

## 연구 노트

# 1976년의 북태평양에서의 기후변동이 한반도 해역에서도 발생하였는가?

## Did Climate Regime Shift in 1976 in the North Pacific Occur in Korean Waters?

김 수 암\* · 유 신 재\*\*  
Suam Kim, Shinjae Yoo

---

<목 차>

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| I. 서론                   | II. 북태평양에서의 기후 및 생태계 변동 |
| III. 한반도에서의 해황 및 어획량 변화 | IV. 향후의 과제              |
- 

**Abstract:** In the north Pacific, climate showed a decadal scale of abrupt change, called climate regime shift. Recent change was happened in 1976, and it persisted over ten years until late 1980's, showing the intensified low pressure systems replaced the high in the north part of Pacific Ocean. Accordingly, primary production, species composition and its distribution in marine ecosystem were also changed due to the increased sea water temperature and storm intensity. In Korean waters, there might be some changes in sea water properties and ecosystem structure. Warm water temperatures were appeared during 1975-1980 in the East Sea, and the catches of some fish species had a tendency of decrease or increase after mid 1970s, though catch records does not always indicate the stock condition. Much attention should be payed to find evidences in climate regime shift in Korean waters.

---

\* 한국해양연구소 책임연구원 · 극지부 · 수산해양학

\*\* 한국해양연구소 책임연구원 · 생물부 · 해양생태학

## I. 序 言

기후의 변화는 빙하기와 간빙기의 교대와 같이 장기간에 걸쳐 서서히 진행되는 것도 있지만, 5년에서 100년 정도의 시간 규모로 변화하기도 하여 사람의 한 평생 동안에 여러번 기후의 변화를 체감할 수도 있다. 특히 20세기 후반에 들어와 전지구적으로 진행되고 있는 산업화는 온실가스의 과다한 방출을 야기하였으며, 이 결과는 지구 곳곳에서 심각한 기상 이변을 초래하고 있다. 예를 들면, 지구의 온난화 현상, 남극대륙 상공의 오존홀, 엘니뇨의 잦은 내습 등은 모두 직간접적으로 온실가스의 증가에 기인하고 있으며, 지역적으로도 예기하지 못하였던 기상현상이 자주 나타나고 있다. 만약 현재의 추세로 대기 중 이산화탄소의 양이 계속 증가한다면, 2030년 경에는 이산화탄소의 농도가 약 600 ppm이 되어 지구의 평균기온이 지금보다 약 0.6-1.0 °C, 2070년에는 1.5-4.5 °C 상승하리라 예측했다<sup>1)</sup>. 하지만 최근에 들어와 지구환경보존에 대한 경각심과 그에 따른 범세계적 차원의 노력으로 염화불화탄소류(CFCs)의 대기 중 농도는 증가하지 않고 있으며, 우리의 이러한 노력이 계속 된다면 2050년까지는 CFC의 양이 상당히 감소하여 오존홀의 크기도 줄어들 것이며<sup>2)</sup>, 이산화탄소의 증가율도 감소하게 되어 2100년에는 1990년보다 약 2°C 정도 기온이 올라가리라 예상한다.

기후변화 및 비정상적인 기상현상은 해양과 생태계에도 그에 상응하는 변화를 보이게 한다. 지구온난화는 해양표층수온과 해수면의 상승을 야기시키며, 이 효과는 해류의 흐름뿐만 아니라 생물군의 대이동을 유발할 것이다. 고위도 해양의 표층수온증가는 생물체들의 성장기간을 늘려 이 해역의 생산력을 증가시키리라고 예상하므로, 이들에 대한 변화를 장기적으로 관찰하여 지구 생태계의 변화하는 양상을 인식할 필요가 있다. 특히 수산분야에 있어서 기후변화가 내포하는 의미는 현실적으로 매우 중요하다. 현 시대의 해양수산자원은 기

1) 지구온난화는 이산화탄소의 방출량과 밀접한 관계가 있으므로, 향후의 이산화탄소 방출량을 정확하게 알지 못하는 상황에서 기후변화를 예측하기란 쉽지 않다. 따라서 학자마다 다른 가정하에서 예상되는 변화를 주장하고 있으므로 연구결과는 매우 다양하고 불확실하다. 이 곳에서 언급된 주장은 Wigley and Raper(1987)에서 인용되었다.

2) IPCC Working Group I 1995 Summary for Policymaker에서 발췌함. 이 수치는 각국이 오존층 보호에 관한 몬트리올 의정서를 충실히 준수하는 것을 전제로 한 것이다.

후변화 보다는 남획이나 연안오염, 간척사업 등과 같은 인간의 활동에 의하여 더 큰 영향을 받고 있다. 하지만 1994년 발효된 국제해양법체제의 새로운 해양질서에 따라 자원남획에 대한 규제가 더욱 강화될 것이기 때문에, 앞으로 50-100년 후에는 남획보다 기후변화에 따른 자원의 변화가 더욱 중요하게 취급될 것이다<sup>3)</sup>. 따라서 기후의 변동에 따라 연동적으로 발생하는 해양생태계의 변화는 필연적으로 수산자원의 양, 조성, 분포에 영향을 미치게 된다. 그러므로 기후변화에 따른 어업 변화에 대한 연구가 다각도로 진행되어야 하며, 이러한 연구결과는 수산정책에 반영되어 안정된 수산시책을 시행하는데 도움이 될 것이다.

