

## 発泡廃ガラス材のクラスター構想—屋上緑化への有効利用—

Cluster Plan of Foamed Waste Glass (FWG)  
—Application for Rooftop Vegetation System—原 裕 (はら ゆたか)  
日本建設技術㈱ 代表取締役鬼塚 克忠 (おにつか かつただ)  
佐賀大学教授 理工学部都市工学科原 眞由美 (はら まゆみ)  
建設環境エンジニアリング㈱ 代表取締役桃崎 節子 (ももざき せつこ)  
日本建設技術㈱ 主任

## 1. はじめに

20世紀後半から産業活動の活発化により、大量生産・大量消費型社会が形成されてきた。それに伴って大量の産業廃棄物が排出されるようになった。この排出された産業廃棄物の中には有害物質を含むものも多く、環境破壊の一因となっている。

このような地球規模での環境を改善していくためには、21世紀は最適生産・最適消費そして最少廃棄の時代に移行する必要がある。しかし、廃棄物の処理・処分方法としては、今後も廃棄物処理施設の確保と、廃棄物のリサイクルによる再資源化に重点を置き、循環型社会の形成を確立することが必要である。

廃棄物の再資源化を目的として、建設廃材として排出される板ガラスや容器包装の空きびん等のガラス廃材を原料として開発した新素材ミラクルソル（発泡廃ガラス材・FWGと呼ぶ）を環境緑化工法・環境土木工法として建設分野に有効利用するために、新技術・新工法<sup>1)</sup>として提案し、各種工法を既に活用している。

## 2. 発泡廃ガラス材のクラスター構想

発泡廃ガラス材は多孔質間隙構造を有するため、軽量かつ強固な特性を持った新素材である。この発泡廃ガラス材は、製造条件により0.3~1.5の比重および吸水・非吸水が調整可能である。「発泡廃ガラス材のクラスター構想」として吸水性のものは岩盤を含めた斜面緑化・FWG屋上緑化工法などの保水材、また、水質浄化の汙過材として、非吸水性のものはFWG軽量盛土材・軽量コンクリート二次製品の骨材・軽量コンクリート吹付け工・地盤改良材・雑草防止材等に利用している。経済性と安全性を含めた合理的な設計施工が可能である。

「発泡廃ガラス材のクラスター構想」として図-1に示す種々の工法を提案しており、今回報告する事例は、写真-1、2に示す吸水・保水機能を持つ発泡廃ガラス材を用いた環境緑化工法のうち、FWG屋上緑化工法について報告するものである。

## 3. 屋上緑化の背景

全国の都市部において人口が集中している地域では、

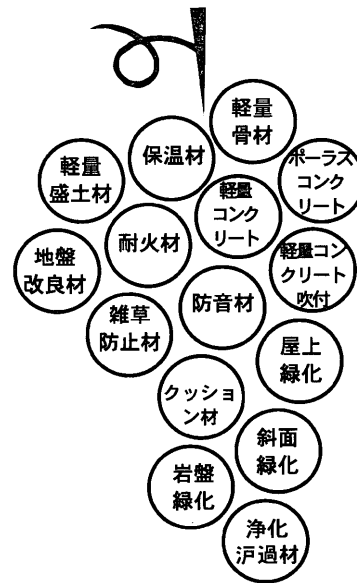
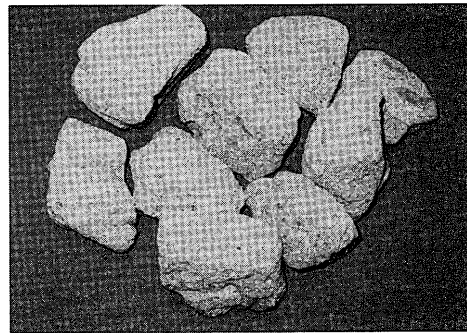
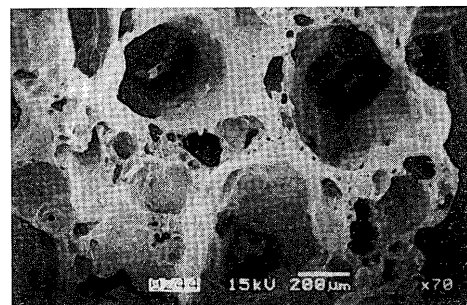


