

スギ巢植え環境順応造林法及び広葉樹育成の実践と評価

森林と人間の共生空間 “にぎやかな森” づくりのために

秋田県 森林経営者

佐藤 清太郎

秋田県

目次

- I はじめに ～背景・目的～
- II スギ3本巢植え・環境順応造林法
 - 1 動機と期待される効果
 - 2 方法
 - 3 施業経過
- III 調査研究内容1 技術実証現地調査
 - 1 上木スギ+下木スギ（2段林）タイプ
 - (1) スギ従来型間伐+スギ3本巢植え
 - (2) スギ列状間伐+スギ3本巢植え
 - (3) 高樹齢スギ択伐（択抜）+スギ3本巢植え
 - 2 上木広葉樹+下木スギ
 - （群状・針広混交林）タイプ
 - (1) 広葉樹整理伐+スギ3本巢植え
- IV 調査研究内容2 ～情報収集調査～
 - 1 巢植え造林等の文献調査
 - 2 全国の経営・技術事例調査～持続可能な共生の森づくり～
- V おわりに ～にぎやかな森づくり～

参考資料編（図表・写真）

I はじめに

戦後復興期の木材需要に応えるため、木材増産が行われ、その後経済性重視の考えのもと、全国一斉に広葉樹を伐採して針葉樹を植える拡大一斉造林が進んだ。昭和40年代、公害問題の発生、高度経済成長の弊害が現れるとともに森林保護の機運が高まり、50年代には広葉樹の保全や公益的機能の評価がクローズされた。この「森林保護運動

時代」を経て、現在森林は、水や空気・健康など、社会全般に関わる重要な自然環境資源として位置づけられ、森林経営は「持続可能な森林経営の時代」の幕開けを迎えている。

地球温暖化、リサイクルなど、環境の時代となる21世紀において、森林経営者は、生き抜くために低コスト化を進めるとともに、生態系や環境保全に配慮した多様な森づくりや都市との交流、教育や生活文化面での活用が求められている。

私は現在、約120haの森林を基盤に、秋田スギ複層林や針広混交林育成、森との交流を目標に掲げた森林経営に取り組んでおり、このたび、これを実現するための技術として、一般にも理解してもらえる「スギ環境順応造林法」と、地域環境に適した広葉樹育成を組み合わせた森づくりを研究テーマとした。（図1全体フロー図参照）

II スギ3本巢植え・環境順応造林法

1 動機・期待される効果

(1)動機:秋田県だけでなく、これまで全国的に行われてきた「3000本・一斉・均等」造林では、主伐する60年後に残る700本程度のために、下刈りや除伐・枝打・間伐等の保育に多大な労力コストを要し、一生懸命手入れした木の多くは、保育のたびに伐り捨てられるほか、一度に再造林費用がかかり、経営が成り立たないのが実状である。保育や間伐経費を省力化し、伐採収入の安定確保のためには、更新・造林方法の技術を変えていく必要があると考えられる。

(2)期待される効果

① スギ一斉林の複層林化等による林地の有効活

用と、森林経営の低コスト・省力化。

- ② 針広混交林化による生態的多様化
- ③ 生態系多様化による耐雪・耐風性等の自然災害に強い森づくり。
- ④ 一般国民が参加できる森づくりフィールドの提供とやさしい技術の確立

以上により、持続可能な森林経営ならびに生態系の多様な森づくりが可能となる。

2 植栽および保育方法

(1)植栽方法：今までの画一的な「3000本・一斉・均等」造林法ではなく、一辺1.2m程度の正三角形の頂点部分に植える、いわゆる三角巣植え（寄せ植え）である。巣の数は、主伐時期まで残す本数を基準に、700カ所／ha前後とする。植栽本数はこれまでより3割少ない2100本程度になる。また巣と巣の間の空間には広葉樹や下層木をできるだけ残したり、侵入を促したりして、植栽木と既存木等を合わせた密度管理を行う。苗木は秋田スギ3年生の健全な大苗を用いる。（詳細は図-3に記載）

保育方法

- ①地拵え：原則として省略可能なので行わない。ただし植栽予定の周辺2m程度は枝条を取り除く。
- ②下刈り：全て坪刈りで行う。4月上旬から始め、草本類の成長の特に旺盛な場所は2回刈りする。（60分／10a程度）
- ③整枝：雪害防止や木のバランスを整えるため、植栽後2～5年頃まで行う、巣植え方式独自の施業である。徒長ぎみの場所は成長抑制の意味もある。この際巣と巣の間にある広葉樹も、照度確保・形質向上のため同時に整枝を行う。
- ④枝打ち：1回目は整枝後の5～7年頃、その後は成長に応じて行う。巣植えしたスギの内側の枝は通常より細くなっているが、特に丁寧に行い、2面無節の良質小径材の生産を目標とする。

⑤除伐・間伐：一斉・均等造林と異なり、除伐のほか保育間伐も省略できる。ただし周辺の木に特別の支障になる場合のみ行う。

⑥択伐・主伐：1本／巣を残すことを基本に択伐し、最終的に700本／haを目標として収穫伐採を行い、その後の伐根周辺の空間に2回目のスギ3本巣植えを行う。

3 巣植え施業経過

ここ20年間に、森づくりに対する一般国民や林家の意識は、環境資源としての森を評価するものへと急激かつ大きく変化したが、それを可能にする低コスト施業技術体系や制度は、未だに確立されていない。

このため前述のような効果を期待し、私は1983年春造林から、このスギ3本巣植え造林法を試み、現在その面積は約10haとなっている。

Ⅲ 調査研究内容1 ～技術実証現地調査～

1 スギ＋スギ（2段林）タイプ

(1)スギ従来型間伐＋スギ3本巣植え

① 目標：面積が最も多く間伐期にあるスギ一斉単純林を従来型で間伐し、伐採空間にスギ3本巣植造林を行い、収入を得つつ複層林（2段林）づくりを行うもので、上木が将来60年以上の高樹齢となった時点で、下記(3)の択伐型に移行させ群状多段複層林を目指す。

