

海域生物工学の戦略的イノベーション創出

実施予定期間：平成19年度～平成28年度

総括責任者：高井 陸雄（東京海洋大学学長）

協働機関：日本水産（株） 三井造船（株）

I. 概要

食料資源として世界的に重要度が増している海域生物（魚介類）の養殖生産における、戦略的ニーズ（世界の養殖産業構造が変わる可能性がある画期的な技術）へのアプローチであり、水産と工学、また、大学と企業の「知」の集・融合によって、「海域生物工学の戦略的イノベーション創出」の拠点化を図るものである。

この拠点化では、国際的に優れた外国人研究者や、企業の研究者、異分野の研究者、若手・女性研究者などが、ニーズ達成を目指してそれぞれの特色を発揮できる環境を保証し、「知」に基づく技術開発と産業創出を実感できる体制を整えて、水産と工学の両センスを兼ね備えた、海洋生物産業にイノベーションを創出し得る人材を養成する。

1. 機関の現状

東京海洋大学（海洋大）は、252人の研究者を擁し、又、総予算は8,952百万円（2006年度）で、そのうち運営費交付金6,193百万円、外部資金711百万円である。海洋科学部と海洋工学部の2学部を擁しており、大学院ではそれらを融合し、一つの研究科（海洋科学技術研究科）として制度の充実を図っている。特殊な研究環境として海鷹丸をはじめとする大型練習船4隻、4カ所のフィールドセンターを擁している。ノルウェー、カナダ、イギリスなどの欧米漁業国でも、海洋科学と海洋工学の融合を図った大学院を擁しているところはなく、海洋学分野での国際的リーダーとしての本学の研究ポテンシャルは大きい。それらを活用した研究開発の実績として、科研費採択件数67件（2004年度）・77件（2005年度）、採択金額253百万円（2004年度）・197百万円（2005年度）、受託研究件数46件（2004年度）・58件（2005年度）、金額131百万円（2004年度）・206百万円（2005年度）、共同研究件数72件（2004年度）・99件（2005年度）、金額111百万円（2004年度）・166百万円（2005年度）、奨学寄附金件数147件（2004年度）・143件（2005年度）、金額184百万円（2004年度）・190百万円（2005年度）、主な競争的資金として先端技術を活用した農林水産研究高度化事業委託事業4件（2004年度）・3件（2005年度）・総額51百万円（2004年度）・37百万円（2005年度）

年度）、総論文数（ネイチャー、米国科学アカデミー紀要ほか専門領域での発表論文200編以上）、学会賞及び論文賞受賞者数（19人：2004年度、18人：2005年度）、特許申請数（20件：2004年度、34件：2005年度）に結びついている。また、大学院修了者数は博士40人、修士203人（2005年度）に及ぶ。一方、日本やアジアにおける水産業界の現場において指導的な役割を持つ教員も多い。また、日本の製造業を支える基礎工業技術の研究を地道に行っており、近年特に製造業からの相談も多く産学連携も益々活発になっている。経常経費に占める奨学寄附金割合は全国第2位（週刊東洋経済）、卒業生の上場一部企業の役員割合は全国第13位（週刊ガゼット）であり、実学を重視する大学でもあることも示されている。最近では「食品流通安全管理者養成」、「海事英語学習・評価」の二つの現代的な教育ニーズ取組支援プログラム、魅力ある大学院教育プログラム「海洋観測・生物資源調査の実践教育の強化」、「海産食品の安全・安心」に関する実践的教育研究の形成事業に採用されている。また、修士課程に「食品流通安全管理専攻」を2007年度から新設することになっており、食の安全及び海洋環境教育に力を入れている。

日本水産（株）は、中央研究所（東京都八王子市、従業員60人）、大分海洋研究センター（大分県佐伯市、従業員15人）を擁し、関連施設として食品分析センター、商品開発センター、技術センターを有する。過去3年間の特許出願数124件（内海外出願67件、養殖関係18件）、過去3年間の論文数41編（国内26編、海外15編）の実績がある。

三井造船（株）は、船舶事業、機械事業、プラント事業などの分野において幅広い研究開発を行っている。2005年度の単独における研究開発経費は、約31億円で売上高の1.1%に相当している。研究開発組織を事業開発本部と技術本部の体制の下、連携を取りながら研究開発を推進している。また、経済産業省などから補助金の導入及び大学・研究機関との共同研究や国内外の企業との連携など、実用化に向けて研究開発を進めている。従業員数約4,000人、特許出願件数302件（2003年度）、331件（2004年度）、296件（2005年度）、国内に4カ所の研究所・技術開発センターと海外に研究開発拠点を配し新技術・製品を開発している。

2. 拠点化の対象とする先端融合領域及び研究開発

本研究の構想は、食料資源として世界的に重要度が増している魚介類の養殖生産における、戦略的ニーズ（世界の養殖産業構造が変わる可能性がある画期的な技術）へのアプローチであり、その達成に必要な「知」が、水産と工学、また、

大学と企業から必然的に集・融合し、「魚介類の陸上生産の戦略的イノベーション創出」の拠点化を図るものである。昨今、Science (Worm et al., 2006) において 2048 年には水産資源が枯渇するというショッキングなレポートが報告され、これに呼応するかのように、クロマグロ資源問題が新聞紙上にをにぎわせている。これら魚介類資源を持続的かつ安定的に動物タンパク質源として供給することは 21 世紀後半にいたる人類存亡をかけた大きな命題の一つである。