図-1 発泡廃ガラス材のクラスター構想

写真-1 吸水性の発泡廃ガラス材の形状  
(絶乾比重0.4)写真-2 電子顕微鏡による吸水性の発泡廃ガラス材の構造  
(絶乾比重0.4, 連続間隙構造)

公園などの緑地帯を拡大することは、土地の有効利用の面から現状では困難である。

また、近年都市部の気温が空調機器の使用過多により夏期に温度が上昇するヒートアイランド現象や都市型洪水被害が多くなった。ホタルやトンボ、またメダカやアメンボ等の小動物が少なくなるという生態系に異変が起こっており、自然環境の破壊を多少でも回復していく必要がある。このような背景をもとに、着目されるのが、都市部に多く林立するビルの屋上を緑化することによって、ヒートアイランド現象や生態系の回復に有効な一因となり、地球温暖化抑制につながる事が考えられる。

人間環境・地球環境の面から、廃ガラスとペットボトルの廃資源を再資源化した新素材を有効利用した薄層で軽量の屋上緑化工法を提案するものである。

#### 4. FWG 屋上緑化工法

発泡廃ガラス材を用いた屋上緑化工法は大きく分類して、**口絵写真—17**に示す比重が0.4の粗粒状（ミラクルソル）のものを用いる場合と、**口絵写真—18**に示す板状（ミラクルアワボード）のものを用いる場合がある。それぞれ平面屋上と傾斜屋根に利用でき、薄層で軽量かつ保水・保肥機能を持った新しい屋上緑化のシステムである。

都市部では、従来から屋上緑化が多少はなされていたが、保水材として適当な材料が無く、植生基盤の土層に保水させる方法がとられていたため、厚さが1000mm ぐらいの植樹層が設けられている。

このようなシステムだと、屋上にかかる負荷荷重が大きくなるという問題がある。

したがって、FWG 屋上緑化工法は、1998年から実施している発泡廃ガラス材による岩盤斜面緑化工法を応用し、灌水をなるべくすることなく、なおかつ植生基盤の薄層化にもなり、軽量化することができた。

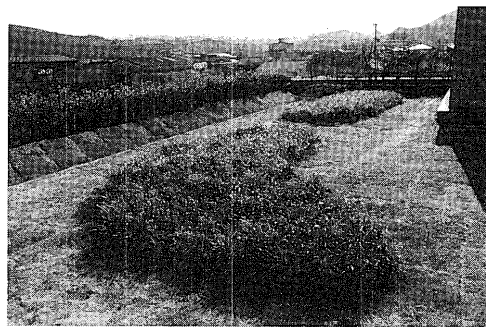
##### 4.1 FWG を用いた屋上緑化のシステム

粗粒状のミラクルソルを用いる場合、保水層と降雨による排水層を併用させたものである。遮水シートまたは防水マット（2mm）上にミラクルソル（粒径10～50mm）を厚さ50mm に布設し、上部を吸出防止マット（厚さ2mm）にて被覆し、排水・保水マット層を構成する。吸出し防止マットは培養土の流出を防ぐもので、その上部は培養土にミラクルボールを10%混入させて厚さ30mm の植生マット層とした。排水・保水層50mm と植生マット層30mm で、遮水シート2mm とサンドフ2mm を加えた総厚は80mm であり、1m<sup>2</sup>当たり34kg まで軽量化することができた。

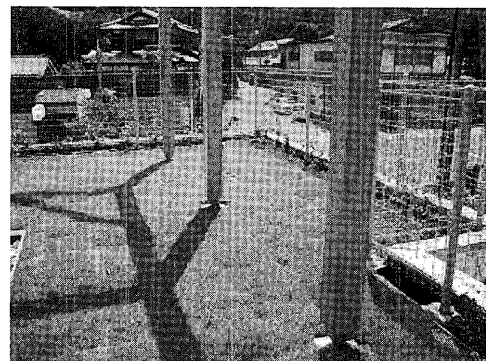
##### 4.2 FWG を用いた屋上緑化の施工事例

2001年9月8日と2002年6月20日に施工したミラクルソル屋上緑化工法の施工事例を**写真—3, 4**に示す。

施工した約80m<sup>2</sup>と約100m<sup>2</sup>の屋上緑化での特長は、廃ガラス材とペットボトルを再資源化した新素材を用いたため、薄層で軽量化できたことである。また、**口絵写真—19**に示すように、空調機器の運転により排出される



