

ムツゴロウの人工増殖に関する研究-VI

— 産卵条件及び産卵と環境との関連 —

野田 進治・古賀 秀昭・大隈 斉

Studies on Artificial Propagation of Mudskipper *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus) -VI Spawning Conditions and Relationship between Spawning and Environmental Factors

Shinji NODA, Hideaki KOGA and Hitoshi OHKUMA

Abstract

Artificial propagation of mudskipper has been carried out from 1988 to 1992, good results were obtained to some extent. Namely, about 100,000 young fish were produced and about 70,000 young fish were released to the tidal flats of the Ariake Sea. Then, spawning conditions and relationship between spawning and environmental factors were examined for five years.

The times of spawning and the total number of eggs were 131 and 767, 530, respectively, with using 850 adults for five years. It was recognized that one female spawned a few times in one breeding season, and that the main spawning period was from mid-June to early in July. The number of eggs and the times of spawning were correlative to the values of FRJI ($100 \times \text{width of body} / \text{total length}$) with significance at 1% level and 2% level, respectively. The daily mean of water temperature of the spawning day ranged 21.6°C to 31.7°C, but the suitable temperature for spawning was estimated from 22°C to 27°C. It was presumed that the spawning was deeply related to a tide, namely, the spawning period was mostly from neap tide to spring tide.

まえがき

当センターでは激減したムツゴロウ資源の回復を目的として、1986年度から本種の人工増殖に関する研究を実施してきた¹⁻⁹⁾。この間、親魚の長期間飼育の成功¹⁾、また、天然の産卵巣と類似の形状を持つ陶器製の人工産卵巣に自然産卵させる方法の開発等²⁾により、1988年から1992年までの5カ年で約10万尾の若魚を生産し、その内の約7万尾を有明海の干潟に放流する等一応の成果をあげることができた。

しかし、残された種苗生産技術上の問題点も多く、中でも量産化に際し、大量かつ良質の受精卵をいかに得るかは最大の課題である。そのためには、産卵の諸条件及び産卵と環境要因との関連を把握する必要がある。そこで、5カ年にわたる陸上水槽での産卵について検討し、若干の知見を得たので以下に報告する。

なお、本研究は、1988～1992年の地域特産種増殖技術開発事業の一環として実施した。

材料及び方法

採卵は Fig. 1. に示した陶器製（素焼き）の人工産卵巣を 1 水槽当り 16~22 本ずつ設置した屋外コンクリート水槽 (Fig. 2., 3.1×2.7×0.7~1.3m) で行なった。人工産卵巣は産卵が確認しやすいように上下に 2 分し, 下部内面はムツゴロウの腹部のすれを防ぐため釉を塗り焼成した。また, 1989 年からは気泡の混入を防ぐため, 上部に小孔を設けた。

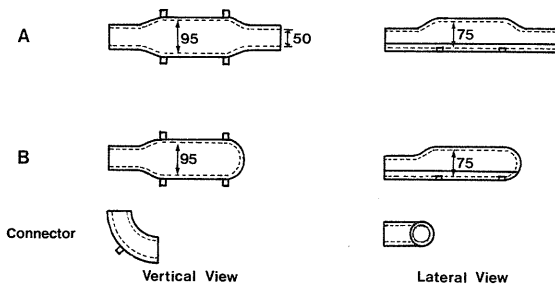


Fig. 1. 人工産卵巣
Artificial spawning nest.

産卵用親魚は主に産卵期前に早津江川河口域から数回に分けて採捕した（以下, 天然親魚）が, 養成親魚（陸上水槽で 1 年以上飼育したもの）、韓国産親魚, 人工生産魚も一部使用した。1 水槽当り産卵用親魚は原則として 12 ペア収容し, 干潟泥を盛ったフロート式餌場¹⁾ 上にアユ用配合飼料を投餌して採卵飼育を行なった。飼育水の塩分は約 12‰, 水深は 30cm 程度とし, 塩分調整及び餌場上

への泥の補充は適宜行なった。

産卵水槽の水温は自動記録計（CHINO 多機能型ハイブリッド記録計）を用いて連続測定した。

産卵の確認は週 2 回, 人工産卵巣上部を開き目視により行なった。産卵日の推定は道津らの卵内発生図¹⁰⁾ により, 産卵数の推定は 1 cm² 当りの卵数（約 100 粒）を計数し, 産卵面積に乗じて求めた。

