

技術論文

# ビバリー®ユニットによる藻場造成実績の考察と今後の展開

## Evaluation of Seaweed Beds Restoration Using Vivary™ Unit and Future Initiatives

小杉 知佳\*  
Chika KOSUGI

宮 架蓮  
Karen MIYA

富田 祥子  
Shoko TOMITA

難波 瑞穂  
Mizuho NAMBA

吉村 航  
Ko YOSHIMURA

赤司 有三  
Yuzo AKASHI

### 抄 録

日本製鉄(株)の鉄鋼スラグを利用した施肥材ビバリー®ユニットによる藻場造成技術について、北海道増毛町および三重県志摩市での長期実績を整理した。増毛町ではホソメコンブを主とする藻場の形成と拡大を確認したが、近年の高水温により衰退傾向が見られた。志摩市では植食性魚類による食害が主要な課題であり、ケージによる保護効果を確認した。沿岸環境が大きく変化する中、施肥技術の精度向上と食害対策の組合せ、さらにはブルーカーボン創出に向けた技術開発は、日本製鉄の副産物利材化とCO<sub>2</sub>削減の両面で重要である。これまでに培った分析、評価など各種基盤技術を活かし、海洋研究を発展させることで、環境価値の創出と事業の持続性向上に貢献していく。

### Abstract

Application of the Vivary™ Unit produced by Nippon Steel Corporation, a steel-slag-derived fertilizer, has been evaluated through long-term seaweed bed restoration projects conducted in Mashike, Hokkaido, and Shima, Mie Prefecture. In Mashike, the establishment and expansion of *Saccharina japonica*-dominated beds were observed, although recent elevation in seawater temperature has contributed to their decline. In Shima, feeding damage by herbivorous fish was identified as the primary limiting factor, and the effectiveness of protective caging was verified. As coastal environments have undergone substantial change, enhancing fertilization precision, integrating mitigation measures against feeding damage, and advancing technologies that contribute to blue carbon generation are critical for both steel by-product utilization and CO<sub>2</sub> reduction. Leveraging our established analytical and evaluation technologies, we aim to further develop marine science and technology research and contribute to creation of environmental value and improvement of long-term business sustainability.

## 1. 緒 言

鉄鋼業の持続可能な事業展開に向けて、日本製鉄(株)では、鉄鋼副産物である鉄鋼スラグを用いた海域の環境改善技術を20年以上前から開発してきた。具体的には、海向けの鉄分供給材である“ビバリー®ユニット”、港湾や航路の浚渫で発生する浚渫土砂の改質技術“カルシア改質技術”、そして製鋼スラグを骨材に用いた人工石材“ビバリー®ロック”、“ビバリー®ブロック”である。いずれも、気候変動、人間の社会活動の両面から強く影響を受ける沿岸域環境を、水質や生物の生息場としての機能を回復、創出するなど、広く改善に導く技術である。開発の過程においては、ラボ、大型水槽設備(日本製鉄REセンターにあ

るシーラボ)、実海域といった様々なスケールで、有効性、安全性の実証を進め<sup>1)5)</sup>、並行して全国展開を進めてきた。2025年度時点での施工実績は、83箇所を上り、鉄鋼スラグの認知度向上、販売に貢献してきた。現在は、社内において副産物の利材化の観点から重要性を増しているだけでなく、産業副産物のアップサイクル事例として、社外から高い関心が寄せられている。

特に、炭酸化処理済みの製鋼スラグと腐植物質を混合した肥料、ビバリー®ユニットについては、従来の海藻藻場の衰退、磯焼け対策技術としてだけでなく、沿岸域でのCO<sub>2</sub>固定の場、ブルーカーボン生態系を創出する技術としての実績を上げてきた<sup>6)</sup>。全国に展開する藻場造成サイトにおいて、定量的な藻場調査(海藻の成分分析、潜水調査、

