
NOAA/AVHRR SST 자료를 이용한 한반도 주변해역에서의 수온과 어장변화 특성 연구

서원찬* · 윤희주**

Relations NOAA/AVHRR SST between Migratory Fishes in the Korean Seas

Won-Chan Seo*·Hong-Joo Yoon**

요 약

최근 대두 되고 있는 지구 온난화 및 기후 변화와 관련해서 수온이 해양 생태계에 미치는 영향을 알기 위하여 한반도 주변 해역을 중심으로 1988~2000년까지 NOAA SST 자료를 활용하여 어류 회류의 변동성에 대하여 조사하였다. 위성자료를 분석해 본 결과 우리나라는 전반적으로 온난화 경향이 나타나고 있다. 연근해의 수온상승과 비교해 볼 때, 오징어, 멸치, 정어리, 꽁치 등 회유성 어종의 분포해역이 점차 북상하고 있는 것으로 나타났다. 또한 난류성 어종인 오징어와 멸치의 어획량은 증가한 반면, 한류성 어종인 꽁치와 정어리는 감소하는 경향을 보였다. 그러나 어항에 영향을 미치는 요인에는 수온뿐만 아니라 염분 및 오염도 등 여러 가지 요소가 존재하기 때문에 수온상승으로 인해 생기는 어항의 변화라고 단정 짓기는 어렵다. 따라서 급후 기후 변동과 연근해 어항 변화에 대해서도 계속적인 연구가 필요하다.

ABSTRACT

It was studied to the displacement and the amount of catch for migratory fishes with NOAA/AVHRR SST (Sea Surface Temperature) from 1988 to 2000 in the Korean Seas. The analyzed results from SST data showed generally the oceanic warming trend in the Korean Seas. On the increment of SST, the distributed areas of migratory fishes which living in the warm waters were displaced gradually to the northward directions (high latitude) and then the amount of catch was increased during this studied periods against to migratory fishes which living in the cold waters.

키워드

NOAA/AVHRR SST, Oceanic warming, Migratory fishes, Displacement, Amount of catch

I. 서 론

최근 지구온난화의 진행이 점점 빨라지고 있다. 우리나라의 경우 이러한 추세로 연평균 기온이 4℃ 상승하면 머지않아 한반도 대부분의 지역 생태계가 교란을 일으

켜 많은 부정적인 영향을 초래하게 될 것이다[1]. 앞으로 10년 후면 한반도에서 사계절이 사라질지도 모른다. 한반도 기온이 연평균 1℃ 정도 높아지면 1년 중 여름이 4개월 이상으로 늘어나는 반면 겨울은 2개월 정도로 줄어들 것이다[2]. 100년 후 지구 생물의 95%가 멸종할 것이

* 부경대학교 소재프로세스공학과

** 부경대학교 위성정보과학과(교신저자)

라는 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 전망이 있다. 그리고 2050년이 되면 지구 생물의 20~30%가 멸종 위기를 맞을 수 있다고 한다[3]. 이처럼 지구온난화는 빠른 속도로 인류를 비롯한 생태계를 위협하고 있다. 특히 우리가 살고 있는 한반도의 기후 변화는 과거보다 빠르게 진행될 것이라는 것이 전문가들의 일반적인 분석이다.

지구 온난화로 인한 해양 생태계의 변화도 심각한 수준이다. 명태는 안 잡히고, 독해파리는 양식장에 피해 주고 바다는 수온 상승이 가장 큰 문제로 대두되고 있다. 국립수산과학원에 따르면 겨울철 동해 평균 수온은 1960년대 6.5℃였지만 1990년대 8℃로 상승했다. 무엇보다 수온 상승 폭이 크다는 점이 우려되는 대목이다. 지난 39년(1968~2006년)동안 동해 수온은 0.8℃ 상승했다. 남해는 1.04℃, 서해는 0.97℃ 상승했다[4]. 즉, 한반도 해양 수온 상승률의 심각성을 알 수 있다.

수온 상승은 일부 어종을 멸종시키는 결과를 가져오기도 한다. 동물성 플랑크톤의 서식 범위가 급격히 증가하면서 한류성 어종이 점차 사라지고 난류성 어종이 증가하기 때문이다. 1970년대와 1980년대 대표적인 한류성 어종이었던 명태의 경우 1980년대 중반 이후 어획량이 급감해 현재는 거의 잡히지 않는다. 난류성 어종으로 분류되는 꽂치와 고등어의 어획량은 증가 추세를 보이고 있다. 강과 정[5]은 보라문어·청새치·노랑가오리 등으로 대변되는 아열대성 어종의 잦은 출현은 한반도 해역의 수온 상승과 깊은 관련이 있는 것으로 추정했다. 향후 해양의 수온이 더 상승하면 난류성 어종의 어획량 증가와 한류성 어종의 감소 현상이 지금보다 심해질 것이다. 이로 인한 어류별 어획량과 주어장의 분포가 크게 바뀌면서 열대성 어류와 해초류가 더 증가할 것으로 보인다.

