

## 자성선숙어 (protogynous fish) 의 성전환

이영돈 · 고환봉 · 김형배\* · 박인석\* · 이정재\*\*

제주대학교 해양연구소, \*한국해양연구소 해양생물공학실, \*\*제주대학교 증식학과

## Sex reversal of protogynous hermaphrodite fish

Young-Don Lee · Hwan-Bong Go · Hyung-Bae Kim\* · In-Seok Park\* · Jung-Jae Lee\*\*

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

\*Marine Biotechnology Laboratory, KORDI, Ansan P. O. Box 29,  
Seoul 425-600, Korea

\*\*Department Aquaculture, College of Ocean Sciences, Cheju National University,  
Cheju-do 690-756, Korea

Studies and reviews have been based on sex reversal diagnosis of histological change and body color change by sexual dimorphism on protogynous hermaphrodite fish, Labridae, Serranidae inhabited at the costal area of Cheju-do, Korea. *Halichoeres poecilopterus*, *Pteragogus flagellifera* and *H. tenuispinis* were summer season, spawning species which mainly spawn in Jun and July, but *Pseudolabrus japonicus* was autumn season spawning species which mainly spawn in October and November. The standard length range of sex reversal were 13.0-15.0cm *H. poecilopterus*, 9.5-15.0cm *P. flagellifer*, 11.5-16.0cm *P. japonicus*, and 10.0-13.0cm (total length) *H. tenuispinis* respectively. Sex reversal mainly appeared before and after spawning season. *H. Poecilopterus*, *H. tenuispinis* and *P. japonicus* were composed of monandry and diantry, but *P. flagellifera* was diandry. By sex reversal, the body colors of *H. poecilopterus*, *P. flagellifera* and *P. japonicus* change from pale red or yellow lines to brilliant green or dark yellow lines. The body colors of *H. tenuispinis* change slight, but containe lateral stripe pattern and blue spot in body center. In *P. flagellifera*, 1st, 2nd spine process of dosal fin were grown with body colour change. In sex reversal process, histological change of Labridae of inner gonad showed development of various interstitial cells and blood vessel by degeneration of oocyte. Thereafter, spermatogonia and spermatocyte begin to appear at the inner edge regions of the ovarian lamellae and then converted from ovary to functional testis. *Epinephelus moara* of 30.0-92.3cm in TL, *E. Septemfasciatus* of 23.4-38.7cm in TL were female with contained oocyte of perinucleolus stage. *E. akaara* of 22.0-33.0cm in TL appeared individuals of ovotestis.

Key words : 자성선숙형자웅동체 (protogynous hermaphrodite), 성전환 (sex reversal), 조직학적변화 (histological change), 체색변화 (body colour change), 성적이형현상 (sexual dimorphism)

### 서 론

어류의 성제어 (sex control) 는 생식과 성분화 (sex differentiation) 에 밀접한 관계가 있다 (Yamamoto, 1969 ; Yamazaki, 1976 ; Chan and Yeung, 1983).

어류의 성은 자웅이체와 자웅동체로 대별된다. 자웅동체어에는 성체제에 따라 동시자웅동체어, 자성선숙어, 여성선숙어로 구분하고 있다 (Atz, 1964 ; Yamamoto, 1969 ; Reinboth, 1970). 자성선숙어에는 농어과 (Serranidae), 양동미리과 (Paraperidae), 베도라치과 (Blennidae), 놀래

제주대학교 해양연구소에서 개최한 제 6회 해양과학심포지움 (1993. 12. 10.) 에 발표된 내용임  
본 연구는 제주대학교 해양연구소의 연구채료비와 한국해양연구소 기본 과제 연구비의 지원에 의하여 수행된 것임

기과(Labridae), 파랑비늘돔과(Scaridae), 범돔과(Scorpidae), Pseudochromidae, 그리고 산호초에 서식하는 열대산호초어류(coral fish)에서 찾아볼 수 있다(余吾, 1985 ; Springer *et al.*, 1977 ; Moyer and Nakazono, 1978a ; 中國, 1979).

자연에서 어류의 성제어와 성전환에 따른 생식세포와 체세포의 변동에 관한 조직화학적 연구가 자동동체어를 대상으로 이루어지고 있다(Chan and Phillips, 1967 ; Reinboth, 1970 ; Takahashi, 1977 ; Tang *et al.*, 1974a, 1975).

어류의 성전환기작과 성제어에 관한 연구는 성결정과 성분화에 관한 학문적인 중요도와 더불어 양식산업의 경제적인 기여도가 높다고 볼 수 있다.

본 연구는 제주연근해에 서식하는 자성선속형 자동동체어인 놀래기류와 능성어류를 대상으로 성전환에 따른 생식소의 조직학적 연구와 체색의 변화에 따른 성적이형(sexual dimorphism) 현상등을 파악하여 이들의 성전환 특성을 고찰하여 보고자 한다.

## 재료 및 방법

본 연구에 사용된 놀래기류는 1990년 10월 부터 1993년 10월 까지 제주도 북방 함덕연안을 중심으로 제주대학교 해양연구소 연구조사선을 이용하여 채집하였다. 그리고 자바리는 1990년 3월 부터 10월 까지 제주도 모슬포연안에서 채집한 89개체, 능성어는 1993년 6월에 함덕연안에서 채집한 7개체이다. 북바리에 관한 자료는 황(1993)이 조사한 218개체의 자료를 인용하였다.

채집된 재료는 실험실로 옮겨 어종별, 체색별로 구분한 후 체장 0.1cm, 체중 0.1g, 그리고 생식소는 0.01g까지 계측하였다. 생식소의 내부형태를 조직학적으로 관찰하기 위해 상법인 파라핀절편법으로 마이크로톰을 이용하여 5~7 $\mu$ m 조직표본을 만들었으며, Hansen's haematoxylin과 eosin으로 비교염색 하였다.

놀래기류의 성전환에 따른 체색변화를 조사하기 위해 놀래기류를 연안에서 채집한 후 100 $\ell$ 의 플라스틱용기에 수용하여 산소공급과 환수를 하여 환경변화에 따른 체색변화를 최소화 하였으며, 연구소로 운반하여 사진 촬영후 해부하여 생식소 외부형태와 내부구조를 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 놀래기류의 성전환과 체색변화

생식주기 생식소 속도지수의 월별변화와 생식소 발달의 조직학적 관찰을 토대로 놀래기류의 생식주기는 성장기, 성숙기, 완숙 및 산란, 그리고 퇴화 및 휴지기등의 연속적인 주기로 구분할 수 있었다.

용치놀래기, *Halichoeres poecilopterus*, 어렁놀래기, *Pteragogus flagellifera*, 놀래기, *Halichoeres tenuispinis*의 경우 성장기 5-6월, 성숙기 6-7월, 완숙 및 산란 6-8월, 그리고 퇴화 및 휴지기 9-4월로 주산란기가 7-8월인 하계산란종이었다.

