

トドマツ・エゾマツ類の耐朽性

小田島 輝 一

" 適材適所 " という言葉があるが、木材はその性質の多様性から幾多の用途に使用される一方、用途によっては材質の点で使用制限をうける場合も随所にみられる。ときには特定の性質が異なるにもかかわらず、処分、加工、利用を通じてほとんど同一に扱われている樹種もある。トドマツとエゾマツがその一つの例である。

トドマツとエゾマツを較べた場合、相違している性質の一つとして、木材腐朽菌に対する抵抗性があげられるが、建築、土木をはじめ構造材料として道内で最も多く使用される両樹種については、その耐用期間の長短は使用者にとって最も切実な問題であろう。従ってこの両者の耐朽性については過去に幾多の報告があるので、エゾマツと同属であるアカエゾマツ、シロエゾマツを始めとする道産針葉樹種との耐朽性の比較も加えて取まとめた。

取まとめにあたりトドマツでは、北海道の中央部及び北東部に多いといわれるアカトドマツ (*Abies sachalinensis*) と、南西部に多いといわれるアオトドマツ (*A. Mayriana*) を区別しているものもあるが、これらの報告から両者の耐朽性にほとんど差がないと思われるので、両者ともにトドマツとして表現した。エゾマツ類にあっては、エゾマツ (*Picea jezoensis*)、シロエゾマツ (*P. jezoensis* var. .)、アカエゾマツ (*P. Glehnii*) を区別して比較した。

1. 実用試験例による耐朽性

木材の耐朽性とは、自然状態で木材がいろいろの腐朽菌に対して示す抵抗力をいうが、これを知るためには使おうとする場所に使おうとする状態において実験するのが最も理想的な方法ではあるが、実験に長年月を要し、また環境条件が千差万別であり、かつ関与する腐朽菌の種類、腐朽の進行状態が一定でないため普遍性のないうらみがある。

したがってこれに代る方法として、永年の使用実例につき統計的に調査する方法が考えられるが、理想的な調査方法をとることが非常に難しいばかりでなく、腐朽程度を表示することがきわめて不確実となる。しかし調査方法よろしきをえれば、相当信頼すべき有用な資料となりうる。

前者の実用条件に設定した試験として、古く野幌林業試験場において行われた興味ある例¹⁾がある。これは実用上の少量の建設にあたり、各種の材を設定してその保存性を調査したもので、試験は3回にわかれ、第1回目は堀立小屋を作って、明治44年から9年間、

第2回目は造材小屋について大正6年から14年間、第3回目は大正9年から10年間にわたる堀立小屋についてのものである。

第1回目の試験は堀立小屋の柱材として、イチイ、トドマツの2針葉樹小丸太材と、21種の広葉樹小丸太材を用い、9年後に解体してその腐朽状態を観察したものである。

第1表 明治44年から9年間の堀立小屋柱材の耐朽性試験

腐 朽 状 態	樹 種
(1) 辺材部変質せるも、心材部健全	イチイ、イヌエンジュ、キハダ、ハシドイ、ニガキ、
(2) 辺材部全く腐朽するも、心材部まだ強度に耐えるもの	ミズナラ、ヤチダモ、アサダ、ホオノキ、カツラ、
(3) 辺心ともに腐朽し、材脆弱となるもの	クワ、ヤチハンノキ、シナノキ、シラカバ、コシアブラ
(4) 地際部より折損したものの	トドマツ、イタヤ、アカダモ、シウリザクラ、メイゲツカエデ、コブシ、アツキナシ

第2回目の試験は、造材小屋の地杭と柱にイチイ、トドマツ、エゾマツの3針葉樹と16種の広葉樹材を用い、下見板と屋根柱にはトドマツとエゾマツを用いた

ものである。建設後14年目に外部より診断し、地杭について次のごとく区分している。

第2表 大正6年から14年間の造材小屋地杭材の耐朽性試験

腐 朽 状 態	樹 種
(1)腐朽少きもの	イチイ、シウリザクラ、アサダ、ハシドイ
(2)比較的腐朽甚だしくないもの	トドマツ、アカダモ、カツラ、ホオノキ
(3)甚だしく腐朽せるもの	エゾマツ、シラカンバ、コブシ、ミヤマザクラ、キハダ、イダヤカエデ、ミズナラ
(4)材の形状を失したもの	ヤチハンノキ、シナノキ、センノキ、ヤチダモ

