

漁港水域等を活用した増養殖の手引き

令和2年 9月

水産庁漁港漁場整備部整備課

目 次

I 共通編（一般論）

1. はじめに	1
1.1 背景	1
1.2 目的	5
1.3 適用範囲	6
2. 漁港水域の環境特性と利用形態.....	10
2.1 物理化学的特性（水深、水質、底質、波、流れ、海水交換）. . .	10
2.2 生物的特性	16
2.3 増養殖の利用形態.....	20
3. 漁港において増養殖を行う場合に考慮すべき特性.....	25
3.1 種苗放流	25
3.2 中間育成	27
3.3 蓄養	28
3.4 養殖（海面養殖、陸上養殖）	29
3.5 増養殖を実施する場合の留意点.....	33
4. 増養殖の実施	35
4.1 基本的な考え方.....	35
4.2 計画フロー	36
(1) 概略検討	39
(2) 実証試験	62
(3) 事業実施	71
4.3 個別課題に対する対策.....	81
(1) 漁港施設の新設・改良等による方法.....	81
(2) ICTの活用.....	87
(3) にぎわいの創出.....	93
(4) 就労環境の改善.....	94

II 事例集（漁港水域を活用した増養殖の参考事例）

1. 事例集掲載内容	95
2. 漁港水域における増養殖の実証試験.....	97
(1) 小浦漁港：合意形成による漁港水域の有効活用に向けた実施事例.	97
(2) 北金ヶ沢漁港：ICTを活用した港内養殖.....	107
3. 漁港水域における増養殖の事例.....	115
(1) 木古内漁港（釜屋地区）：ウニ養殖.....	115
(2) 乙部漁港（元和地区）：漁港施設の改良によるナマコ種苗放流....	118
(3) 寿都漁港：ナマコ増養殖・キタムラサキウニ蓄養.....	122
(4) 古平漁港：ウニ養殖と種苗放流・ナマコ種苗放流.....	125
(5) 大原漁港：マダイ中間育成.....	128
(6) 小田原漁港：漁港施設の新設によるイシダイ蓄養.....	130
(7) 室津漁港：アサリ養殖.....	133
(8) 養老漁港：アワビ・サザエ種苗放流.....	137
(9) 名護屋漁港：ブリ養殖.....	139
4. 陸上養殖の事例	142
(1) 泊漁港：海水井戸によるヒラメ養殖.....	142
(2) 伏木富山港(港湾)：沖合海水によるサクラマス養殖.....	145
(3) 前兼久漁港：港内海水による海ぶどう養殖.....	147
(4) 長崎漁港（三重）：閉鎖循環式によるクエ養殖.....	149

I 共通編（一般論）

1. はじめに

1.1 背景

全国には2,800を超える漁港が存在するが、地域漁業の情勢が変化中、漁港機能の再編・集約化が進められてきている。特に陸揚・流通機能を集約化する拠点漁港以外の漁港については、増養殖の場や漁村のにぎわいの創出の場として残された施設の有効活用を図ることが重要な課題となっている。

【解説】

全国には2,800を超える漁港が存在（2019年現在）する。漁港施設の多くは、1960年代～1990年代に整備されており、今後、維持管理・更新費の増大が懸念されることから、陸揚・集出荷機能等を拠点漁港に集約化するなど漁港機能の再編・集約化が進められてきている。

このような中、漁港機能の再編・集約化とあわせ、特に拠点漁港以外の漁港については、民間活力の導入も視野に、増養殖の場や漁村のにぎわいの創出の場として有効活用を図ることが重要な課題となっている。

平成29年3月に閣議決定された漁港漁場整備長期計画においては、漁港ストックの最大限の活用と漁村のにぎわいの創出に重点的に取り組むこととされ、また、平成30年6月に決定された農林水産業・地域の活力創造プランにおいては、養殖業発展のための環境整備の取組として、漁港の水域や陸域を養殖場として有効活用することを積極的に進めることとされている（図1.1.1）¹。

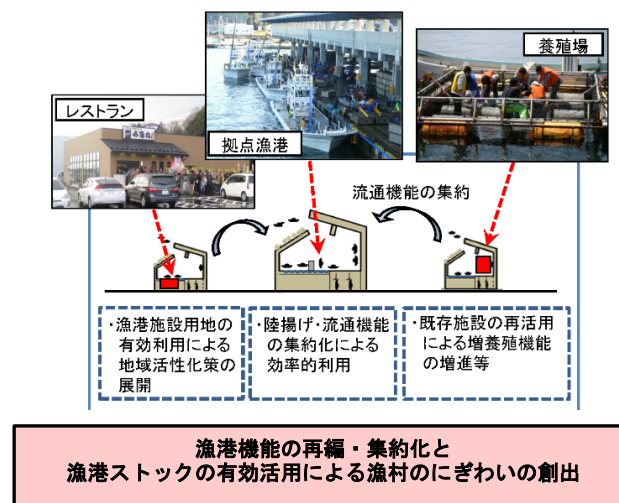


図 1.1.1 漁港機能の再編・集約化と漁港ストックの有効活用による漁村のにぎわいの創出

¹ 澤田龍治：漁港施設の有効活用に係る制度改正について，漁港漁場 Vol.61. No. 2. pp. 1-4. 2019.

＜漁港水域や漁港施設用地における増養殖の利用状況＞

平成 30 年度に全国の 39 の臨海都道府県の漁港管理者（内水面を除く）を対象に漁港水域や漁港施設用地における増養殖の利用状況についてアンケート調査を実施した。全国の沿岸部には 2,784 漁港があり（漁港一覧、平成 30 年 4 月 1 日現在）、このうち漁港水域における増養殖に関する取組については、19%にあたる 542 漁港においてなんらかの増養殖が行われていることが明らかになった。内訳をみると、養殖が最多（347 漁港）、であり、次いで種苗放流（226 漁港）、蓄養（139 港）、中間育成（79 漁港）であった（図 1.1.2）。

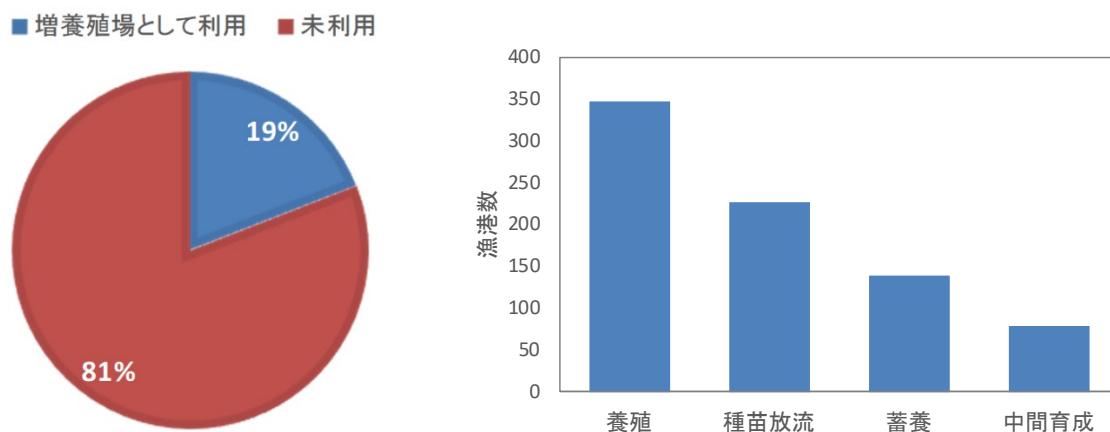


図 1.1.2 漁港水域の増養殖の活用状況（左）および 活用種別の内訳（右）

（平成 30 年度水産庁調べ）

また、漁港施設用地及びその周辺における陸上養殖に関する取組については、5%にあたる 147 漁港において用地が増養殖に利用されていた。増養殖のいずれの用途についても漁港施設用地を利用していないと回答した都道府県は、10 県であった（図 1.1.3）。

漁港施設用地及びその周辺の利用の内訳をみると、蓄養が最多（94 漁港）であり、次いで中間育成、種苗生産（各 85 漁港）、掛け流し式陸上養殖（31 漁港）、閉鎖循環式陸上養殖（5 漁港）であった（図 1.1.3）。

利用数の推移をみると、1975 年頃から、蓄養、中間育成、種苗生産で漁港施設用地が利用されるようになった。一方、掛け流し式および閉鎖循環式の陸上養殖で漁港施設用地が利用され始めたのは、2000 年頃からであり、事例も少ない状況であった（図 1.1.4）。

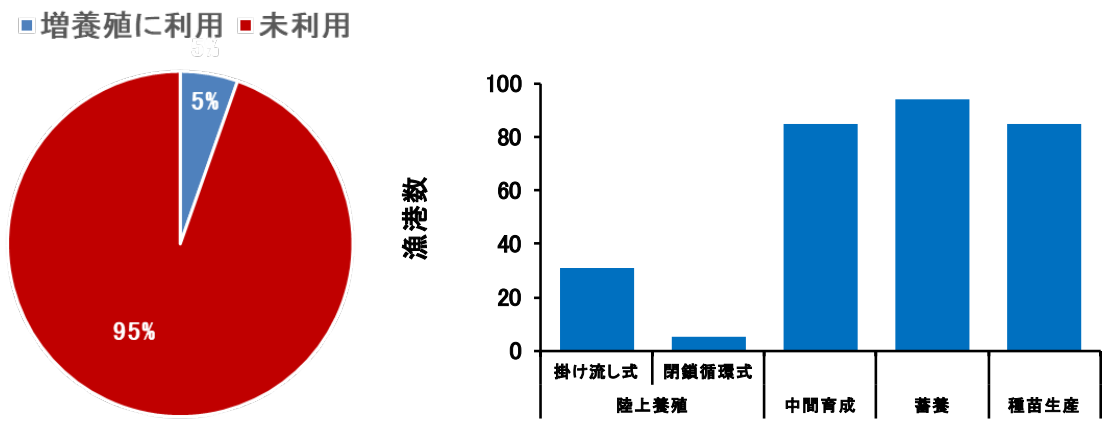


図 1.1.3 漁港施設用地における増養殖の活用状況（左）および 漁港施設用地の活用種別の内訳（右）
（平成 30 年度水産庁調べ）

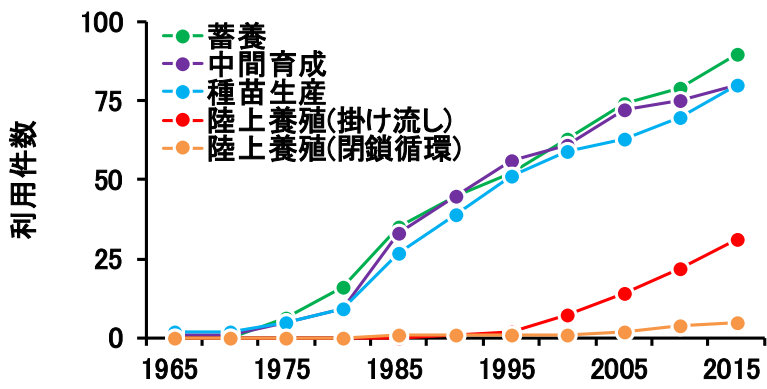


図 1.1.4 漁港施設用地における増養殖の利用数の経年変化
（平成 30 年度水産庁調べ）

<制度改正>

水産庁では、全国 439 の全ての漁港管理者に対し、漁港の有効活用を更に推進するためには具体的にどのような規制緩和が必要かについて、アンケートを実施し、漁港施設用地の利用実態の把握や漁港施設の利用規制の緩和についての要望を伺いつつ、制度見直しの検討を進めてきた。以上をふまえ、漁港施設の有効活用にかかる規制緩和について図 1.1.5 に示す¹⁾。

また、既存ストックの有効活用を図るための事業として、平成 28 年度より開始した「インフラの集約・縮減に向けた漁港機能集約化・再活用推進事業」を「ストック効果の最大化に向けた漁港の機能分担・有効活用推進事業」に改名した。事業内容等の概要を表 1.1.1 に示す。

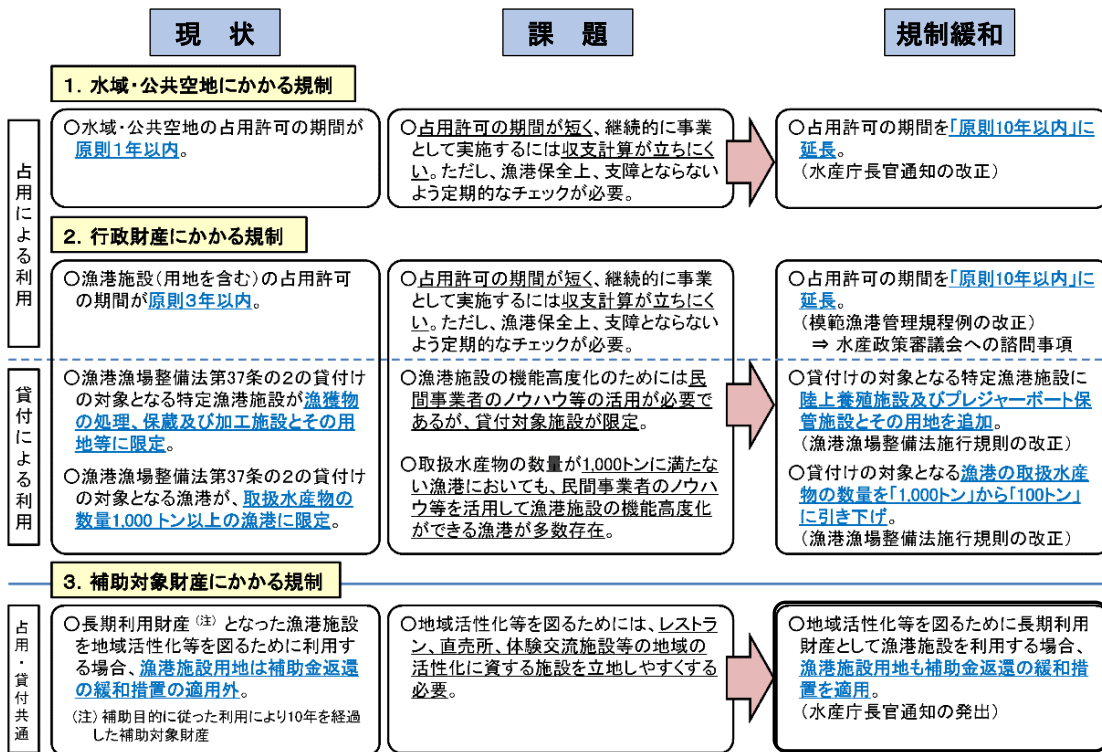


図 1. 1. 5 漁港施設の有効活用にかかる規制緩和

表 1. 1. 1 ストック効果の最大化に向けた漁港の機能分担・有効活用推進事業の概要 (令和2年度)

項 目	内 容
趣 旨	<p>人口減少社会の到来や港勢の動向が変化中、施設の維持管理・更新費の増大が懸念されている。</p> <p>また、陸揚・集出荷機能等の漁港機能の集約化を図る一方、漁港の静穏水域等のさらなる活用など、既存ストックの有効活用の加速化が求められている。</p> <p>このため、漁港の機能分担の見直し等により空いた漁港の静穏水域の増養殖場や蓄養水面としての活用及び用地の活用等を図るための支援策を強化する。</p> <p>※さらなる既存ストックの有効活用を図るため、事業名を従来の「インフラの集約・縮減に向けた漁港機能集約化・再活用推進事業」から「ストック効果の最大化に向けた漁港の機能分担・有効活用推進事業」に改名</p>
事業内容	<p>漁港水域や用地の活用など漁港施設の有効活用を一層推進するため、水産物供給基盤機能保全事業(ストマネ事業)においてこれまでの漁港施設の補修、改良、除却に加え、</p> <p>① 水域における増養殖礁等の設置や蓄養水面の整備 ② 用地舗装など漁港施設用地の整備 等の支援</p> <p>また、あわせて施設の有効活用をより効果的に推進するために必要な調査計画等について支援。</p> <p>※②の用地舗装などの漁港施設用地は、①の水域の有効活用(増養殖場等)に関連するものに限る。</p>
採択要件	既存事業の採択要件。なお、水産物供給基盤機能保全事業(ストマネ事業)の第1種又は第2種漁港の港勢要件については、1漁港あたりを1地域あたりに見直し。
事業実施主体	国、地方公共団体等
補助率	1/2等(既存事業の補助率)(ストマネ事業における漁場整備について1/2等)
対象事業	特定漁港漁場整備事業、水産流通基盤整備事業、水産物供給基盤機能保全事業、漁港施設機能強化事業、水産環境整備事業、水産生産基盤整備事業、農産漁村地域整備交付金

1.2 目的

本手引きは、漁港施設に求められる本来機能に加えて、漁港水域や漁港施設用地の有効活用による増養殖の推進を適切に実施する場合の考え方や指針、実施にあたっての検討手順及び参考事例をとりまとめたものである。

【解説】

漁港とは、漁港漁場整備法第2条に「天然又は人工の漁業根拠地となる水域及び陸域並びに施設の総合体」として規定されるように、漁業の根拠地及び地域社会の核として水域と陸域にまたがる施設の総合体であり、国民への水産物の安定供給のための漁業活動を支える漁業地域の基幹的な社会資本である。

漁港は、漁船の安全な出入港、停泊や係留ができる十分な水面と施設を有することで、漁獲物の漁船からの陸揚げ、物資の補給、休憩といった本来的機能に加えて、浅海域に立地することから、漁港水域は水産生物の生息場でもあり、漁場としての活用や、静穏域であることを活用した増養殖が行われている。

平成29年3月に閣議決定された漁港漁場整備長期計画においては、漁港ストックの最大限の活用と漁村のにぎわいの創出に重点的に取り組むこととされ、事業量の目標としては、概ね50地区において漁港ストックの有効活用を行うこととしている。また、平成30年6月に決定された農林水産業・地域の活力創造プランにおいては、養殖業発展のための環境整備の取組として漁港の水域や陸域を養殖場として有効活用することを積極的に進めることとされている。

本手引きにおいては、こうした背景をふまえ、漁港水域や漁港施設用地において増養殖を適切に推進するための考え方や、現段階における技術水準、実施にあたっての検討手順や参考事例についてとりまとめたものである。

1.3 適用範囲

本手引きは、漁港管理者や漁業者を対象に、既存の漁港の有効活用を図るため、比較的小規模な水域面積を有する漁港水域や漁港施設用地での増養殖に対して適用する。

【解説】

漁港水域とは：

本手引きにおいて漁港区域内の水域部分を示す。具体的には、以下に示す通り、防波堤に囲まれた泊地（港内、港口）に加えて、防波堤等の外郭施設の周辺水域（港外）も含む。



図 1.3.1 漁港水域及び漁港施設用地のイメージ

漁港施設用地とは：

漁港漁場整備法第3条に掲げる漁港施設には、基本施設（外郭施設、係留施設、水域施設）と機能施設（輸送施設、漁船漁具保全施設、補給施設、漁獲物の処理、保存及び加工施設、漁港浄化施設等）がある。

漁港施設用地とは、これら漁港施設（人工地盤を含む）の敷地であり、上記の各種漁港施設の敷地を示すものであり、主なものとして①荷さばき用地、②製氷、冷凍及び冷蔵施設用地、③給油施設用地、④野積用用地、⑤漁具保管修理施設用地、⑥漁港浄化施設用地等がある。

漁港水域及び漁港施設用地の活用の可能性：

漁港の機能として、安全に漁船を係留することが求められるため、漁港前面には防波堤が整備され、その背後には静穏な水域が形成されている。また、漁港内の水域には、漁船を係留する泊地や漁船が航行する航路以外でも活用可能な静穏水域が存在している。本手引きでは、これらを増養殖の適用範囲とする。

今後、漁船隻数の減少や、漁港機能の再編・集約化によって、拠点漁港に漁船が移動した結果、集約後の漁港においては、活用可能な水域や漁港施設用地が増加し、これらを有効活用した増養殖の取組が想定される。また、集約後の漁港水域においては、図 1.3.2

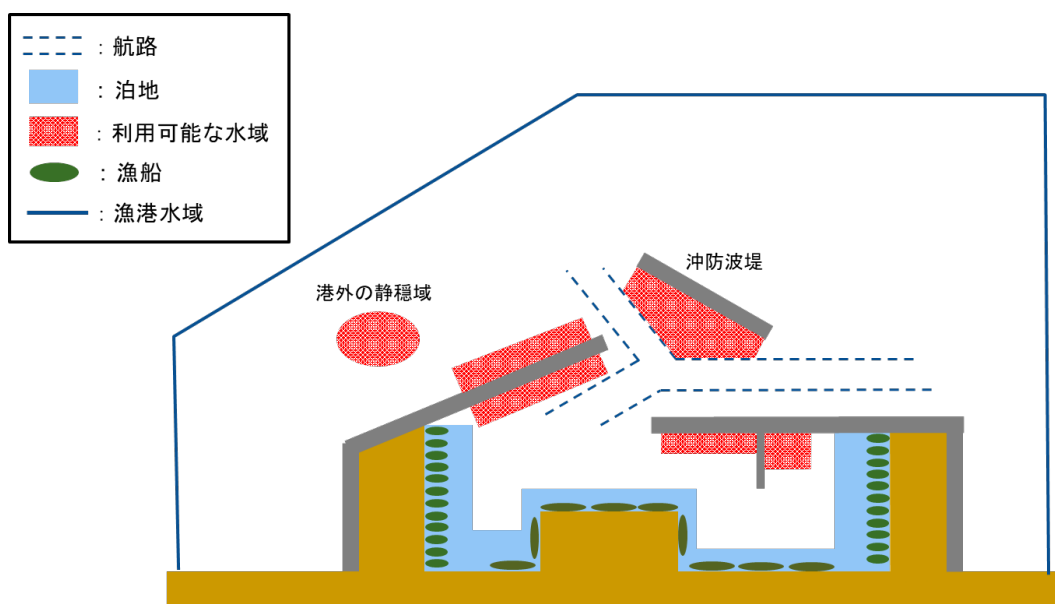


図 1.3.2 (1) 活用可能な漁港水域のイメージ図 (従来)

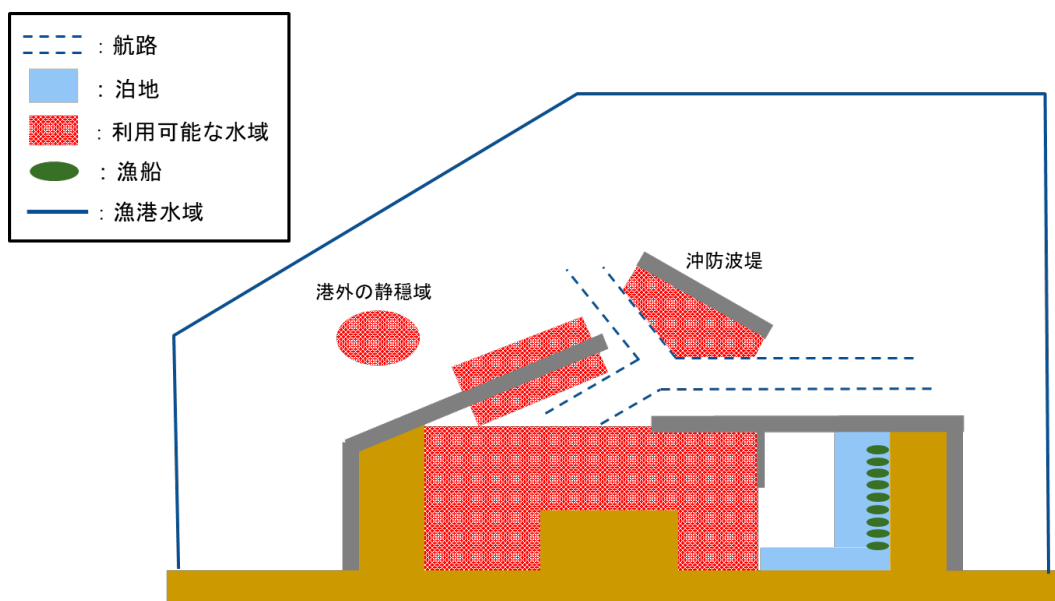


図 1.3.2 (2) 活用可能な漁港水域のイメージ図 (集約後)

(2) に示す平面的な活用に加えて、泊地を含む港内水域の海底のみを増養殖場として活用する垂直的な活用や、中間育成の場合には、時期を限定した一時的な活用も考えられる。

【参考】

漁港の種別について：

漁港の種別はその利用範囲等に応じて、第1種から第4種まで区分されているが、本手引きでは、漁港の種別にかかわらず、水域や用地の活用可能な場所において、増養殖を行うことを想定するものである。

○漁港の種別と数

総数	：	2,806港 (平成31年4月1日現在)
第1種 (その利用範囲が地元の漁業を主とするもの)	：	2,069
第2種 (その利用範囲が第1種漁港より広く、第3種漁港に属しないもの)	：	524
第3種 (その利用範囲が全国的なもの 特定第3種漁港を含む)	：	114
第4種 (離島その他辺地にあつて漁場の開発 又は漁船の避難上特に必要なもの)	：	99

参考：港湾の総数は932港(国際戦略港湾5, 国際拠点港湾18, 重要港湾102, 地方港湾807)
※平成31年4月1日現在

特定第3種漁港
水産業の振興上特に重要な漁港で政令で定めるもの
(全国で13漁港)



図 1.3.3 日本国内の漁港の種別と数

漁港管理者について：

漁港管理者は、第1種漁港は、原則市町村、第2種から第4種漁港までは、都道府県であり、漁港管理規程（条例）を定め、適正に漁港を維持管理することとされている。

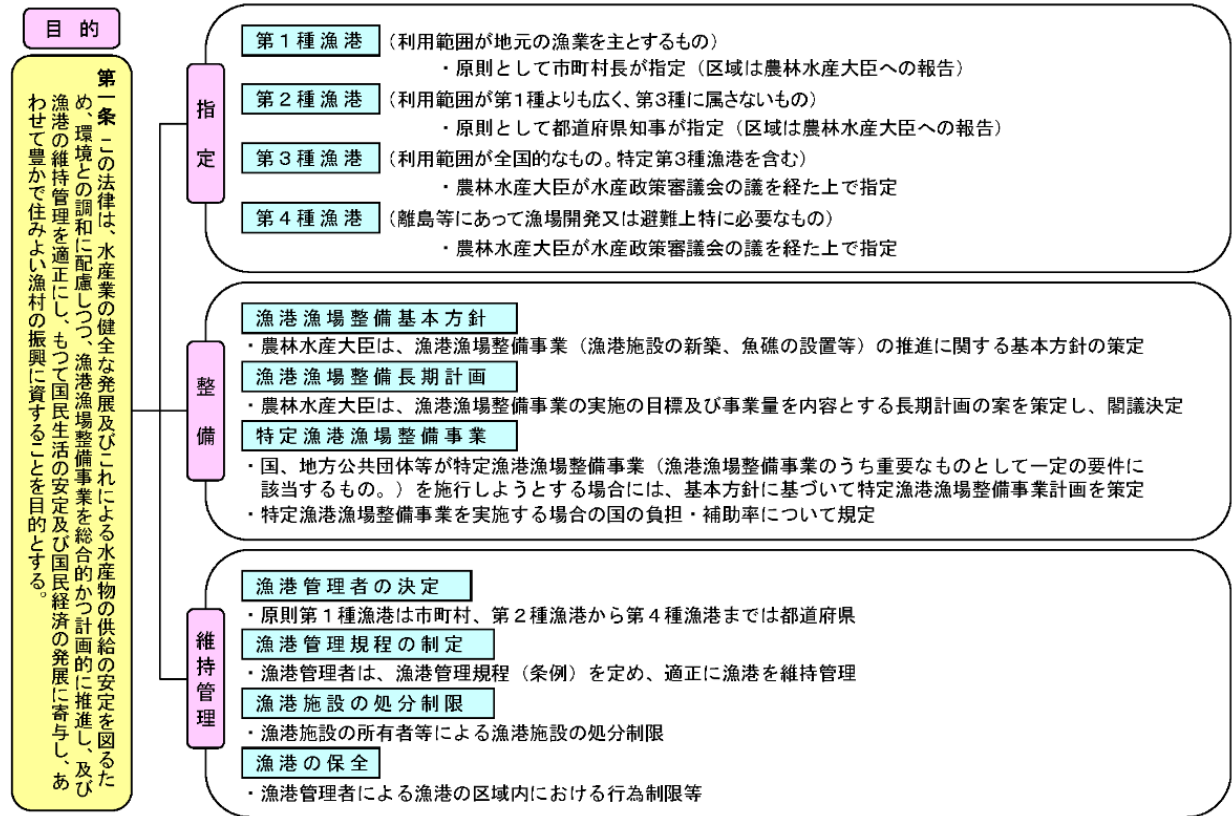


図 1.3.4 漁港漁場整備法の体系

2. 漁港水域の環境特性と利用形態

2.1 物理化学的特性（水深、水質、底質、海水交換、波、流れ）

漁港水域の物理化学的特性を以下の通り整理した。

- 水深：港内は、航路・泊地の必要水深によって規定される。港外は、海底地形により水深が決まっている。
- 水質：水深が浅く、閉鎖性が強いため、気温の影響を受ける。港内は富栄養化しやすい。
- 底質：浮泥や漂砂が堆積し、底質が悪化しやすい。
- 海水交換：閉鎖性が強くなり、海水交換機能が低下しやすい。
- 波：船舶を安全に航行、係留するため、外郭施設により、一定の波高に抑えられ

【解説】

漁港水域の特徴（物理化学的特性）を表 2.1.1 に示す。

漁港水域は、沿岸域に立地し、藻場・干潟と並ぶ水産生物の生活の場である。また、外郭施設によって静穏域が形成されることから、天然海域に比べると環境変化が大きく、外洋的な環境と内湾的な環境が数 100m 内に現出する。また、流れが滞留しやすく港内では、富栄養化し、底質が悪化しやすいといった特徴を有している。

表 2.1.1 漁港水域の特徴（物理化学的特性）

項目	特徴
水深	港外も含め浅海域に分布
水質	水深が浅いため、気温の影響を受けやすく夏季は高水温、冬季は低水温になりやすい 河川が流入する場所では、出水時に濁りが出やすく、表層は低塩分になりやすい 港内は滞留域が形成され、内湾的な環境になりやすく、富栄養化しやすい。夏季は溶存酸素の低下や赤潮が出やすい
底質	砂泥、転石、岩礁が混在しており、もともとの自然地形を反映 港内は滞留域が形成され、浮泥や漂砂が堆積し、底質が悪化しやすい。特に COD、強熱減量、硫化物等が大きくなりやすい
海水交換	漁港の形状によって海水交換率は異なるが閉鎖性が強く、海水交換機能は低下しやすい 海水交換型防波堤等により外海水を導入している漁港もある
波	外郭施設によって静穏域が形成される 泊地内の利用限界波高は0.6～0.7m以内。防波堤背後では0.6～0.9m、沖防波堤背後では、0.9～1.2m
流れ	港口の防波堤の周囲では、流れが速くなりやすい。港奥では流れはゆるやか

【参考資料】

漁港水域の立地環境の特徴を理解するために、過年度に実施した日本国内の漁港水域における環境生物調査²の結果を示す。

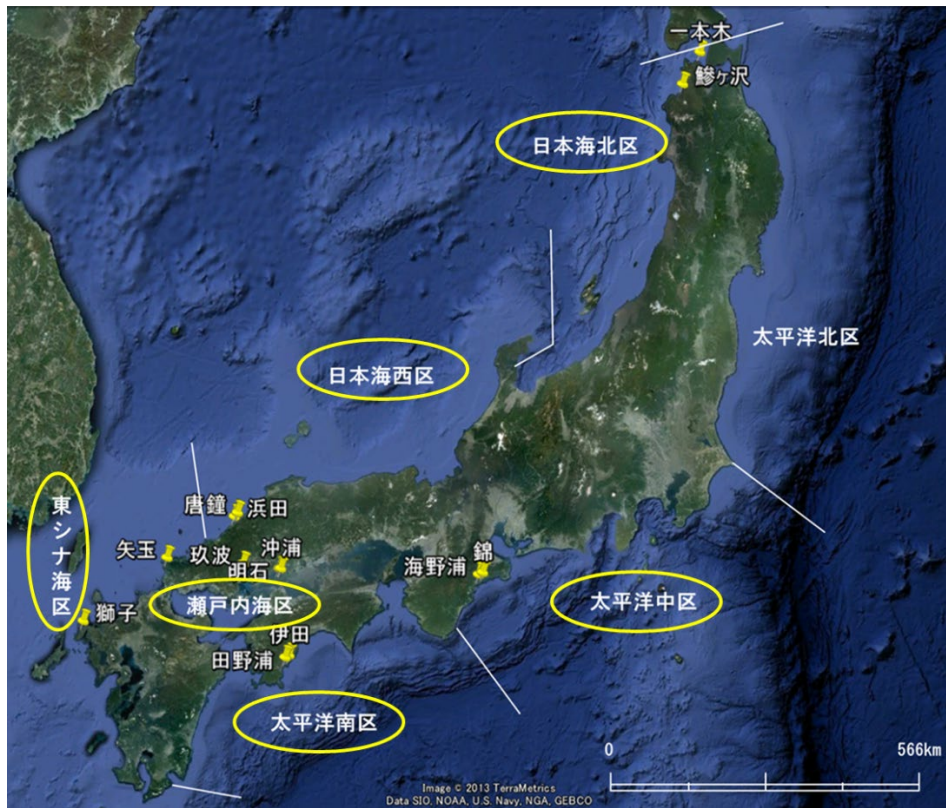


図 2.1.1 調査対象漁港 (6 海区・13 漁港)

表 2.1.2 調査対象漁港の立地条件

海区	漁港名	漁港種別	県	立地条件					
				海域属性	漁船総数(隻)	属地陸揚量(トン)	河川流入	最大水深(m)	泊地面積(m ²)
日本海北区	一本木	1種	青森	外洋	204	128	港外東側	13.1	23,800
	鱒ヶ沢	3種	〃	〃	159	1,252	港外東側	15.6	261,300
日本海西区	浜田	3種	島根	外洋	184	22,274	港奥南側	15.7	707,000
	唐鐘	2種	〃	〃	65	105	港外西側	3.7	31,500
太平洋中区	錦	3種	三重	外湾	198	3,453	港奥と港口	14.4	239,000
	海野浦	1種	〃	〃	107	320	なし	16.4	14,000
瀬戸内海区	玖波	2種	広島	内湾	50	2,910	港外西側	7.0	65,000
	沖浦	2種	〃	内湾	〃	〃	なし	16.0	36,000
	明石	2種	〃	水道部	40	35	なし	10.0	15,000
太平洋南区	伊田	1種	高知	外湾	55	196	港外北側	6.0	24,000
	田野浦	2種	〃	〃	67	67	なし	7.0	94,000
東シナ海区	矢玉	2種	山口	外洋	111	197	港奥	12.0	41,000
	獅子	1種	長崎	〃	37	402	港奥	10.0	76,000

注) 漁船総数, 属地陸揚量はH21年漁港港勢調査による

※調査対象漁港は日本国内の6海区から各海区を代表する漁港を抽出

² 水産庁・(一財)漁港漁場漁村総合研究所：平成22～24年度水産基盤整備調査委託事業 水産環境整備推進技術開発報告書, 237p, 2012.

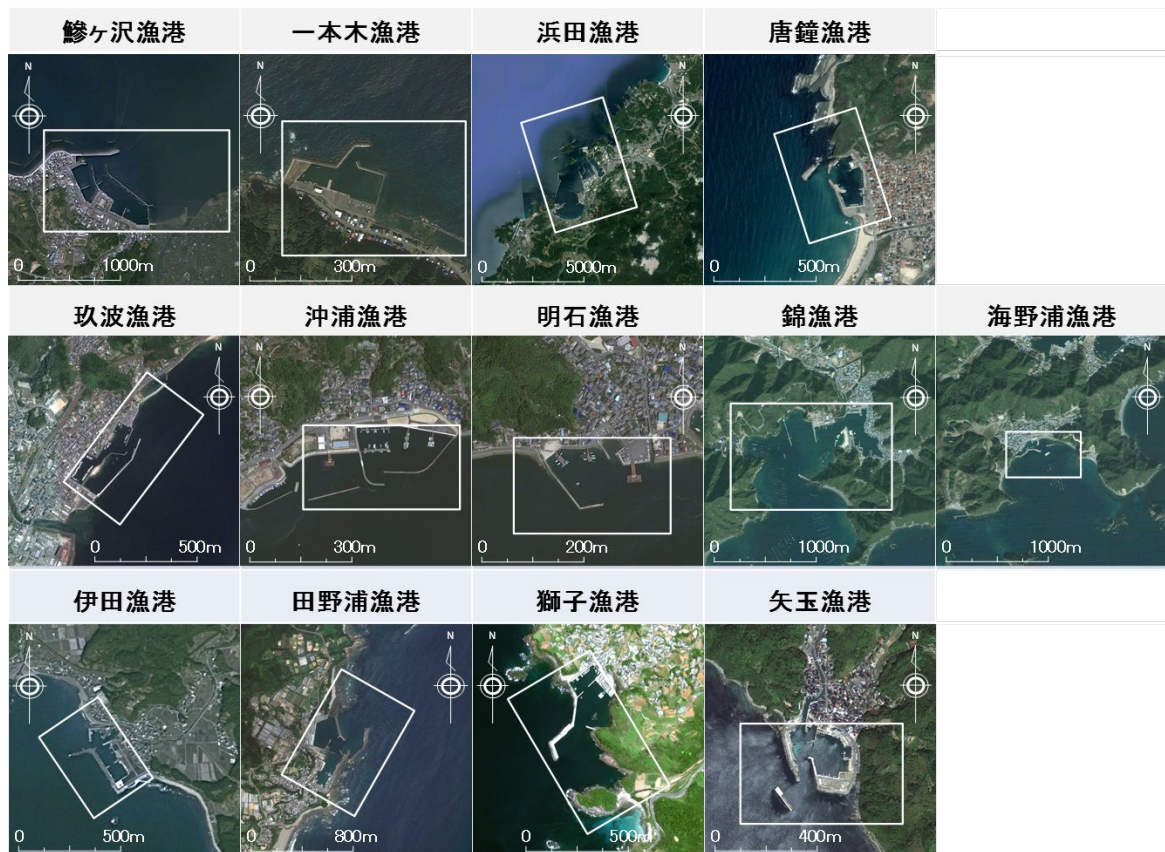


図 2.1.2 調査対象漁港の立地

<水深>

- ・最大水深は概ね 20m以浅。港内に干潟がある漁港を除き、最小水深は 4m程度であった。

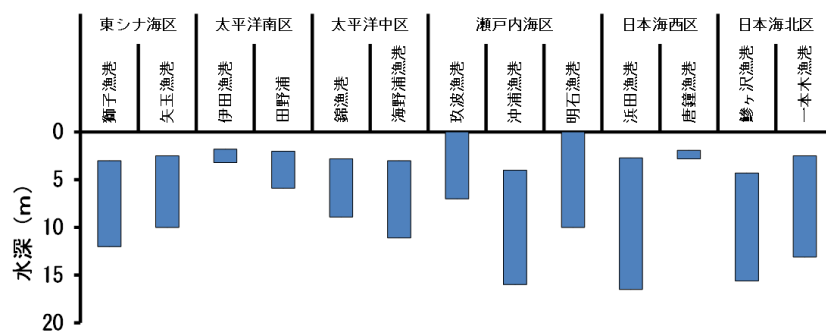


図 2.1.3 漁港水域の水深範囲

<水温・塩分>

- ・グラフはいずれも春季（4～5月）と夏季（9月）の幅を表す。
- ・水温は、東シナ海区、太平洋中区、太平洋南区の漁港で変動が少なかった。瀬戸内海区、日本海北区は変動が大きかった。
- ・塩分は、日本海西区で相対的に低く、河川の流入する漁港では変動が大きいことが示された。

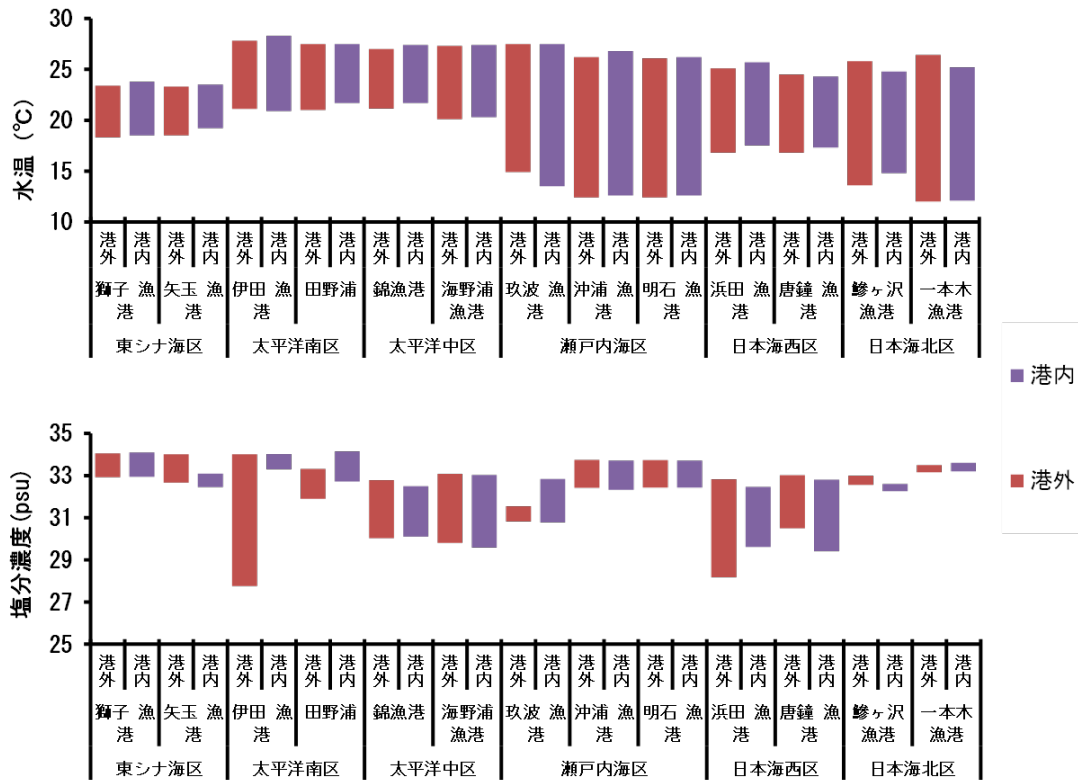


図 2. 1. 4 水温・塩分の調査例（春季と夏季のデータ範囲）

<溶存酸素>

- ・溶存酸素は、年間で最も低くなる夏季底層で測定を行ったところ、全漁港で水産用水基準（内湾漁場夏季底層：4.3mg/L）を満たした。
- ・溶存酸素からは、周年魚介類の生息可能な水域と判断された。

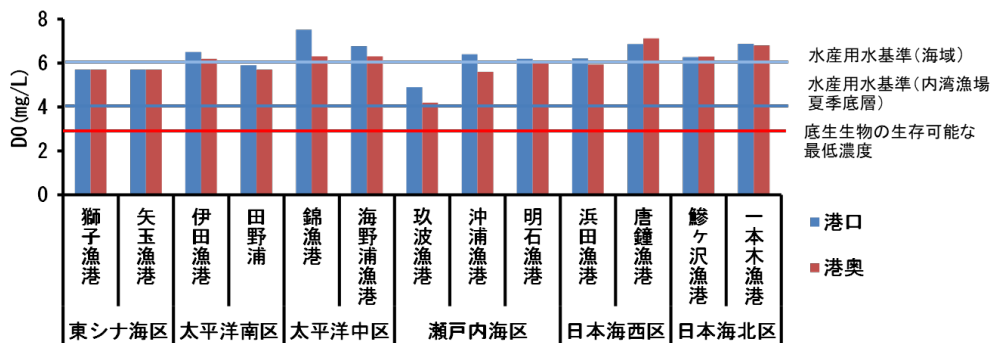


図 2. 1. 5 漁港水域の夏季底層の溶存酸素（実測値）

<栄養塩濃度>

- ・調査地点は各漁港において環境の異なる港外、港口、港奥の3箇所と比較した。
- ・T-N（全窒素）は無機態窒素と有機態窒素の合計値を、T-P（全りん）は無機態りんと有機態りんの合計値を示す。
- ・港奥は港外に比べてT-N、T-Pともに高かった。
- ・水産用水基準（表2.1.3）にあてはめると、全漁港の港口～港奥において水産1～3種の範囲内であり、水産生物の生息場として活用できることが判明した。

