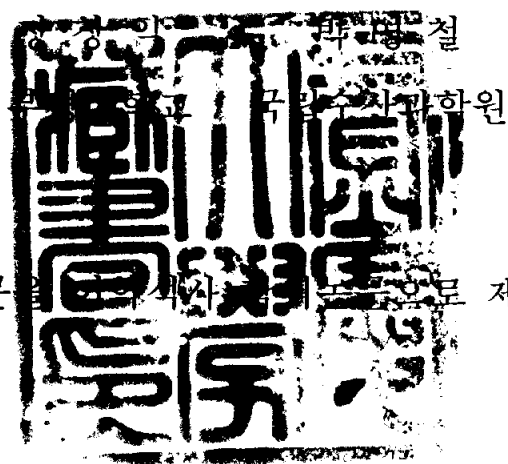


이학석사 학위논문

남서부 동해에서 기후체제전환이 생태계의 구조에 미친 영향

지도교수



이 논문은 이학석사 학위논문으로 제출함

2003년 2월

부경대학교 대학원

수산·해양 학·연 협동과정

윤 상 철

윤상철의 이학석사 학위논문을 인준함

2002년 12월 26일

주 심 수산학박사 이 장 욱



위 원 이학박사 박 영 철



위 원 이학박사 장 창 익



목 차

Abstract	2
서론	4
자료 및 방법	8
1. 자료	8
1.1. 대상해역 및 기간	8
1.2. 생물군의 분류 및 어획량	8
2. 방법	10
2.1. 생태계 모델	10
2.2. 입력 파라미터	13
2.3. 모델 균형 조정	16
결과	25
1. 남서부 동해 생태계의 구조	25
2. 생체량과 어획량의 변화	29
2.1. 생체량의 변화	29
2.2. 단위면적당 어획량의 변화	29
3. 영양단계와 상대적인 공현도의 비교	32
고찰	36
요약	41
사사	43
참고문헌	45
Appendix I. 생물군의 분류	53
Appendix II. 생물군별 어획량	60
Appendix III. 생물군별 생체량 및 생산량/생체량 비	73
Appendix IV. 먹이조성	95

Effects of Climatic Regime Shift on the Structure of Marine Ecosystem in the Southwestern East Sea

Sang Cheol Yoon

*URIP. of Fisheries and Oceanography, Graduate School
Pukyong National University*

Abstract

The structure and abundance of species or species groups in the East Sea ecosystem were compared between pre- and post- Climatic Regime Shift (CRS) occurred in the mid 1970s using a Ecopath model. Although the East Sea ecosystem consisted of primary producers, primary consumers, secondary consumers and terminal consumers, most species groups in the East Sea ecosystem belonged to secondary consumers. The mean trophic level between

pre- and post-CRS increased from 3.09 during the pre-CRS period to 3.28 during the post-CRS period. Total biomass of species groups in the East Sea ecosystem declined by 9% due to the CRS, while total catch increased by 48%. The most significant differences between pre- and post-CRS models occurred at the mid-trophic levels, characteristically occupied by fishes and cephalopods. The relative contribution of the different species groups to the total flow of energy was calculated for the trophic level III. As a result, the status by dominant species in the East Sea ecosystem shifted from cephalopods to walleye pollock due to the CRS. The relative contribution of 5 species which were commercially important, such as Pacific saury, Pacific sardine, filefish, walleye pollock and sandfish, were also changed due to the CRS. Finally, the climatic regime shift turned out to cause large variations in biomass and catch of fisheries resources as well as the status and role of major species.

서론

우리나라 동해는 한반도, 일본열도, 러시아로 둘러싸인 반폐쇄해(semi-enclosed sea)로서 타타르 (Tartar), 소야 (Soya), 쓰가루 (Tsugaru) 및 대한 (Korea)해협에 의해 인근 바다와 분리되어 있다. 동해는 면적이 $1,070 \times 10^3 \text{ km}^2$ 이고 (Preller and Hogan, 1998) 최고 수심은 3,700m, 평균수심은 1,350m이다 (Terazaki, 1999).

동해는 한반도 주변의 동·서·남해 중에서 가장 넓은 해역으로 경상남도에서 두만강 하구에 이르는 약 960km의 해안선을 가지고 있으며, 서해나 남해에 비해서 해안선이 단조롭고, 대륙붕이 좁은 것이 특징이다. 동해는 대마난류와 리만한류가 만나 생산력이 높고, 서식하는 생물도 다양하다. 동해에는 약 350~400여종의 어류가 서식하고 있다고 알려져 있으며, 깊은 바다에 사는 몇 종을 제외하고는 대부분이 연안과 대륙사면 사이를 이동하면서 서식하고, 계절적으로는 남북회유를 하는 종이 많다 (Kim and Kang, 1998a).

20세기에 들어 세계인구의 급증과 이에 따르는 산업활동이 꾸준히 증가함에 따라, 최근에는 전지구적으로 환경이 위협을 받는 수준까지 이르렀다. 또한 지구의 물리적·생물적 시스템의 자연적 변동이 쉽게 증명될 수 없는 시간구조 안에서 빈번히 일어나고 있다. 이러한 변동은 기후와 해양생태계 환경에 부가적인 압박을 가함으로써 닫힌 해양환경에서 서식하는 수산자원생물의 변동을 초래하였다. 그 예로서 최근

1976년 북태평양 해역에서 전지구적 규모로 일어났던 것으로 보고된 기후체제전환 (Climatic Regime Shift, CRS)이다 (Korea Science and Engineering Foundation, KOSEF, 1999).

지금까지 밝혀진 1976년 북태평양 기후체제전환의 기작을 보면 북태평양의 알류산열도 부근에는 겨울철에 항상 고기압이 형성되는데, 1976년 이후로 겨울철 동안 (11월~3월)의 알류산 저기압이 상당히 강화되어 기압이 평균 4기압 정도 낮아졌으며, 저기압의 중앙부는 동쪽으로 이동하였다. 이러한 현상은 바람과 해수의 이동에 영향을 미쳐서, 결과적으로 알래스카 전역은 따뜻해졌으나 태평양의 중앙부와 서부의 몇 해역에서는 냉각현상이 발생하였다 (PICES, 1994). 1976년 북태평양의 기후체제전환은 폭풍발생빈도를 증가시켰으며, 해양의 물리학적 특성을 변화시켜 해수의 온도와 혼합층의 두께 등에 영향을 미쳤고, 또한 해양의 일차생산력과 생태계의 구조개편을 야기시켰다. 북태평양에서 기후체제전환이 감지되었던 것처럼 동해에서도 1976/77년 기후체제전환으로 동해의 생태계와 주요 수산자원 생산량에 변화가 있었던 것으로 최근 밝혀졌다 (Zhang *et al.*, 2000; Zhang and Lee, 2001; Zhang and Gong, in press). 우리나라 해역에 나타난 기후체제전환은 1976년에 열전선이 북쪽으로 많이 이동하였으며 평균 표면해수온도 (SST)가 증가하였고, 1976년 이후 쿠로시오 해류 수송량도 증가하였으며, 또한 강수량과 혼합층의 깊이에도 큰 변동을 보였다 (Zhang *et al.*, 2000). 이러한 기후체제전환은 동해의 주요 어종의 어획량에 큰 변화를 야기했는데 특히 부어류인 꽂치, 쥐치, 정어리, 청어, 고등어 등에서 큰 변동 경

향을 보였다 (Fig. 1). 쾡치와 도루묵의 어획량은 감소하였고, 쥐치, 정어리, 명태의 어획량은 증가하였다. 특히 쾡치, 정어리, 고등어 등의 온수성 어종은 1976년과 1988년을 전환점으로 하여 어종의 성쇠가 교차되었다 (KOSEF, 1999).

이와 같이 전지구적으로 진행중인 기후변동에 대한 연구는 외국에서는 활발히 진행중이나 국내 연구는 극히 미미한 수준에 불과하다. 따라서 본 연구에서는 생태계 분석 모델을 이용하여 이러한 기후체제전환이 동해 생태계 구조와 주요 수산자원에 어떠한 영향을 미쳤는지를 생태영양학적 (ecotrophical)으로 분석하였다.

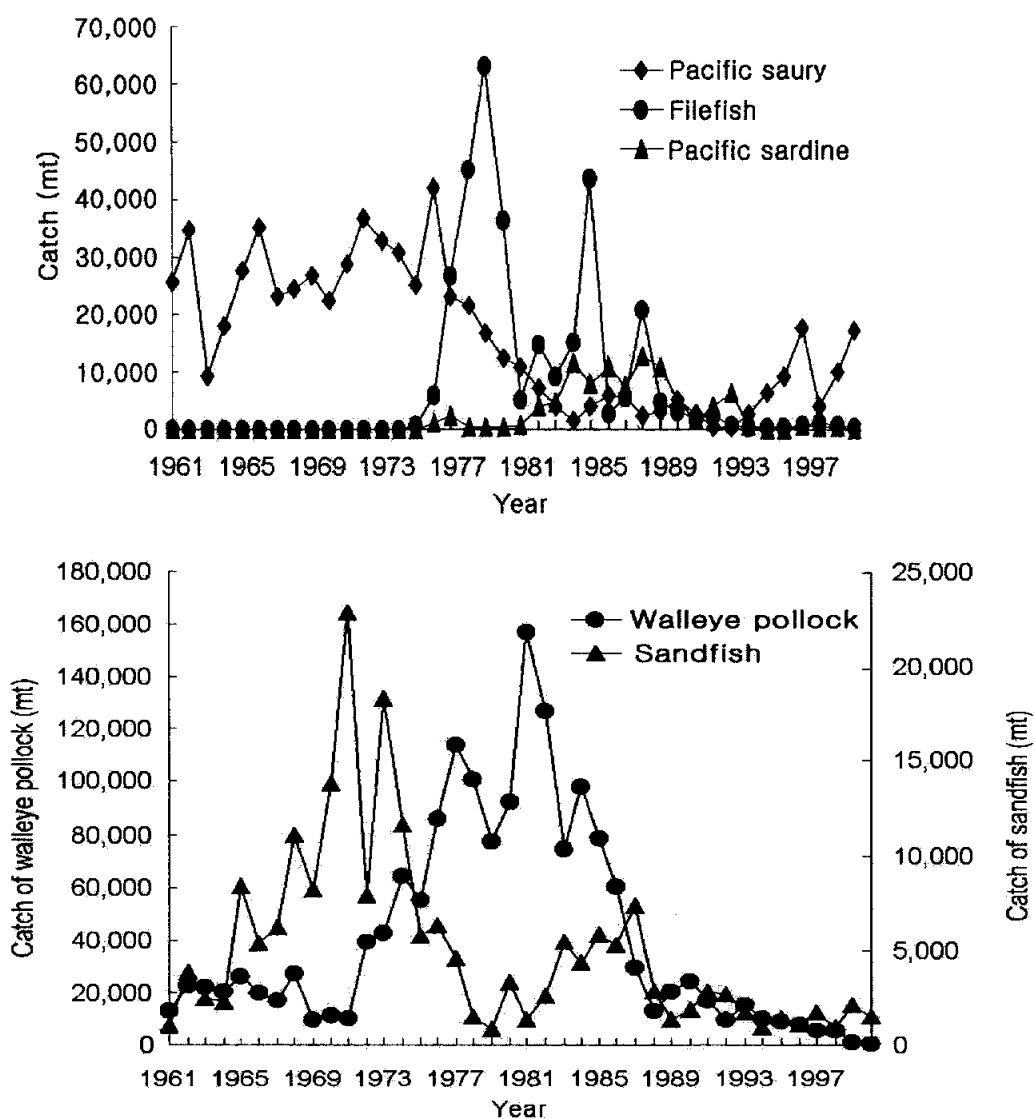


Fig. 1. Variations in catches of (a) Pacific saury, filefish and Pacific sardine, (b) walleye pollock and sandfish, during 1961-2000 (Zhang *et al.*, 2000; Kang *et al.*, 2000).

자료 및 방법

1. 자료

1.1. 대상해역 및 기간

본 연구에서는 우리나라 동해의 어획량 자료를 사용하였고 어장은 동해 전체 해역에서 남서부 동해해역을 대상으로 하였다 (Fig. 2). 어장면적은 근해어업의 조업어장을 고려하였고 (국립해양조사원, 1999), 북측의 경계는 북방어로 한계선을, 남측의 경계는 국립수산물과학원에서 구분하고있는 동해와 남해의 경계에 기초하였다 (국립수산물진흥원, 2001). 대상 해역의 전체 면적은 약 193,086 km² 이었다 (Fig. 2).

1976/77 기후체제전환 전후의 영향을 검토하기 위하여 기후체제전환 이전 (pre-CRS)모델은 1970년에서부터 1975년까지의 기간을, 기후체제전환 이후 (post-CRS)모델은 1978년에서부터 1984년까지의 기간을 적용하였다.

1.2. 생물군의 분류 및 어획량

생태계에는 기초생산자에서 최고포식자까지 수 많은 생물종이 서식하므로 생태계 분석 모델에서는 서식지, 먹이습성 등 유사한 생태학적 특성에 따라 단일종 또는 여러 종을 하나의 생물군으로 묶어서 모델에 적용시켰다.

본 연구에서는 동해에 서식하는 생물종을 기존의 생태계 분석 모

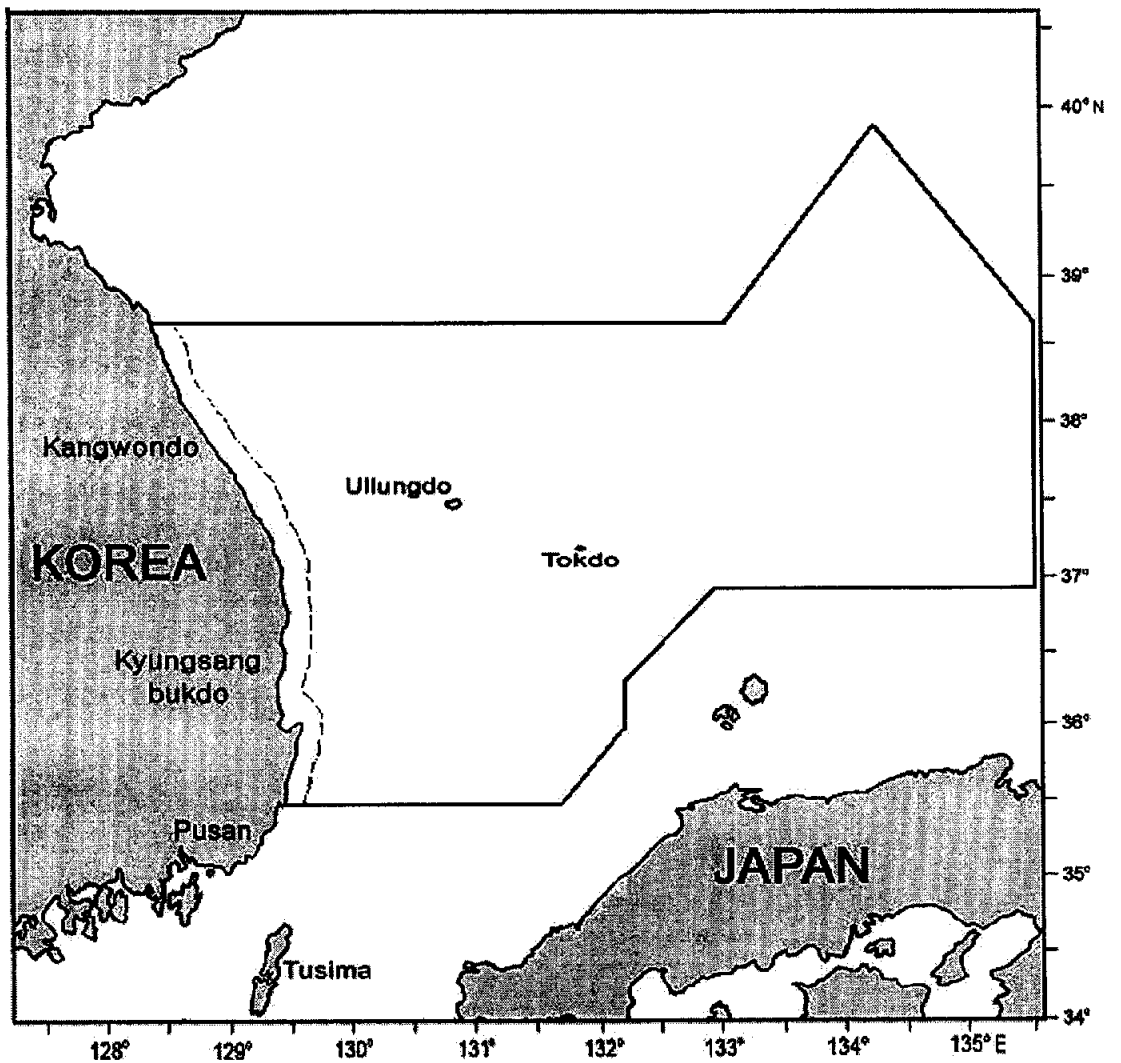


Fig. 2. Area as defined for the ecosystem model in the Southwestern East Sea. Thick line indicates each boundary of offshore fishing ground. Dotted line indicates the baseline of the territorial waters.

텔 연구결과 (Trites *et al.*, 1999)를 참고하여 그룹 구분을 한 후 해양수산부 통계연보에 어획량이 기록된 생물종은 동해에 서식하는 것으로 간주하여 분류군 (taxon)에 따라 각각의 생물군으로 분류하였다. 그 외 생물종은 이미 연구된 문헌 (최, 1999; 국립수산물진흥원, 1994b, 1999, 2000b; Park and Choi, 1997)을 참고하여 생태학적 유사성에 따라 구분한 결과 21개의 생물군과 1개의 퇴적물로 분류하였다 (Table 1). 기후체제전환으로 인해 어획량에 큰 변화를 보였던 꽁치, 정어리, 쥐치, 명태, 도루묵은 기후체제전환에 따른 종간, 생물군간 영향을 검토하기 위해 각각 하나의 생물군으로 분류하였다 (Appendix I).

어획량 자료는 해양수산부 통계연보 (해양수산부, 1971-1985)에 기록된 일반해면어업의 어획량을 사용하였다. 이 중 강원도와 경상북도에 서 기록된 어획량을 동해의 어획량으로 간주하여 적용기간 동안의 평균 어획량을 기후체제 전후 모델에 사용하였다. 생물군의 어획량은 생물군내 종별 평균 어획량의 합으로 구하였다. 그러나 멍크고래의 어획량은 전 연근해의 어획량에 대하여 나타나 있었기 때문에 어획량의 절반이 동해에서 어획되는 것으로 가정하여 각 적용기간에 대한 평균 어획량을 사용하였다 (Gong, 1981; 1988). 생물군별 어획량 자료는 Appendix II와 같다.

2. 방법

2.1. 생태계 모델

본 연구에서 사용한 생태계 모델은 해양생태계의 영양관계 분석에

Table 1. Species groups used in the ecosystem model in the southwestern East Sea

	Group name
Sharks and Whales	Apex predator
	Baleen whales
	Small sharks
Birds	Sea bird
Fishes	Pacific saury
	Pacific sardine
	Filefish
	Small pelagics
	Large pelagics
	Walleye pollock
	Sandfish
	Semi-demersal fish
Cephalopods	Demersal fish
	Cephalopods
Benthics	Benthic feeders
	Epifauna
	Gastropods
	Infauna
Plankton	Zooplankton
	Phytoplankton
Others	Algae
	Detritus

See appendix I for details.

사용되는 Ecopath 모델로서 Polovina (1984)에 의해서 개발되었고 Christensen and Pauly (1992), Christensen (1995)에 의해서 더욱 발전되었다. 수산자원의 평가나 양식장의 평가와 같이 수중 생태계에 널리 응용되고 있으며 또한, 최근에는 육상목장 시스템 (farming system)을 분석하는데도 적용되고 있다 (Dalsgaard *et al.*, 1995).

