

軽量盛土による人工地盤上の緑化に関する研究（その1）

塩田 耕三 喜田 大三
平間 邦興 杉本 英夫

Studies on Soil Management for Landscaping with Lightweight Soil on Artificial Ground (Part 1)

Kouzou Shiota Daizo Kita
Kunioki Hirama Hideo Sugimoto

Abstract

Landscaping using artificial ground made directly on top of a structure is gaining attention as a technique for a high degree of utilization of urban space. It is feared that lightweight soil used to reduce the weight of the artificial ground will be excessively compacted during construction or while being used to adversely affect plant growth. The compressibility of the lightweight soil which consists of Kanto loam and various soil improvement materials was investigated by a laboratory test method for soil compaction using a rammer and by outdoor soil banking tests using model ground provided in artificial ground. The minimum thickness of soil layer for healthy growth of Zoysia grass on artificial ground banked to an appropriate hardness for planting was investigated in natural outdoor conditions in Kiyose, Tokyo, Japan.

As a result, it was ascertained that the compressibility and crushing of grains of lightweight soil, the minimum thickness of soil layer for healthy growth of Zoysia grass under hot and dry conditions in the summer of 1991, and a number of the effects of various lightweight materials for soil improvement were made clear.

概 要

都市空間の高度利用の一手法として、建造物の直上に人工地盤を造成し、緑化空間を提供する手法が注目されてきている。その人工地盤上の盛土の軽量化が、施工中あるいは供用中の土層を過度に締固め、植生に悪影響を及ぼすことが懸念される。その実態を明確にするために、関東ロームの表土（黒ぼく）を基材とし、各種の軽量な土壌改良材を添加した材料を用い、室内締固め試験と屋外の人工地盤のモデル土槽を使っての盛土試験を実施した。また、モデル土槽を芝に適当な土壌硬度で造成し、コウライシバを天水条件下で生育させるのに必要な最小土層厚を明確にする目的で芝の生育調査を行なった。

その結果、軽量化した土層の締固め特性と粒子破砕の実態ならびに平成2年度の夏期の高温小雨の悪条件下で、コウライシバを生育させるための土層厚と各種軽量土壌改良材の改良効果を確認することができた。

1. はじめに

人工地盤は都市化に伴って、空間を立体的で高度に利用する方法として、多用されつつある。その際、人工地盤上に盛土し、そこに各種の植物を植栽して緑化空間を創出することは、環境をも配慮した快適な空間の創造につながるものとして、注目されてきている。その人工地盤上における盛土緑化が構造物にいかなる制約をもたらすかは、最終目標とする植生形態によって大きな幅を持っている。しかし、構造的な荷重負荷を増加させないという意味でその軽量化と薄層化は大きな課題である。その際、軽量化された土壌が施工中あるいは供用後の人工的な機械圧・踏圧で過度に締固められ、植生にとって不適当な土壌硬度になることが懸念される。

そこで、その影響を把握するため、関東ロームの表土（黒ぼく）を基材とし、各種軽量土壌改良材（透水、通

気、排水、保肥等の改良資材）を混合したのち、屋外の人工地盤のモデル土槽を使って盛土試験を実施し、軽量材添加土を用い軽量化の実態を把握した。また、利用形態によっては起こり得る過度の締固めの実態を検討するため室内締固め試験を実施した。

さらに、このモデル土槽を使って、コウライシバが天水条件下で生育可能な最小土層厚を明確にする目的で土層厚と軽量材をパラメータに芝の生育調査を実施した。これらの結果について、以下に報告する。

2. 人工地盤上の盛土の軽量化について^{1),2)}

2.1 目的

軽量材の種類とその添加率は、土層重量を決定し、構造物断面の決定に大きく影響する。軽量化、薄層化は構造負荷を考えると、必要とされる条件ではあるが、植物にとっては過酷な条件となる。軽量化・薄層化と相反

する性質としての、保水性、保肥性、支保性（植物を支える剛性）もある適正な幅の中で供給しなければ、植物の健全な生育は望めない。軽量化に加え、上記の各条件を備えた、適正な添加率が植種・基盤材料に応じて検討されねばならない。そこで、軽量材添加土を植生に適当な土壌硬度で造成し、その時の密度を検討することで軽量化の実態について検討した。

