

日本技術士会北海道本部 社会活動委員会
(リージョナルステート研究委員会)

令和5年度 第2回研修会のご報告

日本製鉄の北海道における海の森づくり
～ブルーカーボン生態系を育む鉄の力～

中 田 光 治・安 田 伸 生

1 はじめに

リージョナルステート研究委員会は、北海道が自律的かつ持続的に発展してゆくことを目指し、再生可能エネルギーの地産地消やこれに伴う地域雇用の創出などに寄与し、「豊かな北海道」の実現に貢献することを目的に研究活動をしています。

今回の研修会は、北海道の沿岸部において約20年間の長期にわたり、藻場の再生に取り組んで来られた日本製鉄株式会社様より、先端技術研究所環境基盤研究部の宮架蓮様を講師にお招きして、研修会を開催しましたので、報告をさせていただきます。

2 研修会の概要

2.1 日時・場所等

本研修会は、令和6年2月16日(金)の18時30分より札幌エルプラザのOA研修室において、会場参加とWeb参加を併用したハイブリッド方式で開催しました。講師の方も、千葉県の日本製鉄株式会社の研究室からWeb中継で講演していただきました。当日の参加者数は、会場参加が12人、Web参加が7人の合計19人でした。

2.2 講演テーマと講師のご紹介

講演テーマは「日本製鉄の北海道における海の森づくり～ブルーカーボン生態系を育む鉄の力～」です。講師の宮架蓮様は、兵庫県三田市のご出身で、奈良女子大学大学院の前期課程を修了された後、令和元(2020)年4月に日本製鉄株式会社に入社されました。大学院では有機化学を専攻し、有機遷移金属錯体の合成からそれを用いた触媒反応の開発に取り組まれていたそうです。



写真-1 研修会の会場風景



写真-2 Web参加による研修会の状況

入社後は、海藻の研究に従事され、海藻が消失した磯焼けの海を研究フィールドとされ、その海に海藻を再生・回復する研究を担当されたとのことでした。現在は、有機化学の知見や大学院での研究成果を活かし、海藻藻場の再生に鉄鋼業の副産物を用いる研究を行っています。



写真-3 Web中継で講演された宮架蓮講師



図-1 磯焼けの原因と対策(栄養塩不足に着目)

3 講演内容について

講演内容は、次の4項目についてです。以下、それぞれについて記載します。

- (1) 沿岸域における海藻藻場
- (2) 海藻藻場造成技術の開発
- (3) ブルーカーボン研究への展開
- (4) 企業活動における環境活動の重要性

3.1 沿岸域における海藻藻場

海藻藻場とは、1種類から複数種類の海藻によって構成された群落で、海の植物連鎖の底辺をなす沿岸の一次生産の場として、また快適な景観や環境学習を提供する場としても重要な場所です。

海藻が著しく減少・消失し、繁茂しなくなる磯焼けは、明治時代の中期頃から北海道や北東北など一部地域で認識され始めました。その後、拡大を続けて今では全国で発生が確認されています。

北海道水産林務部では、2015年に実効性のある効果的な藻場・干潟の保全・創造方策を推進するため水産庁が策定した「藻場・干潟ビジョン」を基本に、北海道沿岸を9地区に分けて現状と具体的対策を整理した「北海道藻場・干潟ビジョン」を策定しています。この中で、磯焼けの一次要因(環境変化)に、栄養塩不足、海水温上昇、海洋工事による影響などが挙げられています。

日本製鉄では、栄養塩不足を解消するため、鉄(Fe)を海中に投与することに着目し、藻場造成技術の確立に取り組んでいます。

3.2 海藻藻場造成技術の開発

3.2.1 海藻藻場造成技術の原料「鉄鋼スラグ」

鉄鋼スラグには、銑鉄を製造する高炉で生成される高炉スラグと、粗鋼を製造する転炉や電気炉で生成される製鋼スラグに分けられます。前者は、水硬性がありアルカリ骨材反応を生じる恐れがないことなどから、主にセメント用に利用され、後者は、水硬性があり大きな支持力が期待できることなどから、路盤材など土木建築用途に広く利用されています。

