

## 4. 増養殖の実施

### 4.1 基本的な考え方

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

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

#### 【解説】

漁港水域を増養殖場として捉えた場合の特徴としては、以下が挙げられる。

##### <メリット>

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

##### <デメリット>

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

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

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

## 4.2 計画フロー

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

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

### 【解説】

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

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

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

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

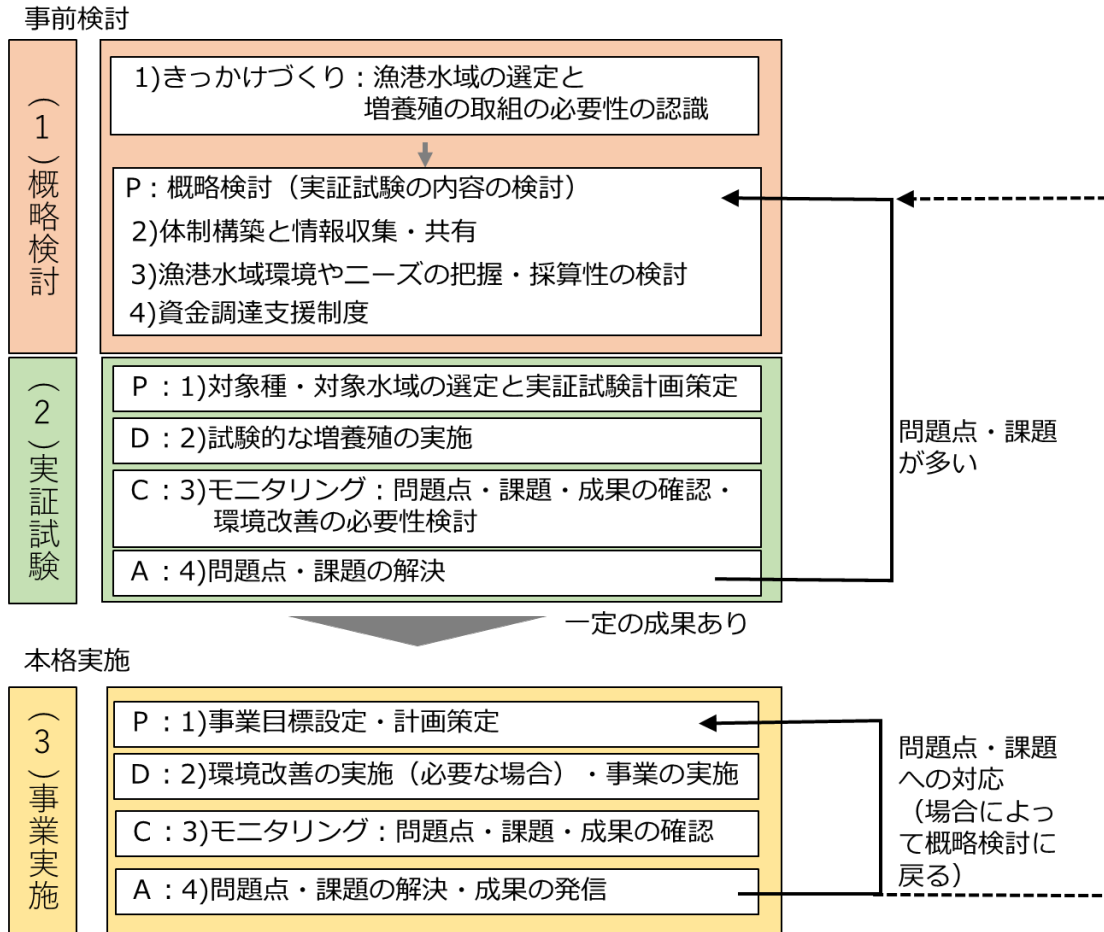


図 4.2.1 漁港水域を活用した増養殖の検討フロー

表 4.2.1 各段階における関係者の役割分担（案）

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

□ : 特に合意形成が必要とされる場面

## (1) 概略検討

### 1) きっかけづくり

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

#### 【解説】

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

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

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

---

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

## 2) 体制構築と情報収集・共有

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

### 【解説】

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

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

### ＜漁業関係者＞

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

### ＜漁港管理者＞

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

### ＜都道府県・市町村＞

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

### ＜研究機関＞

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

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

### ＜市場関係者等＞

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



図 4.2.2 漁港水域等を活用した増養殖の実施体制（案）

### 3) 漁港水域の環境やニーズの把握・採算性の検討

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

#### 【解説】

##### ①漁港水域の環境

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

##### <水深>

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

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

##### <水温>

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

##### <塩分>

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

##### <溶存酸素>

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

##### <底質>

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

## ＜高波浪の発生状況＞

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

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

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

## ＜その他＞

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

## ②ニーズの把握・採算性の検討

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

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

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

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

---

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

利用に繋がる<sup>13</sup>。

表 4.2.2 採算性の検討項目<sup>13</sup>

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

---

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

【参考】

漁港水域での環境調査結果から、栄養階級区分を判定する際の基準を以下に示す。

表 4.2.3 7月～9月の成層期における各栄養階級区分ごとの特徴<sup>14</sup>

