

## 우리나라에서 기후 변화에 따른 어업 생산량의 변동

## Variations in Catches of Fisheries according to the Climate Change of Korea

김종규\*

Jong-Gyu Kim\*

Professor, Major in Public Health, College of Natural Sciences, Keimyung University, Daegu, Republic of Korea

\*Corresponding author: Jong-Gyu Kim, [jgkim@kmu.ac.kr](mailto:jgkim@kmu.ac.kr)

## ABSTRACT

**Purpose:** This study investigated the relationship between climate factors and the catches in Korean offshore fisheries in recent three decades (1981 to 2010). **Method:** This study focused on seven types of fish species preferred in Korean cuisine. In the study, 10-year moving averages were used so that long-term trends could be easily identified. **Results:** Both air temperature and sea surface temperature (SST) on the coast of Korea rose in the period ( $p < 0.05$ ). The rise in SST was significantly correlated with the rise in air temperature ( $p < 0.05$ ), but not with precipitation. In the 2010s compared to in the 1981, catches of anchovy and squid greatly increased ( $p < 0.05$ ), while catches of Alaska / walleye pollock has been almost extinct over the past 30 years. As such, cold-water fish species decreased or disappeared, and their fishing ground was replaced by warm-water fish species. **Conclusions:** These findings indicate that fish species caught in offshore fisheries of Korea have changed due to climate change, especially warming. This suggests that the warming of the Korean Peninsula may have a significant impact on the supply of fishery products and food security to Koreans in the near future.

**Keywords:** Climate Factors, Air Temperature, Sea Surface Temperature, Catches in Offshore Fisheries, Korea

## 요약

**연구목적:** 본 연구는 지난 30년(1981~2010년) 동안 우리나라 기후 요인과 근해 어업에서 어획량의 관계를 조사 분석하였다. **연구방법:** 본 연구에서 어획량은 한국인 식탁에서 선호되는 7가지 어종을 대상으로 하였다. 본 연구에서는 장기적 추세를 쉽게 파악할 수 있도록 10년 이동평균을 사용하였다. **연구결과:** 동 기간 동안 우리나라 연안의 기온과 표층수온(SST)은 모두 상승하였다( $p < 0.05$ ). SST의 상승은 기온의 상승과 유의한 상관관계가 있었지만( $p < 0.05$ ), 강수량과는 상관관계가 없었다. 2010년에는 1981년에 비해 멸치와 오징어 어획량이 크게 증가한 반면( $p < 0.05$ ), 명태는 거의 멸종되어 어획량이 거의 없었다. 이처럼 냉수 어종은 감소하거나 사라지고 어장은 온수 어종으로 대체되었다. **결론:** 이러한 결과는 우리나라 근해 어업에서 어획되는 어종이 기후변화, 특히 온난화로 인해 변화했음을 나타낸다. 이는 한반도의 온난화가 가까운 장래에 한국인의 수산물 공급과 식량 안보에 중대한 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

**핵심용어:** 기후 요인, 기온, 표층수온, 근해 어획량, 한국

Received | 22 February, 2022

Revised | 21 March, 2022

Accepted | 21 March, 2022

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

## 서론

### 연구 배경 및 필요성

금세기의 기상 이변에 따른 식량 생산의 불확실성이 증대되면서 세계적으로 글로벌 식량위기에 대한 우려가 확산되고 있다. 그 하나로 기후 변화에 따른 수산 자원의 감소와 변동성 심화, 과잉 어획, 개발도상국의 수산물 소비 증가 등으로 수급 불안정 요인이 커지고 있다. 기후 변화는 지구의 평균기온이 상승하여 그 관련된 기후 지표들이 변화하는 것을 말한다. 기후 변화로 인해 야기되는 현상은 생물의 계절적 패턴이나 분포 지역의 변화와 더불어 생태계 교란 등으로 나타날 수 있다.

