creative commons
COMMONS DEED

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

dCollection

이학석사 학위논문

동해 명태(*Gadus chalcogrammus*)의 자원량 변동에 따른 생물학적 특성 변화

2015 년 8 월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

방 민 경

이학석사 학위논문

동해 명태(*Gadus chalcogrammus*)의 자원량 변동에 따른 생물학적 특성 변화

지도교수 김 수 암

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함.

2015 년 8 월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

방 민 경

방민경의 이학석사 학위논문을 인준함.

2015년 8월 21일

위 원 장 이학박사 백 혜 자 (인)

위 원 이학박사 김 진 구 (인)

위 원 이학박사 김 수 암 (인)

목 차

List of Figures ····· iii
List of Tables ····· vi
Abstract ····· vii
Ⅰ. 서론 ····· 1
Ⅱ. 자료와 방법 ····· 8
2.1. 생물학적 자료 ····· 8
2.1.1. 자료 보정 ····· 11
2.1.2. 생물학적 파라미터 추정 ····· 14
2.3 환경 자료 ····· 19
2.4 통계 분석 ····· 21
Ⅲ. 결과 ····· 22
3.1 해양 환경 변화 ····· 22
3.1.1. 해수온 체제 변환 ····· 22
3.1.2. 동물플랑크톤 ····· 25
3.2 명태의 생물학적 파라미터 ····· 27
3.2.1. PSD(Proportional Stock Density) ····· 27
3.2.2. 상대 체장 빈도 분포(Relative Length Frequency) ····· 29
3.2.3. 체장 ····· 31
3.2.4. 비만도 ····· 33
3.2.5. 50% 성숙 체장 ····· 37
3.2.6. 생식소 숙도 지수 ····· 39

Ⅳ. 고찰 ····· 41
Ⅴ. 참고문헌 ····· 46
Ⅵ. 부록 ····· 52
Ⅶ. 감사의 글 ····· 90

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

List of Figures

Fig. 1. Catch production of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) in 4 major country; Japan, Russia, U.S.A. and Korea. ····· 2

Fig. 2. Geographical distribution of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) (NOAA, 1987). East Sea is the southern limit of walleye pollock distribution. ····· 3

Fig. 3. Major spawning ground of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) in the East Sea: Wonsan Bay, Peter the Great Bay, Tartar Strait and off the western off the Hokkaido (Kim and Kang, 1998). ····· 5

Fig. 4. Annual catch of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) in the East Sea from 1926 to 2008. ····· 7

Fig. 5. Calibration process of body weight (a) raw data, (b) remove mistakes and (c) after calibration. ····· 13

Fig. 6. Five-cell length categorization system based on Weithman's (1978) fish quality index (Gabelhouse, 1984). ····· 18

Fig. 7. Study area in the East Sea. (a) statistical subarea for fishery

information around the Korean peninsula. Shade area represents the fishing area of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) fishery. (b) sampling area of the oceanic environmental data. Shaded area is regarded as walleye pollock habitat. ····· 20

Fig. 8. Some representative seawater temperature regime in the coastal area of the East Sea. (a) 0m, February and (b) 0m, April. ····· 23

Fig. 9. Some representative seawater temperature regime in the coastal area of the East Sea. (a) 100m, annual mean and (b) 200m, annual mean. ····· 24

Fig. 10. Annual zooplankton biomass in the East Sea. ····· 26

Fig. 11. Proportional Stock Density of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*). ····· 28

Fig. 12. Relative Length Frequency of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*). ····· 30

Fig. 13. Length frequency of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*). (a) female and (b) male. ····· 32

Fig. 14. Monthly variation of condition factor of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*). ····· 34

Fig. 15. Yearly variation of condition factor of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*). ····· 35

Fig. 16. Comparison of condition factor of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) and zooplankton biomass in the East Sea. ····· 36

Fig. 17. Logistic functions fitting the cumulative proportion of maturing and mature female walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) in the East Sea. ····· 38

Fig. 18. Monthly variation of GSI of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*). ····· 40

List of Tables

Table 1. The number of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*). ····· 9

Table 2. The number of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) collected during winter (November-February). ····· 10

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

Changes in ecological characteristics of walleye pollock *Gadus chalcogrammus* in accordance with the biomass fluctuation

Minkyoung Bang

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

Abstract

Walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*, pollock hereafter) used to be the most dominant species in Korean waters, but its catch decreased rapidly from the late 1980s, and the stock was collapsed completely in the early 21stcentury. To investigate the environmental effects on pollock stock we compare the differences in biological and ecological parameters during high (1970s-1980s) and low (1990s-2000s) biomass periods. Water temperature showed an alternating pattern of warm and cool phases off the coastal areas where the walleye pollock fishery operated. For example, at 200 m, warm phases appeared in mid 1970s, and early 1990s while cool ones in early-mid 1980s and after mid 1990s. There are similar trends in surface layer until 1990, but water temperature maintained warm regime after 1990s. Observation on length frequency of pollock showed that the larger size class was dominant in low biomass period, and the condition factor was larger at the same period. This indicates that growth was relatively better in the low biomass period. Gonad-somatic index also revealed that peak spawning season was February in

high biomass period but it seemed to be changed to December in low biomass period. Population Stock Density (PSD), which is index of size structure based on length frequency, was higher in low biomass period than high biomass period, indicating recruitment intensity of pollock became weaker in 1990s.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

Ⅰ. 서론

명태(*Gadus chalcogrammus*)는 분류학적으로 조기강(Actinopterygii) 대구목(Gadiformes) 대구과(Gadidae)의 어류로 북태평양에 서식하는 6종의 대구류(gadoids) -북극대구(*Boreogadus saida*), 대구(*Gadus macrocephalus*), 민대구(*Merluccius productus*), 명태, 빨간대구(*Eleginus gracilis*), Pacific tomcod(*Microgadus proximus*)-중의 하나이다(Fishbase, 2015; Kim, 1992b). 명태의 속명은 초기에는 Gadus였으나 그 뒤 Pallachius를 거쳐 Theragra로 바뀌어 2000년대 초반까지 명태의 학명으로 *Theragra chalcogramma*가 사용되었다(Svetovidov, 1948). 그러나 최근 명태의 mtDNA 연구를 통해 명태의 가장 초기의 학명인 *Gadus chalcogrammus*를 다시 사용하는 추세이며, 2013년에는 American Fisheries Society Common and Scientific name of Fishes에 명태의 학명으로 *Gadus chalcogrammus*로 개제되었다(Carr and Marshall, 2008; Lawrence and Héctor, 2013).

FAO의 어획통계에 따르면 명태를 조업하는 국가로는 일본, 러시아, 미국, 대한민국, 폴란드, 중국, 북한, 캐나다 등이 있으며, 전체 조업국가 중 일본, 러시아, 미국, 대한민국이 1950-2012년 동안 명태의 총 어획 생산량의 약 97.4%를 차지하며 명태의 주요 생산국으로 자리매김하였다(Fig. 1).

명태는 대한민국의 동해를 기점으로 북쪽의 오호츠크해와 베링해를 거쳐 캐나다의 브리티시컬럼비아, 미국의 캘리포니아 북부 연안까지 북태평양의 연안을 따라 광범위하게 분포한다(Fishbase, 2015; NOAA, 1987; Bailey *et al.*, 1999). 서부태평양에서 명태 분포의 최남단 해역은 동해이다(Fig. 2).

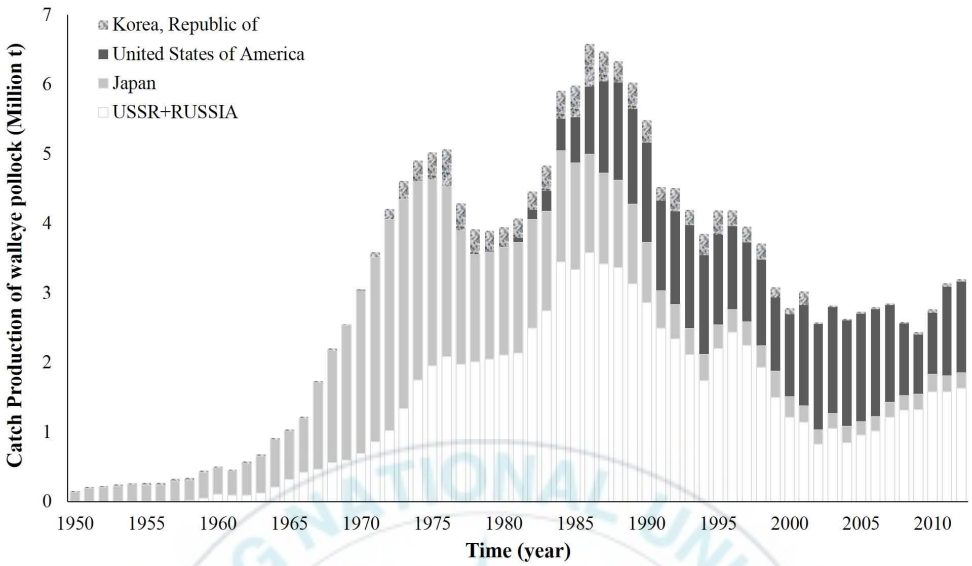

Figure 1. Catch production of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) in 4 major country; Japan, Russia, U.S.A. and Korea.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

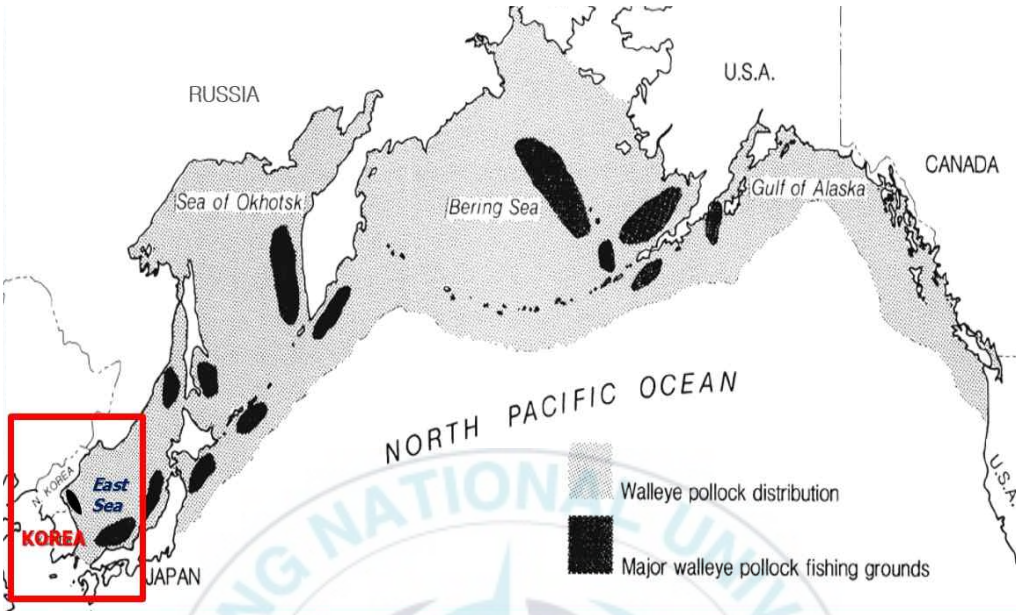

Figure 2. Geographical distribution of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) (NOAA, 1987). East Sea is the southern limit of walleye pollock distribution.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

따라서 동해에 서식하는 명태는 수온 변화와 같은 해양 환경 변화에 민감하게 반응할 것으로 예상된다.

동해에는 4개의 주요한 명태 산란장이 있다. 동해의 북쪽과 오호츠크해가 연결되는 타타르 해협(Tartar Strait) 부근, 일본 홋카이도 및 혼슈섬의 북부 연안인 일본 열도 서해안, 러시아 프리모리에(Primorie) 지역의 피터 대제만(Peter the Great Bay), 그리고 한반도의 원산만이 있다(Kim and Kang, 1998)(Fig. 3). 이 중 원산만이 규모가 가장 크기 때문에 많은 양의 명태가 북한 해역에서 어획되었다(Kim and Kang, 1998). 원산만에서는 해마다 겨울이 다가오면 명태가 산란하기 위하여 만의 얕은 곳으로 이동을 하는데, 12월과 1월이 최대 산란시기가 된다. 산란시기가 되면 명태 산란어는 수중에서 알을 낳으며, 알은 비중이 작아 표층에 떠오르는 경향이 있다. 알의 비중과 해수의 밀도 차이에 따라 알의 수직적 분포가 결정되므로 해역마다 알이 위치하는 수심이 다를 수 있다. 예를 들면, 남동 베링해 산란장에서는 명태 알이 주로 표층 50m 이내에 분포하지만 알래스카만의 쉘리코프 해역 산란장에서는 주로 200m보다 깊은 곳에 분포한다. 난 발생 과정을 거치면서 비중이 커지기 시작하고, 난 발생 후기에는 비중이 매우 커지기 때문에 차츰 깊은 곳으로 가라앉는다(Kendall and Kim, 1989). 알이 부화하고 자·치어기 까지는 표층 부근에 머물다가 미성어가 되면서 서식수심도 점점 깊어진다(Kim, 1992c). 약 3세가 되면 산란능력이 있는 성어의 시기로 접어들어 그 크기는 약 34㎝ 전후이며, 최대 수명은 10세 이상으로 그 크기는 50㎝ 이상이다(Kim, 1992b; NFRDI, 2010).

명태는 성장하면서 더 큰 먹이를 섭이하는 경향이 있다. 베링해와 일본해에 서식하는 명태는 자·치어 시기에는 요각류(copepods)의 유생을 주로 섭이하고, 미성어와 성어시기에는 크기가 큰 동물플랑크톤과 어류를 주로 섭이한다(Bailey and Dunn, 1979; Yamamura *et al.*, 2002). 또한 명태는 동

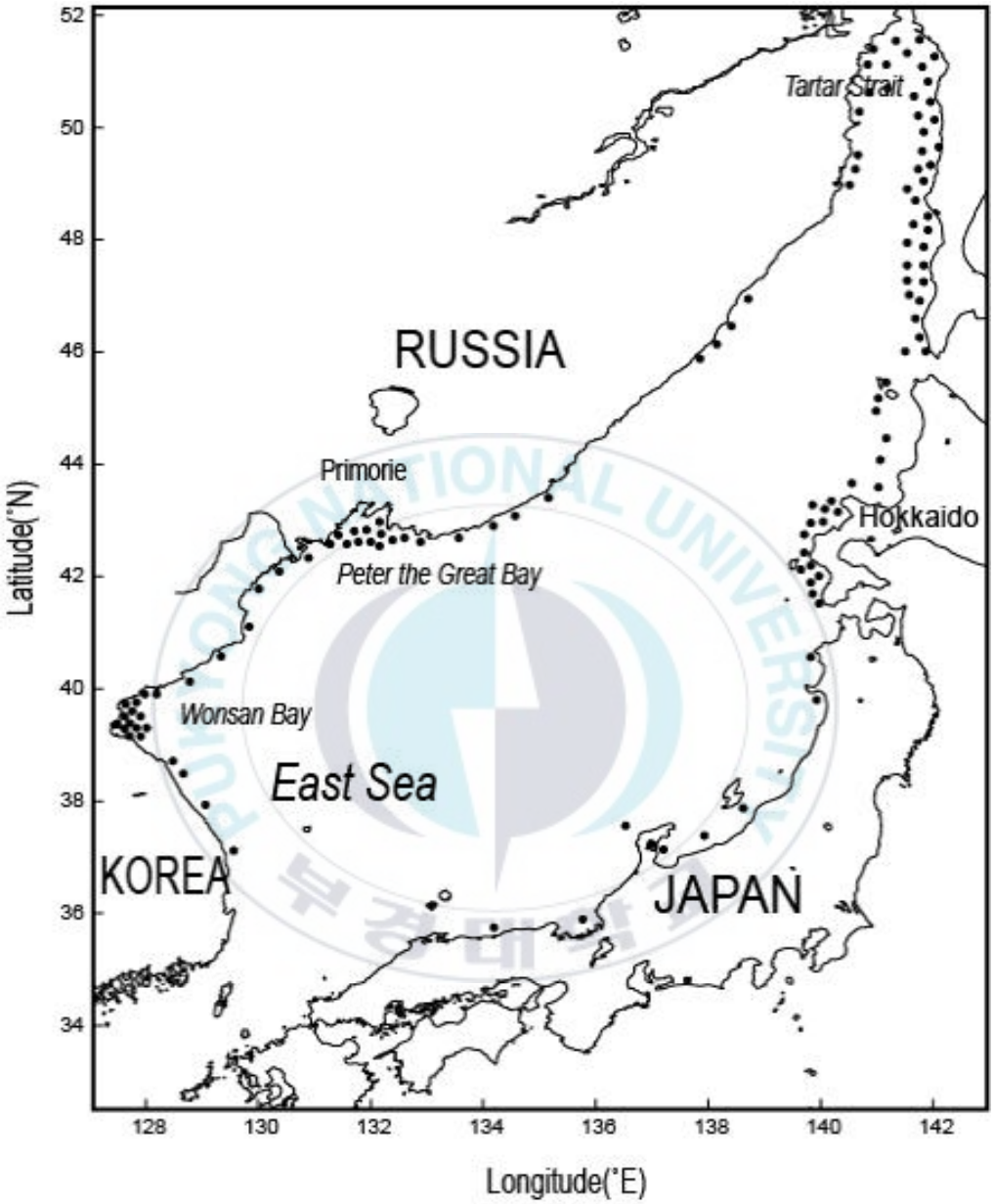

Figure 3. Major spawning ground of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) in the East Sea: Wonsan Bay, Peter the Great Bay, Tartar Strait and off the western Hokkaido (Kim and Kang, 1998).

