土台使用環境を想定した防蟻性能試験 —乾式防腐・防蟻処理薬剤ニッサンクリーン CI (AZN) 処理材の防蟻性能—

手塚大介*, 森若専太*

1. はじめに

乾式防腐・防蟻処理（以下、乾式処理）は水を使用しない加圧式の木材防腐・防蟻処理方法である。乾式処理では水の代わりに沸点の低い非極性溶媒を用い、その溶媒に安全性の高い防腐・防蟻成分を溶解し、加圧注入処理工程と同様に加圧注入処理後、高周波によって木材の温度を上昇させることで溶媒のみを揮発させ、防腐・防蟻成分のみを木材中に残し、揮発した溶媒を冷却し液化回収する。回収した溶媒は次の処理に繰り返し利用することができる方法である¹⁾。

乾式処理については、岩崎らによる研究報告²⁾があり、その後、土台や柱を対象として実用化の研究が実施された。

乾式防腐・防蟻処理薬剤ニッサンクリーン CI は乾式処理のために開発された油溶性の防腐・防蟻処理薬剤であり、平成12年6月に(株)日本木材保存協会の薬剤認定 (A-5344) を取得。さらに、平成12年9月に(財)日本木材・住宅技術センターの優良木質建材等の認証 (AQ 認証) の指定薬剤として認められ³⁾、製材の日本農林規格及び日本工業規格 JIS K 1570 に記載されている薬剤で、今年で10年の市場実績を持つ薬剤である。

乾式処理は水を使用しないことから、加圧注入処理による含水率の変化が無く、処理後の乾燥工程を必要としないために、木材の欠点である膨らみ、収縮、曲りや反りを低減することができ、集成材、LVL および合板などのエンジニアリングウッドや、プレカット加工後の材もそのまま処理

することが可能で、さらに、処理後直ちに使用できるなど様々なメリットがある。現在の乾式処理製品の用途としては土台、柱、羽柄材、プレカット材、構造用合板および屋外製品等がある。

本研究では、ニッサンクリーン CI 処理製品について、家屋の土台環境下における耐久性能を評価することを目的とし、シロアリが多く存在する野外試験地で、床下空間を想定した試験装置を用いて、非暴露の耐久性試験を試みた。試験装置は(独)森林総合研究所で実施された集成材土台角の非設置野外耐久性試験⁴⁾を参考に作製した。但し、本試験の装置は床下空間を想定した条件にするため、基礎としてコンクリートブロックを用いた。さらに、コンクリートブロックの穴にエサ木を入れることで、シロアリによる劣化がより促進する仕組みにした。ニッサンクリーン CI 処理試験体それぞれに対応する無処理試験体を設置し比較を行った。さらに、耐久性の高いと言われているベイヒバ無垢材およびヒノキ無垢材の無処理試験体を設置し、同様に比較した。

2. 実験方法

2.1 供試薬剤

乾式防腐・防蟻処理薬剤はニッサンクリーン CI を用いた。ニッサンクリーン CI はシプロコナゾール（防腐成分）およびイミダクロプリド（防蟻成分）を有効成分として含有している。供試した薬剤の、JIS K 1571 で定められている室内防蟻効力試験の結果を表1に示した。

* 兼松日産農林株式会社

Corresponding author : Daisuke Tezuka (d-tezuka@knn.co.jp)

2.2 試験材料

試験体は、乾式処理によりニッサンクリーン CI を日本農林規格で定められている K3 処理の吸収量（有効成分吸収量： 0.15kg/m^3 ）になるように加圧注入処理した試験体（オウシュウアカマツ集成材、ベイツガ集成材、カラマツ集成材、ラジアータパイン LVL、ヒノキ集成材、ベイヒバ集成材）と対になる無処理の試験体、および耐久性が高い樹種の無処理試験体（ヒバ無垢材、ヒノキ無垢材）の 8 種類を用いた。それぞれのニッサンクリーン CI 処理試験体の注入処理方法は、JIS A 9002（2005）に準拠して行った。吸収量の確認は、注入処理した試験体の一部を用いて HPLC による吸収量分析を実施して確認を行った。各試験体寸法は、全て $105\text{mm} \times 105\text{mm} \times 300\text{mm}$ （幅