\* 先端技術研究所 環境基盤研究部 環境技術研究室 研究第一課長 博士(水産科学) 千葉県富津市新富 20-1 〒293-8511

ドローンによる空撮など)を行い、CO<sub>2</sub>固定量を算出、ジャパンブルーエコノミー技術研究組合(国土交通省から許認可を受けた技術研究組合)が運営するブルーカーボンに関するボランタリークレジット制度、Jブルークレジット®の認証を取得してきた(表1)。これら成果を発端に、鉄鋼スラグ利用技術が適用されている地域などから小中学校での環境授業の依頼を受けるようになっただけでなく、フランス料理のレストランガイドから、食材を育む活動として認められる<sup>7)</sup>など、鉄鋼スラグ製品の販売に貢献するだけでなく、幅広い分野で日本製鉄の認知度向上につながる活動に成長してきた。

副産物、鉄鋼スラグ製品の利材化を進める上で、上述の通り幅広い効果を有するビバリー® ユニットの端緒とした鉄鋼スラグ製品の漁業者や自治体といった海域のステークホルダーの理解を促進するとともに、ビバリー® ユニットによる藻場造成技術を確認し、収益化を達成することが重要と考える。当部では、ビバリー® ユニットの仕様決定、適用適地の条件の明確化、施工設計など各種課題を設定し、研究を進めている(成果の一部については、本技報において報告しているため、是非参照されたい)。これに加えて、本技術の効果発現は、気候変動の影響を受けざるを得ないことから、気候変動下での海域環境を把握した上で、適切に日本製鉄の施肥技術を展開していく必要がある。

実際、日本製鉄が実施する近年の藻場調査の結果から、日本沿岸環境の変貌ぶりを実感しているところであるが、その原因は、水質変化、高水温、食害、これら組合せなど様々である<sup>8-10)</sup>。そこで、本報告では、日本製鉄の藻場造成実績の中で、定量データが蓄積している北海道増毛町を対象に、これまでの藻場の変遷とその変動理由について考察する。また、植食性魚類による影響が大きいと推察される三重県志摩市での施肥以外の技術との組合せ検討の結果について報告し、最後に、日本製鉄の強み技術であるビバリー® ユニットによる藻場造成技術の今後の開発方針、展開について述べる。

## 2. 藻場造成事例

### 2.1 北日本(北海道増毛町)

北海道増毛町では、2004年に同町舎熊地区において、ビバリー® ユニット6tを海岸線に埋設し、実海域試験を開始した。施工から10年の継続調査によりホソメコンブ(*Saccharina japonica*)を主としたコンブ藻場の安定的な造成を実証した<sup>11,12)</sup>。この成果を受けて、2014年に同町別荘地区において270mの海岸線に45tの大規模施工を行い、毎年、藻場調査(潜水調査、ドローン撮影など)を継続している。

試験開始時(2015年)の別荘地区は、岸辺にホソメコンブが繁茂しているだけで、20m沖合には海藻はほとんど見られない、磯焼け状態であった(図1)。その後、2018~2021年にかけては、ドローン画像で黒いエリア(海中では海藻と判別)が明確に沖側、海岸線に沿って拡大していった。2022年以降は、藻場の輪郭が不鮮明になり、ホソメコンブなど大型に成長する海藻が群落を形成していないことが推察された。

上記の変遷について、毎年、藻場面積を藻場の構成種、ホソメコンブとそれ以外に分けて整理した結果、2021年までは年々ホソメコンブの割合が増加し、それに伴って藻場全体の面積が拡大していることが明らかとなった(図2)。2022年以降は、一転して、ホソメコンブの面積が減少したものの、2023年まではホソメコンブ以外の海藻の繁茂により藻場全体の面積は、増加傾向だった。2024年には、ホソメコンブは観察されず、ホソメコンブ以外の海藻も減少した。一方、北海道庁の調査により、増毛町周辺の留萌管内、檜山管内では、コンブ類の生産量が横ばい、もしくは減少傾向であったことを鑑みると<sup>13)</sup>、2021年までの別荘地区でのホソメコンブを主とする藻場面積の拡大は、ビバリー® ユニットによる施肥の効果と裏づけられる。

