

# RCP 시나리오에 따른 남해안 어업 및 어종의 기후변화 노출 분석 : 수온 변동을 대상으로 †

김봉태\* · 이준수<sup>1</sup> · 서영상<sup>1</sup>

한국해양수산개발원 수산연구본부, <sup>1</sup>국립수산과학원 기후변화연구과

## An Analysis on the Climate Change Exposure of Fisheries and Fish Species in the Southern Sea under the RCP Scenarios: Focused on Sea Temperature Variation

Bong-Tae Kim\*, Joon-Soo Lee<sup>1</sup> and Young-Sang Suh<sup>1</sup>

*Fisheries Policy Research Division, Korea Maritime Institute, Busan, 49111, Korea*

*<sup>1</sup>Climate Change Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan, 46083, Korea*

### Abstract

The purpose of this study is to analyze the climate change exposure of fisheries and fish species in the southern sea of Korea under the RCP climate change scenarios. The extent of exposure was calculated through weighted sum of the sea temperature forecasted by National Institute of Fisheries Science, and the weight were obtained from the time-space distribution of each fisheries or species, based on the micro-data for the fishing information reported by each fisherman. Results show that all the exposed sea temperature of RCP8.5 is higher than that of RCP4.5 in year 2100 as well as in near 2030, therefore it is thought to be very important to reduce the GHG emission even in the short term. The extent of exposure was analyzed to be comparatively high especially in the fisheries such as anchovy drag nets and species like cod, anchovy and squid. Meanwhile the method of this study is considered to be excellent to obtain the accurate extent of exposure under RCP scenarios, and therefore it is applicable on assessing the vulnerability of climate change in fisheries.

Keywords : Climate change, Exposure, Sea temperature, RCP scenarios, Fisheries

Received 8 November 2016 / Received in revised form 22 November 2016/ Accepted 25 November 2016

† 이 논문은 2016년도 국립수산과학원 수산과학연구사업(R2016051)의 지원으로 수행된 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

\*Corresponding author : +82-51-797-4592, btkim@kmi.re.kr

© 2016, The Korean Society of Fisheries Business Administration

## I. 서 론

우리나라 주변 해역은 최근 47년간(1968~2014년) 연평균 표층수온이 1.19°C 상승하였다. 이는 동일 기간 전 지구 평균인 0.38°C에 비하여 세 배 이상 높은 것이다(국립수산과학원, 2016). 급격한 수온 상승은 해양환경 및 수산자원에 큰 영향을 미치고 있는데, 자원이 크게 감소하거나 멸종위기종이 늘어나고 있으며, 해파리, 불가사리 등 유해 해양생물과 해양 독성생물의 빈발로 해양생태계 큰 위협이 되고 있다. 앞으로 기후변화가 더욱 진전되면 수산자원과 해양환경에 의존하는 수산업에 미치는 부정적인 영향도 크게 늘어날 것으로 예상된다.

이에 본 연구는 우리나라 수산업이 기후변화에 얼마나 영향을 받으며 취약한 지를 평가하기 위한 첫 단계로 어업별·어종별로 기후변화에 노출된 정도를 측정하는 방법론을 탐색하고 측정 결과를 얻고자 한다. 수산 부문 기후변화 노출의 요소로는 수온, 염분, 산성도, 해류 등의 해양물리 변수를 들 수 있는데, 본 연구는 기후변화를 가장 직접적으로 나타내는 수온을 노출의 요소로 삼고 남해안의 어업과 어종을 사례로 그 정도를 분석하였다. 기후변화 시나리오에 따른 수산업의 노출 정도가 측정되면 어업의 사회경제적인 민감도, 어종의 생물학적인 민감도와 결합하여 기후변화의 잠재적인 영향을 예측할 수 있고, 여기에 수산업의 적응능력까지 고려하면 기후변화 적응 대책 수립의 근거가 되는 취약성을 평가할 수 있게 된다<sup>1)</sup>.

지금까지는 해양환경과 수산 부문에 기후변화에 대한 표준화된 미래 예측 시나리오가 구축되지 않아 수산업의 기후변화 영향 및 취약성 평가에 많은 한계가 있었다. 시나리오의 부재로 과거의 수온 상승이 미래에도 일정하게 지속된다는 가정에 의존할 수밖에 없는데(엄기혁 외, 2015; 이버들 외, 2011) 이는 상당히 강한 가정으로 결과의 해석과 활용에 제약이 많았다. 정부도 이러한 점을 인식하여 제2차 국가기후변화적응대책(2016~2020년)에서 해양환경 및 수산 부문의 국가 표준 시나리오와 GIS 기반 고해상도 해양 시나리오 구축을 추진하고 있다(관계부처합동, 2016). 이와 관련하여 국립수산과학원은 IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체) 5차 평가보고서의 대표농도경로(RCP, Representative Concentration Pathways) 시나리오에 따른 한반도 주변 해역의 수온과 염분의 예측 시나리오를 개발하였다(국립수산과학원, 2016). 본 연구는 이 시나리오에 기초하여 어업과 어종에 따른 기후변화 노출 정도를 측정하였는데, 이는 수온 등의 해양물리 변수에 대한 기후변화 시나리오를 어업 및 어종의 공간 특성을 적용한 수산업의 시나리오로 변환하는 작업이라 할 수 있다.

RCP 시나리오에 따른 수온 예측 연구는 국내에서는 찾아보기 힘들지만 국외에서는 최근 활발하게 진행되고 있다. 예를 들어 Shaltout and Omstedt(2014)는 현재와 같은 수준으로 온실가스가 배출되는 RCP8.5 시나리오에서 지중해의 표층수온이 100년 사이 2.6°C 상승할 것으로 예측하였다. Khan et al.(2013)은 북서대서양의 6개 해양생태계에 대해 RCP8.5 시나리오와 온실가스 감축이 상당한 정도로 실현되는 RCP4.5 시나리오 하에서 2071~2100년 동안의 표층수온 변화를 전망하였다. 그 결과, 대부분의 해양생태계에서 표층수온이 상승하며 스코틀랜드 대륙붕의 변화가 가장 큰 것으로 예측되었다. Takao et al.(2015)은 기후변화에 따른 수온 예측에 더해 수온 변동에 따른 해조류의 분포 변화를 예측하였는데, RCP8.5 시나리오에서는 2090년에 높은 수온으로 일본 북동 연안을 제외하고는 감태(*Ecklonia cava*)가 사라지는 반면, 온실가스가 적게 배출되는 RCP2.6 시나리오에서는 현재의 분포 상

1) IPCC의 표준적인 방법론에 따른 기후변화 취약성 평가의 기본적인 요소는 기후노출, 민감도, 적응능력으로 구성된다.

