

大水深海域における生物増殖と漁場造成技術

Improvements to Aquatic Environments and Fishing Grounds Reclamation Technology in Deep Sea Areas

武内 智行*

Tomoyuki TAKEUCHI

水産土木分野における大水深海域での水産生物増殖および漁場造成の考え方と、方法ならびに調査・試験・事業実施事例を紹介した。その上で、今後大水深海域の技術開発を行っていく上での問題点と課題を検討した。

《増殖；漁場造成；大水深域》

Ideas and means of enhancement of aquatic lives and fishing ground reclamation were explained. Some examples of field survey, experiment and construction work in deep sea areas were also presented and the problems to be solved were discussed.

Keywords: enhancement, fishing ground reclamation, deep sea area.

1. まえがき

ここでは、まず最初に、水産土木分野における大水深域の定義とその背景を紹介する。次に、大水深海域での水産生物増殖あるいは漁場造成に関する事業実施事例や調査・試験研究事例のいくつかを紹介する。その上で、水産土木分野における大水深域開発技術の現状と問題点を検討し、今後、大水深海域において水産生物増殖や漁場造成に関する技術開発を行っていく上での課題を整理する。

なお、本報は1991年2月に開催された海洋工学連絡会第3回海洋工学パネル「海洋の計測と開発技術—大水深域を対象として—」にて、「大水深海域における生物増殖技術」と題して話題提供した内容に、一部修正を加えたものである。

また、本文中では次の略称を用いた。

*水産土木研究室長

沿整事業：沿岸漁場整備開発事業

MF 21：社団法人マリノフォーラム 21

全振協：社団法人全国沿岸漁業振興開発協会

沿整設計指針：沿岸漁場整備開発事業構造物設計指針

人工礁計画指針：沿岸漁場整備開発事業人工魚礁漁場造成計画指針

2. 大水深域の増殖技術および漁場造成技術

2.1 大水深域とは？

①水産土木分野において「大水深域」の確たる定義はないが、例えば「現在沿整事業では、事業の緊急性から基礎資料も整い、既存技術の活用できる浅海域（約100m以浅）での実施がほとんどであり、大水深域、大河川河口域については、物理的、化学的および生物的環境条件の把握の困難とこれら条件が

ら導出される場の計画技術も確立されていないことから、沿岸域の過半を占めるこれらの水域での整備開発はほとんど行われていない。」¹⁾の記述にみられるように「100 m以深を大水深域」としていた。

②昭和51年度から始まった沿整事業はおおむね200 m以浅の水域、すなわち大陸棚の漁場整備を目論んでいる(ただし、昭和63年度からの第3次沿整事業では200 m以深の「深海域」も対象としている)。しかし、発足当初の沿整事業では種々の事情から100 m以深における実施事例はきわめて少なかった。このことから100 mをひとつの目安として、それ以深を「大水深域」とした。

③この考え方は現在も変わっていない。100 m以深の大水深域での魚礁設置事例や水産生物増殖あるいは漁場造成に関する調査・試験事例は増えてきているが、全体の中ではまだきわめて少ない。海洋牧場構想、マリノーション(沿岸・沖合域総合整備)構想などの新しい構想も、その多くは現状ではおおむね100 m以浅を対象としている。

2. 2 生物増殖および漁場造成の考え方と方法

(1) 生物増殖

水産生物の増殖の方法とそれを支える技術は、図-1のように整理される²⁾。

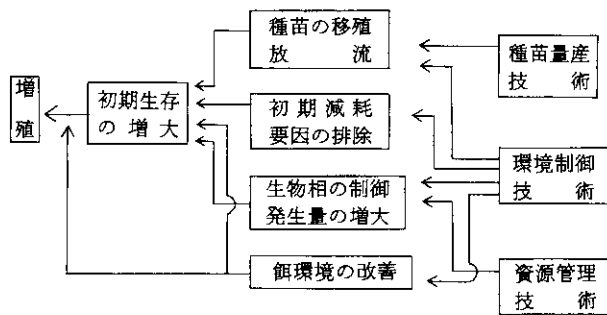


図-1 増殖の方法とこれを支える技術²⁾

初期の減耗が通常は最も厳しいため、対象魚種の増殖を図るには発生を増大し減耗を抑止して、初期の生存の増大を図ることが基本であるが、一部についてはその後の生残率の向上も重要である。そのため、増殖を阻害している因子が真になんであるかを見きわめて対処することが必要である。

