

2. 魚の健康診断システムの研究

ものづくり支援グループ

(大)東京海洋大学 学術研究院 海洋環境科学部門

○村田政隆、松本陽斗

遠藤英明、呉 海云

1. はじめに

2008 年 8 月、北海道新聞に「泳ぐ魚の健康診断」という東京海洋大学が取り組むバイオセンサ技術の研究結果が掲載されたことを契機に、北海道立工業技術センターは今日に至るまで 15 年以上にわたり東京海洋大学との研究連携を継続している。

本報告では、2014 年度以後の研究進捗について紹介する。

2. バイオセンサ

水産養殖分野の発展には、水温・給餌量等の魚類の飼育環境の情報だけではなく、魚の免疫力や繁殖性等にかかわる魚体内の生理学的状態の情報もますます重要になる。

魚はストレスを受けると血糖値が上がるため、採血後のグルコース(ブドウ糖)濃度を測定することによって、魚のストレス応答の把握が可能である。一方、バイオセンサを用いることで、採血操作不要でグルコース濃度の変化をリアルタイムで測定することができる。図 1 に示すように、バイオセンサは主に電極と酵素で構成され、グルコースが酵素で分解された際に生成する過酸化水素と電極との電気化学反応によって生じた電子の移動を電流値として測定する。なお、バイオセンサでは、電子の放出・吸収(酸化・還元反応)を行いやすくするため、電極にバイオセンサの酸化還元反応に適した電圧(電位差)を印加しておく必要がある。

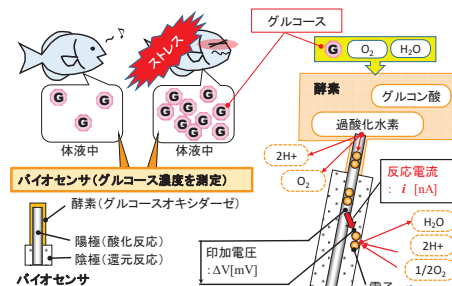


図 1 バイオセンサの基本イメージ

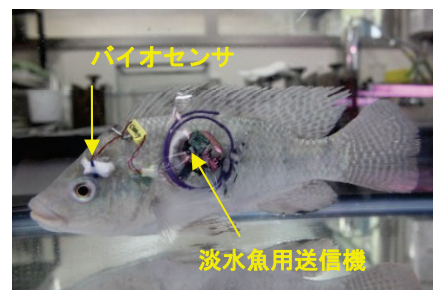


図 2 電波通信システム(淡水用)



図 3 光通信システム(淡水・海水用)

3. ワイヤレスバイオセンサシステムの試作および成果

2013 年までは、まずバイオセンサの出力電流の測定値をパソコンで記録するため、315MHz の微弱電波モジュールと 10bitADC 搭載の PIC マイコンを利用した図 2 の淡水用電波通信システムを試作した。淡水環境での基本的な測定技術を確認したが、電波は海水での減衰が著しく、本システムが適用できないため、図 3 に示す海水環境用途の光通信システムを試作した。

3.1 総コレステロール濃度のワイヤレス測定(2014 年)

ヒトの健康診断において「血糖(グルコース)」「コレステロール」および「中性脂肪」等の濃度は糖尿病・動脈硬化・心筋梗塞値・脂質異常症等の疾病予測に重要な指標となっており、魚類の健康指標になり得る。グルコースバイオセンサは溶存酸素の影響を受けやすいため、本研究では、溶存酸素の影響を受けにくい総コレステロールセンサの開発に取り組んだ。送信機においては、このセンサの酸化還元電位に合わせた仕様改善を図った。その結果、メディエータ型バイオセンサの開発に成功し、図 4 に示すように淡水でのナイルティラピアの総コレステロール濃度測定が可能なことを確認した。

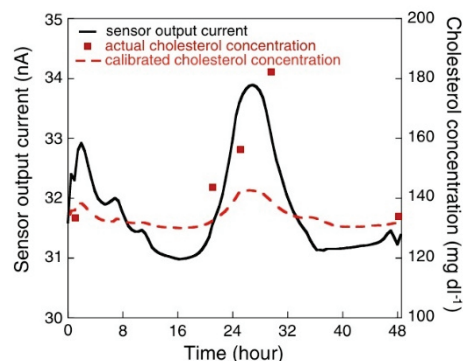


図 4 総コレステロール測定結果例
(引用文献(1))

3.2 海水適用性 (2017 年)

光通信システムを用い、空気、淡水、人工海水、海水（相模湾の海水）を使用した通信範囲の確認実験を行った。450×300×300mm の水槽内に設置した送信機に対し、水槽中央上方に固定された受信機と通信が確立する条件を確認した結果、水槽から 80～150cm の距離であれば、全ての環境条件で水槽全域の任意の位置から信号を受信できることを確認した。

