

機関番号：32508

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2011

課題番号：21241021

研究課題名（和文）廃棄物リサイクルによる藻場・干潟再生技術の開発

研究課題名（英文）Restoration of seagrass bed and tidal flat by waste recycle

研究代表者

岡田 光正 (OKADA MITSUMASA)

放送大学・教養学部・教授

研究者番号：70124336

研究成果の概要（和文）：

各種代替材からの主要な溶出成分であるカルシウムの溶出の挙動を整理でき、それを元にくつつかの影響評価のシミュレーションモデルの枠組みが完成した。地盤圧入方式の干潟造成がコスト面を考へても実用可能性が十分あることもわかった。さらに、アサリの浮遊幼生の着底数、稚貝の成長速度、死亡率に及ぼす影響、周辺の付着微生物への影響、アマモの栄養株の活着、発芽への影響を把握した。

研究成果の概要（英文）：

The elution of calcium from six alternative materials could be explained by the contact with seawater, the base of simulation model for some impact statements could be developed on the basis of the elution phenomenon. It was found that the pressure injection of dredged slurry can be cost-effective and practical as a construction method of artificial tidal flats. The effects onto the settlement of *Ruditapes philippinarum* larvae, the mortality and growth rate of fry of its shellfish, biofilms on surrounding sand and the germination and root establishment of eelgrass could be clarified.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	22,300,000	6,690,000	28,990,000
2010年度	7,400,000	2,220,000	9,620,000
2011年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
総計	35,900,000	10,770,000	46,670,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境技術・環境材料

キーワード：環境技術、環境材料、循環再生加工、生態環境、リサイクル技術

1. 研究開始当初の背景

様々な環境研究・技術開発計画において藻場・干潟のような沿岸海域生態系の管理・再生に係る研究技術開発が求められるようになった近年では周辺の光、水質、流動等の環境条件を考慮し、必要に応じてそれを制御する技術、さらには台風のような自然的攪乱をも考慮した順応的管理・再生技術が確立されてきている。このような技術的進歩をふまえ、21世紀環境立国戦略（閣議決定）、また瀬戸内海や東京湾等の再生計画（国土交通省）に

おいて数百 ha 規模での藻場・干潟再生事業の実施が求められるようになった。

一方、21世紀環境立国戦略では、循環型社会への転換のために廃棄物のリサイクル促進が求められている。特に、鉄鋼スラグ、焼却灰、浚渫土砂等の廃棄物は、(1)大量に発生するため、それを利用することにより再生に必要な土砂量を確保できる、(2)工費の一部を廃棄物の処分費用でまかなえるため、藻場・干潟再生のためのリサイクル材料として有力な候補と考えられている。

事実、現在実施中の藻場・干潟再生事業の多くは航路維持のための浚渫汚泥の土砂量と処分費用とに大きく依存している。しかし、廃棄物をそのまま利用すると海水中への微細粒子の流出、白濁、pH 上昇、さらには微量金属等の溶出による環境への安全性が懸念され、また土木材料としての力学的安定性も不明であることから、必ずしもその利用が進んでいない。このため、前処理や他の廃棄物との混合によって物理化学的特性を改善し、安全かつ安定な代替材に調整する試みが行われている。その結果、いくつかの利点も見出されるようになってきた。しかしながら、これらの報告は特定の材料を対象とした現象論的な結果の記述に止まっているため、安定性、安全性に関する様々な懸念を払拭するには至っていない。代替材に関する安定性、安全性にかかわる問題を解決し、その長所も明らかにすることは、藻場・干潟の再生と廃棄物のリサイクル促進とにつながると思われる。

このためには、様々な代替材の藻場・干潟内における反応と変化過程の理解に基づいて力学的安定性や環境への安全性の評価を行うとともに、最適な代替材の調整とその利用技術を開発することが不可欠と思われ、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