×厚×長さ）とした。各処理試験体の一覧と吸収量分析結果を表 2 に示した。

2.3 試験地

試験地はシロアリが活発に生息する土地として鹿児島県日置市吹上浜の松林を選定した。同地はシロアリの野外試験地として多くの公的機関や企業が試験を行っている場所である。試験体を設置した場所には、事前にアカマツ丸太を埋設しておき、シロアリの活動範囲であることを確認してから、試験装置および試験体の設置を行った。

同一試験体をそれぞれ違うシロアリの活動範囲で確認を行うため、試験区域を 3 箇所（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）に分けた。

2.4 試験装置

試験装置には、基礎を想定したコンクリートプロ

表 1 ニッサンクリーン CI の JIS K 1571 室内防蟻効力試験結果
（試験機関：東京農業大学）

薬剤名	吸収量 (kg/m^3)	耐候操作	質量減少率
	イミダクロプリド		(%)
ニッサンクリーン CI	0.05	有り	0.07 ± 0.23
		無し	-0.26 ± 0.62
	0.10	有り	-0.29 ± 0.60
		無し	0.14 ± 0.54
無処理	—	無し	23.75 ± 4.67

※吸収量は防蟻成分であるイミダクロプリドの値のみ記載している

表 2 本研究に用いた試験体一覧

種別	サイズ (mm)	ニッサンクリーン CI 処理	数量 (個)	平均吸収量 (kg/m ³)
オウシュウアカマツ集成材	105×105×300	処理試験体	3	0.160±0.001
		無処理試験体	3	－
ベイツガ集成材		処理試験体	3	0.157±0.005
		無処理試験体	3	－
カラマツ集成材		処理試験体	3	0.157±0.005
		無処理試験体	3	－
ラジアータパイン LVL		処理試験体	3	0.163±0.010
		無処理試験体	3	－
ヒノキ集成材		処理試験体	3	0.153±0.005
		無処理試験体	3	－
ベイヒバ集成材		処理試験体	3	0.153±0.005
		無処理試験体	3	－
ベイヒバ無垢心材		無処理試験体	3	－
ヒノキ無垢心材		無処理試験体	3	－

※ JAS で定められるニッサンクリーン CI K3 処理：有効成分吸収量 0.15kg/m^3

ック（基本型 C 種：100mm × 190mm × 390mm）およびイエシロアリ誘因用のエサ木（スギ辺材：30mm × 30mm × 350mm）。さらに、風雨を避けるためのプラスチックコンテナ（三甲株式会社製：内径794mm × 459mm × 358mm）に通風用の穴（φ10mm × 20個）を空けたものを用いた（図 1，2）。

- ① 選定した試験場所にコンクリートブロックを置き、コンクリートブロックの穴全てにエサ木を刺し入れた。エサ木を打ち込み、コンクリートブロック上面から約 5 cm 下にエサ木の頭頂部がくるように設定した。エサ木を刺し入れたコンクリートブロックの上面に試験体を設置した。
- ② 処理試験体と対になる無処理試験体は必ず隣り合うようにしてセットした。試験体 4 個 1 セットとして通風孔を空けたプラスチックコンテナを被せることで床下空間を作り出した。プラスチックコンテナが移動しないよう、上面にコンクリートブロックを重りとして乗せた。

2.5 評価方法

評価は毎年実施しており、試験体の耐久性の評価方法は、(独)森林総合研究所で採用している被害度と評価基準を準用し、目視評価方法で 0～5 までの 6 段階評価とした（表 3）⁵⁾。また、JIS K 1571の野外試験の 5 段階評価方法ではなく、(独)森林総合研究所の 6 段階評価を採用した理由として、試験の性質上腐れが入る可能性も考えられたため、食害と腐朽を共通に評価できる(独)森林総合研究所の方式を採用したが、結果として、現段階では腐朽が発生していないため、食害のみの評価となった。

また、各試験体材面の蟻道の有無を目視にて観察し、蟻道が有る場合を +，蟻道が無い場合を - とした。但し、蟻道の大きさについては評価していないため、少量でも蟻道を発見した場合は + とした。

