

문치가자미, *Limanda yokohamae*의 生殖機構 및 個體群 動態*

1. 生殖機構

李澤烈·姜龍柱·李秉喆

釜山水產大學 資源生物學科
(1985년 2월 10일 수리)

Reproduction and Population Dynamics of Marbled Sole *Limanda yokohamae**

1. Reproduction

Taek Yuil LEE, Yong Joo KANG and Byung Don LEE

Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan
Nam-gu, Pusan 608, Korea

(Received February 10, 1985)

The reproduction of marbled sole *Limanda yokohamae*, caught near around the southeastern coast of Korea, from December 1983 to November 1984, was investigated based on such annual variations as gonadosomatic index(GSI), gametogenesis, reproductive cycle, spawning number, hepatosomatic index (HSI), and fatness.

GSI began to increase in the autumn season with the onset of shorter day length and colder water temperature, and reached the maximum value in December with the shortest day length and the lowest temperature over the year.

The gonad activated the proliferation of oogonia and spermatogonia in June, reached the mature stage in October, ripe in December, and spawning from the end of December to January. After spawning, it showed the resting stage which gonad remained regressive and suppressive from February to May. In addition, the adult individuals observed discharged eggs only once during their spawning period.

At yolk globular stage, the substance of vitellogenin synthesized from the liver was considered to participate in the active yolk accumulation of oocytes.

Marbled sole was concluded to be a typical winter spawning species in that such environmental factors as short day length and low water temperature were closely related with the gametogenesis, the stimulation of oocyte maturation, and were also affecting the ovulation.

緒 論

문치가자미, *Limanda yokohamae*(Günther)는 붕넛치과에 속하는 沿岸回遊性底棲魚種으로서 우리나라

東南海와 日本 北海道以南, 東支那海 등에 널리 分布하는 主要 水産資源의 하나이다.

最近 우리나라에서도 문치가자미의 增養殖을 위한 人工種苗生産에 깊은 관심이 쏠리고 있으나 이들의 基礎가 되는 生殖機構에 관한 研究는 體系化되어 있

* 이 논문은 1983년도 문교부 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

* 부산수산대학 해양과학연구소 연구업적 제 116호(Contribution No. 116 of Institute of Marine Sciences, National Fisheries University of Pusan)

지못한 실정이다. 문치가자미의 生殖과 관련된 研究로서는 卵巢內 卵의 成熟過程(狩谷·白旗, 1955), Gonadotropin을 利用한 放卵誘導(Hirose *et al.*, 1979) 完熟卵母細胞의 排卵促進(尾城·日比谷, 1981a), 卵母細胞의 完熟過程에서 일어나는 卵黃球融合(尾城·日比谷, 1981b)等 단편적인 연구를 찾아볼 수 있다.

本報에서는 韓國產 문치가자미의 生殖生物學의 研究의 一環으로 生殖巢成熟度指數(GSI)의 年間變化를 비롯하여 配偶子形成過程 및 生殖年周期, 卵徑組成에 의한 產卵回數, 生殖年周期에 따른 肥滿도와 肝成熟度指數(HSI)의 變化 등을 調査하였고 生殖周期成立機構를 考察하였다.

本 調査研究에 材料채집과 標本제작정리에 수고한 김형배조교와 김성연君에게 사의를 표한다.

材料 및 方法

1983年 12月부터 1984年 11月까지 釜山近海에서 底引網에 의해 每月 採集된 總 363 個體를 材料로 사용하였다. 採集된 材料는 活魚狀態로 實驗室로 옮긴 후 全長과 體長을 0.1 cm, 體重은 0.1 g까지 계측하였으며, 魚體로부터 베어낸 生殖巢는 0.01 g, 肝은 0.1 g까지 計測後 組織學的 觀察를 위해 Bouin 고정액에 24 時間 고정하였고 常法인 paraffin 切片法에 의해 5~7 μm의 연속절편을 제작하였다. 염색은 Hansen's haematoxylin-0.5% eosin 比較染色과 Mallory 三重染色을 병행하였다. 生殖巢成熟度指數는 生殖巢重量×100/體重, 肝成熟度指數는 肝重量×10³/體重, 肥滿도는 體重×10³/全長³의 式으로 算出하였다. 卵徑組成 調査時 成熟卵의 分離는 改良 Gilson液을 利用하였다.

結 果

1. 生殖巢의 位置와 構造

成熟된 문치가자미의 卵巢와 精巢는 모두 원추형의 낭상으로 복강 後面에서 뒷지느러미를 따라 길게 發達하며 椎骨을 中心으로 左右 한 쌍으로 되어 있다. 卵巢는 체강벽에서 連結되는 卵巢間膜에 의해 附着되어 있으며 成熟期의 卵巢外壁에는 血管이 잘 發達되어 있고, 内部는 이중결체섬유로 構成된 격벽을 境界로 여러개의 小囊으로 區分되어 있다.

