約 110 社で、合計約 450 社（回収率は約 23%程度）であった。

アンケート実施の際の依頼状とアンケート質問事項の前文を後掲する。

この報告では回収されたアンケート結果のうち、重複や無効回答などを除いた 356 社分の分析結果を示す。

このアンケートは(一社)すまいづくりまちづくりセンター連合会に登録されている建築士事務所向けに設置されています。非登録の事業者や団体の回答はご遠慮下さい。

住宅の維持保全計画についてのアンケート調査

以下の質問で、選択肢がある場合には該当部分にチェックをし、フォームや表には回答を記入してください。

Q1. 貴社について伺います。

| | | | |
|---------|------------------------|--------|------------------------|
| 組織名 | <input type="text"/> | 従業員数 | <input type="text"/> 人 |
| 創業年(西暦) | <input type="text"/> 年 | 業務エリア | <input type="text"/> |
| 所在地(住所) | <input type="text"/> | | |
| 電話番号 | <input type="text"/> | FAX番号 | <input type="text"/> |
| 回答者お名前 | <input type="text"/> | E-mail | <input type="text"/> |

Q2 貴社の住宅建設の実績について伺います。

Q2-1 過去3年間の新築住宅について

全着工戸数 戸、そのうち分譲 戸、注文 戸
 そのうち木造 戸、木造住宅の主な構法 軸組構法 2×4工法 木質プレハブ工法 その他

Q2-2 過去3年間の増改築・リフォーム工事について

全着工戸数 戸、そのうち分譲 戸、注文 戸
 そのうち木造 戸、木造住宅の主な構法 軸組構法 2×4工法 木質プレハブ工法 その他

Q2-3 この1年の新築住宅について

図 1 Web からのアンケート回答ページの冒頭部

参照：アンケート実施の際の依頼状

平成 25 年 1 月 15 日

関係各位

木造長期優良住宅に関するアンケート実施について
ご協力をお願い

木造長期優良住宅の総合的検証事業耐久性分科会
主査 中島正夫（関東学院大学工学部建築学科）
耐久性 WG 主査 藤井義久（京都大学大学院農学研究科）
事務局（公社）日本木材保存協会（事務局長 竹内孝常）
〒105-0001 東京都港区虎ノ門 4 丁目 2 番 5 号第 3 松坂ビル 8F
TEL 03-3436-4486、FAX 03-3432-1971
<http://www.mokuzaihozon.org>

謹啓、時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます。

また平素より私どもの活動に格別のご理解とご協力を賜り厚くお礼申し上げます。

さて私どもでは、現在国土交通省の検証事業として木造長期優良住宅の耐久性確保のための調査や実験を実施しております。その中で、住宅の長期維持保全計画の立案や実施状況、施工者や管理者の維持保全に関する意識や取組に関する調査事業も実施しております。

これに関連して、今般、すまいづくりまちづくりセンター連合会のご協力を得て、別紙のようなアンケート調査を「長期優良住宅を設計する建築士事務所」各位に対して実施したいと存じます。

つきましては、登録者各位におかれましては、別紙のアンケートにご回答の上、ファックスで送信して頂きますようお願い申し上げます。また木材保存協会のホームページ

<http://www.mokuzaihozon.org> からも回答できるようになっております。

なおアンケートでは貴社の連絡先等を記載して頂くこととしておりますが、これはご回答頂いた内容に対して不明の点などをお尋ねするためのみに使用するものです。また本アンケートに結果は、本事業の目的のためのみに使用し、個人情報などを第三者に開示することはありません。

ご協力のほど宜しくお願い申し上げます。

謹白

国土交通省補助事業 木造長期優良住宅に関するアンケート係
事務局（公社）日本木材保存協会
〒105-0001 東京都港区虎ノ門 4 丁目 2 番 5 号第 3 松坂ビル 8F
TEL 03-3436-4486、FAX 03-3432-1971、<http://www.mokuzaihozon.org>

FAX 03-3432-1971 日本木材保存協会

住宅の維持保全計画についてのアンケート調査

以下の質問にお答え下さい。回答は字句の記入や該当するものを○で囲んでください。

Q1. 貴社について伺います。

| | | | |
|---------|---|--------|---|
| 組織名 | | 従業員数 | 人 |
| 創業年(西暦) | 年 | 業務エリア | |
| 所在地(住所) | | | |
| 電話番号 | | FAX 番号 | |
| 回答者お名前 | | E-Mail | |

Q2. 貴社の住宅建設の実績について伺います。

Q2-1. 過去3年間の新築住宅について

全着工戸数(____戸)、そのうち分譲(____戸)・注文(____戸)、
そのうち木造(____戸)

木造住宅の主な構法は? 軸組構法・2×4工法・木質プレハブ工法・その他(____)

Q2-2. 過去3年間の増改築・リフォーム工事について

全着工戸数(____戸)、そのうち分譲(____戸)、注文(____戸)、そのうち木造(____戸)
木造住宅の主な構法 軸組構法・2×4工法・木質プレハブ工法・その他(____)

