

이학석사 학위논문

남해에서 출현하는 삼치
(*Scomberomorus niphonius*)의 식성,



이 논문을 으로 제출함

2006년 2월

부경대학교 대학원

해 양 학 과

박 주 면

박주면의 이학석사 학위논문을 인준함

2006년 2월

주 심 이학박사 곽 석 남



위 원 이학박사 백 근 욱



위 원 이학박사 허 성 회



목 차

Abstract	i
List of Tables	iii
List of Figures	iv
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	4
1. 식성	4
2. 성숙과 산란	6
III. 결과	8
1. 식성	8
1.1 위내용물 조성	8
1.2 성장에 따른 먹이조성의 변화	12
2. 성숙과 산란	17
2.1 생식소중량지수, 간중량지수, 비만도지수의 월변화	17
2.2 성비 및 군성숙도	17
2.3 생식주기 및 난소의 조직학적 발달단계	22
2.4 포란수	24
IV. 고찰	27
1. 식성	27
1.1 위내용물 조성	27
1.2 성장에 따른 먹이조성의 변화	29
2. 성숙과 산란	30
2.1 산란기	30

2.2 성비와 군성숙도 및 포란수	32
2.3 산란기 전후 섭이율의 변화	33
V. 요약	37
VI. 감사의 글	39
VII. 참고문헌	40

**Feeding habits, Maturation and Spawning of Spanish Mackerel
(*Scomberomorus niphonius*) in the Southern Sea of Korea**

Joo Myun Park

*Department of Oceanography, Graduate School,
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

Abstract

The feeding habits, maturation and spawning of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) were studied based on the 445 specimens collected from January to December 2004 in the Southern Sea of Korea. The size of *Scomberomorus niphonius* ranged from 26.1 to 105.4 cm in fork length (FL).

Spanish mackerel was a piscivorous fish which mainly consumed teleost fish such as chub mackerel (*Scomber japonicus*) and anchovy (*Engraulis japonicus*). Its diet also included small quantities of shrimps, stomatopods, cephalopods, crabs, polychaetes, amphipods, cumaceans and copepods. Smaller individuals (<60 cm FL) consumed a variety of organisms such as *Engraulis japonicus* and crustaceans. The portion of these prey items decreased with increasing fish size, and this decrease

was paralleled with increased consumption of *Scomber japonicus* and *Cololabis saira* in larger individuals. The prey size increased with increase of fish size.

The gonadosomatic index (GSI) of the female was the highest in May. The spawning season was from April to June. There was a significant difference in sex ratio between females and males (χ^2 -test, $p < 0.01$). The percentage of sexually mature females was over 50% for the size group between 50 cm and 60 cm FL. Fecundity varied between 201,156 and 836,426. The relationship between the fecundity (F) and fork length (FL) of the fish was expressed as; $F = 4E-5FL^{3.8465}$. The relationship between the fecundity (F) and body weight (BW) was expressed as; $F = 581.42\ln(FL) - 4108.5$. The first spawning length was 41.8 cm FL.

List of Tables

- Table 1. Composition of the stomach contents of *Scomberomorus niphonius* by frequency of occurrence, number of individuals, dry weight and index of relative importance (IRI)
- Table 2. Percentage of immature and mature female of *Scomberomorus niphonius* within size classes for spawning season
- Table 3. Monthly variation in sex ratio of the adult *Scomberomorus niphonius*

List of Figures

- Fig. 1. Photograph of *Scomberomorus niphonius*.
- Fig. 2. Location of the sampling area (●).
- Fig. 3. Size distribution of *Scomberomorus niphonius* collected in the Southern Sea of Korea.
- Fig. 4. Photographs showing main stomach contents of *Scomberomorus niphonius*.
- Fig. 5. Ontogenetic changes in composition of stomach contents by dry weight of *Scomberomorus niphonius*.
- Fig. 6. Relationship between mouth size and fork length of *Scomberomorus niphonius*.
- Fig. 7. Ontogenetic change in size of prey organisms (fishes) in stomachs of *Scomberomorus niphonius* (Circle and bar represent the mean and range).
- Fig. 8. Monthly change of gonadosomatic index of female *Scomberomorus niphonius*.
- Fig. 9. Monthly change in mean values of hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) of female *Scomberomorus niphonius*.
- Fig. 10. Photomicrographs of developmental stage of ovary in the *Scomberomorus niphonius*. A, Recovery and Resting stage; B and C, Early growing stage; D, Late growing stage; E, Maturing stage; F, Ripe stage; G, Degenerating stage: Dg, degenerating oocytes; Eyg, eosinophilic yolk globules; Fl, follicle layer; N, nucleus; No, nucleolus; Og, oogonium; Ol, oil globule; Op,

ooplasm; Yg, yolk golbules.

Fig. 11. Relationship between the fork length and fecundity of *Scomberomorus niphonius*.

Fig. 12. Relationship between the body weight and fecundity of *Scomberomorus niphonius*.

Fig. 13. Relationship between stomatch content index (SCI) and gonadosomatic index (GSI) of female *Scomberomorus niphonius* during the spawning period.

Fig. 14. Relationship between stomatch content index (SCI) and condition factor (CF) of female *Scomberomorus niphonius* during the spawning period.

I. 서 론

고등어과 (Family Scomberidae) 어류는 농어목 (Order Perciformes)에 속하는 전 세계적으로 중요한 상업성 어종이며, 우리나라 연안에는 17종이 출현하는 것으로 보고되고 있다 (Yoon, 2002). 고등어과 어류는 해양의 표층에서 큰 어군을 형성하며 이동하는 전형적인 부어류 (pelagic fish)이다 (Chyung, 1977; Yamada, 1986). 우리나라 연안에 출현하는 고등어과 어류에 관한 연구는 1960년대부터 이루어졌는데, 초기의 연구는 수산가공에 관한 연구였고, 생태에 관한 연구는 1970년 고등어의 성숙과 산란 (Ann, 1970)에 관한 연구로부터 시작되었다. 현재까지 우리나라에서 고등어과 어류에 대한 연구는 대부분이 수산가공분야 연구들이었고 생태에 관한 연구는 아직 미진한 상태에 있다.

삼치 (*Scomberomorus niphonius*) (Fig. 1)는 고등어과에 속하는 어종으로 우리나라 서·남해를 비롯하여, 동중국해, 일본 중부이남 해역의 연안 표층 주로 서식한다. 삼치는 봄에 서·남해의 연안으로 이동하여 산란을 하고 가을에 월동을 위해 남쪽으로 이동한다. 삼치는 초기 성장이 매우 빨라 부화 후 6개월이면 가랑이 체장 33~46 cm 까지 자라고, 만 1년이 되면 57 cm 까지 성장하며, 최대 110 cm 까지 성장하는 것으로 알려져 있다 (Chyung, 1977; Hunter, 1981; Yamada et al., 1986; NFRDI, 2004).

일본의 경우 삼치에 대한 중요성을 인식하여 생태학적 연구가 다양하게 진행되어 왔다. 일본에서의 연구를 살펴보면 Kishida (1985, 1986, 1989)에 의해 연련과 성장, 먹이습성, 분포와 회유에 관한 연구가 있으며, Kishida and Aida (1989)에 의한 성숙과 산란의 연구가 있다. 그리고 Shoji and Tanaka (2001)와 Shoji et al. (2001, 2002)에 의한 초기의 먹이습성에 관한 연구가 있다. 이에 반하여 우리나라의 경우 삼치는 중요한 상업성 어종임

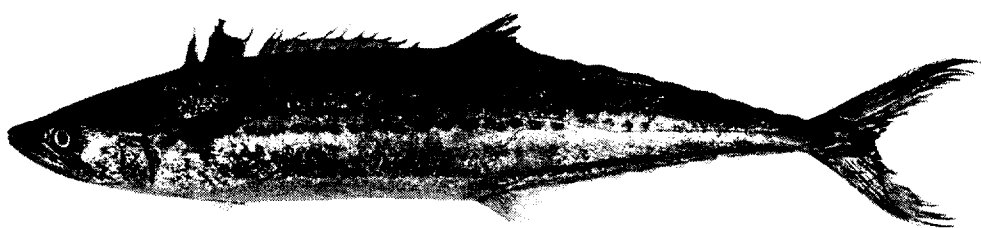


Fig. 1. Photograph of *Scomberomorus niphonius*.

에도 불구하고 삼치에 대한 기초 생태학적 연구는 거의 이루어지지 않았다. Whang et al. (1977)에 의한 분포와 생태에 관한 연구가 유일한 생태학적 연구였고, 그 외 삼치에 대한 유자망의 선택성에 관한 연구 (Kim, 1972)가 있다.

해양생태계 먹이망 (food web)에서 최상위 위치를 차지하고 중요한 상업성 어종의 생태연구는 수산자원학적으로 그 가치가 매우 높다. 본 연구는 삼치의 위 내용물 분석을 통하여 주 먹이생물과 성장에 따른 먹이습성의 변화를 조사하고, 생식소 분석을 통하여 산란기와 난소의 조직학적 변화 및 포란수를 조사하여 삼치의 생태학적 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 삼치 시료는 2004년 1월에서 12월까지 매월 부산 남쪽에 위치한 목도와 남·북형제도 부근 해역(Fig. 2)에서 자망과 주낙에 의해 어획된 것을 부산공동어시장에서 구입하였다. 구입된 시료는 ice box에 보관하여 즉시 실험실로 운반하여 각 개체의 체장 (0.1 cm)과 체중 (0.1 g)을 측정 한 뒤, 각 개체에서 위, 간, 생식소를 분리하여 각각의 중량을 0.1 mg 단위까지 측정하였다.

1. 식성

식성연구를 위해 각 개체에서 분리한 위를 해부현미경 아래에서 위내용물을 분석하였다. 위에서 발견된 먹이생물은 Takeda (1982), NFRDI (2001), Yoon (2002) 등을 이용하여 동정하였다.

먹이생물은 종류별로 개체수를 계수하였고, 먹이생물의 크기를 mm 단위까지 측정하였다. 그 후 종류별로 건조기에 넣고 80℃에서 24시간 건조시킨 뒤, 전자저울을 이용하여 건조중량을 0.1 mg 단위까지 측정하였다.

위내용물의 분석 결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도, 먹이생물의 개체수비와 건조중량비로 나타내었다. 출현빈도 (F_i)는 다음과 같이 구하였다.

$$F_i(\%) = A_i / N \times 100 \quad 1-1$$

여기서 A_i 는 해당 먹이생물이 위내용물 중 발견된 삼치의 개체수이고, N 은 위속에 내용물이 있었던 삼치의 개체수이다.