本研究は食料供給としての一次産業を、三次産業まで一体化した (1+2+3) 次産業化を図るものである。すなわち、閉鎖型養殖システムの構築のために、これまでほとんど交流がなかった水産と工学及び流通経済を融合し、その相互の技術を駆使し、環境にやさしいクリーン、かつ温暖化防止を加味した新たな産業化を目的にしている。特に、初期の 7 年間では養殖の 3 要素といわれる 1) 水 (環境)、2) 種 (卵と幼稚魚)、3) 餌料 (餌の質と量) の基本的技術開発とそれに携わる高度専門職業人の養成を図り、後期 3 年で企業による事業化と普及を行い、新たな産業 (物と人) の育成を目指す。

本研究が目指す新たな養殖システムはこれまで、ヨーロッパやわが国で取り組んできた養殖技術開発とは大きく異なるものである。すなわち、代理親魚を導入し、そこから幼稚魚を育て (種苗生産)、商品サイズ (成魚) として生産する一貫したシステム (トレーサビリティ) を完全閉鎖系施設で作出しようとするものである。また、一部の大型回遊魚、例えばクロマグロなどは一定期間のみ (30kg-200kg 程度まで) 非囲い込み沖合い養殖システムを採用することにより、安全かつ効率的な養殖が可能となると考えられる。従来の沿岸域における養殖をこれ以上増やしていくと、沿岸域に深刻な水質汚染等を生じさせる可能性がある。非囲い込み沖合い養殖システムでは広い大陸棚や排他的経済水域 (EEZ) を利用し、高度環境モニタリングを行いながら自然の浄化力を最大限利用した新たな養殖方法の創出を行うものである。

陸上における閉鎖循環飼育には以下に列挙した多くのメリットがある。1) 残餌や養殖魚からの排泄物に起因する自家汚染の防止といった環境保全効果、2) 従来、養殖適地のほとんどは遠隔地であったが、消費地近郊へと生産地を移すことが可能となり、商品の輸送に関わるエネルギー・コストを大幅に節約可能、3) 疾病防止や飼育水に起因する汚染物質混入防止等の外部リスク回避、4) 水質・水温管理や水流管理等、イケース内では不可能であった新次元での飼育管理が可能となり、高生産性が期待できる。日本はアジア諸国の沿岸域養殖場から魚介類を大量に輸入しているが、これらの地域の水質汚染やウィルス感染が極めて急ピッチで進んでおり、安全・安心な養殖魚創出は緊急の課題である。さらに、本システムを、水耕栽培を用いた植物工場とドッキングすることにより、酸素/二酸化炭素の交換、窒素やリンの相互利用など廃棄物を放出しない資源循環を可能とした、いわゆる閉鎖型動物工場化への道筋となり、将来計画されている閉鎖型海底施設や、

月や火星における閉鎖生態系生命維持システムの重要なパーツとしての利用も図ることができる応用範囲が広い技術開発といえる。

本研究は具体的には次の三つの柱から構成される。a. 代理親魚による種苗生産システムによる安定的良質卵の確保、b. 最先端の工学技術を用いた陸上養殖システムによる魚の卵から商品サイズまでの一貫飼育、c. 魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システムによる環境と調和した外洋での養殖である。将来的には、代理親魚に適する数種類の親魚が、あらゆる魚種の種苗を計画的に生産し、これを b. 最先端の工学技術を用いた陸上養殖システムや、c. 非囲い込み沖合い養殖システムに利用する“養殖産業の構造的変革”を目指す。

a. 代理親魚による種苗生産システム

従来、海産魚の種苗生産 (特に親魚からの受精卵の採取) には、天然海水をかけ流し式で供給する大型飼育水槽を使用することが必要であった。さらに、大型回遊魚にいたっては、大型の海面イケースや天然の湾を仕切り網で仕切った湾全体を親魚養成に用いることが行われてきた。当然、これらのシステムを利用した親魚の飼育や受精卵の採取には、多大なコストや労力さらにはスペースを必要とする以上に、親魚の維持に大量の給餌が必要となり、排泄物や残餌による環境汚染が大きな問題となると危惧されている。さらに、これら親魚の飼育には天然海水を利用しているため、種苗が魚病に感染するリスクが常に存在するうえ、飼育水温や溶存酸素レベル等の水質調整ができないといった問題があった。

現在、閉鎖循環飼育システムの最大の問題点は、病気が発症した際に、システム内で病原体が短期間のうちに増殖し、短期間のうちに養殖魚を大量に斃死させるリスクがあるという点である。飼育水も完全に滅菌された人工海水を利用する陸上閉鎖循環飼育システムにおいて、唯一の病原体の混入源は受精卵、あるいは種苗そのものである。そこで、本提案では上記のコスト、労力、スペース、環境汚染、飼育環境調整、疾病などの一連の問題を解決するため、飼育が容易な小型の代理親魚を用いて陸上閉鎖循環飼育システム内で、大型魚種の種苗を生産する代理親魚種苗生産系の構築を目指す。