태와 거의 비슷할 것으로 예측되었다. 그런데 해양환경과 수산 부문의 연구는 가용 자료 확보가 쉽지 않아 다른 부문에 비하면 전반적으로 많이 부족하다. 우리나라 농업 부문만 보더라도 RCP 기상 시나리오에 기초하여 농작물의 재배 적지 및 생산량 변화, 작물 질병 피해 등을 예측하는 연구가 많이 축적되어 있다(농림축산식품부, 2015).

우리나라 수산 부문의 기후변화 시나리오 연구가 미진한 것은 RCP 시나리오에 따른 수온 변동 등의 예측 연구가 부족한 이유도 있지만, 해양이라는 넓은 공간에 분포하는 다양한 어업과 어종을 시나리오의 예측과 정확하게 연계하기 어렵다는 점에도 기인한다. 엄기혁 외(2015), 이버들 외(2011), 김봉태 외(2015) 등 기존 수산 부문 관련 연구가 전국 또는 광역행정 단위의 집계 자료를 사용하여 분석 결과의 해상도가 떨어지는 것은 이런 까닭이다. 본 연구는 이를 개선하기 위해 수협중앙회의 어업정보통신본부에서 집계한 개별 어선의 조업정보 자료를 활용하였다. 이 자료는 출어하는 모든 어선이 「선박안전조업규칙」에 따라 보고한 것으로 어선의 업종, 조업일자, 조업해구, 조업어종 및 어획량 자료가 수록되어 있는 일종의 빅데이터이다. 이 자료를 이용하면 조업시기를 고려한 세부 업종별·어종별의 기후변화 시나리오 설정이 가능하다. 또한 통계청의 어업생산동향조사를 사용하는 경우 발생하는 어획물 양륙 지점과 조업구역의 괴리를 해소하여 이전 연구에 비해 상당히 정확한 결과가 산출될 수 있다. 다만 본 연구의 분석 범위는 가용 자료 여건과 분석의 실효성을 고려하여 남해안의 주요 연근해 업종과 이들이 생산하는 주요 어종에 한정하였다.

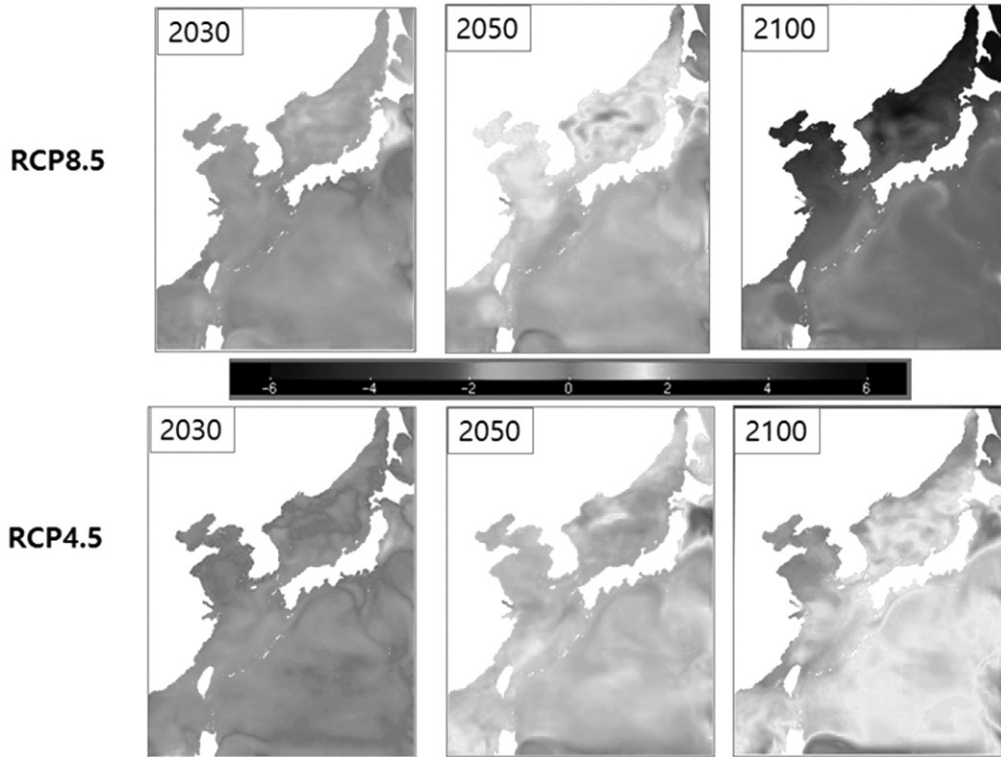
본 연구의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ장에서 국립수산과학원(2016)의 수온에 대한 RCP 시나리오 산출 결과를 설명하고, 제Ⅲ장에서 이와 연계하여 남해안 어업과 어종에 대한 시나리오 산출 방법과 결과를 제시한다. 마지막으로 제Ⅳ장에서 요약하고 결론을 내린다.

## Ⅱ. RCP 시나리오에 따른 수온 변동 예측

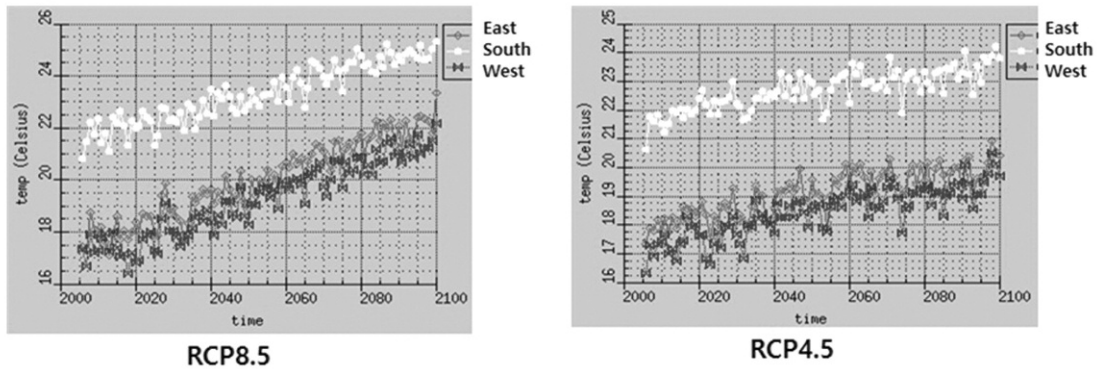
한반도 주변 해역의 장기 해황변동 재현 및 예측 모델 구축을 위하여 최근 지역해 연구 및 시스템 구축에 많이 사용되고 있는 3차원 해수유동모델인 ROMS(Regional Ocean Modeling System) 해양모델을 이용하여 장기 기후변화 실험을 수행하였다. 수치모델의 장기입력장을 생산하기 위하여 IPCC 5차 평가보고서에 사용된 기후모델 중 하나이면서 북서태평양 해역의 예측 성능이 우수하고 해상도가 뛰어난 미국 국립대기과학연구소(NCAR)의 CESM(Community Earth System Model) V.1 CAM5 모델 분석 결과를 이용하여 초기장 및 경계장을 생산하였다<sup>2)</sup>.