섭이된 먹이생물의 상대중요성지수 (index of relative importance, IRI)는

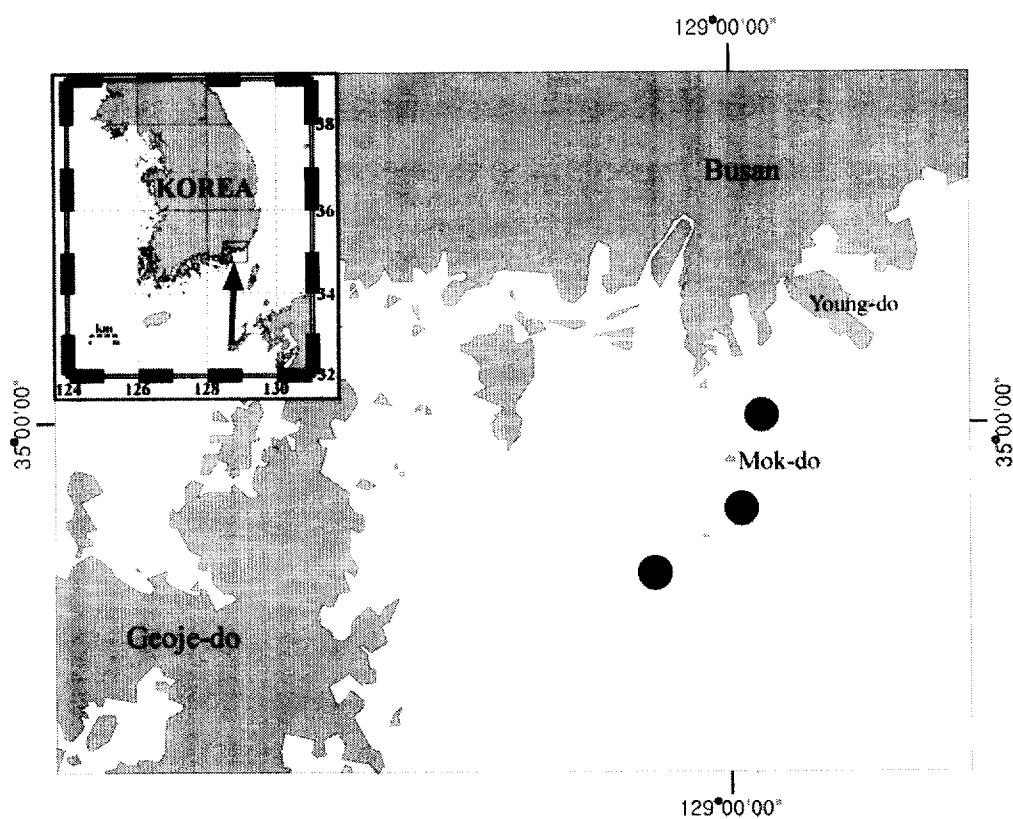


Fig. 2. Location of the sampling area (●).

Pinkas et al. (1971)의 식을 이용하여 구하였다.

$$IRI = (N+W) \times F \quad 1-2$$

여기서, N은 먹이생물 총 개체수에 대한 해당 먹이생물이 차지한 백분율이며, W는 먹이생물 총 건조중량에 대한 백분율이고, F는 각 먹이생물의 출현빈도이다.

또한 각 먹이생물의 상대중요성지수를 백분율로 환산하여 상대중요성지수비 (IRI%)를 구하였다.

그리고 산란기 전후의 섭이율 변화를 알아보기 위해 월별 생식소 중량지수 (gonadosomatic index, GSI)와 비만도 지수 (condition factor, CF), 위내용물중량지수 (stomach content index, SCI)를 다음과 같이 구하였다.

$$GSI(\%) = GW(g) / BW(g) \times 10^2 \quad 1-3$$

$$CF = BW(g) / FL(cm)^3 \times 10^3 \quad 1-4$$

$$SCI(\%) = SCW(g) / BW(g) \times 10^2 \quad 1-5$$

여기서 GW (gonad weight)는 생식소 중량이고 BW (body weight)는 체중, SCW (stomach content weight)는 위내용물 중량, FL (fork length)은 가랑이체장이다.

2. 성숙과 산란

삼치 각 개체는 생식소 추출과정에서 암, 수를 구별하였고, 생식소 중량지수 (gonadosomatic index, GSI), 간중량지수 (hepatosomatic, HSI), 비만도지수 (condition factor, CF)를 구하였다.

$$\text{HSI}(\%) = \text{LW}(\text{g}) / \text{BW}(\text{g}) \times 10^2 \quad 2-1$$

여기서 LW (liver weight)는 간의 무게이고, BW (body weight)는 체중, FL (fork length)는 가랑이 체장이다.

포란수는 난의 무게를 이용한 중량법 (gravimetric method)을 사용하여 산정하였다.

생식소의 내부구조와 생식소 발달의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 조직표본을 제작하였다. 조직표본 제작은 추출될 생식소를 Bouin's solution에 24시간 고정한 후 수세와 탈수의 과정을 거쳤다. 이후 파라핀으로 포매한 뒤 4~6 μm 두께로 연속절편을 만들었다. 조직표본 염색은 조직표본을 xylene 용액에서 파라핀을 제거한 후 알코올에서 저농도 순의 단계로 친수과정을 거쳐 조직내에 수분을 첨가시켰다. 그 후 Mayer's Hematoxylin과 0.5% Eosin으로 비교염색 하였으며, 조직표본의 관찰과 사진촬영은 Olympus BX-50 현미경 하에서 이루어졌다.

III. 결과

1. 식성

1.1 위내용물 조성

본 연구에서 사용된 삼치의 총 개체수는 445개체였으며, 이들은 가랑이 체장 (Fork length, FL)은 26.1~105.4 cm 범위를 보였다 (Fig. 3). 이 중 위 내용물이 전혀 발견되지 않은 개체는 202개체로 45.4%에 달하는 높은 공복율을 보였다.

위내용물이 발견된 243개체의 위내용물 분석 결과는 Table 1과 같다. 삼치의 가장 중요한 먹이생물은 어류 (Pisces)로 나타났다. 어류는 63.8%의 출현빈도를 보였으며, 총 먹이생물 개체수의 21.6%, 전체 건조중량의 98.5%를 차지하였다. 상대중요성지수비는 84.8%였다. 어류 중에서는 고등어 (*Scomber japonicus*)가 가장 중요한 먹이생물이었는데, 전체 건조중량의 48.3%를 차지하였다. 고등어 다음으로 많이 섭취된 어류는 멸치 (*Engraulis japonicus*)로, 전체 건조중량의 15.0%를 차지하였다. 그리고 갈치 (*Trichiurus lepturus*), 전갱이 (*Trachurus japonicus*), 꽁치 (*Cololabis saira*), 샛돔 (*Psenopsis anomala*), 보구치 (*Argyrosomus argentatus*), 샛비늘치 (*Myctophum nitidulum*) 등 총 8종의 어류가 위내용물에서 발견되었으며, 각각 전체 건조중량의 13.8%, 10.4%, 7.2%, 1.2%, 1.1%, 0.2%를 차지하였다.

Fig. 4는 삼치 위내용물에서 발견된 먹이생물을 보여주는 사진이다. 삼치는 멸치 (Fig. 4A)와 같이 비교적 작은 크기의 먹이생물은 통째로 삼키는 반면, 갈치, 꽁치, 고등어 (Fig. 4B,C,D)와 같이 비교적 큰 크기의 먹이생물은 이빨을 이용하여 먹이를 잘라 삼키는 것으로 나타났다.

어류 다음으로 새우류 (Caridea)가 중요한 먹이생물로 나타났는데,

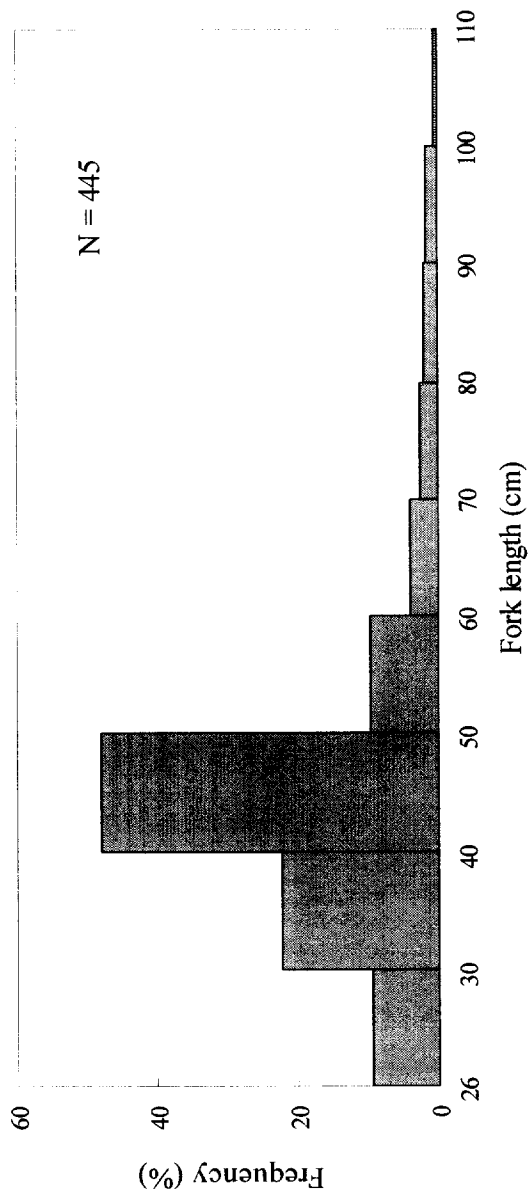


Fig. 3. Size distribution of *Scomberomorus niphonius* collected in the Southern Sea of Korea.

Table 1. Composition of the stomach contents of *Scomberomorus niphonius* by frequency of occurrence, number of individuals, dry weight and index of relative importance (IRI).

Prey organisms	Occurrence (%)	Number (%)	Dry weight (%)	IRI	IRI (%)
Copepoda	0.6	+	+	+	+
Cumacea	0.6	+	+	+	+
Amphipoda	1.2	0.1	+	0.1	+
Gammaridea	1.2	0.1	+		
Caridea	23.7	60.6	0.6	1450.4	16.2
<i>Acetes</i> sp.	10.2	1.8	0.1		
<i>Heptacarpus</i> sp.	1.5	0.3	+		
<i>Leptochela</i> sp.	6.0	29.5	0.2		
<i>L. sydniensis</i>	3.0	8.3	0.1		
Unidentified Shrimps	4.2	20.7	0.2		
Brachyura	1.2	0.4	+	0.5	+
Stomatopoda	11.2	17.5	0.3	199.4	2.2
Cephalopoda	10.1	5.1	0.5	56.6	0.6
Polychaeta	3.6	1.6	+	5.8	0.1
Pisces	63.9	14.5	98.5	7220.7	80.8
<i>Argyrosomus argentatu</i>	0.9	0.1	1.1		
<i>Cololabis saira</i>	1.6	0.6	7.2		
<i>Engraulis japonicus</i>	30.8	7.2	15.0		
<i>Myctophum nitidulum</i>	0.9	0.8	0.2		
<i>Pseneopsis anomala</i>	0.9	0.1	1.2		
<i>Scomber japonicus</i>	6.6	1.6	48.3		
<i>Trachurus japonicus</i>	3.4	1.0	10.4		
<i>Trichiurus lepturus</i>	12.5	1.4	13.8		
Unidentified fishes	6.3	1.7	1.3		
Total		100.0	100.0		100.0

+ : less than 0.1%

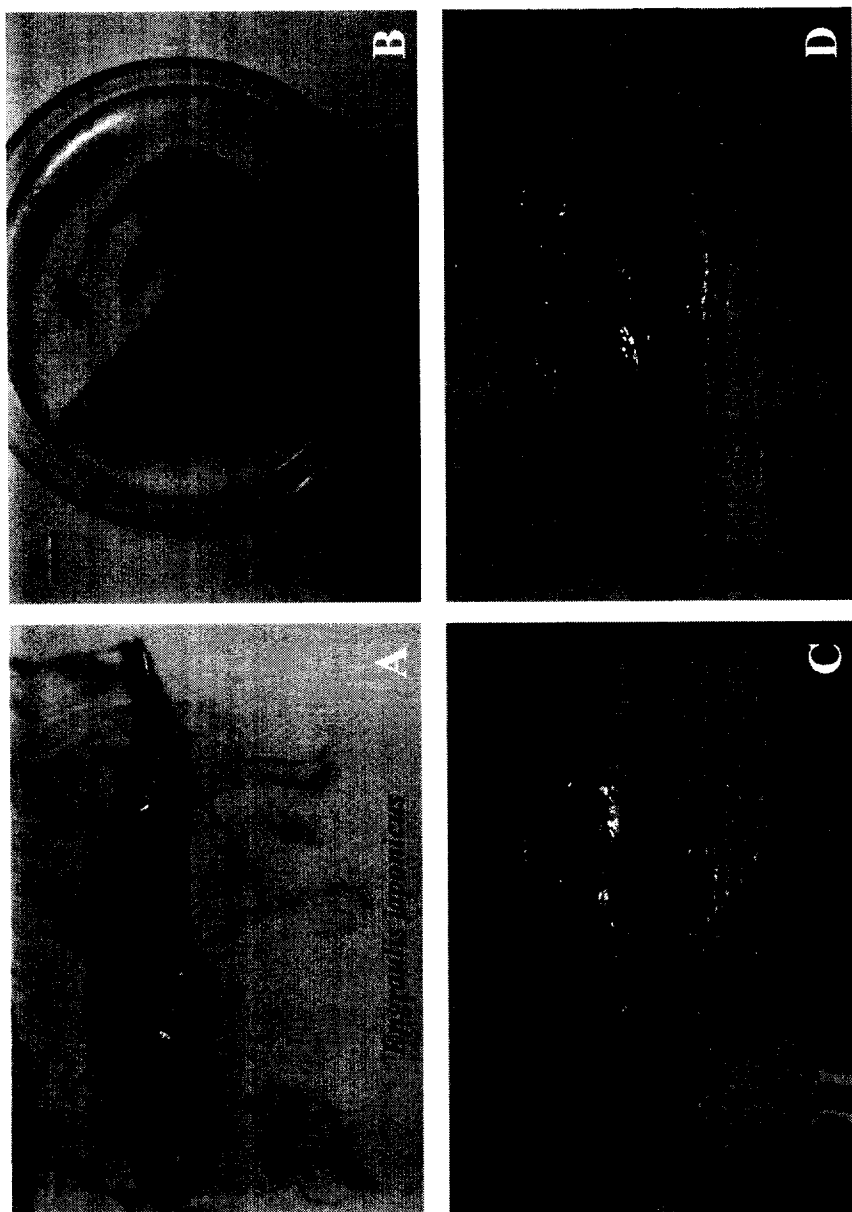


Fig. 4. Photographs showing main stomach contents of *Scomberomorus niiphoonius*.