② 一斉造林とのコスト比較

表-4は植栽後6年目までの巣植え造林と一般造林（3000本植）の施業投下労働力を比較したものである。巣植えは地拵えを省略でき、下刈りも坪刈りであることから、一般造林に比べ63人／haの節約が可能であり、6年目までの初期保育コストは、3割程度に削減できる。さらに苗木900本分の経費が削減でき、その後の除伐・間伐コストの省力効果も大きい。

(2)スギ列状間伐＋スギ3本巣植え

① **目標**：要間伐林の適地において一定幅の列状間伐を行い、間伐地中央にクリやケヤキ等広葉樹を列植えし、さらに間伐区全体にスギ3本巢植えを行うもので、スギ+広葉樹の「帯状針広混交林」を目標とする。

② 調査事例・結果（図5参照）

30年生スギ林において列状間伐を行ない、間伐地に巢植えしたスギの4年後の活着および初期成長状況、土壌水分、積雪量、光環境等の生育環境を調査し、帯状針広混交林への誘導の適否を検討した。

スギ残存区と比較した結果、表層10cmの土壌水分は巢植え区の方が乾燥しているが、表層30cm以上では巢植え区の方が湿潤であることがわかり、生育に好適な状態であった。

光環境は、巢植え区が未伐採区の約1.8倍であり、複層林の樹下植栽に比べるとはるかに有利で、広葉樹の導入が容易である。

よって、列状間伐区は造林・初期成長には好適な環境と言える。3本巢植えの自然災害防止軽減効果の解明については、今後の課題である。

(3)高樹齢スギ（択伐）+スギ3本巢植

① **目標**：比較的成立本数が少なくなっている60年以上の高樹齢のスギ林を対象に、複層林導入に必要な照度が確保できるまで択伐を実施し、この場合上木を400～500本/ha残す。収入を得つつ伐採空間に3本巢植えを行うもので、2段林ならびに群状複層林を目的とするが、巢と巢の間に自然発生している広葉樹を活かしながら密度管理を行い、将来は針広混交林に誘導する。

なお、上木択伐による収入と下木の照度確保のため、上木ならびに下木の枝打ちは高さ4mまで行い、優良2面無節材1玉の生産を目指している。

2 上木広葉樹+スギ（群状・針広混交林）タイプ（図7参照）

(1)広葉樹整理伐+スギ3本巢植え

① **目的**：多様な生物との共生の森である広葉樹林は、同時に経営的には用材やきのこ原木が供給できる「資源循環の森」としての性格を持っている。

このため過度の施業は行わないものの、樹冠の状況を見ながら、目的に合わせ上木の本数調整伐を実施して、その空間にスギ3本巢植えを行い、群状の針広混交林づくりを目的とする。

上木の林齢や樹冠閉鎖度を観察し、スギを300～500本/haで植栽する。初期成長はあまり良くないが10年生くらいから成長率が良くなる。広葉樹林の混交林化の基本技術となるが、未知の部分も多く、植栽したスギが上木になった時点で検討が必要である。

なお、当面この森は一般市民等がスギと広葉樹を同時に体験できる参加と交流の森・健康の森としても活用を進めたい。

② 調査事例・結果（図9、表7、8参照）

ア 成長量・残存率：6～10年前に育成天然林（用材）実証試験林として整理伐を行った林分に巢植えしたもので、巢の密度や苗木の種類が異なる3つの調査地と対象区で毎木調査を実施し、林木位置図を作成した。

結果は別表-7のとおりであった。No.2の調査地（900本）が、樹高や胸高直径など生育が良好である。対象区に比べ、下刈り・除伐など保育コストが極端に低いにもかかわらず枯損率は7.5%で、樹高5.1m、胸高直径6.6cmと生育は順調である。経験的に実施してきた700本、2100本/haの妥当性が裏付けできたと考えられる。

またこの密度で植栽すると、広葉樹とスギの割合が1対1となりバランスも良い。今後は立地条件に合わせて植栽密度、針広割合を調整できるように検討を進めたい。

イ 地上構造：巢植えの場合、植栽間隔が狭いた

め、成長に伴い樹冠がラッパ状態に広がり、幹曲がり等材質の低下を招くとの指摘もある。このため、巣の根元と先端の三角形の面積を算出し樹高階別の変化を検討した。樹高の増加とともに面積が増加すれば、ラッパ状に生長していることとなる。

10年生までの平均的な巣で検証した結果、顕著な広がりや、幹曲がり等は認められなかった。今後の経過が注目されるが、これは整枝施業の実施や、1巣当たりの本数の少なさなどの効果と思われる。

ウ 地下根系の構造：支持根は三角形内部にはなく、三辺上や外側に目立って多い。主な根域は三角形の外側で、根の絡まりも観察された。巣植えの場合、根の融合が起こるとの報告もあるが、今後益々根の接触も増えると予想される。また、平成3年に当地を襲った台風19号の被害林の観察では群状に成立するスギは強風に強かった。こうした根の配置も物理的に影響しているものと推察される。

細根は、三角形の内側で3本の根が交錯しあい、毛根レベルでは結合しているような状況が観察された。肉眼では実証できなかったが、今後融合による養分移動等の実態を確認する必要がある。

エ 保育管理技術：保育管理を行わない巣植え造林は、1930年代から各地で試験的に行われ、巣当たりの本数が多いほど枯損率の増大や成長量の低下、材質の低下がみられ、技術的に普及しなかったという経緯がある。当地の3本巣植え法は、今のところ良好であるが、保育作業の仕方によって巣構成個体間に格差が現われやすい傾向があるため、今後調査数を増やすとともに、保育管理の仕方・集約度との関係を比較調査してみる必要があると考える。

IV 調査研究内容2 ～情報収集調査～

1 巣植え造林等の文献調査

巣植え・環境順応造林法の技術を検証・補正するため、森林総合研究所等の文献データベースにより過去の調査事例を収集した。その概要は資料リストのとおりである。

2 全国の経営・技術事例調査

スギ・ヒノキの多様化、広葉樹林の育成など、持続可能な共生の森づくりに向けて、現在全国各地で、経営方針の再構築やそのための技術研究が行われている。

3本巣植え技術の全国的位置づけを明確にするため、下記の森林経営者を訪問し、意見交換を行った。

(1)北海道石井山林：十勝本別町で5人の女性経営者が取り組む、天然広葉樹を主体とした人工カラマツ・トドマツとの混交林による23世紀の森を創出について。(8月)