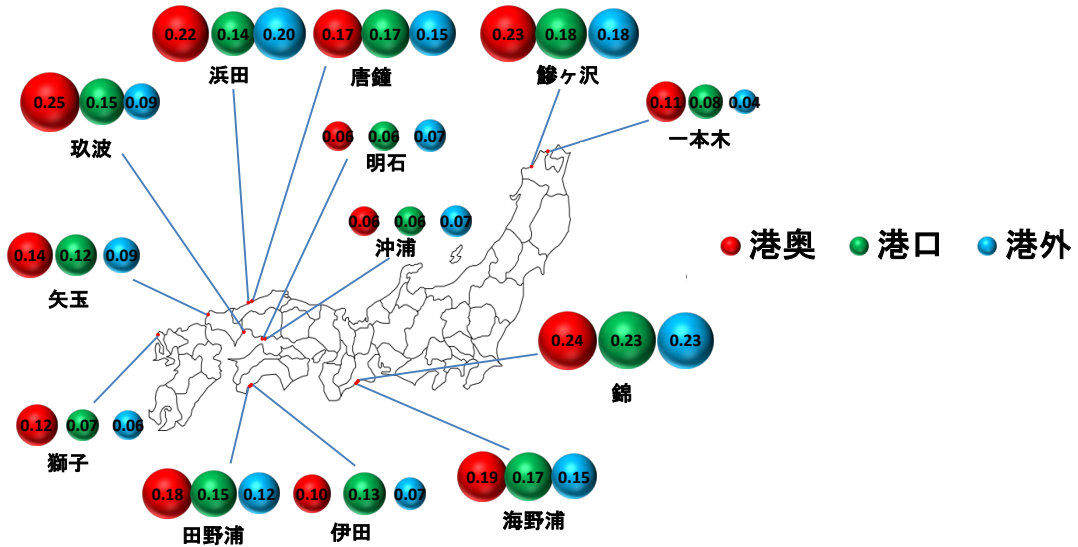


図 2.1.6 漁港水域における T-N(mg/L)の水平分布（春季・夏季平均）

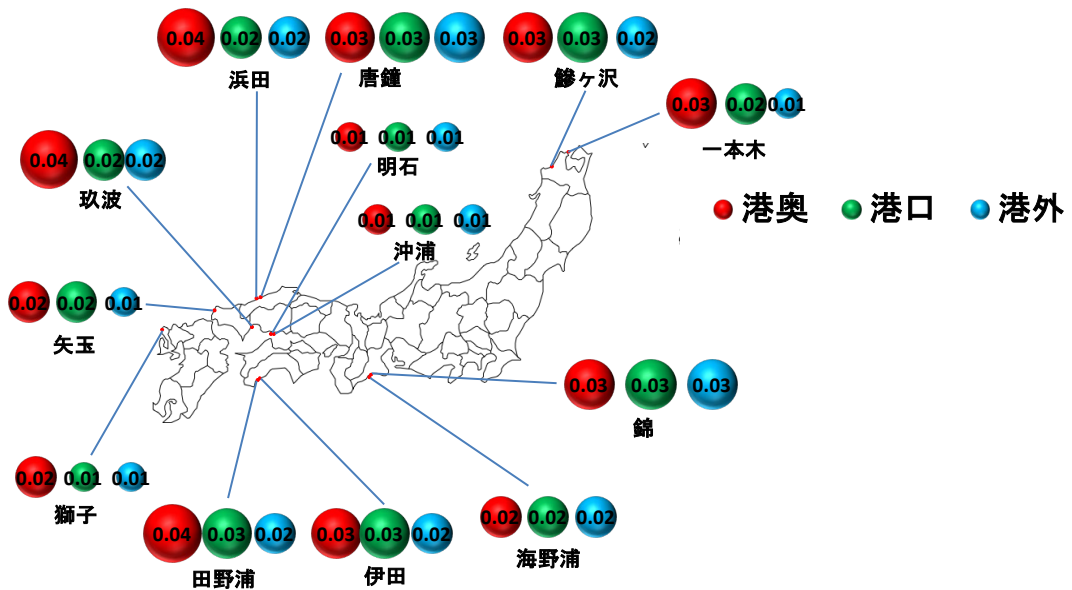


図 2.1.7 漁港水域における T-P(mg/L)の水平分布（春季・夏季平均）

表 2.1.3 水産用水基準（海域）による類型

	T-N	T-P	水産業との関連
水産1種	0.30mg/L以下	0.03mg/L以下	底生魚介類が豊富で特にエビ類やカニ類等の夏季底層の貧酸素化の影響を受けやすい水産生物種の漁獲が多い
水産2種	0.60mg/L以下 0.30mg/Lを超える	0.05mg/L以下 0.03mg/Lを超える	浮魚から底魚までの魚類、水産動物のシャコ、ナマコ等の漁獲がみられ、魚類を中心とした水産生物が多獲される
水産3種	1.00mg/L以下 0.60mg/Lを超える	0.09mg/L以下 0.05mg/Lを超える	河口に近い沿岸域等で多く見受けられ、イワシ類、コノシロ、スズキ類等の魚類、アサリ等の貝類の漁獲が多い

<底質>

- ・夏季には、港奥は港口に比べて底質の有機汚染度が高くなり、水産生物の生息に適さない場合があるため、注意が必要である。

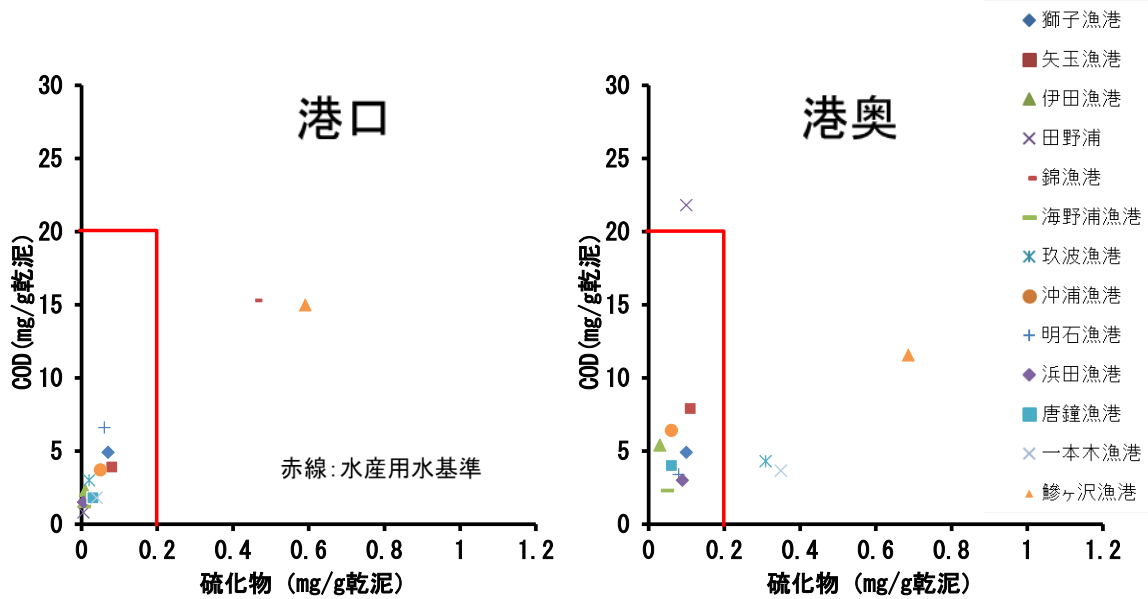


図 2.1.8 底質の環境（夏季COD・硫化物）

2.2 生物的特性

漁港の港内は、一般的に閉鎖性水域であり栄養塩が豊富で静穏であることから、以下のような生物的特性を有している^{3,4}。

- プランクトン：動物プランクトン、植物プランクトンともに港外に比べて港内で多い。
- 海藻草類：アマモは港内の砂泥底で、コンブ類、アラメ・カジメ、ガラモは潮通しの良い、港外や港口の構造物や岩礁部において藻場を形成。
- 底生動物：港外よりも港内で多い。
- 魚類：幼稚魚の生息場として利用。成魚を含め、餌場、隠れ場、産卵場、休息場、放流場として利用

【解説】

漁港水域の特徴（生物的特性）を表 2.2.1 に示す。

港内は栄養塩が豊富で、静穏域を形成するため、動植物プランクトンが集積しやすい。また、防波堤等の構造物は、付着生物や海藻類の生息基盤となり、岩礁性生態系が構築される。これらの結果、基礎生産力が高く、有用魚介類の餌料生物が多く生産されることから、保護育成機能を有しており、餌場、隠れ場、産卵場、休息場、放流場となっている^{3,4}。以上のことから、漁港水域は、漁場や増養殖場としての利用が行われている。

表 2.2.1 漁港水域の特徴（生物的特性）

項目	項目	特徴
生物的特性	プランクトン	栄養塩が豊富で静穏域を形成するため植物プランクトンや動物プランクトンが集積しやすい
	海藻草類・葉上動物・付着生物	防波堤、消波構造物等が海藻類（コンブ類、アラメ・カジメ、ガラモ）や付着生物の生息基盤となり岩礁性生態系を構築 アマモは港内を中心とした砂泥底に分布
	底生動物	港内は港外に比べて出現が多い ウニ、ナマコ、アワビ、サザエ、イセエビ等の磯根資源の生息場所となり、漁場の一部として利用する場合もある
	魚類	餌場、隠れ場、産卵場、休息場、放流場として利用 漁港構造物による陰影や静穏域、豊富な餌料生物に加えて、外敵生物が少ないことから、幼稚魚の生息場所として好適な生息環境であり、保護育成機能を有している。
水産増養殖利用	漁場	磯根資源を中心とした漁場として利用
	増養殖	静穏域を利用した種苗放流・養殖・蓄養・中間育成水域として利用 取水・排水設備の設置に有利な漁港用地を活用した陸上養殖を実施

³ 伊藤靖・川合信也・押谷美由紀・間辺本文・古村振一・小畑泰弘・三浦浩：漁港水域を利用した水産資源増殖機能強化に関する考察，海岸工学論文集，Vol.52,pp.1056-1060,2005.

⁴ 梶原瑠美子・丸山修治・伊藤敏郎・大橋正臣・門谷茂：寒冷海域漁港における通年の水産生物の保護育成機能，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.75, No.2, pp. I_1019- I_1024, 2019.

【参考資料】

漁港水域の立地環境の特徴を理解するために、過年度に実施した日本国内の漁港水域における環境生物調査²の結果を示す。また、漁港水域における魚類の出現状況については、過年度に実施した岡山県白石島漁港における長期的な調査の結果を示す。

<プランクトン>

- ・植物プランクトンは、いずれも港外に比べて港内で出現が多い傾向を示した。

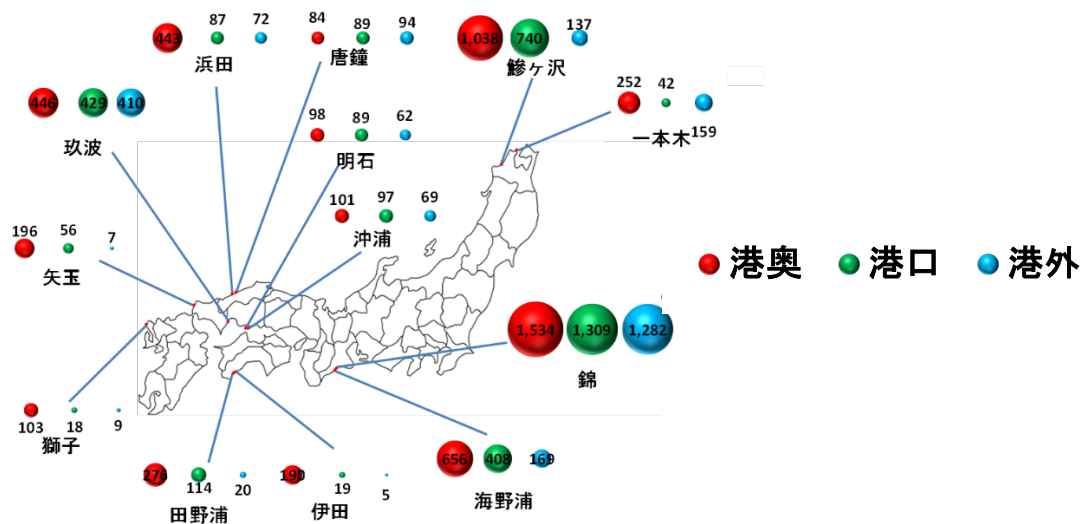


図 2.2.1 植物プランクトン（千細胞/L）の水平分布（春季・夏季平均）

- ・動物プランクトンも、植物プランクトンと同様に、多くの漁港では港外に比べて港奥で多い結果となったが、一部では、差がみられない漁港もあった。

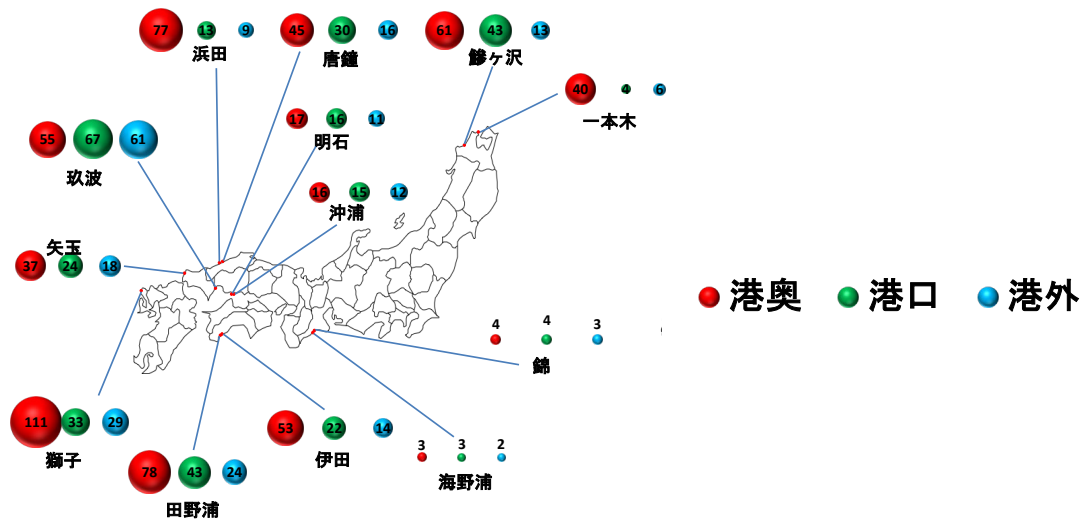


図 2.2.2 動物プランクトン（千個体/L）の水平分布（春季・夏季平均）

<海藻草類>

- ・獅子漁港（東シナ海区）と伊田漁港（太平洋南区）では磯焼けがみられた。
- ・アマモは唐鐘漁港（日本海西区）の港内に出現した。砂泥底であることや、海藻に比べて静穏度の高いことが条件と推察される。
- ・ホンダワラ類は伊田漁港（太平洋南区）・錦漁港（太平洋中区）・明石漁港（瀬戸内海区）・一本木漁港（日本海北区）で出現した。港外での出現が多かった。
- ・アラメ・カジメ・クロメは日本海北区を除く漁港で、広範囲に出現しており、港外と港口を中心に出現していた。
- ・コンブは一本木漁港（日本海北区）で分布し、港外で優占していた。

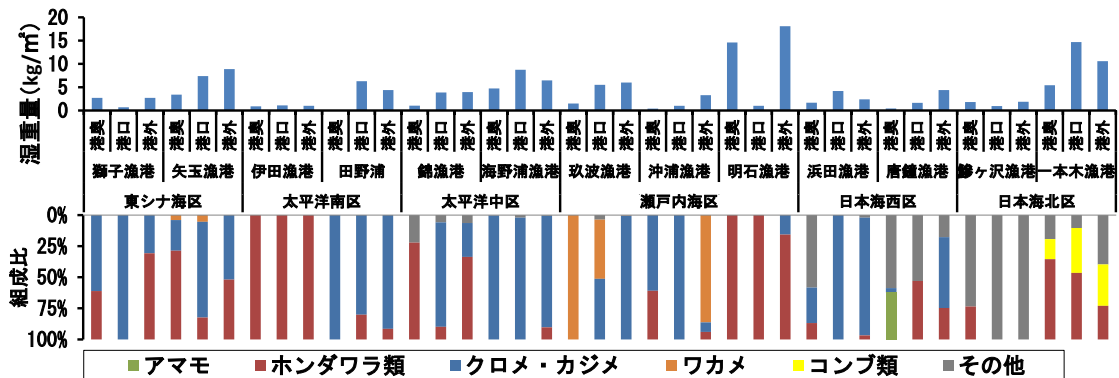
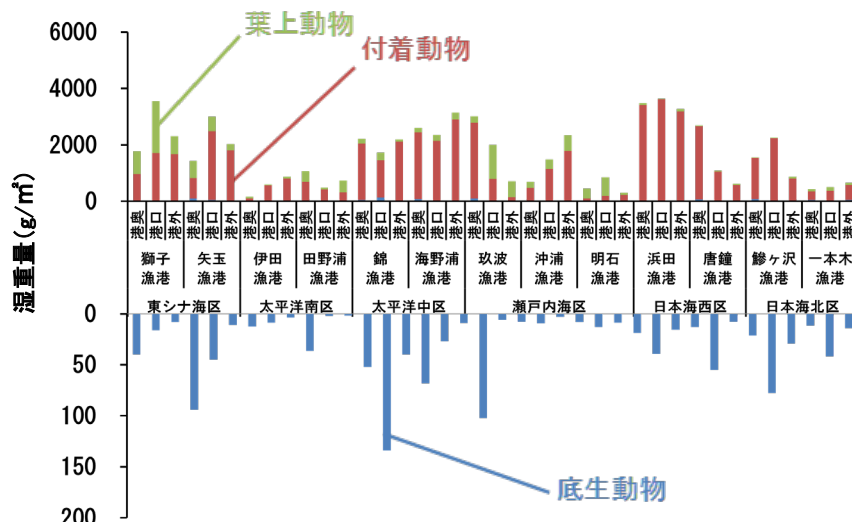


図 2.2.3 海藻の現存量と組成比（春季）

<底生動物・付着動物・葉上動物>

- ・付着動物の出現量が最も多く、次いで葉上動物、底生動物の順であった。
- ・付着動物、葉上動物は構造物を付着基盤として出現。港外、港口、港奥の出現量は一定の傾向がみられなかった。
- ・底生動物は港外よりも港奥で出現が多かった。



注) 魚類の餌料性の観点から餌料価値の乏しい分類群（海綿、ホヤ、苔虫、カキ類）を除外して作図

図 2.2.4 底生動物・付着動物・葉上動物の現存量（春季・夏季平均）

<魚類>

- ・岡山県白石島漁港（図 2.2.5）において、平成 14 年～平成 16 年にかけて毎月、刺網、卵稚仔ネット、潜水目視観察を行った結果を整理した³。
- ・魚卵、稚仔魚の出現個体数は港内が港外に比べて多く、港内に集積・滞留しやすいことが判明した（図 2.2.6～7）。
- ・漁港水域には 12 目 38 科 76 種が出現しており、卵・稚仔魚・未成魚を含めた出現種数（67 種）は、成魚（33 種）の 2 倍に相当し、幼稚魚の生息場として活用されていることが判明した（図 2.2.8）。
- ・魚類の生息空間を分類すると餌場、休息場、隠れ場、産卵場に大別された。さらに、漁港内に保護育成施設を設置することにより、放流場としても有効活用が可能であることが判明した（図 2.2.9）。



図 2.2.5 岡山県白石島漁港の立地

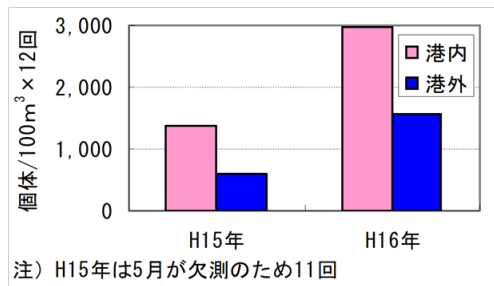


図 2.2.6 魚卵の出現結果

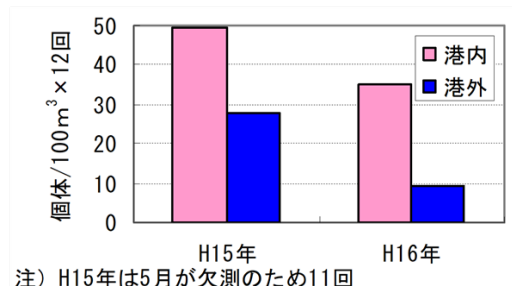


図 2.2.7 稚仔魚の出現結果

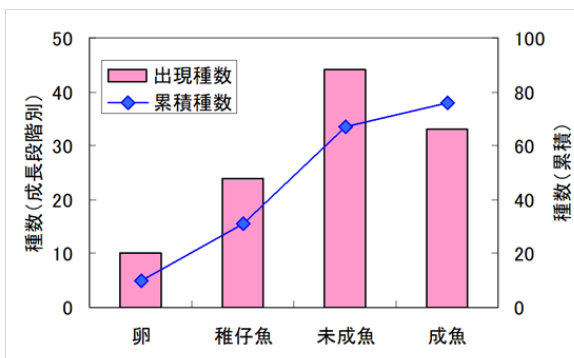


図 2.2.8 魚類の成長段階別出現種数

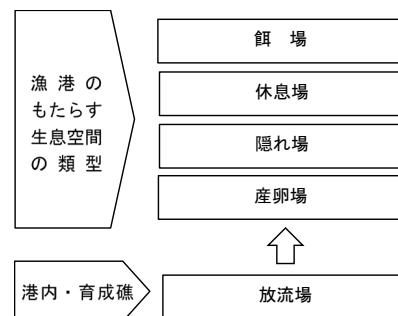


図 2.2.9 漁港魚類の生息空間としての機能分類

2.3 増養殖の利用形態

漁港における増養殖の利用状況は水域と陸域に大別される。

- 水域では、種苗放流、中間育成、養殖、蓄養、増殖が行われている。
- 水域のうち、外郭施設及び着底基質の設置により、藻場造成や魚類の保護育成、産卵といった増殖機能を強化することが期待できる。
- 陸域では、種苗生産、中間育成、養殖、蓄養が行われている。

【解説】

漁港は、防波堤、岸壁、水域などの基本施設と用地、上物、道路などの機能施設からなる水産業の根拠地としての総合体である。また、漁港は水産生物の生息空間でもあり、水域、施設及び構造物は、これらの水産生物の、餌場、休息場、隠れ場、産卵場として機能し、幼稚魚を中心とした水域利用が行われている³。また、水域については、栽培漁業における人工種苗の放流、中間育成、養殖及び、漁獲・収穫された魚介類の出荷調整など蓄養に利用されている。既存の漁港における水産生物の増養殖に関する利用形態を図 2.3.1～3 に示す（既存資料⁵を改変）。

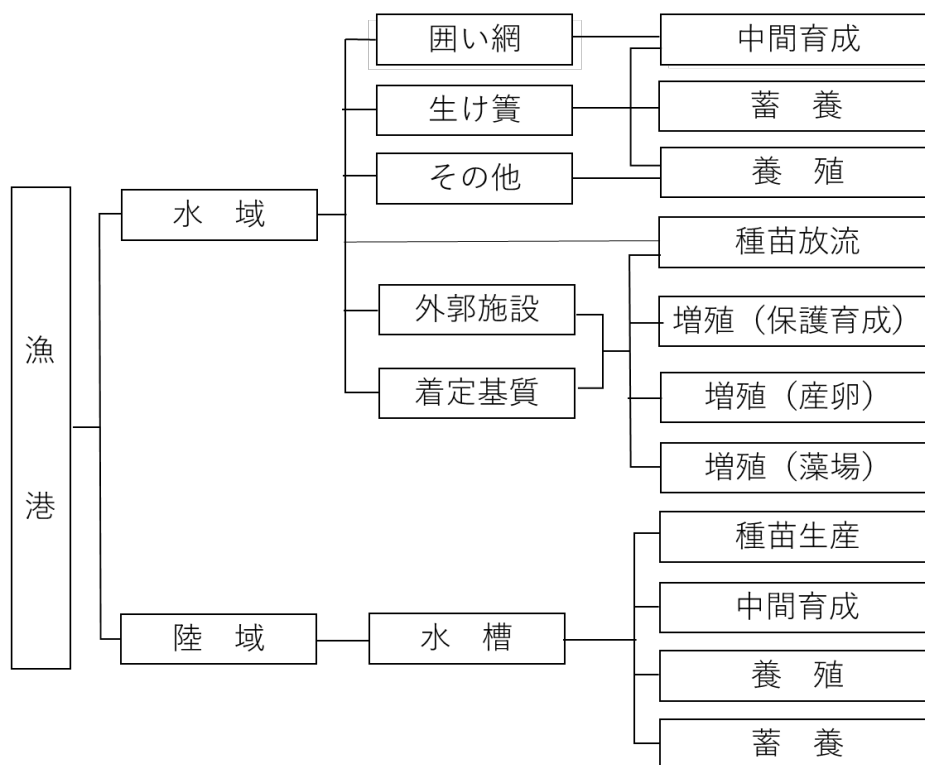


図 2.3.1 漁港における水産生物の増養殖に関する利用形態（体系的整理）

⁵ 古屋温美・浅川典敬・中泉昌光・廣部俊夫・岡島大二・長野章：水産資源の維持増大における漁港水域の利用について（北海道を事例に），海洋開発論文集，Vol.24,pp.1123-1128.,2008

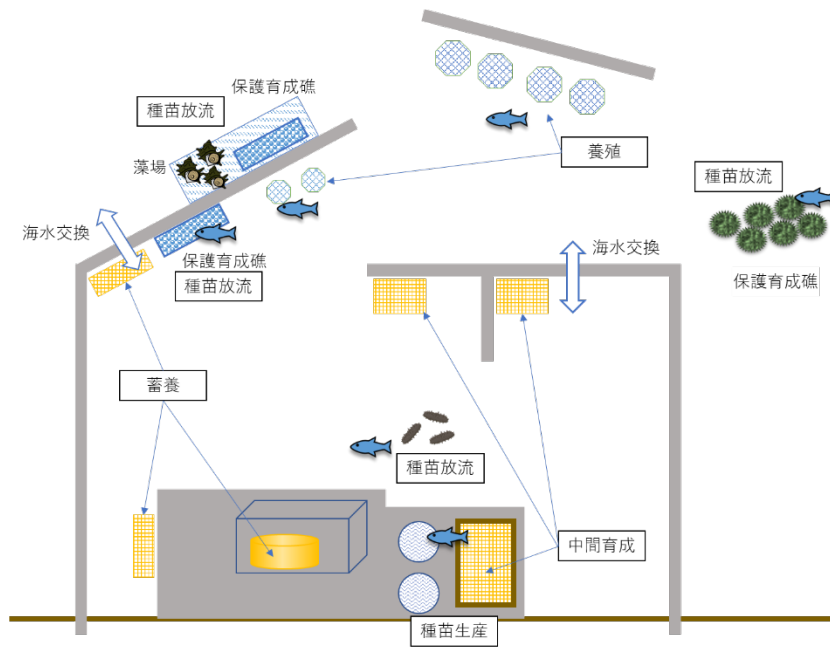


図 2.3.2 漁港における水産生物の増養殖に関する利用形態（平面的整理）

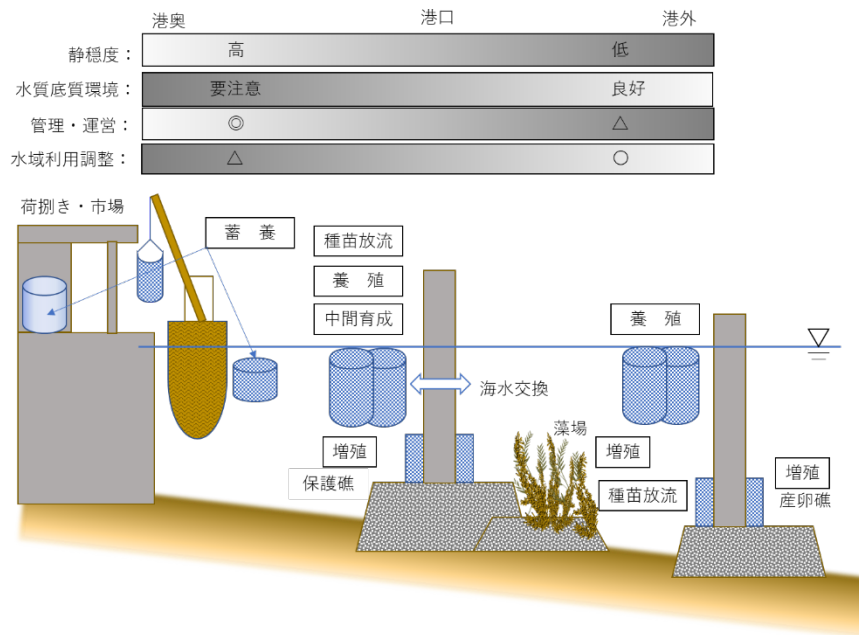


図 2.3.3 漁港における水産生物の増養殖に関する利用形態（断面的整理）

【参考】

漁港水域における増養殖の取組例について、2018年度に実施した全国アンケートの結果を以下に示す。

<種苗放流>

- ・種苗放流を実施する理由としては、「静穏性が高い」(32%)と「放流直後の種苗が漁業によって混獲されないから」(19%)、「餌料が豊富だから」(16%)を挙げている。
- ・その他意見としては、「資源の減少を防ぐため」、「放流後の管理がしやすい」、「種苗の生息環境として適している」といったことがあげられた。
- ・漁港水域の保護育成機能（静穏性、水質・餌料条件、外敵生物の少なさ等）に着目し、放流種苗の生残率の向上を期待して実施しているものと考えられた。

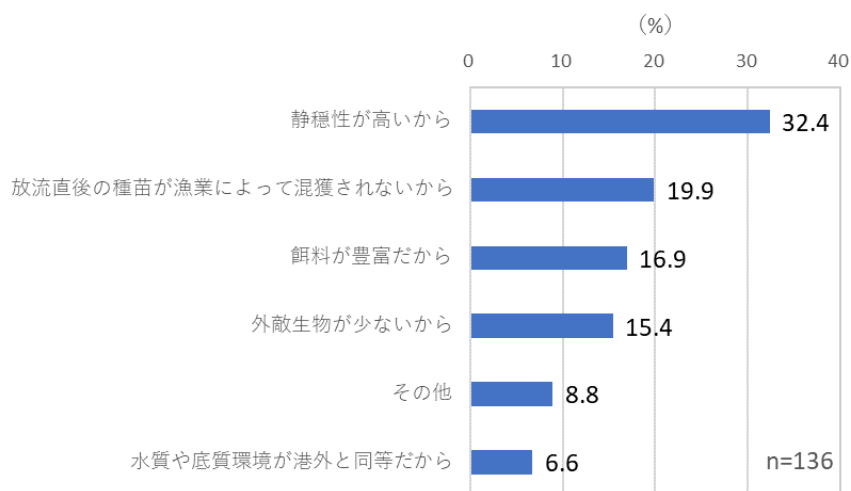


図 2.3.4 漁港水域で種苗放流を行う理由

<養殖・中間育成・蓄養>

- ・養殖・中間育成・蓄養を行う理由としては、「静穏性が高い」(46%)、事務所や倉庫に近く便利がよいから (18%)、水質や底質環境が港外と同等だから (15%)を挙げている。
- ・その他の回答としては、「少しでも収入を確保するため」、「時化が続いても安定的に漁獲できる」、「販売・流通面のメリットがある」を挙げている。
- ・漁港水域が水産生物のすみ場、餌場、隠れ場、産卵場、休息場といった機能を有することに着目するとともに、作業性や管理（施設・密漁防止）等の利便性と相まって漁港水域を利用しているものと考えられた。

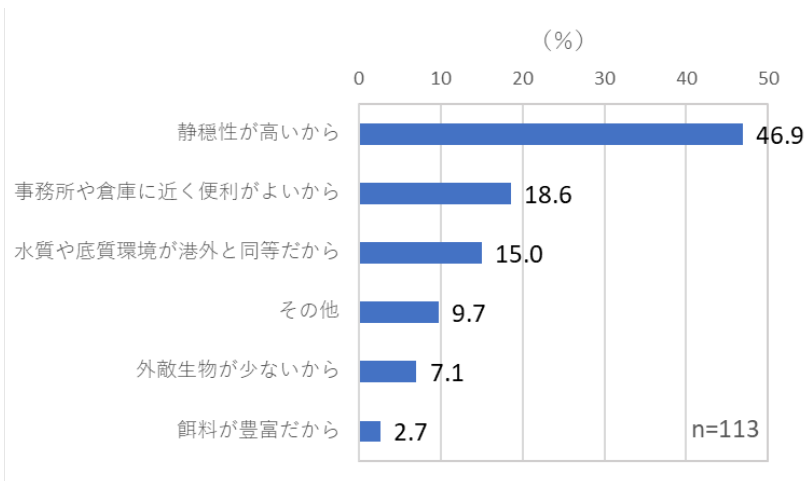


図 2.3.5 漁港水域で養殖・中間育成・蓄養を行う理由

- ・漁港水域のメリットとして挙げられた回答を分類すると、作業性と経済性に大別された。作業性の面では、「維持管理が容易」や「給餌が楽で時化がない」といった点が挙げられた。経済性の面では、「漁場が近く、投餌・出荷コストが軽減できる」や「施設が傷まない」といった点が挙げられた。
- ・デメリットとして挙げられた回答を分類すると、漁場環境と管理面に大別された。漁場環境の面では、「水質悪化」が最も多かった。これには、水深が浅いことによる高水温、河川水の流入に伴う低塩分や濁り、残餌に伴うもの、赤潮の発生等を含む。次いで「航行船舶が多い」ことや「水域が狭い」といった漁港水域の本質的な問題も挙げられた。
- ・管理面としては、「陸に近く密漁されやすい」といった点や「水域利用に際し、関係機関との調整に時間がかかる」等が挙げられた。

表 2.3.1 漁港水域内で養殖・中間育成・蓄養を行う際の維持管理のメリット・デメリット

特徴	メリット
作業性	給餌が楽である・時化が無い
	施設の維持管理が容易（設置、撤去、日常の見廻り等）
	陸上作業用地が確保できる
	監視が容易
経済性	販売・流通に便利
	燃料コストを縮減できる
	漁場が近く、投餌・出荷コストが軽減できる
	施設が傷まない

特徴	デメリット
漁場環境	水質悪化（高水温、低塩分、濁り、残餌、赤潮等）
	航行船舶が多い
	水域が狭い
	水深が浅く、生簀の設置に不向き
	網が汚れやすい
	浮泥が堆積しやすい
管理	陸に近く密漁されやすい
	関係機関との調整に時間がかかる
	残餌の沈殿を避けるため時間を分けて給餌

3. 漁港において増養殖を行う場合に考慮すべき特性

3.1 種苗放流

漁港水域では、静穏で外敵生物が少ないこと、構造物周辺では藻場の形成等により、隠れ場となったり餌料供給が期待できること、陸上からのアクセスが容易で監視がしやすいこと等の理由により、種苗放流場所として利用されることが多い。

【解説】

種苗放流とは、増養殖事業のために人工生産（人工種苗）または天然採捕（天然種苗）した水産動物の稚魚等を放流して、その水域の対象資源を増大させることであり、栽培漁業の一環として実施される。栽培漁業という考えが提起されたのは、1960年であり、1973年から都道府県営栽培漁業センター、1977年から国営栽培漁業センターの整備が始まり、全国各地に種苗生産施設が設置された。これらの施設を中心に、水産生物を人工的に生産して、放流する事業が展開され現在に至っている。

放流する大きさは、放流後の生残率や種苗生産にかかるコスト等を考慮して、最大の効果が期待できる大きさを決定している。放流する場所には、対象生物に応じた場所を選定している。

漁港水域の主な対象種は、魚類（ヒラメ、カサゴ等）、貝類（アワビ、サザエ）、甲殻類、ナマコ等である。また、放流場所は防波堤前面の海底や防波堤背後の静穏域等であり、周囲に保護育成礁を設置する場合もある。平成30年8月現在、少なくとも226漁港で種苗放流が行われている。

【参考資料】

全国の種苗生産と種苗放流の実績を図3.1.1～2に示す⁶。

⁶ 公益社団法人全国豊かな海づくり推進協会：栽培漁業主要対象種の種苗生産，放流実績，
http://www.yutakanaumi.jp/saibai/saibai_01.html

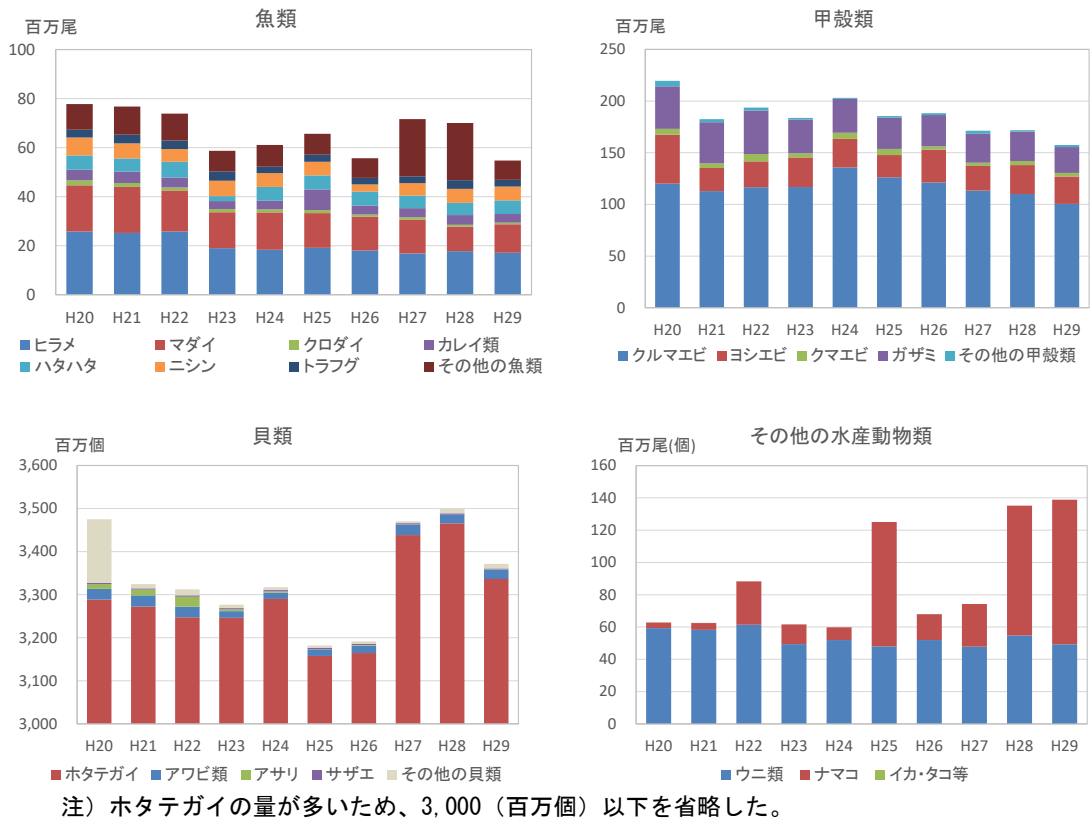


図 3.1.1 全国の種苗生産実績

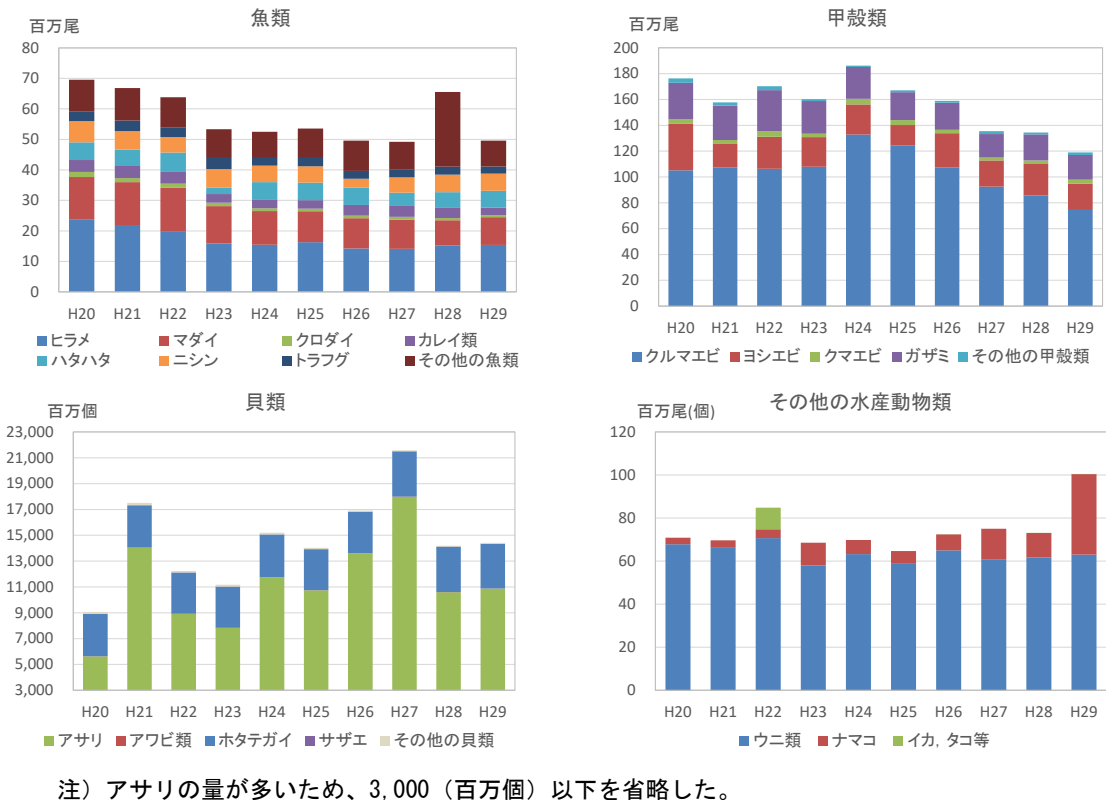


図 3.1.2 全国の種苗放流実績

3.2 中間育成

漁港では、水域と陸域において中間育成が行われている。漁港水域においては、比較的潮通しのよい港口付近等に生簀を設置して、魚類の中間育成を実施するケースが多い。

【解説】

中間育成とは、天然または人工採苗によって得た稚仔を、放流用あるいは養殖用種苗として外敵からの逃避能力や環境変化への抵抗力が強まる大きさになるまで一定期間、人為的な管理下で育成することである。魚類においては、種苗生産した種苗を、直接一般海域に放流した場合の生残率が低く種苗放流による効果が望めない場合には、中間育成によって更に大きく育てることによって生残率を高める取組が行われている。静穏度の高い、管理の行き届く水面が利用される。占有期間は、概ね月単位であり、養殖に比べると短く、蓄養よりは長い。

漁港における主な対象種は、魚類（マダイ、サケ等）、ナマコ等である。また、魚類の場合には、稚魚を対象にした給餌を行うため、残餌や排泄物による自家汚染に注意する必要がある。また、平成30年8月現在、漁港水域で少なくとも79漁港で、同様に陸域では85漁港で中間育成が行われている。

3.3 蓄養

漁港では、水域と陸域において蓄養が行われている。いずれも荷捌き所に近く、出荷作業のしやすい場所で行われている。また、時化と関係なく一定量を出荷できるため、水産物の安定供給や単価の維持等に寄与する。

【解説】

蓄養とは、魚介類を水槽、池、生簀などにおいて比較的、短時間活かした状態で維持することである。出荷調整、活けじめなどの目的でなされる。また、蓄養は、養殖や中間育成に比べると占有期間が短期であり、飼育魚介類の量も少なく、出荷調整等を行うに足りる商品価値を持つものに限られるので、確実に管理が行える水面が利用される⁷。また、時化による休漁や漁期の違いによる出荷量の変動の影響を軽減して、必要な時に商品を出荷できるメリットがあり、水産物の安定供給と漁業経営の安定に寄与する。

蓄養期間は、年間を通じて数日単位で行われ、漁港荷捌所との近接性が重視され、出荷作業の効率がよい泊地奥部や岸壁周辺が利用される⁷。

漁港における主な対象種は、魚類（ブリ類、アジ類、マダイ、サバ等）、貝類（アワビ、サザエ）、甲殻類（イセエビ）、ウニ類、ナマコ等と多岐にわたる。また、平成30年8月現在、漁港水域で少なくとも139漁港で、同様に陸域では94漁港で蓄養が行われている。

【参考】

日本国内では、無給餌で育てた場合を示すことが多いが、短期間の給餌を行う場合もある。日本農林規格（JAS）法では、給餌した水産物はすべて「養殖」表記をするよう義務付けられているので、蓄養という記述はない。

また、漁港における「蓄養施設」は漁港漁場整備法第3条において「漁獲物の処理、保存及び加工施設」として定められており、漁港漁場整備事業によって整備できる。内湾域が少なく静穏な海面が確保しにくい地域において、ハード整備が行われている。

⁷ 明田定満・古屋温美・長野章・中内勲：漁港水面の多目的利用とその課題について，海洋開発論文集，Vol. 12, pp. 309-314, 1996.