方法としては、

- ①種苗の移植放流←種苗量産技術、放流場の環境制御
- ②初期減耗要因の排除←生物的・物理化学的環境

要因の改善

- ③生物相制御と発生量増大←競合生物の排除、環境の制御、資源管理

- ④餌料環境の改善←環境の制御

などがあげられる。土木、工学分野が寄与できるのは特に環境制御においてである。なお、資源管理の一部にも寄与できよう。

(2) 漁場造成

- ①魚礁による漁場造成が、主として実施されている。

人工魚礁は魚類などの水産生物が礁、沈船などに蟄集する性質を利用し、対象とする水産生物の漁獲の増大、操業の効率化および保護培養を図るための施設である³⁾。すなわち、人工魚礁は魚類の蟄集効果とともに、産卵場あるいは保護育成場としての増殖効果も目的としている。魚類の蟄集機構は解明しつくされてはいないが、人工魚礁がこれらの水産生物の生息場所として好適な環境条件を作りだすためと考えられる。

人工魚礁には各種の付着生物が着生すること、周辺水域、周辺海底にはプランクトン、ベントスなどが増殖することから、魚礁の付着物を直接摂餌する魚種、プランクトンを捕食する魚種、ベントスを捕食する魚種、魚礁に蟄集する小魚を捕食する魚食性魚などの餌場として重要な役割を果たしている。また、一部の魚種については産卵の場として利用することが知られている。さらには棲み場、憩いの場、隠れ場としての機能も持っている。

魚類の魚礁に対する定位の仕方は、おおよそ次の3タイプに分けられる(図-2)。

- I型：魚礁に体の大部分もしくは一部分を接触させている魚種。(例：アイナメ、カサゴなど)
- II型：体を魚礁に接触させないが、魚礁の周囲を遊泳する魚種および魚礁の周辺に定位する魚種。(例：マダイ、チダイ、アマダイ、イサキ、メバル、インダイ、ヒラメ、カレイなど)
- III型：魚礁から離れた表・中層水域に滞泳する魚種。(例：ブリ、ヒラマサ、カツオ、シイラ、アジ、サバなど)