(2)栃木県山縣山林：スギ・ヒノキの多植一斉造林（人工林率70%）の現状・問題点と多様化の手法、都市住民との交流、都市部女性の林業支援グループ MORIMORI ネットワークの活動について。(10月)

(3)東京森林ボランティア NPO 法人ほか：森づくりボランティアの現状と考え方について。また、世界の林業の環境基準で評価される森林経営を目指し、日本で初めて森林認証（FSC）を取得した、三重県速水林業の速水亨氏と意見交換。(2月)

(4)岩手大学演習林：人工広葉樹林の育成技術と現時点での課題、演習林内に設定されているスギ3本巣植実証試験林の経過、今後の施業方針について(3月)

V おわりに ～にぎやかな森づくり～

私は経営目標とする将来の森のイメージを“にぎやかな森”と呼んでいます。

“にぎやかな森”とは、災害に強いだけでなく、樹・草・花、針葉樹・広葉樹、大きな木・小さな木、鳥や獣そして人間が共生できる生態的な多様性に

満ち、同時に持続可能な森林経営が維持できるように生産力が旺盛で、循環が可能な森です。

それは、これまでの真っ暗なスギ一斉人工造林地と異なり、都市住民等が訪れて森とふれあうなど、人が集う身近な“にぎやかな森”でもあります。

このイメージを現実のものにするため、間伐や整理伐によるスギ一斉林の複層林化や針広混交林づくりの実践を通じて、スギ3本集植え・環境順応造林法の技術の確立に向けて、今後とも一層努力して参りたいと考えております。

