

論文

専用重機を用いた樹木の集団移植に関する研究 (V) *1

— 植生構造の経年変化からみた造成樹林の評価 —

宋ゼエタク*2 · 薛 孝夫*3

宋ゼエタク・薛 孝夫：専用重機を用いた樹木の集団移植に関する研究 (V) 九州森林研究 58：78-83, 2005 開発される樹林地の資源を活用して造成した樹林の生態系回復を評価するために、施工後7年間の植生調査の結果を用いて、生活型組成や遷移度などの観点から造成樹林の診断を行った結果、造成樹林の上層部は移植された樹木の樹勢が衰えて被度が低くなっていく反面、下層部では先駆性夏緑樹などが多く生育して被度が高くなっていった。また、造成樹林と既存林の遷移度の分析を行った結果、高木移植地の遷移度は既存林より低い反面、表土移植地では時間経過とともに遷移度が高くなり、既存林より高い値を示した。しかし、既往の遷移度の計算式には、多様な階層構造を持つ樹林の各階層の高さや被度などが反映されていないため、階層構造の異なる樹林間比較のためには階層ごとの高さと被度を考慮した新しい計算方法が必要であると考えられた。

キーワード：造成樹林, 生態系回復, 樹林評価, 遷移度, 階層構造

I. はじめに

筆者等は、森林生態系の自然性を損なわずに樹林を移植する工法、あるいは元の森林生態系により早く回復できる移植工法を求めて3つの移植工法によって造成された樹林地を対象に、樹林の生態系回復を評価する指標として林床植生と土壤動物に着目して継続調査を行っている (9)。

3つの工法には、高木を主に移植するEG (Earth Green) 工法やTPM (Trans Planting Machine) 工法、表土を主に移植するEU (Eco Unit) 工法がある (10)。

施工後7年間の植生調査結果を用いて、生活型組成、遷移度、および種多様度などの観点から、既存林と造成樹林との比較、造成樹林間の比較を行った。今回は、これらの指標を用いて造成樹林を評価した結果とその問題点などについて報告する。

II. 調査地の概況と調査方法

調査地は、大分市の中心部より南東約7 km 地点にある大分県スポーツ公園 (標高約50~120m) と、これに隣接する宅地造成地である。ここでは、バックホウやブルドーザーなどに掘り取り専用のアタッチメントを装着した移植専用重機による樹林造成が行われた。

調査を開始した2000年の当時に、EG工法を用いた移植地から2ヶ所の調査区 (移植から2年目と3年目) を、TPM工法を用いた移植地から1ヶ所の調査区 (1年目) を、EU工法を用いた移植地から3ヶ所の調査区 (1年目~3年目) を選定し、継続調査を行っている。以下の記述において、対照区となる2ヶ所の既存

林を既存林A、既存林Bと表記した。また、表土移植地3ヶ所は、EU I (1年目)、EU II (2年目)、EU III (3年目) とし、高木移植地3ヶ所は、EG I (2年目)、EG II (3年目)、TPM (1年目) と表記した (図-1)。

植生調査は、樹高1.2m以上の樹木については毎木調査を行い、各階層の樹種ごとの被度や密度などを算出した。階層区分は高木層、亜高木層、低木層とし、必要に応じて低木層を低木層1と低木層2に細分した。また、植生調査データファイル化システム (7) を用いて、高さ別の水平断面植被率 (10cm単位) と樹高階別個体数 (50cm単位) を算出し、階層ごとの樹冠構造や樹木密度の経年変化を調べた。

高さ別の水平断面植被率とは、樹木群を地面と平行な任意の高さの面で切り取った時に樹冠内に含まれる部分の面積を言う。水

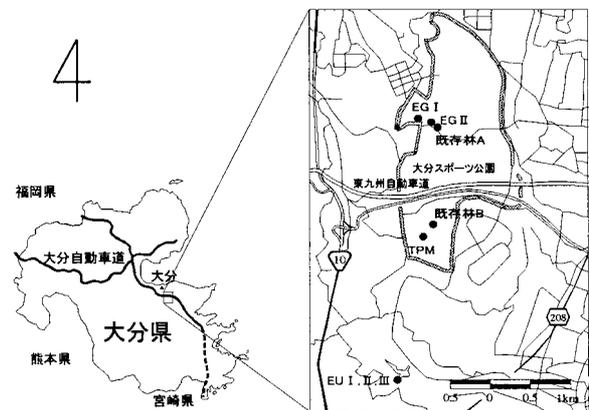


図-1. 調査地の位置

*1 Song, J., Setsu, T.: Studies on the mass-transplanting of trees using machines (V)