申請者らは既に、卵や精子のおおもとになる細胞を稚魚の未分化生殖腺や成魚の精巣から取り出し、免疫系が未成熟で拒絶が生じることのない孵化稚魚に移植することで、宿生殖腺内で移植細胞由来の卵や精子を生産させる技術、すなわちヤマメにニジマスの卵や精子を生産させる技術の確立に成功している。本研究ではこの技術を海産魚に応用するため、1) 陸上閉鎖循環飼育システムに適した代理親魚、すなわち宿主の選定、2) 各種水産上有用魚種、特に天然資源の減少、枯渇が危惧されている魚種からの移殖用生殖細胞の調整法の樹立、3) 各種代理宿主への生殖細胞移植法の樹立、4) 代理親魚からの良質な受精卵生産系の構築、を目指す。さらに、5) 良質卵を高効率で得るためには、親魚養成及び成熟、産卵制御が不可欠である。天然での再生産は成育する環境の周年変化に

依存している。そこで、親魚の再生産環境の把握を行うとともに、養成技術で培われた環境制御システムの導入とホルモン投与法の併用により、天然よりも短い間隔で受精卵が必要な時期に必要な量得られる親魚飼育・採卵システムを構築する。さらに、6) 代理親魚を用いて生産する種苗の魚病耐性を向上させるため、移植に用いるドナー種の免疫系の分子レベルでの解明、さらには分子マーカーを用いた対病系新品種の開発を行う。以上のシステム構築により、以下の b. 最先端の工学技術を用いた陸上養殖システムに用いる無病・良質受精卵を“海を用いず”供給する体制を整える。

b. 最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム

本高機能型システムの構築には、生物情報の要素解析、各生物に対応した飼育システムの最適化、普及型システムの実証とそのメリットの証明が必要となる。

まず、種苗生産段階での閉鎖循環式飼育システムの構築を図る。ここでは、1) 水産生物に最適な餌・飼料の開発、2) 種苗生産用飼育水再生技術の開発、3) 窒素・リン等の排泄物の利用について検討を行う。さらに、4) 密度を利用した2層境界面による自動残餌・排泄物除去システムの開発を行う。

1) では 現在餌・飼料の主流である動物プランクトンの形状、栄養組成を模擬し、さらに飼育対象となる生物に最適な栄養組成となるよう強化した微粒子配合飼料を創出し、利用することで環境水中への窒素及びリンの排泄削減を図る。

2) では 種苗生産過程を熟慮し、飼育システムにおける物質の供給と排出を把握した上で物理・化学・生物学的な水処理技術を駆使した濾過方式の開発を行う。

3) では 飼育水中の溶存態蓄積物質の化学・工学的除去技術の利用を検討する一方、人工食物連鎖による物質循環を取り入れた生物学的除去技術の開発も行う。

4) では 水槽底面に海水よりも密度が高い塩水等の流体流れを形成し、残餌・排泄物等を除去するシステムの開発を行う。申請者らによる密度成層界面の安定性に関するこれまでの知見とともに、成層流れに対する魚の応答及び行動を把握した上で、最適な流れ形状及び流速等を検討する。また、この流れを利用して水槽内温度、塩分濃度や微生物量を制御する方法についても実験的に調べ知見を蓄積する。これは種苗段階において、自律的な遊泳能力を持たない種苗と同程度の大きさの餌や排泄物とをいかに区別して除去するかという困難な課題に対してブレークスルーをもたらす技術創出である。

次に商品サイズまでの養成段階では、5) 水槽の形状や流速、最適環境の創出及び自発摂餌による給餌法の確立、6) 閉鎖型システムにおける安全・安心で環境にやさしい養成用飼料の開発を行う。

5) では 高速で回遊する魚種を想定し、陸上水槽における形状や流速を考慮した新たな形状の水槽を考案する。水槽には、個体の成長状況や水槽環境をセンサでモニタリングし、成長に応じた水槽の移し変えや環境制御を全自動で行うインテリジェント機能を持たせる。開発にあたっては、回遊魚の特性

を考慮し、水槽全体の水流場と魚の感覚器官への刺激場を制御することが可能な水槽システムを構築し、センサ情報とともに回遊魚を能動的に誘導する技術を創出して、水槽壁面への衝突死を防ぐと共に、流路を制御して成長に応じて個体の所属する水槽を自動的に順次移行させ、魚体に傷をつけることなく最終段で輸送トラックまで至る魚生産工場ラインとも呼べるシステムを構築する。すなわち、稚魚を本水槽システムに入れると、出荷サイズになるまで成長に応じて自動的に所属水槽を移動し、管理者がボタンひとつを押せば、出荷サイズの成魚がトラックに出荷される完全自動養殖水槽システムというのが将来的なイメージである。また、稚魚の段階から IC チップを体内に埋め込んで、成長過程や餌の情報などを自動的に水槽流路内で記録し、出荷日、輸送ルート、販売店までのトレーザビリティを確保し、購買者に安全・安心を提供することのできる (1+2+3) 次産業化の基盤とすることを想定する。さらに、魚自身が必要なときに必要なだけ餌を摂餌する自発摂餌機を設置し、自動化を図る。一方、環境の制御は重要であり、最適環境を創出するために、水産生物の種、成長段階にあわせた最適環境条件を把握し、光・水温・水質などの環境制御技術を飼育システムに導入することで天然では期待することのできない高成長を促す技術開発を行う。この水温や水質調整は、従来のイクス養殖 (開放系養殖) では全く不可能であった点であり、本申請で提案する工学的環境制御により、生物自身が保持する能力を最大限に引き出すことが可能となる。申請者らは既に、ティラピアに対して光周期を 12 時間明期 : 12 時間暗期 (12L:12D) から、6L:6D あるいは 3L:3D とすることにより、高い成長を得ることに成功しており、従来一般的に用いられてきた条件が、養殖環境として最適ではないことを明らかにしている。そこで、クロマグロなどにも適応できるかどうかを調べる。なお、新しく考案した水槽を用いて、非囲い込み沖合い養殖技術の根幹となる発信装置、監視ロボットなどの試験機開発などを行う。

