

既存木造住宅の躯体の生物劣化発生確率に関する分析 ～100棟超の既存木造住宅劣化状況データベースの分析から～

材料研究グループ 上席研究員 槌本 敬大

目次

- I はじめに
 - II 住宅の現況・劣化状況の調査方法
 - 1) 調査対象建築物の選定
 - 2) 調査対象建築物の属性
 - 3) 現況調査の方法
 - 4) 劣化状況調査の方法
 - III 調査結果のデータベース化
 - 1) 目的
 - 2) データベース化の方法
 - 3) データベースに含まれる情報
 - IV 分析結果
 - 1) 現況の変状、生物劣化の全体の発生頻度
 - 2) 現況の変状と生物劣化発生の差異
 - 3) 部位ごとの現況の変状と生物劣化発生齟齬
 - V 研究成果のまとめと今後の展望
 - 1) 木造住宅の生物劣化等の発生状況のまとめ
 - 2) 現況の変状と生物劣化発生の関係性のまとめ
 - 3) 現況検査方法に関する提案
- 参考文献、謝辞

I はじめに

既存木造住宅の市場流通の活性化は、持続可能な社会の構築、低成長社会と既存ストックの有効活用という側面で、重要な命題となっている。これを実現する上で、木造住宅の構造躯体の劣化の有無、劣化がある場合はその程度の把握が難しいことが課題になっている。そこで、国土交通省国土技術政策総合研究所では、総合技術開発プロジェクト「中古住宅流通促進・ストック再生に向けた既存住宅等の性能評価技術の開発」（平成 23～26 年度）を実施した。その一部として、「既存住宅の劣化実態

に即した現況検査法」について検討を行い、103 棟にわたる木造住宅の現況調査と視認できた全ての構造躯体の劣化状況を調査し、「現況調査から得られた情報」と「実際の劣化状況」の相関関係を把握し、現況調査で得られる情報の信頼性を検証した。

一方、建築研究所は重点研究開発課題「建築物の戦略的保全に資する建築部材の物理的耐久性の評価技術の開発」（平成 26・27 年度）を実施した。本稿では、その一貫として前述の 103 棟の木造住宅の現況・劣化状況調査の結果をデータベース化し、躯体の劣化の発生頻度を分析した結果を報告する。

II 住宅の現況・劣化状況の調査方法

1) 調査対象建築物の選定

除却のための解体や住宅の全体にわたって改修工事を行う住宅を選定して調査対象とした。これは、後述のように全ての構造躯体を露出させて劣化状況を調査するために必要な条件であった。また、木造住宅の劣化状況は、その構法、年代、立地条件等によって影響を受けるため、それらに偏りの無いように選定する計画とした。

2) 調査対象建築物の属性

①築年数の分布：調査は2011～2014年度にかけて行われたが、調査対象住宅の調査時における築年数は14～63年で、その分布は表1に示すとおりである。築14年と築63年の調査対象住宅の外観を写真1に示す。建築後、60年以上経過した住宅は、中古住宅として流通の可能性が高くないと想像されるため、一部の例外を除いて調査対象としなかった。なるべく築年数が浅いものから古いものまで偏りなく選定することを目標としたが、解体除却や全面的な改修に供される住宅であるという特性により、比較的築年数が浅い住宅を調査対象として見つけることが難しかった。

表1 調査対象住宅の築年数分布

築後経過年数	30年未満	30～40年	40～50年	50～60年	60年以上	不明	計
棟数	28	33	24	12	1	4	103



写真1 調査対象住宅の例 (左：築14年、右：築63年)

②構工法と階数：調査対象住宅103棟は、枠組壁工法4棟と木質プレハブ工法2棟を除いた他は全て軸組構法である。また、平屋建て10棟と3階建て1棟以外は全て2階建てである。

③立地環境：調査対象住宅は、東北から九州地方に分布し、省エネルギー基準による地域区分ごとの棟数を表2に示す。様々な気候環境に建つ住宅を偏りなく選定することを計画したが、そもそも建築物の物件数が多い標準地域に偏った。また、調査

対象住宅のうち、約80%の住宅は敷地から50m以内に河川、湖沼、海岸等の水域環境は無かった。また、103棟の立地条件として建築物等の密集度は、27棟が低密、56棟が中密、20棟が高密の地域に建っていた。

表2 調査対象住宅の地域分布 (省エネ基準の地域区分ごと)

