

廃ガラス発泡骨材の緑化用培土としての可能性

Possibility of Planting Soil of Recycle Glass Aggregate

乾 泰祐* 飯島健太郎** 近藤 三雄***

Taisuke INUI* Kentaro IJIMA** Mitsuo KONDO***

1. はじめに

今日、ガラスびんは様々な形でリサイクルされるようになった。だが近年、環境を配慮した社会形態への変化に伴い、廃びんの回収率は増加したものの、リサイクル方法の手段が乏しく、在庫だけが増えていく状況にあり、新たな再利用法の開発が急務となっている。一方、屋上緑化等の人工地盤緑化が普及され始めた影響から、人工軽量培土の需要は急増していくことが予想される。現在は真珠岩や黒曜石といった、自然石を焼成発泡させた資材が広く普及しているが、これらは有限な資源のため、代替資材の開発が求められる。

廃ガラスびんを粉砕し、軟化点以上に加熱することで生成される廃ガラス発泡骨材は、独立気泡で軽量且つ多孔質な骨材である(写真-1)。真珠岩パーライトと成分組成を比較すると、両資材は共に石英(SiO_2)が基本となる資材であるが、廃ガラス発泡骨材はガラス特有の石灰(CaO)質を2割近く含むという特徴も持っている。そのため緑化用培土としては、石灰の持つ強アルカリ性と土壌の固結化を促す作用とが植物生育への阻害要因と考えられ積極的に活用されてこなかった。

本報では、主として廃ガラス発泡骨材の強アルカリ性が過度の植物生育を抑える利点となると想定し、緑化用培土における従来のパーライトに対する代替資材としての活用の可能性を検証した。

2. 実験内容及び方法

人工地盤緑化に用いられる培土は、軽量で透・排水性に優れ、植物を健全に生長維持させる機能が求められる。そこで本研究では、①廃ガラス発泡骨材の培土としての土壌の物理的性能について②pHの経時的変化について③芝草の生育可能性について検討した。

(1) 実験区の設定

実験は、東京都世田谷区内の大学研究棟屋上にて実施した。供試材料には、廃ガラス発泡骨材(スーパーソルL1)と真珠岩パーライト(ネニサンソ防散3号)を用いて比較実験を行った。真珠岩パーライトは、「軽量培土」や「土壌改良材」として定番的に利用される資材であり、廃ガラス発泡骨材が同資材に対し、代替利用が可能かを探

るための実験を設定した。両資材は種類によって粒径が異なることから、廃ガラス発泡骨材については1.2mm目のふるいを通して粒度調整を行ったものを供試した。試験区にはワグネルポット(1/5000a)を使用し、排水層として黒曜石パーライトを3cm敷き詰めた上に、供試材料を15cmの土層厚で充填した。軽量培土実験ではそれぞれの資材を単体で使用し(以後は真珠岩区、廃ガラス骨材区とする)、土壌改良材としての実験では、廃ガラス発泡骨材と真珠岩パーライトを関東火山灰表土(神奈川県相模原市産)と容積比1:1で混合したものを使用した(以後は表土+真珠岩区、表土+廃ガラス骨材区とする)。

(2) 土壌の物理的性能について

廃ガラス発泡骨材が有する石灰は、軟弱地盤の改良材にも用いられる物質である。本実験で用いた供試材料は微小な粒径を成していることもあり、生育培土として用いると固結化を促すことが懸念される。そこで、廃ガラス発泡骨材を培土として、緑化用植物を生育させた際の