반면에 황놀래기, *Pseudolabrus japonicus*는 성장기 7-9월, 성숙기 9-10월, 완숙 및 산란 10-12월, 그리고 퇴화 및 휴지기 12-6월로 주산란기가 10-11월인 추계산란종이었다(李等, 1991, 1992, 1992)

### 성전환 생식소의 내부구조변화

용치놀래기 성장 및 성숙기에 접어드는 5-6월 개체중에서 성전환되는 개체의 난소내에 주변인기 이상의 난모세포가 퇴행변성되고, 소낭의 기질내에 체세포성 간질세포, 호산성의 간질세포 그리고 혈관이 분포하고 있는것과(Fig. 1-1), 난소내에 20-50 $\mu$ m 전후의 퇴행중인 난모세포와 15 $\mu$ m 전후의 어린난모세포들이 존재하고, 소낭상피층에 포낭을 형성하여 그속에 정모세포들이 가득차 있는 것이 있다. (Fig. 1-2).

주산란이 지난 9월에 성전환되는 개체의 생식소 소낭내에는 20 $\mu$ m 내외의 어린난모세포들이 퇴행되고 상피층을 따라 정모세포군과 변태된 정자무리들이 존재하고, 소낭의 수질층에는 호산성의 간질세포들이 무리를 지어 분포하고 있으며, 소낭기부에는 수정관이 형성되어 있다(Fig. 1-3).

어렁놀래기 성장 및 성숙기에 성전환과정에 따른 생식소 내부구조의 변화는 용치놀래기의 Fig. 1-1과 Fig. 1-2와 유사하다. 그러나 성장기 개체중에서 성전환되는 용치놀래기인 경우 체세포성 간질세포와 호산성간질세포가 풍부하게 출현하는 반면에 어렁놀래기인 경우 혈관이 매우 발달하고 있다(Fig. 2-1). 휴지기에 접어드는 개체에서 생식소내 어린난모세포들이 핵질이 변형되면서 퇴화하나, 기질내에는 체세포성 간질세포들이 대부분 차지하고 있다(Fig. 2-2).

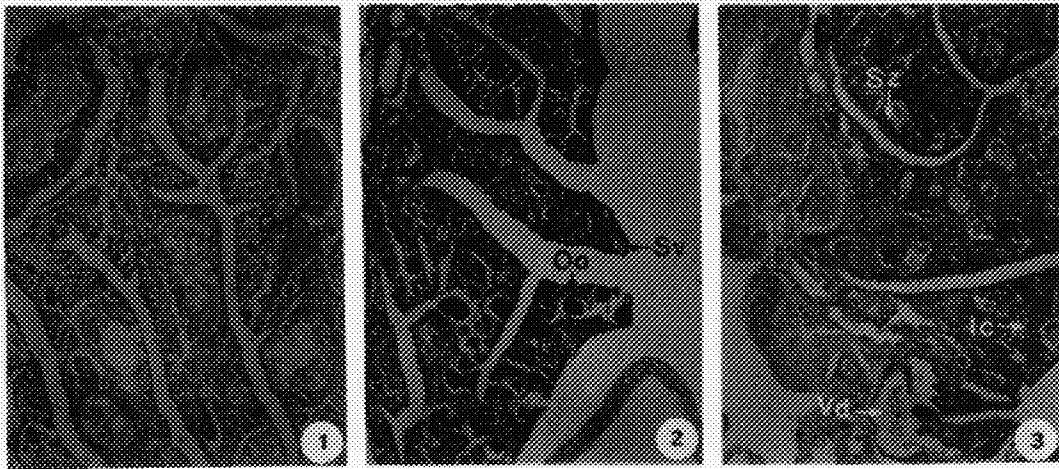


Fig. 1. Transverse section of a transitional gonad and secondary testis in *Halichoeres poecilopterus*.

1. degeneration of oocyte and increase of interstitial cells.
2. degeneration of oocyte and spermatogenesis mixed in the gonad.
3. secondary testis with newly formed vas deferens.

(oo , oocyte      sc , spermatocyte      sz , spermatozoa  
Vd , Vas deferens      Ic , interstitial cell)

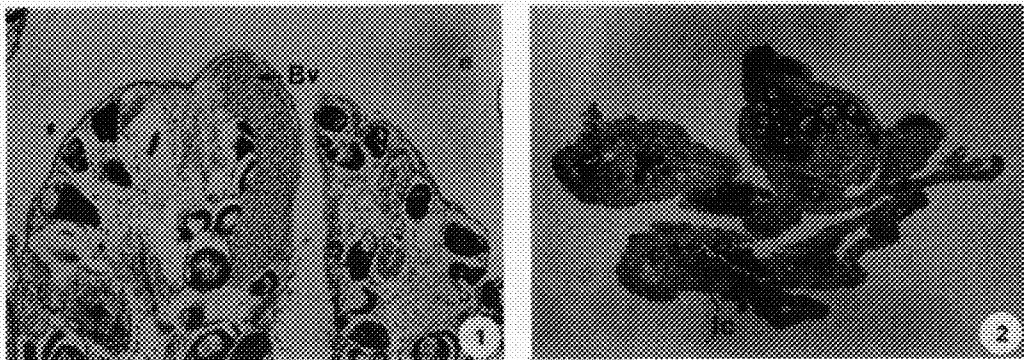


Fig. 2. Transverse section of a transitional gonad in *Parapogon argeliferus*.

1. transitional gonad at the growing stage.
2. transitional gonad at the resting stage.

(Bv , blood vessel      Ic , Interstitial cell)

황놀래기 성장 및 성숙기에 성전환과정에 따른 생식소 내부구조의 변화는 용치놀래기의 Fig 1-1 과 Fig 1-2와 유사하다. 그러나 성장기 개체중에서 난소의 대부분 소낭내에 어린난모세포들이 분포하고 있으나, 난소의 기부쪽 일부의 소낭내에는 정소조직이 형성되고 있다(Fig. 3-1). 그리고 성숙기

개체에서 성전환되는 생식소의 피질층은 정소조직이고 내강에는 피행성숙난모세포들이 차지하고 있어 정소조직과 난소조직이 구분되고 있다(Fig. 3-2). 또한 기능적인 정자형성과정이 일어나는 생식소 소낭에 피행성숙난모세포들이 2-3개 또는 수개씩 드문드문 분포하는 것도 있다(Fig. 3-3).