関係各位のご指導、ご意見をお願いし研究報告と致します。

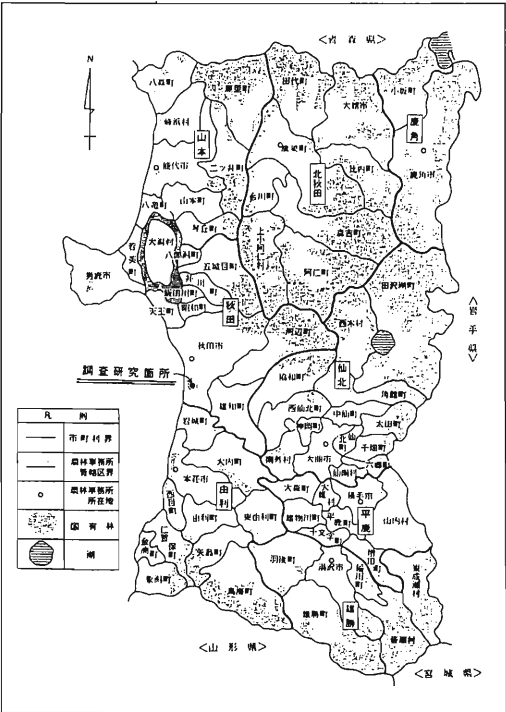


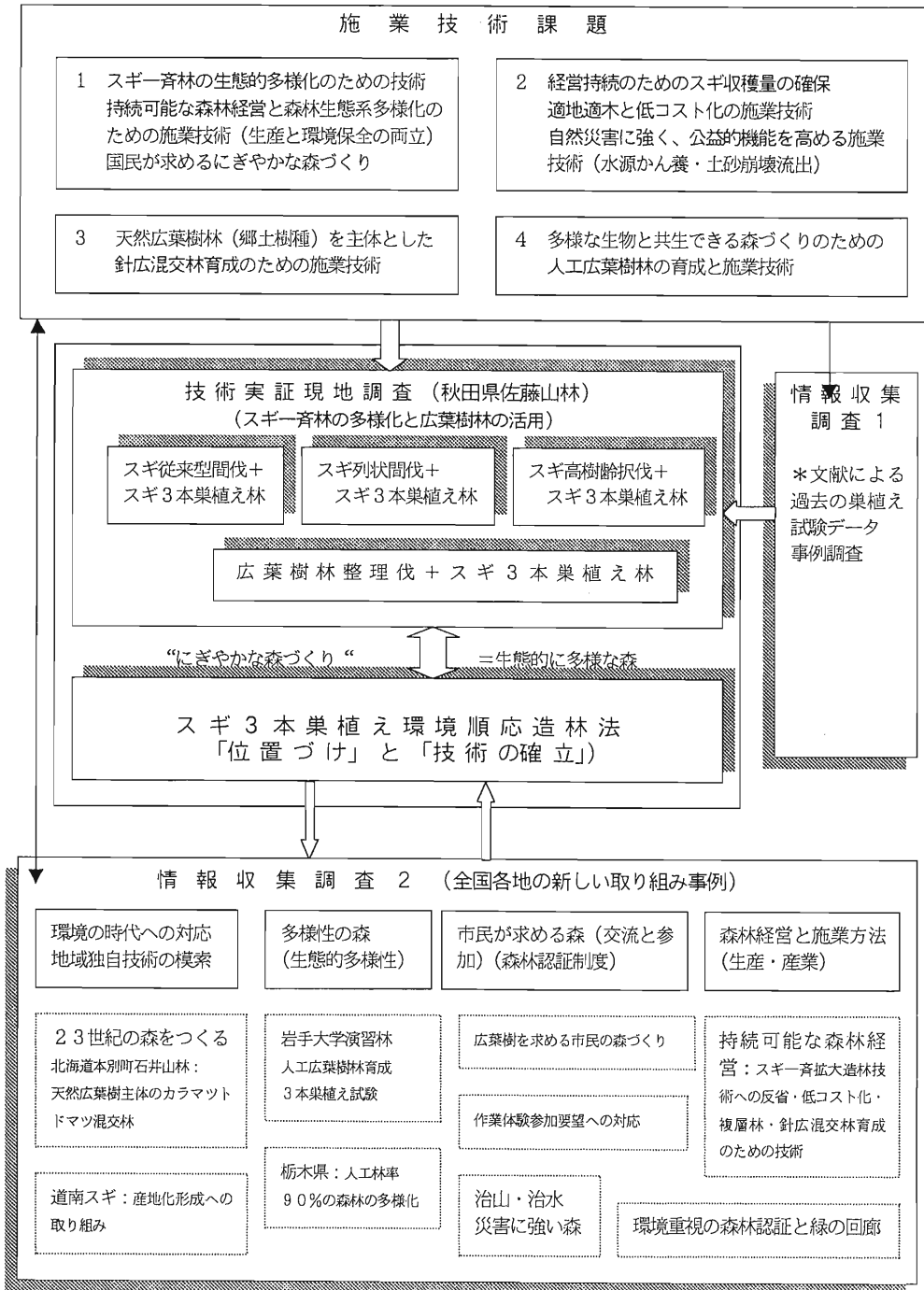
図 1：位置図

表 2：複層林の基本タイプ

材木の配置が均等であるか否かの分け方	上木と下木の重複期間による分け方		材木の配置の形状による分け方
均 等	更新時複層林	短期二段林（20年未満）	
		長期二段林（20年以上）	
		保残木林（広義の複層林）	
	常時複層林	多段林（常時2層以上）	
		連続層林（択伐林）	
集 中			群状（格子状）複層林
			带状（列 状）複層林

均等配置の複層林施業では、樹種の組み合わせは上木が陽性で下木が耐陰性の樹種が最も扱いやすくなります。しかしながら、その組み合わせは一代限りのものであり、常時複層林を維持、あるいは複層林型を更新するためには、下木に耐陰性の強い樹種を組み合わせることが必要となります。陽性の樹種組み合わせるためには、群状もしくは带状複層林施業が必要で

