

【1F-1102】製鋼スラグと浚渫土により造成した干潟・藻場生態系内の物質フローと生態系の評価  
 (H23~H25; 累計予算額 180,437千円)  
 西嶋 渉 (広島大学)

1. 研究実施体制

- (1) 干潟・藻場生態系における物質フローの解明 ((独) 産業技術総合研究所)
- (2) 干潟・藻場生態系における基礎生産と構造の解明 (広島大学、宇部工業高等専門学校、米子工業高等専門学校)

2. 研究開発目的

干潟・藻場(アマモ場)生態系の再生・創出のために必要とされる造成土壌を製鋼スラグと浚渫土の混合土壌で代替した場合の物質フローを含む生態系の特徴及び優位性を科学的な根拠のもとに明らかにし、生態系の再生・創出が環境劣化を引き起こす自然砂の採取に依存することなく、環境再生と資源再生が Win-Win の関係で成り立つことを示すことを目的としていた。加えて、ここで得られた成果に基づき、様々な立場で干潟・藻場の再生・創出に関与するステークホルダー間の相互理解に貢献することを目的としていた。

具体的には製鋼スラグと浚渫土の化学的相互作用によって駆動される栄養塩、酸化還元物質、アルカリ成分および二酸化炭素などの物質フローを明らかにし、藻場・干潟基盤材としての特性・有効性を評価することを目的としていた。

サブテーマ1では、潮汐を模した干満試験を行うことで、上記の混合土壌から成る人工干潟が潜砂性生物の生息基盤として適したものとなるかどうかを検討した上で、形成される低次生態系内でのリン循環の違いについてケイ砂を主材料とする人工干潟のものと比較することを目的とした。

またサブテーマ2では、製鋼スラグと浚渫土の混合土壌の干潟・藻場生態系の造成土壌としての特性を基礎生産機能に及ぼす影響と生態系全体の構造に及ぼす影響の両面から評価することを目的とした。さらに生態系の評価結果を物質フロー、土壌環境の視点から解析、またそれらの結果を基に、干潟・藻場の造成に利用される製鋼スラグから溶出する物質の時空間的な動態と生態系に及ぼす影響を評価するための数値シミュレーションモデルを構築することを目的とした。



図 研究のイメージ

3. 本研究により得られた主な成果 (研究者による記載)

(1) 科学的意義

スラグ自体の精密な化学分析、浸漬試験や潮汐を模した干満試験などを行い、ケイ砂との比較から造成土壌を製鋼スラグと浚渫土の混合土壌で代替した場合の、製鋼スラグと浚渫土の化学的相互作用によって駆動されるリン循環、栄養塩、酸化還元物質、アルカリ成分および二酸化炭素などの物質フローを明らかにすると共に、それらに起因する固化反応や浚渫土の添加によるその抑制機構などを明らかにできた。これらを元にスラグからのリン溶出が付着藻類やアマモの生育に寄与する可能性が明らかになり、脱リンスラグは栄養塩であるリン酸を長期にわたって少しずつ土壌間隙水へと供給する肥料的な効果が期待できることがわかり、製鋼スラグに浚渫土を混合することで、pH の上昇、固化反応の進行抑制、さらには浚渫土からの有機物や栄養塩の供給を制御できる可能性を示せ、藻場・干潟基盤材としての特性・有効性を評価でき、混合土壌から成る人工干潟が潜砂性生物の生息基盤として適したものとなることを明らかにした。