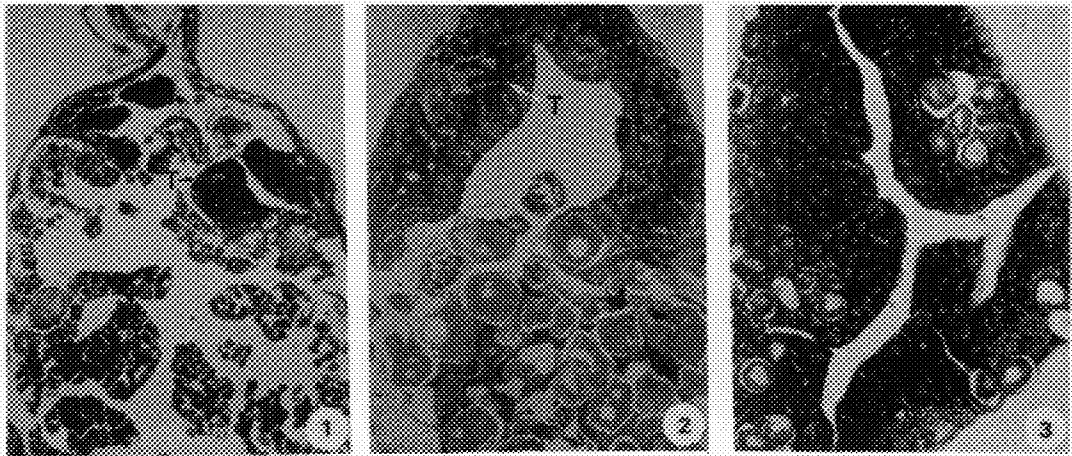


Fig. 3. Transverse section of a transitional gonad in *Pseudotribus japonicus*.

1. transitional gonad at the growing stage.  
Note testicular tissue(T) in the inner edge regions of the ovary.
2. transitional gonad at the mature stage.  
Note the topographic segregation of the ovarian and testicular tissue.
3. degeneration of oocyte spermatogenesis intermingled in the secondary testis.

놀래기 성숙 및 산란기 계세중에서 성전환되는 계세의 난소내에 다량의 지방체가 형성되고, 그 주변의 일부 환속난모세포와 어린난모세포들이 퇴화 변성되고 있다(Fig. 4-1).

놀래기류 1차·2차정소 외부형태와 내부구조 1차 정소의 외부형태는 정소의 인접 가운데를 따라 길게 짜인 습곡을 중심으로 여러갈래로 나누어져 있

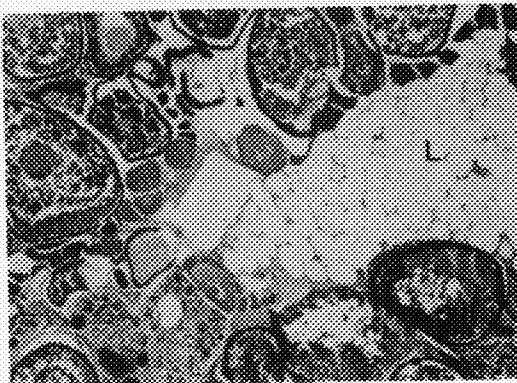


Fig. 4. Transverse section of an ovary in *Halichoeres tenuispinis*. Note degeneration of the mature and growing oocyte and lump of lipid(L).

는 반면에, 2차정소는 습곡을 형성하지 않고 주름진 주머니 모양이며, 1,2차정소는 좌우 비상칭으로 나타난다(Fig. 5-1). 1차정소의 내부구조는 여러개의 소엽으로 나누어져 있고 소엽의 기부에서 수정관이 위치하고(Fig. 5-2). 반면에 2차정소는 한 개의 막으로 정소조직을 둘러싸고 있으며 그 막의 일부가 수정관으로 이루어져 있으며 가운데에 내강을 형성하고 있다(Fig. 5-3).

하와이산 놀래기인 *Thalassoma duperrey* 경우 성전환 과정에 따른 생식소 내부구조의 변화는 크게 세 단계로 나뉘고 있다. 1) 성전환 초기에 난소의 대부분을 차지하고 있는 환속난모세포가 퇴화 변성되고, 이어서 주변인기의 어린난모세포들이 퇴화되면서 감소한다. 2) 난소박판(Ovarian lamellae) 주변부에 정관세포가 급격히 증가하고 색세포조직이 발달한다. 3) 이후 정관세포는 정세포, 정세포로 발달하면서 정소의 기능을 갖게된다. 그리고 수정관은 생식소의 주변부에 새로이 분화된다(中村等, 1984 ; Nakamura et al., 1984).

*T. duperrey*와 같이 암컷으로 기능을 할때 정관세포를 함유한 정소조직이 있는 난소를 갖는 자정선숙어는 *Anchis spinipinnis*(Shapiro, 1961a), 어령놀래기, 용치놀래기, 황놀래기, 놀래기(李等, 1991

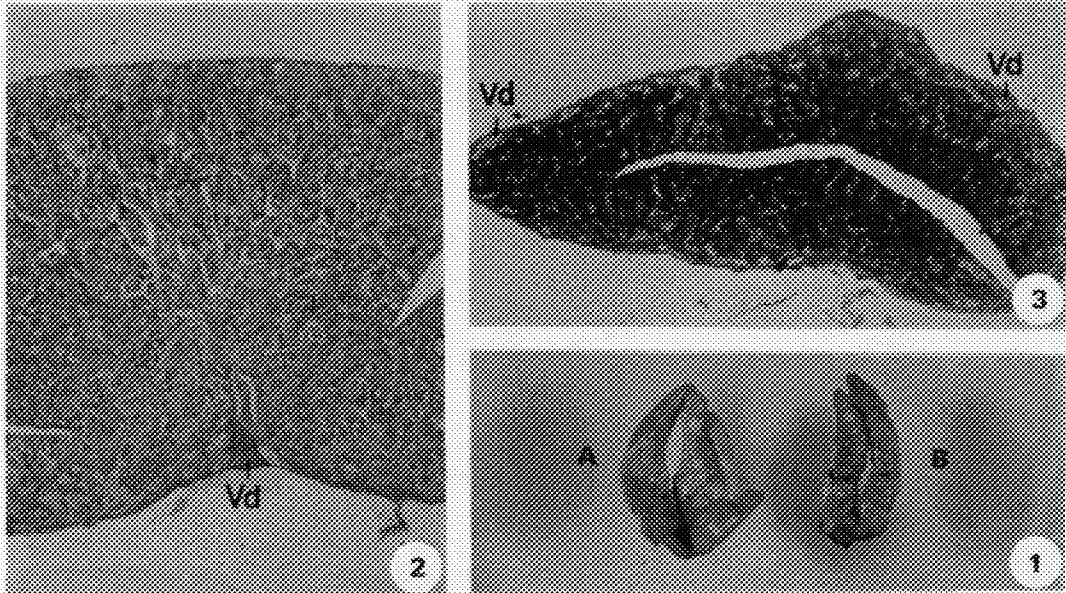


Fig. 5. External appearance and internal structure in Labridae.