また屋根柱のトドマツ、エゾマツについては、そのほとんどが腐朽甚だしかったが、14年目に全部を取除き、方位別、位置別に区分し、各10枚の柱を秤量してつぎの結果を示している。

第3表 14年間建設せる屋根柱の重量

方 位	位 置	重 量 (g)	
		トドマツ	エゾマツ
南	上	215	140
	中	200	98
	下	196	80
	(平均)	(204)	(106)
北	上	299	190
	中	244	150
	下	157	103
	(平均)	(233)	(148)

第3回目の掘立小量の試験では、トドマツ、カラマツの2針葉樹および14種の広葉樹の柱材を、10年後に調査し、その腐朽状況からつぎのように区分している。

第4表 大正9年から10年間の掘立小屋柱材の耐朽性試験

区 分	樹 種
良	ハシドイ、シウリザクラ、キハダ
可	トドマツ
稍可	カラマツ、ヤチダモ、ホオノキ、オヒョウ、ミズキ、アツキナシ
不良	シナノキ、ヤチハンノキ、ヤマハンノキ、イダヤカエデ、シラカンバ

以上3回の結果を総合してみると、トドマツよりエゾマツの耐朽性が低く、全樹種のなかでもエゾマツは下位にあるようである。またカラマツとトドマツの比較では、ただ1例ではあるがトドマツの方がやや耐朽性ありと判定されている。

2. 使用実例の統計調査による腐朽性

電柱、うで木、杭木、枕木などでは、災害防止上損傷をきたしたものはいち早く交換するが、このとき損傷原因を分類するならば、樹種による耐朽性もある程度把握できる。しかしトド、エゾ類は、電柱を除いてほとんどこれらの用途に供せられていないので、統計的な資料として現われてこない。坂巻²⁾による電柱の耐久年限の調査によれば、エゾマツは6～8年、トドマツは8～10年くらいであると述べられている。

家屋構造材料に使用されている実例調査については、森³⁾による北海道の家屋土台の耐朽年限の調査例がある。

第5表 北海道における家屋土台用材の耐久年限

腐 朽 状 態	エゾマツ	トドマツ	ヤチダモ	ヒノキ	クリ
全く原形を変じないもの	9年	9年	—	—	—
多少原形は変化するが、材の主要部は破壊されず使用に耐えるもの	—	60年	20年	29年	61年
主要部分が裏返して、全く使用に耐えないもの	17年	7年	10年	29年	26年

また坑木については、東北・北海道の主要炭鉱山の坑木について調査した松島⁴⁾の報告があるが、この中からエゾマツ、トドマツに関連あるものを抜萃すると第6表のごとくである。

第6表 針葉樹坑木の耐朽性

礦山名	無処理坑木の耐朽性
奔 別	1) 内地のカラマツ、耐朽性大にして強靱なる故最良 2) エゾマツよりトドマツが耐朽性大
三井砂川	1) トドマツの場合(排気坑道) 乾燥(50%)せる場所 1.5年以内 湿潤(70~90%)な場所 約3年 水気のある場所 10~15年 2) カラマツの使用年限はトドマツの約2/3

以上少ない事例からではあるが、使用実例の統計調査に現われたトドマツ、エゾマツの耐朽性は、明確ではないが、やはりトドマツにおいてやや優れている傾向がうかがわれる。さらに福山⁵⁾も戸外に使用される土木用材などの場合に、トドマツがエゾマツよりその耐朽性において優れていると述べており、このことは林産、土木、建築などに従事する者の永い経験からもいわれているところである。

