

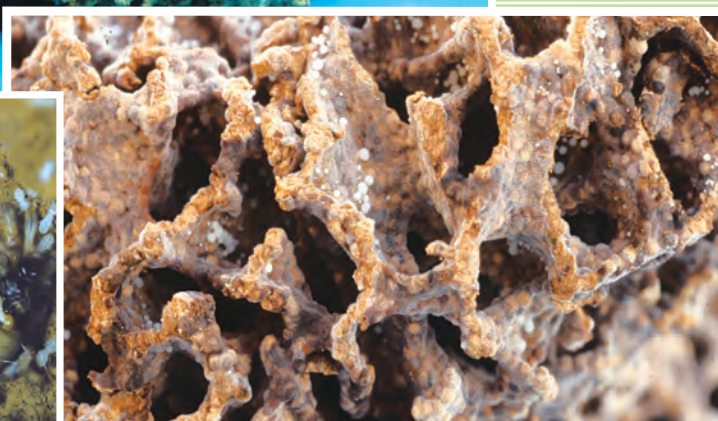
しろあり

TERMITE JOURNAL

1

2011

No.155



社団法人 日本しろあり対策協会

JAPAN TERMITE CONTROL ASSOCIATION

目 次

<報 文>

木質材料に係る揮発性有機化合物（VOC）問題の変遷……………井 上 明 生…(1)

<研究トピックス>

シロアリと菌類の共生……………金 城 一 彦…(7)

光刺激に対するシロアリの警報行動

一自己振動を使って仲間に危険を知らせる—……………大 村 和香子…(10)

<大会講演>

高知県の南海地震対策

一要となる住宅の耐震化—……………本 田 卓 也…(13)

高知県における木造住宅の耐震化の促進について……………川 崎 和 久…(17)

木造住宅の構造部材の蟻害・腐朽が地震による

建物被害に及ぼす影響……………土 井 正…(21)

<研究発表会>

築165年禅寺本堂解体時の全部材の蟻害・腐朽仕分けによる実態調査

一愛媛県南予S市地区の事例として—……………三 好 廣 通…(26)

長崎県世界遺産登録へ向けた白蟻対策事業の報告……………満 山 貴 洋…(32)

ベイトボックスで判明したシロアリの生態……………廣 瀬 博 宣…(39)

<委員会からの報告>

第5回研究発表会に関するアンケート調査報告……………土 井 正…(47)

表紙写真：タイワンシロアリの菌園・菌園の菌毯・タイワンシロアリの女王アリ
(写真提供：金城一彦 本文8ページ)

しろあり 第155号 平成23年1月16日発行

発 行 者 吉 村 剛

発 行 所 社団法人 日本しろあり対策協会

〒160-0002 東京都新宿区新宿1丁目12-12 オスカカテリーナ（4F）

電話 03（3354）9891 FAX 03（3354）8277

http://www.hakutaikyo.or.jp/

印 刷 所 東京都中央区八丁堀4-4-1 株式会社 白 橋

振 込 先 りそな銀行新宿支店 普通預金 No.0111252

広報・普及委員会

委員長 吉村 剛

副委員長 村井 勝

委員 土山 眞

委員 石井 和

委員 山島 香

委員 大村 治

委員 大金 浩

委員 坂本 美

委員 木本 道

委員 山本 成

事務局 吉田 敏

事務局 島田 邦

事務局 吉田 敏

事務局 島田 邦

事務局 吉田 敏

事務局 島田 邦

SHIROARI

(TERMITE JOURNAL)

No.155 January 2011

Contents

[Reports]

Transition of volatile organic compounds (VOC) issues relating to wood-based materials
..... Akio INOUE... (1)

[Research Topics]

Symbiosis of termites and fungi Kazuhiko KINJO... (7)

Alarm behavior in termites against photo stimulation
—termites alarm their nestmates using self-vibration— Wakako OHMURA... (10)

[Special Lectures at the National Convention]

Strategies against the Nankai Earthquake
—Importance of anti-earthquake performance of houses— Takuya HONDA... (13)

Enhancement of anti-earthquake performance of wooden houses in
Kochi Prefecture Kazuhisa KAWASAKI... (17)

Relationship between Biological deterioration of Structural Lumber and
Earthquake Damage to Wooden Houses Tadashi DOI... (21)

[Presentations at the Research Meeting]

Deterioration survey on construction timbers of a 165-years old
Zen temple with special references to biological attacks Hiromichi MIYOSHI... (26)

Termite control practices in Nagasaki Prefecture towards registration on a
UNESCO World Heritage Takahiro MITSUYAMA... (32)

New information on young workers of *Coptotermes formosanus*
found in a baiting process Hironobu HIROSE... (39)

[Committee Information]

Report of the 5th Research Meeting Tadashi DOI... (47)

<報 文>

木質材料に係る揮発性有機化合物（VOC）問題の変遷

井 上 明 生

1. はじめに

化学物質の取り扱いについては世界的に管理強化がなされてきている。揮発性有機化合物（VOC）については、我が国では特に「シックハウス症候群」との関連で規制並びに様々な諸施策が講じられてきた。ここでは、筆者が多少なりとも関与した木材・木質材料に関連する主な VOC 問題の変遷について解説する。

2. 厚生労働省の室内濃度指針値

1997年に我が国で初めて化学物質（ホルムアルデヒド）の室内濃度指針値が策定された。現在、我が国には13物質の室内濃度指針値が策定されている（表1）。なお、総揮発性有機化合物（TVOC）については、人への健康影響が明らかになっていないことから、単に室内空気の汚れの指標のひとつという

扱いで、“暫定目標値”となっている。室内濃度指針値の意味は、厚生労働省の「シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会中間報告書—第8回～第9回のまとめ」¹⁾によれば、以下のようになっている。

- ① 「指針値は、ヒトがその濃度の空気を一生涯にわたって摂取しても、健康への有害な影響は受けないであろうと判断される値を算出したものである。」
- ② 「現状の研究では指針値が策定された物質と体調不良との間に明確な対応関係は証明されていない。」
- ③ 「指針値の設定はその物質がいかなる条件においてもヒトに有害な影響を与えることを意味するものではない、という点について、一般消費者をはじめ、関係業界、建築物の管理者等の

表1 厚生労働省の策定した化学物質の室内濃度指針値

化学物質名	室内濃度指針値	備考（筆者注）
ホルムアルデヒド	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08ppm)	超揮発性有機化合物（VVOC）
アセトアルデヒド	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.03ppm)	
トルエン	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07ppm)	揮発性有機化合物（VOC）
キシレン	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppm)	
エチルベンゼン	3,800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08ppm)	
スチレン	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05ppm)	
テトラデカン	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm)	可塑剤
フタル酸ジ-n-ブチル	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppm)	
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.6ppb)	防蟻剤，殺虫剤
パラジクロロベンゼン	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm)	
クロルピリホス	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07ppb)	
ダイアジノン	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppb)	
フェノブカルブ	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8ppb)	暫定目標値
総揮発性有機化合物量（TVOC）	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

当事者には、正しく理解頂きたい」。

以上のように、VOC が室内濃度指針値を超過したからといって直ちにシックハウス症候群になるというわけではないということを、上記検討会自体が注意喚起を行っている。ただし、新築住宅の VOC 濃度が指針値を大幅に超過すると訴訟問題にまで発展するケースがあるので注意が必要である。

3. 建築基準法によるシックハウス対策

2003年7月に改正・施工された建築基準法によりシックハウス対策に係る規制が開始された。その内容は、①クロルピリホスの使用禁止と、②ホルムアルデヒド発散建築材料の使用面積制限である。ホルムアルデヒド発散建築材料については、居室の種類及び換気回数に応じて内装の仕上げに使用するには面積制限を受けるというものである。ただし、現在、製材及び JAS・JIS 規格でホルムアルデヒド放散量が最上位区分である F☆☆☆☆基準に適合する木質建材は、建築基準法の面積制限を受けず無制限に使用可能となっている（表2）。

3.1 建築基準法における規制対象外基準値の考え方

建築基準法では、放散速度（単位面積・単位時間当たりの化学物質発生量）により基準値が定められている。放散速度と室内濃度とには以下の関係がある。

$$E = CQ/S = CN/L \dots\dots\dots ①$$

ここで、 E ：放散速度 ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)、 C ：気中濃度 (mg/m^3)、 Q ：換気量 (m^3/h)
 S ：建材表面積 (m^2)、 N ：換気回数 ($1/\text{h}$)
 L ：試料負荷率 (m^2/m^3) (室内容積に対する建材の面積)

建築基準法における規制対象外となる放散速度基準値 ($0.005\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) は、上式の気中濃度 C に厚生労働省のホルムアルデヒド室内濃度指針値 ($100\mu\text{g}/\text{m}^3 = 0.1\text{mg}/\text{m}^3$) を代入し、さらに、換気回数 N に $0.5\text{回}/\text{h}$ 、試料負荷率 L に $10\text{m}^2/\text{m}^3$ を代入すると得られる。なお、試料負荷率 $10\text{m}^2/\text{m}^3$ の考え方は下記による²⁾。

- ① 建材が室内全面（床面積の10倍程度）使われる。
- ② さらに、家具が床面積の3倍程度使われる。
ただし、建築基準法では、家具の放散速度については、F☆☆☆相当としたため、これをF☆☆☆☆に換算すると床面積の13倍程度になる。
- ③ 合計すると、F☆☆☆☆相当の材料として床面積の23倍程度使われる。

以上の条件を、天井高さ2.3mの8畳間で計算すると試料負荷率はほぼ $10\text{m}^2/\text{m}^3$ となる。

$$\begin{aligned} \text{床面積} &= 3.6 \times 3.6 = 13 \text{ (m}^2\text{)} \\ \text{室内容積} &= 3.6 \times 3.6 \times 2.3 = 29.8 \text{ (m}^3\text{)} \\ \text{建材表面積} &= \text{床面積} \times 23 = 13 \times 23 = 299 \text{ (m}^2\text{)} \\ \text{試料負荷率} &= \text{建材表面積} / \text{室内容積} = 299/29.8 = 10 \text{ (m}^2/\text{m}^3\text{)} \end{aligned}$$

3.2 建材の JAS・JIS 規格と建築基準法の関係

木質建材の JAS・JIS 規格におけるホルムアルデヒド放散量の試験方法（通称ガラスデシケータ法）では、密閉容器中に設置された蒸留水に吸収されるホルムアルデヒド量が測定され、基準値は水中濃度により規定されている。一方、建築基準法では、居住環境中のホルムアルデヒド室内濃度（気中濃度）を直接的に設計可能な放散速度（単位時間・単位面積当たりの放散量）によって基準値が定められている。しかし、放散速度が測定可能な JIS 小形チャンバー法を実施するためには高額の特用装置が必要であり、また、1週間以上の日数がかかる等の理由に

表2 建築基準法における建築材料の区分と内装制限

建築材料の区分	ホルムアルデヒド放散速度 ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	内装仕上げの制限	JAS・JIS の区分・表記	JAS・JIS の基準値
第1種発散建築材料	0.12超	使用禁止	F☆	5.0mg/L 以下
第2種発散建築材料	0.02 ～0.12	使用面積制限 (床面積の0.3倍程度まで使用可)	F☆☆	1.5mg/L 以下
第3種発散建築材料	0.005～0.02	使用面積制限 (床面積の2倍程度まで使用可)	F☆☆☆	0.5mg/L 以下
規制対象外	0.005以下	制限なし	F☆☆☆☆	0.3mg/L 以下

より、品質管理的な試験も兼ねている木質材料の JAS・JIS 規格の試験方法としては必ずしも適切とはいえない。一方、森林総研では、既に、木質材料の JAS・JIS 規格試験による測定値から実際の室内のホルムアルデヒド気中濃度を予測するための換算式を開発していた。その換算式について、国土交通省は実大住宅を用いた実験により検証を行い、その妥当性を確認した。その結果、換算式が建築基準法シックハウス対策関係技術的基準の作成根拠に採用され、木質材料の JAS・JIS 規格が建築基準法に引用されることとなった³⁾。技術的基準の作成根拠として採用された換算式は下記のとおりである²⁾。

$$C = (0.158D/6 + 0.017) \times \{2/(1+Q/S)\} \times 1.09^{(t-23)} \times \{(55+h)/100\}$$

C：気中濃度（ppm）， D：JAS のホルムアルデヒド放散量（デシケータ値）(mg/L)
 Q：換気量（m³/h）， S：建材表面積（m²）， t：温度（℃）， h：湿度（% RH）

建築基準法で規制対象外となる F☆☆☆☆の基準値は、放散速度として0.005mg/m³ h 以下となっており、JAS・JIS 規格による F☆☆☆☆の基準値は、水中濃度で0.3mg/L 以下となっている。上の換算式に、建築基準法の諸要件と JAS・JIS 基準値である 0.3mg/L を代入すると、放散速度0.005mg/m³ h が得られる。このことが、木質建材の JAS・JIS 規格における F☆☆☆☆製品が建築基準法の規制対象外として無制限に使用可能とされた根拠になっている。

4. 4 VOC の自主表示制度

厚生労働省が室内濃度指針値を策定している13化学物質のうち、現在規制が行われているのは、建築基準法が対象としているクロルピリホスとホルムア

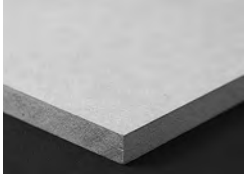
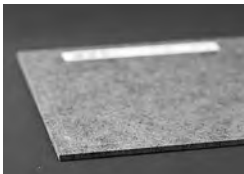
ルデヒドの2物質のみである。しかし、その他の化学物質についても安全性に関する表示制度の確立を望む声が多く寄せられてきたため、2008年4月1日に、(財)建材試験センターが主催する「建材からの VOC 放散速度基準化研究会」により「建材からの VOC 放散速度基準」が制定され⁴⁾、トルエン、キシレン、エチルベンゼン及びスチレン（4 VOC）の放散速度基準値（4 VOC 放散速度基準）が示された（表3）。ここでの試料負荷率の考え方は、建築基準法と根本的にほぼ同じであり、室内全面+床面積の3倍程度建材が使われることを想定し、3.4（m³/m³）とされている。したがって、①式のCに室内濃度指針値、換気回数Nに0.5、試料負荷率Lに3.4を代入すると、4 VOC の放散速度基準値が得られる。

建材試験センターの「建材からの VOC 放散速度基準」制定を受けて、(社)日本建材・住宅設備産業協会（建産協）は、2008年10月1日より「化粧板等の VOC 放散に関する自主表示（トルエン・キシレン・エチルベンゼン・スチレン）制度」（業界団体による自主制度）を開始した⁵⁾。同制度は、書類審査により、4 VOC 放散速度基準に適合する製品に「4 VOC 基準適合」という統一マークを表示するものである。なお、「4 VOC 基準適合」という表示マークは商標登録されている。同自主表示制度において、製材及び木質材料の一次加工品（接着剤のみを用いて製造された木質材料で、塗装や印刷紙貼り等の二次加工を行っていないもの）は、4 VOC の放散が4 VOC 基準以下と認められることになった（表4）。その根拠としては、「木質建材からの VOC 証明・表示研究会報告書」（日本住宅・木材技術センター）⁶⁾ が引用されている。概要は下記のとおりである。

表3 建材からの VOC 放散速度基準（財日本建材試験センター）

対象 VOC	略記号	放散速度基準値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$)	(室内濃度指針値) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
トルエン	T	38	260
キシレン	X	120	870
エチルベンゼン	E	550	3,800
スチレン	S	32	220

表4 4 VOC が基準値以下であることが確認されている資材（(社)日本建材・住宅設備産業協会）

材料名称	写 真	要 件	備 考
合板		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いた合板については国内産に限る。	「木質建材からの VOC 証明・表示研究会」報告書（平成20年8月1日（財）日本住宅・木材技術センター）による
集成材		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いた集成材については、その接着剤が日本接着剤工業会の4 VOC 基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。	
単板積層材 (LVL)		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いた単板積層材については国内産に限る。	
フローリング		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いたフローリングについては、その接着剤が日本接着剤工業会の4 VOC 基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。なお、いずれの製品であっても塗装等の処理を全く行っていない製品に限る。	
パーティクルボード		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、イソシアネート系接着剤を用いたパーティクルボードについては、その接着剤が日本接着剤工業会の4 VOC 基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。	
MDF		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、イソシアネート系接着剤を用いた MDF については、その接着剤が日本接着剤工業会の4 VOC 基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。	
インシュレーションボード		(接着剤を使わないため要件はなし)	
ハードボード		(接着剤を使わないため要件はなし)	

4.1 木材（無垢材）の4 VOC 基準適合性

木材（無垢材）については、標準法である小形チャンバー法（JIS A 1901）による測定において4 VOC がほとんど検出されないこと、また、木材成分の生成経路から判断して4 VOC が生成される可能性

がないことなどから建材からの4 VOC 基準に適合するものと判断された。

4.2 木材用接着剤の4 VOC 基準適合性

主な木質材料用接着剤（ユリア樹脂、メラミン・ユリア共縮合樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、

レゾルシノール樹脂及び水性高分子－イソシネート系樹脂接着剤）からは4 VOC の放散はほとんど認められず、これらの接着剤は4 VOC 基準に適合するものと判断された。

4.3 木質建材の4 VOC 基準適合性

7 品目95体の木質建材（合板：14体，集成材：14体，フローリング：20体，パーティクルボード：40体，ミディアムデンシティファイバーボード（MDF）：5 体，インシュレーションボード：1 体，ハードボード：1 体）について，4 VOC 放散基準に対する適合性を解析したところ，これらの木質建材は4 VOC 基準に適合するものと判断された。

5. アセトアルデヒド問題の変遷

アセトアルデヒドに関連する主な諸施策を表5に示す。2002年1月，厚生労働省はアセトアルデヒドの室内濃度指針値（ $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を策定した。これを受けて，2003年4月，国土交通省は住宅の性能表示制度のなかの室内空気中の化学物質の濃度等の測定に関する対象物質としてアセトアルデヒドを追加した。一方，厚生労働省が室内濃度指針値を策定する際に参考にしたWHO（世界保健機関）は，2003年11月，アセトアルデヒドの室内濃度に関するガイドライン値を $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ から $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ へ改正する旨の書簡を我が国の林野庁へ送った。それを受けて，国土交通省は，2004年4月，住宅の性能表示制度の対象化学物質からアセトアルデヒドを除外した。