また、製鋼スラグと浚渫土の混合土壌の干潟・藻場生態系の造成土壌としての特性を、基礎生産機能に及ぼす影響と生態系全体の構造に及ぼす影響の両面から評価し、生態系の評価結果を物質フロー、土壌環境の視点から解析した。ここでは潮間帯の中央付近を想定した 3/100 傾斜の干満・波のある干潟をマイクロコズム内に再現した評価を行い、一次生産という視点では、脱リンスラグ区では、ケイ砂区に比べ、造成初期の微細藻の増殖が顕著であり、その後はケイ砂区と個体数、構成種に顕著な違いはないことが明らかとなる一方で、脱リンスラグ区では大型付着藻類であるアオサ類が顕著に繁茂することなどを明らかにした。潮下帯を再現したマイクロコズムにおけるアマモの生育試験からは、間隙水の pH 上昇は起こったものの、脱リンスラグではスラグ単独でも固化は起こらずアマモが生育・成長し、さらに栄養塩を豊富に含む浚渫土の適当な混合によって好適な造成材料となることなどを示した。これらを元に、脱リンスラグを砂代替に用いて浚渫土と混合した土壌における生態系構造とその構造をもたらした要因が明らかとなり、特に土壌が安定しやすいことがスラグを用いた場合に特徴的な生態系が形成される要因になることが示され、藻場造成ではアマモの生育基盤として十分砂代替となり得ることが示され、特に浚渫土との適当な混合がアマモにとって成長、種子の発芽、高温耐性の面から好適な環境を準備することが明らかにできた。ここではさらに干潟・藻場の造成に利用される製鋼スラグから溶出する物質の時空間的な動態と生態系に及ぼす影響を評価するための数値シミュレーションモデルを構築、干潟・藻場域に投入された製鋼スラグから溶出する各種物質濃度を予想できるツールを開発できた。

## (2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

21 世紀環境立国戦略では、豊穡の里海の創生をはじめとする自然の恵みを活かした活力溢れる地域づくりが重点的に着手すべき戦略の一つとして挙げられており、環境省の基本施策として干潟・藻場等の重要な生態系の保全と再生が掲げられている。しかし、平成 10 年の広島県での海底土砂の採取禁止に始まり、海底土砂の採取は瀬戸内海沿岸 11 県でほぼ全て禁止という状態であり、自然砂の採取に依存しない干潟・藻場等造成材料の開発が求められてきた。重要な選択肢として鉄鋼スラグ等リサイクル材の活用はこれまでも検討されてきたが科学的に不明な点も多く代替材と成り得ていなかった。本課題の成果により生態系の再生・創出が環境劣化を引き起こす自然砂の採取に依存することなく、環境再生と資源再生が Win-Win の関係で成り立つことを示した。

本成果は様々な立場で干潟・藻場の再生・創出に関与するステークホルダー間の相互理解に貢献できることが見込まれる。具体的には国土交通省および水産庁は瀬戸内海において、失われた

干潟を取り戻すため、人工干潟の造成を構想しており、航路浚渫で出る浚渫土とスラグの二者の混合利用の検討時に利用できる科学的根拠となりうる。特にアマモ場造成において、海砂などの天然資源を投入せずに、産業副生成物を活用して自然再生すべき案件の根拠となり得、安全な活用方法を科学的データに基づいて実施することができ、造成対象となる自治体、漁業者、周辺住民に対しての資料としても活用可能である。加えて鉄鋼スラグの中でも有望な製鋼スラグを干潟・藻場の造成に用いる際に必要とされる科学的な知見を蓄積できたとともに浚渫土の混合利用の有用性を合わせて証明できたことは行政に対して有用な選択肢を提示できたと考える。特にスラグの化学成分を徹底的に評価し、スラグ使用における安心・安全に寄与し、高 pH や固化といったスラグ特有の反応機構を明らかにし、制御する知見を示したうえで脱リンスラグと浚渫土の組み合わせで良好なアマモの生育・成長を確認するなど実用的な知見も得られ、沿岸再生において環境再生と資源再生が Win-Win の関係で進みうることを示したことは今後の環境行政に一つの方向性を提示できたと考える。

#### 4. 委員の指摘及び提言概要

本課題は、鉄鋼スラグの内、脱炭スラグと脱リンスラグに注目し、これと内湾の有機物に富む浚渫土の混合物を藻場や干潟の再生基盤として利用するための検討を行っている。その結果、脱リンスラグと浚渫土の混合物が干潟造成の際の基盤素材として優れていることを示している。研究は着実に行われており、得られた結果も妥当なものであると評価出来る。さらに、脱炭スラグと脱リンスラグでは、溶出挙動が違うが、浚渫土の混合によって抑制できるなどの情報を得ている。さらに、得られる生態系への影響も、解明されている。

#### 5. 評点

総合評点：A