

平成 30 年度水産基盤整備調査委託事業

「漁港ストック有効活用検討調査」

報告書

国立研究開発法人水産研究・教育機構

(一財) 漁港漁場漁村総合研究所

国立大学法人弘前大学地域戦略研究所

平成 30 年度水産基盤整備調査委託事業「漁港ストック有効活用検討調査」
報告書

a. 課題名

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討
 - 1-1 漁港水域利用実態調査アンケート及びヒアリング
 - 1-2 漁港水域の有効活用に向けた方策と技術の検討
 - 1-3 現地実証
 - 1-3-1 漁業者による漁港を活用した魚類養殖参入促進のための実証試験
 - 1-3-2 漁港水域の環境条件の把握と利用選定方法に関する実証試験
 - 1-3-3 漁港を活用した魚類養殖の高度化に資する実証試験の計画策定
 - 1-4 漁港水域を活用した増養殖等の手引き骨子（案）の作成
2. 海面（沖合）養殖の大規模化や陸上養殖の展開に向けた課題の把握と解決方針

b. 実施機関及び担当者

1-1, 1-2, 1-3-3, 2 :

(一財) 漁港漁場漁村総合研究所 伊藤 靖 三浦 浩 當舎親典 廣瀬紀一

1-3-1 :

国立大学法人弘前大学地域戦略研究所 桐原慎二 久保田 健

1-3-2, 1-4 :

国立研究開発法人水産研究・教育機構 梅津啓史 多賀悠子 三上信雄

c. ねらい

漁港漁場整備長期計画（平成 29 年 3 月 28 日閣議決定）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」が重点課題とされ、①漁港ストックを活用した水産業の 6 次産業化や海洋レクリエーションの振興、②漁港における防風・防暑・防雪施設や浮き栈橋の整備、静穏水域を増殖場として活用する等により、漁港ストックの最大限の活用を図るとされている。

本調査では、以下に示す事項について、漁港水域における増養殖、プレジャーボートの利用を促進するための漁港ストック活用方策等について検討する。

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-1 : 漁港水域利用実態調査アンケート及びヒアリング

全国の漁港管理者等へのアンケートを行い、漁港水域における増養殖・出荷調整に関する事例を収集するとともに、優良事例についてヒアリングを行い、先進的な取り組みをまとめる。また、アンケート結果から、有効利用の実態を把握し、増養殖等を

実施する上での課題を抽出する。また、漁港水域において増養殖や出荷調整を行うに当たっての検討事項や留意点を整理する。

1-2 漁港水域の有効活用に向けた方策と技術の検討

1-1の調査結果及び漁港水域の有効活用に関する既往知見を整理し、漁港水域において増養殖や出荷調整を実施する際に必要な方策を整理し、対応技術について検討を行った。

1-3 現地実証

1-3-1 漁業者による漁港を活用した魚類養殖参入促進のための実証試験

漁港管理者が閉鎖性の高い漁港水面を養殖場として漁業者に利用させる上で懸念される水質汚染の防止・低減、及び、漁港での小規模な養殖や蓄養に漁業者の参入促進に必要なシステムを構築し、北部海域で実証する。

1-3-2 漁港水域の環境条件の把握と利用選定方法に関する実証試験

現地実証試験を行う漁港を選定し、漁港水域の水質・底質等の環境条件の把握手法を検討するとともに、漁協等からの増養殖・出荷調整等の希望の聞き取りを行い、漁港水域を活用した増養殖や出荷調整の手法について検討する。

1-3-3 漁港を活用した魚類養殖の高度化に資する実証試験の計画策定

漁港水域での増養殖の実態調査（アンケート及び聞き取り）を行い、増養殖の取り組みに関する対象魚種や増養殖手法を整理し、漁港水域での魚類養殖の高度化に資する実証試験計画を策定する。対象地区としては、1-3-1～2の実証試験と海域の重ならない南部海域とする。

1-4 漁港水域を活用した増養殖等の手引き骨子（案）の作成

漁港施設の有効利用を効率的・効果的に推進するために、1-3-1～1-3-3の調査結果及び1-1～1-2の課題や検討事項・留意点を踏まえ、漁港水域を活用した増養殖等の取組を進めるための手引き骨子案を作成する。

2. 海面（沖合）養殖の大規模化や陸上養殖の展開に向けた課題の把握と解決方針

都道府県担当者へのアンケートや、漁協や民間団体へのヒアリングにより、沖合や陸上における大規模増養殖の展開に向けた可能性と課題を整理するとともに、沖合や陸上で養殖を行うにあたっての施設の規模やコスト、想定している効果等を把握し、沖合養殖及び陸上養殖の推進を図る上での漁港ストックの活用や水産基盤整備の可能性について検討する。

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-1. 漁港水域利用実態調査アンケート及びヒアリング

d. 方法

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-1. 漁港水域利用実態調査アンケート及びヒアリング

(1) 全国アンケート

漁港水域において、増養殖や出荷調整のための水域利用の実態を把握するために、全国的なアンケートを実施した。アンケートのフローを図 d-1-1-1 に示す。

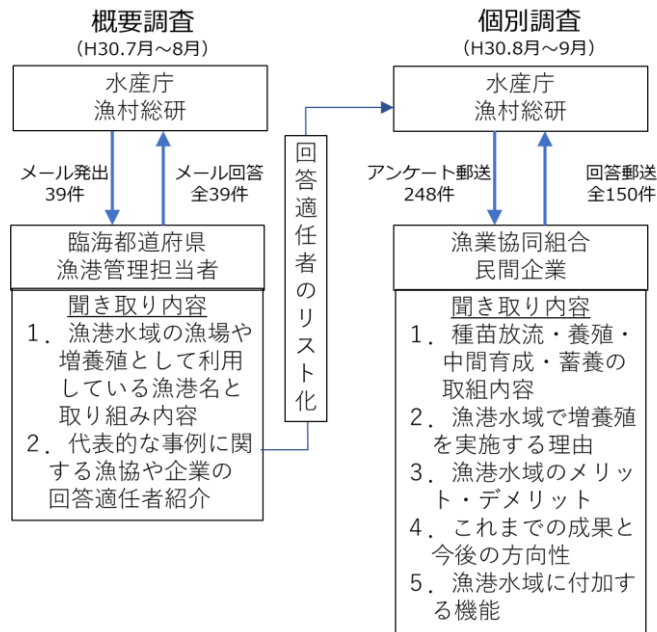


図 d-1-1-1 漁港水域利用実態調査アンケートのフロー

本調査で得られた結果をふまえ、漁港水域で取り込まれる増養殖のタイプや主な種類について把握した。また、増養殖に関する類型化や聞き取り調査の実施の際の基礎資料とした。

①概要調査（臨海都道府県の漁港管理者へのアンケート）

全国 39 の臨海都道府県の漁港管理者を対象に、以下の項目について、メールにて平成 30 年 7 月 15 日にアンケートを発送し、8 月 6 日〆切で全地区の回収を行った。

表 d-1-1-1 概要調査の内容

聞き取り項目	内容
1. 漁港水域を漁場や増養殖場として利用している漁港リストと取組内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 漁港名 ・ 利用形態（漁場、種苗放流、中間育成、蓄養） ・ 主な施設
2. 上記のうち、代表的な事例に関する漁業協同組合や民間企業の回答適任者の紹介（10 地区程度）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 漁協や民間企業の名称 ・ 住所 ・ 担当者名 ・ 連絡先

本アンケートで対象とする漁港水域とは、漁港区域内の水域部分とした。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 d-1-1-2）。これらの図をアンケートの回答票にも添付して、共通認識を図った。



図 d-1-1-2 本調査で対象とする漁港水域

②個別調査（増養殖等の実施主体へのアンケート結果）

①の回答から回答適任者をリスト化した結果、248 件の漁業協同組合や民間企業等に以下の項目に関する記名式のアンケートを発送した。アンケートは平成 30 年 8 月 22 日に郵送し、9 月 28 日〆切で回収を行った結果、150 件の回答があった。

表 d-1-1-2 個別調査の内容

聞き取り項目	内容
1. 種苗放流・養殖*・中間育成**・蓄養***の取組内容	<ul style="list-style-type: none"> ・漁港名 ・種苗放流の内容：魚種、サイズ、尾数、放流場所 ・養殖・中間育成・蓄養の内容：魚種、サイズ、尾数、期間、場所、方法
2. 漁港水域で増養殖を実施する理由	<ul style="list-style-type: none"> ・漁港水域で種苗放流を行う理由（選択回答） ・漁港水域で養殖・中間育成・蓄養を行う理由（選択回答）
3. 漁港水域のメリット・デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・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（自由記入）
4. 漁港水域内での養殖・中間育成・蓄養について、これまでの成果と今後の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・成果（選択回答） ・今後の方向性（選択回答） ・回答理由と今後の課題（自由記入）
5. 漁港水域に付加する機能	<ul style="list-style-type: none"> ・漁港水域内で養殖・中間育成・蓄養を実施する際に、今後漁港に付加する機能や求められる環境

- *養殖：一定水域を占有し、育成環境の整備、餌やり等の人為的管理を行い、目的とする水産物の大きさ（出荷・販売サイズ）まで育成する生産方式
- **中間育成：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適した大きさになるまで、一定期間人為的な管理下で育成すること
- ***蓄養：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。出荷調整、活けじめなどの目的でなされる。

以上から、アンケートの回答を整理し、漁港水域で増養殖や出荷調整等を行っている生物種、期間、収容個体数、漁具、給餌の有無、販路、漁港水域の構造条件や環境条件等を調査し実態を把握するとともに、増養殖や出荷調整等を推進する上での課題を整理した。

（２）優良事例ヒアリング

（１）全国アンケートの結果をふまえ、漁港水域で実施されている増養殖や出荷調整の事例を分類して、主な取り組み内容を抽出した。実際に増養殖に取り組む漁業者等に以下の項目についてヒアリングを実施し、漁港水域における特徴や維持管理を行う際の課題等についてとりまとめた。

表 d-1-1-3 優良事例聞き取り項目

聞き取り項目	内容
1. 増養殖の実施場所	・ 漁港水域における増養殖の場所
2. 増養殖の規模	・ 魚種別養殖量、経営体数、販路
3. 増養殖を実施した経緯	・ 漁港水域で魚類養殖の実施に至った経緯と施設の概要
4. 年間スケジュール	・ 入荷状況と出荷状況
5. 給餌方法	・ 餌料の種類、投餌の頻度、機械の導入の有無
6. 漁港水域の特性と今後の維持管理に向けた課題	・ 漁港水域のメリット・デメリット ・ 維持管理上の課題

（３）漁港水域の特徴や維持管理を行う際の課題整理

（１）全国アンケート、（２）優良事例ヒアリング及び、漁港水域における既存の調査等を踏まえて、漁港水域の特徴（構造条件や環境条件）をとりまとめるとともに、現状における漁港水域の利用形態（施設、利用目的、特徴）を整理しタイプ分類を行う。また、漁港水域の有効活用を想定する際の必要条件や評価基準等を明確にし、手引き骨子（案）を作成する際の基礎資料とする。

e. 結果

1-1. 漁港水域利用実態調査アンケート及びヒアリング

(1) 全国アンケート

① 概要調査（臨海都道府県の漁港管理者へのアンケート結果）

漁港水域における増養殖への活用状況を図 e-1-1-1 に、増養殖の種別を図 e-1-1-2 に示す。

全国の臨海都道府県 39 県には 2,840 漁港があり（漁港漁場漁村ポケットブック、2017）、このうち 19%にあたる 542 漁港において増養殖の水域利用が行われていた。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）となった。

■ 増養殖場として利用 ■ 未利用

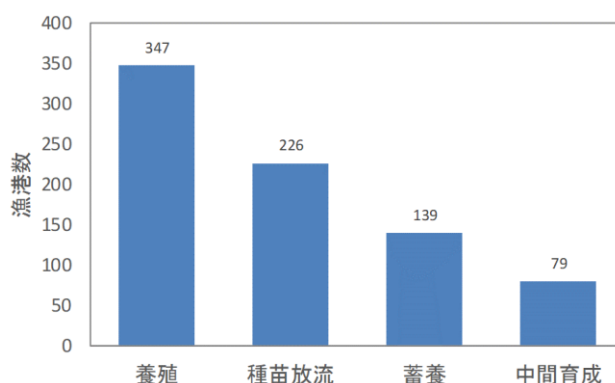
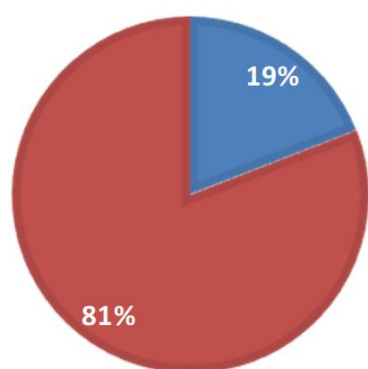


図 e-1-1-1 漁港水域の増養殖への活用状況

図 e-1-1-2 活用種別の内訳

漁港水域における増養殖のタイプ別の対象水産物を図 e-1-1-3 に、漁港水域における増養殖のタイプ別の魚類数を表 e-1-1-1 に示す。

種苗放流では、魚類が最も多く、次いで貝類、甲殻類、なまこの順であった。主な対象種としては、アワビ、サザエ等の貝類が多く、魚類では、カサゴ、キジハタ等の順であった。

養殖では、魚類が最も多く、次いで貝類、藻類の順であった。主な対象種としては、魚類ではマダイ、ブリ類が、藻類では、ワカメが多かった。

中間育成では、魚類が最も多く、次いで貝類、甲殻類、なまこの順であった。主な対象種としては、マダイが最多であり、アワビ、サケ、ナマコ等多岐にわたった。

蓄養では、魚類が大半を占め、次いで貝類の順であった。主な対象種としては、ブリ、マダイ、アジ、サバ等魚類が多かった。

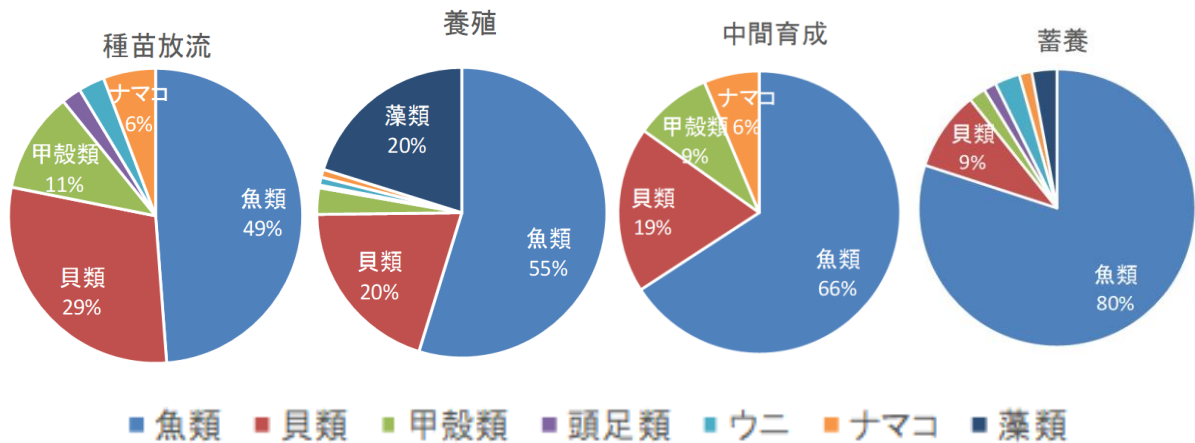


図 e-1-1-3 漁港水域での増養殖の対象水産物の種別

表 e-1-1-1 漁港水域における増養殖の魚種類（上位 10 種）

	種苗放流			養殖			中間育成			蓄養		
	種名	分類	漁港数	種名	分類	漁港数	種名	分類	漁港数	種名	分類	漁港数
1	アワビ類	貝類	60	マダイ	魚類	50	マダイ	魚類	19	ブリ類	魚類	45
2	サザエ	貝類	30	ブリ類	魚類	42	アワビ	貝類	7	マダイ	魚類	18
3	カサゴ	魚類	26	ワカメ	藻類	40	サケ	魚類	6	アジ	魚類	14
4	ナマコ	なまこ	24	アコヤガイ	貝類	37	ナマコ	なまこ	5	サバ	魚類	14
5	キジハタ	魚類	23	カンパチ	魚類	22	イセエビ	甲殻類	4	ヒラマサ	魚類	14
6	マダイ	魚類	23	シマアジ	魚類	21	クロマグロ	魚類	4	クエ	魚類	11
7	ヒラメ	魚類	22	スズキ	魚類	21	ブリ類	魚類	4	アワビ	貝類	8
8	クエ	魚類	15	アワビ	貝類	19	アジ	魚類	2	サザエ	貝類	7
9	ガザミ	甲殻類	14	アジ	魚類	18	クルマエビ	甲殻類	2	ウニ	うに	6
10	ウニ	うに	12	クロマグロ	魚類	18	サバ	魚類	2	イセエビ	甲殻類	3
	計		226	計		347	計		79	計		139

②個別調査（増養殖等の実施主体へのアンケート結果）

ア. 種苗放流・養殖・中間育成・蓄養の取組内容

種苗放流・養殖・中間育成・蓄養の取組内容の個別事例については巻末に示す。

種苗放流では、港内の泊地や構造物周辺、港外水域と目的に応じて水域を使い分けていた。貝類では、アワビの事例が最も多く、本州、四国、九州の漁港の防波堤や離岸堤を中心に実施されていた。棘皮動物では、ナマコの事例が最多であり、北海道から九州までの港内泊地を中心に実施されていた。甲殻類では、ガザミの事例が多く、本州や九州地区の漁港の港内を中心に実施されていた。魚類では、ヒラメの事例が最多であり、北海道、本州、四国、九州の漁港の港内泊地を中心に実施されていた。

養殖・中間育成・蓄養では、北海道から九州の漁港の港内及び港外で実施されていた。主な施設としては、魚類・甲殻類・ウニ・ナマコでは、小割生簀や籠が、貝類や藻類では、垂下式（延縄式や筏式）が行われていた。主な種として、魚類養殖では、クロマグロやブリ類が南日本を中心に行われていた。藻類養殖では、ワカメが本州の太平洋側や日本海側で広く実施されていた。中間育成では、マダイが最も多く、本州や九州の各漁港で行われており、北日本ではサケが多かった。蓄養については、漁港数は少ないものの、魚類、貝類、甲殻類、藻類の様々な種で行われていた。

イ. 漁港水域で増養殖を実施する理由

漁港水域内で種苗放流を行う理由について図 e-1-1-4 に、養殖・中間育成・蓄養を行う理由について図 e-1-1-5 に示す。

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。これらをまとめると、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。

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。これらをまとめると、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注目するとともに、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。

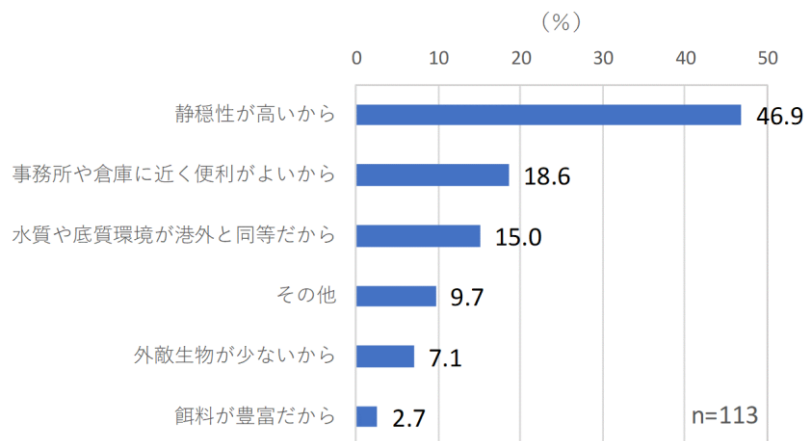


図 e-1-1-4 漁港水域内で種苗放流を行う理由

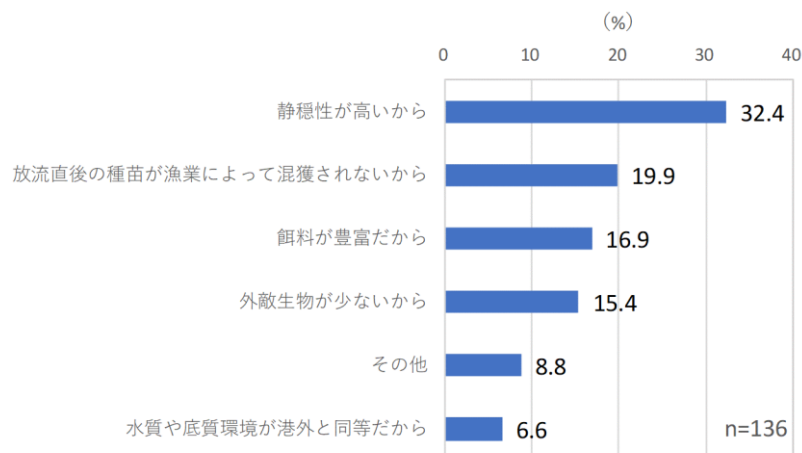


図 e-1-1-5 漁港水域内で養殖・中間育成・蓄養を行う理由

ウ. 漁港水域のメリット・デメリット

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・デメリットについての回答を表 e-1-1-2～3 に示す。

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、「維持管理の容易」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。

一方、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。これらは、水深が浅いことによる高水温や、河川水の流入に伴う、低塩分や濁り、残餌に伴うものや、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を挙げられた。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 e-1-1-2 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

特徴	メリット	件数
作業性	施設の維持管理が容易（設置、撤去、日常の見廻り等）	26
	給餌が楽である・時化が無い	17
	陸上作業用地が確保できる	3
	監視が容易	3
経済性	漁場が近く、投餌・出荷コストが軽減できる	3
	施設が傷まない	3
	販売・流通に便利	1
	燃料コストを縮減できる	1

表 e-1-1-3 漁港水域内で養殖・中間育成・蓄養を行う際の維持管理のデメリット

特徴	デメリット	件数
漁場環境	水質悪化（高水温、低塩分、濁り、残餌、赤潮等）	19
	航行船舶が多い	4
	水域が狭い	3
	水深が浅く、生簀の設置に不向き	2
	網が汚れやすい	1
	浮泥が堆積しやすい	1
管理	陸に近く密漁されやすい	2
	関係機関との調整に時間がかかる	1
	残餌の沈殿を避けるため時間を分けて給餌	1

エ. 漁港水域内での養殖・中間育成・蓄養について、これまでの成果と今後の方向性
 漁港水域内での養殖・中間育成・蓄養について、これまでの成果についての回答を図 e-1-1-6 に、今後の方向性を図 e-1-1-7 に示す。

これまでの成果としては「安定的に生産できる」(37%) や「魚価の高い時期に出荷できる」(18%)、「魚価の安い小型魚を出荷サイズまで育てられる」(11%) といったことが挙げられた。その他意見の内訳は以下の通りである。

- ・漁港内にて活イワシを蓄用することにより、漁場での操業回数（カツオ一本釣）が増えた（千葉県勝浦漁協）
- ・サケの回帰来遊が若干増加した（青森県関根浜漁協・小田野沢漁協）
- ・マダイをある程度の大きさになってから放流するので生存率が良い（秋田県漁協南部総括支所）
- ・冬場の収入源（ワカメ養殖）となる（福井県雄島漁協）

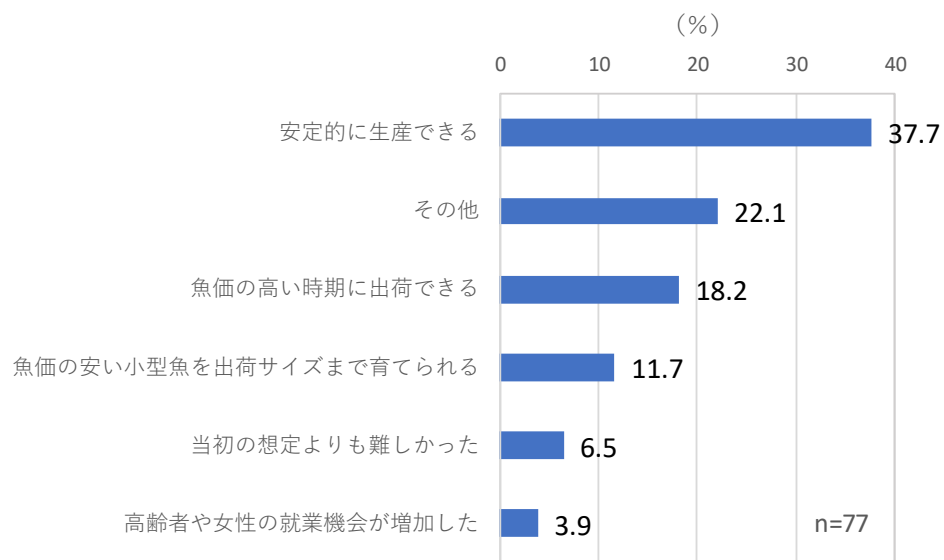


図 e-1-1-6 漁港水域での養殖・中間育成・蓄養のこれまでの成果

次に、今後の方向性については、「現状維持でよい」との回答が 50%超を占めた。一方で、20%程度は「規模の拡大」を回答していた。また、その他意見としては、以下の通りであった。

- ・地域柄、首都圏観光エリアでもあり、レジャーと漁業の混在とすみ分け（千葉県波左間漁協）
- ・品質を高めていきたい（長崎県クロマグロ養殖業者）
- ・市場価格が安く、もう少し高く買ってくれる場所があれば続けたい（山形県にじます養殖業者）

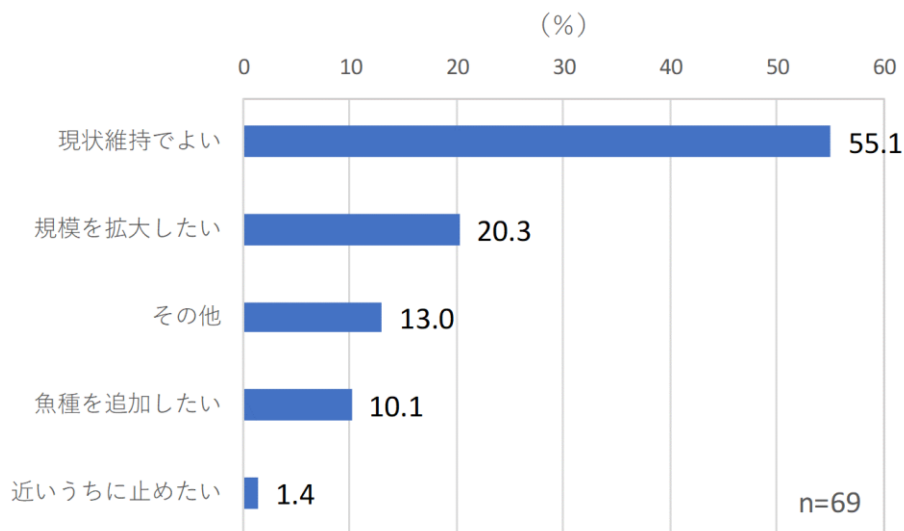


図 e-1-1-7 漁港水域での養殖・中間育成・蓄養の今後の方向性

オ. 漁港水域に付加する機能

漁港水域で、増養殖を行う際に付加する機能や求められる環境についての意見を図-e-1-1-8 に示す。

今後、漁港水域で付加する機能としては、「汚泥の浚渫」(13 件) や「海水交換機能の向上」(8 件) が上位を占めた。

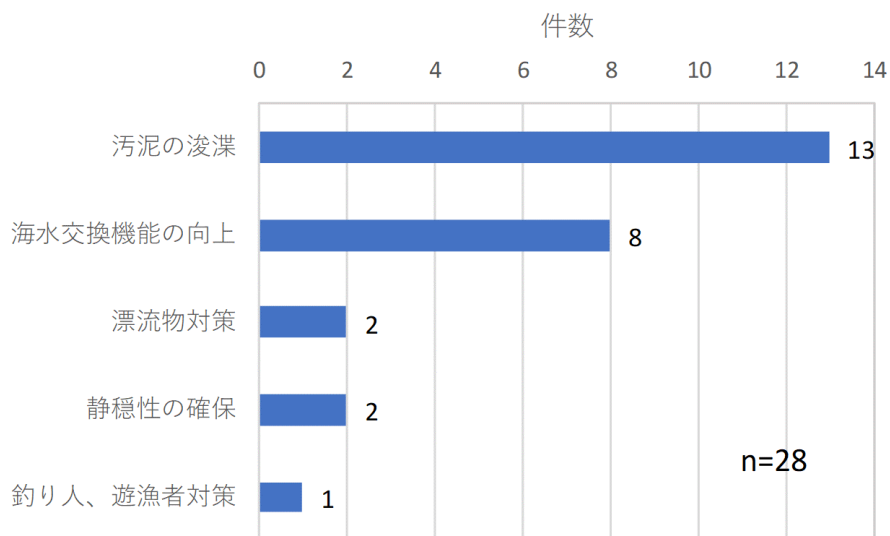


図 e-1-1-8 今後漁港で増養殖を行う際に付加する機能

(2) 優良事例ヒアリング

(1) 全国アンケートの結果をふまえ、増養殖のタイプ別に件数の多い事例や、特徴的な事例についてヒアリングを行った。ヒアリング先の一覧を表 e-1-1-4 に示す。

表 e-1-1-4 優良事例ヒアリング

	種苗放流	養殖	中間育成	蓄養
魚類		ブリ 佐賀県名護屋漁港	マダイ 千葉県大原漁港	イシダイ 神奈川県小田原漁港
貝類	アワビ・サザエ 京都府養老漁港)	アサリ養殖 兵庫県室津漁港		

① 京都府養老漁港におけるアワビ・サザエの種苗放流

放流場所：防波堤沖側や離岸堤

対象種：アワビ・サザエ

経緯：京都府漁協養老支所が磯根資源の増加を図るため、20～30年前より取り組む。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

海域条件：構造物周辺にはホンダワラ類が繁茂し、餌料条件が良い

効果：水揚量が増加し、船上からの漁獲に加えて、夏季の素潜り漁でも漁獲するようになった。20年間以上、継続的に放流（アワビ 30mm：2万尾、サザエ 20mm：2万尾）

ポイント：漁港外は砂地が多い中で、構造物周辺に海藻類が繁茂しており、貝類の生息場としての餌料環境が整っており、一定の水揚量の増大にも貢献していることで、事業が継続されている。近年は、藻場造成も同時に実施して餌料環境の維持を行っている。



②佐賀県名護屋漁港におけるブリ養殖

場 所：沖防波堤の背後の静穏域を利用

対象種：ブリ

主体：漁業協同組合員、15人
(H元年～)

施設：漁港水域内に40台の生簀
(10m、12m四方の生簀)

海域条件：

- ・ 湾内の平均水深：25m
→生簀設置に適した水深
- ・ 水温：11～29℃
- ・ 赤潮は、殆ど発生しない
→良好な水質（水産用水基準内）

■特色：

- ・ 冬季水温が11℃程度と低いため、大型魚を購入し、1年で短期収穫
- ・ 養殖エリア内に県の水質観測点があり、PCや携帯で随時確認（右図参照）
- ・ 販路は組合を通さず自主開拓（活魚90%、 \times 10%）
- ・ 漁業共済に加入し、斃死対策

■課題：

既に漁港水域での養殖適地が不足しているため、これ以上生簀を増やすことが難しい。また、水中カメラによる体重測定装置を使用しているが、誤差が大きく精度向上を行う必要がある。さらに省人・省力化のため、自動給餌システムの導入も今後取り組んでいきたい。



水温、塩分、濁度、加コイルaの測定値を20分間隔で更新

③兵庫県室津漁港におけるアサリ垂下式養殖（H13年～）

場 所：港外の静穏域を利用

対象種：アサリ（無給餌養殖）

従事者：31人

施設：古くなったカキ筏を利用し、コンテナを垂下

海域条件：

- ・ 静穏性が高い
- ・ 漁港の近傍に流入河川があり、餌料プランクトンが豊富
→冬場で9～12 $\mu\text{g/L}$
- ・ 西日本の海域では、天然の干潟での生産が激減

■ 特色：

- ・ 半年で収穫可
- ・ 天然よりも早い時期に出荷し高値取引
- ・ 肥満度が高い
- ・ 兵庫県内で40～60トン程度生産

■ 他海域の同様事例：

函館、三重県鳥羽、島根県中海

ポイント：

室津漁港の水域の特徴は、両側に千種川と揖保川に挟まれており、河川の水が滞留しやすい立地であることや、伏流水が多いことから、餌料プランクトンが多いと考えている。また、沖に出ると貧栄養になってしまう。こうした立地環境において課題としては、養殖適地不足と放流種苗の安定供給が挙げられる。すでに室津漁港周辺では、カキやアサリ養殖の筏が海域を占有しており、養殖適地がなくなっている。このため、近年は、延縄養殖にも取り組んでいる。

また、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ており、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、漁業者自ら種苗生産の取り組みをはじめた。



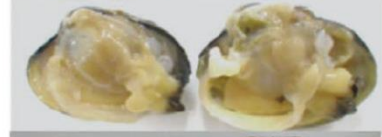
収容時 11月



1カ月後 12月



2カ月後 1月



3カ月後 2月



出典：豊かな海 No.33 p32 (2014)

④千葉県大原漁港におけるマダイ中間育成 (H11年～)

場所：港内（港口）の静穏域を利用

対象種：マダイ

主体：栽培漁業推進協議会（組合員）

施設：生簀（5m 四方×3m）×6基

海域条件：

- ・漁港内の静穏域でかつ、潮通しのよい港口に生簀を設置

特色：

- ・千葉県水産総合研究センターで生産された種苗 15 万尾（H30 年）を収容
- ・約 30 日間の中間育成を行い、地先に放流
- ・1 年半後には、漁獲対象の 20 cm を超える

ポイント：

県の水産試験場で生産された種苗を約 1 ヶ月間収容し、漁業者による中間育成を行った後に一般海域に放流することにより生残率の向上を図る。



⑤神奈川県小田原漁港におけるイシダイの蓄養 (H20年～)

場 所：新港隣に蓄養水面を新設
(H29～)

対象種：イシダイ等

主 体：小田原市漁協

経 緯：

- ・ 基幹漁業の定置網の魚種を安定的かつ戦略的に販売するために蓄養を開始。
- ・ H29 から本港が手狭になったため移転

施設：生簀 (5m～12m) × 8 基

海域条件：

- ・ 外郭施設によって静穏域を形成
- ・ 隣接する新港とは通水孔を設け海水交換を促進

特色：

- ・ ロットを揃えて出荷することにより、単価の上昇に貢献

ポイント：

蓄養水面が手狭になった際に、漁港外は外洋域で、水産物を飼育できる環境ではないことから、外郭施設によって静穏域を創出し、通水孔を設けることにより、海水交換機能に配慮したことで、水域面積の拡大を行った。



(3) 漁港水域の有効活用に向けた課題整理

本調査でのアンケート及び優良事例のヒアリングをふまえ、漁港水域における増養殖等の有効活用に向けた課題を以下の通りまとめた。

表 e-1-1-5 増養殖のタイプ別の特徴と課題

	種苗放流	養殖	中間育成	蓄養
種	アワビ・サザエ	ブリ	マダイ	イシダイ
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・放流先の防波堤や離岸堤に海藻が繁茂しており、餌料環境がよい ・一部の施設では、藻場造成を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・平均水深が25mあり、生簀の設置に適する ・海水交換がよく良好な水質・底質環境 	<ul style="list-style-type: none"> ・漁港内の静穏域でかつ、潮通しのよい港口に生簀を設置 ・種苗供給体制、給餌体制の構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・本港が手狭になったため外郭施設を設け蓄養水面を創出 ・通水孔を設け海水交換を促進
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・生産性やコストの低減 ・適正な放流方法や規模の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・漁港水域が限られており、養殖水域の拡大ができない。 ・自動給餌システムの導入によるコスト低減 	<ul style="list-style-type: none"> ・残餌や排泄物による負荷を少なくするための底質改善 	<ul style="list-style-type: none"> ・蓄養対象魚種の増加 ・適正な収容尾数の推定 ・生簀の配置計画

ア. 種苗放流

漁港水域で実施されているアワビ・サザエの「種苗放流」の事例では、漁港構造物周辺（防波堤や離岸堤）にホンダワラ類等の餌料海藻が生育しており、それらの場所に種苗を継続的に放流することにより、水揚量の増加に貢献していることが示された。また、放流するだけでなく、餌料海藻を増やすための、藻場造成等のソフト対策にも積極的に取り組むことにより、効果が持続しているものと考えられた。

課題としては、種苗放流後の生残等に関する情報が少ないことや、放流にかかる経費の低減が挙げられる。また、放流直後の斃死や食害を回避するための、適正な放流方法や、放流規模に関しての知見の集積が必要と考えられた。

イ. 養殖

漁港水域で実施されているブリ類の「養殖」の事例では、沖防波堤背後の静穏で水質環境の良好な場所に小割生簀を多数設置していた。また、漁港水域内に水質（水温、塩分、クロロフィル a、濁度）の県の観測点があり、PCやスマホでリアルタイムに水質環境が把握できるICT化の取組が進んでいた。

課題としては、現状で既に漁港水域での養殖適地が利用済の状況であり、漁港水域内では規模を拡大する余地がないことが挙げられた。さらに自動給餌システムの導入等により、経費の節減が挙げられた。

ウ. 中間育成

漁港水域で実施されているマダイの「中間育成」の事例では、静穏域であり、かつ潮通しの良い港口水域において、小割生簀を6基設置していた。県の水産試験場で生産された種苗を約1ヵ月間収容し、漁業者による中間育成を行った後に一般海域に放流することにより生残率の向上を図っていた。また、種苗生産、中間育成、放流

までの体制を構築していることも特徴として挙げられた。

課題としては、残餌や排泄物による負荷を少なくして、持続的に漁港水域を利用するための底質改善が挙げられた。

エ. 蓄養

漁港水域で実施されているイシダイの「蓄養」の事例では、基幹漁業である定置網で漁獲された魚種を安定的にかつ戦略的に販売するために蓄養を実施していた。また、手狭になった本港から、海水交換機能を持った外郭施設により、蓄養水面を新設し、小割生簀を8基設置していた。これらの結果、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た。さらに、漁港内の底質悪化を考慮して、無給餌で実施していることが特徴として挙げられる。

課題としては、イシダイ以外についても蓄養魚種を拡大するための技術の確立や、新たな蓄養水面での持続可能な収容尾数の推定や、生簀の配置計画等が挙げられた。

参考資料

種苗放流の取組内容 (1)

魚種	サイズ/mm	尾数/千尾	放流場所	県名	漁港名		
貝類	アワビ	30	15 港外	青森県	白糠		
		35	20 離岸堤	青森県	白糠		
		30	60 港外	青森県	佐井		
		25	100 漁港周辺の漁場等	岩手県	野田、下安家		
		10	100 港外	秋田県	金浦		
		20	7 離岸堤内	秋田県	岩館		
		25	50kg 港内水域	千葉県	相浜		
		35	30 防波堤付近	千葉県	勝山		
		30	3.5 港内泊地	千葉県	波左間		
		20-35	500 漁港周辺の岩礁地帯	千葉県	勝浦東部(豊浜)、串浜、松部、浜行川		
		20~25	2 漁港水域	神奈川県	岩		
		25	15 区域内の磯	神奈川県	三崎		
		30	10 防波堤沖	神奈川県	佐島(芦名)、秋谷、久留和		
		20	30 港内の藻場	福井県	浦底、立石、白木		
		50	3 港内外	福井県	田島		
		27	11 地先水域	静岡県	網代		
		20	5 港内	静岡県	田子		
		10	2 港内泊地	三重県	?		
		25	1.5 離岸堤付近	三重県	片田		
		75	30 天然魚礁、捨石、テトラポット	三重県	波切(船越の近隣地区)		
		120	4	三重県	礫浦		
		25	3 防波堤周辺	三重県	名田		
		32	2 禁漁区周辺	三重県	宿田音		
		30	20 防波堤、離岸堤	京都府	養老		
		30	2.8 防波堤、捨石(港外)	山口県	佐賀		
			30万円分	由岐沖	徳島県	由岐	
		37 ?/?	31? 450匹×5	港外	徳島県	牟岐	
		30	30 防波堤周辺(港外)	福岡県	岩屋		
		30	70 港外	福岡県	大島		
		25	10 港内・港外の捨石海域	長崎県	新長崎		
		サザエ	70	417kg/30002	港内水域	千葉県	相浜
			40		70 防波堤付近	千葉県	勝山
			15~30		14 港内泊地	千葉県	波左間
			20		24 区域内の磯	神奈川県	三崎
			20		30 防波堤沖	神奈川県	佐島(芦名)、秋谷、久留和
			15	1.1 t	港内の藻場	福井県	浦底、立石、白木
			50		1 港内外	福井県	田島
			30		50 港外捨石付近	三重県	佐田浜
			20		20 防波堤、離岸堤	京都府	養老
			ミルクイ	2	10 港外の魚礁	三重県	桃取
アサリ	15		20 t	干潟	千葉県	牛込	
棘皮類	ナマコ		9~20	40 港内泊地	北海道	仙法志	
		20	20 港内泊地	北海道	江良		
		浮遊幼生	100		北海道	力屋	
		49	1 港外	青森県	白糠		
		20	20 沖防波堤	青森県	白糠		
		28	77 港内	青森県	佐井		
		30	12 港内泊地	岩手県	重茂		
		30	12 泊地	岩手県	櫛内、小港、小堀内、小堀内(水沢)、小堀内(摂待)、田老		
		30	3 漁港内	岩手県	野田、下安家		
		10	50 港内の藻場	福井県	浦底、立石、白木		
		親	50	港外捨石付近	三重県	佐田浜	
		100	20kg	港外の魚礁	三重県	桃取	
				離岸堤周辺	三重県	渡鹿野	
		100-150	400kg	漁港水域	三重県	神島	
		50g		2 港内泊地	高知県	入野	
		15		42 港内泊地	福岡県	脇田	
		30		10	福岡県	藍島	
		13		120 防波堤	長崎県	有喜	
		ウニ	30	2kg	港内泊地	北海道	江良
			17		40 漁港周辺の漁場等	岩手県	野田、下安家
			20		2 港内泊地	長崎県	平戸市内の大半
		甲殻類	ガザミ	15	40 港内泊地	秋田県	通川
C1	1000 港内			兵庫県	室津		
C3	30 漁港水域			広島県	箱崎		
C3	300 防波堤沖合			山口県	佐賀		
C1サイズ甲長5mm	200 港内			福岡県	柄杓田		
C1	200 港内泊地		熊本県	加賀島			
イセエビ	50(70g未満)		0.5 離岸堤(テトラポット)	三重県	相賀浦		
	400g		0.5 防波堤・離岸堤の周辺	長崎県	新長崎		
クルマエビ	150g以下		50kg	防波堤の外	宮崎県	庵川	
	30		300 防波堤の外側海域	千葉県	富浦、小浦		
	22.1-49	210 港内	兵庫県	室津			
頭足類	タコ	約1kg	20/168kg 沖合漁港区域内	香川県	肥地木		
		約1kg	50/168kg 防波堤沖合	香川県	生里		
		約1kg	40/168kg 防波堤沖合	香川県	大浜		

