

木造長期優良住宅の総合的検証事業

平成 22 年度成果報告会

日時：平成23年11月10日(木) 11:00～16:30

場所：発明会館ホール(発明会館 B1F)

主催：株式会社日本システム設計

日本木材防腐工業組合

一般社団法人木を活かす建築推進協議会

一般社団法人建築性能基準推進協会

共催：国土交通省国土技術政策総合研究所

社団法人日本木材保存協会

第3部木造長期優良住宅の総合的検証事業 耐久性分科会成果報告

1. 検討の背景と目的

関東学院大学・工学部・建築学科

中島 正夫

1 検討の背景と目的

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。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。

耐久性分科会では、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、下記に記す様々な項目について検討を加えた。

2 検討の枠組みと検討項目

2.1 検討の枠組み

上記の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の基準に関わる根拠資料、もしくは基準解説の追記事項を誘導する根拠資料。

2.2 検討項目

以上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、実態に則した防腐防蟻処理範囲の検討をする。

検討項目：

- ①各種シロアリ分布、被害実態に関する検証：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での分布状況を明らかにする。
- ②腐朽危険度に関する検証：わが国における建築加害菌の調査を行い、これまで系統的に明らかにされていない建築物を加害する菌をDNA解析により特定する。また、培養が可能であったものについては、純粋培養し菌種毎に生育適温を求め、生育適温とマイクロクライメートとの関係を明らかにする。

2) 保存処理の耐久性と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保存処理薬剤の現状と表面処理、加圧処理の耐用年数評価を行う。
- ②加圧処理材の加工部の処理等についてまとめる。また、ステークテスト結果と成分の溶脱量を調査する。

3) 耐久性向上措置としての新構法の健全度実態調査

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新構法住宅の事故例を含めた健全度調査の実施
- ②中古住宅の健全度実態調査データの収集と分析

4) 接合部の強度劣化評価

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) 構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討

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建築研究所で検討中のシミュレーション手法を応用し、温湿度変動と腐朽との関係づけを行う。
- ②外壁通気工法、各部換気工法等の躯体乾燥性能に関する評価を実験的に実施するとともに、文献調査を実施する。
- 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) 接合金物の耐久性評価に関する検討

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かかわらず、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、そのあるべき防錆処理基準について明らかにする。

検討項目：

- ①既往の実験・調査データ（金属組成、メッキ種別と仕様、溶接品質など）収集と分析
- ②追加で検討すべき実験検討項目の洗い出し（特に劣化度と耐力との関係性に関するもの）
- ③金物、接合具の新たな品質基準の検討

なお、維持管理に関する検討については、2010年度以降に開始されており、今回の報告には含まれない。

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：長期優良住宅で認定されている維持保全計画の多くが、立地、仕様、工法などの個別の住宅特性を配慮しない画一的なものとなっている可能性がある。これらの特性を踏まえた実効性のある維持保全計画のあり方を検討する必要がある。

検討項目：

- ①長期優良住宅の維持保全計画の実態調査
- ②長期優良住宅を建設している工務店、ハウスメーカーの意識調査

3 検討体制

以上の本年度検討項目を実施していくために、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) 劣化外力の再評価→劣化外力検討 TG

構成：大村和香子（TG 幹事）、桃原郁夫、加藤英雄（以上、森林総合研究所）鮫島正浩、佐藤雅俊（以上、東京大学大学院農学生命科学研究科）、土居修一（筑波大学大学院生命環境科学研究科）、南山和也（(社) 日本しろあり対策協会）

2) 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

構成：桃原郁夫（TG 幹事）、浅井岳人（三井化学アグロ）、手塚大介（兼松日産農林）、佐野敦子（(社) 日本住宅・木材技術センター）、隅田太（全国木材検査・研究協会）、田村彰（(財) 日本合板検査会）、須田久美（住友林業（株））

3) 耐久性向上措置としての新構法の健全度実態調査→劣化対策検討 TG

構成：佐藤雅俊（TG 幹事）（前出）、中島正夫（関東学院大学工学部建築学科）、宮村雅史（国土政策技術総合研究所）、斎藤宏昭（(独) 建築研究所）、大村和香子（前出）

4) 接合部の強度劣化評価→強度劣化検討 TG

構成：加藤英雄（TG 幹事）（前出）、桃原郁夫（前出）、大村和香子（前出）、土居修一（前出）、森拓郎（京都大学生存圏研究所）、中川貴文（(独) 建築研究所）、廣瀬博宣（廣瀬産業（株））

5) 構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討→劣化対策検討 TG

構成：斎藤宏昭（TG 幹事）、土居修一、佐藤雅俊、中島正夫（いずれも前出）

6) 接合金物の耐久性評価に関する検討→接合金物検討 TG

構成：石山央樹（TG 幹事）（住友林業（株））、佐藤雅俊（前出）、本橋健司（芝浦工業大学工学部建築学科）、飯島敏夫（(社) 日本住宅・木材技術センター）、中島正夫、斎藤宏昭、森拓郎、中川貴文（いずれも前出）、野田康信（北海道立総合研究機構）

7) 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

構成：藤井義久（TG 幹事・京都大学大学院農学研究科）、中島正夫（前出）、堤洋樹（前橋工科大学建築学科）、藤平真紀子（奈良女子大学生活環境学部）

なお、これらのTGをサポートする事務局は、(社) 日本木材保存協会、木材防腐工業組合内に設置した。また、槌本敬大氏（国土政策技術総合研究所）には協力委員として全てのTGに参加していただいた。

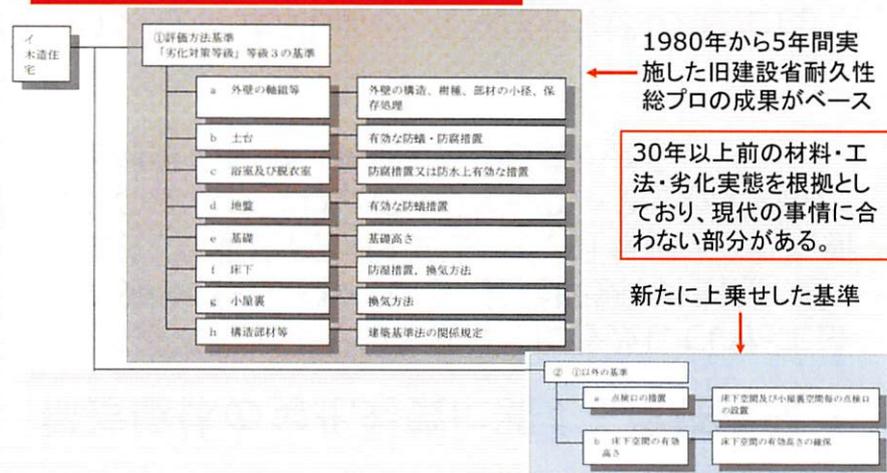
耐久性分科会における検討の背景と目的

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

木造長期優良住宅の耐久性に関する認定基準の構成と課題—構造躯体の劣化対策



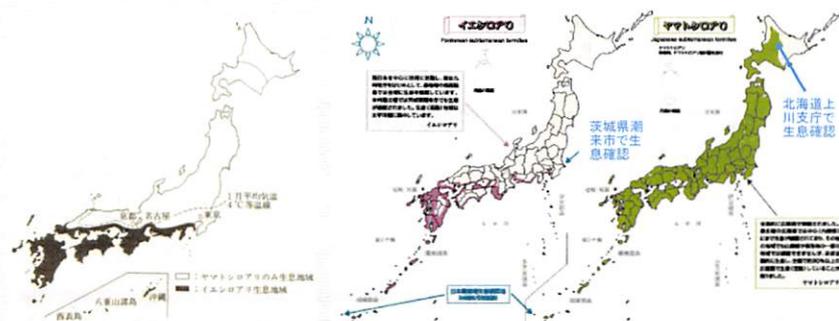
出典：長期優良住宅認定マニュアル、(財)ベターリビング、一般社団法人住宅性能評価・表示協会

耐久性総プロ以前と現代における木造住宅構造の主な相違点

部位	耐久性総プロ以前	現代
木材保存	CCA、クレオソート等の薬剤による防腐、防蟻	CCAの使用中止/高耐朽樹種の心材・心持ち材の使用
基礎構造	布基礎+切り欠き型換気口	べた基礎+切り欠き型換気口/ねこ土台換気の普及
基礎断熱	なし	仕様によっては基礎の内/外を断熱
床下地盤面	露出地盤+土壌処理	鉄筋入りコンクリートによる防湿
外壁工法	下見板/モルタルの直塗り	外壁通気工法の普及
浴室工法	現場施工浴室	ユニットバスの普及
断熱工法	なし/簡易な充填断熱	高気密高断熱工法/外張り断熱工法
バルコニー	なし/外付け	躯体一体型のルーフバルコニーの流行
接合部	継手・仕口主体で金物は補助的	金物、接合具を主体とした接合

耐久性総プロ当時と現代における劣化外力の変化

シロアリ分布の場合



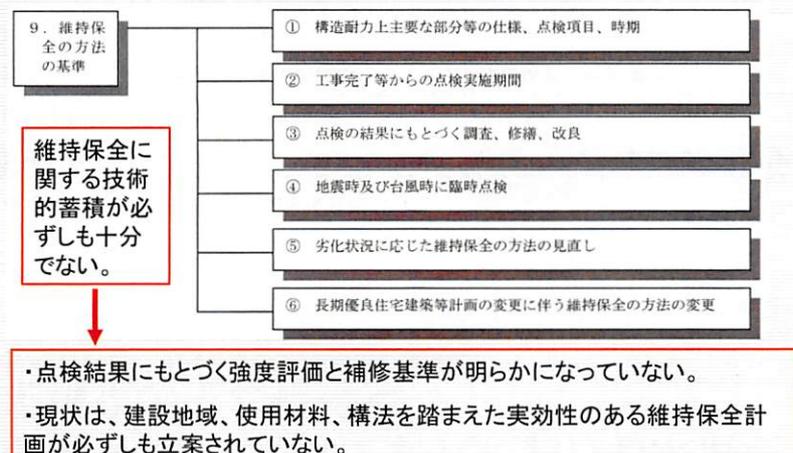
耐久性総プロ当時のシロアリ分布図

現代のシロアリ分布図

出典：木造建築物の耐久性向上技術、建設大臣官房技術調査室監修、1986

出典：日本のシロアリ分布、(社)日本しろあり対策協会、2002

木造長期優良住宅の耐久性に関する認定基準の構成と課題－維持保全



図出典：長期優良住宅認定マニュアル、(財)ベターリビング、一般社団法人住宅性能評価・表示協会

構造躯体の劣化対策に関する検証課題 1

近年、温暖化などの影響から各種劣化因子生物の生息範囲が変化している。これらの生物劣化外力の再評価が必要ではないか？また、これらの実態に則した防腐防蟻処理基準を明らかにする必要があるのではないか？



劣化外力の再評価(劣化外力検討TG(幹事:森林総研 桃原郁夫+大村和香子))

構造躯体の劣化対策に関する検証課題 2

CCAに代表される効力継続期間の長い薬剤が使えなくなっている現在、各種保存処理材の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ことが必要ではないか？



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:森林総研 桃原郁夫))

構造躯体の劣化対策に関する検証課題 3

現行基準はおよそ30年前までに普及していた工法に準拠して作成されている。基礎断熱、外断熱、通気工法、高気密高断熱工法など、近年導入された新工法の劣化性状はどのようなものか？それぞれの劣化対策の評価、検証を行う必要がある。



耐久性向上措置としての新構法の健全度実態調査(劣化対策検討TG(幹事:東大 佐藤雅俊))

構造躯体の劣化対策に関する検証課題 4

現代工法の主流は躯体を部位内に密閉する工法である。これらの空間内における腐朽菌の発芽限界を明らかにし、木部の耐久性上有害な結露判定のための資料を得る必要があるのではないか？



・構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討+小屋裏換気に関する検討

(劣化対策検討TG (幹事:建築研究所 斎藤宏昭))

維持保全に関する検証課題 1

躯体の適切なメンテナンスを実施する上で、構造体に劣化が生じた場合の強度低下を評価することは必要不可欠である。特に、生物劣化が接合部強度低下へ与える影響を実験的に明らかにする必要があるのではないか？



接合部の強度劣化評価(強度劣化TG(幹事:森林総研 加藤英雄))

構造躯体の劣化対策に関する検証課題 5

平成12年の基準法改正後、接合金物や接合金具の構造的な重要性が増しているにもかかわらず、長期耐用住宅に対する防錆基準等は未整備の状況である。構造躯体接合部における金物、接合金具の劣化特性を把握し、そのあるべき防錆処理基準について明らかにする必要があるのではないか？



接合金物の耐久性評価に関する検討(接合金物TG(幹事:住友林業 石山央樹))

維持保全に関する検証課題 2

長期優良住宅で認定されている維持保全計画の多くが、立地、仕様、工法などの個別の住宅特性を配慮しない画一的なものとなっていないか？これらの特性を踏まえた実効性のある維持保全計画のあり方を検討する必要があるのではないか？



長期優良住宅における維持管理に関する検討(維持保全検討TG(幹事:京大 藤井義久))

おわりに

- 平成22年度においては、昨年度設定したそれぞれの研究課題に対して精力的な検討が進められた。各TGの幹事をはじめ、検討メンバーのご尽力に感謝申し上げます。
 - なお、皆様からの忌憚のないご批判、ご指導をいただければ幸いである。
-

2 家屋におけるシロアリ・腐朽被害実態に関する検証

○大村和香子、桃原都夫*
黒田泰壽 南山和也**

1. 目的

家屋における生物劣化危険度（ハザード）を検証することを目的として、シロアリ・腐朽被害実態調査アンケートを実施し、家屋に実際被害を及ぼしているシロアリの種類別の被害分布域を明らかにするとともに、家屋へのシロアリ侵入経路やシロアリ・腐朽の生じやすい部位等を確認し、家屋におけるシロアリ・腐朽被害のハザードを評価した。

2. 方法

昨年度、(社)日本しろあり対策協会の8支部計15社に対して、各社が通常営業時に使用する物件調査報告書の提供を依頼し、提供された物件調査報告書をもとに、「シロアリ・腐朽被害実態調査アンケート」(図)の各項目を作成した。

本アンケートは(社)日本しろあり対策協会傘下の登録施工業者813社に対して配布し、1社あたり50件の回答協力を行った。得られた回答をもとに、イエシロアリ、ヤマトシロアリの家屋における被害北限を確認するとともに、各項目間の関連データ解析を行った。

なお、回答の対象となった各物件については、協力いただいた登録施工業者の方々が日常のシロアリ防除業活動において取り扱っている物件であり、新たなランダムサンプリングを行ったものではないことを最初に明記しておく。

シロアリ・腐朽被害実態調査アンケート

1. 会社名 _____

2. 所在地 市区町村 _____

3. 被害物件に関する情報 _____

11) 築年 期・通・向・番 _____ 市・区・町 _____

12) 調査年月日 平成 _____ 年 _____ 月 _____ 日

これは別の欄には、番号および回答する欄に○を記入して下さい

13) 調査時点の築年数 1. 1～5年 2. 6～10年 3. 11～15年
4. 16～20年 5. 21～30年 6. 31年以上 7. 不明

14) 過去5年間の予防処置の有無 1. 行なった 2. 行っていない 3. 不明

15) 経路確認 1. 不慮作業工法 2. 不慮2×4工法 3. 不慮プレハブ
4. 既存造 5. 既造 6. その他()

16) 経路確認 1. 平屋造 2. 2階造 3. 3階造 4. 集合住宅 5. その他()

17) 基礎確認 1. 基礎壁+土壌あらかし 2. 基礎壁+防湿シート設置 3. 基礎壁+土壌コン
4. 基礎+基礎で 5. ベタ基礎 6. その他() 7. 不明

18) 基礎確認 1. 基礎外側部 2. 基礎内側部 3. 基礎確認なし 4. 不明

19) 基礎確認 (付かない) ()

20) 地下換気方式 1. 換気口設置 2. 土間換気 3. 1と2の併用
4. 換気口なし (基礎確認の場合のみ) 5. 不明

21) 土間換気方式 1. モルタル塗り 2. サイディング張り 3. その他 4. 不明

22) 外壁確認 1. あり 2. なし 3. 不明

23) 防湿確認 1. ユニットバス 2. 防湿紙(化繊)設置 3. 不明

24) シロアリの種類 1. イエシロアリ 2. ヤマトシロアリ
3. 既知シロアリ 4. その他 5. 不明(複数可)

25) 被害箇所 1. 玄関・勝手口: 被害/既知/なし 2. 浴室: 被害/既知/なし
3. 洗面所・脱衣所: 被害/既知/なし 4. トイレ: 被害/既知/なし
5. 台所: 被害/既知/なし 6. 和室: 被害/既知/なし
7. 洋室: 被害/既知/なし 8. バルコニー・テラス: 被害/既知/なし
9. 2階・小部屋: 被害/既知/なし 10. その他() 11. 被害なし

26) シロアリ侵入経路 1. 基礎外側壁立ち上がり部の隙間 2. 基礎壁のべた基礎壁際壁立ち上がり部の打ち目
3. 基礎壁の土間換気口 4. 基礎壁の水回り穴 5. 基礎と配管の隙間
6. 基礎壁の換気口 7. 基礎壁の防湿シート 8. 地下コンクリート部の隙間
9. 開口部より基礎立ち上がり部の隙間 10. 黒色樹脂の隙間
11. その他() 12. 不明

27) 防湿リ・水回り・浴室 があった場合の発生経路 1. 配管周り 2. 排水 3. バルコニー周り 4. 窓周り 5. 壁際(小部屋)
6. 壁際と外壁の隙間等 7. その他()

28) その他 被害が不明な箇所がありましたら書き添して下さい。

()

図 シロアリ・腐朽被害実態調査アンケート書式

3. 結果と考察

アンケート協力依頼の結果、全国から2,839件の回答を得た。

3.1 ヤマトシロアリ被害家屋の北限と北海道におけるシロアリ被害実態

今回の調査結果では、被害家屋の北限は北海道札幌市(北緯43度7分、141度35分)であった。ヤマトシロアリの現在の野外分布北限は北海道名寄市(北緯44度37分、東経142度46分)であり¹⁾、これまでの被害家屋の北限は北海道留萌市(北緯43度96分、東経141度64分)である^{1),2)}。

今回の北海道からのアンケート回収の内訳をみると合計8件で、そのうち札幌市6件、北広島市1件、函館市1件であり、留萌市からの回答はなかった。

3.2 イエシロアリ被害家屋の北限

今回の調査では、イエシロアリの被害家屋北限は千葉県旭市(北緯35度73分、東経140度64分)であった。イエシロアリの現在の野外分布北限は未確認であり、被害家屋の北限である茨城県潮来市(北緯35度95分、東経140度56分)が分布北限とされている³⁾。

イエシロアリによる野外分布域以外での家屋被害は、2010年には栃木県佐野市、2011年には茨城県結城市、過去にも福井県福井市でも報じられている。また、イエシロアリが千葉県館山市付近の野外に定着したのは、宮崎から防風林用のマツ類を移植した際、そのマツに付着していたイエシロアリ巣が原因と考えられている。このような事例はイエシロアリの人為的な移入によるものである。イエシロアリの分布北限は1月の平均気温4℃のラインと一致するとされ^{4),5)}、昨年度アメダスの2009年1月の平均気温をもとに作成した1月の平均気温4℃のラインをみると、南側ラインがかなり内陸まで到達していることがわかる。さらに北側の海側にも同じ気温ラインが出現することから、今後も人為的な移入によりイエシロアリの新たな被害家屋北限、分布北限が生じる危険性があると考えられる。

3.3 調査物件の被害原因の地域別件数

今回の調査では築21年以上の物件が半数以上を占めていた。

全国から回収した2,839件のうち、ヤマトシロアリ、イエシロアリ、乾材シロアリいずれかによる被害が認められたのは、種不明1件(宮城県仙台市)を含め合計2,435件であった。なお、全国で腐朽のみ認められた物件数は39件、蟻害も腐朽も認められなかった物件数は365件であった。

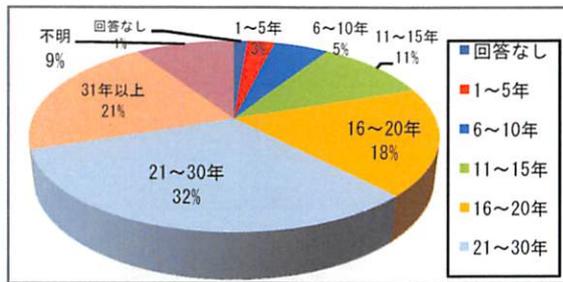


図2 調査物件の築年数別割合

表1に調査物件の各地域における被害原因について示す。本表より今回のシロアリ被害実態調査においては、ヤマトシロアリによる被害が2033件、イエシロアリによる被害が389件回答されており、地域別では南下するほどイエシロアリによる被害が多く回答・回収される傾向を示した。乾材シロアリによる被害を回答した物件数は全国で12件あり、内訳は関東7件、関西4件、九州・沖縄1件であった。

