



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이 학 석 사 학 위 논 문

중서부태평양 가다랑어, *Katsuwonus
pelamis* (고등어과, 농어목)의
연령과 성장 추정



2015년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

구정은

이 학 석 사 학 위 논 문

중서부태평양 가다랑어, *Katsuwonus
pelamis* (고등어과, 농어목)의
연령과 성장 추정

지도교수 김 진 구

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함.

2015년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

구정은

구정은의 이학석사 학위논문을 인준함.

2015년 2월 27일



주 심 수산학박사 남 기 완 (인)

위 원 이학박사 이 성 일 (인)

위 원 이학박사 김 진 구 (인)

목 차

List of figures	ii
List of tables	iv
Abstract	v
1. 서론	1
2. 재료 및 방법	5
2.1 표본수집	5
2.2 연령사정	5
2.3 운문의 정확성과 대응성	6
2.4 상대성장식	9
2.5 von Bertalanffy 성장식	9
3. 결과	10
3.1 체장분포	10
3.2 운문의 정확성과 대응성	10
3.3 연령별 역계산 체장	18
3.4 상대성장식	25
3.5 von Bertalanffy 성장식	25
4. 고찰	29
참고문헌	35
감사의 글	40

List of figures

Fig. 1. Map showing the sampling area of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean, January 2005~September 2006	7
Fig. 2. Diagram showing ring radius used for age determination of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean	8
Fig. 3. Length-frequency distributions of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , collected in the Western and Central Pacific Ocean	13
Fig. 4. Monthly length-frequency distributions of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , collected in the Western and Central Pacific Ocean	14
Fig. 5. Agreement plot for pair-wise comparison between replicate annulus counts for otolith of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , for reader 1 and reader 2	15
Fig. 6. Relationship between otolith radius and ring radius of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , collected in the Western and Central Pacific Ocean	16
Fig. 7. Monthly changes in otolith marginal index (MI) of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , collected in the Western and Central Pacific Ocean	17
Fig. 8. Relationship between otolith radius and fork length of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , collected in the Western and Central Pacific Ocean	22

Fig. 9. Relationship between fork length and total weight of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , collected in the Western and Central Pacific Ocean	27
Fig. 10. The von Bertalanffy growth curve in fork length of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , collected in the Western and Central Pacific Ocean	28
Fig. 11. Comparison of the von Bertalanffy growth curve of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , estimated in this study with those of previous studies	34



List of tables

Table 1. Age characteristics used in previous studies for age and growth of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i>	4
Table 2. Monthly number of samples and range of fork length and total weight of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , collected in the Western and Central Pacific Ocean	12
Table 3. Mean ring radius (mm) when each annulus was formed in the otolith of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , collected in the Western and Central Pacific Ocean	19
Table 4. Back-calculated fork length (cm) corresponding to the age when annulus was formed in the otolith of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , collected in the Western and Central Pacific Ocean	23
Table 5. Comparison of the von Beralanffy growth parameters of skipjack tuna, <i>Katsuwonus pelamis</i> , estimated in this study with those of previous studies	33

Age and Growth of the Skipjack Tuna, *Katsuwonus pelamis*
(Scombridae, Perciformes) in the Western and Central Pacific Ocean

Jeongeun Ku

Department of Marine Biology, Graduate School,
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract

Age and growth of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, were conducted using otolith sampled from Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean from January 2005 to September 2006. A total of 312 otolith were used to estimate age of skipjack tuna, which show the range of 1 to 7 ages. The relationships between otolith ring radius (R) and fork length (FL) for female, male and combined were $FL=19.74R+1.50$ ($r^2=0.54$), $FL=17.66R+6.35$ ($r^2=0.47$) and $FL=18.83R+3.36$ ($r^2=0.53$), respectively. The back-calculated fork length of each age (FL_{year}) were $FL_1=36.2$ cm, $FL_2=43.4$ cm, $FL_3=48.3$ cm, $FL_4=52.6$ cm, $FL_5=56.5$ cm, $FL_6=60.8$ cm, and $FL_7=63.2$ cm. The relationships between fork length (FL) and total weight (TW) for female, male and combined were $TW=0.00001FL^{3.185}$ ($r^2=0.94$), $TW=0.00001FL^{3.165}$ ($r^2=0.95$) and $TW=0.000009FL^{3.231}$ ($r^2=0.95$), respectively. The von Bertalanffy growth parameters of skipjack tuna estimated in this study were $L_{\infty}=77.4$ cm, $K=0.176/\text{year}$ and $t_0=-2.569$ years.

1. 서론

가다랑어 (*Katsuwonus pelamis*)는 농어목 (Perciformes) 고등어과 (Scombridae)에 속하는 어종으로 열대와 온대 해역에 분포한다 (Anon, 1963). 몸 빛깔은 등쪽이 짙은 청자색을 띠고, 배 부분은 은백색 바탕에 4~6개의 검은 색 세로띠가 있는 것이 특징이다. 가다랑어는 대표적인 부어성 어종으로 낮에는 표층에서 수심 260 m까지, 밤에는 표층 가까이에 주로 서식하는데, 대개 군집생활을 하고 최대 5만 마리까지 무리지어 다닌다. 적도 해역에서는 산란이 1년 내내 이루어지고, 아열대 해역에서는 주로 봄부터 가을 초 사이에 이루어지는 것으로 알려져 있다 (Collette and Nauen, 1983). 그리고 주로 이른 아침과 해질 무렵에 섭이활동을 하고, 어류, 갑각류와 오징어류 등을 섭이한다 (NFRDI, 2008).

가다랑어는 태평양, 인도양, 대서양 등 전 세계 열대 및 온대 해역에서 주로 선망어업 등에 의해 어획되는 상업적으로 중요한 종으로, 최근 어획량이 250만 톤을 넘어서면서 그 어획량이 세계 2위를 기록하기도 하였다 (FAO, 2011). 이러한 과도한 이용으로 인해 세계자연보존연맹 (IUCN)에서는 가다랑어를 관심필요종 (Least Concern)으로 지정하였으며 (IUCN, 2011), 지역수산물관리기구 (RFMOs)에서는 지속가능한 어업을 위해 이들에 대한 보존관리조치를 강화하고 있는 실정이다.

가다랑어에 대한 연구로 국외에서는 등지느러미를 이용한 연령과 성장에 관한 연구 (Batts, 1972), 이석을 이용하여 일륜 형성과 연령 및 성장에 관한 연구 (Uchiyama, 1981), 가다랑어 치어의 일륜 형성에 관한 연구 (Tanabe, 2003), 동부 인도양 가다랑어의 일륜에 관한 연구 (Kayama, 2004) 등 연령과 성장에 관한 많은 연구가 수행되었으며, 또한 온도와 산소요구량에 기초한 가다랑어의 서식지에 관한 연구 (Barkley, 1978), 대

서양과 태평양 가다랑어의 유전적 유사성을 미토콘드리아 제한효소의 분석으로 입증한 연구 (Graves, 1984) 등 다양한 생태학적 연구가 수행되었다. 국내에서는 기후변동 혹은 기후인자에 따른 중서부태평양 해역의 가다랑어 분포 및 한국 다랑어 선망어업의 어장변동에 관한 연구 (Kim, 2005; An et al., 2003; Wungen, 2012; Tang et al., 2013), 한국 다랑어 선망어업의 조업특성에 관한 연구 (Moon et al., 2005), 다랑어 선망 어획물의 종조성에 대한 연구 (Lee et al., 2011) 등 대부분이 다랑어의 분포 및 어획특성과 관련된 것으로 생태학적 특성에 관한 연구는 전무한 실정이다.

가다랑어의 연령과 성장에 대한 기존의 연구 결과를 살펴보면 (Table 1), 1세의 가랑이체장 (FL)이 연구자에 따라 큰 차이를 보였는데 (Kayama et al., 2007; Aikawa, 1937; Aikawa and Kato, 1938; Chi and Yang, 1973; Batts, 1972), Kayama et al. (2007)은 이러한 차이가 연령 사정에 사용된 형질의 특성으로부터 기인된다고 하였다.

가다랑어의 연령과 성장 연구에 비늘 (Shabotiniets, 1968; Batts, 1972), 척추골 (Aikawa, 1937; Aikawa and Kato, 1938; Yokota et al., 1961; Shomura, 1966; Shabotiniets, 1968; Chi and Yang, 1973; Marcile and Stequert, 1976a), 등지느러미 (Shabotiniets, 1968; Batts, 1972; Chur and Zharov, 1983; Sosa-Nishizaki et al., 1989), 이석 (Uchiyama and Strusaker, 1981) 등이 연령 형질로 사용되었는데, Batts (1972)에 의하면, 비늘은 재생된 샘플의 경우 이로 인해 오차가 발생할 수 있고, 척추골은 윤이 중심으로부터 불규칙적이고 연륜으로서의 뚜렷한 특징을 보이지 않기 때문에 비늘과 척추골보다는 등지느러미의 단면을 통해 윤을 읽는 것이 용이하다고 하였다. 그리고 Josse et al. (1979)은 이석이 다른 형질에 비해 윤문의 형성이 보다 명확하게 나타나므로, 이석이 윤문 판독시 가장 용이하다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 중서부태평양 수역에서 우리나라 다랑어 선망어업에 의해 어획된 가다랑어의 이석을 사용하여 이들의 연령과 성장에 관한 생태학적 특성을 구명하고, von Bertalanffy 성장파라미터를 추정하여 자원평가에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.



