

(別紙様式第3号)

学 位 論 文 要 旨

氏名: 兵頭 正浩

題目: 自然環境修復材による閉鎖性水域の水質改善に関する研究
-自然帯の再生・維持と底質環境改善-
Study on water purification using water environment restoration material in enclosed
water area
- Reclamation and maintenance of vegetation and improvement of bottom environment -

本論文は、多様化する産業副産物の再利用・再資源化に対応した安全性評価手法の検討、ならびに閉鎖性水域において産業副産物を水環境修復資材として再資源化することを目的に、水環境修復技術の確立を目指した一連の研究結果を記述したものである。

以下に、各章の概要と得られた結果を要約する。

第1章では、本研究を遂行するにあたり、これまでに行なってきた研究を紹介すると共に、社会的ニーズの必要を環境問題、資源枯渇問題の観点から記述し、今後の循環型社会の形成を推進させるために必要なあり方についてまとめた。

第2章では、セメント系材料を環境水中で供用する際に、従来から利用される(旧)環境庁告示第13号「産業廃棄物に含まれる重金属等の検定方法」で適切な安全性評価が得られるか検討した。また、今後は用途に合わせて様々なセメントが結合材として使用されることやコスト削減の観点から、解体現場で直接セメント結合材を使用して再利用を図るという構図も成り立つことが考えられる。そのため、セメントの種類・材齢を対象とした重金属類の溶出特性についても検討した。

その結果、セメントに含有する各種元素は、pHの影響に応じて溶出特性が異なるため、公定法に定められているような溶出試験方法では、実環境を想定しているとは言い難く、一部の元素においては安全性が過小もしくは過大評価されていることが明らかとなった。セメントの材齢については、水和反応が十分に進行していない若材齢(1, 3日)ではCrやSeの溶出量は増加することから、安全性確保の観点において少なくとも数日間以上の養生期間が必要となることが明らかとなった。

第3章では、公定法で定められているように、閉鎖系の環境下でセメント結合材の安全性を評価する際には溶媒がアルカリ性となり、実際の供用環境とは異なることが示唆された

め、セメント結合材を用いた水環境修復資材の実使用を想定し、環境水中と同じ中性域での安全性評価を行った。また、公定法では 0.5-5.0mm に破碎した検体を使用することから、粒度分布により溶媒と検体の接触面積が大きく異なることが考えられた。つまり、同じ検体を用いて安全性を評価したとしても、溶媒との接触面積が大きいほど有害物質の溶出量が多くなり、逆に溶媒との接触面積が小さいほど有害物質の溶出量が少なくなることが考えられた。そのため、検体と溶媒との接触面積が一定となるようにした条件下で行なえる安全性評価手法について検討した。

その結果、アルカリ域と中性域では、Ca, Al, As, Cr, Pb, Se 元素の溶出特性が異なることが明らかとなり、公定法では適切な安全性評価が得られないことが分かった。また、Se 元素については、半金属元素であるため、他の重金属元素とは溶出特性が異なることが考えられた。そのため、公定法で示されている様に、採水を一回のみ（実験開始から 6h 後）とした場合には、溶出する有害物質を正確に評価することは困難であり、複数回のサンプリングもしくは溶出総量で評価すべきと考えられた。

第 4 章では、覆砂工法に用いられる天然砂の代替材について検討した。一般的な覆砂工法は、天然砂を底泥上に敷設し、直上水との水交換を遮断することで栄養塩類の溶出を抑制している。しかし、天然砂は枯渇資源であることから採掘は困難であり、採掘が可能であっても、栄養塩類の溶出抑制効果の持続性に関して不安定であることが問題点として挙げられている。そこで、本研究では産業副産物である解体コンクリート微粒分を機能性覆砂材という形で再資源化し、閉鎖性水域の底泥から溶出するリンを指標として溶出抑制効果の有無を検討した。

その結果、機能性覆砂材から溶出したカルシウムが環境水中のリンを固定化することが明らかとなり、一般的な覆砂工法により得られるリン酸イオンの溶出抑制効果に加えて、化学的観点からもリン酸イオンの溶出抑制効果を期待できることが示された。また、機能性覆砂材はリン溶出抑制効果を有していることから、覆砂工法の材料として用いられる天然砂と比較して覆砂厚を薄層化することが可能であることが示された。さらに、硫酸イオンの存在条件下においては、機能性覆砂材から溶出するカルシウムが底泥中の硫酸イオンと反応し、硫酸カルシウム（石膏）として固定化することから悪臭の原因といわれている硫化水素の発生を間接的に抑制する性能を有することも明らかとなった。化学的安全性についても、機能性覆砂材から溶出する有害物質濃度は環境基準値以下であり、環境水中で供用した際にも新たな二次汚染を引き起こす可能性が低いことを確認できた。