藻場・干潟の土壌内部には潮汐や波浪に伴う海水の流動がある。不活性かつ粒径の大きな土砂と異なり、代替材は海水との反応性を有する無機物 (CaO など)、金属類、有機物や栄養塩類等の含有量が高く、また、浚渫汚泥のように微細な粒子を含む。したがって、代替材は海水との反応によってその物性、化学組成が変化し、その一部が溶出したり、微細粒子が流出するといった問題が起こる。しかし、その反応機構や変化過程が十分に理解されているとはいえない。このため、安定性や安全性に関する懸念が払拭されず、また最適な代替材の調整も困難な状況にある。この問題を解決するため、本研究では安定かつ安全な代替材の調整と利用に関して次の点を明らかにすることを目的とした。

- (1) 反応／変化過程解析
- (2) 流出過程解析
- (3) 安定性評価
- (4) 安全性評価

人工干潟の造成砂として製鋼スラグを用いた場合、水産資源の生産性において期待されるメリットやデメリットを明らかにすることを目的とし、本研究では、製鋼スラグにおけるアサリ浮遊幼生の着底性、稚貝の生残・成長性を評価した。この際、製鋼スラグを実際に使用した場合をシミュレートし、海水中でのエイジングが溶出物や着底性や生残・成

長性に与える影響も把握した。さらに、スラグにおける着底や生残・成長性に影響する因子を明らかにするため、エイジング前後におけるスラグの表面形状や含有物質の溶出性といった物理的、化学的、生物学的特性を評価した。そして、最終的には製鋼スラグで造成した干潟でもアサリのライフサイクルが成立することを示すこととした。

3. 研究の方法

本研究では代替材として、発生量の多い、脱炭スラグ、脱リンスラグ、スラグ固化物、石炭灰造粒物、クリンカアッシュ、一般廃棄物溶融スラグを用いた。

(1) 反応／変化過程解析

代替材からのカルシウム溶出やカルシウムシリケート水和物などの生成は、海水交換などの周辺環境に依存すると考えられることから、海水交換速度に対する変化過程を定量的に評価することとした。海水交換速度が代替材からのカルシウム溶出やポゾラン反応に及ぼす影響把握のため、いくつかの流速で濾過海水を通水する試験を行った。カラムに粒径 0.85~2.0mm の対象 4 種の代替材を 700ml 充填し、0.58~38.7mm/s の流速で濾過海水を供給した。カラム流出水の pH (PE-03K7、佐藤商事)、各代替材の表面のカルシウム組成比 (XRF、EDX-720、島津製作所)、カルシウム溶出能 (環境庁告示 46 号に準ずる溶出試験) を適時測定した。マグネシウムの析出やポゾラン反応による固化はベーンセン断強度で判断した。ここでは対象を脱炭スラグに絞り、強度測定時に系を攪乱してしまうので、pH 等の分析を行なうカラムとは別に強度測定用にカラムを設置し、0.12~1.69mm/s の流速で濾過海水を供給した。

(2) 流出過程解析

藻場、干潟における代替材 (鉄鋼スラグ、石炭灰など) の溶出・流出現象を予測し、それらの環境影響評価を実施するために、数値シミュレーションモデルの構築を行った。この際、代替材と海水流動の相互作用を考慮した数理モデルを開発するとともに、実験および観測結果に基づいて、代替材からの Ca や Mg の溶出・流出モデルを開発した。ここでは広域流れ場を対象としたグローバルモデル (準 3 次元流動モデル) と狭域流れ場を対象としたローカルモデル (鉛直 2 次元流動モデル) の両者を開発し、ネスティング技法によって両モデルをインタラクティブに結合することとした。なお海洋環境への影響評価にあたっては、代替材投入に伴う pH、Ca 濃度、Mg 析出等の非定常計算を行い、各緒量の時間空間的な変化プロセスを検証した。

