ISSN 2187-4840

石川県農林総合研究センター
林業試験場研究報告

No. 57

石川県農林総合研究センター林業試験場

2026 年 3 月発行

石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告 No.57　目次

https://www.pref.ishikawa.lg.jp/ringyo/science/public/kh/index.html

【論文】

1　石川県におけるカラマツ人工林の現況
富沢裕子・小谷二郎

8　放置竹林と広葉樹二次林間のトランセクト調査によるゴミムシ類の時空分布
江崎功二郎

17　能登ヒバ材の抗かび性能評価
小亀桃子・渥美幸大・鈴木修治・松元　浩・石田洋二

【短報】

21　抵抗性クロマツ採種園における種子生産量と枯損率の品種間比較
中神悠雅・八島武志・矢田　豊

25　石川県のシイタケ栽培におけるクヌギ原木の利用について
八島武志・小谷二郎

【資料】

27　石川県手取川流域における冬期の森林内外の気象・積雪特性
藤井秀人・藤原洋一・高瀬恵次・伊藤優子・小倉　晃

石川県林試研報 57：1-7
論文

石川県におけるカラマツ人工林の現況※

富沢裕子・小谷二郎

要旨：再造林樹種としての可能性を見いだすため，成林しているカラマツ人工林の現地調査を行い，生育状況や立地環境等を評価した。現地調査による上層木の平均樹高は，長野県のカラマツ人工林樹高曲線の地位Ⅱ～Ⅲに相当し，県内においても良好な樹高成長が期待できる結果となった。また，一般化線形混合モデル等で解析を行った結果，標高が高いほどカラマツの残存，樹高成長，幹の形質に正の影響を与える等，カラマツの生育に適した環境条件を読み取ることができた。そのため，生育適地であれば本県の再造林樹種として期待できると考えられた。

キーワード：カラマツ，樹高成長，標高，一般化線形混合モデル

Ⅰ．はじめに

石川県の人工林資源の約 7 割が成熟しており，森林資源の持続的利用のため，主伐再造林の推進が図られている（石川県 2023）。一方，主伐後の再造林や初期保育に多額の費用を要すること（石川県 2021a）や，主要な造林樹種であるスギの標準伐期齢 45 年（石川県 2021b，石川県 2024）と非常に長いため経費の回収が遅くなること等により，森林所有者の再造林への関心が薄い現状である。そのため，初期成長がよく，用材として価値があり，比較的短期間で木材としての利用が見込まれる再造林樹種を検討することは重要である。

カラマツ（*Larix kaempferi*）は寒冷地に強く，樹形が安定し，成長が早い等利点があるため，造林樹種の一つであり，長野県や北海道で特に多く植栽されている（林野庁 2026）。また，スギ材より強度が高いため（中井ら 1982），構造用合板等木材としての需要が高まっている中，県内における令和 6 年度スギ材（4m，18cm 上）の平均価格は 12,032 円（石川県森林管理課 2024，石川県森林管理課 2025）に対して，令和 6 年度森林・林業白書（林野庁 2025）ではカラマツ材（中丸太）年平均価格は 15,300 円/m^3 と高く，再造林樹種にカラマツを検討している林業事業体は少なくない。しかし，県内でもカラマツの造林履歴はあるものの，植栽に適した立地や施業体系など不明な点が多い状態である。

そこで，石川県の再造林樹種となる可能性を検討するため，森林簿データによるカラマツ林の残存と環境条件との関係性を吟味しつつ，県内に成林しているカラマツ林の現況調査を実施し，生育状況や立地環境等を評価した。

表-1．調査したカラマツ人工林の概要

調査地		林齢	標高	土壌型	傾斜	斜面方位	地形	微地形	最大積雪深
(No.)	(市町)	(年)	(m)		(°)				(cm)
1	穴水町	60	288	R_D	25	東	谷	平	171
2	宝達志水町	60	58	B_D(d)	15	南西	中腹	平	65
3	中能登町	70	374	B_D(d)	5	北東	尾根	凸	200
4	金沢市	61	148	B_D	5	北西	尾根	凹	112
5	白山市	61	505	B_D(d)	10	西	尾根	凹	233
6	白山市	61	191	B_D	10	西	中腹	平	132
7	白山市	80	819	B_D	5	南西	中腹	凸	256
8	白山市	80	809	B_D	20	南西	中腹	平	256
9	白山市	64	328	B_D	20	南西	谷	平	186
10	加賀市	48	397	B_D	20	北西	中腹	平	207
11	穴水町	68	173	B_D	20	南東	尾根	平	124
12	穴水町	67	140	R_D	5	東	尾根	凸	108
13	穴水町	69	233	B_D	30	北	中腹	平	150

※Growing condition of larch plantations in Ishikawa Prefecture.

Ⅱ．調査地および調査方法

1．現地調査

1）調査地

調査地は，県内に成林しているカラマツ人工林13 か所である（表-1）。南は加賀市から北は穴水町まで，標高は 58m～819m であった。

2）調査方法

令和 5 年春から秋にかけて，それぞれの調査地の標準的な立地条件の箇所に 10m×10m のプロットを 1 か所設置した。プロット内のカラマツ（計 239 本）の樹高と胸高直径を計測し，広葉樹が混在している調査地については，広葉樹の胸高直径も計測した。樹高の測定には，バーテックスⅢ（Haglöf 社，Sweden）を用い，胸高直径の測定には輪尺を用いた。また，幹の形質について，通直性が高く 4m 以上の長材の採材可能なものを A，A より劣る採材可能なものを B，採材不可能なものを C と樹形ランクを設定し，確認した。調査地の立地環境要因として，標高及び傾斜と斜面方位（8 方位）を計測し，地形（尾根・中腹・谷の 3 パターン）と微地形（凸・平・凹の 3 パターン）は設置プロットの状態で判断した。土壌型は石川県地質誌（石川県 1993），林齢は令和 4 年時点の森林簿データによるものである。最大積雪深は，標高と平均最深積雪深との関係から得られた回帰式（小谷 2004）より算出した。

長野県民有林カラマツ人工林・長伐期施業の手引き（長野県林務部 1991）のカラマツ人工林樹高曲線図に現地調査の上層樹高数値を参照し，それぞれの調査地の地位を確認した。また，収量比数（Ry）は森林総合研究所「収量比数 Ry 計算プログラム」を使用し，林分密度管理図を本州カラマツとし，現地調査の上層樹高と成立本数（本/ha）を入力して算出した。

3）解析方法

カラマツの樹高と樹形ランクに与える立地環境要因を一般化線形混合モデル(GLMM)で解析した。目的変数は樹高と幹の形質（樹形ランク A を 1，樹形ランク B&C を 0 の 2 項）とし，説明変数は，標高，土壌型，傾斜，斜面方位，地形および微地形の 6 因子を用いた。さらに，各目的変数に対する地域的な影響をモデルに含めるため，調査地を変量効果とした。また，林齢に応じた樹高の推定値を算出することを考慮し，樹高を目的変数とするモデルには林齢をオフセット項（変動効果）とした。樹高はガウス分布で恒等関数により，幹の形質は二項分布でロジット関数により解析した。効果のある説明変数に絞り込むため AIC（赤池情報量規準）に基づくステップワイズ法によって変数削減を行い，AIC の値が最小になるモデルを選択した。統計解析は，R（ver.4.2.1）で行った。

また，後述の統計解析結果において説明変数に選択されなかった立地環境要因（土壌型）については，樹高との関係について確認した。

2．森林簿による調査

1）調査地とデータの調整

令和 4 年時点の石川県の森林簿を使用し，0.5ha 以上のカラマツ林のデータを抽出した（付表-2，36 か所）。対象林分の残存状態を確認するため，現地調査もしくは石川県農林総合事務所森林部(5 事務所）への聞き取りを行った。また，それぞれ林分の立地環境要因として，標高及び傾斜と土壌型（B_C・B_D（d）・B_D）と斜面方位（8 方位）と地域（能登・加賀）について森林簿内データを確認した。

2）解析方法

林分の残存に与える立地環境要因を一般化線形混合モデル（GLMM）で解析した。目的変数は残存とし，説明変数は，標高と土壌型と傾斜と斜面方位と地域の 5 因子を用いた。さらに，各目的変数に対する地域的な影響をモデルに含めるため，林分を変量効果とした。二項分布でロジット関数により解析した。前述の調査地の解析方法と同じく，AIC に基づいてモデルを選択した。統計解析は，R（ver.4.2.1）で行った。

Ⅲ．結果

1．調査地の地位と収量比数

カラマツ人工林樹高曲線図（長野県民有林）に現地調査結果（付表-1）を参照したものを図-1 に示した。調査地は地位Ⅰ～Ⅳの範囲にあり，13 か

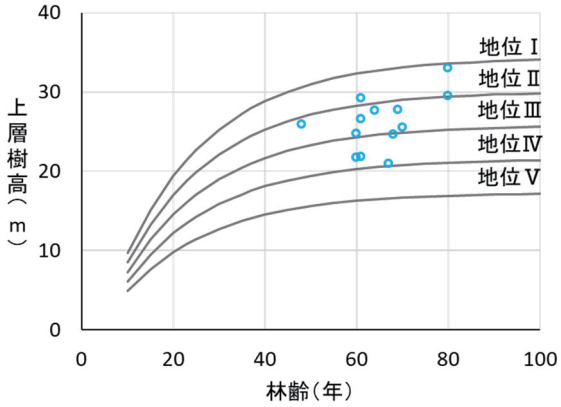


図-1. 現地調査結果を参照したカラマツ人工林樹高曲線図（長野県民有林）

上層樹高：被圧木および枯死木を除いた平均樹高

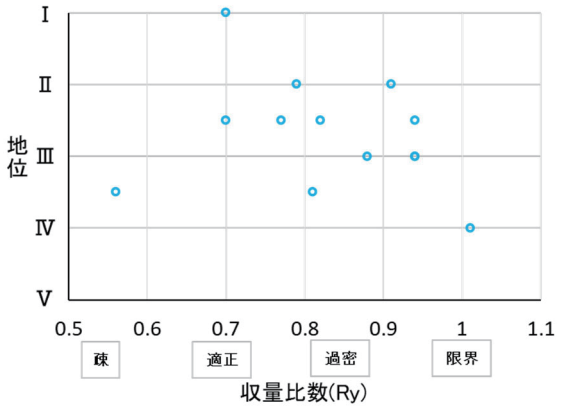


図-2. 調査地の地位と収量比数の関係

所のうち 9 か所が地位Ⅱ～Ⅲに位置した。

調査地の地位と収量比数の関係を図-2 に示した。調査地は，Ry=0.5～0.7 の 3 か所を除いて混みすぎの過密林であった。また，地位Ⅰ～Ⅱ，および地位Ⅱ～ⅢでRy=0.7 の 4 か所は現地に切り株があり，間伐が実施されていた（写真-1）。地位Ⅲ未満の 3 か所の林内には広葉樹が混在しており（写真-2），その平均胸高直径（25.0～30.0cm）はカラマツ（24.1～27.8cm）と同等以上のものであった。

2. 調査地における樹高や幹の形質に与える立地環境要因

調査地の立地環境（表-1）と現地調査結果（付表-1）を元に GLMM で解析し， AIC に基づくモデル選択を行ったところ，最良モデルとして樹高，幹の形質ともに標高と斜面方位と地形と微地形の 4 変数を説明変数としたモデルが選択された。標高の効果の係数は，樹高と幹の形質モデルともに有意な正（樹高 $p<0.001$，幹の形質 $p<0.05$）であった（表-2）。斜面方位の効果の係数について，樹高モデルにおいて東斜面に比べて北斜面（$p<0.01$），南西斜面（$p<0.001$），西斜面（$p<0.01$）で有意な差がみられるものの（表-2a），幹の形質モデルには有意な方位はみられず（表-2b），両者の共通性はみられなかった。地形の効果の係数では，樹高と幹のモデルともに，尾根と比べて中腹，谷で有意な負（樹高 $p<0.01$，幹の形質 $p<0.05$）であった（表-2）。微地形の効果の係数では，樹高モデルにおいて，凸地形に比べて平地形が有意に正（$p<0.001$）であった（表-2a）。また，有意差がないものの，どちらのモデルも凸地形に比べて平地形が正，凹地形が負の係数であった。

3. 調査地における土壌型と樹高の関係

土壌型と樹高の関係を図-3 に示した。R_D（赤色土）の平均樹高 20.9m に対して，B_D（d）（適潤性褐色森林土（偏乾亜型））は 25.4m，B_D（適潤性褐色森林土）は 26.1m であり，樹高成長に有意差があった（1 元配置分散分析，Tukey-Kramer の多重比較，$p<0.01$）。B_D（d）と B_D には有意差はなかった。



写真-1. 調査地 5（地位Ⅱ）の林内の様子



写真-2. 調査地 4（地位Ⅲ～Ⅳ）の林内の様子

表-2. 樹高（a）や幹の形質（b）に対する各因子の係数の GLMM による推定値

a樹高モデル

因子	事項	回帰係数	標準誤差	p値
切片		15.594	0.903	2.00e-16***
標高		0.011	0.002	1.18e-11***
斜面方位	北	5.477	1.814	0.0025***
	北東	0.789	1.165	0.4980
	北西	2.232	1.788	0.2119
	南東	-2.865	1.724	0.0965
	南西	4.993	1.493	0.0008***
	西	5.448	1.786	0.0023***
地形	中腹	-5.925	2.136	0.0055***
	谷	-7.021	1.851	0.0001***
微地形	平	5.372	1.309	4.05e-05***
	凹	-2.289	2.054	0.2652

b幹の形質モデル

因子	事項	回帰係数	標準誤差	p値
切片		0.792	0.594	0.1883
標高		0.002	0.001	0.0302*
斜面方位	北	1.038	1.105	0.3476
	北東	-1.537	0.733	0.0360*
	北西	2.180	1.146	0.0571
	南東	-2.027	1.098	0.0648
	南西	0.675	0.925	0.4661
	西	0.627	1.099	0.5685
地形	中腹	-3.820	1.342	0.0044**
	谷	-2.867	1.172	0.0144*
微地形	平	1.598	0.826	0.0531
	凹	-1.972	1.301	0.1295

斜面方位は東，地形は尾根，微地形は凸に対して，その他の事項の回帰係数が有意となった場合アスタリスクで示す（*p<0.05:**p<0.01:***p<0.001）

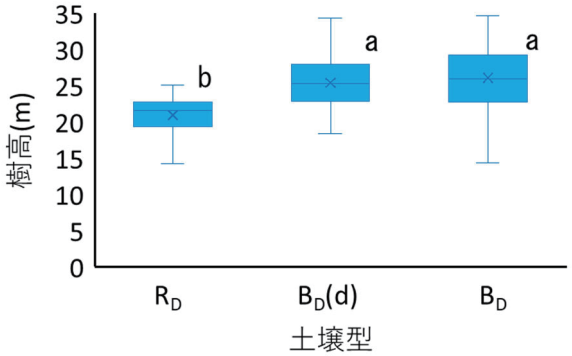


図-3. 土壌型と樹高の関係

Oneway-ANOVA（p<0.01），Tukey-Kramer の多重比較（p<0.01）同じ記号は有意差なし，違う記号は有意差あり

表-3. 林分の残存に対する各因子の係数の GLMM による推定値

因子	回帰係数	標準誤差	p値
切片	-6.629	3.132	0.0343*
標高	0.154	0.006	0.0080**
地域	4.447	2.297	0.0528

地域は加賀に対して，能登の係数が有意となった場合アスタリスクで示す（*p<0.05:**p<0.01）

4. 森林簿におけるカラマツ林分の残存に与える立地環境要因

GLMM で解析し，AIC に基づくモデル選択を行ったところ，最良モデルと標高と地域の 2 変数を説明変数としたモデルが選択された。標高の効果の係数は，有意な正（p<0.01）であった(表-3)。森林簿から抽出した標高とカラマツ人工林の残存の関係を図-4 に示した。標高 300m 未満では，成林している林分が 11 か所（55%）に対して成林していない林分は 9 か所（45%）であった(付表-2)。一方，標高約 400m より高いところでは，成林している林分が 15 か所（94%）に対して成林していない林分は 1 か所（6%）であり（付表-2），標高 300～400m を境に低標高ではカラマツ人工林が成林しにくい傾向がみられた。地域の効果の係数は，加賀地域に比べて能登地域が正の関係ではあったが，有意な差はなかった（表-3）。

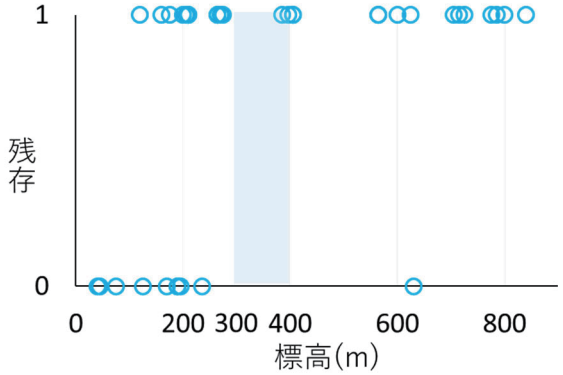


図-4. 標高とカラマツ人工林の残存の関係

Ⅳ. 考察

現地調査結果を長野県のカラマツ人工林樹高曲線に参照したところ，地位Ⅱ～Ⅲに多く位置づけられ（図-1），県内においても良好な樹高成長が期待できる結果であった。また，調査林分の多くは過密や広葉樹と混合した状態であった（図-2，写真-2)。過密林分は立木間の競争により，広葉樹が混合した林分は広葉樹の胸高直径がカラマツと同等以上であったことから，成林内に残存していたカラマツの生存や成長に影響を及ぼしていた可能性がある。そのため，適正な保育作業を行うこと

