

目的

近年、温暖化による養殖魚の飼育環境の変化やそれに伴う疾病の発生により、内水面養殖生産が大きな影響を受けるようになってきている。飼育環境の変化や魚の体調変化への対応は、養殖生産者がこまめな飼育状況の観察を基に、長年の経験と勘を頼りに行ってきた。しかし、近年の飼育環境の変化は想定を超える規模、頻度で発生しており、従来通りの飼育や給餌の調整による対応では生産者の負担が大きくなってしまふ。このような状況下、これらの問題への技術的な対応として、養殖生産者が飼育環境及び飼育状況の指標となる数値データを手元でリアルタイムに把握可能となるデータ収集システムの構築が求められている。そこで、低コスト超長距離通信（LPWA）を備えた各種センサを養殖池に設置し、どこにいてもリアルタイムに養殖環境データ（水温及び溶存酸素濃度（以下 DO））を把握できるシステムを開発した。また、システムの動作確認も兼ねて、DO に差をつけた試験区を設定し成長比較飼育試験を実施した。

材料及び方法

センサ開発 株式会社 farmo 製のプライベート Lora モジュールが実装された farmo 本体へ、光学溶解酸素センサ RDO@Blue (In-Situ 社製) を組み込んだものを開発した（図1）。本センサは蛍光式測定を採用しており、設置前の校正やコンディショニングが不要であることが特徴である。また、通信方式は LPWA（プライベート Lora）を採用しており、最大半径 2km の通信範囲を確保したのになっている。10 分ごとに水温及び DO を取得し、サーバー上に送信するようにした。



図1 開発したセンサ外観

飼育試験設定

表1に示す条件により、2023年3月8日から4月21日まで試験を行った。各飼育池の DO に差をつけるため、注水量及びエアレーションで調整を行った。各試験池には通常二倍体のニジマス 88.74kg を収容した。給餌は、各測定日の前日を除き週5回、1日2回手撒きで飽食給餌とした。池掃除のため1回/日飼育池の水を全換水するようにした。3月23日、4月6日に中間測定を行い、平均体重や日間成長率の推移を観察した。

表1 飼育条件

	高DO区	低DO区
試験池面積 (㎡)		10
試験池容量 (t)		2.5
注水量 (t/時間)	1.98	0.68
回転数 (池/日)	19	6.5
試験開始日	2023.3.8	
試験終了日	2023.4.20	

結果及び考察

開発したセンサは太陽光発電パネルを備え、内蔵のバッテリーへ充電できる仕様となっており、電源が確保しにくい池周辺にあっても、場所を選ばず設置できる。また、通信規格として LPWA を採用しているため、通信に伴う消費電力量が通常の LTE 通信や wi-fi 通信と比べ低くバッテリー消費も少ないため、長期間稼働することが可能であり、通信に料金はかからず、試験期間中、給電や通信に関するトラブルは発生しなかった。また、通信範囲は最低でも半径 2km をカバーしており、県内にある養殖場であれば、全体をカバーすることが可能であるため、通信契約はサーバーデータ送信の親機 1 台のみで済む。このことから、総合的なランニングコストも大幅に節減することができる。送信されたデータはスマートフォン等の端末上でリアルタイムに確認でき、さらに期間を指定した上でデータを表計算ソフトに一括してエクスポートすることが可能であり、飼育管理に活用することができる（図2）。



図2 スマートフォン確認画面(左)及びデータダウンロード画面
各試験区の水温及び DO の日変動の一部を図 3-5 に

¹ 株式会社 farmo

示した。両試験区とも換水直後に DO は増加するが、給餌後著しく DO が低下する傾向にあった。飽食給餌の場合は排水部の DO が 3.5~4.0mg/L 以下では急激に摂餌が不活発になることが報告されている。¹⁾高 DO 区では、初期は安定して DO4mg/L 以上を維持していたが(図3)、試験後半になると収容密度も増加していることもあり、成長に影響を及ぼすとされている 4mg/L まで低下することが確認された(図4)。低 DO 区では初期から一貫して DO が低く(図5)、最も低くなる場合は 1.68mg/L まで低下することがあった。特に午後後の給餌の際は摂餌が著しく不活発であり、注水部に集まる姿が確認された。各試験区の飼育成績を表2に示した。3月23日の1回目の中間測定の際には、高 DO 区では飼料効率が 112.3%を示したのに対し、低 DO 区では 88.9%であり、23.4%の差が見られたが、最終測定時には 3.4%差となった。これは高 DO 区のニジマスが成長し、収容密度が増加したことにより DO が低下し飼料効率が低下したことが考えられた。ニジマスの安定的な成長を維持するための環境を維持するためには、DO の確保が重要であることが確認された。