卵巢는 成長함에 따라 회백색에서 담홍색으로 變化하고 產卵期에는 엷어진 卵巢벽을 통해 放卵直前

의 투명한 황색난을 觀察할 수 있다. 精巢도 역시 많은 精巢小葉으로 區分되어 있으며, 各小葉들의 輪精小管은 중앙내강의 輪精管에서 合일 連結된다. 未成熟期 精巢는 회백색이며 成熟되면서 유백색으로 變化한다.

放卵·放精後 卵巢는 構造的 變化없이 萎縮되거나 精巢의 경우는 萎縮되면서 左右葉의 중앙에 각각 가로 홈이 생겨 겹쳐져서 마치 4葉처럼 나타나 退化·休止期에도 암수 生殖巢가 쉽게 區別된다.

2. 生殖巢成熟度指數(GSI)의 年間變化

年間 조사된 암수 GSI 값의 變化와 釜山近海의 水溫과 日長變化를 함께 나타내 본 바 Fig. 1 과 같다.

암컷의 경우 年中 GSI 값이 최대로 되는 것은 12月 하순으로 평균 24.22를 나타냈으며, 이후 1월에 접어들면서 급격히 하강해 6.68, 2월에 평균 0.54로 하강하고 있다. 2月 이후부터 9월까지는 거의 변화 없이 낮은 값을 나타내다가 10월부터 상승하기 시작하여 11월에 평균 5.56을 나타내고 있으며, 이후 12월에 접어들면서 급격히 상승하고 있다.

수컷의 경우도 암컷과 거의 유사한 경향을 나타내

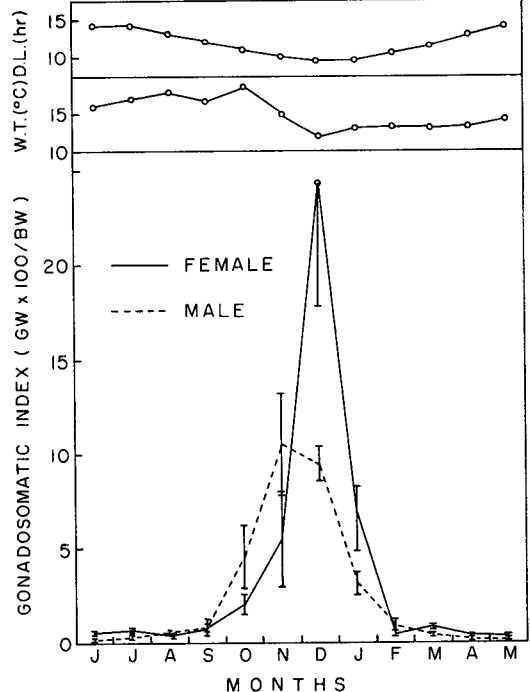


Fig. 1. Monthly changes of mean day length, mean water temperature at Pusan(sampling station), and gonadosomatic index of *Limanda yokohamae*. Symbols and bars indicates the means and the standard errors, respectively.

고 있으나 최대치에 이르는 달이 앞월에 비해 1달 가량 빠른 11월에 평균 10.61로 최대치를 나타내고 있다.

GSI 變化에 따른 水溫과 日長變化를 살펴보면 GSI 값의 上昇은 高水溫期에서 低水溫期로 變化되는 時期이며 日長은 12時間 이하로 短日化되고 있음을 알 수 있다. GSI 값의 최대치는 年中 最低水溫과 日長 10時間 이하를 나타내는 시기임을 알 수 있다.

3. 生殖巢發達の 組織學的 變化

1) 卵子形成過程

初期成長期の 卵巢에는 卵巢小囊上皮를 따라 卵原細胞가 分裂增殖하여 50~100 μm 의 初期卵母細胞로 成長해 가는데 이들의 細胞質은 好鹽基性을 나타내며 核膜周邊을 따라 多數의 仁들이 分布하고 있다 (Plate I-1). 成長이 계속되어 卵徑이 120 μm 前後로 되면 卵細胞質의 染色性은 호산성으로 바뀌어 가며 細胞質에는 8 μm 前後의 강한 염기성 반응을 나타내는 單一 卵黃核이 관찰된다 (Plate I-2).

卵徑이 180 μm 前後로 成長하면 細胞質에 나타났던 난황핵은 소실되며 피질층으로부터 공포상의 난황포가 形成되고 卵膜外層에는 단층의 여포세포가 發達해 오기 시작한다 (Plate I-3).

