

リン吸着コンクリートに用いる各種多孔質材料によるリン除去

Phosphate removal of various porous materials for Phosphorous Adsorption Concrete

佐藤 周之*, 野中 資博*, 桑原 智之*, 佐藤 利夫*, 阿部 公平**

SATO Shushi*, NONAKA Tsuguhiko*, KUWABARA Tomoyuki*, SATO Toshio* and ABE Kouhei

1. はじめに

リン吸着コンクリート（以下、P-CON）とは、水環境悪化の指標の一つであるリンを環境水中から吸着・除去する機能をコンクリートに付与したものである。P-CONの原理は、リン酸イオンを高選択的かつ大容量交換可能なハイドロタルサイト化合物（以下、HT）をコンクリートに複合化している点であり、P-CONの基礎的なリン除去機構および性能は既に明らかにされている¹⁾。しかし、P-CONを水環境修復資材として河川や湖沼環境で利用するには、HTのリン除去効率をより向上させること、即ちコンクリート中のHTと環境水との接触頻度の向上が不可欠であり、そのためにはコンクリート組織構造の改質が求められる。

現在までに、コンクリートの透水性改善方法として、コンクリートが多孔質となるような製法（即時脱型製法）の導入を実施し、透水係数の改善効果を確認している。しかし、コンクリートの透水係数とは基本的に連続空隙の多寡であるのに対し、P-CONに要求される透水性とは水の毛管浸透や拡散係数などの浸潤性である。一方、コンクリート中の水の拡散係数は使用骨材の多孔性や吸水率に影響を受けるといった報告がある²⁾。つまり、多孔質な材料をP-CONに利用すれば、よりリン吸着能力の向上が期待される。ところが、P-CONのリン除去には大別して吸着と晶析の二種類が存在するため、P-CONのリン除去性能の評価には、使用する各材料の直接的なリン除去性能を把握しておく必要がある。

本報では、各種多孔質材料をP-CONに利用する際の基礎的研究として、各材料の直接的なリン除去能力の有無、機構、性能の評価を実施する。

2. 実験の概要

実験に用いた多孔質材料は、実用面も考慮して島

表-1 各種材料の比重および使用した重量

Specific gravity and weight of each materials

材料名	絶乾比重 (g/cm ³)	使用した重量 (g)
クリンカーアッシュ	1.92	20005
発泡ガラス	1.25	20038
ゼオライト	2.09	19990
HT	1.98	0.101

根県内で入手可能な各種産業副産物および未利用資源とした。前者は島根県M発電所産のクリンカーアッシュ（Clinker）および粒径3~5mmの発泡ガラス（Glass）であり、後者は島根県平田産の天然ゼオライト（Zeolite）である。各材料の絶乾密度および使用した材料の重量を表-1にまとめる。なお、各材料のリン除去性能と比較するため、リン吸着材料であるHTについても検討を行った。

各材料のリン除去性能評価にはバッチ法を用いた。使用したリン酸水溶液は約10mg-P/L（32mg-PO₄-L）であり、所定の重量の材料を浸漬、25一定室温にて24時間攪拌した。その間、経時的にリン酸水溶液を採取し、モリブデン青吸光光度法にてリン酸濃度を測定した。HTは陰イオン交換体であり、実験に用いたMg-Al-Cl型はゲスト層中の塩化物イオンとのイオン交換によりリン酸イオンを吸着する。そこで、HTについてはイオンクロマトグラフィー法により塩化物イオン濃度の測定も合わせて行った。また、各種材料のリン除去機構を解明するために、攪拌開始から24時間後の試料溶液に塩酸を加えて懸濁物を溶解し、ICPにより溶出する陽イオン濃度の測定を行った。

3. 結果と考察

HTのリン酸濃度と塩化物イオン濃度の経時変化

*島根大学生物資源科学部, Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, **鳥取大学大学院連合農学研究所, United Graduate School of Agricultural Science, Tottori University, キ-ワ-ド: 多孔質材料, リン吸着コンクリート, リン除去

