

多機能型水質浄化セラミックス素材の開発

吉田 博和* 杉浦 則夫** 日高 正司***

1. はじめに

水環境中で問題となる多元汚濁因子、つまり窒素、リンや微生物が産生する有害な二次代謝産物（有毒物質やかび臭物質）を同時に効果的に除去できる手法の検討が必要であることから、それらの除去手法の構築が解決すべき課題として挙げられる。

本研究では、水汚濁物質除去の為に機能型セラミックスの要素開発を実施し、特に物理化学的吸着及びセラミックスに生物膜を付着させ生物膜処理による汚濁物質等を効果的に除去するものを開発した。

2. 実験方法

2.1 廃棄物を利用したセラミックスの作製

材料として廃ガラス、土、粘土、活性炭、ゼオライトを用い、あらかじめ粉砕し 400 μm のふるいを通させた。電気炉を用い、1000° C で焼成した。作製した φ20 mm の球状のセラミックス A および φ15×20 mm の中空状のセラミックス B (図 1) について見掛け気孔率を測定した。2 種のセラミックスの材料配合比について、表 1 に示した。

表 1 セラミックス材料配合比 (%)

	ガラス	土	粘土	ゼオライト	活性炭
セラミックスA	22	44	22	12	
セラミックスB	10	56	24	2	8

2.2 N, P, メチレンブルー吸着性能実験

作製したセラミックス A, B, 市販のセラミックスおよび活性炭について JIS K 1474 活性炭試験方法を参考に、吸着対象として PO₄-P (KH₂PO₄), NO₃-N (KNO₃), メチレンブルーを用い実験を行った。50 mL 三角フラスコに粉体試料適量および吸着性能評価用に調整した各溶液 25 mL を加え、150 rpm, 30 min で水平振とうした後のサンプル溶液中の各成分濃度を測定し吸着性能を求めた。

2.3 連続処理によるろ過機能の検討

セラミックス A, B をそれぞれ充填率 60% 充填した容量 40 L の円筒状の装置を用いた。原水は水戸市ダム湖水とし、線速度は 5 m/day で上向流式による処理を約 2 ヶ月間行った。水温、pH、DO (dissolved oxygen), SS (suspended solid) を経時点に測定し各担体の物理的ろ過機能を評価した。

2.4 ジェオスミン吸着性能実験

ろ過機能と量産的な検討の結果、φ20 mm の球状のセラミックス A20 および、φ15 mm の球状のセラミックス A15 を量産試作した。セラミックス A20, セラミックス A15, ハニカムチューブ、粒状活性炭について、ジェオスミンを吸着対象として実験を行った。3 L 三角フラスコ

に 0.4 L の担体および 200 ng/L に設定したジェオスミン溶液 2 L を加え、110 rpm で水平振とうを行った。0, 10, 20, 40, 60, 120, 300, 600, 1200, 1800 min にサンプリングを行った。作製したセラミックス及び用いたその他の担体について、写真を図 1 に示した。

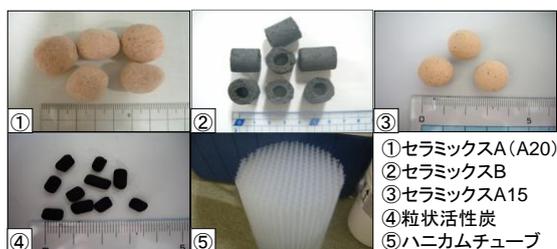


図 1 担体写真

2.5 ジェオスミン連続処理実験

作製した粒径の異なる 2 種のセラミックス A20 (平均径 20 mm) および A15 (平均径 15 mm), ハニカムチューブ (孔径 13 mm), 粒状活性炭 (4×8 mesh) をそれぞれ充填率 60% 満たした容量 40 L の円筒状の生物処理装置を実験に用いた。実験装置概略を図 2 に装置写真を図 3 に示した。原水は、水戸市ダム湖水にジェオスミン溶液を添加し、線速度約 15 m/day で上向流式による処理を行った。ジェオスミン濃度は、高濃度条件として 200 ng/L, 低濃度条件として 20 ng/L に設定し、約 10 日間の添加を 2 回行った。

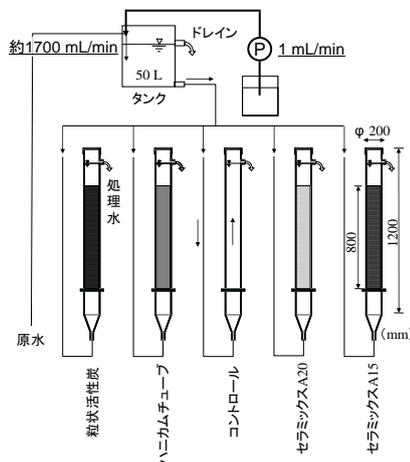


図 2 連続処理装置概略



図 3 連続処理装置写真

3. 結果および考察

3.1 廃棄物を利用したセラミックスの作製

セラミックスA, Bの見掛け気孔率はそれぞれ 38.2%, 50.5%であり, 市販のセラミックス (12-68%) と比較して, 同等以上の見掛け気孔率が得られた。

