

地域バイオマス利用によるきのこの増殖と森林空間の活性化技術の開発

増野和彦・福田正樹*・山田明義*・市川正道**・古川 仁・片桐一弘

長野県内の「カラマツ間伐手遅れ林分」を対象として、地域バイオマスである腐生性きのこ及び林内有機物を利用した複合培養技術、環境整備と菌根苗によるきのこの増殖技術を開発し、森林空間を有効に活用したきのこの栽培及び増殖技術を実証することを目標として研究を行った。その結果、以下の成果が得られた。

①除間伐後のカラマツ林で「わりばし種菌」「培養殺菌原木」を接種源に、クリタケ、ナメコの栽培試験を行い、順調な菌糸体のまん延とカラマツ原木からの子実体発生を確認した。このことにより、森林空間と林内有機物を有効活用したカラマツ等針葉樹の切り捨て間伐木の腐朽促進ときのこ生産技術を実証した。

②カラマツに適したクリタケ菌株の選抜を行い、コナラ原木に対して50%以上の発生量を示す菌株を選抜した。さらに、収量性・形状に優れた菌株を優良育種素材として選抜した。

③腐生性きのこによる森林空間の活性化効果を数値化するため、腐朽度をピロディン貫入量で、経済性を栽培の収支計算で、それぞれ表わした。

④長野県内でカラマツ手遅れ林分の施業（雑木皆伐、落葉層掻き取り、腐植層はぎ取り、ハナイグチ孢子散布）を行い、ハナイグチの発生量が顕著に増加すること、シロヌメリイグチの発生も増加傾向にあることを明らかにした。これにより、カラマツ林施業により食用イグチ類の収量が増加することを実証した。また、ハナイグチ収穫の目安となる発生刺激温度を明らかにした。

⑤カラマツ林分に隣接する雑木林において、ホンシメジ菌床を樹木根系に沿って埋設することで、林地に菌根定着できる技術を開発した。また、シモフリシメジの定着したナラ類の菌根苗を林地に定着させる技術を開発した。これにより、シメジ類の発生林を造成する技術を確立した。

⑥菌根性きのこ増殖の経営収支を算出して、カラマツ林の環境整備や孢子散布による増殖効果の経済性を示した。

⑦ハナイグチ増殖のための環境整備法については、長野県内6か所に現地適応化の試験地を技術の普及拠点として、林業改良普及員、森林所有者、林業関係団体と連携して設定した。

キーワード：森林空間、簡易接種法、クリタケ、ハナイグチ、ホンシメジ

目次及び共同研究者

- 1 緒言
- 2 中課題の構成とその目的
- 3 複合培養系による腐生性きのこの増殖と森林の活性化
 - 3.1 腐生性きのこの複合培養系による増殖技術の開発(増野和彦,古川 仁,市川正道)
 - 3.2 複合培養系に用いる地域遺伝資源の開発(福田正樹,増野和彦,片桐一弘)
 - 3.3 腐生性きのこによる活性化効果の評価(増野和彦,片桐一弘)
- 4 菌根性きのこの増殖と森林の活性化
 - 4.1 環境整備法の開発(山田明義,増野和彦,片桐一弘,市川正道)
 - 4.2 菌根苗の利用技術の開発(山田明義,増野

和彦,古川 仁,市川正道)

- 4.3 菌根性きのこによる活性化効果の評価(増野和彦,片桐一弘,山田明義)
- 4.4 ハナイグチ増殖現地適応化試験(片桐一弘,増野和彦,山田明義,市川正道)
- 5 総合考察
- 6 謝辞
- 7 文献

1 緒言

長野県においては、戦後の拡大造林によりカラマツを中心に多くの人工林が形成された。これらの森林は間伐期を迎えているが、長引く材価の低迷により採算に合わないことから、森林所有者の間伐に対する意欲・意識が薄れ、間伐の

実施が遅れている。その結果、土砂災害防止等の森林の公益的機能が低下して、集中豪雨の被害が多発し、見逃すことのできない状況に立ち至った。そこで、長野県は平成20年度から「長野県森林づくり県民税（森林税）」を導入し、県民全体が森林整備を支える仕組みづくりを強化している。この政策を推進するためには、森林の自然循環機能の向上、森林整備への県民参加の促進が重要な課題となっている。

森林生態系においては、植物を生産者、動物を消費者、菌類を分解者とする循環系が存在する。菌類であるきのこ類、特に腐生性きのこは植物及び動物の遺体を分解する働きを果たしている。また、菌根性きのこは、樹木等と菌根を形成して樹木の生長を促進する働きをしている。このように菌類は森林において重要な役割を担っているが、これまでに、菌類であるきのこ類の働きを、積極的に森林整備の技術として取り入れる研究開発及び実証例は少ない。また、森林が荒廃した原因として、高度経済成長以来の生活環境の変化に伴い、農業資材や燃料等に森林内の有機物を人々が利用しなくなり、人と森の関係が薄れたことが上げられる。森林機能を健全に発揮させるため、新たな自然循環型の森林整備技術として、きのこ類の活用が望まれている。さらに、森林整備を促進するためには、森林空間と林内有機物を有効活用し、時代に適合した新たな「人と森の関わり合い」のシステムが必要になっている。

本研究では、

1. 複合培養系による腐生性きのこの増殖と森林の活性化

2. 菌根性きのこの増殖と森林の活性化

により、長野県内の「カラマツ間伐手遅れ林分」を対象として、地域バイオマスである腐生性きのこ及び林内有機物を利用した複合培養技術、環境整備と菌根苗によるきのこの増殖技術を開発し、森林空間を有効に活用したきのこの栽培及び増殖技術を実証することを目標とする。

その結果

1. 森林所有者の森林整備への意欲の向上

2. 自然味に溢れたきのこ生産による山村の活性化

3. 健全な森林造成による森林機能の高度発揮

が期待される。

なお、本研究は農林水産省農林水産技術会議「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」により、2010(平成22)年度から2014(平成26)年度まで、長野県林業総合センターを中核機関、信州大学農学部及び星の町うすだ山菜きのこ生産組合を共同機関として実施したものである。また、2010(平成22)年度から2014(平成26)年度まで、長野県特用林産振興会との共同研究として実施した「マツタケ・ハナイグチ等有用菌根菌増殖に関する現地適応化調査試験」の内、ハナイグチの関する調査結果の一部も合わせて掲載した。

2 中課題の構成とその目的

本研究は、「複合培養系による腐生性きのこの増殖と森林の活性化」、「菌根性きのこの増殖と森林の活性化」の2つの中課題からなる。課題全体の研究概要を図2-1に示した。

「複合培養系による腐生性きのこの増殖と森林の活性化」

中課題の概要を図2-2～3に示した。森林空間と林内有機物を有効活用して、カラマツ等針葉樹の切り捨て間伐木の腐朽促進ときのこ生産技術を開発し、実証試験を行う。また、長野県内で収集した腐生性きのこ及び交配により作出した系統から、カラマツ等針葉樹の腐朽能力が高く、きのこの生産性に優れた系統の選抜を行う。さらに、得られた試験結果を基に、腐生性きのこの増殖による森林の活性化効果を数値評価して、技術の有効性を検証する。

「菌根性きのこの増殖と森林の活性化」

中課題の概要を図2-4に示した。間伐及び地表の有機物の除去等、きのこの発生環境整備施業を行ったカラマツ林において、胞子液散布を行い、きのこ相を調査して施業効果を検証する。間伐されたカラマツ林に植栽するシモフリシメジ、ホンシメジ等の菌根苗を作成する。得られた試験結果を基に、菌根性きのこの増殖による森林の活性化効果を数値評価して、技術の有効性を検証するとともに、腐生性きのこと比較する。

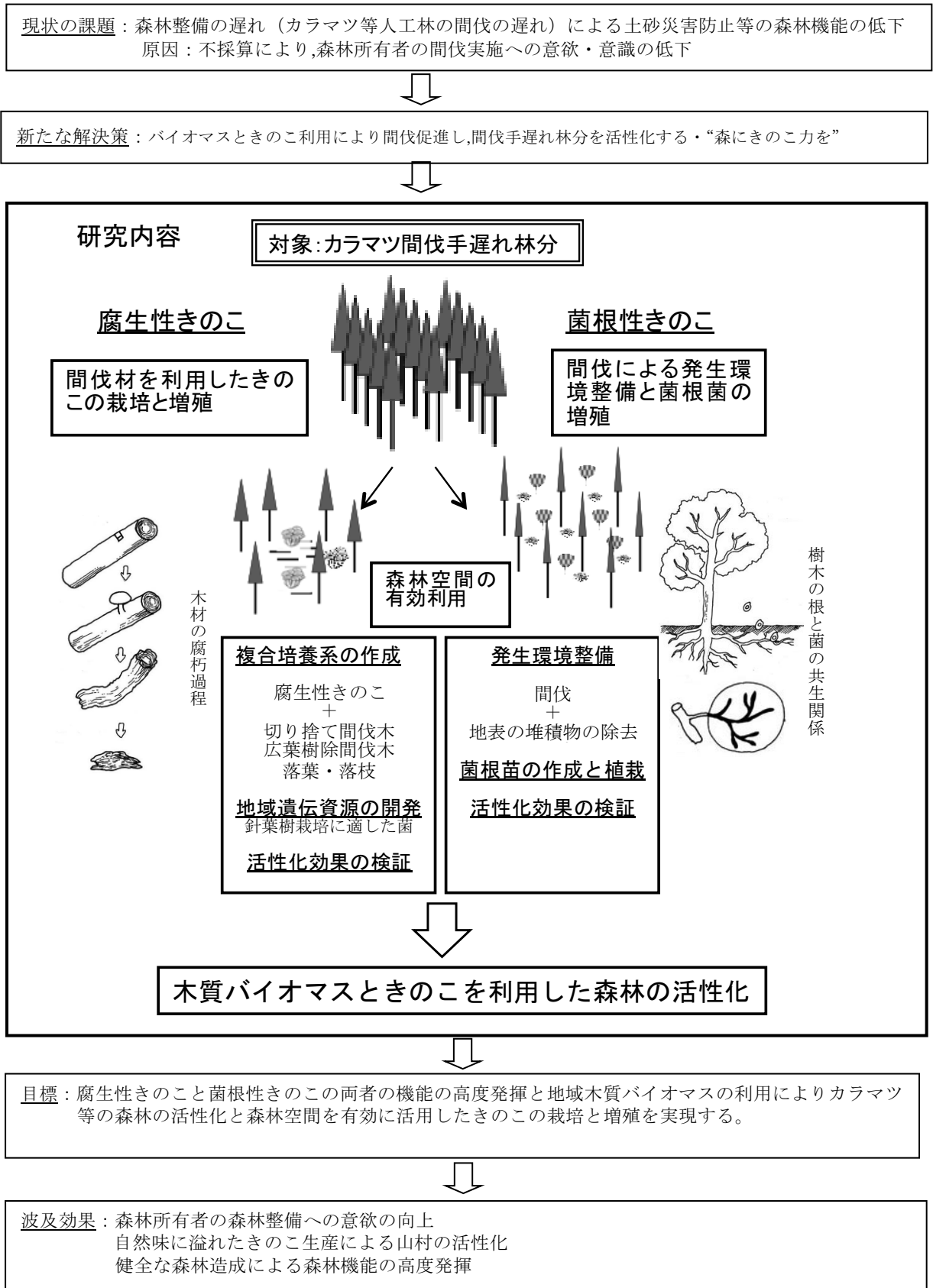


図 2-1 「地域バイオマス利用によるきのこの増殖と森林空間の活性化技術の開発」の研究概要

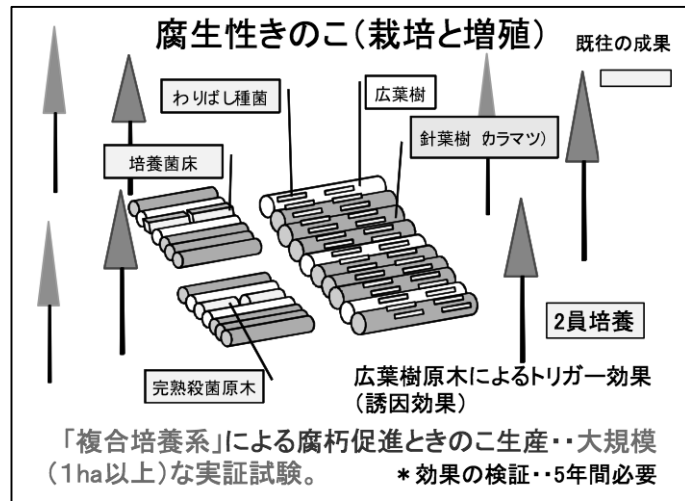


図 2-2 「複合培養系による腐生性きのこの増殖と森林の活性化 -腐生性きのこの複合培養系による増殖技術の開発-」研究の概要

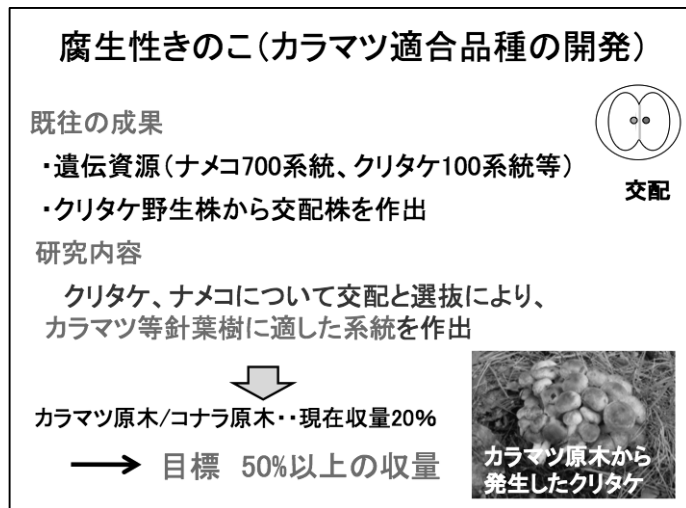


図 2-3 「複合培養系による腐生性きのこの増殖と森林の活性化 -複合培養系に用いる地域遺伝資源の開発-」研究の概要

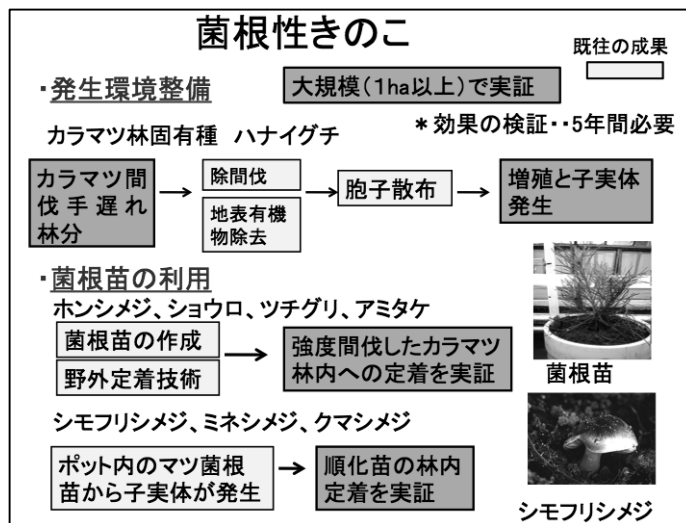


図 2-4 「菌根性きのこの増殖と森林の活性化」研究の概要

3 複合培養系による腐生性きのこの増殖と森林の活性化

3.1 腐生性きのこの複合培養系による増殖技術の開発

3.1.1 試験の目的

クリタケ、ナメコ等の腐生性きのこを利用し、カラマツ等針葉樹の切り捨て間伐木の腐朽促進ときのこ生産を林内で行う技術開発と実証試験を実施する。

この際に、カラマツ等針葉樹の切り捨て間伐木とともに、広葉樹の除間伐木、落葉・落枝・伐根の有機物、さらに土壌等の林内にある多様なバイオマスを利用した「複合培養系」を作出する。この複合培養系は、針葉樹の原木のみに単純にきのこを接種するのではなく、針葉樹よりもきのこ栽培に適している広葉樹や落葉・落枝と合わせてきのこを接種することで、きのこの菌の活力を増加させ、有機物の腐朽促進ときのこ生産を図るシステムである。

