

平成21年6月10日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17380119
 研究課題名（和文） 嗅覚系が高度に発達した魚類の匂い受容とその特異的機能に関する基礎的研究
 研究課題名（英文） Basic research on the function of the highly developed olfactory systems in fishes.

研究代表者
 庄司 隆行（SHOJI TAKAYUKI）
 東海大学・海洋学部・教授
 研究者番号：00241349

研究成果の概要：

従来、きわめて情報量が乏しかったウナギ目魚類の嗅覚器の組織学的知見とニホンウナギのアミノ酸に対する応答性（電気生理学的および行動学的知見）に関して、次段の研究につながる種々の情報を得ることができた。また、板鰓類および全頭類の嗅覚組織および嗅球、終脳に関する多くの組織学的情報が得られ、高度な匂い情報処理機構を研究する端緒が得られた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	2,400,000	0	2,400,000
2006年度	1,500,000	0	1,500,000
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	5,500,000	480,000	5,980,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：魚類・嗅覚・板鰓類・ウナギ目魚類・深海性魚類・サケ科魚類・嗅球・蛍光色素

1. 研究開始当初の背景

高度嗅覚魚に分類されるウナギやサメ類等では、その高感性や特異的行動との関連についての生理学的・組織学的研究が遅れており、本格的な匂い情報処理機構を研究する素地ができていなかった。これは、ウナギは別として、種々の実験動物の入手や捕獲、畜養の困難さが原因していると考えられる。

また、深海棲の魚類や無脊椎動物の感覚系をはじめとする器官の生理機能についての基礎的情報も、その収集の困難さからきわめて乏しかった。

研究代表者および分担者の所属する東海大学海洋学部は駿河湾に面し、駿河湾は沿岸

域から1000 m以上の深度の深海域が始まっているので、深海生物の棲息域までの距離が非常に短い。加えて、本学部には調査・実習のための小型舟艇が2隻あり、専門のスタッフも配置されていることから、延縄やカゴ型トラップによる深海生物をはじめ、様々な海洋生物の捕獲を容易に行うことができる。また、本学部近隣の河川や汽水域にはウナギが棲息し、容易に釣獲できる。したがって、活きた生体試料（実験動物）を得ることが必須の生理学的・行動学的実験を行うための環境に恵まれていると言える。

以上のような背景から、我々は遅れている高度嗅覚魚の生理学的・行動学的研究をきわめて基礎的なレベルから始め、それを発展さ

せる端緒になるべく、上記研究を企画した。

2. 研究の目的

上記背景に鑑みて、高度に嗅覚系を発達させ、それが特異的行動の発現に大きく寄与していると考えられる魚種（ウナギ目魚類や軟骨魚類、サケ科魚類、深海棲生物等）の生理学的・組織学的・行動学的知見を蓄積し、高度な匂い情報処理機構を明らかにすることを目的とした。

ウナギ目魚類のいくつかおよびサケ科魚類の多くは重要な漁業対象種であり、その生理機能の詳細を調べることは、生物学上の重要性に加えて資源管理のための参考になる情報を得ることにつながる。例えば、ウナギがどのようなメカニズムで産卵海域に到達し雌雄が会合して産卵行動を発現するのか、あるいは、サケマスが母川を識別して正確に遡上・産卵するための回帰メカニズムはどのようなものか等の情報が得られれば、資源変動の原因の把握やその管理のための手段を講じることも可能となる。

また、通常観察が困難な深海域の魚類、無脊椎動物の感覚生理・行動を実験室レベルで詳細に調べることにより、従来全くわからなかった深海での生体を正確に把握するきっかけになると思われる。

3. 研究の方法

所属学部所有の小型船舶による延縄およびカゴ漁、あるいは釣りをを行い、活きた実験魚を捕獲してカルボシアニン系蛍光色素による嗅覚系ニューロンのトラッキング、嗅覚組織からの匂い応答 (Electroolfactogram や神経インパルス等) の記録に供した。

また、カゴ漁によって混獲されるオオグソクムシは、深海域におけるスカベンジャーとして重要な種であると考えられたため、その嗅覚行動の特性を明らかにすることを目的として暗黒下において運動奇跡を追尾できるよう赤外線発光ダイオードフラッシュャーと自動追尾・軌跡解析システムを開発した。

ウナギに関しては、種々の匂い刺激に対応する行動の変化を暗黒下においてビデオ記録し、電気生理学的に測定した匂い応答と行動との関係を考察した。また、サケ科魚類については、水溶性蛍光色素 FM1-43 を用いて匂い刺激に対応した脳内活性化部位の特定を試みた。

4. 研究成果

(1) 板鰓類の嗅覚

板鰓類 4 種を用い、DiI, 4-Di-10-ASP の局所投与と鍍銀法(石川変法)を用いて嗅上皮-嗅球間の神経走行を観察した。シビレエイでは嗅球内側・外側とその間の 3 つの部位で大きな糸球体群を形成していることが確認された。ホシザメは嗅球内側・外側で糸球体群が分かれており、それぞれに明瞭な層構造が確認された。アカエイ・シビレエイ・ホシザメの嗅球内側に挿入した 4-Di-10-ASP は嗅房内側の嗅上皮へ、嗅球外側に挿入した DiI は嗅房外側の嗅上皮へ拡散していた。シロシユモクザメでは、色素投与部位周辺の糸球体に隣接する嗅房の嗅神経のみが染色された。すなわち、嗅細胞は最短距離で到達する糸球体にもみ軸索を投射していると考えられた。