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

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

<sup>14</sup> 岡市—海洋大辞典, 420p, 1987.を一部改変

#### 4) 資金調達支援制度

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

##### 【解説】

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

##### ＜漁港水域で増養殖を実施する際に活用可能な支援制度の例＞

###### ■ハード整備（補助）

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

###### ■ソフト支援（補助）

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

#### 5) 対象種・対象水域の選定と実証試験計画策定

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

##### 【解説】

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

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

### <対象種の選定>

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

種苗放流：魚類；カサゴ、キジハタ、マダイ、サケ、ヒラメ、メバル等

貝類；アワビ、サザエ

その他；ガザミ類、クルマエビ、ナマコ

養 殖：魚類；マダイ、ブリ類、スズキ、カンパチ、フグ類等

貝類；アワビ類、アサリ等

藻類；ワカメ、ヒジキ、トサカノリ

中間育成：魚類；マダイ、サケ等

蓄 養：魚類；ブリ類、アジ類、マダイ、サバ類、ヒラマサ等

貝類；アワビ、サザエ

その他；イセエビ、ウニ類、ナマコ

表 4.2.4 養殖を実施する場合の対象種別、漁港水域における問題点と課題

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

### <対象水域の選定>

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

・種苗放流の場合：

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

・給餌養殖の場合：

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

・中間育成の場合：

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

・蓄養の場合：

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

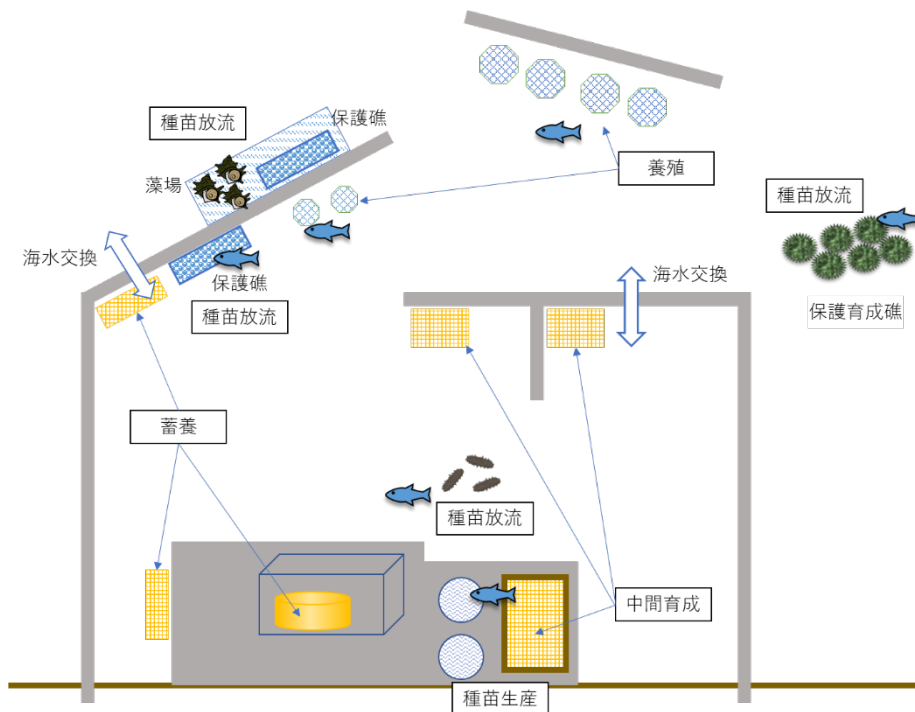


図 4. 2. 3 漁港水域における増養殖の対象水域のイメージ

## ＜実証試験計画の策定＞

### ・実証試験の期間：

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

### ・増養殖の規模：

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

### ・成果目標：

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

### ・給餌：

給餌養殖の場合には餌の種類や量、頻度、人員配置等の内容を決定する。

### ・モニタリング：

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

### ・日常管理：

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

### ・協議会における合意形成：

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

表 4.2.5 養殖の各段階における計画策定の一例

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

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

図 4.2.4 漁港水域における増養殖のタイプ別の実施内容

【参考】

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

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

全体

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

北海道日本海北区

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

北海道太平洋北区

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

太平洋北区

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

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

太平洋中区

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

太平洋南区

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

日本海北区

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

日本海西区

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

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

瀬戸内海区

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

東シナ海区

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

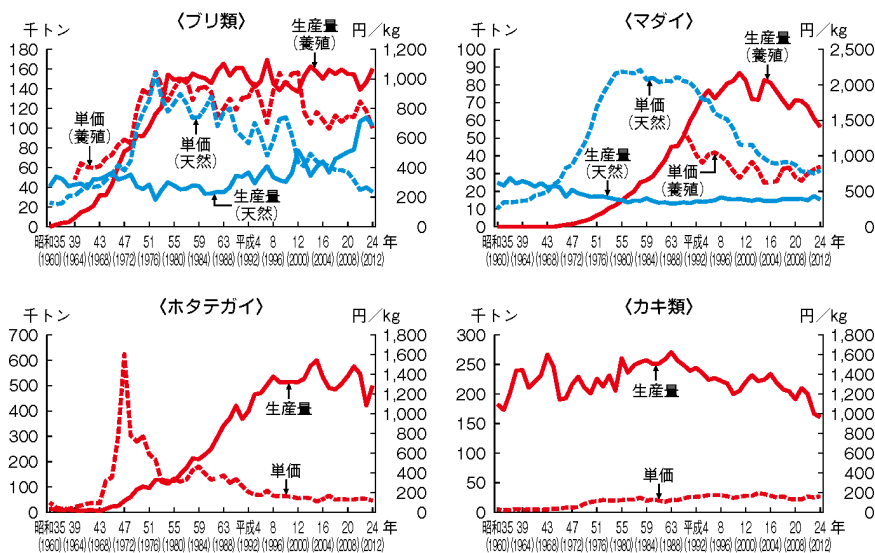


図 4.2.5 ブリ類、マダイ、ホタテガイ、カキ類の単価と生産量の推移<sup>8</sup>

表 4.2.7 海面養殖業種類別単価の変化<sup>15</sup>

(単位：円/kg)

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

資料：農林水産省「漁業・養殖業生産統計」及び「漁業算出額」に基づき作成

表 4.2.8 魚種別養殖期間<sup>8</sup>

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

資料：各種資料に基づき水産庁で作成

<sup>15</sup> 水産庁：令和元年度水産白書，pp. 231, 2020.

