

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23380122

研究課題名(和文) 魚類の健康バイオセンシング「さかなドック」の創出に関する研究

研究課題名(英文) Development of biosensor systems for fish health screening

研究代表者

遠藤 英明 (Endo, Hideaki)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・教授

研究者番号：50242326

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円、(間接経費) 3,720,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、魚類健康診断の検査項目において、新しい測定法の確立が求められている血液成分のモニタリング、産卵時期の予測、魚病細菌の検出に焦点をあて、これら項目を迅速・簡便かつリアルタイムに測定できる各種バイオセンサシステムを開発し、魚類健康診断のための「さかなドック」の構築を目指すことを目的とした。その結果、血液中のグルコース、コレステロール、乳酸等の血液成分を、魚を遊泳させた状態でリアルタイムモニタリングすることを可能にした。また、産卵時期を予測するための卵成熟ホルモン(DHP)測定システム、魚病診断のためのアコ冷水病細菌検出システムの開発を試み、迅速簡便な測定法を確立することに成功した。

研究成果の概要(英文)：We developed novel biosensor systems for fish health screening. Various implantable wireless-biosensors to monitor fish health indicators, such as glucose, cholesterol, and lactic acid, were prepared. These sensor systems allow us to monitor the health indicators in fish under free-swimming conditions. We also developed a label-free immunosensor system for detecting the oocyte maturation-inducing hormone (DHP). The mechanism of the sensor system is based on differences in electrochemical activity changed by an immunoreaction in the absence and presence of DHP. One sample can be used to measure DHP levels within as little as 15 min. Moreover, we developed a novel method for detecting *Flavobacterium psychrophilum* using high-gradient immunomagnetic separation with polymerase chain reaction, which allows for ultra-highly sensitive and specific detection of *F. psychrophilum*. These newly developed biosensor systems allow for rapid and convenient monitoring of fish health indicators.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産化学

キーワード：バイオセンサ 魚類 健康診断 モニタリング リアルタイム

## 1. 研究開始当初の背景

近年、消費者の間で食の安全性に対する関心が、魚介類をはじめとする水産物においても急速に高まっている。特に最近になって、養殖魚を食材としたときの安全性、すなわち魚の健全性が強く求められるようになってきた。これまでの水産養殖業界では、魚病対策として抗生物質による投薬を行ってきたが、薬事法の改正や薬剤の魚への残留などの懸念から、抗菌剤に頼らない新しい養殖技術の確立が必要とされている。このため、魚の健康度を定期的に評価し、早期に異常を察知できるような養殖魚のための健康診断が注目されており、その検査項目を迅速・簡便に測定できる新しいシステムの開発が望まれている。

魚の健康度の指標としては、血中グルコース濃度の変化が魚類のストレスの度合いや呼吸障害、栄養状態を示すことが近年の研究によって明らかにされている。また血中総コレステロール濃度の低下も、細菌感染症に対する抗病性の低下を示す重要な指標になることが報告されている。さらに、血中コルチゾルや乳酸濃度の変化も魚のストレスを知る重要な測定項目になっている。従来これら検査項目の殆どは、ヒト用臨床検査キットを用いて測定されていたが、魚の捕獲、血液の採取とその血漿化、吸光分析法による測定など煩雑な操作と時間を必要としていた。そこで研究代表者は、平成 20~22 年度科研費基盤研究 (B) において、魚体内に留置可能なバイオセンサを創出することにより、水中で遊泳している魚の血糖値をリアルタイムにモニタリングすることに世界で初めて成功した。本バイオセンサは、微小電極をベースとして電極検出部上に酵素 (グルコースオキシダーゼ (GOD)) が固定化されている。これを魚の眼球外膜内間質液中に留置して、防水加工されたワイヤレスシステムに接続し、GOD の酵素反応によって生成する過酸化水素量を電極上で電気化学的に測定することにより、グルコース濃度のリアルタイムにモニタリングを可能にした。このことは水産分野のみならず、バイオセンサの研究分野にも大きな知見を与えた。さらに、血中総コレステロール濃度についても、同様の方法でバイオセンサシステムを構築したことで、そのリアルタイムモニタリングに成功した。しかしながら、これらのセンサは酵素反応の際、測定試料内に溶解している酸素分子を利用しているため、測定値に及ぼす溶存酸素量の影響が問題として残されていた。すなわち、魚の生理状態によっては血液中の溶存酸素濃度が変化する恐れがあり、これによって正確なグルコース濃度の測定が困難となる可能性が危惧されていた。したがって将来的には、血液中の酸素量が測定値に影響を及ぼさない新しいセンサシステムの開発が必要とされている。

