

6. 試験施工

6.1 試験の概要

コンポストについて、土壌改良材や肥料としての砂防林の育成への適用可能性を検討する。

5. 砂防における施肥・土壌改良材の使用実態調査から分かるとおり、最近の砂防における緑化工では、肥料として高度化成肥料を、土壌改良材としてバーク堆肥を多く用いており、コンポストを砂防林の育成時に使用することは可能であると考えられるが、コンポストが植物の生育にどのような影響を与えているかを確認する必要がある。コンポストの施用量は概ね植え穴の土量に対する重量比で 10～20%程度を混合するのが目安とされ、既往文献では植え穴の 10%程度との知見がある（富田ら、2003）。しかし、これらの知見は、例えばどの程度施用すれば生理的な障害が生じるのかなどの詳細について不明な点もあるため、コンポストの混合割合と緑化材の生育状況を把握することを目的として、基盤条件以外の環境要因を排除するため、鉢植えの状態ですべて室内実験を実施した。つづいて、林床植生、土壌条件等周辺環境への影響を把握するために、地山条件の異なる 2 箇所の試験地（山腹：六甲砂防事務所管内、河岸：富士砂防事務所管内）を選定し、現地試験を実施した。

6.2 試験施工用コンポストの選定

6.2.1 コンポストの種類

(1) 速効性肥料と緩効性肥料

伊達（1997）は、有機再生資材（コンポスト）を、肥効（肥料効果）の速度により、次の 2 種類に区分している。

- | |
|--|
| ① 汚泥・家畜ふんのコンポスト（速効性肥料）
② 生ごみ、木質・草質のコンポスト（緩効性肥料） |
|--|

砂防事業に当てはめた場合、速効性肥料は、播種工などにおける発育の促進や植生工、保護管理工等の追肥に適しており、また緩効性肥料は、急傾斜地や砂質土壌などで養分が流亡しやすい立地条件の場合などに適しているとされている。一方、広葉樹を物理性の悪い土壌に導入するのに適用すべきコンポストのタイプは、緩効性肥料（生ごみ等のコンポスト）である。

(2) 肥料の三要素成分比

植物の生育に必要な肥料の 3 要素は、窒素（N）、リン酸（P）、カリ（K）であり、窒素は主に葉の生長に、リン酸は主に開花や結実、カリは主に幹や根の生長に有効であるとされている。このため、その目的によって、葉肥（窒素成分の配合比が大きい肥料）、実肥（リン酸成分の配合比が大きい肥料）、根肥（カリ成分の配合比が大きい肥料）が使い分けられる。

コナラなどの落葉広葉樹は一般的に窒素成分比の大きい肥料を用い、ヤシヤブシなどの肥料木の場合には、根に共生する窒素固定菌の活動を盛んにするために、窒素分が少なく、リン酸やカリの配合比の大きな肥料を使用している（表 6.2-1）。

表 6.2-1 植付け当年における樹種別施肥要素基準量

樹種	苗木1本当たりのg数			樹種	苗木1本当たりのg数		
	窒素	リン酸	カリ		窒素	リン酸	カリ
スギ	8-12	5-7	5-7	ポプラ	24-40	16-28	12-34
ヒノキ	8-10	5-6	5-6	ユーカリ	16-32	10-20	8-27
アカマツ・クロマツ	6-8	4-5	4-5	キリ	24-48	16-32	12-40
カラマツ	10-14	7-8	5-8	肥料木	3-6	6-12	5-10
トドマツ	8-12	5-7	5-7	その他の 広葉樹	10-14	7-8	5-8

出典) 芝本武夫 (1977): 森林の土壌と肥培、農林出版(株)

各種土壌改良資材・肥料の成分比 (N- 6.2-2 に示す。肥料に比較すると、堆肥やコンポストの各成分は全般的に少ない値を示しているが、コンポストは堆肥よりも窒素成分が多く、生ごみコンポストではカリが、コンポスト化汚泥ではリン酸が多い等の特徴がある。

表 6.2-2 各種肥料の成分

項目	乾物値	生ごみコン ポスト ^{注1)}	コンポ ^ス ト 化汚泥 ^{注2)}	バーク 堆肥 ^{注3)}	鶏糞 堆肥 ^{注4)}	牛糞 堆肥 ^{注5)}	固形肥料 ^{注6)}	高度化成 肥料 ^{注7)}	普通化成 肥料 ^{注8)}
窒素 (%)		3.4	2.7	0.66	1.39	0.95	6	15	8
りん酸 (%)		0.73	3.2	0.58	4.22	0.73	4	15	8
カリ (%)		1.3	0.36	0.22	2.14	0.99	3	15	8
炭素率		-	9.4	16.78	-	-	-	-	-

注1) 岩手県盛岡・紫波地区環境施設組合 (盛岡市都南地区、紫波町、矢巾町) (平成 12 年 3 月 7 日分析値)

注2) 下水汚泥に脱水のための汚泥凝集剤に「高分子系凝集剤」を使用した場合の値。(建設省、1995: 都市緑化における下水汚泥の施用指針、による)

注3) (有) 高松畜産 (日田市 0973-24-2309)、製品名: バーク堆肥 (バークに豚尿を加えている)

注4) 農事組合法人神奈川県松田養鶏農場 (神奈川県足柄上郡 0465-89-2311)、製品名: くわあいあしがら有機 (鶏糞 100%、副原料: 醗酵菌、含油灰白土)

注5) 小野ファーム (横浜市戸塚区 045-881-3287)、製品名: OnoFarm 牛ふん堆肥 (牛糞 100%、副材料に古材チップ)

注6) まるやま 1 号。(近藤三雄監修, 1991: 緑化技術者必携 最新緑花工法・資材便覧一土への新しい発想と技術一)

注7・8) (財) 建設物価調査会, 2000: 建設物価 平成 12 年 11 月、による

6.2.2 コンポストの選定

自治体等で生産されている家庭生ごみコンポストの成分比は、表 6.2-3 に示すとおりである。家庭生ごみの他に、籾殻・バーク等の農林廃材系の副材料、糞・尿等の家畜糞尿系の副材料（以上は特殊肥料の扱い）、下水汚泥・屎尿汚泥等の汚泥系の副材料（この場合は普通肥料の扱い）等が混合される場合が多く、家庭生ごみ単独で生産されることは少ない。

生ごみコンポストの肥料成分の含有率は、副材料の種類の違いによる他、主材料として用いられる生ごみの成分が一定でないことから、生産地により、また生産される時期によってもかなり異なっている。

試験施工に供する家庭生ごみコンポストとしては、主材料である生ごみの特徴が比較的表れやすいと考えられる副材料の比較的少ないもの（特に成分に影響を及ぼしやすい家畜糞尿や汚泥等の含まれないもの）、全国的にみて肥料成分の構成比が中庸で、特定の成分に偏らないということを選定条件として考え、バークのみを副材料としている岩手県盛岡・紫波地区環境施設組合（盛岡市都南地区、紫波町、矢巾町）産の家庭生ごみコンポストを採用する。

表 6.2-3 各自治体生産の生ごみコンポストの成分比

コンポスト 生産地	副材料			C/N比	三大肥料成分 (%)		
	農林廃材系	家畜糞尿系	汚泥系		窒素	リン酸	カリ
留萌市	○籾殻				1.9	1.7	0.74
富良野市	○バーク						
長沼町	○籾殻		○屎尿汚泥	16.3	1.25	1.09	0.89
浦臼町	○籾殻			16	2.4	0.93	0.71
盛岡・紫波	○バーク				3.4	0.73	1.3
長井市	○籾殻	○家畜糞尿		15	2.2	1.2	2.8
立川町	○籾殻	○家畜糞尿			1.07	1.14	1.1
野木町	○米糠おが			25.8	0.83	0.47	0.50
三浦市					1.45	0.80	0.60
小諸市					2.5	0.91	0.83
高山村	○おが粉	○家畜糞	○下水汚泥	16.9	2.0	4.7	1.4
芸西町	○籾殻藁		○屎尿汚泥	40.5	0.43	0.05	2.21
南郡西部	○籾殻				2.7	2.0	1.3
国富町		○家畜糞			1.7	1.0	0.40

6.3 予備試験（室内試験）

6.3.1 試験概要

(1) 土壌分析

コンポストを施用することで、土壌の物理・化学的性質がいかに変化するかを把握するため、各混合土壌の理化学性を計測した。コンポストと混合する基本土壌は六甲山系のマサ土を用い、混合割合は重量比で7case 設定した（表 6.3-1）。分析項目を表 6.3-2 に示す。