2.2 試験方法

2.2.1 軽量化資材の選定 関東近圏での人工地盤での盛土を想定し、基材は関東ロームの表土（黒ぼくと一般にいわれ、有機質分を多量に含む。以下は黒ぼくと表示する。）とした。

軽量化のための添加材は表-1に示す4種類を採用した。それらの粒度、かさ比重、真比重は表に示す通りである。Aの軽量発泡コンクリートは建築用の軽量壁材に使われるものを粉砕したものであり、リサイクル資材も兼ねた軽量資材である。Bの黒曜石焼成品は、人工地盤の排水、透水、通気、軽量化を目的とした土壌改良資材である。Cの珪藻土焼成品は保水機能の卓越した土壌改良資材である。Dの発泡スチロールは最近軽量盛土工法（EPS工法）等で土木構造物としても利用されはじめた粉砕物である。これは各種機材の運送時のこん包用干渉材としても多用され、そのリサイクル利用が検討され始めているもので、緑化資材としての利用を検討するために採用した。

軽量材添加土の粒度特性を図-1の三角座標上に示す。今回の基材が細粒分の卓越した黒ぼくであることより、添加する軽量材の粒度は1~5mm程度の砂・礫分に相当する材料を選定した。それぞれの混合土の粒度は、三角座標上で、矢印の始点の位置になる。①は黒ぼくのみ

の場合を示す。②は軽量発泡コンクリート添加土、③は珪藻土焼成品添加土である。①はCL（埴壤土）に当たり、②、③はSL（砂壤土）となる。これらの位置関係は、粗粒分の添加により20%弱の砂分の増加があることを示している。これらの分類は、植物の成育には適したものと見える。

2.2.2 軽量材の添加率 関東ロームへの土壌改良資材の添加率については、その大小で改良効果はかなり変化すると思われるが、実際の工事では経済性等を考慮して10~30%の範囲内で施工されるから、平均的値としての20%を採用した。また、添加率の上限として、50%についても同様の検討を実施した。

2.2.3 軽量材添加土の混合 関東ロームと軽量材の混合時の含水比は、最適含水比（60%）近傍で行なった。混合機械は、1バッチ100Lのソイルミキサーを使用した。計量は、出荷時の容積比により、軽量コンテナで行ない、練り混ぜ時間は、2~5分/バッチであり、軽量材を核とした団粒化現象が飽和した時点で混合を停止した。

2.2.4 軽量材添加土の土槽への投入と締固め モデル土槽（1.0×1.0m/1区画）内への土砂の投入は、ベルトコンベヤーによった。そして、その締固めは土層厚10cmごとに人力による踏圧で行なった。締固め管理は土壌硬度（山中式土壌硬度計で10mm³=硬度1.40kgf/cm²、長谷川式土壌貫入形で4.0cm/drop：芝草の生育に適する硬度）で行なった。

2.3 結果及び考察

2.3.1 軽量材添加土の締固め管理 地被植物の芝草の生育に適当な土壌硬度での造成を目的として、最適含水比近傍で山中式土壌硬度計で10mmを目標に締固め

表-1 軽量化のための土壌改良材と締固め管理結果一覧

記号	試料名	粒度	かさ比重	真比重	目標軽量率	実測密度 (g/cm ³)		実績軽量率 (%)	目標値との比 *3
		(mm)			(%)	湿潤密度・乾燥密度 20%混合 (50%混合)	湿潤・乾燥 20%・20% (50%)・(50%)	湿潤・乾燥 20%・20% (50%)・(50%)	
A	軽量発泡コンクリート	3~5	0.407	2.500	13 (32)	1.152 · 0.665 (-) · (-)	1 · 5 (-) · (-)	0.1 · 0.4 (-) · (-)	
B	黒曜石焼成品	3~5	0.095	0.198*2	18 (46)	1.000 · 0.604 (0.850) · (0.551)	14 · 13 (27) · (21)	0.8 · 0.7 (0.6) · (0.5)	
C	珪藻土焼成品	1~3	0.563	2.300	10 (26)	1.050 · 0.668 (0.972) · (0.723)	9 · 4 (16) · (-4)	0.9 · 0.4 (0.6) · (-0.2)	
D	発泡スチロール(ポリスチレン)	3~5	0.020	0.033*2	20 (49)	0.986 · 0.600 (0.894) · (0.542)	15 · 14 (23) · (22)	0.8 · 0.7 (0.5) · (0.5)	
黒	火山灰質粘性土 黒ぼく(基材)	≤2	1.160*1	2.580	--	1.160 · 0.698	-- · --	-- · --	