종섭이(cannibalism)가 강해 명태 성어가 섭이하는 먹이들 중 명태 미성어가 상당 부분을 차지한다(Yamamura *et al.*, 2002).

한국에서 명태는 상업적으로 매우 중요한 어종이다. 1930년대에 명태 어획량은 약 30만 톤(metric ton, MT)으로 많은 양의 명태를 어획하였지만 이는 대부분 북한에서 어획된 것이다. 1945년 국가 분단 이후, 대한민국에서의 명태 어획량은 미미하여 1970년대 중반까지는 약 4만 톤을 넘기지 못하였으나, 1970년대 중반 이후 급격하게 증가하여 1981년에 약 17만 톤이 어획되었다. 하지만 1980년대 중반 이후 명태 어획량이 급격히 감소하여 2008년에는 0톤을 기록하였다(NFRDI, 2010)(Fig. 4). 이처럼 대한민국에서 명태 어획량이 급격히 감소한 현상은 명태에 대한 남획과 기후 변화에 따른 해양 환경 변화가 주된 원인으로 여겨지나, 정확한 원인은 밝혀지지 않았다. 대한민국은 명태의 주요 생산국이자 소비국이지만 명태의 주 산란장과 주 서식처가 북한 해역에 위치하고 있으며, 어업 자료조차 남·북한이 공유하지 못하였으므로 명태에 관한 연구가 미비하다(Kang *et al*, 2013). 따라서 본 연구는 명태 어업이 번성하던 시기와 쇠퇴기에 접어드는 시기에 명태 서식처의 환경 변화, 명태의 성장, 성숙 등의 생물학적 파라미터들이 어떻게 변화하였는지 비교하여 이러한 생물학적 변화가 명태 자원의 가입에 미친 영향을 밝히기 위하여 준비되었다.

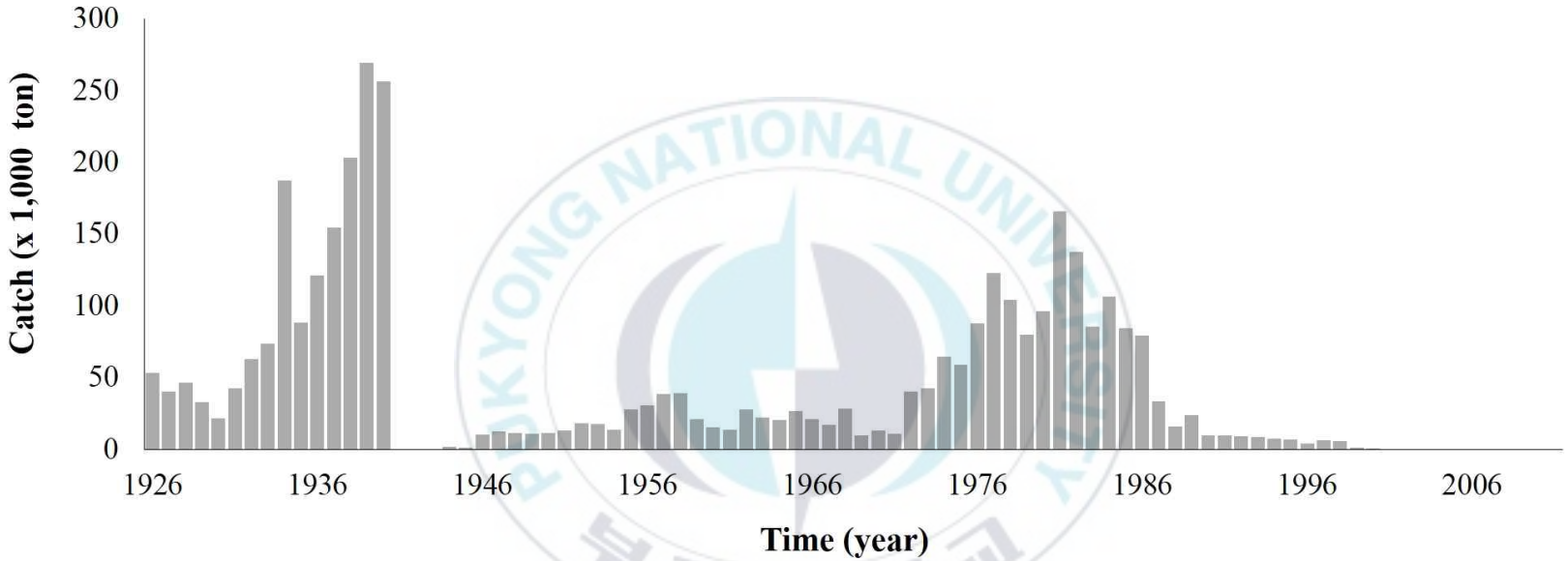

Figure 4. Annual catch of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) in the East Sea from 1926 to 2008. Notice that the catches before 1945 were mostly from the North Korean waters, while those after 1945 were only from South Korean statistics.

Ⅱ. 자료와 방법

2.1 생물학적 자료

국립수산과학원 연구자들은 1960년대 중반부터 동해에서 여러 어업으로 어획된 명태를 수집하여 이들의 수산학적, 생물학적 정보-양륙항, 해구, 어업, 어획 일자, 체장, 체중, 체고, 연령, 성별, 숙도, 생식소 무게, 위중량, 척추골 수-를 기록하였다. 전 기간 동안 모든 정보들이 기록되지는 않았으나, 기본적인 생물학적 정보인 체장, 체중, 성별, 숙도, 생식소 무게는 비교적 지속적으로 기록되어있다. 특히 체장은 전장(total length, TL), 가랑이체장(fork length, FL), 표준체장(standard length, SL)이 기록되어 있으며, 세 체장이 모두 기록되어있거나 선택적으로 기록되어있다.

시료의 수는 1976년에 939마리로 가장 많이 채집하였으며, 1965-2003년 동안에 11,999마리를 채집하여 연평균 428마리를 채집하였다(Table 1). 또한 시료의 69%가 겨울인 11-2월에 채집이 되었다(Table 2). 그러나 시료가 매해 연속적으로 채집된 것이 아니라 1973-1985년에 6612마리, 1991-2003년에 5601마리로 두 기간에 집중적으로 채집되었다. 이 시기를 명태 어획량의 관점에서 보았을 때, 1973-1985년은 명태의 어업이 번성했던 시기이고 1991-2003년은 명태의 어업이 쇠퇴하던 시기이다. 따라서 1973-1985년을 명태의 자원량이 많았던 시기, 1991-2003년은 명태의 자원량이 적었던 시기로 가정하였다.

Table 1. The number of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*).

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	…	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2002	2003	Total (%)
Danish Seine	100				200										100	333		340	80		166	66	21	18			1424 (12.2%)
Pollock gillnet				120																							120 (1.0%)
Long line	100	278	40		260		120	60	480		300		100		229	146	100					271	64				2548 (21.8%)
Drift gill net																						47					47 (0.4%)
Gill net			594	759	280	540	570	360		500	210	490				121			250		230		467	85			5456 (46.7%)
Bottom trawl				60			60																				120 (1.0%)
Bottom -gill net							30																				30 (0.3%)
Trawl																232	338										570 (4.9%)
Unknown																			60	210	92	161		107	174	552	1356 (11.6%)
Total	200	278	634	939	740	540	780	420	480	500	510	490	100	…	329	832	438	340	390	210	488	545	552	210	174	552	11671

Table 2. The number of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) collected during winter (November-February).

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	…	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2002	2003	Total (%)
Danish Seine																233		340	80			66	21	18			756 (9.3%)
Pollock gillnet				120																							120 (1.5%)
Long line	100	228	40		260		120	60	480		200		100		229	116						118	64				2115 (25.9%)
Gill net			290	359	220	360	360	300		400	210	390				103			250		230		165				3637 (44.6%)
Bottom trawl							60																				60 (0.7%)
Trawl																93	338										431 (5.3%)
Unknown																			60	210	92	117		46	54	453	1032 (12.7%)
Total	100	228	330	479	480	360	540	360	480	400	410	390	100	…	229	545	338	340	390	210	322	301	250	64	54	453	8153

2.1.1. 자료 보정

명태의 생물학적 자료는 오랜 기간 여러 과학자들을 거쳐 수집된 자료이기 때문에 자료를 분석하는 과정에서 많은 오류를 발견하였다. 따라서 더욱 정확한 결과를 위하여 올바른 자료를 선별하는 과정이 필요하다 판단하였으며, 명태의 체장과 체중 자료를 이용하여 보정하였다.

체장 자료의 보정은 수기로 작성된 기록들을 데이터로 입력하는 단계에서 발생한 분명한 오타와 전장, 가랑이체장, 표준체장의 정의에 맞지 않는 자료들을 제거하였다. 즉, 전장이 가랑이체장 혹은 표준체장보다 작거나 가랑이체장이 표준체중보다 작은 자료를 제거하였다(부록 참조). 이 과정에서 11,479개의 가랑이체장 자료 중에서 221개가 제거되어 11,258개가 연구에 사용되었다. 또한 선택적으로 기록된 체장 자료를 가랑이체장으로 통일하기 위하여 성별에 따라 가랑이체장과 전장, 표준체장간의 회귀분석(regression analysis)을 하여 관계식을 구하였다.

암컷

$FL=0.950TL+0.792$ $(r^2=0.979)$

$FL=1.033SL+1.434$ $(r^2=0.972)$

수컷

$FL=0.956TL+0.575$ $(r^2=0.986)$

$FL=1.037SL+1.320$ $(r^2=0.952)$

가랑이체장이 기록된 경우에는 그 값을 사용하였지만 가랑이체장이 기록되지 않고 전장 또는 표준체장만 기록되어 있을 경우에는 상기 관계식을 이

용하여 가랑이체장을 유추하였다. 또한 가랑이체장이 기록되지 않고 전장과 표준체장이 함께 기록된 경우에는 각 체장으로부터 유추한 가랑이체장을 평균하였다. 이 과정에서 11,258개의 가랑이체장 자료가 11,772개로 늘어나 더욱 많은 체장 자료를 연구에 활용할 수 있었다.

체중 자료의 보정은 체장 자료의 보정을 마친 자료를 이용하여 가랑이체장-체중 산포도를 그려 그래프에서 크게 벗어나는 값들을 제거하였다(Fig. 5). 이 과정에서 10843개의 체중 자료 중에서 473개가 제거되어 10370개가 연구에 사용되었다. 제거된 자료 중 대부분이 특정한 몇몇 기간에 기록된 것으로, 자료를 입력하는 과정에서 문제가 발생한 것으로 예상된다.

명태의 체장빈도분포, PSD(Proportional Stock Density), 상대 체장 빈도분포(Relative Length Frequency)와 같이 체장 자료만을 이용한 분석에는 체장 자료의 보정을 거친 자료를 사용하였으며, 명태의 비만도, 50% 성숙체장, 생식소 숙도 지수(Gonad Somatic Index, GSI)와 같이 체장과 체중 자료를 모두 이용한 분석에는 체장 자료와 함께 체중 자료의 보정까지 거친 자료를 사용하였다.

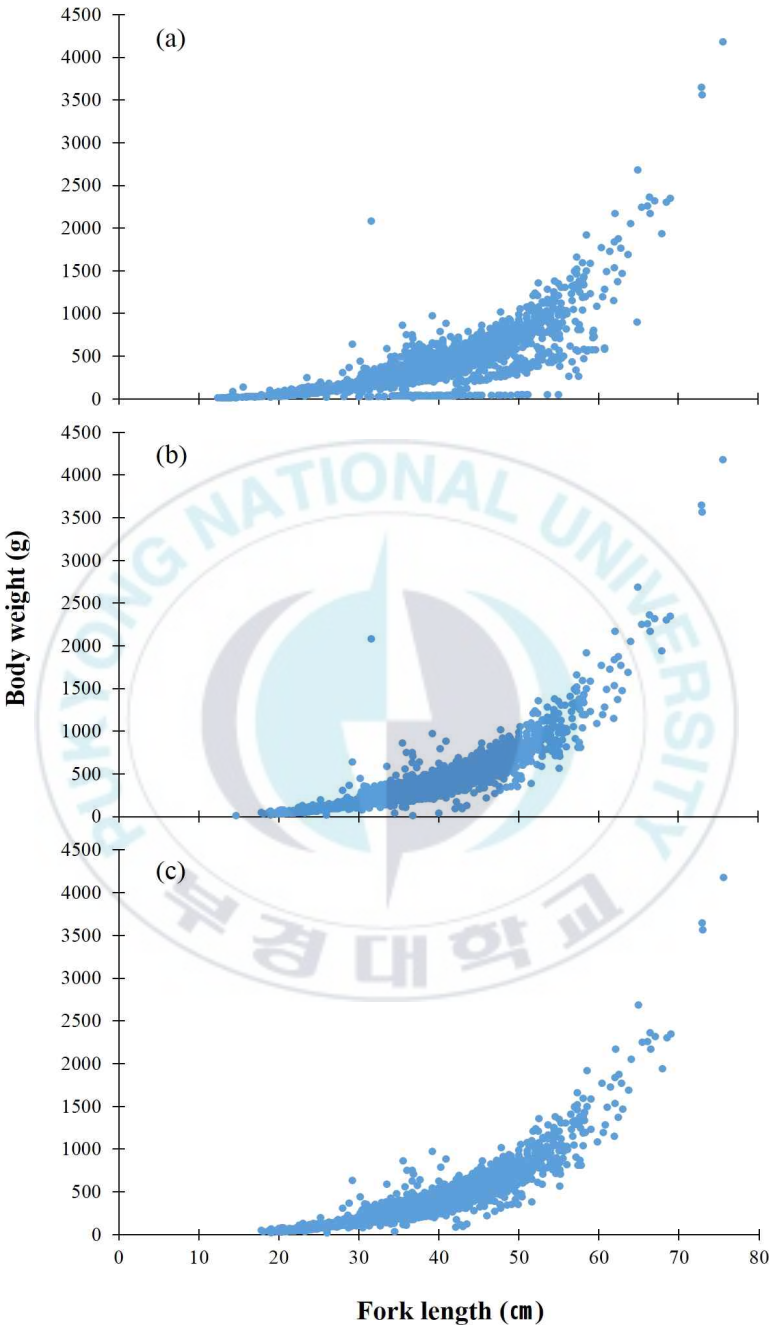

Figure 5. Calibration process of body weight (a) raw data, (b) remove mistakes and (c) after calibration

2.1.2. 생물학적 파라미터의 추정

1973-1985년, 1991-2003년의 명태 자원의 가입(recruitment) 강도를 비교하기 위하여 PSD(Proportional Stock Density)와 상대 체장 빈도 분포(Relative Length Frequency)를 분석하였다. 또한 명태의 성장을 비교하기 위하여 명태의 체장 빈도 분포와 비만도를 분석하였으며, 명태의 성숙을 비교하기 위하여 명태의 50% 성숙 체장과 생식소 숙도 지수(Gonad somatic index, GSI)를 분석하였다.

