

ISSN 2185-9167

林業技術総合センター成果報告

第21号

平成24年12月

宮城県林業技術総合センター

目 次

1	長伐期施業に向けたスギ立木幹材積に関する研究	1
2	マツノザイセンチュウ抵抗性実生家系の評価と抵抗性品種の開発に関する研究	12
3	マツタケ近縁種の人工栽培に供する優良菌株の開発 (受託：新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業)	20
4	キノコ中の急性脳症原因物質の特定と発症機序の解明及び検出法の開発 (受託：レギュラトリーサイエンス新技術開発事業)	24
5	「きのこリンケージ」による森林循環システム再構築に関する研究	27
6	木質系燃焼灰の有効利用に関する研究	40

長伐期施業に向けたスギ立木幹材積に関する研究

伊藤 俊一・梅田 久男・中澤 健一

要 旨

スギの長伐期化への対応として、昭和 42 年 3 月に調製された宮城県民有林スギ立木幹材積表の適用範囲を超える立木への適応を図るため、新たにスギ立木幹材積表を調製した。

県内複数地域のスギ高齡木 8 本を資料とし、樹幹の生長過程を明らかにするため樹幹解析を行った。

縦断形を求めるため、断面高ごとに採取した円板の年輪数を解析し、成長曲線及び成長率を求めたところ、生長量では明瞭な低下は見られなかった。また、相対幹形の変化を比較するため、優勢木と劣勢木を林齢別に解析したところ、樹幹の主要部分は極めて高い近似度を示した。

一般に、スギは高齡木でも樹高は生長を続け、相対幹形は林齢とともに完満となり、同じ胸高直径・樹高でも材積は大きくなることが知られているが、現在使用されている立木幹材積表では、高齡木の材積値が過小評価されるおそれがある。今後も人工林の高齡化は確実であるため、適用範囲の上限を拡大したスギ立木幹材積を調整した。

キーワード：スギ立木幹材積表

1 はじめに

日本を代表する造林樹種で、本県民有林における最も重要な造林樹種であるスギ (*Cryptomeria japonica*) は、合理的な林業経営を行う上で森林の蓄積を把握することは重要であり、その基礎とする立木幹材積表は林業経営にとってなくてはならないものである。

近年の研究では、高齡木は 80 年生を過ぎても生長が衰えない事例が各地から報告され、従来の幹材積表から予測される材積は、過小な値となることが明らかになっている。

これまで本県で使用されてきたスギ立木幹材積表は、適用範囲の上限が胸高直径 50cm、樹高 32m となっており、これを超える高齡林分の場合は、林野庁計画課編の立木幹材積表 (東日本編) で補ってきた。

本研究では資料木 8 本の樹幹解析結果から、3 次の多項式に当てはめ相対幹曲線式を求め、この幹曲線式の回転体から幹の体積を算出し、従来使用されてきた宮城県民有林スギ立木幹材積表と比較したところ、中径級以下は、従来の材積よりも少ない値を示し、逆に大径級では大きい値を示していることが確認されたことから、長伐期化傾向にある県内の高齡木の森林資源をより正確に把握するために、新たなスギ立木幹材積表を作成した結果を報告する。

2 方法

2.1 資料木の採取

資料木は、宮城県内の民有林を対象に、出来る限り地域に偏りがないように 9 本の高齡木を採取した。そのうち、七ヶ宿町 78 年生は、初期成長で変曲点をもつ日本海側特有の秋田スギの家系 (中澤健一ら、2009) であったため、不適合として除き、それ以外の 8 本 (表 1) を解析資料とした。

表 - 1 立木幹材積求積資料木一覧

番号	市町村	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	材積 (m ³)
1	南三陸町	36.26	41.75	2.26
2	鳴子町	31.45	53.30	3.20
3	南三陸町	31.28	57.70	3.73
4	柴田町	28.20	53.60	2.90
5	津山町	26.57	41.50	1.64
6	利府町	25.73	49.60	2.27
7	鳴子町	25.50	34.90	1.11
8	南三陸町	25.12	30.50	0.84

胸高直径：1.2m基準

2.2 樹幹解析の方法

樹幹解析は、幹の体積や過去の樹高生長経過を精密に調べるもので、樹幹の生長過程を明らかにするため地際から 0.2m, 0.3m, 0.5m, 1.2m 以後 1m 間隔の位置で幹の直角方向になるように円板 (図 - 1) を厚さ 3 ~ 5 cm に切り取り、中心から斜面の山側方向の半径を r_1 とし、90 度ごとに時計回りに $r_2 \cdot r_3 \cdot r_4$ とした。

なお、樹皮に接する部分までを年輪数に含めた (図 - 2)。

各半径方向毎に、中心から 5 年目ごとの年輪までの半径 1,788 データから直径を求め、円面積を算出し直径原表をまとめ、樹幹の容積密度分布を解析し 8 本の樹幹解析図 (図 - 3) を作成した。

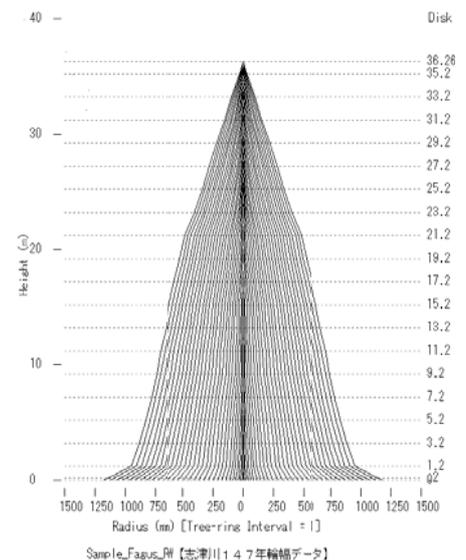


図 - 1 1本の木から採取した円板

図 - 2 樹幹解析

図 - 3 樹幹解析図

2.3 相対幹形の決定

立木幹材積表を調整する上で、相対幹形の変化を明らかにすることが必要であるため、樹齢に伴う幹の直径生長量の垂直的配分の検討を行った。

相対幹形は、幹の幹軸を含む縦断面において、幹の高さ若しくは、長さに対する相対的位置の変化に対応して、一定の基準直径に対する相対数として表れた相対直径が変化する状態を示すものであって、その変化の過程は、相対長に対する相対半径の関係を示す相対幹曲線によって示される (大隅真一, 1959)。

樹高 h と地際から樹高の 10 分の 1 の高さの直径 $d_{0.1h}$ とをそれぞれ 1 とおくことによって得られる相対的な幹の縦断面形のことであり、これの半切分を、梢端を原点にとって示したものが相対幹曲線である（梶原幹弘，1983）。

壮齡木が生長の経過とともに相対幹形の変化を検討するため、齡級構成で最も多い 10 齡級前後の 40 年生から 70 年生までの 20 個体を対象に、地際径、0.2m、0.3m、0.5m、1.2m 以降 1.0m 間隔の断面高の皮付直径を計測し、樹幹の形状を示す形状比を求めた。また、個体の中から寺崎式間伐法の樹型級選木基準に基づき、優勢木と劣勢木を選び、樹高及び各断面高の皮付直径を測定した。

2.4 相対幹曲線

樹木の多様な形状を客観的に比較するため、直径及び樹高を相対的な値に置き換えて表現するものであり、これによって、大きさの異なる樹木間の関係を比較できる。

樹幹解析資料を用いて、断面高 1.2m 以上の相対長を x とし、断面高 1.2m 以上の片側樹皮厚を相対半径を y とし、 x に対する回帰式を非線形最小二乗法により決定した回帰係数 a, b, c を求めて 3 次の多項式 (1) に当てはめ、相対幹曲線を求めた。

$$y = ax^3 + bx^2 + cx \quad (1)$$

2.5 相対幹材積の求積

相対長である x 軸を中心に相対半径 y を樹幹の任意の半径とすれば、曲線 $y = f(x)$ となる。

x 軸および 2 直線 $x = a, x = b$ (ただし $a < b$) で囲まれた図形を、 x 軸のまわりに 1 回転してできる立体の体積を V とする。 x 座標が x である点で x 軸に垂直に立てた平面による断面は、半径 $f(x)$ の円であるから、その断面積は、次式 (2) となるため、幹材積は (3) で表される。

これに、相対幹曲線の幹軸の廻りにおける廻転体の立体を基幹体とし、その体積式 (4) から相対材積が算出される。

$$\{ f(x) \}^2 \cdots \cdots \cdots (2)$$

$$V = \int_a^b y^2 dx = \int_a^b \{ f(x) \}^2 dx \cdots \cdots \cdots (3)$$

$$V = * [(a^2/3) + (ab/2) + (2ac/5) + (b^2/5) + (bc/3) + (c^2/7)] \cdots \cdots (4)$$

3 結果

3.1 高齢スギ成長と細り率

(図 - 4・5・6) に高齢スギを樹幹解析した結果をグラフで示した。それぞれの生長の軌跡から、緩やかではあるが、高齢木でも生長が継続していることが分かった。

最大樹齡である 147 年生の断面高ごとの細りから、細り率を求めた (表 - 2)。また、同個体の直径生長量の傾向からは、65 年生以降から伐採調査時まで緩やかな直径生長が継続しており、明瞭な低下は見られなかった (図 - 7)。

この結果から、スギは高齢木でも生長は続き、材積平均成長量が最大を示す収穫量最多の伐期齡は、現在の標準伐期齡を大きく上回っているものと思われる。

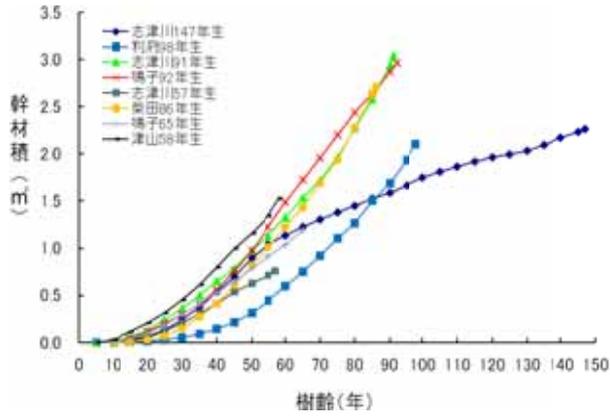


図 - 4 樹高生長曲線

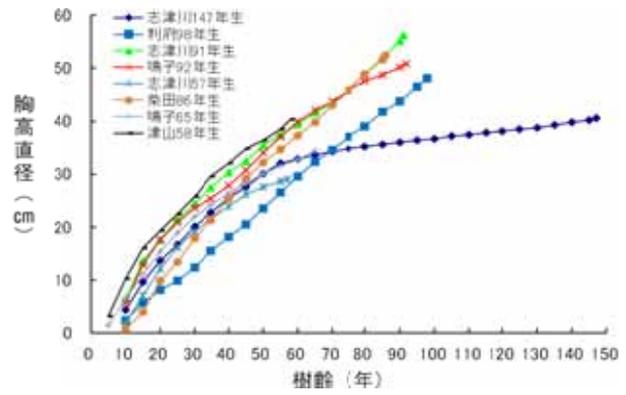


図 - 5 胸高直径生長曲線

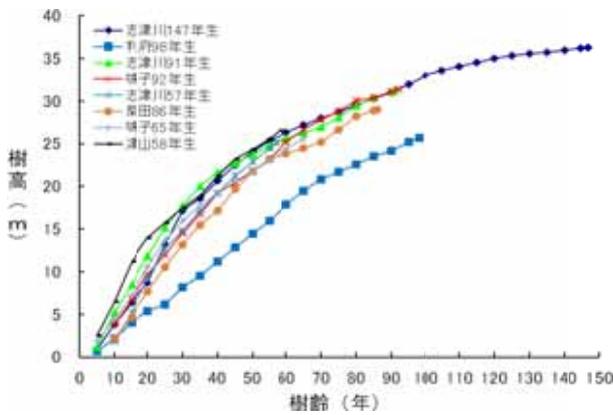


図 - 6 幹材積生長曲線

表 - 2 細り率の例(147年生)

断面高	細り(皮付き)	頂点から胸高まで	相対高さ	細りの減少率
1.2	100.0%	100.0%	3.3%	0.00
3.2	94.3%	94.3%	8.8%	1.0
5.2	89.9%	88.6%	14.3%	0.8
7.2	85.9%	82.9%	19.9%	0.7
9.2	83.6%	77.2%	25.4%	0.4
11.2	81.3%	71.5%	30.9%	0.4
13.2	77.0%	65.8%	36.4%	0.8
15.2	73.5%	60.1%	41.9%	0.6
17.2	72.2%	54.4%	47.4%	0.2
19.2	68.0%	48.7%	53.0%	0.8
21.2	66.5%	43.0%	58.5%	0.3
23.2	58.6%	37.3%	64.0%	1.4
25.2	53.9%	31.5%	69.5%	0.8
27.2	51.3%	25.8%	75.0%	0.5
29.2	45.5%	20.1%	80.5%	1.0
31.2	39.4%	14.4%	86.0%	1.1
33.2	29.2%	8.7%	91.6%	1.8
35.2	15.6%	3.0%	97.1%	2.5

(注) 胸高直径を100%として各断面の直径の比率

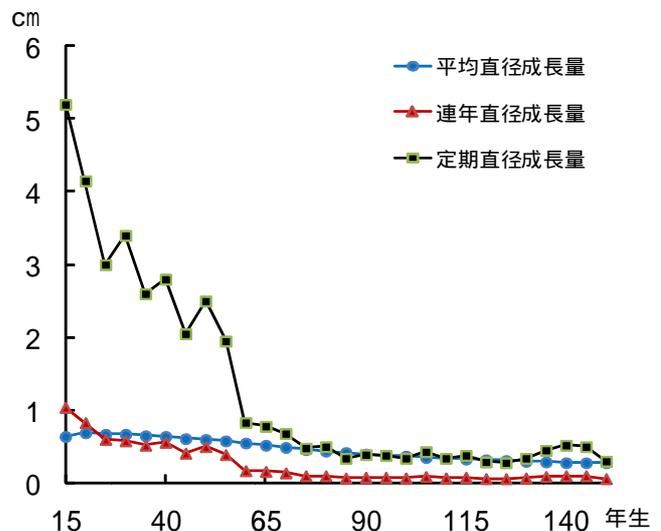


図 - 7 直径生長量(スギ147年生)

生長量は、個体間で差があるため、それぞれの生長比較が可能である相対的な指標として、幼齡期（10年生）から壯齡期（30年生）老齡期（50年生～伐採時）まで隔年の樹高生長率を求めた。

生長率（P）の算出法は、プレスラーの式（6）にあてはめた。

$$P = \frac{V - V}{V + V} \times \frac{200}{n} \quad (5)$$

P: 生長率, V: n年後の大きさ, v: もとの大きさ, n: 生長期間

齡期ごとの生長率は、個体毎に変化がみられたものの様に幼齡期には大きくなり、壯齡期になると、低下するものの、老齡期においても緩やかに継続している（表 - 3）。

表 - 3 樹高生長率

	(%)							
	志津川147	利府98	志津川91	鳴子92	柴田86	津山58	鳴子65	志津川57
10年生	32.43	25.74	34.08	11.60	20.69	17.66	16.14	40.00
30年生	5.44	5.75	3.09	3.90	4.49	2.07	3.10	3.05
50年生	1.32	2.46	0.90	1.26	2.00	0.93	1.18	1.52
伐採時	0.04	0.70	0.48	0.50	0.46	1.32	0.87	1.19

3.2 相対幹形の推定

相対幹形の推定に先だって、林齡ごとの優勢木と劣勢木をそれぞれ比較すると、樹高及び胸高直径とも最大値・最小値・中央値のデータにばらつきが見られたため（図 - 8）、多重比較法（Bonferroni）で検定を実施したところ有意な差が認められた（*P<0.05, 表4）

表 - 4 多重比較法検定結果

要因	n	合計	平均	差	統計量	P値	判定
優勢木	8	154.88	19.36	4.28	2.72	0.016	[*]
劣勢木	8	120.63	15.08				

[*] 5%水準で有意であることを示す

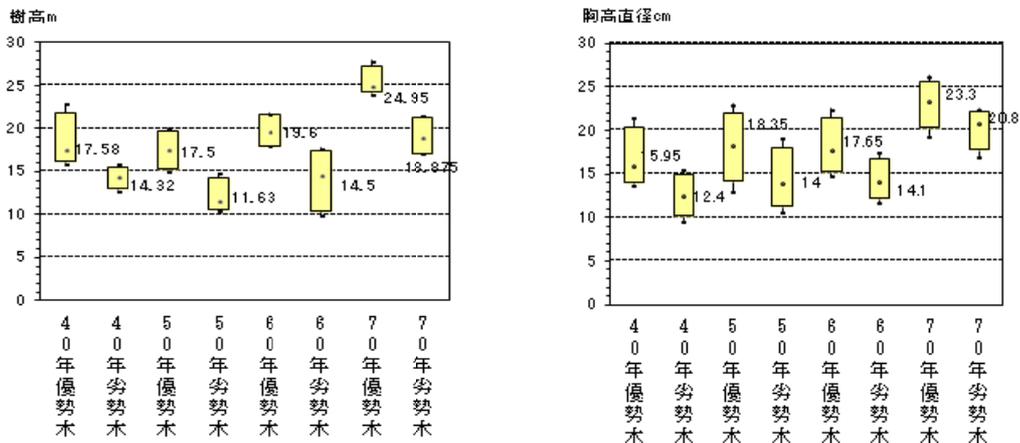


図 - 8 齡級別樹形級調査結果

3.2.1 齢級別相対幹曲線の検討

40 年生以上の同一林分内にある優勢木・劣勢木の各齢級毎に、樹型級の樹幹縦断面形状の推移と相対幹曲線を求めた(図 - 9)。

その結果,同一齢級の優勢木と劣勢木の相対幹曲線は,近似度を示しており,「一定の生育段階以降では,安定するという推移を示す(梶原幹弘,1984)」とあることから,両者を区分する必要はないものと考えられる。

