

木質土木資材の耐久性と新たな防腐処理に関する研究 報告書



佐賀県林業試験場
平成29年4月

はじめに

国産材の利用は、外材との価格競争や木材に替わる資材（プラスチック等）の出現により低迷しており、当県においても県産材利用の推進に向けた取り組みが重要となっています。

木材を土木資材として野外で使用する場合、積極的な利用につながない理由の一つとして、耐久性への不安が要因となっています。また、森林土木事業をはじめとする各種公共事業では、木材の利用促進を図るための取り組みとして木製構造物等の施工が行われていますが、その耐用年数は明らかになっていません。また、従来のクレオソートに発がん性物質が含まれていることが明らかになり、現在はそれらの物質を抑えた環境配慮型クレオソートが使われていますが、その耐久性も明らかにする必要があります。

このような状況を踏まえ、土木分野における木材利用の推進に資するため、平成14年度から23年度まで県内一円で施工された既設木製構造物の耐久性調査を実施しました。また、様々な防腐処理剤を塗布した試験杭を林業試験場内の野外に設置し、その耐久性調査を実施しました。

ここに、工種ごとや防腐処理ごとに耐用年数を調査した結果を報告します。

目 次

1 既設木製構造物の耐久性調査	・・・ 1
(1) 既設木製構造物の調査概要	・・・ 3
(2) 既設木製構造物の耐久性調査結果	
① 切土法面丸太伏工（従来型クレオソート使用）	・・・ 5
② 切土法面丸太伏工（環境配慮型クレオソート使用）	・・・ 7
③ 簡易丸太柵工	・・・ 9
④ 丸太階段工	・・・ 11
⑤ 丸太擁壁工（ウッドブロック）	・・・ 13
⑥ 丸太筋工（無処理）	・・・ 15
⑦ 丸太筋工（クレオソート塗布処理）	・・・ 17
⑧ 落石防止柵工	・・・ 19
⑨ 防風柵工（合掌組）	・・・ 20
⑩ 谷止工（残存型枠）	・・・ 21
2 防腐処理杭による野外暴露試験	・・・ 23
(1) 防腐処理杭による野外暴露試験の概要	・・・ 25
(2) 防腐処理杭による野外暴露試験結果	
① クレオソート（従来型）塗布処理	・・・ 26
② 無処理（皮なし）	・・・ 27
③ 無処理（皮付き）	・・・ 28
④ 環境配慮型クレオソート塗布処理	・・・ 29
⑤ 廃油加熱加圧処理	・・・ 30
⑥ パラフィン2時間煮沸処理	・・・ 31
⑦ シリコーン塗布処理	・・・ 32
⑧ キシラデコール塗布処理	・・・ 33
⑨ タナリス加圧注入処理	・・・ 34
(3) 防腐処理杭による野外暴露試験調査結果まとめ	・・・ 35
3 ピロデイン調査データ集計表	・・・ 36
《付録》	
1 木材の劣化	・・・ 37
2 木材の風化と腐朽	・・・ 37
3 木材の耐腐朽性	・・・ 38
4 木材の使用環境と劣化	・・・ 38
5 木材保存剤	・・・ 39
6 防腐・防蟻処理の方法	・・・ 39
7 J A S 性能区分	・・・ 40
8 A Q 認証	・・・ 40

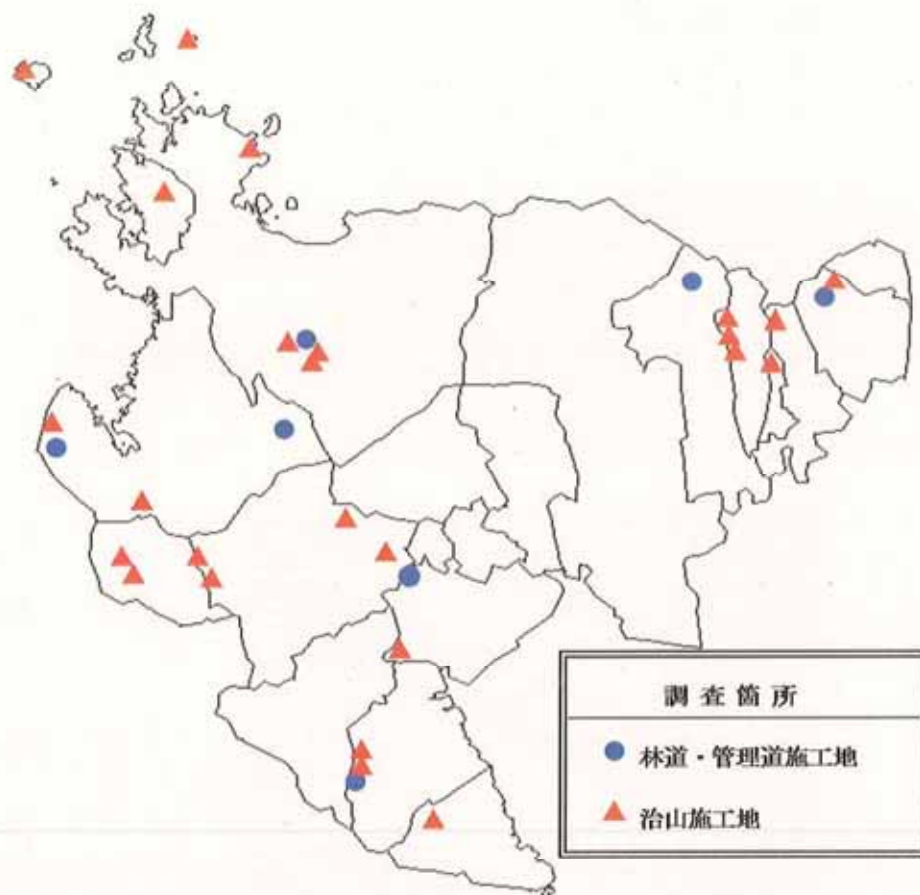
1 既設木製構造物の耐久性調査

- ① 切土法面丸太伏工（従来型クレオソート使用）
- ② 切土法面丸太伏工（環境配慮型クレオソート使用）
- ③ 簡易丸太柵工
- ④ 丸太階段工
- ⑤ 丸太擁壁工（ウッドブロック）
- ⑥ 丸太筋工（無処理）
- ⑦ 丸太筋工（クレオソート塗布処理）
- ⑧ 落石防止柵工
- ⑨ 防風柵工（合掌組）
- ⑩ 谷止工（残存型枠）

(1) 既設木製構造物の調査概要

〈 調査箇所 〉

林道6路線、管理道1路線に設定した試験区については、平成7年度～平成19年度までに施工された伏工、擁壁工など、箇所数51箇所、総本数1,000本を調査しました。また、治山事業施工地に設定した試験区については、平成3年度から平成18年度にかけて施工された谷止工、土留工、落石防止柵工、丸太筋工、防風柵工など、箇所数81箇所、総本数2,932本を調査しました。



〈 調査方法 〉

木製構造物の調査には、ピロディン6 J (木材試験器) を使用し、施工年度、工種毎に1～2箇所、1箇所につき20本前後の木材を測定しました。また、各工種別の耐久性調査結果のグラフは、すべての測定値を工種・経過年数毎に集計して平均値を算出し、腐朽の進行状況から耐用年数を評価しました。

ピロディン6 Jは、木材の腐朽度合を測定する機器として、一般的に使用されている木材試験器です。直径2.5mmの鋼鉄製ピンを6 J（ジュール）の仕事量を持つバネで木材に打ち込み、ピンの深さによって木材の腐朽度合を測定するものです。ピンの打ち込み深さが大きいほど、腐朽度合も大きくなります。通常、木製構造物における、スギ材の打ち込み深さは15mm前後であり、打ち込み深さが30mm程度を超えると、木材の腐朽がかなり進んでいるものと考えられ、耐久性の限界と判定しました。

※ジュール・・・仕事、熱量、エネルギーの単位。1ジュールは、1ニュートンの力が働いて、その力の方向に1 m動かすときの仕事

ピロディン6 Jによる腐朽度評価

腐朽度	打ち込み深さ	耐久性の目安(スギ材φ=100mmの場合)
小	20mm未満	良好な状態を維持している。
中	20mm～30mm未満	やや耐久性が低下している。 ↑機能維持
大	30mm～40mm未満	かなり耐久性が低下している。 ↓機能損失
極大	40mm以上	著しく耐久性が低下している。



ピロディン6 J（木材試験器）



ピロディン6 Jによる測定状況

(2) 既設木製構造物の耐久性調査結果

① 切土法面丸太伏工（従来型クレオソート使用）



(蛤岳横断線)

