

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

長谷川益夫*

Field Stake Test of Woods in Toyama Prefecture I. Changes of damage rate for nineteen years

Masuo HASEGAWA*

シベリア産カラマツ、シベリア産エゾマツ、ベイツガ、スギ、ヒノキアスナロ、ベイヒバ、アピトンの野外杭試験を1980年に開始して19年が経過した。杭の保存処理は、CCA加圧注入処理、浸漬処理3種(CCA、クレオソート油、TBP油剤)、無処理の5種類とし、杭の形状は $3 \times 3 \times 60$ cm、設置は地中に長さの半分(30cm)を埋設する方法とした。腐朽菌あるいは虫による被害を、森林総合研究所の被害度評価法(0~5階級)により、杭の頂部、地際部、底部について1年毎に評価した。結果を以下に示す。

- 1) 被害度と経過年数の関係についてRichards生長関数回帰分析を行った。その結果、被害度の経年変化型は、樹種および保存処理によって異なり、3つの関数型(Mitscherlich型、Mitscherlich-Gompertz型、Gompertz型)に分類できることがわかった。
- 2) 心材無処理杭の耐用年数(平均被害度が2.5に達する年数)は、シベリア産カラマツ、ベイツガ、ヒノキアスナロ、ベイヒバ、アピトンで、それぞれ約8、3、9、12、5年であった。
- 3) CCA加圧注入処理は、いずれの樹種においても、他の処理と比べて被害度が最も小さかった。一方、CCA浸漬、クレオソート油浸漬、TBP油剤浸漬処理杭の耐用年数は、無処理と比べてわずかな延長しか認められなかった。

1. はじめに

富山県の住宅建築では、土台角としてシベリア産カラマツ、能登産ヒノキアスナロ、アピトンが、柱材としてベイヒバ、スギ、ベイツガが、下地材としてシベリア産エゾマツなどが用いられている。また、必要に応じて防腐処理がなされてきた。

これらの接地-暴露条件下での被害の経年変化型と耐久性を調べるため、森林総合研究所の方法に準拠した野外杭試験¹⁾を1980年4月に開始し、19年が

経過した。本報では、これまでの被害の進行状況について報告する。

2. 試験方法

2.1 供試材料

供試木材に、針葉樹としてシベリア産カラマツ(*Larix sp.*) (以下カラマツ)、シベリア産エゾマツ(*Picea jezoensis*) (以下エゾマツ)、ベイツガ(*Tsuga heterophylla*)、スギ(*Cryptomeria japonica*) (品種:

本報告の一部は、第49回日本木材学会本大会(東京)において発表した。

*木材試験場

表-1 供試杭の樹種及び防腐処理方法

樹種	無処理	CCA加圧注入	CCA浸漬	クレオソート油浸漬	TBP油剤浸漬
シベリア産カラマツ	注入量* 本数 50	230-464-673(108) 50	2.3-3.0-3.9(0.4) 50	1.7-2.3-4.3(0.5) 40	
シベリア産エゾマツ	注入量* 本数 30	235-436-714(103) 50			1.9-3.3-6.4(0.9) 50
ベイツガ	注入量* 本数 10	379-580-671(72) 50	5.7-7.4-10.1(1.2) 50		
スギ	注入量* 本数 30	447-650-725(57) 50			8.0-11.7-19.4(2.1) 50
ヒノキアスナロ	注入量* 本数 50				2.2-4.2-7.0(0.9) 50
ベイヒバ	注入量* 本数 20				
アピトン	注入量* 本数 20				

注) * : 薬液注入量(kg/m³) 最小値-平均値-最大値(標準偏差)

タテヤマスギ), ヒノキアスナロ (*Thujopsis dolabrata*) (品種: マアテ), ベイヒバ (*Chamaecyparis nootkatensis*), 広葉樹としてアピトン (*Dipterocarpus sp.*) を用いた。試片形状は, 寸法³×^T3×^L75cm (原則として二方柱目木取り), 側面はロータリプレーナ仕上げ, 木口面は鋸断のままとした。

防腐処理方法は, 加圧注入処理と浸漬処理の2方法を用いた。薬液注入量(kg/m³) および薬剤吸収量(kg/m³) は, 処理前後の試片重量差, 処理前試片材積および薬液濃度(有効成分) から算出した。

加圧注入処理は, JIS K 1554 CCA1号A型(ザイエンス(旧山陽木材防腐)製)の2%水溶液を用い, ベセル(減加圧)法で行った。詳細な処理条件は, 前報²⁾で報告したとおりである。なお, 注入性の劣るカラマツおよびエゾマツは, 処理を2回行い, その合計値を薬液の注入量とした。

浸漬処理は, CCA, クレオソート油, TBP油剤を用い, いずれも薬液に1分間浸漬した。CCA液は, 加圧注入に使用した薬液を, クレオソート油は, 旧JIS K 2470 1号のクレオソート油を灯油で20%に希釈したものを, TBP油剤液は, TBP(2,4,6-トリブプロモフェノール; ベルシコール製)をシクロヘキサノン-灯油混合溶剤(1:4)で濃度2%に調製したものを使用した。

所定の防腐処理を施した後, 片方から60cmの長さで切断して他方を強度コントロール材として残し,

切断面を同じ防腐液に1分間浸漬処理して, 恒温恒湿室内(温度20℃, 相対湿度60%)に約6ヶ月間放置して気乾に調湿した。調湿を終えた無処理および防腐処理杭を秤量し, 野外杭試験に供した。供試杭の樹種, 防腐処理方法および本数を表-1に示す。

2.2 野外杭試験

試験は, 木材試験場構内の杭試験地(広さ: 15×15m, 土壌: 褐色森林土(一部粘土混じり)で, 1980年4月(ベイヒバとアピトンは1982年4月)から実施した。ただし, 暴露途中の1990年8月に場敷地換地のため, 試験地を同じ標高の東約200mの地点に移転した。土壌は, 前試験地とほぼ同様とした。新しい試験地の様子を写真-1に示す。なお, いずれの試験地にもヤマトシロアリが見られた。