一方，環境省は2006年6月に，大気汚染防止法に関連して，優先取り組み物質として指定されている有害大気汚染物質のうち環境基準の設定されていない物質の環境目標値設定に関するパブリックコメントの募集を行った。このなかにはアセトアルデヒドも含まれていて，その目標値は $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっていた。このパブリックコメントには，多くの意見が寄せられ，結果的には，アセトアルデヒドの目標値設置は見送りとなった。パブリックコメントに対する環境省の回答には以下のものがあり，これが，「 $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ 」という数値に対する国の考え方の最新のものといえる。

「アセトアルデヒドに係る指針値については，Appleman（1986）らによる動物実験のNOAEL（最大無毒性量）に不確実係数1,000及び断続暴露から連続暴露への補正5.6も加味した $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下とする

ことを提案したところでした。その一方，Appleman（1986）の知見を同じく活用したとするWHOの人間環境保全部長名で『アセトアルデヒドの耐用許容濃度値 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ は間違いであり， $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ が正しい。』とする書簡を示したところですが，WHOのGuideline for Air Quality が正式に訂正され，公表されたことは確認できないことから，その書簡に示された内容の趣旨を早急に確認したうえで改めて指針値の算定方法の検証を行い，指針値を決定いたします。」

国ではなく学会レベルとしては，2010年3月に日本建築学会が「アセトアルデヒドによる室内空気汚染防止に関する濃度等規準・同解説」を出版し，アセトアルデヒドの室内濃度指針値として $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ を推奨している。室内空気とは直接関係ないが，2006年5月に厚生労働省は，アセトアルデヒドを食品添加物（香料）として認可している。アセトアルデヒドは，酒類の成分であるエチルアルコール（エタノール）が酸化されて生成する化学物質であることはよく知られているが，食品中にも天然に含まれている化学物質である。アセトアルデヒドは木材等の天然材料からも極微量放散するが，エタノールが木材と接触すると速やかにアセトアルデヒドを生成することが知られている⁸⁾。木質材料から比較的多くのアセトアルデヒドが放散するという報告もあるが，実際にはその発生源がエタノールである可能性を否定できない。

6. PRTR 法

PRTR 法（特定化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善の促進に関する法律）については，木下による総説⁹⁾に詳細に記述されている。概略は下記のとおりである。

木材用接着剤の原料であるホルムアルデヒドについては，2008年に11月に改正されたPRTR 法において，第一種指定化学物質から特定第一種指定化学物質に変更された。これにより，対象となる木材・木製品製造工場では，2011年4月から排出量の把握及び国への届出が義務化される。対象条件は，従業員数が21人以上，接着剤のホルムアルデヒド含有率が0.1%以上，接着剤の年間使用料が0.5t/年であり，多くの合板工場等が対象となる。

表5 アセトアルデヒド問題の変遷

年月日	省庁・団体名	施 策
2002年 1 月	厚生労働省	室内濃度指針値策定 (48 μ g /m ³)
2003年 4 月	国土交通省	住宅性能表示事項である「室内空気中の化学物質の濃度等」の測定対象物質にアセトアルデヒド追加
2003年11月	WHO	林野庁へアセトアルデヒド室内濃度のガイドラインを改定する旨の書簡を送付
2004年 4 月	国土交通省	住宅性能表示事項である「室内空気中の化学物質の濃度等」の測定対象物質からアセトアルデヒドを除外
2006年 5 月	厚生労働省	食品添加物（香料）としてアセトアルデヒドを追加
2006年 6 月	環境省	大気汚染防止法の優先取り組み物質であるアセトアルデヒドについて目標値設定に関するパブリックコメント募集
2006年10月	環境省	アセトアルデヒドの目標値設定を見送り
2009年 8 月	日本建築学会	アセトアルデヒドの学会基準（アカデミックスタンダード）策定に関するパブリックコメント募集
2010年 3 月	日本建築学会	アセトアルデヒドによる室内空気汚染防止に関する濃度等規準・同解説出版

合板工場におけるホルムアルデヒドの排出は、主に接着剤を硬化させるための熱圧工程（ホットプレス）におけるものがほとんどであるが、それは次のモデル式で示される。

$$E = 0.2 \times M \times F / 100$$

ここで、 E ：熱圧及びその後の放冷、養生による
大気への年間ホルムアルデヒド排出
量（ t ）

M ：該当接着剤の年間使用量（ t ）

F ：接着剤中のホルムアルデヒド含有量
（％）

7. おわりに

VOC やその他の化学物質の取り扱いに関する規制は今後とも厳しくなっていくと思われる。木材が天然材料であるという理由だけで、そのような規制を一律的に免れるというわけにはいかず、技術的・科学的に安全性を明らかにするためのデータの蓄積が重要である。

引用文献

- 1) 厚生労働省（2002）：シックハウス（室内空気汚染）

問題に関する検討会中間報告―第8回～第9回のまとめについて、平成14年2月8日。

- 2) 国土交通省（2002）：建築基準法関係シックハウス対策技術的基準の試案の作成根拠、平成14年7月29日。
- 3) 国土交通省（2003）：ホルムアルデヒド発散建築材料の審査方法について、平成15年6月26日。
- 4) 財団法人建材試験センター（2008）：建材からのVOC放散速度基準、平成20年4月1日。
- 5) 社団法人日本建材・住宅設備産業協会（2008）：建材からのVOC放散速度基準に関する表示制度運用に関わる基本的事項、平成20年10月3日。
- 6) 財団法人日本住宅木材技術センター（2008）：「木質建材からのVOC証明・表示研究会」報告書、平成20年8月1日。
- 7) 厚生労働省（2006）：食品衛生法施行規則の一部を改正する省令及び食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件について、食安発第0516001号。
- 8) Tohmura, S., K. Miyamoto and A. Inoue（2005）：Acetaldehyde emission from glued-laminated timber using phenol-resorcinol-formaldehyde resin adhesives with addition of ethanol, J. Wood Sci. 51（04）, 421-423.
- 9) 木下武幸（2010）：合板工場におけるPRTR法政令改正への対応、木材工業、65(5), 223-226.

（独森林総合研究所 複合材料研究領域）
積層接着研究室長

<研究トピックス>

シロアリと菌類の共生

金 城 一 彦

1. はじめに

高等シロアリのキノコシロアリ亜科に属するシロアリはその巢内で菌類を栽培することが知られている¹⁻³⁾。キノコシロアリが栽培するきのこは Roger Heim によりキシメジ科、オオシロアリタケ属 (*Termitomyces*) 属として分類されている⁴⁾。日本では大谷によりオオシロアリタケ (*T. eurhizus*) とトガリアリヅカタケ (*T. cleypeatus*) の2種類のきのこが石垣島、西表島から報告されている^{5, 6)}。また、沖縄本島にもオオシロアリタケが分布することが報告されている⁷⁾。この2種のきのこはキノコシロアリ亜科、キノコシロアリ属 (*Odontotermes*) のタイワンシロアリ (*O. formosanus*) が地中の菌園で栽培している。シロアリはきのこに培地を、きのこはシロアリに栄養源を提供し共生の関係にある。

ここでは、相利共生の役割を果たしているタイワンシロアリの菌園について調査を行ったその結果について報告する。

2. 実験方法

2.1) 菌園の採集地および採集

菌園の採集は石垣市平得の牧草地で行った。はじめに図1に示した地上に発生した子実体の柄に沿って慎重に掘り進めていくときれいな楕円形の部屋になり(地表から25cm)、その中央に菌園が設置されていた。菌園を取り除いた楕円形の空間にはタイワンシロアリが出入りをしているいくつかの坑道が見られた。大きめの坑道にストローを差込み慎重に横へ掘っていき次の部屋にたどり着いた。同様な方法を繰り返し、図1に示した王室までたどり着いた。分析に供試した菌園はきのこの発生が見られたもので、西表島、石垣島、沖縄本島で採集した。

2.2) 菌園の分析

pH 値は風乾試料2.5g に蒸留水25ml を加え、攪拌後 pH メーターで測定した。灰分量は乾式灰化法で、炭素および窒素量はマイクロコーダー JM10で測定した。重量は取り出した後ただちに測定した。菌園を少量ガラス容器に入れて持ち帰り、乾燥して含水率を求めた。

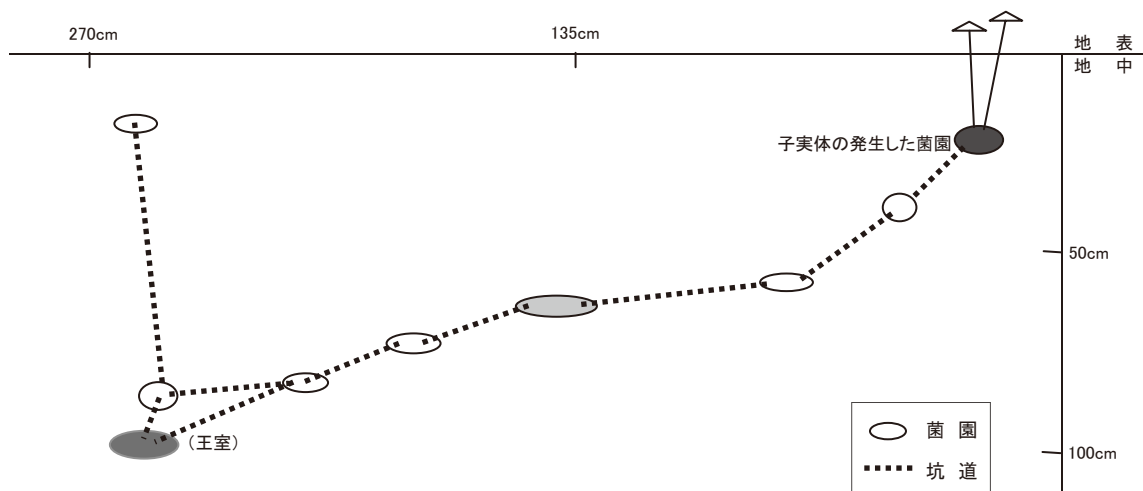


図1 タイワンシロアリの菌園

3. 結 果

図1に調査した牧草地の菌園の位置を示した。菌園は地中1メートル、地表2.6mの範囲に9個あった。採集した菌園は図2のようなドーム型をし、もろく壊れやすく、重量は120~1,430gとさまざまであるが、約150gの菌園が多い。菌園の大きさは地形やコロニーの大きさに左右されると思われる。王室の菌園の重量は他の菌園より大きく、図2より平らなドーム型をしていた。いずれの菌園にもオオシロアリタケの菌糸が成育し、比較的新しい巣では直径が2~3mmで白色の球状の菌毯が見られた(図3)。菌毯は栄養素や酵素を豊富に含みシロアリに摂食されている(図4)⁸⁾。西表島、石垣島、小浜島、沖縄本島でタイワンシロアリの巣から発生した子実体から分離した菌糸体の遺伝子解析の結果ではすべてがオオシロアリタケでトガリアリヅカタケは認められなかった。また、取り出した菌園を適当な条件で培養すると菌園から子のう菌類の *Xylaria* 属菌が発生してくる^{9, 10)}。この菌は地中の菌園では見られず、タイワンシロアリによって抑制されている。

王室はドーム状(30cm(横)×20cm(高さ))の菌園の中にあり土のみで作られ中には王と女王が見られた。王室には多くの小さな穴ありそこから兵蟻、職蟻が出入りし両者の世話をしていた。王室の上部には無数の卵が見られた。途中の巣(図の中央あたり)に若幼虫がかなり見られることから卵から孵った幼虫はここに運ばれ飼育されていると思われた。王室にたどり着いたことと牧草への悪影響を及ぼさないために調査を止めざるをえなかったが、実際にはもっと多くの菌園があるものと思われる。

菌園の分析結果を表1に示した。含水率は約43~50%前後で地域による差はほとんど見られなかった。重量は120gから1,430gとさまざまであるが採集した巣は150~200gが最も多かった。巣の大きさは地形やコロニーの大きさと関連があるのかもしれない。菌園の増築は白っぽい古い巣の上に褐色の排出物(未消化の糞)と土を混合したものを積み重ね図のような古い菌床を覆う。そこに古い巣の菌糸の進入あるいはシロアリが新たに植えた菌糸が成長するものと思われる(図3)。シロアリは菌菌の下部を摂食することが知られているが¹¹⁾、図のように上部は新しい菌園で分解が進んでいないために摂食されないであろう。



図2 タイワンシロアリの菌園



図3 菌園の菌毯



図4 新しい菌園の構築

pH 値は4.3~4.9であった。一般に人工栽培されているきのこ培地では菌の培養日数が進むにつれ pH 値が低下することが知られているが、菌床においてもオオシロアリタケの菌糸が成長し分解していると思われる。しかし、オオシロアリタケの培養菌糸は他の菌類(シイタケ、エノキタケ、マイタケ等)の成長より著しく劣ることから pH 値が低下(菌園の分解)するまでにはかなりの時間を要するものと思

表 1 各菌園の分析値

試料 NO	pH 値	灰分(%)	炭素量(%)	窒素量(%)	C/N 比	含水率(%)	重量(g)
1	4.95	18.98	37.14	1.02	36.41	49.3	120.3
2	4.65	14.43	38.71	1.34	28.89	43.3	223.3
3	4.25	15.43	37.86	1.24	30.53	44.1	148.1
4	4.21	18.49	38.34	1.05	36.51	49.4	160
5	4.8	14.98	39.74	1.04	38.21	50	1,430

試料 No.1：那覇市首里崎山
 試料 No.3：石垣市真栄里
 試料 No.5：竹富町船浦

試料 No.2：石垣市バンナ
 試料 No.4：竹富町古見

われる。灰分は14～18%で、灰分を除いた残りを有機物と考えると約80%が有機物で、かなりの量の植物体を外から持ち込み菌園を構築するのに用いている。炭素および窒素量は38%, 1.0%で C/N 比は28～36である。この C/N 比はシイタケ等の最適成長比と同様でオオシロアリタケ菌糸も最適な C/N 比の菌園で成長し菌毯を形成している。タイワンシロアリはこれらを摂食することで窒素の一部を得ている¹²⁾。菌床の加水分解で得られる糖類はグルコース、キシロース、ガラクトース、アラビノース、ラムノース等であるがセルロース由来のグルコースが最も多かった。

4. おわりに

タイワンシロアリとオオシロアリタケは菌園をかいして共生関係にある。共生関係は群飛後後翅虫によって巣が創設され、菌糸の植え付けは雌雄の有翅虫の腸内に蓄えられている孢子であると思われるが、実験的な確証はまだない。分巢を作る時期や方法、どのような菌床からきのこが発生するのか明らかにされていない。今後、野外での調査を進め、タイワンシロアリとオオシロアリタケの共生関係を明らかにしたいと考えている。

引用文献

- 1) 安部琢哉 (1987)：シロアリの生態, 東京大学出版会, p.84-98.
- 2) 松本忠夫 (1983)：社会性昆虫の生態, シロアリとアリの生物学, 培風館, p.119-126.
- 3) 今村祐嗣・角田邦夫・吉村 剛 (2000)：住まいとシロアリ 海青社 p.57-66.
- 4) Heim, R. (1977)：Termites et Champignons Soc. Nouvelle des Edit. Boubee, Paris, p.1-250.
- 5) 大谷吉雄 (1979)：沖縄石垣島で採集したオオシロアリタケ, 日菌報, 20, 195-202.
- 6) Otani, Y. and D. Shimizu (1981)：Termitomyces clypeatus Heim collected from Iriomote Island, Okinawa, Japan, Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. B, 7(4), 131-134.
- 7) 金城一彦・ポムカムナード・アヌチャー・宮城 健 (2005)：沖縄本島で採集したオオシロアリタケについて, 日菌報, 46, 41-44.
- 8) Vega, F.E. and M. Blakwell 編 梶村 恒・佐藤大樹・升屋勇人訳 (2007)：昆虫と菌類の関係－その生態と進化－, 共立出版, p.237-260.
- 9) 大谷吉雄 (1992)：シロアリの栽培する菌類, しろあり, No.90, 3-10.
- 10) Ju, Y.M. and Hsieh, H.M. (2007)：Xylaria species associated with nest of *Odontotermes formosanus* in Taiwan, Mycologia 99(6), 936-957.
- 11) 板倉修司 (2003)：シロアリ－微生物共生系における新しい展開, 木材保存 Vol 29 42-52.
- 12) Matsumoto, T. (1976)：The role of termite in an equatorial rain forest ecosystem of wet Malaysia. I. Populatin density, biomass, carbon, nitrogen and calorific content and respiration rate, Oecologia, 22, 153-178.