Q2-3. 今年1年間の新築住宅について

全着工戸数(____戸)、そのうち分譲(____戸)・注文(____戸)、そのうち木造(____戸)
木造住宅の主な構法 軸組構法・2×4工法・木質プレハブ工法・その他(____)

Q2-4. 今年1年間の増改築・リフォーム工事について

全着工戸数(____戸)、そのうち分譲(____戸)、注文(____戸)、そのうち木造(____戸)
木造住宅の主な構法 軸組構法・2×4工法・木質プレハブ工法・その他(____)

Q2-5. 今までに建てた住宅のうち、雨漏りが発生した住宅はありますか。

ある → 今までの総数(____戸) → 下表へ ない → Q3へ

| 雨漏りした住宅のうち | 総数 | 最新事例の発生時期 | 最新事例の発生箇所 | 水の浸入原因 |
|------------|----|-----------|--------------------|---------------------------|
| 長期優良住宅 | 戸 | 築後 年 | 屋根・外壁・床下 その他() | 材料不良・施工不良・経年劣化・ その他() |
| 長期優良住宅以外 | 戸 | 築後 年 | 屋根・外壁・床下 その他() | 材料不良・施工不良・経年劣化・ その他() |

Q2-6. 今までに建てた住宅のうち、蟻害が発生した住宅はありますか。

ある → 今までの総数(戸) → 下表へ ない → Q3へ

| 蟻害が発生した住宅のうち | 総数 | 最新事例の発生時期 | 蟻害部位 | 防蟻処理の有無 |
|--------------|----|-----------|-------------------------------|---------|
| 長期優良住宅 | 戸 | 築後 年 | 床下・壁内・小屋裏・軒先・開口部周囲・ その他() | あり・なし |
| 長期優良住宅以外 | 戸 | 築後 年 | 床下・壁内・小屋裏・軒先・開口部周囲・ その他() | あり・なし |

Q3. 長期優良認定住宅について伺います。

認定住宅を手がけられたことはありますか?

ある → 初めて認定された年(西暦年)(____年) → 下表へ ない → Q4へ

| | |
|------------|---|
| 今までの着工戸数 | 全戸数（ 戸）、そのうち分譲（ 戸）、注文（ 戸）、木造住宅（ 戸） |
| 今年1年間の着工戸数 | 全戸数（ 戸）、そのうち分譲（ 戸）、注文（ 戸）、木造住宅（ 戸） |
| 主な構法 | 軸組・2×4工法・木質プレハブ工法・その他（ ） |
| 主な屋根仕上げ | 瓦葺き・色石綿瓦葺き・金属板葺き・シングル葺き・スレート瓦・その他（ ） |
| 主な外壁仕上げ | モルタル・サイディング・金属板・板張り・コンクリート打放・タイル貼り・その他（ ） |

Q4. 住宅の維持保全計画書に関する貴社の取り組みについて伺います。

維持保全計画書はありますか。 ある →いつから（西暦年）（ ） ない →Q5へ

Q4-1 維持保全計画書の作成方法を以下から選んで下さい

ア. 自社で作成した イ. 設計事務所に委託した ウ. 所属団体のフォーマットを使用した
エ. その他（ ）

Q4-2 維持保全計画を作成する上で参考とした資料を以下から選んで下さい（複数回答可）

ア. 「住まいの管理手帳」(財)住宅金融普及協会 ウ. その他（ ）
イ. 「よくわかる 長もちする住宅の設計手法 マニュアル「設計・施工・維持管理」」
エ. 参考資料無し
(財)日本住宅・木材技術センター

Q4-3 維持保全計画書において点検周期の決定方法を以下から選んで下さい（複数回答可）

ア. マニュアル・参考資料どおり エ. 気象条件を考慮
イ. 部材や部品の耐用年数を考慮 オ. シロアリの生息分布を考慮
ウ. 住まい方を考慮

Q4-4 維持保全計画書で以下の項目について地域性を考慮していますか？（複数回答可）

ア. 最低温度や最高温度など温度 オ. 潮風・塩害
イ. 降水量や降雪量 カ. シロアリの生育分布
ウ. 日照時間 キ. その他（ ）
エ. 季節風や防風などの風 ク. 考慮していない

Q4-5 維持保全計画書における貴社独自の工夫を以下から選んで下さい（複数回答可）

ア. 計画年数を長期優良住宅の認定基準よりも延長して記述した
イ. 使用している部材、部品に合わせて計画年数を変更した
ウ. 地域の気象条件を考慮して計画をたてた
エ. 点検時期を明確に記述した
オ. 点検回数を増やした
カ. 点検方法を簡易で分かりやすい方法にした
キ. 点検用紙を記述式からチェック式にした
ク. 交換時期、補修時期の目安を明確に記述した
ケ. 点検結果に応じて交換や補修を推奨するような記述をした
コ. 雨漏りなどに対する点検を強化した
サ. シロアリに対する点検を強化した
シ. 維持保全計画にかかる積立金計画について記述した
ス. 費用の無料・有料の区別を明確にした
セ. その他（ ）