*2 九州大学大学院生物資源環境科学府 Grad. Sch. Biores. and Bioenvir. Sci., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

*3 九州大学大学院農学研究院 Fac. Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

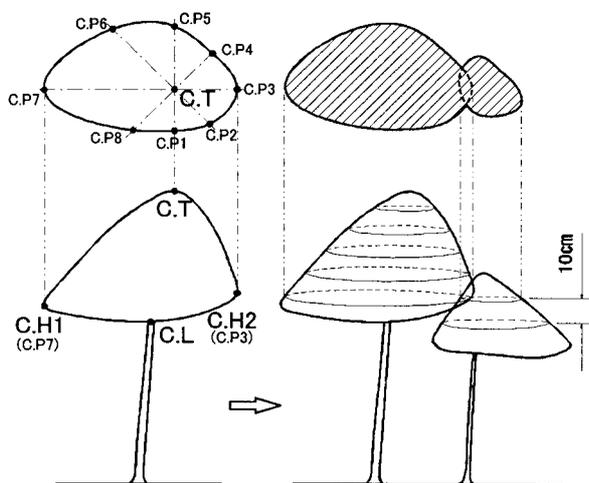


図-2. 高さ別の水平断面植被率計算の模式図

平面植被率は、樹高と樹冠下高 (C. H 1 と C. H 2)、および樹冠形データから自動的に計算させた。その際の条件として、①最大枝張り部分 (C. P 1 ~ C. P 8) の上部だけを計測する。②斜面上方と下方で樹冠下高が異なる場合は、その平均を樹冠下高とする。③最大枝張り部分から樹冠頂上 (C. T) にかけて、冠径が2次曲線で減少しているものとみなす。④2つ以上の樹冠が重なる場合は、重なり部分は1度しか数えないこととした (図-2)。

林床植生 (樹高1.2m 以下の木本類と草本類) についてはコドラートを 2 m × 2 m に分割して、区画ごとの出現種と種ごとの被度および全被度を記録した。これらの結果を1・2年草, 多年草, 帰化植物, つる性植物, 夏緑性木本, 常緑性木本に分けて生活型ごとの経年変化を調べた。

植生調査は、2000年~2004年の夏季 (毎年の7月末~8月初旬) に行った。

毎木調査の結果と林床植生の調査結果を合わせた全階層における植物組成から見た各樹林の遷移度や種多様度指数を算出し、対照区となる既存林との比較、各造成樹林間比較を行なった。

遷移度 (DS) は次の式を用いた (4, 11)。

$$DS = \frac{\sum l \cdot d}{n} \times v \quad DS' = \frac{\sum l \cdot d \cdot c}{n} \times v$$

ここで、 l は生存年限 (1~100)、 d は積算優占度、 c は極相指数 (1~5)、 n は種数、 v は植被率 (0~1) である。植被率は全階層の中で最も被度の高い階層の被度を採用した。

種多様度 (I) は、Shannon-Wiener の指数 (H') を用いて算出した。

$$H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$$

ここで、 p_i は全種の被度に対する種 i の被度の百分率 (8) である。

Ⅲ. 結果

1. 各調査区の立地条件および植生の概要

既存林 A と B の高木層ではコナラ、ハゼノキ、ヤマザクラのような夏緑性木本が優占している反面、それより下層部ではクロキ、ネズミモチ、ヒサカキのような常緑性木本とテイカカズラのような被陰された環境にも耐える種が優占していた。これに対して、表土移植地の低木層1ではネズミモチ、アラカシ、コナラのような既存の樹林から移植された樹種が、低木層2ではタラノキ、ヒメコウゾ、ヌルデのような埋土種子から由来した先駆性夏緑樹とコナラ、アラカシのような既存の構成種が、草本層ではコシダ、ナキリスゲ、ネザサのような比較的に明るい環境を好む遷移初期の構成種が優占していた。高木移植地の高木層ではコナラ、ナナミノキ、ハゼノキのような既存の樹林から移植された樹木が優占していたが、それより下層部では表土移植地と同様に既存の樹林から移植された樹種と埋土種子から由来した先駆性夏緑樹などが混在していた (表-1)。

