

## 국내 수산 부문의 지역별 기후변화 취약성 평가 연구

이버들\* · 김봉태\*\* · 조용성\*\*\*

### **A Study on Vulnerability Assessment to Climate Change in Regional Fisheries of Korea**

Beo-Dul Lee\*, Bong-Tae Kim\*\* and Yong-Sung Cho\*\*\*

#### **Abstract**

Fisheries are subject to unexpected weather condition. While some change of it may be positive for some fisheries, the current state suggests that the effects will be undesirable for many fisheries.

The aim of this study is to assess the vulnerability to climate change in 11 regional fisheries of Korea using the framework of IPCC. The vulnerability assessment depends upon the interrelation of three key elements; exposure, sensitivity and adaptive capacity, which were derived from Analytical Hierarchy Process method in this study. These elements would contribute to comprehend relative importance at the regional characteristics of fisheries. We compared the vulnerability index of 11 regional fisheries so as to look for strategies and adaptation methods to the impacts of potential climate change.

Jeoun-Nam, Kyeong-Nam, and Jeju are identified as the most vulnerable provinces to climate change on their fisheries because they have high level of sensitivity to predicted climate change and relatively low adaptive capacity. The relatively low vulnerability of Ulsan, Gyeonggi reflects high financial independence, well-equipped infrastructure, social capital in these regions.

Understanding of vulnerability to climate change suggests future research directions. This paper will provide a guide to local policy makers and fisheries managers about vulnerability and adaptation planning to climate change.

Key words : Climate change, Regional fisheries, Vulnerability assessment

---

접수 : 2011년 5월 30일    최종심사 : 2011년 6월 21일    게재확정 : 2011년 6월 24일

\* 고려대학교 생명환경과학대학원 기후환경학과 석사 수료

\*\* 한국해양수산개발원 책임연구원(Corresponding author: 02-2105-2751, btkim@kmi.re.kr)

\*\*\*고려대학교 생명환경과학대학원 기후환경학과 교수

## I. 서론

전 지구적인 기후변화가 국내 해양수산 환경에도 많은 영향을 미치고 있다. 지난 약 40년간 한반도 연근해의 표층수온은 평균  $0.9^{\circ}\text{C}$  상승하였으며, 한류성 어종인 명태와 도루묵의 어획량이 줄어들고 난류성 어종인 오징어와 멸치가 대량으로 어획되는 등 일부 어종의 어획량 변화가 뚜렷하게 관측되고 있다<sup>1)</sup>. 더욱이 최근에는 어업 활동에 지장을 줄 정도로 유해 해파리가 과다하게 출현하여 해양생태계의 급격한 변화가 체감되고 있으며, 해수면도 전국적으로 매년 1.9mm씩(1964~2006년) 상승해 우리나라도 연안침식에서 자유로울 수 없음을 확인할 수 있다<sup>2)</sup>.

지구 표면의 70%를 덮고 있는 바다는 태양열을 보관하거나 방출해서 지구의 온도조절 기능을 하며, 해수면 상승, 빙하 해빙, 엘니뇨(El Niño), 태풍의 세기 변화 등과 같은 해양환경의 이상 징후는 다른 기후시스템에도 많은 영향을 미치기 때문에 해양생태계의 변화에 주목할 수밖에 없다. 또한 해양환경의 변화는 어류의 전염병 발생과 확산을 유발하며, 미생물과 기생충 번식을 증대시켜 어류의 면역체계를 약화시키고 최악의 경우에는 집단적 폐사도 유발할 수 있다. 이는 결국 수산물을 소비하는 소비자의 건강뿐만 아니라 한 국가의 음식문화와 수산물 소비패턴, 수산업의 시장경쟁력까지 영향을 미칠 수 있다.