なお、コンポストの混合量は、短期間で植物の生長量等からコンポストの最適な施用量を把握することは、困難が予想されたので、最適ではなく、短期間で評価可能と考えられた悪影響を与えない上限を把握するよう設定した。

表 6.3-1 土壌とコンポストの混合割合 (重量比%)

Case	1	2	3	4	5	6	7
六甲土壌	100	80	60	50	40	20	0
コンポスト	0	20	40	50	60	80	100

表 6.3-2 土壌分析項目

実験開始時	電気伝導度、pH (H ₂ O)
実験終了時	電気伝導度、pH (H ₂ O)、飽和透水係数、有効水分、三相分布




(2) 木本植栽試験

試験は国土技術政策総合研究所内の温室にて、平成 13 年 5 月から平成 13 年 11 月まで実施した。コンポストと混合する基本土壌は六甲山系のマサ土を用い、混合割合は重量比で 7 case 設定した (表 6.3-2)。植物材料は、コナラ実生、コナラ苗 (50 cm)、ヤマモモ苗 (50 cm) を使用した (表 6.3-4)。

表 6.3-2 土壌とコンポストの混合割合 (重量比%)

Case	1	2	3	4	5	6	7
六甲土壌	100	80	60	50	40	20	0
コンポスト	0	20	40	50	60	80	100

表 6.3-4 使用した植物材料の諸元

	コナラ実生	50cm 苗	
		コナラ	ヤマモモ
年生	0 年 2 ヶ月	3 年 3 ヶ月	4 年 3 ヶ月
生育圃場	茨城県つくば市	千葉県山武郡山武町	千葉県山武郡山武町
種子の産地	兵庫県六甲山系	千葉県山武郡芝山町小池	千葉県山武郡松尾町桜前
備考 (発芽状況・ 苗初期状況)			

調査は、目視観察および SPAD 値の測定を約 1 月ごとに 3 回実施し、植栽木の活力度を把握した。SPAD 値は、葉を葉緑素計 (ミノルタ社製 SPAD-502) に挟んで 600~700nm の赤領域と赤外域の 2 つの波長で光学濃度の測定を行い、その差を基に、葉に対する透過度を相対的に表した値であり、葉に含まれる葉緑素の量を相対的に表している。また、葉緑素の絶対量と葉緑素計の値は高い相関が得られており (小橋、1985)、SPAD 値を測定することで、植物の活力度を示す指標の 1 つと考えられる葉の色 (クロロフィル含有量) を、調査者の主観に左右されることなく客観的に評価することができる。

(3) 木本追加植栽試験

木本植栽試験の開始直後から、コンポスト混合率 20%以上 (case 2～7) で枯れ・しおれが目立ってきたため、case 1 と case 2 の間で新たに case A、B を設定し (表 6.3-3)、コナラ実生を植物材料として、約 1 月ごと 3 時期に調査を実施した。調査は各 case 数個体ずつサンプリングし、1 個体あたり 3 枚について SPAD 値および葉面積計を用いて葉面積を測定するとともに、根、茎、葉の各器官別に生重量を測定した。その後オートクレーブにて約 80 度で 48 時間乾燥させ、乾重量を測定した。また、乾燥した試料を粉末化し、C/Nコーダーで C/N 比を測定した。

表 6.3-3 土壌とコンポストの混合割合 (重量比%)

Case	1	A	B	2	3
六甲土壌	0	10	15	20	40
コンポスト	100	90	85	80	60

(4) 草本播種試験

厚層吹付工の基盤材として用いられているバーク堆肥等の代替品としてコンポストが使用できるかどうかを確認するため、現在のり面緑化に多く用いられているノシバを用いて成長にどの程度差異が発現するのかを調べた。基本土壌は六甲山系のマサ土を用い、基本土壌との混合割合は、「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例一本編」p.164 表 6-13 における厚層基材吹付工の有機質基材の数量 (表 6.3-5) を参考に、4case を設定した (表 6.3-4)。1case あたり 2 プランター (長さ約 50cm) を用意し、1 プランターごとに 22 個を播種し、およそ 1 ヶ月に 1 度目視観察を行った (図 6.3-1)。試験は、国土技術政策総合研究所内温室にて平成 13 年 7 月から 11 月まで実施した。

表 6.3-4 有機質基材の構成 (体積比%)

Case	I	II	III	IV
コンポスト	100	50	0	0
バーク堆肥	0	0	50	25
ピートモス	0	0	50	25
基本土壌	0	50	0	50

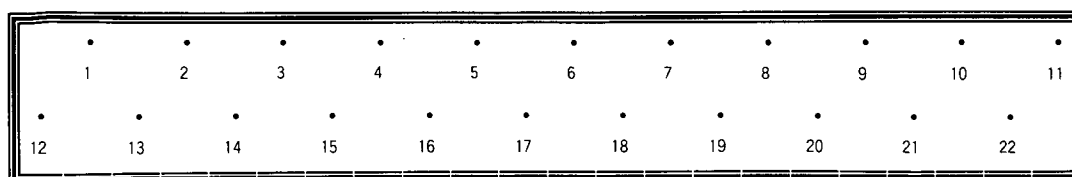


図 6.3-1 プランター内の種子の配置

表 6.3-5 植生基材吹付工の使用材料

材料	規格	数 量					摘 要	
		種子散布工 (100㎡ 当たり)	客土吹付工 (100㎡ 当たり)	厚層基材吹付工 (1m3当たり)				
種子		一式	一式	一式	一式	一式		
木質繊維	ファイバー	10kgf	—	—	—	—		
土	黒ホクなど	—	4m3	—	—	—	黒ホクなど入手できない場合は人工土壌使用	
	砂質土	—	—	1m3	—	—		
有機質基材	ハーク堆肥	10kgf	30kgf	500l	1000l	1000l	完熟したもの	
	ピートモス	—	—	500l	1000l	1000l	カナダ産	
肥料	木本用	PK肥料又は緩効性肥料	—	3~6kgf	3~6kgf	2~4kgf	2~4kgf	PK肥料又は山型肥料 N6:P36:K6など
	草本用	高度化成肥料	10kgf	10kgf	6kgf	4kgf	4kgf	N10:P10:K10など
侵食防止剤	溶剤系	5kgf	—	—	—	—	ポリ酢酸ビニール系またはアクリルアミド系	
	アスファルト乳剤	—	100l	—	—	—	アスファルト分25%以上、人工土壌使用の場合は樹種などを使用	
	高分子系樹脂	—	—	4kgf	4kgf	—		
	普通ポルトランドセメント	—	—	30kgf	—	60~80kgf	セメントを使用する場合は高分子系樹脂は用いない	
着色剤	顔料など	0.05kgf	—	—	—	—		
pH緩衝剤	過燐酸石灰	—	—	—	—	1.2~1.4kgf		

出典) 新・斜面崩壊防止工事の設計と実例—本編 p164 表6-13

6.3.2 試験結果

(1) 土壌分析

①電気伝導度(EC)

電気伝導度は、土壌中の水溶性塩類の総量を表す指標で、この値が高いほど各土壌の単位容積中に含まれる塩類が多いということになり、植物の塩類濃度障害の診断に役立つ。

試験開始前の結果は、コンポスト濃度が高くなるにつれ電気伝導度が高くなる傾向を示した(図6.3-2)。

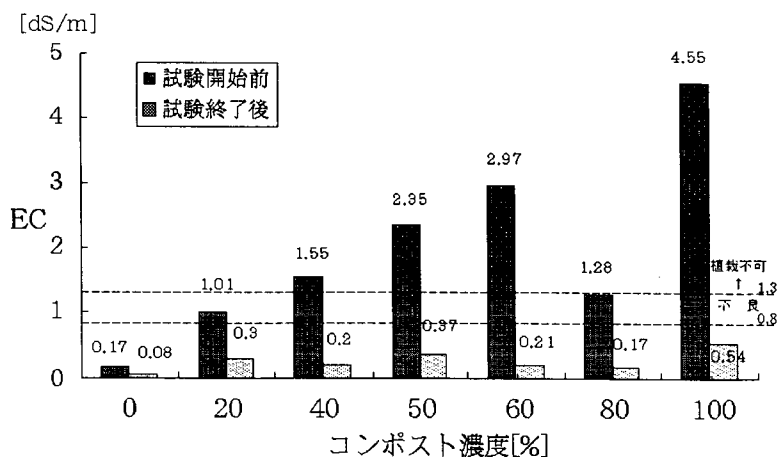


図 6.3-2 各 case における混合土壌の電気伝導

②水素イオン濃度(pH)

pH は、土壌中における養分の性質や挙動に影響を及ぼし、植物の生育や土壌生物の活動を左右する重要な因子である。降雨量の多い日本の土壌では一般的に弱酸性を示し、緑化基盤としても弱酸性が望ましいとされている（小橋ら、1992）。実験開始前の pH は、基本土壌が 5.7、コンポストを 20・100%の割合で混合したサンプルの pH が 8.2-8.4 で、コンポストの混合比率にかかわらず、コンポストを混合することによってアルカリ化することが確認された（図 6.3-3）。