기후변화 시나리오는 IPCC 5차 평가보고서에서 사용된 RCP 시나리오를 이용하였다. RCP 시나리오 오는 미래 온실가스 농도값을 설정하고 온실가스 감축 노력 여부에 따라 네 가지 유형인 RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5로 구분되는데, RCP의 2.6~8.5의 수치는 산업혁명(1750년) 이후 증가한 복사강제력의 크기를 뜻한다(관계부처합동, 2015). 이 가운데 온실가스가 저감 없이 현재 추세대로 배출되는 상황인 RCP8.5와 온실가스 저감 정책이 상당히 실현되는 상황인 RCP4.5를 수온 변동 예측을

2) 컴퓨터 프로그래밍으로 해양수치모델을 풀기 위해서는 초기값과 경계값이 필요하다. ‘초기값’은 모델 구동을 위한 첫 시점에서의 수온, 염분, 유속, 해면고도 등의 3차원 값이고, 이들의 집합을 ‘초기장’이라고 한다. ‘경계값’은 모델 영역에 영향을 주는 해표면을 통한 장파복사, 단파복사, 현열, 잠열, 강수량, 증발량 등 열속과 담수속, 모델 주변 경계를 통해 들어오고 나가는 해수의 수온, 염분, 유속, 해면고도 값 등을 말하고, 각각의 경계값들의 공간적 집합을 ‘경계장’이라고 한다. 그리고 수치모델에 기반을 둔 한반도 주변 해역에 대한 장기 해양변동 예측에는 장기간의 초기장 및 경계장 자료가 필요한데, 이를 ‘장기입력장’이라고 한다.



<그림 1> RCP8.5 및 RCP4.5 시나리오로 예측한 표층수온 변동



<그림 2> RCP8.5 및 RCP4.5 시나리오의 연평균 해역별 수온 변동 추이

위한 시나리오로 적용하였다. 그리고 모델 분석은 국립수산과학원의 동·서·남해, 동중국해에 걸쳐 있는 정선해양관측조사 정점을 기반으로 하여 0~200m의 주요 수심별로 분석하였다<sup>3)</sup>.

모델 분석 결과, RCP8.5 시나리오에서 우리나라 주변 해역의 10년 이동평균 기준 표층수온은 2030년,

3) 구체적으로는 0m(표층), 30m, 50m, 100m, 150m, 200m이다.

2050년, 2100년에 걸쳐 약 4~5°C 내외로 상승하는 것으로 나타났다. RCP4.5 시나리오에서는 이보다 낮은 약 2~3°C 내외 상승하는 것이 확인되었다(그림 1). 즉, 온실가스 감축이 상당한 정도로 달성하는 경우 수온 상승 정도를 완화할 수 있음을 알 수 있다. 해역별로는 남해에 비해 서해와 동해의 온난화 경향이 크게 나타났다. 특히 동해의 경우, 현재의 남해보다 수온이 상승하여 아열대화가 크게 진행되는 것으로 확인되었다. 연평균 표층수온 값의 해역별 시계열 변동 그래프를 보면, 해역별로 수온 상승 경향은 비슷하였으나 RCP8.5 기준으로 서해가 약 5°C 내외로 수온이 상승하여 상승 정도가 가장 컸고, 남해가 약 4°C 내외로 수온이 상승하여 상승 정도가 가장 낮을 것으로 예측되었다(그림 2).

### Ⅲ. 어업 및 어종의 기후변화 노출 시나리오 분석

#### 1. 분석 방법 및 자료

이상의 수온 변동 시나리오에 기초하여 남해안 어업 및 어종의 기후변화 노출 시나리오를 분석하기 위해서는 남해안 어업 및 어종에 대한 공간 정보가 필요하다. 즉 어느 시점에 어느 해역에서 어떤 업종이 어떤 어종을 많이 어획했는지에 대한 정보가 있어야 한다. 이는 어획물 양륙지점에 기초한 통계청의 어업생산동향조사로는 정확하게 분석하기에 큰 어려움이 있다. 다행히 수협중앙회 어업정보통신본부의 연근해 조업정보 원자료는 개별 어선의 미시적인 조업 정보가 수집되어 있어 수온의 공간 정보와 어업 및 어종의 공간 정보를 상당히 정확하게 대응시킬 수 있다<sup>1)</sup>. 그런데 이때 고려해야 할 중요한 요소는 시간에 대한 정보이다. 어업과 어종은 계절에 따라 판이한 공간 분포를 보이기 때문이다. 만일 연평균 자료로 정보를 축약하여 대응시킬 경우 계절성이 뚜렷한 수산업의 시간 정보를 놓칠 우려가 있다. 따라서 시점별 공간 정보를 고려하는 것이 바람직한데, 이를 위해 월간 단위로 세분화하여 수온 변동 시나리오와 조업 정보를 대응시킬 수 있다. 이상의 방법을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$T^{yd} = \sum_i \sum_j w_{ij} T_{ij}^{yd} \quad (1)$$

좌변의  $T^{yd}$ 는 특정 업종 또는 어종이 수심  $d$ 에서 미래 시점  $y$ 연도에 노출되는 연평균 수온을 뜻한다. 이는  $T_{ij}^{yd}$ , 즉 수온 변동 시나리오에서 도출된  $y$ 연도  $j$ 월  $i$ 해구의 수심  $d$ 에서의 수온을 시공간의 비중으로 가중평균한 값이다. 이때 적용되는 가중치  $w_{ij}$ 는 해당 해구에 특정 어업 또는 어종이 얼마나 많이 출현했는지를 상대적으로 비교한 값이다. 가중치는 특정 어업에 대해서는 월별 · 해구별 조업횟수 비중으로, 특정 어종에 대해서는 월별 · 해구별 어획량 비중으로 정의되며, 따라서  $\sum_i \sum_j w_{ij} = 1$ 이다. 실제 분석에서 가중치는 가장 최근의 조업 상황을 반영하면서 연차별 특이 값을 상쇄하기 위해 최근 5년인 2011~2015년의 평균값을 기준으로 산정하였다. 이에 따르면  $T^{yd}$  최근 5년의 조업 상황이 미래에도 유지된다고 가정하였을 때 기후변화에 따른 수온 변동에 얼마나 노출되는지를 나타내는 노출 수온을 뜻한다.