2. 階層構造の経年変化

高木移植地の EG I 調査区では、移植された高木層の樹木が良好に定着して被度が増加していく傾向を示した反面、EG II 調査区では、移植された樹木の上層部が枯損し、樹高が低くなるとともに高木層の被度が低くなっていく傾向を示した。TPM 調査区は2000年~2001年において、移植された樹木の下枝が重力によって垂れ下がることによって、一時的に高木層の被度が高く評価されたが、その後、上層部が枯損していく傾向は EG II 調査区と同様であった。EG I の亜高木層 (約5~8 m) は、2000年には最高10%を超える樹冠を形成していたが、枝先の枯損などによって被

表-1. 各調査区の概要

調査区	既存林		表土移植地			高木移植地		
	A	B	EU I	EU II **	EU III **	EG I	EG II	TPM
海拔高 (m)	75	85	90	78	70	85	80	75
方位	N5E	S60W	N20E	N20E	N40E	-	-	-
傾斜 (°)	25	26	26	26	26	0	0	0
面積 (m ²)	100 (10×10)	100 (10×10)	100 (10×10)	35 (5×7)	35 (5×7)	100 (10×10)	100 (10×10)	100 (10×10)
1・2年草 (在来)	-	-	1	1	-	7	5	15
多年草 (在来)	8	7	19	13	18	19	19	16
* 出現種数								
つる性植物	10	5	8	12	8	10	11	11
夏緑性木本	7	11	26	25	25	21	25	16
常緑性木本	14	12	15	13	12	17	14	10
帰化植物	-	-	3	1	1	10	7	7
全植物種	39	35	72	65	64	84	81	75