(琉球大学農学部 亜熱帯生物資源化学科・教授)

＜研究トピックス＞

光刺激に対するシロアリの警報行動 —自己振動を使って仲間に危険を知らせる—

大 村 和 香 子

1. はじめに

シロアリは通常、土壌や木材中など暗いところで生活しており、体表が乾燥するのを嫌うため、風（空気）の動きや（太陽）光に非常に敏感である。また、シロアリは目が未発達なため、光の強さ以外は感じ取ることができない。例えばシロアリに急に強い光を当てると、歩く速度が速くなるのと同時に、独特な行動、すなわち自分の頭部を地面や周囲の壁に打ち付ける「頭突き行動（tapping タッピング、もしくは head-banging ヘッドバンギング）」や、体を前後に小刻みに揺する「ゆすり行動（tremulation トレミュレーション）」を起こす（図 1）。このようなシロアリの行動は、地面や壁を振動させたり、ごく近傍の空気の流れを生じさせることで、巣仲間に危険を知らせる警報行動と考えられている。警報行動というと、兵蟻の出す種特異的な防御物質に関する研究例は非常に多いが、自己振動を使う行動に関しては、古くから一般的に知られていたものの、シロアリがどのようなパターンで動くのか、シロアリの種類によって動くパターンは違うのか、といったところについてさえ、ほとんど明らかになっていなかった。

筆者らは、これらのシロアリの警報行動を高速度ビデオカメラを使って記録・解析を試みた¹⁾。一般

的なビデオカメラは 1 秒間に 30 枚の撮影を行うが、今回使用した高速度カメラは、最高で 1 秒間に 10 万枚の撮影が可能で、これまで記録できなかった速い動きが記録・解析できる装置である。

2. 研究の方法

2.1 供試シロアリ

シロアリの種類によって急激な光刺激に対する警報行動のパターンが異なるか検討するため、日本国内に生息するオオシロアリ科のネバダオオシロアリ（*Zootermopsis nevadensis* (Hagen)）、ミゾガシラシロアリ科のイエシロアリ（*Coptotermes formosanus* Shiraki）とヤマトシロアリ（*Reticulitermes speratus* (Kolbe)）、レイビシロアリ科のアメリカカンザイシロアリ（*Incisitermes minor* (Hagen)）を選定した。

2.2 行動計測方法

各種シロアリを試験容器に入れ、暗室に放置して暗環境に慣れさせる。次に白色 LED 光を照射し、照射直後から各個体が示す「ゆすり行動」と「頭突き行動」を、高速度ビデオカメラで撮影・記録するとともに、その振動行動パターンについて周波数や変位量（動いた距離）を計測し、シロアリ種間の比較と兵蟻と職蟻との違いについて検討した。

「ゆすり行動」を観察すると、3 対の脚が付いている胸部を中心に、体軸方向前後に往復する動きをしていることがわかった。一方、「頭突き行動」に関しては、頭部と胸部が連動して、シロアリが乗っている地面に対してほぼ垂直方向に上下運動を起こすことが明らかとなった。そこで「ゆすり行動」、「頭突き行動」に関しては各々図 2a、図 2b のように X-Y 軸および追跡点を設け、時間経過とともに、頭部が前後もしくは上下にどのくらいの距離動くかを、運動解析ソフトウェアを用いて解析した。

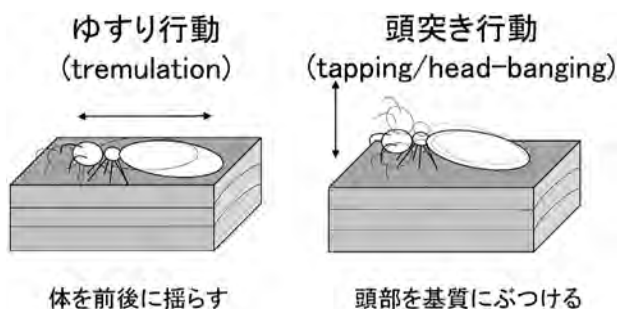


図 1 シロアリの警報行動

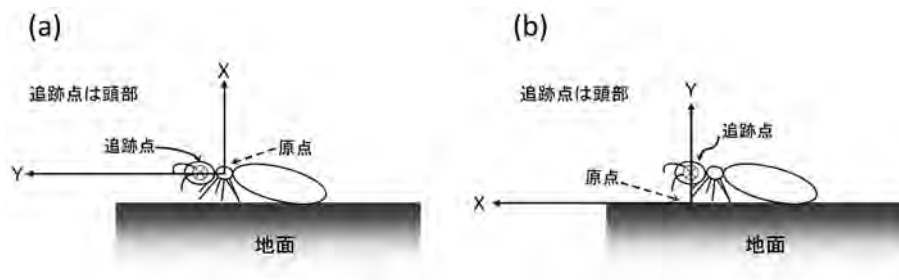


図2 (a)「ゆすり行動」、(b)「頭突き行動」の計測

3. 結果と考察

まず、イエシロアリ職蟻の「ゆすり行動」を例に説明する。急な光刺激に対して、全個体の歩行速度が増加するとともに、特定の個体が「ゆすり行動」や「頭突き行動」を開始した。イエシロアリ職蟻は1秒間に15～20回の前後往復運動、つまり周波数として15～20 Hzの振動を2.2秒行い、これを繰り返した(図3)。イエシロアリ職蟻の体長は約5 mmであることから、体をゆり動かす距離は体長の10分の1程度ということになる。また、主として1秒間に15～20回の往復運動をすることから、最大10 mm/sの速さで体を動かすことが明らかになった。

同様に、ネバダオオシロアリ、ヤマトシロアリ、アメリカカンザイシロアリの「ゆすり行動」における周波数および振動パターンを解析したところ、ヤマトシロアリでは振動周波数はイエシロアリと同程

度であったが、頭部の最大変位量がイエシロアリでは約500 μm に対して、ヤマトシロアリは約100 μm であった。アメリカカンザイシロアリは1～2 Hz程度の前後の振動行動が中心であった。ネバダオオシロアリは、10～25 Hzの振動を0.7秒行い、これを1秒間隔で繰り返した(表)。このようにシロアリの種類により「ゆすり行動」における典型的な振動行動パターンが大きく異なることが明らかとなった。

ネバダオオシロアリにおける「頭突き行動」(図4)は、「ゆすり行動」と同様に15～20 Hzの振動を繰り返した。頭部の最大移動距離は「頭突き行動」の方が「ゆすり行動」の約5倍大きく、「頭突き行動」の方がシロアリが消費するエネルギーが大きいことが示唆された。移動距離は「頭突き行動」では行動開始時には小さく、その後最大値を取ったあと小さくなるが、「ゆすり行動」では行動開始時に大きく、

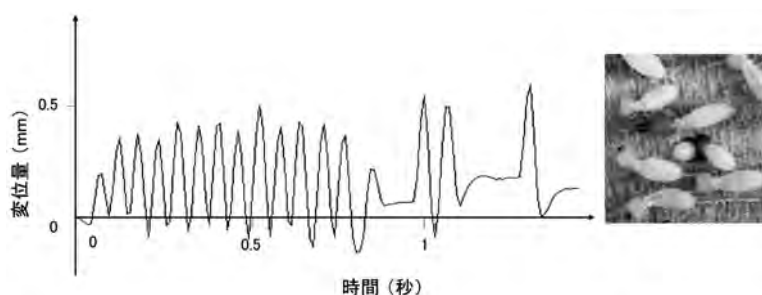


図3 イエシロアリの「ゆすり行動」パターン

表 各シロアリ種の「ゆすり行動」比較

シロアリ種	体長 (mm)		変位量 (mm)		主周波数 (Hz)	
	職蟻	兵蟻	職蟻	兵蟻	職蟻	兵蟻
ヤマトシロアリ	4.0	5.0	0.1	0.5	15～20	15～20
イエシロアリ	5.0	6.0	0.5	0.7	15～20	15～20
アメリカカンザイシロアリ	5.0	6.0	0.3	0.2	1.5	1.0
ネバダオオシロアリ	15.0	18.0	1.0	—	15～20	—

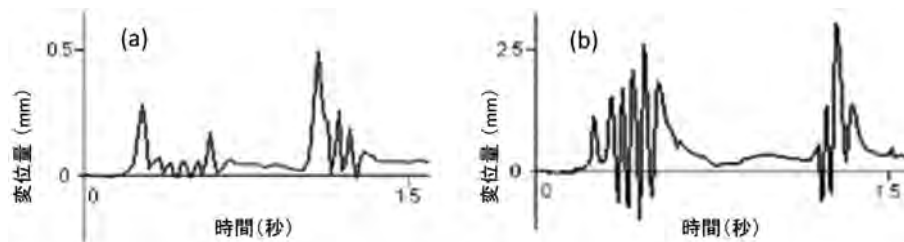


図4 ネバダオオシロアリの(a)「ゆすり行動」と(b)「頭突き行動」の自己振動パターン

その後小さくなり、自己振動パターンが異なることが明らかとなった。また移動距離は職蟻より兵蟻の方が大きい、自己振動パターンおよび周波数には明瞭な違いは認められなかった。

アメリカカンザイシロアリでは「頭突き行動」が観察されなかった。前述のとおり「頭突き行動」はエネルギーをより消費する行動である。また、アメリカカンザイシロアリが生息する乾燥した木材は、今回検討した他種のシロアリが好んで生息もしくは加害する湿った木材と比較して、音（振動）が伝わりやすい。このようなことからアメリカカンザイシロアリは「ゆすり行動」だけで仲間に警報伝達を行うと考えられる。

4. おわりに

今回ご紹介した各シロアリ種の自己振動パターンは、典型的なパターンだけであり、刺激の種類やその強さ等により異なる自己振動パターンを示す。現在、光刺激以外の刺激に対して、どのような自己振動パターンを示すかなど、継続して研究中である。

引用文献

- 1) Ohmura, W., T. Takanashi and Y. Suzuki (2009) : Behavioral analysis of tremulation and tapping of termites, *Sociobiology*, 54, 269-274.

<大会講演>

高知県の南海地震対策 —要となる住宅の耐震化—

本 田 卓 也

1. はじめに

土佐湾沖の南海トラフを震源とする南海地震について、政府の「地震調査委員会」は、平成22年1月1日を基準日として、今後30年以内に発生する確率を「60%程度」と公表した。一昨年に「50%程度」であったことからすると、切迫度は大きく上昇している。

一方、近年、海外では大きな地震が発生し、地震被害の脅威や悲惨さを目の当たりにした。平成20年5月の中国・四川大地震では、学校などの倒壊により子どもたちをはじめ多くの方が犠牲となり、あらためて、公共建築物の耐震化の重要性が認識される。今年1月のハイチ大地震では、多くの建物倒壊により、死者23万人にもものぼる空前の大規模被害が発生した。

さらに、今年2月のチリ大地震では、発生した津波が日本にも到達し、須崎港で1.28mの津波を観測

するなど、津波への備えに対する警鐘とも言える事象が起こっている。

これらのことから、南海地震の特徴や被害の内容を十分理解して、事前の対策や地震後の応急対応、復旧・復興に向けた事前の対策を早期に進めていく必要がある。

2. 南海地震の特徴

南海地震は、紀伊半島の南側の海域から土佐湾までの地域におけるプレート境界を震源とするプレート境界型地震である。土佐湾沖のフィリピン海プレートが陸側のユーラシアプレートの下に沈み込むとき、ユーラシアプレートを引き込んで、そこに歪みが少しずつたまり、それが限界に達したとき、プレート境界で破壊が起こって発生する（図1）。

これまでおおむね100年から150年の周期で発生しているが、昭和21年（1946年）の昭和南海地震の規

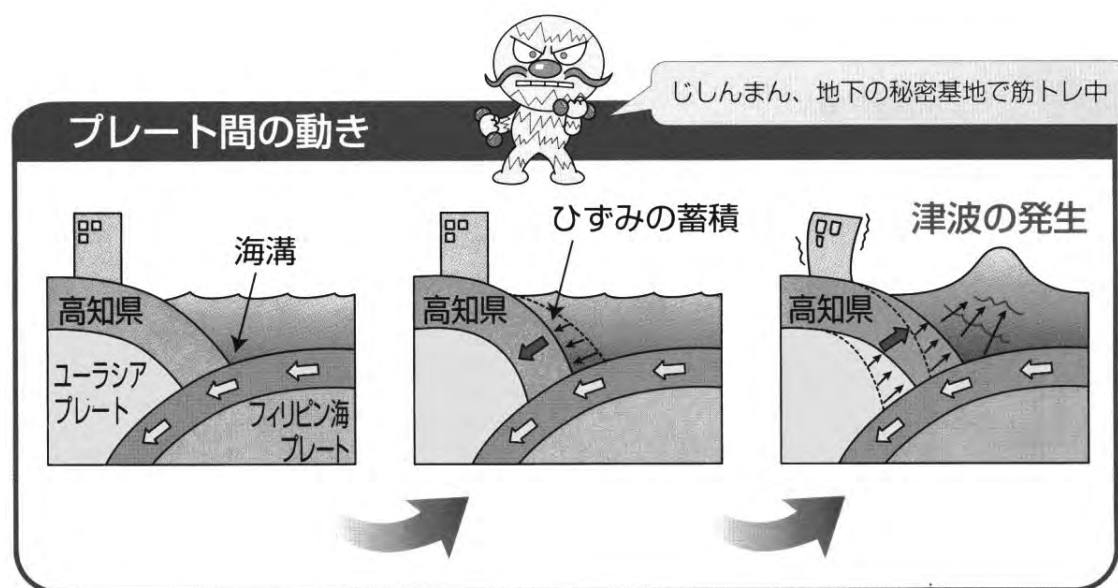


図1 プレート境界型地震の発生メカニズム

模が小さかったことから、エネルギーがまだ残っていると考えられ、次の南海地震は100年を待たずに今世紀前半にも発生する恐れがあると言われている。

また、過去の南海地震は、駿河トラフを震源とする東海地震や南海トラフの東部を震源とする東南海地震と同時に又は時間差で発生している（図2）。

次の南海地震も、東海地震（今後30年以内の発生確率87%「参考値」）、東南海地震（同60～70%）と同時に又は時間差で連動して発生する可能性が高いと言われ、現在、国では、この3つの地震の連動性の評価研究が行われている。

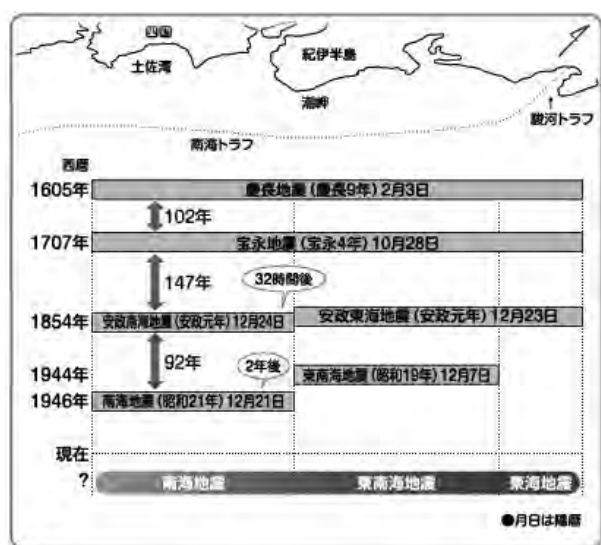


図2 1600年以後の南海地震と東南海・東海地震

3. 災害の特徴

(1) 揺れ・津波

南海地震が発生すると、沿岸に近い地域では震度6強（軟弱地盤の所では震度7）から震度6弱、その他の地域でも震度5強の強い揺れが約100秒間という非常に長い時間続くと想定される。また、早い所で3分、遅い所でも30分以内には、高知県の全沿岸域に津波が押し寄せ、その高さは6～8メートル、所によっては10メートルを超えると想定されている。

(2) 地盤変動

高知県では、南海地震のたびに地盤の沈下や隆起といった地盤変動が起きている。特に、人口や資産が集中する県都・高知市では、大規模な地盤沈下の記録が残されている（宝永4年（1707年）の南海地震で2m、安政元年（1854年）の南海地震で1.1m、

昭和21年（1946年）の南海地震で1.2m）。次の南海地震でも地盤沈下によって、広い範囲が長期間にわたって浸水すると想定される。

(3) 地域の孤立

こうした南海地震による揺れや津波、地盤沈下によって、県内全域が同時に甚大な被害を受けるとともに、県内外との交通が寸断され、多くの地域の孤立を招く恐れがある。

4. 次の南海地震の被害想定

地震や津波による人的・物的被害の程度、被害の特徴、社会的影響などをあらかじめ想定することが地震防災対策の基本とされている。

このことから、本県では、安政南海地震規模（M8.4）を想定して、第2次高知県地震対策基礎調査を実施した。

本県の想定では、次の南海地震が発生した場合、死傷者約20,400人、全壊・半壊建築物約167,600棟の甚大な被害が見込まれている。想定死者数は約9,600人で、そのうち津波によるものが7割、揺れ（建築物の倒壊）によるものが2割、火災や崖崩れによるものが1割となっている（図3）。

第2次高知県地震対策基礎調査は、市町村ごとの建物被害や人的被害（死者、負傷者、罹災者、避難者）の想定をしているので、市町村の地震防災対策の基礎資料として活用されている（平成16年3月公表、18年7月罹災者数、避難者数の再整理）。

また、津波の陸域への遡上を考慮して、浸水の深さや津波到達時間などの詳細を明らかにした第2次高知県津波防災アセスメント補完調査を実施・公表し（平成17年6月公表）、津波避難計画や津波ハザードマップを作成するための基礎資料として、津波防

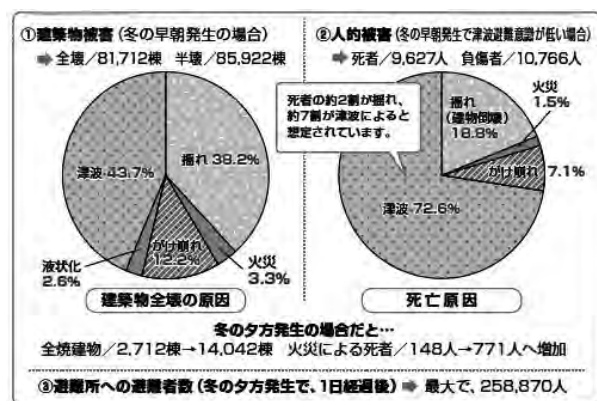


図3 南海地震により高知県に想定される被害

災対策として行うハード事業を検討するための参考資料として活用している。

5. 南海地震対策を推進するための計画

(1) 条例の施行

南海地震に備えるには、行政はもとより、県民や自主防災組織、事業者など様々な方々に、それぞれの立場で地震対策に取り組んでいただく必要がある。このことから、平成20年4月に、「高知県南海地震による災害に強い地域社会づくり条例」を施行し、震災から県民の生命、身体および財産を守るために、「自助」、「共助」、「公助」の取組を進めるとともに、それぞれの役割分担と相互の連携により、南海地震対策を推進することとした。

(2) 行動計画の策定

県では、条例の実効性を高め、南海地震対策を計画的に進めるため「高知県南海地震対策行動計画」（平成21年度～平成26年度）を昨年2月に策定した。

この行動計画では、3つの重点目標を掲げ、県として実施すべき111の具体的な対策を定めて、全庁をあげて取り組んでいる。

【具体的な目標の例】

- 既存木造住宅の耐震化の促進
（前 期）耐震化率 約82%
（後 期） 約88%
- 公立小中学校の耐震化の促進
（平成24年度末）耐震化率 75%
- 家庭での室内の安全対策の促進
（6年間）家具固定率 90%
- 津波避難計画の作成の促進
（前 期）市町村（沿岸19市町村）が作成する計画の作成率 100%
（6年間）自主防災組織が作成する計画の作成率 100%
- 孤立対策の検討
（前 期）孤立が想定される集落の防災対策の現状把握、孤立対策のガイドラインの作成
- 自主防災組織の設立の促進
（前 期）組織率 80%
（後 期）組織率 100%

6. 要となる住宅の耐震化

死者数の7割を占める津波による死者を少なくすることは、本県にとって大きな課題であることから、具体的な津波避難計画の作成は、被害を軽減する上で非常に重要であるし、その避難計画に基づく訓練の実施や避難路、避難場所等の確保も急がれている。

