

ナミハタの産卵集群形成と月周期および水温との関係 (八重山海域資源管理型漁業推進調査)

太田 格*, 海老沢明彦

Relationship of Forming Spawning Aggregation of the White-Streaked Grouper, *Epinephelus ongus*, with Lunar Periodicity and Water Temperature in Yaeyama Islands

Itaru OHTA* and Akihiko EBISAWA

ナミハタの産卵集群の形成過程を明らかにするために、漁獲統計情報、生殖腺、漁獲体長組成、水温との関連について分析した。その結果、漁獲量の顕著なピークは、生殖腺指数のピークと一致し、産卵期（朔望月LM03—05月）の下弦をピークとした月周期性の産卵集群形成があると考えられた。過去20年間の産卵集群の形成は1)LM03月と04月の2回、2)LM04月の1回、3)LM04月と05月の2回の3つのパターンが認められ、これらのパターンは水温の上昇傾向により予測できることが分かった。これらのことは水温による産卵群の生殖腺発達とそれに起因する産卵集群形成を反映していると考えられた。

産卵集群 (Spawning aggregation) は特定の時期、海域に一時的に産卵のために集まる群れ、もしくは群れを成す行動であり、ハタ、フエフキダイ、フエダイ類等多くのサンゴ礁性魚類で認められている (Johannes, 1978; Russell, 2001; Claydon, 2004; Hamilton et al, 2005)。この産卵集群は漁獲対象となりやすく、産卵群が直接高い漁獲圧にさらされるために資源に大きな影響を与えている (Sadovy and Domeier, 2005)。八重山諸島サンゴ礁域においては、少なくとも13魚種 (漁獲量で全体の30%を占める) の産卵集群が漁獲対象となっており (太田, 2008)、その多くで資源の減少傾向が顕著である (太田ほか, 2007)。

ナミハタ *Epinephelus ongus* はハタ科の小型種で、八重山諸島サンゴ礁域では、漁獲量で5位、生産額で4位の重要な漁獲対象種のひとつである (太田, 2008)。本種は八重山海域において顕著な産卵集群を形成することが漁業者には広く知られており、その産卵集群はこれまでも漁獲対象となってきた。年間漁獲量は90年代初めから近年までに40%減少しており、資源状態の悪化が懸念されている (太田, 海老沢, 2009)。本稿ではナミハタの早急な資源管理策の提案とその後の管理効果の評価のための基礎情報として、ナミハタの産卵集群形成と月周期性および水温の関係について報告する。

材料及び方法

1) 漁獲統計データ

沖縄県水産海洋研究センターの漁獲統計データベースから、八重山海域で漁獲されたナミハタ (セリ名称「たこくえみーばい」+「めばる」=「ナミハタ+」) として区分: 太田ほか, 2007) の20年間 (1989—2008年) の毎日の漁獲量、努力量を集計した。単位努力量あたり漁獲量 (CPUE) の計算には、地元鮮魚取扱業者等、個人漁業者とは同等の扱いができないものについて除外した漁獲量と努力量 (延べ水揚げ隻数) を用いた (海老沢, 2004)。また、漁獲量の動向と月周期性を検討するため、朔望月と対応させ各集計を行った。ここで用いた朔望月 (LM) は、新年 (太陽暦1月) 初めの新月を朔望月1月1日 (LM01/1) とし、一月の周期は旧暦 (太陽太陰暦) と同じとした。

2) 水温データ

水温は1989—2005年石垣港検潮所で毎日測定したものを準備した (石垣島地方気象台提供)。2006年以降のデータが利用できないため、石垣市の気温 (気象庁) と水温との関係を回帰分析により求め、2006—2008年までの水温は推定値を用いた (太田, 未発表)。

3) 生殖腺の分析

市場にて購入または採集したナミハタの生殖腺の分析を

*Email: ootaitar@pref.okinawa.lg.jp, 石垣支所

実施した(n=699). 生殖腺指数 (GSI) は, Gw (生殖腺重量), Bw (魚体重) として

$$GSI (\%) = Gw / (Bw - Gw) \times 100$$

で計算した. 産卵期の発達した生殖腺をもつ個体においては, 生殖腺の組織または形態観察によって雌雄を判断した.

発達した生殖腺をもつ雌 (n=76) では, 生殖腺の一部 (重量 0.1–0.2g) を摘出し, 万能投影機を用いて, 卵の計数と卵径の測定 (各個体 n=100) を実施した.

4) 漁獲体長組成および性比

2005年3月–2009年5月まで, 原則週2回八重山漁協市場で, ナミハタの漁獲体長組成等の漁獲物調査を実施した. 2008年4月28日から, 漁獲物を1尾ずつ精査し, 雌雄の判別をおこなった. このとき, 腹部圧迫により精子の漏出のあるものを雄, 生殖腺発達によると考えられる腹部の顕著な膨張及び雌に特徴的な泌尿排泄口のふくらみのあるものを雌, それ以外は性別不明と判断した.

結果

1) 産卵期と産卵集群の漁獲

過去20年間の八重山海域におけるナミハタの漁獲量は毎年4–5月に顕著に増加し, この2ヶ月の漁獲量は年間の約40%に達した (図1). 4–5月の雌のGSI (n=86) の平均 (±SD) は18.0 (±9.2) %で, 成熟卵をもつ個体が多く認められたことから, 産卵盛期は4–5月であると判断した. またこの時期の顕著な漁獲量の増大は, 全体のGSIの増加と一致することから, 産卵集群の形成を反映したと見なした (図2).