一方、養殖場での種苗生産における作業の

軽減化や卵の効率的採取のために、迅速・簡便な排卵時期予測法の確立が望まれてきた。しかし魚類の成熟・排卵は、種々の環境要因や生理的要因が大きく影響するため、その排卵時期を正確に予測することは困難であった。こうした中、卵成熟誘起ホルモンの 1 種である 17, 20 $\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one (DHP) が、卵成熟期になると血液中に急激に増加することが知られており、これを指標とすることで排卵時期の予測が可能であることが知られていた。従来、DHP の定量には、液体クロマトグラフィーや蛍光検出等の方法が用いられてきたが、いずれの場合も煩雑な操作と時間を必要としていた。

さらに、魚の病気の原因となる魚類病原性細菌の検出も、水産養殖において重要な検査項目となっている。魚病細菌の検出には、近年ではフローサイトメトリーや Polymerase chain reaction (PCR) 等の検出法が開発され、迅速・簡便な測定が可能になってきた。これらの手法は、実際の水中や土壌試料中に含まれる細菌類を検出する場合、少量の検体量 (100 $\mu$ l 程度) での分析が可能である反面、菌体の高感度検出には必ずしも適しているとはいえなかった。すなわち、試料中の菌体数が極めて低い場合、100 $\mu$ l 程度の検体量では菌体の存在確率が低くなってしまいうため、その検出が困難になることがしばしばあった。また、試料中には菌体以外の夾雑物質が多数存在することも、その高感度検出に支障をきたしていた。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、前述の背景を鑑み、魚類健康診断の検査項目において現在、新しい測定法の確立が求められている血液成分のモニタリング、産卵時期の予測、魚病細菌の検出に焦点をあて、これら項目を迅速・簡便かつリアルタイムに測定できる各種バイオセンサシステムを製作し、魚類健康診断のための「さかなドッグ」の構築を目指すことを目的とした。本研究では、(1) 電子メディエータを用いた血液成分測定用酵素バイオセンサの開発、(2) 卵成熟ホルモン測定用非標識免疫バイオセンサの開発、(3) 免疫磁性ビーズを用いた魚病細菌検出システムの開発等を中心に研究を遂行した。

なお、各種バイオセンサの基本設計、製作、評価及び研究の総括は研究代表者の遠藤英明 (生体機能利用学) が担当した。また、電極上への自己組織化単分子膜の形成、抗体固定化法の検討については東京海洋大学大学院海洋工学系の大貫等 (有機薄膜工学) が、ワイヤレスシステム及び集積型バイオセンサの設計・製作は (財) 函館地域産業振興財団 (北海道立工業技術センター) の村田政隆 (計測システム学) が、魚病細菌検出の検証については (独) 水産総合研究センターの吉浦康寿 (魚病学、魚類生理学) が連携研究者として担当した。

### 3. 研究の方法

本研究では、計測デバイスに微小電極を、分子識別生体素子に生体触媒(酵素,抗体等)を利用することにより、魚類の血液成分(グルコース,総コレステロール,乳酸)や卵成熟ホルモン(DHP)の測定,魚類病性細菌の検出が可能な各種バイオセンサを製作し,魚類健康診断のためのバイオセンシングシステムを創出した.血液成分の測定には電子メディエータを利用した酵素反応を用い,DHPの測定には免疫反応を利用した.また,魚病細菌の検出には菌体試料の濃縮のために高勾配磁気分離(HGMS)法を採用し,細菌種の識別には免疫反応を用いた.

