

## 第10章 各TGの研究成果のまとめおよび長期優良住宅認定基準等の見直しに向けて

### 10.1 各TGの研究成果のまとめ

研究プロジェクトの最終年度にあたって、今年度までの各TGにおける検討成果とその評価および当初目的を果たすために今後に残された課題を要約すれば以下のとおりである。

#### 10.1.1 各種シロアリ生息実態に関する調査検討

本TGは木造住宅の耐久設計における劣化外力の適切な評価を可能とすべく、日本におけるシロアリ被害実態を調査し、各シロアリ種の現時点における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最終目標としている。それに対して本TGでは、これまで家屋におけるシロアリ被害危険度を把握するため、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であるイエシロアリ、ヤマトシロアリの野外生息分布調査を行い、各シロアリ種の分布を決めている気象因子を検討してきた。

今年度は昨年度様々な調査検討結果から提唱したヤマトシロアリの野外分布を抑制している自然要因は土壤凍結であるという仮説の検証を中心として研究を行った。

その結果、ハザードマップに資するヤマトシロアリの野外分布限界として、積雪がある状態での土壤凍結深度が10cm以下のラインであることを提案し得た。また、地中温度と土壤性ガスのシロアリ生息との関係を検討した結果、イエシロアリ営巣部分では明瞭な傾向を得ることができた。

これらの成果は、今後の木造住宅の耐久設計に大きく寄与するものであり、従来防蟻処理が不必要とされてきた地域の見直しが必要となる知見を提示している。

なお今後の課題としては、同様の測定、調査を他の地域でも継続し、ヤマトシロアリ、イエシロアリのおのおのの営巣状態における生存可能な温度と期間に関する条件を明らかにしていくことが求められる。

#### 10.1.2 建築加害菌に関する検討

本TGは木造住宅の耐久設計における劣化外力の適切な評価を可能とすべく、建築を加害する菌の特定をして建設地域別、建築構造別、建築部位別の腐朽危険度を評価する基礎資料を整備することを最終目標としている。それに対して、昨年度までは全国から採取した建築腐朽部材からサンプリングした腐朽菌のDNAを抽出し、菌種の同定作業をおこなった。

今年度は、次世代シーケンサと呼ばれる新たな装置を用いて、全国の住宅からサンプリングした腐朽材に含まれる糸状菌を同定し、それを腐朽材の採取地や採取部位・部材と関連づけることを目的として研究を行った。その結果、各サンプルから様々な種の真菌類が同定され、わが国住宅の腐朽材には多くの菌種が混在しており、その多くは10種以上とい

う多種の真菌類によって菌叢が構成されていることが明らかとなった。また、従来、日本の木造住宅の加害菌は針葉樹材を加害する褐色腐朽菌が主要なものと考えられていたが、同じサンプルからは白色腐朽菌も多く観察されたことから、実は褐色腐朽菌とともに白色腐朽菌についても注意すべきことが示唆された。

以上の本 TG の検討結果から得られた事実は、腐朽材を正確に診断する上で、その診断方法や基準などに大きな見直しが迫られることを意味している。

今後の課題としては、腐朽材の採取地や採取部位・部材の範囲を広げ、サンプリング数を増やすことにより、菌類の種類やその生息密度と建設地や部位・部材との関係性を再検証していくことが求められる。

### 10.1.3 保存処理の耐久性と耐久性能に関する検討

本 TG は防腐防蟻処理の維持管理の適切なあり方を明らかにすべく、住宅内の健全環境下で使用され続けた場合の各種木材保存処理の耐久性能を明確にすることを最終的な目的としている。昨年度までの促進劣化試験を実施した結果から、銅や第四級アンモニウム化合物については、長期にわたって問題なく使用できることを確認した。

今年度は、微量で効力を発揮するシプロコナゾールの促進劣化試験を実施し、その健全住宅環境内での耐久性能について実験方法をより精緻なものに改良して検証した。その結果、木材に注入した場合でも、シプロコナゾール残存率が曝露温度によって異なり、温度が高いほど消失速度が速いことが明らかになった。

以上の結果から、住宅に雨水浸入などが生じていない健全環境下における各種保存処理木材の有効期間を適切に評価しうる基礎資料が得られたと考えられる。

今後は、シプロコナゾールの長期耐久性能について最終的な結論を得るために、より長い曝露実験を継続していく必要がある。また、本 TG の枠外であるが、雨水が浸入している環境下での保存処理の耐久性についても別途検討が行われることを期待したい。