地域区分	寒冷地域		標準地域		蒸暑地域	計
	3地域	4地域	5地域	6地域	7地域	
棟数	5	11	18	57	12	103

3) 現況調査の方法

主として住宅の現況の状態について外観の目視を中心とした方法を用いて確認する調査(写真2)で、各部に使用されている材料・構法及び変状(通常想定される自然条件や維持管理条件の下で保たれている状態とは判断できない異常な状態)の有無・内容・範囲を把握した。また、劣化や不具合の発生に影響すると考えられる、敷地や周辺環境、居住や維持管理の状況などの他の因子についても確認を行った。

4) 劣化状況調査の方法

住宅の構造躯体の劣化(腐朽・蟻害等)の発生状況等について、目視と触診検査を行って確認する調査(写真3)で、部材表面の変状、性状の把握、及び水分計による含水率の測定を行った。基本的には、解体工事の内装下地材等が撤去された後における床組、軸組、小屋組の部材が目視可能になった段階に、住宅内に立ち入って調査した。



写真2 現況調査の様子 (左：外観の調査、右：内観の調査)



写真3 劣化状況調査の様子

III 調査結果のデータベース化

1) 目的

国土交通省は、既存住宅の長期優良住宅認定制度の策定、既存住宅耐震改修等の減税措置などを施策として進めているものの、既存木造住宅の市場流通の活性化は、十分に進んだとは言えない。既存木造住宅の市場流通への阻害要因としては、住宅の性能が劣ること、設備機器が陳腐化していること、図面等が無いために性能が不明であったり、改修工事の見通しが付けにくかったりすることなどがあげられているが、そのなかでも最大の要因とも言えることは劣化が進んでいること、又は劣化が進んでいるかどうかを正確に判断できないことである。

一方、木造住宅の劣化状況の調査等は、従来から行われてきており、基礎高さ、風通しの善悪、河川・湖沼等水域からの距離、通気工法採用の有無等によって、生物劣化の発生頻度が異なるとされるが、定量的に評価された例は見当たらない。また、構造躯体に腐朽・蟻害等の生物劣化が発生したとして、部材内での生物劣化による断面損失等損傷進行度を物理的に評価する方法は種々提案されているが、建築物内において生物劣化が進行する範囲について評価した例も見当たらない。既存木造住宅について改修工事を計画する際において、生物劣化の断面損失も無視できないものの、建築物内におけるその生物劣化の及ぶ範囲の把握が必要不可欠である。

さらに、既存木造住宅の健全性や老朽度を検査・評価するのは、その時間的、経済的制約からほとんどの場合、内外装等を解体せず、内外観の目視調査に基づいて行われる。内外観の目視による現況調査と実際の構造躯体における生物劣化の有無、種類・程度をについて相関性に関する具体的な知見はない。

そこで、調査した木造住宅を小さなユニットに分割して、ユニットに生物劣化の有無、種類・程度をリンクさせ、劣化の発生確率、劣化の発生頻度と部位や建築物の特徴、立地条件との関係、現況調査結果と劣化状況の相関性の検証を行うこととした。

2) データベース化の方法

最初に、1棟の木造住宅を図1に示すように1階床組、1階軸組（内外壁を含む）、1階小屋組（1階下屋天井を含む）、2階床組（1階下屋以外の天井を含む）、2階軸組（内外壁を含む）、2階小屋組（2階天井を含む）に分類して考えることとした。

次に、1,2階の軸組の鉛直要素は、図2に示すように開口がある場合は腰壁、開口部（袖壁を含む）、垂れ（下り）壁に分割し、開口が無い場合は高さ方向に概ね3分割し、それぞれを1

ユニットとした。

さらに、床組、小屋組などの水平要素は、図3に示すように柱を中心としたモジュール寸法（多くは910mm）を1ユニットとし、柱の有無にかかわらずモジュール寸法で分割していった。モジュール・グリッドと異なる位置にある柱は、隣の柱との間で分割して、1ユニットとした。以上により、103棟の住宅は約65,000ユニットに分割された。