＜対象種の水温・塩分・溶存酸素の好適範囲＞

既往知見による増養殖対象種の水温、塩分、溶存酸素の好適範囲を以下に示す。

表 4.2.9(1) 水温の好適範囲<sup>16</sup>

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

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

表 4. 2. 9(2) 水温の好適範囲<sup>16</sup>

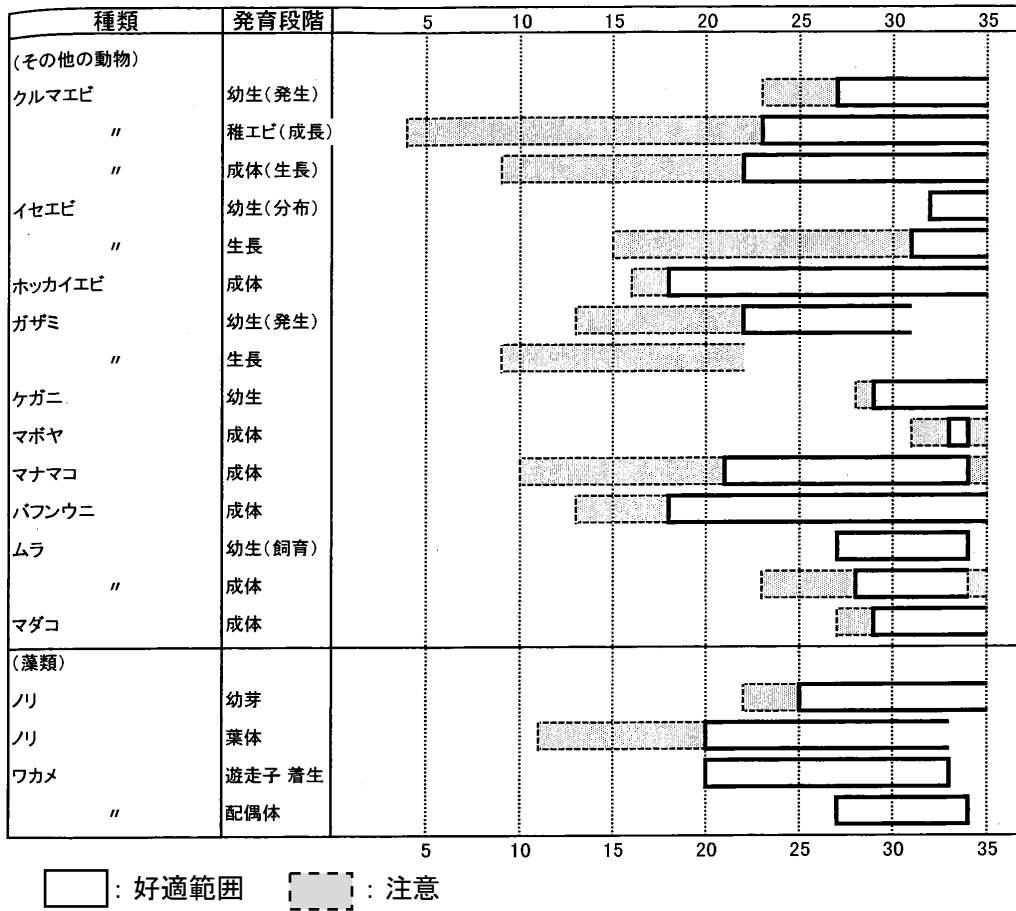
水産動植物の種類	2月の平均水温	8月の平均水温
カワハギ		
カワハギ	6℃以上	20℃以上28℃以下
ウマヅラハギ	5℃以上	28℃以下
フグ	6℃以上	22℃以上28℃以下
タラ	0℃以上	11℃以下
ハタハタ	1℃以上	12℃以下
コチ	7℃以上	12℃以上21℃以下
サワラ	15℃以上	25℃以下
スギ	21℃以上	31℃以下
アイゴ		
アイゴ, アミアイゴ,	7℃以上	28℃以下
ゴマアイゴ		
シモフリアイゴ	18℃以上	31℃以下
アワビ・トコブシ		
エゾアワビ	1℃以上	19℃以上24℃以下
クロ, マダカ, メガイ,	8℃以上	23℃以上28℃以下
トコブシ		
タカセ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