### 10.1.4 耐久性向上措置としての新構（工）法の健全度に関する検討

本 TG は特に品確法施行前後から耐久性向上に有効と評価されてきた様々な新構（工）法の検証を行い、それら新構（工）法の本来の性能を発揮するための設計、施工上の留意点などをまとめたマニュアルを作成することを最終目標としている。昨年度までは、住宅メーカー、性能保証機関、住宅検査会社あるいは住宅設計者などから提出していただいた新構（工）法の劣化上の問題点に関わる資料をもとに、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、設計・施工マニュアルを作成するための事故事例原因チェックシートを作成した。

今年度は、これらをもとに、特に耐久性と関連の深い事例について FTA 分析を実施するとともに、他の TG の成果を取り込み「設計・施工マニュアル（案）」を作成するための基礎資料を整備した。

今後は、今年度までで整備した資料をもとに、「耐久性能確保のための新構（工）法設計・施工マニュアル（案）」の作成を行っていく必要がある。

#### 10.1.5 接合部の強度劣化評価

本 TG は木造躯体の維持管理に関するテーマを取り扱っており、木造躯体の構造的安全性が生物劣化により低下している度合いを非破壊試験により客観的に診断する手法を確立すべく、接合部劣化モデル試験体を作成し、その強度試験を実施し、さらにその強度の非破壊診断指標を明らかにすることを最終的な目標とするものである。これに対して昨年度まではイエシロアリおよび腐朽菌による強制劣化手法を検討し、一部接合部強度試験を実施した。また、密度などが有効な強度劣化の評価指標となることなどを明らかにした。

今年度は、強制劣化手法の改善を図るとともに好低温菌であるナミダタケ菌による劣化試験体を作成し、接合部強度試験、部材縦圧縮試験を実施し、強度低下の評価とその診断指標の検討を行った。

その結果、劣化条件と密度との関係については、スギでは差は認められなかったが、アカマツ、ベイマツ、ベイツガではシロアリによる劣化が腐朽菌による劣化に比べて密度が有意に低いことなどが明らかとなり、非破壊診断指標の一つとなりうることが示された。

今後は、これまでの結果に基づいてより幅広く非破壊パラメータの検討を行い、その結果から現場での劣化による部材や接合部の強度低下率についての確に評価が可能な診断指標を抽出し作成していく必要がある。

#### 10.1.6 構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討

本 TG は耐久設計の一つの根幹をなす建物部位内部の構造躯体が許容しうる結露量の値を明らかにすることを最終目標とするものである。昨年度までは、有害な結露（質量減少や強度低下を伴う結露）に関する判断根拠を得る観点から室内腐朽試験を行い、雰囲気湿度を指標として菌糸定着時間に関する知見を整備した。

今年度はその補足実験を行い、材料表面の相対湿度と菌糸定着時間との関係などを整理した。以上の結果、菌糸定着に関する判断方法について、連続した湿潤環境の場合と乾湿繰り返し環境の場合とに分けて判断基準を提案することができた。

これによって、建物各部の木部構造体あるいは下地材などの結露による「濡れ」の限界値が示されたことになり、木造建築物における耐久設計上有用な指標を得た。

今後は、さらに検証実験を積み上げて、判断基準の確度を高めていく必要がある。

#### 10.1.7 小屋裏換気口の要求性能に関する検討

本 TG は耐久設計の一環として小屋裏換気口の所要有効面積を明らかにすべく、各種計算、実験を行うことで建物の地域気象条件、気密条件、断熱条件などに応じた小屋裏換気口面積の要求値を求めることを最終的な目的とするものである。昨年度までは、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、有効換気面積に対する様々な知見を得ている。

今年度は、これまでの検討の補足実験や測定を主としており、防湿層付きグラスウール断熱材の透湿抵抗値測定や気流解析による小屋裏空間の温湿度分布シミュレーションを実施している。それらの結果を踏まえて、最終的に換気方式、外壁通気層の有無、室内温湿度条件、地域などをパラメータとした必要小屋裏換気口面積を示した一覧表を得ている。

これらの成果は、現行の換気口面積基準の改訂を迫るものであり、その意義は大きい。ただ、これらの知見は結露のみを前提とした場合の値であり、事故的雨水浸入などがあつた場合、あるいは本手法を下屋、ルーフバルコニー床下空間などに拡張する作業は今後に残された課題である。