〈 施工目的 〉

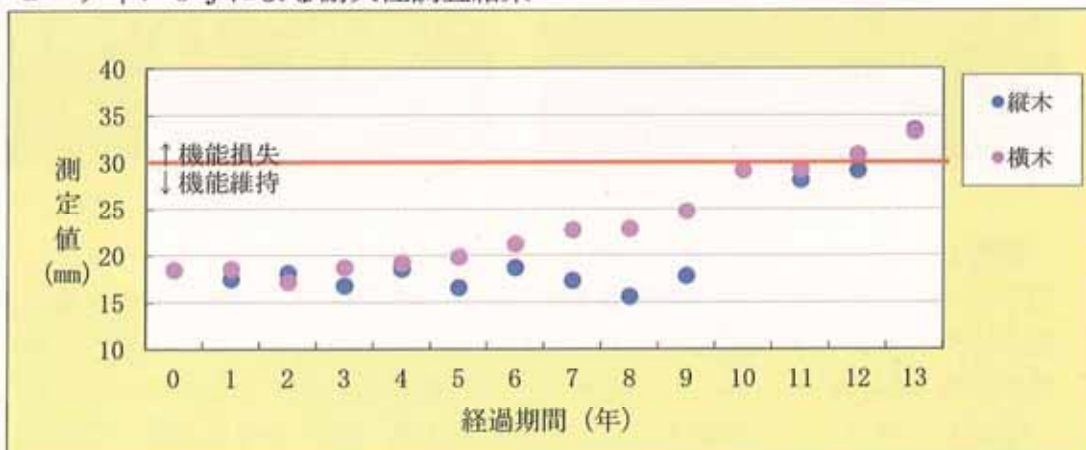
- ・ 走行車両の視距確保
- ・ 維持管理の軽減

〈 材料規格 〉

- ・ スギ材（皮無）を使用し、クレオソート（従来型）による浸漬防腐処理

〈 調査結果 〉

ピロディン6 J による耐久性調査結果



※縦木、横木ともに中央部を測定



施工後7年経過（表面に苔の付着などもあるが耐久性は維持している。）



施工後12年経過（形が崩れつつある。）



〈 考察 〉

横木については、施工から12年経過したところでピロディン値が30mmを超えており、縦木については13年経過後、ピロディン値が30mmを超えた。また、横木、縦木ともに施工から10年経過したあたりからピロディン値が30mm近くになっていた。施工後12年経過した時点での目視調査でも、湧水がある施工地などで部分的に腐朽している箇所や破損している箇所が認められた。切土法面丸太伏工は、草の繁茂を抑え林道通行時に視距を確保することを主目的に施工されるものであるため、少なくとも施工から12年経過した時点には切土法面丸太伏の点検を行い、必要に応じて部分的に補修・交換が必要だと考えられる。

(2) 既設木製構造物の耐久性調査結果

② 切土法面丸太伏工（環境配慮型クレオソート使用）



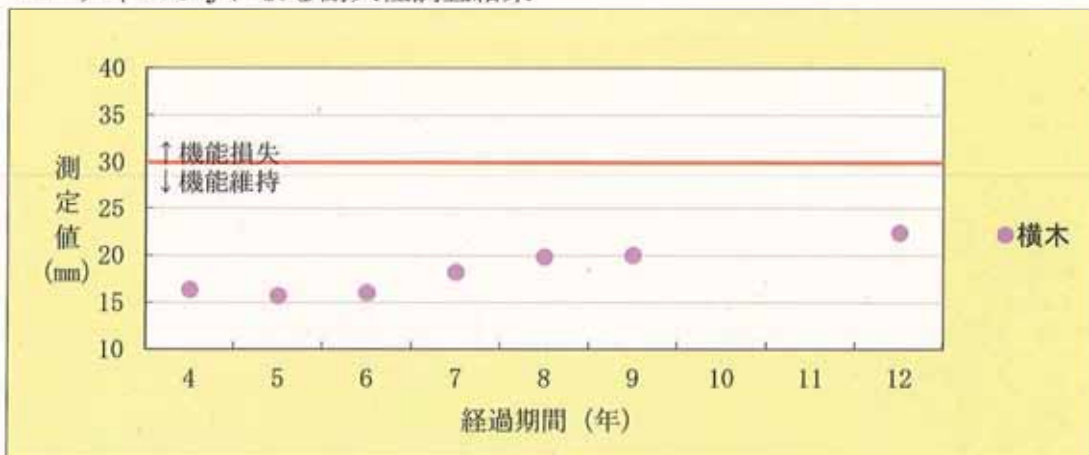
(九千部山横断線)

〈 材料規格 〉

- ・スギ材（皮無）を使用し、環境配慮型クレオソートによる浸漬防腐処理

〈 調査結果 〉

ピロディン6 Jによる耐久性調査結果



施工後12年経過（腐朽した箇所が見られる。）



〈 考察 〉

環境配慮型クレオソート処理材の使用実績は、施工後12年までのデータに限られるが、全体としてのピロディン値は20mm以下の値で推移していた。

今回の調査では、環境配慮型のクレオソートは従来型のクレオソートと比較すると耐久性が高いという結果であったが、他の地理的条件を統一した報告では、従来型のクレオソートと同程度の耐久性であることが報告されているため、今回の調査地においては、地況や気象条件が耐久性に影響を与えたのではないかと考えられた。そのため、従来型のクレオソート同様、施工から12年経過した時点での点検が必要だと考えられる。

(2) 既設木製構造物の耐久性調査結果

③ 簡易丸太柵工



(九千部山横断線)

〈 施工目的 〉

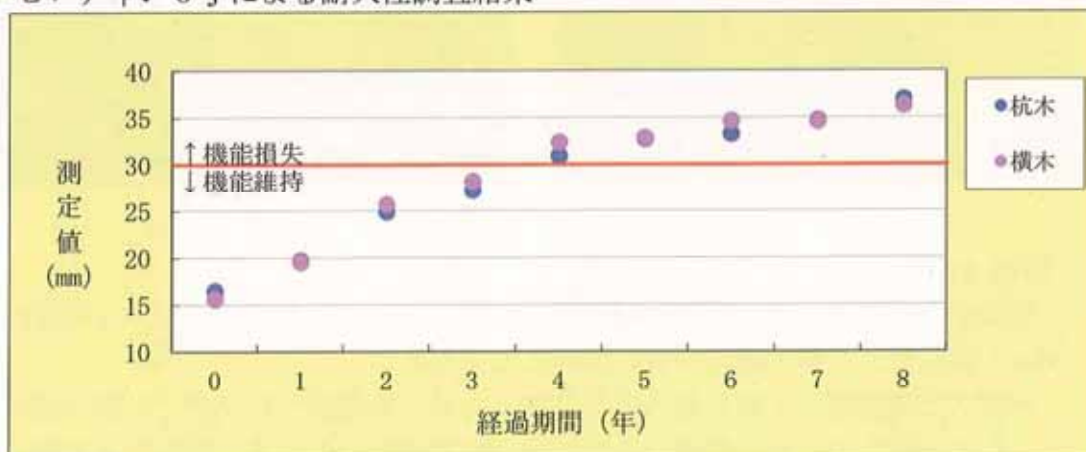
- ・ 降雨等による地表水の流速緩和と分散
- ・ 植生定着までの表面浸食防止

〈 材料規格 〉

- ・ 現場発生したスギ材（皮付）を防腐処理無しで使用

〈 調査結果 〉

ピロディン6 Jによる耐久性調査結果



※杭木は地際付近、横木は中央付近を測定

施工後3年経過（樹皮が剥げ落ち、辺材の腐朽が進んでいる。）



施工後5年経過（辺材の腐朽が著しく、心材にまで腐朽が進んでいる。）



施工後8年経過（丸太柵はなくなり、自生の樹木等が生育している。）



〈 考察 〉

施工から3年後まで、年間5mm程度ピロディン値が増大しており、4年後に30mmを超えた。3年が耐用年数の限界と考えられる。

皮付きで無処理の木材が使用されているため、短期間でピロディン値が増大し、杭木・横木とも早い段階から耐久性の低下が認められる。施工後4年経過した箇所では、かなり腐朽が進行しており、構造物としての機能が低下しているものが多くを占めている。しかし、自生の草本類や樹木等の生育も認められるため、盛土法面自体は安定した状態を保っている。施工後3年程度で植生が定着しているため、施工目的が達成されたものと考えられる。

(2) 既設木製構造物の耐久性調査結果

④ 丸太階段工



(大川眉山線)



(九千部山横断線)

〈 施工目的 〉

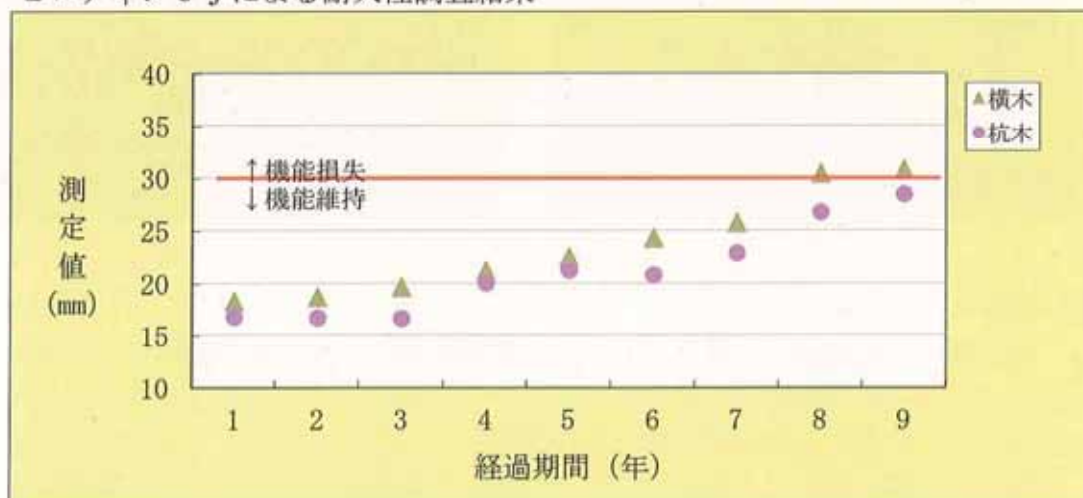
- ・ 法面部における山林への入口確保

〈 材料規格 〉

- ・ スギ材（皮無）を使用し、環境配慮型クレオソートによる浸漬防腐処理

〈 調査結果 〉

ピロディン6 Jによる耐久性調査結果



※杭木は地際付近、横木は中央付近を測定

施工後2年経過（若干変色しているが良好な状態を維持している。）



施工後4年経過（変色しているが耐久性は維持している。）



施工後9年経過（腐朽の進行が著しく、構造物としての機能が失われている。）



〈 考察 〉

施工後8年が経過した箇所において、横木のピロディン値が30mm付近に達しており、目視による確認でも腐朽が進んでいる状況である。また、杭木に比べて横木のピロディン値が全体的に大きい値で推移しているが、要因として杭木より雨水にあたる面積が大きく、階段のステップ部に水が溜まりやすいため、降雨等の影響を受けやすいことが考えられる。また、腐朽が進んだ状態での階段の使用は危険であるため、今後、取り替えや補修が必要と考えられる。