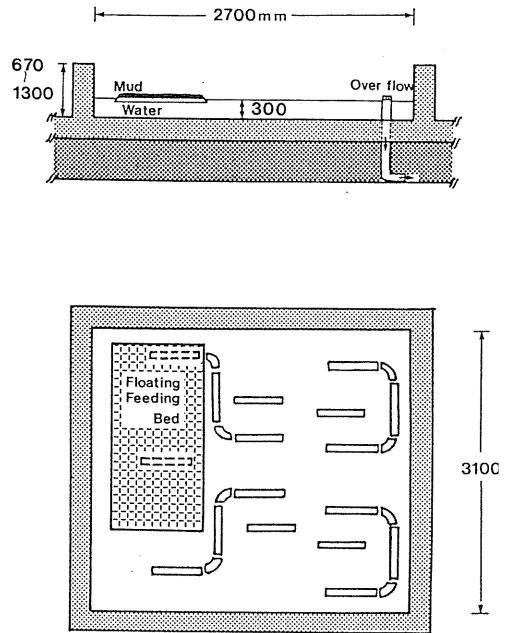


Fig. 2. 屋外産卵水槽及び人工産卵巣の配置
Spawning tank in the outdoors and arrangement of artificial spawning nests.

Table 1. 年別産卵状況
Spawning in each year.

年 Year	期間 Spawning periods	雌の親魚数 Number of females (A)	産卵回数 Times of spawning (B)	産卵数 Number of eggs (C)	1 回当りの産卵数 C/B	雌 1 尾当りの産卵回数 B/A
1988	Jun. 10 - Jul. 13	44	18	74,630	4,610	0.41
1989	May 30 - Jul. 19	36	25	166,000	6,640	0.69
1990	Jun. 9 - Aug. 3	105	29	149,900	5,169	0.28
1991	Jun. 19 - Jul. 22	108	43	301,100	7,002	0.40
1992	Jun. 13 - Jul. 31	125	16	75,900	4,744	0.13
Total	May 30 - Aug. 3	418	131	767,530	5,859	0.31

結果及び考察

1. 産卵状況

5カ年の産卵状況を Table 1. に示した。5カ年で延べ雌418尾を用いたが、計131回の産卵がみられ、総産卵数は767,530粒であった。産卵1回当たりの平均産卵数は5,859粒(4,610~7,002粒)と年による変動は小さく、また、1988年を除く4カ年の水槽毎の産卵回数と産卵数とは Fig. 3. に示したように極めて高い正の直線関係($r=0.981$)がみられたことから、雌の1回当たりの産卵数は平均

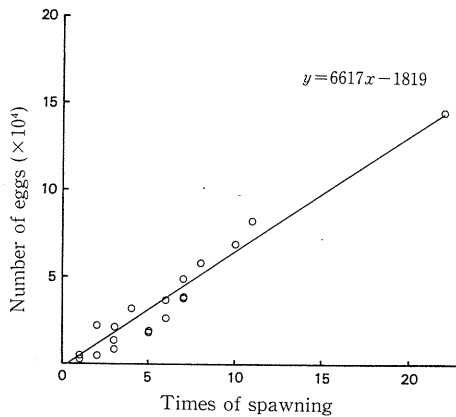


Fig. 3. 産卵数と産卵回数との関係(1989~1992年)
Relationship between number of eggs and times of spawning in each tank.

5,000~6,000粒程度とほぼ安定していることが認められた。一方、未産卵魚を含めた雌1尾当たりの産卵回数は0.13~0.69回(平均0.31回)と年による変動が大きく、産卵を行なった雌の割合が年によって大きく異なっていたことを示している。この理由については特定できないが、親魚の成熟度の相違、気象条件、特に魚類の成熟に重要な役割を持つとされる水温の年による相違、さらに、飼育管理の良否によるものと考えられる。

1人工産卵巣当たりの最高産卵数は18,000粒で、5カ年で3例みられた。この値は雌1尾の産卵数と考えられ、既報の最高産卵数15,000粒¹⁾、また、天然での産卵数3,700~9,500粒¹⁰⁻¹³⁾を上回っていた。