(1) 電子メディエータを用いた血液成分測定用酵素バイオセンサの製作:電子メディエータとなるフェロセン誘導体を GOD とともにポリピロールまたはキトサンに固定化することにより,酸素量に影響されない新しい血糖値測定用センサの製作を検討した.まず,作用極に白金イリジウム線を,対極に銀塩化銀を用いて,ニードル型微小電極を作製した.電極反応部には,電極反応に及ぼす夾雑物質の影響を軽減するためナフィオンを塗布し,その後メディエータと GOD を固定化した.これにより,GOD の酵素反応においてメディエータを介した電子移動による酸化還元反応が進行するため,血液中の溶存酸素濃度に依存しにくい酵素バイオセンサの構築が実現できると考えた.一方,総コレステロールや乳酸測定のためのバイオセンサについても,これら基質に対する各種酸化酵素とフェロセン誘導体を用いて同様に検討した.

(2) DHP 測定用非標識免疫バイオセンサの製作:抗-DHP 抗体を用いることにより,DHP との抗原抗体反応における電極表面特性の変化をサイクリックボルタンメトリー(CV)にて解析し,その電流値の変化から DHP の定量を試みた.まず,ディスク型金電極の表面を有機チオール $3$ -メルカプトプロピオン酸(MPA)溶液に浸漬し,MPAの自己組織化単分子膜(SAM)を形成させた.次に N-Ethyl-N'-[3-(dimethylamino)propyl]-carbodiimide (EDC) と N-Hydroxysuccinimide (NHS)を用いて,SAM 末端に抗-DHP 抗体を固定化した.さらに金電極の導電性を高めるために,ナフィオン分散溶液に溶解した単層カーボンナノチューブ(SWCNT)を抗体固定化電極の表面に塗布して固定化した.このように作製した SWCNT/抗体固定化電極を DHP 含有試料溶液に浸漬し,抗原抗体反応させた後,フェリシアン化カリウム溶液中で CV による酸化ピーク値の電流減少値を測定し,DHP の測定を試みた.また,CV による SAM の還元脱離の観察,他種ホルモンを用いた特異性の検討,各測定条件の最適化等の検討も合わせて行った.

(3) 免疫磁性ビーズを用いた魚病細菌検出

システムの製作:本研究では HGMS 技術に着目し,これを免疫学的手法と組み合わせることにより,標的の細菌を特異的に分離濃縮して検出することを試みた.HGMS とは,磁場勾配を大きくすることにより磁気力を高める原理に基づいている.本研究では魚病細菌のモデルとして,冷水病細菌(*Flavobacterium psychrophilum*)を用いた.まず,抗-*F.psychrophilum* 抗体を作成し,それらを磁性ビーズに固定化することにより各種免疫磁性ビーズを調製した.そして HGMS が可能な磁気分離フローシステムを製作し,これによって得られた菌体濃縮試料を PCR に供し,高感度検出の可能性について従来法と比べながら検討した.

### 4. 研究成果

(1) 電子メディエータを用いた血液成分測定用酵素バイオセンサ:魚類のストレスのリアルタイム診断を可能にするために,魚体内に留置できるグルコース測定用バイオセンサを,微小電極と固定化酵素を用いて製作した.本センサは,世界的にみても例のない魚類のためのワイヤレスバイオセンシングシステムであり,図1に示すように魚(ティラピア)を自由に遊泳させた状態で,血中グルコース濃度の陸上からのリアルタイムモニタリングを可能にした.

