

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24686100

研究課題名(和文) 製鋼スラグと腐植様物質による藻場再生技術の確立とその導入設計手法に関する研究

研究課題名(英文) Development of the method for seaweed bed restoration using steelmaking slag and compost

研究代表者

山本 光夫 (Mitsuo, Yamamoto)

東京大学・海洋アライアンス・特任准教授

研究者番号：30361512

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、製鋼スラグと腐植様物質を利用した藻場再生技術の確立に向け、(1)腐植様物質(堆肥)が製鋼スラグからの鉄溶出と海藻生育に与える影響評価と(2)技術導入設計手法の確立に向けての検討を行った。(1)では、溶出試験と海藻培養試験を実施した結果、堆肥の種類によって鉄溶出特性は異なり、海藻生長に差が生じることが示された。(2)では、海藻群落形成モデルの改良と藻場再生が必要な海域への適切な技術導入に向けた海域環境調査を行い、事前評価から技術導入までのプロセスについて重要な知見が得られた。

研究成果の概要(英文)：The development of the method for restoring seaweed beds using steelmaking slag and compost was investigated in this study. The influence of compost including humic substances on Fe elution from steelmaking slag and the growth of seaweed was evaluated. Fe elution test and culture examination of a blown alga, *Eisenia bicyclis* were examined. It was found that the kinds of composts mixed with steelmaking slag were related to the characteristic of Fe elution and the growth rate of the alga. On the other hand, the optimum installation process of the method was also examined. The model of the seaweed growth for evaluating the main possible factor that reduces seaweed beds was improved by changing some equations for the relationship between nutrient salts and seaweed growth. A new process for installing the restoration method in coastal area could be proposed based on the results of the environmental investigations.

研究分野：環境化学工学

キーワード：藻場再生技術 製鋼スラグ 腐植物質 鉄 海藻培養 モデル改良 技術導入設計 海域環境

1. 研究開始当初の背景

浅海岩礁域において、大型の海藻群落は衰退・消失する「磯焼け」の問題が日本をはじめとして深刻化しており、その要因として海水温の上昇、ウニや植食性魚類による食害、栄養塩不足などが考えられ、対策が行われてきた。その中で、沿岸域の溶存鉄不足に着目した製鋼スラグと腐植様物質（堆肥）を利用した藻場再生技術¹⁾が現在注目されている。

本技術は、研究代表者らによって、産学連携（東京大学や新日鐵住金(株)（旧・新日本製鐵(株)）など）で研究・開発が行われてきた。2004年10月より開始された北海道日本海側（増毛町舎熊海岸）における実証試験では、製鋼スラグと腐植様物質を混合した鉄分供給ユニットの設置により海藻群落の再生が確認された¹⁾。これを契機として現在では全国30箇所以上で実証試験・事業が実施されている。また基礎研究では、鉄と腐植物質の錯形成能に関する検討²⁾、鉄分供給ユニットの溶出特性評価等の検討³⁾などの鉄供給効果のメカニズムの検討や、環境・安全性の評価など多くの研究が行われている。

一方で、実用化に向けてはいくつかの課題が存在しており、大きなものとしては「技術や効果に関する課題」と「導入手法に関する課題」が挙げられる。前者としては、腐植様物質がユニットからの鉄溶出や寿命に与える影響、また海藻生育への役割に関する基礎的知見の不足が挙げられる。また後者としては、生態系保全や海域環境に適した本技術の導入手法の確立が必要となっている。対象海域における環境・生態系の理解が重要であるほか、費用対効果などの経済性に関する評価の必要性がある。

2. 研究の目的

本研究では、転炉系製鋼スラグと腐植様物質による藻場再生技術の確立に向け、腐植物質が藻場再生の効果に与える影響評価と技術の導入設計手法の検討を行うことを目的とした。具体的には、(1)腐植物質が鉄溶出と海藻生育に与える影響評価、(2)技術導入設計手法の確立、の2つのテーマで研究を実施した。(1)では、異なるバイオマスを原料とした堆肥が製鋼スラグからの鉄溶出へ与える影響と鉄の形態による海藻生育への効果を検討することで、本技術における腐植様物質の役割に関する基礎データを得ることを目標とした。また、農村地域の未利用バイオマスが藻場再生技術に活用できる可能性を検討することとした。(2)については、生態系保全の観点から、最適な対策技術選択のために生態系モデルの利用や経済性評価を含めた導入設計を行う手法の検討を行った。