写真-1 杭試験地(新)の外観

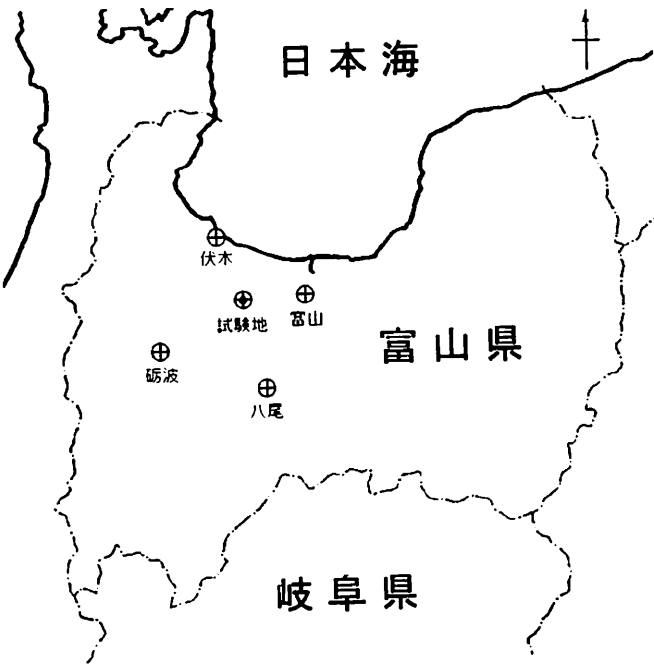


図-1 杭試験地と近接AMeDAS観測点

注) 富山	東経137.205°	北緯36.707°	標高 9m
八尾	東経137.136°	北緯36.576°	標高78m
砺波	東経136.953°	北緯36.626°	標高58m
伏木	東経137.057°	北緯36.789°	標高12m
試験地	東経137.102°	北緯36.703°	標高14m

設置された杭は、土壌ばかりでなく気象からも影響を受け劣化する。気象条件として、密接な関係があると思われる気温（月平均気温、年平均気温）と降水（月降水日数、年降水量）に関する気象値を収集した。試験地では観測していないので、近接 AMeDAS 観測点 4 箇所のデータ^{3,4)}を算術平均して求め、代用した。試験地および AMeDAS 観測点（富山、八尾、砺波、伏木）の位置を図-1 に示す。

杭の設置方法は、50cm 間隔で杭長さの半分（30cm）を地中に埋設した。場所による影響をできるだけ避けるため、試験地を 50 ブロックに分割し、乱塊（ランダムブロック）法によって無作為に杭を配置した。

2.3 杭の被害度評価

杭の被害（腐朽あるいは虫害）を、1 年毎に頂部、地際部、底部について森林総合研究所の評価体系¹⁾（表-2）に準拠して評価した。評価は、目視によって行ったが、内部の被害部を判別するため、マイナス型ミノドライバを使用した。また、森林総合研究所の被害度刻み幅は、強度低下との相関をみるにはやや大きかったため、本報では 0.5 刻みとした。すな

表-2 被害度の表し方¹⁾

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激しい腐朽
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くずれる

わち、評価対象部位の断面において 10% 刻みの被害部面積率を評価し、これを被害度判定に用いた。例えば、被害部面積率 50% ならば被害度 2.5 とした。

平均被害度の経年変化型を調べるため、Richards の生長関数回帰分析^{5,6,7)}を行った。用いた回帰モデル式を以下に示す。この式には、最終到達被害度 (A；理論的には 5)、平均被害度の進行速度 (k)、速度形状 (m) に関するパラメータが含まれている。さらに、この式は速度変化パラメータ m の値によって規定されるいくつかの典型的な関数およびその中間的な関数を包含している。たとえば、m = 0 のとき Mitscherlich 関数（上に凸の漸近値をもつ曲線）、m = 1 のとき Gompertz 関数（変曲点が A/e にある S 字曲線）、m = 2 のとき Logistic 関数（変曲点が A/2 にある S 字曲線）となる。したがって、変曲点の有無や位置を示す m の値によって経時変化型の分類が可能で、ここではその回帰値がそれぞれの典型関数の m 値に近い、範囲 -0.3 ~ 0.3 にある場合は Mitscherlich 型、0.7 ~ 1.3 は Gompertz 型とし、中間範囲の 0.3 ~ 0.7 は Mitscherlich-Gompertz 型とした。

$$D = A (1 - Ce^{-kt})^{1/(1-m)}$$

- ここで、D：被害度
 A：最終到達被害度
 C：初期の被害度に関係
 e：自然対数の底（≒2.718）
 k：被害度の速度
 t：経過年数
 m：速度変化に関係

3. 結果と考察

3.1 試験地の気象

屋外-非接地試験では、異なる試験地の結果を比較考察するため、暴露地の気温、日射量、降水量などの気象データを付記するのが一般的である。しかし野外杭試験では、土壌の影響が相対的に大きいため、気象については記述された例をあまり見ない。

今後各地の野外杭試験結果を比較するうえで、土壌条件という大きな要因があるとしても気象要因は依然重要と考えるので、いくつかの気象値を記し、試験地の気象的特徴についても言及する。

この19年間の気象値を、月別変動を図-3に、年変動を表-3に示す。これらから、年平均気温13.4℃（最寒月2.1℃，最暖月25.8℃），年降水量2305mm，日降水量1mm以上の年降水日数186日であった。このように、気温は東京（15.6℃）や大阪（16.3℃）に比べて低めだが、降水日数は極端に多く、理科年表80気象官署1961～1990年データ⁸⁾で第1位の高田（191日）に次ぐものであった。