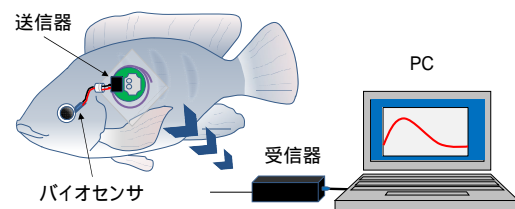


図1 ワイヤレスバイオセンシングシステム

研究代表者が,前回の科研費基盤研究(B)において開発したグルコースセンサは,グルコースオキシダーゼが試料中の酸素分子との間で生じる酵素反応を利用していたため,魚の状態によっては体内の溶存酸素量変動するとセンサの出力値にも影響を及ぼすことが懸念されていた.これに対し,本研究で製作したグルコースセンサは,電子受容体としてメディエータを用いるため,体内の溶存酸素量に影響されにくいセンサシステムを構築することができた.本システムを用いて魚を遊泳しながら,グルコースのモニタリングを行った結果を図2に示す.縦軸はセンサ及び従来法(酵素法)で測定したグルコース濃度を示し,横軸は経過時間を示す.矢印は溶存酸素量を減少させるために窒素ガスを添加した点を示す.この図から,溶存酸素量の低下(6.55 → 3.22 ppm)により血中グルコース濃度の上昇が認められる.この現象は,魚が呼吸困難に陥り,そのストレスが増加したものと推察される.

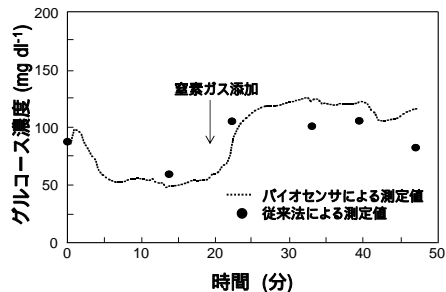


図2 グルコースのリアルタイムモニタリング

以上の結果から、本センサを用いることにより、魚のストレス応答を体内の溶存酸素の影響を受けずにリアルタイムで測定できることが明らかとなった[雑誌論文 ]。また、血液中の総コレステロールや乳酸の測定についても同様の方法でワイヤレスバイオセンサを製作し、それらのリアルタイムモニタリングを可能にした[雑誌論文 ]。さらに、最近新しい高導電性材料として注目されているカーボンナノチューブ(CNT)を用いることにより、より高感度なグルコースセンサの開発にも成功した[雑誌論文 ]。一方、センサの耐久性を向上させるために、酵素を生体適合性材料と共に固定化することにより、長時間の測定に適した生体留置型バイオセンサの製作も試みた。このセンサをヒラメの血糖値測定に適用したところ、従来のセンサに比べて長時間のモニタリングを実現することができた[雑誌論文 ]。

(2) DHP 測定用非標識免疫バイオセンサ：魚類の排卵前の血中 DHP 量は最高で数十から数万 pg ml<sup>-1</sup> まで変動するため、広い測定範囲で DHP のモニタリングが可能なセンサの開発が望まれてきた。そこで、前述の CNT を用いた非標識イムノセンサの開発を試みた。

まず、SWCNT-非標識イムノセンサの電気化学的評価を行なったところ、SWCNT を用いないイムノセンサと比較して、大幅な出力電流値の増加が確認された。また、SWCNT-イムノセンサの最適使用条件の影響を検討したところ、pH 6.5、温度 30°C、反応時間 10 分間における条件で最も高い出力応答を示すことがわかった。この条件下で DHP 標準試料を用いた検量線の作成を行ったところ、15.6 ~ 50,000 pg ml<sup>-1</sup> の広い濃度範囲において良好な直線関係が確認され、CNT を用いないセンサに比べて DHP の最大測定値を 100 倍向上させることに成功した。また、本センサを用いて魚類血漿中の DHP の測定を試みたところ、図 3 に示すように従来法 (ELISA) との間で良好な相関関係が認められた (雑誌論文 )。以上、本イムノセンサを用いることにより、従来法のように煩雑な前処理や洗浄操作を必要とせず、血漿中 DHP 濃度を迅速かつ簡便に測定することが可能