これまでに開発した「わりばし種菌」による簡易接種法、殺菌原木栽培法による栽培技術を林内で同時に組み合わせて、大量の複合培養系を構築し、実際に森林内で実施できることを示すものである。

3.1.1 試験の方法

(1) 試験地の設定

2010年6月に佐久市平のカラマツ林（標高920m）内で除間伐を実施したのち試験地を設置した。

(2) 栽培試験1（2010年「わりばし種菌」接種）

腐生性きのこの栽培において、一般に広葉樹原木を用いた方が針葉樹原木より収量が多い。しかし、針葉樹原木単独できのこ栽培するより、針葉樹原木の間に広葉樹原木を一定程度混ぜることで、針葉樹原木での収量を向上させるトリガー効果（誘引効果）があると言われている。この現象とカラマツ原木を用いた「きのこ簡易接種法」¹⁾の栽培特性を確認するため、予備的な栽培試験を実施した。

除間伐を実施した林内において、2010年6月にカラマツ原木とほぼ同じ大きさのコナラ原木を接触して配置し、「わりばし種菌」を用いた簡易接種法¹⁾によりクリタケ・ナメコを接種した。接種後の種菌の活着状況・菌糸体まん延状況の調査、収量調査を行った。試験地の設定と接種の作業状況を写真3-1-1に、試験区の概要を表3-1-1～2に、原木の配置状況を図3-1-1～2に、それぞれ示した。

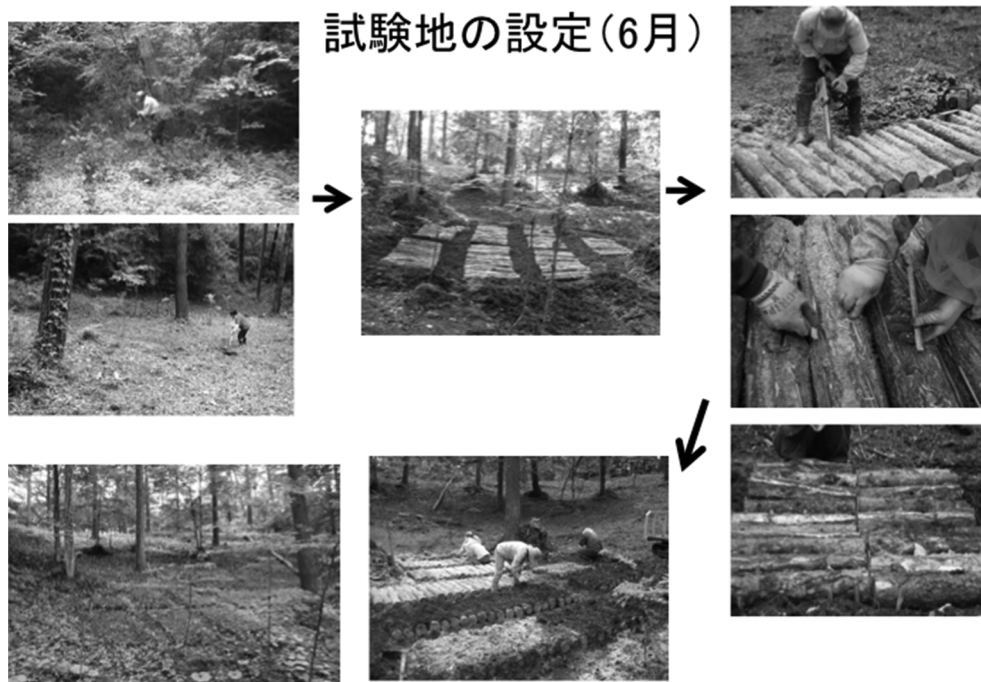


写真 3-1-1 試験地の設定と接種の状況

表 3-1-1 栽培試験 1 (クリタケ試験区分)

区分名	品種	カラマツ本数	コナラ本数	備考
Yカ6ナ3	山梨	14	5	原木：長さ1m, 直径10cm
Sナ	佐久	0	20	原木：長さ1m, 直径10cm
Sカ	佐久	20	0	原木：長さ1m, 直径10cm
S短カ	佐久	20	0	原木：長さ50cm, 直径10cm
Y短ナ	山梨	0	20	原木：長さ50cm, 直径10cm
Y短カ	山梨	20	0	原木：長さ50cm, 直径10cm
aカ3ナ1	旭が丘	15	3	原木：長さ1m, 直径10cm
aカ1ナ1	旭が丘	10	10	原木：長さ1m, 直径10cm

表 3-1-2 栽培試験 1 (ナメコ試験区分)

区分名	カラマツ本数	コナラ本数	備考
カ6ナ3	14	5	原木：長さ1m, 直径10cm
カ3ナ1	15	3	原木：長さ1m, 直径10cm
カ2ナ1	14	6	原木：長さ1m, 直径10cm
ナ	0	20	原木：長さ1m, 直径10cm
カ	20	0	原木：長さ1m, 直径10cm
短ナ	0	20	原木：長さ50cm, 直径10cm
短カ1ナ1	10	10	原木：長さ50cm, 直径10cm
短カ	20	0	原木：長さ50cm, 直径10cm

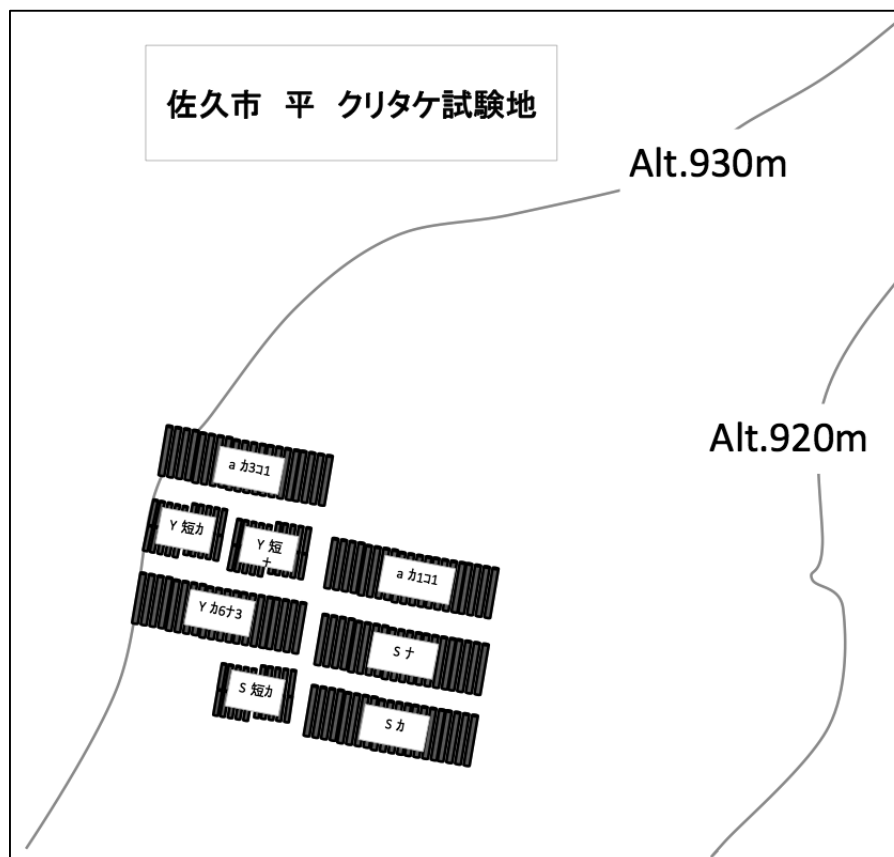


図 3-1-1 栽培試験 1 クリタケの原木配置

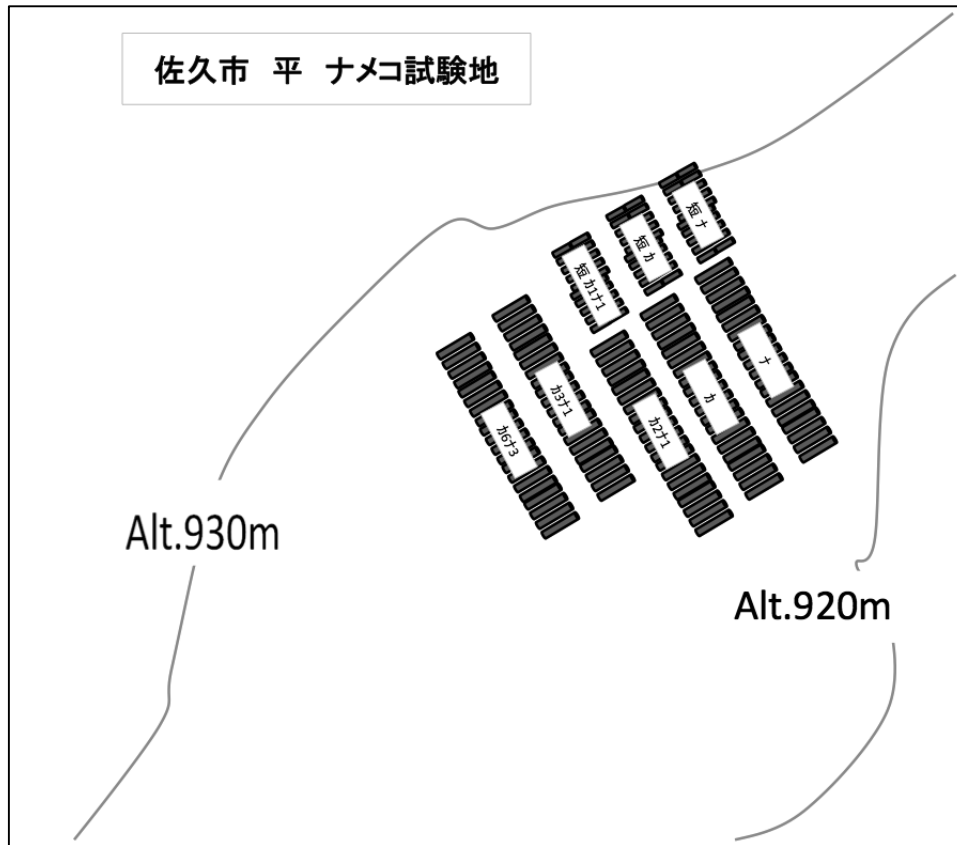


図 3-1-2 栽培試験 1 ナメコの原木配置

(3) 栽培試験 2 (2011 年「わりばし種菌」接種)

予備的な検討である栽培試験 1 に続き,同様の目的で栽培規模を大きくして,栽培試験 1 と同じ試験地内で,栽培試験 2 を実施した。2011

年 6 月に,きのこ簡易接種法によりクリタケを接種した。接種後の種菌の活着状況・菌糸体まん延状況の調査,収量調査を行った。試験区の概要を表 3-1-3 に,原木の配置を図 3-1-3 に,それぞれ示した。

表 3-1-3 栽培試験 2 (クリタケ試験区分)

品種	区分名	コナラ本数	カラマツ本数	原木の形状
山梨	カ12	0	12	長さ: 1m, 直径10cm
山梨	ナ6カ6	6	6	長さ: 1m, 直径10cm
山梨	ナ12	12	0	長さ: 1m, 直径10cm
山梨	ナ4カ8	4	8	長さ: 1m, 直径10cm
山梨	ナ8カ4	8	4	長さ: 1m, 直径10cm

(4) 栽培試験 3 (2011 年「培養殺菌原木」による接種)

殺菌原木法²⁾を用いてクリタケを培養した接種源により,栽培試験 3 を実施した。試験地は栽培試験 1 及び 2 と同様のカラマツ林の林床で,

接種は 2011 年 12 月に行った。試験の概要とカラマツ原木及びコナラ原木と接種源の配置を図 3-1-4 に,接種作業の状況を写真 3-1-2 に,それぞれ示した。

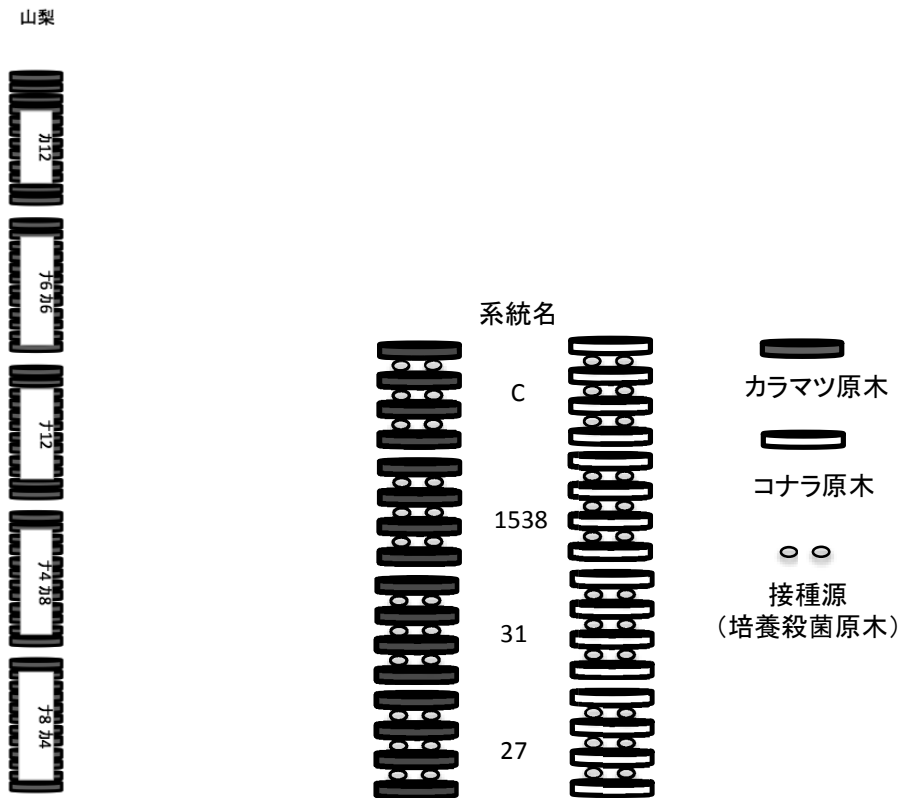


図 3-1-3 栽培試験 2 の原木配置

図 3-1-4 栽培試験 3 の原木配置



写真 3-1-2 培養殺菌原木による接種状況 2011 年 12 月 (栽培試験 3)

(5) ピロディン貫入値による腐朽度の調査

栽培試験 1 及び栽培試験 2 において、きのこ栽培による間伐木の腐朽効果を検証するため、腐朽度の簡易測定装置であるピロディン (エフ

ティーエス社製, 6J) による原木の打ち込み深さの継時測定を行った。測定状況を写真 3-1-3 に示した。



写真 3-1-3 ピロディンによる貫入値の測定 (左: ピロディン, 右: 測定状況)

3.1.2 試験の結果と考察

(1) 栽培試験 1 (2010 年「わりばし種菌」接種)

種菌の活着状況, 菌糸体のまん延状況の調査の結果を表 3-1-5, 写真 3-1-4~7 に示した。2010 年 6 月に接種し, 2010 年 10 月に調査したところ, いずれの試験区も表 3-1-4 に示した評価基準の「++」に相当し, 順調な種菌の活着と菌糸体のまん延を確認した。

調査の結果から, 「わりばし種菌」を用いた簡易接種方でカラマツ原木を用いたクリタケ・ナメコ栽培において, カラマツ原木でもコナラ原木と同様に種菌が順調に活着して菌糸体がまん延することが分かった。

クリタケの子実体発生状況を写真 3-1-8~12 に, 子実体発生量の調査結果を図 3-1-5~10 に, それぞれ示した。広葉樹原木コナラを単独で用

いた区の収量が多く, カラマツ原木を単独で用いた区では収量は極めてわずかであった。しかし, カラマツとコナラを交互あるいはカラマツ原木 6 本ごとに 3 本コナラ原木を配置した混合区ではカラマツ原木から一定量の子実体が発生し, カラマツ単独区より多かった。予備的な検討ではあるが, カラマツ原木の間にコナラ原木を配置することで, カラマツ原木単独で栽培するより収量が増加する可能性が示唆された。

