施工後 30 年経過した大規模造成樹林地の林分構造と 土壌条件

The Stand Structure and Soil Properties of the Forested Area in a Large Scale Reclamation Site for 30 Years after Construction

佐々木 剛* 森本 幸裕* 今西 純一*

Takeshi SASAKI Yukihiro MORIMOTO Junichi IMANISHI

Abstract : Field survey was conducted to examine trees and soils in the forested area of the Expo' 70 Commemorative Park for 30 years after reclamation. Twelve sample sites were selected in the forest where the previous studies were conducted. In each site, all trees (DBH $\geq$ 1cm) were surveyed and soils at 0-5, 20-25, 50-55cm depth were sampled for investigating physical and chemical properties. The canopies reached over 10m and most of canopy species were evergreen broad-leaved trees. Declination of tree density did not occur in comparison with increase of average tree volume and the density was kept high. Regeneration of the canopy dominant species did not successfully occur. The soil physical properties were improved in the most plots, especially at deep soils (20-25 and 50-55cm), to the level of no unwilling influence for the growth of tree root system. Although physical properties of Osaka group soil were bad in the past study, yield per hectare was maximum at the plot on Osaka group soil, where trenches were dug for drainage after the monitoring in 1982. It was suggested that appropriate management can lead to satisfactory forest development even on the site dominated by Osaka group soil.

Keywords: *planted laurel forest, reclamation area, self-thinning, soil physical properties*

キーワード: 人工照葉樹林, 造成地, 自然間引, 土壌物理性

1. はじめに

日本では高度経済成長以後、各地で埋め立てや山地造成によって人工的に地形が改変され、その上に造成された緑地が数多く存在する。大阪府にある万博記念公園自然文化園地区は、1970年の万国博覧会開催跡に大規模造成を経て作られた森林であり、21世紀をひとつの節目と位置づけ、「自立した森」の育成を目指した取り組みが行われてきた¹⁾。造成から約10年後²⁾³⁾⁴⁾、および約20年後から数年かけて⁵⁾集中的なモニタリングが行われ、他には鳥類⁶⁾やシダ植物の多様性⁷⁾など、様々な研究が行われてきた。

緑地を管理するに当たっては、常にモニタリング、評価を行い、場合によっては目標を変え、新たな方針を立てて実行していくという「順応的管理」⁸⁾が求められる。本公園においても、樹木の生育状態や土壌条件についてモニタリングを行い、その現状や発達過程について調べることは重要であり、今後の人工造成地の緑化においても大きく役立つと考えられる。

このような大規模な造成緑地における既往研究には、施工後18年経過した「エコロジー緑化」植栽地において林分の構成植物種が植栽時とほとんど変わっていないことを指摘した例⁹⁾、種子供給源となる母樹林の形成が種多様性の増加に有効であることを示した例¹⁰⁾¹¹⁾など、これまでいくつかの研究が行われている。しかし、種数や種組成に重点をおいたものが多く、密度と材積の関係などから林分構造を定量的に調べた例は少ない。また、施工後の年数の異なる造成林で林分構造と土壌条件を調査し、それらを経時的な変化とみなしてその発達過程を調べた研究例¹²⁾¹³⁾はあるが、同じ場所で樹林造成後複数回モニタリングを行い、樹林の発達過程について考察した例はほとんどない。

以上のような背景をもとに、本研究では、万博記念公園自然文化園地区においてモニタリングを行い、林分構造や林冠構成種の更新の現状、土壌の特性などから見た造成30年後の緑化状況の検証を行った。加えて、過去のモニタリングの結果と比較することにより、その発達過程について考察を行った。