1. External appearance of primary testis(A) and a secondary testis(B).
  2. Transverse section of a primary testis.
  3. Transverse section of a secondary testis.
- Vd: Vas deferens

1992, 1992) 등 많은 종이 알려져 있다. 한편에 능정어류의 *Mylio macrocephalus* (Okada, 1965a), 볼라리(황, 1993), 드릴리리류의 *Monoperis albus* (Chan & Phillips, 1967) 놀래기류의 *Labridae dimidiatus* (Robertson, 1972) 등은 성숙한 난소중에 정소조직이 분포하고 있다.

실꼬리돔목에 있어서 *Scolopsis monogramma*의 성전환과정은 *T. dipertis*와 유사한 경향을 나타내고 있으나 *S. monogramma*는 난소중 일부의 난소핵만이 정소조직으로 전환되기 시작하여 난모세포의 퇴행과 더불어 점차적으로 모든 난소핵만이 정소조직이 되고 있다 (Young and Martin, 1985). 용치놀래기, 어방놀래기, 놀래기는 *S. monogramma*와 유사한 성전환형태를 가지고 있으며, 황놀래기는 *S. monogramma*의 성전환과정과 유사한 것으로 사료된다.

자성선숙어인 *Monoperis albus*는 성전환시 정소조직을 만드는 것 보다 앞서 간질에 Leydig cell의 발달을 보이고 (Chang and Phillips, 1967), 이들 Leydig cell의 분열중식으로 생식세포가 비후되며 3 $\beta$ -hydroxy-steroid dehydrogenase에 높은 양적인 반응을 보이는 아니라 이들 간질세포들이 성전환에

따른 내분비활성을 수반하고 있다 (Tang et al., 1974, 1975). 따라서 Leydig cell의 내분비 활성이 성전환을 일으키는 원인인자로 주장하고 있다 (Chang and Yeung, 1983).

놀래기류의 성전환에 있어서도 난모세포의 퇴행 변성과 아울러 체세포성 간질세포와 호산성의 간질 세포들의 분열중식이 뚜렷이 나타나고 있어 이들의 내분비활성에 따라 성전환과정을 촉진시키는 것으로 사료된다.

#### 체 색 (body color)

용치놀래기 암컷체색은 붉은색이 많고 몸 가운데에 입에서 부터 미명부까지 그리고 등지느러미 바로 일부위에 뚜렷한 흑색대를 가지고 있다. 그러고 채표면 전체에 타원형의 붉은반점이 가로줄을 형성하고 있다 (Fig. 6-1). 반면에 수컷은 푸른색이 많고 채표면, 등지느러미 그리고 배지느러미에 타원형의 붉은 반점이 분포하여, 산란기에 접어들면서 아가미 뒷쪽 복부위에 검은반점이 뚜렷하게 나타난다 (Fig. 6-2). 암컷에서 수컷으로 전환되면서 체색의 붉은색계가 점점 없어지고, 등쪽과 몸통

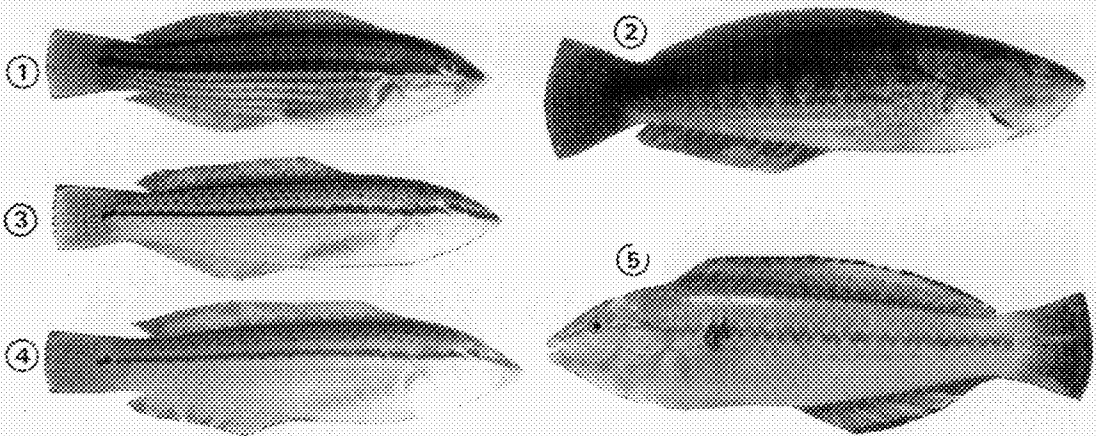


Fig. 6. Five colour type of *Halichoeres poecilopterus*.  
(1. female, 2. male, 3, 4, 5. intermediate colour type)

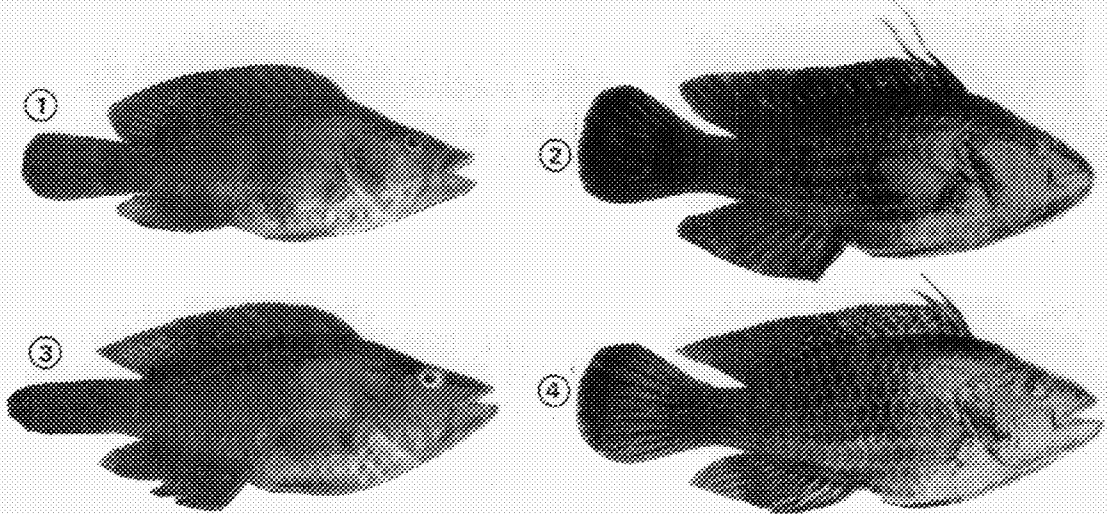


Fig. 7. Four colour type of *Paragyo flagellifera*.  
(1. female, 2. male, 3, 4. intermediate colour type)

의 검은 줄무늬도 엷은 황색으로 변화되면서 점차 푸른색으로 변하고 아가미 뒷쪽에 검은반점이 생긴다(Fig. 6-3, 4, 5). 기능적 수컷은 전환되었을 때는 Fig. 6-2와 같은 체색을 띤다.