그런데 모든 수심  $d$ 에서 이 값이 의미 있는 것은 아니다. 어종별로 서식 수심에 차이가 있고 업종별

1) 수온 변동 시나리오는 국립수산물과학원의 정선해양관측조사 정점을 기반으로 하는 데 반해 연근해 조업정보 원자료는 조업해구를 기반으로 하여 일대일로 대응하지는 않는다. 이를 해결하기 위해 각 정점의 수온 변동 시나리오를 해구 단위로 대응시키되 복수 정점이 있는 경우 평균값을 적용하였다.



로도 목표 어종과 어구·어법이 다르므로 조업 수심에 차이가 있기 때문이다. 연근해 조업정보 원자료에서는 조업횟수와 어획량의 수직적인 공간 분포를 고려하고 있지는 않다. 따라서 특정 업종이 조업하는 수심과 특정 어종이 서식하는 수심을 사전적으로 고려할 필요가 있다. 실제로 특정 업종이나 어종은 여러 수심대에 걸쳐 있는 것이 보통이므로 해당 수심을 평균하거나 대표 수심을 정하는 방법을 검토할 수 있는데, 본 연구는 수심을 특정하는 것이 결과 해석에 이점이 있을 것으로 판단하여 후자의 방법을 택하였다. 어종의 대표 수심은 국립수산물과학원 수산생명자원정보센터(2011)와 농림수산식품부(2012)에 기초하여 설정하였고, 업종의 대표 수심은 주요 어획 어종의 대표 수심을 근거로 설정하였다(표 1, 표 2)<sup>5)</sup>. 한편 미래 예측 시점의 연도  $y$ 는 수온 변동 시나리오 결과에 따라 2030년부터 2100년까지 설정이 가능한데, 본 연구는 단기와 장기를 대조적으로 비교하기 위해 2030년과 2100년에 대해 각각 적용하였다.

본 연구의 분석에 사용한 연근해 조업정보 원자료는 남해안 어업에 국한하더라도 최근 5년간 자료의 양이 약 217만 건에 달한다. 이를 업종별로, 어종별로 합산하면 2011~2015년에 어획량이 많은 업종은 대형선망, 쌍끌이대형저인망, 기선권현망, 근해안강망 등 근해어업이었고, 조업횟수가 많은 업종은 연안복합, 연안자망, 근해연승, 근해자망, 기선권현망 등으로 나타났다(표 1). 그리고 최근 5년 동안 어획량이 많은 어종은 고등어, 멸치, 갈치, 기타조기, 붕장어, 전갱이, 살오징어 등이었다(표 2). 본 연구는 이들 주요 업종과 어종에 대한 기후변화 노출 시나리오를 분석하였다<sup>6)</sup>.

<표 1> 남해안 주요 조업 업종

(단위 : 톤, 회)

업종	평균 어획량 (2011-2015년)	평균 조업횟수 (2011-2015년)	주요 어획 어종	대표 수심
대형선망	105,736	7,746	고등어, 전갱이	50m
쌍끌이대형저인망	36,128	8,211	기타조기, 갈치	50m
기선권현망	22,298	24,663	멸치	0m
근해안강망	14,204	18,197	갈치, 참조기	50m
근해연승	9,267	53,250	갈치, 붕장어	50m
근해자망	8,289	51,429	참조기	50m
근해장어통발	6,908	15,070	붕장어	50m
연안자망	5,706	58,568	멸치, 아귀	30m
외끌이대형저인망	5,439	15,173	아귀, 민어	50m
근해통발	5,195	15,696	꽃게	50m
서남해구외끌이중형저인망	5,180	16,145	기타가자미, 아귀	50m
연안복합	4,357	84,601	갈치	50m
근해채낚기	3,788	14,972	살오징어	30m
서남해구쌍끌이중형저인망	2,276	3,423	갈치, 기타삼치	50m
소형선망	1,844	3,614	전어	30m
연안통발	1,491	21,899	붕장어, 꽃게	50m

자료 : 수협중앙회 어업정보통신본부, 연근해 조업정보 원자료

- 5) 조업 수심과 서식 수심은 여러 수심대에 걸쳐 있어 어떤 수심을 대푯값으로 선정하느냐가 중요한 부분일 수 있다. 본 연구에서는 수심이 낮은 해구를 감안하여 모든 해구에 공통적으로 적용할 수 있는 50m 이내의 수심으로 선정하였다.
- 6) <표 1>과 <표 2>에서 제시되지 않은 업종과 어종은 비중이 낮아 분석 대상에서 제외하였다.

<표 2> 남해안 주요 어획 어종

(단위 : 톤)

어종	평균 어획량 (2011-2015년)	대표 수심	어종	평균 어획량 (2011-2015년)	대표 수심
고등어	80,125	50m	아귀	2,975	50m
멸치	25,438	0m	기타삼치	2,236	50m
갈치	17,153	50m	민어	1,951	50m
기타조기	15,254	50m	기타가자미	1,818	50m
붕장어	10,024	50m	전어	1,511	30m
전갱이	6,529	50m	옥돔	585	30m
살오징어	5,617	30m	줄삼치	376	30m
꽃게	4,129	30m	대구	323	50m
방어	3,266	50m	참가자미	315	50m
참조기	3,039	50m	참돔	277	50m

자료 : 수협중앙회 어업정보통신본부, 연근해 조업정보 원자료

## 2. 분석 결과

### 1) 시공간 가중치 산정

RCP8.5 및 RCP4.5의 수온 변동 시나리오를 남해안 어업의 주요 업종과 주요 어종의 기후변화 노출 시나리오로 변환하는 작업의 핵심적인 연결고리는 해당 업종 또는 어종의 시공간 분포를 나타내는 가중치( $w_{ij}$ )이다. 남해안의 주요 16개 업종과 주요 20개 어종에 대해 이를 구하였다. 지면 관계 상 업종의 예시로 대형선망의 가중치를 <표 3>에, 어종의 예시로 고등어의 가중치를 <표 4>에 제시하였다<sup>7)</sup>. 각각

<표 3> 대형선망의 시공간 가중치 행렬

(단위 : %)

$w_{ij}$	$j$ (월)												계	
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월		
$i$ (해구)	232	0.6	0.8	1.1	0.5	0.4	0.7	1.1	1.2	2.0	2.2	1.5	0.7	12.8
	224	1.0	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	0.7	2.0	2.6	4.0	0.6	0.4	12.4
	223	0.5	0.3	0.7	0.1	0.1	0.0	0.3	1.3	0.7	2.0	1.6	0.9	8.4
	222	0.7	0.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.2	0.8	0.5	0.3	1.4	0.7	5.7
	94	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.9	5.0
	172	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6	1.3	1.7	0.0	4.2
	182	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	0.9	2.1	0.0	4.2
	231	0.4	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.4	0.7	0.1	3.5
	221	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	0.1	0.3	0.8	2.9
	173	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.0	1.3	0.1	0.0	2.7
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
계	9.6	4.4	4.8	1.9	1.0	2.2	4.3	10.3	14.1	15.0	14.8	17.6	100.0	

7) 부록에 주요 업종 및 어종의 가중치를 추가로 제시하였다.