でより良好な成長に期待できると考えられる。

樹高や幹の形質に与える立地環境要因について，GLMM で統計解析したところ，目的変数は異なるが選択モデルの説明変数が同じであった。つまり，樹高成長が良いほど長材の採材が可能であることを意味する。カラマツの形態について，幹は直立し通直性に優れているため（福田 1985），今回の結果になったと推測される。選択された説明変数は 4 変数で，標高，斜面方位，地形，微地形であった。標高について，効果の係数がともに有意に正であることから，高標高ほど成長，幹の形質が良いことを示す。カラマツの天然分布は長野県を中心とした本州のきわめて狭い範囲に限られており，その垂直分布は中部地方では 1,000m から 2,800mとされている(加藤ら 1966)。県内において，高標高ほどカラマツの主な生育域に近づくことから，成長がよいと考えられる。しかし，今回の調査地で最も高い標高は 819m であり，その最大積雪深は 256cm であった（表-1)。標高が高くなるにつれ，石川県では積雪量も増える。豪雪地帯（積雪深 250cm 以上）において，カラマツは積雪の重みによる雪害を受けやすいため，植林には不向きな樹種であること（平 1984）から，より高標高地においては今後さらに検討が必要である。斜面方位について，一部の斜面で有意な差はみられるものの，樹高と幹の形質に影響を与える共通した傾向は確認できなかった。今回の調査地数は 13 か所であり，南向きが 0 か所，北向き・北東向き・南東向きが 1 か所に対して，南西向きが 4 か所(表-1)と斜面方位数にバラつきがあったことが今回の結果に関与している可能性が考えられる。地形と微地形について，地形では尾根に比べて中腹・谷が有意に負，微地形では凸地形に対して平地形は正，凹地形では負の関係であった。つまり，谷や凹地形においては成長や幹の形質が良くない結果であった。本来，カラマツは酸素要求量が多いため（苅住 2010），停滞水の発生しやすい地形では成長及び幹の形質に負の影響を与えると考えられる。

土壌型と樹高の関係について，赤色土より適潤性褐色森林土が有意に樹高成長がよい結果となった（図-4)。カラマツが通気・通水性のよい土壌を好むことは一般的に認められていることから（加藤ら 1966），粘土質の褐色土より隙間に富んだ褐色森林土において今回の結果をもたらしたと考察される。また，北海道カラマツ人工林における地位指数への立地要因の寄与の度合いは，土壌型が最も大きいこと（山根ら 1990），長野県のカラマツの成長を左右する立地要因は，土壌型が最も大きかったこと（武井ら 1987）が報告されており，今回の結果も踏まえて，土壌型は樹高成長に影響を及ぼすと考えられる。前述の樹高に与える立地環境要因のモデルの説明変数に土壌型が選択されていなかったことについて，あくまで今回の調査結果に基づく選択モデルであり，よりデータ数を増やすことで選択される可能性は否定できない。そのため今後も調査を続け，確認していく必要がある。

カラマツ林分の残存に与える立地環境要因について，GLMM で統計解析したところ，選択された説明変数は 2 変数で，標高と地域であった。標高の係数は有意に正であり，標高 300～400m を境に低標高でカラマツ人工林が成林しにくい傾向がみられた（図-5)。石川県のほとんどの地域は温帯に属し，標高 300～400m を境に暖温帯と冷温帯に分かれていること（古池 1983），また，カラマツは冬季比較的低温で乾燥した地域に適した樹種であり，高温や多雪は制限的な因子となっていること（加藤ら 1966）より，異なる気候条件が要因と考えられる。地域の係数より，加賀地域に比べて能登地域が正の関係ではあったが，有意な差はみられなかった。能登地域は低標高域が多いため，全般に積雪量は少なく，最新積雪深も 100cm を超えないことに対し，加賀地域は多雪地帯である（小谷 2004)。前述より，多雪はカラマツの制限的な因子になり得ることが今回の結果の要因と考えられるが，もう一つの説明変数である有意差が確認できた標高の考察と矛盾する。よって，地域に対して突出した傾向は確認できなかった。

長野県のカラマツ人工林樹高曲線図を参照して調査地の地位を確認したところ，良好な樹高成長が期待できる結果であった。また，標高が高いほどカラマツの残存，樹高成長，幹の形質に正の影響を与えること，土壌型が良好な樹高成長に影響を及ぼすこと等，カラマツの生育に適した環境条件を読み取ることができた。よって，標高および最大積雪深や初期成長について今後も引き続き検討していく必要はあるものの，生育適地であれば本県の再造林樹種として期待できると考えられた。

本調査の実行にあたり，県内 5 つの農林総合事務所森林部林業振興課職員の方々にご協力いただ

いた。この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

石川県（1993）紬野義夫編，石川県地質誌

石川県（2021a）いしかわ森林・林業・木材産業振興ビジョン 2021．18

石川県（2021b）森林の整備に関する事項．（地域森林計画書加賀森林計画区）．2-5

石川県（2023）石川県成長戦略．42

石川県（2024）森林の整備に関する事項．（地域森林計画書能登森林計画区）．2-5

石川県森林管理課（2024）木材市況．（石川の林業 No.827～834．石川県森林管理課）．8

石川県森林管理課（2025）木材市況．（石川の林業 No.835～838．石川県森林管理課）．8

加藤義忠・松井光瑠(1966) 天然分布とその気候．（カラマツ造林地の実態調査からみたカラマツ造林の要点．林業科学技術振興所）．9

苅住　昇（2010）最新樹木根系図説．62-66

小谷二郎（2004）スギ人工林の冠雪害と広葉樹の侵入パターン．石川県林業試験場研究報告 35: 5-25

平　英彰（1984）積雪地帯の造林樹種．（雪に強い森林の育て方．日本林業調査会）．65-67

武井富喜雄・片倉正行（1987）カラマツ構造材生産の施業技術に関する研究－カラマツの立地条件と生長についてー．長野県林業試験場研究報告 2: 12 - 20

中井　孝・山井良三郎（1982）日本産主要樹種の性質 日本産主要 35 樹種の強度的性質．林試研報 319: 13-46

福田元太郎（1985）カラマツ．（原色樹木大図鑑．北隆館）．760

古池　博（1983）石川県の植生と植物相（石川の植物の会編，石川県植物誌．石川県）．17-39

山根玄一・薄井五郎・江州克弘・菊地　健・寺沢和彦（1990）カラマツ人工林の成長と立地要因の関係．北海道林業試験場研究報告 28: 54-63

林野庁（2025）令和 6 年度森林・林業白書．147

林野庁（2026）森林資源の現状（令和4年3月31日現在）樹種別齢級別面積．人工林カラマツ https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/r4/（令和8年3月19日）

付表-1. 現地調査結果

調査地		平均樹高	上層樹高	平均胸高直径	成立本数	収量比数	幹の形質 A		B		C	
(No.)	(市町)	(m)	(m)	(cm)	(本/ha)		(本)	(%)	(本)	(%)	(本)	(%)
1	穴水町	21.1	21.7	27.8	675	0.81	14	53.8	10	38.5	2	7.7
2	宝達志水町	24.8	24.8	25.3	675	0.88	9	33.3	13	48.1	5	18.6
3	中能登町	24.5	25.5	28.7	826	0.94	14	51.9	11	40.7	2	7.4
4	金沢市	21.2	21.8	26.9	300	0.56	10	83.3	2	16.7	0	0.0
5	白山市	28.3	29.2	38.0	375	0.79	9	60.0	4	26.7	2	13.3
6	白山市	26.6	26.6	39.2	405	0.77	7	43.8	9	56.3	0	0.0
7	白山市	25.7	29.5	32.4	550	0.91	8	36.4	6	27.3	8	36.4
8	白山市	33.0	33.0	43.1	225	0.70	7	77.8	2	22.2	0	0.0
9	白山市	26.6	27.7	29.0	700	0.94	5	71.4	2	28.6	0	0.0
10	加賀市	25.4	25.9	36.3	340	0.70	12	80.0	2	13.3	1	6.7
11	穴水町	24.2	24.7	30.1	849	0.94	21	67.7	4	12.9	6	19.4
12	穴水町	20.7	21.0	24.1	1600	1.01	12	75.0	3	18.8	1	6.2
13	穴水町	27.2	27.8	34.4	452	0.82	9	52.9	8	47.1	0	0.0

付表-2. 抽出した森林簿データー覧および残存結果

No.	市町村	残存	林齢 (年)	標高 (m)	土壌型	傾斜 (°)	斜面方位	地域 加賀/能登
1	白山市	なし	80	630	B_D	25	南	加賀
2	珠洲市	なし	116	195	B_C	10	北東	能登
3	加賀市	あり	60	705	$B_D(d)$	30	南西	加賀
4	加賀市	あり	61	785	$B_D(d)$	30	南	加賀
5	珠洲市	なし	61	170	B_C	10	南東	能登
6	穴水町	あり	68	160	B_C	10	東	能登
7	加賀市	あり	60	565	$B_D(d)$	30	南東	加賀
8	穴水町	あり	70	265	B_D	15	南西	能登
9	中能登町	あり	70	385	$B_D(d)$	15	北東	能登
10	加賀市	あり	60	800	$B_D(d)$	30	南西	加賀
11	加賀市	あり	61	775	$B_D(d)$	30	南	加賀
12	穴水町	あり	64	200	B_D	15	北東	能登
13	穴水町	あり	63	210	B_D	15	西	能登
14	加賀市	あり	61	625	$B_D(d)$	30	南	加賀
15	加賀市	あり	60	840	B_D	25	南西	加賀
16	穴水町	あり	69	275	B_D	15	東	能登
17	中能登町	あり	76	405	B_D	5	南東	能登
18	中能登町	なし	64	40	B_D	15	南東	能登
19	穴水町	あり	66	120	B_D	10	南西	能登
20	加賀市	あり	60	600	$B_D(d)$	30	東	加賀
21	白山市	なし	105	190	B_D	20	南西	加賀
22	穴水町	あり	69	210	B_D	15	西	能登
23	穴水町	あり	62	205	B_C	15	南東	能登
24	穴水町	あり	70	265	B_C	15	北	能登
25	穴水町	あり	69	175	B_C	15	北東	能登
26	加賀市	あり	60	725	B_D	25	東	加賀
27	加賀市	あり	60	565	$B_D(d)$	30	南東	加賀
28	金沢市	なし	57	235	B_D	15	北	加賀
29	中能登町	あり	76	405	B_D	5	南西	能登
30	穴水町	あり	80	270	B_C	15	北	能登
31	羽咋市	なし	60	75	$B_D(d)$	15	北	能登
32	志賀町	なし	63	45	$B_D(d)$	10	南東	能登
33	能登町	なし	39	190	B_C	15	北東	能登
34	羽咋市	なし	68	125	$B_D(d)$	15	北	能登
35	加賀市	あり	60	715	B_D	25	西	加賀
36	加賀市	あり	50	397	B_D	20	北西	加賀

石川県林試研報 57：8-16
論文

放置竹林と広葉樹二次林間のトランセクト調査によるゴミムシ類の時空分布*

江崎功二郎

要旨：金沢市角間町，坪野町および小松市大野町に設置した竹林と広葉二次林間のトランセクトplotにおいて，2011年5～12月までピットフォールトラップを設置しゴミムシ類を捕獲した。3調査地で合計23種2,631個体が捕獲された。角間町および坪野町の捕獲種数および個体数割合は竹林plotと広葉樹林plotの間で違いはないが，大野町においては竹林plotで高くなった。また，調査地ごとに捕獲個体数の季節消長に違いがみられた。最も優占したマヤサンオサムシの季節消長がこれらの季節消長に影響を与えたと考えられた。

キーワード：竹林，広葉樹林，ゴミムシ，時空分布，優占種

Ⅰ．はじめに

近年，全国各地でマダケやモウソウチクが，人工林や里山広葉樹林に侵入し，竹林化が進行している（例えば，鳥居・井鷺 1997；Isagi and Torii 1998；鳥居 1998；西川ら 2005）。竹林化が進むと林床照度が低下し，林分構造が単純になり生物多様性の減少をまねく（背嵐ら 1989；Touyama et al. 1998；山口・井上 2004）。

ゴミムシ類（オサムシ科およびホソクビゴミムシ科）は森林性や草地性など生息場所の特異性により分類されており（Niemelä et al. 1992），生息地の環境変化に鋭敏に反応するため指標性昆虫類として取り扱われるグループである（例えば，石谷 1996，2010）。

ゴミムシ類の多くの種は捕食性または肉食性であり，小蛾類などの幼虫などの様々な昆虫類，ワラジムシやヤスデなどの節足動物を捕食することが知られ，植食性をもつ種もある（例えば，石谷 1996）。そのため，植生や階層構造が多様な広葉樹林や草地などでは豊富なゴミムシ類が生育するが（例えば，石谷 1998；松本 2008），植生が単純で竹以外の植生が少ない放置竹林ではゴミムシ類の生息種数が少なくなることが報告されている（籠ら 2013；大浦ら 2020）。しかし先行研究（江崎ら 2010）において，金沢市の放置竹林に設置したピットフォールトラップにより20種567頭のゴミムシ類が捕獲されており，広葉樹二次林などの森林を主体とする種で構成されていることが示されていた。

ゴミムシ類は地表を主な生活場所としており飛翔力に乏しく主に地表を徘徊する種が多い（例えば，平松 2013；渋谷ら 2018）。裸地の調査において体長10mm前後の種の水平移動距離は7.5m/日程度であることが示されている（水越 2005）。そのため，竹林で捕獲される種は隣接する広葉樹由来の種が移動分散により一時的に侵入してきた可能性があった。

本研究では石川県金沢市2か所および小松市1か所の里山林において，2011年5～12月まで放置竹林から隣接する広葉樹林にかけてトランセクトplotを設置し，ピットフォールトラップによってゴミムシ類を捕獲した。捕獲されたゴミムシ類について時間的空間的分布を示し，放置竹林と広葉樹林に分布するゴミムシ類の種構成の関係性について考察を行った。

Ⅱ．材料と方法

1.調査地

2011年5月2日に，石川県金沢市角間町（標高130m），坪野町（標高340m），小松市大野町（標高70m）の里山林に調査地を設置した（図-1）。各調査地は放置モウソウチク林（以下，竹林）と斜面の上方に隣接する広葉樹二次林（以下，広葉樹林）で構成されている。竹林内を起点plot（写真1左），広葉樹林内を終点plot（写真-1右）とするトランセクトを直線的に設置し，起点plotから終点plotにかけて7.5m間隔で竹広混交林に中間plotを設置した。それぞれのplot数は8，5および5個になったため（表-1），



図-1．調査地

* Spatial and temporal distribution of ground beetles in the between bamboo and secondary forests



写真-1. 角間町において放置竹林内に設置した竹林 plot（左）と広葉樹二次林内に設置した広葉樹林 plot（右）

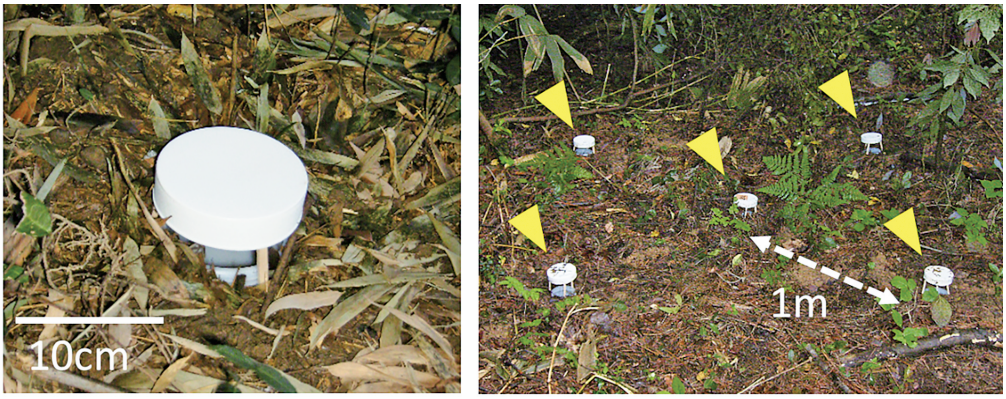


写真-2. 各 plot に設置したフタ付きピットフォールトラップ（左）と配置（右）

起点 plot から終点 plot までの延長はそれぞれ 52.5，30 および 30m であった。なお角間町，坪野町および大野町における調査地の平均斜度は 15，13 および 40° であった。

2. 植生調査

各 plot 周辺の植生を調査するために，plot の中心から半径 2.5m の円形コドラートを設置し，枠内の地上高 0.5m 以上の竹および木本の地上高 0.5m の直径（以下，D0.5mH）を測定した。

