

鉄が失われた生態系を よみがえらせる

日本だけでなく、世界の海で磯焼けが問題になっています。その対策の一つとして、海の生態系を守る藻場を、鉄鋼スラグを使って再生するプロジェクトが注目されています。環境化学工学や水圏環境化学が専門で、藻場修復・造成の研究に取り組んでいる東京大学の山本光夫准教授にお話を伺いました。



東京大学
大学院 農学生命科学研究科
准教授
山本 光夫氏

●プロフィール やまもと・みつお
2002年東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻博士課程修了(博士(工学)取得)。10年同大学教養学部特任准教授、14年同大学海洋アライアンス特任准教授などを経て、19年現職。森・川・海のつながりに着目した環境技術開発と沿岸生態系保全に関する研究に取り組み、海の緑化研究会・会長を務める。

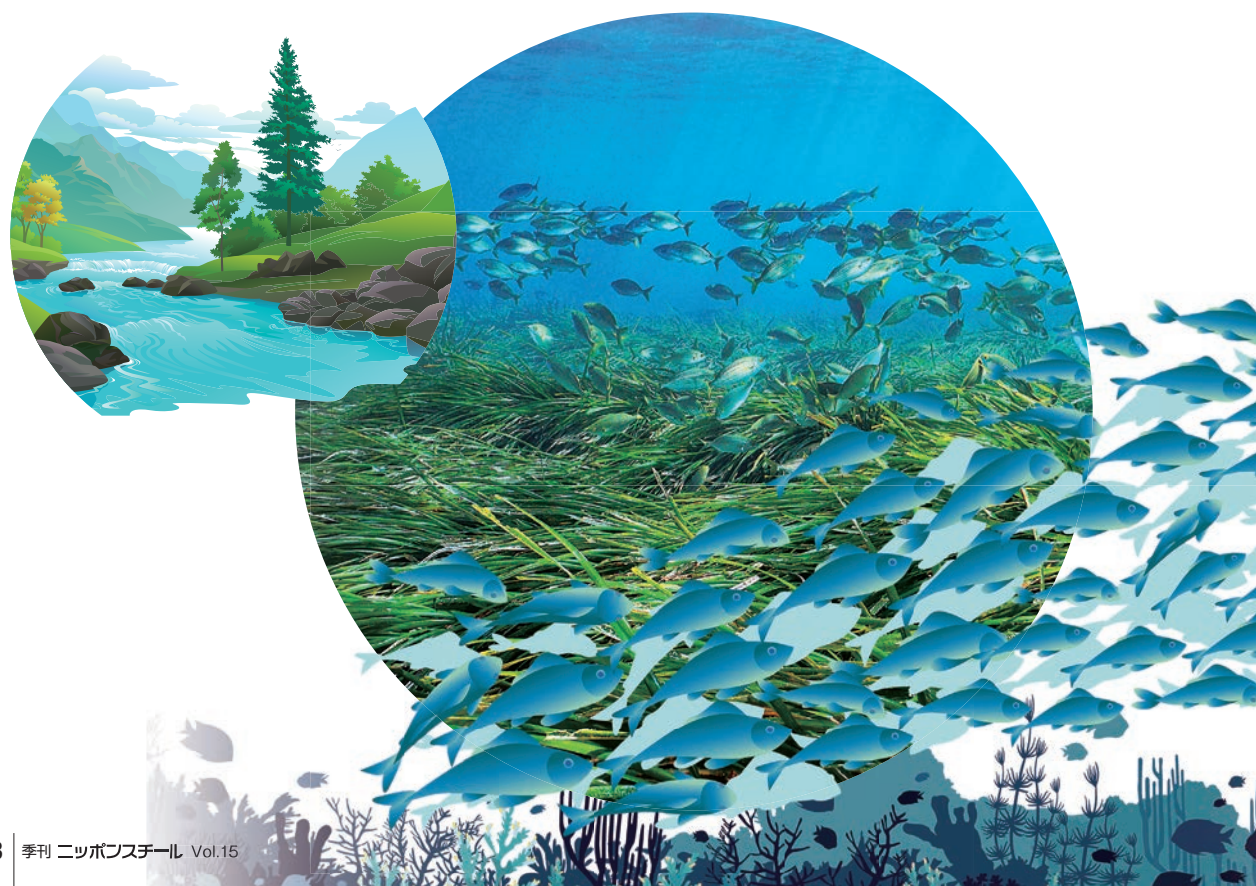
生命を育み、海の環境を守る藻場

——藻場とはどのようなもので、海中でどのような役割を担っているのでしょうか。

山本 藻場とは海藻や海草の群落のことで、生物多様性の維持に重要な役割を果たしています。例えば、魚や貝類の住処になったり、産卵場になったりします。また、水質浄化の役割も重要です。藻場には海水中の窒素やリンの吸収や、透明度を高める働き、さらに光合成によって生物に必要な酸素を生み出すという役割もあります。そのほかにも海岸線の保全などの効果があり、藻場は沿岸の生態系にとって重要な存在といえます。