今回の評価は試験装置の設置から 1 年目，3 年目，5 年目となっているが，継続して実施している。

3. 結果と考察

3.1 ニッサンクリーン CI 処理試験体の 1 年目の評価

設置より 1 年目の試験体を目視にて評価・観察した結果を表 4 に示した。蟻道についてはニッサンクリーン CI 処理オウシュウアカマツ集成材および比較用無処理試験体のベイツガ集成材，ヒノキ集成材，ベイヒバ集成材に蟻道の付着が確認された。食害については，比較用無処理試験体のベイヒバ集成材のみ部分的に軽度の食害が確認された。

図 2 試験風景

図 1 試験装置の設置方法

表3 食害度の評価基準

0 健全	3 2の状態のうえに部分的に激しい虫害または腐朽
1 部分的に軽度の虫害または腐朽	4 全面的に激しい虫害または腐朽
2 全面的に軽度の虫害または腐朽	5 虫害または腐朽により形がくずれる

1年目では大きな食害が確認できなかったが、数試験体に蟻道が確認されたことから、本試験装置が有効にシロアリを呼び寄せていることが確認できた。但し、試験装置が大きく、試験体も JIS K 1571の野外試験杭で規格されているサイズより大きいために、試験体に大きな被害となるような食害が進まず1年間だけでは試験体の違いによる明らかな差を確認することはできなかった。

3.2 ニッサンクリーン CI 処理試験体の3年目の評価

試験装置設置より3年目の試験体を目視にて評価・観察した結果を表5に示した。蟻道についてはニッサンクリーン CI 処理ベイツガ集成材、ニッサンクリーン CI 処理ラジアータパイン LVL および、全樹種の比較用無処理集成材に蟻道の付着が確認された。特に、比較用無処理試験体のカラマツ集成材とヒノキ集成材については全ての試験区域での試験体に蟻道が確認された。

食害については、1年目と同様にニッサンクリーン CI 処理試験体は食害を受けてなかった。比較用無処理試験体では全ての樹種で食害が確認され、特にオウシュウアカマツ集成材およびカラ

マツ集成材では、部分的に激しい食害が確認された。また、耐久性の高いとされているヒノキ集成材およびベイヒバ集成材において全面的に軽度の食害が確認された。

設置より3年目ではニッサンクリーン CI 処理試験体と比較用無処理試験体において、蟻道および食害に関して明らかな差が認められた。ニッサンクリーン CI 処理試験体と比較用無処理試験体は隣接して設置していたことから、シロアリは選択的に無処理試験体を食害していると考えられる。また、ニッサンクリーン CI 処理試験体を設置したコンクリートブロックの内側に設置したエサ木が被害を受けていたにもかかわらず、蟻道形成が確認されたニッサンクリーン CI 処理試験体が少なかったことから、ニッサンクリーン CI がシロアリに対する忌避効果を発揮していると考えられた。

3.3 ニッサンクリーン CI 処理試験体の5年目の評価

試験装置設置より5年目の試験体を目視にて評価・観察した結果を表6に示した。蟻道についてはニッサンクリーン CI 処理試験体および比較用

表4 1年目の各試験体における蟻道発生の有無および食害度

樹 種	ニッサンクリーン CI 処理	蟻道の有無*			食害度			平均食害度
		I	II	III	I	II	III	
オウシュウアカマツ集成材	処理試験体	—	+	+	0	0	0	0.00
	無処理試験体	—	—	—	0	0	0	0.00
ベイツガ集成材	処理試験体	—	—	—	0	0	0	0.00
	無処理試験体	—	+	—	0	0	0	0.00
カラマツ集成材	処理試験体	—	—	—	0	0	0	0.00
	無処理試験体	—	—	—	0	0	0	0.00
ラジアータパイン LVL	処理試験体	—	—	—	0	0	0	0.00
	無処理試験体	—	—	—	0	0	0	0.00
ヒノキ集成材	処理試験体	—	—	—	0	0	0	0.00
	無処理試験体	—	—	+	0	0	0	0.00
ベイヒバ集成材	処理試験体	—	—	—	0	0	0	0.00
	無処理試験体	—	+	—	0	1	0	0.33