3. ゴミムシ類の捕獲

各 plot にゴミムシ類(オサムシ科およびホソクビゴミムシ科）を捕獲するためのピットフォールトラップ（以下，トラップ）5 個を 1m 間隔で十字配置した（写真-2)。トラップは口径 90mm，深さ 110mm の円筒ポリエチレン容器を用い，口もとが地面の高さと同じになるように地中に埋め込んだ。さらに容器に雨水が入らないように容器のフタを木製割り箸などで 20mm 程度の隅間を開けて，口もとを覆った。プロピレングリコール 50%希釈液約 150cc を保存液として使用した。トラップの設置は 2011 年 5～12 月まで，設置期間は各調査月上旬から 1 週間（5 月 2～9 日，6 月 1～8 日，7 月 5～12 日，8 月 2～9 日，9 月 6～13 日，10 月 7～14 日，11 月 2～9 日，12 月 2～9 日）とした。捕獲されたゴミムシ類は回収後，乾燥標本を作成し，種の同定をおこなった。

4. 解析

竹林と広葉樹林におけるゴミムシ類の捕獲種数と個体数を比較するために，各調査地において起点とした竹林 plot と終点とした広葉樹林 plot の捕獲種数割合と個体数割合を χ^2 検定によって比較した。

Ⅲ. 結果

1. 植生

角間町，坪野町および大野町のモウソウチク本数は 26，21 および 12 本であり，平均 D0.5mH（±標準偏差）はそれぞれ 11.5（±2.0），11.3（±1.9）および 12.1（±1.3）cm であった（表-1)。モウソウチク本数密度は竹林に設置した起点 plot では 3,565～4,584 本/ha，広葉樹林に設置した終点 plot では 0～509 本/ha であった（表-1)。

角間町で見られた木本類は 13 種 82 本であった（付表-1)。D0.5mH≧4cm はコナラおよびアベマキの 2 樹 2 本がみられ，D0.5mH＜4cm はヒメアオキが優占した（付表-1)。坪野町の木本類は 16 種 40 本であった。D0.5mH≧4cm はクリ，クマノミズキ，

表-1. 調査地における plot ごとのモウソウチク本数密度と樹木本数および種数

調査地	種類		プロット	1	2	3	4	5	6	7	8
角間町	モウソウチク		本数	7	3	3	4	4	4	1	0
			平均直径（cm）	12.4	11.5	11.9	12.3	9.0	11.5	11.1	
			密度（/ha）	3,565	1,528	1,528	2,037	2,037	2,037	509	0
	木本類	直径4cm以上	本数	0	1	0	0	0	1	1	1
			種数		1				1	1	1
			平均直径（cm）		33.2				16.2	23.3	39.4
		直径4cm未満	本数	2	1	5	1	11	12	35	11
			種数	2	1	4	1	5	3	4	4
			平均直径（cm）	0.5	1.4	2.3	0.6	1.0	0.8	0.8	1.0
坪野町	モウソウチク		本数	9	3	5	3	1			
			平均直径（cm）	11.4	12.4	11.8	10.7	6.0			
			密度（/ha）	4,584	1,528	2,546	1,528	509			
	木本類	直径4cm以上	本数	0	0	0	1	5			
			種数				1	4			
			平均直径（cm）				10.3	9.2			
		直径4cm未満	本数	4	6	6	8	10			
			種数	3	4	4	5	5			
			平均直径（cm）	0.2	0.5	0.4	1.5	1.1			
大野町	モウソウチク		本数	7	1	3	0	1			
			平均直径（cm）	12.1	11.6	12.7		10.7			
			密度（/ha）	3,565	509	1,528	0	509			
	木本類	直径4cm以上	本数	0	3	1	1	0			
			種数		2	1	1				
			平均直径（cm）		10.3	4.2	30.6				
		直径4cm未満	本数	13	7	11	6	25			
			種数	3	4	1	6	5			
			平均直径（cm）	0.5	1.1	1.7	1.4	1.2			

エゴノキなどの 5 種 6 本が見られ，D0.5mH＜4cm はオオバクロモジが優占した。大野町の木本類は 14 種 67 本であった。D0.5mH≧4cm はコナラ，コシアブラなどの 4 種 5 本が見られ，D0.5mH＜4cm はヒサカキが優占した。

2. ゴミムシ類の捕獲

1）優占種

角間町，坪野町および大野町で合計 23 種 2,631 個体が捕獲され，それぞれ 19 種 1,676 個体，16 種 582 個体および 12 種 373 個体が捕獲された（表-2，付表-2）。これらの調査地では共通種が優占しており，捕獲個体数が多かったマヤサンオサムシ（以下，マヤサン），ニッコウヒメナガゴミムシ（以下，ニッコウ），クロツヤヒラタゴミムシ（以下，クロツヤ）およびヨリトモナガゴミムシ（以下，ヨリトモ）の 4 種で総捕獲数の 90.0％（2,369/2,631），角間町，坪野町および大野町ではそれぞれ 88.4％（1,482/1,676），92.6％（539/582）および 93.3％（348/373）を占めた（表-2）。最も優占したマヤサンは全体で 50.7％（1,335/2,631），それぞれの調査地では 46.6％（781/1,676），47.7％（279/582）および 73.7％（275/373）を占めた（表-2）。

2）時間分布

季節ごとの捕獲種数は調査地で共通して 5～7 月へ増加する傾向があった（図-2）。8～11 月では調査地ごとに増減に違いがあったが，共通して 12 月に減少した。（図-2）。

角間町および坪野町における捕獲個体数は（5 月から）6 月に減少するがその後増加に転じ，8 月にピークを示した。9～11 月は調査地間で増減に違いがあったが，共通して 12 月に減少した。大野町では（5 月から）6 月に急増しピークを示した（図-2）。7～11 月にかけて緩やかに減少し 12 月に著しく減少した。

3）空間分布

各調査地で plot 捕獲種数割合と個体数割合は同調して増減する傾向がみられたが，調査地ごとにその形状は異なった（図-3）。角間町，坪野町および大野町ではそれぞれ plot4～6，plot2 および，plot1 にピークを示した。

角間町，坪野町および大野町における plot ごと

表-2. 調査地ごとの捕獲種数および個体数

種		調査地			
番号	種名	角間町	坪野町	大野町	合計
1	クロカタビロオサムシ *Calosoma maximowiczi*	1			1
2	オオオサムシ *Carabus dehaanii*	1	1	1	3
3	マヤサンオサムシ *Carabus maiyasanus*	781	279	275	1,335
4	アキタクロナガオサムシ *Apotomopterus porrecticolis*	1	1		2
5	クロナガオサムシ *Leptocarabus procerulus*	7			7
6	ヒメマイマイカブリ *Damaster blaptoides*	8			8
7	アカガネオオゴミムシ *Trigonognatha cuprescens*	28	3	2	33
8	オオゴミムシ *Lesticus magnus*	2	7		9
9	ルイスオオゴミムシ *Trigonotoma lewisii*	2	1	1	4
10	ヨリトモナガゴミムシ *Pterostichus yoritomus*	100	69	18	187
11	クロオオナガゴミムシ *Pterostichus leptis*		2		2
12	ニッコウヒメナガゴミムシ *Pterostichus polygenus*	365	144	43	552
13	ナカネナガゴミムシ *Pterostichus nakanei*		1		1
14	オオクロツヤヒラタゴミムシ *Synuchus nitidus*	21		2	23
15	クロツヤヒラタゴミムシ *Synuchus cycloderus*	236	47	12	295
16	コクロツヤヒラタゴミムシ *Synuchus melantho*	2	2		4
17	マルガタツヤヒラタゴミムシ *Synuchus arcuaticollis*	2			2
18	ケゴモクムシ *Harpalus vicarius*		1		1
19	スジアオゴミムシ *Haplochlaenius costiger*	87	8	2	97
20	アトボシアオゴミムシ *Chlaenius naeviger*	17	11	14	42
21	オオアトボシアオゴミムシ *Chlaenius micans*	1			1
22	クビボソゴミムシ *Galerita orientalis*			2	2
23	オオホソクビゴミムシ *Brachinus scotomedes*	14	5	1	20
	種数（合計）	19	16	12	23
	個体数（合計）	1,676	582	373	2,631

表-3. 竹林 plot と広葉樹林 plot の捕獲種数および個体数の比較

調査地	角間町		坪野町		大野町	
	竹林 plot1	広葉樹林 plot8	竹林% plot1	広葉樹林 plot5	竹林 plot1	広葉樹林 plot5
種数割合%*	47.4 (9/19)	52.6 (10/19)	56.3 (9/16)	50.0 (8/16)	83.3 (10/12)	25.0 (3/12)
個体数割合%**	10.5 (176/1,676)	12.2 (205/1,676)	18.4 (107/582)	18.7 (109/582)	53.1 (198/373)	4.6 (17/373)

***竹林または広葉樹 plot の捕獲種数を調査地の総捕獲種数で除して算出した。**竹林または広葉樹 plot の捕獲個体数を調査地の総捕獲個体数で除して算出した。**

平均捕獲種数（±標準偏差）はそれぞれ 10.8（±1.3），8.6（±2.5）および 6.0（±2.5）種であった。各調査地の竹林 plot と広葉樹林 plot の捕獲種数割合の比較において，角間町の竹林 plot1vs. 広葉樹林 plot8 は 47.4%(9/19)vs. 52.6%(10/19)となり両者に違いはなかった（$p = 0.752$）(表-3, 付表-2)。坪野町の竹林 plot1 vs. 広葉樹林 plot5 は 56.3%（9/16）vs. 50.0%（8/16）となり両者に違いはなかった（$p = 0.724$）。大野町は 83.3%（10/12）vs. 25.0%（3/12）となり，竹林の捕獲種数割合が有意に高くなった（$p < 0.001$）。

角間町，坪野町および大野町の plot ごと平均捕獲個体数（±標準偏差）はそれぞれ 209.5（±43.5），116.4（±17.0）および 74.6（±72.6）であった。各調査地の竹林 plot と広葉樹林 plot の捕獲個体数割合の比較において，角間町の竹林 plot1 vs. 広葉樹林 plot8 は 10.5%（176/1,676）vs. 12.2%（205/1,676）となり両者に違いはなかった（$p = 0.043$）。坪野町の竹林 plot1 vs. 広葉樹林 plot5 は 18.4%（107/582）vs. 18.7%（108/582）となり両者に違いはなかった（$p = 0.848$）。大野町の竹林 plot1 vs. 広葉樹林 plot5 は 53.1%%(198/373)

vs. 4.6%（17/373）となり竹林の捕獲種数が有意に高くなった（$p < 0.001$）。

4）種の時空分布

各調査地において捕獲個体数割合が高かったマヤサン，ニッコウ，クロツヤおよびヨリトモの 4 種について時空分布を示した（図-4，付表-2）。

マヤサンの捕獲個体数の時空分布をみると，角間町では 8 月に捕獲のピークがあり，plot 位置による偏りはなかった。坪野町では 8～10 月に多く捕獲され，plot 位置による偏りはなかった。一方，大野町では 6～9 月に竹林 plot で多く捕獲された。そのため，捕獲個体数の時空分布において調査地間で共通した傾向はみられなかった。

ヨリトモの捕獲個体数をみると，角間町では 5～8 月および 11 月， 竹林 plot および中間の竹広混交林 plot で多く捕獲される傾向があった。坪野町では 5 月および 7～8 月，竹広混交林 plot で多く捕獲される傾向があった。大野町では 5～6 月，竹林 plot および竹広混交林 plot で多く捕獲される傾向があった。そのため，捕獲個体数の時空分布において調査地間で共通した傾向はみられなかった。

ニッコウをみると，角間町では 5～7 月および 11 月，竹林 plot から竹広混交林 plot で多く捕獲される傾向があった。坪野町では 5～7 月で多く捕獲され，plot 位置による偏りはみられなかった。大野町では 5～7 月，竹林 plot で多く捕獲される傾向があった。そのため，捕獲個体数の時間分布において 5～7 月に多く捕獲され，8～10 月に非常に少なく，11～12 月に捕獲される傾向が調査地間で共通したが，空間分布での共通の傾向はみられなかった。

クロツヤは 5～9 月の捕獲数は非常に少なく，10～12 月に集中して捕獲される傾向にあった。竹林 plot ではやや少なくなる傾向があった。これらは調査地間で共通した傾向であった。

以上のことから，優占種 4 種の捕獲個体数の時空分布において調査地間で共通した傾向はみられなかった。

Ⅴ．考察

1．季節消長

石谷(1996)は環境により季節消長を類型化し，共通環境要素をもつ地域では同様な季節消長を示すことを述べた。今回のいずれの調査地も里山に位置する竹林と隣接する広葉樹林のトランセクト

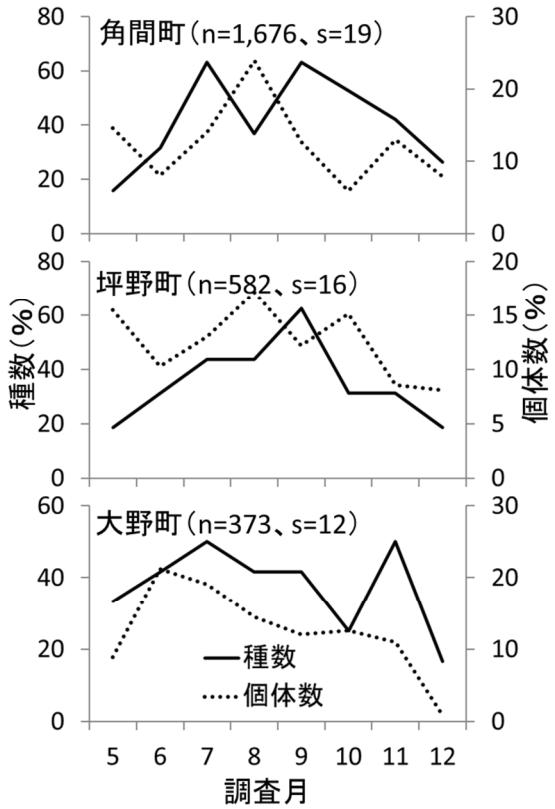


図-2．捕獲種数および個体数の季節消長

（）内の n は捕獲個体数，s は種数を示す。

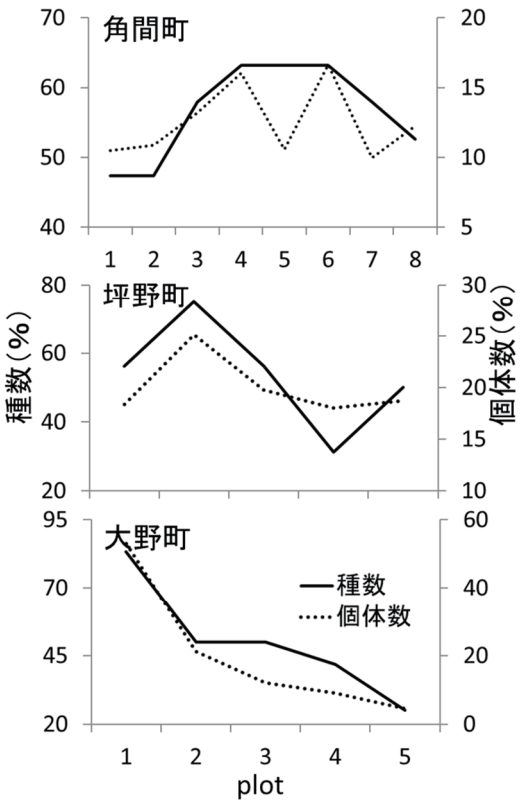


図-3．plot 捕獲種数および個体数

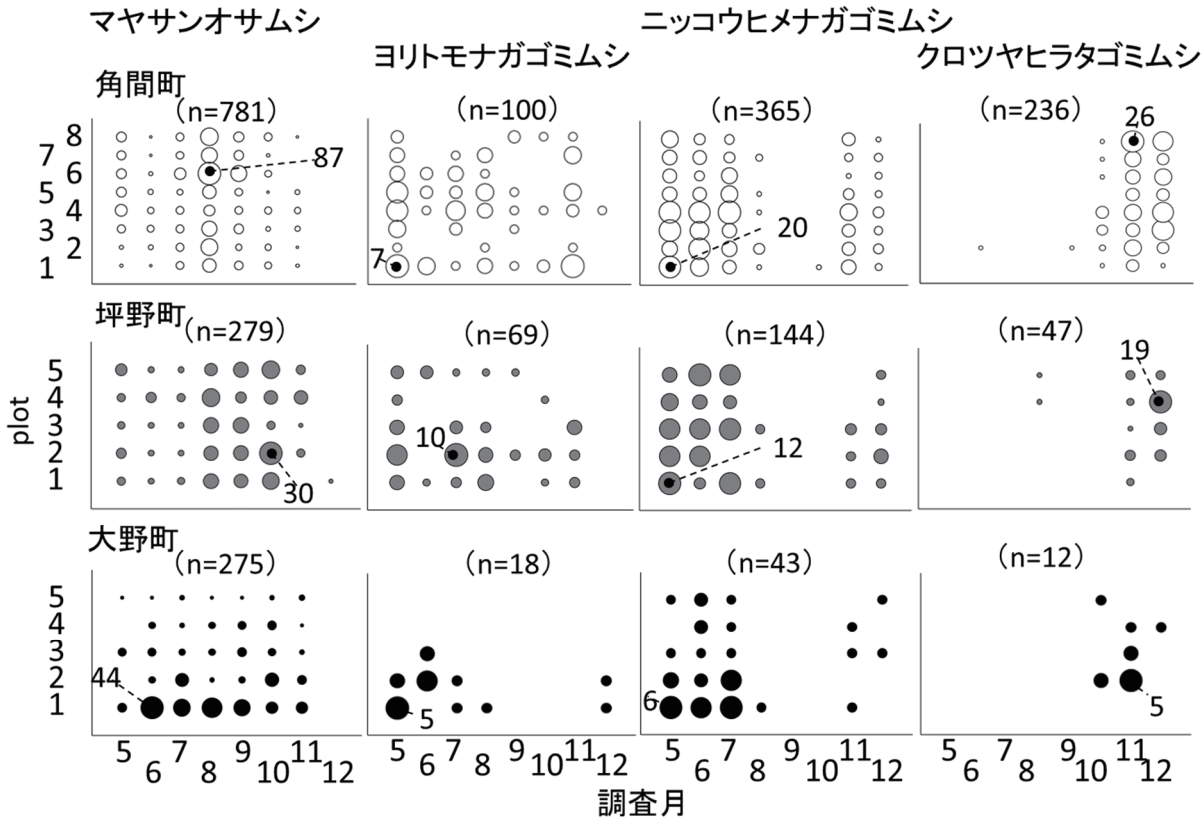


図-4. 捕獲個体数割合上位 4 種の時空分布

図中の（）内の数字は捕獲個体数を示した。また，5～87 までの数値は最大個体数を示し，バブルサイズに反映させた。

調査地であったが，捕獲種数および個体数の季節消長に違いがみられた。

石谷（1996）は捕獲された全種の季節消長は優占捕獲種の影響が大きくなる場合があることを示しているが、いずれの調査地でも捕獲された優占種は共通していた。ニッコウ，クロツヤおよびヨリトモの季節消長は共通した傾向もみられたが，優占割合が最も高かったマヤサンの季節消長は調査地間で大きく異なった。このためマヤサンを除くと調査地間で同様な季節消長を示すことが推察された。マヤサンは石川県の森林で優占して捕獲される森林性種であるが（富樫・橋本 1994；平松 2003；大脇 2006），今回の季節消長の違いに影響した要因については明確ではない。

