

各種ゼオライトを混入したモルタルの窒素およびリン酸の除去機能

九州大学大学院 学生会員 江頭 正之
九州大学大学院 フェロー 松下 博通
九州大学大学院 正会員 鶴田 浩章
九州大学大学院 学生会員 徳永 雄司

1はじめに

富栄養化の起因となるリンや窒素に対する除去処理方法が研究されている。ゼオライトはイオン交換能や吸着分離能といった機能を有しており、環境水中の PO_4^{3-} および NH_4^+ を吸着することから、近年、ゼオライトを混入したコンクリートの水質浄化性能について研究がなされている。本研究では、Ca 型人工ゼオライトおよび板谷産天然ゼオライトをモルタルに混入することで、モルタル中におけるゼオライトのリンおよび窒素の吸着能について検討を行なった。

2 実験概要および結果

2.1 使用材料および配合

表-1 に使用材料を示し、表-2 に配合を示す。表-1 中のゼオライトの密度は、気温 20℃湿度 60%の環境下におけるかさ密度を示している。なお、ゼオライトおよび細骨材の前処理として、天然ゼオライト(以下 NZ)は質量に対して 61%吸水させ、Ca 型人工ゼオライト(以下 AZ)は質量に対して 60%吸水させた。また、細骨材は表面乾燥飽水状態にした。

2.2 PO_4^{3-} 除去性能試験

環境水中におけるリンはリン酸態リンとして存在しており、本研究では濃度 5mg/l の KH_2PO_4 水溶液を用いて、リン酸溶液中における各種モルタルのリン酸除去性能について実験を行った。試験方法は、上記リン酸水溶液 50ml 対し 2g のモルタルを入れ、24 時間攪拌後の PO_4^{3-} 濃度をモリブデン青吸光度法(JIS K 0102)に準じて測定した。なお、ゼオライト単味のリン酸除去性能についても同様の測定方法で行った。

図-1 にゼオライト置換率とモルタル 2g による PO_4^{3-} 除去量の関係を示す。なお、縦軸の数値 1.84 は濃度 5mg/l の KH_2PO_4 水溶液中における PO_4^{3-} の初期物質質量(μmol)を示す。ゼオライトの添加率が 10%以下ではゼオライト添加率の増加に伴い PO_4^{3-} 除去量は低下した。一方、ゼオライト添加率が 10%を超えるとゼオライト添加率の増加に伴い PO_4^{3-} 除去量は増加した。これらの原因として以下のことが考えられる。陽イオン交換能によりゼオライトがセメント中の Ca^{2+} を引きつけるため、溶液中への Ca^{2+} の溶出に伴うリン酸カルシウムの沈殿量が減少したと考えられる。さらに過剰のゼオライトを添加すると負電荷を帯びたゼオライトが Ca^{2+} を介して PO_4^{3-} を吸着し始めモルタル内部でリン酸カルシウムを生成するからだと考えられる。ま

表-1 使用材料

材料	記号	名称	密度(g/cm^3)
セメント	C	普通ポルトランドセメント	3.15
ゼオライト	B	Z	板谷産天然ゼオライト
		NZ	0.64
		AZ	Ca型人工ゼオライト
細骨材	S	海砂 (0.3-0.6mm)	2.58
混和剤	Ad	高性能減水剤 (高縮合芳香族スルホン酸塩系)	—

表-2 配合表

Z	Z/B (%)	W/B (%)	S/B
無し	0	25	1.0
NZ	5		
	10		
	15		
	20		
AZ	5		
	10		
	15		
	20		

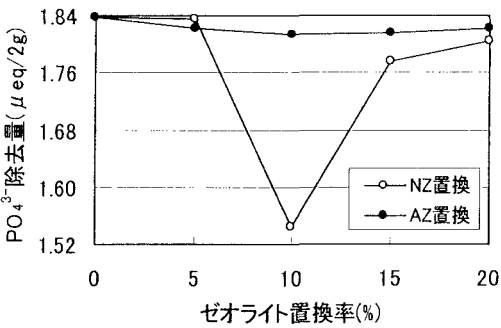


図-1 ゼオライト置換率とモルタル 2g による PO_4^{3-} 除去量の関係

た、AZ 粉末はあらかじめ Ca 型に置換されているためモルタル中における Ca^{2+} の吸着量が少なかったと考えられる。したがって、AZ 置換率による PO_4^{3-} 除去量の変化は、NZ 置換率による変化に比べ、極めて低い値となったと考えられる。