表1 調査物件の地域別被害原因内訳

地域	調査全件数	腐朽被害件数	シロアリ被害件数			
			イエシロアリ	ヤマトシロアリ	乾材シロアリ	合計
北海道・東北	227	2	0	218	0	218(+1) ^(*)
関東	473	21	6	328	7	346
北陸・信越	230	1	0	222	0	222
東海	187	0	6	141	0	147
関西	458	3	62	350	4	412
中国	491	8	9	426	0	435
四国	195	2	20	163	0	183
九州・沖縄	565	2	283	182	1	465
回答なし	13	0	3	3	0	6
合計	2839	39	389	2033	12	2434(+1) ^(*)

3.4 蟻害もしくは腐朽の発生箇所とその発生件数

表2に蟻害もしくは腐朽の発生箇所とその発生件数を示す。

蟻害は和室で最も多く、浴室、玄関・勝手口、洗面所と続く。一方、腐朽は浴室や洗面所といった‘水廻り’で多く、またこれらの‘水廻り’では蟻害と腐朽が併発している割合が比較的高く、蟻害もしくは腐朽が認められた件数のうち浴室では25%、洗面所では22%が蟻害と腐朽の併発が生じていた。

表2 蟻害・腐朽の発生箇所とその発生件数(件数)

発生件数	蟻害(蟻害のみ)	腐朽(腐朽のみ)	蟻害と腐朽の併発
玄関/勝手口	923(858)	100(35)	65
浴室	1002(736)	334(68)	266
洗面所	757(575)	245(63)	182
トイレ	520(441)	135(56)	79
台所	597(512)	136(51)	85
和室	1112(992)	163(43)	120
洋室	416(364)	88(36)	52
バルコニー/テラス	74(64)	13(3)	10
2階/小屋裏	205(193)	13(1)	12
その他	205(205)	0(0)	0

*1 独立行政法人森林総合研究所

**2 社団法人日本しろあり対策協会

3.5 シロアリ被害確認物件における被害箇所

表3にシロアリ被害家屋における被害箇所を示す。

従来から報告されているように⁶⁾、特にヤマトシロアリに関しては浴室、洗面所、トイレ、台所といった‘水廻り’で被害を及ぼすケースが多かったが、玄関/勝手口における被害件数も非常に多いという結果が示された。さらにイエシロアリに関しては、ヤマトシロアリと比較して2階~小屋裏において発生する事例が多くみられた。

表3 シロアリ被害家屋における被害箇所(件数)

	イエシロアリ	ヤマトシロアリ	乾材シロアリ	その他	不明	種名の回答なし	合計
玄関/勝手口	165	719	3	0	0	36	923
浴室	146	816	0	0	0	40	1002
洗面所	130	603	0	0	0	24	757
トイレ	98	405	2	0	0	15	520
台所	117	459	3	0	0	18	597
和室	210	870	5	0	0	27	1112
洋室	103	293	3	0	0	17	416
バルコニー/テラス	33	40	0	0	0	1	74
2階/小屋裏	150	44	9	0	0	2	205
その他	54	146	1	0	1	3	205

3.6 雨漏り・水漏れ・結露の各発生箇所

表4に調査家屋における雨漏り・水漏れ・結露の各発生箇所を示す。外壁、配管周り、窓周りでの雨漏り・水漏れ事故が多く生じていることが明らかとなった。雨漏り・水漏れ・結露といった液状水の滞留は将来的に腐朽被害を生じさせることから、家屋内のこれらの箇所についてもシロアリ被害の点検の際に確認し、補修等の対策を講じるべく施主等に伝える必要がある。

表4 調査家屋における雨漏り・水漏れ・結露の各発生箇所(件数)

雨漏り・水漏れ・結露の発生場所	配管周り	外壁	バルコニー周り	窓周り	屋根(小屋裏)	屋根と外壁の取り合い部	その他
発生数	71	107	45	62	30	42	80

【謝辞】この度の東日本大震災では、今回のアンケートにご協力くださいました中にも被災された方々がおられます。アンケートのご協力にお礼申し上げますとともに、心よりお見舞い申し上げます。

【参考文献】

- 1) 青山修三, 村上竜彦: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, 9-15, 2003.
- 2) 青山修三, 村上竜彦: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, 10-15, 2005.
- 3) 森本桂, 竹松葉子:しろあり及び腐朽防除施工士の基礎知識, (社)日本しろあり対策協会編, 11-40, 2010.
- 4) Abe, Y. :On the distribution of the oriental termite, *Coptotermes formosanus* Shiraki in Japan. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. IV ser. Biology, XI(4), pp. 453-472.
- 5) Morimoto, K. :Biology of termites in the Far East. Rev. Plant Prot. Res., 8, 29-40, 1975.
- 6) 大村和香子:昆虫および海虫による劣化, 木材工業ハンドブック改訂4版, 森林総合研究所監修, 丸善, 789-796, 2004.

*1 Forestry and Forest Products Research Institute

**2 The Japan Termite Control Association

3 腐朽危険度に関する検証

和田朋子*、五十嵐圭日子*、鮫島正浩*

吉田誠**、堀澤栄***

○桃原郁夫****、土居修一*****

はじめに

林康夫は 2003 年の総説で「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¹⁾。また、我々は平成 21 年度の事業で 1928 年から 2003 年までに報告された日本における建築害菌に関する総説を分析し、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。

そこで本事業では、最新の遺伝子配列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・同定することを目的に、ITS 領域の遺伝子配列の違いを利用した同定および変性剤濃度勾配ゲル電気泳動 (DGGE) 法を用いた種の同定に関する研究をおこなった。

実験

供試体

高田馬場 M 邸 (築 60 年、昭和 33 年増築・改修) から採取した土台から切り出した木片を試験に用いた。

ITS 領域の遺伝子配列の違いを利用した同定

高田の馬場 M 邸の土台からサンプル①～③を切り取り (図 1)、そこからさらに約 1 辺が 10mm 程度の小試験片を調製した。また、M 邸の別の土台から木粉を採取した (図 2)。小試験片および木粉を液体窒素下粉砕し、得られた木粉からゲノム DNA を 100 μ l の 1 mM EDTA を含む 10 mM Tris-HCl 緩衝液 (TE, pH 8.0) に溶出させた。

各ゲノム DNA 溶液を鋳型に Phi29 DNA ポリメラーゼによる非特異的増幅過程で得られた反応液を鋳型として ITS1-F, ITS4-B を用いてリボソーマル DNA の ITS 領域を増幅した²⁾。PCR で得られた DNA 断片をベクターに結合し大腸菌を形質転換した。得られた形質転換株のコロニーを任意に選択し、プラスミド DNA の増

幅を行った後、ITS 領域の塩基配列を決定した。

変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法を用いた種の同定

サンプル①の木片 (図 1) から一辺約 10 mm の小試験片を 12 個から切り出し破碎した。各ゲノム DNA 溶液を非特異的に増幅した後、糸状菌に特異的なプライマー ITS1-F-DGGE、ITS2 を用いて PCR 増幅した。

40%ホルムアミド、7 M 尿素を終濃度とする変性剤を 20-70%の直線勾配として含む 8%ポリアクリルアミドゲルを用いた DGGE の後、各 DNA 断片をゲルから切り出し精製した。精製された DNA 溶液を鋳型に PCR 増幅をおこなった。得られた PCR 反応産物は精製した後、DNA sequencer を用いて塩基配列を取得し、その塩基配列を米国立医学図書館の生物工学情報センター (NCBI) の相同性検索アルゴリズム (Basic Local Alignment Search Tool using a nucleotide query, blastn) で解析した。

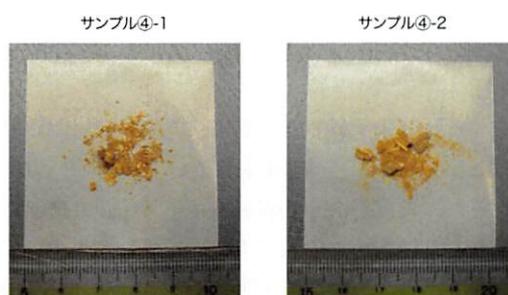


図 2 M 邸土台から採取した木粉

結果と考察

M 邸のサンプルから抽出した遺伝子を ITS 領域の遺伝子配列の違いを利用して同定した結果、既知の木材腐朽菌としては、①-a から *Coniophoraputeana* (Identity 98 %)が 1 個体、①-d, ①-e から *Schizophyllum commune* (Identity 97-100 %)がそれぞれ 4 個体、5 個体検出された (図 3)。その他の担子菌類としては、①-b から Uncultured Basidiomycetes (以下、「Uncul. Bas.」) (A)が 2 個体、*Trechisporasubsphaerospora* (Identity 87 %)が 1 個体、①-d から *Gymnopilusuberis* (Identity 100 %)が 2 個体検出された。また、サンプル②③からは 2 種の Uncul. Bas. (A)と(B)のみ検出された。

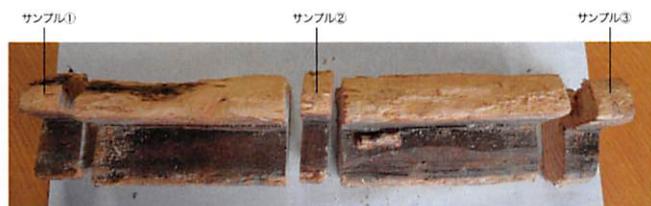


図 1 M 邸から採取した試験体

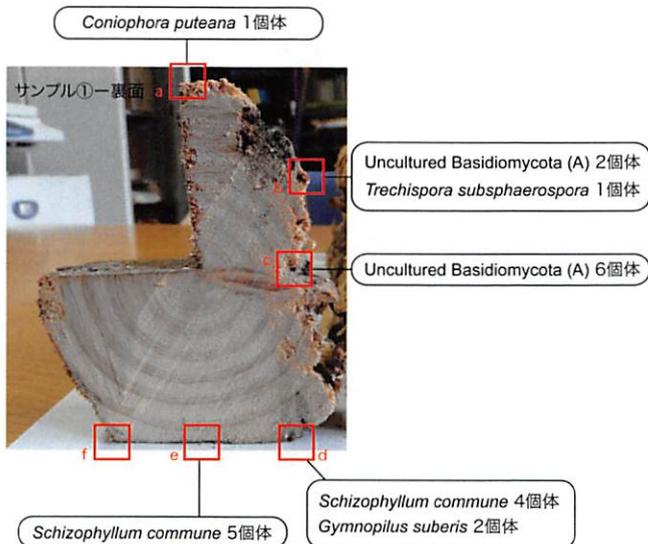


図3 サンプル①の木粉調製箇所と検出された腐朽菌

一方、サンプル①～③とは別の土台から採取した木粉から抽出した遺伝子を同定した結果、サンプル④-1からは担子菌遺伝子が検出されず、④-2のみから *Schizophyllum commune* (Identity 99%)の遺伝子が検出された。

M 邸の土台材から抽出した遺伝子を DGGE で分離し解析した結果を図4に示す。

DGGE 法において解析ができた配列の73%以上が未培養性の菌(Uncultured fungus)と相関性が高いことが明らかとなった。また、子う菌 *Mycosphaerella*、*Trichoderma* に属する菌が検出されたが、それらはそれぞれ植物の葉などの条斑病原菌、高いセルラーゼ活性を持つ菌として知られている。一方、担子菌としては、針葉樹材に生える木材腐朽菌である *Gymnopilus* が検出された。*Gymnopilus subpurpuratus* は ITS 領域を用いた同定でも確認されており今回調査した土台材の分解に関与する菌である可能性が高い。DGGE 法では糸状菌特異的プライマー対を用いたことから木材腐朽担子菌の他、木材分解に関

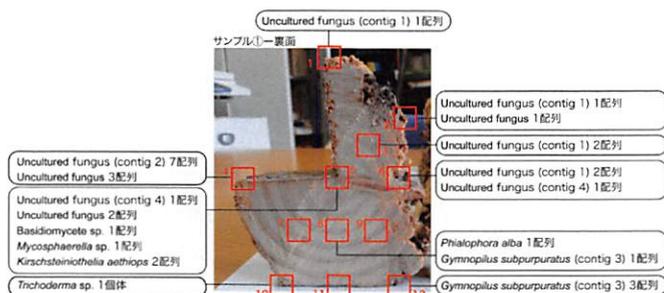


図4 DGGE 法で検出された糸状菌とその採取箇所

わる子う菌等も検出された。木材分解の引き金となる木材腐朽性の担子菌と未培養菌や子う菌など様々な菌が協働して木材を腐朽していることが示唆された。

サンプル①で複数種の木材腐朽菌や担子菌が箇所ごとに異なる存在比で検出されことから、1つの腐朽木片という微小環境中でも環境要因は異なり、それに応じて多くの菌が同時並行的に木材を腐朽していると推察された。同じ木片からでもサンプリング箇所によって菌の構成比が異なることが示されたことから、腐朽木材中から木材腐朽に関わる菌類をモニタリングする際にはサンプリング箇所が重要となることが示された。

多くの木材腐朽菌は Agaricomycetes (ハラタケ綱) の Agaricomycetidae (ハラタケ亜綱) あるいは incertae sedis (所属不明) に分類される。表1に主要な白色腐朽菌、褐色腐朽菌や住宅害菌として知られている木材腐朽菌を記したが、白色腐朽菌と褐色腐朽菌は異なる腐朽形態を呈するにも関わらず分類学上は混在して存在している。本研究で同定された既知の担子菌のうち、*Schizophyllum commune*、*Coniophora puteana* は建築害菌として知られているが、その他の *Trechispora subsphaerospora* や、*Gymnopilus suberis* は建築害菌としてあまり知られていない。また、その多くは Agaricomycetes (ハラタケ綱) の Agaricomycetidae (ハラタケ亜綱) に属していた。

今後、このような解析を続けることにより、建築物の腐朽に関与する木材腐朽菌や、木材腐朽菌と共同して作用する子う菌に関する情報が体系的に整理されると考えられた。

表1 検出された糸状菌と他の腐朽菌との分類学上の位置関係

分類(目)	主要白色腐朽菌	主要褐色腐朽菌	検出された属
ハラタケ目 (Agaricales)	カイガラタケ スエヒロタケ		<i>Gymnopilus</i> <i>Schizophyllum</i>
イグチ目 (Boletales)		ナミダタケ イドタケ イチョウタケ	<i>Coniophora</i>
コウヤクタケ目 (Corticiales)	<i>Phanerochaete</i> <i>Sistotrema</i> <i>Phlebia</i>		
キカイガラタケ目 (Gloeophyllales)		マツオオジ キカイガラタケ	
サルノコシカケ目 (Polyporales)	カワラタケ ホシゲタケ ヒイロタケ	ワタゲサレタケ オオウズラタケ	
トレキスポラ目 (Trechisporales)	—	—	<i>Trechispora</i>

参考文献

- 1) 林康夫、文化財の虫菌害、45:24-35 (2003)
- 2) 和田朋子他、木材保存、35:57-65 (2009)
- 3) 中田裕治他、木材保存、36:100-110 (2010)

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

*The University of Tokyo
 **Tokyo university of agriculture and technology
 *** Kochi university of technology
 **** Forestry and Forest Research Institute
 ***** University of Tsukuba

4 保存処理の耐久性と耐久性能に関する検討

○桃原郁夫*、浅井岳人**、佐野敦子***
手塚大介***、赤堀裕一****、前田恵史****

はじめに

近年の住宅は 75~90 年の耐用を目標として設計されていることから、保存処理木材についても同程度もしくはそれ以上の耐久性が期待される。

これまで保存処理木材（防腐木材）の防腐性能・防蟻性能に関しては多くの報告があるものの、乾燥した環境に置かれた保存処理木材中で薬剤の有効成分がどのように変化し、防腐・防蟻性能がどのように低下していくのかに関する情報はなかった。

そこで本研究では、適切に維持管理され乾燥した住宅部材を想定し、そこに含まれる木材保存剤が経時的にどのように減少していくのかを、高温環境下での促進暴露試験によって推定することを試みた。

実験

加圧処理用木材保存剤を用いた検討

住宅部材を想定した際に重要と考えられる木材保存剤として表 1 に掲げた 5 種の薬剤のいずれかを水または有機溶剤で希釈し、10×10×20 (L) mm のスギ辺材試験体に減圧（加圧）注入した。なお、木材保存剤注入時の薬液濃度は、注入されたスギ辺材試験体の吸収量が製材の日本農林規格が規定する性能区分 K3 を若干上回る値となるよう設定した。以下に、製材の日本農林規格が規定する吸収量を記す。暴露試験には、注入処理された試験体の中から、吸収量が各処理試験体の吸収量分布の平均値から 1 σ 以内にあり、その値が性能区分 K3 の基準を上回るものを使用した。

表 1 木材保存剤の種類と吸収量

木材保存剤の記号	吸収量(kg/m ³)
AAC-1	第四級アンモニウム(DDAC)として 4.5 kg/m ³ 以上
SAAC	第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物として 2.5 kg/m ³ 以上
ACQ-1	銅・アルキルアンモニウム化合物として 2.6 kg/m ³ 以上
CUAZ	銅・シプロコナゾール化合物として 1.0 kg/m ³
AZN	アゾール・ネオニコチノイド化合物として 0.15 kg/m ³

木材保存剤を注入した処理供試体は、室内で 1~2 週間養生した後、促進暴露試験に供した。

促進暴露試験は三井化学アグロ（株）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℃、80℃の環境下に所定期間放置した。

その際、50℃及び 80℃での促進暴露は乾燥器を用いておこない、暴露時の湿度については特に調整しなかった。

所定期間、所定温度の促進暴露を経た処理供試体を三井化学アグロ（株）より（財）日本住宅・木材技術センターおよび各防腐会社に送付し、残存有効成分を分析した。なお分析の際は、全ての試験体を未暴露試験体と同一の手順に従って分析した。

表面処理用木材保存剤有効成分を用いた検討

表面処理用木材保存剤の有効成分として防蟻 5 薬剤（ペルメトリン、ピフェントリン、イミダクロプリド、チアメトキサム、エトフェンプロックス）および防腐 5 薬剤（IPBC、シプロコナゾール、テブコナゾール、プロピコナゾール、F-69）を選定し、その標品を実験に供した。

薬剤標品をメタノールに所定濃度となるよう溶解させた試料溶液 550 μl を 50ml 容の遠沈管（ディスポ製）に入れた脱脂木粉 1.5g に添加した後、風乾・真空乾燥器で溶剤を除去したものを試験サンプルとした。

上記処理方法で作製した試験サンプルを遠沈管に入れたまま、軽くふたをした後、一定期間湿度コントロールをせずに、室温、50℃、80℃の環境に暴露することで、サンプルに所定の熱付加を行った。

劣化促進期間を終了した試験サンプルを乾燥器から取り出し、薬剤処理した木粉の入った遠沈管に、0.5% 含蟻酸メタノール 40 ml を入れ、1 時間 30 分、超音波にて抽出を行った。木粉を含む抽出液をガラス繊維ろ紙および HPLC 専用のフィルターでろ過したものを分析用サンプルとした。

分析用サンプルは、予備実験から設定した測定条件を用いて HPLC で分析した。

結果と考察

加圧用木材保存剤の分析結果

図 1 に加圧処理用木材保存剤を注入した小試験片から薬剤の有効成分を抽出し分析した際の HPLC クロマトグラムを示す。周辺に定量を妨げるピークが観察されていないことから、定量分析が問題なく進行したと考えられた。今回実験に使用した加圧処理用木材保存剤の有効成分はいずれも図 1 と同様、周辺に分析を阻害するピークは認められなかった。

ピーク面積から小試験片に含まれていた薬剤濃度を計算した例を、AZN を例にとり図 2 に示す。

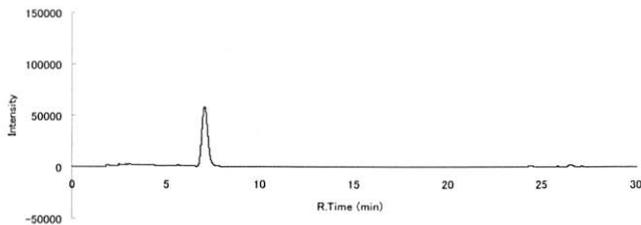


図1 加圧処理用木材保存剤で処理した小試験片の分析例
(薬剤：イミダクロプリド)

図2に示したシプロコナゾールの例では暴露3ヶ月目

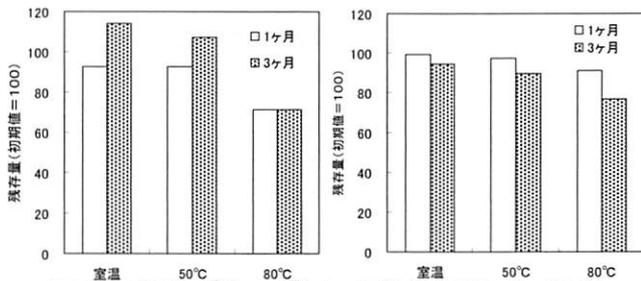


図2 異なる温度に暴露したAZN処理材に含まれるシプロコナゾール(左)およびイミダクロプリド(右)量

の方が初期値や暴露1ヶ月の試験体に含まれるシプロコナゾール濃度よりも高い値を示すものがあつた。今回の試験では、薬剤の種類を増やすために薬剤ごとの繰り返し数を1としたため、注入量のバラツキがそのまま残存量の大小に反映されたと考えられた。同様の傾向が他の薬剤でも認められたことから、初期濃度のバラツキが無視できる程度まで薬剤が減少するまで暴露期間を延長し、最中的な評価を下す必要があると考えられた。