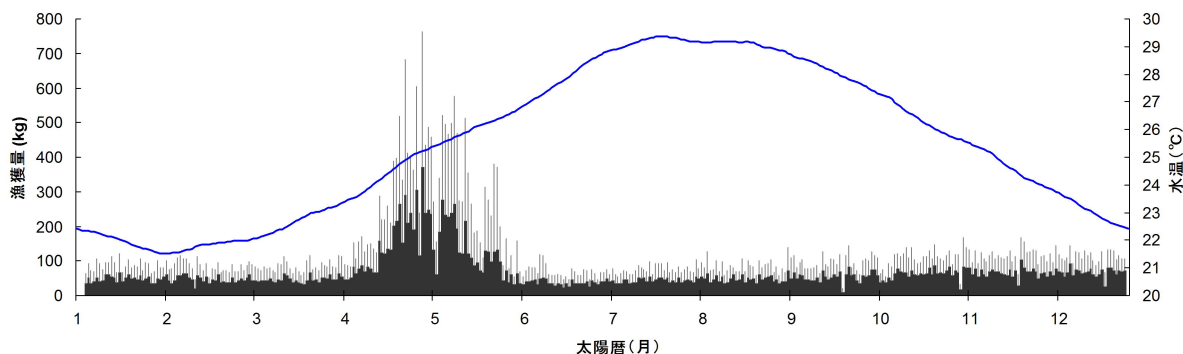


図1. ナミハタの日漁獲量と水温の季節変化. 漁獲量は1989–2008年の平均±SD, 水温は石垣島検潮所1989–2005年の平均.

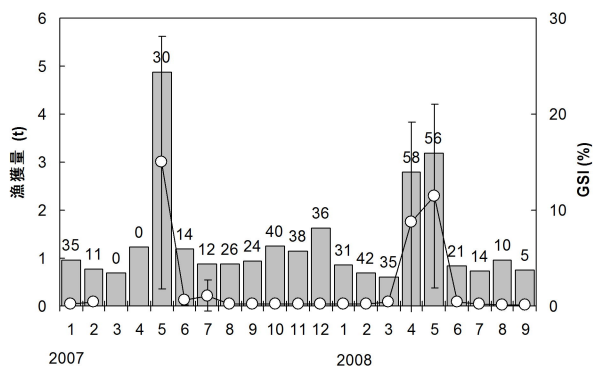


図2. ナミハタの月漁獲量 (棒) とGSIの季節変化 (折れ線). GSI (平均±SD) は性別別なし, 図中の数字は標本数.

また産卵盛期は水温上昇期にあたり, 漁獲量が顕著に増加する4月中旬から5月下旬までの平均水温は24.0–26.5°Cであった.

2) 産卵集群の月周期性

過去20年間の日漁獲量及びCPUEの時系列データには, 毎年4–5月 (稀に6月) に1回または2回のピークがみられた. これを月周期 (朔望月) に対応させたところ, 漁獲量のピークはLM03–05月の下弦頃 (各LM月23日頃) によく対応しており, 産卵期の漁獲の増減には月周期性が認められた (図3). つまり産卵集群の形成には明瞭な季節性, 月周期性があると考えられた. また朔望月の産卵期はLM03–05月であると判断した.

3) 成熟サイズと性比

2004年, 2005年, 2007年, 2008年の産卵期に得た性別の判明した標本 (雌158個体, 雄133個体) の分析によると, 雌雄それぞれの全長範囲 (平均±SD) は, 雌18–30cmTL (24.3±2.7), 雄20–34cmTL (28.8±2.7) であり, 互いに重複はあるものの, 雄は雌に比べて有意に大きかった (t検定 p<0.001) (図4A). 体長階級ごとの雄の割合 Pm をロジスティック曲線,

$$Pm = 1 / (1 + e^{-a+bL})$$

にあてはめ, MS Excel のソルバーを用いて

$$a = -15.6545, b = 0.59812$$

のパラメータが得られた (図4B).

性比50%体長は上式より, 約26cmTLと推定された. 分析

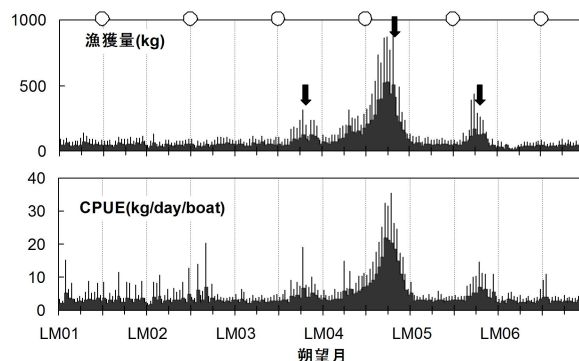


図3. ナミハタの朔望月に対応させた日漁獲量及びCPUEの月周期性. 朔望月LM1/1は年初めの新月に対応. 漁獲量及びCPUEは1989–2008年の平均±SD. ○は満月, 矢印はLM03–05月の下弦を示す.

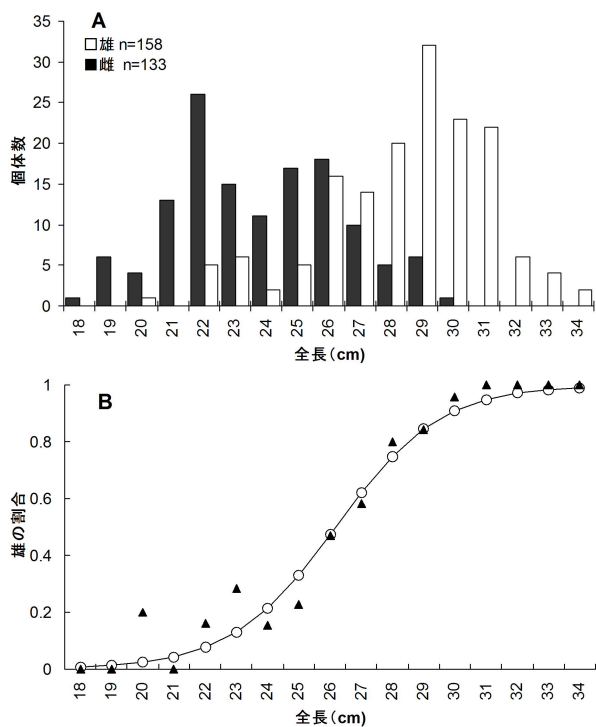


図4. ナミハタの産卵期の雌雄別体長組成 (A) および体長階級ごとの雄の割合 (B). 雄の割合は実測値▲と理論値○で示す. 理論値はロジスティック曲線のあてはめによる.