2. 方法

(1) 調査地の概要

調査対象地は大阪府吹田市の千里丘陵に位置し、標高は40~61m程度で、気候的には暖温帯の照葉樹林帯に属している。表層地質は大阪層群に属し、多くは細粒質で、青粘土と呼ばれる難透水層も存在する。1970年の万博以前はモウソウチク林が多く、一部は田畑からなる里山であったが、万博開催時に大規模な土地造成が行われたため、現地で元の地形、植生をとどめている所は全くない。万博終了後、その跡地は都市の緑の拠点として「緑に包まれた文化公園」とすることが決まり、1972~76年にかけて再造成、整備が行われた。樹林帯を目的とした地区は自然文化園内のⅠ~Ⅲ工区と呼ばれる箇所であり、植栽にあたっては少なくとも60cm程度、多いところで1m以上の盛土がなされた。盛土にはⅠ工区ではマサ土、Ⅱ、Ⅲ工区では大阪層群の搬入土や現場発生土が使われた。Ⅰ工区は1972年、Ⅱ工区は1973年、Ⅲ工区は1974年にそれぞれ整備が行われた。

自然文化園地区は「密生林」「疎生林」「散開林」といった様々なタイプで樹林づくりがなされたが、今回調査対象としたのは照葉樹林をつくることを目的に設計された「密生林」地区である。「密生林」は、鎮守の森をモデルとして、この土地の極相林構成種である照葉樹の苗を中心に高密度で植栽した地区であり、面積は約27haである。「密生林」のうち自然文化園の外周にあたる部分は、内部の樹林を大気汚染などから守るために、10~15m程度の幅で、ウバメガシを主とする海岸林タイプの植栽が高密度で行われた。植栽にあたって土壌改良資材等はほとんど使用されなかった。

また、万博記念公園の外周は高速道路など幹線道路で囲まれており、完全に孤立した緑地である。

(2) 調査方法

「密生林」地区の12箇所（うち外周ウバメガシ林5箇所）に、林分構造に応じて、4m×10m、10m×15m、15m×15mなど面

*京都大学大学院農学研究科

図－１ 万博記念公園自然文化園地区と各プロット

積を変えて調査プロットを設置した（図－１）。密度が特に高い外周ウバメガシ林ではプロットを小さくとった。以下、本論文ではこの外周ウバメガシ林を「ウバメガシ林」、ウバメガシ林を除く密生林部分を「密生林」と呼ぶ。調査プロットの合計面積はウバメガシ林 622㎡、密生林 1515㎡である。これらのプロットは、1982 年および 1995～97 年に毎木調査、土壌調査が行われた箇所とほぼ同じであるが、過去の調査時の杭などが消失しているため、厳密に一致させることはできなかった。植栽された樹木については、計画書¹⁴⁾どおり植栽されていない箇所もあり、詳しくは分からないが、1982 年の時点で各プロットの主な構成種は表－１のようであり²⁾、現在の相観もほぼこれに一致する。ただしプロット 4 については、1982 年の調査の際には常緑樹、落葉樹の混交林であったとされているが、現在は他の密生林地区と同じく常緑樹が優占しているため、本論文では常緑広葉樹林として扱った。プロット 5 については、1982 年の調査時にきわめて劣悪な土壌条件と樹木の生育不良が指摘され、その後トレンチを掘ることによって排水改良がなされた。その他のプロットについては何も手付けられていない。

各プロットで、2004 年 9 月に、胸高直径 1cm 以上の個体について毎木調査を行った。調査項目は樹種、樹高、胸高直径（地上 1.3m で測定）である。株立ちになっている個体は、それぞれの幹を 1 本として扱う「幹単位」、まとめて 1 つの個体として扱う「株単位」の両方で数えた。それらの値から立木密度（本/ha、株/ha）、胸高断面積合計（㎡/ha）、平均材積（㎡/本、㎡/株）、ha あたり材積（㎡/ha）を算出した。株単位で数えた場合、1 株あた

り直径は株立ちを構成するそれぞれの幹の胸高断面積を合計した値から逆算し、（1 株あたり断面積）×（主幹の樹高）÷3 を 1 株あたり材積とした。幹単位での材積は、後に述べる他の広葉樹林での既往研究との比較のため、材積表を用い、近畿地方の広葉樹における材積式¹⁵⁾から求めた。ha あたり材積は、幹単位での材積をもとに求めた。植栽時、1982 年および 1995 年のデータを今回の調査結果との比較に用いた。

