

어랭놀래기, *Pteragogus flagellifera* (Valenciennes)의 生殖周期와 性轉換

李榮敦 · 高有峰* · 鄭相喆**

濟州大學校 海洋研究所, *濟州大學校 海洋學科, **濟州大學校 增殖學科

Reproductive Cycle and Sex Reversal of the Cock-tail Wrasse, *Pteragogus flagellifera*

Young-Don Lee · You-Bong Go* and Sang-Chul Chung**

Marine Research Institute, Cheju National University, Cheju-do 695-810, Korea

**Dept. Oceanography, College of Ocean Sciences, Cheju National University,
Cheju 690-810, Korea*

***Dept. Aquaculture, College of Ocean Sciences, Cheju National University,
Cheju 690-810, Korea*

Reproductive cycle and sex reversal of the cock-tail wrasse, *Pteragogus flagellifera*, were investigated histologically on the gonadal development, sex change of the gonad and studied by gonadosomatic index(GSI), color patterns. Samples were collected at the costal area of Hamduck in Cheju-do, from october, 1991 to october, 1992.

In male and female, GSI began to increase from May(male) and June(female) when the water temperature began to increase and reached it's maximum value in Jun(male) and July(female). It began to decrease from August, thereafter, maintained relatively low value until May of nex year.

The annual reproductive cycle of this species could be classified into four successive development stage : growing stage(May-June), mature stage(June-July), ripe and spent stage(July-August), degenerative and resting stage (August-April).

The species is a protogynous hermaphrodite, and has two color patterns : red-yellow (A) and dark-green (B). A-fish were less than 12.0cm SL and consisted of female (74.4 %) and fish with transitional gonad (25.6%). B-fish consisted of secondary male (87.3%) and fish with transitional gonad (12.7%).

In *P. flagellifera*, individuals with hermaphroditic gonad were observed in 8.0~12.0cm SL. Sex reversal of this species could be occurred from 8.0~12.0cm SL.

Key words : 생식주기(reproductive cycle), 성전환(sex reversal), 자성선속 자웅동체 (protogynous hermaphrodite), 어랭놀래기(cock-tail wrasse, *Pteragogus flagellifera*)

緒 論

材料 및 方法

어랭놀래기, *Pteragogus flagellifera* (Valenciennes)는 농어목 놀래기과에 속하고, 溫帶와 亞熱帶에 사는 어류로서 우리나라 남부, 제주도 연해, 동중국해, 일본 중부이남 등에 분포하고 있으며, 특히 제주 연안 천해의 암초지역이나 그 부근의 해초사이에 많이 서식하고 있다.

놀래기류의 生殖生態에 관한 연구로서는 性轉換과 體色變化에 관한 연구(Reinboth, 1970, 1975), 産卵行動의 觀察(Randal and Randal, 1963) 그리고 산호초에 서식하는 놀래기류의 性轉換과 産卵行動에 관한 연구(Robertson, 1972; Robertson and Coat, 1973) 등 대부분의 熱帶産魚種이며 溫帶에 서식하는 놀래기류 중에는 고생 놀래기, *Thalassoma cupido* (Temminck and Schlegel)의 産卵行動에 관한 연구(Moyer, 1974) 보고들을 찾아볼 수 있다.

어랭놀래기에 있어서는 中國(1979)가 性轉換과 産卵行動에 관한 보고만 있을 뿐이다.

따라서 본 연구는 濟州道産 어랭놀래기의 生殖生態를 밝히는 基礎資料를 얻고자 年間 生殖巢 熟度指數의 變化, 生殖巢 發達過程, 生殖周期 그리고 性轉換에 따른 生殖巢의 變化過程 및 體色變化등을 生殖生物學的인 면에서 調査하였다.

본 연구에 사용된 재료는 1990년 10월부터 1991년 9월까지, 그리고 1992년 7~10월까지 제주도 북방 합덕연안을 중심으로 濟州大學校 海洋研究所 研究調査船을 이용하여 채집한 98개체의 어랭놀래기이다. 채집된 재료는 실험실로 옮겨 體色별로 구분한 후 全長 0.1cm, 體重은 0.1g까지 계측하였고 어체에서 떼어낸 生殖巢는 0.01g까지 계측하였다.

生殖巢의 組織學的 觀察을 위하여 生殖巢를 Bouin's 용액에 固定한 후 상법인 paraffin 절편법에 의해 5~7 μ m의 組織標本을 만들었으며, Hansen's haematoxylin -0.5% eosin으로 비교 염색하였다.

生殖巢 熟度指數(GSI)는 生殖巢 중량의 체중에 대한 백분율(生殖巢 중량/체중 \times 100)로써 산출하였다.