* 出現種数は2004年における調査結果である。但し、TPMは調査区が消失したために2003年のデータを用いた。

** 表土移植地は盛土斜面に造成されており、EU II と EU III の調査区の最大面積は5m × 7mの範囲であった。

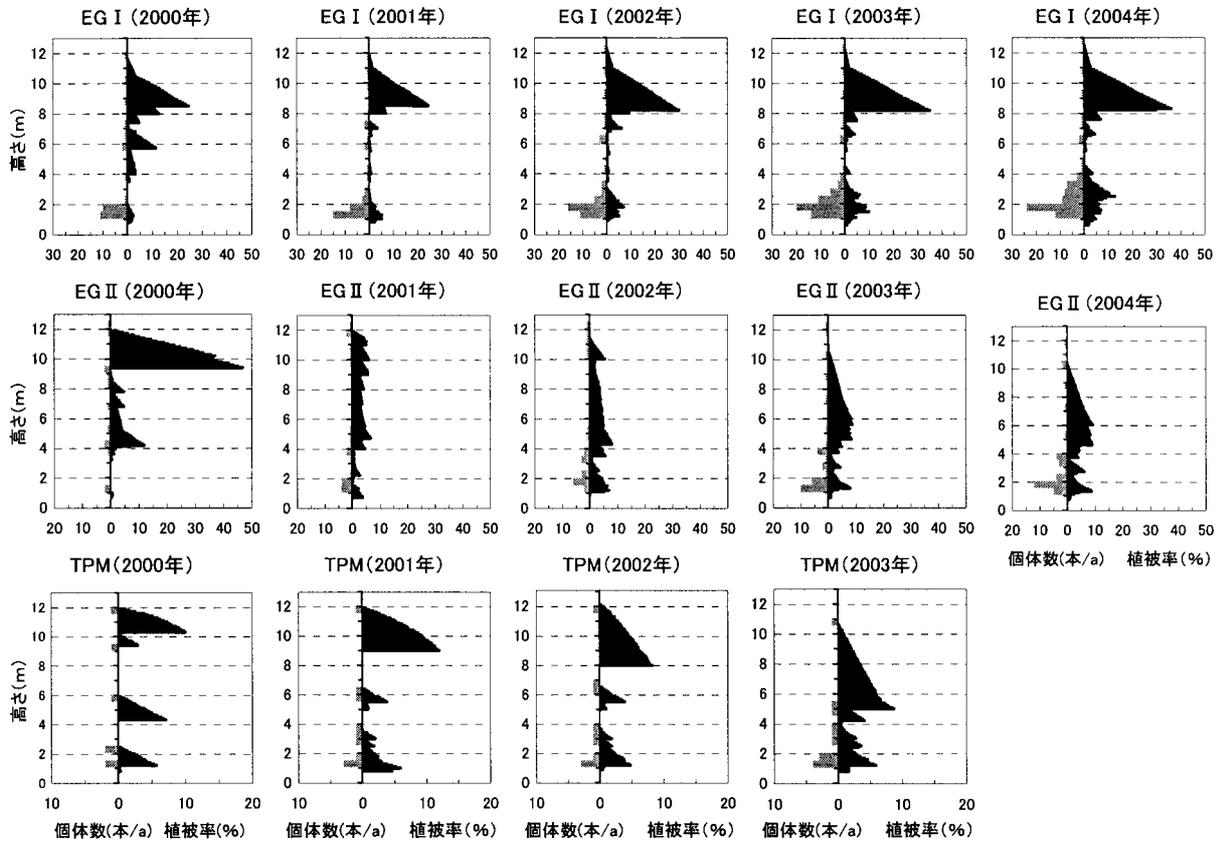


図-3. 高木移植地における階層構造の変化

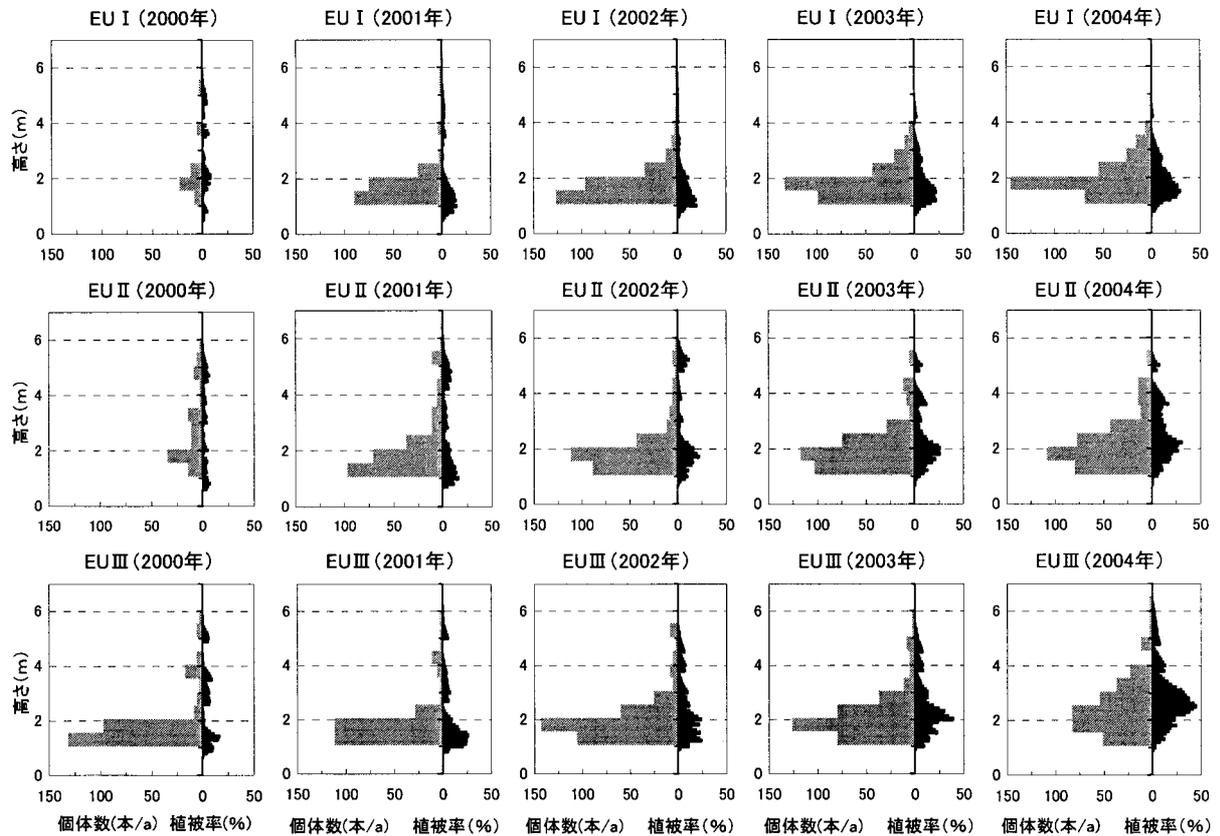


図-4. 表土移植地における階層構造の変化

度が低くなった後、少しずつ高くなっていく傾向を示した。一方、EG II の亜高木層（約 4～8 m）の被度が2001年～2002年において約 5%前後の様な被度分布を示したのは、移植された高木の樹勢が衰え、胴吹きが多く発生したためであった。このよう、上層部では移植された樹木の活着や生育状況に伴う影響を受けて経過年数とともに被度が増減する傾向を示したが、下層部（低木層）では、何れの調査区においても埋土種子から由来した先駆性夏緑樹や既存の構成種を中心とした樹木の生育によって被度が徐々に高くなっていく傾向を示した（図-3、図-5）。

表土移植地では、何れの調査区も移植された樹木の樹勢が衰えることによって上層部（低木層1）の被度は低くなっていたが、下層部（低木層2）では高木移植地と同様に多くの樹木が生育することによって被度が高くなっていた（図-4、図-5）。表土移植地ではある高さにおいて1アールあたり100本を越える多数の樹木が発生していること、その中で特に成長の早いカラスザンショウやタラノキのような先駆性夏緑樹が低木層の優占種になっていくことによって、下層部における林冠形成が早期に行われていることが分かった。

3. 林床植生の生活型ごとの経年変化

高木移植地における帰化植物率（種数）は10%程度で、移植後の経過年数と共に徐々に高くなっていく傾向を、全被度に対する帰化植物の被度の比率も高い値を示していた。これに対して、表土移植地における移植初期の帰化植物率（種数）は約10%程度で高木移植地とはほぼ同様であったが、移植後の経過年数と共に徐々に低くなっていく傾向を示した。特に、EU II 調査区における帰化植物の被度の比率は2000年に約27%にも及んだが、2004年には約1%程度に低くなっていた（図-6）。

1・2年草は、高木移植地のTPM 調査区を除く全調査区において移植後の経過年数と共に徐々に低くなっていく傾向を、多年草は、高木移植地では移植後の経過年数と共に高くなっていく傾向を、表土移植地では一旦高くなった後低くなっていく傾向を示した。

つる性植物は、高木移植地では一時的に植被率60%程度まで繁茂し、他の植物より概ね高い比率を示したが、表土移植地では20%未満を占めており、高木移植地に比べて比較的低い値を示した。特に、高木移植地におけるつる性植物は、植生遷移の観点からみて望ましくないクズなどが殆どであった。

