

# 論文の要旨

題目 石炭灰造粒物を用いた河口域干潟および浅海域の底質環境改善手法の評価  
(Study of improvement technique of bottom sediment environment using granulated coal ash of the estuary tidal flats and shallow sea area)

氏名 藤原 哲宏

干潟・浅海域は、微生物から鳥類に至るまで多種多様な生物の生息場としての機能を有し、その規模に関わらず水域ごとに重要な役割を担っているが、沿岸域の開発などによって多くの良好な環境が失われたことから、良好な環境の保全・再生・創出が求められている。一方、海砂の採取禁止などの天然資源の保全および循環型社会形成への意識の高まりなどを背景として、水域環境改善分野においても石炭灰などの産業系リサイクル材の積極的な活用が試みられている。このような背景から、本研究は石炭灰造粒物を活用し、干潟および浅海域に堆積した有機泥の処理技術の開発とその普及を目的とする。

具体的には、石炭灰造粒物を用いた底質改善技術の有効性を検討するために実施した室内試験および現地実証試験の結果を分析して、堆積有機泥の処理機構と生物相への影響を含む底質環境改善効果を明らかにする。さらに、覆砂の薄層敷設工法などの実証試験での施工法を示すことで、石炭灰造粒物を用いた底質改善技術の広域的な普及を目指す。

本論文は7章から構成されている。

第1章では、本研究の実証試験フィールドである太田川河口域および広島湾奥浅海域における開発と水辺再生への取り組み施策を概説した。また、河口および沿岸域における環境改善技術の動向と産業系リサイクル材を活用した環境改善技術に係る既往の研究をレビューしてとりまとめ、本研究の背景と目的、本研究の位置付けを示した。

第2章では、産業系リサイクル材の石炭灰、鉄鋼スラグおよびカキ殻の生産量や特徴と水域環境改善分野での活用状況、さらに期待される環境改善効果と可能性のある環境への影響を統計資料や既往の研究などに基づいて概説した。鉄鋼スラグは、硫化水素の発生を抑制するなどの底生生物の生息環境を改善する一定の効果がある一方で、潜在水硬性の発現による改善効果の低下などに改善の余地がある。生産地が限定されるカキ殻は、底生生物の蝸集効果や硫化水素の吸着効果が確認されているが、付着物の残存量やリサイクル材としての品質基準ならびに処理技術が確立していない。

石炭は、可採埋蔵量が約120年で、日本の一次エネルギーの約20%を賄い、日本のベース電源の一翼を担う基幹エネルギー源である。石炭火力発電所で発生する石炭灰を原料とする石炭灰造粒物の水域環境改善分野での利用は、2002年の山口県海域での試験覆砂に続き、2004年5月には太田川水系天満川において、浸透柱による底質改善の現地試験が開始された。その後もアマモ生育基盤や浸透溝などの技術検証が進められ、本研究に繋がっている。

第3章では、太田川市内派川感潮域干潟および広島湾奥浅海域の底質などの水域環境を現地調査結果に既存の研究・公表データを交えて整理するとともに、堆積有機泥の環境側面での課題と改善施策を整理した。太田川河口部の汚濁は減少の傾向にあるが、底生生物の生息に影響するほどではなく、干潟には泥質の有機泥が堆積しているので、多様な生物が生息できる底質への改善が必要と

なっている。一方、広島湾奥海田湾の海底には比較的新鮮な有機泥による浮遊泥層が形成されており、巻き上げられた有機泥が貧酸素化の主な原因となっている。また、生物貧困域または無生物域の存在が確認されている。

第4章では、本研究の過程で得た知見や既往の研究のレビューに基づいて、石炭灰造粒物を用いた有機泥の浄化機構を造粒物の特性と機能の面から概説した上で、石炭灰造粒物を用いた底質環境の改善機構を概説した。石炭灰造粒物が溶出する酸化物などは、リン酸や硫化水素の吸着と発生の抑制、底泥内の還元状態の緩和と弱アルカリ環境の形成、土粒子と間隙水の流動性向上、造粒物間隙によるトラップ効果や生物による有機物の分解などの有機泥の浄化機能を有している。一方、干潟・浅海域の底質環境の改善を判断する指標は“多様な生物の豊かな生息”である。また、石炭灰造粒物を用いた底質環境の改善手法は、間隙水の流動改善を目的とした透水層の構築と覆砂状の被覆に分類される。透水層構築手法は生物を自律的に定着・蘇生させ、豊かな生態系を回復させることで、栄養塩を高次の多種多様な生物に同化させ、継続的に有効利用する底質環境の抜本的改善方法に該当する。

干潟表層に堆積した有機泥を貫通する浸透柱は潮汐干満による干潟地下水の循環を利用して、また干潟上に透水層を溝状に敷設する浸透溝は干潟底泥内に水循環を形成させることで、干潟底泥内へのDOの供給や酸化状態の維持などを図る。石炭灰造粒物による覆砂は新生堆積物を造粒物間の空隙に捕捉するとともに、溶出する栄養塩などの吸着、還元状態の緩和や弱アルカリ環境の形成などの効果を有する。細粒分含有率の高い有機泥は石炭灰造粒物の添加により、吸水時の強度低下傾向が改善されるとともに、水中や乾湿交番環境では含水比が概ね一定で圧縮強度の変動が小さい。

第5章では、本研究の主題である石炭灰造粒物を用いた底質環境の改善手法について、本研究に係る公表論文を主体に計画から施工段階までの技術上の手順および環境改善効果を概説した。

浸透柱の設置により干潟上の有機泥層は、浸透柱間の中間付近まで酸化状態に改善されるとともに、浸透柱周辺での底質粒度の改善により生物の生息環境と多様度が改善する。浸透溝の敷設により底質環境は酸化状態で安定的に推移し、有機物の分解が促進されて底生生物が多様化するとともに、アサリ稚貝の自然発生と順調な成長が確認された。石炭灰造粒物による覆砂は施工時の底泥へのめり込み量の抑制に有意であるとともに、被覆層内の間隙水の流動により好氣的環境が継続し、底泥や捕捉新生堆積物からの栄養塩を生物相の回復により吸収・分解する。また、干潟堆積へドロに石炭灰造粒物を添加する混合覆砂材では、混合割合や含水比とともに掃流に係る知見を得た。

浸透溝手法を応用したアサリ育成場では濡筋への石炭灰造粒物の散布により、造粒物層や境界部で多様な生物の生息環境が形成されつつあり、造粒物散布後に定着したアサリの生息が確認された。

様々な酸化物などを溶出する石炭灰造粒物は水域環境改善資材として、砂と比較して優位性があるとともに、実海域におけるアサリの育成試験により、石炭灰造粒物に由来する重金属の蓄積は起こっていないことが確認されている。石炭灰および石炭灰造粒物は品質管理により安全性が確保されており、水域環境改善資材として有用であり、活用技術の拡大が期待される。

第6章では、底質環境改善の経済評価に関する知見を既存の公表データに基づいて整理した。市場価格が存在しない環境便益の算定は仮想的市場評価法（CVM法）が適しており、事例からみる支払意思額は具体的な存在感や利用機会の頻度に左右されると推察される。

最後に第7章では、各章の内容を要約整理するとともに、本研究で得られた研究成果を総括し、今後の研究課題を取りまとめた。