최근들어 우리나라에서도 북태평양의 수온이 상승할 것을 가정하고, 수산자원의 새로운 양상에 대한 장기예측을 시도하기도 하였다<sup>4)</sup>. 하지만 아직 현대의 과학수준으로 21세기 말쯤에 발생하는 해양 및 해양생태계의 변화, 더 나아가 수산자원의 조성 및 자원량의 변화를 정확하게 예측한다는 것은 거의 불가능하다. 따라서 짧은 시간 규모 동안에 기후와 해양생태계에 발생한 변화를 정밀하게 연구할 수 있다면, 그리고 이와 같은 변화가 다시 반복될 때 그 결과에 대한 예측은 어느 정도 가능할 것이다. 이러한 관점에서 북태평양에서 발생된 수십년 주기의 기후변동과 수산어획물의 변화는 우리에게 매우 중요한 연구주제가 된다고 할 수 있겠다. 본 연구는, 중주기<sup>5)</sup> 기후변화의 관점에서 북태평양의 생태계가 어떠한 변화를 하고 있으며, 북태평양의 한 지역을 차지하고 있는 한반도 해역에서는 북태평양의 변화에 상응하는 기후변화 및 생태계 변화가 발생하였는지를 점검하기 위하여 마련되었다. 하지만 구체적인 연구결과를 얻기에는 많은 노력과 긴 시간이 필요하므로, 이 연구는 하나의 시발점으로서 연구주제의 제기와 향후의 연구 방향을 숙의하는데 더 큰 의의가 있다고 할 것이다.

- 3) 정부간 기구인 IPCC에서는 5년마다 기후변동에 대한 보고서를 작성하는데, 1995년의 제2차 보고서에는 이러한 내용을 구체적인 사례로 강조하였다. 해양의 전반적인 변화에 대해서는 동 보고서의 Ittekkot et al.(in press), 수산에 대해서는 Everett et al.(in press) 참조.
- 4) 김(1995)은 어류성체의 반복에 대한 현상을 기후 및 환경변화의 관점에서 설명하였고, 일반적인 지구온난화 현상이 북태평양에서 전개될 때 생태계에 미칠 영향에 대한 여러 학자들의 의견을 정리하였다.
- 5) 십수년 내지 수십년의 주기를 가지고 어떤 특정 지역에서 발생하는 변화로 정의함.

## II. 북태평양에서의 기후 및 생태계 변동

북태평양은 아시아와 북미대륙으로 둘러싸여 있으며, 연안역에는 여러 개의 반폐쇄해역이 형성되어 있으며, 중앙부에는 10,000km 이상의 거리를 갖는 매우 큰 대양이 차지하고 있고, 아열대권에서 아북극권의 기후를 보이고 있다. 북쪽은 북극해와 통하는 베링해가 있으며, 500km 이상의 폭을 갖는 대륙붕에서는 매년 結氷과 解氷이 반복되는 極海의 특성이 나타나고 있다. 또한 베링해는 생산력이 매우 높아 포유류, 어류, 바닷새가 모두 번성하고 있을 뿐만 아니라 수산자원이 풍부하여 세계에서 손꼽히는 어장으로서 간주되고 있으므로, 주로 미국, 러시아, 일본의 연구진들이 1950년대부터 꾸준히 연구하여 왔다. 각국은 현재 생태계와 관련된 연구 프로그램을 운영함과 동시에 수산자원 평가에 필요한 어업자료도 꾸준히 축적하고 있다.

북태평양 수산자원에 대한 미국의 관심은 매우 각별하다. 1992-94년 동안에 미국 알래스카 해역에서 어획한 총량은 연평균 273만톤으로서, 알래스카 해역을 제외한 해역에서의 어획물 총량 236만톤을 상회하고 있다<sup>6)</sup>. 특히 이 곳에서 서식하는 명태 자원은 베링해 어획량의 70-80%를 차지하여 단일 어종으로서 세계 최대의 어획량을 기록하고 있다<sup>7)</sup>. 동부베링해에는 명태 이외에도 상업어업으로 아직 개발이 안된 가자미류가 명태자원량을 상회할 정도를 서식하고 있으며, 경제적 가치가 높은 연어가 서식하고 있어 미국 경제에 중요한 지역으로 간주되고 있다<sup>8)</sup>.

북태평양에서도 최근에 기후가 변동되었다는 사실이 보고되었다. 학자들은 1960년대와 1980년대의 해수온도나 일차생산력 등을 비교함으로써, 북태평양에서의 변화가 있었음을 암시하였었고<sup>9)</sup>, 최근에 더욱 짧은 주기를 가지고 자

6) Tom Wilderbour, Alaska Fisheries Science Center, Pers. Comm.

7) Sharp(1987), 또한 FAO 통계연감에 의하면, 1991년에 북태평양에서 어획된 명태는 489만톤으로, 세계 수산물 생산의 5%, 해양어류어획의 7.2%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

8) 미국은 북태평양 수산관리위원회(North Pacific Fishery Management Council)를 구성하여, 여러 차례의 전문가 회의를 통하여 베링해와 알래스카만의 수산자원량을 매년 파악하고, 적정어획량, 총허용어획량(TAC) 등을 결정하고 있다.