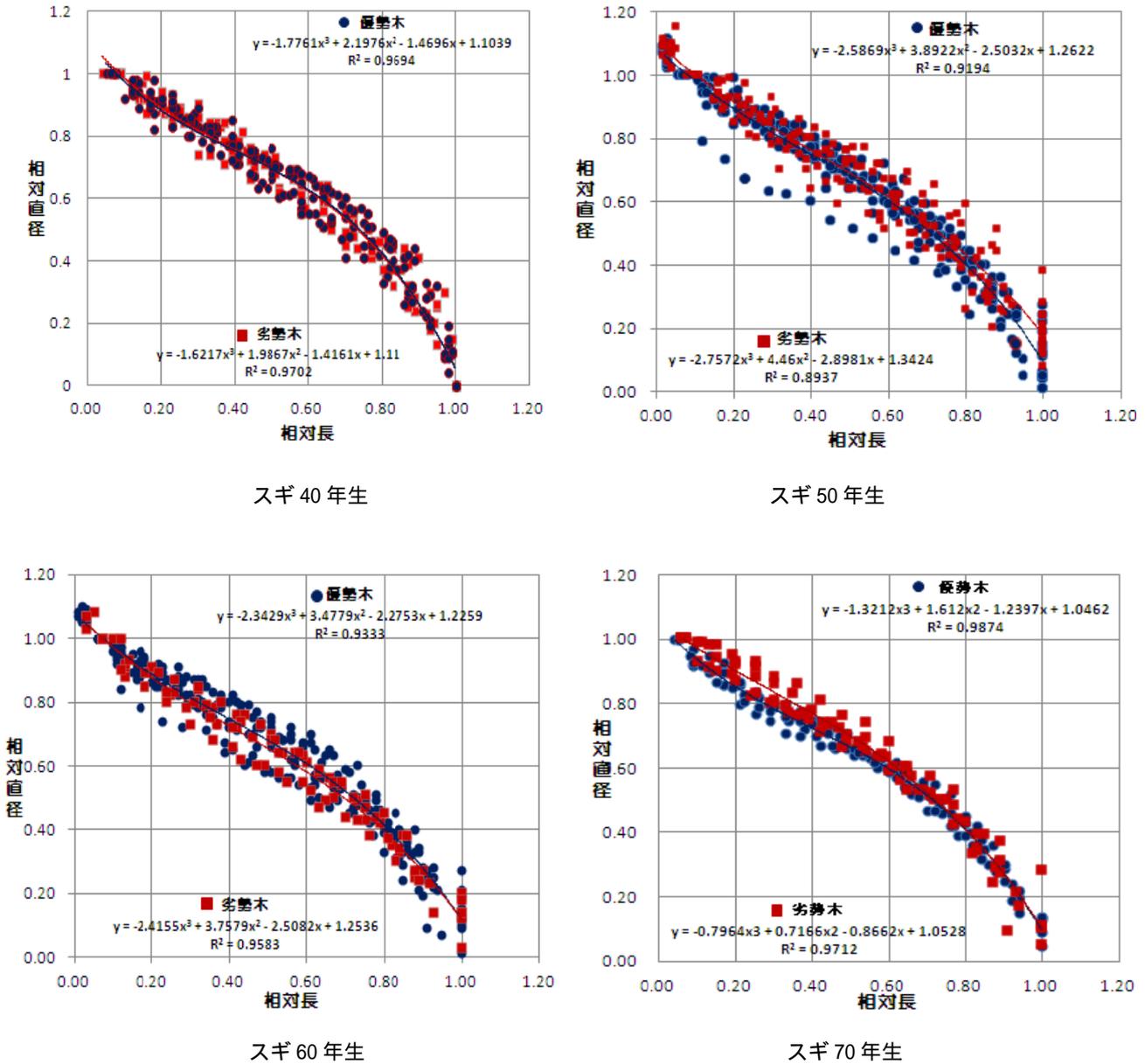


図 - 9 林齢別相対幹曲線

3.2.2 相対幹形(相対幹曲線)

相対幹曲線の等しい樹幹は、その形状の大小にかかわらず幹形が等しいことが明らかになった。このことから形の等しい樹幹に対しては、因子別に材積表の調整をする必要はないと判断し、相対長と相対半径を、3 次の多項式に ($y = ax+bx^2+cx^3$) 当てはめ、定数 a,b,c を求めて相対幹曲線を作成した。(図 - 10)

$$y = 1.2179x - 1.4796x^2 + 0.7824x^3$$

$$a = 1.2179, b = -1.4796, c = 0.7824$$

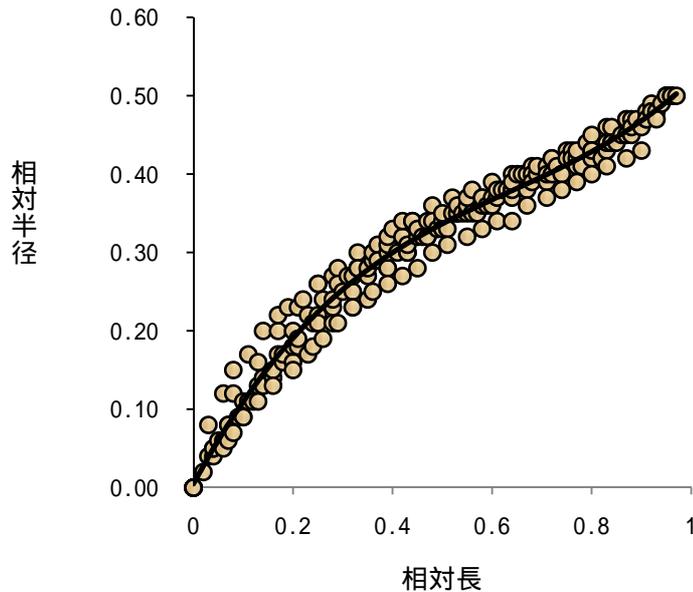


図 - 10 相対幹曲線

3.2.3 立木幹材積

相対幹材積を立木幹材積に換算するには、(6)により算出される。

$$\text{相対幹材積} \times \text{樹高} \times \text{胸高直径(1.2m 位置)/100}^2 \dots \dots \dots (6)$$

ここで、相対幹材積 (V) は (4) 及び (3.2.2) の結果より $V = 0.358116$ となる。

3.3 相対幹材積と二変数材積との比較

従来から用いられている宮城県民有林スギ立木幹材積表は、2m 区分フーベル式求積法で算出し、二変数材積の山本式 (7) の材積式が用いられている。ここで、D は胸高直径、H は樹高、a は定数、b 及び c は係数である。

$$V = 10^a D^b H^c \dots \dots \dots (7)$$

この幹材積表は高齢木データで調整されておらず、高齢木林分では適合が悪いことが問題となっていた。この二変数材積と相対幹材積とを比較することについては、樹高と胸高直径が共通する範囲について検討した。

なお、胸高直径は、現材積表最大直径の 50cm までとし、樹高は 1 m ごとに算出したもので残差率を示した。残差率は (相対幹材積値 - 二変数材積値) / 相対幹材積値 × 100 とする。

3.4 考察

今回、調整した相対幹材積と二変数材積表とを比較すると、相対幹材積の中径級以下は従来の材積と同か少ない値を示し、逆に大径級では大きい値を示している傾向が見られた。

胸高直径が 30cm までは材積値に大きな差は見られず 50cm 以上になるとその差は顕著となった(図 - 11)。

また、残差率は樹高が高くなるにつれて絶対値は小さくなり、胸高直径が大きくなると残差率の絶対値は逆に大きくなった。

スギ DBH20cm から 50cm まで 10cm 刻みで、現行二変数材積表と新相対幹材積について二群の母平均の差を統計分析したが、有意な差は認められなかった ($p > 0.05$, 表 5)。

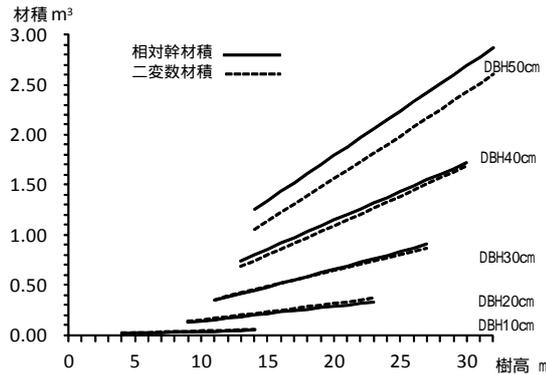


図 - 11 樹高別材積の比較

表 - 5 相対幹材積と二変数材積求積値との比較

スギDBH50cm					スギDBH40cm				
樹高	相対幹材積	二変数材積	残差	残差率	樹高	相対幹材積	二変数材積	残差	残差率
m	m ³	m ³	m ³	%	m	m ³	m ³	m ³	%
14	1.253	1.056	0.197	15.7	13	0.745	0.685	0.060	8.1
15	1.343	1.139	0.204	15.2	14	0.802	0.742	0.060	7.5
16	1.432	1.222	0.210	14.7	15	0.859	0.799	0.060	7.0
17	1.522	1.305	0.217	14.3	16	0.917	0.857	0.060	6.5
18	1.612	1.389	0.223	13.8	17	0.974	0.915	0.059	6.1
19	1.701	1.474	0.227	13.3	18	1.031	0.974	0.057	5.5
20	1.791	1.559	0.232	13.0	19	1.089	1.032	0.057	5.2
21	1.880	1.644	0.236	12.6	20	1.146	1.091	0.055	4.8
22	1.970	1.729	0.241	12.2	21	1.203	1.150	0.053	4.4
23	2.059	1.815	0.244	11.9	22	1.261	1.209	0.052	4.1
24	2.149	1.902	0.247	11.5	23	1.318	1.269	0.049	3.7
25	2.238	1.988	0.250	11.2	24	1.375	1.329	0.046	3.3
26	2.328	2.075	0.253	10.9	25	1.432	1.388	0.044	3.1
27	2.417	2.162	0.255	10.6	26	1.490	1.449	0.041	2.8
28	2.507	2.250	0.257	10.3	27	1.547	1.509	0.038	2.5
29	2.596	2.338	0.258	9.9	28	1.604	1.570	0.034	2.1
30	2.686	2.426	0.260	9.7	29	1.662	1.630	0.032	1.9
31	2.775	2.514	0.261	9.4	30	1.719	1.690	0.029	1.7
32	2.865	2.603	0.262	9.1					

スギDBH50cm					スギDBH40cm						
要因	n	平均	標準偏差	P 値	判定	要因	n	平均	標準偏差	P 値	判定
相対幹材積	19	2.103944	0.477907	0.13	[ns]	相対幹材積	18	1.260529	0.289396	0.64	[ns]
二変数材積	19	1.863000	0.460070			二変数材積	18	1.211941	0.299677		

[ns] 有意差なしを示す

スギDBH30cm					スギDBH20cm				
樹高	相対幹材積	二変数材積	残差	残差率	樹高	相対幹材積	二変数材積	残差	残差率
m	m ³	m ³	m ³	%	m	m ³	m ³	m ³	%
11	0.355	0.345	0.010	2.8	9	0.129	0.134	-0.005	-3.9
12	0.387	0.379	0.008	2.1	10	0.143	0.150	-0.007	-4.9
13	0.419	0.413	0.006	1.4	11	0.153	0.166	-0.013	-8.5
14	0.451	0.447	0.004	0.9	12	0.172	0.182	-0.010	-5.8
15	0.483	0.481	0.002	0.4	13	0.186	0.199	-0.013	-7.0
16	0.516	0.516	0.000	0.0	14	0.201	0.215	-0.014	-7.0
17	0.548	0.550	-0.002	-0.4	15	0.215	0.232	-0.017	-7.9
18	0.580	0.585	-0.005	-0.9	16	0.229	0.248	-0.019	-8.3
19	0.612	0.625	-0.013	-2.1	17	0.244	0.265	-0.021	-8.6
20	0.645	0.655	-0.010	-1.6	18	0.258	0.282	-0.024	-9.3
21	0.677	0.691	-0.014	-2.1	19	0.272	0.299	-0.027	-9.9
22	0.709	0.726	-0.017	-2.4	20	0.286	0.316	-0.030	-10.5
23	0.741	0.761	-0.020	-2.7	21	0.301	0.333	-0.032	-10.6
24	0.774	0.797	-0.023	-3.0	22	0.315	0.350	-0.035	-11.1
25	0.806	0.833	-0.027	-3.3	23	0.329	0.367	-0.038	-11.6
26	0.838	0.869	-0.031	-3.7					
27	0.870	0.905	-0.035	-4.0					

スギDBH30cm					スギDBH20cm						
要因	n	平均	標準偏差	P 値	判定	要因	n	平均	標準偏差	P 値	判定
相対幹材積	17	0.628500	0.153471	0.85	[ns]	相対幹材積	15	0.236000	0.060325	0.39	[ns]
二変数材積	17	0.639563	0.166999			二変数材積	15	0.257429	0.069970		

[ns] 有意差なしを示す

試料木最高樹齢である 147 年生の樹幹解析の結果、樹齢が 20 年から 130 年までの形状比を求めると、樹齢が高くなると形状比が大きくなる傾向が示された(表 - 6)。これは形状比が大きいほど樹幹の細りが小さくなる傾向(西川禎彦, 1992)を示していた。また、高齢木の胸高形数からは、40 年を過ぎた頃から 0.5 前後の直線的な推移を示し完満な幹形の傾向にあることが推測される(図 - 12)。

表 - 6 形状比の推移(147 年生)

林齢(年)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
算出樹高(m)	8.70	17.20	20.70	24.06	26.29	27.97	29.51	31.05	33.00	34.06	35.01	35.54
胸高直径(cm)	13.70	20.10	25.50	30.05	32.83	34.29	35.27	36.00	36.72	37.49	38.16	38.78
形状比	64	86	81	80	80	82	84	86	90	91	92	92
平均値	84											
標準偏差	7.449832											

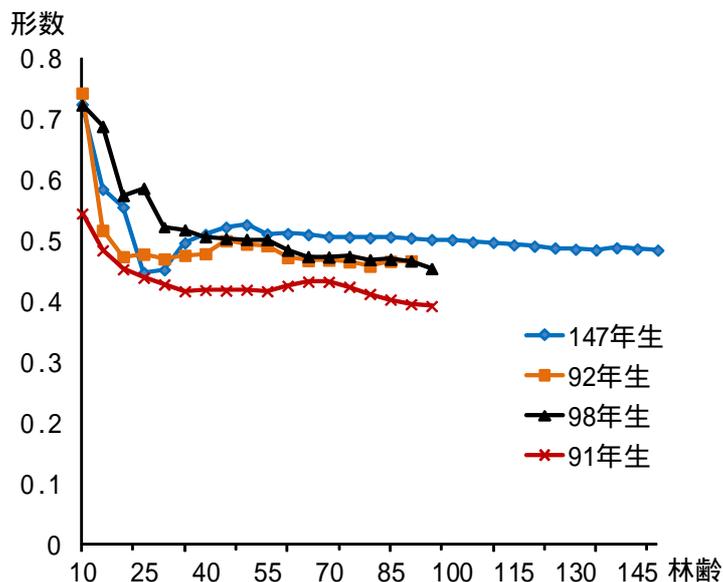


図 - 12 胸高形数の推移

4 おわりに

本研究で採取した資料木は、費用・時間・労力等から 8 本に限定されたが、それぞれ適確に選ぶことができた。

樹幹解析作業から得られた断面ごとの半径データの総数は 1,788 となり、相対幹曲線を用いることで、幹形を区分でき、採取資料木が少なくても立木幹材積表の調整が可能となった。

今回調整した高齢木の材積が現材積表に対して、相対幹材積値のほうが上回った要因は、材積式の違いであるとともに、樹幹解析によって完満な幹形を表したものとも推察される。

特にスギ高齢木などの長伐期化に対応するための新たな立木幹材積表が求められている昨今に至っては、適用範囲の拡大が望まれるところである。

立木幹材積表の試用に当たっては、現地に適合するものを選択することが必要であり、高齢級以外は、現在の材積表の活用で問題ないが、胸高直径 50cm を超える高齢木では新材積表を活用し、長伐期に対応する必要があると思われる(表 - 7)。

引用文献

- 中澤健一・水田展洋・水戸辺栄三郎・梅田久男：スギの長伐期施業に関する研究 林業技術総合センター
成果報告第 18 号 2009
- 大隅真一：幹形に関する研究 (1) 日林誌 41 (12) 471-479 1959
- 梶原幹弘：相対幹形とその幹材積推定への利用に関する研究 () 日林誌 65 (3) 82-88 1983
- 梶原幹弘：相対幹形とその幹材積推定への利用に関する研究 () 日林誌 66 (9) 368-374 1984
- 西川禎彦：スギ精英樹クローンの材質特性 () 立地条件による材質評価の検討 日林関西支部論文集
191 ~ 195

マツノザイセンチュウ抵抗性実生家系の評価と抵抗性品種の開発に関する研究

マツノザイセンチュウ抵抗性育種に関する研究 (第 3 報)

今野 幸則

要 旨

松くい虫被害跡地の復旧及び松くい虫被害に強いマツ林を造成するため、選抜育種法を中心にマツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発を進めた。その結果、マツノザイセンチュウ抵抗性品種としてクロマツ 7 品種・アカマツ 6 品種を開発することができた。その抵抗性品種を用い、マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園を造成し、抵抗性クロマツ種子の供給を開始した。また、種子供給に伴い抵抗性クロマツ実生後代の評価を行った。

キーワード：マツノザイセンチュウ，選抜育種，交雑育種，採種園，実生後代

1 はじめに

宮城県におけるマツ林の枯損は，昭和 50 年 10 月石巻市で枯損木が最初に確認されて以来年々拡大を続け，平成 8 年度には被害量が 2 万 9 千 m³となったが，近年は被害量が 1 万 5 千 m³を下回り減少傾向にある。