2. 産卵時期

旬別の産卵回数を年毎に Fig. 4. に示した。産卵時期は5月30日から8月3日までの間であったが、年により若干変動がみられた。旬別にみると、最も産卵が多かったのは7月上旬で産卵回数は44回であった。6月中旬から7月上旬までの約1か月に106回と全体の80%を上回る産卵がみられた。また、1回当たりの平均産卵数を旬別にみると、6月上旬以前は200~1,775粒、8月以降は2,000粒と

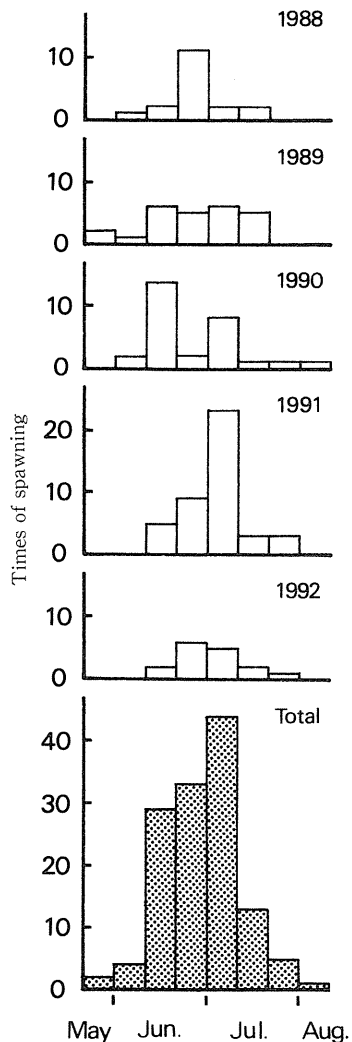


Fig. 4. 旬別産卵回数(1988~1992年)
Times of spawning in each ten days.

Table 2. 親魚採捕時期別及び前歴が異なる雌1尾当りの産卵回数

Times of spawning per one female by catching period of wild fish, and fish in shoals.

Year	W i l d f i s h					Jul.	A ¹⁾	B ²⁾	C ³⁾
	Apr.	The first half in May	The latter half in May	The first half in Jun.	The latter half in Jun.				
1988			0.39				0.50		
1989	0.18		1.83				0		
1990	0.38		0.58			0.08	0.33		0
1991	0		0.08	0.75	0.50		0 ⁴⁾	0	0
1992		0	0.33	0.50	0.08	0	0	0	0
Mean	0.22	0	0.55	0.70	0.22	0.05	0.19	0	0

1) : Korean female and Japanese male.

2) : Broodstock over one year.

3) : Hatchery reared fish.

4) : Korean female and male.

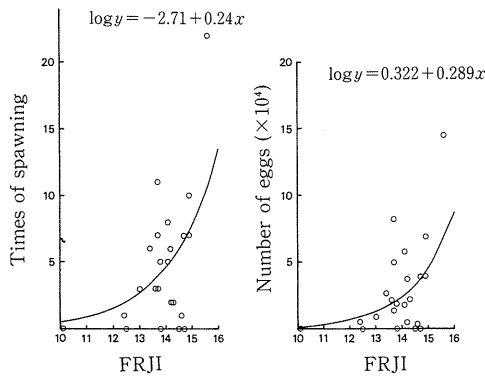


Fig. 5. 雌成熟判定指数 FRJI と産卵数及び産卵回数との関係 (1989~1992年)
Relationship between FRJI and number of eggs, times of spawning.