以後 卵黃胞層에는 卵黃球들이 피질층으로부터 축적되어 密集되기 때문에 난세포질층은 皮質層과 內層의 두층으로 뚜렷이 區別된다 (Plate I-4).

卵徑이 300~400 μm 로 되면 卵黃球들은 卵細胞內質로 發達되어 가며 卵膜外側에는 eosin 에 길게 염색되는 방사선대가 발달된다. 또한 卵膜은 거대화되고 核質은 응축되기 시작한다 (Plate I-5).

卵徑이 500 μm 前後가 되면서 응축된 核質은 동물극 쪽으로 移動하며, 卵黃球들은 융합하여 보다 큰 卵黃球를 이루고 油球의 흔적도 나타난다 (Plate I-6).

600 μm 前後에서 完熟卵으로 되며 동물극으로 이동된 배포는 소실되어 細胞質과의 區分이 어렵고 卵黃球가 융합되어 커다란 난황포를 이루며 점점 均質化되어 간다 (Plate II-7).

배란이 일어나면 殘存慮胞들이 배란 흔적을 남기고 一部 成長中인 卵母細胞들과 完熟卵들은 퇴화 위축되며 내강에는 빈공간이 많이 발견된다 (Plate II-8).

2) 精子形成過程

初期成長期 精巢小葉들 사이에는 간충직들이 잘 발달해 있고 小葉上皮 위에는 精原細胞들의 分裂增

殖이 活潑히 일어나고 있다 (Plate II-9).

精巢가 成長되면서 精巢小葉間의 격막이 뚜렷해지고 간충직 細胞들은 점차 소실되며 小葉上皮上에는 精母細胞들이 均一하게 나타난다 (Plate II-10).

完熟된 精巢는 最大로 肥厚되며 小葉上皮는 신장되어 극히 얇아져서 小葉間 격막을 식별하기 어렵게 되고 小葉內에는 變態된 精子들로 充만된다. 이때의 精巢는 유백색으로 약간의 壓迫에도 쉽게 精子가 흘러나온다. 이들 각각의 精子發達 단계들은 同時에 일어나고 있어 한 組織內에서 여러 發達過程을 관찰하기는 어렵다 (Plate II-11).

放精期가 되면 精巢小葉內腔과 輪精小管등에 밀집된 精子들이 그 수가 감소되면서 허술해진다. 放精以後에도 小葉間에는 상당량의 殘存精子들이 남아 있으나 이들은 차츰 退化·萎縮되어 가며 小葉上皮가 다시 비후되고, 새로운 간충직 세포들이 발달되기 시작한다 (Plate II-12).

4. 生殖年周期

生殖巢發達の 組織學的 觀察과 GSI 의 年間變化를 종합하여 본 바, 문치가자미의 生殖年周期는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 分裂增殖期, 成長期, 成熟期, 完熟 및 産卵期, 回復 및 休止期の 連續的인 發達段階로 區分할 수 있었다.

1) 分裂增殖期 (Multiplication stage)

6월에 채집된 개체들은 암수 모두 GSI 값에 큰 변화를 보이지 않고 있으나 조직표본상에서는 休止상

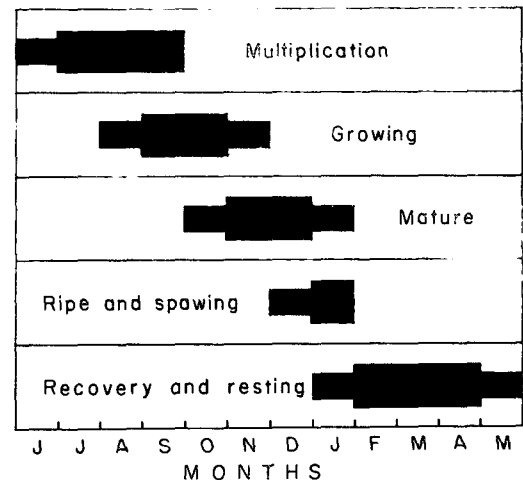


Fig. 2. Gonadal phases of marbled sole *Limanda yokohamae*.

대로 있던 卵巢小囊上皮와 精巢小葉上皮에서 卵原細胞 및 精原細胞들의 活潑한 分裂增殖이 시작되고 있다. 이후 7월부터 9월까지 계속 卵原細胞 및 精原細胞들의 分裂增殖이 행해지고 있다.

2) 成長期 (Growing stage)

8월에 접어들면 卵原細胞들은 初期卵母細胞로 成長을 시작하여 200 μm 전후의 卵母細胞들이 卵黃蓄積을 하고 있으며 이들 成長中인 卵母細胞들은 成熟期인 11월까지도 계속 나타나고 있다.