Ecopath 모델은 각 그룹으로부터의 유입량과 유출량이 균형을 이룸을 가정하여 질량균형 모델식 (the mass-balance equation)과 에너지 균형 모델식 (the energy-balance equation)을 기본식으로 한다.

질량균형 모델식은

$$P_i = Y_i + B_i \cdot M2_i + E_i + BA_i + P_i \cdot (1 - EE_i) \quad \text{--- (1)}$$

또는

$$B_i \cdot (P/B)_i \cdot EE_i - \sum_{j=1}^m B_j \cdot (Q/B)_j \cdot DC_{ji} - Y_i - E_i - BA_i = 0$$

----- (2)

여기서, P_i 는 생물군 i 의 총해양생산력, Y_i 는 i 의 총어획량, $M2_i$ 는 i 의 포식자에 의한 사망량, E_i 는 순회유량 (이출-이입), BA_i 는 i 의 누적생체량, $P_i \cdot (1 - EE_i) = M0_i$ 는 i 에 대한 기타사망, $(P/B)_i$ 는 i 의 생산량/생체량의 비, $(Q/B)_i$ 는 i 의 섭식량/생체량의 비, 그리고 DC_{ji} 는 포식자 (j)의 먹이조성 중 피식자 (i)의 비이다.

에너지균형 모델식은

$$\text{섭식량} = \text{생산량} + \text{호흡량} + \text{미동화량} \text{ --- (3)}$$

Ecopath 에 의한 생태계 모델링에 필요한 기본 입력자료는 각 그룹에 대한 생체량, 생산량/생체량 비, 섭식량/생체량 비, 생태영양효율 중 세 개의 자료와 어획량, 먹이조성 자료가 필요하다. 나머지 하나의 파라미터는 질량균형에 의해 계산된다.

총 에너지 흐름은 $t \cdot km^{-2} \cdot year^{-1}$ 로 표현되어지는 시스템내의 총 에너지 흐름의 합이다 (Ulanowicz, 1986). 그것은 네 가지 흐름 구성요소의 합으로 추정된다.

$$\text{총섭식량} + \text{총이출량} + \text{총호흡량} + \text{퇴적물로의 총흐름} = \text{총 에너지 흐름} \text{ --- (4)}$$

이것은 에너지 흐름 네트워크의 비교를 위해서 아주 중요한 파라미터이다.

2.2. 입력 파라미터

생태계 분석 모델에서는 서식면적비, 생체량, 생산량/생체량 비, 섭식량/생체량 비, 먹이조성, 어획량 등의 기본입력자료를 필요로 한다 (Fig. 3).

2.2.1. 서식면적비

생물군이 서식하는 총면적의 비로 유영생물의 경우 전 대상해역에 서식하는 것으로 보고 1을 적용하였으며 표생저서동물, 복족류, 내생저

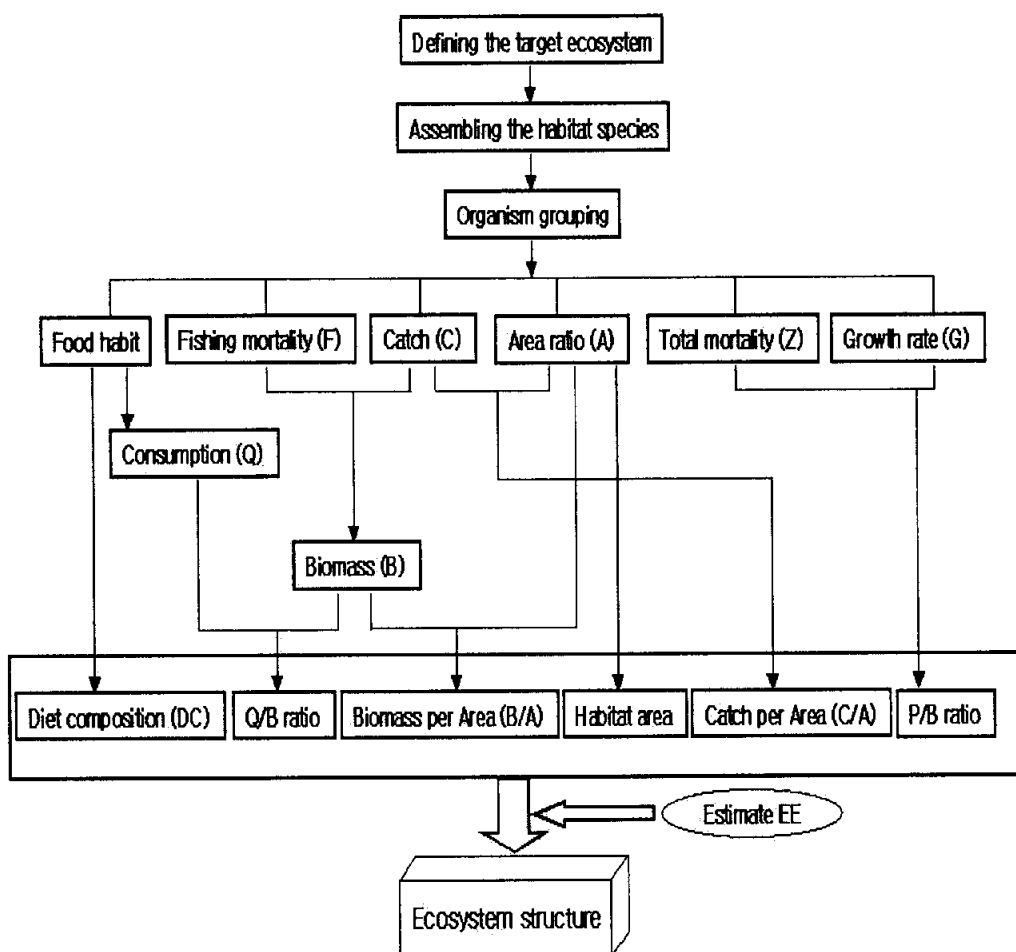


Fig. 3. Flowchart of the steps and process for studying ecosystem modeling.

서동물, 해조류의 경우 서부 동해 영해기선 내부에서만 분포 및 어획되는 것으로 간주하여 영해기선 내부의 면적 ($9,569 \text{ km}^2$)을 총면적 ($193,086 \text{ km}^2$)에 대하여 나누어준 0.050을 적용하였다.

2.2.2. 생체량

생체량은 대상해역에서 생물군의 단위 면적당 평균 생체량이다. 해당 기간동안 생체량 자료를 이용할 수 있었던 정어리, 동물플랑크톤, 식물플랑크톤의 생체량은 기존 연구에 의한 결과를 이용하였고 나머지 생물군의 생체량은 $B = C/F$ 의 관계로부터 계산하였다 (Appendix III). 여기서, C는 어획량, F는 어획량에 따라 가중평균된 순간어획사망계수이다.

2.2.3. 생산량/생체량 비

생산량/생체량 비는 성장률과 같다 (Mertz and Myers, 1998). 따라서 어류 생물군의 생산량/생체량 비는 국립수산진흥원 (1994a, 2000a)의 체중자료를, 표생저서동물, 복족류, 내생저서동물은 부경대학교 (1999, 2000)의 체중자료를 사용하여 각 생물종의 성장률을 구한 후 생물군 내 각 생물종의 어획량으로 가중평균하여 구하였다 (Appendix III).

2.2.4. 섭식량/생체량 비

섭식량/생체량 비는 체중당 섭식량으로 각 생물종이 체중의 몇 배

를 소비하는가를 나타내는 것으로, 동해 생태계 생물에 대해 사용 가능한 자료가 거의 없었으므로 베링해 서식 생물에 대한 연구 자료를 사용하였다 (Trites *et al.*, 1999).

2.2.5. 먹이조성

먹이조성은 생물군간 피식-포식 관계를 나타내는 것으로서, 생물군의 전체 먹이 중 피식자별로 먹힌 정도를 비율로 나타내며 합은 1이다. 위내용물 조사에 의해 먹이생물 중요도가 정확히 추정된 생물종에 대해서는 그 결과를 그대로 이용하였고, 먹이생물 중요도가 정확하게 분류되지 않은 생물종에 대해서는 문헌에서 조사된 먹이생물 중에서 가장 선호하는 먹이에 중요도 2를, 선호도는 낮으나 섭식하는 먹이에 대해서 중요도 1을, 섭식하지 않는 생물은 중요도 0을 부여하여 어획량이 있는 생물군에 대해서는 이것을 생물군내 생물종의 어획량으로 가중평균하여 그 총합이 1이 되도록 계산하였다. 최종적으로 먹이생물의 비율은 그것의 총합으로 나눠준 비율을 적용하였다 (Appendix IV).

2.3. 모델 균형 조정

Ecopath가 실행될 때 이입과 이출의 균형을 이루기 위해서, EE (ecotrophic efficiency, 생태영양학적 효율)값은 모델의 평형을 유지하기 위해 0과 1사이에 있도록 조정한다. 여기서 0이라는 값은 시스템 내에서 어떤 다른 생물군도 해당 생물군을 소비하지 않음을 나타낸다. 반면, 1혹은 1에 가까운 값은 생물군이 강한 포식압력 혹은 어획압력을

받음을 의미한다. 특히, 평형상태에서 이 값은 1을 초과하여서는 안된다 (Christensen *et al.*, 2000).

본 연구에서 최초로 추정된 기본 입력값에 의한 모델은 균형을 이루지 않았기 때문에, 모델의 균형을 이루기 위해서 기본 입력값을 조정하였다.

2.3.1 기후체제전환 이전 모델의 균형

- 소형상어류의 면적당 생체량 0.003 t/km^2 에서 0.011 t/km^2 로 수정.
- 소형부어류의 면적당 생체량 (0.058 t/km^2)이 너무 낮게 추정되었기 때문에 본 연구에서 고려한 기후체제전환 이전 (1970-1975년)과 이후 (1978-1984년) 기간동안의 어획량 비율을 비교한 결과 기후체제전환 이전은 기후체제전환 이후의 대략 43% 수준이었기 때문에 이 비율을 기후체제전환 순간어획사망계수에 곱한 0.280 ($0.651 \times 0.430 = 0.280$)로부터 구한 면적당 생체량인 0.136 t/km^2 로 수정.
- 생산량/생체량 비 > (섭식량/생체량 비)/2를 따르기 위해서 대형부어류의 섭식량/생체량 비를 $3.145/\text{yr}$ 에서 $4.500/\text{yr}$ 로 수정.
- 반저서어류의 면적당 생체량 (0.014 t/km^2)이 너무 낮게 추정되었기 때문에 반저서어류의 생물종 중에서 기후체제전환 이전의 참돔의 순간어획사망계수 ($0.219/\text{yr}$)가 기후체제전환 이후 ($0.676/\text{yr}$)의 대략 1/3수준이었다 (국립수산진흥원, 1988). 따라서 순간어획사망계수의 1/3수준인 $0.224/\text{yr}$ ($0.672/3 = 0.224/\text{yr}$)로부터 구한 0.041 t/km^2 로 수정.
- 두족류의 생산량/생체량 비가 너무 낮게 고려되어서 기존의 연구결

- 과 (Trites *et al.*, 1999)를 참고하여 0.899/yr에서 3.200/yr로 수정.
- 저서섭이자의 면적당 생체량 (0.007 t/km^2)이 너무 낮게 추정되었기 때문에 기존의 연구결과 (Trites *et al.*, 1999)에 나타난 저서섭이자의 EE를 참고하여 EE를 0.990으로 고정시켜서 구한 면적당 생체량인 0.230 t/km^2 로 수정.
 - 저서섭이자의 생산량/생체량 비가 너무 낮게 고려되어서 기존의 연구결과 (Trites *et al.*, 1999)를 참고하여 0.634/yr에서 3.320/yr로 수정.
 - 표생저서동물의 면적당 생체량 (0.370 t/km^2)이 너무 낮게 추정되었기 때문에 기후체제전환 이후와의 어획량 비율을 비교한 결과 기후체제 전환 이전은 기후체제전환 이후의 대략 42% 수준이었기 때문에 이 비율을 기후체제전환 순간어획사망계수에 곱한 0.200/yr ($0.475 \times 0.421 = 0.200$)로부터 구한 면적당 생체량인 0.879 t/km^2 로 수정.
 - 내생저서동물의 면적당 생체량 (0.022 t/km^2)이 너무 낮게 추정되었기 때문에 기후체제전환 이후와의 어획량 비율을 비교한 결과 기후체제전환 이전은 기후체제전환 이후의 대략 10% 수준이었기 때문에 이 비율을 기후체제전환 순간어획사망계수에 곱한 0.071/yr ($0.707 \times 0.100 = 0.071$)로부터 구한 면적당 생체량인 0.219 t/km^2 로 수정.
 - 먹이 조성비의 수정.

2.3.2. 기후체제전환 이후 모델의 균형

- 소형상어류의 면적당 생체량 0.001 t/km^2 에서 0.008 km^2 로 수정.
- 소형부어류의 면적당 생체량 (0.175 t/km^2)이 너무 낮게 추정되었기

때문에 기존의 연구결과 (Trites *et al.*, 1999)에 나타난 소형부어류의 EE를 참고하여 EE를 0.990으로 고정시켜서 구한 면적당 생체량인 0.284 t/km²로 수정.

- 생산량/생체량 비 > (섭식량/생체량 비)/2 를 따르기 위해서 대형부어류의 섭식량/생체량 비를 3.145/yr에서 4.500/yr로 수정.
- 반저서어류의 면적당 생체량 (0.037 t/km²) 너무 낮게 추정되었기 때문에 소형부어류의 면적당 생체량 추정에 사용된 순간어획사망계수의 비율인 62%를 순간어획사망계수에 곱한 0.375/yr (0.609 × 0.616 = 0.375)로부터 구한 0.061 km²로 수정.
- 두족류의 생산량/생체량 비는 기후체제전환 이전 모델에 적용한 방법과 마찬가지로 기존의 연구결과 (Trites *et al.*, 1999)를 참고하여 0.899/yr에서 3.200/yr로 수정.
- 저서섭이자의 면적당 생체량 (0.015 t/km²)이 너무 낮게 추정되었기 때문에 기후체제전환 이전 모델에 적용한 방법과 마찬가지로 EE를 0.990으로 고정시켜서 구한 0.685 km²로 수정.
- 저서섭이자의 생산량/생체량 비가 너무 낮게 고려되어서 기존의 연구결과 (Trites *et al.*, 1999)를 참고하여 0.634/yr 에서 3.320/yr로 수정.
- 표생저서동물의 면적당 생체량 (0.045 t/km²)이 너무 낮게 추정되었기 때문에 기후체제전환 이전 모델의 수정전의 면적당 생체량과 수정 후의 면적당 생체량의 비율을 파악하여 (0.879/0.370 ≈ 2.375) 이를 면적당 생체량에 곱하여서 구한 2.140 t/km²로 수정.

- 먹이 조성비의 수정.

기후체제전환 이전 및 이후의 각 모델에 대한 기본 입력값은 Tables 2, 3, 4와 5와 같다.

Table 2. Basic parameters for the pre-CRS model

Group name	Habitat area (fraction)	Biomass in habitat area (t/km ²)	Production/ biomass (/yr)	Consumption/ biomass (/yr)	Catch (t/km ²)
Apex predator	1.000	0.003	0.020	11.156	-
Baleen whales	1.000	0.032	0.280	8.331	0.005
Small sharks	1.000	0.011	0.280	11.156	0.000
Sea bird	1.000	0.006	0.800	60.000	-
Pacific saury	1.000	0.239	1.554	3.650	0.152
Pacific sardine	1.000	0.117	0.928	3.650	0.000
Filefish	1.000	0.001	1.184	3.650	0.001
Small pelagics	1.000	0.136	0.882	3.650	0.038
Large pelagics	1.000	0.009	2.214	4.500	0.006
Walleye pollock	1.000	0.427	0.928	5.487	0.196
Sandfish	1.000	0.151	1.554	5.487	0.069
Semi-demersal fish	1.000	0.041	1.224	2.640	0.009
Demersal fish	1.000	0.017	1.164	2.679	0.011
Cephalopods	1.000	0.431	3.200	10.667	0.216
Benthic feeders	1.000	0.230	3.320	7.690	0.003
Epifauna	0.050	0.879	1.008	5.777	0.009
Gastropods	0.050	0.827	1.130	5.777	0.007
Infauna	0.050	0.219	1.302	12.000	0.001
Zooplankton	1.000	4.483	5.546	22.000	-
Algae	0.050	3.813	10.000	-	0.095
Phytoplankton	1.000	7.459	687.506	-	-
Detritus	1.000	-	-	-	-

Table 3. Basic parameters for the post-CRS model

Group name	Habitat area (fraction)	Biomass in habitat area (t/km ²)	Production/ biomass (/yr)	Consumption./ biomass (/yr)	Catch (t/km ²)
Apex predator	1.000	0.003	0.020	11.156	–
Baleen whales	1.000	0.045	0.280	8.331	0.006
Small sharks	1.000	0.008	0.280	11.156	0.000
Sea bird	1.000	0.006	0.800	60.000	–
Pacific saury	1.000	0.086	1.554	3.650	0.055
Pacific sardine	1.000	0.310	0.928	3.650	0.017
Filefish	1.000	0.218	1.184	3.650	0.141
Small pelagics	1.000	0.284	0.980	3.650	0.120
Large pelagics	1.000	0.020	2.214	4.500	0.013
Walleye pollock	1.000	1.169	0.928	5.487	0.538
Sandfish	1.000	0.031	1.554	5.487	0.014
Semi-demersal fish	1.000	0.061	1.154	2.640	0.023
Demersal fish	1.000	0.046	1.129	2.522	0.029
Cephalopods	1.000	0.319	3.200	10.667	0.160
Benthic feeders	1.000	0.685	3.320	7.690	0.007
Epifauna	0.050	2.140	1.251	5.777	0.019
Gastropods	0.050	2.260	1.110	5.777	0.019
Infauna	0.050	0.454	1.033	12.000	0.009
Zooplankton	1.000	5.470	5.546	22.000	–
Algae	0.050	1.578	10.000	–	0.039
Phytoplankton	1.000	7.081	724.179	–	–
Detritus	1.000	–	–	–	–

Table 4. The estimated proportions of prey eaten by predators in the pre-CRS model

Prey \ Predator	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Apex predator																			
2 Baleen whales	0.118																		
3 Small sharks	0.088																		
4 Sea bird																			
5 Pacific saury	0.095	0.084	0.139	0.093				0.040	0.222	0.010		0.088		0.016					
6 Pacific sardine	0.047	0.041	0.068	0.041				0.023	0.109	0.007		0.043		0.007					
7 Filefish	0.000	0.000	0.000						0.001			0.000	0.001						
8 Small pelagics	0.023	0.021	0.034	0.041				0.012	0.054	0.009		0.021	0.034	0.005					
9 Large pelagics	0.003	0.003	0.018						0.008			0.003							
10 Walleye pollock	0.170	0.150	0.248							0.045		0.156							
11 sandfish	0.060	0.053	0.087							0.023	0.090	0.055	0.087						
12 Semi-demersal fish	0.005	0.005	0.027							0.006	0.020	0.005	0.008						
13 Demersal fish	0.007	0.006	0.025									0.006	0.010						
14 Cephalopods	0.265		0.200					0.080	0.183		0.150	0.177	0.205	0.198					
15 Benthic feeders	0.119	0.318	0.100	0.148					0.183	0.045		0.203	0.118	0.100					
16 Epifauna			0.030	0.044		0.002	0.077			0.001		0.031	0.035		0.003				
17 Gastropods			0.020	0.025		0.001	0.077			0.003		0.070	0.079		0.004				
18 Infauna			0.003	0.005						0.004		0.003	0.004						0.156
19 Zooplankton		0.319		0.602	1.000	0.997	0.769	0.801	0.240	0.847	0.540	0.139	0.214	0.672	0.987	0.058			
20 Algae								0.008			0.200	0.000		0.002		0.882	0.342		
21 Phytoplankton							0.077	0.018							0.006	0.001	0.329	0.333	0.736
22 Detritus								0.018								0.059	0.329	0.667	0.108
23 SUM	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Table 5. The estimated proportions of prey eaten by predators in the post-CRS model