<표 4> 고등어의 시공간 가중치 행렬

(단위 : %)

$w_{ij}$		$j(\text{월})$											계	
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월		12월
$i$ (해구)	232	0.6	0.8	1.1	0.5	0.4	0.7	1.1	1.2	2.0	2.2	1.5	0.7	12.8
	224	1.0	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	0.7	2.0	2.6	4.0	0.6	0.4	12.4
	223	0.5	0.3	0.7	0.1	0.1	0.0	0.3	1.3	0.7	2.0	1.6	0.9	8.4
	222	0.7	0.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.2	0.8	0.5	0.3	1.4	0.7	5.7
	94	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.9	5.0
	172	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6	1.3	1.7	0.0	4.2
	182	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	0.9	2.1	0.0	4.2
	231	0.4	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.4	0.7	0.1	3.5
	221	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	0.1	0.3	0.8	2.9
	173	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.0	1.3	0.1	0.0	2.7
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
계		9.6	4.4	4.8	1.9	1.0	2.2	4.3	10.3	14.1	15.0	14.8	17.6	100.0

의 가중치 행렬은 대형선망과 고등어의 최근 5년 동안의 월별 · 조업해구별 시공간 분포 비중이다. 고등어는 대부분 대형선망에서 어획되는 까닭에 가중치 행렬이 비슷한 형태를 보이고 있다. 해구별로는 232해구, 224해구, 223해구, 222해구의 순으로 대형선망의 조업횟수와 고등어의 어획량 비중이 높았으며, 표에 제시된 상위 10개 해구의 비중이 약 60%를 차지하는 것으로 나타났다. 월별로는 1월, 8~12월의 조업횟수 및 어획량 비중이 높았는데, 조업횟수보다 어획량이 이 시기에 더 많이 집중되어 있는 특징을 보인다. 이 가중치를 특정 시나리오(RCP8.5 또는 RCP4.5) 하의 특정 연도(2030년 또는 2100년) 및 대표수심에 대한 월별 · 조업해구별 수온( $T_{ij}^m$ )에 곱하여 더하면 대형선망과 고등어에 대한 기후변화 노출 시나리오가 산출된다.

2) 주요 업종의 기후변화 노출 분석

남해안 주요 업종에 대한 기후변화 노출 시나리오 분석 결과, 모든 업종의 RCP8.5에서의 장단기 노출 수온이 RCP4.5에서보다 높게 나타났다. <표 5>에서 10여년 후의 가까운 미래인 2030년에도 RCP8.5 경로와 RCP4.5 경로의 수온 차이(A-C)가 0.3~1.2°C로 나타나 기후변화 저감 노력이 단기적으로도 큰 영향을 미칠 수 있다는 점을 알 수 있다. 2100년에는 시나리오별 수온 차이(B-D)가 0.7~2.1°C로 확대되지만, 장단기 사이 70년의 시간을 고려할 때 단기에 대비하여 비례적인 수온 격차가 예측되지는 않았다. 이는 인류의 산업 활동 이후 대기 중에 방출된 온실가스가 누적적으로 영향을 미치고 있기 때문인 것으로 풀이된다. 단기(2030년)와 장기(2100년) 사이의 노출 수온의 격차도 RCP8.5에서는 1.4~3.0°C(B-A)로 RCP4.5의 1.0~2.2°C(D-C)에 비해 높게 나타나 기후변화 저감 노력이 없는 경우 수온 상승 폭이 커지는 것을 확인할 수 있다.

업종별로는 기선권현망의 시나리오간 노출 수온의 차이가 1.2~2.1°C로 가장 컸고 시나리오별 노출 수온 상승폭 또한 2.2~3.0°C로 나타나 남해안 어업 중에 기후변화에 가장 많이 노출된 업종으로 분석된다. 그 다음으로 연안자망, 근해채낚기, 근해자망, 근해안강망 등이 기후변화에 많이 노출된 것으로 나타나 대체로 표층 가까이서 조업하는 업종이 기후변화에 많이 노출된 것으로 판단된다. 반



&lt;표 5&gt; RCP8.5 및 RCP4.5 시나리오별 주요 어종의 기후변화 노출 분석 결과

(단위 : °C)

어종	대표 수심	RCP8.5			RCP4.5			시나리오간 차이	
		2030년 (A)	2100년 (B)	상승분 (B-A)	2030년 (C)	2100년 (D)	상승분 (D-C)	2030년 (A-C)	2100년 (B-D)
대형선망	50m	16.4	18.2	1.8	15.8	17.0	1.2	0.5	1.1
쌍끌이대형저인망	50m	16.2	17.8	1.6	15.6	16.9	1.4	0.7	0.9
기선권현망	0m	18.0	21.0	3.0	16.7	18.9	2.2	1.2	2.1
근해안강망	50m	15.8	18.0	2.2	14.9	16.6	1.7	1.0	1.4
근해연승	50m	17.1	18.6	1.5	16.9	17.9	1.0	0.3	0.7
근해자망	50m	15.7	18.0	2.2	15.1	16.6	1.6	0.7	1.3
근해장어통발	50m	16.1	17.9	1.8	15.2	16.7	1.5	0.9	1.1
연안자망	30m	16.4	19.1	2.7	15.5	17.3	1.8	0.9	1.8
외끌이대형저인망	50m	16.2	17.6	1.4	15.6	16.8	1.2	0.6	0.8
근해통발	50m	16.3	18.4	2.1	15.7	17.0	1.3	0.6	1.5
서남해구외끌이중형저인망	50m	15.9	17.5	1.7	15.4	16.7	1.3	0.5	0.9
연안복합	50m	15.9	17.8	1.9	15.3	16.7	1.4	0.6	1.1
근해채낚기	30m	16.8	19.5	2.6	16.3	17.9	1.6	0.5	1.5
서남해구쌍끌이중형저인망	50m	15.5	17.2	1.7	15.1	16.4	1.4	0.5	0.8
소형선망	30m	15.7	17.6	1.9	15.0	16.2	1.3	0.8	1.4
연안통발	50m	15.3	17.3	2.0	14.4	16.0	1.6	0.8	1.3

면에 외끌이대형저인망, 근해연승, 쌍끌이대형저인망, 서남해구외끌이중형저인망, 서남해구쌍끌이중형저인망은 상대적으로 노출 정도가 낮았으며, 대형선망, 연안복합, 소형선망, 연안통발, 근해통발, 근해장어통발 등은 중위 수준을 나타냈다.

