



# 浜が蘇る 20<sup>th</sup>

## 未来につなぐ海の森づくり

北海道増毛町<sup>ましけ</sup>※の海は、かつて藻類が生き茂り、その藻場を棲みかにする魚や貝などの生命に満ちあふれていました。しかし海洋環境の変化などから海の砂漠化と呼ばれる磯焼けが進み、増毛の浜は活力を失いつつありました。浜を蘇らせた。その願いを実現するため、さまざまな英知を集め、藻場を再生させる「海の森づくり」に取り組んでいます。増毛の藻場再生活動は20年の節目を迎え、2018年10月に記念講演が開催されました。その模様を紹介します。



© (株) 渋谷潜水工業



※ 増毛：ニシンが群来ると海一面にカモメが飛ぶことから、アイヌ語で「カモメの多いところ」という意味の「マシユキニ(マシユケ)」が転じたものといわれている。昭和初期以降ニシン漁は衰退したものの、現在はアマエビの産地として全国的に高い知名度を誇っている。北海道を代表する漁師まちの1つ。

# 増毛「海の森づくり」20年の歩み

## 1998年 試行錯誤

北海道の日本海側ではコンブやホンダワラなどの海藻類が育たない磯焼け現象が進み、漁獲高の減少に増毛の漁師たちは悩んでいた。増毛漁協では海の栄養分減少が要因と考え、さまざまな手法で発酵魚粉の施肥事業を開始。ホソメコンブの生育を確認した。

## 2002年 出会い

東京大学・故定方正毅名誉教授の鉄分不足による磯焼け研究と増毛漁協の協力の下、新日鉄住金は鉄鋼スラグを利用した藻場再生プロジェクトを立ち上げ。

## 2004年 挑戦

鉄鋼スラグと腐植物質を用いた施肥ユニットしやくまを含熊海岸の波打ち際に埋設し、試験を開始。鉄分が海水中に拡散しながら供給された。



## 2005年 成果

大型海藻が繁茂。ユニットを施肥した実験区海域は、何も施肥しなかった対照区海域に比べ、単位面積当たりのコンブ生育量は100倍以上にも及んだ。ホソメコンブが繁茂し、藻場が再生された。



## 2008年 解明

北海道大学・本村泰三教授に研究を委託し、室蘭臨海実験所でコンブを培養。増毛産コンブの成熟や生長に及ぼす鉄分効果を研究し、解明に取り組んでいる。



## 2009年 探究

新日鉄住金は千葉県富津市の技術開発本部にシーラボ(海域環境シミュレーション設備)を開設。鉄鋼スラグ利用の有用性と安全性を科学的に探究し、解明に取り組んでいる。



## 2014年 拡大

増毛べつかりの別荘海岸に施肥ユニットを新たに埋設。増毛漁協と協働した新たな事業を開始。海水中に鉄分が拡散・供給され、藻場面積が大幅に拡大し漁獲量も増加する効果をあげた。



## 2018年 未来へ

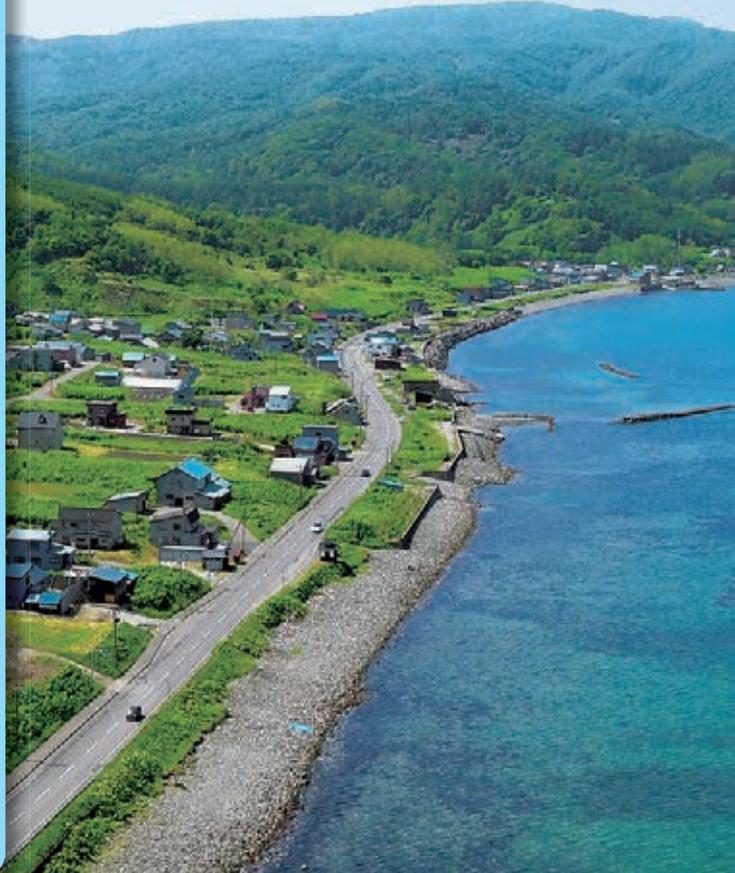
海の森づくりがCO<sub>2</sub>吸収・固定化に果たす役割について今後3年程度かけて調査を実施。新日鉄住金は海洋環境の改善や生態系の保全を通じ、地元の水産振興に貢献するとともに、地球温暖化対策への寄与も目指していく。