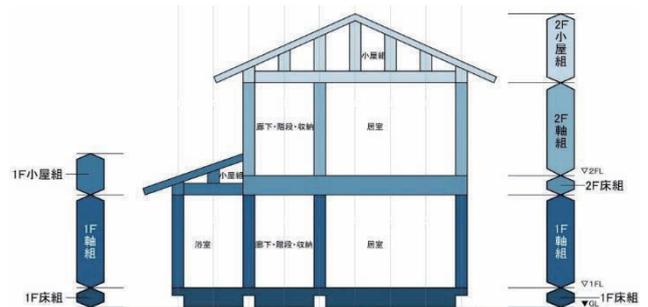


図1 各部位の分割



図2 鉛直要素のユニット分割方法

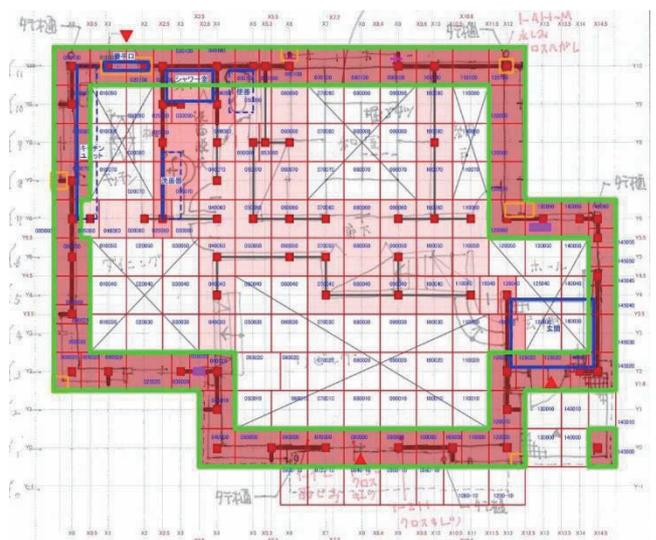


図3 水平要素のユニット分割方法

3) データベースに含まれる情報

各ユニットについて、表3に示す合計202項目のデータを結びつけて1件のレコードとした。ユニット自体が床、壁、小屋などに分類されているので、含まれない部材名とその劣化事象や部位ごとの変状情報など、該当しない情報（データベースの空欄）が相当数あることになる。

表3 データベースに含まれる情報の種類と数量

情報の種類	情報の内容	項目数
ユニットの属性	ユニットが含まれる住宅、住宅の属性、部位、内・外周の別、位置、ユニットの大きさ、方位、水廻り室か否かなど	34
劣化事象に関する情報	ユニットに含まれる部材名、部材名ごとの腐朽の有無とそのレベル、部材名ごとの蟻害の有無とその程度	33
変状に関する情報	基礎、外壁、内壁、軒裏、屋根、床、柱、天井、小屋組等12の部位に分類し、それぞれ考えられる変状に関する情報	83
劣化要因と関連する情報	局所的立地環境、基礎の仕様・寸法、土台の樹種・仕様、外壁の構法・仕様、屋根の葺き材、構法、軒の出寸法、形状、浴室の構法等	52
合計		202

IV 分析結果

1) 現況の変状、生物劣化の全体の発生頻度

現況調査において103棟の木造住宅すべてで何らかの変状が確認され、このうち97棟で生物劣化が確認された。総ユニット約65,000件のうち、現況調査で変状が認められたものは、5,667件で約8.7%、実際に生物劣化が認められたものは1,421件で約2.2%であった。全体の90%程度は生物劣化も現況の変状も存在しないことになる。

建築物の調査時点での築年数と生物劣化、現況の変状の発生率の関係は図4の通りである。生物劣化の発生率は、築年数とともに上昇し、現況の変状も築51年以上を除いて築年数とともに増える。

省エネ地域の地域区分と生物劣化、現況の変状の発生率の関係は図5の通りである。生物劣化も現況の変状も発生率の大小関係は一致しているが、蒸暑地域の発生率が低い。寒冷地のうち3地域の発生率はいずれも高く、4地域から5地域、6地域の順に発生率は高くなっている。