ナメコの子実体発生状況を写真 3-1-13~18 に, 子実体発生量の調査結果を図 3-1-11~18 に, それぞれ示した。カラマツ原木単独区ではコナラ原木単独区より早期にナメコ子実体の発生が始まった。しかし, 総収量ではコナラ原木が多くなった。また, クリタケと異なり, カラマツとコナラの混合区でのカラマツ原木の収量がカラマツ単独区より増加する傾向は見られなかった。

表 3-1-4 活着調査評価基準

得点	評価	活着	ほだ付き
0	-	極めて悪い	微
1	+	悪い	少ない
2	++	普通	普通
3	+++	良好	多い
4	++++	完全	極めて多い

表 3-1-5 栽培試験 1 (「わりばし種菌」) による活着調査結果

種	原木樹種	活着	断面ほだ付き	表面ほだ付き
クリタケ	カラマツ	++	++	++
	コナラ	++	++	++
ナメコ	カラマツ	++	++	++
	コナラ	++	++	++

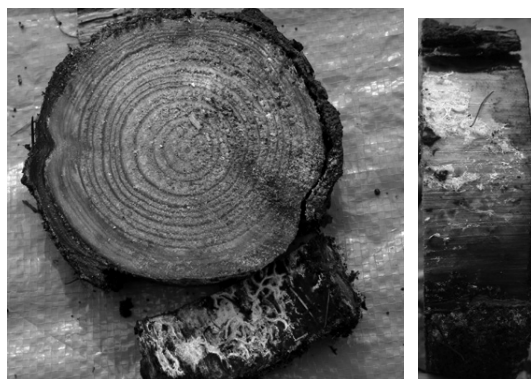


写真 3-1-4 栽培試験 1 クリタケほだ付き調査
(カラマツ, 2010 年 6 月接種, 2010 年 10 月調査, 左: 断面ほだ付き調査, 右: 表面ほだ付き調査)

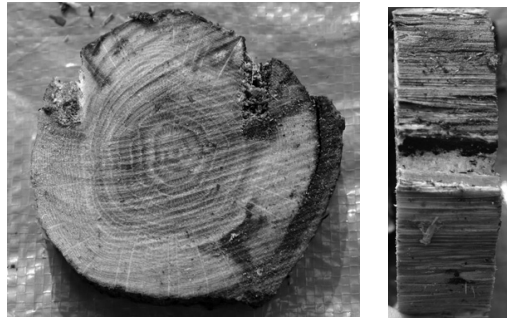


写真 3-1-5 栽培試験 1 クリタケほだ付き調査
(コナラ, 2010 年 6 月接種, 2010 年 10 月調査, 左: 断面ほだ付き調査, 右: 表面ほだ付き調査)

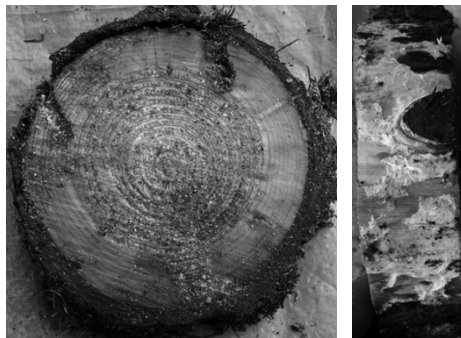


写真 3-1-6 栽培試験 1 ナメコほだ付き調査
(カラマツ, 2010 年 6 月接種, 2010 年 10 月調査, 左: 断面ほだ付き調査, 右: 表面ほだ付き調査)



写真 3-1-7 栽培試験 1 ナメコほだ付き調査
(コナラ, 2010 年 6 月接種, 2010 年 10 月調査, 左: 断面ほだ付き調査, 右: 表面ほだ付き調査)



写真 3-1-8 栽培試験 1 クリタケの発生 (2011 年 11 月 9 日, 区分 S ナラ)



写真 3-1-9 栽培試験 1 クリタケの発生
(2012年11月29日, 区分 KuS1m ナラ)



写真 3-1-10 栽培試験 1 クリタケの発生
(2011年11月15日, 区分 Yナラ)



写真 3-1-11 栽培試験 1 クリタケの発生
(2011年11月9日, 区分 Yカ6ナ3)



写真 3-1-12 栽培試験 1 クリタケの発生
(2012年11月29日, 区分 Ku aカ1ナ1)

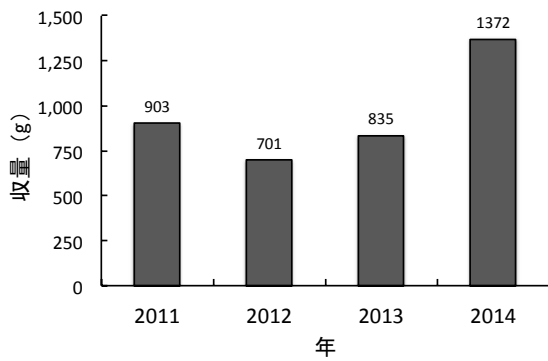


図 3-1-5 栽培試験 1 クリタケの結果 (区分 S ナラ)

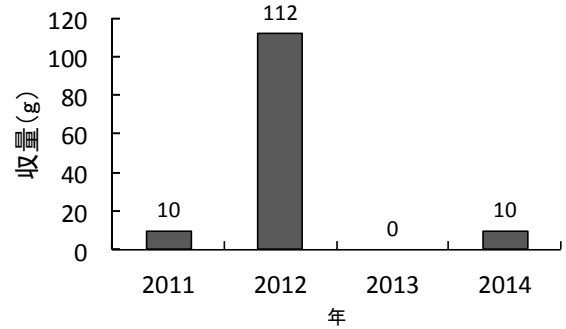


図 3-1-6 栽培試験 1 クリタケの結果 (区分 Y 短ナラ)

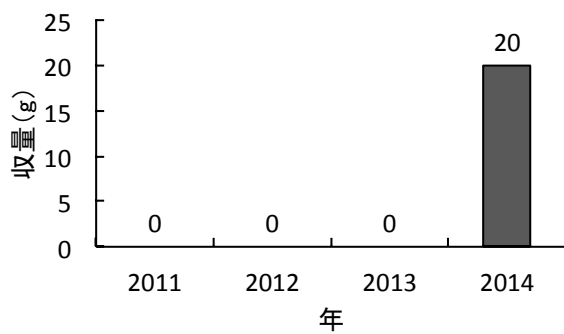


図 3-1-7 栽培試験 1 クリタケの結果 (区分 S カ)

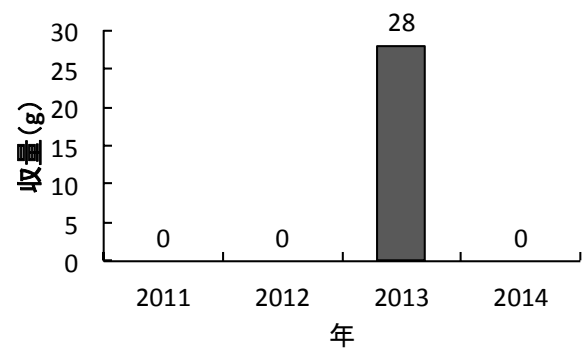


図 3-1-8 栽培試験 1 クリタケの結果 (区分 Y 短カ)

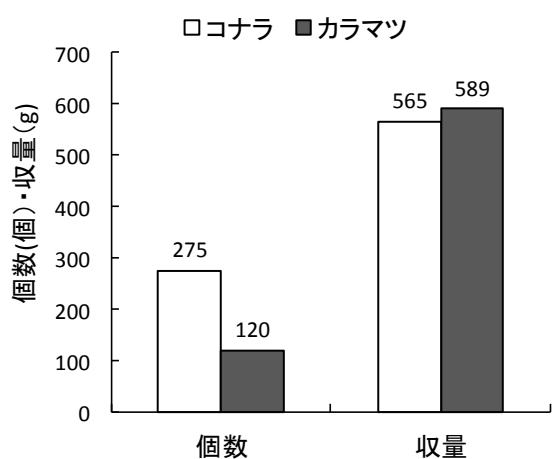


図 3-1-9 栽培試験 1 クリタケの結果 (区分 a カ 1 コ)

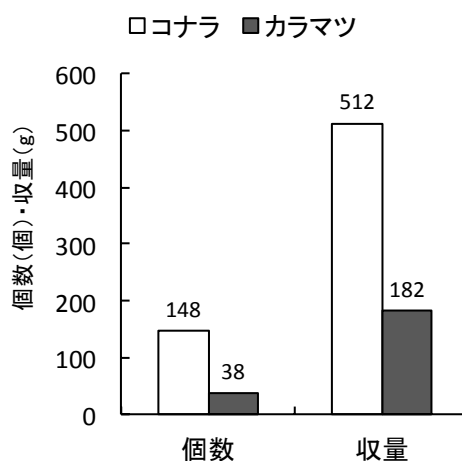


図 3-1-10 栽培試験 1 クリタケの結果 (区分山梨 Y カ 6 ナ 3)



写真 3-1-13 栽培試験 1 ナメコの発生
(2012 年 11 月 7 日, 区分 N ナラ No. 15-2)



写真 3-1-14 栽培試験 1 ナメコの発生
(2012 年 11 月 7 日, 区分 N 短ナラ No. 11-2)



写真 3-1-15 栽培試験 1 ナメコの発生
(2014 年 10 月 26 日, 区分 N ナラ)



写真 3-1-16 栽培試験 1 ナメコの発生
(2012 年 10 月 26 日, 区分 N カ 3 ナ 1)



写真 3-1-17 栽培試験 1 ナメコの発生
(2011 年 11 月 9 日, 区分 N カ 1 ナ 1)



写真 3-1-18 栽培試験 1 ナメコの発生 (2011 年 11 月 21 日, 区分 N カ 6 ナ 3)

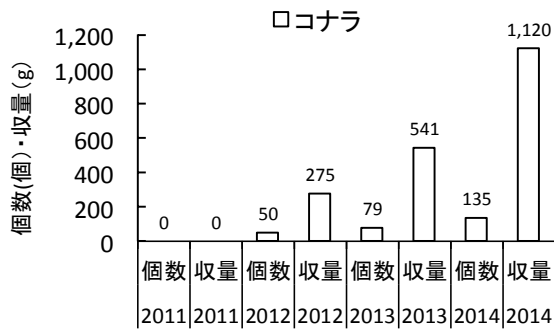


図 3-1-11 栽培試験 1 ナメコの結果 (区分 N ナ)

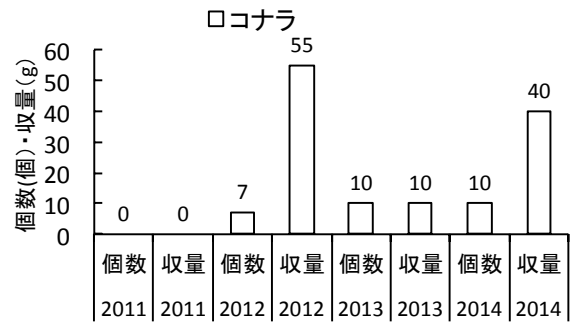


図 3-1-12 栽培試験 1 ナメコの結果 (区分 N 短ナ)

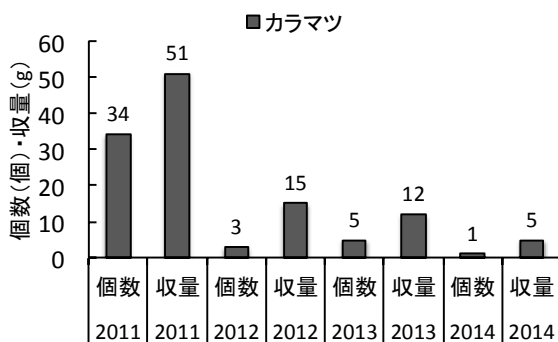


図 3-1-13 栽培試験 1 ナメコの結果 (区分 N カ)

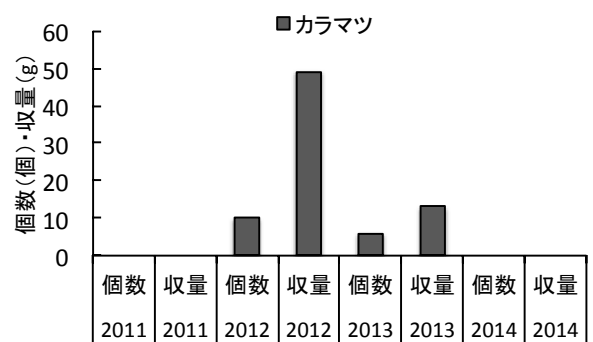


図 3-1-14 栽培試験 1 ナメコの結果 (区分 N 短カ)

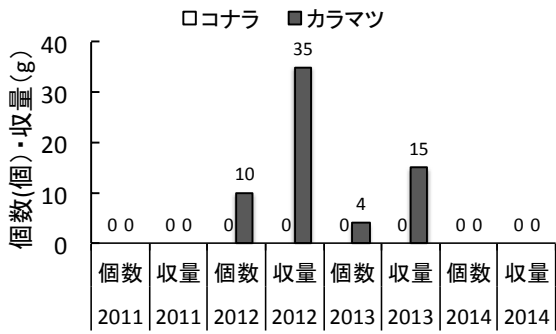


図 3-1-15 栽培試験 1 ナメコの結果 (区分 N カ 3 ナ 1)

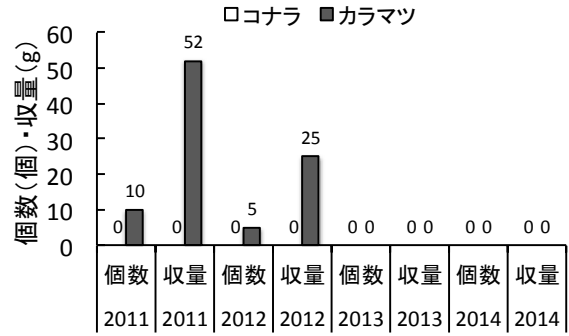


図 3-1-16 栽培試験 1 ナメコの結果 (区分 N カ 2 ナ 1)

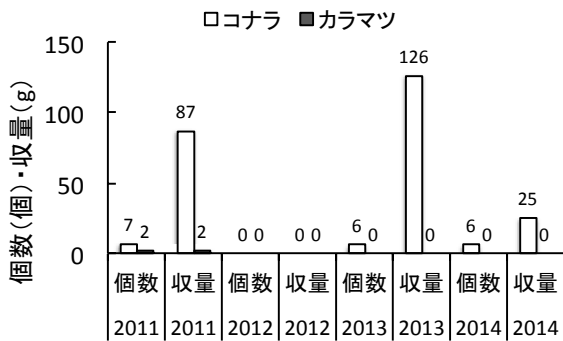


図 3-1-17 栽培試験 1 ナメコの結果 (区分 N カ 6 ナ 3)

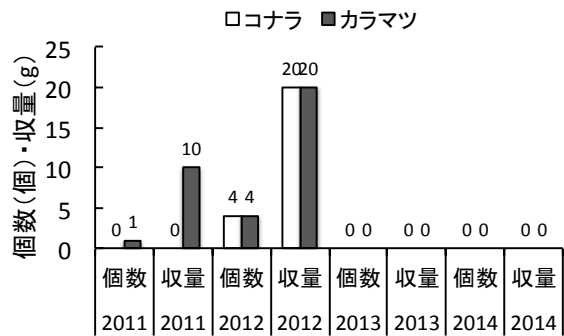


図 3-1-18 栽培試験 1 ナメコの結果 (区分 N カ 1 ナ 1)

(2) 栽培試験 2 (2011 年「わりばし種菌」接種)

種菌の活着状況, 菌糸体のまん延状況を写真 3-1-19~26 に示した。2011 年 6 月に接種し, 2012 年 9 月に調査したところ, いずれの試験区も表 3-1-4 に示した評価基準の「++」に相当し, 順調な種菌の活着と菌糸体のまん延を確認した。

