

シンポジウム

持続可能な次世代養殖システムの開発： 今後のサバ養殖の普及・発展に向けて

要旨集

令和 7 年 12 月 9 日（火）13:00～17:00

会場：ビジョンセンター品川 201 室

共 催：JST 未来社会創造事業「日本型持続可能な次世代養殖システムの開発-養殖システム研究会」・水産増養殖産業イノベーション創出プラットフォーム

シンポジウム

持続可能な次世代養殖システムの開発：今後のサバ養殖の普及・発展に向けて

共 催：水産増養殖産業イノベーション創出プラットフォーム

JST 未来社会創造事業「日本型持続可能な次世代養殖システムの開発-養殖システム研究会」

日 時：令和 7 年 12 月 9 日（火）13:00～17:00

会 場：ビジョンセンター品川 2 階 201 室

<https://www.visioncenter.jp/shinagawa/access/>

〒108-0074 東京都港区高輪 4-10-8 京急第 7 ビル 2F

（JR 各線・京急本線「品川駅（高輪口）」徒歩 3 分）

参加方法：ハイブリッド（会場参加+Teams による Web 配信）

企画趣旨

JST 未来社会創造事業（探索加速型）の本格研究「日本型持続可能な次世代養殖システムの開発」（研究代表者 中山一郎）の中でサバ類をモデルとした養殖技術開発が進められ、令和 3 年、令和 5 年にその内容の紹介と中間成果発表を含んだシンポジウムを 2 回開催しました。本年度が本事業課題の最終年度となり、技術成果をとりまとめて社会実装に向けた新たな展開につなげていくことが重要です。ここでは、事業年度の最終段階を迎えた各研究課題の成果のトピックスを紹介するとともに、近年効率化が進展している自動給餌システムに焦点を当て、その現状と今後の発展の可能性も考えていくこととします。また、総合討論では、現在、国内で様々なアプローチでサバ養殖を進めている企業関係者や研究者を交えて、現状で直面している課題とその対策への取組みの現状を理解し、今後のサバ養殖の普及・発展を後押しするような新たな技術の社会実装のアプローチについて議論していきます。

プログラム

1. 開会

13:00

水産研究・教育機構研究戦略部

2. 挨拶

13:00-13:05

JST 未来社会創造事業 持続可能な社会の実現「将来の環境変化に対応する革新的な食料生産技術の創出（本格研究）」運営統括

あいちシンクロトン光センター所長 國枝 秀世

3. 趣旨と全体説明

13:05～13:15

水産研究・教育機構 理事長 中山 一郎

4. 講演

(1) 特別講演 13:15～13:45

座長：東京大学生産技術研究所 教授 北澤 大輔

演題：「魚類養殖用自動給餌システムの現状と今後の展開」

福伸電機株式会社 商品事業部

開発課 技師補 高畑 彰宏

(2) 一般講演（JST 未来社会創造事業課題成果から）

座長：水産研究・教育機構 研究戦略部 参与 神山 孝史

1) 飼料関係 13:45～14:15

「植物資源と発酵技術を利用した資源循環型養殖飼料開発」

京都大学 教授 小川 順

2) 育種関係 14:15～14:45

「マサバ育種関連技術の開発」

東京海洋大学 教授 吉崎 悟朗

3) 養殖システム関係 14:45～15:15

「環境変化に対応した新たな養殖システムの開発」

東京大学生産技術研究所 教授 北澤 大輔

休憩（15 分）

5. 総合討論（サバ養殖の普及・発展に向けて） 15:30～16:55

座長：水産研究・教育機構 理事長 中山 一郎

パネリスト 九州大学 教授 太田 耕平

田島水産株式会社 代表取締役 横山 拓也

かもめミライ水産株式会社 代表取締役 大澤 公伸

一般講演発表者

※関連事項について、一般講演発表者以外のパネリストによる簡単な話題提供を予定しています。

6. 閉会挨拶 16:55～17:00

水産研究・教育機構 理事 生田 和正

【特別講演】

魚類養殖用自動給餌システムの現状と今後の展開

高畑 彰宏（福伸電機株式会社）

【漁業・養殖業の生産者の推移】

現在の漁業・養殖業の生産量、経営体数は昭和 59 年より右肩下がりであり令和 5 年にはピーク時の約 70% 減少している。養殖業のみに焦点を当てると、生産量は 30% の減少、経営体数は漁業と同様に約 70% 減少している。

しかし、養殖業については例年 100 万トン前後の生産量を推移しており、漁業と比較すると安定したグラフとなっている。生産量は安定しているが、経営体数は大きく減少している養殖業では、人手不足が深刻であり、自動給餌機のような生産者の負担軽減、生産性の向上を可能とする機械や仕組みが必要であると考えます。

また、令和 2 年度には国策として対象魚種を絞り、生産量増加を目的とした施策も打ち出されており、このような国策を皮切りに、給餌機についても遠隔操作が可能な給餌機や AI 機能が付いた給餌機など、より効率化を求めた製品の需要が高まっている。