また、ストレス測定の実用性に関する実験として、本システムを装着したナイルティラピアを用い、pH7.0 の飼育水から pH4.3 の飼育水に移させた直後からのグルコース濃度を測定した結果の一例を図 5 に示す。グルコース濃度は、pH の急激な変化にさらされてから約 20 分後に急激に増加しており、本システムの実用性を確認することができた。

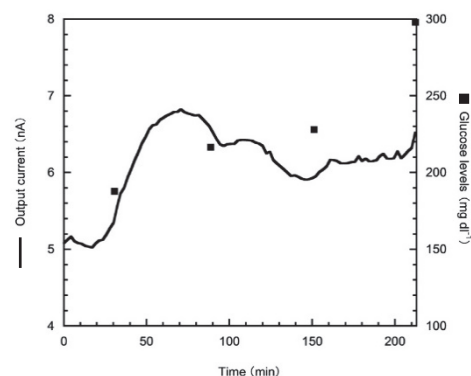


図 5 pH の急激な変化に対するグルコース濃度の変動（引用文献(2)）

3.3 双方向通信利用 (2022 年)

2022 年以前に改善を重ねてきたバイオセンサーシステムは、送信機から受信機へデータを送信する単方向通信システムであった。2017 年以降、グルコース濃度（ストレス値）に応じて、表示色を変化させる信号機タイプのシステムも開発した。しかし、トリマによるコンパレータ閾値の手動設定は、ヒステリシスの影響から再現精度に課題があり、複数個体の同時測定や個体識別も不可能であった。そこで、課題やニーズに応えるため、2.4GHz 帯の市販モジュールを使用した双方向通信システムを試作した。ほぼ同一サイズの二個体のストレス値を同時測定した図 6 の事例では、縄張り争いの様子に合わせてストレス値が変化していることを確認することができた。

4. おわりに

継続的な本研究開発により、これまで数値化されてこなかった魚のストレス反応に関する知見を深めることができた。現在は画像認識技術を活用した新たなシステム開発にもチャレンジしている。今後は ICT の発達とともに、魚のストレスに関する研究を発展させつつ、産業利用化や社会実装についても検討・模索する予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP23380122、JP26292114、JP17H03871、JP23K21235 の助成を受けたものである。関係者に感謝申し上げる。

引用文献

- (1) M. Takase, M. Murata, K. Hibi, R. Huifeng, H. Endo :Development of mediator-type biosensor to wirelessly monitor whole cholesterol concentration in fish : Fish Physiol Biochem, Volume40, Pages 385-394 (2014),
- (2) R. Shinoda, H. Wu, M. Murata, H. Ohnuki, Y. Yoshiura, H. Endo:Development of an optical communication type biosensor for real-time monitoring of fish stress:Sensors and Actuators B: Chemical, 247,pp.765-773 (2017)
- (3) H.Wu, K.Yamada, M. Murata, H. Matsumoto, H. Ohnuki, H. Endo :A novel interactive biosensor system for real-time remote stress response monitoring and visualization by using bi-directional data link: Biosensors and Bioelectronics: X : 10,100133 (2022)

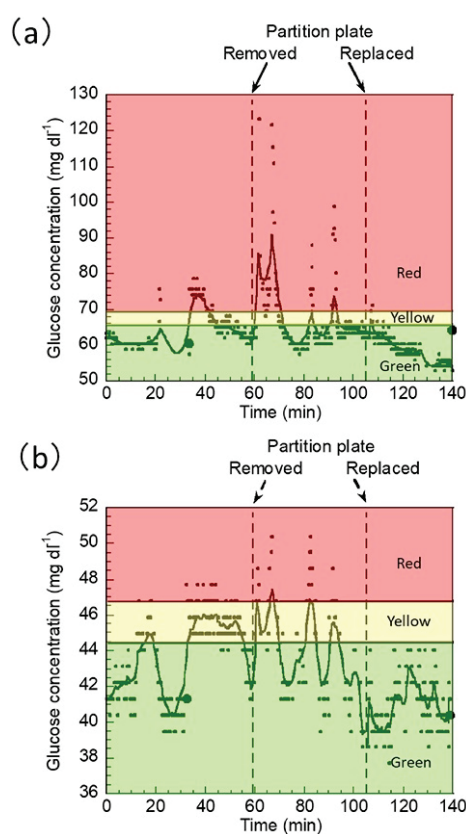


図 6 同一サイズ二個体((a) (b))のグルコース変化（引用文献(3)）