(2) 既設木製構造物の耐久性調査結果

⑤ 丸太擁壁工（ウッドブロック）



(篠岳地区保安林管理道)

〈 施工目的 〉

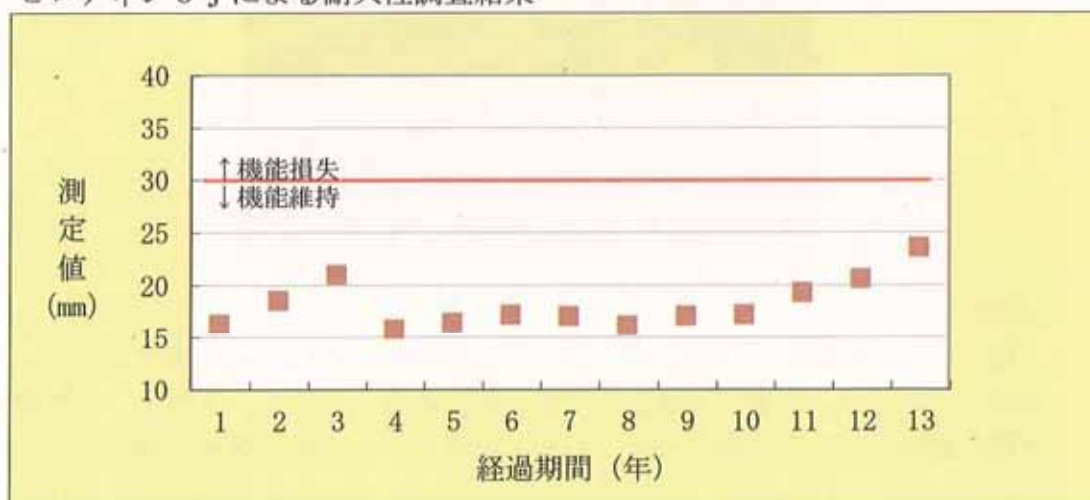
- ・盛土法面の崩壊防止

〈 材料規格 〉

- ・スギ材（皮無）を使用し、CUAZ（タナリス）等による加圧注入防腐処理

〈 調査結果 〉

ピロディン6 J による耐久性調査結果



※横木の中央付近を測定

施工後3年経過（良好な状態を維持している。）



施工後10年経過（苔が生えているが、腐朽は認められない。）



施工後13年経過（一部に腐朽が見られた。）



〈 考察 〉

施工から13年後までの測定データでは、全体としては30mm未満のピロディン値で推移していたが、一部で30mm以上の値が見られた。しかし、全体としては健全な状態を維持していると考えられたため、少なくとも13年の耐用年数が見込まれる。

(2) 既設木製構造物の耐久性調査結果

⑥ 丸太筋工（無処理）



(牛間田地区)

〈 施工目的 〉

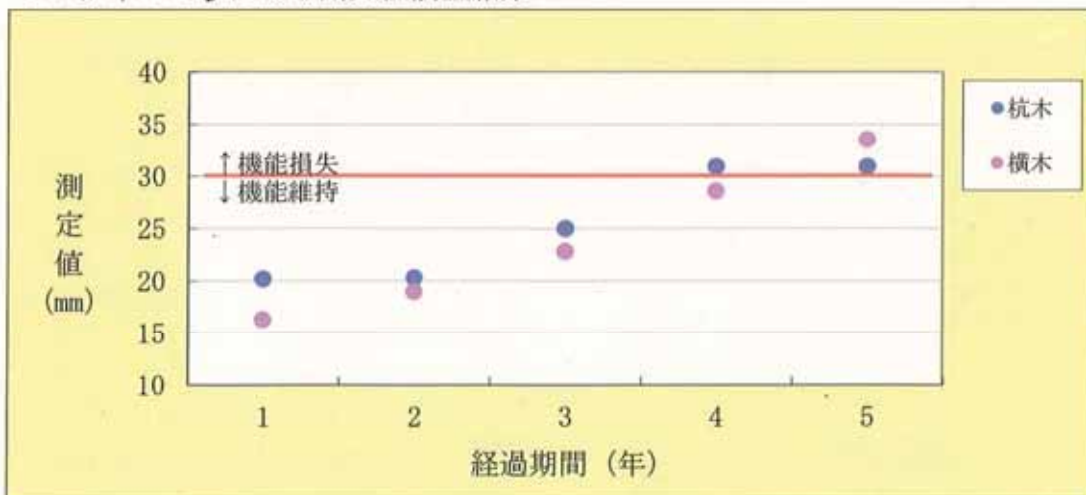
- ・盛土法面の崩壊防止

〈 材料規格 〉

- ・スギ材（皮無）を防腐無処理の状態で使用

〈 調査結果 〉

ピロディン6 Jによる耐久性調査結果



施工後5年経過（横木、杭木ともに腐朽が進んでいた）



〈 考察 〉

山腹工事の盛土法面や谷止工の埋戻し法面の、土砂の移動を抑えるために施工される丸太筋工である。施工から4年後にピロディン値が30mmを超えるものがみられたため、耐用年数は約3年と考えられる。下層植生の繁茂状態や、植栽木の成長具合、土砂の流出状況を確認して、付け替え等の判断を行う必要がある。

(2) 既設木製構造物の耐久性調査結果

⑦ 丸太筋工（環境配慮型クレオソート塗布処理）



(宇土地区)

〈 施工目的 〉

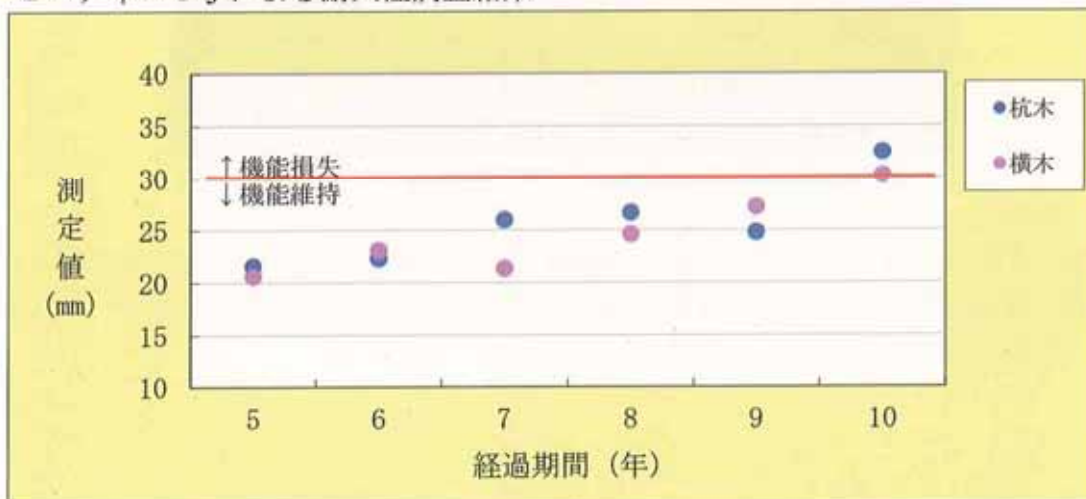
- ・ 盛土法面の崩壊防止

〈 材料規格 〉

- ・ スギ材（皮無）を使用し、環境配慮型クレオソートによる浸漬防腐処理

〈 調査結果 〉

ピロディン6 J による耐久性調査結果



施工後10年経過



(大山地区)

地際部における腐朽が進んでいるが、盛土法面は安定



〈 考察 〉

施工から10年後にピロディン値が30mm超となり、耐用年数は約9年と考えられるが、盛土法面は植生が繁茂し、土砂の流出はなく安定した状態となっており、丸太筋工の初期の目的は達成されたと考えられる。