9) 1992년에 발족된 북태평양 해양과학 조사기구(PICES)에서는 북태평양에서의 기후변화를 가장 중요한 과학적 문제로 거론하고 있으며, 국제 GLOBEC 프로그램과 함께 기후변화와 환경수용력(CCCC)이라는 연구프로그램을 개발 중에 있다.

주 출현하는 중동부 태평양에서의 엘니뇨 현상과 어획물의 급격한 변동 때문에 해양생태계에서의 어떠한 변화는 이미 예견된 것이었다. 그러나 최근의 연구에 의하여, 북태평양에서는 기후가 서서히 변화한 것이 아니라, 1976년을 전후로 해서 순간적으로 변동되었고, 변동된 기후가 십수년 혹은 수십년 정도의 기간을 가지며 지속되는 특이성이 있다는 것을 발견하였다. 예를 들면, 과거 북태평양에서는 고기압이 발달하여 비교적 한냉한 기후를 유지하고 있었는데, 1976년부터 갑자기 저기압 세력이 확장하여 따뜻한 해역으로 변화하였다(그림 1). 이러한 기단의 변화로 이 해역에는 폭풍의 빈도가 잦아졌으며, 해양의 물리적 특성을 변화시켜 해수의 온도와 표층혼합층의 두께 등에도 영향을 미치고, 더 나아가 해양의 일차생산력과 생태계의 구조개편을 야기시켰다. 학자들은 1976년의 이 현상을 북태평양 기후의 regime shift라고 통용하고 있으며, 이렇게 변화한 기후는 1988년에 다시 반전되어 1976년 이전의 상태로 복귀되었다고 주장하는 학자도 있다<sup>10)</sup>.

전지구적으로 발생되고 있는 기후의 변화가 해양생태계에 심각한 영향을 미칠 것이며, 따라서 그 안에 서식하고 있는 수산자원의 종류와 양도 변화할 것이다. 수산자원의 변화는 사회경제학적으로 매우 민감한 사안인데, 현재는 수산자원에 대한 남획의 영향이 더 크게 작용하고 있지만, 국제해양법의 발효로 말미암아 어족자원에 대한 보호와 관리가 잘 진행될 50-100년 후의 미래에는 기후변화의 영향이 남획의 영향보다 더욱 클 것이라는 예측이 나오고 있다. 이미 북태평양에서 발생한 1976년의 급격한 기후변화는 해양생태계를 구성하고 있는 플랑크톤과 어류의 생산력에도 많은 변화를 야기시켰으며, 모든 어종에서 어획량이 현저하게 변화한 것은 아니지만, 특히 연어어획물의 경우에 변화가 현격하였다는 것이 보고되었다<sup>11)</sup>. 북태평양의 각 해역에서 연어의 어획량은 1977-78년을 전후하여 크게 증가하였으며, 이 증가는 1976년의 기후변화에 기인된 것이라고 추측된다(그림 2). 따라서 기후변화와 관련된 해양의 변화 연구는 21세기의 수산학과 해양학을 주도하는 새로운 분야로서 대두되고 있으

10) 국제포경위원회(IWC)가 1995년 3월 하와이에서 개최한 기후변화 심포지움 특별강연에서 John Antanov가 발표하였다.

11) 어류자원량은 기후의 변화에 즉각 반응하는 것이 아니라 대략 2년 이상의 시차를 두고 반응을 한다. 따라서 Francis and Hare(1994)는 북태평양에서 regime shift가 발생한지 몇 년 후의 연어어획량을 지역별로 비교하였다.