註：*1 黒ぼくのかさ比重は野外モデル地盤での実測平均値である。
 *2 黒曜石焼成品と発泡スチロールの真比重はかさ比重/(1-空隙率)で表示した。
 *3 目標値との比は目標軽量率を1.0としたときの実績軽量率の比で表示した。

管理を実施した。その締固め後の含水比は目標の最適含水比±10%の50~70%の範囲に入っており、造成後の深度ごとの土壌硬度は山中式で10~13 mm（硬度 1.4~2.2 kgf/cm²）であった。

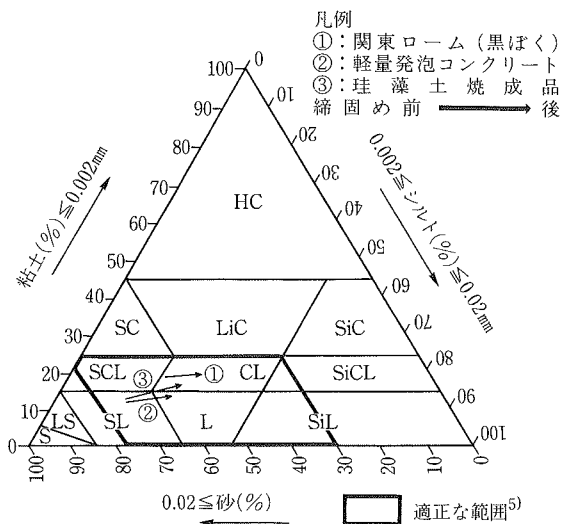
今回のモデル施工が10 cmごとに人力による締固めでかつ含水比・土壌硬度を管理した結果であることを考慮すると、実施工での土工用の軽量重機を使って施工した場合、造成できる土壌硬度は芝草にとっては少し硬めの13 mm（硬度 2.2 kgf/cm²、長谷川式で3.2 cm/drop）前後程度になることが予想される。このことは、締固めの管理基準の設定は、硬めの出来上がりになる傾向のあることより、植物側からの所要土壌硬度を十分に考慮した上で、少し軟らかめの土壌硬度で管理することが必要である。

2.3.2 軽量材添加による目標軽量率と実績軽量率

表一、図一2は軽量化のための土壌改良目標と締固め管理実績を示すものである。各軽量材ごとの目標軽量率は、出荷時の容積比から算出した。図中の実線で示す通り、軽量化への貢献度は、発泡スチロール>黒曜石焼成品>軽量発泡コンクリート>珪藻土焼成品の順である。

この軽量化を目指し、土壌硬度・含水比を管理して造成した結果、図一2に示す通りそれぞれの目標以下の締固め実績を示した。造成後の軽量化への貢献度は黒曜石焼成品≒発泡スチロール>珪藻土焼成品>軽量発泡コンクリートの順となった。この貢献度の順位は、相互の間隙を補填しあうことと、締固め後の土壌硬度によって管理したため、硬度の小さい改良資材の密度を上げ所要硬度にするために、各種軽量材の総量が間隙・硬度に応じて変化した結果と思われる。

それぞれの目標軽量率と実績値との比は、すべて1.0以下となっており、図一2では実線の下部になる。添加率20%の目標値との比が0.1~0.9（軽量率で1~15%）であるのに比べて、添加率50%の場合、-0.2~0.6（軽量率で-4~24%）と小さい。通常の軽量材の添加は、出荷



図一1 軽量材添加土の粒度分布と粒子破碎状況

時の容積でその配合が決定されるのが一般的であるが、大量施工による施工時には、締固め後の容積でその混合比を検討しておかねば、目的とする軽量化が図れないことが予測される。