수온 상승은 어종 변화뿐만 아니라 적조 현상과 백화 현상을 증가시켜 바다를 황폐화시킬 수도 있다. 지구 온난화는 한반도 해양에 적지 않은 영향을 끼칠 것이며, 국지적인 해수면 상승에 따른 해안선의 후퇴, 한반도 주변 주요 어종의 어장 위치 변화, 주요 어종의 서식 수심 변화, 정착성 어패류의 생태 주기 변화, 다양한 아열대성 어종의 출현 증가, 폭풍을 동반한 해일 가능성 증가 등 다양한 문제를 일으킬 것이다[6].

해수면에 영향을 미치는 주요 기후 요소 중 한 가지는 해수면 온도(SST, Sea Surface Temperature)인데, 한

반도 주변 해역에서의 SST 변화를 파악하기 위하여 1988~2000년까지 NOAA/AVHRR SST의 7일 주기 자료를 활용했다. 이러한 SST를 기초자료로 하여 지구 온난화와 기후 변화로 인해 해양 생태계에 미치는 간접적인 환경지표로서 어장에 미치는 영향성을 평가하였다.

II. 연구자료 및 방법

우리나라 연근해 해역을 대상으로 하여 위성자료의 정확도를 검증하기 위해서 위성자료와 실측자료의 상관성을 분석하였다. 그림 1에 SST 조사 정점(대표 4개 지점인 묵호, 울산, 통영, 완도를 선정)의 위치를 나타낸다. 해양의 온도변화와 관련하여 어자원의 변화를 파악하기 위하여 1990년에서 2001년의 연근해 어업량 통계자료[7]를 이용하여 변화량을 산출 및 분석하였다. 또한 어자원의 지역적 분포의 변화를 파악을 위해서 연근해 주요어종의 생태와 어장 자료를 활용하였다[4].

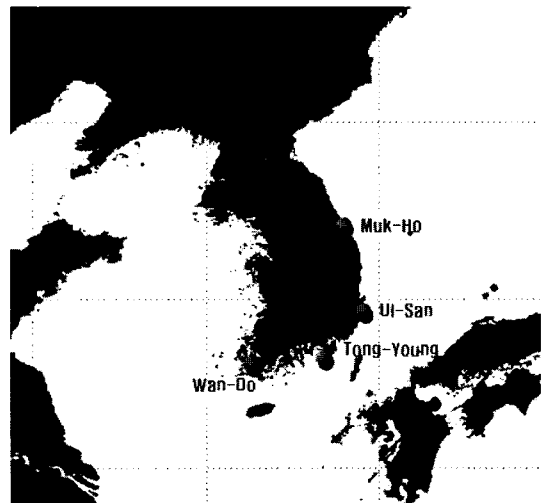


그림 1. SST 조사 정점
Fig. 1. Station of the SST observation

어자원의 변동 상황을 알기 위하여, 대형선망 어법에 의해 잡힌 대표어종으로 선정하여 온도별 어장형성의 변화 추이를 파악하였다. 한류성 어종인 꽂치(*Colilabis saira*)와 정어리(*Sardinops melanosticta*), 난류성 어종인 멸치(*Engraulis japonica*)와 오징어(*Todarodes pacificus*)

에 대하여 각각 조사하였다.

따라서 어종별 어장형성의 위치관계를 규명하고 본 연구의 목적인 한반도 주변 해역의 온도 변화에 따른 어장변화의 특성을 고찰하였다.

III. 연구 결과

3.1 한반도 주변 해역의 해수면 온도의 변화

가. 해수면 온도변화 탐지를 위한 위성 자료의 이용 가능성 검증

한반도 주변 해역의 해수면 온도의 변화를 알기 위하여, 각 해역별 4개의 대표 지점인 목호, 울산, 통영, 완도를 선정 후 위성자료와 정지 실측온도자료 간의 각 연별 상관성 분석을 실시하여 표 1에 나타내었다. 이때 대체로 0.75 이상의 상관계수를 가지는 높은 상관성을 나타냄을 알 수 있었다. 따라서 해수면 온도변화에 대한 분석 시 NOAA/ AVHRR SST자료 활용이 가능함을 보였다.