となった。将来的には、魚体内に留置可能な DHP バイオセンサの構築を目標としており、ここでの知見は今後の DHP センサシステム構築のための第一ステップと考えている (雑誌論文 )。

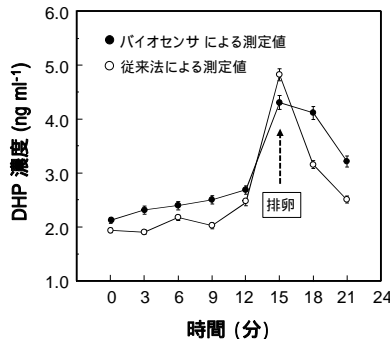


図3 卵成熟誘起ホルモン (DHP) のモニタリング

(3) 免疫磁性ビーズを用いた魚病細菌検出システム：図 4 に HGMS と免疫反応を組み合わせた、アユ冷水病細菌検出のための高勾配免疫磁気分離 (HGIMS) システムの概略を示す。本システムは、菌体を濃縮するための磁性フィルター、抗-*F. psychrophilum* 抗体が結合した免疫磁性ビーズ、マイクロチューブポンプ等より構成される。まず免疫反応槽において、試料中に含まれる冷水病細菌とそれに特異的に結合する免疫磁ビーズを反応させ (A)、磁免疫磁性ビーズと特異的に結合した冷水病細菌はマイクロチューブポンプにより磁気分離反応器 (B) に移送される。ここで磁性を帯びた冷水病細菌は、リング状磁石により帯磁されたステンレスフィルター上の HGIMS 効果 (C) によりトラップされる。一方、冷水病以外の細菌や非生物粒子は磁性フィルターをそのまま通過し、廃液槽へと送られる。その後、リング状磁石を外して磁気を遮断し、バルブを調節して緩衝液を流すことによりフィルターから脱離した冷水病細菌を試料槽に集める。試料槽では濃縮された目的の菌体のみが集積される。

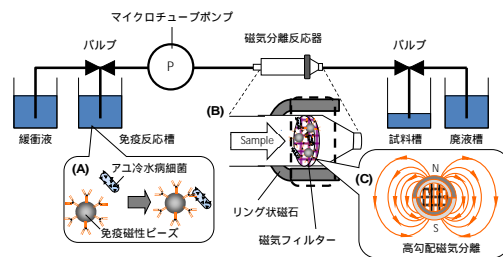


図4 高勾配免疫磁気分離システム

以上のような手法で菌体試料を濃縮し、これを PCR の試料として *F. psychrophilum* の検出を試みたところ、 $10^{-1} \sim 10^3$  cfu ml<sup>-1</sup> の範囲において、使用したプロトコルから予想されるサイズ (346bp) の PCR 産物が認められた。すなわち、最小  $10^{-1}$  cfu ml<sup>-1</sup> までの *F. psychrophilum* の高感度検出を実現することに成功した。また、本法による検出所要時



間は試料の前処理を含めて3時間半程度であった[雑誌論文, ]。本システムは、養殖場や河川等の夾雑物質を含む試料中の菌体も効率的に濃縮でき、最小 $10^{-1}$  cfu ml $^{-1}$ という極めて高感度な検出を可能にしたことから、今後、水産分野における魚類の飼育環境の保全・管理、かつ魚類の罹病の防止に貢献できるものと考えている。さらに、HGIMSシステムの原理は、抗体の種類を替えることにより、魚病細菌のみならず他の有害細菌の検出にも応用できる可能性を有しており、今後の更なる発展が期待される。

以上本研究は、安心・安全な養殖魚の生産のために、魚類の新しい健康診断法の確立を念頭におき、人間ドックの魚版ともいえる「さかなドック」システムを創出することを目的に研究を遂行してきた。今後、更に魚に特化した完成度の高いシステムを構築するには、センサシステムの魚体内への留置方法の更なる検討、センサ測定値のより安定した送受信法の確立、他の検査項目における測定法の確立等が必要と考えられる。これらについては今後、精力的に新しい研究を展開してゆきたいと考えている。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計12件)

