



SDGsの目標実現に
貢献する鉄鋼業



SDGsへの鉄の貢献——海と山と人と

国連の持続可能な開発目標SDGs。世界が抱える多くの課題を、各国が協力して2030年までに解決しようという取り組みが進んでいる。これまで日本の鉄鋼業は、さまざまな製品づくりを通して社会の持続可能な発展に寄与してきた。次の時代への課題解決に向けて、鉄はどのように貢献できるのか。鉄のチカラに迫る。

注目を集めるSDGs

私たちが住む世界には、時々予期せぬ出来事が起こる。2020年は、新型コロナウイルス感染症が世界各国の政治や経済、社会に大きな影響をもたらした、ある意味で歴史的な年となった。感染症対策のような各国共通の課題に対し、国際社会は協力して対処する必要がある。このような時代の中で、注目されるキーワードが「SDGs」である。

SDGs(エスディージーズ)は、「Sustainable Development Goals」の頭文字をとったもので、日本語では「持続可能な開発目標」と訳される。2015年の国連総会で、すべての加盟国が合意して決定された。私たちの世界には、気候変動や貧困、男女の平等、さらに海洋プラスチック問題など、多くの社会課題が存在する。SDGsは、これらの社会課題を国際社会が協力して2030年までに解決を目指す、世界共通の目標である。2030年の目標達成に向けた「行動の10年」が始まり、日本政府は2019年より「SDGsアクションプラン2020」を開始した。

日本の鉄鋼業は、これまでも高度な技術で私たちの生活を豊かにし、社会基盤を支えてきた。SDGsにおいても鉄鋼材料の優れた特徴や技術を活用した取り組みが始まっている。今

回は、「14. 海の豊かさを守ろう」「11. 住み続けられるまちづくりを」「15. 陸の豊かさを守ろう」の目標達成に貢献する取り組みを紹介する。

鉄と炭と土で、海に森をつくる ——鉄デバイス



●海のない群馬県で開発

池沼のアオコや海の赤潮は、そこに生息する貝や魚、海藻など多様な生物を死滅させてしまう。これを解決する技術の一つとして、「鉄デバイス」が注目されている。新潟県佐渡島で赤潮の発生を抑えて牡蠣の成長を促した実績を皮切りに、全国各地で水質浄化、海の砂漠化である磯焼け対策、水産資源の保全と持続可能な利用に貢献している。

鉄デバイスの開発者である元群馬工業高等専門学校教授の小島昭氏は、長年、炭素材の研究に取り組んでいた。群馬県内のゴルフ場の池(面積1,200 m²、水深1.5 m、水容積1,800 m³)で、炭素材による水質浄化の実証実験を行った際、一つの壁が立ちはだかった。夏場に池の水面が緑色に



SDGsの目標実現に
貢献する鉄鋼業

14 海の豊かさを守ろう



海の豊かさを守る鉄のチカラ —— 鉄デバイス

● 鉄デバイスの基本構造と外観(図1)

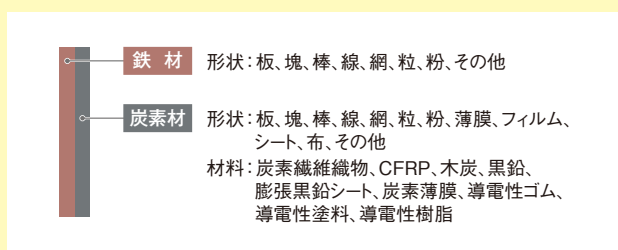


左: 鉄箱の中に炭素材と腐葉土を充填(宝島Box)。
中央、右: 麻袋の中に炭素材と鉄片と腐葉土を詰めた。



牡蠣養殖イカダから鉄デバイスを吊り下げている様子

● 鉄デバイスの材質(図2)



鉄デバイスの設置によって、牡蠣のむき身重量と旨味成分が増える(上)とともに、海藻の成長が促進された(左)。

(資料提供: 小島昭氏、(株)宝島技術)