産卵はみられたが、6月中旬から7月下旬までの5,119~6,657粒に比較して少なかった。以上のことから、陸上で産卵は6月中旬から7月上旬が主であり、天然での産卵盛期⁶⁻¹⁵⁾と大きな相違は認められなかった。

3. 親魚の産卵条件

天然親魚の採捕時期による産卵回数の相違を、養成親魚、韓国産親魚、人工生産魚を含め、Table 2.に示した。産卵回数は親魚数が異なっているため、未産卵魚を含めた雌1尾当りの平均産卵回数で表わした。

全体的にみると、最も産卵が多かったのは6月前半に採捕した親魚で0.70回、次いで、5月後半に採捕した親魚で0.55回であった。天然親魚でも5月前半以前及び7月以降に採捕したものでは0.22回以下と少なかった。養成親魚、人工生産魚では産卵がみられず、韓国産親魚では0.19回と少なかった。このように、採捕時期、親魚の前歴により産卵状況は異なり、陸上水槽での飼育期間が長くなるほど産卵回数が少なくなる傾向がみられ、親魚養成に問題があったことが考えられた。計画的な大量採卵を図るためには、養成親魚でも安定して産卵させ得る飼育技術の開発が必要であり、特に、成熟に必要な栄養素の究明が望まれる。

一方、産卵前の雌は腹部の膨れが顕著となるため、外観から成熟度を判定する指標として、道津らは雌成熟判定指数 FRJI (体幅÷全長×100)¹⁰⁾を用いている。天然親魚についてこの値を求め、1988年を除く4カ年の産卵回数及び産卵数との関係を Fig. 5 に示した。FRJI が12.4以上で産卵が認められ、値が大きいほど産卵回数、産卵数とも増加し、FRJI と産卵回数及び産卵数との間にはそれぞれ1%水準 (r=0.506)、2%水準 (r=0.486) の有意な関係がみられた。このことから、FRJI は親魚の選別には簡便で有効な指標であるといえよう。

また、Fig. 5. でFRJIの最高値15.6を示した親魚群では、1989年5月30日～7月19日の50日間に1水槽で計22回の産卵がみられており、雌1尾当りの産卵回数は1.83回となり、ムツゴロウは多回産卵することが明らかとなった。1回当りの平均産卵数は6,568粒、雌1尾当りの平均産卵数は12,042粒であった。なお、用いた親魚は5月20日に採捕したもので、雌の平均全長は162.3mm、平均重量は31.4gであった。

以上のことから、現時点では、良好な採卵を図るためには、産卵用親魚は天然漁場から産卵前の5月後半から6月前半にかけて採捕したもののうち、FRJIが大きい個体を選別する方法が適当と考えられた。

4. 人工産卵巣の配置と産卵との関係

水槽内での人工産卵巣の配置は3連結、あるいは単体とした (Fig. 2.) が、親魚がどの位置に多く産卵するのか及び位置に対する産卵の選択性の有無について検討するため、人工産卵巣の配置と

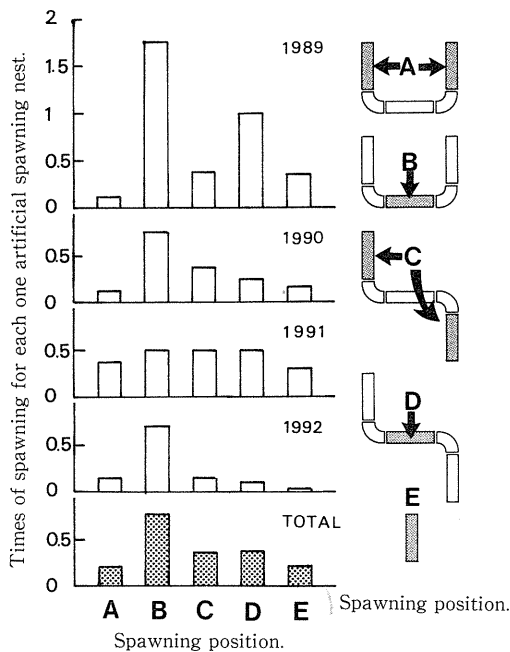


Fig. 6. 産卵と人工産卵巣の配置との関係 (1989～1992年)
Relationship between spawning and the arrangement of artificial spawning nest.