3. 研究の方法

(1)、(2)のテーマについてそれぞれ2つのサブテーマを設け、研究を実施した。

(1) 腐植物質が鉄溶出と海藻生育に与える影響評価

① 異なる腐植様物質での鉄溶出特性評価

原料の異なる複数の堆肥（腐植様物質）について、製鋼スラグと混合した際の人工海水および実海水への鉄溶出挙動について実験により明らかにすることを目標とした。実験結果を基に、実証試験で使用している堆肥と比較しながら、新たに検討した堆肥の藻場再生技術への利用可能性を評価した。鉄の濃度変化とともに、製鋼スラグから重金属が溶出する可能性を検討し、更に腐植様物質由来の栄養塩（N, P）もモニタリングした。

② 鉄の形態の違いによる海藻生育への影響評価

①で溶出特性評価を行った堆肥と製鋼スラグとの混合物が海藻生育の促進に効果のあることを、実験室内の海藻培養試験によって確認した。ここではフラスコを利用した培養試験を実施した。具体的には、2Lのフラスコ内にアラメの幼体（長崎大学・桑野和可准教授（現・教授）より提供）を入れ、滅菌した天然海水、または人工海水を用いた培養液を2L/dayで供給した（室温20°C、明暗周期12h:12h）。試験開始時と途中及び終了時の海藻湿重量（枚数分の合計）の比を海藻生長率とし、海藻生育への鉄添加効果を検討した。得られた結果とこれまでの実験データを合わせ、バイオマスの種類による藻場再生技術への有効性の違いについて総合的に考察することとした。

(2) 技術導入設計手法の確立

① 海藻群落形成モデルの改良・確立

磯焼け海域における海藻群落衰退要因を評価し、最適な技術導入手法を設計するために有益な海藻群落形成モデル³⁾の確立を目指した。特に鉄・栄養塩の海藻生育へ及ぼす相互影響について検討するものとし、既往研究のデータや、基礎実験を実施した結果をもとに、モデルの改良を実施した。また北海道以外の海域への適用可能な汎用的なモデルの確立を目指し、これまでの実証試験データの再検討や海域環境調査により検討を行った。

② 技術導入による経済性評価

本技術の導入・実用化の際に重要となるコスト面・経済性について、実際の実証試験に基づく評価を行った。また費用対効果を考える際に最も重要となるのは、技術導入効果が得られる海域を選択することである。最適な海域の事前評価手法や導入までの手順を確立するために、実証試験海域の環境調査を実施し、まとめと考察を行った。

4. 研究成果

(1) 腐植物質が鉄溶出と海藻生育に与える影響評価

① 異なる腐植様物質での鉄溶出特性評価

本研究では、ニセアカシア、カラマツ、リ

ンゴ、稲わらから作成した堆肥について、実証試験で使用されている鉄分供給ユニット中の堆肥（間伐材等を条件的嫌気性発酵させたもの）と合わせて、転炉系製鋼スラグと混合した時の鉄溶出特性に関して、安全性（重金属溶出の有無）と合わせて検討を行った。また北海道増毛町において 300L の水槽を利用して実海水（天然海水）における鉄分供給ユニットからの鉄溶出特性試験も実施した。

実験室での溶出試験は、100mL の人工海水に体積 10cm³ となるように試料（製鋼スラグと堆肥の混合物）を設置して行い、鉄溶出特性と安全性の両者を評価した。まず重金属の溶出については、環境基準値（土壤の汚染に係る環境基準（環境庁告示第 46 号））と比較を実施した。環境基準に記載のあるカドミウム (Cd)、鉛 (Pb)、クロム (Cr)、砒素 (As) について評価した結果、全てに関して基準値以下であることが示された。また鉄分供給ユニット自体の安全性も改めて評価し、増毛での水槽試験からも、重金属濃度は基準値未満であることが確認された。以上により、本技術の導入は、安全性の面で海藻生育には問題ないことが示唆された。

