

(資料)

## スギ, アカマツ, カラマツに適した劣化診断方法

鹿野 厚子

Effective method to diagnosis wood deterioration on Sugi, Akamatsu and Karamatsu

Kouko KANO

### 要 旨

樹種ごとに適した劣化診断方法を提案するため, スギ, アカマツ, カラマツ実大杭の野外暴露試験を行い, その地際部について, 目視による被害度, ピロディン打ち込み深さ, 超音波伝播速度から判断した診断結果と, 断面欠損率, ならびに縦圧縮強度との関係を比較した。結果, 劣化の把握に適した診断方法は, 1. ピロディン打ち込み深さ 2. 目視による被害度 3. 超音波伝播速度の順となり, スギでは目視による被害度が, カラマツではピロディン打ち込み深さが, アカマツではその両方が, 劣化の診断に適當であると推察された。

キーワード: 木杭, 耐久性, 断面欠損, 縦圧縮強度, 劣化診断

### 目 次

1 はじめに	22	3 結果と考察	
2 実験方法		3.1 杭材地際部の劣化の経年変化	23
2.1 供試材	22	3.2 杭材地際部の劣化診断結果と断面欠損率、縦圧縮強度との関係	23
2.2 屋外暴露試験	22	4 おわりに	26
2.3 杭材の採取と試験体の調整	22	謝辞	26
2.4 試験体の被害度, ピロディン打ち込み深さ, 超音波伝播速度の測定	22	引用文献	26
2.5 縦圧縮強度の測定	23		
2.6 断面欠損率の測定	23		

## 1 はじめに

近年、木材の需要拡大や自然景観に対する配慮の観点から、土木分野への木材利用が推進されている。屋外に設置された木製構造物を適切に維持、管理するためには、部材の劣化程度を把握する必要がある。

劣化程度を把握するため、いくつかの劣化診断方法が提案されている。このうち、目視による被害度評価法<sup>1)</sup>が最も多く用いられている。また、ピロディンや超音波を用いた診断も行われている。

上記の診断方法それぞれについて、測定値と劣化程度との関係が報告されている<sup>2,3,5,6)</sup>。このうち矢田は、スギ、ベイマツ、ボンゴシについて、ピロディン値、超音波伝播速度と縦圧縮強度との関係を調査し、スギとベイマツにはピロディンによる劣化診断が、ボンゴシには超音波による診断が適していることを報告した<sup>6)</sup>。ここで、土木分野で多用されているスギ、アカマツ、カラマツについても、樹種と診断方法の組合せを検討することは、劣化診断技術の向上に役立つと考えられる。

そこで本研究では、スギ、アカマツ、カラマツに適した診断方法を提案するため、実大杭を用いて野外暴露試験を行い、目視による被害度、ピロディン打ち込み深さ、超音波伝播速度の各診断結果と、断面欠損率、ならびに縦圧縮強度との関係を調査したので報告する。