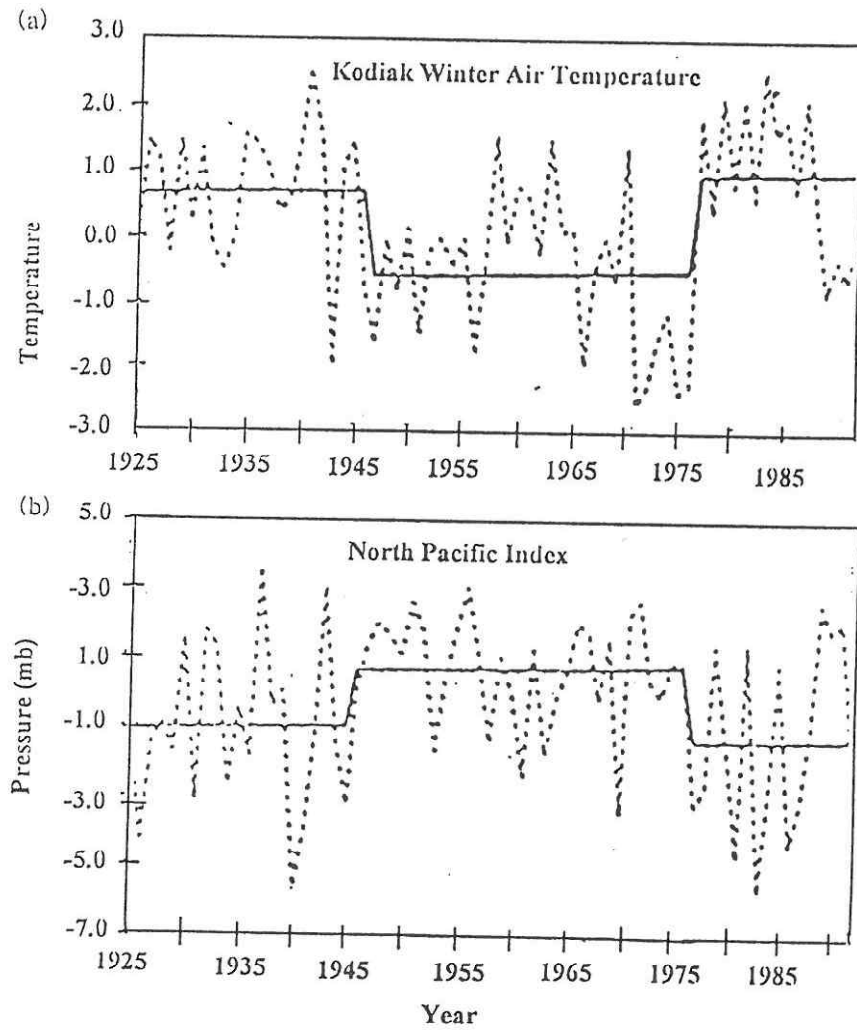


그림 1. 북태평양의 기온(a) 및 기압(b) 지수의 시계열  
점선 - 실측치, 실선 - 적합화치(source : Francis and Hare, 1994)

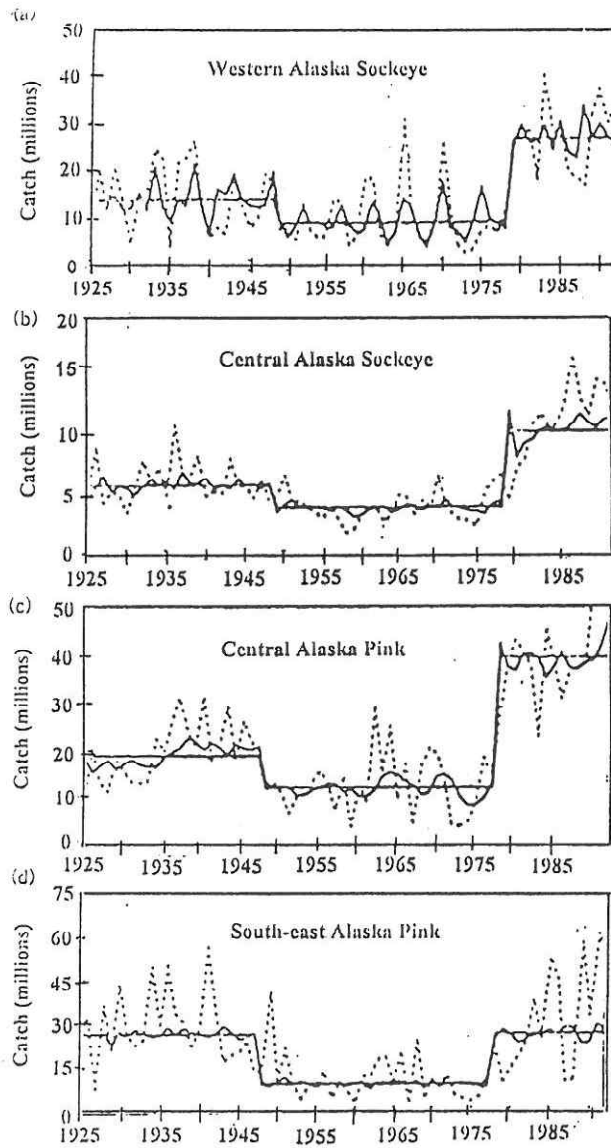


그림 2. 알래스카 해역의 연어 어획량의 시간적 변화  
 점선 - 실측치, 가는실선 - 적합화치, 굵은 실선 - 추정된 인터벤션  
 (source : Francis and Hare, 1994)

며, 베링해 인접국가들의 베링해에 대한 높은 관심을 고려해 볼 때 베링해가 이 분야 해양학을 대표하는 해역이 될 가능성이 크다. 지구온난화에 따른 태평양 해역의 수산자원의 변동은 현재의 과학수준으로는 예측하기가 어렵고, 아직 regime shift의 기작이나 과정이 정확하게 밝혀지지는 않았지만, 기후의 변동에 따라 해황과 해양생태계가 개편된다는 사실은 분명하며, 이 영향은 수산업에도 상당히 커다란 변화를 초래할 것이다.

### Ⅲ. 한반도에서의 해황 및 어획량 변화

아직 우리나라의 기상자료에 대한 분석은 종료되지 않아 우리나라에서도 1976년에 북태평양에서 발생하였던 기상변동이 동시에 일어났는지는 불분명하다. 그러나 우리나라 동해의 해수온은 1970년대 중반에 변화가 있었던 것으로 추측된다. 동해안에서 조사된 수층별 평균수온을 장기적으로 조사해 보면<sup>12)</sup>, 50m 보다 깊은 수심에서는 1975-1980년 동안의 수온이 다른 기간에 비교하여 유난히 높았다는 결론을 내릴 수 있다(그림 3). 비록 우리나라에서 조사된 것은 아니지만, 북한에서 해황과 수산어류와의 관계에 대하여 연구한 것도 우리의 관심을 끈다<sup>13)</sup> (그림 4). 봄철 동안난류(북한 용어로 동조선해류)의 더운물의 두께는 1976년을 기점으로 하여 크게 증가하였으며(최창윤, 1986), 원산만(북한 용어로 동조선만)에서 50m 깊이의 12월의 수온편차는 1975년부터 1979년까지 양성으로 지속되어, 그 이전 1969-1974년의 찬 수온과 좋은 비교를 이룬다(리제웅, 1986). 따라서 우리나라와 북한의 자료는 내용이 거의 일치하고 있으며, 1970년대 중반에 한반도의 동해에서도 북태평양에서 발생하였던 것과 비슷한 양상의 기후변화가 있었으리라고 추측된다.

