

補助事業番号 2024M-362

補助事業名 2024年度 高浄化・低コストを実現する革新的な閉鎖循環式陸上養殖システムの開発 補助事業

補助事業者名 一関工業高等専門学校 未来創造工学科 化学・バイオ系 渡邊崇

1 研究の概要

水質浄化能力に優れ、かつ電力コストを大幅削減できる閉鎖循環式陸上養殖システムの構築、開発と社会実装を目指す。

本研究では特許技術(PCT出願)であるオゾン浄化技術と閉鎖循環式陸上養殖に必要な装置を一元化した多機能装置を組み合わせることで、高浄化、高効率かつ低コストとなる革新的な閉鎖循環式陸上養殖システムの構築、開発とその社会実装を目指す。

2 研究の目的と背景

自然災害等の影響を回避、安定して魚介類の生産ができる閉鎖循環式陸上養殖は、「浄化」と「コスト」の二大課題があり、定着・普及するに至っていない。

一関高専は令和4年度から、「みどりの食料システム戦略」に基づいて、“オゾン浄化システムを核とした革新的なウニの完全閉鎖循環式陸上養殖システムの開発”を行っている。

本研究では、オゾン浄化技術(PCT出願)により高機能で高効率な浄化(一括浄化)を実現、また閉鎖循環式陸上養殖に必要な装置を一元化することにより高効率で電力コストを抑制した運用を実現する理想的な養殖システムを社会実装スケールで構築、開発することを目的とする。これにより、海なし県や内陸でも高品質で収益を伴う魚介類の生産が可能となり、低迷する日本の水産業の活性化、温暖化による食料・食糧不足に備え動物性タンパク質の安定確保に貢献することが期待される。

また、本事業を通して高専学生を対象とした実践的な起業教育を行い、セミナー、学会、展示会、メディア等を通じて本事業の成果を広く発信する。

3 研究内容

高浄化・低コストを実現する革新的な閉鎖循環式陸上養殖システムの開発

(https://www.ichinoseki.ac.jp/news/news_oshirase.html?id=3141)

本事業では、温暖化に左右されずに魚介類を育てることができる、次世代の養殖法として注目されている閉鎖循環式陸上養殖の定着・普及のため、解決すべき課題として以下の事業項目①～⑥について、構築・開発したシステム(社会実装スケール)を使い機能検証を行った。

【事業項目】

- ①浄化1：魚介類が排泄する有毒な“アンモニアの完全除去”
- ②浄化2：病気の蔓延を防ぐ“殺菌”
- ③浄化3：ICT技術の導入に不可欠な“透明化”
- ④浄化4：養殖特有の臭さを防ぐ“脱臭”
- ⑤浄化5：オゾン脱窒を阻む“タンパク質の除去”
- ⑥コスト：“水温維持にかかる電力コストの大幅削減”

まず、各事業項目を検証するのに必要な水量4 t規模のオゾン浄化技術を搭載した閉鎖循環式陸上養殖システムを構築した。なお、完成したシステムは、一関高専で開催した「JKA陸上養殖セミナー」(2024年10月27日, 30名以上参加)のイベントの一部として、一般向けにお披露目会を行った。



JKA陸上養殖セミナーの様子



閉鎖循環式陸上養殖システムのお披露目

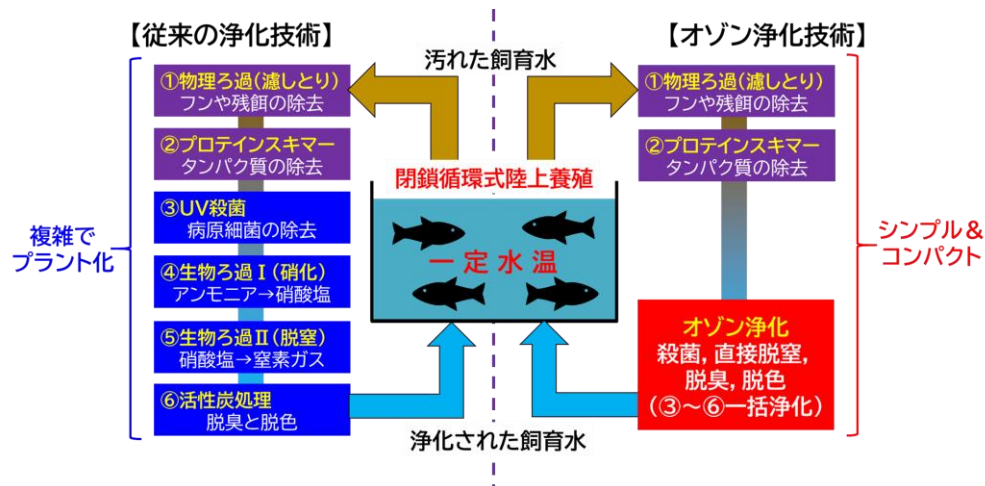
続いて、閉鎖循環式陸上養殖に必要な装置を一元化したシステム(RAS-ME)を構築、開発した。電力コスト削減の検証、実現のため、RAS-MEの一部である熱交換器に循環式低温恒温水槽(温泉温水や地下冷水の利用を想定)を接続し、水温制御装置により養殖システムの水温保持を図った。