土壌調査は、まず 2005 年 8～11 月に、各プロット内において 1 箇所ずつ、深さ約 50cm の穴を掘り、表層（0～5cm）、中層（20～25cm）、下層（50～55cm）の 3 層の深さにおいて攪乱土壌を 100g 程度採取した。採取した攪乱土壌を用いて、生土の pH を測定後、土壌を風乾させ、2mm 篩によって礫と細土に分け、礫含有率（重量％）を求めた。細土について、NC アナライザ（elementar 社 varioMAX CN）を用いて全炭素・全窒素量を測定した。また、セミクロ SCHOLLENBERGER 法¹⁶⁾を用いて CEC を測定し、置換性塩基（Ca,Mg,K,Na）を抽出し、原子吸光装置（島津 AA640-12）を用いて測定した。その後、さらに詳細に調査を行うため、2006 年 3～6 月に、攪乱土壌を採取するために掘った穴をもう一度やや広く、50cm 程度の深さまで掘り、土壌断面調査を行い、層位や根系分布の様子を観察した。表層（0～5cm）、中層（20～25cm）、下層（50～55cm）の 3 層の非攪乱土壌を、100ml 円筒を用いて各層 3 サンプルずつ採取し、以下に述べる各物理性の測定に使用し、3 サンプルの平均値を、その層の値とした。まず、採取した試料の重量を測定した後、実容積測定器（大起理化学工業 DIK-100）を用い、固相と液相の和である実容積を求めた。その後、試料を飽水させ、土壌透水性測定器（大起理化学工業 DIK-4011）により飽和透水係数を測定し、多容量土壌 pF 測定器（大起理化学工業 DIK-3422）を用いて、加圧板法により pF2.7 の圧力をかけ、試料からの排水が終了した時点で試料重量を測定した。その後試料を 100℃で乾燥させ、固相重量から容積重を求め、三相分布を明らかにした。孔隙組成については、pF2.7 の加圧時に液相となっている孔隙を「細孔隙」、気相の部分を「粗孔隙」とした。また、飽水時の重量から乾燥時の重量を差し引くことによって最大容水量を求め、この値と孔隙率から最小容気量を求めた。

3. 結果

（１）林分構造の変化と現状

調査された樹木の幹数は密生林 699 本、ウバメガシ林 745 本であり、各プロットの平均樹高（幹単位）は密生林で 5.4m～7.8m、ウバメガシ林で 4.2～7.5m であった。高木層の樹高は密生林で約 13m～15m、ウバメガシ林では約 10m～12m の高さにあり、最大樹高は密生林で 17.4m（クスノキ）、ウバメガシ林で 12.3m（ウバメガシ）であった。すべてのプロットで林冠が閉鎖されて

表－１ 各プロットの 1982 年調査時の優占種²⁾ および 2004 年現在の相観

工区	プロット	1982年の調査時の優占種	2004年現在の相観（優占種）	本論文の結果・考察における呼称
I	1	ウバメガシ	常緑広葉樹林（ウバメガシ）	ウバメガシ林
	2	タブノキ、クスノキ	常緑広葉樹林（タブノキ、アラカシ）	密生林
	3	シイ、アラカシ	常緑広葉樹林（シイ、タブノキ）	密生林
	4	ニレ科、コナラ、アラカシ	常緑広葉樹林（アラカシ、ネズミモチ）	密生林
II	5	クスノキ、アラカシ	常緑広葉樹林（クスノキ、アラカシ）	密生林
	6	アラカシ、シイ、タブノキ	常緑広葉樹林（シイ、アラカシ）	密生林
	7	アラカシ、シイ、タブノキ	常緑広葉樹林（アラカシ、タブノキ）	密生林
	8	ウバメガシ	常緑広葉樹林（ウバメガシ）	ウバメガシ林
	9	ウバメガシ	常緑広葉樹林（ウバメガシ）	ウバメガシ林
III	10	アラカシ、タブノキ	常緑広葉樹林（アラカシ、クスノキ）	密生林
	11	ウバメガシ	常緑広葉樹林（ウバメガシ）	ウバメガシ林
	12	ウバメガシ	常緑広葉樹林（ウバメガシ）	ウバメガシ林