特別名勝松島における風致林や沿岸部における海岸防災林をはじめ，住民生活に密着したマツ林が多く存在しているが，マツノザイセンチュウによる枯損木により公益的機能の低下や景観の維持に支障をきたしている。さらに，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震の大津波により，クロマツなどの海岸林防災林は壊滅的被害を受けた。

そのため，松くい虫被害跡地の復旧及び松くい虫被害に強いマツ林の造成，海岸林の再生に必要なマツノザイセンチュウ抵抗性マツ苗木の早期供給が求められている。

宮城県においては，平成 4 年度から 13 年度まで国庫補助による東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業に取り組み，その成果は第 1 報（伊藤ら，2004）にまとめられ，平成 14 年度から 18 年度までに実施した県単独事業によるマツノザイセンチュウ抵抗性育種に関する研究の成果を第 2 報（今野ら，2008）としてまとめた。本報告では，平成 19 年度から 23 年度に実施した県単独事業によるマツノザイセンチュウ抵抗性実生家系の評価と抵抗性品種の開発に関する研究の成果と残された課題について報告する。

2 試験方法

2.1 選抜育種

2.1.1 マツノザイセンチュウ抵抗性候補木の選抜

マツノザイセンチュウの激害林分で生き残ったマツノザイセンチュウに抵抗性を有すると思われる健全なクロマツ及びアカマツ（抵抗性候補木）を選抜し増殖を行って試験に供するが，本研究で使用した候補木は前研究期間内に選抜を実施し，接ぎ木増殖を行ったものである。

2.1.2 接種検定

(1) 抵抗性判定対照木

「東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の実施について」(以下，実施要領という)には，(独) 森林総合研究所林木育種センターが指定するマツの苗木を対照木として，候補木と同時に接種検定を行う

ことが定められている。

接種検定で目標とされる抵抗性レベルは、マツノザイセンチュウに抵抗性を有することで知られる北アメリカ原産のテーダマツと同程度とされているが、寒冷な東北地方ではテーダマツの生育が悪いため（独）森林総合研究所林木育種センター東北育種場（以下、東北育種場という）アカマツ交配園産の三本木 3 号、岩手 104 号、岩泉 101 号、一ノ関 101 号、北蒲原 2 号の自然交配苗を対照木とした。

（２）接種検定時期及び管理

宮城県石巻市におけるクロマツを用いたマツノザイセンチュウ接種試験（庄司ら，1983）によると，8 月下旬以降の接種では年内には枯れず翌年に枯損する率が高い。また，東北育種場の研究（野口ら，1987）でも同様の結果が観察され，接種した苗木の抵抗性を接種当年の秋に判断するためには，苗木を温室内に植栽し，接種時期を早めることにより，マツノザイセンチュウの活動・繁殖に好適とされる 25 以上を一定期間保つことが必要であると結論づけている。

このことから，接種検定はビニールハウス内で 6 月 20 日前後に接種した。灌水は 1 週間に 1 回，ビニールハウス内の気温は，梅雨期には低温対策として密閉状態に，夏はハウス側面のビニール部分を巻き上げ通風を確保し，20～25 を保った。

（３）人工接種

当年伸長した主軸の上部を切断し，その先端部をペンチで押しつぶし，その部分に 0.1 cc 当たりマツノザイセンチュウ島原個体群 1 万頭に調整した懸濁液を 0.1 cc 注入する主軸注入法により接種している。接種漏れを予防するため，ジベレリン用着色剤の赤色素で判断できるようにした。



写真1 マツノザイセンチュウ接種状況

2.2 実生家系の評価

2.2.1 実生苗

実生家系の評価には，抵抗性クロマツ採種園からクローン毎に採種した宮城県産抵抗性品種（鳴瀬 6 号・39 号・亙理 56 号・鳴瀬 72 号・山元 82 号・84 号・90 号）の自然交配実生苗と，宮城県産抵抗性品種を雌親とした人工交配実生苗を使用した。

（１）人工交配

交配袋は雌花が確認できる 4 月下旬に被せ，交配作業は交配袋を被せていない雌花の開花状況を確認しながら，5 月上旬及び中旬の 2 回実施した。

交配袋は，抵抗性クロマツ採種園内の雄花が全て落下した 5 月下旬から 6 月上旬に撤去した。

2.2.2 接種試験

（１）抵抗性判定対照木

選抜育種と同一の自然交配苗と宮城県林業技術総合センター内にあるクロマツ精英樹採種園産の自然交配混合苗を対照木とした。



写真2 人工交配状況

（２）接種試験時期及び管理

マツノザイセンチュウ接種時期及び管理方法は，選抜育種と同様に行った。

(3) 人工接種

人工接種の方法は、選抜育種と同様であるが、平成 21 年度に接種を行った実生苗については、平成 22 年度に 2 回目の接種を行い、その際にはマツノザイセンチュウ Ka - 4 を使用した。

3 結果

3.1 選抜育種

3.1.1 一次検定数

接種試験は平成 8 年度から実施しているが、平成 19 年度から検定したクローン個体数はアカマツ 5 個体、クロマツ 59 個体であった。

接種検定を評価する評点は、実施要領の運用についてに定める計算方法により算出した。

$$P = \{(A - a) / A\} \times 10 + \{(B - b) / B\} \times 5$$

P = 評点, A = 対照家系の生存率, B = 対照家系の健全率,

a = 候補木クローンの生存率, b = 候補木クローンの健全率

評点 P がマイナスのものを合格とする。

3.1.2 一次検定結果

平成 19 年度に検定を実施した抵抗性候補木は、平成 17 年 2 月に本吉町外から現地選抜し、接ぎ木により増殖したクローン苗で、クロマツ 22 個体 539 本に対して接種検定を行った。その結果、クロマツ 3 個体 (205 号 207 号 213 号) が一次検定に合格した (図 - 1)。

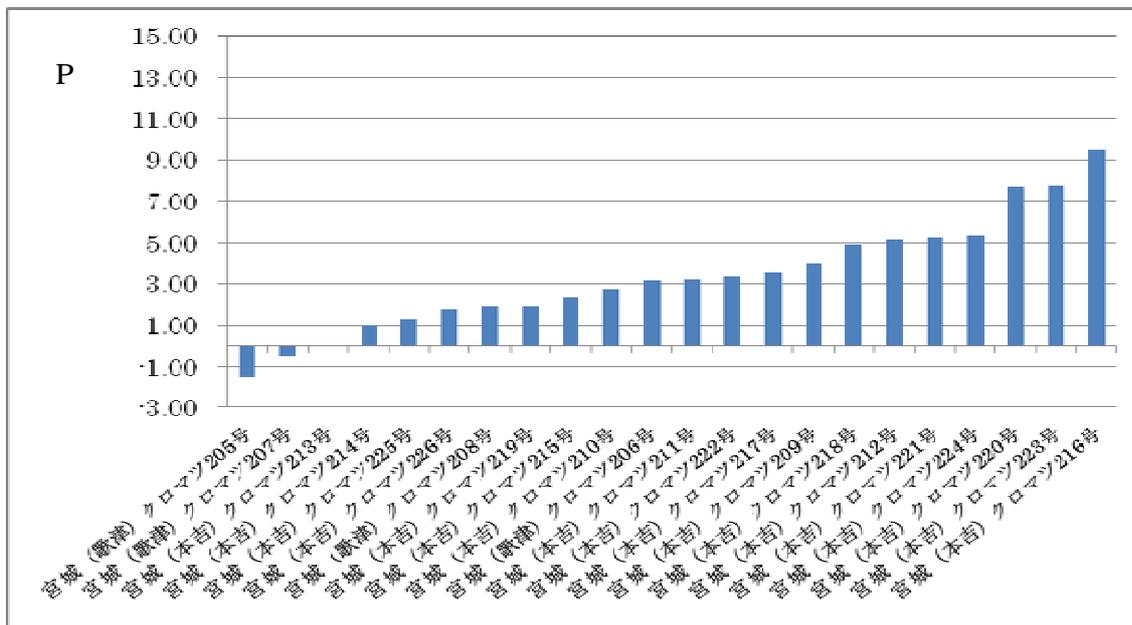


図 - 1 平成 19 年度検定結果 (評点・P 値)

平成 20 年度に検定を実施した抵抗性候補木は、平成 18 年 2 月に石巻市から現地選抜し、接ぎ木により増殖したクローン苗でクロマツ 15 個体 336 本、アカマツ 5 個体 90 本に対して接種検定を行った。その結果、一次検定合格木はなかった (図 - 2)。

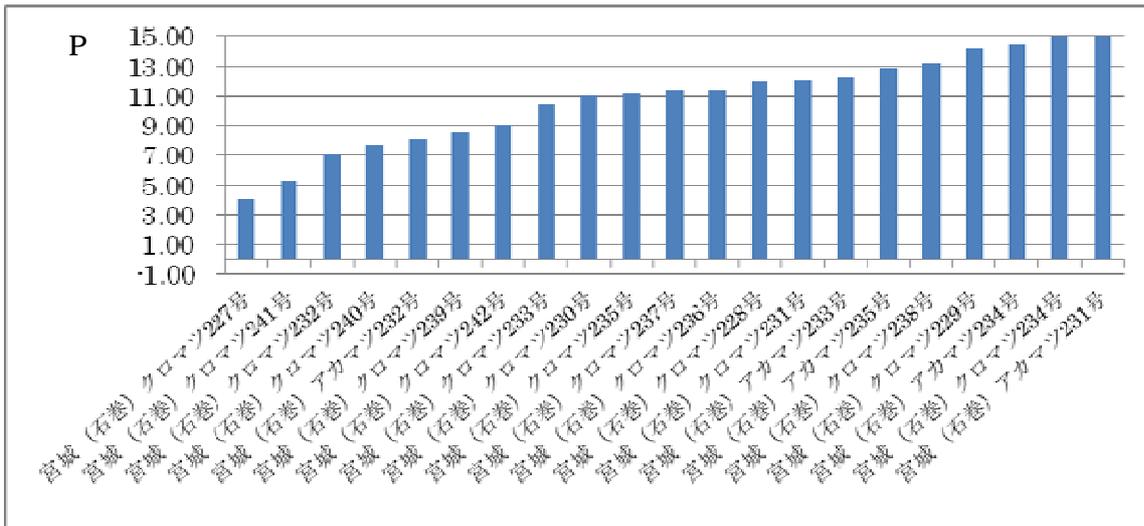


図 - 2 平成 20 年度検定結果 (評点・P 値)

平成 21 年度に検定を実施した抵抗性候補木は、平成 19 年 2 月に石巻市から現地選抜し、接ぎ木により増殖したクローン苗でクロマツ 20 個体 631 本に対して接種検定を行った。その結果、クロマツ 7 個体(247 号 249 号 251 号 252 号 259 号 260 号 261 号) が一次検定に合格した (図 - 3)

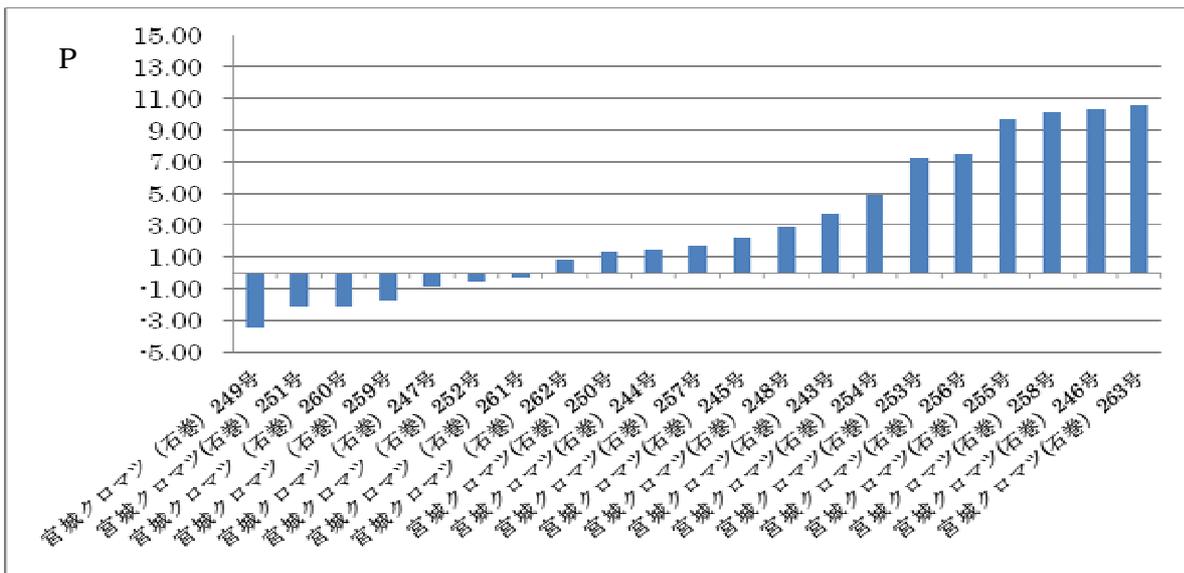


図 - 3 平成 21 年度検定結果 (評点・P 値)

以上の一次検定合格木の選抜調査内容については附表 2 に示す。

3.1.3 二次検定

一次検定に合格した抵抗性候補木は、東北育種場において実施される二次検定に供するため接ぎ木苗の育苗を進めた。一次検定合格木から二次検定用の接ぎ穂を採取し、東北育種場へ送付した。東北育種場において接ぎ木作業、育苗後に接種検定 (二次検定) が行われた。

平成 21 年度にアカマツ 3 クローン、クロマツ 1 クローン、平成 22 年度にアカマツ 2 クローンが二次検定に合格した。平成 21 年度合格のクロマツについては、二次検定終了後の樹脂道調査において種間雑種であることが確認され、独立行政法人森林総合研究所林木育種センター優良品種評価委員会への申請は行わ

れなかったが、アカマツ5クローンについては評価が行われ、マツノザイセンチュウ抵抗性品種として認定された。

3.2 実生家系の評価

3.2.1 検定数

実生家系の接種試験は、平成 21 年度から宮城県産抵抗性品種 7 家系について順次実施してきた。クローン間の採種量に大きな差異があり、同一本数での試験とはなっていない。

3.2.2 検定結果

平成 21 年度に実施した家系は 13 家系であるが、採種量が安定せず試験本数は 2 ~ 50 本となっている。

人工交配により得られた実生苗は、自然交配の実生苗より低い生存率となった家系もあり、期待した抵抗性を示さなかった(図 - 4)。

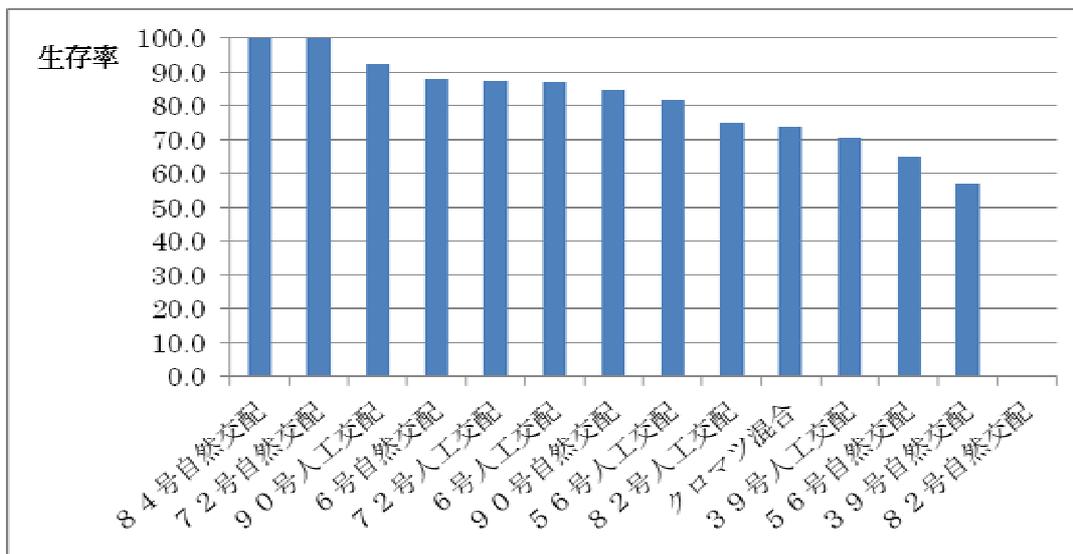


図 - 4 平成 21 年度 生存率

平成 22 年度に実施した家系は 14 家系であるが、採種量が安定せず試験本数は 2 ~ 122 本となっている。

人工交配による実生苗が高い抵抗性を示し、自然交配による実生苗においても、高い抵抗性を示す家系が確認された(図 - 5)。

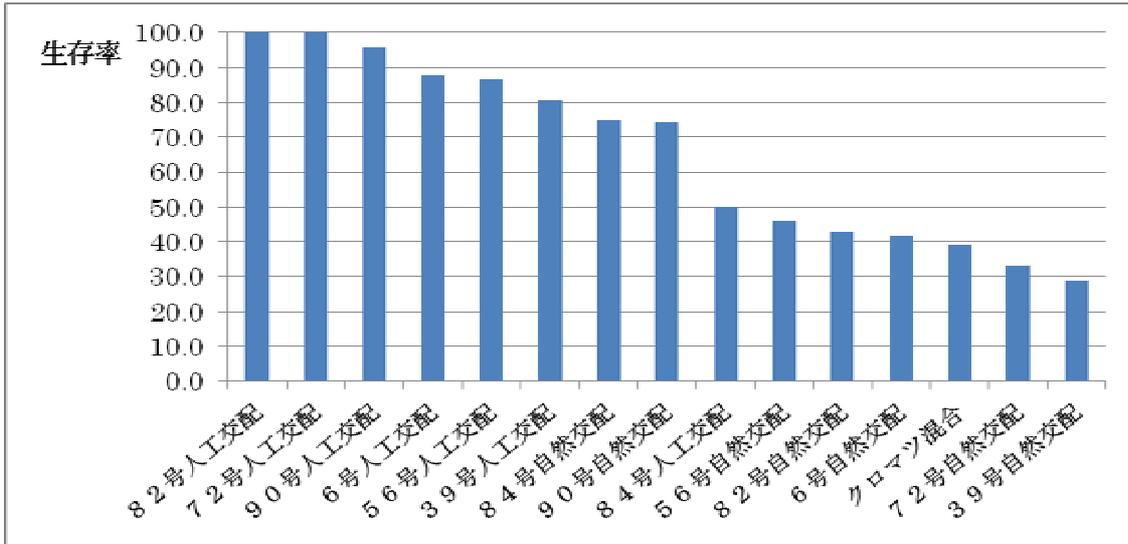


図 - 5 平成 2 2 年度 生存率

平成 23 年度に実施した家系は 13 家系で、試験本数は 14~58 本となっている。人工交配による実生苗が高い抵抗性を示しているが、交配に用いた花粉により抵抗性に差が生じた（図 - 6）。