**オゾン浄化技術, RAS-ME, 水温制御装置
を搭載した閉鎖循環式陸上養殖システム**

上記より構成される社会実装スケールの閉鎖循環式陸上養殖システムにサーモン50匹を収容し、オゾン浄化の効果（①～⑤）と電力コスト削減の効果（⑥）を検証した。

その結果、飼育水のアンモニア脱窒、殺菌、脱色、脱臭の各浄化について、オゾン浄化はいずれも従来技術より優れた効果を示し、しかもこれらを一括して行うことが可能であった。



上図に示すように、従来の浄化技術は複数ある浄化に対してほとんど別工程で行われるため、システムが複雑化し、システムあたりの生産量も低いものになってしまう。さらに、微生物を利用した生物ろ過(アンモニアの除去)では、低温では機能しないこと、CO₂の約300倍の温暖化の寄与がある一酸化二窒素(N₂O)が副生してしまうことなど、課題が多い。これに対し、オゾン浄化技術は一括浄化が可能であるため、シンプルでコンパクトになる。オゾンは低水温の方がよく溶け込むため冷水系の魚介類への展開も可能、N₂Oは一切発生しないなど、画期的な技術となっている。

本事業ではオゾン浄化技術の拡張性についても検証し、海水のウニから汽水のサーモンまで、ミニスケールから社会実装スケールまでいずれも優れた浄化効果を示すことを実証し、オゾン浄化が幅広い条件で適用可能な技術であることを明確にした。唯一オゾン浄化の欠点であったタンパク質によるアンモニア脱窒の抑制は、本事業で構築、開発したRAS-MEにより解決、克服できることを明らかにした。

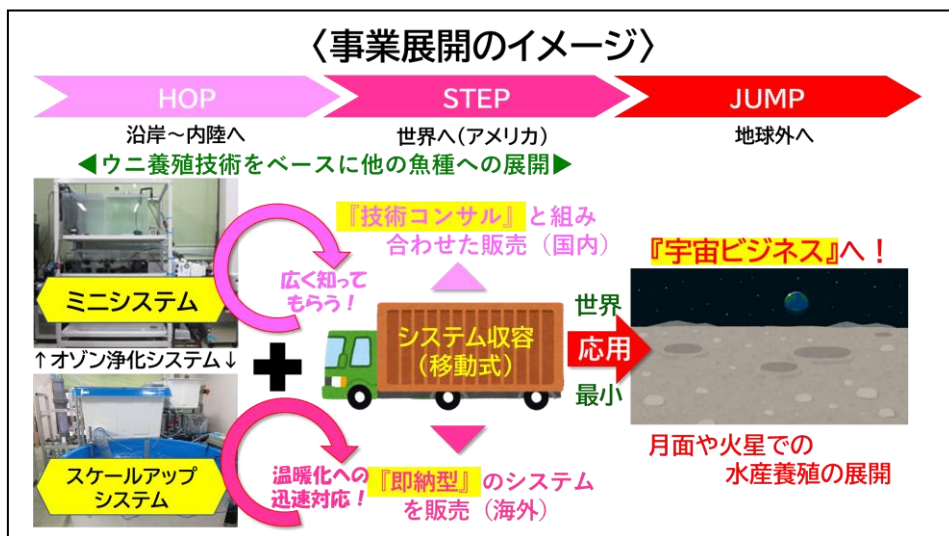
本事業の特筆すべき成果はRAS-MEと水温制御システムである。温泉など40℃の温水が活用できれば、冬期の水温維持にかかる電力コストを97%以上削減できることを明らかにした(夏期についても地下水などの冷水が活用できれば、同程度の削減が可能)。閉鎖循環式陸上養殖における電力コストは水温管理にかかるコストが全体の6~7割を占める。陸上養殖の運用コストには、電気代の他に餌代や人件費なども含まれるが、この電気代をほぼ全てカットできるのは、革命的であり、持続可能な閉鎖循環式陸上養殖の運用に大きく寄与、貢献できる成果である。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

