2. 漁港水域における増養殖の実証試験

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

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

・合意形成による漁港水域の有効活用
・ＩＣＴを活用した漁港水域の有効活用

(1) 小浦漁港：
合意形成による漁港水域の有効活用に向けた実施事例

実証試験段階　事業実施段階

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

1) 概略検討

①きっかけづくり：漁港水域の選定と増養殖の取組の必要性

漁港水域の選定：

漁港水域の選定は、本事業の担当である水産工学研究所（以下、水工研）から千葉県水産総合研究センター（以下、千葉水総研）に、漁港水域を有効活用した増養殖に興味があり積極的に取り組んでもらえる漁業協同組合を紹介してもらうかたちで進めた。千葉水総研から水工研へ、南房総市にある岩井富浦漁協岩井支部（以下、漁協）は、これまでに、漁港区域内で、ウニの身入り改善手法の開発、ワカメやハバノリ（千葉県の特産品）の養殖等を、千葉県館山水産事務所（以下、水産事務所）や千葉水総研と積極的に取り組んだ実績があり（一部は現在も継続中）、本事例の候補地として推薦があった。水工研から漁協に、小浦漁港内の水域（図Ⅱ.2.1、表Ⅱ.2. １）を有効活用した増養殖の事例づくりの協力を依頼した結果、承諾された。

図Ⅱ.2.1　小浦漁港の空中写真

（左図、小型蓄養施設の設置位置を併記）と小浦漁港の位置図（右図）

表Ⅱ.2.2　工程表

1年目

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
概略検討	・検討会の設置 ・漁港内水域の調査項目の検討	←漁港内水域の環境調査→									・漁港内水域の有効利用の検討	

2年目

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実証試験	・蓄養施設の仕様の検討	・蓄養施設の製作と設置	←・畜養施設を活用した直販店へ魚の供給→			・台風15号による被災						

表Ⅱ.2.1　小浦漁港の概要

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

出典）H28 年度港勢調査

小浦漁港の概要：

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

増養殖の取組の必要性：

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

②体制構築等

体制構築：

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

関係機関の役割分担は、次のように取り決められた。

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

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

本取組は、水工研が小浦漁港の管理者である南房総市に蓄養施設の設置に関する占用許可申請を行い、試験研究として実施した。関係機関の役割分担の概要をまとめると表Ⅱ.2.3 になる。また、図Ⅱ.2.2 は、検討会の様子である。