2．竹林 vs. 広葉樹林

放置竹林から隣接する広葉樹林二次林にかけてトランセクト plot を設置し，優占して捕獲された 4 種について時空分布を示した結果、広葉樹林から竹林へ移動したと考えられる種は認められなかった。そのため，竹林は広葉樹林と同様に森林を主体とする種で構成されていることが示された。

角間町，坪野町および大野町に設置したピットフォールトラップによって，竹林 plot ではゴミムシ類 9～10 種 107～198 個体が捕獲され，広葉樹林 plot では 3～10 種 17～205 個体が捕獲された。角間町および坪野町の竹林 plot の捕獲種数および個体数割合は広葉樹林 plot と違いがなかったが，大野町では竹林plotで高くなった。そのため，放置竹林に分布するゴミムシ類の種数および個体数は，隣接する広葉樹林二次林と比較して差がなく，高くなる場所もあることを示した。

広葉樹林と比較して竹林は植生が極めて単純であるが、今回の調査地のような広葉樹林の斜面下方に分布する竹林は，広葉樹林からリターなど動植物の遺物が供給されやすい。また竹林の林床は暗く，土壌湿潤になる傾向がある。このような環境はゴミムシ類の主な餌資源となる土壌動物が分布・定着しやすいことが推察され，竹林でのゴミムシ類の分布に影響した可能性が考えられた。

謝辞

ゴミムシ類の種の同定に関して平松新一氏および井上重紀氏にご協力頂いた。植物の配列につい

て北村俊平氏にご教示頂いた。お礼申し上げる。

引用文献

江崎功二郎・八神早季・平松新一（2010）金沢市の放置竹林における地表性ゴミムシ類の出現種と季節変化．石川県林試研報 42：6-9

平松新一（2003）白山麓の樹林における地表性ゴミムシ類の分布．石川県白山自然保護センター研究報告 30：17-24

平松新一（2013）小規模生息地におけるゴミムシ類（オサムシ科およびホソクビゴミムシ科）の出現状況．石川県白山自然保護センター研究報告 40：23-28

Isagi Y and Torii A (1998) Range expansion and its mechanisms in a naturalized bamboo species, *Phyllostachys pubescens*, in Japan. Journal of Sustainable Forestry 6：127-141

石川県絶滅危惧植物調査会（2022）石川県植物目録 2020 維管束植物．石川県地域植物研究会・石川県絶滅危惧植物調査会

石谷正宇(1996)環境指標としてのゴミムシ類(甲虫目：オサムシ科，ホソクビゴミムシ科）に関する生態学研究．比和科学博物館研究報告 34：1-110

石谷正宇（1998）ゴミムシ類およびその生物学的研究（3）異なる樹林タイプにおける種多様性．中国昆虫 13：35-40

石谷正宇（2010）地表性甲虫類を指標とした環境影響評価の現状．環動昆 21(3)：73-83

籠　洋・横川昌史・藤澤貴弘・野間直彦（2013）犬神川川辺林におけるタケの伐採が地表性甲虫（オサムシ科）の種多様性と群集構造に与える影響．昆蟲（ニューシリーズ） 16（2）：87-96

松本和馬（2008）森林総合研究所赤沼試験地のゴミムシ類群集．森林野生動物研究会誌 33：25-33

水越　亨（2005）ゴミムシ類成虫の裸地における移動距離．北日本病虫研報 56：175-177

Niemelä J, Spence JR, Spence DH (1992) Habitat associations and seasonal activity of ground-beetles (Coleoptera, Carabidae) in central Alberta. Canadian entomologist 124(3)：521-540

西川僚子・村上拓彦・吉田茂二郎・光田　靖・長島啓子・溝上展也（2005）隣接する土地被覆別にみた竹林分布変化の特徴．日本森林学会誌 87：402-409

大浦一将・藤井響市・中島宏昭・鈴木貢次郎(2020)関東地方の放棄二次林における林床と竹林の管理が地表性甲虫類の生息数に及ぼす影響．ランドスケープ研究 83：743-748

大脇　淳（2006）里山のチョウ類とゴミムシの多様性:里山の林分のパッチ構造と都市化の影響．金沢大学大学院自然科学研究科．博士論文

背嵐哲央・丸真喜子・大森美紀・西井武秀（1989）竹林群落の構造と遷移の特性－雑木林の竹林化－．金沢大学教育学部紀要（自然科学編） 38：25-40

渋谷園美・桐谷圭治・福田健二（2018）地表徘徊性甲虫類（オサムシ科，クビホソゴミムシ科）の後翅－形態と後翅長および各亜科の特徴．日本生態学会誌 68：19-41

鳥居厚志（1998）空中写真を用いた竹林の分布拡大速度の推定－滋賀県八幡山および京都府男山における事例－．日本生態学会誌 48：37-47

鳥居厚志・井鷺裕司（1997）京都府南部地域における竹林の分布拡大．日本生態学会誌 47：31-41

富樫一次・橋本将行（1994）金沢市平栗地区で無餌ピットフォールトラップにより捕獲された地表性甲虫類．環動昆 6(2)：78-82

Touyama M, Yamamoto T and Nakagoshi N (1998) Myrmecofaunal change with bamboo invasion into broadleaf forests. J. For. Res. 3：155-159

山口　修・井上升二（2004）モウソウチクを主とするタケ類の里山林への侵入と照葉樹林への参入．兵庫教育大研究紀要 24：81-94

付表-1. 各調査地で観察された木本類

調査地	種名*	plot								
		1	2	3	4	5	6	7	8	計
角間町	スギ *Cryptomeria japonica*			1						1
	オオバクロモジ *Lindera umbellata*					1			4	5
	アズキナシ *Aria alnifolia*			1						1
	ウワミズザクラ *Padus grayana*					1			1	2
	スダジイ *Castanopsis sieboldii*			2						2
	コナラ *Quercus serrata*						1	1	5	7
	アベマキ *Quercus variabilis*		1							1
	ヤマウルシ *Toxicodendron trichocarpum*							2		2
	ヒサカキ *Eurya japonica*	1	1	1				8		11
	ホツツジ *Elliottia paniculata*					1	6			7
	リョウブ *Clethra barbinervis*					2	3			5
	ヒメアオキ *Aucuba japonica*	1			1	6	3	22	2	35
	ムラサキシキブ *Callicarpa japonica*							3		3
	種数	2	2	4	1	5	4	5	4	13
	本数	2	2	5	1	11	13	36	12	82
坪野町	オオバクロモジ *Lindera umbellata*	2		1	4	2				9
	ツゲ *Buxus microphylla*	1				4				5
	マンサク *Hamamelis japonica*			2	1	1				4
	ウワミズザクラ *Padus grayana*				1					1
	クマヤナギ *Berchemia racemosa*					1				1
	クリ *Castanea crenata*					1				1
	アベマキ *Quercus variabilis*					1				1
	キブシ *Stachyurus praecox*		1							1
	ヤマウルシ *Toxicodendron trichocarpum*		1		1					2
	クマノミズキ *Cornus macrophylla*				1					1
	ヒサカキ *Eurya japonica*		2							2
	アクシバ *Vaccinium japonicum*			1						1
	エゴノキ *Styrax japonicus*					4				4
	ヒメアオキ *Aucuba japonica*			2						2
	マルバアオダモ *Fraxinus sieboldiana*					1				1
	ムラサキシキブ *Callicarpa japonica*	1	2		1					4
	種数	3	4	4	6	8				16
	本数	4	6	6	9	15				40
大野町	スギ *Cryptomeria japonica*		2							2
	アズキナシ *Aria alnifoli*a		1							1
	ウワミズザクラ *Padus grayana*				1					1
	コナラ *Quercus serrata*				1					1
	ヤマウルシ *Toxicodendron trichocarpum*		1							1
	カキノキ *Diospyros kaki*				1					1
	ヒサカキ *Eurya japonica*	3		12	1	16				32
	ドウダンツツジ *Enkianthus perulatus***					1				1
	ヤマツツジ *Rhododendron kaempferi*		2							2
	ユキグニミツバツツジ *Rhododendron lagopus*		3			4				7
	アクシバ *Vaccinium japonicum*					1				1
	リョウブ *Clethra barbinervis*				1					1
	ヒメアオキ *Aucuba japonica*	9			1					10
	コシアブラ *Chengiopanax sciadophylloides*	1	1		1	3				6
	種数	3	6	1	7	5				14
	本数	13	10	12	7	25				67

*調査地ごとの種の配列は「石川県植物目録 2020 維管束植物」（石川県絶滅危惧植物調査会 2020）に従った。ただし**ドウダンツツジは目録に記載されていないが当時の同定に従い，近縁種の位置に配列にした。

付表-2.　ゴミムシ類の捕獲データ

調査地	種		plot1								plot2								plot3								plot4							
	番号*	種名	調査月** 5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
角間町	1	クロカタビロオサムシ																			1													
	2	オオオサムシ																																
	3	マヤサンオサムシ	2	1	10	32	13	8	2		3	4	11	48	7	7	1		11	8	11	39	16	4	5		24	7	10	20	10	9	7	
	4	アキタクロナガオサムシ																																
	5	クロナガオサムシ																															1	
	6	ヒメマイマイカブリ																												1				
	7	アカガネオオゴミムシ					1	2					2			2				1			1	2								3		
	8	オオゴミムシ																																1
	9	ルイスオオゴミムシ																																
	10	ヨリトモナガゴミムシ	7	4	1	3	1	2	7		1			1			1		4		2		1				6	1	5	3	1	1	2	1
	12	ニッコウヒメナガゴミムシ	20	14	8	1		1	9	2	10	19	10	5			7	4	20	15	9				7	3	20	19	22	1			12	5
	14	オオクロツヤヒラタゴミムシ							1								3								1							1	1	
	15	クロツヤヒラタゴミムシ						1	8	1		1			1	2	15	7						6	10	24						8	15	23
	16	コクロツヤヒラタゴミムシ																						1										
	17	マルガタツヤヒラタゴミムシ																																
	19	スジアオゴミムシ				5	6						6	1							2		5	1					6		19			
	20	アトボシアオゴミムシ					2						2								5		1						2		1			
	21	オオアトボシアオゴミムシ																																
	23	オオホソクビゴミムシ				1							1									1	4								1			
坪野町	2	オオオサムシ										1																						
	3	マヤサンオサムシ	4	2	3	13	11	17		1	6	2	2	12	13	30	4		3	2	2	14	14	4	1		4	6	4	19	7	11	11	
	4	アキタクロナガオサムシ																			1													
	7	アカガネオオゴミムシ													2																			
	8	オオゴミムシ												1								3		1										
	9	ルイスオオゴミムシ					1																											
	10	ヨリトモナガゴミムシ	4	1	2	5		1	2		8		10	4	2	3	2		4		3	2			4		2					1		
	11	クロオオナガゴミムシ														1															1			
	12	ニッコウヒメナガゴミムシ	12	3	11	2			2	2	10	10					2	5	10	10	11	2			3	3	7	5	4					1
	13	ナカネナガゴミムシ													1																			
	15	クロツヤヒラタゴミムシ							2								4	5							1	6			1				2	19
	16	コクロツヤヒラタゴミムシ							2																									
	18	ケゴモクムシ					1																											
	19	スジアオゴミムシ												2								3	1											
	20	アトボシアオゴミムシ			2								1		1					1	2	1	1											
	23	オオホソクビゴミムシ				1								1	1							2												
大野町	2	オオオサムシ													1																			
	3	マヤサンオサムシ	7	44	25	35	23	12	12			4	15	2	4	16	7		6	6	4	4	7	5	2			4	2	4	6	7	1	
	7	アカガネオオゴミムシ						1																1										
	9	ルイスオオゴミムシ		1																														
	10	ヨリトモナガゴミムシ	5		1	1			1		2	4	1				1			2														
	12	ニッコウヒメナガゴミムシ	6	5	6	1			1		3	2	5						1	1	1				1	1		2	1				1	
	14	オオクロツヤヒラタゴミムシ							1																								1	
	15	クロツヤヒラタゴミムシ														2	5								2								1	1
	19	スジアオゴミムシ			1	1																												
	20	アトボシアオゴミムシ		1	1	2	1						4	1											1		1			2				
	22	クビボソゴミムシ			1		1																											
	23	オオホソクビゴミムシ					1																											

調査地	種		plot5								plot6								plot7								plot8							
	番号*	種名	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
角間町	1	クロカタビロオサムシ																																
	2	オオオサムシ																													1			
	3	マヤサンオサムシ	17	5	6	31	10	1	4		17	3	23	87	43	8			14	1	10	43	16	2			16	1	11	53	17	11	1	
	4	アキタクロナガオサムシ			1																													
	5	クロナガオサムシ							1				1		1	1							1		1									
	6	ヒメマイマイカブリ											1	2							1	1							2					
	7	アカガネオオゴミムシ			1		2	1	1						2	3	1				2											1		
	8	オオゴミムシ													1																			
	9	ルイスオオゴミムシ											2																					
	10	ヨリトモナガゴミムシ	6	2	2	4	1		4		3	2	3	1					3		1	3			4		2				2	1	1	
	12	ニッコウヒメナガゴミムシ	9	8	12	1			5	2	8	4	11				1	2	9	8	5	2			3	3	12	5	4				7	1
	14	オオクロツヤヒラタゴミムシ						1	1								3							1	2	1						3	1	1
	15	クロツヤヒラタゴミムシ							9	8						1	11	15						1	14	7						1	26	21
	16	コクロツヤヒラタゴミムシ																					1											
	17	マルガタツヤヒラタゴミムシ																														1	1	
	19	スジアオゴミムシ			2	1	9					1	2	5	9						4		2							1				
	20	アトボシアオゴミムシ			3	1																												
	21	オオアトボシアオゴミムシ					1																											
	23	オオホソクビゴミムシ				3	1								1								1											
坪野町	2	オオオサムシ																																
	3	マヤサンオサムシ	8	2	2	9	13	18	5																									
	4	アキタクロナガオサムシ																																
	7	アカガネオオゴミムシ						1																										
	8	オオゴミムシ			2																													
	9	ルイスオオゴミムシ																																
	10	ヨリトモナガゴミムシ	3	3	1	1	1																											
	11	クロオオナガゴミムシ																																
	12	ニッコウヒメナガゴミムシ	5	12	10					2																								
	13	ナカネナガゴミムシ																																
	15	クロツヤヒラタゴミムシ			1				3	3																								
	16	コクロツヤヒラタゴミムシ																																
	18	ケゴモクムシ																																
	19	スジアオゴミムシ				2																												
	20	アトボシアオゴミムシ			1	1																												
	23	オオホソクビゴミムシ																																
大野町	2	オオオサムシ																																
	3	マヤサンオサムシ	1	1	2	1	1	2	3																									
	7	アカガネオオゴミムシ																																
	9	ルイスオオゴミムシ																																
	10	ヨリトモナガゴミムシ																																
	12	ニッコウヒメナガゴミムシ	1	2	1					1																								
	14	オオクロツヤヒラタゴミムシ																																
	15	クロツヤヒラタゴミムシ						1																										
	19	スジアオゴミムシ																																
	20	アトボシアオゴミムシ																																
	22	クビボソゴミムシ																																
	23	オオホソクビゴミムシ																																

*種番号は表-2を引用した。**各月のピットフォールトラップの設置期間は
2011年5月2～9日、6月1～8日、7月5～12日、7月2～9日、8月2～9日、9月6～13日、10月7～14日、11月2～9日、12月2～9日であった。