(2) 既設木製構造物の耐久性調査結果

⑧ 落石防止柵工

〈 施工目的 〉

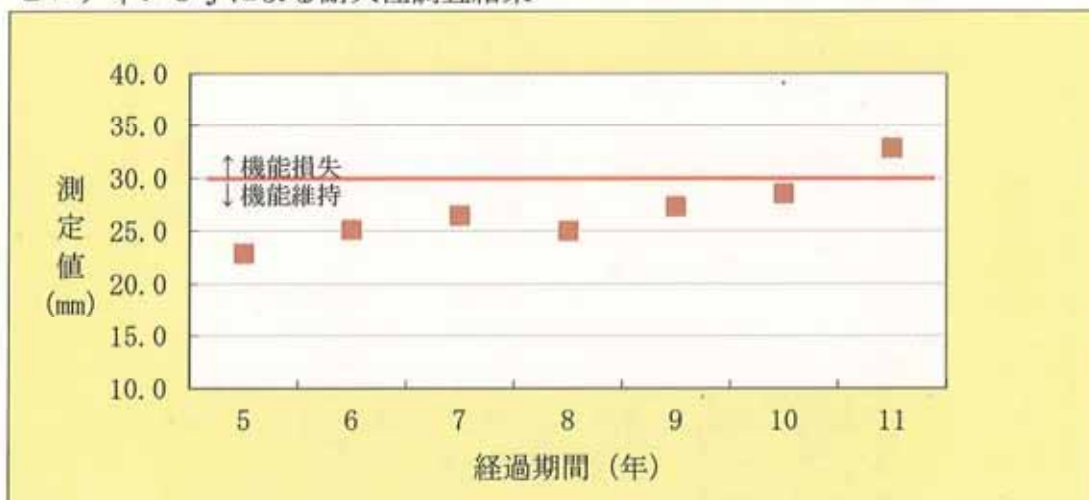
- ・ 落石防止柵の緩衝材

〈 材料規格 〉

- ・ スギ材 (皮無) 防腐処理なし

〈 調査結果 〉

ピロディン6 Jによる耐久性調査結果



施工後11年経過 (表面を見ても腐朽しているのが分かる)



(高江地区)

〈 考察 〉

設置後11年が経過すると、ピロディン値は30mmを超えた。目視による調査でも腐朽が認められる。

落石を受け止める緩衝材としての機能は、ピロディン値が30mm超となった時点で直ちに失われるものではないが、将来的に丸太の交換が必要と考えられる。

⑨ 防風柵工（合掌組）

〈 施工目的 〉

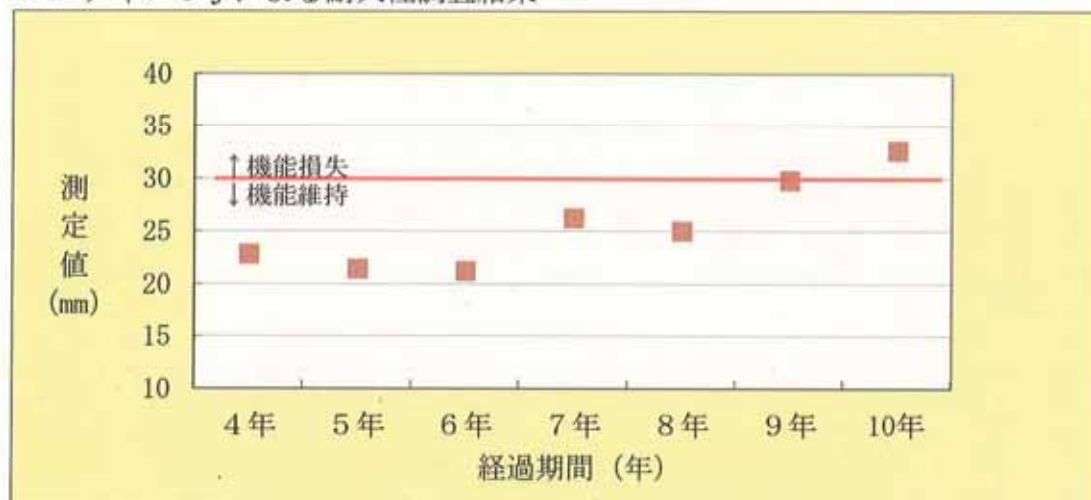
- ・ 海岸の防風

〈 材料規格 〉

- ・ スギ材（皮無）従来型のクレオソートによる浸漬防腐処理

〈 調査結果 〉

ピロディン6 Jによる耐久性調査結果



馬渡島での調査状況



施工後10年の腐朽状況



(小川島)

〈 考察 〉

設置後10年でピロディン値は30mmを超え、地際部で心材のみを残す状態となった杭が見られるなど、腐朽が進んでいる。

個々の調査では、腐朽し地際で折損している杭も見られているが、防風柵全体としては自立しており、防風柵としての機能を維持している。そのため、10年以上は防風柵として使用可能だと考えられる。

(2) 既設木製構造物の耐久性調査結果

⑩ 谷止工（残存型枠）

〈 施工目的 〉

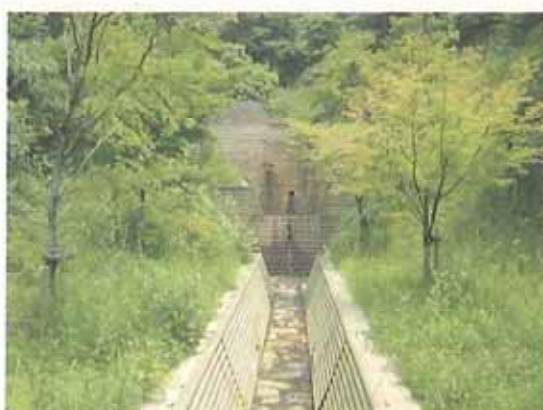
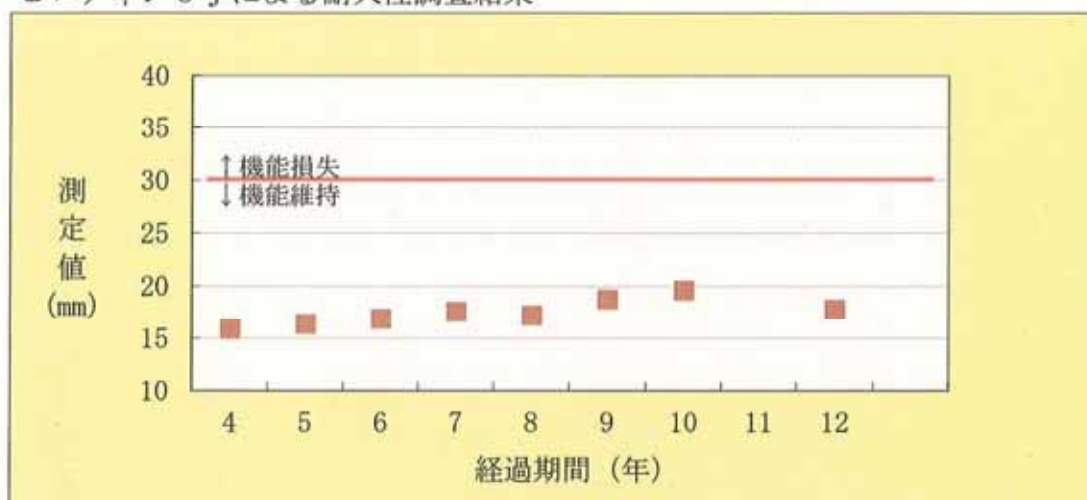
- ・ 景観に配慮した工法

〈 材料規格 〉

- ・ スギ材（皮無）タナリス加圧注入処理

〈 調査結果 〉

ピロディン6 Jによる耐久性調査結果



(龍拝地区)



(宇土地区)