Table 1. Age characteristics used in previous studies for age and growth of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*

Area	Age characteristics	FL range of Age1 (cm)	References
Western Pacific	Vertebra	27~34	Aikawa (1937)
Western Pacific	Vertebra	27~37	Aikawa and Kato (1938)
Western Pacific	Vertebra	37	Yokoto et al. (1961)
North Carolina (Atlantic)	Dorsal spine	40.6	Batts (1972)
Western Pacific	Vertebra	27~47	Chi and Yang (1973)
Western Pacific	Vertebra	27~37	Marcile and Stequert (1976)
Central Pacific	Otolith	44	Uchiyama and Strusaker (1981)

2. 재료 및 방법

2.1 표본수집

본 연구에서 사용한 가다랑어 샘플은 2005년 1월부터 2006년 9월까지 중서부태평양 수역에서 우리나라 다랑어 선망어업에 의해 채집된 것이다 (Fig. 1). 채집된 표본은 가랑이체장 (Fork length, FL)은 0.1 mm, 체중 (Total weight, TW)은 0.1 g 단위까지 측정하였으며, 연령사정을 위해 이석을 추출하였다.

2.2 연령사정

가다랑어의 연령사정을 위하여 총 312개체의 이석을 추출하였다. 먼저, 이석은 연마법과 절단법으로 예비실험을 수행하였고, 그 결과 가다랑어의 이석은 크기가 작아 절단한 두께 조절이 어려워 윤문 확인에 어려움이 있으므로 절단법보다는 연마법이 비교적 윤문이 명확히 확인되었다.

추출한 이석은 이물질을 제거한 후 건조시켜 몰딩하였다. 몰딩은 실리콘 탱크당 이석 3개씩을 고정시켜 레진 (Resin)과 하드너 (Hardener)를 5:1의 비율로 섞어 부어 24시간 정도 건조시켰다. 몰딩된 이석은 연마기 (Ecomet 4000, BUEHLER Co.)를 이용하여 3종류의 연마지 (Grit 800, 1200, 2400)로 단계적으로 처리하였다. 연마된 이석에 광택을 내기 위해 광택제 (Alumina powder)를 뿌린 후 한번 더 연마하였다.

이석의 윤문은 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계로 간주하고, 저배율 입체현미경 (SV-11, ZEISS Co.)에 연결된 컴퓨터 영상분석 시스템 (IMAGE ANALYZER)을 이용하여 컴퓨터 모니터 상에서 윤경을 μm 단위로 측정하였다. 이석의 반경은 핵으로부터 가장 먼 가장자리 끝 부분까지

의 거리로 간주하였다 (Fig. 2).

2.3 운문의 정확성과 대응성

운문판독의 정확성을 검토하기 위해 2명의 판독자가 각각 독립적으로 연령사정을 수행하였고 (Robillard et al., 2009), 판독된 결과에 대해서는 제1판독자와 제2판독자간의 일치율을 비교하였다. 일치율 비교 결과로부터 일치하지 않는 자료는 제1판독자와 제2판독자간의 합의를 통해 재판독하였다.

이석이 가다랑어의 연령 형질로서 사용가능한가를 판단하기 위해 운문의 대응성을 알아보고자 각 운문별 윤경과 이석반경간의 관계를 분석하였다.

또한 운문 형성이 주기성을 나타내는지와 그 형성시기를 알아보기 위해 연역지수 (Marginal Index : MI)의 월 변화를 추정하였다.

$$MI = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}} \quad (1)$$

여기서, R 은 이석의 반경, r_n 은 핵에서부터 n 번째 윤경까지의 거리이다.

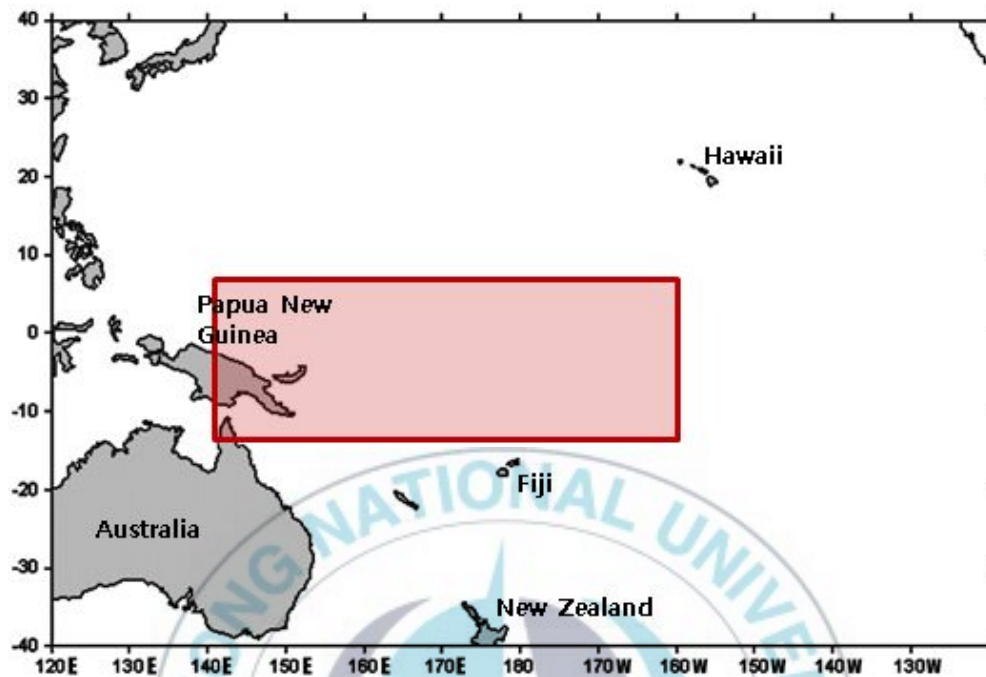


Fig. 1. Map showing the sampling area of skipjack tuna, *Katsuwonus Pelamis*, caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean, January 2005~September 2006.

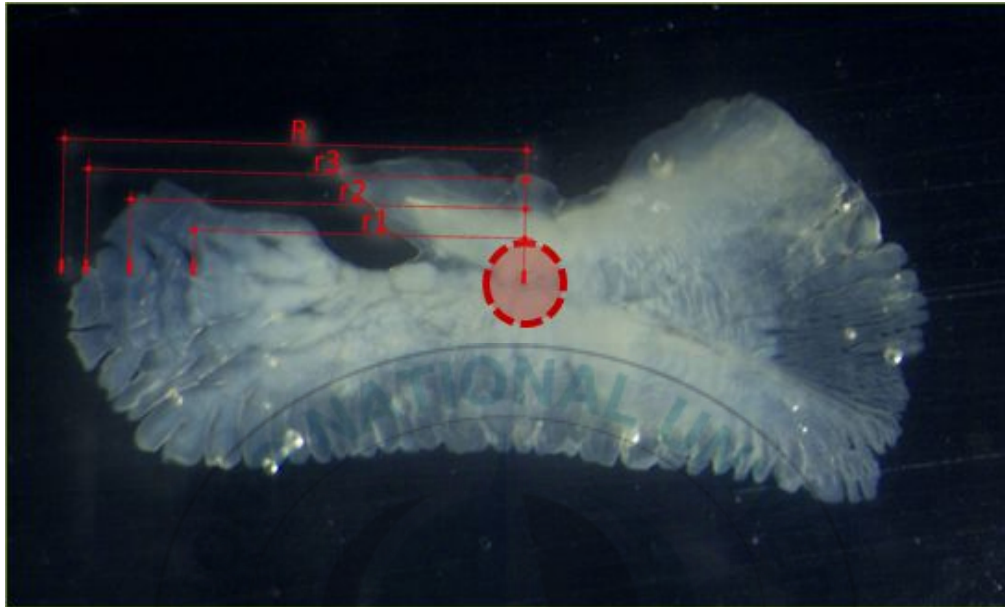


Fig. 2. Diagram showing ring radius used for age determination of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean.

2.4 상대성장식

가다랑어에 대한 상대성장을 알아보기 위해 체장 (FL)과 체중 (TW)간의 관계를 식 (2)를 사용하여 구하였다.

$$TW = \alpha FL^\beta \quad (2)$$

여기서 α 와 β 는 상수이다.

2.5 von Bertalanffy 성장식

성장식의 추정에는 관측된 연령과 연령별 체장 자료를 사용하여 일반적으로 가장 널리 사용되는 von Bertalanffy (1938) 성장식을 사용하였고, 그 식은 (3)과 같다.

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (3)$$

여기서, t 는 연령, L_t 는 연령 t 세의 체장, L_∞ 는 이론적 최대체장, K 는 성장계수, t_0 는 체장이 0일 때의 이론적 연령이다. 먼저 von Bertalanffy 성장식의 매개변수는 Walford 방법으로 구한 후, 그 결과를 초기값으로 컴퓨터 패키지인 EXCEL의 solver를 이용하여 비선형 회귀방법으로 분석하였다 (Zhang, 2010).

3. 결과

3.1 체장분포

전체 표본의 가랑이체장의 범위는 34.0~72.8 cm이었고, 평균 체장은 53.2 cm이었다. 또한 체중의 범위는 0.7~8.8 kg이었고, 평균 체중은 3.6 kg이었다 (Table 2). 본 연구에서 사용된 가다랑어 표본 312개체 중에서 암·수 분석에 사용된 개체는 285개체로, 암컷이 52.6%, 수컷이 47.4%로 암컷의 비율이 높았다. 가다랑어 암컷의 가랑이체장 범위는 39.0~72.8 cm이었고, 수컷은 40.5~72.5 cm의 범위를 보였다. 평균체장은 암컷이 53.3 cm, 수컷은 53.5 cm로 서로 비슷한 범위의 체장이었다 (Fig. 3). 월별 체장조성을 살펴보면 (Table 2 및 Fig. 4), 주요 체장모드는 45~55cm 였으며, 40 cm 미만의 소형개체가 거의 채집되지 않았다.

3.2 윤문의 정확성과 대응성

연령사정의 정확성을 검토하기 위해 2명의 판독자가 각각 독립적으로 수행한 연령판독 결과의 일치율은 Fig. 5와 같다. 총 312개체의 이석 중 291개체가 일치하여 93.3%의 일치율을 나타냈으며, 3세에서 가장 높은 불일치율을 나타내었다. 일치하지 않은 21개체에 대해서는 두 판독자간 협의를 통해 재판독을 수행하였고, 이를 바탕으로 총 312개체에 대해 연령을 판독하였다.