※蟻道の有無…+蟻道有り，—蟻道無し

表5 3年目の各試験体における蟻道発生の有無および食害度

樹 種	ニッサンクリーン CI 処理	蟻道の有無*			食害度			平均食害度
		I	II	III	I	II	III	
オウシュウアカマツ集成材	処理試験体	－	－	－	0	0	0	0.00
	無処理試験体	+	+	－	1	3	0	1.33
ベイツガ集成材	処理試験体	－	+	－	0	0	0	0.00
	無処理試験体	+	+	－	1	2	0	1.00
カラマツ集成材	処理試験体	－	－	－	0	0	0	0.00
	無処理試験体	+	+	+	0	1	3	1.33
ラジアータパイン LVL	処理試験体	－	+	－	0	0	0	0.00
	無処理試験体	+	+	－	1	2	0	1.00
ヒノキ集成材	処理試験体	－	－	－	0	0	0	0.00
	無処理試験体	+	+	+	0	0	2	0.67
ベイヒバ集成材	処理試験体	－	－	－	0	0	0	0.00
	無処理試験体	+	+	－	1	2	0	1.00

※蟻道の有無…+蟻道有り，－蟻道無し

無処理試験体の全樹種に蟻道の付着が確認された。ニッサンクリーン CI 処理試験体は全ての樹種で3試験体中1試験体に蟻道が付着していた。一方で比較用無処理試験体は、ヒノキ集成材とベイヒバ集成材の各1試験体ずつを除いて全ての試験体に蟻道が付着していた。5年経過することでニッサンクリーン CI 処理試験体にも蟻道の付着が多く観察されるようになったが、比較用無処理試験体の蟻道発生割合と比較して、蟻道が発生し難いことが分かった。これは、ニッサンクリーン CI の有効成分であるイミダクロプリドに多少

の忌避効果があるためと考えられる。

ニッサンクリーン CI 処理試験体は各樹種で蟻道が発生したにもかかわらず、5年目においても全ての試験体に食害がなかった(図3)。一方で、比較用無処理試験体の食害は促進され、全ての樹種で平均被害度が1.00以上となった(図4)。特に、比較用無処理試験体であるカラマツ集成材のⅢ区試験体においては全面的に激しい食害が確認された。

よって、ニッサンクリーン CI 処理試験体はシロアリが多く存在する土台環境下においても、樹

表6 5年目の各試験体における蟻道発生の有無および食害度

樹 種	ニッサンクリーン CI 処理	蟻道の有無*			食害度			平均食害度
		I	II	III	I	II	III	
オウシュウアカマツ集成材	処理試験体	+	－	－	0	0	0	0.00
	無処理試験体	+	+	+	1	3	1	1.67
ベイツガ集成材	処理試験体	－	+	－	0	0	0	0.00
	無処理試験体	+	+	+	2	3	1	2.00
カラマツ集成材	処理試験体	－	－	+	0	0	0	0.00
	無処理試験体	+	+	+	1	1	4	2.00
ラジアータパイン LVL	処理試験体	－	－	+	0	0	0	0.00
	無処理試験体	+	+	+	1	2	1	1.33
ヒノキ集成材	処理試験体	－	－	+	0	0	0	0.00
	無処理試験体	－	+	+	0	1	3	1.33
ベイヒバ集成材	処理試験体	+	－	－	0	0	0	0.00
	無処理試験体	+	+	－	1	2	0	1.00

※蟻道の有無…+蟻道有り，－蟻道無し

図3 5年目のニッサンクリーン CI 処理オウシュウアカマツ集成材（Ⅱ区）

図4 5年目の無処理オウシュウアカマツ集成材（Ⅱ区）

種に関係なく5年間被害を受けないことが分かった。

3.4 バイヒバ無垢試験体およびヒノキ無垢試験体の評価

試験装置設置より1年目、3年目、5年目の試験体を目視で評価・観察した結果（表7）から、3年目以降は全ての試験体に蟻道の付着が確認され、食害については、年数の経過と共に進行することが分かった。しかし、ニッサンクリーン CI 処理試験体の比較用として供試したバイヒバ集成材やヒノキ集成材の試験体と比較すると、食害度の値がやや低い結果となった。この結果は、集成材のほうがシロアリの食害を受け易くなる傾向があることを示唆していた。

