

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23380113

研究課題名(和文)ハタ科魚類の繁殖機構の解明：資源維持管理に向けての生理生態学的研究

研究課題名(英文)Study on reproductive mechanism of groupers: Ecophysiology for resource management

研究代表者

征矢野 清 (SOYANO, Kiyoshi)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科・教授

研究者番号：80260735

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,800,000円、(間接経費) 4,440,000円

研究成果の概要(和文)：ナミハタ及びカンモンハタを用いて、環境要因と関連した生殖腺発達過程を明らかにするとともに、産卵場への移動及び生息場所への回帰をバイオテレメトリーを用いて観察した。その結果、これらのハタ科魚類は、いずれも月周リズムを持った生殖内分泌機構を持ち、生殖腺を発達させて産卵を行うことが分かった。しかし、最終成熟は摂餌場から産卵場へ移動した後に起こることが示された。産卵場において雌は雄からのフェロモンを感受することによって最終成熟を完了し産卵すると考えられる。産卵を終えた個体は元の摂餌場に回帰することも分かった。これらの情報は禁漁区や禁漁期間の設定に活用することができる有効な情報である。

研究成果の概要(英文)：Developmental process of gonad in the white-streaked grouper and the honeycomb grouper was investigated using physiological and histological methods. In addition, spawning migration and return behavior to feeding ground were observed using a biotelemetry method. In this study, we have following results. 1) Both species have a reproductive endocrine system associated with lunar rhythm and gonadal development and spawning are controlled by the endocrine system. 2) In female fish, final oocyte maturation was not observed in the feeding ground. 3) These groupers move to spawning ground from the feeding ground for spawning. After spawning, fish return to the feeding ground. 4) The rearing water of male has a strong effect on induction of final maturation in female. 5) It appears that the final maturation in female is completed by receiving the maturation-inducing pheromone from male in the spawning ground. These results are useful information for conducting resource management in groupers.

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：繁殖生理 ハタ科魚類 産卵行動 産卵場環境 バイオロギング フェロモン

1. 研究開始当初の背景

ハタ科魚類は、我が国をはじめアジアを中心とした世界各国において、重要な水産対象魚である。しかし、本科魚種は生態系の高次に位置する生物であることから、非計画的漁獲は、その資源量に影響を及ぼすばかりでなく、生態系全体の生物生産や多様性に影響を与える。本科魚種を水産資源として永続的に利用するためには、増養殖技術の開発に加え、天然資源を維持管理する対策の策定が緊急の課題である。特に、次世代生産を保障するための産卵親魚の保護と産卵場所における捕獲の制限、さらには産卵場そのものの保全管理が必要である。しかしながら、資源管理を行う上で必要不可欠な天然におけるハタ科魚類の繁殖特性に関する情報は限れており、その全容は解明されていなかった。

そこで我々は、ハタ科魚類の生殖腺発達メカニズム、産卵メカニズム、産卵後の受精卵や仔稚魚の拡散に注目した研究を、南方海域に生息するカンモンハタ・スジアラ・ナミハタなどを中心に開始した。その結果、1)多くの南方系ハタ科魚類の生殖腺の発達・成熟や産卵には月周リズムがある、2)雌の卵母細胞の最終成熟や排卵の遂行にはフェロモン(雌雄間のコミュニケーション)が関与する可能性が高い、3)産卵には産卵好適環境への移動が必要である、といった情報が少しずつ得られるようになった。これに加えて、4)産卵場は産卵行動に必要な水深と受精卵を拡散するための潮流等の物理的要因によって決定されている可能性が高いことを見出した。しかしこれらの情報を有機的に結び付け、ハタ科魚類の繁殖特性を解明するには至っていない。

そこで本研究では、我が国の西南海域に生息する産卵場蛸集型の月周産卵魚であり、重要な漁業対象種であるカンモンハタ及びナミハタを主な対象魚として、本科魚種の配偶子形成から産卵までの繁殖特性を行動生理学的・分子生物学的に解明するとともに、産卵行動のみならず受精卵の拡散にもかわる産卵場の環境特性を明らかにし、ハタ科魚類の産卵機構の総合的理解を目指した。