表－2 各プロットにおける各層の主な構成樹種と平均密度、平均胸高断面積合計(BA)

密生林					
階層	主な樹種	密度 (本/ha)	(SD)	BA (m ² /ha)	(SD)
高木層 (8m～)	アラカシ、クスノキ、シイ、 タブノキ	1698	544	49.36	18.53
亜高木層 (5～8m)	ネズミモチ、アラカシ、 カナメモチ、ヤマモモ	837	692	4.27	2.98
低木層 (～5m)	ネズミモチ、アラカシ、 ヤブツバキ	2073	969	2.81	1.93
ウバメガシ林					
階層	主な樹種	密度 (本/ha)	(SD)	BA (m ² /ha)	(SD)
高木層 (8m～)	ウバメガシ、ヤマモモ	2211	1713	25.60	17.76
亜高木層 (5～8m)	ウバメガシ、ヤブツバキ、 モッコク、ヤマモモ	6735	4712	26.16	8.59
低木層 (～5m)	ウバメガシ、ヤブツバキ、 モッコク	7547	6402	8.48	4.53

図－2 林冠構成種の直径頻度分布

おり、林冠を構成する樹種は、密生林ではクスノキ、アラカシ、シイ、タブノキなどの常緑広葉樹が、ウバメガシ林ではウバメガシがほとんどであった。胸高断面積合計は、密生林で 41.2～97.8 ha, ウバメガシ林で 29.6～87.7 m²/ha であった。ha あたり材積は密生林のプロット 5 で最大、ウバメガシ林のプロット 9 で最小であった。

各プロットにおいて算出した立木密度(幹単位)および胸高断面積合計を、高木層、亜高木層、低木層それぞれについて平均し、主な構成樹種とともに表－2 に示した。層別の密度は、密生林では低木層、高木層、亜高木層の順、ウバメガシ林では低木層、亜高木層、高木層の順に大きかった。胸高断面積合計においては、密生林では高木層の樹木が、ウバメガシ林では亜高木層、高木層の樹木がほとんどを占めていた。亜高木層、低木層だけに見られた樹種には、密生林ではネズミモチ、カナメモチ、ヤブツバキ、ヤマモモ、マサキなどがあり、ウバメガシ林ではヤブツバキ、モ

図－3 密度と材積の経年変化

表－3 各プロットの密度の変化(株/ha)

プロット		植栽時	1982	1995	2004
1	ウバメガシ林	6700	5000	3800	4600
2	密生林	2100	3530	1900	1667
3	密生林	1800	2000	2222	1778
4	密生林	1800	1720	3600	2178
5	密生林	1800	1025	2733	1778
6	密生林	1800	2250	2356	1956
7	密生林	1800	2650	2400	2000
8	ウバメガシ林	10000	3200	3850	3673
9	ウバメガシ林	10000	4400	2067	3151
10	密生林	1200	5920	4424	4356
11	ウバメガシ林	22800	15600	13667	15750
12	ウバメガシ林	22800	15200	13500	11167

コクなどがあつた。これらの種には、林冠構成種に被圧され、樹勢が弱まって枯死しつつある個体が多く見られた。

1995 年と 2004 年の測定結果から、各プロットで測定されたすべての樹木のデータを合わせて、主な林冠構成種の直径(株単位)について頻度分布を作成した(図－2)。どの種についても、サイズの大きな個体の数が増加していた。アラカシ、ウバメガシについてはサイズの小さな個体も多く、実生更新がある程度起こっていたが、クスノキ、シイ、タブノキでは小さな個体の出現はほとんどなく、特にクスノキについては、直径 5cm 以下の個体が 1 つも確認されなかった。

