

大分県林試研報，第15号

土木用木製構造物の耐久性に関する研究

津島俊治・河津 渉・城井秀幸・豆田俊治・三ヶ田雅敏・長谷部孝行

A study on durability of the wooden structure used for the civil engineering

S.Tsushima, W.Kawazu, H.Kii, T.Mameda, T.Miketa and T.Hasebe

Bull. Oita Pref. For. Exp. Stn., No.15

大分県林業試験場

大分県日田市有田

平成15年9月

OITA PREFECTURAL
FOREST EXPERIMENT STATION

Arita, Hita, Oita, Japan

September, 2003

土木用木製構造物の耐久性に関する研究

津島俊治*¹・河津 渉¹・城井秀幸¹・豆田俊治¹・三ヶ田雅敏¹・長谷部孝行²

A study on durability of the wooden structure used for the civil engineering

S.Tsushima, W. Kawazu, H. Kii, T. Mameda, T. Miketa and T.Hasebe

要旨：

ピロディンを用いた木材の劣化診断法について試験した結果、ピロディン貫入深さ (Pilodyn driving depth、以下Pdrとする) は密度と負の関係にあったが、年輪構造の異なるスギ材間においては関係が認められなかった。また、高含水率材のPdrは気乾材の約1.2倍であった。健全なスギ小径丸太のPdrは約18mmであった。

次に、大分県下に設置された171カ所のスギ木製構造物を対象に、それらの劣化原因と劣化経過について調査した結果、被害形態はカワラタケやキカイガラタケなど担子菌類による腐朽とヤマトシロアリによる食害被害であった。6段階評価及びピロディン貫入試験法により木製構造物に使用されたスギ部材の腐朽度を測定し、それらから線形回帰によって推定した木製構造物の耐用年数は、無処理材が6.2年、処理材が16.0年であった。また、工種別の耐用年数は、木柵工の無処理材が6.1年、処理材が12.9年、流路工・護岸工の無処理材が4.9年、防風垣工の無処理材が7.0年、処理材が11.4年であり、それぞれの工種が採用される現場の環境により多少異なった。一方、非線形回帰によって推定した耐用年数は、線形回帰による耐用年数に比べ小さかった。また、スギ部材の腐朽度診断において、6段階評価の被害度とPdrの被害度の間に高い相関関係が認められたことから、いずれの方法でも腐朽度診断が可能と考えられた。さらに、重回帰分析の結果、設置後の経過年数、使用木材の加工状況及び防腐処理状況、施工地の標高や海岸からの距離等の環境因子から、木製構造物の耐用年数の予測が可能と考えられた。

さらに、木製防護柵部材の劣化原因と劣化部材の強度性能について試験した結果、腐朽は、部材上部の干割れに添って発生し、部材の表面より内部ほど広範囲であった。これらの劣化部材の曲げ強さの最小値、平均値、最大値 (以下同じ) は12.6-31.5-48.2N/mm²で、全体の16%が無等級材のスギ基準強度22.2N/mm²を下回り、明らかな強度低下が認められた。一方、背割加工による丸棒の強度低下は認められなかった。

土木事業担当者504名にアンケート調査を行った結果、担当者の大半は木材使用に肯定的であったが、過半数は使用経験を持たず、木材の耐久性や歩掛・コスト等の情報提供により意識改革を図る必要があると思われた。

*連絡先(Corresponding author)E-mail:tsushima@fes.pref.oita.jp

1 大分県林業試験場 (877-1363日田市大字有田字佐寺原)

Oita Prefectural Forest Experiment Station, Arita, Hita, Oita(877-1363)

2 大分県林政課検査技術管理室

Oita Prefectural Forestry and Fisheries Department, Inspections and Technology management Section.Otemati 3-1-1,Oita,Oita(870-8501)

目 次

I	研究の目的	1
1	土木事業における木材利用と研究目的	1
2	木材の耐久性に関する研究の動向	1
II	ピロディン貫入試験法	3
1	はじめに	3
2	試験方法	4
3	試験結果と考察	4
(1)	樹種・比重の影響	4
(2)	年輪構造の影響	5
(3)	含水率の影響	7
(4)	凍結の影響	8
(5)	節の影響	8
(6)	スギ小径丸太試験の結果	9
III	既設構造物調査	11
1	調査方法	11
(1)	調査対象	11
(2)	現地調査	11
2	調査結果と考察	13
(1)	木製構造物の概要	13
(2)	被害形態と劣化原因	14
(3)	木材劣化度と使用不能材の基準	23
(4)	木材劣化の調査地内変動及び部材内変動	27
(5)	木材劣化に影響する要因と使用部材の耐用年数	29
(6)	工種別の耐久性	31
①	木柵工・筋工	31
②	流路工・護岸工	33
③	防風垣工	33
④	土留工	35
⑤	防護柵工・橋欄工	35
⑥	谷止工	36
⑦	階段工	36
⑧	支柱工	37
(7)	重回帰分析による耐用年数の予測	37

IV 木製防護柵の劣化と強度性能	40
1 はじめに	40
2 調査及び試験方法	40
3 試験結果と考察	41
(1) 劣化原因	41
(2) 劣化部材の強度性能	43
(3) 背割り部材の強度性能	45
V 木材使用に関する土木事業担当者の意識調査	46
1 はじめに	46
2 調査方法	46
3 調査結果と考察	46
(1) 回収率	46
(2) 木材使用推進と使用経験	46
(3) 木材使用に対する土木事業担当者の考え方	46
(4) 工種ごとの耐用年数	47
(5) 土木事業担当者の意識改革を図るために	48
VI 総合考察	49
VII 摘 要	51
謝 辞	52
参考文献	53
添付資料 1	56

I 研究の目的

1 土木事業における木材利用と研究目的

二酸化炭素の排出問題やオゾン層の破壊など地球規模の環境問題が叫ばれている中で、資源循環型社会の確立に向けた取り組みが全国各地で行われている。大分県においても、国際標準化機構（International Organization for Standardization）の環境に関する国際規格ISO14001を平成11年1月18日に認証取得し、環境問題へ積極的に取り組んでいる。このような取り組みの中で、循環型資源である木材の積極的な使用はもちろんのこと、木材以外のリサイクル可能な資源の活用も推進されているところである。

一方、林業行政においては、県産材の積極的利用を図ることや間伐材の利用推進が急務な課題となっており、その対策を模索している中で、特に、平成9年頃から緊急間伐事業で増加見込みの間伐材等の積極的な活用を図るため、平成11年度から県庁内連絡調整会議を開催するなど、建築及び土木事業の担当部局へ対し、木材利用推進の協力を呼び掛けてきた。

しかしながら、表1に示すとおり、林業関係の年間使用量は4,000m³程度まで徐々に増加してきたが、他の省庁の土木工事の木材利用は期待するほど拡大していない現状にある。この原因として、設計者をはじめ多くの関係者が木材の耐久性や安全性に不安を持っていることや歩掛りあるいはコストなど設計上の不都合を感じていることが考えられる（16,17）。また、木材の耐久性に関して、森林土木用木製構造物施工マニュアル（21）では当面最大10年程度を目安とするとされているが、樹種や設置場所等の条件により差が大きいことも指摘されており、適正な木材選択に関するデータが不足していることもあげられる（9）。

このような状況のもと、大分県林業水産部は、平成11年度に森林土木事業木材利用促進木製構造物手引き書（13）を作成し、さらに木製構造物の耐久性に関する内容を充実させたいという要望から、過去に森林土木事業で設置した既設木製構造物の実態調査を実施する機会を得た。

そういう意味から、筆者らは、「現場の土木技術へ活用できる研究成果」を得ることを本研究の第一目標と考えた。

表1 大分県の土木事業における木材使用量の推移

単位：m³

担当部局	平成9年度	平成10年度	平成11年度	平成12年度	平成13年度
林業水産部	1,283	1,867	4,041	3,610	4,324
農政部	0	0	1	1	0
土木建築部	0	0	66	17	322
合計	1,283	1,867	4,108	3,628	4,646

(林政課検査技術管理室資料)

2 木材の耐久性に関する研究の動向

木材は、腐朽や虫害、細菌や変色菌、光変色や風化などにより劣化する。木材腐朽菌は、木材を褐色に変色する褐色腐朽菌と白色にする白色腐朽菌の担子菌類や高含水率状態の木材を腐朽する子のう菌類あるいは不完全菌類の軟腐朽菌とに分類される。一方、虫害は、

シロアリやヒラタキクイムシなど昆虫による食害であり、シロアリ分布図から大分県下にはヤマトシロアリとイエシロアリが主に生息していると考えられる(34)。これらの劣化メカニズムに関しても多くの研究が行われているが(32,33,34,43)、その他の劣化原因に比べ、一般に被害が急激かつ甚大であるとされている。

一般に、木材を屋外で使用すると害虫や害菌の攻撃を受けやすくなり、建築用材として使用する場合と比べ、極端に耐久性が低下する。このような野外における木材劣化の研究には、実際に森林土木工事等に使用されている木製部材の劣化状況について調査する方法と試験地に埋設した杭の劣化状況を経時的に測定する野外杭試験の方法がある。

前者による報告には、富山県のスギ及びカラマツを使用した治山木杭に関する報告(40)や秋田県のスギ杭丸太に関する報告(5,6)のほか、熊本県のスギ及びヒノキを使用した土留工に関する報告(10,11,12)、青森営林局管内のヒバ材を使用した木製ダムに関する報告(25)、木橋に関する報告(15,52)、大分県のスギを使用した木製防護柵に関する報告(27)、群馬県のスギを使用した落石防止柵緩衝材に関する報告(48)などがある。

また、後者には、森林総合研究所の浅川実験林苗畑での杭試験に関する報告(1,2,45,46)をはじめ、富山県や大分県、岡山県での報告などがある(20,22,31,41,44)。杭試験は、前者に比べ樹種や防腐処理などの処理内容を選択できるというメリットがある。

これらの主な研究内容を紹介する。雨宮は、6段階評価の被害度と縦圧縮強度減少率が負の直線関係にあることから被害度3に到達する年数が耐用年数であるとしたが、松岡らは平均被害度2.5以上を耐用年数として国産材49樹種、外材16樹種の耐用年数を調査した。その結果、スギの耐用年数は、心材が6.0年、辺材が4.5年であった(45)。また、長谷川らは、スギ及びカラマツの治山木杭の折損率、縦圧縮強さ、容積密度の関係から、耐用限界被害度を3.4とし、Richards回帰曲線式によりスギ木杭の耐用年数を7.4年と考えた(40)。一方、飯島は、治山杭木などの土木用木製構造物が建築物などと違い人命に直接関与しないという理由で、6段階評価の被害度とPdrから求めた被害度をもとに、6段階評価の被害度を3、Pdrが35mm超を使用不能材と考え、構造物の耐用限界確率の試算から解析し、スギ杭丸太の耐用年数を丸太材6年、円柱材8年とした(4)。以上のように、これらの研究により、木材の劣化診断法や劣化診断基準、野外における耐用年数が明らかとなりつつある。

一方、野外における木材の劣化は、その場所の気候(気温、降水量)や環境(日当たり、水、土壌、害虫の生態など)によって異なることが知られている。これに関しては、気温や温度、降水日数、降水量などの気候要素や気候因子から計算される気候指数(climate index)をもとに木材の耐久性を推定する方法が報告されている(37,38,39)。国土が南北へ長い日本では、気候指数の地域間差が大きいと考えられる。これまで、大分県の野外における木材劣化に関する研究はなく、他地域の研究結果をそのまま本県に適用できるわけではない。そのため、本研究を行った。

II ピロディン貫入試験法

1 はじめに

一般に、木材の劣化診断法には、森林総合研究所の6段階評価法のほか、ピロディン貫入深さや超音波伝搬速度から推定する方法、フラクトメーターで測定するVTA法、あるいは穿孔の電気抵抗から推定する方法やX線CT装置を用いる方法などが知られている(1,3,5,35,52)。しかしながら、測定や判定方法が複雑であったり、測定機器が高額であったりするため、実際の土木現場で使用できない測定方法も多い。

そこで、土木現場で現実に採用可能な木材劣化診断法を選択するため、測定器具の運搬や現場での測定が比較的簡単であること、木製構造物に与えるダメージが少ない非破壊の劣化診断法であること、測定機器が手頃な価格であること、使用頻度の高いスギ木製構造物の測定に適していることから、ピロディン試験器の貫入深さから劣化度を推定する方法が最も汎用性に富んでいると判断し、その測定上の注意点を明らかにするための試験を行った。

ただし、耐久性の高い外材や大径材などを使用した構造物の場合、報告されているような内部腐朽により劣化する場合(49)には、表面劣化を診断するピロディン貫入試験法は採用できないため、注意が必要である。

ピロディンは、電柱の軟質腐朽や立木密度の測定などに用いられる木材測定器であり(写真1)、製造元であるスイスPROCEQ社のカタログには、次のような注意点が記述されている。①ピロディンを用いる試験は、腐朽が外側から内部に向かって起きている場合に、また電柱が凍結も、極端な乾燥もしていない場合にのみ可能である。②電柱試験方法では、最もひどい腐朽は通常地表下5~10cmの深さに見られるので、そこが最良の試験部位で、同一円周のまわりで3回の測定をし、平均値をとる。③ストライカーピンの先端は、平坦面であつ鋭利でなくてはならない。そして、約5000回の打撃を終えたら交換しなければならない。



写真1 スイスPROCEQ社製のピロディン試験器 (Pilodyn 6J)

しかし、これまでスギ材のピロディン試験に関する研究事例は少なく(14,24,30)、上記の注意点だけを頼りに劣化診断測定を行うことは困難である。そこで、樹種、比重・年輪構造、含水率、節、凍結などの諸要因がピロディン貫入深さに与える影響や、実際の土木用木製構造物に最も多く使用されているスギ小径丸太のピロディン貫入深さを検討した。

2 試験方法

試験は、スイスPROCEQ社製Pilodyn 6J (ストライカーピン直径2.5mm、ピン長40mm)を使用し、クリアー試験とスギ小径丸太試験を行った。

クリアー試験は、年輪構造の異なるスギ5個体、ヒノキ、ベイマツ、ユリノキ、ケヤキ、クヌギ各1個体を供試材とし、年輪が材高方向と直角になるよう板目木取りで5×5×60cmに仕上げ、40cm部分を含水率試験に、20cm部分を凍結試験に供した。

含水率試験は、気乾時に半径方向のピロディン貫入深さPdrと接線方向のそれPdtを測定した後、㈱ヤスジマ製の真空・加圧含浸装置SBK-400AB (減圧0.08MPa-30min、加圧0.82Mpa-60minを3回)で十分に水を吸収させ、その後40℃で熱風乾燥を行い、数日毎にPdrを測定した。極度に乾燥した後、105℃で恒量に達するまで乾燥し、冷却後、全乾時のPdrを測定した。測定は、ストライカーピンを材面に直角に貫入するよう打込み、3回の打込み量の平均値をPdr、Pdtとした。なお、Pdrは、接線面に木表側から木裏側への打込み量とし、Pdtは柁目面への接線方向の打込み量とした。

凍結試験は、針葉樹を対象に行い、材長20cmの試料の等分した片方を飽水状態にした後、両者を冷凍室温度が-20℃の冷蔵庫に5日間入れ凍結させPdrを測定した。

節試験は、直径10cmの小径丸太を想定し、髓を材辺に持つスギを用い、長径2cmの節周辺のPdrを測定した。

以上のクリアー試験の供試材は、測定終了後、ストライカーピンの貫入部を丸鋸で切削し、貫入状況の観察に供した。

次に、スギ小径丸太試験では、末口径が9~12cmで、長さ120~200cmの丸棒加工されたスギ小径木419本のPdr、動的ヤング係数Efrを測定した。Pdrは、末口側、元口側及び中央部の3ヶ所の平均値とした。縦振動法によるEfrは、リオン社製FFTアナライザーを用い、1次波の振動数から求めた。

3 調査結果と考察

(1) 樹種・比重の影響

クリアー試験材の気乾比重、平均年輪幅、動的ヤング係数を表2に示した。各供試材の気乾比重は、それぞれの樹種の一般的な値であった(36,47)。スギは、髓を含むCj5を除き、平均年輪幅が小さいほど気乾比重が大きい傾向にあった。

図1に示すように、気乾時のPdrは、スギが18.7~28.7mmと大きく、次にベイマツが17.3mm、ユリノキが15.3mm、ヒノキが14.3mmで、気乾比重の大きいケヤキ、クヌギがそれぞれ10.3mm、9.7mmと小さな値を示し、気乾比重と気乾時のPdrとの間には負の相関が認め

られた。このことか 輻A樹種あるいは比重のPdrへの影響が確認された。しかし、材質の異なる5種類のスギ間では、気乾比重とPdrとの間に一定の関係は認められなかった。

表2 クリアー試験材の主な材質指標

樹種名	記号	気乾比重	平均年輪幅 (mm)	動的ヤング係数 (Gpa)
スギ	Cj1	0.371	1.3	7.50
	Cj2	0.369	3.6	9.09
	Cj3	0.320	6.1	6.75
	Cj4	0.274	22.5	6.13
	Cj5	0.423	5.7	6.06
ヒノキ	Co	0.462	2.9	13.92
ベイマツ	Pm	0.472	3.7	13.94
ユリノキ	Lt	0.452	10.0	9.04
ケヤキ	Zs	0.696	6.1	10.16
クヌギ	Qa	0.879	5.7	16.03

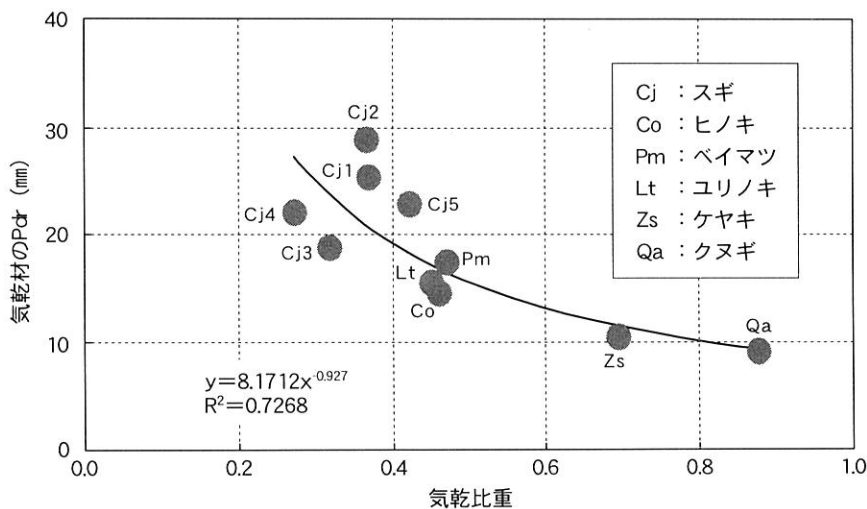


図1 各供試材の気乾比重とPdrの関係

(2) 年輪構造の影響

平均年輪幅が大きいスギのCj3及びCj4は、3回の打込み深さの差が6~7mmと大きかったのに対し、平均年輪幅の小さいCj1及びCj2のそれは1~3mmと小さかった。また、平均年輪幅の比較的大きい広葉樹のユリノキ、ケヤキ、クヌギは、その差が0~1mmと小さかった。これらの傾向は、含水率試験でも同様であった。

ここで、ストライカーピンの貫入状況を写真2に示した。スギ、ヒノキ、ベイマツの21ヶ所の貫入状況を観察した結果、ストライカーピンが晩材で停止していなかったのは1ヶ所のみであり、20ヶ所が晩材の壁で停止していた。特に、早晩材の移行が急激で、密度差が大きいスギの場合、ストライカーピンが最終到達する晩材の壁で停止するため、年

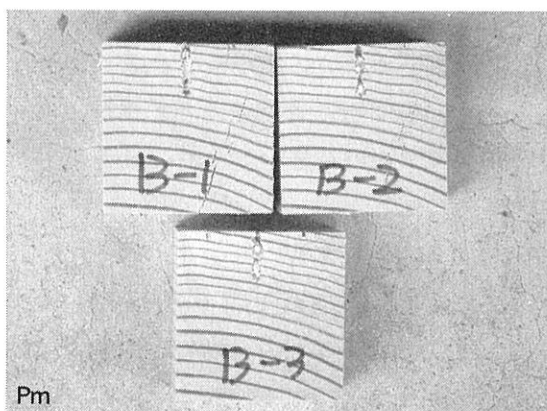
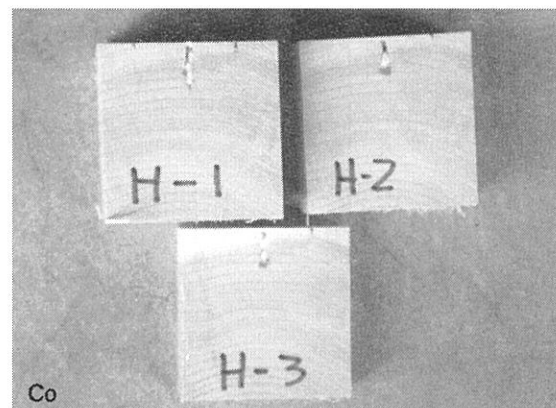
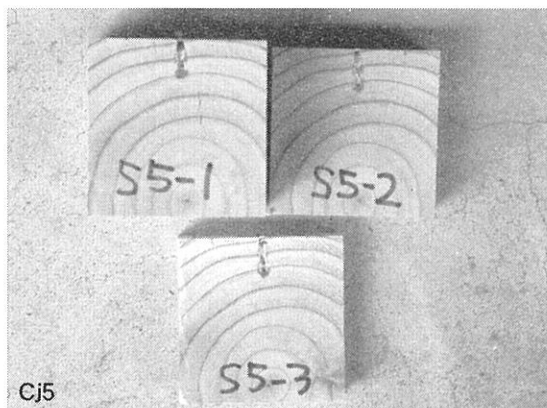
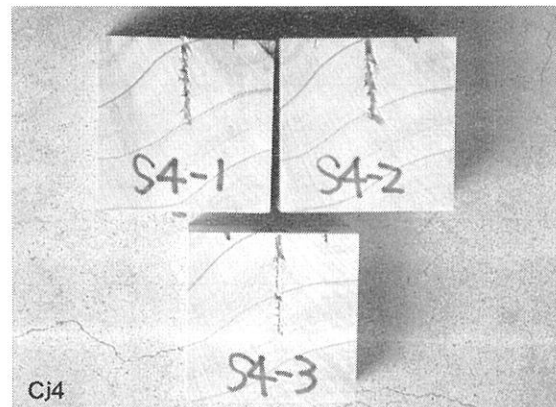
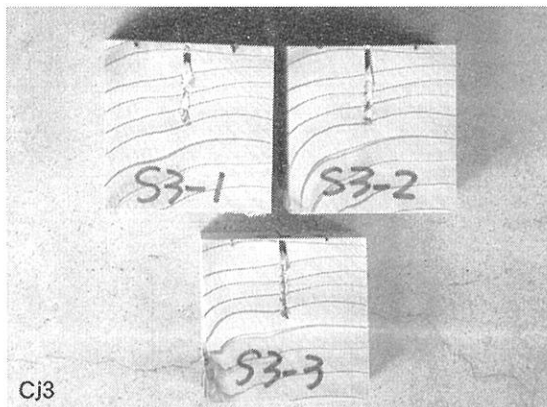
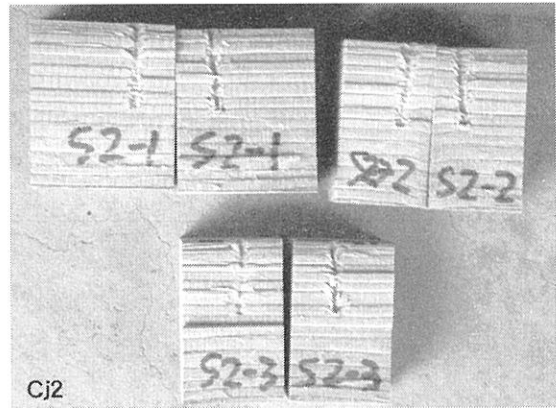
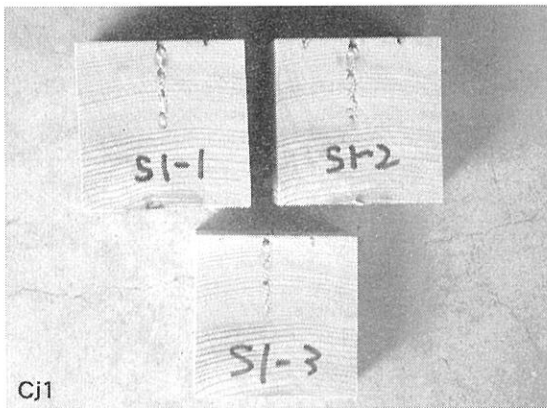


写真2 ストライカーピンの貫入状況

輪幅が大きい場合、ピロディン打込み深さのバラツキが大きくなるものと考えられた。

次に、製材品などの測定も考慮しPdrとPdtとの比較を行った。

その結果、スギのCj3及びCj4のPdtは、Pdrに比較し著しく大きな値を示した。これは、平均年輪幅が大きいこと、直径2.5mmのストライカーピンが軽軟な早材中を貫通したためではないかと推測された。その他の供試材のPdtとPdrの差は±4mm以内と小さかったが、ストライカーピンが早晚材の何れを貫通するかによって、Pdtの大きなバラツキが生じると考えられた。このため、現場ではPdrを用いた劣化診断の方が適当であると考えられた。

(3) 含水率の影響

各供試材の含水率とPdrの関係を図2に示した。含水率50%以上ではほぼ一定のPdrであったが、含水率50%以下では含水率の低下とともにPdrも小さくなる傾向を示した。この傾向は、全ての供試材で顕著であった。一般に、含水率は、木材の物理的性質に大きく影響し、特に繊維飽和点以下の含水率域で大きいことが知られている(51)。本試験では40℃で連続的に熱風乾燥を行ったため、材中に含水率傾斜が生じ、そのため、材の平均含水率で、繊維飽和点より高い50%前後の含水率域でPdrの変化が現れたものと推察された。

次に、含水率50%以上、気乾材、全乾材の各Pdrと含水率50%以上に対する気乾材及び全乾材の比を表3に示した。ただし、気乾材のPdrは、含水率が15%前後の打ち込み深さの平均値とした。その結果、気乾材のPdrは、含水率50%以上に比べ、0.66-0.82-0.91倍(最小値-平均値-最大値で以下同じ)、全乾材は0.54-0.77-0.91倍であった。特に、スギでは、同様に0.81-0.87-0.91倍、0.77-0.83-0.91倍であった。また、含水率50%以下におけるスギのPdrは、含水率1%当たり0.054-0.103-0.154mm減少しており、最小値が既報(4)とほぼ一致していた。

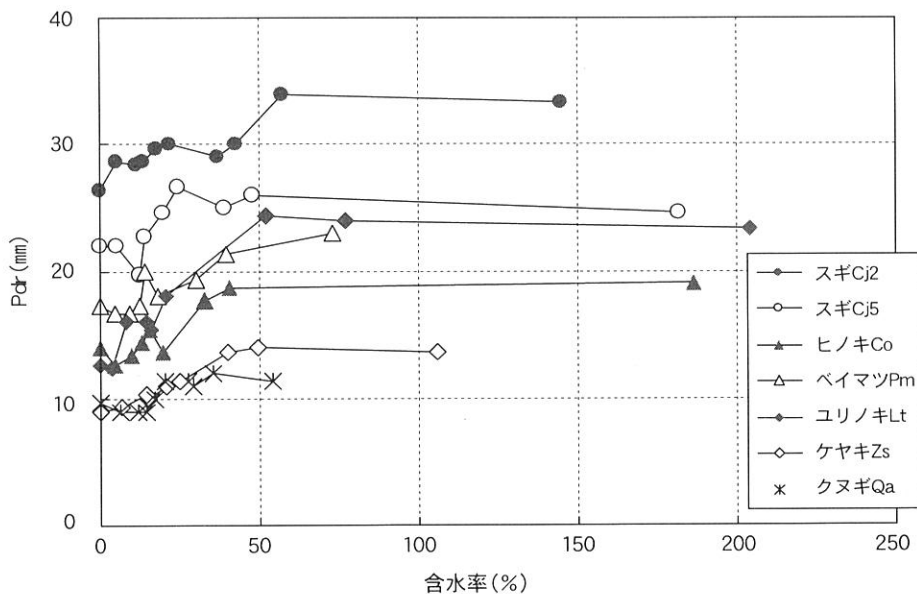


図2 各供試材の含水率とPdrの関係

表3 含水率が50%、15%、0%のときのピロディン貫入深さPdr

樹種名	記号	50%前後		気乾材		全乾材	
		Pdr 50	Pdr 15	比率	Pdr 0	比率	
スギ	Cj1	29.7	27.1	0.91	27.0	0.91	
	Cj2	34.0	29.2	0.86	26.3	0.77	
	Cj3	33.7	29.2	0.87	26.7	0.79	
	Cj4	34.7	28.2	0.81	29.7	0.86	
	Cj5	26.1	23.7	0.91	22.0	0.84	
ヒノキ	Co	18.7	15.3	0.82	15.0	0.75	
ベイマツ	Pm	23.0	187.7	0.81	17.3	0.75	
ユリノキ	Lt	23.7	15.7	0.66	12.7	0.54	
ケヤキ	Zs	14.0	10.5	0.75	9.0	0.64	
クヌギ	Qa	11.3	9.5	0.84	9.7	0.86	

(4) 凍結の影響

飽水にした供試材の推定含水率は、98-206-332%であり、ベイマツが最も低かった。各供試材の気乾材と飽水材の凍結後のPdrを図3に示した。

気乾材の凍結後のPdrは、常温時に比べ0.94-0.97-1.05倍と平均で僅か3%だけ低下した。一方、飽水材のPdrは、同様に0.38-0.48-0.61倍とおよそ半分の値となった。これは、飽水材中に含まれる水が凍結し氷となり、氷による打込み抵抗が増したためと推測できた。

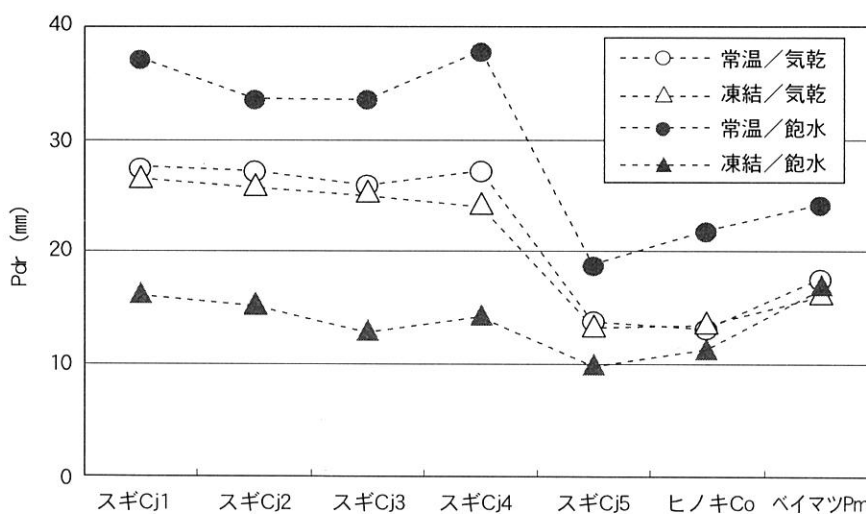


図3 各供試材の凍結材のPdr

(5) 節の影響

節及び節周辺のPdrを図4に示した。節の中心のPdrは13mmと最も小さかったが、中心から上下3cm付近で17.5mmと最大になり、5cm付近から安定していた。また、測定終了後のストライカーピンの貫入状況の観察において、節の周辺では著しく繊維走行が乱れてい