6) では 人間食品並みの安全管理 (HACCP システムの導入等) を図った飼料により、大型マグロが十分に成長可能な新型飼料の開発を行う。特に、マグロ養殖においては従来の乾燥飼料 (配合飼料) も開発されておらず、現在、多くのマグロ養殖では多獲性回遊魚のイワシやカタクチイワシなどの魚が直接給餌されている場合がほとんどである。この場合、マグロの体重を 1kg 増やすのに 14~17kg の餌となる魚が必要である。これでは、魚で魚を育成するなどの批判もあり、マグロの餌となる魚の資源の枯渇も心配される。従って、一日も早い、給餌方法の転換が必要である。このためには、まずエクストロードペレットのような、配合飼料の開発が必要である。最初に開発する飼料は、従来の養魚用飼料と同様に、魚粉 (イワシ等の魚を乾燥粉末したもの) を主体にしたものである。しかしながら、これでは上述したように魚で魚を育成することになるので、次の段階として魚粉に代わるタンパク質源として、植物性タンパク質原料を利用することや新たなタンパ

ク源の探索を行うとともに、マグロの食性に合わせた高カロリー飼料の開発を行う。カロリーの高い飼料を使うことでタンパク質節約効果を促し、さらにリンの少ない植物性タンパク質源を配合することで、窒素やリン負荷量の少ない新飼料、すなわち環境にやさしい低魚粉飼料、無魚粉飼料の開発を試みる。カロリー源にはダイオキシン含量の少ない植物性油脂を配合し、安全・安心なベジタリアンマグロの創作を行う。すなわち、光で魚（マグロ）を作るのである。

さらに、種苗と養成の両生産段階における普及型高性能閉鎖循環式システム構築のため、ロボット工学を駆使した完全自動の飼育技術や閉鎖循環飼育のメリットの証明を行い、魚を卵から一貫飼育した商品の品質管理と安全性のチェック及び販売を視野に入れた流通網の整備（トレーサビリティ）技術の検討を行う。これにより、天然水域を利用しない閉鎖型完全養殖が実現できる。さらに前述した代理親魚用の小型海産魚における閉鎖循環式継代飼育システムの確立も容易となる。

このように本技術を応用すれば、新たな養殖産業の形としてビルの中でも健全な養殖種苗や安全・安心な水産食品が自動制御で生産でき、エネルギーにおいても魚加工で出される残渣を発酵させることにより生成したメタンを用いたコジェネレーションによる省エネルギーが可能である。また、魚の飼育等に必要エネルギー需要を夜間にシフトすること等の柔軟なデマンドコントロール機能を持たせることにより、設置地域の電力負荷平準化に大きく貢献することも可能である。これらの施設が我が国に増えることにより、夜間も出力を下げられない原子力発電の導入が促進されることが期待されるとともに、太陽光や風力等の出力変動が大きな自然エネルギーも吸収可能となる。これは、我が国全体のエネルギー及び食糧生産におけるCO₂排出量を大きく減少すると考えられる。

c. 魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム

イケスによる海域養殖生産は、台風などの自然災害によって生産施設の破損ばかりでなく商品としての飼育魚類まで失うリスクを背負っている。大型回遊魚がイケスへ衝突することにより商品価値を損ねる問題点も指摘されているところである。生産施設の構造重量化は一つの考え方であるが、養殖システムを画期的に換える可能性を秘めた、重量構造物を要しない養殖システムを開発することが本研究のテーマであり、広い大陸棚や排他的経済水域（EEZ）等の沖合いを利用し、高度環境モニタリングを行いながら自然の浄化力を最大限に利用した新たな養殖方法の創出を行うものである。本技術はマグロなどの大型魚類に適用することを想定している。

具体的には、水中に設置された、あるいは自律型監視ロボット群から発する外部刺激信号によって魚類の行動を制御し、完全に網で囲ってしまわなくとも所定の領域にこれらを留めておくことのできる技術を確認することで、将来的に外洋における非囲い込み養殖の実現を目指すものである。本研究では、1) 網によらない刺激による囲い込み手法の樹立、2) 自

律型水中ロボット（AUV）の導入による高度環境モニタリング及び海洋3次元空間の定量的観測技術の開発、3) 水中ロボットによる魚類監視技術の開発、4) 水中ロボット群による監視ネットワークの構築と群行動制御手法の確立を行う。