表 4. 2. 9(3) 水温の好適範囲<sup>16</sup>

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

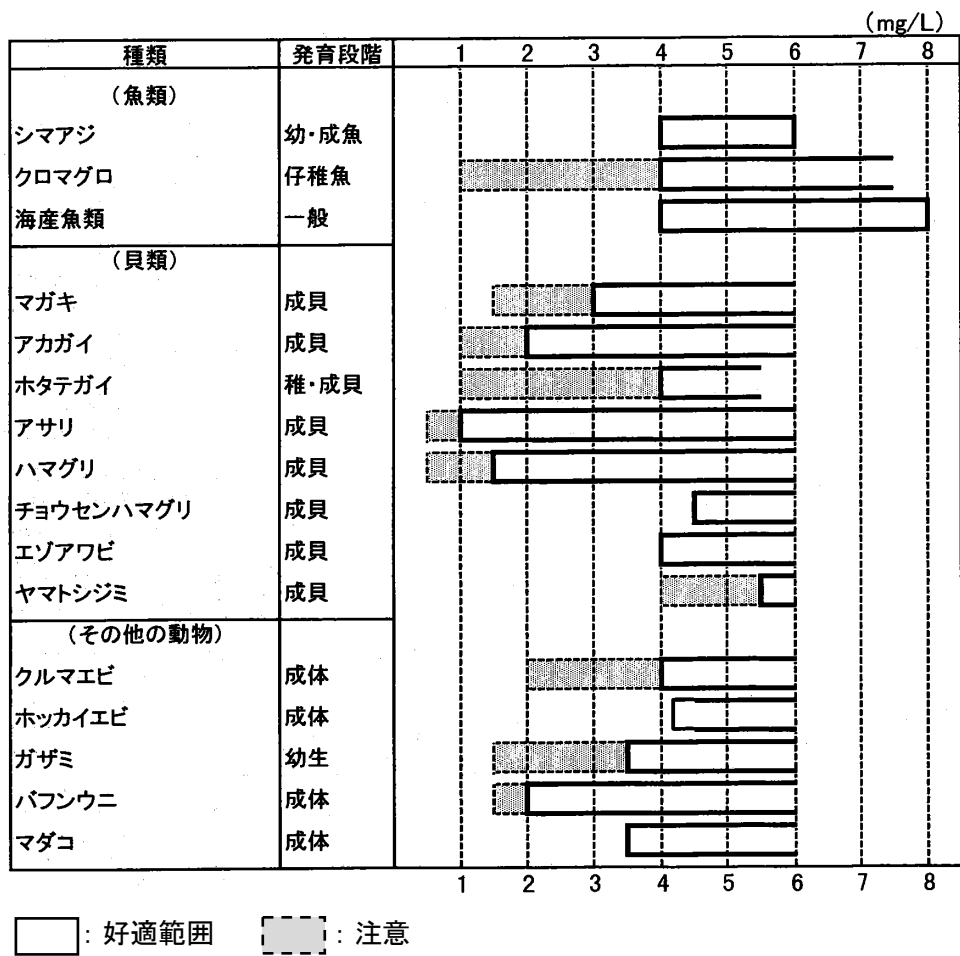
表 4.2.10 塩分濃度の好適範囲<sup>17</sup>

(PSU)



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

表 4.2.11 溶存酸素の好適範囲<sup>17)</sup>



## ＜対象種の生態特性＞

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

表 4.2.12 対象魚種

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

<sup>18</sup> 全国漁港漁場協会：漁港漁場の施設の設計参考図書 2015年版 下、pp 資75-資148,2016.  
[http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\\_gyozyo/g\\_thema/sub52.html](http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_thema/sub52.html)

表 4.2.13 ブリの掲載例<sup>18</sup>

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

## (2) 実証試験

### 1) 試験的な増養殖の実施

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

#### 【解説】

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

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

## 2) モニタリング

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

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

### 【解説】

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

### <対象種の生息に関する環境因子>

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

表 4.2.14 対象種の生息に関する環境因子

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

### <評価項目>

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

表 4.2.15 モニタリングの内容と評価項目の一例

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

## 【参考】

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

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

表 4.2.16 「持続的養殖生産確保法」による養殖漁場環境基準<sup>8</sup>

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

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

表 4.2.17 水産用水基準<sup>19</sup>

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

水産用水基準(2018年版)より海域を抜粋

\*印は、海域においてはアルカリ性法

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

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



表 4.2.18(2) 主な評価項目の意味<sup>20</sup>

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

### 3) 問題点・課題の解決

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

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

#### 【解説】

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

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

漁港水域で想定される課題と対策を表 4.2.19 に示す。

表 4.2.19(1) 漁港水域で想定される課題と対策の例

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

表 4. 2. 19 (2) 漁港水域で想定される課題と対策の例

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

### (3) 事業実施（本格的な増養殖の実施）

#### 1) 事業目標設定・計画策定

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

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

#### 【解説】

##### ①採算性の評価

###### ア) 資材費の算定

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

###### イ) 種苗代の算定

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

###### ウ) 餌料代の算定

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

###### エ) 水揚げ、生簀の清掃等に係る費用の算定

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

###### オ) 出荷に係る経費の算定

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

###### カ) 売り上げ額の算定

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

###### キ) 採算性の検討

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

## ②事業規模

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

### <環境収容力の推定>

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

## 【参考】環境収容力の推定

### ＜既往知見による推定＞

中間育成や養殖を実施する場合の必要施設数や所要面積は、次式を用いて必要施設数を切り上げ算出し、施設形態ごとの標準的な面積（施設能力）に作業空間（航路幅等）を加えたものとする。施設外周に航路を確保する場合は、一般に幅3mとしている。既往知見による主な魚介類の収容密度（kg/m<sup>2</sup>）の一例を表4.2.20に示す。実際には、魚種や大きさ、漁港水域の環境特性によって収容密度が異なることに留意する必要がある<sup>13</sup>。