나. NOAA/AVHRR SST를 이용한 선형회기 분석

선형 회귀분석 결과(1988년부터 2000년까지의 13년)인 그림 2~ 그림 5를 보면, 목호가 1.2℃, 울산이 1.7℃, 통영이 0.6℃ 그리고 완도가 0.7℃로 모두 상승하는 추세를 보임을 알 수 있었다. 이것은 우리나라 연근해의 온난화로 인해 해양환경이 변화한다는 것을 의미한다. 즉, 수온의 영향을 많이 받는 어류 서식지의 위치적 변동이 예상되고 그리고 어자원의 양과 종류가 변화되고 연근해 어업에 지대한 영향을 미칠 것으로 예상된다.

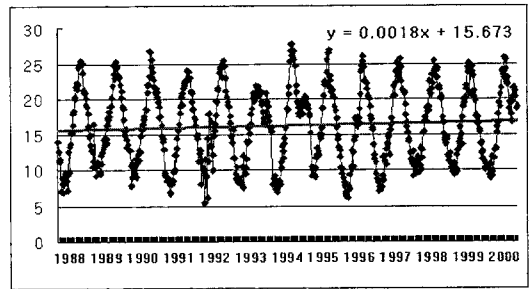


그림 2. 목호의 선형회기 분석
Fig. 2. Recurrence analysis of Muk-Ho

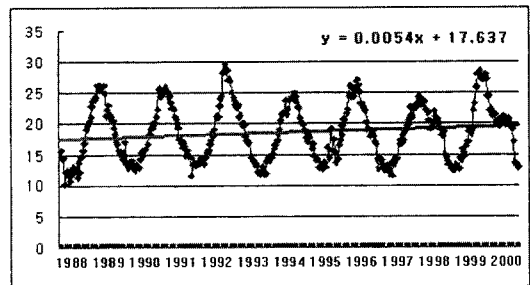


그림 3. 울산의 선형회기 분석
Fig. 3. Recurrence analysis of Ul-San

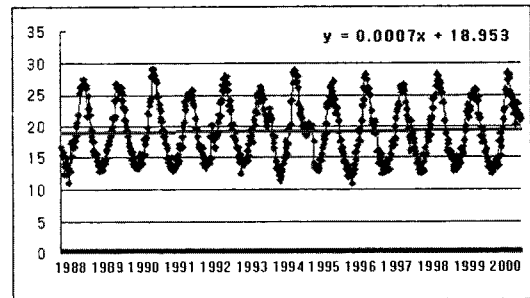


그림 4. 통영의 선형회기 분석
Fig. 4. Recurrence analysis of Tong-Young

표 1. 대표지점에서의 위성 및 현장자료간의 상관관계
Table 1. Correlation of Key Location

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	ave.
Muk-Ho	0.96	0.94	0.97	0.94	0.90	0.80	0.89	0.73	0.98	0.97	0.97	0.95	0.85	0.91
Ul-San	0.92	0.91	0.95	0.89	0.84	0.75	0.86	0.43	0.68	0.58	0.88	0.86	0.83	0.78
Tong-Young	0.94	0.87	0.95	0.92	0.94	0.77	0.88	0.58	0.92	0.89	0.93	0.92	0.83	0.87
Wan-Do	0.94	0.96	0.94	0.94	0.93	0.90	0.89	0.62	0.91	0.86	0.79	0.97	0.88	0.86

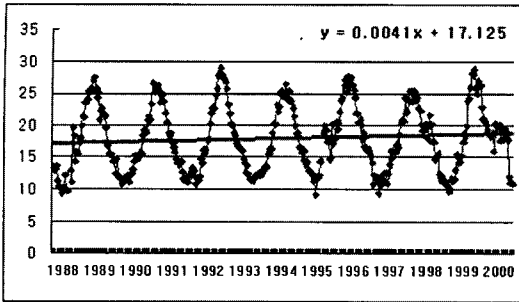


그림 5. 완도의 선형회기 분석
Fig. 5. Recurrence analysis of Wan-Do

3.2 해수면 온도 변화에 따른 어자원의 변화
가. 대표어종의 선정

한류성 어종으로는 꽁치, 정어리를 그리고 난류성 어종으로는 오징어와 멸치를 우리나라 주변해역의 대표어종으로 선정하여 비교 연구하였다. 이 어종들은 주 서식지가 표층에서 200m 이내에 서식하고 있는 특징을 나타내는데, 한반도 주변해역의 다른 어종에 비해 온도의 영향을 많이 받는 것으로 잘 알려져 있다. 따라서 이러한 특징들은 본 연구와 가장 적합한 어종이라 사료되어 대표어종으로 선택하였다.