Prey \ Predator	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Apex predator																			
2 Baleen whales	0.118																		
3 Small sharks	0.060																		
4 Sea bird																			
5 Pacific saury	0.017	0.010	0.025	0.043				0.009	0.041	0.003		0.015		0.006					
6 Pacific sardine	0.061	0.054	0.089	0.115				0.033	0.146	0.011		0.054		0.020					
7 Filefish	0.043	0.038	0.063					0.023	0.103	0.003		0.038	0.059	0.007					
8 Small pelagics	0.034	0.030	0.050	0.088				0.018	0.083	0.006		0.030	0.048	0.010					
9 Large pelagics	0.032	0.026	0.006					0.009				0.003							
10 Walleye pollock	0.230	0.185	0.335							0.063		0.204							
11 sandfish	0.006	0.005	0.009							0.002	0.081	0.005	0.008						
12 Semi-demersal fish	0.007	0.006	0.011							0.003	0.099	0.006	0.010						
13 Demersal fish	0.009	0.008	0.013									0.008	0.013						
14 Cephalopods	0.265		0.200					0.080	0.146		0.200	0.161	0.184	0.188					
15 Benthic feeders	0.118	0.318	0.100	0.143					0.146	0.100		0.218	0.126	0.399					
16 Epifauna			0.025	0.036		0.002	0.077			0.001		0.033	0.038	0.000	0.003				
17 Gastropods			0.062	0.049		0.001	0.017			0.003		0.081	0.084	0.001	0.003				
18 Infauna			0.012	0.018								0.016	0.004	0.000					0.126
19 Zooplankton		0.320		0.508	1.000	0.997	0.829	0.793	0.326	0.805	0.421	0.127	0.242	0.369	0.976	0.285			
20 Algae								0.008			0.200				0.018	0.480	0.392		
21 Phytoplankton							0.077	0.018								0.056	0.304	0.333	0.766
22 Detritus								0.018				0.001	0.184			0.180	0.304	0.667	0.108
23 SUM	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

결 과

1. 남서부 동해 생태계의 구조

Ecopath 모델을 사용하여 추정된 남서부 동해 생태계 영양구조는 각 생물군간의 영양학적 상호작용, 즉 피식/포식 관계와 에너지 흐름은 Fig. 4와 같다. 각 박스의 크기는 생체량을 나타내고, 화살표는 에너지가 이동하는 방향을 보여준다. 동해 생태계에서의 영양단계는 크게 4단계 즉, 1차 생산자, 1차 소비자, 2차 소비자, 그리고 최고 소비자였다. 1차 생산자에 해당하는 생물군은 퇴적물, 식물플랑크톤, 해조류였고, 1차 소비자는 동물플랑크톤, 내생저서동물, 복족류, 표생저서동물이었고, 2차 소비자는 두족류, 저서어류, 반저서어류, 도루묵, 명태, 대형부어류, 소형부어류, 쥐치, 정어리, 꽁치, 바다새, 수염고래류였다. 그리고 최고 소비자는 대형상어류와 이빨고래류가 포함된 최고 포식자와 소형상어류였다.

기후체제전환 전과 후에 있어 동해 생태계의 구조를 비교하면 (Figs. 5 and 6) 동해 생태계의 대부분의 생물군은 영양단계 3단계, 즉 2차 소비자에 해당하였다. 영양단계 3단계와 4단계 근처의 생물군은 대부분이 기후체제전환 이후 상대적으로 생체량이 증가하였지만, 소형상어류, 두족류, 꽁치, 도루묵의 생체량은 기후체제전환 이전에 비해 감소하였다. 영양단계 2단계 근처의 생물군은 기후체제전환 이후 모두 생체량이 증가하였지만, 퇴적물을 제외하고 영양단계 1단계의 생물군은

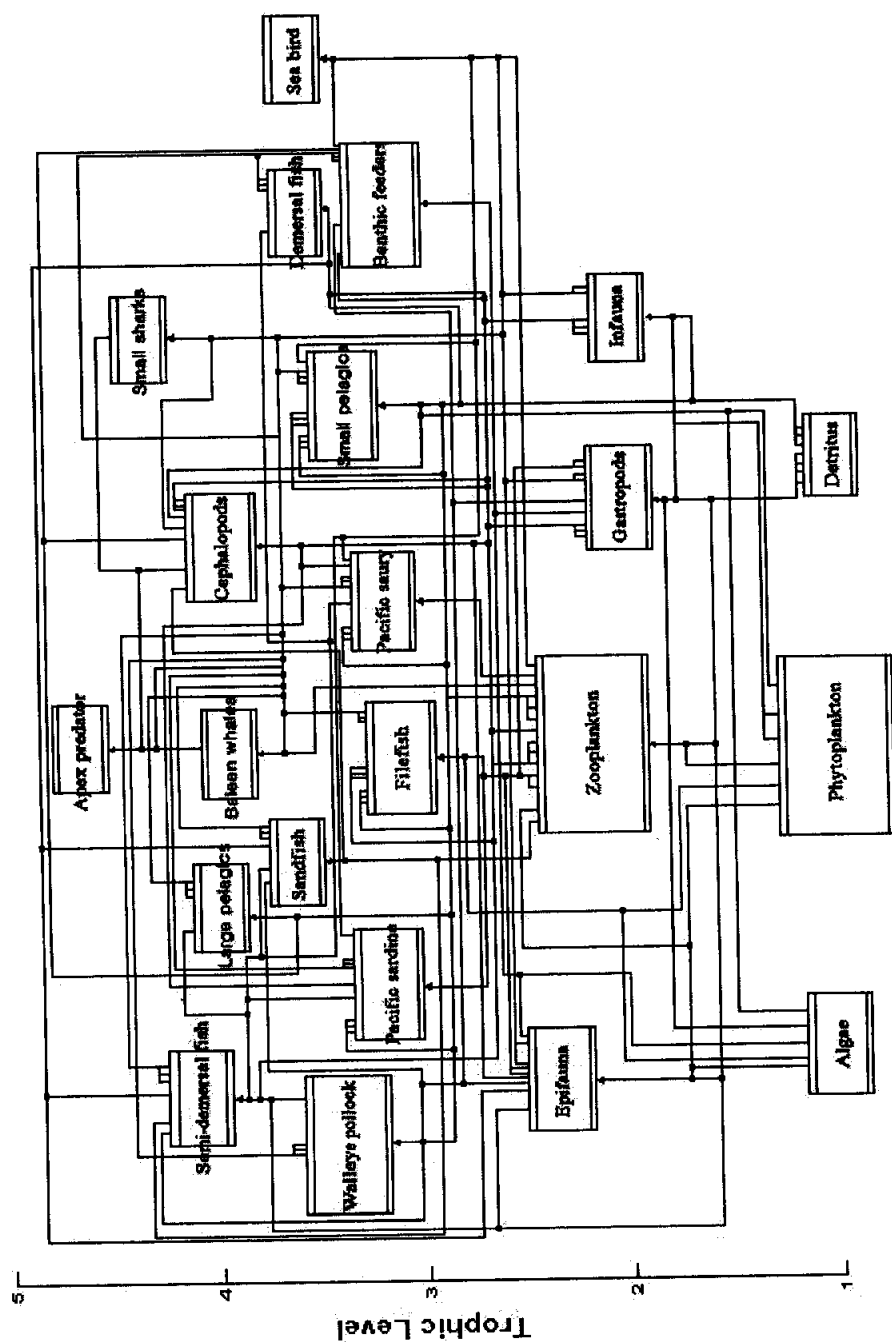


Fig. 4. Flowchart of trophic interactions in the marine ecosystem of the southwestern East Sea.

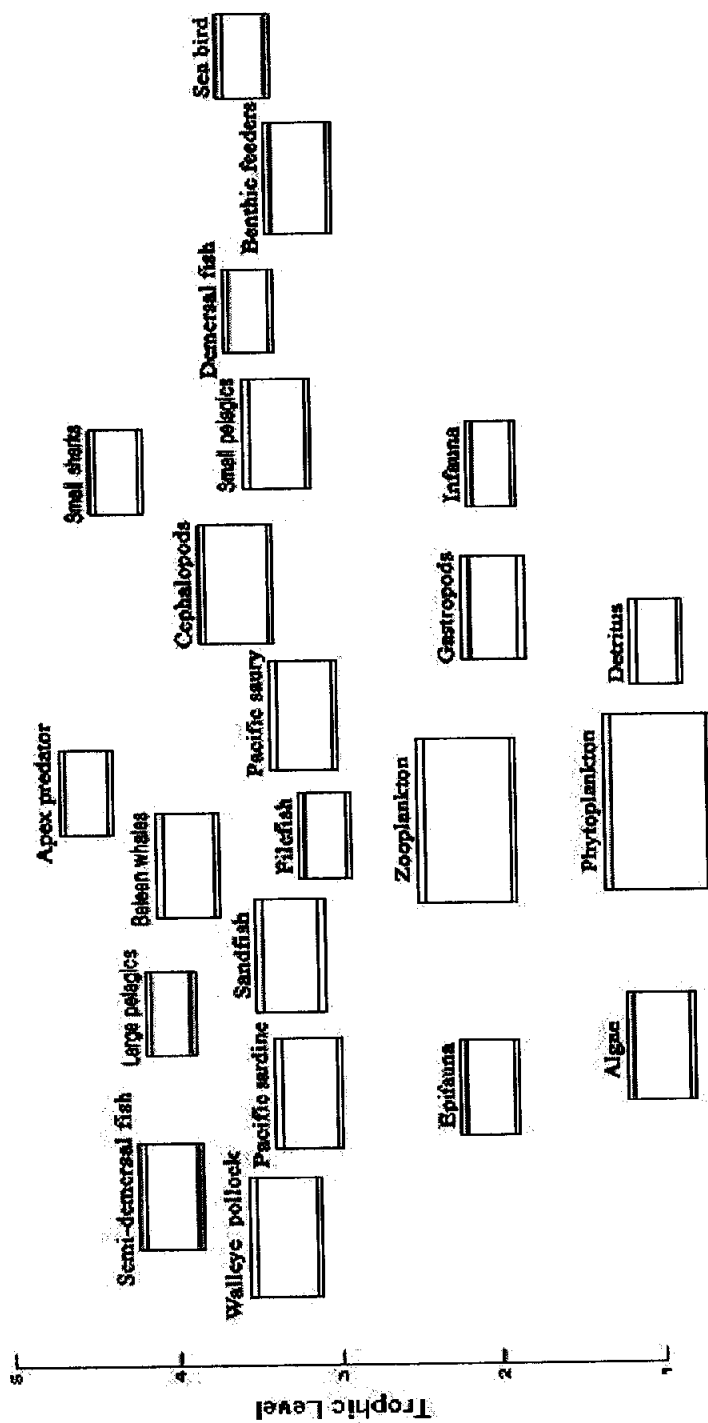


Fig. 5. Estimated trophic levels and relative abundance of species in the southwestern East Sea ecosystem for the pre-CRS model.

기후체제전환 이후 생체량이 모두 감소하였다.

2. 생체량과 어획량의 변화

2.1. 생체량의 변화

기후체제전환 이전과 이후의 생체량을 비교해 본 결과, 기후체제전환 이후 6개 생물군의 생체량이 감소하였으며, 13개 생물군의 생체량이 증가하였다 (Table 6). 어획량의 변동양상에서 큰 변화를 보이는 종은 5종이었으며 이들의 생체량은 꽁치와 도루묵이 각각 64%와 79%의 큰 감소를 보였으며, 정어리, 쥐치, 명태는 각각 165%, 21,700%, 174%의 큰 증가를 나타내어, 전체적으로 총 생체량은 9% 감소하였다.

2.2. 단위면적당 어획량의 변화

기후체제전환 이전과 이후의 단위면적당 어획량을 비교해 본 결과, 기후체제전환 이후 5개 생물군의 단위면적당 어획량이 감소하였으며, 12개 생물군의 단위면적당 어획량이 증가하였다 (Table 7). 단위면적당 어획량의 변동양상에서 큰 변화를 보이는 꽁치, 정어리, 쥐치, 명태, 도루묵의 변화를 살펴보면, 꽁치와 도루묵은 각각 64%와 80%의 감소를, 정어리, 쥐치, 명태는 각각 16,900%, 14,000%, 174%의 증가를 보여, 전체적으로 총 단위면적당 어획량은 48% 증가를 기록하였다. 기후체제전환 이전에는 두족류가 가장 큰 단위면적당 어획량을 나타내었으나 기후체제전환 이후에는 명태가 가장 큰 값을 기록하였다.

Table 6. Comparison of biomass between pre- and post-CRS models

Group name	Biomass (t/km ²)		Change (%)
	Pre-CRS	Post-CRS	
Apex predator	0.003	0.003	-
Baleen whales	0.032	0.045	41%
Small sharks	0.011	0.008	-27%
Sea bird	0.006	0.006	-
Pacific saury	0.239	0.086	-64%
Pacific sardine	0.117	0.310	165%
Filefish	0.001	0.218	21,700%
Small pelagics	0.136	0.284	109%
Large pelagics	0.009	0.020	122%
Walleye pollock	0.427	1.169	174%
Sandfish	0.151	0.031	-79%
Semi-demersal fish	0.041	0.061	49%
Demersal fish	0.019	0.046	171%
Cephalopods	0.431	0.319	-26%
Benthic feeders	0.230	0.685	198%
Epifauna	0.044	0.107	143%
Gastropods	0.041	0.113	173%
Infauna	0.011	0.023	110%
Zooplankton	4.483	5.470	22%
Algae	0.189	0.079	-98%
Phytoplankton	7.459	7.081	-5%
Total	17.702	16.164	-9%

Table 7. Comparison of catch per area between pre- and post-CRS models

Group name	Catch (t/km ²)		Change (%)
	Pre-CRS	Post-CRS	
Apex predator	-	-	-
Baleen whales	0.004	0.006	58%
Small sharks	0.0004	0.0002	-50%
Sea bird	-	-	-
Pacific saury	0.152	0.055	-64%
Pacific sardine	0.0001	0.017	16,900%
Filefish	0.001	0.141	14,000%
Small pelagics	0.038	0.120	216%
Large pelagics	0.006	0.013	117%
Walleye pollock	0.196	0.538	174%
Sandfish	0.069	0.014	-80%
Semi-demersal fish	0.009	0.023	156%
Demersal fish	0.011	0.029	164%
Cephalopods	0.216	0.160	-26%
Benthic feeders	0.003	0.007	133%
Epifauna	0.009	0.019	111%
Gastropods	0.007	0.018	157%
Infauna	0.001	0.008	700%
Zooplankton	-	-	-
Algae	0.094	0.039	-59%
Phytoplankton	-	-	-
Total	0.816	1.207	48%

3. 영양단계와 상대적인 공헌도의 비교

각 기간에 대한 평균 영양단계는 기후체제전환 이전 3.09에서 기후체제전환 이후 3.28로 증가하였다 (Table 8).

기후체제전환 이전과 이후에 있어 가장 큰 차이는 동해 생태계에서 대부분의 어류와 두족류가 속하는 중간 영양단계에서 나타났다. 총에너지 흐름에 대한 영양단계 3단계에 있어서 각 생물군의 기여도 (relative contribution)를 기후체제전환 이전과 이후의 비교에서 기후체제전환 이전에는 두족류 38.3%, 명태 19.5%, 저서섭이자 14.7%의 순이었고, 기후체제전환 이후에는 명태가 32.9%, 저서섭이자가 27.1%, 두족류 17.5%의 순이었다. 어획량의 변동양상에서 큰 변화를 보이는 5종의 기여도를 기후체제전환 이전과 이후의 비교에서 정어리는 기후체제전환 이전 3.6%에서 기후체제전환 이후 5.8%로 63%의 증가를, 쥐치는 기후체제전환 이전 0.0%에서 4.1%로 16,237%의 증가를, 명태는 기후체제전환 이전 19.5%에서 기후체제전환 이후 32.9%로 69%의 증가를 보였다. 반면, 꽁치는 기후체제전환 이전 7.3%에서 기후체제전환 이후 1.6%로 78%의 감소를, 도루묵은 기후체제전환 이전 6.9%에서 기후체제전환 이후 0.9%로 87%의 감소를 보였다 (Fig. 7, Table 9).

Table 8. Estimated trophic levels for the pre- and post-CRS model

Group name	Trophic level	
	pre-CRS	post-CRS
Apex predator	4.52	4.59
Baleen whales	3.90	3.89
Small sharks	4.30	4.29
Sea bird	3.50	3.54
Pacific saury	3.18	3.14
Pacific sardine	3.18	3.14
Filefish	3.07	3.07
Small pelagics	3.32	3.32
Large pelagics	4.03	3.94
Walleye pollock	3.34	3.35
Sandfish	3.30	3.57
Semi-demersal fish	4.04	4.05
Demersal fish	3.49	3.54
Cephalopods	3.59	3.91
Benthic feeders	3.18	3.12
Epifauna	2.07	2.33
Gastropods	2.00	2.00
Infauna	2.00	2.00
Zooplankton	2.18	2.14
Algae	1.00	1.00
Phytoplankton	1.00	1.00
Mean trophic level	3.09	3.28

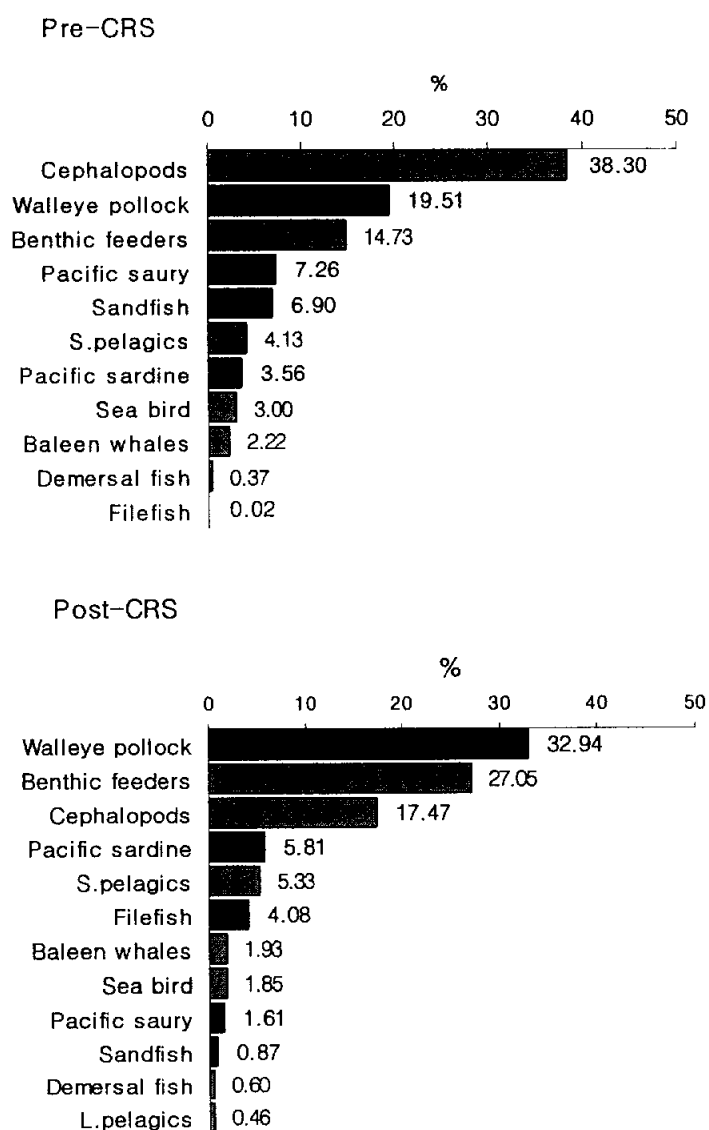


Fig. 7. Relative contribution (%) of species to the total flow of energy (throughput) at trophic level III in the pre- and post-CRS model.