表Ⅱ.2.3　関係機関の役割分担

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

図Ⅱ.2.2　検討会の様子

③漁港水域環境の把握やニーズの把握

漁港水域環境の把握：

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

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

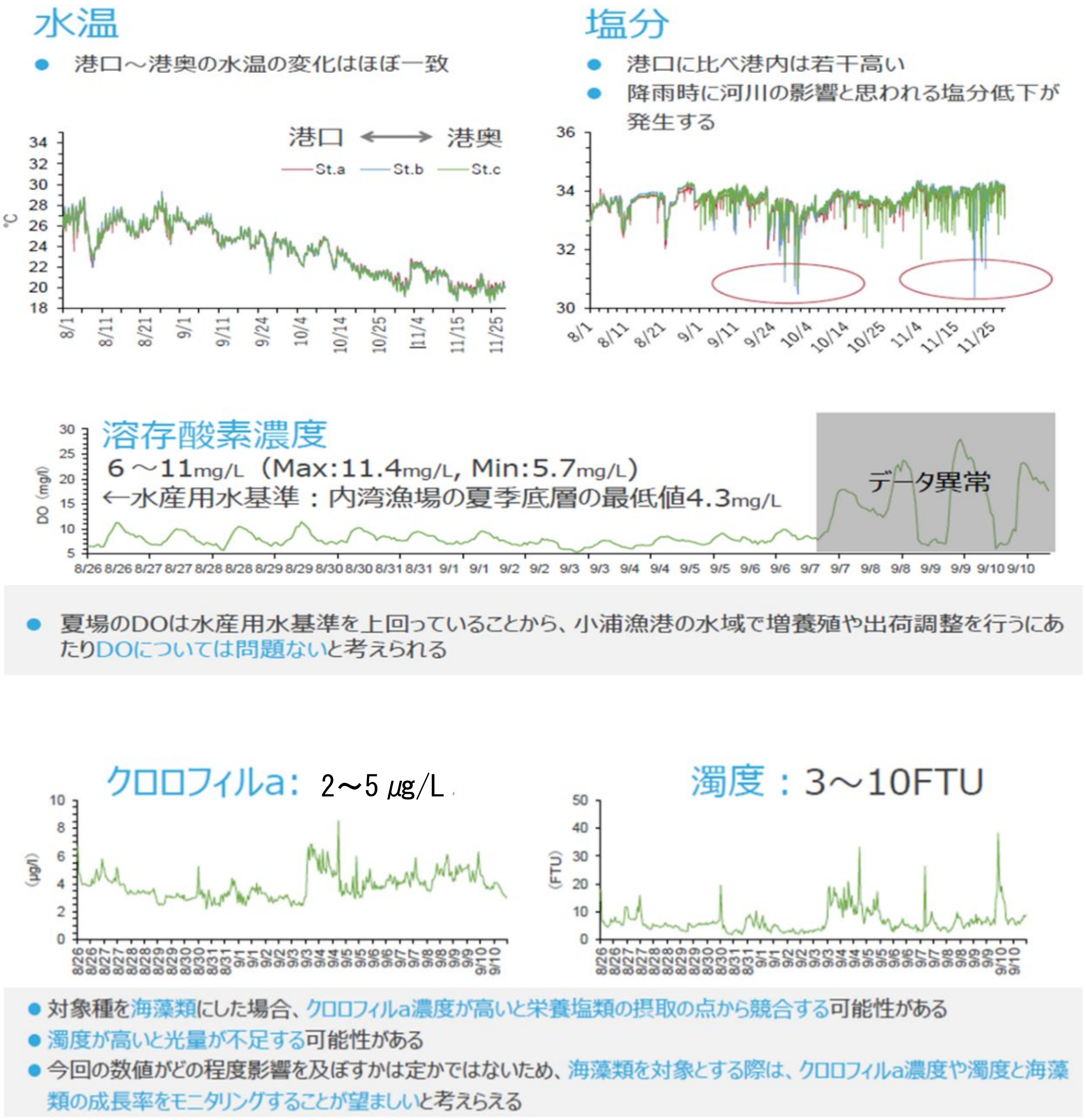
塩分：通常時は、塩分は、港口に比較して港内で若干高くなっていた。降雨時は河川の影響と思われるスパイク状の塩分低下が発生した。対象種の生息可能塩分を把握して、塩分低下による影響が予想される場合は、対象種の分布水深を深くする等（例えば、生け簀の底網を深くする等）の対策が必要と考えられる。

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

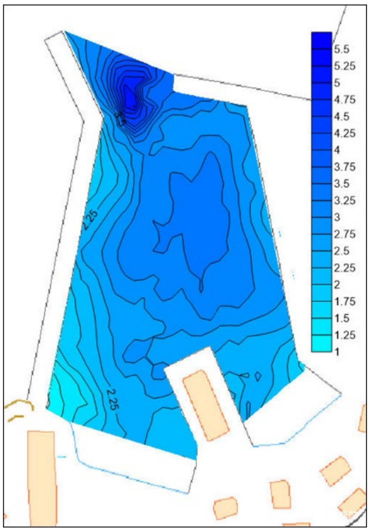
クロロフィルａ量（chl-a 量)：2～5 μg/L の間にあり、赤潮などの高い濃度は見られず安定した変動を示している。

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

底質の酸素消費速度：漁港内４箇所の底質をコアで採取し、実験室に持ち帰って、底質の酸素消費試験を実施した。漁港内では、魚類の餌料である多毛類、二枚貝、ヨコエビ類等が生息する場所では、酸素消費速度は最大 112.0mg/m^2/h を示した。この値は、一般的な内湾の底質よりも低い値である。