나. 어종별 특징 및 어획량의 변화

한반도 주변해역의 온난화와 관련하여 표층에 서식하는 대표어종 4종의 서식지도 변화할 것으로 예상되며, 그리고 각 어종별 어획량에도 변화가 있을 것으로 예상된다. 어획량 통계를 기반으로 1990년부터 2001년까지의 어종별 어획량의 변화를 나타내는 그림 6을 분석해보면, 한류성 어종인 꽁치와 정어리는 감소하는 추세를 보이고 난류성 어종인 오징어와 멸치는 증가하고 추세를 나타내었다. 즉, 우리나라 주변에 온난화가 진행됨에 따라 남해와 동해의 수온이 상승하고 있는 것과 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

다. 어장형성의 변화

지구 온난화에 따른 수온의 상승은 어종별 서식지 또한 서식수온을 따라 이동할 것으로 예상되며, 그리고 각 어종별 어장의 형성 위치 또한 바뀔 것으로 사료된다. 어종별 어장형성의 위치변화를 분석하기 위하여 어장도의 변화를 통하여 연근해 주요어종의 생태와 어장 자료를 분석하면 다음과 같은 결과들을 알 수 있었다. 수온변

화로 인한 연근해 어종들의 포획 위치가 점차 북상함에 따라 한류성 어종인 꽁치의 포획위치는 우리나라 동해에서 많이 잡히고, 과거 10년 전의 자료와 비교해 보면 그 위치가 북상하고 있다는 것을 그림 7에서 알 수 있었다. 같은 한류성 어종인 정어리의 경우(그림 8)에는 예상했던 것과 상이한 결과가 나왔는데, 그 이유에는 한정된 어장에서의 어획의 풍흉을 좌우하는 요인들 때문인 것으로 보인다.

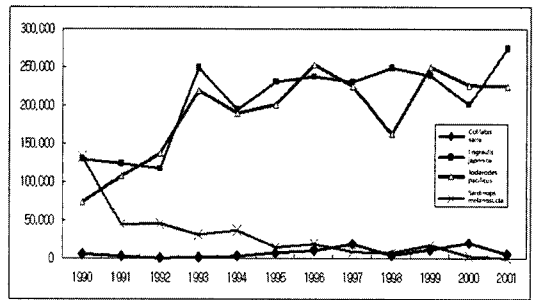


그림 6. 1990년부터 2001년까지의 어종별 어획량 변화
Fig. 6. Production of Synthesis Fishes from 1990 to 2001

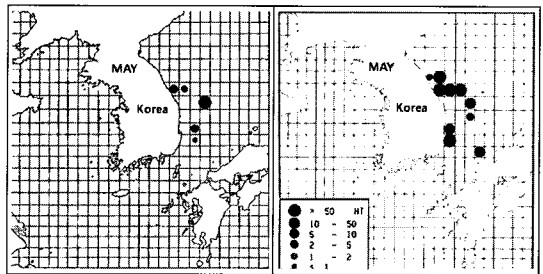


그림 7. 꽁치의 어장형성의 변화
Fig 7. Fishery of Colliabis saira

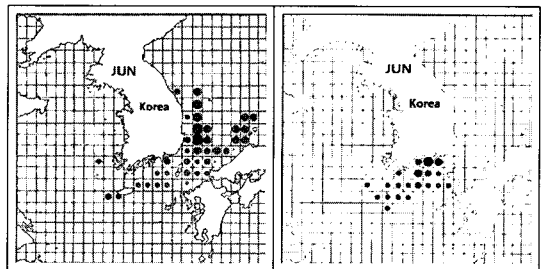


그림 8. 정어리의 어장형성의 변화
Fig 8. Fishery of Sardinops melanosticta

즉, 재 생산력에 영향을 미치는 어획 대상이 되는 자원으로 가입하는 양(가입량)과 관계와 관련하여 우리나라 주조업 어장으로 내유한 어군들의 밀집 및 내유기간에 영향을 미치는 해양 환경조건 때문으로 보인다[8]. 그림 9는 난류성 어종인 멸치 또한 포획장소의 북상 및 어획량의 증가를 보여준다. 그림 10의 오징어는 7월에서 1월까지의 성어기에는 중심 어장의 분포 범위가 동해 중부에서 대화퇴까지 확장되며, 그리고 겨울 이후부터 봄철까지의 한어기에는 동해 남부와 남해로 남하하여 월동 한다.