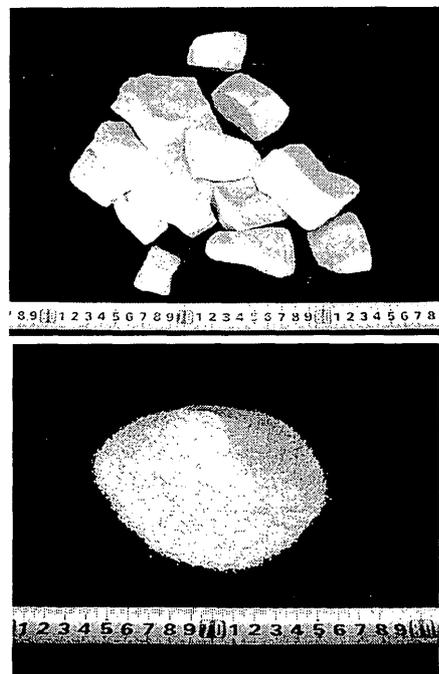


写真-1 廃ガラス発泡骨材

上段：粒度調整前の骨材

下段：粒径1.2mm以下に調整した骨材

*東京農業大学大学院農学研究科

**桐蔭横浜大学工学部

***東京農業大学地域環境科学部

*Graduate School of Landscape Architect, Tokyo University of Agriculture

**Faculty of Engineering, Tooin University of Yokohama

*** Faculty of Regional Environmental Science, Tokyo University of Agriculture

表-1 土壌性能

項目		数値	単位
粒径	粗砂分(0.42mm以上)	20.5	%
	細砂分(0.42~0.074mm)	71.8	%
	シルト・粘土分(0.074mm以下)	7.7	%
含水比(重量比)		55.4	%

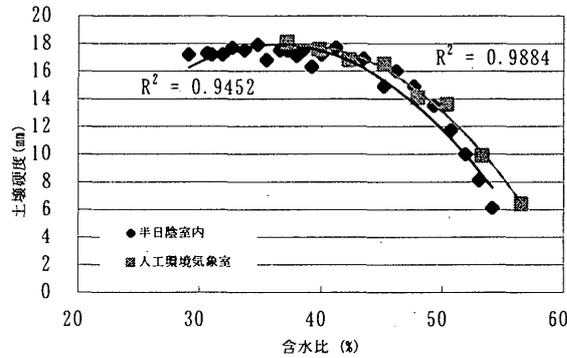


図-1 土壌硬度の経時的変化

伸長への影響を把握するため、土壌の締固まり及び排水性の度合を明らかにすることとした。絶乾状態にした廃ガラス発泡骨材を前項の要領で充填し、72時間水の中に浸水させた。その後、雨水のあたらない屋外の半日陰地と温度30/25℃、湿度65%に設定した人工環境気象室を設置場所とし、含水比と土壌硬度の測定をした。土壌硬度は、土壌の表面から垂直に山中式土壌硬度計を差し込み24時間ごとに測定した。

(3) 土壌 pH (H₂O) について

廃ガラス発泡骨材特有の強アルカリ性による植物生育への生長抑制を懸念して、土壌 pH の経時的調査を行った。試料は、セラミック製のカップを芝草の根を傷つけないようにして土壌表面から5cmの深さでその都度差込み、空気圧で水溶液のみを吸い上げたものを使用した。測定にはガラス電極 pH メーター (M-240) を用い、常法に従って実験区の表面土壌 pH (H₂O) を計測した。

(4) トールフェスクの発芽・生育について

2000年8月14日~12月3日に、廃ガラス発泡骨材での芝草の生育可能性を探るため、トールフェスク (*Festuca arundinacea*) の種子を500粒/ポット用いて発芽・初期生育実験を実施した。発芽率には全ての試験区において概ね完了したと思われる21日目の発芽率を用いた。その後、芝草の生長を促進させるため、粒状固形肥料(N:P₂O₅:K₂O=6:4:3)を5.0g施用し、灌水は、目視により土壌表面の乾燥を確認した時に、ポットの底から若干水が流れ出る程度に行った。生育量については3ヶ月目の芝草を堀上げ、草丈、根長ならびに生体重量を測定した。その後105℃に設定した乾燥炉の中に18時間入れ、風乾重、地上乾重、地下乾重を測定した。

