

報告

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 6 年度 地域主権分科会 第 1 回定例会

現場見学会の活動報告

日本製鉄株式会社の北海道における海の森づくり
～古宇郡泊村臼別海岸・照岸海岸のコンブの森づくり現場の見学～

中 田 光 治・市 川 浩 樹

1 はじめに

リージョナルステート研究委員会には、地域主権分科会と水素・循環システム研究分科会の 2 つの分科会があります。今回は、地域主権分科会が主催して開催した古宇郡泊村のコンブの森づくり現場見学会について報告させていただきます。

なお、今回の見学会には、令和 6 年 2 月 16 日(金)に開催したリージョナルステート研究委員会の定例研修会にて、「日本製鉄の北海道における海の森づくり」の講演を行い、その中で事例の一つとして報告された古宇郡泊村において約 10 年間にわたり、藻場の再生に取り組んで来られた日本製鉄株式会社から先端技術研究所の宮架蓮様をお招きし、現場における講演、現地案内をして頂きました。

2 現場見学会の概要

2.1 日時・場所等

本見学会は、令和 6 年 5 月 31 日(金)に開催しました。当日の天候は晴れで、参加者は 9 名でした。

なお、講師の宮架蓮様とは、昼食時に待ち合わせの上、合流して頂きました。その後、泊村役場泊地区集会所にて古宇郡漁業協同組合の山崎勝弘参事、宮架蓮様から藻場再生事業概要、藻場再生に用いるビバリーユニット(日本製鉄株式会社が開発した鉄鋼スラグと廃木材チップを発酵させた腐植土を原料とした鉄分供給施肥材ビバリー®ユニットという。)の施工等について説明がありました。その後、磯焼け対策としてコンブの森づくりを推進している臼別、照岸の 2 か所の海岸を見学しました。宮架蓮様は、日本製鉄株式会社に入社後は、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・回復する研究に

取り組んでいるそうです。

2.2 古宇郡泊村のご紹介

今回見学会の現場となった泊村は、人口 1,446 人(令和 6 年 3 月 31 日現在)、面積 82.27km² の自治体です。村内に鉄道はなく、最寄り駅は函館本線小沢駅で、村へのアクセスは小沢駅からバスでアクセスすることになります。¹⁾

泊村には、道内初の原子力発電所の立地など、国のエネルギー政策への協力や基幹産業である水産業を中心とした商工・観光産業への取組みにより、着実に発展を続けています。

また、水産業を取り巻く状況は、気候変動の影響による不漁や後継者不足問題等、大変厳しい状況にある中、「つくり育てる漁業」に力を入れ、これまでのホタテやナマコの養殖の他、令和 3 年からはサーモン養殖事業にも挑戦しています。^{1)、2)}

3 藻場の機能と磯焼けの原因

3.1 藻場の機能

藻場は、水産生物に産卵場、生息場、餌場を提供するなど、水産資源の増殖に大きな役割を果たしています。また、二枚貝等の底生生物や幼稚仔魚の生育場となるだけでなく、このような生物による水質の浄化機能や、陸から流入する栄養塩濃度の急激な変動を抑える緩衝地帯としての機能も担っています。さらに、海藻や海草は光合成により水中の二酸化炭素を吸収固定することから、ブルーカーボン生態系としても注目されています。

これらの藻場の機能を分類すると表 1 のとおり、基礎生産、栄養吸収、食物供給、環境創生などとすることができ、多面的な機能があることがわかります。³⁾

表-1 藻場の多面的な機能

藻場の機能	藻場の機能の説明
基礎生産	太陽の光エネルギーを捕捉・炭素固定
栄養吸収	栄養塩(窒素・リン・微量元素)を吸収、滞留・循環
食物供給	消費・分解者に食物を提供
環境創生	着生基質、小空間、隠蔽用の色彩環境を創出
環境緩和	光や海水流動など物理的環境を緩和
生物選択	優占種の構造・分布・化学シグナルにより利用生物を選択・制限
環境輸出	寄り藻、流れ藻、打ち上げ藻を供給