藻場面積の変遷に対して、毎年8月の増毛町の表層水温を重ねると(気象庁データを参考に作成)、2018年以降の上昇傾向が見られ、ホソメコンブが激減した前年の2021

表1 Jブルークレジット®の取得実績  
Achievement of J Blue Credit™ certification

Demonstration Site			Certified credit volume [t-CO <sub>2</sub> ]	Area of seaweed beds [ha]	Steel slag products
2022	Hokkaido	Mashike	49.5 (2018~, for five years)	3.4	Vivary™ Unit
	Hokkaido	Mashike			
2023	Hokkaido	Tomari	12.2	19.6	Vivary™ Unit
	Hokkaido	Tomari	8.5	8.4	Vivary™ Unit
	Chiba Prefecture	Kimitsu	12.6	4.7	Calcia reformed soil, Vivary™ Rock
2024	Hokkaido	Mashike	1.1	2.4	Vivary™ Unit
	Hokkaido	Shikabe	1.0	1.3	Vivary™ Unit
	Hokkaido	Mori	0.4	0.2	Vivary™ Unit
	Chiba Prefecture	Kimitsu	2.4	4.0	Calcia reformed soil, Vivary™ Rock
	Total			87.7	

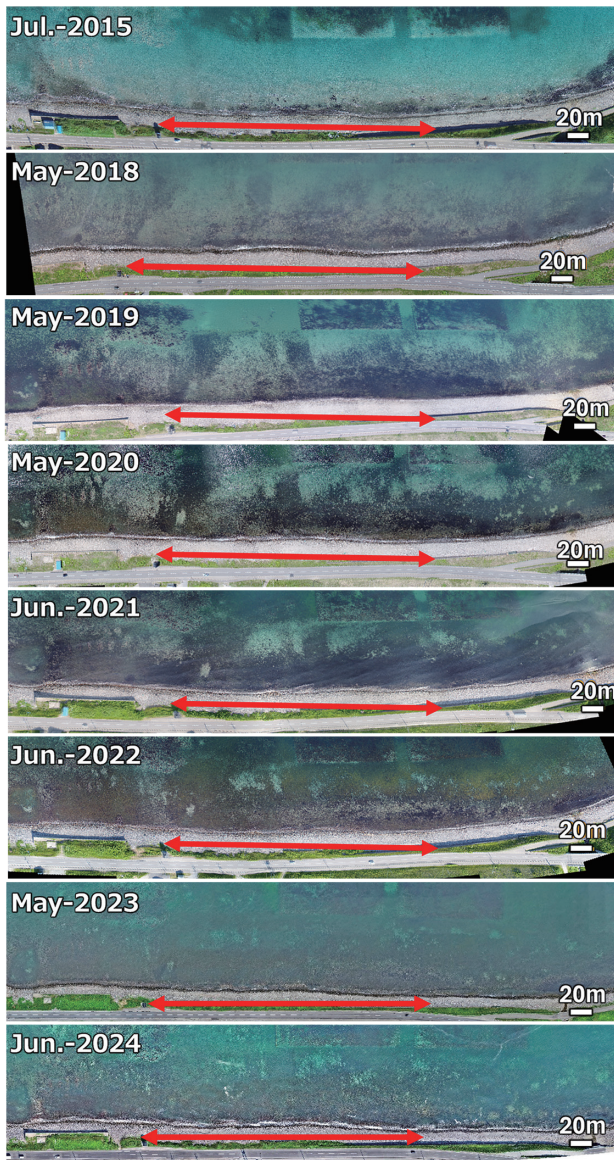


図1 北海道増毛町別苅地区での藻場の変遷  
Changes in the seaweed beds on the coast of Betsukari, Mashike, Hokkaido from 2015 to 2024  
Red double-headed arrow; the area embedded with a 45 t Vivary™ Unit.