3.4 養殖（海面養殖、陸上養殖）

養殖する場所によって、海面養殖、陸上養殖に大別される。漁港水域では、潮通し
が良く、生簀の設置の際に十分な水深が確保される沖防波堤の背後や、比較的静穏
な港外水域で行われることが多い。また、陸上では取水や排水に便利な漁港用地で
行われることが多い。

【解説】

養殖とは、一定区域を占有して、その区域内で自己所有の魚介類や藻類などの生活と環境
を管理し、それら生物の繁殖や成長をはかり、目的とする大きさ（商品サイズ）まで育成す
ることである。我が国では多種多様な水産動植物を養殖しており、それぞれの特性に応じた
養殖方法がとられている（図 3.4.1～2）。

養殖は、海面で営まれる海面養殖と、陸上に施設をつくって営まれる陸上養殖に大別され
る。海面養殖を実施するには、漁業法に基づく区画漁業権の取得が必要である。また、養
殖方法は、人間が積極的に餌を与える給餌養殖と、自然界に存在するプランクトンや栄養塩
を餌として活用する無給餌養殖に分けられる。一般に魚類養殖は給餌養殖、貝類や藻類養殖
は無給餌養殖に分類される。

平成 30 年 8 月現在、漁港水域で少なくとも 347 漁港で、同様に陸域では 36 漁港で養殖
が行われている。

養殖種類別の主な対象種を表 3.4.1 に、養殖施設分類と主な対象種を表 3.4.2 に示す。

<海面養殖>

魚類の養殖方法：

魚類養殖は、生簀で育てる方法と養殖池で育てる方法に分けられる。この他、海を網や土
手で仕切る方法（網仕切式養殖、築堤式養殖）があるが、施設の造成費用が高い。

生簀とは網でできた囲いのことで、これを海中にぶら下げ、その中で魚を成長させる（小
割り式養殖）。魚は生簀の中に閉じ込められた状態なので、餌やり、種苗の活け込み、収穫
等の作業のため漁船を用いることになる。この方式は、大規模な土木工事も必要なく、自然
の潮通しがあるため水質管理もしやすいという利点があることから、海面魚類養殖業での
主流となっている⁸。

漁港水域では、給餌養殖による水質悪化を防止する観点から、海水交換や養殖規模に注意
する必要がある。

藻類の養殖方法：

藻類は動かないので、種苗を何かに付着させれば海水から栄養分を吸収し、そのまま成長
していく。付着させる材料としては、収穫時の作業性を考慮し、ロープを用いたはえ縄や網
のようなものを用いる。コンブやワカメは大きく成長するので主にはえ縄を用いる⁸。

⁸ 水産庁：平成 25 年度水産白書,pp.3-61,2013.

漁港水域では、藻類が生長するためには一定程度の流動環境が必要であることから、養殖場所に注意する必要がある。

貝類の養殖方法：

貝類もそれほど活発に運動しないので、いかだから貝がついたロープやワイヤを垂らして養殖する垂下式と呼ばれる方法が主流となっている。カキやホタテガイ等の代表的な事例がある。

漁港水域において実施されている貝類養殖としては、アサリ養殖が挙げられる。これは、アサリをコンテナに入れて垂下する方法が開発されている。貝類は微小なプランクトンを餌としており、潮流により流されてくる天然のプランクトンがそのまま餌になる⁸。

漁港水域におけるアサリの養殖は、餌料となるプランクトンの生息状況を確認した上で、港内、港外いずれにおいても実施されている。

<陸上養殖>

海面の養殖場は、管理面や技術面から沿岸の静穏水域に限られているため、設置場所が制約を受ける。このため、陸上に養殖場を設置する方法が注目されてきている。陸上養殖は、「かけ流し式陸上養殖」と「閉鎖循環式陸上養殖」に大別される（図 3.4.3）。

「かけ流し式陸上養殖」は海面養殖の小割式を陸にあげたものであり、天然環境から海水等を継続的に取水し、飼育水として使用し、水槽から汚れた水を排水する方式である。

「閉鎖循環式陸上養殖」は、①水産生物の飼育技術、②水質等の環境管理技術、③生産全体のシステム管理技術等、総合的な技術を集積したものである。完全に人間の管理下で養殖が行われるため、常に清浄かつ無菌環境下で養殖ができるだけでなく、水流を調整して養殖魚に運動させ品質を高めたり、水温調整により成長をコントロールしたり、養殖密度を高めたり、出荷時期を調整できるなどのメリットが考えられるが、一方で生産技術面や、特にコスト低減技術面で未だに開発途上の段階にある。特に海水魚については飼育用水が塩分を含むため、飼育用水の調製や、機器・施設の錆対策へのコスト負担も必要である。

また、漁港用地において営まれる養殖の施設面積は、対象魚種によっても異なるが 50～5,000 m²の範囲が多い。

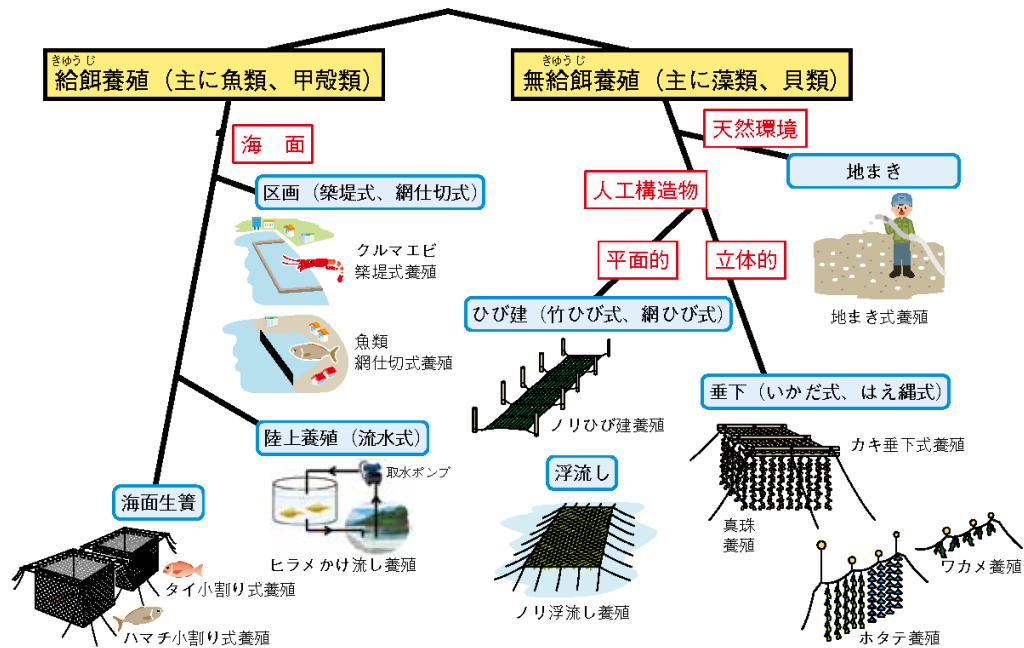


図 3.4.1 養殖方法の分類⁸

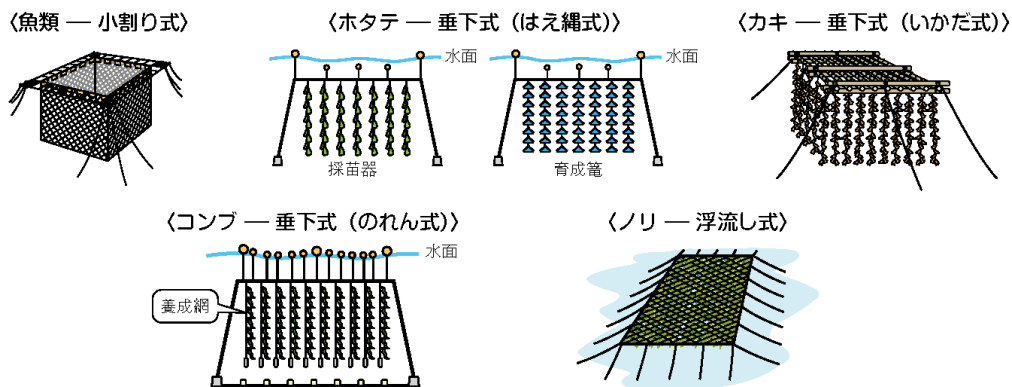


図 3.4.2 主要養殖種類別の養殖方法概念図⁸

表 3.4.1 養殖種類別の主な養殖対象種¹⁰

	海藻類	貝類	魚類	その他
無給餌養殖	ノリ類 コンブ類 ワカメ類 モズク類	ホタテガイ マガキ イワガキ ヒオウギガイ	-	ホヤ
給餌養殖		アワビ類	ブリ カンパチ ヒラマサ マダイ ギンザケ ヒラメ トラフグ シマアジ マアジ クロマグロ	ククルマエビ ウニ類

表 3.4.2 養殖種類別の主な養殖対象種¹⁰

海面養殖	無給餌型	網式	ノリ類、モズク類
		延縄式	ワカメ、コンブ、カキ、ホタテガイ、アコヤガイなど
		筏式	カキ、アコヤガイなど
	給餌型	小割式	ほとんどの魚類
		築堤式	クルマエビ、ブリ類などの一部
		網仕切式	ブリ、マダイ、クロマグロなどの一部
陸上養殖	無給餌型	水槽	海ぶどう（肥料を添加）
	給餌型	廃止塩田	クルマエビなど
		水槽	トラフグ、ヒラメ、アワビなど

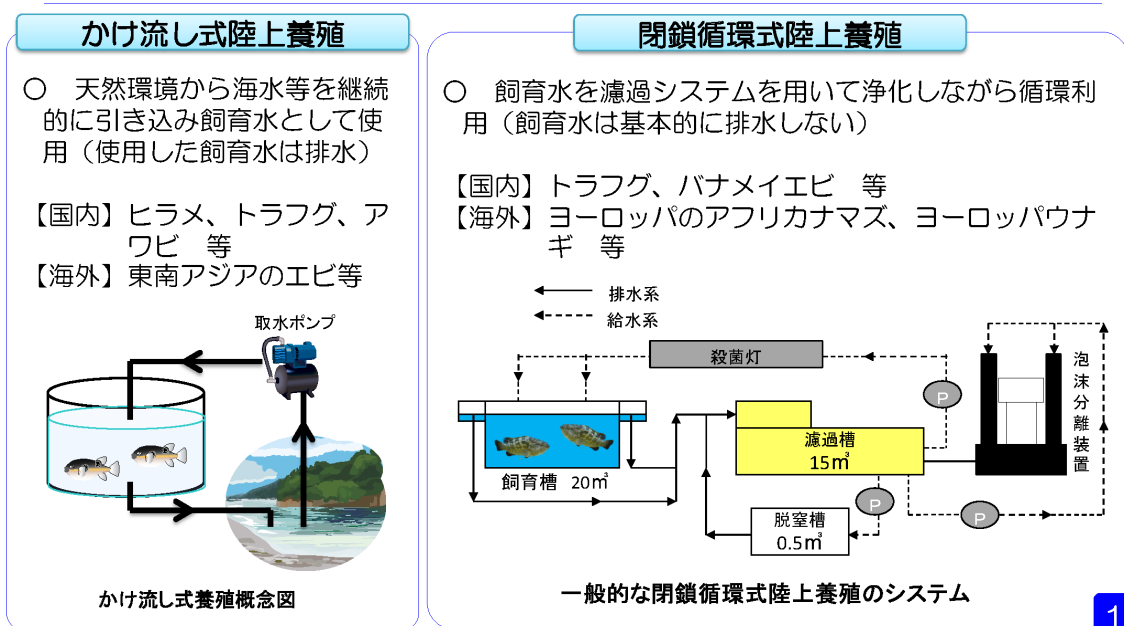


図 3.4.3 陸上養殖の分類⁹

⁹ 水産庁：養殖業のあり方検討会資料，2013

3.5 増養殖を実施する場合の留意点

漁港水域で増養殖を実施する場合には、漁港水域の環境が対象生物の生育にとって適切かどうかを判断する必要がある。また、増養殖の実施によって、漁港水域の環境に様々な影響を与えることから、モニタリングを実施し、必要に応じて対策を行う必要がある。

良好な漁場環境は、魚病の発生抑制や品質の向上につながるなど、養殖生産等を行う上で欠かせないことから、漁場環境の維持・向上が必要不可欠である。

【解説】

<高水温・低水温>

漁港水域は水深が浅いため、外海域に比べると気温の影響を受けやすく、夏季は高水温、冬季は低水温になりやすい。そのため、漁港水域の水温を調査（特に、夏季の高水温と冬季の低水温）し、対象生物の適水温帯の範囲内にあるかを予め調べて対象種を選定する必要がある。

<貧酸素>

漁港水域は、一般海域に比べて閉鎖性が強く、夏季には底層を中心に貧酸素化しやすい。水産生物の貧酸素耐性は種によって異なるが、当該海域の溶存酸素を調べて適正な範囲にあるかどうかを判断する。

また、魚類等の給餌養殖の場合には、残餌や排泄物が海底に堆積して底質が悪化し、貧酸素となる可能性がある。このため、事前調査において漁港内の浄化能力や環境収容力（対象生物をどの程度飼育できるのか）を想定することが望ましい。

<赤潮>

赤潮は主に植物プランクトンの大量発生により生ずる海水の着色現象であり、しばしば養殖業に大きな被害をもたらす。この赤潮は、窒素、リン等の栄養塩類、水温、塩分、日照、競合するプランクトンの有無等の要因が複雑に絡み合って発生すると考えられている。このため、閉鎖性の強い内湾に立地する漁港においては、注意が必要である。

赤潮の発生状況は、瀬戸内海においては長期的にみると発生件数が減少傾向にあり、九州海域では平成12（2000）年以降高い水準で横ばい傾向にある。赤潮対策は引き続き重要な課題となっていることから、関係府県では赤潮プランクトンや栄養塩類等をモニタリングし、赤潮の発生を予察するなどの対策を講じている。

<高波浪>

静穏な漁港水域にあっても、台風や津波等による高波浪時には、増養殖施設の流失や破損の危険性がある。耐久性の乏しい生簀等の施設については、港内の静穏域に移動する等の対策を行うことが必要である。

<環境悪化の防止>

養殖では、食べ残された餌や排泄物により海底に大量にたまった有機物が海中の酸素を大量に消費するだけでなく、毒性を持つ硫化物を発生させるため、生物に悪影響を与える。さらに、有機物が海中に溶け出すと海域の富栄養化により赤潮を誘発する危険性が高まる（図 2.4.1）。貝類養殖は無給餌養殖であるが、養殖量が多いと排出する排泄物も膨大な量になり、給餌養殖と同じような悪影響を与える。また藻類養殖であっても何らかの理由で大量斃死が発生すると、死骸が環境に悪影響を与える可能性がある。

我が国では良好な漁場環境を保つため、「持続的養殖生産確保法」に基づき策定された漁場改善計画を養殖業者が実施することにより漁場環境の悪化を防止している。具体的には、魚類等の給餌養殖においては、これまでより魚類等の飼育尾数を5%以上減らして餌の食べ残しや排泄物を減らしたり、配合飼料等の使用促進や病気予防のためのワクチンの投与等の措置が採られている。貝類や藻類等の無給餌養殖については、病気発生時の一斉撤去や海洋環境の定期的なモニタリング調査等により、環境収容力に応じた養殖生産管理等が行われている。

また、生簀の直下等で悪化した海底環境を改善するため、海底を耕して酸素を取り入れたり、石灰を撒いて硫化水素の発生を防ぐといった方法がとられている。

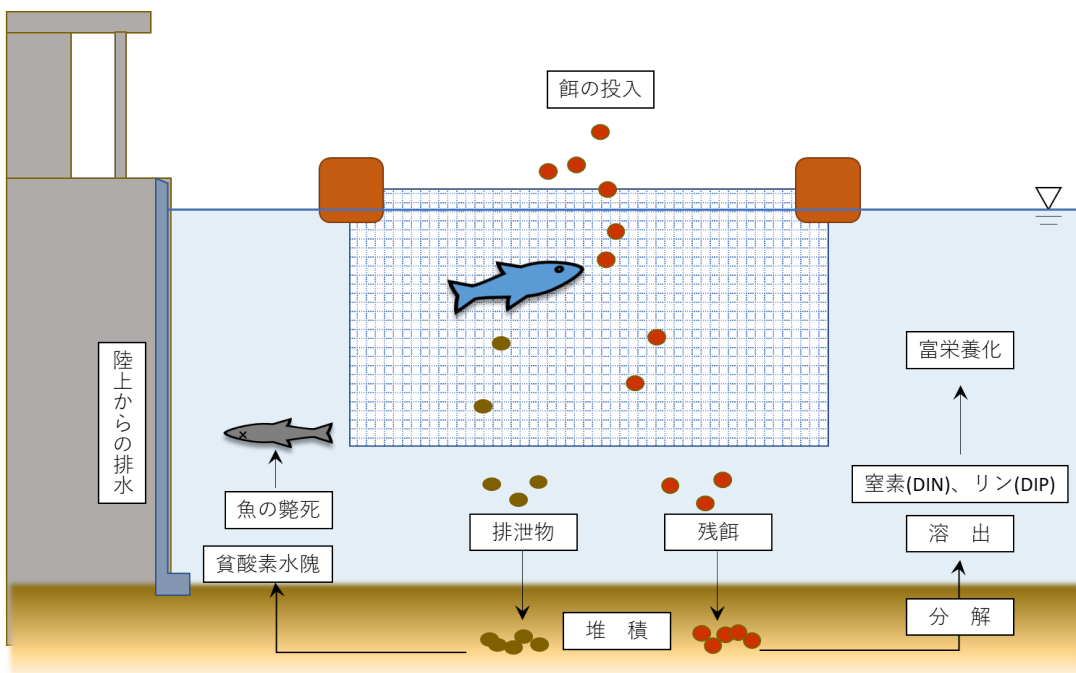


図 2.4.1 自家汚染の概念図（既存資料を改変¹⁰）

¹⁰ 濱田武士監修 図解知識ゼロからの現代漁業入門, 2017.

4. 増養殖の実施

4.1 基本的な考え方

漁港水域や漁港施設用地を活用して増養殖を実施する場合には、計画地周辺における環境条件、漁業の状況等を勘案して、体制づくり、対象種の選定を行う。事業の実施に際しては、効果検証を行いながら、PDCAサイクルによる段階的な事業の展開を行う。

また、漁港水域を一般漁場も含めた増養殖の本格実施前の実証試験の場として捉え、仮設検証型の取組を実施する中で、地域の実情に応じた最適な取組を検討することも考えられる。

【解説】

漁港水域を増養殖場として捉えた場合の特徴としては、以下が挙げられる。

<メリット>

- ・事務所や倉庫に近く、便利がよい。また、密漁監視が集約化しやすい。
- ・種苗放流の場合には、放流種苗が混獲されないことや、漁港水域内は外敵生物が少ないことや、餌料が豊富といったことが挙げられる。
- ・養殖・中間育成・蓄養においては、給餌が楽で時化がないこと、施設の維持管理の容易性、陸上の作業用地が確保しやすいといった作業性のメリットや販売・流通に便利で、燃料コストを縮減出来る等の経済性が挙げられる。

<デメリット>

- ・水質が悪化しやすいことや、付着生物等で網が汚れやすい、浮泥が堆積しやすい
- ・水域が限定的
- ・関係機関との調整が必要

こうした漁港水域の特性をふまえ、増養殖を新たに実施する場合には、漁港水域の環境条件、水産生物の分布や漁業の状況を勘案して、体制づくりや対象種の選定を行い、まずは、小規模でも収入が確保できるように目標設定を行い、PDCAサイクルによる段階的な事業の展開を行うこととする。

また、規模を拡大する場合には、漁港水域内での環境収容力の範囲内で実施することが望ましい。また、将来的に一般漁場も含めた漁港水域以外に展開することも考えられる。

4.2 計画フロー

漁港水域等において増養殖を実施する場合の計画は、概略検討、実証試験、事業実施の3つのフェーズに大別される。実証試験と、事業実施の各段階でPDCAサイクルを基本として実施する。

漁港水域の特性をふまえ、概略検討を行った上で、実証試験を実施し、一定の成果が得られた場合には、本格的な増養殖の実施に移行する。

【解説】

漁港水域等において増養殖を着実に実行するための計画フローと役割分担をそれぞれ図4.2.1、表4.2.1に示す。

概略検討においては、体制構築と情報収集・共有を行い、地域ごとの自然条件や社会経済条件を勘案して、対象種と対象水域を選定し、実証試験の内容を決定する。

実証試験においては、実際に増養殖を実施するとともに、モニタリングを行い、問題点や課題を分析し、その解決を行う。想定した解決策が得られない場合には、概略検討に戻り、対象種や増養殖の内容を再検討する。実証試験において、一定の成果が得られた場合には、必要に応じ環境改善等を実施し、本格実施に移る。

事業の本格実施に際しては、新たな事業目標や計画の策定を行う。以降は、実証試験と同様にモニタリングを経て課題の解決を行うとともに、取組成果の発信を行う。

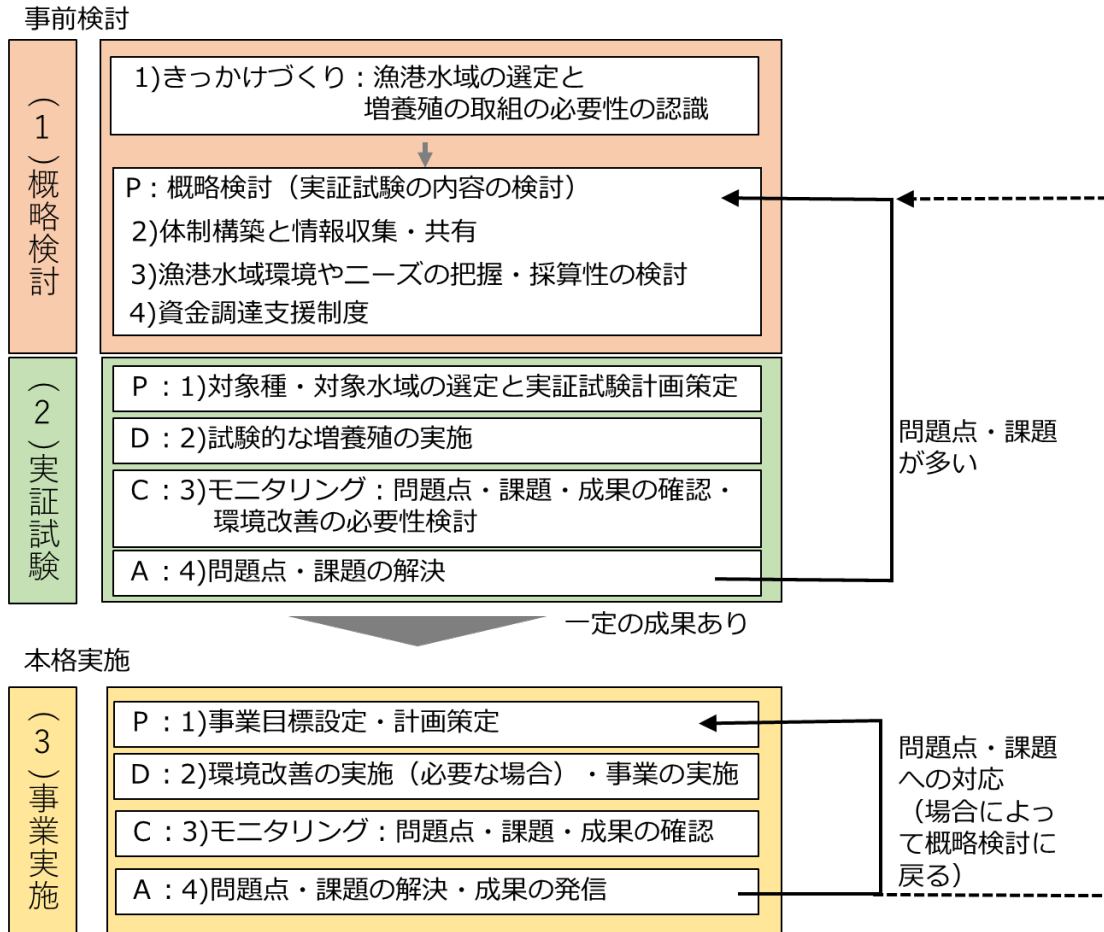


図 4.2.1 漁港水域を活用した増養殖の検討フロー

表 4.2.1 各段階における関係者の役割分担（案）

段階	主体 (役割)	漁業関係者 (当事者)	漁港管理者 (場の提供・ ハード整備)	市町村 (アドバイス、情 報提供)	試験場等 (技術指導等)
(1) 概略検討	1) きっかけづくり	増養殖の発意 話し合い	増養殖の発意 話し合い	話し合い	話し合い
	2) 体制構築等	協議会への参画 (設立を含む)	協議会の設立促進 及び参画	協議会への参画 (設立を含む)	協議会への参画
	3) 漁港水域環境やニーズの把握・採算性の検討	漁港水域環境に関する情報収集・簡易調査 ニーズの把握	漁港水域環境の情報提供または、簡易調査 ニーズの把握に関する情報提供	ニーズの把握に関する情報提供	漁港水域環境の情報提供または、簡易調査 ニーズの把握に関する情報提供
	4) 資金調達支援制度	必要な施設 種苗調達 増養殖の資材等の調達	公的な補助・助成 制度に関する情報提供	公的な補助・助成 制度に関する情報提供	
(2) 実証試験	1) 対象種・対象水域選定と実証試験計画策定	対象魚種・対象水域の選定 実証試験計画策定	実証試験計画策定 支援	実証試験計画策定 支援	対象種の情報提供 実証試験計画策定 支援 モニタリング計画の立案と役割分担
	2) 試験的な増養殖の実施	施設の設置 種苗の調達 維持管理 出荷・販売	増養殖施設の占用 許可 航路や泊地の利用 調整	漁港管理者・試験 場等の補佐	飼育方法等の技術 指導
	3) モニタリング	モニタリングの実施 計画の達成状況の 評価 環境改善の必要性 検討	モニタリング結果・計画の達成状況の共有 環境改善の必要性 検討	モニタリングの実施(補助) モニタリング結果・計画の達成状況の共有 環境改善の必要性 検討	モニタリングの実施(補助) モニタリング結果・計画の達成状況の 評価 環境改善の必要性 検討
	4) 問題点・課題の解決	実証試験の継続または事業化の判断 環境改善策に関する要望	実証試験の継続または事業化の判断 環境改善策の内容の検討と予算措置	実証試験の継続または事業化の判断 漁港管理者・試験 場等の補佐	実証試験の継続または事業化の判断 環境改善の必要性 に関する助言
(3) 事業実施	1) 事業目標設定・計画策定	取組内容と成果目標の設定 操業・生産・収支の概要 取組スケジュール	事業計画策定支援 公的な補助・助成 制度に関する情報提供	事業計画策定支援 公的な補助・助成 制度に関する情報提供	事業計画策定支援 モニタリング計画の立案と役割分担
	2) 環境改善の実施・事業の実施	施設の設置 種苗の調達 維持管理 出荷・販売	環境改善の実施 規模拡大による占用許可・利用調整	漁港管理者・試験 場等の補佐	飼育方法等の技術 指導
	3) モニタリング	モニタリングの実施 目標の達成状況の 評価	モニタリング結果・計画の達成状況の共有	モニタリングの実施(補助) モニタリング結果・計画の達成状況の共有	モニタリングの実施(補助) モニタリング結果・計画の達成状況の 評価
	4) 問題点・課題の解決・成果発信	問題点・課題の解決策の検討 取組成果の発信	問題点・課題の解決策の検討 取組成果の発信	問題点・課題の解決策の検討 取組成果の発信	問題点・課題の解決策の検討 取組成果の発信

□ : 特に合意形成が必要とされる場面

(1) 概略検討

1) きっかけづくり

漁港水域等において増養殖の取組を始める段階では、利用できる漁港水域を選定した上で、漁業の実態をふまえた対象種を選定し、適切な取組内容を決めることが望ましい。どのような取組ができるのかについて、他地域の取組例も参考にして、関係者で話し合いを始めることにより、第一歩をふみだすことが望ましい。

【解説】

漁業地域を取り巻く情勢の変化として、高齢化の進行や人口の減少、若い世代を中心とした担い手の減少という就業構造の変化や沿岸漁業における生産量の低下や漁船隻数の減少等が挙げられる。これら変化に的確に対応し、漁村の活性化を図ることが必要となっている。漁港においては機能再編や集約化が図られる中で、今後、活用可能な水域や用地の増加が見込まれる。こうした中で、安定した漁業生産や魚価の形成を図り、高齢者でも就労可能な漁港水域等を活用した増養殖の取組へのニーズが高まっている。

各地の漁港における増養殖への取組の第一歩として、漁業者及び漁港管理者等の関係者が漁村地域の現状を見直し、問題点や課題に「気づき」、将来像をイメージする中で、漁港水域の利用調整や増養殖の可能性について話し合うことが重要である。関係者が話し合いの場を設けることにより、問題意識を共有する中で、増養殖の取組を「発意」することが以後の概略検討や実証試験の内容を決める際の原動力となる。

これまで実施されている漁港水域における増養殖の取組は、地域の漁業の状況や取組に携わる関係者の構成も異なっているが、いずれも漁業地域の特性を活かして、漁業者が主体的に行動するとともに、行政や水産試験場等が技術的・財政的なサポートを行いながら、試行錯誤の末、実施されている。今後、ICTを活用したスマート水産業¹¹の推進、高齢化対策や後継者の育成策の観点からも、先進事例を参考に、積極的に導入することが望ましい。

¹¹ ICTを活用し、これまで得られなかった漁業活動や漁場環境の情報を収集することにより、適切な資源評価・管理を促進する取組と、先端技術の活用による生産活動の省力化や、データのフル活用による操業の効率化・漁獲物等の高付加価値化により、生産性を向上させるとともに、担い手確保に貢献するための取組。

2) 体制構築と情報収集・共有

漁港水域における増養殖の実施においては、漁業関係者、漁港管理者、地方公共団体の水産部局、研究機関等による協議会等の話し合いの場を設置することが望ましい。それぞれの立場から、概略検討を行うための情報収集と意見交換を行い、認識の共有と合意形成を図りながら進めていく。

【解説】

合意形成のはじめのプロセスは組織づくりである。漁港水域は公共の水域であることや漁船の航行、係留が行われるため、その有効利用を進める場合、増養殖に係る一部の関係者だけではなく、漁港利用に係る幅広い関係者との合意形成が必要である。このためには、関係者で構成される組織作りが最初のプロセスとして重要である。この組織作りの段階では、既に具体的な取組の方向性が明確な場合と、これから取組内容を検討する場合がある。組織づくりを終えた後は、検討する事項やその順番を関係者で協議し、コンセンサスを経て、具体的な取り組みイメージを固める必要がある。合意形成が得られた次の段階は、実施していくために必要な計画・実施のプロセスを検討する。そして、計画通りの実施に努めるとともに、実施後は、漁港水域環境や、対象生物の生育状況等のモニタリングを通じて当初の計画が達成したか否かをチェックし、フィードバックを行い、解決策を策定する。

漁港水域を利用した水産生物の増養殖を効率的に行うためには、水産生物の生態に詳しく生産や販売を行う漁業者が中心となり、技術的サポートを行う研究機関（水産試験場、普及指導所等）、制度的サポートを行う行政機関（県庁や市役所）が加わることが望ましい。また、取り組みに賛同する一般市民、NPO法人、民間企業等が存在する場合は、参加を求め、幅広い組織構成のもとで、専門性を深めるとともに客観性を高めておくことも有効である。

＜漁業関係者＞

増養殖のタイプ（種苗放流、中間育成、蓄養、養殖）と対象魚種の候補を想定し、関係者間で協議を行う。また、タイプ毎に必要な施設、販路等についても検討する。また、漁業者間で漁港水域の利用に関する合意形成も必要となる。

＜漁港管理者＞

漁港水域に増養殖施設を設置する場合には、施設の占用許可の申請や、他の漁船漁業等の航路や泊地の利用についての利用調整を行う必要がある。また、養殖を実施する場合には、区画漁業権の設定等も必要となることから、これらの情報提供と利用調整を行う。

＜都道府県・市町村＞

漁港管理者と並んで、行政サイドからのサポートを行う。具体的には、施設整備や資材購入、種苗購入等に関する補助金等や優遇措置、関連施策等に関しての情報提供等を行う。また、漁業体験や水産物の販売イベントを実施する際の企画やPRに関与する事例もみられる。

<研究機関>

都道府県の水産試験場や大学等の研究機関を想定する。関係者と協議する中で、専門的な立場で情報提供や技術指導を行う。

具体的には、漁港水域の環境情報や対象生物に関する情報提供、調査方法の提案、種苗の提供、飼育方法や維持管理等に関する情報、適切な環境収容尾数の設定等を想定する。

<市場関係者等>

その他、取組の内容に応じて市場関係者、観光業者、取組に賛同する一般市民、NPO法人、民間企業等が必要に応じて組織を構成することも考えられる。



図 4.2.2 漁港水域等を活用した増養殖の実施体制（案）

3) 漁港水域の環境やニーズの把握・採算性の検討

増養殖を実施する際には漁港水域の環境について把握するとともに、対象種の需給動向をふまえた市場価値や販路等から、ニーズを把握する。

【解説】

①漁港水域の環境

漁港水域が増養殖を実施する際に適しているのか、あるいは想定している対象種の生息に問題がないかを判定するために、以下の項目について検討を行う。

<水深>

計画平面図等を参考に水深を把握する。また、漂砂等が堆積している漁港においては、必要に応じて簡易的な音響測深等により、水深の面的な把握を行う。小割生簀やはえ縄、筏式の養殖等を実施する際には、水深が浅すぎると施設の設置ができない場合もある。小割生簀は1辺5~10mのものが多い。

施設別の適用水深として、小割生簀や筏式の場合には水深3m以上、はえ縄式の場合には水深4m以上が望ましい。

<水温>

増養殖を実施する漁港水域の水温の年変動を把握する。水産生物を飼育する場合には、種固有の適水温帯があることから、それらの範囲内にあるかを判断するための基礎資料となる。漁港水域での周年の実測値があることが望ましいが、ない場合には、近傍の水温測定点のデータを参考にする。ただし、漁港水域は水深が浅いことから、外気温の影響を受けやすく、夏季は高温に、冬季は低温になりやすいことに留意する。

<塩分>

漁港近傍に流入河川がある場合には特に注意する。出水時には、塩分の低下や、濁りの影響を受けやすい。水温と同様に漁港水域近傍の観測データを流用してもよいが、漁港近傍に流入河川がある場合には、出水後の塩分の鉛直測定を実施し、低塩分水の水平、鉛直方向への広がりについて把握を行う。

<溶存酸素>

閉鎖性が高く、底質の悪化した漁港では、夏季の高水温期に溶存酸素濃度が低下しやすいことから、増養殖を行う水域の実測値を把握する。対象とする水産生物によって、貧酸素に対する耐性が異なることから、飼育する成長段階に応じた種特有の酸素消費量を設定することが考えられる。なお、対象種が将来変更される場合を考慮し、一般的な値として養殖環境基準(5.7mg/L)や水産用水基準(4.3mg/L)を参考としてもよい。

<底質>

増養殖を実施する水域の底質(粒度組成、COD、硫化物等)を把握する。特に港内で増養殖の実施場所がシルト・粘土分が主体で、かつ堆積物の多い漁港においては、夏季の底質悪化の可能性が高いことから、底質CODや硫化物が水産用水基準(COD:20mg/g、硫化物0.2mg/g)を超える場合には注意する。

＜高波浪の発生状況＞

高波浪による増養殖施設の流失や破損の危険性を判断する。一般に防波堤等の背後は、安全な場所と考えられるが、台風等の激浪時においては、越波により、増養殖施設の破損の可能性も考えられる。

また、これまでの養殖、中間育成、蓄養に用いられている施設が設置される水域において、利用限界波高に対するアンケート調査が行われており、施設の耐波性（係留ロープの切断・生簀の破損等）、魚介類の生理（摂餌行動・傷み）、管理行為（投餌作業・水揚げ等）などの観点から、概ね1 m以下の波高が望ましいとの結果が得られている¹²。

さらに、時化によって噴流が発生すると対象魚種への影響を与える場合があるので、外郭施設と増養殖施設の配置には十分な配慮が必要である。

＜その他＞

赤潮の発生海域においては、漁港水域近傍における赤潮の発生状況を把握する。また、水質（COD、栄養塩類、クロロフィル）、底質（COD、硫化物）や、底生生物の種組成から、海域の栄養階級（貧栄養域、富栄養域、過栄養域）を把握して、水底質の悪化が起りやすい水域かを判断することが可能となる。

②ニーズの把握・採算性の検討

対象魚種の販路や市場での取引価格、天然魚の漁獲量及び飼育の容易性等を勘案して、安定して価格が形成され、利益の出しやすい魚種の検討を行う。また、市場関係者が参画することにより、流通や販売面からのアドバイスを得ることも考えられる。

基本的には、市場価値のある魚介類を選定し、採算性を確保することによって施設を利用する漁業関係者が継続的に取り組む意欲を持てるような環境整備が必要である。そのために、需給動向を踏まえた生産・出荷計画、流通ルートの確立、ブランド化を含めた販売戦略立案など、生産から消費まで一連の経済活動の全体像を事前に見通す、いわばフィージビリティ・スタディ（実現可能性調査）のような経済性の検討が必要である。表 4.2.2 に検討項目を示す。このような、経済性の検討は対象魚介類の選定と環境維持方策、出荷量に見合った施設規模など、具体的な施設整備計画及び管理運営体制を検討するにあっても重要となる。

流通ルートについては、卸売業者を通じる一般的な市場ルートのほかに、直営店や企画販売などの直販、昨今ではカタログやネット販売など様々な流通が可能になっており、高付加価値化や差別化を図る意味からも効果的な手法を検討しなければならない。また、インバウンドによる消費や輸出等についても検討を行う。

なお、対象魚介類は採算性から考えると市場価値の高いものほど望ましいが、これまでの養殖・中間育成・蓄養の経験や情報の蓄積を踏まえて、価格だけではなく、管理のしやすさ、生残率の高さなど、安定的な生産の期待できるものを選定することで持続的な施設

¹² 北海道開発局農業水産部水産課：漁港水面多目的利用計画の手引（養殖、中間育成、活魚蓄養水面利用計画、1996。

利用に繋がる¹³。

表 4.2.2 採算性の検討項目¹³

分類		調査・検討項目
1	現状の把握（需給動向）	資源量と漁獲時期、増養殖実績の有無、対象地区周辺での水産物流通実態、魚価の変動、漁業者の意向
2	生産・出荷計画	対象魚種、増養殖の方法
3	流通ルートの確立	仲買・販売店の意向、付加価値化、ブランド化
4	妥当性の検証	施設の機能維持、将来計画の採算性

¹³ （一社）寒地港湾技術研究センター，寒冷地における沿岸構造物の環境調和ガイドブック，2017.

【参考】

漁港水域での環境調査結果から、栄養階級区分を判定する際の基準を以下に示す。

表 4.2.3 7月～9月の成層期における各栄養階級区分ごとの特徴¹⁴

特徴	腐水域	過栄養域		富栄養域	貧栄養域
		数m以深域	数m以浅域		
透明度		3 以下		3 ~ 10	10 以上
水色	黒味をおびる	黄色,黄緑,赤褐色など		短期間、局部的に着色が見られる場合がある。	着色は見られない。
COD (mgO ₂ /L)	10 以上	3~10		1~3	1 以下
BOD (mgO ₂ /L)	10 以上	3~10		1~3	1 以下
無機態窒素化合物 (μgN/L)	100 以上	10~100		2~10	2 以下
溶存酸素 (飽和率)	表層近くまで低または無酸素状態 (0~30%)	表層は過飽和,底層は無(低)酸素状態 (0~30%)	表層は過飽和状態 (100 ~ 200%)	表層・中層は飽和状態数m以深の底層は不飽和状態 (30~80%)	表・中・底層とも飽和状態 (80 ~ 100%)
硫化水素	表層近くまで認められる。	底層に認められる。	認められない。	認められない。	認められない。
植物プランクトン極大層	—	3m以浅、時には 0.5m以浅になる。中層または低酸素域に形成される場合もある。		数m~数十m層に形成	数十m層に形成
クロロフィル (mg/m ³)	—	10 ~ 200		1 ~ 10	1 >
クロロフィル (g/m ²)	—	0.1 ~ 1		0.05 ~ 0.1	0.05 >
基礎生産量 (mg C/m ³ /時)	—	10 ~ 200		1 ~ 10	1 >
基礎生産量 (gC/m ² 日)	—	1 ~ 10		0.3 ~ 1.0	0.3 >
泥色	黒色、表層に褐色の酸化層無し	黒色,酸化層無し	やや黒味をおび、酸化層あり	時に黒味をおび、酸化層あり	黒味なく、酸化層なし
硫化物 (mg/g)	1.0 <	0.3 ~ 3.0		0.03 ~ 0.3	0.03 >
COD (mg/g)	—	30 <		5 ~ 30	5 >
微生物バクテリア* (細胞数/mL)	10 ⁶ 以上	10 ³ ~10 ⁶		10 ² ~10 ⁴	10 ² 以下
植物プランクトン (細胞数/mL)	10 ⁵ 以下・少種	10 ³ ~10 ⁶ ・少種		10 ¹ ~10 ² ・多種	10 ¹ ・多種
原生動物	多数	やや多数		少数	少数
動物プランクトン (甲殻類)	—	少数・少種 (多数見られる場合もある。)		多数・多種	多数・多種
底生生物	多毛類	少数・少種	もつとも多数・多種	多数・多種	多数・多種
	甲殻類	—	少数・少種	多数・多種	多数・多種
例	河口・汚水流入域	内湾奥部・汽水湖・湾口の非常に狭い内湾		内湾・水深 30m以浅の沿岸域・沖合いの湧昇域	水深 30m以上ある沿岸海域・沖合海域*

注) * : 生菌計数法による。 ** : 水深が 100m以深の層を除く《吉田陽一—1973 より》

¹⁴ 岡市—海洋大辞典, 420p, 1987.を一部改変

4) 資金調達支援制度

資金に乏しい導入期には、初期コストを抑制しつつ、効果的な取組となるよう計画を立案することが重要となる。このため、必要となる施設や資材の調達についてソフト・ハード両面から公的な補助・助成制度に関する情報収集を行い、取組の初期段階におけるリスクの低減を図る。

【解説】

聞き取り調査等を参考に、既往の漁港施設用地や漁港水域の有効活用に資する増養殖を実施する際の支援制度を以下に整理した。

＜漁港水域で増養殖を実施する際に活用可能な支援制度の例＞

■ハード整備（補助）

- ・水産基盤整備事業（水産庁）
- ・ストック効果の最大化に向けた漁港の機能分担・有効活用推進事業（水産庁）

■ソフト支援（補助）

- ・水産多面的機能発揮対策（種苗放流等、水産庁）
- ・漁港機能増進事業（有効活用促進施設、水産庁）
- ・浜の活力再生交付金（水産庁）
- ・離島漁業再生支援交付金（水産庁）

5) 対象種・対象水域の選定と実証試験計画策定

- ・対象種の選定においては、漁港水域の環境特性を勘案して、水産生物の飼育に適しているかを判断する。その際に、単価の高い魚種や利益率の高い魚種等の経済合理性も判断基準となる。
- ・対象水域の選定に際しては、当該水域の環境条件を把握し、増養殖のタイプに合わせた水域を選定する。
- ・実証試験の計画策定として、実施期間、施設や種苗の調達、維持管理、モニタリング計画、成果目標等を設定する。
- ・以上について、関係者が協議して合意形成を行う。

【解説】

漁港水域を水産生物の増養殖に用いる場合、漁業実態を踏まえて、何の取組を実施したいのか、そのために必要な調査項目は何か、対象種は何にするのか、必要な施設や人員はどうするのか、この取組の収益の見込みはどの程度か等を検討し、具体的な計画・実施内容を関係者と相談しながら進めることになる。漁港水域を利用した水産生物の増養殖は先行事例が少なく、未解明な事項が数多く想定されることから、小規模の試験から開始し、少しずつ規模を拡大することが望ましい。また、計画・実施にあたっては、類似事例を含めた専門的・科学的な情報提供、専門家へのヒアリング等を関係者と共に

実施する。作成された計画を確実に実行していくためには、協議会を定期的開催し、計画に記載した事項の実施状況のチェック、進行管理を行い、適宜内容を見直す。

<対象種の選定>

- ・対象種の選定にあたっては、漁港水域の立地環境に適應する水産生物を選定する方法と市場のニーズ等から決定する方法が考えられる。
- ・また、既存資料（漁業養殖業生産統計等）により、対象魚種の単価、生産量、天然魚との割合の推移等の全国的な動向（図 4.2.3、表 4.2.5 参照）や出荷時の販路等についても検討した上で選定する。
- ・対象生物によって、漁港水域から受ける影響、漁港水域に及ぼす影響が異なることに留意する（表 4.2.4）。
- ・漁港水域で取組まれている全国の事例の主な対象種は以下の通り。

種苗放流：魚類；カサゴ、キジハタ、マダイ、サケ、ヒラメ、メバル等

貝類；アワビ、サザエ

その他；ガザミ類、クルマエビ、ナマコ

養 殖：魚類；マダイ、ブリ類、スズキ、カンパチ、フグ類等

貝類；アワビ類、アサリ等

藻類；ワカメ、ヒジキ、トサカノリ

中間育成：魚類；マダイ、サケ等

蓄 養：魚類；ブリ類、アジ類、マダイ、サバ類、ヒラマサ等

貝類；アワビ、サザエ

その他；イセエビ、ウニ類、ナマコ

表 4.2.4 養殖を実施する場合の対象種別、漁港水域における問題点と課題

対象種	漁港水域における問題点	課題
給餌養殖 (魚類)	給餌に伴う、残餌、排泄物が漁港水域の負荷源となる	餌の種類と量、投餌方法、飼育密度
無給餌養殖 (貝類)	排泄物、死骸、貝殻等が一定範囲の海底に集中的に蓄積されることによって底質が悪化する	養殖する貝類の量と密度 付着物の処理方法
無給餌養殖 (海藻)	海藻の枯死体やそれに付着する動物が海底に堆積し、底質が悪化する	養殖面積、密度 付着物の処理方法

<対象水域の選定>

- ・漁港水域の環境条件（水質、底質、流動環境等）の把握を行い、対象水域（港外、港口、港奥）を選定する。調査は既存資料から推定する方法と、現地調査により把握する方法がある。詳細については、試験場等の専門家や漁港管理者等と相談して決定する（図 4.2.3）。