가다랑어 이석의 윤문이 연륜으로 적합한가를 알아보기 위하여 각 윤문별 윤경과 이석반경간의 관계를 검토한 결과 (Fig. 6), 각 윤경은 인접

한 윤경과 서로 중복됨이 없이 잘 분리되었고, 이석반경이 커짐에 따라 윤경 역시 커지는 것으로 나타났다. 따라서 이석이 가다랑어의 연령형질로서 이용가능하며, 이석의 윤문을 연륜으로 사용할 수 있는 것으로 판단된다.

윤문의 형성시기 및 연간 형성횟수를 파악하기 위해 연역지수의 월 변화를 분석하였다. 연역지수의 월 변화를 살펴보면, 7월에 가장 높은 값을 나타내었고, 10월에 가장 낮은 값을 나타내었으나, 연역지수 값의 범위는 0.649~0.831로 월별로 큰 차이를 보이지 않았다 (Fig. 7).



Table 2. Monthly number of samples and range of fork length and total weight of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, collected in the Western and Central Pacific Ocean

Month	Number of sample	Range of FL (cm)	Mean FL (cm)	Range of TW (kg)	Mean TW (kg)
1	42	34.0~72.5	54.7	0.7~8.5	4.3
2	32	42.2~72.8	54.1	1.6~8.8	3.9
3	48	39.0~67.8	49.1	1.2~6.8	2.6
4	43	40.3~66.2	53.2	1.5~6.7	3.7
5	22	42.5~64.0	55.0	1.6~6.7	3.9
6	20	44.3~61.0	51.9	2.1~5.8	3.4
7	21	44.5~63.7	54.1	1.7~5.7	3.6
8	28	43.3~65.8	54.4	2.4~6.4	3.8
9	41	44.0~69.0	55.1	1.9~7.7	4.0
10	7	45.3~59.8	52.1	1.8~5.3	3.4
11	8	44.2~59.2	50.8	1.8~4.4	2.9
Total	312	34.0~72.8	53.2	0.7~8.8	3.6

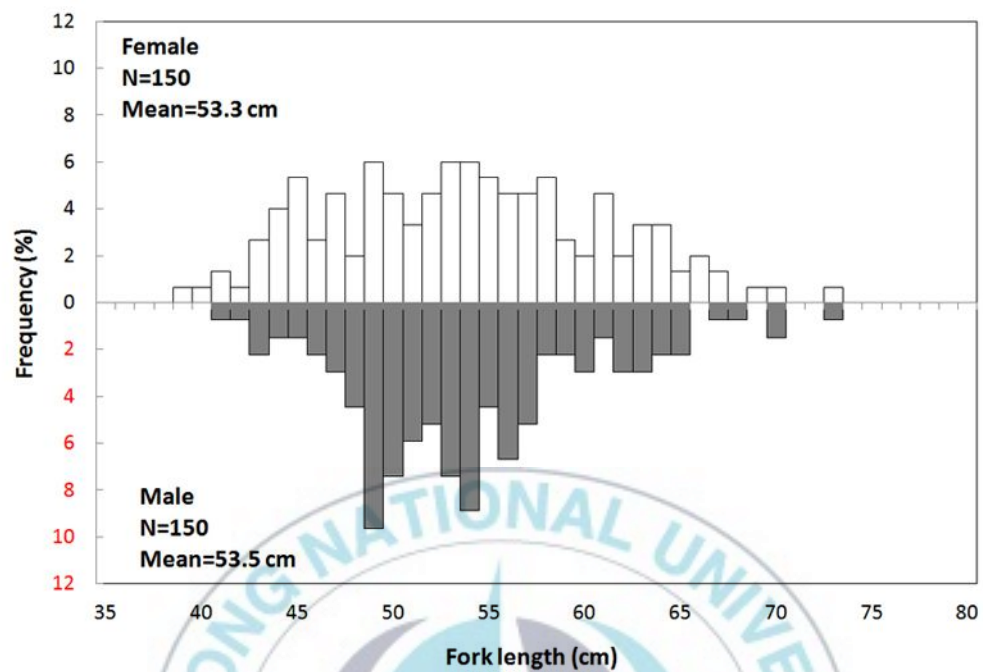


Fig. 3. Length-frequency distributions of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, collected in the Western and Central Pacific Ocean.

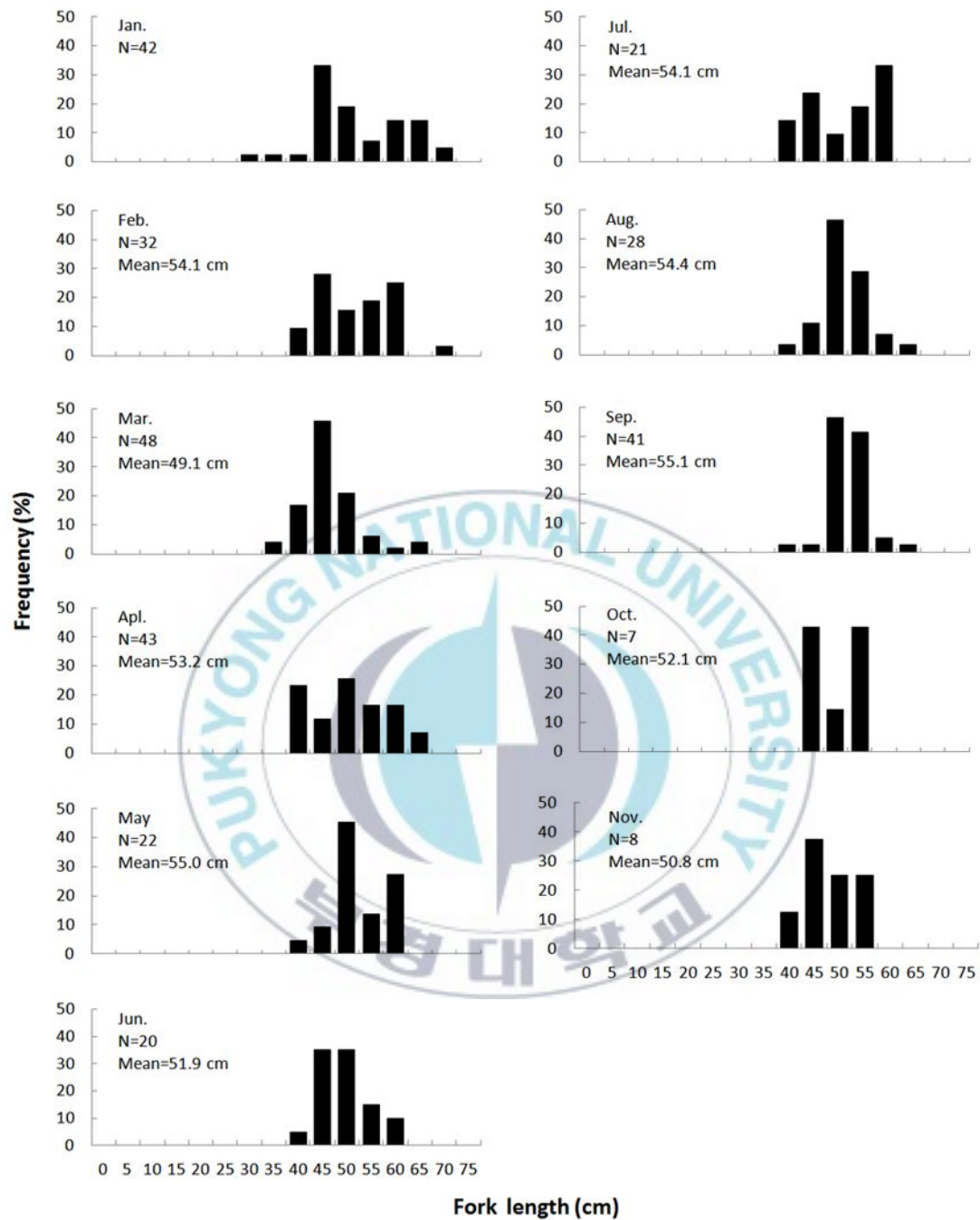


Fig. 4. Monthly length-frequency distributions of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, collected in the Western and Central Pacific Ocean.

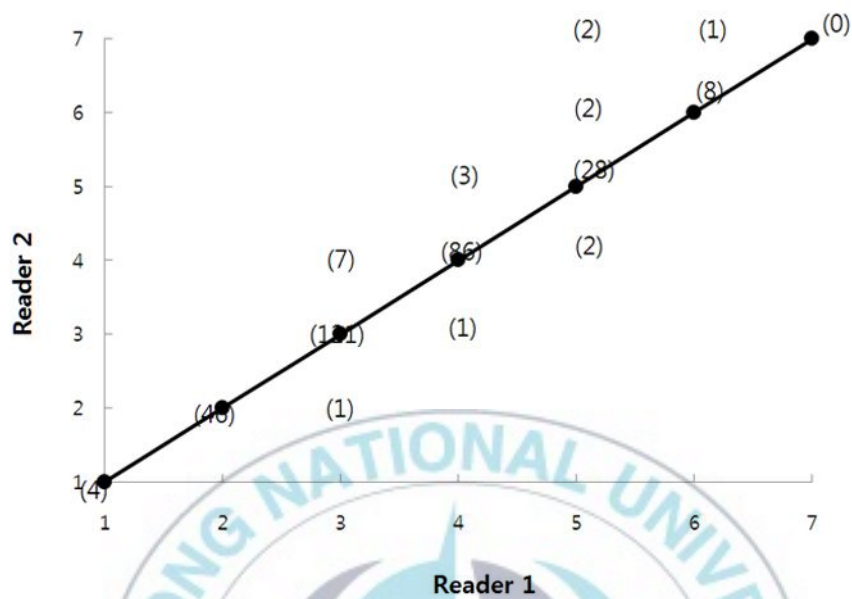


Fig. 5. Agreement plot for pair-wise comparison between replicate annulus counts for otolith of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, for reader 1 and reader 2.