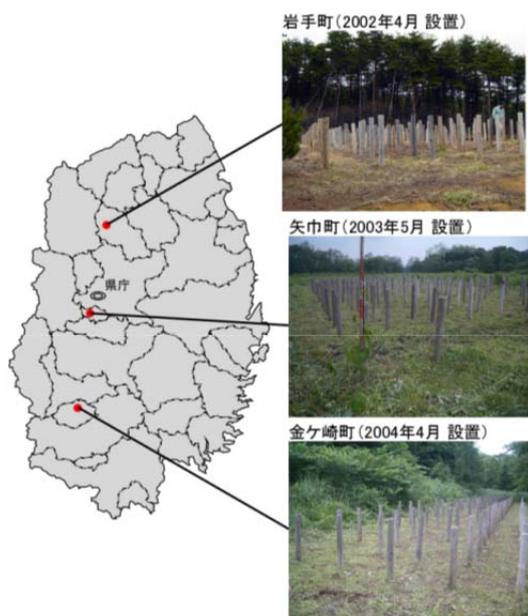


図1 試験地の位置

## 2 実験方法

### 2.1 供試材

供試材には、市販のスギ、アカマツ、カラマツ杭材(丸棒加工有り、防腐処理無し)を用いた。寸法は直径10cm×材長150cmとした。

### 2.2 屋外暴露試験

試験地の位置を図-1に示す。暴露試験地は、岩手町、矢巾町、金ヶ崎町の3ヶ所に設置した。各試験地に、スギ、アカマツ、カラマツ杭材をそれぞれ30本ずつ、地中深さが60cm程度になるよう、1m間隔で埋設した。

暴露開始年月は、岩手町が2002年4月、矢巾町が2003年5月、金ヶ崎町が2004年4月である。

なお、試験地の維持管理として、試験開始から毎年2回、杭周辺の草刈を行った。

### 2.3 杭材の採取と試験体の調整

埋設した杭材を、年に1回、試験地ごとに1樹種につき3本ずつ採取し、付着した土などを丁寧に洗い流した後、屋外にて自然乾燥した。

大橋らは、岩手県内の木柵工カラマツ杭材について劣化度調査を行った結果、劣化の程度は地際部>頂部の傾向であったことを報告している<sup>4)</sup>。これより、杭材の耐用年数は地際部で決定されることが考えられる。そこで、乾燥後の杭材から、地際部を含む長さ30cmの試験体を切り出して試験に供した。

なお、岩手町からは埋設後0.5~7.5年経過時点、矢巾町からは1.5~6.5年経過時点、金ヶ崎町からは1.5~5.5年経過時点での杭材を採取した。

### 2.4 試験体の被害度、ピロディン打ち込み深さ、超音波伝播速度の測定

試験体の被害度は、森林総合研究所の6段階評価法<sup>1)</sup>に準拠して評価した(表-1)。

表-1 被害度の表し方

被害度	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激しい虫害または腐朽
4	全面的に激しい虫害または腐朽
5	虫害または腐朽により形が崩れる

ピロディン打ち込み深さ(単位:mm)の測定には、スイスProceq社製のピロディン(PILODYN, 6J-Forest, ピンφ2.5mm, 打ち込み深さ最大40mm)を用いた。

超音波伝播速度(単位:km/秒)は、超音波木材劣化診断器(Dr. Wood, 株式会社秋田エスケイケイ製)を用いて直径方向の超音波伝播時間を測定し、試験体頂部側の直

径を伝播時間で除して求めた。

ピロディン打ち込み深さ、超音波伝播速度とも、試験体の地際部円周上3ヶ所を測定し、その平均値を代表値とした。

**2.5 縦圧縮強度の測定**

縦圧縮強度(単位: N/mm<sup>2</sup>)は、約5分間で破壊に至るように縦圧縮荷重をかけ、得られた最大荷重(N)と、試験体頂部側の断面積(mm<sup>2</sup>)から算出した。

**2.6 断面欠損率の測定**

縦圧縮試験後の試験体は、地際部で切断し、断面画像をスキャナー(Canon製, CanonScanLiDE 600F, 読取精度300dpi)で読み取った。得られた画像を、画像解析ソフト(Adobe社製, Photoshop Elements 2.0)を用いて、しきい値128で2階調化した後、階調を反転して黒色部分のピクセル数を測定した。断面欠損率は、得られたピクセル数を、直径10cmの真円画像のピクセル数で除して算出した。

**3 結果と考察**

**3.1 杭材地際部の劣化の経年変化**

図-2に、経過年数別の杭材地際部横断面画像の一例を示す。このように、スギ、アカマツ、カラマツとも、年数の経過とともに、主に腐朽やシロアリ等の害害により、断面の欠損部分が増加していく様子が観察された。

図-3に、杭材地際部横断面画像、2階調化した画像、および算出した断面欠損率の例を示す。今回行った方法により求めた断面欠損率は、割れ、節、年輪の色の濃淡の影響を含んだ値となっていることが分かる。