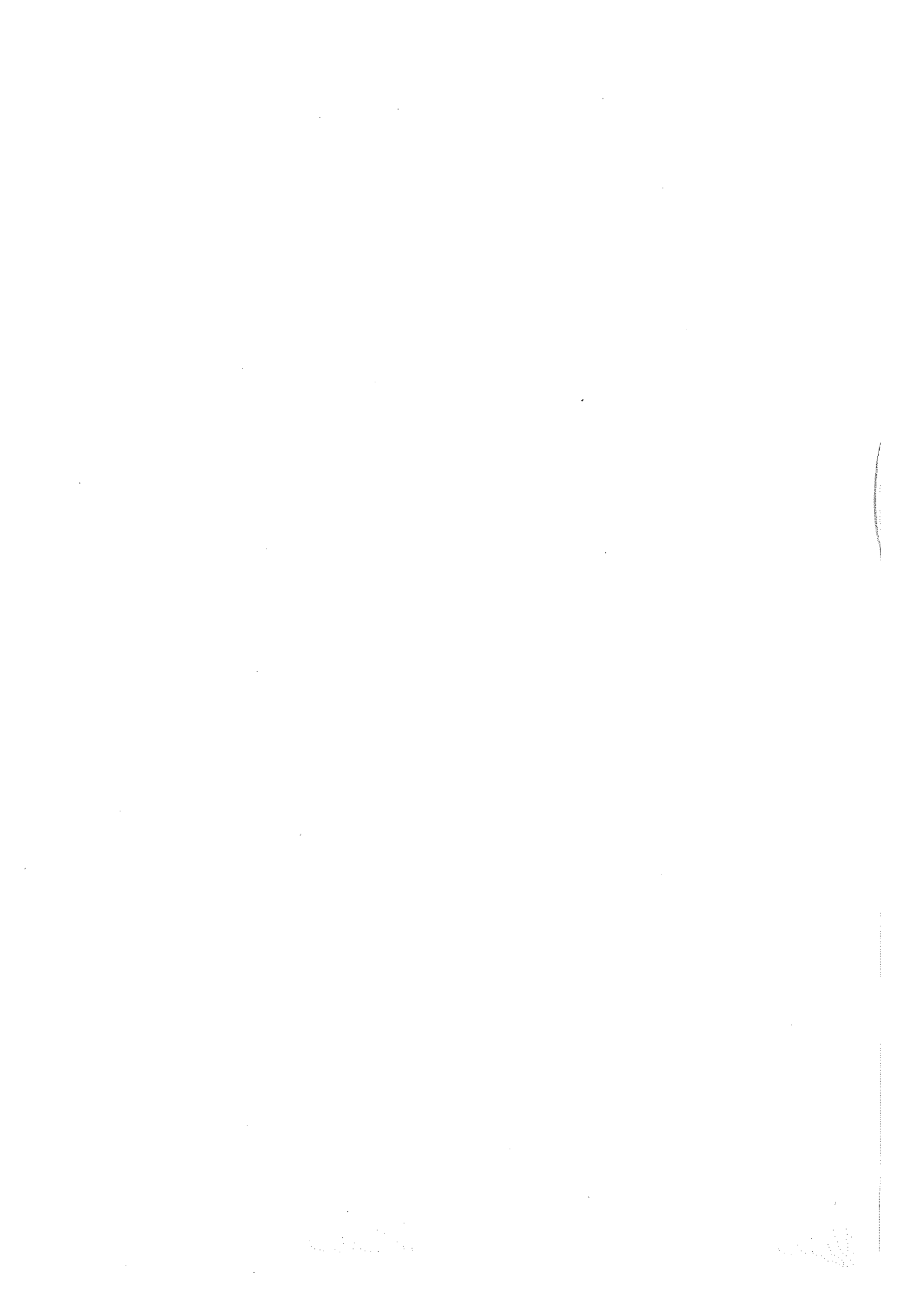
〈 考察 〉

設置後12年が経過しており、一部でピロディン値が30mm以上の箇所も見られたが、全体としては、ピロディン値は20mm程度で推移し健全な状態を保っている。

治山ダムの残存型枠は景観に配慮した工法で、無機質なコンクリートが見えないよう丸太型枠をそのまま残すもので、構造的な強度が求められるものではない。施工から12年経過した時点での腐朽箇所は少ないため、12年以上の耐用年数があると考えられる。

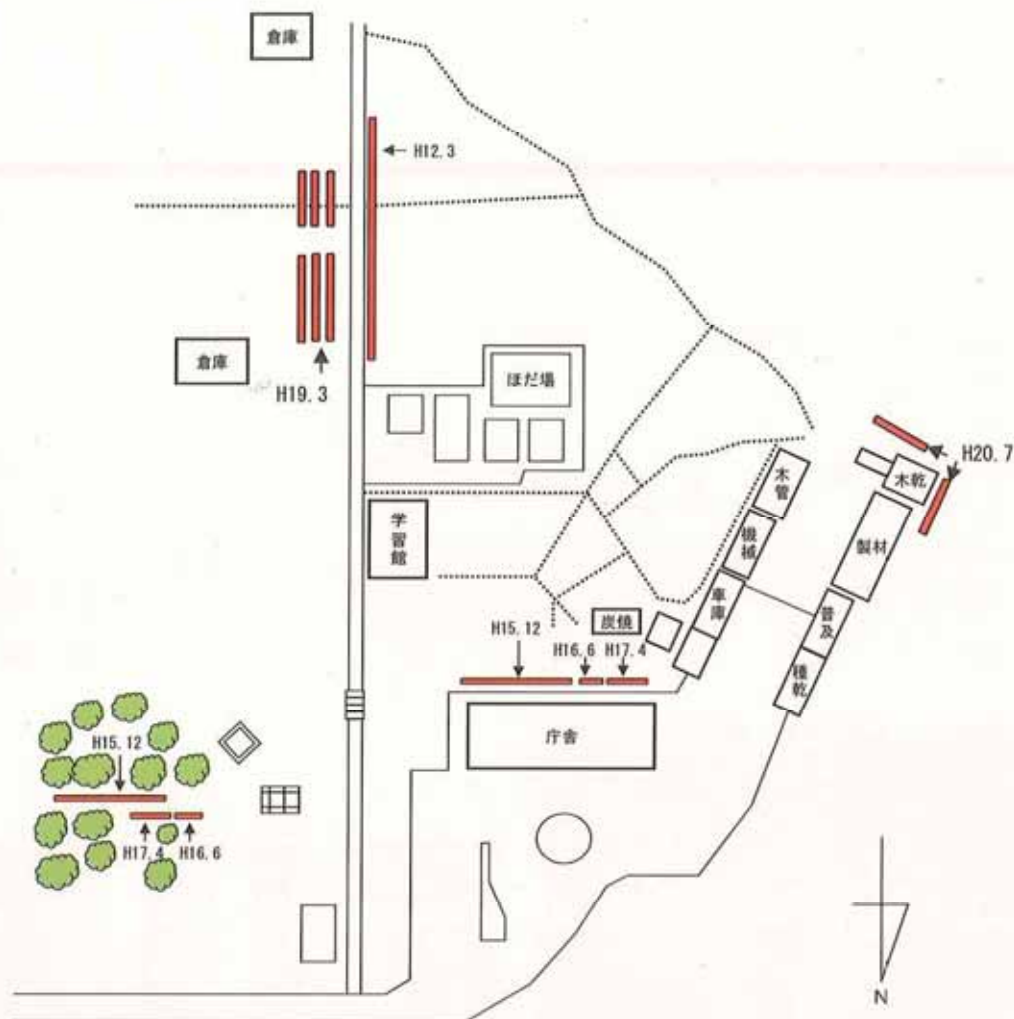
2 防腐処理杭による野外暴露試験

- ① クレオソート（従来型）塗布処理
- ② 無処理（皮なし）
- ③ 無処理（皮付き）
- ④ 環境配慮型クレオソート塗布処理
- ⑤ 廃油加熱加圧処理
- ⑥ パラフィン2時間煮沸処理
- ⑦ シリコーン塗布処理
- ⑧ キシラデコール塗布処理
- ⑨ タナリス加圧注入処理



(1) 防腐処理杭による野外暴露試験の概要

<調査箇所>



直径10cm、長さ1～1.2mの円柱加工スギ杭に様々な防腐処理を施した杭を林業試験場内の野外に設置し、半年ごとにピロディンの針の打ち込み深さにより耐久性を調査しました。腐朽度の評価方法については、既設木製構造物の概要で用いたピロディンによる腐朽度表により評価しました。

測定位置は写真のように杭上部と地際部の三点とし、測定した平均値をピロディンの打ち込み深さとしました。また、杭を引き抜き、地中部における杭の腐朽度を目視により診断しました。

ピロディン打ち込み位置



① クレオソート（従来型）塗布処理

〈 防腐処理方法 〉

刷毛で表面に1回塗布

〈 調査結果 〉



施工後7.5年経過



〈 考察 〉

経過年数が5年を超える頃からピロディン値の増大が顕著になり、7.5年でピロディン値が30mm超となった。地際から地中にかけて腐朽が進み、耐用年数は約7年と考えられる。