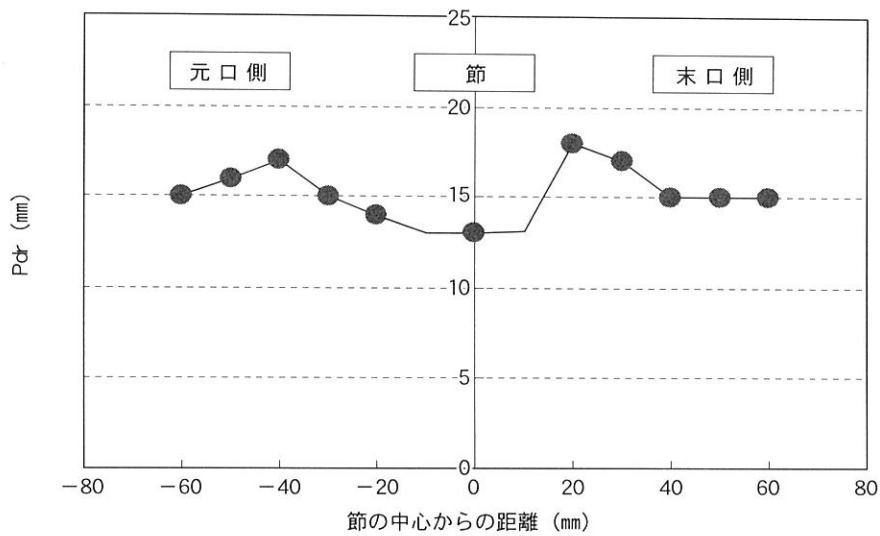


図5 スギ小径材の節周辺のPdr

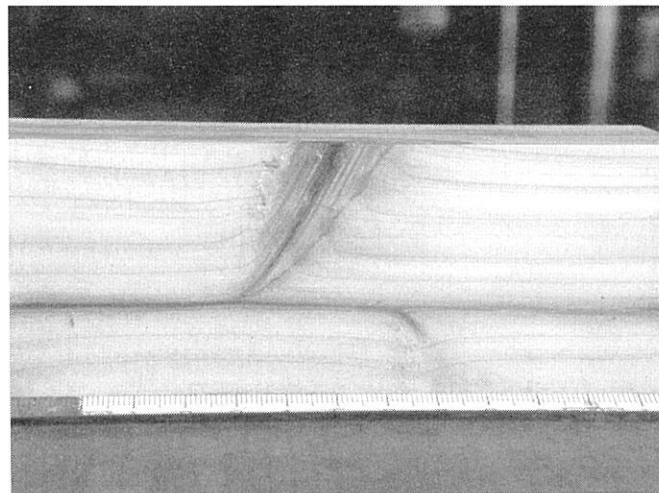


写真3 スギ小径材の節周辺の様子

ることから、このことがPdrに影響する原因と推察された。スギ小径材の節周辺の状況を写真3に示した。長径2cmの節の試験結果から考えて、節周辺の測定は避けた方がよいであろう。

(6) スギ小径丸太試験の結果

図5に示すように、実際の土木用木製構造物に最も多く使用されるスギ小径丸太のPdrは、10.3-17.9-31.0mmで、標準偏差が3.42mm、変動係数が19.1%であった。

次に、動的ヤング係数Efrは、図6に示すように、3.9-8.2-15.6GPaで、標準偏差が1.7GPa、変動係数が20.2%であった。また、PdrとEfrとの間には、図7に示すように、有意な関係は認められなかった。

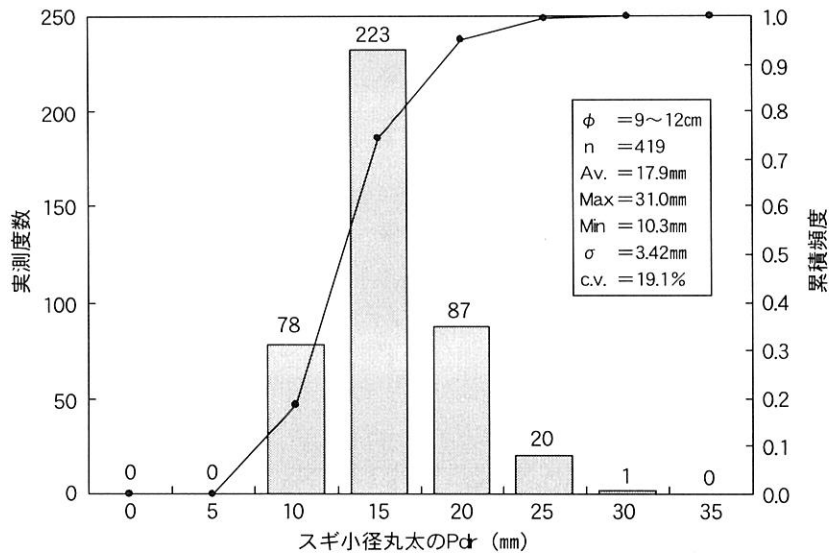


図5 スギ小径丸太のPdrの出現頻度

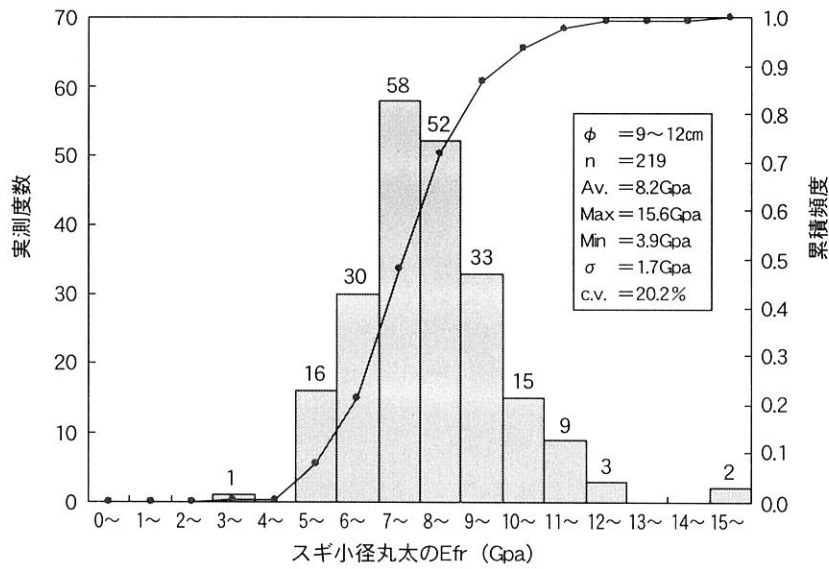


図6 スギ小径丸太のEfrの出現頻度

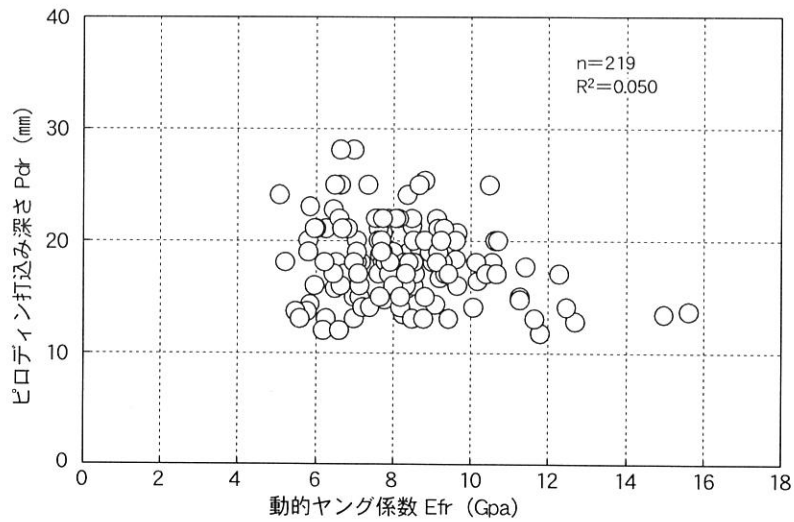


図7 スギ小径丸太のEfrとPdrの関係

Ⅲ 土木用木製構造物の耐久性調査

1 調査方法

(1) 調査対象

調査対象の既設木製構造物は、できるだけ県下全域に散在するよう全地方振興局を対象とし、各地方振興局が把握した219カ所の中から平成10年度及び平成11年度に施工された比較的新しい木柵工の一部を除く171カ所とした（図8）。これらの木製構造物の大部分は、平成元年度以降に治山事業あるいは林道事業で施工されたものであるが、一部は林業構造改善事業等で施工されたものもあった。調査対象地の振興局別及び工種別の調査箇所数は、表4のとおりであった。

(2) 現地調査

現地調査は、平成12年度から平成14年度にかけて、各地方振興局の森林土木事業担当者の案内を得て実施した。調査期間は、木材腐朽の進行時期を考慮し、できるだけ1月から4月の冬季にかけて実施するよう配慮したが、調査地の多くが山間部の奥地に施工されており、1日当たりの調査可能件数が5～10カ所程度と少ないことから、調査時期が若干遅れた箇所もあった。

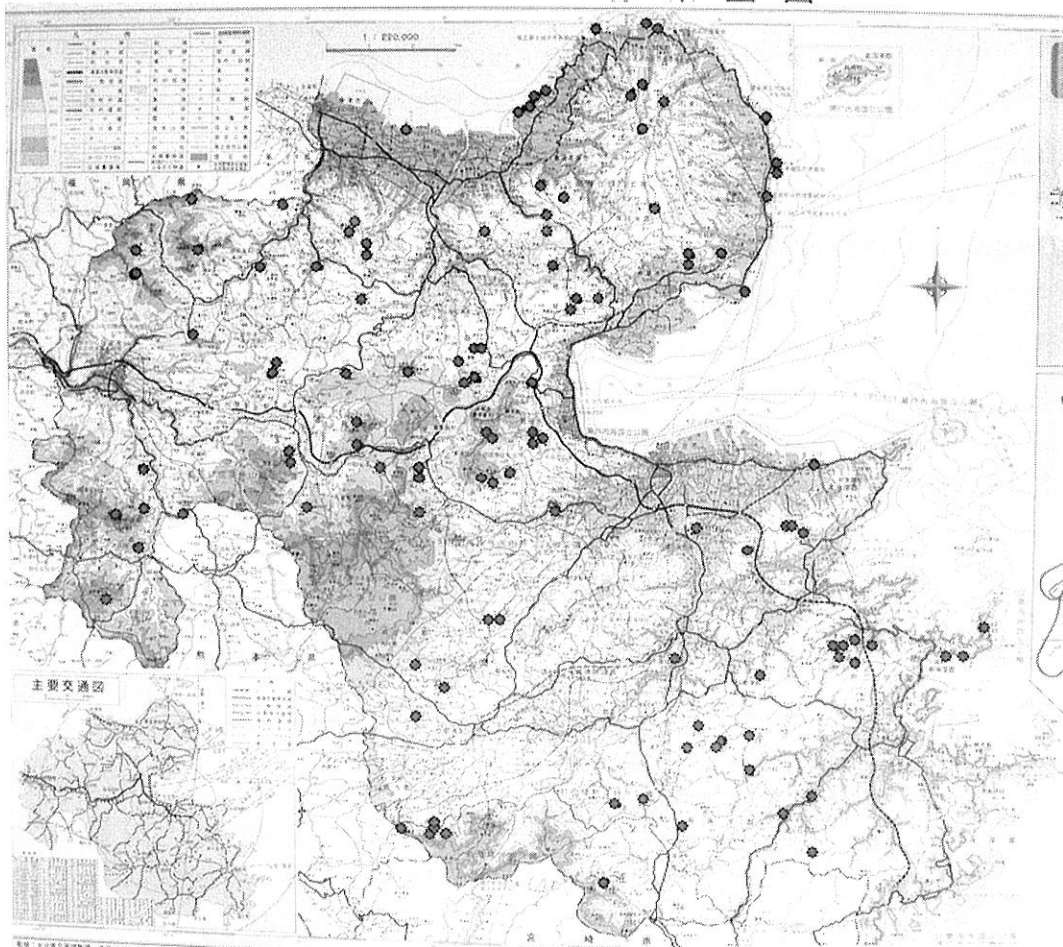


図8 土木用木製構造物耐久性調査の調査箇所位置図（171箇所）

表4 振興局別及び工種別の調査箇所数

振興局名	木柵工 筋工	流路工 護岸工	防風 垣工	土留工	防護柵工 橋欄工	谷止工	階段工	進 入 防止柵	支柱工	その他	合計
西高	6		10		1						17
東国東	5	1	7	1	1	1		1			17
別府速見	8	2	1	2	1		1	1		1	17
大分	4	1		6	2		2	2	4	5	26
臼津関	9		2								11
佐伯南部	7				1		2		3	2	15
大野	5			2			1			1	9
竹田直入	9	1			1						11
玖珠九重	8			8							16
日田		1		4	3	1					9
中津下毛	9				1	3				1	14
宇佐両院	7		1		1						9
合 計	77	6	21	23	12	5	6	4	7	10	171

県内全域の調査を開始する前、平成12年12月に最も施工箇所が多かった工種の木柵工を対象に、調査方法を決めるための予備調査を実施した。中津地方振興局管内の2カ所の木柵工施工地を対象に、斜面の上部と下部で、それぞれ木柵工の杭木（上部・地際）と横木の目視による6段階評価とピロディン貫入試験を行った。

その後、平成13年1月9日から県下全域の全工種を対象とした現地調査を開始した。図8に示した県下全域の171箇所の木製構造物の工種、施工後の経過年数、使用木材の樹種、形状・寸法、防腐処理状況、劣化状況、さらに施工地の環境要因として標高、傾斜、海岸からの距離、水分状況、土壌分類を調査した。ここで、施工後の経過年数は、各調査箇所の工事完成年月日から起算した年数とした。樹種は、スギだけが使用されていた。形状・寸法は、樹皮付きと丸棒加工とし、部材の平均的な長さや断面寸法を測定した。防腐処理状況は、防腐処理の有無と処理内容（防腐剤名、注入・塗布の別）とした。次に、施工地の環境要因のうち、傾斜は急・緩・無の3区分、水分状況は湿潤・中・乾の3区分とし、施工地の標高と海岸からの距離は地形図から、土壌分類は土壌図から求めた。

また、使用木材の劣化状況は、測定器具の取扱いが容易であり、かつ木製構造物を壊さないという条件から、目視による6段階評価法とピロディン貫入試験法を採用した。

目視による6段階評価法は、農林水産省林業試験場（現在：独立行政法人森林総合研究所）が開発した方法(1)で、調査者の見た目により被害度を健全0から崩壊5までの6段階に分けて評価する方法であり、各段階の被害度は表5に示すとおりである。

一方、ピロディン貫入試験法は、電柱の腐朽や立木密度の測定などに用いられるスイスPROCEQ社製Pilodyn 6J（写真1）を用い、直径2.5mm、長さ40mmのストライカーピンの貫入深さから被害度を推定する方法であり、今回の調査では一施工地当たりの測定本数を20本とした。ただし、部材本数が20本に満たない調査地は、全数を測定した。また、木杭の測定に際しては、地際部を測定した。

表5 目視による6段階評価法

被害度	観 察 状 態
0	健全
1	部分的に軽度の虫害または腐朽。
2	全面的に軽度の虫害または腐朽。
3	2の状態のうえに、部分的にはげしい虫害または腐朽。
4	全面的にはげしい虫害または腐朽。
5	虫害、または腐朽により形がくずれる。

さらに、腐朽菌及びシロアリの被害状況を観察し、使用部材から発生した木材腐朽菌のキノコ並びに使用部材に生息していたシロアリを採取し、標本を作成して同定に供した。

同様の方法で、平成13年度にも同一箇所を追跡調査を実施した。また、平成14年度は、それまでの調査結果から認められた木製防護柵の劣化という特徴的な事例を対象に詳細な調査（IV章に記述）を行った。

2 調査結果と考察

(1) 木製構造物の概要

今回の調査対象とした森林土木用木製構造物は、写真4～21に示すとおり、木柵工・筋工、流路工・護岸工、防風垣工、土留工、防護柵工・橋欄工、谷止工、階段工、進入防止柵、支柱工をはじめ、落防クッション材、補強土壁面工、化粧型枠工、側溝蓋、案内板など多種の工種であった。このうち土留工は、井桁積工、L型丸太積工、ウッドブロックなどの多様な工法が採用されていた。

これらの木製構造物の中には、木柵工や防風垣工のような植栽工が安定するまでの期間その性能を維持すれば良い補助的構造物と、防護柵工や橋欄工のように構造物自体が将来にわたり高い強度性能を維持しなければならない永久的構造物に区分された。補助的構造物として設置されると考えられたものは、木柵工・筋工、流路工・護岸工、支柱工であり、一方、永久的構造物としては防護柵工・橋欄工、谷止工、階段工、進入防止柵、落防クッション材、補強土壁面工、化粧型枠工、側溝蓋、案内板等であった。

次に、表6の工種及び施工年度別の調査箇所数から、木柵工や防風垣工のように従来から使用されていた工法もあるが、調査対象の77%が平成8年度以降に施工された比較的新しい構造物であった。使用木材は、樹種が全てスギで、丸棒加工や製材加工による加工材が箇所数で59%、直径または断面寸法12cm以下の小径材が85%、防腐薬剤の加圧注入材やクレオソートのどぶ漬材などの防腐処理材が52%であった。構造物の区分から見ると、補助的構造物には小径丸太の無処理材が多く使用され、永久的構造物には加工材や防腐処理材が多く使用されている傾向にあった。調査箇所ごとの工種、施工後の経過年数、使用木材の形状・寸法、防腐処理状況、劣化状況、及び施工地の環境要因などの結果は、添付資料1のとおりであった。

表6 工種及び施工年度別の調査箇所数

用途・種類	元	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	合計	防腐処理
水柵工・筋工	1		5	2	2	4	3	8	11	23	16	2	77	12
流路工・護岸工									2	2	2		6	0
防風垣工	2	3	3	2	2	2	3	1	1	1	1		21	18
土留工							1	3	5	7	7		23	22
防護柵工・橋欄工							1		3	6	2		12	12
谷止工								1		1	3		5	1
階段工								1		2	1	1	6	6
進入防止柵										1	1	2	4	4
支柱工									2	2	2	1	7	7
その他		1					1		1	1	6		10	7
合計	4	4	8	4	4	7	9	14	25	46	41	6	171	89

(2) 被害形態と劣化原因

大分県下における木材劣化の被害形態は、主に木材腐朽菌による被害とシロアリ被害の2種類に分類された。このほか、変形菌や地衣類の存在が確認されたが、腐朽性は極めて低いと思われた(43)。これらの腐朽状況を写真22~45に示した。

木材腐朽菌による被害は、全調査箇所の50%で確認された。白色腐朽菌のカワラタケや褐色腐朽菌のキカイガラタケなど担子菌類による腐朽が主であった。採取した標本の同定結果、表7に示すとおり、18属21種の木材腐朽菌が同定された(7,8)。この結果は木材腐朽菌の子実体によ 驍烽7であり、子実体を形成していなかった種は含まれていない。したがって、JIS Z2101-1994「木材の試験方法」の試験項目15に規定されている耐朽性試験で用いられる褐色腐朽菌オオウズラタケは、子実体を形成しにくいと言われることから、確認されなかったと思われた。また、発生箇所数の多かったカワラタケやキカイガラタケは、大分県下全域で一様に確認されたことから、県下全域に広く分布していると考えられた。

同様に、シロアリ被害が25%で確認された。シロアリは、一般に乾材シロアリと地下シロアリに区分される(34)。今回の調査で採取したシロアリは、同定並びに食害痕から推察して、全てヤマトシロアリであった。ヤマトシロアリは、イエシロアリに比較しておとなしい性質を持ち、湿った木材中でのみ活動するとされており、当県の森林内には主にヤマトシロアリが分布しているものと考えられた。

表7 土木用木製構造物に発生した木材腐朽菌など

	和名	学名	属名	科名	発生箇所数
1	カワラタケ	<i>Coriolus versicolor</i> (L. :Fr.) Quel.	カワラタケ属	多孔菌科	42
2	アラゲカワラタケ	<i>Coriolus hirsutus</i> (Wulf. :Fr.) Quel.	カワラタケ属	多孔菌科	2
3	カイガラタケ	<i>Lenzites betulina</i> (L. :Fr.) Fr.	カイガラタケ属	多孔菌科	2
4	ミダレアミタケ	<i>Cerrena unicolor</i> (Fr.) Murr.	ミダレアミタケ属	多孔菌科	15
5	ミロアミタケ	<i>Daedaleopsis purpurea</i> (Cke.) Imaz. et Aoshi.	チャミダレアミタケ属	多孔菌科	8
6	チャカイガラタケ	<i>Daedaleopsis tricolor</i> (Bull. :Fr.) Bond. et Sing.	チャミダレアミタケ属	多孔菌科	6
7	キカイガラタケ	<i>Gloeophyllum saepiarium</i> (Wulf. :Fr.) Karst.	キカイガラタケ属	多孔菌科	27
8	ダンアミタケ	<i>Daedalea serialis</i> (Fr.) Aoshima	ホウロクタケ属	多孔菌科	5
9	ヒイロタケ	<i>Pycnoporus coccineus</i> (Fr.) Bond. et Sing.	シュタケ属	多孔菌科	3
10	オシロイタケ	<i>Oligoporus tephroleucus</i> (Fr.) Gilbn. et Ryv.	オシロイタケ属	多孔菌科	6
11	アミスギタケ	<i>Polyporus arcularius</i> Batsch. :Fr.	タマチョレイタケ属	多孔菌科	1
12	シカタケ	<i>Datronia mollis</i> (Sommert:Fr.) Donk	シカタケ属	多孔菌科	1
13	ヒメキクラゲモドキ	<i>Tremella coalescens</i> Olive	シロキクラゲ属	シロキクラゲ科	2
14	ゴムタケ属	<i>Bulgaria</i> sp.	ゴムタケ属	ズキンタケ科	2
15	ベニチャワンタケ属	<i>Sarcoscypha</i> sp.	ベニチャワンタケ属	ベニチャワンタケ科	3
16	ホウライタケ属	<i>Marasmius</i> sp.	ホウライタケ属	キシメジ科	14
17	コウバイタケ	<i>Mycena adonis</i> (Bull. :Fr.) S. F. Gray	クヌギタケ属	キシメジ科	1
18	ニガクリタケ	<i>Naematoloma fasciculare</i> (Hudson:Fr.) Karst.	クリタケ属	モエギタケ科	2
19	イッボンシメジ属	<i>Rhodophyllum</i> sp.	イッボンシメジ属	イッボンシメジ科	1
20	ホコリタケ属	<i>Lycoperdon</i> sp.	ホコリタケ属	ホコリタケ科	1
21	シッコイタケ	<i>Antrodiella gypsea</i>		サルノコシカケ科	1
22	その他不明菌類				2
23	変形菌	<i>Myxomycetes</i>			3
24	地衣類ウメノキゴケ	<i>Parmelia tinctorum</i>	ウメノキゴケ属	ウメノキゴケ科	2
25	ヤマトシロアリ	<i>Reticulitermes speratus</i> (Kolbe, 1885)		ミゾガシラシロアリ科	(42)

(注) ヤマトシロアリの発生箇所数は、シロアリ食害痕が確認された箇所数である。

調査対象の主な森林土木用木製構造物施工状況 (工種、施工年度、市町村名)



写真4 木柵工 (H 9, 安心院町)



写真5 筋工 (H 10, 宇佐市)



写真6 流路工 (H 10, 竹田市)



写真7 防風垣工 (H 3, 佐賀関町)



写真8 井桁積土留工 (H 7, 日田市)

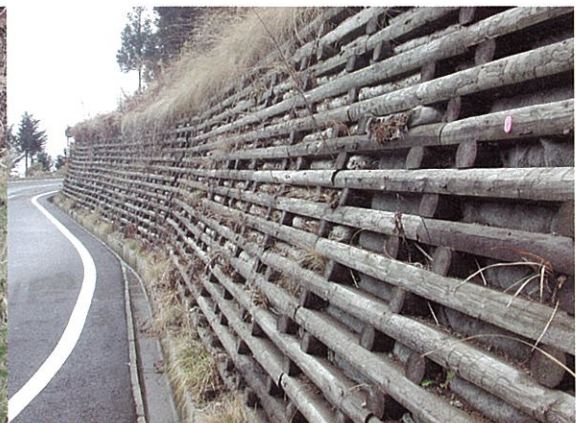


写真9 丸太積土留工 (H 8, 九重町)



写真10 L型丸太積工 (H 9, 庄内町)



写真11 ウッドブロック (H11, 山香町)



写真12 防護柵工 (H 10, 豊後高田市)



写真13 橋欄工 (H 10, 前津江村)



写真14 谷止工 (H 10, 本耶馬溪町)



写真15 階段工 (H 12, 湯布院町)



写真16 進入防止柵工 (H12, 大野町)



写真17 支柱工 (H12, 湯布院町)



写真18 落防クッション材 (H11, 直川村)



写真19 補強土壁面工 (H11, 野津町)



写真20 化粧型枠工 (H11, 大野町)



写真21 案内板 (H2, 別府市)

木製構造物の主な劣化状況（腐朽菌などの名称、施工年度、市町村名）



写真22 カワラタケ（H10, 野津町）



写真23 アラゲカワラタケ（H10, 豊後高田市）



写真24 カイガラタケ（H9, 竹田市）



写真25 ミダレアミタケ（H10, 豊後高田市）



写真26 ミイロアミタケ（H10, 湯布院町）



写真27 チャカイガラタケ（H10, 直入町）



写真28 キカイガラタケ (H10, 竹田市)



写真29 ダンアマタケ (H10, 三重町)



写真30 ヒイロタケ (H10, 別府市)



写真31 オシロイタケ (H8, 湯布院町)



写真32 アミスギタケ (H9, 挾間町)



写真33 シカタケ (H11, 安心院町)



写真34 ヒメキクラゲモドキ (H11, 国東町)



写真35 ゴムタケ属 (H8, 安岐町)



写真36 ベニチャワンタケ属 (H6, 豊後高田市)



写真37 ホウライタケ属 (H11, 山国町)



写真38 コウバイタケ (H11, 国見町)



写真39 ニガクリタケ (H9, 山香町)



写真40 ホコリタケ属 (H 9, 玖珠町)



写真41 シックイタケ (H 9, 耶馬溪町)



写真42 変形菌 (H 9, 挾間町)



写真43 ウメノキゴケ (H元, 国東町)



写真44 シロアリ食害痕 (H 7, 香々地町)



写真45 ヤマトシロアリ (H 7, 香々地町)

(3) 木材劣化度と使用不能材の基準

木材劣化指標における木材劣化度と使用不能材の基準について考察する。雨宮は、目視による6段階評価の被害度と縦圧縮強度減少率が負の直線関係にあることから、被害度3を使用不能の目安と考え(1)、松岡らは平均被害度2.5以上をその樹種のその部分における耐用年数としスギの耐用年数を心材6.0年、辺材4.5年とした(45)。また、長谷川らは、スギ及びカラマツの治山木杭の折損率、縦圧縮強さ、容積密度の関係をもとに、耐用限界被害度を3.4とし、Richards回帰曲線式によりスギ木杭の耐用年数を7.4年とした(40)。また、住宅建築用材としての木材の野外杭試験では、平均被害度2.5を耐用年数としているが、無処理のスギ心材杭は19年経過後も耐用限界に至っていなかった(41)。一方、飯島は、6段階評価の被害度とピロディン貫入深さから求めた被害度のもとに、6段階評価の被害度を3、ピロディン貫入深さを35mm超を使用不能材と考え、構造物の耐用限界確率の試算から解析し、スギ杭丸太の耐用年数を丸太材6年、円柱材8年とした(4)。これらの報告では、構造物の使用目的が人命に直接関わるような建築物等では一般に6段階評価の平均被害度2.5を耐用限界とし、一方、治山用杭木などの土木用木製構造物では平均被害度3ないし3.4以上を使用不能材としていた。

このように、木材あるいは木製構造物の耐用年数は、木材劣化度の基準が6段階評価の被害度あるいはピロディン貫入深さから求めた被害度など異なることや使用不能限界の被害度が木材の使用目的や研究者の考え方により異なることから、一律の方法で決定することが難しいと考えられた。しかしながら、本調査では、既往の報告をもとに、土木現場で採用できる簡易評価法としての可能性が高い6段階評価の被害度とピロディン貫入深さから求めた被害度を木材劣化度の基準と考え、土木用木製構造物の耐用年数について検討することにした。

さて、本調査の1163件の6段階評価の被害度の頻度分布図を図9に示した。被害度が大きくなるほど実測度数は低下する傾向にあった。6段階評価の被害度は、平均値が1.36であり、被害度2以下が全体の80%、被害度4以上が9.8%であったことから、比較的健全な構造物が多かったと考えられた。

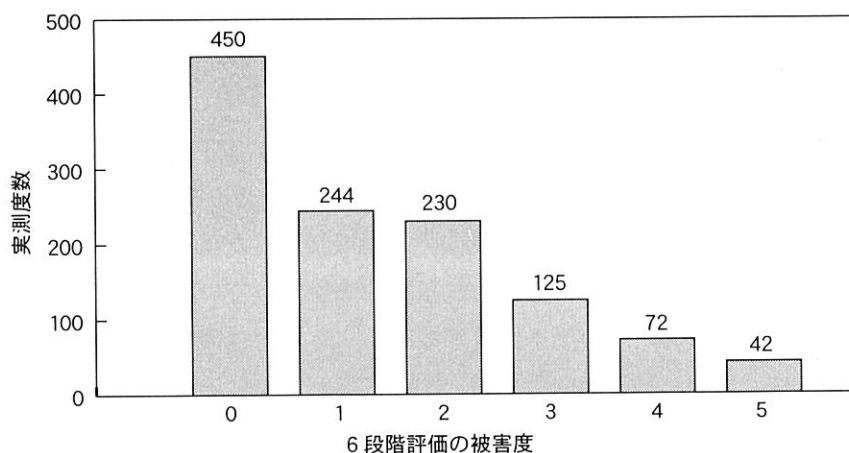


図9 6段階評価の被害度の頻度分布図

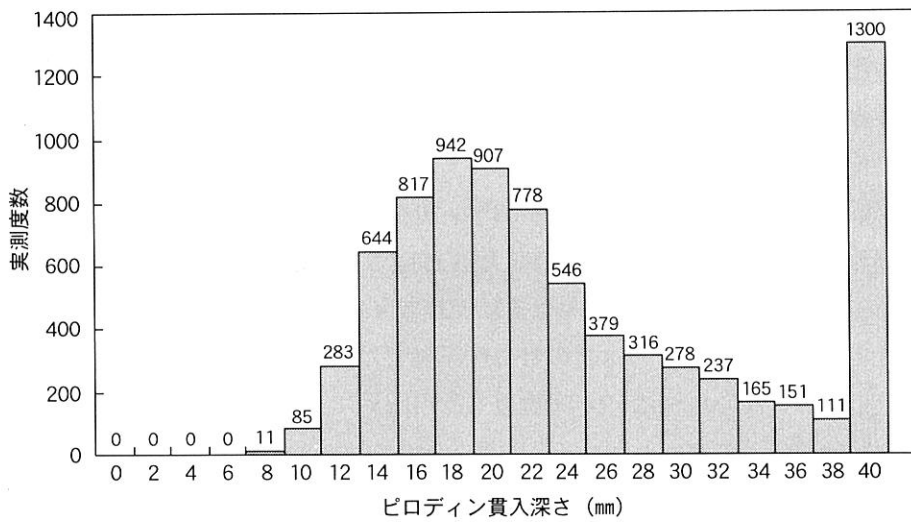


図10 ピロディン貫入深さの頻度分布図

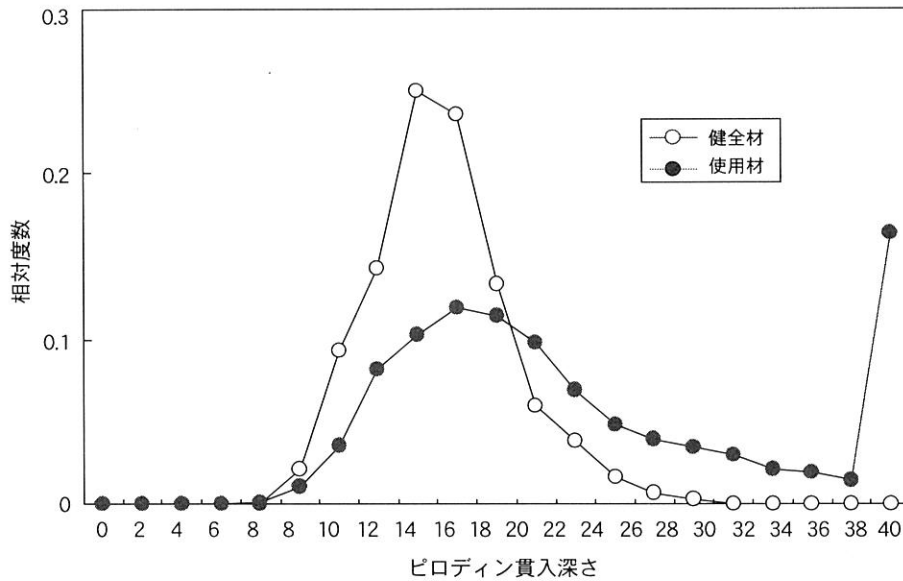


図11 健全材と使用材のピロディン貫入深さの相対度数比較

また、7950件のピロディン貫入深さ（以下Pdrとする）の頻度分布図を図10に示した。実測度数は、Pdrが8mmから徐々に増大し、18mmで減少に転じ、24.75mmで平均値となり、40mmで最大となった。このように、Pdr40mmの測定値が全体の16.4%と多かった理由は、今回使用したピロディン試験器の最大貫入深さが40mmであるため、それ以上は全て40mmと表示される構造となっているからであった。図5で示したように、健全なスギ小径木のPdrは、平均値が17.9mmであり、おおむね正規分布をとっていた。そこで、本調査対象の使用材と健全材のPdrの出現頻度を比較するため、図11に両者の相対度数を示した。使用材のPdrは、健全材より増大傾向にあり、変動係数が36.0%と健全材の19.1%に比べ大きかった。健全材のPdrの最大値が31mmであったことから、これ以上の材は全て腐朽していると考えられた。