精巢에서는 小葉內에 精原細胞들이 精母細胞로 成長하며 9~10월에 盛期를 이루고, 變態된 精子가 나타나는 11월까지도 皮質層에서 精母細胞들의 집단을 관찰할 수 있다.

3) 成熟期 (Mature stage)

10월에 접어들면서 卵巢小囊內에는 300~400 μm 內外로 成熟된 卵母細胞들이 가득차게 되는데 이때의 卵母細胞들은 多量의 卵黃이 蓄積되어 있고 胚胞는 核膜이 鋸齒化되면서 응축된다. 卵巢도 차츰 肥厚되어 GSI가 현저히 상승되고 있다. 이들 成熟卵들 역시 産卵이 終了되는 이듬해 1월까지 계속 나타나고 있다.

수컷 역시 급격히 精巢가 肥厚되며 精巢小葉內에는 變態中인 精細胞와 完熟精子가 나타나 11월에는 거의 完熟精子로 가득 채워진다.

4) 完熟 및 産卵期 (Ripe and spawning stage)

12월에 접어들면 卵巢小囊內에는 胚胞가 消失되고 卵黃球들이 융합되어 均質化되면서 外觀相 뚜렷하게 보이는 完熟卵들로 가득 차게 된다. 精巢小葉內에는 變태를 마친 精子들로 가득 차게 된다.

12月下旬에 채집된 개체중 약 20% 정도가 排卵된 卵巢를 가지고 있었으며, 1月下旬까지 모든 개체가 産卵을 마치고 있다.

5) 回復 및 休止期 (Recovery and resting stage)

1월부터 일부 放卵·放精을 마친 個體들은 未放出卵과 未放出精子들의 退化·吸收가 일어나면서 生殖巢는 급격하게 위축되어 간다.

卵巢小囊內에는 卵黃胞가 형성된 成長中인 卵母細胞들은 모두 退化·吸收되고 好鹽基性 細胞質을 가진 初期卵母細胞들만이 生殖上皮위에 殘存한 채 成長期前의 5월까지 休止期를 가진다. 精巢 역시 小葉上위에 小數의 精原細胞들이 再配置되어 온 간중직세포들 속에 묻혀서 休止期를 지낸다.

5. 産卵期 卵巢內 卵徑組成과 排卵回數

産卵期동안에 일어나는 개체별 排卵回數를 알기 위해 卵巢가 成熟한 이후부터 産卵期 前後의 個體들을 대상으로 그들이 抱卵하고 있는 卵의 크기별 組成을 調査한 바 Fig. 3과 같이 나타났다. 卵徑組成의 9월 結果는 조직절편 관찰을 행한 것이며 10월부터는 고정된 卵巢에서 分離시킨 卵과 조직절편 관찰을 병행하였다.

年中 나타나는 120 μm 전후의 작은 卵은 年中 관찰되므로 10月以後 부터는 계수에서 除外하였다. 9월에 접어들면서 卵母細胞의 成長이 뚜렷해져 200 μm 까지 커지고, 10월에 접어들면 200~300 μm 에서 mode를 가지며, 이 mode가 11월에는 300~400 μm 로 되어 12월에는 500~600 μm 의 卵母細胞群으로 移動되고 最大卵徑 700 μm 전후에 到達하여 完熟卵으로 된다.

1월에는 卵巢內 卵이 거의 排卵되고 소량의 完熟卵만 남아있다. 이로 미루어 보아 卵母細胞群은 그 成熟段階가 分離되지 않고 同時에 完熟하여 放卵되며, 한 産卵期동안 1個의 mode만 形成되어 成長移行하는 것으로 보아 排卵은 한 産卵期동안 1회 행해지는 것으로 간주된다.

6. 肥滿도와 肝熱度指數(HSI)의 年間變化

肥滿도의 年間變化를 調査한 바 Fig. 4와 같았다. 肥滿도의 變化는 12월~1月の 産卵期를 지나면서 급격히 감소되며 産卵이 끝난 1월에 最低값을 보이고 回復期와 더불어 증가하기 시작하여 4, 5월부터 정상으로 회복되어 11월까지 높은 값을 유지한다.