【ラインナップについて】

当社はそのようなお客様のご要望に応えるために、給餌機のラインナップを多くもっており、遠隔操作や AI 機能を搭載した給餌機も開発している。

タンク容量のラインナップは 17L～6500L までを取り揃えており、給餌機の制御方法は、タイマー式、自発摂餌式、遠隔操作可能な通信仕様の 3 パターンがある。

【AI 給餌について】

当社の AI 給餌は、給餌中の水しぶき(画像データ)を AI に学習させ、水しぶきの大小で給餌量の調節を行う。愛媛県で試験を行った際は通常の給餌方法(手やり給餌)と比較して AI 給餌は飼料効率が 1.7% 向上、増肉係数が 0.11 改善の結果がでており、生産性の向上に寄与できるものと考えている。

【今後の展開について】

- ① 企業養殖が増えている背景から、屋内養殖用の【フロア式給餌機】を開発し、高さのある生簀でも安全性を確保し、作業者の省力化を実現していきたい。
- ② 給餌量の多いブリや、海の荒れやすい冬季に養殖するサーモンなどの魚種に対して【大型給餌機】を使用して頂くことで、漁場へ行く回数の削減、成長ロスの軽減に貢献したい。
- ③ 海水温の上昇に伴い、沈下式生簀が増えてきている。そのような生簀でも魚の様子がタブレットや PC から確認できる【カメラシステム】を開発中。
- ④ 養殖業界の高齢化が進んでいる中、給餌機まで餌を運ぶ労力を軽減する【飼料補給装置】を開発中、省力化への貢献を目指す。
- ⑤ 陸上養殖用の【飼料補給装置】を開発している。大型の飼料貯蓄タンクから、複数の給餌機に飼料を供給する製品で、休日にも給餌機へ餌の補給が可能となり、成長ロスの軽減にも期待ができ、作業者の労働時間の削減が可能となる。福伸電機はこれまでの培ってきた経験と実績を活かして、今後も養殖事業の発展に寄与していきたい。

【一般講演】 1) 飼料関係

植物資源と発酵技術を利用した資源循環型養殖飼料開発

小川 順 (京都大学)

今後の人類の食料問題、特に動物性たんぱく供給を支えるべく期待されているのが水産資源である。しかし、天然魚介類の拡大は見込めず、今後の需要を満たせるかどうかは水産養殖にかかっている。一方、現在の養殖システムの環境負荷は高く、これを持続可能なシステムに転換することが求められている。とくに、養魚飼料に関しては、その原料を魚粉と魚油に大きく依存しており、供給の逼迫が予想されている。また、この状況に伴う魚油・魚粉の価格高騰が水産養殖拡張の阻害要因となっている。

これに対し、自然生態系は、共生微生物機能の活用と、健全な食物連鎖により、資源量を維持している実績がある。したがって、自然生態系を模倣し、飼料原料から魚までの食物連鎖を、糸状菌、油糧微生物、腸内細菌、プランクトンなどの微生物を介した環境制御により駆動することで、現行の養殖における魚から魚を育てる環境負荷の高いシステムを、持続可能なシステムに転換することが可能となると考えた。

しかし、この取り組みにあたり、現状では以下のような問題がある。

- ① 魚類の必須栄養素の効率的供給源としての魚を代替する資源が開発されていない。
- ② 魚類の必須栄養素に由来する機能性代謝物が同定されていない。
- ③ 魚類の消化管研究が極めて少なく、腸内細菌の機能の調査・利用ができていない。

これらの問題を解決するために、我々は、以下のような研究開発に取り組んでいる。

- ① 植物原料から必須栄養素（脂肪酸・アミノ酸）を十分に含む発酵製品を生産する。
- ② 必須栄養素由来の代謝物を同定し、その生理機能を検証する。
- ③ 必須栄養素を産生・変換する腸内細菌を分離し、その機能を検証する。

本発表では、上記取り組みの最近の成果を、サバに関する取り組みを例にあげ紹介する。これまでに、魚油・魚粉の多くの部分を、特に魚油についてはそのほとんどを代替できる植物資源発酵物を開発した。これらの成果に加え、必須栄養素の代謝物や共生微生物の機能を応用することで、生態系に学んだ養殖飼料フードチェーンを構築したいと考えている。

マサバ育種関連技術の開発

吉崎悟朗（東京海洋大学）

近年、生食可能な養殖マサバの生産が大きな注目を集めている。しかし、マサバ養殖に用いられている種苗のほとんどは天然サバ親魚由来の次世代であり、育種は全く行われていないのが現状である。マサバを含むサバ類の養殖をさらに発展させ、持続的かつ効率的な養殖を進めていくためには、本種の育種は不可欠である。