3. 風倒木による耐朽性比較

使用実例とはいささか異なるが、台風により生じた風倒木の経年調査から、その耐朽性を比較した例もある。

矢沢⁶⁾は、昭和11年秋樺太に発生した550万m³におよぶ風倒被害時に、3年と4年経過後のトドマツ、エゾマツ風倒木につき、その腐朽進行状態を調査している。これによると満3年目におけるトドマツ(横断面)の平均変色腐朽面積が29.2%であり、エゾマツのそれは46.5%、満4年目では前者が30.0%、後者が57.1%とエゾマツの方が腐朽の進行が早いことを報じている。

また昭和29年に北海道をおそった15号台風による風倒木についても、同じく矢沢⁷⁾が3年経過後の腐朽状態を旭川林務署管内で調査している。これによってトドマツ、エゾマツの変色腐朽面積を比較してみると、やはり後者の変色腐朽の速い事が明らかとなっている。

第7表 風倒満3年目のトドマツ、エゾマツの変色腐朽面積

トドマツ		エゾマツ	
変色腐朽面積 (%)	腐朽菌	変色腐朽面積 (%)	腐朽菌
56	ウスバシハイタケ	72	シハイタケ
37	ウスバシハイタケ	69	シハイタケ
46	キカイガラタケ	75	キカイガラタケ

4. 戸外暴露試験による耐朽性

上述のごとき実例にもとづく調査結果は有力な参考資料ではあるが、その木材のおかれていた四囲の状態によって、同じ木材であっても耐久年限に変動がありまた腐朽程度の表示にあたっては、きわめて不明確とならざるを得ない場合が多い。また多数の異種異質の材について同時に比較することも難かしい。

そこで再現性の点では前述の実例による場合と同様不安はあるが、一定形状の試験材を同時に戸外のなるべく均一な環境の下で、侵しうる多数の腐朽菌の存在下で長期間風雨に暴露した後に調査し、耐朽性の大小を判定する方法がある。この方法の中で最も応用されているのが Stake test (杭試験)と呼ばれる方法である。

この方法は、地域による気象環境の違い、腐朽菌の分布の違いもあり、また土中に建植という特別な条件の下でということになるが、木材を侵しうる多数の腐朽菌に対する抵抗力の総合と考えられる真の耐朽性 (absolute durability) に近い値を求められる方法ではある。地域性、環境の違いをできるだけ平均化して耐朽性を求めるためには、同時に多くの地域において試験する必要がある。各面の要望があるにもかかわらずなかなか実現に到らず、従って報告されている事例もごく一部に限られている。

北島⁸⁾はエゾマツ、カラマツを含む本邦産の13種の針葉樹材と、12種の広葉樹材を用いて、東京において戸外試験を行った結果から、耐朽年限を9年以上、7~8年、5~6年、3~4年、1~2年の5段階に区分し、カラマツはヒノキなどととも7~8年の耐朽性の強いグループに区分され、エゾマツはシラカンバなどと3~4年の耐朽性の弱いグループに区分されている。

北村⁹⁾は北海道野幌において、トドマツ(アオトドマツ)カラマツの2針葉樹を始めとする25樹種について、直径10cm、長さ40cmの小丸太を用い、全長の1/2を野外に設定した砂中に埋込んで5年間放置し、3年目以降の経過年ごとにその断面の観察と、地上地下2部分の圧縮強度の減少率を求めている。3~5年目の結果を、トドマツとカラマツについて比較すると下記の通りである。

第8表 杭試験によるトドマツとカラマツの耐朽性比較

経過年	トドマツ		カラマツ	
	圧縮強度減少率	断面観察	圧縮強度減少率	断面観察
3年	12(%)	—	10(%)	—
4年	22	稍腐朽	12	稍微腐朽
5年	40	腐朽甚だし	23	稍腐朽