Q5 長期優良住宅の取り組みについて、今後の予定を以下から選んで下さい。

ア. 基本的に全棟で実施
イ. お客様の希望があれば実施
ウ. 注文住宅は全棟実施、分譲住宅は要望に合わせて実施
エ. 実施予定無し
オ. 注文住宅は要望に合わせて実施、分譲住宅は全棟実施
カ. その他（ ）

9.3 アンケート結果

アンケートの有効回答数 356 社の平均従業員数は 10.6 名、平均営業年数は 35.4 年であった。

過去 3 年間の新築全着工戸数、新築分譲、新築注文の戸数および新築木造戸数（平均値）は、それぞれ 24.1 戸、3.8 戸、18.0 戸および 20.4 戸であった。その主な構法を図 2 に示す。軸組み工法が圧倒的に多い。過去 3 年間の増改築・リフォーム全着工戸数は 37.8 戸で、殆どが注文によるもので、木造軸組み構法によるものであった（図 3）。

過去 1 年間の新築全着工戸数、新築分譲、新築注文の戸数および新築木造戸数（平均値）は、それぞれ 8.0 戸、1.5 戸、5.4 戸および 6.54 戸であった。その主な構法を図 4 に示す。軸組み工法が圧倒的に多い。過去 1 年間の増改築・リフォーム全着工戸数は 14.8 戸で、殆どが注文によるもので、木造軸組み構法によるものであった（図 5）。

これまで施工した住宅について雨漏りを経験した企業は 62% で（図 6）、企業あたりの総数は 16.9 戸であった。また蟻害については、18% が経験し（図 7）、企業あたりの総数は 0.8 戸あった。このうち長期優良住宅以外の防蟻処理については 64% が実施していた（図 8）。

長期優良認定住宅の着工経験は 58% の企業であった（図 9）。その構法の殆どは木造軸組みであった（図 10）。その屋根仕上げや壁仕上げの状態を図 11,12 に示す。屋根は瓦葺きか金属板葺き、外壁はサイディングまたはモルタルが主なものであった。

維持保全計画書は 51% の企業で作成しており（図 13）、その作成方法は図 14 に、参考図書は図 15 に示す通りである。作成方法は自社あるいは所属団体の様式利用が同数程度であった。参考図書としては「住まいの管理手帳」（財）住宅金融普及協会や「よくわかる 長もちする住宅の設計手法マニュアル 「設計・施工・維持管理」」（財）日本住宅・木材技術センターを利用していた。維持保全計画書の点検周期の決定方法の特徴は図 16 に維持保全計画書における地域性の考慮の仕方は図 17 に示すとおりである。点検周期はマニュアル通りで決定している場合のほかに、部品の耐用年数や、住まい方、気象条件やシロアリ分布を考慮している例が多少見られた。また地域性を考慮して、最低温度や最高温度など温度、季節風や防風などの風、シロアリの生育分布、日照時間、降水量や降雪量、潮風・塩害などを考慮した維持保全計画を作成している傾向がみられた。

維持保全計画書における独自の工夫点としては、点検結果により交換や補修を推奨するような記述をした：1 社、使用している部材、部品に合わせて計画年数を変更した：2 社、維持保全計画にかかる積立金計画について記述した：3 社、費用の無料、有料の区別を明確に記述した：4 社、点検シートを記述式からチェック式にした：5 社、雨漏りなどに対する点検を強化した：6 社、シロアリに対する点検を強化した：7 社、地域の気象条件を考慮して計画を立てた：8 社、交換時期、補修時期の目安を明確に記述した：9 社、点検方法を簡易でわかりやすい方法にした：10 社、点検回数を増やした：11 社、点検時期を明確に記述した：12 社、計画年数を長期優良住宅の認定基準よりも延長して記述した：13 社が見られた。

また長期優良住宅の取り組みについては、全棟実施が13%、顧客の希望があれば実施が31%であった。

以下に、アンケートを少し詳細に分析した結果を示す。

年間10棟以上の建築やリフォームを行っている事業者のうちから20社を無作為に抽出し、アンケートの回答を分析した結果、以下のことが明らかになった。

この20社の平均従業員数は6.8名(1名から33名まで分布)で、平均営業年数29.4年(9年から111年まで分布)であった。

平均値で実績を総括すると、過去3年間の新築着工戸数は20.1戸、そのうち分譲は3.0戸、注文は19.6戸、新築の木造は19.2戸で、この主な構法は軸組構法であった。さらに過去3年間の増改築・リフォーム全着工戸数は13.3戸であった。