種苗放流の取組内容 (2)

魚種	サイズ/mm	尾数/千尾	放流場所	県名	漁港名		
魚類	ヒラメ	50~60	40	北海道	苫前		
			20	青森県	白糠		
		80	30	茨城県	大津		
		80	42	千葉県	富浦、小浦		
		50	26	千葉県	波左間		
		80	133.241	千葉県	千葉県		
		50~60	1.16	漁港水域	神奈川県	岩	
		70	2	砂地	神奈川県	佐島(芦名)、秋谷、久留和	
		50~60	3	漁港水域	神奈川県	茅ヶ崎	
		100	17	港外	石川県	富来	
		114	13	港内泊地	福井県	安島	
		50	1	港内外	福井県	田島	
		60	47	漁港水域	静岡県	地頭方	
		80	1	離岸堤付近	三重県	片田	
		80	10	漁港水域	三重県	小浜	
		42.8-63.6	3.8	港内	兵庫県	室津	
		30	20	港内泊地	兵庫県	防勢	
		80	3	港内泊地	兵庫県	防勢	
		50	10	漁港水域	広島県	箱崎	
		20	3	港外の浅場	徳島県	鞆浦	
		60	5	漁港外砂地	香川県	大浜	
		70	30	港内・港外の砂地	長崎県	新長崎	
		30	14	禁漁区	宮崎県	浦城	
		69.9	24	港内	宮崎県	北浦	
		81.4	5	防波堤の外	宮崎県	庵川	
		カサゴ	80	8	港内	静岡県	田子
			50	1	離岸堤付近	三重県	片田
				2		三重県	磯浦
			56	10	禁漁区周辺	三重県	宿田曾
			30	2	水域内	長崎県	鹿町
			7	2	港内泊地	長崎県	平戸市管内の大半
			30	17	禁漁区	宮崎県	浦城
			80	3.232	泊地	鹿児島県	片浦、久志、坊泊
		キジハタ	50	200	港内捨石	広島県	阿多田
			60	3.5	港内泊地	山口県	佐賀
			60	4	港内	山口県	尾津
60	5		漁港区域内岩場	香川県	生里		
80	1.429		防波堤外郭	愛媛県	大浜		
マダイ	50	5	港内泊地	熊本県	加賀島		
	70	20	港内泊地	神奈川県	平塚		
	100	7.5	港内泊地	福井県	安島		
	65	20	港内の浅い砂地	静岡県	田子		
	60	10	港内	静岡県	地頭方		
	100	5	港内泊地	島根県	大芦		
	50	60	港内泊地	広島県	沖浦		
30-50	5	港外の魚礁	三重県	桃取			
クロダイ	50	8.5	港内の岸壁	富山県	新湊		
トラフグ	53	10	防波堤の外側海域	千葉県	富浦、小浦		
	120-200	17.5	港外	石川県	赤崎		
マコガレイ	5.1	9	港内	三重県	波切		
	50	3	漁港水域	広島県	箱崎		
クエ	16.6-33.1	20	港内	兵庫県	室津		
	15	1	港内泊地	長崎県	平戸市管内の大半		
	150	2	港内泊地	長崎県	新長崎		
シロサケ	52	1000	港内泊地	北海道	落部		
クロソイ	77	42	港内泊地	北海道	落部		
ニシン	60~70	70	港内泊地	北海道	苫前		
サワラ	80	10	港内泊地	兵庫県	防勢		
メバル	60	5	漁港区域内岩場	香川県	生里		

養殖の取組内容

魚種		サイズ/mm	尾数/千尾	期間	場所	方法	県名	漁港名		
魚類	クロマグロ	200-400		8	7~8月	港内	生簀	長崎県	檜ノ浦	
		300-1500		4	通年	港内	小割生簀	鹿児島県	花天	
	ブリ類	300-500	20 t		9~12月	港内	小割生簀	石川県	富来、赤崎	
					200	周年	港外	小割生簀	広島県	阿多田
					100	周年	港外	小割生簀	宮崎県	浦城
		500 (3.2~4kgぐらい)	150~160		通年	港内	小割生簀	佐賀県	名護屋	
					周年	港内	小割生簀	広島県	阿多田	
	マダイ	成魚	710 t		周年	漁港及び港外	養殖	宮崎県	北浦	
		30-150		600	12~4月	港内	小割生簀	鹿児島県	花天	
	ニジマス				12~5月	港内の邪魔にならない隅はし		山形県	由良	
	サーモン		200	3 t		11~5月	港内	小割生簀	石川県	富来、赤崎
	サバ		200	12 t		周年	港内	小割生簀	石川県	富来、赤崎
	ヒラメ				5	港内泊地		三重県	三木浦	
カサゴ				5	港内泊地		三重県	三木浦		
カンパチ	成魚	1089 t		周年	漁港及び港外	養殖	宮崎県	北浦		
貝類	アワビ	24-36		2		港内	養殖生簀	青森県	白糠	
			30	10	周年	沖防波堤	垂下式養殖	千葉県	小浦	
	イワガキ				5~8月			三重県	的矢	
			10	付着貝1000枚	周年	港内	小割生簀	鳥取県	船磯	
	カキ				10~3月			三重県	的矢	
	アコヤガイ	60~80	10千個		5~12月	港内	ネットに並べて	福井県	大島 (青戸大橋の下高浜側)	
アサリ	5-1.5		3420	4~3月	港内	垂下式、延縄式	兵庫県	室津		
棘皮類	ウニ		5	300	12ヶ月	港内	カゴ	北海道	散布	
藻類	ワカメ		75		12月	港内		千葉県	波左間	
		500-1000	794kg		12~3月	区域内水面	はえ縄式	千葉県	串浜、松部	
					11~3月	港外	筏式	神奈川県	金田	
					10/1~5/	大磯西防波堤	筏18m×60m	神奈川県	大磯	
			40	10本		12~3月	港内	浮ロープ式	福井県	崎
						11~3月	ロープ設置		静岡県	福田
						11~5月	港外	浮流し	大阪府	樽井、岡田
				200m		11~2月	港内	ロープ	鳥取県	船磯
	ノリ				9~4月	漁港水域内の海面		千葉県	富津 (下州地区)	
	コンブ				10/1~5/	大磯西防波堤	筏10m×10m	神奈川県	大磯	
アオノリ				8~6月			三重県	的矢		

中間育成の取組内容

魚種	サイズ/mm	尾数/千尾	期間	場所	方法	県名	漁港名		
魚類	サケ	60	300	4月(3~4週間)		北海道	苫前		
		47	1000	4月	港内	生糞	北海道	落部	
		46-56	300	3~5月	港内	生糞	青森県	関根	
				9~10月	港内		青森県	佐井	
	マダイ	50	400	4月	港内	網生糞	青森県	小田野沢	
			100	7~8月	港内	小割生糞	秋田県	金浦	
		30	260	6~7月	港外	小割生糞	千葉県	勝山	
		30	260	6~7月	港外	小割生糞	千葉県	富浦	
		30	50	6~7月	港内	小割生糞	千葉県	乙浜	
		30	50	6~7月	港内	小割生糞	千葉県	和田	
		30	100	6~7月	港内	小割生糞	千葉県	太夫崎	
		30	50	6~7月	港内	小割生糞	千葉県	鴨川	
		30	150	6~7月	港内	小割生糞	千葉県	大原	
		30	40	6~7月	港内	小割生糞	千葉県	飯岡	
		30	65	6~7月	港内	小割生糞	千葉県	外川	
		30	95	6~7月	港内	小割生糞	千葉県	銚子	
		25	405	6~8月	港内	小割生糞	静岡県	網代	
		25-60	32.8	8~9月	港内	小割生糞	静岡県	地頭方	
			30	230	6~2月	港内	小割生糞	和歌山県	雑賀崎
		64	400	7~8月	港内	小割生糞	広島県	山崎	
		12	640	7~8月	港内	小割生糞	広島県	山崎	
		30-150	600	12~4月	港内	小割生糞	鹿児島県	花天	
		クロソイ	47	42	6~9月	港内	小割生糞	北海道	落部
		ヒラメ	25	15	4~5月	荷捌場内	活魚水槽	静岡県	網代
	ヒラメ	36	40	5~2月	港内	陸上水槽	和歌山県	雑賀崎	
	イサキ	32	20	8~10月	港内	陸上水槽	和歌山県	雑賀崎	
	キジハタ	80	2	12~12月	港内	陸上水槽	和歌山県	雑賀崎	
クエ	46	20	8~3月	港内	陸上水槽	和歌山県	雑賀崎		
メバル	25-35	360	4月	港内	小割生糞	広島県	沖浦		
サワラ	39	12.2	6月	港内	海上中間育成施設	愛媛県	大浜		
クロマダロ	300-1500	4	通年	港内	小割生糞	鹿児島県	花天		
貝類	アサリ	15~20	20 t	4~9月	干潟		千葉県	牛込	
		5-1.5	3420	4~3月	港内	垂下式、延縄式	兵庫県	室津	

蓄養の取組内容

魚種	サイズ/mm	尾数/千尾	期間	場所	方法	県名	漁港名	
魚類	イワシ	60-80	40	3~7月	港内	小割生糞	千葉県	勝浦
	シマアジ		25	通年	漁港水域	小割生糞	千葉県	勝山
	マダイ		140	通年	漁港水域	小割生糞	千葉県	勝山
	イシダイ	350~400 (900g/尾)	200	12~5月	港内の蓄養水	小割生糞	神奈川県	小田原
	サーモン	200	3 t	11~5月	港内	小割生糞	石川県	富来、赤崎
	サバ	200	12 t	周年	港内	小割生糞	石川県	富来、赤崎
	ブリ	300-500	20 t	9~12月	港内	小割生糞	石川県	富来、赤崎
	メバル	30-50	150	12~5月	港内	小割生糞	広島県	阿多田
マアジ	成魚	旋網の漁獲による	周年	漁港及び港湾	蓄養	宮崎県	北浦	
貝類	イワガキ	150~200	20	周年	垂下	山口県	森	
甲殻類	イセエビ	150 g ~1kg	15 t	9~5月	港外	小割生糞	徳島県	穴喰
藻類	ワカメ	300	一	12~3月	港内	はえ縄式	千葉県	相浜

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-2. 漁港水域の有効活用に向けた方策と技術の検討

d. 方法

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-2. 漁港水域の有効活用に向けた方策と技術の検討

(1) 漁港水域の利用形態と水産増養殖の視点からの特徴

1-1の調査結果及び漁港水域の有効活用に関する既往文献を参考にして、漁港水域の利用形態と水産増養殖の視点からの特徴に関する整理を行った。

(2) 漁港水域の有効活用に必要な水質等の要求条件

(1) 漁港水域の利用形態や特徴をふまえ、増養殖や出荷調整を実施する際に必要な水質等の要求条件について整理を行った。

(3) 漁港水域の有効活用に向けた方策と技術の検討

(1)、(2)をふまえ、漁港水域の有効活用に向けて必要な方策と技術的な課題等について整理を行った。

e. 結果

1-2. 漁港水域の有効活用に向けた方策と技術の検討

(1) 漁港水域の利用形態と水産増養殖の視点からの特徴

漁港水域の利用形態の整理結果を図 e-1-2-1~3 に、漁港水域の増養殖の視点からの特徴について表 e-1-2-1 に示す。

漁港水域や漁港施設等は、水産動植物の餌場、棲息場、隠れ場、保護育成場や産卵場として生活史の一部を支えている。特に漁港水域については、栽培漁業における人工種苗の放流、中間育成、養殖や漁獲・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。このうち、種苗放流については、外郭施設の周辺の藻場形成場所や港内の静穏域及び漁港水域に設置された保護育成施設等において実施されている。放流された種苗は、成長して移動能力が高まるにつれて漁港水域を離れ、種固有の生活史に基づいて沖合への水平移動や深淺移動を行う。

中間育成、蓄養、養殖については、増養殖のタイプによって漁港水域での飼育期間は異なるものの、外郭施設背後の静穏域を中心に漁港内外を問わず実施されている。主な施設としては、囲い網、生簀等が挙げられる。

次に、漁港水域の増養殖の視点からの特徴について整理を行った。大項目として、「自然環境」、「生物環境」、「水産増養殖利用」、「管理」の観点でとりまとめた。「自然環境」としては、①沿岸域に立地し、藻場や干潟と並ぶ環境基盤であること、②外郭施設によって静穏域を形成すること、③環境勾配が大きく、内湾と外洋的な環境が数100m内に現出する、④滞留域のため、漂砂や浮泥が堆積しやすく、富栄養化しやすい、といった点が挙げられる。「生物環境」としては、①水産生物にとっての餌場、隠れ場、産卵場、休息場、放流場として機能していることや、②保護育成機能を有する、③漁港構造物によって岩礁性生態系が形成されるといったことが挙げられる。「水産増養殖」としては、漁場や増養殖場としての利用が挙げられる。「管理」の観点では、①漁港管理者によって管理されている水域であり、②漁業権を有する海域といった点等が挙げられる。

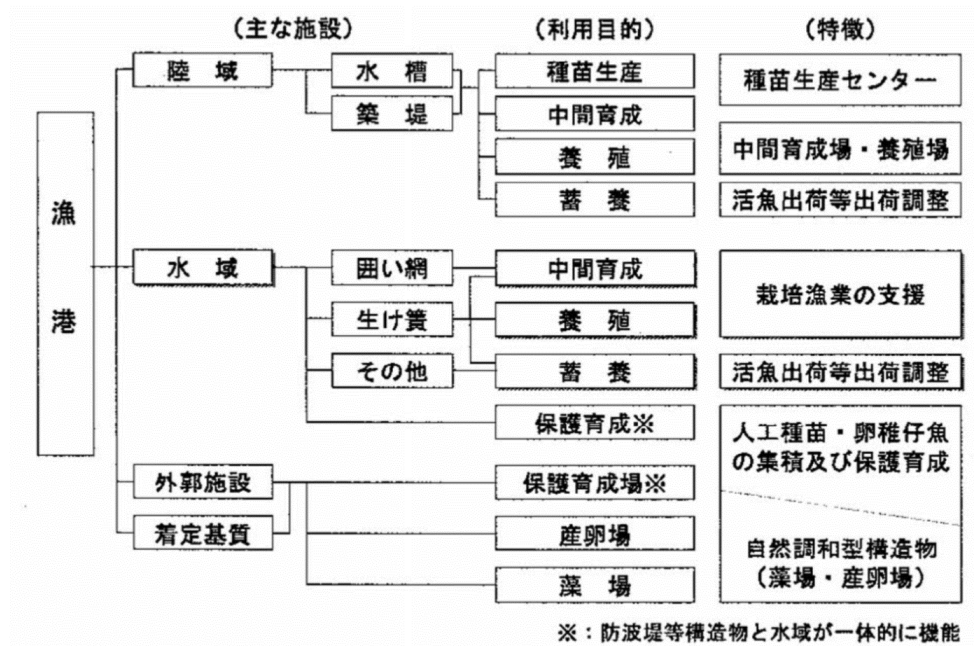


図 e-1-2-1 漁港水域の利用形態（体系的整理）

『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）』（古屋温美・浅川典敬・中泉昌光・廣部俊夫・岡島大二・長野章）海洋開発論文集, 第24巻, 2008年7月 から引用

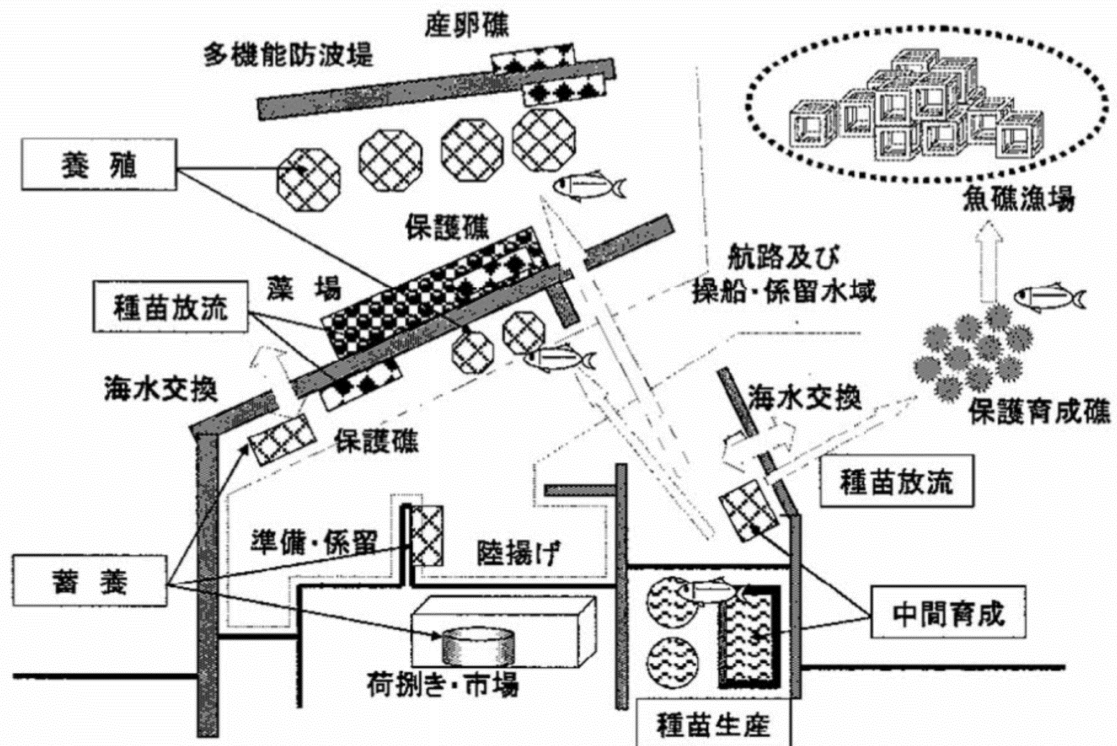


図 e-1-2-2 漁港水域の利用形態（平面的整理）

出典：図 e-1-2-1 と同様

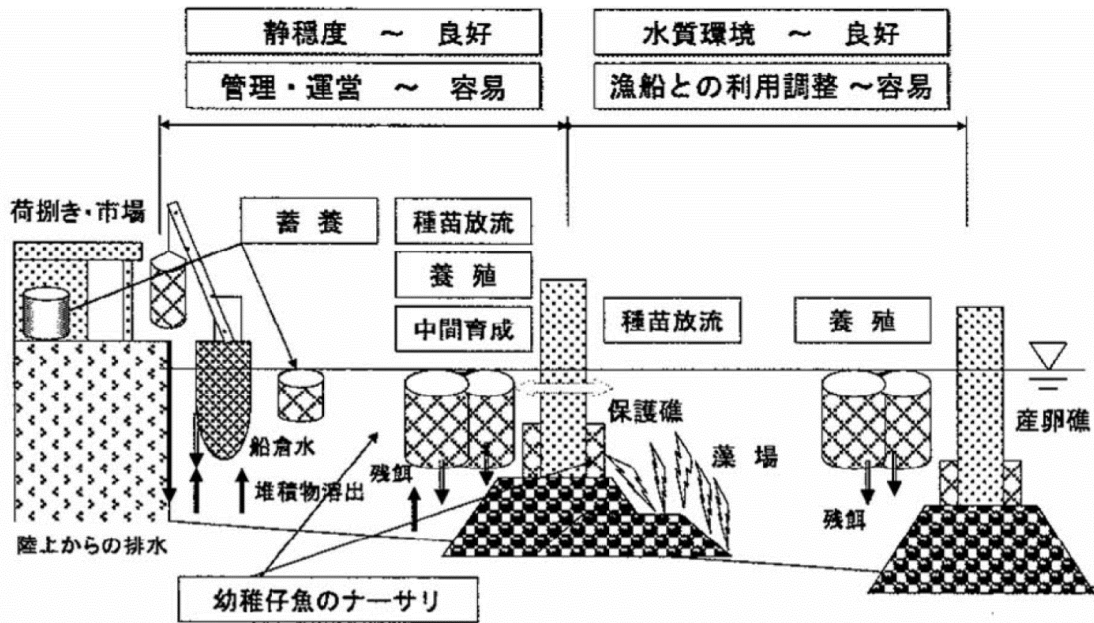


図 e-1-2-3 漁港水域の利用形態（断面的整理）

出典：図 e. 1. 10 と同様

表 e-1-2-1 漁港水域の水産増養殖視点からの特徴

項目	特徴		まとめ
自然環境	水深	泊地内は概ね20m以内 港外も含め浅海域に分布	○沿岸域に立地し、藻場、干潟と並ぶ環境基盤 ○外郭施設によって静穏域を形成 ○環境勾配が大きく、内湾と外洋的な環境が数100m内に現出する ○滞留域のため、漂砂や浮泥が堆積しやすい、 港内は富栄養化しやすい
	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、出水時に表層が低塩分になりやすく、濁りが出やすい 内湾的な環境になりやすいため港内は富栄養化しやすく、夏季はDO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 内湾的な環境になりやすいため港内は富栄養化しやすく、COD、強熱減量、硫化物等が大きくなりやすい 滞留域のため、浮泥や漂砂が堆積しやすい	
	海水交換	漁港の形状によって海水交換率は異なる 穴あき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	
生物環境	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娯集しやすい	○水産生物にとって餌場、隠れ場、産卵場、休息場や放流場として機能 ○保護育成機能（ナーサリーグランド）を有する「漁港は魚の保育園」的環境 ○漁港構造物によって岩礁性生態系が形成される
	海藻・葉上動物・付着生物	防波堤、消波構造物が海藻類や付着生物の生息基盤となり岩礁性生態系を構築	
	底生動物	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	
	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、豊富な餌料生物は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おり、放流場としても利用	
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	○漁場や増養殖場として利用
	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 取水しやすいことから陸上養殖として利用	
管理	漁港区域	漁港の外郭施設より外側に設定される	○漁港管理者によって管理される水域 ○漁業権を有する海域
	漁業権	区画漁業権、共同漁業権の設定範囲	
	禁漁区	資源保護等の為、禁漁区としている漁港もある。	
	占用許可	増養殖施設を設置する場合には、占用許可を得る必要がある	

『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』（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）海岸工学論文集, 第 52 巻, 2005 年を改変

(2) 漁港水域の有効活用に必要な水質等の要求項目

増養殖の視点からの漁港水域の特徴や機能に加えて、増養殖のタイプ別の有効活用に必要な要求項目について、増養殖のタイプ別に表 e-1-2-2 に整理を行った。

漁港水域の「漁場環境」、「維持管理」、「水域利用調整」、「出荷」の観点から整理を行った。種苗放流の場合には、放流当初の一定期間は漁港水域を利用するが、成長に伴って漁港水域外へ分散していく。一方で、養殖、中間育成、蓄養においては、漁港水域内に生簀等の施設を設置して水域を占有し、一定期間の飼育を行うことから、要求項目は共通項目もあるものの、異なる結果となった。

種苗放流の要求項目として、静穏域かつ海水交換機能を有することに加えて、外敵生物が少ないこと、餌料生物が豊富なこと等が挙げられる。

一方、養殖、中間育成、蓄養においては、上記に加えて、生簀の設置に必要な水深を確保することや、給餌養殖の場合の残餌や排泄物による水質・底質悪化対策に加えて、海域環境モニタリング、省人化・省力化といった維持管理の項目及び、水域利用に際する対象種の選定や施設の配置計画及び水域の占有に関する合意形成等が挙げられる。

表 e-1-2-2 増養殖のタイプ別の漁港水域の有効活用に必要な要求項目

項目	種苗放流	養殖	中間育成	蓄養
水域利用期間	数日～数カ月	周年	1～2カ月程度	数日～数週間
漁場環境	<ul style="list-style-type: none"> ・静穏度 ・海水交換 ・外敵生物 ・対象生物の生育に適した水質・底質環境 ・有害プランクトン 	<ul style="list-style-type: none"> ・静穏度 ・海水交換 ・生簀設置可能な水深 ・漂流物対策 ・対象生物の生育に適した水質・底質環境 ・有害プランクトン 		
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・餌料生物 ・海域環境モニタリング 	<ul style="list-style-type: none"> ・密漁・盗難対策 ・給餌養殖の場合の残餌・排せつ物による環境負荷 ・無給時養殖等の場合の餌料生物 ・海域環境モニタリング ・省人化・省力化 ・陸上作業用地 		
水域利用調整	<ul style="list-style-type: none"> ・禁漁区 ・活魚車が放流水域や岸壁まで接近可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・対象種の選定 ・施設の配置計画 ・合意形成(施設による水域の占有等) 		
出荷	-	<ul style="list-style-type: none"> ・出荷調整 ・付加価値向上 	-	<ul style="list-style-type: none"> ・出荷調整 ・付加価値向上

(3) 漁港水域の有効活用に向けた方策と技術の検討

今年度の調査結果から、要求される項目を満足するために必要な対応技術及び維持管理モニタリング等についての検討を行い、今後の課題と対策について表 e-1-2-3 に整理した。

漁場環境においては、水深の確保や水域面積の増加、静穏度の確保、海水交換機能の向上といった課題に対して、①漁港施設の新設や改良等のハード整備による対策に大別される。水質・底質環境としては、水温、塩分、D O低下、浮泥の堆積等の課題が挙げられる。これらの対策の一部は海水交換機能の向上のためのハード対策も含まれるが、多くは、②水質・底質改善の保全・改善といったソフト対策が考えられる。

表 e-1-2-3 漁港水域における増養殖を実施する際の課題と対策

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浚渫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温、冬季は低温になりやすい	チラー等による水温調整や外郭施設に通水孔を設ける等の改良を行い海水効果機能を付加する。
		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D Oの低下	底質悪化については、底質改良剤の散布、汚泥の浚渫及びエアレーションや外海水の導入によるD O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
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	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、汚泥の浚渫
	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

維持管理においては、環境負荷の低減、海域環境モニタリング及び省人・省力化といった課題に対し、③環境モニタリングの調査項目や判定基準の明確化や④ICTを活用した計測システム・リアルタイムモニタリング体制の構築や自動給餌システム等が考えられる。

水域利用・調整においては、増養殖のタイプや対象種の選定手法が未確立であることや漁港水域の占有に対する合意形成に時間を要するといった課題に対し、③環境モニタリングの調査項目や判定基準の明確化及び⑤有効活用に向けた調査手法や合意形成手法の確立が必要と考えられる。

以上から、対策を展開するために必要となる5つの検討の視点に再整理し、それぞれの技術的課題と取組状況についてとりまとめた。結果を図 e-1-2-4 に示す。

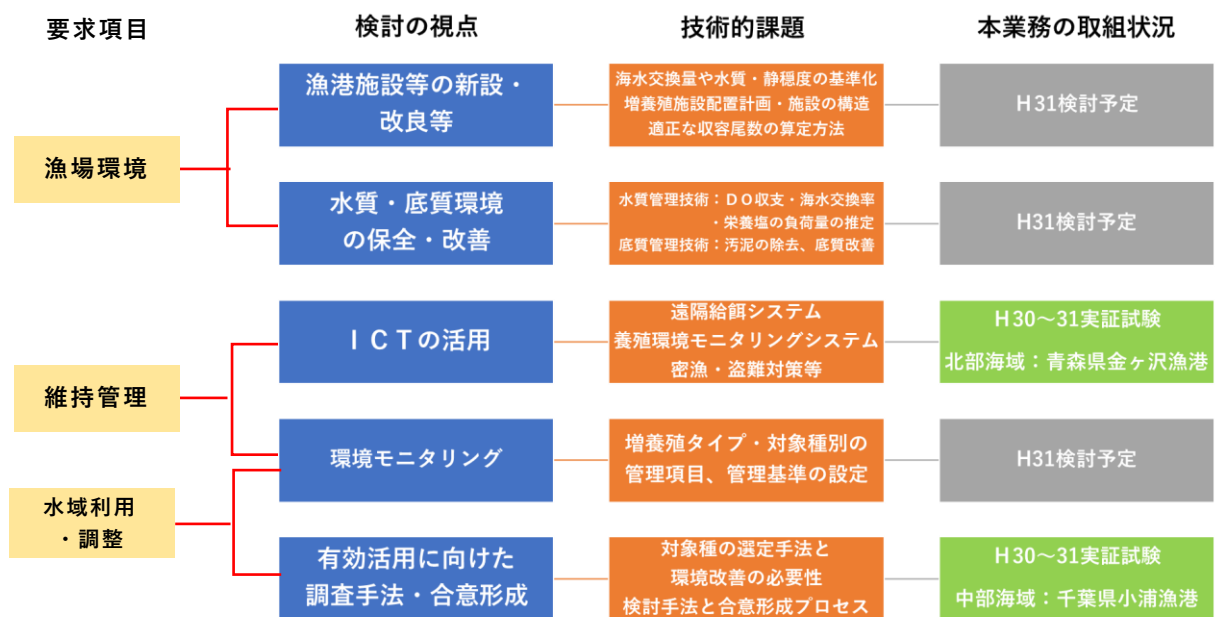


図 e-1-2-4 H31 年度の取り組みに向けた今後の方向性

f. 課題

平成 30 年度の成果をふまえ、図 e-1-2-4 で示した 5 つの検討視点に沿った技術的な課題についての解決策の検討を行い、漁港管理者及び漁業者を対象とする「漁港水域を活用した増養殖等の手引き」(案)として取りまとめる必要がある。その際、得られた結果については、増養殖のタイプ別(種苗放流、中間育成、蓄養、養殖)や水産動植物の種類別(藻類、貝類、魚類、その他水産動物)を考慮し、漁港水域で新たにこれらに取り組む際の検討項目、基準、利用方法及び合意形成方法の整理・分類を行う必要がある。

具体的には、「漁港施設等の新設・改良等」、「水質・底質環境の保全・改善」及び「環境モニタリング」については、H31 年度に既往文献や有識者等への聞き取り等を実施した上で、解決策の検討を行う。「ICTの活用」については、青森県金ヶ沢漁港での実証試験の結果を、「有効活用に向けた調査手法・合意形成」については、千葉県小浦漁港での実証試験の結果をふまえ検討を行う。

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-3 現地実証

1-3-1 漁業者による漁港を活用した魚類養殖参入促進のための実証試験

d. 方法

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-3 現地実証

1-3-1 漁業者による漁港を活用した魚類養殖参入促進のための実証試験

(1) 北金ヶ沢漁港での魚類養殖システムの構築と実証

① 魚類養殖環境のモニタリング，保全，遠隔給餌システムの構築

平成 30 年 4 月に小型風車と太陽光パネル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），環境測定センサーと携帯電話網通信デバイスからなる養殖環境モニタリングシステム，バッテリーと送気ポンプなどからなる養殖環境保全システムを青森県深浦町北金ヶ沢漁港沖防波堤上に設置した。独立電源の出力は，風力発電機を定格 1kW（風速 11.5m/s 下），太陽光パネルを定格 220W とした。モニタリングシステムは，海中に設置する水温センサーと溶存酸素（DO）センサー，陸上に設置する気温計，防霜ファン付き全天日射計，電圧計，風向・風速計から構成され，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仕様とした（<http://www.weather.co.jp/AWS/kitakanegasawa/>）。養殖環境保全システムは，水温が 25℃を上回った場合及び DO が 4mg/L を下回った場合にメーリング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 回送信するとともに，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仕様とした。また，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。

9 月 19 日には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。遠隔給餌システムは，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（<http://www.weather.co.jp/AWS/kitakanegasawa/feeder/feeder.html>）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仕様とした。

② 魚類養殖の実証結果

魚類養殖環境のモニタリング，保全システムでの魚類養殖を実証するため，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設置し，3 月 16 日測定に体重平均 125.9g，体長平均 22.8cm のマホッケ 277 個体を収容し，5 月 15 日，6 月 24 日に体重，標準体長を測定した。6 月 24 日には，生簀からマホッケを取り除き，標準体長と体重の平均が 10.9 cm，21.2g のマアジ 887 個体を収容し 8 月 31 日と 9 月 18 日に成長と個体数を求めた。また，9 月 18 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 10.6 cm，12.3g のマアジ 572 個体を収容し，10 月 19 日，11 月 26 日と 12 月 21 日にそれらのうち約 20 個体を無作為に選んで成長を測定した。11 月 26 日には個体数を計数した。実証試験の開始から 9 月 19 日の遠隔給餌システム運用まで及び運用後の 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。

e. 結果

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-3 現地実証

1-3-1 漁業者による漁港を活用した魚類養殖参入促進のための実証試験

(1) 北金ヶ沢漁港での魚類養殖システムの構築と実証

① 魚類養殖環境のモニタリング，保全，遠隔給餌システムの構築

構築したシステムの概要を図 e-1-3-1-1 に，外観を写真 e-1-3-1-1 に示した。

本システムの構築には，表 e-1-3-1-1 に価格，設置経費を示すように約 740 万円を要した。なお，本システムは，研究用として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付設しているため，価格が割高になっている。また，このほかに年間のランニングコストとして，携帯電話網の通信費 60 千円，サーバ管理費 30 千円が必要であった。



写真 e-1-3-1-1 システムの外観

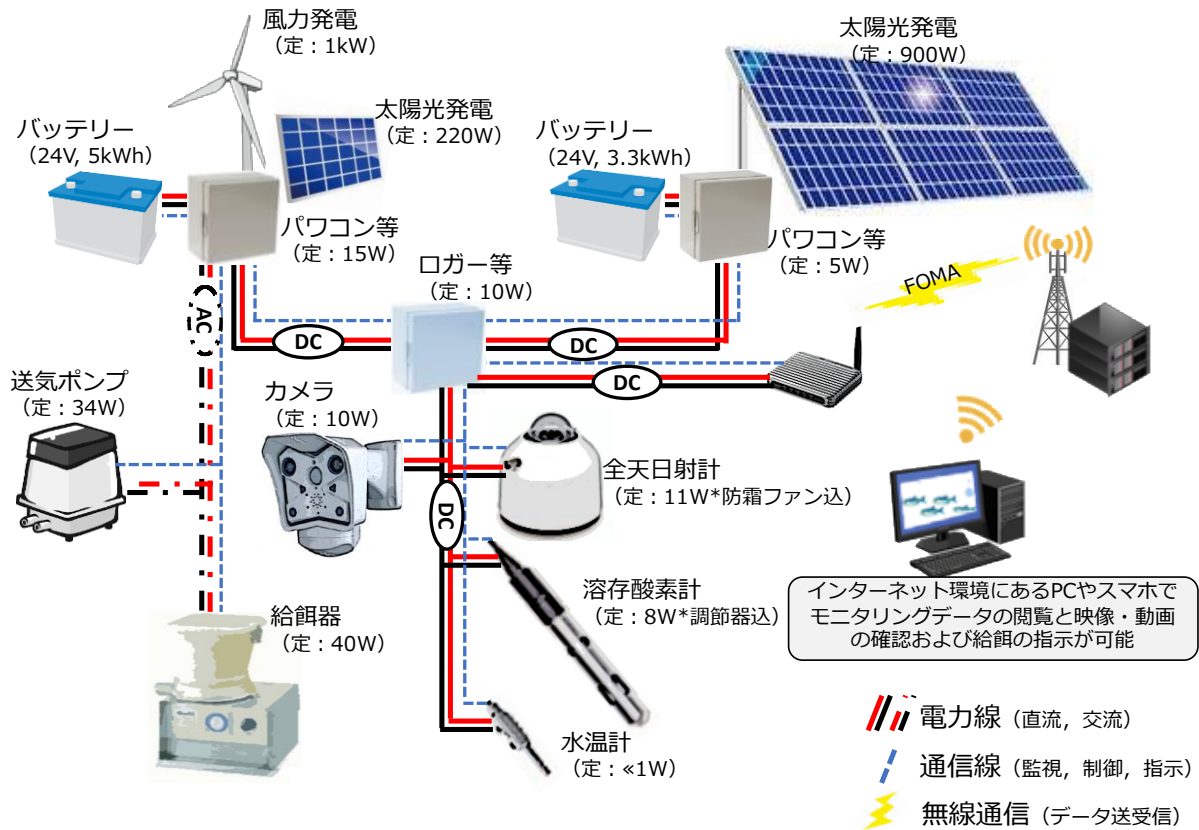


図 e-1-3-1-1 漁港での魚類養殖環境のモニタリング，保全，遠隔給餌システムの概要

表 e-1-3-1-1 魚類養殖環境のモニタリング，保全，遠隔給餌システムの価格，設置経費，耐用年数

機器名(システム名/要素名)	価格(千円)	内訳(千円)	設置コスト/交換コスト	耐用年数	
① 風力+太陽光ハイブリッド発電システム (Zephyr社パッケージ品)	1,800		400		
風力発電機Z-1000		入替	600	60	20
		ブレード	120	50	
太陽光パネルSM-110		交換/枚	60	40	20
バッテリーGPL-31		全交換(4個)	320	80	3~5
パワーコントローラCP-1000		入替	300	20	10
データモニターRM-1000		入替	200	10	20
インバータHS-600		入替	60	10	10
風向風速計		入替	40	10	
バッテリー安定器		入替	30	10	10
その他(補器類)		入替	20~	10	10~20
② 900W太陽光発電システム (既製品組合せでシステム化)	1,700		500		
太陽光パネルNU-300MC		交換/枚	110	80	20
バッテリーC-G-42		全交換(6個)	450	60	5~
充放電コントローラ24V45A		入替	90	60	10
その他(リレー, ヒューズ, ケーブル等)		交換	5~30	-	
③ モニタリング&給餌システム (既製品組合せでシステム化)	2,500		470		
カメラCMT-MOBOTIX-M15		入替	310	50	
給餌器KS-15HH		入替	230	10	
送気ポンプAPN-110R		入替	30	-	5
溶存酸素計-センサCOP-DOS-20		入替	240	-	10
溶存酸素計-センサキャップ		定期交換	40	-	3
溶存酸素計-指示調節計		入替	260	40	20
水温計-センサPT, class-A		入替	41	10	20
全天日射計CHF-SR05-A-7		入替	110	30	7
データロガー-C-CR1000-4M		入替	324	80	7
避雷器C-PT30		入替	60	40	
通信機器(アンテナ, ルータ等)		入替	105	20~30	
その他(リレー, ヒューズ, ケーブル等)		交換	1~8	-	

4月の魚類養殖環境のモニタリングシステムの運用開始以降、養殖生簀の水温、DO、日射量、電圧等を携帯電話等において監視することができた（図 e-1-3-1-2-A, B）。水温は、図 e-1-3-1-3 に測定結果を示したとおり、試験開始の4月には8°C程度にあったが、その後、概ね昇温し続け7月31日に28.1°Cで最大値を示した。8月中旬から9月上旬にかけて24°C前後の比較的高い値を示したが、その後降温の傾向が顕著となり、12月20日には10.7-10.8度を示した。DOについては、試験開始の4月には9mg/L程度を示したが、その後、水温とは異なり7月まで減少し続け4mg/Lを示した。8月から9月にかけて7mg/Lの値を示したのち、水温が低下した10月以降は9-10mg/Lの値を維持した。

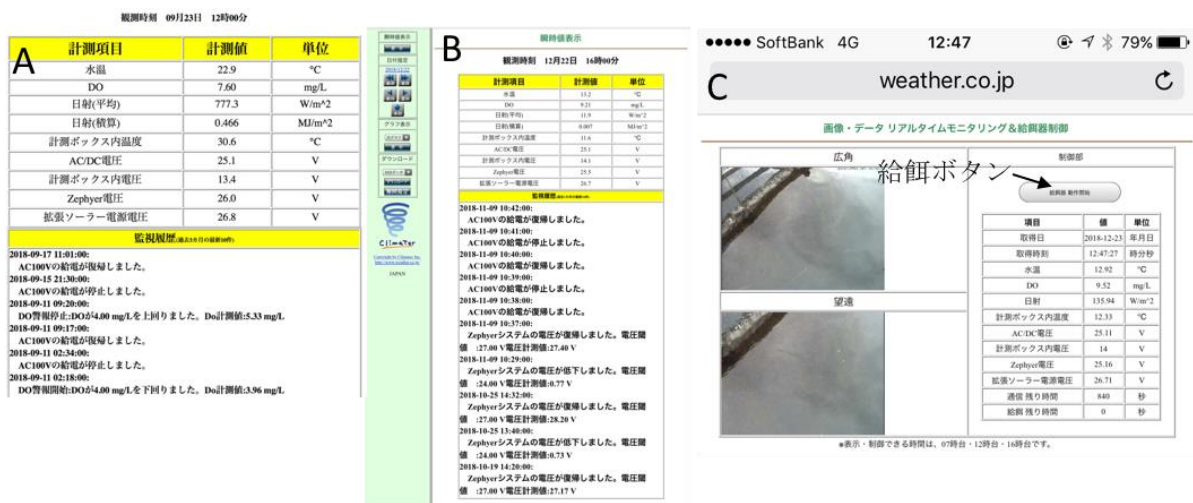


図 e-1-3-1-2 養殖環境モニタリング画面(A, 9月23日 ; B, 12月22日) 及び遠隔給餌画面 (C, 12月23日) .

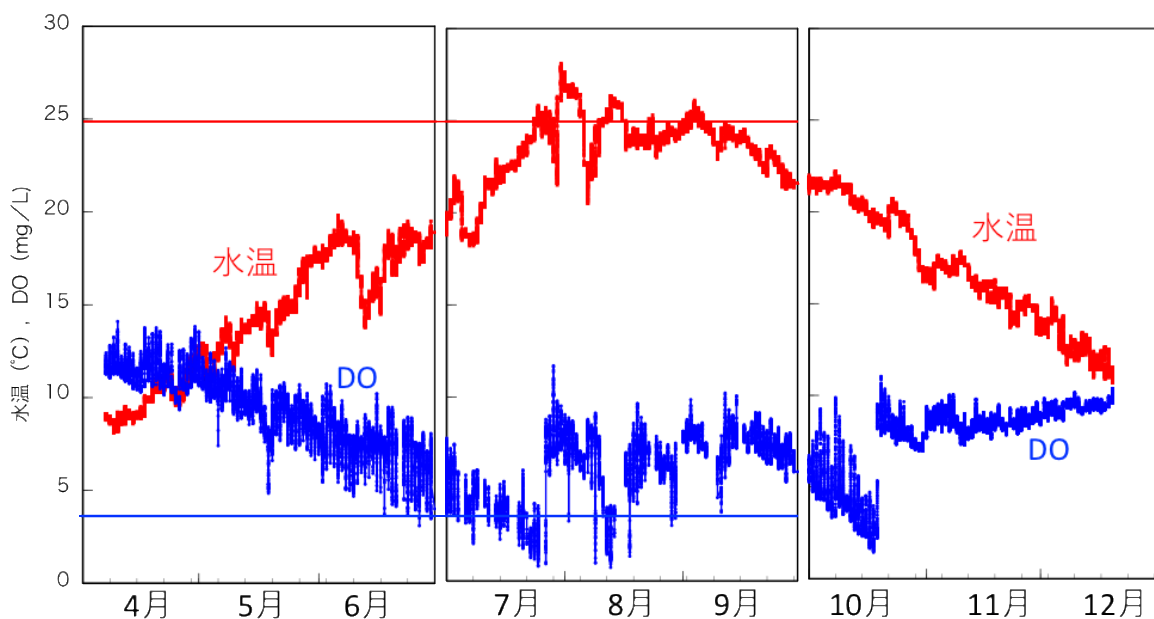


図 e-1-3-1-3 水温、溶存酸素モニタリング結果. 補助線はメーリングリストに警報を送る水温25°C、溶存酸素4mg/L. 注：いずれも数値補正前データ.