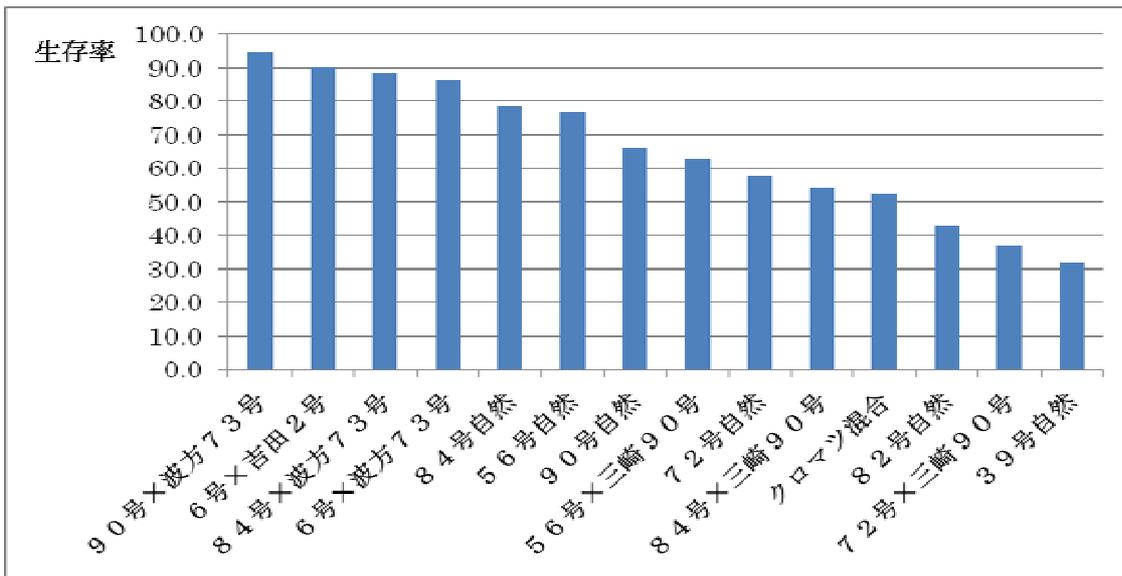


図 - 6 平成 2 3 年度 生存率

平成 21 年度にマツノザイセンチュウ島原個体群を接種し生存していた実生苗について、平成 22 年度にマツノザイセンチュウ Ka - 4 を再度接種した。前年度の接種結果より全ての家系での生存率は上昇し、誘導抵抗性が発現（福田ら、1997）したと考えられる。

なお、クロマツ混合苗については平成 21 年度の生存苗ではなく、平成 22 年度が 1 回目の接種である。

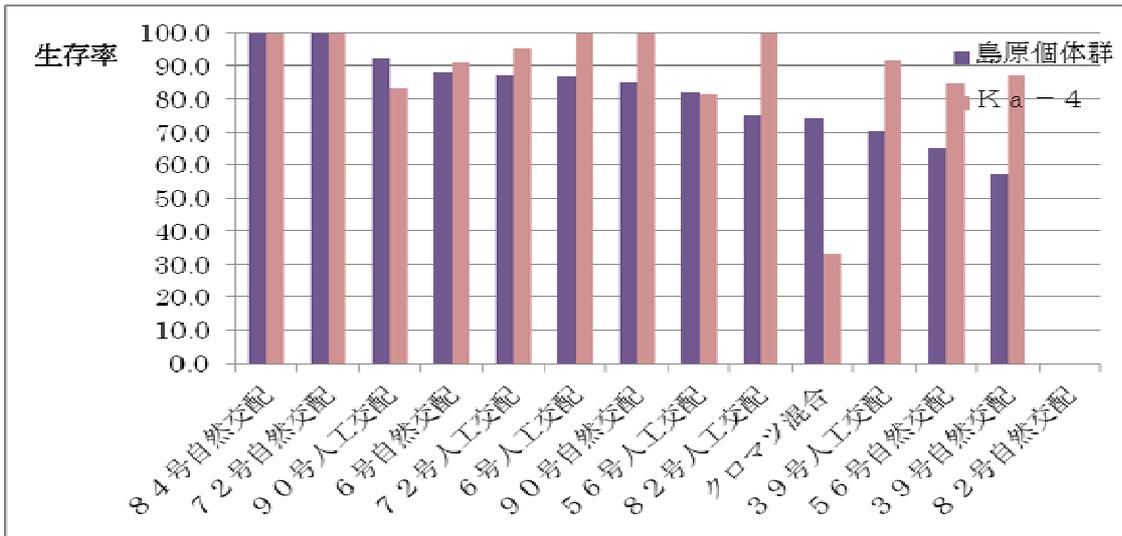


図 - 7 平成 21 . 22 年度 生存率

3.3 マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ暫定採種園の改良

平成 14 年度に造成したクロマツ暫定採種園は一次検定合格木で構成され、その後の二次検定を経てマツノザイセンチュウ抵抗性品種と一次検定合格木とが混在する状況となった。採種木の成長に伴い、着花が安定して確認できる状況となったが、一次検定合格木が植栽されている状態では採種源として「抵抗性クロマツ採種園」の育種母樹林指定が受けられず、種子供給に支障を来すようになった。

そのため不良クローンの除去・優良クローンの植え込みを行い、マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ本格採種園へ誘導した。



写真 3 抵抗性クロマツ採種園

暫定採種園の改良により、平成 17 年度に造成した本格採種園と一体的に管理することが可能となり、平成 21 年 11 月に育種母樹林の指定を受け、平成 22 年度から種子供給を開始した。

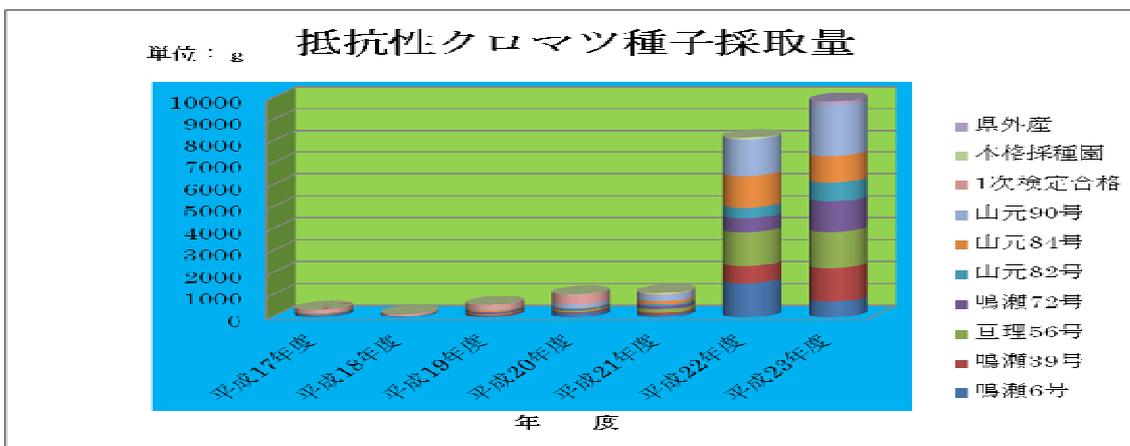


図 - 8 種子採種量

4 おわりに

マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業は、松くい虫被害跡地の復旧及び松くい虫被害に強い松林の造成を目指し、研究を進めてきた。

しかし、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う大津波は、宮城県の海岸防災林に壊滅的被害を与え、造林の対象となるクロマツ海岸防災林面積が桁違いに拡大した。仙台湾岸のクロマツ海岸防災林は江戸時代から造成・保育を続けてきたもので、沿岸部の農地を潮害・風害・飛砂から保全してきた。

東日本大震災からの仙台湾岸における農業復興を図る上からも、短期間で海岸防災林の再生を図る必要が生じたが、これまでの試験結果による抵抗性の高い評価を得た家系の種子のみを供給するだけでは、被災した海岸防災林再生に必要なマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ苗木の総本数を生産することは困難である。そのため、マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ苗木を中心とした植栽樹種の検討や、マツノザイセンチュウ未接種苗木の抵抗性種苗の有効利用が図られる工夫を凝らす必要があると考える。

海岸防災林の再生は、今後 10 年以内を目処に植栽が実施される見込みであるが、その後も植栽箇所の補植も必要となることが考えられ、その際には抵抗性の高いクロマツ苗木が利用できるよう、今後も抵抗性品種の開発と抵抗性家系の評価を継続し、抵抗性マツの種苗供給体制の強化に資する。

引用文献

- 伊藤俊一・細川智雄：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業における成果，林業試験場成果報告第 14 号 84～109 2004
- 今野幸則・伊藤俊一：マツノザイセンチュウ抵抗性育種に関する研究（第 2 報），林業試験場成果報告第 17 号 61～76 2008
- 庄司次男・陳野好之・早坂義雄・尾花健喜智：クロマツに対するマツノザイセンチュウの時期別接種試験，日林論 94：475～476 1983
- 寺田貴美雄・戸田忠雄・野口常介：東北等，寒冷地における被害林分からのマツノザイセンチュウ抵抗性候補木の選抜，林木育種センター東北育種場（平成 7 年度）年報 55～59 1997
- 福田健二・市原優・鈴木和夫：マツ材線虫病における誘導抵抗性の発現，日林論 108：355-356 1997

マツタケ近縁種の人工栽培に供する優良菌株の開発

(新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業(平成21年度～平成23年度))

今埜実希

要 旨

マツタケ近縁種は、コナラ林やシイ・カシ林などの広葉樹林に発生する菌根性のきのこである。形態や香りがマツタケ (*Tricholoma matsutake*) に類似しており、高い経済的価値が期待される。それら近縁種の人工栽培に必要な基礎的技術の開発を農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「広葉樹林に発生するマツタケ近縁種の栽培技術の開発」の一部として実施した。まず、収集菌株 84 株の既往組成の寒天培地での伸長速度を測定した後、伸長速度が速い菌株を用いて菌糸成長に適するように培地組成の改良を行った。この改良培地で、再度、収集菌株の伸長速度を測定し、収集菌株の培養特性について明らかにした。

キ - ワ - ド : マツタケ近縁種, 人工栽培, 菌糸伸長速度

1 はじめに

キノコはその生活様式から腐生性と菌根性に大別され、菌根性きのこにはマツタケ (*Tricholoma matsutake*) やトリュフ (*Tuber melanosporum*) などの食用価値の高いきのこが含まれているが、これまでに世界で実用栽培法が確立されたものはホンシメジ (*Lyophyllum shimeji*) のみである (Ohta 1994, ; 太田 1998)。日本人に最も好まれるマツタケの人工栽培は、多くの消費者から期待されているにもかかわらず、子実体に成長する基である子実体原基を作る技術も確立していない。

マツタケには、主に広葉樹林に発生するバカマツタケ (*Tricholoma bakamatsutake*, 図 - 1), ニセマツタケ (*T. fulvocastaneum*) およびまだ和名の決まっていない数種の近縁種 (*Tricholoma* 属の菌根菌) が存在するが、生息場所がきわめて限られているため、ほとんど注目されてこなかった。これらマツタケ近縁種は形態や香りがマツタケに類似しており、その菌床栽培法を開発できれば、マツタケに近い高価値のきのこの提供によって、近年生産額が減少傾向にあるきのこ栽培産業の活性化が期待される。また、近年、本県においても分布拡大が確認されたナラ枯れの対策として各種の整備が進められているが、これまで人手が加わることによって維持されてきた里山を将来にわたって健全に保つためには、里山への出入りを増やすことが重要である。里山で採れる山菜やきのこの類の販売によって収入が得られることは、里山への出入りを増やすための大きな一助となる。広葉樹林を住处とするマツタケ近縁種の林地栽培を確立できれば、広葉樹林の手入れが行われることによる里山広葉樹林の健全化につながると考えられる。

きのこ栽培において、培養期間が長くなることは、栽培コストが高くなることや雑菌汚染のリスクが増えることにつながるため、栽培用の菌株の選抜要件として菌糸の伸長速度の速い菌株を選抜することが挙げられる。しかしながら、マツタケ近縁種に関しては、そもそも菌糸伸長に適した培地の開発は行われていない。そこで、本研究では、まず共同研究機関から収集した 84 菌株について、既往の寒天培地上での菌糸伸長速度を測定し、比較的伸長速度が速い菌株を用いて培地組成を検討し、菌糸成長に適する培地組成を決定した。次に、その培地を用いて収集菌株の伸長速度を測定し、菌株ごとの培養特性を調べた。

なお、本研究は、滋賀県森林センタ - を中核機関とし、奈良県森林技術センタ -, 京都大学, 森林総合研究所並びに当センタ - が共同機関として参画し、農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術

開発事業「広葉樹林に発生するマツタケ近縁種の栽培技術の開発」の一部として行ったものである。

2 試験方法

収集した84菌株について、既往(グルコ-ス4g/L, Yeast Extract 0.4g/L, ハイポネックス0.15g/L, 寒天12g/L, pH:5.0~5.3)の培地組成を用いて平板培地上での菌糸伸長速度を測定した。別に平板培地で培養した収集菌株のコロニ-を直径5mmのコルクボ-ラ-でくり抜き、これを接種源とした。1つの菌株につき3反復とし、接種後は23℃で培養し、発菌後から1週間ごとに、1つのコロニ-につき4方向の菌糸の伸長量を測定した。



図-1 バカマツタケ子実体

収集菌株の中で、比較的伸長速度が速い3菌株(バカマツタケ、ニセマツタケ、測定時未同定種の各1菌株)を用いて培地組成を検討し、菌糸成長に適する培地組成を決定した。検討した培地の成分は、酒石酸 NH_4 , KH_2PO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , FeCl_3 , ミネラル類 (ZnSO_4 , MnSO_4 , CuSO_4 , CoSO_4 , NiSO_4), ビタミン類 (チアミン塩酸塩, ニコチン酸, ビオチン, 葉酸, 硫酸アデニン), ホルモン類 (ベンジルアデニン, IBA, ジベレリン A3) で、実験条件の設定には L_{16} (2^9) の直交表を用いた(表-1)。基本培地として用いた組成は次のとおりである。グルコ-ス20g/L, Yeast Extract 2g/L, Malt Extract 2g/L, クエン酸0.2g/L, 寒天15g/L。pHは5.1とした。各成分の含有量が異なる16種類の培地を10mlずつ試験管に分注し、オートクレーブで120℃, 20分滅菌した後に平板培地を作成した。菌糸伸長速度の測定については、菌株ごとに16種類の培地に接種を行い、上記既往培地における測定と同様の方法で測定を行った。

培地組成を決定後、バカマツタケ用の改良培地において、バカマツタケ菌株54種を培養し、菌株ごとの伸長速度を測定した。

表1. 16種類の培地における添加液1Lあたりの組成

培地No.	酒石酸 NH_4	KH_2PO_4	イソロイシン	MgSO_4	CaCl_2	FeCl_3	ミネラル混合液	ビタミン混合液	ホルモン混合液
1	0	0.2g	0	0	0g	20mg	×0.1	×0.1	0
2	0	0.2g	0	0	50mg	100mg	×0.5	×0.5	×1
3	0	0.2g	1g	0.1g	0g	20mg	×0.1	×0.1	×1
4	0	0.2g	1g	0.1g	50mg	100mg	×0.5	×0.5	0
5	0	1g	0	0.1g	0g	20mg	×0.5	×0.5	0
6	0	1g	0	0.1g	50mg	100mg	×0.1	×0.1	×1
7	0	1g	1g	0	0g	20mg	×0.5	×0.5	×1
8	0	1g	1g	0	50mg	100mg	×0.1	×0.1	0
9	0.5g	0.2g	0	0.1g	0g	100mg	×0.1	×0.5	0
10	0.5g	0.2g	0	0.1g	50mg	20mg	×0.5	×0.1	×1
11	0.5g	0.2g	1g	0	0g	100mg	×0.1	×0.5	×1
12	0.5g	0.2g	1g	0	50mg	20mg	×0.5	×0.1	0
13	0.5g	1g	0	0	0g	100mg	×0.5	×0.1	0
14	0.5g	1g	0	0	50mg	20mg	×0.1	×0.5	×1
15	0.5g	1g	1g	0.1g	0g	100mg	×0.5	×0.1	×1
16	0.5g	1g	1g	0.1g	50mg	20mg	×0.1	×0.5	0

3 試験結果と考察

本課題参画機関ほかの保存株と21年度に新たに分離されたマツタケ近縁種の菌株、計84株をH21年11月までに収集した。それらすべての株を既往組成の寒天培地で培養し、成長速度を測定した。寒天培地上での菌糸伸長速度の平均はニセマツタケ 0.09mm/日、バカマツタケ 0.20 mm/日、当初不明種とされたSF-Tf05 関連株 0.21mm/日であった。各菌株の平均菌糸伸長速度は 0.024~0.38mm/日、全菌株の平均は 0.15mm/日であった。いずれも伸長速度が非常に遅く、また、菌糸伸長に適した培地の開発も行われていないため、それぞれの種の中で伸長速度が速かった3菌株(菌株名称:240403, NF3020, SF-Tf08)を対象として、菌糸成長に適するように寒天培地の組成を改良した(表-2)。改良培地を用いて、57菌株について伸長速度を測定したところ、菌株毎の伸長速度を0.019~0.57mm/日、全株の平均を0.19mm/日に向上させることができた(図-2)。