同氏はこの試験の結果から、トドマツをヤチダモなどと同列の耐朽性強き樹種に含め、カラマツはイヌエンジュなどと同列の耐朽性甚だ強き同種に含めている。

5. 比較耐朽性

以上トドマツとエゾマツの耐朽性を中心に、使用実

例について調査された結果、戸外暴露による結果などについて述べたが、いずれも長期間を要するという欠点があり、また外因環境の影響がきわめて大きいところから、広範囲にわたる何カ所もの結果を総合して判定する必要がある。

そこで真の耐朽性とはやや趣を異にするが、室内の一定条件の下で人為的に木材腐朽菌を接種して、腐朽程度を定量的に測定し、この数値をもとに相対的に耐朽性の大小を比較する方法がある。これにより求められた耐朽性を比較耐朽性と呼んでいる。

この方法は割合再現性があり、比較的短期間に、また結果も定量的にいうことができるので、木材の耐朽性試験方法としてJIS¹⁰⁾にもとり入れられている。これに類する方法により、特定の腐朽菌に対する各種の木材の比較耐朽性が論ぜられた報告が数多くあるので、これらにもとづいてトドマツ、エゾマツ類の耐朽性を比較してみよう。

6. トドマツ・エゾマツ類の比較耐朽性

室内実験により比較耐朽性を求める場合の特性値として、重量減少率または圧縮強度減少率を遊ぶ場合が多い。JISでも重量減少率を採用し、既往の報告もこれによるものが多い。トドマツ、エゾマツの比較耐朽性についても、ここ30年来いくつかの報告がある。

北島¹¹⁾は、建築用針葉樹材10種につき、主として針葉樹を侵す木材腐朽菌10種と、広葉樹を侵す木材腐朽菌10種を用いて、12カ月の腐朽試験の重量減少率によって比較耐朽性を検討している。この中から道産関係樹種の結果を抜拳すると第9表の通りである。

この結果による耐朽性の順位は、カラマツ、スギ、エゾマツ、トドマツで、トドマツはエゾマツよりやや耐朽性が劣るという結果である。

十代田¹²⁾¹³⁾は、オオウゾラタケ(ワタゲサレタケ)を用いて、エゾマツを含む9種の針葉樹とクリにつき

第9表 トドマツ、エゾマツ、カラマツ、スギの比較耐朽性

	(重量減少率%)			
	トドマツ	エゾマツ	カラマツ	スギ
針葉樹腐朽菌10種平均	26.7	22.2	9.4	16.4
広葉樹腐朽菌10種平均	21.0	17.3	4.9	14.1

28 の恒温下で3カ月と6カ月腐朽させた場合と、地下室の自然温度下で6カ月と12カ月腐朽させた場合の重量減少率および圧縮強度減少率を求めている。

これによりエゾマツ、カラマツ、スギの耐朽性を比較してみると第10表の通りで、28 の条件下では明確な差が現われていないが、自然温度下の試験では、エゾマツはカラマツ、スギに比べ耐朽性の劣ることが明らかとなっている。

第10表 オオウゾラタケによるエゾマツ、カラマツ、スギの比較耐朽性

条 件	腐朽期間	減 少 率		エゾマツ カラマツ スギ		
		重量減少率 (%)	圧縮強度減少率 (%)	重量減少率 (%)	圧縮強度減少率 (%)	重量減少率 (%)
恒温 (28°C)	3カ月	7.5	5.1	44.0	15.8	35.8
	6カ月	19.7	20.3	59.8	72.1	68.4
自然温度	6カ月	21.2	14.3	64.5	28.5	72.0
		64.5	28.5	72.0	72.0	72.0
	12カ月	28.8	13.9	95.2	56.5	91.0
		28.8	13.9	95.2	56.5	91.0

亀井・星¹⁴⁾は、トドマツ、アカエゾマツの根株腐朽をおこすマツノネクチタケを用いて、トドマツ(アオトドマツニ・エゾマツ、アカエゾマツの3針葉樹と13種の広葉樹材を用いて、12カ月にわたる腐朽試験を行っている。この結果トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツの重量減少率はそれぞれ17.4%、19.0%、20.4%で、ほとんど差はないが僅かトドマツの減少率が少ないことを示している。