演者らのグループは、マサバの早期催熟とゲノミックセレクションを組み合わせた高速育種のシステム構築を進めている。すでにマサバの飼育環境を制御することで、5-8 か月という短期間でマサバを成熟させる飼育技法の構築に成功しており、さらに成熟期間を短縮する研究を進めている。また、マサバの高精度な参照ゲノム配列の構築、性決定領域の同定、さらに選抜のための養殖始祖集団の作出を進めている。これら集団内の一塩基多型情報の収集も進めており、すでに高速育種が開始できる段階に至っている。

一方、これらの育種が完了した場合、得られた貴重な優良系統が非合法的に他者によって生産されることを防ぐため、完全に不妊化した集団を作出することが重要である。この実現のため、現在までに CRISPR/Cas9 を用いたゲノム編集により濾胞刺激ホルモン受容体遺伝子を破壊したノックアウト個体の作出に成功している。これらの個体は雌雄ともに完全に不妊になるため、当然ながら卵も精子も生産不可能である。濾胞刺激ホルモン受容体は生殖細胞を取り囲む生殖腺の体細胞で特異的に発現しており、生殖細胞での発現は皆無である。したがってこれらの個体の生殖細胞は正常にふるまうことが可能である。そこで演者らは、これらノックアウト個体の生殖細胞を正常な濾胞刺激ホルモン受容体を保持する宿主個体に移植することで、これらの宿主に濾胞刺激ホルモン受容体の遺伝子が破壊された卵と精子を大量生産させることを目指している。マサバにおいてはこれらの生殖細胞を移植済みの宿主個体の成熟を待っている状況にあるが、先行しているニジマスの例では、すでに生殖細胞移植を施した雄宿主個体が、濾胞刺激ホルモン受容体が破壊された精子のみを大量に生産することを確認済みである。これらの不妊個体はマサバ、ニジマスの両種においては産卵期間中に生殖腺の発達に伴って生じる腹壁の薄化がなく、周年にわたりいわゆる“大トロ”部分が厚い状況が維持される。また、濾胞刺激ホルモン受容体遺伝子ノックアウトニジマスにおいては、大トロ部分の粗脂肪含量が有意に高いことが示されており、これらの不妊魚を養殖に用いることで脂のノリが良い個体を周年にわたって出荷することが可能になると期待される。以上のようにマサバの不妊化は、系統の維持に重要なだけでなく、優れた養殖特性を兼ね備えている点も注目すべきである。

今後は上述のゲノミックセレクションと不妊化等の技術を組み合わせていくことで、高品質なマサバを短期間のうちに生産することを目指していきたい。

環境変化に対応した新たな養殖システムの開発

北澤大輔（東京大学生産技術研究所）

網生簀養殖では、網地を通して海水が出入りするため、生簀内部の海水が交換される反面、生簀内の魚は水質による影響を直接的に受ける。近年、周辺海水の温度上昇、赤潮や貧酸素水塊の出現、ウイルスや寄生虫等の発生により養殖生産性が低下する事例が発生している。このような課題を解決する方法の一つとして、網の代わりに海水を通しにくい素材で製作した海面半閉鎖循環式生簀による養殖が注目されている。この養殖方法では、陸上のかけ流し養殖のように、水温や有害藻類、寄生虫、ウイルスなどの濃度の観点から適した深さの海水を採取し、必要に応じて殺菌、懸濁物除去、曝気などの操作を加え、生簀内で循環させる。本研究開発では、剛体材料と柔軟体材料で構成された生簀のうち、水槽模型実験を通じてスロッシングの影響をより抑制できる柔軟体シート生簀の実現可能性を検討した。柔軟体シート生簀の設計において、枠体とシート間の相対運動によるシートへの荷重を見積もることが重要である。そこで、シート生簀の縮尺模型を水槽に設置し、波浪中で曳航することによって、波浪と流れによるシートへの荷重を評価した。また、シート生簀においても、剛体生簀に比べて小さいもののスロッシングが発生する。そこで、スロッシングが発生している状況での魚の行動変化を把握するため、ゼブラフィッシュをシート生簀模型に投入し、強制動揺装置で模型を揺らした場合のゼブラフィッシュの行動を観測した。最後に、海面半閉鎖循環式養殖生簀の実現可能性を調べるために、茨城県那珂湊漁港でサブスケールモデルを用いた実験を実施した。一辺 5m、最大深さ約 2.8m のシート生簀と網生簀を設置し、2025 年 6 月～8 月にかけてサバを 100 尾ずつ投入して飼育実験を実施した。シート生簀には、最大で 1 時間に 1 回生簀内の海水を置換できる循環システムを導入し、時期によってその 1/2 または 1/4 の海水交換率で実験を実施した。実海域実証実験の結果から、シート生簀と網生簀との間の水質等の違い、またそれがサバの成長に及ぼす影響について考察した。今後は、水温調整や赤潮対策に用いるためのフルスケールモデルの設計を行うとともに、実海域での検証を進めていく予定である。