木本類の植被率は、高木移植地では夏緑性木本と常緑性木本の

両者が約10%以下であったが、表土移植地では約20%程度であった。

4. 遷移度および種多様性指数

高木移植地における遷移度は、何れの調査区も既存林の遷移度より低い値を示したが、表土移植地における遷移度は移植初期には低く、移植後の経過年数と共に徐々に高くなり、EU II と EU III の調査区の遷移度は既存林の遷移度より高くなっていた（表-2）。

種多様性指数は、高木移植地のTPM 調査区では一時期に既存林の種多様性より低い場合もあったが、造成樹林の全調査区において既存林より高い値を示した。

IV. 考察

高木移植地と表土移植地において上層部の被度が低くなったことは、移植に伴う水ストレス等による影響を受けて枝先が枯れ下がるともに樹勢が衰えたためであった。両造成樹林の何れの調査区においても低木層の被度が高くなったことは、森林表土の中に含まれていた埋土種子から由来したカラスザンショウ、タラノキ、

表-2. 各調査区における遷移度および種多様性指数

調査区		2000	2001	2002	2003	2004	
高木移植地	EG I	DS	395	465	446	302	255
		DS'	1423	1642	1595	1089	926
		H'	3.882	3.166	3.840	4.311	4.285
	EG II	DS	385	431	472	406	328
		DS'	1352	1550	1674	1424	1169
		H'	3.876	4.012	4.017	4.131	4.117
	TPM	DS	106	70	213	364	-
		DS'	409	259	758	1287	-
		H'	2.550	3.291	2.737	4.129	-
表土移植地	EU I	DS	426	718	955	882	926
		DS'	1590	2550	3413	3101	3264
		H'	4.455	4.138	4.067	4.108	4.250
	EU II	DS	755	953	861	1109	1209
		DS'	2712	3414	3133	3982	4356
		H'	4.723	5.050	4.849	4.690	4.822
	EU III	DS	707	791	1051	1159	1255
		DS'	2495	2724	3711	4111	4460
		H'	4.928	4.884	4.710	4.669	4.699
既存林 A *	DS : 2843	DS' : 4632	H' : 3.019				
既存林 B *	DS : 3542	DS' : 5421	H' : 2.590				