海域藻場造成技術(Fe供給材)は、製鋼スラグの特性を生かした持続的利用が可能な新たな環境修復資材開発の一環として、研究・開発が行われています。

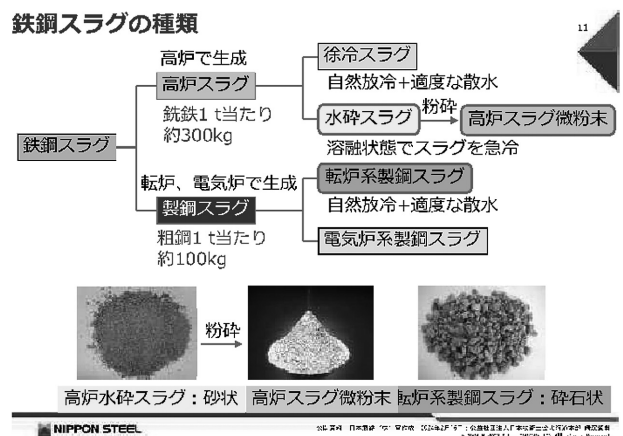


図-2 鉄鋼スラグの製造方法とその種類

3.2.2 鉄分供給ユニット「ビバリーユニット」

ビバリーユニットとは、製鋼スラグの特性を生かした環境修復資材開発の一環として開発された、鉄鋼スラグを活用した施肥材です。

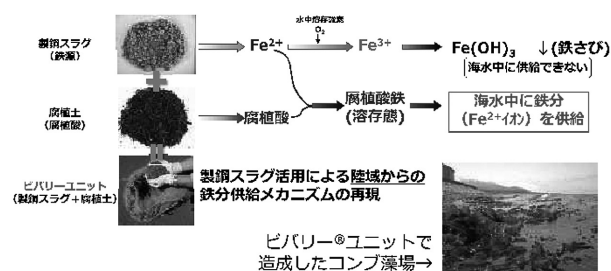
磯焼けの要因の一つである鉄分の不足に着目し、沿岸海域への鉄分を供給するためのものです。

鉄鋼スラグをそのまま海中に投入すると鉄さびが発生し海水中に鉄分を供給することはできなくなります。そこで、鉄鋼スラグと腐植土(腐食酸)を混合して腐植酸鉄(溶存態)とすることで、海水中に鉄分(Fe^{2+} イオン)を供給できるようにします。

これにより、海藻に不可欠な腐植酸鉄が人工的に生成し供給されるため、藻場造成を促進されます。

鉄鋼スラグを活用した施肥材の開発 (ビバリー®ユニット)

●鉄鋼スラグによる腐植酸鉄の共有メカニズム 【特許第3829140号】



海藻に不可欠な腐植酸鉄を人工的に生成し、供給することで藻場造成を促進

図-3 鉄鋼スラグを活用した施肥材の開発

実用化に当たっては、鉄鋼スラグのアルカリ溶出抑制技術(白濁防止)や水分と炭酸ガスの最適化による鉄イオンの通リ道の確保、内部の嫌気状態と鉄イオン溶出を両立させる鋼製箱の開発設計などの課題解決が必要でした。

平成24年以降、北海道の増毛町などの漁港周辺の海岸線にビバリーユニットを継続的に導入し、効果の定量化に取り組んでいます。

3.2.3 海域利用時の安全性の検証

ビバリーユニットの安全性は、物理化学的分析により、個別物質の分離定量評価を行い、重金属等の溶出成分についての品質管理を行うことで保証しています。

また、対象生物を96時間培養し、試験終了後の生死によって毒性を判断するバイオアッセイ試験(急性毒性試験)の結果、マダイ(魚類)、クロアワビ(貝類)、クルマエビ(甲殻類)、スサビノリ(海藻草類)のいずれにおいても斃死や行動異常は観察されませんでした。