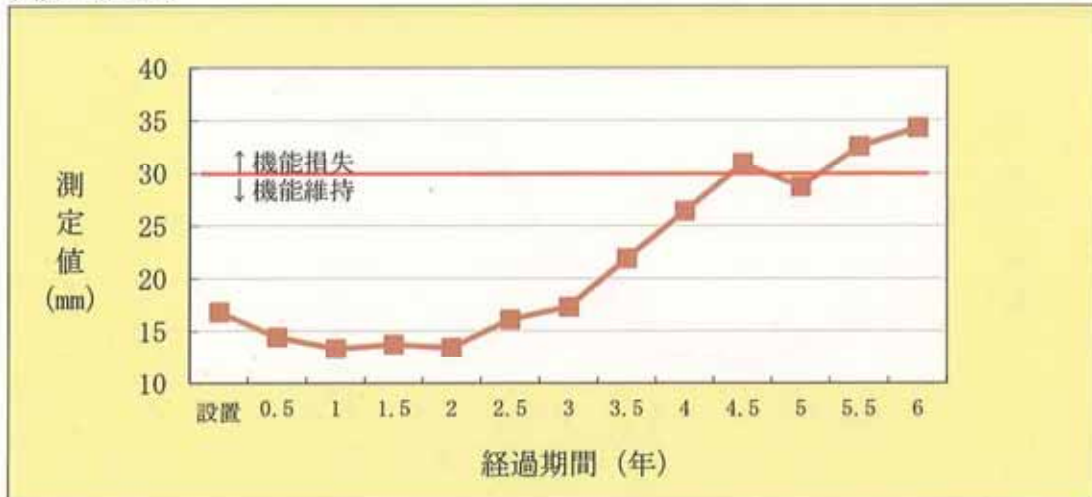
(2) 防腐処理杭による野外暴露試験結果

② 無処理（皮なし）

〈設置方法〉

丸棒加工した杭(直径10cm、長さ1.2m)を、そのまま地面に打ち込んだ。

〈調査結果〉



施工後4.5年経過



〈考察〉

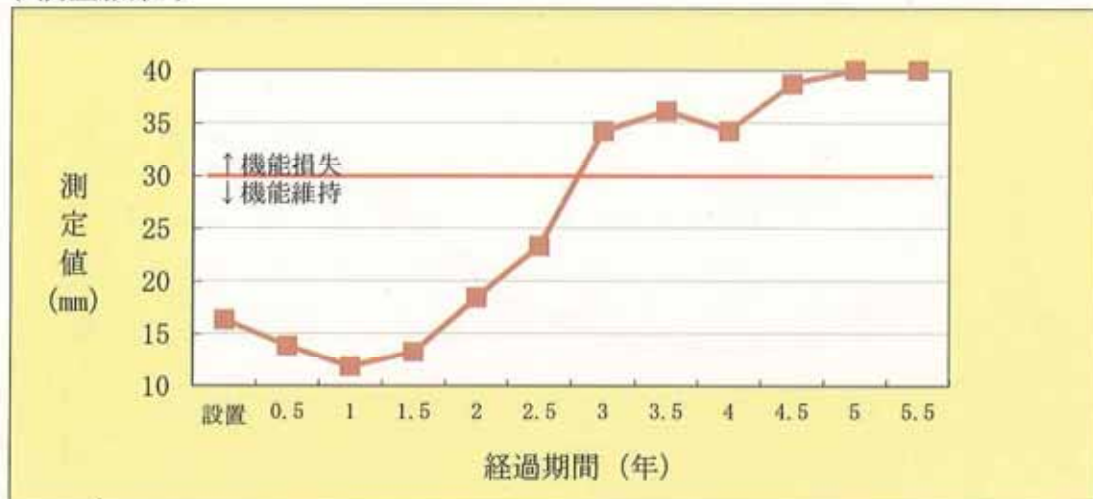
設置から3年頃からピロディン値増大の傾きが大きくなり、4.5年でピロディン値が30mm超となった。地際付近で折れている杭もあり、腐朽が激しい。耐用年数は約4年と考えられる。

③ 無処理（皮付き）

〈 設置方法 〉

直径約10cmの皮付き丸太を、そのまま地面に打ち込んだ。

〈 調査結果 〉



施工後5.5年経過



〈 考察 〉

設置1年後から年間10mm程度ピロディン値が増大し、腐朽の進行が激しい。3年でピロディン値が30mm超となり、地中部は心材が残っているだけである。耐用年数は約2.5年と考えられる。

(2) 防腐処理杭による野外暴露試験結果

④ 環境配慮型クレオソート塗布処理

〈 防腐処理方法 〉

従来のクレオソートに発癌性物質が含まれていることがわかり、使用できなくなった。代わってそれらの物質を環境基準以下に抑えた環境配慮型クレオソートが使用されるようになった。環境配慮型クレオソートを、丸棒加工杭の表面に刷毛で1回塗りした。

〈 調査結果 〉



〈 考察 〉

設置から6.5年でピロディン値が30mm超となった。地際から地中にかけて、辺材部が欠けており、耐用年数は約6年と考えられる。

施工後7.5年経過

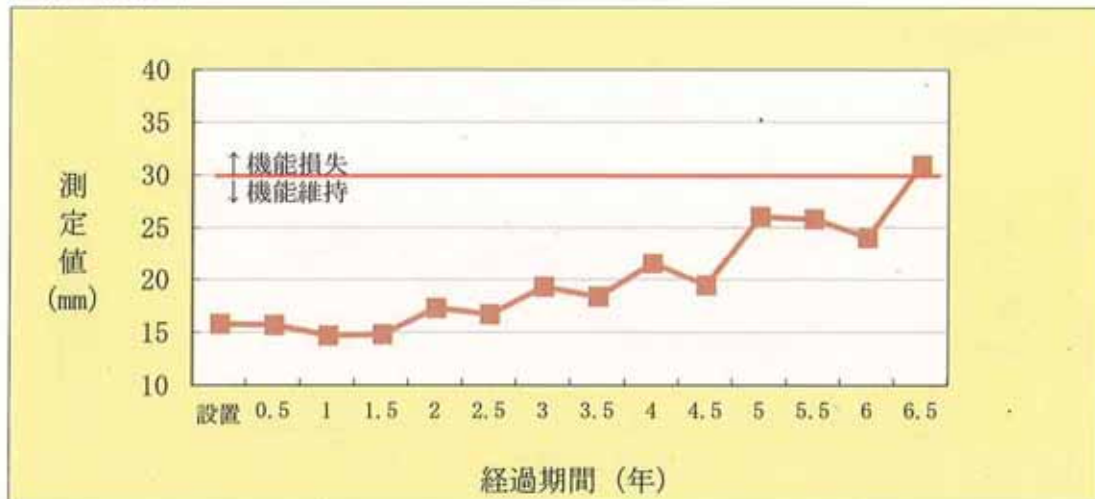


⑤ 廃油加熱加圧処理

〈 防腐処理方法 〉

廃油等を用いた新たな防腐処理技術の開発による県産材の需要拡大を目的とし、佐賀大学工学部都市工学科と共同で、廃油（エンジンオイル等）を用いた防腐処理杭を製作（圧力釜に杭と廃油入れ、2気圧130℃で2時間加熱加圧）した。

〈 調査結果 〉



圧力釜による防腐処理杭製作状況



廃油加熱杭設置状況



〈 考察 〉

ピロディン値は次第に増大していき、設置から6.5年でピロディン値が30mm超となった。耐用年数は約6年程度と考えられ、前述した環境配慮型クレオソートの耐用年数と同程度と推察されたが、環境配慮型クレオソートと比較し、防腐処理に圧力釜等の資材を要し、作業手間等がかかることを考慮すると、新たな土木資材としての利用は難しいと考えられる。

(2) 防腐処理杭による野外暴露試験結果

⑥ パラフィン2時間煮沸処理

〈 防腐処理方法 〉

巨大な鍋に丸棒加工杭と顆粒状のパラフィンを投入・加熱し、液体になったパラフィン(温度約240℃)で2時間処理した。

〈 調査結果 〉



パラフィン投入状況



パラフィン加熱状況



〈 考察 〉

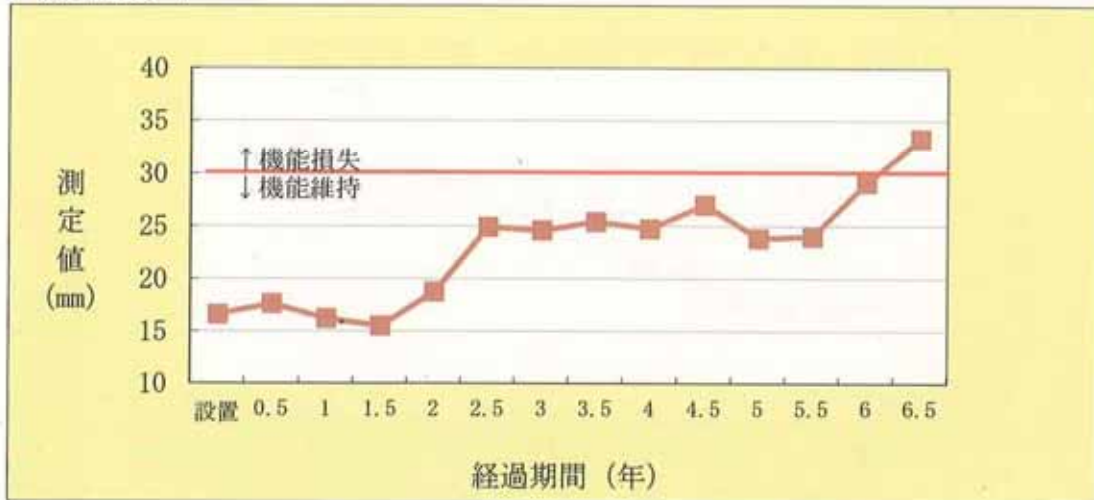
防腐処理直後からピロディン値は20mm超で推移し、設置から4.5年でピロディン値が30mm超となった。耐用年数は約4年程度と考えられる。

⑦ シリコーン塗布処理

〈 防腐処理方法 〉

刷毛で杭の表面に1回塗布した。

〈 調査結果 〉



シリコーン塗布状況



ピロディン調査状況



〈 考察 〉

設置から6.5年でピロディン値が30mm超となった。耐用年数は約6年程度と考えられる。

(2) 防腐処理杭による野外暴露試験結果

⑧ キシラデコール塗布処理

〈防腐処理方法〉

ホームセンターで購入した市販のものを刷毛で杭の表面に1回塗布した。

〈調査結果〉



〈考察〉

スギとマツについては設置から約5年程度でピロディン値が25mm超となった。また、部分的には30mmを超える箇所も見られた。

施工9年後にはスギ、マツにおいては、杭が地際部もしくは地中部で腐朽し折れてしまったものが見られた。設置から5年後と9年後の状態から、スギ、マツにおける耐用年数は約5～6年程度だと考えられた。

ヒノキについては、設置して9年後に1本だけ地際部が腐朽したものがみられたが、残り4本については、虫食い跡もみられるが健全な状態を維持していた。そのため、ヒノキの耐用年数については、約8年程度か、それ以上と考えられる。