・種苗放流の場合：

対象とする水産生物によって活用する水域が異なる。魚類の場合には泊地内の静穏域や、保護育成施設を設置した構造物付近において放流する機会が多い。貝類（アワビ・サザエ等）は、構造物周辺に形成された藻場等の餌料環境のよい場所に放流する機会が多い。ナマコでは、港内の静穏域を活用する機会が多い。

・給餌養殖の場合：

生簀を設置する水深が深く、海水交換が十分で、残餌や排泄物が十分に分解・拡散されやすい比較的静穏な港外水域や、港外の沖防波堤の背後で行われる機会が多い。港内で実施する場合には、持続的な利用の観点から、環境浄化能力や環境収容力の範囲内で実施することが望ましい。

・中間育成の場合：

給餌養殖と同様であるが、給餌期間が短く、施設規模も養殖施設より小規模となる機会が多いため、作業性を考慮して、港口付近の海水交換のよい場所や、港内の場合には、海水交換施設を有する水域といったことが考えられる。この場合には、導水による水流が直接当たらない場所を選定するなど、施設の安定性や飼育する生物への影響に配慮する。

・蓄養の場合：

養殖や中間育成よりも更に飼育期間が短く、環境負荷が小さいことから、出荷作業の効率がよい、泊地奥部や岸壁周辺が利用されることが多い。

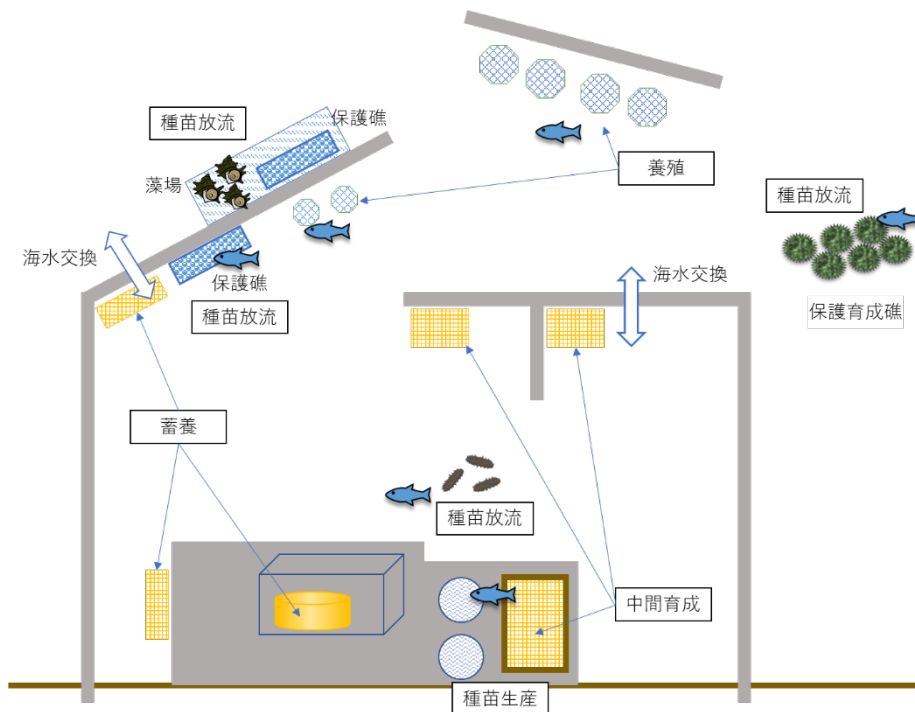


図 4. 2. 3 漁港水域における増養殖の対象水域のイメージ

＜実証試験計画の策定＞

・実証試験の期間：

増養殖のタイプ（種苗放流、中間育成、蓄養、養殖）によって異なるが、対象生物の入荷から出荷・販売までの1サイクルを実施して、課題を抽出できるような計画とする。

・増養殖の規模：

収容する水産生物の尾数や入手先、金額を算定して、設置する施設の構造と基数を決定する。なお、収容尾数については、日常の管理が容易な小規模なものとし、段階的に規模を拡大する。なお、収容尾数の算定については、p. 71～77 を参照。

・成果目標：

当初の収容時の体重や収容尾数に対する出荷時の体重、尾数、生産コスト、売上目標等について設定する。

・給餌：

給餌養殖の場合には餌の種類や量、頻度、人員配置等の内容を決定する。

・モニタリング：

モニタリングについては、飼育期間中の水質、底質等の漁場環境、対象とする水産生物の成長や生残に関する項目とする。詳細は p. 62～68 を参照。

・日常管理：

施設の設置状況、網等への付着生物の除去、対象とする水産生物の養殖日誌の作成や密漁監視等を想定する。

・協議会における合意形成：

各組織が担当する役割分担、具体的な作業内容や作業量等についても明らかにし、合意を得ておく必要がある。

表 4.2.5 養殖の各段階における計画策定の一例

段階	課題
生簀・筏の設置	生簀・筏の適正な配置と密度
種苗搬入	種苗の入手先、方法、価格
給餌	餌の種類と量
飼育	成長段階に応じた養殖可能尾数
病気	日頃の予防と発生時の対応
モニタリング	水質・底質の把握
日常管理	網の洗浄、日誌の作成、密漁監視
出荷	販売方法、価格、販路

種苗放流	養殖	
	給餌養殖	無給餌養殖
<p>○対象生物 魚類：カサゴ、キジハタ、マダイ等 貝類：アワビ、サザエ その他：ガザミ、クルマエビ、ナマコ等</p>	<p>○対象生物 魚類：マダイ、ブリ、カンパチ、フグ類等 貝類：アワビ その他：ウニ類</p>	<p>○対象生物 貝類：アサリ等 藻類：ワカメ等</p>
<p>○チェック事項 ・対象種 ・放流時期 ・放流サイズ ・放流量 ・放流方法</p>	<p>○チェック事項 ・対象種 ・生簀等の配置、基数、密度 ・種苗の入手 ・給餌（種類、量、頻度） ・病気発生 ・生簀の管理（網の清掃） ・出荷（飼育期間、販売方法、価格、販路）</p>	<p>○チェック事項 ・対象種 ・生簀等の配置、基数、密度 ・種苗の入手 ・病気発生 ・生簀の管理（網の清掃） ・出荷（飼育期間、販売方法、価格、販路）</p>
<p>○モニタリング項目 ・放流後の生残 ・分布密度 ・漁獲量等</p>	<p>○モニタリング項目 ・水質（水温、溶存酸素等） ・底質（COD、硫化物） ・成長 ・生残 ・生殖腺重量（ウニ類）等</p>	<p>○モニタリング項目 ・水質（水温、溶存酸素、藻類：濁度、栄養塩等） ・光環境（藻類） ・底質（COD、硫化物） ・クロロフィルa（貝類） ・成長 ・生残等</p>
<p>○事例 ナマコ： （事例集p.118-127） アワビ・サザエ： （事例集p.137-138）</p>	<p>○事例 マアジ・ホッケ：（事例集p.107-114） ウニ類：（事例集p.115-117,125-127） ブリ：（事例集p.139-141）</p>	<p>○事例 アサリ：（事例集p.133-136）</p>
	蓄養	中間育成
	<p>○対象生物 魚類：ブリ、マアジ、マダイ、イシダイ等 貝類：サザエ、アワビ その他：イセエビ、ウニ類</p>	<p>○対象生物 魚類：マダイ、サケ、サワラ等 貝類：アワビ その他：ナマコ等</p>
	<p>○チェック事項 ・対象種 ・生簀等の配置、基数、密度 ・入荷 ・給餌の有無 ・生簀の管理（網の清掃） ・出荷（蓄養期間、販売方法、価格、販路）</p>	<p>○チェック事項 ・対象種 ・生簀等の配置、基数、密度 ・種苗の入手 ・放流期間 ・放流サイズ ・放流量 ・放流方法</p>
	<p>○モニタリング項目 ・水質（水温、溶存酸素等） ・底質（COD、硫化物） ・生残等</p>	<p>○モニタリング項目 ・中間育成後の生残 ・分布密度 ・漁獲量</p>
	<p>○事例 マアジ・メジナ・マダイ等： （事例集p.97-106） ウニ類（事例集：p.122-124） イシダイ：（事例集p.130-132）</p>	<p>○事例 マダイ （事例集p.128-129）</p>

図 4.2.4 漁港水域における増養殖のタイプ別の実施内容

【参考】

2018年度に実施した漁港水域における増養殖の取組例についての全国アンケートの結果から、増養殖の対象魚種を以下に示す。

表 4.2.6 (1) 海区別の漁港水域における増養殖の取組例（上位 10 種）

全体

	漁場利用		種苗放流		養殖		中間育成		蓄養	
	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類
1	イセエビ	甲殻類	アワビ類	貝類	マダイ	魚類	マダイ	魚類	ブリ類	魚類
2	アワビ類	貝類	ヒラメ	魚類	アコヤガイ	貝類	アワビ類	貝類	アジ類	魚類
3	マダイ	魚類	サザエ	貝類	ブリ類	魚類	サケ	魚類	マダイ	魚類
4	アコヤガイ	貝類	カサゴ	魚類	ワカメ	藻類	ナマコ	なまこ	サバ類	魚類
5	アジ類	魚類	キジハタ	魚類	アジ類	魚類	イセエビ	甲殻類	ヒラマサ	魚類
6	魚類	魚類	マダイ	魚類	ノリ	藻類	クロマグロ	魚類	クエ	魚類
7	ナマコ	なまこ	ナマコ	なまこ	カキ類	貝類	ブリ類	魚類	アワビ類	貝類
8	サザエ	貝類	カザミ類	甲殻類	魚類	魚類	サワラ	魚類	サザエ	貝類
9	ブリ類	魚類	クエ	魚類	スズキ	魚類	アサリ	貝類	ウニ類	うに
10	ワカメ	藻類	クルマエビ	甲殻類	カンパチ	魚類	アジ類	魚類	魚類	魚類

北海道日本海北区

	漁場利用		種苗放流		養殖		中間育成		蓄養	
	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類
1					アワビ類	貝類				
2					ホッケ	魚類				
3					カキ類	貝類				
4					ウニ類	うに				
5					コンブ	藻類				
6										
7										
8										
9										
10										

北海道太平洋北区

	漁場利用		種苗放流		養殖		中間育成		蓄養	
	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類
1					ウニ類	うに				
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

太平洋北区

	漁場利用		種苗放流		養殖		中間育成		蓄養	
	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類
1	ナマコ	なまこ	サケ	魚類			サケ	魚類	ウニ類	うに
2	タコ	頭足類	アワビ類	貝類					アワビ類	貝類
3	ウニ類	うに	ナマコ	なまこ					サケ	魚類
4	カキ類	貝類	ウニ類	うに						
5										
6										
7										
8										
9										
10										

表 4.2.6 (2) 海区別の漁港水域における増養殖の取組例（上位 10 種）

太平洋中区

	漁場利用		種苗放流		養殖		中間育成		蓄養	
	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類
1	イセエビ	甲殻類	アワビ類	貝類	ワカメ	藻類	マダイ	魚類	アジ類	魚類
2	アワビ類	貝類	サザエ	貝類	ノリ	藻類	アワビ類	貝類	マダイ	魚類
3	サザエ	貝類	イセエビ	甲殻類	アワビ類	貝類	イセエビ	甲殻類	サバ類	魚類
4	ヒラメ	魚類	ヒラメ	魚類	マダイ	魚類	アジ類	魚類	イワシ類	魚類
5	ナマコ	なまこ	ガザミ類	甲殻類	アジ類	魚類	ナマコ	なまこ	同位9種	
6	マダイ	魚類	クルマエビ	甲殻類	ナマコ	なまこ	クロマグロ	魚類		
7	ブリ類	魚類	ヨシエビ	甲殻類	イセエビ	甲殻類	ブリ類	魚類		
8	ワカメ	藻類	ナマコ	なまこ	同位14種		サバ類	魚類		
9	ノリ	藻類	マダイ	魚類			サザエ	貝類		
10	ハマグリ	貝類	トコブシ	貝類			ワカメ	藻類		

太平洋南区

	漁場利用		種苗放流		養殖		中間育成		蓄養	
	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類
1	アジ類	魚類	マダイ	魚類	マダイ	魚類	ブリ類	魚類	アジ類	魚類
2	アコヤガイ	貝類	ヒラメ	魚類	アコヤガイ	貝類	アサリ	貝類	マダイ	魚類
3	マダイ	魚類	アジ類	魚類	アジ類	魚類	マダイ	魚類	イセエビ	甲殻類
4	スズキ	魚類	アコヤガイ	貝類	ブリ類	魚類	アワビ類	貝類	ブリ類	魚類
5	アワビ類	貝類	イカナゴ	魚類	スズキ	魚類	アコヤガイ	貝類	ヒラメ	魚類
6	ヒジキ	藻類	アワビ類	貝類	カンパチ	魚類	クルマエビ	甲殻類		
7	ブリ類	魚類	ナマコ	なまこ	ヒジキ	藻類	イサキ	魚類		
8	カンパチ	魚類	スズキ	魚類	トサカノリ	藻類				
9	ヒオウギガイ	貝類	ブリ類	魚類	クロマグロ	魚類				
10	イセエビ	甲殻類	ワカメ	藻類	ヒオウギガイ	貝類				

日本海北区

	漁場利用		種苗放流		養殖		中間育成		蓄養	
	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類
1	カキ類	貝類			トラウトサーモン	魚類	マダイ	魚類	サザエ	貝類
2	ハタハタ	魚類			サケ	魚類	アワビ類	貝類		
3	マダイ	魚類					サケ	魚類		
4	アワビ類	貝類					ハタハタ	魚類		
5										
6										
7										
8										
9										
10										

日本海西区

	漁場利用		種苗放流		養殖		中間育成		蓄養	
	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類
1	アワビ類	貝類	アワビ類	貝類	トラウトサーモン	魚類			ブリ類	魚類
2	サザエ	貝類	サザエ	貝類	マダイ	魚類			サバ類	魚類
3	マダイ	魚類	ヒラメ	魚類	ワカメ	藻類			アジ類	魚類
4	ブリ類	魚類	ナマコ	なまこ	カキ類	貝類			マダイ	魚類
5	サワラ	魚類	マダイ	魚類	アコヤガイ	貝類			スズキ	魚類
6	ナマコ	なまこ	ウニ類	うに	アワビ類	貝類			ヒラメ	魚類
7	ウニ類	うに	トラウトサーモン	魚類	フグ類	魚類			マハタ	魚類
8	ヒラメ	魚類	キジハタ	魚類	ナマコ	なまこ			フグ類	魚類
9	イワシ類	魚類			サザエ	貝類			ワカメ	藻類
10	トラウトサーモン	魚類			同位5種					

表 4.2.6 (3) 海区別の漁港水域における増養殖の取組例（上位 10 種）

瀬戸内海区

	漁場利用		種苗放流		養殖		中間育成		蓄養	
	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類
1	タコ	頭足類	キジハタ	魚類	ワカメ	藻類	マダイ	魚類	ブリ類	魚類
2	キジハタ	魚類	ヒラメ	魚類	カキ類	貝類	ナマコ	なまこ	サバ類	魚類
3	アワビ類	貝類	クルマエビ	甲殻類	ヒラメ	魚類	サワラ	魚類	イワシ類	魚類
4	ナマコ	なまこ	カサゴ	魚類	キジハタ	魚類	カキ類	貝類	ナマコ	なまこ
5	ワカメ	藻類	ナマコ	なまこ	カサゴ	魚類	クルマエビ	甲殻類	アサリ	貝類
6	カサゴ	魚類	タコ	頭足類	ノリ	藻類	カサゴ	魚類		
7	マダイ	魚類	メバル	魚類	マダイ	魚類	ガザミ類	甲殻類		
8	メバル	魚類	ガザミ類	甲殻類	アコヤガイ	貝類	タイラギ及びミルカイ	貝類		
9	サザエ	貝類	アサリ	貝類	タコ	頭足類	ヒラメ	魚類		
10	ヒラメ	魚類	同位3種		メバル	魚類	メバル	魚類		

東シナ海区

	漁場利用		種苗放流		養殖		中間育成		蓄養	
	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類	種名	分類
1	イセエビ	甲殻類	アワビ類	貝類	ノリ	藻類	クロマグロ	魚類	ブリ類	魚類
2	魚類	魚類	カサゴ	魚類	ワカメ	藻類	マダイ	魚類	ヒラマサ	魚類
3	アワビ類	貝類	クエ	魚類	ブリ類	魚類	ナマコ	なまこ	マダイ	魚類
4	ワカメ	藻類	ウニ類	うに	カキ類	貝類	アワビ類	貝類	クエ	魚類
5	ノリ	藻類	ナマコ	なまこ	マダイ	魚類	ブリ類	魚類	アジ類	魚類
6	ウニ類	うに	ガザミ類	甲殻類	アコヤガイ	貝類	アコヤガイ	貝類	サバ類	魚類
7	ナマコ	なまこ	ブリ類	魚類	フグ類	魚類	サバ類	魚類	魚類	魚類
8	カサゴ	魚類	マダイ	魚類	クロマグロ	魚類	カンパチ	魚類	サザエ	貝類
9	クルマエビ	甲殻類	同位4種		アワビ類	貝類	スマ	魚類	アワビ類	貝類
10	イカ類	頭足類			カンパチ	魚類	魚類	魚類	その他	

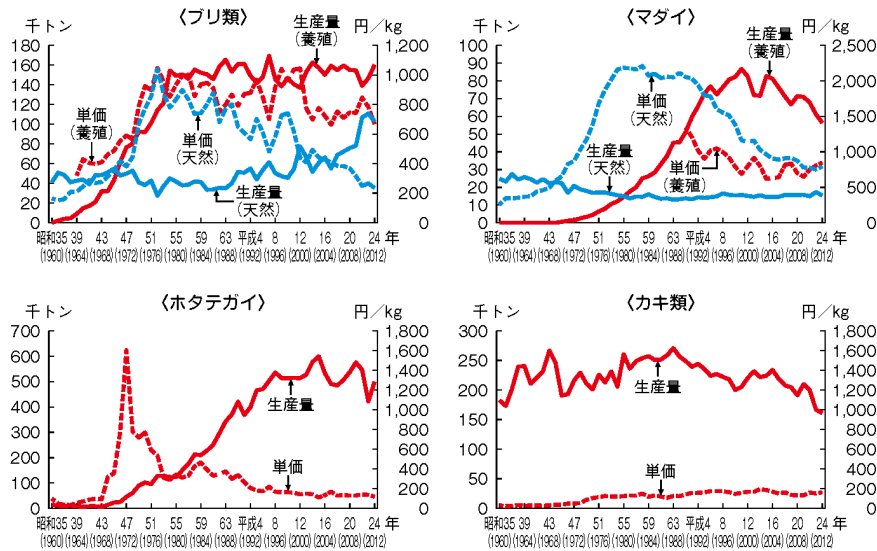


図 4.2.5 ブリ類、マダイ、ホタテガイ、カキ類の単価と生産量の推移⁸

表 4.2.7 海面養殖業種類別単価の変化¹⁵

(単位：円/kg)

	ブリ類	マダイ	ホタテガイ	カキ類	コンブ類	ワカメ類	ノリ類	上記以外魚種
平成20年(2008)	749	689	141	161	234	185	238	1389
平成25年(2013)	743	863	192	184	229	139	229	1711
平成26年(2014)	884	708	223	197	236	147	264	1686
平成27年(2015)	858	686	245	234	226	163	287	1788
平成28年(2016)	835	800	290	223	285	215	333	1611
平成29年(2017)	858	876	339	192	297	210	384	1547
平成30年(2018)	920	1038	299	193	300	200	334	1314
増減率(%) (2018/2008)	22.8	50.6	112.4	19.6	28.2	7.8	40.2	△5.4

資料：農林水産省「漁業・養殖業生産統計」及び「漁業算出額」に基づき作成

表 4.2.8 魚種別養殖期間⁸

海面	魚類	ブリ	2～3年
		マダイ	1年半～2年半
	貝類	ホタテガイ	1～3年
		カキ類	1年半～3年
藻類	ノリ類	6～10か月	
内水面	魚類	ニジマス	1～2年
		ウナギ	8か月～1年半

資料：各種資料に基づき水産庁で作成

¹⁵ 水産庁：令和元年度水産白書，pp. 231, 2020.

<対象種の水温・塩分・溶存酸素の好適範囲>

既往知見による増養殖対象種の水温、塩分、溶存酸素の好適範囲を以下に示す。

表 4.2.9(1) 水温の好適範囲¹⁶

水産動植物の種類	2月の平均水温	8月の平均水温
1 魚介類		
ニシン	0℃以上	15℃以上17℃以下
サケ・マス	2℃以上	15℃以上20℃以下
マグロ	13℃以上	25℃以上29℃以下
アジ	12℃以上	25℃以上29℃以下
シマアジ	12℃以上	25℃以上29℃以下
ブリ	8℃以上	25℃以上29℃以下
スズキ	5℃以上	20℃以上30℃以下
ハタ		
マハタ, キジハタ	8℃以上	23℃以上29℃以下
スジアラ, ヤトイハタ	18℃以上	31℃以下
クエ	12℃以上	32℃以下
イサキ	8℃以上	22℃以上28℃以下
タイ		
マダイ, クロダイ, チダイ	8℃以上	24℃以上29℃以下
ミナミクロダイ	19℃以上	27℃以上28℃以下
イシダイ	8℃以上	24℃以上29℃以下
フエフキダイ	15℃以上	24℃以上30℃以下
メジナ	4℃以上	25℃以上30℃以下
オオニベ	13℃以上	25℃以上28℃以下
ムツゴロウ	6℃以上	25℃以上31℃以下
カサゴ・メバル		
カサゴ・メバル, ウスメバル, クロソイ, オニオコゼ	4℃以上	20℃以上29℃以下
ムラソイ	5℃以上	27℃以下
アイナメ	4℃以上	20℃以上29℃以下
ヒラメ	2℃以上	20℃以上27℃以下
カレイ		
マコガレイ, マガレイ, イシガレイ	2℃以上	20℃以上27℃以下
ホシガレイ	4℃以上	22℃以下
マツカワ	2℃以上	15℃以上23℃以下
メイタガレイ	6℃以上	20℃以上22℃以下
アカガレイ	2℃以上	10℃以下

¹⁶ 全国漁港漁場協会：漁港漁場の施設の設計参考図書 2015年版 下,2016.

表 4.2.9(2) 水温の好適範囲¹⁶

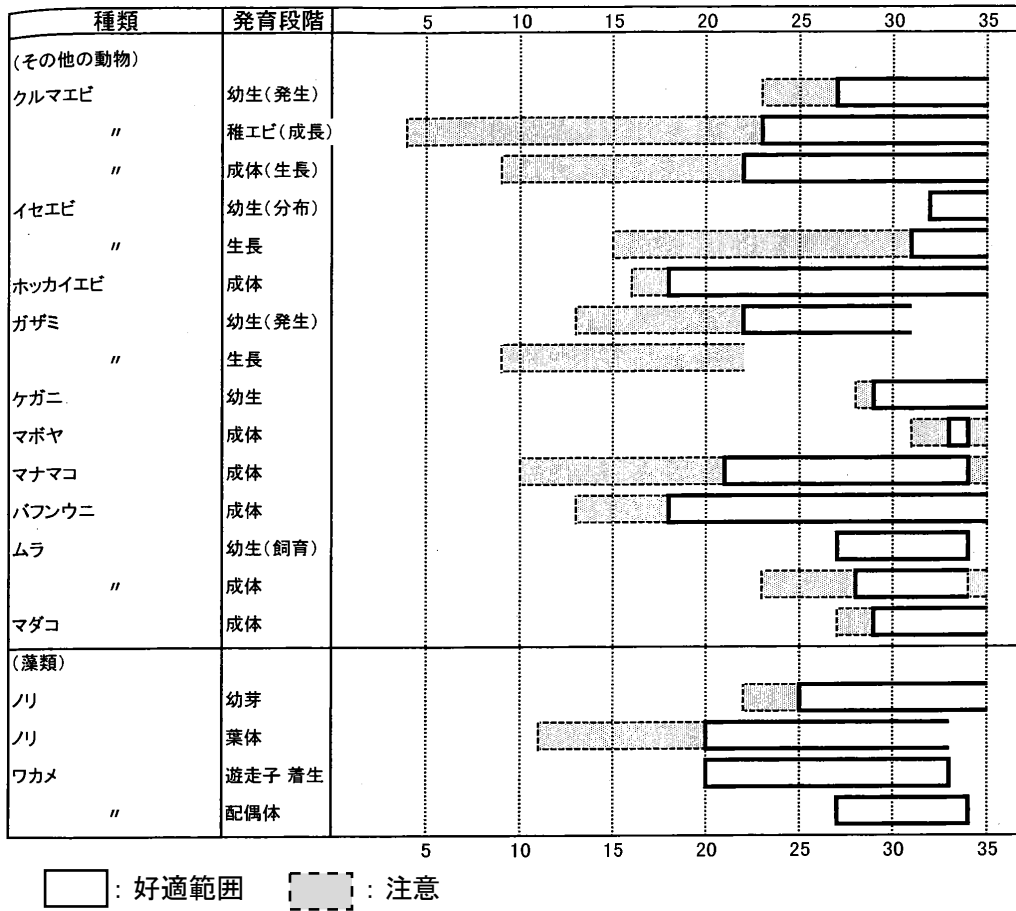
水産動植物の種類	2月の平均水温	8月の平均水温
カワハギ		
カワハギ	6℃以上	20℃以上28℃以下
ウマヅラハギ	5℃以上	28℃以下
フグ	6℃以上	22℃以上28℃以下
タラ	0℃以上	11℃以下
ハタハタ	1℃以上	12℃以下
コチ	7℃以上	12℃以上21℃以下
サワラ	15℃以上	25℃以下
スギ	21℃以上	31℃以下
アイゴ		
アイゴ, アミアイゴ,	7℃以上	28℃以下
ゴマアイゴ		
シモフリアイゴ	18℃以上	31℃以下
アワビ・トコブシ		
エゾアワビ	1℃以上	19℃以上24℃以下
クロ, マダカ, メガイ,	8℃以上	23℃以上28℃以下
トコブシ		
タカセガイ	15℃以上	30℃以上35℃以下
サザエ	10℃以上	23℃以上28℃以下
ヤコウガイ	16℃以上	27℃以上28℃以下
バイ	8℃以上	18℃以上28℃以下
アカガイ	5℃以上	18℃以上28℃以下
イタヤガイ	9℃以上	25℃以上28℃以下
ホタテガイ	0℃以上	19℃以上23℃以下
ヒオウギ	11℃以上	26℃以上28℃以下
カキ	5℃以上	20℃以上30℃以下
トリガイ	8℃以上	25℃以上28℃以下
アサリ	0℃以上	20℃以上28℃以下
ハマグリ	4℃以上	20℃以上28℃以下
ウバガイ (ホッキガイ)	-2℃以上	19℃以上22℃以下
アゲマキ	8℃以上	25℃以上28℃以下
バカガイ		
バカガイ	6℃以上	22℃以上29℃以下
ミルクガイ	7℃以上	28℃以下
シャコガイ	17℃以上	27℃以上28℃以下
タイラギ	8℃以上	24℃以上29℃以下
クルマエビ	8℃以上	25℃以上30℃以下
ホッカイエビ	-1.7℃以上	6℃以上23℃以下
アマエビ	0.5℃以上	11℃以下
トヤマエビ	1℃以上	11℃以下
イセエビ	12℃以上	25℃以上30℃以下
ズワイガニ	1℃以上	14℃以上17℃以下
ケガニ	3℃以上	8℃以上10℃以下
ガザミ	8℃以上	24℃以上30℃以下

表 4. 2. 9(3) 水温の好適範囲¹⁶

水産動植物の種類	2月の平均水温	8月の平均水温
イカ		
ヤリイカ	6℃以上	20℃以上25℃以下
アオリイカ	17℃以上	24℃以上30℃以下
タコ		
マダコ	7℃以上	23℃以上27℃以下
ミズダコ	2℃以上5℃以下	20℃以上23℃以下
ヤナギダコ	2℃以上3℃以下	12℃以上13℃以下
ウニ		
エゾバフンウニ, バフンウニ, キタムラサキウニ, ムラサキウニ, アカウニ シラヒゲウニ	-2℃以上	15℃以上29℃以下
ナマコ	-1.5℃以上	16℃以上29℃以下
ホヤ	2℃以上	18℃以上24℃以下
2 海藻類		
ノリ		
アマノリ	1℃以上13℃以下	
アオノリ	8℃以上16℃以下	
モズク		
モズク	8℃以上	23℃以上28℃以下
オキナワモズク	18℃以上	27℃以上30℃以下
コンブ	-1.5℃以上6℃以下	17℃以上24℃以下
ワカメ	2℃以上14℃以下	27℃以下
テングサ	5℃以上	20℃以上28℃以下
オゴノリ	8℃以上	26℃以下

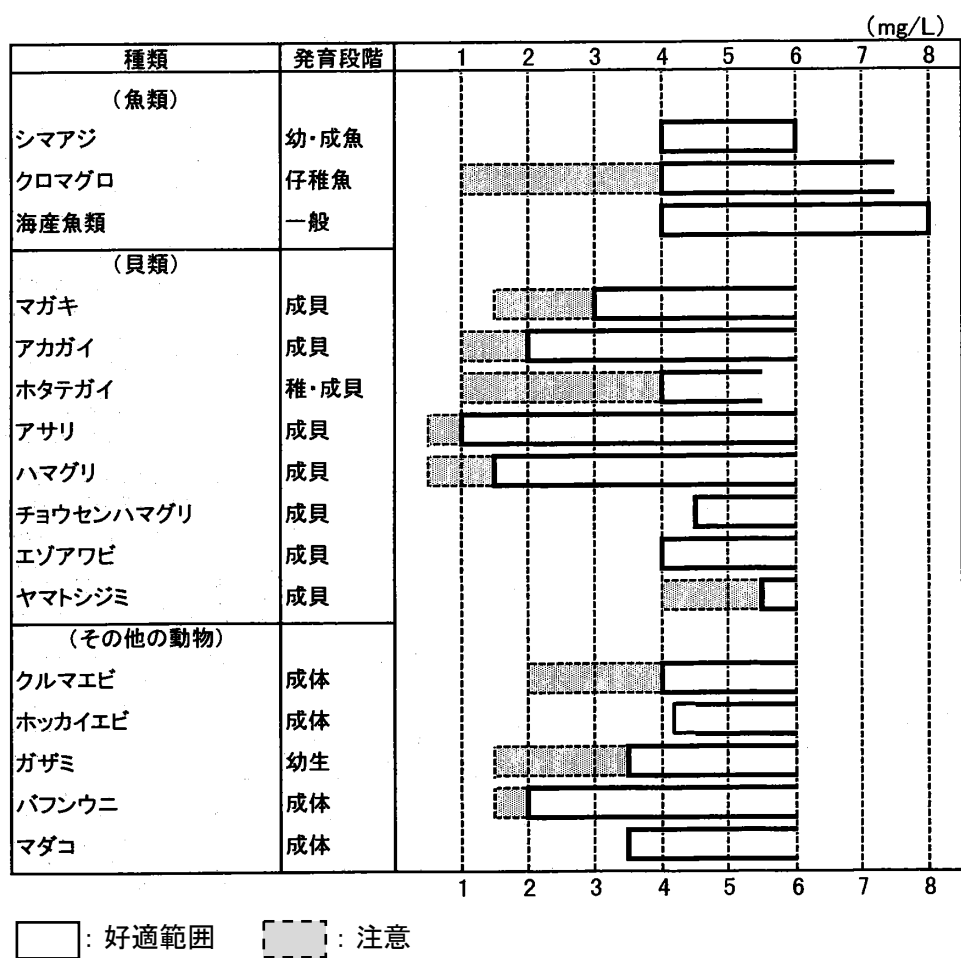
表 4.2.10 塩分濃度の好適範囲¹⁷

(PSU)



¹⁷ (社) 水産土木建設技術センター：自然調和型漁港づくり技術マニュアル，2000.

表 4.2.11 溶存酸素の好適範囲¹⁷⁾



＜対象種の生態特性＞

増養殖の対象種の生態特性については、漁港漁場の施設の設計参考図書¹⁸に魚種毎の事例が整理されている（ホームページ参照）。ここでは対象魚種と、掲載例を示す。

表 4.2.12 対象魚種

動物	魚類（27種）	アイナメ、イサキ、イシガレイ、イシダイ、ウスメバル、カサゴ、カツオ、キジハタ、クロソイ、クロダイ、クロマグロ、サクラマス、サケ、シイラ、シマアジ、スズキ、トラフグ、ハマフエフキ、ヒラメ、ブリ、マアジ、マガレイ、マコガレイ、マサバ、マアイ、メバル、ワカサギ
	軟体類（20種）	アカガイ、アサリ、アワビ類（エゾアワビ、クロアワビ、メガイアワビ、トコブシ）、イタヤガイ、ウバガイ、コタマガイ、サザエ、チョウセンハマグリ、ハマグリ、ホタテガイ、マガキ、イカ・タコ類（コウイカ、スルメイカ、ヤリイカ、マダコ、ミズダコ）
	甲殻類（5種）	イシガニ、イセエビ、ガザミ、クルマエビ、ズワイガニ
	棘皮類（7種）	ウニ類（アカウニ、エゾバフンウニ、キタムラサキウニ、バフンウニ、ムラサキウニ）、ヒトデ、ナマコ
植物	緑藻類（2種）	アナアオサ、ヒトエグサ
	褐藻類（6種）	アカモク、アラメ、カジメ、ホンダワラ、マコンブ、ワカメ
	紅藻類（3種）	ウップルイノリ、スサビノリ、マクサ
	その他（1種）	アマモ

¹⁸ 全国漁港漁場協会：漁港漁場の施設の設計参考図書 2015年版 下、pp 資75-資148,2016.
http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_thema/sub52.html

表 4.2.13 ブリの掲載例¹⁸

和名	学名			近縁種		
ブリ	<i>Seriola quinqueradiata</i> TEMMINCK & SCEHEGAL			ヒラマサ, カンパチ		
生物学的特性	分布域	本邦南海域～東北海域				
	発育段階	卵	仔魚期	稚魚期	未成魚期	成魚期
	大きさ	径 1.2 mm 分離浮性	全長 3.5～ 15 mm	全長 1.5～ 7.5 cm	生物学的最小形:尾叉長 65 cm 4 kg(3歳) 卵数:61 万粒以上(75 cm)	
	成長	55～75 時間 (18～21℃)			成長:最大尾叉長 115 cm, 17 kg 1年 尾叉長 32 cm 2年 50 cm 3年 65 cm 4年 75 cm 5年 80 cm以上	
	餌料	—	カイアシ類 幼生	小型カイアシ類 枝角類, 仔魚	大型動物プランクトン, 魚類	魚類, 頭足類
生育環境	水温 (℃)	18～20/ 16～29		18～23/ 15～23/10～	15～23/10～	18～28/7～32
	塩分 (‰)	34～34.5/ 27.2～36.3/ 20.7～			/19.0～	
	水質				SS(ppm)～10/ ～20	DO(mℓ/ℓ)/ 4～8
	酸素消費量 (mℓ/kg・時)		60～700 (20g, 22～25℃)		150 (850g, 14.5℃)	180 (7 kg, 18.3℃)
生息場	水深 (m)	0～10/ 0～10/ 0～20/0～90		0～10/ 0～20/0～90	0～20/0～90	6～20/0～90
	移動	モジャコ(3～7 cm)は潮境に収束され, ここに集積したホンダワラ類の流れ藻につきながら北へ移動する。秋から冬には西へ南下移動する。 成魚:10～100 km/日, 最大遊泳速度:体長の2倍相当(cm/秒)				
	礁との関連	回遊の大ブリを対象とした漁場は, 外湾の奥入部または沖合の主海流に対して反流が生じるような場所に形成される。 飼付漁業:8～2月に餌魚を投餌して魚群の散逸を防いで漁獲する。				
繁殖生態	産卵場	房総半島・能登半島以南, 東シナ海が主産卵場				
	産卵期	東シナ海:2～3月, 女島・五島・土佐湾:4～5月, 伊豆・関東:3～6月, 日本海西部:5～7月				
	産卵行動					
備考	〈呼び名が変わる〉モジャコ(3～7 cm), ツバス(10 cm前後), ワカシ・ワカナゴ(15 cm前後), ワカナ(20 cm前後), フクラギ(20～30 cm), メジロ(30～40 cm以上), イナダ(40 cm前後), ハマチ(40～60 cm前後), ブリ(60 cm以上), オオブリ(75 cm以上) 〈ハマチ養殖漁業〉流れ藻につくモジャコを採捕し, 網生簀で養殖					

(2) 実証試験

1) 試験的な増養殖の実施

漁港水域で、試験的な増養殖を実施することにより、増養殖を実施する場合の問題点等を明らかにする。例えば養殖、中間育成、蓄養の場合には、施設の設置、対象種の導入、維持管理（投餌、施設の保守・点検、密漁監視等）、出荷・販売といった一連のサイクルを実施する。

【解説】

環境調査によって、対象魚介類の生存に適した環境条件が確認された場合であっても、実際に対象魚介類が商品価値のあるものとして販売できるか確認する必要がある。従って、施設設置計画箇所あるいは近傍の漁港水域で、一定の期間、実際に対象魚介類を用いて実証試験をすることが望ましい。試験方法としては、既存の生簀、カゴやネットなど簡易なものを用い、複数個体の生存状況を観察するとともに、経済調査で想定した物流ルートで試験的に販売まで行う。このような実証試験によってそれぞれの段階における課題や問題点の抽出を行い、それらへの対応策の検討を含めて事業化に向けた課題を整理する。

実証試験では、特に既存施設における利用上の課題として多く挙げられている夏季静穏期の水温上昇及び溶存酸素の低下や、荒天時の波浪の影響に対する検証が重要である。

2) モニタリング

漁港水域の環境モニタリングを行い、漁場環境の評価を行う。また、対象魚種の成長等についても定期的に調査して、効果を把握する。

漁港水域での実証試験を実施する中で、環境条件が悪く、対象魚種の生育や成長を阻害していることが明らかになった場合には、環境改善策を検討する。

【解説】

- ・実施期間中は、水域環境のモニタリングを可能な範囲で行う。水産試験場等の専門家と相談して、調査項目、調査地点、頻度、使用機器等の調査方法と役割分担を検討する。
- ・モニタリングする項目は対象種や増養殖の内容によって異なるが、物理環境としては、水深、流動や波浪が考えられる。
- ・水質では、対象生物の生息環境の把握として、水温、塩分、溶存酸素等が考えられる。また、測器については、調査項目に応じて直読式、固定式連続観測、採水分析が考えられる。
- ・底質は長期的にみて魚介類の排泄物や給餌によって悪化する可能性があることから、持続的な利用を行うために、CODや硫化物等を測定し、底質の改善を含めた機能維持手法についても考慮する。試料は採泥器やダイバーによるサンプリングを行い、室内分析を実施する。
- ・給餌養殖の場合には、餌料のタイプ、投餌量、頻度を記録するとともに、定期的に成長量（全長、体長、体重）等を測定する。
- ・また、ICTの進展により、リアルタイムで水質情報の把握や環境が悪化した場合の警報を携帯電話等に知らせる機能を活用し、不測の事態に備えることも考えられる。
- ・日常のモニタリングに加え、赤潮、貧酸素、対象魚種の斃死等異常が発生した場合に行う緊急時のモニタリングについても検討を行う。
- ・漁港水域を持続的に利用することを考えた場合、漁港水域の環境浄化能力や環境収容力の範囲内で取り組むことが望ましい。なお、既に漁港水域の環境が悪化しており、増養殖を推進する上で環境の改善が必要と判断された場合には、環境改善策の内容についても検討を行う。

<対象種の生息に関する環境因子>

・漁港水域における自然環境として、波浪、潮流、水質、流れ、漂砂等があり、これらは漁港構造物によって変化し、静穏度、流れ、土砂堆積等の環境変化を生じさせる。また、漁港水域内で、増養殖を実施することによって発生する残餌、排泄物等によっても環境が変化する。対象種の生息に関する環境因子を以下に示す。

表 4.2.14 対象種の生息に関する環境因子

分類	項目
物理的環境	地形、水深、底質（粒度組成、表面形状、安定性）、光量、降雨・地下水・河川、水質（水温、透明度、濁度、SS）、波浪（波高、波向）、潮汐（干満）、流況（海岸流、沿岸流、潮流、導水流）、風況、漂砂、浮泥、結氷
化学的環境	水質（pH、COD、溶存酸素、塩分）、底質（COD、硫化物、強熱減量、酸素消費速度、堆積有機物量）、栄養塩類（DIN、DIP）
生物的環境	海藻草類、植物プランクトン、動物プランクトン

<評価項目>

・評価項目としては、養殖漁場環境基準や水産用水基準を参考に設定する。以下にモニタリング内容と評価項目の一例を示す。

表 4.2.15 モニタリングの内容と評価項目の一例

項目		内容	対策
生物情報	成長	当初設定した目標通りの体重、全長まで生育できたか。	飼育方法の見直し
	生残	当初の收容尾数からの生残率は想定範囲であったか。	
	餌料（給餌養殖の場合）	餌料の種類、給餌量、間隔は適切であったか	
	病気	疾病に感染していないか。	
環境情報	水温	対象種の生育にとって適正な範囲であったか	環境改善についての必要性の検討
	塩分	同上	
	溶存酸素	同上	
	付着生物	生簀等に付着生物による海水透過性の低下等	
	底質	残餌や排泄物による底質悪化（COD、硫化物）は生じていないか。	
収 支	漁労収入 漁労支出	漁労収入に対する支出（餌代、種苗代等、生簀等の原価償却費等）は当初の想定通りであったか	経営方法の見直し
	販売方法・販路	販売方法・販路は適切か	

【参考】

養殖を実施する場合の管理項目としては、地域の特性、養殖対象生物の種類を踏まえ、養殖漁場環境基準（表 4.2.16）、水産用水基準（表 4.2.17）、等を参考に、評価及び目標設定のための項目を選定し、定量的な改善目標値を設定する。

水質については、溶存酸素（DO）を指標とし、4.0ml/L（5.7mg/L）が改善目標とされている。このうち、水産用水基準については、「水産動植物の正常な生息及び繁殖を維持し、水域において漁業を支障なく行うことができること、また漁獲物の経済価値が低下しないような条件」として定められた基準である。その他、水温、塩分、透明度が水質を管理するための基本的かつ重要な項目となる。主な項目の意味を表 4.2.18 に示した。

表 4.2.16 「持続的養殖生産確保法」による養殖漁場環境基準⁸

	水産動物		水産植物
	海面養殖（海産魚介類）	内水面養殖（淡水魚介類）	
水質 <small>（生簀等の施設内の水中における溶存酸素量）</small>	4.0ml/L（5.7mg/L）を上回ること	3.0ml/L（4.3mg/L）を上回ること	—
底質 <small>（生簀等の養殖施設の直下の水底） （①と②のいずれかを満たすこと）</small>	①硫化物量が、その漁場の水底における酸素消費速度が最大となる時の硫化物量の値を下回る。 ②ゴカイ等の多毛類その他これに類する底生生物が生息している。	②イトミミズ等の貧毛類その他これに類する底生生物が生息している。	—
飼育生物の状況	（魚類を対象） 連鎖球菌及び白点虫による年間の累積死亡率が、増加傾向にないこと。	—	疾病による被害が増加傾向にないこと。

注）底質の①：硫化物濃度の限界値は、底質の酸素消費速度の最大値に対応する硫化物濃度とする。これは底質の酸素消費速度が最大となる値を境に好氣的有機物分解から、嫌氣的分解に移行し、生成する毒性物質である硫化物が増加し、生物の生存には不適当な状態となり、生物が減少し、結果的に酸素消費速度が減少することによる。

表 4.2.17 水産用水基準¹⁹

水域	海域	
	一般海域	川養殖場 閉鎖性内湾の沿岸域
COD*	一時保留	
全リン	水産1種 0.03 mg/L以下 (注) 水産2種 0.05 mg/L以下 水産3種 1.0 mg/L以下	
無機態リン	川養殖 0.007~0.014mg/L (約0.23~0.45 μmol/L)	
全窒素	水産1種 0.3 mg/L以下 (注) 水産2種 0.6 mg/L以下 水産3種 1.0 mg/L以下	
無機態窒素	川養殖 0.07~0.1mg/L (約5~7 μmol/L) ワカメ養殖 0.028 mg/L以下 (約2 μmol/L)	
DO	6 mg/L 以上 内湾漁場の夏季底層 4.3 mg/L (3 ml/L)	
pH	7.8 ~ 8.4 生息する生物にあく栄養を及ぼすほどpHの急激な変化がないこと	
SS	人為的に加えられる懸濁物質は 2 mg/L 以下 藻類の繁殖適水位において、必要な照度が保持され、繁殖、成長に影響を及ぼさないこと	
着色	光合成に必要な光の透過が妨げられないこと。忌避行動の原因とならないこと。	
水温	水産生物に悪影響を及ぼすほどの水温変化のないこと。	
大腸菌群数	1000 MPN/100mL (生食用カキ飼育 70MPN/100mL) 以下であること。	
油分	水中には油分が含まれないこと。水面には油膜が認められないこと。	
有害物質	物質ごとに別表の基準値の欄に掲げるとおりとする	
底質	COD _{OH} 20 mg/g* 以下 硫化物 0.2 mg/g 以下 n-ヘキサン抽出物 0.1 mg/g 以下 (以上、乾泥として)	
	微細な懸濁物が岩面または礫、砂利などに付着し、種苗の着生、あるいはその成育を妨げないこと。 海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律に定められた溶出試験(S48年2月17日環境庁告示第14号)により得られた検液中の有害物質のうち水産用水基準で基準値が定められている物質については、水産用水基準の基準値の10倍を下回ること。ただし、カドミウム、PCBについては溶出試験で得られた検液中の濃度がそれぞれの化合物の検出下限値を下回ること。 ダイオキシン類の濃度は 150pgTEQ/g を下回ること。	

水産用水基準(2018年版)より海域を抜粋

*印は、海域においてはアルカリ性法

(注) 全窒素0.2mg/L以下・全リン0.02mg/L以下の海域は、生物生産が陸域からの栄養塩類供給に依存する閉鎖性内湾では、生物生産性の低い海域であり、水産利用よりも自然探訪等の利用を優先させる海域。

¹⁹ 公益社団法人日本水産資源保護協会：水産用水基準第8版,119p,2018.を改変

表 4.2.18(1) 主な評価項目の意味²⁰

項目		水産動植物等にとっての意味合い
水 質	化学的酸素 要求量 (COD)	<ul style="list-style-type: none"> • 海域の有機性汚濁の指標である。CODの増加要因には有機性の排水や海域でのプランクトンの増殖（内部負荷）がある。 • 有機物が微生物によって分解される際に酸素を消費し、その量が多大となった場合貧酸素化を招く。
	全窒素 全リン	<ul style="list-style-type: none"> • 適切な濃度の栄養塩（窒素、リン）は海域の基礎生産にとって不可欠なものである。ただしこれらが過剰（富栄養状態）になると、植物プランクトンの過増殖を招き赤潮を発生させる原因となる。 • 全窒素：1.0 mg/L、全リン：0.09 mg/Lの値を超えると、植物プランクトンの異常増殖によって、貧酸素あるいは無酸素水塊の形成が見られ、特に夏季の底層においては青潮や苦潮によるアサリの斃死のような漁業被害が生じうる状態と判断される。
	溶存酸素 (DO)	<ul style="list-style-type: none"> • DOは海中では植物プランクトンや海藻の光合成によって生産され、生物の呼吸や有機物の分解によって消費される。このほか、海面を通じて大気と交換される。 • DOはその状態が動物の生死に直接影響することから重要な指標である。DOと生物の生息の関係は以下のとおりである。 <p>①魚介類の致死濃度 底生魚類：15mL/L 甲殻類：2.5mL/L</p> <p>②魚介類に生理的变化を起こす臨界濃度 魚類、甲殻類：3.0mL/L 貝類：2.5mL/L</p> <p>③貧酸素と底生生物の生理、生態的变化 底生生物の生存可能な最低濃度：2.0mL/L 底生生物の生息状況に変化：3.0mL/L</p> <p>④漁場形成と底層の酸素濃度 漁獲に悪影響を及ぼさない濃度：3.0mL/L</p> <p style="text-align: right;">参考：mL/L×1.429=mg/L</p>
	懸濁物質 (SS)	<ul style="list-style-type: none"> • 濁りは魚介類の行動に影響を及ぼすとともに海中の光量を減少させ海藻等の光合成に影響を及ぼす。また、海藻の遊走子（孢子）に吸着し遊泳を阻害するほか、岩の表面に堆積した場合にはそれらの着生を妨げる。 • 主な魚類への忌避影響濃度 ブリ：100 mg/L以上（濁り物質：海底土）で影響 マダイ：150 mg/L以上（濁り物質：白陶土）で影響 マアジ：180 mg/L以上（濁り物質：海底土）で影響 イシダイ：5 mg/L以上（濁り物質：海底土）で影響 • 主な階層への影響 ワカメ：3-4 mg/Lの懸濁粒子が遊走子に吸着、遊泳阻害を起こし、着生密度に影響。堆積泥層の厚さが0.3 mm程度で配偶体の着生、発芽に影響。泥層が厚いと9-10日頃から細胞が死亡 ヒトエグサ：10 mg/L以上で光合成に影響 アマノリ：10 mg/L以上で光合成に影響

²⁰ (社) 全国漁港漁場協会：水産基盤整備事業における環境配慮ガイドブック,2003.