PSD(Proportional Stock Density)

PSD(Proportional Stock Density)는 Anderson이 1976년에 처음으로 도입한 지수로 호수에서 어획된 어획물의 체장을 이용하여 자원으로 이용할 수 있는 개체의 밀도를 나타낸 지수이다. 큰 비용이나 불필요한 어획 없이 자원의 밀도를 파악하여 어획금지체장과 같은 자원 관리를 위한 지표가 되는 지수이기도 하다. Gablehouse(1984)는 Weithman(1978)의 Fish Quality Index에서 착안하여 어류의 체장을 5가지로 구분하였다; Stock, Quality, Preferred, Memorable, Trophy. PSD는 Stock 체장과 Quality 체장을 사용한다(Fig. 6). Stock 체장은 어류가 성숙하는 시점의 체장이며 Quality 체장은 낚시꾼들이 어획하고 싶어 하는 최소 체장으로 즉, 상품가치가 발생하는 시점의 체장을 의미한다(Anderson, 1978). 상기 생물학적 정의에 따라 명태의 Stock 체장은 본 연구 결과에서의 50% 성숙 체장인 32㎝와 37㎝의 평균인 34.5㎝를 반올림하여 35㎝로 설정하였다. 1997년, 1999년의 명태의 생물학적 자료에서 구입 당시의 상자 크기와 체중 정보가 있는 30마리 중, 대형 명태의 최소 체중은 342g이다. 이에 해당하는 체장을 찾아내기 위해 생물학적 자료에서 332-352g(342±10g)에 해당하는 시료의 가랑이

체장을 평균하였더니 39㎝로 나타났다. 따라서 Quality 체장은 39㎝로 설정하였다. 어류가 가장 많이 어획되었고 성장이 가장 더딘 11-2월에 어획된 암컷 명태의 자료를 사용하였으며 1973-1985년에는 2690마리, 1991-2003년에는 1265마리의 체장 자료가 분석에 사용되었다. PSD는 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$PSD = \frac{Nmber \geq \min.quality length}{Nmber \geq \min.stock length} \times 100$$

상대 체장 빈도 분포(Relative Length Frequency)

상대 체장 빈도 분포(Relative Length Frequency)는 Bonar가 2002년에 개발한 어류 개체군의 체장 구조를 추정하는 방법으로 어류 개체군 역학(Population Dynamics)의 추세를 대략적으로 파악할 수 있는 방법이다. 지역의 구분 없이 전체 어획물의 체장 빈도 분포를 나타낸 평균 체장 빈도 분포(Statewide Average Length Frequency)와 각 지역의 체장 빈도 분포를 비교하는 방법으로, 서로 다른 지역의 어류 개체군을 비교하기 위해 만들어진 지수이다. 하지만, 생물학적 자료의 특성에 따라 같은 지역에서 어획되었지만 서로 다른 두 기간의 체장 빈도 분포를 비교하는 방법으로 변형하여 1973-1985년과 1991-2003년에 어획된 명태를 서로 다른 개체군이라 가정하고, 두 기간의 체장 빈도 분포와 기간의 구분 없이 전체 어획물의 체장 빈도 분포인 평균 체장 빈도 분포(Wide-temporal Average Length Frequency)와 비교하였다. 상대 체장 빈도 분포의 분석에는 어류가 가장 많이 어획되었고 성장이 가장 더딘 11-2월에 어획된 암컷 명태의 자료를 사용하였으며, 1973-1985년에는 2690마리, 1991-2003년에는 1265마리의 체장 자료가 분석에 사용되었다.

체장빈도분포

명태의 체장 빈도 분포를 이용하여 명태의 체장이 어떠한 경향을 보이며 변화하였는지 보고자 하였다. 어류가 가장 많이 어획되었고, 성장이 가장 더딘 11-2월에 어획된 명태의 자료를 사용하였으며, 체장 계급 구간의 간격은 2㎝로 설정하였다. 1973-1985년에 암컷 2690마리와 수컷 1770마리, 1991-2003년에 암컷 12665마리, 수컷 939마리의 체장 자료가 분석에 사용되었다.

비만도

비만도는 체장-체중 관계식과 함께 어류의 건강성을 평가하는 방법 중 하나로, 비만도를 이용하여 명태의 섭식 상태를 보고자 하였다(Seo, 2005; Ko *et al.*, 2012). 명태는 성별에 따라 체장과 체중이 차이가 나기 때문에, 비교적 자료의 수가 많았던 암컷을 선택하여 비만도를 분석하였다. 명태 비만도의 월변화는 비만도를 두 기간에 따라 월별로 평균하였으며, 1973-1985년에는 3824마리, 1991-2003년에는 1885마리의 자료를 사용하였다. 명태 비만도의 연변화는 비교적 자료의 수가 가장 많았던 1월에 어획된 명태의 비만도를 평균하였으며 1973-1985년에는 1175마리, 1991-2003년에 660마리의 체장과 체중 자료가 분석에 사용되었다. 비만도는 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$Condition\ Factor = \frac{BW}{FL^3} \times 10^4$$ (BW: 체중(g), FL: 가랑이체장(㎝))

50% 성숙 체장

50% 성숙 체장은 크기별 성숙 개체의 비율로써 명태의 재생산에 참여하는 체장을 추정하기 위해 사용하였다. 어류의 체장은 어법과 시대에 따라

달라지기 때문에 어구 구조 및 조업 방법에 큰 변화가 없는 연승으로 어획된 명태를 선택하였으며, 어류의 산란기에 해당하는 11-2월에 어획된 암컷 명태의 자료를 이용하였다. 1973-1985년에는 1049마리, 1991-2003년에는 259마리의 체장과 숙도 자료가 사용되었다. 50% 성숙 체장은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$P_i = \frac{1}{1+e^{-b_0-b_1FL}}$$ (P_i: i체장계급에서의 군 성숙도 비율 (%))

생식소 숙도 지수(Gonad somatic index, GSI)

생식소 숙도 지수의 월변화로 명태의 산란기 변화를 보고자 하였다. 암컷 명태의 자료를 사용하였으며, 1973-1985년에 3677마리, 1991-2003년에 1851마리의 체중과 생식소 무게 자료가 사용되었다. 생식소 숙도 지수는 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 10^2$$ (GW: 생식소 중량(g), BW: 체중(g))

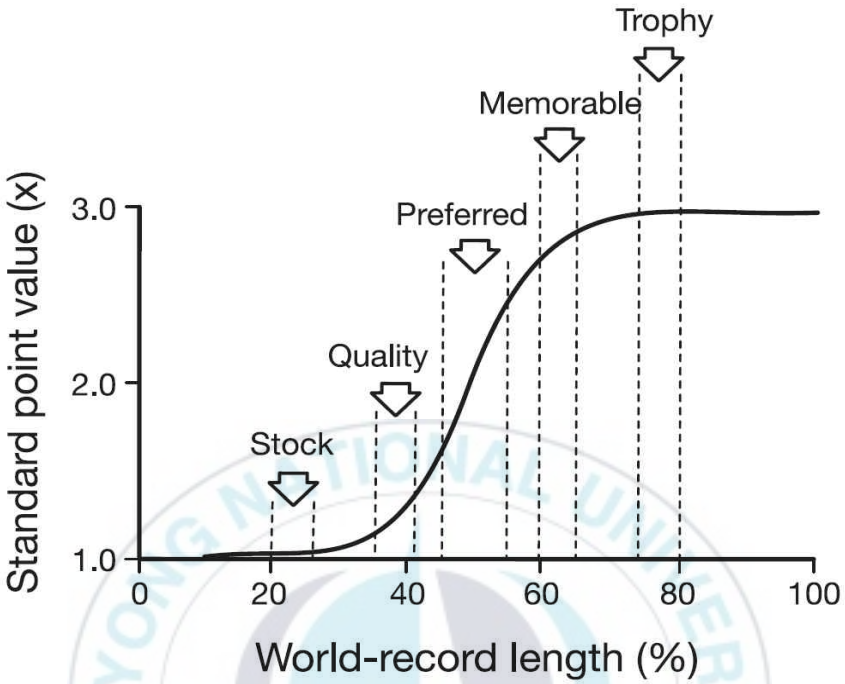

Figure 6. Five-cell length categorization system based on Weithman's (1978) fish quality index (Gabelhouse, 1984). PSD need for two-cell (stock and quality lengths) model for size structure analysis.

2.3. 환경 자료

생물학적 자료에서 어획된 해구에 대한 정보가 있는 8093마리 중, 7752마리가 55, 56, 62, 63번 해구에서 어획되었다(Fig. 7a). 이를 명태의 서식처라고 가정하고, 명태 서식처의 해양 환경 변화를 규명하기 위하여 국립수산과학원 한국해양자료센터(Korea Oceanographic Data Center, KODC)에서 수집한 정선 해양관측자료를 이용하였다. 한국해양자료센터에서 수집한 해양 환경 자료는 격월로 수심별 수온, 염분, 용존산소, 동물플랑크톤의 생물량 등의 관측치를 기록하고 있다. 본 연구에서는 1973-2003년의 해구 55, 56, 62, 63에 해당하는 정선 105의 00, 03, 04, 05정점, 정선 106의 02, 03, 04, 05정점, 정선 107의 01, 02, 03, 04, 05정점의 수온 자료를 이용하였다(Fig. 7b).

동해의 수온 체제 변환을 보기 위하여 월별·수심별 수온을 분석하였다. 그중 2월과 4월의 해양 환경은 명태가 산란한 후 표층으로 떠오른 알의 부화와 명태 자·치어의 기관 발달 및 성장에 영향을 주어 명태의 가입에 영향을 미칠 것이라 가정하였다. 한편 명태 성어는 수심 200m보다 깊은 곳에 서식하지만, 200m보다 깊은 곳의 수온은 큰 차이가 없었으며 자료도 부족하였다. 따라서 수심 200m의 해양 환경은 명태 성어의 서식처로 연중 내내 명태의 성 기관 성숙과 성장에 영향을 미칠 것이라 가정하였다. 수심 200m의 연평균 수온은 각 해의 2월, 4월, 6월, 8월, 10월, 12월의 평균값을 평균하였으며 1991년과 1992년에는 12월의 관측 값이 누락되어 본 연구에서도 생략하였다.

동물플랑크톤 생물량은 해양수산부 국립해양진흥원에서 발간한 한국해양연보를 참고하였으며 1977-2003년의 자료를 사용하였다.

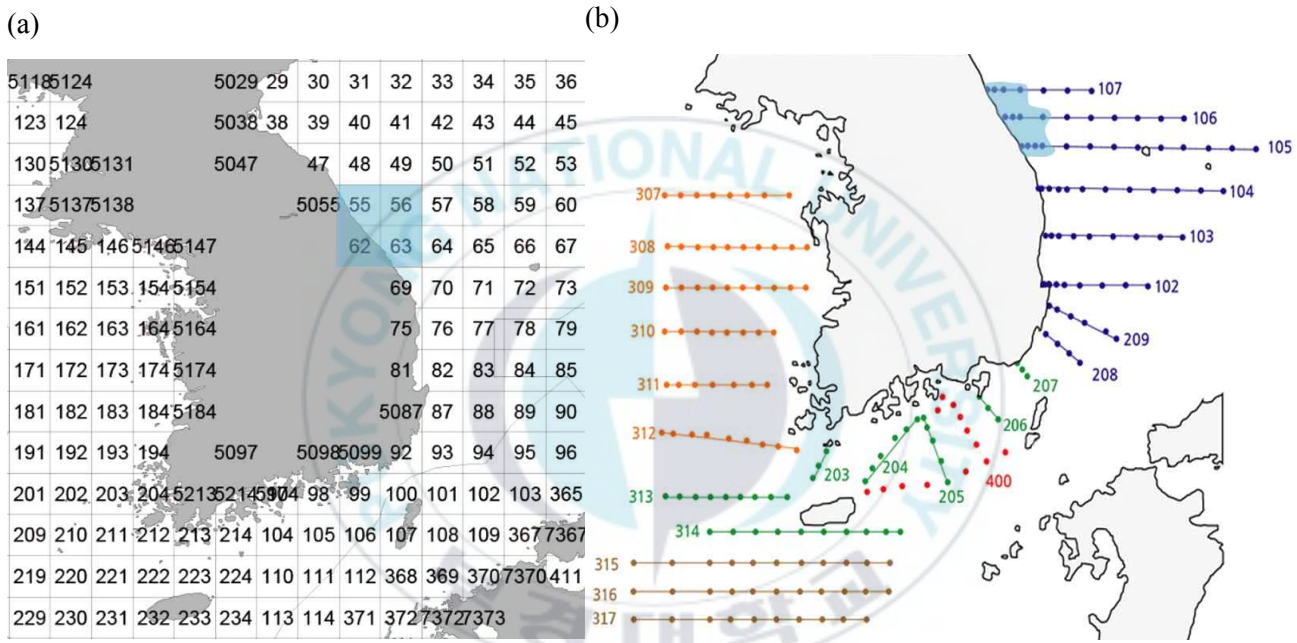

Figure 7. Study area in the East Sea. (a) statistical subarea for fishery information around the Korean peninsula. Shade area represents the fishing area of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) fishery. (b) sampling area of the oceanic environmental data. Shaded area is regarded as walleye pollock habitat.

2.4. 통계 분석

동해 수온 체제의 구분은 SRSD(Sequential Regime Shift Detector, STARS) Version 5.를 이용하였다. SRSD는 2004년에 Rodionov가 개발한 연속적인 t-test를 기반한 알고리즘으로 체제 변환(regime shift)이 일어나는 전환점을 밝히는데 사용된다. 그러나 최근에는 알고리즘의 오류를 최소화하기 위해 F-test를 사용한다. SRSD는 Target significance level(p), Cut-off Length(l), Hurber weight parameter(h) 3가지의 파라미터를 필요로 하며, 본 연구에서는 p=0.5, l=5, h=1로 설정하였다.

또한 자료의 보정 및 두 기간의 해양 환경 요인과 명태의 생물학적 특징 간의 관계를 알아보기 위해 IBM SPSS Statistic Software (Version 22)를 사용하여 상관분석과 회귀분석을 하였다.

Ⅲ. 결과

3.1. 해양 환경 변화

3.1.1. 해수온 체제 변환

지난 40년간 수온 변동은 표층에서 가장 크고, 수심이 깊어질수록 감소하였다. 2월 표층수온은 1976-1980년에는 온난기, 1981-1986년에는 한랭기를 거쳐 1991년부터는 대체로 온난기이다(Fig. 8). 한편, 수심 200m의 연평균 수온은 1973-1977년에는 온난기, 1978-1982년에는 중간기, 1983-1986년에는 한랭기, 1987-1994년에는 온난기, 1995년 이후는 한랭기이다(Fig. 9).

2월 평균 표층수온은 1973-1985년에는 7.74℃, 1993-2003년에는 8.87℃로 1993-2003년의 표층수온이 약 1.13℃ 더 높았다. 수심 200m의 연평균 수온은 1973-1985년에는 1.69℃, 1993-2003년에는 1.48℃로 1993-2003년의 평균 수온이 약 0.21℃ 더 낮았다.

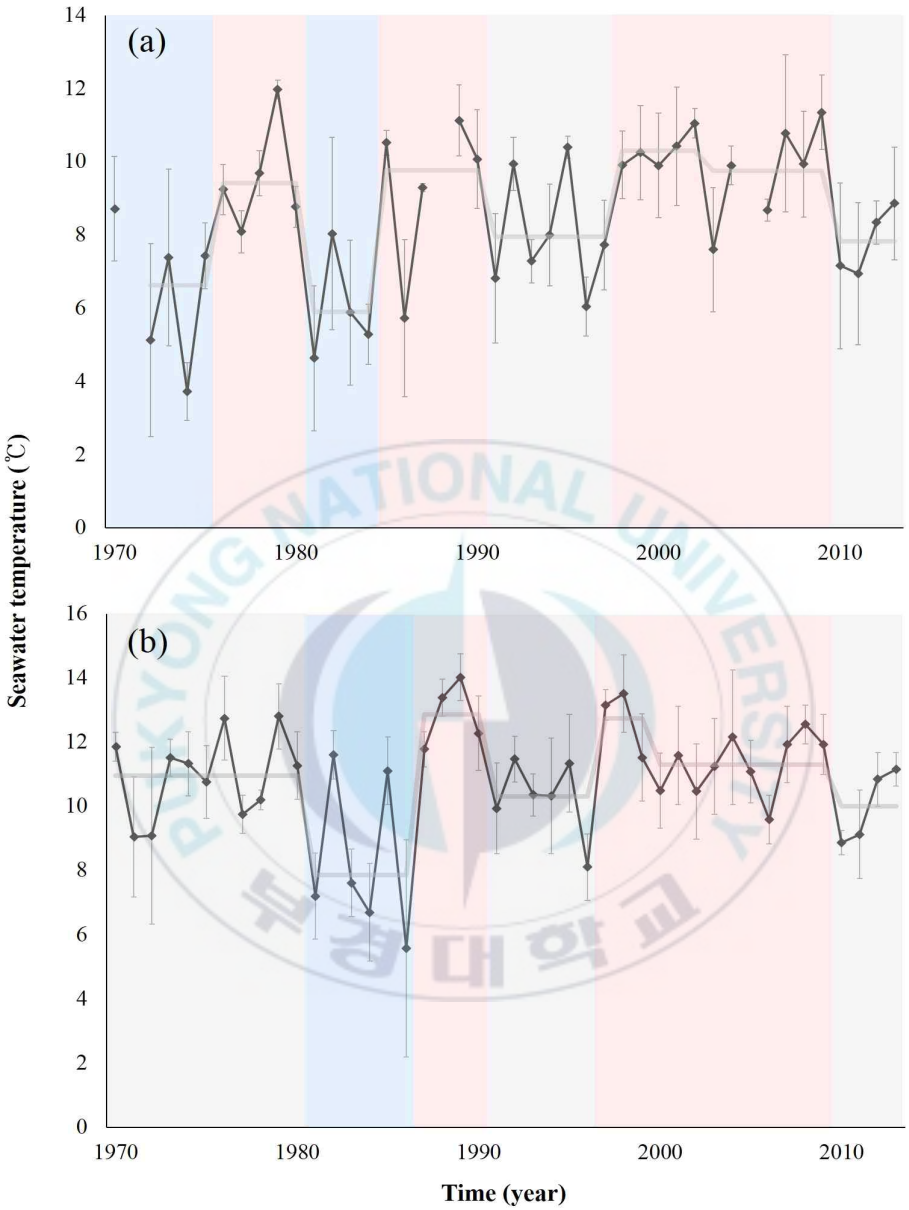

Figure 8. Some representative seawater temperature regime in the coastal area of the East Sea. (a) 0m, February and (b) 0m, April.
Red shaded represented warm period, blue shaded represented cold period and gray shaded represented intermediate.