기후 변화에 관한 정부 간 패널(The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)의 보고에 의하면, 기후 변화는 해수 온도, 해수면 상승 및 해양 산성화를 증가시켜 해양 환경에 영향을 미친다(Bindoff et al., 2007). 이는 해양 생태계와 어업 자원에 상당한 영향을 미칠 것으로 예상된다. IPCC는 또한 기후 변화가 식량 안보 및 식품 생산 시스템에 미치는 영향을 지적하였다(IPCC, 2014).

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸인 반도 국가이다. 따라서 수산업은 잘 발달되어 있으며 수산물은 비교적 풍부하게 생산되고 있다. 그렇지만 지구 온난화로 인하여 한반도의 해수면과 해수 온도가 상승하면 우리나라의 어업은 매우 취약해질 것이다(Lee et al., 2005). 또 무엇보다도 주요 식량 자원의 하나인 어패류 수급의 변화는 국민의 식생활과 건강에 지대한 영향을 미칠 것이며, 결국 국가의 경제적 문제로 파급될 수도 있다.

우리나라에서 식품 원재료로서 수산물에 대한 의존도가 매우 높지는 않지만, 2000년대에 수산물 소비가 증가하고 있다. 이는 웰빙과 삶의 질에 대한 국민들의 관심이 증가하고 소득이 증가했기 때문일 수 있다. 실제로 1인당 연간 수산물 소비량은 1981년 33.2kg에서 2010년 51.3kg으로 약 155%로 증가하였다(Korea Fisheries Association, 2006; Korea Fisheries Association 2011). 기후 변화는 연안 어업 자원의 감소를 가속화할 수 있으며 주요 어종의 생존과 생산을 변화시킬 가능성이 있다. 이로 인해 어민 수가 감소하고 어업 활동을 포기하게 되며 수산물 공급이 줄어들 수 있다. 실제로 최근 수년간 우리나라의 수산물 수입이 증가하고 있다(Kang et al., 2012; Korea Fisheries Association, 2012).

식량 확보 및 안보 측면에서 한반도에 기후 변화가 미치는 영향은 농산물의 공급 및 소비뿐만 아니라 수산물에서도 나타나고 있다. 즉 한반도 연안에서 동물성 플랑크톤의 서식처가 증가하고 있으며, 주요 냉수 어종이 그들의 어장에서 점차 사라지고 있다(Kang et al., 2002; Jung, 2008). 또 동해안과 남해안에서 큰 해파리가 증가하고 있다(Yoon et al., 2008). 이러한 현상들은 한반도 연안 어업 자원과 생태계에 변화가 있어 수산물 공급에 직접적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 그렇지만 기후 변화에 따른 어업 생산과 해양 데이터의 관계를 조사하는 정량적 연구는 아직 많이 수행되지 않았다. 이에 본 연구는 지난 수십 년 동안 우리나라의 어업 생산 동향과 이에 대한 기후 변화의 영향을 조사하여 어획량 변동 및 감소로 인한 식량 재난을 최소화하고 기후 변화라는 거대한 재난에 대처하는 데 도움이 될 수 있는 또 하나의 기초자료로 활용되고자 한다.

### 연구 목적

본 연구는 지난 30년 동안에 우리나라의 근해어업의 생산량 변동과 이에 대한 주요 기후 요인이 미치는 영향을 조사하고자 수행되었다. 본 연구는 다음의 구체적 목적을 갖는다. 지난 30년간(1981~2010년) 우리나라 연안해의 주요 기후 요인의 변화를 조사하고, 수산물 중 한국인 식탁에서 선호되는 주요 어종의 어업 생산량(어획량) 변화를 조사하며, 궁극적으로 어획량과 기후 요인의 관련성을 알아보고자 한다.

## 연구 방법

### 연구 대상 및 지역

본 연구에서는 우리나라(남한) 영토 주변의 해역의 기후 관련 현상을 조사하였다. 또 이 해역에서 어획되는 수산물 중 한국인 식탁에서 선호되는 주요 7개 어종의 어업 생산량을 조사하였다. 즉, 식품별 평균섭취량이 많은 어패류(Korea Health Industry Development Institute, 2015) 중에서 한국인 상차림에서 부식으로 흔히 볼 수 있는 갈치, 명태, 참조기, 고등어, 꽁치, 멸치, 오징어 등을 대상으로 하였다.