그러나 아직까지 해양수산 부문의 기후변화 영향 및 취약성 평가 연구는 초기 단계에 있다. 이는 온도, 광선, 염분, 산소, 영양염 분포 등의 해양환경 변화와 그에 따른 수산자원의 변화를 과학적으로 측정하고 예측하기가 힘들기 때문이다. 더욱이 우리나라는 수산자원이 매우 다양하고 계절과 해역에 따라 특성이 달라서 이러한

어려움이 더욱 크다. 수산자원이 많이 서식하는 연안역은 냉수대의 형성, 육지수의 유입, 연안수 발달, 난류의 영향 등으로 수산자원의 변동성이 크기 때문에 과학적인 연구 결과를 도출하기까지 많은 시간과 노력을 필요로 한다(한화진 외, 2007). 따라서 현재로서는 과학적인 기후변화 영향 평가에 기초한 해양수산 부문의 취약성 평가와 적응대책 수립이 어려운 실정이다.

그렇지만 기후변화는 진행 중이고 향후 더욱 심각해질 수 있기 때문에 과학적인 연구가 완비되지 않은 현 시점에서라도 가용한 자료를 최대한 활용한 시의성 있는 적응방안 마련이 꼭 필요하다. 기후변화에 관한 정부간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)도 인류가 지금 당장 온실가스를 전혀 배출하지 않더라도 이미 배출된 온실가스로 인해 어느 정도의 영향은 피할 수 없기 때문에 이에 대한 적응의 시급성을 강조하고 있다(IPCC, 2007). 따라서 우리나라 해양수산 부문이 기후변화에 능동적으로 대응하기 위해서는 해양환경에 대한 기후변화의 영향을 살펴보고 취약성 평가를 통해 이에 적응하기 위한 대응 방안 모색이 무엇보다 요구된다.

자원·환경적인 특성 때문에 다른 산업에 비해 정부의 정책이 중추적인 기능을 수행하는 해양수산 부문의 특성 상, 기후변화 대응 또한 정부 정책의 방향에 크게 의존할 것으로 보인다. 특히 기후변화 대응의 세부 정책을 수립하고 현장에서 실행해야 하는 지자체의 역할이 더욱 중요해질 것으로 전망된다. 따라서 해양수산 부문의 지역별 취약성 평가는 기후변화 대응에 필요한 한정된 자원을 지역의 특성을 감안하여 효율적으로 배분하는 데 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

이에 보고는 수산 부문의 기후변화 취약성을

- 1) 지난 38년간(1968~2005년) 한반도 연근해 평균 표층수온이  $0.9^{\circ}\text{C}$  상승했으며, 해역별로는 동해  $0.82^{\circ}\text{C}$ , 남해  $0.98^{\circ}\text{C}$ , 서해  $0.91^{\circ}\text{C}$  상승했다.
- 2) 특히 제주 지역은 매년 5.1mm씩 상승하여 지난 40년간 약 22cm가 상승하였다. 해수면 상승은 해안선 유실과 침수를 유발하고, 연안에 밀집되어 있는 산업기반시설과 주거단지에 재난 피해를 가져올 수 있기 때문에 정기적인 해수면 상승 감시와 예측 역량의 강화를 필요로 한다(국립해양조사원, 2008).

결정하는 제반 요소들을 종합한 취약성 지표를 개발하고 지역별 평가를 수행하여 정책적 시사점을 제시하고자 하였다. 연구 범위는 국내 수산 부문으로 한정하며, 수산업의 산업적 특성과 사회경제적 측면, 기후변화의 생물·물리적 영향을 동시에 고려한 취약성 평가 방법론을 구축하고 이를 통해 취약성 지표를 산정하였다. 취약성 지표 개발은 IPCC의 취약성 평가 정의를 바탕으로 가용 자료 내에서 적합한 대리변수를 선정하고 전문가를 대상으로 한 계층화분석(Alytic Hierarchy Process, AHP)기법을 통해 각 변수의 가중치를 도출하는 과정을 거쳤다.

본고의 II 장에서는 기후변화의 취약성과 적응 개념에 대한 정의를 살펴보고 관련 선행연구를 검토하였고, III 장에서는 이를 토대로 취약성 지표의 구성과 평가 방법을 제시하였다. IV 장에서는 세부 대리변수의 가중치를 설정하고 취약성 평가 결과와 그 의미를 설명하였다. V 장은 결론으로 수산 부문에 대한 취약성 평가의 시사점과 한계점을 제시하였다.