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

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

表 4.2.20 主な魚介類の収容尾数<sup>12</sup>

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

注：ホタテの0.123 m<sup>2</sup>は稚貝用のザブトン面積、0.196 m<sup>2</sup>は成貝用の丸籠面積

### ＜実証試験等に基づく推定＞

魚類養殖やウニ類を生簀で飼育する場合：

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

無給餌養殖（アサリ）の場合：

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

無給餌養殖（ナマコ）の場合：

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

養殖漁場の環境収容力を評価した事例として、以下が挙げられる<sup>21</sup>。

①AVS モデルによる評価と養殖許容量の推定

②数値モデルによる定量的評価

#### ①AVS モデルに基づく評価と養殖許容量の推定

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

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

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

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

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

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

---

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

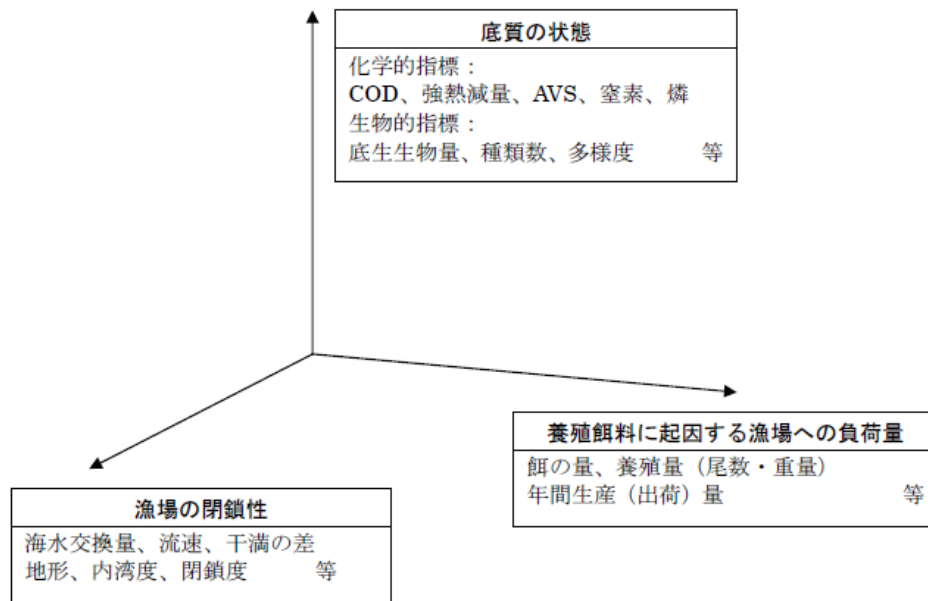


図 4.2.7 AVS モデルの模式

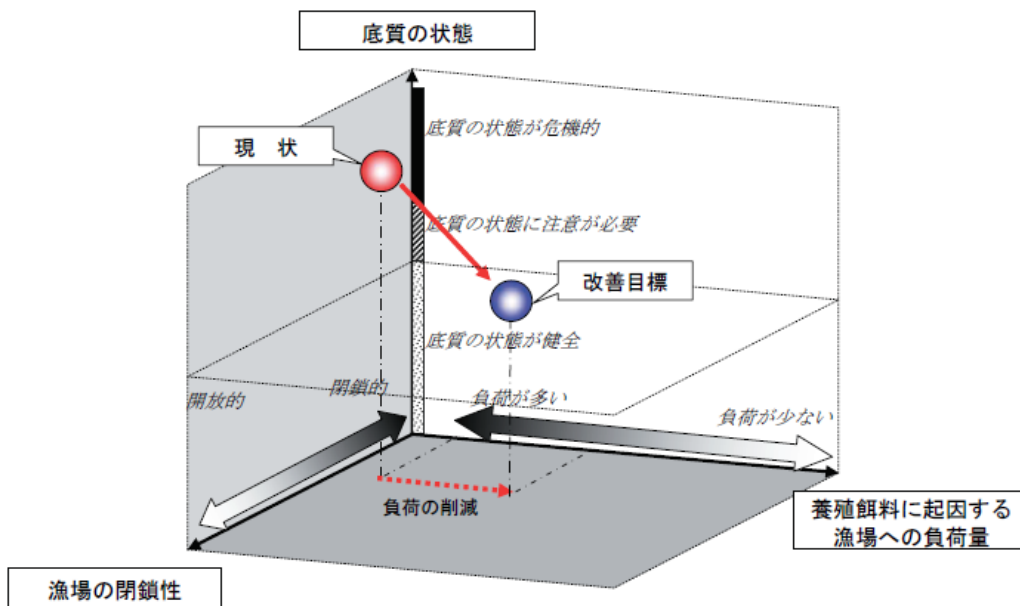
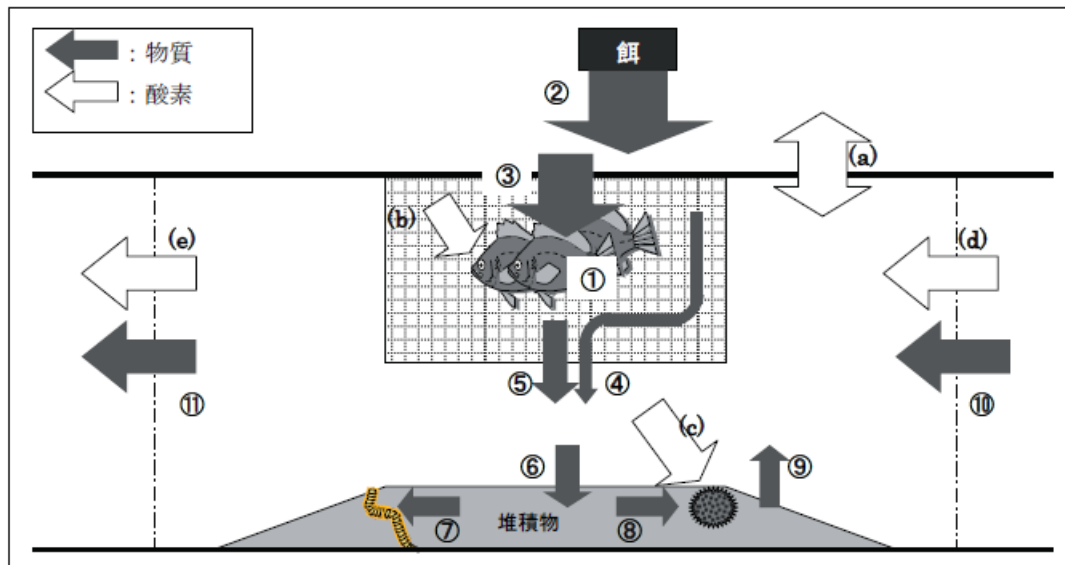