(3) 安定性評価

瀬戸内海沿岸域の三箇所的人工干潟において、新たな地盤調査技術である軽量動的コー

ン貫入試験を用いて干潟の覆砂層及び浚渫土層の貫入抵抗を測定し、干潟地盤調査における適用性とその安定性を検討した。これにより、粘土層の強度を正確に把握するとともに覆砂層における生物生息条件の評価指標として、貫入抵抗値の適用性を検討した。次に、港湾・航路の維持によって定常的に発生する浚渫粘土の再利用と人工干潟の造成を両立させる新たな工法として、すでに造成した覆砂層の下に浚渫土を直接圧入する方式による人工干潟造成技術を実験的に検討した。実験室内で1/25スケールの模型土層実験を実施し、圧入管の先端の構造、1箇所を圧入孔からより多くの浚渫土を圧入する技術の開発を行った。

(4) 安全性評価：

安全性の評価は、アサリ浮遊幼生の着底性、および海洋性微生物叢の変移、およびアマモの活着強度、発芽性より判断した。

アサリ浮遊幼生の着底試験については、脱リンスラグ及び脱炭スラグ、高炉水砕スラグ、ならびにフェロマンガンスラグを充填したシャーレを水槽に入れてアサリ浮遊幼生を投入した。着底促進因子の把握は、表面の形状については、所定の粗さに研磨したガラスビーズを用いた着底試験により確認した。溶出物については、山砂の下にスラグを敷設した2層の着底基盤材を調製し、着底試験に供した。ここでは、エイジングしたスラグも用いたが、エイジングはスラグに実海水を通水して行ったほか、実際の干潟において10ヶ月間エイジングさせたスラグも準備した。アサリの生残・成長性の評価は、飼育した浮遊幼生をビーカー底部に着底させ、これをバットに入れたスラグ、海砂上に入れ、生海水掛け流し水槽に設置した。この他、アサリ大型稚貝を入れたバットを用いた実験も行った。

・海洋性微生物叢の変移評価

代替材を藻場再生土壌に使用した場合の安全性や安定性を、①実海底に投入した代替材に新たに付着生息する海洋性微生物叢、および②代替材からの溶出物が付着微生物叢へ及ぼす影響、の両面から調査した。①については、周辺土壌と1：1の割合で混合した代替材を瀬戸内海の岩国周辺の海底に埋設したものを経時的に採取し、周辺土壌を比較対照として、そこから全DNAをFastDNA Spin Kit for Soilを用いて抽出後、その中の16S rRNA遺伝子をPCRによって増幅することで細菌叢の変動を調べた。PCR産物は変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法(DGGE)にかけ、SYBR Green I染色後にDNAバンドの比較を行なった。②については、カラムに予め海洋性微生物を付着させておいた川砂を入れておき、その下に代替材を設置し、上向流で海水をかけ流す事で、付着生物量がどのように変化するかを追った。生物量の把握には細胞構成成分

の中の主要物質のひとつであるタンパク質を指標とし、川砂表面から回収したタンパク質を定量することで、すべての付着微生物量の変化を把握するための指標とした。た。15%トリクロロ酢酸(最終濃度)でタンパク質を沈殿後、Lowry法で発色定量し、BSAで作成した標準曲線から濃度を算出した。

アマモを用いた試験では、試験用のアマモを広島湾内で採取し、2週間培養した後、粒度を調整した各人工代替砂に3本ずつ移植した。20日後にデジタルフォースメータを用いて引き抜き抵抗試験を行ない、アマモの引き抜き抵抗値の平均を比較した。又、人工代替砂がアマモの生育に与える影響を調べるため、土壌間隙水中の重金属の有無、葉(枚数、長さ)を測定した。浚渫土に各代替人工材料を加えて含有率を調整した土壌を用い、実験を行なった。試験では、ヘドロとガラスビーズ、同じ粒径のシルト源をアマモ天然土壌に加えた各調整土を用意し、引き抜き実験を行い、抵抗値を比較し、アマモ活着には土壌中のシルト分の栄養素が影響することも検証した。ここでは代替人工海砂の粒度分布や材料の違いが、根の生育に与える影響を調べるため、CTスキャンを用いて根圏を調査し、結果を比較することも行った。

引き抜き抵抗試験と同じ代替人工海砂を用いた発芽試験も行った。これは採取した生殖株を海水中で6か月間熟成し各種土壌に100粒播種し、海水濃度20‰、4℃で2か月間培養し発芽の有無を調べた。