### 3) 주요 어종의 기후변화 노출 분석

남해안 주요 어종에 대해서도 어종에 대한 결과와 마찬가지로 모든 어종이 RCP8.5에서의 장단기 노출 수온이 RCP4.5에서보다 높게 나타났다. <표 6>에서 2030년에 RCP8.5 경로와 RCP4.5 경로의 수온 차이(A-C)가 0.1~1.7°C로 나타났는데, 시나리오간 차이가 큰 꽃게, 줄삼치, 멸치, 대구, 참조기 등은 기후변화 저감 노력에 따라 노출 정도가 크게 달라짐을 알 수 있다. 2100년에는 시나리오간 수온 차이(B-D)가 0.5~2.1°C로 확대되었다. 단기와 장기 사이의 수온 격차도 RCP8.5에서 1.3~3.0°C (B-A)로 나타나 RCP4.5의 0.9~2.6°C(D-C)보다 높았다.

어종별로는 대구, 꽃게, 멸치, 살오징어, 줄삼치 등이 시나리오별 수온 상승폭과 시나리오간 노출 수온의 차이가 커서 기후변화에 많이 노출된 어종으로 분석된다. 이에 반해 민어, 전갱이, 갈치, 참가자미, 기타삼치, 아귀 등은 상대적으로 노출 정도가 낮았다. 이밖에 봉장어, 기타가자미, 참조기, 방어, 전어, 기타조기, 고등어, 참돔, 옥돔 등은 중위 수준이었다. 장단기에 걸쳐 살펴보면 멸치, 살오징어, 옥돔, 전어, 참돔 등이 RCP8.5에 비해 RCP4.5에서 노출 수온의 상승이 크게 둔화되어 장기적으로 기후변화 저감 노력에 따라 노출 정도가 많이 개선되는 어종으로 나타났다. 방어, 줄삼치, 민어는 다른 어종과 달리 시나리오간 노출 수온의 차이가 단기에 더욱 커서 기후변화 저감 노력의 효과가 단기에 더 많이 나타날 수 있는 어종으로 분석되었다.

<표 6> RCP8.5 및 RCP4.5 시나리오별 주요 어종의 기후변화 노출 분석 결과

(단위 : °C)

업종	대표 수심	RCP8.5			RCP4.5			시나리오간 차이	
		2030년 (A)	2100년 (B)	상승분 (B-A)	2030년 (C)	2100년 (D)	상승분 (D-C)	2030년 (A-C)	2100년 (B-D)
고등어	50m	16.7	18.8	2.1	15.9	17.7	1.8	0.8	1.1
멸치	0m	17.8	20.6	2.8	16.6	18.6	2.0	1.2	1.9
기타조기	50m	16.8	18.8	2.0	15.7	17.6	1.8	1.0	1.2
붕장어	50m	16.2	17.9	1.8	15.2	16.8	1.5	0.9	1.2
갈치	50m	17.5	19.0	1.5	16.9	18.3	1.4	0.6	0.7
전갱이	50m	15.8	17.1	1.4	15.4	16.3	0.9	0.4	0.9
살오징어	30m	16.6	19.1	2.5	16.1	17.7	1.7	0.6	1.4
방어	30m	16.1	18.0	1.9	15.2	17.5	2.3	0.9	0.5
참조기	50m	16.6	18.5	1.9	15.5	17.4	1.9	1.1	1.1
아귀	50m	15.3	17.0	1.7	14.9	16.1	1.3	0.5	0.9
꽃게	50m	18.9	21.7	2.8	17.2	19.5	2.3	1.7	2.1
기타삼치	50m	16.2	17.8	1.6	15.6	17.1	1.6	0.6	0.6
민어	50m	17.3	18.7	1.3	16.4	17.7	1.4	1.0	0.9
기타가자미	50m	15.6	17.4	1.8	15.2	16.4	1.3	0.4	1.0
전어	30m	14.3	16.3	2.0	14.0	15.2	1.2	0.3	1.1
옥돔	30m	18.4	20.9	2.5	18.3	19.4	1.1	0.1	1.4
줄삼치	30m	18.2	20.6	2.4	17.0	19.6	2.6	1.2	1.0
대구	50m	15.7	18.6	3.0	14.5	17.0	2.5	1.1	1.6
참가자미	50m	15.4	16.9	1.6	14.9	16.0	1.2	0.5	0.9
참돔	50m	15.5	17.7	2.2	14.7	16.3	1.5	0.7	1.4

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 한반도 주변의 급격한 수온 상승으로 대변되는 기후변화의 영향이 수산 부문에서 점점 가시화되고 있는 상황에서 기후변화의 영향 및 취약성 평가를 위한 노출 시나리오를 설정하는 데 목적이 있다. 지금까지 해양환경과 수산 부문에서는 IPCC 5차 평가보고서의 RCP 시나리오에 따른 표준화된 시나리오가 구축되지 못하였고, 그에 따라 영향 및 취약성 평가 또한 상당한 제약이 존재하였다. 다행히도 최근 국립수산과학원(2016)이 RCP8.5와 RCP4.5에 따른 수온, 염분 등 해양물리 변수에 대한 예측 시나리오를 구축하였고, 본 연구는 이를 수산업의 기후변화 노출 변수로 전환함으로써 수산 부문의 노출 시나리오를 설정하고자 하였다. 남해안 어업 및 어종을 대상으로 수온 변수를 수산업과 연계하기 위해 연근해 조업정보 원자료를 활용하였고, 해양 공간에서 특정 어업 또는 어종의 시공간 분포를 가중치로 사용하여 RCP 시나리오에 따른 2030과 2100년의 장단기 노출 수온을 도출하였다.