20.6%의 출현빈도, 48.5%의 개체수비, 0.6%의 건조중량비를 보였으며, 상대 중요성비는 11.2%였다. 삼치 위에서 발견된 새우는 좁은뿔꼬마새우류 (*Heptacarpus* sp.), 돛대기새우류 (*Leptochele* sp.), 둥근돛대기새우 (*Leptochela sydniensis*), 젓새우류 (*Acetes* sp.) 였다.

그 다음으로 갯가재류 (Stomatopoda), 두족류 (Cephalopoda)가 각각 건조중량의 0.3%, 0.5%를 차지하였다. 그 밖에 게류 (Brachyura), 갯지렁이류 (Polycheta), 단각류 (Amphipoda), 쿠마류 (Cumacea), 요각류 (Copepoda) 등도 삼치의 위내용물 중에서 발견되었으나 그 양이 전체 건조중량의 0.1% 이하로 매우 적었다. 따라서 삼치는 고등어, 멸치, 전갱이, 꽁치 등의 어류를 주로 섭이하는 어식성 어류 (piscivore) 임을 알 수 있었다.

1.2 성장에 따른 먹이조성의 변화

삼치의 성장에 따른 먹이 조성의 변화를 파악하기 위하여 삼치 시료를 10cm 간격으로 8개 크기군으로 나눠서 분석하였다 (Fig. 5).

본 조사의 모든 크기군에서 가장 중요한 먹이생물은 어류였다. 본 조사의 가장 작은 크기군인 26~30 cm FL 크기군에서는 멸치가 전체 위내용물 건조중량의 56.4%를 차지하여 가장 중요한 먹이생물이었다. 그 다음으로 갑각류와 갈치가 각각 20.4%, 3.1%를 차지하였다 (Fig. 5). 30~40 cm FL 크기군에서는 멸치와 갈치의 비율은 증가하여 각각 74.3%, 14.9%를 나타낸 반면, 갑각류의 비율은 감소하여 6.3%를 보였다. 삼치는 더 성장함에 따라 멸치와 갑각류의 비율은 감소하고 갈치의 점유율이 증가하여 40~50 cm FL 크기군에서는 멸치가 건조중량의 48.3%, 갈치가 32.1%, 갑각류가 2.1%를 차지하였다. 50~60 cm FL 크기군에서는 고등어가 출현하여 건조중량의 12.4% 차지한 반면 멸치, 갈치, 갑각류의 비율은 감소하여 각각 건조중

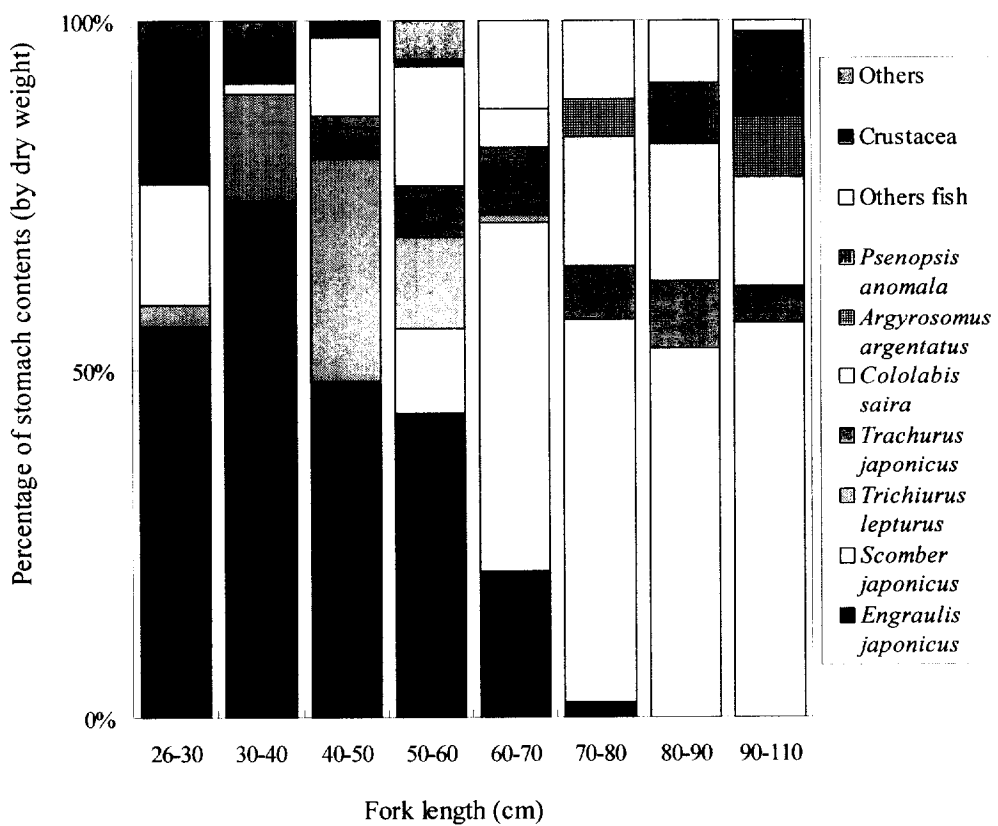


Fig 5. Ontogenetic changes in composition of stomach contents by dry weight of *Scomberomorus niphonius*.

량의 43.6%, 12.9%, 1.1%를 차지하였다. 60~70 cm FL 크기군에서는 멸치와 갈치의 비율은 급격히 감소하여 각각 21.0%와 1.2%를 나타내었고 갑각류를 더 이상 위내용물 중 발견되지 않았다. 반면 고등어의 비율은 급격히 증가하여 건조중량의 50.1%를 차지하였다. 70~80 cm FL 크기군에서는 갈치를 더 이상 섭이하지 않았고, 80~90 cm FL 크기군에서는 멸치를 더 이상 섭이하지 않았다. 반면 고등어, 꽁치, 샛돔 같은 비교적 큰 크기의 어류의 섭이량이 증가하기 시작하여 가장 큰 크기군인 90 cm FL 이상에서는 고등어가 건조중량의 56.9%, 꽁치가 15.8%, 샛돔이 11.8%, 보구치가 8.7%, 전갱이가 5.1%를 차지하였다.

삼치는 성장함에 따라 주 먹이생물인 어류의 크기가 증가하는 경향을 보였는데, 이는 삼치가 성장함에 따라 입의 크기가 증가하여 더 큰 개체들을 섭이할 수 있게 된 결과이다 (Fig 6, 7). Fig 6을 보면 가장 작은 크기인 26~30 cm FL 크기군에서 평균 먹이 생물 크기가 1.1 cm 에 불과하였으며, 먹이생물은 멸치와 같은 작은 크기의 어류와 새우류, 갯가재류가 대부분이었다. 이 시에는 삼치가 먹이 소요량을 충족하기 위해 작은 크기의 생물을 많이 섭이하였다. 좀 더 성장하여 30~40 cm FL 크기군에서는 먹이 생물 평균 크기가 2.9 cm 로 증가하였는데, 이는 크기가 비교적 작은 갑각류의 비율이 감소하고 이전부터 섭이하였던 멸치의 평균 크기가 증가하였기 때문이다. 먹이생물로 고등어가 처음 출현한 50~60 cm FL 크기군에서는 먹이생물 평균크기가 더 증가하여 7.1 cm 를 나타내었다. 60 cm FL 이상의 크기군에서는 먹이생물 평균크기가 급격히 증가하여 가장 큰 크기군인 90 cm FL 이상의 크기군에서는 평균크기가 16 cm 에 달하였다. 60 cm FL 이상에서는 대부분 먹이생물 (어류)이 자신의 체장에 20% 이상 크기에 달하였고, 삼치 각 개체당 위에서 한두 마리의 어류가 발견되었다. 이러한 사실은 큰 크기의 삼치가 작은 갑각류와 어류를 먹이생물로 여러번 섭이는

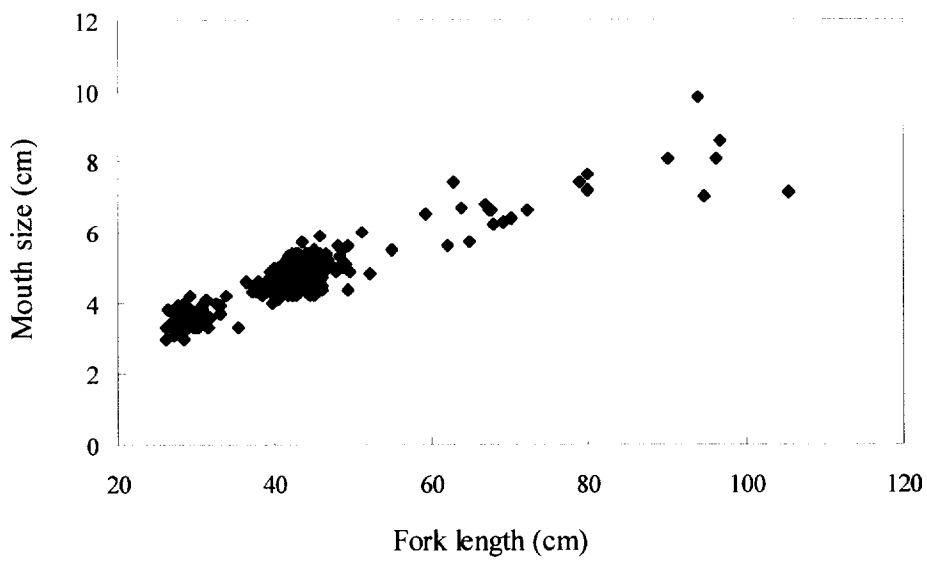


Fig 6. Relationship between mouth size and fork length of *Scomberomorus niphonius*.