また過去1年間の新築全着工戸数は6.2戸で、分譲は2.8戸、注文は6.2戸、新築の木造は6.1戸であった。さらに過去1年間増改築・リフォーム全着工戸数は17.3戸であり、木造は15.8戸であった。これらのことから新築着工数は6件程度で、そのほとんどは注文による軸組構法の住宅であることがわかった。さらに新築着工に比べて増改築やリフォーム件数の割合が増加しつつあり、そのほとんどが木造住宅であることがわかった。

手がけた住宅に対して雨漏り事故のあった事業者は20件のうち、6社であった。その状況を比較的詳細に回答しているのは3社で、A社は、過去3年間の新築が35件、リフォームが50件の実績があり、そのうち5件について雨漏り事故があった。5件のうち1件は長期優良住宅で、築後1年で外壁に対して台風時に雨漏りが発生していた。残りの4件も、外壁で築後5年以内に、台風時に雨漏りが発生していた。B社は、過去3年間の新築が30件、リフォームが100件の実績があり、そのうち10件について雨漏り事故があった。いずれも長期優良認定以外の住宅で、築後年数は15年程度で、屋根周りからの雨漏りであった。さらにC社は過去3年間の新築が16件、リフォームが400件超の実績があり、そのうち3件について雨漏り事故があった。いずれも長期優良認定以外の住宅で、築後年数は9年程度で、屋根周りからの雨漏りであった。これらの結果から、取扱い物件の多い事業者では雨漏り経験を多数経験しているようであり、構法・施工と一部には気象条件などとの関連で雨漏りが発生している傾向がうかがえた。また雨漏り発生年数も最大15年程度であり、維持管理による対応で解決する事例というより、初期不良的な事故のように感じられる。

手がけた住宅に対してシロアリ被害のあった事業者は20件のうち、7社であった。その状況を比較的詳細に回答しているのは4社(主に西日本)で、D社は、過去3年間の新築が30件の実績があり、そのうち2件について築後15年以内に蟻害が発生している。E社は、過去3年間の新築が9件、リフォームが9件の実績があり、そのうち1件について築後20年以内に蟻害が発生している。F社は、過去3年間の新築が35件、リフォームが50件の実績があり、そのうち4件について築後8年以内に蟻害が発生している。さらにG社は、過去3年間の新築が30件、リフォームが100件の実績があり、そのうち15件について築後20年以内に蟻害が発生している。これらの結果から、取扱い物件の多い事業者だけでなく

少ない事業者でも蟻害を経験を経験しているようであり、また地域差がある傾向が見られた。さらに蟻害は建築後 10 年から 20 年以上経過した物件で発見されているようであり、適切な維持管理による被害の早期発見と処置が必要であることがうかがえた。

20 件の対象事業所のうち、長期優良認定住宅建築の実績のあったのは、12 件で、着工数の 1 割から最大 5 割程度であった。認定住宅における外壁の仕様はサイディングが 5 割、モルタルが 5 割であった。また屋根の形式はスレート瓦と金属葺きが見られた。

維持保全計画書を作成している事業所は 7 社であった（この数字は長期優良認定を受けた経験のある事業所の数 12 社を上回るはずであるが、所属業界団体などから提供されている計画書を添付しているだけの場合は、作成していないと回答している可能性がある）。

自社で維持保全計画を作成している事業所は、3 社あり、参考図書として「住まいの管理手帳」（財）住宅金融普及協会や「よくわかる 長もちする住宅の設計手法マニュアル 「設計・施工・維持管理」」（財）日本住宅・木材技術センターを利用していた。点検周期の決定方法としては、「マニュアル・参考資料通り」が多いが、「部材や部品の耐用年数を考慮」や「気象条件を考慮」も見られた。地域性の考慮点としては、「最低温度や最高温度など温度」、「シロアリの生育分布」、「潮風・塩害」、「季節風や防風などの風」が見られた。さらに独自の工夫として「使用している部材、部品に合わせて計画年数を変更」、「交換時期、補修時期の目安を明確に記述した」、「維持保全計画にかかる積立金計画について記述した」があった。

今後全ての回答結果を分析するとともに、個別に聞き取り調査を行う予定である。

9.4 住宅温湿度調査結果のデータベース化

本事業およびこれまでに研究を目的として実施した住宅の温湿度調査に関するデータや文献を収録・保存するためのインターネット対応型のデータベースを構築し、維持管理の指針を得るために必要となる住宅の環境などに関する情報源とすることとした。今後関係者に開示する予定である。

9.5 今後の課題

本 TG では、長期優良住宅のための適切な維持管理計画の策定のために、立地、仕様、工法などの個別の住宅特性を配慮した計画立案の手法の確立にむけて、本事業の他の TG の成果や今回の調査結果を踏まえて、さらに検討が必要である。さらに維持管理とその技術体系の有り様、それに対して必要な調査研究に関して新たな視点からの検討も必要と思われる。