図-4に杭材地際部の断面欠損率と経過年数との関係を、図-5に縦圧縮強度と経過年数との関係を示す。スギ、アカマツ、カラマツとも、埋設後の経過時間が長くなるにつれ、断面欠損率が増加し、縦圧縮強度が減少する傾向を示した。

表-2に、杭材地際部の断面欠損率、縦圧縮強度それぞれの平均の推移と、標準偏差、データ数を示す。なお、断面欠損率と縦圧縮強度のデータ数が一致しないのは、どちらか片方の測定のみを行った試験体があるためである。樹種によらず、年数の経過に伴い、断面欠損率平均は増加傾向を、縦圧縮強度平均は減少傾向を示した。また、標準偏差は、断面欠損率ではアカマツ>カラマツ>スギの順に大きく、縦圧縮強度ではカラマツ>アカマツ>スギの順に大きくなった。この傾向は、図-4、図-5からも見て取れる。

図-6に、杭材地際部の断面欠損率と縦圧縮強度との

関係を示す。3樹種とも、断面欠損率と縦圧縮強度の間に負の相関が認められた。それぞれの相関係数は、スギでは0.79、アカマツでは0.77、カラマツでは0.83となった。

以上の結果から、年数の経過に伴い、杭材地際部の断面欠損率が増加すること、縦圧縮強度が減少することを確認した。断面欠損率と縦圧縮強度との相関が高かったことから、縦圧縮強度の減少に対し、断面欠損の増加が大きく影響していることが示唆された。

また、断面欠損率の標準偏差はアカマツが大きく、縦圧縮強度のそれはカラマツが大きい結果となった。これは、市販杭を利用したため、木取りや年輪幅などが樹種によって異なることが影響している可能性が考えられる。

**3.2 杭材地際部の劣化診断結果と断面欠損率、縦圧縮強度との関係**

目視による被害度、ピロディン打ち込み深さ、超音波伝播速度の各診断結果と、断面欠損率、ならびに縦圧縮強度との関係をみる。

図-7に、杭材地際部について、3種類の劣化診断結果と断面欠損率との関係を示す。断面欠損率は、樹種によらず、目視による被害度、ピロディン打ち込み深さとは正の相関を、超音波伝播速度とは負の相関を示した。

図-8に、劣化診断結果と縦圧縮強度との関係を示す。縦圧縮強度は、断面欠損率とは逆に、被害度、ピロディン打ち込み深さとは負の相関を、超音波伝播速度とは正の相関を示した。この結果は、既存の報告<sup>20)</sup>と一致する。

ここで、樹種ごとに、各劣化診断結果と断面欠損率との関係、ならびに縦圧縮強度との関係について相関係数を求め、結果を表-3に示す。

劣化診断結果と断面欠損率との関係では、目視による被害度の場合アカマツで、ピロディン打ち込み深さの場合アカマツ、カラマツで、相関係数が0.8以上となった。

表-3 各劣化診断結果と断面欠損率、縦圧縮強度との相関係数

		目視による被害度	ピロディン打ち込み深さ	超音波伝播速度
断面欠損率	スギ	0.7936	0.7173	0.7294
	アカマツ	<b>0.8418</b>	<b>0.8251</b>	0.7945
	カラマツ	0.7380	<b>0.8785</b>	0.7176
縦圧縮強度	スギ	<b>0.8116</b>	<b>0.8225</b>	0.6451
	アカマツ	<b>0.8884</b>	<b>0.8667</b>	0.7714
	カラマツ	0.7354	<b>0.8319</b>	0.6231