수산물 어획량은 기후변동원인 이외에도 남획과 같은 요인에 의하여 영향을 받겠지만, 우리나라의 대표적 수산어종 중에서도 1970년대 중반을 전후하여 어획량의 변화가 감지된 어종이 여럿 있다<sup>14)</sup>. 비록 동해 어류는 아니지만, 멸치는 1975년을 전후하여 크게 증가하였으며, 정어리도 비슷한 양상을 보이고

12) 국립수산진흥원의 정기해양관측점 중에서 동해안의 51개 정점자료를 하였음 (석, 1987).

13) 동해수산연구소에서 창설 40주년을 맞이하여 발간한 <수산과학기술논문집> (1)에 수록된 논문들 중에서 발췌함.

14) 농림수산부에서 간행된 농림수산통계연보에서 발췌함.

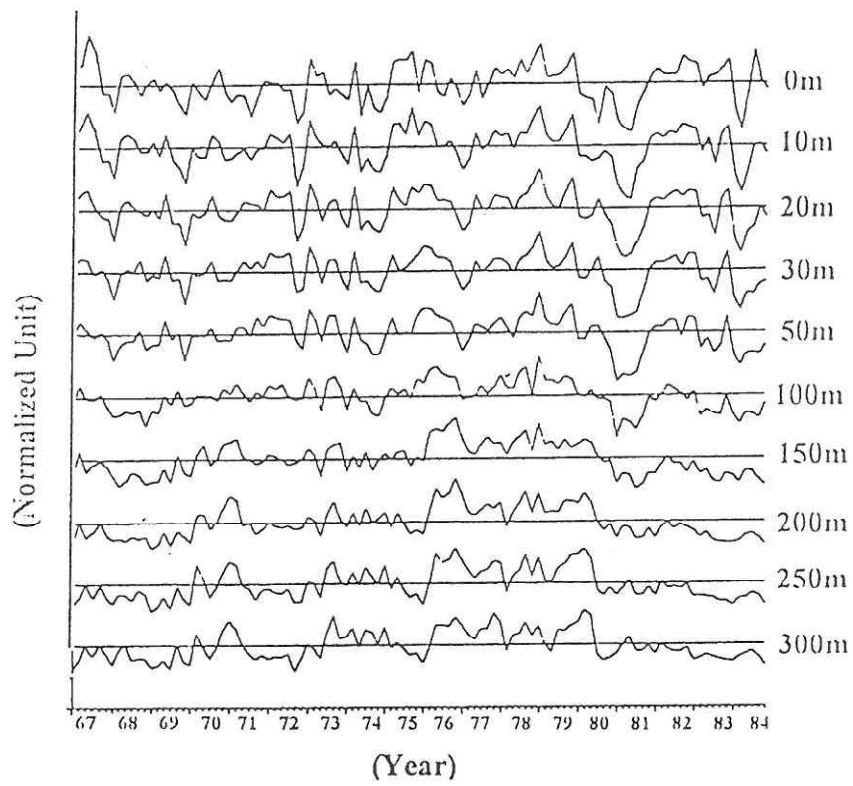


그림 3. 동해의 51개 정점의 평균값에서 계산된 수온 이상지수의 시계열  
(source : Suk, 1987)