3. 軽量材添加土の過剰締固め時の挙動について¹⁾

3.1 目的

軽量化された土壌が施工中あるいは供用後の人工的な機械圧・踏圧で過度に締固められ、植生にとって不適当な土壌硬度になることが懸念される。その締固めの実態を検討する必要がある。また、軽量材（土壌改良材）は材料そのものの特徴として、一般的に使用される土工材料に比べると剛性が低く、施工に伴って粒子そのものの形を保持することが困難であろうと思われる。その軽量添加材の粒子破碎の程度によっては、改良後の土壌の透水性、保水性等に問題を残すため、事前に検討しておく必要がある。

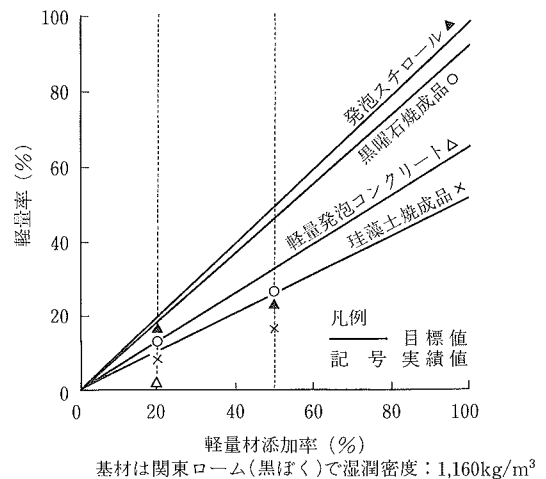
3.2 試験方法

3.2.1 軽量材添加土の締固め試験 過度の締固め（固結）の検討のため、室内にて突固めによる土の締固め試験（土質工学会基準 JSF T 711-1990）⁴⁾を実施し、締固め曲線、三相分布、土壌硬度の変化を確認した。

3.2.2 軽量材添加土の粒子破碎 粒子破碎が極端に起こる状況として重機施工による通常の締固め作業を想定して、室内にて、締固め試験を3.2.1と同様の方法で実施した。その練り混ぜ直後の粒子破碎のほとんどないものと、最適含水比で最も効率よく締固められ、最大に粒子破碎されたものとの比較を粒度試験（土質工学会基準 JSF T 131-1990）⁴⁾を行ない、国際土壌学会の三角座標で検討を行なった。

3.3 結果及び考察

3.3.1 軽量材添加土の締固め（固結） 図一3、4、5は軽量材添加土の室内締固め試験で得られた締固め曲線、三相分布、並びに土壌硬度である。



図一2 軽量材添加率と軽量率の関係

図-3の締固め曲線より、黒ぼくを基材とする軽量化は添加材を加えることによって、最適含水比の低下と乾燥密度の上昇をもたらす。このことは、20%程度の添加では、かえって締固まりやすくなり密度の増大を招くことを示唆している。

図-4の三相分布より、黒ぼく本来が7割程度の間隙を持ち、添加材の間隙がそれ以下であることによって、添加土の方が固相率が大きくなっている。しかし最大に締固まっても60%程度の間隙が確保されている。このことは黒ぼくが植物にとって好都合な材量であることを示している。

図-3, 4より、黒曜石焼成品、軽量発泡コンクリート、珪藻土焼成品の曲線はよく似た形状をしているのに対して、発泡スチロールは前述の3材料とは異なった形状を示している。これは、前者が水分の出入りの可能な骨格のある連続した空隙を持った材料であるの比べ、発泡スチロールが水分の入りにくい圧縮性に富んだ不連続な独立した空隙の多い材料であることによるものと思われる。前者の湿潤密度の増大は水分の増加によるもので、特に液相の比率の増加がそれを示している。また発泡スチロールの密度の増大は固相の増大によるものであり、液相が前者とほぼ同じで気相が少なくなっている。

図-5の土壌硬度より、発泡スチロールの添加土以外は黒ぼくよりも硬くなり、最適含水比より5~10%程度低い含水比で最大値を示す。芝生の生育にとって20mm以上の硬度は過硬であることを考えると、過度の締固めで生育障害の出る可能性もある。