次に鉄溶出特性については、製鋼スラグと混合する堆肥の種類によって、鉄溶出速度・量が異なることが示唆された。またリンゴや稲わらの堆肥を用いた場合には、比較的鉄溶出量が多い可能性が示された。この結果を踏まえ、鉄溶出特性と海藻生育への影響との関係性をより定量的に評価するために、特にリンゴと稲わらの堆肥を用いて、②で実施した海藻培養試験と連動させた溶出実験を行った（鉄分析は、有明工業高等学校・劉丹教授により実施）。詳細は次の培養試験結果と共に示す。

② 鉄の形態の違いによる海藻生育への影響評価

海藻培養試験においては、(i)鉄添加自体の効果、(ii)原料の異なる堆肥を製鋼スラグと混合した際の海藻生育の違い、(iii)標準鉄 (FeCl₃) に鉄との錯形成の配位子となり得る化合物を混合した際の海藻生育の差について、新たな知見を得ることができた。

(i)については、主に Fe(III)-EDTA を用いて、人工海水及び天然海水（八丈島）に窒素（硝酸ナトリウム）、リン（リン酸二水素ナトリウム）とともに添加する実験を行った。試験結果を総合すると、本研究で実施した条件（窒素 (N) 濃度：12.6～25.2μM、リン (P) 濃度：0.71～1.42μM）では N, P 濃度に関わらず、鉄添加による海藻生育が促進することが示唆された。このことにより、海藻生育への鉄添加の効果自体が改めて示された。

これを踏まえて(ii)については、実際のユニットに用いられる堆肥のほか、稲わら及びリンゴ剪定枝を原料とした堆肥を製鋼スラグと混合して作製した 3 つの試料を鉄供給源として培養液（天然海水）に添加した。また堆

肥中に含まれる腐植物質のモデル物質として、市販のフミン酸 (Sigma-Aldrich 社) を用いた培養実験も行った。

ここでは、最初に製鋼スラグ 10g (φ<2mm) と同体積の上記 3 種類の堆肥 (φ<2mm) をそれぞれ混合した試料（以下、実試料、稲わら試料、リンゴ試料）をプラスチック内に設置し、天然海水を用いた試験で海藻生育の違いを検討した。その結果、海藻生長率はリンゴ試料が最も高いことが示され、実試料と稲わら試料は同等の（あるいは実試料の方がやや高い）結果となった。このことは、鉄と錯体を形成する有機物の構造等の特徴によって海水に供給される有機態鉄濃度、あるいは海藻の鉄吸収速度に違いが生じ、海藻生育に差が出る可能性を示唆している。実際に同じ実験系で、アラメの幼体を入れずに 3 種類の試料を設置して鉄溶出試験を合わせて実施したが、リンゴ試料は、他の試料に比べ多く鉄が溶出していることが示唆された。本結果より、現在の鉄分供給ユニットに使われる堆肥とは異なる原料由来の堆肥を本藻場再生技術に利用できる可能性が示された。このことは、農村地域で発生する未利用バイオマスを有効活用できる新たな方途として本技術が貢献できる可能性を示唆している。

次にフミン酸を使用した試験では、Table 1 に示す通り、製鋼スラグとフミン酸、そしてリンゴの堆肥から試料 (Sample 1～3) を作製し、同様の培養試験を行った。Fig.1 はその結果であり、実験開始より 4、7、11、14、21 日後の海藻生長率の変化を表している。まず、Sample 1 と Sample 2 の結果から、フミン酸の量を 2 倍にすると海藻生長率も概ね 2 倍増加していることが示され、鉄と錯形成する有機物の存在が海藻生育促進に重要であることが改めて確認された。次に、Sample 1 に堆肥 (リンゴ) を添加した Sample 3 は、海藻生長率が Sample 2 を上回り、大きく上昇した。堆肥 (リンゴ) に含まれる腐植物質量は堆肥中の一部であることを考えると、フミン酸と堆肥 (リンゴ) の添加量と海藻生育の関係から、リンゴの堆肥と製鋼スラグより生成する有機態鉄は、海藻生育促進効果が大きい可能性が考えられる。また本試験においても、鉄溶出試験を合わせて実施したところ、海藻生長率が最も良かった Sample 3 で最も鉄溶出量が大きい傾向性が示された。このことから、鉄化学種の違いにより海藻生育促進に差が生じることが示唆された。