Table 9. Variations in relative contribution of five species for the
pre- and post-CRS model

		Contribution (%)		
	Species	Pre-CRS	Post-CRS	Change (%)
Increase	Pacific sardine	3.56	5.81	63
	Filefish	0.02	4.08	16,238
	Walleye pollock	19.51	32.94	69
Decrease	Pacific saury	7.26	1.61	-78
	Sandfish	6.90	0.87	-87

고 찰

1976/77년 북태평양에서 일어난 기후체제전환이 최근의 연구를 통하여 알려지면서 동해에서도 1976/77년 이후 생태계와 주요 수산자원의 생산량에 변화가 나타났다 (Zhang *et al.*, 2000). 특히 부어류인 꽁치, 정어리, 고등어 등에서 큰 변동 경향을 보였는데 이러한 온수성 어종의 어획량 교차는 일본 해역에서도 1976년을 기점으로 고등어의 어획량은 감소하는 경향을 보이는 반면, 정어리의 어획량은 급격히 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 8). 지금까지 기후체제전환이 생태계를 구성하고 있는 생물자원에 어떠한 영향을 미쳤는지에 관한 기존의 연구는 플랑크톤 혹은 어류자원의 증감에 관한 연구가 대부분이었다. 생태계내 한 구성요소의 증감은 이와 피식/포식 관계를 맺고 있는 다른 생물종에도 어떠한 영향을 미치게 된다. 영향을 미치게 될 것이란 사실은 자명하지만 어느 정도로 또 얼마 만큼의 영향을 미치게 되는지를 정량적으로 분석하는 것은 결코 쉬운 일이 아니다.

따라서 본 연구에서는 생태계를 분석하는 질량균형모델의 하나인 Ecopath 모델을 사용하여 생태계 내에 존재하는 단일종 (혹은 종그룹)에 대한 현 상태와 각 종의 변화율을 추정해서, 이 상태와 변화율 체제내의 주어진 기간에 대해 생태계의 상태와 변화를 정량적으로 설명하였다.

추정된 동해 생태계의 구조는 1차 생산자, 1차 소비자, 2차 소비자,

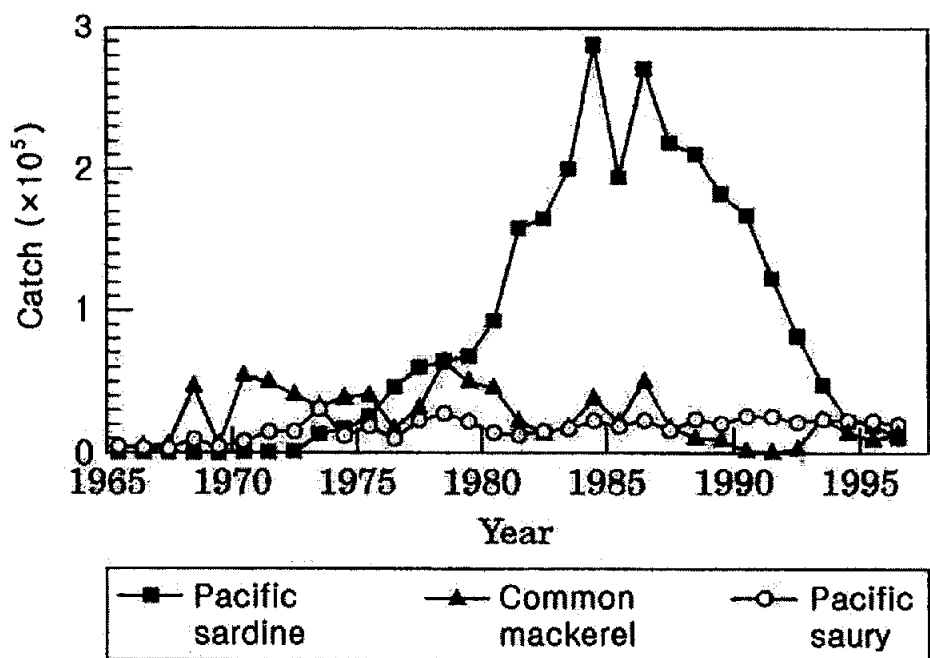


Fig. 8. Variations in catches of Pacific sardine, common mackerel and Pacific saury (modified from Tsutomu and Fujise, 2002).

최고 소비자로 구성되었는데 동해 생태계의 대부분의 생물군은 영양단계 3단계, 즉 2차 소비자에 해당하는 것을 알 수 있었다. 각 기간에 대한 평균 영양단계는 기후체제전환 이전 3.09에서 기후체제전환 이후 3.28로 증가하였다. 이 평균 영양단계는 어획물의 평균 영양단계를 의미하는 것으로서 기후체제전환 이전에 비해 상대적으로 높은 영양단계를 가지는 생물군이 높은 비율을 차지하였음에 기인한다. 또한 Ecopath 프로그램에서는 평균 영양단계를 추정함에 있어 어획량을 가중치로 하는데 중간 영양단계에 속하는 정어리, 쥐치, 명태 등의 어획량 증가에도 기인한다. 퇴적물을 제외한 총 21개 생물군의 기후체제 이전과 이후의 생체량을 비교해 본 결과 기후체제전환 이후 13개 생물군의 생체량이 증가하였고, 6개 생물군의 생체량이 감소하였다. 이중 최고포식자와 바다새의 생체량은 기후체제 이전과 이후의 값을 동일하다고 가정하였기 때문에 분석에서 제외되었다. 생체량의 증가를 기록한 생물군이 더 많았으나 총 생체량은 9% 감소하였는데 이것은 총 생체량에서 큰 부분을 차지하는 식물플랑크톤, 해조류 생물군과 꽁치, 도루묵의 생체량의 감소에 기인한다. 상업적으로 이용되는 총 17개 생물군에 대한 어획량을 기후체제전환 이전과 이후의 비교에서 기후체제전환 이후 12개 생물군의 어획량이 증가하였고, 5개 생물군의 어획량이 증가하였다. 총 어획량은 48% 증가하였는데 이것은 어획량에서 큰 부분을 차지하는 명태 어획량의 큰 증가와 기후체제전환 이전에는 어획량이 미미하였지만 이후 큰 폭으로 상승한 쥐치 어획량의 큰 증가에 기인한다.

동해 대부분의 생물군이 속하는 영양단계 3단계에 있어서 총에너지 흐름에 대한 각 생물군의 기여도는 기후체제전환 이전에는 두족류, 명태, 저서섭이자의 순이었으나 기후체제전환 이후에는 명태, 저서섭이자, 두족류의 순이었다. 이는 생태계 내 우점종에 의한 지위가 두족류에서 명태로 전환되었음을 나타낸다. 또한 어획량의 변동양상에서 큰 변화를 보이는 5종의 기여도를 기후체제전환 이전과 이후에 있어 비교해 본 결과 어획량 증감의 경향과 같이 기여도도 증감하였다. 이는 어획량의 증가, 즉 풍도의 변화가 생태계 내 총 에너지 흐름에서도 변화를 야기시켜 이들이 생태계 내에서 갖는 지위와 역할도 변화하였음을 간접적으로 증명해 준다. 위의 결과를 종합해보면 기후체제전환은 수산자원의 생체량 및 어획량뿐만 아니라 생태계를 구성하는 주요 생물종의 지위와 역할에도 변화를 초래하는 것으로 해석할 수 있다.

그러나 위의 결과는 다음과 같은 요인으로 인하여 해석시 유의해야 한다. 본 연구에 사용된 생체량은 자료의 부족으로 인하여 대부분 어획량과 순간어획사망계수와의 관계로부터 추정할 수 밖에 없었는데 추정에 사용된 각 어종의 자원생태학적 특성치는 기 추정된 자료로서 동일한 해에 추정된 것이 아니라는 문제점을 가지고 있다.

대형상어류, 수염고래류, 바다새와 같은 최상위 포식자에 속하는 생물군에 있어서는 동해 생태계에 대한 생체량, 생산량/생체량 비 등의 자료가 전무하였다. 최상위 포식자는 생태계 내에서 가장 상위 영양단계를 가지는 종들로서 가장 복잡하고 다양한 포식행위를 하는 것으로 알려져 있다. 이들의 증감은 하위 영양단계에 속하는 종들의 풍도에 큰

영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 이들에 대한 자료의 부족으로 인하여 기후체제전환 이전과 이후에 있어 동일하다고 가정하였다.

본 연구에서는 생태계를 구성하고 있는 생물들간의 영양역학적인 관계의 척도가 되는 먹이조성자료의 정확성이 결여되어 있다는 문제점을 가지고 있다. 현 상황에서 각 종이 무엇을 얼마만큼의 비율로 포식하는지에 관한 결과는 미흡한 수준이다. 따라서 위내용물 조사가 이뤄지지 않은 종에 대해서는 문헌에 간략하게 제시되어 있는 주요 먹이생물에 중요도를 부여하여 사용하였다.

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 주요 어종 뿐만 아니라 상위 포식자에 속하는 상어류, 수염고래류, 바다새에 대한 생태학적 특성치인 연령과 성장, 사망률 등에 관한 광범위한 연구가 수행되어야 한다. 또한 다양한 어종에 대한 위내용물 조사결과를 중간 피식/포식을 나타내는 먹이조성에 접목시켜 보다 정확한 종간의 영양역학적인 관계를 분석해야 할 것이다.

본 연구에서는 질량균형 모델인 Ecopath 모델을 사용하여 기후체제전환 이전과 이후의 동해 생태계에 대해 분석된 결과는 기후체제전환의 영향을 정확히 밝혀내는데는 미흡한 수준이다. 그렇지만 최근 그 중요성이 대두되고 있는 생태계에 기초한 수산자원 관리를 위한 기초적인 연구로서 동해 생태계의 구조를 파악하고 생태계를 구성하고 있는 각 생물종 및 생물군의 영양역학적인 관계를 밝히는 첫 시도라는데 의의를 둘 수 있다.

요 약

질량균형 Ecopath 모델을 사용하여 우리나라 남서부 동해를 대상으로 기후체제전환 이전과 이후 동해 생태계의 구조와 생태계를 구성하고 있는 생물종 및 생물군의 변화를 연구하였다.

동해 생태계의 구조는 1차 생산자, 1차 소비자, 2차 소비자, 최고 소비자로 구성되었고 많은 생물군은 2차 소비자로 추정되었다. 평균영양단계는 기후체제전환 이전 3.09에서 기후체제전환 이후 3.28로 증가하였다. 기후체제전환 이전과 이후의 21개 생물군의 생체량은 13개 생물군의 생체량이 기후체제전환 이후 증가하였고, 6개 생물군의 생체량은 감소하였으며 총 생체량은 9% 감소하였다. 주요 17개 생물군의 단위면적당 어획량은 기후체제전환 이후 12개 생물군의 어획량이 증가하였고, 5개 생물군의 어획량이 감소하였다. 총 단위면적당 어획량은 48% 감소하였다.

남서부 동해 생태계의 많은 생물군이 속하는 영양단계 3에서 총에너지 흐름에 대한 각 생물군의 기여도에서 우점종이 기후체제전환 이전의 두족류에서 기후체제전환 이후의 명태로 전환되었다. 또한 단위면적당 어획량에서 큰 변화를 보였던 5종 (꽂치, 정어리, 쥐치, 명태, 도루묵)의 기여도는 기후체제전환 이전과 이후의 어획량 증감에 따라 기여도도 증감하였다.

우리나라 남서부 동해 생태계는 기후체제전환으로 수산자원의 생체

량 및 어획량 뿐만 아니라 생태계를 구성하는 주요 생물종의 지위와 역할에도 영향을 받은 것으로 보인다.

사 사

본 논문이 완성되기까지 너무나도 부족하고 미흡한 저를 항상 따뜻한 가르침으로 인도해주신 장창익 교수님께 깊은 감사와 존경의 마음을 올립니다. 바쁘신 와중에서도 깊은 관심으로 논문이 완성되기까지 많은 조언으로 논문을 다듬어 주신 이장욱 교수님과 박영철 부장님께 깊은 감사의 마음을 드립니다.

언제나 따뜻한 관심과 논문에 필요한 여러 가지 조언들을 아끼지 않으신 김수암 교수님과 국립수산물품질관리원의 최영민 연구사님, 손명호 연구사님, 이재봉 연구사님께 진심으로 감사의 마음을 전합니다.

논문이 완성되기까지 힘들 때마다 격려해주시고 물심양면으로 도와주신 수산자원관리실험실의 이만우, 이선길 선배님과 친동생의 일인 양 수고로움을 아끼지 않으신 서영일, 이성일, 박점준 선배님께 고개숙여 감사드립니다. 그리고 언제나 선배의 부족한 면을 채워주는 수산자원관리실험실의 후배님들에게도 감사의 마음을 전합니다.

아낌없는 조언으로 가르쳐주신 수산해양학연합동과정과 수산물리학과의 선배님들과 선배의 성가신 요청에도 묵묵히 도와준 수산물리학과와 여러 후배님들에게도 감사의 마음을 전합니다.

조언뿐만 아니라 논문에 필요한 자료를 구함에 수고로움을 아끼지 않으신 수산해양학 실험실의 강수경 선배님과 따뜻한 위로의 말과 도움을 준 수산해양학 실험실의 정경미, 손동화, 양윤선 외 후배님들에게

도 감사드립니다.

지금까지도 각별한 애정을 갖고 보살펴주시는 한규철, 조양식, 배기원, 류창균 선배님에게도 진심으로 감사드립니다. 또 묵묵히 친구를 지켜봐주고 믿어준 원성재, 윤주민, 김재훈, 이지훈 동기님 외 94학번 동기님들에게도 진심어린 감사의 마음을 전합니다. 고등학교 시절부터 함께하고 추억을 쌓아온 상철, 주신, 경수, 준복, 상준, 성식에게도 고마운 마음을 전합니다.

언제나 따뜻한 미소와 믿음으로 동생을 후원해 주시는 형님, 누나 내외분과 세상에서 가장 사랑스러운 조카 해민과 태연에게 이 논문이 작은 선물이 되었으면 합니다.

무엇보다도 못한 자식을 위해서 지금까지도 생업에 종사하시면서 뒷바라지를 하고 계시는 부모님께 진심으로 머리숙여 감사드리며, 이 논문이 부모님께서 제게 베풀어주신 은혜에 조금이나마 보답하는 기회가 되었으면 합니다.

참고문헌

- 강릉대학교 해양동물생리학 실험실 웹사이트. [http://knusun.kangnung.ac.kr/~marpy/maphy-data/120E % /120-3fr.htm](http://knusun.kangnung.ac.kr/~marpy/maphy-data/120E%20-%203fr.htm).
- 국립수산진흥원. 1988. 연근해어업자원평가. 예문사. 254pp.
- 국립수산진흥원. 1994a. 연근해 주요어종의 생태와 어장. 예문사. 304pp.
- 국립수산진흥원. 1994b. 한국연근해 유용어류도감. 예문사. 299pp.
- 국립수산진흥원. 1996. 연근해 주요 어종별 어획동향 및 자원상태평가 -EEZ (배타적 경제수역) 관련-. 수산자원조사보고 제 16호. 구덕인쇄사. 434pp.
- 국립수산진흥원. 1999. 한국연근해 유용연체동물도감. 구덕인쇄사. 197pp.
- 국립수산진흥원. 2000a. 배타적경제수역 (EEZ) 주요 어업자원의 생태와 어장. 예문사. 317pp.
- 국립수산진흥원. 2000b. 한반도연안 고래류. 한글그라픽스. 135pp.
- 국립수산진흥원. 2001. 한국해양편람. 4th edition.
- 국립해양조사원. 1999. 한·일어업협정수역도.
- 두산세계대백과. www.encyber.com.
- 부경대학교 해양과학공동연구소. 1999. 부산신항 건설사업에 따른 어업 피해조사. 제 2편 생산량 산출. 512pp.

- 부경대학교 해양과학공동연구소. 2000. 하동화력발전소 가동 및 건설공사로 인한 해양영향조사. 제 2편 생산량 산정. 439pp.
- 스쿠버다이빙지 웹사이트. <http://www.scubadc.com/scuba/eco-bm.htm>.
- 여수대학교 웹사이트. <http://webserver.yosu.ac.kr/~mobidic/meongge.htm>.
- 제주대학교 해양과학대학 웹사이트. <http://shellfish.cheju.ac.kr/invt98/feed-organisms.htm>.
- 최윤. 1999. 상어. 지성출판사. 197pp.
- 한국의 조류. <http://bric.postech.ac.kr/species/bird/index.html>.
- 해양수산부. 1971-1985. 해양수산부 통계연보.
- 해양수산부. 1994. 새만금 종합개발 사업 어업피해 보상 조사연구.
- 해양수산부. 2000. EEZ 체제하에서의 TAC 어업자원 관리기법 및 공동이용자원에 대한 쿼터시스템 개발에 관한 연구. 542pp.
- Allen, R.R. 1971. Relation between production and biomass. J. Fish. Res. Board Can., 28: 1573-1581.
- Cha, B.Y., B.Q. Hong, H.S. Jo, W.S. Sohn, Y.C. Park, W.S. Yang and O.I. Choi. 1997. Food habits of the yellow gosefish, *Lophius litulon*. J. Korean Fish. Soc., 30(1), 95-104 (in Korean).
- Cha, B.Y., Y.C. Park and S.H. Huh. 1998. Age and growth of the yellow gosefish, *Lophius litulon*. J. Korean Fish. Soc., 31(4). 529-534 (in Korean).
- Christensen, V. and D. Pauly. 1992. ECOPATH II a software for

- balancing steady ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecol. Modelling*.
- Christensen, V. 1995. Ecosystem maturity towards quantification. *Ecol. Modelling*, 77 : 3-32.
- Christensen, V., J. Walters and D. Pauly. 2000. Ecopath with Ecosim : A user's guide. UBC Fisheries Centre & ICLARM Vancouver, Canada & Penang, Malaysia.
- Chung, C.S., J.H. Shim and Y.C. Park., 1989. Primary productivity and nitrogenous nutrient dynamics in the East Sea of Korea. *J. Kor. Soc. Oceanogr.*, Vol. 24. No. 1.: 52-61 (in Korean).
- Dalsgaard, J.P.T., C. Lightfoot and V. Christensen. 1995. Towards quantification of ecological sustainability in farming systems analysis. *Ecol. Eng.*, 4:181-189.
- Fisheries Centre. 1996. Mass-balance models of North-eastern Pacific ecosystems. Fisheries Centre Research Reports. Volume 4. Number 1.
- Gong, Y. 1981. Minke whales in the waters off Korea. *Rep. Int. Whal. Commu.*, 31, 241-244.
- Gong, Y. 1988. Distribution and abundance of the Sea of Japan-Yellow Sea-East China Sea Stock of minke whales. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, 41: 35-54 (in Korean).
- Holden, M.J. 1974. Problems in the rational exploitation of

- Elasmobranch populations and some suggested solutions : Sea Fisheries Research. Ed. by F.R. Jones. Paul Elek Ltd., 54-58.
- Huh, S.H. and B.Y. Cha. 1998. Feeding habits of jack mackerel, *Trachurus japonicus*, collected from the Nakdong River estuary. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 34(3) (in Korean).
- Hwang, S.D. 1999. Population ecology of Pacific mackerel, *Scomber japonicus*, off Korea. Doctoral dissertation. Chungnam Univ (in Korean).
- Iversen, S.A., D. Zhu, A. Johannessen and R. Toresen. 1992. Stock size, distribution and biology of anchovy in the Yellow Sea and East China Sea. Fisheries Research, 16: 147-163.
- Kang, S.K., S. Kim and S.W. Bae. 2000. Changes in ecosystem components induced by climate variability off the eastern coast of the Korean Peninsula during 1960-1990. Prog. Oceanogr., 47: 205-222.
- Kim, J.Y. and J.I. Kim. 1998. Annual variation of biomass and distribution area of Pacific sardine, *Sardinops melanosticta* off Korea. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst., 54 : 27-36 (in Korean).
- Kim, S. and S.K. Kang. 1998a. The status and research direction for fishery resources in the East Sea/Sea of Japan. J. Korean Soc. Fish. Res., 1(1), 44-58 (in Korean).
- Kim, Y.H. and Y.J. Kang. 1998b. Stomach contents analysis of the

