

内湾域の生物生産と環境保全

誌名	水産工学
ISSN	09167617
著者	中村, 充
巻/号	29巻1号
掲載ページ	p. 69-72
発行年月	1992年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



【報 文】

内湾域の生物生産と環境保全

中 村 充*

Marine Bio-Production and Environmental Preservation in a Bay

Makoto NAKAMURA*

1. はじめに

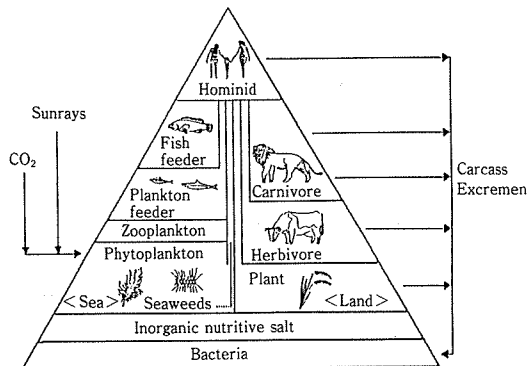
生命のあるもの死生を繰り返す六道（地獄、餓鬼、畜生、阿修羅、人、天）に輪廻するというのは仏教の思想である。これを物質でいえば物質循環ということになる。物質循環の中で食う食われるの関係を食物連鎖という。動物は自身の体を構成する有機物を自分で合成することはできない。植物は窒素、リンなどの化合物で光エネルギーを化学エネルギーにかえ、このエネルギーで炭酸ガスと水等を原料として有機物を合成する。これを植食（草食）動物が食べ、さらにこれを肉食動物が食べる。死骸や排泄物は動物に食べられたり、バクテリアによって分解され、再び無機の栄養塩となって植物に取込まれたりするのである。このような食物連鎖の模式図を図一1に示す。図一1は水圏生物、陸圏生物の食性レベルを比較するために筆者が作ったもので、牛豚は海の動物プランクトンのレベルに相当する。

多くの生物がお互いに関係し合いながら共存している生物群集を生態系という。陸上の生物生産は生態系を単純化する方向で行なわれている。例えば稲のみを場の優先種とするために水田を作るわけである。海では生態系を構成する種のバランスの上に有用種の増殖を図ることになる。ここに海における食糧生産の難しいところがある。また海では鳥（海水）が動き、その中で作物（魚介）も動く。そして、炭酸ガスを光合成する植物プランクトンを基礎生産者とする食物連鎖の上に作物（魚介）が育つのである。このように今までの獲る漁業から作り育てる漁業への転換は大変に難しい技術開発が必要となる。作り育てる漁業技術は、自然の海では死亡の多い卵、仔魚を人工的に水槽で大量培養して稚魚まで育て、海に放流する生物学的手法と、放流場、保育場、増殖場を作るといった環境工学的手法、これを計画的に収穫採捕する

新漁業技術から成立つのである。

2. 海の環境保全、食糧生産と生態系環境

物質循環は1.で述べたように生態系を通して行なわれる。従って生態環境機能を向上させる環境工学技術は大変重要である。同じ技術が海の食糧増産に、また海の環境保全の技術に用いられる。ここで例をあげ説明する。今世界は石油、石炭を焚いて炭酸ガス(CO₂)を出したり、熱帯雨林が伐採されて光合成によるCO₂の分解による炭素の植物生産が少なくなりCO₂濃度が増加し、地球気温が上昇していると問題になっている。これは冬の晴れた夜は冷え込み、曇った夜は夜空への放射熱が雲にさえぎられて暖かいという現象と同様である。太陽からの放射熱は同じであるが、地球から宇宙への放射熱がCO₂に吸収され地球の気温が上昇するわけである。今問題にされている熱帯雨林の炭素生産量（従ってCO₂分解量）は1.33Ckg/m²年である。さらに海水中に溶けたCO₂からコンブは1.5Ckg/m²年、アマモは6Ckg/m²年にも及ぶ炭素を生産する。藻場の消失や磯焼けは水産環境の破壊だけでなく、熱帯雨林と同様に地球環境にとっても重大な事なのである。生命体には物質循環が必要なのである。この関係を図一2に示す。