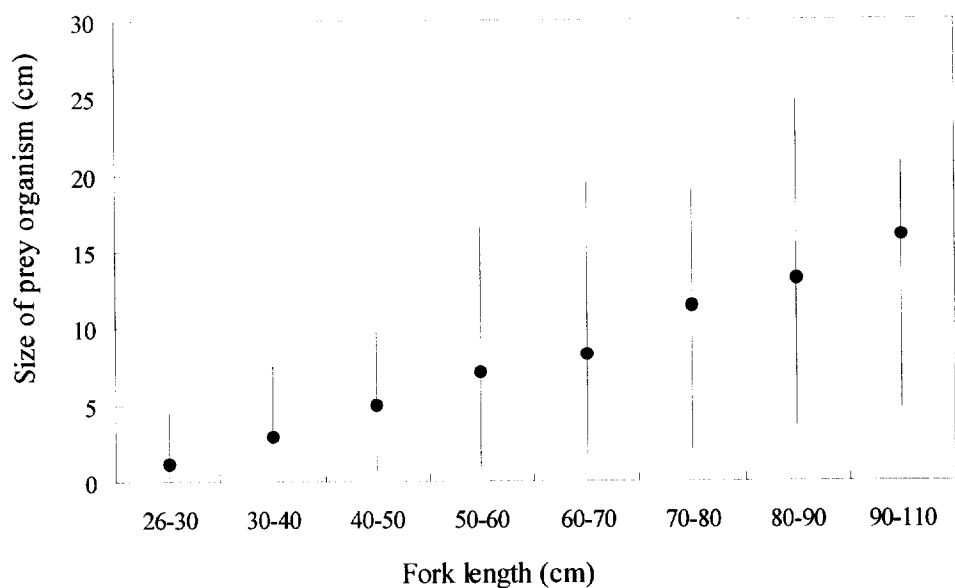


Fig. 7. Ontogenetic change in size of prey organisms in stomachs of *Scomberomorus niphonius* (Circle and bar represent the mean and range).

것보다는 선택적으로 한번에 큰 크기의 어류를 섭이하는 것이 에너지 효율 측면에서 유리하기 때문으로 판단된다.

2. 성숙과 산란

2.1 생식소중량지수 (GSI), 간중량지수 (HSI), 비만도지수 (CF)의 월변화

Fig. 8은 2004년 1월부터 12월까지 1년 동안 매월 조사된 삼치 암컷의 월별 GSI 변화를 보여준다. 암컷의 GSI 값은 3월에 0.35였던 값이 그 이후 증가하기 시작하여 4월에 0.66의 값을 보였으며, 5월에는 가장 높은 4.22의 값을 보였다. 그 이후 감소하기 시작하여 6월에 2.75의 값을 보였고 9월에는 1년 중 가장 낮은 0.19의 값을 보였다. 이와 같은 GSI의 월변동 양상을 보아 삼치의 산란기는 4-6월이며, 산란 성기는 5월에서 6월 초순경으로 판단된다.

삼치 암컷의 월별 간중량지수 (HSI)와 비만도지수 (CF)를 조사해본 결과 (Fig. 9) 각각 평균값이 4월에 가장 높은 8.34와 3.78을 보이다가 주 산란기인 5월부터 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.

2.2 성비 및 군성숙도

Table 2와 3은 산란기간 동안 삼치의 성비와 체장별 성숙된 암컷의 비율을 보여준다. 50 cm 이하의 소형 개체에서는 성숙한 개체와 생식소가 발달하지 않아 성구분이 힘든 개체가 섞여 있어 명확한 성구분이 어려웠다. 그러나 50 cm 이상에서는 뚜렷한 성구분이 되었고 50% 이상의 군성숙율을 보였으며, 암컷과 수컷의 성비는 1:0.68로 유의한 차이를 보였다 (χ^2 -test, $p<0.01$).

삼치 암컷의 경우 40 cm 이하에서는 성숙한 개체가 출현하지 않았으며,

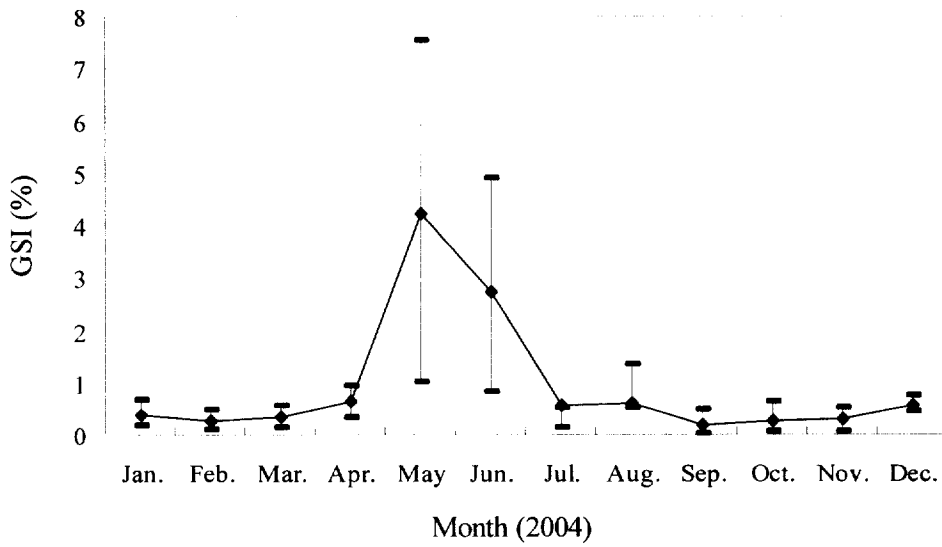


Fig. 8. Monthly change of gonadosomatic index of female *Scomberomorus niphonius*.

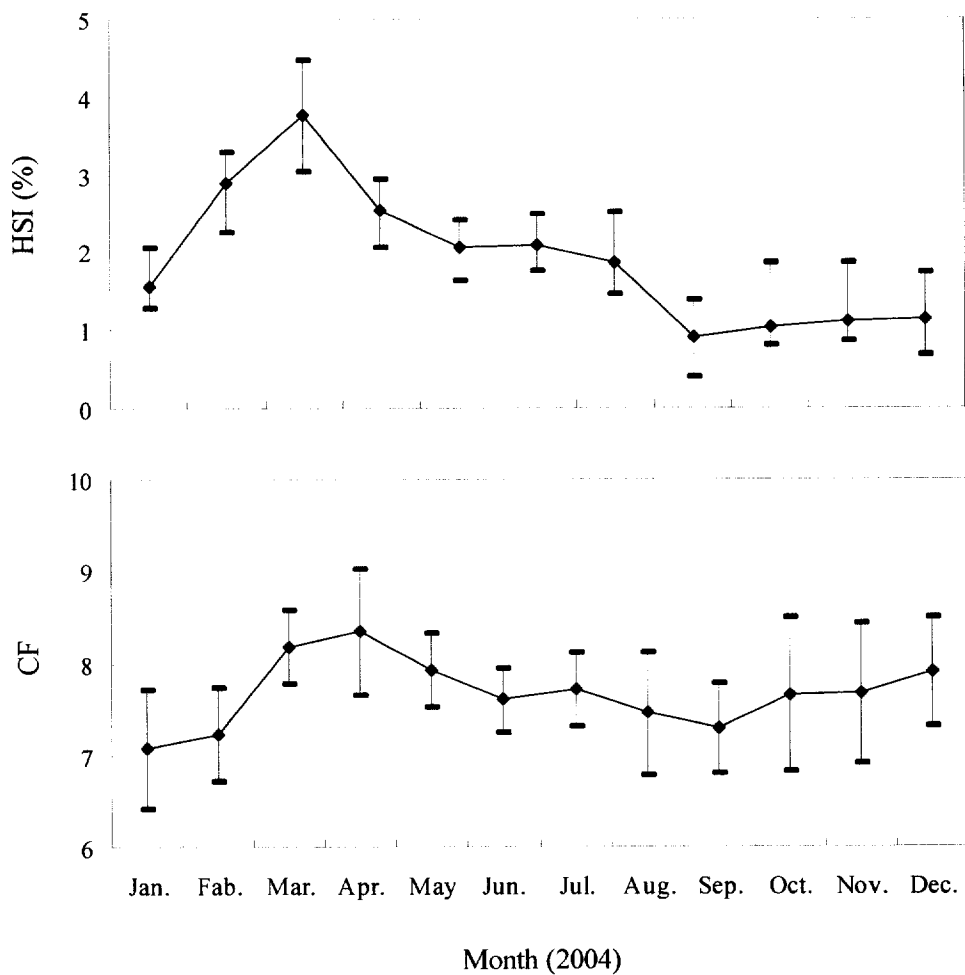


Fig. 9. Monthly change in mean values of hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) of female *Scomberomorus niphonius*.

Table. 2. Percentage of immature and mature females of *Scomberomorus niphonius* within size classes for the spawning season

Fork length (cm)	Females		
	n	Immature (%)	mature (%)
26.1-29.9	22	100	-
30.0-39.9	38	100	
40.0-49.9	67	79.11	20.89
50.0-59.9	23	30.43	69.57
60.0-69.9	18	11.11	88.89
70.0-79.9	6	-	100
80.0-89.9	4	-	100
90.0-	5	-	100
Total	183		

Table. 3. Monthly variation in sex ratio of the adult *Scomberomorus niphonius*

Month (2004)	Female (ind.)	Male (ind.)	Total (ind.)	Sex ratio (F/(F+M))
Jan.	18	17	35	0.51
Feb.	8	7	15	0.53
Mar.	16	16	32	0.50
Apr.	7	12	19	0.37
May	15	5	20	0.75
Jun.	1	3	4	0.25
Jul.	9	11	20	0.45
Aug.	9	-	9	1.00
Sep.	30	27	57	0.53
Oct.	56	26	82	0.68
Nov.	52	30	82	0.63
Dec.	9	3	12	0.75
Total	230	157	387	0.59

40 cm부터 산란에 참가하고 군성숙은 50 cm 이상부터 이루어짐을 알 수 있었다.

2.3 생식주기 및 난소의 조직학적 발달단계

어류의 난 형성과정은 난의 형태적 특징 및 염색성, 난황축적 상태 및 난막과 여포세포의 발달정도 그리고 핵의 상태 등에 의해 구분된다. 일반적으로 어류의 생식소 조직은 5~6단계의 과정을 거친다. 삼치의 난소 발달단계는 회복 및 휴지기 (Recovery and Resting stage), 초기 성장기 (Early growing stage), 후기 성장기 (Late growing stage), 성숙기 (Maturing stage), 완숙기 및 방란기 (Ripe stage), 퇴화 흡수기 (Degenerating stage)의 6단계로 나눌 수 있었다.

Fig. 10은 삼치 암컷의 난소발달 단계를 보여주고 있다. 10월과 1월의 회복 및 휴지기의 난소 내에 혈관과 소엽의 결체조직에서는 많은 혈구들이 관찰되었다. 10~15 μm 내외의 난원세포들이 우점적으로 나타났으며, 이들의 세포질은 강한 호염기성을 나타내었으며, 핵은 세포의 약 80% 이상을 차지하며, 핵 내에서는 염색사가 관찰되었다 (Fig. 10,A). 2-3월의 초기 성장기 난소에는 40~120 μm 의 초기 난모세포들을 포함하고, 이들 세포의 핵은 세포의 대부분을 이루고 있으며 적은 섬유상의 염색질이 핵 내 고르게 나타나며 hamatoxylin에 농염되는 다수의 인들이 핵주변에 고르게 발달하였다 (Fig 10,B). 이후 차츰 성장할수록 난소소낭 내의 결체성 조직 사이에 보이는 200~300 μm 의 주변인기 난모세포들이 대부분을 차지하며, 난황구들이 관찰되고 여포세포층이 미약하게 발달하고 있었다 (Fig. 10,C). 3월의 후기 성장기는 난세포질의 주변으로부터 호산성의 난황구가 형성되기 시작하고, 소형의 유구가 관찰되며 난경이 300~400 μm 된다. 그리고 여포세포층은 차츰 발달하게 되는 난모세포들이 우점적으로 나타나게 되었다 (Fig.