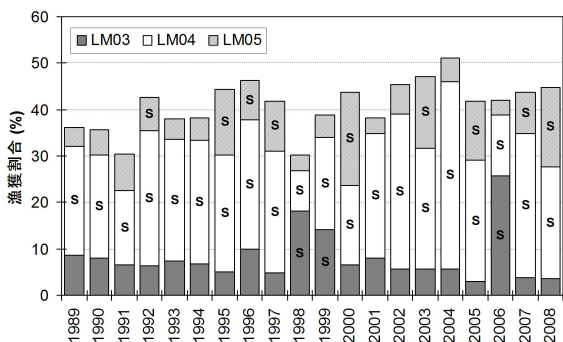


図5. ナミハタの産卵期各LM月の年計に対する漁獲割合と産卵集団の形成. Sは産卵集団形成を示す.

した個体は全て成熟していたので, 最小成熟サイズは, 少なくとも雌18cmTL, 雄20cmTLであった.

4) 産卵集団形成パターンと形成過程

産卵期中の日漁獲量及びCPUEの顕著なピーク形成を基に産卵集団の形成の有無を判断したところ, 各年の産卵集団の形成は1)LM03月と04月の2回(n=3), 2)LM04月の1回(n=8), 3)LM04月と05月の2回(n=9)の3つのパターンが認められた(図5-6). 漁獲量及びCPUEの顕著な増加は初めの産卵LM月下弦の2-3週間前頃から認められた(図3). 漁獲量は下弦頃にピークとなり, その後急激に減少し, 数日以内に非産卵期と同程度となった. 翌月に産卵集団が認められた場合でも, 最初の産卵集団の後, 漁獲量は一度減少し, 再び下弦項に増加したが, その期間は概ね1週間程度であった(図3).

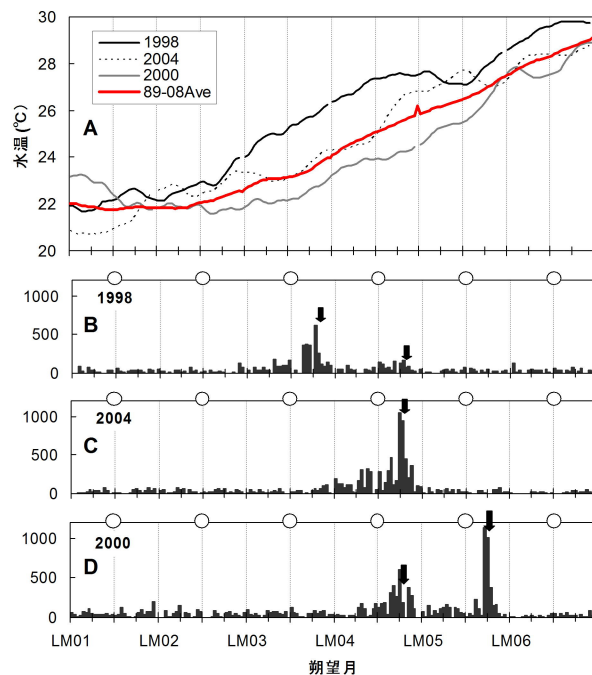


図6. ナミハタの産卵集団形成を反映する日漁獲量の3パターンと水温変化の例. A) 石垣検潮所の水温, B)-D) 日漁獲量. B) 水温高めで産卵集団LM03と04月(1998年), C) 水温年平均で産卵集団LM04月だけ(2004年), D) 水温低めで産卵集団LM04と05月(2000年). ○は満月を示す.

2009年の雌雄別漁獲体長組成の推移をみると, LM03月22-30日(初めの産卵月下弦の1ヶ月前)頃から, 腹部を圧迫すると精子がしみ出すような成熟雄(多くは30cmTL以上)が漁獲され初め, 腹部が膨張した産卵直前の雌個体は下弦前約1週間以内(LM04月15-21日)に出現し急増した(図7). 2008年以前の体長組成をみても, 同様に初めの産卵月下弦2-3週間前頃(2006年LM03月1-7日, 2007年及び2008年LM04月8-14日)には大型の雄と思われる個体が漁獲されはじめ, 第3週(LM月15-21日)から第4週(LM月22-30日:下弦)に雌を多く含むと思われる26cmTL以下が大量に漁獲された(図7).

5) 産卵集団形成パターンと水温の関係

前述した3つの産卵集団形成パターンと水温上昇パターンには顕著な関係が認められた. 水温上昇の傾向は, パタン1)では平年より高め, パタン2)では平年並み, パタン3)では平年より低めであった(図6). LM03月の産卵集団の形成は, LM03月の累積水温(LM03/20以前30日間)が他年よりも高く, 710°C以上のときだけ認められた(図8). 一方, LM05月の産卵集団の形成は, LM03月及びLM04月の累積水温(LM04/20以前30日間)が他年よりも低い傾向があり, LM05月の産卵集団形成の規模が小さいと判断された1992年, 2007年を除くと, 特にLM04月の累積水温が720°C以下のときに多く認められた(図8). パタン2)であるLM04月だけの産卵集団形成は, 1989年, 1990年を除き, 前述した累積水温の中間付近で認められた(図8).