石川県林試研報 57：17-20
論文

能登ヒバ材の抗かび性能評価

小亀桃子・渥美幸大*・鈴木修治・松元　浩・石田洋二

要旨：能登ヒバ材の抗かび性能について明らかにするため，能登ヒバの中でも特に主要な品種系統であるマアテおよびクサアテの心材を対象に抗かび性能試験を実施した。抗かび性能基準の目安として，抑制値 70%以上が必要となっているが，試験の結果マアテでは抑制値 100%，クサアテでは抑制値 98.89%という高い値が得られた。この結果からマアテおよびクサアテはどちらも非常に高い抗かび性能を有することが期待される結果となった。
キーワード：能登ヒバ，ヒノキアスナロ，抗かび性能，抽出成分

Ⅰ．はじめに

石川県の木として古くから親しまれている能登ヒバ（ヒノキアスナロ，*Thujopsis dolabrata* var. *hondae*）は，優れた耐久性と独特な芳香を有しており，住宅の構造材や内装材，漆器木地など幅広い用途で利用されている。能登ヒバに含まれる成分として代表的なものであるヒノキチオールをはじめ，抽出成分を対象とした研究は進められており，抗菌・殺菌作用があることが明らかになっている[1,2]。しかし，能登ヒバ材そのものについての抗菌性や抗ウイルス性等に関しては研究が進められていなかった。そこで，石川県では能登ヒバ材の抗ウイルス性試験および抗菌性試験を実施した。抗ウイルス性試験では，マアテおよびクサアテについて，インフルエンザウイルスA型（H3N2）およびヒトコロナウイルス 229E に対して感染力が 99%以上低下しており，抗ウイルス効果があるという結果が得られた[3]。また，抗菌性試験においても，マアテおよびクサアテのどちらも，大腸菌および黄色ブドウ球菌について生菌数が 99.99%以上減少しており，高い抗菌効果が確認された[4]。

本研究では，能登ヒバ材の抗かび性能について明らかにすることを目的とし，日本木材保存協会規格 JWPAS-MW（2011）木材用防かび剤の性能基準及びその試験方法[5]に準じて試験を実施した。

Ⅱ．試験方法

1．胞子懸濁液および試験体の調製

本試験に供する試験菌は，日本木材保存協会規格 JWPAS-MW（2011）木材用防かび剤の性能基準及びその試験方法に定められている 5 種類とした（表-1）。供試菌は乾燥標品（ガラスアンプル）から復元したものを人工寒天培養基に移し，3 週間前培養を行った。前培養終了後，三角フラスコに麦芽抽出物を含む培地を用意し，そこへ供試菌を接種し，温度 26℃，湿度 75%に設定した恒温恒湿器内で 2 週間培養した（写真-1）。培養後，繁殖した菌そう上に，スルフォコハク酸ジオクチルナトリウム 50ppm を含む 0.2%麦芽抽出物水溶液 50ml を注加し攪拌して，回収した上澄み液を胞子懸濁液とした。

表-1．供試した 5 種類のかび

供試菌
Aureobasidium pullulans NBRC 6353
Trichoderma virens NBRC 6355
Penicillium funiculosum NBRC 6345
Aspergillus niger NBRC 105649
Rhizopus oryzae NBRC 31005



写真-1．恒温恒湿器内でかびを培養中の様子

試験に供した材は，マアテ心材，クサアテ心材，スギ心材および対照材としてスギ辺材の 4 種である。マアテ心材およびクサアテ心材は製材後，スギ心材およびスギ辺材は乾球温度 70℃，湿球温度 68～50℃の中温乾燥後にそれぞれ温度 20℃，湿度 65%に設定した恒温恒湿室で調湿した材から切り出したもので，20×50 ㎜，厚さ 3 ㎜の板目取りとした。5 種類のかびに対し，試験材 4 種ごとにそれぞれ 6 枚の試験片，合計 120 枚を用意し試験に供した。

*石川県県央農林総合事務所

2. 試験手順

試験にかかる操作はクリーンベンチ内にて実施した。観察用のシャーレにオートクレーブ滅菌した 2%寒天培地 15ml を注加して固化させ，その上にテフロンメッシュを設置し架台とした。その上にエチレンオキサイドガスで滅菌済みの同一樹種の試験体を各 3 体ずつ平行に並べ，試験体の表面に調製した胞子懸濁液 2ml をピペットで添加した。胞子懸濁液添加後，シャーレに蓋をして温度 26℃，湿度 75%に設定した恒温恒湿器内で 4 週間培養した。

3. 評価方法

4 週間培養後，試験体の菌糸の被覆状況について，実体顕微鏡を用いて観察した。すべての試験体について上面および側面の状況を観察し，規格に準拠した表-2 に示す 0～3 の 4 段階で評価した。評価値を算出後，式（1）により平均評価値を求め、式（2）により抑制値を求めた。抑制値は表-3 に示す性能基準により，抗かび性能 S または A となる抑制値 70%以上において抗かび効果があると評価した。

平均評価値＝ $(a_1+a_2+a_3+a_4+a_5+a_6)/6$ （1）

ここで，a_1，a_2，a_3，a_4，a_5，a_6：個々の試験体の評価値

抑制値 $(E) = (S_0-S)/S_0\times100$ （2）

ここで，S_0：スギ辺材試験片の 5 種類のかびに対する平均評価値の合計，S：ある試験片の 5 種類のかびに対する平均評価値の合計

表-2. 評価基準

評価値	菌体の発育状況
0	試験体にかびの発育が全く認められない
1	試験体の側面にのみかびの発育が認められる
2	試験体の上面の面積の1/3以下にかびの発育が認められる
3	試験体の上面の面積の1/3以上にかびの発育が認められる

表-3. 性能基準

抗かび性能	抑制値
S	100%
A	100%未満70%以上
B	70%未満

Ⅲ. 結果および考察

A. pullulans を接種して 4 週間培養した後の各種試験体上面の様子を写真-2 に示す。スギ辺

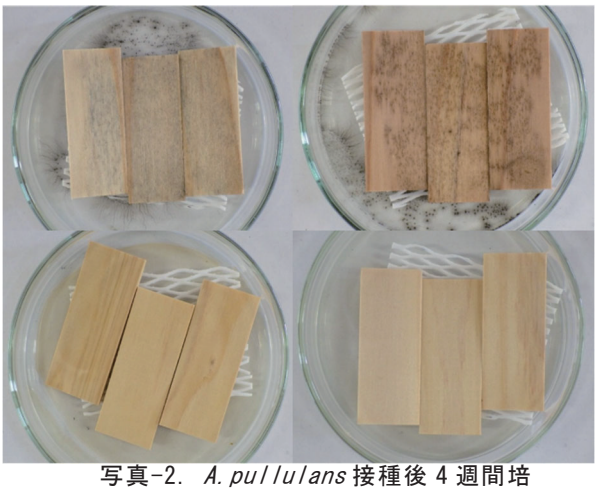


写真-2. *A. pullulans* 接種後 4 週間培養した試験体
左上：スギ辺材，右上：スギ心材
左下：マアテ心材，右下：クサアテ心材

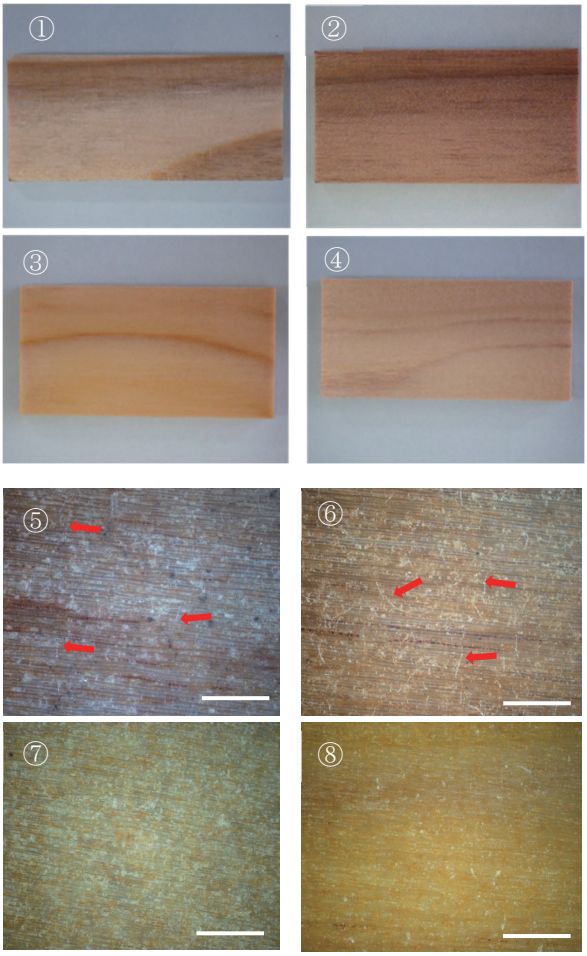


写真-3. *P. funiculosum* を接種して 4 週間培養後の試験体表面（①～④）および顕微鏡観察下の試験体上面（⑤～⑧）
実体顕微鏡（倍率 60 倍），図中の矢印は菌糸
バーは 1 ㎜を示す
①，⑤：スギ辺材，②，⑥：スギ心材
③，⑦：マアテ心材，④，⑧：クサアテ心材

材およびスギ心材は，マアテ心材およびクサアテ心材と比較すると菌糸の成長が明確に旺盛だった。写真-3 に *P. funiculosum* を接種して 4 週間培養後の試験体上面および実体顕微鏡を用いて試験体上面を観察した様子を示す。スギ辺材およびスギ心材では，顕微鏡観察により試験体上面全体に菌糸が成長している様子がはっきりと確認できた。また，5 種類のかびすべてについて，接種して 4 週間培養後の各種試験体上面の様子を写真-4 に示す。スギ辺材は 5 種類のかびすべてについて，試験体側面および上面の面積の 1/3 以上に菌糸の生育が確認され，表-2 の基準に従い評価値はすべて 3 となった。同様にその他の樹種についても，すべての試験体について顕微鏡で観察し評価値および抑制値を算出した（表-4，付表-1）。

スギ心材では，目視では菌糸の生育が確認できない試験体もあったが，顕微鏡を用いて観察すると *P. funiculosum* を除きほとんどの試験体で側面および上面に菌糸の生育が確認され，それらの評価値は 2 または 3 となった。また，抑制値を算出した結果 15.56%となり，若干の抑制効果は見られたものの，十分な抗かび効果があるとは言えない結果となった。

マアテ心材では，5 種類のかびに対し，すべての試験体について側面および上面に菌糸の生育は全く見られなかった。評価値はすべて 0 で抑制値は 100%となり，高い抗かび性能があるという結果が得られた。

クサアテ心材では，*P. funiculosum* について目視では菌糸の生育は確認できなかった。しかし，顕微鏡で観察すると試験体側面にわずかに菌糸の生育が確認されたため，表-2 の基準に従い評価値は 1 となった。その他の試験体については菌糸の生育は全く見られなかった。抑制値を算出した結果,98.89%という高い数値が得られ，抗かび性能があるという結果が得られた。

ここで、5 菌種および 3 樹種（スギ心材，マアテ心材，クサアテ心材）の各組み合わせにおける評価値を二元配置分散分析により比較した。菌種間での比較で、*P. funiculosum* が他の菌と有意差が見られたが（表-5）、スギ心材が

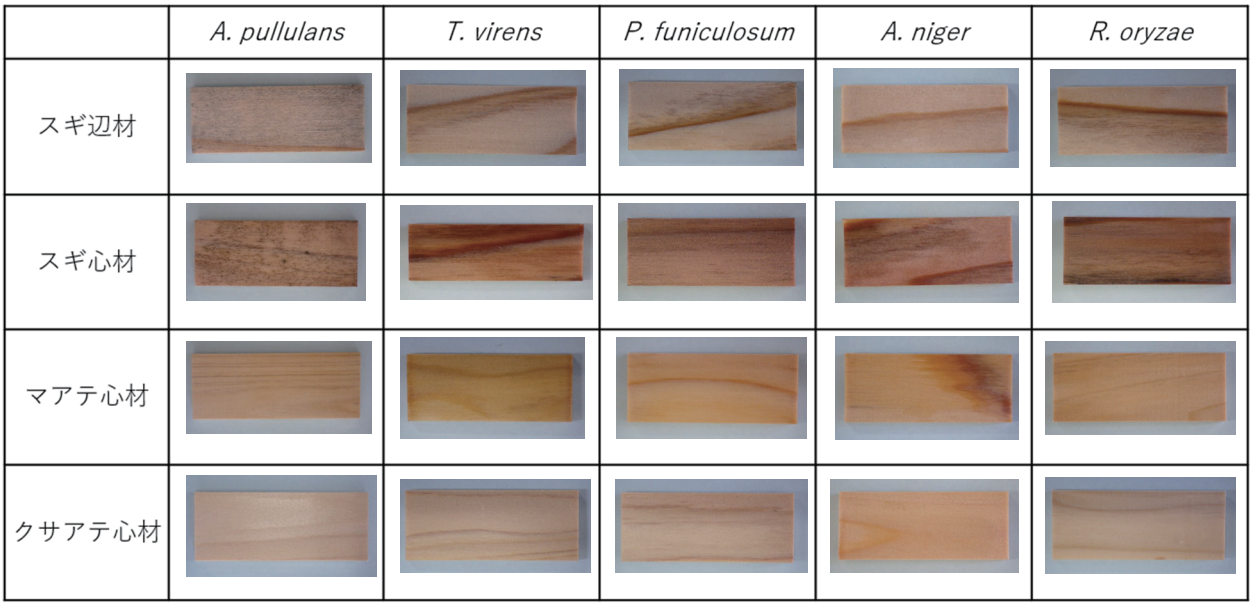


写真-4．4 週間培養後の試験体上面の様子

表-4．5 種類のかびに対する樹種ごとの平均評価値および抑制値（数値は小数第三位で四捨五入）

	A. pullulans	*T. virens*	*P. funiculosum*	*A. niger*	*R. oryzae*	S（合計）	E（抑制値%）
スギ辺材	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00	―
スギ心材	3.00	2.67	1.00	3.00	3.00	12.67	15.56
マアテ心材	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
クサアテ心材	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.17	98.89

表-5. 菌種間の検定結果

	A. pullulans	*T. virens*	*P. funiculosum*	*A. niger*	*R. oryzae*
A. pullulans		n.s	0.001 **	n.s	n.s
T. virens			0.008 **	n.s	n.s
P. funiculosum				0.001 **	0.001 **
A. niger					n.s
R. oryzae					

**は p<0.01，二元配置分散分析，Tukey 法

表-6. 樹種間の検定結果

	スギ心材	マアテ心材	クサアテ心材
スギ心材		0.000 **	0.000 **
マアテ心材			n.s
クサアテ心材			

**は p<0.01，二元配置分散分析，Tukey 法

P. funiculosum に対してやや抗かび性能を示した影響と考えられる。一方、マアテ心材およびクサアテ心材は 5 菌種すべてに対して高い抗かび性能を示し、樹種間の比較においてもスギ心材と有意差が確認された(表-6)。このことから、能登ヒバの心材に含まれる特有の成分がかびの生育を抑制する効果を持っていると考えられる。

Ⅳ. まとめ

能登ヒバ材の抗かび性能について明らかにするため，マアテ心材，クサアテ心材およびスギ心材について抗かび性能試験を実施した。その結果，スギ心材では *P. funiculosum* に対してはやや抑制効果が見られたものの，ほとんどの試験体で菌糸が生育しており十分な抗かび効果は認められなかった。一方で，マアテ心材は抑制値 100%，クサアテ心材は抑制値 98.89%という非常に高い値が得られたことから，能登ヒバは材そのものにおいても高い抗かび性能を有すると考えられる。

引用文献

1) 金子直太・大平辰朗・松井直之・谷田貝光克（1999)アテ 4 品種の抽出成分特性について. 平成 11 年度近畿中国森林管理局業務研究発表集録. 1-7

2) 石島早苗・丸山奈保・谷田貝光克（2023）日本固有種のヒバ（アスナロ）精油の成分と抗菌・抗真菌効果を含む薬理効果. Medical Mycology Research 14: 39-48