環境保全システムにかかる警報のうち高水温警報は、水温 25℃以上に達した示した 7月20日から9月4日にかけて計17回（日間）、メーリングリスト登録漁業者等に図 e-1-3-1-4 に示すメールが送信された（図 e-1-3-1-4）。

DO 警報は、筏の海水中の溶存酸素濃度が 4mg/L を下回った 7月14日から10月19日まで計32回（日間）送信された。同時に送気ポンプから養殖筏に設置したストーンに5分間、毎分10Lの通気が確認された。なお、DOの測定間隔が10分であることから、DOが低下し続けた場合、5分間送気、5分間休止のインタバルで送気が行われた。なお、バッテリーが満充電の場合600kWhの蓄電が可能であり、送気ポンプの消費電力が34kWであったため、17.6時間分、10,588リットル（生簀の水深が1.5mであるため海中での容積は約9千リットル）の送気が可能と計算され、インタバルを考慮した場合1日半（35.2時間）の送気ができるものとみなされる。しかしながら、7月から8月にかけて数日間にわたって連続してDOが4mg/L以下を示したため、バッテリー電圧が低下しDOの欠測とともに送気できない状態が断続的に観察された。

青森県深浦沿岸では、夏期には静穏で高水温となることから、試験地とした北金ヶ沢漁港の水面においても海水交換が低下し、固有水となって海水や底質中の従属栄養細菌が活発に増殖、酸素を消費したため、DOが低下したと考えられた。

[北金ヶ沢養殖モニタリング] 北金ヶ沢漁港 水温注意報

2018年07月31日 09:02
水温が26.00℃を上回りました。
水温計測値:27.09℃

このメールは Google グループのグループ「NRISE-OEG2」の登録者に送られています。このグループから退会し、グループからのメールの配信を停止するには nrise-oeg2+unsubscribe@googlegroups.com にメールを送信してください。このグループに投稿するには、nrise-oeg2@googlegroups.com にメールを送信してください。このディスカッションをウェブ上で閲覧するには、<https://groups.google.com/d/msgid/nrise-oeg2/901875780.770000%40weather.co.jp> にアクセスしてください。その他のオプションについては、<https://groups.google.com/d/optout> にアクセスしてください。

[北金ヶ沢養殖モニタリング] 北金ヶ沢漁港 DO警報

2018年07月17日 04:08
DOが4.00 mg/Lを下回りました。
Do計測値:3.99 mg/L

このメールは Google グループのグループ「NRISE-OEG2」の登録者に送られています。このグループから退会し、グループからのメールの配信を停止するには nrise-oeg2+unsubscribe@googlegroups.com にメールを送信してください。このグループに投稿するには、nrise-oeg2@googlegroups.com にメールを送信してください。このディスカッションをウェブ上で閲覧するには、<https://groups.google.com/d/msgid/nrise-oeg2/900648541.820000%40weather.co.jp> にアクセスしてください。その他のオプションについては、<https://groups.google.com/d/optout> にアクセスしてください。

図e-1-3-1-4 環境保全システムにかかる高水温注意報（左）とDO警報（右）。

遠隔給餌システムは、9月19日から稼働させたが、10月8日に Zephyry システムのバッテリー及び電圧表示システムに不具合が発生し稼働しなかった。このため、10月16日から11月9日にかけて徒手給餌を行ったが、約1週間無給餌であった。それら部品を交換した11月9日以降、平成31年1月16日時点まで遠隔給餌システムは、正常に稼働している（写真 e-1-3-1-2）。



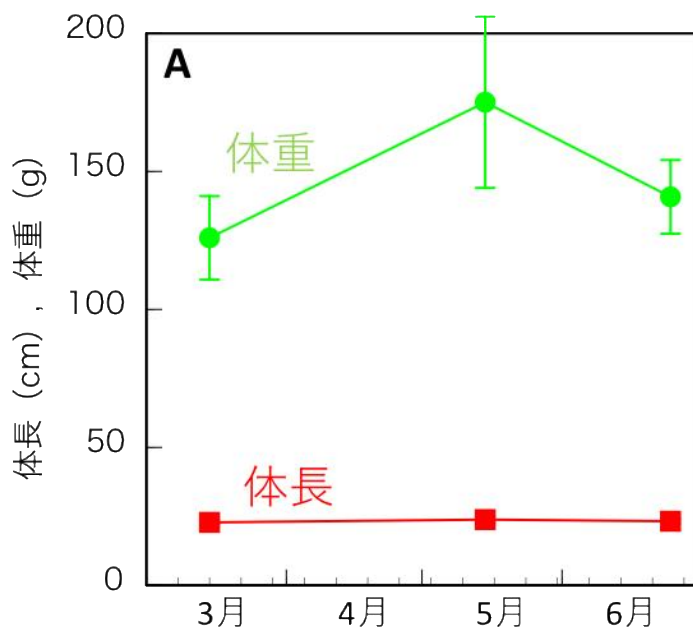
写真e-1-3-1- 遠隔給餌による給餌状況

② 魚類養殖の実証結果

i マホッケ

3月16日測定に標準体長と体重の平均が22.8cm，125.9gのマホッケ277個体を生簀に収容し給餌養殖した結果，5月15日には標準体長と体重が各々23.8cm，175.1gとなり，体重が39%増加した。しかし，水温が18℃を上回った6月上旬以降斃死個体が観察され，6月24日に個体数を計数した結果4個体が確認され，それらの標準体長と体重が各々23.3cm，140.1gであった（図e-1-3-1-5）。

マホッケは，北海道上ノ国町の多機能静穏域において養殖され主に函館市などに刺身用に出荷され好評を得ている。これを受けて北金ヶ沢漁港での養殖を試みたが，上ノ国町に比べ水温が高いため，ここでは概ね5月中に出荷する必要があると思われた。

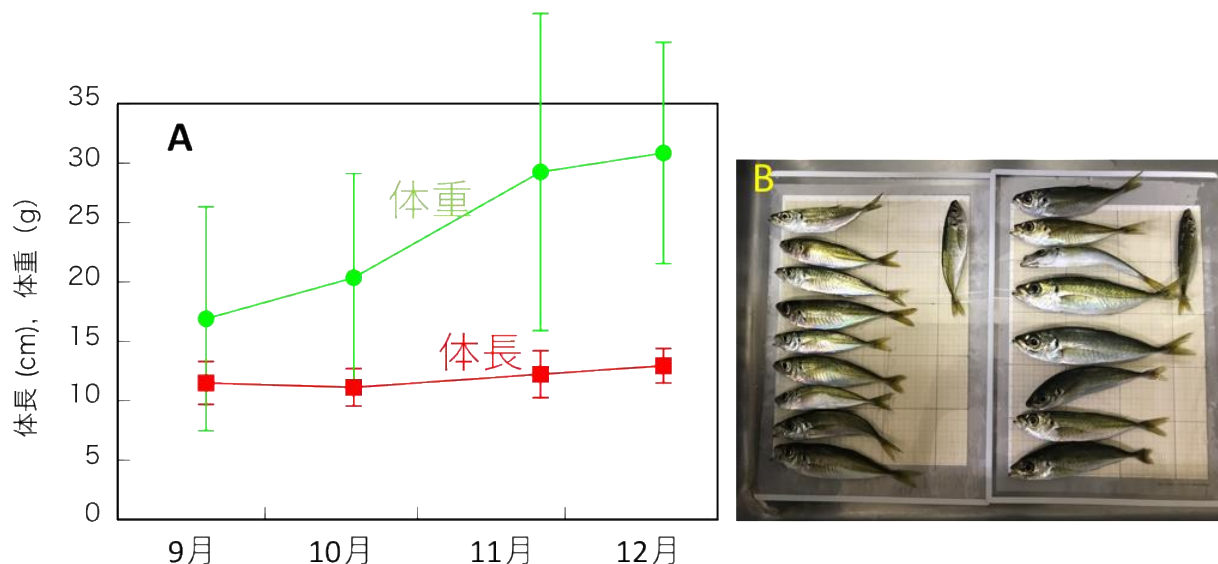


図e-1-3-1-5 養殖したマホッケの成長 (A) と5月15日の状況 (B). 図中の縦線は標準偏差の範囲を表す。

ii マアジ

6月24日に標準体長と体重の平均が10.9 cm, 21.2gのマアジ887個体を生簀に收容し, 徒手給餌養殖した結果, 8月31日には各々11.4 cm, 16.1gとなり, 9月18日に各々12.0cm, 19.6gの338個体が認められた。この間, 養殖生簀の水質に25°Cを超える高水温や4mg/Lを下回る比較的貧酸素の状態にあった期間があるが, 養殖マアジに斃死は認められなかった。このため, マアジを養殖する場合, 水温, DOとも警報を送信する基準を緩和するよう見直すことが可能と思われた。なお, 一部の漁業者が養殖マアジをマグロはえ縄漁業の餌料として利用したため, 養殖マアジの個体数に影響を与えたとみられる。

9月18日に標準体長と体重の平均が10.6 cm, 12.3gのマアジ572個体を收容し, 遠隔給餌システムを用いて給餌養殖した結果, 10月19日に標準体長と体重の平均が11.1 cm, 20.4gとなった。この間の一時期に給餌システムが正常に稼動しなかったにも関わらず体重に増加が見られた。また, 11月26日には421個体が認められ, 標準体長と体重の平均が各々12.2 cm, 29.2gとなり, さらに12月21日には各々12.9 cm, 30.8gに成長した(図e-1-3-1-6)。



図e-1-3-1-6 遠隔給餌システムを利用して養殖したマアジの成長 (A) と11月26日の状況 (B). 図中の縦線は標準偏差の範囲を表す。

マアジについては, 徒手給餌と遠隔給餌システムによる2種類の方法で給餌した。(写真 e-1-3-1-3)。

漁業者は, 定置網で採取したマアジを生簀に移した場合, 徒手により給餌しても数日から1週間程度餌付かないものの, 遠隔給餌システムによる給餌では直ちに餌付くと話した。これから, 遠隔給餌システムでは, 人影なく給餌できるため, 魚種によっては早期に餌付く利点があると思われた。

また, 遠隔給餌システムには広角と望遠の2種類のウェブカメラを設置したが, 漁業者は, 広角カメラのみでマアジの摂餌状況を観察し, 携帯電話の給餌ボタンを朝昼夕に1-4回の範囲で操作することで給餌を行った。これから, 5m規模の生簀でマア

ジを養殖する場合は、一台のウェブカメラで支障なく給餌できると言えた。

9月から12月にかけての徒手給餌及び遠隔給餌システムによる給餌は、図 e-1-3-1-7 に示したとおり、各々延47日間及び69日間行われ、このうち3日間については両方法で給餌がなされた。両方法の給餌時期に差異があるものの、1日当たりの平均給餌量は、各々0.91kg、0.46kgとなり、遠隔給餌システムでの給餌は、徒手給餌に比べ給餌量が約2分の1にとどまった。徒手採取が朝夕の2回に約290gのシャベル1杯分の配合飼料を数秒間で与えるのに対して、遠隔給餌システムでは1日に朝昼夕の3回ウェブカメラで摂餌状況を観察しながら30秒間にわたり120gの配合飼料を自動給餌器から噴霧して給餌する。遠隔給餌システムの活用により、漁業者に少ない負担で給餌回数を増やすと同時に給餌量を減らすことで、摂餌されない餌と漁港水面の水質悪化の低減に役立つ可能性が考えられた。



写真 e-1-3-1-3 徒手給餌に用いられる290g容量のシャベル。

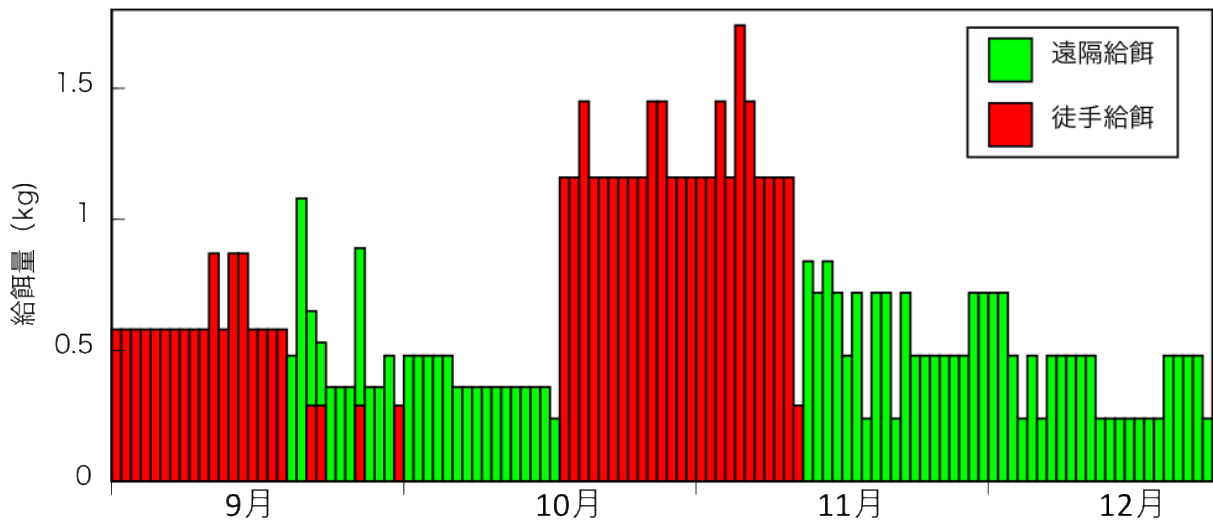


図 e-1-3-1-7 徒手及び遠隔給餌システムを利用した1日当たりのマアジ養殖に供した配合飼料の給餌量。

③ 経済性の検討

本実証試験を実施した北金ケ沢漁港沖防波堤は、陸に続いておらず島状に設置されており、系統電源を利用することができないため、システムの構築にあたり独立電源を配置した。なお、試験地は夏期には日射量が多く太陽光発電に適するものの、冬期には風雪を伴い日照時間が短くなることから、小型風力発電機と太陽光発電を組み合わせ

たハイブリット型電源を用いた。この結果、発電量に占める風車発電と太陽光発電の割合は、冬期においても太陽光発電が占める割合が高く、かつ安定していることが判明した（図 e-1-3-1-8）。当該独立電源の設備利用率や季節別発電量については、今後精査する予定であるが、これまでの観測からは、魚類養殖環境のモニタリング、保全、遠隔給餌システムの運用は、青森県深浦町のような北部海域にあっても、太陽光発電のみで必要な電力を賄えると考えられた。

さらに、本システムに装備した研究用観測機器や 1 台分のウェブカメラ装備を取り除くことで、図 e-1-3-1-9 に概要を示すシステムにより、漁港での魚類の養殖環境をモニタリング、保全、遠隔給餌できるものと考えられた。

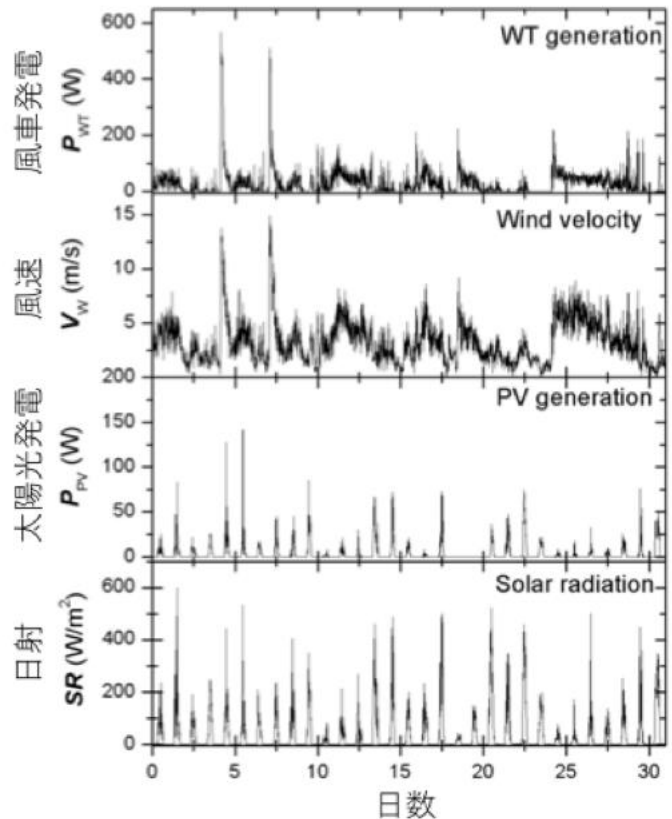


図 e-1-3-1-8 冬期における風車発電と太陽光発電の発電量と日射。

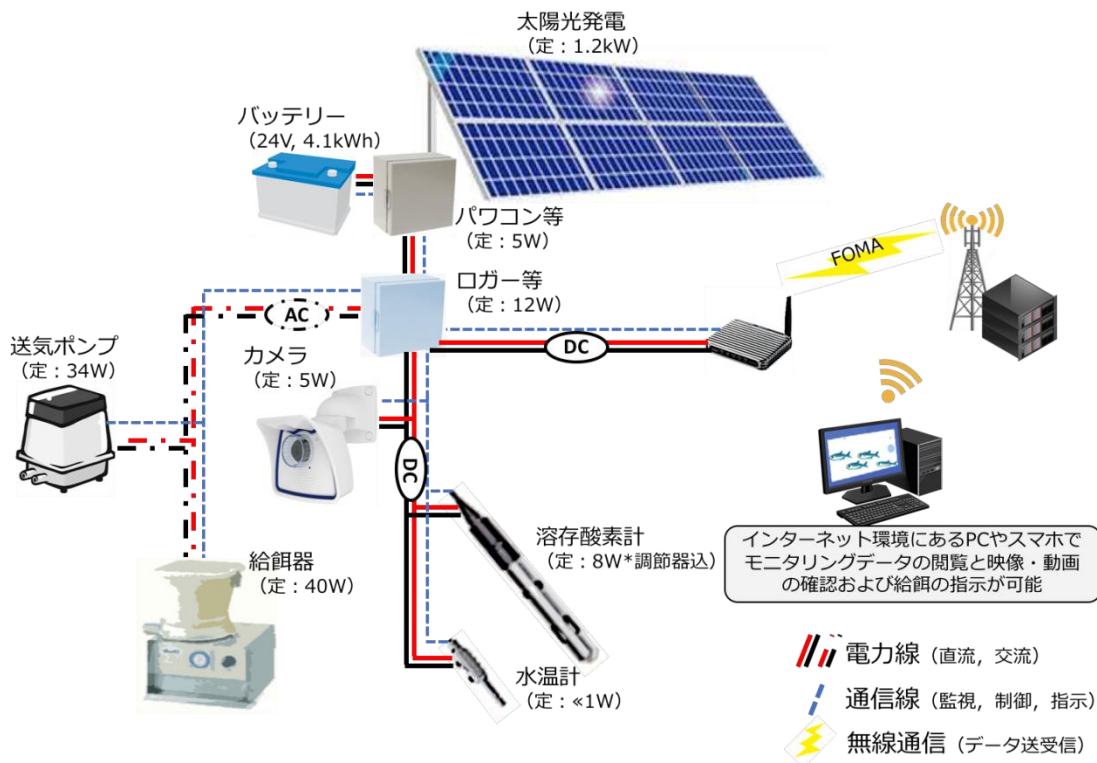


図 e-1-3-1-9 漁業者が北金ヶ沢漁港においてマアジ等の魚類の養殖環境をモニタリング、保全、遠隔給餌するシステムの概要

表 e-1-3-1-2 漁業者が魚類養殖環境をモニタリング，保全，遠隔給餌するシステムの経費

機器名(システム名/要素名)	価格 (千円)	内訳(千円)	設置コスト /交換コスト	耐用年数	
① 風力+太陽光ハイブリッド発電システム (Zephyr社パッケージ品)	(廃止)		-		
②' 1,2kW太陽光発電システム (既製品組合せでシステム化)	1,300		600		
増設) 太陽光パネルNU-300MC		交換/枚	110	80	20
増設) バッテリC-G-42		全交換(8個)	600	60	5~
変更) 充放電コントローラDC24V60A		入替	130	60	10
その他(リレー, ヒューズ, 制御ボックス)		交換	5~30	-	
③' モニタリング&給餌システム (既製品組合せでシステム化)	2,000		470		
変更) カメラ(1眼式 MOBOTIX-M26)		入替	180	50	
給餌器KS-15HH		入替	230	10	
送気ポンプAPN-110R		入替	30	-	5
溶存酸素計-センサCOP-DOS-20		入替	240	-	10
溶存酸素計-センサキャップ		定期交換	40	-	3
溶存酸素計-指示調節計		入替	260	40	20
水温計-センサPt, class-A		入替	41	10	20
データロガー-C-CR1000-4M		入替	324	80	7
避雷器C-PT30		入替	60	40	
追加) インバータ(100Wクラス)		入替	30	10	10
通信機器(アンテナ, ルータ等)		入替	105	20~30	
その他(リレー, ヒューズ, ケーブル等)		交換	1~8	-	

このシステムの構築に必要な経費は，表 e-1-3-1-2 に示すとおり，430 万円程度と見込まれた。なお，太陽光パネルとモニタリング等システムについては，それぞれ設置費を 60 万円，47 万円と見積もったが，これらを同時に設置することで設置コストを大幅に節減できる可能性があることから，現在，経費を精査している。ほかに，通信費，サーバ管理費をそれぞれ年間 60 千円，30 千円要するが，監視用のウェブカメラの画質を低減することで通信費を 36 千円に低減させることが可能である。また，本システムは，2 に示すとおり，給電システムに 190 万円，モニタリングや遠隔給餌システム等に 247 万円を要すると見積もられた。

一方，マアジ養殖に要した経費は，配合餌料が徒手給餌，遠隔給餌システムの利用で 1 か月あたり各々約 30kg，15kg 程度であったため各々約 7,600 円，3,800 円程度と見積もられた。徒手給餌の場合，漁船を用いるため漁船の減価償却や燃油，自家労賃を計算する必要がある。なお，徒手給餌では，漁港内の移動に 1-2 分間，給餌及び死魚除去に 3-5 分間し要していることから，計 10 分間程度の作業時間を要した。これに対して，遠隔給餌システムを用いた場合，漁業者が操業中や自宅において携帯電話を操作したため，給餌のために漁船を使わなかった。遠隔給餌に要する経費は，表 e-1-1-2 からは監視カメラと給餌器の設備費及び設置費を合わせた 47 万円程度と見積もられる。マアジ養殖が継続中であることから，今後の実証試験の結果を合わせて，遠隔給餌システムを用いた場合の総合的な経済性を徒手給餌と比較検討する予定である。また，本実証試験で養殖したマアジの一部がはえ縄漁業の餌料に供されたが，北金ヶ沢漁港のマ

グロはえ縄漁業者は、はえ縄漁業の餌料にマアジを用いる場合、概ね全長 15 cm、体重 30g 以上のサイズのものを出漁あたり 200 個体程度の生き餌を準備すると話す。生き餌を購入しているマグロはえ縄漁業者も多いため、今後、マアジを餌料用に供給した場合の経済性についても検討する予定である。

f. 今後の課題

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-3 現地実証

1-3-1 漁業者による漁港を活用した魚類養殖参入促進のための実証試験

本実証試験の結果、養殖環境のモニタリング、保全、遠隔給餌システムを用いることで、漁業者が漁港水面において小規模な魚類養殖に参入できる可能性が示唆された。即ち、水深が浅く異常気象等の影響で高水温になる可能性のある漁港水面では、あらかじめ養殖する魚種の生息上限に近い水温をモニタリングシステムに設定することで、漁業者がスマートホンに警報を受け、斃死発生の直前に養殖魚を収穫、販売することができるようになると考えられた。また、閉鎖性が高く、漁港水面が固有水となって DO の極端な低下を招く可能性がある漁港水面では、養殖魚種の生息下限に近い DO の値を同様にモニタリングシステムに設定することで斃死発生前に収穫できるほか、送気ポンプを連動させる水質保全システムを稼働させることにより、養殖魚の活力低下を一時的にせよ回避できると考えられた。さらに、遠隔給餌システムにより、試験地とした北金ヶ沢漁港のように、風波の影響を大きく受ける漁港水面では、時化の場合でも養殖魚に給餌できるようになると言えた。以上のとおり、本システムは、以上のような水深が浅い、閉鎖性が高い、波浪の影響を受けやすいような条件を持つ漁港水面での魚類養殖において、有効な技術になると思われた。

一方、試験地とした北金ヶ沢漁港の沖防波堤は、系統電源を欠くため本システムの設置には独立電源を準備する必要があった。仮に、漁業者が漁港内で系統電源を得られる場合、本システムの構築経費のうち 43.4% を占める給電設備が不要になり、20 円/kWh 前後の電力使用料、つまり 1 ヶ月数百円程度で本システムを運用できるようになる。漁港管理者による漁業者への給電施設や体制の整備により、漁港水面において経済性の高い魚類養殖が実現できる可能性がある。

また、本試験ではマグロはえ縄漁業の餌料用マアジについて養殖環境のモニタリング、保全、遠隔給餌システムの実証を試みたが、今後、寒海性魚であるマホッケの養殖に取り組むことで、漁港水面を利用した多様な魚種の養殖を実証する。

1 - 3 現地実証

1 - 3 - 2 漁港水域の環境条件の把握と利用選定方法に関する実証試験

d. 方法

1-3 現地実証

1-3-2 漁港水域の環境条件の把握と利用選定方法に関する実証試験

漁港数が比較的多く、内房は東京湾内湾に、外房は太平洋外海に面し、増養殖や出荷調整の選択肢が多いと思われる千葉県を候補とし、千葉県水産総合研究センターや千葉県館山水産事務所と相談を行い、漁港水域に有効活用可能な水域を有し、アワビ養殖やサバ畜養に取り組んだ経験があるなど、新たな取組について意欲のある岩井富浦漁業協同組合（岩井富浦漁協）が利用する小浦漁港にて、現地実証試験を行うこととした。実証試験に関する詳細の取組内容については、岩井富浦漁協、千葉県水産総合研究センター、館山水産事務所、南房総市、水産工学研究所で協議することにした。



(1) 実証試験の内容の検討

岩井富浦漁協の副組合長及び理事、千葉県水産総合研究センター研究員、千葉県館山水産事務所職員に集ってもらい、当初及び小浦漁港水域の環境調査結果中間報告後の2回、意見交換を行い、実証試験の内容について検討した。

(2) 小浦漁港の水域の環境調査

実証試験の内容を検討する際の基礎情報として、夏から冬にかけての小浦漁港の水域環境を把握した。

具体的には、水温、塩分については、図 d-1-3-2-1 の St. a~c の3点で、図 d-1-3-2-2 のように防波堤から DL-0.5m の位置に計測機器を設置し、8月1日から11月28日の間計測を行った。D0、クロロフィル a 濃度、濁度については、St. c の1点で上記と同様の方法で、8月26日から9月10日の間（朔望の16日間）計測を行った。



- | | | |
|-----------------------|---------------|----------------|
| St. a : 外海付近 | 北緯 35.0802920 | 東経 139.8369097 |
| St. b : 港口付近 | 北緯 35.0797106 | 東経 139.8370760 |
| St. c : 港奥付近 (実証試験予定) | 北緯 35.0793950 | 東経 139.8370200 |

図 d-1-3-2-1 小浦漁港水域の水温等計測位置

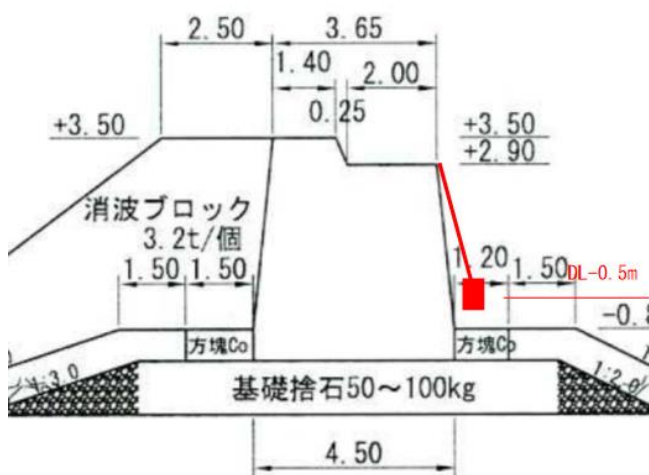




図 d-1-3-2-2 小浦漁港水域の水温等計測方法

また、図 d-1-3-2-3 の St. 1~4 の 4 点で、海水温が上昇し、生物の活動が活発になる夏季の 8 月 20 日に底質採取を行い、底質直上水の DO 濃度変化を計測することで底質からの酸素消費速度を把握するとともに、底質の粒度分布と強熱減量の計測を行った。また、底層水の栄養塩分析を行った。

底質のサンプリングについては、透明アクリル製コアサンプラー（内径 11cm×長さ 50cm）を海底に約半分の高さまで突き刺し、各測点において 1 本ずつ未攪乱底質コアおよび直上水を採取した（図 d-1-3-2-5）。採取した底質の高さは、St. 1~4 でそれぞれ約 26、25、27、27 cmであった。採取した直上水の一部は栄養塩濃度の計測のため、コア内からシリンジで静かに取り出し、フィルター（マイレクス-HA フィルター、目合い $0.45\mu\text{m}$ ）で濾過した後、6 ml 容器 3 本に分けて速やかに冷凍した。採取したコアは冷蔵し、栄養塩計測用海水と合わせて水産工学研究所に持ち帰った。底質採取地点の最低水面時の水深、水温を表 d-1-3-2-1 に示す。

その後、未攪乱底質コアの直上水の DO 濃度の経時変化を実験室内で計測した。各測点において、未攪乱底質コアの直上水を静かに排水し、アスピレーターを用いて、ガラス繊維濾紙（GF/F フィルター、ワットマン、粒子保持能： $0.7\mu\text{m}$ ）で濾過した（図 d-1-3-2-7）。直上水を排水した未攪乱底質コアは、採取地点の水温である 25°C に設定したウォーターバス内に設置し、底質表面の温度が 25°C になるまで加温した。また、底質表面に目視できた大きさ 1 cm 以上の生物を静かに取り除いた。濾過した直上水はそれぞれサーモスタットに接続したヒーターで 25°C に調温し、曝気をした後、水質計（3020、YSI）で水温、DO 濃度および塩分を計測した。直上水の塩分は $33.0\sim 33.6$ であり、水温が $21.5\sim 25.7^{\circ}\text{C}$ 、DO 濃度が $6.69\sim 6.84\text{ mg/L}$ （ $92.8\sim 93.5\%$ ）となった後、それぞれの未攪乱底質コア上に静かに戻した。DO 水温計（DM-32P、東亜 DKK、精度 $\pm 0.03\text{ mg/L}$ ）を底質直上約 2 cm 地点に設置するとともに、攪拌機（ミニ攪拌機 MS-1n、アズワン）を用いて、直上水の DO 濃度が一定になるように、底質が巻き上がらない程度（ $114\sim 124\text{ 回転/min}$ ）に攪拌した（図 d-1-3-2-8）。コアに流動パラフィンを少量加えて水表面に薄い油膜を作り、水表面からの再曝気を抑制した。DO 濃度の測定はウォーター

ーバス内で水温 25°Cの暗条件下で、1.5 分間隔で 1222.5 分間行った。

実験終了後、底質に付着しないように流動パラフィンを丁寧に取り除き、底質が巻き上がらないように直上水を排水した。その後、円形プラスチック容器（直径 5 cm×高さ 3 cm）を用いて、表面から深さ 3 cmの底質を採取し-35°Cで冷凍保存後、強熱減量と粒度組成分析に供した。底質採取後、表面 5 cm の底質をコアから取り出し、大きき 1 cm 以上の生物の有無を調べた。冷凍した底質は解凍後よく攪拌し、一部を強熱減量の計測に用いた。また、レーザ回折式粒子径分布測定装置（SALD-3100、島津製作所）を用いて、底質の粒度分布を体積比で計測し、中央粒径（Md）、淘汰度（ $\sigma 1$ ）、シルト・粘土含有率（%, <63 μm ）調べた。ただし、淘汰度（ $\sigma 1$ ）は値が大きくなるほど、底質を構成する粒子の粒径にばらつきがあることを示す。



St. 1 : 外海	北緯 35. 080714	東経 139. 837105
St. 2 : 港口	北緯 35. 079702	東経 139. 837335
St. 3 : 港奥（実証試験予定）	北緯 35. 078972	東経 139. 837271
St. 4 : 荷さばき所前	北緯 35. 078932	東経 139. 838063

図 d-1-3-2-3 小浦漁港水域の底質採取位置



図 d-1-3-2-4 底質採取状況

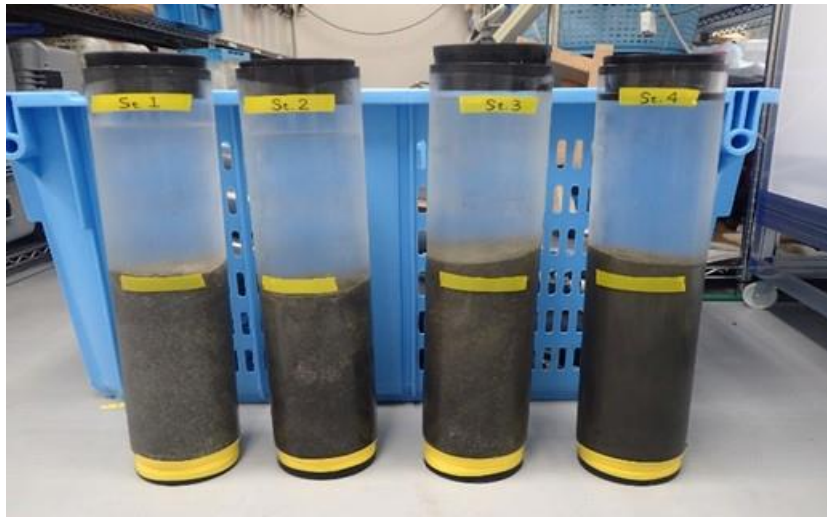


図 d-1-3-2-5 採取した底質コア

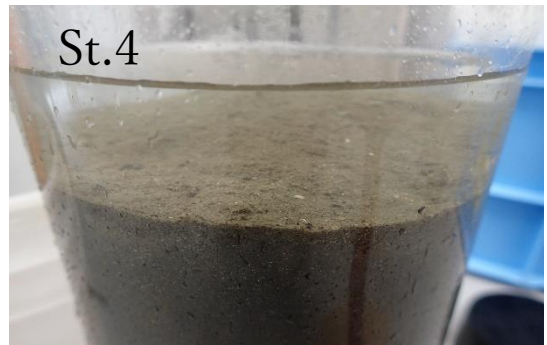
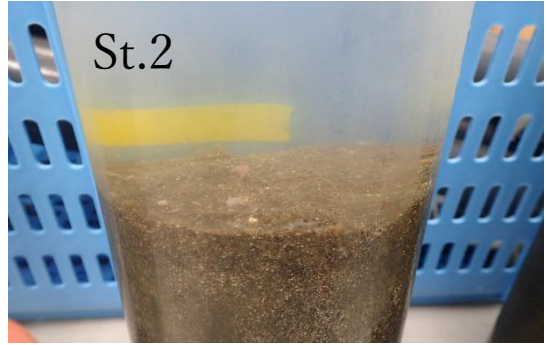
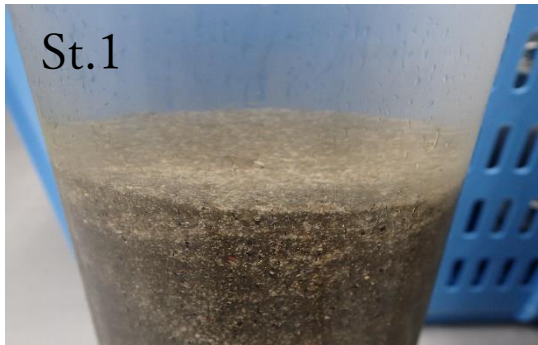


図 d-1-3-2-6 採取した底質コア（底質表面拡大）

表 d-1-3-2-1 底質コア採取地点の最低水面時の水深、水温

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
水深(m)	3.5	2.4	2.2	2.6
水温(°C)	25	25	25	25

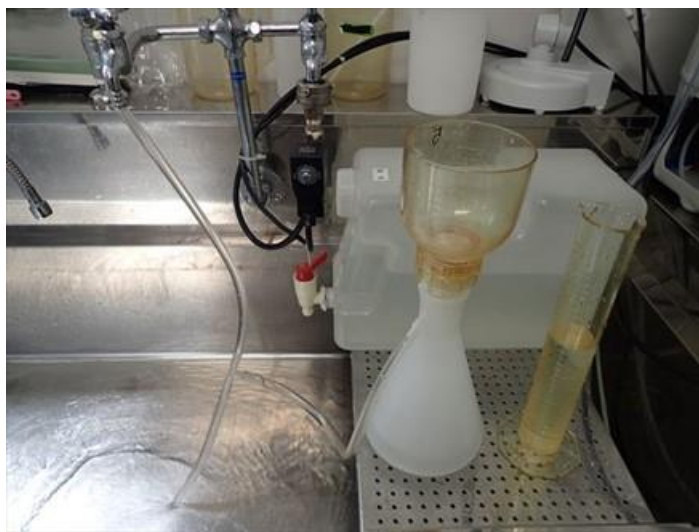


図 d-1-3-2-7 アスピレーターを用いた濾過の様子

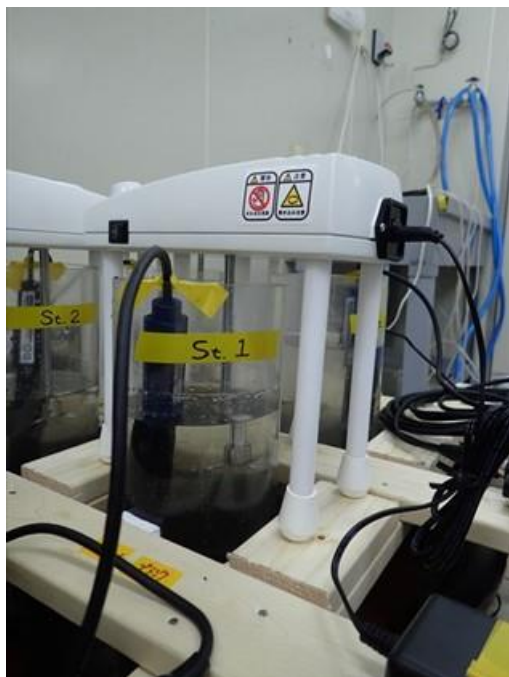


図 d-1-3-2-8 DO 消費実験の様子

更に、小浦漁港の水域で増養殖等の実証試験を行うにあたり、適地を選定する際の基礎資料として、小浦漁港の水域の水深、底質の性状、海底障害物等の状況を平成 31 年 1 月 7 日に調査した。調査には岩井富浦漁業協同組合所属の船外機船 1 隻を使用した。

調査方法は、図 d-1-3-2-9 に示す範囲内において、約 10m 間隔で水深を測定できるように測線を設定し、LOWRANCE 社製の GPS 付音波測深機 HDS9 型を使用して船位及び水深を測定した。水深測定時には、港内にて水位を観測し、潮位補正データを取得した。測線の航走時には水中ビデオを船舷に取り付け、海底状況を撮影した。また、西側の防波堤及び東側の護岸際では約 10m 間隔で、水深の測定及び水中状況の撮影を行った。以上の調査により、小浦漁港の水域の水深図 (T.P. 基準)、底質分布図、海藻分布図、障害物位置図を作成した。

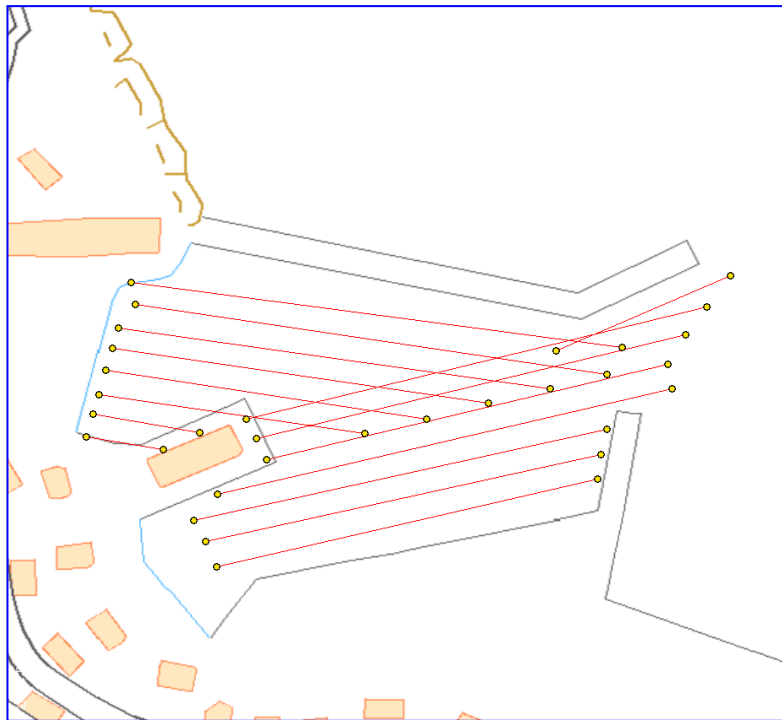
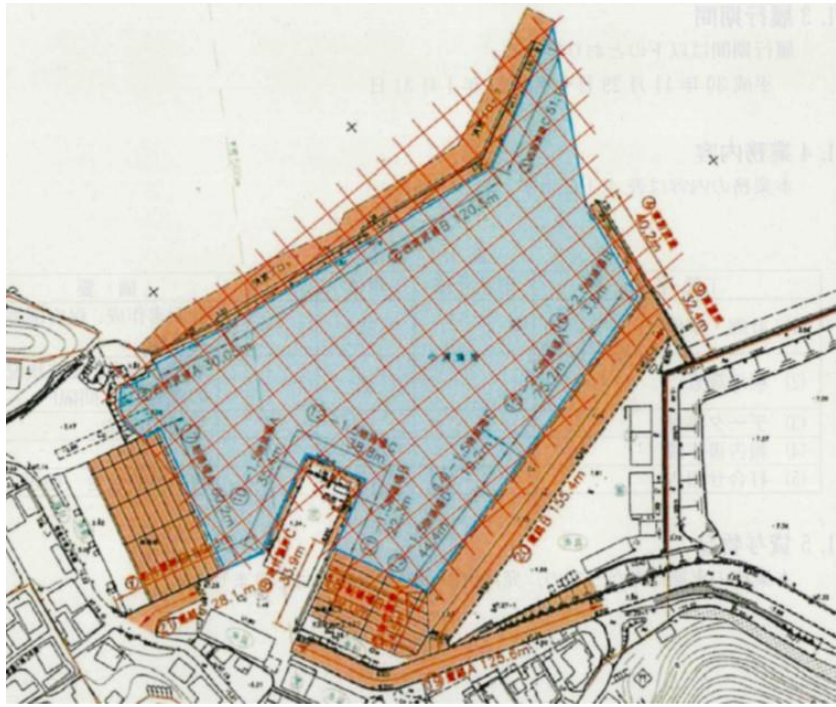