## II. 기후변화 취약성의 정의 및 선행연구 검토

### 1. 기후변화 취약성의 정의

인류가 기후변화에 잘 적응하기 위해서는 우선 어느 지역, 어떤 분야가 기후변화에 취약한지에 대한 정보가 있어야 한다. 이에 대한 정보를 얻기 위해서는 취약성 평가가 필요하며, 여기에는 기후변화 영향에 대한 생물·물리적 측면과 기후변화의 부정적 영향에 반응하고 그것에 대응하는 사회경제적 측면이 고려되어야 한다. 이때 생물·물리적 측면과 사회경제적 측면은 측정 단위 및 범주가 다르기 때문에 성질이 다른 여러 측면을 통합한 지표를 사용한 연구가 보편적으로 이루어지고 있다(유가영 외, 2008).

기후변화 취약성에 대한 정의는 관점과 평가

방법 및 목적에 따라 달라진다. 대표적으로 IPCC는 취약성을 ‘기후변화의 악영향에 대처할 수 없는 극한 상태’로 정의하고 기후변화에 대한 적응 조치가 이루어진 이후의 잔여 영향을 평가하는 것으로 본다. IPCC는 기후변화 취약성에 ‘비기후적 요소’를 고려하여 이를 위험 평가와 연계시키고 사회경제적 요소에 관한 포괄적 고려와 적응능력 개념을 처음으로 도입하였다(IPCC, 2001). 그리고 기후변화의 생물·물리적 영향과 사회경제적 측면을 동시에 고려한 취약성 평가 방법론을 구축하고 온실가스 배출과 기후변화의 시나리오를 통해 기후변화의 취약성을 예측하였다(IPCC, 2007).

반면 유엔개발계획(UNDP)은 취약성을 ‘기후변화 피해에 대한 잠재적인 노출 상태’로 바라보고, 전체 시스템에 대한 민감도와 적응능력의 함수관계를 통해 외부 위협요인에 대한 대응능력 증진에 초점을 맞추었다. 따라서 기후변화에 따른 노출과 영향, 파급효과는 외부적 요인으로 간주하여 취약성의 정의에 포함되지 않으며 민감도와 적응능력의 평가를 바탕으로 기후변화 적응 논의를 시작한다. 특히 사회적 취약계층일수록 새로운 기후환경에 적응하는 능력이 떨어지므로 기후변화로 인한 극한 상태가 되기 전에 취약계층을 보호하고 기후변화의 부정적 영향을 줄이기 위한 대응활동 모색에 초점을 맞추고 있다(UNDP, 2005).

본고는 IPCC에 따른 취약성 정의를 바탕으로 기후변화 취약성을 ‘극한 기후상황을 포함한 기후변화의 부정적인 영향에 대한 현 시스템의 상태’로 인식하였다. 그러나 자료의 한계로 인해 미래 예측 시나리오를 고려하는 것은 현실적으로 어려운 상황이다. 특히 지역별 취약성 평가를 위해서는 지역별로 예측 시나리오에 대한 연구가 선행되어야 하지만 이에 대한 연구는 더욱 부족하다. 따라서 이를 대신하여 현재까지 관측된 자료에 기초하여 수산 부문의 취약성을 평가하였다.

## 2. 기후변화 취약성 평가에 대한 선행연구

기후변화 취약성 평가 및 적응방안에 대한 연구는 평가 대상과 범위, 방법론에 따라 매우 다양하다. 대표적인 연구는 앞에서 언급한 IPCC (2007)의 취약성 개념과 적응방안 연구로 미래의 기후변화 예측 시나리오에 기초하여 기후노출, 민감도, 적응능력의 함수관계를 통해 취약성을 평가하고, 그 결과를 바탕으로 적응방안을 수립하고 있다.