ゼオライト粉末およびモルタル中における NZ の pH と PO_4^{3-} 吸着量を表-3 に示す。上記考察に基づき、NZ 置換率 10% における PO_4^{3-} 除去量を基準とした PO_4^{3-} 除去量の増分をモルタル中における NZ の PO_4^{3-} 吸着量とした。なお、 PO_4^{3-} 吸着量は NZ 粉末 1g 当たりの μ 当量で換算した。

NZ 粉末は AZ 粉末に比べ PO_4^{3-} 溶液中の pH が低くなるため、 PO_4^{3-} 吸着量は低い結果となった。しかし、モルタル中における NZ は pH が 12 以上の高いアルカリ環境下であることと豊富な Ca^{2+} を得られることから、 PO_4^{3-} 吸着量は 3 倍以上増加したものと考えられる。

2.3 NH_4^+ 吸着性能試験

環境水中における窒素はアンモニウム態窒素として存在している。そこで本研究では、ゼオライト置換したモルタルの NH_4^+ 吸着能を定量するために、 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 水溶液に沈積したモルタルの NH_4^+ 吸着量を求めた。試験方法は、上記アンモニウム溶液 20ml に対し 2g のモルタルを入れ、18 時間振とうし、振とう後の固体中における NH_4^+ 濃度をアンモニウム電極によって測定し、 NH_4^+ 吸着量を求めた。なお、ゼオライト単味における NH_4^+ 吸着性能の定量についても同様の試験方法を用いた。

図-2 にゼオライト置換率とモルタル 2g による NH_4^+ 吸着量の関係を示し、図-3 にモルタル中におけるゼオライトの NH_4^+ 吸着量とゼオライト置換率の関係を示す。

図-2 に示すようにゼオライト添加率の増加に伴いモルタルの NH_4^+ 吸着量は増加した。また、NZ 粉末を添加したものは、AZ 粉末を添加したものに比べ NH_4^+ 吸着量は高くなった。また、図-3 に示すようにモルタル中におけるゼオライトの NH_4^+ 吸着能は低下することが確認された。この原因として以下のことが考えられる。表-4 に示すように NH_4^+ 吸着量は AZ 粉末より NZ 粉末の方が高かった。また、ゼオライト置換率の増加に伴いモルタルの吸水率は増加し、NZ 置換したモルタルの方が吸水率が高く NH_4^+ の浸透が容易であったためだと考えられる。

4 まとめ

- (1)ゼオライト置換したモルタルの PO_4^{3-} 除去量はゼオライト置換率に伴い変化することが確認された。また、天然ゼオライトが有する PO_4^{3-} 吸着能はモルタル中において増加するものと考えられる。
- (2)ゼオライト置換したモルタルの NH_4^+ 吸着量はゼオライト置換率の増加に伴い増加するが、ゼオライトが有する NH_4^+ 吸着能はモルタル中において低下することが確認された。

表-3 ゼオライト粉末およびモルタル中における NZ の pH と PO_4^{3-} 吸着量

	pH	吸着量(μ eq/g)
NZ粉末	7.2	0.54
AZ粉末	10.9	0.91
モルタル中のNZ(NZ=15%)	12.0	1.92
モルタル中のNZ(NZ=20%)	12.0	1.62

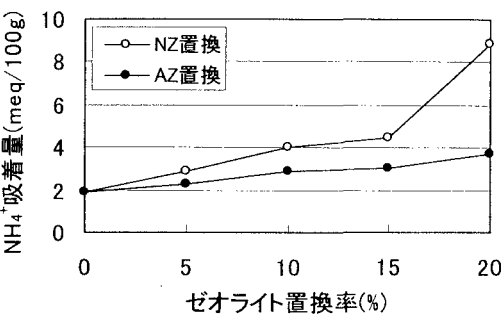


図-2 ゼオライト置換率とモルタル 2g による NH_4^+ 吸着量の関係

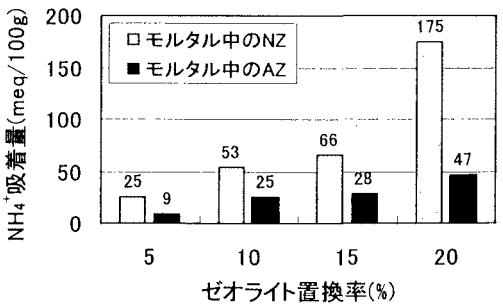


図-3 モルタル中におけるゼオライトの NH_4^+ 吸着量とゼオライト置換率の関係

表-4 ゼオライト粉末の NH_4^+ 吸着量

	吸着量(meq/100g)
NZ粉末	292
AZ粉末	196