表8 直径10cmの小径丸太におけるPdrと縦圧縮強度減少率

Pdr (mm)	腐朽部半径 (mm)	健全部半径 (mm)	断面積 (mm ²)	強度減少率 (%)
18	0.1	49.9	7819	99.9
19	1.1	48.9	7508	95.6
20	2.1	47.9	7204	91.8
21	3.1	46.9	6907	88.0
22	4.1	45.9	6615	84.3
23	5.1	44.9	6330	80.6
24	6.1	43.9	6051	77.1
25	7.1	42.9	5779	73.6
26	8.1	41.9	5513	70.2
27	9.1	40.9	5253	66.9
28	10.1	39.9	4999	63.7
29	11.1	38.9	4751	60.5
30	12.1	37.9	4510	57.5
31	13.1	36.9	4275	54.5
32	14.1	35.9	4047	51.6
33	15.1	34.9	3825	48.7
34	16.1	33.9	3609	46.0
35	17.1	32.9	3399	43.3
36	18.1	31.9	3195	40.7
37	19.1	30.9	2998	38.2
38	20.1	29.9	2807	35.8
39	21.1	28.9	2623	33.4
40	22.1	27.9	2444	31.1

ここで、土木用木製構造物への使用頻度が最も高い直径10cmの小径丸太を例にして、腐朽の進行に伴うPdrの増大とそれによる強度性能の低下について検討した。丸太内部が均質であると仮定すると、表8に示すように、Pdrの増大に伴う縦圧縮強さの減少率は、丸太断面積に比例し、Pdrが32.54mmのとき50%となった。

このように、健全材のPdrの最大値が31mmであったことや縦圧縮強さの半減値が32.54mmであったことから、Pdrが33mm以上のときを使用不能材として以下の検討を進めた。また、使用不能材が構造物部材に占める割合を使用不能材率（以下Pdr.33とする）とし、既報と比較した。はじめに、本調査の設置後の経過年数と6段階評価の被害度、ピロディン貫入深さの平均値（以下Pdr.avをする）、Pdr.33の相関関係は、表9に示したとおり、いずれの項目間においても1%水準で有意であった。この中で、6段階評価の被害度とPdr.avの関係を図12に示した。図の直線回帰式からPdr.avが33mmのときの6段階評価の被害度は3.42となり、長谷川らの報告（40）と近似した結果を得た。次に、図13に示すように、Pdr.avが33mmに相当するPdr.33は68.3%となり、飯島の報告（4）で示された耐用限界確率10%のときの使用不能率65%と近似した結果を得た。

そこで、使用部材のPdr.avが33mmあるいはPdr.33が70%を耐用限界とし、以後の耐用年数を推定することにした。

表9 設置後の経過年数と6段階評価の被害度、ピロディン貫入深さの平均値の相関係数

(** 1%有意)

	6段階評価の被害度	Pdr.av	Pdr.33
設置後の経過年数	0.644**	0.574**	0.630**
6段階評価の被害度	—	0.760**	0.772**
Pdr.av		—	0.947**

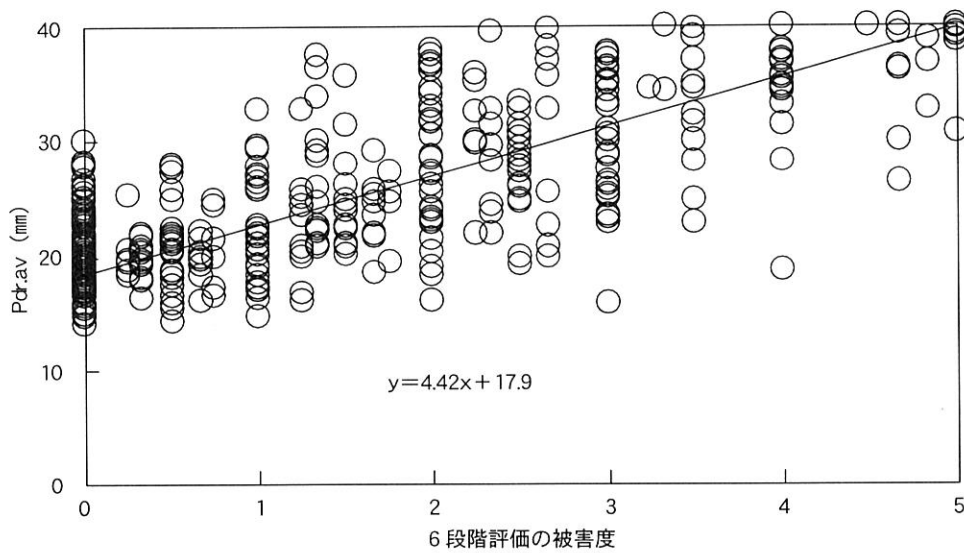


図12 6段階評価の被害度とピロディン貫入深さの平均値Pdr.avの関係

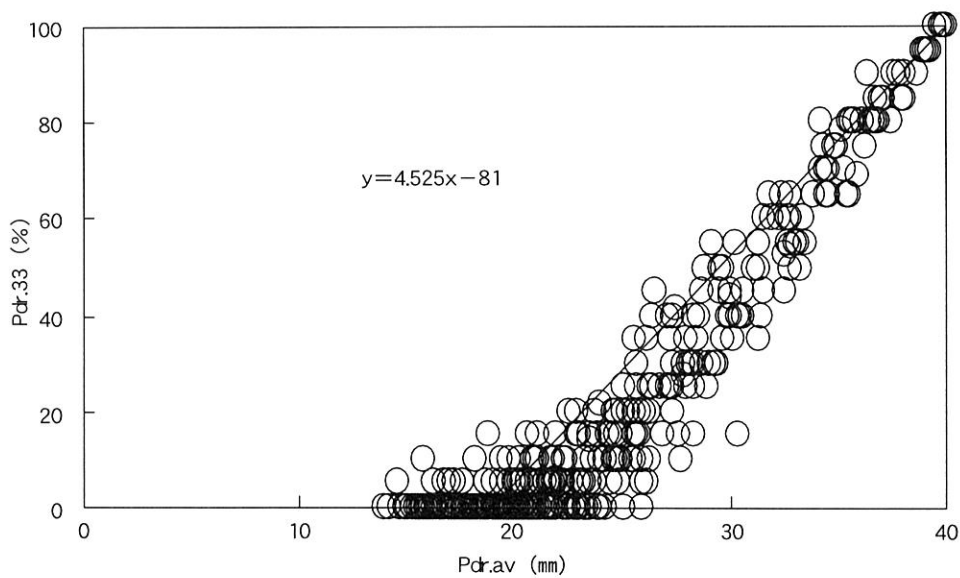


図13 ピロディン貫入深さの平均値Pdr.avと使用不能材率Pdr.33の関係

(4) 木材劣化の調査地内変動及び部材内変動

調査対象の工種の中で最も施工箇所が多かった木柵工の調査方法を統一するため、中津地方振興局管内の2カ所の木柵工施工地を対象にして、劣化度の調査地内変動及び部材内変動を検討した。これらの木柵工は、平成3年度及び平成7年度に施工され、施工後4.6年及び8.8年経過しており、松岡らの杭試験の報告(45)で示されたスギ心辺材の耐用年数である6年及び4.5年よりやや年数が経過していた。

木柵工の劣化度を斜面の上部と下部で比較し、調査地内の変動を検討した。表10に示すとおり、6段階評価の被害度、ピロディン貫入深さの平均値Pdr.av、ピロディン貫入深さ33mm以上の割合(使用不能材率)Pdr.33の各劣化度は、中津3及び中津7のいずれの調査地とも斜面上部と下部の差が認められなかった。このことから、以後の調査は、概ね調査地の中間位置の平均的な立地状態の場所で調査することとした。

次に、部材の測定部位による劣化度の差異を検討した。表11に示すとおり、両調査地とも杭木の地際部分の値が大きく、これまでの報告で指摘されているように、地際部分が最も劣化しやすいと考えられた。また、県下70カ所の木柵工の杭木地際部と横木の劣化度は、図14～図16に示すとおり、いずれの劣化項目とも高い相関関係が認められた。これらの回帰係数が0.91～1.03とほぼ1に近かったことから、杭木と横木の劣化度には差が認められないと推察された。一般に、木柵工に使用する部材の中では、杭木の地際部分が最も腐朽しやすいとされているが、今回の調査から、横木の接地部は、杭木の地際部分と同様に地面に接しているため、類似した劣化経過を示したと考えられた(45)。これらの結果から、以後は、杭木の地際部分のデータを基に検討した。

表10 木柵工部材の斜面位置による杭木地際部の劣化度

調査箇所 (経過年数)	斜面位置	6段階評価の 被害度	Pdr.av (mm)	Pdr.33 (%)
中津3 (8.8)	上部	2.0	34.6	70
	下部	2.0	36.9	90
中津7 (4.6)	上部	2.7	38.1	90
	下部	1.3	37.6	90

表11 木柵工部材の測定部位ごとの劣化度

調査箇所 (経過年数)	測定部位	6段階評価の 被害度	Pdr.av (mm)	Pdr.33 (%)
中津3 (8.8)	杭木木口部	2.0	34.2	80
	杭木地際部	2.0	36.9	90
	横木	2.0	37.5	80
中津7 (4.6)	杭木木口部	2.7	35.6	80
	杭木地際部	2.7	38.1	90
	横木	2.7	37.1	85

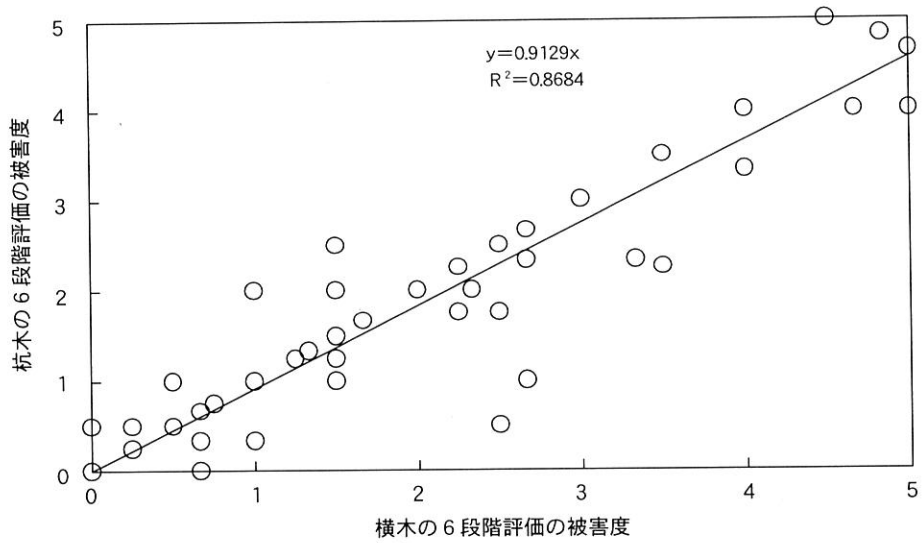


図14 木柵工の杭木と横木の6段階評価値の比較

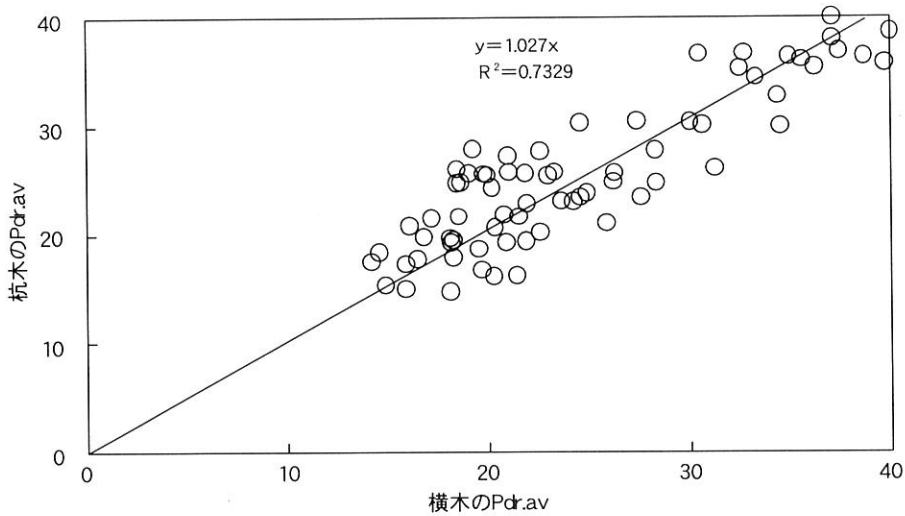


図15 木柵工の杭木と横木のピロディン貫入深さの平均値Pdr.avの比較

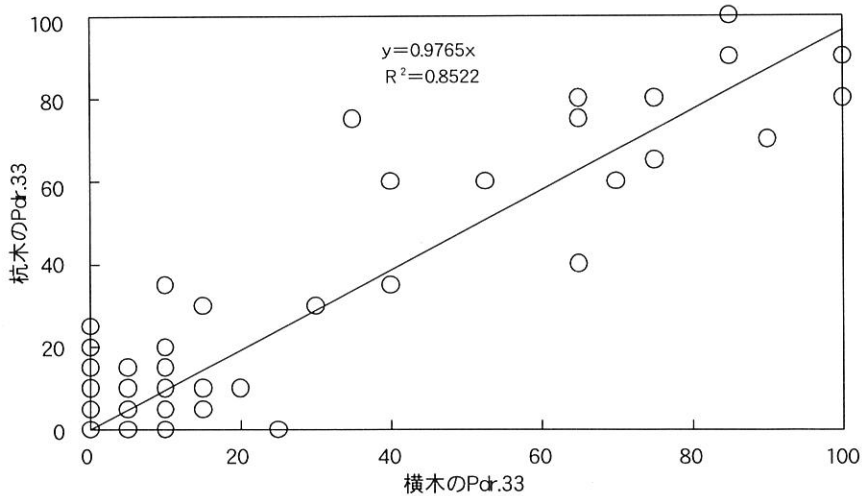


図16 木柵工の杭木と横木のピロディン貫入深さ33mm以上の割合Pdr.33の比較

(5) 木材劣化に影響する要因と使用部材の耐用年数

木材劣化に影響する要因について検討するため、全調査地の2年分の323件のデータを用い統計処理を行った。目的変数の木材劣化指標は、木材腐朽菌による子実体の有無、シロアリによる食害の有無、6段階評価の被害度、ピロディン貫入深さの平均値Pdr.av、ピロディン貫入深さ33mm以上の割合Pdr.33（使用不能材率）の5項目とし、説明変数は、設置後の経過年数 x_1 、施行地の環境条件（標高 x_2 、海岸からの距離 x_3 、傾斜 x_4 、水分状況 x_5 ）及び使用木材の条件（丸棒または製材加工の有無 x_6 、防腐処理の有無 x_7 、断面寸法 x_8 、測定部位 x_9 ）の9項目とした。表12に示したとおり、木材劣化指標の各項目と説明変数の各項目との間には、多くの有意な相関関係が認められた。

木材腐朽菌による子実体の有無と説明変数の間の相関関係は、 x_5, x_6, x_7, x_9 と1%水準で、 x_2 と5%水準で有意であった。シロアリによる食害の有無とは、 $x_1, x_2, x_3, x_5, x_8, x_9$ と1%水準で、 x_4 と5%水準で有意であった。6段階評価の被害度とは、 $x_1, x_2, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$ と1%水準で有意であった。ピロディン貫入深さの平均値Pdr.avとは、 x_1, x_5, x_6, x_7, x_9 と1%水準で、 x_2 と5%水準で有意であった。使用不能材率Pdr.33とは、 $x_1, x_2, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$ と1%水準で有意であった。

説明変数の中の設置後の経過年数 x_1 は、木材腐朽菌による子実体の有無を除く劣化指標との間に、相関係数0.514～0.691の高い相関関係が認められた。標高 x_2 、水分状況 x_5 、測定部位 x_9 は全ての劣化指標と有意な相関関係が認められた。また、施工地の環境条件の中の海岸からの距離 x_3 と傾斜 x_4 は、シロアリによる食害の有無だけに負の相関関係が認められた。

表12の木材劣化指標の中で、木材腐朽菌の子実体の有無及びシロアリ食害の有無は、有あるいは無という判別であり、設置後の経過年数の増加に伴う劣化度の段階的な変化を推定できないと考えられた。

表12 木材劣化に関係する諸要因との相関係数

(**1%有意、*5%有意)

説明変数	木材腐朽菌子 実態の有無	シロアリ 食害の有無	6段階評価 の被害度	Pdr.av (mm)	Pdr.33 (%)
設置後の経過年数 x_1	0.036	0.622**	0.687**	0.529**	0.621**
標高 x_2	-0.117**	-0.416**	-0.325**	-0.215*	-0.343**
施行地の距離 x_3	-0.039**	-0.297**	-0.065	-0.016	-0.104
環境条件 傾斜 x_4	0.105	-0.130*	-0.014	0.041	0.057
水分状況 x_5	0.209**	0.180**	0.297**	0.278**	0.223**
形状加工 x_6	-0.422**	-0.079	-0.448**	-0.443**	-0.404**
使用木材 防腐処理 x_7	-0.435**	0.028	-0.320**	-0.409**	-0.319**
の状況 断面寸法 x_8	0.037	-0.295**	-0.240**	-0.070	-0.188**
測定部位 x_9	0.181**	0.267**	0.327**	0.203**	0.269**

次に、6段階評価の被害度、Pdr.av、Pdr.33の3つの劣化度とこれらと高い相関関係にあった設置後の経過年数の関係を直線回帰により検討した。

設置後の経過年数と6段階評価の被害度の関係を図17に示した。設置後の経過年数が増すとともに、無処理材及び処理材（防腐処理又は塗装）の被害度は高くなる傾向にあった。無処理材は、回帰式 $y=0.538x$ から、被害度3.4に達する年数が6.3年であった。同様に、処理材は、回帰式 $y=0.269x$ から12.6年であった。

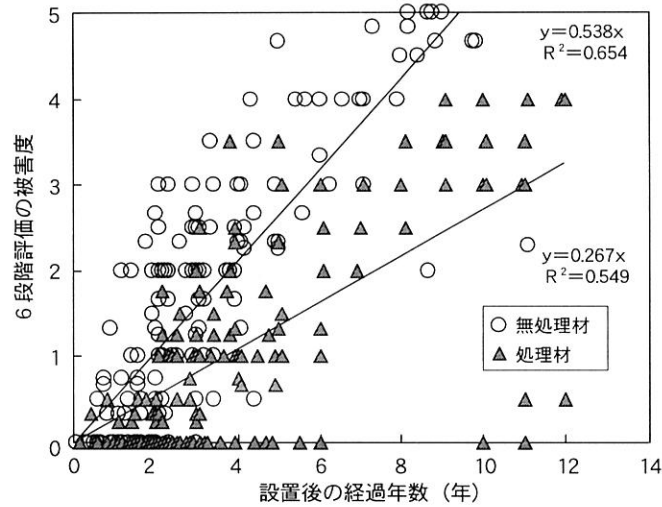


図17 設置後の経過年数と6段階評価の被害度の関係

設置後の経過年数とピロディン貫入深さの平均値Pdr.avの関係を図18に示した。設置後の経過年数の増加に比例しPdr.avが大きくなる傾向にあった。無処理材は、回帰式 $y=2.454x+19.54$ から、Pdr.avが33mmに達する年数は5.4年であった。同様に、処理材は、回帰式 $y=0.866x+18.91$ から16.3年であった。これらの回帰式のy軸切片は、健全材の値を意味しており、419本のスギ小径木から得られたピロディン貫入深さの平均値17.9mmとほぼ同様であった (30)。

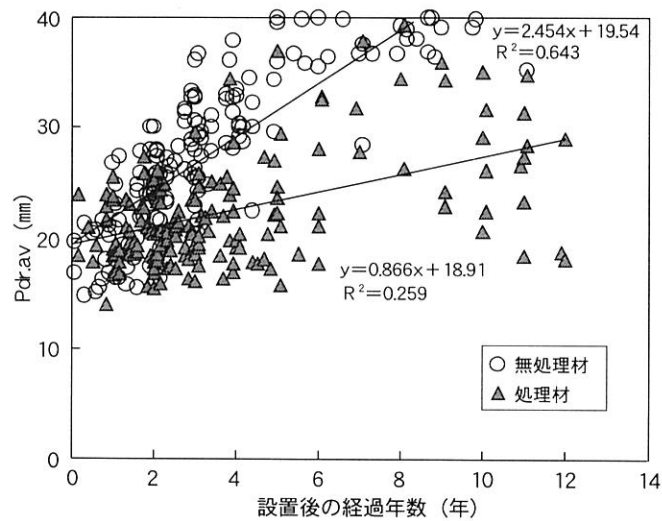


図18 設置後の経過年数とピロディン貫入深さの平均値Pdr.avの関係

設置後の経過年数と使用不能材率Pdr.33の関係を図19に示した。同様に、無処理材は、回帰式 $y=10.01x$ から、Pdr.33が70%に達する年数は7.0年、処理材は、回帰式 $y=3.645x$ から19.2年であった。

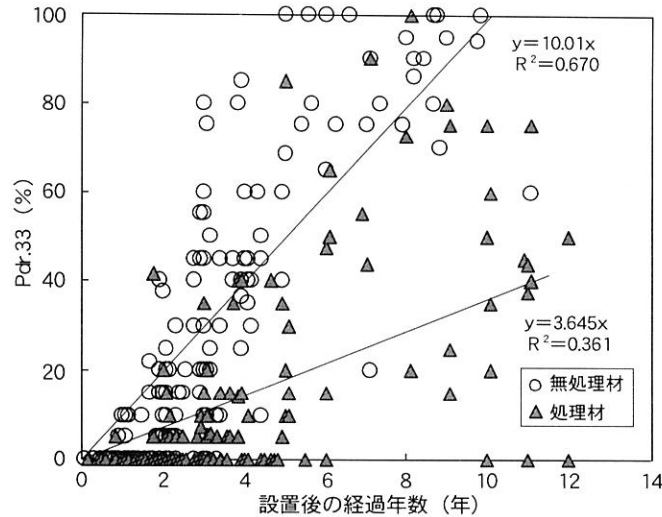


図19 設置後の経過年数と使用不能材率Pdr.33の関係

以上のように、3つの腐朽度から求めたスギ木製構造物の耐用年数はおおむね近似していたことから、これらを平均したスギ木製構造物の耐用年数は、無処理材が6.2年、処理材が16.0年であった。ただし、処理材は、数種の防腐剤を加圧注入処理したものやクレオソートどぶ漬処理材など防腐処理方法が異なっていることや、10数年経過した階段工部材が全く劣化していなかったこと、設置後数年経過した木製ガードレールが腐朽していたことなどから、この結果だけで防腐処理材の耐用年数を決定することはできないと推察された。

(6) 工種別の耐久性

前項の結果は、土木用木製構造物という大まかな枠組みの中で求めた耐用年数であり、使用目的である工種による木材の利用方法が考慮されていない。工種の違いにより、使用される木材の加工方法や処理方法、あるいは設置条件が異なるため、各々の工種ごとに耐用年数を検討する必要があると考えられた。

このため、表2に示した主な工種の耐久性を検討した。なお、調査箇所が少なかった工種や経過年数あるいは劣化状況の差が小さかった工種は省略した。

① 木柵工・筋工

木柵工あるいは筋工は、最も調査箇所の多かった工種であり、平成元年度施工から平成12年度施工までの現地が合計で77箇所もあり、このうちスギ無処理材を使用したものが65箇所、クレオソートどぶ漬処理材が12箇所であった。

無処理材を使用した65箇所のスギ木柵工の設置後の経過年数と6段階評価の被害度、Pdrav、Pdr.33の腐朽度間には、全ての項目間に1%有意の高い相関関係が認められた。そこで、77箇所のスギ木柵工の設置後の経過年数と6段階評価値との関係を図20に示した。スギ

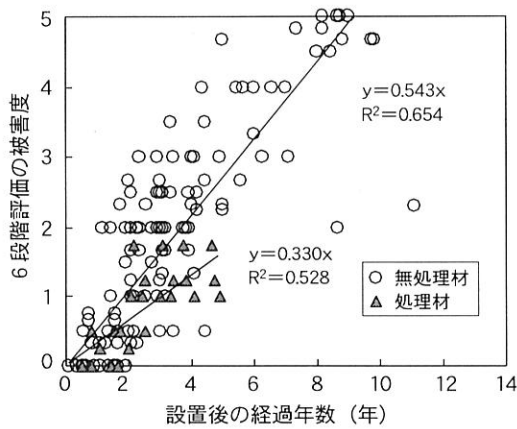


図20 木柵工の設置後の経過年数と6段階評価の被害度との関係

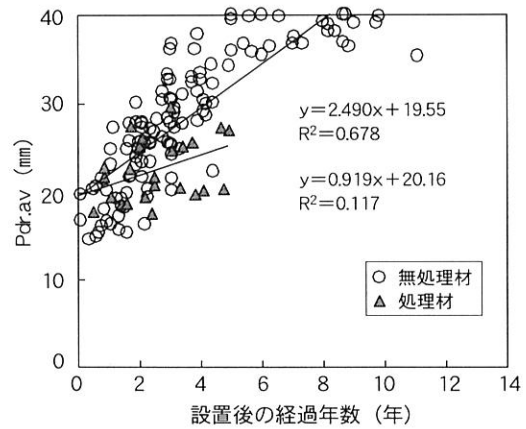


図21 木柵工の設置後の経過年数とPdr.avとの関係

無処理材において、両者の間に高い相関関係が認められたことから、6段階評価の被害度3.4を耐用限界と仮定したときの耐用年数は、回帰式 $y=0.543x$ から6.3年であった。同様に、処理材は $y=0.330x$ から10.3年であった。

同様に、図21からPdr.avが33mm以上を耐用限界と仮定したときの耐用年数は、無処理材が回帰式 $y=2.490x+19.55$ から5.4年であり、処理材が $y=0.919x+20.16$ から14.0年であった。

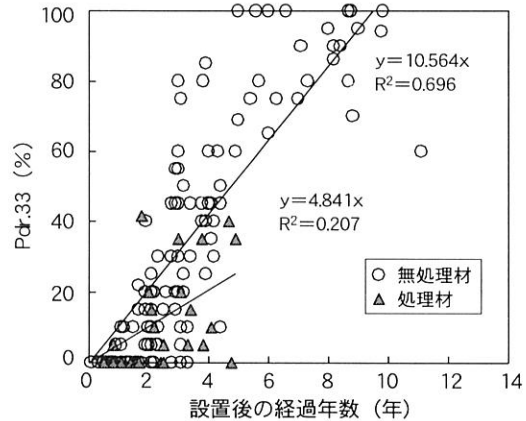


図22 木柵工の設置後の経過年数とPdr.33との関係

次に、図22からPdr.33が70%以上を耐用限界と仮定したときの耐用年数は、無処理材が回帰式 $y=10.564x$ から6.6年であり、処理材が $y=4.841x$ から14.5年であった。

以上の3つの腐朽度から求めたスギ木柵工の耐用年数を平均すると、無処理材が6.1年、処理材が12.9年であった。ただし、処理材は、全てクレオソートどぶ漬処理をされた、設置後の経過年数が5年未満の比較的新しい構造物であった。

さて、図20～図22の設置後の経過年数と腐朽度との関係をみると、設置後の経過年数がおおむね4年以下のとき、いずれの腐朽度も回帰式の下部に位置し、それ以上経過した時点では上部に位置する傾向にあり、直線回帰よりもむしろ非線形回帰によって統計処理する必要があると思われた。

そこで、ここでは無処理材を用いた木柵工186件のデータを対象に、リチャード成長関数による統計処理を行った。リチャード成長関数は、生物の成長量を表す関数で、樹木の樹高生長を示す曲線としてよく用いられるものであり、腐朽状況が腐朽菌の成長量に大きく関係していると考えられていることから、この関数を用いることにした(40)。設置後の経過年数と使用不能材率Pdr.33をリチャード成長関数式に当てはめ、非線形回帰分析を行った。図23に示すとおり、3本の曲線のうち中央の曲線が平均の腐朽経過を示すもので、