분석 결과, 모든 업종과 모든 어종에서 RCP8.5에서의 장단기 노출 수온이 기후변화 저감 노력이 상당한 정도로 실현되는 RCP4.5에서보다 높았으며, 불과 10여년 후인 2030년에도 RCP8.5 경로와

RCP4.5 경로의 수온 차이가 크게 나타나 기후변화 저감 노력이 단기적으로도 매우 중요함을 알 수 있었다. 업종으로는 기선권현망, 연안자망, 근해채낚기, 근해자망, 근해안강망 등이, 어종으로는 대구, 꽃게, 멸치, 살오징어, 줄삼치 등이 각각 기후변화에 많이 노출된 업종과 어종으로 나타났는데, 이들 업종과 어종이 기후변화의 영향을 많이 받거나 취약할 가능성이 높은 것으로 판단된다.

본 연구는 세부적인 업종과 어종에 대해 기후변화 노출의 정도를 표준적인 RCP 시나리오별로 제시했다는 점에서 의의가 있다. 이 과정에서 최근 5년 동안의 미시적인 조업 정보를 활용하였기 때문에 해양물리 변수와 어업 활동의 공간 좌표를 일치시킴으로써 정확도 면에서도 우수하다고 사료된다. 또한 본 연구의 방법으로 도출된 노출 변수는 이전보다 세분화된 업종 및 어종의 기후변화 영향 및 취약성 평가에 활용할 수 있고, 그 결과에 기초하여 한층 구체화된 기후변화 적응 대책 수립으로 이어질 것으로 기대할 수 있다<sup>8)</sup>.

다만 본 연구는 조업 정보에서 누락된 수심 자료를 대체하기 위해 개별 어종의 서식 수심에 대한 문헌 자료에 근거하여 대표 수심을 정하였는데, 이것이 실제의 조업 실태를 충실히 반영하고 있는지에 대해서는 추가적인 검토가 필요하다고 여겨진다. 이에 대해서는 해당 지역의 어업 및 어종에 대한 정밀한 실태조사로써 보완하는 방법을 찾아볼 수 있을 것이다.

## REFERENCES

- 관계부처합동 (2015), 제2차 국가기후변화적응대책(2016~2020).
- \_\_\_\_\_ (2016), 제2차 국가기후변화적응대책(2016~2020) 세부시행계획.
- 국립수산과학원 (2016), 기후변화가 수중생태계 구조에 미치는 영향 및 예측기술 개발, 2015년도 국립수산과학원 사업보고서.
- 김봉태 · 엄기혁 · 이준수 · 박혜진 · 육근형 (2015), “공간패널모형을 이용한 연안어업 생산량과 기후변화 요소의 관계에 대한 연구”, *수산경영론집*, 46 (3), 63 – 72.
- 농림수산식품부 (2012), 어선어업 10대품목 생산모니터링 기초자료.
- 농림축산식품부 (2015), 농림수산식품 기후변화 영향 분석 및 영향평가 모델 구축.
- 수협중앙회 어업정보통신본부, 연근해 조업정보 원자료.
- 엄기혁 · 김홍식 · 한인성 · 김도훈 (2015), “기후변화에 따른 한국 연근해 어업생산량 변화 분석”, *수산경영론집*, 46 (2), 31 – 41.
- 이버들 · 김봉태 · 조용성 (2011), “국내 수산 부문의 지역별 기후변화 취약성 평가 연구”, *수산경영론집*, 42 (1), 57 – 70.
- 국립수산과학원 수산생명자원정보센터 (2011), 생물종정보, [<http://www.nifs.go.kr/frcenter/>], 2016년 11월 5일 접속.
- Khan, A. H., Levac, E. and Chmura, G. L. (2013), “Future sea surface temperatures in Large Marine Ecosystems of the Northwest Atlantic,” *ICES Journal of Marine Science*, doi:10.1093/icesjms/fst002.
- Shaltout, M. and Omstedt, A. (2014), “Recent sea surface temperature trends and future scenarios for the Mediterranean Sea,” *Oceanologia*, 56 (3), 411-443.
- Takao, S., Kumagai, N. H., Yamano, H., Fujii, M. and Yamanaka, Y. (2015), “Projecting the impacts of rising seawater temperatures on the distribution of seaweeds around Japan under multiple climate change scenarios,” *Ecology and Evolution*, 5 (1), 213 – 223.

8) 정부는 「농어업·농어촌 및 식품산업 기본법」에 의거하여 정책수립의 기초자료로 활용하기 위해 수산 부문의 기후변화 영향 및 취약성 평가를 5년마다 수행하고 있다.

부록. 주요 업종 및 어종의 가중치 행렬

<부록표 1> 쌍끌이대형저인망

(단위 : %)

$w_{ij}$		$j(\text{월})$												계
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
$i$ (해구)	110	2.7	1.4	1.4	1.6	0.8	0.0	0.4	0.2	0.2	0.7	1.3	2.6	13.3
	104	1.0	1.0	1.3	1.0	0.7	0.1	0.6	0.8	0.9	1.2	1.7	1.4	11.4
	231	1.5	1.3	1.2	1.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.5	1.5	8.7
	242	0.7	1.0	1.5	1.1	0.5	0.8	0.6	0.0	0.3	0.2	0.1	0.5	7.2
	220	0.3	0.2	0.1	0.1	0.4	0.0	0.0	0.1	0.3	1.2	2.6	1.1	6.5
	241	0.6	0.3	0.7	0.6	1.2	0.6	0.1	0.0	0.2	0.1	0.6	0.7	5.6
	191	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.5	2.2	0.3	0.0	4.7
	98	0.6	0.7	0.7	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	3.9
	252	0.6	0.5	0.6	0.3	0.2	0.4	0.1	0.1	0.3	0.1	0.0	0.7	3.7
	251	0.4	0.4	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.5	0.2	0.6	0.3	3.1
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
계	11.5	9.3	10.0	8.7	6.0	2.5	2.8	6.6	9.2	11.1	10.9	11.1	100.0	

<부록표 2> 기선권현망

(단위 : %)

$w_{ij}$		$j(\text{월})$												계
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
$i$ (해구)	98	3.2	1.9	1.7	0.0	0.0	0.1	6.1	5.0	4.1	4.6	3.9	3.1	33.5
	97	1.3	1.6	2.2	0.0	0.0	0.1	3.6	2.5	1.1	1.0	1.1	0.9	15.4
	104	2.2	2.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.9	1.6	0.9	0.6	1.0	1.6	15.3
	99	0.9	0.7	1.4	0.0	0.0	0.0	1.8	1.4	1.5	1.7	1.2	0.7	11.4
	92	0.8	1.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.4	0.4	0.5	0.8	7.2
	214	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	0.8	1.0	1.1	0.5	4.7
	213	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.0	1.6	0.6	0.6	4.5
	105	0.9	0.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.7	3.4
	87	0.2	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	1.2
	212	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.1	0.0	0.8
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
계	10.0	9.1	11.7	0.0	0.1	0.1	14.7	12.0	10.6	12.0	10.3	9.4	100.0	