さらに、赤潮プランクトンの増殖を促進することは認められませんでした。これらの結果を受け、全漁連製品安全認証を取得しました。

ビバリー®ユニットの安全性評価

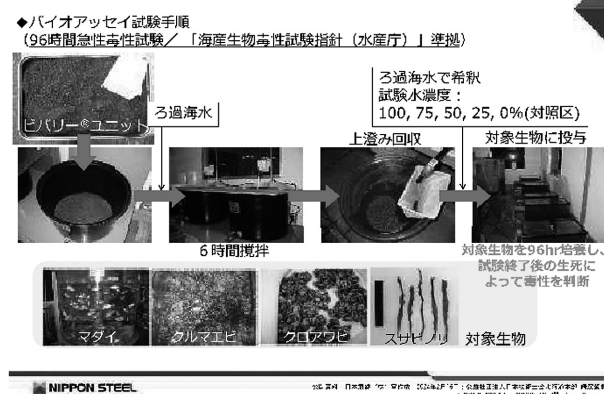


図-4 ビバリーユニットの安全性評価

3.3 ブルーカーボン研究への展開

ブルーカーボンは、海洋生物の作用(光合成、貝殻形成、サンゴなど)によって海中に取込まれた炭素のことで、海藻藻場はブルーカーボンに貢献し、 CO_2 排出量の削減対策として期待されています。

CO_2 の単位面積当たりの貯留量、貯留速度は、陸域よりも水圏で高効率であり、海岸線の延長が世界6位の日本沿岸において、ブルーカーボンの活用が大きく期待されています。

ジャパブルーエコノミー技術研究組合(JBE)では、沿岸域におけるブルーカーボンなどの定量的評価や技術開発などを進めている一方で、Jブルークレジット(試行)制度の運用も行っています。

Jブルークレジットは、 CO_2 の削減に取り組んでいる企業や団体などで、どうしても削減できない CO_2 をブルーカーボン由来のクレジットを購入することで間接的に削減する制度です。

この制度を活用することで、ブルーカーボンに取り組んでいる企業などの申請者は、獲得したクレジットにより今後の活動を促進させることができます。

ビバリーユニットなどの鉄鋼スラグ海域環境改善技術は、磯焼け対策としての海藻藻場造成・再生のみならず、ブルーカーボン生態系造成技術としても大いに評価でき、今後も CO₂ の削減・貯留にますます期待が高まっています。

造成した海藻藻場によるブルーカーボンの創出

- 海藻藻場は、CO₂削減策として期待されるブルーカーボンに貢献

- ・ブルーカーボンとは、海洋生物の作用（光合成、貝殻形成、サンゴなど）によって海中に取込まれた炭素のこと。
- ・2009年UNEP（国連環境計画）が発表したレポートの中で定義。

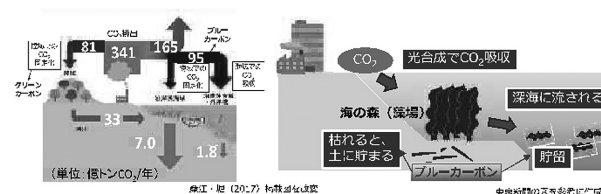


図-5 海藻藻場によるブルーカーボンの創出

ジャパブルーエコノミー技術研究組合

- ・国土交通大臣認可（2020年7月）
- ・事業概要：(1) 沿岸域におけるブルーカーボン等の定量的評価
(2) 沿岸域におけるブルーカーボン等の技術開発
(3) 社会的コンセンサスの形成
(4) 新たな資金メカニズムの導入

- 沿岸域が有するCO₂吸収（海藻を含めたブルーカーボン生態系）や沿岸域における活動の低炭素化等による気候変動対策手法の開発
- 沿岸域の環境価値の「見える化」、「貨幣価値化」に基づく資金調達メカニズムの検討例は、
- ◆ 地元の環境活動に関する資金獲得
- ◆ 自社におけるSDGsの取り組みの数値化
- ◆ 目の前の海洋や沿岸の海草、海藻によるCO₂吸収量の算定
- ★ BC以外の海洋を利用した緩和策（洋上風力発電等の推進、海運からの温室効果ガス排出削減など）についても、段階的に研究を進めていく予定

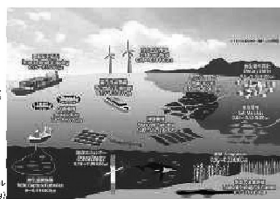


図-6 Jブルークレジット評価機関 JBE も概要

北海道増毛町別荘で 2014 年に施工したビバリーユニットによる藻場造成の取組みについて、J ブルークレジットを申請（2018 ～ 2022 年）し、2023 年 2 月に 49.5t-Co₂ の J ブルークレジット認証を得ています。2022 年度には、増毛町箸別、舎熊地区でも施工するなど継続して取組みを進めています。