鉄分供給の施肥効果で繁茂するコンブ



2018年10月12日に増毛町藻場づくり20年記念講演が開催された



増毛漁協と共同で藻場造成事業に取り組みコンブ場が形成された海岸線(2018年6月6日撮影)

# 豊かな海を取り戻そう

一般社団法人 全国水産技術者協会  
笠原 勉氏



増毛の方から「子どものころ海で泳いだら、コンブが身体中から落ちて濡れそうになった」という話を聞いたことがあります。ちよつと大げさかなとも思いますが(笑)、そのくらいコンブは豊富だったようです。

その豊かな海を変えてしまったのが、現在問題となっている磯焼けです。これは北海道に限らず全国の藻場できている、沖縄のサンゴ礁の白化現象による減少も関係しています。磯焼けの原因の1つは高水温ですが、サンゴも同様に水温が30℃以上に上昇するとサンゴに共生している褐虫藻が逃げ出し、栄養を受け取れず死滅する白化現象が起きます。

高水温による栄養不足のほかにも、内陸の開発によって山から鉄分を含んだ栄養のある川の水が流れ込んでこなくなったことも、磯焼けの原因とされています。特に北海道ではその影響が大きいようです。

北海道の海は本来、非常に栄養のある河川水が流れ込む場所です。その代表といえるのがオホーツク海から海流でつながる北東側です。オホーツク海には海流の影響で、シベリアのアムー

ル川の河川水が流れ込み、水深50メートルまで混じっています。冬場になると流水となって北海道に接岸します。流水は真っ白に見えますが、底には珪藻という植物プランクトンがびっしり付着しているため、褐色をしています。流水が融け始めると植物プランクトンは爆発的に増え、それを食べる動物プランクトンや小魚が大量に集まるスプリングブルームという現象が起きます。すると増えた魚を狙ってはるか彼方のタスマニアから水鳥が20〜30万羽も集まります。オホーツク海は信じられないほど豊かな海なのです。

では、同じ北海道でも、日本海側の海はどうなっているのでしょうか。海流の変化や海域に注ぐ河川流域の開発などの影響によって、磯焼けに悩まされてきました。かつて豊かだった増毛の海を取り戻すため、増毛漁協では新日鉄住金と共同でさまざまな未知を結集して、藻場を再生させる海の森づくりに取り組んできました。鉄鋼スラグと腐植土を施肥することで、ホソメコンブの群落が形成されるようになり、水産資源が増えてきました。まさに浜が蘇ろうとしています。

## 全国各地における磯焼け発生状況

2015年ごろに藻場の衰退やその継続が認められていた都道府県

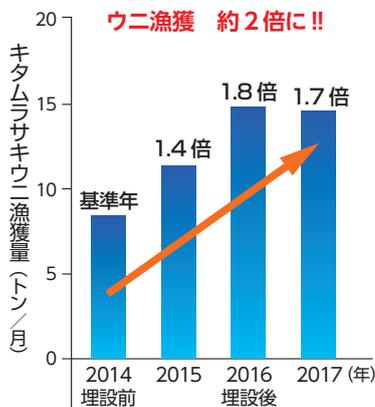
出典：水産庁「改訂 磯焼け対策ガイドライン」



コンブが再生した増毛の海

磯焼けが起きていた増毛の海

## ウニ漁獲 約2倍に!!



## 増毛のウニ漁獲量の推移

別荘海岸に施肥ユニットを埋設したところウニの漁獲は約2倍に増えた

# コンブの生活環に鉄分は欠かせない

北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター 教授 本村 泰三氏



陸上植物は緑色ですが、コンブをはじめとする海藻はさまざまな色をしています。どちらも同じ植物でありながら、そのように色が違うのは光合成を行う色素(葉緑体)が違うためです。