阿部¹⁵⁾は、ナミダタケを用いて、本道産針葉樹5種と本州産針葉樹5種について、1カ月、2カ月、5カ月の重量減少率と圧縮強度減少率を求めているが、道産針葉樹5種の3カ月と5カ月の数値を比較すると第11表の通りである。

第11表 ナミダタケによる道産針葉樹の比較耐朽性

樹 種	3 月 份		5 月 份	
	重量減少率 (%)	強度減少率 (%)	重量減少率 (%)	強度減少率 (%)
イ ナ イ	0.49	7.13	3.02	26.88
ト ド マ ツ	3.86	25.46	5.72	25.09
カ ラ マ ツ	9.12	28.70	13.60	38.70
エ ゾ マ ツ	10.56	22.65	15.60	46.91
ア カ エ ゾ マ ツ	14.47	38.67	21.90	54.67

この結果アカエゾマツがもっとも耐朽性が低く、エゾマツ、カラマツ、トドマツ（アオトドマツ）イチイの順に耐朽性が高いことを示している。

さらに阿部⁶⁾は、上記5種にトウヒを加えた道産針葉樹材6種につき、8種の木材腐朽菌による耐朽性比較試験を行っているが、自然状態における耐朽性は、その材に対してもっとも激烈な被害を与える腐朽菌により決定されるものであり、従って耐朽性の比較にあたって平均重量減少率のみをもって比較するのは妥当でないとし、最大減少率をもって比較を行っている。

8種の腐朽菌による平均重量減少率と、この中で最大の減少率を示した数値を、3ヵ月と6ヵ月の試験で比較すると第12表の通りである。

第12表 平均重量減少率と最大重量減少率による道産針葉樹の比較耐朽性

重量減少率	腐朽期間	イチイ	トドマツ	カラマツ	エゾマツ	トウヒ	アカエゾマツ
平均重量減少率(%)	3ヵ月	2.3	3.3	7.4	6.6	13.1	13.7
	6ヵ月	3.6	9.2	11.4	11.6	20.6	27.7
最大重量減少率(%)	3ヵ月	5.4	7.8	14.4	28.5	24.9	28.7
	6ヵ月	7.1	18.8	21.6	45.2	45.2	55.9

以上の結果から同氏は、平均重量減少率によってもまた最大重量減少率により比較しても類似した傾向を示すが、最大減少率により耐朽性を判定するのが合理的であるとしている。ともあれ道産針葉樹の中では、イチイがもっとも耐朽性強く、次でトドマツが続きアカエゾマツがもっとも耐朽性が低く、カラマツ、エゾマツ、トウヒがこれらの中に位置するようである。

小田島¹⁷⁾は、国鉄旭川工場の依頼によって、車輛用材として使用されているトドマツ、エゾマツ、米マツの3針葉樹について、セルローズ分解菌であるオオウツラタケ、リグニソ分解菌であるカワラタケの両菌を用い耐朽性の比較を行った。3ヵ月後の重量減少率による比較では、第13表のとおりトドマツが耐朽性大であり、エゾマツとの間には相当の開きが示された。

松岡・庄司¹⁸⁾は、従来報告されている幾多の比較耐朽性試験も、実験方法の相違からこれらの成績を相互に比較することのできない不便さを解決するために制定された標準試験法¹⁰⁾によって、はじめて比較耐朽性

第13表 オオウツラタケとカワラタケによるトドマツ、エゾマツ、米マツの比較耐朽性

	トドマツ	エゾマツ	米マツ
オオウツラタケ	12.8	59.5	29.5
カワラタケ	1.1	20.9	1.7

試験を行っている。

この試験はオオウツラタケ（セルローズ分解菌）とウスバタケ（リグニソ分解菌）の両菌を用いて、エゾマツ、アカエゾマツを含む本邦産針葉樹17種、広葉樹26種、および外国産材3種の辺材、心材について耐朽性試験を行ったもので、このうち本道に関係ある針葉樹とブナの結果について比較すると第14表のとおりである。