(2) ウナギ目魚類

ウナギ目 10 種を用い同様の観察を行った。ウナギ目魚類は大きな嗅房を持ち、ホラアナゴの嗅板表面には他の 9 種では見られないしわ状構造が見られた。嗅球連続切片を三次元的に再構築して観察したところ、糸球体は前部付近に多く分布しており、嗅球外側では後部まで連続して分布していた。種による大きな違いは見られず、糸球体数は少なかった。ウナギ目魚類はある程度限られた匂い物質を高感度に受容・識別している可能性が考えられた。また、ウナギ終脳前部腹側において、嗅球前部外側に挿入した DiI によって染色された細胞体群が確認された。

(3) サケマス類の嗅覚

FM1-43FX を用い、ニジマスとアマゴをモデルとして嗅覚情報処理・記憶形成の場の特定を試みた。その結果、脳脊髄液を 3・M FM1-43FX を含む人工脳脊髄液で置換することで嗅球、終脳内中心部の細胞間隙まで FM1-43FX が浸透することが確かめられ、異なる匂い刺激によって終脳の異なる部位の神経群が FM1-43FX を取り込むことがわかった。本法により簡便に嗅覚情報の処理・記憶形成の場を特定することができる可能性が示された。

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 8 件)

① Y. Yamamoto, C.A. Woody, T. Shoji, H. Ueda. Olfactory nerve response of masu

salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort) and rainbow trout (*O. mykiss* Walbaum) to clove oil and MS-222. *Aquaculture Research*, 39, 1019-1027. 2008.

- ② 庄司隆行, 高本泰樹. 蛍光色素および鍍銀法を用いたウナギ目魚類嗅球の組織観察. *日本味と匂学会誌*. 15, 521-522. 2008.
- ③ 田中彰. 繁殖に見られる軟骨魚類の多様性. *生物の科学「遺伝」* 62, 41-46, 2008.
- ④ 坂東洋, 庄司隆行. 蛍光色素を用いた板鰓類嗅覚系の形態観察. *日本味と匂学会誌*. 14, 479-480. 2007.
- ⑤ 田中彰. 総論: 軟骨魚類研究-過去、現在、未来-. (谷内透と共著)、月刊海洋 号外 45、5-9、2006.
- ⑥ 田中彰. 長崎周辺海域におけるホシザメ資源の減少と生活史特性の変化. (山口敦子・三代岳樹と共著)、月刊海洋 号外 45、80-87、2006.
- ⑦ 鈴木教世, 高畑雅一, 庄司隆行, 田中慧. 深海棲等脚類オオグソクムシの化学感覚行動. *日本味と匂学会誌*. 12, 271-274. 2005
- ⑧ 衛藤望, 庄司隆行. 種々のニオイに対するニホンウナギ (*Anguilla japonica*) 嗅覚応答の生理学的・行動学的研究. *日本味と匂学会誌*. 12, 383-386. 2005.

[学会発表] (計 9 件)

- ① 高本泰樹, 庄司隆行. 「蛍光色素および鍍銀法を用いたウナギ目魚類嗅球の組織観察」*日本味と匂学会* 2008年09月
- ② Akemi Shibuya, Sho Tanaka, Jansen Zuanon, Maria Lucia and G. Araujo "Comparative study of prey capture mechanisms in freshwater and marine stingrays" *American Elasmobranch Society*, 2008年7月
- ③ 坂東洋, 庄司隆行. 「高度に発達した板鰓類嗅覚受容器官—蛍光色素を用いた形態観察—」*日本味と匂学会* 2007年7月

- ④ 高本泰樹, 衛藤望, 坂東洋, 久保野昌樹, 山崎淳仁, 坪井佳子, 庄司隆行. 「蛍光色素および銀染色を用いたウナギ (*Anguilla japonica*) 嗅覚系の形態観察」*日本水産学会* 2008年3月
- ⑤ 坂東洋, 庄司隆行. 「深海棲魚類の嗅覚器および中枢神経系の形態」*日本味と匂学会* 2006年7月
- ⑥ 庄司隆行. 「サメ類の嗅覚系—嗅覚研究の対象としてのおもしろさ」*東京大学海洋研究所共同利用研究集会「軟骨魚類を探る」* 2006年12月
- ⑦ 衛藤望, 庄司隆行. 「種々の匂いに対するニホンウナギ (*Anguilla japonica*) 嗅覚応答の生理学的・行動学的研究」*日本味と匂学会* 2005年9月
- ⑧ 鈴木教世, 田中慧, 庄司隆行, 高畑雅一. 「深海棲等脚類オオグソクムシの化学感覚行動」*日本味と匂学会* 2005年9月
- ⑨ 山本雄三, 庄司隆行, 上田宏. 「河川水中のアミノ酸組成がサケ科魚類の母川選択性に与える影響」*日本水産学会* 2005年4月

[図書] (計 3 件)

- (1) 田中彰: 海の猛者 サメ. *海洋生物学入門*. P.125-148. 東海大学出版会. 2008.
- (2) 庄司隆行: 魚類の嗅覚受容. *魚類のニューロサイエンス—魚類神経科学研究の最前線—*. P77-92. 恒星社厚生閣. 2008.
- (3) 庄司隆行: 匂いや味を敏感に感じる海の生き物たち. *海洋生物学入門*. P69-93. 東海大学出版会. 2008

6. 研究組織

(1) 研究代表者

庄司 隆行 (SHOJI TAKAYUKI)
東海大学・海洋学部・教授
研究者番号: 00241349

(2)研究分担者

田中 彰 (TANAKA SHO)
東海大学・海洋学部・教授
研究者番号：90138636

(3)連携研究者

無し