陸上植物はクロロフィルという色素を使い、赤系と青系の光を吸収して光合成を行っています。そのため吸収できない緑系や黄色系の光が反射し、陸上植物は緑に見えるのです。一方、海藻はクロロフィル以外に、フコキサンチンやフィコシアニンといった色素を持ち、それらは太陽光線のうち海の中まで届く緑系・黄色系の光を吸収し、光合成を行っています。このため海藻は褐色や赤などさまざまな色になるのです。

コンブの生活環(ライフサイクル)は陸上植物とは大きく異なります。コンブは種から芽が出て育つわけではなく、成熟したコンブは7ミクロンほどの遊走子と呼ばれる胞子を盛んに出します。これが海の中を泳いで岩などに付着して芽を出し、配偶体となります。配偶体はそれぞれメスとオスに分かれています。メスは卵子、オスは精子を形成し、それらが受精して、胞子体となってコンブに生長していきます。コンブの生長力は旺盛で1年で数メートルもの大きさになります。

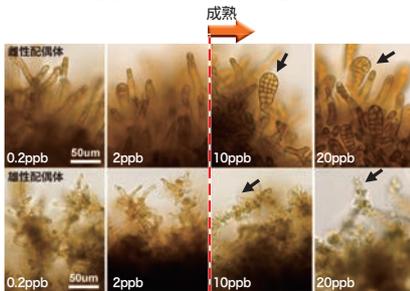
この生活環を繰り返すうえで欠かせないのが鉄です。鉄がなければ、配偶体は卵子も精子もつくれず、受精できないのでライフサイクルが断絶してしまいます。さらに受精後の胞子体も鉄がなければ大きく育ちません。

また、配偶体のオスとメスが受精するためには、お互いが極めて近い距離にいないければなりません。それには遊走子が密集して付着する必要があります。このときもコンブから放たれた遊走子は鉄のある方向に泳ぐことがわかっています。つまり、鉄という物質は、コンブのライフサイクル全体において重要な役割を果たしているのです。

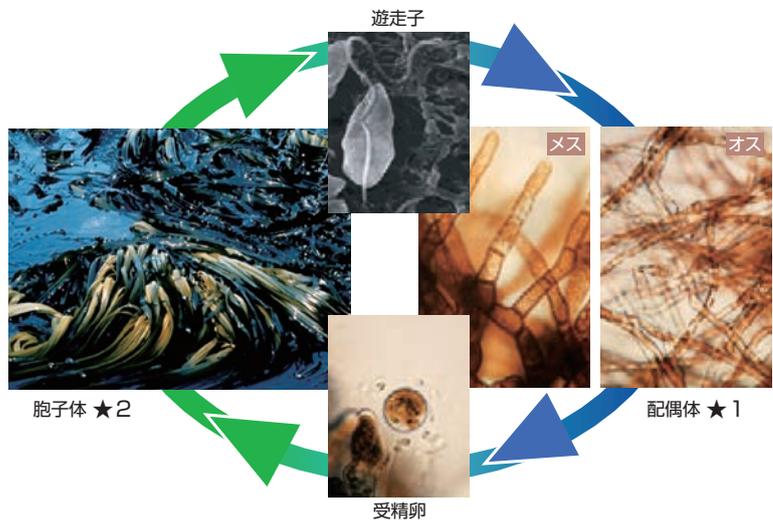
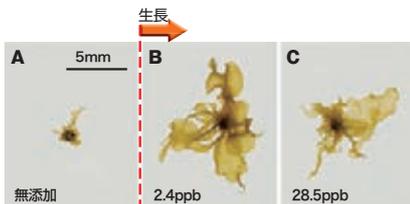
コンブはとても大きな可能性を秘めた海藻で、食用としてだけでなく、アルギン酸という物質を製造することができます。アルギン酸は食品から医療、工業分野までありとあらゆるものに使われ、今後も需要の増大が見込まれています。その点からもコンブは貴重な資源なのです。

しかし現在、日本では磯焼けによる収穫量の減少が大きな問題となっています。その対策を考えるためには、まずはその海域にどの程度のコンブが生育しているか、現状を把握する必要があります。その際に有効なのが環境DNAと呼ばれる調査です。これは汲んだ海水を微細な目を持つ網でろ過して微粒子を集めて、そこに含まれるDNAを分析し、コンブの遊走子の数を確認する技術です。増毛の場合、コンブの遊走子の放出は10月に最も多くなり、1ミリリットル中に沿岸で35個、沖で10個見つかりました。このほかに顕微鏡を使って配偶体を調査しています。こうした技術を活用することで、海の現状を分析し、効果的な磯焼け対策を講じられるようになると考えています。