次に、各プロットにおいて、立木密度と平均材積の関係の変化を両対数グラフで図－3 に示し、各プロットの密度の経年変化を表－3 に示した。過去の調査では、株立ちになっている場合には株を 1 つの個体として密度等を求めているため、今回の密度、平均材積も株単位のものを示した。植栽時の密度については、小さな苗は本数に数えられていないため、実際よりも小さく記録されている²⁾。1982 年、1995 年のデータは、今回と同じく直径 1cm 以上の個体について数えられている。植栽時から 2004 年までの密度の変化を見ると、密生林の多くのプロットでは、植栽後一旦増加して減少したように見えたが、ウバメガシ林ではすべてのプロットにおいて、1982 年の時点で植栽時よりも密度が減少していた。平均株材積については、すべてのプロットにおいて、植栽

時から年数を経るにつれて大幅な増加が続いていた。

(2) 土壌条件の変化と現状

断面調査の結果から、すべてのプロットで A 層が見られ、地表から 3~8cm の深さまで発達していた。どちらの盛土においても、ほとんどのプロットで地下 50cm 程度の深さまで植物根が見られたが、大阪層群盛土地区のプロット 9 では、地下 31cm より深い部分がグライ質の土壌となっており、滞水が見られ、根系発達が著しく阻害されていた。

土壌調査で得られた各特性値について、マサ土、大阪層群のそれぞれの盛土の種類ごとに各プロットの平均値を算出し、表-4 に示した。表層の透水係数、粗孔隙率、礫含有率において、マサ土のほうが有意に高く、中層、下層の細孔隙率、下層の炭素量、および中層の置換性カリウムにおいて、大阪層群のほうが有意に高い値を示した（いずれも 5%水準）。

土壌物理性については、1982 年の調査ではほとんどのプロッ

トにおいて中層、下層の両方で固相率が 50%以上であり、劣悪な土壌条件であったが、今回の調査では、中層、下層の両方で固相率が 50% を超えたプロットは 3 箇所だけであった。1982 年の調査後に排水改良が行われた大阪層群盛土地区のプロット 5 については、1982 年のデータと比べて固相率の減少、気相率と透水係数の増加が見られた。

次に、土壌条件と樹林の発達状態を比較するため、各プロットにおいて、今回の調査で得られた土壌の各特性値を、先に求めた ha あたり材積と比較し、その相関係数を求め、表-5 に示した。下層の pH の値と材積の間に負の相関 ($p=0.012$) が見られた他は、有意な相関は見られなかった。

4. 考察

(1) 階層構造と優占種

階層別の密度、胸高断面積合計を求めた結果、密生林では、林

表-4 今回の調査で得られた各土壌特性値（盛土の種類・層ごとに平均）

土壌物理性											
マサ土		容積重 (g/100cm ³)	透水係数 (cm/sec)	固相率(%)	気相率(%)	粗孔隙率 (%)	細孔隙率 (%)	最大容水量 (%)	最小容気量 (%)	礫含有率 (%)	
表層	平均	79.5	0.121*	28.0	44.3	44.4*	27.5	49.1	22.8	27.9*	
	(SD)	10.2	0.049	3.9	8.6	8.3	6.3	10.2	10.9	5.6	
中層	平均	126.6	0.020	44.2	38.8	40.5	15.3*	39.3	16.5	22.7	
	(SD)	12.7	0.020	5.4	6.6	8.4	3.0	1.8	5.1	3.8	
下層	平均	136.3	0.020	48.2	33.9	40.5	11.4*	36.5	15.4	25.8	
	(SD)	12.9	0.035	5.5	6.9	7.8	4.1	2.2	3.6	4.3	
大阪層群											
表層	平均	95.8	0.051*	35.4	32.7	31.5*	33.1	47.7	16.9	14.1*	
	(SD)	14.6	0.037	6.1	11.4	8.6	5.6	6.6	5.8	9.5	
中層	平均	136.9	0.007	50.1	24.9	26.1	23.8*	37.6	12.2	17.2	
	(SD)	11.4	0.006	6.3	12.8	12.4	7.0	3.3	7.3	13.2	
下層	平均	135.0	0.009	49.2	23.2	25.1	25.7*	39.2	11.6	20.4	
	(SD)	12.0	0.019	6.3	14.5	15.0	10.4	3.5	8.3	19.1	
土壌化学性											
マサ土		pH	全窒素量 (%)	全炭素量 (%)	C/N比	CEC (cmolc/kg)	Ca	置換性塩基(cmolc/kg)			塩基飽和 度(%)
								Mg	K	Na	
表層	平均	5.56	0.27	3.37	12.73	16.29	13.82	1.42	0.40	0.24	90.5
	(SD)	0.72	0.05	0.85	2.66	4.26	9.26	0.21	0.12	0.06	38.9
中層	平均	5.69	0.03	0.17	6.91	6.83	5.65	1.14	0.10*	0.20	106.1
	(SD)	0.45	0.02	0.10	5.90	1.40	2.11	0.29	0.03	0.06	37.3
下層	平均	5.86	0.04	0.07*	3.81	7.89	7.43	1.10	0.08	0.29	116.4
	(SD)	0.44	0.03	0.01	4.00	1.82	0.67	0.26	0.03	0.02	22.7
大阪層群											
表層	平均	5.74	0.25	3.13	12.70	16.34	11.10	1.67	0.41	0.28	77.7
	(SD)	0.81	0.05	0.77	0.84	4.06	7.46	0.80	0.11	0.16	37.8
中層	平均	5.78	0.02	0.27	11.81	9.84	6.02	1.45	0.21*	0.28	76.5
	(SD)	0.54	0.01	0.11	5.98	4.33	4.48	1.53	0.09	0.17	35.5
下層	平均	5.75	0.02	0.16*	8.50	8.39	5.33	1.13	0.18	0.25	82.4
	(SD)	0.70	0.01	0.07	3.54	3.69	4.08	1.02	0.12	0.06	39.8