어령늙래기 암컷체색은 황색이고 등지느러미, 예지느러미, 그리고 꼬리지느러미에 붉은반점이 다수 분포하며, 목부부위는 선황색을 띤다(Fig. 7-1). 수컷은 체색이 짙은 갈황색이고 등지느러미 제1, 2쪽에 긴동기를 형성한다(Fig. 7-2). 암컷에서 수컷으로 전환시에 체표면에 검은반점이 생기고 체색은 엷은 갈색으로 전환되면서 등지느러미의 제

1, 2쪽의 돌기가 길어지기 시작한다(Fig. 7-3, 4). 기능적 수컷으로 전환되었을 때는 Fig. 7-2와 같은 체색과 체형을 가진다.

황늙래기 암컷체색은 선황색을 띤 등지느러미에 검은반점이 불규칙하게 가로줄을 형성하며, 예지느러미는 선황색을 띤다. 그리고 목부에 흰반점이 수개 분포한다(Fig. 8-1, 2). 수컷은 검푸른색을 띤 것과 흰색을 띤 것이 있으며(Fig. 8-5, 6). 등지느러미에 검은반점이 2개 있고, 몸통에 희미한 검은 줄무늬가 3-4개 있다. 이들 수컷의 체색차이는 서식장소의 환경과 수심에 따른 것으로

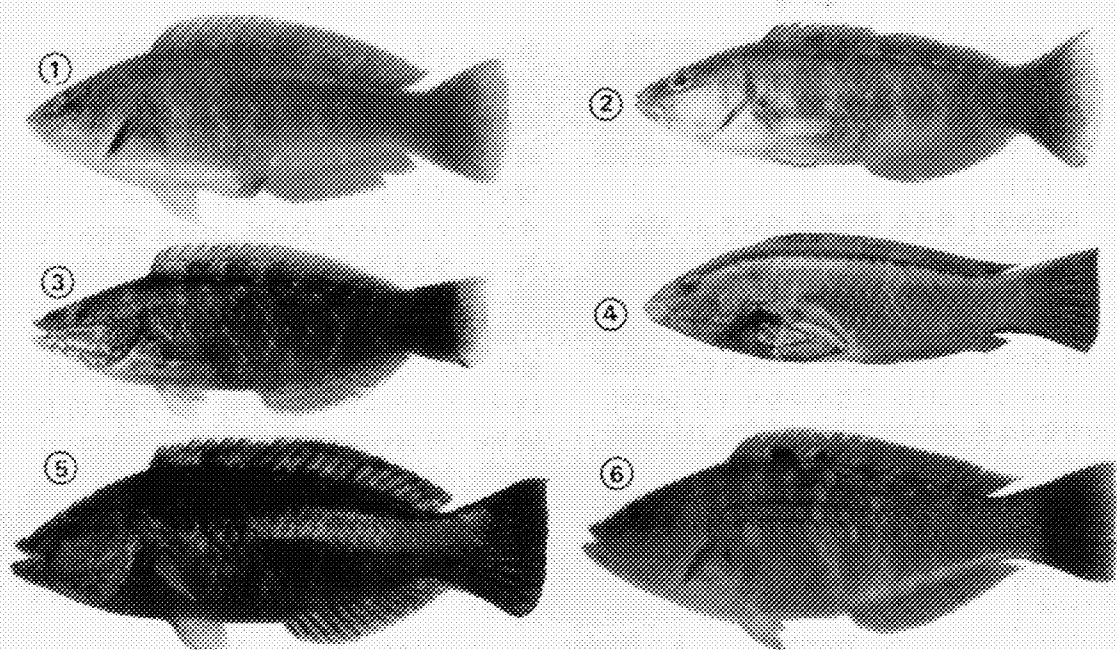


Fig. 8. Six colour type of *Pseudokribia japonica*.  
(1, 2. female. 3, 4. intermediate colour type. 5, 6. male)

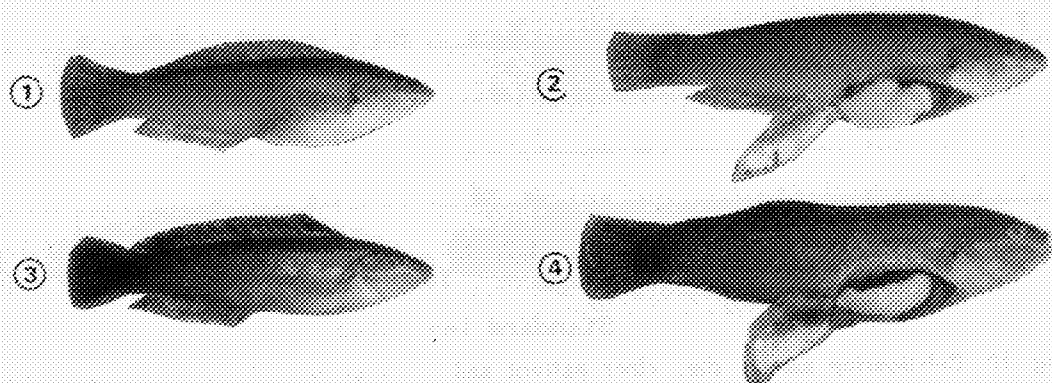


Fig. 9. Two colour type of *Halichoeres temminckii*.  
(1, 2. female or primary male. 3, 4. secondary male)

생각된다. 주로 수심 깊은 곳은 대부분 황회색계통이고 수심이 얇고 수초가 많은 지역에는 갈푸른색 계통이 많이 분포한다. 암컷에서 수컷으로 전환되면서 색색이 없은 푸른색 또는 검붉은색으로 변하고 있다. (Fig. 8-3, 4)

늘래기 알 수 모두 얇은 황색을 띤다. 개체에 따라 육부가 황색인 것과 붉은 푸른색을 띤 것이 있다 (Fig. 9-1, 2). 그리고 몸가운데와 등쪽에 불규칙하게 퍼진 반점이 거로로 분포하는 개체가 있는데 (Fig. 9-3, 4), 이들은 거의 대부분 2차 수컷으

로 나타나고 있다.

이들 늘래기류는 성전환되면서 색색이 다양하게 변화되고, 특히 어령늘래기인 경우 등지느러미의 제1, 2극의 볼기가 새로 생기는 특이한 성적이형 (sexual dimorphism) 현상이 있다.