子実体発生状況を写真 3-1-27~31 に, 子実体発生量の調査結果を図 3-1-19 に, それぞれ示した。カラマツ原木単独区では, 研究期間内には子

実体の収穫を得ることができなかった。コナラ原木単独では 3 年間に 512g の収量があり, 他の試験区に対して最も多かった。カラマツ原木単独区では収穫がなかったが, カラマツ原木とコナラ原木の混合区では一定の収量が得られ, カラマツからの発生も見られた (写真 3-1-28, 写真 3-1-31)。したがって, カラマツ原木間にコナラ原木を配置することで, カラマツ原木からのクリタケの発生を誘導できる可能性が示唆された。



写真 3-1-19 栽培試験 2 ほだ付き調査 (区分: 山梨ナラ 12)

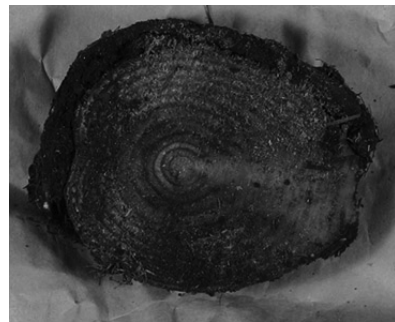


写真 3-1-20 栽培試験 2 ほだ付き調査 (区分: 山梨カラ 12)

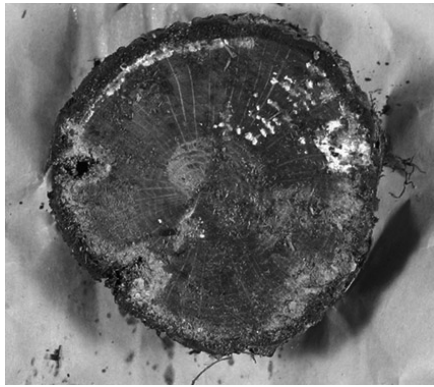


写真 3-1-21 栽培試験 2 ほだ付き調査
(区分：山梨カラ 8 ナラ 4 ナラ)



写真 3-1-22 栽培試験 2 ほだ付き調査
(区分：山梨カラ 8 ナラ 4 カラマツ)



写真 3-1-23 栽培試験 2 ほだ付き調査
(区分：山梨カラ 6 ナラ 6 ナラ)



写真 3-1-24 栽培試験 2 ほだ付き調査
(区分：山梨カラ 6 ナラ 6 カラマツ)



写真 3-1-25 栽培試験 2 ほだ付き調査
(区分：山梨カラ 4 ナラ 8 ナラ)



写真 3-1-26 栽培試験 2 ほだ付き調査
(区分：山梨カラ 4 ナラ 8 カラマツ)



写真 3-1-27 栽培試験 2 クリタケの発生 (2014 年 10 月 27 日, 区分 : ナ 12No. 32)



写真 3-1-28 栽培試験 2 クリタケの発生
(2014 年 10 月 27 日, 区分 : ナ 8 カ 4No. 51 カラマツ)



写真 3-1-29 栽培試験 2 クリタケの発生
(2014 年 10 月 27 日, 区分 : ナ 8 カ 4No. 50 ナラ)



写真 3-1-30 栽培試験 2 クリタケの発生
(2014 年 10 月 27 日, 区分 : ナ 6 カ 6No. 16 ナラ)



写真 3-1-31 栽培試験 2 クリタケの発生
(2014 年 10 月 27 日, 区分 : ナ 4 カ 8No. 47 カラマツ)

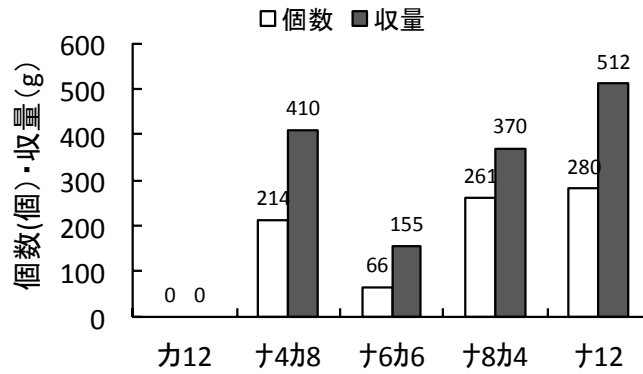


図 3-1-19 栽培試験2クリタケの結果 (菌株名: 山梨)

(3) 栽培試験3 (2011年「培養殺菌原木」による接種)

培養殺菌原木を接種源としたクリタケの原木による栽培試験3の結果を、写真3-1-32、表3-1-6、図3-1-20~21に、それぞれ示した。使用した4菌株とも3年間の総収量で、カラマツ原木の収量がコナラ原木の収量を上回った。接種源

に使用した培養殺菌原木の樹種はコナラであるが、接種源からカラマツ原木に菌糸体がまん延した上で、子実体の発生が得られている。培養殺菌原木を接種源として利用することが、カラマツ原木を利用した栽培法として有効であることが示唆された。



写真 3-1-32 カラマツ原木から発生したクリタケ (培養 (殺菌原木法) 原木による接種)

表 3-1-6 培養殺菌原木利用試験の結果 (栽培試験3)

菌株名	樹種	2012年		2013年		2014年		合計	
		個数(個)	収量(g)	個数(個)	収量(g)	個数(個)	収量(g)	個数(個)	収量(g)
C	コナラ	0	0	0	0	0	0	0	0
	カラマツ	0	0	4	32	0	0	4	32
1538	コナラ	0	0	40	298	55	336	95	634
	カラマツ	5	35	143	621	100	264	248	920
31	コナラ	0	0	3	72	73	163	76	235
	カラマツ	64	260	7	30	171	721	242	1011
27	コナラ	0	0	21	166	5	20	26	186
	カラマツ	23	120	12	60	76	255	111	435

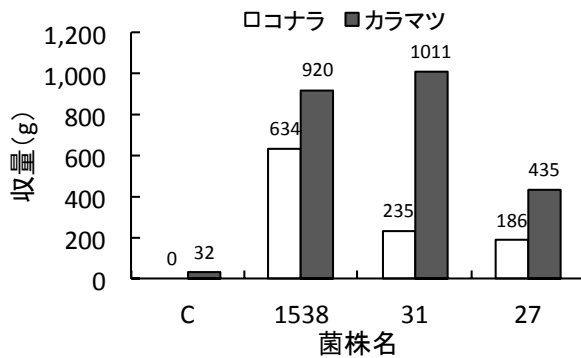


図 3-1-20 培養殺菌原木利用試験の結果 (栽培試験 3)

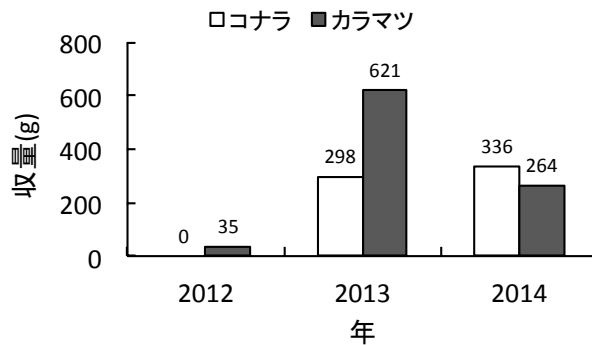


図 3-1-21 培養殺菌原木利用試験の結果 (栽培試験 3 : 菌株名 1538)

(4) ピロディン貫入値による腐朽度の調査

2011年接種の栽培試験2におけるピロディン貫入値の推移を図 3-1-22 に示した。カラマツの

切り捨て間伐木を利用した栽培を想定した場合栽培によるカラマツ材の腐朽を進行状況の特性を数値で評価することができた。

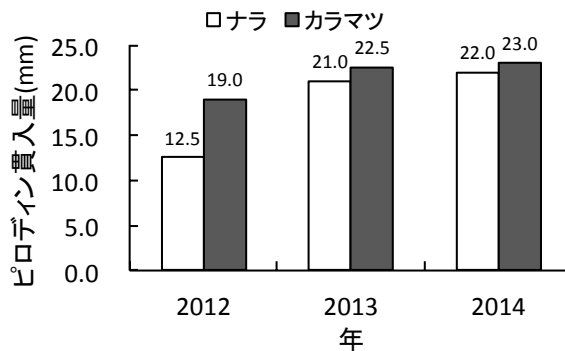


図 3-1-22 クリタケのピロディン貫入値の推移 (クリタケ、菌株名：山梨)

3.2 複合培養系に用いる地域遺伝資源の開発
-カラマツ原木栽培に適したクリタケ菌株の選抜-

3.2.1 目的

長野県の人工林の約半数を占めるカラマツ林は、人手不足や材価の低迷等により、未間伐の

まま放置されているものが多く認められる。木質バイオマスとしてのカラマツ間伐材の用途としては、集成材・合板等の建築用資材や燃料用の木質ペレット等が挙げられるが、新たな用途を開発すれば、カラマツ林の間伐促進、さらにはカラマツ林の整備に大きく貢献できる。一方、

コナラ等の広葉樹は、きのこ栽培用の原木として利用されている。一般のきのこ栽培に利用される原木の直径は10~20 cm程度のもので適しており、間伐材の直径は概ねそれらと一致する。仮に、カラマツ間伐材がきのこ栽培用の原木として利用することができれば、森林及びきのこ産業において有益と言える。

そこで、カラマツ原木で子実体の発生が期待できるクリタケを材料にして、カラマツ原木栽培に適した菌株の選抜を試みた。なお、先行研究³⁾ではコナラ原木に対するカラマツ原木でのクリタケ子実体発生比率は20%程度であるが、本研究では子実体発生比率が50%以上の菌株を選抜することを目標とした。

3.2.2 試験の方法

(1) 供試菌株

国内で採集された野生クリタケ32菌株(北海道2, 青森1, 岩手2, 秋田1, 山形2, 福島1, 群馬1, 長野18, 岐阜1, 京都1, 鳥取2)を供試した(表3-2-1)。なお、これら32菌株は、ミトコンドリアDNAの制限酵素断片長多型分析の結果から、互いに遺伝的差異が大きいことが示されているものである⁴⁾。各菌株はGMA(グルコース10g, マルトエキス10g, 粉末寒天20g/蒸留水1,000ml)培地を用いて培養・保存している。

(2) ネオハプロントの作出

プロトプラスト培養法あるいは無性孢子培養法により、各供試菌株を脱二核し、構成一核菌糸体であるネオハプロントの作出を行った(表3-2-1参照)。

プロトプラストは、Fukumasa-Nakaiら⁵⁾の方法に準じて以下のように作出した。各菌株のGMA培養菌糸体片(直径約5mm)を100ml容の三角フラスコ内のGM液体培地15mlに接種後、25℃, 暗黒下で約2週間培養した。培養菌糸体をホモジナイザー(日本精機, AM-8)を用いて細断(10,000rpm, 1分間)し、菌糸体浮遊液約2mlを新たなGM液体培地15mlに接種後、25℃, 暗黒下で4日間培養した。培養菌糸体を遠心分離(3,100×g, 10分間)により集め、滅菌蒸留水, 0.6M-マンニトールで順次遠心洗浄(3,100×g, 10分間)した。0.6M-マンニトール

で調製した2%ライジングエンザイム(シグマ, L-1412)及び0.25%キチナーゼRS(生化学工業)溶液を菌糸体生重約0.1g当たり1ml添加し、振とう(90往復/分間)しながら、28℃で2時間処理した。酵素処理後の溶液をグラスフィルター(3G2)で自然ろ過し、未溶解の菌糸体片を除去した。続いて、0.6M-マンニトールで2回遠心洗浄(800×g, 6分間)後、適量の0.6M-マンニトールを加えてプロトプラスト溶液を得た。溶液中のプロトプラスト数をトーマ型血球計算盤を用いて測定後、0.6M-マンニトールで約 1×10^5 個プロトプラスト/ml溶液を調整した。プロトプラスト溶液10~100 μ lを2%の粉末寒天を加えて固化させたGM培地(浸透圧調節剤として0.5M-スクロースを含む)上に滴下し、その上から溶解後41℃に保持した0.5%の寒天を含む同GM培地5mlを添加して、プロトプラストを重層した。25℃, 暗黒下で1週間培養後、再生菌糸体を実体顕微鏡下で個別に分離した(約30個体)。分離した再生菌糸体のクランプコネクションの有無を光学顕微鏡下で観察し、クランプコネクションのないものをネオハプロントとして選抜した。

無性胞子は、上述のGM液体培養物(4週間培養)をグラスフィルター(3G2)でろ過して集めた。滅菌蒸留水で2回遠心洗浄(800×g, 6分間)後、適量の滅菌蒸留水を加えた。トーマ型血球計算盤を用いて無性孢子濃度を測定後、滅菌蒸留水で約 1×10^5 個無性孢子/ml溶液を調整した。無性孢子溶液10~100 μ lをGMA培地上にスプレッドした。その後、プロトプラスト培養法と同様の方法でネオハプロントを選抜した。

(3) 交配試験

得られたネオハプロントを総当たりの組合せで対峙培養した。対峙培養は、あらかじめ25℃, 暗黒下でGMA平板培地で培養した各ネオハプロントの菌糸体片(直径約5mm)をGMA平板培地の中央に約5mm離して接種する方法で行った。25℃, 暗黒下で培養後、対峙培養コロニー周辺部のクランプコネクションの有無により交配の可否を調査した。なお、クランプコネクションが確認された部位からは菌糸体片を分離し、MYA(マルト10g, マルトエキス4g, 粉末寒天20

g/蒸留水 1,000 ml) 培地で培養後、交配株として保存した。

(4) 菌糸伸長量の測定

あらかじめ 25℃, 暗黒下で培養した各交配株の MYA 培養菌糸体片 (直径約 5 mm) を MYA 平板培地の中央部に接種して、25℃, 暗黒下で培養した。接種後、1 週間ごとに菌糸体コロニー 4 方向に印をつけ、接種後 1~2 週間、あるいは 2~3 週間の菌糸伸長量を測定した。なお、反復数 (培地数) は 4 とした。

(5) 原木栽培試験

一晩水道水に浸漬した市販の割り箸 (国産: シラカンバ材) を、ブナ木粉とフスマの混合物 (容積比 5:1, 含水率 65%) 約 50 g とともにポリプロピレン製袋に入れ、121℃, 60 分間殺菌した。放冷後、あらかじめ GMA 斜面培地 (約 10 ml) で培養した菌糸体の全てを接種し、約 20℃ 下で割り箸全体に菌糸体が蔓延するまで培養し、種菌 (わりばし種菌) を作製した。

カラマツ原木 (直径 10 cm 前後, 長さ約 1 m) にチェーンソーで 3ヶ所切り込みを入れ、作製したわりばし種菌を接種した (1 菌株当たり原木 1 本: 2011 年 12 月 16 日)。原木は隙間なく並べて地伏せとし、稲わらや落ち葉で上面を被覆した。そして、子実体の発生量 (個数及び乾燥重量) を 2015 年 11 月末まで調査した。なお、対照としてコナラ原木を用い、同様に試験した。

3.2.3 試験の結果と考察

(1) ネオハプロントの作出と交配試験

供試した 32 菌株の脱二核を行ったところ、SA607 及び SA649 を除く 30 菌株について、それぞれ核型の異なる 2 種類のネオハプロントを得ることができた (計 60 系統)。各 2 種類のネオハプロントのうち、生育が良好なものを a, もう一方を b とした。例えば、SA521 由来のネオハプロントは、521a 及び 521b とした。

得られたネオハプロント 60 系統を総当たりの組合せ (1,770 組合せ) で対峙培養した結果、21 組合せは交配不和合性であったが、残り 1,749 組合せは交配和合性を示した。なお、具体的なデータは示さないが、ネオハプロント 60 系統のうち 30 系統は他の全てのネオハプロントとの間で交配和合性を示したことから、これ

ら 30 系統はそれぞれ固有の不和合性因子を保有していることが示された。また、ミトコンドリア DNA 分析の結果に基づいて作成された系統樹⁴⁾内で最も近い関係にあった SA598 と SA605 において、一方の構成核が共通の不和合性因子 (A, B どちらの因子かは不明) を保有していることが示されるなど興味深い結果も得られた。