——藻場は地球温暖化に対しても重要な役割があると思います。

山本 2009年に国連環境計画(UNEP)が出したレポートでは、ブルーカーボンが地球温暖化の抑制に対して重要な役割を担うことが報告されています。ブルーカーボンとは、海洋生態系に貯蔵され、蓄積される炭素のことです。炭素の固定効果に優れ、地球上の生物により固定される炭素の55%にもなります。当初はブルーカーボンの生態系として、マングロープや塩性湿地、海草藻場が挙げられていましたが、近年になって海藻藻場の貢献にも注目が集まっています。



世界的に広がる磯焼けの被害

——磯焼けとはどのような現象なのでしょう。

山本 磯焼けとは、沿岸域の浅海岩礁域の藻場が、季節的消長や経年変化の範囲を超えて、衰退・消失して貧植生状態になることです。海の砂漠化と呼ばれることもあります。これは日本だけでなく世界各地の海で起こっていて、深刻な問題になっています。藻場がなくなることによって、生態系や沿岸漁業に大きな影響を与えています。

——磯焼けはなぜ起るのでしょうか。

山本 磯焼けの発生には、いくつかの要因があると考えられています。主なものの一つが、気候変動などによる海況の変化・海水温の上昇です。海況の変化とは黒潮や親潮などの海流の変化に起因する水温変動などです。海水温の上昇によって、海藻を食べる魚や貝類(植食動物)の生息域が変化するなどします。

また、それによって植食動物が海藻を食べる速さや量(食圧)も変化します。これを食害と呼びます。そして、海藻の生長に必要な窒素やリンなどの栄養塩のほかに、鉄などの微量元素の不足・欠乏が考えられます。これは護岸工事や砂防ダムなどの建設により陸域からの供給量が減ることが原因として考えられています。

——磯焼けに対して、どのような対策があるのでしょうか。

山本 これまでにも、海藻を食べ尽くしてしまうウニを除去したり、窒素やリンなどの栄養塩を施肥するなど、さまざまな方法が行われてきましたが、近年、関心が高まっているのが海水中の鉄不足に着目した対策です。窒素やリンのほかに、微量元素である鉄は海藻の生長(配偶体の成熟)や光合成に必要です。この鉄は、「森・川・海のつながり」による河川や海底湧水によって陸域から海域へ鉄が供給されると考えられています。森から川、海へと供給される鉄の量を増やす対策として、森林保全や植林などが考えられます。しかし、効果が現れるまでに長い時間が必要になることもあり、直接、沿岸域に鉄を供給する方法が考えられています。それが製鉄の副産物である鉄鋼スラグを活用する方法です。

製鉄の副産物で藻場を再生する

——製鉄の副産物はどうに利用されているのでしょうか。

山本 海中に鉄が単体で(無機態として)存在する場合には、すぐに酸化して沈殿してしまいます。海藻が吸収するためには、鉄が水に溶けている状態である「溶存態」である必要があります。

藻場の修復・造成に向けて、沿岸域に効果的に鉄を供給する技術の開発に向けた研究をスタートされたのが東京大学のご・定方正毅名誉教授です。2003年に東京大学や新日鉄(現在の日本製鉄)をはじめとする企業などが参画する海の緑化研究会を発足させて、製鉄の副産物である鉄鋼スラグと堆肥を利用した藻場修復・造成技術の研究開発を進めてきました。

——製鉄の副産物を使うと、なぜ藻場が再生するのでしょうか。

山本 これまでの研究から、堆肥に含まれる腐植物質(有機物)と鉄が結びついて溶存可能な錯体(キレート、有機態鉄)を形成することや、微生物も鉄溶出に関わっていることを示唆する結果などが得られています。実際に有機態鉄を供給するために、鉄鋼スラグと堆肥を混ぜてヤシ繊維の袋に入れた鉄分供給ユニットをつくって海岸に埋設したところ、藻場の修復・造成に効果があることが明らかになったのです。