III型魚種については礁の潮上側に定位することの多いことが報告されているが、その理由のひとつとして地形波の発生があげられている(図-3)²⁾。

なお、魚礁漁場の配置の概念図を図-4に示す。

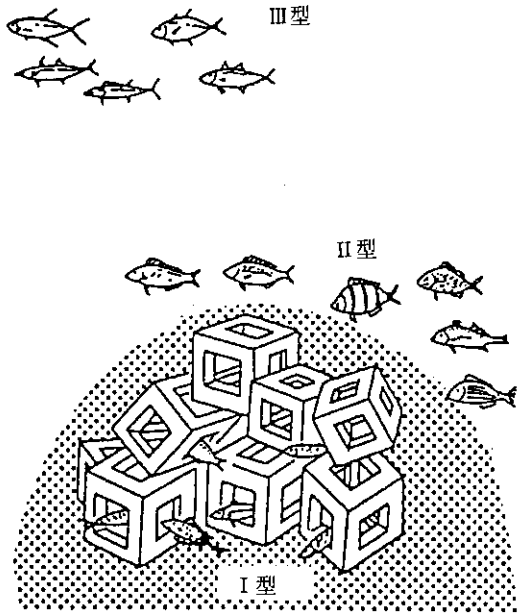


図-2 魚礁構造と魚種の類型³⁾

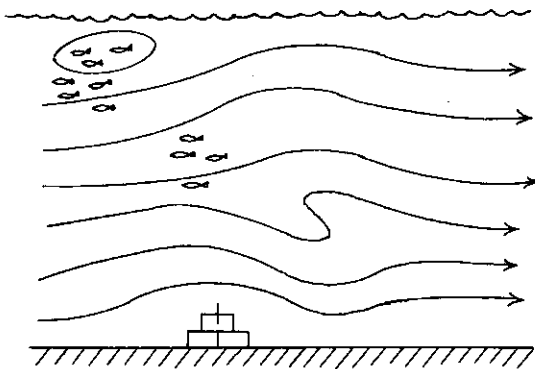


図-3 人工魚礁による地形波の発生²⁾

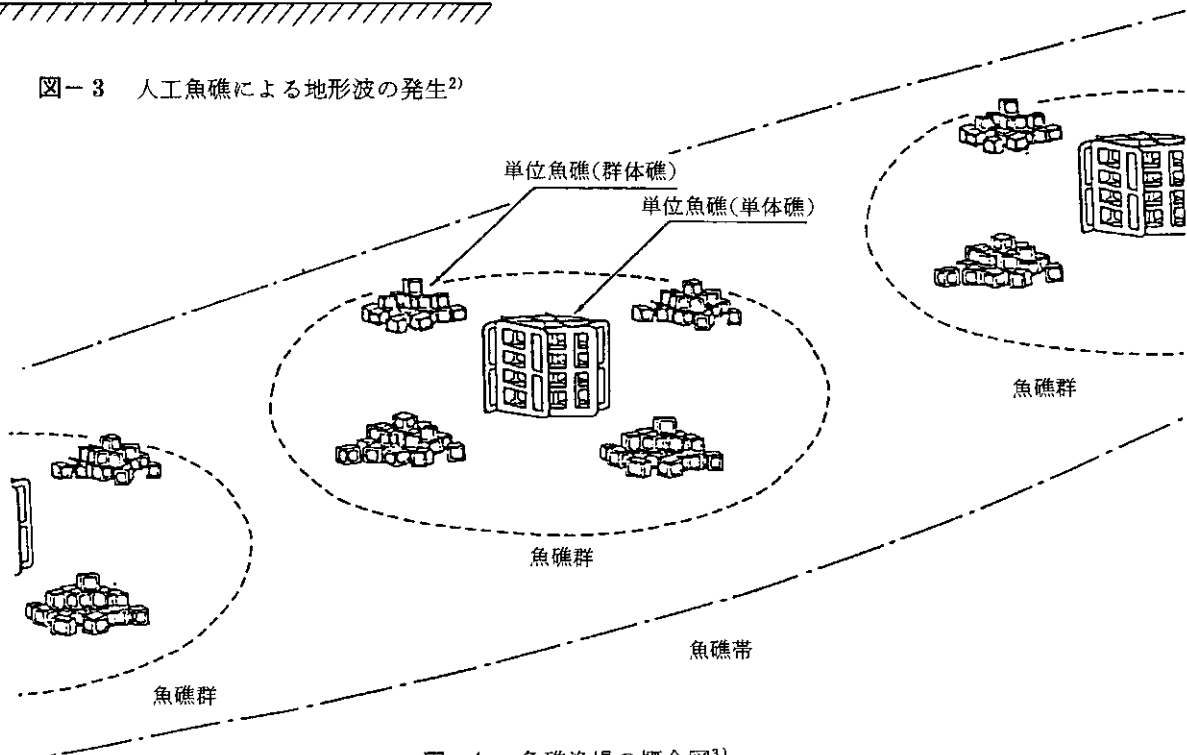


図-4 魚礁漁場の概念図³⁾

②浮魚礁は底設型の人工魚礁とは別のタイプの魚礁であるが、回遊性の魚類が自然の流れ物につく性質を利用し、人為的にそれを造成することによって、魚類を蜻集および滞留させ、安定した漁場を形成するとともに、さらには保護育成を促進する施設として用いられる。

③また、人工湧昇流発生構造物や深層水の汲み上げによって表層域の栄養塩を増大させ、植物プランクトンの増殖を促進し、食物連鎖によって魚類の蜻集を図ろうとする方法(図-5)があり、現在、現地試験段階にいたっている。前者については、魚礁としての機能も有している。

3. 実施事例

3.1 人工魚礁(底設魚礁)設置事例

①昭和56年度実施の魚礁設置事業において、並型魚礁設置事業(以下、並型と略す)437例のうち2例(0.4%)、大型魚礁設置事業(以下、大型と略す)123例のうち7例(5.7%)、人工礁漁場造成事業(以下、人工礁と略す)65例のうち6例(9.2%)、計625例のうち15例(2.4%)が100m以深であった。このうち、125m以深は3例(0.5%)のみである。[水産庁資料による]