年からは、ホソメコンブが生育できる水温の上限 23℃<sup>14)</sup> を越えていた(図2)。2021年 は、ホソメコンブの成熟期(10～11月)の前に、枯死したことにより、2022年からはホソメコンブが減少傾向に転じたと考えられた。2022年以降も夏季の高水温が継続し、藻場面積の減少の一因になったと推察される。

北海道だけでなく、亜寒帯域における海藻藻場の変遷については、国連のIPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第5次評価報告書(2014年発表)の中で提示された、今後100年間の平均気温上昇のシナリオ(代表的濃度経路, the Representative Concentration Pathways: RCP)と複数の気候予測モデルから将来の海面水温を予測し、沿岸生態系の変化を予測する研究が多くなされている<sup>8, 15, 16)</sup>。別苅地区での変遷についても、その大きな変化の一部と考えられ、

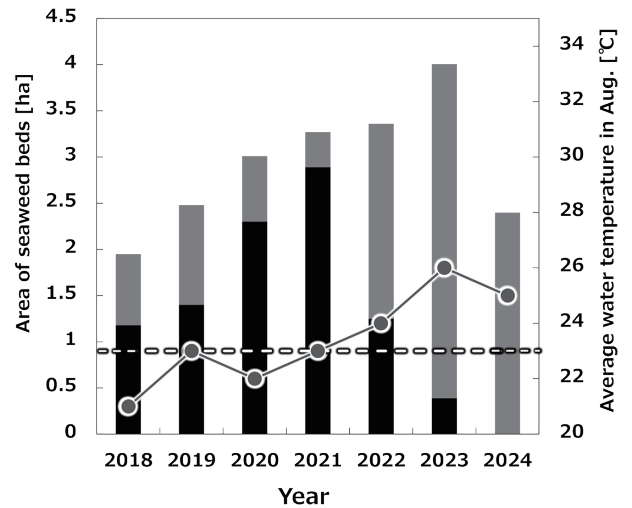


図2 藻場面積の変化と8月の平均水温の推移  
(2018～2024年)

Changes in the seaweed beds area and average water temperature in Aug. from 2018 to 2024

Black bars; area of *S. japonica*, gray bars; area of seaweeds excluding *S. japonica*, gray filled circles with white border; average water temperature in August, white dashed line; growth inhibition temperature of *S. japonica* sporophyte.

今後も、コンブ類にとって厳しい環境が継続すると予想できる。加えて、水温の上昇に伴い、北日本での主な植食性生物であるウニ類の摂餌圧が主要因で磯焼けとなった海域もあることから<sup>17, 18)</sup>、食害対策の必要性も高まると考える。コンブ類は、日本の水産業、食文化において、重要な海藻であり、これらの生育を維持する取組みの需要は高く、日本製鉄の施肥技術は、今後益々の需要高まりが予想でき、コンブ類をはじめとした各種海藻のライフサイクルにおける適した施肥方法を検証するとともに、食害対策との組合せも検討することで、施肥技術として精度を高めていく。

## 2.2 西日本(三重県志摩市)

三重県志摩市では、ビバリー® ユニットの開発初期の2008年から藻場造成に取り組んできた<sup>19)</sup>。2022年からは、底質が砂質のエリアが広いことから、ビバリー® ユニットに加えて、製鋼スラグを骨材に用いた人工石ビバリー® ロックの敷設試験も実施し、藻場の変遷を調査している。

本海域では、2022～2024年の8月平均の表層水温が29℃に達している(図3、気象庁データを参考に作成)。これは、志摩市沿岸で群落を形成する暖海性コンブ(カジメ(*Ecklonia cava*)やアラメ(*Eisenia bicyclis*)など)の胞子体の生育を著しく阻害するだけでなく(カジメの場合、28℃が生育上限温度<sup>14)</sup>)、本海域に出現する植食性魚類アイゴ(*Siganus fuscescens*)の摂餌ピーク(26～29℃)と重なり<sup>20)</sup>、藻場造成には難易度の高い環境であることが分かる。そこで、食害影響を低減することで、海藻の生育を保持できるかどうかを検証した。事前にビバリー® ロック上に生育したコンブ類(カジメ、アラメ)の個体数を計測していたエリ

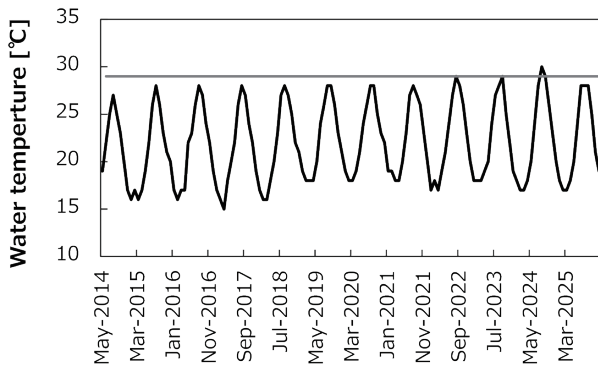


図3 志摩における月平均水温の推移 (2014 ~ 2025 年)  
Water temperature at Shima from 2014 to 2025  
Black line; monthly average water temperature, gray line; the upper temperature limit for growth of *E. cava* sporophyte.