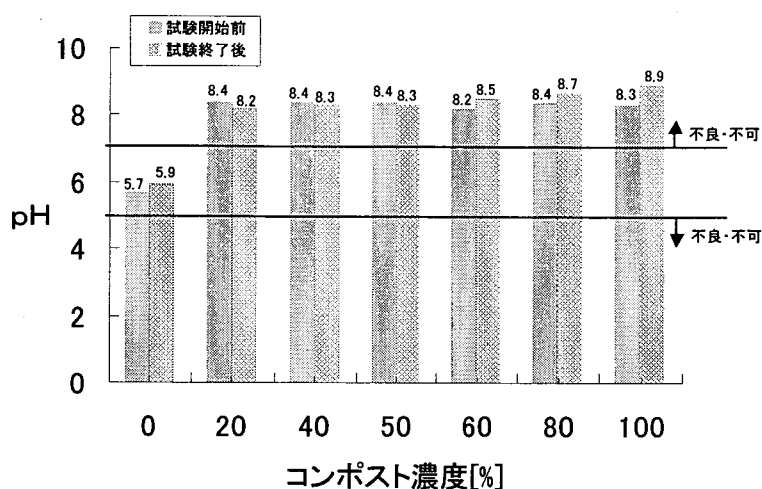


図 6.3-3 各 case における混合土壌の pH

③飽和透水係数、有効水分、三相分布

飽和透水係数は、コンポスト濃度が上昇するにつれ高くなる傾向にある（図 6.3-4）。ただし、コンポスト 100%の場合、透水係数が低くなる傾向にある。透水係数は土壌中の非毛管孔隙との相関が高く、非毛管孔隙率 10%で 10^{-4}cm/s 、20%で 10^{-3}cm/s である。一般に、透水係数が 10^{-3}cm/s 以上であればほぼ問題はないが、 10^{-4}cm/s のオーダーになると根系発達が不良になると言われている（古賀、1972）。

土壌中の有効水分は、コンポスト濃度が高くなると減少する傾向にある（図 6.3-4）。

土壌の三相分布の中で固相とそれ以外という比較を行うと、基本土壌のみ（コンポスト濃度 0%）では固相の値が高く、コンポスト濃度が高くなるにつれ固相の値が低下する傾向がみられ、コンポストのみの場合は、20%程度になっている。（図 6.3-6）

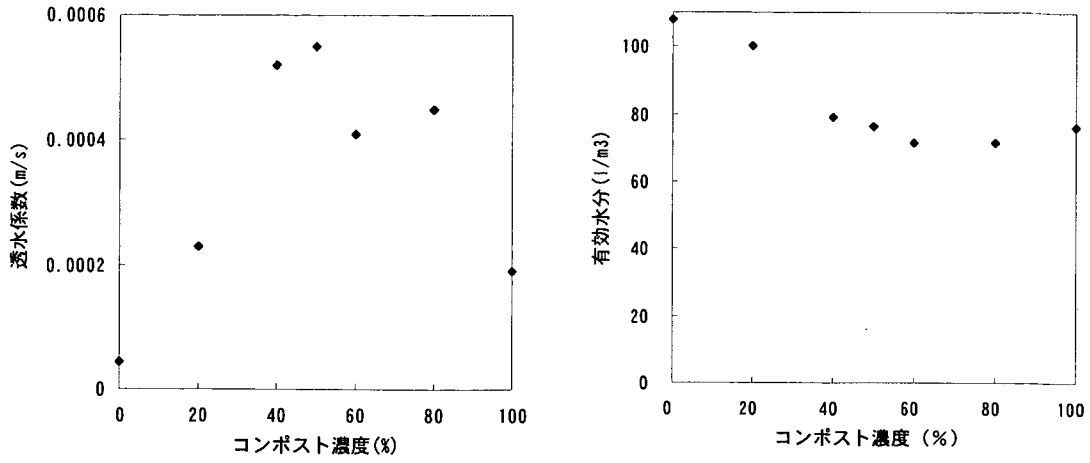


図 6.3-4 試験終了時における混合土壌の飽和透水性係数と有効水分

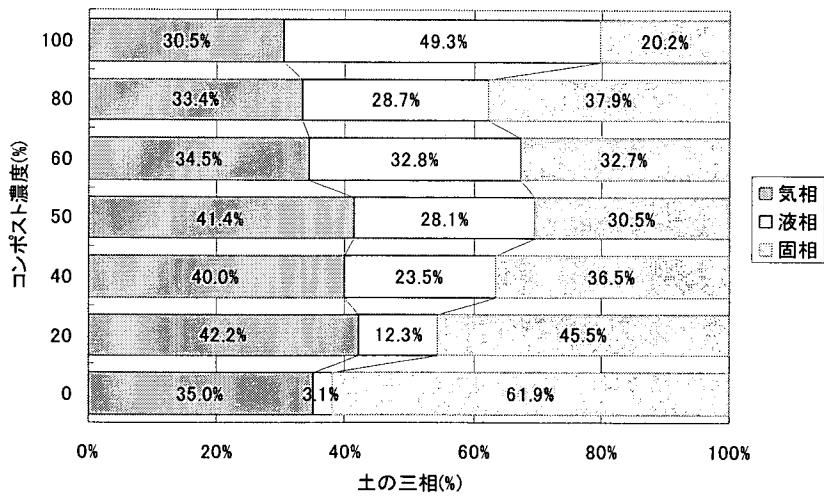


図 6.3-5 試験終了時における混合土壌の三相分布

(2) 木本植栽試験

目視観察により枯れ・しおれを確認したところ、コナラ苗ではコンポスト混合割合 20%以上の試験区で、ヤマモモ苗では 40%以上の試験区で、ほぼ全ての個体に顕著な枯れ・しおれが見られた。一方で分枝した箇所から新しい葉が展葉していたり、根元から萌芽したりしている個体が各 case に見られた。(写真 6.3-1)。

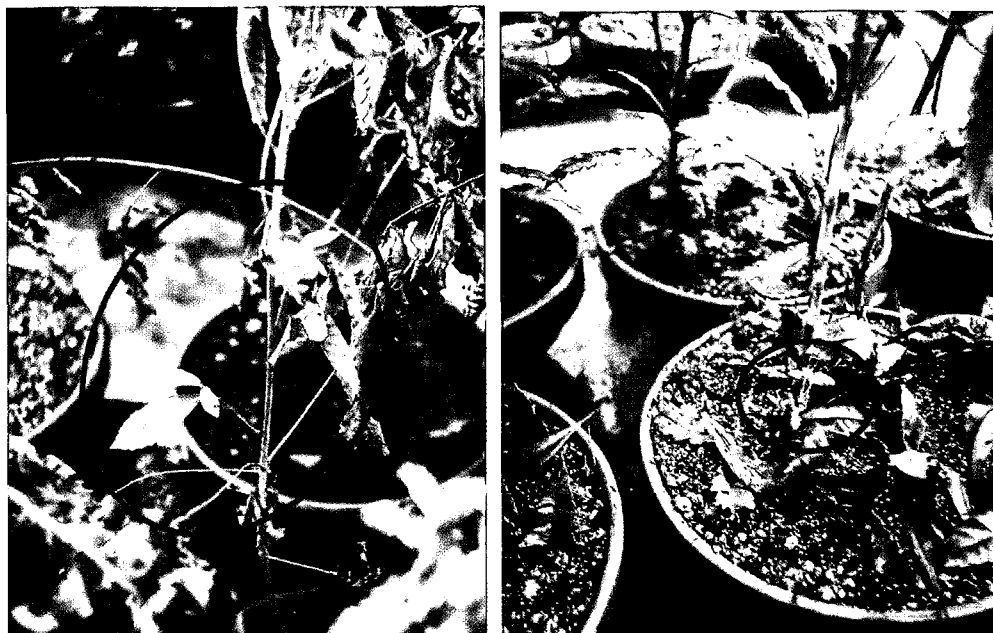


写真 6.3-1 コナラ (左) とヤマモモ (右) の萌芽状況 (2001.7.4 いずれも case 4)