3) 鈴木修治・松元　浩（2024）アテ（能登ヒバ）の抗ウイルス性評価. 石川県農林水産研究成果集報 26. 18

4) 小亀桃子・松元　浩・石田洋二（2025）能登ヒバの抗菌・抗ウイルス性等の評価及び木質空間の快適性の評価. 石川県林業試験場業務報告 62. 13-14

5) (社)日本木材保存協会規格 JWPAS-MW（2011）木材用防かび剤の性能基準及びその試験方法

付表-1. 各試験体の側面のかびの生育状況および評価値

試験体	*A. pullulans*			*T. virens*			*P. funiculosum*			*A. niger*			*R. oryzae*		
	No.	側面*	評価値	No.	側面	評価値	No.	側面	評価値	No.	側面	評価値	No.	側面	評価値
スギ辺材	1	○	3	1	○	3	1	○	3	1	○	3	1	○	3
	2	○	3	2	○	3	2	○	3	2	○	3	2	○	3
	3	○	3	3	○	3	3	○	3	3	○	3	3	○	3
	4	○	3	4	○	3	4	○	3	4	○	3	4	○	3
	5	○	3	5	○	3	5	○	3	5	○	3	5	○	3
	6	○	3	6	○	3	6	○	3	6	○	3	6	○	3
スギ心材	1	○	3	1	○	3	1	-	0	1	○	3	1	○	3
	2	○	3	2	○	3	2	-	0	2	○	3	2	○	3
	3	○	3	3	○	3	3	-	0	3	○	3	3	○	3
	4	○	3	4	○	2	4	○	3	4	○	3	4	○	3
	5	○	3	5	○	2	5	○	3	5	○	3	5	○	3
	6	○	3	6	○	3	6	-	0	6	○	3	6	○	3
マアテ心材	1	-	0	1	-	0	1	-	0	1	-	0	1	-	0
	2	-	0	2	-	0	2	-	0	2	-	0	2	-	0
	3	-	0	3	-	0	3	-	0	3	-	0	3	-	0
	4	-	0	4	-	0	4	-	0	4	-	0	4	-	0
	5	-	0	5	-	0	5	-	0	5	-	0	5	-	0
	6	-	0	6	-	0	6	-	0	6	-	0	6	-	0
クサアテ心材	1	-	0	1	-	0	1	-	0	1	-	0	1	-	0
	2	-	0	2	-	0	2	-	0	2	-	0	2	-	0
	3	-	0	3	-	0	3	○	1	3	-	0	3	-	0
	4	-	0	4	-	0	4	-	0	4	-	0	4	-	0
	5	-	0	5	-	0	5	-	0	5	-	0	5	-	0
	6	-	0	6	-	0	6	-	0	6	-	0	6	-	0

*側面にかびの生育が確認された場合は○，生育が確認されなかった場合はーとした。

石川県林試研報 57：21-24
短報

抵抗性クロマツ採種園における種子生産量と枯損率の品種間比較

中神悠雅・八島武志・矢田　豊

Ⅰ．はじめに

マツ材線虫病は，マツノザイセンチュウ（*Bursaphelenchus xylophilus*（Steiner et Buhrer）Nickle）を病原体とするマツ類の伝染性病害であり（清原・徳重，1971），令和５年度の我が国における被害量は31.5万m³に達している（林野庁，2025）。本病は世界的にも重要な森林病害であり、これに対する対策の１つとして，マツノザイセンチュウに対して抵抗性を有するマツの育種が全国的に進められている（藤本ら，1989）。石川県では，抵抗性品種の作出とともに採種園を整備し，安定的な種子生産に取り組んできた。しかし，採種園において生育する抵抗性クロマツには，品種間で球果サイズや結実量にばらつきが認められ（図-1），採種量が安定しない場合がある（江崎，2025）。



左：丹後60号　右：鳥取７号



左：小松99号　右；村上２号

図-1．結実量及び球果サイズの品種間での差の例

また，近年採種園内でも少数ではあるが，枯損の発生を確認している。種子の供給を担う採種園において，効率的に採種が可能な個体・品種を選抜・維持し，安定的かつ効率的に抵抗性品種の種子供給を行うための管理体制を構築することが重要な課題のひとつである。

小松 99 号は県内で初めて抵抗性品種として認定された品種であり，他県の品種と比べて石川県内での生育に適していることが予想されるが，種子生産量や枯損率を総合的に評価した事例はなく、相対的な生産性および耐性の位置づけは十分に明らかとなっていない。

本報告では，採種園に生育している品種の種子生産量と枯損率の比較から各品種の特性を明らかにし，現状の採種園における種子生産量及び枯損率の基準を特定し，採種園管理に向けた新たな方針を提案する。

Ⅱ．材料と方法

石川県緑化センター（志賀町火打谷）の抵抗性クロマツ採種園（以後採種園）において調査以下の２項目を実施した。また，今回調査に用いた品種は 10 年生以上かつ生育本数が 10 本以上の 10 品種 230 本を対象に調査を行った。

1．種子生産量調査

2020 年から 2023 年 10 月～11 月に種子収穫のため球果を採集した（139.6 千個）。種子は採集した未開裂球果を乾燥後にヘラを用いて開き採種した。調査個体ごとに結実の有無，球果数，種子重量を記録した。解析は以下の通り実施した。

1）結実率

各品種において結実がみられた個体割合（以下結実率）を算出し，χ^2検定により，品種間での差の有無かを評価した。また，ペアごとにχ2 乗検定を実施し，多重比較には Holm 補正を適用した。

2）種子重量

種子重量を目的変数，年度と品種を説明変数とした GLM を実施し，年度，品種が種子生産量に影響しているか評価した。モデル選択には AIC を用い，最小 AIC のモデルを最適モデルとして採用した。品種ごとの比較として GLM により算出された統計値に Holm 補正を適用した。

3）球果当たり種子重量

種子重量を球果数で割り返した1球果当たりの推定種子重量（以下，球果当たり種子重量）を調査木ごとに算出し，Kruskal-Wallis 検定を行い品種による差があるかを評価した。また，多重比較にはDunn 検定を適用した。

2. 枯損率調査

初めて枯損の確認された2021年から2025年にかけて枯損クロマツの本数を調査した。また，20㎜径のインパクトビットを用いて枯損クロマツの樹体から木片を採種し，ベールマン法を用いてマツノザイセンチュウが存在するかを確認した。解析方法はクロマツ1本ごとに対し生存を0，枯損を1とする二値変数を割り当てた。この枯損の発生を目的変数とし，品種と年度を説明変数としたロジスティック回帰分析を実施した。なお，今回はデータの分離が確認されることからFirth 補正付きロジスティック回帰分析を用いた。

3. 統計解析

統計解析はR（ver.4.5.2）を用いて実施した。結実率の解析には χ^2検定を用い，ペアワイズ比較および多重比較補正にはHolm 法を適用した。種子重量の解析には過分散を考慮し，MASS パッケージの glm.nb 関数を用いた負の二項一般化線形モデルを適用した。球果当たり種子重量の多重比較にはDunn 検定を用いた。枯損率の解析にはlogistf パッケージを用いたFirth 補正付きロジスティック回帰分析を適用した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 種子生産量

結実率は品種による差が確認され(図-2），小松99号，鳥取13号，村上2号が結実率の最も高いグループに分けられた。一方で，久美浜 10号は他のどの品種よりも結実率が低いという結果が得られた。

種子重量は，品種間で種子生産量に有意な差が認められた(図-3)。解析の結果，種子生産量の多いグループと，少ないグループに分けられ，鳥取13号，丹後60号，小松99号は今回評価した品種の中でも種子生産量が多いグループだった。種子重量の変動は，品種と年度を説明変数とした相互作用モデルによって最も適切に説明された(表-1)。

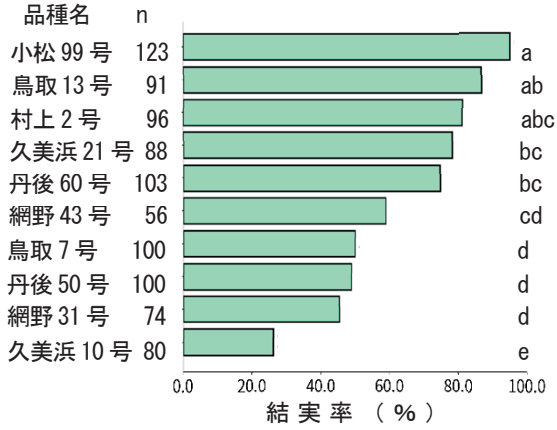


図-2. 品種別の結実率の違い

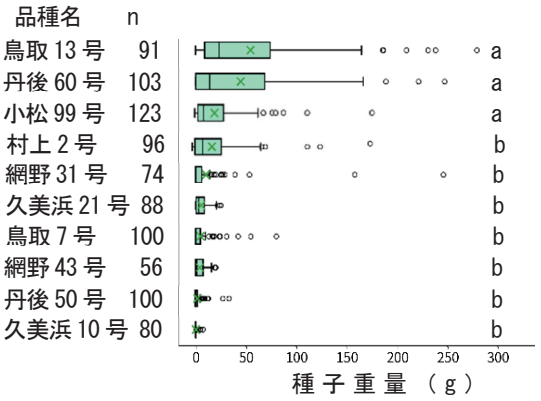


図-3. 品種別の種子重量の違い

表-1. 種子生産量 GLM 結果表

A. モデル選択（AIC）

モデル	説明変数	AIC	ΔAIC
m4	品種×年度（交互作用あり）	12166.25	0
m3	品種＋年度	12251.6	85.35
m1	品種	12335.7	169.45
m2	年度	12521.66	355.41
m0	切片のみ	12554.26	388.01

B. 交互作用検定（尤度比検定）

要因	自由度	LRT	p値
品種名×年度	27	149.51	<0.001

C. 交互作用モデルによる品種・年度別の推定種子重量

品種名	R2	R3	R4	R5	4年平均
鳥取13号	3030.4	1993.3	709	2906.3	2159.75
丹後60号	1412.5	2931.1	872.2	2968.7	2046.125
小松99号	1708.1	973.3	1260.5	1182.7	1281.15
村上2号	386.4	808.7	126.7	1498.8	705.15
網野31号	242.8	364.9	2.8	1425	508.875
久美浜21号	453	210.4	52.2	481	299.15
網野43号	334.7	298.4	85.3	461.4	294.95
丹後50号	199.8	52.6	46.2	833	282.9
鳥取7号	99.4	216.8	79.7	319.8	178.925
久美浜10号	7.6	22.4	86.5	198.2	78.675

続いて，種子重量を球果数で割り返した，1球果当たりの推定球果重量を解析したところ，品種間でばらつきがみられ，種子生産量上位グループの小松 99 号が最も値が小さいグループに割り振られた（図-4）。原因としては小松 99 号の球果サイズが小さく軽いことが考えられる。クロマツの球果サイズと種子数には正の相関があることが知られており（岩泉ら 2017），球果数の小さい小松 99 号からは球果当たりから得られる種子数自体が少ないことが推定される。小松 99 号の場合，種子数の少ない小型球果を大量につけることによって種子重量を増やしている。種子重量が安定的に多いことは，抵抗性マツの種子提供の安定化に不可欠な要素であるが，小型球果からの採種作業では，ヘラが鱗片の間に入りづらく，採種に時間と労力を要する。そのため，採種の難しい小型球果を大量に結実する小松 99 号は採種効率の観点から課題を有することが浮き彫りとなった。

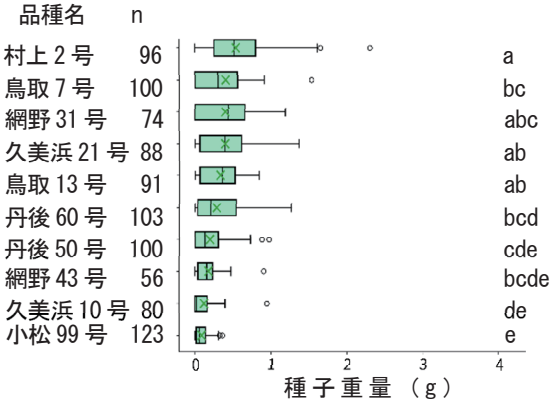


図-4. 品種別　球果当たり種子重量

2. 枯損率

調査期間中に 22 本の枯れを確認した。ベールマン法による枯損原因調査の結果，小松 99 号 1 本を除きすべての木でマツノザイセンチュウを確認した。鳥取 7 号は枯損率が 20%ととなり，すべての品種で最も高くなった。一方，丹後 50 号，網野 43 号は枯損率が 0%だった（表-2）。各品種がランダムに配置された条件下において，概観上は品種による枯損の偏りが示唆された。しかし，統計的解析の結果、品種間に有意な差は認められなかった（$p = 0.18$）。今回の解析では年の違いで有意な差が確認され，2025 年の枯損率が他の年と比較して有意に高くなっていた。これは，2025 年の渇水ストレスが例年よりも著しく，マツノザイセンチュウの増殖と複合的に作用して樹体への負荷を増大させたことが一因と推察される。

各品種の，生存率と平均種子重量の関係を，図-5 に示す。抵抗性クロマツ採種園では鳥取 13 号の採種重量が最も高く，枯損も 4.3%と比較的低い結果が得られ，本採種園の環境では優れた樹種であることが分かった。次点で丹後 60 号は，枯損率は 15.4%あるものの，種子生産量は鳥取 13 号に次いで高く，安定的な種子提供が期待できるポテンシャルがあることが分かった。鳥取 7 号は今回の調査では最も枯損率が高く，加えて種子生産量も少なく，採種園の環境では課題が残る結果となった。久美浜 10 号の損率は 10%と比較的低めであるが，種子生産量，球果当たり種子重量が低く種子の安定供給には適していないことが示唆された。

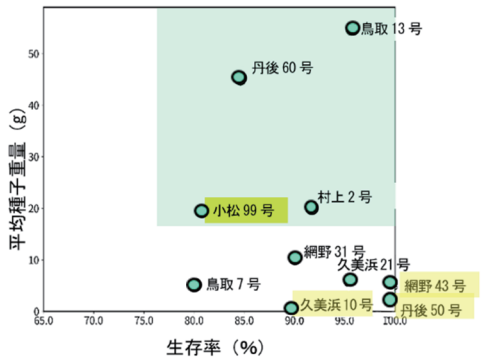


図-5. 種子生産量と枯損率を統合的に示した散布図
緑範囲：多重比較の結果特に優れている範囲
黄色マーカー：球果当たり　種子重量が軽いもの

表-2. 枯損率のロジスティック回帰分析結果表

品種名	N	枯損数	枯損率(%)	オッズ比(vs小松99号)	95%CI	Holm補正p値	判定
小松99号	31	6	19.4	1 (基準)	-	-	-
鳥取7号	25	5	20	1.05	0.28–3.80	1	n.s.
丹後60号	26	4	15.4	0.78	0.19–2.94	1	n.s.
久美浜10号	20	2	10	0.53	0.09–2.36	1	n.s.
網野31号	20	2	10	0.53	0.09–2.36	1	n.s.
村上2号	24	2	8.3	0.44	0.07–1.91	1	n.s.
久美浜21号	22	1	4.5	0.27	0.03–1.45	0.844	n.s.
鳥取13号	23	1	4.3	0.26	0.03–1.38	0.844	n.s.
丹後50号	25	0	0	0.08	0.00–0.71	0.173	n.s.
網野43号	14	0	0	0.14	0.00–1.29	0.72	n.s.

小松 99 号が県内初の抵抗性マツで種子生産量は鳥取 13 号，丹後 60 号についで高い結果が得られたが，枯損率が 19.4%とやや高かった。加えて，種子数の少ない小さな球果を多数つける傾向が見られ，採種効率が低いことが懸念される品種であることが分かった。

現在採種園のクロマツが成長し，日光の通りが悪くなってきており，今後は種子生産量が多く，枯れにくい鳥取 13 号や丹後 60 号をはじめとした優れた種の維持管理に注力するべきである。より優れた抵抗性マツ種子供給のために，県内環境ではあまり優れた結果を残せなかった種を中心に定性間伐を行い，適切な品種の維持管理に努めていく。また，今回は母数が少ないことから除外した志賀 396 号は，現時点で採集状況を見る限り，種子重量が多いことが期待される。また，抵抗性クロマツ第 2 採種園として，小松 99 号以外に 9 品種の石川県産抵抗性クロマツを植栽した採種園を造成しており，今後の県産品種が鳥取 13 号などの優れた県外産品種に匹敵する種子生産性，低い枯損率を示すことを期待する。

謝辞

石川県農林総合研究センター林業試験場副場長の江崎功二郎博士には，調査手法の選定や解析方針の策定など，本研究の全般にわたり多大なる助言をいただいた中村麻里子氏をはじめ事務員の方々には長期にわたり調査にご協力いただいた。厚く御礼申し上げる。

引用文献

1）岩泉正和・井城泰一・平尾知士・山野邉太郎・磯田圭哉・松永孝治・渡辺敦史（2017）全国有名クロマツ林から採取した球果と種子の形質変異．第 128 年日本森林学会

2）江崎功二郎（2025）抵抗性クロマツの有用な林業樹種の生産体制の強化．第 62 号石川県農林総合研究センター林業試験場業務報告

3）清原友也・徳重陽山（1971）マツ成立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* sp.の接種試験．日本林学会誌 53：210-218.

4）林野庁（2025）令和 6 年度森林及び林業の動向令和 7 年度森林及び林業施策.林野庁，東京.

