

실내 사육한 강도다리 *Platichthys stellatus*의 성성숙과 생식주기

임한규 · 변순규¹ · 이종하¹ · 박상언² · 김이청¹ · 한형균³ · 민병화* · 이배익¹

국립수산과학원 양식관리팀, ¹동해특성화연구센터,
²바다목장사업단, ³양식환경연구센터

Sexual Maturity and Reproductive Cycle of Starry Flounder *Platichthys stellatus* Cultured in Indoor Tank

Han Kyu Lim, Soon Gyu Byun¹, Jong Ha Lee¹, Sang Un Park², Yi Cheong Kim¹,
Hyoung Kyun Han³, Byung Hwa Min* and Bea Yik Lee¹

Aquaculture Management Team, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea

¹East Sea Mariculture Research Center, Uljin 767-860, Korea

²Marine Ranching Development and Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea

³Aquaculture environment Research Center, Tongyeong 361, Korea

Reproductive biology (sexual maturity and reproductive cycle) of starry flounder *Platichthys stellatus* were examined by histological methods. From March 2004 to February 2005, 144 females and males were sampled. Gonadosomatic index (GSI) of female and male were peaked in May and February, respectively. Monthly changes of hepatosomatic index (HSI) showed a negative correlation with those of the GSI. Changes of condition factor (CF) in female were correlated with gonad maturation, while that of male were no difference all the year round. Based on monthly GSI and gonadal development the reproductive cycle of starry flounder could be divided into four stages: growing stage (September to November), maturation stage (September to February), ripe and spent stage (March to May), and recovery and resting stage (June to August). Biological minimum size of female was 1,074 g. The relationship between fecundity (F) and body weight (BW) of the fish was expressed as $F = 455.86BW^{1.2006}$.

Keywords: *Platichthys stellatus*, GSI, gonadal development, reproductive cycle

서 론

강도다리 *Platichthys stellatus*는 북미 연안국의 주요 상업 어종으로 한국을 비롯한 일본, 오후츠크해, 베링해에서 캘리포니아만에 이르는 북태평양의 전 해역에 광범위하게 분포한다. 또한 연안근처의 150 m 이내의 수심에 주로 서식하며, 담수 및 기수역에서도 서식이 관찰되므로(Chyung, 1977), 이를 통해 강도다리는 염분내성이 강한 광염성 경골어종임을 알 수 있다. 강도다리는 육질이 담백하고 탄력이 있어 우리나라뿐만 아니라 중국에서도 넓치에 비해 고가의 고급횡감으로 평가 받고 있으며, 이에 따라 최근 강도다리의 수요가 증가하고 있는 실정이다. 그러나 강도다리의 자원양만으로는 그 수요를 충족시키지 못하므로, 이를 해결하기 위한 방안으로 이 어종의 완전 양식기술이 확립되어야 할 것으로 판단된다. 최근에는 국립수산과학원에서 처음으로 자연 서식하는 강도다리의 어미로부터 알과 정액을 채

취하여 인공종묘생산에 성공한 바 있으나, 인위적인 사육을 통한 친어확보 및 종묘생산에 관한 체계적인 연구는 매우 부족한 실정이다. 그러므로 강도다리의 번식생리학적 연구가 선행되어야 할 필요성이 부각되고 있으며, 이와 관련하여 GnRHa 처리에 따른 강도다리의 혈중 스테로이드의 변화 및 정액증가에 관한 연구(Moon et al., 2003), 희석액과 보존온도에 따른 강도다리 정자의 냉장보존 효과에 관한 연구가 보고되고 있다(Lim et al., 2006). 그러나 인위적 사육을 통한 강도다리의 생식소 발달, 생식주기 등 번식향상을 위한 기초연구는 아직 미약한 실정이다. 본 연구는 실내 사육한 강도다리를 대상으로 조직학적 방법으로 연간 생식소 발달 및 생식주기를 조사하였다.

재료 및 방법

실험어 및 사육환경

국립수산과학원 동해특성화연구센터 내 사각형 사육수조(6.0

*Corresponding author: pkmbh@hanmail.net

m×6.2 m×1.8 m)에서 사육중인 강도다리를 2004년 3월부터 2005년 2월까지 매월 암수 각각 12마리씩을 채집하여 실험에 사용하였으며, 실험어 크기는 Table 1에 나타내었다.

사육기간중 수온 및 광주기는 자연상태로 유지하였으며(Fig. 1), 먹이는 상업용 EP 넙치사료(수협사료, 한국)를 1일 2회 만복 공급하였다.

생체지수

매월 채집한 암수 강도다리를 대상으로 전장은 0.1 cm, 체중은 0.1 g까지 측정 한 후, 생식소와 간을 적출하여 0.1 g까지 그 무게를 측정하였다. 이 측정값을 토대로 생식소중량지수(gonadosomatic index: GSI), 간중량지수(hepatosomatic index: HSI) 및 비만도(condition factor: CF)를 아래의 식으로 구하였다.

$$GSI = (\text{생식소중량}/\text{체중}) \times 100$$

$$HSI = (\text{간중량}/\text{체중}) \times 100$$

$$CF = (\text{체중}/\text{전장}^3) \times 1000$$

생식소의 조직학적 관찰

생식소의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여, 적출된 난소 및 정소의 일부를 Bouin 용액에 고정하여 일련의 방법에 따라 조직표본을 제작하였다. 고정된 조직 시료를 파라핀절편법에 의해 5~6 μm 두께로 연속절편한 다음, Harris's haematoxylin과 0.5% eosin (Sigma, USA)으로 이중염색하여 광학현미경으로 관찰하였다. 생식주기는 Chang et al. (2004)의 방법에 따라 4 단계(성장기, 성숙기, 완숙 및 산란기, 회복 및 휴지기)로 구분하였다. 난모세포의 크기는 화상분석시스템(Axiovision, Zeiss Co., Germany)을 사용하여 알의 장경 및 단경을 측정하여 그 평균을 계산하였다.