温暖化の進行により今後益々閉鎖循環式陸上養殖の需要が高まっていくことが予想されるが、現在主流となっている海面養殖からの切り替え、移行は閉鎖循環式陸上養殖が抱える「浄化」と「コスト」の課題がネックとなり簡単ではない。本事業の成果はこの切り替え、移行を加速化し、食料・食糧問題の解決に資する世界規模の閉鎖循環式陸上養殖の普及と定着に大きく寄与するものである。

オゾン浄化技術を導入した閉鎖循環式陸上養殖システムの“売り”は、簡単&コンパクト(世界最小)であることである。この売りを最大限活かし、今後実社会への活用を次のように展望する。

まず、革新的な本養殖システムを広く知ってもらうため、ミニシステムを車に収容、あらゆる現場に持ち込み、システムの実演も兼ねた技術コンサルを行う。続いて、スケールアップしたオゾン浄化部分を収容したコンテナ車を構築し、主に海外向けになるが、移動式・即納型のシステムを販売展開していく。以上の取り組みにより、急速に進行する温暖化を回避しつつ、安定して魚介類を生産できる養殖技術を日本、世界に手早く定着・普及していきたい。さらに、本システムは手のひらサイズ~大型サイズまで幅広いスケールのもを構築可能であるため、宇宙ステーションでの水産養殖の検証、その知見を踏まえた月面・火星での水産養殖の実現に活用できる高いポテンシャルを持っている。もしこのような宇宙ビジネス展開の機会があれば、ぜひ携わってみたい。



5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

国際特許を出願しているオゾン浄化技術は、これまで300 L規模のラボスケール、ウニ(棘皮類)、海水で実証できていたが、本事業でははじめて社会実装スケール(4 t規模)、サーモン(魚類)、汽水で検証し、従来とほとんど変わらない電力コストで優れた浄化効果を示すことを明らかにした。これは、オゾン浄化が様々な条件や魚種へ幅広く応用展開できる技術であることを証明するものである。さらに電力コストの半分以上を占める水温管理について、これまでラボスケールでの検証結果から80%のカットが限界であると考えていたが、本事業で構築、開発したRAS-MEと水温制御システムにより社会実装スケールで97%以上の大幅カットを実現することができた。

閉鎖循環式陸上養殖は新規参入，事業化しても，その多くが低生産量，低品質（におい），高コストを理由に撤退している現状がある。本事業で構築，開発したシステムは，高生産量，高品質，低コストを実現でき，収益を伴う持続運用（魚介類生産）を可能にする。日本，世界での海面養殖→閉鎖循環式陸上養殖への移行，閉鎖循環式陸上養殖による魚介類生産の定着と普及を加速化させる大きな“第一歩”になる研究と位置づけている。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

知財

1) オゾン浄化技術については，すでに国際特許（指定国：アメリカ）を出願済みであり，本事業はこの技術を応用展開した。

番号，出願日等：PCT/JP2023/028242（提出日R5.8.2）（公開日R6.8.2）

発明の名称：飼育水の脱窒、殺菌および脱色処理システム、ならびに飼育水を脱窒、殺菌および脱色処理する方法

出願人：国立高等専門学校機構/株式会社山竹

発明者：渡邊崇/山中大吾

イベント・セミナー・出展

1) 「GEAR5.0農林水産分野サマーキャンプ in 一関」を開催

独立行政法人国立高等専門学校機構のプロジェクトである「GEAR5.0農林水産分野（GEAR農水）」は，2024年9月9日（月）～9月11日（水）に，鳥羽商船高専，函館高専，一関高専，和歌山高専，阿南高専の参画高専の学生を対象とした「サマーキャンプ in 一関」を開催した。本イベントは，人材育成プログラムの一環として「起業を目指すGEAR農水 KOSENエンジニアの集い～新たなステージへ～」をテーマに一関高専で開催した（学生28名が参加）。

2) 「JKA陸上養殖セミナー」を開催

2024年10月27日（日）13時に，一般の方を対象に講演（テーマ「一関高専が取り組む新たな養殖技術の紹介」）。地球温暖化，食糧問題と陸上養殖の関わり，一関高専が持つオゾン浄化技術の紹介と本事業で構築した4t規模の閉鎖循環式陸上養殖システムのお披露目会の二部構成で実施した（30名以上参加）。