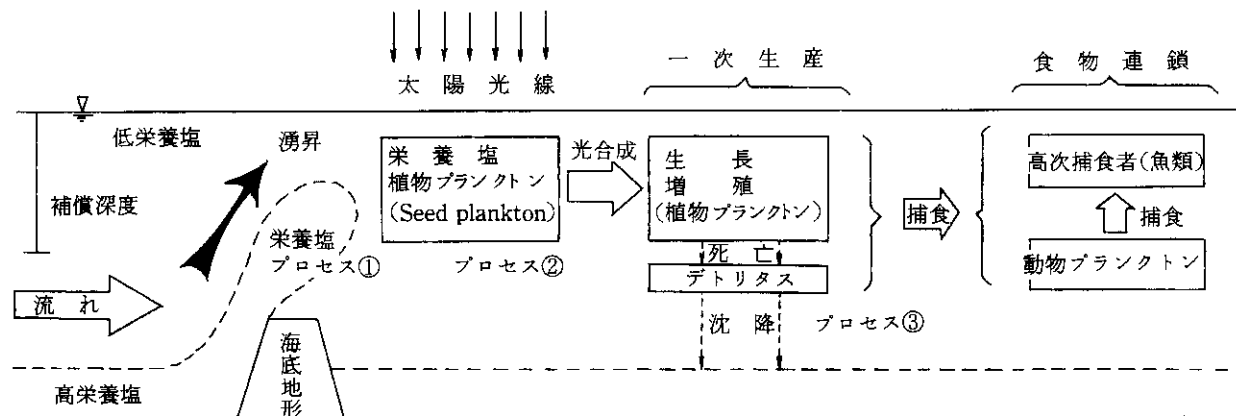


図-5 湧昇流による生物生産模式図

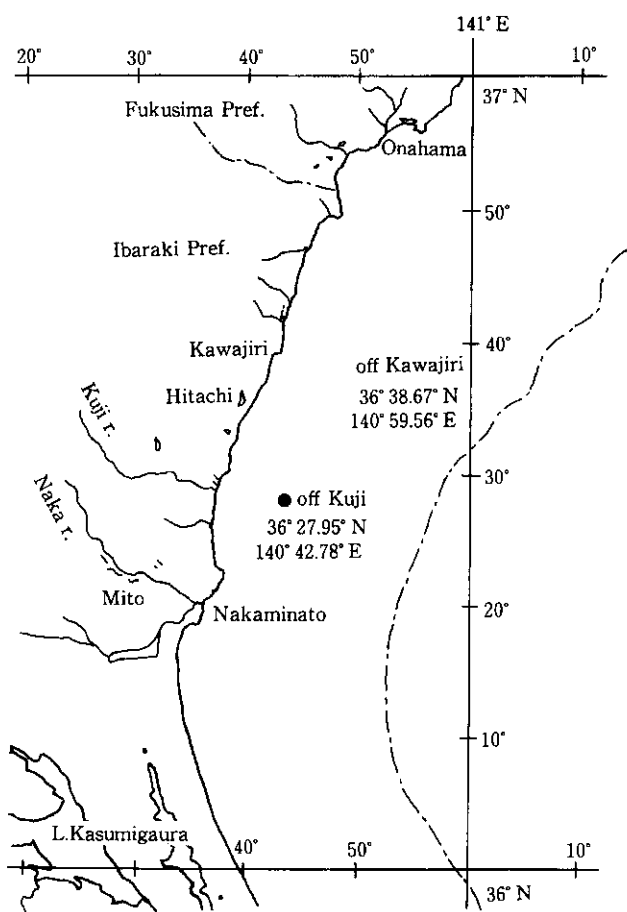


図-6 茨城県川尻沖調査地点

②昭和62~63年度に完了した魚礁設置事業(並型, 大型, 人工礁)のうち59例で, 100 m以深に設置されている。その内訳は並型1例, 大型51例, 人工礁7例である。最も深いのは北海道泊(1.8 m円筒型)および長崎県福江島東(4 m角型)の160 mである(いずれも大型)。離岸距離は北海道武蔵堆地区が83 kmで最も遠く, 次いで長崎県福江島東地区の24.2 kmであった(20 kmを超えるのはこの2例のみ)。

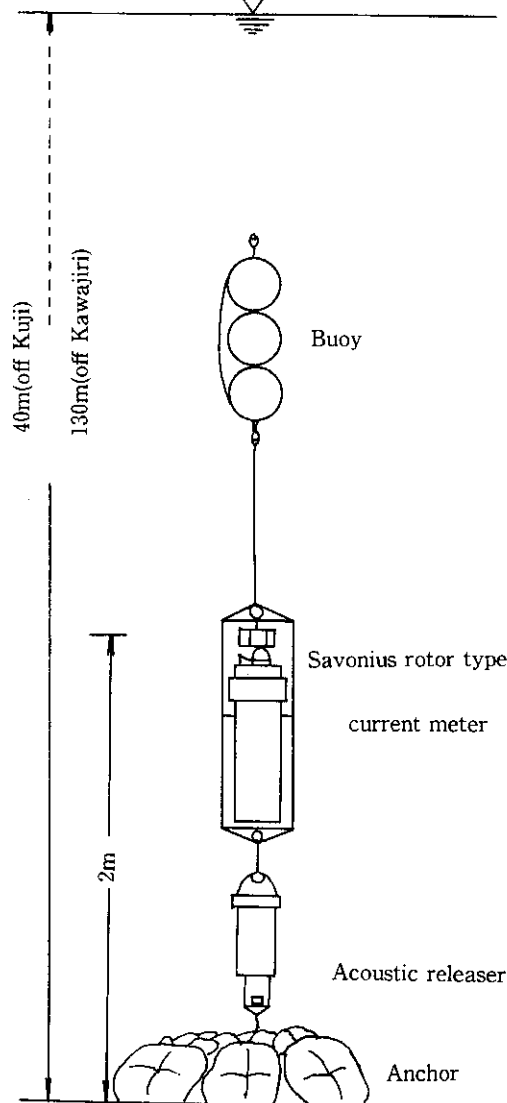


図-7 流速計設置様式

表一 流速最大値一覧(茨城県川尻沖底層流速調査)