(3) 木本追加植栽試験

①含水率、SPAD値、葉面積比

葉緑素計による SPAD 値および葉・幹・根全ての器官における含水率 (乾燥重量/生重量 $\times 100$ [%]) は、コンポスト濃度 (コンポストが土壌中に占める割合[%]) 20%までの間は増加し、それ以降では減少する傾向が見られた。葉の組織の疎密を表す葉面積比 (Leaf Area Ratio: 単位面積当たりの乾燥重量) は、コンポスト濃度の増加に伴い減少する傾向が見られた。(図 6.3-7)

② C/N比

各サンプリング時の器官別 C/N 比を図 6.3-8 に示す。

各器官とも、各栽培時期を通じて、コンポストを混合していない土壌で栽培された苗の C/N 比が高く、コンポスト濃度が高くなるにつれ低下する傾向がみられた。

また、サンプリングの時期別に各器官における C/N 比を比較してみると、葉および幹では、コンポストの混合率の差によりその値に大きい差は認められなかったが、コンポストを混合していない土壌におけるものが最も高く、コンポストの混合率の増加とともにその値は低下していく傾向が見られた。根に関しては、各時期においても一様に、コンポストを含まない土壌で栽培された苗の C/N 比が最も高く、コンポスト濃度 10~15%の混合土壌で栽培された苗のその値は最も低く、混合割合が増加するに伴い徐々にその値が増加する傾向が見られた。

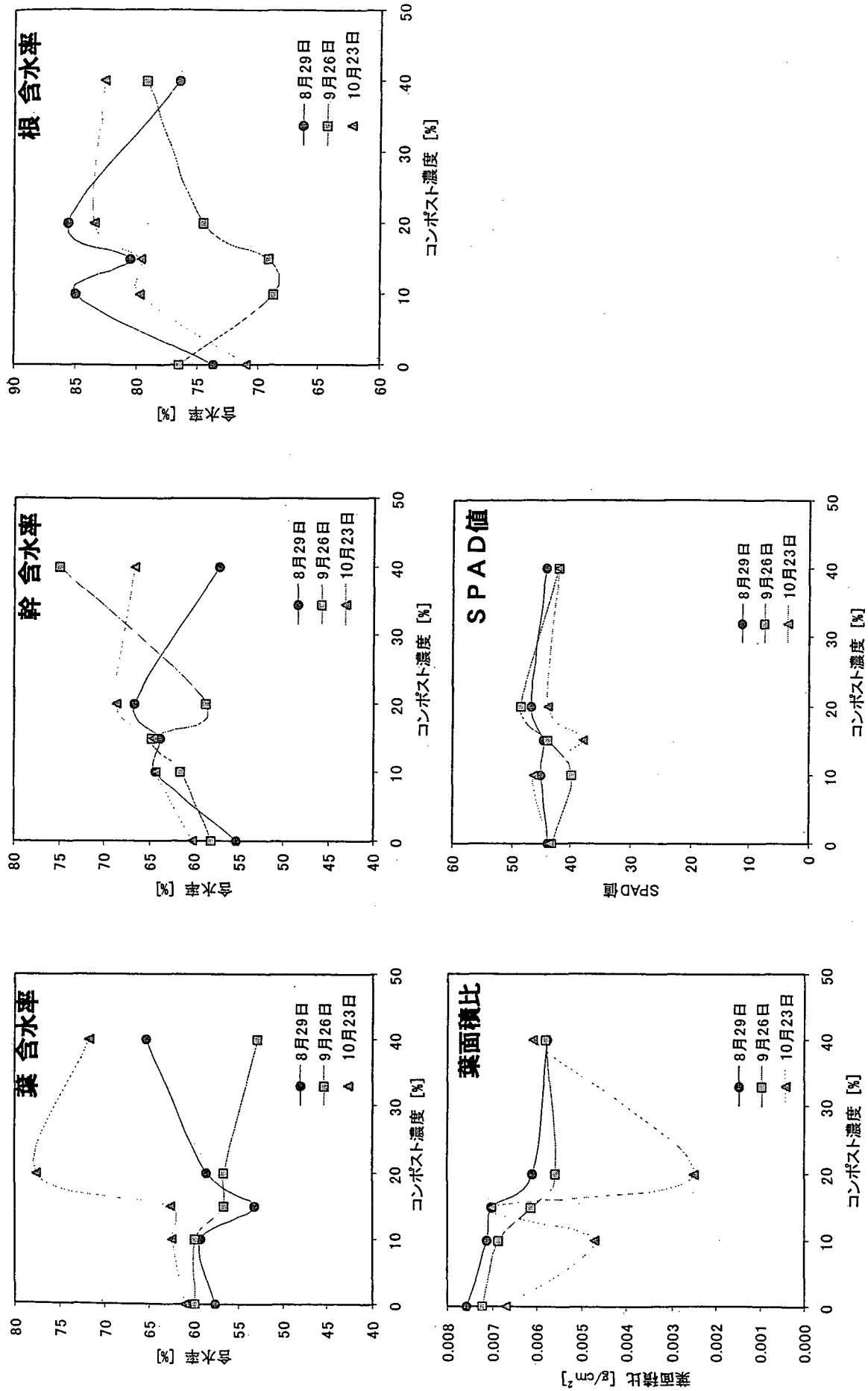


図 6.3-6 木本追加植栽試験 調査結果

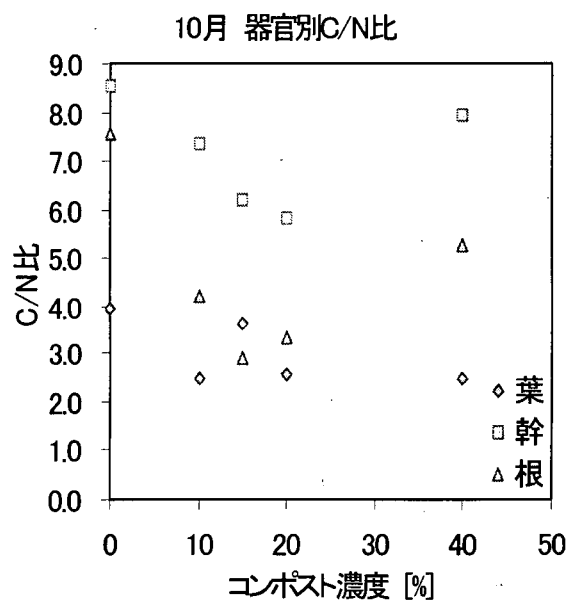
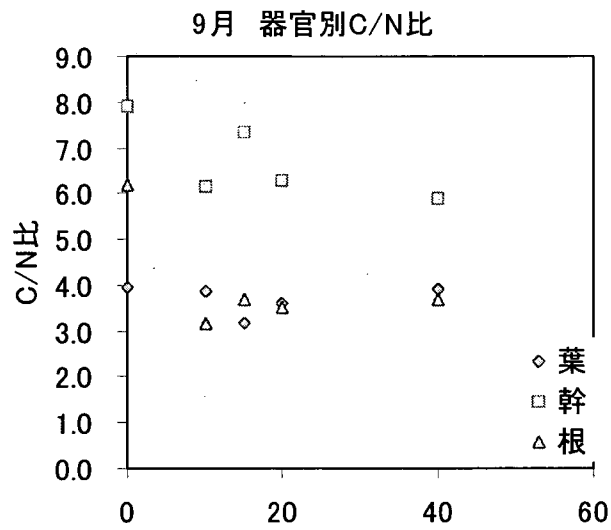
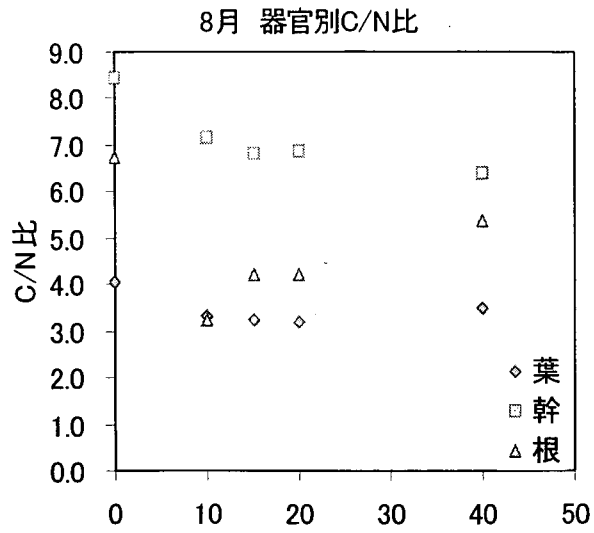