- common squid, *Todarodes Pacificus* Steenstrup in Korean waters. J. Korean Fish. Soc., 31(1), 26-30 (in Korean).
- Korea Science and Engineering Foundation. 1999. A study on the climate regime shift and fisheries resources in Korean Waters (in Korean).
- Lee, J.U. 1985. Studies on the fishery biology of the atka mackerel *Pleurogammus monopterygius* (Pallas) in the North Pacific Ocean. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 34 : 65-125 (in Korean).
- Lee, J.U., C.I. Baik, D.H. An., S.S. Kim, H.S. Kim, S.G. Choi, T.Y. Oh, J.W. Jeong and J.B. Kim. 1995. Stock assessment of walleye pollock, *Theragra chalcogranna*, in the Okhotsk Sea with an emphasis on dynamics of the international waters stock. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 50 : 1-30.
- Lee, J.B. 2000. Stock assessment and management implications of horse mackerel (*Trachurus japonicus*) in Korean waters, based on the relationship between recruitment and the ocean environment. Masters thesis. Pukyong National Univ., 61pp (in Korean)
- Mertz, G. and R.A. Myers. 1998. A simplified formulation for fish production. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 55: 478-484.
- Park, J.S., S.S. Lee. and K.U. Bae. 1973. Studies on the relation between the food habits of mackerel, *Scomber japonicus*

- HOUTTUYN and the composition of plankton in the South Sea of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 10 (in Korean).
- Park, K.J. and S.S. Cha. 1995. Food organisms of postlarvae of Japanese anchovy (*Engraulis japonica*) in Kwangyang Bay. J. Korean Fish. Soc., 28(3), 247-252 (in Korean).
- Park, K.J., S.S. Cha and S.H. Huh. 1996. Food organisms of the postlarval shad (*Konosirus punctatus*) in Kwangyang Bay. J. Korean Fish. Soc., 29(4), 450-455 (in Korean).
- Park, C. and J.K. Choi. 1997. Zooplankton community in the front zone of the East Sea of Korea (the Sea of Japan) : 1. species list, distribution of dominant taxa, and species association. J. Korean Fish. Soc., 30(1). 225-238 (in Korean).
- PICES. 1994. PICES-GLOBEC Science Plan. Submitted to the Third PICES Annual Meeting. Oct. 15-24. Japan.
- Polovina, J.J. 1984. Model of a coral reef ecosystem. Part I. The Ecopath application and its application to French Frigate Shoals. Coral Reefs, 3:1-11.
- Preller, R. H. and P. J. Hogan. 1998. Oceanography of the Sea of Okhotsk and the Japan/East Sea Coastal Segment (11s). In Robinson and Brink (Eds.). The Sea. John Wiley & Sons, Inc.
- Shim, J.H. and Y.C. Park. 1986. Primary productivity measurement using carbon-14 and nitrogenous nutrient dynamics in the

- East Sea of Korea. J. Kor. Soc. Oceanogr., Vol. 21. No. 1.: 13-24.
- Terazaki, M. 1999. The Sea of Japan large marine ecosystem. *In* Sherman and Tang (Eds.). Large marine ecosystems of the Pacific rim. Assessment, sustainability and management. Blackwell Science, Inc. 465p.
- Tsutomu, T. and Y. Fujise. 2002. Geographical and seasonal changes of the prey species of minke whale in the Northwestern Pacific. ICES Journal of Marine Science., 59 : 000-000.
- Trites, A.W., P.A. Livingston, S. Mackinson, M.C. Vasconcellos, A.M. Springer and D. Pauly. 1999. Ecosystem change and the decline of marine mammals in the eastern Bering Sea. Fisheries Centre Research Reports. Vol. 7.
- Ulanowicz, 1986. Growth and development: ecosystem phenomenology. Springer Verlag. New York. 204p.
- Yeon, I.J., S.H. Hong, H.K. Cha and S.T. Kim. 1999. Feeding habits of *Raja pulchra* in the Yellow Sea. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Ins., Vol. 57, 1-11 (in Korean).
- Zhang, C.I. 1996. A Study on the stock assessment and management implications of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne in Korean waters. 1. Estimation of population

- ecological characteristics of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne in Korean waters. J. Korean. Fish. Soc., 29(5), 567-577 (in Korean).
- Zhang, C.I., C.S. Park and M.H. Sohn. 1998. A study on the stock management of the sharp-toothed Eel, *Muraenesox cinereus* (FORSKAL) in Korean waters. Population ecological characteristics and Biomass. J. Korean Soc. Fish. Res., 1(1), 25-35 (in Korean).
- Zhang, C.I., J.B. Lee, S. Kim and J.H. Oh. 2000. Climatic regime shifts and their impacts on marine ecosystem and fisheries resources in Korean waters. Prog. Oceanogr., 47 : 171-190.
- Zhang, C.I. and J.B. Lee. 2001. Stock assessment and management implications of horse mackerel (*Trachurus japonicus*) in Korean waters, based on the relationships between recruitment and the ocean environment. Prog. Oceanogr., 49 : 513-53.
- Zhang, C.I. and Y. Gong. in press. Effect of ocean climate changes on the Korean stock of Pacific saury, *Cololabis saira* (BREVOORT). Fish. Oceanogr.

Appendix I . 생물군의 분류

1. 최고포식자 (Apex predator)

동해 생태계의 최고 포식자는 대형상어류와 이빨고래류일 것이라 가정하였다 (최, 1999; 국립수산진흥원, 2000b).

Scientific name	English name
<i>Carcharodon carcharias</i>	Great white shark
<i>Isurus oxyrinchus</i>	Shortfin mako
<i>Sphyrna lewini</i>	Scalloped hammerhead
<i>Sphyrna zygaena</i>	Smooth hammerhead
<i>Galeocerdo cuvier</i>	Tiger shark
<i>Physeter macrocephalus</i>	Sperm whale
<i>Grampus griseus</i>	Risso's dolphin
<i>Berardius bairdii</i>	Baird's beaked whale

2. 수염고래류 (Baleen whales)

동해에 서식하는 수염고래류를 다음과 같이 분류하였다 (국립수산진흥원, 2000b).

Scientific name	English name
<i>Balaenoptera musculus</i>	Blue whale
<i>Balaenoptera physalus</i>	Fin whale
<i>Balaenoptera borealis</i>	Sei whale
<i>Balaenoptera edeni</i>	Bryde's whale
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Minke whale
<i>Eubalaena glacialis</i>	Northern right whale
<i>Eschrichtius robustus</i>	Gray whale

3. 소형상어류 (Small sharks)

해양수산부 통계연보 (해양수산부, 1971-1985)에 어획량이 기록되었던 청새리상어, 곱상어와 칠성상어를 포함시켰다 (최, 1999).

Scientific name	English name
<i>Prionace glauca</i>	Blue shark
<i>Squalus acanthias</i>	Spiny dogfish
<i>Notorhynchus cepedianus</i>	Broadnose sevengill shark

4. 바다새 (Sea bird)

Scientific name	English name
<i>Larus crassirostris</i>	Black-tailed gull
<i>Sterna hirundo</i>	Common tern
<i>Larus saundersi</i>	Sander's gull
<i>Larus schistisagus</i>	Slaty-backed gull
<i>Melanitta nigra</i>	Black scote
<i>Phalacrocorax filamentosus</i>	Temminck's Cormorant

5. 꽁치 (Pacific saury)

Scientific name	English name
<i>Colorabis saira</i>	Pacific saury

6. 정어리 (Pacific sardine)

Scientific name	English name
<i>Sardinops melanostictus</i>	Pacific sardine

7. 쥐치 (Filefish)

Scientific name	English name
<i>Stepanolepis cirrhifer</i>	Filefish

8. 소형부어류 (Small pelagics)

Scientific name	English name
<i>Scomber japonicus</i>	Common mackerel
<i>Trachurus japonicus</i>	Horse mackerel
<i>Engraulis japonica</i>	Anchovy
<i>Hemiramphus sajori</i>	Halfbeak
<i>Lateolabrax japonicus</i>	Sea bass
<i>Sillago sihama</i>	Sand smelt
<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus	Grey mullet
<i>Clupea pallasii</i>	Herring
<i>Scomberomorus niphonius</i>	Spanish mackerel
<i>Ammodytes personatus</i> Girard	Pacific sand lance
<i>Clupanodon punctatus</i>	Gizzard-shad
	Puffers

9. 대형부어류 (Large pelagics)

Scientific name	English name
<i>Seriola quinqueradiata</i>	Yellowtail
	Tunas
	Trouts

10. 명태 (Walleye pollock)

Scientific name	English name
<i>Theragra chalcogramma</i>	Walleye pollock

11. 도루묵 (Sandfish)

Scientific name	English name
<i>Arctoscopus japonicus</i>	Sandfish

12. 반저서어류 (Semi-demersal fish)

Scientific name	English name
<i>Trichiurus lepturus</i> Linnaeus	Hairtail
<i>Gadus macrocephalus</i>	Pacific cod
<i>Herklotsichthys zunasi</i>	Big eyed herring
<i>Enedrias nebulosus</i>	Blenny
<i>Milchthys miiuy</i>	Brown croaker
<i>Doderleinia berycoides</i>	Blackthroat seaperch
<i>Epinephelus septem fasciatus</i>	Sevenband grouper
<i>Pampus argenteus</i>	Pomfret
<i>Muraenesox cinereus</i>	Sharp toothed eel
<i>Conger myriaster</i>	Common conger
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	Black sea bream
<i>Pagrus major</i>	Red sea bream
<i>Sebastes inermis</i> Cuvier	Rock fish
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	Bluefin searobin
<i>Pleurogrammus azonus</i>	Atka mackerel
	Gobies
	Other breams

13. 저서어류 (Demersal fish)

Scientific name	English name
<i>Lophiomus setigerus</i>	Angler fish
	Flounders
	Flatfishes
	Tonguefishes
	Skates

14. 두족류 (Cephalopods)

Scientific name	English name
<i>Todarodes pacificus</i>	Common squid
<i>Sepia esculenta</i>	Cuttlefish
<i>Paroctopus dofleini</i>	Octopus
<i>Octopus ocellatus</i>	Webfoot octopus

15. 저서섭이자 (Benthic feeders)

Scientific name	English name
<i>Portunus trituberculatus</i>	Blue crab
<i>Chionoecetes opilio</i>	Queen crab
<i>Ponulirus japonicus</i>	Japanese spiny lobster
<i>Penaeus orientalis</i>	Large shrimp
<i>Marsupenaeus japonicus</i>	Kuruma prawn
<i>Acetes japonicus</i>	Akiami paste shrimp
<i>Metapenaeus joyneri</i>	Medium shrimp
	Other crabs
	Other shrimps

16. 표생저서동물 (Epifauna)

Scientific name	English name
<i>Crassostrea gigas</i>	Oyster
<i>Echinoidea</i>	Sea urchin
<i>Halocynthia roretzi</i>	Sea squirts
<i>Aspidochirotida</i>	Sea cucumber
	Other aquatic animals

17. 복족류 (Gastropods)

Scientific name	English name
<i>Triton fossatum</i> Gould	Neapolitan triton
	Snails
	Abalones

18. 내생저서동물 (Infauna)

Scientific name	English name
<i>Macra chinensi</i>	Chinese macra
<i>Atrina pectinata</i>	Comb pen shell
<i>Scapharca broughtonii</i>	Broughton's ribbed ark
<i>Mytilus coruscus</i>	Hard shelled mussel
	Scallops
	Poker-chin venus

19. 동물플랑크톤 (Zooplankton)

Park and Choi (1997)에 나타난 요각류, 모악동물, 십각류, 단각류를 동해의 동물플랑크톤으로 고려하였다.

Scientific name	English name
	Copepoda
	Chaetognatha
	Decapoda
	Amphipoda

20. 해조류 (Algae)

Scientific name	English name
<i>Porphyra pseudolinearis</i>	Laver
<i>Laminaria japonica</i>	Sea cabbage
<i>Undaria pinnatifida</i>	Sea mustard
<i>Codiaceae adhaerens</i>	Sea staghorn
	Agar
	Typicus
	Sea duck weed
	Sea lettuce
	Fusiforme

21. 식물플랑크톤 (Phytoplankton)

22. 퇴적물 (Detritus)

Appendix II. 생물군별 어획량

1. 수염고래류 (Baleen whales)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Minke whale	835	853	896	1,030	888	696	5,197	866
Sum	835	853	896	1,030	888	696	5,197	866

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Minke whale	1,027	917	1,762	1,448	1,711	824	720	8,507	1,215
Sum	1,027	917	1,762	1,448	1,711	824	720	8,507	1,215

2. 소형상어류 (Small sharks)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Small sharks	160	100	85	31	23	75	474	79
Sum	160	100	85	31	23	75	474	79

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Small sharks	8	17	17	42	41	81	34	240	34
Sum	8	17	17	42	41	81	34	240	34

3. 꽁치 (Pacific saury)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Pacific saury	22,281	28,762	36,752	32,889	30,772	25,052	176,508	29,418
Sum	22,281	28,762	36,752	32,889	30,772	25,052	176,508	29,418

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Pacific saury	21,626	16,932	12,256	10,754	7,312	4,164	1,443	74,487	10,641
Sum	21,626	16,932	12,256	10,754	7,312	4,164	1,443	74,487	10,641

4. 정어리 (Pacific sardine)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Pacific sardine	1	-	2	4	-	93	100	17
Sum	1	-	2	4	-	93	100	17

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Pacific sardine	561	484	530	815	4,139	4,627	11,663	22,819	3,260
Sum	561	484	530	815	4,139	4,627	11,663	22,819	3,260

5. 쥐치 (Filefish)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Filefish	-	-	-	-	-	758	758	126
Sum	-	-	-	-	-	758	758	126

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Filefish	45,185	64,269	36,299	5,295	14,994	9,017	15,205	190,264	27,181
Sum	45,185	64,269	36,299	5,295	14,994	9,017	15,205	190,264	27,181

6. 소형부어류 (Small pelagics)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Common mackerel	650	408	720	1,217	1,012	1,930	5,937	990
Horse mackerel	21	1	34	195	26	4	281	47
Anchovy	3,418	3,444	3,654	6,029	5,563	9,158	31,266	5,211
Halfbeak	11	-	24	29	13	5	82	14
Sea bass	5	2	1	1	1	7	17	3
Sand smelt	-	-	-	-	-	-	-	-
Puffers	28	35	117	169	97	288	734	122
Grey mullet	3	8	7	6	3	1	28	5
Herring	13	11	5	-	3	-	1	5
Spanish mackerel	189	50	47	32	181	43	542	90
Pacific sand lance	1,405	385	450	647	639	992	4,518	753
Gizzard-shad	19	338	9	36	5	199	606	101
Sum	5,762	4,682	5,068	8,631	7,543	12,627	44,043	7,341

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Common mackerel	2,882	1,744	889	1,878	3,888	1,183	788	13,252	1,893
Horse mackerel	2,607	98	94	2,084	6,194	38	3,671	14,786	2,112
Anchovy	8,782	7,149	8,852	15,544	15,339	6,334	11,654	73,654	10,522
Halfbeak	150	175	84	149	327	696	119	1,700	243
Sea bass	4	7	9	5	2	15	-	42	6
Sand smelt	43	-	276	-	-	-	4	323	46
Puffers	501	332	52	23	4,439	71	67	5,485	784
Grey mullet	54	99	665	598	190	586	853	3,045	435
Herring	-	3	22	52	397	351	381	1,206	172
Spanish mackerel	132	171	184	33	138	615	725	2,003	286
Pacific sand lance	4,172	7,302	3,860	4,785	6,597	7,235	2,392	36,883	5,269
Gizzard-shad	873	656	952	1,448	1,697	2,405	1,380	9,411	1,344
Sum	20,545	17,736	15,939	26,599	39,208	19,529	22,034	161,790	23,113

7. 대형부어류 (Large pelagics)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Tunas	265	43	35	56	36	667	1,102	184
Yellowtail	1,329	368	608	591	694	969	4,559	760
Trouts	41	61	346	100	179	131	858	143
Sum	1,635	472	989	747	909	1767	6,519	1,087

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Tunas	156	67	223	20	396	1,425	830	3,117	445
Yellowtail	847	1,182	927	299	1,115	2,032	1,199	7,601	1,086
Trouts	52	45	113	2,466	366	1,652	1,980	6,674	953
Sum	1,055	1,294	1,263	2,785	1,877	5,109	4,009	17,392	2,485

8. 명태 (Walleye pollock)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Walleye pollock	11,411	10,407	39,184	42,616	64,512	59,444	227,574	37,929
Sum	11,411	10,407	39,184	42,616	64,512	59,444	227,574	37,929

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Walleye pollock	100,602	77,480	92,130	157,094	126,822	74,866	98,014	727,008	103,858
Sum	100,602	77,480	92,130	157,094	126,822	74,866	98,014	727,008	103,858

9. 도루묵 (Sandfish)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Sandfish	13,767	22,837	7,910	18,287	11,607	5,811	80,219	13,370
Sum	13,767	22,837	7,910	18,287	11,607	5,811	80,219	113,370

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Sandfish	1,525	841	3,316	1,378	2,615	5,425	4,324	19,424	2,775
Sum	1,525	841	3,316	1,378	2,615	5,425	4,324	19,424	2,775

10. 반저서어류 (Semi-demersal fish)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Hairtail	-	-	141	540	600	733	2,014	336
Gobies	-	-	-	-	-	-	-	-
Pacific cod	512	230	148	106	180	139	1,315	219
Big eyed herring	-	-	-	-	-	-	-	-
Blenny	-	-	-	-	-	-	-	-
Brown croaker	-	-	-	-	-	-	-	-
Blackthroat seaperch	17	87	22	1	7	4	138	23
Sevenband grouper	-	2	-	-	-	-	2	0
Pomfret	-	-	4	-	-	-	4	1
Sharp toothed eel	-	-	-	-	-	1	1	0
Common conger	40	66	62	14	-	-	182	30
Black sea bream	-	-	-	5	-	7	12	2
Red sea bream	14	-	3	14	18	7	56	9
Other breams	8	20	54	84	62	76	304	51
Rock fish	246	378	74	8	31	677	1,417	236
Bluefin searobin	-	-	-	-	-	-	-	-
Atka mackerel	-	-	-	-	1,001	4,155	5,156	859
Sum	837	783	508	772	1,899	5,799	10,598	1,766

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Hairtail	-	262	365	320	235	44	151	1,377	197
Gobies	2	-	-	2	24	81	21	130	19
Pacific cod	158	106	125	101	352	303	313	1,458	208
Big eyed herring	5	-	-	-	-	-	-	5	1
Blenny	1	2	-	-	2	-	-	5	1
Brown croaker	-	-	-	-	-	-	21	21	3
Blackthroat seaperch	5	3	3	-	-	15	40	66	9
Sevenband grouper	-	-	-	-	-	13	-	13	2
Pomfret	-	3	1	1	5	17	4	31	4
Sharp toothed eel	31	25	7	3	129	403	438	1,036	148
Common conger	31	41	39	24	89	207	204	635	91
Black sea bream	5	-	-	-	2	1	1	9	1
Red sea bream	36	12	26	51	1	27	14	167	24
Other breams	71	89	124	207	217	98	87	893	128
Rock fish	1,659	748	438	339	406	2,123	986	6,699	957
Bluefish searobin	-	7	-	-	-	1	4	12	2
Atka mackerel	3,429	943	953	1,182	7,723	1,541	2,494	18,265	2,609
Sum	5,433	2,241	2,081	2,230	9,185	4,874	4,778	30,822	4,403

11. 저서어류 (Demersal fish)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Flounders	2,972	1,219	837	488	692	915	7,123	1,187
Flatfishes	64	307	240	1,097	285	264	2,257	376
Tonguefishes	-	-	-	-	-	-	-	-
Skates	504	496	629	386	578	794	3,387	565
Angler fish	-	-	-	-	-	-	-	-
Sum	3,540	2,022	1,706	1,971	1,555	1,973	12,767	2,128