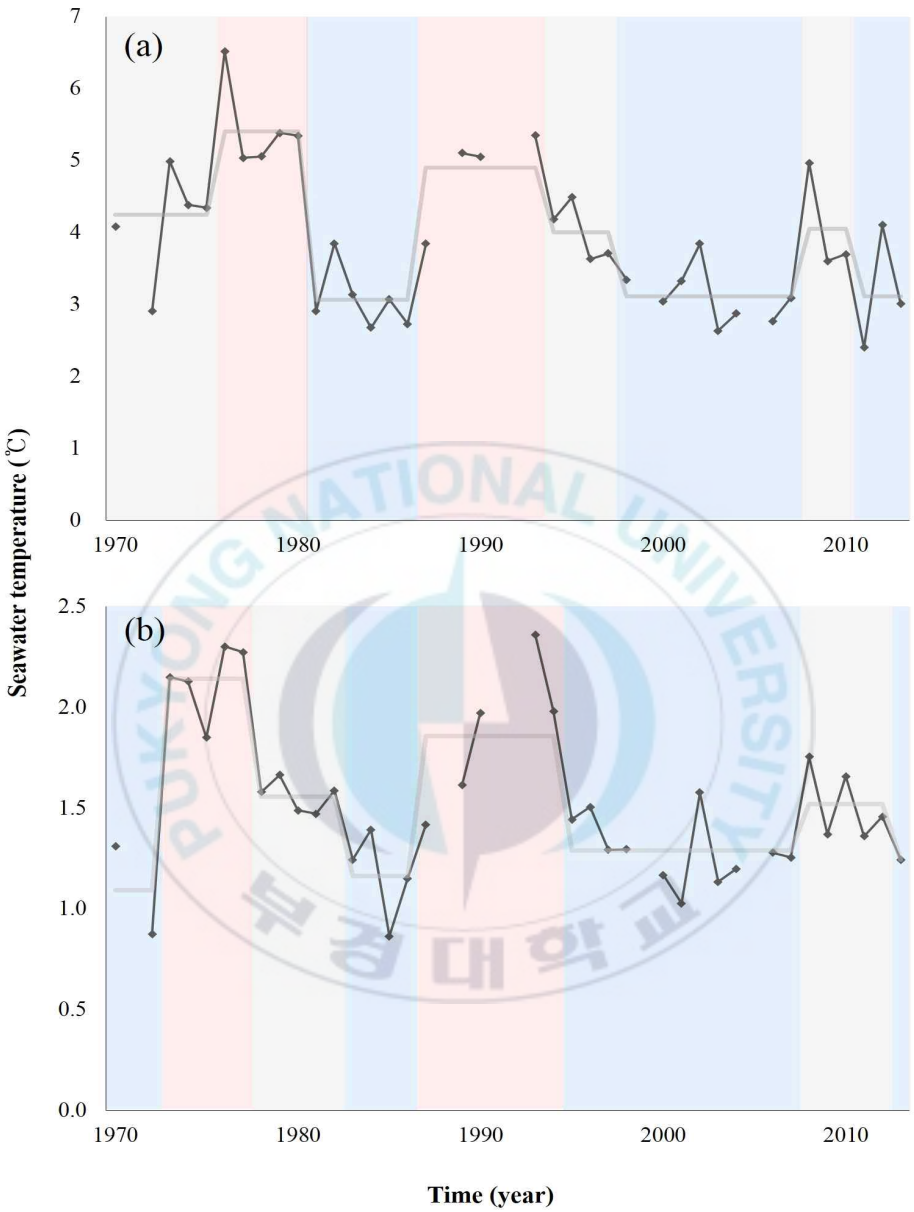

Figure 9. Some representative seawater temperature regime in the coastal area of the East Sea. (a) 100m, annual mean and (b) 200m, annual mean. Red shaded represented warm period, blue shaded represented cold period and gray shaded represented intermediate.

3.1.2. 동물플랑크톤

동해의 동물플랑크톤 생물량은 1977-1990년에는 약 50㎎/㎥를 유지하였으나, 1993년에는 150㎎/㎥, 1994년에는 250㎎/㎥으로 급격히 증가하였다(Fig. 10). 1977-1985년에는 평균 동물플랑크톤 생물량이 52.45㎎/㎥이었으며, 1993-2003년에는 평균 동물플랑크톤 생물량이 188.88㎎/㎥로 약 3.6배 이상 차이를 보이며 급격히 증가하였다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

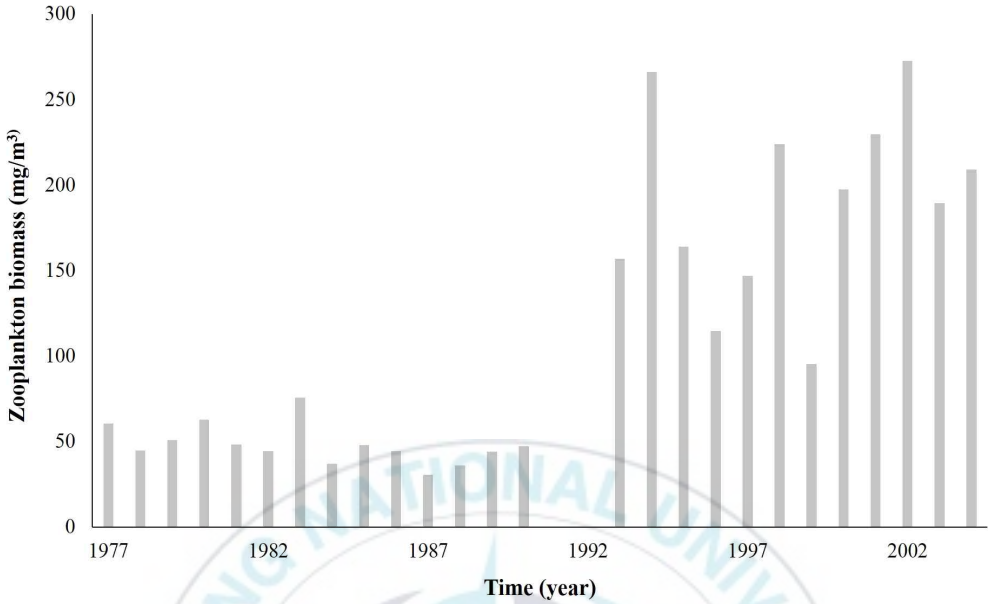

Figure 10. Annual zooplankton biomass in the East Sea.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

3.2. 명태의 생물학적 파라미터

3.2.1. PSD(Proportional Stock Density)

1973-1985년과 1991-2003년의 PSD는 큰 변동을 보였으나, 1973-1985년에는 PSD의 평균이 38.6이고 1991-2003년에는 PSD가 평균 59.4이다. 따라서 1973-1985년에는 성 성숙이 이루어져 어류의 재생산에 참여하면서 상품가치가 있는 명태의 비율이 1991-2003년보다 낮았다(Fig. 11). 즉, 자원량이 많았던 시기에는 명태의 가입 강도가 상대적으로 높았으나, 자원량이 적었던 시기에는 명태의 가입 강도가 상대적으로 낮았다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

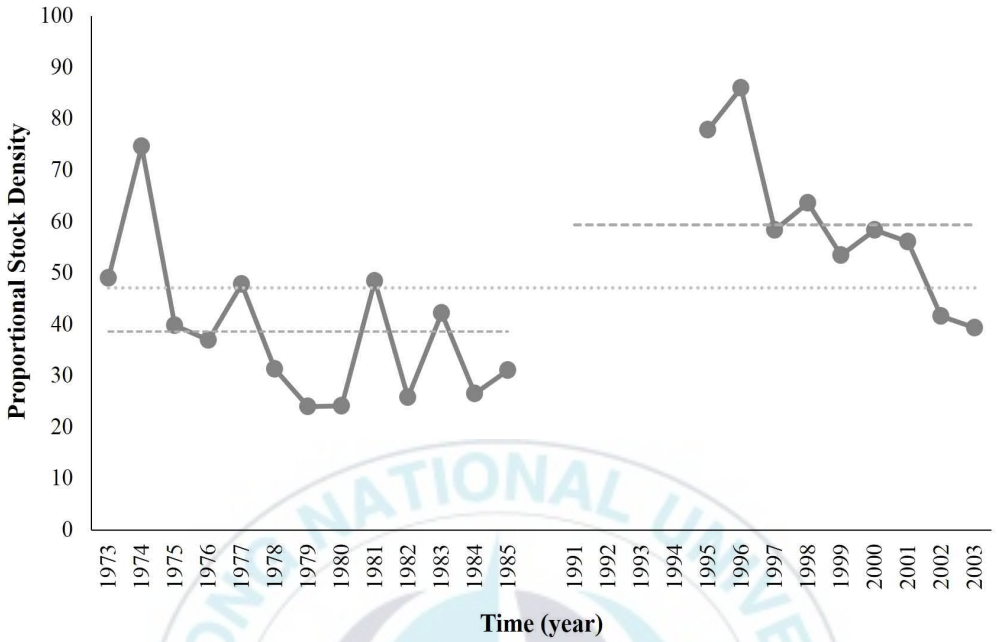

Figure 11. Proportional Stock Density of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*).

3.2.2. 상대 체장 빈도 분포(Relative Length Frequency)

1973-1985년에는 체장 빈도 분포가 평균 체장 빈도 분포와 비슷한 경향을 보이지만, 1991-2003년에는 체장 빈도 분포가 평균 체장 빈도 분포보다 오른쪽으로 치우쳐있다(Fig. 12). Bonar(2002)의 해석에 따르면 체장 빈도 분포가 평균 체장 빈도 분포보다 오른쪽으로 치우쳐져있기 때문에 자원량이 적었던 시기에는 가입 강도가 낮았다. 이러한 결과는 앞서 분석한 PSD와 함께 명태의 가입 강도가 약화된 것을 설명할 수 있다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

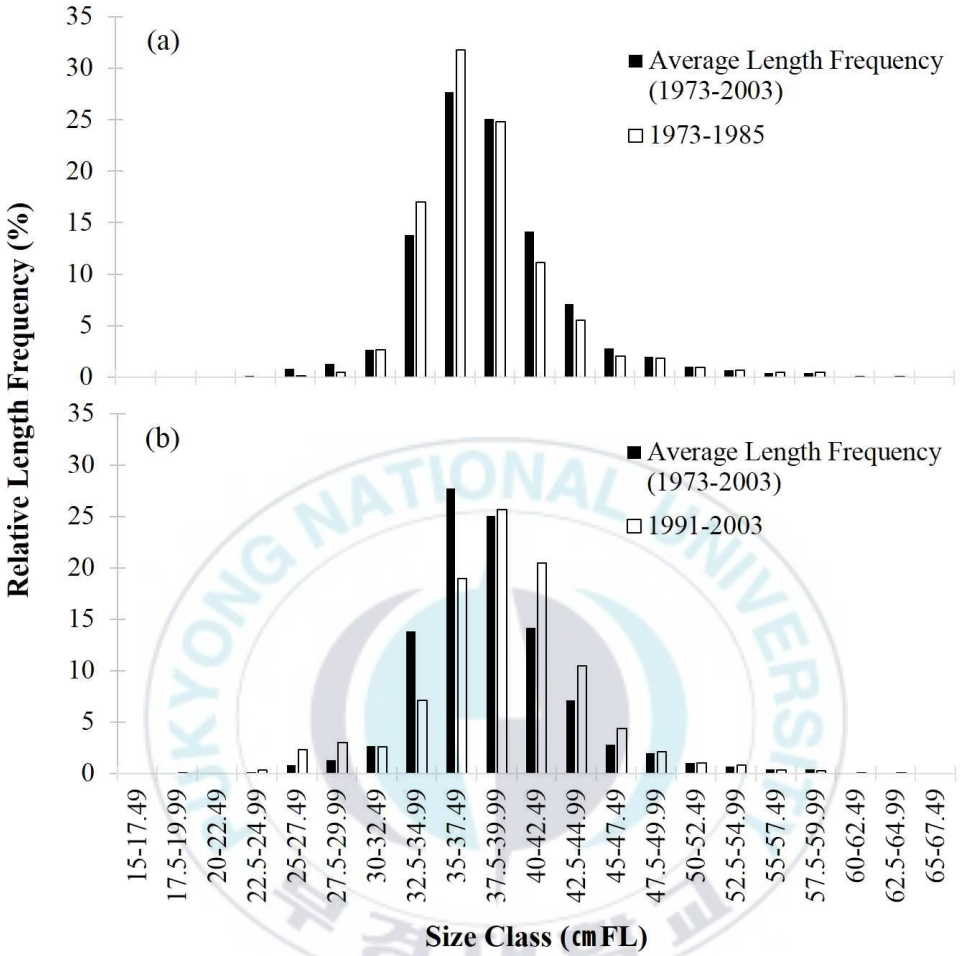

Figure 12. Relative Length Frequency of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*). Black bar indicate Temporal-wide Average Length Frequency (1973-2003) and white bar indicate population sample. (a)1973-1985, (b) 1991-2003.

3.2.3. 체장

명태의 체장 범위는 1973-1985년에는 암컷은 26.6~64.8㎝, 수컷은 26.7~58.7㎝이며, 1991-2003년에는 암컷은 18.7~62.8㎝ 수컷은 17.8~55.2㎝이다. 1973-1985년에는 암컷은 36~38㎝가 전체의 25.6%를, 수컷은 전체의 34~36㎝가 27.1%로 가장 높은 빈도로 나타났으며, 1991-2003년도에는 암컷은 38~40㎝가 전체의 21.5%를, 수컷은 36~38㎝가 전체의 20.6%로 가장 높은 빈도로 나타났다(Fig. 13). 즉, 1990년대 후반으로 들어서며 명태의 크기가 증가하는 추세이며, 이는 1990년대 표층수온의 상승으로 인한 동물플랑크톤의 폭발적인 증가와 명태 자원량의 감소로 먹이경쟁도 감소하여 명태의 성장이 더욱 빨라졌음을 의미한다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

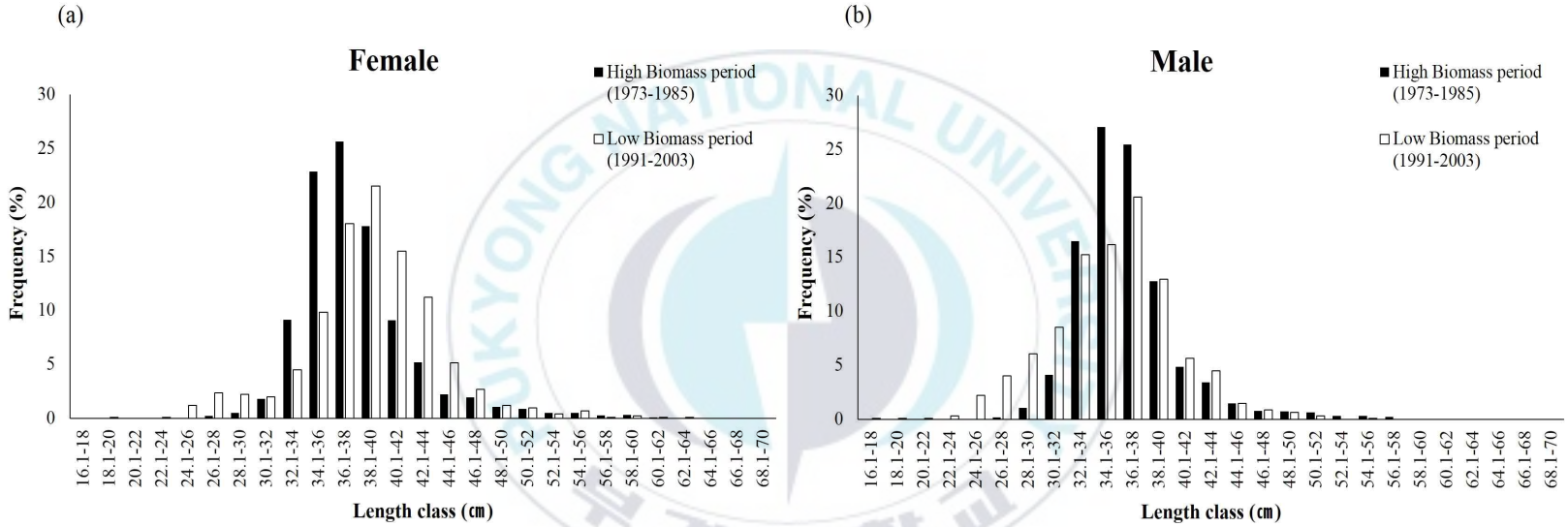

Figure 13. Length frequency of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*). (a) female, (b) male.

