

ポーラスコンクリートの空隙構造が水質浄化機能に及ぼす影響

立命館大学院理工学研究科 学生会員 ○安部 良介
立命館大学院理工学研究科 学生会員 中 新弥

立命館大学院理工学研究科 学生会員 谷貝 有紀
立命館大学 理工学部 フェロー 岡本 享久

1. はじめに

湖沼や池などの閉鎖水域においては、農工業排水や、生活排水によるリンおよび窒素の流入により、富栄養化状態となり様々な環境問題が顕在化している。それに伴い、ポーラスコンクリート(以下、PoC)の利用が検討されてきた。しかし、PoC 自体の浄化性能に着目した文献、ならびに水質浄化能力を定量的に評価した例は多くはない。本研究ではリンおよび窒素の低減に着目し、PoC の空隙構造が水質浄化に与える影響を評価した。

2. リンおよび窒素低減効果の把握

2.1 実験概要

PoC の骨材粒径の違いおよび中性化(供試体のアルカリ低下)の有無、ならびにゼオライトの有無が浄化性能に与える影響を評価した。供試体のパターンを表-1に示す。使用した骨材は6号砕石および7号砕石である。供試体は全て直径100mmの球形とし、空隙率25%として作製した。供試体のアルカリ低下は材齢2日後から水道水に2週間浸水させることにより行った。また、ゼオライトの混入は、供試体に練り混ぜず、PoCの中心にくぼみを作り、60gを設置した。図-1に実験装置の概要を示す。供試体は各水槽に4体ずつ浸水し、水槽にはアンモニア態窒素(NH₄⁺-N)10mg/L、リン酸態リン(PO₄³⁻-P)4mg/Lを含有する試験水を20L供給した。PoC 供試体を設置する前の水質状態を初期値(0日)とし、14日間の水質測定にて、T-N, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, NO₂⁻-N, PO₄³⁻-P, およびpHの測定を行った。

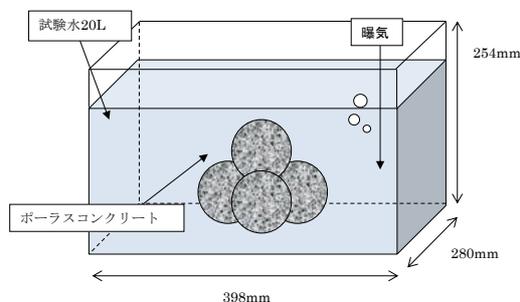


図-1 実験装置の概要

表-1 各実験ケースのコンクリート実験

Case.No.	骨材の種類	アルカリ性の低下	ゼオライトの有無
Case.1	JIS 6号砕石 (粒径 5~13mm)		
Case.2		○	
Case.3		○	○
Case.4	JIS 7号砕石 (粒径 2.5~5mm)		
Case.5		○	
Case.6		○	○
Case.7	試験水のみ		

2.2 実験結果

例として、Case.1 および Case.2 ならびに Case.7 について説明する。

(1) pH

図-2にpHの経時変化を示す。Case.1において、PoC浸漬後14日目に11.39まで上昇が確認できた。Case.2およびブランク値であるCase.7では、pH値の上昇がなかったことから、Case.1では、セメントの水和反応によりCa²⁺およびOH⁻が溶脱していると言える。

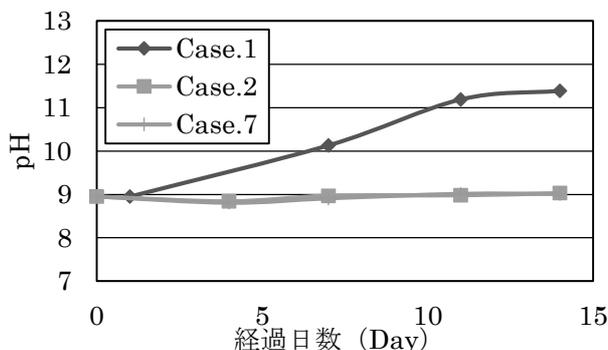


図-2 pHの経時変化

(2) 亜硝酸態窒素(NO₂⁻-N)および硝酸態窒素(NO₃⁻-N)

図-3にNO₂⁻-NおよびNO₃⁻-N濃度の経時変化を示す。どの実験条件においても、NO₂⁻-N, NO₃⁻-Nともに、14日間での増加はほぼ確認できなかった。このことから、硝化・脱窒反応は起こっていないと考えられる。

キーワード ポーラスコンクリート, 富栄養化, アンモニアストリッピング法, 晶析脱リン反応

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学 理工学部 環境システム工学科 TEL077-561-3374