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Flounders	1,527	1,739	1,940	1,901	1,892	3,246	2,449	14,694	2,099
Flatfishes	544	261	718	639	303	355	573	3,393	485
Tonguefishes	2	-	-	-	2	-	-	4	1
Skates	1,517	3,156	3,172	2,568	3,108	4,553	3,147	21,221	3,032
Angler fish	61	3	18	16	56	33	33	220	31
Sum	3,651	5,159	5,848	5,124	5,361	8,187	6,202	39,532	5,647

12. 두족류 (Cephalopods)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Common squid	67,922	34,777	47,715	34,764	27,034	33,070	245,282	40,880
Cuttlefish	-	-	-	1,078	484	107	1,669	278
Octopus	127	358	513	328	436	1,038	2,800	467
Webfoot octopus	129	7	15	17	3	6	177	30
Sum	68,178	35,142	48,243	36,187	27,957	34,221	249,928	41,655

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Common squid	16,437	23,981	41,192	30,248	34,029	23,471	22,970	192,328	27,475
Cuttlefish	113	1091	452	120	761	948	505	3,990	570
Octopus	2,057	2,311	2,695	3,036	2,560	3,456	3,047	19,162	2,737
Webfoot octopus	93	6	-	3	-	-	1	103	15
Sum	18,700	27,389	44,339	33,407	37,350	27,875	26,523	215,583	30,798

13. 저서섭이자 (Benthic feeders)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Blue crab	-	-	-	-	-	-	-	-
Queen crab	72	15	53	177	178	5	500	83
Other crabs	202	475	171	78	97	158	1,181	197
Japanese spiny lobster	-	-	-	-	-	-	-	-
Large shrimp	4	2	-	-	-	-	6	1
Kuruma prawn	-	-	-	-	-	-	-	-
Akiami paste shrimp	-	-	-	-	-	30	30	5
Medium shrimp	65	-	2	2	-	-	70	12
Other shrimps	453	119	254	424	218	374	1,842	307
Sum	796	612	480	681	493	567	3,629	605

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Blue crab	11	3	22	37	44	27	21	165	24
Queen crab	9	22	120	89	62	-	-	302	43
Other crabs	427	193	799	735	642	571	660	4,027	575
Japanese spiny lobster	-	-	-	1	10	-	-	11	2
Large shrimp	-	-	21	-	1	-	-	22	3
Kuruma prawn	-	39	3	10	14	23	174	263	38
Akiami paste shrimp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Medium shrimp	1	2	6	8	8	1	-	24	4
Other shrimps	332	415	1,475	567	583	808	793	4,973	710
Sum	780	674	2,446	1,447	1,364	1,430	1,648	9,789	1,398

14. 표생저서동물 (Epifauna)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Oyster	-	-	4	-	19	1	24	4
Sea urchin	2,980	1,263	847	1,348	1,385	1,007	8,830	1,472
Sea squirts	-	-	-	-	-	-	-	-
Sea cucumber	92	94	152	81	73	80	572	95
Other aquatic animals	196	92	113	184	26	51	662	110
Sum	3,268	1,449	1,116	1,613	1,503	1,139	10,088	1,681

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Oyster	2	13	16	8	8	30	43	120	17
Sea urchin	1,367	1,474	1,505	2,075	3,250	3,082	2,470	15,223	2,175
Sea squirts	288	158	222	363	266	994	1,151	3,442	492
Sea cucumber	769	552	761	689	675	1230	917	5,593	799
Other aquatic animals	283	134	138	152	151	389	27	1,274	182
Sum	2,709	2,331	2,642	3,287	4,350	5,725	4,608	25,652	3,665

15. 복족류 (Gastropods)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Neapolitan triton	-	-	-	-	2,016	1,011	3,117	520
Snails	38	187	1,302	2,898	77	45	4,547	758
Abalones	34	25	52	25	17	20	173	29
Sum	72	212	1,354	2,923	2,110	1,166	7,837	1,306

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Neapolitan triton	2,646	1,200	3,083	3,703	4,149	4,617	3,695	23,093	3,299
Snails	38	47	28	141	504	361	220	1,339	191
Abalones	50	114	94	77	65	86	61	547	78
Sum	2,734	1,361	3,205	3,921	4,718	5,064	3,976	24,979	3,568

16. 내생저서동물 (Infauna)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Scallops	-	-	-	-	-	-	-	-
Chinese mactra	-	-	-	-	-	-	-	-
Poker-chin venus	-	2	-	-	-	68	70	12
Comb pen shell	-	516	-	-	-	-	516	86
Broughton's ribbed ark	-	142	82	51	-	-	275	46
Hard shelled mussel	2	1	6	19	-	-	28	5
Sum	2	661	88	71	-	68	890	148

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Scallops	-	38	-	-	-	-	-	38	5
Chinese mactra	575	863	767	382	750	1,007	1,851	6,195	885
Poker-chin venus	994	555	816	365	887	332	491	4,440	634
Comb pen shell	-	-	-	-	-	4	-	4	1
Broughton's ribbed ark	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hard shelled mussel	63	89	136	212	124	37	105	766	109
Sum	1,632	1,545	1,719	959	1,761	1,380	2,447	11,443	1,635

17. 해조류 (Algae)

① 기후체제전환 이전

Species/yr	1970	1971	1972	1973	1974	1975	Total	Average
Laver	45	35	29	28	49	10	196	33
Sea cabbage	780	399	682	239	455	890	3,445	574
Typicus	-	-	-	97	256	189	542	90
Sea duck weed	-	978	-	-	-	-	978	163
Sea mustard	24,663	17,074	13,233	19,762	15,914	9,443	100,089	16,682
Sea lettuce	676	478	493	667	1,172	733	4,219	703
Sea staghorn	-	-	-	-	-	-	-	-
Fusiforme	-	-	-	-	-	-	-	-
Agar	-	-	-	-	-	-	-	-
Sum	26,164	18,964	14,437	20,793	17,846	11,265	109,469	18,245

② 기후체제전환 이후

Species/yr	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Total	Average
Laver	89	76	87	58	21	14	34	379	54
Sea cabbage	560	341	2,359	310	752	440	34	4,796	685
Typicus	48	7	4	1	1	37	3	101	14
Sea duck weed	-	-	-	-	-	37	-	37	5
Sea mustard	10,269	3,891	7,366	8,784	2,752	3,684	2,823	39,569	5,653
Sea lettuce	808	1,051	1,163	935	565	1450	991	6,963	995
Sea staghorn	67	77	70	150	409	95	7	875	125
Fusiforme	3	-	1	-	-	2	35	41	6
Agar	15	14	27	13	5	3	3	80	11
Sum	11,859	5,457	11,077	10,251	4,505	5,762	3,930	52,841	7,549

Appendix III. 생물군별 생체량 및 생산량/생체량 비

1. 최고포식자 (Apex predator)

이 생물군에 대해서는 생체량 자료를 구할 수 없었으므로 생체량을 0.003 t/km^2 로 가정하였다. 생산량/생체량 비는 기존의 문헌 (Trites *et al.*, 1999)을 참고하여 $0.020/\text{yr}$ 로 적용하였다. 이 값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

2. 수염고래류 (Baleen whales)

생체량은 밍크고래의 어획량 자료 (Gong, 1981; 1988)와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 수염고래류의 순간어획사망계수를 구할 수 없었으므로 유사한 생태학적 특성을 가진 상어류의 순간어획사망계수 (Holden, 1974)를 사용하였다. 기후체제전환 이전에 있어서, $B/A = 866\text{t} / 0.140 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.032 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였고, 기후체제전환 이후에 있어서, $B/A = 1,215\text{t} / 0.140 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.045 \text{ t/km}^2$ 로 추정되었다. 그리고 수염고래류의 어획량은 밍크고래에 의한 것이 전부라고 가정하였다. 생산량/생체량 비는 성장률 자료를 구할 수 없었으므로 생산량/생체량 비는 평형 상태에서 Z (total mortality)와 같다는 Allen (1976)에 따라 순간자연사망계수와 순간어획사망계수는 같다고 가정하여 $0.280/\text{yr}$ 을 적용하였다. 즉, $M:F = 1:1$. 이 값은 기후체제전

환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

3. 소형상어류 (Small sharks)

생체량 자료를 이용할 수 없었으므로 수염고래류의 생체량 추정과 동일한 방법으로, 기후체제전환 이전에 있어서, $B/A = 79t / 0.140 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.003 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였고, 기후체제전환 이후에 있어서 $B/A = 34t / 0.140 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.001 \text{ t/km}^2$ 로 추정되었다. 수염고래류와 마찬가지로 생산량/생체량 비는 0.280/yr을 적용하였다. 이 값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

4. 바다새 (Sea bird)

생체량 자료와 생산량/생체량 비를 구할 수 없었으므로 기존의 문헌 (Trites *et al.*, 1999)을 참고하여 각각 0.006 t/km^2 , 60.000/yr으로 적용하였다. 이 값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

5. 꽁치 (Pacific saury)

생체량 자료는 해당 기간의 어획량 자료와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 순간어획사망계수를 구할 수 없었으므로 유사한 생태학적 특징을 가진 어종인 정어리, 고등어, 전갱이의 순간어획사망계수를 산술평균한 결과 $F = 0.637/\text{yr}$ 이었다. 따라서 기후체제전환 이전에 있어서 $B/A = 29,148t / 0.637 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.239 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였고, 기후체제전환 이후에 있어서, $B/A = 10,641t / 0.637 /$

193,086 km² = 0.086 t/km²로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 국립수산진흥원 (1994a)에 의한 체중자료로부터 계산한 성장률인 1.554/yr을 적용하였다. 이 값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

6. 정어리 (Pacific sardine)

Kim and Kim (1998)의 자료로부터 생체량 자료를 구하여 생체량을 계산한 결과 기후체제전환 이전에 있어서 $B/A = 22,680t / 193,086 \text{ km}^2 = 0.117 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였고, 기후체제전환 이후에 있어서 $B/A = 59,929t / 193,086 \text{ km}^2 = 0.310 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 국립수산진흥원 (1994a)에 의한 체중자료로부터 계산한 성장률인 0.928/yr을 적용하였다. 이 값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

7. 쥐치 (Filefish)

생체량 자료는 해당 기간의 어획량 자료와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 순간어획사망계수는 국립수산진흥원 (1988)으로부터 $F = 0.646/\text{yr}$ 을 적용하였다. 따라서 기후체제전환 이전에 있어서 생체량은 $B/A = 126t / 0.646 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.001 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였고, 기후체제전환 이후에 있어서, $B = 27,181t / 0.646 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.218 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 국립수산진흥원 (1994a)의 체중자료로부터 계산한 성장률인 1.184/yr을 적용하였다. 이

값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

8. 소형부어류 (Small pelagics)

① 기후체제전환 이전

생체량 자료는 해당 기간의 어획량 자료와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 생물군의 순간어획사망계수는 고등어의 순간어획사망계수 (Hwang, 1999), 전갱이의 순간어획사망계수 (Lee, 2000), 멸치의 순간어획사망계수 (Iverson *et al.*, 1992), 삼치의 순간어획사망계수 (해양수산부, 2000)의 순간어획사망계수를 어획량에 따라 가중평균한 0.651/yr 이었다. 이 중 멸치의 순간어획사망계수는 Iverson *et al.* (1992)에 나타난 자연사망계수와 순간어획사망계수가 같다는 가정 하에 추정된 것이다. 생산량/생체량 비는 고등어, 전갱이, 멸치, 삼치는 국립수산진흥원 (1994a)의 체중자료로부터, 복어와 청어는 국립수산진흥원 (1996)의 체중자료로부터, 숭어는 부경대학교 (2000)의 체중자료로부터 성장률을 구하였다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Common mackerel	990	0.770	1.260
Horse mackerel	47	0.909	1.158
Anchovy	5,211	0.630	0.775
Half beak	14	-	-
Sea bass	3	-	-
Sand smelt	-	-	-
Puffers	122	-	1.704
Grey mullet	5	-	2.085
Herring	5	-	1.198
Spanish mackerel	90	0.400	1.562
Pacific sand lance	753	-	-
Gizzard-shad	101	-	-
Weighted mean		0.651	0.882
Total	7,341		

- : not available

생체량은 $B/A = 7,341t / 0.651 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.058 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 0.882/yr를 적용하였다.

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Common mackerel	1,893	0.770	1.260
Horse mackerel	2,112	0.909	1.158
Anchovy	10,522	0.630	0.775
Half beak	243	-	-
Sea bass	6	-	-
Sand smelt	46	-	-
Puffers	784	-	1.704
Grey mullet	435	-	2.085
Herring	172	-	1.198
Spanish mackerel	286	0.400	1.562
Pacific sand lance	5,269	-	-
Gizzard-shad	1,344	-	-
Weighted mean		0.683	0.980
Total	23,113		

- : not available

생체량은 $B/A = 23,113t / 0.683 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.175 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 0.980/yr을 적용하였다.

9. 대형부어류 (Large pelagics)

① 기후체제전환 이전

순간어획사망계수를 구할 수 없었으므로, 소형부어류의 순간어획사망계수 (0.651/yr)와 반저서어류의 순간어획사망계수 (0.672/yr)를 산술평균한 0.661/yr값을 적용하였다. 생산량/생체량 비는 국립수산진흥원 (1994a)의 체중자료로부터 성장률을 구하였다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Tunas	184	-	-
Yellowtail	760	-	2.214
Trouts	143	-	-
Weighted mean		0.661	2.214
Total	1,087		

- : not available

생체량은 $B/A = 1,087t / 0.661 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.009 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 유일하게 성장률을 구할 수 있었던 방어와 성장률을 생물군의 성장률이라 가정하여 이를 적용하였다.

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Tunas	445	-	-
Yellowtail	1,086	-	2.214
Trouts	953	-	-
Weighted mean		0.646	2.214
Total	2,485		

- : not available

생체량은 $B/A = 2,485t / 0.646 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.020 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 기후체제전환 이전과 동일한 값을 적용하였다.

10. 명태 (Walleye pollock)

순간어획사망계수는 Lee *et al.* (1995)의 자료로부터 $F = 0.460/\text{yr}$ 을 이용하였다. 따라서, 기후체제전환 이전에 있어서 $B/A = 37,929t /$

$0.460 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.427 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였고 기후체제전환 이후에 있어, $B/A = 103,858\text{t} / 0.460 / 193,086 \text{ km}^2 = 1.169 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 국립수산진흥원 (1994a)에 의한 체중자료로부터 계산한 성장률인 $0.928/\text{yr}$ 을 적용하였다. 이 값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

11. 도루묵 (Sandfish)

순간어획사망계수를 구할 수 없었으므로 생태학적 특징이 유사한 명태와 같은 순간어획사망계수를 가질 것이라 가정하여 명태의 순간어획사망계수인 $F = 0.460/\text{yr}$ 을 적용하였다. 기후체제전환 이전에 있어서 $B/A = 13,370\text{t} / 0.460 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.151 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였고 기후체제전환 이후에 있어서 $B/A = 2,775\text{t} / 0.460 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.031 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 국립수산진흥원 (1994a)에 의한 체중자료로부터 계산한 성장률인 $1.554/\text{yr}$ 을 적용하였다. 이 값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

12. 반저서어류 (Semi-demersal fish)

① 기후체제전환 이전

생체량 자료는 해당 기간의 어획량 자료와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 생물군의 순간어획사망계수는 갈치의 순간어획사망계수 (Zhang, 1996), 병어류의 순간어획사망계수 (Kim *et al.*, 1989), 갯장어의 순간어획사망계수 (Zhang *et al.*, 1998), 참돔의 순간어

획사망계수 (국립수산진흥원, 1988), 임연수어의 순간어획사망계수 (Lee, 1985)를 어획량에 따라 가중평균한 0.672/yr이었다. 생산량/생체량 비는 감성돔은 부정대학교 (2000)의 체중자료로부터, 다른 생물종은 국립수산진흥원 (1994a)의 체중자료로부터 성장률을 구하였다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Hairtail	336	0.843	1.260
Gobies	-	-	-
Pacific cod	219	-	1.158
Big eyed herring	-	-	-
Blenny	-	-	-
Brown croaker	-	-	1.055
Blackthroat seaperch	23	-	1.184
Sevenband grouper	0	-	-
Pomfret	1	0.924	1.458
Sharp toothed eel	0	0.255	0.904
Common conger	30	-	1.286
Black sea bream	2	-	1.910
Red sea bream	9	0.219	1.209
Other breams	51	-	-
Rock fish	236	-	-
Bluefin searobin	-	-	-
Atka mackerel	859	0.610	-
Weighted mean		0.672	1.224
Total	1,766		

- : not available

생체량은 $B/A = 1,766t / 0.672 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.014 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 1.224/yr를 적용하였다.

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Hairtail	197	0.843	1.260
Gobies	19	-	-
Pacific cod	208	-	1.158
Big eyed herring	1	-	-
Blenny	1	-	-
Brown croaker	3	-	1.055
Blackthroat seaperch	9	-	1.184
Sevenband grouper	2	-	-
Pomfret	4	0.924	1.458
Sharp toothed eel	148	0.255	0.904
Common conger	91	-	1.286
Black sea bream	1	-	1.910
Red sea bream	24	0.219	1.209
Other breams	128	-	-
Rock fish	957	-	-
Bluefin searobin	2	-	-
Atka mackerel	2,609	0.610	-
Weighted mean		0.609	1.154
Total	4,403		

- : not available

생체량은 $B/A = 4,403t / 0.609 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.037 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 1.154/yr를 적용하였다.

13. 저서어류 (Demersal fish)

① 기후체제전환 이전

생체량 자료는 해당 기간의 어획량 자료와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 생물군의 순간어획사망계수는 생물군내에서 유

일하게 구할 수 있었던 황아귀의 순간어획사망계수 (Cha *et al.*, 1998)를 이용하였다. 생산량/생체량 비는 가자미류와 넙치는 국립수산진흥원 (1994a)의 체중자료로부터, 아귀는 Cha *et al.* (1998)의 체장성장식을 이용하여 연령별 체장을 구한 후 전장-체중관계식을 이용하여 연령별 체중을 구해서 생물군의 성장률을 추정하였다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Flounders	1,187	-	0.978
Flatfishes	376	-	1.751
Tonguefishes	-	-	-
Skates	565	-	-
Angler fish	-	0.640	1.643
Weighted mean		0.640	1.164
Total	2,128		

- : not available

생체량은 $B/A = 2,128t / 0.640 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.017 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 1.164/yr를 적용하였다.

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Flounders	2,099	-	0.978
Flatfishes	485	-	1.751
Tonguefishes	1	-	-
Skates	3,032	-	-
Angler fish	31	0.640	1.643
Weighted mean		0.640	1.129
Total	5,647		

- : not available

생체량은 $B/A = 5,647t / 0.640 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.046 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 1.129/yr를 적용하였다.

14. 두족류 (Cephalopods)

① 기후체제전환 이전

생체량 자료는 해당 기간의 어획량 자료와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 순간어획사망계수를 구할 수 없었으므로 $F = 0.500/\text{yr}$ 로 가정하였다. 생산량/생체량 비는 국립수산진흥원 (1994a)의 체중자료로부터 성장률을 구하였다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Common squid	40,880	-	-
Cuttlefish	278	-	0.899
Octopus	467	-	-
Webfoot octopus	30	-	-
Weighted mean		0.500	0.899
Total	41,655		

- : not available

생체량은 $B/A = 41,655t / 0.500 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.431 \text{ t/km}^2$ 로 추정되었다. 생산량/생체량 비는 생물군내 유일하게 성장률을 구할 수 있었던 갑오징어의 성장률을 이 생물군의 성장률이라 가정하여 이를 적용하였다.

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Common squid	27,475	-	-
Cuttlefish	570	-	0.899
Octopus	2,737	-	-
Webfoot octopus	15	-	-
Weighted mean		0.500	0.899
Total	30,798		

- : not available

생체량은 $B/A = 30,798 \text{ t} / 0.500 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.319 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 기후체제전환 이전과 동일한 값을 적용하였다.