3.2.4 비만도

명태 비만도는 대체로 봄에 상승하고 가을과 겨울에 감소하는 추세를 보인다. 1973-1985년에는 명태의 비만도가 8월에 72.78로 가장 높았고, 1991-2003년에는 7월에 72.34로 가장 높았다. 즉, 자원량이 적었던 시기에 명태의 비만도가 더 빨리 최대치에 도달하였다(Fig. 14).

명태 비만도는 1973-1985년에는 평균 56.87, 1991-2003년에는 평균 59.96이다. 즉, 자원량이 적었던 시기에 비만도가 더 높았다(Fig. 15).

명태 비만도와 먹이생물인 동물플랑크톤 생물량을 비교한 결과, 1990년대에 명태의 비만도가 급격히 증가하였으며, 동물플랑크톤의 생체량 역시 급격히 증가하였다(Fig. 16). 명태의 비만도와 동물플랑크톤 생체량의 상관분석 결과, 상관계수는 0.770로 강한 양의 상관관계가 나타났다($p<0.01$). 명태 비만도의 증가의 원인은 1990년대 표층수온의 상승으로 인한 동물플랑크톤의 폭발적인 증가와 명태 자원량의 감소로 먹이경쟁도 감소하여 먹이를 섭이하기에 좋은 조건이 형성되며 성장이 더욱 빨라졌음을 의미한다.

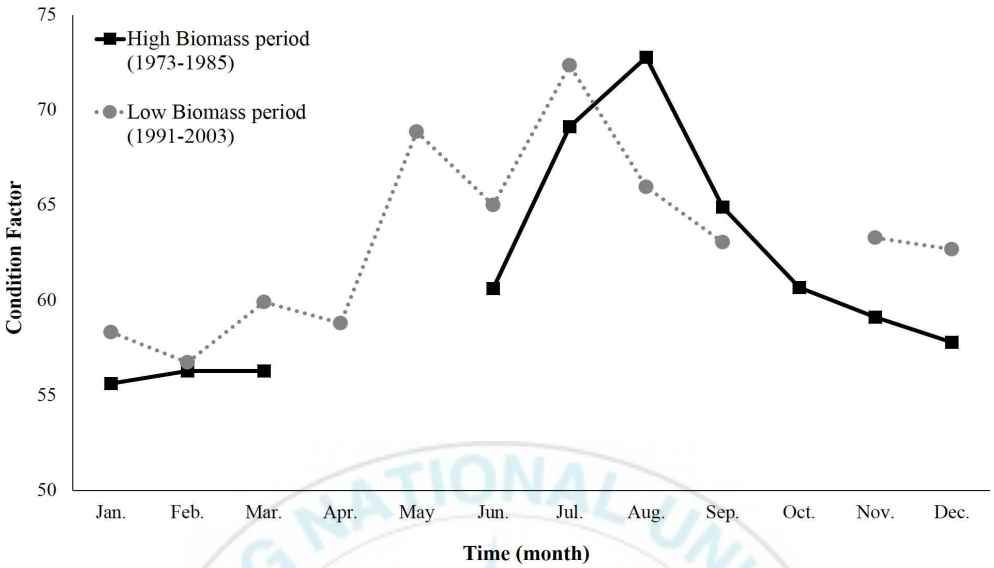

Figure 14. Monthly variation of condition factor of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*).

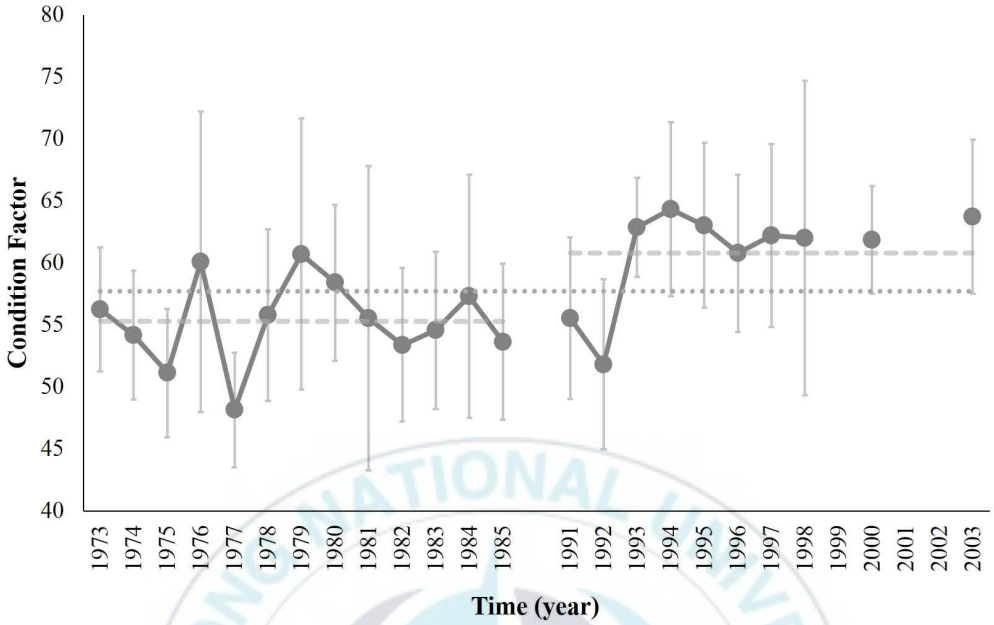

Figure 15. Yearly variation of condition factor of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*).

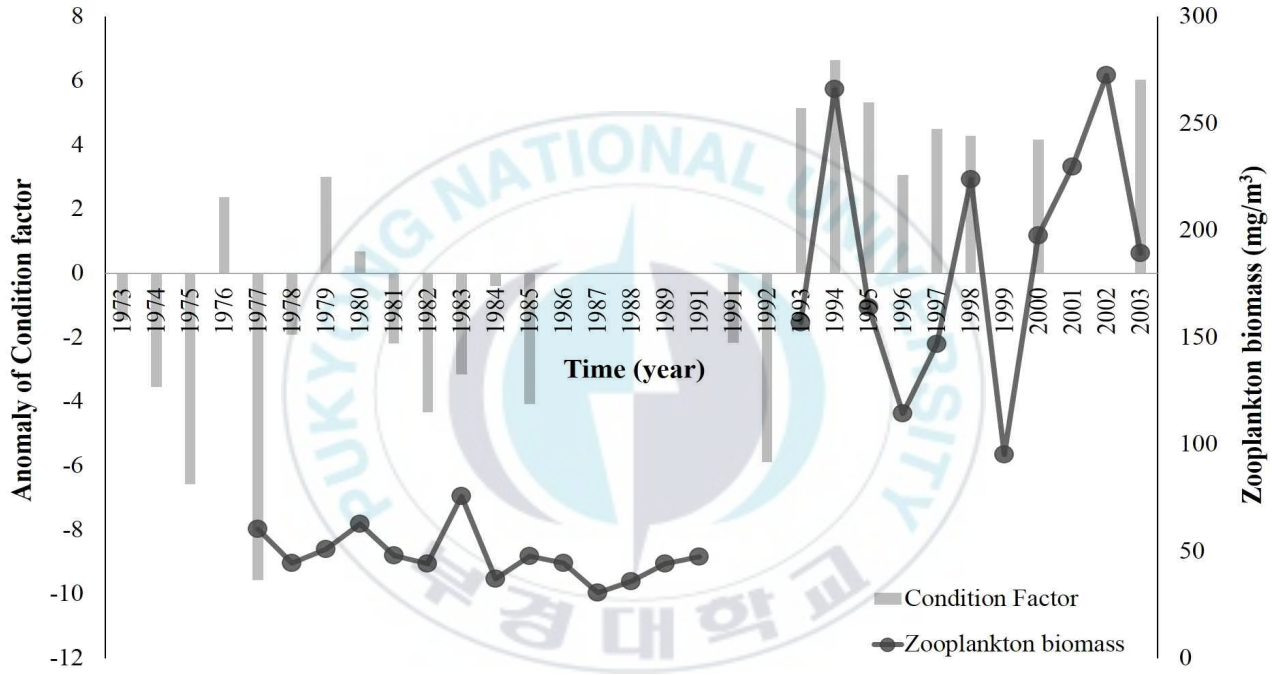

Figure 16. Comparison of condition factor of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) and zooplankton biomass in the East Sea.

3.2.5. 50% 성숙 체장

명태의 50% 성숙 체장은 1973-1985년에는 37㎝, 1991-2003년에는 32㎝로 약 5㎝의 차이를 보이며 1991-2003년에는 1973-1985년보다 더 작은 체장에서 성숙하였다(Fig. 17). 이는, 자원량이 적었던 시기에 성장이 빨라져 성숙도 빨라졌으며, 자원량이 급격히 감소함에 따라 더욱 빠른 번식을 위해 성숙이 빨라졌음을 의미한다.

1975-1983: $P_i = \frac{1}{1+e^{4.20-0.11FL_i}}$,

1991-2003: $P_i = \frac{1}{1+e^{3.94-0.12FL_i}}$

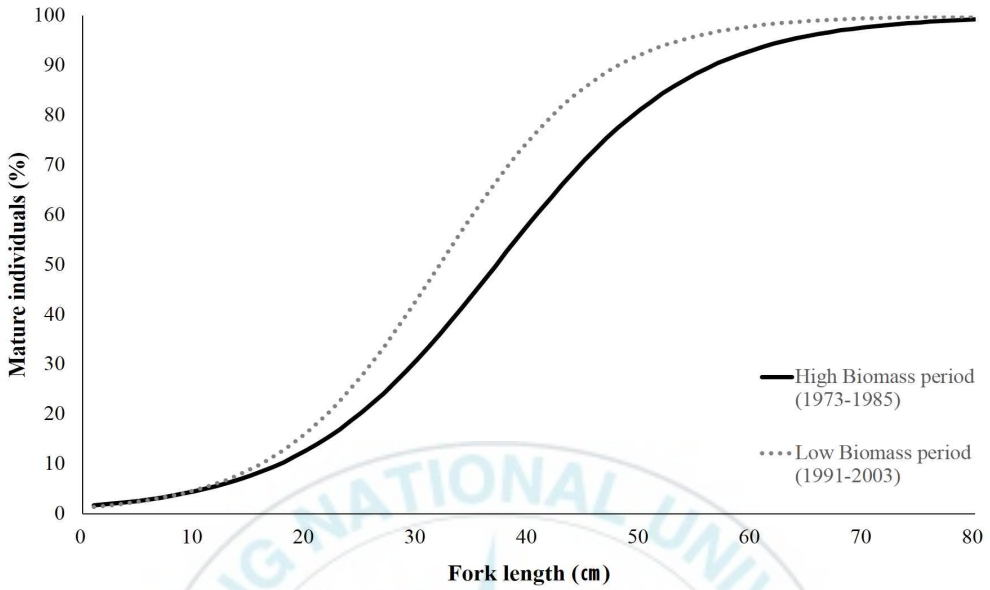

Figure 17. Logistic functions fitting the cumulative proportion of maturing and mature female walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) in the East Sea.

3.2.6. 생식소 숙도 지수

명태의 생식소 숙도 지수(GSI) 월변화는 1973-1985년에는 명태의 GSI가 2월에서 3월로 넘어가면서 6.65에서 2.41로 감소하였고, 1991-2003년에는 1월에서 2월로 넘어가면서 6.95에서 4.32로 급격히 감소하였다(Fig. 18). 명태의 자원량이 많았던 시기에는 2월에 산란하였고, 명태의 자원량이 적었던 시기에는 1월에 산란하였다. 즉, 자원량이 적었던 시기에 명태의 성장과 성숙이 빨라졌으며, 자원량이 급격히 감소함에 따라 더욱 빠른 번식을 위해 주 산란기가 앞당겨졌다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

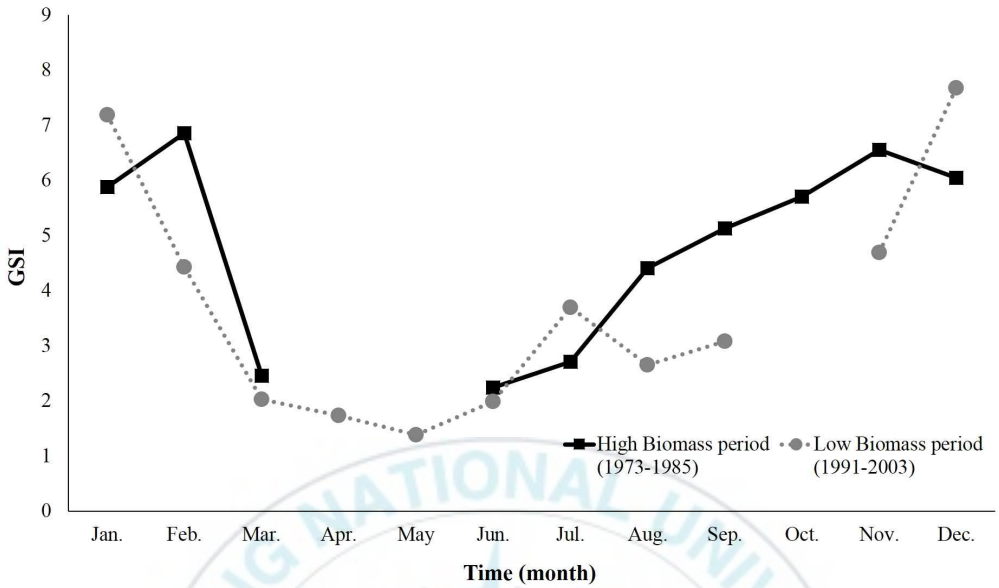

Figure 18. Monthly variation of GSI of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*).

Ⅳ. 고찰

본 연구는 동해에서 명태 어업이 번성하던 1973-1985년과 명태 어업이 쇠퇴하던 1991-2003년을 명태의 자원량이 많았던 시기와 적었던 시기로 가정하여 두 기간의 PSD와 상대 체장 빈도 분포, 체장, 비만도, 50% 성숙 체장, 산란기를 비교하여 어떠한 생물학적 변화가 명태 자원에 발생하였는지 살펴보았으며, 이러한 생물학적 변화가 명태 자원의 가입에 미친 영향을 밝히기 위한 준비 단계의 연구이다. 연구 결과, 1990년대에 들어서며 명태의 가입 강도가 약화되었다. 또한 자원량이 적을수록 경쟁의 감소로 먹이 섭이가 활발해져 성장이 빨라져 성숙도 빨라졌으며, 자원량이 급격히 감소함에 따라 더욱 빠른 번식을 위해 산란 시기가 앞당겨졌다.

명태는 페루 연안의 멸치류와 더불어 생체량(biomass)이 세계에서 가장 큰 해산 어종이며, 명태가 가장 많이 생산되는 베링해에서 1980년대 까지는 총 어획 생산량(catch production)의 약 80%를 차지하였다(Kim. 1992a). 어획물이 실제 해양에 서식하는 어류의 상태를 반영하는 것은 아니지만, 동해에 서식하는 명태는 어획량과 함께 동해구기선저인망어업과 동해구트롤어업의 단위노력당어획량(catch per unit effort: CPUE)이 1977년부터 감소상태였다(Lee, 1991). 따라서 명태 어획량 감소를 실제 동해에서의 명태 자원량의 감소로 볼 수 있기에 1973-1985년을 자원량이 많았던 시기, 1991-2003년을 자원량이 적었던 시기로 정의하였다.

Yanagimoto *et al.*(2002)의 연구에서는 베링해에 서식하는 암컷 명태의 체장은 1989년에 48㎝에서 가장 높은 빈도를 보이지만, 1999년에 56㎝에서 가장 높은 빈도를 보여 전반적으로 동해에 서식하는 명태보다 크기는 더

크지만 1990년도 후반에 더욱 큰 체장계급에서 가장 높은 빈도를 보인다는 결과가 본 연구의 결과와 일치하였다. 그러나 베링해에서는 1990년대에 어획량과 자원량의 큰 변화가 없어 밀도 종속 효과에 의한 영향은 배제되었을 것이다. 두 기간 동안 명태의 체장을 조금 더 명확히 비교하기 위해서는 어류의 연령이 고려되어야 한다. 그러나 본 연구에 사용된 생물학적 자료에는 연령 자료가 1970년대 후반에 국한되어 있어 추후에 자료를 보완하여 더욱 정밀한 연구가 진행되어야 할 것이다.

Hamatsu *et al.*(2004)의 연구에서는 일본 홋카이도에 서식하는 명태의 1980년대 후반의 50% 성숙 연령은 4세이고, 1990년대 초반의 50% 성숙 연령은 3.4세로 1990년대로 들어서며 성숙 연령이 감소하였다. 1980년대 후반의 일본의 명태 어획량은 150만 톤 전후를 유지하고 있었지만 1990년대 초반은 어획량이 50만 톤 수준으로 감소하여 어획량이 적었던 시기에 더욱 어린 개체에서 성숙이 일어났다는 결과가 본 연구의 결과와 일치하였다.