(2) 交配株の分離と選抜

ネオハプロント間の対峙培養において、菌糸体接触部からセクター状の菌糸体が生じる組合せが認められた (写真 3-2-1)。このような場合は、セクター部位中央部から交配株を MYA 培地に分離後、保存した。また、対峙培養コロニー全体が二核化する組合せにおいて、まれに正逆交配株 (対峙培養コロニーの両端からそれぞれ分離した交配株) 間の菌叢形態や菌糸生育が異なる場合があった。このような場合は、菌糸生育の良好な交配株を MYA 培地に分離後、保存した。なお、交配株の表記は、セクター部位から分離したものは単に A×B, 正逆交配株の場合は A×(B) (カッコ内の系統が核供与側) などとした。

原木栽培試験に供試する交配株を選抜するために、菌糸体生育試験を行った。MYA 培地での菌糸生育量 (25℃, 7 日間) は、2.2 ~ 19.9 mm の範囲にあった (平均 10.2 mm)。そして、菌糸生育量の値が大きかった上位 182 交配株 (全体の約 1 割) を原木栽培試験に供試した。

選抜した 182 交配株の構成親系統 (ネオハプロント) とそれらの数を表 3-2-2 にまとめた。興味深いことに、交配試験に供試したネオハプロント 60 系統のうち、野生株 21 菌株に由来する 31 系統のみが構成親系統であった。これらは菌糸生育に関与する優良な遺伝子を保有している可能性がある。特に、構成親 31 系統のうち、多くの交配株の片親である 650a (交配株 27 菌株), 636a (25), 648a (24) 等は、菌糸生育に関与する優良遺伝子を保有している可能性が高いと思われる。また、同一菌株に由来するネオハプロントの a 及び b の間では、生育の良好な a タイプの出現数が多い傾向にあり、ネオハプロント (一核系統) の生育能が交配株 (二核系統) に影響している可能性もある。これらの点

については、今後精査する必要がある。なお、交配株の構成親に由来する野生株 21 菌株は、対照として原木栽培試験に供試することにした。

(3) 原木栽培試験

カラマツ原木あるいはコナラ原木栽培試験で子実体の発生が認められた菌株とそれらの子実体発生量を表 3-2-3 に示した。

カラマツ原木栽培試験では、供試した交配株 182 菌株のうち、12 菌株からのみ子実体の発生が認められた。それら 12 菌株のうち、6 菌株は SA636 由来のネオハプロント (636a あるいは 636b) が片親であり、5 菌株は SA650 由来のネオハプロント (650a) であった。対照として栽培試験に供試した野生株 21 菌株のうち、カラマツ原木に発生したのは 2 菌株のみであったが、それらが SA636 及び SA650 であったことは興味深い。これら 2 菌株は、カラマツ原木栽培に適した性質を有している可能性があり、今後カラマツ原木栽培用のクリタケ品種を育成する上で貴重な育種素材になると思われる。

カラマツ及びコナラ原木の両方から子実体の発生が認められた計 10 菌株(野生株 2 菌株を含む)について、コナラ原木に対するカラマツ原木での子実体発生比率を図 3-2-1 に示した。子実体発生比率は、概ね 20~30%の値を示したが、カラマツ原木での発生量(子実体乾燥重量)が交配株 637a×(636b)とともに最も多かった 650a×(646a)では、コナラ原木と同等以上の発生量であった。また、交配株 615a×(636a)の発生比率も約 80%と比較的良好であり、子実体発生比率 50%以上の菌株を選抜するという本研究の目標は達成できた。これらの交配株は、カラマツ原木に適した特性を有している可能性があり、今後精査する必要がある。なお、カラマツ原木で発生が認められた交配株の子実体は概ね傘の肉厚が薄いなど形質に劣るものが多かったが、子実体発生量の多かった交配株 637a×(636b)(子実体発生比率約 40%)の子実体(写真 3-2-2)は比較的優れており、カラマツ原木栽培用の菌株として有望かも知れない。

また、カラマツ原木に適した菌株の選抜という目的からは外れるが、対照としたコナラ原木での栽培試験において、有益な特性を有した交

配株も認められた。コナラ原木では、供試した交配株 182 菌株のうち 81 菌株が子実体を発生したが、これらの中には子実体発生量に優れたものや大型の子実体を発生するものが含まれていた。例えば、子実体発生量の最も多かった 638b×642a(77 個, 25.9 g: 交配株 81 菌株の平均値=13.3 個, 5.9 g)(写真 3-2-3)や子実体の 1 個当たりの乾燥重量の値が大きかった 605a×639a(1.58 g: 交配株 81 菌株の平均値=0.56 g)(写真 3-2-4)などは、今後クリタケの優良品種を育成する上で貴重な育種素材と言える。

さらに、子実体ヒダ表面が黄色を示す交配株も複数認められた(表 3-2-3, 写真 3-2-5)。野生型のクリタケ子実体ヒダ表面が褐色化するのには胞子色によるものだが、ヒダ表面が黄色を示す交配株はタモギタケ等で知られている無孢子性突然変異系統⁶⁾のように胞子形成能に劣る性質を有している可能性が高い。なお、子実体のヒダ表面が黄色を示す交配株の片親は全て共通していた(650a)ことから、黄色の形質は一核系統 650a が保有する優性遺伝子によって支配されている可能性もある。これらの点については、今後精査する必要がある。

以上のように、野生株 32 菌株を育種素材にして、交配株の作出と選抜、及び原木栽培試験を行った結果、カラマツ原木栽培に適した特性を有するクリタケ菌株を見出すことができた。なお、原木栽培試験における子実体発生量調査は今後も継続する予定であり、新たな優良菌株が選抜される可能性もある。カラマツ原木栽培用クリタケ品種を育成するためには今後のさらなる研究が必要であるが、本研究で得られた成果がカラマツ原木栽培用品種に限らず、クリタケ優良品種の育成に活用されることを期待したい。

表 3-2-1 クリタケ供試菌株

菌株番号	採取道府県	採取年	脱二核*
SA521	長野	2001	2
SA598	長野	2002	1
SA605	長野	2002	1
SA606	長野	2002	1
SA607	長野	1989	2
SA614	長野	2002	1
SA615	長野	2002	1
SA618	長野	1998	1
SA619	長野	1998	1
SA622	長野	2002	1
SA630	長野	1996	2
SA631	長野	2002	1
SA632	長野	2002	1
SA634	岐阜	2002	2
SA635	鳥取	1996	1
SA636	群馬	1997	1
SA637	北海道	1998	2
SA638	福島	1997	1
SA639	岩手	1996	1
SA640	青森	2000	2
SA641	山形	1999	2
SA642	秋田	2000	1
SA644	京都	2002	1
SA645	北海道	2003	2
SA646	山形	2003	1
SA647	岩手	2003	2
SA648	長野	2004	1
SA649	長野	1991	2
SA650	長野	1995	1
SA651	長野	2004	2
SA652	長野	2004	1
SA653	鳥取	2002	2

*1はプロトプラスト培養法，2は無性胞子培養法により脱二核実験を行ったことを示す



写真 3-2-1 対峙培養コロニーの上下に形成されたセクター状菌糸体

表 3-2-2 交配株 182 菌株の構成親系統とそれらの数

構成親系統	系統数	構成親系統	系統数
605a	20	638b	11
614a	7	639a	13
615a	21	640a	8
615b	9	641a	14
618a	11	642a	11
618b	2	642b	4
619a	2	645a	5
630a	1	646a	21
631a	3	646b	18
634a	17	648a	24
635a	6	650a	31
635b	3	650b	12
636a	26	651a	7
636b	21	652a	8
637a	7	652b	10
638a	11	計	364

表 3-2-3 原木栽培試験におけるクリタケ子実体発生量

菌株	カラマツ原木		コナラ原木	
	個数	乾重 (g)	個数	乾重 (g)
605a × 614a	0	0.0	15	8.0
605a × (635a)	0	0.0	29	17.6
605a × 636a	3	1.0	9	3.1
605a × (636b)	0	0.0	1	0.3
605a × 639a	0	0.0	4	6.3
605a × 641a	0	0.0	12	10.0
614a × (650a)*	5	2.5	0	0.0
615a × (635b)	0	0.0	6	2.5
615a × 636b	0	0.0	2	1.3
615a × (636b)	5	2.0	6	2.5
615a × (646b)	0	0.0	11	4.7
615a × (641a)	0	0.0	1	0.3
615b × 634a	0	0.0	26	9.4
615b × (636a)	0	0.0	17	8.0
615b × 636b	0	0.0	6	4.0
615b × (646b)	0	0.0	6	3.1
615b × 648a	0	0.0	1	2.2
618b × (646b)	0	0.0	18	3.4
618a × (615a)	0	0.0	35	7.9
618a × 639a	0	0.0	40	15.0
618a × 642a	0	0.0	12	7.5
618a × 646b	0	0.0	2	1.2
618a × 650a*	0	0.0	9	3.1
631a × (650a)	0	0.0	2	2.0
634a × (605a)	0	0.0	6	5.1
634a × (615a)	0	0.0	4	3.4
634a × 642a	0	0.0	36	16.0
634a × 650a*	0	0.0	2	3.0
635a × (636b)	0	0.0	19	4.3
635a × (650a)*	0	0.0	3	1.1
636a × (615a)	0	0.0	11	3.6
636a × (631a)	0	0.0	28	8.0
636a × (634a)	0	0.0	6	2.2
636a × (641a)	0	0.0	10	3.3
636a × (650b)	0	0.0	11	3.1
636a × (651a)	10	3.9	0	0.0
636a × 638b	0	0.0	22	7.9
636b × (605a)	0	0.0	3	1.8
636b × 634a	0	0.0	2	0.8
636b × (635a)	3	1.1	13	6.8
636b × (638b)	1	0.1	5	1.5
636b × (639a)	0	0.0	16	9.2
636b × (642a)	0	0.0	13	6.1
636b × 646b	0	0.0	11	4.4
637a × (635a)	1	0.3	15	9.8
637a × (636b)	12	5.6	30	14.4
637a × 642a	0	0.0	3	1.2
637a × (648a)	0	0.0	17	7.2
638a × (605a)	0	0.0	26	7.7
638a × 640a	0	0.0	19	4.6
638b × 639a	0	0.0	3	1.7
638b × 642a	0	0.0	74	25.9
638b × 646b	0	0.0	8	2.2
639a × (634a)	0	0.0	9	3.0
640a × (636b)	0	0.0	4	1.8
640a × (648a)	0	0.0	15	7.0
641a × (642b)	0	0.0	3	0.8
642a × (636b)	0	0.0	12	5.7
642a × 650b	0	0.0	12	3.6
646a × (634a)	0	0.0	10	11.5
646a × 646b	0	0.0	1	2.6
646a × (650b)	0	0.0	4	7.1
646a × 651a	0	0.0	15	5.5
646b × (641a)	0	0.0	16	4.6
648a × (645a)	0	0.0	5	3.2
648a × (646a)	0	0.0	2	1.8
648a × (646b)	0	0.0	1	0.4
648a × (652a)	0	0.0	23	12.2
648a × 652b	0	0.0	16	6.9
650a × (615a)*	0	0.0	6	0.9
650a × (615b)	3	1.4	0	0.0
650a × (642a)	0	0.0	36	17.5
650a × (645a)*	1	0.7	0	0.0
650a × (646a)*	14	5.6	11	4.4
650a × (650b)*	0	0.0	11	5.1
650a × (651a)*	0	0.0	45	15.9
650a × (652a)*	8	1.3	42	9.9
651a × (648a)	0	0.0	10	9.7
652a × (636b)	0	0.0	30	18.7
652b × (635a)	0	0.0	15	11.3
652b × (636a)	0	0.0	12	5.9
652b × (638a)	0	0.0	2	0.5
652b × (638b)	0	0.0	16	10.1
652b × (648a)	0	0.0	4	1.9
652b × (650a)*	0	0.0	2	0.5
SA605	0	0.0	26	16.3
SA614	0	0.0	17	7.9
SA615	0	0.0	38	20.3
SA618	0	0.0	46	19.7
SA634	0	0.0	8	3.4
SA636	1	0.5	22	6.5
SA639	0	0.0	5	1.5
SA646	0	0.0	9	3.9
SA650	4	1.3	17	4.2
SA652	0	0.0	19	3.6

*は子実体ヒダ表面が黄色を示した交配株を示す

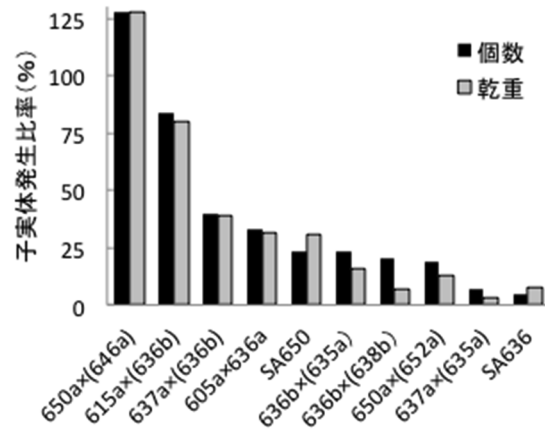


図 3-2-1 コナラ原木に対するカラマツ原木での子実体発生比率

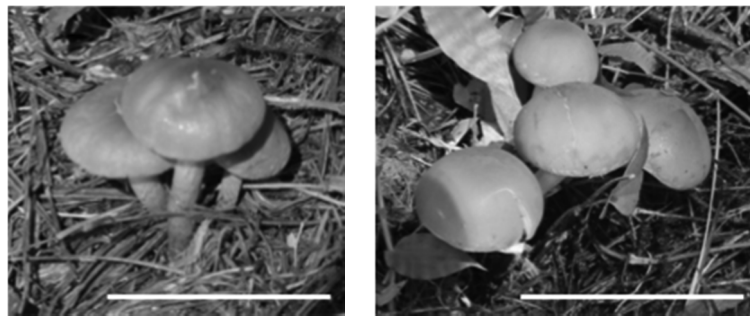


写真 3-2-2 カラマツ原木 (左) 及びコナラ原木から発生した交配株 637a × (636b) の子実体 (バー=5 cm)

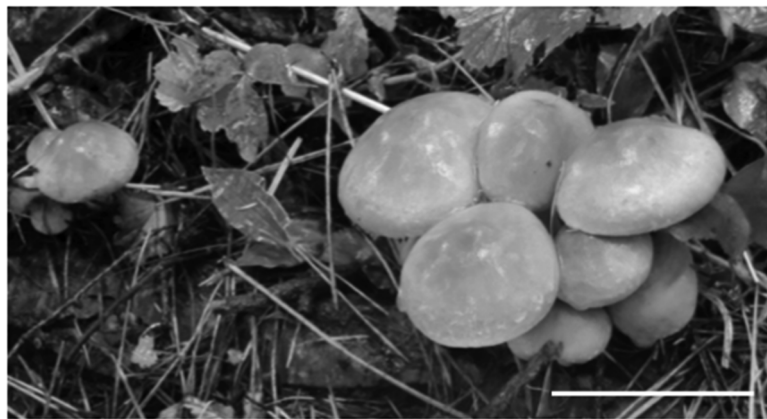


写真 3-2-3 交配株 638b × 642a の子実体 (バー=5 cm)



写真 3-2-4 交配株 605a × 639a の子実体 (バー=5 cm)



写真 3-2-5 ヒダ表面が黄色を示す子実体 (650a×(642a))
及び野生型子実体 (637a×(635a))

3.3 腐生性きのこによる活性化効果の評価-腐生性きのこ(クリタケ)の経済性-

3.3.1 目的

里山の森林空間をきのこ生産の場として活用していくことは地域の活性化や森林整備の推進にとって重要である。そこで、森林整備によって林内に残された除間伐木を利用して、わりばし種菌を用いた簡易接種法によるクリタケ栽培試験を実施した。その結果を元に、森林空間を活用した腐生性きのこ(クリタケ)生産の経済性について検討した。なお広葉樹原木(コナラ)と針葉樹原木(カラマツ)の2パターンで検討を行った。

3.3.2 調査方法

わりばし種菌を用いたきのこ簡易接種法によるクリタケ栽培の収量、栽培に必要な生産資材・出荷資材・出荷費等の経費栽培に係る労働力、クリタケの販売額を調査して簡易接種法によるクリタケ栽培の収支を計算した。

