

I 結 言

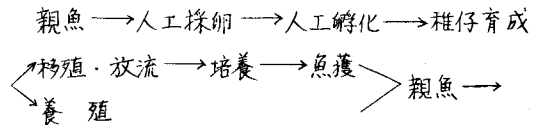
海洋資源の開発それは今日の世界的命題といわれています。それは生物資源、鉱物資源、空間資源といったものです。しかし再生産の伴わない資源の開発は現代人のエゴイズムといえましょう。石油、石炭をはじめ多く資源は数億年の蓄積です。これを高々100年のオーダで消費するのは蓄積に要した時間と比べ、ほとんど瞬間といえましょう。限られた地球の資源を末長く利用するには再生産の範囲において利用すべきです。再生産には無論エネルギーを必要とします。このエネルギーは太陽に求めることになりましょう。水産における海洋開発も、この再生産の機構を開発することに焦点があります。水産業は近年まで海洋における生態系の平衡の範囲内において専ら獲る漁業として存在してきました。しかし現在は漁獲技術の世界的向上と漁獲努力の増大によって生態系の平衡は失われ水産資源の滅亡を招来しつつあります。更にこれに沿岸海域の環境破壊もまた拍車をかけています。沿岸海域は水産資源の重要な再生産の場です。また沿岸は水産資源の豊庫でもあり、日本の水産界は世界中の外国の沿岸で漁業を行なうことが多い。世界有数の漁獲を誇る日本水産は遂に資源培養に最も力を入れなければならぬはずです。

資源培養型漁業技術を最急に開発して世界に普及する責を負わなければなりません。

II 生産資源培養型漁業

資源培養型漁業は自然的生態系における再生産の場を破壊するまでに至った従来の獲る一方の漁業から資源を増加させてからとる漁業へと変化したものです。資源を増加させる方法として漁獲

制限や漁獲禁止水域を設定する消極的な資源培養と、より積極的な栽培漁業とがあります。栽培漁業は



といったサイクルをもった漁業です。特に天然の場に移殖・放流を行なうループは増殖事業と呼ばれ、この他に天然群の増殖を図るための産卵場、稚仔育成場の造成などがあります。

栽培漁業技術の問題は①には種苗生産技術があります。これはホルモン注射をしたり、温度刺激・塩分刺激などを行なって人工的に産卵、孵化するし稚仔の種苗を得るため技術、②には種苗の移殖・放流で水槽から天然の海へ放流するとき食害生物や波浪などの物理環境から保護し良好な餌料環境を与えるなど放流場、中間育成場などの造成技術、③に培養魚礁、築礁、海藻林造林密度増大などの漁場改良、④に魚獲技術、⑤に親魚養成であります。以上は生態的研究と、工学的研究の協同の上に成立っています。このうちの工学的面をもった若干の事例を紹介します。

その一つは放流場の造成です。現在「浅海域における増養殖漁場の開発に関する研究」という生態と土木の共同研究が行なわれています。その一つにクルマエビ放流、中間育成場の造成研究があります。クルマエビの天然群は干潟域に定着し大きくなるに従って深い所へ移っていきます。従って稚エビにとってどのような干潟が適しているのか最適環境を分析し、最適環境に干潟を改造する。クルマエビは現在億の単位で稚エビ(体長10mm)を人工生産できます。孵化水槽から天然の海へ

放流されるとき、餌になつたり波や流れに流されたり、放流直後に数パーセント～20パーセント程度に減ってしまいます。これを半ば管理された干潟、それは干潮時は水田のような浅いタイドプールに、満潮時には海面下に没するものですが、このような人工干潟を造成すると90%程度生存させ、また天然干潟に比べ単位面積当りの密度を50倍程度には上げられるようです。これらの放流エビを2週間程度、体長にして2～3cmまで保護育成して深い所へ出ていかせます。この間餌料は全く与えません。このようにして添加されたエビ資源は天然の海の中で成長し、これを漁獲するのです。この事業の養殖との相違は、養殖は稚魚からマーケティングまで所有者が一貫して行なうのですが、そこには餌料の問題があり魚を餌とするのでは限界があります。増殖は天然の生態系に有用魚種を優先種とするための技術です。沿岸干潟域は陸地造成によってその多くが失われました。高生産性の干潟造成が必要です。エビ、カニ、ヒラメ、カレイ、貝などの底棲生物の資源培養の場が干潟浅海であるのに対し、遊泳魚類の資源培養の場は藻場あるいは河口域です。その何れも水質汚濁によって消滅しつつあります。サケ、マスの放流は技術化されたものですが、その回帰率は、0.1%～5%にすぎません。河口および河口海域の環境がこれを支配していると考えられます。これを数パーセントに高めるよう河口改良、あるいは人口河川のようなものも必要となります。その他、タイ、アワビなども種苗生産には成功しております。天然群においても人工孵化種苗においても産み落とされる卵の数に比し成魚となる割合は極めて微小でその減耗の多くは卵、稚、仔魚期においてです。この減耗をなくするのが放流場・中育苗成場としての海域環境の制御技術です。