産卵との関係を1988年を除く4カ年について Fig. 6. に示した。人工産卵巣の配置はA～Eの5つに分けたが、水槽内の設置数が異なるため、それぞれ人工産卵巣1本当りの産卵回数を求めて比較した。

年により若干の相違はみられたが、全体的にみると、人工産卵巣1本当りの産卵回数が最も多かったのはU字形の中央に位置するBの0.76回、次いで、S字形の中央に位置するDの0.37回、S字形の両端に位置するCの0.36回、最も少なかったのは単体Eの0.21回であった。年別に分け χ^2 検定¹⁶⁾を行った結果、1%の危険率で有意 ($\chi^2=27.91$)となり、また、産卵回数が最も多かったBとそれ以外に分けた場合も1%の危険率で有意 ($\chi^2=16.20$)となったことから、親魚のBの位置に対する産卵の選択性があったものと考えてよさそうである。ただ、単体で設置したEでも産卵は少なくないことから、人工産卵巣の配置については、さらに検討する必要がある。

5. 産卵と環境要因との関連

1) 産卵と水温との関係

魚類の産卵にとって、水温は重要な要因の一つである¹⁷⁾。そこで、5カ年の産卵当日の日平均水温

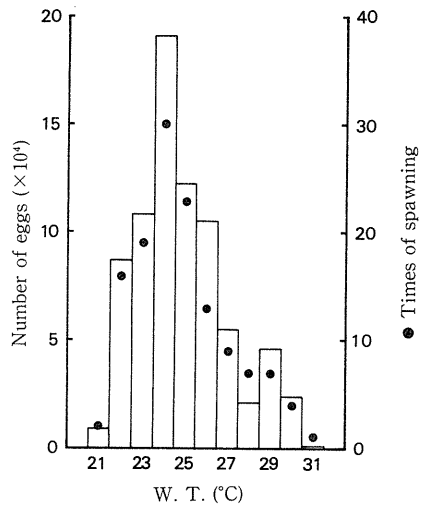


Fig. 7. 産卵と水温との関係 (1988～1992年)
Relationship between spawning and water temperature.

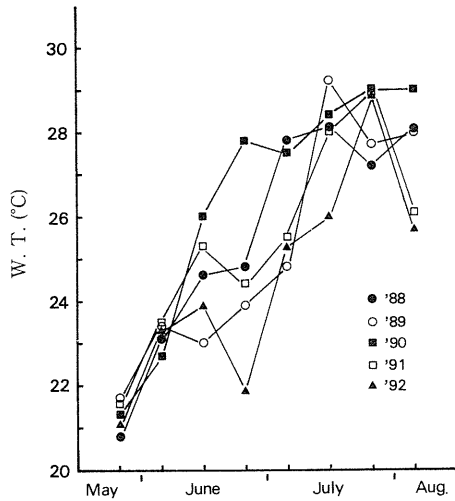


Fig. 8. 旬別平均水温の変化 (1988~1992年)
Change of water temperature in each ten days.

と産卵との関係を Fig. 7. に示した。最も多くの産卵がみられたのは24°C台で産卵回数は30回、産卵数は190,830粒、次いで、25°C台の23回、122,400粒であった。産卵がみられた水温範囲は21.6~31.7°Cで10°C以上と広がったが、22~26°C台で全体の約80%の産卵がみられ、天然での産卵水温⁶⁻⁸⁾と大きな相違は認められなかった。

Table 1. に示したように、1990、1992年は雌の数に対して産卵が少なく、特に後者ではその傾向が顕著であった。5カ年の旬別平均水温の変化を Fig. 8. に示したが、産卵盛期となる6月下旬の水温は1990年では27.8°Cと高く、逆に、1992年では21.9°Cと低かった。両者の親魚の採捕時期、FRJI、飼育方法は他の年と大きな相違がないにもかかわらず、産卵が少なかった原因としてこのような極端な高・低水温があげられよう。これらのことから、採卵飼育においては22~26°C台での水温管理も必要と考えられる。

2) 産卵と潮汐との関係

古賀ら²⁾は産卵と潮汐とは何らかの関係があることを示唆している。そこで、5カ年について産

卵日を月齢に応じて8期に区分し、産卵と潮汐との関係を Fig. 9. に示した。

産卵が多い期間は年により若干の相違はみられるが、全体的にみると3~4期(上弦から望)及び7~8期(下弦から朔)に集中しており、両者を合わせた期間、つまり、小潮から大潮にかけての産卵は全体の82.4%に達した。 χ^2 検定の結果、1%の危険率で有意($\chi^2=43.84$)であり、ムツゴロウの産卵は潮汐と密接な関係があることが明らかになった。