発泡スチロール添加土の土壌硬度が、最大でも山中式で25mm以内に納まっており、過剰締固め時にも必ずしも固結に至らず、植物の生育には適していることになる。しかし、図-4で検討したように極度に締固めた場合は、気相の減少から植物の生育に不適であることが予測される。この発泡スチロールの土壌硬度と三相分布と植物の生育との関係については、引き続き検討していく予定である。

3.3.2 軽量材添加土の粒子破碎 2章の図-1に粒子破碎の結果を三角図表上に矢印で示した。矢印の先端が締固め後の粒度である。図中の①は黒ぼくのみでの締固め前後の粒径の変化である。発泡スチロールと黒曜石焼成品の添加土の締固め後は、①の黒ぼくのみの場合とほぼ同じであった。②は軽量発泡コンクリート添加土の場合である。③は珪藻土焼成品添加土の場合である。それぞれ粒子破碎によって細粒化は起こっているものの、植生にとっては適正な範囲⁹⁾内での変化であり、粒子破碎そのものは問題とならない。ただ、細粒化によって、締固まりやすくなり透水性・排水性・通気性が悪くなるので注意を要する。

4. 芝の生育試験²⁾

4.1 目的

人工地盤上の盛土の土層の厚さや土量と植物の生育の

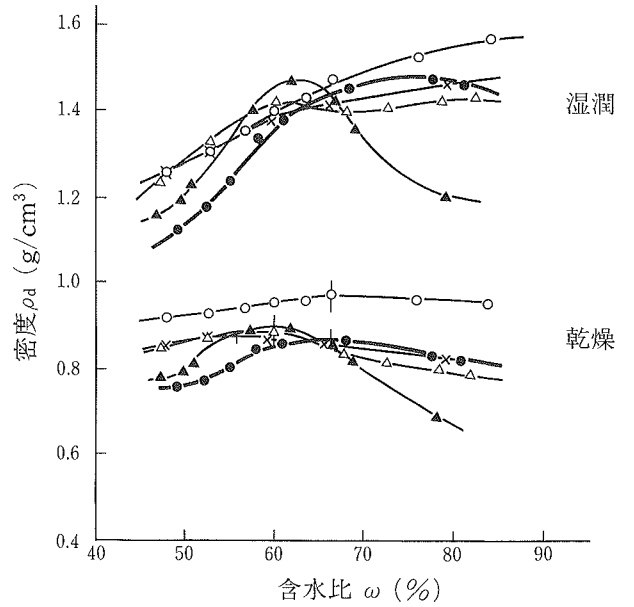


図-3 締固め曲線

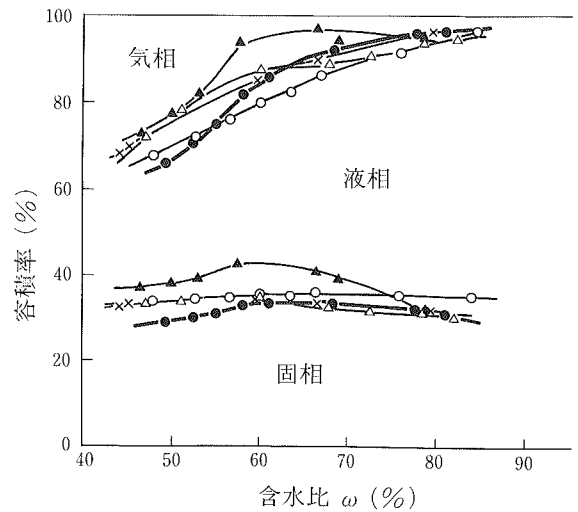


図-4 締固め時の三相分布

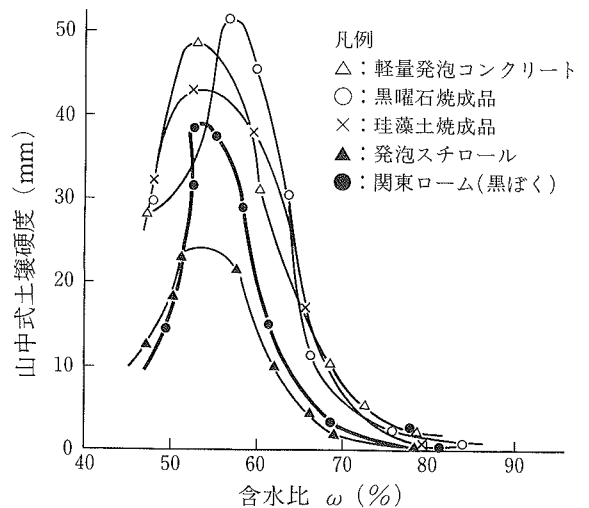


図-5 締固め時の土壌硬度 (山中式)