4. 研究成果

反応・変化過程解析について、研究では多元素を対象に検討を行ったが、ここでは、対象廃棄物の反応、溶出の主成分であるカルシウムについてのみ述べる。溶出に関しては、クリンカアッシュ、一般廃棄物熔融スラグからのそれはほとんど見られなかった。脱炭スラグについて、時間に対する流出液のpH変化は、横軸を海水交換回数で整理することで、図1に示すように実験した範囲の流速では同じ減少挙動となった。このことから、カルシウムの溶出は海水交換のみで整理できることがわかった。溶出に対して、海水中の成分の析出(マグネシウム)や溶出成分による固化体の生成(ポゾラン反応)は流速増加による海水からの関連する成分の供給とスラグ溶出物の希釈、pHの低下が起るため、単純に海水交換回数では整理できないと考えられた。ベーンせん断強度を固化の指標として、7日目および海水交換回数3万回目で調査した。結果、流速が大きくなるに従って7日経過時の強度は大きくなった。これは、海水からポゾラン反応に関与するケイ素などの成分が供給されたためと考えた。一方、交換海水一定(3万回)で比較した場合、低流速

で強度が高く、ケイ素の適度な供給があり、かつ溶出カルシウムや析出物の系外への排出が少ない流速で固化が進むと考えられた。

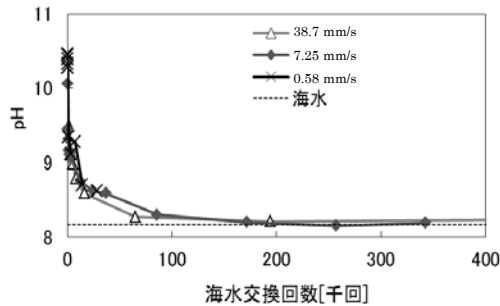


図1 海水交換回数に対する脱炭スラグ流出液の pH

数値シミュレーションモデルは、流動モデル、溶出・析出モデル、流動・土壌粒子相互作用モデルから構成される。なお、溶出・析出モデルは、カラム実験結果に基づいて、飽和溶解度、最大溶出量、遅延効果、スラグ反応深さ等を考慮した。支配方程式は、Navier-Stokes 方程式、移流・拡散方程式、状態方程式、ポアソン方程式、連続式である。その他、適宜、乱流モデルを考慮できるモデルとした。次いで、同モデルを某海域に適用し、流速変動、潮位変動、pH について定量的な比較検証を行い、良好な一致が得られた。また、種々の初期パラメータを変更し、パラメータのチューニングを行った。このようにして作成されたモデルを用いての計算により、藻場・干潟の様々な潮汐・波浪条件下における pH、Ca 濃度の時空間的な変化を把握できた。また、各種代替材の投入量や投入時間が、溶出物の濃度変化に与える影響を検証した。さらに、各種代替材を変化させ、それらの海洋環境への影響を検証した。

浚渫土と覆砂で構成される人工干潟における地盤の強度を計測し、生態系との関係を検討した。さらに、港湾・航路から発生する浚渫土を覆砂層伸したに直接圧入する方式による人工干潟造成技術の開発を行った。研究成果は以下のようにまとめられる。

- (1) 軽量動的コーン貫入試験により、人工干潟造成工事で中詰めに用いられた浚渫土層の圧密の進行の程度の評価が可能である。
- (2) 生態系の形成が良好な尾道干潟と低調な五日市干潟、建設中の大島干潟において貫入試験による干潟地盤の貫入試験を行った結果、3つの干潟の覆砂層の貫入抵抗 q_d に顕著な差が見られた。貫入試験による表層の貫入抵抗を用いたアサリの生息可能性評価を試みた結果、実際の干潟の状況とほぼ一致した。
- (3) 地盤内圧入方式による人工干潟造成技術を実験的に検討した。1/25 スケールの模型土層実験を実施した結果、圧入管の先端付近を水供給装置と攪拌棒によって水平に