試験地の位置による気候区分は、ケッペン（1928）によると温帯多雨夏高温気候区Cfaに、関口による日本の気候区分（1959）では、梅雨期および冬期に降水量の多い特徴をもつ裏日本気候区・北陸地方I₄に属する⁹⁾。試験地の気温および降水量の月別変動を示した図-3は、関口の気候区I₄の記述に一致する。とくに、冬期の月間降水日数が梅雨期よりも多い特徴がみられた。

これまでに、森林総合研究所や奈良県林業試験場をはじめとして、気象環境の異なる全国各地で野外杭試験によるデータの蓄積^{10,11,12)}がなされている。杭地上部の劣化は、気象と土壌からの影響を同時に受けるが、気象の影響は土中部より多く受け、気象データは考察の際の参照資料となり得る。非接地の木材腐朽については、T.C.Schefferが提唱した木材腐朽気象指数（CI）¹³⁾がある。得られた気象値から算出したCIは83.5で、全国平均値63.2（理科年表80気象官署1961～1990年データ⁸⁾から計算）よりかなり高かった。試験地のCIは、年平均気温が低いが降水日数が多いため、高くなることがわかった。

さらに木造建築の耐久性立地環境の面から、試験地特性を木材の地域劣化外力係数（建設省の木造建築物の耐久設計指針¹⁴⁾）を求めた。なお、この係数は、構造部材の推定耐用年数の算定にあたって必要とされるものである。試験地は、ヤマトシロアリのみ分布地域に相当するためシロアリの分布・地域区分係数1.0，さらに年平均気温13.4℃から概算した腐朽菌の生育係数は1.0であることから、この両者の平均として計算される地域劣化外力係数は、全国的にみれば標準的な1.0になった。

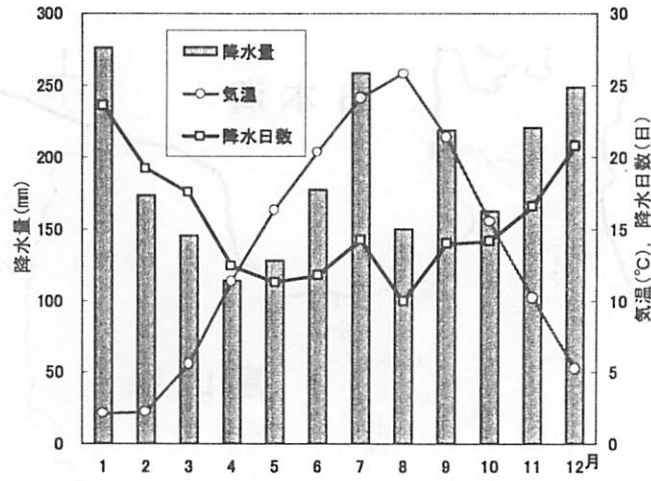


図-3 試験地の気温と降水(月別平均)

表-3 試験地の19年間の気象*1

西暦(年度)	年平均気温(°C)	年降水量(mm)	年降水日数(日)	CI*2
1980	12.3	2734	203	87.3
1981	12.9	2153	179	78.1
1982	13.4	2186	174	74.5
1983	12.5	2770	204	86.7
1984	13.0	2181	175	68.2
1985	13.0	3053	201	81.8
1986	13.1	1897	184	77.6
1987	13.6	1839	170	72.3
1988	13.2	2475	189	91.4
1989	13.6	2266	180	87.5
1990	14.2	2152	187	83.2
1991	13.9	2462	191	103.2
1992	13.5	2001	184	79.8
1993	12.6	2400	195	88.9
1994	14.5	1671	172	68.4
1995	13.3	2417	192	85.0
1996	13.5	1878	177	74.2
1997	14.0	2434	184	93.2
1998	14.4	2821	200	105.5
平均	13.4	2305	186	83.5

注) *1 近接AMeDAS観測点のデータの算術平均

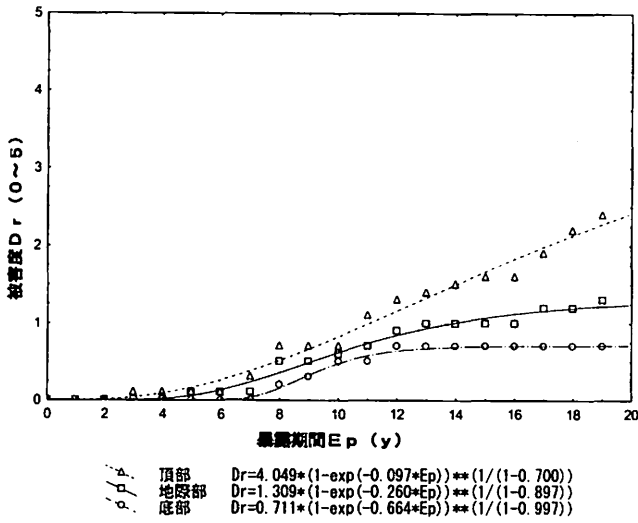
*2 非接地の木材腐朽気象指数¹³⁾

3.2 被害度の変化

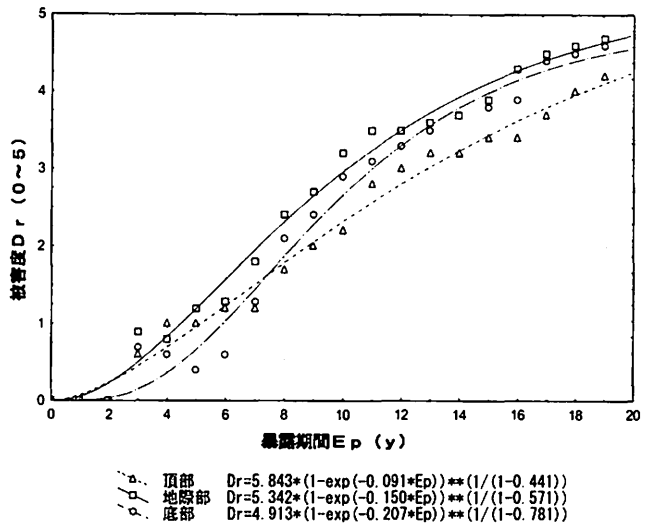
3.2.1 被害度の経年変化

19年間の野外杭試験の平均被害度の経年変化を樹種および処理別に図-4に示す。図中の回帰曲線モデルはRichards生長関数であり、グラフの下に得られた式を示した。樹種、処理方法、部位によって被害度の経年変化型は見た目にも異なったため、初期の被害度を0（C=1）に固定し、速度変化パラメータmによってMitscherlich型(M型)，Mitscherlich-Gom-