Table 1 培養試験における各試料の組成

	Slag [g]	Humic acid [g]	Compost (apple) [g]
Sample 1	10	0.5	0
Sample 2	10	1.0	0
Sample 3	10	0.5	1.7

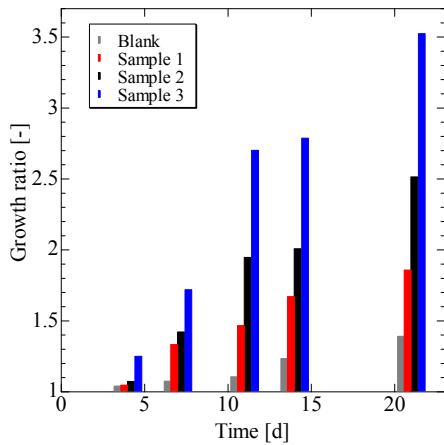


Fig. 1 スラグと混合する有機物の海藻生育への影響

(iii)については、 FeCl_3 にフミン酸、サリチル酸、クエン酸を個別に添加した際の海藻生育の違いを評価し結果、添加する化合物の違いによって海藻生長率に差が生じることが確認された。

以上の(i)~(iii)の試験結果から、鉄添加は海藻生育促進に効果があること、そして鉄化学種の違いによって海藻の生長に差が生じることが示唆された。

(2) 技術導入設計手法の確立

① 海藻群落形成モデルの改良・確立

本モデルは、Fig.2 に示した海藻生育と環境要因の関係性にしたがって、既存の海藻現存量変化モデルの考え方をベースとして、ウニなどの藻食動物による摂食や鉄・栄養塩の現存量変化への影響などを含めたものである⁴⁾。対象とする海域において、藻場が衰退する要因を評価することを目的としている。これまでの研究で、北海道日本海側における溶存鉄不足とウニによる摂食の関係性などについて評価可能なモデルとなっている。その一方で、N、Pと鉄(Fe)の海藻生育への影響については、正しく表現できていたとは言えなかった。そこで、ここでは北海道日本海側での本モデルの確立に向けて、N、Pに係わる関係式について、検討して修正を行った。

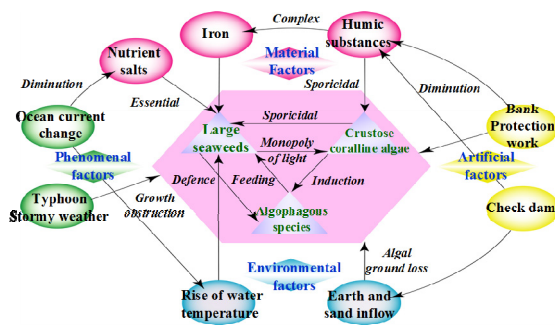


Fig. 2 環境要因と海藻生育との関係性⁴⁾

まず海域におけるNとPの濃度とその変化については、これまでのモデルでは、既往の文献に基づき一次式で表されており、季節

変動が考慮されていなかった。そこで、北海道忍路湾におけるデータ⁵⁾をcosおよびsinカーブでフィッティングして、季節変動を近似式で表現した。それにより、春季の植物プランクトンのブルームによる栄養塩の増加をはじめ季節(計算開始からの日数)による栄養塩の増減を現実に即した形で表せるようになった。