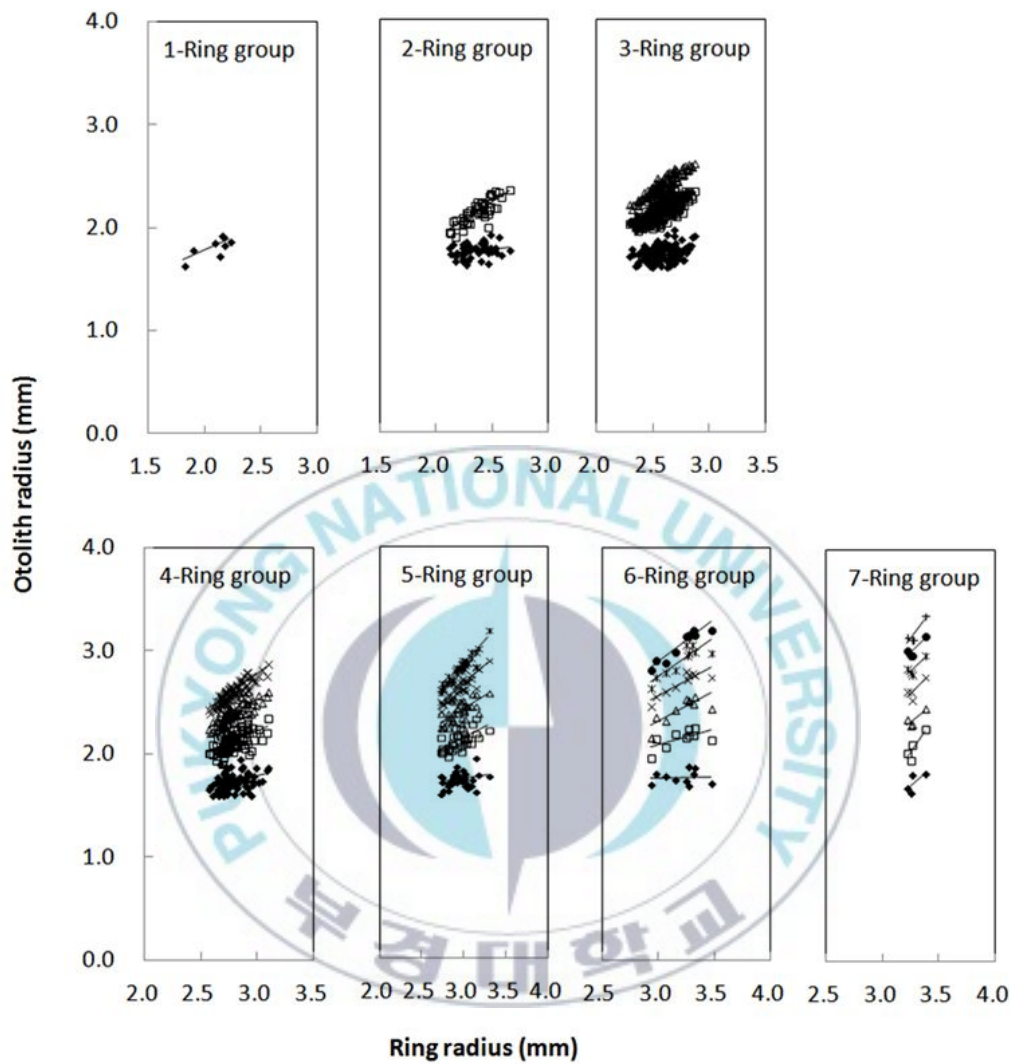


Fig. 6. Relationship between otolith radius and ring radius of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, collected in the Western and Central Pacific Ocean.

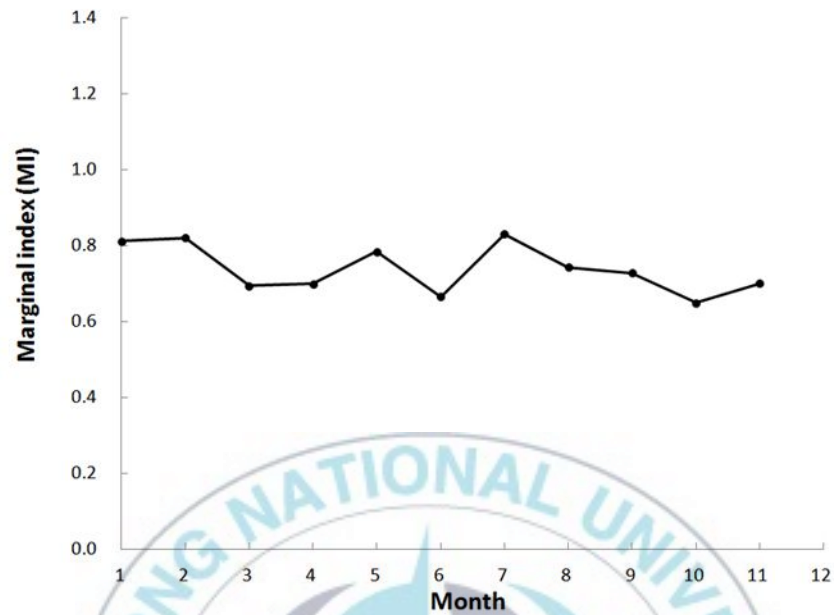


Fig. 7. Monthly changes in otolith marginal index (MI) of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, collected in the Western and Central Pacific Ocean.

3.3 연령별 역계산 체장

관찰된 표본의 연령은 1세에서 7세 사이였으며, 312개체 중에서 1세 8개체, 2세 52개체, 3세 116개체, 4세 87개체, 5세 34개체, 6세 11개체, 7세 4개체로 3세가 가장 많았다 (Table 3c). 암컷의 윤문별 평균윤경은 $r_1=1.75$ mm, $r_2=2.13$ mm, $r_3=2.38$ mm, $r_4=2.62$ mm, $r_5=2.86$ mm, $r_6=3.13$ mm, $r_7=3.14$ mm이었고 (Table 3a), 수컷은 $r_1=1.75$ mm, $r_2=2.12$ mm, $r_3=2.39$ mm, $r_4=2.60$ mm, $r_5=2.78$ mm, $r_6=3.00$ mm, $r_7=3.23$ mm로 나타났다 (Table 3b). 암 · 수 전체에 대한 평균윤경은 $r_1=1.76$ mm, $r_2=2.12$ mm, $r_3=2.39$ mm, $r_4=2.63$ mm, $r_5=2.85$ mm, $r_6=3.05$ mm, $r_7=3.18$ mm으로, 핵에서부터 r_1 까지가 가장 큰 증가폭을 보였으며, 이후 점차 감소하는 경향을 보였다.

가다랑어 이석반경 (R)과 체장 (FL)의 관계식을 추정한 결과, 암컷은 $FL=19.74R+1.50$ ($r^2=0.54$)로, 수컷은 $FL=17.66R+6.35$ ($r^2=0.47$)로 나타났으며, 암 · 수 전체의 관계식은 $FL=18.83R+3.36$ ($r^2=0.53$) 이었다 (Fig. 8). 따라서 이석반경과 체장간의 관계식, 그리고 평균 윤경을 사용하여 역계산된 연령별 평균체장은 암컷은 $FL_1=36.2$ cm에서 $FL_7=62.5$ cm로 나타났고, 수컷은 $FL_1=36.2$ cm에서 $FL_7=64.1$ cm로 나타났으며, 암 · 수 전체의 평균체장은 $FL_1=36.2$ cm, $FL_2=43.4$ cm, $FL_3=48.3$ cm, $FL_4=52.6$ cm, $FL_5=56.5$ cm, $FL_6=60.8$ cm, $FL_7=63.2$ cm이었다 (Table 4).

Table 3. Mean ring radius (mm) when each annulus was formed in the otolith of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, collected in the Western and Central Pacific Ocean

(a) Female

Estimated age	No. of samples	Mean ring radius (mm)							
		R	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇
1	6	2.09	1.81						
2	28	2.38	1.76	2.15					
3	55	2.55	1.74	2.12	2.37				
4	40	2.78	1.73	2.12	2.38	2.60			
5	16	2.95	1.74	2.14	2.41	2.65	2.84		
6	4	3.25	1.79	2.21	2.51	2.72	2.96	3.17	
7	1	3.22	1.68	2.02	2.35	2.61	2.84	3.01	3.14
Weighted mean			1.75	2.13	2.38	2.62	2.86	3.13	3.14
SD			0.07	0.09	0.10	0.10	0.13	0.07	0.00