表面処理用木材保存剤有効成分の分析結果

今回調製した処理木粉は、 $10 \times 5 \times 0.1 \text{ cm}$ の板に相当する体積 5 cm^3 、密度 0.3 g/cm^3 から算出し、この寸法の板の表面積が 50 cm^2 (側面は除く)であることから添加量(塗布量)を $550 \mu\text{l}$ とした。また、メタノール中の各薬剤標品濃度は、市販防腐・防蟻剤中の薬剤濃度を参考に設定した。

表面処理用木材保存剤の有効成分を分析した例として、シプロコナゾール標品を木粉に添加し、その定量をおこなった際のクロマトグラムを図3に示す。シプロコナゾールのピークの周囲に分析を妨害するピークが認められないことから、定量は問題なくおこなえたと考えられた。他の有効成分についても、ピーク周辺に定量を妨害する成分が検出されなかったことから、定

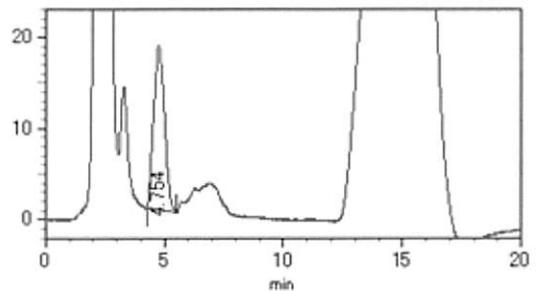


図3 脱脂木粉から抽出したシプロコナゾールのクロマトグラム

量結果の信頼性に問題は無いと考えられた。

表面処理用木材保存剤の分析については、1ヶ月目までの結果までしか出ていないため、図4にはシプロコナゾール、イミダクロプリドの1ヶ月目の残存量を初期濃度との相対値で表示した。なお、両有効成分は図2で示したAZNの有効成分と同じである。

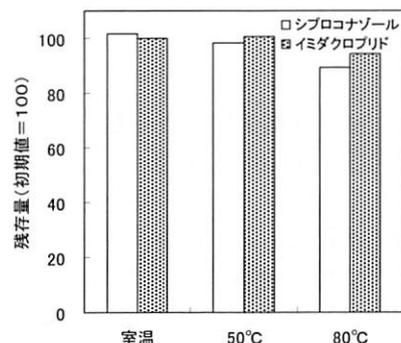


図4 シプロコナゾールまたはイミダクロプリドを添加した木粉から回収された両薬剤量

表面処理用木材保存剤の有効成分の分析では、いずれの有効成分でも加圧処理用の試験体で認められたバラツキがほとんど認められなかった。有効成分の添加・回収操作を工夫し実験誤差を最小限に抑えた結果がバラツキの少なさに表れたと考えられた。

温度を変えて暴露した処理木材中の薬剤定量を今後も継続して実施することで、長期間暴露した保存処理木材中の薬剤減少挙動に関する知見が蓄積されることが考えられた。

謝辞

表面処理用木材保存剤の選定および提供では日本木材保存剤工業会にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

* (独) 森林総合研究所
**三井化学アグロ株式会社
*** (財) 日本住宅・木材技術センター
****兼松日産農林株式会社
*****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

*Forestry and Forest Products Research Institute
**Mitsui Chemicals Agro, Inc.
***JapanHousing & WoodTechnologyCenter
****Kanematsu-NKK Corporation
*****Dainihon Wood-Preserving CO., LTD
*****Koshii Preserving CO., LTD

5 耐久性向上措置としての新構（工）法の健全度実態調査

○佐藤雅俊*1 中島正夫*2
 大村和香子*3 宮村雅史*4
 斎藤宏昭*5 植本敬大*6

1. はじめに

平成 22 年度に実施された国土交通省補助金事業である「木造長期優良住宅の総合的検証事業」の耐久性分科会における新構（工）法 TG の成果の概要について報告する。

耐久性分科会における新構（工）法 TG においては、住宅性能表示制度の導入等により耐久性向上措置として採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）に関する実態調査結果等を収集・整理することにより、これら構（工）法等の耐久性能に関する健全度を検証し、長期優良住宅に要求される耐久性能を向上させるための措置等について検討することを目的としている。

2. 調査方法

住宅建設会社、駆除会社、住宅保証団体・住宅検査会社等が所有する実態調査報告を基に、平成 12 年に公布された住宅性能評価制度において耐久性向上措置として取り上げられている新たな構（工）法に関する事故例や改修例等をヒアリング等において収集・整理した。

調査対象の構（工）法は、(1) 外断熱、(2) 高気密高断熱、(3) べた基礎、(4) 床下・小屋裏換気、(5) 壁体通気、(6) 金物等である。

調査対象項目は、(1)基本事項、(2)事故・劣化事象・改修等の概要、(3)住い方の概要、(4)劣化対象部位・事象等についてそれぞれ調査票を作成し、ヒアリングまでに対象各社宛に調査票の記入等をお願いした。また、ヒアリング調査において有効と思われる資料等に関しては、適宜、ヒアリング時に提出して頂くとともに、必要に応じてヒアリング時に詳細な資料等の依頼も行った。

調査対象とした事業所等については、昨年度、住宅メーカー等（5社：A、B、C、D、E）を対象としたが、今年度は住宅保証・検査会社等（F、G、H）が3社、外装材メーカー（I）、在来大手ハウスメーカー（J）、しろあり駆除会社（K）、住宅検査会社（L）、建築団体（M）、2×4 大手ハウスメーカー（N）の合計9社に対して実施した（表1参照）。

ここでは、住宅保証・検査会社などのヒアリング結果の一部について報告する。

3. 調査結果

調査結果の一部を表2に示す。これより、昨年の調

表1 調査対象一覧

対象名	特徴
F社	保険保証検査会社 保険法人
G社	保険保証検査会社 保険法人
H社	保険保証検査会社 検査診断専門
I社	外装材メーカー サイディング
J社	大手ハウスメーカー 木造軸組工法
K社	調査専門会社 シロアリ防除
L社	調査専門会社 インスペクション
M社	工務店 組織
N社	大手ハウスメーカー 枠組壁工法

査結果と同様に劣化が生じる可能性のある部位等に関しては、外壁や屋根など雨仕舞など水（分）に関連する箇所等がその大部分であり、特にバルコニーを含めた外壁に被害が集中している状況が看取された。主な原因としては、設計や施工のミスあるいは材料・部材等が不適切な例、さらに維持管理に関連する項目になっている。

表3にF保険保証検査会社において、特に事故事例が多いとされる木造住宅のバルコニー、外壁、屋根における事項調査事例の中で、外壁（サイディング）について部位・事故事例、考えられる原因等の一部を示す。

4. 結論と今後の課題

本年度は、新構（工）法の耐久性能の実態を調査するために保険保証検査会社を中心としたヒアリング調査を実施し、一部会社からは事故調査事例に関する資料等の収集・整理等を行った。その結果、昨年度の調査結果と同様に現代木造住宅に発生している事故例の多くは、外壁（バルコニーを含む）や屋根の防水の不具合であり、特にバルコニーを含めた外壁に被害が集中している傾向が看守された。

今後は、本年度から調査を開始した事項調査事例等の調査対象をさらに広げ調査を継続実施し、木造住宅の耐久性能を向上させるための新たな構（工）法に関する不具合事例等を調査し情報等を整理する。さらに、他 TG と連携して耐久性向上措置として考えられる新たな仕様や不具合等を防止するための方策等について検討を行う予定である。

表2 ヒアリング調査結果一覧

No.	部位	F社 保険保証検査会社	G社 保険保証検査会社	
イ 劣化事象等の例	劣化事象等が生じた内容と仕様等	基礎・地盤	<ul style="list-style-type: none"> 基礎のかぶり厚不足の課題がある。 基礎の打ち継目地から漏水する。 防水のしていない地下室は木部腐朽につながりやすい。 	
		床下	<ul style="list-style-type: none"> ころばし根太は日本の気候にあわないようだ。 シックハウス関係で薬剤が使えないので腐朽が心配。 	<ul style="list-style-type: none"> 外壁から壁を経由し床下へ水がたまっていった事例がある。
		外壁	<ul style="list-style-type: none"> 隅柱の部分で通気が取れてない場合があり、透湿防水シートが溶けることがある。 サイディングの接合部が漏水の原因になりやすい。 維持管理しない板張りは腐朽しやすい。 テープなどの粘着性能だけに頼らない納まりが必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 軒天と外壁の取合い部、サッシ周り、バルコニーの笠木が外壁へぶつかることの3か所が多い。 サッシ、笠木は水受けになる可能性がある。 上下の通気ができない機間縁を施工している。
		開口部	<ul style="list-style-type: none"> 輸入サッシのフィンが日本の気候に対応していないものがあり漏水する。 	<ul style="list-style-type: none"> 防水テープの貼り方間違えやしわによる漏水。 水がたまる部分があり、水受けになると漏水へつながる。
		ルーフバルコニー・バルコニー	<ul style="list-style-type: none"> ドレイン施工不良で壁体内漏水。気密フィルムがあるため、壁体内腐朽。 グレーチングのバルコニーは納まり部分で腐朽している。 笠木取付ビス部分から漏水。 	<ul style="list-style-type: none"> 笠木からの漏水事故。 外壁、サッシとの取合いで事故が起る。 板金と左官など工種が異なる部分で事故がおこる。 ドレイン周りの施工不良が多い。
		屋根	<ul style="list-style-type: none"> トップライト周りからの漏水が多い。 無落雪屋根事故が多い、気象条件の変化で雪が重くなったのか。 屋根をはがせないので事故要因確定しにくい。 	<ul style="list-style-type: none"> 軒の出が出せないと漏水しやすい。 ソーラーパネルの取付による漏水。
		小屋裏		<ul style="list-style-type: none"> 小屋裏換気が全くなく結露している。
		浴室		
		断熱構造	<ul style="list-style-type: none"> 壁の漏水事故がこの10年間で圧倒的に増え、木部が腐朽している。 白蟻も住み心地良くなり蟻害が増えている。 	<ul style="list-style-type: none"> 気密シートがあるので壁体内への水の進入が分かりにくい。
		金物		
		住い方に起因する事象	<ul style="list-style-type: none"> 結露による染みを雨漏りとクレームがある。面全体の現象は結露による。 	
		ロ 各部仕様	現在採用している仕様及び留意点等	基礎・地盤
床下				
木部防腐・防蟻処理				
外壁				
開口部				<ul style="list-style-type: none"> サッシのフィンから胴縁を離して取り付けるとよいが、施工者次第の部分もある。
ルーフバルコニー・バルコニー				<ul style="list-style-type: none"> 防水施工要領があり狭している。
屋根				<ul style="list-style-type: none"> 軒の出が短い場合軒天からの事故が多かったため、桁まで防水紙を伸ばしたことで事故が減った。
小屋裏				
浴室				
断熱構造				
ハ. 維持管理の状況等 (定期点検・検査・保証等)		<ul style="list-style-type: none"> 高断熱高気密住宅は、壁体内に水が進入すると分かりにくく、被害が進行している場合がある。 メンテナンスしやすいようにするべき、アンカーボルトが締め直せるつくり、水が入っても抜けるつくりとする。 防水の検査は難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> 1年目に納まりの問題や施工不良による問題が出る。5、6年後にシーリング劣化が出てくる。 漏水事故などおこっても引渡時の仕様に戻すだけ。保険を使うかどうかは施工者による。 赤外線検査等を行い非破壊検査が基本になる。 基礎と構造の2回の検査が基本。 工事中の防水検査は二次防水層の施工を確認する。 白蟻は免責なので調査は行っていない。 	
ニ. 設計・施工時の課題		<ul style="list-style-type: none"> エアサイクル住宅は家の大きさと設備があってない場合がある。 事故が起っても、責任の所在があるので指摘はできない。 		

表2 ヒアリング調査結果一覧

No.	部位	H社 保険保証検査会社	K社 工務店組織
イ 劣化事象等の例	劣化事象等が生じた内容と仕様等	基礎・地盤	・基礎パッキン利用率90%以上。換気口ではクラックが生じるので使えない。
		床下	・プラスチック束は音がするので使わなくなった。 ・シックハウスで防蟻材が使えなくなってきたので蟻害が心配だ。
		外壁	・縦断線優先してから水切りつけてしまっているものもある。
		開口部	・90年代ごろ2×4を導入しましたが当時の輸入サッシのフィンが日本の気候に合わず漏水した。
		ルーフバルコニー・バルコニー	・立ち上りで通気がとれているかあいまいだ。
		屋根	・片流れ屋根は軒先の破風腐る。
		小屋裏	
		浴室	・土台へ水がかかるので腐りやすい。内装板張りも気をつけた方がよい。
		断熱構造	・通気層なく断熱施工したときに壁体内結露を起こした30年前の事例がある。 ・合板を使うならダイライトの方が通気性がありよい。OSBは小口から水を吸う課題がある。 ・家を夜温め、朝出かけると湿度の高い空気が冷えてカビが発生する場合がある。
		金物	・2×4は工法的にも木やせて金物がゆるんできているものもある。
		住い方に起因する事象	・高断熱住宅でファンヒーター使うのは危険だ。
ロ 各部仕様	現在採用している仕様及び留意点等	基礎・地盤	・束の代わりに基礎をつくりメンテナンス費用を削減している。
		床下	
		木部防腐・防蟻処理	
		外壁	・真壁の住宅のように構造体を内側あらし、外部を通気工法とすれば事前に蟻害が確認できる。
		開口部	
		ルーフバルコニー・バルコニー	
		屋根	
		小屋裏	
		浴室	
		断熱構造	
ハ、維持管理の状況等 (定期点検・検査・保証等)		<ul style="list-style-type: none"> ・腐朽しやすい部分を点検できるようにするほうがよい。 ・1年に1回、年末の大掃除のときには小屋裏に入り点検するとよい。 ・非破壊検査道具で検査する。 ・コンセント外してファイバースコープ使い、壁体内検査。 ・瑕疵、不具合、劣化、過剰劣化に分類し説明する。 ・床下と小屋裏を検査し金物を確認するが金物の知識も必要。 ・含水率で壁体内確認、サーモグラフィーで温度差確認も行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・住いの管理手帳をつくり、住い手へ渡し、施工者が説明できるように講習会を行う。
ニ、設計・施工時の課題		<ul style="list-style-type: none"> ・現場を知らない設計者や施工方法を知らない施工管理者がいることの課題がある。 ・設計、施工、監理、管理の分類が不明確。 ・設計者不在で、軸組みをプレカット工場任せの建て売りによる課題がある。 ・地域性を考慮していない統一仕様でつくられているものもある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化の軽減等級など町場の工務店にはしらない。 ・長期優良住宅申請マニュアルを作成した。設計事務所が性能表示の書類をつくりやすくするため。 ・木を内側あらし真壁とし外部通気工法とすれば事前に白蟻わかる。 ・木の知識を普及すべき。防蟻防蟻を考えて材料使うべきだ。 ・太陽光発電パネル取付危ない。

表3 事故調査事例（F保険保証検査会社）

部 位	事 故 例	事例 No.	原 因 等	
2. サイディ ング	サイディングの事故	1	サイディングの暴れ	
		2	継手端部の釘打ち不良。	
		3	サイディング釘打ち不良。端部の破損。	
		5	サイディングの亀裂および欠け。	
		6	サイディングの張り方誤り。	
		7	断熱材の過充填によるサイディングの波打ち。	
		8	サイディング目地3面接着による不具合。	
		9	シーリングの施工不良	
		10	サイディングに通気措置が取られておらず、蒸れて爆裂現象。	
		11	シーリングが施工されていない。	
		12	ベントキャップ周りのシール不完全。	
		13	通気層がなくサイディング下部がボロボロになっている。	
		14	サイディングの切り込み加工による割れ。	
		15	サイディングの施工不良によるシール材の引き裂き。	
		16	サイディングの凍害による凍結破損。	
		17	通気層のない凍害、爆裂現象。	
		18	サイディング幕板の納まり不良。	
			通気構法の施工不良	1
		2		通気胴縁の間違い。空気の流れない横胴縁。
		3		入り隅部通気胴縁の不具合。
	4	透湿防水シートの縦重ね継が胴縁でおさえられない位置としている。		
	5	開口部周囲の通気胴縁の施工ミス。		
	6	サッシ周りの片ハットジョイナーの施工がされていない。		
	7	ジョイナーの施工不備		
	8	水切り鉄板の施工位置の間違えなど。		
	9	枠材やサッシュに胴縁が密着し通気がふさがれている。		
	10	通気が取れていない。		
	11	透湿防水シートを使っていたバルコニー部		

*1 東京大学大学院農学生命科学研究科

*2 関東学院大学工学部建築学科

*3 (独) 森林総合研究所

*4*6 国土技術政策総合研究所

*5 (独) 建築研究所

*1 Professor, The University of Tokyo

*2 Professor, Kanto Gakuin University

*3 Forestry and Forest Products Research Institute

*4*6 Research Center for Land and Construction Management

*5 Building Research Institute

耐久性向上措置としての新構(工)法の健全度実態調査

東京大学 佐藤雅俊

表 調査対象一覧

対象名	特徴
F社	保険保証検査会社 保険法人
G社	保険保証検査会社 保険法人
H社	保険保証検査会社 検査診断専門
I社	外装材メーカー サイディング
J社	大手ハウスメーカー 木造軸組工法
K社	調査専門会社 シロアリ防除
L社	調査専門会社 インスペクション
M社	工務店 組織
N社	大手ハウスメーカー 枠組壁工法

1. 目的

現代木造住宅に適用されている新構(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)に関する実態調査を実施し、これらの耐久性を明らかにする。

2. 調査方法等

2.1 調査対象

昨年度は、住宅メーカー等(5社:A、B、C、D、E)を対象としたが、本年度は、住宅保証・検査会社等(F、G、H)が3社、外装材メーカー(I)、在来大手ハウスメーカー(J)、しろあり駆除会社(K)、住宅検査会社(L)、建築団体(M)、2x4大手ハウスメーカー(N)の合計9社に対して実施した。

調査項目	調査内容	調査結果
I 調査対象	1.1 対象住宅の所在地	北海道 青森県 岩手県 秋田県 山形県 福島県 茨城県 栃木県 群馬県 埼玉県 千葉県 東京都 神奈川県 新潟県 富山県 石川県 福井県 山梨県 長野県 岐阜県 静岡県 愛知県 三重県 滋賀県 京都府 大阪府 兵庫県 奈良県 和歌山県 徳島県 香川県 高松市 愛媛県 高知県 福岡県 佐賀県 熊本県 大分県 宮崎県 鹿児島県 沖縄県
	1.2 対象住宅の種類	新築 既存
	1.3 構造・工法	木造軸組 木造2x4 木造プレハブ その他
	1.4 用途	住宅 店舗 事務所 倉庫
	1.5 延べ床面積	㎡
	1.6 築年	年
	1.7 竣工年	年
	1.8 調査対象の名称	名称
	1.9 調査の目的(1)調査の範囲	基礎 外断熱 気密断熱 換気 床下・小屋裏換気 金物 べた基礎
	1.10 調査の目的(2)調査の範囲	基礎 外断熱 気密断熱 換気 床下・小屋裏換気 金物 べた基礎
II 調査対象	2.1 調査の対象・調査内容	基礎 外断熱 気密断熱 換気 床下・小屋裏換気 金物 べた基礎
	2.2 調査の実施時期	年
	2.3 調査の目的(1)調査の範囲	基礎 外断熱 気密断熱 換気 床下・小屋裏換気 金物 べた基礎
	2.4 調査の目的(2)調査の範囲	基礎 外断熱 気密断熱 換気 床下・小屋裏換気 金物 べた基礎
	2.5 調査の目的(3)調査の範囲	基礎 外断熱 気密断熱 換気 床下・小屋裏換気 金物 べた基礎
	2.6 調査の目的(4)調査の範囲	基礎 外断熱 気密断熱 換気 床下・小屋裏換気 金物 べた基礎
	2.7 調査の目的(5)調査の範囲	基礎 外断熱 気密断熱 換気 床下・小屋裏換気 金物 べた基礎
	2.8 調査の目的(6)調査の範囲	基礎 外断熱 気密断熱 換気 床下・小屋裏換気 金物 べた基礎
	2.9 調査の目的(7)調査の範囲	基礎 外断熱 気密断熱 換気 床下・小屋裏換気 金物 べた基礎
	2.10 調査の目的(8)調査の範囲	基礎 外断熱 気密断熱 換気 床下・小屋裏換気 金物 べた基礎