結 果

1. 生殖巢 熟度指數(GSI)와 生殖巢組織의 月別變化

어랭놀래기는 겨울철 자연조건 때문에 자연채집이 어려워 1990년 10월과 12월, 91년 4월부터

10월 그리고 1992년 7월부터 9월까지 채집된 재료로 월별 GSI변화와 이에 따른 生殖巢 組織像의 변화를 調査한 결과는 Fig.1 및 Fig.2와 같다.

암컷 4월과 5월 어렁놀래기 암컷의 GSI는 0.5~0.7로 낮은 값을 나타내고 있으며 일장이 길어지고 수온이 상승하는 6월에 접어들면서 0.9로 완만한 증가를 보이고 있다. 이 시기의 卵巢 組織像은 hematoxylin에 농염된 細胞質을 가진 난경 30~50 μ m 정도의 初期卵母細胞들이 대부분 차지하고 있으며 (Fig. 1-1), 일부 성숙이 빠른 개체의 난소내에는 난경 140~150 μ m 정도이며 eosin에 호염된 細胞質에는 卵黃胞과 卵黃球들을 가진 成熟卵母細胞들이 나타나고 있다 (Fig. 1-2). 7월에 접어들어 GSI는 급격히 증가하여 평균 10.2로 연중 최고치를 보이고 있으나 개체에 따라 GSI가 2.2에서 18.2로 큰 차이를 나타내고 있다. 이에 따른 卵巢 組織像도 初期卵母細胞와 난경이 240~270 μ m인 成熟卵母細胞 그리고 난경 340 μ m내외의 完熟卵母細胞로 충만되고 있는데 完熟卵母細胞의 細胞質에는 卵黃顆粒들이 均質化되고 脂肪球들이 나타나고 있다 (Fig. 1-3).

이들 完熟卵들이 부분적으로 産卵을 마치면 完熟卵을 싸고 있던 濾胞帶가 남아서 산란흔적을 남기고 일부 産卵하지 못한 卵들이 退化 吸收되고 있다 (Fig. 1-4).

8월에서 9월로 접어들면서 GSI가 급격히 감소하여 0.2~0.3의 낮은 값을 나타내고 있다. 이 시기의 卵巢 組織像은 未放出卵이 退化吸收가 완료 되면서 卵巢 小囊에는 난경이 30 μ m되는 初期卵母細胞들이 재배치 되어 나타난다 (Fig. 1-5).

수컷 수컷의 월별 GSI변화는 암컷과 유사한 경향을 나타내고 있다. GSI가 0.2을 나타내는 4

월 精巢 組織像에는 精巢小葉내 精原細胞群, 精母細胞群이 나타난다 (Fig. 2-1). GSI가 0.28로 다소 증가하는 5월에 精巢의 精巢小葉이 肥厚되면서 精原細胞, 精母細胞 그리고 精細胞群들이 나타난다 (Fig. 2-2). 6월에 접어들면서 GSI가 0.62로 최대치를 나타내는데 이 시기의 精巢 組織像은 精巢의 成熟과 함께 精巢小葉이 더욱 肥厚되고 小葉內 生殖上皮上에는 소수의 精原細胞와 精母細胞 그리고 小葉內腔에는 精細胞와 變태된 精子가 塊를 형성하여 나타나고 있다 (Fig. 2-3). 7, 8월의 GSI는 평균 0.35를 나타내고 있으며 精巢 組織像에는 小葉內腔과 受精小管내에는 變태된 精子들이 集塊를 형성하고 小葉上皮上에는 精原細胞와 精母細胞들이 소수 분포하고 있다 (Fig. 2-4).

9월에 접어들면서 GSI는 급격히 감소하여 0.12로 낮은 값을 나타내고 精巢 組織像에는 小葉上皮가 肥厚되면서 小葉內腔의 잔존정자가 退化吸收되고 있으며 (Fig. 2-5), 小葉上皮上에 精原細胞와 精母細胞들이 재배치된다 (Fig. 2-6).

2. 生殖周期

GSI의 월별변화와 生殖巢 발달의 組織學的 관찰을 토대로 어렁놀래기 生殖周期은 成長期, 成熟期, 完熟 및 産卵期 그리고 回復 및 休止期 등의 연속적인 周期로 구분할 수 있다 (Fig. 3).

성장기 (growing stage) 암컷의 경우는 5월부터 卵巢小囊上皮上에 30~50 μ m 전후의 어린 卵母細胞들이 발달하면서 生殖巢가 활성화되기 시작하여 6월에는 初期卵母細胞와 성장중인 난황포기 난모세포들이 卵巢小囊을 가득 채우고 있다. 수컷의 경우는 4, 5월에 生殖巢가 肥厚되면서 精巢小葉內에는 精原細胞群과 精母細胞群들이 나타난다. 이들 成長期 개체는 5~6월에 나타난다.