IPCC에 앞서 Moss et al.(2001)는 국가별 비교 연구를 통해 취약성-탄력성(vulnerability-resilience) 지표의 원형모형을 구축하고 통합적인 취약성 지표를 산출하였다. Brooks et al.(2005)는 각 분야 전문가들을 대상으로 델파이 기법으로 대리변수들의 통계적 관계를 분석하고, 대리변수를 선정하여 종합적인 취약성 평가를 수행하였다.

기후변화와 수산업에 관한 연구는 유엔식량농업기구(FAO)에서 많이 진행되고 있는데, 지구 전체의 해양을 대상으로 기후변화 영향의 과학적인 예측과 이에 따른 수산 부문의 사회경제적인 파급 효과 분석에 초점을 두고 있다. FAO는 지구온난화로 인해 어종별 어장 이동과 내수면에서 산란하는 어족의 변화, 생태계 변화를 예측하고 수산업에 미치는 사회경제적 영향에 대해 적응대책 수립을 촉구하고 있다.

Allison et al.(2009)는 수산물 의존도가 높은 132개 개발대상국을 대상으로 기후변화로 인한 수산자원 변동이 각 국가에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 환경과 어업, 식습관과 경제적 요인 등 기후변화에 따른 수산자원의 변동이 가장 취약하다고 생각되는 아프리카, 아시아, 남미 국가들을 대상으로 기후노출, 민감도, 적응능력을 대표하는 대리변수를 산출하여 상대적 취약성을 평가하였다. 이 연구는 기후변화에 따른 국가별 경제적 잠재영향에 초점을 맞춰 취약성을 평가하였는데, 자료 미비로 우리나라는 취약성 평가

대상에서 제외되었다.

이밖에 Hlohowskyj et al.(1996)은 아프리카의 내수면 어업과 연근해 어업을 대상으로 적합한 취약성 평가를 위해 다양한 대리변수를 선별하고 이를 개념틀로 구성한 6가지 방법론을 제시하였다. Arroyo(2011)는 IPCC의 방법론에 따라 대리변수를 선별하고 미래 예측 시나리오(2030~2050년)를 통해 주요 어종별로 멕시코 수산업의 취약성을 예측하였다. Gibbs(2008)는 호주 수산업을 대상으로 예상되는 기후변화 영향을 살펴보고 어로어업과 양식어업의 온실가스 감축 방안 모색과 적응대책에 대해 기술하였다.

한편 국내에서는 농업, 산림, 재난재해 등 부문별로 기후변화 취약성을 평가하거나 다른 나라의 기후변화 적응정책을 소개하고 우리나라 국가 정책을 수립하는 데 초점이 맞춰져 있다. 각 부문별 기후변화 영향 및 취약성 연구를 종합적으로 정리한 한화진 외(2005; 2006; 2007)와 지역별 적응전략 수립 및 취약부문 파악을 위한 영향평가를 수행한 유가영 외(2007)가 대표적이다. 또한 경기도 지역을 중심으로 지방자치단체의 취약성을 평가하고 적응정책의 특성을 연구한 고재경 외(2010), 사회기반시설의 재난피해 예방을 위해 기후변화 취약성을 평가한 명수정 외(2009)가 있다.

국내 수산업과 관련한 기후변화 연구는 최근 들어 증가하고 있으나, 아직까지 국내에서 기후변화 취약성을 평가한 연구는 없으며, 국외에서도 우리나라를 대상으로 한 연구는 찾기 힘들다. 한화진 외(2007)가 수산자원의 기후변화 변동 예측을 연구의 일부분으로 다루었으나, 시나리오에 따른 해수면 상승 예측과 해양의 물리적 특성의 현황에 집중되어 있다. 이밖에 표층수온의 변화와 동물플랑크톤, 기초생물군집의 동태 변화를 연구한 김학균 외(2000), 연근해 해황과 어업자원 변동을 중심으로 기후변화와의 관계를 분석한 박종화(2002), 전남 동부해안을 중심으로 기후변화와 수산업의 관계에 대해 살펴본 장

동호 외(2009), 어장형성과 어황변화를 중심으로 지구온난화가 수산업에 미치는 영향에 대해 기술한 박성쾌 외(2010) 등이 있다.