図-2 持続可能な森林経営を目指す各地の森林経営と
「スギ3本巢植え・環境順応造林法」の位置づけ



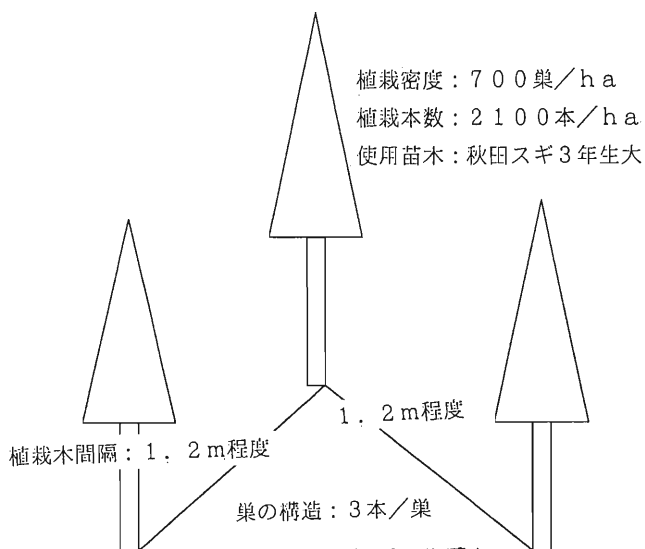


図3:スギ3本巣植えのイメージ図

Ⅲ 調査研究内容1 ～技術実証現地調査～

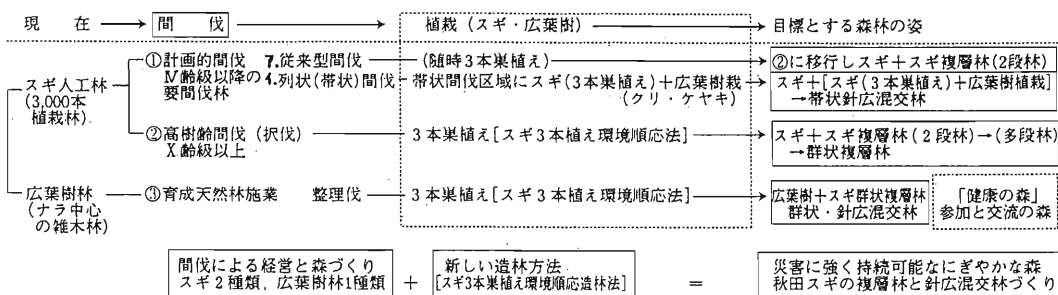


図1 複層林と針広混交林づくりをめざした「間伐とスギ3本巣植え・環境順応造林法」

表3:スギ3本巣植えの導入パターン

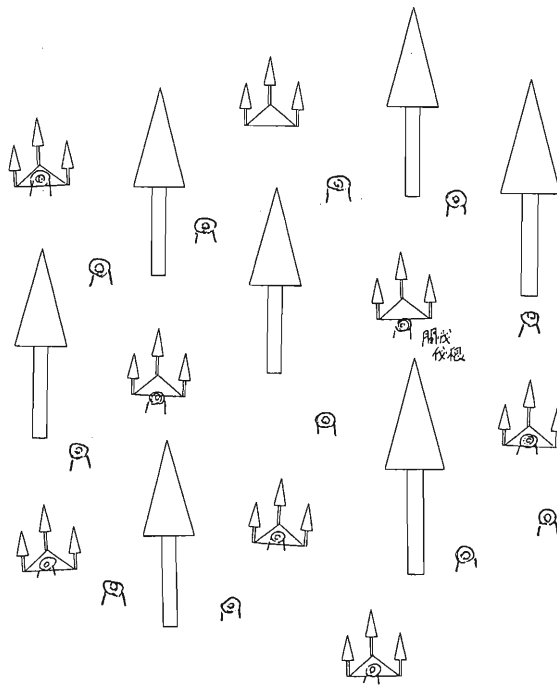


図4: スギ従来型間伐 + スギ3本巣植へのイメージ

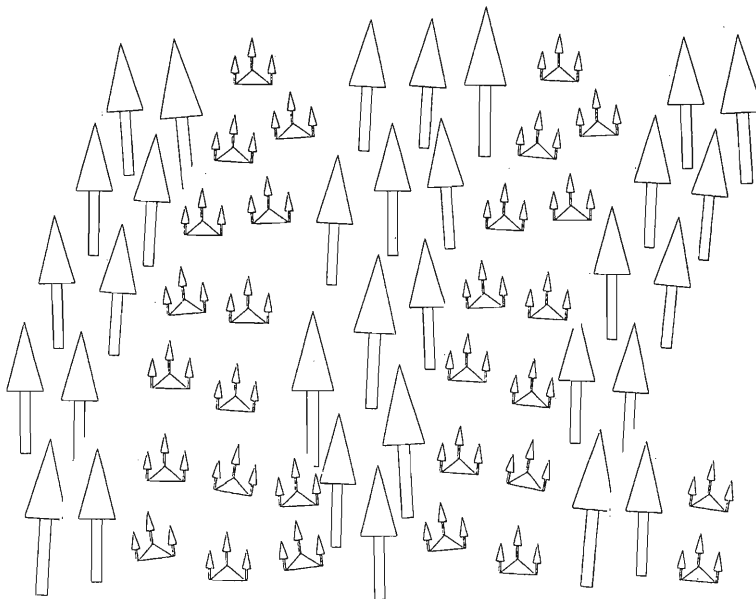


図5: スギ列状間伐 + スギ3本巣植へのイメージ

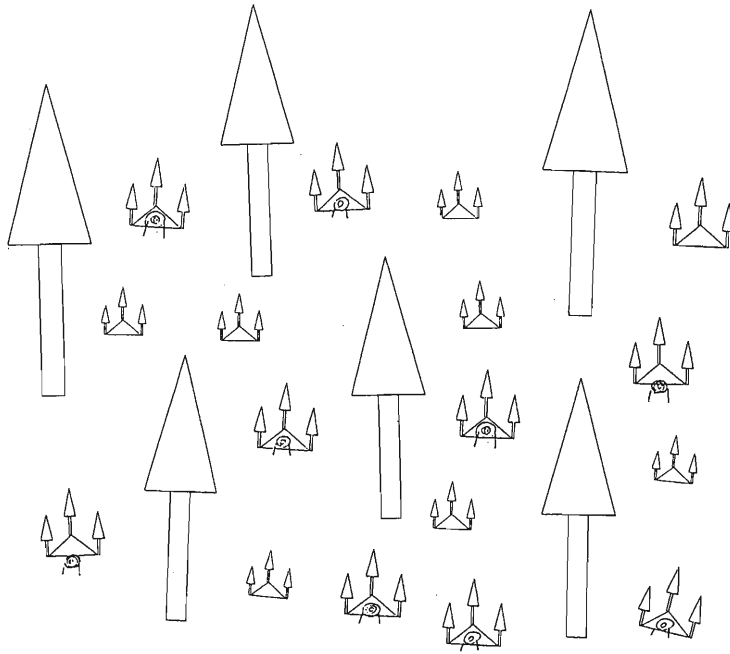


図6：高樹齢スギ(択伐)＋スギ3本巢植えのイメージ

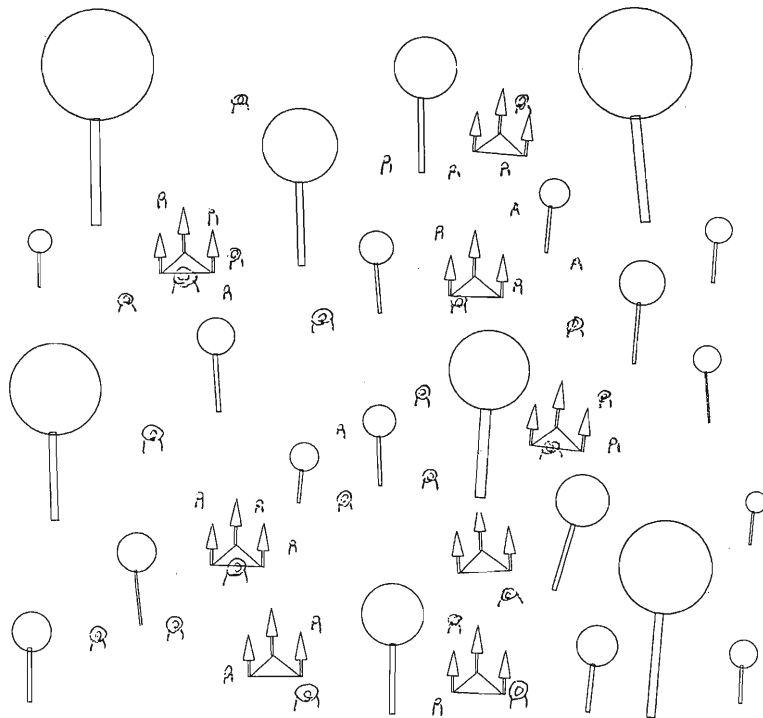


図7：上木広葉樹整理伐＋スギ3本巢植えのイメージ

表 4：一般造林とのコスト比較表

	作 業 種	巣植え造林地 (No. 2, 3)	一般造林単価 (拡大造林)	巣植えの メリット
造 林	地 拵 え	20 人	48 人	44.6 人
	植え付け		16.6 人	
	苗 木	2,100 本	3,000 本	900 本
保 育	下 刈	初 年 度	—	3.1 人
		6 年目まで	7.5 人	27.8 人
		スギ整枝・広葉樹間引	5 人	—

注：下刈りの種類は手刈り。

表 5：列状・群状複層林区造成に関わる伐採状況

区 分 項 目	列状複層林造成区		群状複層林造成区	
	伐 採 区	残 置 区	伐 採 区	残 置 区
面 積	0.116ha	0.294ha	0.074ha	
伐 採 本 数	226本		82本	
残 置 本 数		534本		62本
伐 採 本 数 率	29.7%		56.9%	
残 置 本 数 率	70.3%		43.1%	
伐 採 立 木 材 積	59.38m³		21.89m³	
残 置 立 木 材 積		108.81m³		17.34m³
伐 採 材 積 率	35.3%		55.8%	
残 置 材 積 率	64.7%		44.2%	
平均胸高直径	18.6cm	16.9cm	19.2cm	19.6cm

表 6：列状間伐の収支状況

大区分	小区分	項 目	金 額	摘 要
生産経費	選 木 そ の 他	選 木 そ の 他		
		計	50,000	
	伐採経費	伐採労務費 8 人		労賃 @13,000
		集材労務費 6 人		
		搬出労務費 4 人		
		計	234,000	
	搬出経費	バ ッ ク ホ ー		機械 @20,000～30,000 オペレーター @15,000
		運搬車(ウインチ付)		
		トラック(市場 2 日)		
		計	166,000	
	合 計		450,000	
販売金額	販売金額	総 販 売 額	539,109	素材材積34.42m³ 本数(6～26cm) 559本 @15,745
		市 場 経 費	▲ 35,189	
		差 引 手 取 額	503,920	
収 益	合 計		503,920	
			53,920	