## ★1 配偶体の成熟に鉄は必須



## ★2 胞子体の生長に鉄は必須



コンブの生活環(ライフサイクル)と鉄分添加の効果

左下の数値は、腐植酸鉄の添加量(ppb\*) ※ ppb(parts per billion) : 10億分のいくつであることを表す語。微量含有率などを示すのに用いられる。

# 川の影響を分析して藻場再生を加速させたい

東京大学 海洋アライアンス 特任准教授 山本光夫氏



毅東京大学名誉教授によって始められました。2004年に初めて増毛町舎熊海岸で実証実験を行い、その成果が確認され、現在は全国各地で実証プロジェクトが進められています。

磯焼けには鉄分不足のほかにも、海水温の上昇やウニなどによる食害など、さまざまな要因があげられています。今後この技術を本格的に広めていくためには、その場所が鉄分供給によって再生できる海域なのかどうかを事前に評価する必要があります。その評価手法の確立に向けた研究の一環として、増毛町における河川と河口域の調査を行っています。

海の緑化研究会は、新日鉄住金(株)、五洋建設(株)、西松建設(株)、いであ(株)と東京大学を中心とした産学連携の研究会で、鉄分供給により藻場を再生させ、磯焼けの海を回復させる研究開発を行っています。鉄分を与えるために使っているのは鉄鋼スラグと堆肥(腐植物質)の混合物です。スラグは製鉄所の副産物であり、堆肥も間伐材などの木材チップを発酵させたものです。したがって本藻場再生技術は、環境問題だけでなくリサイクルにも貢献できる技術と言えます。

本技術の研究・実用化プロジェクトは、1990年代後半に故定方正

粒状有機物の性質が他と異なることがわかってきます。さらに土壌の性質を調べると、鉄と結びつきやすい腐植酸の含有量もこの2つの河川が高いことが示されています。

この理由については、次のように考えています。地図を見ると、この2つの河川の流域は、他の河川とは土地利用に違いがあることがわかります。つまり、人為的な影響によって河川河口域における鉄濃度の増加などがみられたと考えられます。実際、鉄濃度が最も高い河川では、水が茶色っぽい色をしている時期もあり(鉄分を多く含んでいるため)、河口の海域には海藻も多く育っています。海を豊かにする有機態鉄は山や森がその供給源と考えられています。加えて流域の土地利用の違いによって鉄濃度などに差が出るのが示唆されました。

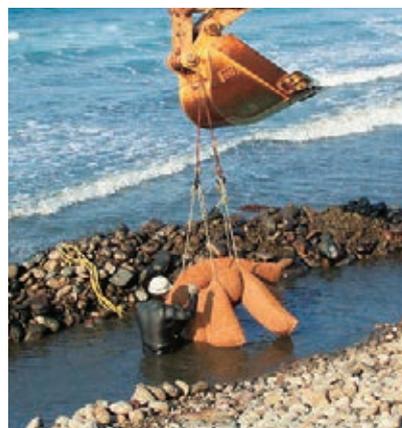
今後はこうした調査研究を続けていきながら、海域ごとへ適切な藻場再生技術を導入するための事前評価手法を確立できるようにしていきたいと考えています。



増毛の藻場面積の推移  
別荘海岸に施肥ユニットを埋設したところ  
藻場面積は約6倍に増えた



増毛の河川水質を調査する山本氏(手前)と九州大学名誉教授の吉村和久氏



増毛での鉄分供給ユニット埋設作業の様子

# 海の森づくりをさらに進化させていきます

新日鉄住金株式会社 技術開発本部  
先端技術研究所 環境基盤研究部

加藤 敏朗 上席主幹研究員



全国で起こっている磯焼けは、鉄をはじめとする栄養塩の不足が原因の1つとされています。その対策として新

日鉄住金は鉄鋼スラグと廃木材チップを発酵させた腐植土の混合物をヤシ繊維で編んだ袋に充填したビバリー<sup>®</sup>ユニットを開発しました。海の緑化研究会のメンバーとして、現在までにこの製品を使った鉄分供給による磯焼け改善の実証プロジェクト「海の森づくり」を全国約40カ所で実施してきました。

実際の海における最初の実証実験は、増毛漁業協同組合の協力を得て、2004年に増毛町舎熊海岸で行いました。海岸線の波打ち際に25メートルにわたってビバリーユニットを約6