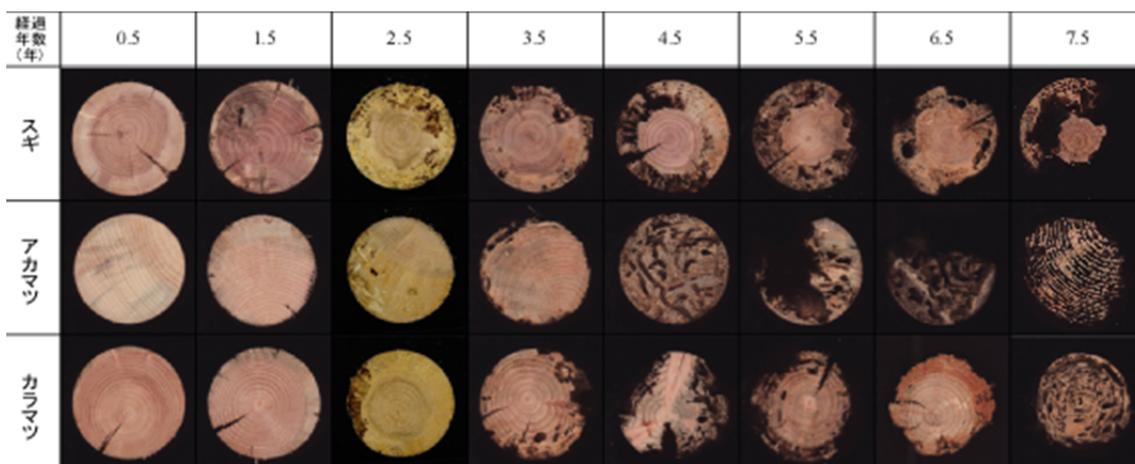


図-2 経過年数別の杭材地際部横断面画像の例

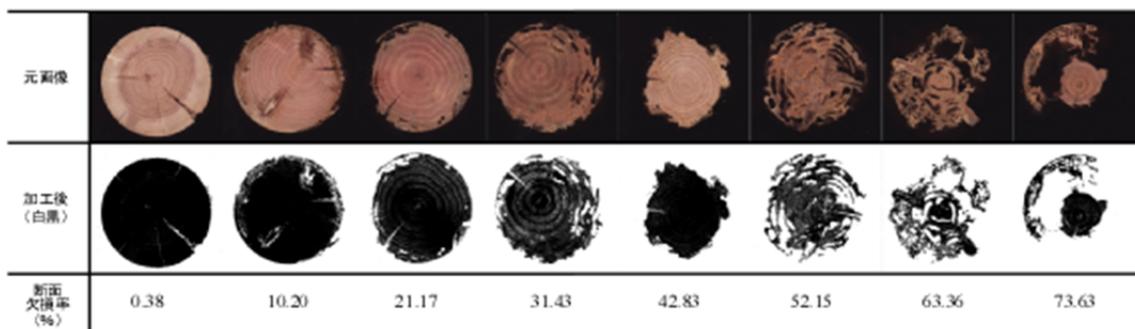


図-3 杭材地際部横断面画像, 2階調化画像, および断面欠損率

表-2 杭材地際部の断面欠損率、縦圧縮強度の平均の推移

(a)断面欠損率(%)

	経過年数(年)	0.8	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5
スギ	平均	2.48	7.34	14.97	16.58	21.57	30.93	39.39	60.02
	標準偏差	1.65	4.08	8.72	7.30	11.32	9.76	10.63	14.73
	データ数	4	10	8	10	9	9	6	5
アカマツ	平均	7.18	7.56	15.65	31.04	46.58	46.76	44.88	74.41
	標準偏差	4.44	4.28	10.48	26.71	28.02	24.00	24.68	3.92
	データ数	4	10	9	10	9	9	6	5
カラマツ	平均	2.27	8.71	13.87	12.54	16.04	23.41	15.69	57.42
	標準偏差	1.22	5.74	11.19	7.54	12.92	15.81	11.59	17.08
	データ数	4	10	9	9	9	9	6	5