### 자료 수집 및 자료원

우리나라 근해어업의 어업 생산에 대해서는, 지난 30년(1981~2010년) 동안의 어업 데이터를 어업 연감, 어업 동향 및 어업 정책, 농업 및 수산업통계 등으로부터 수집하였다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs of Korea, 1998; Statistics Korea, 2016). 기후 변화를 조사하기 위해 국립수산과학원(NIFS)의 한국해양자료센터의 정선해양관측자료에서 우리나라 연안의 수온과 기온 데이터(1981~2010년)를 수집하였다(National Institute of Fisheries Science/Korea Oceanographic Data Center, 2016). 같은 기간 동안의 강수량 자료는 기상청(KMA)에서 확보하였다(Korea Meteorological Administration, 2012).

해양관측자료는 국립수산과학원(NFRDI)의 한국해양자료센터(KODC)에서 1961년부터 현재까지 연 6회 추출하고 있으며, 관측치는 25개 정선, 207개 정점, 14개 수층수를 포함한다. 자료는 동해, 남해, 서해 및 동중국해로 나뉘어져 있다. 이 연구의 목적을 위해 연간 동해, 남해 및 서해의 평균 해수 온도 및 기온(건구온도) (°C) 데이터를 사용하였다. 해수 온도는 수심 10m 미만의 해수면 온도(표층수온) 데이터를 사용하였다.

### 자료 분석 및 통계 처리

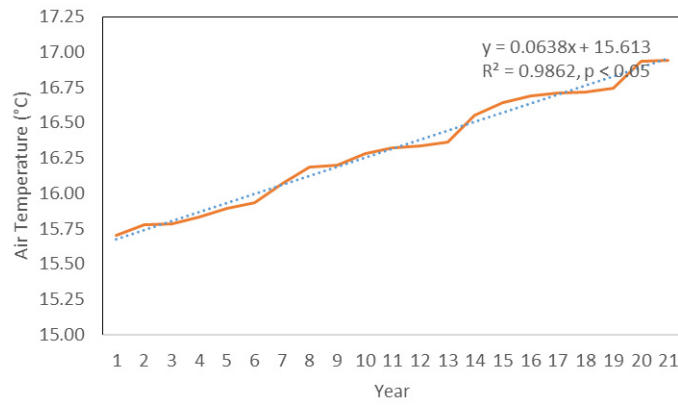
본 연구에서는 장기적 추세를 쉽게 파악할 수 있도록 각 자료별 10년 이동평균을 사용하였다. 기후 요인으로 연구기간 동안의 기온, 강수량 및 표층수온의 변화와 이 기간 동안 주요 7종의 어획량의 추세를 분석하였다. Pearson 상관분석을 이용하여 기후 요소들과 주요 어종의 생산량(어획량) 간의 관련성을 알아보았다.

데이터 분석 및 통계 처리를 위해서 Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA) 및 Windows 22.0용 SPSS(IBM Corporation, Armonk, NY)가 사용되었다. 통계적 유의수준은  $p < 0.05$ 로 설정하였다.