北海道増毛町別荘でのJブルークレジット®申請（2018～2022年）

- 2014年10月施工（漁港敷地内でユニット作製）



図-7 ビバリーユニットの施工状況（2014年施工）

藻場の変遷（～2022年）

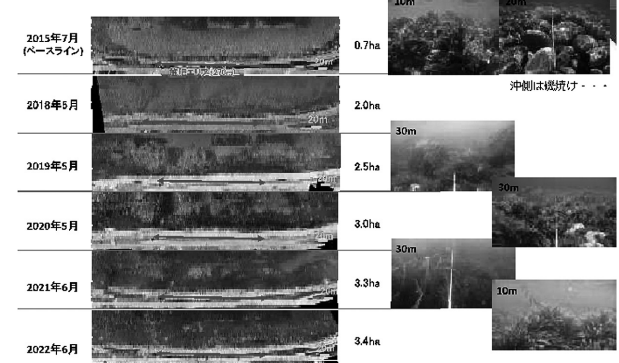


図-8 藻場の変遷（2015～2022年、増毛町別荘）

3.4 企業活動における環境活動の重要性

企業においては、利益の追求だけではなく、社会へ与える影響にも責任を持つことが必要であるという CSR（企業の社会的責任）の考え方が定着しています。これに加え、最近では、企業の長期的成長のための ESG 投資の考え方も広まってきています。また、2015 年 9 月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」に記載された 2016 年から 2030 年までの国際目標である SDGs（持続可能な開発目標）への取組みが注目されています。

日本製鉄グループにおいては、鉄のサイクルのあらゆる段階で環境価値を生み出す「3つのエコ+革新的技術革新」に取組み、SDGs に貢献するとともに、企業価値の更なる向上を目指しています。

また、千葉県や北海道での出前授業実施やテレビや新聞への掲載、YouTube の活用など、「海の森づくり」の公知化や若手の育成にも取り組んでいます。

4 質疑応答

講演終了後に参加者から多くの質問があり、それに対して講師から丁寧な回答がありました。以下、質疑応答の概要を報告します。

Q1 ビバリーユニットやビバリーブロックを用いた藻場の再生はコンブなどの海藻類の再生に効果があることが分かりました。この効果は単に海藻草類だけでなく魚類や水産資源全体に効果があると考えられますが、この点はいかがでしょうか。

A その通りです。実際に、増毛町ではウニの漁獲高が向上しております。

Q2 Jブルークレジット制度が、事業者がコンブなどの1年間の成長量を自主的に申請し、JBEなどの審査機関が審査、認証する制度であると理解しました。ただ、事業者によっては実際よりも多めのコンブ生育量を申告したり、実際よりも大きめの生育範囲を申告したりする不正行為を指摘し、改善・指導することはやっているのでしょうか。

A 根拠として、算出方法から潜水調査時の水中写真や水中動画、海藻の湿重量データなどの提出が求められるため、不正の抑止になっていると考えています。

Q3 ビバリーユニットの構造ですが、製鋼スラグのほか窒素やリンなどの有機肥料分を含んだ有機物を一緒に沈設しているとのことですが、その効果は鉄分よりも、窒素やリンなどの有機肥料分の効果が大きいのでしょうか。

A はい、確かに鉄イオンよりも窒素やリンなどの有機肥料分が、コンブの成長に早期に効くことは事実です。しかし、コンブは、成長の過程で雄と雌に分かれて生殖活動に進むためには、鉄イオンが必要なが証明されています。