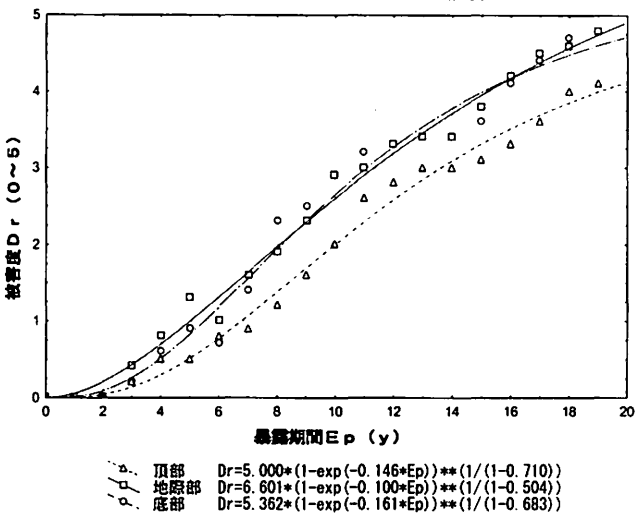
1) シベリア産カラマツ-CCA加圧注入



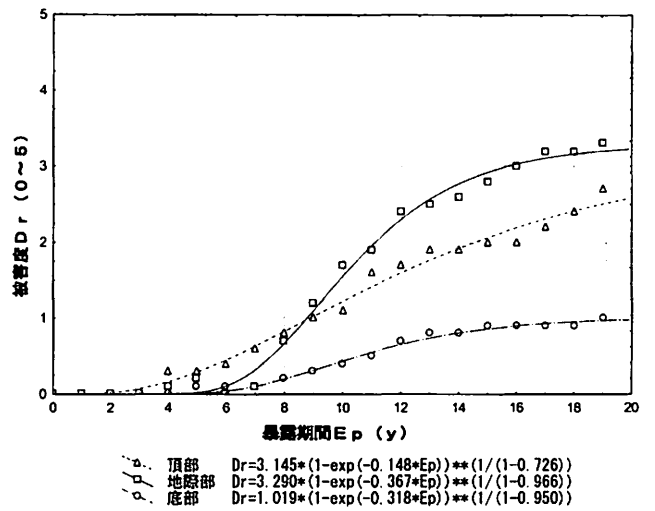
4) シベリア産カラマツ



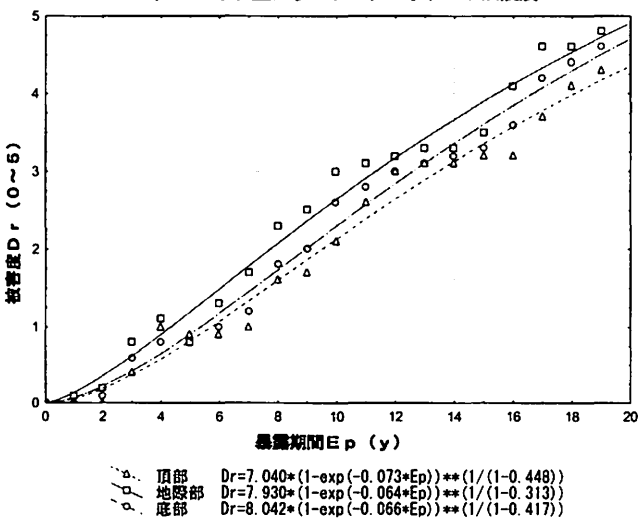
2) シベリア産カラマツ-CCA浸漬



5) シベリア産エゾマツ-CCA加圧注入



3) シベリア産カラマツ-クレオソート油浸漬



6) シベリア産エゾマツ-TBP油剤浸漬

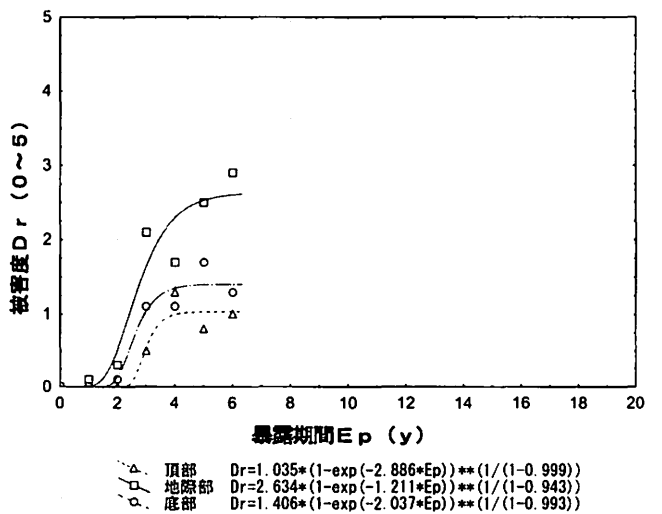
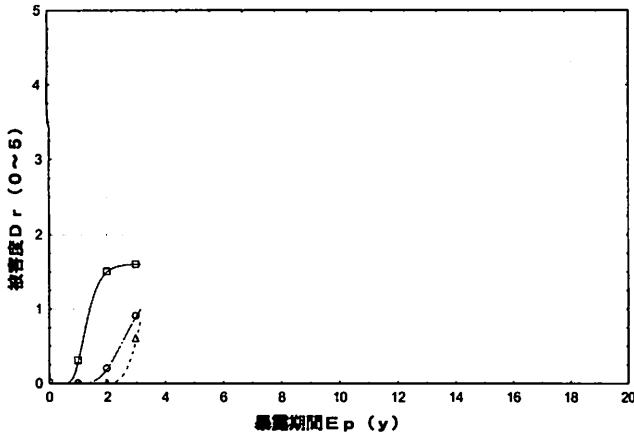