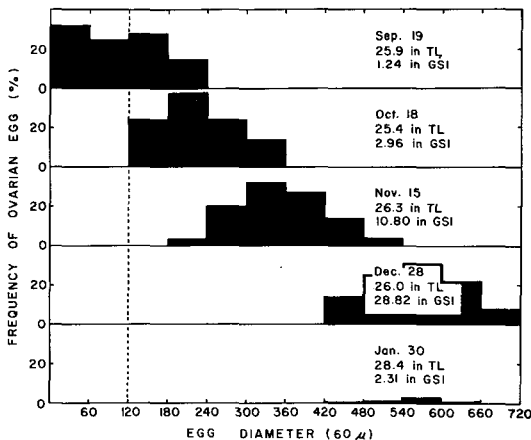


Fig. 3. Frequency distribution of *Limanda yokohamae* egg diameter from September to January.

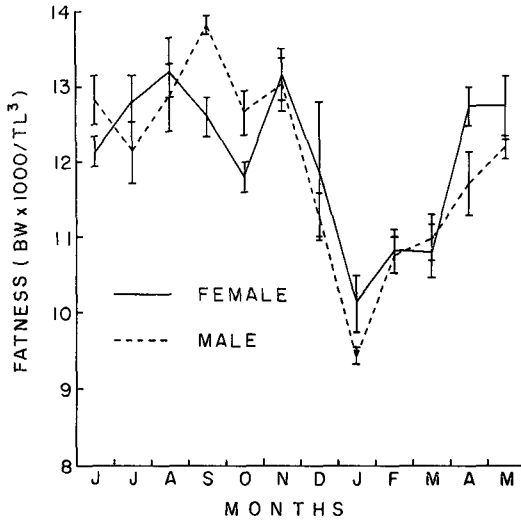


Fig. 4. Monthly changes of fatness in *Limanda yokohamae*.

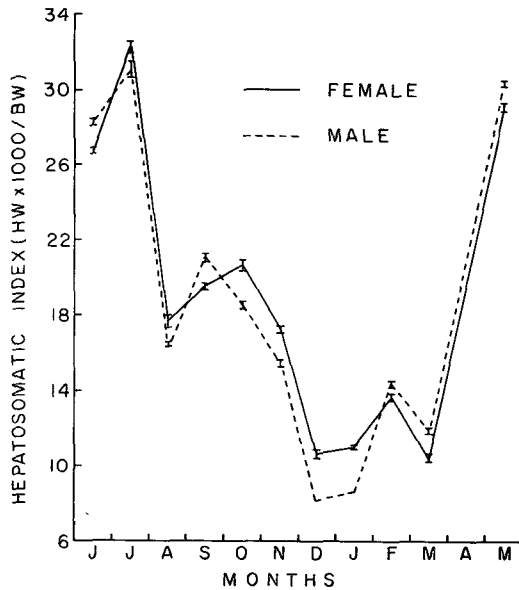


Fig. 5. Monthly changes of hepatosomatic index in *Limanda yokohamae*.

肝熟度指數도 産卵과 밀접한 變化를 보이는데 (Fig. 5) GSI 값이 높아져 가면서 떨어지기 시작하여 産卵期에 最低值를 나타내고 있다.

考 察

海産硬骨魚類의 生殖周期成立에도 光週期和 水溫이 性中樞活動을 制御하고 있음을 報告한 바 있다

(李等, 1984). 본 문치가자미의 産卵期과 유사한 秋季産卵型인 농어科 어류는 光과 水溫 모두가 배우자 형성 촉진에 관여하는 것으로 보고되어 있다 (De Vlaming, 1972).

문치가자미의 경우 休止期를 지나 生殖巢 活性化가 시작되는 6~7월은 水溫의 變化보다는 6月 夏至以後 日長의 短日化에 의해 活性化되는 것으로 생각된다.

以後 生殖巢의 成熟과 完熟은 日長 12時間 以下の 短日化로 시작되며, 水溫 또한 高水溫期에서 低水溫期로 下降되고 있는 시기로서 冬季産卵型인 문치가자미의 生殖巢 成熟에는 光週期の 短日化에 低水溫이 補償적으로 촉진 효과를 나타내 年中 最低水溫期에 産卵을 행하는 것으로 생각된다. 日本産 문치가자미의 産卵期를 보면 陸奥灣産이 10~12月 (高橋等, 1983)이고 仙台灣産이 12月 (狩谷·白旗, 1955), 瀬戸内海近接水域이 1~2月 (松岡, 1975)로 보고되고 있다. 이들과 釜山近海産 産卵期 12月下旬~1월을 포함하여 보면 위도가 北으로 갈수록 産卵期가 빨라지고 있음을 알 수 있다. 따라서 日長의 短日化에 의해 성숙 촉진된 生殖巢는 補償적으로 作用하는 最低水溫期가 地域적으로 빨리 오는 곳은 産卵期가 빠르고 늦게 오는 곳은 늦어지는 것 같다.