#### 체장·체색에 따른 성전환

몸치늘래기 체색은 붉은색계가 많은 것 A, 푸른색계가 많은 것 B로 구분하였다. A형 개체는 체장 10.0-17.0cm에서 38마리였고, 암컷 28마리, 1차

수컷 2마리, 2차수컷 2마리, 그리고 체장 13.0-15.0cm에서 성전환과정의 양성생식소를 갖는것은 6마리였다. B형개체는 체장 11.0-18.0cm에서는 1차수컷 9마리, 2차수컷 21마리였다(Fig. 10) (李等, 1991).

어령놀래기 체색은 황적색을 띠는것 A, 짙은 갈황색을 띠는것 B로 구분하였다. A형의 개체는 체장 7.0-12.0cm 사이에 35마리였고, B형 개체는 체장 10.0-17.0cm 사이에 63마리였다. A형개체에서 암컷 26마리, 성전환과정의 양성생식소를 갖는것은 9마리였다. 그리고 B형개체에서 수컷 55마리, 양성생식소를 갖는것은 8마리였다(Fig. 11) (李等, 1992).

황놀래기 체색은 선홍색을 띠는것 A, 검푸른색

또는 황회색을 띠는것 B로 구분하였다. A형의 개체는 체장 9.0-15.0cm에서 55마리였고, B형의 개체는 체장 11.0-18.0cm에서 91마리였다. A형개체에서 암컷 51마리, 2차수컷 2마리, 성전환과정의 양성생식소를 갖는것 2마리였고, B형개체에서 1차수컷 5마리, 2차수컷 73마리, 그리고 성전환과정의 양성생식소를 갖는것 8마리였다(Fig. 12) (李等, 1992).

놀래기 성전환에 따른 체색변화가 뚜렷하지 않았다. 주로 암컷은 전장 8.5-13.5cm에서 73마리, 1차수컷은 9.5-14cm에서 79마리, 2차수컷은 10.0-13.0cm에서 14마리, 그리고 성전환 과정의 양성생식소를 갖는 개체는 11.0-13.0cm에서 2마리 나타났다(Fig. 13).

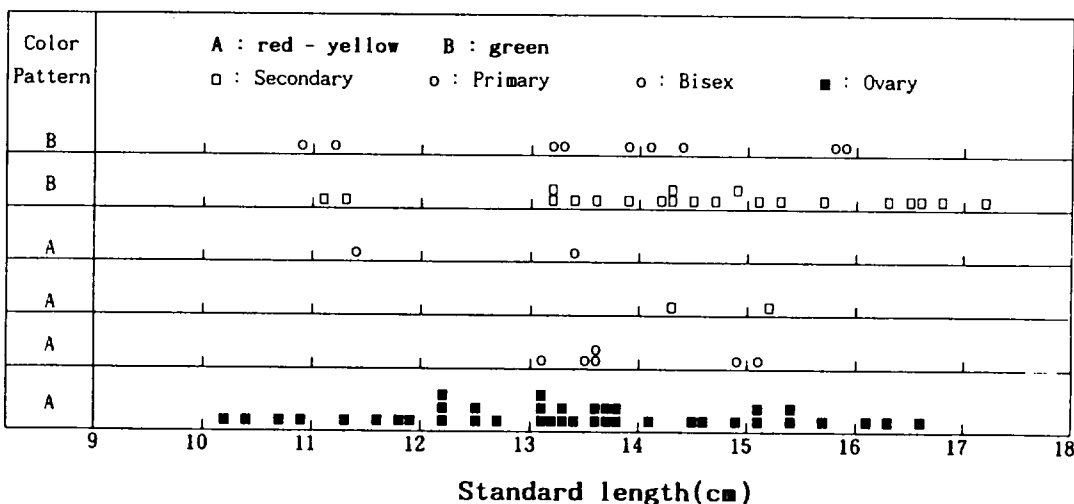


Fig. 10. Relationship among size, clour pattern and sex type in *Halichoeres poecilopterus*. Each symbol shows one individual.

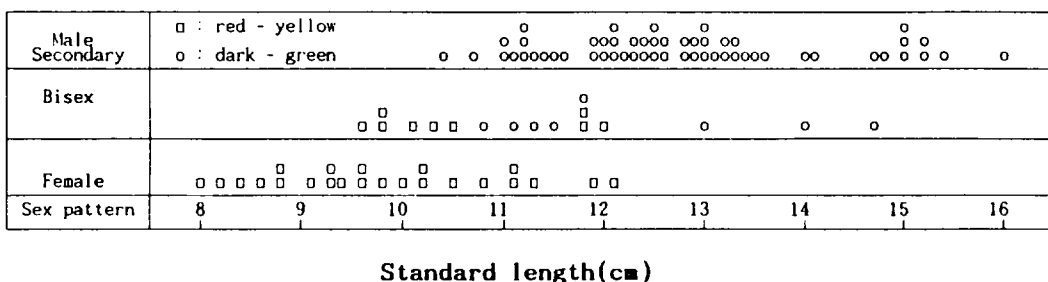


Fig. 11. Relationship among size, colour pattern and sex type in *Pteragogus flagellifera*. Each symbol shows one individual.





**농성어류의 성전환**

제주연안에서 주로 어획되는 농성어류는 자바리 *Epinephelus moorn*, 농성어 *E. Septemfasciatus*, 뽕바리 *E. akaara* 등을 볼 수 있다.

자바리 조사된 전장 30.0cm - 92.3cm 범위에서 (Fig. 14) 대부분의 생식소내에 주변인기 난모세포와 생식상피상의 난원세포로 구성되어 있다 (Fig. 15-1). 그러나 일부개체에서 생식소내에 소낭 생식상피를 따라 원생식세포(gonial cell)가 정모세포형(spermatogenic cell)으로 발달하고 있으나 그이상의 발달은 관찰되지 않았다.

농성어 전장 23.4cm - 38.7cm 범위에서 생식소의 발달양상은 자바리와 유사한 생식소발달을 나타냈다 (Fig. 15-1).

뽕바리 전장 22.0cm - 33.0cm 범위에서 생식소내에 대부분 주변인기 난모세포들이 차지하고 있으며, 기질의 생식상피에 원생식세포들이 무리를 형성하고 있는 것과 포낭(crypt)을 형성하여 정모세포로 분화 발달하고 있는 것도 있다 (Fig. 15-2). 생식소기질에서 원생식세포들이 포낭내에 있는 것은 대부분 정모세포로 분화하고, 성숙한 간충격기질에 흩어져 분포하는 것은 난모세포로 분화 발달하는 경향이 있다 (황, 1993). 전장 22.0cm - 33.0cm 범위에서 양성생식소를 갖는 개체들이 나타나고 있다 (Fig. 16).