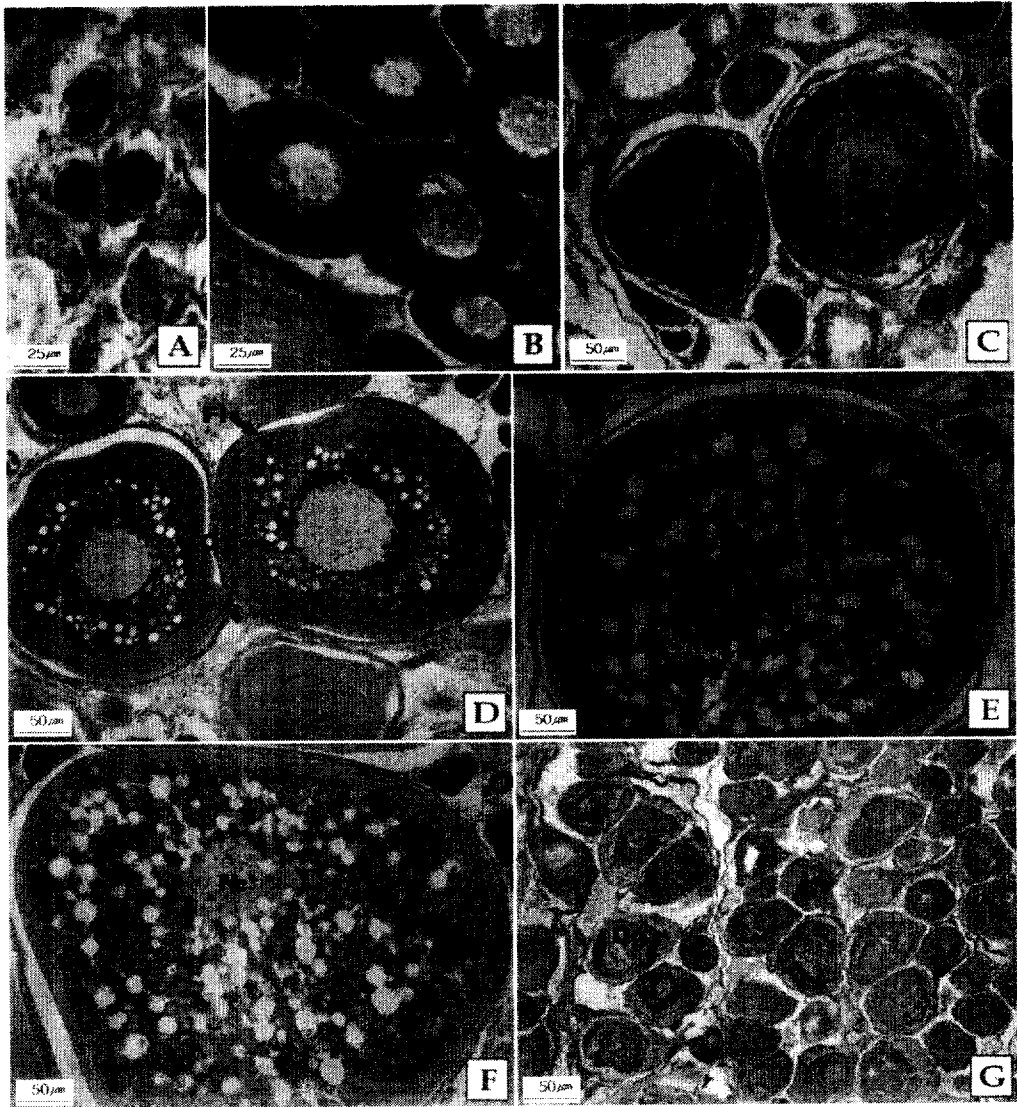


Fig. 10. Photomicrographs of developmental stage of ovary in the *Scomberomorus niphonius*. A, Recovery and Resting stage; B and C, Early growing stage; D, Late growing stage; E, Maturing stage; F, Ripe stage; G, Degenerating stage: Dg, degenerating oocytes; Eyg, eosinophilic yolk globules; Fl, follicle layer; N, nucleus; No, nucleolus; Og, oogonium; Ol, oil globule; Op, ooplasm; Yg, yolk globules.

10,D). 4월 이후 성숙기에 접어들면서 핵막은 불규칙하게 되고 세포질은 수질부 일부를 제외하고 대부분 호산성의 난황으로 채워졌다. 그리고 대소형의 유구로 채워지며, 조직 표본상에서 난경이 450~550 μm 내외의 범위로 균일하게 충만되는 세포들이 우점적으로 관찰되었다 (Fig. 10,E). 5에서 6월 초순 완숙기 난소의 대부분은 난경 600~700 μm 의 완숙 난모세포들이 차지하며, 핵은 세포질의 한쪽에 치우쳐 동물극으로 이동하였다 (Fig. 10,F). 7월 이후의 퇴화흡수기에는 방란을 마친 난소의 난낭내에 잔존하는 미방출난은 세포질의 붕괴가 일어나기 시작하였다 (Fig. 10,G).

2.4 포란수

Fig. 11과 12은 삼치의 주 산란기인 5월과 6월에 채집된 삼치 암컷의 체장과 체중에 따른 포란수 관계를 보여준다. 삼치의 개체당 포란수는 201,156~836,426개의 범위를 보였으며, 평균 포란수는 461,697개 였다.

체장별 포란수를 보면 체장 60~70cm 크기군에서는 평균 347,060개, 체장 70~80 cm 크기군에서는 593,647개, 80 cm 이상에서는 766,275개의 난을 포란하여 체장이 증가함에 따라 포란수가 증가하는 경향을 보였다. 산란기간 동안 삼치의 체장과 포란수의 관계식은 $F = 5.8756FL^{3.8465}$ ($R^2 = 0.9539$) 로 나타났다.

체중별 포란수는 보면, 체중 1,000~2,000 g 범위에서는 평균 217,152개의 난을 포란하였으며, 2,000~3,000 g 에서는 380,235개, 3,000~4,000 g 에서는 717,049개 그리고 4,000~5,000 g 에서는 836,426개의 난을 포란하여 체중이 증가함에 따라 포란수 또한 증가하는 경향을 보였다. 산란기간동안 삼치 암컷의 체중과 포란수의 관계식은 $F = 581.42\text{Ln}(\text{BW}) - 4108.5$ ($R^2 = 0.9302$) 로 나타났다.

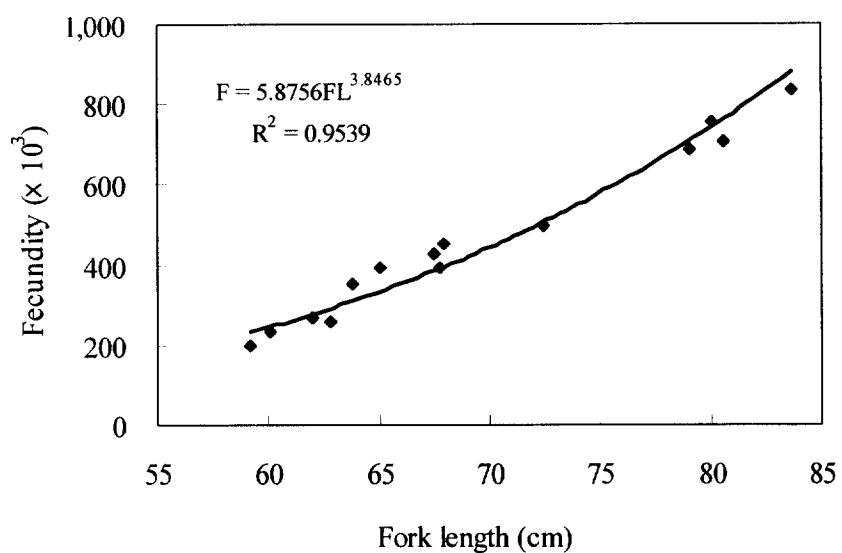


Fig. 11. Relationship between the fork length (FL) and fecundity (F) of *Scomberomorus niphonius*.

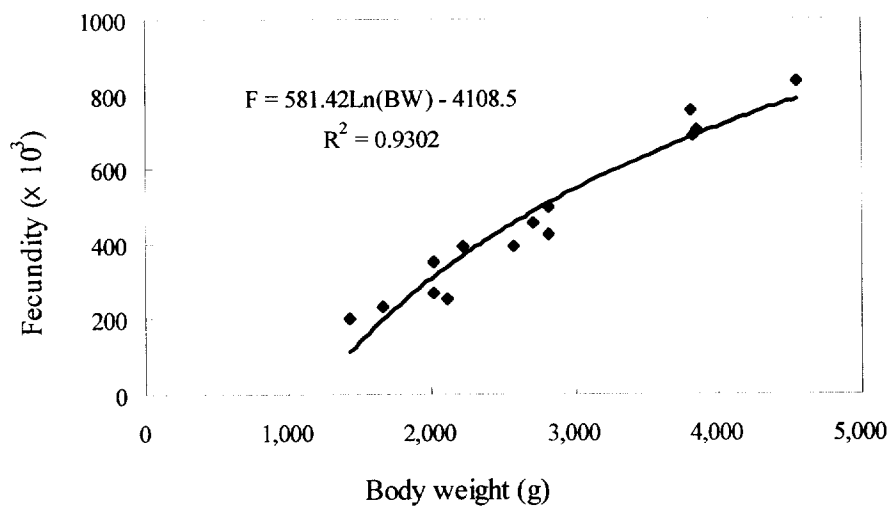


Fig. 12. Relationship between the body weight (BW) and fecundity (F) of *Scomberomorus niphonius*.

IV. 고찰

1. 식성

1.1 위내용물 조성

본 연구에서 삼치의 위내용물을 분석해본 결과 공복율은 45.4%를 나타내었다. 어류는 주요 먹이생물에 따라 어식성어류 (piscivore)와 비어식성어류로 구분할 수 있는데 일반적으로 어식성어류가 비어식성어류에 비해 높은 공복율을 보인다. 지금까지 이루어진 어류의 식성 연구에서 베도라치 (*Pholis nebulosa*)의 공복율은 6.8% (Huh and Kwak, 1997), 날개망둑 (*Favonigobius gymnauchen*)은 3.8% (Huh and Kwak, 1998a), 문치가자미 (*Limanda yokohamae*)는 6.5% (Kwak and Huh, 2003), 청보리멸 (*Sillago japonicus*)는 10.0% (Kwak et al., 2004)로 대부분 비어식성 어류는 10% 내외의 낮은 공복율을 보였다. 그러나 우리나라 남해안에 서식하는 어식성 어류인 꼬치고기 (*Sphyræna pinguis*)는 34.1%의 공복율을 보였으며 (Baek and Huh, 2004b), 일본 Amitori 만에 서식하는 바리과 어류인 *Cephalopholis urodeta*는 46.6% (Nakai et al., 2001), 동북부 대서양에 서식하는 가오리류인 *Raja clavata*는 37.1%, 상어류인 *Galeorhinus galeua*는 47.7% (Morato et al., 2003) 등 대부분 어식성 어류들은 높은 공복율을 보였다. 본 연구 대상 어종인 삼치 역시 다른 어식성 어류와 같이 높은 공복율을 보였다.

삼치가 속해있는 고등어과 어류들은 대부분이 어류를 주 먹이생물로 하는 어식성 어류로 나타났다 (Kim et al., 1997; Watanabe et al., 2004; Cha et al., 2004). 한국 근해에 출현하는 고등어 (*Scomber japonicus*)의 경우 어류가 건조중량의 89.4%를 차지하였다 (Cha et al., 2004). 서태평양에 서식

하는 눈다랑어 (*Thunnus obesus*)와 황다랑어 (*Thunnus albacares*)의 경우 어류가 건조중량의 각각 90.7%와 80.7%를 차지하였고 (Kim et al., 1997), 브라질 연안에 출현하는 가다랑어 (*Katsuwonus pelamis*)는 어류가 건조중량의 72.0%를 차지하였다 (Ankenbrant, 1985). 그리고 북태평양에 서식하는 날개다랑어 (*Thunnus alauunga*)의 경우 봄, 여름, 가을에 각각 어류가 건조중량의 70.8%, 96.9%, 94.3%를 차지하였다 (Watanabe et al., 2004). 이와 같이 대부분 고등어과 어류는 먹이생물로서 어류가 가장 중요했고 그 외 갑각류, 두족류 등이 발견되었으나 그 양은 많지 않았다.