図 6.3-7 各サンプリング時の器官別C/N比

(4) 草本播種試験

発芽率を表 6.3-5 に、ケースごとの発芽生残個体数を図 6.3-9 に示す。コンポストの混合割合と発芽率との関係は判然としない。

表 6.3-5 コンポスト混合割合と発芽率

Case	I	II	III	IV
発芽率(%)	29.5	2.3	50.0	11.4

ピートモスを 50%混合したケースⅢが最も発芽率が良かった。これは、ピートモスがスポンジのように種子発芽の吸水に効果的に働いたためと考えられる。また、100%コンポストのケースⅠの発芽率が2番目に高い。これは、散水と乾燥が繰り返される温室の中で、地表面が固化し種子発芽のための水分が供給できたためと考えられる。パーク堆肥・ピートモス・基本土壌を混合したケースⅣについては、混合した土壌に分離がおき、ピートモスとコンポストが混合した部分で発芽がみられた。同様に、基本土壌とコンポストを混合したケースⅡにおいても、分離がおき、コンポストの部分から発芽している状況であった。

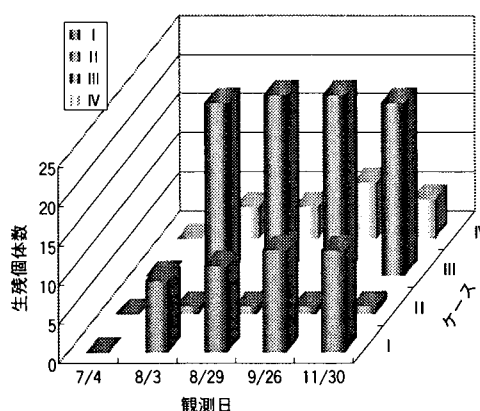


図 6.3-8 ケースごとの発芽生残個体数

6.3.3 評価

(1) 土壌分析

土壌中の電気伝導度が植物の生育にもたらす影響については、電気伝導度が 0.8-1.2dS/m で植物の生育は「不良」、1.3dS/m 以上では植栽「不可」との評価基準（伊達、1996）があり、今回の結果に照らすと、試験に用いた混合土壌ではいずれも塩類濃度障害が起こる可能性が示唆された（図 6.3-2）。また、コンポスト導入直後、電気伝導度が異常に高い値を示すことから、コンポスト濃度の増加にともない塩類濃度が高くなると考えられるが、試験終了後の電気伝導度は極端に低下しており、水溶性塩類の大部分は給水によりポットから相当量溶脱したものと考えられた。これは室外の降雨に晒された場合、多量の浸透水によりさらに顕著になるものと考えられるため、その場合の生育状況についても把握する必要があると考えられた。

pH の値は、経時変化を問わず、混合率によらずアルカリ性土壌になってしまうため、弱酸性下で良好な生育を行う樹木にとっては適切ではないと考えられる。

(2) 木本植栽試験

時系列的にみると、コンポスト濃度が高くなるほどSPAD値（相対的葉緑素量）が減少する。苗の観察結果を踏まえると、コンポスト濃度 20%以上でコナラが、40%以上でヤマモモが成長を妨げられていることが明らかになった。一方、コナラ実生では、20%までは増加し、それ以降で減少する傾向があった。

(3) 木本追加植栽試験

①含水率、葉面積比、SPAD 値による評価

実生個体における成長の傾向から、コンポストの施肥によってある濃度までの範囲では含水率が増加し葉面積比が下がるような成長を促すことがわかる。含水率が高いということは組織の中に占める水分の割合が多いということであり、また、葉面積比が下がるということは、単位面積あたりの葉の乾燥重量が減少するということである。すなわち、双方の結果とも、組織が疎になっていることを示している。これらのことから、コンポストの施肥は、実生個体の葉面積を拡大する方向に影響を与えるが、おそらく葉を薄くするようにも働くと考えられる。

面積が大きく薄い葉を持つと蒸散の量が増え、根からの吸い上げ量も多くなる。吸い上げが多くなれば、それをもとにした光合成活性もある程度盛んになりその結果光合成活性の相対値である SPAD の値が高くなる。しかし実際にはコンポストを施肥した個体では枯れによる個体数の減少が多くみられ、個体あたりの葉の枚数も少なくなっていた。これは、コンポスト中に含まれる何らかの成分あるいはコンポストそのものが実生個体の成長に対して何らかのストレス要因となり枯れを導いているものと考えられるが、その原因が何であるのかについては、現在のところ不明である。コンポスト中に含まれる何らかの成分が実生個体の葉に対し拡大方向での成長促進をさせ、一時的な活性が高まると同時にそれに伴う代謝活性の急激な上昇がおこっていた可能性があり、それが原因となり枯死した個体が目立ったものと考えられる。

コンポストの混合割合が20%を超える範囲では含水率や葉面積比に大きな増加も減少も見られないため、一時的に成長を促進させる目的でコンポストを施肥する場合は20%を超えて施肥をしても効果はないと考えられる。また一方で、SPAD 値がコンポスト濃度 20%以上では減少していることから、逆効果であるとも言える。

砂防林育成の目的で実生または苗木にコンポストを施肥する場合においては、施肥が初期の一回のみで追肥をまったく行わないというのであれば徐々にその濃度も薄まり、影響も少なくなるため、長期的に見れば問題はないと考えられる。

コナラ実生において、コンポストの施用は初期成長の段階で代謝活性を高めはするが、成長時に個体を弱めているため、今回の試験法と同じように実施するのは妥当ではないと考えられる。

②器官ごと C,N 分布

葉においては、生産された炭素化合物をそのまま貯蔵しておく方法よりも、それを代謝し、そのときに生じたエネルギーを用いて窒素化合物を合成し、他の器官へ転流することが可能な形をとるため、結果的に葉に含まれる炭素化合物の量が減少し、窒素化合物の量が増えるため全体としては C/N 比が減少するものと考えられる。また、コンポストの混合割合の増加に伴い、葉における C/N 比が減少しているのは、地上部に葉をつけ生産を行うよりも葉で生産された化合物の形を変え、他器官へ移行させ、葉を落とし、個体を維持するという手段をとった結果であると考えられる。

茎や幹は、一般的には、その地上部にあるものを支えるための生産物が用意されれば十分であるから、葉のボリュームが少なければそれを維持するための器官もそれだけ小さいものでまかなうことができる。つまり、その器官を形成するためのコストが小さくて済むということである。そのような理由からも、幹における炭素化合物の量が、地上部のサイズにより決定されていて、葉の特徴と同様にコンポストの混合率の増加に伴い C/N が低下する傾向があるということになる。

C/N 比の推移の傾向から、過剰なコンポストの添加は個体の成長にとってプラスの影響を与えるものではなく、むしろ阻害する要因として働いているようであった。地上部におけるその値の推移は、非常に緩やかで大きい変化としては見られなかったが、幹や根でのその値の推移が大きく、いずれにしてもコンポストの濃度の増加に伴い減少する傾向にあった。葉における C/N 比の値がもともと低い値として得られていることには、今回の被検体が個体サイズの小さい苗であったため十分な生産量が得られなかったという理由も考えられる。しかし、その値がそれ以上に増加しなかったということを考えると、炭素化合物の合成すなわち成長が活発に行われたとは言いにくい結果となった。

C/N 比の分析による結果からは、コナラ苗の成長に際してコンポストを混合する場合は、その混合率を土壌中の 15%程度が上限であり、それ以上の添加をすると逆に成長を阻害する方向に作用するということがわかった。

(4) 草本試験

種子発芽に必要な十分な水分を保持できる基材に混合できるのであれば、コンポストを用いることが可能ではないかと想定された。また、土壌の構造が、均一に噛み合わさって移動しにくい基材である必要があると考えられる。