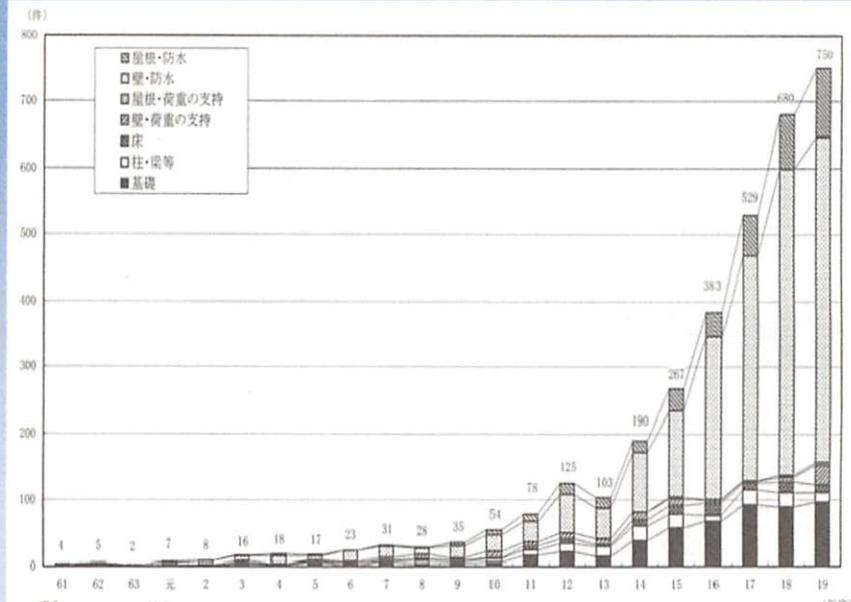


図 建物の各部位に発生している不具合の状況

出典：(財)住宅保証機構データブック平成20年度版 p68

表 ヒアリング調査結果一覧

No.	部位	F社 保険保証検査会社	G社 保険保証検査会社	H社 保険保証検査会社	J社 調査会社	K社 工務店組織	
1	基礎・地盤	・基礎の打ち直し要が確認された。 ・基礎の打ち直しは行なわれた。 ・防水のしていない地下室は木部腐朽にひびきが出ている。	・地盤のゆるみを確認し、必要に応じて補填を行った。 ・基礎の打ち直しは行なわれた。	・基礎の打ち直しは行なわれた。 ・地下室の防水は確認された。	・基礎の打ち直しは行なわれた。 ・地下室の防水は確認された。	・基礎の打ち直しは行なわれた。 ・地下室の防水は確認された。	
	床下	・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。	・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。	・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。	・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。	・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。	・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。 ・このばい菌は日本の気候にあわない。
2	外壁	・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。	・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。	・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。	・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。	・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。	・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。 ・外壁の防水が剥がれている箇所がある。
	開口部	・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。	・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。	・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。	・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。	・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。	・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。 ・開口部の防水が剥がれている箇所がある。
3	屋根	・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。	・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。	・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。	・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。	・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。	・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。 ・屋根の防水が剥がれている箇所がある。
	小部屋	・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。	・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。	・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。	・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。	・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。	・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。 ・小部屋の防水が剥がれている箇所がある。
4	断熱構造	・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。	・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。	・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。	・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。	・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。	・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。 ・断熱材の敷き残しがある箇所がある。
	金物	・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。	・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。	・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。	・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。	・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。	・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。 ・金物の腐食が確認された。
5	住い日記に関する事項	・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。	・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。	・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。	・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。	・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。	・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。 ・住い日記の記載が不明瞭である。

表 ヒアリング調査結果一覧(続き)

No.	部位	F社 保険保証検査会社	G社 保険保証検査会社	H社 保険保証検査会社	J社 調査会社	K社 工務店組織
1	現在住居用している住居の仕様及び耐用年数等	・耐用年数は10年である。 ・耐用年数は10年である。 ・耐用年数は10年である。	・耐用年数は10年である。 ・耐用年数は10年である。 ・耐用年数は10年である。	・耐用年数は10年である。 ・耐用年数は10年である。 ・耐用年数は10年である。	・耐用年数は10年である。 ・耐用年数は10年である。 ・耐用年数は10年である。	・耐用年数は10年である。 ・耐用年数は10年である。 ・耐用年数は10年である。
	バ 維持管理の状況等 (定期点検・検査・保証等)	・定期点検は1年1回実施している。 ・定期点検は1年1回実施している。 ・定期点検は1年1回実施している。	・定期点検は1年1回実施している。 ・定期点検は1年1回実施している。 ・定期点検は1年1回実施している。	・定期点検は1年1回実施している。 ・定期点検は1年1回実施している。 ・定期点検は1年1回実施している。	・定期点検は1年1回実施している。 ・定期点検は1年1回実施している。 ・定期点検は1年1回実施している。	・定期点検は1年1回実施している。 ・定期点検は1年1回実施している。 ・定期点検は1年1回実施している。
2	設計・施工時の課題	・設計・施工時の課題は不明である。 ・設計・施工時の課題は不明である。 ・設計・施工時の課題は不明である。	・設計・施工時の課題は不明である。 ・設計・施工時の課題は不明である。 ・設計・施工時の課題は不明である。	・設計・施工時の課題は不明である。 ・設計・施工時の課題は不明である。 ・設計・施工時の課題は不明である。	・設計・施工時の課題は不明である。 ・設計・施工時の課題は不明である。 ・設計・施工時の課題は不明である。	・設計・施工時の課題は不明である。 ・設計・施工時の課題は不明である。 ・設計・施工時の課題は不明である。

表 事故調査事例 (F保険保証検査会社)

部位	事故例	事例No.	原因等
1	バルコニー	1	手すり取付ビスより雨水浸入
		2	モルタル塗りに使う防水紙が透湿防水シートを使われ、透気層なし。
		3	アルミ窓木より漏水。透湿防水シートを使っている。
		4	窓木と壁の取合い部より漏水。透気網線があるが下部に透気口なし。
		5	手すり取付のビスより雨水浸入。防水が不十分である。
		6	アルミ製の窓木より漏水。
		7	窓木より漏水。透湿防水シートを使っている。
		8	アルミ製の窓木の継ぎ目部や透気層から雨水浸入。
		9	アルミ製の窓木の支柱固定部と出隅部から雨水浸入。
		10	窓木下の防水紙を両面接着タイプの防水テープで止水してないため窓木のねじから雨水浸入。
		11	防水シートと金属窓木の調整工
		12	勾配屋根とバルコニーの取合い部からの雨漏れ
2	バルコニー	1	FRP防水のサッシ下立ち上がりがほとんどない。
		2	透湿防水紙がサッシ下で飛び出しになっている。
		3	サッシ下立ち上がり部を施工でなくした。設計図と異なる。
		1	バルコニーのサッシ取合い部の防水不良
		2	サッシ下端コーナ下部処理不足。
		1	バルコニーの袖壁との取合いからの雨漏れ
		2	透気網線の上でFRP防水を施工している。
		1	オーバートランジバルコニーの取れ下がりに床角型。ドア下端FRP立ち上がり不足
		2	防水勾配不足による背水の発生
		3	勾配不足で水が常時溜まり下地へしみた。
		4	勾配不足とサッシ下立ち上がり不足
		5	排水勾配不足
3	バルコニー	1	バルコニー・ドレーン周りからの雨漏れ
		2	排水パイプとドレーン取合い部から雨漏れ
		3	ドレーン周囲の防水不良
		4	コンクリート用レインを使用。木漏れに適さないものを使用している。
		1	手すり壁内全面をFRP防水し、壁内部がムシ、膨れが生じ漏れやはがれが生じ漏水。
		2	防水が切れた。
		3	FRPシート防水の上にモルタルおさえ。モルタル収縮に引っ張られる。
		4	FRP防水の仕上げが不十分で漏水。
		5	下地板後1枚張りより付合せ目地にさびひび割れ。
		6	下地プライマー処理の不備や施工時の温度管理不足による剥離、割れ現象。
		1	サイディングの下地に水切り板金が設置されていない。
		2	サイディングの継ぎ目にパットシロナーが使用されていない。
4	バルコニー	1	透気網線があるが通期の入口と出口がない。
		2	スリット枠組には透湿防水シートを使用し下地テープが使われていない。
		1	化粧屋根と窓木の取合い部から漏水。
		2	防水紙に包み紙(ターポリン紙)でアスファルト430ではない。
		3	バルコニー窓木と壁の取合い部
		1	本部の乾燥収縮により窓木上部に隙間ができ雨水浸入。
		2	木製デッキの腐食
		3	木製バルコニーの手すり10年間無塗装。取付け部より漏水。
		4	外壁と木製バルコニー取付け部の腐食。
		5	パイプを支えている柱が腐食してしまっているため漏水。

表 事故調査事例(F保険保証検査会社)

部位	事故例	事例No. 原因等
2. サイディング	サイディングの事故	1 サイディングの曇れ
		2 継手端部の釘打ち不良
		3 サイディング釘打ち不良、端部の破損
		5 サイディングの亀裂および欠け
		6 サイディングの張り方誤り
		7 断熱材の過充填によるサイディングの波打ち
		8 サイディング目地3面接着による不具合
		9 シーリングの施工不良
		10 サイディングに通気措置が取られておらず、蒸れて爆裂現象
		11 シーリングが施工されていない
		12 ベントキャップ周りのシール不完全
		13 通気層がなくサイディング下部がボロボロになっている
		14 サイディングの切り込み加工による割れ
		15 サイディングの施工不良によるシール材の引き裂き
		16 サイディングの凍害による凍結破損
		17 通気層のない凍害、爆裂現象
		18 サイディング幕板の納まり不良
		通気構法の施工不良
2 通気胴縁の間違い、空気の流れない横胴縁		
3 入り隅部通気胴縁の不具合		
4 透湿防水シートの縦重ね継ぎが胴縁でおさえられない位置としている		
5 開口部周囲の通気胴縁の施工ミス		
6 サッシ周りの片ハットジョイナーの施工がされていない		
7 ジョイナーの施工不備		
8 水切り鉄板の施工位置の間違いなど		
9 枠材やサッシに胴縁が密着し通気がふさがれている		
10 通気が取れていない		
11 透湿防水シートを使っていたバルコニー部		

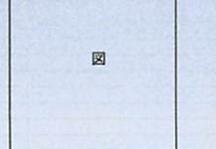
表 事故調査事例(F保険保証検査会社)

部位	事故例	事例No. 原因等	
4. 外壁	湿式壁からの雨漏れ	1 モルタルの亀裂を補修せず、仕上材を塗装した手抜き工事	
		2~4 防水紙の選定誤り、タイル下地に透湿防水シート使用	
		5 外壁タイルからの雨漏れ、通気層がない	
		6 引っかけタイルからの雨漏れ	
		7 モルタルひび割れ	
		8 外壁ラスカットの雨漏れ	
		9 外壁取りつきケーブルからの雨漏れ	
		サッシ周りからの雨漏れ	1~3 輸入サッシからの雨漏れ
			4 木製サッシ枠からの雨漏れ(輸入)
	5 日本製アルミサッシからの雨漏れ、ビス部から		
	6 サッシ周りの不具合		
			7 曲面外壁に取り付けたサッシからの雨漏れ
			8 三角サッシからの雨漏れ
		9 湿式外壁のサッシ周り止水方法	
		10 波形金属板のサッシ周り止水	
		11~12 サイディングの割れ付け不良	
		13 防水テープの施工不良	

表 事故調査事例(F保険保証検査会社)

部位	事故例	事例No. 原因等	
3. 屋根	下屋根・壁立ち上がり部の雨漏れ	1 おさえ金物を手抜きしたため、雨水を壁へ貫きこむ形になった	
		2 勾配屋根と壁の取合いから雨漏り	
		3 透湿防水シートの下(内側)で防水紙による補強不足	
		4,5 2階屋根と壁の立ち上がり部より雨水浸入	
		6 壁側水切り立ち上がりがない	
		7 下屋根と壁の納まりで瓦の割れつげが難しい	
		8 瓦の割れつげが悪く、雨おさえ鉄板不足	
		9 透気工法になっていない、透湿防水シートが木摺りの下に施工されている、アスファルト防水が施工されていない	
		10 屋根ルーフィングの立ち上がり捨て板がなくルーフィングが固定できない、先張り水切りシートもない	
		11,12 防水紙の補強張り不足	
		13,14 雨おさえ先端加工の不備	
		15 壁と下屋根及びサッシの取合い	
	16 下屋根立ち上がり不足、ルーフィングの壁立ち上がり不足		
	17 幕板と下屋根の取合い		
	屋根からの雨漏れ		1 瓦ぶき屋根の棟部からの雨漏れ
			2 棟違い部分の施工不良
			3 瓦ぶき施工不良
	太陽光発電システムの事故		4 金属板屋根算施工不良
7 円屋根の雨漏れ			
1 太陽光発電を取り付けた瓦屋根より雨漏れ、防水紙の貼り方が原因			
2 PVシステムと軒り理突との取合い部で漏水			
3 後づけのPVの重量により瓦が割れ漏水			
4 集熱パネルと瓦の取合い部の釘穴、コーキング施工不良、屋根ルーフィングの施工不良			
5 OMガラス継部分のおさえ金物の防水処理が施工不良			

表 耐久性確保のためのマニュアル(案)

部位	バルコニー・笠木からの漏水対策	
基準	設計	施工
	<input type="checkbox"/> 手摺上端部は、金属製の笠木を設置するなど適切な防水措置を施すこと。(保8条5の(3)) <input type="checkbox"/> 手摺上端部に笠木等を釘やビスを用いて固定する場合は、釘又はビス等が防水層を貫通する部分にあらかじめ防水テープやシーリングなどを用い止水措置を施すこと。(保8条5の(4))	<input type="checkbox"/> 弾性系の防水テープを行う <input type="checkbox"/> ビス孔へ先行シーリングを行う。
劣化原因	<input type="checkbox"/> 笠木上手摺子取付ビスより雨水侵入。 <input type="checkbox"/> 透湿防水シートを防水紙と間違えたため、雨水侵入。 <input type="checkbox"/> 笠木が直射日光を受け高温となることから、シーリング材劣化が早まる傾向がある。 <input type="checkbox"/> 東部を固定するねじが緩み、これらの緩んだねじ周囲やシーリング材劣化部分(破断箇所)から雨水が浸入するおそれがある。	
	劣化現象	
	ビスより雨水が進入し、バルコニー立ち上がり部分腐朽	
		



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明らかにすることとした。そのため、まず生物劣化を強制的に発生させる方法（以下、強制劣化方法と称する）を考案することとし、イエシロアリおよび腐朽菌による強制劣化方法を検討した。

次に、接合部の強度試験結果に基づいた非破壊評価技術について、非破壊試験によって得られる数値パラメータと接合耐力との関係を明らかにすることとした。そのため、まずイエシロアリによって強制劣化させた接合部試験体を対象に食害発生状況を明らかにし、接合部の評価に有効と考えられる非破壊パラメータを検討した。

更に、生物劣化した接合部の強度試験を実施する上で、単調加力と繰返し加力との違いが接合部の各特性値に及ぼす影響について未だ不明な点が多いと考えられる。一方、イエシロアリおよび腐朽菌による強制劣化方法によって得られる接合部モデル試験体は、作製に要する時間的制約によりその数を必要最低限に限定せざるを得ない。そのため、加力方法の違いについて別途検討する必要があると考えた。そこで、屋外暴露で生物劣化したベイマツおよびホワイトウッド集成材を土台とした接合部モデル試験体を作製し、接合部強度試験の加力方法の違いが接合部の特性値に及ぼす影響を検討した。

2 実験方法

2.1 強制劣化方法

強制劣化方法は、イエシロアリと腐朽菌とに区別し、それぞれの生育に適した環境を人工的に屋内で設定し、接合部強度試験に適切した劣化を発生させる方法を検討した。

2.1.1 イエシロアリによる強制劣化方法

イエシロアリによる強制劣化方法は、接合部モデル試験体の部材を接合金物（CP-T）を取り付けて組んだ状態で、1体のみの場合と複数同時の場合とで検討した。考案するに当たり、蟻害を発生させたい場所とそうでない場所、蟻害の発生程度、蟻害の発生程度に寄与すると考えられる因子、イエシロアリの誘導方法、蟻害発生を抑制する方法を整理した。

接合部モデル試験体が単体のみの場合の検討は、鹿児島県の廣瀬産業の施設で行った。この施設では、1つの巣に対し1体の接合部モデル試験体を対象とし、イエシロアリによる強制劣化方法を検討した。強制劣化の期間は基本的に10日間とした。

接合部モデル試験体が複数同時の場合の検討は、茨城県の森林総合研究所の施設で行った。この施設では、1つの巣に対し4体の接合部モデル試験体を対象とし、イエシロアリによる強制劣化方法を検討した。強制劣化の期間は基本的に3ヶ月間とした。なお、接合金物（CP-T）は、釘を完全に打ち付けず仮付けした状態とした。

2.1.2 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、菌床による強制劣化方法を検討した。

腐朽菌による強制劣化方法は、チョークアナタケとナミダケを培養瓶で作製した木粉培地の菌床を用いた。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を用いて巻き固めた。その後、チョークアナタケの菌床を盛り付けた試験体は、温度30℃、湿度63%RHの恒温恒湿室で養生した。また、ナミダケの菌床を盛り付けた試験体は、温度20℃の恒温室で養生した。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。

2.2 接合部モデル試験の非破壊パラメータの検討

接合部モデル試験の非破壊パラメータを検討するため、イエシロアリによる強制劣化方法を実施した接合部モデル試験体を用いて、接合部強度試験後に釘接合部で繊維直角方向に切断し、イエシロアリの食害発生状況を可視化した。また、可視化したデータに基づき、接合部評価に有効だと考えられる非破壊パラメータを検討した。

2.3 加力方法の違いが接合部の特性値に及ぼす影響

日本建築学会木質構造接合部設計マニュアル（2009年11月）の接合部の試験法・評価法に準じて行った。

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。土台は屋外暴露で生物劣化したベイマツおよびホワイトウッド集成材とした。柱は健全なスギとした。

加力方法は、単調加力と繰返し加力とした。加力スケジュールを設定するための終局変位 D_u は、単調加力およ

び繰返し加力とも 25mm とした。単調加力のスケジュールは、ISO 6891 に準拠した。単調加力の加力速度は、試験における最大荷重までの時間が 5-10 分となるように設定した。繰返し加力のスケジュールは ISO 11670 に準拠した。繰返し加力の加力速度は、0.1-10mm/s の範囲とした。繰返し試験の繰返し回数は、全てのステップで各 3 回とした。繰返し試験の加力履歴は、第 1 ステップは、繰返しの基準を許容短期耐力とした。第 2 ステップは、繰返しの基準を 0.1Du とした。それ以降のステップは順に、0.2Du、0.4Du、0.6Du、0.8Du、1.0Du を繰返しの基準とした。

3 結果および考察

3.1 強制劣化方法

3.1.1 イエシロアリによる強制劣化方法

蟻害を発生させたい場所は、接合金物を取り付けるところとその周辺とし、発生させたくない場所は、接合部試験の加力に重要な部分とした。蟻害の発生程度は、食害が発生してから経過時間と試験体の設置方向で調整するのが適当だった。蟻害の発生程度に寄与する因子は、樹種、隙間、設置方法、照明による明かり、空調設備による空気の流れ、季節と推察した。誘導方法は、巢のエリアとそれと隣接する試験体を設置したエリアとをアクリル板や薄板で繋ぎ、試験体がイエシロアリの餌場の役割を果たすようにするのが適当だった。蟻害発生を抑制する方法は、ステンレスメッシュやアルミ泊を巻きこれをアルミテープやビニルテープで固定しイエシロアリが進入できないようにするか、調光や扇風機による送風、あるいは、蟻土や蟻道の強制除去するのが効果的だった。接合部モデル試験体が単体のみの場合と複数同時の場合とで比較すると、両者とも時間の経過に伴い蟻土が発達していく様子が確認できた。ただし、複数同時の場合は、隣り合う試験体の隙間が広すぎたり、接合部モデル試験体に被せる砂の量が多すぎたりすると、蟻害の速度が低下する可能性があると考えられた。

3.1.2 腐朽菌による強制劣化方法

菌床による強制劣化操作は、チョークアナタケの場合、摂取開始 1 ヶ月後、菌糸を確認できる試験体を複数観察できるようになった。また、これ以降、菌糸の生育状態が目視で容易に観察できる状態が続いているため、強制劣化操作は比較的良好と判断し、劣化を進行させることができると考えた。一方、ナミダタケの場合、チョークアナタケの状態と比較すると、強制劣化操作は難航と判断し、新たな方法を考案する必要があると考えた。

3.2 接合部モデル試験の非破壊パラメータの検討

イエシロアリによる強制劣化方法を実施した接合部モデル試験体の一例を図 1 に示した。図中の破線は、釘接合部で繊維直角方向に切断した箇所である。材表面の蟻害発生状況は、柱および土台で接合金物周辺に発生していることが目視で容易に確認することができた。また、蟻害発生部分は木材実質が消失しているため触診による確認は困難だったが、その周辺部分は、健全と考えられる触診感覚だった。切断面を観察した結果、柱の釘周辺部の蟻害は、土台に一番近い箇所以外では認められなかった。また、蟻害は土台から離れるに従い、その割合は減少する傾向だった。土台の釘周辺部の蟻害は、全体的に認められた。また、ほぞ穴がある面に相対する面が、他の面と比べ蟻害の割合は小さかった。

以上のことから、目視による劣化の評価はもちろんのこと、接合部耐力に関係する接合具部分を非破壊パラメータで評価するのが接合耐力を推定する上で重要であると考えられる。