施工後9年経過



左:スギ 中:ヒノキ 右:マツ

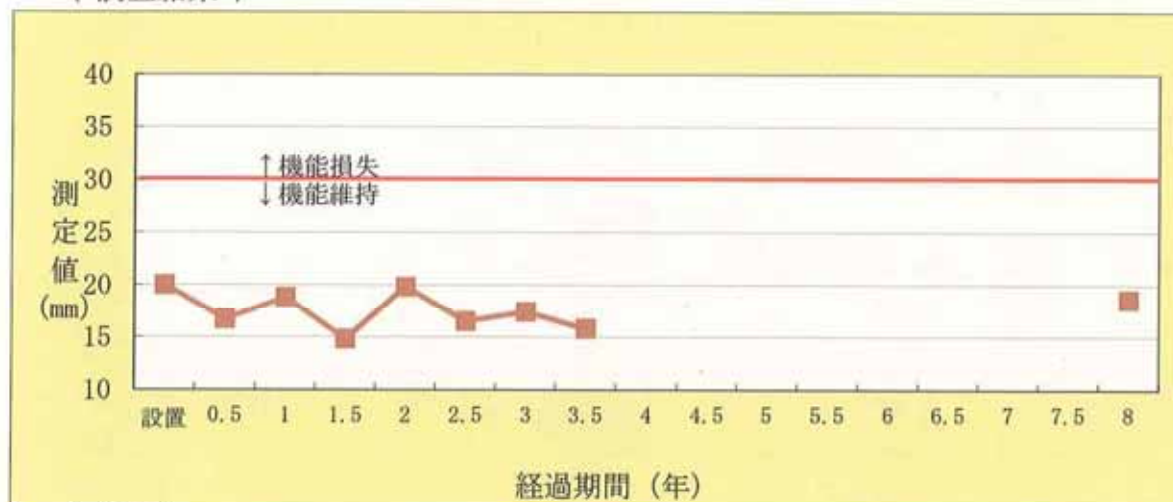


⑨ タナリス加圧注入処理

〈 防蝕処理方法 〉

丸棒加工した杭(直径10cm、長さ1.2m)を、業者に委託し、タナリスCYの加圧注入を行った。

〈 調査結果 〉



〈 考察 〉

設置から8年後においても、ピロディン値は設置時と同等の値を示した。目視においても、虫害や腐朽は確認できず、健全な状態を保っていた。そのため、耐用年数は8年以上あると考えられる。

施工後8年経過



施工後8年経過



(3) 防腐処理杭による野外暴露試験調査結果まとめ

今回の暴露試験において、9種類の防腐処理方法について耐用年数の調査を行いました。その結果をまとめると下記のとおりとなります。

無処理の皮なしの杭を基準とした場合、パラフィン煮沸処理以外の防腐処理を施した杭については、約2年程度耐用年数が長くなると考えられました。しかし、その中でパラフィン煮沸処理と廃油加熱加圧処理については、クレオソート等の簡易な塗布処理と違い、防腐処理手間がかかるため、費用対効果が悪いと考えられます。また、無処理で皮を付けて施工した場合、地際～地中にかけての腐朽が著しく、耐用年数は短くなると考えられました。

キシラデコールにおける樹種での比較により、スギ、マツに比べヒノキの耐用年数が長いと考えられます。タナリス加圧注入処理した杭は、施工から8年経過した時点でも健全な状態を維持しており、長期間の使用が期待されます。

これらのことから、耐用年数5年程度を確保したい場合、環境配慮型クレオソートやシリコーン、キシラデコールといった塗布による防腐処理を行うことが必要だと考えられます。また、それ以上の耐用年数を必要とする場合、タナリス加圧注入処理が有効だと考えられました。さらに、材種にヒノキを用いることにより、耐用年数がスギやマツより長くなると考えられます。

	樹種	耐用年数
① クレオソート（従来型）塗布処理	スギ	約7年
② 無処理（皮なし）	スギ	約4年
③ 無処理（皮付き）	スギ	約2.5年
④ 環境配慮型クレオソート塗布処理	スギ	約6年
⑤ 廃油加熱加圧処理	スギ	約6年
⑥ パラフィン2時間煮沸処理	スギ	約4年
⑦ シリコーン塗布処理	スギ	約6年
⑧ キシラデコール塗布処理	スギ	約5～6年
	ヒノキ	約8年～
	マツ	約5～6年
⑨ タナリス加圧注入処理	スギ	8年以上

3 ピロディン調査データ集計表

既設木造構造物のピロディン値

(単位: mm)

工 種	使用薬剤等	設置条件	経 過 年 数													
			設置時	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年
切土法面丸太伏工	珪珪イソート	縦木		17.4	18.1	16.7	18.5	16.5	18.7	17.3	15.6	17.8	29.1	28.1	29.1	33.4
		横木	18.4	18.5	17.1	18.7	19.2	19.8	21.2	22.7	22.8	24.7	29.1	29.2	30.9	33.2
	環境配慮型珪珪イソート	横木	14.6	14.8	12.5	14.5	16.4	15.7	16.0	18.2	19.9	20.0			22.4	
簡易丸太据工	無処理	縦木	16.5	19.7	24.9	27.2	30.9	32.7	33.2	34.7	36.9					
		横木	15.6	19.5	25.7	28.2	32.4	32.9	34.6	34.6	36.3					
丸 太 階 段 工	環境配慮型珪珪イソート	縦木	17.9	16.7	16.7	16.6	20.0	21.2	20.8	22.8	26.7	28.4				
		横木	18.9	18.2	18.6	19.6	21.1	22.4	24.2	25.7	30.4	30.7				
丸 太 擁 壁 工	タナリスCY	横木		16.3	18.6	21.0	15.8	16.5	17.2	17.1	16.2	17.1	17.2	19.3	20.6	23.6
丸太筋工	環境配慮型珪珪イソート	縦木	19.4	18.6	18.4	19.6	20.4	21.6	22.6	26.0	26.7	24.8	32.5			
		横木	18.1	17.1	17.7	17.5	19.1	20.6	23.1	21.3	24.6	27.2	30.2			
	無処理	縦木		20.2	20.3	25.0	30.9	30.9	20.3							
		横木		16.3	19.0	22.8	28.6	33.5	23.7							
落石防止工(緩衝材)	無処理	縦木	14.8	13.1	17.9	20.3	22.9	25.1	26.4	25.0	27.3	28.5	32.3			
防風掘工(合掌組)	珪珪イソート	地際				22.8	21.4	21.2	26.2	25.0	29.8	32.6				
谷止工(残存型枠)	タナリスCY	型枠	16.6	17.4	16.7	15.9	16.4	16.9	17.6	17.2	18.8	19.6			17.8	

防腐処理野外暴露試験杭のピロディン調査結果

(単位: mm)

設置年月	防腐処理区分	樹種	調査木数	経 過 年 数																	備考
				設置時	0.5年	1年	1.5年	2年	2.5年	3年	3.5年	4年	4.5年	5年	5.5年	6年	6.5年	7年	7.5年	8年	
H12.3	クレオゾート塗布	スギ	5	16.6	13.6	12.5	13.7	13.1	13.9	15.9	16.2	15.2	20.6	16.5	23.1	25.5	28.0	29.0	33.8		
	無処理(皮無し)	スギ	4	16.8	14.4	13.3	13.7	13.4	16.1	17.3	21.9	26.4	30.9	28.7	32.5	34.3					
	無処理(皮付き)	スギ	2	16.3	13.8	11.8	13.2	18.4	23.3	34.2	36.1	34.2	38.7	40.0	40.0	40.0					
H15.12	環境配慮型クレオゾート塗布	スギ	5	22.1	19.9	17.5	18.2	17.9	18.5	24.5	26.8	26.1	23.9	27.2	28.0	26.3	33.6	32.2	34.9	40.0	
	炭油加熱加圧処理	スギ	5	15.8	15.7	14.7	14.8	17.3	16.7	19.3	18.4	21.5	19.4	26.0	25.8	24.0	30.9	29.4	30.1	30.3	
H16.6	パワフィン2時間浸透処理	スギ	5	21.5	20.7	20.7	21.7	24.4	24.8	28.4	28.8	29.3	32.5	30.2	30.8	37.6	34.7	38.8	40.0		
H17.4	シリコン塗布	スギ	5	16.6	17.6	16.2	15.5	18.7	24.9	24.6	25.4	24.7	27.0	23.8	24.0	29.1	33.0				
H19.3	キシラデコール塗布	スギ	5	15.3	18.1	18.2	20.2	16.9	22.6	22.2	23.0	21.5	25.6	27.2						25.3	参照
		ヒノキ	5	11.8	13.9	13.6	16.6	17.1	18.9	13.7	15.8	14.8	17.5	18.5						16.1	参照
		マツ	5	15.5	17.7	18.5	17.0	21.2	17.1	15.9	19.8	18.3	25.6	21.8						25.5	参照
H20.7	タナリス加圧注入	スギ	10	20.0	16.7	18.8	14.8	19.8	16.5	17.4	15.8								18.6		

《 付録 》

1 木材の劣化^{※1}

私たちの周辺で利用されている木材は、日光や風雨などの無生物的な原因やシロアリなどの昆虫による食害、微生物や菌類による分解などの生物的原因により劣化します。劣化とは、木材が使用される環境で時間の経過とともに様々な作用によって、その機能を低下させる現象のことを言います。