写真—3 ミラクルソルを用いた屋上緑化の施工例



写真—4 ミラクルソルを用いた民家の施工例

除湿された排水を、夏期における灌水用として再利用した点である。2001年6月に施工し、温度測定した屋上緑化でも、ミラクルソルが保水しておくため、夏期でも1週間に1回程度の散水でよく、ミラクルソルを用いた場合は保水性が良いため水管理のメンテナンスは楽である。

また、培養土中にφ1～25mmの小粒径のミラクルボールを培養土の体積に対し、10%程度混合することで、より保水効果を高めることができる<sup>3)</sup>。

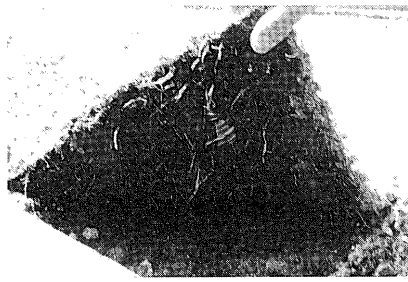
**写真—3**に示す屋上緑化は施工完了後1年4カ月間一度も人工的に散水を行っていない。

この「薄層・軽量屋上緑化工法」は芝などの水分を必要とする植物を対象に開発したが、セダム類の乾燥に強い植物も植栽できる。その場合は保水層をより薄層とすることができる<sup>5)</sup>。

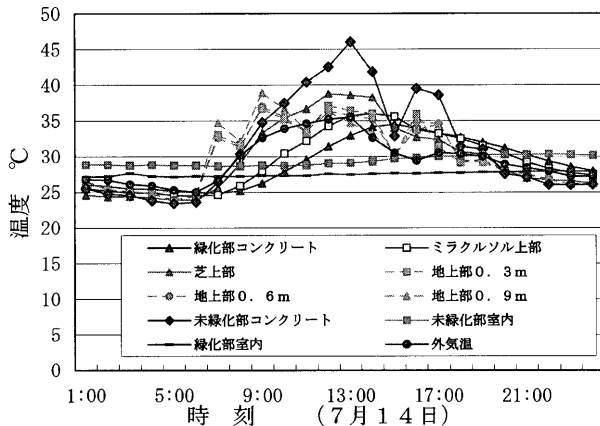
屋上緑化の荷重制限は、1m<sup>2</sup>当たり60kg以内が標準<sup>6)</sup>となっているが、今回のミラクルソル屋上緑化工法は、建築物への負荷を大幅に軽減し、水分や養分などを保水・保肥することができ、屋上緑化や屋上庭園としての利用価値が大きく評価された<sup>5)</sup>。

屋上緑化と屋上庭園を併用する場合には、低・中木の樹木を植樹するために、従来は保水を考慮して約1000mm以上の植樹層を設けていたが、ミラクルソルを用いた場合は保水効果に優れているため、植樹層が300～500mmと従来の半分以下の厚さで屋上を緑化・庭園化をすることができる。屋上庭園の場合は樹木を植樹するので暴風による被害が起こる可能性がある場合は、金網と金具類により、遮水シートより上部の排水・保水層と植生マット層を一体化し、固定する方法をとる。

## 論文



写真一5 施工後12日目の芝の生育状況

図一2 ミラクルソルの層厚が2.5 cm の場合の温度変化<sup>7)</sup>

ミラクルソルを用いた屋上緑化工法に使用するミラクルソルおよびミラクルアワボードは、廃ガラス材の容器包装である空きびんを、また、吸出し防止マットに使用するサンドフはペットボトルを100%再資源化したもので、環境の保護・保全および創出につながる工法である。

#### 4.3 芝の生育状況と室内外の温度変化

写真一5に植生後12日目の芝根の生育状況を示す。芝の生育は施工後12日で平均約10 mm、植生後170日後では平均約30 mmに伸張し、吸出し防止マットのサンドフを突き抜け水分供給源であるミラクルソルの保水層まで侵入している。

