

発泡廃ガラスを用いた水質浄化と機能性付加

佐賀大学大学院工学系研究科 学 ○三島 悠一郎 松下 睦
 佐賀大学低平地研究センター 正 荒木 宏之 山西 博幸
 日本建設技術（株） 正 松尾 保成 田中 健太

1. はじめに 再利用・再使用のできない種類の着色ガラスは、年間 150 万トンが埋め立て処分されていると言われている¹⁾。著者らは、このような廃ガラスに発泡剤を添加し従来より高温で焼結することにより、優れた物性を有する発泡廃ガラス（Foamed Waste Glass）を開発してきた。軽量盛土や緑化基盤材としての利用の他、水質浄化用の接触材としての用途開発も試み、効果的な水質浄化が可能なことを確かめている。さらに、通常の発泡廃ガラス(FWG)²⁾とそれを基材として表面をゼオライト化したゼオライト化発泡廃ガラス(Ze-FWG)³⁾、発泡剤を工夫しマグネシウムを含有させたマグネシウム系発泡廃ガラス(Mg-FWG)⁴⁾も開発した。本稿では、これまで行ってきた実験の結果に新たに行った基礎・プラント実験結果を追加し、異なる機能を有する上記三種類の発泡廃ガラスの水質浄化特性を評価し、発泡廃ガラスによる水質浄化の課題と展望について検討した。

2. 各種発泡廃ガラスの機能性 表-1に各種 FWG の物性値と特徴を示す。FWG は粉碎した着色ガラスに発泡剤を混合し、高温で焼成し製造される。水質浄化は FWG の多孔質間隙構造の持つ物理吸着能を利用し、主に SS や濁度改善に効果があることが確認されている。ゼオライト化発泡廃ガラス(Ze-FWG)は、FWG に更なる水質浄化機能を付加するために表面をゼオライト化し、物理的吸着能の向上だけでなく化学的吸着能を有している。マグネシウム系発泡廃ガラス(Mg-FWG)は、リン除去を目的として開発された。製造は FWG で用いる発泡剤だけでなく、新たにマグネシウム系発泡剤を用いることで、FWG 中に Mg を含有させている。この含有する Mg と水中の PO_4^{3-} が結合し、リンを結晶として除去することを期待している。

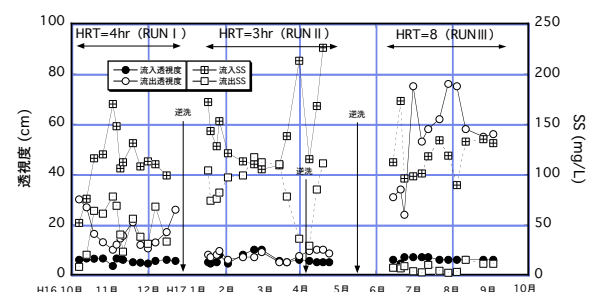
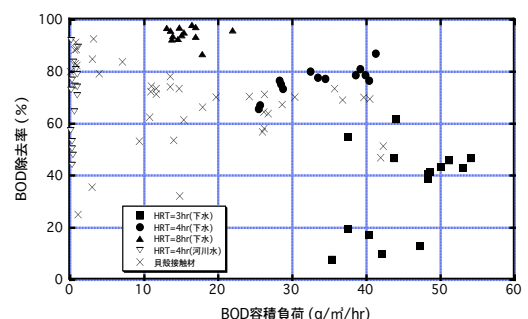
3. 実験方法および結果 水質浄化実験はそれぞれの目的に応じて、人工廃水、河川水、下水を対象として回分実験、プラント実験を行った。

図-1 に下水を用いたプラント実験による SS、透視度の結果を示す。SS は発泡廃ガラスの細孔に捕捉・除去されており、透視度も SS に連動している。

図-2 に BOD 容積負荷と除去率の関係を示す。FWG の BOD 除去率は貝殻接触材より高い除去率を得た。これは、接触材の比表面積の差が大きな要因と考えられる。負荷の増大と共に除去率は低下するものの、例えば下水でも HRT=4hr 以上で、70～90%の BOD 除去が可能であることが分かる。接触材間に堆積する汚泥を引き抜かないと除去率低下を来すものの、流

表-1 各種 FWG 物性値と特徴

	FWG	Ze-FWG	Mg-FWG
真比重	0.4	-	0.51
吸水率(%)	100	-	63.5
CEC(meq/100g)	0.6	50	-
特徴	物理吸着能	物理吸着能 陽イオン交換能	物理吸着能 リン除去効果

図-1 SS、透視度の経時変化
(下水を用いたプラント実験)図-2 BOD 容積負荷と除去率
(下水を用いたプラント実験)

キーワード: 発泡廃ガラス ゼオライト化発泡廃ガラス マグネシウム系発泡廃ガラス

連絡先〒840-0027 佐賀市本庄町1番地 佐賀大学 低平地研究センター

TEL 0952-28-8571

入条件にもよるが短くて 1 回/月程度の引き抜きで概ね上記の除去率を達成できることを確かめている。

図-3 の各態窒素濃度比の経時変化、図-4 に Cd 濃度の経時変化を示す。ゼオライト化による高い化学吸着能（陽イオン交換）の付加により、アンモニア及び Cd の高い除去が確認できた。