2. 研究の目的

本研究は我が国の重要な水産資源であるとともに、水圏生態系の維持管理の観点からも重要生物種であるハタ科魚類の産卵機構を生理生態学的に解明し、資源維持管理型水産業の発展と水圏生態系の健全化に寄与することを目的とする。水産資源維持のための管理技術の確立と政策策定には、対象種の次世代生産機構に関する情報とその十分な理解が不可欠である。そこで、ハタ科魚類の配偶子形成と産卵特性を行動学的・生殖生理学的に把握するとともに、産卵場の環境解析を行い、産卵行動および受精卵の拡散効果との関係を明らかにする。これらの目的を達成するために、本研究では以下の点に研究の焦点をおく。

1) 外部環境変化と関連した産卵時期の決定機構解明、2) 配偶子最終成熟と産卵行動惹起に関する生理機構の解明、3) 産卵遂行と資源拡散に必要な産卵場環境の解明

3. 研究の方法

(1) 外部環境変化と関連した産卵時期の決定機構解明: 産卵時期の決定は、配偶子形成の完了を待って行われることから、環境変化と関連付けて配偶子形成を統御する内分泌情報を可能な限り多く得ることが、産卵時期決定メカニズムを理解する上で必要不可欠である。特に、ナミハタやカンモンハタの生殖腺発達には月周リズムがあることから、石垣魚市場に水揚げされたナミハタを産卵期を通して購入し、生殖腺発達と月周変動との関係を明らかにすることを試みた。また、天然海域において捕獲したナミハタを水槽内で飼育し、月周リズムに関連した生殖腺発達とそれに伴う性ホルモン濃度の測定を行った。

(2) 配偶子最終成熟と産卵行動惹起に関する生理機構の解明: 配偶子の最終成熟能獲得と最終成熟の開始は、産卵場へ移行した後に起こると考えられる。そこで、配偶子形成を完了した個体を用いて飼育実験によるフェロモンの検証を行った。単独飼育した雌に、成熟雄の飼育水を注入し、引き起こされる生殖腺変化を確認するとともに、生殖腺刺激ホルモン(FSHおよびLH)遺伝子の発現を調べた。性ステロイドの分析を行い、フェロモンの存在と作用を解析した。

(3) 産卵遂行と資源拡散に必要な産卵場環境の解明: 我々はこれまでに、カンモンハタに音波発信器を埋め込み、その信号を受信することによって、カンモンハタが生息場所のサンゴ礁池から礁池外に移動し産卵することを明らかとした。しかし、産卵場所の特定には至っていない。そこでバイオリギングと潜水調査を併用し、産卵場が推定されているナミハタを用いて産卵場を特定、産卵場と摂餌場間の移動(回遊)をバイオリギング法によって調べた。また、産卵場における産卵行動の観察を行った。

4. 研究成果

(1) 外部環境変化と関連した産卵時期の決定機構解明: 石垣島に水揚げされたナミハタを約2日毎に採集し、生殖腺発達と産卵の有無を組織学的に確認した。その結果、下弦に向けて生殖腺は発達し、生殖腺体指数(GSI)もピークを迎えた(図1)。その数日後には成熟卵が観察され産卵が確認された。この成果は、水槽内で飼育したナミハタの同じであった。水槽内で飼育したナミハタの血中エストロジオール17(E2)、最終成熟誘起ステロイド(DHPおよび20 β -S)の変化を測定した(図2)。その結果、卵黄蓄積に関わるE2はGSIと同様に下弦に向かって増加し、最終成熟誘起ステロイドは、下弦以降に上昇することが分