通算回数	①測 得 期 間 (または設置期間)	② 日数	③生データ 最 大 値	④1時間平 均最大値*	⑤ 恒 流	⑥最大合成 流×1.58	⑦ **×1.58
1	58. 5. 16-6. 10	24	53.8	34.7	10.7	33.4	47.7
2	58. 6. 10-7. 8	27	49.5	25.0	6.9	26.0	23.7
3	58. 7. 8-8. 12	34	50.5	24.8	7.1	34.2	29.7
4	58. 8. 12-9. 9	27	56.5	30.5	6.6	31.6	29.5
5	58. 9. 9-10. 7	27	67.6	49.1	6.1	36.3	37.6
6	58. 10. 7-11. 2	25	56.5	41.8	2.2	40.4	33.0
7	58. 11. 2-12. 6	33	45.5	41.4	6.3	37.9	40.4
8	58. 12. 6-1. 6	30	30.4	20.2	1.0	12.3	25.6
9	59. 1. 6-2. 11	36	31.7	23.7	0.7	15.6	33.5
10	59. 2. 14-3. 21	36	22.1	17.0	2.7	12.8	19.8
11	59. 3. 23-4. 18	-	-	-	-	-	-
12	59. 4. 18-5. 14	25	45.5	36.7	1.5	22.2	50.1
13	59. 5. 14-5. 24	9	37.2	23.3	5.2	40.2	19.4
14	59. 6. 11-7. 16	34	36.9	18.5	6.1	25.9	24.3
15	59. 7. 16-8. 17	32	37.3	33.8	8.5	31.4	29.5
16	59. 8. 17-9. 13	26	51.8	30.9	5.2	33.7	32.7
17	59. 9. 13-10. 11	27	72.9	52.9	7.7	55.1	39.5
18	59. 10. 11-11. 9	28	57.8	46.7	5.1	59.4	38.7
19	59. 11. 9-12. 10	-	-	-	-	-	-
20	59. 12. 10-1. 11	31	34.3	28.3	8.1	30.6	38.7
21	60. 1. 11-2. 15	35	39.6	36.9	9.3	28.1	46.7
22	60. 2. 15-3. 8	20	29.0	23.1	5.5	20.0	29.9
23	60. 3. 8-4. 9	32	23.4	15.0	1.6	11.7	21.0
24	60. 4. 15-5. 13	-	-	-	-	-	-
25	60. 5. 13-6. 17	35	39.8	28.7	6.2	30.4	37.9
26	60. 6. 17-7. 11	23	42.7	32.3	1.2	18.7	34.5
27	60. 7. 11-8. 12	31	30.3	22.5	6.3	30.3	28.1
28	60. 8. 12-9. 9	27	26.2	18.6	3.5	20.4	19.7
29	60. 9. 9-10. 9	30	43.9	29.3	0.2	21.3	22.5
30	60. 10. 9-11. 11	32	38.6	25.2	1.7	11.2	23.4
31	60. 11. 11-12. 13	30	44.4	35.6	5.0	29.7	41.5

* 加算平均値 **12時間移動平均最大値

(単位: cm/sec)

[全振協資料による]

③昭和51~63年度に、完了または着工した人工礁157例のうち100m以深での実施例は10例(6.4%)、一部が100m以深の実施例は27例(17.2%)となっている。最も深いのは、北海道福島地区の105~155mである。対象魚種としてあげられているのはタイ類、カレイ類が最も多く、次いでブリ、ヒラメ、サバなどの順となっている⁴⁾。

3. 2 底層流況長期観測事例

大水深域の物理環境のひとつの重要な因子として流況がある。これについて、短期の調査結果はあるが、長期の観測記録となるときわめて少ない。

武内⁵⁾は茨城県川尻沖水深130m地点の底上2m

の位置において、約1カ月毎に計器の回収・設置を繰返す方法で昭和57~59年度にかけて約2年半の長期連続観測を実施した(図-6, 7)。水温・塩分センサーつきの磁気記録式流向流速計を用い、5分間隔で観測した。各回の1時間平均流速の最大は15.0~52.9 cm/sが得られた(表一1)。なお、この観測には海底構造物の設計流速の算定方法の実証のためのデータを得る目的があり、この成果をもとにその算定方法が沿整設計指針に採用された⁶⁾。

3. 3 底層水利用技術開発試験事例

(1) 人工湧昇流構造物

まだ100m以深での設置事例はないが、受援県宇和高沖(水深50m程度)の現地に試験的に設置され、

追跡調査が行われている。湧昇流の発生状況、魚類の鯖集状況などが検討されている⁷⁾。

(2) 深層水利用技術

① 深層水による海域肥沃化実験

昭和61年度から3カ年で洋上設置型深層水取水散水装置を建造し、平成元年度から富山湾の水深300m地点で散水試験が実施されている(日本海区水産研究所らのグループ⁸⁾)。

② 深層水有効利用実験施設

昭和61年度から高知県と海洋科学技術センターが協力して建設した施設で、平成元年度から陸上施設において深層水を利用した海洋生物の飼育・培養技術開発などが実施されている。水深320mの深層水と施設前面海面の表層水が取水されている。

3.4 浮魚礁設置事例

(1) 土佐湾域黒潮牧場

高知県では全振協他の協力を得て、昭和50年12月に土佐湾中央部高知市南方40km、水深550mの地点に土佐黒潮牧場1号と称した浮魚礁を設置し、2カ年の実証試験を行って、昭和61年12月に回収した。耐久性を主体として、他に漁場環境・集魚生産効果・付着生物・維持管理に関する調査が行われた⁹⁾。