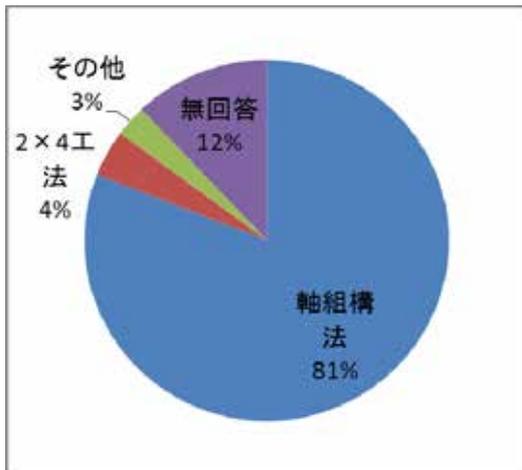


図2 過去3年間の新築木造住宅の主な構法

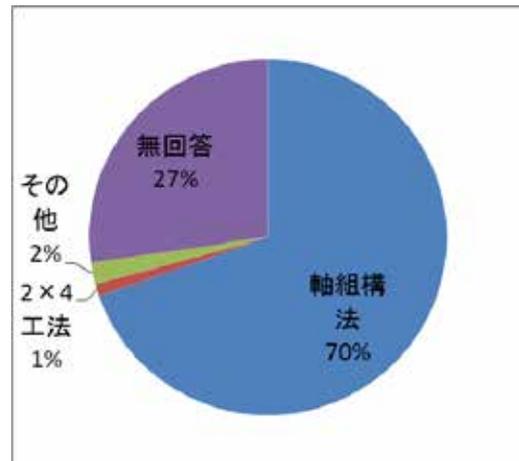


図3 過去3年間の増改築・リフォーム木造住宅の主な構法

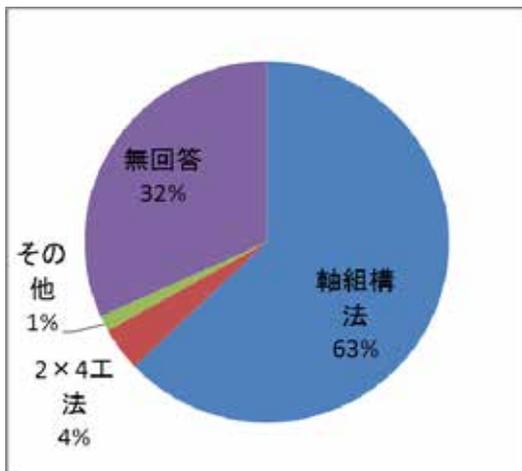


図4 この1年間の新築木造住宅の主な構法

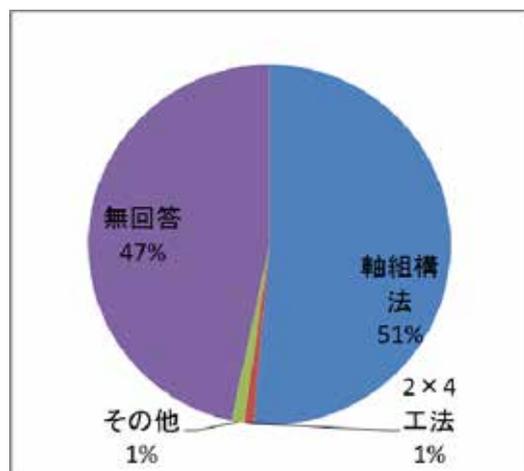


図5 この1年間の増改築・リフォーム木造住宅の主な構法

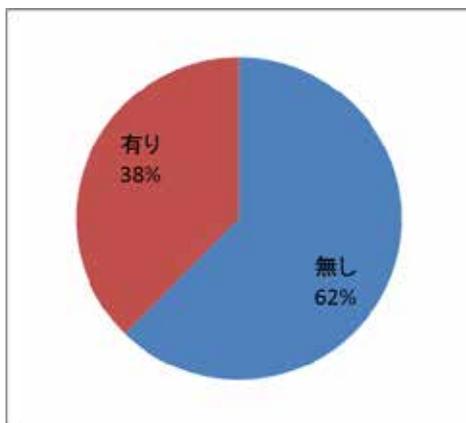


図6 雨漏りの経験

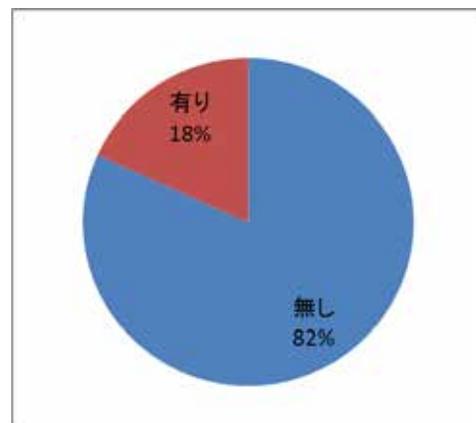


図7 蟻害の経験

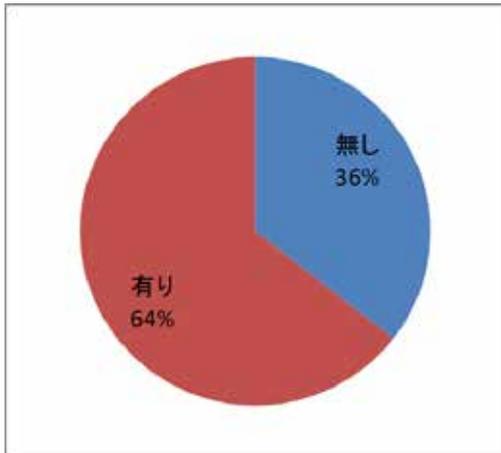


図 8 長期優良住宅以外の防蟻処理の有無

