

令和元年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 : 20002
研究開発課題名 : データ連携・利活用による地域課題解決のための実証型研究開発
副 題 : 福井県小浜市のブランド鯖養殖現場へのIoT導入とAI分析および
市場分析から導く養殖事業最適化モデル創出のための研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究の目的は、養殖事業の最適化モデル創出である。

そのためにまず、養殖生簀に設置したセンサーと、給餌量を管理するアプリによって収集したデータに加え、サバの生育データとの相関を分析することで、海面環境、摂餌量がサバの成長に与える影響と成果を明らかにする。

これにより、給餌計画(Plan)、海面環境を把握した上での給餌(Do)、計画と実際の給餌量の差異、サバの生育度の確認(Check)、結果に応じた給餌計画の見直し(Action)というPDCAサイクルを確立し飼育方法を高度化することで、給餌量の適正化によるコスト削減、生産性の向上をはかる。これまで漁師個人の勘と経験に頼ってきた生産現場のノウハウをマニュアル化する。

一方で、サバの商品としての価値向上も目指し、養殖海域の環境データと摂餌量を踏まえた上での生物学的、食品学的データの集積と分析を行い、他地域の(養殖、天然ともに)ブランド鯖との食味の比較調査の結果を生産現場にフィードバックし、品質を向上させる。

また、サバ専門飲食店を展開する株式会社鯖やと連携することで、生産したサバの出荷先を確保するとともに、ターゲットとなる市場を選定し適正価格を加味した商品企画シミュレーションを行い、消費者の嗜好、市場の需要を踏まえた上で小浜ならではの地域に特化したブランド鯖として規格化を行う。

以上により、生産現場(入口)と消費現場(出口)をつなげた市場通貫型の実証実験を行うことで、生産性と採算性の両面を備えた「サバ養殖最適化モデル」を創出する。養殖現場へのIoT実装により熟練漁師の匠の技を継承し、そこから産み出されるサバの品質をデータ分析により可視化・マニュアル化し、未経験者や若い漁師の育成と漁業への就労機会の拡大をはかる。さらに、市場での商品価値向上とその養殖現場へのフィードバックによる養殖最適化により、サバ養殖事業を普及・拡大し、IoTを活用した地方創生と漁業発展を実現する。

(2) 研究開発期間

平成30年度から令和2年度(3年間)

(3) 実施機関

公立大学法人福井県立大学<代表研究者>
株式会社クラウド漁業
KDDI株式会社

(4) 研究開発予算(契約額)

総額 30百万円(令和元年度 10百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目1： サバ養殖の科学的データ収集・分析

1. 養殖海域の環境データ集積と分析（福井県立大学・KDDI）
2. 養殖サバの生物学的データ集積と分析（福井県立大学・クラウド漁業）
3. 養殖サバの食品学的データ集積と分析（福井県立大学）

研究開発項目2： サバ養殖におけるIoT 導入効果検証

1. 海面環境×摂餌量×生育度のAI 分析（KDDI）
2. 養殖現場へのIoT 実装による作業効率化と漁師ノウハウの集積（KDDI）

研究開発項目3：サバの市場分析、消費行動分析

1. サバに対する消費者嗜好調査・分析（クラウド漁業）
2. 「小浜サバ」ブランドの品質規格化（クラウド漁業）

研究開発項目4：サバ養殖最適化モデル作成と実証試験

1. 品質規格に基づくサバ養殖マニュアル作成（福井県立大学・クラウド漁業）
2. マニュアルに基づくサバ養殖の実証実験と総合検証
（福井県立大学・KDDI・クラウド漁業）

(6) 特許出願、外部発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	5	4
	標準化提案	0	0
	プレスリリース・報道	7	1
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1：サバ養殖の科学的データ収集・分析

1-1. 養殖海域の環境データ集積と分析

サバ養殖生簀に設置したIoT センサーと給餌量を管理するアプリによる水温・塩分・溶存酸素データおよび給餌量データを継続的に収集した。また、残餌量を推定するため養殖生簀周辺の海水および海底から有機物を採取し、安定同位体比解析を行った。その結果、堆積物中の残餌量は生簀中心近くで1月にピークがみられ、それ以外の月は10g/m²から20mg/m²であった。残餌の量は給餌量と水温の影響を受けている可能性が高く、冬季では高かったが水温上昇期には給餌量が多くなるにもかかわらず残餌は少なかった。生簀から離れた対照点でも同じ傾向であったが、残餌量は少なく、3月から11月の期間はほぼ0g/m²であった。

1-2. 養殖サバの生物学的データ集積と分析

研究専用の生簀を設置し、体長・体重などの成長データを周年記録した。養殖マサバの生簀内での成長に関して、2017年級、2018年級、2019年級の人工種苗由来マサバの測定データに季節サイクルを組み込んだ成長曲線が適合した。

$$2017年 \quad 全長 = 276.9 \times [1 - \exp\{-2.03 \times t + (0.75/2\pi) \sin(2\pi(t-2.14))\}]$$

$$2018年 \quad 全長 = 273.5 \times [1 - \exp\{-2.54 \times t + (0.66/2\pi) \sin(2\pi(t-2.20))\}]$$