耐用限界を70%と仮定すると、スギ無処理材の木柵工杭木の耐用年数は5.2年となり、耐用年数が直線回帰式から得た6.6年に比べ1年以上も短くなった。

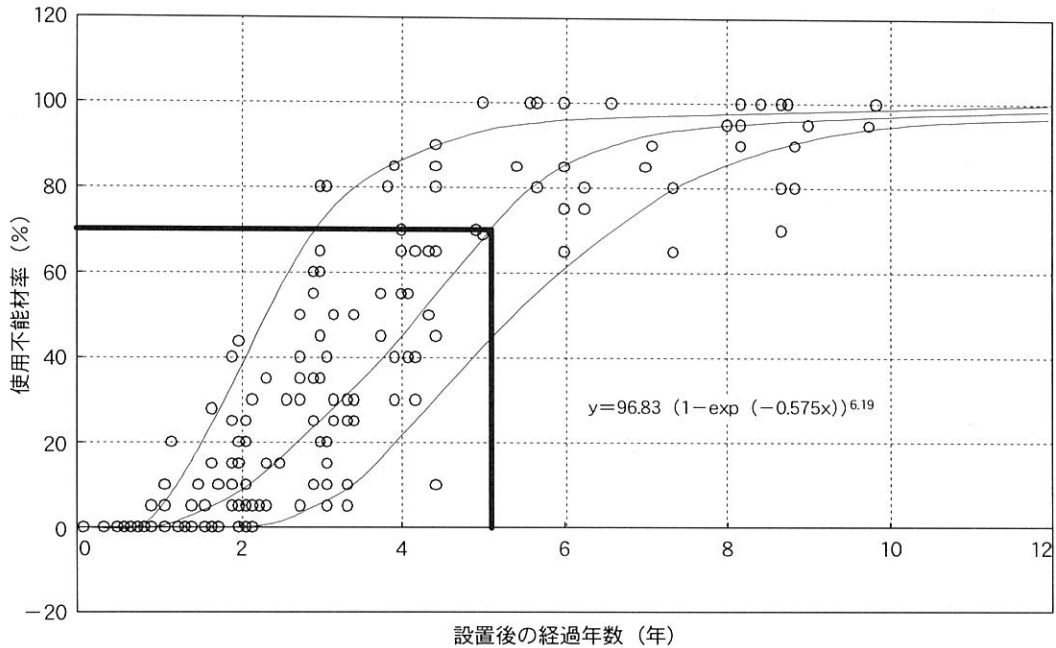


図23 リチャード成長関数を用いたスギ木柵工の設置後の経過年数と使用不能材率の関係

② 流路工・護岸工

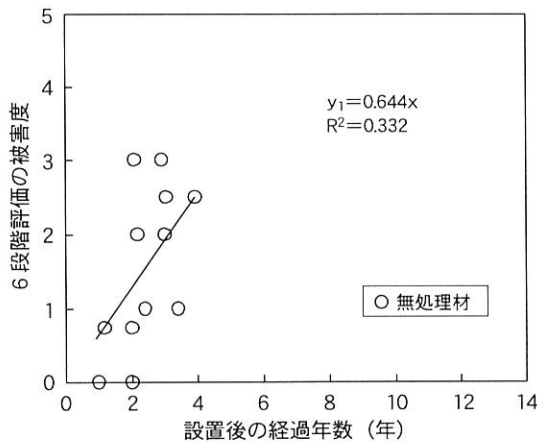


図24 流路工・護岸工の設置後の経過年数と6段階評価の被害度の関係

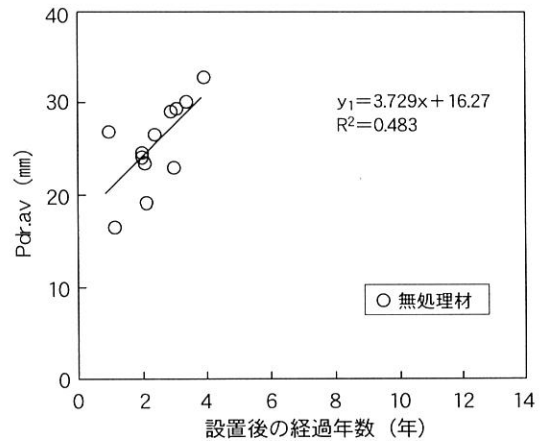


図25 流路工・護岸工の設置後の経過年数とPdr.avとの関係

流路工あるいは護岸工は全て無処理材が使用されており、図24及び図25に示したとおり、6段階評価の被害度から推定した耐用年数は5.3年、Pdr.avから推定したそれは、4.5年であった。

③ 防風垣工

防風垣工は、平成元年度施工から平成11年度施工までの現地が合計21箇所あり、大半が、末口径7cmで地際部から下をクレオソート塗布したスギ材を使用していた。

これら21箇所の防風垣工の設置後の経過年数と6段階評価値、ピロディン貫入深さの平均値、ピロディン貫入深さ35mm以上の割合の3項目の腐朽度との間には、表13に示したとおり、6段階評価値との間に1%水準の高い相関関係が、ピロディン貫入深さの平均値及びピロディン貫入深さ35mm以上の割合との間に5%有意の相関関係が認められた。

そこで、21箇所のスギ防風垣工の設置後の経過年数と6段階評価の被害度及びPdr.avの関係を図26及び図27に示した。同様に耐用年数を推定すると、無処理材は6段階評価の被害度から6.5年、Pdr.avから7.5年となった。一方、処理材は6段階評価の被害度から10.0年、Pdr.avから12.7年となった。

このように、スギ防風垣工の耐用年数は、前述のスギ木柵工のそれに比べやや大きかった。このような結果となったのは、地際下部のクレオソート塗布処理の影響や防風垣工が塩分の多い海岸線に施工されるという地理的影響に起因するためではないかと思われた。木柵工の場合、木材腐朽菌によって腐朽していたケースが多かったが、防風垣工はシロアリから食害されていたケースが多かった。ただし、設置後の経過年数が3年未満の防風垣工は、顕著なシロアリ食害が認められなかった。

表13 防風垣工の設置後の経過年数と腐朽度との相関関係 (**1%有意、*5%有意)

項目	6段階評価値	ピロディン平均値	ピロディン35mm割合
経過年数	0.864**	0.508**	0.482*
6段階評価値	—	0.588**	0.581**
ピロディン平均値	—	—	0.581**
ピロディン35mm割合	—	—	—

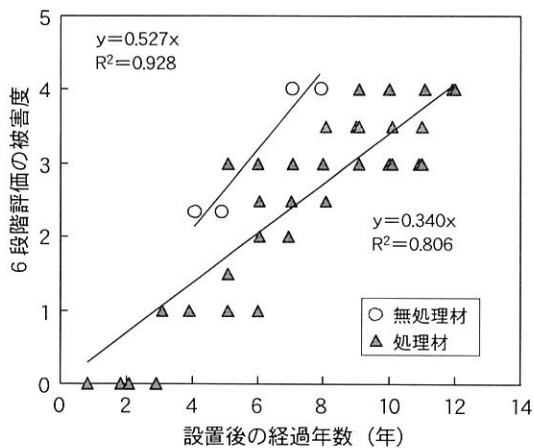


図26 防風垣工の設置後の経過年数と6段階評価の被害度の関係

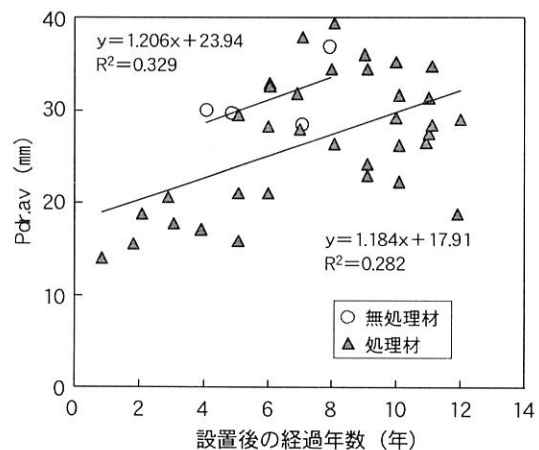


図27 防風垣工の設置後の経過年数とPdr.avとの関係

④ 土留工

土留工には井桁積工、L型丸太積工、ウッドブロックなど多様な工法が採用されており、使用されていた木材もCUAZ加圧注入処理材やクレオソートどぶ漬け処理材など異なっていた。そのため、図28及び図29に示すように、設置後の経過年数が4年前後の6段階評価の被害度あるいはPdr.avに処理内容による差が認められた。しかし、設置後の経過年数が6年未満であるため、詳細な検討は行わなかった。

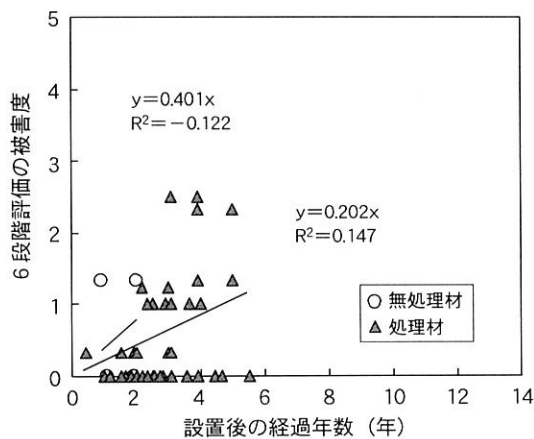


図28 土留工の設置後の経過年数と6段階評価の被害度の関係

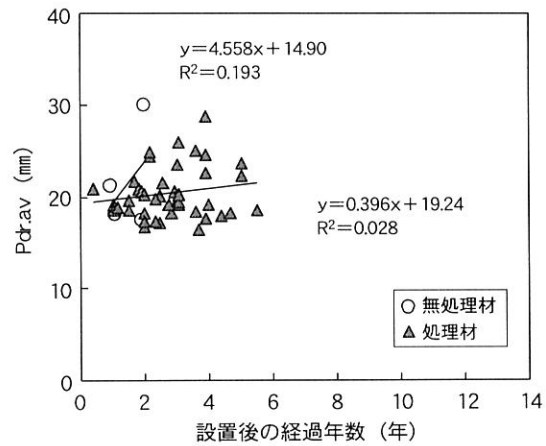


図29 土留工の設置後の経過年数とPdr.avとの関係

⑤ 防護柵工・橋欄工

防護柵工又は橋欄工は、林道あるいは橋梁のガードレールとして設置されており、大半がAAC又はCUAZを加圧注入処理されたスギ丸棒が使用されていた。図30及び図31に示すように、設置後の経過年数が増すとともに、部材が変色するため、6段階評価の被害度は増加傾向にあったが、Pdr.avは変わらなかった。しかし、使用部材の一部には、干割れに沿って木材腐朽菌によるキノコが発生していた。高い強度性能が求められる防護柵工部材や橋欄工部材の耐用年数を推定する場合は、これまで述べた植栽工の補助的構造物部材と違った6段階評価の被害度やPdr.avの基準によるべきと考えられた。

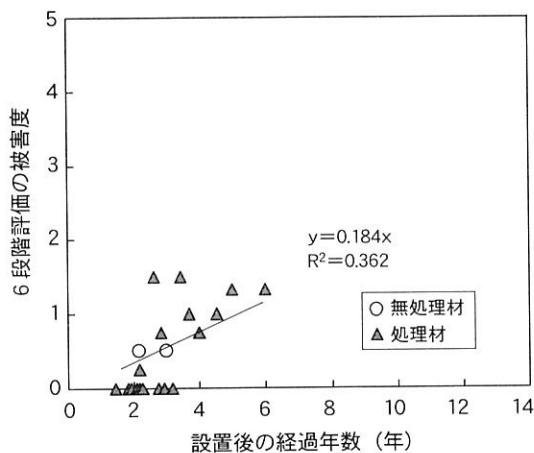


図30 土留工の設置後の経過年数と6段階評価の被害度の関係

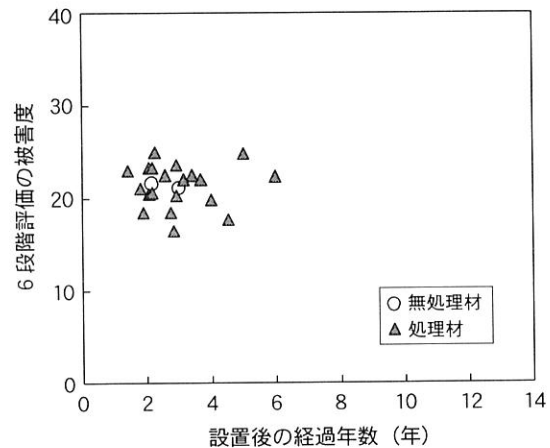


図31 土留工の設置後の経過年数とPdr.avとの関係

⑥ 谷止工

谷止工は、全て堰堤の型枠として設置され、それが表面化粧材としてコンクリートの表面を覆う構造であった。溪流に設置されることから無処理材を使用していた箇所が多く、図32及び図33に示すように、設置後年数が経過した構造物の部材はかなり劣化が進行していた。

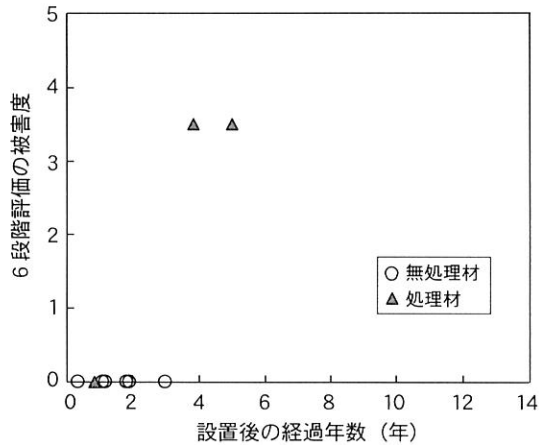


図32 土留工の設置後の経過年数と6段階評価の被害度の関係

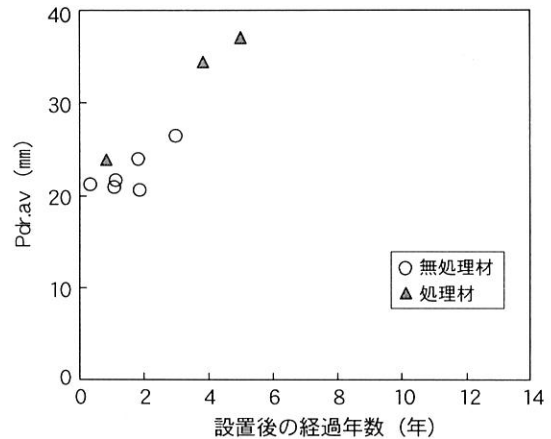


図33 土留工の設置後の経過年数とPdr.avとの関係

⑦ 階段工

階段工部材は、全て防腐処理されていたが、CCAあるいはCUAZの加圧注入処理材やクレオソートどぶ漬け処理材を使用していた。図34及び図35に示すように、設置後10年以上経過したCCA加圧注入処理材に全く腐朽が認められなかった。

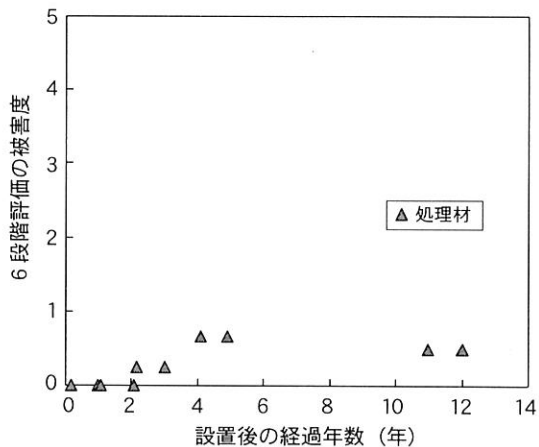


図34 土留工の設置後の経過年数と6段階評価の被害度の関係

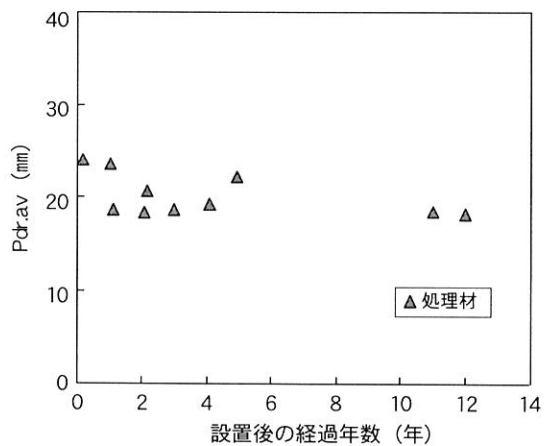


図35 土留工の設置後の経過年数とPdr.avとの関係

⑧ 支柱工

支柱工部材は、全てクレオソートどぶ漬け処理材が使用されていた。図36及び図37に示すように、設置後数年経過すると劣化する傾向が認められた。

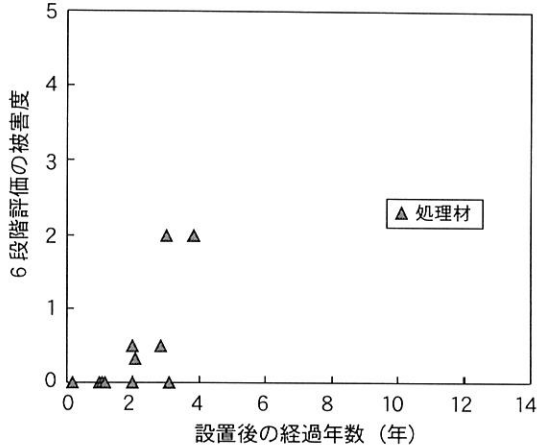


図36 土留工の設置後の経過年数と6段階評価の被害度の関係

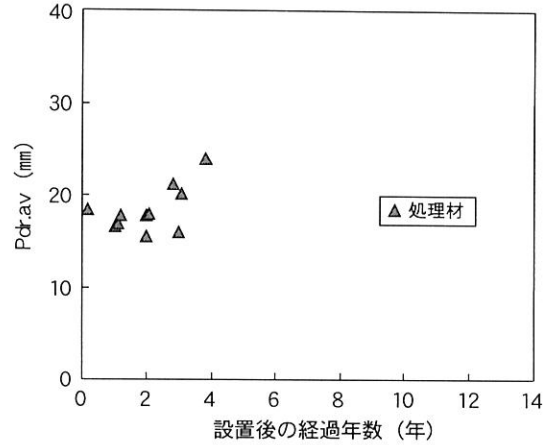


図37 土留工の設置後の経過年数とPdr.avとの関係

(7) 重回帰分析による耐用年数の予測

これまで、調査データの分析に基づく木製構造物の耐用年数と木材劣化指標について考察してきたが、ここではそれらの結果を用いて、6段階評価値と諸要因との重回帰分析による耐用年数の予測について検討した。

重回帰分析は、目的変数を6段階評価値（腐朽度）とし、説明変数を設置後の経過年数、標高、海岸からの距離、設置箇所の傾斜、土質条件、水分条件、木材加工の有無、防腐処理の有無、断面寸法の9項目とした。また、変数増減法により探索した。6段階評価値と各要因項目間の関係を表14に、分散分析表を表15に示した。

重回帰分析の結果、F値は1%水準で有意であり、決定係数が0.706、重相関係数が0.841であった。

表14 相関行列表

変数	経過年数 X ₁	標高 X ₂	距離 X ₃	傾斜 X ₄	土質 X ₅	水分状況 X ₆	形状加工 X ₇	防腐処理 X ₈	断面寸法 X ₉	腐朽度 Y
経過年数		-0.340	-0.187	-0.117	0.201	0.164	-0.119	-0.009	-0.150	0.726
標高			0.626	0.240	-0.560	0.033	0.042	0.011	0.250	-0.334
距離				-0.042	-0.298	-0.021	-0.097	-0.119	0.174	-0.053
傾斜					-0.196	0.062	0.077	0.095	-0.104	-0.154
土質						-0.037	-0.069	-0.041	-0.168	0.205
水分状況							-0.225	-0.141	-0.233	0.268
形状加工								0.839	0.056	-0.456
防腐処理									0.016	-0.371
断面寸法										-0.208

表15 分散分析表

(** : 1%有意)

要因	自由度	偏差平方和	平均平方	F 値
全体変動	171	371.367		
回帰変動	6	262.334	43.722	66.165**
誤差変動	165	109.033	0.661	
決定係数	0.706			
重相関係数	0.841			

変数増減法による探索の結果、次の回帰式が得られた。

$$Y = 0.761 + 0.341x_1 - 0.00111x_2 + 0.0164x_3 + 0.333x_6 - 0.548x_7 - 0.509x_8$$

ここで、Y : 6段階評価値 (0~5)

(偏回帰係数 t 値の比較)

x ₁ : 設置後の経過年数 (年)	13.88
x ₂ : 標高 (m)	3.69
x ₃ : 海岸からの距離 (m)	2.97
x ₆ : 水分状況 (乾0,中1,湿2)	2.41
x ₇ : 木材加工の有無 (無0,有1)	2.30
x ₈ : 防蝕処理の有無 (無0,有1)	2.20

このときの標準回帰係数は、x₁、x₂、x₃、x₆、x₇、x₈でそれぞれ0.643、-0.212、0.164、0.107、-0.185、-0.173であった。回帰係数の検定結果は、x₁、x₂、x₃が1%水準で、x₆、x₇、x₈が5%水準で有意であった。また、設置後の経過年数の偏回帰係数 t 値が特に高く、このことから、設置後の経過年数が木材劣化に最も強く影響する要因であると考えられた。

次に、この重回帰式を利用した耐用年数の推定を試みた。6段階評価値3.4を耐用限界と仮定し、設置後の経過年数x₁を求めると、次式を得た。

$$x_1 = 2.93 (2.639 + 0.00111x_2 - 0.0164x_3 - 0.333x_6 + 0.548x_7 + 0.509x_8)$$

この式に施工地の各要因データを代入すれば、予め計画段階で木材の耐用年数を推定できることになる。たとえば、最も木材が劣化しやすくなる数値として、標高x₂=0m、海岸からの距離x₃=60Km、水分状況x₆=2、木材加工の有無x₇=0、防蝕処理の有無x₈=0を代入すると、耐用年数x₁は2.90年となる。逆に、最も劣化しにくい数値として、標高x₂=800m、海岸からの距離x₃=0Km、水分状況x₆=0、木材加工の有無x₇=1、防蝕処理の有無x₈=1を代入すると、耐用年数x₁は13.43年となる。同様にして、防蝕処理されていない無処理材の最大耐用年数は11.94年となり、最小値との間に10年程度の差を生じることが示唆された。

ただし、この方法によって耐用年数を予測するためには、木柵工以外の工種についても更にデータを蓄積する必要があると思われ、この調査結果から得られた数値を直ちに現場に応用できるわけではない。いずれにしても、事業の計画段階あるいは設計段階において、このような方法によって耐用年数を予測することが十分可能と考えられた。そして、この方法を採用することにより、事業施工地の環境条件に応じた木材の選択が可能となること、植栽工の補助構造物として設置される木製構造物では植栽樹木の選定に役立つこと、設置後の点検やメンテナンス時期を決定する目安となることなど幅広く活用できると思われた。

IV 木製防護柵の劣化と強度性能

1 はじめに

一般に、木製構造物は、木柵工や防風工などのような植栽工の補助的構造物として設置されるものと、木製防護柵や木橋工など長期的に高い強度性能を要求される永久的構造物に区分される。そして、従来の木製構造物は補助的構造物としての利用が主体であったが、最近では永久的構造物の設置件数が徐々に増加する傾向にあり、表16に示すとおり、大分県における木製防護柵設置量も増加している状況にある。

表16 大分県下の木製防護柵設置状況

年 度	11	12	13	14
延長 (m)	537	336	527	1,336
材積 (m ³)	26	17	32	82

しかし、多くの関係者が、特に永久的な木製構造物の耐久性や安全性に強い不安を抱いているのではないだろうか。平成12年度から開始した既設木製構造物耐久性調査の中で、永久的構造物の代表とも言える木製防護柵から何カ所も木材腐朽菌のキノコが発生していた。

そこで、設置後数年で被害が認められた木製防護柵部材を対象に、その劣化原因と劣化部材の強度性能について検討を加えた。

2 調査及び試験の方法

既設木製構造物の劣化状況調査で腐朽菌被害が確認された3ヶ所の木製防護柵あるいは橋欄を対象とした。

これらの木製防護柵は、それぞれ設置後3~5年経過していた。使用部材は、表17に示すとおり、いずれもスギ丸棒加工材であり、アルキルアンモニウム化合物系木材防腐剤(AAC)の加圧注入処理と含浸型塗料の塗装の有無が異なっていた。

平成14年4月に3ヶ所の施工現場から直径18cm、長さ197.5cmの木製防護柵部材を林業試験場に搬入した。

供試材は、現場での設置方向を基に、部材の上面をA、下面をC、側面をB・Dとし(写真46)、4材面が分かるようあらかじめ線引した。そして、重量、平均年輪幅、動的ヤ

表17 供試材の概要

所在地	本数	施工年月	使用丸太		
			樹種	防腐処理	塗装
本匠村	8	H11.1	スギ	なし	なし
直入町	20	H10.9	スギ	AAC加圧注入	なし
安心院町	18	H9.8	スギ	AAC加圧注入	含浸型塗料

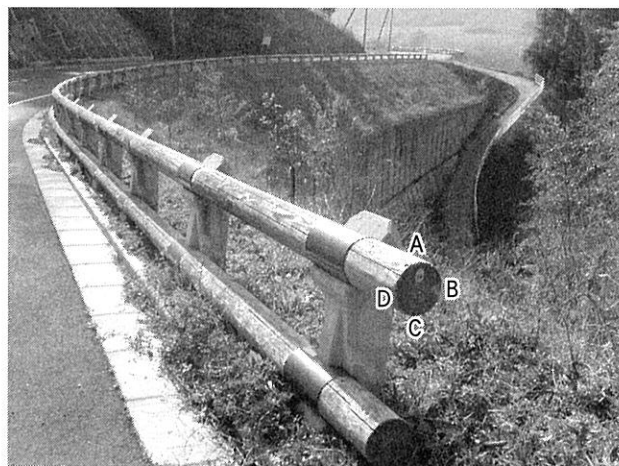


写真46 林道芹川線(直入町)の木製防護柵

ング係数、丸太表面の材面割れ面積及び腐朽菌発生箇所数を測定した後、3本を内部劣化状況の観察に、残りを曲げ強度試験に供した。ここで、材面割れ面積は次式により算出した。

$$\text{材面割れ面積} = 1/2(\text{割れ幅} \times \text{割れ長さ})$$

また、内部劣化状況の観察は、木口から30cm、60cm、90cm部位の小断面を採取し、割れ深さの測定と腐朽状況及び防腐剤の浸潤状況を観察した。

次に、曲げ強度試験は、写真47のように、島津製作所製の木材実大試験機を用い、3等分点4点荷重方式（スパン1800mm）、ストローク変位一定（10mm/min）の荷重スピードで、全試験体ともD面荷重で行い、曲げ強さMOR及び曲げヤング係数MOEを次式により算出した。

$$\text{MOR} = P \cdot a / 2Z$$

$$\text{MOE} = p \cdot a(3L_2 - 4a_2) / 48I \cdot y$$

$$\text{但し } a = 600\text{mm}, Z = \pi d_3^3 / 32, I = \pi d_4^4 / 64$$

また、健全な背割り部材及び無背割り部材の曲げ強度試験を同様に実施した。試験後、試験体の破壊点付近から小断面を採取し、含水率を全乾法で測定した。

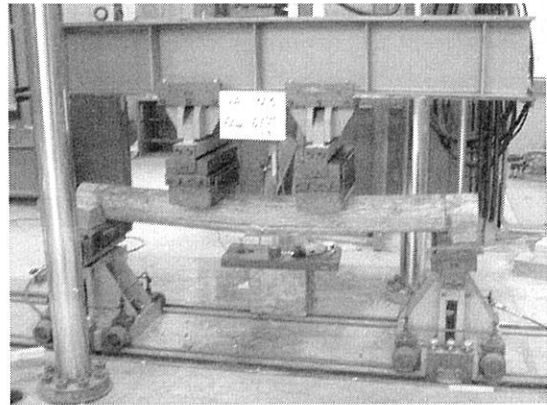


写真47 実大曲げ強度試験の様子

3 調査結果と考察

(1) 劣化原因

肉眼により認められた材面腐朽は、写真48のように、全て材面割れに添って発生していた。また、部材内部の腐朽形態は、写真49のように、部材表面に比べ内部ほど広範囲に腐朽しているケースが多かった。このことから、部材腐朽の原因に、材面割れが大きく関与していると考えられた。

材面割れは、全て長さ方向に発生し、割れ幅6mm、割れ深さ73mmで全長に達するものもあった。割れ面積は、平均134cm²/本で、施工箇所の差は認められなかった。割れの発生部位は、図38に示すとおり、A面が最も大きく、C面が小さい傾向にあった。これは、直射日光の当たる上部ほど干割れが発生しやすいからと推察された。

次に、腐朽菌による被害率は、表18



写真48 キカイガラタケのキノコ（安心院町）

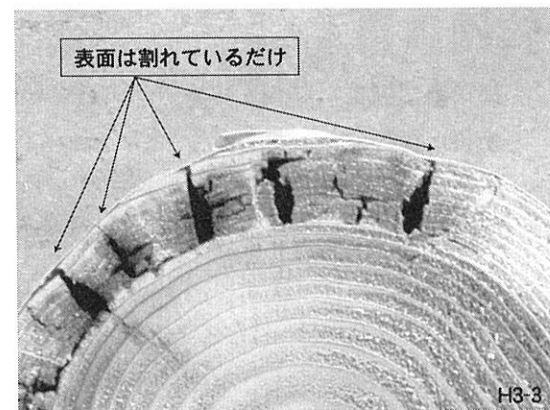


写真49 内部腐朽の状況（本匠村）

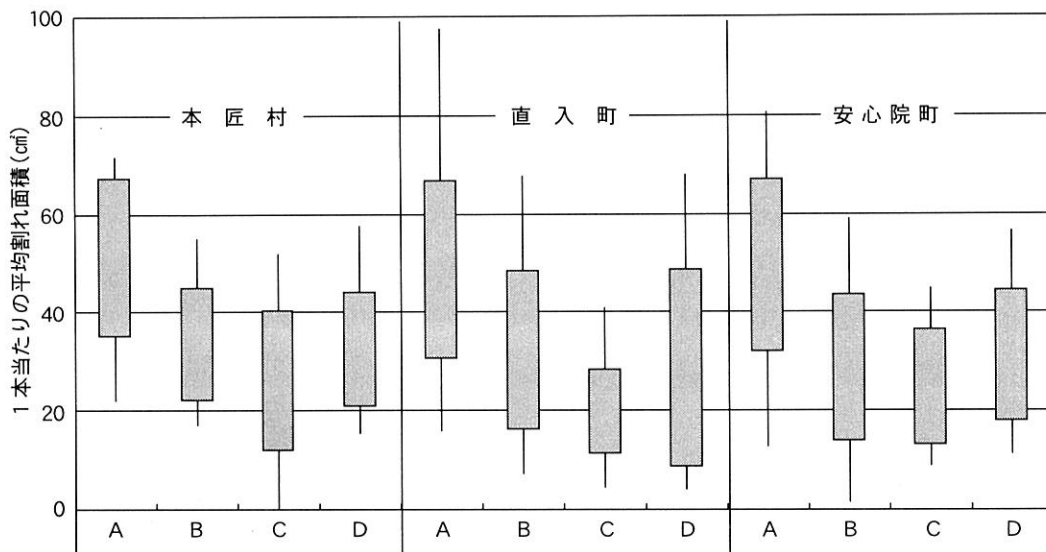


図38 材面割れの発生状況

表18 腐朽菌による被害率 (%)

区分	A面	B面	C面	D面	合計
本匠村	63	25	0	13	75
直入町	35	20	20	25	60
安心院町	11	11	0	0	11
合計	30	17	9	13	43

に示すとおり、平均で43% (46本中20本) であり、材面別では、A面が平均で30%と最も多く、B・D面が平均で15%とA面の半分であり、C面が最も少ない傾向にあった。

これら腐朽菌は、発育適温が25℃以上の好中高温菌類の多孔菌科のキカイガラタケ (*Gloeophyllum saepiarium* (Wulf. :Fr.) Karst.) 及びチャカイガラタケ (*Daedaleopsis tricolor* (Bull. :Fr.) Bond. et Sing.) であった (7)。一般に、木材腐朽菌の生育には、栄養源である木材自身はもとより、適当な水分と温度条件を必要とする。今回のケースでは、直射日光の影響で上部ほど大きな深い干割れが発生し、この干割れから木材防腐剤が注入されていない部材内部まで雨水が浸透し、さらに材温の上昇も加わり、木材腐朽菌の生育に適した環境となってしまう、防腐処理をしているにもかかわらず、結果的にこのような被害が発生したものと考えられた。

このような被害発生を回避するには、さらに強い防腐処理材を使用することも有効だが、コストや環境などを考慮すれば、もっと低コストでノンケミカルズな方法を選択すべきであり、例えば、劣化原因である干割れ発生を抑制させるため、背割り材を使用することなどが考えられる (19,42,50,54)。また、設置後の年数が最も経過していた安心院町の部材が、他の2ヶ所より小さな被害であったことから考えて、塗装処理も有効である可能性が示された (18)。