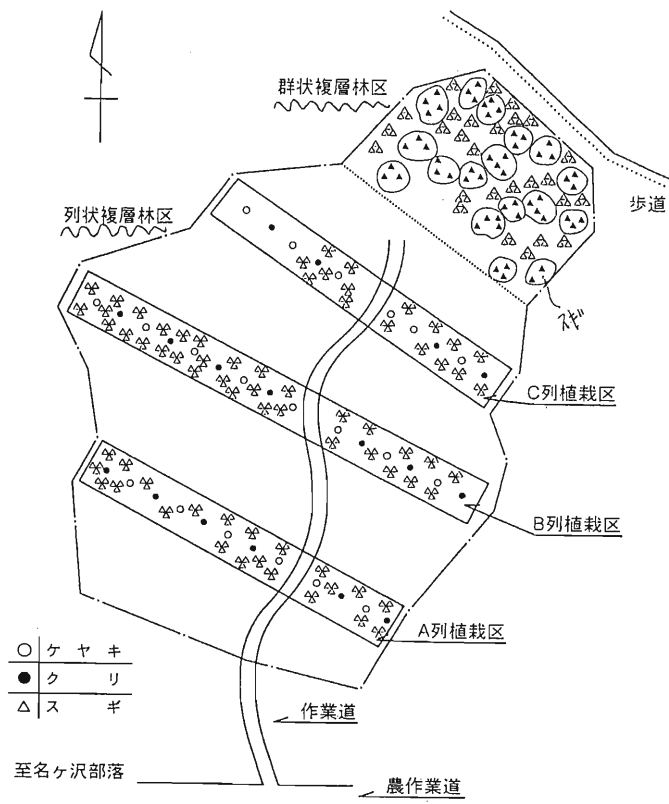


図8：列状・群状複層林配置図

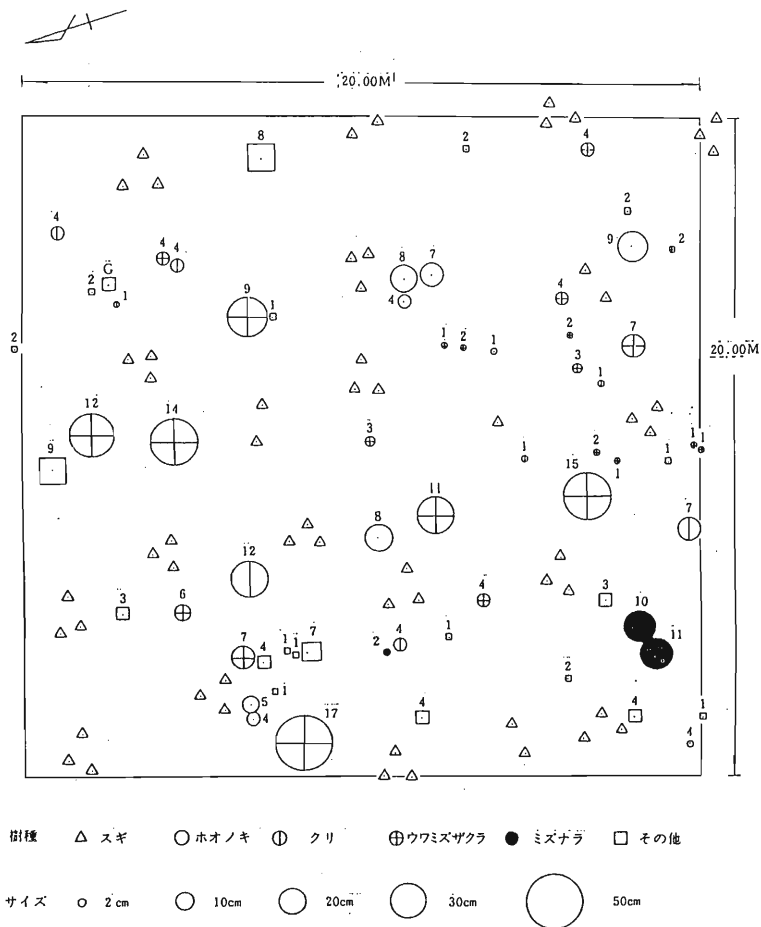


図9：：広葉樹＋スギ巢植え区の林木位置図

秋田市下浜 巢植造林地の概況

調査地 No.	コドラート サイズ(m)	方位	傾斜	林齢	果数/ha	本数/ha	完全果 (%)	枯損率 (%)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	形状比 (%)	スギー広葉樹比	苗種
1	20×20	N70°	0~10°	6	525	1425	76.2	9.5	2.4	2.2	110.4	1:5.4	
2	10×15	S40°	5~10°	10	933	2667	85.7	7.5	5.1	6.6	78.9	1:1.0	さし木苗(大苗)
3	10×15	S40°	5~10°	10	1200	2733	55.5	31.7	3.2	4.3	76.3	1:1.1	実生苗(小苗)
4(対照)	10×15	S40°	10~15°	12	—	3467	—	—	6.0	9.2	65.9		コスト高

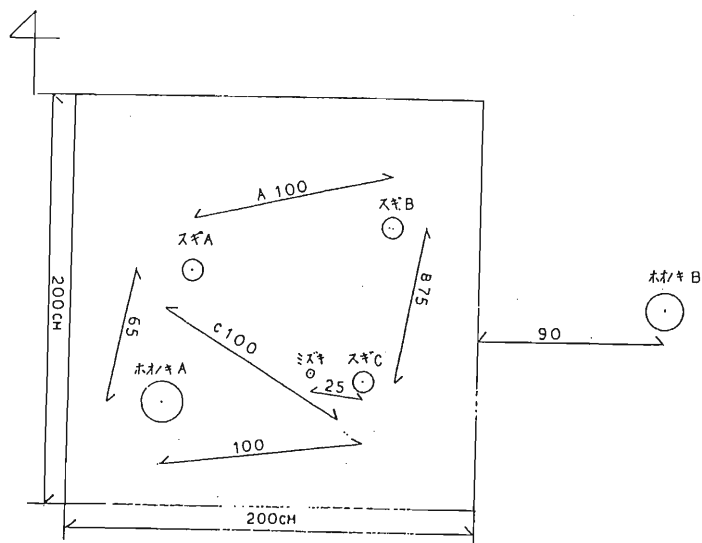
表7：巢植え造林地の成長比較(広葉樹林＋3本巢植え)