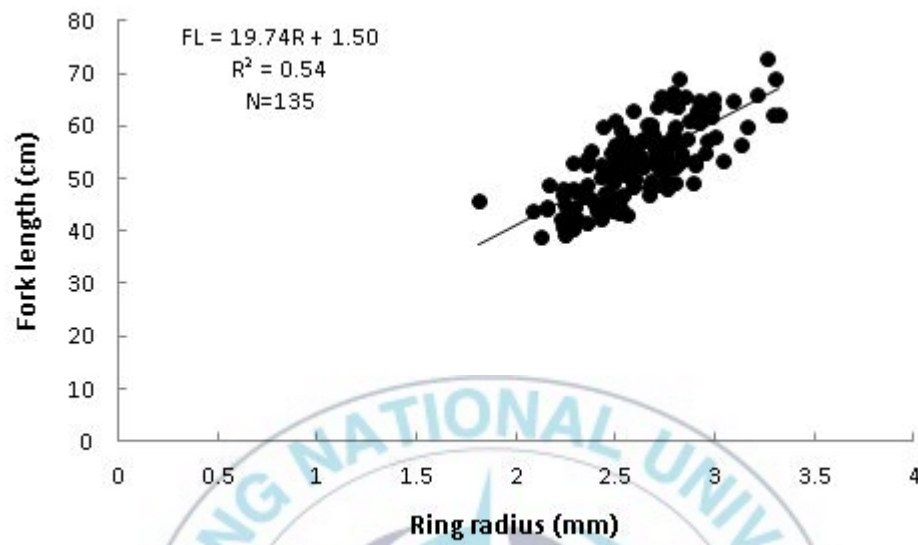
(b) Male

Estimated age	No. of samples	Mean ring radius (mm)							
		R	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇
1	1	2.16	1.91						
2	21	2.35	1.77	2.11					
3	49	2.58	1.75	2.15	2.41				
4	40	2.78	1.74	2.10	2.39	2.61			
5	17	2.89	1.73	2.08	2.37	2.58	2.76		
6	5	3.10	1.75	2.10	2.38	2.64	2.85	2.98	
7	2	3.32	1.82	2.17	2.38	2.65	2.87	3.07	3.23
Weighted mean			1.75	2.12	2.39	2.60	2.78	3.00	3.23
SD			0.07	0.10	0.10	0.10	0.13	0.13	0.12

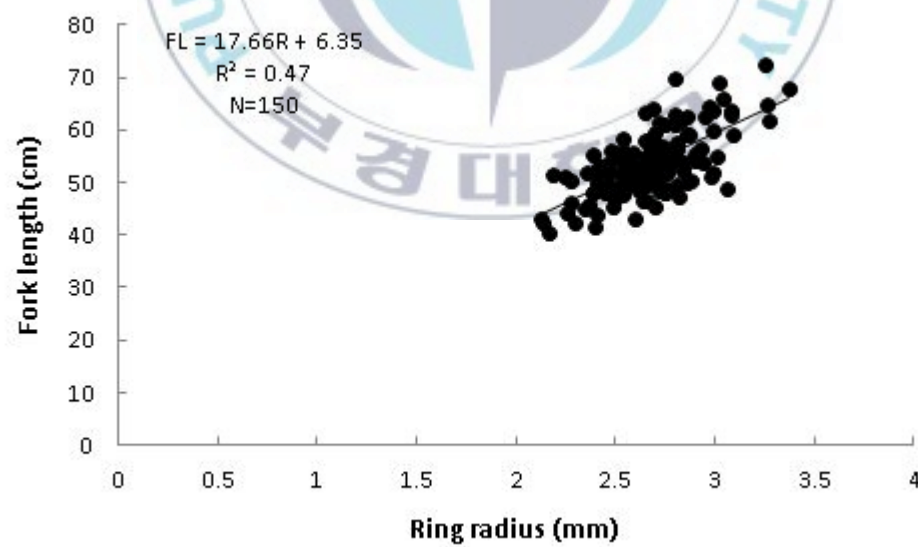
(c) Combined

Estimated age	No. of samples	Mean ring radius (mm)							
		R	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇
1	8	2.08	1.82						
2	52	2.36	1.76	2.13					
3	116	2.57	1.74	2.14	2.39				
4	87	2.78	1.74	2.12	2.39	2.61			
5	34	2.93	1.74	2.12	2.39	2.62	2.80		
6	11	3.19	1.76	2.15	2.44	2.68	2.90	3.06	
7	4	3.28	1.74	2.08	2.35	2.63	2.85	3.03	3.18
Weighted mean			1.76	2.12	2.39	2.63	2.85	3.05	3.18
SD			0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.13	0.10

(a) Female



(b) Male



(c) Combined

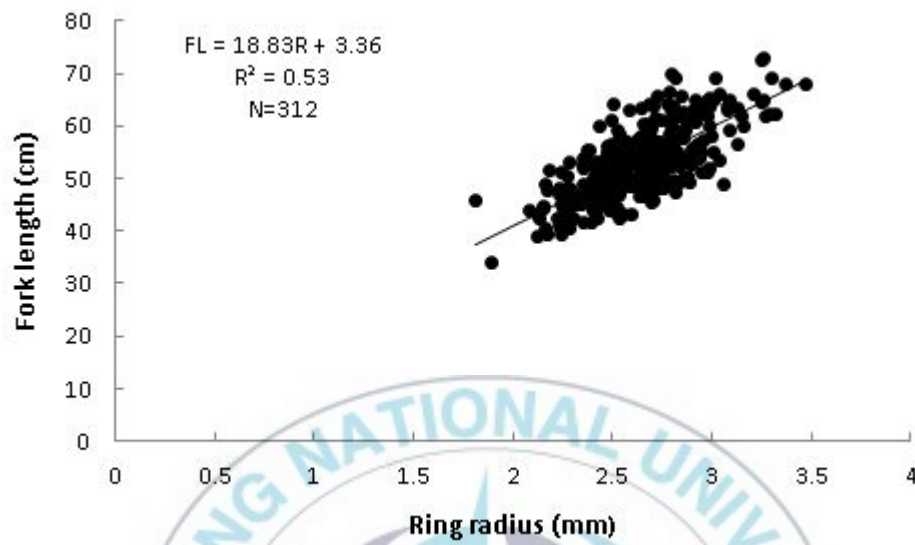


Fig. 8. Relationship between otolith radius and fork length of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, collected in the Western and Central Pacific Ocean.

Table 4. Back-calculated fork length (cm) corresponding to the age when annulus was formed in the otolith of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, collected in the Western and Central Pacific Ocean

(a) Female

Estimated age	No. of samples	Mean fork length (cm)						
		FL ₁	FL ₂	FL ₃	FL ₄	FL ₅	FL ₆	FL ₇
1	6	37.4						
2	28	36.5	43.8					
3	55	36.1	43.2	47.9				
4	40	36.0	43.3	48.1	52.2			
5	16	36.2	43.5	48.6	53.1	56.7		
6	4	37.1	45.0	50.5	54.6	59.1	63.1	
7	1	34.9	41.4	47.6	52.5	56.7	60.1	62.5
Weighted	mean	36.2	43.4	48.2	52.6	57.2	62.3	62.5
SD		0.07	0.09	0.10	0.10	0.13	0.07	0.00

(b) Male

Estimated age	No. of samples	Mean fork length (cm)						
		FL ₁	FL ₂	FL ₃	FL ₄	FL ₅	FL ₆	FL ₇
1	1	39.4						
2	21	36.6	43.1					
3	49	36.3	43.9	48.6				
4	40	36.1	43.0	48.2	52.4			
5	17	35.9	42.6	47.8	51.8	55.2		
6	5	36.2	42.9	48.2	53.0	56.9	59.4	
7	2	37.6	44.3	48.1	53.1	57.4	61.1	64.1
Weighted	mean	36.2	43.3	48.4	52.3	55.7	59.9	64.1
SD		0.07	0.10	0.10	0.10	0.13	0.13	0.12

(c) Combined

Estimated age	No. of samples	Mean fork length (cm)						
		FL ₁	FL ₂	FL ₃	FL ₄	FL ₅	FL ₆	FL ₇
1	8	37.6						
2	52	36.5	43.5					
3	116	36.2	43.5	48.3				
4	87	36.1	43.2	48.3	52.4			
5	34	36.1	43.1	48.4	52.6	56.0		
6	11	36.5	43.9	49.2	53.8	57.9	60.9	
7	4	36.0	42.5	47.6	52.8	56.9	60.3	63.1
Weighted mean		36.2	43.3	48.3	52.6	56.5	60.8	63.2
SD		0.08	0.09	0.10	0.10	0.13	0.13	0.10

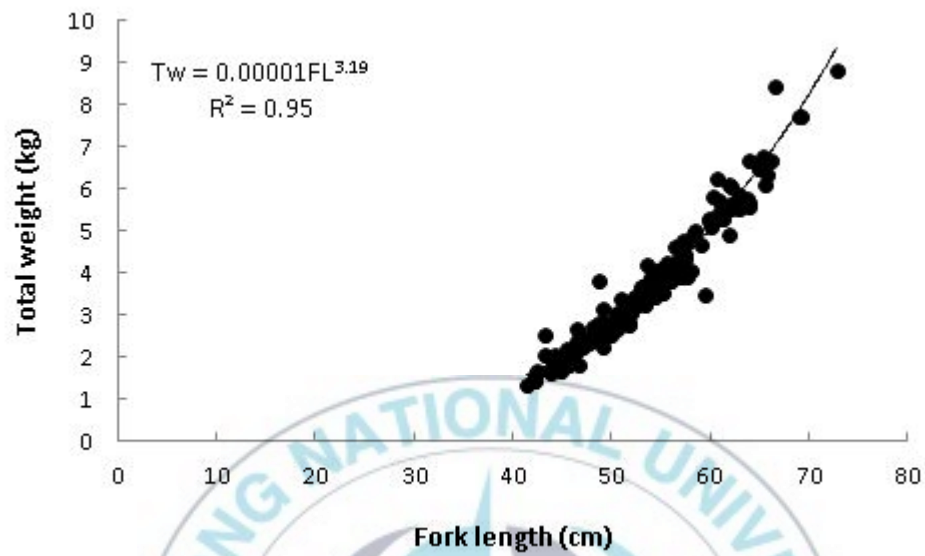
3.4 상대성장식

가다랑어의 체장 (FL)과 체중 (TW)간의 상대성장식은 암컷은 $TW=0.00001FL^{3.19}$ ($r^2=0.95$)이었고, 수컷은 $TW=0.00001FL^{3.17}$ ($r^2=0.95$)였으며, 암 · 수 전체에 대한 상대성장식은 $TW=0.000009FL^{3.23}$ ($r^2=0.95$)이었다 (Fig. 9).