図 4.2.8 AVS モデルによる現状評価・改善目標設定のイメージ

### ③数値モデルによる定量的評価

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



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

図 4.2.9 養殖漁場での単純化した物質収支、酸素収支

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

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

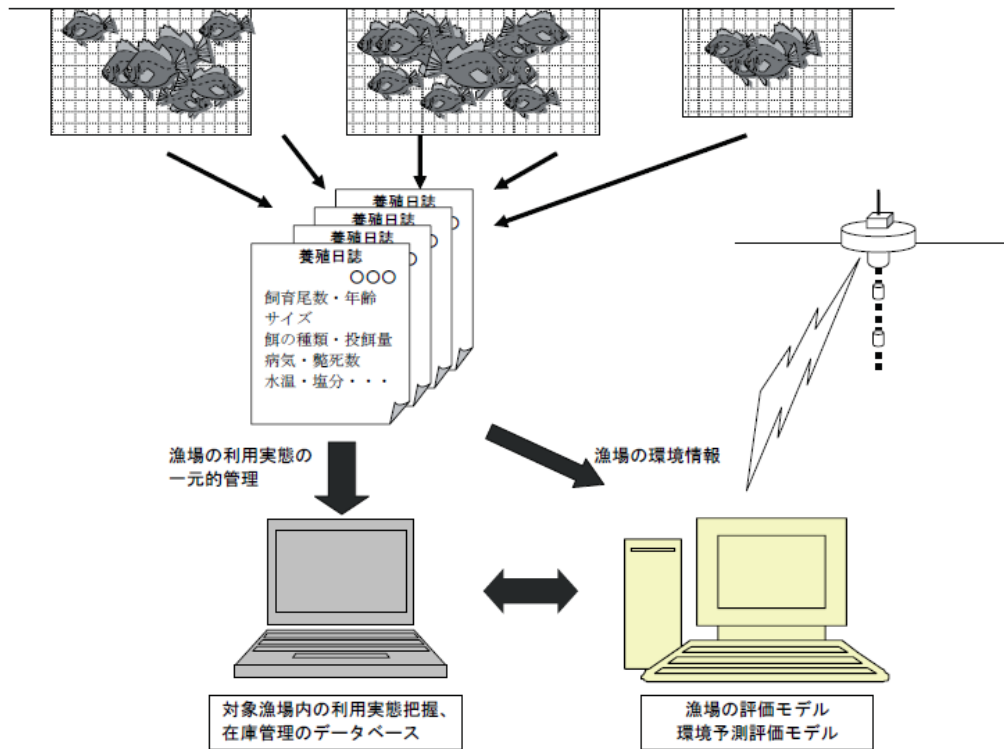


図 4.2.10 データベースと予測モデルを用いた漁場管理のイメージ

## 2) 環境改善の実施・事業の実施

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

環境改善を実施する場合には、対策終了後に事業を実施する。

### 【解説】

#### ①環境改善の内容

- ・想定される対策の内容としては以下が考えられる。

表 4.2.21 環境改善で想定する内容

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

#### ア) 漁港施設整備による対策

漁港施設整備による対策としては、以下を想定する。

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

(4.3(1) 漁港施設の新設・改良等による方法を参照)

#### イ) 設備による対策

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

(4.3(2) ICT の活用を参照)

### ウ) 体制づくりによる対策

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

### ②事業の実施

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

## 3) モニタリング

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

### 【解説】

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

#### 4) 問題点・課題の解決・成果の発信

モニタリング結果をふまえ、改善策の検討を行う。

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

#### 【解説】

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

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

## 4.3 個別課題に対する対策

### (1) 漁港施設の新設・改良等による方法

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

また、計画段階から整備完了まで複数年を要するため、十分な調整が必要となる。

#### 【解説】

#### 1) 海水交換施設

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

##### ① 海水交換型構造物の種類

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

表 4.3.1 (1) 海水交換促進のための施設整備等の事例<sup>13</sup>

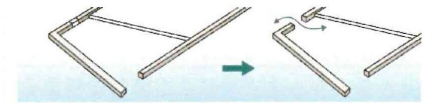
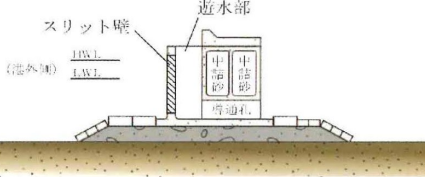
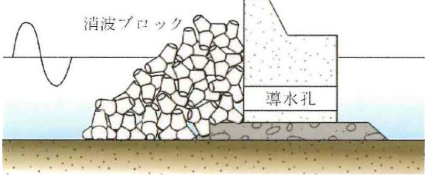
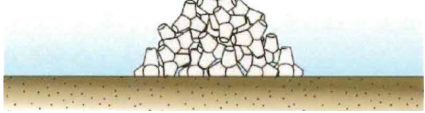
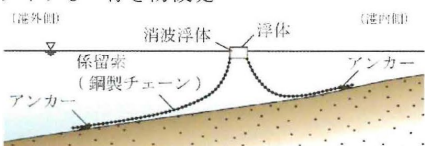
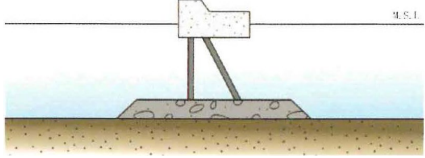
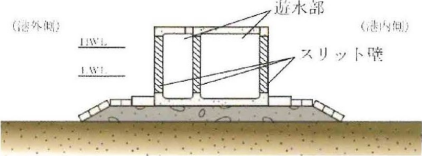
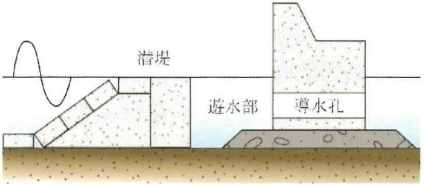
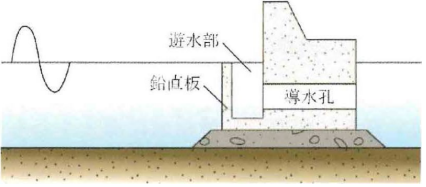
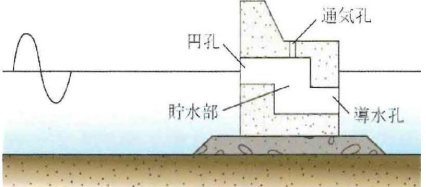
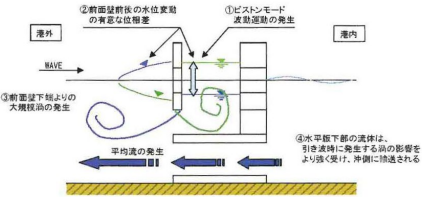
タイプと取水断面	特徴
<p>タイプ1：防波堤の一部撤去</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>漂砂現象や港内静穏度が想定より悪化する場合があるので設計上留意が必要</li> </ul>
<p>タイプ2：スリットケーソン</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>透過率に比較的大きな幅を持たせることが可能 (30~70%)</li> </ul>
<p>タイプ3：消波ブロック被覆式</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>前面を小波ブロックで被覆し、ブロ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