かった。これは、本種が月周リズムを持ってホルモン産生と卵母細胞の発達・産卵を行っていることを示唆している。

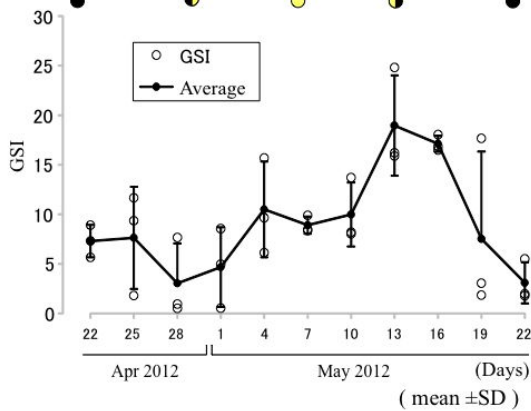


図-1 ナミハタの生殖腺体指数 (GSI) の変化

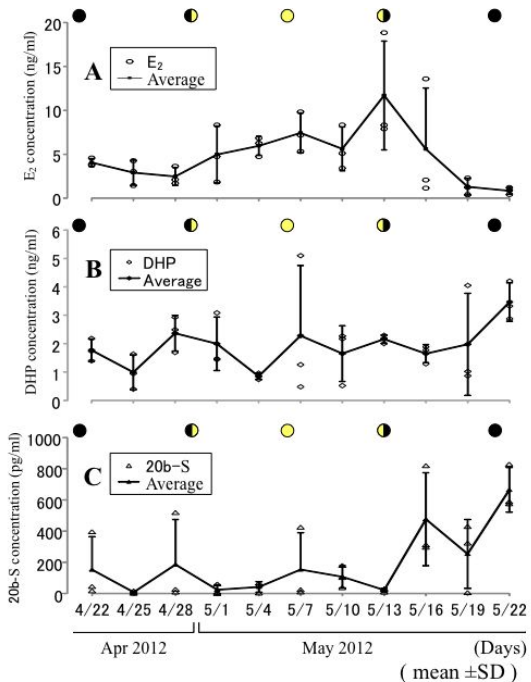


図-2 ナミハタの血中エストラジオール17β (E2) 及び最終成熟誘ステロイド (DHP及び20b-S) の変化

(2) 配偶子最終成熟と産卵行動惹起に関する生理機構の解明：ナミハタ及びカンモンハタを雌雄個別に飼育し、雄の飼育水を雌の飼育水槽に注水することによって、最終成熟が誘導されるか否かを調べた。その結果、雄の飼育水を注水することによって雌の最終成熟が誘起されたことから、雄から雌への最終成熟誘起フェロモンが存在することが明らかとなった。フェロモンを感受した雌では生殖腺刺激ホルモン（濾胞刺激ホルモン FSHと黄体形成ホルモン LH）遺伝子の発現が見られ、テストステロン (T) と E2 の増加が認められた (図3)。そこで、カンモンハタに T と E2 を投与したところ、これらのホルモンは最終成熟時の卵巣における GTH 作用を高めていることが明らかとなった。しかし、フ

エロン物質の同定にはいたらなかった。

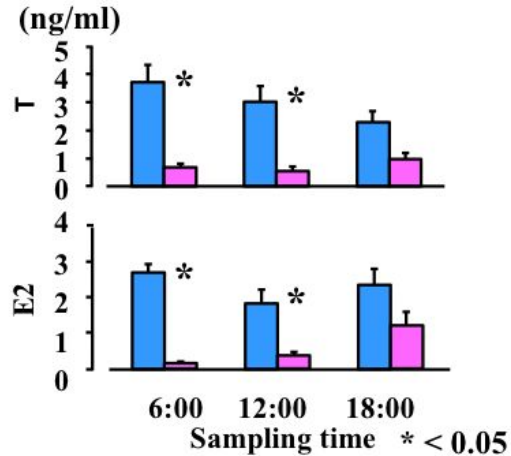


図-3 カンモンハタの血中テストステロン (T) 及びエストラジオール17β (E2) の濃度

■ : 雄の飼育水を注水して飼育した雌
■ : 雌単独飼育

(3) 産卵遂行と資源拡散に必要な産卵場環境の解明：ナミハタの生息場所及び産卵場所と推定されるエリアを地元情報及び海洋観測により特定し、沖縄県小浜島及び石西礁湖に約20台の受信機を設置した。その後、ナミハタに発信機を装着し放流した。その結果、雄が雌よりも早く生息場所から産卵場へ移動すること、雌は産卵の数日前に産卵場へ移動し、産卵後速やかに生息場所に戻ることが確認された。また、この行動は産卵期のみで確認された。西表島と小浜島の間位置するヨナラ水道では大規模な産卵集群を作ることが確認された。