3.3.3 調査の結果と考察

(1) クリタケの収量

簡易接種法による広葉樹原木(コナラ長さ1m, 直径10cm)を用いた栽培試験の結果⁷⁾から、クリタケ収量モデルを算定した(表3-3-1)。このモデルを用いて収穫期間5年間の原木1本当たりの収量を650gと設定すると、原木1,000本当たり650kgのクリタケが得られることになる。なお、針葉樹

原木(カラマツ)の場合は、広葉樹原木(コナラ)の50%の収量とすると、原木1,000本当たり325kgのクリタケが得られることとなる。

(2) 森林空間におけるクリタケ栽培に要する労働力

前述の3.2における栽培試験で要した人工数、研修会等で要した人工数、佐久市における実施例、長野県きのこ基本計画経営試算例⁸⁾を参考に算出した。算出した森林空間を活用した簡易接種法によるクリタケ栽培にかかる人工数を表3-3-2に示した。

(3) 森林空間におけるクリタケ栽培の収支

「星の町うすだ山菜きのこ生産組合」(佐久市)における実施例、長野県きのこ基本計画経営試算例⁸⁾を参考に必要経費・販売単価等を算出し、前述の(1)(2)で算出した値を使用して、広葉樹(コナラ)原木における栽培の収支及び針葉樹(カラマツ)原木における栽培の収支を計算した。その結果を表3-3-3及び表3-3-4に、それぞれ示した。

示した結果は、あくまでも計算例ではあるが、森林空間を利用した腐生性きのこ(クリタケ)の経済性を数値で表わすことができた。また、前述の3.1でのピロディン貫入値で原木の腐朽度を数値化することと合わせ、腐生性きのこによる森林空間の活性化効果を数値化した。

表 3-3-1 割り箸クリタケの年次別収量モデル

発生年次	発生量 (g/本)
1年目	100
2年目	250
3年目	150
4年目	100
5年目	50
計	650

表 3-3-2 簡易接種法によるクリタケ栽培にかかる人工数

コナラ原木 1,000 本当たり				カラマツ原木 1,000 本当たり			
内容	総数	1日1人当たり	人数(人)	内容	総数	1日1人当たり	人数(人)
接種	1,000 本	300 本	3.3	接種	1,000 本	300 本	3.3
被覆	1,000 本	1,000 本	1.0	被覆	1,000 本	1,000 本	1.0
採取	650 kg	150 kg	4.3	採取	325 kg	150 kg	2.2
包装	6,500 個	400 個	16.3	包装	3,250 個	400 個	8.1
合計			24.9	合計			14.6

表 3-3-3 簡易接種法によるクリタケ栽培の収支 (コナラ原木 1,000 本当たり)

区分	項目	内訳	数量	単価(円)	金額(円)	
支出	生産資材	原木 ^{※1}	1,000 本	100	100,000	(A)
		種菌	25 袋	1,000	25,000	
		燃料等 (カソリン、オイル、チェーンオイル)	1 式	10,000	10,000	
		小計			135,000	
	出荷資材	トレイ	6,500 枚	4	26,000	
		ラップフィルム	6 本	1,800	10,800	
		段ボール箱	217 枚	90	19,530	
		小計			56,330	
	出荷費	輸送費	650 kg	30	19,500	
		手数料 ^{※2}			171,600	
小計				191,100		
合計				382,430	(A)	
収入	販売額	クリタケ	650 kg	2,200	1,430,000	(B)
利益		(B) - (A)			1,047,570	

※1 原木の調製経費を原木代とした。

※2 手数料は販売額 (B) の12%とした。

表 3-3-4 簡易接種法によるクリタケ栽培の収支 (カラマツ原木 1,000 本当たり)

区分	項目	内訳	数量	単価(円)	金額(円)	
支出	生産資材	原木 ^{※1}	1,000 本	100	100,000	(A)
		種菌	25 袋	1,000	25,000	
		燃料等 (カソリン、オイル、チェーンオイル)	1 式	10,000	10,000	
		小計			135,000	
	出荷資材	トレイ	3,250 枚	4	13,000	
		ラップフィルム	3 本	1,800	5,400	
		段ボール箱	109 枚	90	9,810	
		小計			28,210	
	出荷費	輸送費	325 kg	30	9,750	
		手数料 ^{※2}			85,800	
小計				95,550		
合計				258,760	(A)	
収入	販売額	クリタケ	325 kg	2,200	715,000	(B)
利益		(B) - (A)			456,240	

※1 原木の調製経費を原木代とした。

※2 手数料は販売額 (B) の12%とした。

4 菌根性きのこの増殖と森林の活性化

4.1 環境整備法の開発-ハナイグチ増産の施業技術-

4.1.1 目的

戦後、長野県で行われた拡大造林の主要樹種であるカラマツは、その後の国内経済の変化や外材の輸入にともない、建材としての価値が大きく低下した。今日、伐期を迎えながら放置されたカラマツ林が広く見られるようになり、山村経済や環境保全、あるいは防災の観点から、それらの根本

的な対策が望まれている。

カラマツ林には、「ジコボウ」の名で広く知られる食用きのこのハナイグチやその近縁種が発生し、近年は高値で取引されている。したがって、放置カラマツ林を整備し、その経済的価値を高める一つの方策として、ハナイグチ類の増産が考えられる。一方、カラマツ林の樹種転換も検討されており、きのこ栽培等に利用できるナラ類もその候補に挙げられている。

本研究では、このような長野県下のカラマツ林

の付加価値の増大と新たな活用法の開発を目的に、菌根性きのこに関する試験を行った。特に、本小課題では、カラマツ林におけるハナイグチの増産を目的に、林地施業技術の検討を行った。

4.1.2 調査地と調査方法

(1) 調査地

2010年9月、佐久市平地区のカラマツ人工林(面積約1ha)に調査地を設け、そこに10m×10mの方形区プロットを24個設置し、このうち16プロットは施業区、8プロットは対照区とした。各プロットの内側8m×8mの4隅、4辺の中間地点、ならびにプロットの中央に木杭を打ち込み、外周にロープを張った。これにより、プロット内部の8m×8mを2m×2mの16サブプロットとして調査できるようにした(図4-1-1, 図4-1-2, 写真4-1-1)。

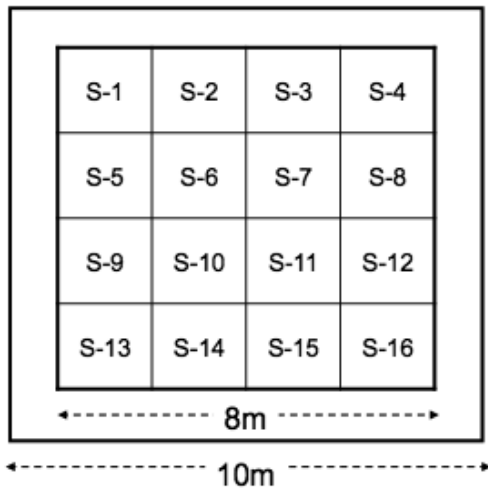


図4-1-1 一つの方角プロット配置(施業区)

施業区の16プロットでは、カラマツ以外の雑木

をすべて除伐し小灌木もすべて刈り込んだのち、8プロットでは落葉層の除去、残り8プロットには腐植層の完全な剥ぎ取りを行った。さらに、林床処理の異なる2種類の8プロットにおいて、それぞれ半数の4プロットではハナイグチの胞子散布(子実体破碎物)を行った(表4-1-1)。胞子散布量は、1プロット内の16サブプロットの半数にあたる8サブプロットで、それぞれ100~500g/年程度(2010~2014年の秋季に実施)とした。

施業区の16プロットでは、春~夏にかけて、年2~3回程度の草刈りと小灌木の除伐を行った。対照区の8プロットでは、歩いて調査できる程度の灌木の除伐を行ったが、定期的な草刈りは行わなかった。

表4-1-1 施業区プロットの概況

施業の形態(プロット数)	カラマツ本数/ha
地掻あり/胞子接種(4)	200
地掻なし/胞子接種(4)	225
地掻あり/胞子接種なし(4)	250
地掻なし/胞子接種なし(4)	250
対照区(8)	188

(2) 子実体発生量調査

2010~2014年の9月上旬~11月中旬、週1~2回の現地調査を行った。調査区の24プロットにて、ハナイグチとシロヌメリイグチの子実体発生量(重量)を調査した。また、発生頻度と発生パターンを求めるため、16サブプロットごとの発生位置を記録した。なお、子実体発生に関わる地温の影響について調査するため、プロット内の林床土壌5~10cm深に温度計ロガー(Onset社)を埋設した。

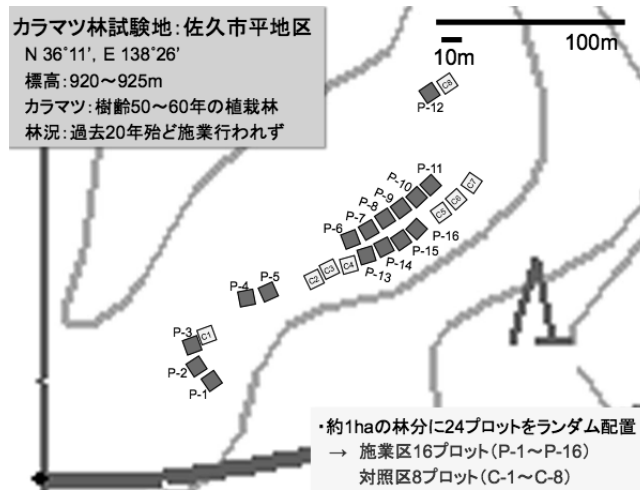


図 4-1-2 プロットの配置



写真 4-1-1 ハナイグチ調査プロットの設置状況(2010年8月)

4.1.3 試験の結果と考察

(1) 子実体発生状況

2010・2011年は、佐久地域でのハナイグチ類の発生が不作気味で、調査地での施業効果は不明瞭だった。2012年には、施業区でシロヌメリイグチの発生が顕著に増加し、対照区と比べ発生量が1.5倍、発生頻度で4倍程度となった(表4-1-2, 3)。2013・2014年にはハナイグチでも施業効果が認められ、発生頻度で3～5倍、発生量で7～9倍となった(表4-1-4, 5)。

図4-1-3～5(→の箇所で子実体発生)に示したように、平試験地のハナイグチ発生と地温の関係を見ると、子実体発生は温度依存的で地温(10cm深)が17.5℃程度まで低下すると子実体形成を開始し、10日後くらいから地表に発生している。また、地温(10cm深)が12.5℃程度まで低下して2週間後くらいで発生が終了した。したがって、ハナ

イグチの子実体発生を誘導する地温(低温刺激)は、17.5℃付近と推定された。

表 4-1-2 シロヌメリイグチの発生頻度の年次経過

調査期間 (2010～)	発生頻度(サブプロット数/64m ²)の平均値		P値(t検定)
	施業区(n=16)	対照区(n=8)	
～2012	0.88 (0.13)	0.224	0.068
～2013	3.13 (0.69)	0.155	0.005
～2014	3.13 (0.69)	0.139	0.005

表 4-1-3 シロヌメリイグチの発生量の年次経過

調査期間 (2010～)	発生量(g/64m ²)の平均値		
	施業区(n=16)	対照区(n=8)	P値(t検定)
～2012	192 (64)	161 (77)	0.776
～2013	267 (93)	251 (100)	0.917
～2014	272 (94)	251 (100)	0.890

表 4-1-4 ハナイグチの発生頻度の年次経過

調査期間 (2010～)	発生頻度 (サブプロット数/64m ²) の平均値		
	施業区 (n=16)	対照区 (n=8)	P 値 (t 検定)
～2012	0.31 (0.15)	0.13 (0.13)	0.428
～2013	1.63 (0.36)	0.50 (0.27)	0.054
～2014	2.25 (0.52)	0.50 (0.27)	0.007

表 4-1-5 ハナイグチの発生量の年次経過

調査期間 (2010～)	発生量 (g/64m ²) の平均値		
	施業区 (n=16)	対照区 (n=8)	P 値 (t 検定)
～2012	36 (20)	7 (5)	0.164
～2013	150 (46)	19 (8)	0.013
～2014	186 (59)	19 (8)	0.013

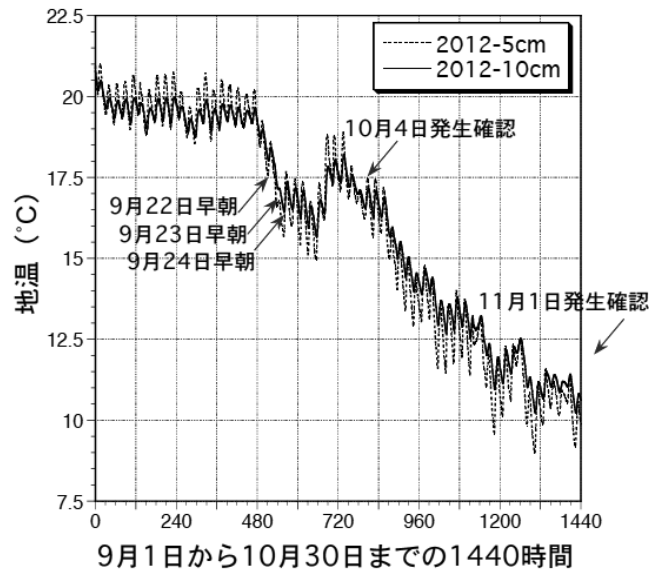


図 4-1-3 ハナイグチ子実体発生パターンと気象要因
2012年9月1日から10月30日までの60日間 (1440時間)

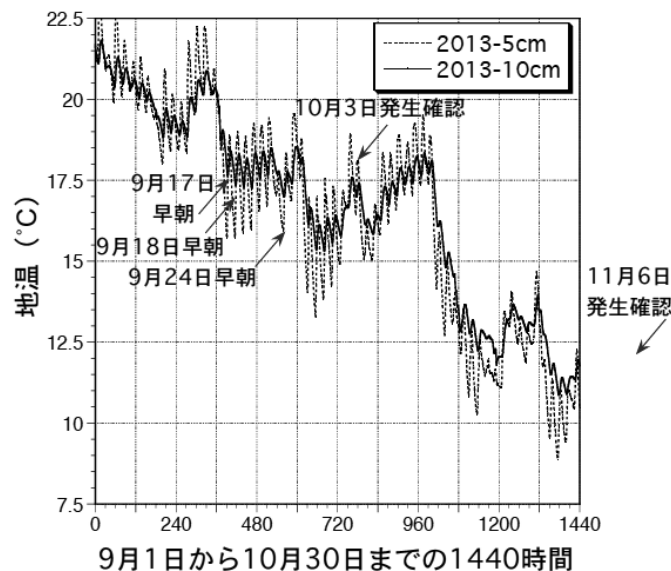


図 4-1-4 ハナイグチ子実体発生パターンと気象要因
2013年9月1日から10月30日までの60日間 (1440時間)

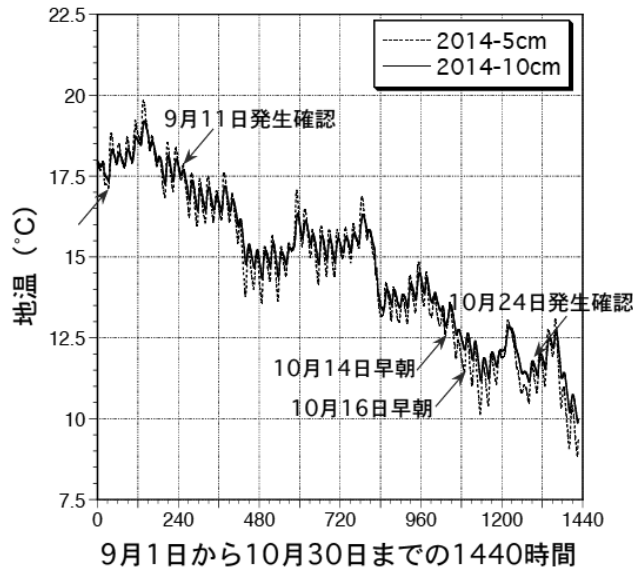


図 4-1-5 ハナイグチ子実体発生パターンと気象要因
2014年9月1日から10月30日までの60日間(1440時間)