図-5 に各種リン濃度比の経時変化を示す。Mg-FWG が最もリンを吸着しており、続いて Ze-FWG、FWG であった。Mg-FWG では含有する Mg によるリン酸マグネシウム (MP) 又は、リン酸マグネシウムアンモニウム (MAP) の生成により高いリン除去率が得られる。また、Ze-FWG が FWG よりリンを吸着するのは、物理吸着能の差によるものである。

写真-1 に下水実験終了時の Mg-FWG の電子顕微鏡写真を示す。これから、細孔中にマグネシウムと結合したリンの結晶が確認できる。この結晶は、リン酸マグネシウムもしくはリン酸マグネシウムアンモニウムであると考えられるが、どちらが優先して生成されているかなどはまだ明らかではない。

以上のように発泡廃ガラスは物理的吸着によって BOD、SS の除去、透視度改善の効果があり、それに機能性を付加した Ze-FWG は、陽イオン交換によって重金属や $\text{NH}_4\text{-N}$ を除去することが出来る。また、Mg-FWG は高効率のリン除去が可能であることが分かる。各材料の基本的浄化特性は確認されているが、詳細な説明はまだ残されている。実用化における課題として、価格、処理限界（最大吸着量）、使用後の処理方法の検討も残されている。価格については、大量生産することにより下げられる余地はある。FWG の水処理能力限界はプラント実験で明らかになっているが、Mg-FWG のリン吸着限界は今後の課題である。吸着後の再生や処分については、有機物や栄養塩を蓄積しているため、緑化のための優れた保水材として適用可能であり、大きな支障は無い。また、プラスチック接触材などと比較しても、廃棄や処分が容易であり環境上の問題もなく優れているといえる。

実用化のための設計条件と運転維持管理の諸条件も基本的には明らかになった。

4. まとめ 発泡廃ガラスとそれを高機能化したゼオライト化発泡廃ガラス、マグネシウム系発泡廃ガラスによる各々の水質浄化特性について実験的に検討し、水質浄化のための優れた接触材であることを確かめた。残されたいくつかの課題を明らかにすれば実用性は高いと言える。

【参考文献】 1) ガラス瓶リサイクル促進協議会データ、及びワイン消費数量統計 2) 松下ら、平成17年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、講演番号7-97 2) 田中ら、第60回年次学術講演会講演概要集、講演番号7-080、2005. 3) 三島ら、平成17年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、講演番号7-99

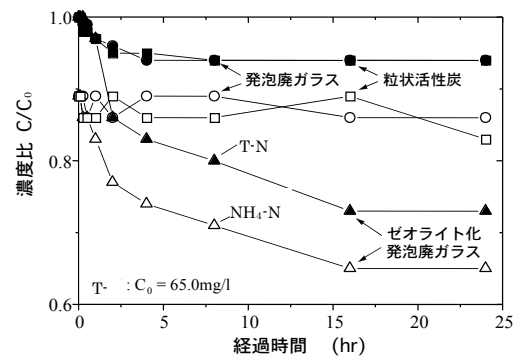


図-3 各態窒素濃度比の経時変化
(生水を用いた回分実験)

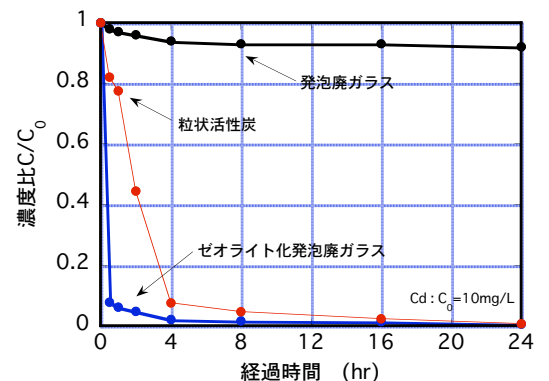


図-4 Cd の経時変化
(人工下水を用いた回分実験)

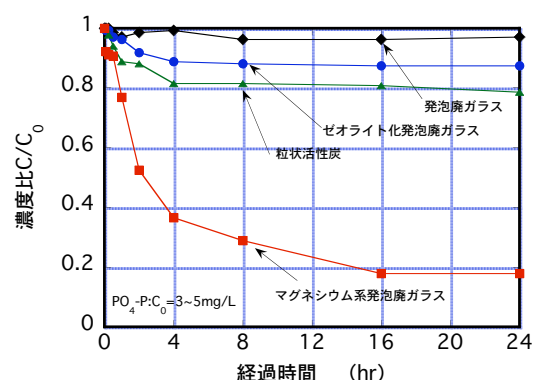


図-5 リン濃度比の経時変化
(人工下水を用いた回分実験)

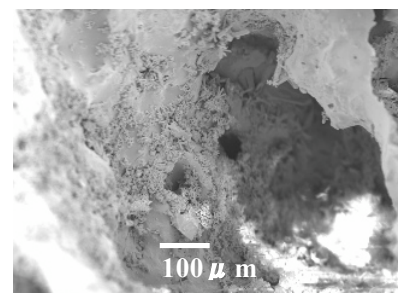


写真-1 電子顕微鏡写真
(マグネシウム系発泡廃ガラス)