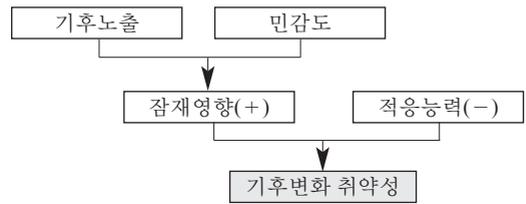
### Ⅲ. 수산 부문의 기후변화 취약성 지표 개발 및 평가 방법

#### 1. 기후변화 취약성 지표의 개발

본고는 처음으로 우리나라 수산업의 지역별 비교를 목적으로 생물·물리적인 요소와 사회경제적 요인을 모두 고려한 취약성 평가를 시도하였다. IPCC의 방법론을 따르되 대부분의 선행 연구와 달리 취약성 지표를 구성하는 대리변수의 가중치를 자의적으로 부여하지 않고 전문가를 대상으로 한 AHP 기법을 통해 결과의 객관성을 높이고자 하였다.

을 높이고자 하였다.

국내 수산 부문의 기후변화 취약성 평가를 위해 <그림 1>과 같이 IPCC 취약성 개념을 기초로 하였다. 여기서 취약성은 기후에 대한 노출과 해당 시스템의 민감도, 시스템이 대응할 수 있는 적응능력을 모두 포괄하는 개념이다. 취약성을 구성하는 세 가지 요소는 기후변화가 현 시스템에 미치게 될 영향을 나타내며, 실제로 측정할



자료 : IPCC, 2001

<그림 1> 기후변화 취약성 지표의 개념틀

<표 1> 수산 부문 기후변화 취약성 지표를 구성하는 대리변수

대분류	중분류	소분류	자료	기간	
기후 노출	해양의 물리적 특성 변화	표층수온 변화	국립수산과학원 정선해양관측자료	1970~2010년	
		염도 변화		1970~2010년	
		용존산소 변화		1982~2010년	
	해수면 상승	해수면 상승 정도	국립해양조사원	1905~2005년	
유해생물 출현	유해 해파리 출현 빈도	국립수산과학원	2010년		
민감도	어업인구 특성	어업인구 규모	어업조사	2005~2009년	
		어가당 수산물 판매액(평균)	어업총조사	2005년	
	수산업 생산 특성	어로어업 생산액	어류 등	어업생산동향조사	2006~2010년
			패류		
		양식어업 생산액	어류 등		
			패류		
	수산가공업 생산액		수산물가공업통계	2005~2009년	
지역 수산업 특성	어업의 GRDP(지역내총생산) 비중	한국은행 국민계정(추정)	2006~2010년		
	수산부문 재난피해 규모(어업생산 대비)	재해연보	2002~2009년		
적응 능력	경제적 능력과 거버넌스	1인당 GRDP	지역소득통계	2005~2009년	
		재정자립도	행정안전부 재정정책과	2006~2010년	
		공무원 규모(인구 대비)	행정조직편람	2004~2008년	
	물적 인프라	국가어항·지방어항 보유규모(어선 보유규모 대비)	한국해양수산개발원	2009년말	
		인공어초 시설규모(어업생산 대비)	한국해양수산개발원	2005~2009년	
		수산종묘 방류규모(어업생산 대비)	한국해양수산개발원	2005~2009년	
	사회적 자본	자율관리어업 조직률	수산정보포탈	2009년말	

수 있는 대리변수로 구성된다. 이들 요소는 함수 관계로 취약성 지표를 구성하는데, 기후에 대한 노출과 기후변화에 대한 민감도가 클수록 취약성이 높게 나타나는 반면, 기후변화에 대한 적응 능력이 클수록 이를 상쇄하게 된다(IPCC, 2007).

수산 부문의 세부적인 취약성 대리변수도 IPCC의 개념과 선행연구를 바탕으로 구성하였다. 기후노출은 ‘해양의 물리적 특성 변화’, ‘해수면 상승’, ‘유해 생물 출현’으로, 민감도는 ‘어업인구 특성’, ‘수산업 생산 특성’, ‘지역 수산업 특성’으로, 적응능력은 ‘경제적 능력과 거버넌스’, ‘물적 인프라’, ‘사회적 자본’으로 구분하였다.

