



## 世界共通の問題を同時に解決する可能性

## 世界初の試み

# 「人工海底山脈」プロジェクト

人工海底山脈イメージ図  
(ハザマ提供)

産業廃棄物の石炭灰（せきたんばい）を有効利用して海底に人工山脈を造り、湧昇流を発生させて植物プランクトンを増殖させ、食物連鎖によって食糧を増産する――。

そんな世界初の試みが日本の海域で進められている。

その事業は、食糧増産のみならず、世界各国の課題でもある環境保全、産業廃棄物のリサイクル、温暖化の

要因とされているCO<sub>2</sub>増加の削減にも効果があるとされている。

一民間企業の試みを国家プロジェクトにまで牽引したのは、

株式会社間組（ハザマ）技術・環境本部環境事業部部長の鈴木達雄さんだ。

世界共通の問題を同時に解決するしくみを構想し、研究を続け、

実証実験を通して一定の手ごたえをつかんだ鈴木さんに、

このプロジェクトの軌跡と今後の展開を尋ねた。

株式会社間組  
技術・環境本部  
環境事業部 部長  
**鈴木達雄さん**

工学博士、技術士（建設部門）。1949年、山口県下関生まれ。1972年、東京都立大学工学部土木工学科卒業。同年、株式会社間組（ハザマ）入社。海洋構造物の研究開発に従事し、1986年、社団法人マリノフォーラム21の新素材に関する開発研究幹事に就任。1995年、同法人のマウンド漁場造成システムの開発幹事に就任。石炭灰硬化体の大量生産技術及びブロックの自由落下沈設による構造物の構築技術で1999年度水産工学技術賞受賞。同年、建設リサイクルに関わる新技術優秀賞受賞。2001年度土木学会環境賞受賞。



<http://www.hazama.co.jp/>

### 石炭灰の有効利用と豊かな漁場の開発

日本の食糧自給率は、1998年から40%のまま横ばいを続けている。主要先進国の中では最低水準（※1）だ。食糧の輸入大国となった日本は四方を海に囲まれ、古くから魚介類を中心とした食文化が根づいている水産国でもある。

一方、日本の石炭火力発電所から発生す

る石炭灰（※2）の量は、年間約1,000万トンに達している。再利用されない石炭灰は、管理型の産業廃棄物（※3）として生産性の高い沿岸域を埋め立てることで処理されている。環境保全の観点からも石炭灰の有効活用は、電力会社の大きな命題となっている。

魚介類の増産。石炭灰の有効活用。環境保全。関連性のないように見えるこれらの課題をひとつの方法で解決を試みる画期的

なプロジェクトを紹介しよう。

社団法人マリノフォーラム21（※4）が事業主体となり、水産庁の補助金を得て長崎県生月沖で1995年から6年間、石炭灰を利用したブロック（※5）を海底に積み上げて人工の山脈を築き、海域における食糧増産の可能性を実証する事業が行われた。水深80メートルの海底に投入されたブロックは4,860個。完成した構造物は、高さ12メートル、幅60メートル、長さ120メートル。

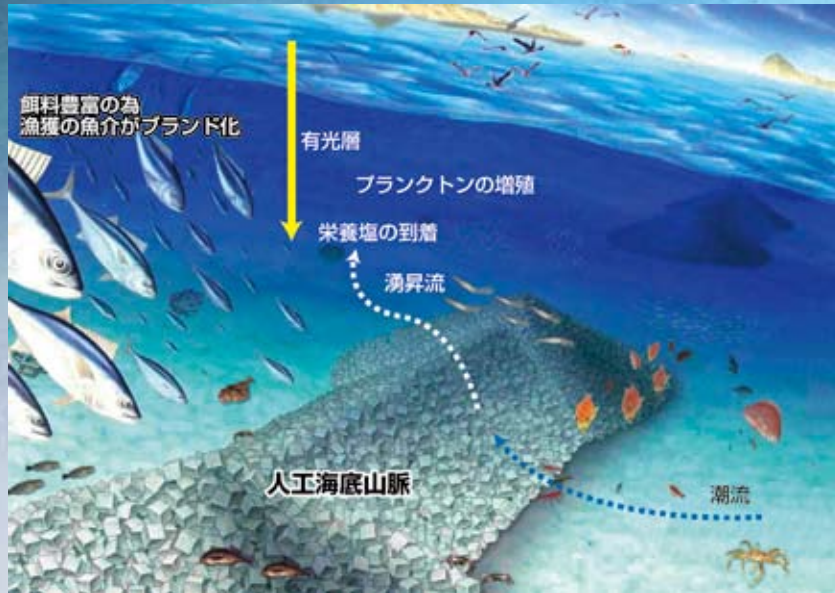
※1 食糧自給率 農林水産省算出のデータによると、2003年度の主要先進国の食糧自給率は、アメリカ128%、フランス122%、ドイツ84%、イギリス70%、イタリア62%、日本40%。