3) 「アグリビジネス創出フェア2024」への出展

GEAR5.0農林水産分野を代表して，函館高専と一関高専が共同で，2024年11月26日（火）～28日（木）の3日間，東京ビッグサイトを会場に開催された「アグリビジネス創出フェア2024」（主催：農林水産省）に出展した。函館高専の学生でつくるプロジェクトチーム「COWNECT（カウネクト）」が開発した脱脂粉乳由来の皮革風素材（コネクトレザー）と，一関高専の『オゾン浄化技術』を用いた水替え不要の“完全”閉鎖循環式陸上養殖システム（国際特許出願）で蓄養したウニの展示を行った。来場者の人気を集め，初日の出口アンケートでNo1ブースに選出された。

学会等

1)「日本応用糖質科学会2024年度(第73回)大会」・・・学会

2024年9月25日, 26日, 京都大学で開催された学会で発表(口頭)した。発表タイトルは「未利用糖質資源の免疫活性とMPSによる評価」である。

2)「第1回ヘルステック東北サミット」・・・講演

2024年10月18日, ヘルステック・イノベーション・ハブ(HIH)で開催されたサミットで講演した。講演タイトルは「オゾンを使用した閉鎖循環式陸上養殖システムの開発とビジネス展開」である。

3)「9th STI-Gigaku2024」・・・国際会議

2024年11月7日, 8日, アオーレ長岡, 長岡技術科学大学で開催された国際会議で発表(ポスター)した。発表タイトルは「Immune activity of unutilized carbohydrate resources and evaluation by micro-physiological system (MPS)」である。

4)「令和6年東北・北海道地区高等専門学校専攻科産学連携シンポジウム」・・・シンポジウム

2024年11月29日, 30日, 仙台高等専門学校 広瀬キャンパスで開催されたシンポジウムで発表(ポスター)した。発表タイトルは「オゾンを使用した閉鎖循環式陸上養殖システムの開発とビジネス展開」である。

5)「令和7年度日本水産学会春季大会」・・・学会

2025年3月29日(土), 北里大学 相模原キャンパスで開催された学会で発表(ポスター)した。発表タイトルは「オゾン浄化技術を導入した閉鎖循環式陸上養殖システムの開発及びその浄化効果の検証」である。

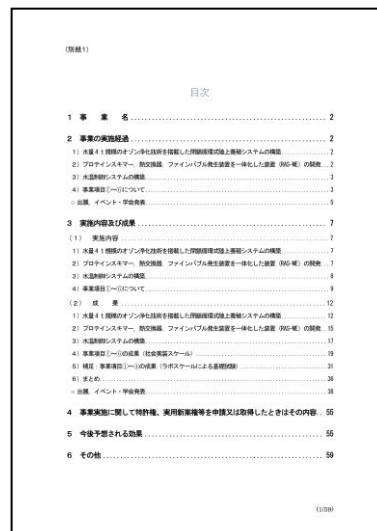
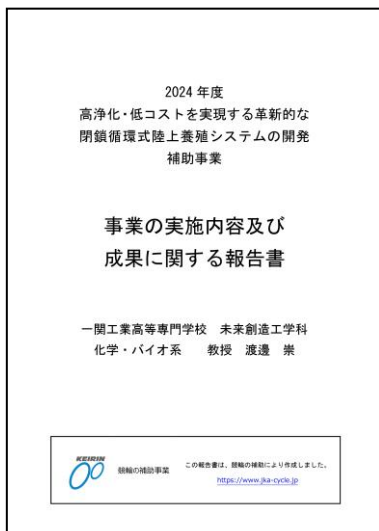
論文

オゾン浄化に関する論文を作成準備中。

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

事業の実施内容及び成果に関する報告書



(2)(1)以外で当事業において作成したもの
なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名 : 一関工業高等専門学校(イチノセキコウギョウコウトウセンモンガッコウ)

住 所 : 〒021-8511

岩手県一関市萩荘字高梨

担 当 者 : 教授 渡邊 崇(ワタナベ タカシ)

担 当 部 署 : 未来創造工学科 化学・バイオ系

(ミライソウゾウコウガクカ カガク・バイオケイ)

E - m a i l : watataka@ichinoseki.ac.jp

U R L : <https://www.ichinoseki.ac.jp/>

<https://www.toba-cmt.ac.jp/gear-nousui/>