IV. 결론 및 고찰

우리나라는 전반적으로 온난화 경향을 보이는데, 이러한 수온변화는 어업자원의 분포에 영향을 미칠 수 있는 것으로 사료된다. 즉, 난류성 어종인 오징어와 멸치의 어획량은 증가하였고 그리고 한류성 어종인 꽁치와 정어리는 어획량이 감소하였다[9].

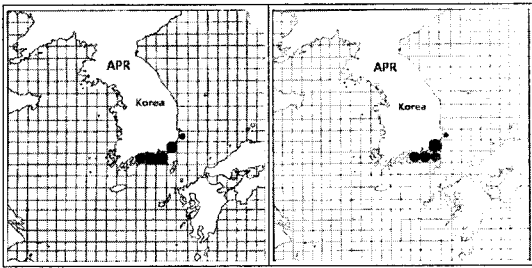


그림 9. 멸치의 어장형성의 변화
Fig. 9. Fishery of *Engraulis japonica*

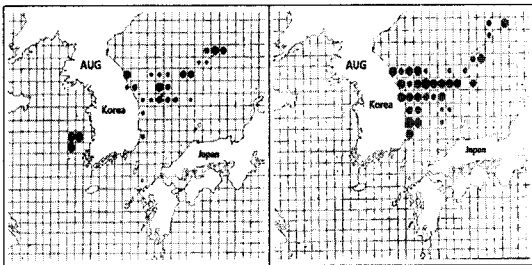


그림 10. 오징어의 어장형성의 변화
Fig. 10 Fishery of *Todarodes pacificus*

일부 난류성 어종, 회유성 어종 등에 대하여는 과거

10년에 비해 어획량과 현재의 어획량 비율로써 온난화와 관계를 검토할 필요가 있다. 대상 어종의 산란기 및 성육기의 생태적 특징과 1970년 이후 연근해 어업 어선 세력의 증가와 단위생산성의 감소 등 대상 어종별로 종합적인 비교 분석과 한류성 어종과 저서어종 및 정작생물, 해조류 등의 분포해역의 변동에 대한 연구가 부가적으로 필요하다. 1989년 이후 우리나라는 연근해 정어리 자원의 급격한 감소[10]와 동물플랑크톤 현존량의 증가는 북태평양 해역의 기후변동과 무관하지 않을 것으로 생각된다. 어황에 영향을 미치는 요인에는 수온뿐만 아니라 염분 및 오염도 등 여러 가지 요소가 존재한다. 따라서 수온상승으로 인해 생기는 어황의 변화라고 단정 짓기는 어려움이 있으므로 금후 기후 변동과 연근해 어황 변화에 대해서도 지속적인 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] 과학기술부, “더워지는 지구, 그 원인과 대책”, 이산화탄소저감 및 처리기술개발사업단, pp. 8-17, 2005.
- [2] 고여호, “기후변화대응 정책방향”, 제2회 기상산업 정책포럼, 2008.
- [3] IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change), IPCC 4th Assessment Report. 2007.
- [4] 국립수산과학원, “연근해 어업자료평가 수산자원 보고서”, 제10호, 1998.
- [5] 강영실, 정규귀, “지구 온난화와 바다”, 국립수산진흥원, 수산담구 제2호, pp. 65-69, 2000.
- [6] 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”, *Fish. Oceanogr.*, 3: pp. 279-291.
- [7] 통계청, “연근해 어업량 통계자료”, 2002.
- [8] 최광호, 황선도, “한국 연근해 오징어의 어황 특성 I. 해양환경의 변동에 따른 오징어의 분포”, *국립수산과학원* 30, pp. 513-522, 1997.
- [9] 박종화, 황강석, 강영실, “한국 근해 겨울철 온난화와 주요 어종의 어황 변화”, *한국수산자원학회지* 3, pp. 77-87, 2000.
- [10] 김진영 · 김주일, “한국 연근해 정어리 자원량과 분포역의 연변동”, *수진연구보고* 54, pp. 27-36, 1998.

저자소개



서원찬(Won-Chan Seo)

1995. 일본OSAKA대학 공학박사
1998~현 부경대학교 소재프로세스
공학과 교수

※관심분야: 위성정보처리, Machine Vision



윤홍주(Hong-Joo Yoon)

부경대학교 환경해양시스템공학부
위성정보과학과
위성원격탐사공학 박사
(프랑스Grenoble I 대학,1997)

※관심분야: 위성해양학, 위성기상학, GIS, GPS