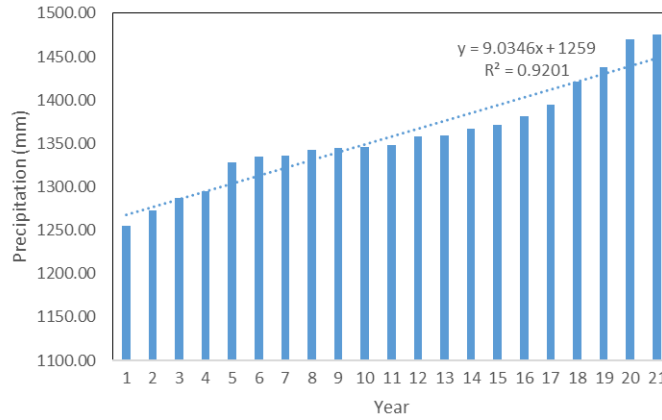
## 결과

### 표층수온, 기온 및 강수량의 변화

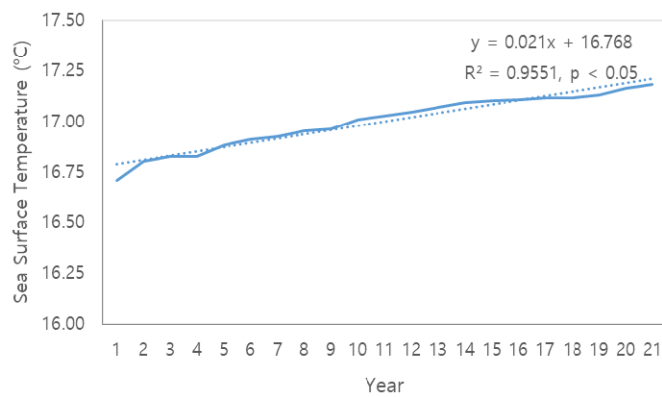
지난 30년간 관측된 자료에서 우리나라 해안의 표층수온과 기온은 모두 상승하였다( $p < 0.05$ ) (Fig. 1~3). 또 표층수온 변화는 기온 변화와 유사하였다. 지난 30년간 강수량은 1,255.4~1475.4mm 범위에서 변동하였으나, 그 변동이 유의하지는 않았다.



**Fig. 1.** Changes in the average annual air temperature of Korea during the past 30 years. A 10-year moving average was used. *Source of data.* NIFS; KODC.



**Fig. 2.** Changes in the average annual precipitation of Korea during the past 30 years. A 10-year moving average was used. *Source of data.* KMA.



**Fig. 3.** Changes in the average annual sea surface temperature of Korea during the past 30 years. A 10-year moving average was used. *Source of data.* NIFS; KODC.

## 주요 어종의 어획량 변동

지난 30년 동안 우리나라의 어획량은 해마다 변동되었다. 근해 어업에서 총어획량은 1981년 약 152만 톤에서 1986년 약 173만 톤으로 점진적으로 증가하였다. 그 후에는 생산량이 증가하거나 감소하였다. 2010년에는 약 113만 톤의 수확을 보였고, 이는 1981년에 비해 약 25.8% 감소한 수치이다. 또 지난 30년 동안 근해 어업에서 주로 잡히는 어종도 변화하였다. 1981년에 가장 많은 어획량을 기록한 어종은 갈치, 멸치, 명태(노가리 포함) 등이었다. 그러나 2000년에는 세 종류의 어종, 즉 오징어, 멸치 및 고등어의 어획량이 50% 이상을 차지하였다. 또 2010년 어획량은 멸치, 오징어, 고등어 순이었다(Table 1). 1980년대에 생산량이 비교적 많았던 어종으로 2010년에도 여전히 많이 잡힌 어종은 멸치, 오징어 및 고등어이다. 1981년에 비해 2010년에 갈치(-40.1%)와 명태(-100%)의 어획량은 현저히 감소한 반면 오징어(340.6%)와 멸치(135.4%)의 어획량은 증가하였다( $p < 0.05$ ). 즉, 2000년대에 들어 우리나라 근해 해역에서의 어획량은 멸치, 살오징어 등 난류성 어종이 증가하였지만, 명태 같은 한류성 어종은 크게 감소한 것이다. 한편 난류성 어종인 갈치의 어획량 또한 급감하여 기후 요인 이외에 다른 영향도 없지 않았을 것으로 보인다.