図一1 食物連鎖

* 1992年3月16日受付, 1992年6月11日受理

** 福井県立大学 福井県吉田郡松岡町4-1-1 〒910-11
(Fukui Prefectural University, Matsuoka 4-1-1, Yoshida, Fukui, 910-11)

図中には物質のストックを枠で、連鎖のフラックスを矢線で示してある。環境問題や食糧生産には各態でのストックが大きく（人口増加の可能性に通じる）、かつフラックス（矢線）が大きく、各態での連鎖の数が多い程良いわけである。例えば木の葉はCO₂から炭素を固定するが、落ちるとバクテリアに分解されて再びCO₂になる。コンブはCO₂から炭素を固定し、これをウニ、アワビが食べ、それを人が食べて、一部を呼吸としてCO₂を出し、他は体に蓄積或いは排泄し、バクテリアに分解されCO₂にもどることになる。人口は毎年1億人増加しているといわれている。我々人間は1~3億年かかってきた化石燃料を短期間に燃焼してCO₂を出している。CO₂も食物連鎖の中に取り込めば食糧として循環する訳であるから、そのための技術はCO₂も資源とする技術であり、増加し続ける人口問題にとって大変重要である。また光合成が盛んになると、なぜ海が環境に優しくなるかといえ、海面のCO₂が少なくなって空気中から海中に溶入する割合が増加する。有機物に取り込まれた種々な物質は食糧として循環すると同時に、海底に沈澱して海水を清浄にするからである。

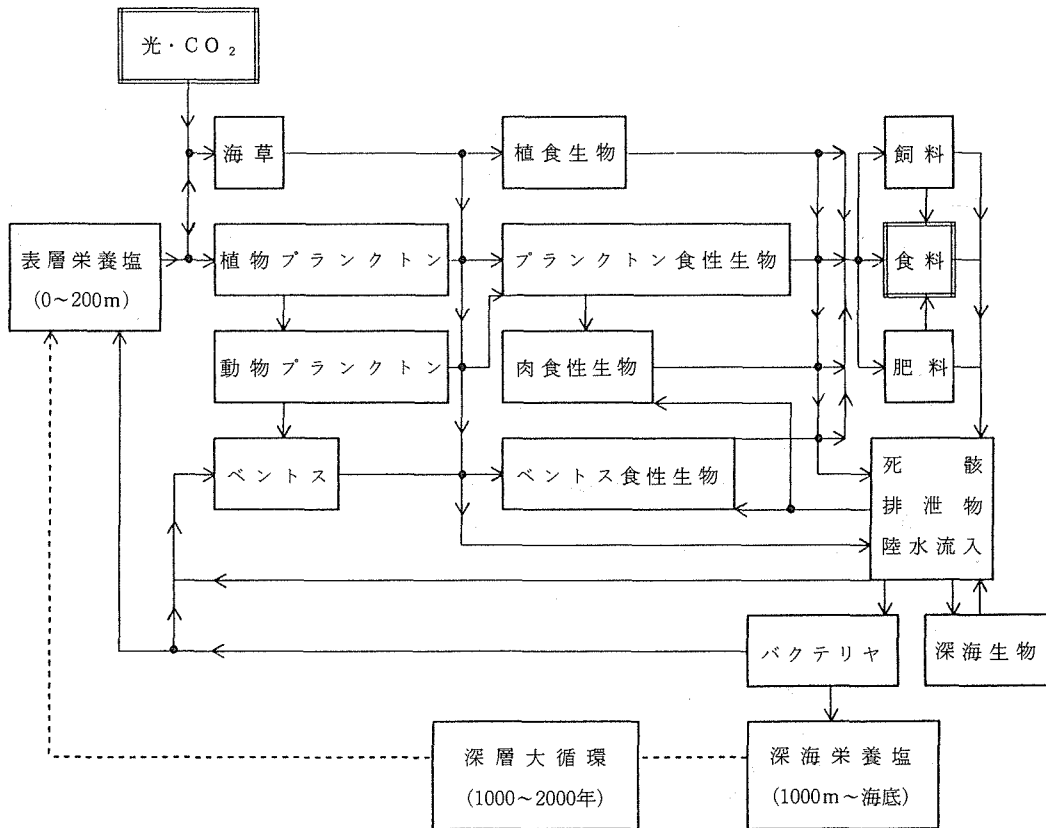
それでは海の有機物生産を大にするにはどうしたらよいであろうか。生物は水（水素、酸素）、炭素、窒素、リン、カリウム、ケイ素、鉄、その他の元素でできている。これら栄養塩の遍在を解消する事が重要である。平面的には沿岸、特に内湾、河口域は産業や生活排水で過栄養海水になっている。外洋でも図-2に示すように海底層に栄養塩が蓄積され富栄養化している。前者では湾内外の海水交換促進技術が開発され既に実用化され、後者は地形性湧昇流構造物の開発研究が進められている。