表-2 マツタケ近縁種の菌糸生長に適した寒天培地の組成

種 (菌株名称)	バカマツタケ NF3020	ニセマツタケ 240403	同定不明種 SF-Tf08
共通成分			
グルコース	20 g/L		
Yeast Extract	2 g/L		
Malt Extract	2 g/L		
クエン酸	0.2 g/L		
寒天	15 g/L		
検討成分			
酒石酸NH ₄	0.5 g/L	0 g/L	0 g/L
KH ₂ PO ₄	0.2 g/L	1 g/L	1 g/L
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0 g/L	0 g/L	0.1 g/L
CaCl ₂ (無水/2水)	50 mg/L	0 mg/L	50 mg/L
FeCl ₃ ·6H ₂ O*	100 mg/L	20 mg/L	100 mg/L
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.1 mg/L	0.5 mg/L	0.1 mg/L
MnSO ₄ ·4H ₂ O	0.1 mg/L	0.5 mg/L	0.1 mg/L
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.1 mg/L	0.5 mg/L	0.1 mg/L
CoSO ₄ ·7H ₂ O	0.01 mg/L	0.05 mg/L	0.01 mg/L
NiSO ₄ ·H ₂ O	0.1 mg/L	0.5 mg/L	0.1 mg/L
チアミン塩酸塩	5 mg/L	5 mg/L	5 mg/L
ニコチン酸	0.05 mg/L	0.05 mg/L	0.05 mg/L
ピオチン	0.15 mg/L	0.15 mg/L	0.15 mg/L
葉酸	0.015 mg/L	0.015 mg/L	0.015 mg/L
硫酸アデニン	0.015 mg/L	0.015 mg/L	0.015 mg/L
ベンジルアデニン	0 mg/L	0.1 mg/L	0.1 mg/L
IBA	0 mg/L	0.1 mg/L	0.1 mg/L
ジベレリンA3	0 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L

* 1/10のAAを添加する。

pHは pH5.1に調整する。

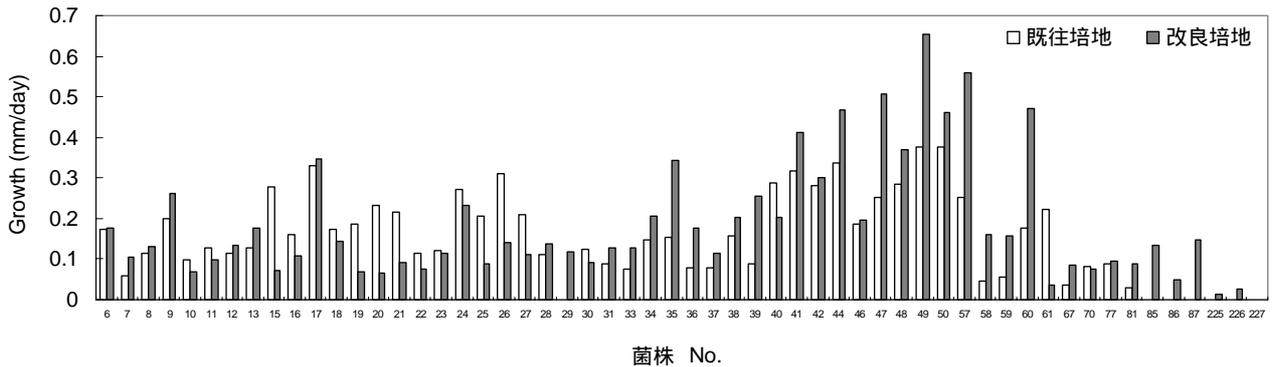


図 - 2 既往培地と改良培地におけるパカマツタケの菌糸伸長速度

4 おわりに

マツタケ近縁種の菌糸生長に適した培地組成を決定した。パカマツタケについては、菌株の伸長速度が向上したことから、種菌や菌床の培養日数の短縮が期待される。また、菌株ごとに培地ごとの培養速度が明らかになったことから、今後の菌株の選抜における基礎情報として活用することができる。

なお、未筆ながら、本研究への参画に導いて頂くとともに、懇切なご指導を頂いた滋賀県森林センターの太田明専門研究員をはじめ、奈良県森林センターの河合昌孝総括研究員、森林総合研究所の森林微生物研究領域の山中高史根圏共生担当チ - ム長、太田祐子木材腐朽菌類担当チ - ム長、きのこ・微生物研究領域の根田仁きのこ研究室室長、京都大学田中千尋教授に感謝申し上げます。

引用文献

Ohta A : Some cultural characteristics of mycelia of mycorrhizal fungus, *Lyophyllum shimeji*.

Mycoscience 35: 83-87 1994

太田 明：ホンシメジの実用栽培のための栽培条件 日菌報 39: 13-20 1998

太田 明：里山再生に向けた特用林産物生産技術の検討. 滋賀県森林センター - 平成 23 年度業務報告 25-28 2012

キノコ中の急性脳症原因物質の特定と発症機序の解明及び検出法の開発 (レギュラトリーサイエンス新技術開発事業(平成 21 年度～平成 23 年度): 国立大学法人静岡大学からの受託試験)

更級 彰史・梅田 久男

要 旨

長期培養したスギヒラタケ 1.2kg 菌床を、高圧殺菌したスギおが粉を用いて 22L 容プランターに埋設し、温度 15℃、湿度約 99%、照度約 150lx に設定した室内で発生処理したところ、埋設資材であるスギおが粉表面に菌糸が表出後原基形成に至り、197 個、生重量で 28.7g のスギヒラタケ子実体を得た。

キーワード：2004 年急性脳症，スギヒラタケ人工栽培，菌床埋設によるプランター栽培

1 はじめに

スギヒラタケ (*Pleurocybella porrigens*) は、キシメジ科スギヒラタケ属のキノコで、スギの伐根や倒木に子実体を形成する。宮城県内では「スギミミ」、「スギカノカ」の地方名で呼ばれ、比較的ポピュラーな食用キノコである。しかしながら、2004 年に主に東北・北陸地方でスギヒラタケ摂食との関連が疑われる急性脳症が発症し、それ以降農林水産省と厚生労働省はスギヒラタケの摂食を控えるよう注意喚起する状況が続いている。本研究は、スギヒラタケの毒性が懸念される中で、スギヒラタケ中の有害物質の特定、発症機序の解明並びに有害物質検出法の開発により、急性脳症の全容を解明し、もってキノコ食の安全性の担保・消費拡大に寄与することを目的とする。本研究の研究実施体制は、静岡大学を中核機関とし、山梨大学、大阪大学、静岡県立大学、(独)森林総合研究所、(財)東京都医学研究機構並びに当センターが共同機関として参画し、農林水産省の「レギュラトリーサイエンス新技術開発事業」として実施された。当センターは、室内等閉鎖環境下でのスギヒラタケ人工栽培技術の開発及び人工栽培子実体の毒性研究への提供を担当した。

2 試験方法

2.1 異なる湿度環境での子実体発生試験

スギヒラタケ人工栽培については、殺菌したスギ原木に種菌を接種し、培養完了後室内にて発生処理することで(三河, 1988)、また、種菌を接種したスギ間伐材をスギ林に伏せ込むことで(能勢, 1998)、子実体発生が可能であることが報告されている。本試験では、栽培期間の短縮と培養途中のコンタミネーションによるロス率低減のため、培養菌床を利用した人工栽培技術を検討した。

2009 年 2 月、当センター保有のスギヒラタケ菌株 68-1, 68-2, 68-5 を供試し、スギおが粉基材の 1.2kg 菌床を調製した。培養は温度 23℃、湿度 70%、暗黒下のクリーンルームで実施し、約 11 カ月で培養完了に至った。菌床は、無殺菌のスギおが粉及びハタケシメジ栽培後の廃菌床を埋設資材に用いて 22L 容プランターに埋設し、室内で発生処理した。発生環境は、温度 18℃、照度 150lx を固定とし、湿度 70～90%の低湿度区と湿度 85～95%の高湿度区を設けた。

2.2 長期熟成菌床を用いた子実体発生試験

菌床を用いた室内でのプランター栽培では、他菌による原基への加害が子実体形成の妨げになることから、発生処理する際の菌床の熟度、埋設資材及び発生環境を再検討し、害菌発生の抑止を指向した。菌床は長期熟成菌床とし、埋設資材は高圧殺菌したスギおが粉とした。発生環境は、温度 15℃、湿度約 99%、照度約 150lx に設定した。

供試菌床は、2008 年 6 月にスギヒラタケ菌株 68-5 を利用し、スギおが粉を培地基材に調製した 1.2kg 菌床で、2010 年 9 月まで温度 23℃、湿度 70%、暗黒下のクリーンルームで 2 年 3 ヶ月長期培養した。同菌床を、121℃ で 60 分間高圧殺菌したスギおが粉を用いて 22L 容プランターに埋設し、9 月 3 日に室内で発生処理し子実体形成を促した。

3 試験結果及び考察

3.1 異なる湿度環境での子実体発生試験

低湿度区では埋設資材表面への菌糸表出が確認されるだけで、原基形成に至らなかった（図 - 1）。他方、高湿度区では、原基形成には至ったものの他菌による加害で子実体は発生しなかった（図 - 2）。



図 - 1 低湿度区における埋設資材表面への菌糸の表出



図 - 2 高湿度区で形成された球状原基への他菌による加害

3.2 長期熟成菌床を用いた子実体発生試験

10 月 22 日に埋設資材であるスギおが粉表面への菌糸表出を確認し、11 月 2 日から 12 月 13 日まで子実体が断続的に発生した。スギおが粉表面には白色の薄い菌糸がプランター右上端から徐々に広がり、子実体は菌糸先端から 1 ~ 2 cm 後背部に帯状に形成された。12 月 13 日に発生が終息するまで、菌糸の伸長に合わせて子実体発生位置は移動した（図 - 3 ~ 5）。一部の子実体は、スギおが粉内部の菌床から伸びた菌糸束を通してプランター側面に張り付くように形成された。最終的に 197 個、生重量で 28.7g のスギヒラタケ子実体を閉鎖環境下で得るに至った。



図 - 3 子実体発生状況(11月2日)



図 - 4 子実体発生状況(11月12日)



図 - 5 子実体発生状況(12月3日)

4 おわりに

スギヒラタケ摂食との関連が疑われる急性脳症が発症した 2004 年は、台風が多く、夏期は高温状況が長く続くなど異常気象の年であった。そのため、スギヒラタケの毒性が台風により飛散した塩分や異常高温等の環境要因により発現した可能性を示唆する報告もあり(松本, 2006), 塩害や高温の影響を受けていない人工栽培したスギヒラタケ子実体を供試し, 毒性物質を特定する必要性が指摘された。本研究における当センターの担当課題は, 外部環境の影響を排した閉鎖環境下でのスギヒラタケ人工栽培試験であり, 本試験で発生した子実体がスギヒラタケ中の毒性物質の特定に寄与し, 急性脳症の全容解明に繋がったとすれば幸甚である。

なお, 未筆ながら, 本研究への参画に導いていただいた国立大学法人静岡大学農学部の河岸洋和教授, スギヒラタケ人工栽培手法について数多くの示唆に富んだアドバイスをいただいた山形県森林研究研修センターの三河孝一元副所長及び中村人史主任専門研究員, 並びに新潟県森林研究所の松本則行先生に感謝申し上げます。

引用文献

- 能勢育夫：スギ間伐材によるスギヒラタケ原木栽培の試み．石川県林業試験場業務報告 No.29 12 1998
 松本則行：スギヒラタケの生態と 2004 年の特異事象．新潟県森林研究所報告 No.47 17 2006
 三河孝一：原木（袋培養）によるスギヒラタケ子実体の発生．日林東北支誌 40 号 248 1988

「きのこリンケージ」による森林資源循環システム再構築に関する研究

更級 彰史・梅田 久男・玉田 克志*1

要 旨

中山間地に豊富に存在する森林資源であるスギ人工林に着目し、スギ林由来の資材やスギ林地を利用したキノコ・山菜類の多品目栽培体系を検討した。キノコ栽培技術については、スギおが粉を培地基材とするハタケシメジ施設栽培において、ハタケシメジ廃菌床の培地基材への再利用試験を実施したところ、基材であるスギおが粉を廃菌床へ置換する割合は 40%程度までが実用化可能と考えられた。また、廃菌床の利用用途の多様化と林地の多段階利用による経済的価値の増幅を念頭に実施したハタケシメジ廃菌床を生産資材に用いたオオイチョウタケのスギ林床栽培については、菌床のスギ林床伏せ込みによる子実体の連年発生は技術的に可能で、菌株により子実体の発生時期・形態が相違することも分かった。

さらに、オオイチョウタケ栽培跡地の循環利用を目的に、オオイチョウタケの後作としての山菜栽培に有望なモミジガサ・イヌドウナの生育調査を実施したところ、オオイチョウタケ栽培残滓に起因する生育障害は生じず、むしろ栽培残滓と土壌を攪拌することにより土壌の CEC 向上、pH 矯正、炭素・窒素・塩基類の増加等物理化学性が改善し、モミジガサ・イヌドウナの良好な生長を助長していることが示唆された。

キーワード：スギ人工林の多段階利用，スギ林由来資材，ハタケシメジ廃菌床の再利用，キノコ・山菜類の多品目栽培体系

1 はじめに

中山間地は、水土保全・炭素貯蔵・木材生産等様々な役割を持つ森林と有機的な関係を形成する場合が多く、国土の均衡な発展・環境負荷低減社会の構築・文化の伝承等を考える上で継続的な振興が望まれる。しかしながら、東北地方の中山間地は、生産機能・生活扶助機能の低下が憂慮される状況にあり、コミュニティを維持するための重層的な仕組みの構築が求められている。そのような中で、中山間地には多種多様な森林が存在しており、コミュニティの活性化を考慮する上で、森林を活用した産業創出は仕組みの一翼を担う可能性がある。

そこで本課題は、中山間地に豊富に存在する森林資源、とりわけ宮城県の県土面積（約 73 万 ha）の約 2 割を占めるスギ人工林に着目し、スギおが粉等スギ林由来の資材を利用してキノコ栽培技術を検討する一方で、キノコ生産残滓をスギ林に還元する過程での、林地におけるキノコ・山菜類の多品目栽培体系の構築までを視野に入れる研究とした。

ハタケシメジ「みやぎ LD2 号」(2006 年 12 月 14 日品種登録)は、当センターが開発した施設栽培品種で、栽培技術としては、培地基材に広葉樹やバーク堆肥に比べて安価なスギおが粉を利用することが特徴である。他方、空調施設を利用した通年生産は、大量の廃菌床排出という問題も併せ持っている。そこで本課題の端緒として、スギおが粉基材の廃菌床の有効利用と菌床生産コストの低減を目的に、ハタケシメジ廃菌床を培地基材に再利用したハタケシメジ栽培試験を行った。また、ハタケシメジ廃菌床の利用用途の多様化と林地の多段階利用による経済的価値の増幅を念頭に、廃菌床を生産資材に利用したオオイチョウタケのスギ林床栽培試験、及びオオイチョウタケ栽培跡地におけるモミジガサ・イヌドウナの生育調査を実施した。

*1現所属：宮城県北部地方振興事務所栗原地域事務所

2 試験方法

2.1 ハタケシメジ廃菌床を培地基材に用いたハタケシメジ栽培試験

ハタケシメジ (*Lyophyllum decastes*) 菌床は通常スギおが粉を培地基材に利用して生産するが、スギおが粉に替わってキノコ廃菌床を利用する技術については、廃棄直後のナメコ廃菌床を用いた場合は培地基材であるスギおが粉を 25～50%の範囲内で置換可能であるとの報告がある(更級ら, 2008)。本試験では、これら既存の知見を踏まえ、ハタケシメジ廃菌床をスギおが粉と置換して菌床を調製した場合、どの程度の範囲で実用可能か検証した。

廃菌床は廃棄直後のもので、生産残滓や表面の菌膜を除去し、粉碎後 6 メッシュ (目開き 0.4cm) のふるいにかけて使用した。培地組成は表 - 1 の通りで、菌床サイズは商業生産と同様の 2.5kg 直方体とした。菌床は調製後、高圧殺菌 (培地内温度 120℃, 60 分)・放冷して、ハタケシメジ「みやぎ LD2 号」を接種した。培養は温度 23℃, 湿度 70%の培養室内で行い、培養完了に要する日数を観察した。次に、培養が完了した菌床から順次、温度 16℃, 湿度 100%の発生室内で子実体を育成し、発生量を計測した。なお、培地の水分量は 67%を目標とし、培地を強く握って水がわずかに染み出る程度に調整した。含水率と水素イオン濃度は殺菌前後に計測した。発生に際しては、培養袋の上部を切り取り、上面を菌かき・水洗した。

表 - 1 ハタケシメジ栽培試験培地組成 (乾燥重量比)

試験区	基材の廃菌床置換割合	スギおが粉	ハタケシメジ廃菌床	特フスマ	特殊栄養剤	殺菌後含水率	殺菌後 PH
	0% (対照区)	20.00%	0.00%	10%	3%	70.74%	5.40
	20%	16.00%	4.00%	10%	3%	65.43%	5.31
	40%	12.00%	8.00%	10%	3%	66.67%	5.09
	60%	8.00%	12.00%	10%	3%	61.68%	4.97
	80%	4.00%	16.00%	10%	3%	61.91%	4.90
	100%	0.00%	20.00%	10%	3%	65.60%	4.86