포란수 조사

성숙기, 완숙 및 산란기 동안 산란을 하지 않는 개체로부터 포란된 알의 크기가 500 μm 이상인 알들을 Bagenal and Braum (1987)의 습증량법에 따라 계수하였다.

통계분석

실험결과와 자료값은 mean±S.E로 나타내었으며, SPSS program (ver. 9.0)을 사용하여 one way-ANOVA 및 Tukey's multiple range test로 유의성을 검정하였다(P=0.05).

Table 1. The body size of female and male starry flounder, *Platichthys stellatus* in this experiment

Sex	Total length (cm)	Body height (cm)	Body weight (g)
Female	41.5 ± 2.7	20.1 ± 1.6	1,339.5 ± 335.0
Male	34.9 ± 2.6	15.2 ± 1.2	609.5 ± 141.9

Value represents a mean ± S.D.

결 과

생체지수의 연간변화

2004년 3월부터 2005년 2월까지 강도다리의 GSI, HSI 및 CF의 연간변화는 Fig. 1에 나타내었다. 암컷의 GSI는 9월에 4.87±0.30%로 가장 낮은 값을 보였으며, 2월까지 유의한 변화를 보이지 않았다. 그러나 3월부터 급격하게 증가하여 5월에는 27.37±3.97%로 연중 최고값을 나타내었다가, 이후 7월부터는 다시 유의하게 감소하였다. 수컷의 GSI는 암컷과 마찬가지로 9월에 0.27±0.04로 가장 낮았으며, 12월부터 증가하기 시작하여 2월에 3.57±1.20로 최고값을 보였다. 이후 5월까지의 비교적 안

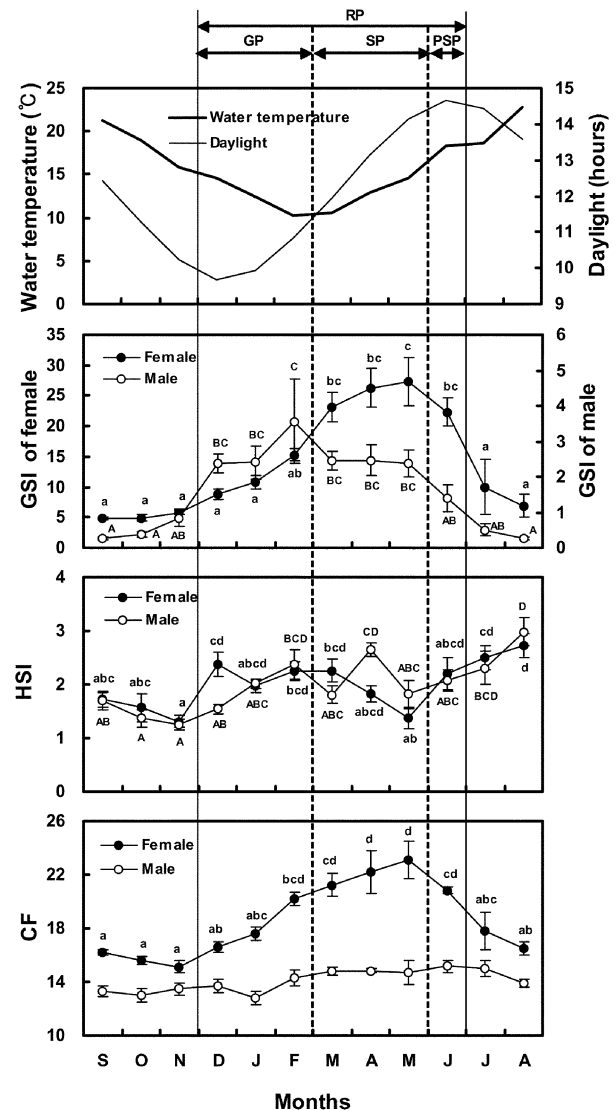


Fig. 1. Monthly changes in gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) of starry flounder *Platichthys stellatus* as related to regional photoperiod and water temperature all the year round. Different letters indicate significant difference among months in female or male. Symbols represent mean ± S.E. GP, gametogenesis period; PSP, post spawning period; RP, reproductive period; SP, spawning period.

정적으로 높은 수준으로 유지되었으나, 6월부터 8월까지의 계속적으로 감소하였다.

암컷의 HSI는 11월에 1.30 ± 0.11 로 가장 낮았으며, 12월에는 2.38 ± 0.23 로 급격하게 증가하였다. 5월에는 11월과 비슷한 수준으로 감소하였다가 7월부터 다시 유의하게 증가하여 8월에는 2.73 ± 0.22 로 최고값을 보였다. 수컷 HSI 역시 11월에 가장 낮았으며, 이 값은 2월부터 유의하게 증가하기 시작하여 8월에 2.99 ± 0.27 로 가장 높았다.