アの一部を、2025年5月に、亜鉛コーティングした鉄管と目合い2.5cmのプラスチック製ネット(トリカルネット、タキロンシーアイシビル社製)を組み合わせて作製したケージ(6m×6m×1.5m)で覆い、土嚢で海底に固定し(図4a, b)、ケージ内部および外のコンブ類の個体数について追跡調査を行った。なお、ケージに設置したネットは、アイゴなどの成魚が通過できず、かつケージ内外での生育環境が異なる程度が目合いのものを選択した。

その結果、ケージ内、外ともに、5月の調査までは、個体数が増加し、順調に生育していた様子が分かった。しかし、6月以降は、ケージ内では個体数を維持できた一方で、ケージ外では、減少し、11月調査時にはゼロになった(図5)。これは、ケージ内では、食害防止対策の効果に加えて、2025年4月の黒潮大蛇行の終息により<sup>20)</sup>、例年ほどに水温が上昇しなかったことも影響し(図3)、コンブ類が越冬できた結果と考える。一方、ケージ外では海藻が食べられた痕が観察され、食害が主要因となって、個体数が減じたと推察した(図4c, d)。

以上の通り、三重県志摩市では、高水温の影響はあるものの、植食性魚類による食害影響が大きいことが示された。移動する魚介類に対する食害対策は、ケージのサイズや耐久性から、空間的にも時間的にも限定的にならざるを得ない。しかし、一度、海藻が根絶やしになってしまうと、そこからの回復はさらに難易度が高くなる。水産庁では、海水温上昇による植食性魚類の摂餌活動の活性化に対して、“海水温上昇に対応した藻場保全・造成手法(暫定版)”<sup>22)</sup>を公開している。その中では、生育上限温度が高い大型褐藻類、例えば亜熱帯性のホンダワラ類(ヒジキ(*Sargassum fusiforme*)), キレバモク(*Sargassum alternato-pinnatum*), マメタワラ(*Sargassum piluliferum*)などを対象とした藻場造成と、必要に応じた食害対策の組合せを提唱している。対象海域に自生していない海藻の移植は、生育が確実にないことに加え、実施に際しては、地元の理解を得る必要があるため、広域な植生調査を踏まえた慎重な取り組みが必要

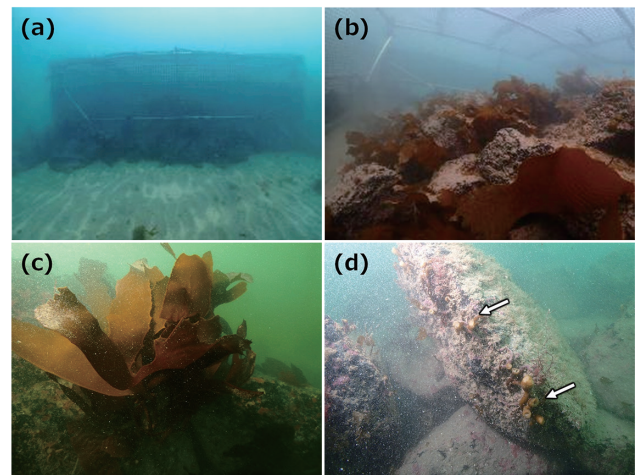


図4 ケージ設置試験の様子  
(a, b; 2025年5月, c, d; 2025年10月)  
Images of the cage installation experiment (a, b; May 2025, c, d; Oct. 2025)  
a; cage immediately after installation, b, c; *E. bicyclis* on the artificial rock of the inside the cage 1, d; fish grazing marks (arrows) on the artificial rock of the outside the cage 1.