2019年 全長 $=282.3 \times [1 - \exp\{-3.03 \times t + (0.70/2\pi) \sin(2\pi(t-1.82))\}]$
成長曲線はよくフィットしており、生簀内の日別平均体長の推定モデルとして用いることが可能と考えられた。

人工種苗由来サバは、1年目の初夏から秋に大きく成長、冬季には成長が停止する季節的なサイクルを示した。2年目も同様の傾向がみられるが、体長の成長は1年目よりも小さくなった。体重ベースでみると2年目の3月には300gに達する個体もみられ、出荷サイズに成長していた。

また、本年度は年間を通して魚病検査を行った。片目の魚も見られたが、多くの場合はすでに治癒していた。6月、10月、3月に細菌性の感染症が認められた。

1-3. 養殖サバの食品学的データ集積と分析

養殖サバの脂質含量を調査した。年や種苗の由来により、若干の違いはあるものの、概ね、冬～春季に脂質含量は高く、平均値で20%を超える含量を示した。6月以降、脂質含量は低下し夏場の脂質含量は約10%まで低下し、その後、10月頃からは再び脂質含量が増加する周年変動が明らかとなった。春過ぎ～夏期の脂質含量の低下は、性成熟による生殖腺の発達および夏季の高水温による給餌制限によるものと考えられた。

研究開発項目2：サバ養殖におけるIoT導入効果検証

2-1. 海面環境×摂餌量×生育度のAI分析

サバの生育との影響をもたらす環境要因の抽出、養殖マニュアル策定に向け、研究開発項目1で整理したデータをもとにAI分析を試行した。

有識者見解によりサバの生育への大きな関与が想定される摂餌活性度に着目し、環境変化との相関について分析を行い、養殖マニュアル作成にもつながら給餌効率化（≒餌代の削減）を目標に機械学習を継続している。

2-2. 養殖現場へのIoT実装による作業効率化と漁師ノウハウの集積

今後必要となるIoT実装について関係者間で検討を行った結果、養殖マニュアルの作成に向けた上記目標の実現のため、サバの摂餌活性情報を収集するための自発給餌システム、画像解析による魚体サイズ推定システムを導入した。

閉鎖環境（福井県立大学内室内水槽）にて水温、光、密度、サイズ等のパラメータを制御しつつ両システムを稼働することで得られたデータをAI分析に対象に加え、海面環境（田島養殖生簀）への適用、養殖マニュアル作成につながる環境－給餌－生育の相関分析を実施中である。

研究開発項目3：サバの市場分析、消費行動分析

3-1. サバに対する消費者嗜好調査・分析

平成30年度に、クラウド漁業のグループ会社である、サバ棒寿司製造販売の鯖や、サバ料理専門店チェーンのSABARにおける、それぞれの数年間の販売データから、消費者の味覚の傾向と消費行動の相関について分析と検証を行った。その結果を踏まえ、サバ料理の食味評価項目を確定し、さらにレストランの顧客に抵抗なく記入してもらえるようなアンケートを作成した。それを、SABARの全国各地の店舗をタイプ別に抽出して顧客に実施した。

3-2. 「小浜サバ」ブランドの品質規格化

実施したアンケートを集計し、整理されたデータから、小浜サバのブランド確立に必要な要素・条件を抽出した。また、それを養殖技術の研究と対照させ、定性、定量性を見出す作業を行い、マニュアルの原型を整えた。

研究開発項目4：サバ養殖最適化モデル作成と実証試験

4-1. 品質規格に基づくサバ養殖マニュアル作成

項目1～3で得られた結果に基づき、生簀育成に関するマニュアルを作成した。また、水揚げ処理についても検討し、さらに、活締処理による死後変化遅延効果の検証を行った。さらに、人工種苗生産の効率化、安定化を図るため、LHRH法によるサバ産卵誘導効果を検討した。これ

までの一般的な手法である HCG 法と比較して長期間、安定的な産卵を誘導することが明らかになった。次年度以降は卵質向上のための検討を進める。

4-2. マニュアルに基づくサバ養殖の実証実験と総合検証

来年度に予定している海面生簀での実証実験の前段階として、室内水槽において自発給餌システムを導入し、摂餌量と水温、光条件の関係性を解析した。また、残餌量測定のためのファイバーセンサー装置を開発し、残餌量を精度高く推定することが可能になった。本システムを用いて個体あたりの日間摂餌量を推定したところ、室内閉鎖循環水槽では、暗条件で摂餌が活発になり、明時に摂餌活性が低下することがわかった。また、最大日間摂餌量と飼育水温の関係を検討した結果、水温が高くなるにつれて最大日間摂餌量が増加することが示唆された。これらの結果から日長時間と飼育水温を調節することで日間摂餌量をコントロールできることが示された。これらの結果に基づき、海面の実証試験では、新たに照度計を設置して日長時間をモニタリングし、これらの環境因子の変化に最適な給餌モデルの開発に応用することを目指す。

なお、2020 年 1 月末時点で海面生簀マサバと自発摂餌マサバの平均全長は、それぞれ 286mm と 297mm、平均体重は、258g と 273g で自発摂餌マサバの成長が良かった（同じ種苗に由来）。