(出典：磯焼け対策ガイドライン 2007年7月 全国漁港漁場協会)

3.2 磯焼けの原因

藻場にはこのような多面的機能がありますが、北海道では日本海側を中心に磯焼けによる藻場の衰退が続いており、冬季の高水温化に起因したウニの食圧や母藻不足、貧栄養がその主な要因と考えられています。⁴⁾

また、全国的にも海水温の上昇に伴う海藻の立ち枯れや種組成の変化、海藻を食い荒らすアイゴ等の補植性魚類やウニの活発化、分布の拡大による影響、貧酸素水塊の発生、陸上からの土砂の供給量の減少等による衰退、磯焼けが発生しています。²⁾

藻場の縮退と磯焼けの原因を表2に示します。

表-2 藻場の縮退・磯焼けの発生要因

磯焼けの原因	磯焼けの現象
海況の変化	黒潮・対馬暖流の優勢・接岸、親潮第一分枝の離岸、流水接岸
栄養塩の欠乏	イカゴロ海中投棄の中止、砂防ダムの増加、沢水・河川水の減少
淡水流入の影響	山林伐採、原野開拓、豪雨・長雨、ダムの排砂
天候の異変	台風・暖冬
植食動物の食害	ウニ、サザエ、アメフラシ、小型巻貝、植食性魚類
海底基質の占有	無節サンゴモ、ゴカイ類
海底基質の埋没	火山灰、漂砂、浮泥
公害	鉱山・工業・生活排水、発電所温排水、河川改修、海岸道路・港湾・護岸工事、圃場整備、農業

(出典：磯焼け対策ガイドライン 2007年7月 全国漁港漁場協会)

表2の原因のうち、日本製鉄株式会社は栄養塩、特に鉄不足に着目し、人為的に鉄を供給するビバリユニットを開発しました。

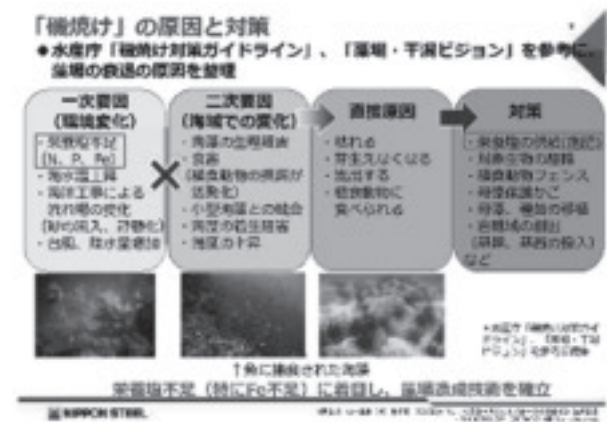


図-1 磯焼けの原因と対策(栄養塩不足に着目)

4 泊村の藻場の再生～コンブの森づくり～

4.1 藻場再生事業の概要

泊村では、平成6(1994)年に沖合にコンクリートブロックや囲み型魚礁を海中に投入して海藻藻場の造成を試みました。しかし、24年後の平成30(2018)年に効果を調査したところ海岸線近くにわずかに海藻着床がみられただけで、思ったほどの効果がありませんでした。

そこで、古宇郡漁業協同組合は、日本製鉄株式会社、北海道古宇郡泊村とで、令和元(2019)年11月、日本製鉄株式会社製のビバリユニット3トンを白別に埋設し、海の森づくりをスタートさせました。その後令和2(2020)年7月、現地の海藻状況を調査したところ、ビバリユニットを埋設した付近の海底で、ホソメコンブやナンブワカメ、褐藻植物など、さまざまな海藻が再生していることが明らかになり、大きな成果が得られました。

この日、古宇郡漁業協同組合の山崎勝弘参事から「泊村は、海から多くの資源を、享受してきました。しかし、近年の磯焼けなどにより、魚介類を育む大切な藻場が失われ続け、水産資源に大きな影響が出て、漁獲量の減少などが懸念されています。このような状況下、日本製鉄株式会社の協力のもと、藻場の再生、鉄の力による海の森づくりによって、失われていた藻場が少しずつ再生しています。」との報告がありました。