田中等(1990)은 전장 30cm 전후에서 성전환개체가 출현하고 수컷으로 전환은 주로 산란기(하계산란) 전후의 봄, 겨울에 일어나며, 첫 성숙(first

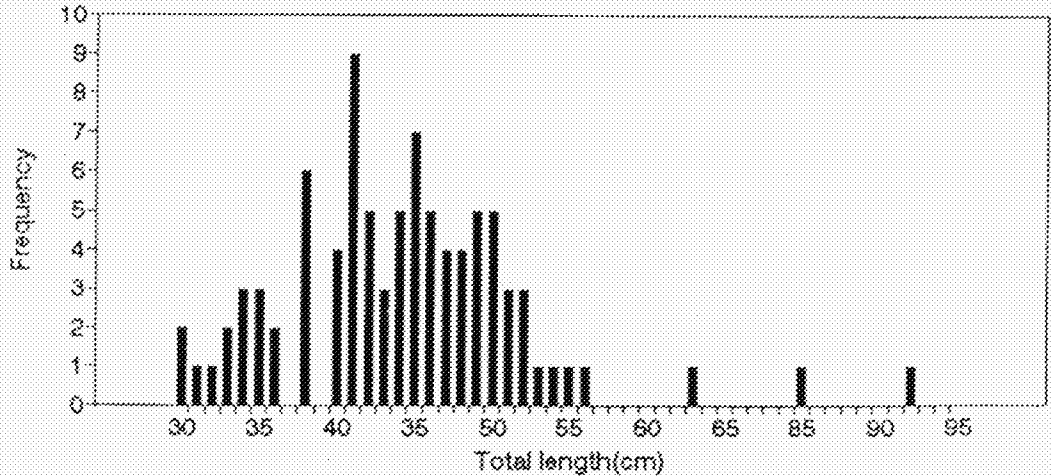


Fig. 14. Relation between individual number and total length of *Epinephelus moorn* sampled at the coastal area of Moseulpo in Cheju-do.

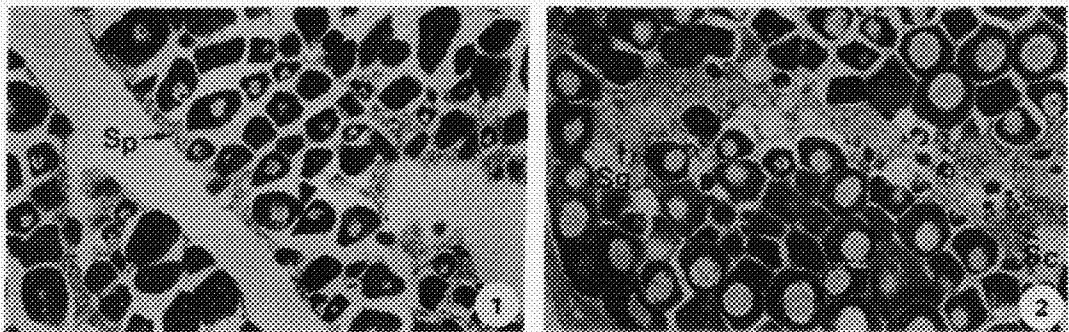


Fig. 15. Transverse section of a gonad of *Epinephelus moorn*(left) and *E. akaara*(right).  
(Sg, Spermatogonia, Sc, Spermatoocyte, Sp, Spermatogenic cell)

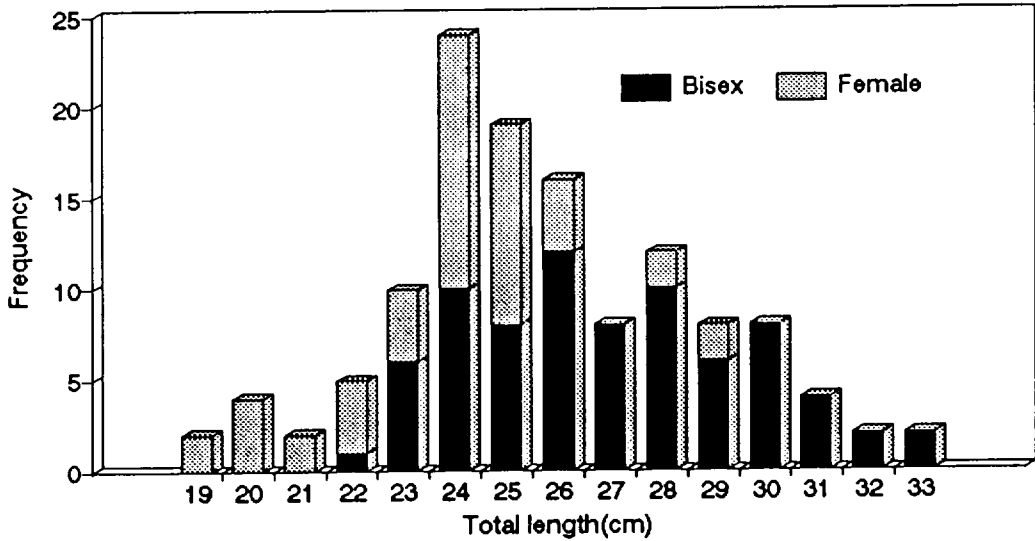


Fig. 16. Relation between sex composition and total length of red spotted grouper, *Epinephelus akaara* reared in captivity (Hwang, 1993).

maturation) 이 일어나기전에 성 전환되는 개체도 있다고 보고하고 있다. 붉바리는 자바리와 능성어에 비하여 비교적 빠른 성 전환이 일어나는 것으로 생각된다. 능성어류의 *E. tauvina*는 체중 11kg, 체장 740mm 이상에서 수컷이 나타나고 (Tan and Tan, 1974), *E. morio*는 9년어 이상에서 수컷이 나타나고 있다 (Moe, 1969).

자바리와 능성어는 양식대상어종으로 개발이 시급한 어류이나 이들의 생식생태에 관한 기초자료가 국내외적으로 미미한 실정이므로 앞으로 많은 연구가 기대된다.

### 요 약

제주 연근해에 서식하는 자성선숙형 자웅동체어인 놀래기류와 능성어류를 대상으로 성 전환에 따른 생식소의 조직학적 변화와 체색의 변화 등의 성적 이형 현상을 토대로 하여 성 전환 특성을 고찰하였다.

1. 용치놀래기, 어렁놀래기, 놀래기는 6월과 7월에 주산란을 하는 하계산란종인 반면에 황놀래기는 10월과 11월에 산란하는 추계산란종이었다.

2. 성 전환 체장범위는 용치놀래기 13.0-15.0 cm, 어렁놀래기 9.5-15.0 cm, 황놀래기 11.5-16.0 cm, 그리고 놀래기 전장 10.0-13.0 cm였다.