スギおが粉：1 年程度野積み後のもの。

ハタケシメジ廃菌床：空調菌床栽培したあと、廃棄直後のもの

2.2 ハタケシメジ廃菌床を生産資材に用いたオオイチョウタケ林床栽培試験

オオイチョウタケ (*Leucopaxillus giganteus*) は、キシメジ科オオイチョウタケ属のキノコで、宮城県内では9月初旬から中旬にかけてスギ林・竹林等で多く見られる。傘は中央部が凹むへこみ形～ろうと形で、表面はクリーム色、茶褐色の縞模様がある。柄は円筒形で、中心部がストロー状に空く中実のものが多い。県内ではキノコの少ない残暑期に発生する、スギ林由来の数少ない美味なキノコとして中山間地で採取されており、柔らかな歯応えと濃厚な出汁を持つことから人工栽培要望が高い。オオイチョウタケの人工栽培については、スギ林にバーク堆肥基材の菌床を埋設することで約 2 年後に子実体が発生することや(鳥越ら, 1999)、スギ林や竹林に菌床 50kg を埋設することで子実体の連年発生が可能であることが報告されている(西井, 2006 等)。以上の既存の知見を踏まえ、スギおが粉を培地基材に調製した菌床を、生産資材にスギ林腐食や 6 ヶ月程度野積みしたハタケシメジ廃菌床を利用してスギ林に伏せ込むことで、シロの形成・子実体発生が可能か検討した。

2.2.1 培養温度別菌糸伸長試験

供試菌株の温度適応性を確認するため培養温度別菌糸伸長速度を測定した。菌株は、当センター保有株のうち、PDYA 培地及びスギおが粉培地での継代可能性が確認できた 3 菌株、46-3、46-4 及び 46-5 を利用した。試

験用に予め PDYA 寒天培地で培養した菌糸体コロニーから直径 5mm の菌糸片をコルクボーラーで打ち抜き、同培地中央に接種した。これらを 23℃ 暗黒下で培養し菌糸伸長を確認したあと、16℃、18℃、20℃、22℃、24℃、26℃、28℃、30℃、32℃ の恒温器に各温度帯につき 3 サンプルずつ移動し培養を続けた。所定の期間経過後(46-3 及び 46-4 は 9 日間、46-5 は 7 日間) 菌糸伸長量を測定し、菌糸伸長量/日の平均値をその培養温度における菌糸伸長速度とした。

2.2.2 菌床のスギ林床伏せ込みによる子実体発生試験

表 - 2 の培地組成により、スギおが粉を培地基材に菌床を調製した。菌床形体は、野外における栽培作業の負荷を考慮し、運搬・埋設等が比較的容易な 1.2kg 円筒形とした。菌床は高圧殺菌(培地内温度 120℃、60 分)・放冷後、オオイチョウタケ種菌を接種し、温度 23℃・湿度 70%の室内に培養完了まで静置した。続いて、菌糸が蔓延した完熟菌床を当センター内スギ林に 2005 年 4 月(05 年設定区)、2006 年 4 月(06 年設定区)、2007 年 6 月(07 年設定区)、2008 年 11 月(08 年設定区)と 4 力年続けて埋設した。試験地の属性を表 - 3 に示す。菌床は、埋設当年に培養完了したものを利用した。埋設に当たり、埋込資材・埋設方法・菌床埋設数・菌床間間隔等を変数とした。その後は、各年春期に下草刈り等の環境整備を行いつつ、菌床からの菌糸伸長特性・子実体発生状況を継続的に調査した。

表 - 2 オオイチョウタケ栽培試験の菌床培地組成

スギおが粉培地(乾燥重量比)	スギおが粉	特フスマ	特殊栄養剤	含水率
	20%	12%	3%	65%

表 - 3 菌床を埋設したスギ林の属性

林 齢	44 年生
立 木 密 度	05 年設定区：1,200 本 / ha 06 年・07・08 年設定区：1,700 本 / ha
林 床 植 生	オウレン、アオキ、タラノキ、クズ、チゴユリ等
斜 面 向 き	北向き
斜 面 傾 斜	22.0%
林内日陰地照度	2,433lx (平均)
土 壤 p H	05 年設定区：F 層 6.10, H 層 5.78 06 年・07・08 年設定区：F 層 5.85, H 層 5.57

2.3 オオイチョウタケ栽培跡地におけるモミジガサ・イヌドウナの生育調査

オオイチョウタケ林床栽培では、培養した菌床をスギ林に伏せ込み菌糸を林床に定着させる。オオイチョウタケのシロは、菌床伏せ込み地点から毎年外側に拡大しドーナツ形の活性菌糸帯を形成するが、その過程で内側の菌糸は徐々に消失する傾向が観察された(図 - 1)。当該手法は、菌床埋込資材としてキノコ廃菌床等の有機物を林床に投入することから、菌糸が消失した土壌は物理・化学・生物性等の面で植物の生長に良好な環境となる可能性がある。そこで、オオイチョウタケ栽培跡地の循環利用を目的に、オオイチョウタケの後作とし

て有望なモミジガサ (*Parasenecio delphiniifolius* Sieb. et Zucc) 及びイヌドウナ (*Parasenecio hastatus* subsp. *tanakae*) の生育調査を実施した。両種はともに湿り気のある日陰を好むキク科の多年草で、モミジガサは県内のスギ林に広く群生し、イヌドウナは奥羽山系のスギ林に群生が散見される。春先に萌芽した若芽を食用とし、独特の風味 (きど味) があることから人気の高い山菜である。本調査では、オオイチョウタケ栽培跡地に実生苗を定植することで良好な生育が見られるか検討した。



図 - 1 菌輪状に発生する子実体の内側では菌糸が退潮する

2.3.1 モミジガサ生育調査

供試種子は、2007年に岩沼市及び大衡村のスギ林に自生する野生株から採種し、約3ヶ月間室温にて保存したのち、2008年2月1日から53日間、純水を入れたビーカーに浸漬し1で冷蔵処理した(金野ら, 1985)。播種は3月26日に実施し、種子を風乾後約0.4Lの種まき培土(グリーンプランツ(株)製)を入れた黒ポット(10.5cm)に3粒ずつ播きつけた。ポット苗は、遮光率60%の黒寒冷紗で被覆したパイプハウス内で育成し、2008年7月に本葉が2枚以上展開した株をオオイチョウタケ栽培跡地に定植した。定植に際しては、ポットから苗を取り出し培土ごと植栽した。定植地は、2007年にオオイチョウタケ栽培試験を実施した畑地で、黒寒冷紗で遮光したものの夏期の高温による菌糸の退潮が著しく、子実体は発生しなかった。2008年5月時点では、一部にオオイチョウタケ菌糸の残存が認められたものの、それら栽培残滓(オオイチョウタケ菌床や菌床埋込資材に用いたパーク堆肥・ハタケシメジ廃菌床)と畑土を攪拌・耕耘し定植に備えた。栽植様式は、うね幅120cm、株間30cm、条間30cm、床高10cmの3条植えとした。試験区は表-4の通り、畑土を対照区とし、前年畑地に投入したオオイチョウタケ菌床埋込資材別に、パーク堆肥区、ハタケシメジ廃菌床区の3区を設定した。定植後施肥は行わず、遮光率60%の黒寒冷紗で被覆し、表土が乾いたら灌水した。11月中に地上部は一旦枯れ、2年目は4月20日以降萌芽が始まった。生育状況の調査は、2008年9月と2009年6月に地上部のみ測定した。

表 - 4 モミジガサ栽培試験区

試験区	前年のオオイチョウタケ栽培状況	子実体発生	埋込資材への菌糸伸長	定植苗数		定植時の苗の状況
				岩沼産	大衡産	
				2	7	本葉2枚以上*1
	パーク堆肥を利用した栽培	なし	あり	2	7	同上*1
	ハタケシメジ廃菌床を利用した栽培	なし	あり	2	7	同上*1

*1区1.44m²の単区制

*1各区とも岩沼産2株と大衡産6株は本葉2枚以上展開だが、大衡産1株は本葉1枚の展開に止まる。

2.3.2 イヌドウナ生育調査

供試種子は、2009年に加美町のスギ林に自生する野生株から採取し、ポリ袋に入れて、当センター施設の軒

下で自然条件下の低温により休眠を打破した。播種は 2010 年 4 月 7 日に実施し、蒸留水に約 1 日間浸漬した種子を約 0.5L の種まき培土(グリーンプランツ(株)製)を入れた黒ポット(12.0cm)に 3 粒ずつ播きつけた。ポット苗は、遮光率 60%の黒寒冷紗で被覆したパイプハウス内で 1 年間育成し、2011 年 5 月に 1 茎のみ萌芽した株を養成 2 年生苗としてオオイチョウタケ栽培跡地に定植した。定植に際しては、ポットから苗を取り出し培土ごと植栽した。定植地は、2007 年にオオイチョウタケ栽培試験に供試した当センター内の 44 年生スギ林で、2010 年秋季においても設定 6 試験区合計で約 11.7kg の子実体が発生した。苗は、子実体発生が外側に拡大したため菌糸が退潮した試験区中央部(菌床埋込地点)に、株間 30cm で同心円状に 6 本ずつ定植した。中央部は、ハタケシメジ廃菌床等を利用し菌床を埋設した箇所で、菌糸は退潮したものの埋込資材等の栽培残滓が認められたため、深さ 20cm まで残滓と土壌を攪拌した。試験区は表 - 5 の通りで、同スギ林でオオイチョウタケ栽培の影響がない箇所に対照区を設け、菌床埋込資材別にハタケシメジ廃菌床区、パーク堆肥区の 3 区を設定した。対照区では、土壌の耕耘を行わずに実生苗を植栽した。定植後、施肥・灌水は行わず自然条件下で育成し、生育状況の調査は 2011 年 7 月に実施した。

表 - 5 イヌドウナ栽培試験区

試験区	オオイチョウタケ 2007 年試験区	オオイチョウタケ 菌株系統	オオイチョウタケ 菌床埋込資材	定植苗数	定植時の 苗の状況
(対照区)				22	本葉 2~4 枚
- 1	07	46 - 3	ハタケシメジ 廃菌床	6	本葉 2~4 枚
- 2	07	46 - 4	ハタケシメジ 廃菌床	6	本葉 2~4 枚
- 3	07	46 - 5	ハタケシメジ 廃菌床	6	本葉 2~4 枚
- 1	07	46 - 3	パーク堆肥	6	本葉 2~4 枚
- 2	07	46 - 4	パーク堆肥	6	本葉 2~4 枚
- 3	07	46 - 5	パーク堆肥	6	本葉 2~4 枚

*対照区は、等高線上に株間 30cm で直列植栽

3 試験結果及び考察

3.1 ハタケシメジ廃菌床を培地基材に用いたハタケシメジ栽培試験

結果を表 - 6 及び表 - 7 に示した。菌床培養期間は、培地基材であるスギおが粉をハタケシメジ廃菌床に置換する割合を高めるに従い長期化する傾向が認められた。試験区 (20%置換), (40%置換), (60%置換), (80%置換) では (対照区) に対して棄却域 5% の T 検定で有意に長期化した。試験区 (100%置換) では、培養完了に至ったのは 8 菌床中 2 菌床のみで、4 菌床は培養中に雑菌汚染され、2 菌床は種菌からの発菌が全くなかった。

収量に関しては、試験区 及び で に対して約 108%の収量があり有意に増加したが、 及び では有意に減少した。

培養期間・育成期間・収量に関する変動係数を検証すると、廃菌床を培地基材に混合した全試験区 (を除く) で に対してばらつきが大きくなっており、栽培安定性を損なった。

以上を総合的に考慮すると、本試験の培地組成では、基材の廃菌床置換割合は 40%程度までが実用栽培における一定の指標になることが示唆された。

表－6 試験区別ハタケシメジ栽培試験の結果

試験区	基材の廃菌床置換割合	培養期間(日)	育成期間(日)	総栽培期間(日)	収量(g)/菌床	培養完了時菌床重量(g)
I	0% (対照区)	81.0	29.6	110.6	723.7	2444.8
II	20%	87.8*	30.6*	118.4*	786.5*	2377.7*
III	40%	91.4*	30.9*	122.3*	781.3*	2381.6*
IV	60%	115.7*	31.4*	147.1*	660.9*	2363.5*
V	80%	115.0*	30.4*	145.4*	607.9*	2351.3*
VI**	100%	—	—	—	—	—

各試験区供試体数：8 菌床

培養期間：接種から菌廻りに至るまでの日数

育成期間：発生処理から子実体収穫に至るまでの日数

*：試験区 I（対照区）に対して棄却域 5%の T 検定で有意差あり

**：試験区 VI は 2 菌床しか培養完了に至らなかったためデータ集計せず

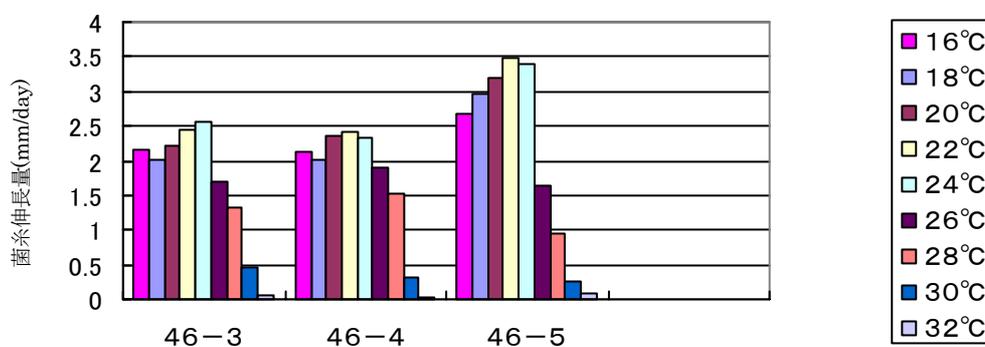
表－7 試験区別項目別変動係数

試験区	培養期間	育成期間	収量(g)/菌床	培養完了時菌床重量(g)
I	2.3	1.7	3.1	1.7
II	9.1	1.7	4.7	0.7
III	2.7	2.1	5.4	1.4
IV	7.7	4.0	10.4	1.0
V	13.2	1.8	5.7	1.1
VI	—	—	—	—

3. 2 ハタケシメジ廃菌床を生産資材に用いたオオイチョウタケ林床栽培試験

3. 2. 1 培養温度別菌糸伸長試験

結果を図－2に示した。菌糸伸長速度は菌株によって異なり、46-5は46-3・46-4よりも伸長が早い傾向を示した。菌糸伸長最適温度も菌株によって差異を生じ、46-3は24℃で2.56mm、46-4・46-5は22℃でそれぞれ2.41mm、3.49mmを示し最大伸長量となった。3菌株とも20～24℃で良好な菌糸伸長を示したことから、種菌・菌床は当該温度帯で培養するのが適当と考えられた。26℃以上では伸長が鈍化し、32℃ではほとんど伸長しなかった（図－3）。



図－2 培養温度別菌株別菌糸伸長量 (mm/day)

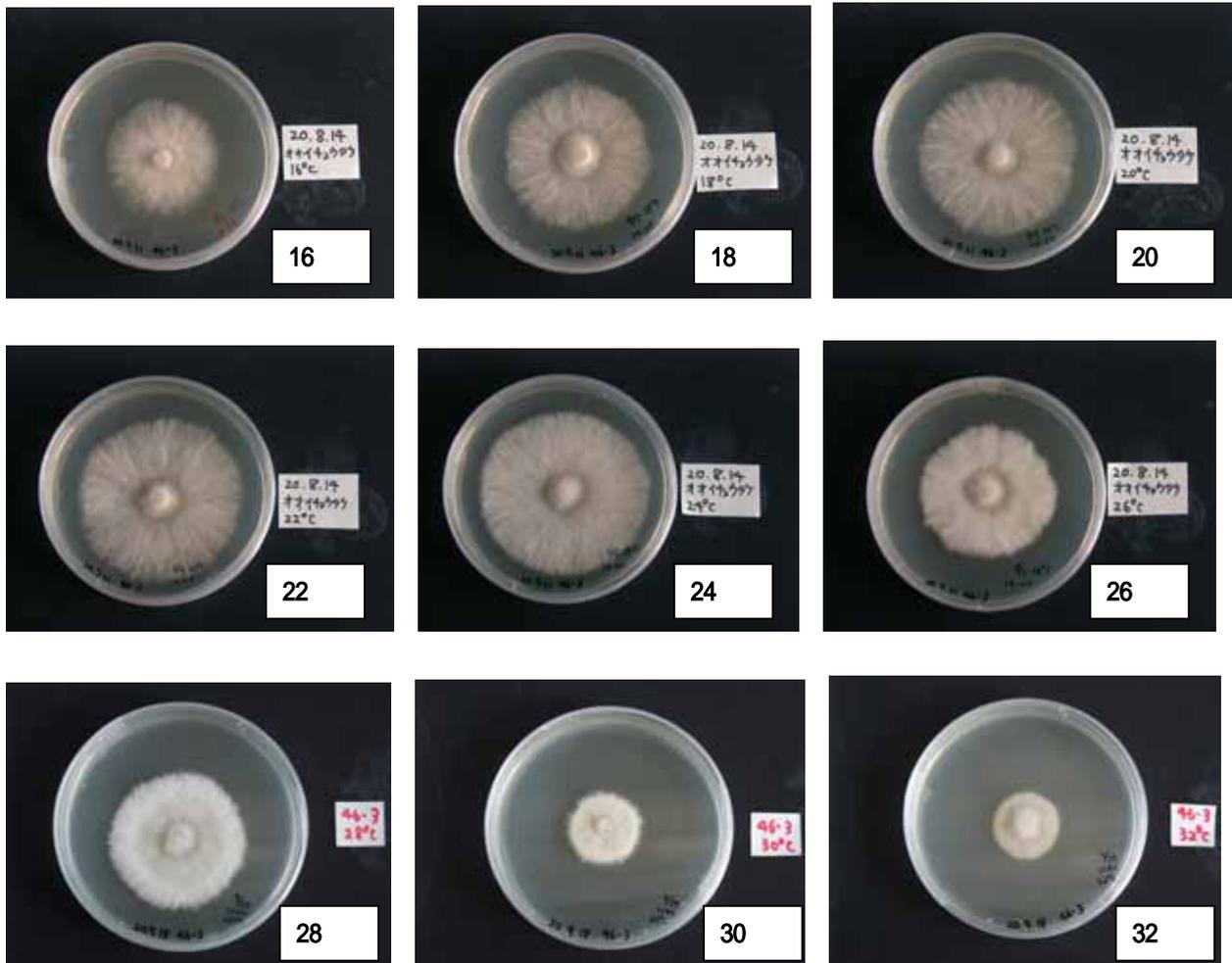


図 - 3 培養温度別菌糸伸長状況 (46-3 菌株)