表 4.3.1 (2) 海水交換促進のための施設整備等の事例<sup>13</sup>

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

## ②設計フロー

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

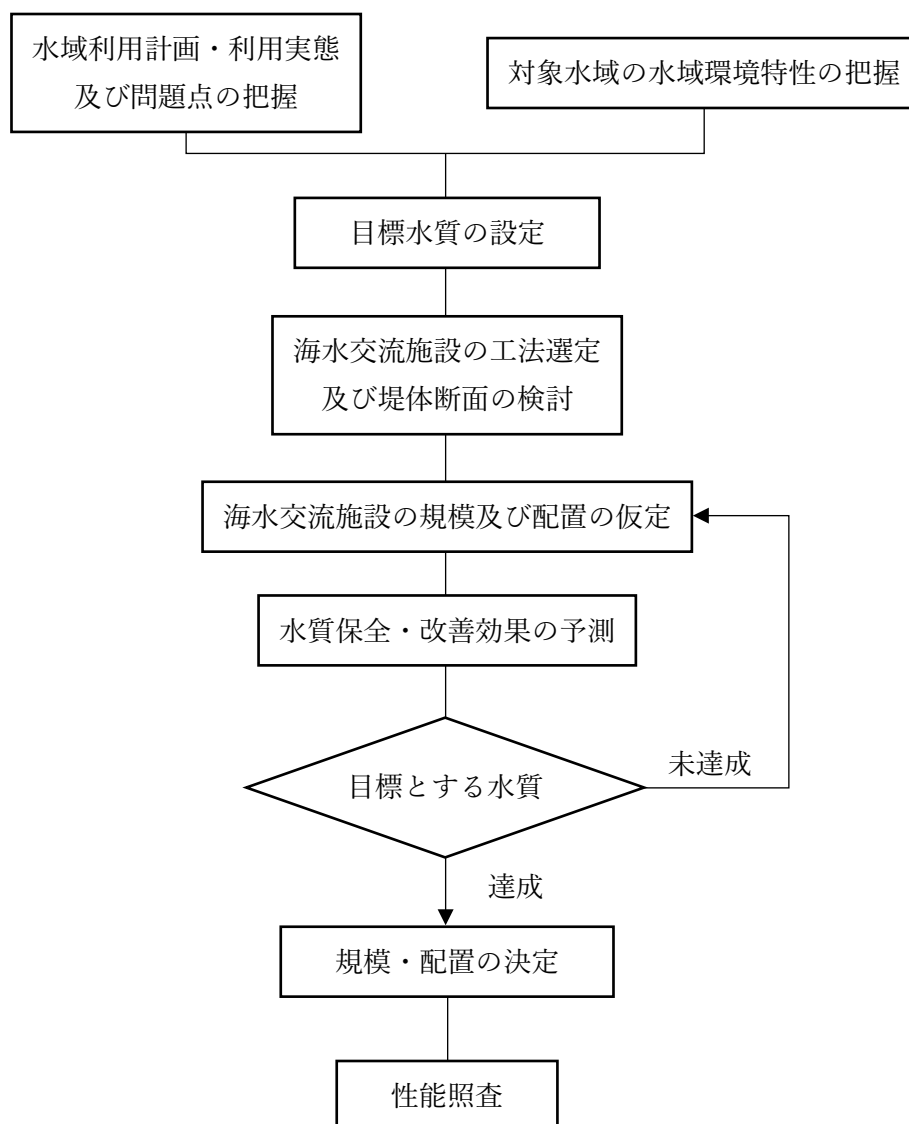


図 4.3.1 海水交流施設の設計フロー

## ③水域利用計画・利用実態及び問題点の把握

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

#### ④対象水域の水域環境特性の把握

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

#### ⑤目標水質の設定

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

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

#### ⑥海水交流施設の工法選定及び堤体断面の検討

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

#### ⑦選定工法の規模・配置の決定

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

## 2) 底質改善

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

#### ①しゅんせつ

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

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

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

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

### 3) 蓄養殖岸壁

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

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

#### 1) 蓄養の場合

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

#### 2) 養殖の場合

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

## (2) ICTの活用

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

### 【解説】

#### <モニタリングへの活用>

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

#### <養殖環境保全への活用>

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

### ＜遠隔操作への活用＞

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

### ＜密漁監視への活用＞

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

### ＜電源＞

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

### ＜経費＞

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

## 【参考】

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

### < 漁港水域での ICT 活用（実証試験段階） >

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