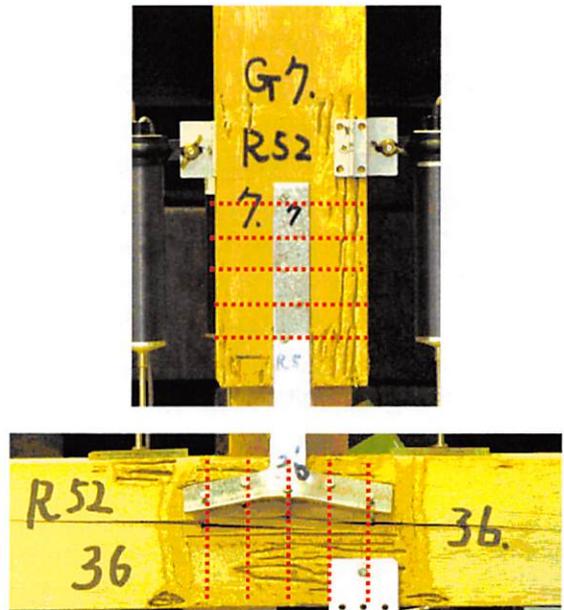


図 1 切断面を観察した試験体の加力試験終了後の状況

3.3 加力方法の違いが接合部の特性値に及ぼす影響

実験で得た荷重変形関係から、初期剛性、降伏耐力、降伏変位、最大耐力、終局耐力、終局変位を算出した。

単調加力と繰返し加力との特性値を比較すると、最大耐力と終局耐力の平均値はほぼ等しいが、最大耐力と終局耐力の標準偏差は、単調加力試験の方が小さかった。また、降伏耐力および初期剛性は、繰返し加力試験よりも単調加力試験の方が大きかった。今後、各試験体の劣化程度と特性との関連性を解析し、加力方法の違いが更に明らかになると考えられる。

7 構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討

○齋藤宏昭*¹ 田坂太一*³
土居修一*² 槌本敬大*⁴

1. はじめに

一般に、日変動や三寒四温といった外乱に起因する結露では、1日から1週間程度の短い周期で乾燥湿潤が繰返される。このような条件での木材腐朽菌の挙動は、定常条件下と異なることが予想される。そこで本検討では、雰囲気湿度が周期的に変動する非定常条件下で間接的に菌糸を接種する腐朽実験を行い、菌糸定着時間に関する知見の収集を試みた。

2. 実験概要

試料は 30φ、厚さ 5mm の赤松辺材、木目は腐朽が進行し易い木口方向とした。菌糸の接種は、オオウズラタケにより予め腐朽操作を施した 5×5×1mm 程度の種木を試料上面に載せることにより行った。

雰囲気湿度は図 1 及び写真 1 に示すように、蒸留水を満たしたデシケータにポンプをつなぎ、メンブレンフィルターを経由した乾燥空気を設定時間毎に供給することにより制御する。空気温度は 23℃、湿度の変動周期は 12 時間～1 週間とし、乾燥・湿潤の時間配分は 1:1 とした。実験条件を表 1 に示す。乾燥時の湿度は、変動が少ないケース (約 90%) と変動が大きいケース (約 75%) の 2 水準で、近年の工法を採用した躯体内の湿度変動を想定した。菌糸接種前の試料はオートクレーブ滅菌を行い、一連の腐朽操作も滅菌箱を用い、雑菌が混入しないよう配慮した。なお、各条件の繰返し回数は 5 とし、雰囲気湿度を湿潤状態一定とした Case0 も同時に試験を行った。写真 2 に菌糸接種後の試料の状況を示す。

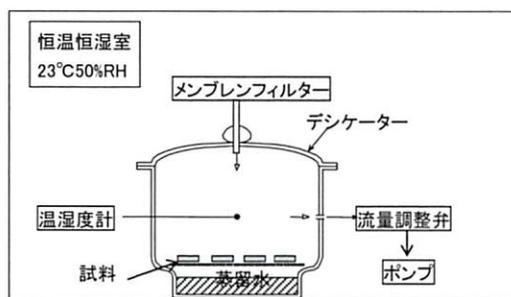


図 1 試験装置概要



写真 1 装置構成 写真 2 試料設置状況

表 1 実験条件

Case	乾燥湿度	周期 (湿潤/乾燥)	Case	乾燥湿度	周期 (湿潤/乾燥)
0	—	湿潤連続	4	90%	12h/12h
1	75%	12h/12h	5	90%	72h/72h
2	75%	72h/72h	6	90%	168h/168h
3	75%	168h/168h			

3. 結果及び考察

図 2、図 3 に暴露期間中のデシケータ内の相対湿度の累積頻度を示す。既に述べたよう、乾燥・湿潤の設定時間は 1:1 としたが、乾燥空気の流量によって湿度を制御していたため、実際には高湿側の時間が多い結果であった。例えば、Case4～6 では相対湿度 98%以上の頻度が 4～5 割あるが、乾燥条件である 90%以下の頻度は全体の 2～3 割程度であった。また、24 時間周期 (12h/12h) である Case1、4 については、木材の調湿性によりデシケータの湿度上昇に遅れが生じ、高湿となる頻度が少ない傾向が確認されたため、試験開始 1 ヶ月後よりマグネットスターラーによりデシケータ内の蒸留水を攪拌した。ゆえに Case1、4 は他の条件より湿度が高めに推移している。Case0～Case6 の曝露 1～3 ヶ月の含水率と質量減少率の結果を表 2 及び表 3 に示す。表中の網掛け部分は雑菌が混入し、一部の試料にカビの生育が確認された条件である。含水率はサンプリングを行った時間が乾燥過程か湿潤過程かによって若干の差異が生じるが、全体の傾向としては 100%一定状態の Case0 に比べ Case1～Case6 の値は低めに推移している。

図 4、図 5 に含水率と質量減少率の時系列変化を示す。質量減少率については、乾燥湿度 90%RH、周期 72 時間の Case5 の値が曝露開始 3 ヶ月で 5%を超えており、菌糸の定着と腐朽の進行が確認された (写真 3)。図 5 には雑菌が付着していない試料のみで平均値を算出した結果 (Case3*及び Case6*) を併記した。Case3*及び Case6*では Case5 と同様に曝露開始 3 ヶ月で質量減少率 5%を上回った (図 5、○部分)。本結果は菌糸接種後、3 ヶ月程度の湿潤・乾燥の繰返しによっても菌糸が定着し、質量減少が生じる可能性を示唆している。ただし、前述したように乾燥時間に比べ湿潤時間が若干長いため、試料表面の含水率は高めに推移したことが予想される。また、Case3*及び Case6*のように周期の長い場合に腐朽が生じた試料が一部確認されたが (写真 4)、これらは雑菌混入の影響があるため、別途検証が必要と考えられる。

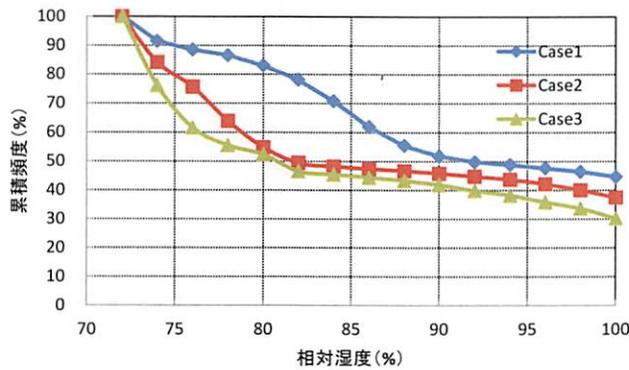


図2 相対湿度の出現頻度 (Case1~Case3)

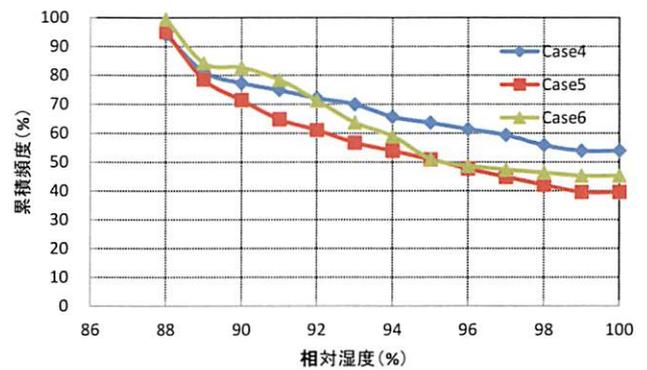


図3 相対湿度の出現頻度 (Case4~Case6)



写真3 抜取時試料の外観 (Case5)

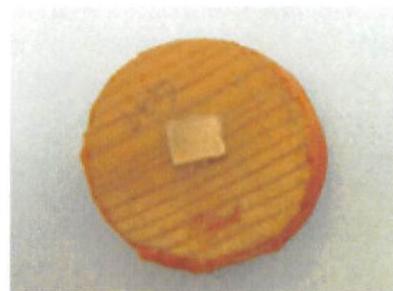


写真4 抜取時試料の外観 (Case0、雑菌混入)

表2 含水率及び質量減少率測定結果

Case	含水率 (%)							質量減少率 (%)							
	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6	
1ヶ月	31.7 [7.6]	20.8 [4.6]	14.2 [1.8]	19.2 [1.2]	18.3 [0.9]	19.0 [0.4]	20.1 [0.4]	3.4 [3.7]	3.5 [3.1]	2.9 [0.4]	2.4 [0.8]	0.5 [0.1]	0.9 [0.2]	1.0 [0.4]	
2ヶ月	23.6 [1.0]	16.8 [1.4]	12.0 [0.2]	14.7 [0.6]	18.9 [0.5]	19.4 [0.9]	18.6 [0.5]	1.0 [0.5]	0.8 [0.5]	0.8 [0.2]	0.8 [0.2]	2.8 [1.3]	0.7 [0.2]	0.6 [0.1]	
3ヶ月	24.9 [1.5]	14.4 [0.9]	11.4 [1.1]	18.5 [0.7]	16.6 [2.2]	28.0 [4.1]	20.6 [2.0]	0.7 [0.2]	0.7 [0.1]	1.4 [0.6]	1.9 [2.1]	1.5 [0.7]	6.5 [3.9]	2.0 [2.5]	
乾湿周期 (h)	連続	12/12	72/72	168/168	12/12	72/72	168/168	連続	12/12	72/72	168/168	12/12	72/72	168/168	
乾燥湿度	—	75%RH			90%RH				—	75%RH			90%RH		

*[]は標準偏差、網掛けは雑菌混入

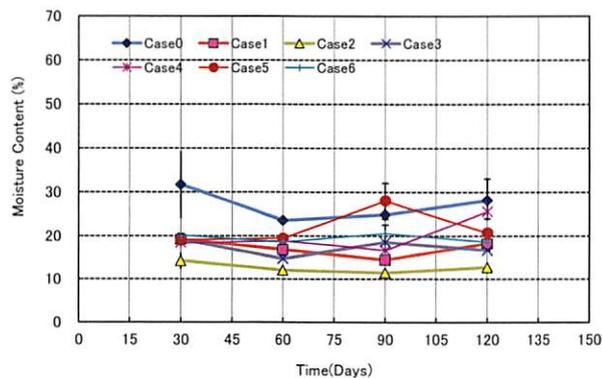


図4 含水率の経時変化

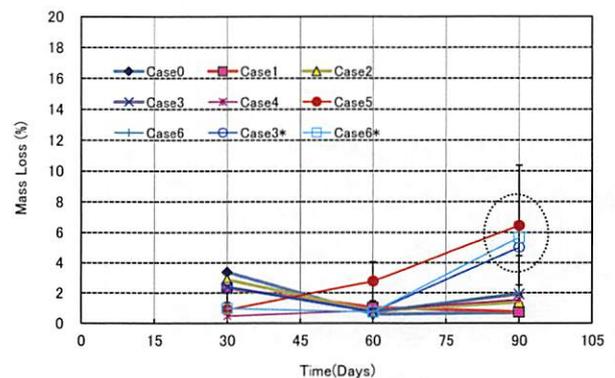


図5 質量減少率の経時変化

*1 独立行政法人 建築研究所 博士 (工学)
 *2 筑波大学 大学院・生命環境科学研究科 教授 農学博士
 *3 (財) 建材試験センター 環境グループ
 *4 国土交通省国土技術政策総合研究所博士 (農学)

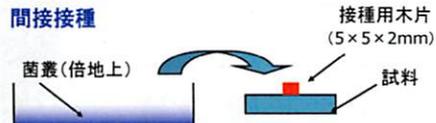
Dept. of Environmental Engineering, Building Research Institute, Dr. Eng.
 Prof., Graduate School of life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Dr. Agr.
 Environmental Group, Japan Testing Center for Construction Materials
 National Institute for Land and Infrastructure Management, Dr. Agr.

構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討

- (独)建築研究所 齋藤宏昭
- 建材試験センター 田坂太一
- 筑波大学 土居修一
- 国土技術政策総合研究所 植本敬大

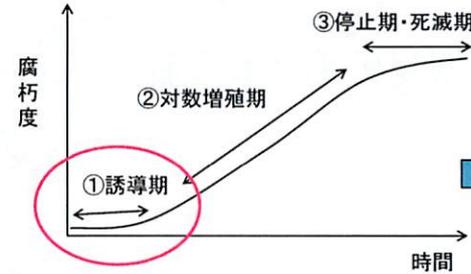
霧困気湿度変動を伴う条件下での菌糸定着時間

- 試料: 赤松辺材(30φ×5mm、木口)
- 供試菌: オオウズラタケ
- 接種方法:
 - 腐朽材の小片(5×5mm程度)による接種
- 霧困気
 - 温度一定(23℃)
 - 湿度のみステップ変動
 - 設定湿度: 100→90%、100→75%
 - 周期: 12h、72h、168h



検討内容

- 霧困気湿度変動を伴う条件下での菌糸定着時間
 - 非常条件下において菌糸が付着した際の定着時間の把握
- 既存建物における木材の窒素含有量調査
 - 腐朽初期に必要なとされる躯体の窒素含有量の把握



・有害な結露湿潤状態の判断に寄与する知見
・モデルパラメータの収集

抜取り時の状況

Case5 (90%、72h周期)



Case6 (90%、168h周期)



質量減少率の測定結果(間接接種)

Case	0	1	2	3	4	5	6
1ヶ月	3.4 [3.7]	3.5 [3.1]	2.9 [0.4]	2.4 [0.8]	0.5 [0.1]	0.9 [0.2]	1.0 [0.4]
2ヶ月	1.0 [0.5]	0.8 [0.5]	0.8 [0.2]	0.8 [0.2]	2.8 [1.3]	0.7 [0.2]	0.6 [0.1]
3ヶ月	0.7 [0.2]	0.7 [0.1]	1.4 [0.6]	1.9 [2.1] <5.0>	1.5 [0.7]	6.5 [3.9]	2.0 [2.5] <5.9>
乾湿周期 (h)	連続	12/12	72/72	168/168	12/12	72/72	168/168
乾燥湿度	—	75%RH			90%RH		

*[]は標準偏差、■は雑菌混入したグループ

3ヵ月程度の期間で質量減少が確認された

既存建物における木材の窒素含有量調査

調査対象建物

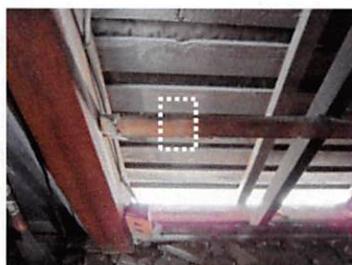
- 埼玉県春日部市
- 木造2階建てアパート(築30年)



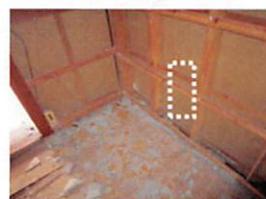
採取箇所



台所根太



南側外壁貫



間仕切壁貫

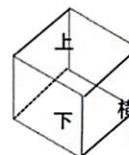
結露又は雨水侵入による汚
れの痕跡がみられた。

窒素含有量の測定

測定方法

- 改良デュマ法(燃烧法、検体量0.1g、定量下限0.05%)

No	場所	部位	採取面	含水率%	窒素含有量%
1	①台所根太	根太	上表面	8.40	0.10
2		根太	下表面	8.80	0.12
3		根太	横表面	8.00	0.10
4	②南側外壁貫	根太	内部	7.90	0.07
5		貫	上表面	7.40	0.46
6	③間仕切壁貫	貫	内部	7.00	0.26
7		貫	上表面	7.80	0.13
8		貫	内部	6.70	0.12



・汚れが顕著な南側外壁貫の窒素含
有量が多い結果となった。

8 小屋裏換気口の要求性能に関する検討

○齋藤宏昭*¹ 西澤繁毅*³
松岡大介*² 植本敬大*⁴

1. はじめに

小屋裏防露措置について、軒裏換気方式を対象に熱・湿気・換気の連成解析による検討¹⁾がなされている。しかし、外部風に影響される換気方式別の評価や文献²⁾で指摘されている外壁通気層の寄与については未着手であった。そこで本検討では外部風を考慮したシミュレーション計算により、これらの影響を定量化し評価を試みる。

2. 計算概要

2.1 計算方法

計算は熱と水分の収支式と換気回路網により連成計算を行うプログラムを新たに開発し行った。多孔質材の熱水分移動に関しては、水分化学ポテンシャルによる熱水分同時移動方程式を適用し、既往の検討¹⁾と異なり液水移動領域までの計算を対象とした。

2.2 計算対象住宅

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³⁾を参考にした(図1参照)。屋根は4寸勾配の寄棟及び切妻とし、断熱位置は天井である。計算対象室は小屋裏、居室、通気層4方位の計6室で、居室は1室とした。小屋裏換気口は寄棟では4方位、切妻は東西面に設置した。なお、外壁通気層は窓の無い部分のみ考慮し、寄棟では全方位、切妻では南北面が小屋裏に繋がる設定とした。天井面の隙間量については既往研究¹⁾と同様に、表2に示す3水準とした。小屋裏換気口については、表3の住宅性能表示制度の劣化等級に関する基準値相当に加え、基準値の0.5及び0.25倍の各3水準を設けた。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。

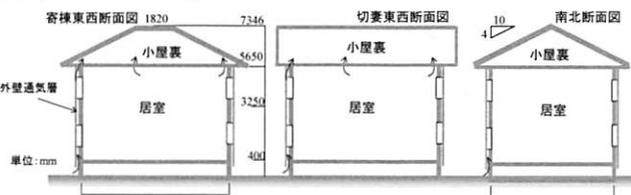


図1 計算対象住宅

2.3 計算条件

材料物性値に関しては既報と同じであるが、野地板に関しては文献を参考に平衡含水率及び水分拡散係数を設定した。対象とする都市は盛岡、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た。計算期間は1.5年、居室の温度条件は連続暖房を想定した(1)式で求め、湿度は60%一定とした。

$$T_r = 4.5 \cdot \cos(48\pi(D - 212)/8760) + 22.5 \quad (1)$$

風圧係数差については、密集住宅地を想定した卓越風による換気はないが風の脈動によって各開口面間に $\Delta C_p=0.05$ に相当する実効差圧が生じる条件を設定した³⁾。気象データの風向によらず、4方位の開口部に

$C_p=+0.0375$ が同じ頻度(各25%)で発生するものとし、そのときに他の開口部で $C_p=-0.125$ をとることで、風の脈動の効果で実効差圧 $\Delta C_p=0.05$ となるように設定している。また、居室の天井面には内外温度差相当の浮力が生じる設定とし、機械換気による圧力勾配は無視した。

表1 対象住宅の各部仕様

屋根	スレート瓦 + アスファルトルーフィング + 野地板 12mm (合板)
天井	GWB250mm+防湿シート + 石こうボード 12mm
壁	サテイング 12mm+通気層+GW16K100mm+防湿シート+石こうボード 12mm

表2 気密性能の設定

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	3.58	10.4	非気密
B	0.81	4.9	気密住宅(温暖地)
C	0.41	2.4	気密住宅(寒冷地)

*天井の隙間面積を天井面積で除した値

表3 小屋裏換気口面積の設定

換気方式	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)
軒換気	2650	40
軒+棟換気	1153	17.4
妻換気	2208	33
妻+軒換気	1471	22.2

*小屋裏換気口面積を天井面積で除した値

3. 結果及び考察

以降の計算結果は最寒期となる1~2月の期間平均値とし、換気量は天井面積あたりの質量基準(kg/m²h)とした。また、通気層ありの場合、小屋裏への外気空気流入量に外壁通気層からの流入分を加算している。

3.1 小屋裏への室内空気流入量

小屋裏への室内空気流入量を図2(左)に示す。屋根及び換気口形状の影響は少なく、天井面の気密性能と室内外温度差によって差異が生じている。図2(右)は室内側で第3種換気システムの稼働を前提とした既往研究¹⁾からの引用であるが、本計算では機械換気の稼働を想定しておらず、小屋裏結露に対しは厳しい結果が得られるよう配慮している。