一方で、モデルの中では光合成速度へのFe、N、Pの影響について、それぞれ F_x 、 N_x 、 P_x として、 $1 - \exp(-A \cdot Fe)$ (※Aは F_x 、 N_x 、 P_x ごとに異なる)と表し、Fe、N、Pのうち最も値が小さいものを制限項として光合成速度に乗ずる形で与えている。しかし、 N_x 、 P_x は必ずしも実際の挙動を反映しているとは言えないため、式の改良を行った。

改良を行うために、海藻の光合成速度に対するFe、N、Pの影響を調べることを目的に、光合成速度測定試験を行った。試験では、北海道増毛町で採取されたホソメコンブを用い、溶存酸素計によって酸素濃度の変化をモニタリングし、そこから光合成速度を算出した。この実験結果を利用し、また既往研究結果も踏まえて、 N_x および P_x をMonodの式に基づき、新たに以下の式で表すことにした。

$$G_x = G / (B + N)$$

なお、GはNもしくはP、BはN、Pに固有の数値を表す。この結果、海藻現存量の経年変化が現実により近い形に表現することができるようになった。以上の検討によって、北海道日本海側を対象とした海藻群落形成モデルの確立に向けて、重要な改良を行うことができた。

一方で、三重県志摩市及び長崎県対馬市で海域環境調査を継続して行った結果、北海道以外の海域へのモデル適用や本技術の導入可能性に向けての基礎的知見を得ることができた。本調査はモデルの確立だけでなく、②の最適な導入手法の設計にも大きく関係することから、結果は次節に記述する。

② 技術導入による経済性評価

2004年10月に開始された北海道増毛町舎熊海岸での実証試験海域における試験開始前後の漁獲量・漁獲高変化をもとにした経済性の評価を試みた。増毛漁業協同組合よりウニの毎年の漁獲量・漁獲高に関するデータ提供を受け、それをもとに考察・解析を行った。この資料には増毛町の地区ごとの漁獲データが示されていたが、結果として藻場生成試験の前後で漁獲量に特に大きな変化がみられなかった。これは漁獲量への技術導入の効果が無いのではなく、十分に漁獲データに反映される規模の実証試験ではなかったことが示唆された。そして漁獲高に関して、種々の仮定をもとに予測するよりも効果を定量評価するためには大規模な実証試験を行う必要があることが考えられた。このことも踏まえ、本研究とは別に新たに産学連携(新日

鐵住金(株)等)、そして増毛漁業協同組合が中心となって、舎熊海岸の6倍となる鉄分供給ユニットを設置し、海岸線が300m規模の効果範囲を見込んだ大規模実証試験(事業)を実施することになった。2014年秋よりこの試験はスタートしたが、漁業協同組合による漁獲データの蓄積も行い、本研究を踏まえた更なる費用対効果の検討を実施できる見込みである。

一方で、技術導入設計手法の確立に向けて、全国各地の藻場再生実証試験の効果に関する総合的な評価を行うための指標・項目を整理した。費用対効果を評価するには、藻場再生の効果自体を体系的に評価することが必要である。そこで、評価が必要な項目を生物データ、物理・化学データ、人為活動、その他に分類し、植生、プランクトン・魚類、水質、気象、海象条件等、検討すべき項目を整理した。この分類に基づいて、北海道増毛町での実証試験効果について、検討・評価を行った。その結果、海藻現存量変化と海域鉄濃度分布、周辺海域の海水温変化とコンブ漁獲量との関係性、更に鉄拡散シミュレーション結果などから、北海道増毛町海域では本藻場再生技術導入の効果があつたことが改めて示された(学会発表③)。

次に①のモデルの改良・確立にも関わる海域環境調査(長崎県対馬、三重県志摩)のうち、ここでは特に重要な成果の得られた三重県志摩の結果について示す。

調査は、三重県志摩市大王町の海域(Fig.4)で行い、2012年度は11月と3月、2013年度は12月と3月、そして2014年度は11月と、毎年ほぼ同じ時期とした。