어류 중에서 일부종은 같은 종을 포식하는 공식현상 (Cannibalism)을 보인다. 어류에서 발견되는 공식현상의 유형에는 첫째 먼저 부화한 자치어가 나중에 부화한 보다 어린 자치어를 섭이하는 경우, 둘째 동일시기에 부화한 무리에서 약한 개체를 섭이하는 경우, 셋째 성어가 같은 종의 난과 자치어를 섭이하는 경우, 넷째 천적으로부터 자신의 난을 보호하다가 더 이상 보호가 불가능한 때 자신의 영양분으로 섭취하는 경우, 다섯째 새끼가 부화되었을 때 죽은 어미의 사체가 새끼의 영양분으로 섭취되어지는 경우 등의 여러 가지 유형이 있다 (Dominey and Blimer, 1984; Fukuhara and Fushimi, 1988; Fukuhara, 1989; Hseu, 2003). 지금까지 국내에 보고된 어식성 어류의 식성연구에서 가시망둑 (*Pseudoblennius cottoides*), 갈치 (*Trichiurus lepturus*), 황아귀 (*Lophius litulon*), 꼬치고기 (*Sphyrna pinguis*) 등은 동종을 포식하는 공식현상을 보였다 (Huh and Kwak, 1998b; Huh, 1999; Baek and Huh, 2003, 2004a). 이러한 공식현상이 어떤 어류 개체군에서 큰 개체의 성장과 발달을 통해 개체군 안정에 기여한다고 설명하였다 (Iizuka et al., 1989). 그러나 달고기 (*Zeus faber*)와 같은 일부 어식성 어류는 공식현상을 보이지 않았는데, 이는 개체 보존적 측면에서 동종을 포식하지 않는 방향으로 진화하였기 때문이다 (Stergiou and Fourtouni, 1991).

본 연구에서 삼치는 공식현상을 보이지 않았다. 그러나 일본에서 보고된 삼치의 성어의 식성 연구에서 위내용물 중 소량의 삼치의 유어가 발견되었고, 삼치유어의 식성연구에서 삼치는 부화 직후부터 같이 부화한 동족을 섭이하는 공식현상을 보인다고 보고하였다 (Kishida, 1986; Shoji and Tanaka, 2001). 본 연구에서는 유어기의 작은 삼치 시료는 구할 수가 없어서 유어기때 삼치의 먹이생물을 알 수가 없었으나, 남해에 출현하는 삼치 역시 일본의 연구와 동일하게 유어기 때는 같이 부화한 개체들이 서로 포식하는 공식현상을 보일 것으로 추정된다.

한국 근해에 출현하는 고등어의 주 먹이생물은 어류였는데 그 중에서 멸치가 가장 중요한 먹이생물이었다. 그리고 본 연구에서 삼치의 주 먹이생물은 어류중에서 고등어였다 (Table 1). 따라서 한국 근해에서 동물플랑크톤→멸치→고등어→삼치로 이어지는 먹이사슬 (food chain)이 존재해 있음을 알 수 있었다.

1.2 성장에 따른 먹이습성의 변화

이전의 연구와 본 연구를 토대로 삼치는 2번의 먹이전환을 함을 알 수가 있었다. 본 연구에서는 26 cm 이하의 삼치 시료를 구할 수가 없어서 어린 삼치의 식성을 알 수 없었지만, 일본 Seto 내해에 서식하는 삼치 유어는 어류 자어를 섭이하였다 (Shoji et al., 2001). 따라서 한국 남해에 출현하는 삼치 역시 연안에서 산란을 통해 부화한 어린 개체는 주로 어류 자어를 섭이하고 그 외 소량의 동물 플랑크톤을 섭이할 것으로 추정된다. 다른 고등어과 어류 역시 유어기때 어류가 중요한 먹이생물 이었다. 서태평양 적도에 서식하는 가다랑어 (*Katsuwonus pelamis*)와 다랑어속 어류 (*Thunnus* spp.)들은 유어기때 어류 자어와 난바다곤쟁이류를 섭이하였고 (Tanabe, 2001), 북대서양에 서식하는 날개다랑어는 어류 자어의 두족류, 갑각류를

섭이하였다 (Pusineri et al., 2005). 삼치는 그 후 어느 정도 성장해서 60 cm FL 까지는 연안에 서식하면서 작은 크기의 어류와 새우류, 갯가재류 같은 갑각류를 같이 섭이하는 혼합섭식기를 가진다. 그리고 60 cm FL 이상이 되면 외해와 연안을 왔다 갔다 하면서 고등어와 같은 비교적 큰 크기의 어류를 섭이하는 100% 어류 섭식기를 가질 것으로 판단된다. 이와 같이 고등어과 어류들의 어린 개체는 큰 눈과 입, 양턱에 발달한 이빨 등의 형태학적 특징을 가지고 있어 유어기때부터 어식성을 가질 수 있고, 초기에 빠른 성장을 하여 생식밀도가 높은 내만에서 중간 먹이경쟁에서 우위를 차지할 수 있다 (Hunter, 1981; NFRDI, 2004).

2. 성숙과 산란

2.1 산란기

본 연구에서 삼치 암컷의 월별 생식소중량지수 (GSI), 간중량지수 (HSI), 비만도지수 (CF)를 살펴본 결과, 생식소중량지수는 5월에 최대값을 보였고 간중량지수와 비만도지수는 모두 4월에 최대값을 보였다. 어류의 간중량지수는 체내 영양물 축적과 소비, 난황전구물질인 vitellogenin의 합성 등과 관련있고 (Aida et al., 1973; Miller, 1989), 비만도지수는 섭이율과 관련있다. 따라서 산란기 전에 높은 간중량지수와 비만도지수 값을 산란을 위해 높은 영양상태를 유지하다가 산란이 시작되면 평상시 영양상태로 돌아가기 때문에 그 값들이 감소하는 것으로 판단된다. 한국 연안에 출현하는 줄망둑 (*Acentrogobius pflaumi*) 역시 산란기 전인 4월에 연중 가장 높은 간중량지수 (HSI)와 비만도 지수 (CF) 값을 보였으며, 산란기인 5월 이후 그 값이 감소하는 경향을 보였다 (Baeck et al., 2004).

Aida (1991)는 수온과 빛 등 환경요인에 의해 어류의 산란 유형을 춘계 산란형, 춘하계 산란형, 하계 산란형, 춘추계 산란형, 추계 산란형, 동계 산

란형의 6가지로 나누었다. 본 연구에서 삼치의 산란기는 4~5월로 나타나 춘하계 산란형임을 알 수가 있었다. 삼치가 속해있는 고등어과 어류 중 한국 연근해에 서식하는 고등어는 산란기가 3~5월 이었고 (Cha et al., 2002), 멕시코만에 서식하는 고등어과 어류인 *Scomberomorus maculatus*는 산란기가 5~8월 이었다 (Schmidt et al., 1993). 그러나 삼치속 어류인 *Scomberomorus commerson*과 *Scomberomorus cavalla*의 산란기는 각각 10~11월, 10~3월 이었는데, 이 두 종은 각각 호주 서쪽 연안과, 브라질 서쪽 연안에 서식하는 남반구 종으로 북반구 종과 산란 월은 달랐지만 같은 계절인 봄과 여름에 산란기를 가짐을 알 수 있었다 (Sturm and Salter, 1989; McPherson, 1993). 이와 같이 대부분 고등어과 어류들은 지역과 종에 따라 산란기가 약간씩 달랐으나, 삼치와 동일하게 산란기가 봄에서 초여름까지인 춘하계 산란형임을 알 수가 있었다.

삼치가 속해있는 고등어과 어류들의 어린 개체는 큰 눈과 입, 양턱에 발달한 이빨 등의 형태학적 특징을 가지고 있어서 유어기 때부터 어식성을 가질 수 있고, 초기에 빠른 성장을 하여 생식밀도가 높은 내만에서 종간 먹이경쟁에서 우위를 차지할 수 있다 (Hunter, 1981; Kim et al., 2004). 그리고 대부분 고등어과 어류의 산란기는 봄에서 초여름으로 알려져 있다 (Kim et al., 2004). 따라서 온대 및 열대해역에 주로 서식하는 고등어과 어류들은 연중 생산성이 가장 높은 봄에서 초여름에 산란기를 가짐으로써 (Nybakken, 2001), 부화한 어린개체에게 풍부한 먹이를 제공하여 초기성장을 빠르게 하는 산란전략을 가진다고 생각해 볼 수 있다.

1973년에 보고된 삼치의 산란기는 6월 하순에서 8월 하순이었고 (Whang et al., 1977), 본 연구에서 삼치의 산란기는 4월에서 6월 초순으로 나타났다. 30여년이 지난 연구에서 이와 같이 삼치의 산란기가 약 2개월 앞 당겨졌다는 사실은 매우 주목할 만한 결과라고 할 수 있다. 여러 가지 환경요

인이 이러한 결과를 가져왔을 것이라고 생각되지만, 가장 중요한 환경요인은 지구 온난화에 따른 한국 연근해의 수온상승 때문이라고 생각되어진다. 어류의 주 산란기는 수온과 밀접한 관계를 가지고 있는데 (De Vlaming, 1972), 지난 30년 동안 한국 남해의 평균수온은 약 1℃ 상승하였다 (NFRDI, 1967-2004). 따라서 삼치의 산란기는 수온상승에 따라 약 1달 정도 앞 당겨졌을 것으로 판단된다. 그러나 앞으로 이러한 변화가 어떤 요인에 의하여 났으며, 이러한 변화에 의한 해양 생태계의 변화에 대한 연구가 더욱 이루어져야 할 것이다.

2.2 성비와 군성숙도 및 포란수

본 연구에서 삼치의 암컷과 수컷의 성비는 1:0.68로 나타났다. 삼치가 속해있는 고등어과 어류중 *Scomberomorus cavalla*와 *Scomberomorus maculatus*의 성비는 각각 1:0.42과 1:0.44 였으며 (Sturm and Salter, 1989; Schmidt et al., 1993), 날개다랑어 (*Thunnus alalunga*)의 경우 성비가 1:0.45였다 (Ramon and Bailey, 1996). 이와 같이 고등어과 어류들은 암컷이 수컷에 비해 그 수가 더 많아 성비에서 유의한 차이를 보였다 (χ^2 -test, $P<0.01$). 그러나 한국 연안에 출현하는 어류의 성숙과 산란 연구에서 불볼락 (*Sebastes thompsoni*)는 성비가 1:0.9이었고, 개서대 (*Cynoglossus robustus*)는 성비가 1:1.17, 별망둑 (*Chasmichthys gulosus*)는 성비가 1:1.04였으며, 실양태 (*Repomucenus valenciennae*)는 성비가 1:0.99를 보여 암, 수간 유의한 차이를 보이지 않았다 (χ^2 -test, $P>0.01$) (Lee et al., 1998; Baeck and Kim, 2004; Baeck and Huh, 2004a; Kim et al., 2004). 이와 같이 고등어과 어류가 다른 종류의 어류에 비해 암컷이 우점하는 것은 부화한 개체에서 암컷이 수컷보다 더 많거나, 암컷보다 수컷의 사망률이 더 높기 때문인 것으로 판단된다 (Sturm and Salter, 1989).

고등어과 어류중 고등어 (*Scomber japonicus*)의 경우 최소 성숙체장이 28.7cm 였으며 (Cha et al., 2002), *Scomberomorus cavalla*는 58.5 cm (Sturm and Salter, 1989) 날개다랑어(*Thunnus alalunga*)의 경우 82 cm 였다 (Ramon and Bailey, 1996). 본 연구에서 삼치의 최소 성숙체장은 50.4 cm 였는데, 이는 고등어 보다는 10 cm 이상 컸고, 같은 속 어류인 *Scomberomorus cavalla*와 비슷했으며, 날개다랑어 보다는 작았다.