암컷 CF는 9월에 16.16 ± 0.21 였던 것이 2월에 20.21 ± 0.50 로 유의하게 증가하여 5월에 23.10 ± 1.38 로 가장 높았으며, 이후에 7월부터 다시 감소하여 GSI와 같은 변화양상을 보였다. 수컷 CF는 연중 유의한 변화가 없었지만 1월과 6월에 각각 최저 및 최고값을 보였다.

생식소 발달

난소

1) 성장기(growing stage)

강도다리의 성장기 난소소엽내에서는 $100 \mu\text{m}$ 이하의 염색 인기 및 주변인기의 난모세포군과 $100 \sim 300 \mu\text{m}$ 인 주변인기 난모세포군이 존재하고 있었다. 이 시기에는 난모세포내 핵의 크기가 증가하면서 핵내에는 다수의 인(nucleolus)이 관찰되었다(Fig. 2A).

2) 성숙기(maturation stage)

난소의 발달이 급격하게 진행되면서 대부분 난모세포의 세포질 피질부에 다량의 난황이 축적되었으며, 핵 이동기에 속하는 성숙 난모세포들($400 \sim 550 \mu\text{m}$)로 채워져 있었다(Fig. 2B).

3) 완숙 및 산란기(ripe and spawning stage)

난소소엽내에는 난핵포가 붕괴된 난경 $500 \mu\text{m}$ 전후의 완숙란으로 가득 채워져 있었으며, 방란 흔적을 나타내는 배란후의

여포가 관찰되었다(Fig. 2C).

4) 회복 및 휴지기(recovery and resting stage)

방란 이후의 난소소엽에는 미방출된 난모세포들과 잔존 여포들이 퇴화흡수되었고, 호염기성 세포질을 가지는 염색 인기 및 주변인기의 난모세포들이 난소소엽을 채우고 있었다(Fig. 2D).

정소

1) 성장기(growing stage)

초기 성장기에는 정소소엽 상피내 정원세포가 활발하게 분열증식 하고 있었으며, 이후 정소소낭에 정원세포를 비롯한 정모세포, 정세포 무리로 채워졌다(Fig. 3A).

2) 성숙기(maturation stage)

성숙기의 정소소낭에는 성숙중인 정세포군이 나타나고 있었으며, 정소소엽의 중앙 부분에 변태를 마친 수많은 정자들로 채워져 있었다(Fig. 3B).

3) 완숙 및 방정기(ripe and spent stage)

완숙기의 정소소엽과 수정세관내에서는 정자들로 밀집되어 있었으며(Fig. 3C), 방정시기에 정소소엽은 정자들이 배정됨에 따라 부분적으로 비어 있었다.

4) 회복 및 휴지기(recovery stage and resting)

방정후 잔존 정자들이 퇴화흡수되는 조직상이 관찰되었으며, 정소내의 정소세관 상피가 두꺼워지면서 간질조직내에는 결체 조직들로 채워졌다(Fig. 3D). 이후 정소소엽상피 위에는 소수의 정원세포들이 출현하여 소낭내에 배열된 후 다음 성장기 단계까지 장기간 휴지기 상태를 나타내었다.

생식주기

매월 조직학적 관찰에 따른 암수 강도다리의 생식소 발달단계는 Fig. 4와 같다. 강도다리 암컷은 9~11월에 성장기로 나타

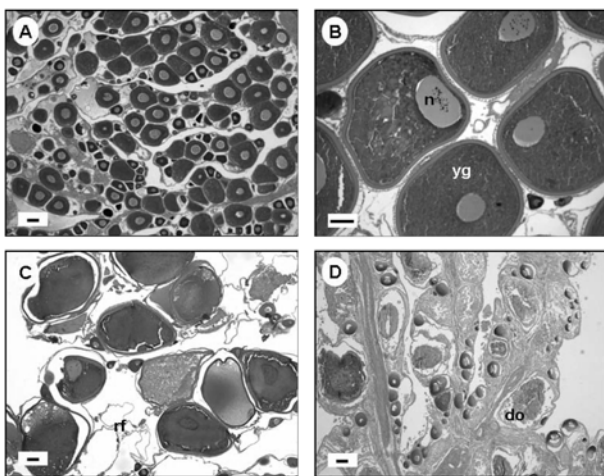


Fig. 2. Photomicrograph of ovarian developmental stages during the reproductive cycle of starry flounder, *Platichthys stellatus*. A, growing stage; B, maturation stages; C, ripe and spawning stage; D, recovery and resting stage. do, degenerating oocyte; n, nucleus; rf, residual follicle; yg, yolk granule. Scale bars = $100 \mu\text{m}$.