写真-1 海藻藻場再生の取組みを説明している古宇郡漁業協同組合の山崎勝弘参事(左)
日本製鉄株式会社の宮架蓮講師(右)



写真-2 海藻藻場再生事業の説明を受けている状況
(古宇郡泊村の泊村地区集会所にて)

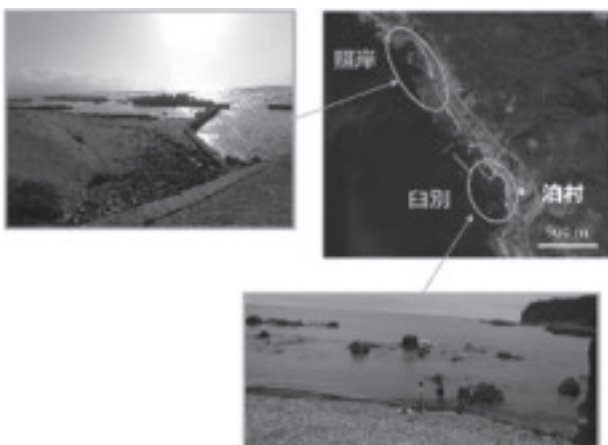


写真-3 事業が実施された白別・照岸の位置

4.2 藻場再生の施工状況

施工は2種類の方法で実施しています。1つ目は、約1トンのビバリーユニットを袋に充填し、沈設する方法、2つ目は海岸の汀線をバックホウで約1mの深さに掘り、そこにビバリーユニットを埋める方法です。

上記の工法を用いて、白別では、これまでに17トンのビバリーユニットを、7か所に分けて施工し、照岸では、令和4(2022)年から3か所に合計30トンのビバリーユニットを施工しています。

当日、見学予定の1か所目の白別の埋設場所を観察したところ、コンブが繁茂していました。

また、もう1か所目の照岸には、進入口が通行止めで、遠目に見るしかありませんでしたが、令和4(2022)年、令和5(2023)年と2ヵ年続けてビバリーユニットを沈設しています。

写真に見られるように施工直後のビバリーユニットは、麻袋の中に鉄鋼スラグ(固体状のものと粉末状のものとが混在した状態のもの)が詰められ、その外側を赤い帯状梱包材で巻いたものを複数連結した状態で、海岸の汀線近くに沈設するそうです。

沈設方向としては汀線に平行する場合が多いとのことでした。



写真-4 ビバリーユニットの施工状況写真

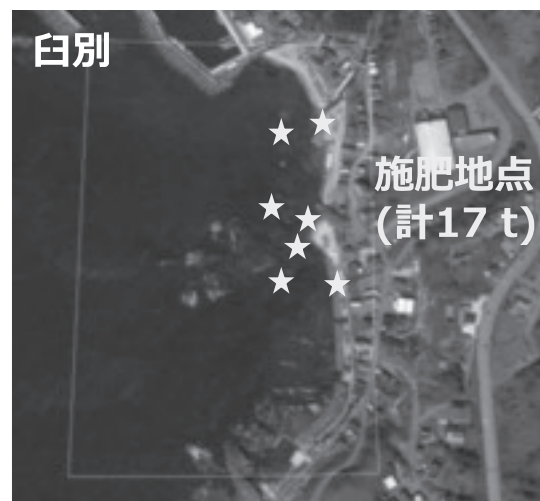


写真-5 白別海岸の施工位置

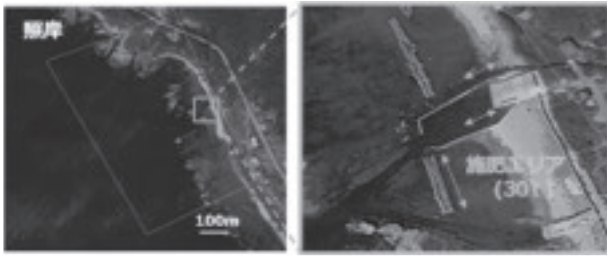


写真-6 照岸海岸の施工位置



写真-7 臼別海岸の藻場再生の現況写真



写真-8 臼別海岸の藻場再生埋設箇所の現況写真



写真-9 照岸海岸の藻場再生の現況写真
(2022年10月施工)