攪乱し、圧入パイプの地表面周辺に一定の重量を持つ隆起抑制板を設置することにより、1箇所を圧入孔から約 200m³ の浚渫土の圧入が可能になることがわかった。

生物への影響について、脱リンスラグ、フェロマンガンスラグへの浮遊幼生の着底性は地御前干潟海砂の約 10 倍であることを明らかにした。この高い着底性は、主に溶出物に起因しており、他に表面の滑らかさも寄与していた。一方、両スラグへの浮遊幼生の着底性は、エイジングにより低下し、2ヶ月で海砂と同程度となった。この低下は表面の滑らかさの変化ではなく、着底促進物質の溶出能の低下に起因することが示唆された。また、エイジング期間に形成された生物膜による着底への影響は確認できなかった。

両スラグにおいては、着底後の稚貝の減耗が大きく、脱リンスラグで海砂の 50~13%、フェロマンガンスラグで 24~5% となった。その一因としてアルカリ溶出による pH 上昇が考えられた。しかし、生残した個体の成長は海砂と同レベルであった。また、20mm 程度まで成長した稚貝は生残、成長とも海砂と大差なく、成熟サイズまでの成長できたことから、スラグ上でアサリのライフサイクルが成立しうることが示された。

海底に埋設した代替材表面に付着する細菌叢を PCR-DGGE 法によって調べた結果、1.5 年間の試験期間を通して周辺土壌では緩やかな変化はあるものの、概ね安定した細菌叢を維持していた事が確認された。DGGE のゲル上に現れた主要な DNA バンドについては、いずれの代替材においても大きな変動は確認されなかった。一部の代替材ではいくつかの弱いバンドにおいて、試験開始直後には検出されなかったものが、時間経過に伴い出現して来たものもあった。

予め海水の通水により砂表面に形成された付着微生物に対して、図 2 中の 4 種の代替材がどのような影響を与えるかについて、室内に設置された土壌カラムを用いて調べた。比較対照とした周辺土壌では試験期間を通して微生物量は安定に保たれていたのに対し、代替材を付加したものでは実験開始 1 週間程の間、いずれも攪乱が見られ、特に脱炭スラグでその変化が大きかった。その後、微生物量は徐々に安定化する傾向を示し、15 ml/s の流量では、焼却灰造粒物を除きいずれの代替材において周辺土壌よりも高い付着微生物量を示し、特に脱炭では実験開始 28 日目では 2.8-4.5 倍の付着微生物量となった。カラムの下段と上段の間では、微生物量に明確な相関は見られなかった。

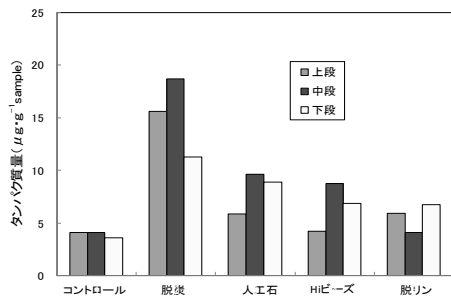


図2 付着微生物量の変化 (15 ml/s、28 日目)

天然土壌のシルト含有率の違いによるアマモの根の活着力の比較した結果、シルト分の割合が変化することで、引き抜き抵抗値の差が顕著に表れることがわかり、シルト分の割合が根の活着に大きな影響を与える事が示唆された。浚渫土混合 20%を最大値に 40%以上のシルト含有率となると活着力が低下した。このことから浚渫土は山砂に対し、15~20%加えると活着率が上昇することが示唆された。

よって、石炭灰をシルト源とした引き抜き試験の結果、20%の系列の値が一番高かった。このことから、石炭灰は浚渫土と同じく山砂に対し、15~20%加えると活着率が上昇することが示唆され、活着試験中にアマモの栄養株に悪影響はみられなかった。また、代替人工砂の基盤材として、脱炭、脱リンスラグを用い、シルト源として浚渫土を用いた系についても試験を行った。天然アマモ場土壌と比較した結果、栄養株のアマモの活着力は 10%程度向上した。また、培養期間中、土壌中の間隙水の pH は 7~8 付近を維持し、土壌固化、重金属類の溶出も検出されず代替人工砂として機能することが示された。土中間隙水の重金属も検出されなかった。