卵母細胞의 成熟過程에서 卵黃形成에 직접적인 관계를 가지는 것으로 알려진 卵黃核이 初期卵黃胞期에 출현하고 있어 적어도 初期卵黃胞形成時에는 卵母細胞의 細胞質自體에서 卵黃前驅物質의 一部가 自家合成되고 있음을 알 수 있다.

이와같은 卵黃核은 魚種에 따라 出現如否가 다르나 감성가자미, *Liopsetta obscura*에서도 나타나고 있음이 보고되고 있다 (Yamamoto, 1956).

그러나 卵黃球期부터는 卵黃核이 없어지는 데도 多量의 卵黃을 蓄積하고 있어 이때부터는 肝에서 生成된 Vitellogenin을 濾胞細胞를 통해 받아들이고 있음을 肝熟度指數의 變化로 미루어 생각할 수 있다.

같은 붕넛치科에 속하는 물가자미, *Eopsetta griorijewi*의 경우 한 産卵期동안 2회 이상 산란하는 것으로 보고되고 있으나 (今岡, 1970) 韓國産 문치가자미는 1回 産卵하는 것으로 밝혀졌고, 仙台灣産 문치가자미 역시 1回 産卵하는 것으로 보고되고 있다 (狩谷·白旗, 1955).

年間 肥滿度의 變化를 보면 主産卵期인 1월에 압수 모두 最低值를 나타내고 있는데 이 種들은 放卵·放精에 의한 體力 소모가 큰 것으로 볼 수 있다.

要 約

釜山近海産 문치가자미, *Limanda yokohamae*를 對象으로 1983年 12월부터 1984年 11월까지 周年에 걸쳐 生殖巢熟度指數(GSI)의 年間變化를 비롯하여 配偶子形成過程 및 生殖年周期를 조사하였고 아울러 卵徑組成에 의한 産卵期間에 個體當 産卵回數, 生殖周期와 關連하여 肝熟度指數(HSI)와 肥滿度變化 등을 調査함으로써 生殖周期成立機構를 考察하였다.

GSI는 日長이 短日化되며 水溫이 下降되는 秋季에 上昇하기 시작하여 年中 最低水溫과 最短日인 12월에 最大値를 나타낸다.

配偶子是 6월부터 生殖巢가 活性化되어 卵原細胞 및 精原細胞의 活潑한 分裂增殖이 일어나며, 10월에 成熟期에 이르고, 12월에 完熟되어 12月下旬부터 1월에 걸쳐 産卵期를 가진다. 産卵後 2월부터 5월까지 生殖巢는 退化·萎縮된 상태로 休止期를 갖는다.

한 産卵期동안 個體들은 1回 산란을 한다.

卵母細胞가 卵黃을 活潑하게 蓄積하기 시작하는 卵黃球期부터는 肝으로 부터 合成된 Vitellogenin을 공급받는 것으로 간주되며, 放卵·放精에 의한 체력 소모가 큰 것으로 나타났다.

本 문치가자미는 全型的인 冬季産卵種으로 短日 光週期和 低水溫이 生殖細胞形成 및 卵母細胞의 成熟促進에 직접 關여하며, 排卵 역시 이들 환경요인 과 깊은 關係가 있는 것으로 생각된다.

文 獻

Hirose, K., Y. Machida and E. M. Donaldson. 1979. Induced ovulation of Japanese flounder (*Limanda yokohamae*) with human chorionic gona-

dotropin and salmon gonadotropin, with special reference to changes in quality of eggs retained in the ovarian cavity after ovulation. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 45(1), 31—36.

今岡要二郎. 1970. 日本海西南海域およびその周邊海域産 ムシガレイ의 漁業生物學的研究-II. 成熟と産卵について. 日本西海區水産研究所業績 261, 51—63.

符谷貞二·白旗總一郎. 1955. マコガレイ卵巢卵の成熟過程について. 日水誌 21(7), 476—481.

李澤烈·羽生 功·古川 清. 1984. 그물코취치, *Rudarius ercodes*의 生殖活動에 미치는 光週期 및 溫度의 影響. 韓水誌 17(6), 523—528.

松岡飛良. 1975. 日本産魚類 産卵期 記錄集. 瀬戸内海栽培漁業協會發行 70pp.

尾城隆·日比谷京. 1981a. 完熟に伴う マコガレイ卵母細胞의 吸水と 濾胞破裂의 促進について. 日水誌 47(7), 835—841.

尾城隆·日比谷京. 1981b. マコガレイ卵母細胞의 完熟過程で 起こる 卵黃球의 融合·溶解と 吸水現象との 關係について. 日水誌 47(9), 1123—1130.