**Table 1.** Changes in the catches of major fish species in the offshore fisheries of Korea at every ten years

Fish species	1981	1990	2000	2010
Total catch	1,526,670	1,471,810	1,189,000	1,132,536
Largehead hairtail*	147,677	103,736	81,050	59,242
Chub mackerel	108,082	96,297	145,908	99,534
Anchovy*	184,351	130,192	201,192	249,636
Alaska/walleye pollack <sup>†</sup> *	165,837	9,798	766	1
Small yellow croaker	34,477	27,890	19,630	31,931
Squid*	46,715	74,172	226,309	159,130
Pacific saury	10,844	5,301	19,883	2,564

Unit: ton, *Source of data:* Ministry of Oceans and Fisheries of Korea (2013), <sup>†</sup>including nogari (young / juvenile walleye pollock).

\*Fish species whose catch size has significantly changed over the 30 years,  $p < 0.05$ .

## 주요 어종의 어획량과 기후 요인 간의 관계

주요 어종의 어업 생산량, 즉 어획량과 기후 요인과의 관계를 10개년 이동평균을 사용하여 상관분석한 결과는 Table 2와 같다(Table 2). 어획량이 연도와 관련하여 유의한 음의 상관을 보인 어종은 갈치와 명태였으며( $p < 0.05$ ), 양의 상관을 보인 어종은 멸치와 오징어였다( $p < 0.05$ ). 한편 갈치와 명태 어획량은 표층수온과 유의한 음의 상관을 보였으며( $p < 0.05$ ), 멸치, 참조기 및 오징어 어획량은 표층수온과 양의 상관을 보였다( $p < 0.05$ ). 참조기의 어획량은 강수량과도 유의한 음의 상관을 보였다( $p < 0.05$ ).

## 고찰 및 제언

본 연구에서 지난 30년(1981~2010)에 걸쳐 우리나라의 연안 해역의 연평균 표층수온과 기온은 모두 높아졌다는 것을 알 수 있었다. 또 우리나라 연안해수의 표층수온과 기온이 유의한 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났으며, 이는 기후 변화, 특

**Table 2.** Results of Pearson’s corelation analysis between the climate factors and catch size of main fish species

Factors	Year of catch	Large-head hairtail	Chub mackerel	Anchovy	Alaska/walleye pollack	Small yellow croaker	Squid	Pacific saury	Precipitation	Sea surface temp.	Air temp.
Year of catch	1	-.930*	.359	.876*	-.828*	.110	.839*	.115	.237	.712*	.940*
Largehead hairtail	-.930*	1	-.564*	-.832*	.954*	-.215	-.928*	-.209	-.240	-.752*	-.921*
Chub mackerel	.359	-.564*	1	.586*	-.578*	.244	.739*	.590*	-.186	.304	.383
Anchovy	.876*	-.832*	.586*	1	-.677*	-.122	.903*	.453*	.217	.443*	.779*
Alaska/walleye pollack	-.828*	.954*	-.578*	-.67	1	-.342	-.844*	-.165	-.178	-.779*	-.858*
Small yellow croaker	.110	-.215	.244	-.122	-.342	1	.131	-.395*	-.612*	.418*	.099
Squid	.839*	-.928*	.739*	.903*	-.844*	.131	1	.433*	.149	.587*	.817*
Pacific saury	.115	-.209	.590*	.453*	-.165	-.395*	.433*	1	.311	.062	.164
Precipitation	.237	-.240	-.186	.217	-.178	-.612*	.149	.311	1	.185	.297
Sea surface temp.	.712*		.304	.443*	-.779*	.418*	.587*	.062	.185	1	.821*
Air temp.	.940	-.921	.383	.779*	-.858*	.099	.817*	.164	.297	.821*	1

A 10-year moving average was used. \*:  $p < 0.05$ .

히 온난화가 육지와 바다 모두에 영향을 미친다는 것을 나타낸다. 이 결과는 우리나라의 동해, 남해 및 서해의 9개 지점에서 월간 기온과 해수면 온도 사이에 밀접한 상관관계가 있었다는 바에 의해 뒷받침된다(Jang et al., 2000).

본 연구에서 주요 어종의 어획량을 살펴본 결과에서는 30년 동안 갈치와 명태 어획량은 감소되었으며, 멸치와 오징어 어획량은 증가하였다. 어획량이 표층수온과 유의한 상관을 보인 어종은 갈치, 멸치, 명태, 참조기 및 오징어였다.