분석에 포함되는 자료의 기간은 기후노출과 관련된 생물·물리적 자료의 경우 장기적인 변화를 반영하기 위해 최대한 과거 자료부터 이용하였고, 민감도와 적응능력 관련 자료는 최근의 사회경제적 상태를 반영하기 위해 최근 5년의 평균 자료를 이용하였다.

취약성 평가의 공간적 범위는 해안에 접한 11개 광역시·도로 제한하였다. 해안과 떨어진 내륙시·도의 경우에도 내수면 어업이 있으나 전체 수산업에서 차지하는 비중이 미미하고 해면 수산업에 비해 가용 자료가 제한적이어서 분석 대상에서 제외하였다. 그리고 시·군·구로 세분화할 경우 신뢰할 수 있는 가용 자료가 크게 줄어드는 문제점이 있어 광역시·도별로 취약성을 평가하였다.

### 1) 기후노출

기후노출은 기후 특성, 기후 변동, 극한 기후의 빈도와 크기 등 기후와 관련된 자극에 현재 시스템이 노출되는 정도를 의미하며, 지리적인 위치와 기후변화의 정도에 따라 달라진다(고재

경 외, 2010).

기존 연구에서 많이 채용된 통상적인 기후노출의 요소로 기온 상승, 강우 변화, 호우·가뭄·혹서의 빈도 등이 거론되고 있지만, 수산 부문의 특성을 고려할 때 표층수온, 염분, 용존산소, 산성도와 같은 해양의 물리적 변화 특성이 직접적인 노출의 요소가 될 것이다. 본고에서 사용된 대리변수는 국립수산업과학원의 정선해양관측자료로 축적되어 있는 표층수온, 염도, 용존산소이다<sup>3)</sup>. 이들의 변화는 수산자원의 서식 조건을 근본적으로 바꾸기 때문에 수산업에 미치는 영향은 직접적이고 심대하다. 특히 지난 40년 동안의 수온 변화는 모든 해역에서 1°C 가까이 상승한 것으로 나타났는데, 이는 어종별 어획량 변화를 초래한 것으로 보고되고 있다<sup>4)</sup>. Allison et al.(2009)도 수온 변화를 수산업의 기후노출을 측정하는 대표적인 변수로 활용하고 있다.

이에 더해 본고는 해수면 상승과 유해 생물 출현을 기후노출의 변수로 추가하였다. 해수면 상승은 수산업의 지역 근거지가 대부분 연안에 있다는 점에서 해안 침식·침수에 따른 피해를 유발하여 그 영향이 클 것으로 예상되기 때문이다. 유해 생물 출현은 기후변화로 수산업에 부정적인 영향을 미치는 생물상의 변화를 뜻하는데 대표적인 예로 유해 해파리 출현과 갯녹음 현상을 들 수 있다. 본고는 지역별 자료로 이용할 수 있는 유해 해파리 출현 빈도를 대리변수로 사용하였다<sup>5)</sup>.

### 2) 민감도

민감도는 기후변화의 자극에 의해 해당 시스템이 영향을 받는 정도를 측정한 것이다. 기후변화에 현재의 사회시스템이 얼마나 민감하게 반응하는가는 시스템의 지형적 요인뿐만 아니라

3) 생물·물리적 자료는 해당 광역시·도와 가까운 정선관측치의 평균치를 시계열 자료로 구하고, 이것의 처음 5년간 평균치와 최근 5년간의 평균치를 비교한 변화율을 대리지표로 사용하였다. 5년간 평균치의 비교는 이상값을 피하기 위한 방법이다.  
 4) 예를 들어 1970년대 32%에 달하던 동해의 명태 어획 비중이 2000년 이후에는 거의 없는 반면 1970년대 10%에 그쳤던 오징어 비중은 2000년대에 50% 이상을 기록하고 있다.  
 5) 유해 해파리 출현 빈도는 2006년부터 관측되고 있으나 지역별 자료가 제공되는 2010년 자료만을 활용하였다.