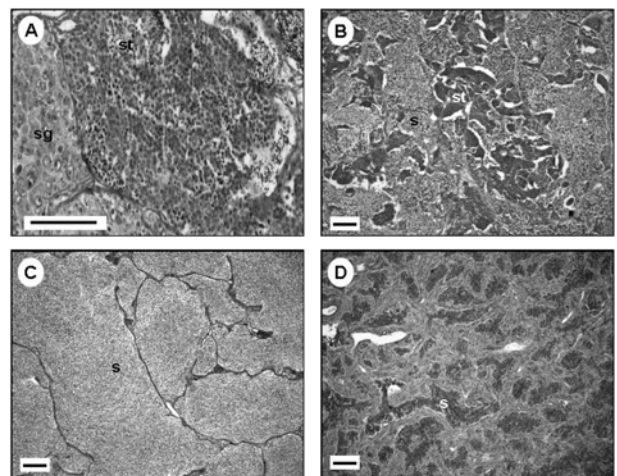


Fig. 3. Photomicrograph of testicular developmental stages during the reproductive cycle of starry flounder *Platichthys stellatus*. A, growing stage; B, maturation stages; C, ripe and spent stage; D, recovery and resting stage. s, spermatozoa; sc, spermatocytes; sg, spermatogonia; st, spermatids. Scale bars = $100 \mu\text{m}$.

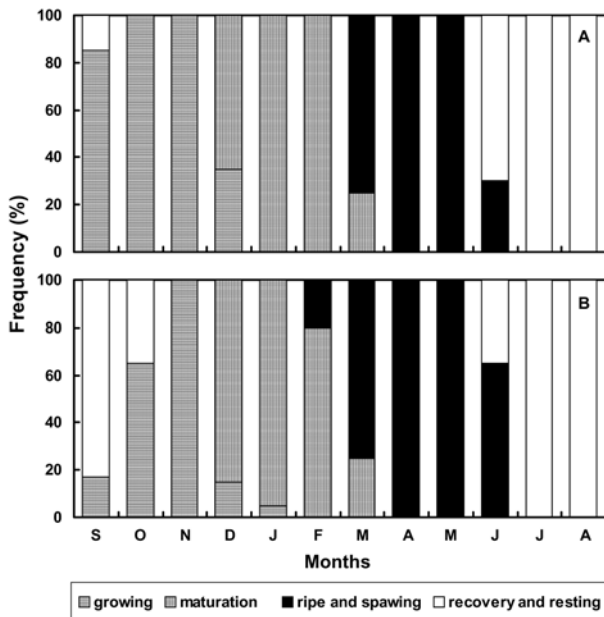


Fig. 4. Monthly changes in frequency of gonad developmental stage of starry flounder *Platichthys stellatus*.

났으며, 12~2월까지 성숙기를 거쳐 3~5월에서는 완숙 및 산란기로 확인되었다. 6월에는 약 70%가 회복 및 휴지기로 접어들어 8월까지 유지되었다(Fig. 4A).

수컷에서는 10~11월에 성장기를 보이다가, 이후 2월까지 대부분 생식소는 성숙기로 발달하였다. 2월에 이미 정자를 방출하는 개체가 일부 출현 하였으나, 완숙 및 방정기는 3~6월로 나타났다. 이후 7~9월까지의 회복 및 휴지기 상태였다(Fig. 4B).

포란수

강도다리의 번식력을 조사하기 위하여 성숙기, 완숙 및 산란기 동안 산란을 하지 않은 24개체로부터 포란수를 조사한 결과, 체중이 1,500 g 이하 개체(n=14)에서 평균 포란수는 2,537,284개, 1,500~2,000 g (n=6)에서는 3,309,621개, 2,000 g 이상(n=4)에서는 4,602,775개의 알을 가지고 있었다. 포란수(fecundity, F)

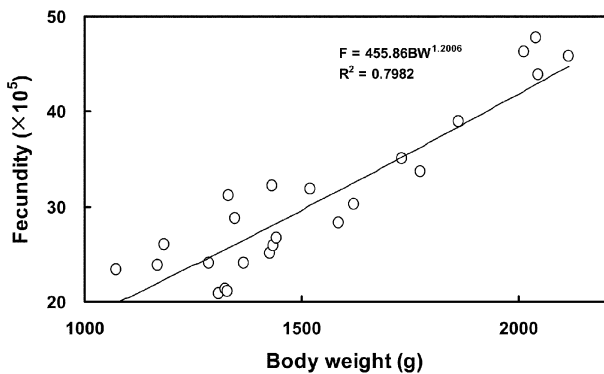


Fig. 5. Relationship between fecundity and body weight of starry flounder *Platichthys stellatus*.

와 체중(body weight, BW)의 관계는 $F=455.86BW^{1.2006}$ 로 나타났다(Fig. 5).

고찰

본 연구는 강도다리의 인공종묘생산을 위한 기초적 자료를 제공하고자 이 어종의 생식소 발달 및 생식주기를 조사하였다.