(b)縦圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

	経過年数(年)	0.8	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5
スギ	平均	34.00	20.84	21.31	18.49	14.53	13.52	7.48	0.94
	標準偏差	2.66	3.34	1.55	5.60	7.00	5.48	5.57	0.49
	データ数	4	7	5	10	9	9	6	4
アカマツ	平均	41.06	25.65	20.01	19.39	10.04	7.35	9.73	1.51
	標準偏差	9.04	6.24	10.45	6.93	10.76	8.88	6.28	1.12
	データ数	4	7	5	6	8	8	5	3
カラマツ	平均	36.57	29.54	32.52	27.22	30.07	21.00	26.46	6.41
	標準偏差	2.15	6.73	5.42	9.30	14.00	10.70	7.52	5.35
	データ数	4	7	6	9	9	9	6	5

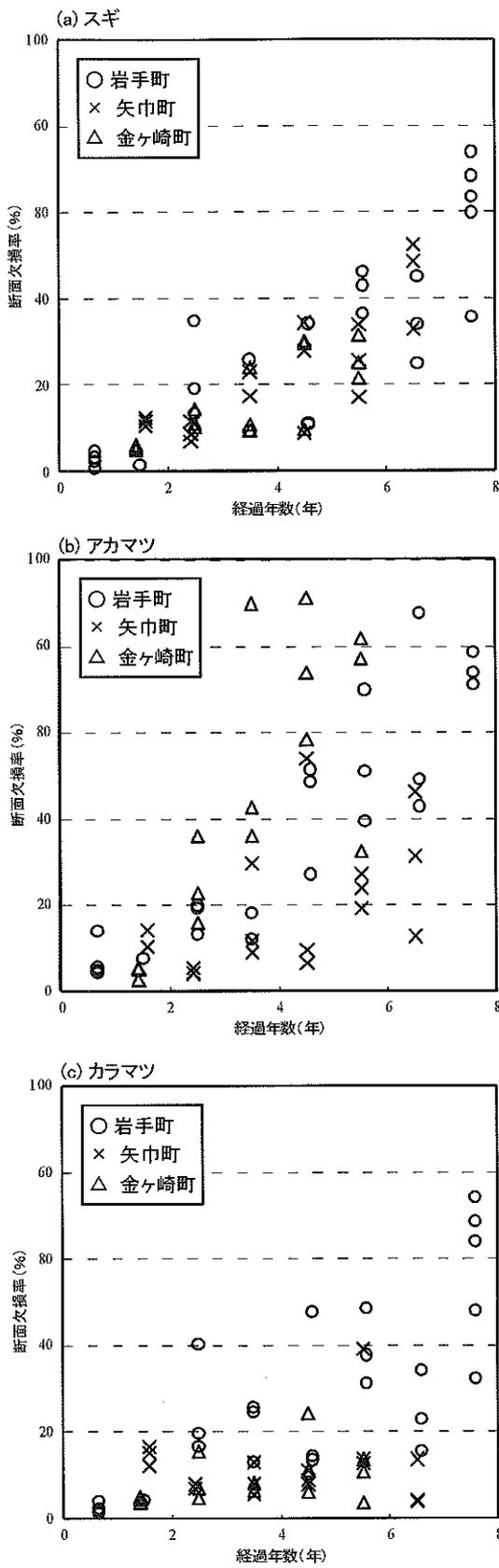


図-4 杭材地際部の断面欠損率と経過年数との関係

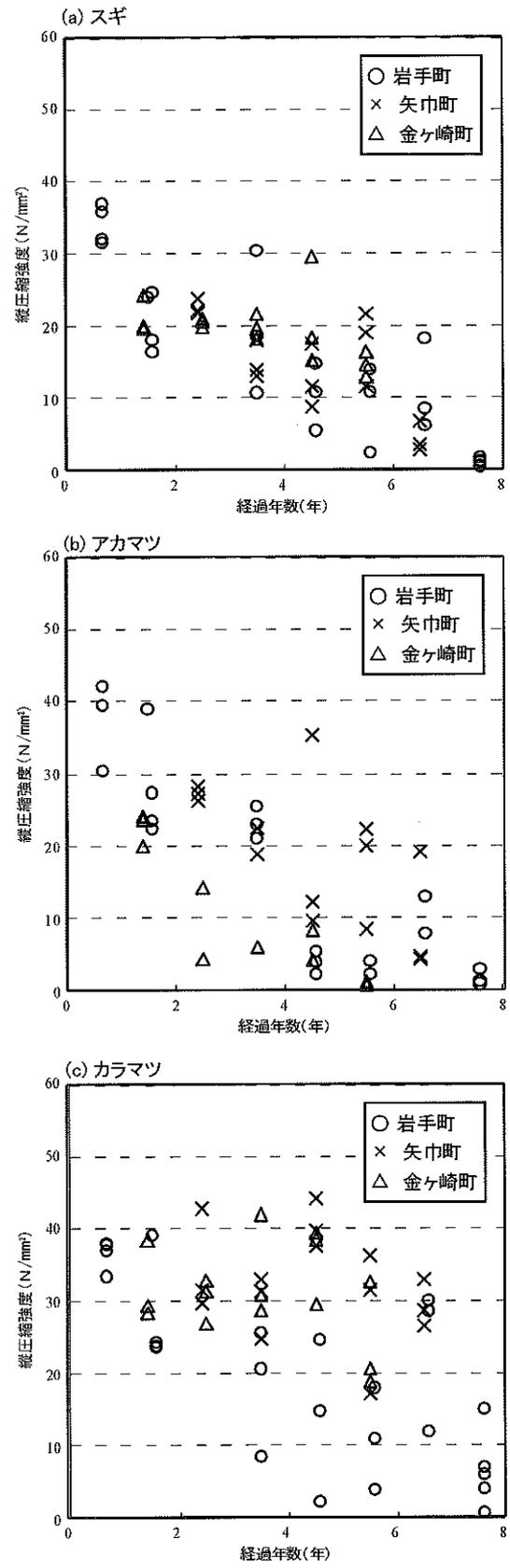
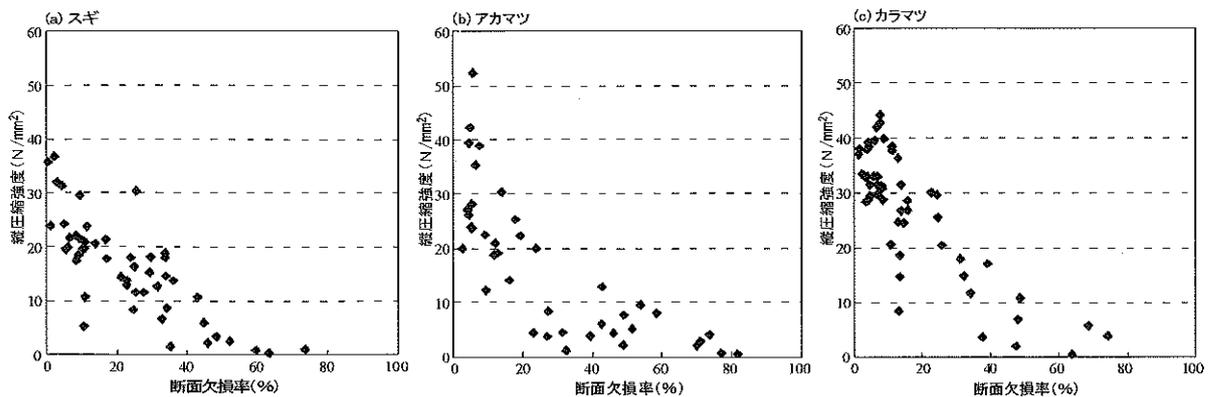


図-5 杭材地際部の縦圧縮強度と経過年数との関係



図一六 杭材地際部の断面欠損率と縦圧縮強度との関係

また、縦圧縮強度との関係では、目視による被害度の場合、スギ、アカマツで、ピロディン打ち込み深さの場合3樹種全てで相関係数が0.8以上となった。超音波伝播速度の場合、断面欠損率、縦圧縮強度とも、樹種によらず相関係数0.8未満であった。