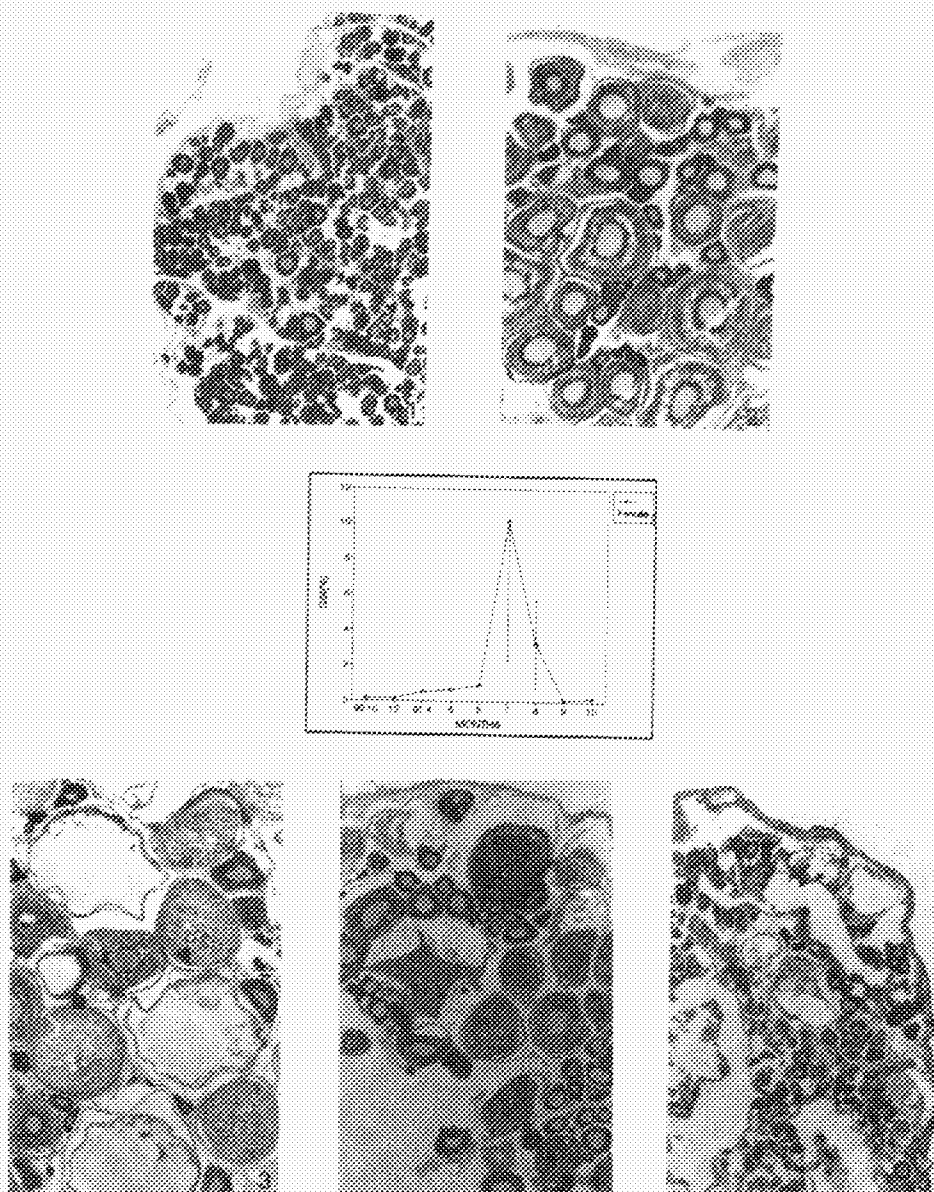


Fig. 1. The inner figure is monthly changes of the gonadosomatic index in female and the outer pictures are developmental stages of each ovary in the Cock-tail wrasse, *P. flagellifera* from October, 1990 to September, 1991. Circles and bars in this inner figure indicate the means and the standard errors, respectively.
1. growing stage 2. mature stage 3. ripe and spent stage 4. degenerative stage 5. resting stage

