ゼオライト化発泡ガラスの特性

日本建設技術㈱ 技術研究所　正会員○安高　進
日本建設技術㈱　正会員　原　　裕、田中健太
佐賀大学低平地研究センター 正会員　荒木宏之

1. はじめに　ワインびんなどの有色ガラスはリサイクルが困難であることから大半埋立て処分されるため、埋立処分場の不足や不法投棄などが発生しており、そのリサイクル用途の拡大が急務となっている。このような背景から、このガラス廃材を原料とするリサイクル製品“発泡ガラス”を開発し、非吸水性のものは軽量盛土材、軽量骨材など、吸水性のものは岩盤斜面・屋上緑化用軽量保水材、水質浄化材などに利用している。今回開発したゼオライト化発泡ガラスは、吸水性の発泡ガラス表面をゼオライト化し、更なる保水機能や重金属吸着機能・陽イオン交換機能等を付加した高機能性の複合素材であり、各種緑化用・水質浄化用資材として利用拡大を期待している。以下、発泡ガラス・ゼオライトの特性、ゼオライト化発泡ガラスの製造法並びにその特性等について記述する。

2. 発泡ガラス・ゼオライトの特性　発泡ガラス（商標名：ミラクルソル）は、多数の間隙を有し、軽量かつ強固であり，比重（*0.4*～*1.5*）および粒径（最大 *75* ㎜）の調整も自由である。また、製造条件により、間隙が互いに独立して存在する独立間隙（非吸水性）のものと，間隙が連続して存在する連続間隙（吸水性）のものに分類される。写真-*1* に吸水性発泡ガラスの形状を、写真-*2* に顕微鏡写真を示す。吸水性のものはその保水性及び軽量性から屋上緑化、岩盤斜面緑化、鉢底用軽石等に用いている。また、連続した微細気孔や多大な表面積を活用した物理吸着及び生物膜による浄化性能に優れ、河川水の浄化やいけす等で利用している。

写真-*1*　吸水性発泡ガラス

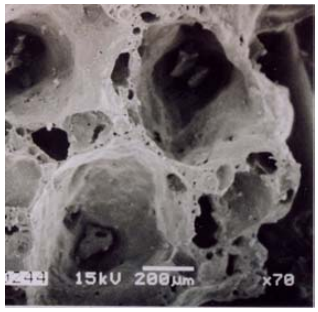

写真-*2*　同左顕微鏡写真

一方、ゼオライトは図-*1* のようにケイ素（Si）とアルミニウム(Ａ１)が酸素（O）を介して結合し、細孔を持つ結晶性のアルミノケイ酸塩で、図-*2* に代表的なＡ型ゼオライトの骨格を示す。ゼオライトの種類は『天然ゼオライト』、『合成ゼオライト』並びに『人工ゼオライト』の３つに区分されるが、特徴をまとめ表-１に示す。

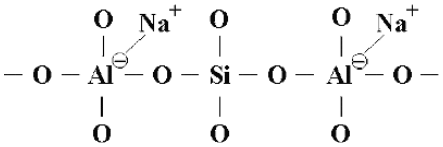

図-*1*　ゼオライトの骨格

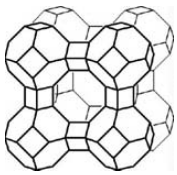

図-*2*　Ａ型ゼオライトの骨格

表-*1*　ゼオライトの種類と特徴

項目	天然ゼオライト	人工ゼオライト	合成ゼオライト	活性炭	フライアッシュ
特　徴	天然鉱物（沸石）として採掘され、土壌改良材などとして利用。	灰に含まれているシリカ分アルミナ分と苛性ソーダなどを反応させて製造。現在、少量が生産。	ケイ酸、アルミン酸、水酸化ナトリウムなどを原料として化学合成されるもので、洗剤の助剤や脱臭、触媒などに利用。		
粒子形状	不定形	微粉末状(球状)（造粒加工が必要）	球状・円柱	不定形	球状・他
細孔径(A)	6～8	5～10	3～（造分け可能）	20～800	
比表面積(m2/gr)	20～35	100～150	400～	500～	0.2～0.5
CEC(meq/100gr)	50～170	150～200（増粒後のCEC値は1/3程度	400～600	無	ほとんど無い
極性	有	有	有	無	
溶出pH	6～8	5～11	コントロール可能	中性	アルカリ(8～11)
吸湿能力(%)	20～40	20～50	50	種類による	小さい
吸油能力	0.5～0.7倍	1.3～1.5倍	1～2倍	種類による	小さい
性　能	△	○	◎		
価　格	◎	○	△		

キーワード　リサイクル，発泡ガラス，ゼオライト，ガラス廃材，
連絡先　　〒847-1201　佐賀県東松浦郡北波多村徳須恵 1417-1　日本建設技術株式会社　ＴＥＬ0955-64-2525

また、ゼオライトが有する機能は、吸着機能、陽イオン交換機能、触媒活性機能の３つに大別される。吸着機能は河川浄化･脱臭･有害物質吸着として、陽イオン交換機能は水質浄化・土壌改良として、触媒活性機能は石油の精製などに利用されている。表-*2* にゼオライトの機能･用途とゼオライト化発泡ガラスの適用範囲を示す。