各部位ごとの生物劣化、現況の変状の発生率の関係は図6、7の通りである。生物劣化は2階よりも1階が圧倒的に多く発生

しているが、現況の変状は2階より1階が多少多い程度である。

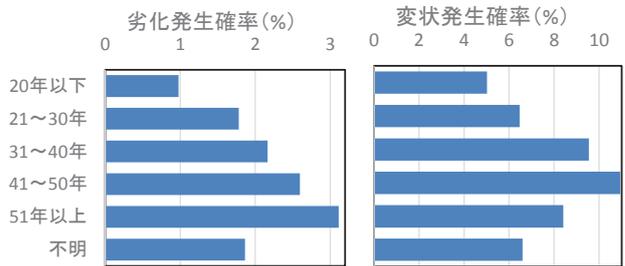


図4 築年数と生物劣化（左）と現況の変状（右）の発生確率

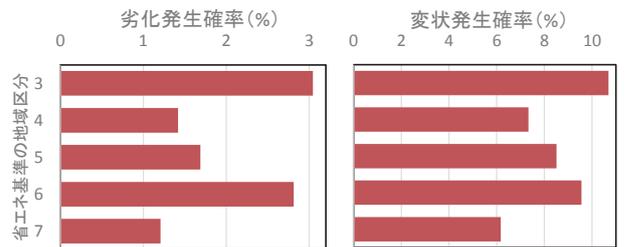


図5 地域区分と生物劣化（左）と現況の変状（右）の発生確率

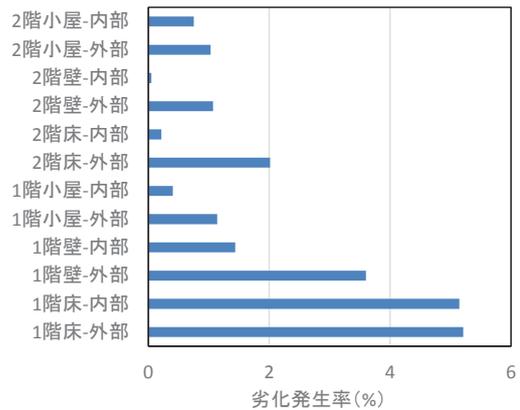


図6 各部の生物劣化の発生確率

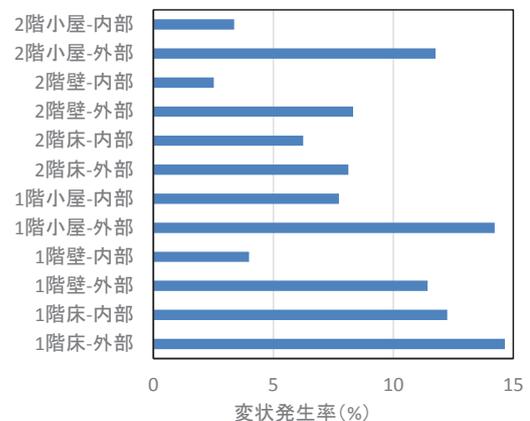


図7 各部位の現況の変状の発生確率

さらに、各部位において内部と外部で比べると、いずれも内部より外部の方が生物劣化、現況の変状ともに多く発生していることが分かる。

基礎の工法や基礎高さとの劣化の発生確率の関係をそれぞれ図 8, 9 に示す。べた基礎、布基礎（防湿コンクリートあり）、同（防湿コンクリートなし）の順に劣化の発生確率が低い。基礎高さとの関係は、一部の例外があるものの、基礎の高さが高くなるにしたがって劣化の発生確率は低くなる。

住宅の外周に面するユニットのうち、各方位に面するユニットの現況の変状や生物劣化の発生率をそれぞれ図 10 に示す。小屋組ユニットの劣化の発生率は極めて低い。西に面する床のユニットの劣化発生率が高いのを除けば、概ね北に面する箇所に生物劣化が多く発生することが分かる。一方、現況の変状の発生率は方位と関係が無い。

各階の住宅の軒の出の長さごとに、当該階における壁ユニット（内部の壁ユニットのサンプル数が少ない場合は除いた）の現況の変状や生物劣化の発生率をそれぞれ図 11 に示す。軒の出が長い方が明確に生物劣化の発生率は低いが、表面的な現況の変状は軒の出の長さとの関係が無い。