以上の結果から、劣化に伴う断面欠損率と縦圧縮強度の変化を推測する方法として、1.ピロディン打ち込み深さ2.目視による被害度3.超音波伝播速度の順に適していることが示唆された。また、樹種により適する診断方法は異なり、スギでは目視による被害度が、カラマツではピロディン打ち込み深さが、アカマツではその両方が適当であると推察された。

#### 4 おわりに

樹種ごとに適した劣化診断方法を提案するため、スギ、アカマツ、カラマツ実大杭の野外暴露試験を行い、目視による被害度、ピロディン打ち込み深さ、超音波伝播速度の各診断結果と断面欠損率との関係、ならびに強度性能との関係を調査した。結果を以下に示す。

- (1) 年数の経過に伴い、杭材の地際部の断面欠損率が増加し、縦圧縮強度が減少した。このとき、縦圧縮強度の減少に対し、断面欠損の増加が大きく影響していることが示唆された。
- (2) 年数の経過に伴う断面欠損率のばらつきはアカマツが大きく、縦圧縮強度のばらつきはカラマツが大きかった。
- (3) 劣化の把握に適した診断方法は、1.ピロディン打ち込み深さ2.目視による被害度3.超音波伝播速度の順となった。
- (4) スギでは目視による被害度が、カラマツではピロディン打ち込み深さが、アカマツではその両方が劣化診断に適当であると推察された。

#### 謝辞

本研究にあたって試験用地の提供を快くお引き受け下さった株式会社ノルトヴィンへ深く感謝申し上げます。また、調査に携わった三宅真佐子氏、中嶋康氏、大橋一雄氏のほかご指導くださった方々に対しても感謝申し上げます。

#### 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. 林業試験場研究報告 150 : 143-156.
- 2) 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・上杉徳久 (1993) 富山県における治山木杭の耐久性 (第1報). 木材保存 19-1 : 13-22.
- 3) 町田初男, 茂木のり恵, 伊藤英敏 (2003) 落石防護柵の緩衝材に使用されている針葉樹間伐材丸太の劣化調査. 木材保存 29-6 : 253-258.
- 4) 大橋一雄, 多田野修 (2005) ピロディンおよび目視被害度を用いたカラマツ杭材の耐用年数評価. 岩手県林業技術センター研究報告 13 : 35-40.
- 5) 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. 第33回日本木材学会大会研究発表要旨集 : 223.
- 6) 矢田茂樹 (2001) エクステリアウッドの点検と補修(II) -ピロディンおよび超音波による劣化診断-. 第51回日本木材学会大会研究発表要旨集 : 412.
- 7) 吉野安里・柴田直明・前澤まゆみ・丸山文彦 (2004) 治山丸太筋工における木製構造物の経年変化. 第54回日本木材学会大会研究発表要旨集 : 409.