以上の結果より、ナミハタ及びカンモンハタは月周産卵を行うが、産卵に先立って産卵場へ移動し集群することが分かった (図4)。産卵場では、雌は雄からのフェロモンを受け取って最終成熟を完了し、産卵を行う。産卵後、元の摂餌場に帰帰することも分かった。これらの情報は、禁漁区や禁漁期間の設定などハタ科魚類の資源管理に向けた対策に有効である。



図-4 ナミハタ及びカンモンハタの産卵回避と成熟

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 3 件)

- Nanami, A., Kawabata, Y., Sato, T., Yamaguchi, T., Kawabe, R., Soyano, K. Spawning migration and returning behavior of white-streaked grouper *Epiplatys ongus* determined by acoustic telemetry. *Marine Biology*, 161, 669-680, 2014. 査読有
- Nanami, A., Sato, T., Takebe, T., Teruya, K., Soyano, K. Microhabitat association in white-streaked grouper *Epiplatys ongus*: importance of Acropora spp. *Marine Biology*, 160, 1511-1517, 2013. 査読有
- Murata R., Karimata, H., Kobayashi, Y., Horiguchi, R., Kishimoto, K., Kimura, M., Kobayashi, T., Soyano, K., Nakamura, T. Differentiation of steroid-producing cells during ovarian differentiation in the protogynous Malabar grouper, *Epiplatys malabaricus*. *Int. J. Dev. Biol.* 55, 619-625, 2011. 査読有

[学会発表](計 16 件)

- 征矢野清. 八丈科魚類の繁殖機構: 産卵関連行動. 平成 26 年度日本水産学会春季大会シンポジウム, 函館, 北海道, 2014 年 3 月 27 日
- 河端雄毅. 八丈科魚類の繁殖機構: 孵化仔魚・遊泳・行動. 平成 26 年度日本水産学会春季大会シンポジウム, 函館, 北海道, 2014 年 3 月 27 日
- Soyano, K., Izumida, D., Nakamura, M. Pheromonal control of final oocyte maturation and lunar-related spawning in grouper. 7th Intercongress Symposium of the Asia and Oceania Society for Comparative Endocrinology, Keelung, Taiwan, Mar. 18 - 24, 2014.
- Yamaguchi, T., Tawaki, S., Kawabata, Y., Takebe, T., Nanami, A., Sato, T., Teruya, K., Soyano, K. The biological information of final maturation in the white-streaked grouper. The 10th International Meeting on Reproductive Biology of Aquatic Animals of the East China Sea, Jeju, Korea, Nov 18 - 21, 2013.
- Yamaguchi, T., Kawabata, Y., Takebe, T., Nanami, A., Sato, T., Teruya, K., Soyano, K. Gonadal maturation and spawning migration of the white-streaked grouper. 9th East China Sea Conference, Keelung, Taiwan, Sep 29 - Oct 1, 2013.
- Kawabata, Y., Noda, T., Nakashima, Y., Nanami, A., Sato, T., Mitamura, H., Arai, N., Yamaguchi, T., Soyano, K. Toward the

development of the feeding event recorder: classification of the fast-start behaviors of white-streaked grouper *Epiplatys ongus* using gyroscope/accelerometer. 9th East China Sea Conference, Keelung, Taiwan, Sep 29 - Oct 1, 2013.

Kawabata, Y., Noda, T., Nakashima, Y., Nanami, A., Sato, T., Mitamura, H., Arai, N., Yamaguchi, T., Soyano, K. A biomechanics approach to feeding ecology of fish in the wild: an animal-attached gyroscope/accelerometer for detecting the different feeding behaviors of white-streaked grouper *Epiplatys ongus*. Young Scientists Symposium: Exchanging knowledge on novel approaches to studying marine organisms and ecosystems. 2013 年 6 月 23-24 日, 長崎

Yamaguchi, T., Kawabata, Y., Takebe, T., Nanami, A., Sato, T., Teruya, K., Soyano, K. Gonadal development and spawning migration of white-streaked grouper. Young Scientists Symposium: Exchanging knowledge on novel approaches to studying marine organisms and ecosystems. 2013 年 6 月 23-24 日, 長崎

Nanami, A., Kawabata, Y., Sato, T., Yamaguchi, T., Kawabe, R., Soyano, K. Spawning migration and homing pattern of white-streaked grouper *Epiplatys ongus* determined by acoustic telemetry. 9th Indo-Pacific Fish Congress, Okinawa, June 26, 2013.