4.2 菌根苗の利用技術の開発-シメジ類の野外定着技術-

4.2.1 目的

間伐手遅れのカラマツ林を伐採して広葉樹林に転換する際、或は、カラマツ林に隣接する雑木林等を想定して、ホンシメジ、シャカシメジ、シモフリシメジ等のシメジ類の増殖技術について検討した。特に、ナラ類を宿主とするシメジ類の野外定着技術の開発を目的に野外試験を行った。

4.2.2 調査地と調査方法

(1) 調査地の設定

2011年6月、佐久市平地区のカラマツ人工林に接する雑木林の一角に試験地を設定した(図4-2-1)。また、2014年5月、佐久市上小田切地区のアカマツ-コナラ混交林に試験地を設定した(図4-2-2)。

(2) 培養菌株の収集

長野県内を中心に野外調査を行い、ホンシメジ、シモフリシメジを収集した。

(3) ホンシメジの菌床作成

ホンシメジとシャカシメジについては、菌糸伸長の良好な菌株を中心に選抜し、大麦・土壌培地⁹⁾を用いて菌床を作成した。

(4) シモフリシメジの菌根苗作出

菌糸伸長の良好な菌株を中心に選抜し、アカマツを宿主とする菌根合成を行った。菌根形成の良

好な菌株を中心に、アカマツ菌根苗と種子発芽させたコナラ属の実生について滅菌土を詰めたポットに共植し、ナラ属の根系にシモフリシメジを二次定着させた。

その後、滅菌土を詰めた素焼き鉢にポット苗を移植し、屋外のマツ林の林床(信大農学部構内)に埋設し、1年間養苗してシモフリシメジの菌根を順化・増殖させた。

(5) ホンシメジ菌床の埋設

2011年~2013年にかけて、佐久市平地区の試験地に菌床を埋設した。菌床は250mlまたは1Lの体積で、コナラ属樹下の土壤中に1本ずつ等間隔で埋設した。合計で300本程度の菌床を埋設した。また、2014年、佐久市上小田切地区の試験地に菌床を埋設する際には、100ml菌床10本を1束として宿主根系を挟み込むように埋設し、1本の宿主に対して30本の菌床を埋設した。合計で700本程度の菌床を埋設した。埋設から半年ほど経過してから定期的に菌床を掘り取り、顕微鏡観察とDNA分析により菌根形成の有無について調査した。なお、ホンシメジの実験の流れを図4-2-3に示した。

(6) シモフリシメジ菌根菌の移植

2014年、佐久市上小田切地区の試験地にシモフリシメジの定着した菌根苗およそ50本を移植した。移植後、苗周辺の草刈りを行い、苗の生残と菌根の生残について調査した。なお、シモフリシメ

ジの実験の流れを図 4-2-3 に示した。

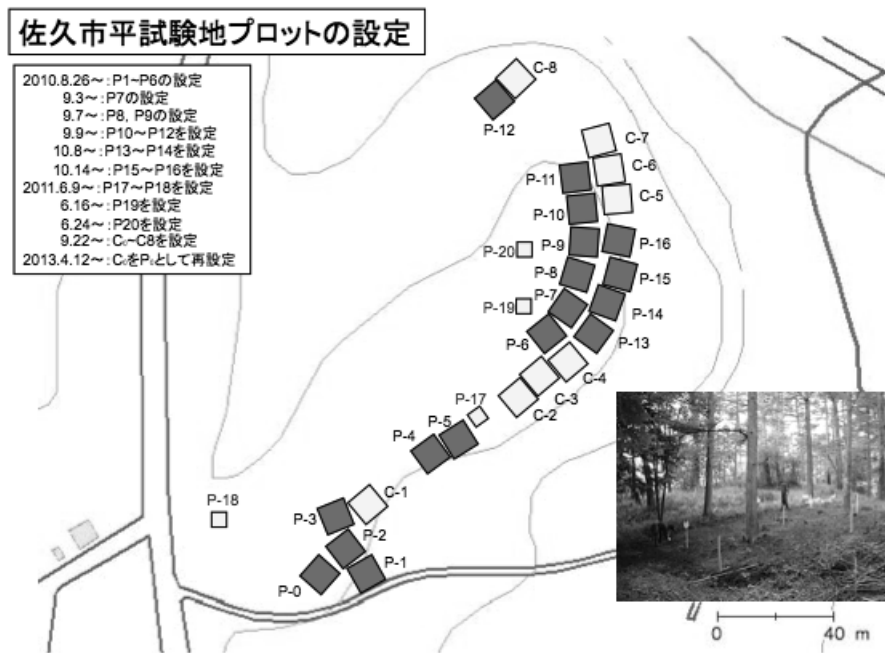


図 4-2-1 ホンシメジプロットの設定状況 (佐久市平, 2011 年 6 月)
(P-17～P20)

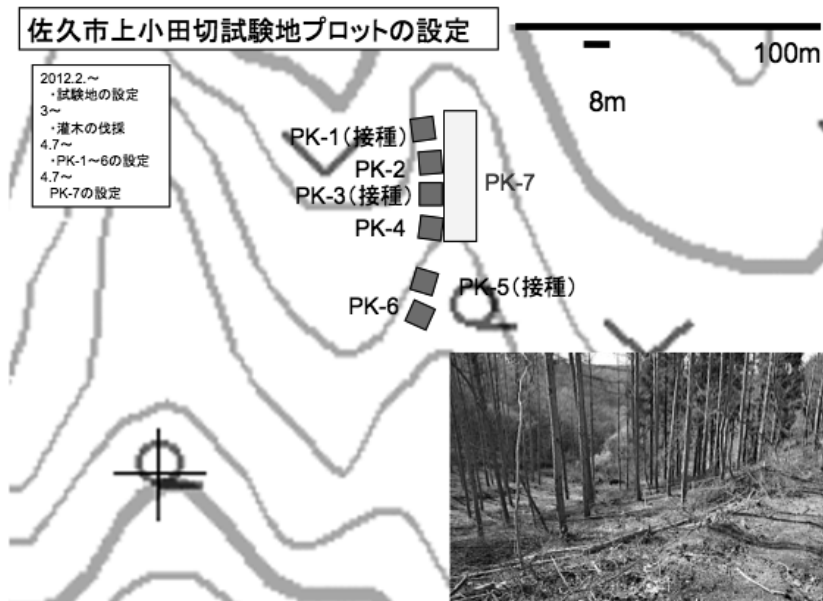


図 4-2-2 ホンシメジプロットの設定状況 (佐久市平, 2014 年 5 月)
(PK-7)

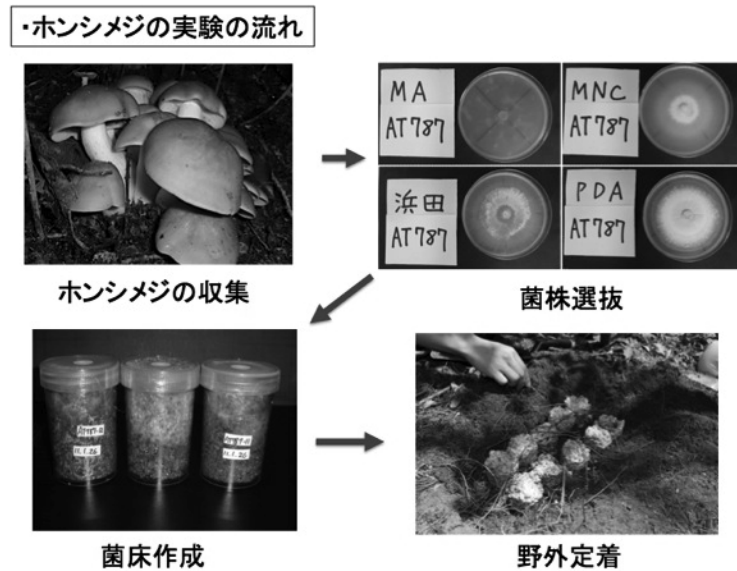


図 4-2-3 ホンシメジの実験の流れ

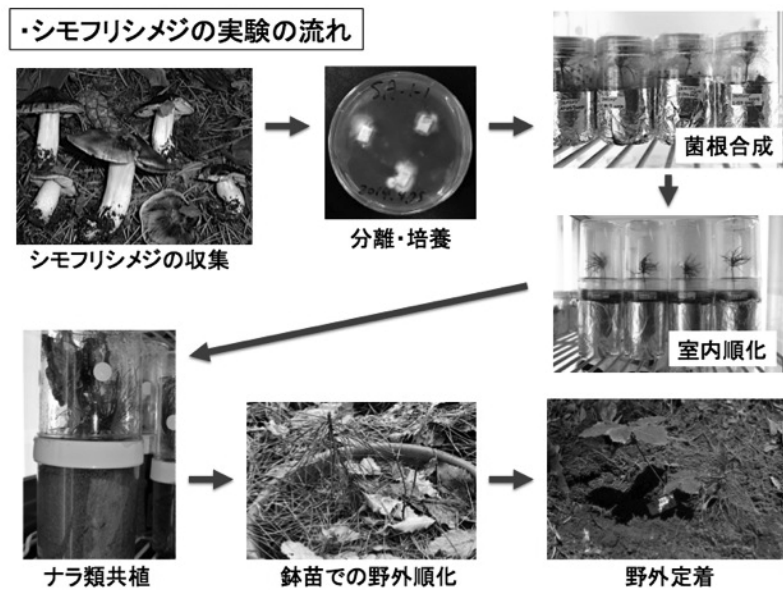


図 4-2-4 シモフリシメジの実験の流れ

4.2.3 試験の結果と考察

(1) 培養菌株の収集

長野県内を中心に野外調査を行い、ホンシメジ 18 株、シャカシメジ 3 株、シモフリシメジ 12 株を収集した。供試した既存株及び新たに収集した菌株リストを表 4-2-1 に示した。

(1) ホンシメジ菌糸体の定着状況

佐久市平地区では、一度、菌床埋設直後に子実

体発生が見られたが、宿主根系への定着は見られなかった。また、別の一部の菌床では埋設から半年後に、コナラとの菌根形成が見られたが、その翌年には菌根が見られなくなった。佐久市上小田切地区の試験地では、調査した半数の菌床埋設地点で菌根形成が確認でき、菌床を宿主根系に沿って集中的に埋設することで効果的に定着できることがわかった（写真 4-2-1）。

(2) シモフリシメジ菌根の定着状況

移植した菌根苗のほとんどは、移植から半年の時点で生残していた (写真 4-2-2)。一部の苗は、動物の被害により、地面から引き抜かれて枯死した。生残していた苗の根系を調査した結果、白色

の外観を有しシモフリシメジと判断される菌根が定着していることを確認した。すなわち、あらかじめ野外順化したシモフリシメジ菌根苗を用いることで、確実に山地移植できることがわかった。

表 4-2-1 収集及び供試菌株

番号	種名	菌株名	由来	分離日	産地	推定宿主 (植生)	備考
1		AT608	(既存株)	1997年10月	茨城県 大子町	(不明:市販品)	NBRC登録あり
2		AT713	(既存株)	2000年10月	長野県 大鹿村, 菖蒲沢	アカマツ・コナラ	
3		S-64	(既存株)	2008年10月	長野県 中川村, 四徳川	クスギ・コナラ	
4		AT787	(既存株)	2007年10月	長野県 辰野町, 雨沢	アカマツ	
5		AT788	(既存株)	2007年10月	長野県 辰野町, 雨沢	コナラ	
6		S-136	新規	2010年10月	栃木県	(不明)	分譲標本より分譲
7		S-144	新規	2010年10月	長野県 大鹿村, 菖蒲沢	コナラ	
8		S-147	新規	2010年10月	長野県 大鹿村, 菖蒲沢	アカマツ・ツガ	
9	ホンシメジ	S-148	新規	2010年10月	長野県 中川村, 四徳川	クスギ・コナラ	S-64と同一地点で採取
10	<i>L. shimeji</i>	S-151	新規	2010年10月	長野県 松本市, 乗鞍高原	ミズナラ	
11		S-152	新規	2010年10月	長野県 松本市, 乗鞍高原	ミズナラ	
12		S-153	新規	2010年10月	長野県 松本市, 乗鞍高原	ミズナラ	
13		S-154	新規	2010年10月	長野県 松本市, 乗鞍高原	ミズナラ	
14		S-155	新規	2010年10月	長野県 松本市, 乗鞍高原	ミズナラ	
15		S-160	新規	2010年10月	長野県 中川村, 田島沢	コナラ	
16		S-161	新規	2010年10月	長野県 大鹿村, 菖蒲沢	コナラ	
17		S-162	新規	2010年10月	長野県 大鹿村, 菖蒲沢	コナラ	
18		SA-3	新規	2010年11月	長野県 中川村, 四徳川	クスギ・コナラ	S-64と同一地点で採取
19	シャカシメジ	S-128	新規	2010年9月	長野県 松本市, 乗鞍高原	ミズナラ	
20	<i>L. fumosum</i>	S-132	新規	2010年10月	長野県 伊那市	(不明:市販品)	
21		S-137	新規	2010年10月	栃木県	(不明)	分譲標本より分譲
22		AT615	(既存株)	1997年10月	茨城県 常陸太田市	アカマツ	NBRC登録あり
23		AT660	(既存株)	1998年11月	茨城県 常陸太田市	アカマツ	
24		AT708	(既存株)	2000年10月	長野県 中川村	コナラ	
25		S-138	新規	2010年10月	長野県 松本市, 乗鞍高原	ミズナラ	
26		S-139	新規	2010年10月	長野県 松本市, 乗鞍高原	コメツガ	
27	シモフリシメジ	S-156	新規	2010年10月	長野県 松本市, 乗鞍高原	ミズナラ	
28	<i>T. portentosum</i>	S-157	新規	2010年10月	長野県 松本市, 乗鞍高原	ミズナラ	
29		S-158	新規	2010年10月	長野県 松本市, 乗鞍高原	ミズナラ	
30		S-159	新規	2010年10月	長野県 松本市, 乗鞍高原	ミズナラ	
31		S-186	新規	2010年11月	長野県 信濃町, 黒姫	コナラ・ミズナラ	
32		S-187	新規	2010年11月	長野県 信濃町, 黒姫	コナラ・ミズナラ	
33		SA-1	新規	2010年11月	長野県 中川村, 四徳川	コナラ	

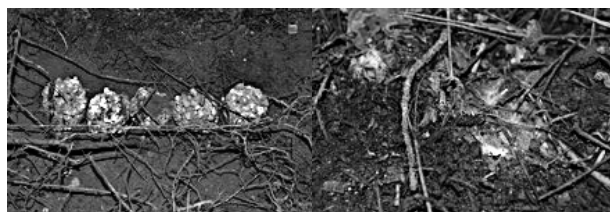


写真 4-2-1 宿主根系に沿って埋めたホンシメジ菌床(左)と、そこから増殖した菌糸体(右)

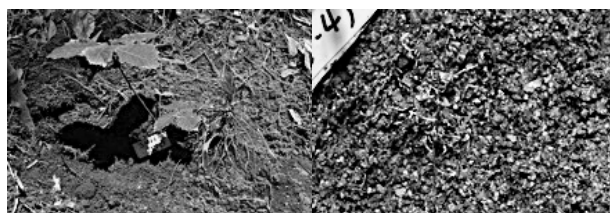


写真 4-2-2 林地に移植したコナラ菌根苗(左)と、その根系に見られるシモフリシメジの菌根(右)

4.3 菌根性きのこによる活性化効果の評価

4.3.1 目的

カラマツ林に発生する菌根性きのこであるハナイグチの森林整備や孢子散布による増殖効果が実証された。そこで現場への普及資料とするため、カラマツ林内の森林空間を利用したハナイグチ増殖方法の経済性について検討した。

4.3.2 調査方法

直販所等によるハナイグチの販売例を調査して販売単価を算出した。過去の文献等を調べて必要な施業方法、人工数等を算定した。

4.3.3 調査の結果と考察

(1) ハナイグチ収量と施業経費

ハナイグチの年間収量は、本課題の結果及び現在実施している現地実証試験や過去の試験例を参考に1ha当たり25kg/年とした。カラマツの林齢

が20年生時に除伐等の環境整備を行い、翌21年生から発生がみられ80年生時(60年間)まで収穫するものとした。

環境整備の年次別内訳を表4-3-1に、施業にかかる人工数を表4-3-2に示した。費用は13,000円/日・人とし流通経費、施業用具ほか雑費を表4-3-3「設定条件」のとおりとした。