ナミハタの産卵集群形成

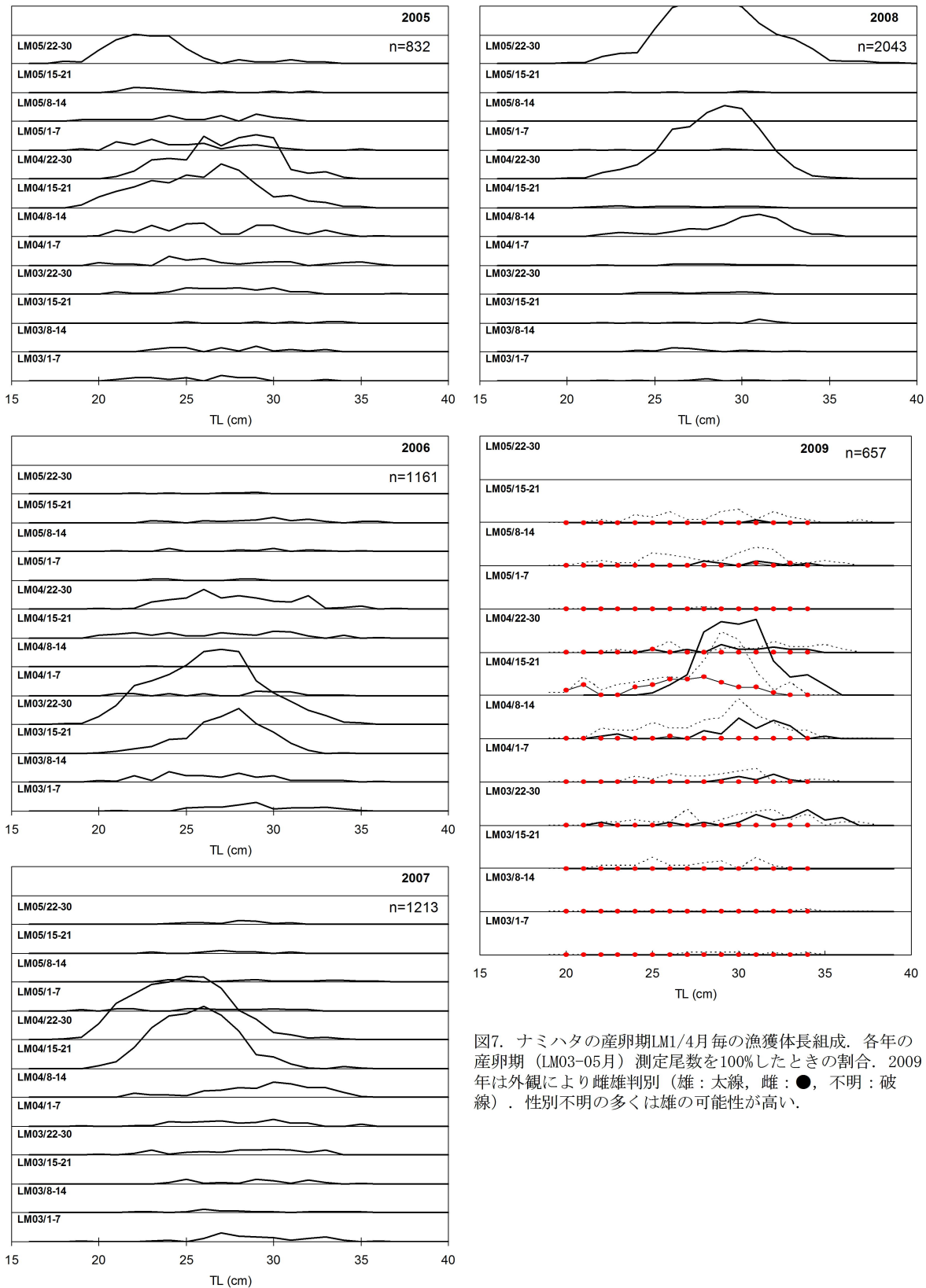


図7. ナミハタの産卵期LM1/4月毎の漁獲体長組成. 各年の産卵期 (LM03-05月) 測定尾数を100%したときの割合. 2009年は外観により雌雄判別 (雄: 太線, 雌: ●, 不明: 破線). 性別不明の多くは雄の可能性が高い.

産卵集群形成3つのパタンのうち, 年2回形成されるパターン1)と3)において初めの集群を前期, 翌月の集群を後期産卵集群とし, その関連を検討した. 過去20年間の産卵期 (LM03-05月) 各月のCPUEと漁獲量には正の相関があり (図9), 前期後期各々の漁獲量がその年の相対的な産卵集群の規模を反映すると仮定した. 過去20年間の漁獲量には減少傾

向が認められるので, 年間漁獲量に対する各LM月の漁獲割合を, 産卵集群の規模の指標とした. その結果, 1998年を外れ値として除くと, 前期漁獲割合と後期漁獲割合には負の相関関係が認められ, 両者の和はほぼ一定で年間漁獲量の35-40%であった (図10).

さらに, 各月の産卵集群規模と水温との相関を調べるため

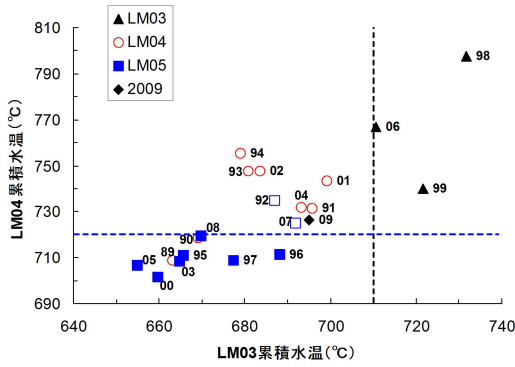


図8. ナミハタの産卵集群形成パターンごとの各年のLM3月累積水温とLM4月の累積水温の関係。累積水温は各LM3/20及び4/20以前の30日間。産卵集群形成パターン：1) LM3と04月の2回(▲), 2) LM4月に1回(○), 3) LM04と05月に2回(■), LM05月が顕著でない場合□)。2009年(◆)はパターン未確定。縦破線は1)のLM3月累積水温の下限, 横破線は3)のLM04月累積水温の上限を示す。図中の数字は西暦下2桁。