어류의 포란수는 종을 유지하기 위한 중요한 전략중 하나로 어종, 어류의 체장, 산란시기, 서식지 등에 따라 달라지며, 대부분 어류는 체장이 증가함에 따라 포란수 또한 증가하는 경향을 보이고, 큰 체장의 종 일수록 더 많은 포란수를 가진다 (Wootton, 1990; Kim and Zhang, 1994; Moyle and Cech, 1996). 고등어과 어류 중 고등어 (*Scomber japonicus*)의 포란수는 114,611-465,833개 였으며 (Cha et al., 2002), 황다랑어 (*Thunnus albacares*)의 경우 991,129-3,913,724개 였고 (Schaefer, 1996), 대부분 다랑어류 어류들은 200만개 이상의 포란수를 가졌다 (Kim et al., 2004). 일반적으로 큰 크기의 종이 작은 크기의 종보다 더 많은 포란수를 가진다. 큰 크기의 종은 산란을 위해 더 많은 에너지를 투자할 수 있기 때문이다 (Moyle and Cech, 1996). 고등어과 어류의 평균 체장을 보면 고등어, 삼치, 다랑어류 순으로 높음을 알 수가 있다 (Kim et al., 2004). 따라서 삼치의 포란수는 고등어 보다는 많았지만, 다랑어류의 어류보다는 적음을 알 수 있었다.

2.3 산란기 전후 섭이율의 변화

일반적으로 어류들은 산란기 동안 섭이를 줄이거나 거의 섭이를 하지 않는다 (Bond, 1979). 북대서양에 출현하는 대구류 어류인 *Gadus morhua*의 경우 산란기 전에 높은 섭이율을 보이고 산란기 동안은 거의 섭이를 하지 않으며, 방란을 마친 후 다시 높은 섭이율을 보였다 (Fordham and

Trippel, 1999).

Fig. 13은 삼치의 산란기 전후의 위내용물 중량지수 (SCI)의 변화양상을 보여주고 있다. 생식소 중량지수 (GSI)를 통하여 살펴본 삼치의 산란기는 4-6월이었으며, 주 산란기는 5월에서 6월초였다 (Fig. 8). 삼치의 위내용물 중량지수 (SCI)는 산란기전인 3월에 3.09의 최대값을 보였고 산란기 동안 그 값이 감소하여 6월에는 연중 최소값인 0.72의 값을 보였다. 산란기가 끝난 7월에 1.65로 그 값 다시 증가하였다. 이는 산란기 직전에는 산란기에 필요한 에너지의 축적을 위해 섭이량이 크게 증가함을 보여주며, 산란기 동안은 섭이량이 크게 감소하였으나, 산란이 끝난 후에는 산란기 동안에 소비된 에너지를 보충하기 위해 섭이량이 증가하였음을 보여준다.

Fig. 14는 삼치의 위내용물 중량지수 (SCI)와 비만도 지수 (CF)의 관계를 보여주고 있다. 위내용물 중량지수와 비만도 지수는 연중 비슷한 변화양상을 보였다. 이는 섭이율의 증가와 감소에 따라 위내용물 중량지수가 변화하였고, 비만도 지수 또한 변화하였기 때문으로 판단된다.

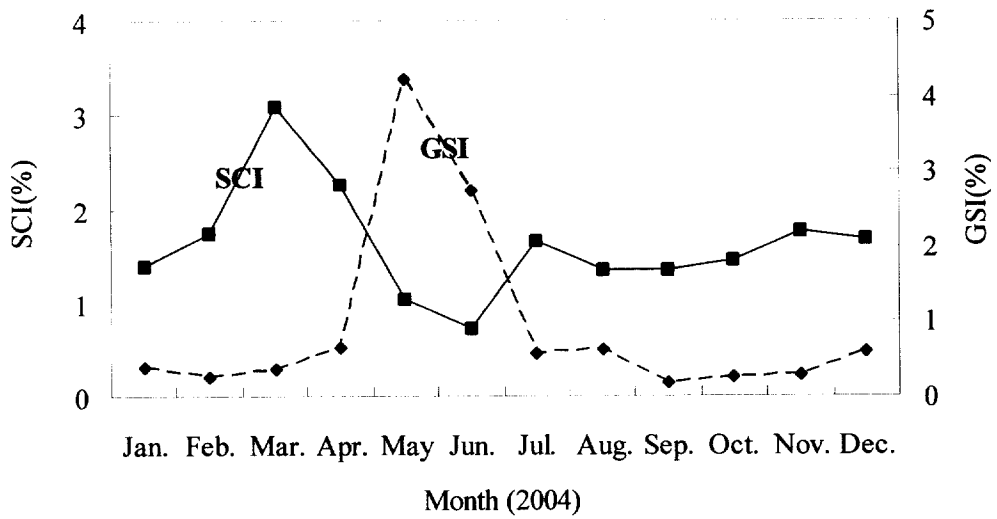


Fig. 13. Relationship between stomach content index (SCI) and gonadosomatic index (GSI) of female *Scomberomorus niphonius* during the spawning period.

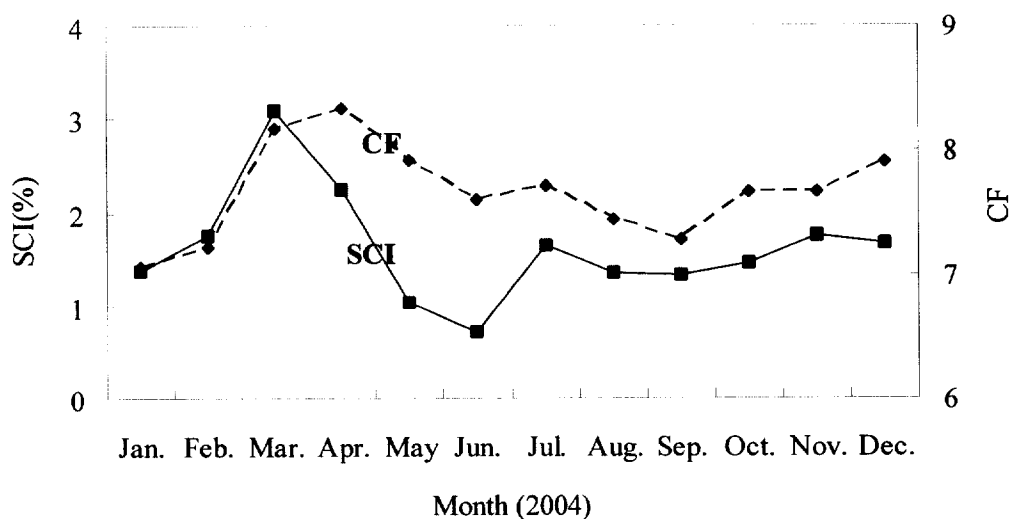


Fig. 14. Relationship between stomach content index (SCI) and condition factor (CF) of female *Scomberomorus niphonius* during the spawning period.

V. 요약

한국 남해에 출현하는 삼치의 생태연구를 위해 부산 연근해에서 2004년 1월부터 12월 까지 채집된 삼치의 위내용물을 분석하였고, 생식소의 관찰을 하였다.

본 연구에 사용된 삼치의 개체는 총 445개체 였으며, 이들의 체장은 26.1~105.4 cm FL 범위를 보였다.

삼치의 가장 중요한 먹이 생물을 어류 (Pisces)였는데, 전체 건조중량의 98.5%를 차지하여 가장 중요한 먹이생물이었다. 어류 외에 새우류 (Caridea), 두족류 (Cephalopoda), 갯가재류 (Stomatopoda)가 위내용물에 포함되어 있었으며, 각각 총 건조중량의 0.6%, 0.5%, 0.3%에 불과하였다. 그 외 게류 (Brachyura), 갯지렁이류 (Polychaeta), 단각류 (Amphipoda), 요각류 (Copepoda), 쿠마류 (Cumacea)가 발견되었으나 그 양은 매우 적었다. 삼치의 위내용물 중에서 발견된 어류는 8종이었는데, 고등어 (*Scomber japonicus*), 갈치 (*Trichiurus lepturus*), 멸치 (*Engraulis japonicus*), 전갱이 (*Trachurus japonicus*) 순으로 많았다. 그 다음으로 꽁치 (*Cololabis saira*), 샛돔 (*Psenopsis anomala*), 보구치 (*Argyrosomus argentatus*), 샛비늘치 (*Myctophum nitidulum*) 등이 발견되었다.

삼치의 체장에 따른 식성변화를 보면, 체장 60 cm 이하에서는 어류 외에 소량의 갑각류가 섭이되었지만, 60cm 이상 크기에서는 100% 어식성을 보였다. 삼치는 성장함에 따라 먹이 전환이 일어났는데, 작은 개체들은 갑각류나 멸치 등을 주로 먹었으나 성어가 되면 고등어, 꽁치 등 비교적 큰 먹이를 섭이하였다.

삼치의 월별 생식소중량지수 (GSI)를 살펴보면 3월에 0.35였던 값이 그 이후 증가하기 시작하여 4월에 0.66의 값을 보였고 5월에는 연중 가장 높은 값인 4.22의 값을 보였다. 그 이후 감소하기 시작하여 6월에 2.75의 값을 보였고 9월

에 1년 중 가장 낮은 0.19의 값을 보였다. 이상의 결과로 보아 삼치의 산란기는 4-6월이었으며, 산란 성기는 5월에서 6월 초순경으로 판단된다. 그리고 삼치의 암컷과 수컷의 성비는 1:0.48로 암컷이 수컷에 비해 2배 정도 많았다.

GSI와 조직표본을 관찰해본 결과 삼치의 난소 발달단계는 회복 및 휴지기, 초기 성장기, 후기 성장기, 성숙기, 완숙기 및 방란기의 5단계로 나눌 수 있었다. 10월에서 1월이 회복 및 휴지기로 10~15 μm 내외의 난원세포들이 우점적으로 나타났으며, 2-3월 초기 성장기 난소에는 40~120 μm 의 초기 난모세포들을 포함하고, 3월 후기 성장기에는 난세포질의 주변으로부터 난황포 사이에 난황구가 형성되기 시작하고 난경이 300~400 μm 가 되었다. 4월 이후 성숙기에 접어들면 난경이 450~550 μm 내외의 범위로 균일하게 충만한 세포들이 우점적으로 관찰되었고, 5월에서 6월초순 완숙기 난소의 대부분은 난경 600~700 μm 의 완숙 난모세포들이 차지하였다. 7월 이후의 퇴화흡수기에는 방란을 마친 난소의 난낭내에 잔존하는 미방출난은 세포질의 붕괴가 일어나기 시작하였다. 중량법에 의한 삼치의 포란수를 조사해본 결과 삼치의 개체당 포란수는 201,156~836,426개의 범위를 보였으며, 평균 포란수는 461,697개 였다. 포란수와 체장, 체중과의 관계식은 각각 $F = 5.8756FL^{3.8465}$, $F = 581.42\text{Ln}(\text{BW}) - 4108.5$ 로 나타났다.

삼치의 산란기 전후 위내용물 중량지수의 변화양상을 살펴보면, 산란기 전에는 산란기동안 에너지 축적을 위해 섭이율이 증가함에 따라 그 값이 높았으며, 산란기동안은 섭이율 감소로 그 값이 감소하였고, 산란이 끝난 후에는 산란기 동안 소비된 에너지 보충을 위해 섭이율이 증가함에 따라 그 값이 다시 증가하였다.

VI. 감사의 글

처음 학부 2학년때 유영생물학 실험실에서 실험실 생활을 시작하여 학부 졸업할때까지 대학원 진학에 대해 많이 고민 하였으나 석사 졸업을 앞두고 논문을 완성하고 나니 내가 대학원 진학을 잘했구나 라는 생각이 드는 한편 아쉽기도 하였습니다.

먼저 학부 2학년때부터 제가 이곳까지 있기까지 조언과 질책을 아끼시지 않고 따뜻한 사랑으로 보살펴주신 허성희 지도교수님께 가장 많은 감사를 드립니다. 그리고 이 논문이 완성되기까지 많은 분들의 도움이 있었습니다. 우선 실험실의 선배님으로써 제가 대학원 진학에 대해 방황하고 있을때 대학원으로 이끌어 주시고 실험과 논문지도를 도와주신 곽석남 박사님, 백근욱 박사님께 감사드립니다. 그리고 제 논문의 일부분의 실험을 도와주시고 많은 조언을 해주신 김재원 박사님께도 감사를 드립니다.