3. 성 전환은 주로 산란기 전후로 하여 나타나고 있다. 용치놀래기, 어렁놀래기, 놀래기는 1차웅과 2차웅이 혼재하고 있으나 어렁놀래기는 2차웅만이 출현하였다.

4. 성 전환에 따른 용치놀래기, 어렁놀래기, 황놀래기 체색 변화는 선홍색 또는 선황색 계통에서 색조가 다양한 녹색이나 황색계통으로 전환되고 있다. 놀래기의 경우 전반적의 체색의 변화는 미미하나 몸 가운데에 파란반점과 가로줄무늬를 띠고 있다. 어렁놀래기 경우 체색의 변화와 함께 등지느러미 제1, 2극의 돌기가 신장되고 있다.

5. 성 전환 과정에 따른 놀래기류의 생식소내 조직학적 변화는 난모세포의 퇴행변성에 따라 다양한 간질세포와 혈관의 발달을 보였다. 이후 난소의 박판주위에서 정원세포와 정모세포들이 출현하기 시작하여 기능적 정소로 전환되고 있다.

6. 자바리는 전장 30.0-92.3 cm, 능성어는 전장 23.4-38.7 cm에서 생식소내 주변인기 난모세포를 갖는 암컷이었고, 붉바리는 전장 22.0-33.0 cm에서 양성생식소를 갖는 개체도 출현하고 있다.

### 참고 문헌

- Atz, F. W., 1964. Intersexuality in Fishes. In : C. N. Armstrong and A. J.

- Marshall(eds.) Intersexuality in Vertebrates including Man, pp.145-232. Academic Press, London.
- Chan, S. T. H., and Phillips, J. G., 1967. The structure of the gonad during natural sex reversal in *Monopterus albus* (Pisces : Teleostei). J. Zool. 151, 129-141.
- Chan, S. T. H., and Yeung, W. S. B., 1983. Sex control and Sex reversal in fish under natural condition, In : Hoar, W. S., D. J. Randal and E. M. Donaldson (eds) Fish physiology. IX. Part B. pp. 171-222. Academic Press, New York.
- 황성일. 1993. 붉바리, *Epinephelus akaara*의 생식소 발달과  $17\alpha$ -Methyltestosterone 처리에 의한 응성화. 제주대학교 대학원 석사학위논문, 35pp.
- 이영돈 · 노홍길 · 이택열. 1991. 용치놀래기, *Hali-choeres poecilopterus* 생식생태. 제주대해연보 15, 93-102.
- 이영돈 · 고훈봉 · 정상철. 1992. 어렁놀래기, *Pr-eragogus flagellifera*의 생식주기와 성전환. 제주대해연보 16, 43-53.
- 이영돈 · 안철민 · 이정재 · 이택열. 1992. 황놀래기, *Pseudolabrus japonica*의 생식주기와 성전환. 제주대해연보 16, 55-66.
- Moe, M. A. Jr., 1969. Biology of the red grouper, *Epinephelus morio*(Valenciennes) from the eastern Gulf of Mexico. Prof. pap. ser. Ded. nat. Resour. mar. Res. Lab. Fla. 10, 1-95.
- Moyer, J. T. and A. Nakazono. 1978. Population structure, reproductive behavior and protogynous hermaphroditism in angelfish *Centropyge interruptus* at Miyakejima, Japan. Japan. J. Ichthyol. 25, 25-39.
- Nakamura, M., K. Yamauchi, Y. Nagahama and E. G. Grau. 1984. Endocrineregulated morphological changes in the gonad during sex reversal in protogynous wrasse. Zool. sci. 1. 967.
- 中村 將 · 山内皓平 · 長浜嘉孝 · E. G. Grau. 1984. ハワイ産ベラ (*Thalassoma duperrey*)의性轉換に関する研究. -1. 性轉換時の生殖腺の形態的變化について. 昭和59年日本水産學會大會講演要旨集, 615. P. 168. 中園明信. 1979. 日本産ベラ科魚類5種の性轉と産卵行動に関する研究. 九大農實水産報. 4, 1-64.
- Okada, Y. K., 1965. Bisexuality in sparid fishes. I. Origin of bisexual gonads in *Mylio macrocephalus*. Proc. Japan. Acad. 41, 294-299.
- Reinboth, R., 1970. Intersexuality in fish. Mem. Soc. Endocrinol. 18, 515-544.
- Robertson, D. R., 1972. Social control of sex reversal in a coral-reef fish, Science, 177, 1007-1009.
- Shapiro, D. Y., 1982. Size, maturation and the social control of sex reversal in the coral reef fish, *Anthias Squamipinnis* (Peters). J. Zool, 195, 105-128.
- Springer, V. G., C. L. Smith and T. H. Fraser. 1977. *Anisochromis straussi*, new species of protogynous hermaphrodite fish and synonymy of Anisochromidae, Pseudoplesiopidae and Pseudochromidae. Smith. contr. Zool. 252, 1-15.
- Takahashi, H., 1977. Juvenile hermaphroditism in the zebrafish, *Brachydanio rerio*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 28, 57-65.
- Tan, S. M. and K. S. Tan. 1974. Biology of the tropical grouper, *Epinephelus tauvina* (Forsk.) I. A Preliminary study on hermaphroditism in *E. tauvina*. Singapore J. Pri. Ind. 2, 123-133.
- Tang, F., S. T. H. Chan and B. Loft. 1974. Effect of steroid hormones on the process of natural sex reversal in the ricefield eel, *Monopterus albus*(Zview). Gen. Comp. Endocrinol. 24, 227-241.
- Tang, F., S. T. H. Chan and B. Loft. 1975. A

자성선숙어 (protogynous fish) 의 성전환

- study on the  $3\beta$ - and  $17\beta$ -hydroxysteroid dehydrogenase activities in the gonad of *Monopterus albus* (Pisces : Teleostei) at various sexual phase during natural sex reversal. J. Zool, 175, 571-580.
- Tanaka, H., K. Hirose, K. Nogami, K. Hattori and N. Ishibashi. 1990. Sexual maturation and sex reversal in red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. (Japanese). Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture, 17, 1-15.
- Yamamoto, T., 1969. Sex differentiation. In : W.S. Hoar and D.J. Randall (eds). Fish physiology. PP. 117-175, Academic press. New York.
- 余吾 豊. 1985. 雌性先熟魚類3種の性成熟と産卵生態に関する研究. 九大農實水産報. 7, 37-83.
- Yamazaki, F., 1976. Application of hormones in fish culture. J. Fish. Res. Board. Can. 33, 948-958.
- Young, P.C. and R.B. Martin. 1982. Evidence for protogynous hermaphroditism in some Lethrinid fish. J. Fish, Biol. 21, 475-484.