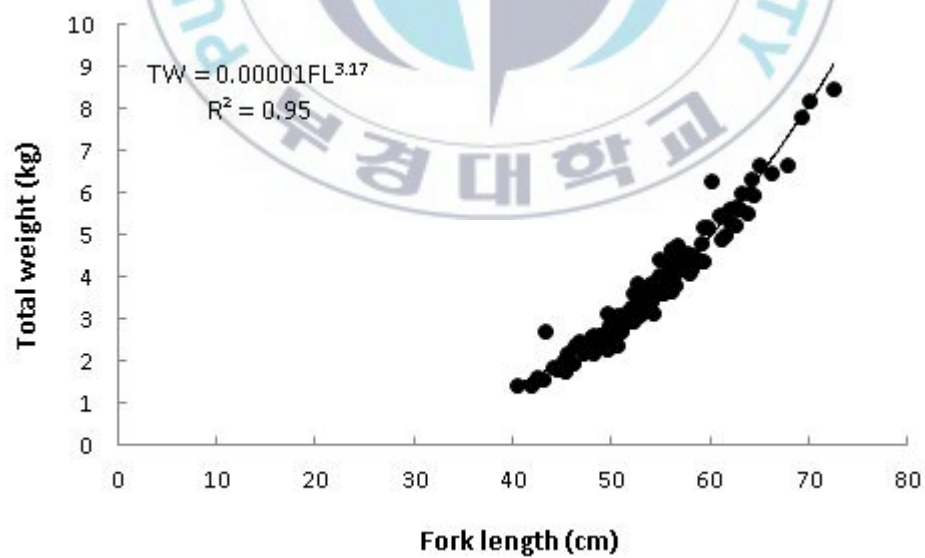
3.5 von Bertalanffy 성장식

연령별 평균체장으로부터 추정된 가다랑어의 von Bertalanffy 성장식은 Fig. 10과 같다. 그리고 암 · 수 전체에 대한 성장 매개변수는 이론적 최대체장 (L_{∞})은 77.4 cm, 성장계수 (K)는 0.18/year, 체장이 0일 때의 이론적 연령 (t_0)은 -2.57years이었으며, 암수간에는 큰 차이가 없었다. 그리고 이론적 최대체장 (L_{∞})과 상대성장식을 사용하여 구한 이론적 최대체중 (W_{∞})은 11.4 kg으로 추정되었다.

(a) Female



(b) Male



(c) Combined

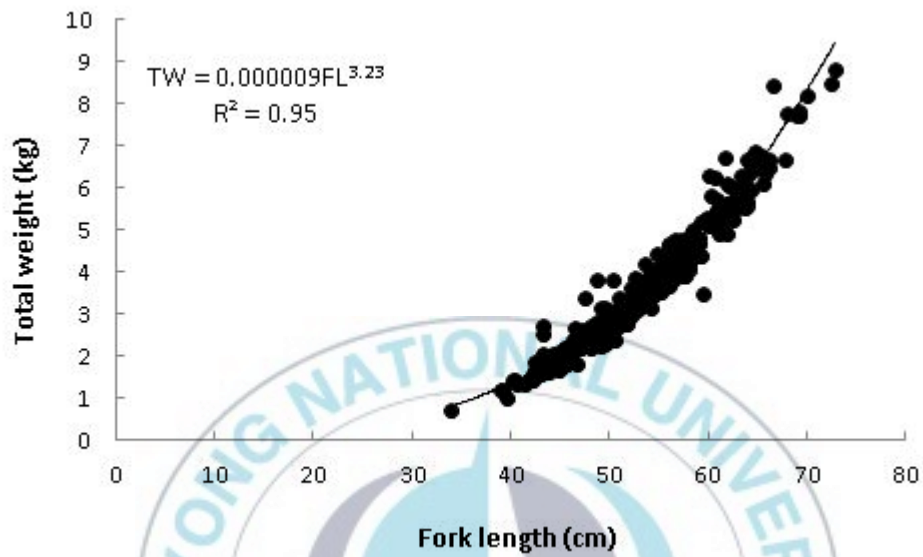
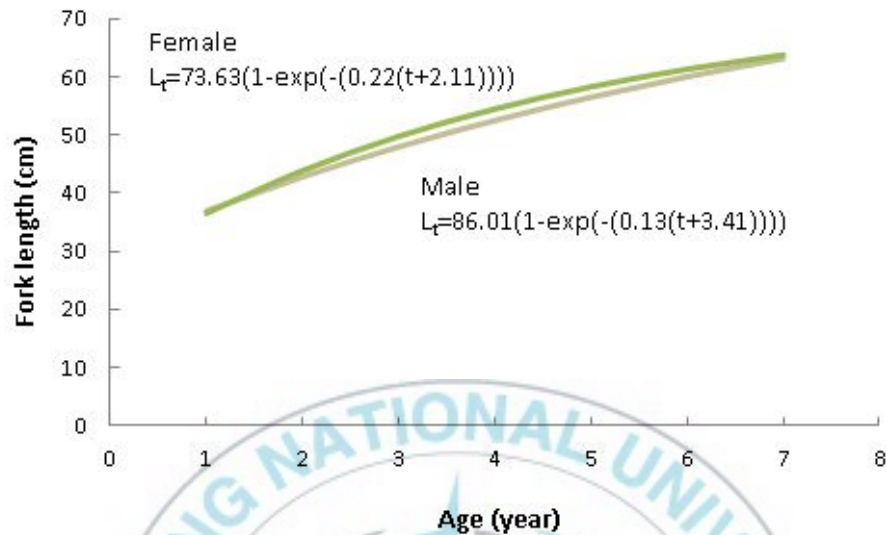


Fig. 9. Relationship between fork length and total weight of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, collected in the Western and Central Pacific Ocean.

(a) By sex



(b) Combined

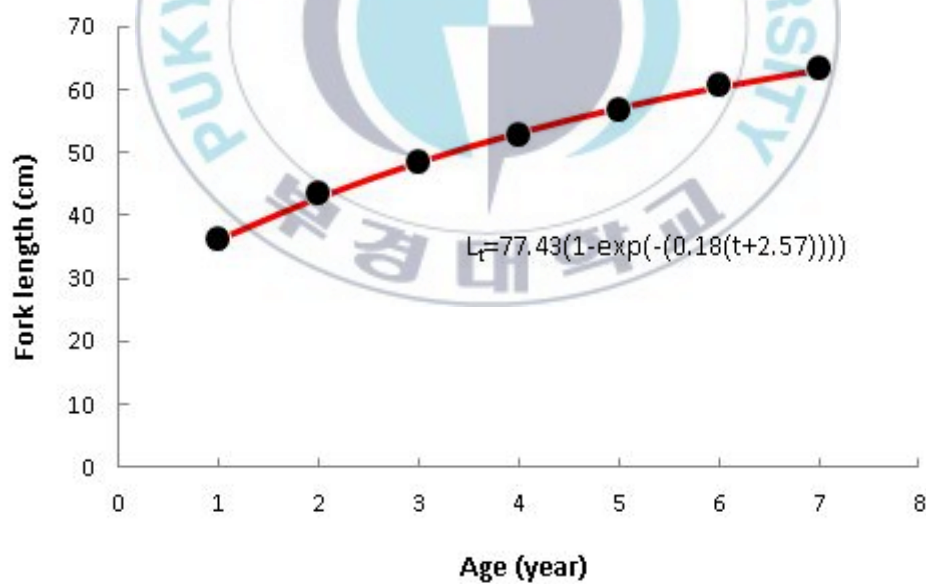


Fig. 10. The von Bertalanffy growth curve in fork length of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, collected in the Western and Central Pacific Ocean.

4. 고찰

본 연구에서는 중서부태평양 수역의 가다랑어에 대한 연령과 성장을 구명하고자 이석을 사용하여 분석하였다. 이전에 수행된 가다랑어의 연령과 성장에 관한 연구에서는 연령형질로 비늘 (Shabotiniets, 1968), 척추골 (Aikawa, 1937; Aikawa and Kato, 1938; Yokota et al. 1961; Shomura, 1966; Shabotiniets, 1968; Chi and Yang, 1973; Marcile and Stequert, 1976a), 등지느러미 (Shabotiniets, 1968; Batts, 1972; Chur and Zharov, 1983; Sosa-Nishizaki et al., 1989), 이석 (Uchiyama and Strusaker, 1981) 등이 사용되었다. Shabotiniets (1968)은 가다랑어의 연령형질로 비늘, 척추골, 등지느러미를 사용하여 연구를 수행하였는데, 비늘은 재생으로 인해 정확한 연령을 사정하는데 어려움이 있고, 척추골과 등지느러미의 단면이 보다 용이하다고 하여 7개체의 척추골과 등지느러미의 단면을 사용하여 분석한 결과, 3세는 40~45 cm, 4세는 40~60 cm라고 보고하였다. 그리고 Aikawa (1937), Aikawa and Kato (1938), Yokota et al. (1961)은 연령형질로 척추골을 사용하였는데, Aikawa and Kato (1938)은 1세가 27~37 cm, 4세가 55~64 cm, 그리고 Yokota et al. (1961)은 1세가 37 cm, 5세는 85 cm라고 보고하였다. 그러나 비늘과 척추골, 등지느러미의 단면을 사용하여 가다랑어의 연령과 성장에 관한 연구를 수행한 Batts (1972) 역시 비늘과 척추골에서는 명확한 윤문이 관독되지 않았지만, 등지느러미의 단면을 통해 윤문을 확인했을 때 보다 윤문 관독이 용이하다고 하였다. 이처럼 여러 가지 연령형질을 이용하여 가다랑어의 연령과 성장에 관한 연구가 수행되었지만, 비늘, 척추골, 등지느러미 형질은 연령을 관독하는데 어려움이 있는 것으로 판단되어, 본 연구에서는 이석을 연령형질로 사용하였다.