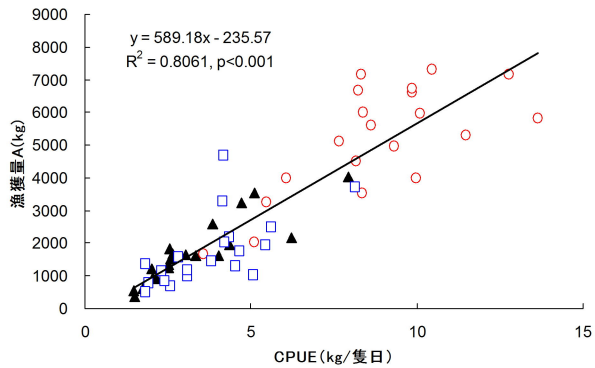


図9. ナミハタの産卵期各月のCPUEと漁獲量の関係。1989-2008年LM03 (▲), LM04 (○), LM05 (□) の各月の値。回帰直線は全体をまとめたもの。

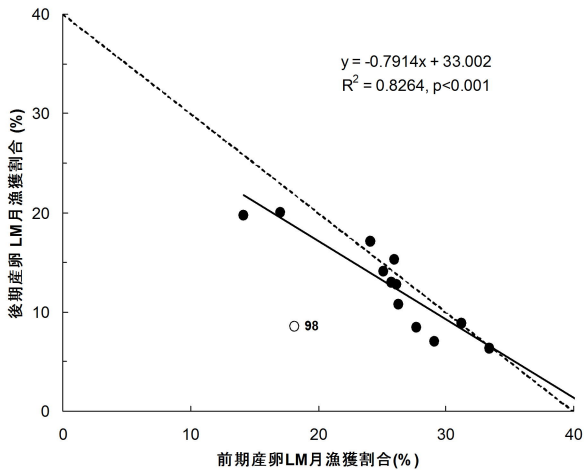


図10. ナミハタの産卵LM月の各年計に対する漁獲割合の前期と後期の関係。実線は1998年を除外した回帰直線。破線は前期+後期=40%ライン。

に, 各産卵 LM 月の漁獲割合と 3 タイプの水温, 1) 基準日を中心とした 15 日間移動平均値, 2) 基準日から LM03/20 までの累積水温, 3) 基準日から LM04/20 までの累積水温との相関係数が最大(または最小)となるよう, 基準日を LM01/1-LM05/29 まで 1 日ずつ変化させて探索した (図 11A B)。

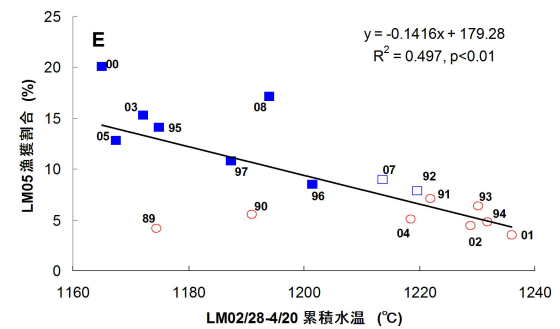
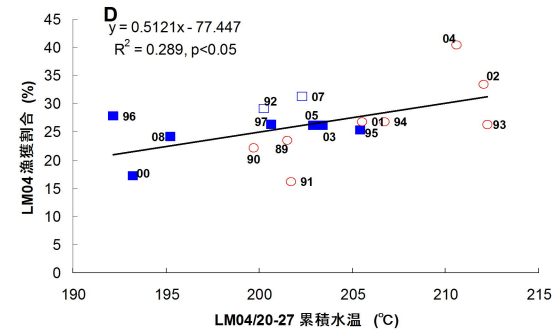
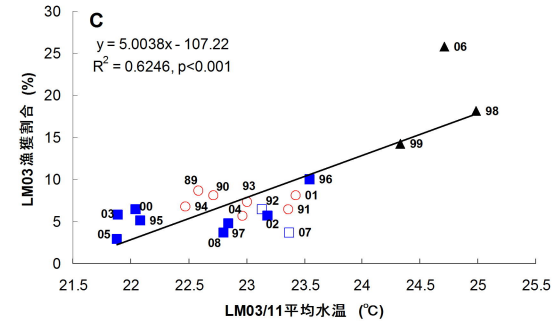
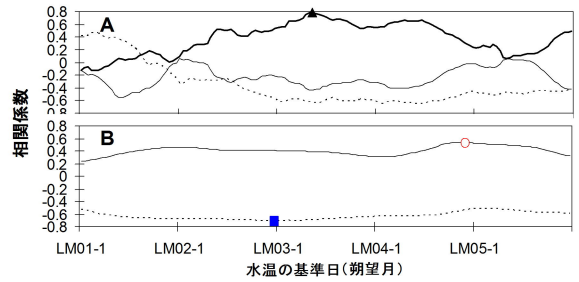


図11. ナミハタの産卵集群形成パターンごとの水温と産卵期漁獲割合の関係。A) 基準日の15日間移動平均水温と各産卵LM月の漁獲割合との相関係数の推移。B) 基準日-LM04/20までの累積水温と各産卵LM月の漁獲割合との相関係数の推移。LM03月(太線), LM04月(細線), LM05月(破線)で示す。A, Bでは相関係数の最大値に各産卵集群形成パターン：1) LM03と04月の2回(▲), 2) LM04月に1回(○), 3) LM04と05月に2回(■, LM05月が顕著でない場合□), のシンボルを表示。C) LM03月漁獲割合はLM03/11の移動平均と最も相関が高い。D) LM04月漁獲割合はLM04/20-27累積水温, E) LM05月漁獲割合はLM02/28-4/20の累積水温とそれぞれ相関が高い。図中の数字は西暦下2桁。