図 d-1-3-2-9 調査位置図（水色が調査対象範囲、赤線は10mメッシュイメージ）と調査側線計画図

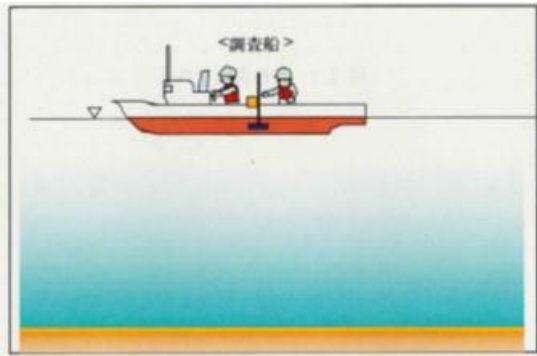


図 d-1-3-2-10 調査状況概要 図 d-1-3-2-11 LOWRANCE 製 GPS 付音波測深機 HDS9 型

(3) 小浦漁港の実証試験の計画案

小浦漁港の水域を活用して実証試験として、岩井富浦漁協の関係者と意見交換を行った。漁協関係者からの要望を踏まえ、出荷調整のための魚類の小規模無給餌畜養、ハバノリの養殖試験とウニの肥育試験を実証試験の候補とし、千葉県館山水産事務所と相談し、試験方法を検討した。

結果

(1) 実証試験の内容の検討

5月18日の意見交換では、岩井富浦漁協の副組合長及び理事らより、出荷調整のための魚類の小規模無給餌畜養、小型サザエの蓄養、ムラサキウニの肥育、海藻養殖、マダイやヒラメの放流効果を高める場の利用等の提案があった。漁業者からの要望は、出荷調整のための魚類の小規模無給餌畜養、ハバノリの養殖試験、ウニの肥育試験の順に強く、要望が最も強かった、出荷調整のための魚類の小規模無給餌畜養試験を行うこととした。

なお、以下の表 e-1-3-2-1 は、(2)の小浦漁港の水域の環境調査結果と、環境調査項目に対応したムラサキウニの飼育の際の留意点をまとめたものである。

表 e-1-3-2-1 小浦漁港の水域の環境調査結果と、環境調査項目に対応した
ムラサキウニの飼育の際の留意点

環境調査項目	小浦漁港水域の環境調査結果	ムラサキウニに関する留意点	その他留意点
水温	最大 29℃ 最小 18℃ (8/1-11/29)	生殖巣は 15℃の恒温条件下では成熟しないが、20℃～25℃の恒温条件下では成熟する ¹⁾	
塩分	最大 34.4 最小 30.4 (8/1-11/29)		降雨時の河川水が港内に流入する可能性に留意
DO	11.4-5.38 mg/L (8/26-9/10)	内湾漁場の夏季底層において最低限維持しなくてはならない溶存酸素は 4.3mg/L ²⁾	
クロロフィル	最大 8.5 µg/L 最小 2.2 µg/L (8/26-9/10)		
濁度	最大 38.1 FTU 最小 1.8 FTU (8/26-9/10)		
栄養塩	無機態窒素(N) 港口 7.41 港奥 ND 無機態リン(P) 港口 0.41 港奥 0.78		
流れ	港口 あり 港奥 小さい		
底質	シルト含有率 港口 7.2% 港奥 33.7%		

参考文献

- 1) 水産増養殖システム貝類・甲殻類・ウニ類・藻類、恒星社厚生閣
- 2) 水産用水基準（2018年版）、公益社団法人日本水産資源保護協会

(2) 小浦漁港の水域の環境調査

図 e-1-3-2-1 は 8 月 1 日から 11 月 28 日の間の小浦漁港水域の各地点の水温の推移で

ある。この間の水温の最大値は、St. a～c でそれぞれ、28.8℃、29.3℃、28.9℃、最小値はそれぞれ、19.0℃、18.6℃、18.6℃であった。St. a～c の水温の変化はほぼ一致しており、外海（St. a）に比べ港内（St. b, c）が極端に高く又は低くなることはなかった。なお、外海の水温の下がり方に比べ、港内の下がり方が小さい時があった。

8月8日付近で、水温が大きく低下することがあった。この時期について、小浦漁港に近い館山観測所の風速風向データを確認したところ、図 e-1-3-2-2 のとおり、南向きで風速の大きい風が吹いていることがわかった。小浦漁港の港口は北側にあるため、風の影響で、外海から港内に向けて水温の低い海水が流入した可能性がある。

また、小浦漁港の外海付近でアワビ養殖が行われており、この水温の状況下で問題は生じていない。水温が 30℃近くになっても、高水温が継続せず、上下を繰り返していたためと考えられる。

小浦漁港の水域で増養殖や出荷調整を行うにあたり、対象種の生息可能水温を確認する必要があるが、外海と比べ港内が極端に高水温又は低水温になることはないことから、外海に生息している種を対象とすれば、水温については問題ないと考えられる。

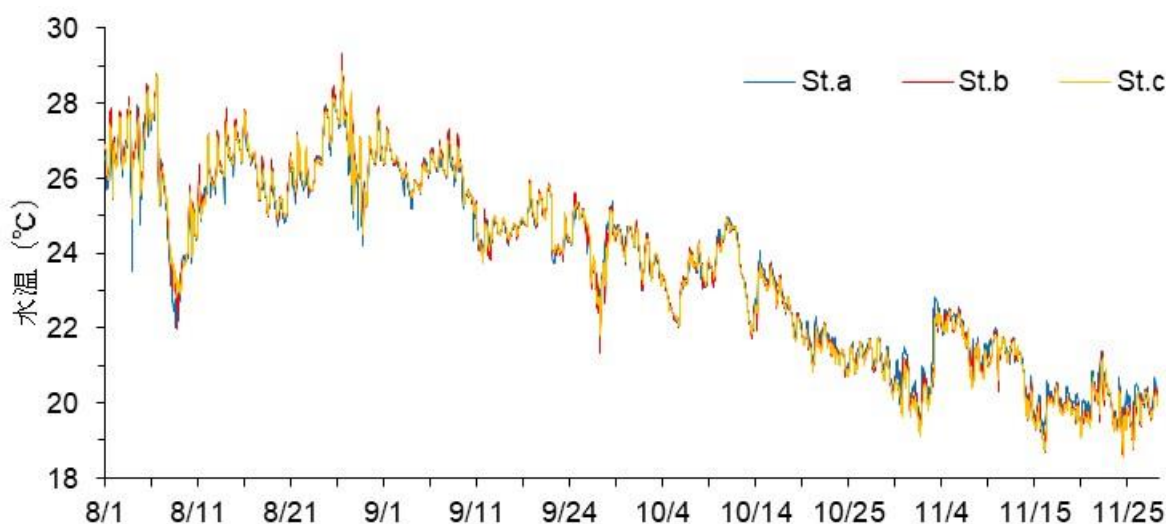


図 e-1-3-2-1 小浦漁港水域の各地点の水温の推移 (8/1～11/28)

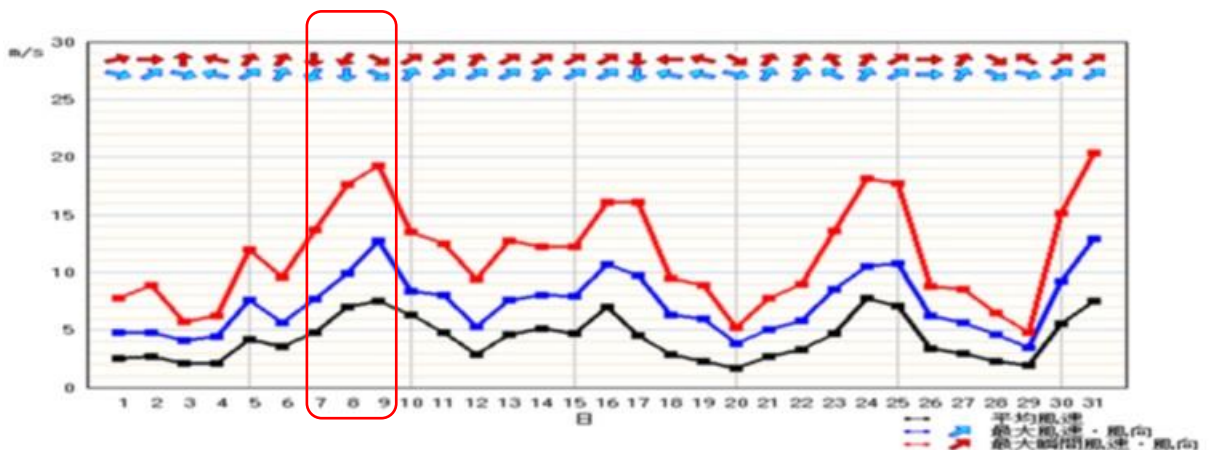


図 e-1-3-2-2 館山観測所の風速風向データ (8/1~8/31)

図 e-1-3-2-3 は、8月1日から11月28日の間の小浦漁港水域の各地点の塩分の推移である。この間の塩分の最大値、最小値、平均値は表 e-1-3-2-2 のとおりである。図 e-1-3-2-3 から、外海 (St. a) に比べ港内 (St. b, c) は若干高い傾向にあることが分かった。また、塩分が大きく低下する時期が複数あったが、館山観測所の日合計降水量のデータ (図 e-1-3-2-4) と比較すると、ほぼ降雨日と一致していた。小浦漁港の北東方向約 1 km に岩井川があり、降雨時に河川水が漁港水域に流れ込んでくる可能性が考えられる。

小浦漁港の水域で増養殖や出荷調整を行うにあたり、外海と比べ港内の塩分は若干高い傾向にあるものの、生物の生息に影響を及ぼすほどの高塩分になることはないと考えられる。一方、降雨時に河川の影響と思われる塩分低下が発生することが分かった。漁業者の話では河川水が海域表面を流れてくることがあるとのことである。そのため、対象種の生息可能塩分を把握し、塩分低下の影響が予想される場合には、養殖深度を深くする等の対策が必要になると考えられる。

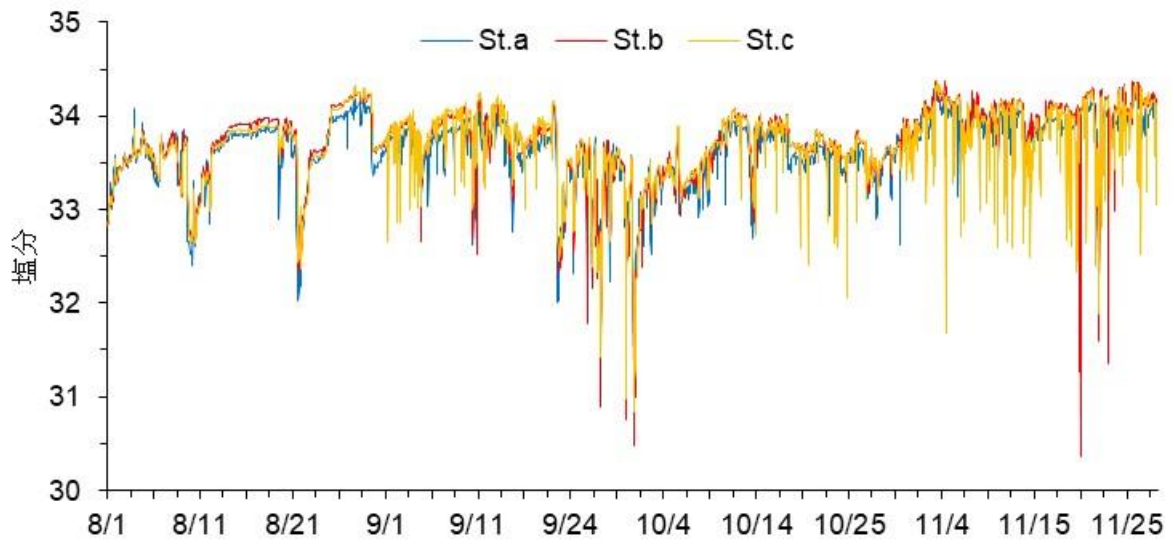


図 e-1-3-2-3 小浦漁港水域の各地点の塩分の推移 (8/1~11/28)

表 e-1-3-2-2 小浦漁港水域の各地点の塩分の最大値、最小値、平均値 (8/1~11/28)

	最大値	最小値	平均値
St. a	34.3	30.5	33.6
St. b	34.4	30.4	33.7
St. c	34.4	30.8	33.7

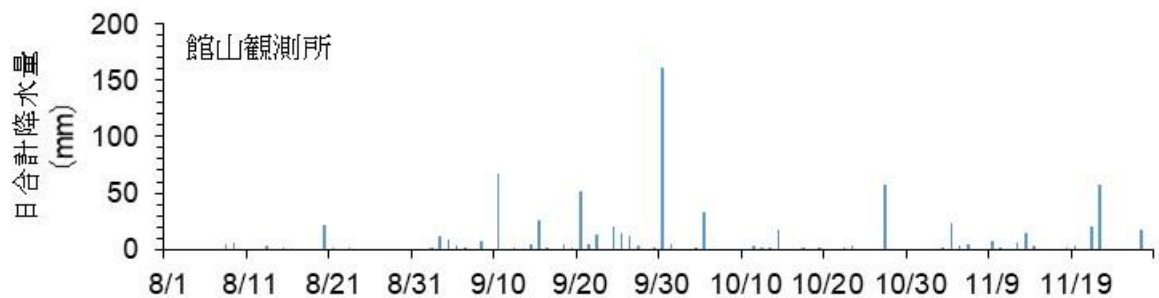


図 e-1-3-2-4 館山観測所の日合計降水量 (8/1~11/28)

図 e-1-3-2-5 は、8月26日から9月10日の間（朔望の16日間）の小浦漁港水域の St. c における D0 の推移である。9月7日以降に D0 が異常に高い値を示しているが、自然界ではありえない数値であり、原因として計測機器の近くを漁船が航行したことによる気泡の付着等が考えられるが、詳細は不明である。数値が安定している8月26日から8月31日をみると、およそ 11 mg/L から 6 mg/L の間で上下を繰り返しており、この間の最大値は 11.4 mg/L、最小値は 5.74 mg/L であった。1日のうち、D0 が高くなるのは昼頃、低くなるのは明け方であった。

水産用水基準によると、内湾漁場の夏季底層の最低値は4.3mg/Lとされているが、小浦漁港の夏場のDOはこれ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。

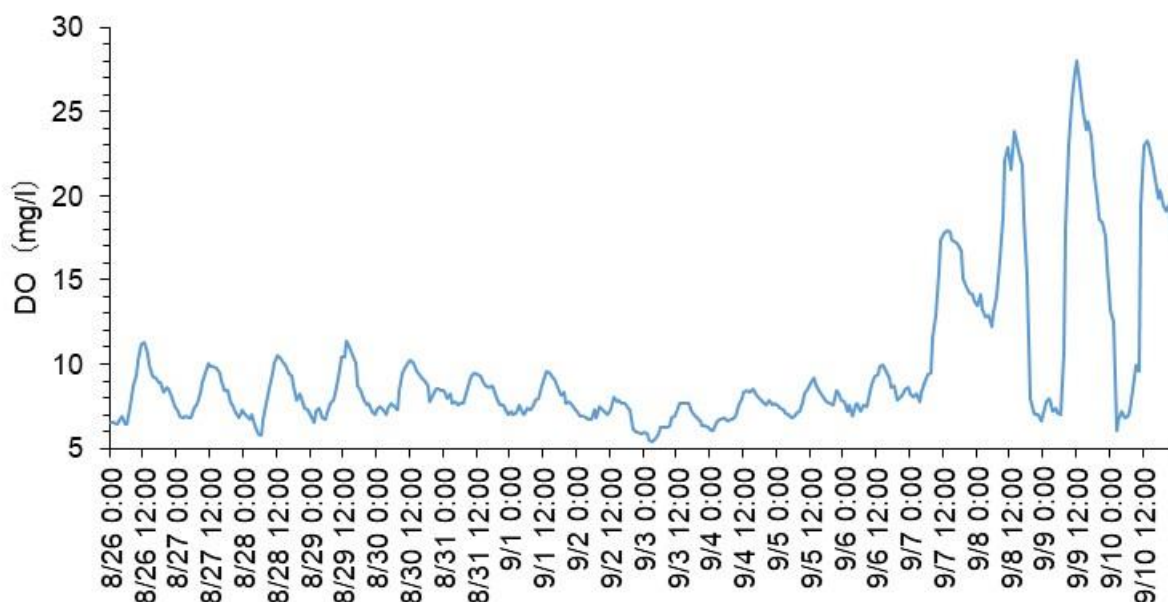


図 e-1-3-2-5 小浦漁港水域の St. c の DO の推移 (8/26~9/10)

図 e-1-3-2-6 及び図 e-1-3-2-7 は、8月26日から9月10日の間（朔望の16日間）の小浦漁港水域の St. c におけるクロロフィル a 濃度と濁度の推移である。植物プランクトンが多い場合には濁りも増加するため、両者のグラフの推移の傾向がほぼ一致した。クロロフィル a 濃度については、9月3日から4日にかけて大きく上昇したものの、概ね2~5mg/Lの範囲となっている。濁度については概ね3~10FTUの範囲となっている。大潮時（グラフの両端）に高く、小潮時（グラフの中央）に低い傾向がみられ、潮汐流によって港内が攪乱された可能性が考えられる。

小浦漁港の水域で増養殖や出荷調整を行うにあたり、対象を海藻類にした場合、クロロフィル a 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。また、濁度が高い場合、光量が不足する可能性がある。今回の調査データ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 a 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。

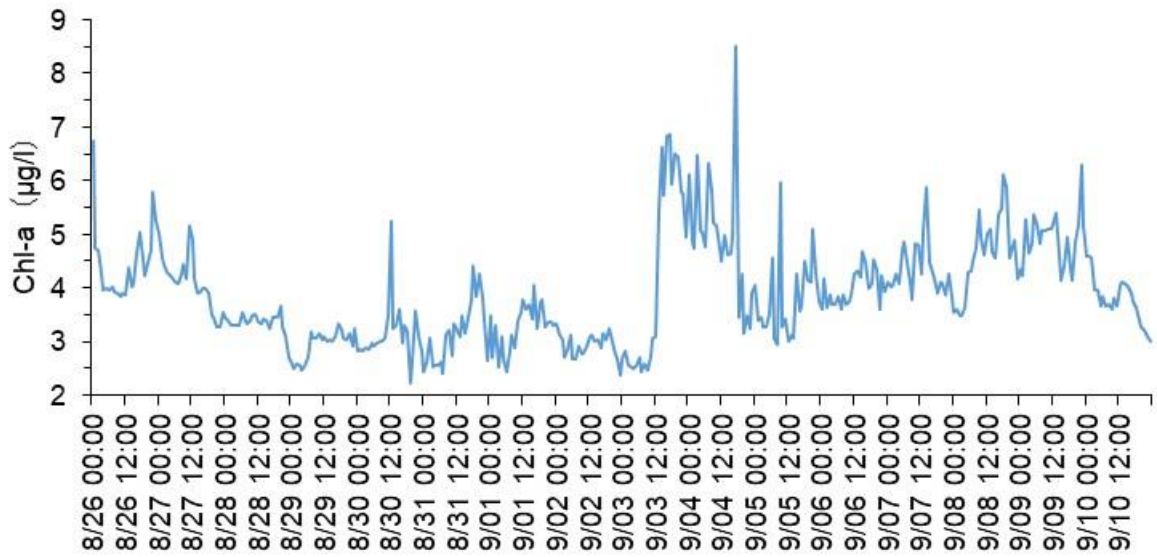


図 e-1-3-2-6 小浦漁港水域の St. c のクロロフィルの推移 (8/26~9/10)

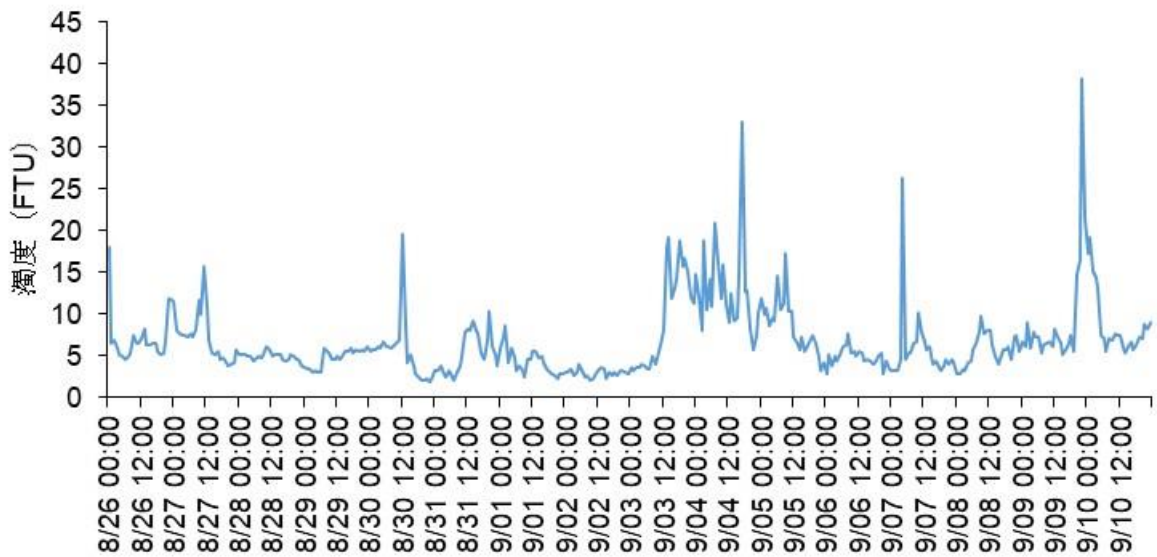


図 e-1-3-2-7 小浦漁港水域の St. c の濁度の推移 (8/26~9/10)

8月20日に採取した小浦漁港の水域の底質の様子は図 e-1-3-2-8 のとおりである。また、各測点における中央粒径、シルト含量率(%, $63 \mu\text{m}$)、淘汰度(σ)を表 e-1-3-2-3 に示す。中央粒径は St. 2、1、3、4 の順に大きく、底質は St. 1、2 では中粒砂、St. 3 では細粒砂、St. 4 では極細粒砂であった。シルト含有率は St. 4、3、2、1 の順に大きかった。特に St. 4 では硫化物と思われる黒色の泥が観察された。各測点における底質の強熱減量(%)は St. 1 で 2.80%、St. 2 で 2.97%、St. 3 で 4.48%、St. 4 で 5.05%とな

り、St. 4、3、2、1の順に多かった(図 e-1-3-2-9)。また、各測点における栄養塩濃度を表 e-1-3-2-4 に示す。

酸素消費速度の計測開始前には St. 2 でヒトデ(図 e-1-3-2-10a)、St. 3 で多毛類(図 e-1-3-2-10b) 各1個体を取り除いた。計測終了後には、St. 1~3 で中身のない貝殻が、それぞれ1、3及び1個体、並びに St. 3 で斃死した二枚貝類1個体および生存している多毛類1個体が観察された(図 e-1-3-2-10c)。また、St. 2 と3 では底質表面にヨコエビ類が多く見られた。

St. 1~4 における未攪乱底質コア上の直上水の DO 濃度の経時変化を図 e-1-3-2-11 に示す。St. 1 と4、St. 2 と3 で同様の DO 濃度変化を示し、St. 2 と3 では実験開始から約 850 分で無酸素状態となった。実験中の 30 分毎の酸素消費速度 (O_2 mg/m²/h) は実験開始直後に大きく、時間を経るにしたがって小さくなる傾向がみられ、最大速度は St. 1~4 でそれぞれ 85.4、112.0、91.3、61.9 O_2 mg/m²/h であった(図 e-1-3-2-12)。

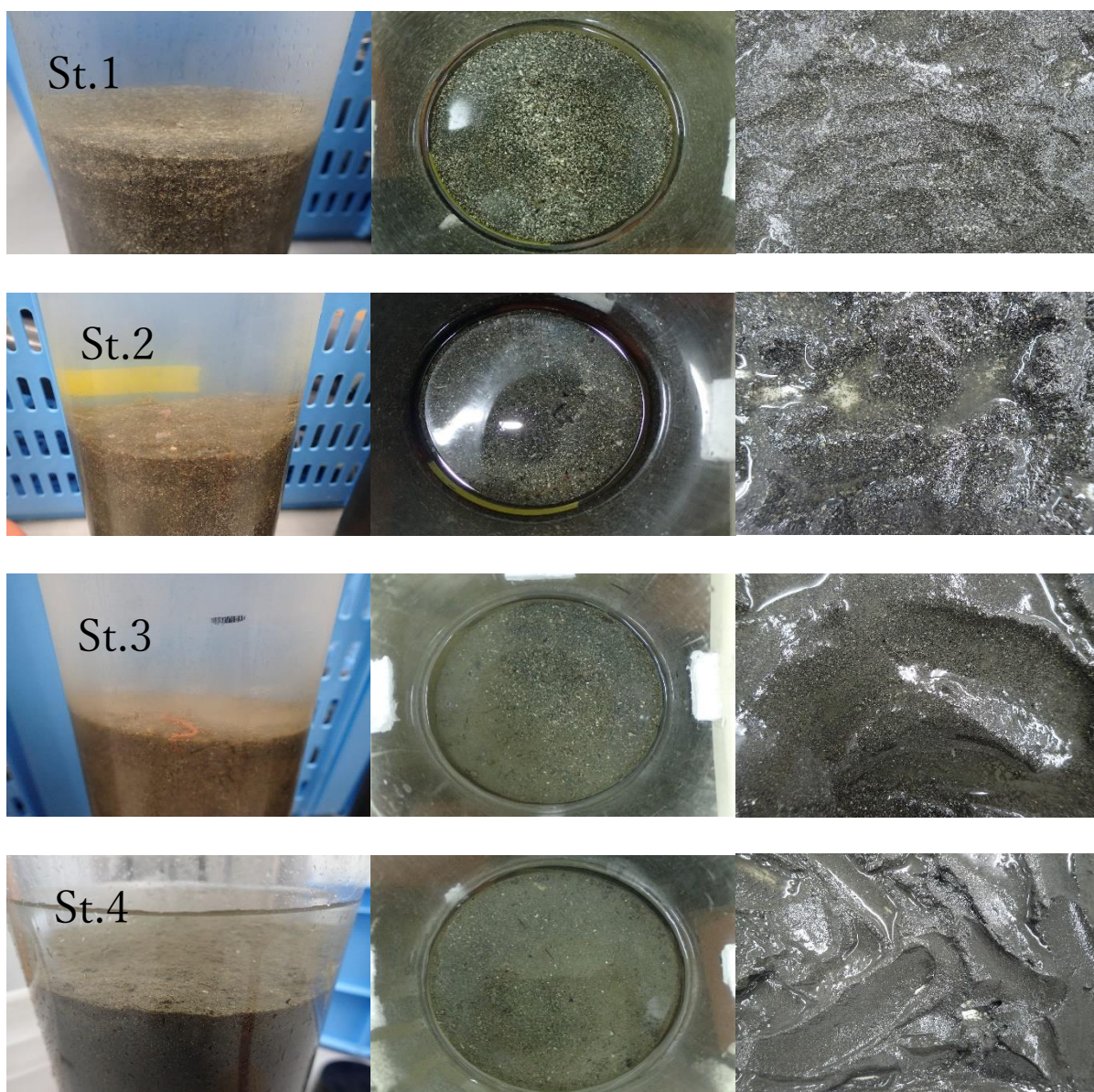


図 e-1-3-2-8 底質の様子

表 e-1-3-2-3 底質の粒度分布中央粒径、シルト含有率 (%、 $<63 \mu\text{m}$)、淘汰度 ($\sigma 1$)

調査地点	中央粒径 (μm)	シルト含有率 (%)	淘汰度 ($\sigma 1$)
St. 1	329.5	0.0	0.40
St. 2	375.0	7.2	1.48
St. 3	158.9	33.7	2.62
St. 4	93.7	41.2	2.69

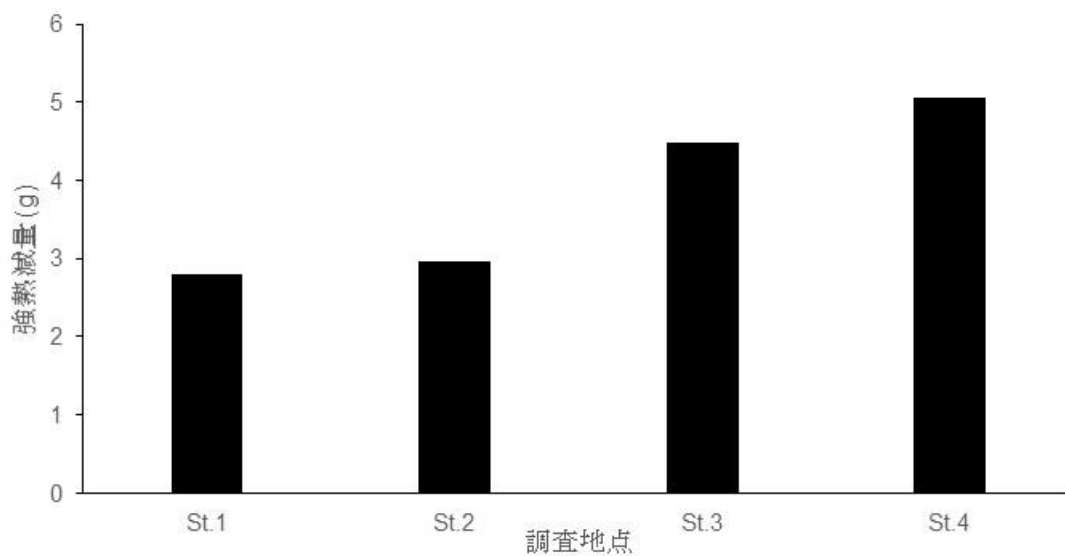


図 e-1-3-2-9 各測点の底質の強熱減量

表 e-1-3-2-4 栄養塩濃度

調査地点	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ + NO ₃ +NH ₄ -N	PO ₄ -P
St. 1	0.23	1.51	3.75	5.48	0.18
St. 2	0.19	2.22	5	7.41	0.41
St. 3	0.18	1.86	ND	ND	0.78
St. 4	0.18	1.64	5	6.82	0.39

*ND: No data

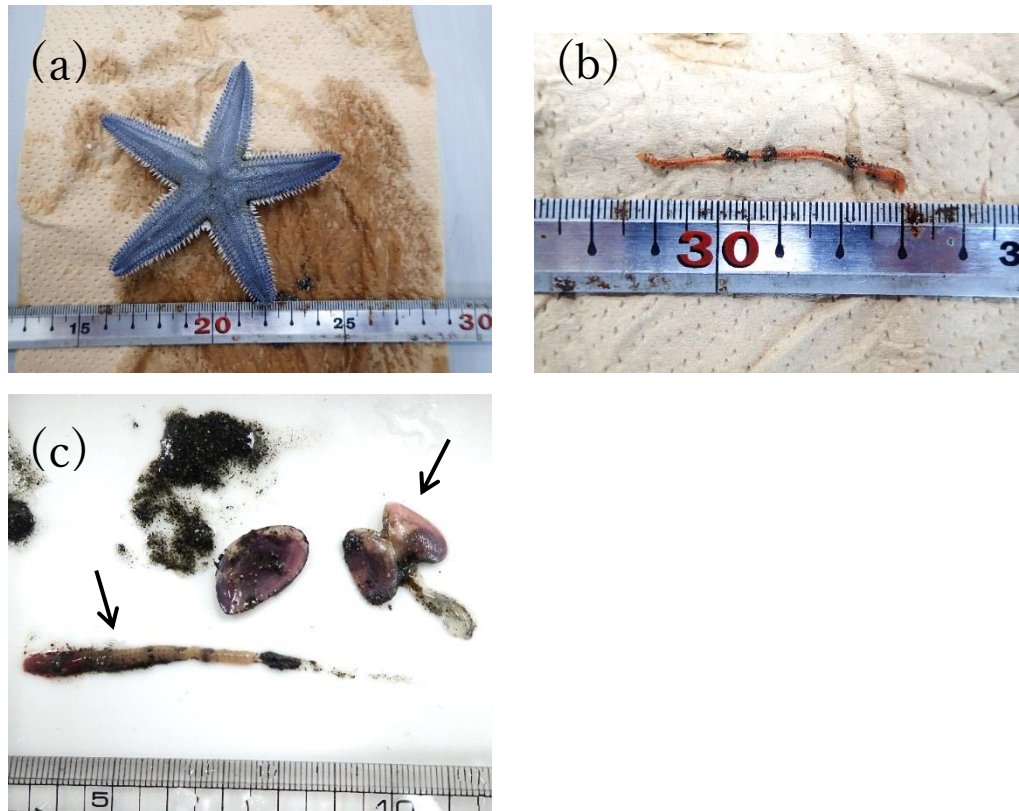


図 e-1-3-2-10 底質表面に観察された大きさ 1 cm以上の生物。計測開始前：(a) St. 2 : ヒトデ類 1 個体、(b) St. 3 : 多毛類 1 個体、計測終了後：(c) St. 3 : 二枚貝類 1 個体と多毛類 1 個体 (矢印)

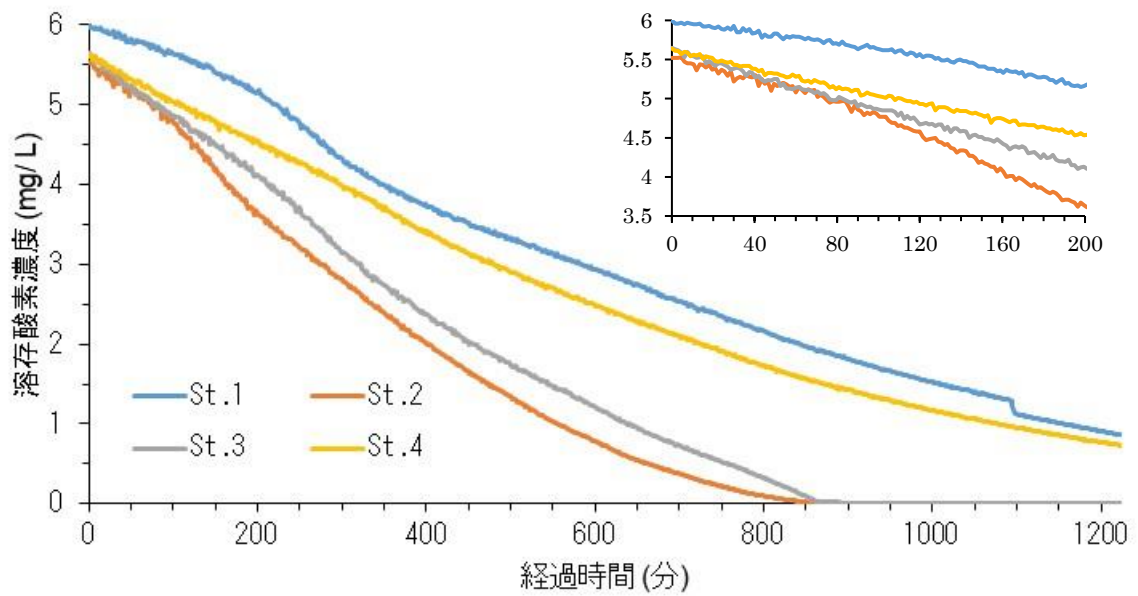


図 e-1-3-2-11 DO 濃度の経時変化

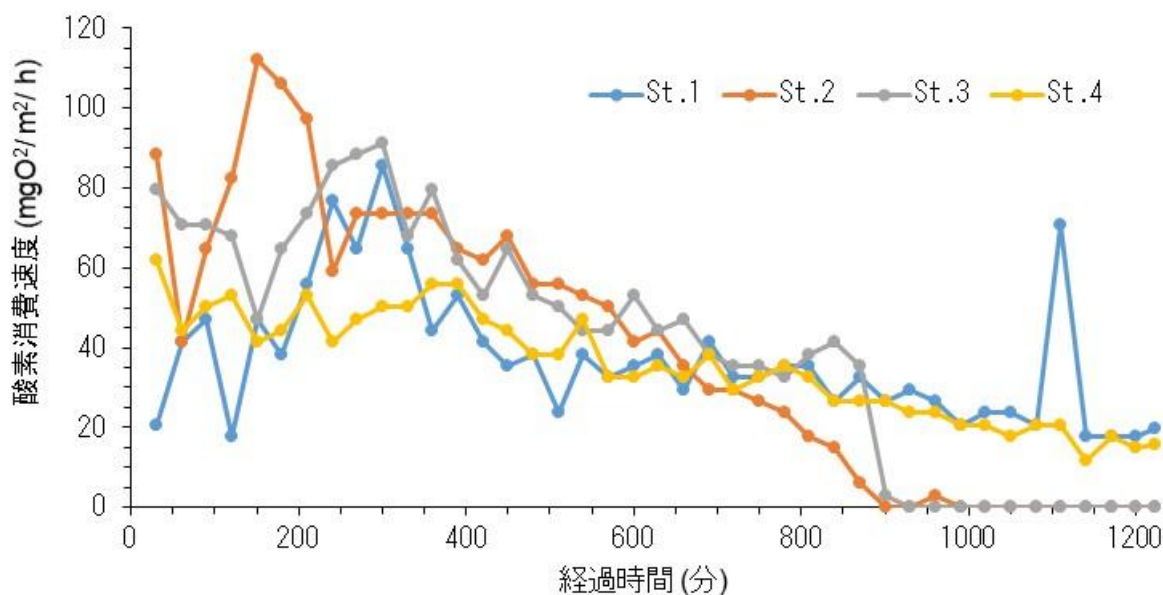


図 e-1-3-2-12 30分毎の酸素消費速度の推移

<小浦漁港の水域の底質採取調査結果の考察>

本調査結果から、St. 2 と 3 に比べて外海の St. 1 と荷さばき所前の St. 4 では生物が少なく、酸素消費が少ないことが分かった。防波堤に近い St. 2 と 3 では酸素消費は大きく変わらず、どちらかといえば港奥の St. 3 で小さい傾向があった。St. 4 で酸素消費が少なかった理由として、底質に嫌氣的条件下で発生したと思われる黒色の硫化物が観察されたことから、荷さばき所からの血水の流入により貧酸素化し、生物が生息できない環境にあることが疑われた。一方で、St. 2 と 3 では魚類餌料となる多毛類や二枚貝類、ヨコエビ類が生息していたことから、増養殖等の利用が期待できる。

St. 2 と 3 の 30 分毎の最大酸素消費速度は 112.0 と 91.3 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ を示したが、宍戸ら (2017) における北海道大沢漁港及び元和漁港内の酸素消費速度は最大で 91.4 ~ 149.7 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$ であったことから、小浦漁港における底質の酸素消費速度は、漁港内としては比較的小さいものと思われる。本調査で採取した未攪乱底質コアはどの測点においても、表層 1~2 mm を除いて層化していなかったことから、小浦漁港内外は底質の攪乱が大きく、浮泥が堆積しにくい環境であることが伺える。

St. 3 と 4 では強熱減量が大きく、底質中の有機物量が多いことが分かった。この理由として、St. 3 では生物生産が盛んであること、St. 4 では荷さばき所からの血水の流入があげられる。一方、酸素消費速度が St. 3 と同等であった St. 2 では、強熱減量は外海である St. 1 と同レベルであった。底質の中央粒径が St. 2 で最も大きかったことから、St. 2 では生物生産が盛んであるものの、St. 3 と比べて流れが強いため有機物が堆積しにくいものと推察される。以上より、St. 2 と 3 付近は、底質の状態からみ

ても、増養殖等に適していると考えられる。

引用文献

宍戸 雄太, 八木澤 一城, 橋本 孝治, 佐々木 崇之, 島崎 恵介, 岩倉 祐二, 井上 真仁. 漁港水域の有効活用に向けた評価・解析手法の検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) .2017, 73(2): 1555-1560.