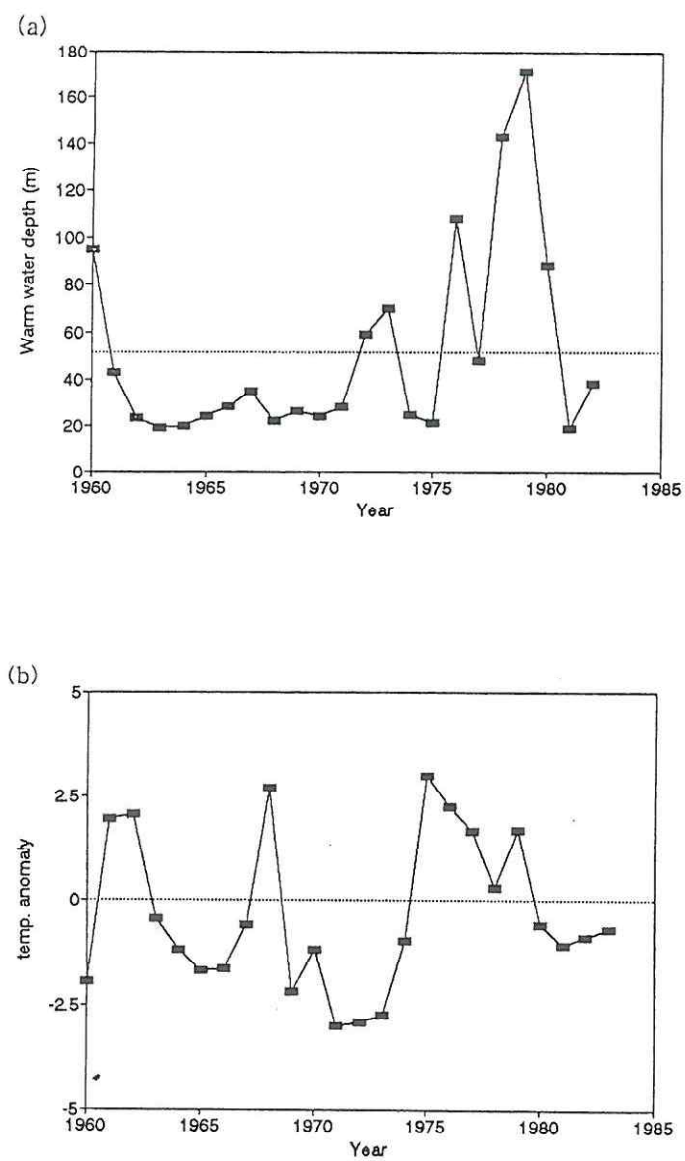


그림 4. 춘계 동안 난류의 더운물 수심(a)과 원산만의 수심 50m에서의 수온

있다(그림 5). 동해에서는 명태와 갑오징어가 비슷한 양상으로 어획되었는데, 1970년대 초중반부터 증가된 이들 자원은 1980년대 후반에 들어와 감소 경향을 보이고 있다. 하지만 청어는 정반대로 1970년대에 많던 어획량이 1970년대 후반부터 10여년 동안 흥어기로 접어 들었으며, 1980년대 후반부터는 다시 성어기로 복귀하였다. 꽁치는 1960년대 중반부터 1970년대 중반까지 어획고가 높았으나, 그 이후에는 계속 감소하였다. 북한의 어획자료에서도 이와 유사한 점을 발견할 수 있다. 로춘봉(1986)은 1925년부터 1980년대 초반까지의 곱사연어(북한 용어로 곱추송어)의 어획량 변동을 조사하였는데, 1975년 이후로 급격한 증가가 나타났다(그림 6). 이러한 결과는 북태평양의 연어어획량 결과와 매우 유사하다.

#### IV. 향후의 과제

본 주제는 어느 한 분야의 연구에 의하여 밝혀질 수 있는 것이 아니라, 해양현상을 종합적으로 또한 유기적으로 해석하려는 노력이 있어야 성공적인 연구결과를 도출할 수 있다. 따라서 향후에 이 분야연구의 수행은 한국해양연구소, 기상연구소, 국립수산진흥원, 그리고 대학의 관련 교수들이 참여하여, 관계기관에서 국가사업으로 지속적으로 수집하여 온 기상, 해양, 수산자료를 재분석함과 동시에, 외국의 연구기관과 협력하여 한반도에서의 현상과 북태평양 전체의 변화에 대한 상관관계를 찾아내야 한다. 따라서 기관별로 역할이 분담되어야 하는데, 기상연구소는 연구소 산하의 관측소에서 수집된 기온, 강수량, 폭풍, 기압 등의 자료를, 해양연구소는 한국의 동해 혹은 서해에서의 해양자료 및 생태계 변화를, 수산진흥원은 어획자료를 분석하여 1970년대 중반과 1980년대 후반에 반전된기후변동과 생태계 변화에 대한 증거를 찾는 데 주력하여야 한다.

어획자료를 분석할 때, 어획량은 항상 자원상태를 뜻하는 것이 아니므로 어획량 변동자료를 기후변화에 의한 요인으로 결론 맺는 것은 매우 위험하다. 그러므로 어류어획에 대한 자료를 분석하는 것 이외에도, 해양의 생태학적 혹은 자원학적 조사를 통하여 생체량의 변동을 계속 조사하거나, 새로이 대두되고 있는 안정동위원소(stable isotope)에 대한 함량을 조사하여 기후변화에 대한 감시를 계속하는 것도 중요하다. 또한 해양 및 생태계에 대한 정밀조사를