スギ巢植え混交林の概要

調査地 No.	コドラート サイズ(m)	方位	傾斜	林齢	果数/ha	本数/ha	完全果 (%)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)
1	20×20	N70°W	0~10°	9	525	1425	76.2	3.4	4.5
2	10×15	S40°W	5~10°	13	933	2667	85.7	6.5	8.2
3	10×15	S40°W	5~10°	13	1200	2733	55.5	4.0	5.9
6	20×20	S40°E	15°	13	675	1775	55.6	5.9	8.4
5(対照)	10×15	S40°W	10~15°	15	—	3446	—	7.4	10.5

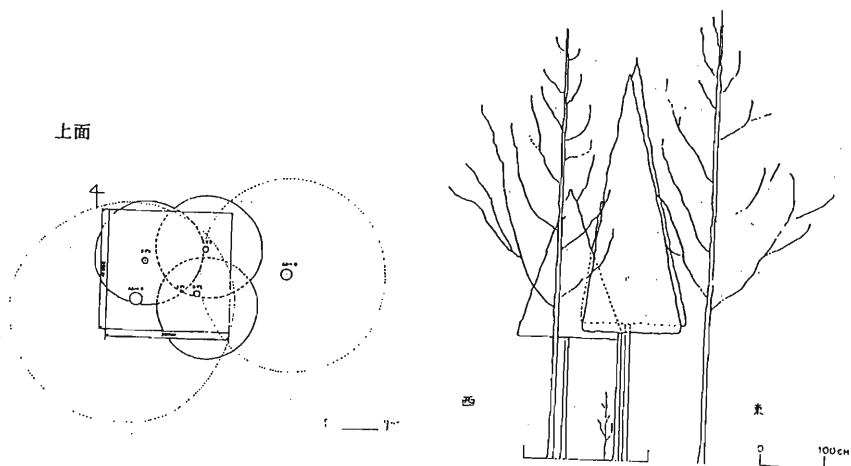
表8：調査地の構成樹種(コドラート No1~3)

配置図



林冠図

側面 (南→北)



上面

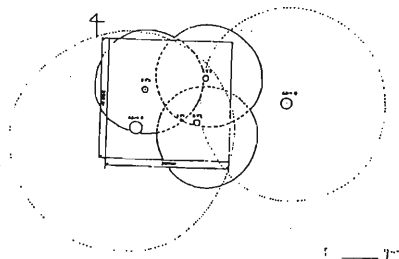


図10: 3本巣植えの根系調査図

樹種	根元径 (cm)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)	樹冠幅(cm)			
					北	東	南	西
スギA	10.0	4.5	6.1	2.1	100	95	75	80
スギB	11.0	6.7	7.0	2.3	90	95	85	80
スギC	11.0	6.4	7.0	2.1	60	100	105	60
ホオノキA	20.0	7.1	9.0	2.5	160	160	200	200
ホオノキB	19.0	7.5	9.0		160	160	160	140
ミズキ	2.0	1.2						

表9：スギ巢植えに関する文献リスト（収集分）

番号	文 献 名	発 表 者	年度	発表誌
1	スギ巢植林の生長	汰木達郎	79	九大演報
2	スギ巢植林の生長（II）	汰木達郎・荒川和利	88	九大演報
3	巢植したスギの生長について	汰木達郎		
4	巢植されたスギの形質について	荒上・汰木・井上	89.9	
5	巢植されたスギの形質について（II）	荒上・汰木・井上	89.9	
6	巢植されたスギの形質について（II） クモトオシの根の広がり成長	荒上・汰木・井上	89.9	
7	スギ巢植林の成長（III） 30年生林分の成長	汰木達郎ほか	95	九大演報
8	巢植造林の成果について	山根義人		
9	巢植造林の成長（I）	鈴木・山下・高浜	81	日林論 92
10	巢植えしたスギの幼齢期の生長について	佐藤・北村・今永		日林東北
11	多雪地帯における巢植（群状植栽）および 植栽本数の試験について	酒井功・池田		
12	針広混交林の造成技術に関する研究（第1 報） 巢植の手法を用いた混交林の造成	澤田・石田・佐藤	94	日林東北 46

（未収集分）

番号	文 献 名	発 表 者	年度	発表誌
1	スギ寄せ植えによる凍害防止効果	土井・堀内・岡上	70	日林誌 52
2	凍害地における巢植えの効果について	笹沼・高橋・本木	67	日林誌 49
3	巢植造林とその得失	佐藤敬治・伊藤	63	林業技術
4	巢植えは有効な造林方か	只木良也	64	暖帯林
5	巢植造林について 植栽密度・形式のスギの成長におよぼす 影響について（II）	汰木達郎	63	九大演報 18

【 ご指導・助言者 】

四手井綱英 京都大学名誉教授

【 調 査 研 究 協 力 者 】

番号	所 属	職 名	氏 名
1	秋田県林業技術センター森林育成部	部 長	石 田 秀 雄
2	同上	主 任	澤 田 智 志
3	同上	技 師	金 澤 正 和
4	秋田農林事務所林務課	主 任	和 田 覚
5	雄勝農林事務所林務課	課 長	斎 藤 敏 行
6	秋田県林務部木材産業課	主 査	櫻 田 良 弘