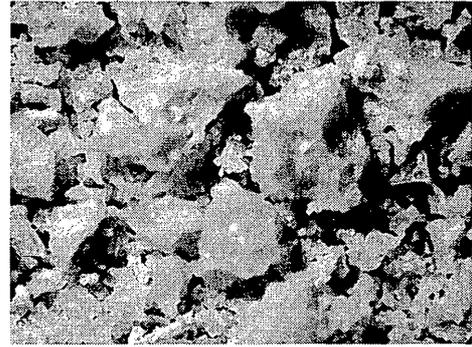
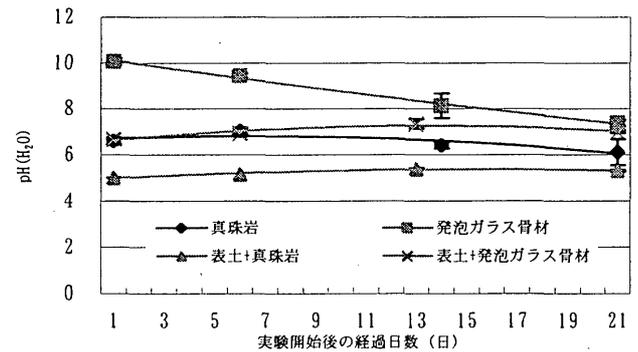


写真-2 廃ガラス発泡骨材の骨材表面(拡大倍率26倍)

図-2 土壌 pH (H₂O) の経時的変化

(5) コウライシバの生育について

現在、屋上や屋根緑化の主役として用いられるコウライシバ (*Zoysia matrella*) を供試植物として、廃ガラス発泡骨材を植栽基盤材として用いても、永続的な生育が可能か否かの検証を試みた。真珠岩パーライトと廃ガラス発泡骨材を、それぞれ単体で充填したワグネルポットに、被覆率が25.0%になるように植栽し、大学研究等屋上に設置した。植付け後14日目には粒状固形肥料を5.0g施用し、草丈及び被覆率の経時的変化を測定した。草丈の測定は、最も密だと思われた高さを目視により確認し、10本を選別して平均値を算出した。被覆率は、1試験区あたりにおいて芝生の緑葉部分の占める割合とした。測定は目視で行い、20%未満、20%、40%、60%、80%以上の6段階の基準を設け評価した。実験期間は2001年7月28日~2002年7月2日まで行った。

3. 実験結果及び考察

(1) 土壌の物理的性能と硬度について

1.2mm以下に粒度調整した廃ガラス発泡骨材の土壌性能を表-1に記す。元来、骨材表面が多孔質であるため、乾燥時の比重は0.6前後と考えられていたが、粒度調整により微小な粒径(写真-2)になり、孔隙が少なくなったことが比重の増加につながったものと推察された。

また、基本組成に石灰分を多く含むことより締固まり作用が懸念されたが、試験区が飽和状態の時の土壌硬度は6mm程度であった。以後、硬度は含水比の減少に伴い

表-2 トールフェスクの発芽・生育量

	発芽率(%)	草丈(cm)	根長(cm)	生体重量(g)	風乾重(g)	地上乾重(g)	地下乾重(g)	T/R比(g)	
軽量培土実験	真珠岩	37.6 (0.18)	5.9 (1.36)	18.6 (2.11)	16.98 (1.69)	2.62 (0.31)	1.29 (0.19)	1.34 (0.12)	0.96 (0.06)
	廃ガラス骨材	51.9 (0.08)	4.6 (0.22)	5.2 (0.28)	20.04 (1.62)	4.11 (0.51)	2.01 (0.33)	2.10 (0.22)	0.96 (0.13)
					0.143	0.021	0.010	0.011	
			*		0.076	0.016	0.008	0.008	
土壌改良実験	真珠岩	24.8 (0.03)	13.4 (0.38)	12.6 (1.72)	58.94 (19.54)	11.97 (0.99)	7.02 (0.84)	4.91 (0.27)	1.43 (0.13)
	廃ガラス骨材	11.4 (0.06)	16.8 (0.16)	18.7 (2.04)	51.20 (10.51)	9.13 (1.81)	4.82 (0.95)	4.33 (0.97)	1.12 (0.11)
					0.047	0.097	0.057	0.040	
					1.040	0.190	0.099	0.091	
	*	*				*	**	*	

注1) 数値は3反復実験による平均値 注2) ()内は標準偏差

注3) *: t検定の有意水準(5%) **: t検定の有意水準(1%)