結果, LM03 月漁獲割合は基準日 LM03/11 の移動平均値と高い正の相関が認められた (図 11A, C)。また LM04 月の漁獲割合は LM04/20-27 の累積水温と弱い正の相関があり (図 11B, D), LM05 月の漁獲割合は LM02/28-LM04/20 の累積水温と負の相関が認められた (図 11B, E)。

6) 産卵のタイミング

2008 年の前期産卵月 LM04 月下弦前後の雌の GSI 及び卵巣

内卵径組成の推移を詳しく調べた。GSI 及び卵径ともにピークとなる LM04/24 の 2 日前から急激に増加し、その後減少した (図 12)。これらのピークは漁獲量のピークとほぼ一致した (図 12)。このピーク時の卵径組成をみると、卵径のモードが 0.5mm と 0.8mm の 2 峰型のもの (n=5) と、単峰型のもの (n=5) が認められた (図 13)。いずれも非常に発達した産卵直前の卵群であり、同期的な発達をしている判断した。これらのことから、ナミハタは下弦頃の短期間に集中して産卵すると考えられた。

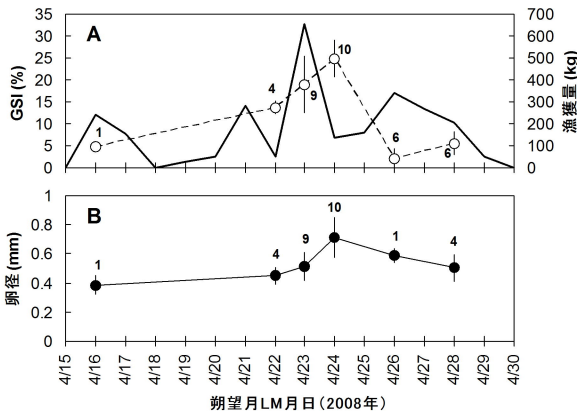


図12. ナミハタの雌GSIと漁獲量 (A)、平均卵径 (B)のLM04月(2008年)下弦前後の推移。GSI(○)は平均値±SD。卵径(●)は1個体あたり100個を測定した平均卵径の平均 (n=10)。図中の数字は標本個体数。

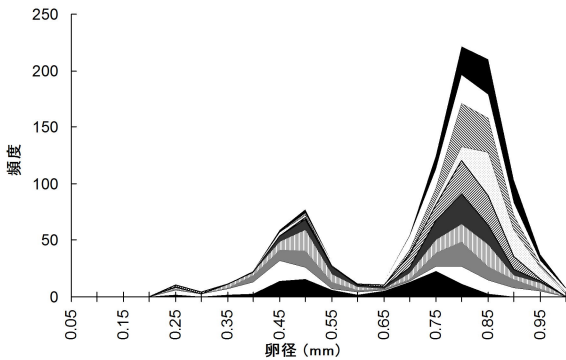


図13. ナミハタのGSIピーク頃の卵径組成。LM04/24(2008年)。卵径は1個体あたり100個を測定し、各個体 (n=10) データを積み重ねて表示。

考察

多くのサンゴ礁性魚類が産卵集形成し、その形成に月周期性があることが知られている (Johannes, 1978; Russell, 2001; Claydon, 2004; Hamilton et al, 2005)。ここではその理由について議論しないが、本研究で示したように、漁獲量や CPUE に顕著な月周期性が認められたことは、産卵集形成を狙う漁業があり、それを熟知した漁業者の営みを通じて、産卵集形成状況が漁獲統計にかなり反映されていることを示唆する。産卵集形成の月周期性には、新月、満月、下弦、上弦と様々なピークと半月周期のリズムをもつものが知られており、また同じ魚種であっても、産卵場海域の違いによ

り、そのピークが異なる場合も知られる (Claydon, 2004; Hamilton et al, 2005)。八重山海域のナミハタの産卵場は、複数の漁業者からの聞き取りによると主な産卵場が4カ所あり、いずれも石西礁湖の水路部であった。水路部はサンゴ礁性魚類の産卵場としてよく利用されることが知られる (Cornish, 2005)。漁業者によれば、4カ所のうち最もその規模が大きいとされるのがA産卵場であり、近年の産卵集形成の漁獲のほとんどはA産卵場でのものだという。本研究において、ナミハタの産卵集形成のピークは下弦であることが示された。同様にバブアニューギニアやソロモン諸島においても、本種の産卵集形成が下弦から新月にかけて形成される (Hamilton et al, 2005)。本種の下弦をピークとした産卵集形成の月周期リズムは漁獲の大部分を占めると考えられるA産卵場の産卵集形成を反映したばかりでなく、本種に特徴的なものかもしれない。

また、産卵期間中の漁獲量の増加は産卵集形成が2-3週間前頃から始まることを示唆し、漁獲体長組成および雌雄別漁獲量の変化は、雄が先に集まり、雌が集群ピーク直前に急激に増加することを示唆した。雄が先に集まることは漁業者によって観察されており、また他のハタ類の産卵集形成でも報告されている (Sadovy et al, 1994; Johannes et al, 1999)。産卵集形成するマダラハタでは満月の1-2日前に産卵するが、その2週間前頃から雄が集まりだし、1週間前頃から雌が集まり産卵まで急激に増加する (Rhodes and Sadovy, 2002ab)。産卵場において雄と思われる大型の個体は他個体を追い払う行動がみられるので (太田・名波, 2009)、ナミハタの雄もマダラハタで報告されているように (Rhodes and Sadovy, 2002a) なわばりを形成すると考えられる。ナミハタの産卵行動は、漁業者によって観察されている。この漁業者によれば、2008年4月29日 (LM04/24) の22:00頃、A産卵場において、ナミハタのペアが海底より数m急上昇し、放卵放精したという。また飼育条件下においても20:00-22:00に産卵が認められている (中村ら, 1998)。