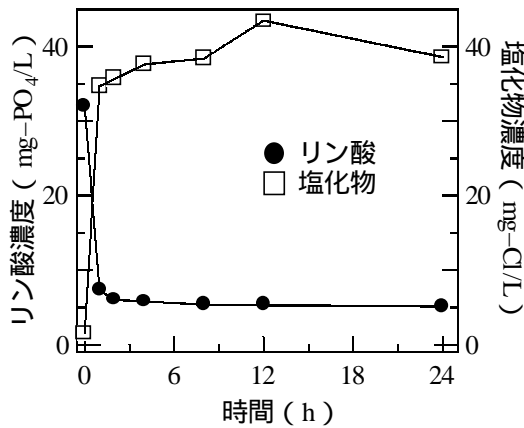


図 - 1 リン酸および塩化物濃度の経時変化
Change with time of phosphate and chloride concentrations

を図 - 1 に示す。HT のリン酸吸着は攪拌開始後 1 時間で約 90%を示しており、イオン交換により溶出する塩化物イオン濃度も同じ傾向で溶出している。したがって、HT のリン吸着性能の検証は塩化物イオンの測定により可能であることが確認できる。なお、本実験結果より得られた HT のリン吸着量は約 433 (mg-P/g) であり、ほぼ理論値と等しい。

HT と同条件下で行った各材料のリン除去量の経時変化を図 - 2 に示す。ただし、図 - 2 では各材料 1kg 当たりのリン除去量に換算している。リン除去に必要な時間は HT と異なり、また材料間でも異なることが分かる。また、各材料のリン除去量は HT のリン吸着量と比較すると 1/1000 以下と少ないが、明らかにリンを除去していることが分かる。本実験条件を鑑みるに、各材料のリン除去機構は物理化学的なものであると推察されることから、リン吸着・除去の補助的な機能を持つと考えられる。

一般的なリンの物理化学的除去法としては凝集沈殿法が挙げられる。これはカルシウムや鉄、アルミニウム等によりリン酸を晶析・沈殿させる方法である。そこで、各材料から溶出した上記三元素の量を図 - 3 に示す。材料により溶出する元素の種類および量は大きく異なる。特に本実験で使用した Glass からのカルシウムイオンの溶出量は多く、これは製造過程で貝殻を利用しているためと考えられる。また、陽イオン交換体として知られる Zeolite は産地により含有元素が異なるが、本実験で用いたものはリン除去に有効な三元素の総溶出量が Clinker よりも多いことから、リン除去用の補助材料としては Clinker よりも機能的に優れているといえる。

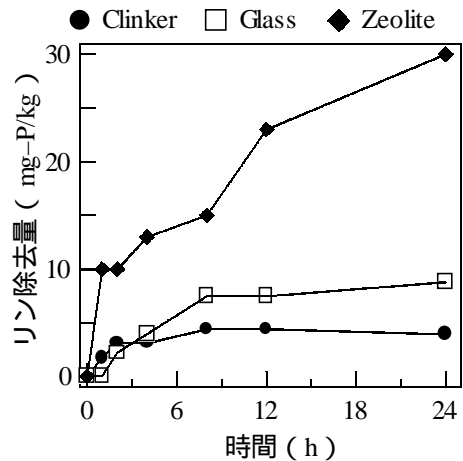


図 - 2 各種材料のリン除去量
Phosphorous removal amount of each material

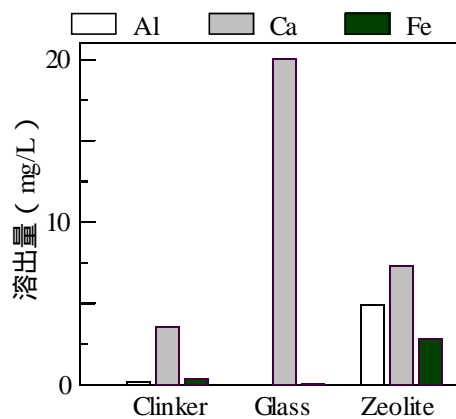


図 - 3 各材料からの Al, Ca, Fe 元素の溶出
Dissolutions of Al, Ca, Fe element from each material

4. まとめと今後の展開

本実験に用いた各種多孔質材料は、それ自体が物理化学的なリン除去性能を持つことが明らかとなった。したがって、これら材料は、水環境中のリン除去に特化したコンクリートを作る際の「機能性材料」としての有効利用が可能である。今後は、コンクリートにこれら機能性材料を複合化した場合の物理化学的なリン除去能力について、さらには、多孔質材料の微生物担体としての機能についても注目し、生物膜による有機物・リン除去などの生物学的な浄化能力についても検証を進める予定である。

参考文献

- 1) 佐藤ら (2004) : リン吸着コンクリートの性能に関する基礎的研究, コンクリート工学論文集 (投稿中).
- 2) 村田二郎 (2002) : コンクリートの水密性とコンクリート構造物の水密性設計, 技報堂出版, pp.57~60.