

## 20周年記念号

# 海洋深層水の富栄養性を利用した海域肥沃化

Ocean Fertilization using Nutrient-Rich Deep Ocean Water

井関和夫<sup>1</sup>・大内一之<sup>2</sup>

Kazuo ISEKI and Kazuyuki OUCHI

## 1. 緒 言

地球規模で海洋を眺めると、基礎生産量と表層の栄養塩濃度の分布は似かよったパターンを示し、とりわけ湧昇海域は栄養塩濃度や、プランクトン量、漁業生産量が高く、全海洋面積のわずか0.1–1%の湧昇域が世界の漁業生産量の半分以上を占めている。

我が国周辺には、大規模湧昇域は存在せず、大部分の暖流域の表層は貧栄養であるが、その下には莫大な栄養塩ストックを持つ深層水がある。そこで、湧昇海域の例に倣って、人工的に大量の深層水を真光層に揚水すれば、植物プランクトンの生産量を増加させ、次に食物連鎖を通して動物プランクトン、魚類生産量の増大を図ることが可能となる。これは、自然海洋の仕組みを利用した自然循環型の生物生産技術であり、陸域で生産された肥料効果のある物質を海洋へ投入する方法（例えば、鉄散布実験）や、また、漁獲規制による資源回復や、種苗放流による特定魚介類の増大・回復を目的とする方法とは本質的に異なる。本稿では、深層水による洋上における海域肥沃化実験の例と今後の展望・期待について述べる。

## 2. 富山湾における海域肥沃化実験

海洋深層水を利用した世界初の洋上肥沃化実験は、1989～1990年に科学技術庁の科学技術振興調整費総合研究として富山湾で実施された。海洋深層水

取水装置「豊洋」により、水深220 mから日量26,000トンの深層水を揚水し、深層水：表層水=1:2の割合で混合後に海表面に直接散水して肥沃化を試みた（図1、井関、2000, 2006）。しかし、散水前後における「豊洋」周辺域の調査結果は、海洋深層水の特徴を示す高い栄養塩濃度や、クロロフィル濃度の顕著な増加は検出されなかった。一方、透明なポリエチレン容器を用いた深層水と表層水との混合水の培養実験では、実験開始の数日後までに、栄養塩濃度は急激に減少して枯渇状態となり、逆に基礎生産量、クロロフィル $a$ ・粒状有機炭素濃度は急激な増加を示した。これらの事から、富山湾の深層水は肥沃化ポテンシャルを持っているが、海域に散水された深層水は、散水量が少なく急速な拡散希釈と自重沈降により検出できず、肥沃化効果が得られなかったと考えられた。



図1. 富山湾における世界初の海洋深層水を利用した海域肥沃化実験（1989～1990年）

<sup>1</sup> 広島大学名誉教授（〒872-1652 大分県国東市国東町来浦1938）

<sup>2</sup> （株）大内海洋コンサルタント（〒389-0111 長野県北佐久郡軽井沢町長倉193-111）

### 3. 相模湾における海域肥沃化実験

富山湾における肥沃化実験から約10年後の2000～2004年に、水産庁研究開発事業として相模湾において、海域肥沃化実験が行なわれた。

相模湾では、反時計回りの環流が湾中央部付近に発達しやすく、放流深層水の拡散が抑制されることが期待されるため、実験海域に選定された。また、深層水と表層水を混合して密度調整をし、密度躍層に放流することで、放流深層水の拡散を抑制する方法が提案された。そこで、深層水取水装置として密度流拡散方式が採用され(大内, 2002)、深層水(205 m)を日量10万トン汲み上げ、表層水(5 m)20万トンと混合後に、混合水を日量約30万トン規模で、夏季に密度躍層の発達する水深20 mに放流された(図2)。

放流深層水の追跡のために、ウランや六フッ化硫黄をトレーサーとして放流水に加えて漂流ブイと一緒に放流し、一定時間ごとにブイ近傍とその周辺域で一連の海洋調査を行った。その結果、放流水塊と同じ密度層に沿ってウランを含む海水が広がり、放流後少なくとも60時間経過し、放流点から数十km離れた所でも、水深20～30 m付近に層厚約10 m、水平幅5 kmに達するウランのパッチ状分布が確認された。このことから、放流水は、放流後少なくとも数日間は植物プランクトンの光合成が行われる真光層内の等密度層に滞留し、鉛直的に非常に安定した状態にあ

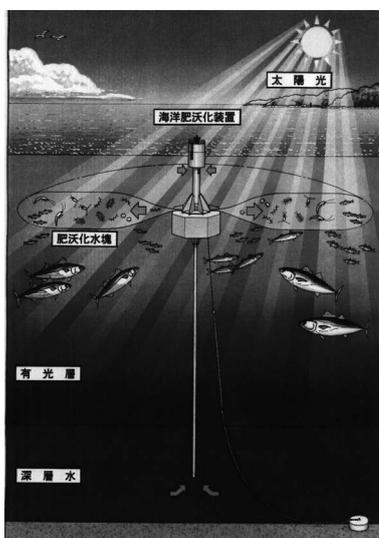


図2. 相模湾における海域肥沃化装置「拓海」による海域肥沃化実験の概念図

ることが実証され、本方式による海域肥沃化の可能性が示唆された。しかし、一方では、水平的な広がりには大きく、鉛直拡散よりも遥かに大きなオーダーで水平方向に拡散希釈していることも確認された。

### 4. 海域肥沃化の今後の展望と期待

深層水汲み上げ量の現状レベルは、0.1～1トン/秒程度(1～10万トン/日程度)であり、レッドフィールド比や生態効率、栄養段階数などを用いた計算から期待される二次生産量(動物プランクトンや藻食性魚類)は、年間当たり最大数百トンの規模と推定される(井関, 2000)。現段階では、深層水汲み上げ量が小規模であるため効果も小さいが、仮に長江の流量並みの深層水を放流すれば、計算上は、我が国の漁業生産量の相当量を賄うことも可能となる。このためには、深層水の揚水量を飛躍的に増加させ、放流方法を点源から面に変えることや、拡散希釈を抑制するための研究・技術開発が必要である。

海洋深層水は、自然に存在する再生循環型の資源であるため枯渇の心配はなく、環境負荷は一般に少ないと考えられる。しかし、大規模取水の程度によっては、肥沃化効果という本来の利点と共に、予期せぬ環境影響がでてくる可能性も否定できない。今後は、大規模取水を想定した人為操作の許容範囲とリスク評価に向けた研究も必要とされる。

生産性だけを重点化した旧来のやり方ではなく、環境・人に優しく、生態系と調和の取れた食糧生産が、21世紀以降の資源の有効利用方法として推奨される。深層水の富栄養性を利用した海域肥沃化はその一環であり、今後が大いに期待される研究分野である。

### 文 献

- 井関和夫(2000) 海洋深層水による洋上肥沃化—持続生産・環境保全型の海洋牧場構想。月刊海洋／号外, 22, 160-169.
- 井関和夫(2006) IV. 環境修復への利用. 6 洋上肥沃化, 海洋深層水の多面的利用(日本水産学会監修, 水産学シリーズ), 恒星社厚生閣, pp. 69-78.
- 大内一之(2002) 深層水を利用した海洋肥沃化装置の研究開発. 海洋開発ニュース, 30, 65-69.