注) 植被率は全階層のうち最も被度の高い階層の被度を用いた。

*既存林 A と B は2004年のデータである。



高木移植地 (EG I)



高木移植地 (EG II)



表土移植地 (EU I)

図-5. 高木移植地および表土移植地の全体像
注) 2004年7月に撮影した全景である。

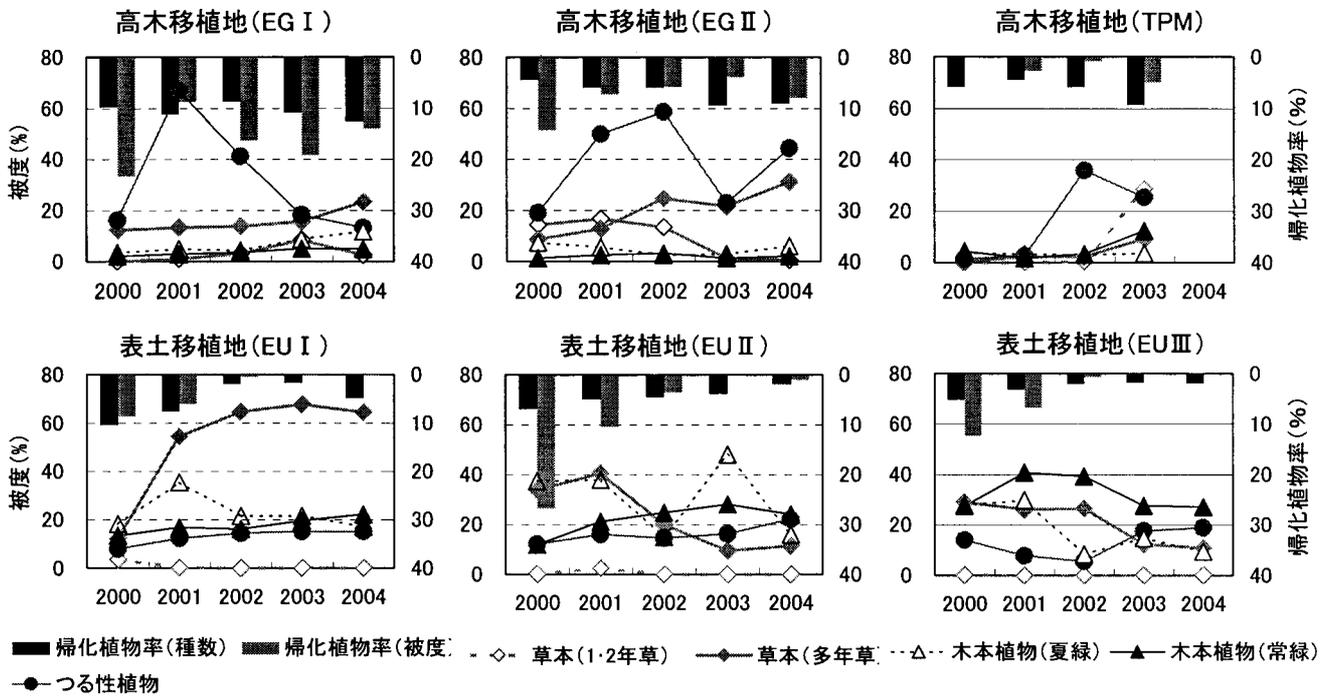


図-6. 林床植生の生活型ごとの経年変化

アカメガシワのような先駆性夏緑樹や既存の構成種が多く生育したためであった。

両造成樹林地において移植された上層部の樹木は衰退していくのに対して、下層部では多くの樹木が繁茂していたことから、これらの下層部における植生変化が将来の樹林形成の骨格となるものと考えられた。

林床植生の生活型ごとの経年変化では、高木移植地と表土移植地の種構成が異なることが分かった。特に、表土移植地では木本類の植被率が高かったことが、下層部（低木層）における植生の増加率を高めた1つの要因であると考えられた。