小浦漁港の水域の水深、底質の性状、海底障害物等の状況調査の結果、港内は凹凸の少ない海底でほぼ全域砂質であった。港内の水深は 1.3m~4.9m で、港口部でやや深かったほかは、平坦な海底状況であった。等深線図を図 e-1-3-2-13 に示す。

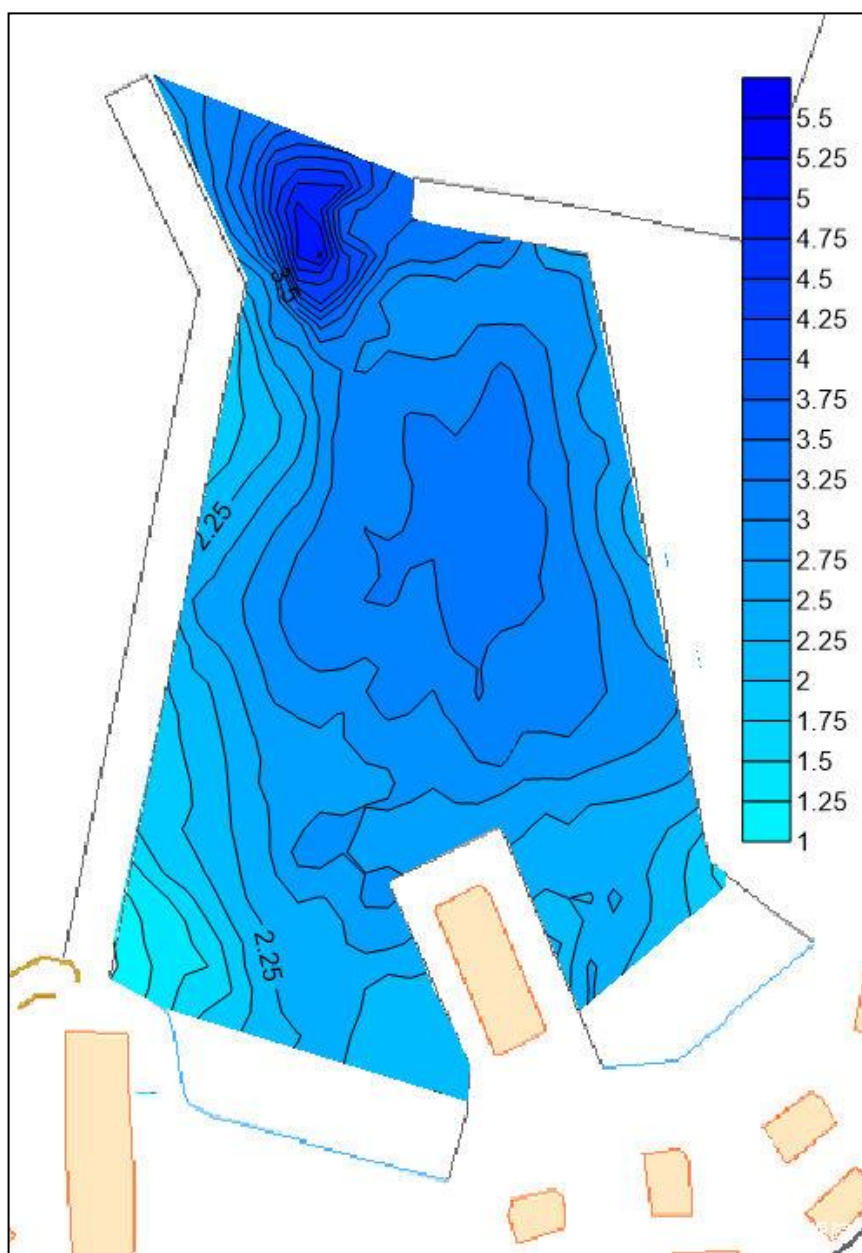


図 e-1-3-2-13 等深線図

港内の底質は砂質で、西側防波堤際、市場西側の岸壁際に一部岩の場所があった。
底質の分布を図 e-1-3-2-14 に示す。

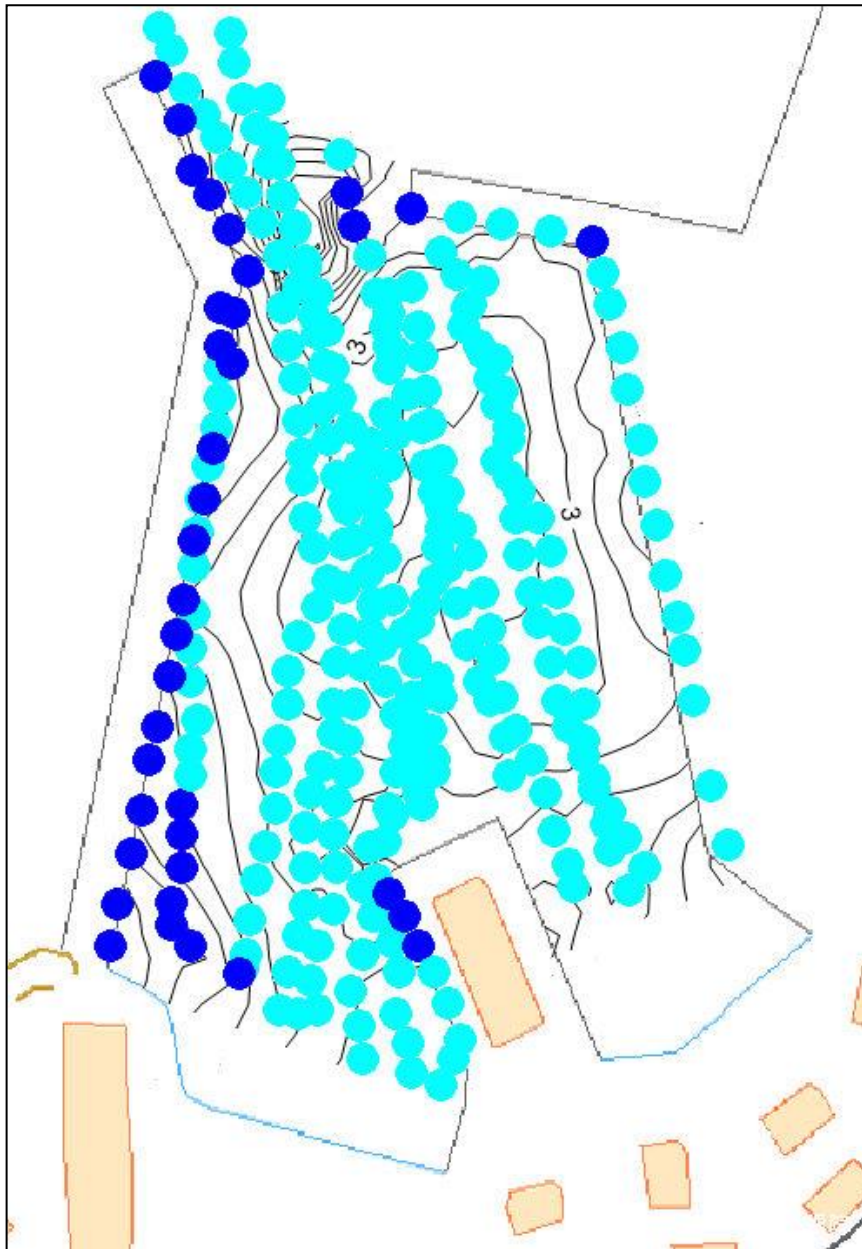
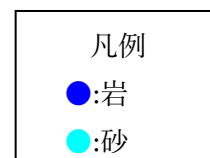


図 e-1-3-2-14 底質分布図



海藻は西防波堤沿い及び東護岸の先端部付近でアラメが確認された。また、西防波堤沿いではハバノリもごくわずかであるが確認された。海藻の分布を図 e-1-3-2-15 に示す。海藻は主に岩場に点在している状況であり、被度は低かった。ハバノリは養殖用いかだの近くで確認されており、養殖からこぼれたものと考えられた（図 e-1-3-2-16）。港内には、係船用ロープや小さなごみなどは確認されたが、大きな障害物は確認されなかった。

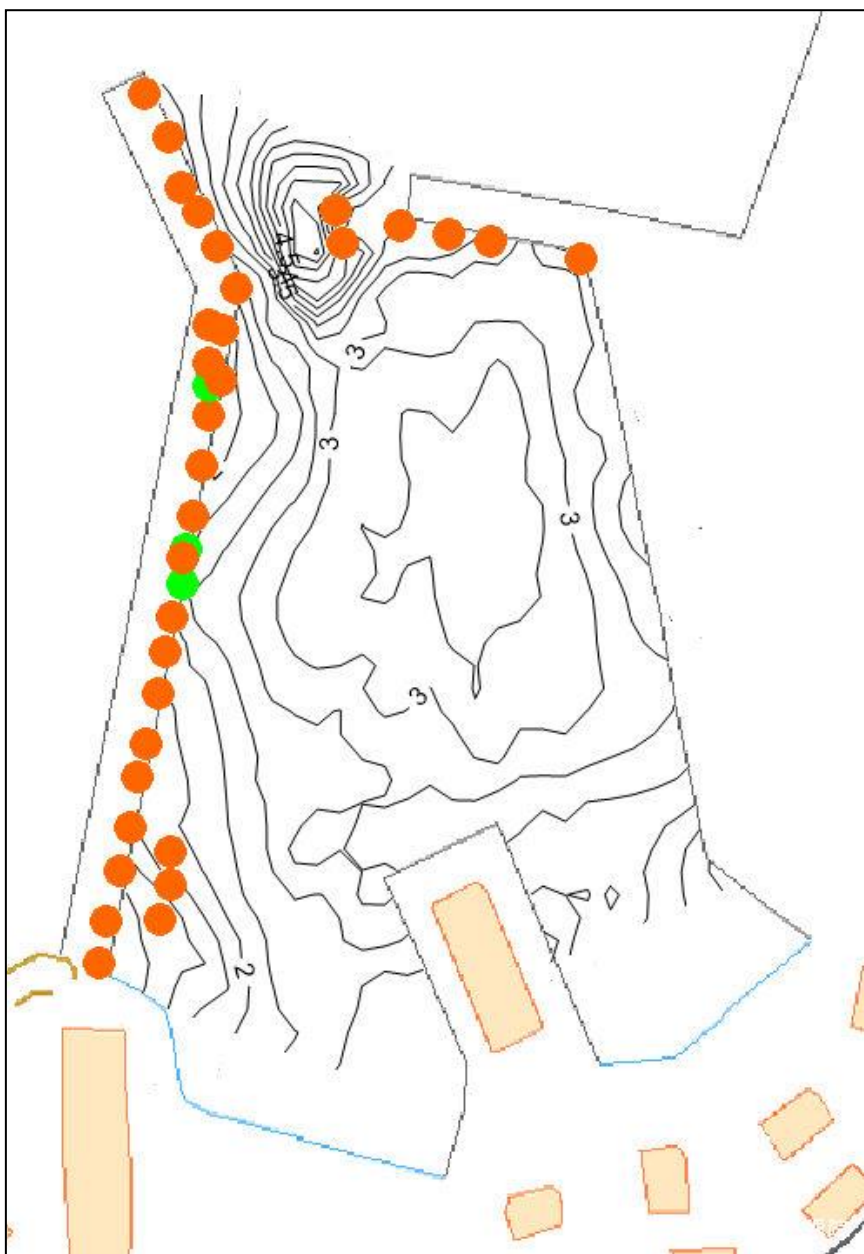


図 e-1-3-2-15 海藻分布図

凡例	
●	:アラメ
●	:ハバノリ



図 e-1-3-2-16 海藻の繁茂状況

市場周辺の 3 か所で底質を採取して、性状を確認した。採泥位置を図 e-1-3-2-17 に、採泥結果を表 e-1-3-2-5 表 に示す。St.3 では細粒分が多かったが、臭気はなかった。細粒分の多い底質の拡散は認められなかった。

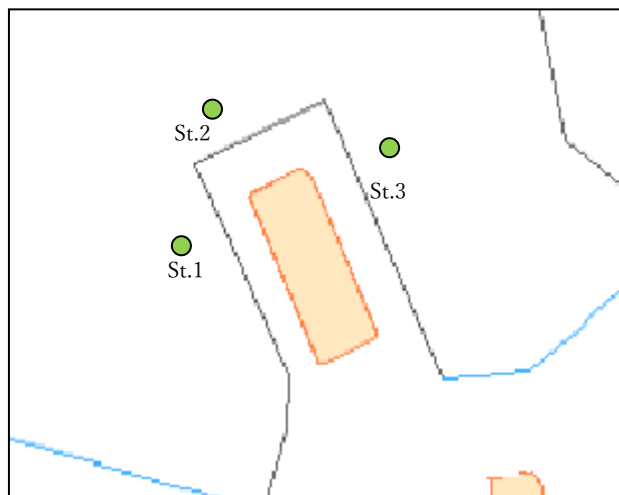


図 e-1-3-2-17 底質採取位置

表 e-1-3-2-5 採泥結果

地点	緯度	経度	水深	性状	臭気
St.1	35° 04' 43.4"	139° 50' 15.4"	2.6	砂	無臭
St.2	35° 04' 44.1"	139° 50' 15.5"	2.8	砂	無臭
St.3	35° 04' 43.8"	139° 50' 16.5"	2.5	細砂・砂	無臭

(3) 小浦漁港の実証試験の計画案

小浦漁港の実証試験の計画案は、岩井富浦漁協、館山水産事務所、千葉県水産総合研究センター、南房総市で相談した結果、①出荷調整のための魚類の小規模無給餌畜養試験、②千葉県の特産種であるハバノリの養殖試験、③磯焼け域のムラサキウニを採取して肥育試験等があがったが、①が最も重要であることが合意された。①が選定され理由は、同じような問題を抱える周辺の漁協が多くあり、得られた成果が波及することから決められた。

1) 出荷調整のための魚類の小規模無給餌畜養試験

<目的・経緯>

千葉県南房総市小浦漁港では、アジ、メジナ、タイ等が定置網に大量に漁獲される場合があり、その際は低価格で取引されることが多い。これらの魚を出荷調整することにより、岩井富浦漁協が道の駅で運営する販売店やレストランへの魚の安定供給と価格維持が可能となる。出荷調整のため、漁港水域で一次畜養することが考えられるが、ほとんどの畜養施設は規模が大きく容易に取り組むことは困難であることから、小規模無給餌畜養施設の開発を行う。当地区と同様な問題を抱える地域は全国にあると考えられ、それらの解決方法として提案する。

<試験内容>

小浦漁港で水質・底質環境を把握した結果、次のようである。

- ・水温：漁港内と漁港外（湾口）の水温は、ほぼ一致しており、対象種の生息可能水温を確認する必要があるが、漁港の外海域に生息している種を対象とすれば問題ないと考えられた。

- ・塩分：漁港外（湾口）の塩分変化に比較すると漁港内は淡水流入によるスパイク状に塩分低下が見られる。対象種の生息可能塩分を把握し、塩分低下の影響が予想される場合には、養殖深度を深くする等の対策が必要である。

- ・クロロフィルaと濁度：クロロフィルa濃度は2～5mg/l、濁度は3～10FTUであり浅海域の通常値である。

- ・溶存酸素濃度 DO：DOは6～11mg/lであり、水産用水基準を満たしている。但し、日の出付近で、最低のDOとなるため、漁港内の増養殖や畜養を考える場合、このDO値を考慮して決める必要がある。また、湾口から湾内に入るに従い底質の酸素消費速度は大きくなるが、最大酸素消費速度は112.0～91.302 mg/m²/hであり、漁港内としては小さい値と考えられる。

- ・その他：多毛類や二枚貝、ヨコエビ類、アラメ・ハバノリが若干確認された

以上より、小浦漁港内の水域において、水産種の増殖や出荷調整に利用するための環境条件を把握することができた。水産種の増殖や出荷調整に利用するために良好な環境で

あることが確認された。

関係者で協議した結果、①出荷調整のための魚類の小規模無給餌畜養試験を実施するに当たって、次の事項に配慮することとした。

- ・漁港内の水質悪化に配慮し、無給餌とすること。
- ・船外機線を横付けすることができ、1～2名で畜養した魚を容易に取り上げること
- ・魚種に応じてダメージがなるべく少ない施設形状、網の張り方、魚の収容密度等を検討すること。
- ・最大10日程度の畜養ができること。
- ・以上については、岩井富浦漁協、館山水産事務所、南房総市と水工研の間で役割分担等を含めて、相談し合意形成を得ながら進めること。

まとめ

- ・漁港水域を活用して増養殖や出荷調整のための畜養を検討するに当たって、千葉県小浦漁港を拠点とする岩井富浦漁協の漁業関係者に加え、千葉県水産総合研究センター、館山水産事務所、南房総市農林水産課など水産関係者らとともに、①漁港水域利用の実態、②現在実施している養殖の状況、③今後取り組んでみたい養殖対象種等について協議を重ねた。
- ・漁港水域の環境特性を把握するため千葉県小浦漁港において水域の環境調査を行い、その結果を踏まえ地元と調整を行い、定置網で漁獲されたものを一次畜養できる小規模な無給餌畜養技術の開発を行うこととなった。
- ・漁業者だけでなく行政・研究機関らの協力の下で合意形成を図り、漁港水域を活用して新たに増養殖等に取り組む際の、計画づくりの流れを把握した。

今後の課題

- ・増養殖対象種の選定にあたっては、漁港をはじめとする関係機関から多くの意見があった。漁港水域の有効利用を推進する上で、当事者間の合意形成を行うには、どういった水産種であれば増養殖が可能か、経済面でのメリットがどの程度あるかを十分に検討し、説明する必要がある。

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-3 現地実証

1-3-3 漁港を活用した魚類養殖の高度化に資する実証試験の計画策定

d. 方法

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-3 現地実証

1-3-3 漁港を活用した魚類養殖の高度化に資する実証試験の計画策定

前述の漁業者による漁港を活用した魚類養殖参入促進のための実証試験（北部海域：青森県北金ヶ沢漁港）、及び漁港水域の環境条件の把握と利用選定方法に関する実証試験（中部海域：千葉県小浦漁港）では、今年度の実証試験を実施したが、本検討のテーマである「漁港を活用した魚類養殖の高度化に資する実証試験」では、今年度は地区の選定と計画策定を行い、来年度に実証試験を実施する方向で検討を行った。

地区の選定にあたっては、農林水産統計に基づく大海区の分類では、1-3-1の北部海域は「日本海北区」に、1-3-2の中部海域は「太平洋中区」にそれぞれ分類される。このため、本検討の調査海域としては、南部海域を想定した。大海区の分類としては、「太平洋南区」や「東シナ海区」が該当するが、地理的区分が大きく異なる「東シナ海区」から選定することとした。

魚種と漁港の絞り込みにおいては、当該地区における漁港水域で取り組まれる実態把握を行い、取り組みの多い魚種を選定し、漁港水域の特性と課題を検討した上で、実証試験の計画策定を行うこととした。具体的には、1-1漁港水域利用実態調査アンケート及びヒアリングを実施し、南部海域で実証試験の内容について検討し、実証試験の計画案を策定した。

※なお、ここで策定した計画（案）については、1-3-1と実証試験の内容が重複することから、H31年には実施には至らない結果となった。このため、本稿では検討の過程について整理を行った。

e. 結果

1-3-3. 漁港を活用した魚類養殖の高度化に資する実証試験の計画策定

(1) 実証試験の内容の検討

1-1全国アンケート結果をふまえ、南部海域（東シナ海区）の増養殖に対する取り組みを整理した（表 e-1-3-3-1）。

表 e-1-3-3-1 漁港水域における増養殖種類（東シナ海区）

	種苗放流			養殖			中間育成			蓄養		
	種名	分類	漁港数	種名	分類	漁港数	種名	分類	漁港数	種名	分類	漁港数
1	アワビ類	貝類	24	ノリ	藻類	21	クロマグロ	魚類	3	ブリ類	魚類	37
2	カサゴ	魚類	17	ワカメ	藻類	20	マダイ	魚類	1	ヒラマサ	魚類	14
3	クエ	魚類	16	ブリ類	魚類	18	ナマコ	なまこ	1	マダイ	魚類	11
4	ウニ類	うに	8	カキ類	貝類	14	アワビ類	貝類	1	クエ	魚類	11
5	ナマコ	なまこ	7	マダイ	魚類	10	ブリ類	魚類	1	アジ類	魚類	9
6	ガザミ類	甲殻類	7	アコヤガイ	貝類	10	アコヤガイ	貝類	1	サバ類	魚類	7
7	ブリ類	魚類	7	ワグ類	魚類	10	サバ類	魚類	1	魚類	魚類	6
8	マダイ	魚類	6	クロマグロ	魚類	10	カンパチ	魚類	1	サザエ	貝類	5
9	同位4種		4	アワビ類	貝類	8	スマ	魚類	1	アワビ類	貝類	5
10				カンパチ	魚類	8	魚類	魚類	1	その他		4
	計		132	計		221	計		12	計		143

このうち、ブリ類は、種苗放流、養殖、中間育成、蓄養のいずれも取り組みが行われており、需要の多い魚種であることが示された。特に、年間通して漁港水域を利用する魚類養殖において、最も多数を占めるのはブリ類であった。全国的には、ブリ類の養殖による生産量は約 6 割、生産額では 8 割を占めている（漁業・養殖業生産統計、2013）。また、ブリ類養殖業の経営はコスト（漁労支出）に占めるえさ代及び種苗代の割合が大きく、個人経営体では概ね 8 割、会社経営体でも 7 割以上を占める状況が続いている（漁業経営調査報告、2013）。このため、コスト構造の改善が課題となっている。

また、南部海域（東シナ海区）に位置する長崎県から佐賀県の北部地域では、年間を通じて、海水温が比較的高く、ブリ類をはじめとする魚類養殖が古くから行われている地域である。また、全国アンケートの結果、漁港水域で取り組まれている事例も多いため、当該地区のうち、漁港水域でブリ類養殖に取り組んでいる長崎県平戸市の薄香湾漁港、佐賀県唐津市の名護屋漁港において聞き取りを行い、今後の課題について整理した（表 e-1-3-3-2）。

①薄香湾漁港（長崎県平戸市）

薄香湾内に位置し、港外に区画漁業権が設定されている。当該海域での養殖は 50 年近い歴史がある。湾内には個人 2 名、法人 2 経営体の合計 4 経営体が従事している。聞き取りを行った経営体は、漁港水域に 35 台の生簀を所有しており、養殖魚としては、ブリ類をはじめ、マダイ、ヒラマサ、マアジ、マサバ等を養殖している。漁港の構造条件としては、平均水深が約 20m あるため、生簀の設置には適している。また、水質に関する問題としては、夏季や秋季に赤潮が発生する年があることや、夏季に高水温となり 30℃が 1 週間続くと養殖魚が斃死するといった問題が挙げられる。これらの対策として、赤潮については、植物プランクトンの種査定を赤潮出現時期にあわせて週 1 回の頻度で実施している。赤潮の発生が確認された場合には餌止めを実施している。また、高水温については、抜本的な手立てがないため、共済保険に加入して斃死対策を行っている。

また、ブリ類養殖については、現在は手まきで DP（ドライペレット：乾燥した固形タイプ）と EP（エクストルーダーペレット：高温高圧で加工することにより原料の消化吸収性を高めたもの）を与えている。今後の課題として、ブリは勢いよく餌を食べることから、機械による給餌でも対応が可能と考えられることから、コスト削減に向けて、自動給餌システムの導入について興味があるとのことであった。

②名護屋漁港（佐賀県唐津市）

湾の入り口に沖防波堤があることから、静穏域を形成しており、こうした立地環境下で漁港水域の港外に区画漁業権が設定されている。当該海域での養殖は 30 年近い歴史がある。湾内には 2 経営体が従事しており、うち 1 経営体は蓄養、1 経営体は養殖を行っている。聞き取りを行った経営体は、漁港水域に 40 台の生簀を所有しており、主にブリ養殖を行っている。漁港の構造としては、平均水深が 25m あり、生簀の設置には適している。また、赤潮はほとんど発生せず、水産用水基準を満たす良好な水質・底質環境である。また、養殖エリアの近傍に水産試験場の水質モニタリングポストがあり、水温、塩分、濁度、クロロフィル a の測定値が 20 分間隔で更新されており、リアルタイムで確認して、水質環境を把握している等、先進的な取り組みを行っている。

また、今後の課題として、コスト削減のため、現在ブローアで実施している給餌から、自動給餌システムの導入について興味があるとのことであった。

表 e-1-3-3-2 実証試験候補地の聞き取り (1)

日時・場所	日時	平成 30 年 12 月 14 日 (金) 10:00~11:30	場所	長崎県平戸市
面談者	組合名 (漁港)	平戸市漁業協同組合 薄香支所 (薄香湾漁港)		
対象施設	生簀	対象種	ブリ、トラフグ、マダイ、マサバ、 カワハギ	
構造	生簀 (10m×10m×5m)	年度	S45 年以降	

<養殖場所>

漁港の港外に区画漁業権を設定されておりその中で実施している。

(薄香湾内が薄香湾漁港の漁港区域となっている)



<魚種別養殖量・経営体数>

- ・薄香湾内では個人 2 名、法人 2 の 4 経営体が従事している。面談者の従業員は 4 名
- ・面談者の養殖量及び概要は以下の通り。

種名	ブリ	マダイ	ヒラマサ	マアジ	マサバ
養殖期間	1 年	2 年	1.5 年	1 年	1 年
養殖量 (尾数)	2.5 万尾	1 万尾	1.2 万尾	10 万尾	6 万尾

- ・販路は、6~7 年前から組合を通さず、直接小売り店等と取り引きしている。長崎県、福岡県、北陸方面への出荷が多い。
- ・組合には販売手数料のみを収めている。

<施設の概要と漁港水域で魚類養殖の実施に至った経緯>

①生簀の構造・数量等

- ・10m×10m、8m×8m (たて×よこ) の 2 種類がある。
- ・湾内に 35 台の生簀を所有している。

②漁港水域で魚類養殖の実施に至った経緯

- ・養殖は 50 年近くやっており、自分で 3 代目。

表 e-1-3-3-2 実証試験候補地の聞き取り (2)

<p>③漁港の構造条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 養殖海域 (湾内) の平均水深は 20m、最大 25m。底質は砂質。 ・ 赤潮は、時々発生する。時期的には 7 月や 11 月 ・ 高水温 30℃ が 1 週間続くと斃死する。 ・ 小河川が流入する。イリコの加工排水による負荷がある。 																																																																																																																																																											
<p><養殖魚の入荷と出荷状況></p> <p>①入荷と出荷の状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 魚種別に入荷と出荷状況は以下の通り。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>月</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ブリ入荷</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>↔</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ブリ出荷</td> <td colspan="10">← 1 年の飼育期間を経て 1.2~1.3 kg を周年出荷 →</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>マダイ入荷</td> <td colspan="2">← 10~15 cm →</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>マダイ出荷</td> <td colspan="10">← 1 年 10 カ月 ~ 2 年の飼育期間を経て平均 1.5 kg を周年 →</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ヒラマサ入荷</td> <td>800g</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>↔</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ヒラマサ出荷</td> <td colspan="8">← 1.5 年の飼育期間を経て出荷 →</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>マアジ入荷</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2">← 10~15 cm、50g →</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>マアジ出荷</td> <td colspan="5"></td> <td colspan="3">← 1 年の飼育期間を経て 150~200g を出荷 →</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>マサバ入荷</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>マサバ出荷</td> <td colspan="8">← 1 年の飼育期間を経て 150~200g を出荷 →</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>②生け簀のタイプと成長に応じた使い分け</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ マアジは 3 カ月で生簀を変える。 													月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ブリ入荷					↔								ブリ出荷	← 1 年の飼育期間を経て 1.2~1.3 kg を周年出荷 →												マダイ入荷	← 10~15 cm →												マダイ出荷	← 1 年 10 カ月 ~ 2 年の飼育期間を経て平均 1.5 kg を周年 →												ヒラマサ入荷	800g				↔								ヒラマサ出荷	← 1.5 年の飼育期間を経て出荷 →												マアジ入荷						← 10~15 cm、50g →							マアジ出荷						← 1 年の飼育期間を経て 150~200g を出荷 →							マサバ入荷													マサバ出荷	← 1 年の飼育期間を経て 150~200g を出荷 →											
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																															
ブリ入荷					↔																																																																																																																																																						
ブリ出荷	← 1 年の飼育期間を経て 1.2~1.3 kg を周年出荷 →																																																																																																																																																										
マダイ入荷	← 10~15 cm →																																																																																																																																																										
マダイ出荷	← 1 年 10 カ月 ~ 2 年の飼育期間を経て平均 1.5 kg を周年 →																																																																																																																																																										
ヒラマサ入荷	800g				↔																																																																																																																																																						
ヒラマサ出荷	← 1.5 年の飼育期間を経て出荷 →																																																																																																																																																										
マアジ入荷						← 10~15 cm、50g →																																																																																																																																																					
マアジ出荷						← 1 年の飼育期間を経て 150~200g を出荷 →																																																																																																																																																					
マサバ入荷																																																																																																																																																											
マサバ出荷	← 1 年の飼育期間を経て 150~200g を出荷 →																																																																																																																																																										
<p><給餌方法></p> <p>①手まき o r 機械給餌</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 全て手まきで行っている。 ・ 自動給餌は興味はあるが、マダイやブリでは可能かもしれないが、マサバは食べる時とそうでない時があるので難しいと思う。 <p>②使用する餌の種類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ MP、DP、EP を使用している。 <p>③魚種による使い分け</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 魚種別の給餌方法は以下の通り。 ブリ、マダイ、マアジ、マサバ：DP と EP ヒラマサ：MP ・ 餌の頻度は小さい時で週 5、大きくなると週 3 程度 <p>④残餌量に対する認識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 残餌が出ないように、食べさせすぎないようにしている。 																																																																																																																																																											

表 e-1-3-3-2 実証試験候補地の聞き取り (3)

<p><給餌方法></p> <p>⑤増肉係数（投餌量／増重量）や餌料転換効率（1／増肉計数）に対する認識</p> <ul style="list-style-type: none">・正確に計算していないが、ブリで1.8～2.2程度。
<p><漁港水域の特性と今後の維持管理に向けた課題></p> <p>①今後の養殖量について</p> <ul style="list-style-type: none">・拡大したいが、まき網の航路確保等の関係で養殖水域を広げられない。 <p>②漁港の改良や養殖の推進に関する要望</p> <ul style="list-style-type: none">・以前は底質改良剤を散布していたが、現在は散布していない。・赤潮対策としては、植物プランクトンを週1で調べているのと、出た場合には餌止めをすること。・共済保険に加入して、斃死対策をしている。 <p>③自動給餌システムの導入について</p> <ul style="list-style-type: none">・導入に向けて興味はある。

表 e-1-3-3-2 実証試験候補地の聞き取り (4)

日時・場所	日時	平成 30 年 12 月 14 日 (金) 15:00~16:30	場所	佐賀県唐津市
面談者	組合名 (漁港)	佐賀玄海漁業協同組合 (名護屋漁港)		
対象施設	生簀	対象種	ブリ	
構造	生簀 (10m×10m、12m×12m)	年度	平成年代より (30 年程度)	

<養殖場所>

漁港の港外に区画漁業権を設定されておりその中で実施している。



<魚種別養殖量・経営体数>

- ・漁港水域では 2 経営体 (法人) が従事している。うち 1 社は蓄養、1 社は養殖。面談者の従業員は 15 名
- ・面談者の養殖量及び概要は以下の通り。

種名	ブリ				
養殖期間	1 年				
養殖量 (尾数)	16~20 万尾				

- ・販路は、組合を通さず、活魚 90%、氷 10% で出荷している。
- ・九州から関東のスーパーや回転寿司等で販売される。
- ・組合には海域使用料を収めている。

<施設の概要と漁港水域で魚類養殖の実施に至った経緯>

①生簀の構造・数量等

- ・10m×10m×12m、12m×12m×12m (たて×よこ×深さ) の 2 種類がある。
- ・湾内に 40 台の生簀を所有している。
- ・生簀内の水深 2 m ~ 網底から 2 m に均等に分布している。

②漁港水域で魚類養殖の実施に至った経緯

- ・養殖は 30 年近くやっている。

表 e-1-3-3-2 実証試験候補地の聞き取り (5)

<p>③漁港の構造条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・養殖海域（湾内）の平均水深は 25m。底質は砂質。 ・赤潮は、ほとんど発生しない。 ・水温は、夏季は 28～29℃、冬季は 11℃、冬季水温が低く、モジャコの育成に適していないので、大型魚を購入している。 ・底質は水産用水基準を満たしている。 																																																			
<p><養殖魚の入荷と出荷状況></p> <p>①入荷と出荷の状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブリが中心で、夏季にはクロマグロを蓄養する。 ・入荷時には平戸や九十九島から買い付ける。 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>月</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ブリ入荷</td> <td>1～2kg</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ブリ出荷</td> <td></td> <td></td> <td colspan="5">1年の飼育期間を経て 4.5kg を出荷</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>②生け簀のタイプと成長に応じた使い分け</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生簀の使い分けは行わない。 ・出荷時期で生簀を分けている。 													月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ブリ入荷	1～2kg												ブリ出荷			1年の飼育期間を経て 4.5kg を出荷									
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																							
ブリ入荷	1～2kg																																																		
ブリ出荷			1年の飼育期間を経て 4.5kg を出荷																																																
<p><給餌方法></p> <p>①手まき or 機械給餌</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブローアで給餌している。 <p>②使用する餌の種類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・E Pを使用している。3社の餌を使用している。 ・夏場は週に4回、冬場は週に2回程度を投餌している。 <p>③残餌量に対する認識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・残餌が出ないよう、腹8分のイメージで投餌している。 <p>④増肉係数（投餌量／増重量）や餌料転換効率（1／増肉計数）に対する認識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブリの増肉係数は2～3、平均2.5程度。 																																																			

表 e-1-3-3-2 実証試験候補地の聞き取り (6)

<漁港水域の特性と今後の維持管理に向けた課題>

①今後の養殖量について

- ・売れる見込みのある分を生産している。
- ・漁船避難用の泊地利用もあり、面積を広げることは難しい。

②漁港の改良や養殖の推進に関する要望

- ・漁港の使い勝手はよい。
- ・養殖エリアの近傍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、水温、塩分、濁度、クロフィルaの測定値が20分間隔で更新されており、PCや携帯電話で確認することが可能。
- ・赤潮対策としては、植物プランクトンを週1で調べているのと、出た場合には餌止めをすること。
- ・共済保険に加入して、斃死対策をしている。
- ・生簀内に水中カメラを用いて2軸方向から撮影して体重を測定する装置をつかっているが誤差が大きく、改良が望まれる。

③自動給餌システムの導入について

- ・導入に向けて興味はある。

(2) 実証試験の計画案

魚類養殖を長期間にわたって実施している漁港水域では、漁場環境は一定程度満足しているものの、既に養殖水域が飽和状態であることから、今後の課題としては、遠隔給餌機の導入によるコスト縮減が聞き取り結果から得られた。以上をふまえ、南部海域における実証試験の計画案を示す。

テーマ：遠隔給餌システム導入による魚類養殖の高度化

方法：30年度に北部海域で開発した遠隔給餌システムを導入し、ブリ養殖における適用方法について実証する。

- 1) 場所：長崎県平戸市薄香湾漁港または、佐賀県唐津市名護屋漁港
漁港水域を利用する魚類養殖において、最も多数を占めるブリ類に着目し、南部海域におけるアンケート及びヒアリング結果をふまえて選定した。
- 2) 遠隔給餌システム：北部海域で開発した遠隔給餌システム
太陽光発電システム、ウェブカメラ、給餌器、通信機器を養殖筏に設置
漁業者がスマートフォンの監視画面上から給餌養殖を実施
- 3) ブリ類の成長量把握
給餌開始後、2カ月に1回程度の頻度で、生簀内のブリの全長、体重を測定する。
遠隔給餌システムで飼育する生簀（試験区）と従来の徒手または機械給餌の生簀（対照区）で成長量を比較する
- 4) 投餌量の把握
飼育開始からの給餌量を、試験区と対照区でとりまとめ、3)の結果からそれぞれの生簀における増肉係数を比較する。

f. 課題

1-3-3. 南部における現地実証試験の計画策定

1-2で示した通り、漁港水域における増養殖を実施する際の検討の視点として、①漁港施設等の新設・改良等、②水質・底質環境の保全・改善、③ICTの活用、④環境モニタリング、⑤有効活用に向けた調査手法・合意形成、が挙げられた。このうち南部においては、②ICTの活用の一環として、遠隔給餌システムの運用による実証試験により、魚類養殖への効果について、適用性を検討する必要がある。

1. 増養殖や出荷調整のための漁港水域等活用及び技術の検討

1-4. 漁港水域を活用した増養殖等の手引き骨子（案）の作成

方法

(1) 有識者及び漁港管理者等からのヒアリング

漁港施設の水産生物利用に関する研究事例や水産環境整備に関する知見が豊富な有識者として、東海大学の櫻井教授、福井県立大学の瀬戸教授、寒地土木研究所の伊藤上席研究員に意見聴取を行った。また、実際に漁港水域の活用に取り組んでいるおり、漁港の有効活用の主体でもある漁港管理者として北海道からも聞き取りを行った。

(2) 手引き骨子（案）の作成

有識者等からの意見を参考にするとともに、1-3-1～1-3-3の実証試験結果及び1-1のアンケート・ヒアリング結果を基に、漁港水域を活用した増養殖等の手引きの骨子（案）を作成した。

結果

(1) 有識者及び漁港管理者等からのヒアリング

水産環境整備や水産生物の生息環境に詳しい東海大学の櫻井教授、福井県立大学の瀬戸教授、寒地土木研究所の伊藤上席研究員らに、漁港水域を活用して増養殖等に取り組む際の留意点について意見聴取を行った。その際に、参考資料として水産学会北海道支部で実施したシンポジウム、(一社)寒地港湾技術研究センターで取りまとめた「寒冷地における沿岸構造物の環境調和ガイドブック」などの情報提供を受けた。また、漁港管理者の立場から北海道からも意見聴取を行った。

主なコメントは以下の通りである。

表 e-1-4-1 漁港水域での増養殖に関する有識者及び漁港管理者からのコメント

項目	コメント
事前検討	<ul style="list-style-type: none">・検討の最初の段階は対象種の選定が重要である。対象種が決まれば把握すべき水産環境や必要な体制も検討できる。ただし、逆の流れも想定されるので留意が必要である。・気候変動に伴う将来の海水温の上昇(長期的には波浪の激甚化や水位上昇)を先取りした増養殖対象種の選定が必要。
環境調査	<ul style="list-style-type: none">・漁港水域の環境を把握するにあたり、水温、塩分、DO、クロロフィルの観測は特に重要である。また、底質も重要であり、DOにあわせて強熱減量等も図っておくべき。DOのシミュレーションを行う場合は底質の酸素消費量は押さえるべきである。

	<ul style="list-style-type: none"> ・調査時期に関しては、夏季と冬季に測るというのは妥当だと思う。春や秋はブルーミング（植物プランクトンが増える）が起こる可能性があり、できれば、春や秋にも計測するのが望ましい。 ・漁港水域を活用する上で、頭を悩ませるのは、どのような調査を行ったらいいかである。
増養殖手法	<ul style="list-style-type: none"> ・漁港水域は狭いので、採算をとり定着させるには外海に出す必要がある。漁港水域では試験的に取り組み、実用的となれば外海で本格的に実施するという流れが主である。 ・増殖は効果が把握しづらいので、中間育成の方が取り組みやすく、成果も得られやすいのではないかと。 ・外郭施設で造成した藻場や底質改善に寄与するナマコなどと魚類を組み合わせた漁港内での複合養殖を推進すべき。
対策	<ul style="list-style-type: none"> ・給餌が必要なものとそうでないもので対応（環境改善策等）が違う。給餌を行うのであれば環境改善が重要なポイントとなる。 ・環境改善のための対策の選択及び絞り込みが難しい。 ・磯焼け対策（食害生物の防御、除去、密度管理）等、増殖場造成に関わる様々な問題点の漁港への反映が求められる。
モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> ・実際に増養殖を行う際のモニタリングも重要である。 ・PDCA サイクルに従い利活用の最適化が実現できるような順応的管理を導入すべき。 ・順応的管理のために必要となる水質、養殖生物等モニタリングシステムを導入する必要がある。
支援体制	<ul style="list-style-type: none"> ・北海道の例では、まず漁業者から発案があり、出先の事務所に相談するという流れである。その上で、実際に取り組みが検討される段階で研究所が技術面でサポートする。 ・増養殖施設の整備に伴う漁港区域の管理方法の検討が必要（遊漁者への対応）。
増養殖の事例	
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・（ナマコの飼育の研究から）結構問題となるのは付着物である。網にゴカイやコケムシがびっしり付き、それが目詰まりの原因となる。網の管理は必要だということを認識しておくべき。 ・増養殖事例集を作成するのがよい。できれば、失敗した事例（どのような点でつまづいたかを示したもの）も示してあげると読む者にとって参考になる。実証試験を実施するならそれも事例とすべき。 ・漁港水域を活用する上での課題は、必要な水域の確保である。本格的な実施にあたっては、漁港間での機能分担により漁船を他の漁港に移すなどが必要となる場合が出てくるが、その調整が非常に難しい。また、陸上部における作業スペースの確保も必要な場合がある。 ・手引きを作成するにあたっては、漁港内の水質を積極的に改善しながら増養殖に活用するための方策、および、増殖については漁港周辺の水産環境の一要素として機能するための方策（水産環境整備マスタープランへの位置づけ）の検討が必要である。

（２）手引き骨子（案）の作成

- ・漁港施設を活用した水産生物の生息環境整備を目的に作成された、藻場造成型漁港構

造物 調査・設計ガイドライン (H15. 3、水産庁)、増殖機能付加型漁港づくりの計画の手引き (H19. 3、水産庁)、寒冷地における沿岸構造物の環境調和ガイドブック (H29. 5、(一社) 寒地港湾技術研究センター)) を参考に手引き骨子 (案) の基本構成 (漁港水域を活用した増養殖の検討フロー) を取りまとめた。

・さらに、有識者等からの意見を参考にするとともに、**1-3-1**～**1-3-3**の実証試験結果 及び**1-1**のアンケート・ヒアリング結果を基に、「漁港水域を活用した増養殖等の手 引きの骨子 (案)」を作成した。

手引き骨子 (案) (イメージ) を別添資料と示す。

漁港水域を活用した増養殖の手引き骨子（案）（イメージ）

1. 手引き作成の背景

これまで、漁業活動を支える基盤として全国に漁港が整備され、2018年4月現在で約2,800港の漁港が存在するが、漁業者や漁船の減少等、漁業を取り巻く情勢の変化により、未利用・低利用となった漁港が存在するようになった。また、国の施策として漁港機能の集約化が全国で進められ、流通拠点や生産拠点として機能が拡大・強化される漁港がある一方、大型の漁船が他漁港に配置転換されることで、利用が小型漁船のみとなり、水深に余裕が生じる漁港が存在するようになった。

こうしたことで生じた未利用・低利用の漁港水域については、静穏度が良く、波浪条件が悪い時であっても港内で漁業活動が可能であり、当該水域が増養殖に活用できれば、漁業生産の安定確保や生産拡大につながり、漁業者の高齢化対策や新規就労者の確保にもつながるものである。