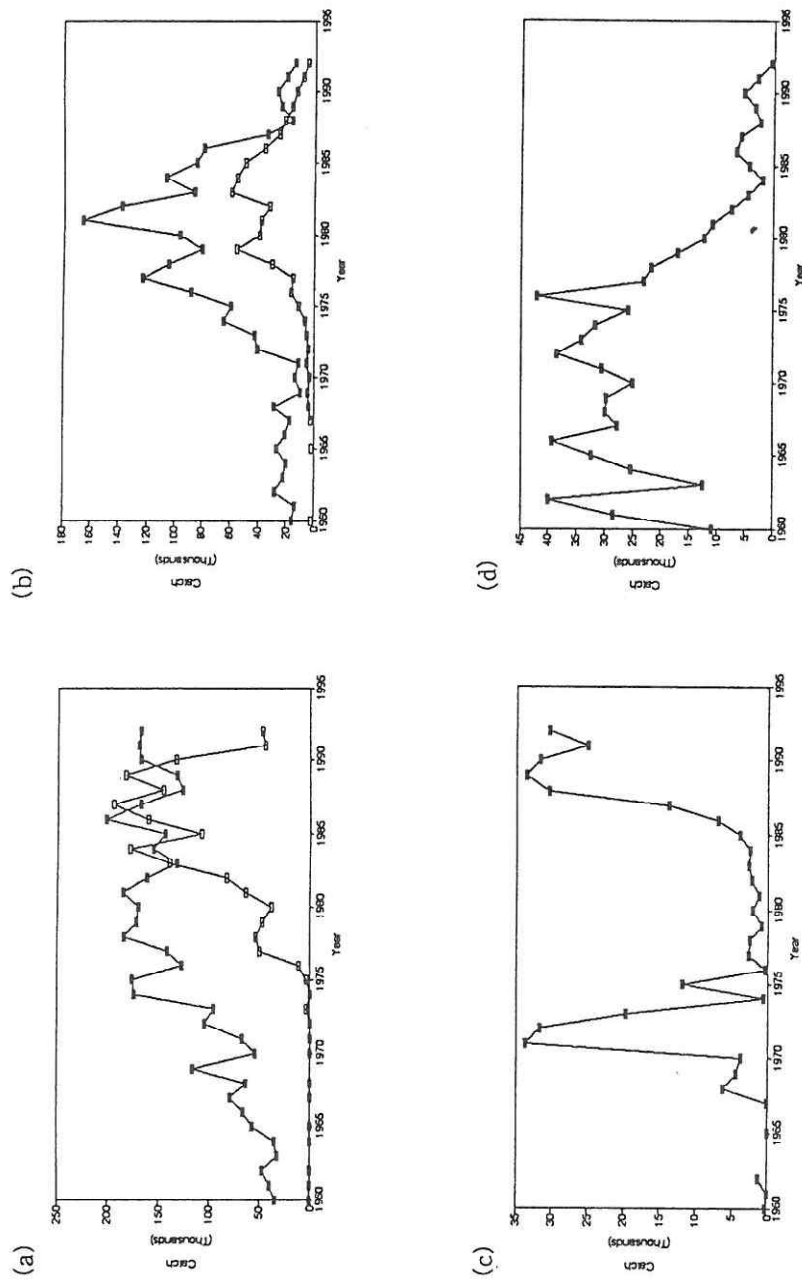


그림 5. 한국 연근해 어획량의 시계열

(a) 멸치와 정어리 (b) 명태와 오징어 (c) 청어 (d) 꽂치

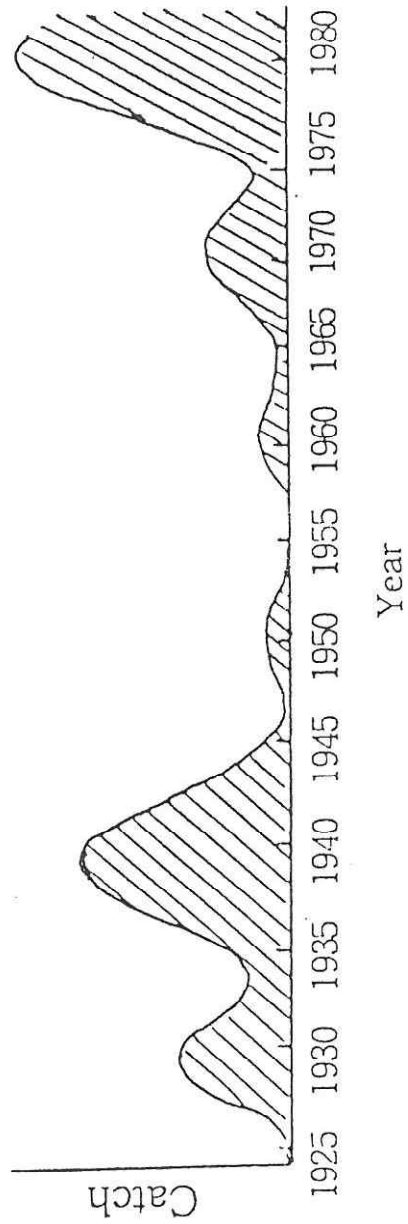


그림 6. 북한에서의 연어(*Oncorhynchus gorbuscha*) 어획량의 시계열(정상화된 값)

함으로써, 해류의 흐름이나, 생물체의 분포를 파악할 수 있다. 이렇게 생물군과 환경요인에 대한 조사자료를 축적한 이후에, 그 상호관계를 규명하여야 한다. 즉, 해수온이 상승하면 어류의 성장률이 얼마만큼 높아진다고거나, 바람이 불면 치어의 먹이생물의 양이 줄어들어 어류의 사망률이 몇 % 증가한다던가 하는 기작 규명적인 세부적 연구가 필요하다. 그리고 이러한 모든 상황들이 종합되어, 개체군의 성쇠여부라던가, 해양생태계 내에서 영양단계별로 진행되고 있는 에너지의 흐름이라던가, 환경과 생물군의 역학관계 등이 밝혀져야 한다. 수산학에 있어, 이러한 연구의 결과는 향후 2-3년 이내에 수산업에 가입되는 자원량의 크기를 예측함으로써 효과적인 수산정책을 수립하는데 많은 도움을 주리라 생각된다.