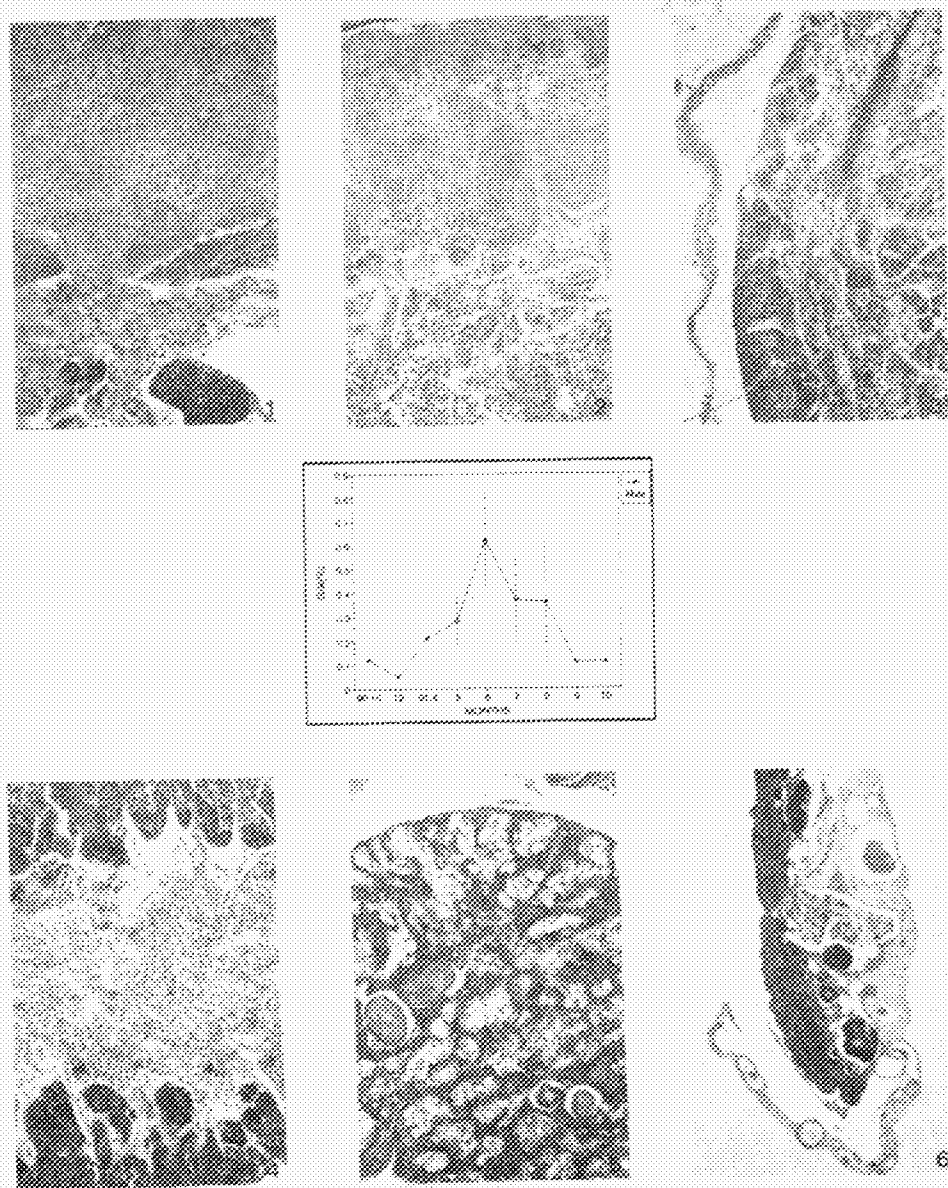


Fig. 2. The inner figure is monthly changes of the gonadosomatic index in male and the outer pictures are developmental stages of testis in the Cock-tail wrasse, *P. flagellifera* from October, 1990 to September, 1991. Circles and bars in this inner figure indicate the means and the standard errors, respectively.

1. growing stage 2. mature stage 3. ripe stage 4. spent stage 5. degenerative stage
6. resting stage

성숙기(mature stage) 7월에 접어들면서 암컷의 난소발달은 급격히 진행되어 初期卵母細胞 및 난황포기 난모세포들과 함께 細胞質에 다량의 卵黃顆粒들을 축적하고 있는 成熟卵母細胞들의 출현 비율이 높아지고 있다. 이들 成熟期 개체들은 7월에 나타난다. 수컷의 경우는 生殖巢가 肥厚되어 精巢小葉內腔에 精原細胞에서 부터 일부 변태된 精子에 이르기까지 여러 단계의 生殖細胞들로 가득차 있다. 成熟期 개체들은 6~7월에 나타난다.

완숙 및 산란기(ripe and spent stage) 7월에 채집된 개체들의 卵巢는 대부분 完熟期에 접어들고 있고, 이때 卵巢小囊에는 소수의 初期卵母細胞들과 270~350 μ m전후의 完熟卵들로 채워져 있으며, 8월에 접어들면서 대부분의 개체들은 난소내에 殘存濾胞帶가 나타나 배란 흔적을 보이고 있다. 완숙 및 산란개체들은 주로 7월과 8월에 나타나고 있다. 수컷의 경우는 6월에 접어들면서 대부분의 개체에서 精巢小葉內에 변태를 마친 정자들이 밀집되어 있거나, 일부 방정한 흔적을 보이는 개체가 나타난다. 이러한 방정기 개체는 8월까지 지속된다.