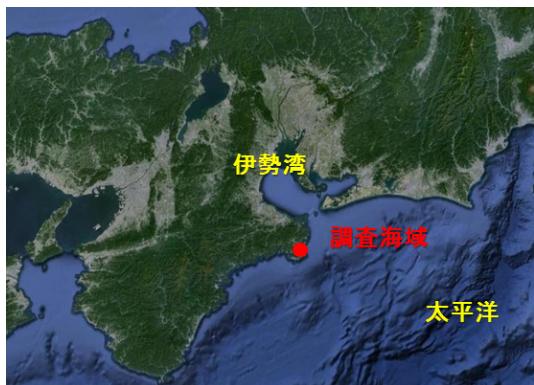


Fig.4 調査海域(三重県志摩, Google earth より)

2012年度と2013年度は、藻場分布と水質の調査を中心として行った。得られた結果の中で、特に重要な藻場に関する情報はTable 2の通りであった。調査の過程で明らかになったのは、海域における大きな特徴として、外海に面し、波浪の影響を受けやすい位置にあることが挙げられた。したがって、藻場の造成を行うためには、鉄や栄養塩などの水質環境だけでなく、波浪等の影響を事前に評価した上で、ユニットを設置した場合に周辺の鉄濃度の上昇が期待できる場所を選択する必要性がある。

Table 2 調査から得られた主な環境特性

	現象	海藻への影響
海域	外海に面するため、波浪の影響を受けやすい	底質が横転・移動し、着生が阻害・藻場消失
陸域	背後地の崩落・降雨による土砂の流入可能性	土砂が海底を覆い、海藻の着生と生長が阻害
季節	海藻種によって時期による出現種が変化	海藻の種類数・出現数が増減

この藻場調査結果より、外海に面するような海域では、鉄分供給ユニットの設置場所を検討する際には、以下の項目を考慮することが重要であることが示された。

- ・年間を通じ、激浪にさらされない
- ・適度な流れが存在する
- ・鉄分供給ユニットを設置できる海底地形

調査海域では、テトラポットによって外海と前浜(湾)が区切られている(Fig.5)が、最適な鉄分供給ユニット設置場所を決めるために、2014年度は海底地形(浅深測量)調査、湾内・湾外の複数地点におけるGPSブイによる流況(平均流速の把握)調査を実施した。その結果、Fig.5の水色で示した地点に鉄分供給ユニットを設置することが藻場造成の効果が最も現れやすいことが示唆された。なお、白い線は等水深を示している。



Fig.5 ユニット設置最適箇所(水色)

以上のように、三重での海域環境調査によって、波浪の影響を強く受けるような海域での鉄分供給ユニット導入手法確立に向けてモデルとなる、海域環境調査からユニット導入決定までのプロセスを示すことができた。

本研究では、「技術や効果に関する課題」と「導入手法に関する課題」について評価・検討を行った結果、新たな知見を多く得ることができた。本研究を踏まえて更に検討を進めることで、製鋼スラグと腐植様物質を利用した藻場再生技術の確立に近づくことができると考えられる。

<引用文献>

- 1) M. Yamamoto, M. Fukushima, E. Kiso, T. Kato, M. Shibuya, S. Horiya, A. Nishida, K. Otsuka, T. Komai, "Application of Iron Humates to Barren Ground in a Coastal Area for Restoring Seaweed Beds", J. Chem. Eng. Jpn., 43 (2010) 627-634.
- 2) M. Yamamoto, A. Nishida, K. Otsuka, T. Komai, M. Fukushima, "Evaluation of the Binding of Iron(II) to Humic Substances Derived from a Compost Sample by a Colorimetric Method using Ferroziine", Bioresour. Technol., 101 (2010) 4456-4460.
- 3) M. Yamamoto, M. Fukushima, D. Liu, "The Effect of Humic Substances on Iron Elution in the Method of Restoration of Seaweed Beds using Steelmaking Slag", ISIJ Int., 52(10) (2012) 1909-1913.
- 4) 山本光夫「鉄を利用した藻場再生技術導入に関わる沿岸域の環境評価手法に関する研究」海洋理工学会誌, 17(1) (2011) 13-20.
- 5) 中多章文, 八木宏樹, 宮園章, 安永倫明, 川井唯史, 飯泉仁「忍路湾における沿岸水温と栄養塩の関係」北水試研報, 59 (2001) 31-41.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 山本光夫『海の森』再生による水産業の振興に向けてー沿岸域の溶存鉄不足に着目した藻場修復・造成の取り組みー季刊『しま』, 240 (2015) 58-65 (査読無) .
- ② 山本光夫「沿岸域の藻場再生ー製鋼スラグと未利用バイオマスの活用」環境会議, 42 (2014) 50-55 (査読無) .
- ③ Mitsuo Yamamoto, Masami Fukushima, "Humification index of composts originating from three types of woody biomass", Journal of Material Cycles and Waste Management, 16(4) (2014) 731-738 (DOI:10.1007/s10163-013-0211-0, 査読有).
- ④ 山本光夫「製鋼スラグと腐植物質を利用した藻場再生技術」環境浄化技術, 12(6) (2013) 35-40 (査読無) .