먼저 이석의 윤문을 판독하기 위해 절단법과 연마법을 사용하여 예비 실험을 수행하였다. 절단법을 사용하여 윤문을 판독하였을 경우, 0.1 mm, 0.3 mm, 0.5 mm 간격으로 절편을 만들어 윤문을 관찰하였으나, 0.1 mm, 0.3 mm의 절편에서는 이석이 모두 손실되어 윤문을 관찰하기 힘들었으며, 0.5 mm의 절편은 두께가 너무 두꺼워 윤문 관측이 힘들었다. 반면 연마법의 경우는 800 굵기의 연마지 사용시 이석의 손실이 너무 커서 윤을 관찰하기 어려웠고, 2,400의 연마지는 이석이 연마되는 정도가 너무 미세하여 윤을 관찰하기가 더욱 어려웠다. 그래서 800 연마지로 3~5회 정도 회전하여 연마한 후 1,200의 연마지로 10회 정도 회전하여 연마하고 2,400의 연마지를 사용하여 20회 정도 연마하였을 때 처리과정에서 이석의 손실이 가장 적었으며, 윤문을 쉽게 판독할 수 있었다.

연역지수 (MI)는 대부분 어류의 윤문형성시기를 판단하는 지표로 이용되는데 (장 등, 2010), 본 연구 결과에 의하면 가다랑어 연역지수의 월 변화가 뚜렷한 변화를 나타내지 않았다. 이러한 원인은 일반적으로 가다랑어는 열대 (적도) 해역에서는 특정 시기와 무관하게 연중 산란이 가능하고, 아열대 해역에서는 주로 봄부터 가을 사이에 산란하는 것으로 알려져 있는데 (Collette and Nauen, 1983; Matsumoto et al., 1984), 이러한 산란 특성과 관련이 있는 것으로 보인다. 보통 가다랑어의 자어는 표층수온이 24℃ 이상의 해역에서 많이 발견되고 (Ueyanagi, 1969), 적도해역에서 멀어질수록 산란기간이 짧아진다고 하였다 (Shomura, 1994). 따라서 가다랑어의 산란은 적정 수온대의 형성이 중요한 영향을 미치는 것으로 사료된다. 또한, 동부태평양 15° N~20° S 해역에서는 10월에서 3월 사이에 작은 성어들이 산란을 하며 (Naganuma, 1979), 60 cm 이상 되는 큰 성어들은 15° N의 이북에서 산란을 한다고 하였다 (Shomura, 1994). 그리고 Matsumoto et al. (1984)은 하와이 해역의 가다랑어는 4월 말에서 5월

초, 그리고 7월 말에서 8월 초 사이에 1년에 최소 2번은 산란한다고 하였으며, Hunter et al. (1986)은 남태평양에서는 11월에서 12월 사이에 1.18일마다 산란이 일어나고, 산란기간 동안 반복적으로 산란이 일어날 가능성이 있다고 한다. 이렇듯 가다랑어는 해역과 지역에 따라 산란기가 다르다. Fujino et al. (1981)에 의하면, 가다랑어는 인도양에서 비롯되어, 다른 해역으로 확산되면서 4개의 계군이 형성되었다고 한다 (인도양, 대서양, 서부태평양, 중동부 태평양). 따라서 본 연구지역에서는 두 개의 계군이 존재할 가능성이 있으며, 이에 대한 명확한 구명을 위해서는 유전학적 조사 등을 통한 계군분석 연구가 수행되어야 할 것이다.

본 연구에서 추정된 연령별 체장은 1세 36.22 cm, 2세 43.38 cm, 3세 48.32 cm, 4세 52.54 cm, 5세 56.53 cm, 6세 60.77 cm, 7세 63.18 cm였고, von Bertalanffy 성장 매개변수는 이론적 최대체장 (L_{∞})은 77.4 cm, 성장계수 (K)는 0.18/year, 체장이 0일 때의 이론적 연령 (t_0)은 -2.57years 이었다. Batts (1972)는 558개체의 등지느러미 단면을 사용하여 연령별 체장이 1세 40.6 cm, 2세 49.3 cm, 3세 56.9 cm, 4세 63.8 cm라고 하였으며, von Bertalanffy의 이론적 최대체장 (L_{∞})은 79.6 cm, 성장계수 (K)는 0.20/year로 추정하였다. Chi and Yang (1973)은 척추골을 사용하여 1세는 27~47 cm, 2세는 47~62 cm, 3세는 62~73 cm, 4세는 73~81 cm, 5세는 81 cm 이상이라고 하였으며, 이론적 최대체장 (L_{∞})은 103.6 cm, 성장계수 (K)는 0.30/year로 추정하였다. Uchiyama and Strusaker (1981)는 51 개체의 이석을 사용하여 1세는 44 cm, 2세는 68 cm, 3세는 83 cm, 4세는 91 cm라고 하였으며, 이론적 최대체장 (L_{∞})은 102.0 cm, 성장계수 (K)는 0.55/year로 추정하였다 (Table 5).

과거의 연구들은 주로 비늘 혹은 척추골, 등지느러미를 연령형질로 사용하여 성장식을 추정하였는데, 본 연구결과와 과거 연구결과의 가장 큰

차이는 과거 연구결과에서 관측된 최대연령은 5세이었으나, 본 연구에서는 7세까지 관측되었다.

이전 연구결과들을 살펴보면 (Table 5 및 Fig.11), Uchiyama and Strusaker (1981)는 이석을 이용하여 분석하였는데, 사용된 체장범위가 3.7~80.3 cm으로 넓으나, 샘플수가 51 개체로 제한적이다. 그리고 Batts (1972)는 558 개체의 등지느러미를, Chi and Yang (1973)은 539 개체의 척추골을 이용하여 성장률을 추정하였으며, Chi and Yang (1973)과 Batts (1972) 역시 25 cm 이하의 소형 개체가 분석에 사용되지 않았다.

Loroy (2000)는 표지방류자료를 사용하여 가다랑어의 성장률 차이를 분석하였는데, 성장률을 추정하기 위해 성숙체장구간인 31~60 cm의 57 개의 소형개체만을 이용하여 분석을 하였다. Leory (2000)에 의한 성장계수 (K)는 2.373/year으로써 본 연구에서 추정된 0.176/year와는 큰 차이를 보였는데, 이러한 차이는 Leory (2000)의 경우 소형개체만을 이용하였기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구에서는 이석을 이용하여 가다랑어의 연령과 성장을 분석하였으며, 이러한 자료는 가다랑어 자원에 대한 합리적인 관리방안을 모색하기 위한 가다랑어의 자원생태학적 특성치 추정 및 자원평가에 중요한 정보로 활용될 수 있을 것이다.

Table 5. Comparison of the von Bertalanffy growth parameters of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, estimated in this study with those of previous studies

Reference	Parameter			Method	Range of FL (cm)	Number of sample
	K	L_{∞}	t_0			
Batts (1972)	0.195	79.6	-4.329	Dorsal spine	26.3-75.7	558
Chi and yang (1973)	0.302	103.6	-0.016	Vertebrae	27.0-65.0	539
Uchiyama and Strusaker (1981)	0.55	102	-0.02	Otoliths	3.7-80.3	51
Loroy (2000)	2.373	62.17	0.04	Tagging data	30.0-61.0	57
This study	0.176	77.4	-2.569	Otolith	34.0-72.8	312

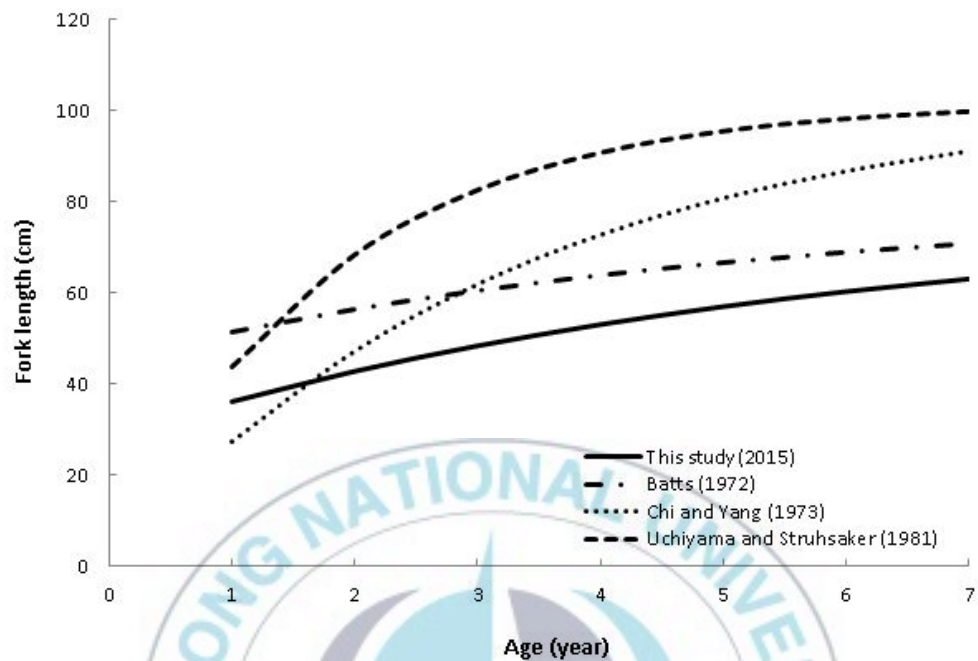


Fig. 11. Comparison of the von Bertalanffy growth curve of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, estimated in this study with those of previous studies.