注4) 地上乾重: 芝草の茎葉部の乾燥重量 地下乾重: 芝草の根系部の乾燥重量

注5) 重量について 上段数値: 1試験区あたりの総重量 下段数値: 芝草1本あたりの平均重量

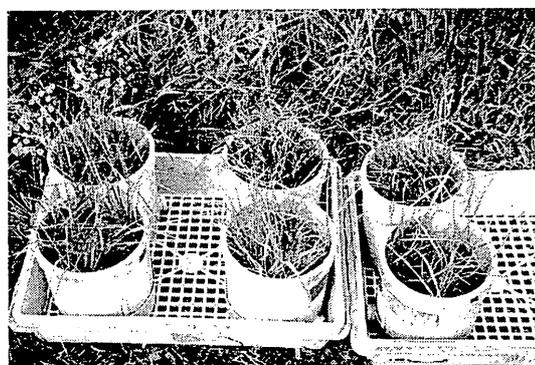


写真-3 実験開始から3ヶ月目の様子

注) 左: 軽量培土実験, 右: 土壌改良材実験

写真上段: 真珠岩区, 写真下段: 廃ガラス発泡骨材区

増加したが、含水比45%以下では16~18mmでほぼ一定であった。芝草における土壤硬度の限界は、概ね24mm以上とされており、本実験から、20%近くの石灰を含む廃ガラス発泡骨材を生育培土として用いても、芝草の伸長には影響ないことが確認できた。

(2) pH(H₂O)

それぞれの試験区における土壤 pH の経時的変化を図-2に示した。実験開始当初、真珠岩区がpH6.60、表土+真珠岩区でpH5.00、表土+ガラス発泡骨材の試験区でもpH6.68と弱酸性であった。pH10.06と高いアルカリ性を示したガラス発泡骨材の試験区は、時間の経過に伴い徐々に低下し、実験21日目ではpH7.38と、弱アルカリ性まで数値が下がることが明らかになった。以上の結果、廃ガラス発泡骨材のアルカリ性は、表土と混ぜ合わせることで顕著に抑えられ、単体で用いた場合でも時間が経つことである程度まで中和されることが確かめられた。

(3) トールフェスクの初期生育について

軽量培土実験及び土壌改良実験におけるトールフェスクの発芽率・生育量の測定値を表-2に、実験開始から3ヶ月目の全景写真を写真-3に示した。

(i) 軽量培土実験

トールフェスクの発芽率には、それぞれの試験区間に有意な差がなかったことから、廃ガラス発泡骨材の強アルカリ性による阻害現象は認められなかった。生育量についても、供試材料が共に肥料分をほとんど含まないため、草丈の伸長量は5cm前後と貧弱だった。根長は、廃ガラス発泡骨材区が真珠岩区よりも伸長が小さくなる結果がみられた(5%水準)が、芝草1本あたりの乾燥重量は概ね同等であり、総重量は真珠岩区のそれを上回る生育結果であった(地上部:5%水準, 地下部:1%水準)。

(ii) 土壌改良実験

廃ガラス発泡骨材を関東火山灰表土と同じ容積比で混合し試験区を設定した。その結果、草丈、根長を真珠岩パーライトの土壌改良区と比較しても廃ガラス発泡骨材による伸長抑制現象は見られなかった。乾燥重量についても試験区の総重量はほぼ等しく、土壌改良材としての実験においても芝草の初期生育は真珠岩パーライトとほぼ同等であることが解った。

(4) コウライシバの生育量について

図-3及び表-3がコウライシバの生長に伴う経時的

表-3 コウライシバの草丈・被覆率についての対前月増加比

	2001 7月	10月	12月	2002 4月	7月	
草丈	真珠岩	6.1 (0.09)	7.7 (0.76)	5.7 (0.92)	8.1 (1.79)	7.0 (1.00)
	ガラス発泡骨材	5.3 (0.13)	6.2 (0.61)	3.6 (0.28)	3.5 (0.27)	2.9 (0.23)
	真珠岩 (対前月増加比)	—	1.25	0.74	1.42	0.88
	ガラス発泡骨材 (対前月増加比)	—	1.16	0.59 *	0.97 *	0.84
被覆率	真珠岩	25.0 (0.00)	70.9 (0.10)	59.5 (0.03)	85.0 (0.13)	85.0 (0.09)
	ガラス発泡骨材	25.0 (0.00)	50.2 (0.09)	49.3 (0.08)	16.7 (0.06)	60.0 (0.20)
	真珠岩 (対前月増加比)	—	2.84	0.85	1.43	1.01
	ガラス発泡骨材 (対前月増加比)	—	2.01	0.98 *	0.34 **	3.67 *