3.2.2 菌床のスギ林床伏せ込みによる子実体発生試験

結果を表 - 8 に示した。2005 年～2008 年にかけて設定した全 32 試験区で子実体が発生したが、試験区毎の発生量にはばらつきが見られた。子実体は、菌床埋込時期が春季か秋季かに関わらず埋込当年は発生せず、埋込翌年から発生が始まり、翌々年以降（埋込後 2 年経過以降）に本格化する傾向が観察された。子実体発生時期は気象条件に影響され、7 月下旬以降に日最低気温が 18 を下回る低温に遭遇すると、5～10 日経過後に子実体が発生する傾向を示した（図 - 4）。また、発生時期は菌株によっても差異を生じ、46-5 は 46-3・46-4 に比べて各年とも発生が遅れたことから晩成株と考えられた（表 - 9）。子実体の形態も菌株による差異が大きく、46-5 は傘径 25cm 超の大型子実体が多数群生した（表 - 10、図 - 5）。菌床埋込資材には、現地森林土・パーク堆肥及び 6 ヶ月程度野積みし C/N 比を 25 程度に調整したハタケシメジ廃菌床を使用した。現地森林土に比べるとパーク堆肥・ハタケシメジ廃菌床は菌床埋込後の菌糸の初期伸長が良好で、パーク堆肥を使用した試験区は他の 2 資材を使用した試験区より子実体発生量が総じて多かった。とはいえ、オオイチョウタケ菌糸はハタケシメジ廃菌床への伸長能を示し、埋込 2 年後には菌株が異なる全 6 試験区で 1,000g/区以上の発生量があったことから（07 年・08 年設定区）、ハタケシメジ廃菌床の埋込資材としての有用性が示唆された。子実体発生は、良好な試験区では埋込翌年から 6 年間継続し、累積発生量は約 18.5kg（05 ）に達したことから、菌床のスギ林床伏せ込みによる子実体の連年発生は技術的に可能と考えられた。

表 - 8 オオイチョウタケ栽培試験の結果 (各年発生量 : g/本)

試験区	菌株系統	埋込資材	菌床埋込数(個)	06年発生量	07年発生量	08年発生量	09年発生量	10年発生量	11年発生量	累積発生量
05	46-3	パーク堆肥	4	-	2733.0/126	13,798.0/688	5,375.5/308	13,845.0/958	7,760.5/617	43,512.0/2,697
05	46-3	パーク堆肥	4	142.7/3	657.0/33	7,677.9/288	318.6/24	0.0/0	51.5/2	8,847.7/350
05	46-3	パーク堆肥	4	-	491.0/20	242.6/6	311.9/16	35.2/5	108.2/4	1,188.9/51
05	46-3	現地森林土	4	-	734.9/25	1,297.6/59	1,645.2/142	667.7/42	501.9/24	4,847.3/292
05	46-3	現地森林土	4	-	149.9/6	3,760.8/169	42.1/6	283.5/24	364.4/26	4,600.7/231
05	46-3	現地森林土	4	-	-	525.4/32	0.0/0	0.0/0	0.0/0	525.4/32
05	46-4	パーク堆肥	4	55.8/1	1013.3/42	5,865.9/246	1,533.3/63	3,102.1/314	186.4/14	11,756.8/680
05	46-4	パーク堆肥	4	26.9/2	2275.9/93	12,102.7/506	1,757.5/72	1,948.0/160	433.2/25	18,544.2/858
05	46-4	パーク堆肥	4	184.5/2	-	882.6/39	169.6/23	0.0/0	0.0/0	1,236.7/64
05	46-4	現地森林土	4	-	563.0/26	2,574.9/91	3,771.4/197	3,616.7/282	1,140.9/73	11,666.9/669
05	46-4	現地森林土	4	-	234.5/6	8,684.5/355	3,154.7/175	3,021.0/253	81.3/5	15,176.0/794
05	46-4	現地森林土	4	-	224.9/7	4,167.0/182	672.7/22	4,076.0/387	817.5/51	9,958.1/649
06	46-3	パーク堆肥	4	-	81.2/4	4,118.2/228	1,799.7/128	3,869.4/263	88.6/4	9,957.1/627
06	46-4	パーク堆肥	4	-	-	784.1/25	513.7/47	747.8/47	0.0/0	2,045.6/119
06	46-3	現地森林土	4	-	-	-	1,230.3/83	4,085.4/366	1,620.1/248	6,935.8/697
06	46-4	現地森林土	4	-	-	246.9/16	251.0/12	887.2/43	214.8/23	1,599.9/94
06	46-3	パーク堆肥	9	-	219.9/6	2,089.7/107	853.3/42	2,777.6/247	0.0/0	5,940.5/402
06	46-4	パーク堆肥	9	-	532.9/19	534.3/27	184.9/9	963.6/80	0.0/0	2,215.7/135
06	46-3	ハタケシメジ 廃菌床	4	-	-	58.7/2	1,888.2/97	437.6/29	165.1/20	2,549.6/148
06	46-4	ハタケシメジ 廃菌床	4	-	-	18.6/1	682.9/29	2,358.0/146	137.1/19	3,196.6/195
07	46-3	ハタケシメジ 廃菌床	7	-	-	-	4,058.9/177	1,981.4/126	248.9/28	6,289.2/331
07	46-4	ハタケシメジ 廃菌床	7	-	-	67.4/2	3,118.6/133	1,701.7/108	164.0/20	5,051.7/263
07	46-5	ハタケシメジ 廃菌床	7	-	-	1,735.3/20	2,772.0/40	887.3/42	4,008.0/44	9,402.6/146
07	46-3	パーク堆肥	7	-	-	42.6/1	4,477.1/254	2,583.2/138	1,069.3/148	8,172.2/541
07	46-4	パーク堆肥	7	-	-	24.8/2	1,135.2/54	1,972.7/96	49.7/5	3,182.4/157
07	46-5	パーク堆肥	7	-	-	3,842.1/31	8,707.2/183	2,587.7/86	4,915.8/158	20,052.8/458
08	46-3	パーク堆肥	4	-	-	-	22.4/2	1,925.8/56	2,625.2/212	4,573.4/270
08	46-4	パーク堆肥	4	-	-	-	85.2/2	1,247.2/32	882.0/66	2,214.4/100
08	46-5	パーク堆肥	4	-	-	-	-	3,355.8/51	3,552.7/51	6,908.5/102
08	46-3	ハタケシメジ 廃菌床	4	-	-	-	-	1,962.2/93	1,199.7/96	3,161.9/189
08	46-4	ハタケシメジ 廃菌床	4	-	-	-	-	2,949.3/94	1,047.5/77	3,996.8/171
08	46-5	ハタケシメジ 廃菌床	4	-	-	-	-	1,178.4/18	231.9/5	1,410.3/23

*1パーク堆肥：針葉樹・広葉樹樹皮と牛フンを容積比 3:2 で混合堆肥化したもの

*2ハタケシメジ廃菌床：ハタケシメジ栽培後の廃菌床をアスファルト上に野積みし散水・切り返ししたもので C/N 比 25 程度

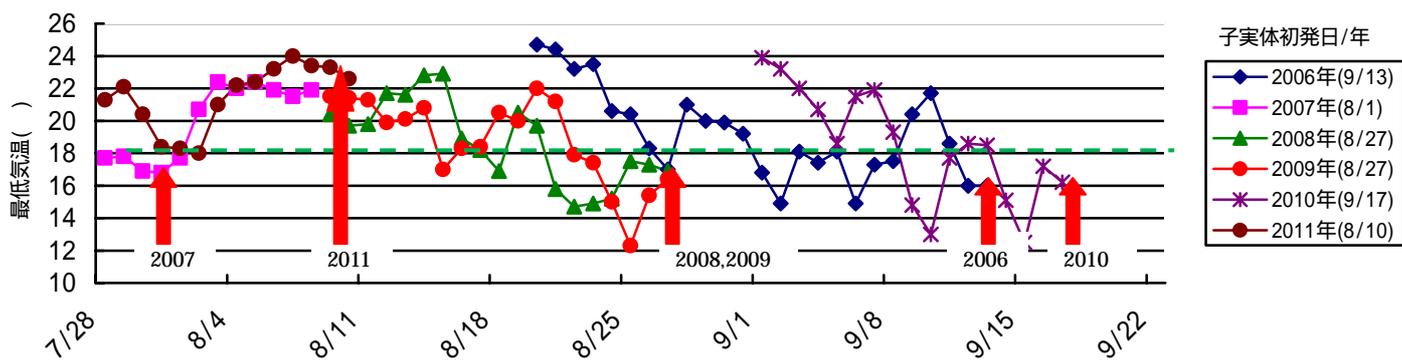


図 - 4 大衡村の各年の日別最低気温 () と子実体初発日

表 - 9 子実体の発生時期

年次	46-3・46-4	46-5
2008年	8月27日	9月4日
2009年	8月27日, 9月2日	9月7日
2010年	9月17日	9月20日
2011年	8月10日	9月22日

表 - 10 2008年発生子実体の菌株別形態 (平均値)

菌株	傘径(cm)	柄径(cm)	個重(g)
46-3	8.7	1.5	24.2
46-4	7.6	1.5	20.7
46-5	16.3	2.0	105.4



図 - 5 46-5 の大型子実体

3.3.1 モミジガサ生育調査

生育状況の調査結果を、図 6 ~ 図 10 に示した。2008 年 9 月の調査では、定植してからの期間が約 2 ヶ月と短いため、試験区毎の成長量に有意差は認められなかったが、（パーク堆肥区）及び（ハタケシメジ廃菌床区）では 2008 年 11 月の調査でも地上部の枯損が少なく活性の高い株が（対照区）よりも多く残存し、株が長持ちする傾向が見られた（図 - 6）。

2009 年 6 月の調査では、平均草丈・平均発芽茎数・葉枚数・葉緑素計値等の調査項目で、及びの数値が全てを上回り、特に平均草丈は対照区の約 1.3 倍（有意差なし）、では約 2.3 倍（棄却域 5% の t 検定で有意差あり）となるなど明確に良好な生長を示した（図 - 7）。発芽茎数は、では最大でも 2 本だったが、では 6 本、では 7 本発生する株もあるなど多茎発生となり、必然的に株当たりの葉枚数も多くなった（図 - 8 及び図 - 9）。葉色については、では濃緑色のものが多かったが、では総じて淡緑～黄緑色を呈し、活性が低いものと考えられた（図 - 10）。

次に、各区土壌の含有炭素量及び窒素量を測定した結果を表 - 11 に示した。2009 年 3 月の測定では、窒素量については及びがよりも若干高い数値を示し、炭素量は及びがの 1.2 倍強の数値を示した。

なお、病虫害に関しては、病害はほぼ発生しなかったものの虫害は散見され、特には・に比べて葉を食害されたり茎を切断されたりする被害が多く発生した。

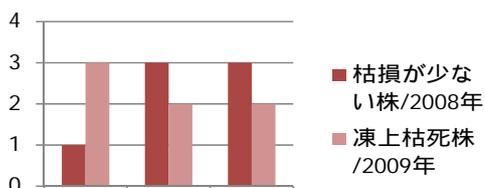


図 - 6 枯損が少ない株・凍上枯死株(本)

枯損が少ない株: 2008 年 11 月調査で、全葉のうち枯損が半分以下の株数、
凍上枯死株: 2009 年 11 月調査で、地上部が全枯損していた株数

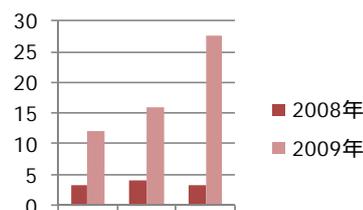


図 - 7 平均草丈 (cm/全茎)

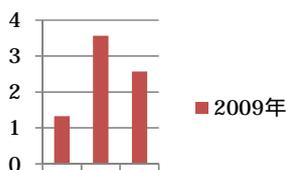


図 - 8 平均発芽茎数(本/株)

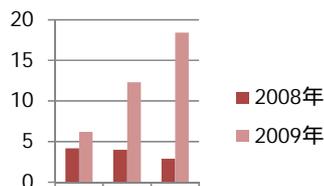


図 - 9 平均葉枚数(枚/株)

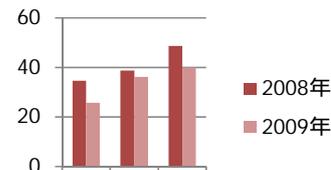


図 - 10 葉緑素含量を示す値(SPAD 値)

表 - 1 1 土壌の C・N 含有量の調査結果

試験区	2008 年 4 月 16 日測定			2009 年 3 月 17 日測定			
	C/N 比	含有 C 率(%)	含有 N 率(%)	C/N 比	含有 C 率(%)	含有 N 率(%)	pH(H2O)
	12.14	2.87	0.24	13.76	2.75	0.20	7.02
	9.90	28.74	1.44	14.80	3.41	0.23	6.92
	21.36	40.28	1.89	14.95	3.36	0.22	6.90

*2008 年 4 月 16 日測定の 及び については、畑土と攪拌前のパーク堆肥残滓とハタケシメジ廃菌床残滓の数値。

3.3.2 イヌドウナ生育調査

2011 年 7 月に実施した生長量調査の結果を図 - 1 1 ~ 1 4 に示した。生長量調査では、草丈、葉枚数、葉緑素計値、病虫害未発生株率等全ての調査項目で、（ハタケシメジ廃菌床区）及び（パーク堆肥区）の数値が（対照区）を上回った。特に葉枚数成長量は両区とも の約 2.5 倍、葉緑素計値は約 1.2 倍となるなど、有意に良好な生長を示した（棄却域 5% の t 検定で有意差あり）。病虫害については、葉表面を食害される被害が生じ、 は約半数の株が加害されたが 及び は総じて健全率が高かった。

次に、土壌調査の結果を図 - 1 5 ~ 2 4 に示した。含有炭素量・窒素量については、オオイチョウタケ栽培残滓と土壌を攪拌した効果か、 及び が よりも多くなり、C/N 比も上昇した。pH は 3 区とも酸性を示したが、 はやや強い酸性となった。EC は若干のばらつきが見られたが、 及び が よりも高い数値を示したことから、硝酸態窒素含量の比較多量が推察された。CEC は 及び が よりも大きくなり、高い保肥力が示唆されたが、一方で塩基飽和度は 3 区ともかなり低い数値を示し、塩基不足と考えられた。 及び は Mg の不足が認められ、 は Ca, Mg がかなり不足し低葉緑素計値等に影響が顕在化していると考えられた。

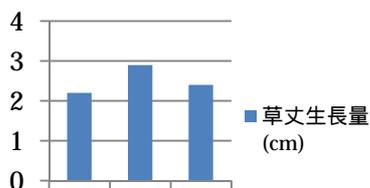


図 - 11 平均草丈生長量 (cm/全茎)

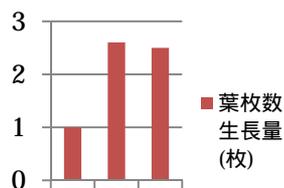


図 - 12 葉枚数生長量 (枚)

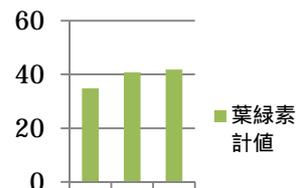


図 - 13 葉緑素含量を示す値 (SPAD 値)

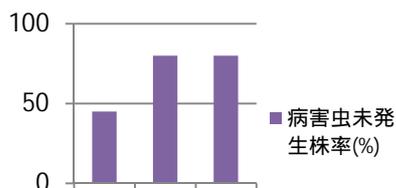


図 - 14 病虫害未発生株率

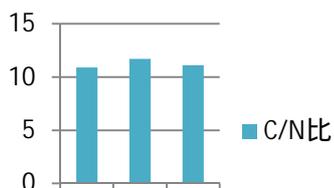


図 - 15 C/N 比

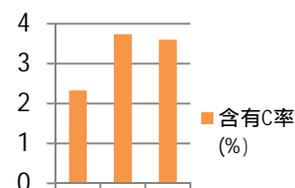


図 - 16 含有 C 率

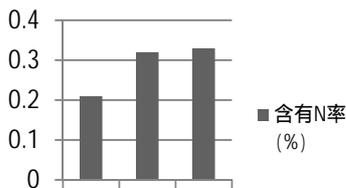


図 - 17 含有N率

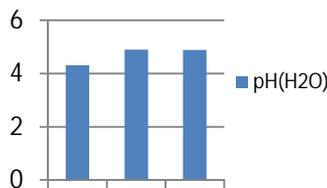


図 - 18 pH(H₂O)

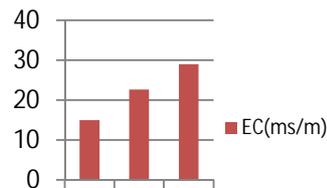


図 - 19 EC (ms/m)

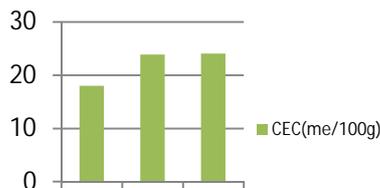


図 - 20 CEC (me/100g)