関係は、植物の大きさや根の形態によって異なる。芝などの地被植物の場合、一般的に 30 cm 以上あると、天水のみで生き生きと生長し、15 cm でかん水によって、生育可能といわれている⁶⁾。

今回の実験では、軽量材添加土による人工地盤上での盛土で芝を生育させるのに必要な土層厚の下限値を確認するため、土層厚を t=5, 15, 30, 45 cm の 4 種類とした。永続的に芝類で緑化したい場合、芝の強靱な耐性を利用し、薄層のほうが多種の植物の侵入を予防することにもなる。また刈り込みの量を抑制する意味でも、生育の持続できる必要最小土層厚を明確にすることの意味は大きいと思われる。

4.2 試験方法

4.2.1 コウライシバの選定 人工地盤上の公園・運動場などの多目的利用の緑地の形態は、最近富みに需要が増えてきており、従来の見る緑から親しむ（スポーツ、レクリエーションから昼寝にいたる）緑への傾向はますます強くなってきている。都市公園の芝生広場がかなり大きな面積を占めるようになってきており、そこで多く用いられ日本の風土に適した植種であるコウライシバを採用した。

4.2.2 野外モデル土槽の仕様 今回の野外実験は、技術研究所内の R & D センターの南側において、モデル土槽を作った。モデル土槽の仕様は縦横 2.0 m、高さ 1.0 m のカルバートボックスを 6 基横置きし、床スラブを土層厚に応じて固定し、そのボックスごとに 4 区画に仕切り、軽量材添加土を 2. で述べた仕様で盛土した（図-6 参照）。盛土後、コウライシバを 100% 地被した状態（べた張り）に植栽した。

4.2.3 芝の生育調査 モデル土槽でのコウライシバの生育調査方法として、芝生の生育状況を写真撮影とその観察によって調査した。活着期（'91. 5月下旬）と最大乾燥期（'91. 8月中旬）と休眠期（'91. 11月下旬）の三段階での生育状況を写真観察によって、その優劣を判定した。判定の基準は、同一条件の写真を横並べにして目視により、緑色の程度、葉のしおれの程度、生長量の程度、地被度合いの程度等を総合的に判断し、軽量材の添加率と種類ならびに層厚によって比較し、優位なものから 1, 2, 3, 4, 5 として整理した。

4.3 結果及び考察

写真撮影による生育調査の結果を表-2 に示す。その結果以下のことが明らかとなった（写真-1, 2 参照）。

① 軽量材の種類の違いは、調査時期によって異なり、活着期には優位な方から、黒ぼく > 珪藻土焼成品 > 黒曜石焼成品 > 発泡スチロール > 軽量発泡コンクリートとなる。最大乾燥期には、珪藻土焼成品 > 発泡スチロール > 軽量発泡コンクリート > 黒ぼく > 黒曜石焼成品となる。秋口の休眠期までの生育は、軽量発泡コンクリート > 珪藻土焼成品 > 発泡スチロール > 黒ぼく > 黒曜石焼成品となる。これらの違いは、材料の持つ各種の特性が各気象条件に応じて個別に発揮されるためと思われる。

活着期の黒ぼくの優位は、張り芝施工時に施した肥料分の保持能力に優れていること、購入芝の床土が黒ぼくであったため一体化しやすいこと、保水能力に優れている等によるものと思われる。また、軽量発泡コンクリートはセメントのアルカリ分の溶出の影響がでたものと思われる。

最大乾燥期には、保水能力の違いが芝の生育に現れたものと思われる。珪藻土焼成品、発泡スチロールの保水能力の優位と、黒曜石焼成品の劣勢が確認できる。ただ、黒ぼくが下位にあることは説明がつかず、同じ含水比状態でも植物に有効な水の保持形態が異なっているものと思われる。この件については引き続き検討していく予定である。