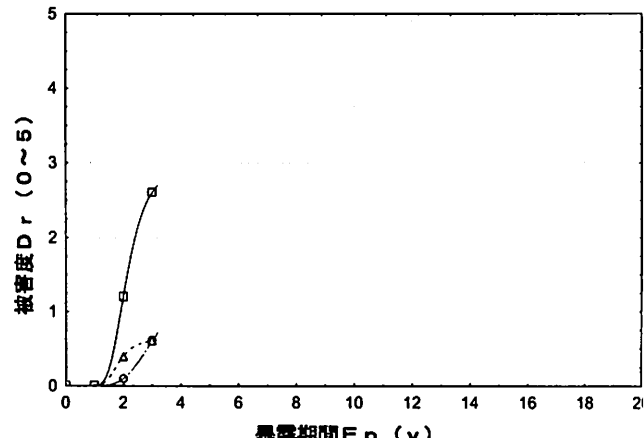
図-4 平均被害度の経年変化 (その1)

7) シベリア産エソマツ



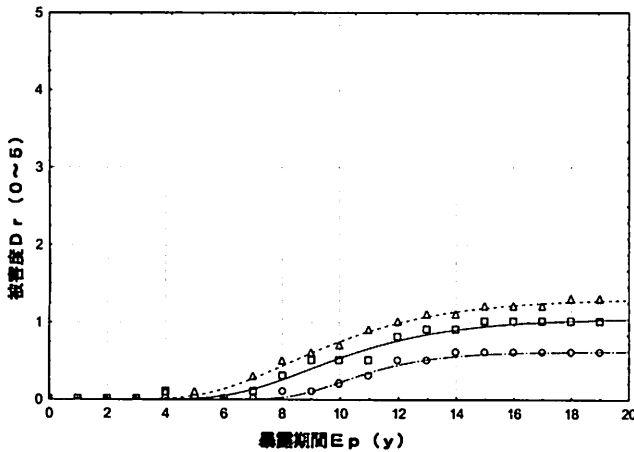
Δ 頂部 $Dr=3.539 \cdot (1-\exp(-1.466 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.993))$
 \square 地際部 $Dr=1.604 \cdot (1-\exp(-3.196 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.975))$
 \circ 底部 $Dr=1.549 \cdot (1-\exp(-1.299 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.962))$

10) ベイツガ



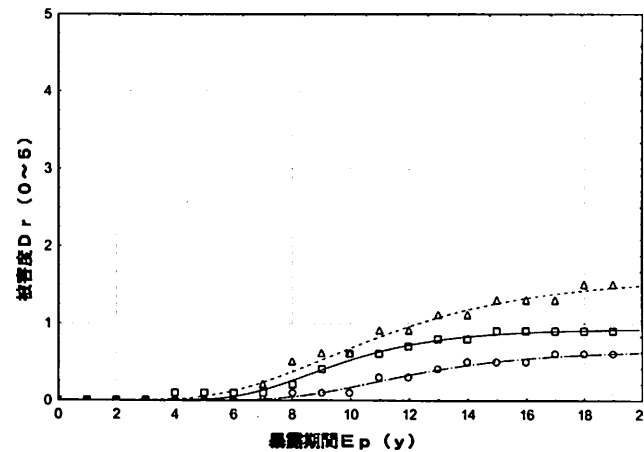
Δ 頂部 $Dr=0.616 \cdot (1-\exp(-2.798 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.991))$
 \square 地際部 $Dr=2.888 \cdot (1-\exp(-2.116 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.983))$
 \circ 底部 $Dr=1.555 \cdot (1-\exp(-1.013 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.948))$

8) ベイツガ-CCA加圧注入



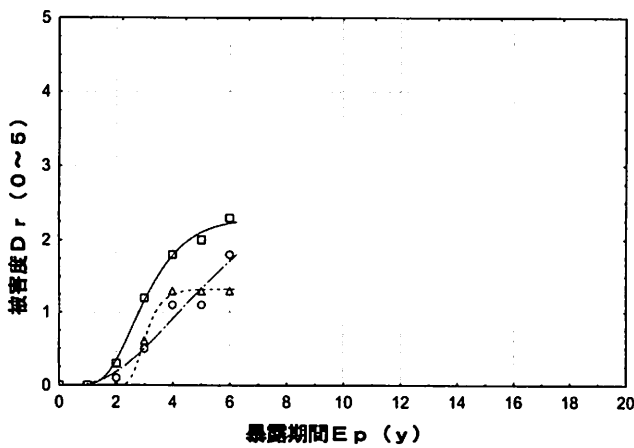
Δ 頂部 $Dr=1.312 \cdot (1-\exp(-0.337 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.937))$
 \square 地際部 $Dr=1.057 \cdot (1-\exp(-0.364 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.961))$
 \circ 底部 $Dr=0.622 \cdot (1-\exp(-0.564 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.997))$