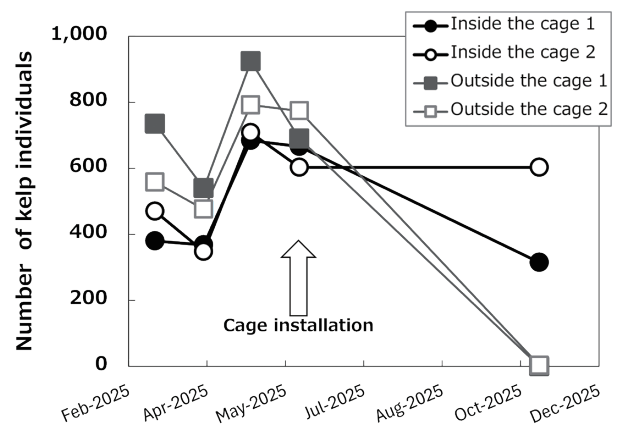


図5 コンブ類の個体数の変化  
Changes in the number of kelp individuals

であるが、コンブ類に限らない大型褐藻類藻場造成は、今後、様々な地域で検討されるものと考えられる。また、そこに施肥を組み合わせ、残存する海藻の生育を安定化し、根絶やしにしないことも、胞子を供給する核藻場としての機能を発揮するためには、必要である。今後も水温の上昇傾向や食害影響が継続するであろう西日本については、海域の状況に応じて、ビバリー® ユニットをはじめとした鉄鋼スラグ製品と他技術の組合せにより、藻場造成方法を提案する。

### 2.3 総合考察と今後の方針

日本製鉄がビバリー® ユニットの開発、実海域適用を始めてから、藻場造成の成果を積み上げている一方で、沿岸環境自体が大きく変化を遂げていることは、上記、北海道増毛町別荘地区、三重県志摩市での藻場造成実績の整理からも明らかである。近年、漁業者や自治体など沿岸事業者からの日本製鉄の技術への問合せが増している状況は、急

激な環境変化への危機感の表れとも考えられる。海水温の上昇傾向は、今後も継続の見込みであり<sup>8,15,16)</sup>、例えば、コンブ類が消失し、ホンダワラ類が優占する、また、ホンダワラ類も温帯性から亜熱帯性に遷移するといった藻場の構成種の変化が各地で観測されることが予想される<sup>8,14,23)</sup>。

このような状況について、スラグ利材化技術の側面からは、沿岸環境の厳しさが増す分、藻場再生の難易度は高まる一方である。他方で、ビバリー® ユニットによる藻場造成技術の精度を上げることで、沿岸事業者からの鉄鋼スラグ製品に対する信頼を獲得し、技術普及をより一層、加速できる機会と考えられる。日本製鉄がこれまでに築いた実績、各地との協働体制を活かして、ビバリー® ユニットの効果が最大限発揮できる環境、条件、施工方法など残課題を解決していく。

海藻藻場の再生によるもう一つの側面であるブルーカーボンについては、2025年2月の地球温暖化対策計画<sup>24)</sup>の閣議決定を背景に、今後、ビバリー® ユニットによる藻場再生技術を発展させていく。具体的には、我が国のブルーカーボンの具体的目標として、海藻養殖など大規模な藻場造成と深海域への沈降等により、2035年度に100万t-CO<sub>2</sub>、2040年度までに200万t-CO<sub>2</sub>の数値目標が設定されたことを受けて、環境省主導で実証試験、海域利用や海藻の沈降に関する制度設計が進む見込みである。大規模に海藻養殖を展開した際には、局所的に海水が貧栄養になることが想定され、施肥技術の需要は大いにあると考える。元来、ビバリー® ユニットは、鉄イオンの酸化を抑えた条件で施用してきたが、養殖現場では、溶存酸素が多く存在する環境であり、そのような環境に応じた施肥技術の開発を進める。

日本製鉄は、施肥技術だけでなく、藻場再生の過程において、実海域での検証実験、環境モニタリング、藻場成果の定量評価技術など多方面での技術開発を行ってきた<sup>6,11,12,19)</sup>。これら成果は、大規模養殖といった新たなフィールドにおいても、基盤技術として十分に発揮できるものと考えられる。また、海藻養殖によるCO<sub>2</sub>固定の場合、食用目的での海藻生産とは異なり、単位面積当たりの高効率化が求められることから、今後の環境変動に合わせた優良株の作出も重要課題であり、上記技術開発と並行して、育種についても取り組んでいく(進捗については、本技報 官らの報告を是非参照されたい)。