※2 石炭灰 石炭の燃焼やガス化に伴って生じる残物。火力発電によって生まれる石炭灰の発生量は、地球規模で年間4.8億トンにも及ぶ。

※3 管理型の産業廃棄物 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に規定されている産業廃棄物の種類。埋立地による最終処分には、埋立地から出る浸出水や、それによる地下水の汚染を防ぐ設備を必要とする。しかし、これを利用する場合は有価でその廃棄物を購入しなければならない。

※4 社団法人マリノフォーラム21 漁業の発展と水産物の安定供給に寄与することを目的として1986年に設立された農林水産省所管の社団法人。「つくり育てる漁業」を推進している。

※5 石炭灰を利用したブロック ハザマが開発した硬化体製造技術（セメント系固定化材を用いて石炭灰を均一に固定させ、ブロック体を製造する技術）によって、安価かつ高強度のブロックの大量生産が可能になった「アッシュクリートブロック」。長崎県沖で投下されたブロックの重さは1個6トンで、このうち4トンが石炭灰である。



人工海底山脈イメージ図（ハザマ提供）

※6 湧昇（ゆうしょう）流 海底から表層に湧き上がる海水の流れ。

※7 石炭灰の溶出 石炭灰の中には有害物質が外部に溶け出すものがあるので、溶出を抑制する必要がある。

調査結果によると、人工山脈周辺の20×18kmの海域で漁獲量が6倍、5×6kmの海域では漁獲量は20倍に増加した。

「人工海底山脈」が海域での食糧増産を可能にするのは、次のような原理による。

沈設した人工海底山脈に潮流が当たり、湧昇（ゆうしょう）流（※6）によって低層にある栄養塩類の豊富な海洋深層水が上昇、表層水と混ざることによって光合成活動が活発になり、植物プランクトンが増殖する。これらをエサとする動物プランクトンが集まり、さらにそれらをエサとする大きな魚介類が増える（図1）。

湧昇流と食物連鎖の力を借りて、水産資源の持続可能な利用を図るダイナミックな事業。この世界初の試みの構想を描き、事業として牽引してきたのが、株式会社間組技術・環境本部環境事業部部長の鈴木達雄さんである。

「入社してまず本州四国連絡橋の橋脚の施工計画や、マリナーの建設計画といった、海洋関係のいろんな技術の開発に携わりました。私は海が好きで、大学時代はヨットに熱中していたんですが、ハザマに入ると今度は海の底へ潜られました（笑）」

やがて魚礁の開発に携わるものの、70年代に起こった石油ショックの影響で転機が訪れた。

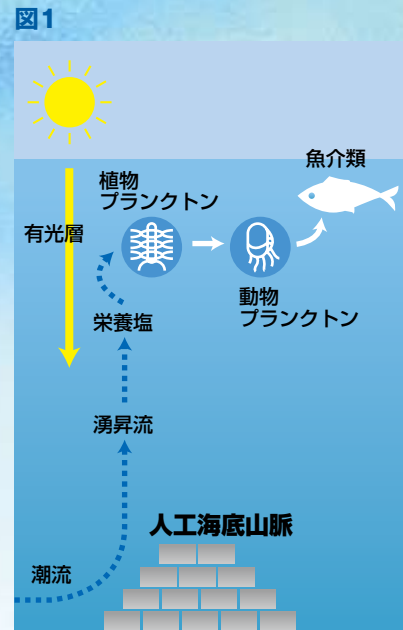
「社内に誕生したエネルギー対策本部に転属し、各電力会社に出向いて話を聞いたら『石炭火力発電で生まれた灰の処理がネックになっている』ということでした。そこで石炭灰の有効利用の研究が始まり、それまでの魚礁開発の研究とリンクし始めたのです」

### 一企業の研究開発から国家プロジェクトへ

「石炭灰は、すでにダム、道路や橋脚に有効活用していましたが、私は新たな用途として海洋での食糧生産に結びつけられないかと考えました。また、当時から環境問題が話題になっており、石炭灰の溶出（※7）をどうやって抑え、コスト面ではどのようにして安価な硬化体をつくるのか、といった課題がありました。そこで水産庁は石炭灰を使った『新素材に関する開発研究』をマリノフォーラム21で始め、私がおその幹事を担うことになったのです」

鈴木さんは、技術開発と同時に新たな市場開拓にも目を向けた。

「私は海洋の潜在力を引き出すのが、本当の海洋開発だと考えていました。海の中で大量に使うとはいえ、素材のコストは安くしなければいけないし、強度の確保や溶出



人工海底山脈による食糧増産のしくみ

を抑えるというニーズがあるので、まず魚礁で立証しようと考えたんです。

一方で新たな市場の必要性も感じていました。石炭灰の有効利用の最も大きな問題は、既存市場との競合です。建設会社や石材会社と競合するのではなく、これならまったく新しい市場を開拓できると踏んだのが、海底山脈だったんです」

こうして約20年にわたる「人工海底山脈」プロジェクトが始まった。

「材料と市場、その両方の見地から進めました。材料はハザマで開発できましたが、国に事業を認めてもらう作業が必要でした。海底山脈を造るということは、海の中をいじること。海域は水産庁なり県なりの管理下にあるものですから、それをどのように理解してもらうかという課題がありました」