しかし、津波からの避難の前提として「無事であること」が大変重要である。もし、大きな揺れで住宅が倒壊したとしたら、迅速な避難は不可能となり、津波の犠牲となってしまふ。このことから、一日の大半を過ごす住宅の耐震化は、地震防災対策の要であり、早期の耐震化に向けて「耐震診断」、「耐震設計」、「耐震改修」の補助等を実施している。

また、新築当時に耐震性を確保している住宅でも、「老朽化」や「腐ったり、シロアリに喰われている」など、耐震性が低下している場合には、注意が必要である（図4）。



図4 住宅の耐震性の低下

7. 今後の課題への対応

県ではこれまでに、それぞれの対策を進めつつ、被害想定に関する基礎調査や、条例の制定、南海地震対策行動計画の策定など、南海地震対策を進める上で基礎となるものの整備に取り組んできた。

今後は、自主防災組織の設立の促進や活性化、津波からの避難対策などの充実を図っていくとともに、高知県の経済や社会機能に大きなダメージを与えることが懸念される高知市の長期浸水問題や山間地域などの孤立対策などについても、市町村と連携して、計画的、効果的に対策を進めていきたいと考えている。

また、住民の皆様にも、住宅の点検や耐震補強、家具の転倒対策など、自らの命を守るための「自助」の取り組み、自主防災組織を中心とした地域での支



© やなせたかし

え合いによる避難・救助活動などの「共助」の取り組み，そして，事業所での事業継続計画（BCP）の策定など，地震防災対策をよりいっそう進めていただくようお願いしている。

（高知県危機管理部地震・防災課 主幹）
（防災キャラクター ©やなせたかし）

＜大会講演＞

高知県における木造住宅の耐震化の促進について

川 崎 和 久

1. 住宅の耐震化の現状と目標

全国各地で大規模地震の危険性が指摘されており、地震対策は喫緊の課題となっている。兵庫県南部地震では犠牲者の死亡原因の95.5%が建物被害であったといわれており、既存住宅の耐震化の促進は特に重要な地震対策の一つである。

耐震性が不足する住宅は、平成15年時点において全国で1,150万戸存在しており、国の住宅の耐震化率目標では、平成27年度末の耐震化率を90%とし、その目標達成のためには約100万戸の耐震改修が必要とされている。

高知県では、平成15年時点において耐震性が不足する住宅が11.1万戸存在し、耐震化率を90%とする目標達成のためには、建て替え等を除いても約3.6万戸の耐震改修が必要とされていた。その後の住宅着工戸数の激減による影響もあり、平成20年時点において耐震性が不足する住宅が約5.9万戸存在し、目標達成のためには、更に2.25万戸の耐震改修の上乗せが必要な状況となっている（図1）。

2. 高知県の取り組み

高知県は、約100年おきに土佐湾沖の南海トラフを震源とする巨大地震に襲われ、そのたびに大きな被害を受けているが、政府の「地震調査委員会」は、その南海地震が2010年1月1日を基準日として、今後30年以内に発生する確率を60%程度、50年以内では80～90%と公表している。

この南海地震に備え、市町村と連携して耐震性に問題があるとされる昭和56年以前に建築された木造住宅を対象に、平成15年度から個人負担3千円で実施する「木造住宅耐震診断事業」を開始しており、平成17年度には、木造住宅の耐震改修工事を実施する住宅所有者に60万円を上限として定額の補助を行う「木造住宅耐震改修費補助事業」を、平成19年度からは20万円を上限として耐震改修設計に要する費用の3分2の補助を行う「木造住宅耐震改修設計費補助事業」を実施している。

また、これらの助成制度の実施にあたって、耐震診断、耐震改修設計、耐震改修工事の現場確認等の

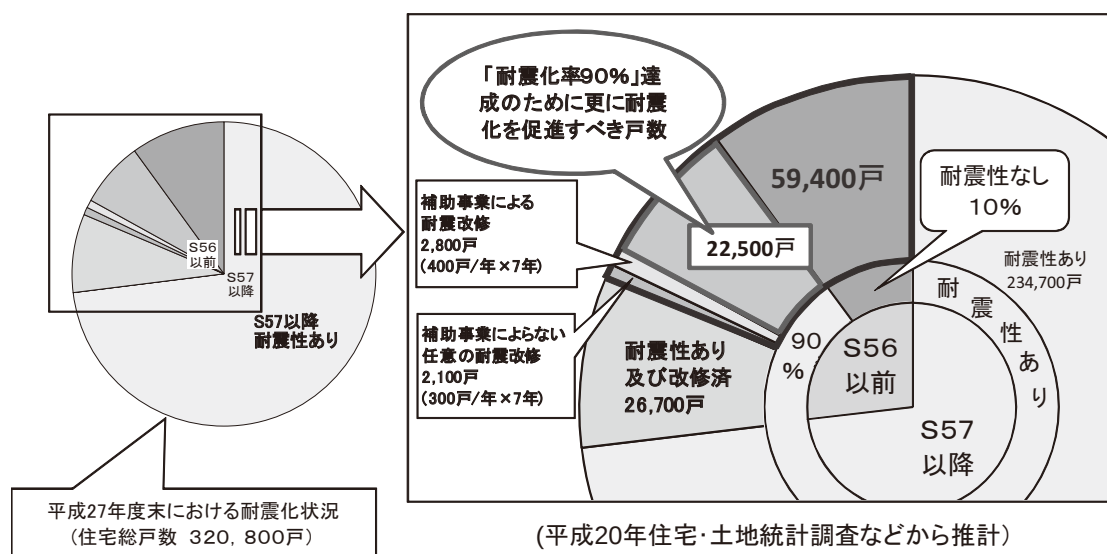


図1 目標達成のために更に耐震化を促進すべき戸数

業務を行う耐震診断士や、それらの業務を受託する事業者を登録する制度を設けており、平成22年7月末までに、耐震診断士を499名、建築士事務所を195件、工務店を222件の登録をしている。

3. 事業の実績

木造住宅耐震化促進事業の実績については、平成22年3月末までに、6,445棟の耐震診断を実施している。耐震改修工事は、平成17年度の10棟からスタートし、平成18年度に63棟、平成19年度に86棟と、二桁で推移していたが、平成20年度に296棟と大幅に増加し、平成21年度は314棟と年々実績を伸ばしており、平成22年3月末までに769棟を実施している（図2）。

平成20年度から耐震改修工事の実績が増加した要因として次の二点が考えられる。一つは、耐震改修設計に要する費用の一部を補助する制度の創設により、耐震改修に積極的に取り組む建築士事務所が現れたことである。耐震改修設計は、住宅の調査、耐震性能の評価など、構造に関する専門知識が要求され、かつ、建築士法の規定により建築士事務所で行わなければならない業務であり、積極的にかわる建築士事務所の出現は効果絶大であった。

残りの一つは、耐震改修工事を安価に、かつ、短期間に実施できるようになり、住宅所有者の負担が軽減されたことである。居住しながらの耐震改修工事では、2週間以内に完了することが負担軽減の重要な要素である。なお、耐震化コストについては、後で詳しく述べる。

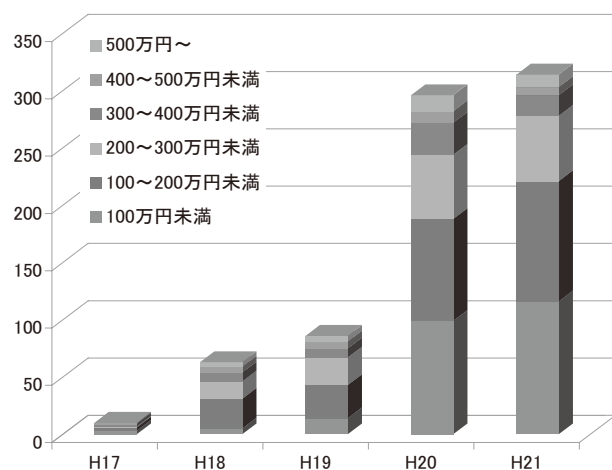


図2 年度別の耐震改修の実績と工事金額

4. 今後の課題と取り組み

住宅の耐震化の主な阻害要因として、1. 耐震化の必要性に関する認識、2. 耐震化コスト、3. 業者・工法等に対する信頼性の三つであることが明らかとなっている（国土交通省政策レビュー結果（評価書）「住宅・建築物の耐震化の促進」(H21)）。住宅の耐震化を促進するためには、これらの阻害要因を考慮した取り組みが必要である。

4.1 耐震化の必要性に関する認識

住宅の耐震化は、住宅所有者が耐震改修の必要性を認識することからスタートする。そこで、厳しく制限していた当事業に関する営業活動について、平成19年度から、住宅の耐震化の豊富な知識を有する耐震診断士及び登録事業者が住宅所有者に直接的にアプローチできるように緩和して、行政が実施する耐震相談や啓発活動と、地域に密着した事業者の活力とを合わせた取り組みを行っている。

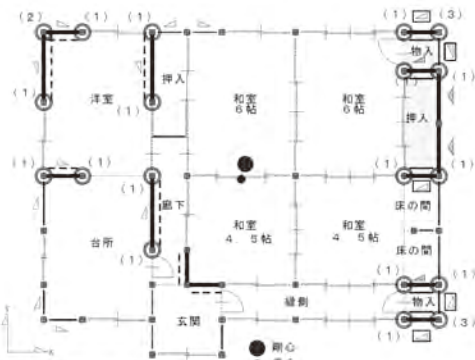
たとえば、地域に密着している事業者の強みを活かした取り組みとして、補助事業を利用して耐震改修工事を行っていることを示す「のぼり旗」の無料配布を行っている。耐震改修工事のほとんどが地域の工務店により実施されているが、住宅の内部から補強する工法では、工事を行っていることがわからない場合が多い。一方、看板を掲げた工事現場では、近隣の住民から工事に関する問い合わせがあるなど関心の高さが伺える。そこで、補助事業をPRする「のぼり旗」を工事現場に掲げて、クチコミによる耐震改修工事への関心の高まりと広がりを期待している。

4.2 耐震化コスト

耐震化コストの問題として、第一に挙げられるのが住宅所有者の負担額の多さである。このことについては、最近の実績では状況に変化が見られる。県内の実績の平均工事費は、平成18年度が273万円、平成19年度が235万円、平成20年度が209万円、平成21年度が170万円と年々安価になっている。平成21年度末の集計では、100万円未満の耐震改修工事が全体の約3分の1を占め、補助金の60万円を差し引くと個人負担は40万円未満となる。これは、耐震改修工事の実務経験を重ねることで、職人が新たな分野である耐震改修工事の仕事を覚え、無駄な作業が減少し、施工要領が良くなったことに加えて、この経験を活かした補強方法として、既存の壁を活用し

構造評点
0.37 → 1.09

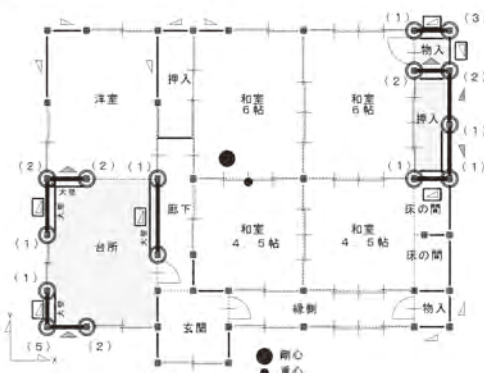
既存の壁の仕様に合わせて、筋かいや構造用合板による補強、またはそれらをうまく組み合わせて計画します。

[illegible]

調査	時期	変位、歪 測定箇所	鋼筋率 Ft	軸心圧 強仕様値	保耐力 Q ₀ (K0)	必要耐力 Q ₀ (K0)	判定
1	1997年	22、24	1.80	1.00	24.0	22.0	1.12
	1998年	21、17	1.90	1.00	21.17	22.0	1.09

构造评点
0.37 — 1.08

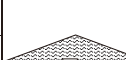
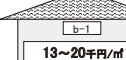
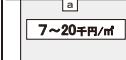
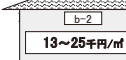
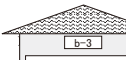
リフォームをする部屋を中心に効率よく補強計画することで、単に耐震改修を行うよりも住みやすさや便利さの効果が表れ、所有者の理解が得やすくなります。



補強計画凡例

	両側面小口 既設・修繕は口面より (A) 既設のみ 2箇所取付
	両側面小口 マス目 2箇所取付
	両側面小口 シンワシ 2箇所取付 既設・修繕は口面より
	両側面 1箇所取付 2箇所 両側 取付
	1箇所取付・両側面取付 2箇所取付・口面・修繕は口面より
	マス目 修繕は口面より

階数	方向	壁・柱 耐力合計Q	耐力率 F _h	耐力率 床仕舞F _h	保有耐力 Q _h (kN)	必要耐力 Q _r (kN)	評点
1	3方向	20.44	1.00	1.00	20.44	28.27	1.88
	1方向	23.16	1.00	1.00	23.16		1.00

改修前の建物の状況		耐震改修のタイプ	
建物の耐震性の判定	耐震診断書の総合評価に記載されている上部構造評点	Aタイプ	Bタイプ
		一定傾壊しないレベルを目標とする耐震補強(上部構造評点1.1未満)	耐震性にゆとりを持たせた耐震補強(上部構造評点1.1以上)
倒壊する可能性がある	0.7～1.0未満		 13～20千円/㎡
倒壊する可能性が高い(評点が低いほど耐震性が低い)	0.3～0.7未満	 7～20千円/㎡	 13～25千円/㎡
	0.0～0.3未満	※一般的には、評点が低いほど単独の壁となる頻りがあります。	 13～30千円/㎡

ジで公表している。県内を6分割した地図上に名簿を掲載して、それぞれの地域で活動する事業者を探しやすいものとするとともに、事業者が耐震改修工事の施工例等を掲載したホームページを開設している場合は、リンクをはり紹介している（図5）。

工法等の技術的な部分の信頼性については、耐震診断、耐震改修設計、耐震改修工事の実施にあたって、財団法人日本建築防災協会発行の「木造住宅の耐震診断と補強方法」や「木造住宅の耐震補強の実務」にあわせて、県が作成した「耐震診断マニュアル」に基づいて行うものとしている。また、これらの業務を県に登録した耐震診断士が行うことで、住

宅の耐震改修に関する技術的な部分の実効性を確保している。

さらに、耐震改修工事が適切に行われるように、住宅所有者が選任した耐震診断士による現場確認等の実施を補助の要件とし、必要に応じて市町村の職員が現場検査を行うなど、耐震改修工事の質の確保を図る取り組みを行っている（図6）。

これらの取り組みの他に、事業者が住宅所有者と直接的に信頼関係を築くことが重要であり、そのチャンスが耐震診断結果報告書の説明である。耐震診断の結果、倒壊の可能性があると判定された住宅のうち、耐震改修工事が行われたものは全体の約12%である。

そのような中で、耐震診断士が耐震診断結果について、構造評点が低くなった要因、耐震性能を向上させるための具体的な補強方法、工事費の概算等の住宅所有者が次のステップに進むために必要な資料を作成したうえで、分かりやすく丁寧に説明している事業者では、この率が格段に高くなっている。耐震診断士による耐震診断結果報告書の説明は、住宅所有者が耐震改修工事を実施するかどうかを判断するための貴重な情報であると同時に、信頼関係を築くためのポイントとなる業務であり、その部分を大切にする取り組みが耐震改修工事の実施につながっているといえる。

5. ま と め

最後に、住宅の耐震化は耐震改修工事を実施することで終わりではない。工事を実施した後、地震が発生するまでの間に、木部の腐朽やしるあり被害が発生すれば、所定の耐震性能が確保されない。そこで、事業者は引き渡しをする際に、適切なメンテナンスの方法について住宅所有者に対して説明するものとしている。

住宅の耐震化の促進は、地震で倒壊する住宅被害から命を守るだけでなく、生活の基盤となる住宅の倒壊を防ぐことにより、地震発生後の迅速な生活の再建や安定した暮らしを守ることにつながる。今後も、国、市町村、事業者、業界団体と連携して、次の南海地震に備えるための取り組みを続けていきたい。

（高知県土木部住宅課）

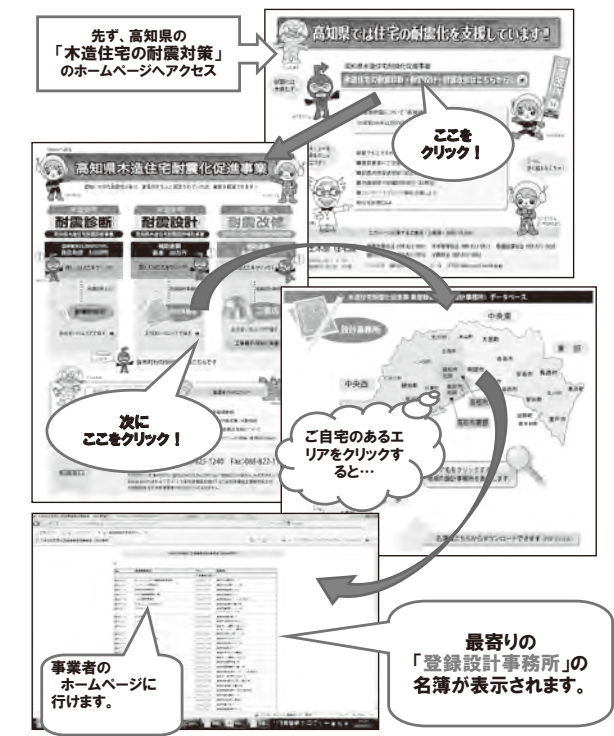


図5 ホームページの概要

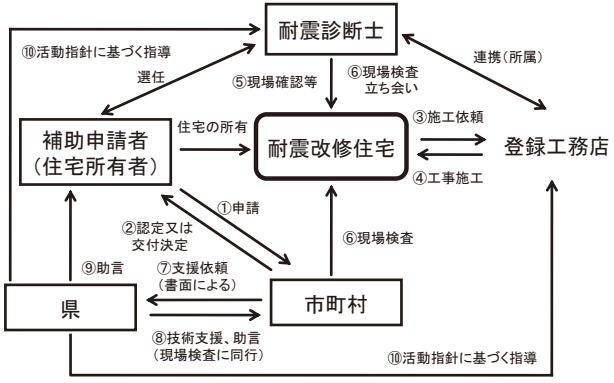


図6 耐震改修工事の質の確保のためのフロー図

＜大会講演＞

木造住宅の構造部材の蟻害・腐朽が 地震による建物被害に及ぼす影響

土 井 正

1. はじめに

2011（平成23）年1月17日、阪神・淡路大震災から16年を迎えた。10万棟以上の家屋全壊の教訓を踏まえて、2000（平成12）年には1986（昭和61）年のいわゆる新耐震以来の建築基準法の大改正が行われた。さらに住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）に基づく住宅性能表示制度、2009（平成21）年には長期優良住宅の普及の促進に関する法律が施行されるなど、木造住宅の耐震性能の強化が行われてきた。合わせて耐久性能の維持向上の重要性が謳われているが、建築工法の変遷に対応した防蟻・防腐施工や維持管理の手法については必ずしも明確にされていない。地震被害、とりわけ木造住宅の被害におよぼした蟻害・腐朽の影響から構造安全性を長期間担保する防蟻・防腐施工、維持管理のあり方について報告する。