(2) 浮魚礁システム開発試験

回遊性の魚を集め、滞留させ、同時に資源の保護培養を促進するための浮魚礁の技術に関する研究の実施と現地試験が実施されている(MF21パンフレット)。

(3) 沖合漁場造成開発事業^{10),11)}

本事業は、沿岸漁場の造成に有効な手段となりつつある浮魚礁(表・中層)を沖合(距岸50海里以遠)域に相当規模設置することにより、漁場を造成してわが国200海里内の漁業生産力の向上を図り、ここを利用する沖合漁業者の経営安定を図ることを目的としている。昭和62年度から5カ年計画で実施されている。

対象魚種はカツオ、メバチ、クロマグロ、シイラ、カンパチ、ブリ、カジキ類などの表層魚とし、当面は竿釣、曳縄などの釣漁業のための浮魚礁(表・中層)による造成を図り、対象魚種の魚道、浮魚礁の効果的配置と規模並びに経済効果などの検討を行うこととしている。

昭和62年度はトカラ列島、宮古バンク、奄美海台、四国沖の各水域に計40基設置した。昭和63年度は

トカラ列島、宮古バンク、紀南礁の各水域に延べ44基設置した(ただし、62年度の残存分を含む)。水深は四国沖水域で4500~5000m、他の水域では740~2200mの範囲にあった。

その結果、62年度の残存率は43%、63年度は42%で耐久性に問題のあることがわかった。流失は11月と12月に多く見られており、風の影響が考えられた。なお、MF21タイプの魚礁はセンタータイプのものより耐久性がよかった。

3.5 大水深域調査事例

(1) 未利用沿岸漁場開発計画調査¹⁾

本調査(昭和57~58年度)では、理化学環境とプランクトン、ベントス調査が行われた。大水深域のモデル水域として石川県内灘地区(85~250m)および対照水域として橋立地区(280~350m)を対象にした。この調査結果を受けて、ズワイガニの保護育成のための広域型増殖場造成事業が実施されている。

(2) 特定魚種漁場整備開発調査

平成元年度からズワイガニ資源増大のための実験漁場造成が試みられている。これは、一定の区域を選定し計画的に構造物を設置し、構造物設置前後のズワイガニの分布状況、構造物とガニの相互関係を調査することを目的としている。魚礁設置予定海域の水深は260m前後である(全振協資料による)。

(3) 日本海大和堆海域調査¹²⁾

近年、200カイリ内の漁業整備開発の展開が急務とされている。これについて、沿岸域では栽培漁業の振興、沿整事業などが強力に進められているのに対し、200カイリ内水域の大半を占める沖合域はほとんど手つかずの状態である。これは、基礎資料に乏しいことが大きな原因と考えられる。

この調査では、沖合漁場総合整備開発基礎調査のモデル海域として当海域を選定し、理化学環境、生物環境から社会、経済条件調査などを含めた総合調査を行っている。調査は、昭和63年度から3カ年を予定している。なお、調査海域の水深は246~1000m程度である。

4. 問題点と今後の課題

4.1 増殖技術

播種・放流場や産卵場・保育場はどちらかといえど生態系の単純化の方向で造成が進められる。これに対し、培養・育成漁場の造成では生態系のバラン

スが重要である。しかし、これについては知見がまだまだ乏しい。

湧昇流構造物や深層水利用による表層栄養塩の増大は技術的には実施できる段階にあるが、それが生態系に及ぼす影響の予測評価手法が確立していない。また、前者については底層流況の把握が必ずしも十分ではない。試験段階であるため、経済性にも不確定要素がある。

いずれにせよ、生物と環境因子との相互関係の把握が最も重要であるが、未解明の部分がまだまだ残されており、今後とも調査研究および現地試験を行っていく必要がある。

4.2 漁場造成

(1) 人工魚礁（底設魚礁）

人工礁計画指針³⁾では、計画諸元と調査事項を表一2のように整理している。この内容は、社会・経済に関する部分を除けば増殖技術にも共通している。しかし、大水深域では既往資料がない海域も多く、基礎調査の充実が望まれる。

また、末利用の大水深域の開発施設の施工に関しては、構造、形状、必要強度、施工性、コストなどについて未解明の部分が多く、今後は実証試験により明らかにする必要がある。