表 4.2.18(2) 主な評価項目の意味²⁰

項目		水産動植物等にとっての意味合い
水質	透明度 海中光量	<ul style="list-style-type: none"> 透明度は海水の濁りの状態、海中の光量の状態を示す取扱いやすい指標である。一般的に補償深度（光合成による酸素生産と呼吸による酸素消費がつり合う深度）は透明度のおよそ 2~3 倍といわれており、海藻の繁殖可能な深度を判断する場合の目安となる。 なお、海藻の生育に適した照度（Klx）以下のとおりである。 アラメ配偶体：1 以上、アラメ幼体の成長：3.5 カジメ配偶体：3-5、カジメ幼体の成長：5 ワカメ類：4 以上 ホンダワラ類 幼体期：5 以上 成体期：5-10
	水温	<ul style="list-style-type: none"> 水温は魚介類の生理や海藻等の成長に大きな影響を及ぼす。 水産生物適水温図（日本水産資源保護協会、1992）に個別の生物に対する適水温が例示されている。
	塩分	<ul style="list-style-type: none"> 塩分は魚介類の生理や海藻等の成長に大きな影響を及ぼす。 水生生物生態資料（日本水産資源保護協会、1981、1983）に個別の生物に対する好適塩分が例示されている。
底質	粒度組成	<ul style="list-style-type: none"> 粒度組成は場の流況の累積的な状況や底生生物の生息場としての適性を示す指標であるとともに、泥分含有量が有機物量と比較的高い相関を有することから、有機物の分解の進みややすさを判断する指標ともなる。
	化学的酸素 要求量 (COD)	<ul style="list-style-type: none"> 底質に含まれる有機物量、有機性汚濁の指標。これらの値が高い場合には、底層で貧酸素水塊が発生する可能性が高まる。 COD については 20 mg/g 乾泥が漁場環境を保つ上での目安となっている。
	全硫化物 (T-S)	<ul style="list-style-type: none"> 硫化物は還元すると生物に対して強い毒性を有するためこの値が高い場合、底生生物などの生息が困難となる。 0.2 mg/g 乾泥が漁場環境を保つ上での目安となっている。

3) 問題点・課題の解決

実証試験の成果をふまえ、漁港水域等での増養殖の実施上の問題点と解決策について検討を行い、事業化に向けた判断を行う。

環境改善の必要性が高いと判断された場合には、環境改善の内容や必要な予算措置を行う。

【解説】

漁港水域を利用した水産生物の増養殖の取組が持続的に実施されるためには、計画・設計で作成した収益の見込みが得られている必要がある。収益の見込みが得られていない場合は、何が問題になっているのか、関係者間で協議し、改善策を検討する。

実証試験の結果、一定の成果が得られた場合や実現可能な解決策が得られている場合には、事業実施に取り組む。そうでない場合には、計画づくりに立ち返り、実証試験を繰り返して、問題点や課題の解決策を探る。

漁港水域で想定される課題と対策を表 4.2.19 に示す。

表 4.2.19(1) 漁港水域で想定される課題と対策の例

項目	課題	対策	
漁場環境	水深	漁港水域では、水深が浅く、生簀の設置に必要な水深が確保できない場合がある	所要の水深を満たす水域の確保
	水域面積	水域面積が狭い	外郭施設の新設等による新たな静穏域の創出（沖合水域を含む）
	静穏度（波・流れ）	高波浪や強い流れが起こりやすい場所では、増養殖施設の流失や破損の原因となる	港口付近や港外水域では、静穏性に注意して施設の設置を行う。また、消波施設の新設や改良等による静穏域の拡大を行う。
	海水交換	海水交換率が低い漁港内では、水質や底質が悪化しやすい	水質については、排水場所を港外側に設けたり、陸域で処理した水を排水する。底質悪化については、底質改良剤の散布やしゅんせつ等により汚染泥を取り除く。また、海水交換機能を付加した防波堤の新設や通水孔を設ける等の改良を行う
	漂流物、漂着物	増養殖施設の破損や、環境悪化を引き起こしやすい。	漂流物の回収システムの構築。
	水質・底質環境	水深が浅いため夏季は高水温、冬季は低水温になりやすい	外郭施設に通水孔を設ける等の改良を行い海水交換機能を強化する。陸上施設に切り替え、チラー等による水温調整を行う。水温変動範囲に合う魚種や飼育期間の変更
		河川の流入する漁港では降雨後、低塩分になりやすい	降雨後に塩分濃度を観測し、水産生物の生育に適した濃度範囲にあるか判断する
		汚染水の流入や浮泥の堆積による底質悪化や溶存酸素の低下	底質悪化については、底質改良剤の散布、汚泥のしゅんせつ及びエアレーションや外海水の導入による溶存酸素の上昇
有害プランクトン	赤潮の発生による飼育生物の斃死	生簀の移動、粘土散布や餌止め	

表 4. 2. 19 (2) 漁港水域で想定される課題と対策の例

項目	課題	対策	
維持・管理	密漁対策	陸域に近く、密漁・盗難されやすい	監視カメラの設置等による体制の強化
	給餌養殖による環境への負荷	残餌・排泄物等による自家汚染	収容尾数の低減、残餌を少なくする給餌管理や環境負荷の少ない餌料の使用 底質改良剤の散布、汚泥のしゅんせつ
	海域環境モニタリング	水産生物の適切な管理を行うため、必要な環境項目が把握できない、或いは把握に時間を要する	海域環境把握のために必要な調査項目と判定基準の明確化やICTを活用した計測システムによるリアルタイムモニタリング体制の構築
	省人・省力化	高齢化による生産者の減少への対応や、省人・省力化のシステム導入により給餌コストの抑制	ICTを活用した自動給餌システムの構築
水域利用・調整	対象種の選定	漁港水域の環境特性に合わせ増養殖のタイプ（種苗放流・養殖・中間育成・蓄養）や水産生物の選定方法が確立されていない	海域環境把握のために必要な調査項目と判定基準の明確化や増養殖に適した水産生物の選定方法に関する手引きの作成
	合意形成	増養殖施設の設置にあたり、漁港水域を占有するため、合意形成に時間を要する	漁港水域の環境特性の把握と増養殖に適した水産生物の選定方法の確立と漁港水域の利用に関する合意形成のプロセスを明確化
出荷	出荷調整 付加価値向上	蓄養による安定供給や単価の維持・上昇に寄与する戦略的出荷	漁港水域での蓄養実施による即時出荷体制の構築 ロットを揃えた出荷体制の構築

(3) 事業実施（本格的な増養殖の実施）

1) 事業目標設定・計画策定

試験的な増養殖を踏まえ、本格的な増養殖を実施する際には、増養殖の経営的な視点からの採算性の評価を行う。

実証試験の時よりも、規模を拡大することが想定されるため、他の漁業との利用調整や漁港水域の環境収容力を勘案して目標や計画策定を行う。

【解説】

①採算性の評価

ア) 資材費の算定

・増養殖を実施するための資材は、養殖筏、係留系資材、養殖生簀（容器）、その他資材から構成される。

イ) 種苗代の算定

- ・種苗の確保は不可欠であり、安定的に入荷できる体制が整っているかが重要となる。
- ・種苗を購入する場合でも自ら採苗する場合においても、コストを算定しておく必要がある。

ウ) 餌料代の算定

・養殖を実施する場合には、投餌の量、間隔、回数等を勘案して、必要な餌料の量を設定する。餌料代の経費が最も嵩むことから、供給体制と餌料代を算定する。

エ) 水揚げ、生簀の清掃等に係る費用の算定

- ・水揚げに係る経費の算定においては、人数と一人あたりの賃金、日数等から算定を行う。
- ・また、生簀については、長期間設置すると、藻類や付着生物の付着によって次第に通水性が悪くなり、放置した場合に、病気の発生や斃死の原因となることから定期的な清掃を実施する必要がある。
- ・清掃に係る人件費は、清掃を行う人数、一人あたりの賃金、1日あたり掃除できる生簀等の数量、1回の養殖期間中に実施する清掃の回数から算定する。

オ) 出荷に係る経費の算定

・出荷に係る経費の種別としては、選別、計数、箱代、氷代、運搬にかかる交通費、その他費用となる。

カ) 売り上げ額の算定

・売上額の算定は、サイズ別や品質別の生産量と販売見込み額、漁協等の販売手数料等から算定する。

キ) 採算性の検討

・ア)～カ) をふまえて、生簀1台当たりの販売見込み額、1年あたりの資材に掛かる経費、生簀1台当たり養殖1回当たりの種苗代、生簀1台当たりの水揚げ、清掃、出荷に係る人件費や経費から、採算性の検討を行う。

②事業規模

- ・増養殖水域を拡大する場合には、他の漁業との利用調整が必要となることから、協議を行う。
- ・漁港水域の環境収容力については、研究機関とも協議して生簀の台数、収容尾数等を決定し、規模拡大によって成長や生残率に悪影響が及ばないように留意する。
- ・特に、給餌養殖の場合には、自家汚染にも留意する。

<環境収容力の推定>

- ・無給餌養殖の場合には、漁港水域で生産される餌料量を推定して、必要な収容尾数を推定する。過密養殖になると栄養不足や餌不足によって生（成）長が悪くなり、品質の低下や疾病の発生を招く。
- ・給餌養殖の場合には、残餌や排泄物が海底に堆積して、底質が悪化しやすい。また、その分解に伴って酸素が消費され、貧酸素水塊を形成して対象生物の斃死をもたらす場合がある。こうした状況を回避し、漁港水域を持続的に利用するためには、環境浄化能力や環境収容力の範囲内で養殖に取り組むことが重要である。
- ・環境収容力の推定にあたっては、既往知見に従って、対象とする水産生物の収容密度を参考にする方法と、専門家のアドバイス等により、実証試験の結果や、現地試験によって推定する方法がある（詳細については次頁参照）。

【参考】環境収容力の推定

＜既往知見による推定＞

中間育成や養殖を実施する場合の必要施設数や所要面積は、次式を用いて必要施設数を切り上げ算出し、施設形態ごとの標準的な面積（施設能力）に作業空間（航路幅等）を加えたものとする。施設外周に航路を確保する場合は、一般に幅3mとしている。既往知見による主な魚介類の収容密度（kg/m²）の一例を表4.2.20に示す。実際には、魚種や大きさ、漁港水域の環境特性によって収容密度が異なることに留意する必要がある¹³。

$$\text{必要施設数（基）} = \text{計画収容数量（kg）} / \left(\text{施設能力（m}^2/\text{基）} \times \text{収容密度（kg/m}^2\text{）} \right)$$

$$\text{所要面積（m}^2\text{）} = \text{必要施設数（基）} \times \text{施設能力（m}^2/\text{基）} + \text{作業空間（m}^2\text{）}$$

表 4.2.20 主な魚介類の収容尾数¹²

対象魚介類	収容密度	1尾、1個当たりの重量
クロソイ	5~15 kg/m ²	0才：70 g、1才：400 g、2才：800 g
サケ	1,200 尾/m ²	1.0 g
ヒラメ	5~15 kg/m ²	20 cm：85 g、25 cm：140 g、30 cm：320 g、35 cm：450 g
アワビ	5~15 kg/m ²	40 mm：9 g、50 mm：17 g、60 mm：40 g、70 mm：60 g
ホタテ	100 枚/0.123 m ²	3.5 cm：5 g（稚貝） 10 枚/0.196 m ² 10 cm～：120 g（成貝）
エゾバフンウニ	80 個/m ²	50~60 mm/個
キタムラサキウニ	40 個/m ²	100 mm±15 mm/個
マナマコ	30~50 kg/m ²	200 g/個~250 g/個（2~4才）

注：ホタテの0.123 m²は稚貝用のザブトン面積、0.196 m²は成貝用の丸籠面積

＜実証試験等に基づく推定＞

魚類養殖やウニ類を生簀で飼育する場合：

残餌や排泄物の堆積量と漁港内の浄化能力の関係から給餌量を決める。給餌量から飼育可能な尾数を計算して、「漁港水域での養殖許容量」を決めて「生簀内での養殖密度」を設定して、生簀の台数を算定する。

無給餌養殖（アサリ）の場合：

港内の月別基礎生産量を見積るとともに、アサリの摂餌量や代謝量（呼吸量）の月別（水温別）変化を評価し、基礎生産量が最小となる月のアサリの摂餌量から収容数を算出する。この場合は、アサリの他に港内で植物プランクトンを摂食する競合種の現存量とその摂餌量を考慮して算定する。

無給餌養殖（ナマコ）の場合：

港内に堆積する有機物量の月別変化とナマコの摂餌量・代謝量を評価し、アサリと同様、有機物量が最小となる月をベースに摂餌量から収容数を求める。有機物の堆積量は、現地観測（セジメントトラップ等）により求める。この場合もアサリと同様、その他の堆積物食バントスの摂餌量に加えて、微生物による有機物分解も考慮する必要がある。

養殖漁場の環境収容力を評価した事例として、以下が挙げられる²¹。

①AVS モデルによる評価と養殖許容量の推定

②数値モデルによる定量的評価

①AVS モデルに基づく評価と養殖許容量の推定

AVS モデルは「養殖漁場の閉鎖性」、「養殖に起因する負荷量」、その結果生じる「底質の状態」の3指標間の定量的な関係を明らかにすることによって、魚類養殖と養殖場環境の持続性について簡便に評価・診断するとともに、さらに養殖許容量や改善目標を設定するための簡易的なモデルである。

養殖漁場の閉鎖性については、現地での観測に基づき算出される「海水交換量」の他に、地形や水深を用いて閉鎖性を評価する「内湾度」「閉鎖度」等の指標が利用可能である。養殖に起因する負荷量については「実際に投与された餌の量」の他に生簀で飼育されている「総尾数もしくは総重量」または「年間出荷量」に基づき負荷量を換算して示すことができる。底質の状態については、分析の結果から、COD、強熱減量、AVSなどの値を得て用いることができる。

これらの指標を「養殖餌料に起因する漁場への負荷量」(X)、「漁場の閉鎖性」(Y)及び「底質の状態」(Z)をXYZの3軸に設定し、養殖漁場の現状をプロットすることにより、状態を診断することができる。モデルのイメージを図4.2.7に示した。

AVS モデルを用いた評価の結果、「底質の状態」から漁場の持続性に問題があると診断された場合、「養殖餌料に起因する漁場への負荷量」に関する対策として、養殖魚の量や餌の量の削減、また、餌の種類や給餌方法の改善があげられる。また、「漁場の閉鎖性」に関する対策としては、地形や水深を改変することは困難であるため、養殖漁場を開放性が高い海域に移設する方法、筏や生簀等の配置や密度を変え、漁場の潮通しを改善する方法があげられる。後者については、区画漁業権の免許、海域の静穏性の確保など、対策を実施するに当たっての課題が大きく、前者が現実的な対応策となる。このような現状評価及び改善目標設定のイメージを図4.2.8に示した。

なお、負荷について、実海域では養殖餌料に起因する以外の河川や陸域からの負荷もあり、これらの削減を併せて進める必要がある。

また、覆砂や改良材によって底質を改善することにより、漁場の持続性を高める方策も考えられる。しかし、この方策は必ずしも根本的な原因の解決とはならないことから、並行して負荷の削減に取り組む必要がある。

²¹ (社)日本水産資源保護協会：漁場改善計画作成・運用のための手引書（指導者編），2006。

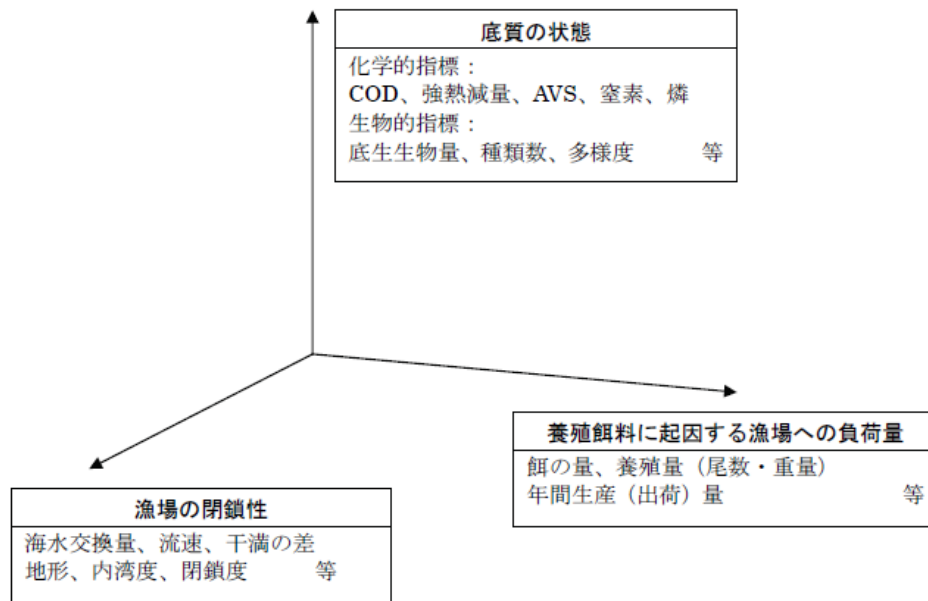


図 4.2.7 AVS モデルの模式

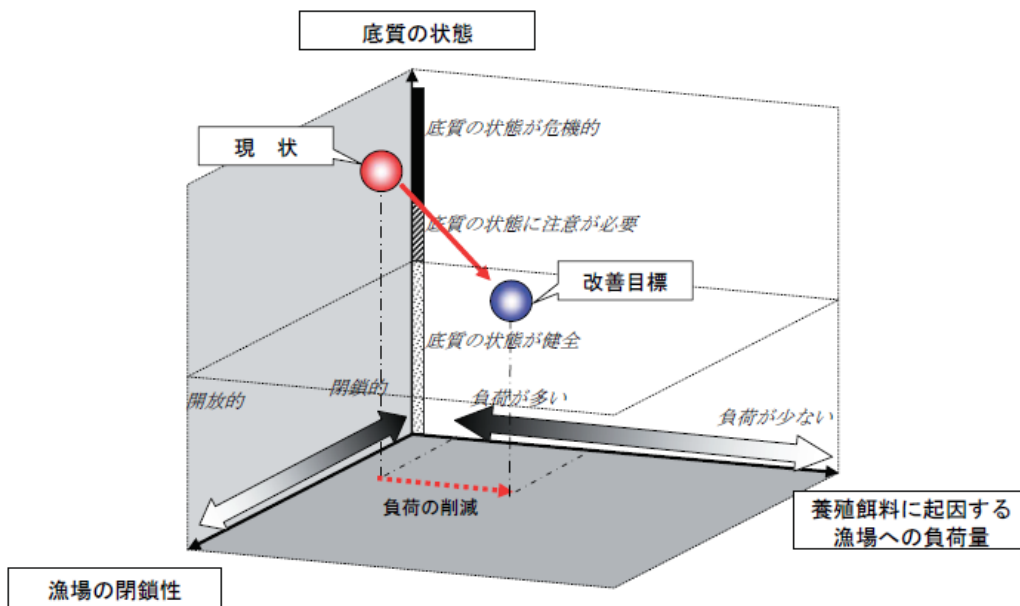
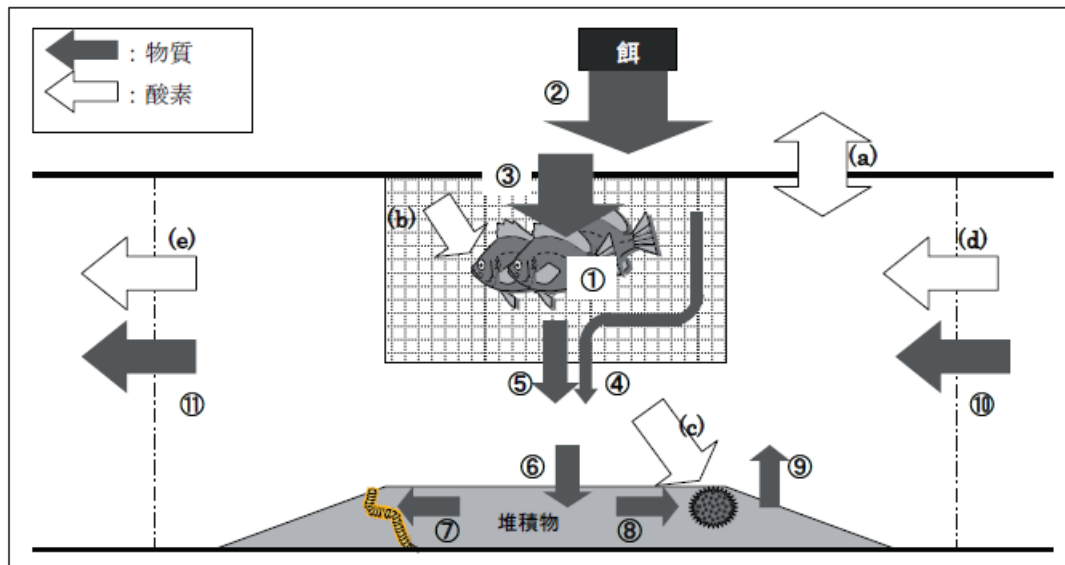


図 4.2.8 AVS モデルによる現状評価・改善目標設定のイメージ

③数値モデルによる定量的評価

沿岸域における物質循環モデル、生態系モデルの精度が高まるとともに、今後さらに安価な計算機及び計算ソフトが汎用化されるものと考えられる。これらのツールを用いることによって、数値シミュレーションによる養殖漁場の定量的な評価が可能になる。例えば、養殖漁場における物質収支及び酸素収支を非常に単純化すると図 4.2.9 のように示すことができる。



①飼育している魚の量、②給餌量、③魚が食べる餌の量、④魚に食べられずに落ちる餌の量、⑤魚が出す糞や尿、⑥海底に沈降・堆積する量、⑦底生生物が食べる量、⑧バクテリアによって分解される量、⑨底質から海中に溶け出したり巻き上げられたりする量、⑩隣接海域から流れ込む量、⑪隣接海域へ流れ出る量
 (a) 気体と海水の酸素の出入り、(b) 魚が呼吸する酸素、(c) 有機物が分解される際に消費される酸素、(d) 隣接海域から流れ込む酸素、(e) 隣接海域へ流れ出る酸素

図 4.2.9 養殖漁場での単純化した物質収支、酸素収支

これら物質収支・酸素収支を構成する要素のうち、現地での流れや水質の調査に基づき、⑩⑪の隣接海域とのやり取りを設定し、さらに、①の魚の種類や量、②餌の量を設定することによって、数値計算モデルを用いて水質や底質の状態、溶存酸素の状態などを予測評価することが可能である。例えば、ハマチ〇〇トン进行飼育し、生餌△△kg を毎日与えると、海底にどれくらいの有機物が溜まり、海中の溶存酸素がどれくらい低下するのかといったことが分かる。

このようなモデルは大学や水産研究所などの研究機関で開発・改良が進められており、今後さらに利用しやすくなるものと考えられる。ただし、海域の条件によってはモデルが適用できない場合もあるため、漁場の特性や漁場改善計画を作成・運用する組織形態に応じて、モデルを導入し数値シミュレーションによる評価、目標の設定に取り組むことが有効である。さらに、漁場の利用実態を養殖日誌などに基づき管理するデータベースとこのような漁場評価モデルを組合せ、運用することによって、定量的な根拠に基づく漁場の改善が可能になる。システムのイメージを図 4.2.10 に示した。

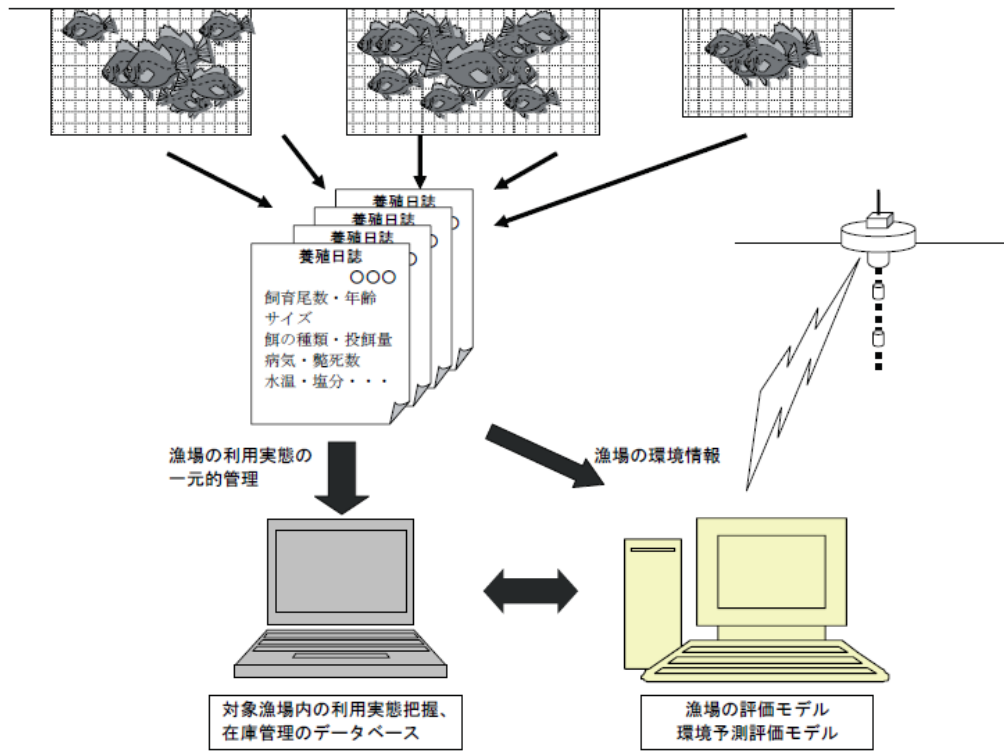


図 4.2.10 データベースと予測モデルを用いた漁場管理のイメージ

2) 環境改善の実施・事業の実施

漁港水域内で環境改善対策を実施する場合には、航行船舶や他の漁業との利用調整に留意する。環境改善対策の内容としては、①施設整備による対策、②設備による対策、③体制づくりによる対策が考えられる。

環境改善を実施する場合には、対策終了後に事業を実施する。

【解説】

①環境改善の内容

- ・想定される対策の内容としては以下が考えられる。

表 4.2.21 環境改善で想定する内容

項目	改善内容	備考
高水温、低水温	飼育水の加熱、冷却は現実的ではないため、海水交換の促進または、適水温帯の範囲で飼育時期の変更等に対応する。	陸上水槽の場合には加温、冷却も考えられるが、コストに見合うかの見極めが必要。
濁り	高波浪に伴う底質のまきあげによる場合には消波施設を検討する。また、出水時の河川水の流入については、抜本的な対策が難しく、陸上水槽等の設置による対処も考えられる。	
貧酸素	大規模に実施する場合には、海水交換施設を検討する。また、小規模で実施する場合には、生簀のエアレーションが考えられる。	海水交換施設の設置は、費用が嵩むため、予算確保がネックとなる。また、完成までに数年を要する。
底質悪化	しゅんせつ、底質改良剤散布等。	給餌方法の改善（餌の種類、量、回数等）や収容密度の低減とあわせて効果を高める。
砂の堆積	漂砂の堆積により、水深が浅くなり、生簀等の施設の維持に問題がある場合には、しゅんせつを実施。	
水域の拡大 作業性の向上	外郭施設によって新たな静穏域を創出する場合や、蓄養岸壁等においてトラック等の作業性を確保するための岸壁の拡幅。	外郭施設の設置は、費用が嵩むため、予算確保がネックとなる。また、完成までに数年を要する。

ア) 漁港施設整備による対策

漁港施設整備による対策としては、以下を想定する。

- ・防波堤の一部撤去や防波堤に導水工を設置することによる海水交換の促進
- ・蓄養施設整備（防波堤等の外郭施設の設置）による増養殖水域の拡大
- ・漁港水域のしゅんせつ

(4.3(1) 漁港施設の新設・改良等による方法を参照)

イ) 設備による対策

- ・エアレーションによる生簀内の酸素供給
- ・水温や溶存酸素等のモニタリングシステムの導入
- ・遠隔給餌装置の導入による省力化
- ・系統電源整備や、再生エネルギーの活用による電力供給
- ・陸上養殖への転換

(4.3(2) ICT の活用を参照)

ウ) 体制づくりによる対策

- ・ 給餌養殖の場合の給餌方法の改善
- ・ 生簀の日常監視体制
- ・ 高波浪時や出水時の施設の保守・点検体制

②事業の実施

養殖、中間育成、蓄養の場合には、施設の設置、対象種の導入、維持管理（投餌、施設の保守・点検、密漁監視等）、出荷・販売といった一連のサイクルを実施する。実証試験で得られた知見に基づいて事業規模を拡大して増養殖を実施する場合の問題点等を明らかにする。

3) モニタリング

試験的な増養殖から、規模を拡大した場合には、生簀の台数の増加に伴う海水交換の停滞や残餌、排泄物による底質悪化等が考えられることから、漁場環境について、引き続きモニタリングを行い、水産生物の生育にとって良好な環境が維持されているのかを判定する。また、対象魚種の成長や病気の発生等についても定期的にチェックを行う。さらに、対象魚種の出荷・販売にあたり、当初の目標を満たしているかを判定する。

【解説】

- ・ 試験的な増養殖から、規模を拡大した場合には、生簀の台数の増加に伴う、海水交換の停滞や、給餌養殖の場合には、残餌、排泄物による底質悪化等が考えられることから、漁場環境について、引き続きモニタリングを行う必要がある。
- ・ モニタリング項目や内容については、基本的には実証試験と同様であるが、調査時期や間隔については、重要度に応じて柔軟に対応する。また、水産試験場等と連携し、体制を強化する。
- ・ 対象種の成長や生残率を確認し、当初の目標に対する達成状況を判定する。目標通りに進まなかった場合には、阻害要因について水産試験場等を交えた分析を行う。
- ・ 販売方法、販路や販売価格を確認し、当初の想定と異なった場合の要因を分析する。

4) 問題点・課題の解決・成果の発信

モニタリング結果をふまえ、改善策の検討を行う。

取組によって得られた成果や観測データ等の知見は、情報発信して、他地域での同様の取組の参考となるよう情報を共有・活用することが望まれる。また、それらを集約する仕組みづくりも必要である。

【解説】

漁港水域を利用した水産生物の増養殖の取組が、持続的に実施されるためには、目標設定・計画策定段階の想定と異なった項目（例えば、漁場環境、成長、収益等）を明らかにし、事業化したことによって、何が問題になっているのか、関係者間で協議し、改善策を検討する必要がある。

また、取組によって得られた成果については、他地域での同様な取組の参考となることから、発信を行うことが望まれる。また、今後、漁港水域の有効活用の取組事例集としてとりまとめ、Web上で公開する等の仕組みづくりも必要である。

4.3 個別課題に対する対策

(1) 漁港施設の新設・改良等による方法

漁港水域における増養殖の実施にあたり、対象とする水産生物の生息に適する水域環境の改善が必要と判断された場合の方策として、漁港施設の新設や改良といったハード整備等による方法が考えられる。水産基盤整備事業で実施できる事業メニューとしては、海水交流施設、底質改善、蓄養岸壁の整備等が挙げられる。

また、計画段階から整備完了まで複数年を要するため、十分な調整が必要となる。

【解説】

1) 海水交換施設

構造物によって流れを制御し、外海水を静穏域に導入して水質の改善を図る場合には設置する海水交換型構造物は、波浪や潮流などの自然エネルギーを活用することから、持続的に環境改善機能を維持する有効な手法である。

① 海水交換型構造物の種類

これまで海水交換促進を目的として様々な施設の工夫や既存の構造物の活用、新たな構造形式の開発など、数多くの取組がなされてきている。その代表的な例をそれぞれの特徴とともに取りまとめた¹³。

表 4.3.1 (1) 海水交換促進のための施設整備等の事例¹³

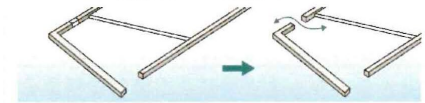
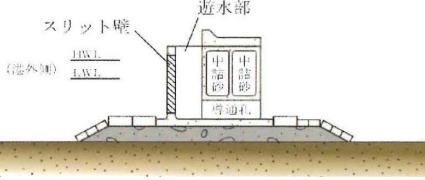
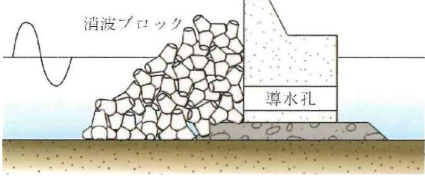
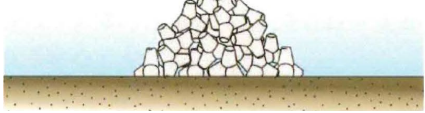
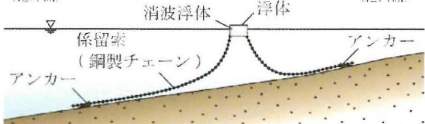
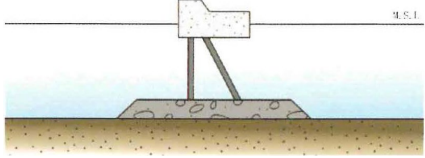
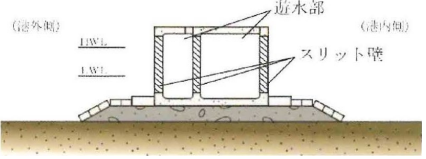
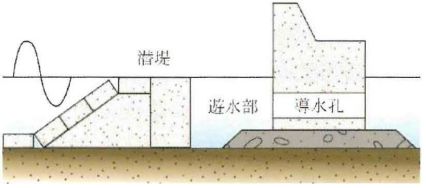
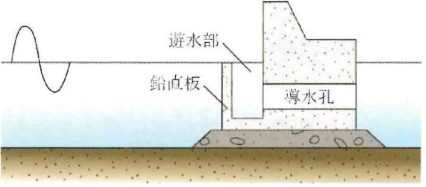
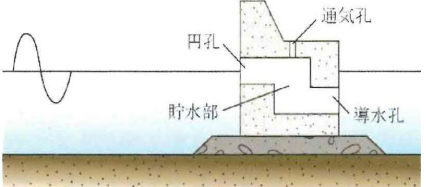
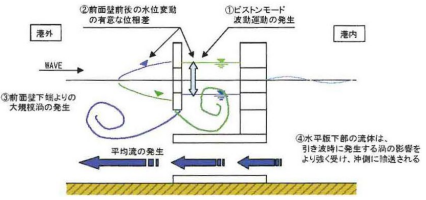
タイプと取水断面	特徴
<p>タイプ1：防波堤の一部撤去</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 漂砂現象や港内静穏度が想定より悪化する場合があるので設計上留意が必要
<p>タイプ2：スリットケーソン</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 透過率に比較的大きな幅を持たせることが可能 (30~70%)
<p>タイプ3：消波ブロック被覆式</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 前面を小波ブロックで被覆し、ブロック内部の水位上昇を利用して海水交換率を高めることも可能 激浪時には海水導入先の静穏度確保の点から制約あり 実施例に浦河港のほか、瀬棚港の東外防波堤などがある
<p>タイプ4：捨ブロック式傾斜堤</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 漂砂対策として、下部を不透過にした構造もある
<p>タイプ5：浮き防波堤</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 開口率が高いため導水性能は良いが、透過率が高く港内静穏度や漂砂に留意する必要がある 軟弱地盤にも適用可能
<p>タイプ6：カーテンウォール防波堤</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 開口率が高いため導水性能は良いが、透過率が高く港内静穏度や漂砂に留意する必要がある 工事費が高いため一般の防波堤への適用は少ない 大水深、軟弱地盤に適する

表 4.3.1 (2) 海水交換促進のための施設整備等の事例¹³

タイプと取水断面	特徴
<p>タイプ7：透過式ケーソン堤</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 透過率に比較的大きな幅を持たせる事が可能 (30~70%) 港内側への噴流に留意する 北海道内の事例には歯舞漁港温根元地区がある
<p>タイプ8：潜堤式</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 波や砕波による遊水部の水位上昇を利用する 堤体前面の波が谷のとき逆流防止の役割を果たし、港口部の潮位より常に高い水位が確保される 波浪伝達率は比較的小さい 北海道内の事例には根室港花咲港区や札幌前漁港がある
<p>タイプ9：鉛直板式（ケーソン一体型）</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 前壁天端高からの越波、砕波による遊水部の水位上昇を利用する 潜堤付孔あき防波堤とほぼ同じ機能を持つが、規模はやや小さい 実施例に北海道様似漁港など
<p>タイプ10：円孔式（ケーソン一体型）</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 円孔を海面上に設けるのが特徴 前面に遊水部を設ける必要がなく、制約条件が少ない。また、背後に貯水部、没水型導水管を設けることで、効果的は配水が可能になるほか、波の透過を防げる 長周期波が発達しない場合、導水量は有義波高と周期の積に比例
<p>タイプ11：遊水室型（海水交換促進型）</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 港外側の遊水室内での波浪共振により大きな過流を発生させてエネルギーを逸散する消波構造体と、その下部に設けた通水部から構成される。 該当部からは港内水を排出させ、従来の港口部より新鮮な海水を流入させることで海水交換を図る 事例には青森県源氏ヶ浦漁港や大分県亀川漁港などがある

②設計フロー

海水交流施設の設計に係る検討は、以下に示す手順により行うことを標準とする。ここでは、漁港・漁場の設計参考図書¹⁶（以下、同様）より概要を抜粋する。

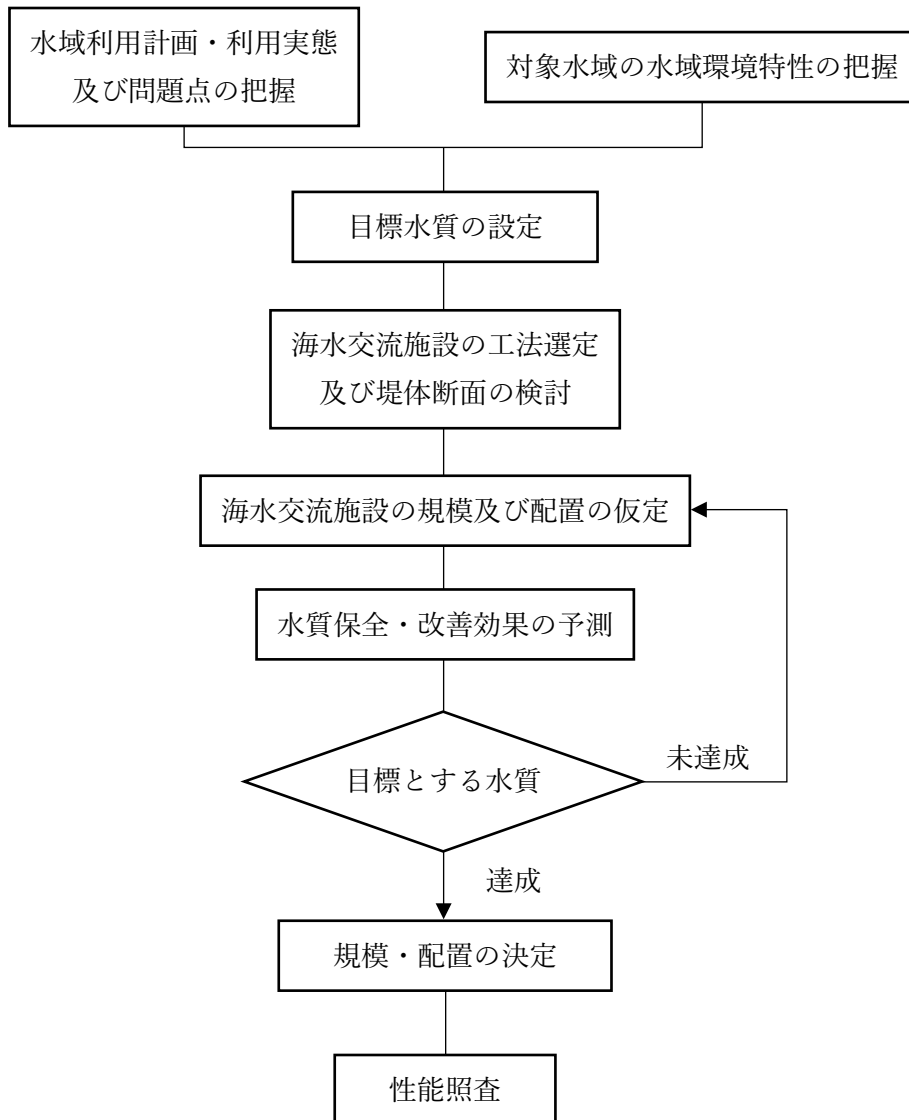


図 4.3.1 海水交流施設の設計フロー

③水域利用計画・利用実態及び問題点の把握

対象水域での利用計画・利用実態及び生起している問題点の抽出を行う。特に蓄養、養殖及び中間育成する場合には、対象魚種、利用規模、利用期間及び利用方法等を明らかにし、水質保全・改善を図る対象時期の明確化を図ることが重要である¹⁶。

④対象水域の水域環境特性の把握

対象とする水域環境の特性（波浪、流況、水質、底質、生物等）について把握する。既存の調査結果で不十分な場合には、必要に応じて現地調査を実施するのが望ましい¹⁶。

⑤目標水質の設定

①及び②で把握した事項を踏まえ、対象水域に望ましい目標水質の設定を行う。特に、蓄養、養殖及び中間育成を行う際には、水温、塩分、D O等の対象生物に適した生息条件を踏まえ、適切な水質項目とその目標値を設定する必要がある。