次に成魚とするための場の造成があります。魚のアパートで知られる人工魚礁も培養魚礁として

海域豊度の向上技術も含めて考える必要があります。日本水産資源保護協会では日本の全海岸線の1/5に亘る延長で水深50m線に大魚礁帯を作ること検討しております。また、27000Kmにおよぶ日本海岸の大半を占める砂浜は大きな可能性を蔵しています。海藻林の造成、静砂、浮魚礁などがあります。砂浜海底に杭を打って柵を作り、この上にU字溝のようなものを全面に並べれば海藻の刈取り、コンクリート面の掃除(新しい面には海藻が着くが古くなると海藻が生えない)など、海上から機械化できる。

Ⅲ 海域豊度の増大と過栄養化

クリスティおよびスコットは海底に沈積した栄養度の高い海水を上昇させ、プランクトンを大量発生させて水産の潜在生産力を増大させることを考えました。湧昇流の発生に海底原子力発電による温水あるいはスクリーなどを考えています。またテャップマンはこのような大湧昇流によって海の潜在生産力を現在の約80倍に当る40億トンにあげることができるといっています。これらはアイデアと大まかな見積りですが、湧昇流の発生が海域豊度を増大させ生産力を増大することを主張しています。

これは大洋の海水は貧栄養水であることを意味します。黒潮もまた貧栄養です。他方日本沿岸の湾や、内海では過栄養化が進んで漁場は荒廃しようとしています。ここ数年急速に顕在化した赤潮被害は貧死の海のあえぎにもなっています。瀬戸内海の栄養水塊を適当な濃度で黒潮に拡散させれば黒潮の水産的生産力は増大するでしょう。無論重金属汚染は許されません。

Ⅳ 水産土木技術

水産土木技術は漁場工学と漁港部門より成立っていますが、ここでは漁場工学部門について現状と今後の問題について述べます。

1. 漁場環境工学部門

この部門は漁場の最適環境条件を分析し、どのように環境を改変すべきか、またその改変技術そのものについての問題について検討するもので、漁場の改良・保全・造成の計画に関連する分野です。小項目に分けて説明しますと次のようです。

(1) 環境分析：水産と土木の接点にある重要な部門です。実験計画法、多変量解析、確率過程、シミュレーションなどの数学的手法を食正最適環境条件の分析、環境改変による効果の評価手法などを研究します。またこの中では環境における生態反応、例えば波や流れの中での魚類の反応といった学際的問題を含みます。魚のアパートで知られる人工魚礁で魚道を作り魚を誘導する配置を定めるにはマルコフ過程と呼ばれる確率過程の問題にすることが有効であると考えられます。これらは一例にすぎませんが、環境改変を行なおうとする土木的発想と、自然をそのまま巧みに利用しようとする生態とは大きな相異があります。水産と自然の変動から守り安定した生産の維持される産業としての近代化を計るにはどうしても工学的発想を必要とします。しかし、ここでは水産生物の知識を必要とし両者の協調が必要となります。前述の人工干潟実験もその一環であります。

(2) 環境水理：水産環境としての水理学で栄養排水、温排水、塩淡水、溶存懸濁水など水質に関する水理であります。従来の水理学が圧力とか平均流速とか、運動量の輸送であるとか、概念的量の解析に主体が置かれたのに対し、水分子など物質そのものの挙動を問題にする立場であります。このことは、水質汚濁の研究とも相通じます。近年、混相流の研究が盛んでありますが、その殆んどが密度躍層など物理的多層流であります。水産ではCODや硫化物量など水質躍層が問題となります。現在研究中の若干の事例を紹介しましょう。閉鎖型の湾ではD.O.問題が漁場としての生産力を決定します。湾口における海水交流は温度、