なお、魚礁設置事業を深所で実施していない理由として、次のようなことがあげられている（ある県での例）。

①漁業調整上の問題

- ア. 漁業種類間の競合が多い
- イ. 大型船舶の航路が多い

②操業技術上の問題

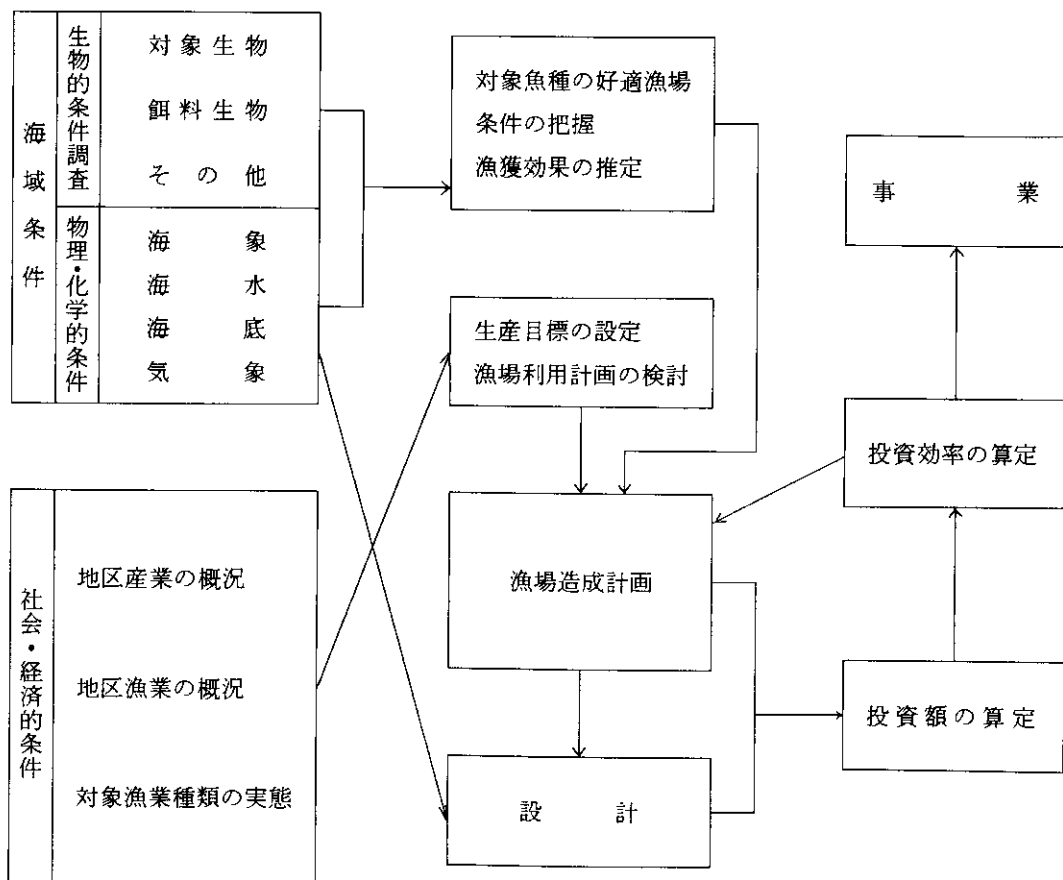
- ア. 漁場を見つけにくい
- イ. 操業が困難
- ウ. 危険が多い

③漁家経済上の問題

- ア. 燃費がかかる
- イ. 漁具代（漁労機械化）が高い

④生物上の問題

- ア. 魚道からはずれる



図一8 人工礁計画の基本的要素と事業の関連概念図³⁾

表一 人工礁の計画諸元と調査事項³⁾

計画諸元	諸元の好適条件	解明すべき内容	調査事項
造成位置	<p>対象魚種の蛸集が期待できること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・魚道に当たる水深、水質(水温、塩分など)が適していること ・餌料が豊富にある、または増大できること 	<p>対象魚種の分布移動と環境条件の関係および好適水深、水質</p> <p>対象魚種の発育段階別餌料内容、餌料生物の分布状況、餌料生物増殖の好適環境</p>	<p>海底地形、水温、塩分、水塊移動、標本船による漁獲実態調査</p> <p>漁獲試験、標識放流など</p> <p>対象魚種の発育段階別胃内容物、プランクトン、ベントス採集</p> <p>底質、水深、水温、塩分、水塊移動など</p>
	<p>設置構造物の洗掘、埋没、転倒、移動が起らないこと</p>	<p>設計条件</p>	<p>海底地形</p> <p>土質</p> <p>地層</p> <p>底質</p> <p>流速</p> <p>波浪など</p>
	<p>基準受益者数以上の利用者が見込まれること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・漁業根拠地から遠すぎないこと ・設置位置の確認が容易であること。 ・他の漁業種類とのトラブルが起らないこと 	<p>漁業種類別・漁船規模別操業可能範囲</p> <p>漁場位置確認技術の実態</p> <p>漁業種類別・季節別漁場利用実態</p>	<p>漁業種類別・漁船規模別経営実態</p>
造成規模	<p>生産目標と整合すること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・蛸集期待量を収容できること ・増殖期待量に見合っていること ・利用漁船数に見合っていること 	<p>単位規模当たり蛸集量</p> <p>来遊資源量など</p> <p>稚魚の加入量の推移</p> <p>漁業種類別1隻当たり必要漁場面積漁獲努力量</p> <p>既存漁場規模</p>	<p>既設人工魚礁の蛸集量</p> <p>漁獲量の経年変化</p> <p>漁獲物の年級組成の変化</p> <p>標識放流</p> <p>漁獲試験</p> <p>既設人工魚礁のI型魚の実態調査、放流稚魚の動態など</p> <p>漁業種類別操業実態</p>
単位魚礁の構成	<p>対象魚種の蛸集に適した構成であること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・魚礁単体の形状(部材幅、空間の大きさ、高さなど)が対象魚種の行動生態に適していること ・魚礁単体の組合わせ(設置密度、高さ、広がり)が対象魚種の行動生態に適していること 	<p>対象魚種の行動生態特性(走性)</p> <p>設置後の流動環境</p>	<p>既存漁場における漁場条件別生態調査、蛸集量調査(潜水観察、水中テレビ、漁獲試験など)</p> <p>バイオテレメトリー調査</p> <p>水槽飼育調査</p> <p>水理模型実験</p>