鈴木さんは、農林水産省所管のマリノフォーラム21に働きかけた。つまり国をパートナーに選んだのだ。

「海底に山を造るだけでは、灰の捨て場と認識されてしまうので、湧昇流を発生させ、生産性の高い漁場をつくるという新たな市場を開拓するとアピールしました。一方で理論的な裏づけができないといけませんので、多くの専門家や社内外の支援を受け



長崎県生月沖5キロの海域でのブロックの沈設作業の様。ハザマは水深80メートルの海底に正確に設計どおりの海底山脈を構築するシステムを開発。流れを考慮して短時間に作業を完了させる技術を確立した。

てオーソライズするための委員会を設けて7年ほど研究を続け、やっと生態系の変化を調べる実験にこぎつけたのです。それが長崎県での6年に及ぶ実証実験です」

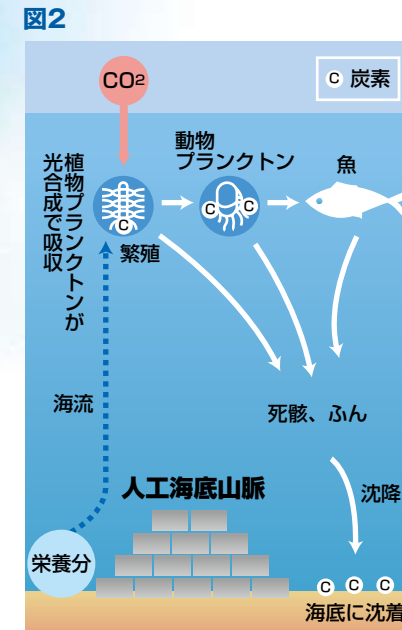
実験の費用は、水産庁が負担してくれることになった。国家プロジェクトへと昇華したのである。

「水産庁が興味を持ってくれ、実験は実現しました。当時からそうですが、食糧を海の中で増やすための打つ手はなく、世界的な前例もないんです」

実証実験にかかった費用は国が50%、長崎県が25%、民間グループが25%の割合で負担し、総事業費12億円という規模になった。

「2000年に実証実験が終わってから2003年まで、なかなか事業になりませんでした。理由は10億円以上という資金をなかなか出せないからです。一方では、漁業者だけが受益者になるという視点から『漁業者のためにどうしてこんなことをやらなくてはいけないんだ』という声もあります。

でも、その見方は間違っていると反論します。私は『これは1億2千万人のための食糧政策』と説明します。幸い長崎県ではまわりの評判がよく、知事が2010年までに7カ所で行うという公約を掲げて進めています。事業としてすでに3件竣工しており、他に1件の施工中物件と一件発注が決まり、他の計画も進められています」



人工海底山脈によるCO2の固定効果の原理

### 人工海底山脈によるCO2の抑制

人工海底山脈には、地球温暖化の原因とされている大気中のCO2を吸収する効果があることが、2003年から2005年までに行われた調査で明らかになった。

人工海底山脈によって海面近くに増殖した植物性プランクトンの光合成で体内に取り込まれた大気中のCO2は、それをエサとする動物プランクトンや魚などのフンや死骸となって海底に沈み、封じ込まれる（図2）。こうしてCO2の吸収の促進ができるということだ。

「私は植物プランクトンを人工海底山脈で増殖すれば、大気中のCO2を吸収することに寄与するに違いないと確信しています」と、鈴木さんは手ごたえをつかんでいる。

「結局、自然がよいスパイラルになっていないということです。しかし、よいスパイラルをつくり出すために、環境に大きな負荷をかけることと矛盾が生じます。

人工海底山脈を施工するのに石油やセメントも使うという点では、製造の際にはCO2を出す側にまわります。しかし早い場合は1年、遅くても5年のうちにそれがプラスにまわると計算をしています。自然の潮流のエネルギーを利用して植物プランクトンを生み出し、CO2を固定

し始めれば、その後のメンテナンスは必要ないんです」

鈴木さんは、地球規模での人工海底山脈プロジェクトを思い描いている。

「人工海底山脈が、未来に残せる循環型社会のしくみのひとつであることは間違いないです。食糧の確保、産業廃棄物のリサイクルなど、世界共通の問題を解決できるんです。適応範囲は大陸棚だけなので海全体には及びませんが、海に面している国も産業廃棄物の処理に困っている国もいっぱいあります。また、各国は地球温暖化の原因とされているCO2の増加問題に直面しています。

人工海底山脈を世界に広めるには、産業副産物を安全に使える技術がなければいけないし、またブロックを造ったり、海に沈めたりすることに資金がかかるから、それを誰が負担するのかが大きな課題となっています。でも、私はもっともっと資金を投下して研究をしなければいけないと思っています。諸問題は各国の問題であると同時に、世界的な機関が取り組まなければいけない問題です。私はさらに事業効果の実証に協力を続け、いずれ日本発の世界プロジェクトとして挑みたいと思っています」

鈴木さんが中心となって開発した技術と構築した理論が、世界各国が抱えている問題を解決する最良の方策になるかもしれない。

Text by : 倉田 榮