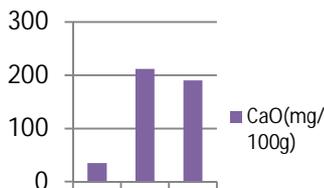


図 - 21 CaO (mg/100g)

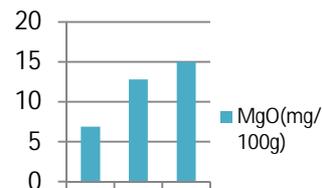


図 - 22 MgO (mg/100g)

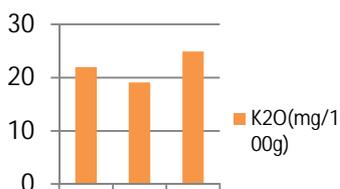


図 - 23 K₂O (mg/100g)

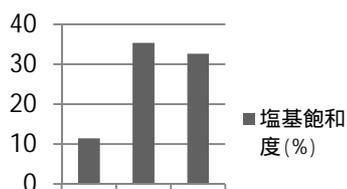


図 - 24 塩基飽和度 (%)

3.3.3 モミジガサ・イヌドウナ生育調査の考察

オオイチョウタケ栽培跡地の後作としてモミジガサ・イヌドウナの生育調査を実施したところ、菌床埋込時に投入した資材の種類に関わらず対照区より良好な生長を示したことから、オオイチョウタケ栽培残滓に起因する生育障害は生じないと考えられた。むしろ、栽培残滓と土壌を攪拌することにより土壌の CEC 向上、pH 矯正、炭素・窒素・塩基類の増加等理化学性が改善し、モミジガサ・イヌドウナの良好な生長を助長していることが示唆された。他方、イヌドウナ試験地のスギ林では CEC は 3 区とも適正な数値を示したものの、塩基類はハタケシメジ廃菌床区及びバーク堆肥区でも不足していることが明らかになったので、良好な生長を長期的に維持するためには苦土石灰 (CaCO₃・MgCO₃) を追肥するなどの施肥設計が重要と考えられた。

4 おわりに

本課題では、中山間地に豊富に存在する森林資源であるスギ人工林に着目し、スギ林由来の資材やスギ林地を利用したキノコ・山菜類の多品目栽培体系を検討した。その結果、キノコ栽培技術については、スギおが粉を培地基材とするハタケシメジ施設栽培におけるハタケシメジ廃菌床の培地基材への再利用、及びハタケシメ

シ廃菌床を生産資材に用いたオオイチョウタケのスギ林床栽培について実用化可能と考えられた。また、山菜栽培技術については、オオイチョウタケ栽培跡地の後作としてモミジガサ・イヌドウナの有用性が示唆された。今後は、スギ人工林由来の資材及びスギ人工林を多段階に利用したハタケシメジ オオイチョウタケ モミジガサ・イヌドウナ等山菜の連続栽培技術の体系化を視野に入れ、低コストでより効率的なオオイチョウタケ栽培技術やオオイチョウタケ栽培後に導入可能な山菜の実証栽培を実施していきたい。

引用文献

- 金野義雄・吉池貞蔵：モミジガサの栽培法 第 2 報 種子繁殖と株養成 .岩手県園芸試験場研究報告第 6 号 47-51
1985
- 更級彰史・玉田克志・相澤孝夫：森林資源の循環利用によるきのこ栽培に関する研究．宮城県林業試験場成果
報告 第 17 号 1-16 2008
- 更級彰史・玉田克志：オオイチョウタケ林床栽培技術の検討．東北森林科学会第 13 回大会要旨集 35 2008
- 更級彰史：オオイチョウタケ栽培跡地におけるモミジガサの生育状況．東北森林科学会第 14 回大会要旨集 42
2009
- 更級彰史：オオイチョウタケ栽培跡地におけるイヌドウナの生育状況．東北森林科学会第 16 回大会要旨集 42
2011
- 鳥越茂・藤堂千景：ニュータイプきのこ資源の利用と生産技術の開発．兵庫県立森林・林業技術センター平成
11 年度業務年報 4 1999
- 西井孝文：地域特産きのこの生産力向上に関する研究．三重県林業研究所平成 18 年度業務報告 26 2006，野外
型簡易施設を利用したきのこ栽培技術の開発に関する研究．三重県林業研究所平成 21 年度業務報告 10
2009

木質系燃焼灰の有効利用に関する実証試験

梅田 久男・玉川 和子

要 旨

木質系バイオマスは燃料としての需要が増大する中、分別残置されるスギ樹皮は、ダイオキシンの規制強化に伴い焼却が困難になったため、新しい利用法としてペレット化が進められたが、ペレット燃焼灰からの六価クロム溶出量が基準値を超え『特別管理産業廃棄物』として扱われ、容易に廃棄できない問題があることも明らかになった。

このことから、木質系燃料としてスギ樹皮をペレットに利用後、その燃焼灰を土壤改良材として循環利用するため、燃焼灰に各種混合物を一定割合で混合することにより六価クロム量の低減を図り、得られた燃焼混合灰が六価クロムの『土壤の環境基準』を満たすかを調査した。その結果、混合比で7倍(重量比)の森林土及び3.5倍の一部の森林土並びに7倍の一部の腐葉土の混合灰で『土壤の環境基準』を満たした。

一方、土壤改良材として混合灰を施用した苗木の生育試験では、不明な点が多いが植栽後2年間を経た時点で生育への悪影響はみられなかった。

キ・ワード：木質バイオマス、スギ樹皮、ペレット、六価クロム

1 はじめに

製材工場等から排出されるスギ樹皮の大部分は焼却処分にされていたが、ダイオキシン規制が強化され平成9年以降は焼却が困難となった。

当センターでは平成19～20年度に『スギ樹皮の資源化に関する実証試験』を行い、スギ樹皮の利用法について検討した。その結果、ペレットとしての利用が最も有効であるが、燃焼灰からの六価クロム溶出量が、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に規定される『特別管理産業廃棄物の判定基準値』(「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令」昭和48年2月総理府令)である1.5mg/を超えたため、燃焼灰は容易に廃棄できないことが明らかになった。

一方、木質系バイオマスは、再生可能な資源として地球の温暖化防止への対応や循環型社会の構築、新たな産業の創出、さらには中山間地域の活性化に向けて国内外において注目されており、今後、ペレット(樹皮も含む)やチップ等の木質系燃料の需要は増加すると予想されており、これらの燃焼灰の適切な処理方法を開発することも求められている。

本課題では、木質系燃料の循環利用の一つとしてスギ樹皮ペレット(以下、ペレットという。)の燃焼灰を土壤改良材として再利用するため、燃焼灰に各種有機物を混合して得られた混合灰(以下、混合燃焼灰という。)の六価クロム溶出量が『土壤の汚染に係る環境基準』(平成3年8月環境庁告示)に定められている基準値(以下、環境基準値という。)の0.05mg/以下になるかについて実証試験を行うとともに、混合燃焼灰を土壤改良材として施用した苗木の植栽試験によりその生育状況を観察した。



写真-1 スギ樹皮ペレット



写真-2 ペレットストーブ

2 試験方法

2.1 六価クロムの溶出試験(混合燃焼灰)

2.1.1 燃焼灰に混ぜる混合物の検討

燃焼灰への混合物は、一般家庭でのペレットストーブ使用も考慮し、大量にあるもの、安価なもの、扱いやすいものの中から、容易に手に入るものとして黒ボク土、森林土、腐葉土、粉炭、バーク堆肥の5種を選んだ。

2.1.2 試験方法

ペレットの燃焼灰と混合燃焼灰について溶出試験により六価クロム溶出量を測定した。燃焼灰は、「スギ樹皮の資源化に関する実証試験」(平成19~20年度,県単)で試作・保存しておいたペレットを、各年度の試験の実施に際し、当センターの木材実験棟内のペレットストーブで燃焼し試験に供した。混合燃焼灰については混合物及び混合比などを変えた25種類とした。(表-1)このうち森林土(A₀層を主とする)と腐葉土の一部は当センターの広葉樹林及びスギ林内から採取し、それ以外については市販品を用いた。なお、森林土と腐葉土については混合燃焼灰内の微生物を増加させるため廃菌床・粉炭・ヌカ(米ぬか)・尿素を添加物として加えた。

表-1 混合物及び混合比等

年度	混合物名	混合比(重量比, 燃焼灰 = 1)	混合後の 養生期間	付属添加物	備考
H22	バーク堆肥	6.9	6ヶ月		市販品
	粉炭	2.9	6ヶ月		"
	黒ボク土	6.9	6ヶ月		"
		6.9	無し		
		3.4	無し		
H23	森林土	3.5	0.3ヶ月	廃菌床	センター内採取(A ₀ 層を主)
				粉炭	
				粉炭+ヌカ+尿素	
				ヌカ+尿素	
		7.0		廃菌床	センター内採取(A ₀ 層を主)
				粉炭	
				粉炭+ヌカ+尿素	
				ヌカ+尿素	
	腐葉土	3.5	0.3ヶ月	廃菌床	市販品
				粉炭	
				粉炭+ヌカ+尿素	
		7.0		市販品	センター内採取(A ₀ 層を主)
				廃菌床	
				粉炭	
粉炭+ヌカ+尿素	センター内採取(A ₀ 層を主)				
ヌカ+尿素	市販品				

燃焼灰は無処理のまま、混合燃焼灰についてはビニール袋内で燃焼灰と混合物を混合後に前処理(灰化処理)を行い、溶出試験(分析業者に委託)の試料(概ね100g前後)とし、六価クロムの溶出量を求めた。

2.2 苗木生育試験

2.2.1 試験方法

平成22年6月に当センター内の苗畑において、スギとクロマツの2年生苗を植栽し、一ヶ月後に混合燃焼灰を土壌改良材として表-2のとおり施用し、その後一年間、生育調査を行った。(写真-3)

表-2 土壌改良材等の施用量と苗木数

混合物等 ()内は灰との重量比	1本当たりの施用量 (g)			苗木数 (本)
	混合物	燃焼灰	計	
黒ボク土 (6.9)	240	35	275	10
黒ボク土 (9.6)	240	25	265	10
黒ボク土 (16.0)	240	15	255	10
バーク堆肥 (6.9)	240	35	275	10
バーク堆肥 (9.6)	240	25	265	10
バーク堆肥 (16.0)	240	15	255	10
粉炭 (2.9)	100	35	135	10
粉炭 (6.9)	100	15	115	10
高度化成 林業用肥料	40	(50)	()内は クロマツ	10
無施肥		-		10



写真-3 植栽試験

3 結果

3.1 六価クロムの溶出試験(混合燃焼灰)

混合物別の六価クロム溶出量は表-3のとおりであった。環境基準値の0.05mg/l以下を満たしたものは、森林土の混合比が3.5倍で廃菌床、粉炭、ヌカ+尿素を添加物として加えたもの、7倍の全て腐葉土の混合比が7倍で添加物を含まないのもの、廃菌床、粉炭+ヌカ+尿素を添加物とした加えたものであった。

森林土と腐葉土の多くは、混合量を多くするほど溶出量が少なくなる傾向がみられた。

当初、平成22年に行ったバーク堆肥・粉炭・黒ボク土では、環境基準を満たした混合物はなかった。

混合比がほぼ同じ混合物を比べると当センター内で採取したもの(森林土・腐葉土)に環境基準を満たす場合が多いが、これらには乾燥しておらず多くの微生物が生存していると思われる。微生物が六価クロム濃度低減効果を持っているという多くの報告(大嶺ら,2009,大嶺ら,2010)があることから、当センター内で採取した森林土、腐葉土では、微生物による六価クロム濃度低減効果が示唆される一方、市販品はかなり乾燥し微生物の生存に適さない状態のため微生物の低減効果がみられなかったものと推察される。

表-3 燃焼灰混合物及び燃焼灰の六価クロムの溶出量

年度	混合物名	混合比(重量比, 燃焼灰=1)	付属添加物	溶出量 (mg/)		備考
				混合物	燃焼灰	
H22	パーク堆肥	6.9		1.50	1.80	市販品,6ヶ月養生
	粉炭	2.9		0.16		"
	黒ボク土	6.9		0.84	1.80	"
		3.4		0.64		市販品,養生無し
		6.8		0.39		"
H23	森林土	3.5		0.10	0.91	センター内採取(A ₀ 層を主)
			廃菌床	<0.05		
			粉炭	<0.05		
			粉炭+ヌカ+尿素	0.08		
		ヌカ+尿素	<0.05			
		7.0		<0.05		センター内採取(A ₀ 層を主)
			廃菌床	<0.05		
			粉炭	<0.05		
	粉炭+ヌカ+尿素		<0.05			
	腐葉土	3.5		0.13	市販品	
			廃菌床	0.09		
			粉炭	0.10		
			粉炭+ヌカ+尿素	0.12		
		ヌカ+尿素	0.12			
7.0			<0.05	市販品		
	廃菌床	<0.05				
		粉炭	0.16	市販品		
		粉炭+ヌカ+尿素	<0.05	センター内採取(A ₀ 層を主)		
		ヌカ+尿素	0.13	市販品		

:環境基準値を満たしたもの

3.2 苗木生育試験

生育試験の結果は図-1, -2 のとおりであった。横軸の各種土壌改良材の () 内の数字は混合物の混合比を示す。

スギは、無施肥に比べ粉炭の2.9倍のものと林業用肥料(マルモリ)の成長率平均が特に高かった。その他の混合物についてはパーク堆肥を除き、混合比が小さい方がやや高い傾向が見られたが、無施肥との差は小さかった。(図-1)

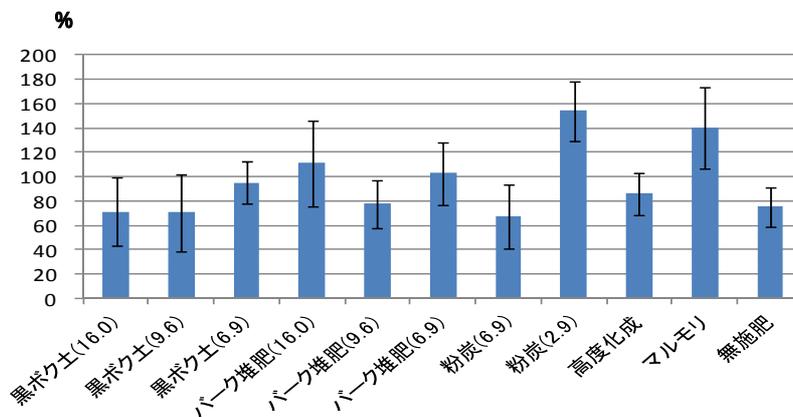


図 1 成長率平均及び標準偏差 (スギ)

クロマツは、粉炭の6.9倍の成長率平均が最も高かったが、他との差はスギに比べ小さかった。また、スギとは逆に混合比の大きい方がやや高い傾向が見られたが、無施肥のものとはスギと同様にその差は小さかった。

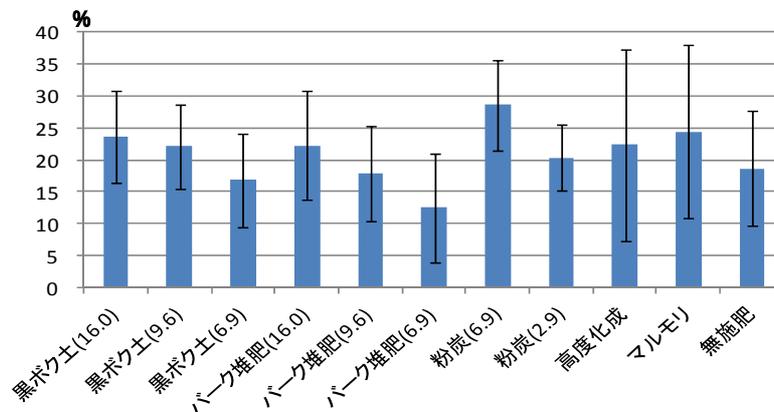


図 2 成長率平均及び標準偏差 (クロマツ)

$$\text{成長率} = (\text{試験終了時苗高} / \text{試験開始時苗高} - 1) \times 100 (\%)$$

植栽から1年であり、また供試数が少ないことから、混合燃焼灰の混合物による違いがスギ、クロマツの苗木に与える影響については不明な点が多いが、この1年の成長では無施肥のものとは大きな差はなく苗木の生育に悪影響を与えていないものと示唆された。

4 おわりに

今回の試験から、ペレット燃焼灰に、一定量以上の森林土や腐葉土と混ぜるという容易な方法により土壌内の六価クロムの溶出量を低減できることが分かった。このメカニズムは不明であるが、土環境基準を満たしたものは、多くの微生物が含まれていると考えられる森林土(A₀層を主とする)や腐葉土であること、微生物の六価クロム溶出量低減効果について多数の報告があることから、今回の試験でも微生物が関わっていることが示唆される。

今回は、六価クロムの溶出量が0.91 mg/ の燃焼灰を用いて基準値を満たすための混合物と量を明らかにすることができたが、今後は六価クロムの溶出量の異なる燃焼灰や、期間を経た場合の六価クロムの挙動についても明らかにする必要がある。

混合燃焼灰の混合物による違いが苗木の生育に与える影響は、観察期間が短いことから不明な点が多かったが、土壌改良材として苗木の生育に悪影響が見られなかったことから、今後の成長を観察することで利用も期待される。

引用文献

大嶺聖ら：微生物の代謝による六価クロム汚染土の浄化効果 第15回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集:87-90 2009

大嶺聖ら：微生物を利用した汚染土壌からの六価クロム溶出低減効果 第16回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集: 2010

平成24年度
林業技術総合センター成果報告
第21号

平成24年12月発行

宮城県林業技術総合センター

〒981-3602 宮城県黒川郡大衡村大衡字^{おおひら}楓木^{はぬき}14

電話 022-345-2816

FAX 022-345-5377

E-mail stsc@pref.miyagi.jp