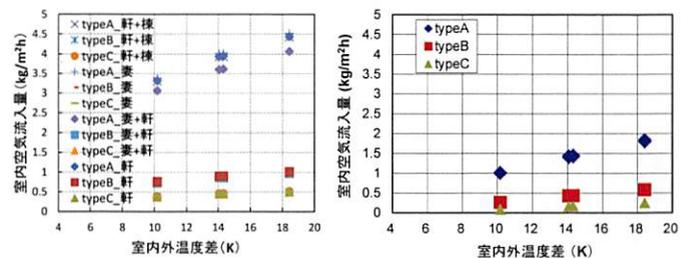


図2 小屋裏への室内空気流入量と内外温度差の関係(左:本計算結果、右:第3種換気稼働時[文献から引用¹⁾])

3.2 換気方式と小屋裏への外気空気流入量の関係

図3にtypeCの換気方式毎の小屋裏への外気流入量を示す。なお、小屋裏換気口面積は表3の値(性能表示制度基準値相当)で、点線で囲んだデータは通気層ありの結果(外気+通気層からの流入量)である。外気流入量は小屋裏換気口面積とほぼ線形関係であり、勾配は換気方法により異なる。妻換気口では最大で1.0kg/m²h程度であり、他に比べ少ない結果であった。本計算では風圧力を各方位25%ずつの出現頻度で与えているため、2面開口となる妻換気では値が小さい。一方、点線で囲んだ通気層からの流入量を加えた結果は通気層なしに比べ0.6~2.0kg/m²h程度増加した。

図4のtypeCに対する外気流入量の割合は妻換気の場合typeAが特に低く、typeC軒換気の2割程度であった。しかし、通気層が小屋裏空間へ繋がる場合は7割程度への改善が見られ、脈動による実効差圧のみの想定では、通気層の効果は相対的に大きい傾向であった。

3.3 小屋裏への外気流入量と含水率の関係

図5にtypeCの小屋裏への外気流入量と北側野地板表面含水率の関係を示す。含水率がやや高めであるが、外気流入量との相関は確認できる。また、通気層あり・なしはほぼ連続した曲線と見なせ、通気層からの流入分の加算は換気方式の評価において妥当であると言える。

3.4 外気空気流入量に対する評価指標の提案

天井面積あたりの小屋裏換気口面積 C_{attic} (cm²/m²) と外気流入量 q (kg/m²h) を線形関係と見なし(2)式で近似し勾配 a と切片 b を求めた^{注)}。 v_0 は外部風速の期間平均値(m/s)である。

$$q = a \cdot \alpha A \cdot v_0 + b \quad (2)$$

図6に仕様毎の勾配 a と切片 b の平均値と標準偏差を示す。標準偏差から判るように、外部風速で基準化を行い得られる勾配 a は軒+棟換気を除けば切片 b と共に地域による差が僅かであり、図中の a 、 b が換気方式や通気層の組合せから定まる評価指標と見なすことができる。

4. まとめ

本報では外部風による脈動を想定したシミュレーション計算により、小屋裏空間への外気流入量に対する換気方式や外壁通気層の影響を検討した。換気方式については妻換気のパフォーマンスが低いこと、外壁通気層の効果の高い等の知見が得られた。また、小屋裏への外気流入量に対する評価指標を提案した。今後は評価指標の検証に加え、透湿抵抗比への換算方法などを検討する予定である。

注) 風圧力 P は外部風速 v^2 に比例するため、換気量が ΔP の平方根で定義されると仮定し ($n=2$)、外部風速の一次式で表現した。また、通気層は断熱層の外側に位置するため、地域による温度差の影響は小さいとみなした。
参考文献: 1) 齋藤宏昭, 本間義規他: 多数室シミュレーションによる気密性能を考慮した木造住宅の小屋裏防露性能に関する検討, 日本建築学会技術報告集第35号, pp.221-226, 2011.2, 2) 松岡大介他, 木造住宅の小屋裏温湿度形成に関する実験的検討, その2 軒換気方式の場合における小屋裏への各部空気流量と加湿量の推定, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D2, 2011.9, 3) 宇田川光弘: 標準問題の提案, 日本建築学会環境工学委員会 熱分科会第15回熱シンポジウム, pp.23-33, 1985.9, 4) Shigeki Nishizawa, Takao Sawachi, Eizo Maruta " Study on Wind, Pressure Coefficient for Cross Ventilation Design in Residential District", Advances in Wind and Structures (AWAS'08), Vol.2, pp.1141-1155 (2008)

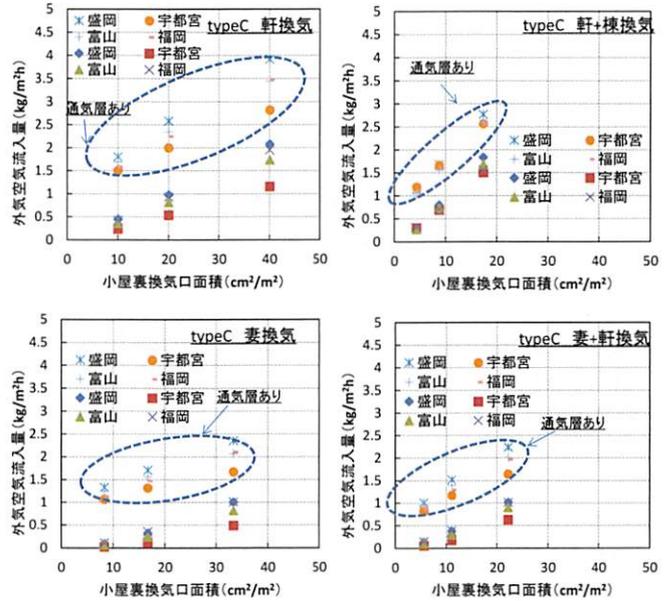


図3 小屋裏換気口面積と外気流入量の関係 (typeC)

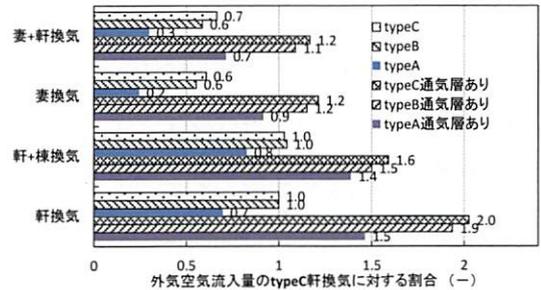


図4 typeCに対する外気流入量の割合

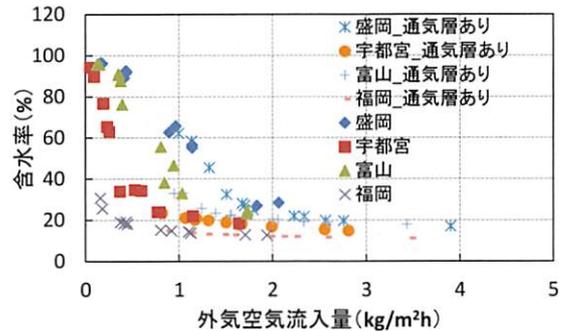


図5 小屋裏への外気流入量と含水率の関係 (typeC)

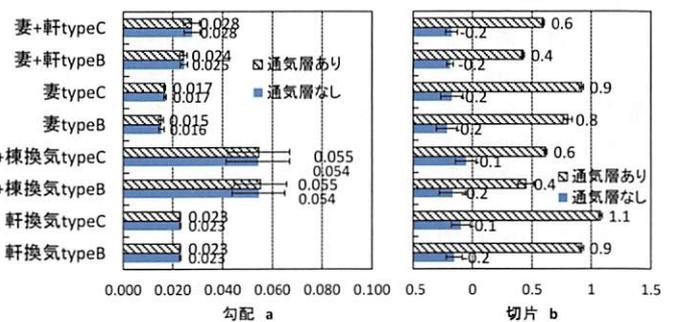


図6 換気方式毎の勾配 a 及び切片 b

*1 独立行政法人 建築研究所 博士 (工学)
*2 (株) ポラス暮し科学研究所 修士 (工学)
*3 国土交通省国土技術政策総合研究所 博士 (工学)
*4 国土交通省国土技術政策総合研究所 博士 (農学)

Dept. of Environmental Engineering, Building Research Institute, Dr. Eng.
POLUS R&D Centre of Life-Style Inc., M.Eng.
National Institute for Land and Infrastructure Management, Dr. Eng.
National Institute for Land and Infrastructure Management, Dr. Agr.

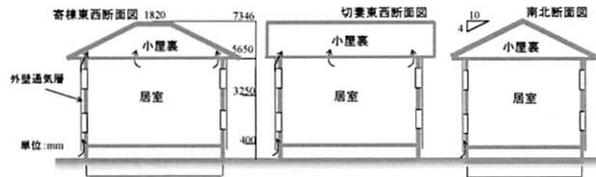
小屋裏換気口の要求性能に関する検討

- (独) 建築研究所 齋藤宏昭
- ポラス暮らし科学研究所 松岡大介
- 国土技術政策研究所 西澤繁毅
- 国土技術政策研究所 槌本敬大

はじめに

- これまで換気方式別の小屋裏換気口の評価や外壁通気層の寄与の検討については未着手であった。
- 本検討では外部風を考慮したシミュレーション計算により、これらの影響を定量化し小屋裏換気口の評価を試みる。
- シミュレーションは多数室の熱・水分・空気移動の連成モデルとする。
- 室内温湿度及び外部風の影響は安全側を仮定する。
- 軒裏、妻、棟等の各換気方式を対象とする。

外部風を考慮したシミュレーション計算の概要



気密性能の設定

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	3.58	10.4	非気密
B	0.81	4.9	気密住宅(温暖地)
C	0.41	2.4	気密住宅(寒冷地)

小屋裏開口面積の設定

換気方式	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)
軒換気	2650	40
軒+棟換気	1153	17.4
妻換気	2208	33
妻+軒換気	1471	22.2

*基準値である上記数値に加え0.5及び0.25倍の各3水準とした

基本式

空間を対象とした熱・湿気収支式:

$$c\Gamma \frac{dT_r(t)}{dt} + \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot S_i \cdot (T_r - T_{surf}) + c \cdot G(T_r - T_o) = H(t)$$

$$\Gamma \frac{dX_r(t)}{dt} + \sum_{i=1}^N \alpha'_{xi} \cdot S_i \cdot (X_r - X_{surf}) + G(X_r - X_o) = W(t)$$

多孔質材を対象とした熱水分同時移動方程式:

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

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

境界条件:

$$q = \alpha(T_o - T_s)$$

$$J = \alpha'_X(X_o - X_s)$$

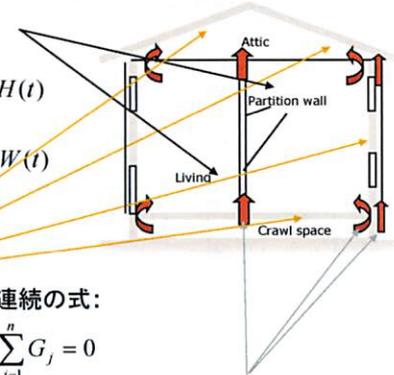
連続の式:

$$\sum_{j=1}^n G_j = 0$$

換気量:

$$G = \text{sgn} \cdot \alpha A \cdot \sqrt{\frac{2g}{\rho_a} \cdot \Delta p^{1/n}}$$

数値計算は、熱水分はSOR法、換気はNewton-Raphson法を用いた。

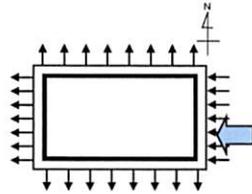


計算条件

- 熱と水分の収支式と換気回路網により連成計算を行う。多孔質材の熱水分移動に関しては、**液水移動領域まで**の計算を対象とした。
- 屋根は4寸勾配の寄棟及び切妻。断熱位置は天井、計算対象室は**小屋裏、居室、通気層+方位**の計6室。
- 対象とする都市は盛岡、宇都宮、富山、福岡の4都市
- 密集住宅地を想定し、各開口面間に $\Delta C_p=0.05$ に相当する実効差圧が生じる条件を設定し、4方位の開口部に同じ頻度(各25%)で発生すると仮定。
- 居室の天井面には**内外温度差相当の浮力**が生じる設定とし、機械換気による圧力勾配は無視。
- 室内温湿度は以下。

$$T_r = 4.5 \cdot \cos(48\pi(D - 212)/8760) + 22.5$$

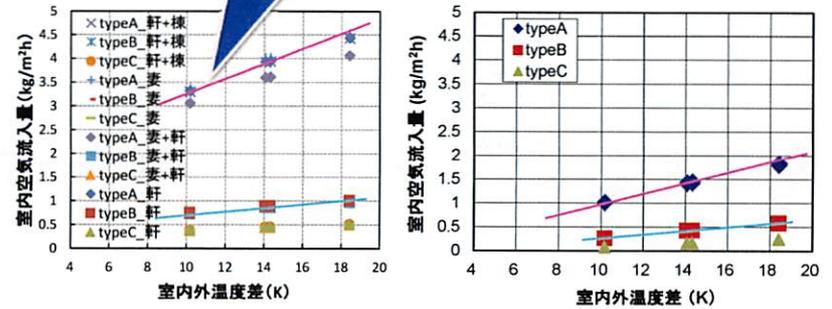
$$\phi_r = 60$$



5

室内外温度差と小屋裏への室内空気流入量

安全側の与条件 (間取り、換気システム)

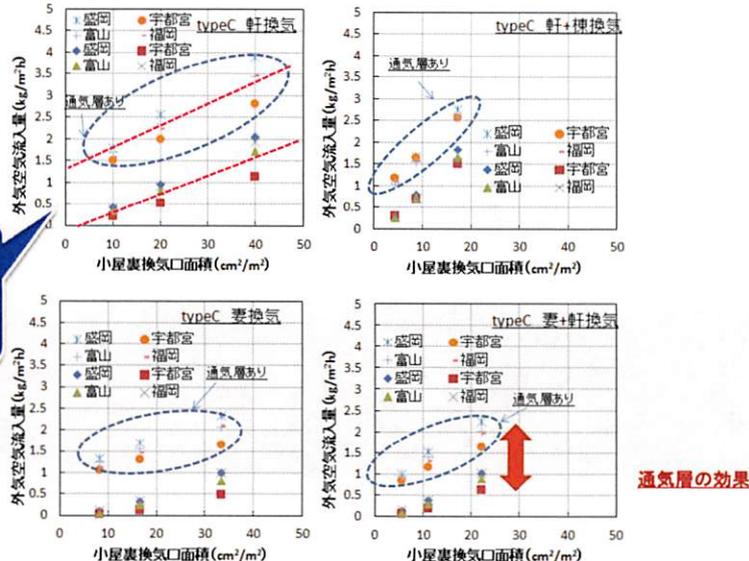


小屋裏への室内空気流入量と内外温度差の関係
(左:本計算結果、右:第3種換気稼働時[文献から引用*])

*齋藤宏昭、本間義規他:多数室シミュレーションによる気密性能を考慮した木造住宅の小屋裏防露性能に関する検討、日本建築学会技術報告集 第35号、pp.221~226、2011.2

6

小屋裏換気口面積と外気流入量の関係 (typeC)

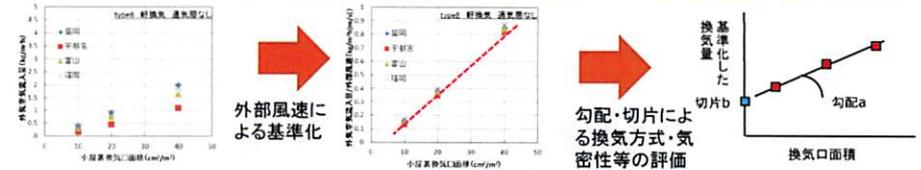


換気方式別に1次式で評価できるのでは?

通気層の効果

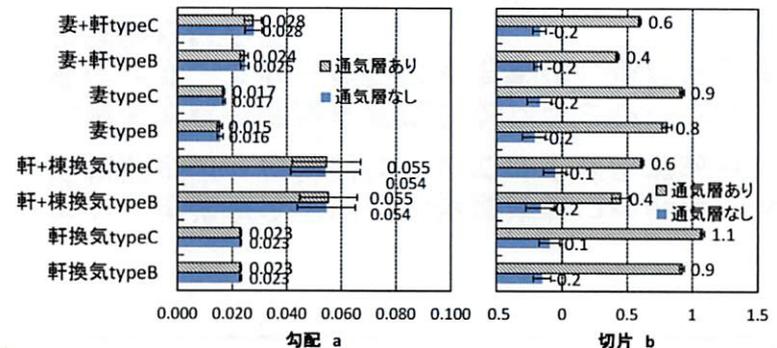
7

換気方式及び通気層の有無を勘案した評価指標



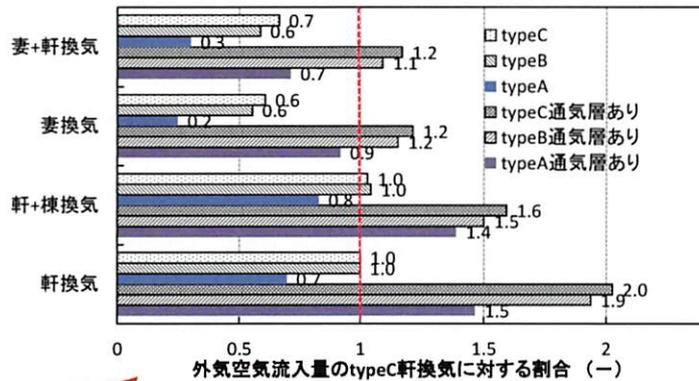
$$q = a \cdot \alpha A \cdot v_0 + b$$

q : 外気流入量 (kg/m²h)
 v_0 : 外部風速の期間平均値 (m/s)



8

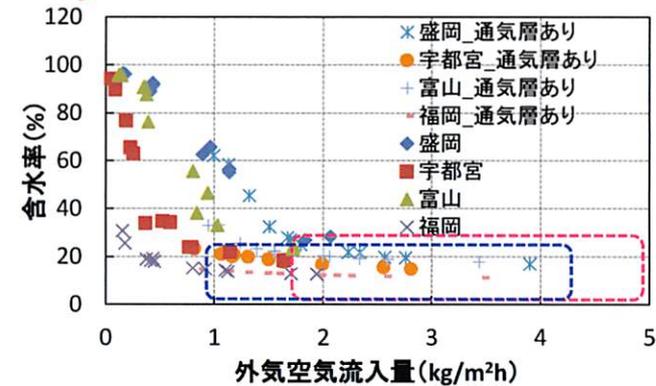
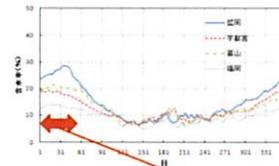
換気方式と小屋裏への外気空気流入量の関係



気密性が $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ で通気層があれば、軒換気同等（通気層なし）の外気導入量が確保できる

9

小屋裏への外気流入量と含水率の関係 (typeC)



10

冬の野地板含水率

冬期北側野地板表面含水率(軒換気、左:通気層なし、右:通気層あり 室内湿度60%)

$C_{\text{air}} (\text{cm}^2/\text{m}^2)$	$C_{\text{outing}} (\text{cm}^2/\text{m}^2)$			地域
	3.58(A)	0.81(B)	0.41(C)	
40(1)	94.1	63.4	28.4	盛岡
20(2)	—	90.4	65.7	
10(3)	—	95.7	92.5	
40(1)	83.8	38.1	21.9	宇都宮
20(2)	—	64.5	34.7	
10(3)	—	85.9	65.5	
40(1)	91.3	53.2	24.4	富山
20(2)	—	88.0	55.5	
10(3)	—	94.7	90.9	
40(1)	34.2	15.7	12.6	福岡
20(2)	—	20.0	14.7	
10(3)	—	28.4	18.3	

$C_{\text{air}} (\text{cm}^2/\text{m}^2)$	$C_{\text{outing}} (\text{cm}^2/\text{m}^2)$			地域
	3.58(A)	0.81(B)	0.41(C)	
40(1)	89.8	26.7	16.8	盛岡
20(2)	—	52.0	19.7	
10(3)	—	70.2	24.9	
40(1)	68.6	21.7	14.7	宇都宮
20(2)	—	25.8	16.7	
10(3)	—	30.3	18.8	
40(1)	80.1	22.8	17.8	富山
20(2)	—	29.8	19.1	
10(3)	—	45.8	21.2	
40(1)	26.2	13.1	11.1	福岡
20(2)	—	15.0	11.9	
10(3)	—	17.2	12.8	

冬期北側野地板表面含水率(軒換気、左:通気層なし、右:通気層あり 室内湿度50%)

$C_{\text{air}} (\text{cm}^2/\text{m}^2)$	$C_{\text{outing}} (\text{cm}^2/\text{m}^2)$			地域
	3.58(A)	0.81(B)	0.41(C)	
40(1)	87.3	40.6	20.5	盛岡
20(2)	—	77.6	41.4	
10(3)	—	92.9	79.7	
40(1)	62.4	25.3	17.6	宇都宮
20(2)	—	37.4	22.5	
10(3)	—	58.6	34.4	
40(1)	64.8	24.3	19.1	富山
20(2)	—	46.5	23.5	
10(3)	—	77.3	46.6	
40(1)	18.4	12.7	11.1	福岡
20(2)	—	14.7	12.2	
10(3)	—	17.2	13.9	