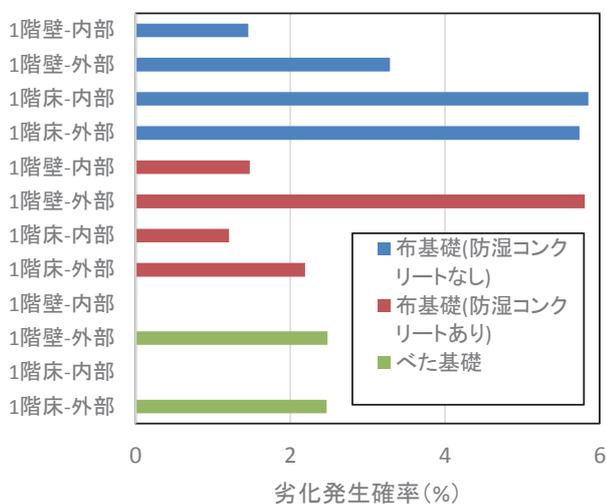


図 8 基礎の工法と生物劣化の発生確率

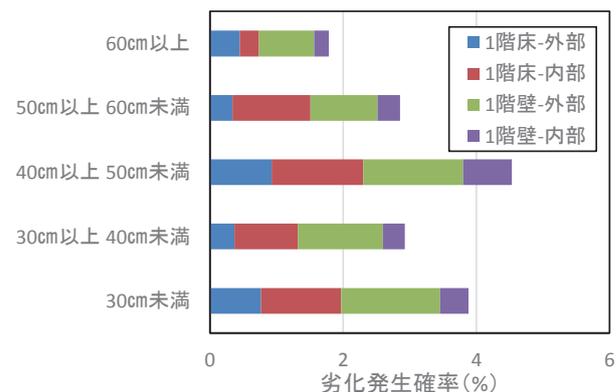


図 9 基礎の高さと生物劣化の発生確率

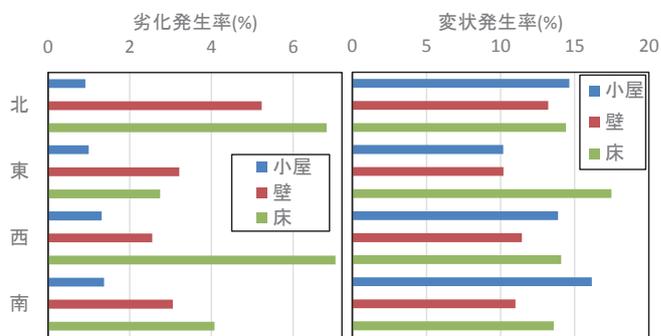


図 10 住宅の外周に面するユニットの方位別劣化発生率 (左) と現況の変状発生率 (右)

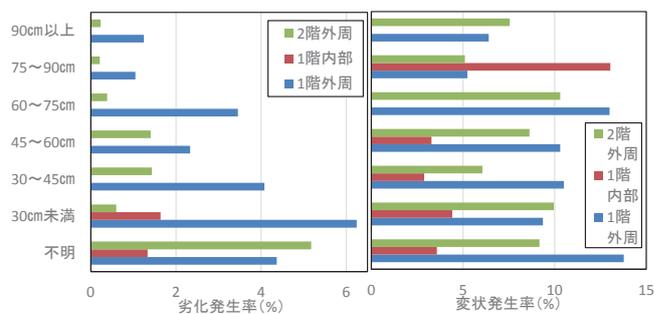


図 11 住宅の軒の出の長さごとの当該階の壁ユニットの劣化発生率 (左) と現況の変状発生率 (右)

2) 現況の変状と生物劣化発生の差異

現況調査において確認された水浸みの痕や仕上げ材の変色やひび割れ等の変状と生物劣化発生状況の差異について述べる。現況で変状が認められたユニットのうち、90%以上で実際には躯体に生物劣化が発生していない（写真4）こと、現況で変状が無いにもかかわらず、躯体に生物劣化が生じているもの（写真5）は約1.6%に過ぎないことが明らかである（表4）。



写真4 現況で変状が認められた（左）ものの実際には躯体に生物劣化が発生していない例（右）



写真5 現況で変状が無い（左）にもかかわらず躯体に生物劣化が生じている例（右）

表4 現況と劣化状況の差異(ユニット数)

		現況調査での変状				
		あり		なし		
		件数	割合*	件数	割合*	
躯体の生物劣化	あり	2階	88	5.1%	129	0.5%
		1階	396	10.0%	808	2.3%
		計	484	8.5%	937	1.6%
	なし	2階	1,649	94.9%	23,698	99.5%
		1階	3,534	89.9%	34,718	97.7%
		計	5,183	91.5%	58,416	98.4%

3) 部位ごとの現況の変状と生物劣化発生齟齬

現況調査において変状が認められなかったものの、実際には構造躯体に生物劣化があった件数を各階の床組、壁、小屋組に分け、さらに外周部とそれ以外に分けて出現確率を算出すると図12のようになる。いずれもその確率は5%以下であるが、2階よりも1階に現況調査で見抜けない生物劣化が多く発生していることが分かる。また、外周部の方がそれ以外の部分より、現況調査で見抜けない生物劣化が多く発生していることが看取される。さらに、現況調査で見抜けない生物劣化は床組、壁、小屋組の順に多いことも明白である。一方、現況調査で変状が認められたものの、実際には構造躯体に生物劣化が無かった出現確率を算出すると図13のようになる。いずれもその確率は80%以上であり、外観上の変状が躯体の生物劣化に至るまでに時間を要する可能性などが考えられる。1階よりも2階に現況調査での変状が生物劣化に至っていない割合が大きい。しかし、

外周部とそれ以外、床、壁、小屋の部位別には明確な傾向は看取されなかった。

次に、築年数と現況劣化状況の齟齬の発生頻度については図14に示すとおりである。現況と劣化状況の齟齬は築年数が浅いものについてはその発生頻度も低い、変状があっても築年数が50年以下であれば、その箇所に生物劣化が発生している確率は10%以下である。さらに、省エネルギー基準の地域区分と現況劣化状況の齟齬の発生頻度については図15に示すとおりである。現況の変状や生物劣化の発生頻度に連動した頻度になっていると思われるが、寒冷地のうち3地域と標準値のうち6地域に齟齬が多く、蒸暑地域には齟齬が少ない。