本研究においてナミハタの産卵集形成と水温の密接な関係が示された。ひとつは産卵の約1ヶ月前の水温上昇の程度により、産卵集形成開始朔望月が予測できることである。そもそも産卵場への移動から、産卵集形成、産卵に至る過程は、生殖腺の発達に大きく影響を受けると考えられる。そして、生殖腺の発達には水温が大きく影響することが知られる。ハタ科魚類で産卵集形成するカンモンハタは、水温上昇に伴い生殖腺の発達を開始させ、雌の卵黄形成は約1ヶ月で完了し、満月大潮後に産卵する (征矢野・中村, 2006)。同じく産卵集形成するマダラハタでは産卵の1-2ヶ月前に卵黄形成を開始し、満月の1-2日前に産卵する (Rhodes and Sadovy, 2002ab)。またマダラハタでは飼育条件下において、産卵1-2ヶ月前の累積水温とその年最初の産卵が始まる月周期との関係が示されている (Teruya et al, 2008)。本研究のナミハタについて生殖腺の組織学的な観察はまだ行っていないが、産卵の約1か月前の水温により産卵開始月が予測できることは、前述の例のように水温上昇の程度に応

じた生殖腺の発達に起因すると考えられる。

一方、西インド諸島のハタ属の1種 *E. guttatus* は、水温下降期2ヶ月間の満月に産卵集団が形成されるが、その開始月は冬至から1月の満月までの日数によって予測できると報告がある (Nemeth et al, 2007)。季節は太陽周期によってもたらされ、それに応じて水温が推移するので、これらの年毎の変動が少ない場合は太陽暦によって季節の推移が代表できると考えられる。一方、特定の月周期は産卵または産卵関連行動の引き金になると思われる。つまり、太陽と月の暦の組み合わせにより産卵開始月が予測できるということである。ここで月周期と太陽周期について説明を加える。本研究で定義した朔望月 (LM) は、新年初めの新月を朔望月1月1日 (LM01/1) とし、周期は旧暦 (太陽太陰暦) と同じ29日または30日である。しかし、通常LM04月に始まるナミハタの産卵集団開始月は、旧暦では旧3月、旧閏3月、旧4月に3つの月に該当し、閏月の挿入規則が複雑な旧暦よりも (石島・正木, 2001)、LMのほうが実際の季節との対応が分かりやすい月周期だと考えられた。朔望周期は約29.53日なので、太陽周期と比べ1年で約11日短くなるので、朔望月日は年々ズレが生ずる。過去20年間の太陽暦元旦とLM01/1の差は最大28日であり、特定のLM月日を年間で比較する場合、その差のぶんだけ季節が遅れることになる。前述の例のように太陽と月の暦によって、八重山のナミハタの産卵開始月が予測できるかを検証した。水温上昇期にあたる特定のLM月日の水温は、この季節の水温の年変動が小さい場合、太陽暦元旦とLM01/1の差と顕著な正の相関を示すことが期待される。しかし、実際には正の相関があるが、その相関係数は低く、年毎の水温の上昇傾向に変動があることを示し、産卵開始月の予測には十分ではなかった。

次に本研究で明らかとなったことは、産卵の約1ヶ月前の水温上昇の程度により、その年の産卵集団形成パターンが予測できることである。ナミハタの産卵集団は例年LM04月から始まるが、LM03月の水温が高い年はLM03月下弦頃に前倒して産卵集団を形成し、LM04月の水温が低い場合、LM04月だけでなくLM05月下弦にも再度形成されることが示された。さらに、年に2回の産卵集団形成がある場合、前期と後期の産卵集団規模 (の指標となりうる漁獲割合) には負の相関があり、その和はほぼ一定であることが示された。また各産卵月の産卵集団規模は、水温と正または負の相関があることが示された。つまり、各年の産卵群の相対量は、これまでのところ各年の資源量水準を反映すると仮定される年間漁獲量のうちのおよそ30-40%で概ね一定であり、前期の産卵集団規模により、後期の規模が決定されることを意味すると考えられる。また前期の水温が高いほど、前期の集団規模が大きくなる傾向があり、反対に前期の水温が低いほど後期の産卵集団規模が小さくなる傾向が認められた。これらは、水温が高いほど産卵群全体のうち生殖腺発達の進む個体の割合が増え、前期産卵集団の規模が大きくなり、水温が低いほど産卵群全体のうち生殖腺発達の遅れる個体の割合が増え、後期産卵集団規模が大きくなるという状況を反映していると考

えられた。ナミハタは水深1m程度から少なくとも25m程度のサンゴ礁域に広く分布する種類であり、その生息水深に応じて影響を受ける水温が大きく異なると予想され、これが産卵群の生殖腺発達の差を引き起こす要因かもしれない。

前述の考察は、さらにもうひとつの仮説を導く。前期の産卵集団規模によって後期の規模が決定されているのであれば、ナミハタの各個体は前期または後期産卵集団のいずれか1回だけ関与するという仮説である。さらにナミハタの各個体の卵群発達は同期的であり、また産卵群の卵発達とGSI値の上昇は同期的であるので、産卵集団期間中に複数回産卵するのではなく、下弦頃の短期間に一斉に産卵する可能性が高い。これらのことから、ナミハタは、個体レベルでは前期、後期のうち、どちらかひとつの産卵集団に参加し、また一つの産卵集団期間では1度だけ産卵する、つまり各個体は1年に1回だけ産卵するという可能性が考えられた。本研究で示した結果は、前述のように水温による産卵群全体の生殖腺発達とそれに起因する産卵集団の動態を定量的に反映している可能性がある。しかしながら、上述の考察は漁獲データが前期、後期の集団量のある程度正確に反映していることを前提とする。前期集団時の大量の漁獲が、後期産卵群の資源量に大きく影響する場合は、単に漁獲の影響で後期の集団量が減少したことを反映したにすぎない。個体とその年に何回産卵に関与するかは、実際の産卵場での滞留の有無など行動的、生理学的なさらなる調査が必要である。