$C_{\text{air}} (\text{cm}^2/\text{m}^2)$	$C_{\text{outing}} (\text{cm}^2/\text{m}^2)$			地域
	3.58(A)	0.81(B)	0.41(C)	
40(1)	74.8	19.8	14.8	盛岡
20(2)	—	25.3	16.4	
10(3)	—	48.0	18.8	
40(1)	44.6	17.4	12.6	宇都宮
20(2)	—	20.3	13.8	
10(3)	—	23.4	15.2	
40(1)	34.9	18.3	16.2	富山
20(2)	—	20.1	16.7	
10(3)	—	22.9	17.4	
40(1)	16.4	11.4	10.3	福岡
20(2)	—	12.4	10.7	
10(3)	—	13.5	11.2	

11

まとめ

外部風を想定したシミュレーション計算により、小屋裏空間への外気流入量に対する換気方式や外壁通気層の影響を検討した。

- 棟換気・外壁通気層の効果、妻換気の問題点など、換気方式毎の定量的な知見が得られた。
- 小屋裏への外気流入量に対する評価指標を提案した。

今後の課題

- 未着手の換気方式に関するデータ収集
- 小屋裏内部の温度分布等の精査
- 評価式の検証
- 天井面の気密・防湿性能を緩和させた際の検討

12

9 接合金物の耐久性評価に関する検討

○石山央樹*

1. はじめに

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」¹⁾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、金物類の表面処理についてはこれまで明確な基準化がなされてこなかった。

そこで本TGでは、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こととした。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(図1)。まず、木造住宅における接合金物の耐久性上最も厳しいと指摘されている²⁾、保存処理木材との接触部位(Eurocode5におけるサービスクラス3に相当³⁾)における接合金物類の腐食性を屋外暴露実験によって検証することとした。

2. 試験方法

各種保存処理木材(ベイツガ)に対し各種表面処理鋼板をねじ留めした状態で屋外暴露(横浜、つくば、宇治、旭川)し、4週目、8週目に鋼板の木材接触面の腐食度合いを観察評価した。試験体仕様は既往の実験⁴⁾および現在流通している木造住宅用接合金物を参考に、

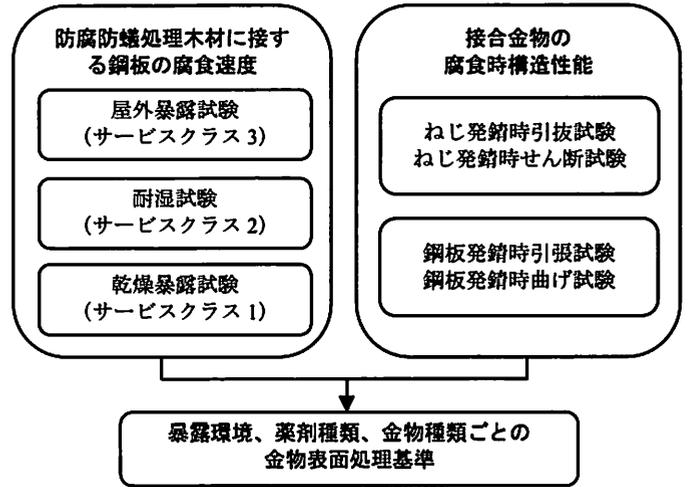


図1 接合金物の耐久性

金物表面処理について18種、木材保存処理方法について16種とした(表1、2)。繰り返し数は3とした。ねじは異種金属接触腐食を避けるよう、極力同一の表面処理を施した。ねじ留めは同一の熟練工が行い、締結度合いが極力均一になるように配慮した。試験体図を図2に示す。

3. 試験結果

腐食度合いの評価は、既往の研究⁵⁾に準じて目視による5段階評価とした。評価基準を図3に示す。

評価結果の一例を図4に示す。図中の数値は各保存処理木材と各表面処理鋼板との組み合わせについての3体の平均評価点を示し、3点、4点を境に網掛けをした。その結果、以下の知見が得られた。

- ・銅を含む保存処理木材の腐食性が高い傾向であった。

表1 鋼板仕様

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	亜鉛合金めっき
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	複合処理
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	

表2 木材仕様

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

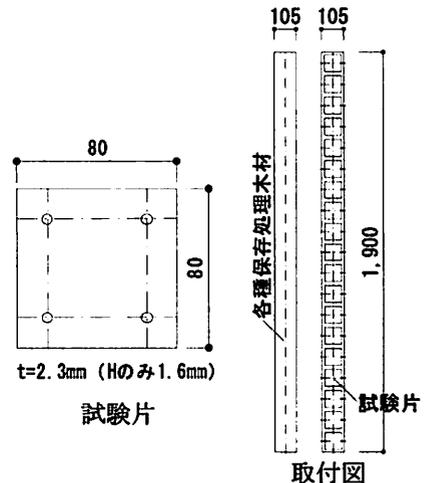


図2 試験体図

- ・表面処理薬剤の腐食性は低い傾向であった。
- ・複合処理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。これは、試験開始が10月～11月であり、旭川では降雨より降雪が多く、木材の含水率が低かったことによると思われる。

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試験を行った結果、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。このほか、今後取り組むべき課題を以下に挙げる。

- ・乾燥空間暴露試験 (Eurocode5 のサービスクラス 1 相当)
 - ・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)
 - ・環境因子の定量化 (温湿度・飛来海塩粒子)
 - ・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
- 赤錆、白錆面積の定量評価 (画像解析)

謝辞

実験にご協力いただいた関東学院大学の卒論生諸氏、

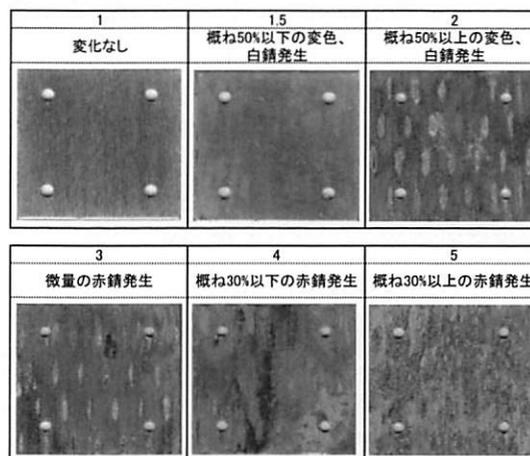


図3 評価基準

(株)タナカの松浦氏に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 建設大臣官房技術調査室：建築物の耐久性向上技術シリーズ 建築構造編Ⅲ 木造建築物の耐久性向上技術, 技報堂出版, 1986. 9
- 2) Baker, A.J. : Corrosion of Metal in Wood Products, Durability of Building Materials and Components. ASTM STP 691, pp. 981-993, 1980
- 3) 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
- 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) 日本木材防腐工業組合：長寿命化住宅仕様書作成委員会報告書 第 1 編 長寿命化住宅仕様書作成にあたっての各種検討結果報告, 2008. 3

		鋼板仕様																	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
木材仕様	1	2.3	2.0	3.7	2.3	2.0	2.0	2.0	1.7	2.0	1.5	3.3	2.0	1.7	2.0	1.7	3.0	1.5	1.0
	2	2.7	2.0	3.0	2.3	2.0	2.0	2.3	1.5	2.3	1.5	2.5	2.3	1.5	2.0	1.0	2.3	1.5	1.0
	3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.5	1.7	2.0	1.8	2.0	1.3	2.3	1.5	1.0
	4	5.0	3.3	5.0	3.3	3.3	3.0	2.7	2.7	2.7	3.0	4.0	2.8	2.0	3.0	1.2	5.0	1.5	1.0
	5	4.3	3.7	5.0	4.3	3.3	2.0	3.7	2.0	3.7	3.3	5.0	3.7	3.0	3.3	1.5	5.0	1.5	1.0
	6	5.0	4.7	5.0	5.0	4.7	4.3	3.3	2.3	4.3	3.3	4.7	4.7	4.3	4.7	1.5	5.0	1.5	1.0
	7	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.3	1.5	1.5	2.0	1.5	1.5	1.0	2.3	1.5	1.0
	8	1.8	1.3	1.5	1.7	2.0	2.0	2.0	1.5	1.8	1.5	1.8	1.8	1.5	1.7	1.0	2.0	1.0	1.0
	9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	1.5	1.8	1.5	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0
	10	1.7	1.8	2.0	1.8	1.8	2.7	2.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.3	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
	11	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
	12	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	1.5	1.8	1.0	1.5	2.0	1.5	1.5	1.2	2.0	1.0	1.0
	13	2.3	2.0	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
	14	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5	2.0	1.2	1.5	1.8	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
	15	3.3	2.0	3.3	2.0	2.0	2.3	2.0	1.5	2.0	1.5	2.8	2.0	1.5	1.5	1.2	2.3	2.0	1.0
	16	2.3	2.0	3.3	2.0	2.0	2.3	2.0	1.5	2.0	1.2	1.5	2.0	1.5	1.5	1.3	2.3	1.5	1.0

		鋼板仕様																	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
木材仕様	1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.5	1.0
	2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.3	1.0
	3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.7	1.0
	4	2.7	2.0	2.7	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.3	2.0	2.0	2.0	1.0	2.7	1.8	1.0
	5	3.0	2.7	3.7	3.7	2.3	2.0	2.0	2.0	2.3	2.0	4.0	2.0	2.0	3.0	1.0	3.0	1.3	1.0
	6	3.7	2.0	4.7	3.0	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	3.3	2.0	2.0	2.0	1.2	3.7	1.3	1.0
	7	2.0	2.0	2.0	1.7	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.2	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.3	1.0
	8	1.7	1.7	1.8	1.8	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.3	2.0	2.0	1.5	1.8	1.0	2.0	1.3	1.0
	9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
	10	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
	11	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.7	1.5	1.7	1.0	2.0	2.0	1.3	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
	12	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.2	1.0
	13	2.0	1.7	2.0	1.8	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.2	1.0
	14	1.3	1.3	1.5	1.5	2.0	2.0	1.8	1.8	1.8	1.5	2.0	2.0	1.8	1.8	1.0	2.0	1.0	1.0
	15	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.7	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.8	1.0
	16	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.7	1.0	2.0	1.5	1.0

図4 評価結果の一例 (上：横浜、12週 下：旭川、12週)

木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討

住友林業(株)筑波研究所 石山 央樹

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

平成21年度の取り組み

文献調査による既往の研究の整理

- 接合金物、接合具の腐食の実態
→腐食しやすい場所：薬剤処理木材etc・・・
- 接合金物、接合具の耐久性の定義
→鉄骨造の限界状態：鋼材10%・亜鉛めっき90%・・・木造は？
→釘の劣化時せん断性能：発錆初期はいったん上昇
- 劣化外力の整理
- 現状の防錆処理
- 海外における木造接合金物の防錆基準

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

背景・目的

- 2009年長期優良住宅基準
＝品確法劣化対策等級3＋維持管理要件
- これらの技術的背景は1980年建設省耐久性総プロの成果
- 一方で、構造耐力要素として接合金物の使用が多くなっている

木造住宅における接合金物の劣化特性に関する
技術的基盤の整備を行う

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

背景

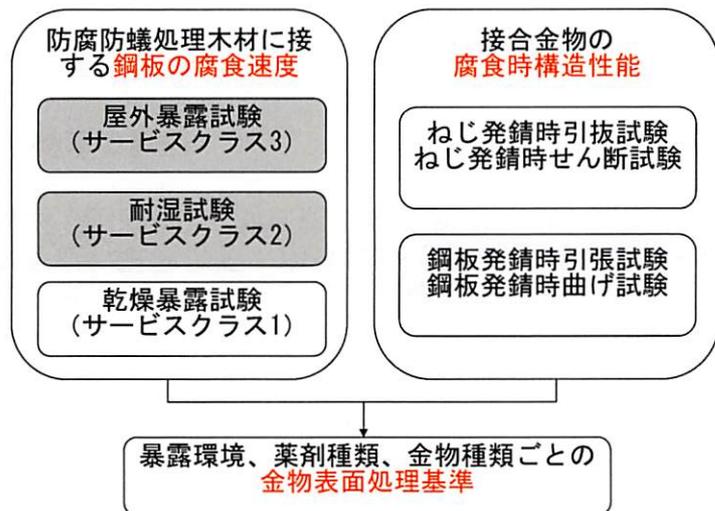
■ヨーロッパの基準 (Eurocode 5)

種類	サービスクラス1	サービスクラス2	サービスクラス3
	屋内のような乾燥した環境での使用	直接雨に曝されない屋外環境あるいは多湿な屋内環境における使用	直接雨に曝される屋外環境での使用
釘径4mm以下	不要	Fe/Zn12c Z275	Fe/Zn25c Z350
釘径4mm超	不要	不要	Fe/Zn25c Z350

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

接合金物の耐久性



2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

屋外暴露試験



2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

平成22年度の取り組み

保存処理木材との接触部位※ 実験的に検証

※木造住宅における接合金物の耐久性上最も厳しいと思われる

■ 屋外暴露実験: サービスクラス3

■ 耐湿試験: サービスクラス2

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

耐湿試験1



2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

耐湿試験2



2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

試験体仕様

■ ねじは鋼板と同種の表面処理

表記記号	商品名	鋼板の表面処理																	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
A	Zn5Cr6	○																	
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										○								
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																		○

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

試験体仕様



表記記号	名称	区分	表記記号	名称	区分
1	AAC	加圧注入	A	Zn5Cr6	亜鉛めっき
2	SAAC	加圧注入	B	Zn8Cr6	
3	BAAC	加圧注入	C	Zn5Cr3	
4	ACQ	加圧注入	D	Zn8Cr3	
5	CUAZ-2	加圧注入	E	Z27	
6	CUAZ-3	加圧注入	F	HDZ-A	
7	AZN	加圧注入	G	HDZ23	亜鉛合金めっき
8	ナフテン酸鋼	表面処理	H	Z60	
9	チアトキサムほか	表面処理	I	HDZ35	
10	ジノテフランほか	表面処理	J	Zn+Al焼付塗装1	
11	ビフェントリンほか	表面処理	K	Zn+Al焼付塗装2	
12	エトフェンブロックス乳剤	表面処理	L	Zn+Sn合金めっき	
13	エトフェンブロックス油剤	表面処理	M	Zn+Mg合金めっき1	
14	ホウ酸	加圧注入	N	Zn+Mg合金めっき2	
15	未処理材(ベイツ)	未処理材	O	電気亜鉛めっき+皮膜1	複合処理
16	未処理材(ベイツガ)	未処理材	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	

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

評価作業手順

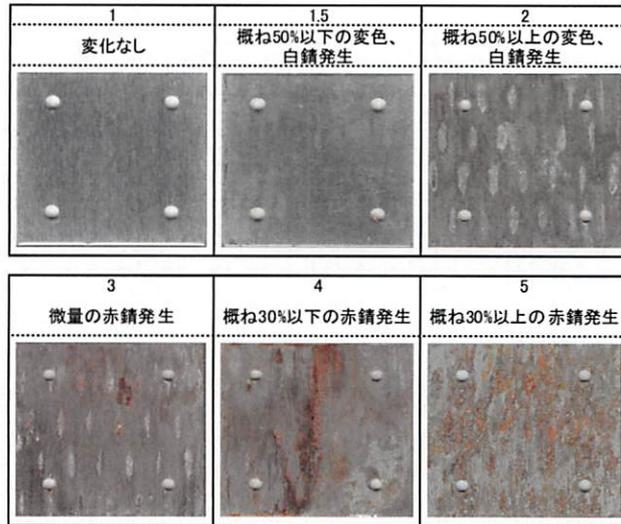


2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

評価方法

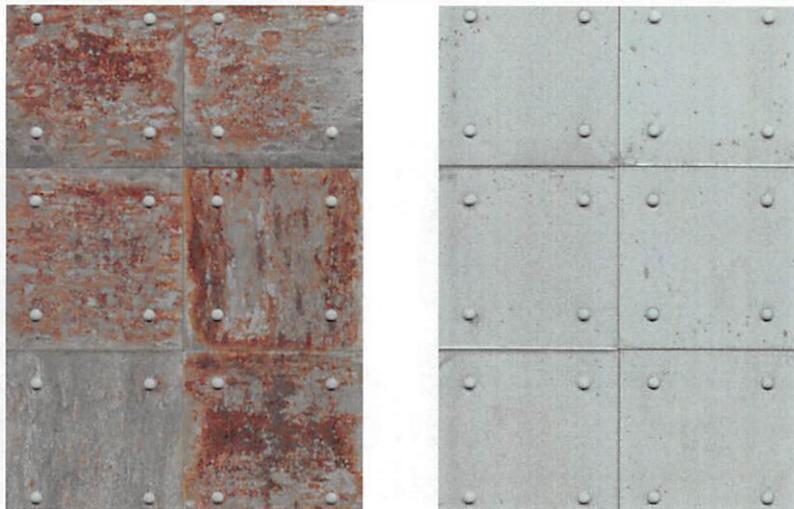
■ 目視5段階評価とした



2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

試験体画像



屋外暴露・横浜・12週目・Zn5Cr6・CUAZ-2 (左)・CUAZ-3 (右)

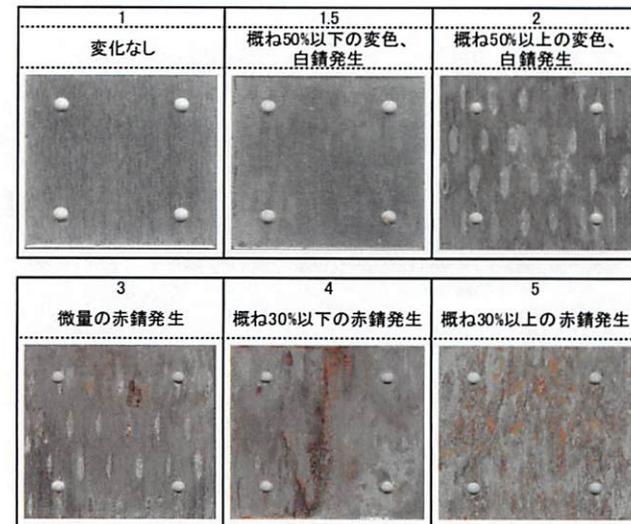
屋外暴露・横浜・12週目・電気めっき+皮膜1・CUAZ-2 (左)・CUAZ-3 (右)

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

評価方法

■ 目視5段階評価とした



2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

評価結果

屋外暴露試験・横浜・12週目

0-G(コントロール)	2.0																	
	Zn50%	Zn80%	Zn50%	Zn80%	Z27	HDZ-A	HDZ3	Z80	HDZ35	Zn+Al膜付塗膜	Zn+Al膜塗めっき	Zn+Sn塗めっき	Zn+Mg塗めっき	電気めっき皮膜1	電気めっき皮膜2	電気めっき皮膜3	Z27+オゾン電着塗装	
AAC	2.3	2.0	3.7	2.3	2.0	2.0	2.0	1.7	2.0	1.5	3.3	2.0	1.7	2.0	1.7	3.0	1.5	1.0
SAAC	2.7	2.0	3.0	2.3	2.0	2.0	2.3	1.5	2.3	1.5	2.5	2.3	1.5	2.0	1.0	2.3	1.5	1.0
BAAC	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.5	1.7	2.0	1.8	2.0	1.3	2.3	1.5	1.0
ACQ	5.0	3.3	5.0	3.3	3.3	3.0	2.7	2.7	2.7	3.0	4.0	2.8	2.0	3.0	1.2	5.0	1.5	1.0
CUAZ-2	4.3	3.7	5.0	4.3	3.3	2.0	3.7	2.0	3.7	3.3	5.0	3.7	3.0	3.5	1.5	5.0	1.5	1.0
CUAZ-3	5.0	4.7	5.0	5.0	4.7	4.3	3.3	2.3	4.3	3.3	4.7	4.7	4.3	4.7	1.5	5.0	1.5	1.0
AZN	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.3	1.5	1.5	2.0	1.5	1.5	1.0	2.3	1.5	1.0
ナフテ-樹脂	1.8	1.3	1.5	1.7	2.0	2.0	2.0	1.5	1.8	1.5	1.8	1.8	1.5	1.7	1.0	2.0	1.0	1.0
チアホキ-サム膜	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	1.5	1.8	1.5	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0
ジノチフラン膜	1.7	1.8	2.0	1.8	1.8	2.7	2.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.3	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
ビフエントリン膜	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
エトフエンプロクス樹脂	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	1.5	1.8	1.0	1.5	2.0	1.5	1.5	1.2	2.0	1.0	1.0
エトフエンプロクス塗膜	2.3	2.0	1.8	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
ホウ酸	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5	2.0	1.2	1.5	1.8	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
米地埋材(ペイマツ)	3.3	2.0	3.3	2.0	2.0	2.3	2.0	1.5	2.0	1.5	2.8	2.0	1.5	1.5	1.2	2.3	2.0	1.0
米地埋材(ペイツガ)	2.3	2.0	3.3	2.0	2.0	2.3	2.0	1.5	2.0	1.2	1.5	2.0	1.5	1.5	1.3	2.3	1.5	1.0