퇴화 및 휴지기(degenerative and resting stage) 9월에 放卵을 마친 암컷들의 卵巢內에 미방출된 成熟卵母細胞들이 退化吸收되어 위축되어간다. 그리고 10월에 접어들면서 卵巢小囊上皮層이 재배치되면서 小葉上皮上에 어린 난모세포들만이 나타나고 있다. 그후 저수온기인 11월에서 4월까지 휴지기 상태를 지속한다. 수컷의 경우도 암컷과 같이 9월에 접어들면서 精巢小葉은 퇴화 위축되고 小葉上皮層이 肥厚되면서 小葉上皮上에 精原細胞들이 재배치되어 저수온기인 3월까지 장기간 休止期를 가지는 것으로 간주된다.

3. 兩性生殖巢와 精巢의 構造

兩性生殖巢 어령놀래기의 性轉換 여부를 파악하기 위해 生殖巢組織觀察을 행하여 兩性生殖巢의 출현을 調査하였다. 兩性生殖巢를 갖는 개체는 산란기 전후 위축된 生殖巢에서 주로 나타나고 있다. 兩性生殖巢의 내부형태를 보면 크게 2가지 형으로 볼 수 있다. 生殖巢內에 주변인기 卵母細胞들에서 卵黃球期 卵母細胞에 이르기까지 여러단계의 卵母細胞들이 核과 細胞質이 변형 붕괴되어 卵巢의 퇴화적 경향이 강하게 나타나고 대신에 體細胞와 간충직 조직들이 발달하는 生殖巢(Fig. 4-1, 2)와 또 다른 하나는 생식소내에 주변인기 卵母細胞들이 核과 細胞質이 변형 붕괴되고 생식소 박판에 여러개의 포낭을 형성하여 다수의 精原細胞들이 나타나는 생식소이다(Fig. 4-3, 4).

精巢의 構造 한점의 막으로 精巢組織을 둘러싸 卵巢組織과 유사한 형태의 內腔을 형성하고, 그 막의 일부가 受精管으로 이루어져 수정관이 精巢橫斷面을 둘러싸고 있다(Fig. 5).

4. 體色과 體長에 따른 兩性生殖巢 出現

어령놀래기에는 적갈색을 띠는 개체(A)와 흑녹색을 띠고 등지느러미 제1, 2극의 돌기가 길게 형성하는 개체(B)로 구분되는데(Fig. 6), 調査된 개체중 A형의 개체는 35尾이고, B형의 개체는 63尾였다(Fig. 7).

A형의 개체는 體長 7.5cm~12.0cm 사이에 나타나고 있으며 암컷 26尾, 兩性生殖巢를 갖는 것 9尾였고, B형의 개체는 體長 10.5cm~16.5cm 사이에 출현하고 있으며 수컷 55尾, 兩性生殖

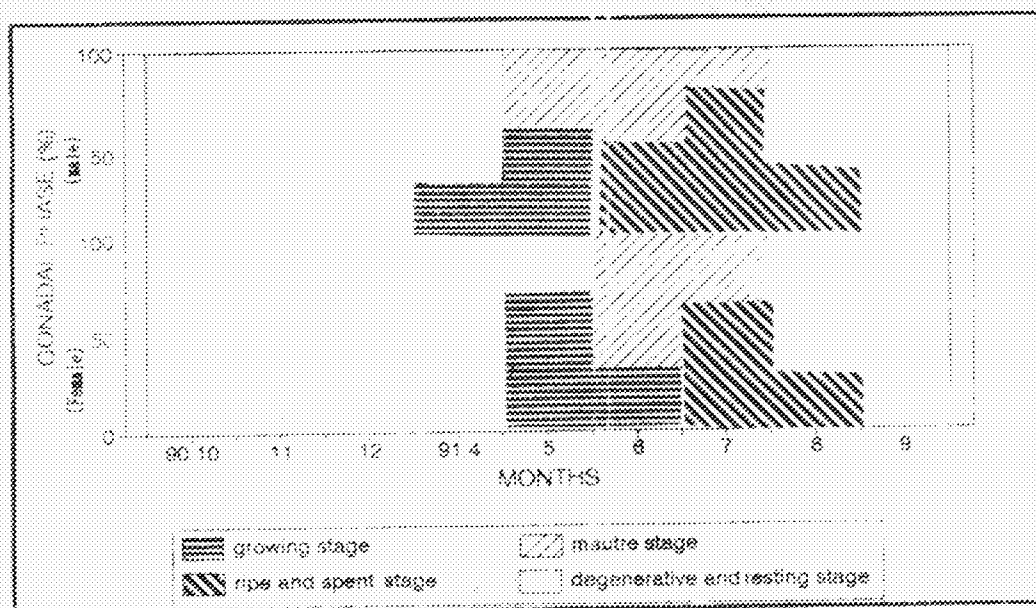


Fig. 3. Gonadal phase of the Cock-tail wrasse, *P. flagellifera*.