なるアオコが大量発生したのだ。原因は、環境水の富栄養化により窒素やリンの濃度が高まり、植物プランクトンが異常に増えたことにあった。そこで、環境水中の窒素とリンを取り除くため、炭素繊維製浄化材を設置した。しかしアオコの発生は防げなかった。炭素材は窒素を取り除くことはできたが、リンを取り除けなかったのだ。

そこで着目したのが鉄である。環境水中に溶けているリンと鉄が結びつくと、水に溶けない沈殿物となるため、水中のリン濃度が下がる。鉄は水に浸しただけでは溶けないが、炭素繊維や黒鉛などの炭素材と水中で接触すると溶ける。それは、炭素材と鉄との間で一種の局部電池が形成され、鉄のイオン化が進行するからだ。この方法であれば、電気などのエネルギーや薬剤は不要であり、薬剤による水質汚染の心配はない。こうして炭素材と鉄材を接触させた鉄デバイスの基本が完成した(図1・2)。

2009年5月、2枚の炭素繊維織物の間に鉄網を挿入した鉄デバイス20枚を、ゴルフ場の池に設置した。1か月後、水質は著しく向上し、全リン量は低下した。水の透明度は高まり、汚濁度は低くなった。その年の8月、鉄デバイスを設置してい

ない池にはアオコや水草が大量発生したが、設置した池には全く発生しなかった。

その後、数十回の改良を繰り返した。代表的な鉄デバイスは、麻袋の中に鉄片、炭素材、腐葉土を詰めたものだ(図1中央と右)。圧延鋼板やパンチングメタル製鉄箱の中に炭素材、腐葉土を入れた幅150×奥行150×高さ400mm、重量約4~5kgの宝島Box((株)宝島技術製)であった(図1左)。鉄材にスクラップは使用しないこと、炭素材には鉄材との密着性、機械的強度、環境汚染物質を含まないことなどを考慮し、黒鉛板を採用している。

● 海に鉄を供給して牡蠣を増やす

牡蠣養殖が盛んな新潟県佐渡島の加茂湖では、赤潮による被害に悩んでいた。2011年7月、リン除去対策として、12×8mの牡蠣イカダ1台に鉄デバイスを吊り下げた。その年の9月、鉄デバイスを設置したイカダ内の牡蠣の成長状況を観察したところ、非設置のイカダに比べ、大きく重く成長していることが明らかになった。クロロフィルが摂取できる鉄イオンが持続的に海中に溶け出し、植物プランクトンの生産が活発化

したことにあった。

この佐渡島での成果は、東日本大震災で甚大な被害を受けた三陸地方の震災復興に役立てられることになった。良質な牡蠣の産地として知られる岩手県山田町では、震災前、牡蠣養殖イカダは4,000台使用されていたが、津波によって壊滅的な被害を受けた。そこで2012年8月、山田湾の牡蠣養殖イカダに初めて鉄デバイスが使用された。このプロジェクトは(独)科学技術振興機構の東日本大震災復興促進プログラムに採択され、2016年3月まで実証実験が行われた。この間、海水中の植物プランクトン量を測定したところ、非設置に比べて1.7倍多くなり、動物プランクトン量の平均値は3.5倍も多かった。炭素材と鉄材に加えて腐葉土を詰めた鉄デバイスの設置によって、腐葉土から生じるフルボ酸で植物プランクトンの成長を促進させ、牡蠣のエサとなるプランクトンが増えたためだ。牡蠣のむき身重量は20～30%増、旨味の源となるグリコーゲン量は最大70%増となり、山田湾の牡蠣ブランド復活に役立った。その後、鉄デバイスの実証実験は全国から注目を集め、宮城県気仙沼市、北海道浜中町、静岡県浜松市(浜名湖)、鳥根県隠岐郡海士町などでも、山田湾と同様の成果が確認された。