경골어류 난소구조의 기본 형태는 나상형(gymnovarian condition)과 낭상형(cystovarian condition)으로 나누는데, 강도다리의 난소는 다른 가자미류와 마찬가지로 복강 후면에서 뒷지느러미를 따라 길게 발달하고 있는 전형적인 낭상형 난소로 확인되었다(Lee et al., 1985; Jun et al., 2003; Chang et al., 2004). 또한 난소의 내부구조는 대부분의 경골어류에서 관찰할 수 있는 난원세포가 발달하는 결체성 조직인 다수의 난소소엽으로 구성되어져 있었다. 경골어류의 난발달 양식을 Wallace and Selmen (1981)에 따라 동기발달형(synchronous), 난군동기발달형(group-synchronous), 비동기발달형(asynchronous) 3가지로 구분해 볼 수 있다. 본 연구에서 강도다리는 성숙 난소내에서 성숙 난모세포군과 이와 가까운 단계로부터 초기 난모세포군까지 동시에 존재하였으며, 또한 초기 난모세포군은 여러 단계로 구분되는 것으로 보아 비동기발달형에 속하는 것으로 판단되며, 이 난발달 양식의 특징과 완숙 및 산란기의 조직상을 고려해 볼 때, 강도다리의 산란횟수는 다회 산란하는 것으로 생각된다. 본 연구의 결과와 같이 가자미류에서 비동기발달형에 속하는 어종으로는 넘치 *Paralichthys olivaceus*, 돌가자미 *Kareius bicoloratus*가 있으며, 참가자미 *Limanda herzensteini*, 문치가가자미 *Limanda yokohamae*는 난군동기발달형에 속하는 것으로 알려져 있다.

경골어류의 정소 구조는 소엽형(lobule type)과 세관형(tubule type)으로 구분할 수 있으며(Billard et al., 1982), 일반적으로 이들 형태는 체외수정 및 체내수정 어류에서 각각 나타나는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 1997). 본 연구에서 강도다리의 정소는 소엽형의 구조로 확인되었으며, 다수의 정소소엽으로 구성되어져 있으며, 각 소엽들의 수정소관은 수정관에서 합쳐지는 특징을 가지고 있었다.

일반적으로 경골어류의 생식주기는 수온, 광주기 등의 환경요인에 의한 내분비계 지배를 받는 것으로 알려져 있다(Shmizu and Hanyu, 1993; Strssmann et al., 1996). 본 연구에서 GSI와 생식소의 조직학적 관찰을 조사해본 결과, 강도다리는 일장이 가장 짧으며, 수온이 15°C 이하로 내려가는 12월부터 연중 수온이 가장 낮은 2월에 배우자형성 및 성숙이 이루어지는 것으로 나타났다. 또한 산란은 수온이 올라가기 시작하는 3월부터 시작하여 수온이 15°C 이하가 유지되는 5월까지로 나타났는데, 이러한 결과를 통해 강도다리는 수온이 15°C 이하에서 배우자형성 및 산란이 일어남을 알 수 있다. 또한 Aida (1991)의 방법에 따라 수온 및 광주기에 따른 어종의 산란시기를 춘계산란

형(spring spawner), 춘하계산란형(spring to summer spawner), 하계산란형(summer spawner), 춘추계산란형(spring to autumn spawner), 추계산란형(autumn spawner) 및 동계산란형(winter spawner)으로 구분해 볼 때, 강도다리는 춘계산란형에 해당하는 것으로 판단되며, 강도다리 외에 가자미과 어류중 춘계산란형으로는 참가자미가 속하는 것으로 알려져 있다(Chang et al., 2004). 미방출된 난모세포중 여포세포의 형성과 난황축적된 난모세포는 퇴화기(6~8월)에 여포세포층과 세포질이 파괴되어 퇴화흡수되었으며, 호염기성 세포질의 초기난모세포들은 난소소엽에 재배치되어 휴지기를 지나 다음 성장기(9~11월)에 다시 성장 발달하는 것으로 보인다. 이상 이들 결과를 종합해 보면, 강도다리의 번식을 위한 기간(reproductive period)은 12월부터 다음해 6월까지로, 12월부터 2월은 주 배우자형성 기간(gametogenesis period), 3월부터 5월까지의 산란기(spawning period), 6월은 산란 후기(post spawning period)임을 알 수 있다(Fig. 1).

경골어류에서 GSI와 HSI의 역상관 관계는 돌가자미(Jun et al., 2003), 문치가자미(Lee et al., 1985), 자리돔 *Chromis notatus*

(Lee and Lee, 1987), 참조기 *Larimichthys polyactis* (Kang et al., 2006) 등에서 보고되고 있으며 이것은 난모세포의 발달시기에 생식소에서 estradiol-17 β 가 분비되어 이 호르몬에 의해 간에서 vitellogenin이 합성되어 알에 축적되기 때문으로 보여진다(Aida et al., 1973). 본 연구에서 강도다리도 이와 같은 양상을 보였다. 그러나, 바닥문절 *Sagamia geneionema* (Hur, 2006), 농어 *Lateolabrax japonicus* (Kang et al., 2001) 등 일부 어종에서는 GSI와 HSI의 변화가 비슷한 정상관 관계를 보이고 있다. 또한 3년생 자주복 *Takifugu rubripes*의 경우 정상관 관계가 있으나, 2년생에서는 어떠한 상관관계가 없다고 보고된 바 있다(Yang et al., 1994). 이처럼 어종에 따라 GSI와 HSI의 상관관계가 차이를 보이는 이유에 대하여 Jun et al. (2003)은 배우자 형성에 요구되는 에너지 사용이 어종마다 다르다고 설명하고 있으며, Kang et al. (2006)은 산란형태, 산란기간, 먹이에 의한 것이라고 추정하고 있다. 또한 Kim et al. (2006)은 간에서 vitellogenin의 합성 및 축적시기와 난소로 전이되는 시기가 어종에 따라 차이가 있기 때문이라고 설명하고 있어, 앞으로

Table 2. Highest value of GSI in the marine teleosts.