#### 10.1.8 接合金物の耐久性評価に関する検討

本 TG は、現行の品確法あるいは長期優良住宅の認定基準には入っていない木造接合金物の防錆基準を定めるための基礎資料を整備することを最終目的として設けられた。

本来は、鉄骨造に準じた防錆基準が必要であるにもかかわらず、現行法規あるいは告示に木造接合金物の防錆基準が盛り込まれていない主な理由は、基準を定めるに十分な学術的知見が得られていないことにある。そこで、本 TG では、木造接合金物の使用環境として最も厳しいと思われる防腐処理木材との接触環境を取り上げ、昨年度までに全国 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 画像解析手法を導入し、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。

今年度は、昨年度に引き続き実験経過の継続観察をしたが、その結果、屋外曝露試験と耐湿試験では特に銅系薬剤を加圧処理した木材と接した箇所に水が作用すると金物の亜鉛メッキ層の腐食が促進されること、同様の現象は鉄骨造の告示で示されている長期使用の場合の防錆処理 (HDZ23 や Z60 など) においても観察されることなどが明らかとなった。それに対し、亜鉛メッキの上に何らかの皮膜処理をして加圧処理木材との絶縁措置を施した金物の場合には、水分が作用する厳しい環境下でも安定であること、また水が作用しない屋内環境下では、ほとんどの保存処理木材と各種防錆処理金物との間に変化が認められないことなどが明らかになった。

以上の実験結果から、本 TG においては、木造住宅接合金物の防錆処理のあり方を使用環境別に示す基礎的な資料の一端が整備されたと評価できる。

今後は、引き続き各種暴露実験の継続的観察を行っていくほか、接合金物・接合具の発錆時における構造性能を検証していくことが必要である。

### 10.1.9 長期優良住宅における維持管理に関する検討

本 TG は、長期優良住宅の維持保全計画の実態とそのあるべき姿を明らかにすることを最終目的に設置されたものである。昨年度までは、長期優良住宅の維持保全計画の実態を明らかにすべく、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などについて全国の工務店や設計事務所に対する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検討を加えた。

今年度の検討項目は 2 点あり、その一つめは、昨年度回答をもらった企業を対象に実施した追加調査である。この追加調査で、維持保全のための点検箇所、点検時期、点検周期、点検方法の立案方法のほか、計画立案上考慮している要因（地域性、劣化外力、住まい方など）など、さらに詳細な維持管理計画の立案状況について明らかにしている。検討事項の二つめは、大手ハウスメーカー 2 社の数十年にわたる維持管理に関する膨大な量のデータ解析を行ったことである。解析の結果から、全国を 5 地域に分けた場合の地域別不具合（蟻害、雨漏り、外壁亀裂、漏水など）発生率とその年次変化を明らかにするとともに、地域別の維持管理コストの実態などを明らかにしている。

一つめの検討結果は、長期優良住宅認定における維持保全計画立案における画一性を浮かび上がらせたばかりでなく、そこに潜む問題点を解き明かす上で役に立つものとなっている。また、二つめの検討結果は、今後の長期優良住宅における維持保全計画のあり方を考える上で幾多の示唆や基礎資料を与えるものとなっている。

なお、最後に維持保全計画を立案していく上でどのような因子を考慮すべきかについて、他の TG の成果を踏まえて提案した。

今後は、他の TG の最終検討成果が出た時点で、それらを盛り込んだ維持保全計画の立案方法を示すとともに、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。

## 10.2 本研究プロジェクトの成果を踏まえた長期優良住宅認定基準等の見直しに向けて

最後に本研究プロジェクトのまとめとして、以上の各 TG の検討成果が、現行の長期優良住宅認定基準等（個別の認定基準のほか、関連する解説などを含む）の見直しにどのように関連してくるかについて主査としての見解を以下に示しておく。

### 10.2.1 各種シロアリ生息実態に関する調査検討

わが国の木造建築物の設計、維持管理においては、主たる劣化外力としてのシロアリの分布状況を正確に把握することは極めて重要な情報となる。現行の長期優良住宅の認定基準あるいは品確法劣化軽減等級における地盤対策に係る告示では、北海道、東北、北陸にある 1 道 10 県については、解説部分では推奨事項となっているが、原則としては地盤への防蟻対策が免除されることとなっている<sup>1)</sup>。しかし、本 TG の成果によれば、北海道の道東を除いては、いずれの地域ともシロアリの生息と被害が確認されている。シロアリ被害は

発見がしづらく、「進行が遅い」<sup>2)</sup>といえども発見したときには手遅れになっている可能が高いものであり、生息・被害の両方が確認されている地域では地盤対策を取ることを原則とするように告示の見直しを検討すべきである。