図 4.3.2 青森県北金ヶ沢漁港での取組みの模式図

### < 陸上養殖での ICT 活用（実証試験段階） >

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

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

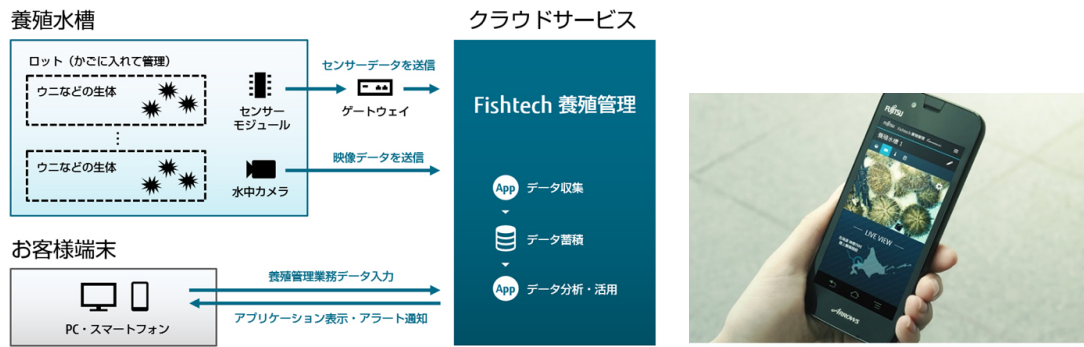


図 4.3.3 Fishtech®養殖管理システム構成図（左）と水槽内のモニタリング画面（右）

### <海面養殖での ICT 活用（実用化段階）>

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

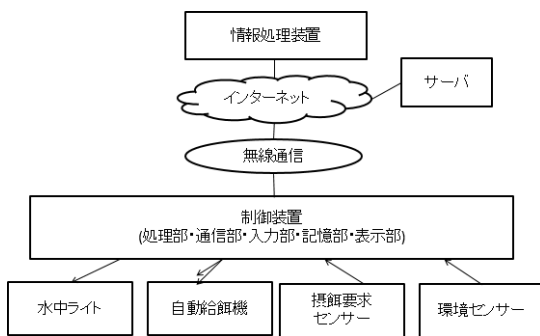


図 4.3.4 海面養殖給餌制御システム<sup>23</sup>



図 4.3.5 養殖場の管理システム<sup>24</sup>

### <海面養殖での ICT 活用（実用化段階）>

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

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

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

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

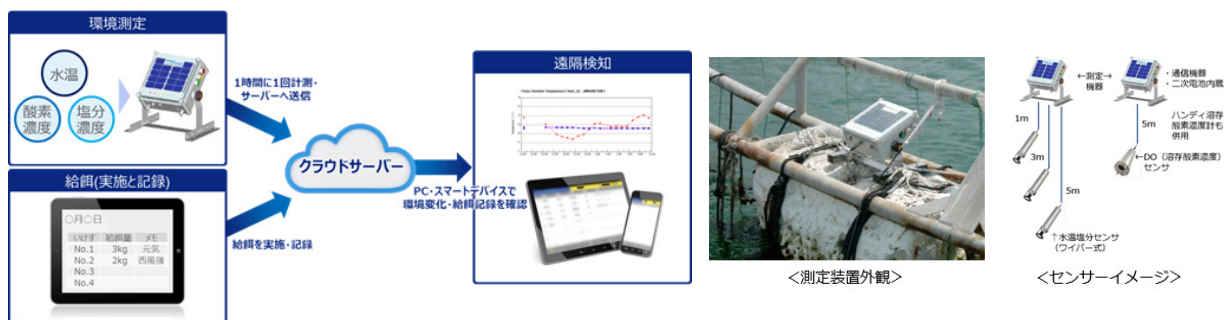


図 4.3.6 小浜市における「鯖、復活」養殖効率化プロジェクトの運用模式図

### <密漁監視への ICT 活用（実用化段階）>

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



図 4.3.7 陸奥湾における密漁監視システム

### <密漁監視への ICT 活用（実用化段階）>

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

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



図 4.3.8 密漁監視サービスの概要

### < 漁場監視への ICT 活用（実証試験段階） >

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

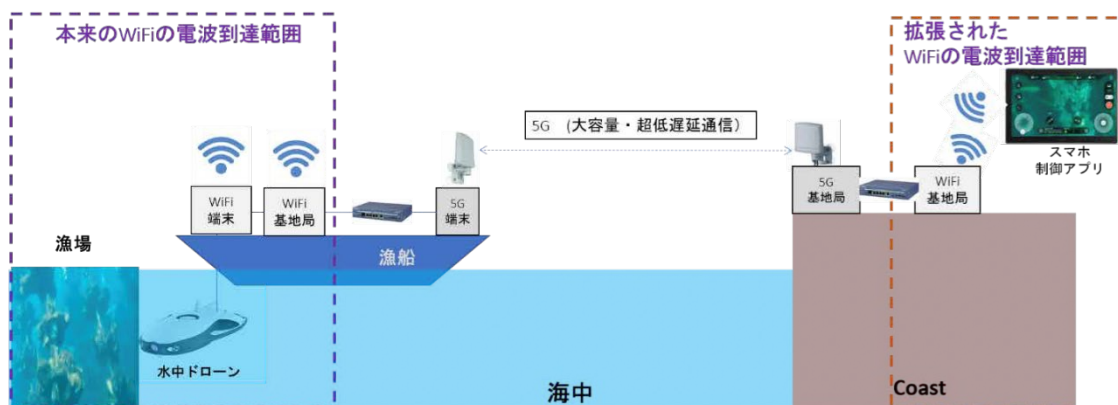


図 4.3.9 WiFi 制御機器の制御範囲を 5G 通信により透過的に拡張する通信制御方式

<sup>27</sup> [https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news\\_release/topics\\_191127\\_00.pdf](https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_191127_00.pdf)

### (3) にぎわいの創出

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

#### 【解説】

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

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

表 4.3.2 にぎわいの創出に寄与する漁港での取組例

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

#### (4) 就労環境の改善

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

##### 【解説】

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

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