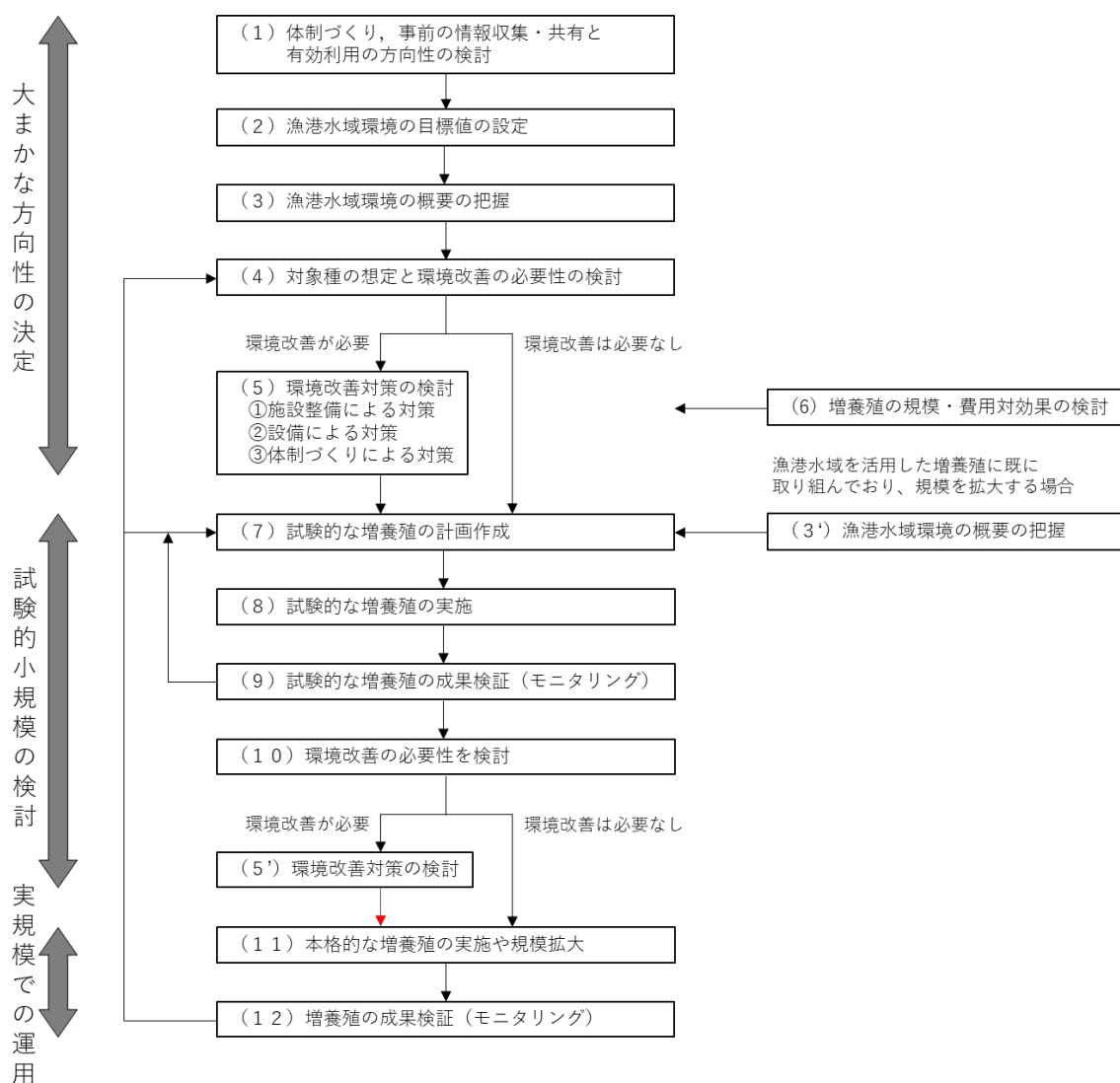
全国の漁港をみると、既に水域を活用した増養殖が各地で行われているが、特定の漁港や漁業種に限定されており、全国に普及しているとは言い難い。これは、漁港水域は閉鎖的であり、港外と比べて水質が悪いというイメージがあり、感覚的に増養殖には向いていないと捉えていることが多いためである。また、漁港水域で増養殖をやってみたくとも、うまくいくかどうかの根拠となるものがなく前に進めなかったり、過去にやってみたがうまくいかず、その際の失敗要因が把握できていないので、再度チャレンジすることをあきらめたりするためと考えられる。

そこで、漁港水域を活用した増養殖を行うにあたり、どのような事を確認しながら、どのような手順を進めればよいか、うまくいかない場合の要因としてどのようなことがあり、それを改善する方法としてどのようなものがあるかを、わかりやすく示すことを目的として本手引きを作成した。

2. 漁港水域を活用した増養殖等のフロー図

漁港水域を活用して増養殖を行っている者に対するヒアリングの結果や、3地区で行った増養殖の実証試験の結果をもとに、**図1**のとおりフロー図を作成した。このフロー図及びその後述べる解説に従い、漁港水域を活用した増養殖の取組を進めることが望ましい。

図1 漁港水域を活用した増養殖の検討フロー（案）



(1) 体制づくり、事前の情報収集・共有と有効利用の方向性の検討

- ・対象とする漁港を根拠地とする漁協など漁業関係者の協力が不可欠
- ・都道府県の水産研究機関や現地水産事務所、大学や独法等の研究機関との協力が重要
- ・漁港水域を増養殖や蓄養に活用することについて、漁港を管理する地方公共団体の担当部局や水産部局との事前の相談の必要性
- ・増養殖や蓄養を行う種の選定のための情報収集と研究機関との共有が重要（例えば、現状の漁業や漁獲種、漁獲金額、出荷先を把握し、増養殖や蓄養に取り組みやすい種や効果が高いと思われる種をピックアップする等）

(2) 漁港水域環境の目標値の設定

- ・水産用水基準、および持続的養殖生産確保法基準項目等を参考にした漁港水域環境の目標値の設定
- ・対象種の適正および限界生息環境を基にした漁港水域環境の目標値の設定

(3) 漁港水域環境の概要の把握

- ・物理化学的環境因子として、海底地形、水深、底質、水温、水質、流況、漂砂等
- ・生物的環境因子として、水産生物の生息分布、餌となる餌料環境、海藻の繁茂状況
- ・水質に関しては、夏季及び冬季の水温、塩分濃度、DO、クロロフィル等の連続観測（可能であれば四季を通じた調査）が重要。
- ・漁港水域は、その閉鎖性から、港外の海域と比べ水温の変化が生じやすい、近隣の河川や水路からの雨水の流入により塩分濃度が変化しやすい、港外との海水交換が少ないことからDOやクロロフィルが偏りがちである等により、これらの環境項目を把握することが重要

(4) 対象種の想定と環境改善の必要性の検討

- ・(1)、(2)と(3)の結果を基に、漁港水域の特性または経営戦略から増養殖や蓄養の対象種を想定
- ・(2)と(3)の結果から漁港水域の環境の改善の必要性を検討

(5) 環境改善対策の検討

①施設整備による対策

- ・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(シミュレーションの必要性)
- ・漁港水域のヘドロ浚渫
- ・着定基質工の設置

②設備による対策

- ・電動ポンプによる導水設備の設置
- ・水温やDO等のモニタリングシステムの導入
- ・遠隔給餌装置の導入

③体制づくりによる対策

- ・養殖や蓄養状況の日常監視体制

(6) 増養殖の規模・費用対効果の検討

- ・溶存酸素濃度をもとにした収容可能量等から、増養殖の実施可能規模や費用対効果を検討する。

(7) 試験的な増養殖の計画作成

- ・(1)～(6)の結果から、試験的小規模な増養殖の実施計画を作成する。

(8) 試験的な増養殖の実施

- ・(7)の計画をもとに、小規模での増養殖を試験的に行うとともに、(3)の環境項目の連続観測を同時に行い、環境変化を把握する。

(9) 試験的な増養殖の成果検証(モニタリング)

- ・対象種の成長や生残率を確認
- ・漁港水域の環境変化を確認
- ・成長や生残率が悪い場合、その要因を分析(研究機関のアドバイスが重要)し、必要があれば増養殖手法の見直しや対象魚種の変更などを検討
- ・販売ルートや販売価格を確認

(10) 環境改善の必要性を検討

- ・本格的な増養殖の実施又は規模拡大に向けて、環境改善の必要性を検討

(11) 本格的な増養殖の実施や規模拡大

- ・港内水域だけでなく、港外の漁港水域を活用した規模拡大による本格事業化を検討
- ・販売ルートや販売価格の想定

(12) 増養殖の成果検証(モニタリング)

- ・対象種の成長や生残率を確認
- ・漁港水域の環境変化を確認
- ・成長や生残率が悪い場合、その要因を分析(研究機関のアドバイスが重要)
- ・販売ルートや販売価格を再確認

3. 漁港水域を活用した増養殖等の事例

- ・1-1の優良事例ヒアリング結果より以下の事例を掲載予定
- ・さらに、増養殖のタイプ(種苗放流、中間育成、蓄養、養殖)や水産動植物の種類(魚類、貝類、甲殻類、藻類、その他水産動物)別の取組事例について、2-1～2-3による実証試験の事例等を平成31年度に調査を行い掲載予定

f. 課題

2 漁港水域を活用した増養殖に関する手引きの検討

2-2. 漁港水域を活用した増養殖等の手引き骨子(案)の作成

- ・実証試験の候補地を選定するにあたり、漁業者が漁港水域の有効利用に意欲的か、漁業者間で漁港水域の有効利用への意見の一致が見られるか、地元研究機関及び行政機関の協力が得られるか、など関係者間や協力体制の構築が重要な要素であり、合意形成過程を整理し、漁港水域の有効活用に向けた地域の合意形成方法を取りまとめる必要がある。
- ・有効利用の方向性を決定する上で、収集した情報を分析する方法を提示する必要がある。

2. 海面(沖合)養殖の大規模化や陸上養殖の展開に向けた課題の把握と解決方針

d. 方法

2. 海面(沖合)養殖の大規模化や陸上養殖の展開に向けた課題の把握と解決方針

(1) 海面養殖の大規模化に向けた課題把握

海面養殖の大規模化に向けた課題把握のフローを図 d-2-1 に示す。

既往知見から海面養殖の様式や対象魚種について整理し、代表的な海面養殖を把握した。これに基づき、代表的な事例や先進的な事例を抽出し、海面養殖の実態を聞き取り、現状における課題および海面養殖の展開に向けた課題を整理し、課題の解決方を検討した。

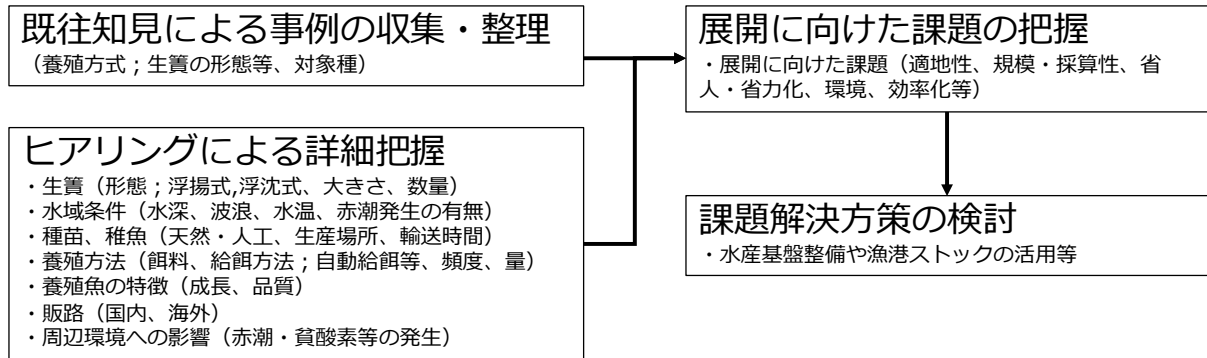


図 d-2-1 海面養殖の大規模化に向けた課題把握のフロー

① 既往知見による事例の収集・整理

海面養殖の事例について、既往知見より養殖の方式や対象魚種の生産について収集、整理した。

② ヒアリングによる詳細把握

①により整理された海面養殖のうち代表的な養殖様式や先進的な海面養殖を対象に、表 d-2-1 に示す項目(生簀、水域条件、種苗・稚魚、養殖方法、養殖魚の特徴、販路、周辺環境への影響等)について聞き取った。これにより海面養殖の大規模化に向けた課題について整理し、水産基盤整備や漁港ストックの有効活用等による解決方を検討した。

表 d-2-1 海面養殖に関するヒアリング内容

聞き取り項目	内容
1. 生簀	形態(浮揚式、浮沈式)、大きさ(面積、容積等)、設置数
2. 設置海域	水深、波浪、水温、濁り、赤潮・貧酸素の発生の有無
3. 種苗、稚魚	生産場所、輸送時間等
4. 養殖方法	餌料、給餌方法、頻度、タイミング
5. 養殖魚の特徴	質的特徴、成長速度、収穫サイズ
6. 販路	出荷先(国内、海外)
7. 周辺環境への影響	赤潮、貧酸素

(2) 陸上養殖の展開に向けた課題把握

陸上養殖の展開に向けた課題把握のフローを図 d-2-2 に示す。

アンケートにより、漁港用地における陸上養殖を含む増養殖の利用の実態について把握した。これに基づき、代表的な陸上養殖や先進的な事例についてヒアリング先を抽出し、陸上養殖の実態について聞き取り、現状における課題および陸上養殖の展開に向けた課題を整理し、課題の解決方策を検討した。

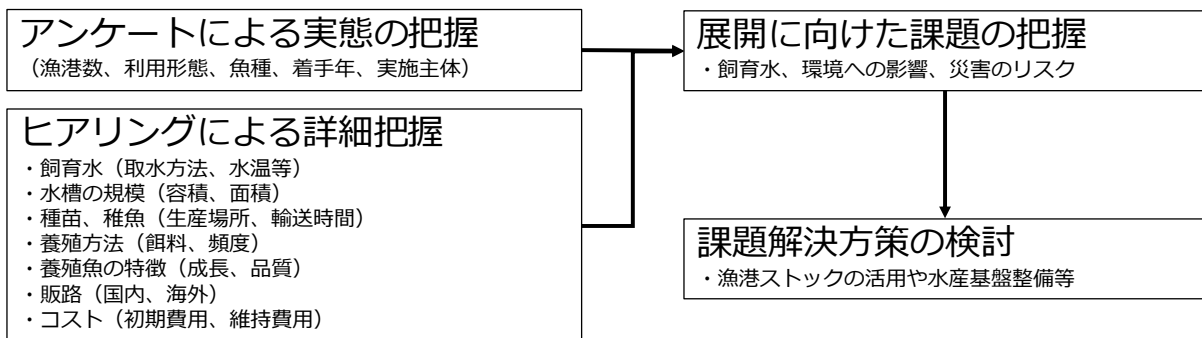


図 d-2-2 陸上養殖の展開の促進に向けた課題把握のフロー

① アンケートによる実態把握 (臨海都道府県の漁港管理者へのアンケート結果)

現在取り組まれている漁港用地における養殖および増殖の事例について、全国 39 の臨海都道府県の漁港管理者を対象に、表 d-2-2 に示す項目(漁港用地で増養殖が行われている漁港と主な取組内容、漁協や民間企業から出ている漁港用地における陸上の増養殖の要望、漁港用地における陸上の増養殖の展開に向けた課題)について、メールにて平成 30 年 10 月 25 日にアンケートを発送し、11 月 19 日〆切で全地区の回収を行った。

表 d-2-2 漁港用地の増養殖に関するアンケート内容

聞き取り項目	内容
1. 漁港用地で陸上の増養殖が行われている漁港のリストと主な取組内容	<ul style="list-style-type: none"> ・漁港名 ・対象種 ・施設場所 ・施設面積 ・着手年 ・実施主体 ・利用形態; 養殖(掛け流し式、閉鎖循環式)、中間育成、蓄養、種苗放流)
2. 漁協や民間企業から出ている、漁港用地における陸上の増養殖の要望	<ul style="list-style-type: none"> ・漁港名 ・対象種 ・施設場所 ・施設面積 ・着手年 ・実施主体 ・利用形態; 養殖(掛け流し式、閉鎖循環式)、中間育成、蓄養、種苗放流)
3. 漁港用地における陸上の増養殖の展開に向けた課題	<ul style="list-style-type: none"> ・漁港用地における陸上の増養殖の展開に向けての問題点(自由記入)

②ヒアリングによる詳細把握

①により整理された陸上養殖のうち代表的な陸上養殖や先進的な陸上養殖を対象に、表 d-2-3 に示す項目(飼育水、水槽規模、種苗・稚魚、養殖方法、養殖魚の特徴、販路、コスト等)について聞き取った。これにより陸上養殖の展開に向けた課題について整理し、漁港ストックの利用等による解決方を検討した。

表 d-2-3 陸上養殖に関するヒアリング内容

聞き取り項目	内容
1. 飼育水	・水源、取水方法、処理方法、水温等
2. 水槽の規模	・大きさ(面積、容積等)、設置数
3. 種苗、稚魚	・入手先、大きさ等
4. 養殖方法	・餌料、給餌方式、頻度、タイミング
5. 養殖魚の特徴	・質的特徴、成長速度、収穫サイズ
6. 販路	・出荷先(国内、海外)
7. コスト	・初期費用、維持費用

e. 結果

2 海面(沖合)養殖の大規模化や陸上養殖の展開に向けた課題の把握と解決方針

(1) 海面養殖の大規模化に向けた課題把握

① 既往知見による事例の収集・整理

海面魚類養殖の様式を図 e-2-1 に示す。

築堤式養殖とは、入り江、または島と島の間を築堤により仕切り、干満差や潮流を利用して海水を交換する方法である。1928年に香川県の安戸池でブリ(ハマチ)を対象に取り組まれた築堤式養殖が海面魚類養殖の始まりとされる¹⁾。本手法は、施設が大掛かりで膨大な資金が必要となる。また、水質環境を維持できる海水の交流が必要で、海上交通の妨げにならない等、立地条件に限られる。

網生簀式養殖は、上述の築堤式養殖の課題を背景に開発され、1957年頃から始まったとされる^{2~4)}。当初5~7mの方形生簀を連結されたことから小割式と呼ばれ、今日では本手法は世界中に普及している。網生簀式養殖の施設は、生簀網、生簀網を取り付ける枠体、海面に浮かせるフロート、アンカー、ロープからなる。設置形態別に分類すると浮揚式生簀と浮沈式生簀(図 e-2-2)に大別され、浮揚式生簀は耐波浪性が弱く、設置海域は静穏域に限られる。浮沈式生簀は、給餌時には海面に、それ以外では、海中に沈下させることで波浪の影響を回避することができ、外洋性海域が多い。網生簀式養殖の適地は、波浪の影響の少ない内湾や島陰で適度な流れがある場所である¹⁾。養殖を左右する水質環境は、安全性に寄与する静穏性と地理的にトレードオフの関係にあり、湾奥に行くほど水質環境は劣る。

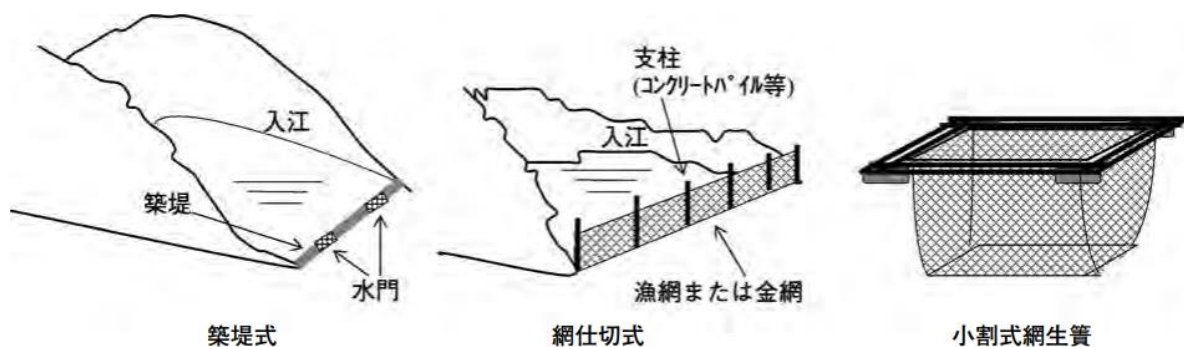


図 e-2-1 海面魚類養殖の様式¹⁾

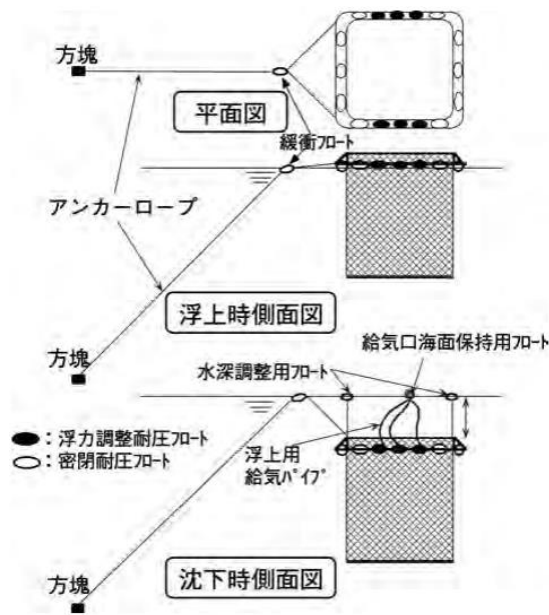


図4. 浮沈式生簀の模式図と調整方法
(一点係留浮沈式 / 鹿児島県 鹿屋漁協)

図 e-2-2 浮沈式生簀の模式図¹⁾

我が国および世界における海面魚類養殖の生産量の変化を図 e-2-3 に示す。なお、FAO の FISHSTAT のデータをもとに整理した。

国内における魚類養殖の対象種は、30 種程度で、ブリ（ハマチ）、マダイ、カンパチが主であり、この他、マグロ、トラフグ、ヒラメ、クエ、ギンザケ等が全国各地で養殖されている。国内の養殖生産量では、ブリが最多で約 15 万トン、次いでマダイ 7 万トンである。なお、ブリは、国の「農林水産物・食品の国別・品目別輸出戦略」の水産物の中でも重要品目に定められている。

一方、世界の海面養殖の生産量では、サーモンが 326 万トンで最大規模の魚種であり、主な生産国はノルウェーおよびチリで総生産量の 80% を占める。これらの国は、極域に近く、海岸はフィヨルドが発達する。前者は低く、安定した水温をもたらし、サーモン養殖では周年の生産が可能となっている。後者については、静穏域が広大であることを意味する。これらの環境を活かし、サケ・マス類の生産を伸ばしてきたものと考えられる。国内におけるはサケ・マス類の生産は 2 万トン程度であり、宮城県三陸沿岸で 1975 年にギンザケの海面養殖がスタートし、国内のサーモン養殖生産量の 90% 以上を占める。当該地域の地理的特徴は、国内では比較的寒冷であり、リアス式海岸を有することである。ただし、夏季の水温上昇により、周年の生産ができない。また、氷河によって削られて形成されたフィヨルドに比べて、静穏な海域の面積は小さい。

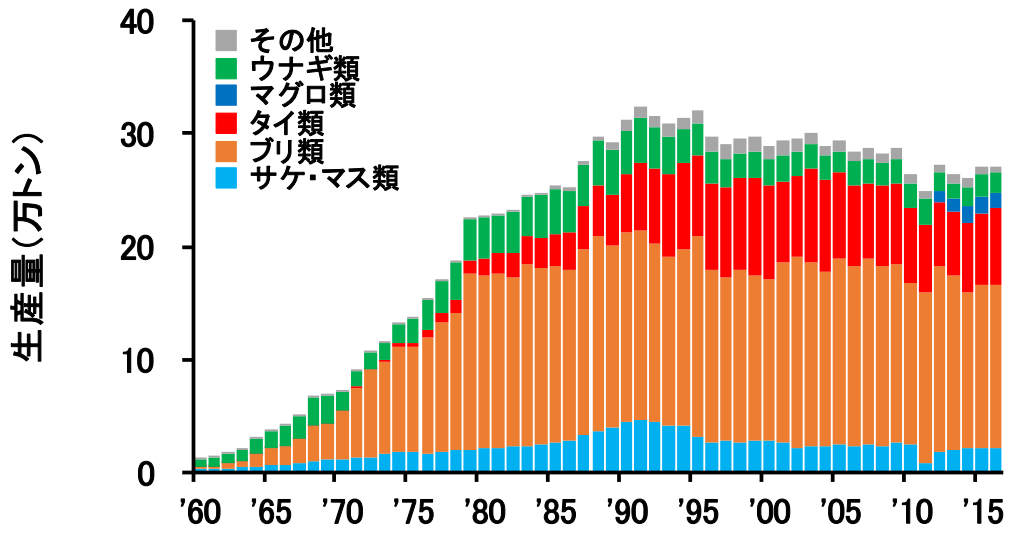


図 e-2-3 (1) 海面魚類養殖の生産量の推移 (国内)

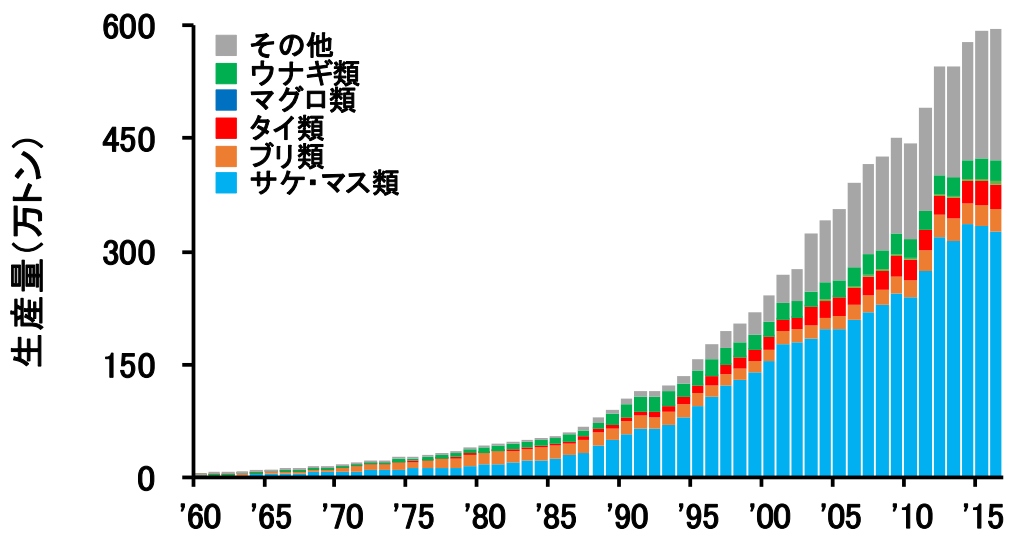


図 e-2-3 (2) 海面魚類養殖の生産量の推移 (世界)

②ヒアリングによる詳細把握

既往知見を踏まえ、生簀の設置形態別に浮揚式生簀と浮沈式生簀を対象にヒアリングすることとした。また、対象種については、国内での主な養殖魚類であり、重要な輸出品目にされているブリ、世界における海面魚類養殖の中でも最大規模であるサケ・マス類とした。ヒアリング先の一覧を表 e-2-1 に示す。

表 e-2-1 ヒアリング先の海面養殖の様式

養殖方法	網生簀式養殖			
形態/対象種	浮揚式/ギンザケ		浮沈式/ブリ	
水深	20-25m	15m	40-50m	60m
生簀規模	中型:7.5m,八角	大型:25m,円形	中型:15m,四角	大型:30m,四角
給餌方法	従来法	自動給餌	従来法	
実施主体	宮城県漁協 志津川支所	弓ヶ浜水産(株)・ 新日鉄住金エンジ ニアリング(株)	東町漁協	尾鷲物産(株)・ 新日鉄住金エンジ ニアリング(株)

浮揚式生簀によるギンザケ養殖では、従来式の給餌方法による宮城県漁協志津川支所と鳥取県境港において自動給餌方式に取り組んでいる弓ヶ浜水産(株)とした。また、浮沈式生簀によるブリ養殖では、鹿児島県東町漁協および三重県の尾鷲物産(株)とした。

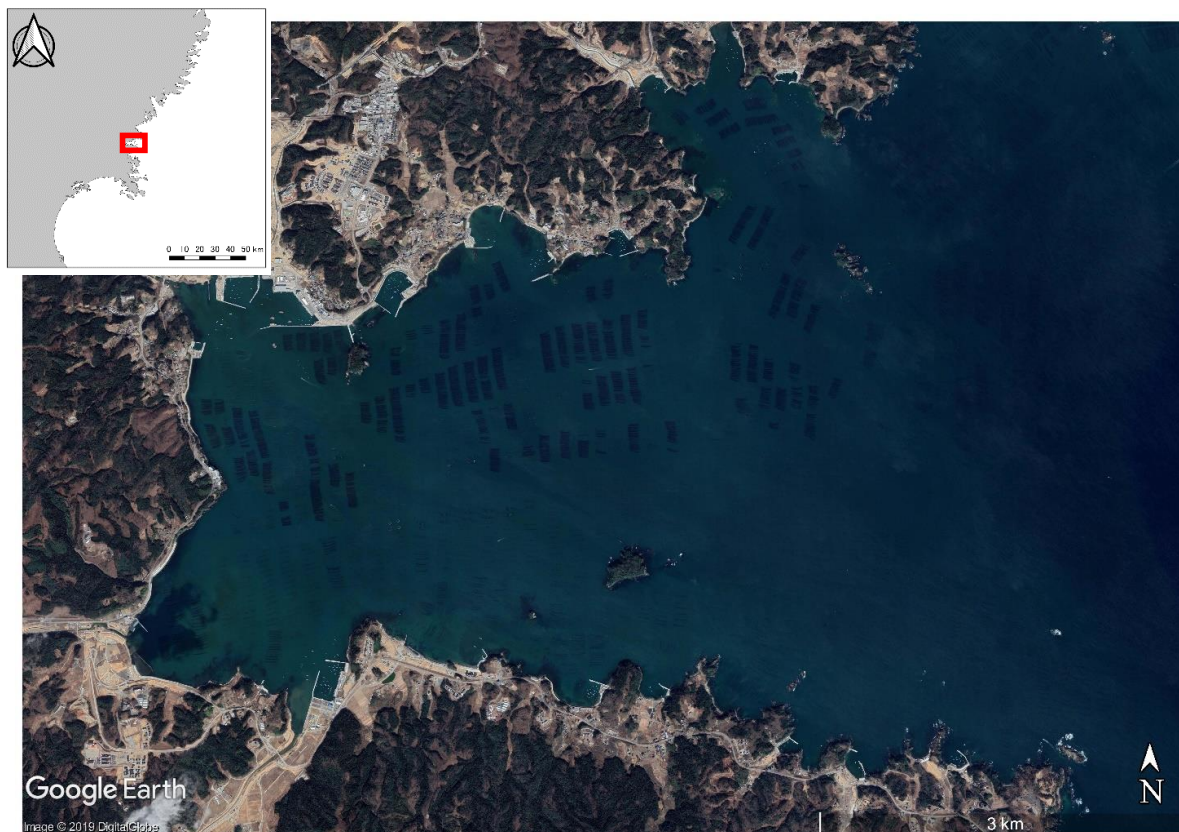
宮城県漁協志津川支所は、国内におけるギンザケ養殖の主要な産地である。東日本大震災では、県内すべての養殖施設が流失し、壊滅的な状況となった。被災後の経営体数は半減したものの、近年では、その生産量は回復しつつある。

弓ヶ浜水産(株)は、東日本大震災により、宮城県女川の養殖施設が被災し、代替の場所を探していた。日本海の冬季の波浪により養殖が困難な鳥取県が知事を先頭に積極的に受け入れ、また、地元漁協も協力的であった。境港の沿岸から約3kmの海域において国内では大型となる規模の浮揚式生簀を用い、プラットフォームを整備し、自動給餌システムによりギンザケを養殖している。また、加工、出荷まで一貫した管理に取り組んでいる。

鹿児島県東町漁協は、国内でも最大級のブリ養殖の産地である。「鰯王」ブランドを展開し、国内で初めてとなる養殖魚の輸出にも取り組んでいる。平成21年、22年には、シャットネラ赤潮による甚大な被害を受けた。これを機に、赤潮を鉛直的に回避するため、浮沈式生簀に取り組んでいる。

三重県尾鷲市では、大規模な沖合での海面養殖を目指し、波浪や潮流に耐えるため、大型の浮沈式生簀を用い、ブリを対象とした実証試験が行われ、尾鷲物産(株)が生産を担っている。

i) 浮揚式生簀（従来給餌）によるギンザケ養殖（宮城県漁協志津川支所）



1. 生簀

志津川支所；7.5mの八角形, 網丈13m：22基、13m×13m：4基

戸倉支所；7.5mの八角形, 網丈13m：24基

枠体部分は網に比べて耐久性が低く、7年程度で交換が必要となる。

2. 設置海域

水深20-25m

漁港から2,3km、10分程度

湾内でも大きな波が入ってくることもあり、生簀の耐久性の面から水深30m程度までと考えられている。

ギンザケの他、カキやワカメ等も湾内で養殖されており、静穏な海域に余地はない（図 e-2-4）。

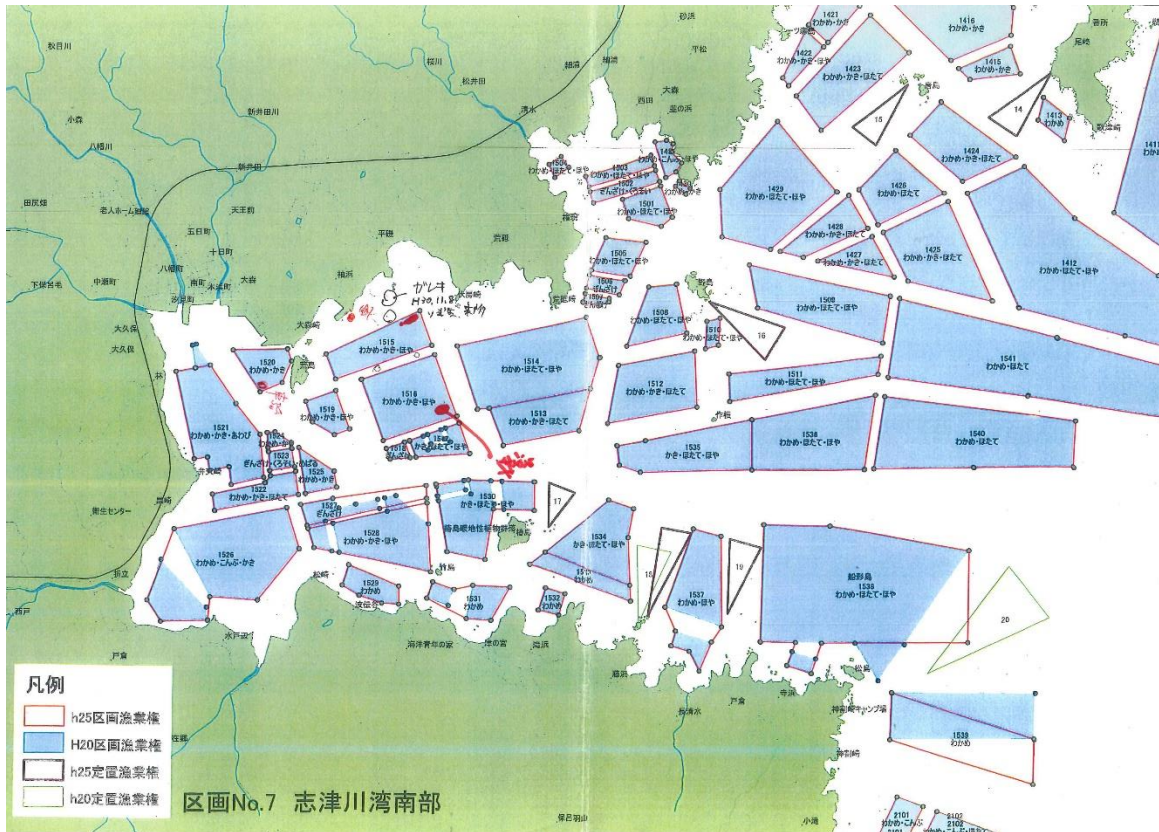


図 e-2-4 海面の利用状況

3. 種苗、稚魚

宮城県、岩手県の山間部にある養魚場から 11 月頃に数時間かけてトラックで輸送する。

稚魚の大きさは、概ね 150～170g である。

輸送された稚魚は、漁港内で 3～4 日程度の馴致を基本とする。

4. 給餌

平成 7 年頃までは生餌を餌料に用いていたが、H8 年以降は EP (Extruded Pellet) に切り替えた。2 月頃までは加水、以降無加水とすることが多い。

1 日 1～2 回の頻度で、ほぼ毎日給餌する。水温が上昇するとあまり餌を食べない。漁業者が自身の目で食いつきの状況を確認し、給餌量を判断している。

5. 養殖魚の特徴

活〆、神経〆を施した「みやぎサーモン」が地理的表示 (GI: Geographical Indication) に登録された。みやぎサーモンは、鮮度保持処理により、身にツヤと張りがあり、刺身で食べられる鮮度にある。

ギンザケの体重は、4 月上旬に 1.2kg、7 月中旬には約 3kg 程度となり、年間の平均は 2.3kg 程度である。

6. 販路

量販店での販売が多い。
ベトナムやシンガポールへの展開も目指している。

7. 周辺環境への影響

以前は、赤潮や貧酸素が発生したこともあったが、餌料の切り替えや適正給餌により、近年では発生していない。

ただし、糞は必ず出るし、残餌もゼロではないと考えられ、モニタリングや海底耕耘が必要と考えている。

また、ナマコも放流しており、潜水で水揚げされている。
処理時の血水については、陸上で浄化している。

8. その他

人手および担い手が不足している。
また、種苗の養殖場も高齢化が進んでいる。
養殖魚のサイズにバラツキが出る。
疾病については、内水面で対応しており問題はない。

9. 大規模化を考えた際の課題

糞や残餌による環境への影響、貧酸素等の発生が懸念される。
沖合では底引き網の操業もあるため、海域の確保は困難と思われる。

ii) 浮揚式生簀（自動給餌）によるギンザケ養殖（弓ヶ浜水産株式会社）



1. 生簀

φ 25m : 24 基

本施設の生簀のサイズは国内では大型に属する。

一方、ノルウェー等の海外ではφ 40m 級の生簀が標準であり、競争力に劣る。ただし、生簀は大きいほど生産の効率がよくなると考えられるが、水揚げや網の清掃、メンテナンス等運用面を考慮する必要がある。

2. 設置海域

水深 15m

北西からの波浪については、島根半島により遮蔽されるため、これまで波浪による枠体への被害は出ていない。ただし、生簀に被せている網が破れたことはある。

中海からの濁りが著しい。

三陸に比べて水温が高く、成長が速い反面、水温が 20℃を超える 6 月前には出荷する必要がある。

3. 種苗、稚魚

大山山麓などの淡水養魚場から、1 シーズンにつき（1 ヶ月の間に）500 トン程度の稚魚がトラックで輸送される。センサーにより個体数を計測するが、数パーセ

ントの誤差が生じる。

4. 給餌

24 基の各生簀の中央に日本水産株式会社の海面養殖給餌制御システム「Aqualingual」を設置し、食欲センサーで摂餌状況をモニターし、給餌量を調整している。餌料には EP を用いる。

このうち 5 基の生簀については、新日鉄住金エンジニアリング株式会社が制作したプラットフォーム (PF) から海底配管を通して餌を給餌機に圧送しており、現在は弓ヶ浜水産が所有している (写真 e-2-1～写真 e-2-3)。

プラットフォームのテーブル部の広さは、18m×18m、約 320 m² であり、海面から 7m 上方に位置する。テーブル部は、4 本の杭により支持され、杭の長さは 55m、海面下 35m まで打設される。杭の重量は、4 本で 100 トン、テーブル部は 130 トン、設備機器は 80 トンである。

プラットフォームの耐用年数は 20 年、設備機器は 10 年である。プラットフォーム設置には、約 10 億円を要し、少なくとも 2,000 トンを生産する必要があると試算される。

餌のサイロ 1 基当たりの容積は 25 m³、20 トンの餌をストック可能であり、2 基のサイロが整備されている。また、サイロ内部の温度が上昇すると自動的にコンプレッサーにより空気が循環する。2 シーズンが経過した時点で、餌の劣化は確認されていない。なお、26 基の生簀に対応させるため、2 倍の容量をもつサイロ 2 基の整備が進められる。

これらのサイロから 5 基の生簀に給餌され、通常期では 1 週間、出荷前の最盛期では 3～4 日に 1 回の頻度で餌および燃料が補給、点検される。



写真 e-2-1 プラットフォームと作業船



写真 e-2-2 プラットフォームと浮揚式生簀



写真 e-2-3 プラットフォーム

5. 養殖魚の特徴

三陸では12月から5月の期間に10℃を下回るのに対し、境港では、水温が高く冬季の成長が良好である。三陸よりも1ヶ月程度成長が早い分、早く出荷できる。身が締まっており、生食に適し、刺身物性に優れる。

6. 収穫、加工、販路

生簀を加工場前の岸壁（水深12m）近くまで牽引し、水揚げ用生簀に移し、フィッシュポンプで水揚げする。

電気で鎮静化させ、活メし、手作業により選別する。加工場の処理能力は2,000トンであり、フィレ、ドレス加工（皮なし、骨なしなどトリムA～Eに分類）される。

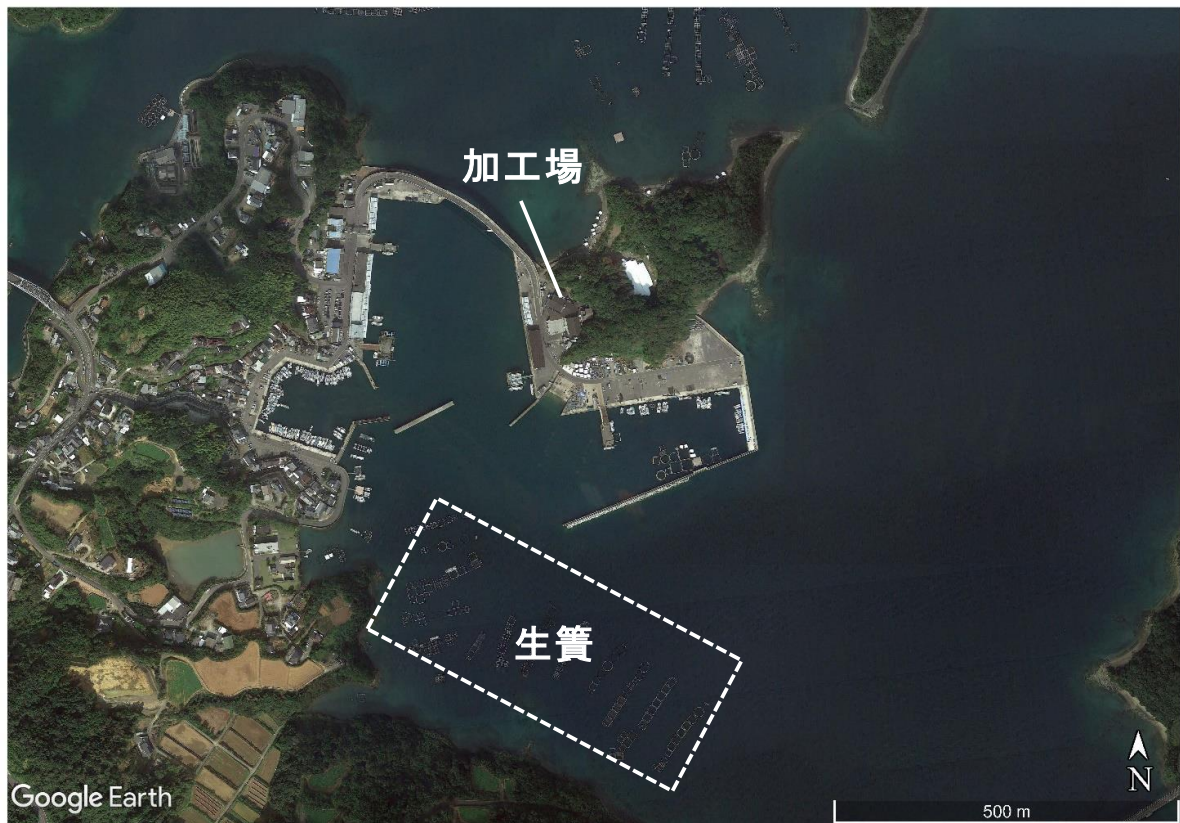
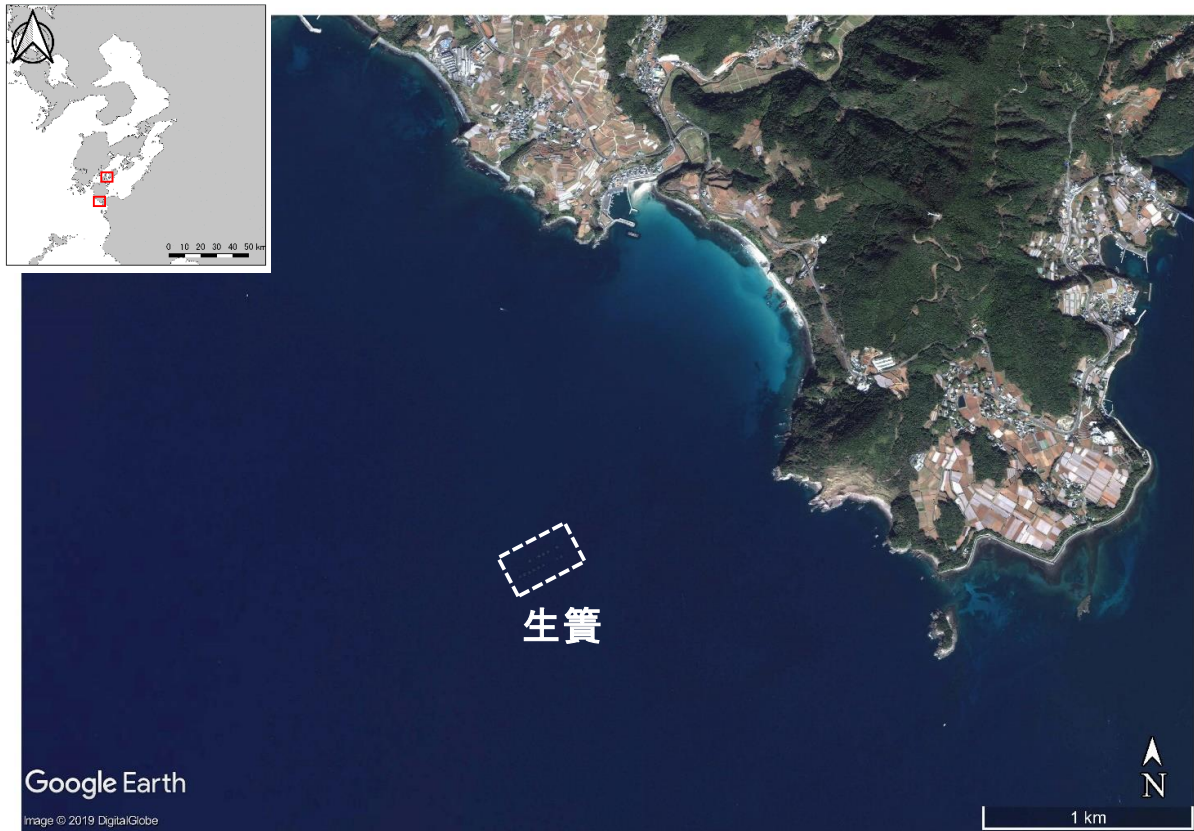
7. 周辺環境への影響