#### 10.2.2 建築加害菌に関する検討

本 TG の研究成果は、木造建築を構成する木質材料の耐久性を考える上で、抜本的な見直しを迫る可能性を秘めている。すなわち、建築用木材の主たる加害菌が何かにより、JAS の防腐効力試験方法から始まって現場における既存建築物の劣化診断方法にまで影響を生じる可能性がある。ただ、現段階ではまだ建築加害菌の同定について遺伝子解析手法が有用であることが示され、その方法を使って一部の腐朽部材の解析がなされたところである。今後、本研究で示された手法を使って、より広くかつより精度良く建築用木材腐朽菌の実態について解析が進むことを期待したい。

#### 10.2.3 保存処理の耐久性と耐久性能に関する検討

本検討の成果は主に維持管理のあり方に関わる成果であり、建物に雨水浸入などの事故が生じていない場合における木材保存処理の耐用年数について一定の知見を示している。今後、更なる検討が進んで各種保存処理ごとの耐用年数が概算値でもいいから示されれば、それをもとにした耐久設計法あるいは維持管理計画法が確立されてくる可能性があり、それらを踏まえた維持保全計画書を作成することが求められることになろう。

#### 10.2.4 耐久性向上措置としての新構（工）法の健全度に関する検討

現行の品確法劣化軽減等級および長期優良住宅認定基準の告示では、外壁を通気工法等とすることや基礎をベタ基礎とすることなどが、耐久性向上に有効な措置として規定されている<sup>3)</sup>。しかし、そのような工法に早期の劣化が生じていることが一部の実態としてあることを本 TG の成果として示した。合わせて、その原因は設計にあるというよりも主として施工や工事管理に起因していることも示した。薬剤処理に頼らず工法で耐久性を向上させる場合には、確実に正しい施工とそれを担保する工事管理が不可欠であることが改めて証明された形となっている。これらの工法を規定している告示の解説<sup>4)</sup>などに、本 TG の成果を踏まえて施工上留意すべき点、工事管理上の盲点などについて是非、記載すべきと考える。

#### 10.2.5 接合部の強度劣化評価

本 TG の成果は、蟻害や腐朽を受けた木部接合部の残存強度を定量的に評価する一つの手法（劣化診断手法）を示したものであり、今後追加の検討をしていくことで、より汎用性のある非破壊診断指標が得られることになると考えられる。このような技術が必要となるのは、既存木造住宅の維持保全を実施していく場合に、劣化診断が重要な役割をもつこと

による。その場合、診断結果は定性的なもので終わるのではなく定量的に強度の残存率などを示しうるものであれば、その後の対応が補修でいいのか補強までしなければならないのかなどを判断する上で有用な情報を提供してくれることとなり、今後の既存木造の長期使用にとって不可欠の技術となる。

#### 10.2.6 構造躯体が許容しうる湿潤状態の検討

従来、木造建築物の躯体にとって有害な結露の判定について、定量的な判断基準がなかった。本研究の成果は、結露に対する木造建築物の各部層構成の評価、言い換えれば木造建築物の各部構法設計内容の結露面からの評価方法を呈示したものである。様々な実験とシミュレーションにより一つの評価基準を示したことは、今後の木造住宅だけでなく木造建築物全体の耐久設計に大きな拠り所を提供するものである。

本 TG で得られた知見は、品確法劣化軽減等級あるいは長期優良住宅認定基準告示などに示された仕様に沿わない層構成を持つ住宅が出てきた場合（特別評価方法の対象となった場合）の結露害の評価手法と判断基準を提供するものとして有用なものになる。

#### 10.2.7 小屋裏換気口の要求性能に関する検討

現行の小屋裏換気口の要求面積に関する品確法劣化軽減等級あるいは長期優良住宅認定基準の告示に示された数値は、全国一律に構法の区別無く定められているものであり、現在の木造住宅構法のように外壁通気層が小屋裏につながっている場合や天井気密が様々な場合には、必ずしも現行告示の面積レベルが妥当ではないケースが多く見られるようになってきた。

本 TG では現在の木造住宅、特に長期優良住宅のような省エネルギー性能などに配慮した住宅を対象にして、建設地域、外壁通気条件、天井気密、換気方式などに応じて、小屋組や野地板に有害な結露が生じないための所要小屋裏換気口面積の新たな基準値を求めている。これによれば、現行基準で十分な場合も多いが、建設地域やその他の条件によっては現行基準の 2 倍を超える換気面積が必要となるケースがあることが示されており、本成果にもとづいた精緻化を含めた現行告示の見直しが必要と考える。