第14表 JISによる比較耐朽性試験

樹種	辺心別	オオウツラタケ		ウスバタケ	
		重量減少率(%)	*耐朽比	*重量減少率(%)	*耐朽比
エゾマツ	辺	28.4	125	4.4	122
	心	21.8	136	0.2	128
アカエゾマツ	辺	30.5	121	7.1	119
	心	27.2	127	0.3	127
カラマツ	辺	19.2	141	4.8	122
	心	4.6	166	+1.9	128
トウヒ	辺	27.1	127	4.3	122
	心	19.2	141	0.4	127
スギ	辺	28.1	125	4.2	122
	心	4.8	166	+0.8	128
ブナ	辺	42.7	100	21.3	100
	心	33.1	117	25.4	95

*耐朽比はつぎの式から求める。したがってブナ辺材の耐朽比は100となり、数値の大きいものほど耐朽性が大となる。

$$\text{耐朽比} = (W / W_0) \times 100$$

$$W = 100 - (\text{供試体の補正重量減少率})$$

$$W_0 = 100 - (\text{ブナ辺材の補正重量減少率})$$

ウスバタケではブナを除いてその耐朽性の差は明らかでないが、オオウツラタケについて各針葉樹心材の耐朽性をみると、カラマツとスギが殆んど同程度で耐朽性が強く、トウヒとエゾマツが同程度で次に続き、アカエゾマツがもっとも耐朽性が低く現われている。また辺材ではカラマツがやや耐朽性強くその他はほとんど同程度といえる。

五十嵐¹⁹⁾は、トドマツとエゾマツの耐朽性をより明確にすることを目的として、28種の木材腐朽菌を用い

て200日間の培養による比較抵抗力試験を行い、有意差検定によって、木材腐朽菌28種中21種に於てトドマツの方がエゾマツよりも比較抵抗力が強く（5%有意）7種については有意差が認められなく、かつエゾマツがトドマツより強い場合が全くなかったことから、エゾマツに比しトドマツの比較抵抗力がはるかに強いことを報じている。

小田島²⁰⁾は、従来耐朽性の明らかにされていなかっ

たシロエゾマツ辺心材の耐朽性と、トドマツ（アオトドマツ）エゾマツ、アカエゾマツ各辺心材のそれを、ブナ辺材を対照材とするJISの耐朽性試験方法に準じて比較を行なった。供試菌にはセルロース分解菌のオオウツラタケと、リグニン分解菌であるウスバタケ、カワラタケ、ヒイロタケの4菌を用いて試験した。この結果は第15表のごとくである。

腐朽菌の種類によって樹種に対する腐朽性が異なる

第15表 トドマツ・エゾマツ類辺心材の比較耐朽性

辺心別	腐 朽 菌	シロエゾマツ		エゾマツ		アカエゾマツ		トドマツ		ブナ	
		重量減少率 (%)	耐朽比	重量減少率 (%)	耐朽比	重量減少率 (%)	耐朽比	重量減少率 (%)	耐朽比	重量減少率 (%)	耐朽比
心材	オオウツラタケ	18.6	132	11.4	144	26.4	120	10.1	146	—	—
	ウスバタケ	9.8	116	7.4	119	7.2	119	0.4	128	—	—
	カワラタケ	10.5	117	4.7	125	3.1	127	0.2	130	—	—
	ヒイロタケ	8.4	125	0.7	135	3.0	132	0.2	136	—	—
	平均	11.8	123	6.1	131	9.9	125	2.7	135	—	—
辺材	オオウツラタケ	24.0	124	20.8	129	39.8	98	12.4	142	38.5	100
	ウスバタケ	10.0	116	10.4	115	9.8	116	4.9	122	22.3	100
	カワラタケ	8.2	120	12.0	115	4.4	125	5.4	124	23.5	100
	ヒイロタケ	4.0	131	10.7	122	1.6	134	6.5	127	26.6	100
	平均	11.6	123	13.5	120	13.9	118	7.3	129	27.7	100