また、基礎の工法、高さ1階の床及び壁ユニットにおける現況劣化状況の齟齬の発生頻度についてはそれぞれ図16、17に示すとおりである。べた基礎であれば、両者の齟齬は圧倒的に少なく、防湿コンクリートのある布基礎の方が、防湿コンクリートの無い布基礎より、多少両者の齟齬が少ないことが分かる。基礎の高さが高くなるにつれて、現状に変状がなくて構造躯体に生物劣化が発生している頻度は下がるのに対し、現状に変状があっても構造躯体に生物劣化が発生している頻度はあがる。

住宅の外周に面するユニットのうち、各方位に面するユニットの現況劣化状況の齟齬の発生頻度を図18に示す。住宅の北側は現況の変状が無くても生物劣化が発生している頻度が高いことが分かる。一方、現況の変状があっても生物劣化が発生していない割合は各方位で差が無いことが分かる。

各階の軒の出の長さと同階における壁ユニット（内部の壁ユニットのサンプル数が少ない場合は除いた）の現況劣化状況の齟齬の発生頻度を図19に示す。現況の変状が確認されなくても生物劣化が発生している確率は軒の出が短いほど高い。これに対して、現況の変状が確認されていても実際には生物劣化が無い場合については、2階の軒の出寸法には関係ないものの、ようにも見えるが、1階は軒の出が短くなるにつれてその発生頻度が低くなっている。つまり、1階の軒の出が短い場合には現況で変状が認められた箇所は、生物劣化を発生している確率が高いことになる。