2. どのような木造住宅が建てられているのか

わが国の木造住宅には軸組構法、枠組壁工法、木質プレハブ工法、丸太組工法などがあり、軸組構法は伝統軸組構法と在来軸組構法に分類される。

1950（昭和25）年の建築基準法の制定当時から今日に至るまで、木造に係る規程には「木造」としか記載されていないが、住宅規模においては在来軸組構法が想定されていると考えてよい。

さて、同じ軸組構法でありながら伝統構法と在来構法には、構造思想に大きな差異があることについて、一般にあまり認識されていない。1881（明治24）年の濃尾地震（推定M8.0）は、わが国内陸部で発生した最大の地震であり、全壊家屋14万棟余りの大きな被害を出した。当時の住宅は伝統軸組構法で、地震や台風などの外力には逆らわない変形許容型である。そのため、布基礎などの強固な基礎と土

台を緊結するといったものではなく、玉石などの上に直接柱を立てるか、土台を置く構造である。また、軸組みの接合部も継手仕口となっており、釘、金物はできるだけ使わないで、壁には斜めの筋かいではなく、柱と柱の間に水平に貫が通されている。

政府の震災予防調査会は、濃尾地震の被害調査を通じて、木造耐震家屋構造要項を作成し、①基礎構造に注意する、②木材の切り欠きをできるだけ避ける、③木材の接合部には鉄材すなわち金物を用いる、④筋かいなどの斜材を用いて三角形の架構をつくるといった木構造の耐震性に関する提案を行い、外力には抵抗して構造体を変形させないといった今日の在来軸組構法の耐震構造の原型を示し、この考え方が建築基準法に反映されている。

在来軸組では耐震性能の向上のために布基礎などの構築と都市火災による延焼対策としてのモルタル外壁による大壁構造が採用され、床下や壁体の通気性を阻害して構造部材の耐久性に弱点を内包することになった。そのため、建築基準法施行令第22条、第37条および第49条のような措置が求められているのである。

3. 地震毎に違う被害の様態

地震動の大きさや伝わり方は地震の発生メカニズムや途中の地盤構造によって異なる。また、地震動の周波数特性と建物の固有周期によって被害の出る建物構造が違ってくる。

地震動は短い固有周期の低い建物には大きな力を与え、長い周期の高い建物ほどその力は小さくなるが、揺れによる変位が大きくなる。

周期1～2秒のパルス的地震動はキラーパルスと呼ばれ、木造家屋に大きな被害をもたらす。但し、軽量で堅固な木造家屋の固有周期は0.2～0.3秒程度

で健全な建物ではこのキラーパルスに共振しない。しかしながら、補強金物などで緊結されていない接合部では変位が大きくなり、接合部の破壊が生じて変形が増大し、その結果、固有周期が長くなってキラーパルスと共振して倒壊に至ることになる。接合部を強化し、健全に維持すればキラーパルスによる被害は少ないものと考えられる。

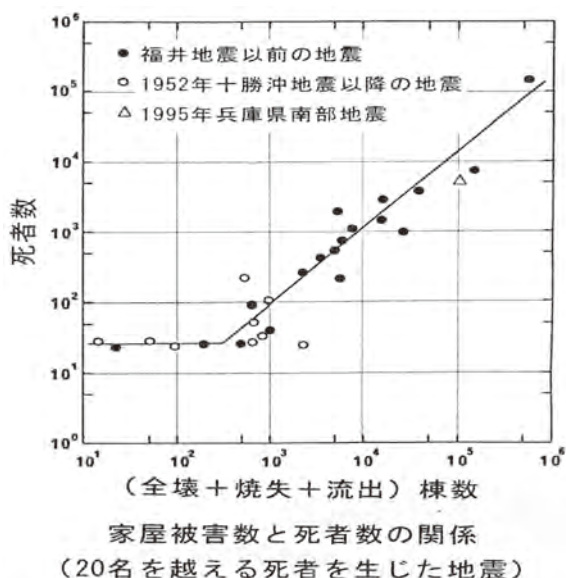


図1 地震による家屋被害数と死者数の関係¹⁾

図1に明治以降の死者20名を超える地震災害における倒壊、焼失および流出により全壊した家屋棟数と死者数の関係を示す¹⁾。これによると●印で示される1948(昭和23)年の福井地震以前の地震災害では、全壊棟数が増えると人的被害も増えることがわかる。一方、建築基準法の施行以降になる○印の1952(昭和27)年十勝沖地震以降の地震災害では全壊数が増えても人的被害はほとんど増加せず、建物の損傷を防ぎ、人命と財産を守る目的で制定された建築基準法が機能しているものと考えられる。しかしながら、△印の1995年兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)では、全壊棟数に比例して人的被害も増大する建築基準法制定以前の被害の様態になっている。

4. 1995(平成7)年兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)における木造被害の特徴

阪神・淡路大震災による木造被害についての数多くの調査研究から、次のような木造被害の特徴が知られている。

1) 屋根・壁が重い、無筋の基礎、耐力壁が少ない、

壁配置に偏りがある、補助金物ないなど、耐震性の低い建物で、メンテナンスが不足していたなど、いわゆる老朽化した築25年以上の被害が顕著である。

- 2) 住宅金融公庫融資住宅の被害はわずかであり、適切な設計・施工による耐震性の向上は有効である。
- 3) 築年数の新しい住宅においては、設計・施工上の不備があったり、狭小間口や南面大開口で耐力要素が偏在したりして偏心しやすい構造のものの被害が大きい。さらに、接合部の補強金物がなく、筋かいの脱落や柱脚部の抜けがある、構造部材の蟻害・腐朽による欠損があるなどの建物の被害が大きい。
- 4) 構造部材の蟻害・腐朽による接合部の欠損などがあった全壊家屋の人的被害が大きい(写真1～4)。

筆者らが行った神戸市東灘区東部地域(図2)の709棟の木造住宅調査では、図3に示すように30%～65%の全壊被害が見られた²⁾。なお、[a]の地域は震災の帯と言われ、震度7を記録している地



写真1 補強金物のない短いはごの柱頭部



写真2 1階が大開口で耐力要素の偏在



写真3 1階が店舗部分に壁がほとんどない



写真4 蟻害による隅柱注脚部の欠損

域に含まれており、全半壊あわせて80%であった。709棟のうち322棟が全壊し、死者が発生した全壊家屋は35棟あり、死者数は54名であった。この地域では全壊100棟あたりの死者数は16.8人で、震災全体の全壊100棟あたり死者5.5人の約3倍となっている。さらに、この全壊35棟中、構造部材に蟻害・腐朽ありと判定されたものが24棟（69%）あり、死者数は36名であった。一方、死者の発生した全壊家屋で蟻害や腐朽を受けていないものはわずか3棟であった。構造部材の生物劣化による断面欠損や接合部の脱落が木造住宅の粘りを失わせ、架構を瞬時に瓦解させることで生存空間を喪失させたと考えられる¹⁾。

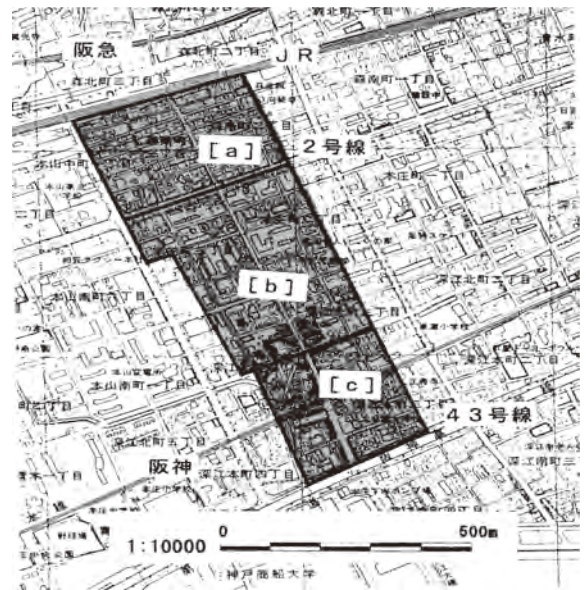


図2 神戸市東灘区東部地域の調査地域

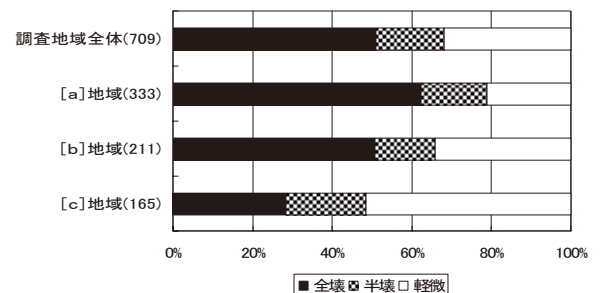


図3 神戸市東灘区東部地域の木造住宅の被害

5. 2004（平成16）年新潟県中越地震における木造被害の特徴

2004（平成16）年10月23日に発生した新潟県中越地震（M6.8）は最大 $1,746\text{cm/s}^2$ という非常に大きな地動最大加速度や阪神・淡路大震災以来の震度7を計測したにもかかわらず、死者40名、全壊2,876棟、半壊11,122棟の被害であった。さらに、発生直後に強い余震（震度6強）が2度も発生している。直ちに実施された被災建物の応急危険度判定によると、余震等で倒壊し人的被害の発生が予想される危険と判定されたものが14.5%、要注意が30.8%、建物の損傷がないか軽微で危険性が少ない区分の調査済みとされたものが54.7%であった。

弾性加速度応答スペクトルによると、ほとんどが0.5秒以下の短周期が卓越している。土壁などの古い木造建物では上述のキラールパルスとされる1～2秒の周期帯が危険であるが、この帯域は兵庫県南部

地震の半分以下であった。建物被害の多くは地盤の崩落などの影響が大きいと考えられている³⁾。

但し、阪神・淡路大震災と同様に土葺き瓦や土壁の非常に重い仕様の伝統軸組、壁の偏った配置や一面がほとんど開口などで偏心しやすい、接合部の補助金物が不備で筋かいが外れたり、柱脚の抜けだしなどがあった建物、無筋の基礎や壁内部の腐朽があった老朽建物の被害が顕著であった（写真5～

8）。

2007（平成19）年7月の新潟県中越沖地震（M 6.6）では死者14名、全壊1,244棟の被害が発生した。中越地震同様に地盤の影響が大きく、土壁等で重くかつ壁配置のバランスの悪い住宅での被害が顕著であった（写真9、10）。



写真5 大傾斜で危険と判定された店舗住宅



写真8 層崩壊した元茅葺屋根老朽建物



写真6 基礎の破断で危険と判定された住宅



写真9 1面大開口で大傾斜



写真7 1階が層崩壊した土壁の古い住宅



写真10 土壁、瓦屋根の重い古い住宅

6. 構造安全性向上のための建築工法の変化に伴う 蟻害・腐朽の危険性の増大

建築物の耐震性能の向上による減災は国の重要政策課題の一つになっている。いわゆる新耐震（1981年）以降の木造住宅については当面の耐震補強の対象外になっているが、新耐震では偏心率のチェックが曖昧にされているため、震度6強以上の地震に対する安全性に課題が残っている。しかしながら、2000（平成12）年の建築基準法の改正では平面の4分割法による耐力要素配置のバランスのチェックが行われるようになったこと、接合部補強金物の仕様の明確化が行われ、また、耐力壁基準強度が1.5倍に引き上げられたことから、構造安全性については十分なものになってきている。これらの構造強度は金物と釘によって担保されるため、土台周辺や柱脚部で蟻害、腐朽を生じると耐震性能に影響が及ぶことになる。そのため、耐震診断法においては一般診断では保有耐力の0.7倍、精密診断法では最大0.2まで個々の耐力を低減することになっており、耐震性能を維持するために防蟻・防腐がますます重要になってきている。

一方、住生活基本法や長期優良住宅普及促進法では、住宅に係るエネルギーの使用の合理化の促進、快適性エネルギー使用の効率性について、より一層の省エネルギー性能の向上が求められている。省エネルギー性能は省エネ法に基づき、熱損失係数等の断熱性能基準が地域区分別に定められている。省エネ法の数次にわたる改正によって、南東北地方から九州地方までがほぼ同等の断熱性能が求められるようになり、そのため、シロアリの活動が活発な比較的温暖な地域においても、基礎断熱工法が採用される傾向が強まっている。

断熱性能を強化するには、結局のところ、壁体や屋根面や開口部の断熱性能の強化だけでなく、床面や基礎の断熱性能の向上が必要になる。この場合、高断熱性能と高气密性は一体ものであるから、断熱材の外張り工法などでは床下空間も室内空間と一体のものと見なされるため、床下におけるシロアリ防除薬剤の使用が困難な状況が生まれてきている。

さらに、耐震性能の向上のために水平剛性の強化、

剛床の採用が増加している。床組みが従来の転ばし根太から構造用合板が床下地、場合によっては床仕上げも兼ねるようになってきている。そのため、当初より床下点検口が設置されていない場合、床下点検の障害となる。さらに、基礎構造についても布基礎より強度が期待できるベタ基礎で、立ち上がり部に換気孔のないねこ土台などの全周換気方法が急速に増加してきている。維持管理のための仕組みを定めた長期優良住宅等では人通口が設置されるが、一般住宅では床下点検の障害となることが予想される。

7. ま と め

白対協仕様書の理念は土壌と木部での防蟻対策によって耐久性能を維持することになっている。しかしながら、現状では床下空間の欠如、ベタ基礎など基礎内側における土壌での薬剤層の維持について困難な状況に置かれている。また、壁内部での断熱材や防湿気密層の存在が、耐久性の維持のための障害になってきている。構造安全性と耐久性は車の両輪であり、これら、高耐震、高断熱・高气密住宅に対する有効な防除施工方法の確立が急務である。

なお、掲載した新潟県中越地震（写真5～8）および新潟県中越沖地震（写真9, 10）の被害写真については、大阪市立大学副学長宮野道雄先生から提供戴いたものである。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 宮野道雄ら（1995）：1995年兵庫県南部地震による人的被害に関する検討，第14回日本自然災害学会学術講演会梗概集，24-25.
- 2) 土井 正ら（1995）：阪神・淡路大震災における木造家屋被害と構造部材の生物劣化に関する研究，大阪大学生活科学部紀要，43，145-153.
- 3) 境 有紀ら（2005）：強振動と建物被害，平成16年新潟県中越地震被害調査報告会梗概集，29.

（大阪市立大学大学院生活科学研究科）

＜研究発表会＞

築165年禅寺本堂解体時の全部材の 蟻害・腐朽仕分けによる実態調査

—愛媛県南予S市地区の事例として—

三 好 廣 通

1. はじめに

全国大会に研究発表することになった経緯について、今回本堂を改築のため解体決定になり寺名を伏せることを条件に、調査研究の許可をもらいました。解体した部材は建築会社で下記大別された。

- (1) 再生可能の部材
- (2) 腐朽・蟻害の被害材

被害程度別に(2)を4ブロックに仕分けされた。

①中被害ブロック②大被害ブロック③大大被害ブロック④廃棄材ブロック、当社は①②の被害材の内容を再検査して利用できるものがないか調べた。

その結果①～④すべてが廃棄されることに決定され、当社で破壊・目視の検査ができることになった。

2. 検査結果の概要 (写真10, 11, 12, 13)

松材の検査に絞って調査し、当社で下記大別した。

(1) 部材別被害

- ① 梁 大被害 30% 中被害55%
- ② 桁 大被害 15%
- ③ 鴨居 大被害 20%
- ④ 大引 大大被害15% 大被害20%

(2) 虫害・腐朽別被害順位 (大きいものから)

クロタマムシ、シバンムシ、腐朽、ヤマトシロアリ虫害はすべて旧害でした(シバンムシを除く)。腐朽は虫害後の2次被害ではないか考える。

(3) 当初予想より、被害が質量ともに少なく思った。被害図の番号が、建物の北と東に集中しているのは、北側の倉庫付近の雨じまいと排水状態が悪く、また東側の外壁、回り廊下、戸廻りの雨じまいも悪いことが影響したと思われる。

(4) 大引の被害が最も大きいことは、床下の湿度が

高く建物周囲の排水も悪く、樋がなく、風雨が建物の外壁に吹付け床下の被害につながったものと考ええる。

(5) この度の調査で一番注目していたこと。

- ① 解体でないと確認できない被害の内部
- ② 古い松材の松脂が被害を防止している状況
- ③ 昔の松材のクロタマムシの生息加害状況



写真1 本堂正面（解体前）

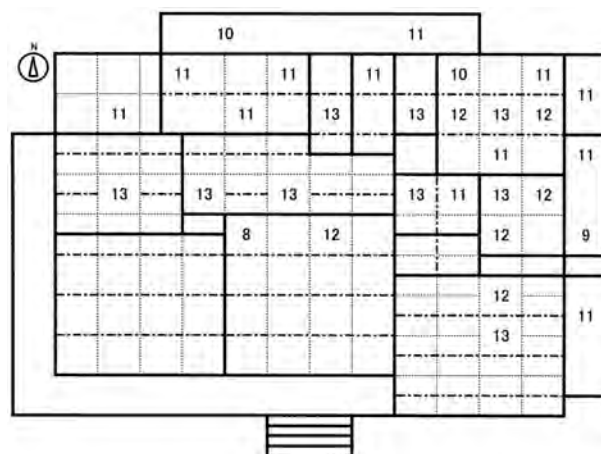


図1 本堂平面図
番号は、被害写真番号

クロタマムシの被害がこれほど大きいとは予測しなかった。古い木の松脂が残っていた実態確認した。建物全体の解体部材の調査をして、被害の全体像がつかめて本当に有益な研修になった。

3. 寺院の防除歴について

平成13年9月に従来工法により建物全部を施工、庫裡は小屋組、床組のヤマトシロアリ駆除でした。平成19年8月に建物全部の床下と外部GLより1mの目視検査を実施。目的は本堂解体の検討資料として現状を確認するためのもので、ヤマトシロアリの被害は認められなかった（解体予定の倉を除く）。