개체군의 풍도는 어류 개체군을 조절하는데 중요한 요소이며 개체군 풍도의 변화는 먹이의 경쟁을 통해 영향을 미친다(Lorenzen and Enberg, 2001). 개체군 풍도의 변화가 어류 개체군에 미치는 영향은 북서대서양의 발트해(Baltic Sea)에 서식하는 대서양대구(*Gadus morhua*)에서도 찾을 수 있다. 대서양대구(*Gadus morhua*)는 냉수성의 저서어류로 발트해에서 1960-1970년도에 가장 많이 어획되었으며 1980년대에 차츰 감소하기 시작하여 1990년에는 어획량이 기록적으로 낮은 양을 기록하였으나 최근 어획량이 회복되었다. 대서양 대구의 어획량 감소의 원인으로는 기후 변화와 남획의 가능성이 제기되고 있지만 역시 정확한 연구가 필요하다. 발트해는 동해와 비슷한 반폐쇄성 연안으로 해양 환경의 변화에 민감한 것이 특징이다. Cardinale(1999)의 연구에서는 발트해에 서식하는 대서양대구는 본 연

구의 결과와는 반대로 어획량이 적었던 시기에 산란기가 지연되었다. 그러나 어획량이 적었던 시기에 성숙 체장(Size at maturity)이 감소하여 본 연구의 결과와 같은 경향을 나타내었다. 이를 통해 자원량의 감소로 인한 먹이 경쟁의 감소와 자원량의 급격한 감소에 따라 더욱 빠른 번식을 위해 성숙이 빨라진 것을 알 수 있었다. 또한 발트해에 서식하는 대서양대구의 개체군은 자원량이 감소할수록 기후 변화의 영향을 강하게 받는다는 사실도 밝혀졌다(Brander, 2005). 이처럼 어류 개체군의 조절에는 해양 환경과 함께 개체군의 풍도도 중요한 요인임을 알 수 있다.

동해에 서식하는 명태 자원의 감소원인으로는 미성어에 대한 과도한 남획과 급격한 해양 환경 변화가 언급되고 있지만 그에 대한 연구는 미비하여, 어떠한 메커니즘을 통해 명태 자원에 영향을 미치는지는 아직 밝혀지지 않았다. 우리나라는 수산자원보호회의 미성어 보호 규정에 의해 명태의 미성어인 노가리에 대한 어획이 금지되어 있었으나, 수산당국은 1974년부터 노가리에 대한 어획금지 규정을 삭제하여 노가리 어획을 허용하였다(Kim and Huh, 1978). 노가리가 명태의 미성어라는 사실은 Kim and Huh(1978)의 노가리의 형태학적 연구를 통해 밝혀졌음에도 불구하고 우리나라는 노가리의 어획을 지속적으로 허용해왔으며 현재까지 노가리에 대한 어획 규제가 거의 이루어지지 않는 상태임을 감안하면 최근 우리나라 연안의 명태 가입은 매우 낮은 수준에 있는 것으로 판단된다(NFRDI, 2010). 본 연구의 PSD와 상대 체장 빈도 분포의 결과와 Kang *et al.*(2013)의 연구에서 1970-1990년대의 명태 어획량에서 명태의 미성어가 차지하는 비율이 굉장히 높았던 것을 통해 명태 미성어에 대한 과도한 남획과 명태의 가입이 매우 낮은 수준임을 확인할 수 있었다. 또한, Park and Ok(1986)의 명태 자원의 경제학적인 연구에서도 연평균 어획노력량이 최대지속어획량보다 크고 적정어획노력량보다는 작은 것을 통해 명태 자원에 있어서 경제적 남획

이 일어나고 있음을 밝혀냈다. 기후 체제 변환(climate regime shift)은 수십 년의 시간 규모로 지구의 기후가 변화하는 현상으로, 기후 변화에 따라 생태계 구조와 어류자원의 생산성도 갑작스럽게 변화한다. 북태평양의 기후 체제 변환과 같은 환경 변화로 한반도 수역 생태계에도 큰 변화가 있었는데, 1980년대 후반까지 한랭하던 해면 수온(sea surface temperature, SST)은 1990년대에 들어와 갑작스럽게 따뜻해졌으며 동물플랑크톤의 생체량도 증가하기 시작하였다. 동해의 해양 환경 변화는 수산 자원의 종조성과 자원량에도 영향을 미쳐 온수성 어종인 살오징어(*Todarodes pacificus*)의 자원량이 증가하고 냉수성 어종인 명태의 자원량은 감소하였다. 수온 변화에 따른 동해 생태계의 구조와 기능 변화는 생태계 먹이망의 변동을 통하여 명태의 가입에 영향을 주었으리라 예상된다. 명태의 자·치어가 서식하는 동해의 표층수는 저위도에서 북상하는 난류인 쿠로시오 해류와 북쪽에서 남하하는 한류인 리만해류의 영향을 많이 받는다. 두 해류가 동해의 중부역에서 충돌하며 아북극전선(sub-arctic front)을 형성하여 겨울에는 한류가, 여름에는 난류가 강해지는 현상이 나타난다. 수직적으로는 Tsushima Surface water, Tsushima Middle water, North Korean Cold water, East Sea Proper water의 4가지의 수괴가 혼합되어있다(Yoon *et al.*, 2006). 동해의 전 수괴에서 표층 수온은 상승하는 것으로 나타났으나, 100m 수층은 수온이 하강하였다. 또한 전 수괴에서 염분과 용존산소의 농도도 감소하는 추세이며, 용존산소의 감소는 해수 순환시스템의 감속을 의미한다(Jung *et al.*, 2003; Yoon *et al.*, 2006; Seong *et al.*, 2010). 이러한 해양 환경 변화는 명태에게는 불리하게 작용하였을 것이다. 또한 풍속의 감소는 알과 치어의 수송(transport)을 약하게 만들어, 명태의 알과 자·치어가 고르게 분산되지 못하여 자연 사망률이 높았을 것이다. 따라서 동해에 서식하는 명태 자원의 붕괴에는 남획과 해양 환경 변화 두 가지 요인이 복

합적으로 작용하였으며, 명태의 자원이 회복이 되었을 때를 대비하여 명태 미성어에 대한 어업규제의 정립과 TAC(Total Allowable Catch)와 같은 제도가 시행해야 할 것이다. 또한 명태 자원의 회복 방안과 훗날 회복 후의 자원의 효율적인 관리를 위해서는 끊임없이 연구가 지속되어야 할 것이다.

Ⅴ. 참고문헌

Anderson RO. 1978. New approaches to recreational fishery management. pages 73-78 in G.D. Novinger and J.G. Dillard, editors. New approaches to the management of small impoundments. American Fisheries Society, North Central Division, Special Publication 5, Bethesda, Maryland.

Bailey KM and Dunn J. 1979. Spring and summer food of walleye pollock in the eastern bering sea. Fish bull 77(1), 304-308.

Bailey KM, Powers DM, Quattro JM, Villa G, Nishimura A, Traynor JJ and Walters G. 1999. Population Ecology and Structural Dynamics of Walleye Pollock(*Theragra chlacogramma*). In: Dynamics of the Bering Sea. Loughlin TR and Ohtani K, eds. Univ of Alaska Sea Grant, Fairbanks, U.S.A., 581-614.

Bonar SA. 2002. Relative Length Frequency: A Simple, Visual Technique to Evaluate Size Structure in Fish Populations. American Fisheries Society 22: 1086-1094.

Brander KM. 2005. Cod recruitment is strongly affected by climate when stock biomass in low. 2005. ICES Journal of Marine Science 62 339-343.

Cardinale M and Modin J. 1999. Changes in size-at-maturity of Baltic cod(*Gadus morhua*) during a period of large variations in stock size and environmental conditions. Fisheries Research 41(3); 285-295.

Carr SM, Marshall HD. 2008. Phylogeographic analysis of complete mtDNA genomes from Walleye Pollock (Gadus chalcogrammus Pallas, 1811) shows an ancient origin of genetic biodiversity. Mitochondrian DNA 19(6), 490-496.

Donald W and Gablehouse JR. 1984. A Length-Categorization System to Assess Fish Stocks. North American journal of Fisheries Management 4: 273-285.

FishBase. 2015. database for walleye pollock. Retrieved from http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?ID=318&AT=walleye+pollock.

Hamatsu T, Yabuki K and Watanabe K. 2004. Decadal changes in reproduction of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) off the Pacific coast of northern Japan. Fish. Oceanogra. 13(1); 74-83.

Jeong HD, Hwang JD, Jung KK, Heo S, Sung KT, Go WJ, Yang JY and Kim SW. 2003. Long Term Trends of Change in Water Temperature and Salinity in Coastal Waters around Korean peninisula. Journal of The Korean Society of Marine Environment & Safety. 9(2)

59-64.

Kang SK, Park JH and Kim S. 2013. Size-class Estimation of the Number of Walleye Pollock *Theragra chalcogramma* Caught in the Southwestern East Sea during the 1970s-1990s. Kor J Fish Aquat Sci 46(4), 445-453.

Kendall AW JR and Kim S. 1989. Buoyancy of Walleye Pollock(*Theragra chalcogramma*) Eggs in Relation to Water Properties and Movement in Shelikof Strait, Gulf of Alaska. Can Spec Publ Fish Aquat Sci 108, 169-180.

Kim S. 1992a. Status of Fishery and Science of Bering Sea Walleye Pollock : (Ⅰ) History and Importance of Fisheries. Ocean Research 12(2), 114-128.

Kim S. 1992b. Status of Fishery and Science of Bering Sea Walleye Pollock : (Ⅱ) Biological Characteristics (Early Life History). Ocean Research 14(2), 149-170.

Kim S. 1992c. Status of Fishery and Science of Bering Sea Walleye Pollock : (Ⅲ) Biological Characteristics (Adult). Ocean Research 14(2), 171-189.

Kim S and Kang SK. 1998. The Status and Research Direction for

Fishery Resources in the East Sea / Sea of Japan. J Korean Soc Fish Res 1(1), 44-58.

Kim WS and Huh SH. 1978. Meristic and morphometric observations on nogari and alaska pollack. The journal of Oceanological Society of Korea. 13(2); 26-30.

Ko DG, Han JH, An KG. 2012. Length-Weight Relations and Condition Factor (K) of Zacco platypus Along Trophic Gradients in Reservoir Ecosystems. Korean J Limnol 45(2), 174-189.

Lawrence M. Page, Héctor Espinosa-Pérez, Lloyd T. Findley, Carter R. Gilbert, Robert N. Lea, Nicholas E. Mandrak, Richard L. Mayden, and Joseph S. Nelson. 2013. Common and Scientific Names of Fishes from the United States, Canada, and Mexico, 7th edition. American Fisheries Society Special Publication 34. 243

Lee JU. 1991. Estimation on Optimum Fishing Effort of Walleye Pollock Fishery in the East Coast of Korea: Based on the Economic Analysis between Danish Seine Fishery and Trawl Fishery for Walleye Pollock. J. Fish. Bus. Adm. 40(2); 75-99.

Lorenzen K and Enberg K. 2002 Density-dependent growth as a key mechanism in the regulation of fish populations: evidence from among-population comparisons. Proc. R. Soc. Lond. B. 269. 49-54.

NFRDI. 2010. Korean Coastal and Offshore Fishery Census. 283-286.

NOAA. 1987. Walleye pollock and Its Utilization and Trade. Marine Fisheries Review, 49(1), 61-76.

Seo J-W. 2005. Fish Fauna and Ecological Characteristics of Dark Chub(*Zacco temminckii*) Population in the Mid-Upper Region of Gam Stream. Korean J Limnol 38(2), 196-206.

Seong KT, Hwang JD, Han IS, Go WJ, Suh YS and Lee JY. 2010. Characteristic for Long-term Trends of Temperature in the Korean Waters. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety 16(4): 353-360.

Yanagimoto T, Nishimura A, Mito K, Takao Y and Williamson NJ. .2002. Interannual changes of biological properties of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the central Bering Sea. Progress in Oceanography 55; 195-208.

Yamamura O, Honda S, Shida O and Hamatsu T. 2002. Diets of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Doto area, northern Japan: ontogenetic and seasonal variations. Mar Ecol Prog Ser 238 187-198.

Yoon YY, Chong SJ and Yoon CC. 2006. Variation of physico-chemical characteristics of water mass in offshore of the east coast of Korea. 한 The Korean Society for Marine Environmental Engineering

박성쾌, 옥영수. 1986. 水産資源 管理의 生物 經濟學的 硏究 ; 明太資源을 中心으로. 한국농촌경제연구원논집 34; 59-68.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

Ⅵ. 부록

I -1. Typographical error of Total length

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Jumunjin	Longline		1992	12	25	2	418.8	48		562.1
Jumunjin	Longline		1992	12	25	7	410.7	40		363.3
Jumunjin	Danish seine	55	1994	11		4	546.3	54.5	51.2	1381.1
Jumunjin	Gill net	55	1995	1	20	4	3.9	37.8	35.2	314.8
	Gill net		1996	11	26	21	402	38.8	36.2	385.4
Geojin	Gill net		1999	5	25	26	144.8	43.1		523.8
Geojin	Gill net	55	1999	3	23	45	369.9	35.8		237.8
Geojin	Gill net	55	1999	3	23	48	374.8	33.8		238.1

I -2. Typographical error of Fork length

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	2	25	41	34.9	3.2	31.5	264
Geojin	Longline	48	1998	12	1	35		343.5	40.7	485.5
Sokcho	Drift gill net	921	1998	8	13	43		43..3		543

Geojin	Gill net		1999	9		7		**374.7**	35	371.7

I -3. Typographical error of Standard length

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Jumunjin	Gill net	63	1978	12	23	59	41	40	**374.9**	309
Jumunjin	Gill net	63	1979	3	14	52	31.7	30.8	**8.5**	196
Jumunjin	Longline	63	1981	2	12	51	28.7	37.4	**75.2**	254
Donghae	Trawl		1992	10	29	117	28.37	27.95	**75.98**	135.15
Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	65	20.4	28.4	**6.4**	128
Jumunjin	Longline		1993	3	20	46	52	50.5	**477**	47
Jumunjin	Danish seine	55	1995	2		16		44.9	**420.3**	489.5

I -4. TL<FL

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	57	**36**	**42.5**	39.6	715
Jumunjin	Longline	55-6	1974	1	11	58	**36.9**	**39.6**	33.4	260
Jumunjin	Longline	56-7	1974	2	12	4	**32.2**	**36.9**	34.4	312
Jumunjin	Gill net	62/3	1975	2	19	29	**23.9**	**27.8**	26.2	120

Geojin	Gill net	55/1.4	1975	3	12	5	41.8	45.5	42.2	556
Jumunjin	Gill net	62/3	1975	8	11	15	33.6	51.5	48.5	922
Jumunjin	Gill net	62/3	1975	9	11	13	47	48	45	590
Jumunjin	Gill net	62/3	1975	10	17	44	28.7	29.7	25.6	
Sokcho	Gill net	55/2	1975	11	12	16	31.8	35.9	33.9	242
Sokcho	Gill net	55/2	1975	11	12	34	29.6	38.6	36	289
Sokcho	Gill net	55/3	1975	11	24	1	36.3	37	32.8	256
Sokcho	Gill net	55/3	1975	11	24	2	38	39.5	34.5	290
Sokcho	Gill net	55/3	1975	11	24	5	33.4	34.2	30	217
Sokcho	Gill net	55/3	1975	11	24	6	35.4	38.3	32	240
Sokcho	Gill net	55/3	1975	11	24	11	34.2	35.9	31	219
Sokcho	Gill net	55/3	1975	11	24	16	36.8	38.6	33.1	264
Jumunjin	Gill net	55/4	1975	12	12	43	32.6	37	35.1	274
Jumunjin	Gill net	63/3	1975	12	26	12	33	33.1	35.5	342
Jumunjin	Gill net	63/3	1975	12	26	30	33.5	37.5	30.2	330
Jumunjin	Gill net	63/3	1975	12	26	51	35.9	37.8	35.4	326
Jumunjin	Gill net	63/3	1975	12	26	65	34.9	36.8	34.4	
Jumunjin	Gill net	63/3	1975	12	26	74	35.5	36.4	33.7	
Sokcho	Danish seine	55/8	1977	3	6	88	22.3	22.9		39
Sokcho	Danish seine	55/5.8	1977	3	22	6	21.6	21.8		52
Sokcho	Danish seine	55/5.8	1977	3	22	31	23.2	23.6		62