#### 10.2.8 接合金物の耐久性評価に関する検討

接合金物の防錆処理については、現行の品確法劣化軽減等級あるいは長期優良住宅認定基準の告示には何も規定されていない。しかし、100 年を超える長期間にわたる使用を考え、接合金物が今の住宅構法から見て容易に交換可能ではない実態とそれにもかかわらず金物が構造的に重要な役割を担っている現状を踏まえれば、木造住宅における接合金物の防錆基準を整えることが焦眉の急であることは以前から指摘されてきたところである。それに対して、本 TG では、鉄骨造に準じる金物防錆基準を求めて長期にわたる曝露実験を繰り返し、現時点で一定の知見を得るところとなっている。最終的な防錆基準を定めるには今少

しの検討が必要であるが、今後の基準制定に向けた基礎資料として活用されることを期待したい。

### 10.2.9 長期優良住宅における維持管理に関する検討

本 TG の研究成果から明らかになったように、現在の長期優良住宅の多くが立地や構法、材料によらず、借り物の既存資料にもとづいた画一的な維持保全計画を作成して認定を得ている。もちろん、一部には使う材料の仕様、地域気候などの条件を配慮してオリジナルの維持保全計画を立てている事業者もいるが、試行錯誤しながら苦心して作成しているのが実態として見えるところである。

本来、建物の維持保全の内容は使用材料や地域性あるいは使い方によって大きく異なってくるものであり、長期優良住宅にはそのような条件を反映した維持保全計画の立案と実践が基本的に求められる。各種の材料や処理の耐用年数、それに応じた点検周期、点検箇所、点検方法が定められ、また地域性による補正が施され、計画的に積み上げた維持保全コストが施主の経済的条件に合致するように維持保全計画を立案することが求められる。本 TG の成果は、そのような本来あるべき維持保全計画の立案に資する資料を提供しているものとする。

#### <参考文献>

- 1) 国土交通省告示第 1347 号 3-1(3)イ①
- 2) 国土交通省住宅局ほか監修、日本住宅性能表示基準・評価方法基準技術解説(新築住宅)、p. 200、2010 年
- 3) 国土交通省告示第 1347 号 3-1(3)、国土交通省告示第 1347 号 3-1(3)イ①
- 4) 国土交通省住宅局ほか監修、日本住宅性能表示基準・評価方法基準技術解説(新築住宅)、p. 195、p. 200、2010 年



「木造長期優良住宅の総合的検証委員会 耐久性分科会」実施体制

	氏名	所属
主査	中島正夫	関東学院大学建築・環境学部
委員	鮫島正浩	東京大学大学院農学生命科学研究科
〃	佐藤雅俊	東京大学大学院農学生命科学研究科
〃	土居修一	元筑波大学大学院生命環境科学研究科
〃	藤井義久	京都大学大学院農学研究科
〃	桃原郁夫	(独)森林総合研究所
〃	加藤英雄	(独)森林総合研究所
〃	大村和歌子	(独)森林総合研究所
〃	森 拓郎	京都大学生存圏研究所
〃	中島史郎	(独)建築研究所
〃	槌本敬大	(独)建築研究所
〃	角倉英明	(独)建築研究所
〃	齋藤宏昭	足利工業大学工学部
〃	石山央樹	中部大学工学部
〃	南山和也	(公社)日本しろあり対策協会
〃	蒔田 章	日本木材防腐工業組合
〃	臼井勝之	(一社)日本建築士事務所協会連合会
〃	飯山道久	(一社)日本木造住宅産業協会
〃	村上知徳	(一社)日本ツーバイフォー建築協会
〃	宮坂賢次	(一社)日本プレハブ建築協会
協力委員	中川貴文	国土交通省国土技術政策総合研究所
	宮村雅史	国土交通省国土技術政策総合研究所
行政	上森康幹	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室
	飯田俊平	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室
事務局	竹内孝常	(公社)日本木材保存協会

執筆者一覧

はじめに	関東学院大学	中島正夫
第1章	関東学院大学	中島正夫
第2章	2.1 (独) 森林総合研究所	大村和歌子
	2.2 (独) 森林総合研究所	桃原郁夫
第3章	(独) 森林総合研究所	桃原郁夫
第4章	東京大学	佐藤雅俊
第5章	(独) 森林総合研究所	加藤英雄
第6章	足利工業大学	齋藤宏昭
第7章	足利工業大学	齋藤宏昭
第8章	中部大学	石山央樹
第9章	京都大学	藤井義久
第10章	関東学院大学	中島正夫