表-*2* ゼオライトの機能･用途とゼオライト化発泡ガラスの適用範囲

機　　能		用　　途
吸　着	立体網目構造中の空洞にガスやイオン等を強力吸着	水質浄化（河川浄化、排水浄化など） 脱臭（畜産、ペット糞尿） 害物質吸着（農薬･ダイオキシンなど汚染土壌処理） 調湿（乾燥剤、凍結防止）
陽イオン交換	K^+、Ca^{2+}等の金属イオンを保持･交換する作用	農業･園芸（肥料用、屋上･法面緑化基材、砂質土壌等の保肥性向上） 水質浄化（農業用水･養魚場･湖沼の水質改善、洗剤ビルダー） 土質改善（酸性雨･酸性土壌対策） 多機能性コンクリート（生態系コンクリートブロック、高耐久性コンクリート）
触媒活性	石油精製など	触媒（NOx分解、廃プラスチックの油化、ガソリン化）

下　線：ゼオライト化発泡ガラスの用途

3．ゼオライト化発泡ガラスの製造法　ゼオライト化発泡ガラスは発泡ガラス製造後、ゼオライト化に必要な物質を加えた後、特殊反応炉にて生成でき、従来の一般的手法である水熱合成法に比較し、連続的な製造が可能であり、製造コストも安価となる。ゼオライト生成の判断基準となる陽イオン交換容量 *CEC* 値は *80meq/100g* を示し、発泡ガラス表面のみゼオライト化していることを考えれば十分な吸着能を有していると考えられる。また、比較対象の石炭灰から作られた人工ゼオライトは微粉状であるため、使用に当り造粒作業（二次加工）とそれに伴う閉塞作用が発生する。ゼオライト化発泡ガラスは二次加工が不要であり、ＣＥＣ値は、造粒後の石炭灰人工ゼオライトと遜色ない。写真-*3* にゼオライト化した発泡ガラス、写真-*4* にその電子顕微鏡写真を示す。

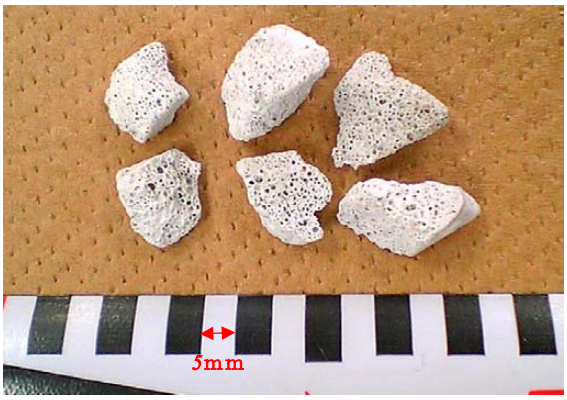

写真-*3*　ゼオライト化した発泡ガラス

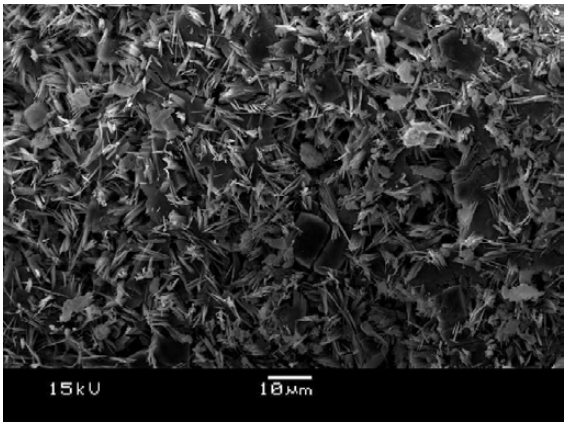

写真-*4*　電子顕微鏡写真

4．ゼオライト化発泡ガラスの特性およびまとめ　表面をゼオライト化した発泡ガラスの詳細な性能分析は現在実験中であるが、水質浄化に関する基礎的実験結果によれば、以下のような結果が得られている。

・発泡ガラスと比較し、基材である発泡ガラス内部の微細気孔とゼオライトの吸着機能による相乗的物理吸着能の向上が確認された。
・ゼオライトの持つ陽イオン交換能により、活性炭などにはないアンモニア、各種金属類の高い除去が可能である。
・有機物の総合的な指標である *COD* の物理吸着も可能であり、連続処理において形成される付着生物膜による生物化学的分解と併せた効果的な浄化が期待できる。

ゼオライト化発泡ガラスは、発泡ガラスの持つ軽量性や物理的・生物化学的水質浄化機能に、ゼオライトの持つ陽イオン交換能・吸着能（肥料保持）を有する高機能性発泡ガラスで、屋上・斜面緑化や水質浄化などの分野で利用拡大を期待している。今後は実用化に向けた実験等を行っていきたい。

なお、ゼオライト化発泡ガラスの開発は九州経済産業局の地域新生コンソーシアム研究開発事業の委託研究として採用され、実施したものである。