Sokcho	Danish seine	55/5.8	1977	3	22	93	33.7	36.6		264
Jumunjin	Gill net	62	1977	10	20	21	31	34.8		224
Jumunjin	Gill net	62	1977	10	20	29	26.5	36.2		284
Jumunjin	Gill net	63	1978	1	30	21	30	35	32.3	244
Jumunjin	Gill net	63	1978	10	30	2	35.7	35.8	32.7	258
Jumunjin	Gill net	63	1978	11	13	12	39	39.9	35.6	354
Jumunjin	Gill net	63	1978	12	16	49	34.5	36.3	34.3	290
Jumunjin	Gill net	63	1978	12	16	58	29.9	38.7	35.9	354
Jumunjin	Gill net	63	1978	12	16	60	29.6	38.6	35.5	312
Jumunjin	Gill net	63	1979	1	26	27	34.2	38.7	31.2	220
Jumunjin	Gill net	63	1979	1	26	52	35.3	37	34.6	288
Jumunjin	Gill net	63	1979	1	29	50	30.2	37.1	34.5	284
Jumunjin	Gill net	63	1979	2	24	58	37.1	37.2	34.6	288
Jumunjin	Gill net	63	1979	3	14	18	34.8	38.2	31.7	218
Jumunjin	Longline	55	1979	12	20	42	32	37.2	36.4	300
Jumunjin	Gill net	63	1980	2	23	7	35.4	36.5	31.8	232
Jumunjin	Gill net	63	1980	10	31	56	33.5	36.5	33.8	306
Jumunjin	Longline	63	1980	12	12	44	38.2	38.7	35.8	250
Jumunjin	Longline	63	1981	1	21	8	38.8	39.7	35.2	312
Jumunjin	Longline	63	1981	1	21	57	31.4	37.7	35.5	302
Jumunjin	Longline	63	1981	1	30	13	35	35.2	35.7	210

Jumunjin	Longline	63	1981	1	30	30	31.5	31.7	28.5	144
Jumunjin	Longline	63	1981	2	12	15	30.4	39.8	26.8	242
Jumunjin	Longline	63	1981	2	12	46	35	36.5	34	206
Jumunjin	Longline	63	1981	2	12	51	28.7	37.4		254
Jumunjin	Longline	62/2	1981	11	5	90	34.5	38.5	31.3	240
Jumunjin	Longline	63/1	1981	11	26	3	41.4	44.9	41.8	554
Jumunjin	Longline	55/9	1981	12	16	4	28.9	37.7	35.3	330
Jumunjin	Longline	55/9	1981	12	16	38	41.3	42.9	40.1	398
Jumunjin	Longline	55/9	1981	12	16	99	42.3	44.1	38.4	367
Jumunjin	Gill net	63	1982	2	18	2	33.6	35.8	33.3	254
Jumunjin	Gill net	63	1982	2	18	51	35.1	38.3	35.9	276
Jumunjin	Gill net	63-5	1982	10	7	60	35.2	36.3	31.8	268
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	1	28	41	34.4	34.5	31.3	224
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	2	25	2	34.2	38.1	35.5	332
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	2	25	24	26.2	35.1	32.4	264
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	2	25	67	35.4	35.6	32.2	290
Jumunjin	Longline	63-1	1983	10	27	16	36.2	39	35.6	307
Jumunjin	Longline	63-1	1983	11	23	81	35	35.5	32.9	232
Jumunjin	Gill net	63-1	1984	1	7	17	41.4	42.1	37.4	385
Jumunjin	Gill net	63-1	1984	1	7	21	36.9	37.5	34.5	303
Jumunjin	Gill net	63-1	1984	2	1	81	30.1	35.2	32.4	238

Jumunjin	Gill net	63-1	1984	2	1	88	27.4	36	33.2	285
Jumunjin	Gill net	63-1	1984	2	1	89	27.3	36	33.9	278
Jumunjin	Longline	55/9	1985	1	9	52	36.6	36.9	33.3	218
Jumunjin	Danish seine	63—2	1991	3	30	62	27.8	28.7	26.3	130
Jumunjin	Danish seine	63—2	1991	3	30	91	34.4	38.3	32	245
Jumunjin	Longline	65—2	1991	2	26	33	40	41.8	38.4	297
Jumunjin	Longline	65—2	1991	2	26	63	29.4	29.6	26.5	132
Jumunjin	Longline		1992	12	25	10	42.6	42.7		467.4
Donghae	Trawl		1992	11	27	13	26.1	26.3	24.6	120.9
Donghae	Trawl		1992	11	27	62	30.5	39.9	27.7	84.02
Donghae	Trawl		1992	10	29	82	25.15	27.72	26.07	147.77
Jumunjin	Danish seine		1992	2	25	69	32.2	32.8	30	180
Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	13	41.3	43.3	40.5	390
Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	29	42.5	44	38.5	415
Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	36	43.2	44.3	39.7	353
Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	43	42.9	44.7	39.3	370
Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	56	45.8	53.2	49.3	707
Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	61	34	34.5	31.8	207
Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	65	20.4	28.4		128
Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	83	28.3	28.8	26.3	113
Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	93	43.3	43.5	40.9	365

Jumunjin	Longline		1993	3	20	40	43.8	45.7	39.4	39.4
Mukho	Trawl		1993	2	6	42	32.4	32.5	29.2	194.6
Jumunjin	Danish seine	55	1994	11		6	36.6	54.4	33.3	262.7
Jumunjin	Danish seine	55	1994	11		35	27.5	27.8	29.5	130.5
Jumunjin	Danish seine	55	1994	11		40	29.9	38.3	26	144.1
Ganggu	Danish seine		1994	1		25	30.9	33.7	33.1	248.3
			1995	12	25	41	34	34.2	30.8	200.8
Jumunjin	Gill net	55	1995	1	20	16	37.5	37.8	35.1	312.3
			1996	1	20	7	30.7	35.6	33.1	390.3
North Korea	Danish seine		2000	12		24	41.2	42.2		377.6
North Korea	Danish seine		2000	12		26	38	38.9		386.2
Geojin	Gill net		2000	7	25	6	41.8	42.5		568.8
Geojin	Gill net		2000	7	25	7	42	42.6		559.4
Geojin			2003	3	13	16	40.2	40.8		394
Daejin			2003	2	7	20	45.9	53.6	50.6	960.93
Geojin, Daejin			2003	1	20	16	38.6	47.5	43.4	684.91

I -5. TL=FL

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Sokcho	Longline	55-5	1974	12	24	27	43.2	43.2	38.6	520

Jumunjin	Gill net	63/1	1978	10	13	21	35	35	30.5	230
Jumunjin	Gill net	63	1978	10	30	48	43.4	43.4	40.4	422
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	45	13.5	13.5	12.1	13.5
Jumunjin	Longline	63	1981	1	30	2	39	39	35.8	350
Jumunjin	Longline	63	1981	1	30	10	38.3	38.3	35.3	274
Jumunjin	Longline	63-1	1983	10	27	8	38.2	38.2	34.4	323
			1995	12	25	1	32.2	32.2	29.7	207.5

I -6. TL<SL

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Sokcho	Danish seine	63-8	1966	1	30	14	22.1		29.8	48
Jumunjin	Gill net	62/3	1975	10	17	16	27.4	26.6	34	310
Sokcho	Gill net	55/2	1975	11	12	9	38.2	37.2	38.8	306
Sokcho	Gill net	55/2	1975	11	12	27	37	36.8	42.2	304
Sokcho	Gill net	55/2	1975	11	12	28	37.6	36.8	41.6	298
Sokcho	Gill net	55/3	1975	11	24	42	38.2	37.2	38.8	306
Jumunjin	Gill net	63/1	1976	1	19	3	43.6	43.5	44.7	770
Jumunjin	Gill net	63/1	1976	1	19	9	30.2	29.6	37.5	144
Jumunjin	Gill net	63	1978	11	13	32	36.4	35.5	37.2	254
Jumunjin	Gill net	63	1979	11	23	8	36.5	35.6	38	309

Jumunjin	Gill net	63	1979	11	23	29	**38**	37.2	**38.4**	318
Jumunjin	Longline	63	1981	1	21	46	**30.1**	30	**39.2**	236
Jumunjin	Longline	63/1	1981	11	26	67	**35.6**	34.7	**36.9**	230
Jumunjin	Gill net	63-5	1982	10	7	83	**34.4**	33.8	**36.7**	224
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	1	28	72	**37.2**	36.2	**38**	252
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	1	28	85	**34.9**	34	**36.4**	232
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	1	28	91	**34.8**	33.7	**39.5**	204
Jumunjin	Longline	63-1	1983	11	23	91	**37**	35.7	**38.3**	258
Jumunjin	Longline	63-1	1983	11	23	93	**37.5**	36.5	**39.9**	305
Jumunjin	Longline	65—2	1991	2	26	15	**43**	41.6	**49.4**	360
Geojin	Gill net		1992	12	24	18	**35**	34.1	**36.7**	223.63
Geojin	Gill net		1992	12	24	92	**35.1**	34.2	**36.8**	232.18
Donghae	Trawl		1992	10	29	9	**39.92**	39.21	**40.52**	103.85
Donghae	Trawl		1992	10	29	121	**28.52**	27.94	**29.97**	149.28
Jumunjin	Longline		1993	3	20	25	**22.1**	21.2	**28.9**	168.4
			1995	12	25	13	**35**	34.1	**36.7**	223.6
			1995	12	25	45	**35**	34	**36.2**	216.6
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	2	**36.2**	35.1	**36.5**	35.2
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	4	**36**	34.8	**36.5**	38.5
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	7	**36.2**	35	**36.5**	34.5
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	8	**35.2**	34	**38.5**	38.2

Jumunjin	Gill net		1995	12	19	10	36.4	35.3	38	38.5
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	14	33.5	32	38.2	37.4
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	17	36.5	35.2	42.1	39.5
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	19	36.5	35.2	43.2	37
Jumunjin	Gill net	55	1995	1	20	34	40	38.8	45.6	356.1
Geojin	Gill net		1997	1	27	49	33.1	32.2	39.1	230.3
Geojin, Daejin			2003	1	20	7	46.8	45	47	659.37

I -7. FL<SL

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Jumunjin	Gill net	62/3	1975	9	11	21	38	32.5	34.5	120
Jumunjin	Gill net	62/3	1975	9	11	49	39.5	34.7	36.2	338
Jumunjin	Gill net	62/3	1975	9	18	55	37.2	30.4	33.6	304
Jumunjin	Gill net	62/3	1975	10	17	29	38.4	33.4	35.4	298
Sokcho	Gill net	55/2	1975	11	12	49	38	27	34.5	290
Sokcho	Gill net	55/3	1975	11	24	3	40.3	35.6	36.7	316
Sokcho	Gill net	55/3	1975	11	24	4	36.7	32.1	33	282
Jumunjin	Gill net	63/3	1975	12	26	13	36	30.2	35.4	162
Jumunjin	Gill net	63/3	1975	12	26	48	38.7	32.5	35.1	304
Jumunjin	Gill net	63/3	1975	12	26	49	33.9	32.4	33.6	200

Jumunjin	Gill net	63/3	1975	12	26	67	32.9	31.4	32.6	
Jumunjin	Gill net	63/1	1976	1	19	5	40.5	34.4	36.4	390
Jumunjin	Gill net	63/1	1976	1	19	10	40.5	28.9	35.8	370
Jumunjin	Gill net	63	1978	3	19	36	33	22.2	30	166
Jumunjin	Gill net	63	1979	1	26	12	44.8	34.6	40.5	540
Jumunjin	Gill net	63	1979	1	26	54	36.2	35	35.7	257
Jumunjin	Gill net	63	1979	10	16	21	37.5	36.5	36.7	388
Jumunjin	Gill net	63	1979	11	23	30	38.1	37.2	38	311
Jumunjin	Longline	63	1981	1	21	7	43	31.8	39.4	365
Jumunjin	Longline	63	1981	1	21	53	38.9	35	35.5	275
Jumunjin	Longline	63	1981	1	30	23	37.5	26.5	33.8	258
Jumunjin	Longline	63	1981	2	12	9	39.4	33.8	36.5	242
Jumunjin	Longline	63	1981	2	12	34	36.8	26.2	33.5	238
Jumunjin	Longline	63	1981	2	12	41	37.5	26.8	33.8	216
Jumunjin	Longline	63/1	1981	11	26	65	36.5	30.1	31.4	238
Jumunjin	Longline	55/9	1981	12	16	27	41.2	35.6	36.9	370
Jumunjin	Longline	55/9	1981	12	16	32	40.9	35.8	37.2	404
Jumunjin	Longline	55/9	1981	12	16	39	40.5	35.2	36.6	351
Jumunjin	Longline	55/9	1981	12	16	42	34.4	23.2	30.9	393
Jumunjin	Gill net	63-1	1982	1	27	75	40.6	36.4	36.5	320
Jumunjin	Gill net	63	1982	2	18	16	39	28.1	35.2	282

Jumunjin	Gill net	63-5	1982	11	16	19	36.1	32.2	32.6	246
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	1	28	58	36.4	35.5	35.7	226
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	2	25	62	36.1	35	35.7	235
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	2	25	86	40.2	39.1	39.4	342
Jumunjin	Gill net	63-1	1983	2	25	98	38.2	33.6	34.8	320
Jumunjin	Longline	63-1	1983	10	27	18	37.4	36.3	36.8	262
Jumunjin	Longline	63-1	1983	10	27	47	40.3	36	36.4	257
Jumunjin	Longline	63-1	1983	10	27	87	39.3	30	35.7	283
Jumunjin	Longline	63-1	1983	11	23	65	39.9	35.3	35.7	354
Jumunjin	Gill net	63-1	1984	10	30	46	38.6	37.4	37.8	323
Jumunjin	Longline	55/9	1985	1	9	89	38.3	34.2	34.4	224
Jumunjin	Longline	65-2	1991	2	26	16	39.3	38.6	39.2	320
Jumunjin	Longline	65-2	1991	2	26	21	50	45.8	46	560
Jumunjin	Longline	65-2	1991	2	26	42	47.5	42.3	42.6	474
Geojin	Longline	55	1991	1	28	48	43.9	42.2	42.5	463
Donghae	Trawl		1992	10	29	6	29.2	25.52	26.72	160.64
Donghae	Trawl		1992	10	29	8	35.72	25.24	33.12	278.29
Donghae	Trawl		1992	10	29	69	28.12	27.63	27.64	137.54
Donghae	Trawl		1992	10	29	88	25.52	23.82	24.12	110.4
Jumunjin	Danish seine		1992	2	25	2	34.5	33.6	34	468
Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	24	44.5	43.7	44	416

Jumunjin	Danish seine		1992	1	29	35	45.3	44	44.4	434
Jumunjin	Longline		1993	3	20	69	36	25.3	32.8	252.3
Mukho	Trawl		1993	2	6	1	45.2	44	44.1	416.8
Jumunjin	Danish seine	55	1994	11		31	35.3	24.2	31.8	179.6
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	13	35.5	34.6	35.5	34.6
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	16	37	35.9	36.2	36.5
Jumunjin	Danish seine	55	1995	2		32		37.5	54.4	324.5
Jumunjin	Gill net	55	1995	1	20	1	42.2	31	38	413.8
Jumunjin	Gill net	55	1995	1	20	2	42.3	31.5	38.2	352
			1996	1	20	39	40.3	39.1	39.2	362.9
	Longline		1998	2	25	45		22.2	29.8	171.8
Geojin	Gill net		1999	9		39		41	48.3	472.5

I -8. FL=SL

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Jumunjin	Gill net	62/3	1975	9	11	17	45	40	40	603
Jumunjin	Longline	63-1	1983	11	23	87	44.8	43.2	43.2	432
Jumunjin	Gill net	63-1	1984	1	7	23	40.3	36.3	36.3	348
Jumunjin	Danish seine		1992	2	25	64	30.4	27.5	27.5	146

Ⅱ. Body weight calibration

Ⅱ-1. 68.11.20.

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	1	40	36	34	489
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	2	47	43	39	719
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	3	41	37	35	536
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	4	42	38	36	573
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	5	40	36	33	500
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	6	41	38	35	565
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	7	46	42	39	690
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	8	40	37	34	497
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	9	44	40	37	633
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	10	39	35	33	494
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	11	38	34	32	458
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	12	44	40	37	622
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	13	45	41	38	648
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	14	39	34	33	490

Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	15	41	38	35	**531**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	16	40	36	34	**490**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	17	40	37	35	**525**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	18	39	36	33	**490**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	19	43	40	37	**570**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	20	44	40	38	**622**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	21	42	38	35	**540**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	22	46	42	40	**698**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	23	46	42	40	**631**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	24	49	44	42	**790**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	25	40	37	35	**517**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	26	44	41	38	**675**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	27	42	39	36	**560**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	28	40	37	34	**540**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	29	42	38	36	**585**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	30	45	43	40	**625**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	31	40	36	34	**489**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	32	47	43	39	**719**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	33	41	37	35	**536**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	34	40	36	34	**525**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	35	38	35	32	**500**

Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	36	41	38	34	**530**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	37	42	38	36	**535**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	38	41	37	35	**521**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	39	42	38	36	**540**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	40	46	42	39	**730**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	41	41	37	34	**580**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	42	42	38	36	**613**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	43	42	38	34	**545**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	44	44	40	38	**625**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	45	41	38	36	**536**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	46	44	40	37	**648**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	47	40	36	34	**622**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	48	42	38	36	**514**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	49	43	38	36	**543**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	50	39	38	33	**495**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	51	42	38	36	**453**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	52	41	37	35	**500**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	53	43	39	37	**640**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	54	44	39	37	**654**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	55	42	38	36	**560**
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	56	42	39	36	**595**

Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	57				715
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	58	43	40	36	630
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	59	43	41	40	695
Sokcho	Longline	56-3	1968	11	20	60	47	45	42	715

Ⅱ-2. 73.06.14.