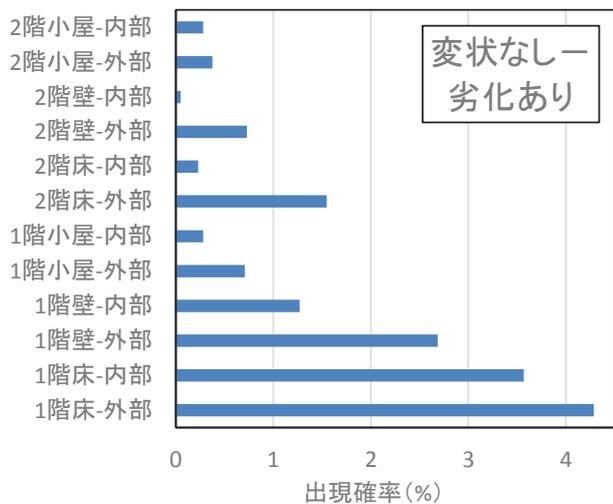


図 12 現況調査で変状が認められないが実際は生物劣化が発生していたユニットの出現確率

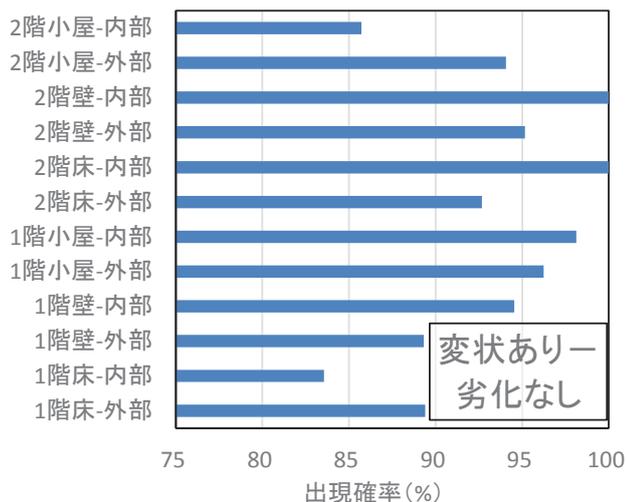


図 13 現況調査で変状が認められたが実際には生物劣化が発生していないユニットの出現確率

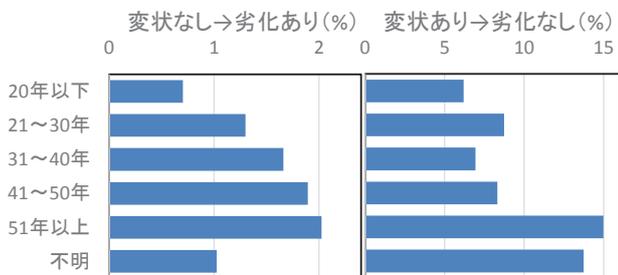


図 14 築年数と現況-劣化の齟齬の発生頻度の関係

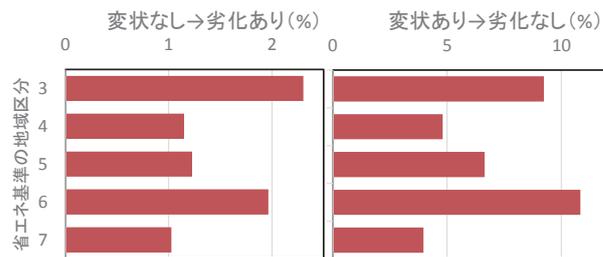


図 15 築年数と現況-劣化の齟齬の発生頻度の関係

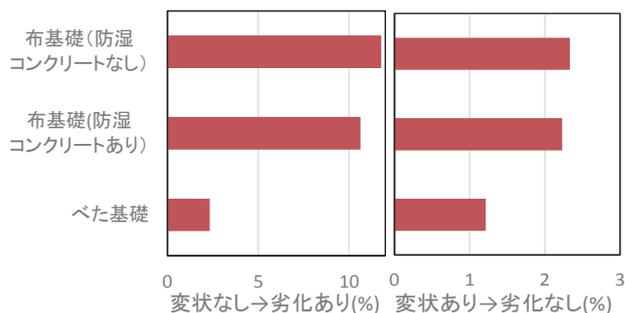


図 16 基礎の工法と現況-劣化の齟齬の発生頻度の関係

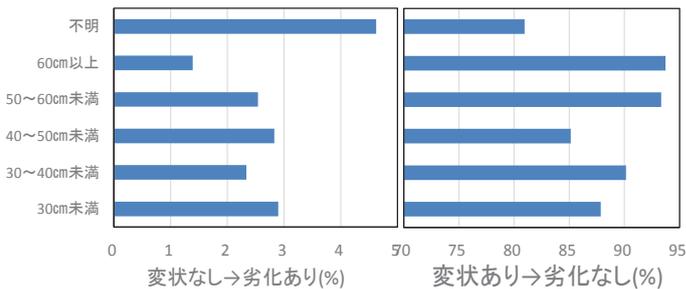


図 17 基礎の高さと現況-劣化の齟齬の発生頻度の関係

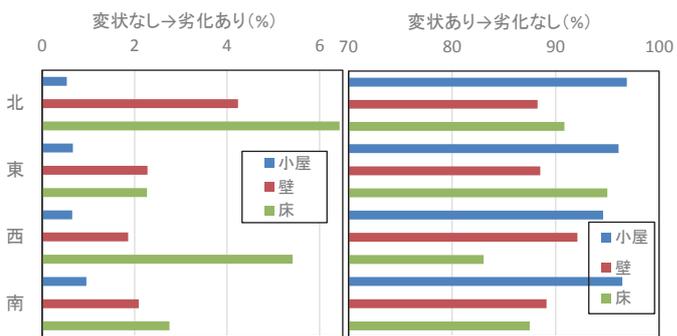


図 18 外部に面するユニットの各方位別現況-劣化の齟齬の発生頻度の関係

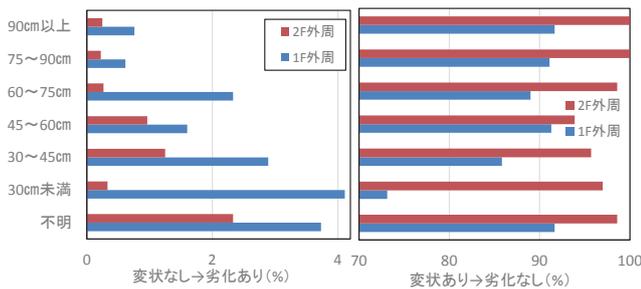


図 19 各階の軒の出の長さと同階の壁ユニットの現況一劣化の齟齬の発生頻度の関係

V 研究成果のまとめと今後の展望

1) 木造住宅の生物劣化等の発生状況のまとめ

103 棟の木造住宅の現況と劣化状況を調査し、住宅をユニット分割してデータベース化し、劣化の発生状況について分析した結果、以下のことが得られた。

- ・生物劣化、及び現況の変状は築年数が古くなるとともにその発生頻度が高くなるが、省エネルギー基準の地域区分ごとの明確な傾向は無い。
- ・生物劣化の発生は、2階よりも1階に多く、床、壁、小屋の順に多い。現況の変状の発生は、2階よりも1階に多いが、部位毎の多少は明確な傾向が無い。
- ・生物劣化、及び現況の変状は外周部における発生率の方がそれ以外の部分の発生率より高い。
- ・基礎仕様による1階の床と壁の生物劣化の発生率は、べた基礎、布基礎（防湿コンクリートあり）、同（防湿コンクリートなし）の順に低い。
- ・基礎の高さを50cm以上の1階の床と壁の生物劣化発生率は低いですが、高さ50cm未満の基礎については明確な傾向は無い。
- ・方位別の生物劣化の発生率は、北が高いものの、南、東、西の発生率は有意な差が無い。方位別の現況の変状発生率も方位による有意な差は無い。
- ・軒の出が長くなるにつれて、当該階の壁の劣化発生率は概ね低くなるが、現況の変状発生率との間には明確な傾向が無い。