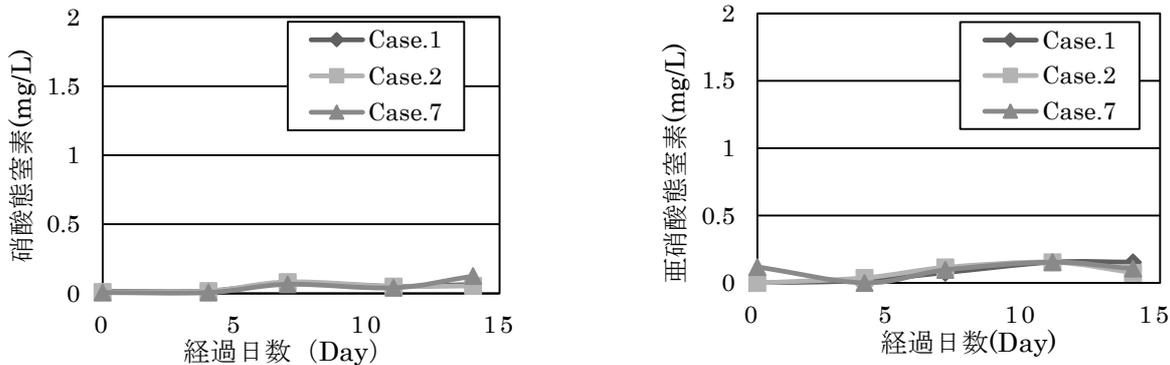


図-3 NO₂-N (左) および NO₃-N (右) 濃度の経時変化

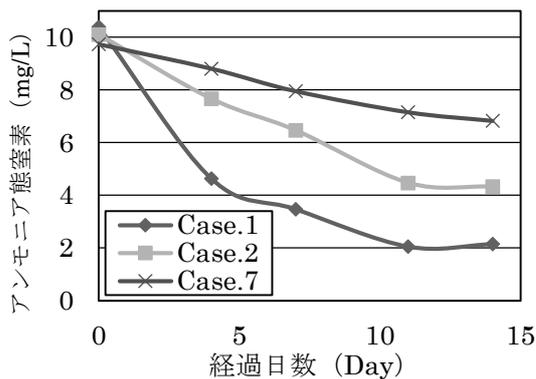


図-4 NH₄⁺-N 濃度の経時変化

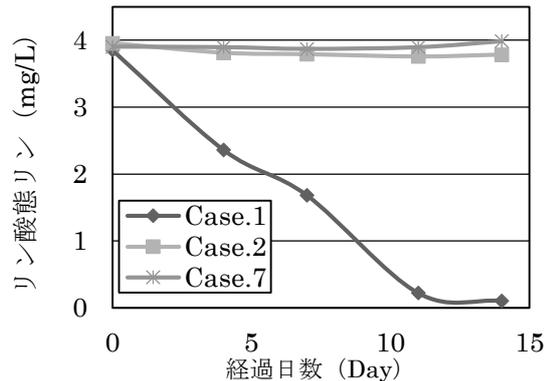


図-5 PO₄³⁻-P 濃度の経時変化

(3) アンモニア態窒素 (NH₄⁺-N)

図-4にNH₄⁺-Nの経時変化を示す。全てのケースで減少がみられ、Case.1では14日目において、2.1mg/Lまで濃度の減少が見られた。この低下の要因はアンモニアストリッピングが考えられる。これは水中のNH₄⁺とOH⁻が反応し、水中にH₂Oが、大気にNH₃が放散される現象であり、供試体のアルカリ低下を行っていないCase.1ではOH⁻の溶出が多いため、それに伴いNH₄⁺-Nが減少したと考えられる。また、Case.2においても減少がみられることから、アンモニアストリッピングと同時にPoCへの吸着反応も同時に起きていることが推察された。

(4) リン酸態リン (PO₄³⁻-P)

図-5に示すPO₄³⁻-Pの経時変化より、Case.1において濃度の減少が確認できた。これはPoCから溶脱するCa²⁺と水中のPO₄³⁻による晶析脱リン反応が働いていると考えられる。Case.2, 7において、PO₄³⁻-Pの減少が確認できないことより、溶脱したCa²⁺が水中で効果を発揮していると言える。

3. PoCの空隙構造の把握およびリン・窒素低減効果の定量化

本節では実験で用いた球形PoCの空隙表面積を求めることにより、水質浄化効果を定量的に評価した。画像解析ソフト (Image J) により円柱PoC硬化体の断面における連続空隙の空隙周長および空隙数を求め、単位体積あたりの空隙表面積を算出、それを球状として換算し、球形PoCの空隙表面積を推定した。その結果とNH₄⁺-NおよびPO₄³⁻-Pの浄化材1個当たりの除去量よりPoC単位表面積あたりの除去量を算出した。表-2にPoC単位表面積あたりの除去量の算出結果を示す。本研究で提案した球形PoCを用いて水質浄化を行う際は、対象地の水容積、NH₄⁺-NおよびPO₄³⁻-Pの初期濃度をあらかじめ調査することにより、対象地の水質浄化を実施する前の段階で、球形PoCの必要容積を事前に試算することが可能である。

4. まとめ

- (1) PoCを水中に設置した場合、セメント中のCa²⁺およびOH⁻の溶脱により、PO₄³⁻-PおよびNH₄⁺-Nを低減させる効果があることが確認できた。
- (2) 浄化対象水域のPO₄³⁻-PおよびNH₄⁺-Nの初期値、ならびに水容積をあらかじめ調査することにより、水質浄化を実施する前の段階で、球形PoCの必要容積を試算する方法を提案した。

表-2 PoC 単位表面積あたりの除去量

	球形PoC 一体当たりの除去量(mg)	PoC 単位表面積あたりの除去量(mg/mm ²)
NH ₄ ⁺ -N	41.20	2.89×10 ⁻⁴
PO ₄ ³⁻ -P	18.74	0.80×10 ⁻⁴