5）藤本吉幸・戸田忠雄・西村慶二・山手廣太・冬野劭一(1989)マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業―技術開発と事業実施 10 か年の成果― .第 7 号林木育種場研究報告

石川県林試研報 57：25-26
短報

石川県のシイタケ栽培におけるクヌギ原木の利用について

八島武志・小谷二郎

要旨：石川県奥能登地域でのシイタケ原木生産において，供給不安とコスト増の要因となっている原木生産作業の負担軽減に資する目的で，クヌギ原木の利用可能性を検証した。2024 及び 2025 年度に能登町で菌興 115 号を用いた比較栽培を行い，クヌギとコナラの収量・品質を評価した。その結果，クヌギ原木はコナラと同等の発生数でより重い子実体を生産し，のとてまり規格品割合も高かった。伐採後の早期植菌・本伏せにより，夏季の衰弱や害菌被害の影響を受けにくい可能性が示唆された。

キーワード：クヌギ，原木栽培，コナラ，シイタケ

Ⅰ．はじめに

石川県の奥能登地域で菌興 115 号を用いて生産される原木生シイタケは「のとてまり」，「のと 115」のブランド名で出荷されている。

「のと 115」の生産量が増加する中，シイタケ生産に用いられるコナラ原木の価格が上昇傾向にあり，生産者の栽培経営を圧迫している。原因として，伐採に適したコナラ林の減少や原木生産における伐採作業員の減少が挙げられる。

シイタケ原木の安定供給を行うために，原木の生産コストや育林コストの低減によるクヌギ林の循環利用が推進されているが，クヌギ原木は暑さに弱く，夏の管理が難しいことが知られている[1)]。また，充分な葉枯らしが必要なことがこれまでの研究からわかっている[2,3)]。そこで本研究では石川県におけるクヌギ原木のシイタケ栽培への利用について検証した。

Ⅱ．調査地の概要および調査方法

試験栽培は，石川県鳳珠郡能登町に位置する石川県農林総合研究センター能登駐在において 2024 年度，2025 年度に実施した。

2024 年度は石川県内の木炭生産者からクヌギ原木（直径 94～134 mm，平均値 113.4 ± 10.2 mm，中央値 114 mm，長さ約 90cm）を 2024 年 3 月に 40 本購入した。原木には 1 本ごとにラベルを打ち，菌興 115 号の形成菌を 2024 年 4 月上旬に植菌した。植菌は 5-4 の千鳥打ちとし，列の間隔は 3～4cm とした。植菌後は能登駐在の広葉樹林内にて棒積みで仮伏せし，5 月上旬に同じ林内で井桁状に本伏せした。その後 12 月中旬にビニールハウスへ搬入し，2025 年 4 月まで子実体の収穫を行った。対照としてコナラ原木 460 本（直径 75～127 mm，平均値 96.9 ± 10.2 mm，中央値 97 mm，長さ約 90cm）を設定し，クヌギと同様に栽培した。

2025 年度の試験実施にあたっては，2024 年 12 月に石川県小松市内のクヌギを伐採・玉切りし，50 本の原木を用意した。原木には 1 本ごとにラベルを打った。このうち 26 本（直径 44～180 mm，平均値 95.2 ± 34.7 mm，中央値 92.5 mm，長さ 90cm）は 12 月中旬に植菌し棒積みで仮伏せし全体をブルーシートで被覆したのち，4 月上旬に本伏せを行った。残りの 24 本（直径 45～142 mm，平均値 91.9 ± 29.0 mm，中央値 91.5 mm，長さ 90cm）は 2025 年 4 月上旬に植菌し，棒積みで仮伏せし全体をブルーシートで被覆し，5 月中旬に本伏せを行った。対照としてコナラ原木 450 本（直径 72～136 mm，平均値 98.9 ± 13.6 mm，中央値 99 mm，長さ約 90cm）を対照として設定し，2025 年 4 月上旬に植菌し，棒積みで仮伏せし全体をブルーシートで被覆し，5 月中旬に本伏せを行った。その後 12 月上旬にビニールハウスへ搬入し，2026 年 4 月まで子実体の収穫を行った。

発生した子実体の個数，生重量，のとてまり規格品の個数を原木ごとに測定した。

Ⅲ．結果

2024 年度植菌原木の栽培試験結果を表-1 に示す。2024 年度は，クヌギ原木が 1 本あたりに換算した収穫個数が 13.8 個，生重量が 395.6g，のとてまり規格品が 0.7 個であった。コナラ原木は 1 本あたりに換算した収穫個数が 13.7 個，生重量が 221.9g，のとてまり規格品が 0.1 個であった。一元配置分散分析（$p < 0.05$）の結果，生重量とのとてまり規格品の個数について有意差が見られた。

植菌 2 年目の 2025 年度はクヌギ原木が 1 本あた

Yashima T, Kodani J (2026) Cultivation of shiitake mushrooms with *Quercus acutissima* logs in Ishikawa Prefecture.

りに換算した収穫個数が 5.5 個，生重量が 302.5g，のとてまり規格品が 0.4 個であった。コナラ原木は 1 本あたりに換算した収穫個数が 2.3 個，生重量が 80.8g，のとてまり規格品が 0.1 個であった。一元配置分散分析（$p < 0.05$）の結果，すべてにおいて有意差が見られた。

2025 年度植菌原木の栽培試験結果を表-2 に示す。クヌギ原木のうち，12 月に植菌したものは 1 本あたりに換算した収穫個数が 7.2 個，生重量が 281.4g，のとてまり規格品が 0.4 個であった。4 月に植菌したものは 1 本あたりに換算した収穫個数が 4.5 個，生重量が 162.3g，のとてまり規格品が 0.2 個であった。コナラ原木は 1 本あたりに換算した収穫個数が 6.6 個，生重量が 240.1g，のとてまり規格品が 0.4 個であった。

一元配置分散分析の結果、生重量には有意な差が認められた（$F(2,497)=6.34$，$p=0.0019$）。Tukey の多重比較により、4 月植菌は 12 月植菌およびコナラよりも有意に軽いことが示された。一方、12 月植菌とコナラの間には有意差は認められなかった。

Ⅳ．考察

本研究の結果から，クヌギ原木はコナラ原木と比較して，同程度の個数で生重量の大きいシイタケ，すなわち大きい子実体が収穫できることが示唆された。植菌および本伏せを早めに行うことで暑さによる衰弱や害菌による被害を抑えることが収穫量の増加につながったと考えられる。クヌギの方が発生量が多いとされているが[4]，これを支持する結果となった。

アベマキを用いた先行研究では葉枯らしをしないと，シイタケ菌が辺材外部にしか伸長しない（うわほだ）とされている[5]。

本研究においても 12 月植菌の原木で，4 か月経過時点ではうわほだの傾向が見られたが，その後問題なくほだ化したことから，伐採後速やかに玉切り，植菌を行っても伏せ込み管理を適切に行うことでほだ化が進行することが示された。

本研究では種駒ではなく形成菌を用いたために，菌糸の伸長成長が進んだ可能性があること，および近年春先から夏にかけて気温が高く，ほだ木の乾燥が進み菌糸の成長に影響を与えた可能性が考えられるが，今後の課題である。

引用文献

1）福井陸夫・石川洋一・大橋洋二・杉本恵里子・片庭将道（2014）西日本産クヌギ原木を使用した，東日本での原木しいたけ栽培指針．日本特用林産振興会

2）本田耕吉（1981）シイタケ原木としてのコナラ・クヌギの水分挙動について．鳥取大学農学部演習林報告 13：49-57

3）岸本　潤・本田耕吉・古川郁夫・作野友康(1984) シイタケ菌の生育とほだ木水分条件との関係．鳥大農研報 36：43-53

4）岸本　潤・古川郁夫・作野友康(1985) コナラ，クヌギほだ木におけるシイタケ発生の比較．広葉樹研究 3：121-131

5）田嶋幸一・久林高市・副山浩幸・岩崎充則・堀口竜男・銭坪司剛・溝口哲生(2011) アベマキでのシイタケ栽培試験―成形駒での発生特性―．長崎農林技セ研報 2：47-62

表-1 2024年度植菌原木栽培試験結果

収穫年	樹種	原木1本あたり換算値 個数	生重量	のとてまり規格品個数	実測値 個数	生重量	のとてまり規格品個数	供試本数
2024	クヌギ	13.8	395.6 [a]	0.7 [a]	551	15,823.5	26.0	40
	コナラ	13.7	221.9 [b]	0.1 [b]	6,283	102,069.5	43.0	460
2025	クヌギ	5.5 [a]	302.5 [a]	0.4 [a]	219	12,100.5	17.0	40
	コナラ	2.3 [b]	80.8 [b]	0.1 [b]	1,050	37,186.0	42.0	460

＊数字に添えられたアルファベットは一元配置分散分析（$p < 0.05$）により有意な差が見られたことを示す。

表-2 2025年度植菌原木栽培試験結果

樹種	植菌時期	原木1本あたり換算値 個数（個）	生重量（g）	のとてまり規格品個数（個）	実測値 個数（個）	生重量（g）	のとてまり規格品個数（個）	供試本数
クヌギ	12月植菌	7.2	281.4 [a]	0.4	188.0	7,315.0	10.0	26
	4月植菌	4.5	162.3 [b]	0.2	109.0	3,894.5	5.0	24
コナラ	4月植菌	6.6	240.1 [a]	0.4	2,989.0	108,021.0	178.0	450

＊数字に添えられたアルファベットは一元配置分散分析（$p < 0.05$）、TukeyHSD（$p < 0.05$）により有意な差が見られたことを示す。

石川県林試研報 57：27-32
資料

石川県手取川流域における冬期の森林内外の気象・積雪特性

藤井秀人*・藤原洋一**・高瀬恵次**・伊藤優子***・小倉　晃****

要旨：日本海側の河川流域では豊富な融雪水を農業用水に利用しているが，温暖化の進行により融雪の早期化や積雪量の減少が懸念される。本研究では多雪地帯の森林の気象緩和機能と温暖化の影響を評価するための基礎知見を得るため，石川県手取川流域で3冬期（2022/23～2024/25）に森林内と森林外で気象・積雪の観測を行った。その結果，1）林内では風速と日射の低減効果が大きく，風速は林外の約21～24%に低減され，日射量は3冬期とも林内は林外の約11%に低減された。2）最大積雪深の3冬期の平均は林外が110cm，林内は63cmで林内は林外の57%であった。3）2023～2025冬期の3年間の積雪減少速度は，林外2.8cm/d，林内1.9cm/d，林内は林外の約68%，消雪日は林内が約1日早かった。

キーワード：気象観測，積雪観測，多雪地帯，手取川流域，スギ人工林

Ⅰ．はじめに

温暖化による気候変動により，北陸地方では積雪量や融雪時期の変化が生じており，代かき期の農業用水の多くを融雪水に依存する石川県・手取川流域下流への影響が懸念されている（能登ら2011）。しかし，温暖化の影響を評価するための森林内の気象，積雪量，融雪時期などの基礎的な知見は必ずしも十分ではない。そこで本研究では，2022/23年～2024/25年の3冬期に森林内と森林外で気象・積雪の観測を行い，風速，日射，積雪深などの気象要素の違いを分析することで，温暖化が顕在化する日本海側の多雪地域において，森林が気象要素や積雪に及ぼす影響を検討するための基礎資料を得ることを目的とする。

Ⅱ．研究方法

手取川右岸の山地部に位置する石川県農林総合研究センター林業試験場の気象観測露場（林外）と隣接する森林内で2022/23年冬期（以下2023冬期）～2024/25年冬期（以下2025冬期）の3冬期における気象要素および積雪深の観測を行い，森林内外の気象特性の違いを分析した。さらに，長期の積雪観測のあるアメダス白山河内の45冬期の最大積雪深から，3冬期の積雪量の順位づけを行った。

1．研究対象地の概要

研究対象地は白山市三宮町にある石川県農林総合研究センター林業試験場である。同試験場を対象とした研究成果は，高瀬ら（2016），Fujihara et al.（2017），平田ら（2021），Hirata et al.（2021），藤原ら（2022），藤井ら（2024）などが報告している。同試験場の苗畑内にある気象観測露場（東経136° 39′，北緯36° 25′）を林外観測点，隣接する森林内を林内観測点とし，気象観測機器を設置して冬期の気象，積雪深の観測を行った。森林は樹齢約70年のスギ人工林，平均樹高28.1m，樹冠開空度は27.3%である。両観測点は約100m離れている。露場の標高は217m，傾斜角は5度，傾斜方位は南西である。観測機を設置した林内の標高は228m，傾斜角と傾斜方位はそれぞれ11度，南西である（図-1）。

2．観測項目と観測機器

観測項目と観測機器は藤井ら（2024）と同じである。露場では，日射，放射収支，日照時間，風速・風向，気温，湿度，地中熱フラックス，地温，降水量，積雪深を観測し，林内では日射，風速，

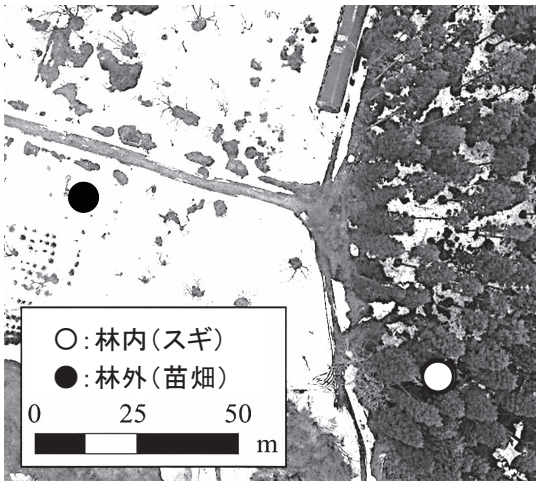


図-1．林内と林外の観測点の位置

*山形大学農学部　**石川県立大学生物資源環境学部　***森林総合研究所　****石川県石川農林総合事務所森林部

気温，湿度，地温，積雪深を観測した。

3. 風速

1）露場風速の高度補正

露場風速は観測高さ 10.0m のため，林内風速計の観測高さ 2.85m に高度補正する。補正は以下の対数式（例えば，近藤 2000）を用いる。

$$U_1=U_2\cdot\ln(Z_1/Z_0)/\ln(Z_2/Z_0) \quad (1)$$

ここで，U_1 (m/s)：観測高さ Z_1 の風速，U_2 (m/s)：観測高さ Z_2 の風速，Z_0 (m)：地表面粗度，Z_1=2.85m，Z_2=10.0m である。

地表面粗度 Z_0 は，積雪がない場合，露場（苗畑）が森林から距離が近く周辺に樹木が多いため森林と草地の中間値の 0.2m（近藤 1994）とし，積雪がある場合は Hirata et al.(2021)と同じ 0.005m とした。

2）林内平均風速の推定

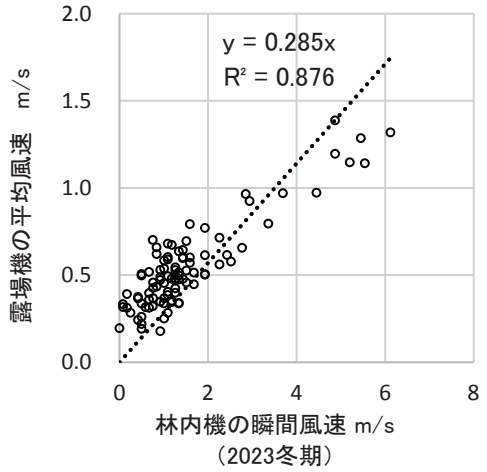
林内風速計の分解能（0.5m/s）の特性から平均風速（１時間平均）はほとんどゼロになるため，林内瞬間風速（１時間の最大瞬間風速）の観測値から林内平均風速を推定する（藤井ら 2024）。このため冬期ごとに林内風速計（林内機）を露場に設置，露場の風速計（露場機）と同時観測し，両観測値の関係から一次回帰式（$y=\alpha x$）を求め，林内平均風速を推定する。y は露場機の平均風速，x は林内機の瞬間風速，α は回帰係数である。

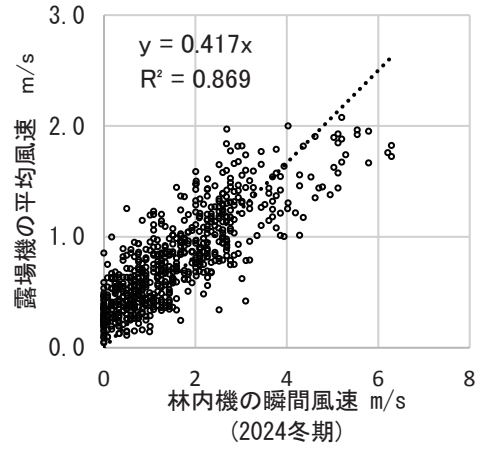
4. 最大積雪深と積雪減少速度

3 冬期の最大積雪深，積雪減少速度と消雪日について林外と林内の比較を行った。積雪減少速度(cm/d)は冬期ごとに顕著なピーク積雪日を選び，ピーク積雪日と次の顕著なピークまでの最低積雪日の積雪深の差から計算した。なお，2023 冬期は 12/23～1/23 と 1/30～3/6，2024 冬期は 12/23～1/19 と 1/26～2/15，2025 冬期は 1/10～1/28 と 2/24～3/27 の期間を使用した。

5. 観測した 3 冬期の積雪量の順位づけ

観測した 3 冬期の積雪量の順位づけには試験地露場の積雪深から求めるのが望ましいが，露場の観測値は欠測が多いため試験地に近く長期間の観測値のあるアメダス白山河内（緯度 N36° 23.8′，経度 E136° 37.2′，標高 136m）の 45 冬期の積雪深を分析した。なお，白山河内は 2014 年 12 月に白山吉野（緯度 N36° 21.7′，経度 E136° 36.8′，標高 180m）から約 2km 北東に移動している。また白山吉野は 2005 年 2 月に鳥越から白山吉野に名称変更されたが場所は移動していない。