(2) 劣化部材の強度性能

曲げ強度試験の結果を表19に示した。

供試材は、密度の最小値-平均値-最大値が0.36-0.43-0.50g/cm³、平均年輪幅が0.29-0.53-0.75cm、含水率が17.6-21.2-36.5%であり、3箇所の設置箇所間の材質の差は認められず、比較的均質であった。

曲げ強度性能は、動的ヤング係数が3.17-5.54-8.63kN/mm²、曲げヤング係数が2.45-4.40-7.92kN/mm²であり、図39に示すとおり、動的ヤング係数の方が大きい傾向にあった。これは、腐朽菌被害が部分的に発生していたため、局所的な断面欠損に影響されたからではないかと思われた。また、曲げ強さは12.6-31.5-48.2N/mm²であり、全体の16%に当たる6本が無等級材のスギ基準強度22.2N/mm²を下回っていた。

次に、曲げヤング係数と曲げ強さの関係を図40に示した。一般に、両者の間には高い相関関係が認められるが、今回の試験結果では有意な関係は認められなかった。また、これまで試験した大分県産スギ材308本の強度性能は、曲げヤング係数及び曲げ強さの平均値がそれぞれ7.64kN/mm²、42.13N/mm²であり(53)、供試部材の全てが大分県産スギ材の平均値を下回っていた。

このように、全体の16%が無等級材のスギ基準強度を下回っており、さらに全ての部材が大分県産スギ材の平均値を下回っていたことから、腐朽菌により劣化したスギ木製防護柵部材の強度性能は明らかに低下していたと推測された。

表19 曲げ強度試験結果

区分	項目	密度 (g/cm ³)	平均年輪幅 (cm)	含水率 (%)	動的ヤング係数 (kN/mm ²)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強さ (kN/mm ²)
本匠村 n=5	Av	0.42	0.52	20.9	5.92	4.93	30.1
	max	0.45	0.71	25.1	7.88	6.57	41.4
	min	0.40	0.42	19.1	4.60	3.13	23.1
	sd	0.02	0.11	2.5	1.47	1.25	8.2
直入町 n=17	Av	0.42	0.57	22.8	6.44	4.63	26.1
	max	0.50	0.75	36.5	8.53	7.63	38.3
	min	0.36	0.42	18.0	4.71	2.45	12.6
	sd	0.04	0.09	4.3	1.08	1.42	8.1
安心院町 n=15	Av	0.45	0.50	19.4	4.40	3.97	38.2
	max	0.49	0.67	25.9	8.63	7.92	48.2
	min	0.41	0.29	17.6	3.17	2.49	33.2
	sd	0.02	0.09	2.0	1.49	1.51	4.3
合計 n=37	Av	0.43	0.53	21.2	5.54	4.40	31.5
	max	0.50	0.75	36.5	8.63	7.92	48.2
	min	0.36	0.29	17.6	3.17	2.45	12.6
	sd	0.03	0.09	3.6	1.60	1.45	8.7

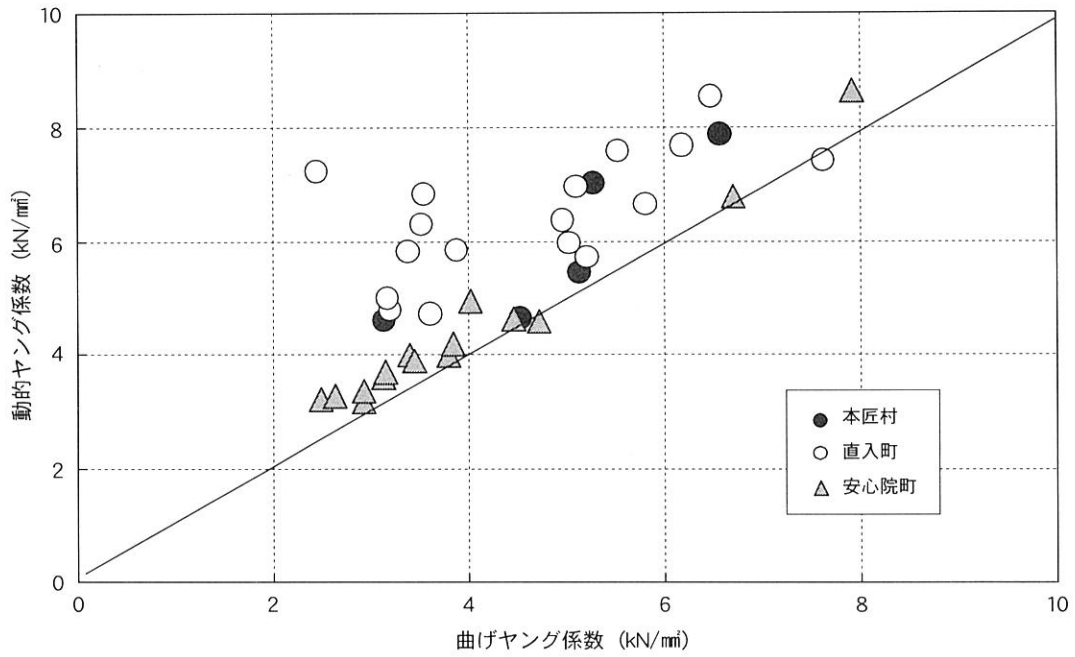


図39 スギ木製防護柵部材の曲げヤング係数と動的ヤング係数の関係

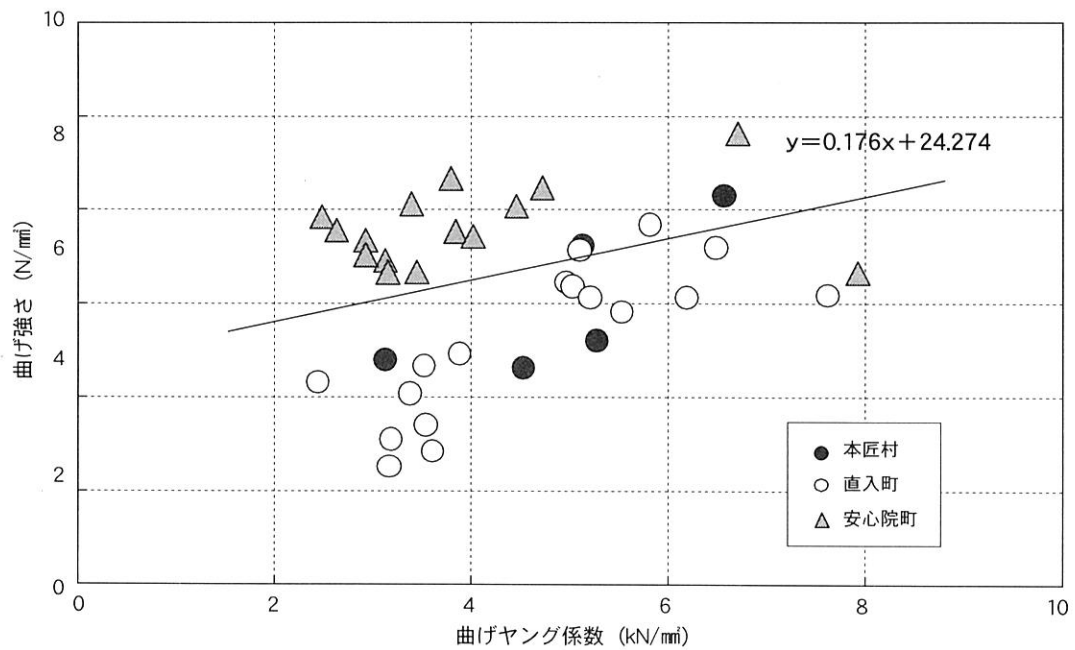


図40 スギ木製防護柵部材の曲げヤング係数と曲げ強さの関係

(3) 背割り部材の強度性能

劣化部材の試験結果から、主な劣化原因は干割れであることが判った。そこで、干割れ発生の抑制効果が期待できると考えられた背割り材の強度試験を行った。

実際の木製防護柵部材に使用しているスギ丸棒加工材と同様の寸法の健全な無背割り材と背割り材の強度性能を比較すると、表20に示すとおり、両者の動的ヤング係数、曲げヤング係数、曲げ強さの間には明らかな差が認められなかった。断面寸法12cmのスギ正角材を用いた強度試験結果からも背割り加工による強度低下は小さいことが報告されており(23)、図41に示すとおり、両者のたわみ-荷重曲線から最大荷重や仕事量などを比べても、背割り加工による曲げ強度性能の著しい低下は認められなかった。

以上のことから、背割り加工による強度低下は、一般製材品と同様に顕著でなく、両者の静的強度に大きな差はないと考えて良さそうである。しかし、実際のガードレールビームには高い衝撃強度が求められることから、背割りの大きさや背割り配置方向などを考慮した衝撃試験を実施する必要があると考えられた。

表20 健全な無背割り材と背割り材の強度性能

区 分	密 度 (g/cm ³)	動的ヤング係数 (kN/m ²)	曲げヤング係数 (kN/m ²)	曲げ強さ (N/mm ²)
無背割り材	0.51	6.45	5.16	49.4
背 割 り 材	0.50	7.32	6.06	51.6

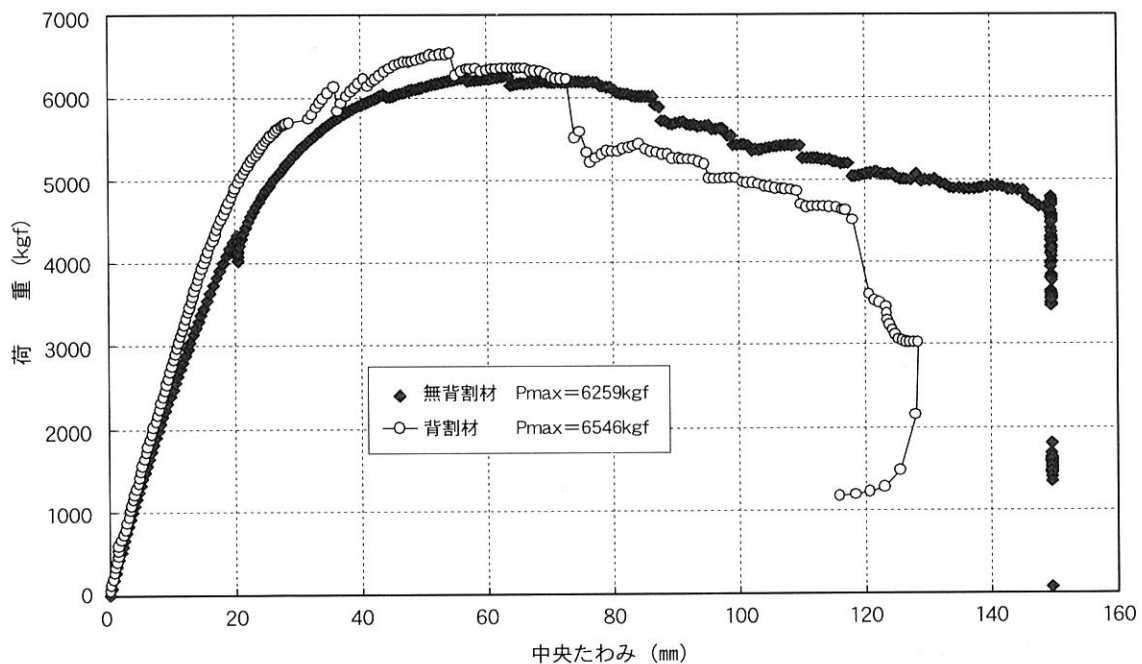


図41 スギ丸棒の無背割り材と背割り材のたわみ-荷重曲線

V 木材使用に関する土木事業担当者の意識調査

1 はじめに

これまで土木用木製構造物の耐久性や劣化診断法に関する調査について述べたが、ここでは、それらの調査結果を活用する立場にある土木事業担当者の木材使用に対する意識について検討した。

今回、県や市町村の公共工事等を担当する土木事業担当者が木材使用に関してどのような意識を持っているか、また木材使用に関してどのような問題点を感じているかをアンケート調査結果をもとに検討した。

2 調査方法

調査は、アンケートによる方法とし、簡易に回答できるよう列記した該当事項をチェックしてもらう様式を採用した。ただし、耐用年数は年数を、該当項目がない場合はその意見を記載できる形とした。

調査対象は、県の土木建築部、農政部、林業水産部の職員及び県下各市町村に所属する土木事業の担当職員とし、その総数は504名であった。

3 調査結果と考察

(1) 回収率

394名から回答があり、回収率は78%であった(図42)。

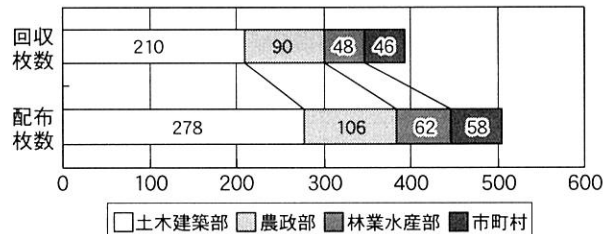


図42 各所属毎のアンケート回収率

(2) 木材使用の推進と使用経験

木材使用の推進を「知っている」か「知らない」かの2項で調査した結果は、図43のとおり、各部局間で若干の差が認められるものの全体の8割程度が認知していた。しかし、経験年数の浅い職員の認知度が低いという傾向にあり、木材が一般的な土木資材として考えられていないのではないかと推察された。

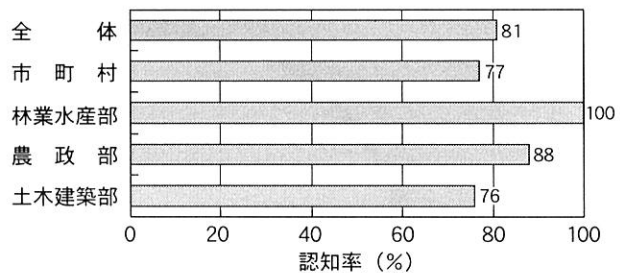


図43 木材利用推進に対する認知率

また、木材の使用経験は、林業水産部の担当者の大半が使用経験有りであったが、そのほかの所属では使用経験が少なく、全体の58%が木材の使用経験を有しなかった。

(3) 木材使用に対する土木事業担当者の考え方

全体の97%の担当者が何らかの形で木材を使用すべきと考えていた。また、使用経験が有りと回答した担当者の多くが積極的に使用すべきと考えている傾向にあった。しかし、積極的に使用すべきと考えている担当者の4割が使用経験を持たないことから、使用すべきと考えていても使用できない状況が存在していると推察された。

その理由として、図44に示すとおり、「環境負荷の軽減」「地域への経済効果」「木材の需要拡大」「景観への配慮」を肯定的理由とする一方、「材料の腐朽」「強度性能」「維持経費・コスト」など性能あるいはコスト面に対する否定的理由をあげる担当者が多かった。

具体的な問題点としては、材料選定に際し、66%が材料腐朽を指摘した。設計上では、コストが問題だろうと予想したが、実際には歩掛が最も多かった。これは使用経験を有しない担当者が多いためだと考えられた。施工上では、使用経験を有しない担当者が多いため、業者指導が最も多かった。管理上では、腐朽期間を指摘する担当者が最も多く、耐用年数の設定が急務であると考えられた。

このように、全体的に、木材使用の意義は理解しているが、実際の使用に際しては、材料腐朽や歩掛、コストなどに不安を持っている担当者が多いことがわかった。

(4) 工種ごとの耐用年数

木材使用を伴う主な工種の木材に要求される耐用年数は、図45に示すとおり、担当者によって数年から100年までの記載があり、要求耐用年数が大きく異なっていた。また、要求耐用年数の平均値も10年から40年と異なっており、木材の耐久性に対する認識が極めて薄いと思われた。ともあれ、いずれもスギ心材の一般的耐用年数6.5年を大きく上回っており、防腐処理材の必要性が示唆された。

次に、回答総数に対する使用を是とする割合を支持率としたとき、図46に示すとおり、支持率は要求耐用年数と反比例の関係が認められ、要求耐用年数が長くなるほど支持率は低下する傾向にあった。

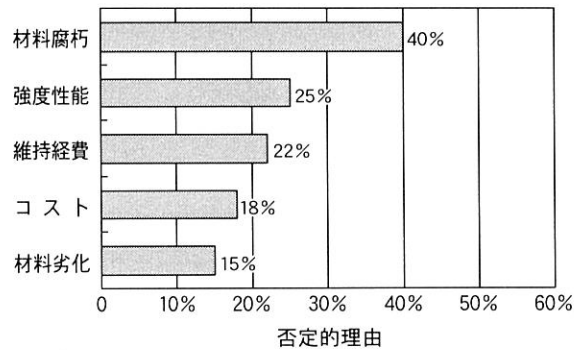
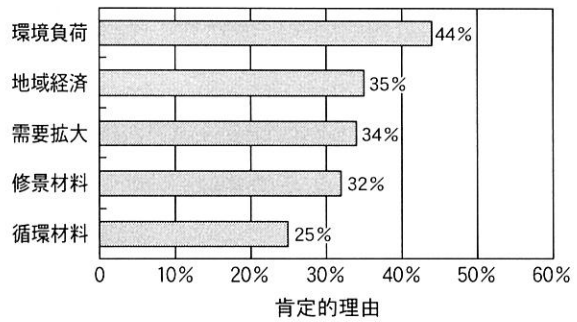


図44 木材使用に対する意見

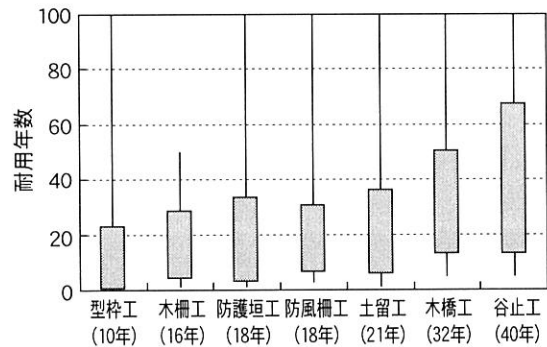


図45 主な工種の要求耐用年数

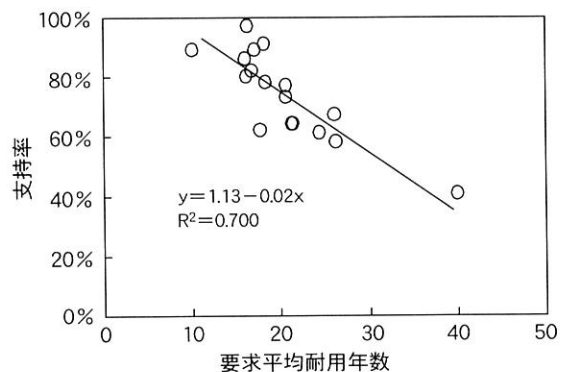


図46 要求耐用年数と支持率の関係

(5) 土木事業担当者の意識改革を図るために

今後必要な施策について、10項目の複数回答で調査した結果は、図47に示すとおりであり、マニュアル作成、耐用年数、標準設計、研修会の順に多かった。このように、全体の半数の担当者が、設計段階でもっと木材を使用しやすいようにするための技術的なノウハウを求めている。

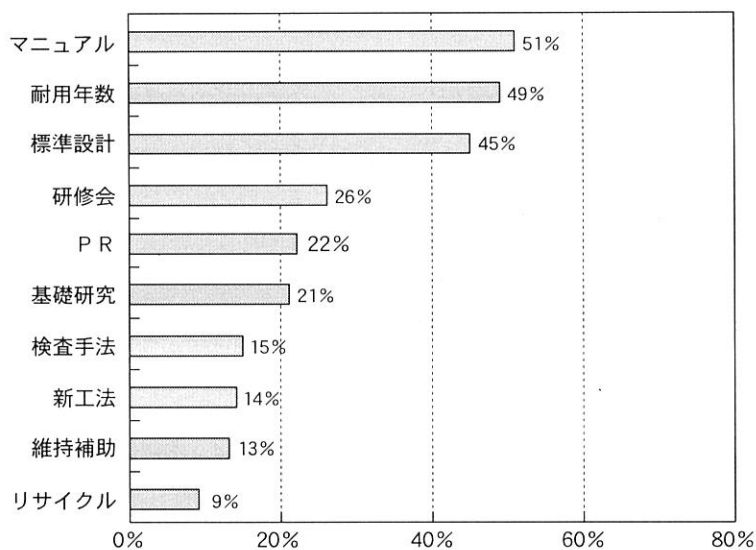


図47 土木分野用の木材使用を推進するために必要な施策

VI 総合考察

循環型資源である木材の利用推進や間伐材の利用促進、景観や環境にやさしい公共事業の推進などから、林業分野での土木用木製構造物設置件数は年々増加傾向にあるが、他分野の土木工事では木材利用が進展していない状況にある。その主な原因は、アンケート調査結果からも明らかのように、多くの関係者が木製構造物の耐久性や安全性に不安を持っていることがあげられる。筆者らは、これらの問題点に対処するため、土木用木製構造物の耐久性を明らかにし、土木事業担当者のための劣化診断法の提案と、木製構造物の耐用年数の決定及び計画段階での耐用年数の推定を試みることを主眼に本研究を実施した。

はじめに、土木事業担当者のための木材劣化診断法について考察する。木材の劣化診断法には、森林総合研究所の6段階評価法をはじめ、ピロディン貫入深さや超音波伝搬速度から推定する方法、フラクトメーターで測定するVTA法、あるいは穿孔の電気抵抗から推定する方法やX線CT装置を用いる方法などが知られているが、目視による6段階評価の被害度から推定する方法が一般的と考えられている(1,3,5,35,52)。6段階評価法に関する研究は、雨宮や松岡らが行った縦圧縮強度減少率との関係に関するもの(1,45)や長谷川らの治山木杭の折損率、縦圧縮強さ、容積密度の関係と関連させたもの(40)、飯島の報告にある構造物の耐用限界確率と使用不能率の関係から耐用限界被害度を推定したものなどがあるが、今回の調査対象構造物が人命に直接関与しない土木用構造物であることから、縦圧縮強さが半減するときの劣化状態を耐用限界と考えた。その結果、6段階評価の被害度が3.4、ピロディン貫入深さの平均値が33mm、使用不能率70%が耐用限界であった。これは長谷川らや飯島の報告(40,4)と近似した結果であった。本調査では、筆者らと土木事業担当者が目視評価を行ったわけであるが、木材劣化に精通していない者でもある程度の劣化診断は可能であると思われた。

しかしながら、目視による6段階評価は、ドライバーや千枚通しを用いながら行うのが一般的であり、主観的な測定結果を生じやすいことも経験済みである。そこで、実際の土木現場において、土木事業担当者が、目視による6段階評価に併せて行うことのできる測定機器を用いた簡易な測定法について検討した。前述の測定方法の中で、測定や判定方法が複雑であったり、測定機器が高額である方法は採用できない。現実採用可能な測定方法であるためには、測定器具の運搬や現場での測定・診断が簡単であること、木製構造物に与えるダメージが少ない非破壊法であること、測定機器が手頃な価格であること、使用頻度の高いスギ木製構造物の測定に適していることを満足しなければならない。そういう理由から、ピロディン試験器の貫入深さから劣化度を推定する方法しか採用できないと考えた。ただし、ボンゴシ材や大径材などの内部腐朽材の診断ができないことやピロディンのストライカーピンの長さ40以上が判別できないというデメリットを持っている。

ピロディン試験器は、電柱の軟質腐朽や立木密度の測定などに用いられる木材測定器であるが、日本では汎用性が低い試験器であり、ピロディン試験器に関する研究事例は少ない(14,24,30)。特に、樹木の中で比較的軽軟な樹種であるスギ材が本県の土木用木製構造物全てに使用されており、スギ材の測定に関する知見が必要と考えた。スギ材の密度とピロデ

イン貫入深さととの間に負の相関が認められているが(14)、本試験におけるこの関係は、密度や年輪構造が異なる樹種間で認められたものの、密度や年輪構造が異なるスギ樹種内では認められなかった。すなわち、早晚材の密度差が顕著なスギ材では、ピロディンのストライカーピンが常に晩材で止まるため、密度よりもむしろストライカーピンの貫入部の年輪幅に左右されると考えられた。一方、含水率による影響では、高含水率材のピロディン貫入深さは気乾材の約1.2倍に増加した。また、実際の土木用木製構造物に最も多く使用されるスギ小径丸太のピロディン貫入深さは、健全材で約18mmであった。

次に、木製構造物の耐用年数について考察する。土木工事で実際に施工された木製構造物を対象にした調査報告は、意外に少なかった。道路や大型ダムなどと異なり、森林土木事業で施工した土木工事の多くは人里離れた山間部にあり、中には森林内に消滅してしまうものも多いからであろうか。ましてや施工後の巡回診断やメンテナンスなどは行き届かないのが現状であろう。こうした中で、富山県のスギ及びカラマツを使用した治山木杭(40)、秋田県のスギ杭丸太(5,6)、熊本県のスギ及びヒノキを使用した土留工(10,11,12)、青森営林局管内のヒバ材を使用した木製ダム(25)、木橋に関するもの(15,52)、大分県のスギを使用した木製防護柵(27)、群馬県のスギを使用した落石防止柵緩衝材(48)などが報告されている。

これらの報告に準じて、大分県下に設置された171カ所のスギ木製構造物を対象に、それらの劣化原因と劣化経過について調査した。その結果を考察すると、被害形態は、カワラタケやキカイガラタケなど担子菌類による腐朽が全調査箇所の50%で、ヤマトシロアリによるシロアリ食害被害が25%で確認された。一方、木製構造物に使用されたスギ部材の腐朽度を6段階評価の被害度及びピロディン貫入深さによる被害度とし、木製構造物の耐用年数を推定した。線形回帰により推定した耐用年数は、無処理材が6.2年、処理材が16.0年であった。また、工種別では、無処理材が木柵工6.1年、流路工・護岸工4.9年、防風垣工7.0年であった。一方、処理材は12年前後であった。また、非線形回帰により推定した耐用年数は、線形回帰のそれより小さくなった。スギ部材の腐朽度診断では、6段階評価の被害度とピロディン貫入深さによる被害度の高相関関係が認められ、いずれの方法でも腐朽度診断が可能と考えられた。

また、土木用木製構造物の中で高い強度性能が求められる永久的構造物の中で、施工頻度が高い木製防護柵の劣化について考察した。この木製防護柵を設置するメリットは、①スギ中目材を使用するため資源量が豊富であること、②丸棒加工材を使用するため地域の林業及び木材産業の経済に貢献すること、③一定期間経過後に取り替え需要が見込まれること、④景観に配慮した構造物となれることなどが考えられる。このようなメリットが期待される反面、一定期間その強度性能を維持させるため、防腐処理等による耐久性の向上を図らなければならない。しかし、防腐剤が低毒化するなどノンケミカルズの風潮の中で、高い耐久性を保持することは難しい現状である。本試験では、比較的早期に劣化した木製防護柵部材を県下3カ所から採取し、これらの劣化原因と劣化部材の強度性能について試験した。劣化は、部材上部の干割れに添って発生した腐朽が原因であった。腐朽は、表面より内部ほど広範囲

であった。これらの劣化部材の曲げ強さは12.6-31.5-48.2N/mm²で、全体の16%が無等級材のスギ基準強度22.2N/mm²を下回っており、明らかに強度低下が認められた。一方、背割加工による丸棒の強度低下は認められなかった。

さらに、部材の劣化度を目的変数とし、設置後の経過年数、使用木材の加工状況及び防腐処理状況、施工地の標高や海岸からの距離等の環境因子を説明変数として重回帰分析を行い、耐用年数の推定を試みた。その結果、無処理材の最小耐用年数は2.90年、最大耐用年数は11.94年となり、約9年もの差が生じた。以上の方法によって、事業の計画段階や設計段階でも耐用年数を予測することが可能となり、事業施工地の環境条件に応じた木材の選択が可能となること、植栽工の補助構造物として設置される木製構造物では植栽樹木の選定に役立つこと、設置後の点検やメンテナンスの基準となることなど幅広く活用できると思われた。ただし、この方法でさらに精度の高い耐用年数を予測するには、より多くのデータ蓄積が必要と思われた。

VII 摘要

木材の利用推進や間伐材の積極的活用が林業行政の重点課題となっている中で、公共事業を中心とした土木工事へ木材を使って行こうとする動きが活発化しつつある。しかしながら、いざ木材を使う構造物を作ろうとすると、耐用年数が曖昧であったり、歩掛りや材料に関する情報入手が困難であったり、設計段階で担当者がつまづいてしまうような現状ばかりである。また、木材の劣化診断法や設置後のメンテナンスの方法が定まっていないことも木材使用を躊躇する原因ではなかろうか。

1 ピロディン貫入試験の測定方法

器具の取扱いが容易で診断が比較的簡易なピロディン試験器の測定方法について検討した。その結果、ピロディン貫入深さは、樹種に影響されるが、スギ材の比重との関係は認められず、早晚材の密度差が大きい材や年輪幅が広い材の測定データはバラツキやすい傾向にあった。また、土木用木製構造物のように屋外に設置された高含水率のピロディン貫入深さは、気乾材の約1.2倍であった。実際の土木用木製構造物に最も多く使用されているスギ小径丸太のピロディン貫入深さは、健全材で約18mmであった。

2 既設構造物調査

大分県下に設置された171カ所のスギ木製構造物を対象に、それらの劣化原因と劣化経過について調査した。被害形態はカワラタケやキカイガラタケなど担子菌類による腐朽とヤマトシロアリによる食害被害であった。

6段階評価及びピロディン貫入試験法により木製構造物に使用されたスギ部材の腐朽度を測定し、それらから線形回帰によって推定した木製構造物の耐用年数は、無処理材が6.2年、処理材が16.0年であった。また、工種別の耐用年数は、木柵工の無処理材が6.1年

処理材が12.9年、流路工・護岸工の無処理材が4.9年、防風垣工の無処理材が7.0年、処理材が11.4年であり、それぞれの工種が採用される現場の環境により多少異なると考えられた。一方、非線形回帰によって推定した耐用年数は、線形回帰による耐用年数に比べ小さくなると考えられた。

また、スギ部材の腐朽度診断において、6段階評価の被害度とピロディン貫入深さPdrによる被害度の高に高い相関関係が認められたことから、いずれの方法でも腐朽度診断が可能と思われた。

さらに、部材の劣化度を目的変数とし、設置後の経過年数、使用木材の加工状況及び防腐処理状況、施工地の標高や海岸からの距離等の環境因子を説明変数として重回帰分析を行い、耐用年数の推定を試みた。その結果、無処理材の最小耐用年数は2.90年、最大耐用年数は11.94年となり、約9年もの差が生じた。以上の方法によって、事業の計画段階や設計段階でも耐用年数を予測することが可能となり、事業施工地の環境条件に応じた木材の選択が可能となること、植栽工の補助構造物として設置される木製構造物では植栽樹木の選定に役立つこと、設置後の点検やメンテナンスの基準となることなど幅広く活用できると思われた。ただし、この方法でさらに精度の高い耐用年数を予測するには、データの蓄積が必要と思われた。

3 木製防護柵の劣化と強度性能

3カ所から得た木製防護柵部材の劣化原因と劣化部材の強度性能について試験した。部材上部の干割れに添って腐朽が発生し、表面より内部ほど広範囲に腐朽していた。これらの劣化部材の曲げ強さは12.6-31.5-48.2N/mm²で、全体の16%が無等級材のスギ基準強度22.2N/mm²を下回っており、明らかに強度低下が認められた。一方、背割加工による丸棒の強度低下は認められなかった。

4 木材使用に関する土木事業担当者の意識調査

土木事業担当者が木材使用に対して抱えている問題点を把握するため、大分県及び県下市町村の担当者504名を対象にアンケート調査を行った。土木事業担当者の大半は木材使用に肯定的であったが、木材の耐久性に対する不安や歩掛・コスト等に関する情報不足などの理由で、過半数は実際の設計で使用経験を持たなかった。木材の耐久性や歩掛・コストなどの情報提供を積極的に行う必要があると思われた。