発芽試験においては、各スラグで発芽が見られ自律的な再生が可能であった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

①Satoshi NAKAI, Ryo ISHII, Tetsuji OKUDA, Wataru NISHIJIMA, and Mitsumasa OKADA, Effect of silt and clay on the settlement of short-necked clam *Ruditapes philippinarum* larvae, Journal of Water and Environment Technology, 10, 1, 23-30, 査読有, 2012

②Hiromi Kato, Yasuhito Igarashi, Yukiko Dokiya, Yoko Katayama, Vertical distribution of carbonyl sulfide at Mt. Fuji, Japan, Water, Air, and Soil Pollution, 223, 159-167, 査読有, 2012

③Asako Kusumi, Xian Shu Li, Yoko Katayama,

Mycobacteria isolated from Angkor monument sandstones grow chemolitho-autotrophically by oxidizing elemental sulfur. Frontiers in Microbiology, 2, 104-109, 査読有, 2011

④陸田秀実, 村上一樹, 土井康明, 山本民次, 川口修, 江田島湾のカキ筏配置の季節変動と海水交換率への影響, 土木学会論文集, B3, 67, 2, I_364-I_369, 2011

⑤川崎大輔, 土田孝, 松井章弘, 浚渫粘土の圧入による人工干潟の造成と修復に関する研究, 土木学会海洋開発論文集, 26, 705-710, 2010

⑥松井章弘, 土田孝, 川崎大輔, 浚渫土と覆砂で造成された人工干潟地盤における軽量動的コーン貫入試験の適用, 土木学会海洋開発論文集, 26, 711-716, 2010

⑦陸田秀実, 野村毅, 土井康明, 作野裕司, 沿岸都市部から発生した人為起源栄養塩の海面沈着量の推定, 土木学会論文集, B2, 66, 1, 1166-1170, 2010

⑧ Amelia B. Hizon-Fradejasa, Yoichi Nakano, Satoshi Nakai, Wataru Nishijima and Mitsumasa Okada, Evaluation of blast furnace slag as basal media for eelgrass bed, Journal of Hazardous Materials, 166, 2-3, 1560-1566, 査読有, 2009

[学会発表] (計 16 件)

①矢野ひとみ, 中井智司, 奥田哲士, 西嶋渉, 製鋼スラグと浚渫土を混合した海砂代替材の固化および生物付着特性, 第 46 回日本水環境学会年会, 2012

②Wataru Nishijima, Hitomi Yano, Satoshi Asaoka, Tetsuji Okuda, Satoshi Nakai and Mitsumasa Okada, Solidification behavior and control of steel slag in marine environment, The 27th International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, USA, 2012.3

③Satoshi ASAOKA, Hitomi YANO, Tetsuji OKUDA, Satoshi NAKAI, Wataru NISHIJIMA, Mitsumasa OKADA, Long term physical and chemical behaviors of steel slags in sea water and sediment, The 27th International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, USA, 2012.3

④Tetsuji Okuda, Satoshi Asaoka, Koji Yoshitsugu, Satoshi Nakai, Wataru Nishijima, Evaluation of leaching potential of Ca in steel slag for its reuse in marine environment, The 10th Expert Meeting on Solid Waste Management in Asia and Pacific Islands, Tottori, 2012.2

⑤川崎大輔, 土田孝, 森宏美, 浚渫土の地盤内圧入による人工干潟造成工法に関する研究, 第 47 回地盤工学研究発表会, 2012

⑥西嶋涉, 沿岸生態系の造成材料としての製鋼スラッグの評価, 第 40 回水環境フォーラム山口, 2012.1.28

⑦矢野ひとみ, 中井智司, 奥田哲士, 西嶋涉, 杉本憲司, 浅岡賢英, 岡田光正, 海砂代替材として検討される産業副産物の海水中における挙動, 第 22 回廃棄物資源循環学会, 2011.11.5, 東京