●藻場再生でCO₂を吸収する

さらに鉄デバイスは藻場再生にも役立っている。山田湾の牡蠣養殖イカダに鉄デバイスを設置した際、牡蠣だけでなく、海藻の成長を促進させる効果をあげていた。設置イカダで長さ5mのヒロメ昆布が約100本以上も繁茂したのに対して、非設置イカダでは長さ約1.5mのヒロメ昆布が20本程度だった。そこで藻場を再生し、海の砂漠化(磯焼け)を防ぐための試みが行われた。

宮城県奥松島はウニやアワビなどがたくさん生息する海であったが、東日本大震災の津波によって、海藻が根こそぎ失われ、魚介類が生息できない海となってしまった。2015年2月、奥松島の海底に、松島の枯れた松を焼いてつくった炭を使った鉄デバイスが設置された。5か月後、設置箇所には海藻が繁茂する藻場が生まれた。日本製鉄(株)やJFEスチール(株)による鉄鋼スラグを利用した海の森づくりの取り組みと同じように、鉄デバイスでも藻場では魚たちが棲み、ウニやアワビが数多く生育し、豊かな海がよみがえった。

鉄デバイスによる藻場再生は海だけでなく、内陸の湖沼でも成果をあげている。群馬県の榛名湖は、冬のワカサギ釣りで有名だが、近年漁獲量が減っているのは、湖底が水草のない砂漠化状態になっていたことが原因だった。そこで2014年6月、湖底に鉄デバイスを設置し、それ以降、毎年設置を続けたところ、湖面が緑色になるほど藻場の領域が増え、ワカ

サギ漁は復調したという。

藻場は生物を育むだけでなく、光合成によってCO₂を吸収する。マングローブ林や塩性湿地などとともにブルーカーボン生態系と呼ばれ、CO₂の吸収源の新たな選択肢として世界的に注目されている。鉄デバイスは地球温暖化対策技術としての可能性も秘めている。地球は水の惑星であり、鉄の惑星でもある。しかしキーマテリアルの鉄は、海水中に極めて少ない。豊かな海を守るため、鉄デバイスの挑戦は続く。

自然と共生する新しい防災のカタチ ——ノンフレーム工法



●度重なる激甚災害で効果を発揮

近年、全国各地で豪雨や地震による土砂災害が多数発生している。がけ崩れ対策として、樹木を伐採し、法切(斜面の不安定な土砂を撤去して整形する工事)を行い、斜面をコンクリート構造物で覆う工事が行われてきた。人命や財産は守られてきたものの、防災と引き換えに日本の里山の風景が失われてきたことは否めない。こうしたなか、斜面の樹木を活かす自然斜面の安定化技術「ノンフレーム工法」は、自然環境や景観を保全しながら、国土強靱化に寄与できる防災技術として広く認知されている。

ノンフレーム工法は地中約2～3mの深さにある安定的な地盤まで鋼棒(ロックボルト)を多数打設する。そして地表に鉄板(支圧板)を取り付け、千鳥状にワイヤロープで連結させて、斜面を安定させる構造となっている(図3)。一般的に山の斜面では、安定した基岩層の上に、崩壊しやすい土壌層が形成されている。基岩層は水が浸み込みにくいので、豪雨時に土壌層に雨水が溜まり、基岩層と土壌層の境界がすべり面となって、がけ崩れが発生する。しかし基岩層まで樹木の根が張っている斜面では、根が崩壊に抵抗して、がけ崩れを防ぐ働きをする。こうした樹木の根が持つ、がけ崩れ防止効果のメカニズムに着目して、人工の根のネットワーク構造(図4)のノンフレーム工法が、日鉄建材(株)によって開発された。

従来工法では、斜面全体を鉄筋コンクリート構造物で強固に覆い固めてしまうため、生コンクリートの原料であるセメントや水、川砂などの細骨材を大量に必要とする。一方、ノンフレーム工法はコンパクトな鋼製部材を一定の間隔で設置する構造のため、大幅な省資源化が可能となる。ロックボルトや支圧板は、亜鉛めっきにより耐食性を高めている。また使用部材の軽量化や削岩機にガイドレールを併用することで、安定した人力での施工ができ、大型重機が進入できないなど施工条件が厳しい鉄道線路沿い、山間部の送電鉄塔周辺、民