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.* **40**, 385-394 (2014) 査読有

M. Hirai, T. Muramatsu, H. Ohnuki, K. Hibi, H. Ren, H. Endo: Carbon nanotube enhanced label-free immunosensor for amperometric determination of oocyte maturation-inducing hormone in fish. *Fish Physiol. Biochem.* **39** 299-308 (2013) 査読有

M. Takase, E. Takahashi, M. Murata, H. Ohnuki, K. Hibi, H. Ren, H. Endo: Development of a biocompatible glucose biosensor for wireless and real time blood glucose monitoring of fish. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* **93** 125-139 (2013) 査読有

H. Endo, T. Muramatsu, G. Yoshizaki, H. Ren, H. Ohnuki: Development of a label-free immunosensor system for detecting oocyte maturation-inducing hormone in fish. *Fish. Sci.* **78** 391-398 (2012) 査読有

U. Ryumae, K. Hibi, Y. Yoshiura, H. Ren, H. Endo: Ultra highly sensitive method for detecting *Flavobacterium psychrophilum* using high-gradient immunomagnetic separation with

polymerase chain reaction  
*Aquaculture Res.* **43**, 929-939 (2012) 査読有

M. Takase, Y. Yoneyama, M. Murata, K. Hibi, H. Ren, H. Endo: Carbon nanotube enhanced mediator-type biosensor for real-time monitoring of glucose concentrations in fish. *Anal. Bioanal. Chem.* **403**, 1187-1190 (2012) 査読有

M. Takase, Y. Yoneyama, M. Murata, K. Hibi, H. Ren, H. Endo: Mediator-type biosensor for real-time wireless monitoring of blood glucose concentrations in fish. *Fish. Sci.* **78**, 691-698 (2012) 査読有

K. Hibi, Y. Yoshiura, H. Endo: Rapid detection of *Flavobacterium psychrophilum* with magnetic-fluorescent beads and flow cytometry. *Sens. Material.* **24**, 311-322 (2012) 査読有

K. Hibi, K. Hatanaka, M. Takase, H. Ren, H. Endo: Wireless biosensor system for real-time L-lactic acid monitoring in fish. *Sensors* **12**, 6269-6281 (2012) 査読有

H. Endo, M. Igarashi, A. Banba, H. Ohnuki, H. Ushio, T. Hayashi, H. Ren, G. Yoshizaki: Electrode-based immunologic assay system to monitor oocyte maturation-inducing hormone in fish. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* **91**, 174 - 184 (2011) 査読有

T. Muramatsu, H. Ohnuki, H. Ushio, K. Hibi, M. Igarashi, T. Hayashi, H. Ren, H. Endo: Electrochemical flow injection immunoassay for cortisol using magnetic microbeads. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* **91**, 161 - 173 (2011) 査読有

遠藤英明: 魚類の健康状態のリアルタイム診断の可能性～バイオセンサを用いた「さかなドック」の創出～, *科学・技術研究*, **2**, 85-90 (2014) 査読無

[学会発表](計29件)

#### 1) 国際会議

Development of a label-free immunosensor system for detecting plasma cortisol levels in fish: H. Wu, K. Hibi, H. Ohnuki, H. Ren, H. Endo. *aquaculture 2013*, Gran Canaria, **Spain**, 3-6 November, 2013

Development of label-free biosensor for detecting steroid hormone concentration in fish: H. Wu, H. Endo. *International Symposium on Aquatic Products Processing*, **Indonesia**, 11-16 November, 2013

Simultaneous real-time monitoring of glucose and cholesterol levels in fish using an enzyme-based sensor: K. Hibi, M. Murata, T. Oomiri, M. Takase, H. Ren, H.