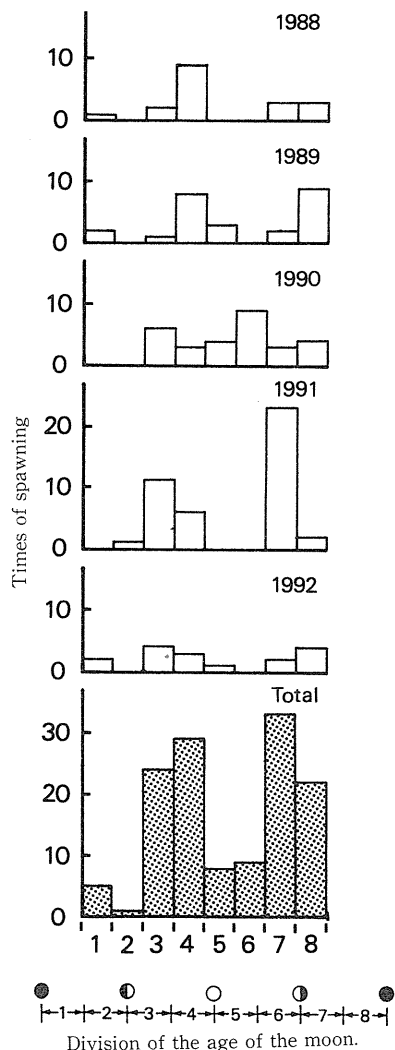


Fig. 9. 産卵と潮汐との関係 (1988~1992年)
Relationship between spawning and a tide.

有明海湾奥部の潮位差（満潮時と干潮時の水位差）が本邦随一であることは良く知られているが、本種の産卵期である5～8月の大潮満潮時の潮位は6.1m（1988年）にも達するのに対し、小潮満潮時には3.6m（1989年）に過ぎないこともあり、月齢によって大きく異なっている。一般に満潮時の潮位が最も高いのは望、朔の1～2日後で、最も低いのは上弦、下弦の1～2日後である。ムツゴロウは小潮から大潮にかけて産卵が多くみられたことから、ふ化は約1週間後^{3,6-10}の大潮から小潮の時期、つまり、満潮時の潮位が比較的高い時期に集中する。天然での親魚の生息域は主に地盤高2～4mの範囲（古賀等：未発表）であり、この時期の満潮時の潮位はほぼ4.5m以上であることから、どの地盤高で産卵が行なわれたとしても、ふ化仔魚は速やかに、泥中の産卵巣から水中へ出る¹⁵ことが可能となる。

また、ふ化が集中する大潮から小潮にかけての満潮時は、小潮から大潮時にかけてが早朝、夕刻であるのに対し、光が最も強い正午前後¹⁹である。このことは、ふ化仔魚が正のすう光性を持つ

つ^{10,13}ことから泥中の産卵巣から出る際の一助になるであろう。以上のことから、陸上水槽においても、ムツゴロウはふ化時の潮位に合わせて産卵していると考えて良さそうである。

他の魚類でも比較的似た例として、カリフォルニア沿岸のトウゴロウイワシ科の魚類グラニオン *Leuresthes tenuis* が、3月から5月にかけての新月と満月直後の夜間、大潮の満潮時の波に乗って砂浜にたどり着き、産卵、放精し、小潮の期間に砂浜でふ化した稚魚が、2週間後の大潮の波で沖へ運ばれることが知られている¹⁸。

石橋²⁰は、ムツゴロウは小潮の終り頃に活動量が低下するという約15日周期の月リズムが認められ、このリズムは約1日リズムと潮汐リズムの干渉作用によって成り立っているとしている。また、古賀²¹はムツゴロウの干潟上への出現は大潮を中心とした時期に多いことから、潮汐による約15日周期の月リズムに支配されていることを述べており、干満差の大きい有明海に生息するムツゴロウの行動は産卵を含め、潮汐と深く関わりあっているものと考えられる。

要 約

1. 1988～1992年の5カ年で延べ雌418尾を用い、計131回の産卵がみられ、総産卵数は767,530粒、1回当たりの平均産卵数は5,859粒、未産卵魚を含めた雌1尾当たりの平均産卵回数は0.31回であった。
2. 産卵時期は年により若干変動はあるが、6月中旬から7月上旬までに全体の80%を上回る産卵がみられた。
3. ムツゴロウは多回産卵することが明らかとなった。
4. 良好な採卵を図るためには、産卵用親魚は産