	Species	GSI			References
		Female (F)	Male (M)	F:M	
강도다리	<i>Platichthys stellatus</i>	27.4/May	3.6/Feb	7.6	This study
참가자미	<i>Limanda herzensteini</i>	23.4/Mar	2.7/Jan	8.7	Chang et al. (2004)
돌가자미	<i>Kareius bicoloratus</i>	42.9/Dec	4.5/Dec	9.5	Jun et al. (2003)
범가자미	<i>Verasper variegatus</i>	18.0/Jan	1.7/Jan	10.6	Kim et al. (1998)
문치가자미	<i>Limanda yokohamae</i>	24.2/Dec	10.6/Nov	2.3	Lee et al. (1985)
참서대	<i>Cynoglossus joyneri</i>	5.1/Jan			Lee et al. (2000b)
노래미	<i>Hexagrammos agrammus</i>	4.3/Nov	1.6/Nov	2.7	Chung and Kim (1994)
취노래미	<i>Hexagrammos otakii</i>	7.6/Nov	0.9/Nov	8.4	Kang et al. (2004)
검정망둑	<i>Tridentiger obscurus</i>	10.3/May			Jin et al. (2006)
날개망둑	<i>Favonigobius gymnauchen</i>	7.9/Jan	1.2/Jul	6.6	Lee et al. (2000a)
별망둑	<i>Chasmichthys gulosus</i>	6.8/Jan	0.3/Mar	22.7	kim et al. (2004)
바닥문절	<i>Sagamia geneionema</i>	11.6/Apr			Hur et al. (2006)
짱둥어	<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	5.9/Jul	0.5/Jan	11.8	Chung et al. (1991)
감성돔	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>		7.5/May		Hwang (1999)
자리돔	<i>Chromis notatus</i>	8.6/Jan	6.08/Jan	1.4	Lee and Lee (1987)
옥돔	<i>Branchiostegus japonicus</i>	1.7/Oct			Choi et al. (2004)
농어	<i>Lateolabrax japonicus</i>	17.4/Feb	8.8/Dec	2.0	Kang et al. (2001)
접농어	<i>Lateolabrax maculatus</i>	7.5/Oct	3.0/Oct	2.5	Kim et al. (2001)
송어	<i>Mugil cephalus</i>	5.32/Oct			kim et al. (2004)
자주복	<i>Takifugu rubripes</i>	8.1/Apr	12.0/May	0.7	Yang et al. (1994)
그물코취치	<i>Rudarius ercodes</i>	9.3/Jan	6.9/May	1.3	Lee and Hanyu (1984)
쭈굴감펍	<i>Scorpaena miostoma</i>	3.8/Oct	0.23/Oct	16.5	Lee et al. (1997)
참조기	<i>Larimichthys polyactis</i>	13.5/Aug			Kang et al. (2006)
붉바리	<i>Epinephelus akaara</i>	2.3/Oct			Hwang (1998)
흰점돔가시치	<i>Siganus canaliculatus</i>	9.7/Jul	10.0/Jul	1.0	Hwang (2004)
옹어	<i>coilia nasus</i>	8.5/Jan	2.5/Jan	3.4	Lee et al. (2003)
조피볼락	<i>Sebastes schlegeli</i>	7.2/Mar	0.6/Oct	12.0	Baek et al. (2000)
볼락	<i>Sebastes inermis</i>	14.7/Jan	1.1/Nov	13.4	Ko et al. (1998)
불볼락	<i>Sebastes thompsoni</i>	9.6/Mar	0.3/Feb	32.0	Lee et al. (1998)
황점볼락	<i>Sebastes oblongus</i>	58.5/Dec	1.6/Sep	36.6	Chang et al. (1995)

GSI와 HSI의 관계에 대한 보다 심도 있는 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서 강도다리 암컷 CF는 GSI가 동일한 변화 패턴을 보인 반면, 수컷의 CF는 연중 변화가 나타나지 않았는데, 이러한 결과는 생식소 발달시기에 강도다리의 난소가 비대해져 생체변화에 영향을 미치고 있음을 의미한다. 일반적으로 가자미과 어류의 암컷 GSI는 타 어종에 비해 그 값이 큰 것으로 보고되고 있으며(Table 2), 이것은 포란수와 직접적인 관계가 있는 것으로 판단된다. 본 연구에서 체중에 따른 포란수를 조사한 결과, 그 관계는 $F=455.86BW^{1.2006}$ 로, 검정망둑 *Tridentiger obscurus*, $F=927.49BW^{0.919}$ (최고 GSI: 10.3) (Jin et al., 2006)와 쥐노래미 *Hexagrammos otakii*, $F=106.31BW^{0.797}$ (최고 GSI: 4.3) (Kang, et al. 2004)보다 체중에 따른 포란수가 많은 것으로 나타나, 최고 GSI가 높은 어종일수록 포란수는 증가하는 경향을 보였다. 또한 본 연구에서 체중이 2 kg 이상인 개체에서는 성숙 포란수가 약 4,600,000개로 확인되었는데, 이러한 결과를 통해 강도다리의 종묘생산시 알은 어미로부터 쉽게 대량으로 확보할 수 있을 것으로 보인다. 일반적으로 일부 어종(자주복, 흰점독가시치 *Siganus canaliculatus* 등)을 제외하고는 암컷의 GSI가 수컷보다 높은 것으로 보고되고 있으며(Table 2), 본 연구에서도 강도다리 암컷은 수컷에 비해 약 8배 높은 것으로 나타났다. 강도다리의 종묘생산시 이러한 배우자비의 불균형은 수정률을 감소시키는 원인이 될 수 있으므로, 정소를 발달시켜 정자를 충분히 확보할 필요성이 제기된다. 최근 이와 관련 하여 GnRHa 처리를 이용한 강도다리의 정액 및 정자 생산을 증가시켰다는 보고가 있으나(Moon et al., 2003), 이 호르몬 처리에 따른 정자의 성상 및 활성에 관한 연구는 아직 보고된 바 없으므로, 앞으로 이에 관한 연구가 필요할 것으로 보인다.