赤潮や貧酸素等の発生はみられない。リアス式海岸などの静穏域に比べて開放的な海域であるため、養殖に伴って排出される糞等は逸散すると考えられる。

8. その他

効率的な給餌等を行うために、幼魚の個体数の計測精度を高める必要がある。
魚体サイズの個体間のバラツキが大きく、計測に労力を要する。
海外製の機械が販売されているが、国内では市場がなく、高額となる。
さらなる規模拡大のためには船の大型化や省力化が必要となる。

iii) 浮沈式生簀によるブリ養殖(鹿児島県東町漁協)



1. 生簀

8m×8m ; 20 台、15m×15m ; 210 台

枠体の耐久性はあるが、網を 8 年程度で交換する必要がある。

生簀費用の目安

- ・ 8m×8m の生簀は 1 台あたり約 700 万円（生簀 400 万、工事費 300 万）

- ・ 15m×15m の生簀は 1 台あたり約 1,400 万円（生簀 900 万、工事費 500 万）

15m 以上の大きさになると化繊網が望ましいが、この場合、防腐剤を使用する必要があり、安心安全な養殖を目指す上では問題となる。



写真 e-2-4 東町漁協におけるブリ養殖



写真 e-2-5 浮沈式生簀（15m×15m）

2. 設置海域

水深 40-50m

設置海域にシャットネラの赤潮が発生することもあるが、生簀を沈めることで鉛直的に赤潮から回避できる。

流れが速すぎると生簀がねじれて沈みこみ、破損が懸念される。

3. 種苗、稚魚

モジャコがほとんどであり、人工種苗は 1 割程度である。

稚魚育成の期間は 1~2 ヶ月程度である

4. 給餌

餌料には MP (Moist Pellet) を用いている。ブリには MP が適しており、成長が速い。

給餌は給餌船により、原則的に 2 日に 1 回の頻度で給餌する。

ブリはサーモン類とは異なり、空腹時にしか食べない。そのため、漁業者が自身の目で食いつきの状況を確認、判断している。

沖の生簀の給餌については、海象の影響を受ける。

5. 養殖魚の特徴

成長速度は冬季に停滞する。

年中出荷を目指しており、7 月頃にモジャコを養殖し始め、翌年の 7 月に 4~5kg 程度、12 月まで養殖する。

生産原価は、餌代が 7 割程度を占める。

6. 販路

中央市場への出荷が 8~9 割で正月商材が多い。

海外では台湾にも出荷しており、中国への展開も目指している。

7. 周辺環境への影響

特になし。

8. その他

網のメンテナンスについては、以前は潜水士に依頼していたが、近年ではロボットにより、付着物を除去している。

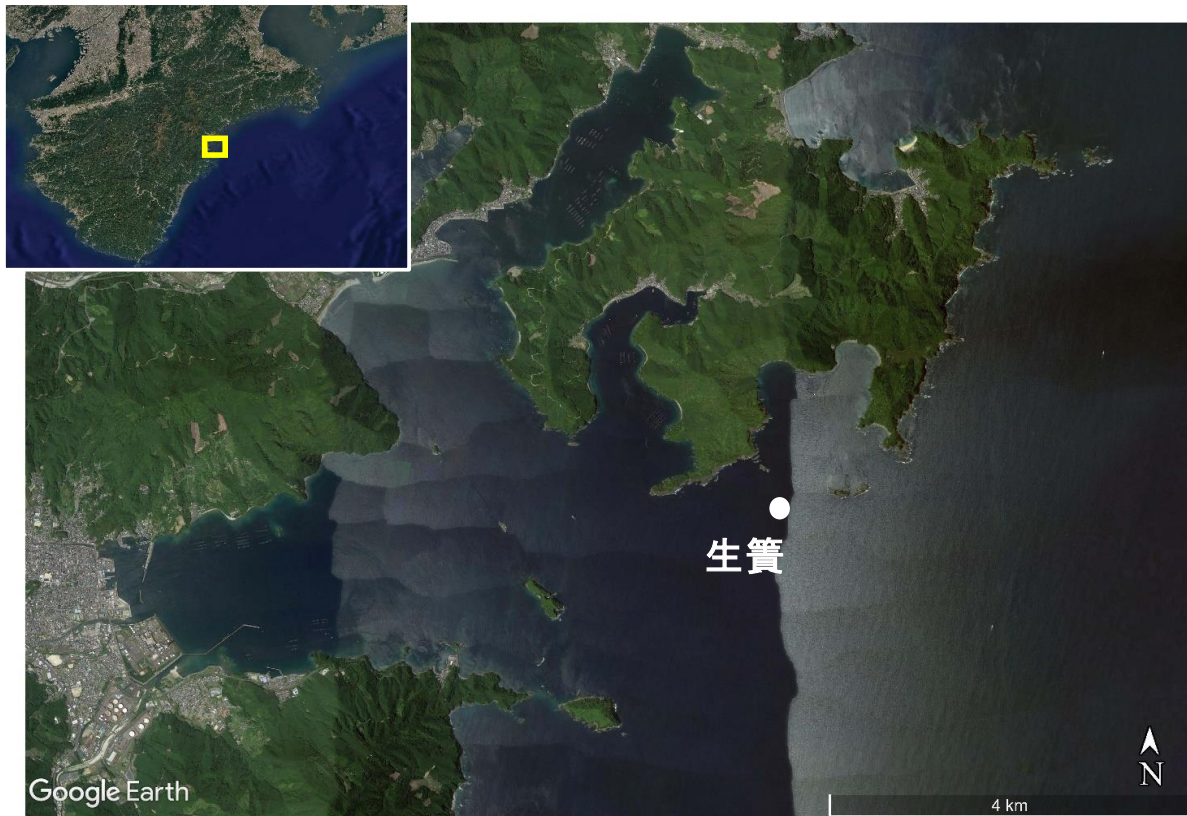
生産において最もコストがかかるのは餌代であり、効率的な給餌ができれば、コストを抑えることができる。

大きい生簀では疾病は少ないようである。

効率の向上および安全確保のため、橋と加工場の動線の改良が必要である。

大規模化を考える際、設備費用もさることながら、網の修理、交換費もその分増大することが懸念される。

iv) 浮沈式生簀によるブリ養殖(尾鷲物産株式会社)



1. 生簀

30m×30m×20m ; 2 台

2. 設置海域

水深 60m、給餌等の養殖管理時以外では水深 15m まで沈める。

最大有義波高 7m、周辺では浮揚式生簀が被害を受けるも浮沈式生簀は無事であった。

潮流 2knot

水温 14～26℃

3. 種苗、稚魚

モジャコがほとんどであり、人工種苗は 1 割程度である。

稚魚育成の期間は 1～2 ヶ月程度である

4. 給餌

餌料には EP を用いている。

5. 養殖魚の特徴

大型の生簀で養殖したブリは、全長が長くなる傾向がみられ、活発に運動したものと考えられる。

6. 販路

海外への出荷はしていない。

7. 周辺環境への影響

特にみられていない。

8. その他

浮棧橋があると餌の積み込み等効率的にできる。

③海外における海面養殖の傾向

海外における近年の海面養殖の取り組み事例を i) ～ vi) に示す。また、近年の海面養殖の傾向は下記のとおりである。

1. 大規模海面養殖設備の開発の背景

長期にわたる石油価格の低迷とシェールガス革命によって、エネルギー産業とエンジニアリング（設備のほとんどすべてがアジアで建造されている）などのその周辺産業は冬の時代を迎えている。また、世界的な水産海洋資源の大幅な減少によって漁船の需要も冷え込み、供給過多による日中韓の造船不況も出口が見えない。中国では 3,000 あった造船関連企業が約 300 まで減少し、韓国でも大幅なレイオフがなされ、日本でも産業の再編が進んでいる。

一定規模の沖合養殖設備は、設備の安全性、耐波浪性、エネルギー供給、居住設備の居住性に至るまで既存の海洋エンジニアリング・造船のテクノロジーとの類似性が高く、生産設備も流用できる。沖合養殖設備の大型化がトレンドとなれば、こうした産業の生産設備と労働力の稼働率を押し上げることになる。逆にいえば、こうした産業の稼働率を押し上げるためにも大型沖合養殖設備を生み出さなければならない。

中国ばかりでなく、欧米も含めてほとんどすべての国で漁業と養殖業の利害関係者が大きく入れ替わりつつある。漁業・養殖業従事者と水産エンジニアリングの業界だけではなく、こうしたエンジニアリングや造船は無論、金融セクターもエネルギーセクターや土木建築産業もこぞって漁業・養殖業を成長産業とみて参入しつつある。

魚介類の消費市場規模とエンジニアリングおよび造船の製造能力が世界最大である中国が国家戦略として沖合養殖に取り組み、投資するのは統合的な戦略がある。オーシャンファーム 1 もハブファームもノルウェーの設計であり、装置の多くや認証技術もノルウェーであり、両者の関係は密接である。しかし、現実にはノルウェーばかりでなく、多国籍で取り組むというのがむしろトレンドとも言える。

2. 沖合養殖設備の大型化

沖合に養殖設備を位置させることの必然として、頻繁に陸地から通うことができないため、労働アクセスは限定的なものになる。このために海底ガス田・油田の開発・採掘と同様に、沖合養殖設備にはほとんどの場合居住施設が必要となる。3 交代で業務を行うとすれば、生産設備の規模にもよるが、2～6 名程度の居住施設を洋上に構築しなければならない。ノルウェーなど沿岸型の大規模養殖管理にはフィードバージ（feed barge）と呼ばれる餌の貯蔵設備、給餌システム、養殖オペレーションの制御システム、発電設備およびオペレーターの居住設備を合わせ備えたものがしばしば見られる。しかし波の高い沖合となれば、居住環境・労働環境はどのように内装・設備を施しても不十分である。

そこで、労働供給の面から二つが考えられる。ひとつは、イノヴァシー社のアクアポッドやシーステーション、ハウグアクア社のジ・エッグ、ギリオーシャンテクノロジー社のサブフレックスのように沿岸からの距離を労働アクセス可能な地点に設定するか、オーシャンファーム 1 やハブファームなどのように海底ガス田・油田の開発・採掘や大型船舶と同様な居住設備を備えた大規模な設備を備えるかで

ある。

他方で、経済面からも 6 名のオペレーションとその居住設備が必要であれば、その費用を賄うだけの一定の収益が必要となり、また設備費も高額となり、単体あるいはクラスタとして養殖設備は大規模なものとなる。

3. 沖合養殖開発におけるライセンス

沖合を含む海上で養殖事業を行うのに、ほぼ例外なくどの国でも政府からのライセンス（認可）を必要とするが、ノルウェーのようにそれを政府から「購入しなければならない」制度を持つ国も少なくない。直径 50 メートル程度のノルウェーで一般的な生簀あたり 10 億円近くの高額なものなので、必然的に大資本、あるいは大資本と結びついたベンチャー企業でなければ取り組むことができない。どの国でも政府の手続きには数年を要する。海面養殖業にこうしたライセンス費用を政府が課するのは、通常の漁業とのバランスを考えると自然なことかもしれない。

他方で、陸上閉鎖型養殖はこうしたライセンス費用を政府から要求されることがほとんどない。陸上閉鎖型養殖（RAS : Recirculating Aquaculture Systems ないし LBCC : Land Based Closed Containment）は仮に水資源が豊富で水循環設備に高額な設備を必要としなくても、（先進国では）排水浄化設備などに多額の設備費を必要とし、こうした設備費が海面養殖のライセンス費用とほぼ匹敵する。

このようにして、漁業、海面養殖、陸上閉鎖型養殖はバランスされることになるが、問題はその額が高額になればなるほど、事業者は「高付加価値品」に着目して投資回収を急がなければならないことにある。ところが、生産量が上がって生産品が「普及」すれば価格は低下して高付加価値品でなくなってしまうという例は、養殖業に限らず農林水産業では枚挙に暇がない。

3. 養殖業・養殖設備企業・水産流通との一体経営

養殖業・養殖設備企業・水産流通との連携、統合といった形に決着するという例もいくつか見てきた。クナ・デル・マール社を中心としてアクアポッドやシーステーションおよびそれらの運用者の一部が最終的には一体となっている。陸上閉鎖型養殖設備の RAS2020 も初期の段階では導入顧客とは言っても役員の人事交流があり、マリンハーベスト社のように養殖設備の開発ベンチャーとの連携を活用して、スポンサーシップを発揮することで自らのイノベーションを推進し、結局はそれを買収していくという形もあった。あるいは流通を持っている企業が中心となってイノベーションを推進するという例（シンガポールの AAG 社、タイの AQUUA 社など）もある。ノルウェーやアメリカ、ロシアなどの相互国際連携は、我が国の養殖業・養殖設備企業・水産流通それぞれについて考えさせられるものが大きい。中国の沖合養殖を材料とした多角的で統合的な産業政策は、産業と国境の壁を超えた繁栄とサステナビリティ獲得のためのダイナミックなアプローチであるとも言える。

i) オーシャンファーム 1



事業を運営するオーシャンファームリング社の親会社であるはノルウェーのサルマール社は、世界最大級のサーモン養殖業・水産加工業者であり、ノルウェー、英国を中心に100の養殖ライセンスを運営しているが、既存の沿岸農業ライセンスの3分の1は、気温や病気の流行、他の養殖場との接近などにより困難な状況に直面している。オーシャンファーム1を6つ以上のグループで養殖場を構成することで、サルマールは各生産サイクルで1つまたは2つの農場を休止することができると考えられている。

① 養殖方法	浮沈型沖合開放型養殖 現状：パイロットフェーズ（2017年からフロハベット Frohavet 沖合約40キロメートルの地点にて） 酸素センサーと高精細カメラによって、サーモンの病気の成長や兆候のモニタリングを行う。成長促進（畜肥率の改善）と低死亡率が目標。16個の可動式水中バルブによる設定時間に分散給餌。魚を他の農場と同様に表面近くに集中させるのではなく、最大水深55メートルで畜養可能。3名で運用。
② 海域	水深100～300メートルのあらゆる沖合
③ 養殖の規模	年間12,000トン（150万匹）
④ 養殖にかかる初期投資やランニングコストの規模	プロジェクト予算3億USD（約330億円（建造費は7,2百万EUR、約9億円）。ランニングコストは不明。イノベーションノルウェーからの助成金。中国からノルウェーまでの輸送費は700万～1,000万USD（約7.7億～11億円）と推定される。
⑤ 支出者（事業運営者）	オーシャンファーマーミング Ocean Farming AS 社（サルマル社の子会社）
⑥ 設備設計者	グローバルマリタイム Global Maritime AS 社（ノルウェー）
⑦ 設備建造者	CSIC QWHI - 中国造船工業会（青島）
⑧ スペック	高さ：68メートル（水深100～300メートルで機能。本番システムでは70メートルを超えと言われる） 直径：110メートル（本番システムでは約160メートル） 容量：250,000立方メートル 耐波浪性：15メートル
⑨ 電源供給の方法	制御・居住区核に設置された発電装置（推定）
⑩ 耐用年数	耐用年数25年
⑪ 環境への影響	一定以上の潮流があることで底質への汚染を予防（この点では従来の生簀と同じ）

ii) ノルドラクス・ハブファーム



地域漁業経済の振興、安全な運営、魚類福祉（風、力、波などの環境負荷から魚を守ること）の三つがプロジェクト計画の柱である。養殖では一般的に40%の魚が死亡するが、生残率が低下する原因として、鮭シラミ（Lice：フナ虫）がサーモン養殖の最大の課題である。それを避けるために薬品が投与されてきた。鮭シラミを回避するためのノルドラクスの生産戦略は、これまでの海洋での総生産時間を大幅（4～10ヶ月）に短縮し、他の養殖場から距離をとることであった。それを実現するためには、十分な水交換が可能な沖合に移動する必要があるが、同時に環境負荷（風、力、波）から魚を守らなければならない。また、プラントオペレータの安全と快適性も重要である。底質の汚染による環境負荷を養殖設備そのものが移動することで低減できるとされる。

① 養殖方法	<p>移動式沖合開放型養殖</p> <p>現状：建造中（2018年2月契約、10月7日に建造開始 - スチールカット。2019年夏にドライドックで組立開始予定）</p> <p>2020年春にノルウェー北東部のハドセロヤ Hadseløya 島の南西のポイントで操業予定。のインハーヴェ Innhavet に銀毛（サケ・マス類でパーマークなど特有の体色が薄くなると共に銀色になった個体）新工場を建設し、そこで鮭のサイズを2倍に。その後、通常の生簀で1~1.5キログラムまで成長させ、その後、魚は海洋養殖場に移される。ハブファームは2017年にノルウェー政府からすでに2つの海域で合計21の養殖ライセンスがすでに付与されている。</p> <p>※ハブファームは、それぞれの海域の最適なマルチ利用を実現するために、ダイナミック型、固定型、リムーバブル型の3種類のバリエーションが用意されている。</p>
② 海域	フィヨルドから、サケの成長段階の最後の最も効率的な海域（沖合）の間
③ 養殖の規模	年間10,000トン（200万匹）
④ 養殖にかかる初期投資やランニングコストの規模	建造費：10億NOK以内（約132億円、推定）
⑤ 支出者(事業運営者)	ノルドラクス（ノルウェー。サーモン養殖業者）
⑥ 設備設計者	NSK シップデザイン Ship Design
⑦ 設備建造者	<p>CIMC ラッフルズ Raffles（中国国際海運集装箱山東省煙台）</p> <p>トンネルスラスタはロールス&ロイス Rolls & Royce 製。</p> <p>※同社は山東オーシャンインターナショナルのために黄海で9,000立方メートルのフグ、ナマコの沖合養殖設備の製造も行っている（固定型）</p>
⑧ スペック	<p>全長：385メートル（431メートルも計画中）</p> <p>幅：59.5メートル（54メートルも計画中）</p> <p>高さ：37.75メートル（養殖水深56メートルまで）</p> <p>容量：69,000立方メートル</p> <p>耐波浪性：（非公開）構造側部に10メートルの消波装置を持つ。浮沈設備は無い。</p>
⑨ 電源供給の方法	陸上からの供給および発電機
⑩ 耐用年数	（未公表）
⑪ 環境への影響	底質の汚染による環境負荷を移動することで低減できることはプロジェクトのねらいのひとつ。

iii) アクアポッド A3600



米国は国内消費の約 80%以上を輸入に依存しており（年間約 700 万トン）、石油、自動車に次ぐ貿易赤字の源泉となっている。今後数十年にわたり魚介類の需要が増加し、野生魚類が過剰漁獲によって苦戦していることから、水産物を提供する水産養殖の役割は増加し続けることが明白であり、アメリカ国内での養殖による魚介類の生産は大きなビジネスチャンスと言える。アクアポッドを開発したオーシャンファームテクノロジーズ社（2005 年創業、イノヴァシー社の前身となる企業の一つ）の創業の地であるメイン州は、アメリカ合衆国で 1800 年代から養殖業が始まった地であり、1905 年には水産養殖を統治する法律を各州に先駆けて制定し、近代養殖が 1970 年代に始まったのもメイン州である。しかし、（沖合 3～200 マイルに及ぶ連邦水域で養殖業を許可する）連邦規制の枠組みが整っておらず、オーシャンファームテクノロジーズ社がアクアポッドの顧客をメイン州およびアメリカ国内で見出すことができなかった。そこでオーシャンファームテクノロジーズ社は、機会を海外に求めた。政府がオフショア養殖の見通しをより開放している米国外からの引き合いも多かった。漁業・養殖産業従事者が零細主流であるプエルトリコ、パナマ、メキシコでは、大規模な養殖設備ではなく、拡張可能なアクアポッドの構想にフィットした。その結果、メキシコでは海岸から 2km の地点に 8 基でエビを、パナマでは海岸から約 14.5 キロメートルの地点に 6 基でコピアをそれぞれ小型のアクアポッド（マイクロポッド）を設置して養殖している。

① 養殖方法	<p>浮沈型沖合開放型養殖</p> <p>※イノヴァシー社ではこれを閉鎖型としている。通常の養殖生簀 (Open Pen) と対比しての表現と思われるが、外部環境からの／外部環境への影響を受けるという意味では閉鎖型とは言えない。</p> <p>現状：商用フェーズ (2005年ニューハンプシャー州を皮切りに、2012年段階でも34基の導入実績。)。パナマ、プエルトリコ、メキシコ、韓国など。アメリカ国内では連邦政府の法整備が遅れており、展開できないとも報じられている。※GPSを搭載させてメキシコ湾流を (無給餌で?) 漂流させる実験も検討された。</p> <p>遠隔操作／自動による給餌、遠隔から回転させられる (機構は不明)。アクアポッド自体が魚の誘因装置ともなるとされる。※多くの動画からオペレーションにはダイバーが必要とも思われるが、実際にどのような業務にダイバーが必要なのか不明。</p>
② 海域	水深 200メートル以上も想定できるあらゆる沖合
③ 養殖の規模	年間 40 トン (理論値)
④ 養殖にかかる初期投資やランニングコストの規模	(非公開)
⑤ 支出者 (事業運営者)	<p>クナ・デル・マール Cuna del Mar 社 (アメリカ) 食料安全保障と海洋環境保全に向けた長期的視野を持つ投資ファンド。</p> <p>主要顧客 (事業運営者)：アースオーシャンファーム社 (メキシコの海洋研究所) バハ・メキシコのコルテス海でエビとコビア養殖に取り組む。</p>
⑥ 設備設計者	イノヴァシー社
⑦ 設備建造者	イノヴァシー社 (アメリカ) クナ・デル・マール社のグループ企業。2015年に互いに競合であったオーシャンスパー社 (製品：シーステーション) とオーシャンファームテクノロジーズ社 (製品：アクアポッド) が合併して発足。
⑧ スペック	<p>直径：21.9メートル - 24.7メートル</p> <p>※三角形のパネルを組み合わせた多面体で、要件に応じてサイズは様々。パネルはリサイクル率 80%の HDPE 製 (比重 0.91) のフレーム で構成。網は亜鉛めっき鋼線網とナイロン製などいくつかのバリエーションがある。</p> <p>容量：3600立方メートル から。※養殖密度は、一般的なアトランティックサーモンのと比較してかなり低い。</p> <p>耐波浪性：水面下で運用</p> <p>※近年、イノヴァシー社において、シーステーション (合併したオーシャンファームテクノロジーズ社の元競合であるオーシャンスパー社の製品) への言及やリファレンスが多く、アクアポッドがすでに終わった製品である可能性もあり、アクアポッドの扱いについて精査する必要がある。</p>
⑨ 電源供給の方法	(非公開)
⑩ 耐用年数	(非公開)
⑪ 環境への影響	一定以上の海流があることで底質への汚染を予防 (この点では従来の生簀と同じ)

iv) シーステーション



クナ・デル・マールのマネージングディレクター兼最高経営責任者（CEO）によれば、「クナ・デル・マールやその他の持続可能な水産養殖を擁護する立場の人々の希望は、これらの生簀が、天然水産資源を回復させながら海洋環境を強化し、影響を最小限に抑える方法で 21 世紀の養殖魚の新しいビジョンを提示し、健康と環境の問題のために肉から遠ざかる方向に進むべき人々に新しい食生活を提供することである」とする。

<p>① 養殖方法</p>	<p>浮沈型沖合開放型養殖 ※イノヴァシー社ではこれを閉鎖型としている。通常の養殖生簀（Open Pen）と対比しての表現と思われるが、外部環境からの／外部環境への影響を受けるという意味では閉鎖型ではない。 現状：商用フェーズ： システムコンポーネントには、アンカー、係留ライン、生簀（潜水式）、センサー、カメラ、給餌システムなどがある。生産者は、保管用ネットや種苗ネット、治療、薬浴、漁獲、データ収集システムなどのオプションの操作機器を選択できる。GIS、リアルタイムの魚カウンター、係留の計画・シミュレーションシステムなどのソフトウェアも効率的運用を支える。畜養中に死亡した魚は自動的に集められて、必要に応じて生簀の頂上から引き抜く構造になっているため、ダイバーを必要としない。各生簀は買収したアメリカシステムズ Amirix Systems 社の技術である音響無線通信技術を利用してリアルタイムでセンシングされたデータが集められる。 現時点で対応実績のある魚種は 12 種類：タイセイヨウダラ、アトランティックサーモン、コビア、クローカー、サバヒー、クロマグロ、鯛、ツバメコノシロ科、イシダイ（アオブダイ）、アメリカチヌ、北アメリカヒラメ、ブリ</p>
---------------	---

② 海域	水深 25 メートル以上																
③ 養殖の規模	複数の小規模養殖生簀を統合運用することで、スケラブルに拡大可能																
④ 養殖にかかる初期投資やランニングコストの規模	(非公開)																
⑤ 支出者 (事業運営者)	支出者：クナ・デル・マール社 (アメリカ/ワイオミング州ジャクソン。食料安全保障と海洋環境保全のに向けた長期的視野を持つインパクト投資ファンド) 事業運営者： <ul style="list-style-type: none"> ● オープンブルー-OpenBlue 社：パナマ沖約 13 キロメートルの地点で 12 基の生簀によって 2×6 グリッドを構成し、コビア生産を行っている) ● ブルーオーシャン社：三菱伸銅の魚網用銅合金線が使われたシーステーションが稼働中。主としてコナカンパチ Kona Kampachi というブランドのカンパチを生産。基本的に生簀は最上部が水深 10～12 メートルの深度に置かれる。 																
⑥ 設備設計者	イノヴァシー社																
⑦ 設備建造者	イノヴァシー社 (アメリカ/ボストン。クナ・デル・マール社のグループ企業。2015 年に互いに競合であったオーシャンスパー社 (製品：シーステーション) とオーシャンファームテクノロジー社 (製品：アクアポッド) が合併して発足。)																
⑧ スペック	<p>三つのサイズが異なるモデル</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>直径 (m)</th> <th>全高 (m)</th> <th>容積 (m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SS-6400</td> <td>34.4</td> <td>23.7</td> <td>6,400</td> </tr> <tr> <td>SS-8000</td> <td>37.3</td> <td>30.7</td> <td>8,000</td> </tr> <tr> <td>SS-1450</td> <td>43.0</td> <td>31.4</td> <td>14,500</td> </tr> </tbody> </table> <p>最大潮流：毎秒 125 センチメートル ※これを明記する事例は少ない 網は①ダイニーマー (UHMwPE)、②PET 製の亀甲ネット Kikko Net、③CAM：Copper Alloy Mesh の三種が用意されている。</p>		直径 (m)	全高 (m)	容積 (m ³)	SS-6400	34.4	23.7	6,400	SS-8000	37.3	30.7	8,000	SS-1450	43.0	31.4	14,500
	直径 (m)	全高 (m)	容積 (m ³)														
SS-6400	34.4	23.7	6,400														
SS-8000	37.3	30.7	8,000														
SS-1450	43.0	31.4	14,500														
⑨ 電源供給の方法	(非公開) ※明記なし。音響無線通信の利活用と機能維持のためには電力量よりもむしろ可用性が重要だと推定される。																
⑩ 耐用年数	(非公開) ※明記なし。構造上、通常の養殖設備 (Open Pen) とほぼ同様ではないかと推察する。ネットの交換は UHMwPE ないし PET で短くて 1 年、CAM (銅合金網) で 5 年と言われている。網の交換作業がどの程度円滑にできるかは不明。CAM だけは藻に対する対策が不要だが、環境汚染の懸念もあり、製品の ASC 認証取得ができなくなる。																
⑪ 環境への影響	一定以上の海流があることで底質への汚染を予防 (この点では従来の生簀と同じ)																

v) ネプトウン 3

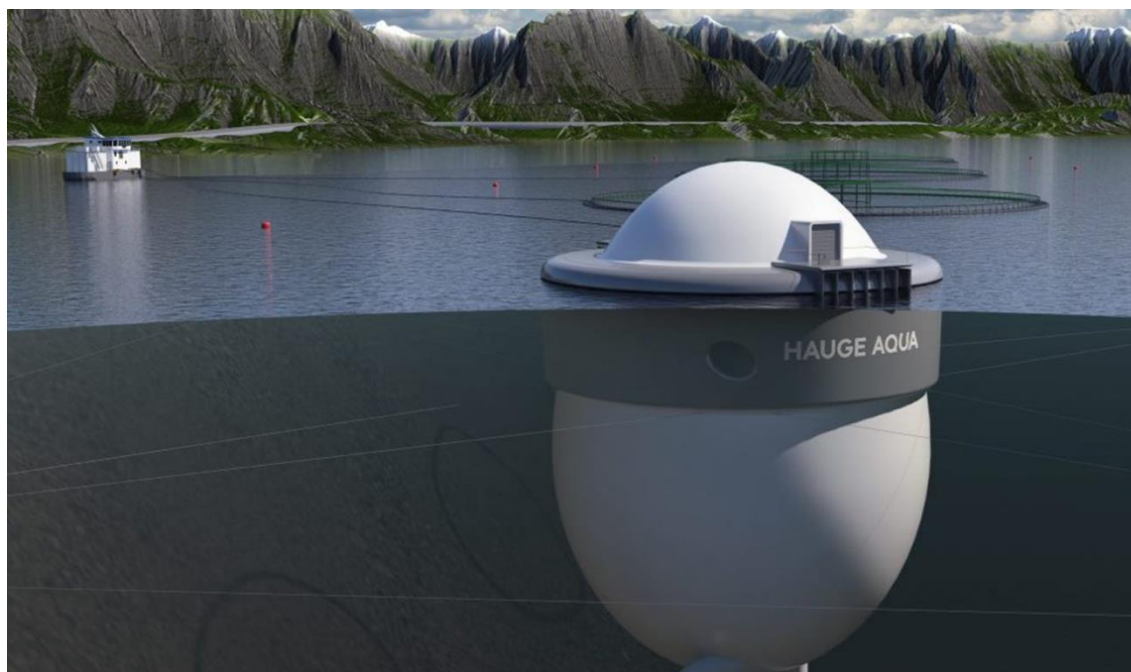


現在の標準的な養殖ソリューション（主に養殖生簀 - OAS : Open-cage Aquaculture System あるいは ONP: Open Net Pen）が環境、社会、経済への懸念を引き起こすため、水産養殖生産の持続可能な強化を達成するためには、環境にやさしく収益性の高い生産技術の開発が不可欠である。網によって閉鎖された環境における高密度養殖は、寄生虫の成長および生簀内および周辺環境への伝搬のための格好の条件を提供する。このためには、養殖魚がもたらす汚水によって周辺海域や海底を汚染し、海洋環境の富栄養化につながる医薬品や化学薬品を大量に使用することが避けられなかった。これに加えて、OAS は高水準の養殖魚の流出と関連付けられており、結果として、地方の生態系における遺伝的汚染および生息環境の望まない変化を引き起こすことが懸念される。

閉鎖循環式養殖システム（RAS）などのより環境にやさしい技術は、生産を最大化しながら環境への影響を減らす有望な解決策を提供するが、それらの広範な展開には、特に産業育成システムへの懸念（品質管理の質の低下、急激な学習曲線、不十分な設備設計など）があり、低収益性、高いエネルギー消費量、高い設備投資などの投資阻害要因があり、業界は消極的である（※このプロジェクトによる認識）。

① 養殖方法	海面閉鎖型養殖設備 ¹ 現状：第三実証実験フェーズ（2016年11月ノルウェーのモルネス Molnes 沖合マリンハーベスト社の研究開発海域にて） 養殖対象はサーモン。2012年から始まった開発計画および実証実験も2018年現在、最終局面にある。
② 海域	（非公開）※水深30メートル以上の平穏水域と推定
③ 養殖の規模	（非公開）※1立方メートルあたり50キログラムの高密度養殖を行うとすれば、約1,050トンの魚を管理可能と推定
④ 養殖にかかる初期投資やランニングコストの規模	開発に際して、アクアファームエクイップメント社は欧州のホライズン Horizon 2020、SME インストゥルメント Instrument によってフェーズ 1 および 2 に選ばれ、それぞれ 50,000EUR（約625万円）と 1,880,812EUR（約2.35億円）の助成金を受け取っている。
⑤ 支出者（事業運営者）	マリンハーベスト Marine Harvest 社 世界のサケ・マス市場の売上高シェアは25～30%を占めており、この分野で世界最大の企業（2015年）。マリンハーベスト社は実証実験に参加している他、実証実験に際して政府へのライセンス費用を負担しているとみられる。
⑥ 設備設計者	アクアファームエクイップメント Aquafarm Equipment AS 社 2004年に設立された海洋エンジニアリング・設計ベンチャー。 2018年4月にアクアファームエクイップメントはネプトウン-3をマリンハーベスト社に売却している。
⑦ 設備建造者	（非公開）
⑧ スペック	内径：40メートル 外周：126メートル 深さ：22メートル - 26メートル 容積：21,000立方メートル 鉄鋼製のフレームで補強されたFRP（ノルウェーではGRP:Glass Reinforced Plastic と呼ばれる）製の構造体が従来の網の代わりに養殖魚を保持する。海洋環境からの影響が極小化されるとともに、ケージ内の魚および他の汚染物からの廃棄物は、傾斜した底部コーンに集められるので、底質汚染などの外部の海洋環境への影響も極小化される。※図表から4基のポンプで外界低水面からの水を取り入れる構造となっているが、21,000トンの水で高密度養殖を行う場合に必要とされる酸素供給量を十分満たすか、また魚がタンクのどの箇所においても均質な環境を与えられる水流を得られるかが疑問。また、構造上耐波浪性は通常の養殖生簀と同等（通常は1.2～1.5メートルが限界とされる。あるいは柔構造でないのもそれ以下となるケースも考えられる）と推定されるので平穏水域に設置しなければならない適地制約があると思われる。
⑨ 電源供給の方法	（非公開）※陸上からの供給ないし発電機を備えたフィードバージからの供給と推定
⑩ 耐用年数	耐用年数30年
⑪ 環境への影響	タンク内で薬品を一切使わない。養殖魚の糞や食べ残しはすべて逆円錐形の最深部に集められ除去される。また、網を使わない構造なので、養殖魚の流出は完全に防止され（※耐波浪性の限界を超えた場合を別として）、生物多様性を守る。

vi) ジ・エッグ



開発したハウゲアクアの創始者で、養殖魚向けワクチン開発のエキスパートである Cato Lyngøy CEO は、マリンハーベスト社のグループテクノロジー本部長および環境担当本部長として前述のネプトウンプロジェクトを推進した経緯がある。表面的な経済性の追求のために、劣悪な環境で高密度養殖を行えば、魚にはストレス負荷が高く、病気や寄生虫への耐性が低下して生存率が低くなるばかりか、成長速度も低くなることが知られている。しかし、一方で養殖設備の運用にノウハウが多く積み重ねなければならないことは産業のすそ野を狭めてしまう。自動化はひとつの回答ではあるが、その前にプロセスの単純化を実現するデバイスが必要であるという発想に至った。そして開発されたのがジ・エッグであった。

① 養殖方法	海面閉鎖型養殖設備 現状：2019年実証実験に向けて建造中（2020年リリース予定） 2016年に発表され、ノルウェー政府からの開発ライセンスの取得も完了。2019年に5基の最初のジ・エッグで4680トン、続いて4基のジ・エッグを追加投入予定。
② 海域	（非公開）※水深50メートル以上の水域 外部環境への影響を完全に排除できる他、外部環境からの影響（表層域で発生する赤潮や海シラミ、有害なプランクトン、海難事故による汚染など）も受けないので、消費地に近い場所を任意に生産地とすることもできる。また、耐波浪性も一般の養殖設備に比べて高いので沖合など設置場所の選択も幅広い。

③ 養殖の規模	1立方メートルあたり50キログラムの高密度養殖を行うとすれば、約1,000トンの魚を管理可能
④ 養殖にかかる初期投資やランニングコストの規模	一基あたりの販売価格は約10億円 養殖オペレーション費用：同程度の一般的な養殖設備に比べて約20%低い
⑤ 支出者（事業運営者）	マリンハーベスト社 世界のサケ・マス市場の売上高シェアは25～30%を占めており、この分野で世界最大の企業（2015年）。マリンハーベスト社は実証実験に参加している他、実証実験に際して政府へのライセンス費用を負担しているとみられる。
⑥ 設備設計者	ハウゲアクア HAUGE AQUA 社（ノルウェー） 2012年12月圧に世界最大のサーモン養殖企業であるマリンハーベスト社からのスピノフした養殖専門の海洋エンジニアリングベンチャー。社員数9名。2016年にマリンハーベスト社と包括的開発契約を締結し、その資金援助を受けて閉鎖型海面養殖設備の開発を推進。
⑦ 設備建造者	ムンダルグループ Mundal Group 社（ノルウェー） FRP サンドウィッチ構造の小型漁船建造や小型潜水艇・ROVに強みを持つ。
⑧ スペック	最大直径：33メートル 全高：44メートル 容積：20,000立方メートル 耐波浪性：（非公開）通常の養殖生簀と同様の係留装置を使う前提で、非公式には2.5メートルとされる。同様の前提でスタヴァンゲル Stavanger 大学によるシミュレーションを使った研究では3.5メートルという見解もある。現段階では死亡率の低減、畜肥率の改善といった養殖効率に焦点が当てられているが、次期バージョンとして小型化（水深30メートル程度への対応）、耐波浪性の向上（5.0メートル以上）によって養殖適地の拡大を一層高める。 現段階のバージョンでは小型漁船建造で一般的なFRP サンドウィッチ構造を採用しているが、量産型のために種々の材料が検討されている。また、タンクの中層（水深15～20メートル）での給餌など、高密度養殖を前提として均一に栄養が行き渡るよう配慮がなされている他、独自の水揚機構も持つ。 最大の特徴はその形状で、最も高いエネルギー効率で魚がタンクのどの箇所においても均質で最大の酸素供給量が確保されるようになっている。
⑨ 電源供給の方法	（非公開）※陸上からの供給ないし発電機を備えたフィードバージからの供給。
⑩ 耐用年数	耐用年数25年
⑪ 環境への影響	タンク内で薬品を一切使わない。養殖魚の糞や食べ残しは上方の排水口から浄化されて排出される。また、網を使わない構造なので、養殖魚の流出は完全に防止され（※耐波浪性の限界を超えた場合を別として）、生物多様性を守る。給水口は水深40メートル以上の設備の最下層あるいは遠隔地からも給水可能なので、外界からの影響を受けにくい。

④海面養殖の大規模化に向けた課題

既往知見およびヒアリングを基に、我が国における海面養殖の大規模化に向けた課題について、適地性、規模・採算性、省人・省力化、環境、効率化の観点から整理した。

1. 生簀の設置様式別の適地性

浮揚式生簀は、浮沈式生簀に比べて構造が簡素で、安価であるという点で優れている。ただし、波浪に対する耐性が低く、設置海域は静穏域に限られる。また、静穏域における養殖では、糞や残餌による底質環境への負荷が懸念される。さらに、我が国におけるリアス式海岸などの静穏域は、既に種々の養殖が営まれており、新たに展開する余地が少ないことが課題である（宮城県志津川町におけるギンザケ養殖）。

浮沈式生簀は、給餌時以外は海中に沈めることにより波浪の影響を回避でき、最大有義波高 7m の波浪にも耐える（三重県尾鷲市におけるブリ養殖）。また、波浪のみでなく、赤潮や（鹿児島県東町漁協におけるブリ養殖）高水温からも鉛直的に回避することができる。このように、浮沈式生簀は浮揚式生簀に比べて、適地が広く、沖合域への展開が期待される。ただし、荒天時には、沖合域における給餌等の養殖管理や施設の管理が困難となることが課題である（鹿児島県東町漁協におけるブリ養殖）。

2. 規模・採算性

鳥取県境港におけるギンザケ養殖や三重県尾鷲市におけるブリ養殖では、我が国では大型となる 25～30m の生簀を用いた養殖が試みられている。しかし、ノルウェー等海外における生簀の規模に比べて小さく、競争力に劣る。

大規模化を図る上では、加工場や養殖資材置場等の用地の不足が懸念される。また、比較的大型の生簀によるギンザケ養殖に取り組まれている鳥取県境港では、生簀を岸壁付近まで牽引し、水揚げ用生簀に移し、フィッシュポンプで水揚げされているが、収益性を確保するためにも、さらに効率的に陸揚げすることが課題である。