約

卵前である5月後半から6月前半にかけて天然漁場から採捕した雌のうち、FRJIが大きいものを選別する方法が適当と考えられた。

5. 産卵がみられた日平均水温の範囲は21.6～31.7°Cと広がったが、22～27°Cの範囲で全体の約80%の産卵がみられた。

6. 小潮から大潮にかけての産卵は全体の82.4%に達し、ムツゴロウの産卵は潮汐と密接な関係があることが明らかになった。

文 献

1) 古賀秀昭・野口敏春・中武敬一 1989：ムツゴロウの人工増殖に関する研究－I. 親魚の養成. 佐有水試研報, (11), 1-7.

2) 古賀秀昭・野口敏春・木下和生 1989：ムツゴロウの人工増殖に関する研究－II. 人工産卵巣による採卵及び産卵条件. 佐有水試研報, (11), 9-16.

- 3) 古賀秀昭・野田進治・野口敏春・青戸 泉
1989：ムツゴロウの人工増殖に関する研究－III。
ふ化及び仔稚魚飼育。佐有水試研報，(11)，
17-28.
- 4) 野田進治・古賀秀昭 1990：ムツゴロウの人工増
殖に関する研究－IV。若魚期の餌料。佐有水試研
報，(12)，1-6.
- 5) 野田進治・古賀秀昭 1990：ムツゴロウの人工増
殖に関する研究－V。若魚の越冬飼育法。佐有水
試研報，(12)，7-13.
- 6) 佐賀県有明水産試験場 1989：昭和63年度地域特
産種増殖技術開発事業，魚類・甲殻類グループ総
合報告書，佐1-佐42.
- 7) 佐賀県有明水産試験場 1990：平成元年度地域特
産種増殖技術開発事業，魚類・甲殻類グループ総
合報告書，佐1-佐41.
- 8) 佐賀県有明水産試験場 1991：平成2年度地域特
産種増殖技術開発事業，魚類・甲殻類グループ総
合報告書，佐1-佐39.
- 9) 佐賀県有明水産試験場 1992：平成3年度地域特
産種増殖技術開発事業，魚類・甲殻類グループ総
合報告書，佐1-佐34.
- 10) 道津喜衛・中野昌次 1985：ムツゴロウの増・養
殖に関する研究－I。産卵習性・催熟による採卵。
昭和59年度科学研究費補助金（一般B）研究成果
報告書，1-13.
- 11) 内田恵太郎 1932：ムツゴロウおよびトビハゼの
生活史。日本学術協会報告，(7)，109-117.
- 12) 道津喜衛 1974：有明海の魚族たち。ムツゴロウ
とトビハゼ。九州，沖縄の生き物たち，西日本新
聞社，1，144-182.
- 13) 道津喜衛・的場 実 1977：有明海に跳ねる。ム
ツゴロウとトビハゼの行動。アニマ，5(8)，
15-23.
- 14) 田北 徹 1980：有明海の魚類。月刊海洋科学，
12(2)，105-115.
- 15) 杠 学・古賀秀昭 1989：ムツゴロウの生態－III。
仔稚魚の出現・分布。佐有水試研報，(12)，
15-20.
- 16) 開原成允 1985：マイコンによる医療統計処理。
中山書店，東京.
- 17) 岩井 保 1971：生殖。魚学概論，恒星社厚生閣，
139-150.
- 18) 石橋貴昭 1978：サーカタイダルリズムと概念リ
ズム。時間生物学，66-83.
- 19) 古賀秀昭 1990：光量子と日照時間・全日射量
及び珪藻類増殖との関連。佐有水試研報，(12)，
67-74.
- 20) 石橋貴昭：1973 ムツゴロウの行動のリズム。福
岡大学理学部集報，2(1)，69-74.
- 21) 古賀秀昭：1992 ムツゴロウの干潟上への出現と
環境要素との関係。佐大農学部，浅海干潟総合実
験施設研究紀要，(6)，21-26.