Nakachi, M., Zuo, Y. S., Yamaguchi, T., Nakamura, M., Soyano, K. Pheromonal communication between male and female during spawning phase in the honeycomb grouper, *Epiplatys merra*. The 9th International Meeting on Reproductive Biology of Aquatic Animals of the East China Sea, Tokyo, Dec 19-21, 2012.

Yamaguchi, T., Kawabata, Y., Nanami, A., Sato, T., Teruya, K., Soyano, K. Maturation and spawning of white-streaked grouper. The 9th International Meeting on Reproductive Biology of Aquatic Animals of the East China Sea, Tokyo, Dec 19-21, 2012.

Yamaguchi, T., Kawabata, Y., Takebe, T., Nanami, A., Sato, T., Teruya, K., Soyano, K. Characteristics of oocyte development and maturation in white-streaked grouper. 10th Japan-Korea, Korea-Japan Joint Symposium on Aquaculture 2012, Nagasaki, Japan, Dec 8-9, 2-12

仲地政人・左永松・山口智史・中村将・征矢野清. 産卵期のカンモン八丈における雌雄間コミュニケーション. 日本水産増殖学会第 11 回大会, 長崎, 2012 年 12 月 8-9 日

Katayama, S., Izumida, D., Lee, YD.,

Soyano, K. Seasonal changes in oocyte development of the blacktip grouper, *Epinephelus fasciatus*. The 8th International Meeting on Reproductive Biology of Aquatic Animals of the East China Sea, 2011年10月28日, 長崎
Nakachi, M., Zuo, YS., Yamaguchi, T., Nozu, R., Nakamura, M., Soyano, K. Hormonal regulation of final oocyte maturation and ovulation in the honeycomb grouper, *Epinephelus merra*, The 8th International Meeting on Reproductive Biology of Aquatic Animals of the East China Sea, 2011年10月28日, 長崎
Zuo, YS., Nakachi, M., Yamaguchi, T., Nakamura, M., Soyano, K. Physiological responses of honeycomb grouper (*Epinephelus merra*) after the injection of HCG and LHRHa, The 8th International Meeting on Reproductive Biology of Aquatic Animals of the East China Sea, 2011年10月28日, 長崎

〔その他〕

シンポジウム開催

ハタ科魚類の繁殖の生理生態と種苗生産
(企画者:征矢野清・照屋和久・中田久),
平成26年度日本水産学会春季大会,北海道大学,2014年3月27日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

征矢野 清 (SOYANO, Kiyoshi)
長崎大学・水産・環境科学総合研究科・教授
研究者番号: 80260735

(2) 研究分担者

河邊 玲 (KAWABE, Ryo)
長崎大学・水産・環境科学総合研究科・教授
研究者番号: 80380830

(3) 研究分担者

長江 真樹 (NAGAE, Masaki)
長崎大学・水産・環境科学総合研究科・教授
研究者番号: 00315227

(4) 研究分担者

ニシハラ グレゴリー ナオキ
(NISHIHARA, Gregory)
長崎大学・水産・環境科学総合研究科・准教授
研究者番号: 40508321

(5) 研究分担者

河端 雄毅 (KAWABATA, Yuuki)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科・助教

研究者番号: 50606712

(6) 研究分担者

照屋 和久 (TERUYA, Kazuhisa)
独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所・石垣支所長
研究者番号: 60443347

(7) 研究分担者

名波 敦 (NANAMI, Atsushi)
独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所・主任研究員
研究者番号: 90372060

(8) 研究分担者

武部 孝行 (TAKEBE, Takayuki)
独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所・主任研究員
研究者番号: 40526993

(9) 研究分担者

佐藤 琢 (SATO, Taku)
独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所・研究員
研究者番号: 20455504