현장조사와 실험에서 적극적으로 도와준 입학동기 하원이에게도 감사드립니다. 그리고 같은 실험실에서 여러 가지로 많은 도움을 준 현기선배, 원진이, 봉준이, 진민이, 은진이, 은혜 에게도 감사드립니다.

대학원 석사생활 2년 동안 힘들때마다 격려를 해주고 도움을 준 해양학과 대학원생 병관이형, 대현이형, 동운이형, 현정이, 영석이, 주영이, 주현이, 선희, 윤자에게도 감사드립니다.

위의 모든 분들이 있었기에 제가 이 자리에 설수 있었고, 제 인생의 가치관을 확실히 세울 수 있었습니다.

마지막으로 대학원 졸업까지 저의 뒤에서 든든한 버팀목이 되어준 아버지, 어머니, 형에게 감사드립니다.

VII. 참고문헌

- Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts. Bull. Inst. Zool. Academia Sinica, Monograph. 16, 173-187.
- Aida, K., V. Nagama and T. Hibiya. 1973. Physiological studies on the gonadal maturation of fish. I. Sexual difference in composition of plasma protein of ayu in relation to gonadal maturation. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39, 1091-1106.
- Ankenbrandt, L. 1985. Food habits of bait-caught skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the southern Atlantic Ocean. Fish. Bull. 83(3), 379-393.
- Ann, H.B. 1970. Studies on the maturation and spawning of the pacific mackerel, *Scomber japonicus* Houttyn. Bull. Fish. Res. Dev. Agency. 8, 83-95.
- Baeck, G.W. and S.H. Huh. 2003. Feeding habits of juvenile *Lophius litulon* in the coastal waters of Kori, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 36(6), 695-699.
- Baeck, G.W. and S.H. Huh. 2004a. Maturation and spawning of *Repomucenus valenciennei* collected in Gwangyang Bay, Korea. Kor. J. Ichthyol. 16(1), 87-93.
- Baeck, G.W. and S.H. Huh. 2004b. Feeding habits of brown barracuda (*Sphyraena pinguis*, Teleostei) in the coastal waters of Gadeok-do Korea. J. Kor. Fish. Soc. 37(6), 505-510.
- Baeck, G.W. and J.W. Kim. 2004. Maturation and spawning of robust tonguefish *Cynoglossus robustus* (Soleidae; Teleostei). J. Fish. Sci. Tech.

7(3), 136-140.

- Baeck, G.W., J.W. Kim and S.H. Suh. 2004. Maturation and spawning of striped goby (*Acentrogobius pflaumi*) (Teleostei; Gobiidae) collected in the Gwangyang Bay, Korea. J. Kor. Fish. Soc. 37(3), 226-231.
- Bond, C.E. 1979. Biology of Fishes. Philadelphia, PA: W.B. Saunders Co. pp. 514.
- Cha. B.Y., Y.G. Gong, C.H. Lee and D.H. Kim. 2004. Feeding ecology of Pacific mackerel, *Scomber japonicus*, in Korean waters. J. Kor. Soc. Fish. Res. 6(2), 14-22.
- Cha. H.K., Y.M. Choi, J.H. Park, J.Y. Kim and M.H. Sohn. 2002. Maturation and spawning of the chub mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn in Korean waters. J. Kor. Soc. Fish. Res. 5, 24-33.
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, pp. 727.
- De Vlaming, V.L. 1972. The effects of temperature and photoperiod on reproductive cycling in estuarine gobbid fish, *Gillichthys mirabilis*. Fish. Bull. 70, 1137-1152.
- Dominey, M.J. and L.S. Blumer. 1984. Cannibalism of early life stage in fish. In: Hausfaterm G. and B.S. Hardy, eds. Infanticide Comparative and Evolutionary Perspectives. Aldine Press, New York, pp. 43-64.
- Fordham, S.E. and E.A. Trippel. 1999. Feeding behaviour of cod (*Gadus morhua*) in relation to spawning. J. Appl. Ichthyol. 15, 1-9.
- Fukuhara, O. 1989. A review of the culture of grouper in Japan. Bull. Nansei Reg. Fish. Lab. 22, 47-57.
- Fukuhara, O. and T. Fushimi. 1988. Fin differentiation and squamation of artificially reared grouper, *Epinephelus akaara*. Aquaculture. 69,

379-386.

- Hseu, J.R. 2003. Effects of size difference and stocking density on cannibalism rate of juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. Fish. Sci. 68, 1384-1386.
- Huh, S.H. 1999. Feeding habits of hairtail, *Trichiurus lepturus*. Kor. J. Ichthyol. 11(2), 191-197.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1997. Feeding habits of *Pholis nebulosa*. Kor. J. Ichthy. 9(1), 22-29.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998a. Feeding habits of *Favonigobius gymnauchen* in the eelgrass (*Zostera marine*) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc. 31(3), 372-379.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998b. Feeding habits of *Pseudoblennius cottoides*. J. Kor. Fish. Soc. 31(1), 37-44.
- Hunter, J.R. 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In Marine Fish Larvae (Lasker, R., ed.), pp. 33-77. University of Washington Press. Seattle.
- Iizuka, K., M. Asano and A. Naganuma. 1989. Feeding habits of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus) caught by pole and line and the state of young skipjack tuna distribution in the tropical seas of the western Pacific Ocean. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab. 51, 107-116.
- Kim, D.S. 1972. Selectivity of drift net for Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*. Bull. Kor. Fish. Soc. 5(1), 11-16.
- Kim, S and C.I. Zhang. 1994. Fish Ecology. Seoul Press. Seoul, pp. 273.
- Kim, J.B., D.Y. Moon, J.N. Kwon, T.I. Kim and H.S. Jo. 1997. Diets of

- bigeye and yellowfin tunas in the western tropical Pacific. J. Kor. Fish. Soc. 30(5), 719-729.
- Kim, S.Y., C.B. Park, J.W. Kang, Y.C. Choi, S. Rho, H.J. Bawk, H.B. Kim and Y.D. Lee. 2004. Gonadal development and reproductive cycle of gluttonous goby *Chasmichthys gulosus* (Guichenot). Kor. J. Ichthyol. 16(4), 261-270.
- Kishida, T. 1985. Age and growth of Japanese spanish mackerel in the central and western waters of the Seto Inland Sea. Nippon Suisan Gakkaishi. 51, 529-537.
- Kishida, T. 1986. Feeding habits of Japanese spanish mackerel in the central and western waters of the Seto Inland Sea. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. 20, 73-89.
- Kishida, T. 1989. Distribution and migration of Japanese spanish mackerel based on the catch and effort data in the central and western waters of the Seto Inland Sea. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. 22, 13-27.
- Kishida, T. and K. Aida. 1989. Maturation and spawning of Japanese Spanish mackerel in the central and western waters of the Seto Inland Sea. Nippon Suisan Gakkaishi. 55, 2065-2074.
- Kwak, S.N. and S.H. Huh. 2003. Feeding habits of *Limanda yokohamae* in the eelgrass (*Zostera marine*) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc. 36(5), 522-527.
- Kwak, S.N., G.W. Baeck and S.H. Huh. 2004. Feeding ecology of *Sillago japonicus* in an eelgrass (*Zostera marine*) bed. J. Fish. Sci. Tech. 7(2), 84-89.

- 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(1), 8-16.
- McPherson, G.R. 1993. Reproductive biology of the narrow barred spanish mackerel (*Scomberomorus commerson* Lacepede, 1800) in Queensland Waters. Asian Fish. Soc. 6, 169-182.
- Miller, P.J. 1989. The Ecology of Gobioid Fishes, Academic Press. New York, pp. 482.
- Morato, T., E. Sola, M.P. Gros and G. Menezes. 2003. Diets of thornback ray (*Raja clavata*) and tope shark (*Galeorhinus galeus*) in the bottom longline fishery of Azores, northeastern Atlantic. Fish. Bull. 101, 590-602.
- Moyle, P.B. and J.J. Cech Jr. 1996. Fishes: An Introduction to Ichthyology. Prentice Hall. New Jersey, pp. 590.
- Nakai, T., M. Sano and H. Kurokura. 2001. Feeding habits of the darkfin hind *Cephalipholis urodeta* (Serranidae) at Iriomote Island, southern Japan. Fish. Sci. 67, 640-643.
- Nybakken, J.M. 2001. Marine Biology: an ecological approach/5th ed. Benjamin Cummings. San Francisco, pp. 516.
- NFRDI, 2001, Shrimps of the Korea Waters, Hanguel, pp 223.
- NFRDI. 2004. Commercial Fishes of the Coastal and Offshores Waters in Korea. Nat'l. Fish. Res. Dept. Ins. pp. 333.
- NFRDI, 1967-2004, Annual Report of Oceanographic Observations for 1966-2003. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea. vol. 16-52.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.L.K Iverson. 1971. Food habits of

- albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish. Bull. 152, 1-105.
- Pusineri, C., Y. Vasseur, S. Hassani, L. Meynier, J. Spitz and V. Ridoux. 2005. Food and feeding ecology of juvenile albacore, *Thunnus alalunga*, off the Bay of Biscay: a case study. ICES J. Mar. Sci. 62, 116-122.
- Ramon, D and K. Bailey. 1996. Spawning seasonality of albacore, *Thunnus alalunga*, in the South Pacific Ocean. Fish. Bull. 94, 725-733.
- Schaefer, K.M. 1996. Spawning time, frequency, and batch fecundity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, near Clipperton Atoll in the eastern Pacific Ocean. Fish. Bull. 94, 98-112.
- Schmidt, D.J., M.R. Collins and Wyanski, D.M. 1993. Age, growth, maturity, and spawning of Spanish mackerel, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), from the Atlantic Coast of the southeastern United States. Fish. Bull. 91, 526-533.
- Shoji, J. and M. Tanaka. 2001. Strong piscivory of Japanese spanish mackerel larvae from their first feeding. J. Fish. Biol. 59, 1682-1685.
- Shoji, J., M. Aoyama, H. Fujimoto, A. Iwamoto and M. Tanaka. 2002. Susceptibility to starvation by piscivorous Japanese spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* (Scombridae) larvae at first feeding. Fish. Sci. 68, 59-64.
- Shoji, J., T. Maehara, M. Aoyama, H. Fujimoto, A. Iwamoto. and M. Tanaka. 2001. Daily ration of Japanese spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* larvae. Fish. Sci. 67, 238-245.
- Stergiou, K.I. and H. Fourtouni. 1991. Food habits, ontogenetic diet shift and selectivity in *Zeus faber* Linnaeus, 1758. J. Fish. Biol. 39, 589-603.

- Sturm, M.G. de L and P. Salter. 1989. Age, growth, and reproduction of the king mackerel *Scomberomorus cavalla* (Cuvier) in Trinidad waters. Fish. Bull. 88, 361-370.
- Takeda, M. 1982. Keys to Japanese and Foreign Crustaceans. Hokuryukan Press, Tokyo. pp. 284.
- Tanabe, T. 2001. Feeding habits of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* and other tuna *Thunnus* spp. juveniles in the tropical western Pacific. Fish. Sci. 67, 563-570.
- Watanabe, H., T. Kubodera, S. Masuda and S. Kawahara. 2004. Feeding habits of albacore *Thunnus alalunga* in the transition region of the central North Pacific, Fish. Sci. 70, 573-579.
- Whang, H.J., M.N. Kim, and J.C. Kim. 1977. Study on the distribution and ecology of Spanish mackerel (*Sawara niphonia*). Bull. Fish. Res. Dev. Agency. 17, 113-124.
- Wootton, R.J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall. London, pp 404.
- Yamada, U., M. Tagawa, S. Kishida and K. Honjo. 1986. Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., pp. 501.
- Yoon, C.H. 2002. Fishes of Korea with Pictorial Key and Systematic List. Academy Publ. Co. Seoul, pp. 747.