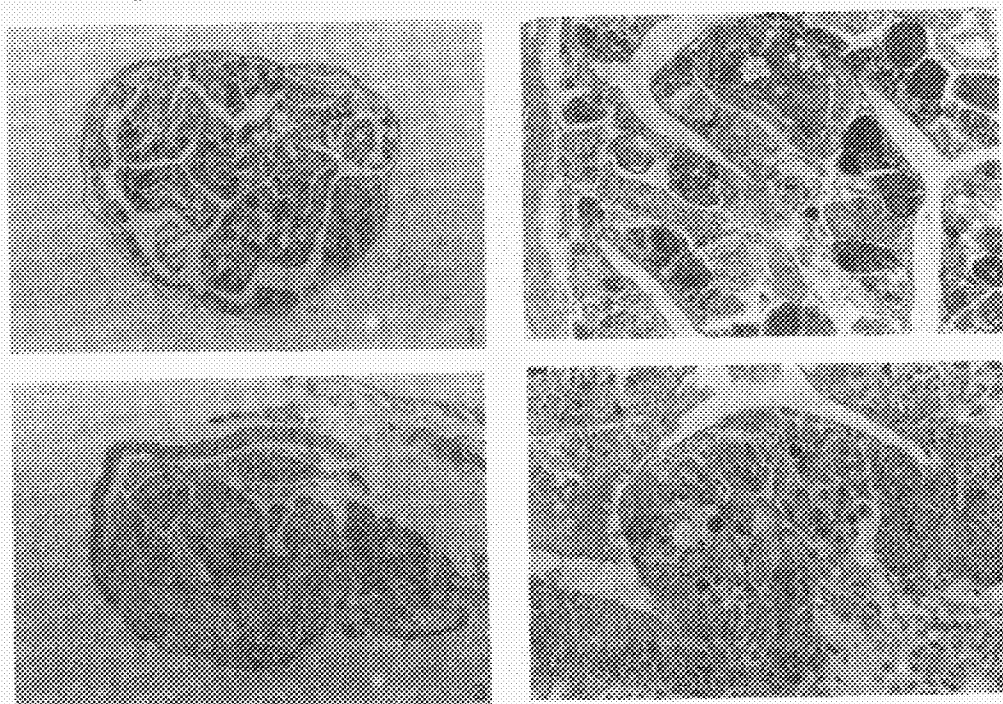


Fig. 4. Cross section of each lobe and partial magnification of hermaphroditic gonad of the Cock-tail wrasse, *P. flagellifera*.

1, 2. degeneration of mature oocyte and appearance of stromal tissue

3, 4. degeneration of early growing oocyte and appearance of spermatogenesis

巢를 갖는 것 8尾였다. 그리고 兩性生殖巢를 갖는 개체는 體長 9.5~11.5cm 사이에 14개체, 體長 13.0~15.0cm 사이에 3개체가 나타나고 있다.

考 察

대부분의 어류는 각기 정해진 시기에 成熟·産卵하며, 産卵期를 중심으로 生殖年周期를 나타내고 있는데(羽生, 1984, 1985; 李·羽生, 1984), 生殖活動變化를 제어하는 요인으로서는 光과 水温이 깊이 관여하고 있다고 보고되어 있다(de Vlaming, 1972a, 1972b). 그리고 産卵期の 차이는 生殖巢 發達과 退化에 미치는 光과 水温의 변동차이 때문이며, 이러한 차이로 魚類의 産卵型을 季節의으로 春季 産卵型, 春夏季 産卵型, 夏季 産卵型, 秋季 産卵型, 冬季 産卵型으로 나누어 진다고 생각할 수 있다.

어랭늘래기인 경우 水温 및 日長變化와 生殖巢의 發達 樣相을 보면 日照時間이 길어지고 水温이 상승하는 5월부터 生殖巢가 발달하기 시작하여 高水温期인 7월에 産卵에 접어들고, 최고 水温期인 8월에 産卵을 마치고 있다. 따라서 夏季 産卵型인 어랭늘래기의 生殖巢 成熟에는 水温上昇에 光周期의 長日化가 補償의으로 促進 效果를 나타내고, 최고 水温期에 이르기 전의 高水温期에 産卵을 행하는것으로 생각할 수 있다.