図一2に2001年6月4日に施工したミラクルソルの層厚が25 mm、培養土25 mmの場合の全総厚55 mm、重量26 kg/m<sup>2</sup>の場合の2001年7月14日の温度変化を示している。

この図から、日中の屋上コンクリート面が約46度を記録したとき、屋上緑化部下面のコンクリート面は約32度である。総厚55 mmの屋上緑化をすることにより14度もの温度差があり、冷却効果がある。

屋上緑化を施工していない部屋の天井面温度は、最大30.4度で、平均で30度、屋上緑化を施工した室内の天井面平均温度は、27.6度であり、緑化部と未緑化部の温度差は2.4度になり、55 mmの層厚ではあるが、明らかに屋上緑化を施工した方が冷却効果があり、温度低下を示した。

夜間 AM1:00~AM11:00ごろまでは温度差が1.5度

になり、その他の日についてもおおむね同様な傾向を示した。

通常の屋上緑化の冷却効果は、従来工法であれば、灌水による場合か、雨水により土が保水して冷却する考え方が一般的ではあるが、発泡廃ガラス材を用いた新しい薄層で軽量化した屋上緑化工法では、植物と培養土が断熱材として直射日光を遮断し、降雨による雨水を発泡廃ガラス材が吸水・保水をして断熱効果と冷却効果を促進してくれる。発泡廃ガラス材の層を厚くすることにより、より多くの雨水を保水させることができ、温度低下にも効果があると思われる。したがって、既設のビルでも発泡廃ガラス材を用いた屋上緑化を、特に都市計画と併せて緑化を進めることにより薄層で軽量化されたFWG屋上緑化が都市の環境改善に効果を発揮してくれると思う。

## 5. まとめ

(1) 発泡廃ガラス材を用いた屋上緑化工法は、樹木を用いない芝などの平面的な屋上緑化では、発泡廃ガラス材25~50 mmの場合が層厚55~84 mmで、26 kg/m<sup>2</sup>~34 kg/m<sup>2</sup>まで軽量化することができ、建築物への負荷を大幅に低減し、水分や養分などを保水・保肥することができ、薄層で軽量の屋上緑化や屋上庭園として活用できる。

(2) 発泡廃ガラス材を用いた屋上緑化工法は、全層厚55 mmの内、発泡廃ガラス材25 mmの場合の温度変化は、緑化部と未緑化部の温度差は26度であるが、発泡廃ガラス材の層を厚くすることにより、より保水させ、より温度低下をさせ、冷却効果が発揮されることになり、温暖化への環境改善に役立つ。

(3) 発泡廃ガラス材を用いた屋上緑化工法は、ガラス廃材とペットボトルの廃資源を再資源化した新素材を有効利用することにより、人間環境・地球環境の保護・保全および創出に貢献できる工法である。

## 参考文献

- 1) 代表執筆者 原 裕：ミラクルソル工法概要集，ミラクルソル協会，改訂第4刷，pp. 1~37, 2002.
- 2) 原 裕ほか：ガラス廃棄物の再資源化—発泡廃ガラス材を用いた屋上緑化—，廃棄物学会，第12回廃棄物学会研究発表会，pp. 469~471, 2001.
- 3) 原 裕ほか：発泡廃ガラス材を用いた斜面緑化工法，土と基礎，Vol. 47, No. 10, pp. 35~37, 1999.
- 4) 原 裕ほか：環境に配慮した斜面緑化の事例—発泡廃ガラス材を用いた緑化—，土と基礎，Vol. 49, No. 10, pp. 13~15, 2001.
- 5) 原 裕ほか：環境に配慮した屋上緑化工法—発泡廃ガラス材を用いた事例—，土木学会，第38回環境工学フォーラム講演集，pp. 46~48, 2001. (新技术・プロジェクト賞受賞論文)
- 6) 軸都市緑化技術開発機構編集：屋上・壁面緑化技術のてびき，p. 27, 1999.
- 7) 原 裕ほか：環境に配慮した屋上緑化の事例，第37回地盤工学研究発表会，pp. 639~640, 2002.

(原稿受理 2003.1.22)