11) スギ-CCA加圧注入



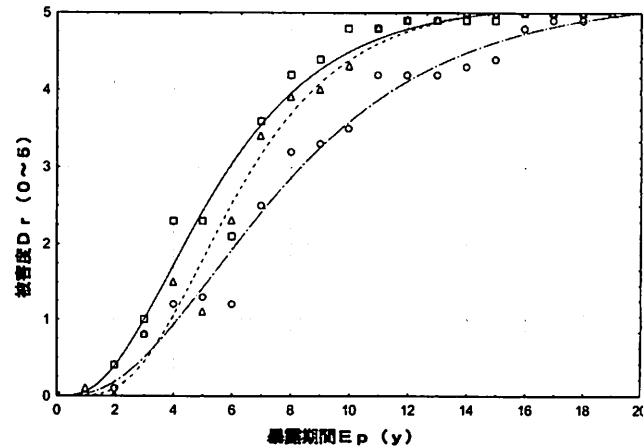
Δ 頂部 $Dr=1.586 \cdot (1-\exp(-0.256 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.905))$
 \square 地際部 $Dr=0.932 \cdot (1-\exp(-0.398 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.967))$
 \circ 底部 $Dr=0.652 \cdot (1-\exp(-0.332 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.973))$

9) ベイツガ-CCA浸漬



Δ 頂部 $Dr=1.325 \cdot (1-\exp(-2.586 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.999))$
 \square 地際部 $Dr=2.302 \cdot (1-\exp(-0.994 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.924))$
 \circ 底部 $Dr=3.067 \cdot (1-\exp(-0.330 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.744))$

12) スギ-TBP油剤浸漬



Δ 頂部 $Dr=5.129 \cdot (1-\exp(-0.366 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.834))$
 \square 地際部 $Dr=5.125 \cdot (1-\exp(-0.331 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.716))$
 \circ 底部 $Dr=5.196 \cdot (1-\exp(-0.223 \cdot Ep))^{**} (1/(1-0.693))$

図-4 平均被害度の経年変化 (その2)

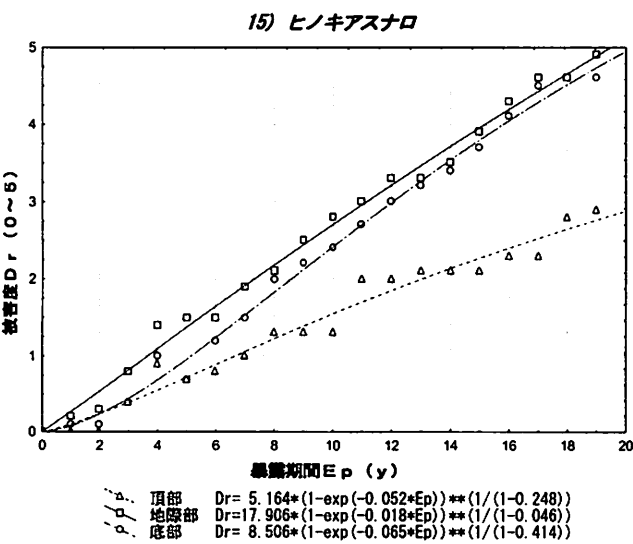
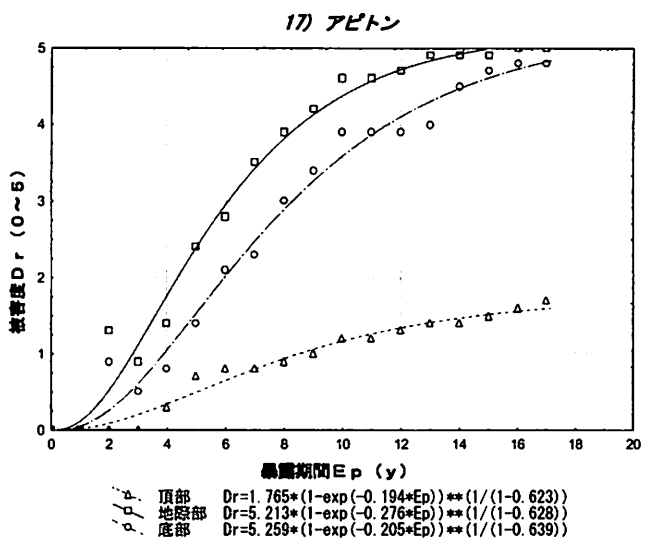
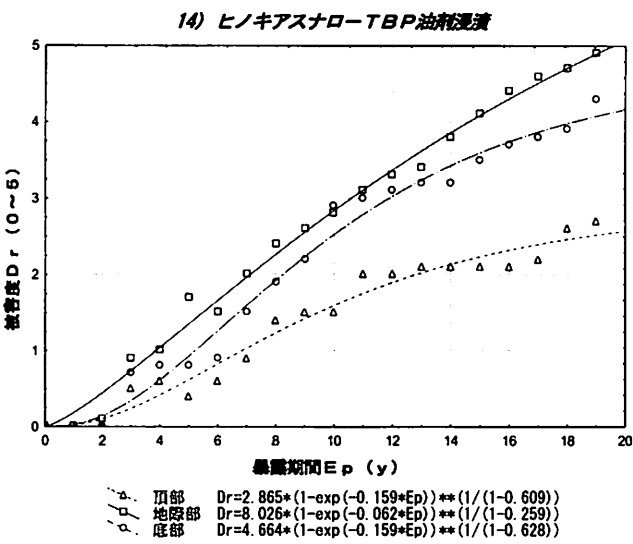
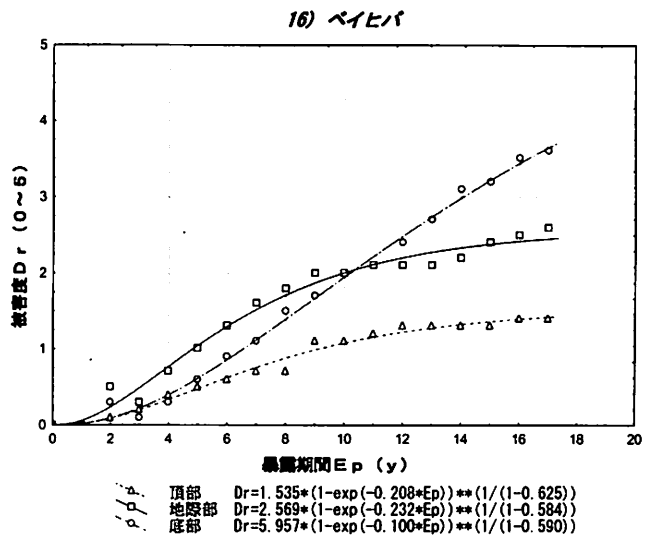
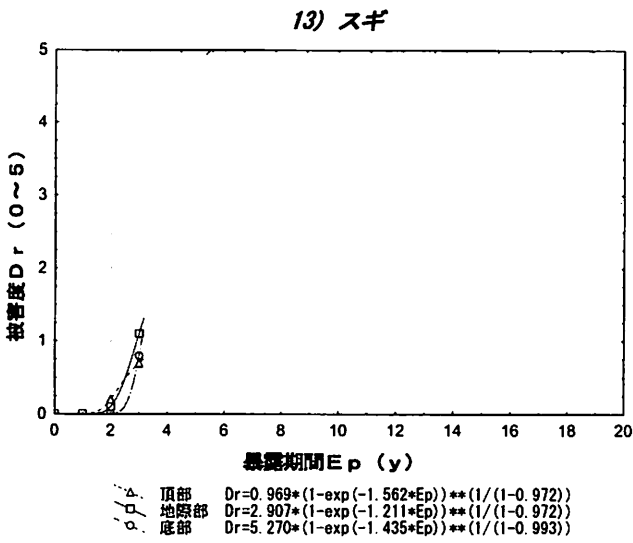