*は 2 種類の盛土の間で 5%の水準で有意に差があることを示す（対応のない t 検定）

表-5 ha あたり材積と各土壌特性との相関

土壌物理性										
	容積重	透水係数	固相率	気相率	粗孔隙率	細孔隙率	最大容水量	最小容気量	礫含有率	
表層	0.26	-0.18	0.23	0.03	-0.18	0.06	0.00	-0.19	-0.37	
中層	-0.02	-0.09	0.02	0.11	0.00	-0.02	-0.25	0.09	-0.31	
下層	-0.20	-0.05	-0.11	0.20	-0.06	0.13	0.01	0.08	-0.18	
土壌化学性										
	pH	全窒素量	全炭素量	C/N	CEC	Ca	Mg	K	Na	塩基飽和度
表層	-0.09	-0.23	-0.17	0.02	-0.19	-0.07	-0.21	0.01	0.21	0.07
中層	-0.42	-0.23	0.06	0.08	-0.32	-0.53	-0.49	-0.12	-0.49	-0.52
下層	-0.70	-0.06	0.44	0.19	0.25	-0.23	0.14	0.24	0.21	-0.39

冠を構成する樹種のうちアラカシがすべての階層において多く見られたが、シイ、クスノキ、タブノキは亜高木層、低木層にはあまり見られなかった。直径頻度分布から、密生林ではアラカシ以外の林冠構成種の後継樹があまり育っておらず、特にクスノキについては実生更新がほとんど起こっていないと考えられた。これは林冠がうっ閉しており林床が暗いため、実生が出現してもすぐに枯死してしまうことが一因と考えられる。ウバメガシ林については、林冠を構成するウバメガシの後継樹はある程度育っていた。また、密生林、ウバメガシ林のどちらにおいても、亜高木層、低木層だけに存在する樹種の中に、林冠構成種に被圧され枯死しつつあるものが多く見られた。このまま林冠がうっ閉された状態が続けば、亜高木層、低木層の樹木の枯死が続き、樹種の単純化が進む可能性もあると思われる。

(2) 密度と材積の関係

各プロットの密度の経年変化から、密生林では、植栽後一旦密度が増加し、その後減少したように見えるプロットが多かった。しかし、密度が増加したのは、植栽時に数えられていなかった小さな苗が成長したことにもよると考えられる。ウバメガシ林で1982年の時点で大きな密度の減少が見られたことに関しては、植栽された本数が多いため、当初から自然間引きが起こったと推測された。