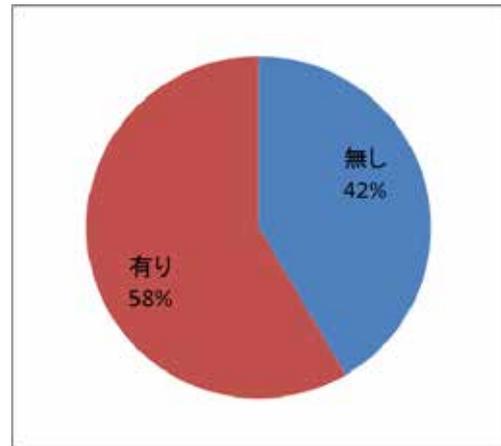


図 9 認定住宅の有無

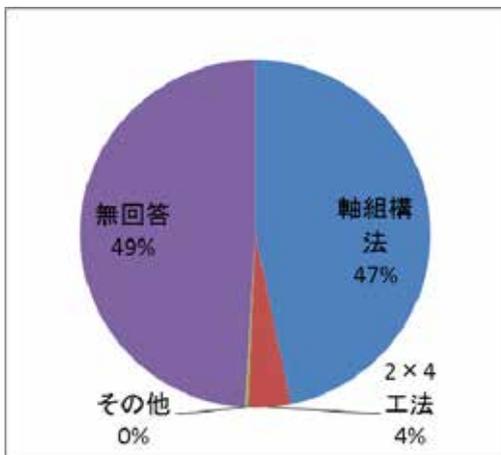


図 10 認定木造住宅の主な構法

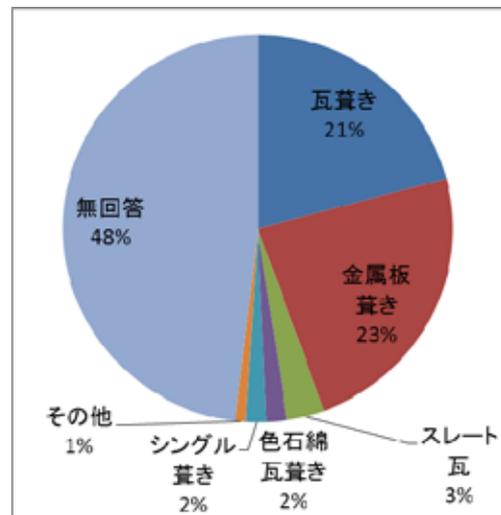


図 11 認定住宅の主な屋根仕上げ

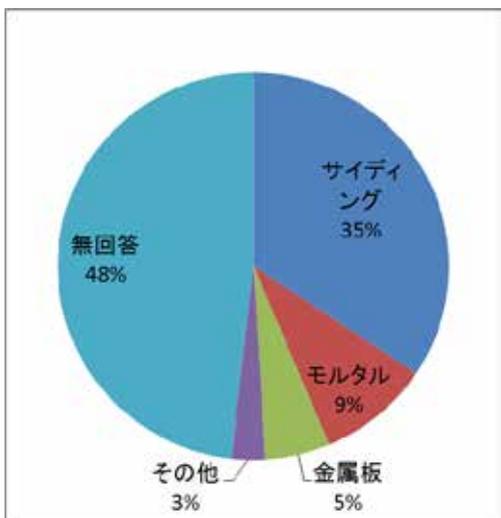


図 12 認定住宅の主な外壁仕上げ

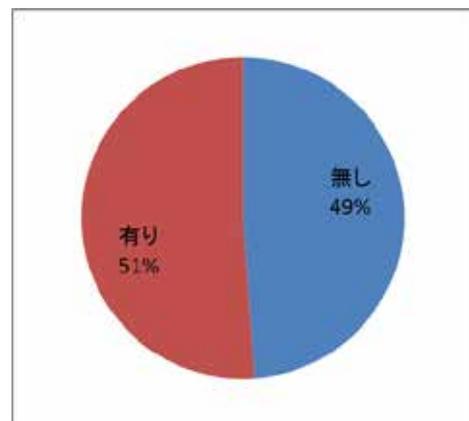


図 13 維持保全計画

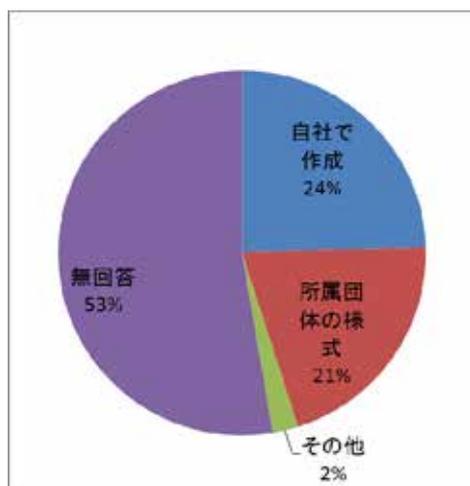


図 14 維持保全計画書の作成方法

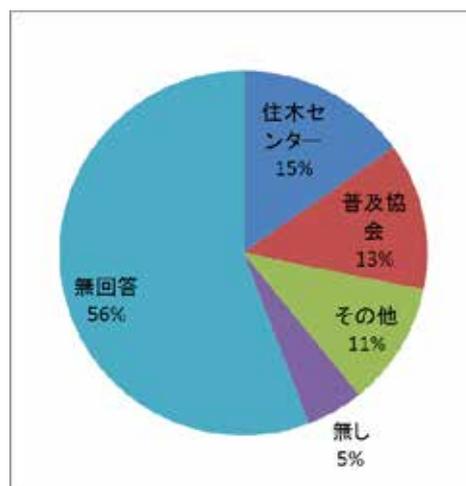


図 15 維持保全計画書の参考資料

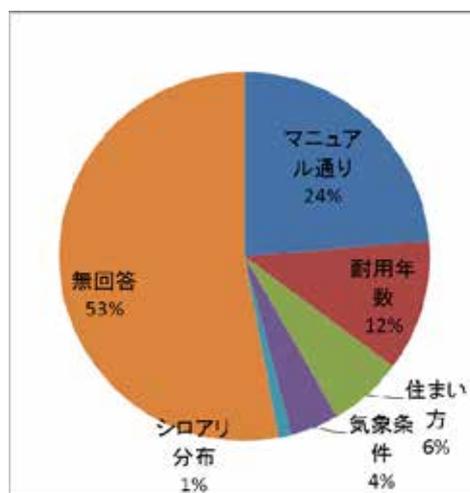