写真1：スギ3本巢植え植栽直後の状況（1）



写真2：スギ3本巢植え植栽直後の状況（2）



写真4：下刈り（坪刈り）状況



写真3：スギ3本巢植え植栽直後の状況（3）



写真5：スギ3本巢植え植栽直後の状況



写真6：枝打ち状況



写真7：スギ3本巢植えの生育状況



写真11：スギ3本巢植えの生育状況

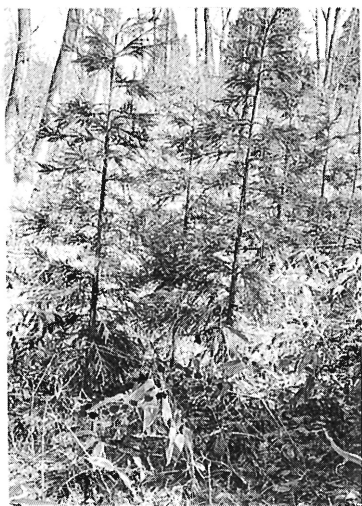


写真8：スギ3本巢植えの生育状況

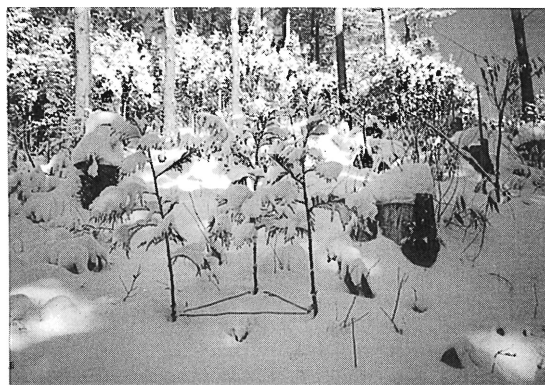


写真10：スギ3本巢植えの生育状況（整枝後）



写真9：スギ3本巢植えの生育状況



写真12：スギ3本巢植えの生育状況（枝打後）



写真13：スギ3本巢植えの生育状況



写真14：スギ3本巢植えの生育状況



写真15：スギ3本巢植えの生育状況



写真16：スギ3本巢植えの生育状況（枝打後）

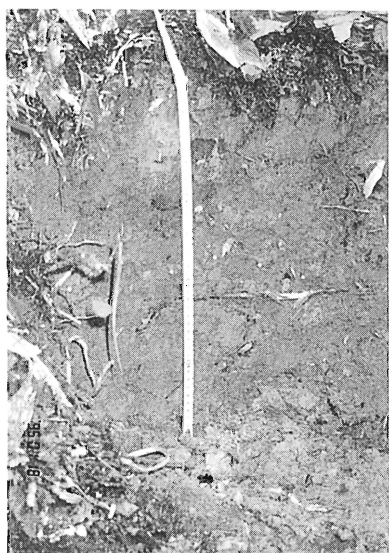


写真17：土壌調査（1）

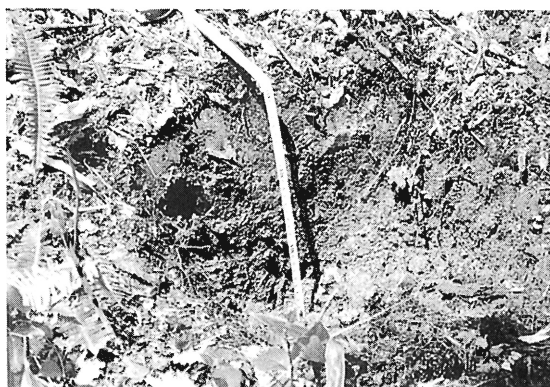


写真17：土壌調査（2）



写真18：スギ3本巢植えの生育状況（枝打後）



写真19：スギ3本巢植えの生育状況（枝打後）



写真20：スギ3本巢植えの生育状況（枝打後・冬期）



写真21：スギ3本巢植えの生育状況
（枝打後・冬期）



写真22：スギ3本巢植えの生育状況
（枝打後・冬期）



写真23：スギ3本巢植えの生育状況（林相）



写真24：スギ3本巢植えの生育状況（林相）



写真25：スギ3本巢植えの生育状況（林相）



写真26：スギ3本巢植えの生育状況（林相）



写真27：スギ3本巢植えの生育状況（整枝）



写真28：スギ3本巢植えの生育状況（上木スギ）



写真29：スギ3本巢植えの生育状況（広葉樹混交植栽）

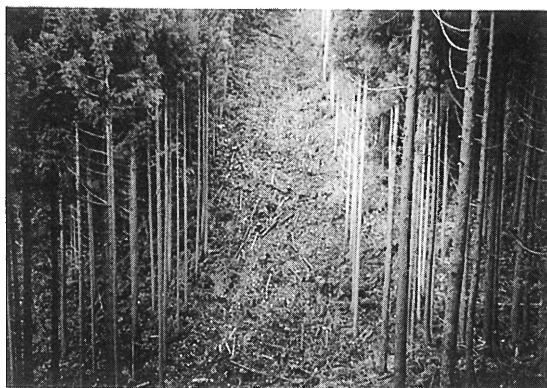


写真31：列状間伐後の状況（3列伐採）



写真32：列状間伐＋植栽の状況（3列伐採）



写真33：列状間伐＋植栽の状況（3列伐採）



写真34：列状間伐後の状況（3列伐採）

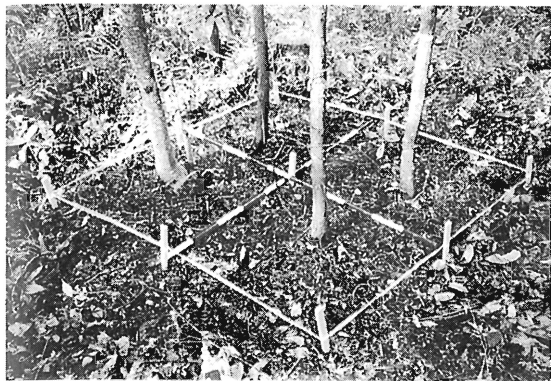


写真35：地下根系の構造調査



写真36：地下根系の構造調査



写真37：地下根系の構造調査



写真38：地下根系の構造調査

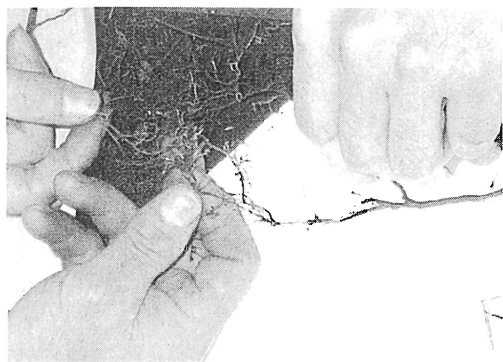


写真39：地下根系の構造調査



写真40：地下根系の構造調査