謝 辞

本研究を実施するに当たって、秋田県立大学木材高度加工研究所の飯島泰男教授並びに富山県林業技術センター木材試験場の長谷川益夫氏に貴重なご指導を頂いた。また、九州大学大学院農学研究院森林資源科学の小田一幸教授並びに松村順司助教授にご助言を頂いた。深くお礼申し上げます。

また、土木用木製構造物の耐久性調査の現地調査に当たっては、大分県林政課検査技術管理室、林業振興課林道係、森林保全課治山係の皆さんをはじめ、各地方振興局の森林土木事業担当者の方々（後藤豊氏、西山伸一氏、本田真一氏、石橋新二氏、七條孝昭氏、橋本新治氏、工藤隆孝氏、中村英俊氏、伊藤政行氏、木野健光氏、石田陽一氏、溝部孝博氏、市原康則氏、一川洋氏、吉松史考氏、木下義丈氏、峯崎信介氏、樋口昭氏、谷山健一氏、工藤祐一氏、中島三一氏、田中孝氏、松木博氏、野村茂雄氏、古閑賢臣氏、日田和成氏、横田真人氏、後藤弘之氏、帆足宏和氏、財津博文氏、黒野英樹氏、梅木保博氏、渡邊絢哉氏、後藤守生氏、今仁俊行氏、河津啓一郎氏、吉野大二氏、岩下彰一氏）並びに林業試験場の江藤幸一氏、長野清氏、神田哲夫氏、小野美年氏のご協力を頂いた。さらに、木材腐朽菌の同定においては大分県きのご研究指導センターの松尾芳徳氏、村上康明氏及び有馬忍氏、並びに林業科学技術振興所の古川久彦氏に、シロアリの同定においては大分県森林保全課の佐藤朗氏に多大なご尽力を頂いた。データのとりまとめに当たっては坂口里美さんに協力を頂いた。これらの多くの方々のご協力に対し、深甚の謝意を表します。

引用文献

- (1) 雨宮昭二 (1963) 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. 林試研報 150, 143~156.
- (2) 雨宮昭二 (1970) 浅川実験林苗畑の杭試験(2)防腐処理杭の10年間の被害経過. 林試研報230, 105~142.
- (3) 有田紀史雄・三谷進・酒井英雄・富川義朗 (1985) 超音波を利用した木柱内部腐朽検知. 木材工業41(8), 14~19.
- (4) 飯島泰男 (1999) 土木用木製構造物の耐用年数評価について. 木材保存25(5), 3~12.
- (5) 飯島泰男・土居修一・岡崎泰男・沓澤正雄・野村繁英 (1999) 治山事業用木材の耐用年数評価について. 49回日本木材学会研究発表要旨集, 420.
- (6) 飯島泰男・土居修一・浅野昌成・鈴木正義 (2000) 土木構造用木材の耐用年数評価について(2)防腐処理材に対する評価. 50回日本木材学会大会研究発表要旨集, 465.
- (7) 伊藤一雄 (1953) 木材腐朽, 1~589, 朝倉書店, 東京.
- (8) 今関六也・本郷次雄 (1987) 原色日本新菌類図鑑(特)(監), 保育社, 大阪.
- (9) 岩崎克己 (2001) 森林土木用材の適正な保存処理を選択する手引き. フォレストコンサル87, 12~19.
- (10) 梅田修史・林寛・森田紘一・吉田瑞樹 (1992) 木製土留工の腐朽に関する実態調査 (I) Pilodyn木材試験器による. 103回日林論, 605~606.
- (11) 梅田修史・林寛 (1993) 木製土留工の腐朽に関する実態調査(監)Pi値と物理的性質との関係. 44回日林関東支論, 169~170.
- (12) 梅田修史 (1995) 木製擁壁の耐久性をピロディンで数値化. 現代林業2, 52~53.
- (13) 大分県林業水産部 (2000) 森林土木事業木材利用促進木製構造物手引き書(Vo.2)

- (14) 岡田直紀・平川泰彦・藤原健・山下香菜 (2001) ピロディンを用いたスギ丸太の密度測定. 51回日本木材学会大会研究発表要旨集, 532.
- (15) 加藤英雄・長尾博文・鈴木憲太郎・井道裕二 (2001) 超音波伝搬速度による木橋の非破壊検査. 51回日本木材学会大会研究発表要旨集, 572.
- (16) 河津渉・津島俊治 (2002) 治山林道研究発表会要旨集, 13.
- (17) 河津渉・城井秀幸・津島俊治 (2003) 木材使用に関する土木事業担当者の意識調査. 九州森林研究56, 153~156.
- (18) 木口実・片岡厚・森満範・土居修一・長谷川益夫・森田慎一・金城勝・今村祐嗣 (1996) 木材保護塗料の地域別暴露による耐候性の評価(監)暴露地別及び塗料タイプ別劣化傾向について. 46回日本木材学会大会研究発表要旨集, 433.
- (19) 栗崎宏・中谷浩・橋本彰・水本克夫 (2003) スギ丸棒に発生する干割れの形状とその抑制技術について. 53回日本木材学会大会研究発表要旨集, 413.
- (20) 三枝道生 (1998) 県内地域別木材劣化状況一県内臨海地域における野外杭試験の経過状況一. 岡山県木材加工技術センター業務報告, 14~15.
- (21) 森林科学研究所 (2001) 森林土木木製構造物施工マニュアル, 東京.
- (22) 鈴木憲太郎・松岡昭四郎・庄司要作・井上衛 (1981) 木材防腐実地試験(6)各種防腐処理小丸太の野外における被害経過と耐用年数. 林試研報315, 105~112.
- (23) 高橋幹夫 (1994) スギ構造物の乾燥法(特)背割材の乾燥特性と強度性能. 山形県林試研報24, 1~5.
- (24) 田中俊成・中井孝 (1983) スギ間伐実大材のPILODYNにより判定した腐朽度と曲げ強度. 33回日本木材学会大会研究発表要旨集, 223.
- (25) 田中俊成・山本幸一・北原曜 (1999) 大正から昭和にかけて施工された木製ダム of 耐久性調査. 15回日本木材保存協会年次大会論文集, 1~9.
- (26) 津島俊治 (2001) 大分県における土木用木製構造物の耐久性. 木科学情報8(1), 55~56.
- (27) 津島俊治・河津渉・城井秀幸 (2002) 大分県における土木用木製構造物の耐久性 (Ⅱ)木製ガードレールの劣化状況. 木科学情報9(1), 37~38.
- (28) 津島俊治・長谷部孝行 (2002) 42回治山研究発表会要旨集, 55~56.
- (29) 津島俊治(2002)土木用木製構造物の耐久性を調べる. 現代林業1: 52~53.
- (30) 津島俊治 (2002) ピロディン打込み深さに影響を与える諸要因. 九州森林研究55, 192~195.
- (31) 津島俊治・河津渉・城井秀幸・増田隆哉 (2003) 大分県におけるスギ小径丸太の耐久性試験結果. 九州森林研究56, 270~273.
- (32) 土居修一・西本孝一 (1986) ナミダタケで腐朽したエゾマツ材の曲げ強度と化学成分. 木材学会誌32(9), 724~729.
- (33) 土居修一 (1997) 木材の熱処理とシロアリの摂食活動刺激. 木材工業52(12), 626~628.
- (34) 日本木材保存協会 (2001) 木材保存学入門,
- (35) 日本緑化センター (2001) 樹木医の手引き, 476-486.

- (36) 農林水産省林業試験場監修 (1982) 木材工業ハンドブック, 186~194, 丸善, 東京.
- (37) 長谷川益夫・飯島泰男 (1989) 地域クライメート・インデックス図とその利用. 木材保存15(4), 9~17.
- (38) 長谷川益夫 (1996) 木材保存に関わる気候指数. 木材保存22(5), 2~9.
- (39) Masuo Hasegawa (2001) Climate Index of Wood Decay in Japan and Toyama Prefecture. Report on research Project, Grant-in-Aid for Scientific Research, 15~25.
- (40) 長谷川益夫・中谷浩・飯島泰男・安田洋・嘉戸昭夫・長谷川幹夫・相浦英春・石田仁・上林徳久 (1993) 富山県における治山木杭の耐久性 (第1報) 柵工におけるスギ及びカラマツ木杭の耐用年数について. 木材保存19(1), 13~22.
- (41) 長谷川益夫 (2000) 富山県における木材の野外杭試験 (第1報) 19年間の被害度変化. 富山県林技研報13, 97~106.
- (42) Philip D. Evans・Robin Wingate-Hill・Simon C. Barry (2000) The effects of different kerfing and center-boring treatments on the checking of ACQ treated Pine posts exposed the weather. Forest Products Journal 50(2), 59~64.
- (43) 福田清春・原口隆英 (1982) 微小菌類による木材の腐朽. 木材工業37(6), 8~13.
- (44) 松岡昭四郎・庄司要作 (1960) 木材の耐久性について (第1報) JISによる比較耐朽性試験. 林試研報123, 137~152.
- (45) 松岡昭四郎・雨宮昭二・庄司要作・井上衛・阿部寛・内藤三夫 (1970) 浅川実験林苗畑の杭試験(3)各樹種の野外試験による耐久性調査結果. 林試研報232, 109~135.
- (46) 松岡昭四郎・井上衛・庄司要作・鈴木憲太郎・山本幸一 (1984) 浅川実験林苗畑の杭試験(7)日本産および南洋産材の野外に設置した杭の腐朽経過と耐用年数. 林試研報329, 73~106.
- (47) 松村ゆかり・大和亜沙子・小田一幸・松村順司・諫本信義・城井秀幸 (2000) 大分県産ユリノキ(Liriodendron tulipifera)材の性質(I). 51回日本木材学会大会研究発表要旨集, 536.
- (48) 町田初男・小黑正次 (2001) 経年劣化した木製土木用材の強度性能. 51回日本木材学会大会研究発表要旨集, 99.
- (49) 矢田茂樹 (2001) エクステリアウッドの点検と補修(監)ピロディンおよび超音波による劣化診断. 51回日本木材学会大会研究発表要旨集, 412.
- (50) 渡辺憲・信田聡・有馬孝礼 (2003) スギエクステリア部材の表面加工が材の劣化に及ぼす影響. 53回日本木材学会大会研究発表要旨集, 445.
- (51) 渡辺治人 (1978) 木材理学総論, 580~589, 農林出版, 東京.
- (52) 渡辺浩・田畑健太郎 (2002) 樹種を考慮した木橋の腐朽度診断の一例について. 木科学情報9(1), 39~40.
- (53) 城井秀幸 (未発表) 大分県林業試験場資料
- (54) 脇坂政幸・内倉清隆・樋口光夫・平野吉男(2000)P F樹脂注入木材によるアウトドア・住宅関連製品の試作開発. 福岡県工業技術センター研究報告.

既設木製構造物の調査結果

連番	振興局番号	標板 No	調査日・経過年数		①施工内容		②施工地或				③使用木材				④腐朽状況									
			調査年月日	経過年数	事業年度	完成年月	工種	所在地	標高(m)	海岸から距離(km)	傾斜(%)	土質	水分状況	樹種	形状加工	防腐処理	断面寸法(cm)	測定部位	目視	ヒロデザイン測定値 Ptr.av Ptr33 測定数 (mm)	虫害	腐朽菌		
1	西高	1	青49	H13.4.24	9.1	H3	H4.3	豊後高田市	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	3.0	20	25.0	25	1	①⑬
2	西高	1	青49	H14.3.20	10.0	H3	H4.3	豊後高田市	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	3.0	20	36.1	80	1	①⑬
3	西高	2	青23	H13.4.24	8.1	H4	H5.3	豊後高田市	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	3.5	20	39.8	100	1	
4	西高	2	青23	H14.3.20	9.0	H4	H5.3	豊後高田市	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	3.5	20	39.0	95	1	
5	西高	3	青29	H13.4.24	7.1	H5	H6.3	豊後高田市	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	3.0	20	37.9	90	1	⑥
6	西高	3	青29	H14.3.20	8.0	H5	H6.3	豊後高田市	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	3.0	20	37.0	85	1	⑥
7	西高	4	青27	H13.4.24	6.1	H6	H7.3	豊後高田市	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	2.5	20	32.8	50	1	⑬
8	西高	4	青27	H14.3.20	7.0	H6	H7.3	豊後高田市	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	2.5	20	30.3	55	1	⑬
9	西高	5	青07	H13.4.24	5.1	H7	H8.3	豊後高田市	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	1.0	20	29.4	30	1	
10	西高	5	青07	H14.3.20	6.0	H7	H8.3	豊後高田市	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	1.0	20	21.1	15	1	
11	西高	6	青32	H13.4.23	2.1	H10	H11.3	豊後高田市	300	11	1	B	1	スギ	0	0	10	1	1.3	20	25.8	20	0	①②④⑬
12	西高	6	青32	H13.4.23	2.1	H10	H11.3	豊後高田市	300	11	1	B	1	スギ	0	0	10	1	1.5	20	21.1	10	0	①②④⑬
13	西高	6	青32	H14.3.20	3.0	H10	H11.3	豊後高田市	300	11	1	B	1	スギ	0	0	10	1	1.3	10	32.7	60	0	①②④⑬
14	西高	7	青31	H13.4.24	2.1	H10	H11.3	豊後高田市	300	6	2	B(R)	1	スギ	1	0	10	1	2.5	20	27.3	25	1	⑦
15	西高	7	青31	H13.4.24	2.1	H10	H11.3	豊後高田市	300	6	2	B(R)	1	スギ	1	0	10	1	1.5	20	21.0	10	1	⑦
16	西高	7	青31	H14.3.20	3.0	H10	H11.3	豊後高田市	300	6	2	B(R)	1	スギ	1	0	10	1	2.5	20	30.7	45	1	⑦
17	西高	8	青05	H13.4.24	1.8	H10	H11.6	豊後高田市	200	6	0	GL-f	0	スギ	2	2	18	0	0.0	20	21.1	0	0	
18	西高	8	青05	H14.3.20	2.8	H10	H11.6	豊後高田市	200	6	0	GL-f	0	スギ	2	2	18	0	0.0	10	18.5	0	0	
19	西高	9	青12	H13.4.24	0.6	H11	H12.9	豊後高田市	200	6	2	GL-f	1	スギ	0	0	10	1	0.0	20	15.0	0	0	
20	西高	9	青12	H13.4.24	0.6	H11	H12.9	豊後高田市	200	6	2	GL-f	1	スギ	0	0	10	1	0.0	20	15.9	0	0	
21	西高	9	青12	H14.3.20	1.5	H11	H12.9	豊後高田市	200	6	2	GL-f	1	スギ	0	0	10	1	0.0	10	18.2	10	0	
22	西高	10	青14	H13.4.23	0.7	H11	H12.8	豊後高田市	400	8	2	B(R)d	1	スギ	0	0	9	1	0.0	20	15.4	0	0	
23	西高	10	青14	H13.4.23	0.7	H11	H12.8	豊後高田市	400	8	2	B(R)d	1	スギ	0	0	9	1	0.0	20	14.9	0	0	
24	西高	10	青14	H14.3.20	1.6	H11	H12.8	豊後高田市	400	8	2	B(R)d	1	スギ	0	0	9	1	0.0	10	15.4	0	0	
25	西高	11	青35	H13.4.23	0.8	H11	H12.6	大田村	300	16	2	GL-f	1	スギ	2	1	10	1	0.5	20	21.7	5	0	⑦
26	西高	11	青35	H13.4.23	0.8	H11	H12.6	大田村	300	16	2	GL-f	1	スギ	2	1	10	1	0.5	20	21.6	0	0	⑦
27	西高	11	青35	H14.3.20	1.8	H11	H12.6	大田村	300	16	2	GL-f	1	スギ	2	1	10	1	0.5	12	27.4	42	0	⑦
28	西高	12	青15	H13.4.24	11.1	H0	H2.3	真玉町	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	4.0	20	34.8	75	1	
29	西高	12	青15	H14.3.20	12.0	H0	H2.3	真玉町	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	4.0	20	37.8	90	1	
30	西高	13	青06	H13.4.24	10.1	H2	H3.3	真玉町	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	3.5	20	31.6	60	1	
31	西高	13	青06	H14.3.20	11.0	H2	H3.3	真玉町	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	3.5	20	35.0	75	1	
32	西高	14	青11	H13.4.24	9.1	H3	H4.3	真玉町	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	4.0	20	34.4	75	1	⑥
33	西高	14	青11	H14.3.20	10.0	H3	H4.3	真玉町	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	4.0	20	35.7	80	1	⑥
34	西高	15	青16	H13.4.23	10.1	H2	H3.3	香々地町	0	0	0	Y	1	スギ	0	0	7	1	3.0	20	22.9	20	1	⑥⑦
35	西高	15	青16	H14.3.20	11.0	H2	H3.3	香々地町	0	0	0	Y	1	スギ	0	0	7	1	3.0	20	33.1	55	1	⑥⑦
36	西高	16	青08	H13.4.23	5.1	H7	H8.3	香々地町	0	0	0	Y	1	スギ	2	1	7	1	3.0	20	15.8	10	1	
37	西高	16	青08	H14.3.20	6.0	H7	H8.3	香々地町	0	0	0	Y	1	スギ	2	1	7	1	3.0	20	28.8	50	1	
38	西高	17	青09	H13.4.23	5.7	H6	H7.8	香々地町	200	7	2	B(Y)d	1	スギ	0	0	15	1	4.0	20	35.8	80	1	⑤
39	西高	17	青09	H13.4.23	5.7	H6	H7.8	香々地町	200	7	2	B(Y)d	1	スギ	0	0	15	1	4.0	20	39.8	100	1	⑤
40	西高	17	青09	H14.3.20	6.6	H6	H7.8	香々地町	200	7	2	B(Y)d	1	スギ	0	0	15	1	4.0	20	39.9	100	1	⑤
41	東国東	1	青28	H13.4.27	11.1	H0	H2.3	国東町	0	0	0	G-c	1	スギ	2	1	7	1	4.0	20	28.4	40	1	
42	東国東	1	青28	H14.2.20	11.9	H0	H2.3	国東町	0	0	0	G-c	1	スギ	2	1	7	1	4.0	20	18.8	15	1	
43	東国東	2	青26	H13.4.27	10.1	H2	H3.3	国東町	0	0	0	G-c	1	スギ	2	1	7	1	3.0	20	26.2	35	1	

連番	振興局番号	調査年月日	①施工内容		②施工地域				③使用木材				④腐朽状況											
			事業年度	完成年月	工種	所在地	標高(m)	海岸から距離(km)	傾斜(%)	土質	水分状況	樹種	形状加工	防腐処理	断面寸法(cm)	測定部位	日程	ヒロデイン測定値 Pct.av Par33 (%)	虫害	腐朽菌				
44	東国東 2	青26	H14.2.20	10.9	H2	H3.3	防風垣工	国東町	0	0	0	G-c	1	スギ	2	1	7	1	3.0	20	26.6	45	1	⑥
45	東国東 4	青04	H13.4.26	7.1	H5	H6.3	防風垣工	国東町	0	0	0	AE	1	スギ	0	0	7	1	4.0	20	31.3	55	1	
46	東国東 4	青04	H14.2.20	7.9	H5	H6.3	防風垣工	国東町	0	0	0	AE	1	スギ	0	0	7	1	4.0	20	38.1	85	1	
47	東国東 6	青37	H13.4.26	6.1	H6	H7.3	防風垣工	国東町	0	0	0	AE	1	スギ	2	1	7	1	2.0	20	32.5	65	1	⑧
48	東国東 6	青37	H14.2.20	6.9	H6	H7.3	防風垣工	国東町	0	0	0	AE	1	スギ	2	1	7	1	2.0	20	31.9	65	1	⑧
49	東国東 7	青38	H13.4.26	5.1	H7	H8.3	防風垣工	国見町	0	0	0	Y	1	スギ	2	1	7	1	1.5	20	22.6	20	1	⑦
50	東国東 8	青19	H13.4.27	4.1	H8	H9.3	木柵工	安岐町	100	3	2	Gl-f	1	スギ	0	0	9	1	3.0	20	30.4	40	1	⑬
51	東国東 8	青19	H13.4.27	4.1	H8	H9.3	木柵工	安岐町	100	3	2	Gl-f	1	スギ	0	0	9	1*	3.0	20	30.1	40	1	⑬
52	東国東 8	青19	H14.2.20	4.9	H8	H9.3	木柵工	安岐町	100	3	2	Gl-f	1	スギ	0	0	9	1*	3.0	20	34.3	70	1	⑬
53	東国東 9	青40	H13.4.26	4.1	H8	H9.3	木柵工	国東町	0	0	2	AE	1	スギ	0	1	7	1	1.0	20	27.1	40	1	
54	東国東 9	青40	H14.2.20	4.1	H8	H9.3	木柵工	国東町	0	0	2	AE	1	スギ	0	1	7	1	1.0	20	21.8	40	1	
55	東国東 15	青46	H13.4.27	3.1	H9	H10.3	防風垣工	武蔵町	0	0	0	A-w	1	スギ	2	1	7	1	1.0	20	17.6	5	0	
56	東国東 15	青46	H14.2.20	3.9	H9	H10.3	防風垣工	武蔵町	0	0	0	A-w	1	スギ	2	1	7	1	1.0	20	17.0	5	0	
57	東国東 16	青41	H13.4.27	2.1	H10	H11.3	木柵工	安岐町	100	3	2	Gl-f	1	スギ	0	0	9	1	2.0	20	27.2	25	0	①
58	東国東 16	青41	H13.4.27	2.1	H10	H11.3	木柵工	安岐町	100	3	2	Gl-f	1	スギ	0	0	9	1*	2.0	20	23.3	10	0	①
59	東国東 16	青41	H14.2.20	2.9	H10	H11.3	木柵工	安岐町	100	3	2	Gl-f	1	スギ	0	0	9	1*	2.0	20	28.4	35	0	①
60	東国東 17	青30	H13.4.27	2.1	H10	H11.3	護岸工	安岐町	100	3	1	Gl-f	1	スギ	0	0	9	1	3.0	20	23.3	10	0	①⑩⑮⑯
61	東国東 17	青30	H13.4.27	2.1	H10	H11.3	護岸工	安岐町	100	3	1	Gl-f	1	スギ	0	0	9	1*	3.0	20	25.4	20	0	①⑩⑮⑯
62	東国東 17	青30	H14.2.20	2.9	H10	H11.3	護岸工	安岐町	100	3	0	Gl-f	1	スギ	0	0	9	1	3.0	20	28.9	25	0	①⑩⑮⑯
63	東国東 21	青47	H13.4.27	2.1	H10	H11.3	防風垣工	武蔵町	0	0	0	Gl-c	1	スギ	2	1	7	1	0.0	20	18.7	5	0	
64	東国東 21	青47	H14.2.20	2.9	H10	H11.3	防風垣工	武蔵町	0	0	0	Gl-c	1	スギ	2	1	7	1	0.0	20	20.6	15	0	
65	東国東 23	青17	H13.4.27	1.1	H11	H12.3	木柵工	国見町	100	6	1	Gl-c	1	スギ	0	0	10	1	0.0	20	23.1	5	0	①⑬⑰
66	東国東 23	青17	H13.4.27	1.1	H11	H12.3	木柵工	国見町	100	6	1	Gl-c	1	スギ	0	0	10	1*	0.0	20	23.7	10	0	①⑬⑰
67	東国東 23	青17	H14.2.20	1.9	H11	H12.3	木柵工	国見町	100	6	1	Gl-c	1	スギ	0	0	10	1	0.0	20	28.0	25	0	①⑬⑰
68	東国東 24	青24	H13.4.27	1.1	H11	H12.3	谷止工	国見町	100	6	0	Gl-c	1	スギ	2	0	15	0	0.0	20	20.8	0	0	①⑮
69	東国東 24	青24	H14.2.20	1.9	H11	H12.3	谷止工	国見町	100	6	0	Gl-c	1	スギ	2	0	15	0	0.0	20	20.5	0	0	①⑮
70	東国東 27	青42	H13.4.26	1.1	H11	H12.3	進入防止柵	国見町	0	0	0	Gl-f	1	スギ	2	2	10	1	0.0	20	17.1	0	0	
71	東国東 27	青42	H13.4.26	1.1	H11	H12.3	進入防止柵	国見町	0	0	0	Gl-f	1	スギ	2	2	10	1	0.0	20	15.7	0	0	
72	東国東 28	青44	H13.4.26	1.1	H11	H12.3	L型丸太積工	国東町	300	7	2	Gl-f	1	スギ	2	0	8	1	0.0	20	18.0	0	0	
73	東国東 28	青44	H14.2.20	1.9	H11	H12.3	L型丸太積工	国東町	300	7	2	Gl-f	1	スギ	2	0	8	1	0.0	20	17.5	0	0	
74	東国東 29	青36	H13.4.26	1.1	H11	H12.3	防護柵工	国東町	300	7	0	Gl-f	1	スギ	2	2	20	0	0.0	20	19.2	0	0	
75	東国東 29	青36	H14.2.20	1.9	H11	H12.3	防護柵工	国東町	300	7	0	Gl-f	1	スギ	2	2	20	0	0.0	20	18.5	0	0	
76	東国東 30	青13	H13.4.26	1.1	H11	H12.3	木柵工	国東町	300	7	2	Gl-f	1	スギ	0	0	10	1	0.0	20	24.9	10	0	①⑬
77	東国東 30	青13	H13.4.26	1.1	H11	H12.3	木柵工	国東町	300	7	2	Gl-f	1	スギ	0	0	10	1*	0.0	20	18.7	0	0	①⑬
78	東国東 30	青13	H14.2.20	1.9	H11	H12.3	木柵工	国東町	300	7	2	Gl-f	1	スギ	0	0	10	1	0.0	20	30.1	40	0	①⑬
79	別枠速見 1	83	H13.3.21	11.0	H0	H2.3	階段工	別府市	900	9	2	A-c	2	スギ	1	2	10	1	0.5	20	18.5	0	1	
80	別枠速見 1	83	H14.3.19	12.0	H0	H2.3	階段工	別府市	900	9	2	A-c	2	スギ	1	2	10	1	0.5	20	18.1	0	1	
81	別枠速見 2	58	H13.3.21	10.0	H0	H3.3	案内板	別府市	800	10	0	A-c	1	スギ	2	1	20	1	0.0	6	20.7	0	0	
82	別枠速見 2	58	H13.3.21	10.0	H2	H3.3	案内板	別府市	800	10	0	A-c	0	スギ	2	1	20	1	0.0	6	23.3	0	0	
83	別枠速見 2	58	H14.3.19	11.0	H0	H3.3	案内板	別府市	800	10	0	A-c	0	スギ	2	1	20	1	0.0	1	17.0	0	0	
84	別枠速見 2	58	H14.3.19	11.0	H2	H3.3	案内板	別府市	800	10	0	A-c	0	スギ	2	1	20	0	0.0	1	30.2	35	1	
85	別枠速見 3	86	H13.3.21	8.8	H3	H4.6	木柵工	山香町	100	14	2	GL	1	スギ	0	0	10	1	4.7	20	30.7	40	1	
86	別枠速見 3	86	H13.3.21	8.8	H3	H4.6	木柵工	山香町	100	14	2	GL	1	スギ	0	0	10	1*	5.0	20	30.2	35	1	
87	別枠速見 3	86	H14.3.19	9.8	H3	H4.6	木柵工	山香町	100	14	2	GL	1	スギ	0	0	10	1	4.7	19	39.2	95	1	