図Ⅱ.2.3　漁港内の水質環境



図Ⅱ.2.4　漁港内海底地形

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

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

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

ニーズの把握：

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

図Ⅱ.2.5　岩井富浦漁協が運営する直販店（大漁市場、網納屋）

④資金調達支援制度

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

2）実証試験

①対象種・対象水域の選定と実証試験の計画策定

＜対象種・対象水域の選定＞

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

＜実証試験の計画策定＞

実証試験の期間：

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

蓄養施設の仕様：

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

図Ⅱ.2.6　無給餌短期蓄養施設の製作と設置
（2019 年 6 月）

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

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

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

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

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

オ. 網の張り替え等を考慮して、２つ蓄養施設を作成する。

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

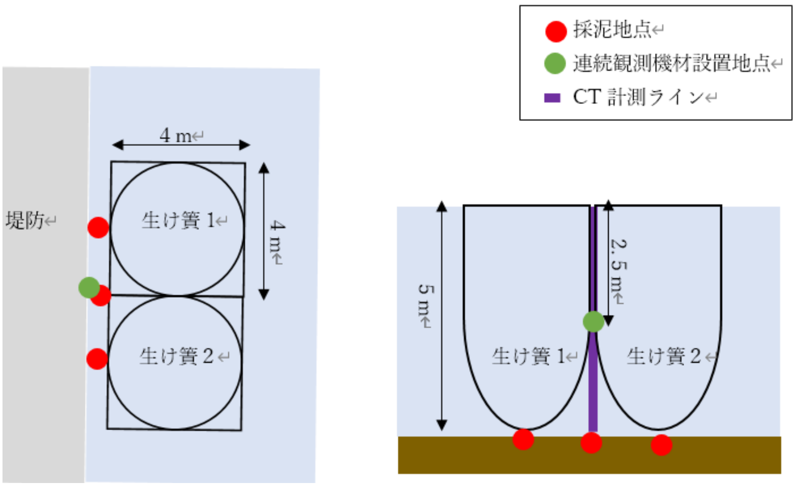
ア. 季節別に、定置網から漁獲した魚を漁港内の施設に収容し、10 日間程度、傷みや死亡が少ない魚種、サイズ及び密度を明らかにする。

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

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

せれば、傷みや死亡が少ないか等を把握する。

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



図Ⅱ.2.7　蓄養施設周辺の水質・底質モニタリング

②試験的な増養殖の実施：

製作した蓄養施設を、図Ⅱ.2.6 に示す。蓄養施設の上部は長さ４ｍの木材（1 辺 20cm の角柱）を４本用いて正方形の生け簀枠を作成し、その角柱から網を取り外ししやすいように木製の突起をつけた。網はこの正方形の木製部材から下に設置することになるが、収容した魚が取り出しやすいように、水面にある４点のロープを同じように引き上げると、網の底面は均一に上昇してくるように工夫した。また、網の上部は、乾湿を繰り返し日光による劣化も予想されることから、網地を太くしてある。この蓄養施設は網の張り替えを考慮して２つ作成して、海水交換の良い港口に設置した。また、蓄養施設が波浪の動揺等で漁港施設と衝突しないように、漁港施設と蓄養施設に空間を持たせて固定した。

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

③モニタリング

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

④問題点・課題の解決

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

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

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

(2) 北金ヶ沢漁港：ＩＣＴを活用した実施事例

～ＩＣＴを活用した養殖環境のモニタリング、保全、遠隔給餌システムの実証～

実証試験段階　事業実施段階

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

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

1)対象種・対象水域の選定と実証試験計画策定

①対象種・対象海域の選定

実証試験は、青森県深浦町北金ヶ沢漁港において実施した。

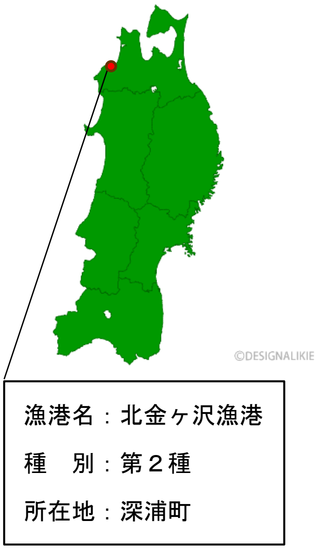
この地域は、本州日本海北部にありながら、風波が比較的穏やかなため、古くから天然の海浜を利用した漁業が営まれてきた。昭和 7 年に地域振興事業によって北金ケ沢漁港の整備が始められ、昭和 26 年に町管理の第 1 種漁港として指定を受けた後、昭和 52 年に第 2 種漁港に種別変更されるとともに県管理漁港となった。昭和 27 年の第 1 次漁港整備長期計画から漁港修築事業による本格的な整備が進められるようになり、現在、水産基盤整備事業として整備が続けられている。本漁港は、圏域総合計画では日本海南圏域の流通拠点漁港に位置づけられており、圏域内における属地陸揚量の約 22%、属地陸揚金額の約 23%を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

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

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

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

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



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

注）平成 28 年港勢調査

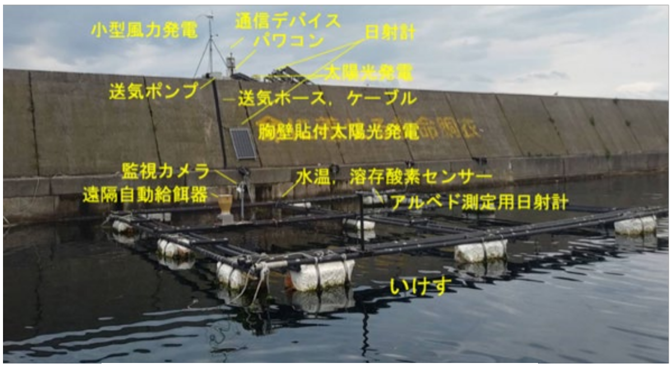
図Ⅱ.2.8　北金ヶ沢漁港の概要

②実証試験計画策定

ＩＣＴを活用した魚類養殖を実証するため、北金ケ沢漁港の沖防波堤及び防波堤と荷揚げ場で囲まれた水面に ICT を活用した魚類養殖環境のモニタリング、保全、遠隔給餌システムを構築した。システムの外観と概要は図Ⅱ.2.9～10 に示したとおりである。