ため、耐朽比だけではこれらの関係を明らかにすることができないので、各心材の結果について分散分析を行った。

第16表 分散分析表
(重量減少率 - 樹種・菌種)

要因	平方和	自由度	分散	分散比
樹種	197.68	3	65.89	4.967*
菌種	450.93	3	150.31	11.332**
誤差	119.38	9	13.264	
全変動	767.99	15		

* 危険率 5%で有意
** 危険率 1%で有意

これにもとづき各樹種心材間の重量減少率の差について検定の結果、トドマツはシロエゾマツとアカエゾマツに較べて明らかに耐朽性の強いことを示し、エゾマツに対しても常に上位にあり、既往の報告の多くが示したと同じように、トドマツ心材の耐朽力の大きいことが認められた。しかし辺材にあつては樹種と菌の種類の間交互作用があるため有意な差は認められな

いが、トドマツの耐朽性の大きい傾向はうかがえる。

また各樹種の耐朽性に現われた特徴として、トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツでは、辺材より心材の耐朽性が高いという一般的な傾向がみられたが、シロエゾマツでは、辺材心材間の耐朽性にほとんど差のない特異な傾向を示した。

- 林産試 特産防腐研究室 -

引用文献

- 1) 原田泰, 平沢和郎: 木材の保存性に就いて, 野幌林試, (未発表)
- 2) 坂巻菊治: 電柱の耐久年限に就て, 木材保存会雑誌, 3, 2 (1935)
- 3) 森三郎: 家屋土台の耐久年限に就て, 木材保存会誌, 2, 1 (1934)
- 4) 松島鉄也; 東北並に北海道主要炭鉱山の坑木に関する調査, 林試彙報, 55 (1944)
- 5) 福山伍郎: トドマツ, エゾマツの特異性に就て論ず, 北海道林業会報, 32 (1934)
- 6) 矢沢電吉: トドマツ・エゾマツ材の腐朽及び心材の機械的性質に関する研究, 樺太庁中央試験所報告, 第2類, 14号 (1943)

- 7) 矢沢亀吉：15号台風によるトドマツ、エゾマツ被害木の林地腐朽の経過，北方林業，10 . 1 (1958)
- 8) 北島君三；本邦産木材耐腐朽比較試験，林誌報告，38 (1942)
- 9) 北村義重：野幌国有林産材の耐腐朽性に就て，北林誌木材利用試験彙報，2 (1944)
- 10) JIS Z 2119：「木材の耐腐朽性試験方法」日本規格協会 (1958)
- 11) 北島君三：建築用針葉樹材の耐腐朽性に関する研究，林誌報告，33 (1933)
- 12) 十代田三郎：人工培養に依る腐朽の研究，建築学会論文集，1 (1936)
- 13) 十代田三郎：自然温度に於て人工培養に依る木材腐朽の研究，建築学会論文集，12 (1939)
- 14) 亀井専次，星司郎；阿寒国有林針葉樹赤色腐朽に就て，北大演習林報告，11，1 (1948)
- 15) 阿部豊：炭菌による針葉樹材の腐朽について，北林誌集報，68 (1949)
- 16) 阿部豊：北海道産針葉樹材の耐腐朽性について，北林誌研究報告，1 (1952)
- 17) 小田島輝一：トドマツ，エゾマツ，米マツの耐腐朽性比較試験，(未発表)
- 18) 松岡昭四郎，庄司要作：木材の耐腐朽性について (第1報) JISによる比較耐腐朽性試験，林誌報告，123 (1960)
- 19) 五十嵐恒夫；28種の木材腐朽菌に対するトドマツおよびエゾマツ心材の比較抵抗力について，北大演習林報告，21，2 (1962)
- 20) 小田島輝一：シロエゾマツの比較耐腐朽性 (4種類の木材腐朽菌による北海道産針葉樹心材の耐腐朽性試験)，北林誌研究報告，37 (1964)