調査地番号	調査日・経過年数			①施工内容			②施工地域				③使用木材				④腐朽状況											
	連番	振興局番号	看板No	調査年月日	経過年数	事業年度	完成年月	工種	所在地	標高(m)	海岸から距離(km)	傾斜(%)	土質	水分状況	樹種	形状加工	防腐処理	断面寸法(cm)	測定部位	目視	Pitr.av Pitr33測定値(mm)	虫害	腐朽菌			
88	別枠速見	4	-	H13.3.21	8.8	H3	H4.6	木構工	山香町	100	8	2	GL	2	スギ	0	0	20	1*	5.0	4	40.0	100	1	⑬	
89	別枠速見	6	49	H13.3.21	5.0	H7	H8.3	防護柵工	山香町	200	15	0	B	0	スギ	2	2	18	0	1.3	20	24.7	10	0	①⑦	
90	別枠速見	6	49	H13.3.19	6.0	H7	H8.3	防護柵工	山香町	200	15	0	B	0	スギ	2	2	18	0	1.3	20	22.3	0	0	①⑦	
91	別枠速見	7	48	H13.3.21	2.8	H9	H10.6	木構工	山香町	400	5	1	B	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	26.2	5	1	④⑧	
92	別枠速見	7	48	H13.3.21	2.8	H9	H10.6	木構工	山香町	400	5	1	B	1	スギ	0	0	10	1*	2.3	20	31.3	35	1	④⑧	
93	別枠速見	7	48	H14.3.19	3.8	H9	H10.6	木構工	山香町	400	5	1	B	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	32.5	45	1	④⑧	
94	別枠速見	8	74	H13.3.21	2.4	H9	H10.10	流路工	別府市	600	5	1	A	2	スギ	2	0	10	1	1.0	20	26.4	25	0	①	
95	別枠速見	8	74	H13.3.21	2.4	H9	H10.10	流路工	別府市	600	5	1	A	2	スギ	2	0	10	1*	0.5	20	21.5	0	0	①	
96	別枠速見	8	74	H14.3.19	3.4	H9	H10.10	流路工	別府市	600	5	1	A	2	スギ	2	0	10	1	1.0	20	22.4	10	0	①	
97	別枠速見	9	44	H13.3.21	1.3	H10	H11.11	進入防止柵	別府市	600	5	0	A	1	スギ	2	2	15	1	0.0	6	23.5	0	0	①	
98	別枠速見	9	44	H13.3.21	1.3	H10	H11.11	進入防止柵	別府市	600	5	0	A	0	スギ	2	2	15	0	0.0	8	19.9	0	0	①	
99	別枠速見	9	44	H14.3.19	2.3	H10	H11.11	進入防止柵	別府市	600	5	0	A	0	スギ	2	2	15	0	0.0	0	21.0	0	0	①	
100	別枠速見	9	44	H14.3.19	2.3	H10	H11.11	進入防止柵	別府市	600	5	0	A	0	スギ	2	2	15	0	0.0	0	8	21.3	0	0	①
101	別枠速見	10	66	H13.3.21	2.0	H10	H11.3	木構工	別府市	400	4	1	A	1	スギ	2	0	10	1	0.5	20	24.8	15	0	①⑬	
102	別枠速見	10	66	H13.3.21	2.0	H10	H11.3	木構工	別府市	400	4	1	A	1	スギ	2	0	10	1*	0.0	20	18.5	0	0	①⑬	
103	別枠速見	10	66	H14.3.19	3.0	H10	H11.3	木構工	別府市	400	4	1	A	1	スギ	2	0	10	1	0.5	20	28.0	35	0	①⑬	
104	別枠速見	11	65	H13.3.21	2.1	H10	H11.2	木構工	別府市	400	4	1	A	2	スギ	0	0	10	1	1.7	20	23.5	0	0	①④⑨	
105	別枠速見	11	65	H13.3.21	2.1	H10	H11.2	木構工	別府市	400	4	1	A	2	スギ	0	0	10	1*	1.7	20	24.6	10	0	①④⑨	
106	別枠速見	11	65	H14.3.19	3.1	H10	H11.2	木構工	別府市	400	4	1	A	2	スギ	0	0	10	1	1.7	20	25.4	10	0	①④⑨	
107	別枠速見	12	67	H13.3.21	2.1	H10	H11.2	木構工	別府市	400	5	2	A	0	スギ	0	0	10	1	1.7	20	21.7	10	0	①④	
108	別枠速見	12	67	H13.3.21	2.1	H10	H11.2	木構工	別府市	600	5	2	A	0	スギ	0	0	10	1*	1.7	20	18.6	0	0	①④	
109	別枠速見	12	67	H14.3.19	3.1	H10	H11.2	木構工	別府市	600	5	2	A	0	スギ	0	0	10	1	1.7	20	21.6	5	0	①④	
110	別枠速見	13	94	H13.3.21	2.2	H10	H11.1	筋工	杵築市	200	4	2	G	0	スギ	0	0	10	1	1.0	20	25.7	30	1	①⑦	
111	別枠速見	13	94	H13.3.21	2.2	H10	H11.1	筋工	杵築市	200	4	2	G	0	スギ	0	0	10	1*	1.0	20	19.1	5	1	①⑦	
112	別枠速見	13	94	H14.3.19	3.2	H10	H11.3	筋工	杵築市	200	4	2	G	0	スギ	0	0	10	1	1.0	20	29.6	50	1	①⑦	
113	別枠速見	14	52	H13.3.21	2.0	H10	H11.3	木構工	日出町	200	4	2	B	1	スギ	0	0	10	1	2.7	20	25.6	20	0	①②⑬⑮	
114	別枠速見	14	52	H13.3.21	2.0	H10	H11.3	木構工	日出町	200	4	2	B	1	スギ	0	0	10	1*	2.7	20	20.0	5	0	①②⑬⑮	
115	別枠速見	14	52	H14.3.19	3.0	H10	H11.3	木構工	日出町	200	4	2	B	1	スギ	0	0	10	1*	2.7	20	32.8	60	0	①②⑬⑮	
116	別枠速見	15	75	H13.3.21	1.0	H11	H12.3	流路工	別府市	600	5	0	A	2	スギ	2	0	10	1	0.0	20	26.7	25	0	①②⑬⑮	
117	別枠速見	15	75	H13.3.21	1.0	H11	H12.3	流路工	別府市	600	5	0	A	2	スギ	2	0	10	1*	0.0	20	19.8	0	0	①②⑬⑮	
118	別枠速見	15	75	H14.3.19	2.0	H11	H12.3	流路工	別府市	600	5	0	A	2	スギ	2	0	10	1	0.0	20	24.0	10	0	①②⑬⑮	
119	別枠速見	16	55	H13.3.21	0.8	H11	H12.5	防風垣工	杵築市	0	0	0	G-f	0	スギ	2	1	7	1	0.0	20	14.0	0	0	①	
120	別枠速見	16	55	H13.3.21	0.8	H11	H12.5	防風垣工	杵築市	0	0	0	G-f	0	スギ	2	1	7	0	0.0	20	19.0	0	0	①	
121	別枠速見	16	55	H14.3.19	1.8	H11	H12.5	防風垣工	杵築市	0	0	0	G-f	0	スギ	2	1	7	1	0.0	20	15.6	0	0	①	
122	別枠速見	17	96	H13.3.21	1.0	H11	H12.3	土留工	杵築市	100	3	2	A-w	1	スギ	2	2	10	1	0.0	20	19.1	0	0	①	
123	別枠速見	17	96	H14.3.19	2.0	H11	H12.3	土留工	杵築市	100	3	2	A-w	1	スギ	2	2	10	1	0.0	20	18.3	0	0	①	
124	別枠速見	18	71	H13.3.21	1.0	H11	H12.3	土留工	山香町	500	4	2	AE	0	スギ	2	2	10	1	0.0	20	18.5	0	0	①	
125	別枠速見	18	71	H14.3.19	2.0	H11	H12.3	土留工	山香町	500	4	2	AE	0	スギ	2	2	10	1	0.0	20	16.8	0	0	①	
126	大分	1	青67	H13.5.22	2.0	H10	H11.5	支柱工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	1	7	1	0.5	20	15.5	0	0	①	
127	大分	1	青67	H14.3.6	2.8	H10	H11.5	支柱工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	1	7	1	0.5	20	21.2	5	0	①	
128	大分	2	青10	H13.5.22	1.2	H11	H12.3	支柱工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	1	7	1	0.0	20	17.8	0	0	①	
129	大分	2	青10	H14.3.6	2.0	H11	H12.3	支柱工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	1	7	1	0.0	20	17.8	0	0	①	
130	大分	3	青68	H13.5.22	0.2	H12	H13.3	支柱工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	1	7	1	0.0	20	18.5	0	0	①	
131	大分	3	青68	H14.3.6	1.0	H12	H13.3	支柱工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	1	7	1	0.0	20	16.7	0	0	①	

連番	調査地番号	調査日・経過年数		①施工内容		②施工地域				③使用木材				④腐朽状況										
		調査年月日	経過年数	事業年度	完成年月	工種	所在地	標高(m)	海岸から距離(km)	傾斜(%)	土質	水分状況	樹種	形状加工	防腐処理	断面寸法(cm)	測定部位	目視	ビロディン測定値 Pdr. av Par33 測定数 (mm)	腐朽菌	虫害			
132	大分	青45	H13.5.22	2.2	H10	H11.3	階段工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	1	10	1	0.3	20	20.6	0	0	
133	大分	青45	H14.3.6	3.0	H10	H11.3	階段工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	1	10	1	0.3	20	18.7	0	0	
134	大分	青93	H13.5.22	0.2	H12	H13.3	階段工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	1	10	1	0.0	20	24.0	0	0	
135	大分	青93	H14.3.6	1.0	H12	H13.3	階段工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	1	10	1	0.0	20	23.5	0	0	
136	大分	青18	H13.5.22	2.2	H10	H11.3	防護柵工	湯布院町	800	20	0	AT	0	スギ	2	0	18	0	0.5	20	21.5	0	0	
137	大分	青18	H14.3.6	3.0	H10	H11.3	防護柵工	湯布院町	800	20	0	AT	0	スギ	2	0	18	0	0.5	20	21.1	0	0	
138	大分	青39	H13.5.22	2.2	H10	H11.3	L型丸太積工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	2	8	1	1.3	20	24.4	5	0	
139	大分	青39	H14.3.6	3.0	H10	H11.3	L型丸太積工	湯布院町	800	20	1	AT	1	スギ	2	2	8	1	1.3	20	23.5	15	0	
140	大分	62	H13.3.16	3.4	H8	H9.10	木柵工	湯布院町	600	19	2	AE	1	スギ	0	0	10	1	0.5	20	27.8	30	0	
141	大分	62	H13.3.16	3.4	H8	H9.10	木柵工	湯布院町	600	19	2	AE	1	スギ	0	0	10	1	2.5	20	28.3	25	0	
142	大分	62	H14.3.6	4.4	H8	H9.10	木柵工	湯布院町	600	19	2	AE	1	スギ	0	0	10	1	0.5	20	22.5	10	0	
143	大分	9	H13.3.16	2.8	H9	H10.6	木柵工	湯布院町	600	19	2	GL-c	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	30.5	40	0	
144	大分	9	H13.3.16	2.8	H9	H10.6	木柵工	湯布院町	600	19	2	GL-c	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	27.4	30	0	
145	大分	9	H14.3.6	3.8	H9	H10.6	木柵工	湯布院町	600	19	2	GL-c	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	33.0	55	0	
146	大分	10	H13.3.16	2.8	H9	H10.6	簡易木橋	湯布院町	600	19	0	GL-c	0	スギ	0	0	13	0	2.0	20	31.6	45	0	
147	大分	10	H13.3.16	2.8	H9	H10.6	簡易木橋	湯布院町	600	19	0	GL-c	0	スギ	0	0	13	0	2.0	20	28.6	40	0	
148	大分	11	H13.3.16	1.2	H11	H12.1	L型丸太積工	湯布院町	700	11	2	A-c	1	スギ	2	2	8	1	0.0	20	18.9	0	0	
149	大分	11	H14.3.6	2.2	H11	H12.1	L型丸太積工	湯布院町	700	11	2	A-c	1	スギ	2	2	8	1	0.0	20	24.9	10	0	
150	大分	12	青57	H13.5.22	4.2	H8	H9.3	木柵工	庄内町	600	7	1	AE	1	スギ	0	0	10	1	2.3	20	30.0	40	1
151	大分	12	青57	H13.5.22	4.2	H8	H9.3	木柵工	庄内町	600	7	1	AE	1	スギ	0	0	10	1	3.5	20	34.6	65	1
152	大分	12	青57	H14.3.6	5.0	H8	H9.3	木柵工	庄内町	600	7	1	AE	1	スギ	0	0	10	1	2.3	16	35.9	69	1
153	大分	13	青61	H13.5.22	2.8	H9	H10.8	L型丸太積工	庄内町	700	12	1	AE	1	スギ	2	2	8	1	0.0	20	19.2	0	0
154	大分	13	青61	H14.3.6	3.6	H9	H10.8	L型丸太積工	庄内町	700	12	1	AE	1	スギ	2	2	8	1	0.0	20	20.1	0	0
155	大分	14	青60	H13.5.22	1.5	H10	H11.11	L型丸太積工	庄内町	800	12	1	AE	1	スギ	2	2	8	1	0.0	20	19.5	0	0
156	大分	14	青60	H14.3.6	2.3	H10	H11.11	L型丸太積工	庄内町	800	12	1	AE	1	スギ	2	2	8	1	0.0	20	19.8	0	0
157	大分	15	青92	H13.5.22	1.2	H11	H12.3	水路工	庄内町	700	12	2	AE	1	スギ	0	0	13	1	0.8	20	16.4	0	0
158	大分	16	青92	H14.3.6	2.0	H11	H12.3	水路工	庄内町	700	12	2	AE	1	スギ	0	0	13	1	0.8	20	24.4	15	0
159	大分	16	青95	H13.5.22	3.0	H9	H10.5	木柵工	挾間町	100	9	1	GL-f	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	36.1	80	1
160	大分	16	青95	H14.3.6	3.8	H9	H10.5	木柵工	挾間町	100	9	1	GL-f	1	スギ	0	0	10	1	1.5	20	35.6	65	1
161	大分	16	青95	H13.5.22	3.0	H9	H10.5	木柵工	挾間町	100	9	1	GL-f	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	36.2	80	1
162	大分	17	青96	H14.3.6	3.8	H9	H10.5	木柵工	挾間町	100	9	1	GL-f	1	スギ	2	1	10	1	2.0	12	16.0	0	1
163	大分	17	青96	H14.3.6	3.8	H9	H10.5	支柱工	挾間町	100	9	1	GL-f	1	スギ	2	1	10	1	2.0	14	24.0	21	1
164	白津関	2	青02	H13.4.17	9.1	H3	H4.3	防風垣工	佐賀関町	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	3.5	20	22.9	15	1
165	白津関	3	青03	H13.4.17	8.1	H4	H5.3	防風垣工	佐賀関町	0	0	0	GL-c	1	スギ	2	1	7	1	2.5	20	26.3	20	1
166	白津関	7	60	H13.4.17	3.8	H8	H9.7	木柵工	白杵市	300	5	2	B(R)	1	スギ	2	1	9	1	1.8	20	25.6	35	1
167	白津関	7	60	H13.4.17	3.8	H8	H9.7	木柵工	白杵市	300	5	2	B(R)	1	スギ	2	1	9	1	2.5	20	19.8	10	1
168	白津関	7	60	H14.3.5	4.7	H8	H9.7	木柵工	白杵市	300	5	2	B(R)	1	スギ	2	1	9	1	1.8	20	27.3	40	1
169	白津関	8	青01	H13.4.17	3.8	H9	H9.6	木柵工	白杵市	300	5	2	B(R)	1	スギ	2	1	9	1	1.3	20	19.8	5	0
170	白津関	8	青01	H13.4.17	3.8	H9	H9.6	木柵工	白杵市	300	5	2	B(R)	1	スギ	2	1	9	1	1.3	20	16.8	5	0
171	白津関	8	青01	H14.3.5	4.8	H9	H9.6	木柵工	白杵市	300	5	2	B(R)	1	スギ	2	1	9	1	1.3	20	20.4	0	0
172	白津関	9	90	H13.4.17	2.5	H9	H10.10	木柵工	津久見市	400	4	2	Y	1	スギ	2	1	9	1	1.3	20	20.8	0	0
173	白津関	9	90	H13.4.17	2.5	H9	H10.10	木柵工	津久見市	400	4	2	Y	1	スギ	2	1	9	1	1.3	20	16.1	0	0
174	白津関	9	90	H14.3.5	3.4	H9	H10.10	木柵工	津久見市	400	4	2	Y	1	スギ	2	1	9	1	1.3	20	25.1	20	0
175	白津関	10	82	H13.4.17	2.4	H10	H10.11	木柵工	津久見市	200	4	1	Y	1	スギ	2	1	9	1	1.0	20	17.6	5	0

連番	調査地番号	調査日・経過年数		①施工内容		②施工地域				③使用木材				④腐朽状況										
		標本 No	調査年月日	経過年数	事業年度	完成年月	工種	所在地	標高 (m)	海岸から距離 (km)	傾斜 (%)	土質	水分状況	樹種	形状加工	防腐処理	断面寸法 (cm)	測定部位	目視	ビロデイン測定値 (mm)	Par. av Pär33 (%)	虫害	腐朽菌	
176	白津閣 10	82	H13.4.17	2.4	H10	H10.11	木構工	津久見市	200	4	1	Y	1	スギ	2	1	9	1*	0.5	20	14.2	0	0	①⑦
177	白津閣 10	82	H14.3.5	3.3	H10	H10.11	木構工	津久見市	200	4	1	Y	1	スギ	2	1	9	1	1.0	20	20.6	5	0	①⑦
178	白津閣 11	98	H13.4.17	2.2	H10	H11.2	木構工	津久見市	0	2	2	Bl-c	1	スギ	2	1	9	1	1.8	20	19.4	10	0	①⑦
179	白津閣 11	98	H13.4.17	2.2	H10	H11.2	木構工	津久見市	0	2	2	Bl-c	1	スギ	2	1	9	1*	2.3	20	21.9	15	0	①⑦
180	白津閣 11	98	H14.3.5	3.1	H10	H11.2	木構工	津久見市	0	2	2	Bl-c	1	スギ	2	1	9	1	1.8	20	24.7	20	0	①⑦
181	白津閣 17	45	H13.4.17	1.6	H10	H11.9	木構工	津久見市	400	4	1	Y	1	スギ	2	1	9	1	0.5	20	18.7	0	0	⑩
182	白津閣 17	45	H13.4.17	1.6	H10	H11.9	木構工	津久見市	400	4	1	Y	1	スギ	2	1	9	1*	0.3	20	19.6	0	0	⑩
183	白津閣 17	45	H14.3.5	2.5	H10	H11.9	木構工	津久見市	400	4	1	Y	1	スギ	2	1	9	1	0.5	20	21.9	5	0	⑩
184	白津閣 23	79	H13.4.17	1.1	H10	H12.3	木構工	津久見市	100	2	2	Bl-c	1	スギ	2	1	9	1	0.3	20	19.5	0	0	①
185	白津閣 23	79	H13.4.17	1.1	H10	H12.3	木構工	津久見市	100	2	2	Bl-c	1	スギ	2	1	9	1*	0.3	20	18.3	0	0	①
186	白津閣 23	79	H14.3.5	2.0	H10	H12.3	木構工	津久見市	100	2	2	Bl-c	1	スギ	2	1	9	1	0.3	20	25.3	20	0	①
187	白津閣 28	54	H13.4.17	2.1	H11	H11.3	木構工	津久見市	400	4	2	Y	1	スギ	2	1	9	1	1.0	20	26.1	20	0	①⑦
188	白津閣 28	54	H13.4.17	2.1	H11	H11.3	木構工	津久見市	400	4	2	Y	1	スギ	2	1	9	1*	0.5	20	18.5	0	0	①⑦
189	白津閣 28	54	H14.3.5	3.0	H11	H11.3	木構工	津久見市	400	4	2	Y	1	スギ	2	1	9	1	1.0	20	29.7	35	0	①⑦
190	白津閣 32	93	H13.4.17	0.5	H11	H12.10	木構工	白杵市	200	4	2	B(R)C	1	スギ	2	1	9	1	0.0	20	17.8	0	0	①
191	白津閣 32	93	H13.4.17	0.5	H11	H12.10	木構工	白杵市	200	4	2	B(R)C	1	スギ	2	1	9	1*	0.0	20	16.5	0	0	①
192	白津閣 32	93	H14.3.5	1.4	H11	H12.10	木構工	白杵市	200	4	2	B(R)C	1	スギ	2	1	9	1	0.0	20	18.8	0	0	①
193	佐伯南郡 4	43	H13.3.8	6.0	H6	H7.3	木構工	宇目町	200	29	1	GL	1	スギ	0	0	9	1	4.0	20	35.5	65	0	⑬⑭⑮
194	佐伯南郡 4	43	H13.3.8	6.0	H6	H7.3	木構工	宇目町	200	29	1	GL	1	スギ	0	0	9	1*	4.7	20	36.3	75	0	⑬⑭⑮
195	佐伯南郡 4	43	H14.3.7	7.0	H6	H7.3	木構工	宇目町	200	29	1	GL	1	スギ	0	0	9	1	4.0	20	36.8	85	0	⑬⑭⑮
196	佐伯南郡 5	37	H13.3.8	5.0	H7	H8.3	木構工	本底村	100	18	2	B	1	スギ	0	0	9	1	4.7	19	40.0	100	1	①
197	佐伯南郡 6	34	H13.3.7	4.0	H8	H9.3	木構工	直川村	100	18	2	GL	1	スギ	0	0	9	1	2.3	20	32.8	65	1	①⑦
198	佐伯南郡 6	34	H13.3.7	4.0	H8	H9.3	木構工	直川村	100	18	2	GL	1	スギ	0	0	9	0	3.3	20	34.4	70	1	①⑦
199	佐伯南郡 6	34	H14.3.7	5.0	H8	H9.3	木構工	直川村	100	18	2	GL	1	スギ	0	0	9	1	2.3	20	39.5	100	1	①⑦
200	佐伯南郡 7	31	H13.3.7	3.1	H9	H10.2	木構工	上浦町	5	0	0	Y	0	スギ	0	0	9	1	1.3	20	20.8	5	0	①⑧
201	佐伯南郡 7	31	H13.3.7	3.1	H9	H10.2	木構工	上浦町	5	0	0	Y	0	スギ	0	0	9	1*	1.3	20	22.6	5	0	①⑧
202	佐伯南郡 7	31	H14.3.7	4.1	H9	H10.2	木構工	上浦町	5	0	0	Y	0	スギ	0	0	9	1	1.3	20	29.2	55	0	①⑧
203	佐伯南郡 9	30	H13.3.7	1.3	H11	H11.12	木構工	上浦町	5	0	0	RG	0	スギ	0	0	9	1	0.3	20	19.3	0	0	⑦
204	佐伯南郡 9	30	H13.3.7	1.3	H11	H11.12	木構工	上浦町	5	0	0	RG	0	スギ	0	0	9	1*	0.7	20	18.2	0	0	⑦
205	佐伯南郡 9	30	H14.3.7	2.3	H11	H11.12	木構工	上浦町	5	0	0	RG	0	スギ	0	0	9	1	0.3	20	19.5	5	0	⑦
206	佐伯南郡 10	28	H13.3.7	0.3	H12	H12.11	木構工	上浦町	5	0	2	Y	0	スギ	0	0	9	1	0.3	20	14.7	0	0	⑦
207	佐伯南郡 10	28	H13.3.7	0.3	H12	H12.11	木構工	上浦町	5	0	2	Y	0	スギ	0	0	9	1*	0.0	20	18.2	0	0	⑦
208	佐伯南郡 10	28	H14.3.7	1.3	H12	H12.11	木構工	上浦町	5	0	2	Y	0	スギ	0	0	9	1	0.0	20	15.8	0	0	⑦
209	佐伯南郡 11	40	H13.3.8	3.1	H9	H10.2	支柱工	宇目町	800	39	1	B(Y)d	1	スギ	2	1	6	1	0.0	20	20.2	5	0	①
210	佐伯南郡 12	41	H13.3.8	2.1	H10	H11.2	階段工	宇目町	800	39	1	B(Y)d	1	スギ	2	1	10	1	0.0	20	18.3	0	0	①
211	佐伯南郡 13	42	H13.3.8	2.1	H10	H11.2	支柱工	宇目町	800	39	0	B(Y)d	1	スギ	2	1	6	1	0.3	20	18.0	0	0	①
212	佐伯南郡 14	38	H13.3.8	1.1	H11	H12.2	階段工	宇目町	800	39	1	B(Y)d	1	スギ	2	1	10	1	0.0	20	18.6	0	0	①
213	佐伯南郡 15	39	H13.3.8	1.1	H11	H12.2	支柱工	宇目町	800	39	1	B(Y)d	1	スギ	2	1	6	1	0.0	20	17.0	0	0	①
214	佐伯南郡 16	32	H13.3.7	1.2	H11	H12.1	漆防クッション村	直川村	40	14	0	B	0	スギ	2	2	10	0	0.0	20	16.8	0	0	①
215	佐伯南郡 16	32	H14.3.7	2.2	H11	H12.1	漆防クッション村	直川村	40	14	0	B	0	スギ	2	2	10	0	0.0	20	15.9	0	0	①
216	佐伯南郡 17	33	H13.3.7	1.1	H11	H12.2	木構工	直川村	40	14	2	B	1	スギ	2	0	10	1	0.7	20	21.5	0	0	①
217	佐伯南郡 17	33	H13.3.7	1.1	H11	H12.2	木構工	直川村	40	14	2	B	1	スギ	2	0	10	1*	0.3	20	16.3	0	0	①
218	佐伯南郡 17	33	H14.3.7	2.1	H11	H12.2	木構工	直川村	40	14	2	B	1	スギ	2	0	10	1	0.3	20	21.7	10	0	①
219	佐伯南郡 18	35	H13.3.7	1.4	H11	H11.10	補強土壁面工	直川村	540	15	1	B	1	スギ	2	2	9	0	0.0	20	18.6	0	0	①

連番	振興局番号	標板 No	調査日・経過年数		①施工内容			②施工地域				③使用木材				④腐朽状況								
			年月日	経過年数	事業年度	完成年月	工種	所在地	標高 (m)	海岸線距離 (km)	傾斜 (%)	土質	水分状況	樹種	形状加工	防腐処理	断面寸法 (cm)	測定部位	目視	ヒロデイン測定値 Pdr.av Par33 (%)	虫害	腐朽菌		
220	佐伯南郡	18	35	H14.3.7	2.4	H11	H11.10	補強土壁面工	直川村	540	15	1	B	1	スギ	2	2	9	0	0.0	20	18.9	0	
221	佐伯南郡	19	36	H13.3.8	2.2	H10	H11.1	橋樑工	本匠村	400	19	0	B-w	0	スギ	2	2	18	0	0.0	17	21.7	0	⑥
222	佐伯南郡	19	36	H14.3.7	3.2	H10	H11.1	橋樑工	本匠村	400	19	0	B-w	0	スギ	2	2	18	0	0.0	10	21.9	6	⑥
223	大野	1	56	H13.4.13	4.1	H8	H9.3	階段工	千歳村	200	19	1	AE	1	スギ	2	2	10	1	0.7	20	19.2	0	
224	大野	1	56	H14.2.12	4.9	H8	H9.3	階段工	千歳村	200	19	1	AE	1	スギ	2	2	10	1	0.7	20	22.2	5	0
225	大野	2	64	H13.4.13	1.8	H10	H11.7	木柵工	野津町	200	14	1	B	1	スギ	0	0	10	1	2.3	20	21.9	0	①④⑤⑦⑧⑩
226	大野	2	64	H13.4.13	1.8	H10	H11.7	木柵工	野津町	200	14	1	B	1	スギ	0	0	10	1	2.7	20	20.8	10	0
227	大野	2	64	H14.2.12	2.6	H10	H11.7	木柵工	野津町	200	14	1	B	1	スギ	0	0	10	1	2.3	20	28.2	30	0
228	大野	3	80	H13.4.13	2.1	H10	H11.3	木柵工	三重町	300	32	2	B-w	1	スギ	0	0	10	1	2.5	20	27.9	25	0
229	大野	3	80	H13.4.13	2.1	H10	H11.3	木柵工	三重町	300	32	2	B-w	1	スギ	0	0	10	1	2.5	20	19.3	0	①③⑤⑦⑧
230	大野	3	80	H14.2.12	2.9	H10	H11.3	木柵工	三重町	300	32	2	B-w	1	スギ	0	0	10	1	2.5	20	33.4	60	0
231	大野	4	95	H13.4.13	2.1	H10	H11.3	木柵工	三重町	500	30	2	B(Y)d	1	スギ	1	0	10	1	1.0	20	27.8	10	0
232	大野	4	95	H13.4.13	2.1	H10	H11.3	木柵工	三重町	500	30	2	B(Y)d	1	スギ	0	0	10	1	2.7	20	22.6	5	0
233	大野	4	95	H14.2.12	2.9	H10	H11.3	木柵工	三重町	500	30	2	B(Y)d	1	スギ	1	0	10	1	1.0	20	32.7	55	0
234	大野	5	97	H13.4.13	3.1	H9	H10.3	土留工	朝地町	500	23	2	A	1	スギ	2	2	10	1	0.0	20	19.2	0	0
235	大野	5	97	H14.2.12	3.9	H9	H10.3	土留工	朝地町	500	23	2	A	1	スギ	2	2	10	1	0.0	20	17.7	0	0
236	大野	6	73	H13.4.13	0.1	H10	H13.3	木柵工	三重町	400	23	2	B-w	1	スギ	1	0	10	1	0.0	20	16.8	0	0
237	大野	6	73	H13.4.13	0.1	H10	H13.3	木柵工	三重町	400	23	2	B-w	1	スギ	0	0	10	1	0.7	20	19.7	0	0
238	大野	6	73	H14.2.12	0.9	H10	H13.3	木柵工	三重町	400	23	2	B-w	1	スギ	0	0	10	1	0.0	20	16.8	0	0
239	大野	7	57	H13.4.13	0.8	H11	H12.6	木柵工	三重町	500	24	2	AE	1	スギ	2	1	10	1	0.0	20	22.9	0	④
240	大野	7	57	H13.4.13	0.8	H11	H12.6	木柵工	三重町	500	24	2	AE	1	スギ	2	1	10	1	0.0	20	22.0	0	④
241	大野	7	57	H14.2.12	1.7	H11	H12.6	木柵工	三重町	500	24	2	AE	1	スギ	2	1	10	1	0.0	20	22.7	5	0
242	大野	8	69	H13.4.13	0.6	H11	H12.9	補強土壁面工	野津町	400	20	2	AE	1	スギ	2	2	9	0	0.0	20	19.3	0	0
243	大野	8	69	H14.2.12	1.4	H11	H12.9	補強土壁面工	野津町	400	20	2	AE	1	スギ	2	2	9	0	0.0	20	19.6	0	0
244	大野	9	100	H13.4.13	2.0	H11	H11.3	土留工	三重町	400	23	2	B-w	1	スギ	2	2	13	1	0.0	20	18.2	0	0
245	大野	9	100	H14.2.12	2.8	H11	H11.3	土留工	三重町	400	23	2	B-w	1	スギ	2	2	13	1	0.0	20	18.2	0	0
246	竹田直入	1	-	H13.4.16	8.2	H4	H5.2	木柵工	竹田市	300	38	1	AE	1	スギ	0	0	10	1	5.0	20	38.7	90	1
247	竹田直入	1	-	H13.4.16	8.2	H4	H5.2	木柵工	竹田市	300	38	1	AE	1	スギ	0	0	10	1	4.5	20	40.0	100	1
248	竹田直入	1	-	H14.2.25	9.0	H4	H5.2	木柵工	竹田市	300	38	1	AE	1	スギ	0	0	10	1	5.0	20	39.1	95	1
249	竹田直入	3	84	H13.4.16	6.3	H6	H7.1	木柵工	久住町	500	33	1	GL-f	1	スギ	0	0	10	1	3.0	20	36.5	80	0
250	竹田直入	3	84	H13.4.16	6.3	H6	H7.1	木柵工	久住町	500	33	1	GL-f	1	スギ	0	0	10	1	3.0	20	35.0	75	0
251	竹田直入	3	84	H14.2.25	7.1	H6	H7.1	木柵工	久住町	500	33	1	GL-f	1	スギ	0	0	10	1	3.0	20	37.6	90	0
252	竹田直入	4	61	H13.4.16	3.3	H8	H9.12	筋工	竹田市	700	50	1	B(Y)d	1	スギ	0	0	10	1	2.5	20	24.9	10	0
253	竹田直入	4	61	H13.4.16	3.3	H8	H9.12	筋工	竹田市	700	50	1	B(Y)d	1	スギ	0	0	10	1	1.5	20	26.3	25	0
254	竹田直入	4	61	H14.2.25	4.2	H8	H9.12	筋工	竹田市	700	50	1	B(Y)d	1	スギ	0	0	10	1	2.5	20	28.7	30	0
255	竹田直入	5	78	H13.4.16	3.1	H9	H10.3	木柵工	竹田市	700	50	1	B-w	1	スギ	0	0	10	1	2.5	20	30.4	15	0
256	竹田直入	5	78	H13.4.16	3.1	H9	H10.3	木柵工	竹田市	700	50	1	B-w	1	スギ	0	0	10	1	2.5	20	24.6	20	0
257	竹田直入	5	78	H14.2.25	3.9	H9	H10.3	木柵工	竹田市	700	50	1	B-w	1	スギ	0	0	10	1	2.5	20	31.4	40	0
258	竹田直入	6	59	H13.4.16	3.1	H9	H10.3	木柵工	竹田市	600	50	1	B	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	36.7	80	0
259	竹田直入	6	59	H13.4.16	3.1	H9	H10.3	木柵工	竹田市	600	50	1	B	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	30.5	40	0
260	竹田直入	6	59	H14.2.25	3.9	H9	H10.3	木柵工	竹田市	600	50	1	B	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	37.9	85	0
261	竹田直入	7	89	H13.4.16	2.6	H10	H10.9	防護柵工	直入町	500	23	0	A-w	0	スギ	2	2	18	0	1.5	20	22.4	0	0
262	竹田直入	7	89	H14.2.25	3.4	H10	H10.9	防護柵工	直入町	500	23	0	A-w	0	スギ	2	2	18	0	1.5	20	22.5	0	0
263	竹田直入	8	76	H13.4.16	2.3	H10	H10.12	木柵工	竹田市	800	50	1	A	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	25.5	15	0