Endo. Biosensors 2012, Cancún, **Mexico**, 15-18 May, 2012

Implantable mediator-type biosensor for continuous in vivo monitoring of total cholesterol concentration in fish: M. Takase, M. Murata, K. Hibi, H. Ren, H. Endo. Biosensors 2012, Cancún, **Mexico**, 15-18 May, 2012

Development of mediator type biosensor for continuous measurement of blood glucose levels in fish: M. Takase, Y. Yoneyama, M. Murata, H. Ren, H. Endo. The 10th workshop on biosensors and bioanalytical microtechniques in environmental and clinical analysis (BBMEC 2011), Weimar, **Germany**, Jun 19-22, 2011

Wireless biosensor system for real-time L-lactic acid monitoring in fish: K. Hibi, K. Hatanaka, M. Takase, H. Ren, H. Endo. Euroanalysis 2011, Belgrade, **Serbia**, 11-15 Sept, 2011

Label-free immunosensor using carbon nanotube for amperometric determination of oocyte maturation-inducing hormone in fish: M. Hirai, T. Muramatsu, H. Ohnuki, G. Yoshizaki, K. Hibi, H. Ren, H. Endo. Euroanalysis 2011, Belgrade, **Serbia**, 11-15 Sept, 2011

Development of carbon nanotube modified mediator biosensor for real time monitoring of blood glucose levels in fish: M. Takase, Y. Yoneyama, M. Murata, K. Hibi, H. Ren, H. Endo. Euroanalysis 2011, Belgrade, **Serbia**, 11-15 Sept, 2011

## 2) 国内学会

呉海雲, 大貫等, 日比香子, 任恵峰, 遠藤英明: カーボンナノチューブを用いた魚類のためのコルチゾール測定用: イムノセンサの改良に関する研究: 日本水産学会春季大会 北海道大学 2014年3月29日

陶格斯, 村田政隆, 高瀬麻以, 日比香子, 任恵峰, 遠藤英明: カーボンナノチューブ(CNT)を用いた魚類のためのコレステロールバイオセンサの開発に関する研究: 日本水産学会秋季大会 三重大学 2013年9月20日

日比香子, 平井睦子(海洋大), 吉浦康寿(水研セ増養殖研), 任恵峰, 遠藤英明(海洋大): 固定化抗体磁性ビーズを用いたフローサイトメトリーによる *Edwardsiella ictaluri* の検出: 日本水産学会春季大会 東京海洋大学 2013年3月27日

高瀬麻以, 村田政隆, 日比香子, 任恵峰, 遠藤英明: 魚類のストレス状態測定のためのメディエータ型バイオセンサの試作: 日本水産学会秋季大会 下関水産大学校 2012年9月15日

平井睦子, 日比香子, 吉浦康寿, 任恵峰,

遠藤英明: アユ冷水病菌検出のための非標識免疫センサの試作: 日本水産学会春季大会 東京海洋大学 2012年3月28日  
他

〔図書〕(計1件)

遠藤英明(分担執筆)バイオセンサの先端科学技術と新製品への応用開発, 第9章第9節「バイオセンサによる迅速・簡便な魚類の健康診断~さかなドックの創出に向けて~」, 技術情報協会編, pp.377-382(総ページ数: 550 ページ) 技術情報協会, 東京(2014)(印刷中)

〔その他〕

ホームページ

■遠藤英明研究室

<http://www2.kaiyodai.ac.jp/~endo/endo/index.html>

■東京海洋大学研究者総覧データベース

<http://olcr.kaiyodai.ac.jp/kenkyusha-db/kaiyokagaku.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

遠藤 英明 (ENDO, Hideaki)

東京海洋大学大学院・海洋科学系・教授  
研究者番号: 50242326

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者(3名)

大貫 等 (OHNUKI, Hitoshi)

東京海洋大学大学院・海洋工学系・准教授  
研究者番号: 60223898

吉浦 康寿 (YOSHIURA, Yasutoshi)

独立行政法人水産総合研究センター・瀬戸内海区水産研究所・主任研究員

研究者番号: 90372052

村田 政隆 (MURATA, Masataka)

函館地域産業振興財団・北海道立工業技術センター・研究主任

研究者番号: 40505707