6.4 本試験（現地試験）

6.4.1 六甲渦ヶ森試験地（山腹編）

（1）試験地概要

所在地：兵庫県神戸市東灘区渦森台地先

植栽日：平成14年3月5日

試験区面積：250m²

試験樹種：コナラ（樹高1.0～1.5m）

植栽本数：コンポスト施用区;30本，対照区;27本

コンポスト施用条件：コンポスト施用区には、植穴の土壌に対して、重量比で20%のコンポスト（2kg/本）を混合。対照区は、混合せず。

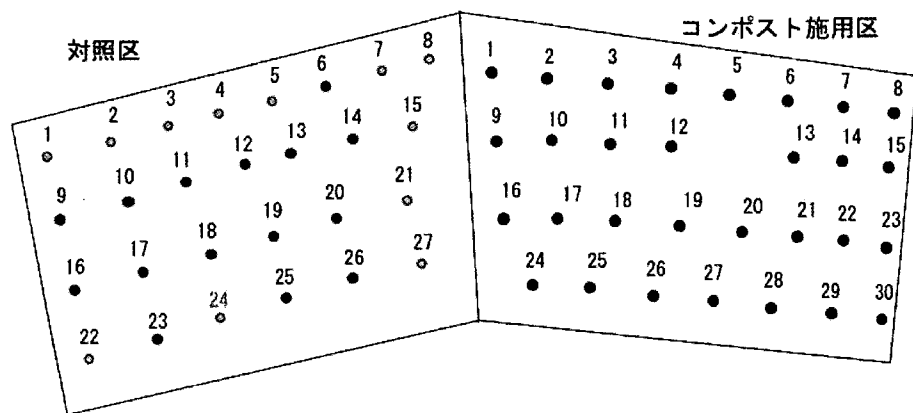


図 6.4-1 試験個体配置イメージ（植栽間隔 2 m）



写真 6.4-1 試験地の状況

(2) 調査試験項目

六甲山系渦ヶ森試験地における試験での実施した試験項目は、以下のとおりであり、図に調査フローを示した。

【植生調査】

- ① 植物社会学的調査
- ② 目視による樹木活性度調査
- ③ 成長量測定
- ④ SPAD 測定

【土壌調査】

- ① 土壌断面調査
- ② 土壌理化学分析

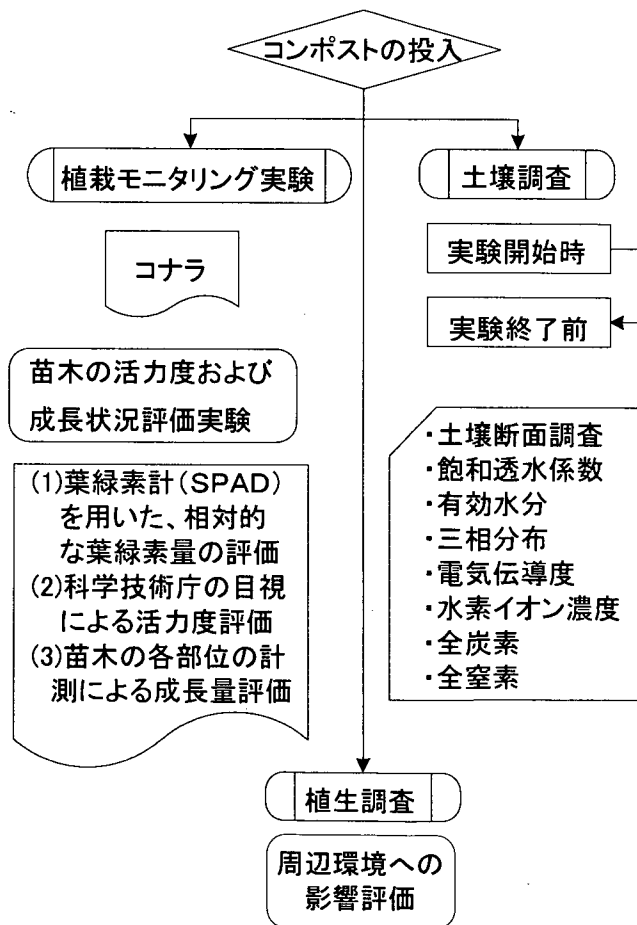


図 6.4-2 調査フロー

(3) 調査結果

① 植物社会学的調査

植物社会学的調査の結果、コンポスト施用区及び、対象区共にネザサが優占しており、下刈りを実施しなければネザサ群落が成立すると考えられる。

コンポスト施用区に特徴的な種類として、畑地雑草に分類される種（エノコログサ、カタバミ、ツユクサ、メヒシバ）が確認された。これらはコナラのポット苗を養生した土に含まれていたものと推察される。

これらの種は、試験地の遷移が進み、林床での光環境が悪くなると駆逐されてゆくと考えられるが、下刈りにより光環境の良い条件が維持されるならば、生育範囲を広げるものと考えられる。

○目視による樹木活力度調査

活力度調査では、樹勢、枝伸長、梢端・枝条の枯損、葉量、葉色、ネクロシスの全ての測定項目で、コンポスト施用区で成績が悪かった。

○成長量調査

調査実施時には、枯死と思われる個体を確認したため、成長量の測定は、生存している（青葉が確認された）個体を対象とした。

表 6.4-1 成長量調査結果

	コンポスト施用区	対照区
枯死率	43%	11%
成長量（当年枝）	0.1m	0.07m
樹幹の深さ	0.46m	0.44m
SPAD値	37.05	36.85

試験個体の枯死率では、コンポスト施用区で 43%となった。また、生存している個体の成長状況では、コンポスト施用区で、成績がよかった。しかし、測定結果の数値の差は、ごく僅かであり、ほぼ同等の成長状態であると考えてもよいと思われる。

② 土壌断面調査

試験地の土壌の堆積様式は崩積土であり、土壌群及び土壌型は

褐色森林土群：適潤性褐色森林土（B_D型）に分類された。

六甲山系では特異な土壌であり、比較的良い土壌と言える。



写真 6.4-2 土壌断面

③ 土壌理化学分析

土壌理化学分析の結果を表 6.4-2 に示した。理化学分析結果で、特に注目すべき項目として、電気伝導度をあげることができる。

電気伝導度は、土壌中の塩類度を評価する指標である。電気伝導度と植物体の関係については HENRY.D.FOTH が土壌・肥料学の基礎（1981）においてまとめている。それによると、電気伝導度が 0～4（ms/cm）程度であれば、極めて敏感な作物以外は影響を無視できるが、4～8（ms/cm）になると、多くの作物に影響が出るようになり、8～16（ms/cm）では抵抗性の高いものだけ、さらに16（ms/cm）以上になると極めて高い抵抗性のあるものだけが収穫できる。

表 6.4-2 土壌理化学分析結果

分析項目		層位	対照区		コンポスト施用区		
			実験開始時	実験終了時	実験開始時	実験終了時	
物理性	飽和透水係数	上層	2.7×10^{-2}	9.8×10^{-2}	2.7×10^{-2}	2.4×10^{-2}	
	有効水分	上層	2.9	11.0	2.9	15.8	
	三相分布	上層	固相	41.4	28.6	41.4	40.2
			液相	19.1	31.9	19.1	23.3
気相			39.5	39.5	39.5	36.5	
化学性	水素イオン濃度 (H ₂ O)	上層	6.7	-	7.3	6.6	
	全炭素	上層	3.66	-	12.6	9.27	
	全窒素	上層	0.29	-	1.35	0.93	
	電気伝導度	上層	11.3	-	153	4.4	
		下層	30cm	2.9	-	2.9	3.2
			50cm	0.9	-	0.9	1.4

(4) 考察

コンポスト施用区及び対照区での成長量測定の結果は、ほぼ同様の成長量であると言えるが、枯死率では、コンポスト施用区での成績が悪く、目視による樹木活性度の測定においても、全ての測定項目で、コンポスト施用区の成績が悪かった。

一方、土壌理化学分析の結果においても、試験開始時におけるコンポスト施用区での電気伝導度の数値が非常に高くなっていることから、試験初期段階において塩類障害を起こしていることが考えられる。コンポスト施用区での試験開始時の電気伝導度の数値を表6.4-2に照らしてみると、非常に高い値を示していることがわかる。この結果から、苗木に塩類障害が発生し、肥料やけを起こす状況であると言える。しかし、試験終了段階では、良好な数値となっている。このことは、植栽初期段階においてコンポストを施用すると、塩類が植物体に対する大きなストレスとなり、枯死するか、枯死しないまでも、成長に悪い影響を与えるものと考えられる。その他の指標は、特筆すべき数値ではない。

1年という短期間の六甲における試験結果からは、山腹緑化工の本木類植栽の際に地山の状況を把握し、良好な土壌状態であれば、今回の実験方法の様な施用によるコンポストを使用した土壌改良は行わないほうがよいということが示唆された。