2) 現況の変状と生物劣化発生の関係性のまとめ

現況と劣化状況に関するデータベースを活用して、現況調査での変状の発生箇所と実際に構造躯体の生物劣化が発生している箇所の齟齬について分析した結果、以下のことが得られた。

- ・現況で変状が認められた箇所のうち、90%以上で実際には躯体に生物劣化が発生していない。
- ・現況で変状が無いにもかかわらず、躯体に生物劣化が生じて

いるものは約1.6%に過ぎない。

- ・現況調査で見抜けない躯体の生物劣化は、2階よりも1階に多く、外周部の方がそれ以外の部分より多く、さらに床組、壁、小屋組の順に多いことが明らかとなった。
- ・現況調査での変状が生物劣化に至っていない割合は1階よりも2階で大きいですが、内外周、床、壁、小屋などの部位ごとの明確な傾向は看取されない。
- ・現況の変状と生物劣化の発生の齟齬は、築年数が古くなるとともに大きくなるが、省エネ基準の地域区分との関係性はほとんど無い。
- ・1階の床、壁に関する現況の変状と生物劣化発生の齟齬は、べた基礎にしたとき最も少ないが、基礎高さが高い方が、変状のない部分に発生する生物劣化は少ないが、変状があっても生物劣化がない割合は高まる。
- ・現況の変状があっても実際に生物劣化が無い箇所は、方位別では北に多いが、南、東、西に有意な差は無く、現況の変状があっても生物劣化がない箇所は方位によって差が無い。
- ・軒の出が長い方が、現況の変状が無い部分の生物劣化は1,2階ともに少ないが、現況の変状があっても生物劣化が発生していない箇所は軒の出が短い1階に圧倒的に少ないものの、2階では軒の出の長さとの関係はほとんど無い。

3) 現況検査方法に関する提案

既存木造住宅の劣化状況を推定する手段としての現況検査は本研究の結果に基づいて、以下の点に改善の余地があるのではないかと考えられる。

- ・現況の変状が認められても構造躯体の生物劣化が生じている可能性は極めて低いので、躯体の検査は行うとしても短絡的に解体して調査せず、原状復帰が容易な方法によって構造躯体の劣化を発見することが望ましい。
- ・現況の変状が認められない部分に発生している生物劣化は圧倒的に1階部分が多いので、1階部分は2階部分より慎重に劣化状況を把握すべきである。なかでもその出現確率は1階の外壁と1階の床だけが2%を超え、さらに慎重な劣化状況の把握に努める必要がある。
- ・築年数が古い住宅、防湿コンクリートの有無にかかわらず布基礎の床、比較的基礎高さが低い床、北側に面する部分、軒の出が短い場合の当該階の壁では、現況で変状が認められなくても生物劣化が発生している可能性が他より高いので、これらに該当しない場合よりも極めて慎重に劣化状況を調査しなければならぬ。

参考文献

- ・ 槌本敬大、高橋暁、角倉英明、中川貴文、埴加寿雄：“既存木造住宅の現況調査と躯体の劣化状況の差異に関する検討”、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1, 591-592, 2016.

謝辞

本研究における木造住宅の現況・劣化状況調査は、国土交通省総合技術開発プロジェクト「中古住宅流通促進・ストック再生に向けた既存住宅等の性能評価技術の開発」(H23～26)の一貫として行った。同プロジェクトの企画、運営等を通じて国土交通省国土技術政策総合研究所住宅研究部 高橋 暁住宅瑕疵研究官（現、建築研究所建築生産グループ長）、同 角倉英明主任研究官（現、広島大学大学院工学研究科建築学専攻 准教授、同 中川貴文主任研究官（現、同建築研究部基準認証システム研究室主任研究官）をはじめとする関係各位にご尽力頂いた。

調査結果のデータベース化、分析は建築研究所重点研究課題「建築物の戦略的保全に資する建築部材の物理的耐久性の評価技術の開発」(H26～27)の一部として行った。この場をかりて謝意を表す。