4. 木造建物は昔からクロタマムシの被害があった

木造建物の解体時、シロアリ被害ではない大きな被害がよくあるとの話を業者の方から聞いていた。今回の解体被害材の内部調査でこれがクロタマムシ

ではないかと、強く推測しました。今後解体家屋の情報入手に努めたい。

現時点で、築165年の本堂解体（ヤマトシロアリ地帯）の調査と別の築200年代（イエシロアリ地帯）の寺院の調査でクロタマムシの被害状況が分かりました。また築2～3年から30年代の建物は、松枯問題の影響を受けて、被害程度、範囲共、全国的に大きく拡大しているものと推測できる。

5. クロタマムシは何故置き忘れたのでしょうか？

ある大手の寺社建築会社の棟梁さんに直接話を聞いた。「小屋組の構造材にはどの木材が一番良いか？」即座に「松に決まっている」とのことである。

また林業産地の関係者の方は、何度聞いても「そんな虫はおりませんよ」との話である。現在ではそんな産地にもクロタマムシが生息していることが確認されている。この2つの話を聞いて、何とか国の

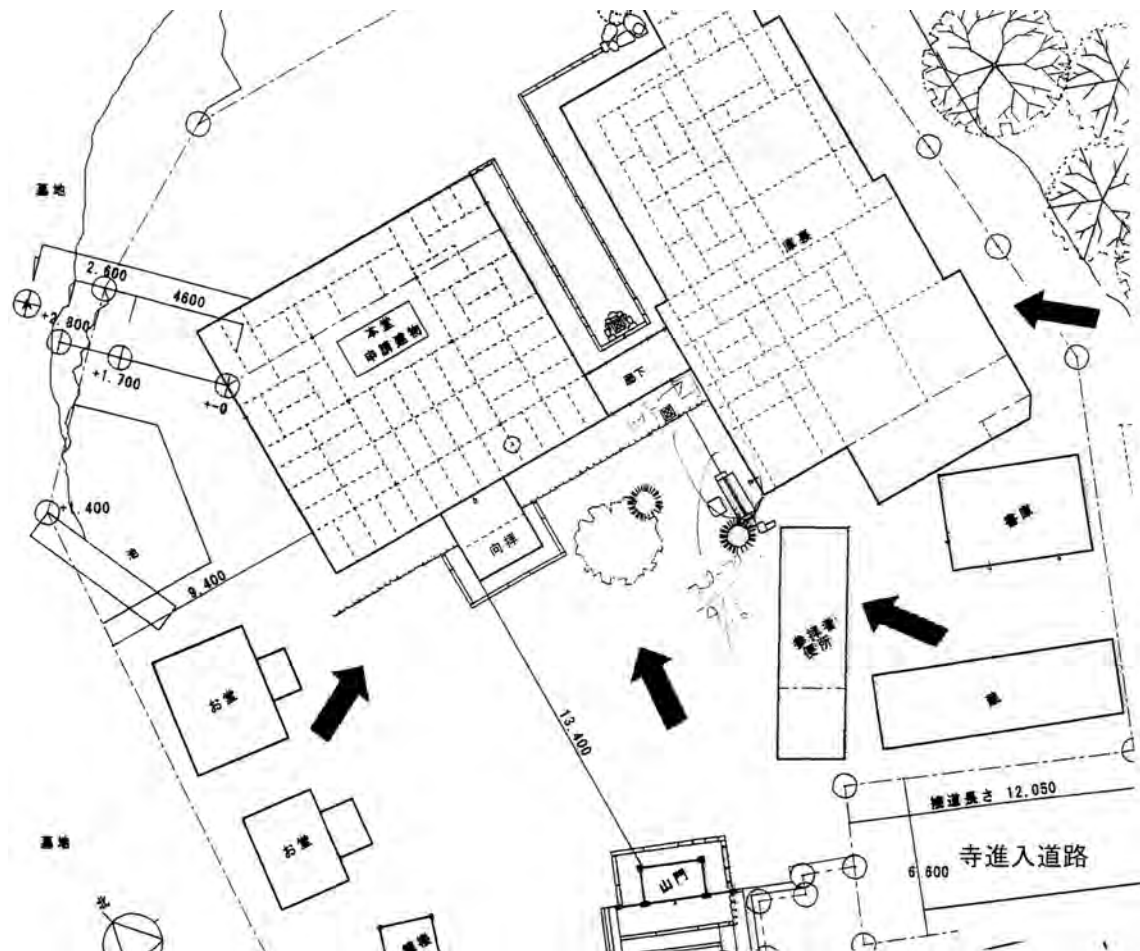


図2 寺の建物配置図（矢印は風雨の方向）ヤマトシロアリ地帯、京都西園寺家の領有時代のお寺である。



写真2 ブロッカー1 再生可能な解体材
母屋、梁、垂木関係



写真5 ブロッカー4 再生可能な解体材
梁、母屋、桁関係



写真3 ブロッカー2 再生可能な解体材
梁、束、桁関係



写真6 ブロッカー5 再生可能な解体材
母屋、束関係



写真4 ブロッカー3 再生可能な解体材
升組、欄間関係



写真7 ブロッカー6 再生可能な解体材
造作材、板、畳関係



写真8 本堂小屋組 (松)(杉)(桧)
棟木雨漏れによる腐朽, ヤマトシロアリの複合被害。(大)
(棟の造りが瓦と土の場合蟻害が多い)



写真11 ブロッカー8 廃棄材
建物全体から出た被害材 関係。腐朽, ヤマトシロアリ,
クロタマムシ, シバンムシの被害。(大)



写真9 屋根鼻棧付近のヤマトシロアリ被害
他にも野地板被害あり。(大)



写真12 ブロッカー9 廃棄材
梁, 桁, 大引, 鴨居(松) 関係
クロタマムシ, シバンムシ, ヤマトシロアリ, 腐朽の複
合被害。(大)



写真10 ブロッカー7 廃棄材
床組材(松)(杉)(桧)関係。クロタマムシ, ヤマトシロアリ,
シバンムシ, 腐朽の複合被害。(甚大)



写真13 ブロッカー10 廃棄材
梁(松) 関係。シバンムシ, ヤマトシロアリ, クロタマ
ムシの複合被害。(中)



写真14 鴨居（松） 同じ切り口一対
クロタマムシ、シバンムシ複合被害。(大)

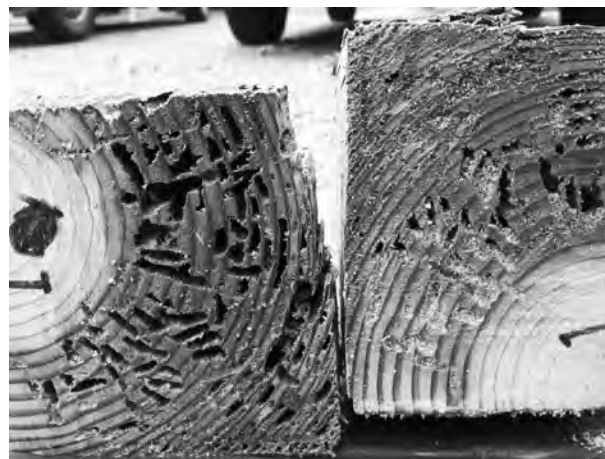


写真17 大引（松）
クロタマムシの被害(大)。
[左]不規則扁平独特の食害跡、虫糞、喰いカスを8割方取ったもの。
[右] 虫糞、喰いカスを取らないもの、同じ切り口一対です。



写真15 大引（松） 接合部
クロタマムシ、シバンムシの複合被害。(大)



写真18 大引（松） 接合部
クロタマムシ、シバンムシ、ヤマトシロアリの複合被害。(大)



写真16 鴨居（松）
クロタマムシ、シバンムシの複合被害。(大)



写真19 大引（松）
クロタマムシ、ヤマトシロアリ、腐朽の複合被害。(大)

大切な資源が有効に使える手立てはないものかと思っている。市場に出る松材の中にクロタマムシの幼虫が潜り込んでいるものがあれば、防除しないと建築後3～4年を待たず成虫が脱出することになる。

6. ま と め

- (1) 再生可能な解体材は利用される予定であったが、新本堂の個々の部材が大きくなったため、仕上がり寸法が寸伸びとなり、使用ができなくなったのでは。
- (2) 再利用出来たものは、化粧垂木、欄間、座板下地、屋根角木、小屋内仕切壁の下地板2か所分。
- (3) 廃棄材の被害概況

当初、ヤマトシロアリ、シバンムシ、腐朽、クロタマムシの被害順位を予想していましたが、予



写真20 寺の山門から見た市街地。
前の山を越えた風雨が寺の正面に強く吹き付ける。



写真21 新築した本堂（旧本堂とほとんど同じ）
風雨対策は今も続いている。

想に反し全くの逆転で、クロタマムシ、シバンムシ、腐朽、ヤマトシロアリの順位であった。クロタマムシの被害場所と部材名、被害が大きくなった原因が解体によって明らかになった。しかし一番の要因は、寺の敷地が標高200m余の盆地の南面山麓にあり、市街地より約20mの高台にあって、年間を通して正面から強い風雨が吹付け本堂の屋根、床下四方の外壁と全面に雨を受け建物の劣化が進行したものと考えられる。

すべての被害がこの風雨によって進行したことが分かった。シロアリだけに水が必要と思っていたことは間違いであった。クロタマムシでもシバンムシでも雨水がよく集まる場所は被害が大きくなり、ヤマトシロアリよりも被害が広く、深く、大きくなったことが分かった。ヤマトシロアリは松材の雨漏りの部分に被害があった。そこからの被害の広がりには少なく、広葉樹1本10mに集中していた。シバンムシは松丸材の表面1.5cm前後の深さですべての材に被害があった。腐朽は写真10、11の全体にあり虫害の中に複合被害となっています。虫害の後、腐朽菌が広がった感じです。松の大引、鴨居にクロタマムシの被害が集中していた。

- (4) クロタマムシの実態調査で判明したこと。
 - ① クロタマムシの幼虫は伐採前から松の材中に潜り込んでいる。
 - ② クロタマムシは産卵のために毎年建物にやってくる。
 - ③ クロタマムシはヤマトシロアリ以上に水、湿気があれば被害の進行が速くなる。
 - ④ クロタマムシの予防は切組加工の後、取り敢えず松材全部を現場処理すると、防虫効果が高いのではと思う。
 - ⑤ クロタマムシの駆除はシロアリとの生態の違いを知ってから施工を行う。

最後になりましたが、調査でお世話になりました、関係者の方には心よりお礼を申し上げます。

（西南シロアリ有限会社 代表取締役）

＜研究発表会＞

長崎県世界遺産登録へ向けた白蟻対策事業の報告

満 山 貴 洋

1. はじめに

長崎県には、全国1,000余りあるキリスト教会のうち、約130棟が集中している。そのうちのいくつかは、平成13年にユネスコの、世界遺産暫定リストに「長崎の教会群とキリスト教関連遺産」として登録され、明日の世界遺産として早期登録に向けた作業が進められている。これらの教会は、国立公園内にある入江や海に面した高台斜面などに建ち、農・漁業を生業として造り上げた集落景観と一体となって、素晴らしい文化的景観を形成している。

2010年、長崎県は、世界遺産の構成資産候補となっており、国・県指定文化財にもなっているこれらの教会建物の保存管理作業として、白蟻対策事業を実施し、当協会会員も工事を行った。これら長崎の教会群の紹介と教会建物の白蟻対策事業を報告する。

2. 長崎の教会群遺産候補の概要

長崎県が、世界遺産登録を目指している『長崎の教会群とキリスト教関連遺産』について長崎県の世界遺産暫定一覧表追加資産に係る提案書を引用し説明する。

2.1 教会群の歴史的背景

1549年にフランシスコ・ザビエルが鹿児島・長崎を訪れ、キリスト教の布教を始めた。1570年にはイエズス会の本部が、長崎に置かれ、長崎はキリスト教、布教の拠点となった。その後長崎では、多くの教会が建てられキリスト教文化が栄えた。

ところが、1597年の豊臣秀吉の「伴天連追放令」、その後の徳川幕府の「禁教令」などにより、日本ではキリスト教が禁止され、数多く建てられた長崎の教会群も破壊された。

仏教への改宗が強制され、改宗しない信徒には迫害が加えられた。島原の乱を経て、さらにキリスト教への弾圧が徹底された。

こうした歴史の痕跡は現在も残存し、キリスト教

関連史跡等として保存・継承されている。

1641年の鎖国の完成により、ローマ教皇庁では日本のキリスト教は根絶されたと考えられたが、教会もなく神父もいないなかで信徒たちは地下組織を作りあげ、洗礼やオラショ（祈りの言葉）を伝承し、また人里離れた浦々や島々に移り住み、潜伏してキリシタンの信仰を守り続けてきた。

1859年、江戸幕府は、横浜、長崎など5港を開港し、外国との貿易が再開された。この開港を機に、1864年、長崎の南山手居留地に、26聖人に捧げられた大浦天主堂がプチジャン神父らにより建てられた。献堂式から1ヶ月後、浦上の信徒数名が訪れ、神父に信仰を告白した。いわゆる「信徒発見」である。250年の潜伏を経ての信徒復活の知らせは、宗教史上の奇跡として世界中を巡り、大きな衝撃と感動を与えた。長崎港外の島々や、外海、五島、平戸、天草などに潜んでいた信徒たちも次々と神父の指導の下に入った。しかし、明治維新政府は幕府の禁教政策を引き継ぎ、浦上信徒総流配などを断行し、迫害は外海、五島の島々まで及んだ。信仰の自由が黙認されたのは、1873年禁教の高札撤廃後のことであった。

こうした長い弾圧の歴史を経たのちに建てられた教会群は、長崎県を中心とした北西九州地方に極めて濃密な分布を示す。特に信徒数で全国の約15%を占め、現在もキリスト教の中心地である長崎県では、原爆の被爆後に再建された浦上天主堂を頂点にして、教会群は約130棟を数える。

2.2 教会群の遺産価値

教会群の中でも、国宝・大浦天主堂をはじめとする教会とその関連資産は、次のような顕著な価値を有し、日本近代の歴史文化の典型像を示している。

- ① 長崎の教会群とその関連遺産は、世界史に類を見ない長期の潜伏からの劇的な復活という歴史性を背景にして、抑圧からの解放と協会への復帰の喜びという崇高な精神性を象徴してい

る。また辺りで狭隣な場所に点在する概して小規模な教会は、信徒たちが弾圧を避けて潜伏し、連綿として信仰を継承してきたその地区に建ち、かつ彼らが貧しい暮らしにもかかわらず自らの財産と労力を捧げ、信仰の証として造り上げたことを如実に物語っている。

- ② 教会群と関連資産は、一部国立公園などに指定された地域の特色ある自然地形との緊密な関係のもと、島々の入江地や海に面した高台斜面などに農漁業を生業として造り上げた集落景観と一体となり、長期の潜伏からの復活という高い精神性を背景とした地域住民の生活と精神の拠り所として、優れた文化的景観を形成している。

- ③ 長崎の教会群は、広義には当時世界的な潮流であったゴシック・リバイバル期に属するが、西洋の様式技法をもたらし外国人神父の指導と鉄川与助など日本人大工棟梁の伝統的技術に基づく創意工夫によって建設された。そこには西洋と東洋の建築文化が見事に融合した実に多様な展開と高い造形意匠の達成を見ることができる。また内部装飾に樅の模様を取り入れるなど地方的特色もあり、この意味では世界的に珍しい独特な構造物群遺産となっている。

(世界遺産暫定一覧表追加資産に係る提案書 資産名称：「長崎の教会群とキリスト教関連遺産」 長崎県他作成 引用)

3. 遺産候補教会群の位置

遺産候補とされている教会群の位置を図1～2に示す。教会群は、辺りな場所に点在しており、弾圧を避け潜伏し、信仰を継承してきたことを物語っている。

4. 教会の景観

教会の景観を写真1～2に示す。これらの教会は、国立公園内にある入江や海に面した高台斜面などに建ち、農漁業を生業として造り上げた集落景観と一体となって、素晴らしい文化的景観を形成している。

5. 教会の構造

教会の構造を写真3～4に示す。これらの教会群は、外国人神父の指導と日本人大工棟梁の創意工夫



図1 遺産候補教会群の位置 長崎市他

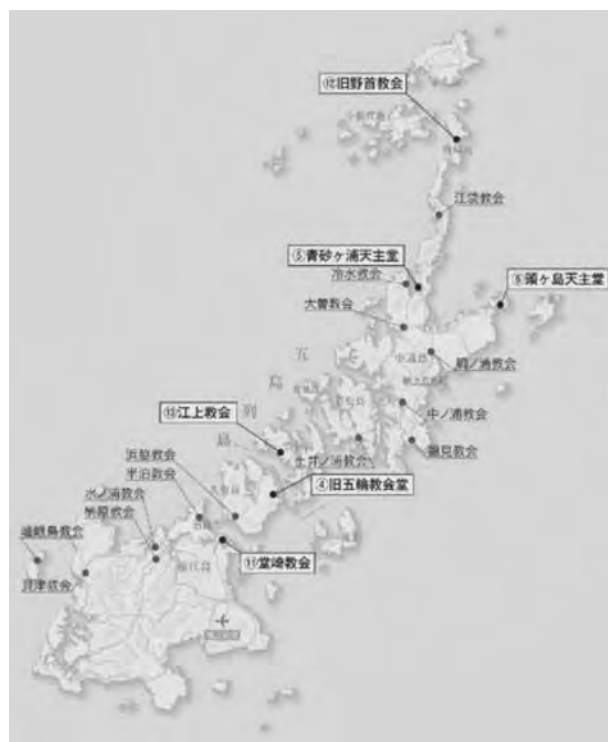


図2 遺産候補教会群の位置 五島

により、西洋と東洋の建築文化が融合した、世界的に珍しい独特な構造物遺産となっている。

6. 教会群の保存維持

これらの教会群を、将来にわたって保存維持するため、保存管理が重要となっている。今回、長崎県は教会群の保存管理作業として、白蟻対策事業を実施した。その経過と、施工内容を紹介する。



写真1 黒島天主堂の景観



写真3 江上天主堂の構造



写真2 旧野首教会の景観



写真4 旧五輪教会堂の構造

7. 事業実施までの流れ

平成21年夏 長崎県庁の世界遺産登録推進室より長崎県支所に、次の問い合わせがあった。

- ① 世界遺産登録にあたり、白蟻対策事業が必要であることを示すデータがないか。
- ② 建物ごとの白蟻調査にかかる費用
- ③ 白蟻対策における工法について
- ④ 使用する薬剤等について
- ⑤ 予算確保に必要な概算見積 など