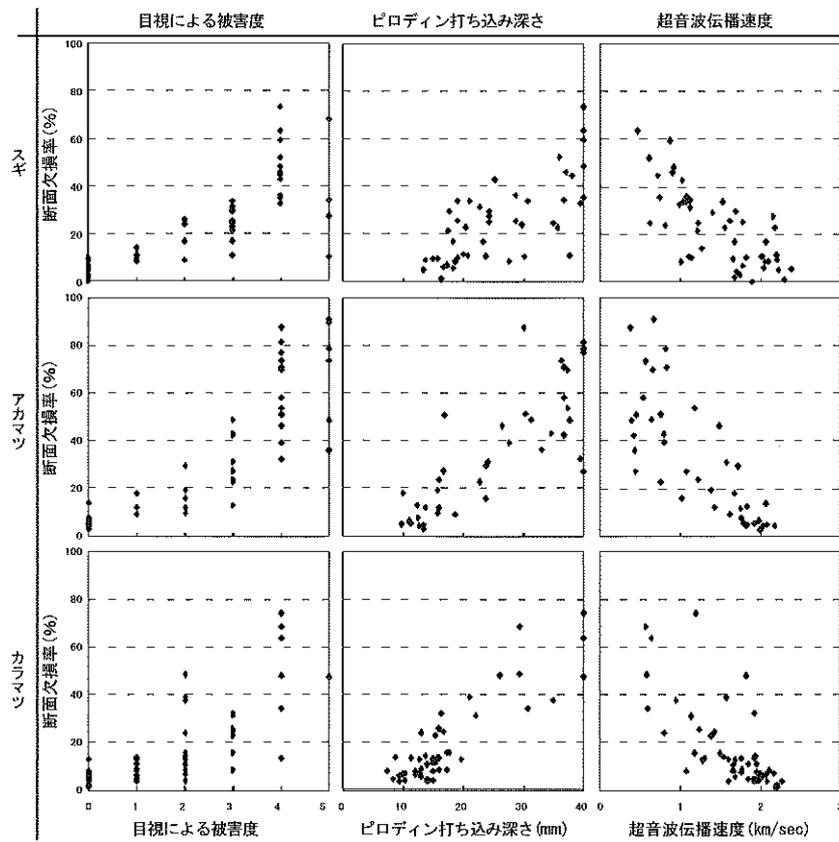


図-7 杭材地際部の劣化診断結果と断面欠損率との関係

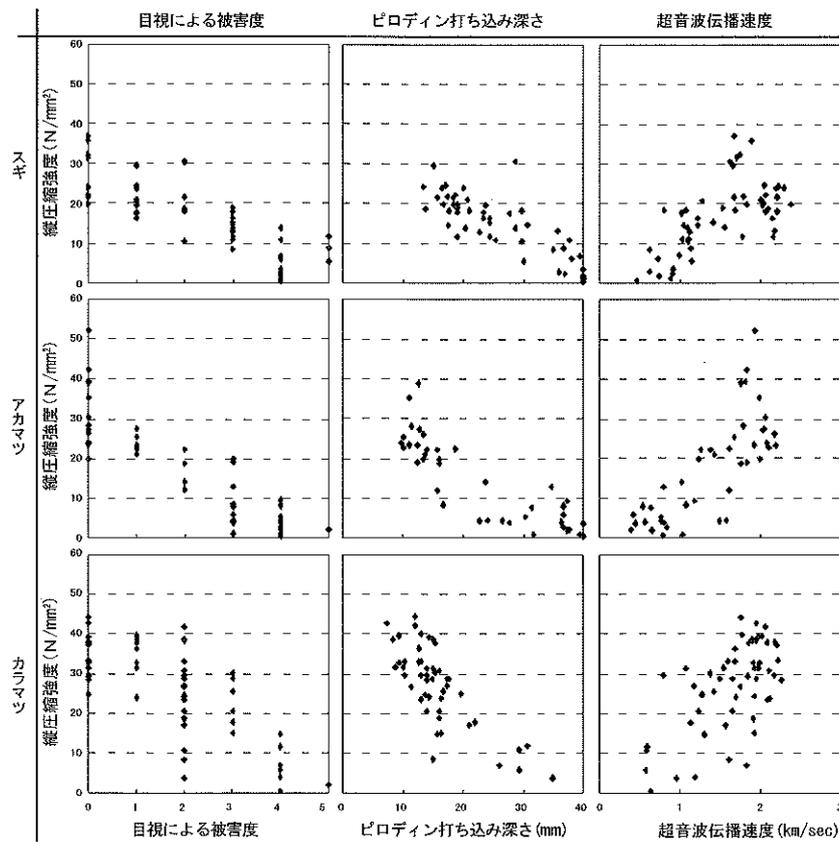


図-8 杭材地際部の劣化診断結果と縦圧縮強度との関係