一方、飼育条件下でのナミハタは5-12月の特定の月周期 (下弦から新月頃) に毎月数日間に渡り産卵することが認められている (中村ら, 1998)。飼育条件下での産卵期が天然と比べ長いことはしばしば見受けられるが (照屋ら, 1992)、ナミハタでは非常に顕著な違いがあった。本稿で示したナミハタの限られた産卵期は、産卵集団の形成による産卵期の社会構造 (雌雄比、生息密度等) に関連するかもしれない。

これらの考察についてはさらなる検証が必要であるが、資源状態が悪化していると考えられるナミハタでは、産卵集団の生態特性を考慮し、繁殖の保護を図る必要があると考えられる。

謝辞

市場調査の際には、八重山漁協の職員、漁業者および仲買の皆様に協力、激励をいただいた。また魚類の産卵集団や生態について多くの漁業者に教えて頂いた。石垣島地方気象台には水温データを提供していただいた。この場を借りてお礼申し上げる。非常勤職員として本研究の補助をしていただいた山本以智人氏、福田嘉彦氏、矢野暁嗣氏には心から感謝する。

文献

Cornish A.S., 2005: Development and summary of global spawning aggregation database. Society for the Conservation of Reef Fish Spawning Aggregation. www.scrfa.org. pp16.

- Claydon J., 2004: Spawning aggregations of coral reef fishes: Characteristics, hypothesis, threats and management. *Oceanography and Marine Biology: An annual Review* 42, 265-302.
- 海老沢明彦, 2004: 八重山海域におけるイソフエフキの資源管理効果について (電灯潜りの資源管理). 平成 14 年度沖縄県水産試験場事業報告書. 115-122.
- Hamilton R. J., Matawai M., Potuku T., Kama W., Lahui P., Warku J., Smith A. J., 2005: Applying local knowledge and science to the management of grouper aggregation sites in Melanesia. *SPC Live Reef Fish Information Bulletin* 14, 7-19.
- 石島英, 正木謙, 2001: 沖縄天気ことわざ一気象季語から旧暦まで一, 琉球新報社, 那覇. pp 177
- Johannes R. E., 1978: Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. *Environmental Biology of Fishes* 3, 65-84.
- Johannes R. E., Squire L., Sadovy Y., Renguul H., 1999: Spawning aggregations of groupers (Serranidae) in Palau. *Marine Conservation Research Series Publ. #1*, The Nature Conservancy, pp144.
- 中村博幸, 金城清昭, 仲本光男, 呉屋秀夫, 1998: ナミハタの種苗生産と成長試験 (海産魚類増養殖試験). 平成 8 年度沖縄県水産試験場事業報告書, 115-119.
- Nemeth R. S., Blondeau J., Herzlieb S., Kadison E., 2007: Spatial and temporal patterns of movement and migration at spawning aggregations of red hind, *Epinephelus guttatus*, in the U.S. Virgin Islands. *Environmental Biology of Fishes* 78, 365-381.
- 太田格, 工藤利洋, 海老沢明彦, 2007: 八重山海域の沿岸性魚類資源の現状. 平成 17 年度沖縄県水産試験場事業報告書, 165-175.
- 太田格, 2008: 八重山海域における主要沿岸性魚類の漁獲状況 II (八重山海域資源管理型漁業推進調査). 平成 19 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 69, 95-102.
- 太田格, 海老沢明彦, 2009: ナミハタ産卵期の禁漁区, 禁漁期設定による漁獲量削減効果の推定 (八重山海域資源管理型漁業推進調査). 平成 20 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書 70, 40-44.
- 太田格, 名波敦, 2009: ナミハタの産卵場での分布状況 (八重山海域資源管理型漁業推進調査). 平成 20 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書 70, 36-39.
- Russell M., 2001: Spawning aggregations of reef fishes on the Great Barrier Reef: Implication for management. *Great Barrier Reef Marine Park Authority*. pp, 37.
- Rhodes K.L., Sadovy Y., 2002a: Temporal and spatial trends in spawning aggregations of camouflage grouper, *Epinephelus polyphekadion*, in Pohnpei, Micronesia. *Environmental Biology of Fishes* 63, 27-39.
- Rhodes K.L., Sadovy Y., 2002b: Reproduction in the camouflage grouper (Pisces: Serranidae) in Pohnpei, Federated States of Micronesia. *Bulletin of Marine Science* 70, 851-869.
- Sadovy Y., Rosario A., Roman A., 1994: Reproduction in an aggregating grouper, the red hind, *Epinephelus guttatus*. *Environmental Biology of Fishes* 41, 269-286.
- Sadovy Y., Domeier M., 2005: Are aggregation-fisheries sustainable? Reef fish fisheries as a case Study. *Coral Reefs* 24, 254-262.
- 照屋和久, 升間主計, 本藤靖, 1992: 水槽内でのスジアラの産卵および産卵行動. 栽培技研 21, 15-20.
- Teruya K., Masuma S., Hondo Y., Hamasaki K., 2008: Spawning season, lunar-related spawning and mating systems in the camouflage grouper *Epinephelus polyphekadion* at Ishigaki Island, Japan. *Aquaculture Science* 56, 359-368.
- 征矢野清, 中村将, 2006: 月周産卵魚カンモンハタの産卵関連行動. 「テレメトリー 水産動物の行動と漁具の運動解析」(山本勝太郎ほか編) 水産学シリーズ 152, 恒星社厚生閣, 東京, 22-30.