長崎県支所では、県への協力として、対策会議を開き、調査方法、工事方法等について協議した。県の意向を確認するため、支所長の川崎英明が、何回も訪庁した。

建物の構造を把握するため、事前調査の実施許可を求めたが、建物は文化財であり、事前調査を行うことはできなかった。

8. 白蟻対策事業

8.1 事業対象建物

今回、保存管理作業として、しろあり対策事業が実施された建物は、13棟であった。建物のリストを表1に示す。

長 崎 市＝大浦天主堂、旧羅典神学校、旧大司教館、旧伝道師学校跡、鰯網工場、出津教会

佐世保市＝黒島天主堂

平 戸 市＝田平天主堂、宝亀教会

小値賀町＝旧野首教会

五 島 市＝江上天主堂、旧五輪教会堂、堂崎教会であった。

8.2 予防工事仕様について

予防工事仕様について説明する。事業の対象物件が一般住宅とは違い、文化財に指定されているものが大半を占めるため、通常より制約の多い予防工事仕様となった。建物ごとに仕様は異なるが、大まか

表1 事業対象建物一覧

No	名 称	所在地	指定等
1	大浦天主堂	長崎市	国宝
2	旧羅典神学校	長崎市	国重要文化財
3	旧大司教館	長崎市	未指定
4	旧伝道師学校跡	長崎市	未指定
5	鯛網工場	長崎市	国重要文化財
6	出津教会	長崎市	県重要文化財
7	黒島天主堂	佐世保市	国重要文化財
8	田平天主堂	平戸市	国重要文化財
9	宝亀教会	平戸市	県重要文化財
10	旧野首教会	小値賀町	県重要文化財
11	江上天主堂	五島市	国重要文化財
12	旧五輪教会堂	五島市	国重要文化財
13	堂崎教会	五島市	県重要文化財

な仕様を以下に列記する。

- ① 白蟻被害があった場合のみドリルによる薬剤の穿孔注入処理を行う。(ただし穿孔を行う場合は事前に協議が必要)
- ② 既存床組部材の塗装可能な範囲に油剤および水溶性薬剤を塗布し、防腐・防蟻処理を行う。
- ③ 床下全面に乳剤および水溶性薬剤を用い土壌処理を行う。
- ④ 使用薬剤は、(財)文化財虫害研究所の認定薬剤とする。

長崎の教会群は国または県の重要文化財であり、使用薬剤には文化財への対応として、(財)文化財虫害研究所の認定が条件となった。

その他の施工方法については白対協の標準仕様書が基準とされた。

8.3 大浦天主堂施工事例

長崎市の国宝・大浦天主堂の白蟻予防工事を紹介する。

1) 大浦天主堂の概要

大浦天主堂の概要を説明する。大浦天主堂は、現存する日本最古の教会建築であり、1864年、フランス人神父フューレ・プチジャンの指導により南山手外国人居留地に建立された。劇的な信徒発見の舞台となった教会である。また日本26聖人に捧げられた教会で、フランス寺とも呼ばれた。1879年に改築が



写真5 大浦天主堂正面外観



写真6 大浦天主堂屋根構造外観

行われた。大浦天主堂の外観を写真5～6に示す。

2) 大浦天主堂施工の注意点

施工の注意点を示す。

- ① 大浦天主堂は全国的にも有名な観光地であり、観光客への配慮として、立ち入り禁止等の標識等を設け、施工を行った。
- ② 大浦天主堂は、貴重な文化財であり、建物に傷をつけないように細心の注意を払い、予防施工を行った。
- ③ 観光地であることを配慮し、施工期間を短くするため、支所会員の応援を求め、大勢で施工を行った。

経験豊富な支所会員の連携協力により、トラブルもなく、確実な施工が行われた。

3) 大浦天主堂施工状況

大浦天主堂の工事状況を以下に示す。

- ① 作業場所の立ち入り禁止区域設定状況を写真7に示す。カラーコーンを設置し、施工場所へ

の観光客立入を規制した。

- ② 床下点検口の下側の養生を，紹介する。シロアリ防除工事では通常，床上を養生するが，今回は，建物が文化財であり，床下下側を養生した。点検口の状況を写真8に示す。養生前の床下状況を写真9に，養生後の床下を写真10に



写真7 大浦天主堂立入禁止区域設定



写真8 大浦天主堂床下点検口



写真9 大浦天主堂点検口床下養生前

示す。

- ③ 床下の木部処理状況を写真11～12に示す。
建物が文化財であり，薬剤は日本エンバイロケミカルズ(株)の予防駆除剤キシラモントラッドを使用した。床下での油剤散布，塗布作業を行った。
④ 床下の土壌処理状況を写真13～14に示す。



写真10 大浦天主堂点検口床下養生後



写真11 大浦天主堂床下木部処理



写真12 大浦天主堂床下束柱木部処理



写真13 大浦天主堂床下床束廻り土壌処理



写真15 旧羅典神学校外観



写真14 大浦天主堂床下土壌処理



写真16 旧羅典神学校床下大引木部処理

薬剤は、シンジェンタジャパン(株)の土壌処理剤オプティガード ZT を使用した。

8.4 旧羅典神学校施工事例

長崎市の国重要文化財 旧羅典神学校の予防施工を紹介する。

1) 旧羅典神学校の概要

禁教の高札撤廃を契機として日本人神父養成のために設立された神学校で、建築はド・ロ神父が担当し、1875年に完成した。木骨煉瓦造という堅牢な工法が採用され、ド・ロ神父の建築技術への造詣の深さがうかがえる。

2) 旧羅典神学校施工状況

旧羅典神学校の工事状況を以下に示す。建物外観を写真15に示す。木部処理状況を写真16に示す。建物が国の重要文化財であり白蟻予防でも部材に傷を付けないことを徹底し施工した。ポーチ柱の施工では、通常住宅で行っている柱付け根の穿孔処理は行わず、束石と柱の取り付け部に薬剤を注入した



写真17 旧羅典神学校ポーチ柱木部処理

(写真17)。床下の土壌処理の状況を写真18に示す。薬剤は、シンジェンタジャパン(株)の予防駆除剤オプティガード20EC と土壌処理剤オプティガード ZT を使用した。

8.5 旧大司教館施工事例



写真18 旧羅典神学校床下土壌処理



写真20 旧大司教館軒構造



写真19 旧大司教館外観



写真21 旧大司教館ポーチ柱木部処理

長崎市の旧大司教館の予防施工を紹介する。

1) 旧大司教館の概要

長崎市の大浦天主堂の右側に1915年司教の住居として、ド・ロ神父が私費で建造した司教館である。1959年、長崎が大司教国になるにともなって大司教館となった。煉瓦造りの3階建ての大きな建物で、日本瓦を有した屋根構造で、北側が切妻屋根、南側が寄棟屋根で形成されている。

2) 施工状況

旧大司教館の工事写真を以下に示す。建物外観を写真19～20に示す。木部処理状況を写真21に示す。本建物でも部材に傷を付けないことを徹底し施工した。薬剤は日本エンバイロケミカルズ(株)の予防駆除剤キシラモントラッドを使用した。

9. ま と め

2010年、長崎の貴重な文化財、教会群のシロアリ予防施工を行うことができた。これまでの自治体の

白蟻対策としては、自治体の管理する建物にシロアリ被害が発生し、その対応として白蟻駆除事業が行われてきた。今回は、文化財の保全として長崎県により白蟻予防事業が行われた。既存の建物についてシロアリ被害を未然に防止する目的で、シロアリ侵入防止措置として予防事業が行われた。

長崎の教会群は、100年を有する建物が殆どであり、この歴史的な建物を確実に保存し、次世代へ継承することが求められている。(社)日本しろあり対策協会長崎県支所としては、今後も長崎県に協力し、教会群の保存保全事業に積極的に対応したいと考えている。また、長崎県民として、長崎の教会群が適切に保全され、世界遺産に早期に指定されることを期待したい。

最後に、今回の教会群白蟻予防事業施工にあたり、文化財としての対応で、適切な指導助言をいただいた長崎県関係機関およびその担当者に感謝する。

(長崎県支所支所長)

＜研究発表会＞

ベイトボックスで判明したシロアリの生態

廣 瀬 博 宣

1. はじめに

イエシロアリ用駆除ベイト「ブリングシステム」を開発販売して6年が経過した。販売数は毎年増加し、約7,600箇所で使用された。普及指導のため訪れた建物は350箇所、訪問回数は1,400回に及ぶ。現場では被害調査、ボックス設置場所選定、設置方法、ベイト剤の追加要否、営巣の死滅確認などを指導した。羽アリが発生するなど4年以上経過した営巣の駆除では大きな問題は発生していない。一方、3年以下の若い小さな営巣については、ベイト剤の初回投与量を半分にするなど細かい対応を迫られた。これら対応の過程で判った小さなコロニーの生態と、その駆除対応について報告する。

2. ブリングシステムの構成

ブリングシステムはブリングボックスとブリングベイトで構成されている。シロアリが活動する場所にブリングボックス1～2個を設置し、ブリングベイト（毒餌）を投与し、イエシロア리를駆除する。

2.1 ブリングボックス

ブリングボックス（写真1）はシロアリが好む蒸煮材のボックスと断熱蓋で構成されている。

各部材 ① 蒸煮材ボックス 250×330×38mm

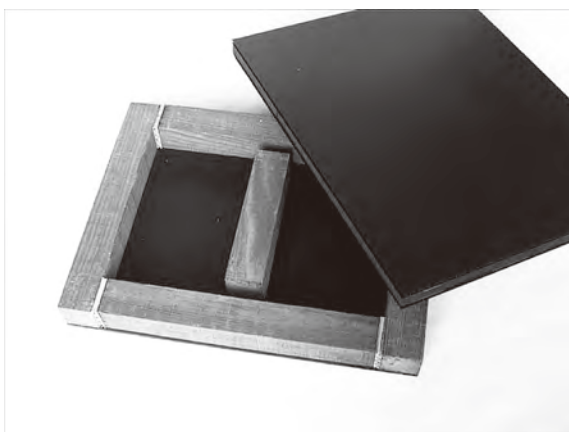


写真1 ブリングボックス

② 断熱蓋 295×375×16mm

2.2 ブリングベイト

ブリングベイト（写真2, 3）は白色固型コイン状のブリングベイトA剤と薄褐色粉末のブリングベイトB剤で構成されている。各剤はシロアリが好む蒸煮材の粉末を含有し、A剤にB剤と水をかけることで、優れた誘引性、喫食性を実現する。

商 品 名：ブリングベイト

有効成分：ビストリフルロン 0.5%

製 造：住化エンビロサイエンス(株)

駆除期間：平均2～3ヶ月

A) ブリングベイトA剤（写真2）

形状：白色固型コイン状（直径20×厚さ3.2mm）

成分：ビストリフルロン、蒸煮材粉末、増量剤

特長：A剤は水をかけると、自重の約2倍の水を含有する。



写真2 ブリングベイトA剤

B) ブリングベイトB剤（写真3）

形状：薄褐色粉末

成分：ビストリフルロン、蒸煮材粉末、増量剤



写真3 プリングベイトB剤

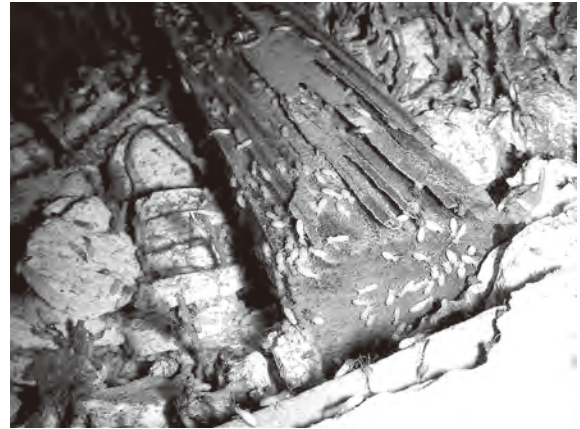


写真5 桼木を加害しベイト剤喫食量が少ない事例

2.3 蒸煮材・蒸煮材粉末

カラムツを高压高温の蒸気で長時間蒸した蒸煮材は、シロアリが好んで食害する。プリングボックス桼木にはこの蒸煮材を用い、プリングベイトには蒸煮材粉末を添加した。

2.4 有効成分：ビストリフルロン

プリングベイトは有効成分として、ベンゾイルフェニルウレア系脱皮阻害剤ビストリフルロンを0.5%含有している。

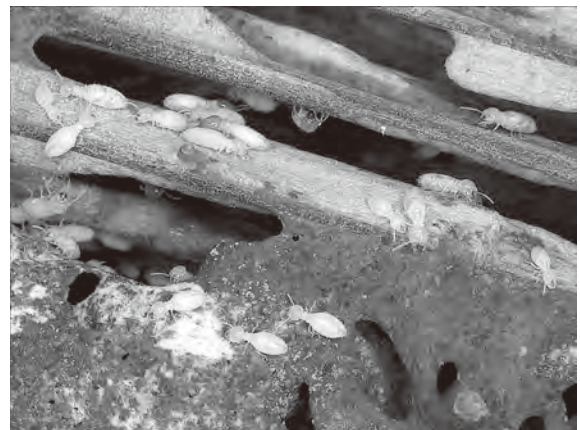


写真6 桼木を加害する若い職蟻

3. 若い小さな営巣駆除の問題点

3年以下の若い小さな営巣駆除では、次のような問題が発生した。

- 1) ベイトボックス内のシロアリが少ない。
- 2) ベイト剤の喫食量が少ない。(写真4)
- 3) 桼木を加害し、ベイト剤を喫食しない。(写真5, 6)
- 4) 桼木に職蟻が集まり、ベイト剤を避ける。(写真7)



写真4 ベイト剤の喫食量が少ない事例



写真7 桼木に集まった若い職蟻と兵蟻

このような現象が確認されたが、2, 3ヶ月後シロアリはすべて死滅した。ボックス、被害部どちらにもシロアリの生息はなく、ベイト剤による営巣壊滅と判断した。しかし、壊滅に至る経過を写真など画像で報告しづらいことが問題となった。若い小さな営巣の駆除でも経過を目視、撮影でき、施主に説明し易い方法への改善が求められた。

表1 若い小さな営巣のベイト剤喫食量

番号	年	場 所	建 物	喫食量	死滅期間	シロアリ推定数
1	2006年	鹿児島県	木造・民家	80g	59日	8万匹
2	2007年	鹿児島県	木造・民家	220g	66日	22万匹
3	2008年	熊本県	病院	80g	63日	8万匹
4	2008年	鹿児島県	鉄筋	70g	40日	7万匹
5	2008年	沖縄県	鉄筋・民家	200g	71日	20万匹
6	2010年	鹿児島県	鉄筋	220g	46日	22万匹
7	2010年	鹿児島県	鉄筋	85g	30日	8万5千匹

表2 営巣年数とシロアリ個体数の推定

年数	喫食量	個体数
2年目	80g	8万匹
3年目	200g	20万匹

4. 若い小さな営巣のベイト剤喫食量

若い小さな営巣駆除のベイト剤喫食量を表1に示す。若い小さな営巣のベイト剤喫食量は70g～220gである。一方、4年以上の大きな営巣の喫食量は通常400g～1,200gである。若い小さな営巣のベイト剤喫食量は、4年以上の営巣に比べ極端に少ないことがわかる。

この喫食量を二つのグループに分類し、営巣年数、シロアリの個体数を推定した。表2に結果を示す。

5. 若い小さな営巣の被害状況

3年以下の若い小さなコロニーの被害状況を示す。

- ① 建物の被害（木材被害量）が少ない。



写真8 畳を食害し、床板の被害がない事例



写真9 船舶のロッカーに木被害



写真10 鉄筋2階トイレに木被害

- ② 畳への加害が多く、畳縁も加害される。しかし、床板の被害は少ない。（写真8）
- ③ 幅木など、柔らかい木材が加害される。硬い構造材は加害しない。被害は柔らかい木材に集中し、全体の被害量（被害量）が少ない。（写真9、10）
- ④ 細い柔らかい蟻道が走り回るが、木材の加害は極めて少ない。細い蟻道が幾つも広範囲に形成さ

れており、大きな被害と思われるが、柱などに蟻道が付着しているだけで、加害は少ない。建物全体の被害量（食害量）が少ない。柔らかい湿った木材、畳を求めて蟻道が多数形成される。（写真11）

- ⑤ 生息虫は、普通の職蟻より一回り小さい若い職蟻が多い。（写真12, 13）



写真11 細い柔らかい蟻道，構造材に被害なし

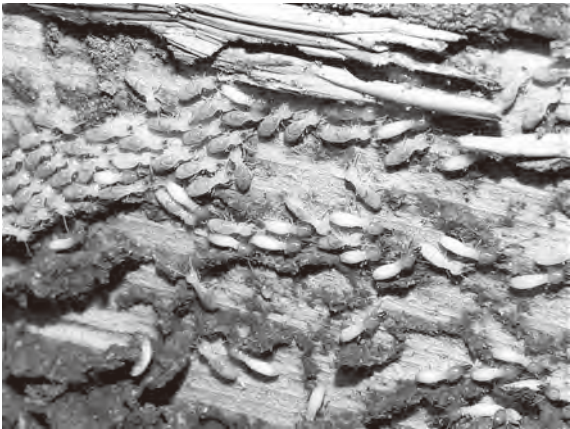


写真12 畳を加害し腹部が黒い小さい若い職蟻



写真13 ペイトボックスに集まった小さい若い職蟻

6. 小さい若い職蟻（若職蟻）の区別

イエシロアリの階級分化を図1に示す。この階級分化から、イエシロアリの職蟻形成は、「卵→幼虫→老幼虫→職蟻」の過程がわかる。しかし、小さい若い営巣の被害現場では、前項で示すように、普通の職蟻（老職蟻）より一回り小さい若い職蟻が多い。この一回り小さい若い職蟻を、普通の職蟻と区別するため、若職蟻とし、普通の職蟻を老職蟻とする。若職蟻を含む職蟻の階級分化は次のように表せる。