本対象地の樹林が、その材積に対して高密度であるのかどうかを調べるため、各プロットにおいて幹単位で算出した立木密度、平均材積の値を、他の広葉樹林での既往研究から推定されている最多密度曲線と比較した(図-4)。多くのプロットは、既往研究での最多密度曲線の近くに位置していた。密生林のプロット5、ウバメガシ林のプロット11、12では、最多密度曲線よりも高密度側に位置していた。プロット5は密生林であり、今回調査した中で樹高が最大のクスノキがあり、haあたり材積も最大であった箇所である。プロット11、12はウバメガシ林で、本研究で調べたプロットの中では最も高密度の植栽が行われたと記録されている箇所である。これらのプロットでは、材積の増加に比べて密度が減少しておらず、現在も高密度の林分の状態が続いていると考えられた。

(3) 土壌条件の変化と現状

土壌断面調査の結果から、A層が地表から3~8cmの深さまで発達しており、完全に裸地から造成された緑地であるが土壌の発達は進行していることが確認できた。

土壌物理性は、中層、下層において固相率50%以下のプロットが増加しており、過去と比べて徐々に改善されてきていた。一般に非火山灰土においては固相率50%以下であれば根系発達にはほぼ支障がないとされており¹⁹⁾、このことはほとんどのプロットで地下50cmの深さまで植物根が存在していたことと一致した。これらの結果から、造成後30年あまりを経て、樹木の生育に悪影響を及ぼすほど劣悪な土壌の物理条件は改善されてきていると考えられた。土壌化学性については、過去のデータが残っていない部分があるため経年変化は調べられなかったが、表層の炭素量が3%を超えており、表層のC/N比は正常の範囲内¹⁹⁾にあった。しかし、中、下層では窒素量、炭素量ともに少なく、有機物の蓄積においては、造成後30年程度では深い部分まで十分に進んでいないと考えられた。

(4) 土壌条件と林分の生育状態との関係

各土壌特性値とhaあたり材積の間には、下層のpHを除いて相関は見られなかった。下層pHはマサ土盛土で 5.86 ± 0.44 、大阪層群盛土で 5.75 ± 0.70 (いずれも平均値±標準偏差)であり、どのプロットでも通常の範囲内¹⁹⁾にあり、材積との関係を解釈することは難しかった。

過去のモニタリング²⁾では、大阪層群の盛土の箇所にて樹木

図-4 密度と平均幹材積との関係

$$① V = 2.416 \times 104 \rho^{-1.53}$$

熊本市のコジイ萌芽幼齢林(林齢約10年)での最多密度曲線¹⁷⁾

$$② \log v = 3.9949 - 1.4099 \log \rho$$

鳥取県の落葉広葉樹林での最多密度曲線¹⁸⁾

の生育が不良であったとの指摘があるが¹⁾、今回の調査でhaあたり材積で最大の値を示したのは、大阪層群盛土のプロット5であった。このプロットは1982年の調査で樹木の生育不良が見られその後トレンチにより排水改良がなされた場所である。グライ質の土壌が存在して滞水が起こり、根系の発達が阻害されている大阪層群盛土のプロット9で、材積が最小であった。プロット5では排水改良によって透水係数、気相率が増加し、根系の発達を促し、根の侵入によって固相率が低下し、なお植物の生育しやすい土壌環境になるという土壌と植物の相互作用によって、土壌条件の改善がもたらされ、材積の増加につながったと考えられた。すなわち、大阪層群が分布する劣悪な立地条件での緑化においても、排水改良など適切な管理を行うことにより、樹林の発達に良好な結果をもたらすと考えられた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、(独)日本万国博覧会記念機構の職員の方々に、様々な便宜を図っていただいた。Jomo Kenyatta UniversityのJohn B. NJOROGUE講師には、過去のモニタリングのデータを頂き、有益な助言を頂いた。京都大学土壌学研究室の皆様には、実験器具を貸していただき、実験の指導をして頂いた。京都大学地球環境学部の柴田昌三助教授、大阪府立大学農学生命科学研究科の田端敬三氏には、データを解析する上で有益な御助言を頂いた。京都大学大学院環境デザイン学研究室、景観生態保全論研究室の皆様には、調査に協力頂いた。以上の皆様方に、心より感謝致します。