실제로, 전형적인 난류성 어종이며 우리나라에서는 동해가 주산지였던 명태는 연안의 수온 상승과 1980년대 어린 명태(노가리)의 무분별한 남획으로 급격히 감소하였다. 생태, 동태, 북어 등 다양한 상으로 우리의 식탁을 장식하며 한국인의 물고기(국민생선)라고도 불리던 명태의 연간 어획량은 1980년 16만톤 이상이였지만, 1990년에는 1만톤 미만으로 감소하였다가 2000년에는 1,000톤 미만으로 떨어졌다. 더욱 감소하여 2004년에 명태의 연간 어획량은 100톤 미만이다가 2008년에는 0으로 나타나 있다(Ministry of Oceans and Fisheries of Korea, 2013; Korea Marine Institute, 2017; Kim, et al., 2018). 난류성 어종인 명태가 사라진 어장을 난류성 어류인 오징어가 메우고 있으며 2010년 오징어의 어획량은 16만톤에 육박하면서 지난 30년간 4배 가까이 급증하였다. 이는 거의 확실한 기후 변화의 영향으로 보이며 식량 수급과 더불어 간과할 수 없는 문제이다(Kim, et al., 2017; Perry et al, 2004).

수온 상승으로 전형적인 난류성 어종인 고등어의 어획량이 1990년대 중반부터 현격하게 증가하고 2000년대에 들어 고등어의 풍어기가 있었다. 난류성 어종인 멸치 또한 지속적으로 어획량이 늘고 있다. 갈치 어군은 1991년 이전까지는 서남해안 해역까지 폭넓게 분포되어 어획되었다. 그렇지만 본 연구결과 난류성 어종임에도 30년 전에 비하여 갈치의 어획량은 상당히 감소되었다. 따라서 갈치의 어획량 변동에 대해서는 기후 변화 뿐만 아니라 어장 또는 바닷속 환경이 복합적으로 영향을 미쳤을 것으로 추측할 수 있다. 참조기 어획량은 표층수온과 양의 상관을 보이면서 또 강수량과 음의 상관을 보였다. 강수량이 많아지면 해수의 염도가 낮아지게 되는 것으로 보인다.

어획량의 변화는 기후 변화 이외에도 어선·어구 발달, 남획 및 타국 어선 불법조업 등 복합적인 요인으로 발생할 수 있을 것이며, 갈치의 어획량 변동 사례에서 보았듯이 어장 등 다른 요인의 영향도 있을 것이다. 그렇지만 본 연구결과에서 나타난 바와 같이 조사된 대부분의 어종은 기후(기온 및 수온) 변화 원인이 크게 작용하는 것으로 지적된다. 현재 추세로 수온 상승이 지속된다면 우리나라 연근해 해역에서 난류성 어종은 점차적으로 감소하고, 난류성 및 아열대 어종의 비중이 더 높아질 가능성이 없지 않다. 실제로 더 따뜻해진 바다가 ‘한국인의 국민생선’을 바꾸어 놓았다고 할 수 있다. 이러한 결과는 온난화가 어류는 물론 및 식량 공급의 지속 가능성에 대한 위협이 될 수 있음을 시사한다. 우리나라는 양식 산업을 지도하고 장려하려고 노력하고 있지만 수산자원을 더 잃지 않기 위해 더 적극적으로 대응해야 한다. 또 어종 변화에 대한 적응 방안을 모색하고 이에 따르는 노력이 절실하게 필요하다. 한편 식량 안보의 관점과 더불어 수산물의 안전성을 함께 모색해야 할 것이다.

## Acknowledgement

본 연구를 위하여 오랜 시간 동안의 자료 획득에 도움을 주신 관련 부처 여러분과 귀중한 시간을 할애하여 도움 말씀과 자문을 주신 계명대학교 산업공학과 김 중순 교수님께 심심한 감사를 드립니다.