高橋豊美·齊藤重男·前田辰昭·木材大. 1983. 陸奥灣における マガレイと マコガレイ成魚의 生活年周期. 日水誌 49(5), 663—670.

De Vlaming, V. L. 1972. Environmental control of teleost reproductive cycles: a brief review. J. Fish. Biol. 4, 131—140.

Yamamoto, K. 1956. Studies on the formation of fish eggs. I. Annual cycle in the flounder *Liopsetta obscura*. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. VI, Zool. 12, 362—373.

Plate I

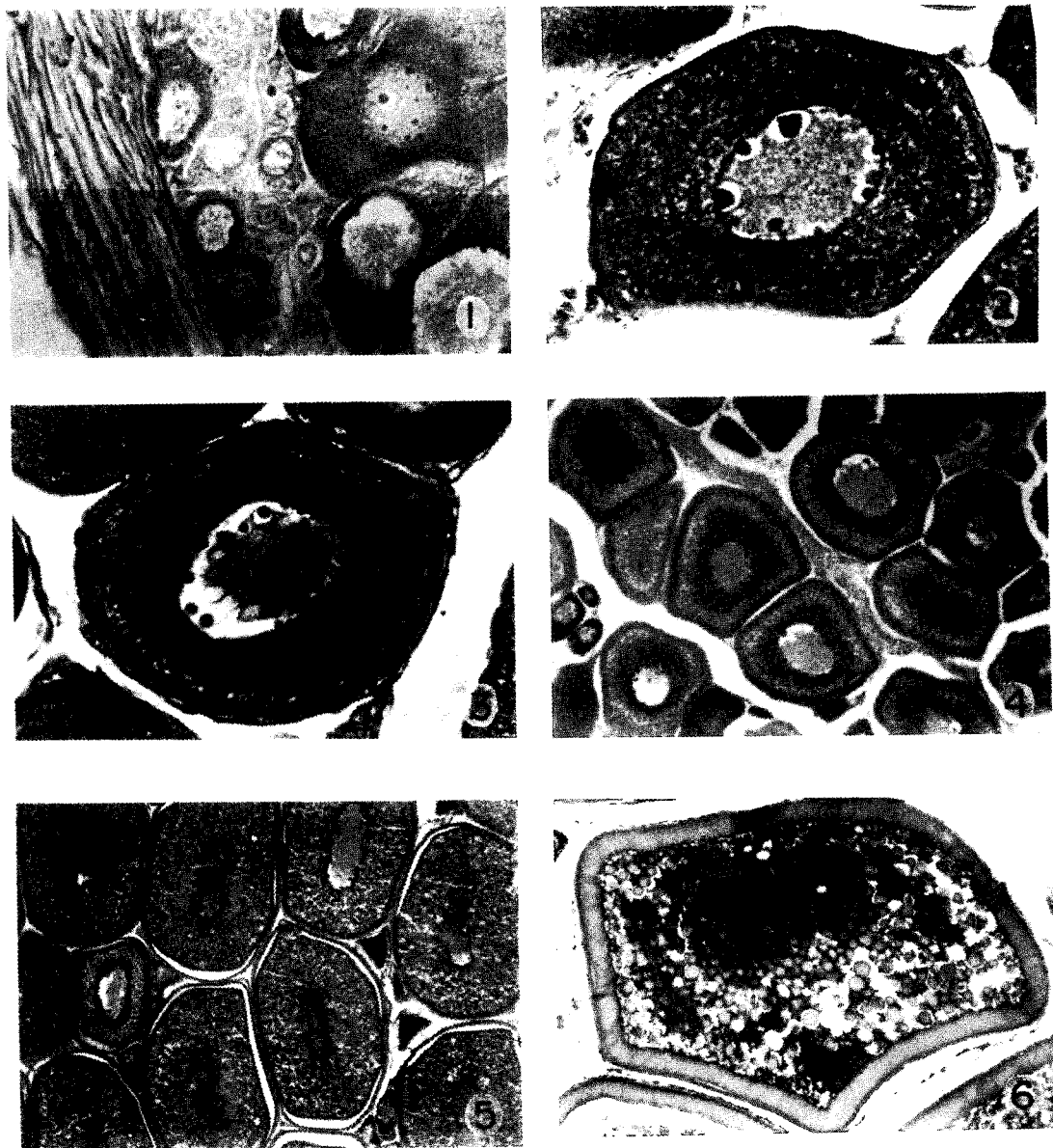


Fig. 1. Early growing ovary. Note great proliferation of small oogonia along the germinal epithelium of the ovarian sac and early growing oocytes. Fig. 2. An oocyte of the perinucleus stage. Note the yolk nucleus in basophilic cytoplasm and several scattering nucleoli along the nuclear membrane. Fig. 3. Section of growing oocyte. Note vacuolizations (yolk vesicles) found in the cortical layer of ooplasm. Fig. 4. Ovary of the late growing stage. Yolk globules form in the yolk vesicles and follicle layers develop around the oocytes. Fig. 5. Ovary of the mature stage. Numerous yolk and lipid granules are shown in the ooplasm. Fig. 6. Mature oocyte in the ovary. Note the nucleus are migrated toward animal pole, nuclear membrane disappear.