최근 국립수산물과학원에서는 강도다리의 우수한 삼투압조절 능력 및 염분내성을 이용한 저염분 양식 개발을 시도하고 있는 실정이며, 따라서 앞으로 이 어종의 기수사육에 따른 성성숙 여부 및 생식주기 조사는 매우 흥미로운 연구가 될 것으로 생각된다.

사 사

이 연구는 국립수산물과학원의 수산시험연구과제인 『양식어류특산화 기술개발연구』(RP-2007-AQ-041)의 일부로 수행되었습니다.

참고문헌

Aida, K., Y. Nagahama and T. Hibiya, 1973. Physiological studies on the gonadal maturation of fish. I. Sexual difference on composition of plasma protein of ayu in relation to gonadal maturation. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 39, 1091-1106.
 Aida, K., 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleostes. Bull. Inst. Zool., Academia Sinica, Monograph,

16, 173-187.
 Baek, J. M., C. H. Han, D. J. Kim, C. W. Park and K. Aida, 2000. Reproductive cycle of a rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Kor. Fish. Soc., 33, 431-438.
 Bagenal, T. B. and E. Braum, 1987. Eggs early life history. (in) W. E. Ricker (ed.), Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Water. Blackjwell Scientific Publication, London, U.K., pp. 165-201.
 Billard, R., A. Fostier, C. Weil and B. Breton, 1982. Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. Can. J. Aquat. Sci., 39, 65-79.
 Chang, Y. J., H. K. Lim and S. G. Byun, 1995. Gonadal maturation and reproductive cycle in oblong rockfish, *Sebastes oblongus*. J. Aquacult., 8, 31-46.
 Chang, Y. J., J. Y. Lee and Y. J. Chang, 2004. Reproductive cycle of the brown sole, *Limanda herzensteini* in eastern waters of Korea. J. Aquacult., 17, 128-132.
 Choi, J. K., H. J. Kim, C. B. Park, C. H. Lee, Y. B. Song, K. J. Lee, I. K. Yeo, J. U. Lee, D. S. Chang, D. S. Ha and Y. D. Lee, 2004. Annual reproductive cycle and sexual characteristics of horsehead *Branchiostegus japonicus*. Kor. J. Ichthyol., 16, 282-294.
 Chung, E. Y., C. M. An and T. Y. Lee, 1991. Sexual maturation of the bluespotted mud hopper, *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus). J. Kor. Fish. Soc., 24, 167-176.
 Chung, E. Y. and S. Y. Kim, 1994. On the maturity and spawning of the greenling, *Hexagrammos agrammus* (Temminck et Schlegel). Kor. J. Ichthyol., 6, 222-236.
 Chyung, M. K., 1977. The Fishes of Korea, Iljisa, Seoul, Korea, 570pp.
 Hur, S. W., S. J. kim, Y. B. Song, C. H. Lee, B. S. Lim, S. R, H. J. Baek, H. B. Kim and Y. D. Lee, 2006. Reproductive cycle of female hairychin goby *Sagamia geneionema*. J. Kor. Fish. Soc., 39, 404-409.
 Hwang, H. K., C. B. Park, Y. J. Kang, J. H. Lee, S. Rho and Y. D. Lee, 2004. Gonadal development and Reproductive cycle of the rabbitfish (*Siganus canaliculatus*). J. Kor. Fish. Soc., 37, 393-399.
 Hwang, S. I., Y. D. Lee, C. B. Song and S. Rho, 1998. Gonadal development and the effects of 17α -methyltestosterone on sex inversion of the red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. J. Aquacult., 11, 173-182.
 Hwang, S. I., 1999. Artificial control in sex and reproductive cycle of black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*. Ph.D. Thesis, University of Jeju, Jeju, Korea, 1-120.
 Jin, Y. S., C. B. Park, H. J. Kim, C. H. Lee, Y. B. Song, B. H. Kim and Y. D. Lee, 2006. Reproductive cycle of dusky tripletooth goby *Tridentiger obscurus* in Jeju island, Korea. Kor. J. Ichthyol., 18, 184-192.
 Jun, J. C., D. S. Sim, Y. H. Kim and E. Y. Chung, 2003. Sexual maturation of the stone flounder, *Kareius bicoloratus*, on the west coast of Korea. Kor. J. Ichthyol., 15, 259-271.
 Kang, D. Y., H. K. Han and C. M. An, 2001. Reproductive cycle of seabass, *Lateolabrax japonicus*. Kor. J. Ichthyol., 13, 201-209.