SDGsの目標実現に
貢献する鉄鋼業

11 住み続けられる
まちづくりを



15 陸の豊かさも
守ろう



土砂災害を防ぎ、里山を守る鉄のチカラ —— ノンフレーム工法

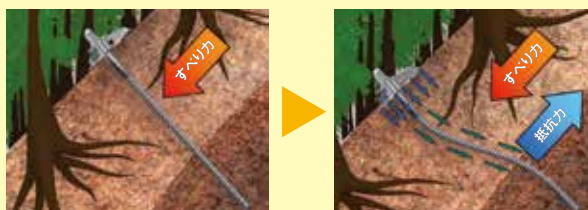
● ノンフレーム工法の構造 (図3)

自然斜面上の木々や緑を残して、長さ3～5mのロックボルトを多数打設して、人工的に樹木の根を作る。支圧板とワイヤロープとの相互作用によって、自然斜面全体の安定性を高めている。



● 斜面安定化のメカニズム (図4)

ロックボルトによる地山補強効果、支圧板による土塊の押さえ込み効果、ワイヤロープによる引き止め効果により、複合的にがけ崩れを防いでいる。



● ノンフレーム工法の適用例 (図5)

観光地の景観を守る



北野異人館風見鶏の館(兵庫県神戸市)では、後背の地形が急峻で崩壊の恐れがあったため、緑を残しながら斜面を安定化し、観光地の景観形成に大きな役割を果たした。

激甚災害に効果を発揮



新潟県柏崎市では、新潟豪雨、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震と三度の激甚災害において斜面に変状はなく、ノンフレーム工法が効果を発揮した。

(資料提供: ノンフレーム工法研究会)

家に近接した斜面などで適用できることも大きな特長だ。

ノンフレーム工法は1996年に長崎県長崎市で初めて施工されて以来、200万m²もの実績をあげている。東日本大震災、九州北部豪雨災害、北海道胆振東部地震、西日本豪雨災害など、幾多の災害において施工地区の斜面に変状はなく、災害から斜面を守り続けている。なかでも2004年7月の新潟豪雨に続き10月に発生した新潟県中越地震、2007年7月の新潟県中越沖地震で、多くの斜面崩壊や地すべりが発生した新潟県柏崎市では、ノンフレーム工法を施工した斜面は度重なる激甚災害に対してその効果を発揮した(図5)。

● 地域の生態系や風景を守り続ける

森林にはCO₂削減と生物多様性を維持する効果など、多面的な機能がある。森林生態系の成立基盤となる森林土壌層は1cm形成されるのに100年の歳月が必要とも言われている。樹木を切り倒し、長い歳月をかけて育まれた土壌を除去して構造物で補強した斜面が、再び森林を形成するためには多大な時間を要する。沖縄県与那国島では、世界で八

重山諸島にのみ棲息する国の天然記念物ヨナグニサン(日本最大のガとして知られる)の生育環境を守りつつ、がけ崩れ対策を行うため、ノンフレーム工法が施工された。ノンフレーム工法はがけ崩れから住民の安全を守るだけでなく、森林を残して地域の生態系や風景の保全を図る役割を果たしてきた。

ノンフレーム工法は、日本と同じような地理的自然条件で土砂災害に苦しむアジア諸国からも関心が寄せられている。ヒマラヤ南部に位置するブータン王国では、2014年9月から京都大学、ブータン王国経済産業省地質鉱山局及びブータン王国建設省道路局が進めた共同研究・試験施工の成果が評価され、2016年6月にはブータンとインドの共同事業であるマンデチュ水力発電プラント斜面に適用された。開発と自然保護の両立を目指して社会資本の整備を進めている国々にも活躍の場を広げている。

これからも鉄のチカラが、海や陸で美しい風景を守り、そこに住み続ける人々の絆を深め、SDGsの目標達成に貢献していく。

●取材協力 小島昭氏(元群馬工業高等専門学校教授)、(株)宝島技術、日鉄建材(株)、ノンフレーム工法研究会
●文 杉山香里