引用文献

- 1) 森本幸裕 (2002): 森林—その保全・再生の手法・技術: 緑の読本 64, 43-53
- 2) 森本幸裕・小橋澄治 (1983): 万博記念公園の樹林の生育と土壌条件の関連について: 斜面緑化研究 5, 66-95
- 3) 坂本圭児 (1984): 植栽された照葉樹林の更新に関する基礎的研究—林床の実生個体群—: 緑化研究 6, 36-49
- 4) 小林達明 (1984): 万博記念公園におけるアラカシ・マテバシイの生長, 生活と樹形: 緑化研究 6, 50-69
- 5) NJOROGE, John and MORIMOTO, Yukihiro (2000) Studies on Soil Development as Influenced by the Method of Large Scale Reclamation of a Sub-urban Forest. 日本緑化工学会誌 25(3), 184-195
- 6) Njoroge, J.B., Fukui, W., Natsuhara, Y. and Morimoto, Y (2000) Controls of habitat usage by avifauna in the designed landscape of Expo' 70 Park: 国際景観生態学会日本支部会報 5(2), 66-70
- 7) 松井理恵・村上健太郎・森本幸裕 (2003): 都市近郊における大規模造成樹林地の自然回復度評価—シダ植物を指標として—: 日本緑化工学会誌 29(1), 119-124
- 8) Christensen, N. L., A. M. Bartuska, J. H. Brown, S. Carpenter, C. D'Antonio, R. Francis, J. F. Franklin, J. A. MacMallon, R. F. Noss, D. J. Parsons, C. H. Peterson, M. G. Turner and R. G. Woodmansee (1996) The report of the Ecological Society of America Committee on the Scientific Basis for Ecosystem Management. Ecological Applications 6(3), 665-691
- 9) 中島敦司・養父志乃夫・山田宏之・駒走裕之 (1998): 湾岸工場地での「エコロジー緑化」植栽地における施工 18 年目の林分構造: ランドスケープ研究 61(5), 505-510
- 10) 服部保・小野由紀子・鍛冶清・石田弘明・鈴木武・岩崎正浩 (2001): 臨海部における照葉人工林の種多様性と種子供給源の関係: ランドスケープ研究 64(5), 545-548
- 11) 服部保・南山典子・川村真紀子・小野由紀子・石田弘明 (2003): 照葉人工林の種多様化に関する研究: ランドスケープ研究 66(5), 509-512
- 12) 鈴木創三・千代延尚子・青池真也・小館誓治・井汲芳夫・故高橋竹彦・藤嶽暢英・大塚鉦雄 (1998): エコロジー緑化工法造成林における植生と土壌の経年変化 第 1 報 植生の経年変化: ペドロジスト 42(1), 21-32
- 13) 鈴木創三・千代延尚子・青池真也・小館誓治・井汲芳夫・故高橋竹彦・藤嶽暢英・大塚鉦雄 (1998): エコロジー緑化工法造成林における植生と土壌の経年変化 第 2 報 土壌の経年変化: ペドロジスト 42(1), 33-43
- 14) 万博記念協会 (1972): 万博記念公園自然文化園地区基本設計報告書 299pp.
- 15) 林野庁計画課編 (1970): 『立木幹材積表 - 西日本編 - 』, 319 pp. 日本林業調査会, 東京
- 16) 土壌養分測定法委員会編 (1980): 『土壌養分分析法』: 養賢堂, 東京, 33-38
- 17) 只木良也・尾方信夫・高木哲夫 (1962): 森林の生産構造に関する研究 (Ⅲ) コジイ幼齢林における現存量の推定と生産力についての若干の解析: 日本林学会誌 44(12), 350-359
- 18) 井上昭夫・西園朋広 (2003): 鳥取県の広葉樹林における最多密度曲線の推定: 広葉樹研究 10, 1-9
- 19) 増田拓朗 (1992): 土壌環境. 『環境緑化工学』9-22: 朝倉書店, 東京