결론적으로, 기후변화연구에 있어 시급하게 시작하여 할 연구과제와 궁극적인 목표는,

- (1) 1976년에 급격히 바뀌어진 북태평양에서의 기후변동과 그에 수반되는 해양 특성 및 생태계의 변화가 한반도 주변 해역에서도 재현되었는가를 확인하며, 그 변화를 기상학, 해양학, 생태학 자료를 이용하여 밝히는데 있다.
- (2) 최근 일부 학자들에 의하여 북태평양에서의 기후가 1988년에 다시 변화하였다는 주장이 제기되고 있으므로, 이러한 연구를 통하여 기후변화에 따른 해양생태계의 변화양상을 파악하고, 기후가 향후에 다시 변화할 때 생태계 변동방향에 대한 모델과 가설을 세운다.
- (3) 이 결과를 근거로 하여 생태계 관리(ecosystem management)에 대한 지침을 정립한다.

## 참 고 문 헌

- 1) 김수암, 기후변화와 북태평양 수산자원 변동에 관한 고찰, 해양정책연구 10권, pp. 107-142, 1995.
- 2) 농림수산부, 농림수산통계연보, 1987.
- 3) 로춘봉, 곱추송어의 성장과 수량변동 경향에 대한 연구, 수산과학기술 논문집, 공업출판사, 평양, pp. 110-117, 1986.
- 4) 리제웅, 우리나라 동해의 명태어황을 규정하는 물온도 조건에 대하여, 수산과학기술 논문집, 공업출판사, 평양, pp. 17-24., 1986.
- 5) 석문식, 한국 동해 남부해역에서의 해양순환의 역학적 과정에 대하여, 해양연구소, BSPE00083-147-1, p. 67 .1987.
- 6) 최창윤, 조선 동해 우리나라 앞바다의 봄 - 여름철 해양상태가 곱추송어, 정어리 어장형성에 미치는 영향, 수산과학기술 논문집, 공업출판사, 평양, pp. 3-17, 1986.
- 7) Brodeur,, R. D. and D. M. Ware, Long - term variability in zooplankton biomass in the subarctic Pacific Ocean, Fisheries Oceanography, Vol. 1 pp. 32-38, 1992.
- 8) Everett, J. T., E. Okemwa, H. A. Regier, J. P. Troadec, A. Krovnin, and D. Lluch-Belda, Fisheries, In: The IPCC Second Assessment Report, Vol. 2 : Scientific-Technical Analyses of Impacts, Adaptions, and Mitigation of Climate Change (Watson, R. T., M. C. Zinyowera, and R. H. Moss (eds.), Cambridge Univ. Press, Cambridge and New York(in press).
- 9) Francis, R. C. and S. R. Hare, Decadal scale regime shifts in the

large marine ecosystems of the Northeast Pacific: a case for historical science, *Fisheries Oceanography*, Vol. 3, pp. 279-291, 1994.

- 10) Hargreaves, N. B., D. M. Ware, and G. A. McFarlane, Return of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) to the British Columbia coast in 1992, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Vol. 51, pp. 460-463, 1994.
- 11) IPCC, *Climate Change 1995 : The IPCC Second Assessment Report*, Vol. 2: Scientific-Technical Analyses of Impacts, Adaptions, and Mitigation of Climate Change (Watson, R. T., M. C. Zinyowera, and R. H. Moss (eds.), Cambridge Univ. Press, Cambridge and New York. (in press)
- 12) Ittekkot, V., S. Jilan, E. D. Miles, E. Desa, B.N. Desai, J. T. Everett, J. J. Magnuson, A. Tsyban, and S. Zuta, Oceans, In : *The IPCC Second Assessment Report*, Vol. 2 : Scientific-Technical Analyses of Impacts, Adaptions, and Mitigation of Climate Change (Watson, R. T., M. C. Zinyowera, and R. H. Moss (eds.), Cambridge Univ. Press, Cambridge and New York. (in press)
- 13) NPFMC, Stock assessment and fishery evaluation report for the groundfish resources of the Bering Sea/Aleutian Islands regions as projected for 1996, North Pacific Fishery Management Council, 605 West 4th Ave., Suite 306, Anchorage, AK 99501, USA, 1995.
- 14) PICES, PICES Press, ISSN 1195-2512, Vol. 1, No. 1, p. 12, 1993 .
- 15) Polovina, J. J., G. T. Mitchum, and G. T. Evans, Decadal and basin - scale variation in mixed layer depth and the impact on biological production in the Central and North Pacific, 1960-88, *Deep-Sea Research*, Vol. 42, pp. 1701-1716, 1995.

- 16) Polovina, J. J., G. T. Mitchum, N. E. Graham, M. P. Craig, E. E. Demartini, and E. N. Flint, Physical and biological consequences of climate event in the central North Pacific, Fisheries Oceanography, Vol 3, pp. 15-21, 1994.
- 17) Sharp, G.D., Climate and fisheries: Cause and effect or managing the long and short of it all, In: A.I.L. Payne, J. A. Gulland, and K. H. Brink (eds.), The Benguela and comparable ecosystem, S. Afr. J. Mar. Sci., Vol. 5, pp. 811-833, 1987.
- 18) Trenberth, K. E. and J. W. Hurrell, Decadal coupled atmospheric-ocean variations in the Pacific, Climate Dynamics, Vol. 9, pp. 303-319, 1994.
- 19) Venrick, E. L., J. A. McGowan, D. R. Cayan, and T. L. Hayward, Climate and chlorophyll a: long-term trends in the central North Pacific Ocean, Science, Vol. 238, pp. 70-72, 1987.
- 20) Wigley, T. M. L. and S. C. B. Raper, Thermal expansion of sea water associated with global warming, Nature, Vol. 330, pp. 127-131, 1987.