低温性のサケ・マスなどの魚類養殖について、極域に近いチリ等では、周年の生産が可能である。一方、我が国では、比較的寒冷な三陸沿においても、夏季の高水温により、周年の生産が困難であり、限られた期間での水揚げとなる。そのため、在庫を抱えることにより収益性が低下すること、在庫コストが増加することが懸念される。

3. 省人・省力化

給餌量等を決定する上では、魚体サイズの把握が重要である。ただし、同じ生簀内でも成長に個体差があるため、精度向上のために、魚体計測に労力を要する。

我が国におけるブリ養殖、ギンザケ養殖の主要な産地である鹿児島県東町、宮城県漁協志津川支所では、生産者が摂餌状況を確認しながら給餌をしている。このため、特に宮城県漁協志津川支所のように、人手、労力が不足し、高齢化が進む地域では、生産が頭打ちとなる。

4. 環境

静穏で流れが弱い海域では糞や残餌による底質への負荷が懸念される。また、陸上においても、活〆等の処理や加工時に生じる血水等の排水による港内環境の悪化が懸念される。

5. 効率化

給餌量等を決定する上では、上述の魚体サイズその他、尾数の把握も重要となるが、尾数の計数に誤差があり、適切な給餌、管理が困難となっている。

(2) 陸上養殖の展開に向けた課題把握

① アンケートによる実態把握（臨海都道府県の漁港管理者へのアンケート結果）

漁港用地における増養殖への活用状況を図 e-2-5 に、増養殖の利用数の経時変化を図 e-2-6 に、利用される増養殖の内訳を図 e-2-7 に、増養殖別実施主体の構成を図 e-2-8 に示す。

全国の臨海都道府県 39 県には 2,840 漁港（漁港漁場漁村ポケットブック、2017）のうち 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。

利用数の推移をみると、1975 年頃から、畜養や中間育成、種苗生産で漁港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について、漁港用地が利用され始めたのは、2000 年頃からであり、畜養等に比べて新しく、事例も少ない状況であった。

漁港用地の利用の内訳をみると、畜養が最多（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。

実施主体の内訳についてみると、畜養では漁協の占める割合が最も高く、種苗生産、中間育成では、漁協および自治体が高かった。掛け流し式陸上養殖では、漁協、漁業者の他、民間企業が約 20%を占めた。なお、民間企業が実施主体となっているのは、青森県、富山県、鳥取県、山口県、高知県、福岡県、長崎県、宮崎県および沖縄県であった。

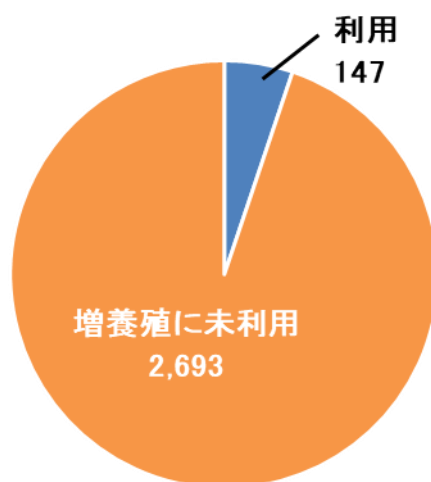


図 e-2-5 漁港用地における増養殖の利用状況

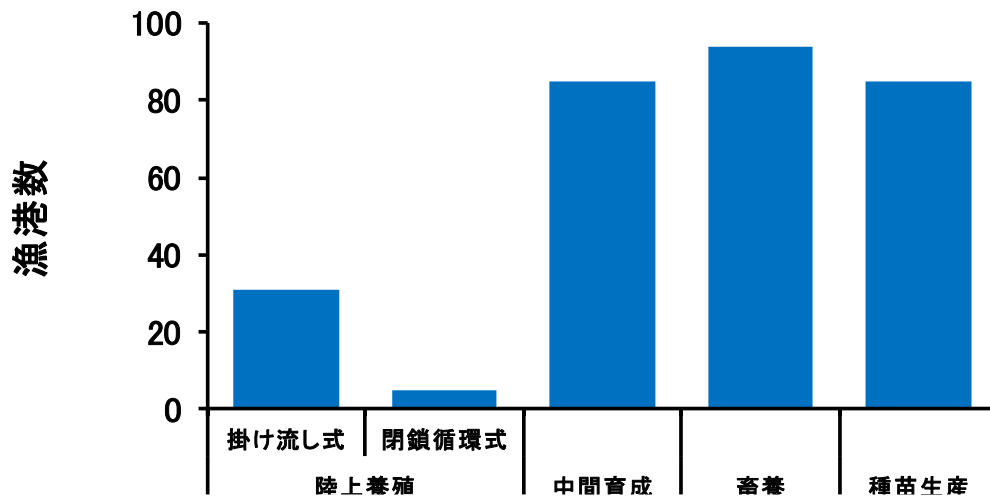


図 e-2-6 漁港用地において利用される増養殖の内訳

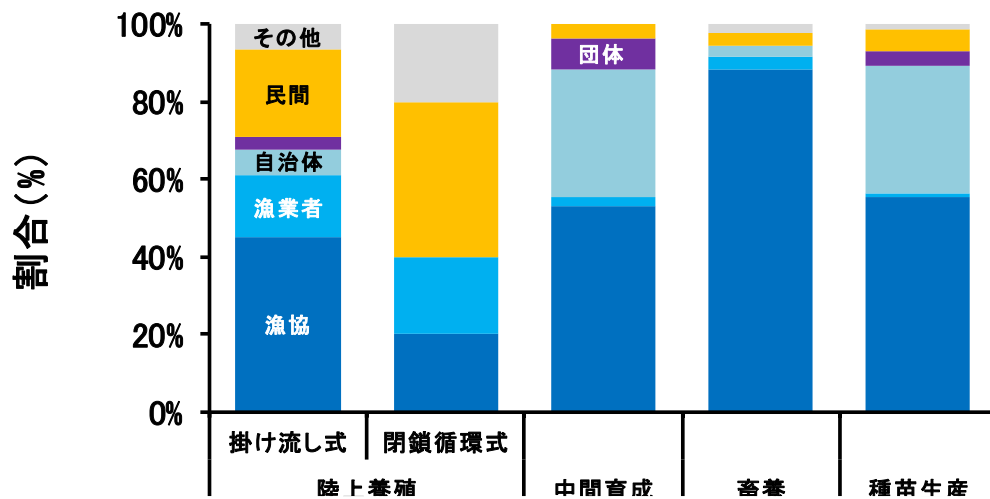


図 e-2-7 漁港用地における増養殖の実施主体の構成

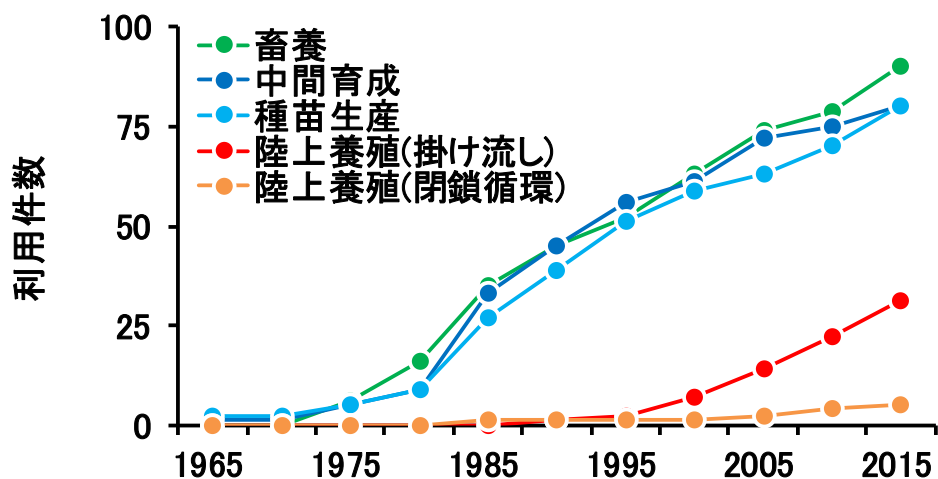


図 e-2-8 漁港用地における増養殖の利用数の経時変化

漁港用地における増養殖のタイプ別の対象水産物を図 e-2-99 に、漁港水域における増養殖のタイプ別の魚類数を表 e-2-2 に示す。

漁港用地における畜養の対象は、魚類（ヒラメ、マコガレイ等）や貝類（アワビ、サザエ等）が多かった。

中間育成では、魚類（ヒラメ、マダイ等）、貝類（アワビ）、甲殻類が主な対象となっていた。

種苗生産の対象は、海藻や魚類、貝類、ナマコ等、多岐にわたった。

掛け流し式陸上養殖の対象は、海藻類が最多であり、次いで魚類、貝類の順であった。魚類の養殖で漁港用地を利用しているのは、マサバやヒラメを陸上養殖している鳥取県の網代漁港、泊漁港等であった。

閉鎖循環式陸上養殖では、魚類や海藻類が漁港用地で養殖されている。

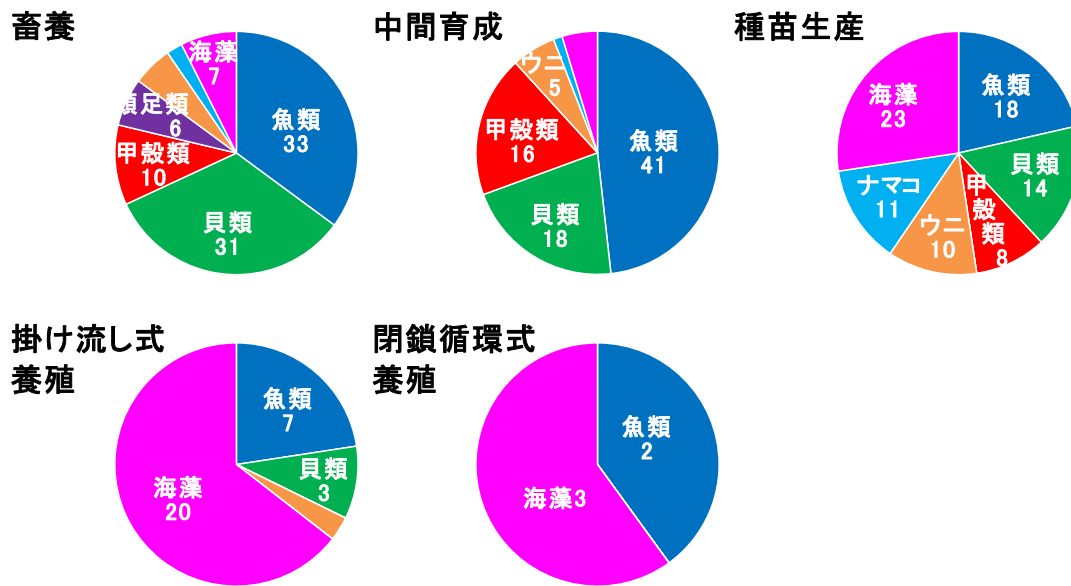


図 e-2-9 漁港用地における増養殖の対象生物

表 e-2-2 漁港用地における増養殖の対象種

順位	畜養			中間育成			種苗生産			陸上養殖(掛け流し)			陸上養殖(閉鎖循環)		
	対象種	分類	漁港数	対象種	分類	漁港数	対象種	分類	漁港数	対象種	分類	漁港数	対象種	分類	漁港数
1	アワビ	貝類	7	ヒラメ	魚類	14	ナマコ	なまこ	10	海ぶどう	藻類	9	もずく	藻類	2
2	サザエ	貝類	7	アワビ	貝類	10	ウニ	うに	10	スジアオノリ	藻類	6	ヒラメ	魚類	1
3	イセエビ	甲殻類	7	クルマエビ	甲殻類	8	アワビ	貝類	8	クビレツタ	藻類	4	マサバ	魚類	1
4	ヒラメ	魚類	6	ウニ	うに	5	もずく	藻類	6	ヒラメ	魚類	3	海ぶどう	藻類	1
5	海ぶどう	藻類	5	マダイ	魚類	4	クルマエビ	甲殻類	5	アワビ	貝類	3			
6	マコガレイ	魚類	4	カサゴ	魚類	4	ワカメ	藻類	4	サクラマス	魚類	1			
7	クロソイ	魚類	4	キジハタ	魚類	4	ヒラメ	魚類	3	イトウ	魚類	1			
8	アイナメ	魚類	4	オニオコゼ	魚類	3	コンブ	藻類	3	イシダイ	魚類	1			
9	ウニ	うに	4	ガザミ	魚類	3	カサゴ	魚類	2	アオサ	藻類	1			
10	ホッキガイ	貝類	3	クロアワビ	貝類	2	カキ	貝類	2	シラヒゲウニ	うに	1			

漁港用地における増養殖の展開に向けての問題点を図 e-2-10 に示す。

漁港用地の増養殖の利用においては、制度についての問題、初期費用等のコストや用地の不足といった場所についての懸念が多かった。また、養殖に必要な海水の取得や養殖技術についての懸念もあった。

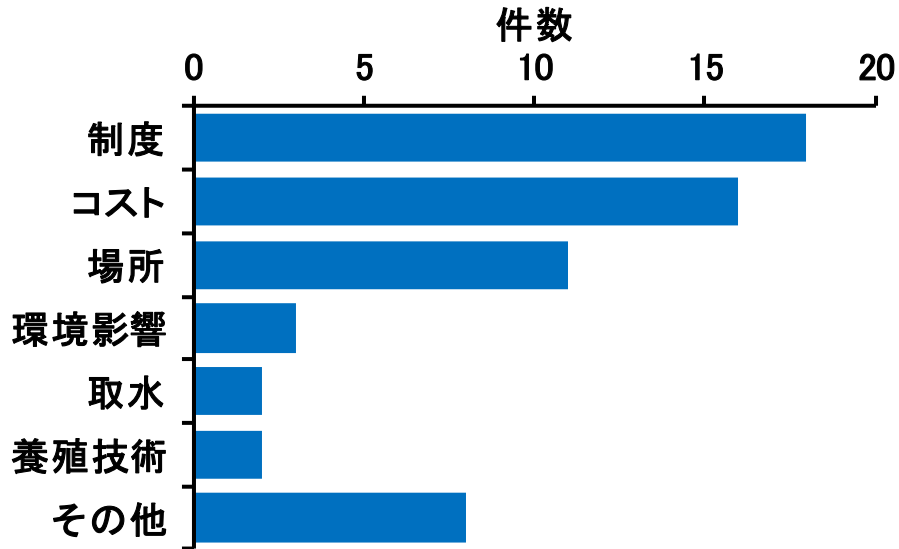


図 e-2-10 漁港用地における増養殖の展開に向けた問題点

②ヒアリングによる詳細把握

全国アンケートの結果を踏まえ、陸上養殖の中で件数の多い事例や、特徴的な事例についてヒアリングを行った。ヒアリング先の一覧を表 e-2-3 に示す。

漁港用地における陸上養殖の中では、掛け流し式が多かった。その中でも取り組み事例が最多であったのは、沖縄県恩納村漁港等における海ぶどうを対象とする無給餌養殖であった。魚類では、鳥取県泊漁港でヒラメを対象に湯梨浜振興合同会社が取り組んでいる。また、サクラマスを対象に取り組んでいる富山県射水市の堀岡養殖漁協、先進事例として、クエを対象に閉鎖循環式養殖の試験を行っている長崎県総合水産試験場にヒアリングした。

表 e-2-3 ヒアリング先の陸上養殖の様式

養殖方法	陸上養殖			
	掛け流し式			閉鎖循環式
飼育水	井戸海水	深層水	港内	-
対象種	ヒラメ	サクラマス	海ぶどう	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

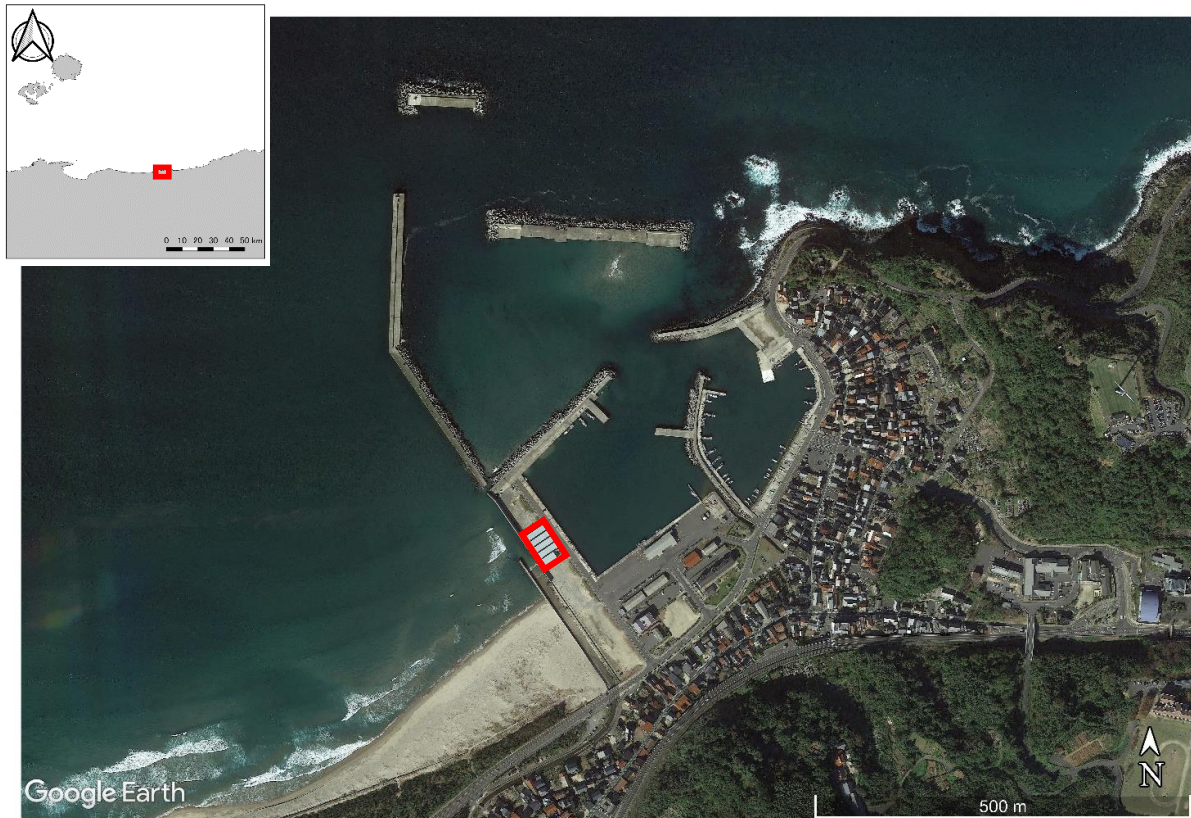
湯梨浜振興合同会社では、小浜地区の岩礁域の海水を用いて県魚であるヒラメの陸上養殖に取り組んでいたが、赤潮や出水時の濁り等に課題があった。海面養殖が地理的に困難な鳥取県において、養殖事業展開可能性調査等により、泊漁港で養殖に使用できる海水井戸が利用可能となり、同社が参画する。

堀岡養殖漁協では、大学の誘致時に整備された水深 100m からの取水ポンプを共同で利用し、サクラマスの陸上養殖に取り組む。

恩納村漁協では、漁家の安定した漁業収入の確保を目指し、港内の海水を使用した海ぶどうの陸上養殖に取り組み始めた。現在の生産者数は約 80 名である。安全な作業環境であることから、従事者には女性や高齢者が多い。

長崎県総合水産試験場では、排出されるアンモニアを電気分解し、クエの閉鎖循環式陸上養殖の試験に取り組んだ。

i) 掛け流し式（海水井戸）によるヒラメ養殖（湯梨浜振興合同会社）



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31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17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箇所ですら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箇所の中、3年が経過する2箇所は、徐々に取水能力が低下し、取水できなくなった。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。



写真 e-2-6 漁港用地における

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。



写真 e-2-7 養殖施設隣の食堂「元気海」

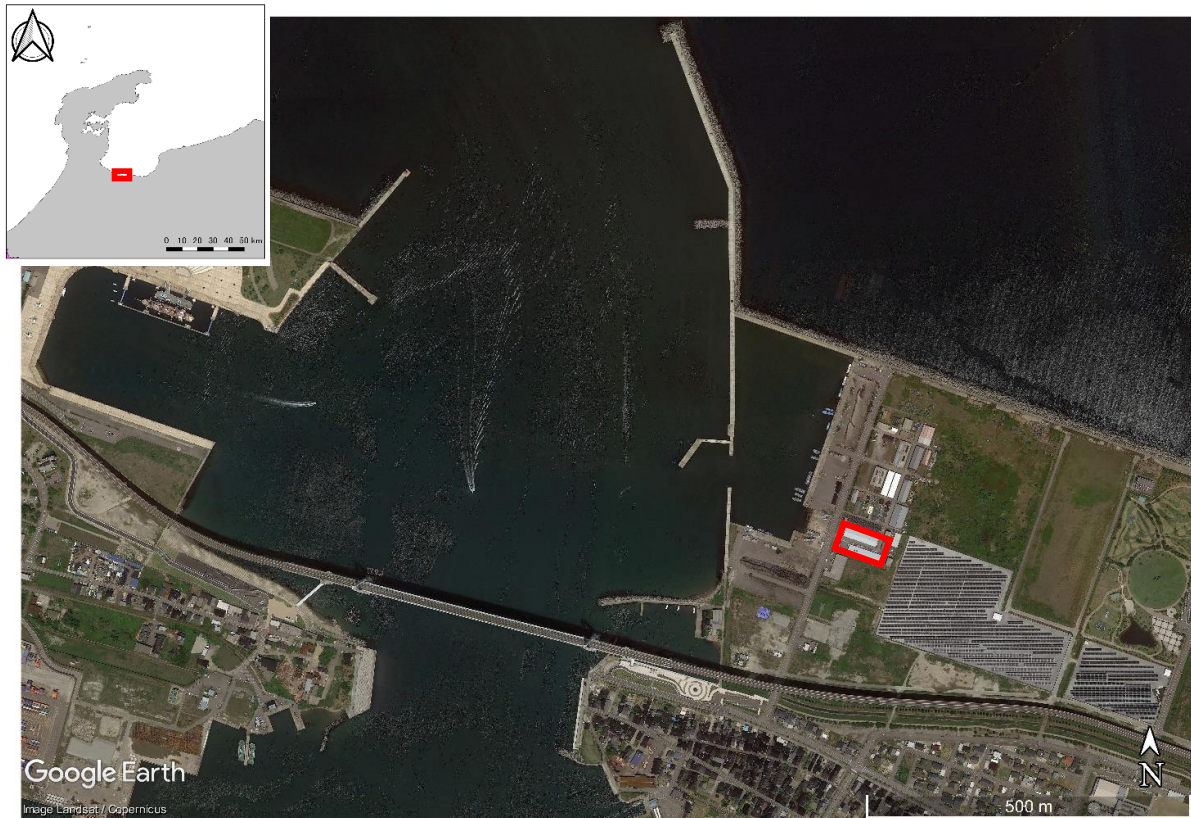
7. コスト

地下海水の取水には、1箇所あたり500万程度を要する。
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、用地の借地料も高額とされた。

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。

ii) 掛け流し式（沖合海水）によるサクラマス養殖（堀岡養殖漁協）



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。



写真 e-2-8 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

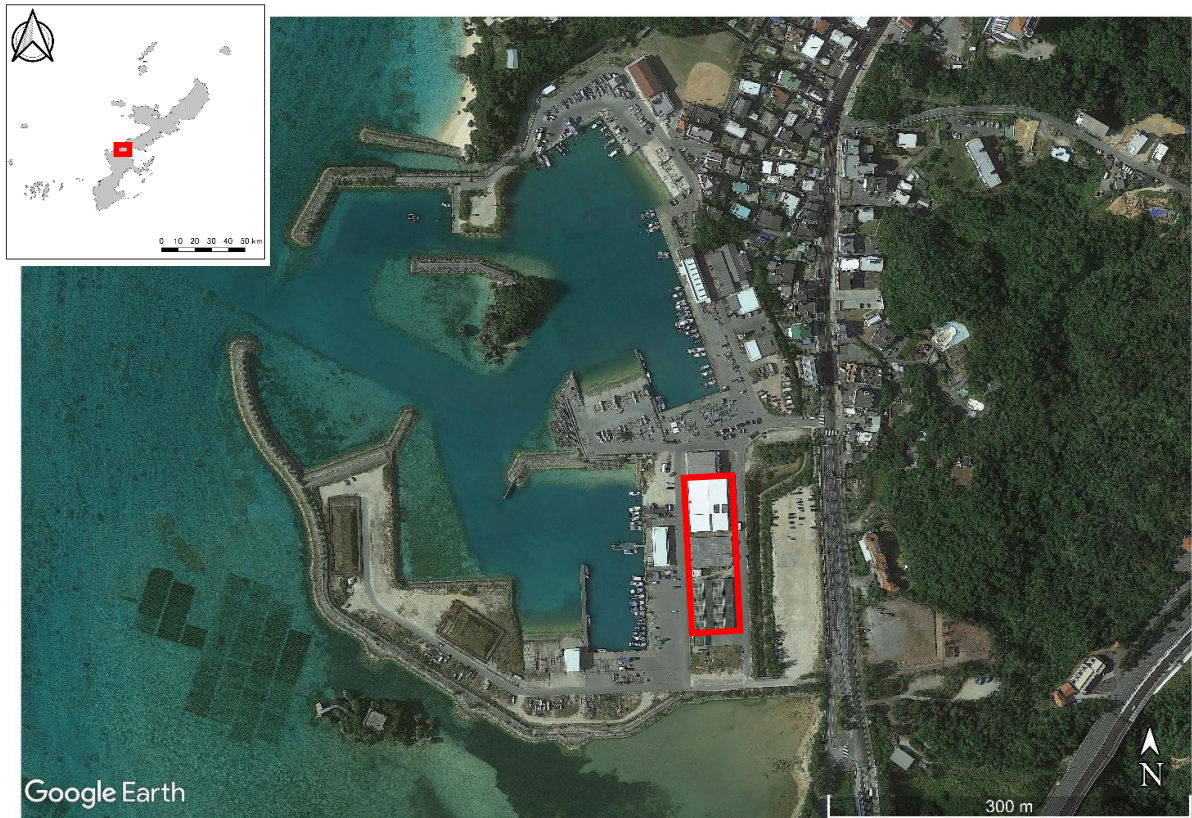
25年前に設置した水深100mのポンプに約10億円掛かった。入善では2基で10億円のようなのである。

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。

iii) 掛け流し式（港内海水）による海ぶどう養殖（沖縄県恩納村漁協）



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。



写真 e-2-9 漁港内の取水場所

2. 水槽

1. 6m×6m×0.8m：200 基

1 m²あたり 2kg の海ぶどうを生産可能



写真 e-2-10 施設内の水槽

3. 種苗、稚魚

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。

iv) 閉鎖循環式によるクエ養殖(長崎県総合水産試験場)

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。

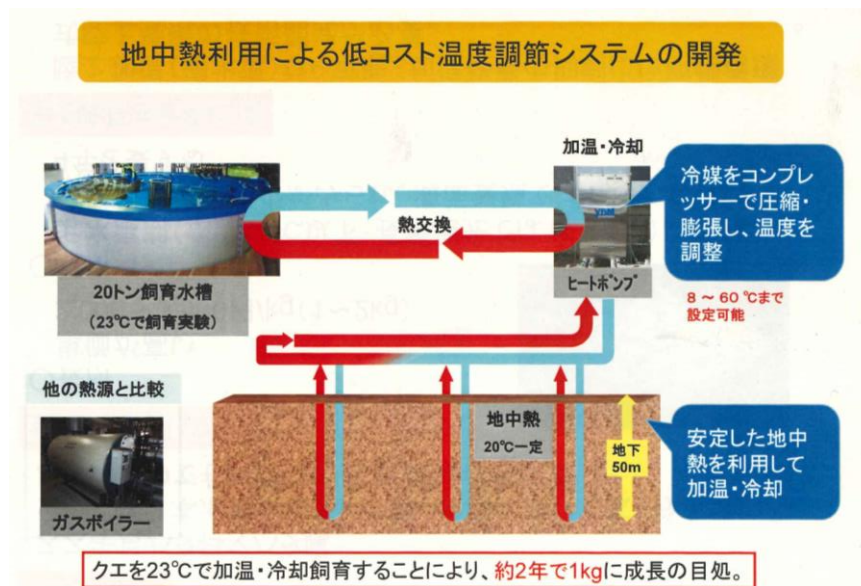


図 e-2-11 地中熱ヒートポンプ

2. 水槽

φ 5m (20 トン)

3. 種苗、稚魚

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

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。

③陸上養殖の展開に向けた課題

既往知見およびヒアリングを基に、我が国における陸上養殖の展開に向けた課題について、最も重要な要素となる飼育水、環境、災害のリスクの観点から整理した。

1. 飼育水

海水井戸では、砂層で濾過されることにより、寄生虫や病原体のない清浄な海水を得ることができる。また、比較的安定した水温を確保することができる。しかし、経年的に取水能力が低下することが課題となっている（鳥取県泊漁港におけるヒラメ養殖）。

漁港内の海水の利用は、他の取水方法に比べて簡便であり、取水量の確保においても有利である。一方で、水温や水質の変化幅が大きく、また、温暖化による高水温化が生じる可能性がある（沖縄県恩納村漁港における海ぶどう養殖）。

沖合海水では、他の取水方法に比べて水温が最も安定する。ただし、整備費が高額であり、採算性の確保にあたって取水量が不足することが懸念される（富山県射水市におけるサクラマス養殖）。

閉鎖循環式では、水温調節することにより、成長を促進することができる。また、排水せずに濾過処理等を行うため、周辺環境への影響を及ぼすことはない。しかし、飼育水の濾過や水温調節等の維持費用が高額となる。

2. 環境

掛け流し式の魚類等動物の陸上養殖では、掛け流した海水中に糞や残餌等が含まれるため、周辺環境への影響が懸念される。

3. 災害のリスク

陸上養殖は、波浪等に影響されず、安全で管理しやすい作業環境である。例えば、海面養殖では生簀内でサイズにバラツキが生じた際に、生け簀をサイズで区別して養殖することは困難であるが、陸上養殖では、選抜、分養により、効率的に成長を促進することができる。このように、海面養殖に比べて安全な作業環境であるといえるが、津波や高潮による設備への被害（沖縄県恩納村漁港）や台風等による停電に伴う電源遮断（鳥取県泊漁港）のリスクがある。

f. 分析

2 海面(沖合)養殖の大規模化や陸上養殖の展開に向けた課題の把握と解決方針

今回の調査から以下の課題が把握され、水産基盤等による解決方策が考えられる。

平成 31 年度 水産基盤整備事業概算決定事項における「養殖業発展のための環境整備の推進」を図 e-2-12 に示す。

沖合への大規模養殖の展開において、消波施設等の整備による静穏水域の確保や底質改善のための水産基盤整備が推進されることや陸上養殖では、漁港用地の有効活用を進めることや陸上養殖用水・排水施設の整備等が事業内容として示されている。

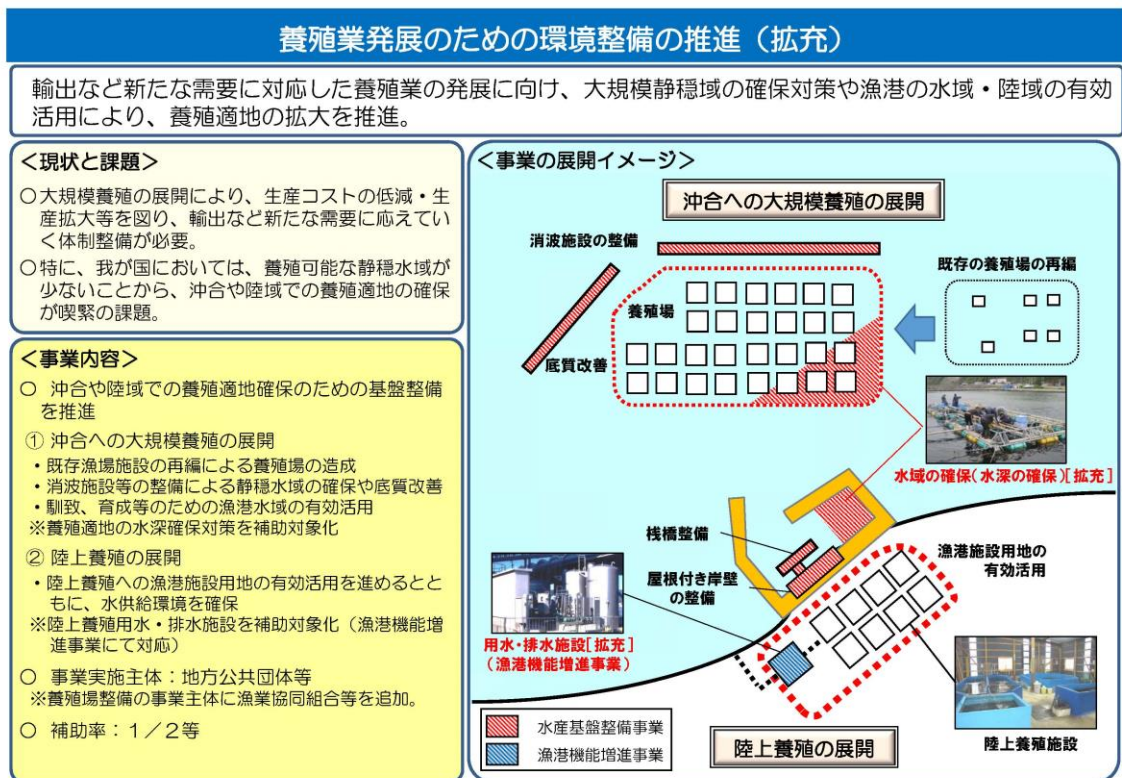


図 e-2-12 平成 31 年度 水産基盤整備事業概算決定
「養殖業発展のための環境整備の推進」(水産庁 HP より)

(1) 海面養殖の大規模化に向けた課題と対応

本調査により整理された海面養殖の大規模化に向けた課題とその対応を表 e-2-3 に示す。なお、表中の赤字は水産基盤整備事業、青字は漁港機能推進事業での対応が想定される事項を示す。

浮揚式生簀は浮沈式生簀に比べて構造が簡素であり、安価である。ただし、耐波浪性に課題があり、設置海域は静穏域に限られる。静穏域という観点からは、漁港水域のさらなる利活用が期待される。大規模に展開していく上では、我が国におけるリアス式海岸などの静穏域は、種々の養殖が営まれており余地が少ないことから、消波施設等による静穏水域の確保が必要となってくる。このほか、給餌時以外は海中に沈めることにより波浪の影響を回避できる浮沈式生簀による新たな海域への展開も有効と考えられる。また、浮沈式生簀については、波浪のみでなく、赤潮や高水温からも鉛直的に回避することができる。ただし、沖合域への展開においては、荒天時の給餌等の養殖管理や施設管理が困難になることが課題となる。これに対しては、荒天に左右されない効率的な作業環境の確保、生産の向上を図るため、鳥取県境港で取り組まれているようなプラットフォームを伴う自動給餌システムや遠隔からの給餌システムを開発・整備する。また、このための電力の供給体制を整備することも必要となる。

表 e-2-3(1) 海面養殖の大規模化に向けた課題と対応

分類	課題	対応	
養殖生簀の適地性	浮揚式	浮揚式生簀の設置には、海域の静穏性の確保が必要である。既に養殖に取り組まれている地域では、 <u>静穏な海域の余地が不足する</u> 。	浮揚式生簀用の海面養殖漁場の拡大を図るため、 消波堤等の整備により静穏域を確保 する。
		新たな養殖漁場の展開に際し、既存の <u>他の貝類や藻類等の養殖が取り組まれている場合糞等による生産への影響が懸念される</u> 。	新たな漁場の展開を図るため、他の養殖も含めた 持続可能な配置計画 や 他の漁業と調整した漁場計画 を作成する。
		比較的静穏な海域での海面養殖となるため、生簀の増加に伴い、糞等による <u>周辺環境への影響が懸念される</u> 。	周辺環境への影響を抑制、管理するため養殖海域の流動等の環境も考慮した 生簀の適正な配置計画 や 底質改善 を行う。
	浮沈式	浮沈式生簀は波浪等を回避可能で、沖合での展開が期待される。沖合等での養殖漁場の展開では、 <u>底曳網の漁場との重なりや魚道との重なりによる定置網への影響が懸念される</u> 。	沖合域等での新たな漁場の展開を図るため、 他の漁業と調整した漁場計画 を作成する。
		沖合域での養殖では、 <u>荒天時の給餌等の養殖管理や施設管理が困難になる</u> 。	荒天に左右されない給餌環境により、効率的な作業環境を確保、生産を向上させるため、 プラットフォームを伴う自動給餌システム や ICTを活用した遠隔からの給餌システム を開発・整備する。これを賄う 電力の供給体制 を整備する。

表 e-2-3(2) 海面養殖の大規模化に向けた課題と対応

分類	課題	対応
規模・採算性	ノルウェー等海外に比べ、 <u>生簀の規模が小さく、競争力に劣り、採算性が低い。</u>	競争力の強化や採算性の向上に向けて、 生簀の大型化 を図る。大型化に伴い、 機械による網の洗浄等 、省力化も必要となる。
	大規模化を図ると、 <u>加工場等の用地の不足</u> が懸念される。	漁港用地の利活用 による加工処理能力や養殖資材置場等の拡充を検討しておく。
	大規模化に際しては、 <u>養殖魚を効率的に養殖生簀から搬送や陸揚げ</u> する必要がある。	搬送の効率を高めるため、 船の大型化 や 生簀の曳航 により運搬し、これに対応する 岸壁を整備 する。
	<u>限られた期間での生産が増大した場合</u> 、現状の市場では <u>在庫を抱える</u> ことが懸念される。	収益性の確保や在庫コスト削減等のために、 国内・海外の市場の開拓・確保 、 周年生産 (特に越夏) 技術・体制 を確立する。
省人・省力化	生簀での摂餌状況の判断による給餌が多く、 <u>人手、労力が不足、高齢化が進む</u> 地域では、生産に限りがある。	省人・省力化により、効率的な生産を図るため、 プラットフォームを伴う自動給餌システム を開発・整備する。
	同じ生簀内でも成長にバラツキが多く、精度向上のための魚体計測に <u>労力を要し</u> 、適切な育成管理が困難である。	省力化および効率的な管理のために、 画像計測システム 等を開発・導入する。
	稚魚の確保において隣県等から数時間かけた <u>輸送のコストやリスク</u> が懸念される。	漁港用地を稚魚の育成に利活用 することにより、コスト削減や作業の効率化が可能となる。
環境	活〆等の処理、加工時に生じる <u>血水等の排水による港内環境等の悪化</u> が懸念される。	漁港内および周辺への環境汚染を防ぐため、 浄化槽等の排水施設を整備 する。
効率化	尾数の <u>計数に誤差</u> があり、適切な給餌ができない。 海域の環境データが <u>不足</u> し、適切な育成の管理ができない、或いは遅れる。	効率的な生産および管理を図るため、ICTを活用した 計測システム や 海洋観測ブイ 等を開発・導入する。

(2) 陸上養殖の展開に向けた課題把握

本調査により整理された陸上養殖の展開に向けた課題とその対応を表 e-2-4 に示す。なお、表中の赤字は水産基盤整備事業、青字は漁港機能推進事業での対応が想定される事項を示す。

陸上養殖は、波浪等に影響されず、安全で管理しやすい作業環境である。例えば、海面養殖では生簀内でサイズにバラツキが生じた際に、生け簀をサイズで区別して養殖することは困難であるが、陸上養殖では、選抜、分養により、効率的に成長を促進することができる。飼育水別にみると、海水井戸では、砂層で濾過されることにより、清浄な海水を得ることができるが、経年的に取水能力が低下することが課題である。漁港内の海水では、他の取水方法に比べて簡便であるが、水温や水質の変化幅が大きく、温暖化に伴う高水温化が懸念される。沖合海水では、水温が最も安定するが、整備費が高額である。閉鎖循環式では、水温調節することにより、成長を促進することができるが、維持費用が高額となる。このように、現時点において養殖の飼育水の取水については、技術的な課題が残されており、種々の対策が必要となる。

また、海面養殖に比べて安全な作業環境であるといえるが、津波や高潮による設備への被害や台風等による停電に伴う電源遮断のリスクが懸念され、情報伝達施設や防潮堤、漂流防止柵などの整備や自動起動発動発電機等の整備が必要となる。また、養殖業 BCP の構築による減災対策の構築が望まれる。

表 e-2-4 陸上養殖の展開に向けた課題と対応

分類	課題	対応
飼育水	海水井戸 海水井戸は、砂層で濾過されることにより、寄生虫や病原体のない清浄であり、また比較的水温が安定する。ただし、経年的に <u>取水能力が低下することにより維持管理コストの増加が懸念される。</u>	清浄な海水を安定的に確保するために、スクリーンの埋没を防止する等の 取水技術の改良 や 高圧ジェットング等による機能回復 を行う。
	漁港内海水 他の取水方法に比べて、簡便であり、取水量を確保できる。ただし、 <u>水温や水質の変化幅が大きく、また、気候変動に伴う高水温化が生じる可能性もあり、年間を通じた安定的な養殖管理に支障が出る恐れがある。</u>	気候変動に対応するため、 チラー等による水温調整 や、 取水場所の沖出し を行う。 生産の向上を図るため、 海水の清浄化 や 殺菌処理のための施設を整備 する。
	沖合海水 他の取水方法に比べて、水温が最も安定する。ただし、 <u>整備費が高額で、採算性を確保するためには取水量が不足する。</u>	取水量の増大により採算性を向上させるため、 取水施設を整備 する。 沖合海水の使用量を抑制するため、 閉鎖循環式とのハイブリッド方式等を開発・導入 する。
	循環水 飼育水の濾過や水温調節等の <u>維持費用が高額</u> となる。	換水率の低減、効率的な濾過技術の開発 や 熱源の利用、施設や水槽の断熱等 により、生産コストの削減を図る。
環境	掛け流した海水の周辺への排水により、魚類等の給餌を伴う養殖における、 <u>糞や残餌による環境への負荷が懸念される。</u>	漁港や周辺海域への環境の負荷を低減するため、 排水処理施設を整備 する。
災害のリスク	漁港用地等における陸上養殖では、波浪等の影響がなく、給餌や選抜など管理が容易で安全である。ただし、 <u>津波や高潮による設備への被害のリスクが懸念される。また、台風等による停電に伴う電源遮断のリスクが懸念される。</u>	安全、安定した作業環境の確保を図るため、 情報伝達施設や防潮堤、漂流防止柵などを整備 し、津波、高潮対策をとる。 安定した養殖環境の形成を図るため、 自動起動発動発電機や無停電電源装置などを整備 し、停電時の電源供給対策をとる。 リスクの軽減を図るため、 養殖業 BCP の構築による減災対策を構築 する。