

食のGX

Food GX for sustainability

プロジェクトリーダー：西村流希也 / Nishimura Rukiya

1 背景

近年、地球温暖化や気候変動の深刻化に伴い、持続可能な社会の実現に向けた取り組みが世界的に進められている。日本においても、2023年2月に経済産業省が取りまとめた「GX実現に向けた基本方針」において、農林水産業の脱炭素化とその「可視化」による消費者の行動変容が掲げられている（経済産業省，2023）[2]。特に、水産業では生産工程における環境負荷の算出や、その低減を目指した技術革新が進められている。

本プロジェクトでは、このような社会背景のもと、食材の生産過程における環境負荷を可視化することを目的とする。環境負荷の「可視化」は消費者の行動を変えるだけでなく、生産者にとっても工程改善の指標となり、サステナブルな社会の実現にも繋がると思われる。

私たちは、北海道八雲町の協力を得て、「北海道二海サーモン」の生産過程における環境負荷の可視化に取り組んだ。生産過程のうち、陸上で行われる種苗生産では、特に夏期の高水温時に、溶存酸素の低下によって養殖魚が酸欠死するという課題が報告されており、リアルタイムでの水質管理が求められている。

2 関連研究

従来の養殖では、給餌方法に起因して個々の魚の成長度にばらつきが生じ、共食いによるへい死や成長の遅れといった損失が発生しやすいという課題がある。これは養殖業における経済的損失だけでなく、限りある餌資源の浪費にも繋がり、環境面においても大きな課題である。この課題に対し参考となるのが、福山大学による研究「人工知能を活用した自発給餌システム

によるシロギス養殖の高効率化および低コスト化に関する検討」である（有瀧, 2019）[1]。

この研究ではAIを用いた給餌最適化シミュレーションが実施された。具体的には、AIの学習において、以下の項目が重要な評価指標として設定された。

1、成長の均一化：シロギス個体間のサイズのばらつき（分散）が減少した場合に、正の報酬（+0.05）を付与する。これにより、均質な成長を促す。

2、ロスの削減：養殖における大きな損失要因である共食いが発生した際には、大きな負の報酬（-1）を付与する。

3、育成期間の短縮：時間の経過に対して負の報酬（-0.001）を設定することで、より短期間での効率的な成長が促される設計となっている。また、同シミュレーションの結果から、実験環境下における費用対効果を最大化する給餌器の台数は3台であるとの知見が得られている。

本プロジェクトにおいて、上記研究で示されたようなAIによる完全な給餌自動化システムの導入をする予定はない。

しかし、同研究で明らかになった「給餌量の最適化がもたらす効果」、すなわち「成長の均一化」「ロスの削減」「育成期間の短縮」という考え方は、私たちの目標達成においても極めて重要である。

この知見に基づき、データに基づいた給餌戦略を策定・実行することで、養殖効率の改善とそれに伴う環境負荷の低減（GX）を目指す。

3 課題の設定と到達目標

本プロジェクトでは、IoT 技術を用いて溶存酸素センサの値を取得し、リアルタイムに保存・可視化できるクラウド型データベースを用いたシステムの構築に取り組んでいる。さらに、種苗生産施設で使用されているアプリケーションと連携し、取得したデータをブラウザ上で八雲町役場の担当者が確認できる Web サイトの開発も行っている。

溶存酸素等のデータを可視化することで、養殖魚を健康に飼育し、給餌量の最適化による環境負担の低減を目指す。これらの活動による GX の実現を目的としている。

Web サイト作成のためのスキル

Web サイトの作成には、複数のプログラミング言語が必要になる。基本のページ構造には主に HTML を用いる。レイアウトなどの拡張デザインには CSS を用いる。JavaScript で動きやインスタクションを設ける。グラフや PDF ファイルの作成は Python 等で行う。プロジェクトメンバーで分担し、それぞれのプログラミング言語を学習する。