写真-10 照岸海岸の藻場再生の現況写真
(2023年10月施工)

4.3 藻場再生のメカニズム

日本製鉄株式会社は、北海道大学の本村泰三教授にコンブの培養実験等を委託し、北海道大学北方生物圏フィールド科学センターの室蘭臨海実験所でコンブの培養実験を行い、北海道産コンブの成熟や生長に及ぼす鉄分の効果を観察しました。

その結果、コンブの雌・雄配偶体(雄しべと雌しべのようなもの)が成熟するには鉄分が必要不可欠であることを確認しました。

また、コンブの孢子体(葉状体)は窒素、リンの濃度が高くて鉄がなければ成長しないことも判明しました。配偶体成熟・受精から孢子体成長へと向かう生育サイクルが回らないとコンブは成長しません。磯焼け状態が継続してコンブが生えない原因の一つとして、鉄分不足によりコンブの生育サイクルが回らなかった可能性があるということでした。^{5)、6)}

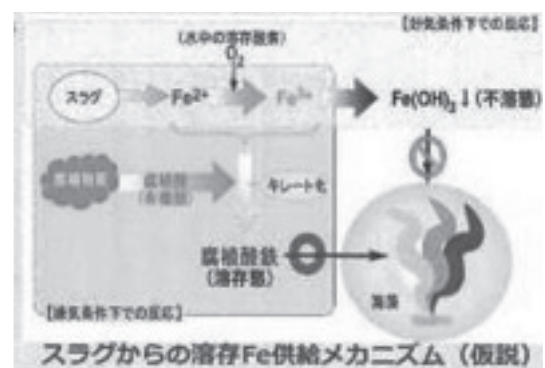


図-2 スラグからの溶存Fe供給メカニズム(仮説)

4.4 藻場再生の効果(CO₂ 吸収量算定)

泊村の2カ所の海岸における藻場再生事業では、コンブ森の造成によって、大幅なCO₂吸収が認められました。CO₂吸収量の算定は、潜水による目視観察、空中ドローンによる画像撮影、ドローン画像の解析と被度区分など表3に示す手順により、行ったそうです。

特出すべき事項は、潜水土に委託してコンブの着床状況、単位面積当たりのコンブの緑被度、底質などを細かく調査し記録しているとのことでした。

泊村の2カ所の海岸のコンブの森によるCO₂吸収量は、表4のとおり、2023年度現在でベースライン年度と比較すると、照岸海岸が1.6ha、臼別海岸が1.4haで合計3.0haの増加が、見られたそうです。この様に、海藻藻場面積が約1.5倍に増加し、ビバリーユニットの効果を確認することができ、しかもCO₂吸収量8.5トン/年の認証を受けることができたそうです。⁵⁾

表-3 CO₂ 吸収量の算定手順

手順	作業内容
1	調査範囲内で潜水目視観察(植生、被度、GPS)を実施
2	海藻類とその被度に分類(教師データ)
3	藻場調査に合わせて空中ドローン画像を撮影
4	教師データをドローン画像に紐づけ
5	画像分類ルール(統計処理アルゴリズム、SVM)で画像の色の境界線を設定
6	上記ルールを用いてドローン画像の解析により各藻場区分の面積を算出
7	コンブ、ワカメ、その他に分けて、現地調査結果に基づき、各藻場区分被度の中央値を藻場面積乗じて実勢面積を算出

※ ベースラインは衛星画像を使用

教師データは、2013年は調査未実施のため、照岸海岸は2023年の現地調査結果、臼別海岸は2020～2022年の現地調査結果を使用

(日本製鉄株式会社)

表-4 コンブの森づくり事業海藻藻場の増加面積

海岸種別	ベースライン	2023年	増加面積
照岸海岸	2.2ha	3.8ha	1.6ha
臼別海岸	2.9ha	4.3ha	1.4ha
合 計	5.1ha	8.1ha	3.0ha