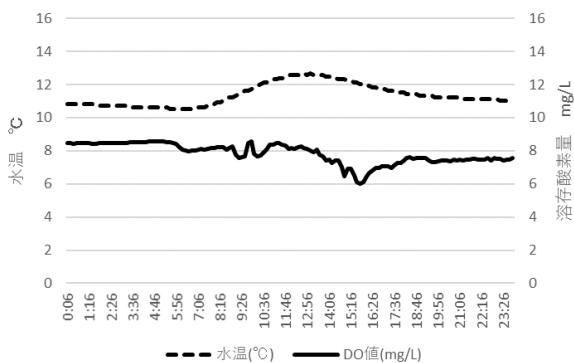


図3 初期高 DO 区水温・DO 日変動

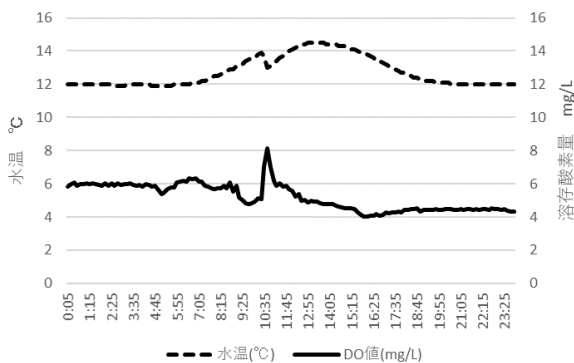


図4 後期高 DO 区水温・DO 日変動

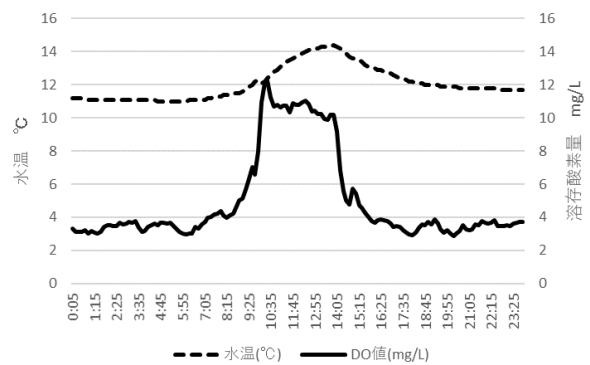


図5 低 DO 区水温・DO 日変動

表2 飼育試験結果

		高DO区	低DO区
開始時	平均魚体重(g)	198.5	190.4
	収容尾数(尾)	447.0	466.0
1回目中間測定	平均魚体重(g)	259.1	222.0
	飼料効率(%)	112.3	88.9
	日間成長率(%)	1.7	1.0
2回目中間測定	平均魚体重(g)	305.6	253.2
	飼料効率(%)	95.4	88.4
	日間成長率(%)	1.4	0.9
最終測定	平均魚体重(g)	347.6	279.2
	飼料効率(%)	82.0	78.6
	日間成長率(%)	1.3	0.9

県内の養殖現場における飼育管理は1日1回の水温の測定をする程度であり、主に目視による確認に頼っている状況にある。飼育環境は気温や天気、給餌状況、収容量等により1日の中でも刻々と変化をするものであり、1日1回の確認では適正な養殖環境を把握することが難しいことが今回の試験結果から判明した。そのため、遠隔でモニタリングを行うことができ、リアルタイムに汎用端末で確認できるようにする必要がある。特に DO については、酸欠による魚類の死亡のみならず、感染症による死亡率を増加させる要因になることが知られ、²⁾魚類養殖における重要な管理項目である。本機器を活用し、DO を把握することで、適切な時期に広い池への移送や選別・分養を行うことができ、飼料効率及び日間給餌率を改善し、短期間に製品まで仕上げる事が可能である。

参考文献

- 1) 全国湖沼河川養殖研究会養鱒部会.「養鱒の研究」緑書房, 東京. 1976.
- 2) 舞田正志, 吉安友二, 岡本信明, 池田彌生. 低酸素環境下での長期間飼育がニジマスの血液成分に及ぼす影響. 日本水産学会誌 1997; 63(6): 992-993.

(水産研究部)