3.2 N, P, メチレンブルー吸着性能実験

吸着性能実験の結果, セラミックスA, Bは市販のセラミックスと比較して同等の結果が得られた (表2)。したがって, 廃棄物を利用して作製したセラミックスが市販のセラミックスと遜色なく使用できることが示された。また, セラミックスAとBで吸着性能に違いが見られたことから, 配合を変えることで廃棄物を利用したセラミックスの吸着特性が操作可能であることが明らかとなった。

表2 N, P, メチレンブルー吸着性能

	KH ₂ PO ₄ (mg-P/g)	KNO ₃ (mg-N/g)	メチレンブルー (mg/g)
セラミックスA	0.024	0.001	0.52
セラミックスB	0.010	0.002	1.25
市販セラミックス	0.021	0.000	1.17
活性炭	0.142	0.045	>5.54

3.3 連続処理によるろ過機能の検討

物理的ろ過が主な処理であると考えられる SS の実験期間中の平均除去効率は, セラミックスAが 71%, セラミックスBが 76%であった。中空状のセラミックスBは, その形状からろ過閉塞の低減を目的として作製したが, その効果は認められなかった。この結果と, セラミックスの量産的な作製には球状が容易であることから, 水質浄化セラミックスの量産試作には球状が適することが分かった。

3.4 ジェオスミン吸着処理実験

結果を図4に示した。活性炭が開始直後急激に低下したのに対し, その他2種のセラミックスとハニカムチューブはコントロールと同様に濃度は低下せず, 吸着性能は認められなかった。そのためこの3つの担体について, 後のジェオスミン連続処理では, 生物処理が主な処理であると考えられた。

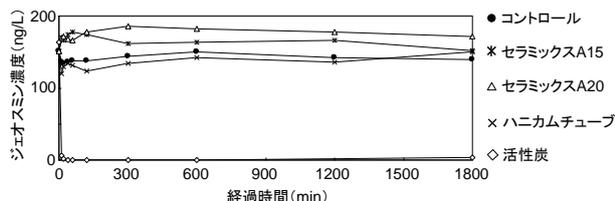


図4 ジェオスミン濃度経時変化

3.5 ジェオスミン連続処理実験

図5に示したように, ジェオスミンの平均除去効率は, 活性炭が最も高く, 次いでセラミックス A15, セラミックス A20, ハニカムチューブの順であり, この除去効率の差は統計学的にも有意であった (P<0.05)。

細孔を含めない担体の見かけの表面積1cm²当りのジェオスミン除去速度を求めたところ, 2種のセラミックス間に統計学的に有意な差はなく (P>0.05), その除去速度はハニカムチューブの約3倍高い値であった (表3)。

前実験の結果ジェオスミンの吸着性能が使用セラミックスでは認められなかったことから, 吸着でジェオスミンが主に除去される活性炭とは異なり, ジェオスミン除去は生物分解が主であると考えられた。ハニカムチューブとセラミックスのジェオスミン除去速度の違いは, セラミックスに存在する細孔に微生物が息しジェオスミン分解に寄与することで, 見かけ表面積当りの分解機能が向上したものと考えられた。

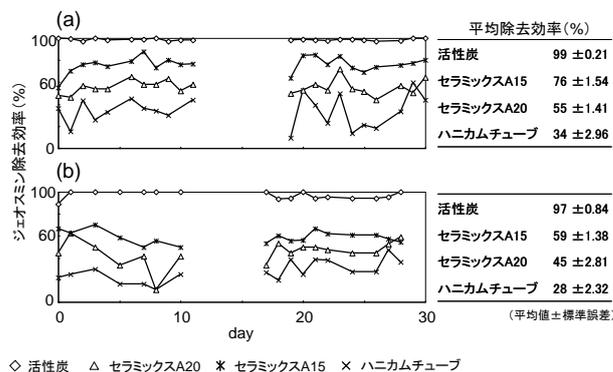


図5 高濃度(a)と低濃度(b)におけるジェオスミン除去効率経日変化(左)と平均除去効率(右)

表3 ジェオスミン除去速度 (×10⁻⁶ ng/cm²・h)

	活性炭	ハニカムチューブ	セラミックスA20	セラミックスA15
高濃度	25.6 ± 3.3	20.5 ± 4.1	71.7 ± 9.4	66.3 ± 9.3
低濃度	2.3 ± 0.2	1.6 ± 0.2	5.4 ± 0.6	4.6 ± 0.3

(除去速度 ± 標準誤差)

4. まとめ

- (1) 数種の原料を用いてセラミックスを試作し, 強度, 見掛け気孔率, N・P・メチレンブルー吸着性能をもとに, 市販のセラミックスと比較して同等以上のセラミックスを作製した。
- (2) 主に形状と量産的な検討を行い, φ20 mmの球状のセラミックスA20および, φ15 mmの球状のセラミックスA15を量産試作し, その後の実験に用いた。
- (3) 水戸市ダム湖水を対象にジェオスミンの連続処理を行い, 本研究で試作したセラミックスの微生物担体としての有効性が証明された。