写真-11 臼別海岸入り口での参加者・講師の集合写真



写真-12 照岸海岸での藻場再生事業の説明風景

5 質疑応答

現場見学会時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 コンブの再生(着床・繁茂)には、フルボ酸という酸の存在が必要であると聞きましたが、この酸はどのような酸なのでしょうか。

また、フルボ酸がない状況では、コンブの森づくりが実現できないのでしょうか。

A フルボ酸は、特定の化合物ではなく、森林や土壌の中に含まれる有機酸の一つであり、酸溶液やアルカリ溶液に溶解するものの総称です。

フルボ酸はキレート効果を持っています。そのため、二価鉄とキレートを形成することで、鉄が海水中の酸素により錆びて沈殿するのを抑制し、

海藻へ鉄を供給できていると考えています。

Q2 コンブの再生にビバリーユニットが必要というのですが、ビバリーユニットとはどのようなものですか。

また、ビバリーユニットのどの成分がコンブの再生に役に立っているのですか。

A ビバリーユニットとは、製鋼スラグと腐植土を混合したものです。製鋼スラグは、製鉄の製造時に転炉で発生する副生成物です。

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、その効果は大きいのではないのでしょうか。

A 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から、これらが生長に影響している可能性はございます。

Q4 ビバリーユニットの埋設位置ですが、汀線（海岸線）に埋設しているように拝見しました。汀線との関係ですが、平行埋設ですか、垂直埋設ですか。

A 埋設は、汀線に平行に埋設しています。汀線に埋設することで、潮汐によりビバリーユニットから徐々に鉄が溶出すると考えています。

Q5 コンブが増えたということですが、もともとそこに存在したコンブが成長しただけではないか、新しく着床し、それが成長したことを証明できるのでしょうか。

A ドローン画像や潜水調査結果から、ビバリー施工前には着生していなかった場所にも、施工後は海藻が繁茂しており、新たに着床したことが分かっています。

6 終わりに

以上で泊村の2カ所の海岸で開催したコンブの森づくり事業の現場見学会の報告とさせていただきます。今回の見学会を通じて、製鉄産業から出る鉄鋼スラグの有効活用が図れる上で、海域の藻場の再生や回復を促進し、地場産業の活性化や経済発展に貢献するだけではなく、ブルーカーボンとしてのCO₂吸収・固定に寄与し、地球環境温暖化防止対策としても大きく期待されていることを学ぶことができたと思っています。

最後に、今回の見学会の案内と講師を快く務めて下さいました古宇郡漁業協同組合の山崎勝弘参事兼信用部長、日本製鉄株式会社の宮架蓮研究員に厚くお礼を申し上げます。

また、見学会に参加していただきました皆様にも、感謝を申し上げます。ありがとうございました。

以上

【参考文献】

- 1) 泊村公式ホームページ - Tomari Village
- 2) 水産白書 令和5年版 令和5年7月14日 水産庁
- 3) 磯焼け対策ガイドライン 2007年7月 全国漁港漁場協会
- 4) 北海道藻場・干潟ビジョン 2018年3月 北海道水産林務部水産局漁港漁場課
- 5) 北海道古宇郡泊村地先における鉄鋼スラグ施肥材による海藻藻場造成(当日配付資料) 令和6年5月31日

日本製鉄株式会社 先端技術研究所

- 6) 鉄鋼スラグ製品の海域利用 | 研究開発事例 | 技術開発 | 日本製鉄 (nipponsteel.com)

※ コンブの森づくりの施工状況の写真は、日本製鉄株式会社から提供していただきました。

中 田 光 治 (なかた こうじ)

技術士(建設/上下水道/水産等6部門)

日本技術士会北海道本部 社会活動委員会
リー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



市 川 浩 樹 (いちかわ ひろき)

技術士(上下水道/衛生工学/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
リージョナルステート研究委員会 委員
倫理委員会 委員
グローバル設計株式会社 技術顧問
環境計量士、宅地建物取引士、AFP