『卵→幼虫→老幼虫→若職蟻→老職蟻』

7. 若職蟻と老職蟻の区別

若職蟻と老職蟻を区別するため、外観の違いを過去の文献を参考に分類した。若職蟻と老職蟻の分類を表3に示す。

表3 若職蟻と老職蟻の分類

	孵化後月数	体長	触角節数
若職蟻	2～3ヶ月	3～4 mm	13～14 節
老職蟻	4ヶ月～	5 mm	15～17 節

引用：しろありの知識 中島 茂，森 八郎著
台湾総督府第3回白蟻調査報告書 大島正満

8. 若職蟻の生態

若職蟻の生態を、若い小さな営巣の被害状況、ペイトボックス内職蟻挙動等から、次のように判断した。

- ① 卵から幼虫までは、営巣中心部で職蟻により育てられる。
- ② 若職蟻の口器は、未発達であり、硬い木材は好まない。
- ③ 若職蟻は自立し、営巣近くで、水分が多く柔らかい木材部（腐朽部）に移動し、その場所で水分と養分を摂取し成長する。（若職蟻の自立成長過程）
- ④ 若職蟻は成長に伴い、老職蟻として女王に統率される。
- ⑤ イエシロアリ営巣初期の年数と階級分布モデルを推定作成した。表4に示す。年数の若い小さな営巣ほど職蟻に占める若職蟻の比率が高い。

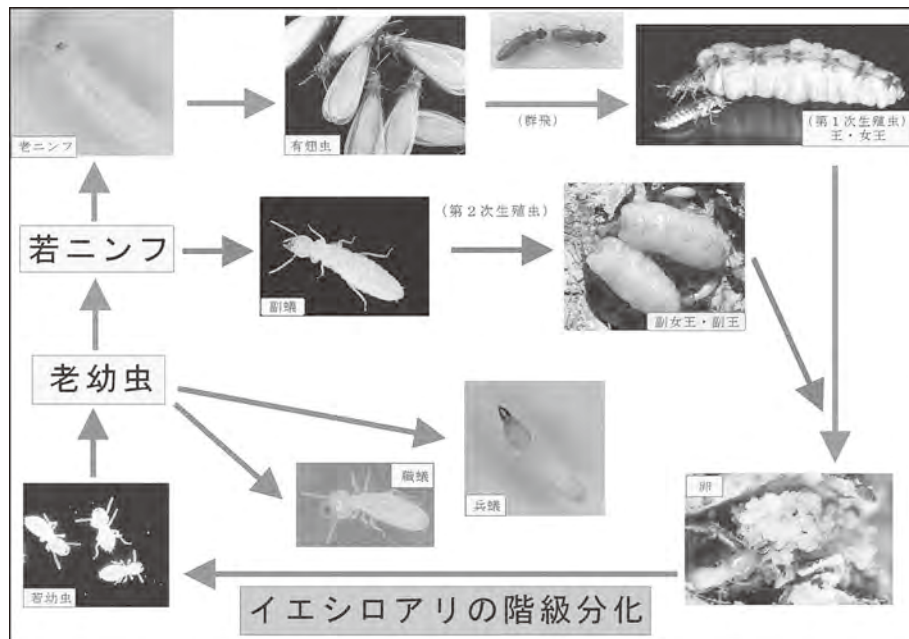


図1 イエシロアリの階級分化概念図

表4 イエシロアリ営巣初期の階級分布モデル

年数	総数	老職蟻	若職蟻	割合
半年	2,000	2,000	0	
1年	10,000	2,000	8,000	80%
1年半	30,000	30,000	0	
2年	80,000	30,000	50,000	63%
2年半	120,000	120,000	0	
3年	200,000	120,000	80,000	40%
3年半	300,000	300,000	0	
4年	400,000	300,000	100,000	25%

推定条件

- 1) 11月から3月までの冬季は、女王は産卵しないこととする。
- 2) 基本月を6月とし、6月の若職蟻は、年間増加数の40%程度とする。
- 3) 2年目の総数を8万匹、3年目を20万匹、4年目を40万匹とする。

9. バイトボックス桼木の食害などについて

① 桼木の加害状況

若職蟻は柔らかい木材を加害し、その場所で成育する。バイトボックスへ移動しても、その習性で桼木（蒸煮木材）を加害する。

2, 3年の若い小さい営巣は、若職蟻が職蟻の半

数を占めており、若職蟻もボックス設置直後からボックス内に入る。若職蟻は桼木を加害し、水分をバイト剤から摂取する。（バイト剤は水を65%程度含有している）

一方、4年以上の大きな営巣は、当初バイト剤のみが喫食され、桼木の食害は少ない。バイトの喫食量が落ちた末期に桼木が食害される。ボックス設置直後は、老職蟻がバイト剤を喫食し、駆除末期に若職蟻がボックスへ移動し桼木を食害する。

② 桼木への職蟻集積

老職蟻は営巣とボックスを頻繁に往復しており、3週目から営巣で衰弱死が始まる。

桼木に集まった職蟻は体長が小さく、若職蟻が多い。蓋をとっても逃げることなく留まっている。若職蟻は水分を摂取するため、水を含むバイト剤を摂取しており、バイト剤の有効成分により衰弱し逃避できない。シロアリが逃避しない行動は、バイト末期の症状で、若職蟻も2週間程度で衰弱死する。

10. 対応

① 営巣の年数推定

調査時に営巣年数を推定する。居住者からの聞き取り、被害状況から羽アリの発生を確認する。羽アリの発生が確認できた場合、4年以上の営巣と判断する。羽アリの発生がなくても、被害が大きく、構造物が加害されている場合は、4年以上の営巣とす

る。羽アリの発生がなく、被害が少なく、畳、柔らかい木材が加害されている場合、3年以下の営巣と判断する。念のため、被害部の職蟻を確認し、小さい職蟻（若職蟻）が多いことを確認する。

② ボックスの設置方法

4年以上の営巣では、原則として、蟻道にボックスを設置する。3年以下の小さな営巣では、職蟻の数が少なく、活性も少ないため、次の工夫をする。

- 1) 職蟻が多く生息する被害部にボックスを設置する。（例：畳、幅木など）
- 2) ベイト剤と被害部が密着するように、導入部を設ける。（写真14）



写真14 導入部を新たに設けたボックス

- 3) 導入部隙間は通常より大きくする。（巾拡張）

③ ベイト剤投与量

2, 3年目の若い小さな営巣は、80～200gしか喫食しない。ベイト剤を用いた駆除では、営巣の大きさに見合ったベイト剤を投与し、ボックス空間を確保することにより、シロアリの挙動を観察し易くする。被害状況から営巣の年数を判断し、ベイト剤の初期投与量を次のように二通りにする。

- 1) 4年以上の営巣では、初期ベイト剤投与量は400gとする。
- 2) 3年以下の小さな営巣では、初期ベイト剤投与量を通常の半分200gとする。（写真15, 16）

拡張した導入部にもベイト剤を投与し、被害部にベイト剤を密着させる。被害部へのベイト剤密着により、シロア리를ボックスへ確実に誘導する。（写真17）

④ ベイト剤初期投与 200g 駆除事例

3年半と思われる営巣の駆除事例を紹介する。



写真15 プリングベイトA剤1袋（160g）投与



写真16 プリングベイト200g（A剤＋B剤）投与

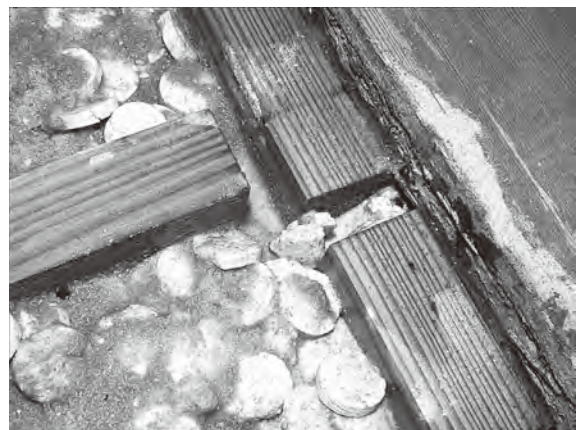


写真17 導入部までベイト剤を投与

駆除した建物は、1階は鉄筋コンクリートの駐車場で、2階スラブ上に木造平屋を建造した建物である（写真18）。雨漏り、水漏れにより、2階床組木材腐朽部に羽アリが営巣したと思われる。営巣場所は床が低く確認できなかった。被害箇所は、脱衣所の床、和室の畳などであった（写真19）。2階柱、2階天井などには被害はなく、被害量は全体として



写真18 駆除した建物外観



写真20 投与ベイト剤200gに水400cc投入



写真19 脱衣場のシロアリ被害



写真21 ベイトボックス設置状況

少なかった。居住者に確認したところ、6月の羽アリ発生はなかったとのことであった。また、室内の隅々を確認したが、シロアリの羽は確認できなかった。シロアリの被害部の畳を持ち上げ、被害部生息虫を確認した。畳は湿っており、畳を食害していた職蟻は、体長が短く、腹部も黒く、ヤマトシロアリと勘違いする程、小さめの若職蟻であった（写真12）。兵蟻頭部の形状からイエシロアリと確認した。建物被害が少なく生息虫は若職蟻が多いことから3年以下の営巣と判断し、ベイト剤の初期投与量は通常の半分200gとした。設置は10月2日で気温の低下による駆除期間の長期化が懸念されたが、営巣が室内にあり室温が維持されたため、ベイト剤の喫食も良好で、12月18日には駆除が完了した。ベイト剤駆除の経過を以下に示す。

10月2日 ベイト剤200g 投与（写真20, 21）
 10月16日 ベイトボックス点検 シロアリ喫食確認
 ベイト剤残量20g 喫食量180g
 ベイト剤200g 追加投与（写真22～25）



写真22 2週目ベイト剤喫食状況

10月30日 点検 ベイト剤残量150g 喫食量250g
 11月20日 点検 ベイト剤残量100g 喫食量300g
 12月18日 点検 兵蟻死骸確認 営巣死滅（写真26, 27）
 ベイト剤残量80g 喫食量320g
 営巣個体数推定32万匹
 営巣年数3年半と推定

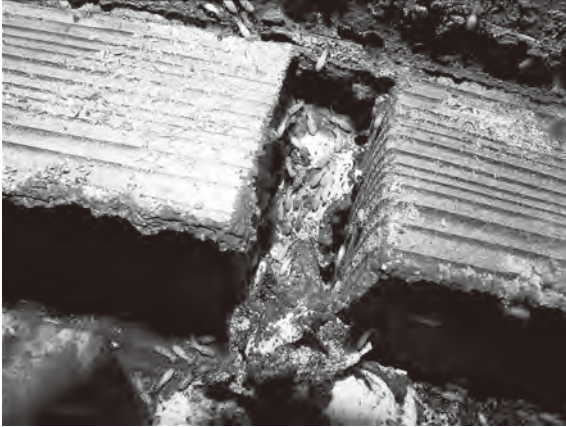


写真23 2週目誘導部からのシロアリ侵入



写真26 77日目死滅確認（ベイト剤喫食量320g）

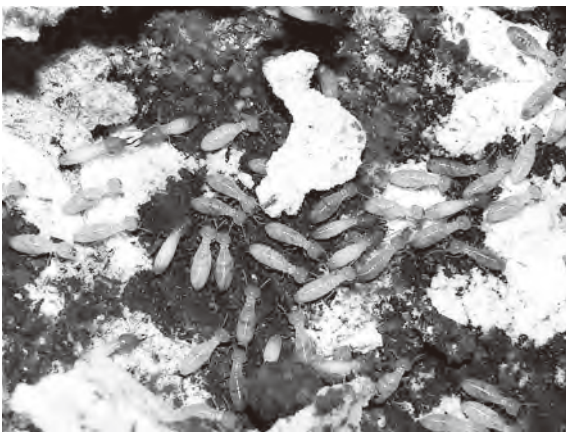


写真24 2週目ベイトボックス内の若職蟻と老職蟻



写真27 ベイトボックス内兵蟻の死骸



写真25 2週目ベイト剤200g追加

11. ま と め

イエシロアリをベイト剤で駆除する場合、営巣4年以上の大きなコロニーでは点検、ベイト剤補充を途切れなく行えば、営巣は確実に死滅する。一方、営巣3年以下の若い小さなコロニーではベイト剤の喫食量が少なく、ボックス枠木の加害、枠木への若職蟻集結などの問題が発生する。これらの問題から、

その原因となる若職蟻の挙動、生態を報告した。

また、被害状況からイエシロアリの営巣年数を見分ける方法も報告した。営巣年数の見分けにより、被害が少なく若い小さな営巣では、初期ベイト剤投与量を半減することで、死滅までの経過が解りやすくなった。

今までの駆除は、成長した大人の職蟻を対象として検討されてきた。しかし、シロアリは卵、幼虫、老幼虫、若職蟻、老職蟻と成長する。4年以上経過し社会性が確立された大きな営巣と、3年以下の成長過程の小さな営巣では、階級分布も異なり、餌材の嗜好性も異なる。イエシロアリの調査ではその違いを見極め、営巣年数を推定することが求められる。

駆除では営巣年数に応じ、初期ベイト剤の投与量を半分に減らすなど、適切な対応が求められる。これからも、シロアリの挙動を探求し、駆除方法の改善に努めたい。最後に、多くの駆除現場を紹介いただいた、登録施工業者会員の方々に感謝申し上げる。

（廣瀬産業株式会社）

＜委員会からの報告＞

第5回研究発表会に関するアンケート調査報告

土 井 正

第5回研究発表会は、高知市で平成22年11月12日開催された第53回全国大会において行われた。高知大会のメインテーマ「地震とシロアリ」に関連して講演会を設定した時間的制約もあって、研究発表は3題の報告となったが、298名の参加者があり盛況であった。

広報・普及委員会では今後の研究発表会の発展のために、当日の参加者に対してアンケート調査を行い、32件の回答があった。

研究発表会の実施について、よかったと評価するものが66%とこれまでの最低となり、どちらともいえないが25%も見られ、開催方法などの見直しが必要になったといえる（表1）。一方、開催時期、開催場所のいずれも全国大会にあわせてとするものが90%前後あり、総会など他の時期、場所での開催については難しいものと考えられる（表2, 3）。

これまで、研究発表会は登録施工業者会員への情報の提供、相互研鑽の場を提供するという目的で開催されてきた。しかしながら、発表者が限られるようになったということもあり、開催の評価の低下に

見られるように、過去5回の発表形式では限界にきているものと考えられる。今回、会員であれば誰でも発表できる方がよいとするものが昨年の42%から5ポイント増加して47%で1位となった（表4）。開催方法の見直しは必須のものといえる。

発表時間、質疑応答時間についての設問では、現在の発表15分、質疑5分の設定でよいとするものが約90%と、概ね妥当な設定と評価されているものと思われる（表5, 6）。

また、自由意見として次表のような意見が寄せられている。広報・普及委員会ではアンケート結果、寄せられた意見を参考に、よりよい研究発表会の実施、運営に向けて、引き続き検討をすすめるものとする。しかしながら、公益社団法人への移行にあわせて研究発表会も一般公開が求められることもあり、テーマ設定や全国大会のあり方も含めて検討を行う必要があるといえる。最後に、アンケート調査にご協力いただいた、会員各位に深く感謝申し上げます。

平成22年度研究発表会に関するアンケート集計結果（回答：32）

1. 今回の研究発表会についておたずねします。（表1）

回 答	回 答 数	%
①よかった	21	65.6%
②どちらともいえない	8	25.0%
③よくなかった	1	3.1%
④無回答	2	6.3%
よかった点、悪かった点など具体的に		別紙参照

2. 研究発表会の開催時期についておたずねします。(表2)

回 答	回 答 数	%
①全国大会にあわせて開催	28	87.5%
②総会にあわせて開催	1	3.1%
③4月6日しるありの日に開催	1	3.1%
④その他	1	3.1%
⑤無回答	1	3.1%

3. 研究発表会の開催場所についておたずねします。(表3)

回 答	回 答 数	%
①全国大会の会場	29	90.6%
②総会の会場	0	0.0%
③東京	0	0.0%
④全国大会とは別に全国持ち回り	2	6.3%
⑤無回答	1	3.1%

4. 登録施工業者会員を中心の発表の是非についておたずねします。(表4)

回 答	回 答 数	%
①今回の方式でよい	12	37.5%
②会員であれば業態は問わず、誰でも発表できる方がよい	15	46.9%
③施工部会、薬剤部会のように部会を分けて報告する方がよい	5	15.6%
④無回答	0	0.0%

5. 発表時間についておたずねします。(表5)

回 答	回 答 数	%
①ちょうどよい	27	84.4%
②短い	3	9.4%
③長い	2	6.3%
具体的な時間（括弧内回答数） 質疑を含めて20分(1) 30分程度(1) 30分以上(1)		
④無回答	0	0.0%

6. 質疑時間についておたずねします。(表6)

回 答	回 答 数	%
①ちょうどよい	29	90.6%
②短い	0	0.0%
③長い	0	0.0%
④無回答	3	9.4%

7. ご意見、ご要望などご自由にお書きください。

(別紙)

平成22年11月12日 第5回研究発表会アンケート

1. 今回の研究発表会についておたずねします。

よかった点、悪かった点など具体的にお書きください。

●現場状況が良く分かって、自社にない実例もあるので大変よかった●クロタマムシ、ペイト剤など●内容は良かったが、話し手を慣れている人にやってもらう方がよりよいと思います●以前に、6～7名の方が発表していらっしゃったことがありましたが、本日の3名くらいの方が聞きやすいと思います●現場情報が得られる●大浦天主堂の予防工事の報告がわかりやすかった。長崎支部は連体（ママ）して良いと思った●しろあり被害への理解が深まった●発表内容（プレゼンシート情報量等）を事前に大会本部がチェックするべき●かつれつ（ママ）が悪い●廣瀬産業様様のイエシロの生態の発表が面白かった●タマムシはよかったかと思います●できれば発表者を多くしてほしい●色々な題があってもよかった

7. ご意見、ご要望などご自由にお書きください。

●シロアリ以外の木材害虫についての実体、防除方法等の研究報告が欲しい●よかったと思います●発表会場を二か所に分けて、より多くの発表を同時に行うというやり方もあると思う●今回の「講演」+「研究発表」がよいと思います●公営法人（ママ）説明資料を各支部へ送ってほしい（電子データです）●公営法人（ママ）説明資料を各支部へ送ってほしい（電子データです）●講演が多すぎる観あり●開催場所は本部●機関誌にのせた内容の反響が多かった分の発表会を希望します●廣瀬さんの発表は大変参考になった。文化財の受注は今後の協会にとって重要。本部は**へのアピールを

(広報・普及委員会研究発表WG)