なお、目標水質の設定にあたっては、環境基準や水産用水基準を参考としてもよい¹⁶。

⑥海水交流施設の工法選定及び堤体断面の検討

同様に、水域利用計画・利用実態、問題点及び水域環境の特性を踏まえ、かつ各海水交流施設の有する導水性能のほか経済性及び施工性を考慮し、海水交流施設の工法を選定することを原則とする。また、工法の導水性能が、対象水域及び対象期間に十分に発揮されるよう堤体断面を適切に定めることが望ましい。このため、必要に応じて水理模型実験を行うことが望ましい¹⁶。

⑦選定工法の規模・配置の決定

選定した工法による水質保全・改善効果を予測し、適切な規模・配置について決定することを原則とする。また、水質保全・改善効果の予測にあたっては、予測に用いる手法が有する長所・短所を踏まえたうえで、対象水域での課題・問題に応じた適切な手法を用いるのがよい¹⁶。

2) 底質改善

漁港水域における泊地等においては、水質環境の悪化と同時に、河川や生活排水等の流入や給餌養殖による残餌や排泄物による自家汚染等を引き起こしやすい。漁港水域を持続的に利用するためには、環境浄化能力や環境収容力の範囲内で養殖に取り組むことが前提であるが、長期的に堆積した有機物等の影響により、漁場環境が著しく悪化した場合には、海底に堆積した浮泥や汚泥等を除去する底質環境の改善も同時に検討することが考えられる¹⁶。

①しゅんせつ

しゅんせつには、ポンプ方式とグラブ方式に大別されるが、漁場への濁りの影響、掘り残し等を考慮するとポンプ式が望ましく、低位置渦巻ポンプが機構や効率の面から優れている。しゅんせつの実施にあたっては、以下の点に留意する。

・汚泥をしゅんせつする場合には、泥の流出を極力少なくするような工法が望ましい。

・汚泥は、運搬船、排泥管等により、適切な場所に処分する。海域に投入する場合は、関係漁業者と十分に調整することが望ましい

- ・泥と水を分離し分離水を放流する場合は、適切な処理施設を設置することが望ましい。
- ・しゅんせつ土砂を海洋投入又は有効利用する場合、しゅんせつ土砂の安全性を確認した上で行うことを原則とする。

3) 蓄養殖岸壁

蓄養、養殖等の作業においては、蓄養された魚介藻類の陸揚げ、養殖（中間育成を含む）の諸作業（餌料運搬、養殖施設の修理等）のために係船岸が利用される。利用目的によっては、標準的な係船岸の構造では作業能率や作業の安全性が不十分になる場合がある。その場合、構造上の工夫が必要となる。このような工夫を施す係船岸を「蓄養殖岸壁」と称す。蓄養殖岸壁は、利用形態から次の通り分けられる。

なお、蓄養殖岸壁の主な構造形式には、重力式、栈橋式、浮体式等がある。また、養殖筏等の揚げ降ろしのための斜路構造のものがある¹⁶。

1) 蓄養の場合

- ・生簀等魚介類の蓄養施設を係船岸に離接岸するもの
- ・係船岸と蓄養施設を一体化としたもの
- ・蓄養施設の揚げ降ろしに利用されるもの
- ・係船岸の背後（陸域）に蓄養施設を設けるもの

2) 養殖の場合

- ・餌料の積み出しに利用されるもの
- ・養殖筏等の施設の揚げ降ろしに利用されるもの

(2) ICTの活用

近年、水産分野においてICT（情報通信技術）の実用化や技術開発が進んでいる。陸地から近い漁港水域では、ICTの特徴である遠隔監視や操作による利点が減殺されがちであるが、海水流動が小さいため、極端な水質の変動や悪化による水産生物の斃死及びそれによる環境の悪化が懸念される漁港水域では、ICTの活用によって効率的、効果的な水産生物の養殖管理が期待できる。なお、導入にあたっては、実用性や経済性等研究機関等に助言を求めるようにする。

【解説】

<モニタリングへの活用>

- ・携帯電話網の普及により、ほとんどの漁港において、割り当て周波数帯を利用したデータ通信が可能となった。港内水面の養殖生簀などに水温、溶存酸素、塩分（電気伝導度）、濁度、流向流速等のセンサーや監視カメラを設置し、これにルーター等の通信デバイスを接続することで、スマートフォンなどのモバイル端末やWeb接続しているパソコンで随時、遠隔リモート監視（テレメーター通信）ができる。
- ・生簀への収容日、給餌や出荷などの情報をモバイル端末に入力することで、サーバー上の養殖作業の共有化やトレーサビリティへの活用が可能になる。
- ・多くの有料サーバーでは、観測の間隔やデータの処理方法などをパソコン上で比較的容易に設定、変更できるが、通信モジュールの容量によって受送信できるセンサーの種類やチャンネル数が制限を受けることがある。
- ・パケット通信を利用する場合、通信料金やサーバー利用料が必要であるが、養殖生簀が見通せるような場所にWeb接続パソコンを設置できる場合、無線通信モジュールの利用により、センサー類やデータロガーとの間で直接ワイヤレスデータ通信が可能であり、通信費を節減できる。
- ・センサーの種類によっては、汚損生物の付着によって観測精度が低下することがあるので、適宜、清掃や補正して用いる。
- ・公開されている人工衛星の水温やクロロフィル量の観測画像が、漁港水域での養殖環境の把握に役立つこともある。

<養殖環境保全への活用>

- ・モニタリングにおいて養殖魚類の致死条件やそれに近似する値が計測された場合、モバイル端末やパソコンのメールリストに警報メールを送信するようにサーバー上に設定することで、水質悪化を瞬時に把握できる。
- ・警報メールを受けた場合、生簀の深淺または港外への移動、取り上げ出荷など処理手順をあらかじめ定めておくことで、港内水面の水質悪化を未然に防ぐことができる。
- ・溶存酸素の低下時に、送気ポンプを稼働するように設定することで、一時的ではあるが貧酸素による斃死を回避、低減させられる。

＜遠隔操作への活用＞

- ・ 双方向のテレメーター通信を利用することで、養殖作業などを遠隔操作できるようになる。
- ・ 養殖生簀に Web カメラを置くことで、養殖魚の状況、施設の破損、盗難や鳥害などを監視できる。Web カメラは、広角、望遠、夜間用など種々の製品が販売されているので、用途や通信容量に合わせて選択する。
- ・ Web カメラに遠隔操作できる給餌器を設置することで、養殖魚の摂餌状況をモバイル端末上で観察しながら必要量の配合餌料を給餌できるようになる。漁業者が沖合で操業中であっても養殖魚に適切な量を給餌できるようになるため、省力化が図られるとともに漁業者の養殖業への参入促進に役立つ。また、こまめに給餌することで、給餌量や残餌を減らせるようになるため、養殖の経済性の向上や港内水面の水質悪化の低減に役立つ。

＜密漁監視への活用＞

- ・ 漁港水域は、比較的陸地や人家に近く目が届きやすい反面、岸壁に車両が容易に乗り入れられるため、養殖に供する場合、密漁対策に留意する必要がある。
- ・ 光学カメラ、赤外線カメラ、レーダー、ソナーなどの監視機器に通信機器を接続した各種密漁監視システムが開発・市販されており、監視の範囲や対象、養殖種やコストなどを踏まえて ICT を活用した密漁監視システムを選択、構築できる可能性がある。
- ・ また、近年、画像から密漁船と一般漁船を判別するなどの AI を活用した密漁監視システムも開発されており、密漁監視の効率化も進められている。

＜電源＞

- ・ ICT を活用する場合機器を稼働させる電源を確保する必要があるため、漁港管理者が漁業者に系統電源を利用させる体制を整えることが望ましい。
- ・ 漁業者が利用できる系統電源を欠く場合、小型風力発電機や太陽光発電パネルなど再生可能エネルギーを独立電源として利用する方法もある。風況や日射量などの気象条件により適切な電源を選択、組み合わせる。生簀の設置による水面の占有の他に、電源設置により漁港施設用地を占有する場合、あらかじめ漁港管理者等との合意形成を図るとともに必要な許可等を受けるようにする。

＜経費＞

- ・ ICT を利用する場合、センサー類、通信機器の購入や管理費用、通信やサーバー利用料、電気料金などの経費が発生する。また、独立電源を準備する場合、設置のための工事費用も必要となる。
- ・ これらの経費を縮減するために、施設や電源の共用化を進めるとともに、関係する補助金等の利用を検討する。

【参考】

漁港施設用地や漁港水面でも利用可能とみなされる ICT の実用事例および利用が見込まれる実証試験を示す。

< 漁港水域での ICT 活用（実証試験段階） >

- ・青森県北金ヶ沢漁港では、小型風車と太陽光を電源に ICT を活用した養殖環境モニタリング、環境保全、遠隔給餌システムが構築されており、魚類養殖が試みられた（詳細は事例集 p. 107～を参照）。



図 4.3.2 青森県北金ヶ沢漁港での取組みの模式図

< 陸上養殖での ICT 活用（実証試験段階） >

- ・北海道神恵内村では、IoT を活用したウニ・ナマコ陸上養殖の実証実験が行われている。飼育者が養殖開始日、個体数、給餌、出荷の情報を管理システムにデータ入力するとともに、水槽内に設置されたセンサーとカメラで、水温や濁度、塩分濃度などのデータや映像の収集や可視化が可能となっている²²。

²² <https://pr.fujitsu.com/jp/news/2019/04/16-1.html>

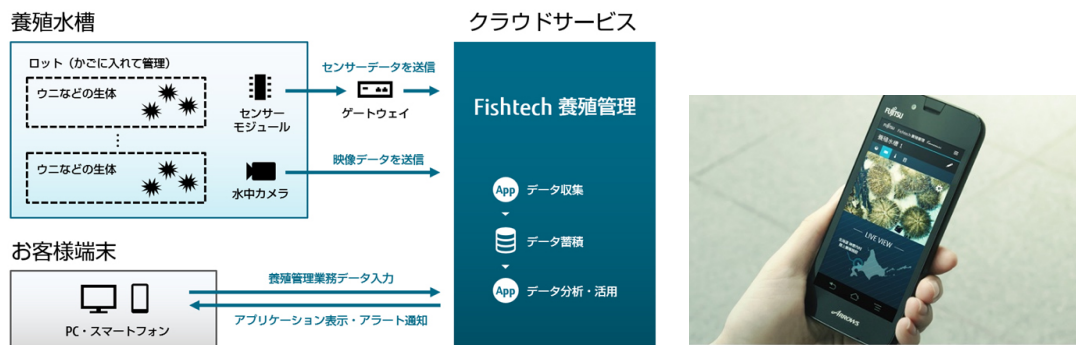


図 4.3.3 Fishtech®養殖管理システム構成図（左）と水槽内のモニタリング画面（右）

＜海面養殖での ICT 活用（実用化段階）＞

- 鳥取県美保湾では、ICT がギンザケ養殖に実用化されている。生簀に設置した自動給餌機、摂餌要求センサー、水中カメラ、水温や溶存酸素センサー、制御装置をインターネットを通じて情報処理装置と繋ぐことで、気候、水温、溶存酸素濃度などの養殖環境、魚の空間分布を継続的に解析できるほか、給餌を遠隔調整できる（特許第 5706816 号）。

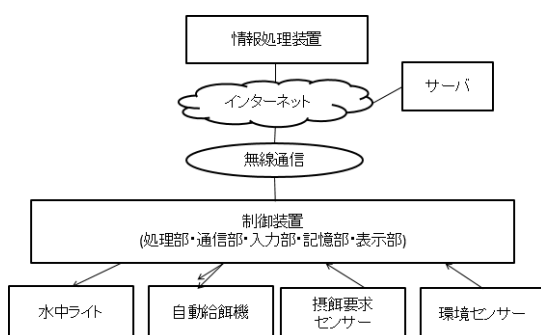


図 4.3.4 海面養殖給餌制御システム²³

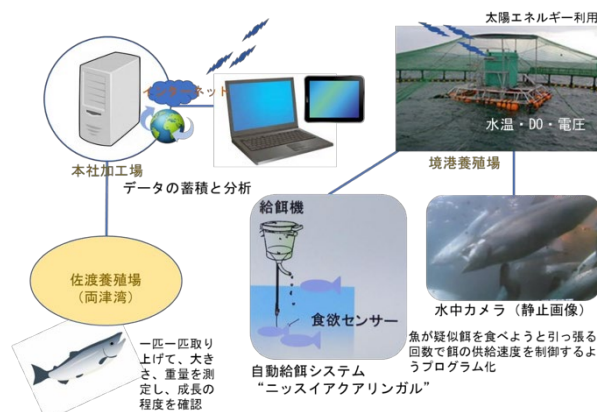


図 4.3.5 養殖場の管理システム²⁴

＜海面養殖での ICT 活用（実用化段階）＞

- 福井県小浜市では、サバ養殖生簀の水温、酸素濃度、塩分濃度を 1 時間に 1 回モバイル回線で自動的にデータをサーバーへ送信するほか、給餌場所、給餌量、タイミングをタブレット入力によって管理することで、これまでの漁業者の経験と勘でなされているノウハウのデータ化が運用されている²⁵。

²³ Aqualingual® <http://www.nissui.co.jp/news/20161019.html>

²⁴ 水産土木建設技術センター・東京海洋大学先端科学技術研究センター「漁港漁場の管理運営機能の向上における ICT 活用の事例分析」2018 年 3 月

²⁵ <http://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2017/11/20/besshi2801.html>

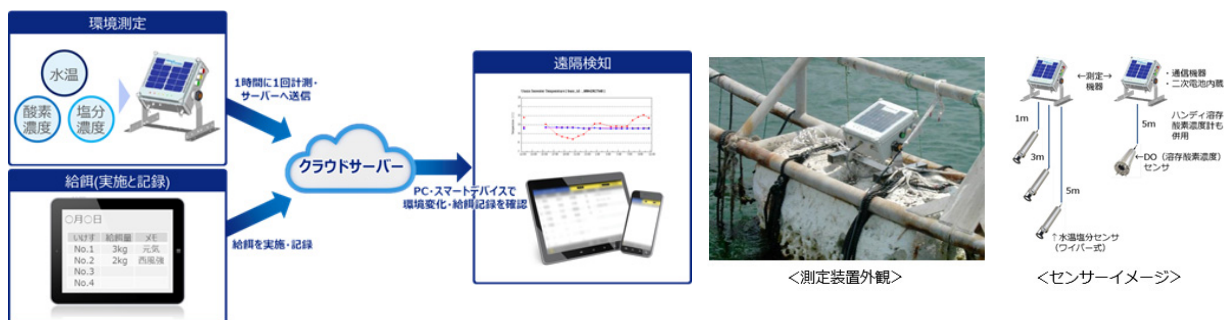


図 4.3.6 小浜市における「鯖、復活」養殖効率化プロジェクトの運用模式図

<密漁監視への ICT 活用（実用化段階）>

- ・陸奥湾では15台のカメラを設置し、AIがカメラの画像から漁船か密漁船かを判断し、密漁船と判断すれば、自動的に関係漁業協同組合等に警報が発信される主にナマコを対象とした密漁監視システムが稼働している。一部の漁港水面が監視範囲となっている。



図 4.3.7 陸奥湾における密漁監視システム

<密漁監視への ICT 活用（実用化段階）>

- ・密漁ダイバーの呼吸音や不審船のスクリュー音を水中音響技術で発見し、早期の警戒や円滑な通報を可能にする IoT サービスの開発が行われており、密漁被害の低減が期待されている²⁶。

²⁶ 石原 寛・稲葉 稔智・石野田 和英, 水中音響技術による密漁対策, IoT サービス, OKI テクニカルレビュー, Vol.85 No.2, pp.30-33, 2018.

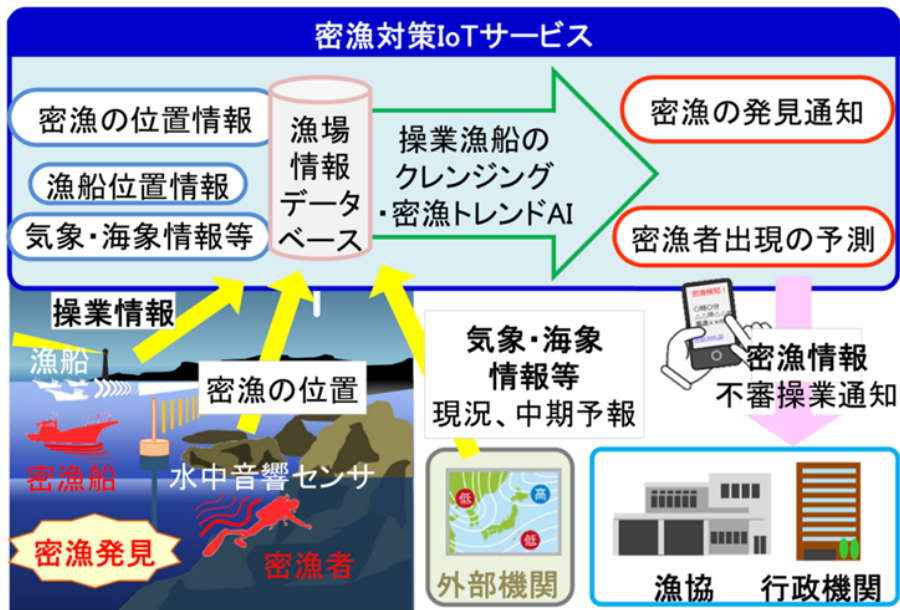


図 4.3.8 密漁監視サービスの概要

< 漁場監視への ICT 活用（実証試験段階） >

- ・ 第 5 世代移動通信方式 (5G) による大容量・低遅延通信と水中ドローンを活用した漁場遠隔監視の実証実験が広島県で行われている。海上に設置した 5G 端末と陸上の基地局間との通信により、スマートフォンから水中ドローンを遠隔操作し、養殖施設の状況などを観察できるようになり、作業の効率化が期待できる²⁷。

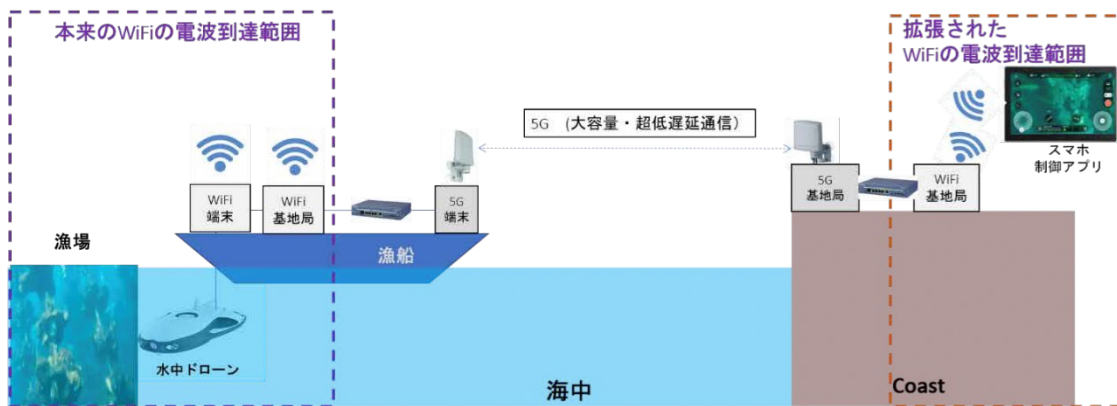


図 4.3.9 WiFi 制御機器の制御範囲を 5G 通信により透過的に拡張する通信制御方式

²⁷ https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_191127_00.pdf

(3) にぎわいの創出

漁港水域や漁港施設用地における増養殖の取組に加えて、漁業体験や水産物の販売等を通じて、漁村のにぎわいの創出を図ることが期待される。

【解説】

漁港水域や、漁港施設用地を利用した増養殖の開始を契機に、漁港水域を利用した漁業体験、漁港施設用地における直売店やレストラン等の消費者のニーズに対応した取組を加えることにより、漁村のにぎわいの創出につながることを期待される。

想定される取組内容と漁港利用のメリットや得られる効果について以下に整理した。

表 4.3.2 にぎわいの創出に寄与する漁港での取組例

	漁港水域利用	漁港施設用地利用
取組内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 増養殖の実施 ・ 漁業体験の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 陸上での増養殖の実施 ・ 水産物の販売やレストラン
漁港利用のメリット	<ul style="list-style-type: none"> ①漁業生産性の向上 <ul style="list-style-type: none"> ・ 自然条件による影響が少なく、安定した水産物の生産・出荷が可能である。 ・ 静穏域であるため、高齢者でも操業することが可能 ②海とふれあう場の提供 <ul style="list-style-type: none"> ・ 漁港内の静穏域は、海象による影響をうけにくく、子供たちも安全に海とふれあうことができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ①漁業生産性の向上 <ul style="list-style-type: none"> ・ 海に隣接しているため、海水利用に便利。 ・ 臭いや騒音が発生しても影響が少ない。 ②新鮮な水産物を提供する場 <ul style="list-style-type: none"> ・ とれたてで、鮮度のよい水産物を提供。 ・ 海の景観を楽しみながら食事や買い物ができる。
得られる効果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 漁業生産の増大と魚価安定 ・ 高齢漁業者の操業による生産力の向上 ・ 観光客受け入れによる所得の向上 ・ 高齢者等の就業機会の創出 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消費者への直接販売による漁業者の収入の増加 ・ レストランで調理することによる付加価値の向上 ・ 産地の知名度向上によるブランド形成への寄与 ・ 地域での雇用創出への寄与 ・ 来訪者増大による地域経済への波及効果に期待

(4) 就労環境の改善

漁港水域における増養殖は、自然条件による影響が少なく、安定した水産物の生産・出荷が可能であり、静穏域での作業は外海での作業に比べて就労環境の改善や高齢漁業者の就業機会の創出にもつながることが期待される。

【解説】

全国の漁業地域においては、漁業者や地域住民の高齢化が進行する中、地域の基幹産業である漁業を維持するためには、高齢漁業者が働ける場を創出する必要があり、そのためには高齢者でも働ける環境づくりが求められる。

静穏な漁港水域での増養殖の取組は、沖での操業が困難となった高齢漁業者でも漁業活動を継続することが可能である。また、高齢漁業者でも操業可能な磯根漁業における生産力を向上することも、高齢漁業者にやさしい漁港づくりにつながる。

II 事例集（漁港水域等を活用した増養殖の参考事例）

1. 事例集掲載内容

(1) 漁港水域における増養殖の事例（実証試験を含む）

魚類：イシダイ、メジナ、マアジ、マダイ、ホッケ、ブリ

貝類：アサリ、アワビ、サザエ

その他：ウニ、ナマコ

表 II.1.1 漁港水域における増養殖の事例

	種苗放流	養殖	中間育成	蓄養
魚類		マアジ、ホッケ： 青森県北金ヶ沢漁港	マダイ： 千葉県大原漁港	マアジ、メジナ、マダイ等（無給餌）： 千葉県小浦漁港
		ブリ： 佐賀県名護屋漁港		イシダイ（無給餌）： 神奈川県小田原漁港
貝類	アワビ・サザエ： 京都府養老漁港	アサリ（無給餌）： 兵庫県室津漁港		
その他	ナマコ： 北海道乙部漁港 （元和地区）	ウニ（給餌） 北海道木古内漁港 （釜谷地区）	ウニ（給餌） 北海道古平漁港	ウニ（給餌） 北海道寿都漁港
	ナマコ： 北海道古平漁港	ウニ（給餌） 北海道古平漁港		
	ナマコ： 北海道寿都漁港			

(2) 陸上養殖の事例

魚類：ヒラメ、サクラマス、クエ

藻類：ウミブドウ（クビレヅタ）

表 II.1.2 陸上養殖の事例

養殖方法	陸上養殖			
様式	掛け流し式			閉鎖循環式
飼育水	井戸海水	沖合水	港内水	-
対象種	ヒラメ	サクラマス	ウミブドウ	クエ
実施主体	鳥取県 湯梨浜振興	富山県射水市 堀岡養殖漁協	沖縄県 恩納村漁協	長崎県 総合水産試験場

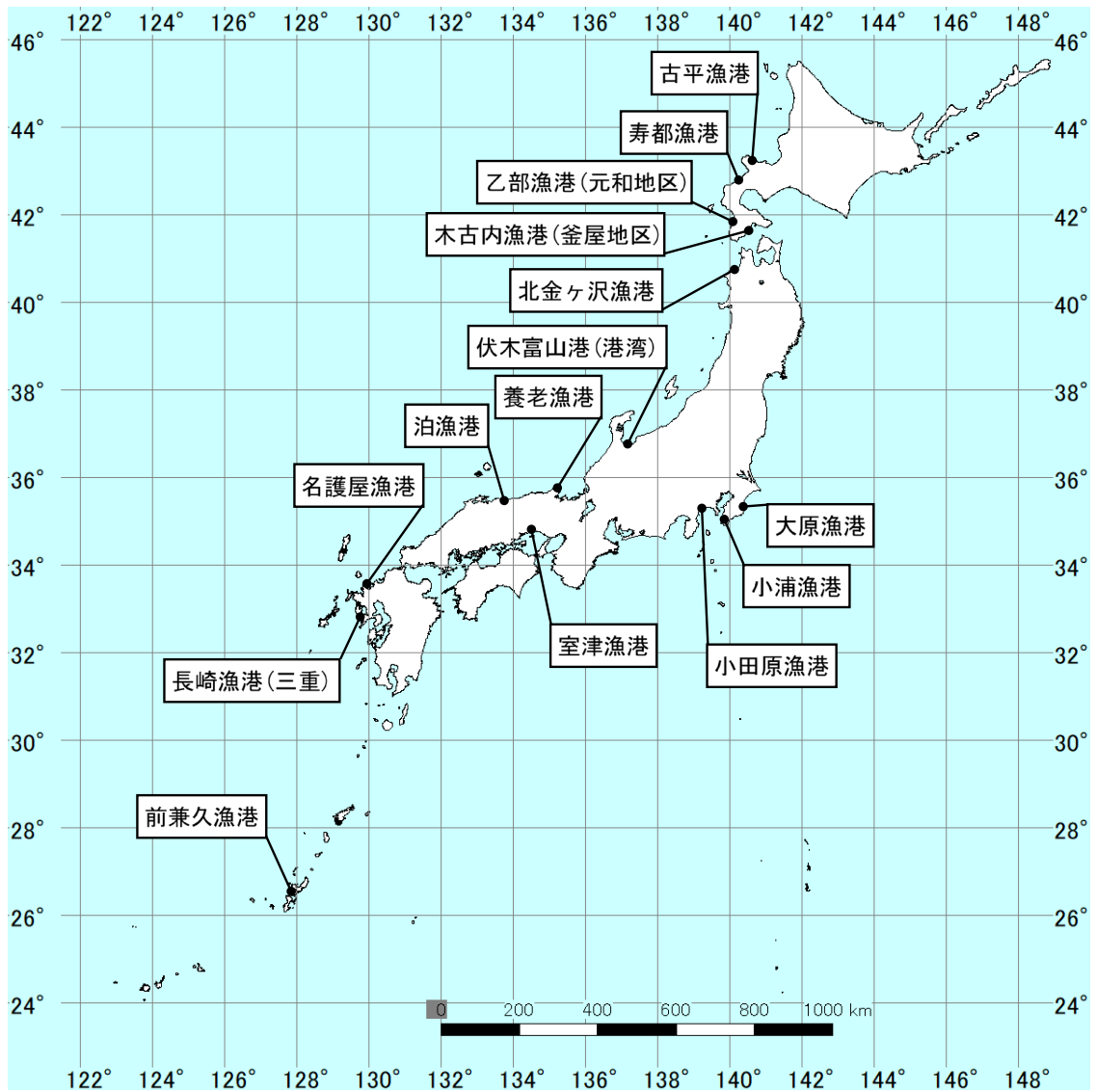


図 II. 1. 1 事例集対象漁港一覧

2. 漁港水域における増養殖の実証試験

本章では、水産基盤整備調査委託事業（水産庁）の調査研究の一環として平成30年度～令和元年度に実施した漁港水域における実証試験を紹介する。

実証試験では、以下の2テーマを設定して、国内の2漁港を選定し、とりまとめを行った。

- ・合意形成による漁港水域の有効活用
- ・ICTを活用した漁港水域の有効活用

(1) 小浦漁港：

合意形成による漁港水域の有効活用に向けた実施事例

実証試験段階 事業実施段階

共通編37ページの図4.2.1 漁港水域を活用した増養殖の検討フローに従って、図中の1)概略検討、2)実証試験を行ったので報告する。なお、表Ⅱ.2.1は、本取り組みの工程表である。

1) 概略検討

①きっかけづくり：漁港水域の選定と増養殖の取組の必要性

漁港水域の選定：

漁港水域の選定は、本事業の担当である水産工学研究所（以下、水工研）から千葉県水産総合研究センター（以下、千葉水総研）に、漁港水域を有効活用した増養殖に興味があり積極的に取り組んでもらえる漁業協同組合を紹介してもらったかたちで進めた。千葉水総研から水工研へ、南房総市にある岩井富浦漁協岩井支部（以下、漁協）は、これまでに、漁港区域内で、ウニの身入り改善手法の開発、ワカメやハバノリ（千葉県の特産品）の養殖等を、千葉県館山水産事務所（以下、水産事務所）や千葉水総研と積極的に取り組んだ実績があり（一部は現在も継続中）、本事例の候補地として推薦があった。水工研から漁協に、小浦漁港内の水域（図Ⅱ.2.1、表Ⅱ.2.1）を有効活用した増養殖の事例づくりの協力を依頼した結果、承諾された。



図Ⅱ.2.1 小浦漁港の空中写真

(左図、小型蓄養施設の設置位置を併記) と小浦漁港の位置図 (右図)

表Ⅱ.2.2 工程表

1年目												
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
概略検討	・検討会の設置 ・漁港内水域の調査項目の検討		← 漁港内水域の環境調査 →						・漁港内水域の有効利用の検討			
2年目												
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実証試験	・蓄養施設の仕様の検討 ・蓄養施設の製作と設置		← 蓄養施設を活用した直販店へ魚の供給 →		・台風15号による被災							

表Ⅱ.2.1 小浦漁港の概要

漁港名 小浦漁港	種別 第1種	所在地 千葉県南房総市
利用漁船数 48 隻	属地陸揚量 560 トン	属地陸揚げ金額 139 百万円
主な漁業種類 大型定置網、小型定置網、わかめ類養殖、その他の刺網		

出典) H28 年度港勢調査

小浦漁港の概要：

小浦漁港は、昭和 27 年に漁港の指定を受け、昭和 31 年度から防災事業が認められ、逐次、防波堤の整備を行い現在に至る。漁業の種類は、大型及び小型の定置網を主体に、小型漁船によるヒラメ、アマダイ等の刺網漁業や、イセエビ、サザエ、アワビ、タコ等の漁業権漁業が含まれ、漁協が小規模卸売市場を開設している。水産業は、合併以前から地域経済を支える基幹産業であり、少年水産教室を開催する等の担い手育成、稚貝及び稚魚の放流による資源の増産、アワビ輪採漁業による価格及び供給の安定化、藻場消失対策等に取り組んできた。岩井富浦漁協は、2015 年 1 月に、南房総市の岩井漁業協同組合と富浦町漁業協同組合が合併し、岩井富浦漁業協同組合となった。本所は旧富浦町漁協に置き、旧岩井漁協は支所となり、それぞれ富浦漁港と小浦漁港を利用している。合併後の岩井富浦漁協は、正・準組合員を合わせて 600 人弱であり、前述した沿岸漁業に加えて、東京湾口部や島回りのキンメダイ、ムツ立縄漁業やサバ・サンマ漁業などを行っているほか、直営の食堂や観光定置網など、観光と連携した特色ある事業を展開している。

増養殖の取組の必要性：

小浦漁港を利用する漁業者の減少と高齢化、また、漁船の減少等により、漁港内の水域に利用しない水域が生まれている。これまで、この水域を使って、ウニの肥育やワカメやハバナリの増殖に取り組んでおり、さらに、有効利用することにより、地域の活性化に繋がりたいと考えている。

②体制構築等

体制構築：

漁協の副組合長は岩井支所の担当理事でもあり、これまで、漁協の経営安定や漁業者への収入増加に努めており、この地域の水産関係者において重要な存在である。本取組においても、意見調整や意志決定において中心的な役割を担った。また、副組合長から、これまでの水産振興にかかる様々な取組において、漁協は、水産事務所、千葉水総研、南房総市と相談しながら進めており、今回も同様に実施したいとの依頼が水工研にあった。このため水工研から、これらの関係機関に本取組について協力の依頼を行い、承諾された。以上から、本取組の実施体制は、漁協が中心となり、水産事務所、千葉水総研、南房総市及び水工研（事務局も担当）で構成することとし、適宜検討会で協議して進めることとした。

関係機関の役割分担は、次のように取り決められた。

漁協内の実施体制は、副組合長が中心となり決定した。定置網漁業者は蓄養施設の設計、製作、設置と蓄養施設への魚の収容と取り出し作業、小浦漁港の市場職員は蓄養施設への魚の収容と取り出しの記録（魚の種類、尾数、重量、単価等）、及び、直販店やレストランの漁協職員は蓄養施設に収容する魚（定置網からの漁獲が期待できない場合に必要な魚）を定置網の漁業者に事前に連絡することとし、これらの連絡や調整が円滑に進むように漁協職員 1 名を配置した。

定置網の魚を小規模な蓄養施設（一辺 4m 程度）に收容する取組は、先行事例が少ないことから、收容する魚の種類や密度等により魚に傷みや死亡が予想される。蓄養時に傷みや死亡が生じた場合は、市場職員が、その個体を冷蔵保存し、後日、水産事務所と千葉水産総合研究所の職員が、その要因を検討することにした。このデータが数多く蓄積することにより、小規模な蓄養施設の具体的な利用方法を提示できるものとする。

本取組は、水工研が小浦漁港の管理者である南房総市に蓄養施設の設置に関する占用許可申請を行い、試験研究として実施した。関係機関の役割分担の概要をまとめると表 II.2.3 になる。また、図 II.2.2 は、検討会の様子である。

表 II.2.3 関係機関の役割分担

段階	主体 (役割)	岩井富浦漁協 (当事者)		南房総市 (場の提供、情報 提供)	千葉県館山水産事 務所 (アドバイ ス・技術指導)	千葉県水産総合研 究センター (技術 指導)	水産工学研究所 (アドバイス、技 術指導、事務局)
		副組合長 定置網漁業者	販売部門				
概 略 検 討	(1)きっかけづくり	・漁港内の蓄養施設で魚を無給餌蓄養し直販店へ安定供給を提案	・定置網の漁獲が無い場合、外部の市場から魚を購入	・岩井富浦漁協の提案に賛成 ・他の漁協にも参考になる取組。	・岩井富浦漁協の提案に賛成 ・他の漁協にも参考になる取組。	・岩井富浦漁協の提案に賛成 ・他の漁協にも参考になる取組。	・岩井富浦漁協の提案に賛成 ・他の漁協にも参考になる取組。
	(2)体制構築等	・検討会の設立と参画	・検討会の参画	・検討会の参画	・検討会の参画	・検討会の参画	・検討会の設立と参画
	(3)漁港水域環境やニーズの把握	・水域環境調査にかかる用船 ・蓄養施設のニーズを検討		・ニーズの把握に関する情報提供	・ニーズの把握に関する情報提供	・ニーズの把握に関する情報提供	・水域環境の調査計画、観測機器の設置、データ取得及び解析 ・ニーズの把握に関する情報提供
	(4)資金調達・支援制度	・蓄養施設の資材等の調達					・水産基盤整備調査委託事業の調査費
	(5)対象種・対象水域選定と実証試験計画策定	・対象種は定置網の休漁時に直販店に供給する魚 ・蓄養施設の設置は、漁港内水域の港口部		・実証試験計画策定の支援	・実証試験計画策定の支援	・実証試験計画策定の支援	・対象種、対象水域選定と実証試験計画策定 ・モニタリング計画の立案
実 証 試 験	(1)試験的な増養殖の実施	・蓄養施設の設計、製作、設置 ・安定して蓄養できる魚種や密度の把握 ・蓄養施設への魚の收容と取り出し	・定置網の漁獲が無い場合、必要な魚の種類と尾数を定置網漁業者に連絡。	・蓄養施設の占用許可	・施設に收容した魚の状態把握 ・安定して蓄養できる魚種や密度や施設形状の把握 ・蓄養した魚が死亡した場合、要因説明	・施設に收容した魚の状態把握 ・安定して蓄養できる魚種や密度や施設形状の把握	・蓄養施設の占有許可申請 ・蓄養施設への魚の收容、取り出し等のデータ整理 ・收容した魚の傷み等に関するデータ整理
	(2)モニタリング	・水質・底質調査にかかる用船					・水質・底質調査計画、観測機器の設置、データ取得及び解析
	(3)問題点・課題の解決	実証試験で得られた問題点や課題の整理とフィードバック		実証試験で得られた問題点や課題について検討会で協議。	実証試験で得られた問題点や課題について検討会で協議。	実証試験で得られた問題点や課題について検討会で協議。	実証試験で得られた問題点や課題の整理とフィードバック



図Ⅱ.2.2 検討会の様子

③漁港水域環境の把握やニーズの把握

漁港水域環境の把握：

1年目は、小浦漁港内の水域を利用するに当たって、検討会では、まず、漁港水域内での水産生物の成育の可能性について検討することにした。調査項目は、水質では、水産用水基準の調査項目を踏まえて、水温、塩分、溶存酸素（D0）、クロロフィルa量、濁度、底質では、酸素消費速度（現地で柱状採泥し、実験室で測定）、また、漁港内の海底地形、水域に生息する生物等である。本調査は、水工研が調査計画を作成し、観測測器の設置やデータ収集及び解析を行い、漁協は用船を行った。得られた調査結果の概要は次のようである（図Ⅱ.2.2参照）。

水温： 港口から港奥の水温変化は、ほとんど一致していた。増養殖を行うにあたり、対象種の好適な水温帯や生息可能水温を確認する必要があるが、当海域の魚種を対象にすれば概ね問題無いと考えられた。

塩分： 通常時は、塩分は、港口に比較して港内で若干高くなっていた。降雨時は河川の影響と思われるスパイク状の塩分低下が発生した。対象種の生息可能塩分を把握して、塩分低下による影響が予想される場合は、対象種の分布水深を深くする等（例えば、生け簀の底網を深くする等）の対策が必要と考えられる。

溶存酸素（D0）： 6～11mg/L で変動しており、水産用水基準である内湾漁場の夏季底層の最低値 4.3mg/L を上回っていることから、増養殖や出荷調整のための蓄養を行うにあたり、問題無いと考えられる。

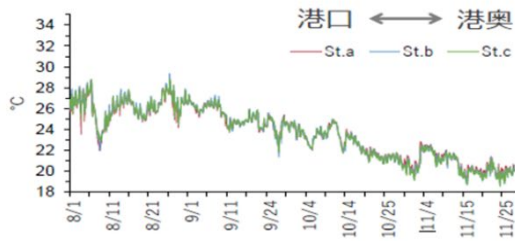
クロロフィルa量（chl-a量）： 2～5 μg/L の間にあり、赤潮などの高い濃度は見られず安定した変動を示している。

濁度： 3～10FTU（Forumajin Turbidity Units）で変動しており、高い値が継続して続く傾向は見られない。

底質の酸素消費速度： 漁港内4箇所の底質をコアで採取し、実験室に持ち帰って、底質の酸素消費試験を実施した。漁港内では、魚類の餌料である多毛類、二枚貝、ヨコエビ類等が生息する場所では、酸素消費速度は最大 112.0mg/m²/h を示した。この値は、一般的な内湾の底質よりも低い値である。

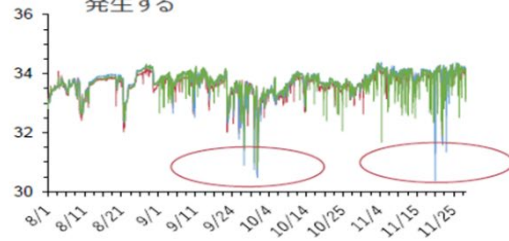
水温

- 港口～港奥の水温の変化はほぼ一致



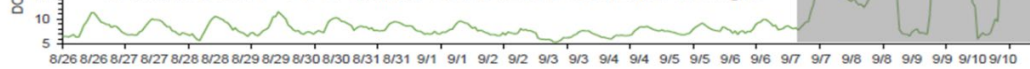
塩分

- 港口に比べ港内は若干高い
- 降雨時に河川の影響と思われる塩分低下が発生する



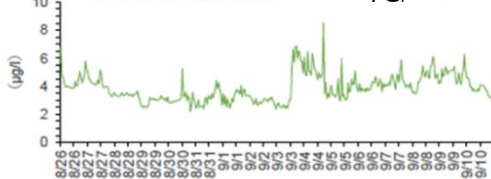
溶存酸素濃度

6～11mg/L (Max:11.4mg/L, Min:5.7mg/L)
 ←水産用水基準：内湾漁場の夏季底層の最低値4.3mg/L

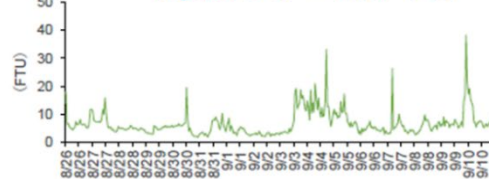


- 夏場のDOは水産用水基準を上回っていることから、小浦漁港の水域で増養殖や出荷調整を行うにあたりDOについては問題ないと考えられる

クロロフィル: 2～5 μg/L

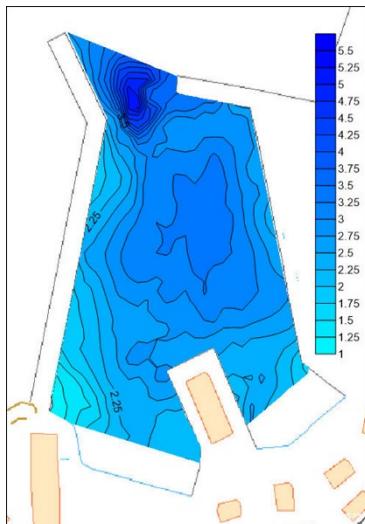


濁度: 3～10FTU



- 対象種を海藻類にした場合、クロロフィル濃度が高いと栄養塩類の摂取の点から競合する可能性がある
- 濁度が高いと光量が不足する可能性がある
- 今回の数値がどの程度影響を及ぼすかは定かではないため、海藻類を対象とする際は、クロロフィル濃度や濁度と海藻類の成長率をモニタリングすることが望ましいと考えられる

図Ⅱ.2.3 漁港内の水質環境



図Ⅱ.2.4 漁港内海底地形

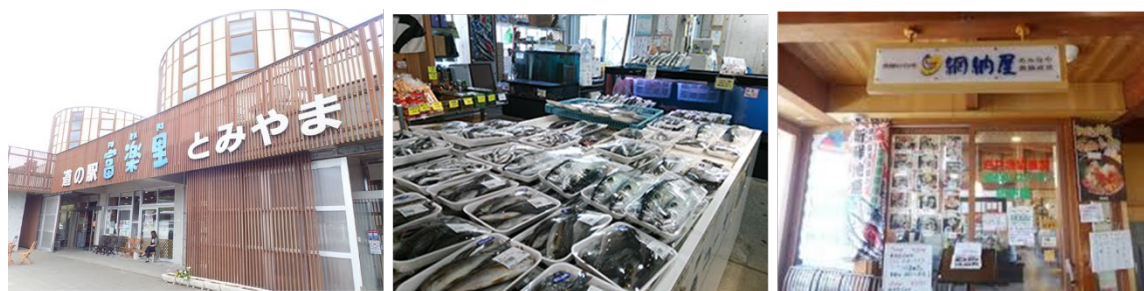
漁港内海底地形（図Ⅱ.2.4参照）：魚探を用いて、水深データから漁港内の地形を測定した。港口部では、波流れの影響より水深が5m以上になり、港内は中央部で4m付近と比較的深い、港内の周辺や港奥に向かって水深が浅くなっている。

漁港内に生息する生物：ヒトデ類、多毛類、二枚貝類、ハバノリ、アラメが確認された。

以上の調査結果について、検討会で報告し協議した結果、小浦漁港内の水域を利用して、出荷調整の蓄養が、可能であることが確認された。

ニーズの把握：

千葉県南房総市にある岩井富浦漁協岩井支所では、定置網（大定置）で漁獲されたアジ、メジナ、タイ等を漁協が「道の駅」で直営する販売店（大漁市場）やレストラン（網納屋）へ供給している（図Ⅱ.2.5）が、月2回の市場の休み、盆と正月休み、時化により定置網へ漁獲にいけない場合等は、直営する販売店やレストランに魚を供給できないため、築地や近隣の市場から通常価格の魚を購入することになり支出が大きくなっている。このため漁協は、千葉県等の関係機関に漁港内の水域に蓄養施設を設置して、定置網で漁獲された魚を全て出荷しないで、その一部を蓄養施設に収容して、上述したように定置網から漁獲できない時に、この蓄養施設内の魚を利用する取組の必要性を相談していた。