6.4.2 富士足取川試験地（河岸編）

（1）試験地概要

所在地：静岡県富士宮市上井出地先

植栽日：平成14年7月24日

試験樹種：コナラ（樹高1.0～1.5m）

植栽本数：施肥区；20本，土壤改良区；15本，対照区；10本

コンポスト施用条件：試験の比較条件は、対照区は現地土壤のみで植え付け、コンポスト施用区は、コンポストを土壤改良材として用いる場合と元肥として用いる場合の両者を想定し、それぞれを「土壤改良区」、「施肥区」として設定し、それぞれに10-20%の異なる混合条件を設定した。苗木の間隔は2mとし、配置は図6.4-3のとおりとした。

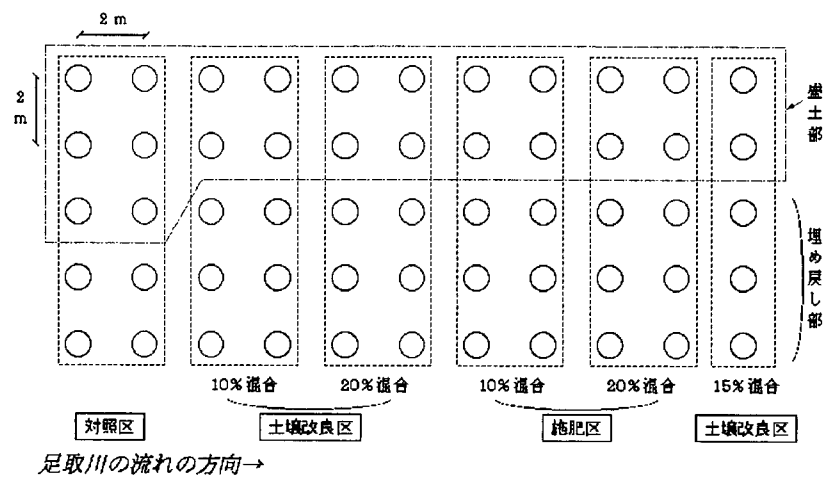


図 6.4-3 試験個体配置イメージ



写真 6.4-3 試験地の状況

(2) 調査試験項目

足取川試験地における試験での実施した試験項目は、以下のとおりであり、図 6.4-4 図に調査フローを示した。

【植生調査】

- ① 植物社会学的調査
- ② 成長量測定
- ③ SPAD 値測定による樹木活性度調査

【土壌調査】

- ① 土壌断面調査
- ② 飽和透水係数
- ③ 有効水分
- ④ 三相分布
- ⑤ 電気伝導度
- ⑥ 水素イオン濃度
- ⑦ 全炭素
- ⑧ 全窒素

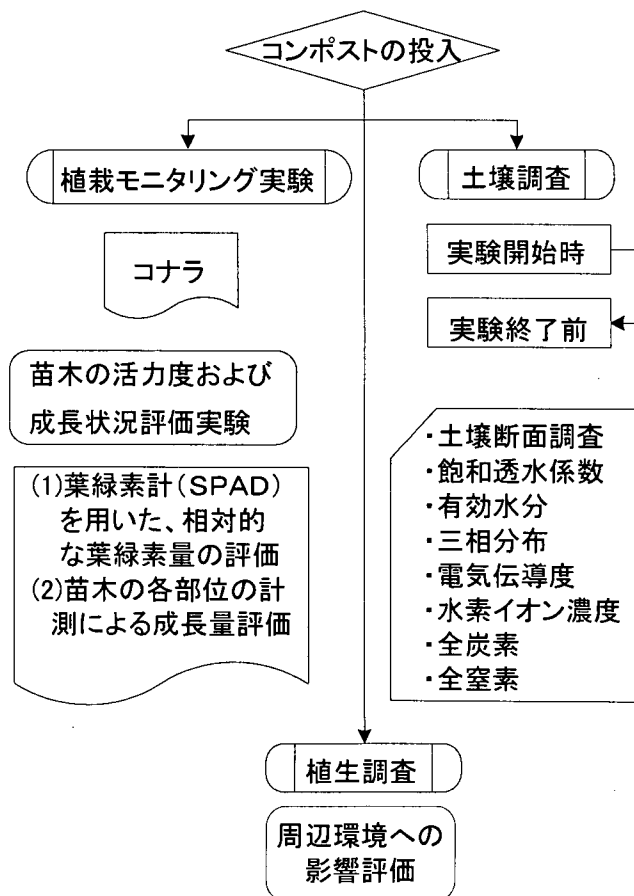


図 6.4-4 調査フロー

(3) 調査結果

① 植物社会学的調査

対象地区内を図 6.4-5 に示すように 4 区分し、それぞれの調査区に対して植物社会学的調査を行った。その結果、全調査区で共通にみられる種はヤナギタデ、イヌタデ、ケアリタソウ、タケニグサ、タネツケバナなど 13 種だけで、全体の約半数は 1 地区ずつでしか出現しない種であり、調査区ごとに異なった種が侵入している状況が見られる。この結果は造成地の特徴が表れており、1 年生草本・越年生草本が多くなっている。木本種についてはのり面（地区 1 および 3）で多くみられたが、これは試験地の斜面上部に森林があるためであると考えられる。

なお、現地において明らかに出現する可能性がなく、コンポスト起源の種子が芽生えたと思われる種は発見されなかった。

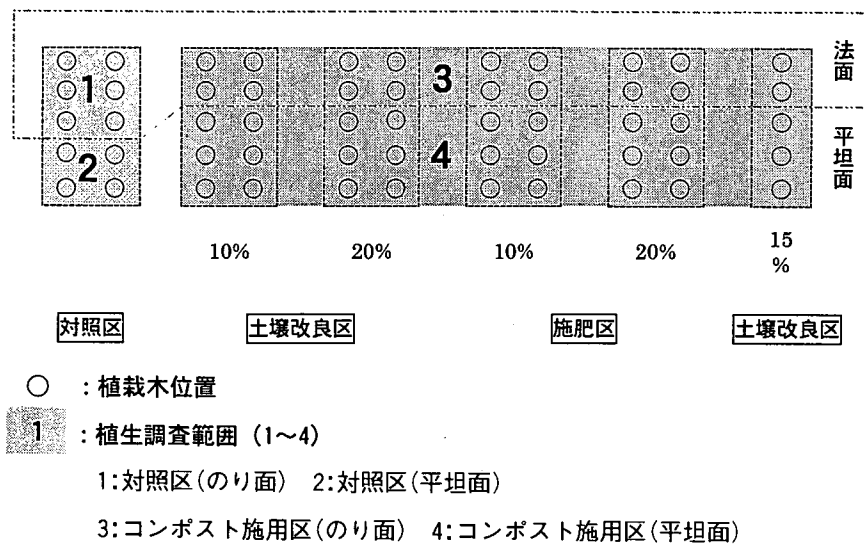


図 6.4-5 植生調査位置図

② 葉緑素計による樹木活力度調査

活力度調査で示された各区における SPAD 値の平均値は、32.4~38.9 となっており、明瞭な傾向はみられなかった(表 6.4-5)。

③ 成長量調査

調査実施時に枯死と判断された個体は対象とせず、生存している（青葉が確認された）個体を対象として成長量の測定を行った。

苗木個体の生存率は対照区が最も高かったが、コンポストを施用した地区を比較すると、コンポストが直接根に触れない施肥区の方が直接根に触れる土壌改良区よりも生存率が高かった。

樹高成長量は、いずれもマイナスを示しており、植栽当初に頂部を切断した影響が現れているものと考えられる。

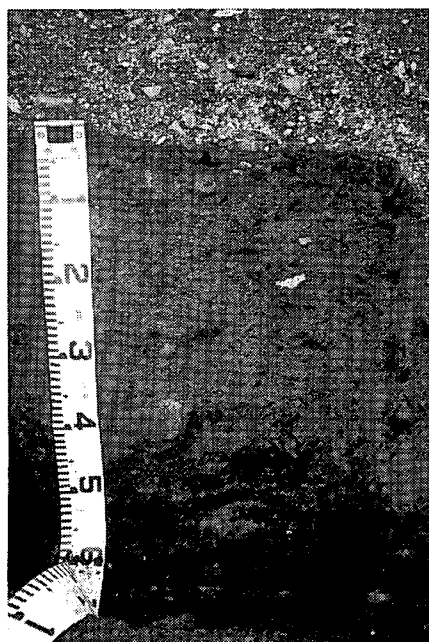
一方、d0.1mの平均成長量は増大しており、対照区が最も良好であった。調査結果を表6.4-5に示した。