- Kang, D. Y., K. C. Jo, J. H. Lee, H. W. Kang, H. C. Kim and G. H. Kim, 2006. Annual reproductive cycle of wild female yellow croaker, *Larimichthys polyactis*. J. Aquacult., 19, 188–196.
- Kang, H. W., E. Y. Chung and J. H. Kim, 2004. Sexual maturation and spawning characteristics in greenling, *Hexagrammos otakii* of the west coast in Kor. J. Aquacult., 17, 30–38.
- Kim, D. J., C. M. An and K. S. Min, 2006. Plasma sex steroid hormone and vitellogenin profiles during ovarian development of the wild marbled sole (*Limanda yokohamae*). J. Kor. Fish. Soc., 39, 391–397.
- Kim, S. J., Y. D. Lee, I. K. Yeo, H. J. Beak, H. B. Kim, M. Nagae, K. Soyano and A. Hara, 2004. Reproductive cycle of the female grey mullet, *Mugil cephalus*, on the coast of Jeju island, Korea. J. Environ. Toxicol., 1, 73–80.
- Kim, S. Y., I. C. Bang, Y. G. Rho and J. H. Kim, 2001. Studies on sexual maturation of spotted seabass, *Lateolabrax maculatus*. J. Kor. Fish. Soc., 34, 526–535.
- Kim, S. Y., C. B. Park, J. W. Kang, Y. C. Choi, S. R. H. J. Baek, H. B. Kim and Y. D. Lee, 2004. Gonadal development and reproductive cycle of gluttonous goby *Chasmichthys gulosus* (Guichenot). Korean J. Ichthyol., 16, 261–270.
- Kim, Y., C. M. An, K. K. Kim and H. J. Baek, 1998. Sexual maturation of the spotted flounder *Verasper variegatus*, Kor. J. Ichthyol., 10, 191–199.
- Ko, C. S., Y. J. Chang, H. K. Lim, J. H. Kim and K. C. Cho, 1998. Controlled reproductive cycle of rockfish (*Sebastes inermis*) by water temperature and photoperiod. J. Kor. Fish. Soc., 31, 713–720.
- Moon, S. H., H. K. Lim, J. Y. Kwon, J. K. Lee and Y. J. Chang, 2003. Increased plasma 17-hydroxyprogesterone and milt production in response to gonadotropin-releasing hormone agonist in captive male starry flounder, *Platichthys stellatus*. Aquaculture, 218, 703–716.
- Lee, B. W., E. W. Chung, J. Y. Lee, 2003. Histological study on the reproductive cycle of *Coilia nasus*, J. Aquacult., 16, 179–186.
- Lee, J. S., J. C. Kang and S. H. Huh, 1997. Gonad structure and reproductive cycle of the smallmouth scorpionfish, *Scorpaena miostoma*. J. Kor. Fish. Soc., 30, 627–633.
- Lee, J. S., C. M. An and S. H. Huh, 1998. Reproductive cycle of the goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni* (Teleostei: Scorpaenidae). J. Kor. Fish. Soc., 31, 8–16.
- Lee, J. S., J. W. Kim, J. C. Kang, Y. K. Shin and P. Chin, 2000a. Reproductive cycle and gonadal development of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen* (Teleostei: gobiidae). J. Kor. Fish. Soc., 33, 219–224.
- Lee, J. S., S. Y. Kim, K. H. Ma and S. H. Huh, 2000b. Ovarian development and reproductive cycle of the female red tongue sole, *Cynoglossus joyneri* (Teleostei: Cynoglossidae). J. Kor. Fish. Soc., 33, 554–558.
- Lee, T. Y. and I. Hanyu, 1984. Reproductive cycle of small file-fish, *Rudarius ercodes*. J. Kor. Fish. Soc., 17, 423–435.
- Lee, T. Y., Y. J. Kang and B. D. Lee, 1985. Reproduction and population dynamics of marbled sole *Limanda yokohamae*. J. Kor. Fish. Soc., 18, 253–261.
- Lee, Y. D. and T. Y. Lee, 1987. Studies on the reproductive cycle damselfish, *Chromis notatus* (Temminck et Schlegel). J. Kor. Fish. Soc., 20, 509–519.
- Lim, H. K., C. M. An, M. H. Son, M. W. Park, E. O. Kim and S. G. Byun, 2006. Effect of diluents and temperature on sperm storage in starry flounder (*Platichthys stellatus*). J. Aquacult., 19, 47–51.
- Shmizu, A. and I. Hanyu, 1993. Factors involved in the development of and decline on photoperiodism as it relates to the gonadal activity of a spring-spawning bitterling, *Acheilognathus tabira*. J. Exp. Zool., 265, 134–143.
- Strssmann, C. A., F. Takashima and K. Toda, 1996. Sex differentiation and hormonal feminization in pejerrey *Odontesthes bonariensis*. Aquacult., 139, 31–45.
- Wallace, R. A. and K. Selman, 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am. Zool., 21, 325–343.
- Yang, S. G., Y. D. Lee and C. K. Pyen, 1994. A study on the gonadal maturation and egg-stripping by hormone treatments of tiger puffer, *Takifugu rubripes*. J. Aquacult., 7, 189–205.

원고접수 : 2007년 6월 14일

수정본 수리 : 2007년 9월 3일