調査地番号		調査日・経過年数			①施工内容			②施工地域				③使用木材				④腐朽状況								
連番	振興局番号	標板 No	調査年月日	経過年数	事業年度	完成年月	工種	所在地	標高 (m)	海岸から距離 (km)	傾斜 (%)	土質	水分状況	樹種	形状加工	防腐処理	断面寸法 (cm)	測定部位	目視	ヒロデイン測定値 (µm)	Pdr. av Pdr33 (%)	虫害	腐朽菌	
264	竹田直入 8	76	H13.4.16	2.3	H10	H10.12	木柵工	竹田市	800	50	1	A	1	スギ	0	0	10	1*	2.0	20	23.0	15	0	①⑦②①
265	竹田直入 8	76	H14.2.25	3.2	H10	H10.12	木柵工	竹田市	800	50	1	A	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	27.4	25	0	①⑦②①
266	竹田直入 9	91	H13.4.16	2.2	H10	H11.2	流路工	竹田市	700	50	1	A	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	19.0	5	0	①④⑦
267	竹田直入 9	91	H13.4.16	2.2	H10	H11.2	流路工	竹田市	700	50	1	A	1	スギ	0	0	10	1*	2.0	20	21.5	5	0	①④⑦
268	竹田直入 9	91	H14.2.25	3.0	H10	H11.2	流路工	竹田市	700	50	1	A	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	22.9	15	0	①④⑦
269	竹田直入 10	85	H13.4.16	1.4	H11	H11.11	木柵工	竹田市	800	50	1	A	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	18.4	0	0	21
270	竹田直入 10	85	H13.4.16	1.4	H11	H11.11	木柵工	竹田市	800	50	1	A	1	スギ	0	0	10	1*	1.0	20	14.6	5	0	21
271	竹田直入 10	85	H14.2.25	2.3	H11	H11.12	木柵工	竹田市	800	50	1	A	1	スギ	0	0	10	1	2.0	20	20.4	5	0	21
272	竹田直入 11	92	H13.4.16	1.3	H10	H11.12	木柵工	竹田市	800	50	1	B-w	1	スギ	2	0	9	1	0.5	20	17.3	0	0	
273	竹田直入 11	92	H13.4.16	1.3	H10	H11.12	木柵工	竹田市	800	50	1	B-w	1	スギ	2	0	9	1*	0.5	20	15.9	0	0	
274	竹田直入 11	92	H14.2.25	2.2	H10	H11.12	木柵工	竹田市	800	50	1	B-w	1	スギ	2	0	9	1	0.5	20	16.4	0	0	
275	竹田直入 13	68	H13.4.16	0.1	H12	H13.3	木柵工	竹田市	500	33	1	A	1	スギ	0	0	10	1	0.0	20	19.7	0	0	21
276	竹田直入 13	68	H13.4.16	0.1	H12	H13.3	木柵工	竹田市	500	33	1	A	1	スギ	0	0	10	1*	0.0	20	18.2	5	0	21
277	竹田直入 13	68	H14.2.25	0.9	H12	H13.3	木柵工	竹田市	500	33	1	A	1	スギ	0	0	10	1	0.0	20	20.2	5	0	21
278	玖珠九重 1	19	H13.2.5	3.9	H8	H9.3	土留工	九重町	800	26	1	A	1	スギ	2	1	9	1	2.3	20	24.5	15	1	⑦
279	玖珠九重 1	19	H14.3.22	5.0	H8	H9.3	土留工	九重町	800	26	1	A	1	スギ	2	1	9	1	1.0	20	20.6	0	1	⑦
280	玖珠九重 2	18	H13.2.5	2.9	H9	H10.3	土留工	九重町	800	26	1	A	1	スギ	2	1	9	1	1.0	20	19.2	0	1	
281	玖珠九重 2	18	H14.3.22	4.0	H9	H10.3	土留工	九重町	800	26	1	A	1	スギ	2	1	9	1	1.0	20	20.5	0	1	
282	玖珠九重 3	17	H13.2.5	1.9	H10	H11.3	土留工	九重町	800	26	1	A	1	スギ	2	1	9	1	0.3	20	19.6	0	1	
283	玖珠九重 3	17	H14.3.22	3.0	H10	H11.3	土留工	九重町	800	26	1	A	1	スギ	2	1	9	1	0.3	20	20.9	0	0	
284	玖珠九重 4	16	H13.2.5	0.4	H11	H12.9	土留工	九重町	600	26	1	A	1	スギ	2	1	9	1	0.3	20	19.7	0	0	①⑦
285	玖珠九重 4	16	H14.3.22	1.5	H11	H12.9	土留工	九重町	600	26	1	A	1	スギ	2	1	9	1	1.3	20	28.7	45	0	①⑦
286	玖珠九重 5	20	H13.2.5	3.9	H8	H9.3	土留工	九重町	700	26	1	AE	1	スギ	2	1	9	1	1.3	20	22.3	10	0	
287	玖珠九重 5	20	H14.3.22	5.0	H8	H9.3	土留工	九重町	700	26	1	AE	1	スギ	2	1	9	1	1.0	20	17.2	0	0	
288	玖珠九重 7	21	H13.2.5	2.0	H10	H11.2	土留工	九重町	800	26	1	AE	1	スギ	2	1	9	1	0.3	20	19.5	0	0	
289	玖珠九重 7	21	H14.3.22	3.1	H10	H11.2	土留工	九重町	800	26	1	AE	1	スギ	2	1	9	1	1.0	20	16.3	5	0	
290	玖珠九重 9	9	H13.1.29	2.5	H9	H10.7	土留工	九重町	500	33	1	GL-f	1	スギ	2	1	9	1	1.0	20	27.4	20	0	
291	玖珠九重 9	9	H14.3.22	3.7	H9	H10.7	土留工	九重町	500	33	1	GL-f	1	スギ	2	1	9	1	1.0	20	16.3	20	0	
292	玖珠九重 10	10	H13.1.29	1.2	H10	H11.11	木柵工	九重町	500	33	1	GL-f	1	スギ	0	0	9	1	2.0	20	27.3	35	0	
293	玖珠九重 10	10	H14.3.22	2.3	H10	H11.11	木柵工	九重町	500	33	1	GL-f	1	スギ	0	0	9	1	0.0	20	20.4	0	0	①⑦
294	玖珠九重 11	11	H13.1.29	0.5	H11	H12.7	木柵工	九重町	600	33	1	GL-f	1	スギ	0	0	10	1	0.0	18	27.8	28	0	①⑦
295	玖珠九重 11	11	H14.3.22	1.7	H11	H12.7	木柵工	九重町	600	33	1	GL-f	1	スギ	0	0	10	1	4.7	20	36.5	80	1	⑤
296	玖珠九重 12	47	H13.3.16	8.8	H3	H4.5	木柵工	玖珠町	400	30	1	GL	1	スギ	0	0	10	1*	5.0	20	38.7	90	1	⑤
297	玖珠九重 12	47	H13.3.16	8.8	H3	H4.5	木柵工	玖珠町	400	30	1	GL	1	スギ	0	0	10	1	5.0	20	40.0	100	0	
298	玖珠九重 13	12	H13.1.29	8.7	H3	H4.5	木柵工	九重町	500	33	1	A	1	スギ	0	0	10	1	5.0	20	39.3	95	0	
299	玖珠九重 14	13	H13.1.29	8.0	H4	H5.1	木柵工	九重町	500	23	0	GL	1	スギ	0	0	10	1	5.0	20	40.0	100	0	
300	玖珠九重 16	53	H13.3.16	6.0	H6	H7.3	木柵工	玖珠町	500	31	2	GL	1	スギ	0	0	9	1	3.3	20	30.0	100	1	⑬
301	玖珠九重 16	53	H13.3.16	6.0	H6	H7.3	木柵工	玖珠町	500	31	2	GL	1	スギ	0	0	9	1*	4.0	20	37.1	85	1	⑬
302	玖珠九重 17	27	H13.2.8	2.9	H9	H10.3	木柵工	玖珠町	600	26	2	GL-c	1	スギ	0	0	11	1	3.0	20	25.7	25	0	①⑬⑭
303	玖珠九重 17	27	H13.2.8	2.9	H9	H10.3	木柵工	玖珠町	600	26	2	GL-c	1	スギ	0	0	11	1*	3.0	20	26.3	10	0	①⑬⑭
304	玖珠九重 17	27	H14.3.22	4.0	H9	H10.3	木柵工	玖珠町	600	26	2	GL-c	1	スギ	0	0	11	1	3.0	20	33.5	55	0	①⑬⑭
305	玖珠九重 18	14	H13.2.5	1.9	H10	H11.3	木柵工	玖珠町	800	19	2	A	0	スギ	0	0	12	1	2.0	20	23.1	5	0	
306	玖珠九重 18	14	H13.2.5	1.9	H10	H11.3	木柵工	玖珠町	800	19	2	A	0	スギ	0	0	12	1*	2.0	20	24.3	10	0	
307	玖珠九重 18	14	H14.3.22	3.0	H10	H11.3	木柵工	玖珠町	800	19	2	A	0	スギ	0	0	12	1	2.0	20	25.5	20	0	

調査地番号		調査日・経過年数		①施工内容		②施工地域			③使用木材				④腐朽状況											
連番	振興局番号	標板 No.	調査年月日	経過年数	事業年度	完成年月	工種	所在地	標高 (m)	海岸から距離 (km)	傾斜 (%)	土質	水分状況	樹種	形状加工	防腐処理	断面寸法 (cm)	測定部位	目視	ヒロディン測定値 Pct. av Pct33 (%)	虫害	腐朽菌		
308	玖珠九重	19	H13.2.5	0.9	H11	H12.3	木柵工	玖珠町	800	19	1	A	0	スギ	0	0	11	1	1.3	20	21.1	0	0	①⑦⑮
309	玖珠九重	19	H13.2.5	0.9	H11	H12.3	木柵工	玖珠町	800	19	1	A	0	スギ	0	0	11	1*	1.3	20	25.9	5	0	①⑦⑮
310	玖珠九重	19	H14.3.22	2.0	H11	H12.3	木柵工	玖珠町	800	19	1	A	0	スギ	0	0	11	1	1.3	16	30.0	44	0	①⑦⑮
311	日田	1	H13.4.10	3.6	H8	H9.9	土留工	日田市	800	24	2	B-w	1	スギ	2	2	13	1	0.0	20	18.4	0	0	①⑦⑮
312	日田	1	H14.2.22	4.4	H8	H9.9	土留工	日田市	800	24	2	B-w	1	スギ	2	2	13	1	0.0	20	17.9	0	0	①⑦⑮
313	日田	3	H13.4.10	4.7	H7	H8.8	土留工	日田市	800	24	2	B	1	スギ	2	2	18	1	0.0	20	18.2	0	0	①⑦⑮
314	日田	3	H14.2.22	5.5	H7	H8.8	土留工	日田市	800	24	2	B	1	スギ	2	2	18	1	0.0	20	18.6	0	0	①⑦⑮
315	日田	4	H13.4.10	3.1	H9	H10.3	土留工	上津江村	700	60	2	B-w	1	スギ	2	2	11	1	2.5	20	25.9	0	0	①⑦⑮
316	日田	4	H13.4.10	3.1	H9	H10.3	土留工	上津江村	700	60	2	B-w	1	スギ	2	2	11	1	1.0	20	22.3	5	0	①⑦⑮
317	日田	4	H14.2.22	3.9	H9	H10.3	土留工	上津江村	700	60	2	B-w	1	スギ	2	2	11	1	1.0	20	22.5	0	0	①⑦⑮
318	日田	5	H13.4.10	2.1	H9	H11.3	防護柵工	上津江村	450	53	0	不明	0	スギ	2	2	18	0	0.0	20	20.4	0	0	①⑦⑮
319	日田	5	H14.2.22	2.9	H9	H11.3	防護柵工	中津江村	450	53	0	不明	0	スギ	2	2	18	0	0.0	20	20.4	0	0	①⑦⑮
320	日田	6	H13.4.10	1.7	H10	H11.8	L型丸太積工	前津江村	500	49	2	B-w	1	スギ	2	2	8	1	0.0	20	21.6	0	0	①⑦⑮
321	日田	6	H14.2.22	2.5	H10	H11.8	L型丸太積工	前津江村	500	49	2	B-w	1	スギ	2	2	8	1	0.0	20	20.2	0	0	①⑦⑮
322	日田	7	H13.4.10	1.4	H10	H11.11	橋柵工	前津江村	500	49	0	B-w	0	スギ	2	2	18	0	0.0	20	23.0	0	0	①⑦⑮
323	日田	7	H14.2.22	2.3	H10	H11.11	橋柵工	前津江村	500	49	0	B-w	0	スギ	2	2	18	0	0.0	20	23.0	0	0	①⑦⑮
324	日田	9	H13.4.10	2.1	H10	H11.3	橋柵工	大山町	450	44	0	B(Y)d	0	スギ	2	2	18	0	0.0	20	25.0	0	0	①⑦⑮
325	日田	9	H14.2.22	2.9	H10	H11.3	橋柵工	大山町	450	44	0	B(Y)d	0	スギ	2	2	18	0	0.0	14	23.5	14	0	①⑦⑮
326	日田	10	H13.4.10	0.3	H11	H12.12	谷止工	天瀬町	600	49	2	A	0	スギ	2	0	15	0	0.0	20	21.2	0	0	①⑦⑮
327	日田	10	H14.2.22	1.2	H11	H12.12	谷止工	天瀬町	600	49	2	A	0	スギ	2	0	15	0	0.0	20	21.6	0	0	①⑦⑮
328	日田	11	H13.4.10	3.1	H9	H10.3	水路工	上津江村	700	60	1	B-w	2	スギ	0	0	9	1	2.5	20	29.3	30	1	④
329	日田	11	H14.2.22	3.9	H9	H10.3	水路工	上津江村	700	60	1	B-w	2	スギ	0	0	9	1	2.5	11	32.7	55	1	④
330	中津下毛	1	H13.1.10	11.1	H0	H1.12	木柵工	山国町	500	28	2	B-w	1	スギ	0	0	10	1*	2.3	19	32.5	53	0	④
331	中津下毛	1	H13.1.10	11.1	H0	H1.12	木柵工	山国町	500	28	2	B-w	1	スギ	0	0	10	1	2.3	10	35.3	70	0	④
332	中津下毛	1	H13.1.10	11.1	H0	H1.12	木柵工	山国町	500	28	2	B-w	0	スギ	0	0	10	0	2.3	10	29.9	40	0	④
333	中津下毛	3	H13.1.9	8.7	H3	H4.5	木柵工	本耶馬溪町	350	12	2	B	1	スギ	0	0	10	1*	4.7	20	26.4	40	0	21
334	中津下毛	3	H13.1.9	8.7	H3	H4.5	木柵工	本耶馬溪町	350	12	2	B	1	スギ	0	0	10	1*	4.7	20	26.4	40	0	21
335	中津下毛	3	H13.1.9	8.7	H3	H4.5	木柵工	本耶馬溪町	350	12	2	B	0	スギ	0	0	10	1*	2.0	20	37.5	80	0	21
336	中津下毛	3	H13.1.9	8.7	H3	H4.5	木柵工	本耶馬溪町	350	12	2	B	0	スギ	0	0	10	1*	2.0	10	31.9	60	0	21
337	中津下毛	3	H13.1.9	8.7	H3	H4.5	木柵工	本耶馬溪町	350	12	2	B	1	スギ	0	0	10	1	2.0	10	34.6	70	0	21
338	中津下毛	3	H13.1.9	8.7	H3	H4.5	木柵工	本耶馬溪町	350	12	2	B	0	スギ	0	0	10	1	2.0	10	34.2	80	0	21
339	中津下毛	3	H13.1.9	8.7	H3	H4.5	木柵工	本耶馬溪町	350	12	2	B	1	スギ	0	0	10	1	2.0	10	36.9	80	0	21
340	中津下毛	4	H14.3.15	9.8	H3	H4.5	木柵工	本耶馬溪町	300	12	2	B	1	スギ	0	0	10	1	4.7	20	39.9	100	0	21
341	中津下毛	7	H13.1.9	4.4	H5	H4.10	木柵工	本耶馬溪町	300	17	2	B	1	スギ	0	0	10	1	4.5	10	40.0	100	0	⑤
342	中津下毛	7	H13.1.9	4.4	H7	H8.8	木柵工	本耶馬溪町	250	13	2	GL-c	1	スギ	0	0	10	1*	2.7	20	37.1	85	0	①
343	中津下毛	7	H13.1.9	4.4	H7	H8.8	木柵工	本耶馬溪町	200	13	2	GL-c	0	スギ	0	0	10	1*	1.3	20	33.9	65	0	①
344	中津下毛	7	H13.1.9	4.4	H7	H8.8	木柵工	本耶馬溪町	200	13	2	GL-c	1	スギ	0	0	10	1	2.7	10	35.6	80	0	①
345	中津下毛	7	H13.1.9	4.4	H7	H8.8	木柵工	本耶馬溪町	200	13	2	GL-c	1	スギ	0	0	10	1	2.7	10	38.1	90	0	①
346	中津下毛	7	H13.1.9	4.4	H7	H8.8	木柵工	本耶馬溪町	250	13	2	GL-c	0	スギ	0	0	10	1	1.3	10	36.4	90	0	①
347	中津下毛	7	H14.3.15	5.6	H7	H8.8	木柵工	本耶馬溪町	200	13	2	GL-c	1	スギ	0	0	10	1	1.3	10	37.6	90	0	①
348	中津下毛	8	H13.1.10	3.8	H8	H9.3	谷止工	本耶馬溪町	400	15	1	B-w	0	スギ	1	2	10	0	2.7	20	39.8	100	0	①
349	中津下毛	8	H13.1.10	3.8	H8	H9.3	谷止工	本耶馬溪町	400	15	1	B-w	2	スギ	1	2	10	0	3.5	10	32.3	60	0	①⑤⑦
350	中津下毛	8	H14.3.15	5.0	H8	H9.3	谷止工	本耶馬溪町	400	15	1	B-w	2	スギ	1	2	10	0	3.3	10	34.5	70	0	①⑤⑦
351	中津下毛	9	H13.1.10	2.8	H9	H10.3	防護柵工	本耶馬溪町	200	19	0	GL	1	スギ	2	2	12	1	0.8	13	16.4	85	0	⑦

連番	調査地番号	①施工内容			②施工地域				③使用木材				④腐朽状況										
		振興局番号	標本 No	調査年月日	経過年数	事業年度	完成年月	工種	所在地	標高 (m)	海岸から距離 (km)	傾斜 (%)	土質	水分状況	樹種	形状加工	防腐処理	断面寸法 (cm)	測定部位	目視	ビロデイン測定値 (mm)	Par. av Par33 測定数 (%)	虫害
352	中津下毛 9	8	H13.1.10	H9	H10.3	防護欄工	耶馬溪町	200	19	0	GL	0	スギ	2	2	12	0	3.0	14	35.1	79	0	⑦
353	中津下毛 9	8	H14.3.15	H9	H10.3	防護欄工	耶馬溪町	200	19	0	GL	0	スギ	2	2	12	1	0.8	20	19.8	0	0	⑦
354	中津下毛 10	3	H13.1.10	H10	H11.3	谷止工	本耶馬溪町	600	13	1	B(Y)	0	スギ	1	0	20	0	0.0	20	23.9	15	0	⑦
355	中津下毛 10	3	H13.1.10	H10	H11.3	谷止工	本耶馬溪町	600	13	1	B(Y)	2	スギ	1	0	20	0	0.0	20	28.4	15	0	⑦
356	中津下毛 10	3	H14.3.15	H10	H11.3	谷止工	本耶馬溪町	600	13	1	B(Y)	2	スギ	1	0	20	0	0.0	20	26.3	10	0	⑦
357	中津下毛 11	5	H13.1.10	H11	H12.3	谷止工	山国町	400	23	1	B-w	0	スギ	1	2	15	0	0.0	10	23.9	0	0	
358	中津下毛 11	5	H13.1.10	H11	H12.3	谷止工	山国町	400	23	1	B-w	2	スギ	1	2	15	0	0.0	10	20.8	0	0	
359	中津下毛 12	23	H13.2.8	H8	H9.10	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	2	スギ	0	0	13	1	3.5	20	24.8	5	0	①21
360	中津下毛 12	23	H13.2.8	H8	H9.10	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	2	スギ	0	0	13	1*	3.5	20	28.4	30	0	①21
361	中津下毛 12	23	H14.3.15	H8	H9.10	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	2	スギ	0	0	13	1	3.5	20	30.1	45	0	①21
362	中津下毛 13	24	H13.2.8	H9	H10.10	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	1	スギ	0	0	13	1	3.0	20	23.5	5	0	①⑩⑮21
363	中津下毛 13	24	H13.2.8	H9	H10.10	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	1	スギ	0	0	13	1*	3.0	20	27.6	15	0	①⑩⑮21
364	中津下毛 13	24	H14.3.15	H9	H10.10	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	1	スギ	0	0	13	1	3.0	20	31.1	50	0	①⑩⑮21
365	中津下毛 14	25	H13.2.8	H10	H11.9	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	1	スギ	0	0	11	1	1.0	20	19.3	0	0	①⑮
366	中津下毛 14	25	H13.2.8	H10	H11.9	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	1	スギ	0	0	11	1*	1.5	20	20.9	0	0	①⑮
367	中津下毛 14	25	H14.3.15	H10	H11.9	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	1	スギ	0	0	11	1	1.0	20	26.9	15	0	①⑮
368	中津下毛 15	26	H13.2.8	H11	H12.7	木構工	山国町	700	19	1	B	1	スギ	0	0	11	1	0.5	20	20.7	0	0	⑩21
369	中津下毛 15	26	H13.2.8	H11	H12.7	木構工	山国町	700	19	1	B	1	スギ	0	0	11	1*	0.5	20	20.4	0	0	⑩21
370	中津下毛 15	26	H14.3.15	H11	H12.7	木構工	山国町	700	19	1	B	1	スギ	0	0	11	1	0.5	20	25.8	15	0	⑩21
371	中津下毛 16	7	H13.1.10	H7	H8.3	ベンチ	本耶馬溪町	400	19	0	B-w	0	スギ	2	2	15	0	0.0	10	17.2	0	0	
372	中津下毛 16	7	H13.1.10	H7	H8.3	ベンチ	本耶馬溪町	400	19	0	B-w	0	スギ	2	2	15	0	0.0	10	18.6	0	0	
373	中津下毛 16	7	H14.3.15	H7	H8.3	ベンチ	本耶馬溪町	400	19	0	B-w	0	スギ	2	2	15	0	0.0	10	17.7	0	0	
374	中津下毛 17	22	H13.2.8	H7	H8.10	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	2	スギ	0	0	16	1	4.0	20	34.5	65	0	①⑮
375	中津下毛 17	22	H13.2.8	H7	H8.10	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	2	スギ	0	0	16	1	4.0	20	33.3	50	0	①⑮
376	中津下毛 17	22	H14.3.15	H7	H8.10	木構工	耶馬溪町	700	19	1	B	2	スギ	0	0	16	1	4.0	20	36.8	85	0	①⑮
377	宇佐同院 1	青34	H13.4.20	H9	H9.8	橋欄工	安心院町	400	24	0	AE	0	スギ	2	2	18	0	1.0	20	22.0	15	0	⑦
378	宇佐同院 1	青34	H14.2.21	H9	H9.8	橋欄工	安心院町	400	24	0	AE	0	スギ	2	2	18	0	1.0	20	17.7	0	0	⑦
379	宇佐同院 2	青50	H13.4.20	H11	H12.7	木構工	院内町	400	19	1	B	1	スギ	0	0	10	1	0.8	20	21.6	0	0	
380	宇佐同院 2	青50	H13.4.20	H11	H12.7	木構工	院内町	400	19	1	B	1	スギ	0	0	10	1*	0.8	20	17.2	0	0	
381	宇佐同院 2	青50	H14.2.21	H11	H12.7	木構工	院内町	400	19	1	B	1	スギ	0	0	10	1	0.8	20	24.9	5	0	
382	宇佐同院 3	青43	H13.4.20	H11	H12.6	木構工	安心院町	500	24	2	AE	1	スギ	0	0	10	1	0.3	20	18.0	0	0	①⑦⑫⑬⑮
383	宇佐同院 3	青43	H13.4.20	H11	H12.6	木構工	安心院町	500	24	2	AE	1	スギ	0	0	10	1*	1.0	20	18.3	0	0	①⑦⑫⑬⑮
384	宇佐同院 3	青43	H14.2.21	H11	H12.6	木構工	安心院町	500	24	2	AE	1	スギ	0	0	10	1	0.3	20	21.9	0	0	①⑦⑫⑬⑮
385	宇佐同院 5	青22	H13.4.20	H5	H5.12	木構工	宇佐市	200	11	1	B	1	スギ	1	0	10	1	4.8	20	36.8	80	1	
386	宇佐同院 5	青22	H13.4.20	H5	H5.12	木構工	宇佐市	200	11	1	B	1	スギ	1	0	10	1*	4.8	20	32.8	65	1	
387	宇佐同院 6	青25	H14.2.21	H5	H5.12	木構工	宇佐市	200	11	1	B	1	スギ	1	0	10	1	4.8	20	38.9	95	1	①④⑦
388	宇佐同院 6	青25	H13.4.20	H8	H9.3	防風垣工	宇佐市	0	0	0	G-c	1	スギ	0	0	10	1	2.3	20	29.7	50	1	①④⑦
389	宇佐同院 6	青25	H14.2.21	H8	H9.3	防風垣工	宇佐市	0	0	0	G-c	1	スギ	0	0	10	1	2.3	20	29.6	45	1	①④⑦
390	宇佐同院 7	青33	H13.4.20	H9	H10.3	木構工	安心院町	700	28	1	AE	1	スギ	0	0	10	1	1.5	20	24.3	15	0	①④
391	宇佐同院 7	青33	H13.4.20	H9	H10.3	木構工	安心院町	700	28	1	AE	1	スギ	0	0	10	1*	1.5	20	20.2	10	0	①④
392	宇佐同院 7	青33	H14.2.21	H9	H10.3	木構工	安心院町	700	28	1	AE	1	スギ	0	0	10	1	1.5	20	28.1	30	0	①④
393	宇佐同院 8	青21	H13.4.20	H10	H10.12	木構工	安心院町	500	25	2	AE	1	スギ	0	0	10	1	1.7	20	25.7	15	0	①②④⑦⑨
394	宇佐同院 8	青21	H13.4.20	H10	H10.12	木構工	安心院町	500	25	2	AE	1	スギ	0	0	10	1*	1.7	20	21.9	5	0	①②④⑦⑨
395	宇佐同院 8	青21	H14.2.21	H10	H10.12	木構工	安心院町	500	25	2	AE	1	スギ	0	0	10	1	1.7	20	29.1	30	0	①②④⑦⑨

調査地番号	①施工内容				②施工地域				③使用木材				④腐朽状況												
	連番	振興局番号	標板 No.	調査年月日	経過年数	事業年度	完成年月	工種	所在地	標高(m)	海岸から距離(km)	傾斜(%)	土質	水分状況	樹種	形状加工	防腐処理	断面寸法(cm)	測定部位	目視	ピロデイン測定値 Pdr.av Pdr33 (%)	虫害	腐朽箇		
396	宇佐同院	9	青51	H13.4.20	1.9	H10	H11.5	筋工	宇佐市	300	14	2	B	1	スギ	0	0	9	1	1.5	20	23.9	15	1	①③⑩⑪
397	宇佐同院	9	青51	H13.4.20	1.9	H10	H11.5	筋工	宇佐市	300	14	2	B	1	スギ	0	0	9	1*	1.5	20	24.9	15	1	①③⑩⑪
398	宇佐同院	9	青51	H14.2.21	2.8	H10	H11.5	筋工	宇佐市	300	14	2	B	1	スギ	0	0	9	1	1.5	20	31.4	50	1	①③⑩⑪
399	宇佐同院	10	青48	H13.4.20	0.8	H11	H12.7	筋工	宇佐市	500	15	2	B	1	スギ	0	0	9	1	0.7	20	16.2	0	0	
400	宇佐同院	10	青48	H13.4.20	0.8	H11	H12.7	筋工	宇佐市	500	15	2	B	1	スギ	0	0	9	1*	0.7	20	20.3	0	0	
401	宇佐同院	10	青48	H14.2.21	1.6	H11	H12.7	筋工	宇佐市	700	20	0	A	0	スギ	2	2	18	0	0.3	20	20.7	0	0	
402	泉民の森	1	青55	H13.7.3	1.4	H11	H12.2	防護柵工	大野町	700	20	0	A	0	スギ	2	2	18	0	0.3	20	20.6	0	0	
403	泉民の森	1	青55	H14.4.17	2.2	H11	H12.2	防護柵工	大野町	700	20	0	A	0	スギ	2	2	10	0	0.0	20	20.9	0	0	
404	泉民の森	2	青86	H13.7.3	1.3	H11	H12.3	側溝蓋	大野町	700	20	0	A	0	スギ	2	2	10	0	0.0	20	18.7	0	0	
405	泉民の森	2	青86	H14.4.17	2.1	H11	H12.3	側溝蓋	大野町	700	20	0	A	0	スギ	2	2	10	0	0.0	20	18.7	0	0	
406	泉民の森	3	青91	H13.7.3	1.8	H11	H11.9	土留工	大野町	700	20	1	A	1	スギ	2	2	13	1	0.0	20	21.9	5	0	
407	泉民の森	3	青91	H14.4.17	2.6	H11	H11.9	土留工	大野町	700	20	1	A	1	スギ	2	2	13	1	0.0	20	21.5	0	0	
408	泉民の森	4	青97	H13.7.3	1.6	H11	H11.12	化粧型枠	大野町	700	20	1	A	0	スギ	2	2	13	0	0.0	20	20.5	0	0	
409	泉民の森	4	青97	H14.4.17	2.3	H11	H11.12	化粧型枠	大野町	700	20	1	A	0	スギ	2	2	13	0	0.0	20	19.4	0	0	①
410	泉民の森	5	青94	H13.7.3	1.6	H11	H11.12	化粧型枠	大野町	700	20	1	A	0	スギ	2	2	13	0	0.0	20	23.2	5	0	①
411	泉民の森	5	青94	H14.4.17	2.3	H11	H11.12	化粧型枠	大野町	700	20	1	A	0	スギ	2	2	13	0	0.0	20	24.2	0	0	①
412	泉民の森	6	青65	H13.7.3	2.5	H10	H11.1	櫓柱	大野町	700	20	0	A	1	スギ	2	1	25	1	0.0	20	20.6	0	0	①⑦⑩
413	泉民の森	6	青65	H14.4.17	3.3	H10	H11.1	櫓柱	大野町	700	20	0	A	1	スギ	2	1	25	1	0.0	20	21.9	5	0	①⑦⑩
414	泉民の森	7	青64	H13.7.3	1.0	H12	H12.7	連入防止柵	大野町	700	20	0	A	1	スギ	2	2	30	1	0.0	20	25.6	10	0	
415	泉民の森	7	青64	H14.4.17	1.8	H12	H12.7	連入防止柵	大野町	700	20	0	A	1	スギ	2	2	30	1	0.0	20	25.9	10	0	
416	泉民の森	8	青54	H13.7.3	1.0	H12	H12.7	連入防止柵	大野町	700	20	0	A	1	スギ	2	2	15	1	0.0	20	23.8	5	0	
417	泉民の森	8	青54	H14.4.17	1.8	H12	H12.7	連入防止柵	大野町	700	20	0	A	1	スギ	2	2	15	1	0.0	20	22.8	0	0	
418	泉民の森	9	青59	H13.7.3	2.3	H10	H11.3	L型丸太積工	大野町	700	20	1	A	1	スギ	2	1	8	1	1.0	20	17.3	5	0	⑦
419	泉民の森	9	青59	H14.4.17	3.1	H10	H11.3	L型丸太積工	大野町	700	20	1	A	1	スギ	2	1	8	1	1.0	20	20.2	10	0	⑦
平均値										413.7	16.9	1.1		0.9		1.0	0.6	10.6	0.8	1.4	19.0	24.8	23.4	0.2	

(注1) 施工地域の傾斜は緩=0, 中=1, 急=2で、水分状況は乾=0, 中=1, 湿=2である。
 (注2) 使用木材の形状加工は樹皮付=0, 樹皮無=1, 丸棒又は製材加工=2で、防腐処理は無処理=0, クレオソートどぶ漬け・塗布等=1, AAC・CUA2等の加圧注入=2である。
 また測定部位は非接地=0, 接地=1で、木柵工等の接地のうち横木は*印を付した。
 (注3) 腐朽状況のピロデイン測定値のPdr.avは平均値、Pde.33は貫入深さ33mm以上の割合である。また、腐朽箇所は本文の表5に示した腐朽箇等の種類番号である。

大分県林業試験場研究報告 第15号
土木用木製構造物の耐久性に関する研究

平成15年9月30日 発行
編 集 大分県林業試験場

〒877-1363
大分県日田市大字有田字佐寺原
TEL 0973-23-2146
FAX 0973-23-6769
E-MAIL : rinsi@fat.coara.or.jp
<http://www.coara.or.jp/~rinsi/index.htm>

印刷 尾花印刷有限公司 日田市田島本町8-8