15. 저서섭이자 (Benthic feeders)

① 기후체제전환 이전

생체량 자료는 해당 기간의 어획량 자료와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 순간어획사망계수를 구할 수 없었으므로 $F = 0.480/\text{yr}$ 로 가정하였다. 생산량/생체량 비는 꽃게, 대게, 대하는 국립수산진흥원 (1994a)의 체중자료로부터, 보리새우는 부경대학교 (2000)의 체중자료로부터 성장률을 구하였다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Blue crab	-	-	1.484
Queen crab	83	-	0.634
Other crabs	197	-	-
Japanese spiny lobster	-	-	-
Large shrimp	1	-	0.718
Kuruma prawn	-	-	0.682
Akiامي paste shrimp	5	-	-
Medium shrimp	12	-	-
Other shrimps	307	-	-
Weighted mean		0.480	0.634
Total	605		

- : not available

생체량은 $B/A = 605t / 0.480 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.007 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 0.634/yr를 적용하였다.

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Blue crab	24	-	1.484
Queen crab	43	-	0.634
Other crabs	575	-	-
Japanese spiny lobster	2	-	-
Large shrimp	3	-	0.718
Kuruma prawn	38	-	0.682
Akiامي paste shrimp	-	-	-
Medium shrimp	4	-	-
Other shrimps	710	-	-
Weighted mean	1,398	0.480	0.840
Total			

- : not available

생체량은 $B/A = 1,398t / 0.480 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.015 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 0.840/yr을 적용하였다.

16. 표생저서동물 (Epifauna)

① 기후체제전환 이전

생체량 자료는 해당 기간의 어획량 자료와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 생물군의 순간어획사망계수는 굴의 순간어획사망계수 (부경대학교, 2000)와 성게, 우렁챙이, 해삼의 순간어획사망계수 (부경대학교, 1999)를 어획량에 따라 가중평균한 0.475/yr이었다. 생산량/생체량 비는 굴은 부경대학교 (2000)의 체중자료로부터, 다른 생물종은 부경대학교 (1999)의 체중자료로부터 성장률을 구하였다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Oyster	4	0.479	0.619
Sea urchin	1,472	0.495	0.963
Sea squirts	-	0.508	1.785
Sea cucumber	95	0.167	1.720
Other aquatic animals	110	-	-
Weighted mean		0.475	1.008
Total	1,681		

- : not available

생체량은 $B/A = 1,681t / 0.475 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.018 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 1.008/yr을 적용하였다.

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Oyster	17	0.479	0.619
Sea urchin	2,175	0.495	0.963
Sea squirts	492	0.508	1.785
Sea cucumber	799	0.167	1.720
Other aquatic animals	182	-	-
Weighted mean		0.422	1.251
Total	3,665		

- : not available

생체량은 $B/A = 3,665t / 0.422 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.045 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 1.251/yr을 적용하였다.

17. 복족류 (Gastropods)

① 기후체제전환 이전

생체량 자료는 해당 기간의 어획량 자료와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 생물군중 전복의 순간어획사망계수 (부경대학교, 1999)만 구할 수 있었다. 생산량/생체량 비는 부경대학교 (1999)의 체중자료로부터 성장률을 구하였다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Neapolitan triton	520	-	-
Snails	758	-	1.133
Abalones	29	0.165	1.052
Weighted mean		0.165	1.130
Total	1,306		

- : not available

생체량은 $B/A = 1,306t / 0.165 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.041 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 1.130/yr을 적용하였다.

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Neapolitan triton	3,299	-	-
Snails	191	-	1.133
Abalones	78	0.165	1.052
Weighted mean		0.165	1.110
Total	3,568		

- : not available

생체량은 $B/A = 3,568t / 0.165 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.112 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 1.110/yr을 적용하였다.

18. 내생저서동물 (Infauna)

① 기후체제전환 이전

생체량 자료는 해당 기간의 어획량 자료와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 생물군의 순간어획사망계수는 키조개의 순간어획사망계수 (부경대학교, 2000), 피조개, 홍합의 순간어획사망계수 (부경대학교, 1999)를 어획량에 따라 가중평균한 0.707/yr 이었다. 생산량/생체량 비는 개량조개와 홍합은 부경대학교 (1999)의 체중자료로부터, 키조개와 피조개는 부경대학교 (2000)의 체중자료로부터, 백합류는 해

양수산부 (1994)로부터 성장률을 구하였다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Scallop	-	-	-
Chinese mactra	-	-	1.065
Poker-chin venus	12	-	0.972
Comb pen shell	86	0.625	1.427
Broughton's ribbed ark	46	0.894	1.171
Hard shelled mussel	5	0.375	1.120
Weighted mean		0.707	1.302
Total	148		

- : not available

생체량은 $B/A = 148t / 0.707 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.001 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량에 가중평균한 1.302/yr을 적용하였다.

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Scallop	5	-	-
Chinese mactra	885	-	1.065
Poker-chin venus	634	-	0.972
Comb pen shell	1	0.625	1.427
Broughton's ribbed ark	-	0.894	1.171
Hard shelled mussel	109	0.375	1.120
Weighted mean	1,635	0.376	1.033
Total			

- : not available

생체량은 $B/A = 1,635t / 0.376 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.023 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 생물군내 각 생물종의 성장률을 어획량

에 가중평균한 1.033/yr을 적용하였다.

19. 해조류 (Algae)

① 기후체제전환 이전

생체량 자료는 해당 기간의 생산량 자료와 순간어획사망계수와와의 관계로부터 추정하였다. 순간어획사망계수를 구할 수 없었으므로 $F = 0.500/\text{yr}$ 로 가정하였다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Laver	33	-	-
Sea cabbage	574	-	-
Typicus	90	-	-
Sea duck weed	163	-	-
Sea mustard	16,682	-	-
Sea lettuce	703	-	-
Sea staghorn	-	-	-
Fusiforme	-	-	-
Agar	-	-	-
Weighted mean		0.500	10.000
Total	18,245		

- : not available

생체량은 $B/A = 18,245\text{t} / 0.500 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.189 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 10.000/yr로 가정하였다.

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch (t)	F	P/B ratio
Laver	54	-	-
Sea cabbage	685	-	-
Typicus	14	-	-
Sea duck weed	5	-	-
Sea mustard	5,653	-	-
Sea lettuce	995	-	-
Sea staghorn	125	-	-
Fusiforme	6	-	-
Agar	11	-	-
Weighted mean	-	0.500	10.000
Total	7,549		

- : not available

생체량은 $B/A = 7,549t / 0.500 / 193,086 \text{ km}^2 = 0.078 \text{ t/km}^2$ 로 추정하였다. 생산량/생체량 비는 기후체제전환 이전과 동일한 값을 적용하였다.

20. 동물플랑크톤 (Zooplankton)

Kang *et al.* (2000) 의 자료로부터 기후체제전환 이전에 있어서 평균체적당 생체량 44.833 mg/m^3 을 얻었다. mg/m^3 은 t/km^3 과 단위가 같으므로 체적당 생체량을 면적당 생체량으로 환산하기 위하여 표본 채집 수심인 100m (0.1km)를 이 값에 곱하여서 4.883 t/km^2 로 추정하였다. 기후체제전환 이후에 대하여 평균체적당 생체량은 54.700 mg/m^3 였고 이 값에 마찬가지로 표본 채집 수심인 0.1 을 곱하여서 5.470 t/km^2 을 추정하였다. 동물플랑크톤의 생산량/생체량 비는 기존의 문헌

(Trites *et al.*, 1999)을 참고하여 5.545/yr를 적용하였다. 이 값은 기후 체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

21. 식물플랑크톤 (Phytoplankton)

Kang *et al.* (2000) 의 자료로부터 식물성 플랑크톤의 생체량은 Chlorophyll-a 농도 (concentration)와 같다고 가정하여 기후체제전환 이전에 대하여 평균 Chlorophyll-a 농도인 0.957 mg/m^3 을 얻었다. 체적당 생체량을 면적당 생체량으로 환산하기 위하여 평균 투명도 깊이 (transparency depth) 인 12.995 m를 곱하여서 12.43 mg/m^3 로 추정하였다. 기존의 문헌 (Fisheries centre, 1996)을 참고하여 습중량으로 환산해주기 위하여 0.6을 곱하여서 최종적으로 생체량은 7.459 t/km^2 로 추정하였다. 기후체제전환 이후에 대하여 평균 Chlorophyll-a 농도인 0.858 mg/m^3 을 얻었다. 체적당 생체량을 면적당 생체량으로 환산해주기 위하여 평균 투명도 깊이 (transparency depth) 인 13.749 m를 곱하여서 11.802 mg/m^3 로 추정하였다. 기존의 문헌 (Fisheries centre, 1996)을 참고하여 습중량으로 환산해주기 위하여 0.6을 곱하여서 최종적으로 생체량은 7.081 t/km^2 로 추정하였다. 기후체제전환 이전에 있어서 생산량/생체량 비는 동해의 일차 생산력에 대한 기존의 연구결과 (Chung *et al.*, 1989; Shim and Park, 1986) 를 이용하여 이를 산술평균한 $5128.250 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$ 을 얻었고 이것을 생체량으로 나누어준 $687.506/\text{yr}$ 로 추정하였다. 기후체제전환 이후에 있어서 생산량/생체량 비는 동일한 1차 생산력 $5128.250 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$ 값을 생체량으로 나누어

준 724.179/yr로 추정하였다.

Appendix IV. 먹이조성

각 생물군의 식성은 기존의 연구결과 혹은 문헌을 참고하였고, 어류와 저서동물의 경우는 대부분 특정 어류 혹은 저서동물을 지칭하지 않고 언급하였기 때문에 어떤 생물군을 얼마만큼 포식하는지를 정량화하기 어려웠기 때문에 포식비율을 각 생물군의 생체량에 따라 할당하였다.

1. 최고포식자 (Apex predator)

① 기후체제전환 이전

상어류의 식성은 최 (1999)의 내용을, 이빨고래류의 식성은 국립수산진흥원 (2000b)의 내용을 참고하였다.

Species	Importance						SUM
	BW	SS	FI	CE	BF	ZP	
Great white shark	1	0	2	0	1	0	
Shortfin mako	0	0	2	1	0	0	
Scalloped hammerhead	0	1	2	1	1	0	
Smooth hammerhead	0	1	2	1	1	0	
Tiger shark	1	1	2	1	1	0	
Sperm whale	0	0	1	2	0	0	
Risso's dolphin	1	0	1	2	0	0	
Baird's beaked whale	1	0	2	1	0	0	
Weighted importance	0.500	0.375	1.750	1.125	0.500	0.000	4.250
Proportion	0.118	0.088	0.412	0.265	0.118	0.000	1.000

BW: Baleen whales, SS: Small sharks, FI: Fishes, CE: Cephalopods, BF: Benthic feeders, ZP: Zooplankton

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.239	0.232	0.095
Pacific sardine	0.117	0.113	0.047
Filefish	0.001	0.001	0.0004
Small pelagics	0.058	0.057	0.023
Large pelagics	0.009	0.008	0.003
Walleye pollock	0.427	0.414	0.170
Sandfish	0.151	0.146	0.060
Semi-demersal fish	0.014	0.013	0.005
Demersal fish	0.017	0.017	0.007
SUM	1.032	1.000	0.412

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다. 단, 어류를 포식하는 비율은 생체량에 따른 차이로 인해 다음과 같이 추정되었다.

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.086	0.041	0.017
Pacific sardine	0.310	0.148	0.061
Filefish	0.218	0.104	0.043
Small pelagics	0.175	0.084	0.034
Large pelagics	0.020	0.010	0.004
Walleye pollock	1.169	0.559	0.230
Sandfish	0.031	0.015	0.006
Semi-demersal fish	0.037	0.018	0.007
Demersal fish	0.046	0.022	0.009
SUM	2.092	1.000	0.412

2. 수염고래류 (Baleen whales)

① 기후체제 전환 이전

수염고래류의 식성은 국립수산진흥원 (2000b)의 내용을 참고하였다.

Species	Importance			SUM
	FI	BF	ZP	
Blue whale	0	0	2	
Fin whale	1	1	2	
Sei whale	1	1	0	
Bryde's whale	2	1	0	
Minke whale	2	1	1	
Northern right whale	0	1	2	
Gray whale	2	2	0	
Weighted importance	1.143	1.000	1.000	3.143
Proportion	0.364	0.318	0.318	1.000

FI: Fishes, BF: Benthic feeders, ZP: Zooplankton

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.239	0.232	0.084
Pacific sardine	0.117	0.113	0.041
Filefish	0.001	0.001	0.0003
Small pelagics	0.058	0.057	0.021
Large pelagics	0.009	0.008	0.003
Walleye pollock	0.427	0.414	0.150
Sandfish	0.151	0.146	0.053
Semi-demersal fish	0.014	0.013	0.005
Demersal fish	0.017	0.017	0.003
SUM	1.032	1.000	0.364

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다. 단, 어류를 포식하는 비율은 생체량에 따른 차이로 인해 다음과 같이 추정되었다.

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.086	0.041	0.015
Pacific sardine	0.310	0.148	0.054
Filefish	0.218	0.104	0.038
Small pelagics	0.175	0.084	0.030
Large pelagics	0.020	0.010	0.003
Walleye pollock	1.169	0.559	0.203
Sandfish	0.031	0.015	0.005
Semi-demersal fish	0.037	0.018	0.006
Demersal fish	0.046	0.022	0.008
SUM	1.032	1.000	0.364

3. 소형상어류 (Small sharks)

① 기후체제전환 이전

청새리상어의 식성은 최 (1999)의 내용을, 곱상어와 칠성상어의 식성은 두산세계대백과 (www.encyber.com)를 참고하였다.

Species	Importance				SUM
	FI	CE	BF	BE	
Blue shark	2	1	0	0	
Spiny dogfish	2	0	1	1	
Broadnose sevengill shark	2	1	0	0	
Weighted importance	2.000	0.667	0.333	0.333	3.333
Proportion	0.600	0.200	0.100	0.100	1.000

FI: Fishes, CE: Cephalopods, BF: Benthic feeders, BE: Benthics

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.239	0.232	0.139
Pacific sardine	0.117	0.113	0.068
Filefish	0.001	0.001	0.001
Small pelagics	0.058	0.057	0.034
Large pelagics	0.009	0.008	0.005
Walleye pollock	0.427	0.414	0.248
Sandfish	0.151	0.146	0.087
Semi-demersal fish	0.014	0.013	0.008
Demersal fish	0.017	0.017	0.010
SUM	1.032	1.000	0.600

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.018	0.299	0.030
Gastropods	0.041	0.669	0.067
Infauna	0.002	0.033	0.003
SUM	0.061	1.000	0.100

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다. 단, 어류와 저서동물을 포식하는 비율은 생체량에 따른 차이로 인해 다음과 같이 추정되었다.

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.086	0.041	0.025
Pacific sardine	0.310	0.148	0.089
Filefish	0.218	0.104	0.063
Small pelagics	0.175	0.084	0.050
Large pelagics	0.020	0.010	0.006
Walleye pollock	1.169	0.559	0.335
Sandfish	0.031	0.015	0.009
Semi-demersal fish	0.037	0.018	0.011
Demersal fish	0.046	0.022	0.013
SUM	1.032	1.000	0.600

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.045	0.251	0.025
Gastropods	0.112	0.624	0.062
Infauna	0.023	0.125	0.013
SUM	0.180	1.000	0.100

4. 바다새 (Sea bird)

① 기후체제전환 이전

바다새의 식성은 한국의 조류 (<http://bric.postech.ac.kr/species/bird/index.html>) 웹사이트를 참고하였다.

Species	FI	Importance			SUM
		BF	BE	ZP	
Black-tailed gull	2	1	0	0	
Common tern	1	1	0	2	
Sander's gull	0	1	1	2	
Slaty-backed gull	1	0	2	1	
Black scote	1	0	0	2	
Temminck's Cormorant	1	0	0	2	
Weighted importance	1.000	0.500	0.500	1.500	3.500
Proportion	0.286	0.143	0.143	0.429	1.000

FI: Fishes, BF: Benthic feeders, BE: Benthics, ZP: Zooplankton

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.239	0.577	0.165
Pacific sardine	0.117	0.282	0.081
Small pelagics	0.058	0.141	0.040
SUM	0.415	1.000	0.286

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.018	0.299	0.043
Gastropods	0.041	0.669	0.096
Infauna	0.002	0.033	0.005
SUM	0.061	1.000	0.143

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다. 단, 어류와 저서동물을 포식하는 비율은 생체량에 따른 차이로 인해 다음과 같이 추정되었다.

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.086	0.151	0.043
Pacific sardine	0.310	0.543	0.155
Small pelagics	0.175	0.306	0.088
SUM	0.571	1.000	0.286

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.045	0.251	0.036
Gastropods	0.112	0.624	0.089
Infauna	0.023	0.125	0.018
SUM	0.180	1.000	0.143

5. 꽁치 (Pacific saury)

꽁치의 식성은 국립수산진흥원 (1994a, 1994b)의 자료를 참고하였다.

Species	ZP	SUM
Pacific saury	100	100
Proportion	1.000	1.000

ZP: Zooplankton

이 값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

6. 정어리 (Pacific sardine)

정어리의 식성은 국립수산진흥원 (1994a, 1994b)의 자료를 참고로 포식 비율을 할당하였다.

Species	EP	GA	IN	ZP	SUM
Pacific saury	0.161	0.125	0.014	99.700	100
Proportion	0.002	0.001	0.000	0.997	1.000

EP: Epifauna, GA: Gastropods, IN: Infauna, ZP: Zooplankton

이 값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

7. 쥐치 (Filefish)

쥐치의 식성은 국립수산진흥원 (1994a, 1994b)의 자료를 참고로 포식 비율을 할당하였다.

Species	EP	GA	ZP	PP	SUM
Filefish	0.077	0.077	0.769	0.077	100
Proportion	0.077	0.077	0.769	0.077	1.000

EP: Epifauna, GA: Gastropods, ZP: Zooplankton, PP: Phytoplankton

이 값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.

8. 소형부어류 (Small pelagics)

① 기후체제전환 이전

고등어의 식성은 Park *et al.* (1973)의 내용을, 전갱이의 식성은 Huh and Cha (1998)의 내용을, 멸치의 식성은 Park and Cha (1995)의 내용을, 전어의 식성은 Park and Cha (1996)의 내용을 참고하였다.

Species	Catch	FI	CE	ZP	AL	PP	DE	SUM
Common mackerel	990	10	9.65	80.35				100
Horse mackerel	47			96.9	0.9		2.2	100
Anchovy	5,211			97.9		2.1		100
Halfbeak	14	-	-	-	-	-	-	-
Sea bass	3	-	-	-	-	-	-	-
Sand smelt	-	-	-	-	-	-	-	-
Puffers	122	-	-	-	-	-	-	-
Grey mullet	5	-	-	-	-	-	-	-
Herring	5	-	-	-	-	-	-	-
Spanish mackerel	90	-	-	-	-	-	-	-
Pacific sand lance	753	-	-	-	-	-	-	-
Gizzard-shad	101			99.2		0.8		100
SUM	7,341							
Weighted proportion		10.000	9.650	95.113	0.900	2.100	2.200	119.963
Proportion		0.083	0.080	0.793	0.008	0.018	0.018	1.000

- : not available

FI: Fishes, CE: Cephalopods, ZP: Zooplankton, AL: Algae, PP: Phytoplankton, DE: Detritus

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.239	0.576	0.048
Pacific sardine	0.117	0.282	0.023
Filefish	0.001	0.002	0.000
Small pelagics	0.058	0.141	0.012
SUM	0.415	1.000	0.083

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다. 먹이조성은 포식비율과 어획량과의 가중평균으로 인해 기후체제전환 이전과 차이가 있었다. 어류와 저서동물을 포식하는 비율은 생체량에 따른 차이로 인해 다음과 같이 추정되었다.