＜電源＞

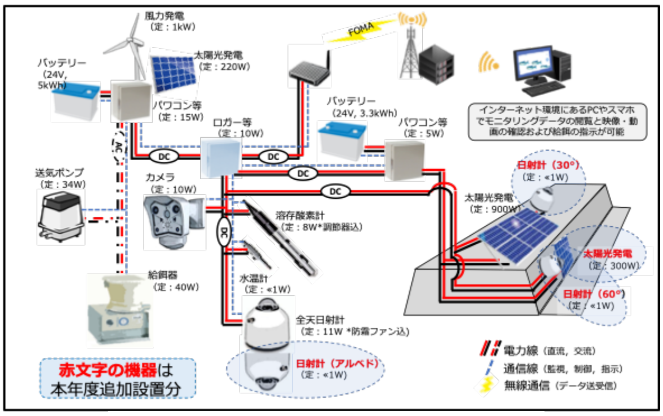
平成 30 年 4 月に北金ヶ沢漁港北防波堤上に小型風車（発電機定格風速 11.5m/s 下 1kW）と太陽光パネル（定格 220W）を組み合わせた独立電源（Zephry ハイブリッド自家発電システム II）及び太陽光パネル（定格 300W）3 基を架台上に設置した。さらに、令和元年 7 月 25 日、26 日に漁港胸壁に定格出力 300W の太陽光発電パネルを貼り付けた。



図Ⅱ.2.9　実証システムの外観

＜環境モニタリングシステム＞

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



図Ⅱ.2.10　実証システムの概要

＜環境保全システム＞

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

＜遠隔給餌システム＞

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

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

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

2）養殖試験

＜対象種＞

マアジ、マホッケ

＜実施主体＞

国立大学法人弘前大学地域戦略研究所

協力機関：新深浦町漁業協同組合、新深浦町漁業協同組合漁業振興会

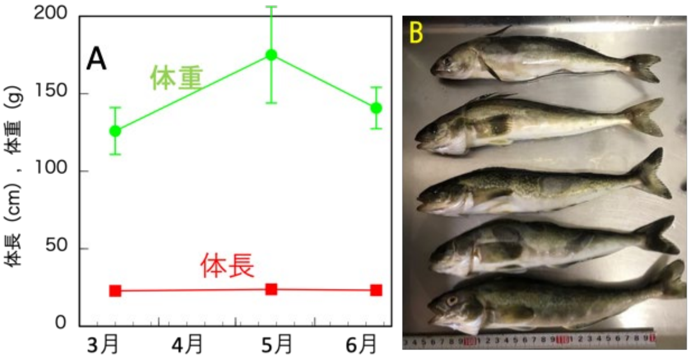
＜養殖期間＞

平成３０年４月～令和２年１２月

＜養殖手法＞

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

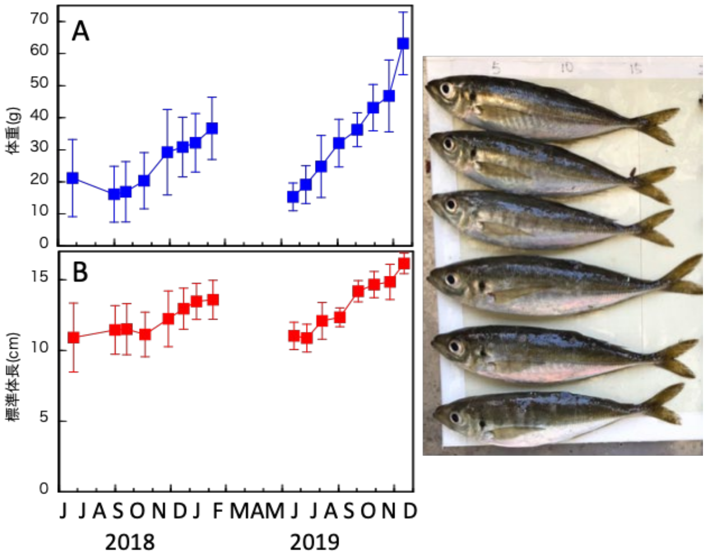
遠隔給餌システムを運用するまでの期間及び運用後の 10 月 16 日から 11 月 9 日までは、漁業者に依頼し容量が 290g のシャベルを用いて朝夕配合餌料を徒手給餌し、これを除く時期には主に遠隔給餌システムにより配合餌料を給餌した。死魚については計数するとともに、生簀から取り除いた。養殖に供した魚類は、いずれも北金ケ沢漁港地先に設置した定置網から採取した。