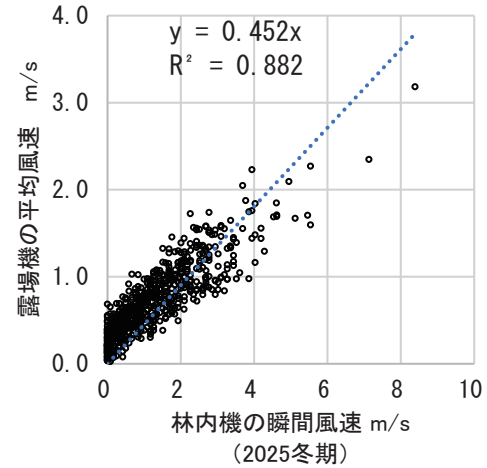


図-2. 各冬期の校正期間の林内風速計瞬間風速と露場風速計平均風速の関係（１時間単位）

Ⅲ. 結果と考察

１. 森林内外の風速の比較

1)露場風速の高度補正

高度 10.0m から 2.85m に補正した風速減衰率は

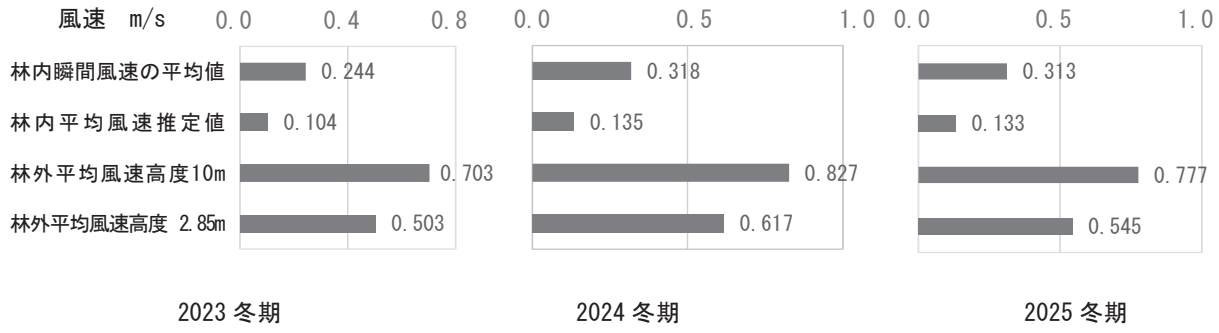


図-3. 各冬期の林内と林外の冬期平均風速の比較

表-1. 林内と林外の気象観測値の比較

項目	気温 ℃		湿度 %		地温 ℃		日射量 MJ/m²		放射収支 MJ/m²	日照時間 h	降水量（計） mm	積雪深（平均） cm	
場 所	林外	林内	林外	林内	林外	林内	林外	林内	林外	林外	林外	林外	林内
2023 冬期	3.41	2.88	82.7	87.6	1.77	2.13	7.32	0.85	1.01	2.77	792	36.2	15.3
2024 冬期	3.54	2.94	83.8	88.4	2.29	2.37	6.57	0.75	0.89	2.28	977	11.8	6.5
2025 冬期	2.11	1.70	87.7	91.3	0.39	0.59	6.33	0.68	−1.18	2.18	1209	71.0	35.9

林内の観測期間は 2023 冬期が 12/17～3/29，2024 冬期は 12/14～3/19，2025 冬期は 12/10～4/2 と年により異なるため本表では重複する期間（12/17～3/19）の平均で 3 冬期の特性を比較している。
降水量以外は観測期間の平均値を示す。

表-2. 林内と林外の積雪深，積雪減少速度と消雪日の比較

観測年	2023 冬期			2024 冬期			2025 冬期			3冬期平均		
場 所	林外	林内	林内/林外	林外	林内	林内/林外	林外	林内	林内/林外	林外	林内	林内/林外
最大積雪深 cm	93	46	49.5%	75	46	61.3%	161	97	60.2%	110	63	57.0%
積雪減少速度 cm/d	2.6	1.7	66.0%	2.4	1.7	73.4%	3.4	2.2	64.2%	2.8	1.9	67.9%
消雪日	3/6	3/4	林内と林外の差 −2 日	2/15	2/14	林内と林外の差 −1 日	3/26	3/27	林内と林外の差 +1 日	3/7	3/6	林内と林外の差 −0.7 日

消雪日の林内と林外の差は，林内が早い場合マイナス，遅い場合プラスで示す

積雪有の場合 0.835，積雪なしの場合 0.679 となった。

2) 林内平均風速の推定

2023 冬期は同時観測期間（校正期間）が 12/8～12/12 の 4 日間と短く回帰係数は 0.285 であった（図-2）。2024 冬期は同時観測期間を 11/16～12/14(28 日間)と長くした結果,回帰係数は 0.417 と 2023 冬期よりかなり大きくなった。3 年目の 2025 冬期は同時観測期間を 11/14～12/10(26 日間)としたが，回帰係数は 0.452 となり，2024 冬期と近い値となった。以下では 3 冬期の全校正期間 58 日間のデータから求めた回帰係数 0.424 を

使用して林内の平均風速を推定した。

図-3 に冬期ごとに平均した林外の平均風速（高度 10.0m と 2.85m），林内の瞬間風速および前述した回帰式で計算した林内の平均風速推定値を示す。各冬期の林内と林外の平均風速比（林内/林外）は 2023 冬期が 0.207，2024 冬期は 0.219，2025 冬期は0.244となった。太田(1992)は種々の森林の観測から森林外に対する森林内の各気象要素の概略値を示しており，森林内の風速は森林外の 0.1～0.4 としている。今回の結果は 0.21～0.24 で 3 冬期ともにその範囲内であった。

2. 気温・湿度・地温

観測項目の林内と林外の比較を冬期ごとに表-1 に示す。林内の観測期間は冬期ごとに異なるため，表-1 では重複する期間（12/17～3/19）の平均で 3 冬期の気象特性を比較している。林内気温は 3 冬期ともに林外気温より 0.4～0.6℃程度低い。湿度は冬期順に林外が 82.7%，83.8%，87.7%，林内が 87.6%，88.4%，91.3%となり，3 冬期ともに林内が 3.6～4.9 ポイント高い。地温については，3 冬期ともに林内が 0.1～0.4℃程度高い。

2025 冬期は積雪期間が長く消雪日は 3 月下旬と遅く，地温だけでなく気温も他の 2 冬期に較べ低い。

3. 日射量

林内と林外の日射量（短波放射）の変動を図-4 に示す。重複観測期間の平均日射量(表-1)は 2023 冬期の林外 7.32MJ/m^2,林内は 0.85MJ/m^2 となり林内は林外の 11.6%，2024 冬期は林外 6.57MJ/m^2,林内 0.75MJ/m^2 で林内は林外の 11.4%，2025 冬期も林外が 6.33MJ/m^2，林内が 0.68 MJ/m^2 で林内は林外の 10.7%となった。3 冬期平均で林内日射量は林外の 11.3%に大きく低減されている。この値は太田(1992)が示した常緑樹林の 0.1～0.4 の範囲の下限に近い値で，成長したスギ林の日射低減効果が大きいことがわかる。

4. 日照時間，放射収支，降水量

日照時間，放射収支，降水量は林内観測をしていないため林外と林内の比較はできないが,それぞれの各冬期の平均値を日射量との関係で見ると日照時間と放射収支は日射量と似た傾向を示し，2023 冬期が最大，2025 冬期が最小となった。日照時間と放射収支の日射量との相関係数は 0.997，0.722 であった。一方降水量は日射量との逆相関が認められ相関係数は-0.938 であった。

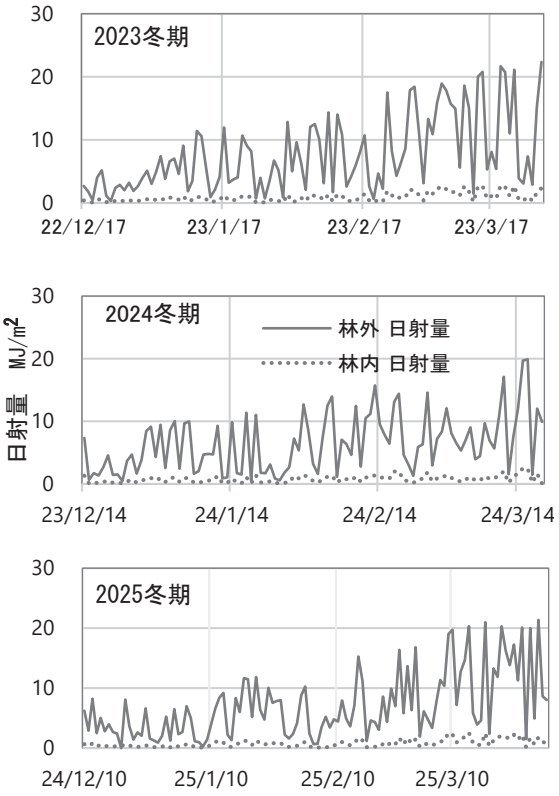


図-4. 林内と林外の日射量の比較

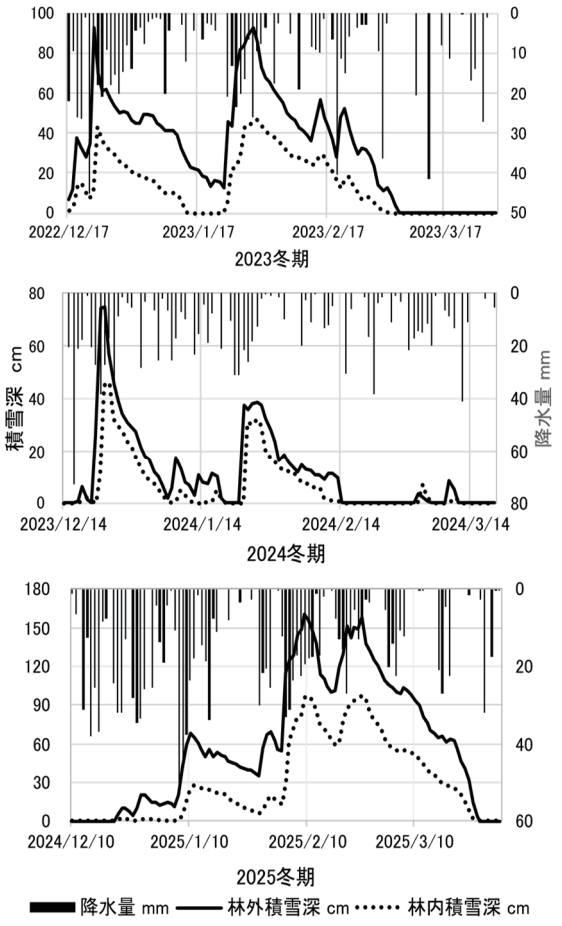


図-5. 積雪深と降水量

5. 最大積雪深と積雪減少速度

各冬期の林内と林外の積雪深と林外の降水量を図-5 に示す。表-2 に各冬期の林内と林外の最大積雪深と積雪減少速度および消雪日を示す。

最大積雪深は 2023 冬期から順に林外が 93cm, 75cm, 161cm, 林内はそれぞれ 46cm, 46cm, 97cm で 3 冬期の平均は林外が 110cm, 林内は 63cm で林内は林外の 57%であった。

3 冬期の積雪減少速度は, 林外が 2.4～3.4cm/d（平均 2.8), 林内は 1.7～2.2 cm/d（平均 1.9）で林内の積雪深減少速度は林外の約 68%であった。林内と林外の消雪日の差は-2～+1 日であった。つまり, 林内は林外に較べ最大積雪深と積雪減少速度は小さく, 消雪日は林内が約 1 日早い。

図-6 に試験地露場と白山河内の 3 冬期の 12 月～3 月の月最大積雪深の関係を示す。露場の標高は 217m で白山河内の 136m より 81m 高いため積雪深は露場の方が高いことが多いが, 両者の相関は十分高く, 白山河内（鳥越, 白山吉野を含む）の観測値は露場の年最大積雪深の順位把握に利用可能と判断した。

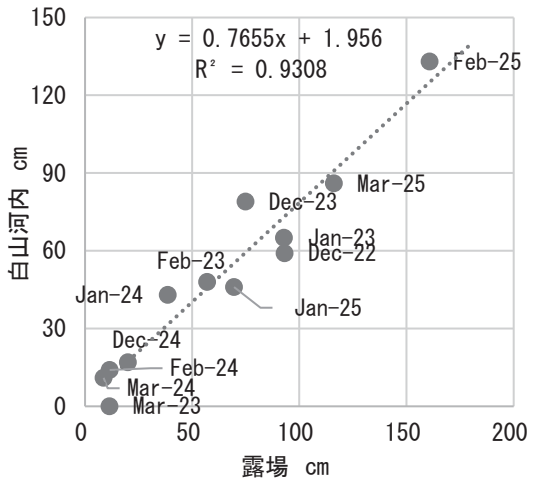


図-6. 露場と白山河内の冬期（12 月～3 月）の月最大積雪深の関係（2023～2025 冬期）

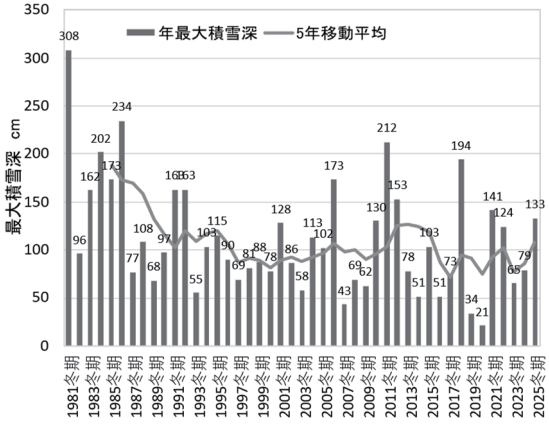


図-7. 白山河内における年最大積雪深の変動（1981～2025 冬期）

白山河内の信頼性の高い積雪データが得られた 1981～2025 冬期の最大積雪深の変動と 5 年移動平均を示す（図-7)。白山河内の冬期最大積雪深は最大が 1981 冬期の 308cm, 最小が 2020 冬期の 21cm, 45 年間の平均値は 109cm である。なお, 1981 年（昭和 56 年）は石川県で 56 豪雪と呼ばれる記録的な豪雪年である。白山河内の 45 冬期の年最大積雪深を降順に並べ, 試験地露場も同じ順位と仮定すると, 本研究で分析した 3 冬期の最大積雪深の降順順位とパーセントタイルは, 2023 冬期が 37 位（上位 82%), 2024 冬期は 29 位（上位 64%), 2025 冬期が 13 位（上位 29%）となり, それぞれ少雪年, 平年並み, やや多雪年と言える。

IV. まとめ

多雪地帯の森林の気象緩和機能と温暖化の影響評価に必要な基礎資料を得るため, 2023～2025 冬期に石川県林業試験場の気象観測露場（苗畑）と隣接するスギ林内で気象要素および積雪の観測を行い以下の知見を得た。

① 十分成長した人工スギ林内では風速と日射の低減効果が大きく, 風速は林外の 21～24%に低減され, 日射量は 3 冬期とも林内は林外の約 11%に低減された。

② 最大積雪深の 3 冬期の平均は林外が 110cm, 林内は 63cm で林内は林外の 57%であった。

③ 2023～2025 冬期の積雪減少速度は平均すると林外が 2.8cm/d, 林内が 1.9cm/d となり林内は林外の約 68%であった。また消雪日は林内が約 1 日早かった。

④ 試験地に近いアメダス白山河内（鳥越・白山吉野を含む）の 1981～2025 年冬期の最大積雪深の分析から 3 冬期の順位づけをした結果, 観測した 3 冬期は多雪年から少雪年まで含まれていた。

なお, 本研究は, 基盤研究 B（22H02394）「北陸特有の融雪パターンと越境大気汚染が森林流域の水・物質動態に及ぼす影響の解明」と石川県からの受託研究「水土保全機能調査」の助成を受けた。

また，現地観測の際は，石川県の安川功司さんにご協力を頂いた。記して感謝の意を表す。

引用文献

藤井秀人・藤原洋一・高瀬恵次・伊藤優子・小倉晃（2024）森林内外における2022/2023年冬期の気象観測．石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告　55：11-15

Fujihara Y, Takase K, Chono S, Ichion E, Ogura A, and Tanaka K (2017) Influence of topography and forest characteristics on snow distributions in a forested catchment, Journal of Hydrology. 546: 289-298

藤原洋一・川田秋雅・平田智道・高瀬恵次（2022）温暖多雪地帯におけるスギ林の樹冠通過降水量の評価．石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告　53：9-12

平田智道・藤原洋一・高瀬恵次・一恩英二・長野峻介（2021）森林内外の消雪日の差の地域特性：メタ解析による検討．水文・水資源学会誌 34(1)：54-68

Hirata T, Fujihara Y, Takase K, Ichion E, and Chono S (2021) Snow accumulation and melt in open and forest areas in a snowy temperate region of Japan, Journal of Rainwater Catchment Systems. 26(2): 27-33

近藤純正（編著）(1994) 水環境の気象学－地表面の水収支・熱収支．朝倉書店．101

近藤純正（2000）地表面に近い大気の科学－理解と応用．東京大学出版会．106

能登史和・丸山利輔・早瀬吉雄・瀧本祐士・中村公人（2011）手取川流域における積雪水資源量の長期間分析と地球温暖化による影響予測．農土論集　274：1-7

太田岳史(1992)森林水文学.(山地における積雪，融雪と流出．文永堂出版)．207

高瀬恵次・小倉　晃・藤原洋一・丸山利輔（2016）積雪深の再現を目的としたモデルの構築と検証．水文・水資源学会誌　29(2)：107-115

BULLETIN

OF THE

ISHIKAWA AGRICULTURE AND FORESTRY RESEARCH CENTER

FORESTRY EXPERIMENT STATION

No. 57

リサイクル適性Ⓐ

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。