Species	Catch	FI	CE	ZP	AL	PP	DE	SUM
Common mackerel	1,893	10	9.65	80.35				100
Horse mackerel	2,112			96.9	0.9		2.2	100
Anchovy	10,522			97.9		2.1		100
Halfbeak	243	-	-	-	-	-	-	-
Sea bass	6	-	-	-	-	-	-	-
Sand smelt	46	-	-	-	-	-	-	-
Puffers	784	-	-	-	-	-	-	-
Grey mullet	435	-	-	-	-	-	-	-
Herring	172	-	-	-	-	-	-	-
Spanish mackerel	286	-	-	-	-	-	-	-
Pacific sand lance	5,269	-	-	-	-	-	-	-
Gizzard-shad	1,344			99.2		0.8		100
SUM	23,113							
Weighted proportion		10.000	9.650	95.468	0.900	2.100	2.200	120.318
Proportion		0.083	0.080	0.793	0.007	0.017	0.018	1.000

- : not available

FI: Fishes, CE: Cephalopods, ZP: Zooplankton, AL: Algae, PP: Phytoplankton,
DE: Detritus

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.086	0.109	0.009
Pacific sardine	0.310	0.393	0.033
Filefish	0.218	0.276	0.023
Small pelagics	0.175	0.222	0.018
SUM	0.789	1.000	0.083

9. 대형부어류 (Large pelagics)

① 기후체제전환 이전

각 생물종의 식성은 국립수산진흥원 (1994a, 1994b)의 자료를 참고하였다.

Species	Catch	Importance				SUM
		FI	CE	BF	ZP	
Yellowtail	184	2	1	1	1	
Tunas	760	2	1	1	1	
Trouts	143	1	0	0	2	
SUM	1,087					
Weighted importance		1.868	0.868	0.868	1.132	4.737
Proportion		0.394	0.183	0.183	0.239	1.000

FI: Fishes, CE: Cephalopods, BF: Benthic feeders, ZP: Zooplankton

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.239	0.564	0.222
Pacific sardine	0.117	0.276	0.109
Filefish	0.001	0.002	0.001
Small pelagics	0.058	0.138	0.054
Large pelagics	0.009	0.020	0.008
SUM	0.415	1.000	0.394

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch	Importance				SUM
		FI	CE	BF	ZP	
Yellowtail	445	2	1	1	1	
Tunas	1,086	2	1	1	1	
Trouts	953	1	0	0	2	
SUM	2,485					
Weighted proportion		1.616	0.616	0.616	1.384	4.233
Proportion		0.382	0.146	0.146	0.327	1.000

FI: Fishes, CE: Cephalopods, BF: Benthic feeders, ZP: Zooplankton

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.086	0.106	0.041
Pacific sardine	0.310	0.383	0.146
Filefish	0.218	0.269	0.103
Small pelagics	0.175	0.216	0.083
Large pelagics	0.020	0.025	0.009
SUM	0.809	1.000	0.382

10. 명태 (Walleye pollock)

① 기후체제전환 이전

명태의 식성은 Trites *et al.* (1999)의 자료를 참고하였다.

Species	FI	BF	EP	IN	ZP	SUM
Walleye pollock	0.151	0.031	0.001	0.010	0.807	1.000
Proportion	0.151	0.031	0.001	0.010	0.807	1.000

FI: Fishes, BF: Benthic feeders, EP: Epifauna, IN: Infauna, ZP: Zooplankton

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.239	0.238	0.036
Pacific sardine	0.117	0.116	0.018
Filefish	0.001	0.001	0.000
Small pelagics	0.058	0.058	0.009
Walleye pollock	0.427	0.424	0.064
Sandfish	0.151	0.150	0.023
Semi-demersal fish	0.014	0.013	0.002
SUM	1.006	1.000	0.151

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.086	0.042	0.006
Pacific sardine	0.310	0.153	0.023
Filefish	0.218	0.108	0.016
Small pelagics	0.175	0.086	0.013
Walleye pollock	1.169	0.577	0.087
Sandfish	0.031	0.015	0.002
Semi-demersal fish	0.037	0.018	0.003
SUM	2.026	1.000	0.151

11. 도루묵 (Sandfish)

① 기후체제전환 이전

도루묵의 식성은 국립수산진흥원 (1994a, 1994b)의 자료를 참고하였다.

Species	Importance				SUM
	FI	CE	ZP	AL	
Sandfish	1	1	2	1	
Weighted importance	1.000	1.000	2.000	1.000	5.000
Proportion	0.200	0.200	0.400	0.200	1.000

FI: Fishes, BF: Benthic feeders, EP: Epifauna, IN: Infauna, ZP: Zooplankton

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Sandfish	0.151	0.918	0.184
Semi-demersal fish	0.014	0.082	0.016
SUM	0.164	1.000	0.200

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Sandfish	0.031	0.456	0.091
Semi-demersal fish	0.037	0.544	0.109
SUM	0.068	1.000	0.200

12. 반저서어류 (Semi-demersal fish)

① 기후체제전환 이전

각 생물종의 식성은 국립수산진흥원 (1994a, 1994b)의 자료를 참고하였다.

Species	Catch	Importance							SUM
		FI	CE	BF	BE	ZP	AL	DE	
Hairtail	336	2	1	1	0	1	0	0	
Gobies	-	1	0	2	0	2	0	1	
Pacific cod	219	2	1	1	0	1	0	0	
Big eyed herring	-	0	0	0	0	2	0	0	
Blenny	-	0	0	0	0	0	0	0	
Brown croaker	-	2	1	2	0	0	0	0	
Blackthroat seaperch	23	2	1	0	0	2	0	0	
Sevenband grouper	0	2	0	2	0	0	0	0	
Pomfret	1	0	0	0	0	2	1	0	
Sharp toothed eel	0	2	1	2	0	0	0	0	
Common conger	30	1	1	1	0	2	0	0	
Black sea bream	2	0	0	0	0	0	0	0	
Red sea bream	9	2	1	2	2	1	0	0	
Other breams	51	0	0	0	0	0	0	0	
Rock fish	236	1	0	1	0	2	0	0	
Bluefin searobin	-	1	0	2	0	1	0	0	
Atka mackerel	859	2	1	1	1	0	0	0	
SUM	1,766								
Weighted importance		1.789	0.836	0.962	0.497	0.647	0.000	0.000	4.732
Proportion		0.378	0.177	0.203	0.105	0.137	0.000	0.000	1.000

FI: Fishes, CE: Cephalopods, BF: Benthic feeders, BE: Benthics, ZP: Zooplankton,
AL: Algae, DE: Detritus

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.239	0.238	0.088
Pacific sardine	0.117	0.113	0.043
Filefish	0.001	0.001	0.0003
Small pelagics	0.058	0.057	0.021
Large pelagics	0.009	0.008	0.003
Walleye pollock	0.427	0.414	0.156
Sandfish	0.151	0.146	0.055
Semi-demersal fish	0.014	0.013	0.005
Demersal fish	0.017	0.017	0.006
SUM	1.032	1.000	0.378

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.018	0.299	0.031
Gastropods	0.041	0.668	0.070
Infauna	0.002	0.033	0.003
SUM	0.061	1.000	0.105

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch	Importance							SUM
		FI	CE	BF	BE	ZP	AL	DE	
Hairtail	197	2	1	1	0	1	0	0	
Gobies	19	1	0	2	0	2	0	1	
Pacific cod	208	2	1	1	0	1	0	0	
Big eyed herring	1	0	0	0	0	2	0	0	
Blenny	1	0	0	0	0	0	0	0	
Brown croaker	3	2	1	2	0	0	0	0	
Blackthroat seaperch	9	2	1	0	0	2	0	0	
Sevenband grouper	2	2	0	2	0	0	0	0	
Pomfret	4	0	0	0	0	2	1	0	
Sharp toothed eel	148	2	1	2	0	0	0	0	
Common conger	91	1	1	1	0	2	0	0	
Black sea bream	1	0	0	0	0	0	0	0	
Red sea bream	24	2	1	2	2	1	0	0	
Other breams	128	0	0	0	0	0	0	0	
Rock fish	957	1	0	1	0	2	0	0	
Bluefin searobin	2	1	0	2	0	1	0	0	
Atka mackerel	2,609	2	1	1	1	0	0	0	
SUM	4,403								
Weighted importance		1.696	0.747	1.012	0.603	0.589	0.001	0.004	4.653
Proportion		0.365	0.161	0.218	0.130	0.127	0.000	0.001	1.000

FI: Fishes, CE: Cephalopods, BF: Benthic feeders, BE: Benthics, ZP: Zooplankton,
AL: Algae, DE: Detritus

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.086	0.041	0.015
Pacific sardine	0.310	0.148	0.054
Filefish	0.218	0.104	0.038
Small pelagics	0.175	0.084	0.030
Large pelagics	0.020	0.010	0.003
Walleye pollock	1.169	0.559	0.204
Sandfish	0.031	0.015	0.005
Semi-demersal fish	0.037	0.018	0.006
Demersal fish	0.046	0.022	0.008
SUM	2.092	1.000	0.365

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.045	0.251	0.033
Gastropods	0.112	0.624	0.081
Infauna	0.023	0.125	0.016
SUM	0.180	1.000	0.130

13. 저서어류 (Demersal fish)

① 기후체제전환 이전

아귀의 식성은 Cha *et al.* (1997)의 자료를, 가오리의 식성은 Yeon *et al.* (1999)의 자료를, 다른 생물종의 식성은 국립수산진흥원 (1994a, 1994b)의 자료를 참고하였다.

Species	Catch	Importance						SUM
		FI	CE	BF	BE	ZP	DE	
Flounders	1,187	1	1	2	1	2	1	
Flatfishes	376	2	1	2	1	1	1	
Tonguefishes	-	0	0	1	1	2	1	
Skates	565	1	1	1	1	2	1	
Angler fish	-	2	0	0	0	0	1	
SUM	2,128							
Weighted importance		1.177	1.735	1.000	1.000	1.823	1.735	8.470
Proportion		0.139	0.205	0.118	0.118	0.215	0.205	1.000

FI: Fishes, CE: Cephalopods, BF: Benthic feeders, BE: Benthics, ZP: Zooplankton, DE: Detritus

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Filefish	0.001	0.004	0.001
Small pelagics	0.058	0.243	0.034
Sandfish	0.151	0.626	0.087
Semi-demersal fish	0.014	0.056	0.008
Demersal fish	0.017	0.072	0.010
SUM	0.241	1.000	0.139

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.018	0.299	0.035
Gastropods	0.041	0.668	0.079
Infauna	0.002	0.033	0.004
SUM	0.061	1.000	0.118

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch	Importance						SUM
		FI	CE	BF	BE	ZP	DE	
Flounders	2,099	1	1	2	1	2	1	
Flatfishes	485	2	1	2	1	1	1	
Tonguefishes	1	0	0	1	1	2	1	
Skates	3,032	1	1	1	1	2	1	
Angler fish	31	2	0	0	0	0	1	
SUM	5,647							
Weighted importance		1.091	1.452	0.994	0.994	1.903	1.452	7.890
Proportion		0.138	0.184	0.126	0.126	0.241	0.184	1.000

FI: Fishes, CE: Cephalopods, BF: Benthic feeders, BE: Benthics, ZP: Zooplankton, DE: Detritus

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Filefish	0.218	0.430	0.059
Small pelagics	0.175	0.345	0.048
Sandfish	0.031	0.061	0.008
Semi-demersal fish	0.037	0.073	0.010
Demersal fish	0.046	0.091	0.013
SUM	0.507	1.000	0.138

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.045	0.251	0.032
Gastropods	0.112	0.624	0.079
Infauna	0.023	0.125	0.016
SUM	0.180	1.000	0.126

14. 두족류 (Cephalopods)

① 기후체제전환 이전

오징어는 Kim and Kang (1998b)의 위내용물 조사결과를, 다른 생물종의 식성은 국립수산진흥원 (1994a)의 자료를 참고하였다.

Species	Catch	Importance					SUM
		FI	CE	BF	BE	ZP	
Common squids	40,880	1	1	2	0	1	
Cuttlefish	278	2	1	1	1	1	
Octopus	467	1	0	2	0	1	
Webfoot octopus	30	-	-	-	-	-	
SUM	41,655						
Weighted importance		1.010	0.990	1.990	0.010	1.000	5.000
Proportion		0.202	0.198	0.399	0.001	0.200	1.000

- : not available

FI: Fishes, CE: Cephalopods, BF: Benthic feeders, BE: Benthics, ZP: Zooplankton

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.239	0.576	0.116
Pacific sardine	0.117	0.282	0.057
Filefish	0.001	0.002	0.000
Small pelagics	0.058	0.141	0.028
SUM	0.415	1.000	0.202

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.018	0.299	0.000
Gastropods	0.041	0.669	0.001
Infauna	0.002	0.033	0.000
SUM	0.061	1.000	0.001

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch	Importance					SUM
		FI	CE	BF	BE	ZP	
Common squids	27,475	1	1	2	0	1	
Cuttlefish	570	2	1	1	1	1	
Octopus	2,737	1	0	2	0	1	
Webfoot octopus	15	-	-	-	-	-	
SUM	30,798						
Weighted importance		1.010	0.990	1.990	0.010	1.000	5.000
Proportion		0.202	0.198	0.399	0.001	0.200	1.000

- : not available

FI: Fishes, CE: Cephalopods, BF: Benthic feeders, BE: Benthics, ZP: Zooplankton

Fish	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on fish
Pacific saury	0.086	0.109	0.022
Pacific sardine	0.310	0.393	0.079
Filefish	0.218	0.276	0.056
Small pelagics	0.175	0.222	0.045
SUM	0.789	1.000	0.202

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.045	0.251	0.000
Gastropods	0.112	0.624	0.001
Infauna	0.023	0.125	0.000
SUM	0.180	1.000	0.001

15. 저서섭이자 (Benthic feeders)

① 기후체제전환 이전

각 생물종의 식성은 국립수산진흥원 (1988, 1994a)의 자료를 참고하였다.

Species	Catch	Importance			SUM
		BE	ZP	PP	
Blue crab	-	2	1	0	
Queen crab	83	0	2	0	
Other crabs	197	-	-	0	
Japanese spiny lobster	-	2	1	0	
Large shrimp	1	2	2	1	
Kuruma prawn	-	-	-	0	
Akiami paste shrimp	5	-	-	-	
Medium shrimp	12	-	-	0	
Other shrimps	307	-	-	0	
SUM	605				
Weighted importance		0.003	0.279	0.002	0.284
Proportion		0.012	0.982	0.006	1.000

- : not available

BE: Benthics, ZP: Zooplankton, PP: Phytoplankton

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.018	0.299	0.003
Gastropods	0.041	0.669	0.008
Infauna	0.002	0.033	0.0004
SUM	0.061	1.000	0.012

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch	Importance			SUM
		BE	ZP	PP	
Blue crab	24	2	1	0	
Queen crab	43	0	2	0	
Other crabs	575	-	-	0	
Japanese spiny lobster	2	2	1	0	
Large shrimp	3	2	2	1	
Kuruma prawn	38	-	-	0	
Akiami paste shrimp	-	-	-	-	
Medium shrimp	4	-	-	0	
Other shrimps	710	-	-	0	
SUM	1,398				
Weighted importance		0.040	0.084	0.002	0.127
Proportion		0.319	0.663	0.018	1.000

- : not available

BE: Benthics, ZP: Zooplankton, PP: Phytoplankton

Benthics	Biomass (t/km ²)	Proportion	Proportion on benthics
Epifauna	0.045	0.251	0.080
Gastropods	0.112	0.624	0.199
Infauna	0.023	0.125	0.040
SUM	0.180	1.000	0.319

16. 표생저서동물 (Epifauna)

① 기후체제전환 이전

굴의 식성은 제주대학교 해양과학대학 웹사이트 (<http://shellfish.cheju.ac.kr/invt98/feed-organisms.htm>)를, 성게의 식성은 강릉대학교 해양동물생리학 실험실 웹사이트 ([http://knusun.kangnung.ac.kr/~marphy/maphy-data/120E £ /120-3fr.htm](http://knusun.kangnung.ac.kr/~marphy/maphy-data/120E%20-3fr.htm))를, 우렁쟁이의 식성은 여수대학교 웹사이트 (<http://webserver.yosu.ac.kr/~mobidic/meongge.htm>)를, 해삼의 식성은 스쿠버다이버지 웹사이트 (<http://www.scubadc.com/scuba/eco-bm.htm>)를 참고하였다.

Species	Catch	Importance					SUM
		IN	ZP	AL	PP	DE	
Oyster	4	0	0	0	1	2	
Sea urchin	1,472	1	0	2	0	0	
Sea squirts	-	0	2	0	1	0	
Sea cucumber	95	0	2	0	0	2	
Other aquatic animals	110	-	-	-	-	-	
SUM	1,681						
Weighted importance		15.437	2.000	30.874	0.042	2.084	50.437
Proportion		0.306	0.040	0.612	0.001	0.041	1.000

- : not available

IN: Infauna, ZP: Zooplankton, AL: Algae, PP: Phytoplankton, DE: Detritus

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch	Importance					SUM
		IN	ZP	AL	PP	DE	
Oyster	17	0	0	0	1	2	
Sea urchin	2,175	1	0	2	0	0	
Sea squirts	492	0	2	0	1	0	
Sea cucumber	799	0	2	0	0	2	
Other aquatic animals	182	-	-	-	-	-	
SUM	3,665						
Weighted importance		2.722	3.231	5.444	0.637	2.043	14.076
Proportion		0.193	0.230	0.387	0.045	0.145	1.000

- : not available

IN: Infauna, ZP: Zooplankton, AL: Algae, PP: Phytoplankton, DE: Detritus

17. 복족류 (Gastropods)

① 기후체제전환 이전

각 생물종의 식성은 국립수산진흥원 (1999)의 자료를 참고하였다.

Species	Catch	Importance			SUM
		AL	PP	DE	
Neapolitan triton	520	-	-	-	
Snails	758	1	1	1	
Abalones	29	2	1	1	
SUM	1,306				
Weighted importance		1.076	1.038	1.038	3.152
Proportion		0.341	0.329	0.329	1.000

- : not available

AL: Algae, PP: Phytoplankton, DE: Detritus

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch	Importance			SUM
		AL	PP	DE	
Neapolitan triton	3,229	-	-	-	
Snails	191	1	1	1	
Abalones	78	2	1	1	
SUM	3,568				
Weighted importance		1.817	1.409	1.409	4.634
Proportion		0.392	0.304	0.304	1.000

- : not available

AL: Algae, PP: Phytoplankton, DE: Detritus

18. 내생저서동물 (Infauna)

① 기후체제전환 이전

각 생물종의 식성은 국립수산진흥원 (1999)의 자료를 참고하였다.

Species	Catch	Importance		SUM
		PP	DE	
Scallop	-	1	2	
Chinese mactra	-	-	-	
Poker-chin venus	12	-	-	
Comb pen shell	86	-	-	
Broughton's ribbed ark	46	1	2	
Hard shelled mussel	5	-	-	
SUM	148			
Weighted importance		0.309	0.619	0.928
Proportion		0.333	0.667	1.000

- : not available

PP: Phytoplankton, DE: Detritus

② 기후체제전환 이후

추정방법은 기후체제전환 이전과 동일하다.

Species	Catch	Importance		SUM
		PP	DE	
Scallop	5	1	2	
Chinese mactra	885	-	-	
Poker-chin venus	634	-	-	
Comb pen shell	1	-	-	
Broughton's ribbed ark	-	1	2	
Hard shelled mussel	109	-	-	
SUM	1,635			
Weighted importance		0.003	0.007	0.010
Proportion		0.333	0.667	1.000

- : not available

PP: Phytoplankton, DE: Detritus

19. 동물플랑크톤 (Zooplankton)

동물플랑크톤의 식성은 Trites *et al.* (1999)의 자료를 참고하였다.

Species	ZP	PP	DE	SUM
Zooplankton	0.216	0.676	0.108	1.000
Proportion	0.216	0.676	0.108	1.000

ZP: Zooplankton, PP: Phytoplankton, DE: Detritus

이 값은 기후체제전환 이전과 이후에 있어서 동일하게 적용하였다.