IoT とクラウド連携のためのスキル

本プロジェクトでは、M5Atom Lite を用いて OPTOD NUMERICAL SENSOR から取得した溶存酸素の値を、M5stamp と ESP-NOW 通信で中継しながら、最終的に Wi-Fi 経由で Firebase Realtime Database に送信する。クラウドに保存されたデータは、Web サイト上でリアルタイムに可視化される。これには、センサ制御、マイコンの通信設定、データベース設計・運用といった技術が必要である。

4 目的を達成するための手法・手段

可視化されたデータを用いると、給餌量を最適化することができる。餌を与えすぎると、食べ残しや消化しきれずに排出された有機物が水質を悪化させてしまう。水質悪化を未然

に防ぐことにより、養殖魚が病気になるリスクを減らすことができる。

また、溶存酸素や水温をモニタリングすることにより、養殖魚にとって最適な環境を維持し、死亡率の低下や生育効率の向上を実現することができる。結果的に餌の無駄や電力使用量の削減につながり、環境負荷とコストの両方を抑えることができる。

5 結果

Web サイトの結果

本プロジェクトでは、八雲町熊石サーモン種苗生産施設での生簀データをリアルタイムで確認でき、各生簀のデータを可視化できる Web アプリケーションを開発した。本アプリは、「トップページ」、「データグラフ」、「月報」、「データ出力」、「管理用ページ」の 5 つのページで構成されている。「トップページ」では、各生簀の水温、溶存酸素量、へい死数合計、データ取得日を表示することができる。マップ上の任意の生簀をクリックすると、マップ下部に該当する生簀のデータが表示されるようにした。

最新の水質データをセンサによってリアルタイムに Firebase Realtime Database から取得している。データが一定時間更新されず最新情報でない場合には、文字色を赤色に変更し、溶存酸素センサの機能に異常が生じている可能性を通知するようにした。

「データグラフ」ページでは、最新 30 日分の各生簀ごとの〈生残量〉、〈総重量〉、〈へい死〉、〈魚密度〉、〈給餌量〉、〈水温〉の推移をグラフで表示できるようにした。各グラフの切り替えは JavaScript を使って実現している。「月報」ページでは、任意の期間を選択して作業月報を表示できるようにした。また、表示した内容を Excel ファイルおよび PDF ファイルとして出力可能とした。

「データ出力」ページでは、スマートフォンアプリで入力された情報を閲覧しやすい形式に変換し、Excel ファイルとしてダウンロードできるようにした。「管理用ページ」では、Web サ

イト説明書および溶存酸素センサ説明書を閲覧可能にした。各ページにサーモンのロゴを配置し、このロゴをクリックすることでメニュー選択が行えるようにすることで、操作性の向上を図った。

IoT の結果

本プロジェクトでは、IoT 技術を用いて溶存酸素センサの値を取得し、リアルタイムに保存・可視化できるクラウド型データベースを用いたシステムの構築をした。

計測するセンサとして AQUALABO 社の OPTOD NUMERICAL SENSOR を使用し、インターネットを利用してリアルタイムで値を取得した。種苗生産施設の事務所と生簀が離れていたため、中間地点に通信機器と Wi-Fi ルーターを設置して、長距離のデータ通信を可能とした。

本センサは生簀内の水温と溶存酸素量を測定することができる。このセンサを M5Atom Lite と RS-485 で接続し、測定した値を中継器である M5Stamp に ESP-NOW で送信。M5Stamp を Wi-Fi に接続し、Firebase Realtime Database に値を送る仕組みになっている。また、この値は Web サイトでリアルタイムで確認可能であり、30 秒に一度更新される。

現地での設置の際は、中継器と Wi-Fi ルーターをセンサの設置対称である生簀と事務所の間地点にある養成池に設置した。

6 考察

成果のまとめ

本プロジェクトでは、北海道八雲町熊石サーモン種苗生産施設における水質データや生育データをリアルタイムで取得し、Web サイト上で可視化するシステムの開発を行った。その結果、各生簀の溶存酸素量、水温、給餌量、へい死数などのデータを一元的に把握できる環境が整備された。特に、センサを用いた自動測定・クラウドへのリアルタイム送信が可能になったことにより、従来の手作業による計測や記録の負担が大幅に軽減された。また、データを可視化することで、養殖魚の健康状態や給餌量の最適化に関する判断を迅速に行える体制が整った点は、大きな成果であるといえる。