1) では魚類が本来的に持っている感覚器官の光、音波、気泡群、磁気などへの反応性を利用して、これらの誘引と威嚇の刺激を総合的に組み合わせることで行動制御を行うことを目的とし、外部コントロールに使用可能と想定される刺激-反応系の定量化を検討する。申請者らにより、すでに昼間の行動制御についてはある程度の成果を得ており、今後の技術開発にあたっては、夜間でも魚群を制御できるような誘引、威嚇刺激系の開発とそれに伴う魚類の反応を解析する。

2) では従来の海洋観測が、船舶やブイによる点や線での観測手法と人工衛星等による面での観測手法のみで構成されていたのに加えて、近年世界的な研究開発が急速に進められている自律型水中ロボットを導入することで、詳細かつ3次元の海洋空間観測と高度な環境モニタリングを可能とする技術を開発する。広範囲を任意に泳ぎまわることができる自律型水中ロボットというプラットフォームの特性ゆえに、性能を発揮することができるセンサも必要に応じてこれを開発する。AUVには、水温、塩分濃度、溶存酸素濃度などの基礎的な環境センサのほか、潮流や局所的な乱流構造などの物理現象を把握するセンサ、さらにプランクトンや魚類を定量的に観測するソナーや光学式カメラを融合したセンサシステムを搭載して、得られるデータを位置情報と共に統合的に処理することで、水中環境の詳細な3次元マップを提供するシステムを構築する。これらの情報は、沖合い養殖に適した場所を選定するための基礎情報として利用する。さらに、海洋における潮流、混合、乱流などの物理現象と、プランクトンの一次生産から小魚に至るまでの生物・生態学的な現象を3次元空間に渡って多面的に同時観測することで、従来には無い定量的かつ革新的な視点を創出することが可能になり、これらの相関関係が明らかとなれば、画期的な科学解明に結びつく可能性を大いに秘めている。申請者らは、既に自律型水中ロボットにより港湾構造物の完全自動観測を世界で始めて成功させ、海底の生物群集マッピングに取り組むなど、技術的なノウハウの蓄積を十分に持っており、分野を超えた融合が実現することで、世界的にも画期的な研究領域が生まれうる土壌が整っている。

3) では水中ロボットの高度知的機能として、魚群の位置や遊泳情報を定量的に認知する能力とそれを判断して水中に設置された固定外部刺激信号発信装置に的確な個別命令を出す能力についてソフトウェアの開発を行う。

4) では実際の沖合い環境を想定した場合に、水中ロボットは複数で構成された群による監視ネットワークを構築する必要があり、このための水中通信ネットワークの開発と自律的に相互通信を行いながら行動する群制御の問題に取り組む。ロボット群が、鯨等から魚類から守る機能を持たせることも重

要である。申請者は、複数無人船舶の群制御に関する研究にも着手しており、これらが発展的にロボット群制御に応用可能になると考えられる。また、監視ロボット群への電力供給システムやロボットの活動報告が可能な洋上通信ブイの開発も必要とされる。

上述の研究開発を推進することにより、広域海面での画期的な養殖方法が創出できる。

これら沖合い非囲い込みに関する技術開発は、環境監視及び保全を行いながら、高度な海洋空間の持続的利用に貢献するとともに、特に監視ロボットの技術は、安全・安心のための港湾監視等にも用いられることが期待される。なお、ロボット等のマイクロコンピュータ技術に関しては、日立製作所（株）研究開発本部及びルネサステクノロジーの助言、協力が得られることを付記する。

3. 拠点化構想の内容

a. システム改革の内容

海洋大は文部科学省による知的財産本部整備事業の支援を受けており、知的財産に関する規則（2004年度）や機密保持に関する規則（2004年度）等の整備は終わっている。若手研究者、女性研究者の積極的な活用のために、人事に関しては学長裁量枠を設けており、また、それらに対する研究資金として学長裁量経費を準備している。世界の著名な雑誌への人材募集や学術交流協定校への依頼、研究者を通じての依頼など広く優秀な人材を確保する。受け入れる研究者のために、国際交流会館を優先的に提供するほか、本学が有している教職員用宿舎も提供する。また、研究施設としてはすでにある社会連携推進共同研究センターの活用はもとより、越中島キャンパスにある旧事務棟の改修によって整備した先端科学技術研究センター棟（2006年度）を本課題の研究拠点として提供する。産学の人材交流は特任教授制度の充実をもって対応する。

b. 企業との協働体制

1) 代理親魚による種苗生産システムの開発では、実験魚、養殖施設・設備やそれらの稼働に係わるノウハウ及び諸経費を日本水産が提供する。2) 最先端の工学技術を用いた陸上養殖システムの開発では、新たに開発する水槽システムにおける海水管理等の工学的検討を三井造船が担当する。また日本水産は、工学実験水槽の建設に協力するとともに、ふ化仔魚と魚卵・胚を提供する。これらには、ふ化仔魚と残餌とを分離する共同実験も含まれる。3) 魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システムに関する研究開発では、日本水産が実験魚の提供や養殖施設・設備やそれらの稼働に係わる諸経費を負担する。また、三井造船は監視ロボットの開発を担当する。