3. 内湾域の環境特性と生物生産

海水流動の立場から内湾を潮汐に依存した流動の生じている湾、言い替えば、上げ潮にはすべての湾口から流入が、下げ潮では逆に流出が起こる（転流期の小時間は除く）ような湾と定義しておこう。このような湾では平面的には湾奥で栄養塩濃度は高く塩分濃度は低い。鉛直的には成層し鉛直混合が少ない。ここで内湾の若干の特性を述べておこう。

1) 成層流体の特性

内湾における潮汐現象では重力項が最も支配的である



丸印は分岐点

図一2 海洋における物質循環の流れ図

(フルード則), 密度成層流体では重力は浮力を差し引いた ϵg ($\epsilon = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_2$, ρ_1, ρ_2 : 上下層密度) となり, $10^{-3}g$ 程度となるので相対的にコリオリ力が大となり, 無視できなくなる場合が多い。運動方程式における重力項とコリオリ力項の比を取れば,

$$\frac{\text{重力}}{\text{コリオリ力}} = \frac{c^2}{Lf v} \quad \dots\dots(1)$$

ここに, c : 長波の波速 v : 流速
 f : コリオリ因子 ($=2\omega \sin \phi$, ω : 地球自転の角速度, ϕ : 緯度)
 L : 現象のスケール

(1)式を1ならしめる L_1 は

$$L_1 = \frac{c^2}{fv} \quad \dots\dots(2)$$

従って

$$L \geq L_1 \quad \dots\dots(3)$$

なる現象はコリオリ力の影響は重力より大となる。この場合 L を湾のスケールと考える。

なお, 海洋学で一般に用いられている数では, ロスビーの変形半径がある。これはロスビー数 (コリオリ力/慣性力, $v/(fL)$) とフルード数 ((重力/慣性力) $^{1/2}$, v/c) から慣性力を消去して,

$$\frac{\text{ロスビー数}}{\text{フルード数}} = \frac{c}{fL} \quad \dots\dots(4)$$

(4)式を1とする L を L_R とかき, これをロスビーの変形半径と呼び(3)式の代わりに,

$$L \geq c/f = L_R \quad \dots\dots(5)$$

なる場合にはコリオリ力の考慮を必要としている。(2), (5)式における c は内部波の波速(6)式を用いる。

$$c^2 = \epsilon g \frac{h_1 h_2}{h_1 + h_2} \quad \dots\dots(6)$$

ここに, h_1, h_2 : 上下水層厚さである。

コリオリ力は運動を右向 (北半球) に偏向する働きがあるので, 例えば東京湾で北風が吹いて底層水が湾奥に湧昇し青潮が発生するとき, コリオリ力によって千葉寄りに湧昇し, 船橋寄りに左廻りに流下減衰することになる。

また成層流体の著しい特徴の一つは, 重力が $10^{-3}g$ のオーダーであるので, 現象の伝達が(6)式のように遅く, 空間スケールが大きいことである。このことは湾軸長が数km~十数kmの湾では固有振動周期が半日潮 (強制振動) に同調することがあり, 海水交流に大きな影響を与える。また東京湾や伊勢湾のような湾軸長 100km 程度