[学会発表] (計 11 件)

- ① 山本光夫, 劉丹「有機態鉄の添加と海藻生育の関係性評価」平成 27 年度日本水産学会春季大会, 2015 年 3 月 29 日, 東京海洋大学 (東京都港区)
- ② 山本光夫, 劉丹「鉄化学種の違いが海藻生育に及ぼす影響評価」化学工学会第 80 年会, 2015 年 3 月 21 日, 芝浦工業大学 (東京都江東区)
- ③ 山本光夫, 加藤敏朗, 金山進, 中瀬浩太, 堤直人「スラグ系施肥材による藻場の修復効果に関する総合的検討」日本鉄鋼協会第 169 回春季講演大会, 2015 年 3 月 18 日,

東京大学 (東京都目黒区)

- ④ 山本光夫「海の緑化技術における藻場修復過程の理解と今後の展望」海の緑化研究会シンポジウム「海域における鉄の存在形態と藻類への取り込みに関する研究の最前線」, 2015 年 3 月 4 日, 東京大学 (東京都文京区)
- ⑤ 山本光夫「藻場生態系の修復に向けた製鋼スラグの海域利用」日本鉄鋼協会 評価・分析・解析部会「バイオフィウリング、バイオフィルム評価分析解析研究会」フォーラム 平成 26 年度第 2 回講演会 (招待講演), 2015 年 1 月 14 日, 鈴鹿工業高等専門学校 (三重県鈴鹿市)
- ⑥ 山本光夫, 桑野和可「製鋼スラグと腐植物質による藻場再生技術の現状と展望 - 海藻生育への鉄添加効果 -」日本鉄鋼協会第 168 回秋季講演大会, 2014 年 9 月 26 日, 名古屋大学 (愛知県名古屋市)
- ⑦ 山本光夫「製鋼スラグからの鉄溶出と海藻生育の促進に及ぼす堆肥の影響」化学工学会第 45 回秋季大会, 2013 年 9 月 16 日, 岡山大学 (岡山県岡山市)
- ⑧ Mitsuo Yamamoto, Kazuyoshi Kuwano, "Effect of Dissolved Iron on the Growth of a Blown Alga, *Eisenia bicyclis*", Water and Environmental Technology Conference 2013 (WET2013), 2013 年 6 月 15 日, Tokyo University of Agriculture & Technology (Koganei, Tokyo).
- ⑨ 山本光夫, 桑野和可「鉄添加が海藻生育に及ぼす影響評価」平成 25 年度日本水産学会秋季大会, 2013 年 3 月 27 日, 東京海洋大学 (東京都港区).
- ⑩ 山本光夫, 桑野和可「海藻生育への腐植物質ー鉄錯体の添加効果」第 28 回日本腐植物質学会講演会, 2012 年 11 月 22 日, 首都大学東京 (東京都八王子市).
- ⑪ 山本光夫「鉄を利用した海の緑化と沿岸域の環境保全」特定非営利活動法人地球環境カレッジ第 114 回講演会 (招待講演), 2012 年 6 月 26 日, GE カレッジホール (東京都世田谷区).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 光夫 (YAMAMOTO, Mitsuo)
東京大学・海洋アライアンス・特任准教授
研究者番号: 30361512