以上の通り、ビバリー® ユニットによる藻場造成技術を確立し、商品としての実装を完遂することで、日本製鉄の副産物利材化、地球環境の改善の両面に貢献していく所存である。

### 3. 結 言

本報告の通り、日本製鉄では、鉄鋼スラグの利用技術の一環としてビバリー® ユニットの基盤とした藻場造成技術を開発してきた。その過程で培った分析、評価、実証技術は、

藻場再生に限らず、海洋研究に共通した基盤技術である。昨今、TCFD(気候関連財務情報開示タスクフォース)、TNFD(自然関連財務情報開示タスクフォース)をはじめとして、企業の環境課題への取組みの重要性が増している状況に対し、従来の規制順守を目的とした“守り”の対応だけでなく、自社技術で環境を改善していくことで企業価値を上げる“攻め”の環境戦略が求められていると考える。その中で、沿岸域に事業所を有する日本製鉄にとっての海洋研究は、これまで培った高度な技術力に加え、取組みの社会的インパクトや独自性を備える領域であり、社会的信用度を一段と高めるとともに、事業の持続性向上に貢献する。今後も、沿岸にとらわれず、広く研究フィールドを設定し、日本製鉄の強みを活かした技術開発を継続的に推進していく。

### 参照文献

- 1) 三木理, 植木知佳, 赤司有三, 中川雅夫, 畑恭子, 永尾謙太郎, 笠原勉, 鈴木輝明: 転炉系製鋼スラグを用いた浚渫埋め戻し時の海域環境改善予測. 海洋理工学会誌. 17, 37-48 (2011)
- 2) 植木知佳, 加藤敏朗, 三木理: ノリの生育に対するスラグ系施肥材の効果実証実験. 海洋理工学会誌. 17, 49-55 (2011)
- 3) 小杉知佳, 加藤敏朗, 三木理: 製鋼スラグを活用した海域底質からの微細藻類の増殖抑制. 海洋理工学会誌. 20, 1-9 (2014)
- 4) 加藤敏朗, 楠井隆, 小杉知佳, 福島寿和: 製鋼スラグ資材の海域利用時の生物に対する影響評価. 鉄と鋼. 106, 50-57 (2020)
- 5) 小杉知佳, 吉村航, 加藤敏朗, 小松伸行, 古賀あかね, 今尾和正, 中村航, 佐々木淳, 中村由行: 干潟浅場造成材としての固化石カルシア改質土の有効性—メソコスム水槽による比較実験—. 水環境学会誌. 47, 15-25 (2024)
- 6) 日本製鉄: プレスリリース「昨年度に引き続き、新たに3件のJブルークレジット認証を取得 ～北海道増毛町、古宇郡泊村、君津市沖のブルーカーボンプロジェクトで共同申請～」. 2024年3月19日, <https://www.nipponsteel.com/news/2024/?category=all>
- 7) 日本製鉄: プレスリリース「世界的なレストランサイト「LA LISTE」より「海の森づくり」が特別賞受賞 ～食部門以外からの受賞は世界初～」. 2023年10月23日, <https://www.nipponsteel.com/news/2024/?category=all>
- 8) Sudo, K., Watanabe, K., Yotsukura, N., Nakaoka, M.: Predictions of kelp distribution shifts along the northern coast of Japan. Ecological Research. 2019, DOI: 10.1111/1440-1703.12053
- 9) 門田立, 八谷光介, 吉村拓, 邵花梅, 清本節夫: 2010年代の10年間にわたる長崎県野母町地先の藻場の変化. 日本水産学会誌. 89, 330-337 (2023)
- 10) 寺田竜太, 進藤蒼, 田中美和, 江崎聡: 鹿児島県長島における藻場の長期変化, 特に東シナ海に面した沿岸からの藻場の消失. 日本水産学会誌. 87, 631-641 (2021)
- 11) Yamamoto, M., Fukushima, M., Kiso, E., Kato, T., Shibuya, M.,