表 6.4-3 成長量調査結果

試験区	項目	植栽 個体数	生存 個体数	生存率 (%)	生存個体の活力度, 成長量		
					平均 SPAD 値	平均樹高 成長量	平均 d0.1m 成長量 (mm)
土壌改良区	10%	10	3	30	36.4	-5.3	2.0
	15%	5	2	40	38.1	-3.9	2.5
	20%	10	5	50	34.3	-8.0	1.6
施肥区	10%	10	9	90	32.4	-3.9	2.0
	20%	10	7	70	38.9	-4.4	2.9
対照区		10	10	100	36.9	-7.5	3.4

④土壌断面調査

試験地の土壌は溪流保全工の盛土部に分布する造成土壌である。足取川の浚渫土砂を母材とするため、大小の亜円礫・亜角礫を多量に含む砂礫質の土壌であり、造成時の攪乱を受けて層位は不均質である。ただし、山中式土壌硬度計の計測値(13-20mm)から推定すると、必ずしも転圧の影響が強いわけではないと考えられる。盛土法面および平坦部の写真を写真6.4-4に示す。対象地の土壌は、いずれも砂質未熟土・河床堆積物に分類された。



盛土法面



平坦部

写真 6.4-4 土壌断面

⑤ 土壤理化学分析

土壤理化学分析の結果を表 6.4-6 に示した。コンポストの混合により物理性の面では有効水分が上昇する。化学性の面では pH が施用当初に弱アルカリ性を呈すが、その後弱酸性に戻っている。全炭素、全窒素、電気伝導度は施用当初に上昇するがその後いずれも顕著に低下する傾向がみられる。

電気伝導度については、植穴より下層の土層についても調査を行った。その結果、下層の値が低くなっていることから、可溶成分が滞留しないと推定できる。

6.4-4 土壤理化学分析結果

富士砂防工事事務所管内試験地における分析項目と検体数
【平坦面】

分析項目	層位	対照区		土壤改良区						施肥区					
				10%		15%		20%		10%		20%			
		開始	終了	開始	終了	開始	終了	開始	終了	開始	終了	開始	終了		
物理性	飽和透水係数	上層	1.3×10^{-2}	1.6×10^{-2}	1.3×10^{-2}	8.7×10^{-3}	1.3×10^{-2}	7.3×10^{-2}	1.3×10^{-2}	2.2×10^{-2}	-	2.3×10^{-2}	-	1.1×10^{-2}	
	有効水分	上層	9.7	12.9	9.7	15.3	9.7	15.0	9.7	19.8	-	7.1	-	15.4	
	三相分布	上層	固相	45.9	38.9	45.9	40.7	45.9	33.9	45.9	39.1	-	40.6	-	37.5
			液相	22.1	17.4	22.1	17.3	22.1	22.6	22.1	18.8	-	20.2	-	40.1
		気相	32.0	43.7	32.0	42.0	32.0	43.5	32.0	42.1	-	39.2	-	22.4	
化学性	水素イオン濃度 (H2O)	上層	7.4	-	7.5	7.7	7.7	8.2	8.1	8.1	8.2	8.2	8.2	8.2	
	全炭素	上層	0.50	-	4.9	0.37	5.5	2.16	9.1	1.54	44.2	0.73	44.2	1.06	
	全窒素	上層	0.03	-	0.35	0.03	0.39	0.23	0.60	0.16	3.89	0.05	3.89	0.08	
	電気伝導度	上層	3.0	-	85	1.5	125	4.4	173	3.4	665	2.4	665	3.1	
		下層	30cm	4.0	-	4.0	6.5	4.0	2.7	4.0	3.8	4.0	4.1	4.0	4.7
	50cm	4.0	-	4.0	1.4	4.0	2.5	4.0	2.9	4.0	3.3	4.0	4.3		

**土壤改良区の上層はコンポスト混合層 (10cm程度)、施肥区の上層はコンポスト層 (20-30cm程度) を指す。

【法面】

分析項目	層位	対照区		土壤改良区						施肥区					
				10%		15%		20%		10%		20%			
		開始	終了	開始	終了	開始	終了	開始	終了	開始	終了	開始	終了		
物理性	飽和透水係数	上層	2.1×10^{-2}	1.9×10^{-2}	2.1×10^{-2}	3.8×10^{-2}	2.1×10^{-2}	5.2×10^{-2}	2.1×10^{-2}	6.1×10^{-2}	-	2.3×10^{-2}	-	8.0×10^{-2}	
	有効水分	上層	8.3	8.3	8.3	11.2	8.3	12.9	8.3	11.7	-	8.0	-	14.1	
	三相分布	上層	固相	47.2	40.6	47.2	45.1	47.2	26.7	47.2	40.3	-	39.6	-	28.9
			液相	23.3	21.9	23.3	18.8	23.3	18.3	23.3	16.2	-	18.8	-	26.1
		気相	29.5	37.5	29.5	36.1	29.5	55.0	29.5	43.5	-	41.6	-	45.0	
化学性	水素イオン濃度 (H2O)	上層	7.5	-	7.8	8.0	7.9	7.6	8.0	8.0	8.2	7.8	8.2	6.8	
	全炭素	上層	0.58	-	4.6	0.61	6.5	5.15	8.5	2.41	44.2	0.53	44.2	2.76	
	全窒素	上層	0.04	-	0.33	0.05	0.45	0.55	0.58	0.27	3.89	0.04	3.89	0.22	
	電気伝導度	上層	5.0	-	95	2.0	125	11.6	176	3.5	665	2.4	665	1.9	
		下層	30cm	7.0	-	7.0	3.6	7.0	4.2	7.0	6.1	7.0	3.6	7.0	3.9
	50cm	6.0	-	6.0	2.6	6.0	5.0	6.0	3.3	6.0	2.6	6.0	3.7		

**土壤改良区の上層はコンポスト混合層 (10cm程度)、施肥区の上層はコンポスト層 (20-30cm程度) を指す。

(4) 考察

コンポストを施用した施肥区、土壤改良区および対照区での SPAD 値には、明瞭な違いがみられなかったことから、活性度の違いを評価することはできなかった。また、成長量測定結果からは、伸長成長の明瞭な違いはみられず、肥大成長においてのみ対照区が最も成長したという結果が得られた。一方、生存率は対照区で最も高く、次いで施肥区となっていた。コンポスト土壤改良区での成績が悪く、中でも混合率の最も高い 20%混合区が最も生存率が低い結果となった。

土壤理化学分析の結果においては、対照区の植栽前後の土壌よりも土壤改良区における有効水分量が増加した。pH は弱アルカリ性の範囲で推移するものの大きな変化はみられなかった。コンポストを施用することにより全炭素、全窒素、電気伝導度の値は増加し、落葉前に測定した値はいずれも低下している。特に、電気伝導度は施用当初の濃度の高低に関わらず一様に地山と同程度まで値が低下していることから、水溶性塩類は植物体に取り

込まれるよりも大部分が溶脱したものと推察される。

植穴下層の電気伝導度については、六甲砂防管内の結果とほぼ同じ傾向を示しており、地下水への溶脱が示された。

6.4.3 まとめ

1年間という短期間の調査では、実験で行ったような、根が直接コンポストに触れる方法ではコンポストを施用しない方が樹木の成長にとって適しており、仮に用いる場合は、混合割合10%を上限とした低い割合で混合すべきであることが示唆された。また、塩類障害を防ぐために、施用前のある程度の期間は仮置きするなど土地に馴染ませ、電気伝導度を低下させたいうえで施用する必要がある、施用方法は土壌改良ではなく、根に直接コンポストが触れない基肥方式（図6.4-6）で施肥すべきであることが示唆された。

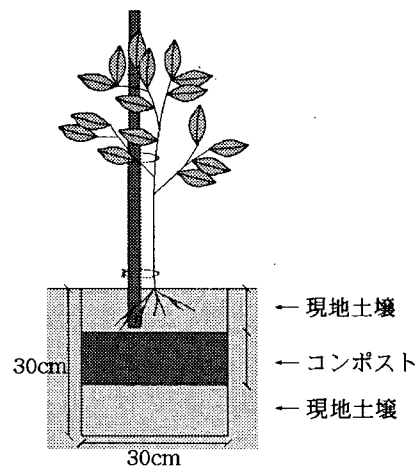


図 6.4-6 コンポスト施用方法（基肥方式）