図-4 平均被害度の経年変化 (その3)

pertz型(M-G型), Gompertz型(G型)に分類した。今回の試験では, 変曲点がA/2付近になるLogistic型(Cが負の値)は認められなかった。M型は回帰式において被害度の速度パラメータkは小さいが, 最終到達被害度Aが5を大きく越える特徴がみられた。

M型には無処理およびTBP油剤浸漬ヒノキアスナロが, G型にはCCA加圧注入シベリア産エゾマツとTBP油剤浸漬スギが, M-G型には無処理, CCA浸漬およびクレオソート油浸漬シベリア産カラマツ, そして無処理のベイヒバ, アピトンが分類された(表-4)。

3.2.2 杭の耐用年数

各種杭について, 表-4に3部位のうち最も短い耐用年数(実測値)を示した。無処理杭では, カラマツ8年, ベイツガ3年, ヒノキアスナロ9年, ベイヒバ12年, アピトン5年の耐用年数であった。ベイヒバの耐用年数12年(底部)は, 浅川実験林7.5年(底部)^{10,15)}や明日香実験林4.5年(地際および底部)¹¹⁾に比べて著しく長かった。この理由として, 供試材の個体, 杭試験地の気象環境, シロアリの活動, 土壌などの差が考えられる。

CCA加圧注入処理杭は, 保存効果が最も高く, エゾマツを除いて, 19年経過時点でまだ耐用限界に達

していない。部位別では, エゾマツを除いて頂部が早い劣化を示している。これは, 降水の頂部木口面からの作用によって薬剤存在量が相対的に早く低下したためと考えられる。エゾマツにおいて, 初期は同様の傾向を示したが, 9年頃から地際部の被害が先行し, 13年後には耐用限界に達した。これらのことから, まず水との接触によるCCA溶脱が進み, 生物加害が可能な濃度付近からは, 生物活動が盛んな地際部が早めに耐用限界に達すると考えられる。

浸漬処理のCCA浸漬, クレオソート油浸漬, TBP油剤浸漬は, 保存効果は小さく, 特にカラマツ心材では, CCA浸漬, クレオソート油浸漬ともに無処理材に比べて1年程度の耐用年数延長効果しかなかった。また, TBP油剤浸漬では, ほとんど効果が認められなかった。

3.2.3 無処理杭にみられた部位及び樹種別の特徴

無処理の杭は, 部位別では, 既報¹⁰⁾と同様の地際部と底部の被害進行が速い傾向を示した。地際部と底部では, 地際部の方がやや早いものが多かったが, ベイヒバは途中から底部の被害変化が速くなった。この傾向は, 浅川実験林^{10,15)}や明日香実験林¹¹⁾での杭試験結果の傾向とほぼ一致した。したがって, こ

表-4 各種杭の耐用年数

樹種	防腐処理	吸収量 (kg/m ³)	図-4 グラフ番号	被害度 経年変化型*	耐用年数 (年)	[限界部位]
シベリア産カラマツ	CCA加圧注入	9.28	1)		>19	
	CCA浸漬	0.060	2)	M-G型	9	[底部]
	クレオソート油浸漬	0.460	3)	M-G型	9	[地際部]
	無処理	-	4)	M-G型	8	[地際部]
シベリア産エゾマツ	CCA加圧注入	8.72	5)	G型	13	[地際部]
	TBP油剤浸漬	0.066	6)		5	[地際部]
	無処理	-	7)		>3	
ベイツガ	CCA加圧注入	11.6	8)		>19	
	CCA浸漬	0.148	9)		>6	
	無処理	-	10)		3	[地際部]
スギ	CCA加圧注入	13.0	11)		>19	
	TBP油剤浸漬	0.234	12)	G型	6	[地際部]
	無処理	-	13)		>3	
ヒノキアスナロ	TBP油剤浸漬	0.085	14)	M型	8.5	[地際部]
	無処理	-	15)	M型	9	[地際部]
ベイヒバ	無処理	-	16)	M-G型	12	[底部]
アピトン	無処理	-	17)	M-G型	5	[地際部]

* M型 : Mitscherlich型(m=-0.3~0.3),
M-G型 : Mitscherlich-Gompertz型(m=0.3~0.7),
G型 : Gompertz型(m=0.7~1.3)