——製鉄の副産物というと、鉄分は含まれていないのではないのでしょうか。

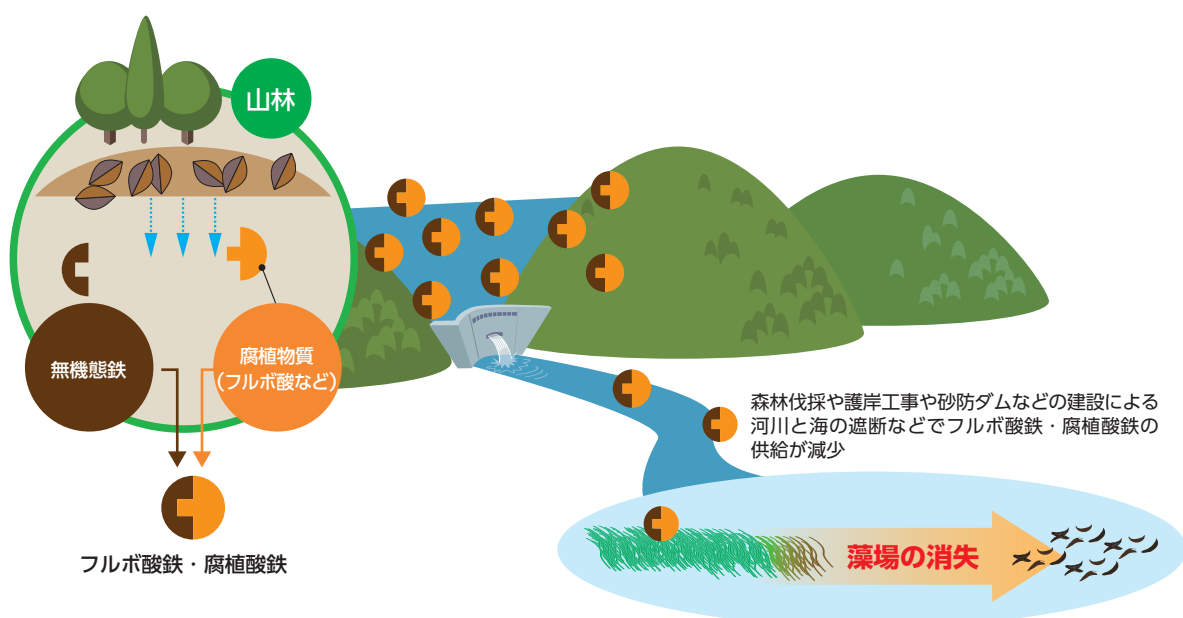
山本 鉄鋼スラグ(製鉄スラグ)には約20%程度の鉄分が含まれています。鉄の供給源として鉄鋼製品を使用することもできますが、コストが高くなります。副産物でありながら鉄を豊富に含む鉄鋼スラグを本技術に活用しています。堆肥は間伐材などの未利用バイオマス資源を使用するので、これも資源の有効活用に貢献しています。鉄鋼スラグを活用した藻場の修復・造成技術は、環境問題の解決と副産物・未利用資源の有効活用という一石二鳥の効果が 있습니다。

鉄で海と地球を救う技術を確立する

——今後の抱負をお聞かせください。

山本 一つは鉄鋼スラグを活用した藻場修復・造成技術をより確かなものにしていくことです。現在、ユニットからの鉄溶出や海藻への鉄取り込みのメカニズムなどの基礎研究を進めています。それらの成果に基づいて鉄鋼スラグと堆肥を使ったユニットで確実に藻場をつくることのできる方法の確立を目指しています。

もう一つは藻場修復・造成を行うにあたり必要となる海域環境の事前評価手法の確立です。これまで日本国内の約40カ所で藻場修復・造成の実証試験・事業が行われてきましたが、鉄鋼スラグを活用する方法は、一律にどの海域でも最適な方法というわけではありません。



山から海への鉄分供給メカニズム

微量元素の鉄の不足・欠乏の原因は、河川流域での砂防ダムなどの建設や護岸工事などによって、森林土壌などに含まれる腐植物質(フルボ酸・フミン酸)が鉄と結びついたフルボ酸鉄・腐植酸鉄(有機態の鉄)の海への供給量が減るためと考えられています。そこで磯焼けが起きている沿岸に鉄を供給することによって、藻場を復活させるプロジェクト・海の森づくりが行われています。



せん。鉄を利用した手法に限らず、各地の海域環境に適した藻場の修復・造成方法を選択するための手法を構築していく予定です。

現在、2050年のカーボンニュートラルの実現に向けて、さまざまな取り組みが行われています。本技術開発に基づいてブルーカーボン生態系による炭素固定量(CO₂吸収量)を増加させることで、カーボンニュートラルにも貢献していきたいと考えています。