塩分量などから外海水より若干軽い内水と外海水とで行なわれます。外海水は湾口流速、流量が大きい場合には内水を混入しながら表層に流入し、流速流量が小となると潜入します。このような類型化の条件とそれぞれのタイプでの海水交換量が問題となります。また湾内の各水深へ供給された外海水中のDOの消費がどのようになるか、ということが解決されて湾の水産的利用計画が検討できます。また底層悪水をポンプなどで排除する場合、ポンプの排除能力を決めるには水質悪化(CODの増加など)の時間的特性を解析する必要があります。COD、酸化還元電位、とDO消費の水理的関係が必要です。

(3) 環境改変技術

水産生物の最適環境条件がわかれば、そのような環境に改変するための技術が必要となります。二、三の例をあげましょう。

ミオ筋工(作れい)：これは湾や河口などの浅海で潮汐流の流線が閉形となり、下げ潮で流出しても次の上げ潮で戻ってしまうような所にミオ筋を掘削することによって、局部的に流速を速くし滞流水塊を破壊して海水交換を促進し、水質を改善する工法です。湾口改良、新水道開削：これは湾口が小さすぎたり、流水抵抗が大きい場合には、潮汐による流出入量が少なくなり、遂に湾口が大き過ぎれば流速が小となって湾奥の水が滞流する。このようなとき、湾口を適正な大きさに改良し、あるいは湾奥に新しく外海に通ずる水道を設けて、湾内水と外海水の交流交換量を大にする工法です。エアレーション：この工法は水中から気泡柱あるいは気泡幕を発生し、気泡による直接の空気溶入や、気泡上昇による連行上昇流による底層無酸素水の表層曝気などを計るものです。

これはまた、塩淡水密度層の破壊や流速の鉛直分布の制御にも用いられます。たとえば魚類の卵、稚仔の段階では表層近くに分布しますので、エア

カーテンで上昇流を作り、上昇流に誘起される水平流で表層流を制御し卵、稚仔の誘導が可能です。またエアバブルカーテンについては現在研究中ですが、昨年は高知県水産試験場の協力を得て海底10mの所で実験を行ないました。直径5cm長さ4mの塩化ビニールパイプに直径1mmの気泡噴出口を5cm間隔4列に計320個あけたものを8本を8角形に組み円筒状にバブルカーテンを作りました。コンプレッサーは15KW、吐出圧力7kg/cm²、風量は大気圧換算値3m³/min すなわち、156 l/sec/m のバブル量です。このとき発生する湧昇流量は1m³/sec/m 程度です。このときの必要エネルギーは設備容量で0.5KW、運転時電力で0.2KW（負荷率0.4）です。この値は大変良い効率で十分実用に供し得る値です。

2. 漁場施設部門

増養殖漁場の施設、基盤に関する技術部門です。

(1) 生産施設

養殖池、筏、イケス、網、ロープ施設など主として養殖用施設です。養殖池は陸上池、海面を仕切る築堤式池、網仕上池およびその給排水装置が問題となります。筏はカキヤホタテなどの養殖筏があります。貝類は、流れによって運ばれてくる餌料をとりますので筏の水理構造が問題となります。また繫留方法、耐波性などが検討されなければなりません。イケスは蛟やを送にして浮かせたような小割イケス、支柱で網囲いをした網囲いイケス、築堤式イケスなどがあり、ここでは海水交流の促進、投餌、管理、老朽化防止などが問題で水理的基礎に基づく設計が必要となります。網・ロープ施設は、ノリ網やワカメロープなどで生育に必要な波、流れなどの水理環境と施設や、生物が被災せぬような波浪制御が必要です。

他方人工魚礁、築磯、人工干潟、人工藻場、中間育成場、魚道などの増殖施設があります。

(2) 保全、防災施設

波、高潮、津波などに対する保全、防災施設で潜堤、浮防波堤、空気防波堤、その他各種の防波堤があります。これらは、漁場施設を守るための外郭施設ですが、これは漁場環境を悪化しないための配慮、たとえば流れの流通を阻害しない、大きな波は遮断しても、小さい波はあった方がよい、などの条件が必要です。あるいは、場合によっては季節的・海域の利用形態から取りはずし可能なことが必要であったりします。また、陸上の人命財産を守るための海岸法があっても、海上の人命財産を守る海岸法のないのは不合理です。これは早急に検討されなければなりません。