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

評価結果

屋外暴露試験・つくば・12週目

0-G(コントロール)	2.0																	
	ZnSO ₆	ZnSO ₆	ZnSO ₃	ZnSO ₃	Z27	HDZ-A	HDZ3	Z60	HDZ35	Zn+Al焼付塗料1	Zn+Al焼付塗料2	Zn+Sn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+カチオン電着塗料	
AAC	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.3	3.3	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.5	1.0
SAAC	2.0	2.0	2.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.7	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.5	1.0
BAAC	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	2.0	2.0	1.5	2.0	1.2	2.0	1.5	1.0
AGG	5.0	3.7	5.0	4.7	3.7	2.7	2.0	2.0	2.0	3.3	5.0	4.0	4.0	4.0	1.3	5.0	1.5	1.0
CUAZ-1	5.0	4.0	5.0	5.0	4.3	3.3	3.3	2.0	3.7	3.0	5.0	4.7	3.7	4.3	1.5	5.0	1.5	1.0
CUAZ-2	5.0	5.0	5.0	4.7	4.7	4.3	4.3	2.7	4.7	2.7	5.0	5.0	3.7	4.7	1.5	5.0	1.5	1.0
CUAZ-3	5.0	5.0	5.0	4.7	4.7	4.3	4.3	2.7	4.7	2.7	5.0	5.0	3.7	4.7	1.5	5.0	1.5	1.0
AZN	2.0	2.0	2.7	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	1.7	2.0	1.8	2.0	1.0	2.3	1.5	1.0
ナフチン焼膜	1.3	1.0	1.3	1.5	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	1.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.5	1.0
チアホキサムほか	2.0	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0
ジノチフランほか	2.0	2.0	2.7	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	1.7	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.3	1.0
ピエンリンほか	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.3	1.0	1.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0
エトフェンプロピルス乳剤	1.8	1.8	2.0	1.8	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.5	1.2	2.0	1.5	1.0
エトフェンプロピルス油剤	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0
ホウ酸	1.2	1.2	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.3	1.5	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.5	1.0
未処理材(ペイマツ)	3.0	2.0	4.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	3.3	2.0	2.0	2.0	1.0	2.7	1.5	1.0
未処理材(ペイツガ)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0

評価結果

屋外暴露試験・宇治・12週目

0-G(コントロール)	2.0																	
	ZnSO ₆	ZnSO ₆	ZnSO ₃	ZnSO ₃	Z27	HDZ-A	HDZ3	Z60	HDZ35	Zn+Al焼付塗料1	Zn+Al焼付塗料2	Zn+Sn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+カチオン電着塗料	
AAC	2.0	2.0	2.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.0	2.7	1.5	1.0
SAAC	2.0	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.2	1.7	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.5	1.0
BAAC	2.0	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.3	2.0	2.0	2.0	1.0	3.0	1.5	1.0	
AGG	4.7	2.7	5.0	3.7	2.7	2.3	2.3	2.0	2.3	3.0	4.0	3.0	2.0	3.0	1.5	5.0	1.8	1.0
CUAZ-1	4.7	3.7	5.0	4.3	3.7	4.0	2.7	2.0	3.3	2.0	4.3	4.3	3.0	3.7	1.5	5.0	2.0	1.0
CUAZ-2	4.7	3.7	4.7	4.3	4.3	4.3	4.3	2.3	4.3	3.3	4.7	4.0	4.0	4.0	1.7	5.0	2.3	1.0
CUAZ-3	4.7	3.7	4.7	4.3	4.3	4.3	4.3	2.3	4.3	3.3	4.7	4.0	4.0	4.0	1.7	5.0	2.3	1.0
AZN	2.0	1.8	2.7	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.3	1.5	2.0	2.0	2.0	1.0	2.3	1.5	1.0	
ナフチン焼膜	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	1.0	1.5	1.8	1.5	1.5	1.5	1.8	1.5	1.0
チアホキサムほか	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	1.5	1.7	1.5	2.0	1.0	2.3	1.0	1.0
ジノチフランほか	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.3	1.5	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0
ピエンリンほか	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.7	1.0	2.0	1.0	1.5	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0
エトフェンプロピルス乳剤	1.7	1.7	1.7	1.5	1.5	2.0	1.8	1.0	2.0	1.0	1.5	1.8	1.5	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0
エトフェンプロピルス油剤	1.7	1.7	1.7	1.5	1.5	2.0	1.8	1.0	2.0	1.0	1.5	1.8	1.5	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0
ホウ酸	1.5	1.5	1.5	1.5	1.8	2.0	2.0	1.5	2.0	1.5	1.5	1.8	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0
未処理材(ペイマツ)	2.7	2.0	4.0	2.7	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	1.5	2.3	1.8	2.0	2.0	1.0	4.0	1.8	1.0
未処理材(ペイツガ)	2.0	2.0	2.0	1.7	1.7	2.0	2.0	1.5	2.0	1.3	1.5	1.8	1.8	2.0	1.0	2.0	1.5	1.0

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

評価結果

屋外暴露試験・旭川・12週目

0-G(コントロール)	2.0																	
	ZnSO ₆	ZnSO ₆	ZnSO ₃	ZnSO ₃	Z27	HDZ-A	HDZ3	Z60	HDZ35	Zn+Al焼付塗料1	Zn+Al焼付塗料2	Zn+Sn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+カチオン電着塗料	
AAC	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.5	1.0
SAAC	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.3	1.0
BAAC	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.3	1.7	1.0
AGG	2.7	2.0	2.7	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.3	2.0	2.0	2.0	1.0	2.7	1.8	1.0
CUAZ-1	3.0	2.7	3.7	3.7	2.3	2.0	2.0	2.0	2.3	2.0	4.0	2.0	2.0	3.0	1.0	3.0	1.3	1.0
CUAZ-2	3.7	2.0	4.7	3.0	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	3.9	2.0	2.0	2.0	1.2	3.7	1.3	1.0
CUAZ-3	3.7	2.0	4.7	3.0	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	3.9	2.0	2.0	2.0	1.2	3.7	1.3	1.0
AZN	2.0	2.0	2.0	1.7	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.2	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.3	1.0
ナフチン焼膜	1.7	1.7	1.8	1.8	2.0	2.0	1.5	1.5	1.3	2.0	2.0	1.5	1.8	1.0	2.0	1.3	1.0	
チアホキサムほか	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
ジノチフランほか	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.7	1.5	1.7	1.0	2.0	2.0	1.3	1.5	1.0	2.0	1.0	1.0
ピエンリンほか	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.2	1.0
エトフェンプロピルス乳剤	2.0	1.7	2.0	1.8	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.2	1.0
エトフェンプロピルス油剤	2.0	1.7	2.0	1.8	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.2	1.0
ホウ酸	1.3	1.3	1.5	1.5	2.0	2.0	1.8	1.8	1.8	1.5	2.0	2.0	1.8	1.8	1.0	2.0	1.0	1.0
未処理材(ペイマツ)	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.7	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.8	1.0
未処理材(ペイツガ)	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.7	1.0	2.0	1.5	1.0

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

評価結果

耐湿試験1・横浜・12週目

0-G(コントロール)	2.0																	
	ZnSO ₆	ZnSO ₆	ZnSO ₃	ZnSO ₃	Z27	HDZ-A	HDZ3	Z60	HDZ35	Zn+Al焼付塗料1	Zn+Al焼付塗料2	Zn+Sn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+カチオン電着塗料	
AAC	2.7	2.0	2.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.3	1.5	2.3	1.8	2.0	2.0	1.5	2.3	1.5	1.0
SAAC	2.0	2.0	3.3	2.0	2.0	2.0	2.3	2.0	2.7	2.0	3.3	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.5	1.0
BAAC	2.0	2.0	2.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.7	2.0	2.0	2.0	1.0	2.7	1.8	1.0
AGG	2.7	2.3	4.0	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.3	4.0	2.0	2.0	2.3	1.3	3.3	1.7	1.5
CUAZ-1	4.0	3.7	5.0	4.7	3.7	2.7	3.0	2.0	2.7	3.0	4.3	4.7	3.0	3.7	1.5	5.0	1.5	1.5
CUAZ-2	4.3	3.3	4.7	4.0	4.0	3.0	2.0	2.0	2.7	3.7	4.0	2.7	4.0	1.5	4.3	1.5	1.5	
CUAZ-3	4.3	3.3	4.7	4.0	4.0	3.0	2.0	2.0	2.7	3.7	4.0	2.7	4.0	1.5	4.3	1.5	1.5	
AZN	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	2.7	2.0	1.8	2.0	1.2	2.0	1.7	1.0
ナフチン焼膜	2.3	2.0	2.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.3	2.0	2.0	2.0	1.0	2.7	1.5	1.0
チアホキサムほか	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.7	2.0	1.8	1.0
ジノチフランほか	2.0	2.0	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.7	2.0	1.5	1.8	1.8	1.0
ピエンリンほか	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.7	1.8	1.5	2.0	2.0	1.0
エトフェンプロピルス乳剤	1.8	2.0	2.0	1.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.7	2.0	1.8	1.8	2.0	1.5	2.0	2.0	1.0
エトフェンプロピルス油剤	1.8	2.0	2.0	1.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.7	2.0	1.8	1.8	2.0	1.5	2.0	2.0	1.0
ホウ酸	1.5	1.5	1.5	1.7	2.0	2.0	1.5	2.0	1.8	2.0	2.0	1.8	2.0	1.8	1.5	1.7	1.0	

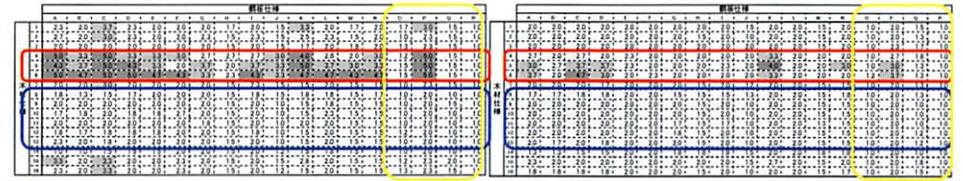
評価結果

耐湿試験2・つくば・12週目

0-G(コントロール) 2.333

	HD223		Z60		HD235		電気亜鉛	電気亜鉛	電気亜鉛	227+カチ
	めっき+ 皮膜1	めっき+ 皮膜2	めっき+ 皮膜2	めっき+ 皮膜2	めっき+ 皮膜2	めっき+ 皮膜3	めっき+ 皮膜3	めっき+ 皮膜3	めっき+ 皮膜3	オン電着 塗装
AAC	2.0	1.5	2.0	1.0	4.0	1.0	1.2			
GUAZ-3	2.0	2.0	2.0	1.0	3.7	1.0	1.5			
ナフテン顔料	2.0	2.0	2.0	1.0	3.0	1.5	1.3			
チアトキサムほか	2.0	1.5	2.0	1.0	3.7	1.0	1.0			
エトフェンプロックス乳剤	2.0	2.0	2.0	1.0	3.7	1.0	1.3			
エトフェンプロックス油剤	2.0	2.0	2.0	1.0	4.7	1.0	1.0			
ホウ酸	1.0	1.5	1.7	1.0	1.5	1.0	1.0			
未処理材(ペイマツ)	2.0	1.5	2.0	1.0	4.0	1.0	1.2			
未処理材(ベイツガ)	2.0	1.7	2.0	1.0	2.7	1.0	1.0			

評価結果



■ 銅を含む保存処理木材の腐食性
(腐食させる力)が高い傾向

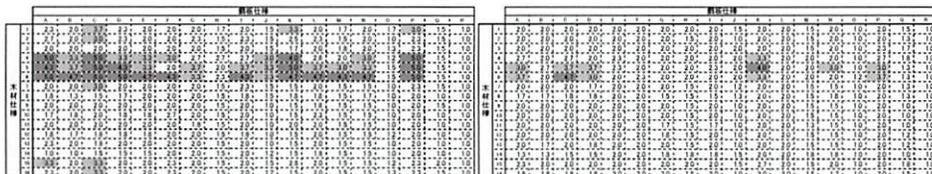
■ 表面処理薬剤の腐食性は低い傾向

■ 複合処理の防錆性が高い傾向

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

評価結果



■ 現在のところ(10月から3ヶ月の暴露)
横浜、つくば、宇治・・・同じ傾向
旭川・・・腐食性が低い傾向

→旭川は降雨より降雪が多く、
木材の含水率が低かったことによると思われる

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

今後の課題

■ 乾燥空間暴露試験(Eurocode5のサービスクラス1相当)

■ 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)

■ 環境因子の定量化(温湿度・飛来海塩粒子)

■ 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

■ 赤錆、白錆面積の定量評価(画像解析)

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

2011.11.10
木造長期優良住宅の総合的検証事業 平成22年度成果報告会

接合金物の耐久性に関する検討
住友林業 石山央樹

10 長期優良住宅における維持管理に関する検討

堤洋樹* 藤平眞紀子** ○藤井義久***
槌本敬大 ***** 中島正夫*****

1. はじめに

長期優良住宅の認定においては長期の維持保全計画(以下「保全計画」)を作成することが求められている。本調査では、長期優良認定における維持保全計画やその実施状態を把握し、維持管理の基本となる点検の周期、部位や方法のマニュアル化に資する知見を体系化することを目的として、ハウスメーカー、工務店や関連団体へのアンケートおよびヒアリング調査を行った。

2. アンケート調査の目的と方法

全国に点在する工務店における維持管理保全計画等に関する現況を把握するため、全国の工務店に対してアンケート調査を実施した。調査対象は、日経ホームビルダー2010.4月号住宅会社全国調査2010のHP読者限定コンテンツ「都道府県別住宅着工数ランキング」を基に、基本的に各都道府県内の実績が10位以内かつ100棟以上の工務店を抽出した。調査は、先ず九州の工務店を対象に電話による予備調査を2010年9月に行った後、予備調査の結果を踏まえ質問項目を作成し、アンケート用紙の配布と電話連絡による本調査を2010年11月～2011年1月に九州以外の全国125社を対象に行った。予備調査を含めた有効回答は65件、有効回答率は46%であった。

3. アンケート調査結果

回答が得られた65工務店の概要は以下の通りである。

- ・本社のある地域は、関東26%、中部20%、九州(予備調査)19%の順に多かった。
- ・主な構法は、在来軸組構法が80%、枠組壁工法が14%であった。
- ・過去3年間の平均着工実績は、1～200棟が54%、201～400棟以下が27%であった。
- ・受注形態は、分譲中心が28%、注文中心が70%であった。また約80%(N=59)が長期優良住宅を導入していたが、長期優良住宅への対応は以下の通りであった。
- ・長期優良住宅の着工実績は、1～20棟が52%、101棟以上が15%であった。
- ・長期優良住宅の構法は、在来軸組構法が77%、枠組壁工法が17%であった。
- ・長期優良住宅における分譲住宅と注文住宅の配分は、分譲中心が28%、注文中心が70%と、全着工実績とほぼ同じ割合であった。

なお基本的には工務店が主に取扱う構法を長期優良

住宅でも採用している。しかし全体的に長期優良住宅が全着工実績に占める割合は少なく、また規模が大きいほど多くの長期優良住宅を手がけている訳ではない。計画書の実態については以下の通りであった。

- ・作成方法は、自社作成が64%、既存フォーマット使用が12%、設計事務所委託が10%であった。
- ・参考資料は、「住まいの管理手帳」が40%、「よくわかる長もちする住宅の設計手法マニュアル」が26%であった。
- ・作成時の独自の工夫は、「無料・有料の区別を明確に」が44%、「交換時期、補修時期の目安を明確に」が25%であった。

全体的には各自で計画書を作成しようとする傾向が見られるが、一方では「特になし(無回答)」が22%を占めるなど、計画書への関心が低い工務店も多いと考えられる。

最後にアンケート結果から得られた長期優良住宅への今後の取組みは、「希望時のみ対応」が62%、「全棟実施」が22%であった。長期優良住宅への対応は初期費用の増加に繋がるため、顧客が望む場合に対応する工務店が多い。ただし全棟対応するなど、長期優良住宅への積極的な対応も注目される一方、導入予定がない工務店も3%を占めていた。

4. アンケート調査のまとめ

本調査により、工務店による長期優良住宅に対する取組みの実態は以下の通りである。

- ・地域や規模に余り関わらず、関心が高い工務店は積極的な採用や計画書の作成を行う一方、導入する予定が今後もない工務店もあるなど、2極化していた。
- ・現状では長期優良住宅の認定は顧客の希望に合わせた対応が主である。しかし技術力がある工務店などでは、全棟を長期優良住宅に対応させるなど積極的な対応が見られた。
- ・長期優良住宅制度は確実に浸透しているが、今以上に長期優良住宅制度の有用性を施主や工務店に明確に示すことが最も重要な課題であると考えられる。

5. ヒアリング調査の方法

調査対象は、アンケート調査を行った全国の工務店のうち、長期優良住宅先導事業で採択を受けた、または採択を受けたグループに所属し長期優良住宅の建設の実績

が確認できた工務店11社を対象とした。これらの選別の際、多雨・暑蒸地域、積雪地域など、地域の気候に特徴のある地域を考慮した。ヒアリング調査は、調査対象工務店へ出向き、担当者等と対面で行った。実施時期は平成22年12月3日～平成23年1月7日である。また長期優良住宅の建設に取り組んでいる住宅メーカー2社を対象として、同様にヒアリング調査を行った。さらに、全国建設労働組合総連合、全国中小建築工事業団体連合会（JBN サポートセンター）には、長期優良住宅認定に関する現状および加盟工務店や加盟建設職人の動向について個別ヒアリングを行った。実施時期は平成22年10月から平成23年2月である。

6. ヒアリング調査の結果および考察

本ヒアリング調査より、「長期優良住宅の普及促進に関する法律」が制定されたのを契機に、工務店の維持保全に関する意識が向上してきている様子がうかがえた。多くの工務店において、点検体制を整備している。また過去客に対する点検制度を新たに設けている例もみられた。また、点検の質を確保するために、対応する社員の教育体制の整備や、点検を行う社員によって判断のばらつきをなくすため点検シートを記述式からチェック式に変更する、顧客の自己点検シート作成し一部を顧客に負担してもらう方法を模索するといった積極的な取り組みも確認できた。これらの取り組みは、長期維持保全計画に従うものであるだけでなく、工務店としては、点検や訪問を通じて改修工事や新たな顧客の紹介などにつながっており、全体的に意欲的である。法律のもとでの維持保全計画書や点検の義務化は、工務店にとって多くの場合、負担増となるが、これらを契機とし、既存住宅の改修や流通に関連する事業への転換などを模索している様子もうかがえた。なお、今回のヒアリング対象は中規模以上の工務店であったため、このような対応が可能であったといえる。したがって、今後は小規模工務店等への支援の仕組み等についても、別途検討する必要がある。

また住宅メーカーについては、2社のみの結果ではあるものの、両社とも今までの経験を活かして独自の点検様式、維持保全計画を考え丁寧に実践されている。住宅の維持保全に対する取り組みとして高く評価されるものの、各社オリジナルな部分もあって他社とのかかわり、他社との対応が難しいことも改めてわかった。既に住宅産業および建材・住宅設等関連産業に係わる部材の共通化・標準化を目的として、住宅、建材・住宅設備等の業界横断的な組織が長期使用対応部材標準（共通）化事業を行っており、長期使用に対応した部材の標準化が進められ

ている。このような動きは長期優良認定においても注目される。具体的には、各社オリジナルな部分と、他社とも共有できる部分を明確にしていくことで、共有部分での共通化・標準化を進めている。

一方、中小工務店においては、長期優良認定制度はややハードルが高いようであるが、全国建設労働組合総連合や全国中小建築工事業団体連合会（JBN サポートセンター）からの提供される情報や講習会などを活用し、長期優良認定を基礎として地域性や独自性を加えた住宅を提供していくべきで、これらの団体の果たすべき役割は大きく、また、その活用が期待される。

今後の課題として、維持保全計画の統一化、その中で地域環境や材料を考慮した維持保全計画の立案、維持保全計画の実施とその後の対応のあり方、住み手の維持保全意識を向上させていく住宅供給側の働きかけのあり方が挙げられる。

7. 総括

住宅の劣化（耐久性）に影響を及ぼす因子には、設計、材料選択や施工技術のほかに、その住宅が建っている環境とその住宅の住まれ方がある。これまでの住宅の耐久性確保に関する技術的あるいは実務的検討において、後2者まで含めた包括的な検討が十分なされてきたとは言いがたく、その観点からみて本事業の意義は極めて深いと言える。また維持管理の結果を分析することで、より耐久性の高い住宅開発のための基礎的知見が得られることから、設計・施工と維持管理は相互補完的な営みであり、今後維持管理の技術と実務についてさらに深く検討することが必要である。

*前橋工科大学准教授・博士（工学）

**奈良女子大学講師・博士（学術）

***京都大学准教授・博士（農学）

****国土交通省国土技術政策総合研究所主任研究員・博士（農学）

*****関東学院大学教授・博士（工学）

* Assoc. Prof., Maebashi Institute of Technology, Dr. Eng.

** Lecturer, Nara Women's Univ., Ph D.

*** Assoc. Prof., Kyoto Univ., Dr. Agr.

**** Senior Researcher, NILIM, MLIT, Dr. Agr.

***** Prof., Kanto-Gakuin Univ., Dr. Eng.