Plate II

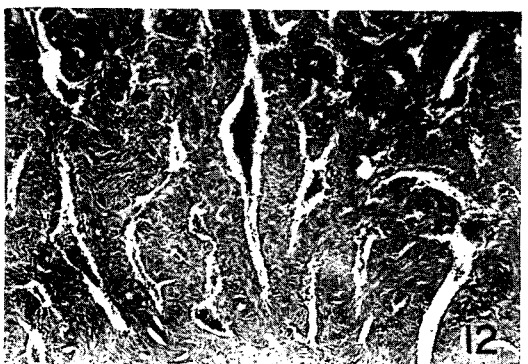
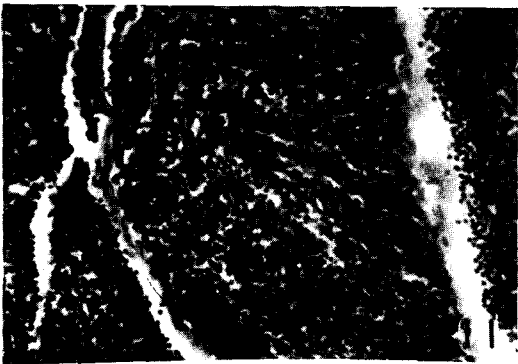
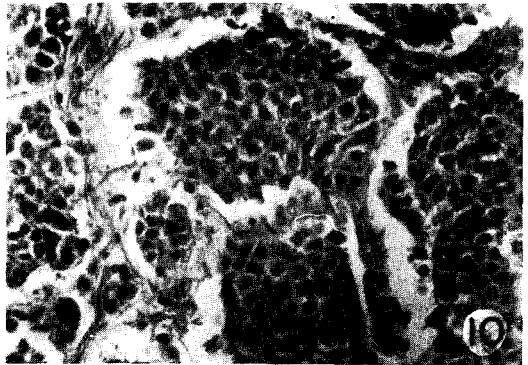
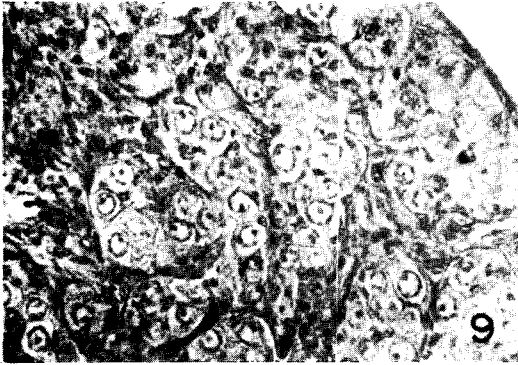
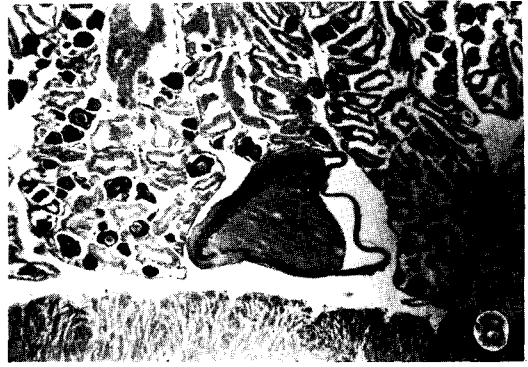


Fig. 7. Ripe oocyte in the ovary. The regions of protoplasm are extremely confined within animal hemisphere and most of cytoplasm are filled with numerous yolk materials and a number of oil drops. Fig. 8. Section of degenerating ovary after ovulation. Note residual follicles and undischarged growing oocytes are being degenerated. Fig. 9. Testis of early growing stage. Numerous spermatogonia and mesenchymal tissues appear along the germinal epithelium of testicular lobuli. Fig. 10. Mature testis. Note the cysts composed of spermatocytes in the lumen of the lobuli. Fig. 11. Section of ripe testis. Note a great number of spermatozoa in the enlarged lobuli. Fig. 12. Testis of spent stage. A few number of undischarged spermatozoa remain between degenerated testicular lobuli.