Q4 ビバリーユニットの沈設位置ですが、汀線(海岸線)に埋設しているように拝見しました。汀線よりももっと沖合側に埋設した方が、その効果が長持

ちするのではないのでしょうか。

A 埋設は、バックホウで実施しているため、水深が深くなると施工が困難になります。また、汀線に埋設することで、潮汐により緩やかに鉄イオンが溶出すると考えています。

Q5 海草藻場の面積当たりの貯留速度が101(炭素 $\text{g/m}^2/\text{y}$) となっていますが、この数値の算定根拠を教えてください。

A この数値は、貯留速度は基本的に土壌が含有している炭素とメタン排出量を測定し、シミュレーションを用いて算出しております。

Q6 御社が海の森づくりの対象としている現場は、増毛町、泊村、古平町など日本海側に集中しているように感じます。現場採択の根拠を教えてください。

A はい、実証実験のフィールドは、地元の漁業協同組合や市町村からの要望を踏まえて、選定しております。

Q7 フルボ酸鉄とフミン酸鉄では、フルボ酸鉄の方が海藻藻場の再生に、効果的でないですか。

A おっしゃる通り、植物へのフルボ酸鉄への効果は多く報告されております。しかし、フミン酸(腐植酸)についても、植物がリン酸などの吸収を活性化することが報告されています。更にキレート効果により、鉄イオンの酸化抑制も期待できます。

Q8 有機物肥料の成分は、1年くらいでなくなるのことで、有機成分の補給はしないのですか。

A はい、ビバリーユニットの寿命は約10年と考えているため、追肥が必要です。

Q9 安全性の検討ですが、コンブに残留成分として重金属類が残ってしまうとした場合、それを捕食したウニ類や魚を食べた人間にも影響が出ると思いますが。

A はい、魚類や人間に与える影響、食料の毒性などについては、十分検証し安全性を確認し、海藻藻場の再生に取り組んでいます。例えば、コンブなどの海藻とウニなどの植食動物を施肥区と対照区で採取し、成分分析結果を比較することで、毒性試験を行っています。

Q10 ビバリーユニットで再生したコンブの味ですが、自然に生育したコンブと違うのでしょうか。

味の分析や評価はされているのですか。

A 再生コンブの味やうまみなどの分析は行っていません。

Q11 ブルーカーボンが全国的に普及した場合、CO₂の吸収・固定やカーボンニュートラルの面で効果がありますか。

A はい、それは大きな効果があると思います。日本は、世界第6位の海岸線の延長を誇っていますので、そこに、海藻藻場を再生・更新していけば、陸地の熱帯林や温帯林の10倍以上の単位面積当たりの貯留速度であることが証明されています。



写真-5 質疑応答の司会を担当する滝澤嘉史代表



写真-6 質疑応答で質問を行う会場からの参加者

Q12 コストについてお伺いさせていただきます。CO₂の吸収・固定の費用ですが、トン当たり10,000円くらいでしょうか。また、その売上高でウニや魚類など水産資源の拡大に寄与できますか。

A CO₂の吸収・固定の費用ですが、材料、設計、施工、維持管理・更新、藻場調査のどこまでを対象として算定するかによって、かなり異なってきます。

また、クレジットの販売については、トン当たり2022年度は平均72,000円でした。

Q13 海藻類には、コンブ、ワカメ、テングサなどいろいろな種類があります。これらの海藻のCO₂吸収量は同じですか。

A いいえ、海藻の種類によって、CO₂吸収量は大きく異なります。海藻類の成長速度は、コンブ、ワカメ、テングサの順で大きくなります。海藻類の成長量が、CO₂の吸収・固定量に比例すると考えられますので、CO₂吸収量もこの順序になるものと考えられます。

5 終わりに

以上で第2回研修会の報告を終了させていただきます。今回の研修会講師を務めて下さいました日本製鉄株式会社の宮架蓮様、参加していただいた皆様に感謝申し上げ報告とさせていただきます。ありがとうございました。

【参考文献】

今回の参考文献は、すべて講師の宮架蓮様の提供による講演会資料によっています。

中 田 光 治 (なかた こうじ)

技術士(建設/上下水道/農業/水産等6部門)

日本技術士会北海道本部 社会活動委員会
リジョナルステート研究委員会 副代表
地域主権分科会 幹事長
防災委員会都市部会
防災委員会防災・減災支援連絡会
株式会社みちのく計画 執行役員技術顧問
札幌事務所 所長



安 田 伸 生 (やすだ のぶお)

技術士(森林/総合技術監理部門)

日本技術士会北海道本部 社会活動委員会
リジョナルステート研究委員会 幹事
地域主権分科会 幹事
防災地質工業株式会社 専務取締役副社長