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

＜現地調査＞

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



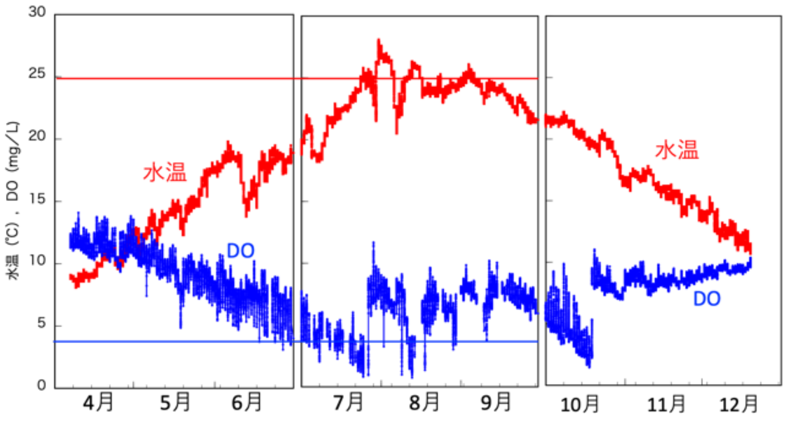
図Ⅱ.2.12　養殖したマアジの体重(A)と標準体長(B)の変化と2019 年 12 月 18 日の状況

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

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

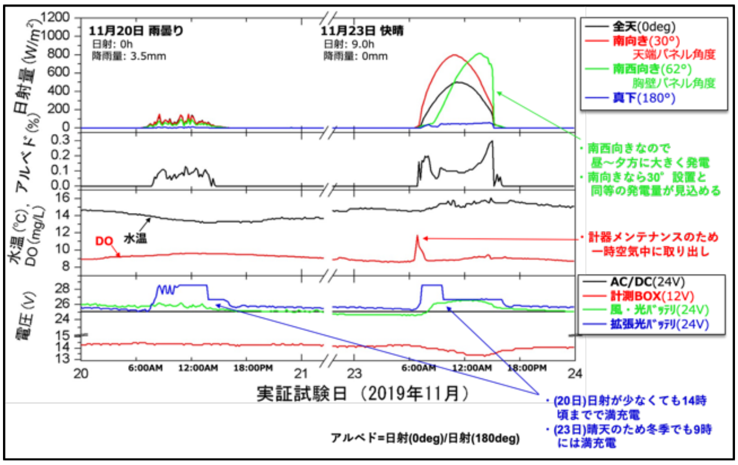
3)モニタリング

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



図Ⅱ.2.13　水温、溶存酸素モニタリング結果

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



図Ⅱ.2.14　日射量、アルベド、水温、溶存酸素（DO）、電圧の観測結果

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

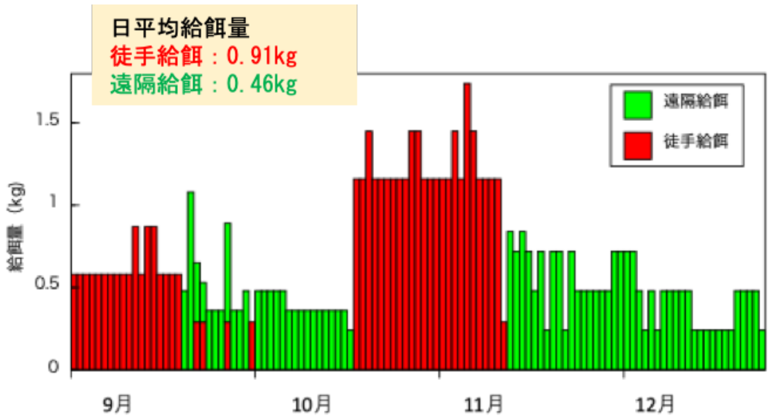
図Ⅱ.2.15　スマートフォン上の養殖環境モニタリング画面とスマートフォン上の警報画面

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

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

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

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



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

4) 問題点・課題の解決

＜導入経費＞

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

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

＜運用経費＞

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

＜システムの管理＞

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

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

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

＜運営・継続のポイント＞

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