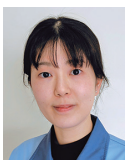
- Horiya, S., Nishida, A., Otsuka, K., Komai, T.: Application of iron humates to barren ground in a coastal area for restoring seaweed beds. *Journal of Chemical Engineering of Japan*. 43, 627-634 (2010)
- 12) Yamamoto, M., Kato, T., Kanayama, S., Nakase, K., Tsutsumi, N.: Effectiveness of iron fertilization for seaweed bed restoration in coastal area. *Journal of Water Environment Technology*. 15, 186-197 (2017)
- 13) 北海道庁水産林務部森林海洋環境局成長産業課：コンブの生産安定対策について. 2025, p.1-23
- 14) 馬場将輔：温暖化による大型褐藻類の生育反応および分布変動. *海生研研究報告*. 26, 1-28 (2021)
- 15) Assis, J., Fragkopoulou, E., Gouvêa, L., Araújo, M.B., Serrão, E.A.: Kelp forest diversity under projected end-of-century climate change. *Diversity and Distributions*. 2024, DOI: 10.1111/ddi.13837
- 16) Duarte, M., Sanhueza, N., Vásquez, J.A., Tala, F., Gonzáles, A. V.: Kelp on the move: Potential future distribution areas in the face of climate change, on the Pacific coast of South America. *PLOS One*. 2025, DOI: 10.1371/journal.pone.0332591
- 17) 桑原久実：ウニの食害による磯焼けの現状と対応策. 平成13年度日本水産工学会学術講演会, 要旨, 2001
- 18) 水産庁：第3版磯焼け対策ガイドライン. 第5章 我が国沿岸の磯焼けの現状. 2021, p.60
- 19) 加藤敏朗, 木曾英滋, 中川雅夫, 川西秀明, 渋谷正信, 山際優, 植木知佳：鉄分供給ユニットによる藻場造成技術の検討. 平成21年度日本水産工学会学術講演会, 要旨, 2009
- 20) 水産庁：第3版磯焼け対策ガイドライン. 第4章 代表的な植食動物. 2021, p.36
- 21) 気象庁：プレスリリース「黒潮大蛇行の終息について ～過去最長の7年9か月継続～」. 2025年8月29日, [https://www.jma.go.jp/jma/press/2508/29a/20250829\\_end\\_of\\_kuroshioLM.html](https://www.jma.go.jp/jma/press/2508/29a/20250829_end_of_kuroshioLM.html)
- 22) 水産庁：海水温上昇に対応した藻場保全・造成手法(暫定版). 2024, p.1-54
- 23) Tanaka, K., Taino, S., Haraguchi, H., Prendergast, G., Hiraoka, M.: Warming off southwestern Japan linked to distributional shifts of subtidal canopy-forming seaweeds. *Ecology and Evolution*. 2012, DOI: 10.1002/ece3.391
- 24) 環境省：地球温暖化対策計画(令和7年2月18日閣議決定). (関連資料3) 2035年度, 2040年度排出削減目標に関する対策・施策の一覧. <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/250218.html>



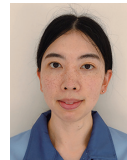
小杉知佳 Chika KOSUGI  
先端技術研究所 環境基盤研究部  
環境技術研究室 研究第一課長  
博士(水産科学)  
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511



宮 架蓮 Karen MIYA  
先端技術研究所 環境基盤研究部  
環境技術研究室 研究第一課  
主任研究員



富田祥子 Shoko TOMITA  
先端技術研究所 環境基盤研究部  
環境技術研究室 研究第一課



難波瑞穂 Mizuho NAMBA  
先端技術研究所 環境基盤研究部  
環境技術研究室 研究第一課  
主任研究員 博士(環境科学)



吉村 航 Ko YOSHIMURA  
先端技術研究所 環境基盤研究部  
環境技術研究室 研究第一課  
主幹研究員 博士(農学)



赤司有三 Yuzo AKASHI  
スラグ事業・資源化推進部 スラグ営業室  
部長代理 博士(工学)