図 16 維持保全計画書の点検周期の決定方法

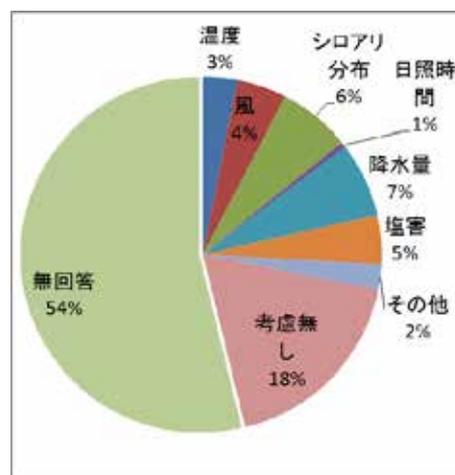


図 17 維持保全計画書における地域性の考慮

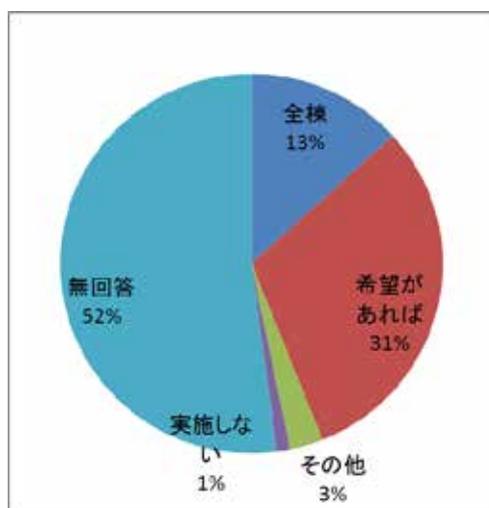


図 18 優良住宅の取り組み

第10章 まとめと今後の課題

今年度の各 TG における検討成果および今後の課題を要約すれば、以下のとおりである。

10.1 各種シロアリ生息実態に関する調査検討

木造住宅の主たる劣化外力となるシロアリと腐朽を取り上げ、ヤマトシロアリおよびイエシロアリの生息北限を調査するとともに、気象データとの関係性について検討を加え、それらの結果からヤマトシロアリとイエシロアリの被害北限に関するマップを作成した。

同じシロアリ種が生息する地域でも家屋被害率が異なることから、今後は、家屋に対する被害危険度に影響を及ぼす要因を明らかにするとともに、イエシロアリやヤマトシロアリの野外における生息環境（巣温、活動頻度等の変化）を計測する必要がある。