秋口の休眠期までの生育は、今回の場合無かん水・無追肥条件で調査したことを考慮すると、保肥性・保水性の優位性に影響されたようである。軽量発泡コンクリート、珪藻土焼成品の優位と黒曜石焼成品の劣勢が確認できる。

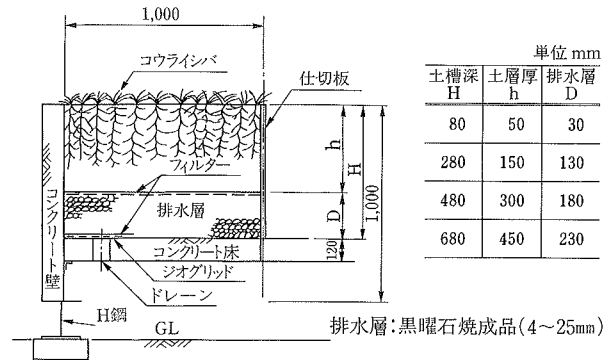


図-6 人工地盤モデル土槽断面図

表-2 目視によるコウライシバの生育調査

添加率 (%)	土層厚 (cm)	時 期	植 生 状 況	黒ぼくのみ	軽量発泡コンクリート	黒曜石焼成品	珪藻土焼成品	発泡スチロール
20	5	活 着 期	3	4	2	1	—	
		最大乾燥期	×	×	×	×	—	
		休 眠 期	4	2	3	1	—	
		総合判定	3.5	3.0	2.5	1.0	—	
15	5	活 着 期	2	5	3	4	1	
		最大乾燥期	5	3	2	4	1	
		休 眠 期	5	1	4	3	2	
		総合判定	4.0	3.0	3.0	3.7	1.3	
30	5	活 着 期	1	3	1	4	5	
		最大乾燥期	4	3	5	2	1	
		休 眠 期	5	1	2	2	2	
		総合判定	3.0	2.3	2.6	2.6	2.6	
45	5	活 着 期	2	2	1	2	—	
		最大乾燥期	2	4	3	1	—	
		休 眠 期	3	1	4	2	—	
		総合判定	2.3	2.3	2.7	1.7	—	
50	15	活 着 期	1	—	3	2	4	
		最大乾燥期	2	—	2	1	2	
		休 眠 期	4	—	3	1	1	
		総合判定	2.3	—	2.7	1.3	2.3	
50	30	活 着 期	1	—	2	2	2	
		最大乾燥期	2	—	3	1	3	
		休 眠 期	4	—	3	1	2	
		総合判定	2.3	—	2.7	1.3	2.3	