⑧Synkyu FUJITA, Yoichi NAKANO, Tetsuji OKUDA, Satoshi NAKAI, Tsuyoshi IMAI, Wataru NISHIJIMA, Mitsumasa OKADA, Responses of The Estuarine Tidal Flat Ecosystem Developed in The Mouth of Ohtagawa Flood Way to Salinity Changes by Flushing, The 20th Korea-Japan Symposium on Water Environment, 2011.10.26、韓国

⑨Asako Kusumi, Xian-Shu Li, Yu Osuga, Ji-Dong Gu, Yoko Katayama, Bacterial community analyses of biofilms on the deteriorated sandstone of Bayon temple of Angkor monuments in Cambodia, 15th International Biodeterioration and Biodegradation Symposium, 2011.9.19-24, Austria

⑩中村将志, 中井智司, 奥田哲士, 西嶋涉, 岡田光正, 兼松正衛, 崎山一孝, 関谷幸生, アサリ漁場の造成材料としての製鋼スラッグの評価, 第 15 回日本水環境学会シンポジウム, 2011.9.13, 仙台

⑪水野恵理子, 奥田哲士, 岡田光正, 片山葉子, 藻場における代替材が微生物群集に及ぼす影響, 第 45 回日本水環境学会年会, 2011.3.18 - 20, 北海道大学札幌キャンパス (震災の影響による紙面発表)

⑫吉次宏二, 奥田哲士, 中井智司, 西嶋涉, 岡田光正, 水中での無機系産業副産物の溶出・反応挙動, 第 45 回日本水環境学会年会, 2011.3.18 - 20, 北海道大学札幌キャンパス (震災の影響による紙面発表)

⑬Kawasaki, D., Tsuchida, T. and Matsui, A, Study on construction method of artificial tidal flats by pressure injection of dredged slurry, 9th International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE2010), 2010.11.16-18, Dalian, China

⑭中村将志, 中井智司, 奥田哲士, 西嶋涉, 岡田光正, 兼松正衛, 島康洋, アサリ浮遊幼生の着底の場としての製鋼スラッグの評価, 第 47 回環境工学研究フォーラム, 2010.11.13, 高知

⑮ Kazunori EMOTO, Amelia B. Hizon-Fradejas, Satoshi NAKAI, Yoichi NAKANO, Wataru NISHIJIMA and Mitsumasa OKADA, Effect of silt-clay content to the root establishment of eelgrass in natural sediment and artificial eelgrass

substrates, The 19th Korea-Japan Symposium on Water Environment, 2010.10.16, 福山

⑯陸田秀実, 黒川剛幸, 川上健太, 土井康明, Lagrange 粒子付 Euler 型スキームによる流体構造連成解析法と構造体内部の歪み量の精度検証, 日本混相流学会年会講演会, 2009

[図書] (計 1 件)

①片山葉子, 朝倉出版, 環境毒性学, 2011 年

[その他]

ホームページ情報

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/nakai/Lig htNEasy.php?page=intro>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡田 光正 (OKADA MITSUMASA)

放送大学・教養学部・教授

研究者番号: 70124336

(2) 研究分担者

西嶋 涉 (NISHIJIMA WATARU)

広島大学・環境安全センター・教授

研究者番号: 20243602

中井 智司 (NAKAI SATOSHI)

広島大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 80313295

奥田 哲士 (OKUDA TETSUJI)

広島大学・環境安全センター・助教

研究者番号: 60343290

土田 孝 (TSUCHIDA TAKASHI)

広島大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 10344318

土井 康明 (DOI YASUAKI)

広島大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 10134454

陸田 秀実 (MUTSUDA HIDE MI)

広島大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 80273126

片山 葉子 (KATAYAMA YOKO)

東京農工大学・農学研究院・教授

研究者番号: 90165415

中野 陽一 (NAKANO YOICHI)

宇部工業高等専門学校・准教授

研究者番号: 10325152