본 調査에서 수컷이 암컷에 비하여 약 1개월 정도 빨리 成熟되는 현상이 나타나고 있는데 이는 전어, *Konosirus punctatus*(金등, 1984), 문치가자미, *Limanda yokohamae*(李등, 1985), 쟁둥어, *Boleophthalmus pectinirostris*(鄭등, 1991) 등 일부 魚種에서 볼 수 있다. 이러한 수컷이 암컷에 비해 일찍 成熟하는 현상은 일반적으로 수컷

이 求愛行爲를 하는 魚種에서 나타나는 것으로 思料되나 이는 좀더 많은 魚種의 産卵生態研究가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 그러나 性成熟에 있어서 암수차가 일어나는 원인을 外部環境要因에서 살펴보면, 生殖巢 발달에 미치는 臨界水温이나 臨界光周期가 암수간 차이가 있으므로 해서 수컷이 미리 정자를 완숙시켜 암컷의 산란에 대비하는 것으로 생각된다.

排卵, 放精 후 卵巢小囊과 精巢小葉에 미방출된 난과 정자들은 대부분 退化吸收되나 소수 初期卵母細胞 및 精母細胞들이 休止期에 재배치되 生殖上皮上에 그대로 존재하고 있어 이들은 이듬해 成長期에 그대로 참여하여 早期 成熟되는 것으로 보여진다.

어류의 性은 대부분 雌雄異體와 雌雄同體로 구분된다. 雌雄同體는 일반적으로 雌性先熟, 雄性先熟, 同時雌雄同體로 구분할 수 있다(Atz, 1964; Yamamoto, 1969).

Reinboth(1970, 1975)는 늘래기류인 *coris julis*에서 수컷은 원래부터 수컷인 1次雄과 암컷에서 性轉換하여 수컷이된 것을 2次雄으로 구분하고, 1次雄이 갖는 生殖巢를 1次精巢(primary testis), 2次雄이 갖는 生殖巢를 2次精巢(secondary testis)로 구분하여 보고하고 있다.

雌性先熟에는 1次雄의 有無에 따라 單雄性和 復雄性이 있는데, 암수중 암컷의 일부가 수컷으로 性轉換하는 復雄性的 雌性先熟魚는 비늘돔科, 늘래기類, 홍갈치科(中國, 1991), 용치늘래기(中國, 1979; 李등, 1991) 등이 보고 되고 있다.

調査된 어랭늘래기에서는 암컷의 일부가 수컷으로 性轉換하여 수컷이된 2次雄 만이 나타나고 있어 單雄性的 雌性先熟魚가 아닌가 생각된다. 中國(1979)도 어랭늘래기의 性轉換을 調査한 결과 調査된 개체에서 1次雄은 나타나지 않고 2次

雄만이 나타났다고 보고하고 있다.

雌性先熟魚 중에 농어과, 청줄돔과, 놀래기과, 비늘돔과, 앙돔미리과, 배도라치과에서는 性轉換시에 體色이 雌型에서 雄型으로 변화한다(余吾, 1985; 中國, 1979). 이와 같이 性轉換에 따른 體色變化를 남성호르몬의 지배를 받아서 수컷의 2차 성징으로 나타난다(木下, 1936; Reinboth, 1975; Nagamura, 1989). 본 어랭놀래기인 경우 兩性生殖巢를 가진 17개체중 체장 9.5~10.5cm에서 6개체와 11.5~12cm에서 3개체가 적갈색을 띠고, 10.5~14.7cm 사이에 8개체는 흑색을 띠고 있어 성전환이 일어나면서 체색이 변화되고 있음을 볼 수 있다.

中國(1979)은 어랭놀래기에 있어서 性轉換이 일어나는 體長은 8.2~11.2cm에서 적갈색을 띠는 개체 2마, 흑색을 띠는 개체 1마가 나타났다고 보고 하고 있다. 어랭놀래기인 경우 체색의 변화와 함께 등지느러미 제 1, 2극에 긴 돌기가 발달하는 지느러미의 형태변화도 수반되고 있음을 볼 수 있다.

要 約

1990년 10월부터 1991년 9월까지 그리고 1992년 7월-10월까지 제주도 북방함덕연안을 중심으로 채집된 어랭놀래기, *Pteragogus flagellifera*를 대상으로 그들의 生殖生態를 파악하기 위하여 體色變化, 生殖巢 熟度指數, 그리고 生殖巢의 組織學的 方法에 의한 生殖周期, 性轉換過程들을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 生殖巢 熟度指數(GSI)는 수컷이 6월에 0.62, 암컷은 7월에 10.15로 최대값을 나타내고 있다. 그리고 암수 다같이 8월에 접어들면서 下降하기 시작하면서, 9월부터 낮은

값을 나타내고 있다.