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	1	24	24	22	84
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	2	17	17	15	28
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	3	22	22	20	54
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	4	23	23	22	90
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	5	19	19	18	41
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	6	24	24	22	81
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	7	24	24	22	100
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	8	24	25	23	94
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	9	26	26	25	106
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	10	24	24	22	90
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	11	22	23	22	87
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	12	23	23	21	77
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	13	24	24	23	94

Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	14	25	25	23	95
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	15	25	25	23	105
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	16	28	28	26	124
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	17	26	26	24	114
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	18	26	26	25	112
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	19	27	27	26	157
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	20	26	26	24	112
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	21	26	26	24	125
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	22	24	24	23	90
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	23	25	25	24	110
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	24	25	25	24	100
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	25	24	24	22	85
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	26	25	25	23	102
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	27	23	24	22	251
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	28	24	24	22	130
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	29	24	24	22	148
Jumunjin	Danish seine	56-8	1973	6	14	30	24	24	23	132
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	31	20	19	16	100
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	32	26	26	25	182
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	33	23	23	21	72
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	34	25	25	23	97

Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	35	25	25	24	125
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	36	24	24	23	100
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	37	25	25	23	103
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	38	26	26	24	103
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	39	25	25	24	105
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	40	26	26	24	129
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	41	19	19	18	48
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	42	15	16	14	140
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	43	26	26	25	146
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	44	20	20	19	85
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	45	23	23	22	90
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	46	20	21	19	98
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	47	26	25	24	76
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	48	23	23	22	133
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	49	27	27	26	133
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	50	27	27	26	100
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	51	24	24	22	89
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	52	18	18	17	26
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	53	24	24	23	92
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	54	24	24	22	72
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	55	26	26	24	102

Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	56	24	24	22	80
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	57	24	25	23	80
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	58	25	25	23	84
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	59	26	26	25	91
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	60	20	20	18	30
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	61	15	14	12	88
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	62	22	23	21	80
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	63	17	18	16	24
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	64	26	26	24	100
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	65	22	22	21	52
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	66	19	19	18	31
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	67	26	26	24	110
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	68	23	23	21	70
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	69	26	26	25	92
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	70	23	24	22	72
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	71	26	26	25	92
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	72	23	23	21	66
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	73	25	25	24	90
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	74	26	26	24	120
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	75	26	26	25	98
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	76	23	23	22	67

Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	77	24	24	22	90
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	78	27	27	25	125
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	79	23	24	22	76
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	80	26	26	24	90
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	81	24	24	22	138
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	82	24	24	22	126
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	83	26	26	25	160
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	84	24	24	23	140
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	85	25	25	23	162
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	86	27	26	24	150
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	87	25	25	23	148
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	88	24	24	22	112
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	89	22	22	20	110
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	90	26	26	24	145
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	91	19	20	18	72
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	92	25	26	24	145
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	93	23	23	21	112
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	94	26	26	24	150
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	95	26	26	24	152
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	96	22	22	20	116
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	97	22	23	21	100

Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	98	25	25	23	140
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	99	23	23	21	120
Jumunjin	Danish seine	56-9	1973	6	14	100	24	23	22	130

Ⅱ-3. 77.01.29.

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	1		55		448
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	2		49		382
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	3		54		428
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	4		60		728
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	5		54		424
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	6		57		574
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	7		51		364
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	8		58		584
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	9		55		614
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	10		52		412
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	11		51		380
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	12		51		354
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	13		65		900
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	14		52		400

Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	15		55		384
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	16		51		320
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	17		50		342
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	18		57		562
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	19		46		267
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	20		52		410
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	21		43		195
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	22		45		457
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	23		51		448
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	24		60		572
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	25		53		523
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	26		42		356
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	27		52		441
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	28		59		806
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	29		51		400
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	30		53		380
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	31		52		390
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	32		53		574
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	33		51		350
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	34		52		379
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	35		45		230

Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	36		61		580
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	37		50		282
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	38		50		382
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	39		51		360
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	40		55		480
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	41		51		304
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	42		49		284
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	43		54		536
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	44		57		336
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	45		58		262
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	46		56		264
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	47		43		204
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	48		45		205
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	49		45		212
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	50		50		358
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	51		59		774
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	52		49		302
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	53		45		240
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	54		55		490
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	55		45		248
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	56		49		304

Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	57		44		234
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	58		59		718
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	59		53		454
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	60		47		254
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	61		58		470
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	62		52		414
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	63		48		312
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	64		57		436
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	65		52		436
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	66		48		338
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	67		45		242
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	68		44		202
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	69		50		350
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	70		48		254
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	71		46		218
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	72		59		578
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	73		43		228
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	74		48		284
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	75		54		550
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	76		54		504
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	77		59		562

Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	78		61		598
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	79		52		371
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	80		50		370
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	81		53		498
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	82		42		194
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	83		54		470
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	84		46		234
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	85		55		486
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	86		55		462
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	87		45		238
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	88		56		498
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	89		43		212
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	90		59		574
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	91		43		204
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	92		43		258
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	93		47		278
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	94		47		280
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	95		48		268
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	96		57		616
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	97		48		264
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	98		46		248

Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	99		48		268
Jumunjin	Longline	55/8.9	1977	1	29	100		47		280

Ⅱ-4. 79.02.24.

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	1	17	17	16	27.5
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	2	16	16	15	23.5
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	3	16	16	15	24.5
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	4	13	13	12	13
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	5	14	14	13	16.2
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	6	15	14	13	19
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	7	14	14	13	15.4
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	8	22	21	19	37.8
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	9	14	14	13	17
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	10	15	15	14	19
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	11	17	16	15	25.2
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	12	15	14	13	17.6
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	13	15	15	14	19.5
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	14	21	21	19	47.9
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	15	14	14	13	13.9

Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	16	15	14	13	17
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	17	15	15	14	17.6
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	18	20	19	18	41.9
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	19	14	14	13	16.1
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	20	17	16	15	25.3
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	21	14	14	13	17.7
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	22	14	14	13	16.5
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	23	15	14	14	19.4
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	24	17	17	15	24.7
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	25	21	20	18	42.2
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	26	16	15	14	23.5
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	27	14	14	13	14.6
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	28	15	14	14	20
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	29	14	14	13	18.4
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	30	18	17	16	30.3
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	31	13	13	12	12.4
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	32	15	14	13	17.7
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	33	14	14	13	15.8
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	34	18	18	16	29.6
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	35	16	16	14	22.9
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	36	14	14	13	15.5

Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	37	13	12	11	11.7
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	38	21	20	18	31.7
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	39	20	19	19	32.1
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	40	15	15	14	20
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	41	15	15	13	19.7
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	42	17	16	15	29.2
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	43	14	14	13	15.2
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	44	13	13	12	13.9
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	45				13.5
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	46	17	17	15	28
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	47	15	14	13	17.2
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	48	14	14	13	16.4
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	49	13	13	12	14.5
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	50	14	13	12	14.1
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	51	14	14	13	12.8
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	52	13	13	12	11
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	53	14	14	13	10.9
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	54	17	17	16	20.5
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	55	19	19	18	29.2
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	56	15	14	13	19.8
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	57	14	14	13	18.3

Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	58	18	18	16	**33.4**
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	59	15	15	13	**15.8**
Jumunjin	Bottom trawl	63	1979	2	24	60	17	17	15	**29.7**

Ⅱ-5. 93.03.20.

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Jumunjin	Longline		1993	3	20	31	50.6	49.1	45.8	**45.8**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	32	53	51	48	**48**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	33	37.2	36.2	33.8	**33.8**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	34	46.6	45.4	42.3	**42.3**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	35	49.8	48.3	45.6	**45.6**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	36	44.7	43.2	40.1	**40.1**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	37	38	37	34.5	**34.5**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	38	35.6	34.7	32.5	**32.5**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	39	36.8	35.2	33.6	**32.6**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	40				**39.4**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	41	41.6	40.2	37.5	**37.5**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	42	42.4	41	38.3	**38.3**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	43	35	34.2	31.8	**31.8**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	44	36.9	35.9	33.6	**33.6**

Jumunjin	Longline		1993	3	20	45	43.5	41.8	39.2	**39.2**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	46	52	50.5		**47**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	47	42.8	41.6	38.4	**38.4**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	48	45.5	42.2	41.4	**41.4**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	49	42.5	40.7	37.8	**37.8**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	50	39.4	38.3	35.1	**35.1**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	51	36.8	35.3	32.5	**32.5**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	52	35.6	34.7	32.6	**32.6**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	53	41.5	40.1	37.4	**37.4**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	54	38	37.2	34.5	**34.5**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	55	33.3	32.5	30.2	**30.2**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	56	31.8	31.2	29	**29**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	57	30.8	30.1	27.9	**27.9**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	58	30.9	30	28.1	**28.1**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	59	37.5	36.7	33.7	**33.7**
Jumunjin	Longline		1993	3	20	60	29	28.2	26.3	**26.3**

Ⅱ-6. 93.11.26.

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Donghae	Trawl		1993	11	26	1	45.4	43.9	41.5	**41.5**

Donghae	Trawl		1993	11	26	2	49.5	47.8	44.2	**44.2**
Donghae	Trawl		1993	11	26	3	44	43	40	**40**
Donghae	Trawl		1993	11	26	4	44	42.8	39.5	**39.5**
Donghae	Trawl		1993	11	26	5	45.6	44.6	41.6	**41.6**
Donghae	Trawl		1993	11	26	6	43.4	42.2	39.1	**39.1**
Donghae	Trawl		1993	11	26	7	40.1	39	36	**36**
Donghae	Trawl		1993	11	26	8	42.2	41.3	37.9	**37.9**
Donghae	Trawl		1993	11	26	9	38.8	37.9	35.2	**35.2**
Donghae	Trawl		1993	11	26	10	41.4	40.2	36.9	**36.9**
Donghae	Trawl		1993	11	26	11	43	42	39.2	**39.2**
Donghae	Trawl		1993	11	26	12	39.9	39	36.5	**36.5**
Donghae	Trawl		1993	11	26	13	39	38.1	35.6	**35.6**
Donghae	Trawl		1993	11	26	14	38.2	37	34.7	**34.7**
Donghae	Trawl		1993	11	26	15	41	39.9	37.3	**37.3**
Donghae	Trawl		1993	11	26	16	38.7	37.9	34.9	**34.9**
Donghae	Trawl		1993	11	26	17	37	36	33.6	**33.6**
Donghae	Trawl		1993	11	26	18	36.6	36	33.5	**33.5**
Donghae	Trawl		1993	11	26	19	37.1	36.2	33.5	**33.5**
Donghae	Trawl		1993	11	26	20	36.2	35.7	33.4	**33.4**
Donghae	Trawl		1993	11	26	21	39.5	38.5	35.9	**35.9**
Donghae	Trawl		1993	11	26	22	36.1	35.7	32.8	**32.8**

Donghae	Trawl		1993	11	26	23	35.4	34.6	32	32
Donghae	Trawl		1993	11	26	24	36	35	32.4	32.4
Donghae	Trawl		1993	11	26	25	36.8	36.2	33.7	33.7
Donghae	Trawl		1993	11	26	26	36.5	35.6	33.3	33.3
Donghae	Trawl		1993	11	26	27	32.2	31.5	29.3	29.3
Donghae	Trawl		1993	11	26	28	33.6	33.2	29.2	29.2
Donghae	Trawl		1993	11	26	29	35.1	34.5	32.2	32.2
Donghae	Trawl		1993	11	26	30	33.7	33.2	30.7	30.7

Ⅱ-7. 95.12.19.

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	1	37	36	35.5	37.5
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	3	37.5	36.1	36	37.3
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	5	36.3	35.3	34.5	40
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	6	38.9	37.3	37.2	41
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	9	39.5	38.4	36	38.1
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	11	39	37.8	34.5	34.5
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	12	42	40.8	38	36.3
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	15	40.3	39.2	35.5	34
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	18	36	34.9	34.7	35

Ⅱ-8. 97.01.27.

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Geojin	Gill net		1997	1	27	1		37.8		42.1
Geojin	Gill net		1997	1	27	2		38.2		37
Geojin	Gill net		1997	1	27	3		37.5		37.6
Geojin	Gill net		1997	1	27	4		39.5		35.2
Geojin	Gill net		1997	1	27	5		40.3		38.8
Geojin	Gill net		1997	1	27	6		39.3		35.8
Geojin	Gill net		1997	1	27	7		37		36.7
Geojin	Gill net		1997	1	27	8		39.8		38.5
Geojin	Gill net		1997	1	27	9		34.6		34.2
Geojin	Gill net		1997	1	27	10		36.5		40.2
Geojin	Gill net		1997	1	27	11		42		32.3
Geojin	Gill net		1997	1	27	12		37		40.6
Geojin	Gill net		1997	1	27	13		39		37.7
Geojin	Gill net		1997	1	27	14		39.3		39.2
Geojin	Gill net		1997	1	27	15		37.5		39
Geojin	Gill net		1997	1	27	16		36.5		39.1
Geojin	Gill net		1997	1	27	17		39		37.2

Geojin	Gill net		1997	1	27	18		41.5		**37.3**
Geojin	Gill net		1997	1	27	19		35.5		**37.7**
Geojin	Gill net		1997	1	27	20		39.2		**33.4**
Geojin	Gill net		1997	1	27	21		38.5		**39.2**
Geojin	Gill net		1997	1	27	22		38.3		**36.6**
Geojin	Gill net		1997	1	27	23		35.6		**39**
Geojin	Gill net		1997	1	27	24		34.5		**38**
Geojin	Gill net		1997	1	27	25		41		**42.5**
Geojin	Gill net		1997	1	27	26		35.6		**37.5**
Geojin	Gill net		1997	1	27	27		40.2		**40.2**
Geojin	Gill net		1997	1	27	28		34.5		**36.3**
Geojin	Gill net		1997	1	27	29		39.4		**36.5**
Geojin	Gill net		1997	1	27	30		38.5		**37.6**

Ⅱ-9. 97.02.27.

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	1	57.0	55		**51.2**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	2	48.6	47.4		**44.4**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	3	47.9	46.6		**43.3**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	4	54	53.6		**49**

Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	5	51.2	49.9		**46.5**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	6	46.4	45		**41.8**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	7	52	50.4		**47.1**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	8	53.1	51.2		**47.3**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	9	43.6	41.7		**39.4**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	10	43.4	41.9		**38.8**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	11	43.7	41.3		**38.6**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	12	43.5	42		**39.2**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	13	42	40.4		**37.2**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	14	40.6	39.5		**36.4**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	15	41.4	40.2		**37.3**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	16	42.9	40.4		**37.5**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	17	38	36.3		**34.6**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	18	39.2	38.1		**35.2**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	19	36	34.8		**32.3**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	20	40.6	39.5		**36.5**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	21	39.8	38.5		**35.3**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	22	36.5	35.3		**32.9**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	23	43.2	41.6		**38.6**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	24	38.2	37.1		**34.3**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	25	42.5	41		**38.2**

Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	26	41.8	39.9		**36.5**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	27	37.6	36		**33.3**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	28	38.4	37.2		**34.3**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	29	41.8	40.4		**37.3**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	30	42.8	41		**37.7**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	31	40.6	39		**35.8**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	32	41.9	40.4		**37.5**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	33	39.8	38.8		**35.6**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	34	37.5	36.5		**33.6**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	35	36	34.9		**32.1**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	36	39	37.6		**34.5**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	37	40	38.4		**35.5**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	38	37.3	36.2		**33**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	39	38	36.9		**34.1**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	40	38	36.8		**33.8**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	41	41	39.4		**36.1**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	42	38.4	37		**34.1**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	43	41.9	40.7		**38.1**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	44	39	37.5		**34.6**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	45	42.1	40.8		**37.9**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	46	36.6	35.3		**32.5**

Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	47	41.1	40.1		**36.8**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	48	38.7	37.7		**34.6**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	49	35.5	34.4		**31.8**
Sokcho	Gill net	55	1997	2	27	50	32.4	31.3		**28.9**

Ⅱ-10.

Unloading Port	Fishery	Fishing Area	Date			Number	TL	FL	SL	BW
			Year	Month	Day					
Jumunjin	Gill net		1995	12	19	46	38.2	36.8	34.2	**9.3**
Geojin	Gill net		1992	12	24	12	33.2	31.6	29.6	**2084**
Sokcho	Danish seine	55/8	1977	3	6	90	15	15		**11**
Jumunjin	Danish seine	63—2	1991	3	30	52	41.8	40	37.9	**40**

Ⅶ. 감사의 글

연구에 도움을 주신 많은 분들께 감사의 말을 전합니다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교