高木を主に移植するEG工法とTPM工法は、開発される樹林地からその地域本来の地域性を表徴する自生種や移植の困難な大径木の移植が出来る長所を持っている。しかし、移植された多くの樹木が移植後衰退していくことによって、樹林造成時に目標した森林生態系の回復が遅れる可能性が示唆された。森林生態系の回復を目指した樹林造成のためには、移植される樹木の活着率を向上させるための移植技術の改善、下層植生を早期に回復させるための工夫などが必要であると判断された。

EU工法は、埋土種子等が多く含まれている森林表土の物理的な構造を壊さず移植することが出来る。この工法によって造成された樹林では、夏緑性先駆樹種を中心とした多くの木本類が繁茂し、下層部において安定した林冠を早期に形成した。この工法による造成樹林は約25°程度の盛土斜面に施工されたために、移植される樹木の大きさに制限はあったものの、高木移植地のような自生種の高木は移植されていなかった。

これらのことから、高木を移植した根鉢の周辺に表土を移植する方法を採用すると、開発される樹林地から地域本来の自生種の移植ができ、早期に森林生態系を回復させる樹林造成が可能であると考えられた。

造成樹林と既存林との遷移度の比較では、既存林の林冠形成部は14~15mであるのに対し、表土移植地では5~6m程度と低いにもかかわらず、既存林の遷移度より高い値を示した。このような結果が得られた原因として以下のようなことが考えられる。

遷移度の計算式は草本群落における二次遷移を診断するために提案され、スギやヒノキの伐採後5年間の遷移(5, 6)や高速道路のり面の植生遷移(2, 3)といった群落高の低い植生環境もしくは類似した植生環境の群落間比較に採用されてきた。しかし、本研究の調査対象地である造成樹林と既存林はその群落高や階層構造などが極端に異なるために、群落高を考慮しない単純比較は不適切であると考えられた。

また、草本群落における遷移状態を判断する場合、植被率(v)を1つの層として表現できるが、多層構造を持つ樹林地の植被率は1つの層として表現するには限界がある。本論文では、複数の階層の中で最も被度の高い階層の被度を採用したが、このことによって他の階層の被度が反映されないことも、相対的な評価ができなかった一因であったと考えられた。

以上のことから、多層構造を持ち階層構造の異なる樹林間比較のためには、まず、複数階層の被度を反映した植被率を用いて各々の遷移度を算出し、それぞれの群落高の相対値を考慮した比較が必要であると考えられた。

IV. おわりに

専用重機を用いて造成された樹林が元の森林生態系へ回復していくか否かを判断するためには、調査地の近傍から幾つかの遷移途中群落を抜粋し、これらの遷移途中群落の種構成をモデルとした指標を用いて、造成樹林の下層部における植生の種構成を評価することが必要であると考えられた。また、遷移度などの観点か

ら造成樹林の現況を既存林と比較するためには、遷移度の計算式を本研究の対象となる樹林の特性を考慮した式に修正することが必要と考えられた。

今後、これらの問題点を考慮した樹林評価モデルや遷移度計算式を提案していきたい。

引用文献

- (1) 伊藤嘉昭・佐藤一憲 (2002) 生物化学53:204-220.
- (2) 亀山 章 (1977) 造園雑誌41 (1):23-33.
- (3) 亀山 章 (1978) 造園雑誌41 (4):2-15.
- (4) 沼田真 (1977) 群落の遷移とその機構306pp, 朝倉書店, 東京, 4-5.
- (5) 佐倉詔夫・沼田 真 (1976) 日本林学会誌58 (7):246-257.
- (6) 佐倉詔夫・沼田 真 (1980):日本林学会誌62 (10):371-380.
- (7) 薛孝夫・汰木達郎 (1987) 日林九支研論40:149-150.
- (8) Shimada, Y. (1990) Edaphologia 44:25-33.
- (9) ソンゼエタクほか (2002) 日林九支研論55:94-95.
- (10) ソンゼエタクほか (2001) ランドスケープ研究64:517-520.
- (11) 田川日出夫・沖野外輝夫 (1979) 生態遷移研究法, 176pp, 共立出版, 東京, 32-34.
- (2004年11月8日 受付:2004年12月28日 受理)