トン埋設しました。波や潮の干満によって鉄分が海に供給される仕組みです。その結果、半年後には石灰藻に覆われていた磯に海藻が発芽し、2005年にはコンブをはじめとした海藻類が繁茂し、施肥しない海域と比較して単位面積当たりのコンブ生育量が100倍以上となりました。また海中における鉄の濃度を調べると、沿岸で1リットル中18ミリグラム、沖合50メートルで同1〜3ミリグラムとなり、鉄がしっかりと供給されていることが確認できました。

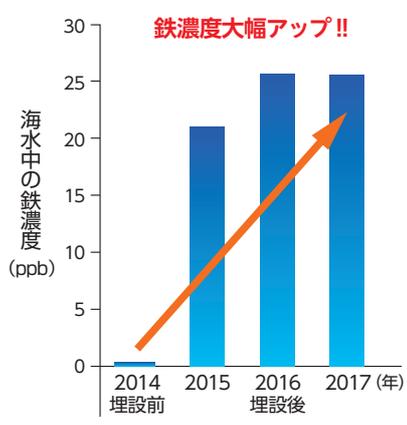
その後も継続的に調査を続けていますが、現在は波打ち際から沖合25メートルまで海藻が生い茂り、明らかに磯が再生していることがわかります。この成果は2015年には水産庁発行の『磯焼け対策ガイドライン』に対策事例として取り上げられました。

2014年からは同じ増毛町の別荘海岸で、舎熊のおよそ6倍の規模で実証実験を行っています。300メートルの波打ち際にビバリーユニットを埋設し、海藻の状態、鉄や窒素、リンなどの栄養塩の濃度、さらに季節ごとの変化も調査し、詳細なデータを採取

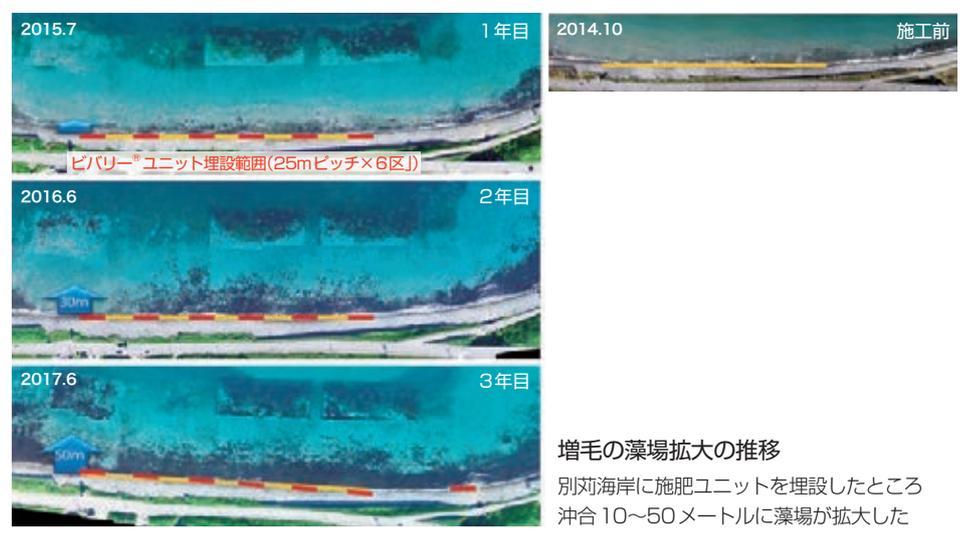
しています。その結果、別荘では実験前はコンブがわずかに生育するだけの浜でしたが、1年目には沖合10メートルまで藻場が拡大し、3年目には沖合50メートルにまでコンブが豊かに生育するようになりました。

また、この実験によってコンブがどの季節に、どの栄養分を必要とするかもわかってきました。鉄については夏の収穫期のあと、秋から冬にかけて不足しがちになります。このときに鉄をしっかりと補給することで、コンブのライフサイクルを上手く回すことができます。また、春から夏にかけては窒素やリンが不足するので、今後は鉄分だけでなくそうした栄養塩も加えていくことで、磯焼け対策のさらなる高度化を図っていきます。

こうした増毛をはじめとする海の森づくりは、地球温暖化対策にも大きく寄与できる可能性を秘めています。藻場がCO<sub>2</sub>の吸収・固定化に果たす役割は大きいと考えられるからです。今後さまざまな分野の関係者と連携しながら、また新日鉄住金グループの総合力を活かして海の森づくりを進めていきたいと考えています。



増毛の海水中鉄濃度の推移  
別荘海岸に施肥ユニットを埋設したところ  
海水中の鉄濃度は大幅に増えた



増毛の藻場拡大の推移  
別荘海岸に施肥ユニットを埋設したところ  
沖合10~50メートルに藻場が拡大した