4. まとめ

ニッサンクリーン CI 処理された試験体は全く食害を受けておらず、比較用無処理試験体はすべてシロアリによる食害を受けていた。この結果よ

り、今回試験に用いた集成材、LVL はニッサンクリーン CI を耐久性区分 K3 で処理することによって、高い耐久性を維持できることが明らかとなった。また、比較用無処理試験体バイヒバ集成材、ヒノキ集成材、バイヒバ無垢材やヒノキ無垢材の結果から、耐久性が高いとされている樹種であってもシロアリの被害を受けることが明らかになった。これらの試験結果は、木材保存剤で加圧注入処理されていない集成材、LVL、無垢材を木造家屋の土台に使用した場合、シロアリの食害を受けることを示唆している。

考案した試験装置は5年間で本試験装置のコンクリートブロック内に設置しているエサ木の多くが、原型を無くすほどに食害されていたため、5年目の調査時に試験装置を全て取り外し、エサ木を全て新しいものに交換した。5年間で約9割の無処理試験体がシロアリの食害を受けていることから、十分に耐久性能を評価することが出来る試験装置であると考えられた。ただし、試験期間が

表7 バイヒバ無垢試験体およびヒノキ無垢試験体の蟻道発生の有無および食害度

樹 種	経過年数	蟻道の有無*			食害度			平均食害度
		I	II	III	I	II	III	
バイヒバ無垢材	1年目	—	—	—	0	0	0	0.00
	3年目	+	+	+	1	0	1	0.67
	5年目	+	+	+	1	0	1	0.67
ヒノキ無垢材	1年目	—	+	+	0	0	0	0.00
	3年目	+	+	+	0	0	1	0.33
	5年目	+	+	+	0	1	1	0.67

※蟻道の有無…+蟻道有り、—蟻道無し

長期にわたることから、評価期間を短縮できるように検討する必要があると感じた。評価期間が長くなる理由として、JIS K 1571の野外杭試験よりも試験体が大きいために、食害の進行に時間がかかり、その間にシロアリを捕食する昆虫等が侵入してしまっていることが考えられる。実際に、評価のために試験体を持ち上げると、ムカデやクモ、クロアリがコンクリートブロック内に入り込んでいることが確認された。

また、試験体が現状の家屋で用いられる断面での試験体であったことから、より現状に近い形での試験方法であり、実際の被害に近い結果であったと考えられる。

今後の課題としては、試験期間が短縮できる方法や、シロアリの活動が他の生物によって影響を受けないように、試験装置に何らかの工夫を凝らす必要があると考えられる。さらに、評価方法では蟻道の有無のみでなく、蟻道の量の大小を含めて評価したいと考えている。ニッサンクリーン

CI 処理試験体が顕著な被害を受けるまで試験を継続し、木造家屋の土台使用環境下における耐用年数を推定したいと考えている。

引用文献

- 1) 手塚大介：保存処理木材工場，木材工業，**62** (11)，552-555 (2007)
- 2) 岩崎克巳：木質ボード類の新しい製造技術 (3)，木材保存，**26**，60-65 (1985)
- 3) 社日本木材保存協会：ニッサンクリーン CI 研究会報告書，平成12年9月
- 4) 大村和香子，山本幸一，井道裕史，長尾博文，加藤英雄，桃原郁夫，松永浩史，宮武 敦，故 小館善樹：促進劣化環境における集成材の耐久性変化およびめり込み強度性能，木材工業，**61**(10)，446-451 (2006)
- 5) 雨宮昭二：浅川実験林苗畑の杭試験(1) 杭の被害程度を評価する方法，林業試験場研究報告，No.150，143-156 (1963)

(2010.12.5 受付)

要 旨

木造家屋の土台が設置される床下環境に則した条件を想定した試験装置を考案した。イエシロアリ (*Coptotermes formosanus*) およびヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus*) が混在して生息している野外試験地において、乾式防腐・防蟻処理薬剤ニッサンクリーン CI で加圧注入処理した集成材，LVL に対する防蟻性能試験を実施した。

乾式防腐・防蟻処理薬剤ニッサンクリーン CI を耐久性区分 K3 で処理した試験体は，5 年目が経過してもシロアリの食害を受けなかった。一方で，同条件の無処理試験体は，3 年目が経過したころから食害を受け始め，5 年目では食害が進行していた。また，試験体材表面の蟻道形成においても，無処理材と比較して遅延していることが確認できた。以上の結果から，ニッサンクリーン CI 処理された土台は劣化促進した非暴露の条件下において，その防蟻性能を5年間以上保つことが示された。