図Ⅱ.2.5 岩井富浦漁協が運営する直販店（大漁市場、網納屋）

④資金調達支援制度

本取組は、水産基盤整備調査委託事業で実施している。今後、ソフト支援事業の漁港事業増進事業（水産庁）、浜の活力再生交付金（水産庁）の利用が考えられる。

2) 実証試験

①対象種・対象水域の選定と実証試験の計画策定

<対象種・対象水域の選定>

対象種は、定置網（大定置）で漁獲される魚の一部を漁港内に設置した蓄養施設に収容して、定置網からの漁獲が不可能な時に、蓄養施設の魚を漁協が直営する直販店やレストランに供給できるよう、定置網で漁獲される魚とした。対象水域は、漁港水域内の水質・底質環境を把握した結果、水産生物の生育にほとんど影響しないことが明らかとなっており、そのなかでも外海との海水交換が活発で水質が悪化しにくい、小浦漁港の港口部に選定した。

<実証試験の計画策定>

実証試験の期間：

定置網で漁獲した魚の一部を漁港内の水域で無給餌蓄養して、漁協直販店への魚の安定供給する取組であることから、年間を通じて実施する。

蓄養施設の仕様：

既存の蓄養施設は、一辺十数メートルと規模が大きく小浦漁港に設置した場合、船の航行に障害となること、また、収容した魚の取り出しに労力がかかること等の問題が、漁協



蓄養施設の上部 (4m×4m) 蓄養施設の編地 (深さ5m)



網地底面が均一に上昇するための工夫



網地上部の劣化対策



作成した小型無給餌蓄養施設の概要 (重りを付けて防波堤に接近しないようにしている)

図Ⅱ.2.6 無給餌短期蓄養施設の製作と設置 (2019年6月)

から出されたため、検討会で協議し、蓄養施設の仕様は、漁協から提案された問題点を解決するため、次のような仕様を満たす必要があることが確認された。

ア. 蓄養施設は、水質の悪化を懸念して、外海との海水交換が盛んな港口部 (水深4m程度) に設置することとした。また、蓄養施設が波浪の動揺等で漁港施設と衝突しないように、漁港施設と蓄養施設に空間を持たせて固定する。

イ. 蓄養施設は、通常は魚が網に衝突することを避けるために十数メートルと大きい。小規模漁港である小浦漁港内の水域に設置しても船の航行に影響が少なく、漁業者1～2名で魚を容易に取り上げることができるようにするため、1辺4メートル程度の大きさの蓄養施設が適当である。

ウ. 漁港内の水質悪化に配慮し、蓄養方法は無給餌とし、最大10日程度の蓄養の可能性について検討する。

エ. 蓄養施設からの魚の取り上げを容易にするために、蓄養施設に船外機船を横付けできるようにする。

オ. 網の張り替え等を考慮して、2つ蓄養施設を作成する。

次に、この蓄養施設を利用して魚を出荷し、多くの利益を上げることが求められるため、次のような課題を解決する必要のあることが、検討会で確認された。

ア. 季節別に、定置網から漁獲した魚を漁港内の施設に収容し、10日間程度、傷みや死亡が少ない魚種、サイズ及び密度を明らかにする。

イ. 季節別に、定置網から漁獲が無い時に、漁港内で蓄養した魚を直販店やレストランに出荷することにより、大きく利益が期待できる魚種やサイズ等を把握する。

ウ. 1つの蓄養施設に、複数の魚種を同時に蓄養する場合、どのような魚種を組み合わせ

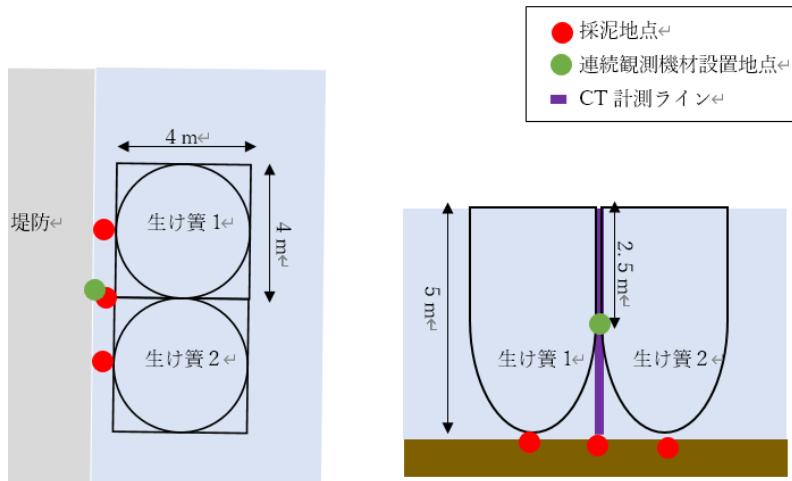


図 II. 2. 7 蓄養施設周辺の水質・底質モニタリング

蓄養施設の上部は長さ 4 m の木材（1 辺 20cm の角柱）を 4 本用いて正方形の生け簀枠を作成し、その角柱から網を取り外ししやすいように木製の突起をつけた。網はこの正方形の木製部材から下に設置することになるが、収容した魚が取り出しやすいように、水面にある 4 点のロープを同じように引き上げると、網の底面は均一に上昇してくるように工夫した。また、網の上部は、乾湿を繰り返し日光による劣化も予想されることから、網地を太くしてある。この蓄養施設は網の張り替えを考慮して 2 つ作成して、海水交換の良い港口に設置した。また、蓄養施設が波浪の動揺等で漁港施設と衝突しないように、漁港施設と蓄養施設に空間を持たせて固定した。

定置網から蓄養施設へ魚の一部を収容し、数日間の蓄養後、出荷した。5/25～6/6 において、出荷前に魚を蓄養施設に収容したときの魚の単価と、蓄養施設から魚を取り上げて集荷したときの金額を比較すると、前者より後者が高くなっており、蓄養施設の効果が見られる（イナダ、コショウダイ、マダイ）。しかし、6/29 に小さなアジを収容したが、死亡個体が多く、網地とのスレが影響したものと考えられた。その後、ワカシを収容したが、原因不明の消失が続いた。この原因は、蓄養施設の水面にある木枠の上を、サイズの小さいワカシは、飛び跳ねて外部に逃げていると推定された。このことから、水面にある木枠の浮力を増加させ水面上数十センチ程度、網の上端を上げておく必要があることがわかった。9/5 以降に台風 15 号が来襲し、蓄養施設が損傷し、試験を中止することにした。

③モニタリング

蓄養施設の周辺で連続観測した結果から、蓄養施設に魚を収容した 5/25～9/5 において、収容した魚の脱出や死亡等があったが、概ね、D0 は 6.5～10.0mg/l、濁度は 3～15FTU にあり、H30 年度の観測結果と同程度であった。このことから、収容した魚の脱出は、水質の影響ではなく、上述したように、木枠に浮力を増加させ網の上端を数十センチ上げておくことで、脱出は防ぐことができると考えられた。蓄養した魚の死亡要因等は、今後明らかにするために、水質モニタリングは重要である。

せれば、傷みや死亡が少ないか等を把握する。

エ. 以上の解決課題は、実証試験を通じて、データを蓄積して明らかにすることが必要である。

②試験的な増養殖の実施：

製作した蓄養施設を、図 II. 2. 6 に示す。

④問題点・課題の解決

ア. 定置網からの魚の収容～直販店への出荷・販売等、1サイクル取り組みがまわった段階で、問題点を整理し、問題点について実証試験を通じて解決していく必要がある。

イ. 蓄養施設を運用するための基礎資料（たとえば、運用カレンダー等）を整備する必要がある。

ウ. 適切な蓄養手法を確立するためには、実証試験において、P D C Aを継続して実施することが重要である。このためには、引き続き関係者間での協議を行っていくことである。

(2) 北金ヶ沢漁港：ICTを活用した実施事例

～ICTを活用した養殖環境のモニタリング、保全、遠隔給餌システムの実証～

実証試験段階 | **事業実施段階**

近年、水産養殖分野においてICTに関連した技術開発や実用化が進んでいる。漁港施設に囲まれた水面（以下、「漁港水面」）での水産生物の養殖においてもICTの活用によって効率的、効果的な養殖管理が期待できるものの、特に漁港水面を対象とするその活用事例が見当たらない。

一方、共通編 37 ページの図 4.2.1 の「漁港水域を活用した増養殖の検討フロー」では、事前検討の中で取り組むべき実証試験において、「P:1)対象種・対象水域の選定と実証試験計画策定」、「D:2)試験的な増養殖の実施」、「C:3)モニタリング（問題点・課題・成果の確認・環境改善の必要性検討）」、「A:4)問題点・課題の解決」の各項目が掲げられており、これら実証試験を経て事業を本格実施すべきことが示されている。そこで、青森県北金ヶ沢漁港をモデルケースとして、当該フロー図に掲げる実証試験の手順に沿って、ICTを活用した魚類養殖を実証したので結果を報告する。

1) 対象種・対象水域の選定と実証試験計画策定

① 対象種・対象海域の選定

実証試験は、青森県深浦町北金ヶ沢漁港において実施した。

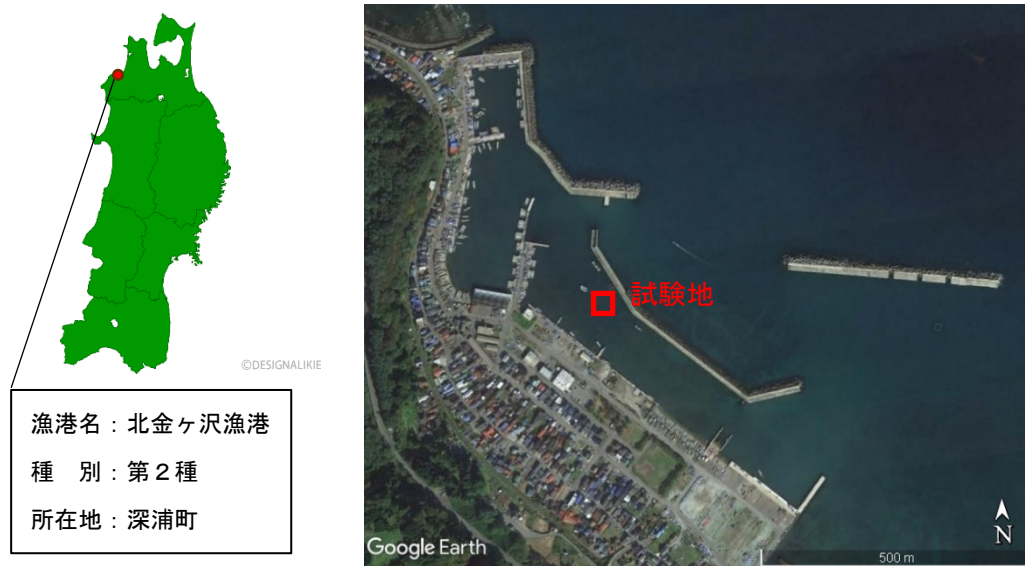
この地域は、本州日本海北部にありながら、風波が比較的穏やかなため、古くから天然の海浜を利用した漁業が営まれてきた。昭和7年に地域振興事業によって北金ヶ沢漁港の整備が始められ、昭和26年に町管理の第1種漁港として指定を受けた後、昭和52年に第2種漁港に種別変更されるとともに県管理漁港となった。昭和27年の第1次漁港整備長期計画から漁港修築事業による本格的な整備が進められるようになり、現在、水産基盤整備事業として整備が続けられている。本漁港は、圏域総合計画では日本海南圏域の流通拠点漁港に位置づけられており、圏域内における属地陸揚量の約22%、属地陸揚金額の約23%を占めている（H26 港勢調査）。

北金ヶ沢地域では、大型定置網、底建網、刺網、延縄漁業や釣漁業が行われている。これらのうち、マグロ延縄漁業やヒラメの釣漁業では、アオリイカやスルメイカなどのイカ類やマアジ、マイワシなどの魚類が生き餌として用いられる。これら漁業に従事する漁業者は、生き餌を自ら釣り上げるほか、近傍の定置網漁業者から購入するが、その準備に相当の時間と労力、経費を要している。

一方、漁港区域内に水産基盤整備事業で設置された静穏域が造成されており、ワカメなどの海藻のほか、大規模なサーモン（ドナルドソンニジマス）養殖が行われており、漁業者は多様な魚類養殖に関心を持っている。また、平成30年度に高度衛生管理型荷捌き施設が整備され、漁獲物の付加価値向上への取り組みも試みられようとしている。

そこで、北金ヶ沢漁港において、生き餌の安定的確保および新たな魚種の養殖可能性の把握を目的に、生き餌用のマアジ及び北海道上ノ国町の多機能静穏域で養殖されているマ

ホッケについて、ICTを活用した魚類養殖の実証試験を新深浦町漁業協同組合漁業振興会員と協働で実施することとした。



漁港名 北金ヶ沢漁港	種別 第2種	所在地 青森県西津軽郡深浦町
利用漁船数 222 隻	属地陸揚量 1,344 トン	属地陸揚げ金額 634 百万円
主な漁業種類 底建網、定置網		

注) 平成 28 年港勢調査

図 II.2.8 北金ヶ沢漁港の概要

②実証試験計画策定

ICTを活用した魚類養殖を実証するため、北金ヶ沢漁港の沖防波堤及び防波堤と荷揚げ場で囲まれた水面にICTを活用した魚類養殖環境のモニタリング、保全、遠隔給餌システムを構築した。システムの外観と概要は図II.2.9～10に示したとおりである。

＜電源＞

平成 30 年 4 月に北金ヶ沢漁港北防波堤上に小型風車（発電機定格風速 11.5m/s 下 1kW）と太陽光パネル（定格 220W）を組み合わせた独立電源（Zephyry ハイブリッド自家発電システム II）及び太陽光パネル（定格 300W）3 基を架台上に設置した。さらに、令和元年 7 月 25 日、26 日に漁港胸壁に定格出力 300W の太陽光発電パネルを貼り付けた。

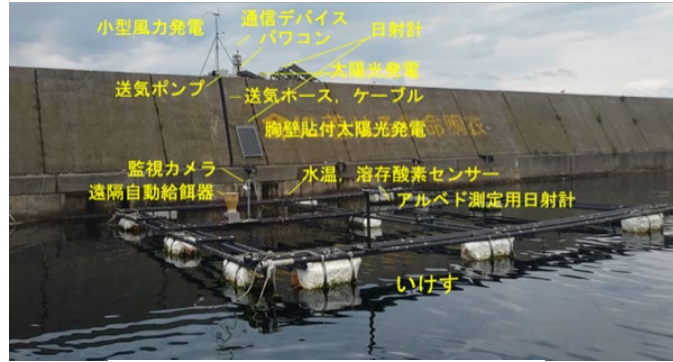


図 II.2.9 実証システムの外観

＜環境モニタリングシステム＞

平成 30 年 4 月に生簀内に水温センサーと溶存酸素 (DO) センサーを、防波堤上にある気温計、電圧計、風向・風速計、防霜ファン付き全天日射計を設置し、水温と DO を 10 分毎に、日射量と電圧を 10 秒毎に計測しクラウド上のサーバーで随時閲覧、ダウンロードできるようにした (<http://www.weather.co.jp/AWS/kitakanegasawa/>)。また、令和元年 7 月 25 日、26 日に防波堤上と胸壁部の太陽光発電パネル脇に全天日射計を、生簀を垂下する養殖筏上に海面での光反射能 (アルベド) を測定するための全天候日射計を 2 台設置した。

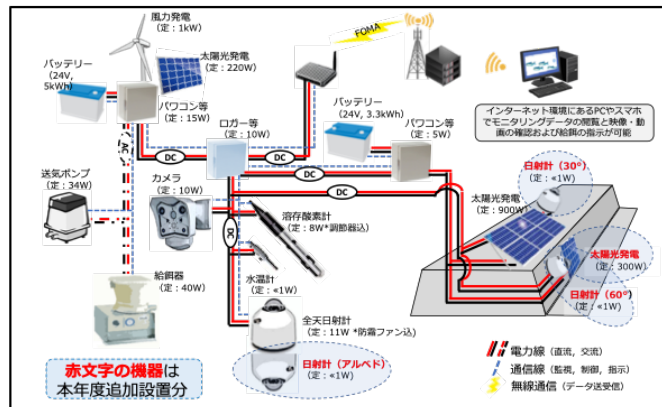


図 II.2.10 実証システムの概要

＜環境保全システム＞

養殖環境モニタリングシステムにおいて、水温が 25℃ を上回った場合または DO が 4mg/L を下回った場合にメールリストにある携帯電話やパソコンに警報メールを 1 日に 1 回送信するようにクラウド上のサーバーを設置した。また、DO がその値より低下した場合、バッテリーから定格出力 34W の送気ポンプに自動給電し、DO の測定値が 5mg/L を上回るまで 5 分間の連続送気を繰り返すように設定した。毎午前 4 時にシステムをリセットする自動復帰機能をもたせた。

＜遠隔給餌システム＞

平成 30 年 9 月 19 日にウェブカメラと給餌器、追加の太陽光パネルからなる遠隔給餌システムを構築し、養殖環境のモニタリング及び保全システムに付設した。監視カメラは定格消費電力 10W の広角と望遠の 2 台のウェブカメラ、給餌機は定格消費電力 45W (松坂製作所さんし郎 KS) の仕様とし養殖筏の上に設置した。これら追加で設置した機器の給電用に定格

出力 900W の太陽光発電パネル及び 24V、3.3kWh のバッテリーを併置した。

毎日 07:00-08:00、12:00-13:00、16:00-17:00 の各 1 時間ずつ延べ 3 時間について漁業者が監視カメラのウェブ画像により魚類摂餌状況を確認しながら、携帯画面上のボタンを 1 回押すことで 30 秒間、約 120g の配合餌料を風圧で散布しながら給餌するようにクラウド上のサーバーを設置した (<http://www.weather.co.jp/AWS/kitakanegasawa/feeder/feeder.html>)。

2) 養殖試験

<対象種>

マアジ、マホッケ

<実施主体>

国立大学法人弘前大学地域戦略研究所

協力機関：新深浦町漁業協同組合、新深浦町漁業協同組合漁業振興会

<養殖期間>

平成 30 年 4 月～令和 2 年 1 2 月

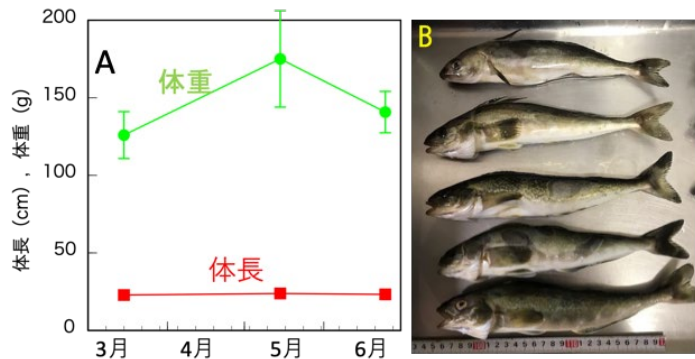
<養殖手法>

北金ヶ沢漁港沖防波堤内側水面に 10m 四方の養殖用筏を設置し、そのうち 1/4 区画に相当する 5m 四方の範囲に深さ 1.5m になるよう生簀網を垂下した。平成 30 年 3 月 16 日に体重平均 125.9g、体長平均 22.8cm のマホッケ 277 個体を、平成 30 年 6 月 24 日には標準体長と体重の平均が 10.9 cm、21.2g のマアジ 887 個体、平成 30 年 9 月 18 日及び令和元年 6 月 21 日には遠隔給餌システムでの魚類養殖を実証するため、標準体長と体重の平均が各々 10.6 cm、12.3g のマアジ 572 個体、及び 11.0 cm、15.3g のマアジ 1,452 個体を収容し、各々令和元年 2 月 7 日、11 月 25 日まで魚類養殖環境のモニタリング、保全、遠隔給餌システムを用いて給餌養殖した。

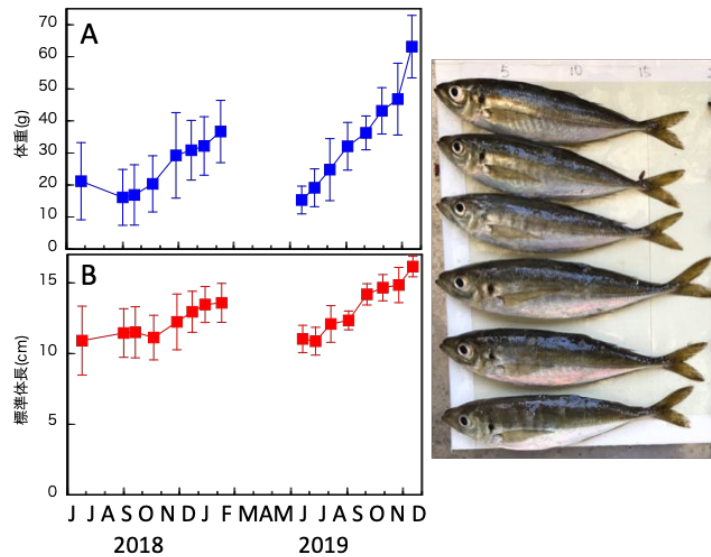
遠隔給餌システムを運用するまでの期間及び運用後の10月16日から11月9日までは、漁業者に依頼し容量が290gのシャベルを用いて朝夕配合餌料を徒手給餌し、これを除く時期には主に遠隔給餌システムにより配合餌料を給餌した。死魚については計数するとともに、生簀から取り除いた。養殖に供した魚類は、いずれも北金ヶ沢漁港地先に設置した定置網から採取した。

<現地調査>

マホッケ：平成30年5月から6月までの計2回、養殖魚の中から各々20個体前後を無作為に抽出し、標準体長と体重を測定し成長を求めた(図Ⅱ.2.11)。



図Ⅱ.2.11 養殖したマホッケの標準体長の変化(A)と2018年6月24日の状況



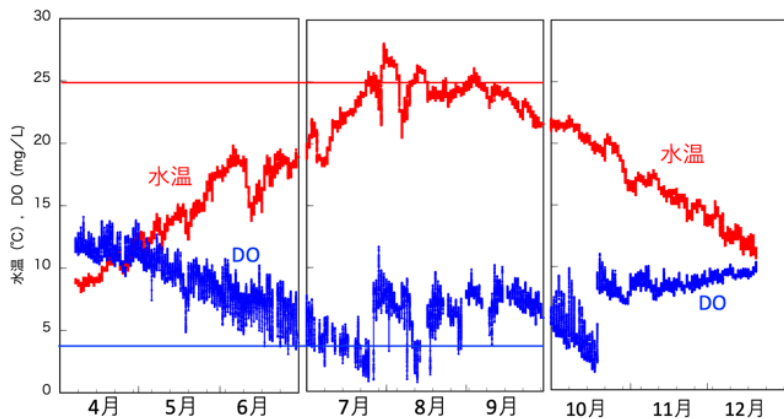
図Ⅱ.2.12 養殖したマアジの体重(A)と標準体長(B)の変化と2019年12月18日の状況

マアジ：平成30年5月から平成31年2月及び令和元年7月から12月までの各々7回ずつ、養殖魚の中から各々20個体前後を無作為に抽出し、標準体長と体重を測定し成長を求めた(図Ⅱ.2.12)。

システムの設置状況：各魚類の成長測定時にシステムの設置状況を目視確認した。また、適宜、観測ロガーを取り出し、風況等を求めた。

3) モニタリング

養殖環境のモニタリング：本実証試験の結果、水温、溶存酸素をモニタリングできた(図Ⅱ.2.13)。モニタリング値は、現地で測定した溶存酸素濃度や生簀内に設置した自記水温計(Titbit2、HOB0)と概ね一致し、信頼性が確か

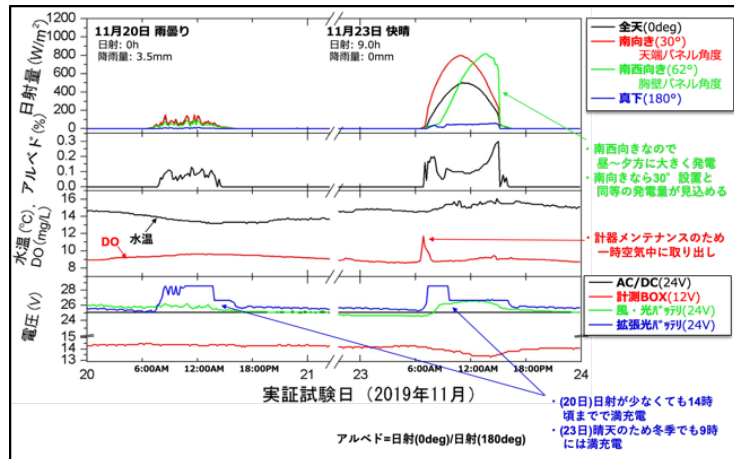


図Ⅱ.2.13 水温、溶存酸素モニタリング結果

められた。日射量や独立電源の電圧についても実験を通じて測定、モニタリングできた(図Ⅱ.2.14)。これから、本システムを用いて漁港水面の養殖環境や独立電源の状況をリモート監視できることが実証された。

環境保全システム：25℃以上の水温上昇及び4mg/L以下の溶存酸素濃度低下時にスマートフォンやパソコンのメーリングリストに警報を送信する養殖環境保全システムは、試験を通じて正常に稼働した(図Ⅱ.2.15)。さらに、溶存酸素濃度の低下時に、本システムに附置した通気ポンプの作動が確認できた。これから、本システムが養殖環境の保全に役立つことが実証された。

遠隔給餌システム：実験を通じてスマートフォン上の監視画面を見ながら魚類に遠隔給餌することができた(図Ⅱ.2.16)。徒手給餌と遠隔給餌の給餌量を比較した結果、徒手給餌に比べ遠隔給餌では餌の量が約半分に済ませることができた(図Ⅱ.2.17)。また、徒手給餌の場合、餌料の搬送、漁船の出航、養殖筏への係留、給餌、帰港、餌料の収納に計20分程度要していたが、遠隔給餌システムの導入により、5日から10日に1回程度、自動給餌器に配合飼料を補給するだけで済むようになっ



図Ⅱ.2.14 日射量、アルベド、水温、溶存酸素(DO)、電圧の観測結果



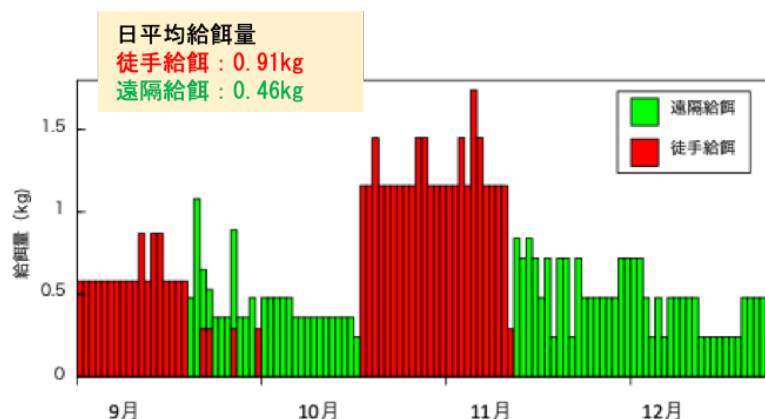
図Ⅱ.2.15 スマートフォン上の養殖環境モニタリング画面とスマートフォン上の警報画面



図Ⅱ.2.16 Webカメラ、自動給餌器の外観(右)及びスマートフォン上の遠隔給餌画面(左)

た。また、給餌のための漁船を出港させる必要がなくなり、労働作業時間も短縮できた。

以上のとおり、ICTを活用することで漁港水面での魚類養殖の効率化や、漁業者の養殖業の参入促進が可能になると考えられた。



図Ⅱ.2.17 徒手及び遠隔給餌システムを利用した1日当たりのマアジ養殖に供した配合飼料の給餌量

4) 問題点・課題の解決

<導入経費>

本システムは、発電機器等をレンタルしたほか、魚類養殖に直接必要ない日射計や風速計等の観測装置を含むものであるが、仮に全てを購入する場合、構築には約740万円程度の経費を要すると見積もられる。このうち43.4%を給電設備が占めた。本試験地は、系統電源を欠くためシステムの設置には独立電源を準備する必要があったが、系統電源を得られる場合、月に数百円程度の電気代で済ませることができる。さらに、通信機器等を簡素化した場合、200万円程度の機器の購入費用及び数十万円の設置工事費用があれば構築できるようになる。ICTの導入には相当のコストを要するが、漁港管理者による給電や施設の共用化など体制の整備によりその経費を削減でき、漁業者が漁港での養殖に参入しやすくなると考えられた。

また、漁港管理者が漁港水面を漁業者に魚類養殖場として占有させる場合、水温、溶存酸素や塩分濃度などの環境項目をモニタリングしたり、水産試験場等の水質測定の特レーマー発信拠点として漁港を活用することで、環境モニタリングに係る経費負担が軽減される。これには合意形成を通じた協議や検討が必要と考えられた。

<運用経費>

ICTを活用する場合、通信に要する費用が発生する。本システムの運用には、携帯通信費及びサーバー利用料を合わせて月に9千円程度の費用を要した。一方、漁港水面で養殖する場合、概ね陸地から養殖いけすなどを見通せる場合が多く、このため市販の無線通信モジュールを利用することで、センサー類やデータロガーとの間でワイヤレスデータのやり取りが可能になる。この場合、通信費を月額数百円程度に節減できる。

<システムの管理>

本システムを運営する上で、溶存酸素センサーは2、3か月に一度、水温センサーと送気用ストーンは四季ごとに汚損生物の除去が必要であった。これらのうち、溶存酸素センサーでは隔膜が破損しやすいため、丁寧に付着物を除去する必要がある。本実証試験では、市販の3倍強度食酢に3分間浸漬することでフジツボ類やウズマキゴカイを効率的に

除去できた。以上のようにセンサー類には、定期的な管理が必要であり、養殖管理計画にあらかじめ組み込む必要があると言えた。

本システムでは、令和元年11月の強風により自動給餌器のホッパー部分が破損したものの、実証試験を通じて独立電源や送電ケーブル、送気系、センサー類、生簀や養殖筏に大きな損壊を受けなかった。漁港水面は、外海に面した水面に比べ静穏性が高いものの、特にICTを活用する場合、精密な電子、電気部品を多用することから、あらかじめ十分な塩害対策や風浪対策を準備する必要があると言えた。

<運営・継続のポイント>

本実証試験システムでは、食用のマホッケの他にマグロ延縄漁業やヒラメへら釣の餌料用魚類（生き餌）を養殖した。これらのうち、生き餌については、漁業者が餌料用魚類を漁獲する手間を省くことができるうえ、漁港内で受け渡しできるため、流通の手間を省くことも可能となった。漁港水面は面積が限られるため、養殖数量の増加による生産量増大を図ることが困難であるが、魚種や用途を検討することで生産性や付加価値を高められる可能性があると言えた。

3. 漁港水域における増養殖の事例

(1) 木古内漁港（釜谷地区）：

北海道上磯郡木古内町（上磯郡漁業協同組合）

～港内泊地を活用したウニの給餌養殖と観光資源としての活用～

実証試験段階 **事業実施段階**

1) 概要

木古内漁港は、北海道上磯郡木古内町に位置している。かつては、町内に第1種漁港4港（札刈、木古内、泉沢及び釜谷）があり、各々の漁港周辺沿岸にホタテガイ、コンブ等の優良な漁場を有しているが、近年利用者数が減少していることから、これら4港の一体的利用を促進し、操業の安全性を一層向上し、安定した漁業振興の推進を確保するため、平成27年2月に木古内漁港に統合・再編した。統合後、木古内漁港（釜谷地区）においては、漁船の減少に伴い余裕が生じた港内泊地でウニ養殖を行い、これを観光資源として、町全体の地域活性化対策を検討することとしている。木古内漁港は養殖漁業を主体とした生産拠点であるが、近年は資源状況の悪化による生産量の低迷や高齢化により漁港利用者数も減少しており、地域の活性化対策が求められている。



漁港名：木古内漁港
種別：第1種
所在地：木古内町

漁港名 木古内漁港	種別 第1種	所在地 上磯郡木古内町
利用漁船数 67隻	属地陸揚量 572トン	属地陸揚げ金額 200百万円
主な漁業種類 コンブ類養殖、ホタテガイ養殖、ワカメ類養殖		

出典) H28年港勢調査

図 II.3.1 木古内漁港の概要

2) 増養殖の経緯

平成29年度より北海道庁では日本海漁業振興対策の一環として、漁港内の静穏域を活用した増養殖に取り組んでいる。木古内漁港（釜谷地区）では「漁港機能分担・有効活用推進事業」を活用し、平成29年度より高齢漁家の経営の安定を図るため、高齢漁業者でも働きやすい漁港内の静穏域を有効活用し、身入りの悪いウニを収容し、給餌による身入り改善養殖の実証試験として実施した。

<漁港水域環境の把握>

漁港水域環境を把握するため、H29 年度に水質や底質の悪化が懸念される夏季に以下の調査を実施し、評価を行った。調査費用（約 800 万円）は北海道庁が単費で負担した。

調査項目：水質（水温、DO、COD）、底質（強熱減量）

調査結果：港内水質は1年を通じてウニ養殖が可能であると判断された。水質が良かったことから、特に漁港施設の改良は行なわないことになった。

<体制構築>

北海道庁から、木古内町役場、漁協等に漁港水域を利用した増養殖について相談があり、ウニ養殖の協議会（町、漁協、観光協会、指導所、振興局、北大水産、民間業者）を設立して実施内容を検討した。

3) 取組内容

<対象種>

キタムラサキウニ

<実施主体>

上磯郡漁業協同組合 ウニ養殖協議会

<期間>

1～6 月

<養殖手法>

ウニ漁の従事者は 24～25 名がいるが、漁協の理事でもある 1 名が試験的に実施することとした。身入りの悪いキタムラサキウニ約 2000kg（1.6 万粒）を一般漁場から収容。経費は自前で、4t 船を使用。

①地まき養殖

- ・周辺の漁場から身入りの悪いウニを漁港静穏域に 1 月～2 月に計 7 回に分けて約 1975 kg（15,800 粒）を収容。
- ・地まき養殖は約 4 トン（ワカメやコンブ等）を 1～6 月にかけて計 10 回給餌

- ・ワカメ（4～5 月）、マコンブ（5～6 月）。どちらも、延縄式養殖（約 100m）を漁港外で実施して餌料海藻を確保している。1 回の給餌量は船 1 隻分（約 500kg/回）

②籠養殖

- ・1～2 月に約 25kg（220 粒）を収容
- ・人工餌を 3～5 月に計 10 回（200 kg）を給餌



図 II. 3. 2 養殖エリア

表 II. 3. 1 キタムラサキウニの養殖スケジュール

対象魚種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
キタムラサキウニ	← 一般漁場から身入りの悪いウニを収容 →											
	← ワカメやコンブを給餌 →											
							← 出荷 →					

<モニタリング>

- ・身入りに関するモニタリング（生殖巣調査）を実施して効果を把握
- ・測定項目：殻径、重量、生殖腺重量、生殖巣指数、食味（色、甘味、旨味、苦み、異臭等）

<体験漁業>

木古内町では、町が窓口となって体験観光事業を毎年5～10月末に実施している。従来の農業や酪農の体験メニューに加えて、水産サイドのメニューとして漁港静穏域水域を活用した「ウニ獲り体験」、「ウニ剥き体験」として取り込める。

これまでの実績では、7～8月に東北方面からの小学校等を対象に岸壁・斜路を活用した「ウニ取り体験」を行い、漁港内にある交流施設等を活用して実施している。年2組程度を受け入れており、1回40人くらいで1時間程度を実施して、協力頂いた漁業者には、手数料を支払っている。



図 II. 3. 3 体験漁業の様子

4) 成果と課題

<成果>

- ・籠養殖はウニの生存率が45%と低かったことから、地まき養殖にシフトした。
- ・身入りの改善が図られ、夏季に300kg程度を地元に出荷

<課題>

- ・規模を拡大して、600～800kgを漁港内で取組み、将来的には、加工して道の駅で売りたい。
- ・その場合の餌料海藻の確保がネックとなる。

5) 運営・継続のポイント

- ・協議会設置による情報共有、モニタリング実施、体験事業により、実証試験として一連の過程を検証。また、成果の悪い籠養殖をやめ、地まき養殖に切り替えて、まずまずの成果が出ている。
- ・現在のところ、従事者は1名であり、規模を拡大する場合には、餌料海藻の確保等人手がいる。事業化にあたっては、ウニ漁に携わる漁協全体の取組として経費や収益の分配を行うシステムをつくる必要がある。

(2) 漁港施設の新設・改良事例：

乙部漁港（元和地区）ひやま漁業協同組合

～海水交換施設を整備し、港内をナマコ増養殖場として有効活用～

実証試験段階 **事業実施段階**

1) 概要

乙部町は、北海道南西部の渡島半島日本海側沿岸部のほぼ中央に位置し、海岸線一帯は檜山道立自然公園に指定されているなど、自然に恵まれた美しい景観を有する地域である。古くからニシン漁で栄えた地域で、現在は、スケトウダラ延縄漁業やいか釣り漁業が主力漁業となっており、平成7年度の檜山管内8町8漁業協同組合の広域合併の際には「ひやま漁業協同組合」の本所が設置されるなど、水産業が地域の基幹産業となっている。

乙部漁港（乙部地区）は昭和26年に第2種乙部漁港として指定を受け、第2次漁港整備長期計画以降、整備が進められてきたところである。元和地区は、昭和27年に第1種漁港として指定を受け、昭和28年の漁港簡易工事以降、整備が進められてきたところである。今般、漁港の一体的利用を促進し、操業の安全性を一層向上させることにより、安定した漁業振興を推進するため、平成27年に第2種乙部漁港として統合した。

この結果、乙部地区では元和地区より漁船の一部（ホタテガイ養殖漁業）を移行し、陸揚・流通機能の集約化を図ることにより、漁業生産活動の効率化を図ることとした。また、元和地区では乙部地区への漁船移行により生じた泊地のスペースをナマコ増養殖の場として有効活用することにより、漁業生産の安定化を図ることとした。また、漁港内水質環境を維持するため、平成30年から海水交換施設の整備を進め、令和元年6月に完成した。



漁港名：乙部漁港
種別：第2種
所在地：乙部町

漁港名 乙部漁港	種別 第2種	所在地 爾志郡乙部町
利用漁船数 155 隻	属地陸揚量 512トン	属地陸揚げ金額 339 百万円
主な漁業種類 いか釣り、はえ縄、刺網、ホタテガイ養殖		

出典) H28 年港勢調査

図Ⅱ.3.4 乙部漁港（元和地区）の概要

2) 増養殖の経緯

乙部漁港では、漁港統合前の平成 21 年から、漁港水域やその周辺に生息するナマコに着目して、増養殖への取組をはじめている。種苗生産した稚ナマコを漁港内へ放流することにより、漁獲量の増大に貢献している。

こうした中、平成 27 年 2 月に乙部漁港と元和漁港の統合が行われた。乙部漁港（元和地区）においては、大型船（ホタテ養殖）の陸揚げを乙部地区に集約したことから、漁港利用は船外機のみとなり、泊地全域を増養殖エリアとした。港内環境は静穏性に優れている一方で、ナマコの生息に適した環境の確保が課題となっていた。ナマコの増養殖の実施に際して、北海道が独自に夏季の水質調査（水温、溶存酸素量等）を実施したところ、水質環境の改善が必要であることが判明した。そこで、「漁港機能集約化・再生活用推進事業」を活用して、海水交換施設を整備することとなった。

<海水交換施設の概要>

検討にあたっては、出荷サイズのナマコ 5,000 個を計画数量として、海水交換解析を行い、施設規模を決定した。平成 29 年度に海水交換施設の詳細設計を実施して、平成 30 年度に整備が行われ、令和元年 6 月に施設が完成した。

●潮汐型 ボックスカルバート

●対策コスト 1.4 億円

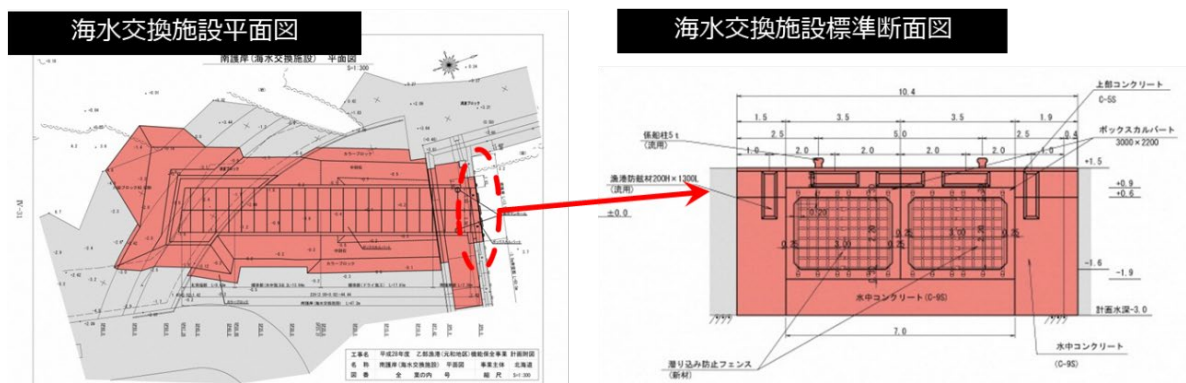
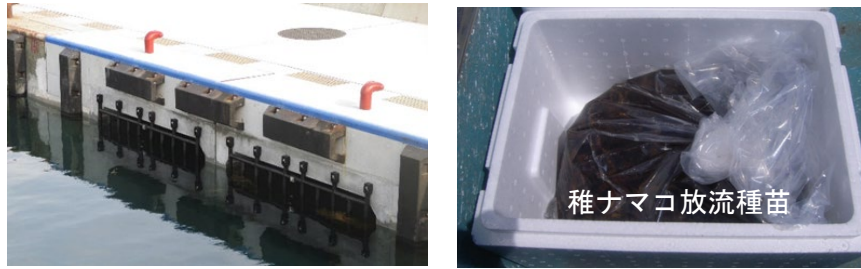


図 II. 3.5 海水交換施設の概要 出典：北海道提供



図 II. 3.6 施工状況 出典：北海道提供



図Ⅱ.3.7 施工状況 出典：北海道提供

<体制構築>

地区の主要魚種であるイカやスケソウダラが漁獲減となる中で、漁港水域や周辺に生息するナマコに着目してH21年より、全組合員によるナマコ振興協議会を設立した。H25年より乙部地区の荷捌き所の一部を利用してナマコの種苗生産の取組を始めた。H27～28年には、町の補助を得て、タンク等の種苗生産資材を購入した。乙部地区では、着底サイズのナマコを基質に付けて、タマネギネットに入れて漁港内に設置（占有許可を得て実施）する等、漁港水域における増養殖に取り組んでいる。また、平成28年5月には乙部漁港（元和地区）の漁港機能分担・有効活用推進事業が承認され、元和地区における増養殖の計画が動きだし、令和元年に海水交換施設の完成とともに、種苗放流を行った。

3) 取組内容

<対象種>

マナマコ

<実施主体>

ひやま漁業協同組合 ナマコ振興協議会

<期間>

周年

<増養殖手法>

①種苗放流

- ・栽培振興公社で生産された稚ナマコ（15～30mm）5,000個を購入し、令和元年6月に放流を行った。

②育成礁設置

- ・ナマコ育成施設（海藻くん等）を海底に設置。
養殖事業の展開にあたっては、ナマコの種苗購入・提供及び増養殖の技術指導を北海道及び乙部町が支援している。

③漁獲

- ・元和地区においては、今年度放流のため、漁獲サイズに達するまでは、数年を要する。
- ・乙部地区においては、ナマコの漁獲は例年4～6月にダイバーを雇って数回に分けて漁獲を行い、加工施設に出荷している。

表Ⅱ.3.2 マナマコの種苗放流等のスケジュール

対象魚種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
マナマコ (元和地区)						種苗放流 (15~30mm)						
参考 マナマコ (乙部地区)				中間育成 (20~30mm)			採苗 (2週間)			中間育成		

注: 種苗放流(15~30mm)は6月に行われ、7月に漁獲予定とされている。参考マナマコ(乙部地区)は4月に中間育成(20~30mm)が行われ、7月に採苗(2週間)が行われ、8月に漁獲(潜水により)とされている。

<モニタリング>

北海道単独事業で効果を検証する予定。

④成果と課題

- ・元和地区では、今年度に種苗放流を開始したため、成果が出るには数年を要する。
- ・海水交換施設については、稼働した直後であり、今後、効果調査を実施して機能発揮状況を検証する予定となっている。
- ・今後はウニ養殖の取り組みを行いたい。

⑤運営・継続のポイント

- ・ナマコの増養殖を漁港内で早くから取り組んでおり、漁業者自らが増養殖を推進する体制が整っていた。また、行政も種苗生産施設や購入の支援を行う等、運営面のサポートを行っている。
- ・北海道は、漁港機能集約化・再生活用推進事業を活用して海水交換型防波堤の設置を行い、港内水質環境の施設改良に取り組んでいる。

(3) 寿都漁港：北海道寿都郡寿都町（寿都町漁業協同組合）

～港内泊地におけるマナコの増養殖とキタムラサキウニの蓄養～

マナコ：実証試験段階 事業実施段階

1) 概要

寿都漁港は、北海道南西部の日本海側の寿都湾に面した第3種漁港で、地元漁船及び外来船による漁業活動の生産拠点、地域の水産物流通拠点としての役割を果たしている。第6次漁港整備計画で昭和56年度にいったん完成したが、外来船の増加および養殖事業のための関連施設の整備などが必要となり、昭和63年度より漁港拡張工事が再開され、現在整備を進めている。漁港施設の高度化として衛生管理施設(屋根付き岸壁)や蓄養施設整備のほか平成24～27年度には磯焼け対策にも取り組んできた。また、漁港を中心に漁業体験学習や体験ツアーの受け入れを行っており、平成26～27年度には、水産物普及・体験交流施設整備を行っている。