## References

- [1] Bindoff, N.L., Willebrand, J., Artale, V., Cazenave, A., Gregory, J., Gulev, S., Hanawa, K., Le Quéré, C., Levitus, S., Nojiri, Y., Shum, C.K., Talley, L.D., Unnikrishnan, A. (2007). Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge and New York, UK and US.
- [2] IPCC Climate Change. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field CB (eds.)]. (2014). Cambridge University Press, Cambridge and New York, UK and US.
- [3] Jang, L.H., Kang, Y.Q., Suh, Y.S. (2000). “Relationship between sea surface temperature and air temperature variation depend on time scale at coastal stations in Korea.” *Journal of Environmental Science International*, Vol. 9, No. 4, pp.303-309.
- [4] Jung, S. (2008). “Spatial variability in long-term changes of climate and oceanographic conditions in Korea.” *Journal of Environmental Biology*, Vol. 29, No. 4, pp.519-529.
- [5] Kang, Y.S., Jung, S., Zuenko, Y., Choi, I., Dolganova, N.T. (2012). “Regional differences in response of mesozooplankton to long-term oceanographic changes (regime shifts) in the northeastern Asian marginal seas.” *Progress in*

Oceanography Vol. 97-100, May-July, pp. 120-134.

- [6] Kang, Y.S., Kim, J.Y., Kim, H.G., Park, J.H. (2002). "Long-term changes in zooplankton and its relationship with squid, *Todarodes pacificus*, catch in Japan/East Sea." Fisheries Oceanography, Vol. 11, No. 6, pp. 337-346.
- [7] Kim, J.G., Kim, J.S. (2017). "Climate change and expansion of squid catches in Korea." Journal of Environmental Sciences, Vol. 43, No. 6, pp. 516-524.
- [8] Kim, J.G, Kim, J.S. (2018). "Climate change and depletion of walleye pollock resources in the East Sea." Vol. 44, No. 3, pp. 259-266.
- [9] Korea Fisheries Association (KFA) (2006). Korean Fisheries Yearbook 2006. KFA, Seoul, Korea
- [10] Korea Fisheries Association (KFA) (2011). Korean Fisheries Yearbook 2011. KFA, Seoul, Korea
- [11] Korea Fisheries Association (KFA) (2012). Korean Fisheries Yearbook: Fisheries trends and fisheries policy. KFA, Seoul, Korea.
- [12] Korea Health Industry Development Institute (KHIDI) (2015). 2013 National Food & Nutrition Statistics I. KHIDI, Osong, Korea.
- [13] Korea Marine Institute (KMI) (2017). KMI Weekly Report Vol. 25, pp.1-15.
- [14] Korea Meteorological Administration (KMA) (2012). Climate Perspectives on the Korean Peninsula. KMA, Seoul, Korea.
- [15] Lee, J.W., Jeon, D.S. (2005). "Climate change and its impact on marine ecosystem." Natural Conservation, Vol. 132, pp. 1-8.
- [16] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) of Korea (1998). Consumptions of Fishery Products of Koreans 1981-1997. Sejong, Korea
- [17] Ministry of Oceans and Fisheries (MOF) of Korea (2013). Statistical Yearbook of Maritime Affairs & Fisheries, Sejong, Korea.
- [18] National Institute of Fisheries Science (NIFS) / Korea Oceanographic Data Center (KODC). Year data of 1981~2010 Jeongseon Marine Survey data. (2016). NIFS / KODC, Busan, Korea.
- [19] Perry, R.I., McKinnell, S.M. [eds.] (2004). Marine ecosystems of the North Pacific - The North Pacific Marine Science Organization (PICES) Special Publication No. 1. Sidney/British Columbia: PICES.
- [20] Statistics Korea (SK) (2016). Consumptions of fishery products of Koreans 1999-2010. SK, Daejeon, Korea.
- [21] Yoon, W.D., Yang, J.Y., Shim, M.B., Kang, H.K. (2008). "Physical processes influencing the occurrence of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae) around Jeju Island, Korea." Journal of Plankton Research, Vol.30, No.3. pp.251-260.