運用上の課題

一方で、実際の運用を通じていくつかの課題も明らかになった。

第一に、屋外設置時の電源管理や防水対策は、継続的な運用の面で注意が必要である。特に、自動車用バッテリーを利用したセンサは、長期稼働時の電圧低下や充電管理が必要であり、安定した運用のためには電源自動切り替えや充電スケジュールの導入が望ましい。

第二に、通信環境に依存する部分があり、Wi-Fi や ESP-NOW 通信の安定性を確保することが、リアルタイム監視の精度維持には不可欠である。実験環境では、50~60 メートル程度の距離で安定していたが、現場での障害物や長距離運用ではさらなる検証が必要である。

データ活用の可能性

データの活用方法に関しても改善の余地がある。現在は、生残量や給餌量の可視化に留まっているが、蓄積されたデータを分析することで、給餌量のさらなる最適化や異常値の自動検知、長期的な生育傾向の把握など、より高度な運用が可能である。

総合的評価と意義

総じて、本プロジェクトの取り組みにより、従来の手作業中心の水質管理から、IoT を活用した養殖管理へと進化したと考えられる。Web サイトによる可視化やリアルタイム監視は、種苗生産施設の担当者や八雲町役場の担当者の作業効率向上に寄与し、GX、持続可能な水産業の実現に向けた基盤を形成した点が最大の意義である。

一方で、長期運用やデータ活用の高度化に向けた課題も残されており、今後のシステム改善や運用体制の構築が重要である

7 今後の課題

システムの改良と拡張・新機能の追加

今後は、現行システムの対候性向上や安定運用の確保を目指す。具体的には、屋外設置用機器のバッテリー寿命の改善や通信安定性の向上

が課題である。さらに新機能の追加していきたい。

まず溶存酸素や水温データをもとに、給餌量や酸素供給の最適化を支援する解析機能の追加を検討する。具体的には、過去データを活用した傾向分析や、異常値検知によるアラート通知の実装が考えられる。

また、他施設や八雲役場とのデータ共有機能を導入することで、地域全体での水産業効率化や環境負荷軽減への貢献も期待できる。

社会的・環境的効果の期待

これからの取り組みにより、養殖魚の健康管理と生産効率の向上が可能となり、無駄なエサや電力を削減することで、環境負荷を低減できる。さらに、種苗施設の担当者や八雲町役場が活用できるデータツールとして定着すれば、地域全体で持続可能な水産業を推進する基盤としての役割も果たすことができる。

今後は、実際の養殖現場での長期運用を通じて、システムの有効性や課題を検証し、利用者からのフィードバックを反映した改善を行って

いく。これにより、GX 実現に向けた持続可能な水産業のモデルケースとして発展させていくことを目指す。

8 参考文献

- [1] 有瀧真人, 大瀧一登, 占部侑子, 藤川稔晃, 「養殖技術講座: 大型シロギスの養殖技術開発 (後編) 『しまなみテッポウギス』 の商品開発と販売、養殖ビジネス」, Aqua Culture Business, Vol.56, No.2, (2019).
- [2] 経済産業省, 「GX 実現に向けた基本方針」, <https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/20230210002.html>, (2023).
- [3] 平間友大, 鈴木恵二, 高博昭, 和田雅昭, 「Neural Network を用いた定置網内の魚群探知機による魚種判別」, 第 79 回全国大会講演論文集, (2017).
- [4] 深津時広, 平藤雅之, 「フィールドセンシングと農業ビッグデータ」, JATAFF ジャーナル, 5 (10) スマート農業への取り組みの現状と課題, (2017).