この創出機構に運営委員会を設置し、運営委員会のトップダウン方式によるマネジメントを行う。運営委員会には外部委員の他、参加企業から6名程度、大学から9名程度を加え

る。拠点化構想、ミッションステートメント及び調整費充当計画の実現状況についての評価を行うため、外部有識者から構成される諮問委員会を設置し、随時進捗状況を説明し、必要な指導と助言を仰ぐ。

c. 人材育成

世界の著名な雑誌への人材募集や学術交流協定校への依頼、研究者を通じての依頼など広く優秀な人材を確保する。受け入れる研究者のために、国際交流会館を優先的に提供するほか、本学が有している教職員用宿舎も提供する。また、研究環境としては、すでにある社会連携推進共同研究センターの活用はもとより、すでに整備した先端科学技術研究センター棟（2006年度）を本課題の研究拠点として提供する。

また、海域生物学イノベーションセンターを設置し、既存の大学院研究科と有機的な連携のもと、国際的に優れた外国人研究者や、企業の研究者、異分野の研究者、若手・女性研究者などが、ニーズ達成を目指してそれぞれの特色を発揮できる環境を保証して、「知」に基づく技術開発と産業創出を実感できる体制を整える。そのことによって、企業による産業化を意識したプロジェクト・マネジメント能力、先端研究の遂行能力を有し、問題解決意識に優れ、国際的に通用する「水産と工学」の両センスを兼ね備えた、海洋生物産業にイノベーションを創出し得る人材を養成する。本人材は、広い視野を持ち、実務に優れているので、水産・海洋関連企業を中心に、高度専門研究者・技術者としての活躍の場が期待できる。

d. 波及効果

水産と工学の融合による海域生物学におけるイノベーション創出は、既存の単独分野ではなし得なかった新領域の開拓を世界に示すことになり、各種研究機関に加え、産業界にも強烈なインパクトを与えて技術開発参入を促すなど、社会への波及効果も大きい。本構想で育成された人材が、各種研究機関や産業界に進出することで、海洋生物産業におけるイノベーション創出に貢献する。また、近年、チリ国での鮭養殖が年2,000億円の産業となったことを考えると、本構想の新たな養殖方法により1兆円産業が生み出されると想定している。

4. 具体的な達成目標

a. 3年目における具体的な目標

- ・代理親魚による種苗生産システムによる安定的良質卵の確保では、宿主生殖腺内で移植細胞由来の卵や精子を生産させる技術を海産魚に応用する。

- ・最先端の工学技術を用いた陸上養殖システムによる魚の卵から商品サイズまでの一貫飼育では、種苗生産段階での閉鎖循環式飼育システムの構築を図る。ここでは、水産生物に最適な餌・飼料の開発、種苗生産用飼育水再生技術の開発、窒素・リン等の排泄物の利用について検討を行う。また、針先（1mm程度）の大きさの仔魚と残餌とを分離させ得る工学的技術開

発に目処を付ける。

・魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システムでは、工学的に産業化が可能なコントロール信号に対する魚類の反応情報に関する基礎的なデータを定量的に解明すると同時に、システム実用化の可能性について絞り込みを行う。また、基本的な動作を行う監視ロボットを設計製作し、改良点を洗い出す。

この間の取組を通じ、海域生物学イノベーションセンターの運営を逐一見直し、将来の運営に不安がないことを確認する。

b. 7年目における具体的な目標

全ての課題において、原理的に可能であることの確認を前提とし、実用化に向けた取組を行い、実現の可能性を確認する。

この間の取組による人材育成の成果を踏まえ、水圏科学フィールド教育研究センターや先端科学技術研究センターを含む大学院研究科を見直し、教育内容・教育方法を刷新した組織を検討する。

c. 実施期間終了時における具体的な目標

環境と調和した安心安全な養殖システムを創出する。企業化した研究課題の問題点を検証・改良し、その成果を世界に広め、日本の科学技術の地位向上に貢献する。

水圏科学フィールド教育研究センターや先端科学技術研究センターを含む大学院研究科の再編を行う。

5. 実施期間終了後の取組

海域生物学イノベーションセンターは、ニーズ発掘及びニーズ型課題策定への取り組みをマネジメントする機関に特化させる方向で整備する。国内外ばかりでなく世界の「知」の利活用や施設・設備の有効利用を図り、柔軟な対応が可能な海洋イノベーション創出の拠点化を図る。

東京海洋大学では、水圏科学フィールド教育研究センターや先端科学技術研究センターを含む大学院研究科の再編を考えているので、それらと有機的に結合させることによって、

東京海洋大学の「知」の中核としてその機関を発展させる。ここでは競争的資金や企業との共同開発資金などを得て、それに適する人材を集め、施設・設備を整えて対応するが、このための基盤資金として戦略的イノベーション経費（仮称）を運営費交付金から手当てする。

6. 期待される波及効果

水産と工学の融合による海域生物学におけるイノベーション創出は、既存の単独分野ではなし得なかった新領域の開拓を世界に示すことになり、各種研究機関に加え、産業界にも強烈なインパクトを与えて技術開発参入を促すなど、社会への波及効果も大きい。本構想で育成された人材が、各種研究機関や産業界に進出することで、海洋生物産業におけるイノベーション創出に貢献する。また、近年、チリ国での鮭養殖が年2,000億円の産業となったことを考えると、本構想の新たな養殖方法により1兆円産業が生み出されると想定している。