では, 黒潮の離接岸や, 2週間周期 (大潮・小潮) 潮などの長周期振動によって外洋水が底層に流入したりする。

2) 干潟域の特性

内湾河口域や湾奥には干潟が発生する。前者は河川からの搬出土砂であり, 後者は河口砂の漂砂移動と洪水で沖に搬出された泥が潮汐流で再び岸に運ばれて生じる。

干潟域は干出水没を繰り返し, かつ常時小さな碎波を繰り返し, 鉛直混合が大で DO (溶存酸素) を増大する。干潟は浮遊懸濁物が沈澱し易く (漲潮流は浮揚力大で落潮流は小), かつ好気性分解の大きい場所でもある。広い干潟ではミオ筋が形成され, ミオ周辺では掃流力が大となるので, 清浄な砂面が維持されるのである。

3) 干潟域の生物生産 (アサリ漁場)

干潟は2)に述べた物理環境特性によって環境浄化に大きな役割を果たしていると同時に, 豊富な生物生産が行われており, 代表的なものとしてアマモ場の生成と二枚貝漁場の形成があげられる。前者は稚魚のナーサリーとして, 後者は安定した価格で漁家に収入をもたらす場として, 優良な漁場を形成している。両者の場の条件は十分に解明されていないが, 波浪, 底質環境が大きく影響している。アマモ場は波浪, 漂砂が少なく泥分の多い穏やかな浅い干潟が, 貝類の生息場は砂面が清浄で, ゆるやかな漂砂移動のある場所が主体となる。筆者が熊本県緑川河口干潟で解析した条件や福江湾 (愛知県) 他の干潟でのアサリ生息環境は次のようである。

成貝の生息環境は, 泥分率5~30%, 酸化還元電位 200 mV 以下, 地盤高はほぼ D.L. +0.7m~D.L. -3m, 塩素量 17%以下の沿岸性水域, 餌環境は内湾干潟域で富栄養域であるので特に栄養的配慮はいらぬが, 濾過食性であるので海水交流が良いことが有利である。

稚貝の着底環境は泥分率が5%以下と清浄で, ミオ筋沿い等の軟らかい砂堆が優れている。流動環境的には沈着期浮遊幼生が取束もしくは往復する流動環境が良い。その他は成貝の生息環境に準ずる。

アサリ生息環境は上述の地形・底質環境の他に浮遊ステージでの再生産の問題がある。アサリの浮遊期間は20日前後である。また, 浮遊幼生の遊泳力では干潟上の物理分散の中では水塊挙動と殆ど同じである。干潟が狭過ぎたり, 潮汐残差流が大で移流分散が大きかったり, 母貝量が少なく発生卵の濃度が極端に少なければ干潟へ沈着する幼生数は少なくなり, 着底後の環境が良くても安定した漁場形成は望めない。

4. おわりに

内湾域は魚類の産卵場, 稚魚の保育場として重要であり干潟域は貝類の生息場として重要漁業生産の場でもある。環境的にも二枚貝やゴカイ等のベントスは濾水, 摂餌によって水中の有機物を除去浄化し, 干出を繰り返す

水際線や干潟は好気性細菌による有機物の分解が盛んである。藻場は2. で述べたように栄養塩と CO₂ を食物連鎖に取り込んで環境浄化の役割も果たしている。生物生産も、環境浄化機能も沿岸域、特に内湾域は優れており外洋の一桁上である。われわれは内湾をその利便性や投資効率など人間の都合で悪化してしまった。早急に内湾のもつ機能を正常なものに回復させる必要がある。

質疑応答

日向野純也(水工研)：潮汐によって浮泥が湾奥に堆積すると述べられたが、湾内に埋立がなされたり、護岸ができた場合、泥の行き着く場がなくなって浮泥状態で沈澱し、今日の悪い環境、言い替えれば浮泥堆積の問題を招いていると考えても良いか。

中村：干潟に満ちる潮は流れの持っている慣性エネルギーが乱れエネルギーに変換して浮揚力が大となり、反対に下げ潮は局所加速流となって浮揚力が小さくなる。これが干潟の発達する理由です。埋立で前面が深くなると、この機構が失われると同時に海底に沈積した浮泥への DO 供給もなくなり、貧酸素水塊の形成につながる。また直立護岸を設けると1/30より急な勾配の前浜は引き波(反射波)でなくなります。何れも沿岸環境悪化の原因と思う。

【本報文は平成3年度日本水産工学会シンポジウム(テーマ：内湾性貝類—特にアサリ—の生息条件と増殖造成)で話題提供した内容をまとめたものである。】