<부록표 3> 연안자망

(단위 : %)

$w_{ij}$		$j(\text{월})$												계	
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월		
$i$ (해구)	203	0.1	0.4	1.1	1.7	3.4	2.9	1.6	0.7	1.8	1.9	1.3	0.5	17.4	
	194	0.1	0.2	0.8	1.5	2.6	3.0	2.8	1.4	1.8	1.0	0.7	0.6	16.4	
	193	0.0	0.0	0.2	0.9	2.6	3.3	2.2	1.0	0.9	0.6	0.3	0.1	12.3	
	100	0.8	0.4	0.7	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.9	0.8	1.0	9.4	
	214	0.4	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	6.2	
	92	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7	0.7	6.2
	97	0.2	0.1	0.2	0.3	0.8	1.0	0.6	0.5	0.5	0.3	0.1	0.3	4.9	
	98	0.4	0.3	0.4	0.4	0.6	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	4.8	
	104	0.1	0.1	0.1	0.2	1.3	1.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	0.1	4.4	
	99	0.3	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	4.2	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
계		3.7	3.4	6.3	9.1	15.5	15.5	10.7	6.3	8.5	8.2	6.8	5.6	100.0	

<부록표 4> 연안복합

(단위 : %)

$w_{ij}$		$j(\text{월})$												계
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
$i$ (해구)	232	0.4	0.4	0.5	0.9	1.4	1.5	1.8	2.4	1.9	1.1	0.7	0.5	13.5
	97	0.5	0.5	0.8	0.6	0.9	1.3	1.3	1.1	0.9	0.7	0.8	0.7	10.0
	222	0.6	0.6	0.5	0.7	0.5	0.5	0.8	1.3	1.4	1.3	0.9	0.6	9.4
	223	0.3	0.3	0.2	0.4	0.6	0.8	1.4	1.7	1.3	1.2	0.8	0.3	9.1
	233	0.3	0.3	0.2	0.3	0.8	0.7	0.9	1.2	1.2	0.8	0.5	0.4	7.6
	98	0.5	0.5	0.6	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	5.9
	214	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.6	0.8	0.6	0.5	5.7
	104	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6	0.3	0.2	0.3	0.4	0.7	0.7	5.1
	234	0.3	0.3	0.1	0.4	0.8	0.4	0.7	0.7	0.6	0.4	0.4	0.3	5.1
	213	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	4.3
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
계		5.5	3.8	5.8	6.9	9.9	10.0	10.7	11.7	11.0	9.9	8.0	6.4	100.0

<부록표 5> 멸치

(단위 : %)

$w_{ij}$		$j(\text{월})$												계
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
$i$ (해구)	98	3.1	1.6	1.3	0.6	1.8	2.1	5.5	3.1	2.6	3.5	2.8	4.2	31.9
	99	2.0	1.2	1.5	0.4	0.7	0.5	2.8	1.4	1.3	1.9	1.1	1.1	15.7
	104	1.3	1.0	1.2	0.0	1.4	1.9	1.9	0.9	0.3	0.2	0.8	2.3	13.2
	92	1.8	2.3	3.4	0.1	0.4	0.1	0.2	0.2	0.5	0.4	0.3	0.6	10.1
	97	0.2	0.1	0.2	0.2	1.7	1.1	1.6	1.0	0.4	0.7	0.3	0.2	7.5
	105	1.9	1.1	1.2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	1.8	7.0
	214	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.7	0.3	1.2	0.6	0.5	3.8
	213	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.6	0.9	0.4	0.5	3.0
	87	0.5	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.4	2.3
	93	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
계		11.6	8.5	9.8	1.5	6.4	5.9	12.3	7.9	6.6	10.5	7.0	11.9	100.0



<부록표 6> 갈치

(단위 : %)

$w_{ij}$		$j(\text{월})$												계
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
$i$ (해구)	110	2.8	1.5	1.4	0.6	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	1.7	3.2	12.2
	234	1.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.9	5.1
	224	0.4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4	1.3	1.4	0.4	0.4	4.6
	104	0.6	0.7	0.6	0.4	0.0	0.0	0.4	0.2	0.2	0.4	0.6	0.5	4.6
	223	0.4	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.8	0.8	1.0	0.4	0.3	4.3
	232	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	1.2	0.3	0.4	0.2	4.2
	558	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	2.8	0.1	0.1	0.0	0.0	3.3
	243	0.5	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.6	0.4	0.3	0.2	0.3	3.2
	233	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.6	0.4	0.2	0.2	2.6
	222	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.5	0.2	2.2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
계		11.4	7.4	6.4	3.7	1.5	4.4	4.8	13.3	17.2	11.0	8.4	10.2	100.0

<부록표 7> 기타조기

(단위 : %)

$w_{ij}$		$j(\text{월})$												계
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
$i$ (해구)	220	0.8	0.4	0.1	0.1	0.5	0.0	0.0	0.1	0.4	5.4	11.0	4.9	23.6
	191	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	3.8	9.3	0.5	0.0	13.8
	231	1.9	1.7	0.7	0.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	2.2	4.8	13.3
	110	1.5	0.8	1.5	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.1	1.6	8.5
	201	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	3.1	1.1	0.1	5.5
	209	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.6	1.9	0.1	5.0
	221	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7	1.4	1.2	3.9
	242	0.7	0.6	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	2.6
	210	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	1.0	0.2	2.2
	104	0.1	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	2.0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
계		8.2	5.7	4.1	2.7	1.8	0.1	0.1	1.1	10.8	26.0	23.5	15.8	100.0

<부록표 8> 봉장어

(단위 : %)

$w_{ij}$		$j(\text{월})$												계
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
$i$ (해구)	99	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.4	0.3	0.1	0.2	0.4	0.5	5.7
	105	0.4	0.3	0.5	0.5	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.6	0.4	0.3	5.6
	241	0.4	0.5	0.6	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.5	5.3
	231	0.6	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.9	0.6	0.6	4.8
	221	0.5	0.2	0.2	0.3	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	4.6
	230	0.6	0.2	0.2	0.1	0.4	0.2	0.2	0.1	0.4	0.9	0.8	0.6	4.6
	220	0.5	0.2	0.0	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.5	0.7	0.8	0.8	4.4
	92	0.4	0.4	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	4.0
	104	0.2	0.2	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	3.6
	219	0.5	0.2	0.0	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.8	0.8	3.6
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
계		8.0	6.4	7.2	7.3	8.9	8.3	9.5	8.9	8.6	9.2	8.9	8.7	100.0