魚礁群の構成	<p>単位魚礁の配置が対象魚種の滞留、生息および対象漁法の操業に適していること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・単位魚礁間の距離は対象魚種が一带の場として利用しうる範囲であること ・単位魚礁の配列(方向性)は対象魚種の行動生態および対象漁法の操業に適していること 	<p>対象魚種の行動範囲、走性、礁の感知能力</p> <p>流動、水温などの環境条件と単位魚礁の蛸集効果範囲</p> <p>水塊の大きさ、変動規模</p> <p>対象漁法の操業形態</p>	<p>バイオテレメトリー調査</p> <p>距離別漁獲試験</p> <p>既存漁場の流動・水温調査</p> <p>水温連続観測</p> <p>漁具漁法調査</p>
魚礁帯の構成	<p>魚礁群の配置が対象魚種の移動経路上にあり、来遊移動する魚群を操業可能範囲内で効率的に利用できること</p>	<p>魚群が定位する水塊の規模、移動速度、対象漁業の操業範囲</p>	<p>水温、塩分の定点調査</p> <p>リモートセンシング調査</p> <p>流況および水質調査</p> <p>漁家の聞き取り調査と漁業誘導方向の検討</p>

- イ. 資源が少ない
- ウ. 蛸集効果が悪い

⑤施工上の問題

- ア. 工事費が高くつく
- イ. 工期が長くかかる
- ウ. 施工精度が悪い

(2) 浮魚礁

浮魚礁では設置の効果は十分認められているが、複数配置する場合の効果的配置は未解明である。また、流失例がまだあるため、耐久性についての一層の吟味が必要である。

4. 3 沖合漁場

沖合表・中層性魚類については資源にまだゆとりがあるものが多いので、漁獲効率の向上が課題である。

海山・海礁性魚類および沖合大陸棚性底魚類については未利用資源の開発および適当な資源管理により、資源の永続的な利用をはかることが必要である。

5. あとがき

ここでは、課題内容の性格上、各種資料から引用させていただいた。資料を提供していただいた水産庁水産工学研究所乃万俊文氏をはじめ、全国沿岸漁業振興開発協会、マリノフォーラム 21、海洋水産資源開発センターの各位に対し、深謝いたします。

参考文献

- 1) 水産庁・海上保安庁水路部・建設省国土地理院；昭和 58 年度未利用沿岸漁場開発計画調査報告書，1984.
- 2) 中村 充；水産土木学—漁場造成・海洋環境エンジニアリング，工業時事通信社，1979.
- 3) 沿整人工礁計画指針編集委；沿岸漁場整備開発事業人工魚礁漁場造成計画指針(昭和 61 年度版)，全国沿岸漁業振興開発協会，1986.
- 4) 昭和 63 年度沿整施設管理技術者育成研修会テキスト，全国沿岸漁業振興開発協会，pp. 30—35，1988.
- 5) 武内智行；茨城県中部沿岸海域における底層流速の変動特性，水産工学研究所報告，8，pp. 59—80，1987.
- 6) 沿整設計指針編集委；沿岸漁場整備開発事業構造物設計指針(昭和 59 年度版)，全国沿岸漁業振興開発協会，1985.
- 7) 柳 哲雄・中嶋昌紀；人工湧昇流構造物の魚礁効果，水産海洋研究，54(3)，pp. 249—254，1990.
- 8) 平成 2 年度日本海洋学会春季大会講演要旨集，pp. 227—242，1989.
- 9) 石田善久；土佐湾域黒潮牧場構想と今後の展開，水産土木，23(2)，pp. 33—42，1987.
- 10) 海洋水産資源開発センター；昭和 62 年度沖合漁場造成開発事業報告書 [北太平洋西部(日本沖合)海域]，1989.
- 11) 海洋水産資源開発センター；昭和 63 年度沖合漁場造成開発事業報告書 [北太平洋西部(日本沖合)海域]，1989.
- 12) 海洋水産資源開発センター；昭和 63 年度沖合漁場総合整備開発基礎調査(日本海大和堆海域)報告書，1989.