7. 実施体制

実施体制については、「東京海洋大学海域生物学の戦略的イノベーション創出の運営・実施体制」に示すとおりである。

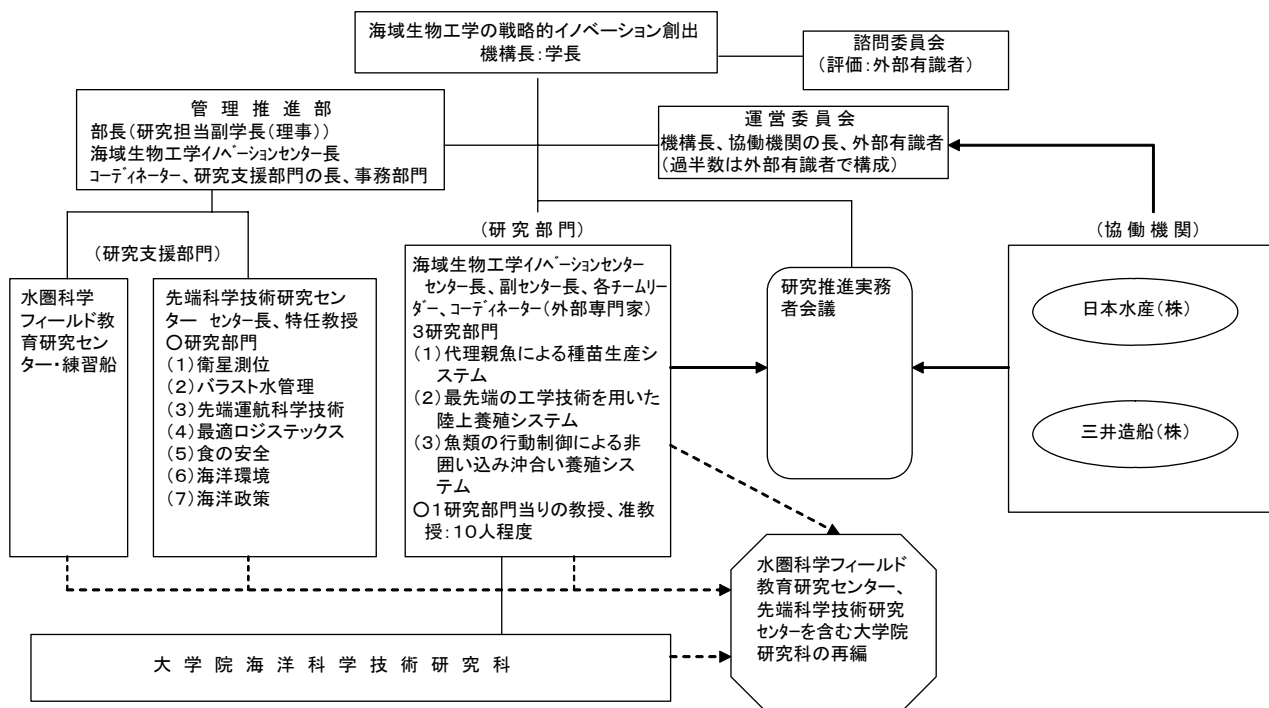
なお、意思決定のプロセス及びマネジメント構造は、以下のとおりである。

a. 意思決定のプロセス

総括責任者である機構長（学長）と協働機関の長及び外部有識者らで構成する運営委員会において構想に関わる諸事項について審議し意思決定をする。その際、学長は強いリーダーシップを発揮すべく、広く学外者から見識を求める場として諮問委員会を設置する。

b. マネジメント構造

本提案構想の研究推進の円滑化を図るため管理推進部を設置し、その部長に研究担当理事をあてる。研究開発の中核となる研究部門「海域生物学イノベーションセンター」には、コーディネーター（外部専門家）を配し、研究支援部門や協働機関との連携・協力が円滑に進むようマネジメントする。



氏名	所属部局・職名	当該構想における役割
○吉崎 悟朗	海洋科学部・准教授	代理親魚による種苗生産システム チームリーダー
青木 宙	大学院海洋科学技術研究科・特任教授	代理親魚による種苗生産システム 研究員
廣野 育生	大学院海洋科学技術研究科・准教授	代理親魚による種苗生産システム 研究員
岡本 信明	理事(教育・厚生補導担当)	代理親魚による種苗生産システム 研究員
坂本 崇	海洋科学部・准教授	代理親魚による種苗生産システム 研究員
竹内 裕	先端科学技術研究センター・助教	代理親魚による種苗生産システム 研究員
○竹内 俊郎	海洋科学部・教授	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム チームリーダー
佐藤 秀一	海洋科学部・教授	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
芳賀 譲	海洋科学部・助教	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
遠藤 雅人	海洋科学部・助教	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
延東 真	大学院海洋科学技術研究科・教授	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
舞田 正志	大学院海洋科学技術研究科・教授	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
片桐 孝之	大学院海洋科学技術研究科・助教	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
馬場 涼	海洋工学部・教授	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員