(2) ハナイグチ増殖の収支

ハナイグチの総発生量は1,500kg/haとなる。価格は生産者への聞き取り調査市場等での販売実績を参考に2,200円/kgとし、売上総金額は3,300,000円となった。これらの値から経営収支を計算すると表4-3-3のとおりである。これにより、カラマツ林の環境整備や孢子散布による増殖効果の経済性を数値で示すことができた。

表 4-3-1 環境整備の年次別内訳

項目	内容	林 齢													
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
準備	施業調査	★													
環境整備	除伐, 整理	★													
	萌芽整理, 下層植生除去		★	★		★	★	★	★		★	★	★		
間伐 [※]			★		★						★				
管理	きのこ採取, 孢子散布	←—————→													

※長野県林務部：「カラマツ人工林・長伐期施業の手引き」（1991）を元に林齢23，37，60年生時に間伐を実施することとした。

表 4-3-2 環境整備に要する人工数（1ha 当たり）

項目	人員(人)	内 容
準備	2	事前調査
環境整備	50	除伐 カラマツ以外の広葉樹等を除伐し、林内に整理する。
	36	萌芽整理 除・間伐後の林況に応じて5年毎に行う。4人/年×9回。
間伐	—	林齢23，37，60年にカラマツの間伐施業を行う。下層植生の除伐も併せて行う。
管理	120	きのこの採取(見回りを兼ねる)，孢子散布。2人/年×60年
合計	208	

表 4-3-3 ハナイグチ経営試算 (1ha 当たり)

	項 目	金額 (円)
支出	準備	26,000
	環境整備 (除伐)	650,000
	(萌芽整理)	468,000
	間伐	—
	管理	1,560,000
	流通経費	165,000
	施業用具ほか雑費	305,000
	合 計	3,174,000
収入	売上金	3,300,000
	合 計	3,300,000
利益		126,000

〈設定条件〉

- ・カラマツ林1haについて林齢20年生時に環境整備を実施し、80年に収穫完了とした。
- ・ハナイグチの総発生量は、1,500kg/haとした。
- ・間伐経費は計上しないこととした。
- ・流通経費として110円/kgとした。
- ・施業用具ほか雑費は5,000円/年とし、林齢20年時から80年時まで61年分計上した。
- ・ハナイグチの価格については、調査結果から2,200円/kgとした。

4.4 ハナイグチ増殖現地適応化試験

4.4.1 目的

ハナイグチの増殖技術については山梨県や岩手県において試験例があるが^{10) 11)}、試験区の面積が1~20a程度と小規模なものであった。そこで上記4.1「環境整備法の開発-ハナイグチ増産の施業技術-」において、信州大学農学部を中心に1haを超える試験地において大規模な実証試験を行い、環境整備技術の有効性を示した。これを受けて、県下6箇所(図4-4-1)に現地適応化のための実証試験地を設けた。各地の傾向を把握するため子実体発生状況や気象観測を行うとともに、試験地は普及拠点として活用を図った。

4.4.2 試験の方法

試験地設置に当っては、各地域の森林所有者・林業普及指導員・市町村職員・森林組合等の関係者と共同し、除伐等の林内環境整備を行った(写真4-4-1~2)。その後の子実体発生量調査も関係者と協力して行うとともに、研修会の会場としても活用した。各試験地の概要は、表4-4-1に示した。

カラマツ林内施業の有無や、施業内容の違いによるハナイグチ子実体発生状況を調査するために、4試験区(図4-4-2,表4-4-2)を設けた。1試験

区は10×10m又は15×15mの方形区である。

孢子散布は、現場での作業のしやすさを考慮し、ハナイグチ子実体を手で細かく砕き(潰し)そのまま林内に散布する簡易な方法で行った。また、温度記録装置を設置し、試験地内の気温及び地温(10cm深)の測定を行った。

4.4.2 試験の結果と考察

平成26年までの試験地別ハナイグチ子実体発生量は、図4-4-3のとおりである。

諏訪市、安曇野市、須坂市では、林内施業を行ったA・B・C試験区の発生量が対照区(D)に対して多い傾向となった。特に諏訪市、安曇野市のA・B試験区は対照区に比べ3~8倍程度多くなった。これらの結果は、4.1の大規模試験の成果と同様であり、除伐や子実体散布などの林内施業がハナイグチの増殖に有効であることを示している。

一方で、調査期間が短いとはいえ、子実体発生が見られない試験地や、対照区のほうが施業区より子実体発生量が多い試験地もあった。これらについては、今後も調査を継続しデータを蓄積することが必要と考えている。

現地適応化調査試験地位置図

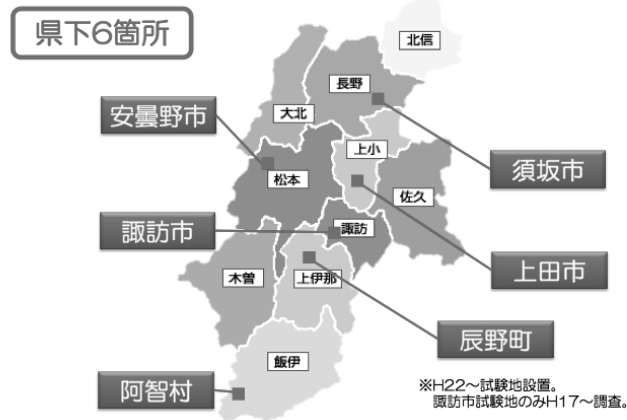


図 4-4-1 試験地の位置

試験地整備（関係者の連携）

- 森林所有者
- 市町村
- 森林組合
- 林業普及指導員（AG）



写真 4-4-1 地域の関係者と連携した試験地整備状況

試験地整備（阿智村）



写真 4-4-2 試験地整備の前後（左：整備前, 右：整備後）

表 4-4-1 現地適応化試験地の概要

試験地	カラマツ		標高 (m)	設置年
	密度 (本/ha)	林齢※		
上田市	650	51	1,190	H24
諏訪市	470	38	1,110	H15
辰野町	200	60	1,060	H24
阿智村	1,050	52	840	H25
安曇野市	510	36	1,220	H22
須坂市	650	71	1,300	H24

※林齢は平成27年4月時点。

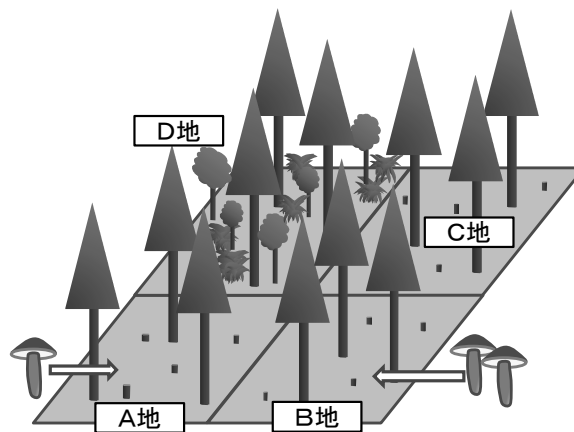


図 4-4-2 試験区概要図

表 4-4-2 試験区別施業内容

区	施業内容
A	除伐（広葉樹, 草本類）及びび子実体散布
B	除伐（広葉樹, 草本類）及びび子実体 2 倍散布
C	除伐（広葉樹, 草本類）
D	対照区（無施業）

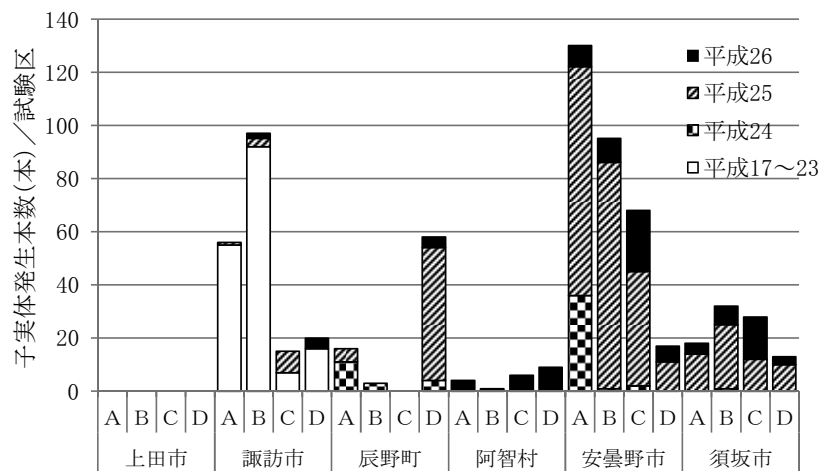


図 4-4-3 試験地別ハナイグチ子実体発生本数

5 総合考察

長野県内の「カラマツ間伐手遅れ林分」を対象として地域バイオマスである腐生性きのこ及び林内有機物を利用した複合培養技術、環境整備と菌根苗によるきのこの増殖技術を開発し、森林空間を有効に活用したきのこの栽培及び増殖技術を実証することを目標として研究を行った。

3の中課題「複合培養系による腐生性きのこの増殖と森林の活性化」の小課題 3.1「腐生性きのこの複合培養系による増殖技術の開発」においては、除間伐後のカラマツ林で「わりばし種菌」「培養殺菌原木」を接種源にクリタケ、ナメコの栽培試験を行い、順調な菌糸体のまん延とカラマツ原木からの子実体発生を確認した。このことにより、森林空間と林内有機物を有効活用したカラマツ等針葉樹の切り捨て間伐木の腐朽促進を図りながら、きのこを生産する技術を実証した。

同じく3の中課題「複合培養系による腐生性きのこの増殖と森林の活性化」の小課題 3.2「複合培養系に用いる地域遺伝資源の開発」においては、カラマツ原木栽培に適したクリタケ菌株の選抜を図り、コナラ原木に対して50%以上の発生量を示す菌株を選抜した。さらに、収量性・形状に優れたクリタケ菌株を優良育種素材として選抜した。しかし、本研究で育成した育種素材を活用してカラマツ原木栽培用クリタケ品種を育成するためには、今後のさらなる研究の継続が必要である。

さらに3の中課題「複合培養系による腐生性きのこの増殖と森林の活性化」の小課題 3.3「腐生性きのこによる活性化効果の評価」においては、腐生性きのこ（クリタケ）の経済性について検討し、経済性を栽培の収支計算で表わした。これにより、腐朽度をピロディン貫入量で表わした結果と合わせ、腐生性きのこによる森林空間の活性化効果を数値化した。

4の中課題「菌根性きのこの増殖と森林の活性化」の小課題 4.1「環境整備法の開発」においては、ハナイグチ増産の施業技術について検討し、長野県内でカラマツ手遅れ林分の施業（雑木皆伐、落葉層掻き取り、腐植層はぎ取り、ハナイグチ胞子散布）を行い、ハナイグチの発生量が顕著に増加すること、シロヌメリイグチの発生も増加傾向にあることを明らかにした。これにより、カラマツ林施

業により食用イグチ類の収量が増加することを実証した。また、ハナイグチ収穫の目安となる発生刺激温度を明らかにした。

同じく4の中課題「菌根性きのこの増殖と森林の活性化」の小課題 4.2「菌根苗の利用技術の開発」においては、シメジ類の野外定着技術について検討し、カラマツ林分に隣接する雑木林においてホンシメジ菌床を樹木根系に沿って埋設することで、林地に菌根定着できる技術を開発した。また、シモフリシメジの定着したナラ類の菌根苗を林地に定着させる技術を開発した。これにより、シメジ類の発生林を造成する技術を確立した。しかし、試験研究として開発した技術を実用化して事業ベースに乗せるためには、大規模な実証試験を継続する必要がある。

さらに4の中課題「菌根性きのこの増殖と森林の活性化」の小課題 4.3「菌根性きのこによる活性化効果の評価」においては、菌根性きのこ増殖の経営収支を算出して、カラマツ林の環境整備や胞子散布による増殖効果の経済性を示した。これにより、菌根性きのこによる森林空間活性化効果を数値化した。

そして、さらに4の中課題「菌根性きのこの増殖と森林の活性化」の小課題 4.4「ハナイグチ増殖現地適応化試験」においては、県下6箇所の実証試験地を設けて、環境整備によるハナイグチ増殖技術の現地適応性の検討を開始するとともに普及拠点を創出した。

以上の成果は、目標とした「腐生性きのこ・菌根性きのこの両者の機能の高度発揮と地域木質バイオマスの利用によるカラマツ等の森林の活性化と森林空間を有効に活用したきのこの栽培と増殖の実現」に寄与するものと考えられる。さらに、

- (1) 森林所有者の森林整備への意欲の向上
- (2) 自然味に溢れたきのこ生産による山村の活性化
- (3) 健全な森林造成による森林機能の高度発揮等の波及効果をもたらすものである。

しかしながら、カラマツ原木栽培用クリタケ品種の育成、ホンシメジ等のシメジ類の増殖技術の事業化には、今後も継続して研究すべき課題が残された。

なお、当該課題の先行研究である農林水産技術

会議高度化事業「里山を活用したきのこの栽培及び増殖システムの開発」(2005(平成17)年度～2007(平成19)年度)において開発し、当該課題でも検討した「きのこの簡易接種法」は、2014年11月7日付け「きのこの接種法」特許5640201号(長野県・一般社団法人長野県農村工業研究所)として認定された。

6 謝辞

本研究の推進に当たり外部有識者として全国食用きのこ種菌協会 福井陸夫氏に多大なご指導・ご助言を頂戴した。ここに深く感謝の意を表す。また、研究の遂行全般に当たりご指導をいただいた(公社)農林水産・食品産業技術振興協会 専門PO 山内政明氏に衷心より御礼申し上げます。さらに、現地試験においては、多くの森林所有者等の関係者・市町村職員の皆様、各地方事務所林務課の林業改良普及員に多大な協力を頂戴した。ここに重ねて御礼申し上げます。ものである。

7 文献

- 1) 増野和彦・福田正樹・西澤賢一・吉村智之・細川奈美・伊藤 淳・山本郁勇・高木 茂・竹内嘉江(2009), 里山を活用したきのこの栽培及び増殖システムの開発, 長野県林業総合センター研究報告第23号, 97-112
- 2) 長野県林業総合センター・一般社団法人長野県林業改良普及協会(2008), マイタケの殺菌原木栽培
- 3) 増野和彦(2007), クリタケの栽培特性-カラマツを用いた原木栽培の収量-, 第57回日本木材学会大会研究発表要旨集, 75
- 4) Masuno K, Ito E, Fukuda M, Ymada Y, Hosokawa N, Nishizawa K (2007) Mitochondrial DNA variability in natural population of *Naematoloma sublateritium* in Japan, *Mushroom Science and Biotechnology* 17, 65-69
- 5) Fukumasa-Nakai Y, Matsumoto T, Komatsu M (1994) Dedikaryotization of the shiitake mushroom, *Lentinula edodes* by the protoplast regeneration method, *J Gen Appl Microbio* 40, 551-562
- 6) 米山彰造・宜寿次盛生・佐藤真由美・原田 陽・

- 村口 元・奥田康仁・松本晃幸(2015) 紫外線照射によるタモギタケの胞子欠損性変異の誘発, *日本きのこ学会誌* 23, 20-25
- 7) 増野和彦・古川 仁・鈴木良一・高木 茂(2014), 森林空間の高度利用のための特用林産物生産・流通システムの開発(1)-きのこ-, 長野県林業総合センター研究報告第28号, 10
- 8) 長野県他, 平成26年度長野県きのこ基本計画(2014)
- 9) Kawai M. (1997) Artificial ectomycorrhiza formation on roots of air-layered *Pinus densiflora* saplings by inoculation with *Lyophyllum shimeji*. *Mycologia* 89: 228-232.
- 10) 柴田 尚(1989), カラマツ林内でのハナイグチの増殖, 山梨県林業技術センター報告第17号, 16-23
- 11) 林野庁(2005), ハナイグチ発生環境整備試験(岩手県), 菌根性きのこの安定生産技術の開発, 13