3 漁場開発部門

浅海域の水産開発に向けての今後の課題として、大陸棚の深部（200m以浅）におよぶ開発工學部門で次のような内容があります。

(1) 砂浜開発

27,000Kmにおよぶ海岸の半分以上を占める砂浜は大きな開発の可能性を蔵しています。海藻林の造成、静砂工、魚礁、浮魚礁、二枚魚場造成などが考えられております。

(2) 沖合漁場開発

大陸棚深部開発に関する事業で、大魚礁帯の造成、大型浮魚礁の設置、沖合増養殖場の開発（沿岸漁業開発対策研究会、全漁連）や養殖プラントが検討されています。前者は日本海岸線の約1/5の延長に亘って水深50m付近に大魚礁帯を作り、これに栄養排水と補給して培養魚礁を作る構想で、後者は大規模イケスを海洋上に運搬し、プランクトン等餌料豊かな海域を回避して育成する方法です。その他、海中牧場構想などもやがて現実の問題となるでしょう。

(3) 生産システム研究

ハードウェアとしての養殖、増殖施設の管理システムと漁場計画、地域計画などのソフトウェアとしてのシステム研究が開発されることが必要で

、これによって栽培漁業の効果的開発、事業化が可能となります。

4 水産環境保全

(1) 水質汚濁

水質規準が多くの社会問題、社会紛争によって、ようやく改善されましたが、水質汚濁の進行はもはやこの規準でも対処できないことは周知の通りであります。この規準の最大の欠点は濃度規制であって絶対量規制ではないことです。海水を汲みあげて希釈して排除するのでは規制になりません。特に湾、内海では海水の交換率と汚染度は不可分の関係にあります。各海区の海水交換率を求め、これによる水質規制を負荷純量規制として早急に行なわなければなりません。

(2) 瀬戸内海水質環境の改善

瀬戸内海の海水交換を向上させる若干の案について述べてみましょう。

第1案・本四架橋の一つ明石ルートにゲートをつける。これは上げ潮時ゲートを閉じ下げ潮時ゲートをあける。この操作を行なえば内海への流入は九州側から入り、流出は紀伊水道と九州側の両方から流れます。ゲートを全部つけると通航は下げ潮にしか行なえませんから一部開口し、開口部ゲート部の割合いどどのように交換量が得られるかを検討します。

第2案・黒潮の接岸する足摺岬沖に漁礁をかねた大導流堤を作り黒潮の派流を作る。この効果は第1案程顕著ではありませんが、恒流成分を 1cm/sec 発生させることができれば瀬戸内海の水は1年余りで黒潮に流去できます。導流効果は速度エネルギー（慣性力）によりますが、足摺沖の速度水頭はほぼ 0.2m です。

第3案・明石あるいは主要海峡に導流堤を作り、その配置によって流入、流出時の流量係数が異なるようにする。例えば明石海峡でハの字形に上を大阪の方に向けて導流堤を配置しますと、瀬戸

内海へは流入しにくく、流出し易いことになりゲート開閉効果と同じ効果と起させることができます。

第4案・魚礁をかねた潜堤を瀬戸内海的主要海峡、瀬戸に配置して拡散係数の向上を計る。

以上の案を具体的に数量化するための数値モデル、水理モデルの研究を行なう必要があります。

(3) 沿岸干潟域の保護

沿岸はその優れた立地条件と経済性から陸地化して陸産あるいは生活空間としての利用が行なわれてきました。他方浅海干潟域は前述のように水産における重要な再生産の場です。このような場の消失は単なるその水域だけでの生産高で考えるべきではありません。このような実情は埋立て、干拓その他水産以外での利用計画時に水産との相互理解の不十分さが広域にマイナスの効果を及ぼしたり、相互不信からの紛争が生じたりしていました。また水産は積極的に漁場を開発しようとするより消極的に漁場の保全を考えることで精一杯で、これも漁民の漁業補償という形で解決されました。沿岸干潟域、藻場、河口汽水域など十分な場の評価の認識の上に、沿岸域の開発が計画されることが必要である。

V. 結 言

以上水産における海洋開発の動向とそれに関係する工学的分野を若干主観的に述べました。海洋開発は未来産業として可能性と現実の切実な環境問題をもっています。いつでも、どこでも些細な刺激で大発生の可能性をもっている瀬戸内海での漁業はどのようにしたらよいのか、生活を漁業に依存する漁民に対し答えることのできないのが現実です。海洋の開発は資源の再生産機構を發展させるか阻害するかによって、真の開発か、開発という名の海洋破壊かがまぎります。真の海洋開発のための研究者の責務が今日ほど大なるものはありません。