10.2 建築加害菌に関する検討

全国から採取した腐朽建築部材や住宅からサンプリングした腐朽菌の DNA を抽出し、次世代シーケンサで菌種の同定をおこなった。

今後は、本年度に得られた次世代シーケンサのデータを解析し、住宅腐朽部材の地域や部材と腐朽菌の関係を明らかにするとともに、より精度の高いシーケンサを用いて建築害菌遺伝子の解析を行う必要がある。

10.3 保存処理の耐久性と耐久性能に関する検討

従来必ずしも明らかでなかった各種木材保存処理の耐用性を明らかにすることを目的に、引き続き幾つかの薬剤について実験的な検討を継続して実施しているが、現段階では未だ明確な知見を得るには至っていない。

今後は、これまで検討してきた薬剤のうち、薬剤の減少傾向が特徴的であり、実用上も重要な2ないし3種の薬剤に的を絞って精密な実験を行う必要がある。

10.4 耐久性向上措置としての新構（工）法の健全度実態調査

住宅設計者の立場から各地の新構法の劣化上の問題点を探った資料をもとに、劣化現象とその原因および設計・施工時点で取るべき対策、留意点について分析し、今後設計・施工マニュアルを作成するための基礎資料を得た。

今後は、事件事例原因チェックシートの検討を継続実施するとともに、他 TG との連携、さらに、他 TG の研究成果等の取り込みを含め「耐久性確保のための設計・施工マニュアル（案）（仮称）」の作成につなげる必要がある。

10.5 接合部の強度劣化評価

接合部試験体を強制劣化させたモデル試験体がほぼ想定した劣化状態に達したので、こ

れを用いて従来明らかでなかった接合部の劣化が構造耐力に与える影響およびその非破壊による検出方法を検討した。

今後は、腐朽菌のうち好低温菌であるナミダタケの生物劣化による接合部強度低下の影響を実験的に明らかにし、その結果に基づいた非破壊評価技術を検討する必要がある。

10.6 構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討

昨年度に得られた「菌糸接種から質量減少が確認されるまでの期間は、湿潤状態では 2 ヶ月程度、乾湿繰り返し状態では 4 ヶ月程度が必要」との知見について、補足データを採取した。具体的には、質量減少率が 3%以下となる場合の菌糸の成長を電子顕微鏡で観察し、湿度状態と菌糸成長の関係について一定の傾向を見出した。

今後は、温度一定の実験室における材料レベルの挙動が確認されたため、温度変動や壁体構成を勘案した検討を行うとともに、判断基準策定に資する予備データを収集してゆくことも必要である。

10.7 小屋裏換気口の要求性能に関する検討

これまでの検討で得られた知見を検証・補足するために、実住宅における天井の隙間量や下屋の換気量などについて新たな実測・実験を実施し、従来の知見を裏付ける結果を得ている。ただ、現時点では評価上のパラメータの 1 つである、天井隙間量のデータが少なく、現時点では市場に存在する各種工法への対応が難しい。

今後は、各種工法の試験体を作成し、これらのデータ収集を行う必要がある。

10.8 接合金物の耐久性評価に関する検討

接合金物・接合具の耐久性基準を明らかにすることを最終目的に、その第 4 年度目として、全国 4 箇所において保存処理木材 16 種と金物防錆処理 18 種の組み合わせに関する屋外曝露試験と耐湿試験を継続実施するとともに、新たに室内空間における曝露実験を実施し、使用環境別の発錆度の違いを検証している。また、錆の程度を定量化する方法として錆の RGB 画像を解析する手法を導入し、従来は主観的に区分されていた腐食度を客観的に評価する技術を開発した。その結果、従来の腐食度判定には一部修正が必要となることを見出している。

今後は、屋内曝露実験の経過観察、試験法の適否検討、接合金物・接合具の発錆時構造性能検証、画像解析方法の改良、発錆に対する樹種の影響の調査、保存薬剤の溶剤等の影響の調査などを継続して実施していくことが必要である。

10.9 長期優良住宅における維持管理に関する検討

長期優良住宅の維持保全計画のあるべき姿を明らかにすることを目的に、本研究の初年度に実施した実態調査の継続として、維持保全計画の作成方法、点検周期の決定方法、地

域性への考慮の有無および今後の展望などについてアンケート調査を実施した。また、地域別の気候差を考慮した維持管理の最適化について昨年引き続き検討を加えた。

今後は、維持管理計画の基本案と様々な因子による重み付けに関する考え方を明らかにすることが必要である。その際、他の TG のこれまでの成果を活用すると同時に、本 TG 独自の調査を行い、実効性のある維持保全計画のありようについて指針を定めていく必要がある。

以上、本年度は各 TG とも本研究プロジェクトの第 4 年度目（最終年度）として、昨年度に引き続き実験、調査を継続するとともに、最終成果物を得るべく作業を行った。これらの中には研究実施当初に掲げた目標を達成できたものもある一方、様々な事情から未だ十分な成果を出しきれていないものもある。各検討 TG に残された課題については、今後、その内容を十分精査するとともに、当初意図した成果物を得るための方策について再検討していくことも必要であろう。