참고문헌

- Aikawa, H. 1937. Notes on the shoal of bonito along the Pacific coast of Japan. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish. 6(1), 13-21.
- Aikawa, H., and M. Kato. 1983. Age determination of fish, I. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish. 7(2), 79-88.
- Anonymous. 1963. Skipjack-a world resource. Circ. Fish Wildl. Serv. U. S. 165, 28.
- An, D.H, D.Y. Moon, J.B. Kim, and J. Y. Kim. 2003. Effect of El Nino event on the distribution of Korean tuna purse seine fishery in the western central Pacific ocean. J. Korean Soc. Fish. Res., 6(1), 32-40.
- Batts, B.S. 1972. Age and growth of the Skipjack Tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), in North Carolina Waters. Chesapeake Science, 1.13 (4), 237-243.
- Barkley, R.A. W.H. Neill and R.M. Gooding. 1978. Skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, habitat based on temperature and oxygen requirements. Fish. Bull, 76(3), 653-662.
- Bertalanffy, L. von, 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II) Hum. Biol., 10(2), 181 - 213.
- Chi, K. and R. Yang. 1973. Age and growth of skipjack tuna in the waters around the southern part of Taiwan (summary in Chinese). Nat. Taiwan Univ., Sci. Rep., Acta Ocean. Taiwanica, 3, 199-221.
- Chur, V.N. and V.L. Zharov. 1983. Determination of age and growth of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*(Scombridae), from the southern part of the Gulf of Guinea. J.Ichthyol., 23(3), 53-67.
- Collette, B.B. and C.E. Nauen. 1983. Scombrids of the world. FAO, Rome (Italy). 1-137.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2011. Yearbook of fishery and aquaculture statistics 2009. Capture production. 1-27.
- Fujino, K., K. Sasaki, and S. Okumura. 1981. Genetic diversity of skipjack tuna in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 47(2), 215-222.
- Graves, J.E., S.D. Ferris, and A.E. Dizon. 1984. Close genetic similarity of Atlantic and Pacific skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) demonstrated with restriction endonuclease analysis of mitochondrial DNA. Marine Biology, 79(3), 315-319.
- Hunter, J.R., B.J. Macewicz, and J.R. Sibert. 1986. The spawning frequency of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the south Pacific. Fish. Bull. NOAA-NMFS, 84(4), 895-903.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2011. [www. incnredlist.org/details/170310/0](http://www.incnredlist.org/details/170310/0).
- Josse, E., J. C.Le Guen, R. Kearney, A. Lewis, A. Smith, L. Marec, and P.K. Tomlinson. 1979. Growth of skipjack. South Pacif. Comm., Occas. Rep., 11, 1-83.
- Kayama, S., T. Tnanbe., M. Ogura., H. Okamoto and Y. Watanabe. 2004. Daily age of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), in the eastern Indian Ocean. IOTC-WPTT-03.
- Kayama, S., T. Tnanbe., M. Ogura., M. Okuhara., S. Tanaka and Y. Watanabe. 2007. Validation of daily formation in sagittal otoliths of late juvenile skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*. Fisheries Science, 73, 958-960.
- Kim, E.J. 2005. "Climate-induced variation in the distribution, catch and biology of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*).” Master’s degree paper, Pukyong National University, Busan.

- Leroy, B. 2000. Preliminary results on SKIPJACK (*Katsuwonus pelamis*) growth. 13 Meeting of the standing Committee on Tuna and Billfish Working paper SKJ-1.
- Marcille, J., and B. Stequert. 1976. Etude preliminaire de la croissance du listao (*Katsuwonus pelamis*) dans l'ouest de l'Ocean Indien tropical (in French with English summary). ORSTOM, Cah., Sere Ocean., 14 (2), 139-151.
- Matsumoto, W. M., R. A. Skillman, and A. E. Dizon. 1984. Synopsis of biological data on skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*. U. S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS Circ., 451(iv), 92.
- Moon, D.Y., W.S. Yang, S.S. Kim, J.R. Koh and E.J. Kim. 2005. Characteristics of the Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean. J. Kor. S. Fish tech. 41(4), 263-270.
- Naganuma, A. 1979. On spawning activities of skipjack tuna in the western Pacific Ocean. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., (40), 1-13.
- NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute), 2008. Field Guide to Bycatch Species in Korean Distant-Water Fisheries. 7.
- Robillard, E., C.S. Reiss and C.M Jones, 2009. Age validation and growth of bluefish (*Pomatomus saltatrix*) along the east coast of the United States. Fisheries Research, 95, 65-75.
- Shabotinets, E.I. 1968. Opređenje vozraste tuntsov Indiiskogo Okeana (Age determination of Indian Ocean tunas) (in Russian). Trudy VNIRO, 64; Trudy AzcherNIRO, 28, 374-376.
- Shomura, R.S. 1966. Age and growth studies of four species of tunas in the Pacific Ocean. Hawaii, Governor's Conf. Central Pacif. Fish. Resources, Proc. 203-219.
- Shabotiniets, E.I. 1968. Opreedelenie vozraste tuntsov Indiiskogo Okeana (Age determination of Indian Ocean tunas). Trudy VNIRO, 64; Trudy

AzherNIORO, 28, 374-376.

- FAO, 1994. Interactions of Pacific tuna fisheries. FAO fisheries technical paper. 336(2) 1-51.
- Lee, S.I., Z.G. Kim, H.S. Sohn, J.T. Yoo, M.J. Kim, D.W. Lee, D.N. Kim and D.Y. Moon. 2011. Pilot research on species composition of Korean purse seine catch at cannery. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 47(4), 390-402.
- Sosa - Nishizaki, O., M. Shimizu, and Y. Nose. 1989. The potential use of second dorsal fin rays of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* as an aging character. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(9), 1559-1564.
- Tanabe, T., S. Kayama., and M. Ogura. 2003. Precise age determination of young to adult skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) with validation of otolith daily increment. Skj-8 SDCTB 16 Working Paper.
- Tang, H., L. XU, X. CHEN, G. ZHU, C. ZHOU, X. WANG. 2013. Effects of spatiotemporal and environmental factors on the fishing ground of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Western and Central Ocean based on generalized additive model. Marine Environmental Science., 4, 1-8.
- Uchiyama, J.H., and P. Struhsaker. 1981. Age and growth of Skipjack Tuna, *Katsuwonus pelamis*, and Yellowfin Tuna, *Thunnus albacares*, as indicated by daily growth increment of sagittae. Fish. Bull., 79(1), 151-162.
- Ueyanagi, S. 1969. Observations on the distribution of tuna larvae in the Indo-Pacific Ocean with emphasis on the delineation of the spawning areas of albacore, *Thunnus alalunga*. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., (2), 177-256.
- Wungen, J.E. 2012. "Relationship between climatic factors and distribution and abundance of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Western and Central Pacific Ocean."

Master's degree paper, Pukyong National University, Busan.

Yokota, T., M.Toriyama, F. Kanai, and S. Nomura. 1961. Studies on the feeding habits of fishes (in Japanese with English summary). Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 14, 1-234.

Zhang. C. I., 2010. Marine Fisheries Resource Ecology. Pukyong National University Press. 162-221.



감사의 글

수산생물분야를 처음 공부하게 된 저에게 때로는 선생님처럼 엄하게, 때로는 아버지처럼 든든히 힘이 되어주시며 많은 가르침을 주신 김진구 교수님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 제가 논문을 씀에 있어 학생으로서 부족한 부분에 대해 알게 해 주신 남기완 교수님께 깊이 감사드립니다.

그리고 저의 대학원 생활의 시작을 열어주셨고, 시작이 있으면 끝도 있다는 가르침을 주시고 끝맺음에 많은 도움을 주신 이성일 연구사님께 감사의 말씀을 드립니다. 세분 심사위원의 세심한 지도와 조언들이 연구의 완성도를 높이는데 큰 도움이 되었습니다.

대학원 생활을 무사히 마칠 수 있도록 신경써주시고, 논문 쓰는 동안 언제나 할 수 있다는 자신감을 주신 김장근 연구관님, 윤상철 연구사님께 감사드립니다.

대학원 생활 중에 처음이라 많이 부족한 저에게 수업시간에 많은 가르침을 주신 홍성운 교수님, 백혜자 교수님, 김현우 교수님, 오철웅 교수님께 감사드립니다.

연령과 성장 연구를 처음으로 하게 된 저에게 실험 할 때와 논문 쓸 때 많은 정보를 알려준 박희원 박사님, 냉철한 조언과 따뜻한 위로를 해준 이종희 박사님, 바로 옆에서 저의 모든 과정을 지켜봐준 이미경 언니, 실험 할 때 든든한 지원군이었던 이미란 언니, 동진씨, 문경씨, 모르는 것 물어볼 때마다 언제나 밝은 얼굴로 대답해 준 환성이, 힘들 때 힘이 되어준 이쁜 아리와 투덜이 연규, 그리고 제가 대학원 다니는 동안 잘 지켜봐주신 국립수산과학원 자원관리과 모든 분들께 감사드립니다.

대학원 생활을 재미있게 할 수 있게 도와준 어류학실험실원분들께 감사의 말씀을 드립니다. 때로는 매섭게 때로는 오빠같이 옆에서 모르는 부분에 대해 조언해준 수정이, 매번 수업 시간 많은 것을 알려준 영선이, 세훈이, 효재, 승은, 우준, 상운, 인철이, 준형선배에게도 고마운 마음을 전합니다. 그리고 학교에 갈 때마다 한마디 말로 힘을 주시는 유정화 박사님께도 감사의 말씀을 전합니다.

그리고 석사과정동안 항상 옆에서 지켜봐주고, 자신은 모르는 분야이지만

같이 이야기 들어주고 논의 해준 사랑하는 나의 신랑 김창희씨, 대학원 면접 때부터 같이 시작해 대학원 생활 내내 잘 도와주고, 논문 쓴다고 늦어도 쉼없이 기다려준 사랑하는 나의 딸 김가현과 대학원 생활, 회사 생활, 모두 가능하게 도와주신 어머니, 아버지, 언제나 누나에게 든든한 지원군인 동생 재현이, 고민이 있거나 어려운 일이 있을 때 이야기 들어주고 해결책을 제시하는 오빠, 나의 버팀 목이었던 우리 가족에게 마지막으로 감사의 말을 전합니다.