元田 慎一	海洋工学部・教授	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
清水 悦朗	海洋工学部・准教授	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
波津久達也	海洋工学部・准教授	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
南 清和	海洋工学部・准教授	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
○近藤 逸人	海洋工学部・准教授	魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム チームリーダー
有元 貴文	海洋科学部・教授	魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム 研究員
宮本 佳則	海洋科学部・准教授	魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム 研究員
甘糟 和男	先端科学技術研究センター・助教	魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム 研究員
佐竹 幹雄	日本水産（株）・中央研究所・取締役	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
山下 伸也	日本水産（株）・中央研究所・所長	代理親魚による種苗生産システム 研究員
白須 邦夫	日本水産（株）・大分海洋研究センター・ 所長	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
中村 宣夫	日本水産（株）・中央研究所・課長	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
塩谷 格	日本水産（株）・中央研究所・研究室長	代理親魚による種苗生産システム 研究員
三星 亨	日本水産（株）・中央研究所・主任研究員	代理親魚による種苗生産システム 研究員
森田 哲朗	日本水産（株）・中央研究所・研究員	代理親魚による種苗生産システム 研究員
原 隆	日本水産（株）・大分海洋研究センター・ 研究員	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
森 徹	日本水産（株）・中央研究所・研究室長	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
菊池 弘太郎	(財)電力中央研究所・環境科学研究所・ 上席研究員	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
古田 岳史	(財)電力中央研究所・環境科学研究所・ 研究員	最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム 研究員
松井 亨介	三井造船（株）・技術本部・主管	魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム 研究員
松嶋 正和	三井造船（株）・船舶艦艇事業本部・主管	魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム 研究員
西田 泰憲	三井造船（株）・船舶艦艇事業本部・課長 補佐	魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム 研究員
内山 邦男	(株)日立製作所・研究開発本部・技師長	魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム 研究員
甲藤 二郎	早稲田大学・大学院理工学研究科・教授	魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム 研究員

河口 信義	神戸大学・大学院海事科学研究科・教授	魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム 研究員
◎刑部 真弘	理事（研究・社会貢献担当）	管理推進部長
松岡 憲雄	事務局長	事務管理業務総括
中川 良和	総務部・部長	事務管理業務総括補助
市川 雅一	国際研究協力課・課長	事務連絡担当者
太田 洋	国際研究協力課産学連携係・係長	事務担当者

8. 各年度の計画と実績

a. 平成 19 年度

・計画

代理親魚による種苗生産システム

小型飼育水槽での飼育技術の確立

最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム

最適な陸上養殖システムの検討

魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム

水中ロボットの設計試作

b. 平成 20 年度

・計画

代理親魚による種苗生産システム

海産魚への細胞移植実験

最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム

窒素やリン等の管理方法の検討

魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム

水中ロボットの試作, 魚の行動制御の検討

c. 平成 21 年度

・計画

代理親魚による種苗生産システム

海産魚の代理親魚による種苗生産

最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム

環境制御方法の基礎を確立

魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム

水中ロボット完成, 魚の行動制御

d. 平成 25 年度までの計画（平成 22-25 年度の計画）

・計画

全ての課題において、原理的に可能であることの確認をし、実用化に向けたプロトタイプ施設および装置等を完成させる。この間の取組による人材育成の成果を踏まえ、水圏科学ワールド教育研究センターや先端科学技術研究センターを含む大学院研究科を見直し、教育内容・教育方法を刷新した組織を検討する。

e. 平成 28 年度までの計画（平成 26-28 年度の計画）

・計画

プロトタイプ施設および装置等による検証により、環境と調和した安心安全な養殖システムを創出する。さらに、企業化した研究課題の問題点を検証・改良し、その成果を世界に広め、日本の科学技術の地位向上に貢献する。水圏科学ワールド教育研究センターや先端科学技術研究センターを含む大学院研究科の再編を行う。

9. 年次計画

項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度
●拠点化構想					
代理親魚による種苗生産システム					
小型飼育水槽での飼育技術の確立	←→				
海産魚への細胞移植実験		←→			
海産魚の代理親魚による種苗生産			←→		
最先端の工学技術を用いた陸上養殖システム					
最適な陸上養殖システムの検討	←→				
窒素やリン等の管理方法の検討		←→			
環境制御方法の基礎を確立			←→		
魚類の行動制御による非囲い込み沖合い養殖システム					
水中ロボットの設計試作	←→				
水中ロボット試作, 魚の行動制御の検討		←→			
水中ロボット完成, 魚の行動制御			←→		
全課題実用化に向けたプロトタイプ施設装置等の完成				←→	
●調整費充当計画					
総計	450 百万円	百万円			
うち調整費分	200 百万円	百万円			

項目	24年度	25年度	26年度	27年度	28年度
●拠点化構想					
全課題実用化に向けたプロトタイプ施設装置等の完成	←→				
環境と調和した安心安全な養殖システムを創出			←→		
●調整費充当計画					
総計	百万円	百万円			
うち調整費分	百万円	百万円			

10. 諮問委員会

委員	所属	備考
(研究実施者) ○ 刑部 真弘 吉崎 悟朗 竹内 俊郎 近藤 逸人	東京海洋大学 理事 (研究・社会貢献担当) 東京海洋大学 海洋科学部 准教授 東京海洋大学 海洋科学部 教授 東京海洋大学 海洋工学部 准教授	代表者 サブテーマ責任者 サブテーマ責任者 サブテーマ責任者
(外部有識者) 山野井 昭雄 中西 友子 正田 英介 浦 環 川口 恭一	味の素 (株) 顧問 東京大学 大学院農学生命科学研究科 教授 (財) 鉄道総合技術研究所 会長 東京大学 生産技術研究所 教授 (独) 水産総合研究センター 理事長	