2. 生殖周期는 成長期(5~6월), 成熟期(6~7월), 完熟 및 産卵期(7~8월), 回復 및 休止期(8~4월) 등의 연속적인 周期를 나타냈다.
3. 體長 9.5~11.5cm 사이에 14개체, 體長 13.0~15.0cm 사이에 3개체가 雌性에서 雄性으로 性轉換過程의 生殖巢를 가지고 있다.
4. 암컷에서 수컷으로 性轉換함에 따라 적갈색에서 흑색으로 體色變化가 나타나고 있다.
5. 본 種은 암컷이 性轉換 하여 2차精巢를 갖는 單雄性的 雌性先熟魚로 간주된다.

謝 辭

본 연구를 수행함에 있어서 어랭놀래기 채집에 적극적으로 협조해 주신 제주대학교 해양연구소 아라2호 김명학선장, 송영호선생, 박양재선생 그리고 아라3호 김인선선장, 김봉환선생님께 감사드립니다.

參 考 文 獻

- Atz, F. W., 1964. Intersexuality in Fishes. In : C. N. Armstrong & A. J. Marshall (eds.) Intersexuality in Vertebrates Including Man. pp.145-232. Academic Press, London.
- de Vlaming, V. L., 1972 a. Environmental control of teleost reproductive cycles : a brief review, J. Fish. Biol. 4, 131-140.
- de Vlaming, V. L., 1972 b. The effects of temperature and photoperiod on

- reproductive cycling in the estuarine gobiid fish, *Gillichthys mirabilis*. Fish. Bull. 70 (4), 1137-1152.
- 羽生 功, 1984. 魚の生殖リズムと環境要因 0る 水産の研究. 3 (6), 90-93
- 羽生 功, 1985. 魚の生殖リズムと環境要因 1る 水産の研究. 4 (1), 50-54
- 金炯培·李澤烈, 1984. 전어, *Konosirus punctatus*의 生殖生物學的研究. 韓水誌, 17 (3), 206-218
- 鄭義泳·安哲民·李澤烈, 1991. 팽풍어, *Boleophthalmus pectinirostris* (LINNAEUS)의 性成熟. 韓水誌, 24 (3), 167-176.
- 木下始治, 1936b. キユウン見出された精巢卵並びに性轉換に就いて. 植物及動物, 4 (6), 1027-1030.
- 李澤烈·羽生 功, 1984. 그물코 쾨치, *Rudarius ercodes*의 生殖周期. 韓水誌, 17 (5), 432-435.
- 李澤烈·姜龍柱·李秉喙, 1985. 문치가자미, *Limanda yokohamae*의 生殖機構 및 個體群動態 1. 生殖機構. 韓水誌, 18 (3), 253-261.
- 李榮敦·盧洪吉·李澤烈, 1991. 용치놀래기, *Halicoere poecilopterus* (Temminck et Schlegel) 生殖生態. 濟大 海研報, 15, 93-102.
- Moyer, J. T., 1974. Notes on the reproductive behavior of the wrasse. *Thalassoma cupido*. Japan. J. Ichthyol., 21 (1), 34-36.
- Nagamura, M., T. F. Hourigan, K. Yamauchi, Y. Nagahama and E. G. Grau, 1989. Histological and ultrastructural evidence for the role of gonadal steroid hormones in sex change in the protogynous wrasse *Thalassoma duperrey*. Emv. Biol. Fish., 24, 117-136.
- 中國明信, 1979. 日本産 ヘラ科魚類 5種の性轉換と産卵行動に関する研究. 九大農實水産報, 4, 1-64.
- 中國明信, 1991. 機能的雌雄同體現象. 魚類生理學(板澤靖男·羽生 功 編), 恒星社厚生閣 pp. 327-361.
- Randall, J. E. and H. A. Randall, 1963. The spawning and early development of the Atlantic parrot fish. *Sparisoma rubripinne*, with notes on other scarid and labrid fishes, Zoologica, 48 (2), 49-60.
- Reinboth, R., 1970. Intersexuality in fishes. In "Hormones and Environment" (G. K. Benson and J. G. Philipseds.) Mem. soc. Endocrinol, 18, pp. 515-543.
- Reinboth, R., 1975. Spontaneous and hormone-induced sex-inversion in wrasses (Labridae). Publ. staz. zool. Napoli 39, suppl., 550-573.
- Robertson, D. R., 1972. Social control of sex reversal in a coral-reef fish. Science, 177, 1007-1009.
- Robertson, D. R. and J. H. Choat, 1973. Protogynous hermaphroditism and social system in labrid fishes. proceedings of the second international coral reef symposium 1, 217-225.
- Yamamoto, T., 1969. Sex differentiation. In: W. S. Hoar & D. J. Randall (eds) Fish Physiology. III. pp. 117-175. Academic press, New York.
- 余吾 豊, 1985. 雌性先熟性魚類 3種の 性成熟と産卵生態に関する研究. 九大農實水報 7, 37-83.