(註1) 同一時期(植生状況)の4~5区区の優劣を順位で示し、数字が小さい程優位にある。

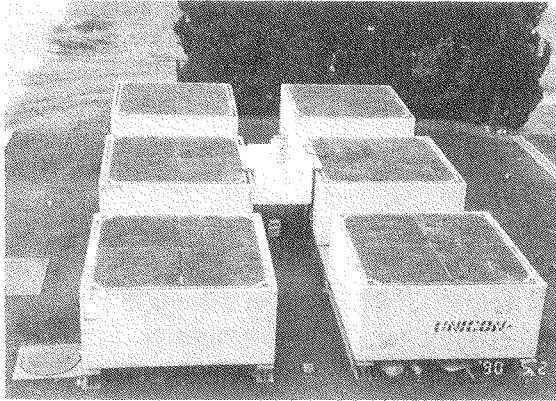


写真-1 張り芝施工直後（'91. 5. 21.）
適度の雨にも恵まれ良好な活着
状況確認

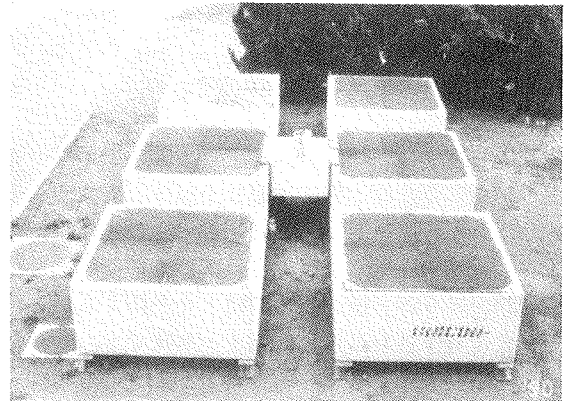


写真-2 夏季の高温乾燥条件を経過直後（'91. 9. 3.）
高温・乾燥・少雨条件を経て薄い土層は枯死
状態確認

これらのことより、軽量化資材の持つ保水性、保肥性、土壤硬度の変化等を考慮して、施工条件・管理条件等を総合的に検討した上で、土壤改良資材の種類とその添加率を決定することが肝要である。

② 添加率については、20%の方が50%のものよりわずかに優位であり、芝生の生育には50%以上の添加土でも可能と思われる。このことは、軽量化のための添加率の上限は、関東ロームの場合もっと高いところにあることを示唆している。

③ 土層厚については、5 cm では天水条件下では、夏場の高温乾燥時の保水能力に限界があり枯死し、植栽不可能である。15 cm では緑色は維持できるものの、夏場の健全な生育は難しいようである。30 cm では最大乾燥期においても、わずかのしおれを伴うものの、生長を続けることが可能である。45 cm では、隣地の自然地盤上の芝生と比較してもそんな色ない生育状況が確認できた。

これらのことより、天水条件下で軽量化を可能にする薄層化の上限は15 cm程度にあると推測される。また、それを可能にするのは、植物の利用できる水の保水性・植物に吸収される保肥性に優れた材料の選定が必要である。これらについては、今後とも検討を続けていく予定である。

5. まとめ

黒ぼくを基材にした軽量土壤改良資材を芝類の生育に適当な土壤硬度で締固めた場合の、軽量化の実績は、添加率20%の場合の軽量率は1～19%程度となり、添加率50%の場合、16～27%程度となる。軽量化への貢献度は黒曜石焼成品≒発泡スチロール>珪藻土焼成品>軽量発泡コンクリートであった。

その時の締固まり状況は、目標とした芝類に適当な山中式土壤硬度計で10 mmよりも硬めの造成となる傾向のあることが判明した。人力あるいは軽量重機で施工した場合でも、山中式土壤硬度で10～13 mm程度になることが予測される。

また、締固めの過度の進行によっては、発泡スチロール添加土以外の黒曜石焼成品、軽量発泡コンクリート、珪藻土焼成品の場合、芝の育成には過硬となり、生育障害の出ることが予測されるので注意が必要である。

軽量材添加土の締固めによる粒子破碎は、植生にとっては、適正な範囲内での変化であり、粒子破碎そのものは問題とならないと判断される。

これらのことより、軽量化を目的に土壤改良をする場合、軽量化によってもたらされるマイナスを十分に検討し、対策を施すことが肝要である。

コウライシバの生育は、当地（東京都清瀬市）の平成2年度の気象条件下では、生育に必要な最小土層厚は15 cmである。また、夏期の最大乾燥期の生育を期待すれば、30 cm以上の厚さが必要である。また軽量材の影響は生育時期、土層厚によってそれぞれ異なり、実採用にあたっては、目的を明確にして添加率を決定する必要がある。

参考文献

- 1) 喜田, 塩田, 杉本: 軽量人工地盤の締固め特性について, 第26回土質工学研究発表会平成3年度発表講演集, p. 241～242, (1991. 6)
- 2) 塩田, 喜田, 杉本: 軽量人工地盤における芝の生育調査, 第22回緑化工研究発表会研究発表要旨集, p. 60～63, (1991. 5)
- 3) 小橋澄治, 他: 緑化・植栽工の基礎と応用, 土質工学会, 土質基礎工学ライブラリー-20, p. 193, (1981. 1)
- 4) (社)土質工学会: 土質試験の方法と解説, p. 201～214, (1990. 7)
- 5) (社)日本道路協会: 道路緑化技術基準・同解説, p. 142, (1988. 12)
- 6) 興水 肇: 人工地盤における緑地植物の植栽に関する研究, 地盤緑地学研究, No. 6, (1977), 東京大学農学部園芸学第2(緑地学)研究室, p. 125, (1977. 3)