注1) 数値は3反復実験による平均値 注2) ()内は標準偏差

注3) *: t検定の有意水準(5%)

**: t検定の有意水準(1%)

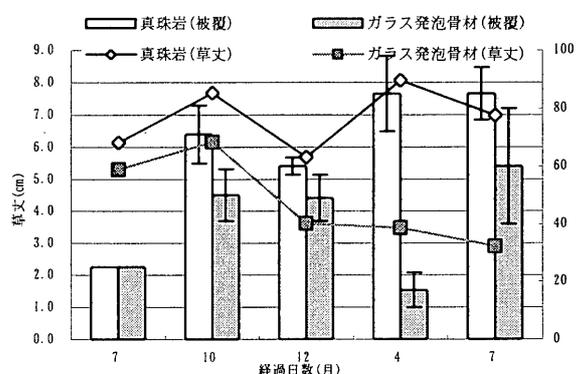


図-3 コウライシバの伸長量

変化と対前月増加比である。一片を7cmに調整したコウライシバの匍匐茎を植付け、1年間の生育経過を見た結果、草丈、被覆率のいずれの測定値も、越冬後の生育量が真珠岩区に比べて抑制される結果が認められた。さらに廃ガラス発泡骨材区の草丈については、冬枯れ後に出土した新葉においてもその伸長量は真珠岩パーライトよりも劣っていた。また被覆率においては、試験区内の緑葉部分を経時的に測定した結果、翌年からの芝草の緑化時期が、真珠岩区では4月であったのに対し、廃ガラス発泡骨材の試験区は4月から7月にかけての生長が最も大であった。しかし、コウライシバの色、活力など外観生育上に問題はなく、よりコンパクトな生育型を示すことが把握できた。屋上などの実際の現場には、施工後頻りに管理に立入ることのできない場所も少なくない。生育培土による伸長の抑制効果は、結果として緑の省管理にもつながる。よって廃ガラス発泡骨材の人工地盤用軽量培土としての利用は、芝生の維持管理上からは好ましい結果であるといえた。

4. まとめ

ガラスを再利用した発泡骨材による、緑化用培土としての利用の可能性を明らかにするため検証を行った。本

実験で供試した廃ガラス発泡骨材は、成分組成において石灰(CaO)を20%近く含み更には粒径を微小にしたため、土壌の締固まり作用が懸念されたが、植物生育の伸長抑制に影響するような土壌硬度にはならなかった。

一方、最大の懸念事項だった土壌pHも、実験結果より、植物生育への致命的影響はないことが明らかになった。土壌改良材として、試験区あたり50%の容積比で廃ガラス骨材を使用した場合、pHは実験開始時から弱酸性を示し、それに伴うトールフェスクの初期生育も真珠岩とほぼ同等であった。単体として用いた際の土壌pHは、当初強いアルカリ性を示したが、時間の経過と共に徐々に溶脱していくことが把握でき、トールフェスクの発芽率にも影響は認められなかった。生育量に関しては、トールフェスク、コウライシバ共に真珠岩パーライトと比べ伸長が抑制される傾向がみられ、特に越冬後のコウライシバにおいてその差は顕著だった。しかし、被覆率や活力状態には問題がないため、廃ガラス発泡骨材を生育培土として用いると、草丈の低い芝生が形成されることが把握できた。

参考文献

- 1) 乾泰祐(2001):リサイクルパーライトの緑化用培土の利用の可能性について:平成13年度日本造園学会関東支部大会研究報告発表要旨(19), 33-34
- 2)(財)土木研究センター(1999):土木系材料・技術審査証明報告書「スーパーソル」
- 3) 藤田圭一(1984):土の試験実習書:(社)土質工学会:5-8, 43-54, 83-87
- 4) 山根一郎(1978):図説日本の土壌:161, 朝倉書店
- 5) 日本芝草学会(1993):芝生と緑化:328-333, ソフトサイエンス社

名称:発泡ガラス骨材の緑化用培土としての利用

所在地:東京都世田谷区桜丘1-1-1 東京農業大学11号館
調査期間:2000年8月14日~12月3日