れはベイヒバ特有の現象と考えてよいであろう。

頂部の被害進行が遅かったのは、ベイヒバ、ヒノキアスナロ（いずれもヒノキ属）そしてアピトン（フタバガキ科）であった。雨宮らは、頂部の被害進行が地際部より遅い原因として、頂部木口面からの降水吸収によって腐朽に適した環境になるが晴天によってすぐに不適な環境になるためと推察している¹⁰⁾。しかし、これらの樹種では、降水頻度の高い当試験地でも、頂部の劣化が他の部位と比べて遅い傾向は変わらず、他の理由を考えるべきかもしれない。

4. まとめ

富山県内の住宅建築に用いられるシベリア産カラマツ、シベリア産エゾマツ、スギ（タテヤマスギ）、ヒノキアスナロ（マアテ）、ベイヒバ、アピトンの無処理および防腐処理した杭の19年間の野外試験を行い、被害度の変化を観察した。そして次のような結果が得られた。

- 1) 杭試験地の気象条件は、全国的にみると降水日数が極端に多かったが、気温がやや低かったためにほぼ標準的な地域劣化外力を有した。
- 2) 被害度の経年変化について、Richards生長関数モデルで回帰分析を行った。被害度の経年変化型は、速度変化パラメータ m の回帰値によってM型、G型および中間型のM-G型に分類可能で、樹種、保存処理、部位によって異なることがわかった。
- 3) 無処理心材杭の被害度調査では、カラマツ、ベイツガ、ヒノキアスナロ、ベイヒバ、アピトンがそれぞれ8、3、9、12、5年の耐用年数を示した。CCA加圧注入杭では、エゾマツの耐用年数は13年であったが、カラマツ、ベイツガ、スギは、19年経過後も耐用限界に至っていない。
- 4) CCA浸漬、クレオソート油浸漬、TBP油剤浸漬の浸漬処理の保存効果は、いずれも無処理に比べてわずかしきさなかった。
- 5) 無処理のベイヒバ、ヒノキアスナロ、アピトンでは、頂部が他の部位より被害度進行がかなり遅かった。さらにベイヒバでは、底部が速い被害度進行を示し、耐用年数を規定する部位となった。

文 献

- 1) 雨宮昭二：浅川実験林苗畑の杭試験(1) 杭の被害程度を評価する方法，林業試験場研究報告，150，143-156（1963）。
- 2) 長谷川益夫：富山県における木材の野外杭試験材質と防腐薬液注入量の関係における統計分析の適用例，木材と技術 No.68，8-13（1987）。
- 3) 富山地方気象台，富山県：“富山県農業気象年報”，1980年～1998年，1981-1999。
- 4) 富山地方気象台，富山県：“富山県農業気象月報”，1999年1月～3月，1999。
- 5) F.J.Richards：A Flexible Growth Function for Empirical Use, Jour. Exp. Bot., 10, 290-300（1959）。
- 6) 大隅慎一，石川善朗：RICHARDSの生長関数をあてはめるためのコンピュータプログラムの作成，京都府立大学演習林報告，24，64-88（1980）。
- 7) 長谷川益夫ほか8名：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（1993）。
- 8) 国立天文台：“理科年表”（机上・1992年版），丸善，1991，pp.198-199，pp.224-225。
- 9) 吉野正敏：気候学，大明堂，1984，pp.38-39，pp.42-43。
- 10) 例えば：松岡昭四郎ほか5名：浅川実験林苗畑の杭試験(3) 各樹種の野外試験による耐朽性調査結果，林業試験場研究報告，232，109-135（1970）。
- 11) 例えば：中村嘉明：油溶性防腐剤注入処理杭の野外における経過年数と劣化の相関，材料，359，929-934（1983）。
- 12) 中野敏夫：アテ材の耐朽性について，石川県林業試験場研究報告，15，11-24（1985）。
- 13) Theodore C.Scheffer:A Climate Index for estimating potential for decay in wood structures above ground, Forest Prod. J., 21(10), 25-31（1971）。
- 14) 国土開発技術センター建築物耐久性向上技術普及委員会：“木造建築物の耐久性向上技術”，技報堂出版，1986，pp.105-116。
- 15) 松岡昭四郎ほか4名：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，林業試験場研究報告，

Summary

Field stake tests of Siberian karamatsu (*Larix sp.*), Siberian ezomatsu (*Picea jezoensis*), beitsuga (*Tsuga heterophylla*), sugi (*Cryptomeria japonica*), hinokiasunaro (*Thujopsis dolabrata*), beihiba (*Chamaecyparis nootkatensis*), apitong (*Dipterocarpus sp.*) that are used as housing construction materials in Toyama prefecture, has been conducted for nineteen years since 1980. The stakes ($^R3 \times ^T3 \times ^L60\text{cm}$) were tested in three ways, impregnated with CCA, soaked with three kinds of preservatives and untreated, and were then set in the ground in an upright position with half of their length (30cm) in the earth. The damage on the top, at the ground line and on the bottom parts of the stakes were observed and recorded each year according to the FFPRI's damage rating (0 to 5) system. The results are summarized as follows.

- 1) Regression analysis between exposure period(t) and damage rate(D) with Richards' growth function model ($D=A(1-\exp(-kt))^{1/m}$) were carried out. Annual change patterns of damage rate of each kind of stake could be classified into three functional types, ie. Mitscherlich, Mitscherlich-Gompertz and Gompertz, from the m-parameter value obtained.
- 2) The service life of stakes (period in years when their average damage rate has reached 2.5) of untreated heartwood from Siberian karamatsu, beitsuga, hinokiasunaro, beihiba and apitong were about 8, 3, 9, 12 and 5 years respectively.
- 3) The stakes impregnated with CCA were damaged the least among the other treated ones of the same species. The service life of stakes soaked with CCA, creosote oil and TBP (Tri-bromo Phenol) oil solution had almost the same or slightly higher values than the untreated stakes.