2 木材の風化と腐朽^{※1}

木材の劣化には、日光や風雨等にさらされることにより起こる風化と菌類が木材を分解することにより起こる腐朽があります。風化は、水、日光（特に紫外線）の作用と風雨による摩耗などが原因であり、これに空気（酸素）、温度、湿度などが関係して起こります。また、腐朽は、褐色腐朽菌、白色腐朽菌などの木材腐朽菌が原因によって起こります。

風化による劣化因子

因子	劣化作用
日光	紫外線によるリグニンなどの成分の低分子化と変色
雨水	光酸化反応における触媒作用、反り、割れ、剥離の発生
風	土砂、埃による損傷、摩耗、破細片の脱落
空気(酸素、オゾン)	酸化作用
湿度(水蒸気)	雨水に準ずる
温度(熱)	光酸化作用の促進、凍結・解凍による微少割れの発生
大気汚染物質	酸性雨による光酸化作用の促進、セルロースの加水分解
微生物	腐朽菌、カビによる変色

腐朽による劣化因子

因子	劣化作用	代表的な腐朽菌
褐色腐朽菌	セルロース、ヘミセルロースが分解、吸収され、リグニンは分解されずに残るため、褐色腐朽を起こす	トクダク、オクスラク、ナミダク、マツオシ、イヨク、キイラク
白色腐朽菌	セルロース、ヘミセルロースおよびリグニンが分解、吸収され、腐朽材が退色、または白色腐朽を起こす	カイラク、カラク、スヒロク、ヒロク、ホゲク

3 木材の耐腐朽性^{※2, 3}

木材には、辺材（外側の白い部分）と心材（中心付近の赤い部分）があります。辺材は、樹種による耐腐朽性の差がほとんどなく、野外に設置されたものは約2～3年で腐朽してしまいます。心材は、樹種によって耐腐朽性に差があり、辺材に比べて高い耐腐朽性があります。

樹種別（心材）の耐腐朽性

樹種	耐用年数(屋外)	耐腐朽性区分
スギ	5～6.5年	中
ヒノキ	7～8.5年	大
アカマツ、クロマツ	3～4.5年	小
カラマツ	5～6.5年	中
ケヤキ	7～8.5年	大
クリ	7～8.5年	大
ヒバ	7～8.5年	大
ナラ	5～6.5年	中
モミ	3～4.5年	小
ブナ	2.5年以下	極小
ベイヒ	7～8.5年	大
ベイマツ（マウンテン）	5～6.5年	中
ベイマツ（コースト）	3～4.5年	小
オウシュウトウヒ（ホワイトウッド）	2.5年以下	極小

注) 耐用年数は、各樹種の心材部を屋外に設置し、使用に耐えられなくなるまでの平均年数

4 木材の使用環境と劣化^{※4}

木材の使用環境による劣化の程度は次のとおりです。

使用環境の違いによる劣化状況

使用環境	劣化の状況
地中・水中	酸欠状態にあるため木材は腐朽しにくく、地上に設置した場合に比べて、長期間必要な機能を有している事例が数多く見られる。
地上	気象条件の影響により、変色・ひび割れ等を引き起こしやすい。また、部材の接合部、割れ目、ボルト穴など、雨水が浸入しやすく乾きにくい箇所からの腐朽が進みやすい。
地際・水際	乾湿を繰り返す場所であり、栄養分も豊富であるために、腐朽・ひび割れ等の劣化が進行しやすい。

5 木材保存剤^{※3}

木材を屋外で使用する場合、無処理のままで使用すると腐朽の進行が早く耐用年数も短くなるため、木材保存剤等を用いた防腐・防蟻処理が行われています。木材保存剤の規格等については、JIS（日本工業規格）やJAS（日本農林規格）に規定されているほか、新たに開発された製品の品質性能を認証する制度として、AQ認証（財団法人日本住宅・木材技術センターによる優良木質建材等認証事業）が行われています。

主な木材保存剤

分類	木材保存剤の種類	主成分	色	主な商品名
水溶性	AAC(第四級アンモニウム化合物系)	DDAC	透明色	ペンタキアニューBM、レックR
	CUAZ-2(銅・アゾール化合物系)	酸化銅アゾール	緑～淡褐色	クリスCY
	CUAZ-3(リクニン・銅・アゾール化合物系)	〃	緑～淡褐色	LC-350
	ACQ-1(銅・アルキルアンモニウム化合物系)	酸化銅・ベンゾ・ニコウムクロリド	緑～淡褐色	マイレックACQ
	BAAC(ホル素・アルキルアンモニウム化合物系)	ホル素・DDAC	透明色	セルボ-P
乳化性	NCU-E(ナフテン酸銅系)	ナフテン酸銅	緑色	トヨゾールCU
	NZN-E(ナフテン酸亜鉛系)	ナフテン酸亜鉛	透明色	トヨゾールZn、モルボ-ZE
	VZN-E(パ-チック酸亜鉛・ビスロイト系)	パ-チック酸亜鉛・パ-ノスリン	透明色	エパ-ウットPN-700
油溶性	NZN-O、NCU-O(ナフテン酸金属塩系)	ナフテン酸亜鉛・ナフテン酸銅	透明～緑色	ニッケンクリンZN
	AZN(ニコチン・アゾール化合物)	ジプロソナゾール・イミダゾプロリド	透明色	ニッケンクリンCI
油性	A(クレオソート油)	トルエン、ナフレン、タール酸類	透明～褐色	環境配慮型クレオソートR

6 防腐・防蟻処理の方法^{※4}

防腐・防蟻処理の処理方法には、加圧式、浸漬、塗布などがあり、効果や経費を考慮して、適切な方法を選定する必要があります。また、木材保存剤の浸透性は樹種によって多少の差がありますが、一般的に辺材は浸透しやすく、心材は浸透しにくい傾向にあります。

主な防腐・防蟻処理方法

防腐処理区分	防腐・防蟻処理の方法と性質
加圧式	加圧注入施設を用い、加圧や減圧の操作を行って薬剤を注入する方法であり、薬剤の浸透効果に優れ、防腐効果の信頼性が高い。
浸漬	木材を薬剤槽に漬けて処理する方法である。多量の薬剤を必要とし、部分的に処理することができない。
塗布	刷毛等で木材表面に薬剤を塗る方法であり、簡易で小規模な設備で実施できる表面処理法である。補修方法としても用いられる。薬剤の浸透深さが浅く、長期にわたる防腐効果は期待できない。

7 JAS性能区分^{※3}

木材の耐久性は、使用される環境によって大きく異なるため、JASでは性能区分をK1～K5まで5段階に分類されています。

JAS規格における性能区分

性能区分	木材の使用環境	具体的内容
K1	屋内の乾燥した条件で腐朽・蟻害の恐れのない場所で、乾材害虫に対して防虫性能のみを必要とするもの	ヒラタキクイムシを対象
K2	低温で腐朽や蟻害の恐れが少ない条件下で高度の耐久性の期待できるもの	比較的寒冷地域での建築部材
K3	通常の腐朽・蟻害の恐れのある条件下で高度の耐久性の期待できるもの	土台等建築部材用
K4	通常より激しい腐朽・蟻害の恐れのある条件下で高度の耐久性の期待できるもの	屋外で風雨にさらされる場所
K5	極度に腐朽・蟻害の恐れのある環境下で高度の耐久性の期待できるもの	電柱、枕木、海中使用等極めて高い耐久性を要するもの

※性能区分は、防腐処理剤の種類毎に吸収量 (kg/m³) が規定されています。

8 AQ認証^{※4}

AQ (Approved Quality) 認証は、新しい木質資材等について品質性能等を客観的に評価・認証し、消費者に対し安全性等に優れた製品の提供を目的として、(財)日本住宅・木材技術センター (以下、センターという) が認証した製品にAQマークを表示するというものです。企業から申請された製品は、センターが品質・性能試験等を行い、判定基準に適合し、生産状況などから品質の安定性が十分確保できると認められた製品だけが認証されます。

AQ保存処理製品の性能区分

性能区分	認証に必要とする性能基準	具体的内容
1種	針葉樹の構造用製材等のJASに規定する保存処理性能区分のK4相当のもの	極めて高度の耐久性が要求される用途向け
2種	JASに規定する保存処理性能区分のK3相当のもの	屋内や地面に接しない用途向け
3種	JASに規定する保存処理性能区分のK2相当のもの	比較的寒冷な地域で、屋内や地面に接しない用途向け

【引用・参考文献】

- ※1) 木材化学講座12 保存・耐久性 屋我嗣良・河内進策・今村祐嗣 編 (1997 海青社)
- ※2) 改訂4版木材工業ハンドブック (2004 丸善株式会社)
- ※3) 加工式保存処理木材の手引き (2006 日本木材防腐工業組合)
- ※4) 森林土木木製構造物等施工マニュアル (2005 (社)日本治山治水協会・日本林道協会)

調査担当者 山口 修 , 山浦 好孝
林崎 泰
調査員 馬場 信貴 , 永守 直樹
島内 稔 , 西尾 憲幸
井手 義人 , 木村 義孝
坂井 辰則 , 大野 雅弘
唐川 幸雄 , 平野 一馬
調査協力 各農林事務所 (森林土木担当)

木質土木資材の耐久性と新たな防腐処理に関する研究

発行年月 平成29年4月

編集・発行 佐賀県林業試験場

(編集担当 : 山口 修、林崎 泰)

〒840-0212 佐賀市大和町大字池上3408

TEL 0952-62-0054 FAX 0952-51-2013