漁港名：寿都漁港
種別：第3種
所在地：寿都町



漁港名 寿都漁港	種別 第3種	所在地 寿都郡寿都町
利用漁船数 66隻	属地陸揚量 1495トン	属地陸揚げ金額 605百万円
主な漁業種類 さけ定置網、小型定置、いか釣り、刺網		

出典) H28年港勢調査

図 II.3.8 寿都漁港の概要

2) 増養殖の経緯

ホッケ、イカ等の主要魚種の漁獲減少や磯焼けによる天然藻場の減少を背景として、漁港内での増養殖・蓄養に取り組んでいる。ナマコについては、平成24年頃より、資源保護の一環として、規格外及び傷のついたナマコを港内に放流し、出荷サイズまで育成するようになった。ウニについては、出荷調整により魚価の安定を図るため、平成27年度より漁港内の蓄養水面でカゴに収容して実施するようになった。

＜体制構築＞

ナマコについては、ナマコ部会漁業者が従事しており、漁獲による利益は部会内で配分している。ウニについては、蓄用試験として実施している。

3) 取組内容

＜対象種①＞

マナマコ（増養殖）

＜実施主体＞

寿都町漁業協同組合ナマコ部会漁業者

＜期間＞

周年

＜増養殖手法＞

ナマコ種苗の放流は行っておらず、毎年6～7月頃、一般漁場で漁獲したナマコのうち、規格外（130g未満）や傷付いたナマコを漁港内に設置したナマコ礁に放流している。ナマコ礁（コンクリート製1.5m程度）は21基設置しており、北防波堤の背後の水深7mの位置に、石とネットでくるんだ増殖施設もあわせて設置している。また、春～秋にかけて、月に7～8回程度、投餌している。餌は定置網漁業で網についた雑海藻を利用している。漁獲はダイバーを雇い、7～8月に2～3回実施している。

＜対象種②＞

キタムラサキウニ（蓄養）

＜実施主体＞

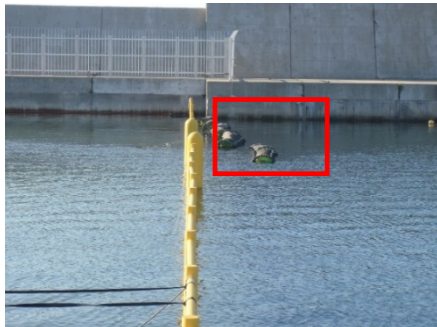
寿都漁業協同組合漁業者個人

＜蓄養期間＞

周年

＜手法＞

天然の漁場でとれたものを漁港の一角で円筒カゴ（直径60cm、長さ3m程度、最大20個）に収容し、春から塩水パックに加工して販売したり、時化でウニを漁獲できない時期に、直売所でうに丼にして販売している。ウニの身入りを改善するために、6～8月は週1回程度、定置網に付着した海藻や漁港内で養殖したホソメコンブを給餌している。



図Ⅱ.3.9 円筒カゴの設置状況



図Ⅱ.3.10 漁港内に整備されたつつつ浜直市場

表Ⅱ.3.3 ナマコ・キタムラサキウニの増養殖スケジュール

対象魚種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
ナマコ				規格外・傷ものを漁港内に放流		月に7～8回程度、雑海藻を給餌		出荷：潜水で漁獲				
キタムラサキウニ	定置網に付いた海藻を給餌			週1回、ホソメコンブを給餌		出荷						

4) 成果と課題

- ・ナマコについては漁港内において、増殖礁の設置と、定置網の雑海藻を利用した給餌による増養殖を行っている。漁港水域を利用することで、少ない労力やコストで増養殖ができ、漁港でとれたナマコの品質は一般漁場と変わらないため、価格も同様に扱われている。漁港内への放流尾数や給餌量・頻度については、漁業者の経験に基づいて実施している。課題としては、密漁対策が挙げられる。現在、赤外線カメラを設置している。
- ・ウニについては、漁港水域内の蓄養水面において円筒生簀を活用した試験蓄養を実施し、あわせて、給餌するホソメコンブも養殖している。漁港内に整備された「すつつ浜直市場」やニセコ町に開店したアンテナショップ「神楽」において、ウニ丼や塩水パックとして販売する方法により、6次産業化を図っている。課題としては、ナマコと同様に密漁対策が挙げられる。

5) 運営・継続のポイント

- ・ナマコについては、漁港水域を利用することで、少ない労力やコストで増養殖ができ、一定の利益を得られている。また、ナマコ漁業者全員に利益を分配するシステムにより、継続的に実施できていると思われる。
- ・ウニについては、蓄養試験期を経て効率的な蓄養システムが完成すれば、事業化につながると思われる。

(4) 古平漁港：北海道古平郡古平町（東しゃこたん漁業協同組合）

～港内泊地におけるウニ養殖と種苗放流・ナマコ種苗放流～

実証試験段階 事業実施段階

1) 概要

古平漁港は、北海道北西部の積丹半島の東部に位置し、日本海に面する第3種漁港である。昭和26年に開始された第1次漁港整備長期計画から陸揚拠点としての整備が行われてきている。9次計画では、沿岸漁業を中心としたスケトウダラ刺網の地元漁船をはじめ、道内を含む主に東日本各地のイカ釣り等所属船の漁業基地及び「つくり育てる漁業基地」として整備が進められている。また、たらこ加工を中心とする水産加工品は漁協の冷凍・冷蔵施設・食品加工工場から、道央圏をはじめ関東方面に産地直送で販売される等、鮮魚および冷凍加工水産物の集積拠点、水産物流通拠点の役割を担っている。



漁港名 古平漁港	種別 第3種	所在地 北海道古平郡古平町
利用漁船数 78隻	属地陸揚量 3,832トン	属地陸揚げ金額 1587百万円
主な漁業種類 刺網、大型定置、いか釣り、かご漁業		

注) 平成28年港勢調査

図Ⅱ.3.11 古平漁港の概要

2) 増養殖の経緯

天然ウニ漁は、古平漁港周辺の岩礁域で行っているが、近年、磯焼けが広がっており、沿岸域の半分は漁場として利用できない現状にある。そのため、平成27年度より、磯焼け海域に生育する実入りの悪いキタムラサキウニを円筒カゴに入れ、コンブを給餌して、実入りの改善を図り、安定的な出荷体制を構築するための実証試験を実施している。また、エゾバフンウニについては、漁港内で中間育成したものを一般漁場に放流している。

あわせて、単価の高いナマコについては、平成26年度より漁港内においてナマコ種苗

を放流するとともに、一般漁場において漁獲された規格外のナマコを漁港内に放流している。

<体制構築>

東しゃこたん漁協古平地区浅海漁業部会（約 23 名）が活動の中心となっている。

3) 取組内容

<対象種①>

キタムラサキウニ（養殖）

<実施主体>

東しゃこたん漁協古平地区浅海漁業部会

<期間>

3～7月

<増養殖手法>

天然の漁場でとれた、身入りの悪いキタムラサキウニを漁港の一角で円筒カゴ（直径 60 cm、長さ 2m 程度、200 個/カゴを収容）12 基に収容。餌料海藻は、ホソメコンブかマコンブで、漁港内において養殖（約 50×100m、幹縄 8～10 本）したものを、1～2 週間に 1 回給餌している。施設の点検は、給餌をする際に実施し、斃死したウニはその都度捨てている。給餌により、歩留まりが高くなり、個体の均一化がはかられた。

<モニタリング>

養殖期間中に 3 回程度、一定数（20～40 個）の身入り調査を実施して歩留まりを測定している。また、出荷前には食品衛生検査（一般生菌数、大腸菌数等）を実施している。

<加工・販売>

平成 27～28 年は古平漁港祭で、平成 29～30 年は市場や地元寿司店に販売した。当初は、殻付きウニで販売したが、近年は、浅海漁業部会でウニ剥きをして塩水ウニとして販売している。時化等で天然ウニの出荷が減っている時には、高値になる。

<対象種②>

エゾバフンウニ（中間育成）

<実施主体>

東しゃこたん漁協古平地区浅海漁業部会

<期間>

5～7月

<中間育成手法>

種苗生産されたウニ人工種苗（殻径 5mm）15 万粒を購入し、漁港の一角で円筒カゴ（直径 90 cm）に収容。給餌は、漁港内で生産された餌料用のコンブを用いて殻径 10～15mm まで育てたものを一般漁場に放流している。

<対象種③>

マナマコ（種苗放流・増養殖）

<実施主体>

東しゃこたん漁協古平地区浅海漁業部会

<期間>

種苗放流：10月、若齢個体放流：1～5月

<手法>

平成26年より栽培振興公社で生産された稚ナマコ（20mm）を購入して、漁港内に種苗放流を行っている。放流実績は、平成26～27年は2万尾、平成28年は1万尾、平成29年は5千尾、平成30年は1万尾である。この他に、一般漁場で漁獲されたものうち、選別機により規格外となったものを漁港内に放流して、年1回の船上からの漁獲を行っている。

表Ⅱ.3.4 ウニ類、ナマコの増養殖スケジュール

対象魚種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
キタムラサキウニ		1～2週に1回、ホソメコンブかマコンブを給餌											
							出荷						
エゾバフンウニ					中間育成								
							一般漁場に放流						
ナマコ										種苗放流（20mm）			
		規格外・傷ものを漁港内に放流											
		漁獲（船上）											

4) 成果と課題

- ・キタムラサキウニについては実証試験により、漁港内で生産されたコンブを給餌することにより、身入りの改善がみられ、個体の均一化が図られた。また、時化等で天然もの入荷がみられない時には、高値で取引される等、販売面でも一定の成果がみられた。課題としては、今後の規模拡大とそれに対応した人員確保と省力化が挙げられる。
- ・エゾバフンウニについては、漁港内での中間育成では、順調に成長していることから、今後、一般漁場に放流後の漁獲増につながるかが注目される。
- ・ナマコについては、漁港内への種苗放流と、規格外の放流により、年1回の漁獲ができるようなサイクルが確立している。課題としては、漁港規模に見合う適正な種苗放流尾数の把握といったことが挙げられる。

5) 運営・継続のポイント

- ・浅海漁業部会が中心となって実施体制は構築されている。蓄養規模の拡大に向けて、漁港施設としての蓄養水面整備にあたり、具体的内容等について調整中である。また、密漁対策も考慮する必要がある。
- ・将来的には、コンブ養殖直下で粗放的なウニ・ナマコの蓄養を視野に入れている。

(5)大原漁港：千葉県いすみ市（夷隅東部漁業協同組合）

～漁港水域におけるマダイの中間育成～

実証試験段階 **事業実施段階**

1)概要

大原漁港は、千葉県南東部に位置するいすみ市に所在し、この地域は温暖な気候と肥沃な耕地に恵まれている。また、太東岬から南側の沿岸は南房総国定公園の一部であり、古くから多くの人々に親しまれてきた。

大原漁港の沖には器械根とよばれる広大な岩礁地帯が広がっており、北上する暖流の黒潮と南下する寒流の親潮がぶつかり合う良好な漁場が形成され、多種多様な魚介類が陸揚げされており、特にイセエビは日本屈指の水揚げを誇っている。



漁港名 大原漁港	種別 第3種	所在地 千葉県いすみ市
利用漁船数 100隻	属地陸揚量 754トン	属地陸揚げ金額 470百万円
主な漁業種類 大中小型まき網、刺網、ひき縄釣、はえ縄等		

出典) H28年港勢調査

図Ⅱ.3.12 大原漁港の概要

2)増養殖の経緯

千葉県では、栽培漁業の推進の一環として、マダイの種苗生産施設で生産を行っている。種苗生産されたマダイは、県内12箇所において中間育成を行った後に、地先に放流している。このうち、大原漁港では、漁港水域において平成11年頃より種苗生産されたマダイの中間育成に取り組むようになり、生簀の設置場所として大原漁港を利用している。

<体制構築>

中間育成は、栽培漁業推進協議会に委託し、漁業組合員が維持管理を行っている。

3) 取組内容

<対象種>

マダイ

<期間>

7月（約30日）

<中間育成の方法>

漁港内の静穏域でかつ、潮通しのよい港口に、縦5m×横5m×深さ3mの生簀を6基連結して設置している。

千葉県水産総合研究センター勝浦生産開発室で全長30mmまで育てられた稚魚15万尾（H30年）を生簀に収容し、約30日間の給餌期間の後、全長60mm以上に成長したものを、地先に放流している。

表Ⅱ.3.5 マダイの中間育成スケジュール

対象魚種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
マダイ							中間育成 (30日) 全長30mmで入荷 ←→ 全長60mm以上で放流					

4) 成果と課題

- ・1年半後には漁獲対象の20cmを超えるようになる。また、放流効果が認められ、資源の維持増大と漁業者の収益向上に貢献している。

5) 運営・継続のポイント

- ・入荷から出荷までの維持管理体制が確立され、毎年ほぼ同程度の中間育成が行われており、一定の成果が得られている。
- ・給餌期間が1ヵ月と短かく、負荷が少ないことも、漁港水域を継続的に利用できるものと考えられる。

(6) 小田原漁港：神奈川県（小田原市漁業協同組合）

～漁港施設の新設によるイシダイの蓄養～

実証試験段階 **事業実施段階**

1) 概要

小田原漁港は、相模湾を望む神奈川県の南西部に位置し、背後に箱根、西に湯河原、熱海などの観光地を有する県西地域における産業・文化の中心、交通の要衝として知られている小田原市に位置する。

昭和43年に掘り込み式の「本港」が完成した。同年3月には小田原市公設水産地方卸売市場が開設され、相模湾、伊豆近海をはじめ、全国各地からの水産物の陸揚げ拠点となった。昭和44年には第3種漁港の指定を受け、西側に新港の整備に着手し、昭和56年に完成した。その後、第9次計画からは、地域における水揚の8割を占める定置網漁業の漁獲物の安定供給と経営改善対策として、新港西側の蓄養水面の整備に着手し、消費者ニーズに対応した活魚、高鮮度水産物の安定供給を図るべく、事業を推進している。



漁港名：小田原漁港
種別：第3種
所在地：小田原市



漁港名 小田原漁港	種別 第3種	所在地 神奈川県小田原市
利用漁船数 75隻	属地陸揚量 2,081トン	属地陸揚げ金額 800百万円
主な漁業種類 大型定置網、刺網、かつお一本釣り、ひき縄釣等		

出典) H28年港勢調査

図Ⅱ.3.13 小田原漁港の概要

2) 増養殖の経緯

定置網漁業の多い地区でもあり、魚種を安定的に販売するために、蓄養を実施している。H18年から、本港で実施していたが、手狭になったことからH29年より新港の西側に蓄養水面を新設し、新港の間に通水口を設けて海水交換にも配慮している。

<体制構築>

小田原市漁協定置部

3) 取組内容

<対象種>

イシダイ等

<期間>

12～5月（6ヵ月）

<蓄養の方法>

平成 29 年に新設された蓄養水面においては、縦横が 5～12m の生簀を計 8 基使用して、イシダイ等の蓄養を行っている。イシダイは、12 月～5 月に定置網での入網が多くなり、この間で、魚の様子をみながら、ロットを揃えて出荷することにより、単価の上昇に貢献している。また、港内の底質への影響を考慮し、無給餌としている。

表Ⅱ.3.6 イシダイの蓄養スケジュール

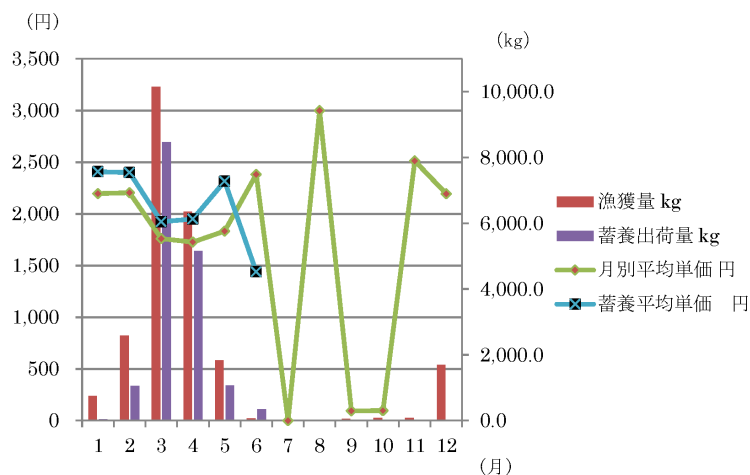
対象魚種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
イシダイ		蓄養										蓄養



図Ⅱ.3.14 大型定置網



図Ⅱ.3.15 蓄養水面と生簀



図Ⅱ.3.16 平成 28 年度 蓄養出荷と通常出荷での比較

出典：神奈川県水産技術センター：平成 28 年度水産技術センター業務報告

4) 成果と課題

- ・イシダイ漁獲量に占める短期蓄養出荷の量は3割以上であり、最近では6割を超えている。
- ・蓄養して出荷調整を行うことにより、平均単価の上昇に貢献し、定置網漁業の経営の安定化を図れる可能性があることがわかった。
- ・通常出荷では、値段の安い小型サイズでも、短期蓄養により、まとめて出荷することにより、単価の上昇に貢献することがわかった。
- ・これまで、本港で実施していた蓄養において一定の成果がみられたことを踏まえ、蓄養水面を新設し、水域面積も広がった。今後は、さらなる魚種の拡大に向けていく予定。
- ・蓄養期間が長くなると魚体が痩せて商品価値が下がる。特に水温が高くなる時期は注意が必要になる。

5) 運営・継続のポイント

- ・漁港内の水質に配慮し、無給餌としていること。
- ・漁業者の取組を水産試験場がサポートするような支援体制が構築されている。

(7) 室津漁港：兵庫県（室津漁業協同組合）

～漁港水域を利用したアサリ養殖～

実証試験段階 事業実施段階

1) 概要

室津漁港は、瀬戸内海に面する兵庫県西部に位置し、周辺の海岸は砂浜、干潟や岩礁などの変化に富んだ地形を有し、自然海岸が多く残され風光明媚な景観を形成している。しかし、こうした地形から漁港周辺は平地が少なく、わずかな平地に集落が形成されている状況にある。気候は一年を通じて温暖少雨な瀬戸内式気候に属している。

漁村は、奈良時代には摂播五泊の一つに指定された長い歴史と伝説を持つ港町で、朝鮮通信使や参勤交代の西国大名の乗船、下船地としてにぎわい、現在でもその歴史的町並みは地域住民をはじめ、大勢の来訪者を魅了し続けている。このため、兵庫県では、景観条例を制定し、この歴史的町並みの保全を図っている。

漁業は、好漁場を有する播磨灘に面していることから、船曳網・小型底曳網・小型定置網・まき網漁業などの漁業種類が営まれているとともに、いかなごの釘煮等の水産加工業も行われている。また、近年ではカキ養殖漁業が営まれるようになり年々生産量が増加している。他県産と比較して粒が大きいことから、新たな特産品としての地位を築きつつある。

漁港は、近隣漁港や港湾所属の漁船も多く利用する西播磨地域の流通拠点として位置づけられる重要な漁港である。



漁港名：室津漁港
種別：第2種
所在地：たつの市

漁港名 室津漁港	種別 第2種	所在地 兵庫県たつの市
利用漁船数 189 隻	属地陸揚量 4,051 トン	属地陸揚げ金額 1,280 百万円
主な漁業種類 かき類養殖、船曳網、小型底びき網、刺網等		

出典) H28 年港勢調査

図 II. 3. 17 室津漁港の概要

2) 増養殖の経緯

漁獲量の減少や、魚価の低迷などにより小型底びき網漁業にとって厳しい経営状況が続く中で、手間がかからず安定した収入を見込める副業的な漁業を探していた。カキ養殖の取り組みを H10 年に開始し、アサリは H11 年と、ほぼ同時期に開始した。アサリの筏垂下養殖は H13 年より開始した。

アサリは西日本の海域では、天然の干潟での生産が激減していること、他の貝にくらべて容易に種貝が確保できること、古くなったカキ筏が使えるため、初期費用が少なく済むことから、取組をはじめた。



図Ⅱ.3.18 アサリ垂下養殖用コンテナ（出典：豊かな海, No. 33, pp. 32, 2014）

<体制構築>

カキ養殖や底びき網の副業として 25 経営体の約 31 人が従事している。

3) 取組内容

<対象種>

アサリ

<実施主体>

室津漁協

<期間>

周年

<養殖手法>

9m×25mのカキ筏の中古を中心にポリプロピレン製の 14L のコンテナ（縦 50cm、横 35 cm、高さ 11 cm）に 1,000 個垂下できる。

兵庫県では、栽培センターで兵庫県産の種苗の生産をはじめており、ここ 2～3 年で量産体制が確立した。殻長 6～8mm、15～20mm の 2 サイズを中心に 500 万個体の種苗を生産しているが、漁業者の要望を満たす量には達していない。そのため、近年は、兵庫県産、福岡県産、京都府産などを購入している。また、兵庫県水産技術センターより指導を頂きながら独自で稚貝を生産している。

天然ものより早く出荷することで、高値となる。

養殖場所は、漁港の主要施設の外の水域で、湾奥の最も閉鎖性の高い場所でアサリの垂下養殖を行っている。その沖では、カキ養殖が行われている。

表Ⅱ.3.7 アサリの養殖スケジュール

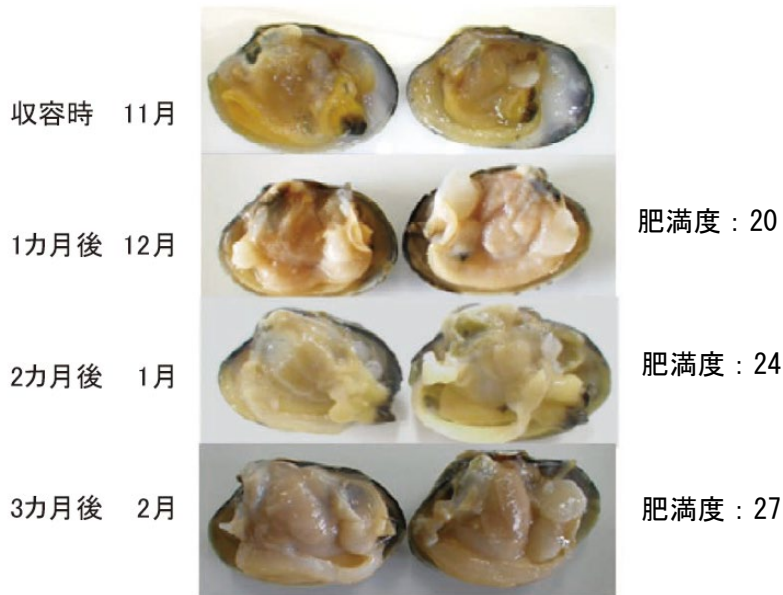
対象魚種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
アサリ				入荷	殻長：6～30mm（時期によってサイズが異なる）							
	1年以内の飼育期間を経て出荷											

＜アサリの高成長を支える要因＞

室津漁港の水域の特徴は、餌料プランクトン量が多いことが挙げられる。特に11～12月には9～12μg/Lと高い値を示す。

餌料環境がよく肥満度が高くなるため、軟体部が貝殻から飛び出して、斃死個体と間違われるほどに成長するものもある。

室津漁港では、港外の静穏域で養殖をしており、漁港水域が良いというよりは、餌料プランクトンが多くて静穏な場所の範囲に漁港水域が立地している。



図Ⅱ.3.19 垂下養殖開始後の実入りの変化（出典：豊かな海, No. 33, pp. 32, 2014）

＜販路＞

漁協を通して販売するものと、漁業者が直接販路を開拓したものがある。

4) 成果と課題

- ・餌料が多く、静穏な海域において1年以内の飼育期間と早期出荷により、生産量は増加傾向にある。
- ・カキ筏による養殖を実施している場所では、古くなった筏を、より静穏域でアサリの垂下養殖として使うことができるので、初期費用が安く済む。
- ・種苗の安定確保が課題であり、兵庫県産、他県産でサイズを変えて飼育してリスク分散を図っている。また、自前の種苗生産を行う漁業者もいる。

- ・室津漁港では、既に養殖海域が足りない状況にある。また、漁業共済保険はカキ養殖には適用されるが、アサリについては、適用がない等の経営面での問題もある。

5) 運営・継続のポイント

- ・兵庫県では、栽培センターが種苗生産を試験場は技術指導、漁場環境評価といったサポート体制により、生産量の増大に貢献している。
- ・養殖水域の確保のため、最近では、波浪の厳しい場所でも垂下養殖できる延縄式の養殖試験にも取り組む。

**(8) 養老漁港（大島・岩ヶ鼻泊地）：京都府漁業協同組合養老支所
～漁港水域におけるアワビ、サザエの種苗放流～**

実証試験段階 **事業実施段階**

1) 概要

養老漁港は、京都府北部の丹後半島南東部、宮津市の中心部から北西へ約 13 km の場所に位置しており、大島・岩ヶ鼻泊地、長江泊地、里波見泊地の 3 泊地に分かれています。古くから定置網漁業が盛んで、地域住民の生計を支える水産物流通の拠点として重要な位置を占めています。

養老漁港は、昭和 56 年の漁港指定以来、漁港整備が進められ、これにより本漁港を利用する漁船の安全性や利便性が向上し、地域の水産業の振興に寄与しています。



漁港名：養老漁港
種別：第 2 種
所在地：宮津市

漁港名 養老漁港	種別 第 2 種	所在地 京都府宮津市
利用漁船数 113 隻	属地陸揚量 1,208 トン	属地陸揚げ金額 271 百万円
主な漁業種類 大型・小型定置網、刺網、はえ縄等		

出典) H28 年港勢調査

図 II . 3. 20 養老漁港の概要

2) 増養殖の経緯

磯根資源の増加を図るため、20 年前位から取り組んでいる。防波堤沖側や離岸堤に餌料海藻があることから、放流先に選定している。

<体制構築>

京都府漁業協同組合養老支所が放流を実施

3) 取組内容

<対象種>

アワビ・サザエ

<期間>

5～6月

<種苗放流の方法>

漁港水域内にある防波堤や離岸堤には、ホンダワラ類が繁茂し、餌料条件がよいことから、放流先として使用。

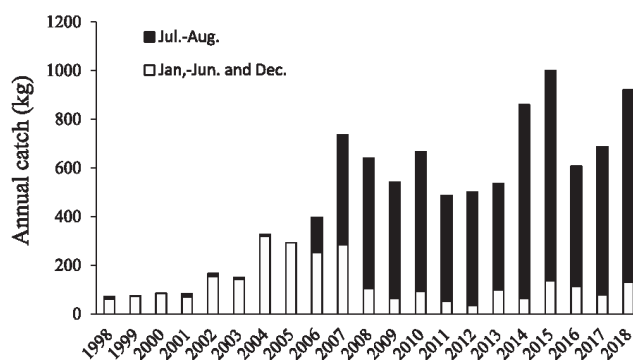
京都府栽培漁業センターで生産された種苗を購入して実施。アワビは殻長 30mm を 2 万尾、サザエは殻高 15mm を 2 万尾放流している。

表Ⅱ.3.8 アワビ・サザエの種苗放流スケジュール

対象魚種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
アワビ・サザエ					種苗放流：アワビ30mm、サザエ20mm							

4) 成果と課題

- ・漁獲量の増加は実感している。資源が増加したことから、船上からの水視（見突き）漁法に加えて、2006年より、素潜り漁を夏場（7～8月）に操業できるようになった。
- ・種苗放流のパターンが確立され、毎年ほぼ同程度の放流が行われており、一定の成果が得られている。



図Ⅱ.3.21 養老地区におけるクロアワビ漁獲量の推移（2006年より潜水漁法を7-8月に導入）

出典：篠原義昭：宮津市養老地区潜水漁法におけるクロアワビの資源管理, 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, Vol. 41, pp. 13-18., 2019.

5) 運営・継続のポイント

- ・京都府海洋センターが放流後の効果調査や資源量調査を実施する等、サポートしている。
- ・近年は、漁港水域において藻場礁を設置してホンダワラを増やす取組も進めている。

(9) 名護屋漁港：佐賀県唐津市（佐賀玄海漁業協同組合）

～沖防波堤背後の静穏域を利用したブリ養殖～

実証試験段階 事業実施段階

1) 概要

名護屋漁港は、玄界灘に面した佐賀県の西北端に位置し、地元船のみならず外来船の利用も多い。漁港整備は第1次整備計画で修築事業を実施し、物揚場、防波堤を完成して以降、第6次整備計画～第9次整備計画では、修築事業により防波堤、物揚場、岸壁、道路、漁港用地を整備している。また、防災拠点漁港に位置づけられている。



漁港名 名護屋漁港	種別 第2種	所在地 佐賀県唐津市
利用漁船数 51隻	属地陸揚量 1,034トン	属地陸揚げ金額 829百万円
主な漁業種類 ぶり類養殖、いか釣り、まだい養殖、延縄等		

出典) H28年港勢調査

図Ⅱ.3.22 名護屋漁港の概要

2) 増養殖の経緯

漁港の港外には、沖防波堤（港湾区域）が整備されており、静穏域が形成されている。湾内は、平均水深が25m程度あり、生簀の設置に適している。そのため、平成年代初頭よりブリ養殖を実施している。

<体制構築>

組合員の資格を持つ民間企業によって運営が行われている。また従業員は、15名程いるが、地元雇用で行っている。

3) 取組内容

<対象種>

ブリ

<実施主体>

民間企業（佐賀玄海漁業協同組合所属）

<期間>

周年

<養殖手法>

生簀の構造としては、縦10m×横10m×深さ12m、縦12m×横12m×深さ12mの2タイプがあり、湾内に40台所有している。成長に応じた生簀の使い分けはしておらず、出荷時期で生簀を分けている。養殖量は約16～20万尾程度。

水温は、11～29℃であり、冬季水温が低く、モジャコの育成に適していないため、大型魚を近隣の平戸や九十九島から購入して養殖し、1年で出荷している。

給餌は機械（ブローア）による給餌を行っており、夏場は週に4回、冬場は週に2回程度を給餌している。餌の種類としてはE Pを用いている。共済保険に加入して、斃死対策をしている。

表Ⅱ.3.9 ブリ養殖のスケジュール

対象魚種	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
ブリ				← 1～2kgを入荷 →								
	← 1年の飼育期間を経て4.5kg程度を出荷 →											

<モニタリング>

養殖エリアに水質モニタリングポイント（玄海振興センター海況テレメーターシステム水質情報）があり、表層0.5mの水温、塩分、クロフィル、濁度の測定値が30分間隔で更新されている。データはPCや携帯電話で確認することが可能。

赤潮は、ほとんど発生していないが、赤潮対策として発生時期には、週1で赤潮プランクトンの発生状況を調べているのと、発生した場合には餌止めをすることで対応している。

底質は砂地であるが、水産用水基準を満たしている。



図Ⅱ.3.23 生簀の設置状況

＜加工・販売＞

活魚 90%、活〆10%で出荷している。販路は独自で開拓しており、九州から関東のスーパーや回転寿司等で販売される。

4) 成果と課題

- ・ 漁港の港外の潮通しのよい場所を選んで生簀を設置している。給餌養殖により、底質悪化が心配されるが、残餌を極力少なくするようにしており、底質も水産用水基準を満たしているということで、漁場環境を維持している。
- ・ 長年の取組により、漁場環境にあった最適な養殖サイクルを確立している。例えば、大型魚の導入により養殖期間を1年と短くすることにより、斃死のリスクを最小限にし、共済保険に加入する等のリスク管理も行っている。また、販路についても独自に開拓して、利益率を上げている。
- ・ 課題としては、水域が限られており、これ以上生簀を増やすことが難しく、規模拡大ができないことが挙げられる。

5) 運営・継続のポイント

- ・ 養殖生簀は佐賀県が設置した漁場環境情報のモニタリングポイントとなっており、ICTの活用が行われている。
- ・ 民間企業が組合員の資格をとり、従業員を地元雇用することにより、地域と共存共栄している。

4. 陸上養殖の事例

(1) 泊漁港：鳥取県東伯郡湯梨浜町(湯梨浜振興合同会社)

～掛け流し式（海水井戸）によるヒラメ養殖～

実証試験段階 事業実施段階

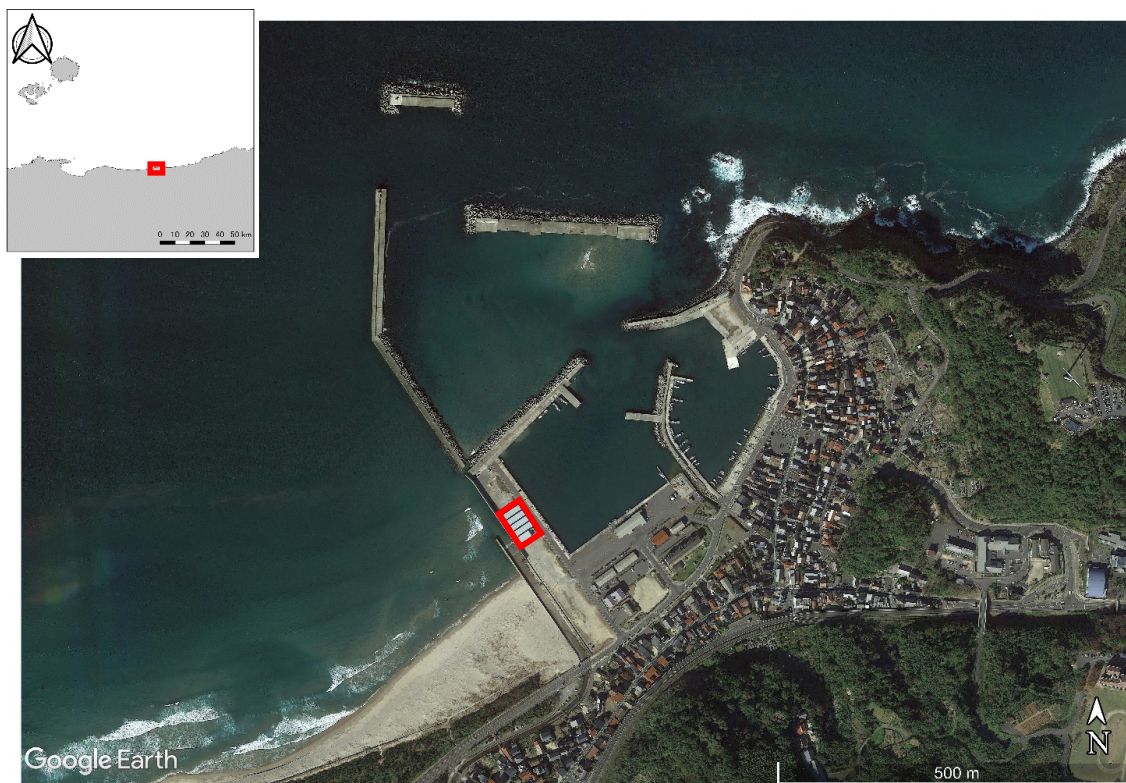


図 II. 4. 1 泊漁港の概要

1) 飼育水

漁港用地で 5m 掘削し、取水している。

取水海水の水温は、12～24℃である。ヒラメ飼育では、18℃前後が適水温であり、28℃を上回ると死亡率が高まるとされる。なお、最高水温を記録した際の港内の水温は 30℃であった。

塩分は 31psu 程度で一般海水程度である。これまでの掘削の結果から、陸に近いほど、塩分が 17psu 程度と低く、また、鉄分等養殖に適さない傾向が示された。

砂層で濾過されるため、寄生虫や病原体がない清浄な海水が取水できる。取水海水に赤潮状態や濁りはみられない。

取水量は、1 箇所 1 日に 720 トン程度である。回転数は、夏季で 12 回転、冬季で 6 回転程度である。取水量は 1 日の中でも変動があるため、飼育員が常時監視、調整している。これは、潮汐や気圧、海流による影響と考えられている。

水槽から出る海水については、用地横の河川から排水している。

4 箇所の内、3 年が経過する 2 箇所は、徐々に取水能力が低下し、取水できなくなつた。これは、管が沈んだことによると考えられる。

2 箇所についても、経時的に取水出来なくなることが懸念される。

2) 水槽

八角水槽； 18.5 m²：18 基、15.0 m²：1 基

建屋；7.0m×22.5m (157 m²)：2 棟、7.0m×27.0m (189 m²)：4 棟、10.0m×19.0m (190 m²)：1 棟

3) 種苗、稚魚

例年 4～5 月頃に湯梨浜町にある鳥取県栽培漁業センターより購入している。

種苗の生産には、さらなる施設の整備等が必要となるため、考えていない。

4) 給餌

高タンパク、低脂肪のヒラメ用配合餌料のみを給餌しており、病原体の心配はない。頻度は、サイズが小さい時には 3～4 回/日で、大きくなってくると 1～2 回/日で、飼育員により給餌している。

養殖の過程で、しばしば成長に個体差が生じ、給餌の際に大型個体が先に食べ、小型個体の成長が鈍化する。そのため、選別してサイズごとに水槽を分ける。

5) 養殖魚の特徴

約 2 年で 1kg まで成長する。

単価は、¥3,000/kg 程度である。

赤潮等による死亡や病気がなく、安定して供給できる。

6) 販路

県内出荷がほとんどであり、スーパーや旅館、飲食店、道の駅が主である。

また、平成 30 年 7 月には、養殖施設の隣に食堂「元気海」をオープンさせた。これにより、養殖場所に併設される直売所への集客数、購入者数も伸びている。



図 II. 4. 2 養殖施設隣の食堂「元気海」

7) コスト

地下海水の取水には、1箇所あたり初期投資に500万円程度を要する。

生産にかかる費用では、餌代のほか、電気代の占める割合が高い。

また、漁港用地の借地料もコストを左右する一因となっている。

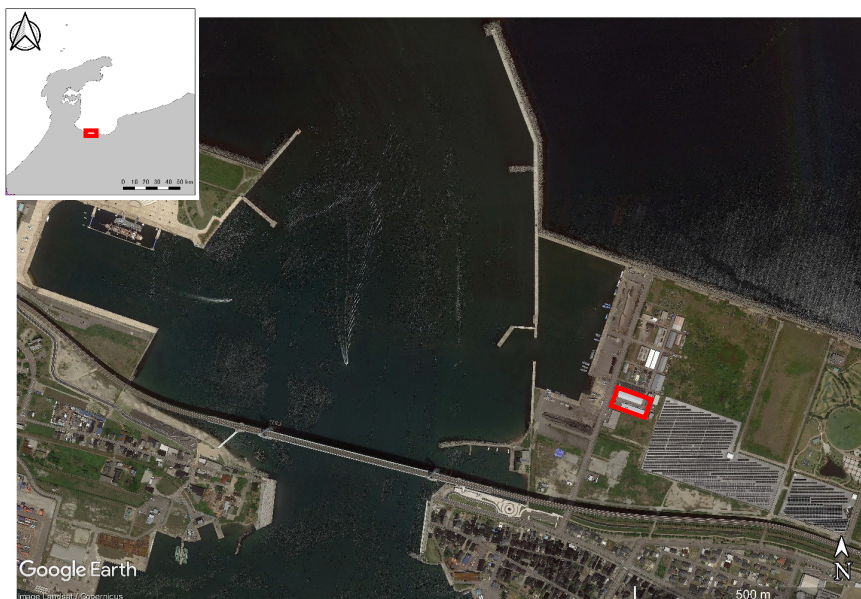
8) その他

停電時には、ポンプやブロワーが停止してしまう。大雪時に発生した停電時には、発電機を輸送しようとするも一般車両の立ち往生により封鎖されたこともあった。

(2) 伏木富山港（港湾）：富山県射水市（堀岡養殖漁協）

～掛け流し式（沖合海水）によるサクラマス養殖～

実証試験段階 事業実施段階



図Ⅱ.4.3 伏木富山港の概要

1) 飼育水

水深 100m 層（施設からの距離約 2km）と水深 16m 層の 2 箇所から取水している。

ポンプは施設隣の近畿大学と共同で使用している（系統は別）。

サクラマス養殖では 6 回転/日以上必要であり、常時掛け流しで使用、港内に排水している。

回転率が上がるとサクラマスの摂餌は活発になる。

水深 100m 層の水温は年間で 14～19℃の範囲で安定している。なお、サクラマスは 18℃を超えると死亡率が高まり、飼育水の水温は 17℃以下が理想的である。

月に 1 回程度フィルターを洗浄する。

2) 水槽

直径 8m、深さ 1.6m、40t ; 16～20 基（全 50 基中、その他はヒラメやフグに使用）

なお、漁港水域を含む海面には浮上式生け簀（12m×12m×4m）2 台を設置し、サクラマスの海面養殖についても試験している。



図Ⅱ.4.4 施設内の水槽

3) 種苗、稚魚

10月に採卵し、翌年5月まで飼育された稚魚を入手している。

制度上の都合もあり、入手先は大門漁協である。

4) 給餌

餌料にはEPを用いている。

給餌は自動給餌機により、1日に2回（6：30、14：00）の頻度で給餌する。

5) 養殖魚の特徴

サーモンに比べて臭みが少ない。

全国的な単価1,500円/kg程度に対し、1,800～2,000円/kgで取り扱われている。また、29年にせりに掛けたところ、6,500円/尾の値がついた。

200～300gとなる12月頃まで緩やかに成長し、以降急激に成長する。

刺身用には1kg程度が理想とされる。

他県では4、5月頃までの養殖となるが、堀岡養殖漁協では2～7月頃まで養殖できる。

6) 販路

JRが約4割、その他は県内に出荷している。

中国、シンガポール、香港等から問い合わせがきている。まずは国内市場での販売を軌道に乗せ、その後ASC等の認証を取得し、海外市場に展開したい。

7) コスト

25年前に設置した水深100mのポンプに約10億円掛かった。入善では2基で10億円のようなのである。

水深16mのポンプは1本詰まっており、修繕が必要である（1～2億円の見込み）。

現状では、稚魚代が一番高く、餌代、電気代も掛かる。

8) その他

損益分岐をクリアするには、30,000尾の養殖が必要である。水槽は十分にあるが、現在の取水量および回転率では、最大12,000尾の生産となる。

(3) 前兼久漁港：沖縄県国頭郡恩納村（恩納村漁協）

～掛け流し式（港内海水）によるウミブドウ養殖～

実証試験段階 **事業実施段階**



図Ⅱ.4.5 前兼久漁港の概要

1) 飼育水

漁港内の水深 2m からポンプにより取水している。4 基のポンプで 1 日あたり 600～700 トン取水する。水温は 20～30℃で推移しているが、年々上昇傾向にあり、特に夏季には高水温となる。飼育した海水は河川に流す。

2) 水槽

1.6m×6m×0.8m：200 基

1 m²あたり 2kg のウミブドウを生産可能



図Ⅱ.4.6 漁港内の取水場所



図Ⅱ.4.7 施設内の水槽

3) 種苗

各漁家がマニュアルに従い、自家生産する。

4) 養殖

毎日水槽の状況を確認し、植物プランクトン等を除去する。

5) 養殖魚の特徴

周年養殖しており、6～8回転（収穫）/年する。

¥3,000/kg で漁協が買取り、販売する。

6) 販路

ほとんどが県内出荷である。

7) コスト

生産者の負担は、¥8,000/月の使用量のみである。餌代が不要であり、採算性が高い。

8) その他

平成30年には台風に伴う高潮により、養殖施設が浸水、備品が流失する被害が出た。

(4) 長崎漁港（三重）：長崎県長崎市（長崎県総合水産試験場）

～閉鎖循環式によるクエ養殖～

実証試験段階 事業実施段階



図 II. 4. 8 長崎漁港の概要

1) 飼育水

電気分解によりアンモニアを分解する。生物濾過に比べて小型であり、着色や臭気はない。

14.4 回転/日で飼育した。

クエの成長は水温 18℃以下で停滞することから、23℃以上とした。

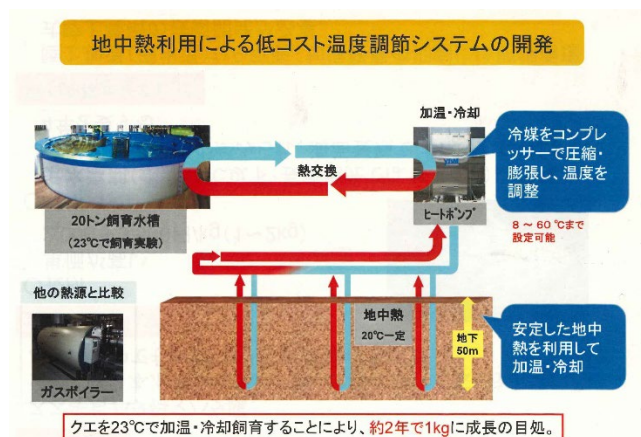


図 II. 4. 9 地中熱ヒートポンプ

2) 水槽

φ5m (20 トン)

3) 種苗

11月に全長約15cm、約20-50gの種苗(長崎県栽培公社より購入)を導入。

4) 給餌

配合飼料(EP)を用いている。増肉係数は2.0程度。

5) 養殖魚の特徴

海面養殖では、1kgまで3~4年要するところ、加温養殖により、2年で1kg、3年で2kg以上の成長が得られた。

6) 販路

試験のためなし。

7) コスト

温度調節は、地中熱ヒートポンプによった。ボイラー式に比べ、コストは55%減となるが初期費用が高額であった。

また、生産コストも高額で、1kgあたり¥4,500であった。

8) その他

生産コストを抑えるために、今後は換水率を下げる、生物濾過を利用する等の技術開発が必要である。