인구의 특성, 인프라 시설 등 사회경제적 요인의 특성에 따라 차이를 보이고 시스템을 구성하는 부문마다 다르게 나타난다. 시스템의 민감도에 영향을 미치는 기반시설 등은 넓은 의미의 사회경제적 조건을 반영하기 때문에 이들 요인 중 일부는 적응능력을 결정하는 요인과 유사하게 해석될 수 있다(고재경 외, 2010).

따라서 본고는 민감도와 적응능력을 구별하기 위해 기후노출에 의해 부정적인 영향이 커지는 변수를 민감도로 규정하고, 어업인구 특성, 수산업 생산 특성, 지역어업 특성의 세 가지로 구분하였다<sup>6)</sup>.

민감도 요인 중 어업인구 특성은 인구 측면과 경제적 측면을 포괄하기 위해 어업종사자의 절대적인 규모와 이들의 어업에 대한 경제적인 의존도를 나타내는 변수를 선정하였다. 어업인구 규모는 지역별 통계가 있으나, 어업 의존도는 지역별 자료가 없기 때문에 어가의 평균 수산물 판매액을 대리변수로 활용하였다. 수산업 생산 특성은 수산업의 가장 기본이라 할 수 있는 생산 측면의 변수로서 어로어업 생산액, 양식어업 생산액, 수산가공업 생산액으로 구분하였고, 1차적인 생산의 경우, 부류별로 기후변화의 민감한 정도가 다르다고 보아 어류 등(갑각류·연체동물 포함), 패류, 해조류로 세분하였다. 지역어업 특성에서는 지역 경제에서의 어업의 지위, 수산 부문의 재난피해 가능성을 고려하고자 하였다. 전자는 지역내총생산(GRDP)에서 어업이 차지하는 비중을, 후자는 어업생산액 대비 수산 부문 재난피해액을 대리변수로 활용하였다. 특히 어업의 GRDP 비중은 어업인구 규모, 어업생산액 등 수산업에 한정된 절대적인 규모 변수를 보완하는 의도에서 포함하였다.

한편 Allison et al.(2009)의 경우에도 민감도의 대리변수로 어업인구 규모, 경제활동인구 대비 어업인구 비중, 어업생산량, 전체 수출에서 차지하는 수산물 비중 등을 채택한 바 있다.

### 3) 적응능력

앞에서 언급했듯이 본고가 상정하는 적응능력은 기후노출의 부정적인 측면을 줄일 수 있는 능력을 뜻한다. 이러한 능력을 평가하기 위해서는 기후변화로 인한 피해의 저감이 인위적인 대응 노력으로 가능해진 것인지, 자연적인 현상인지를 구분해야 한다. 또한 향후 대응할 수 있는 잠재능력의 보유여부도 중요하다. 적응능력은 현재 시스템이 기후 영향으로부터 얼마나 빨리 회복할 수 있는가를 나타내므로 사회·경제·환경적인 요소가 중요하게 고려된다(고재경 외, 2010).

다수의 선행연구는 경제적 능력, 거버넌스, 교육, 건강 등을 적응능력의 대리변수로 채용하고 있다. 본고도 이에 따르되 지역 간에 비교할 수 있는 변수로서 경제적 능력과 거버넌스, 수산업의 물적 인프라, 사회적 자본으로 구분하였다.

지역의 경제적 능력과 거버넌스는 지역의 전반적인 기후변화 대응 역량을 나타내는 것으로 1인당 GRDP, 재정자립도, 인구당 공무원 수로 측정하고자 하였다<sup>7)</sup>. 물적 인프라에는 지역 수산업의 근거지이자 극심한 재난시 피항 기능을 할 수 있는 국가어항·지방어항의 규모(어선규모 대비)와, 적극적인 수산자원 조성 노력을 반영하는 것으로 인공어초 시설규모, 수산종묘 방류규모(이상 어업생산 대비)를 대리변수로 채택하였다<sup>8)</sup>.

사회적 자본은 기후변화에 적응할 수 있는 무형의 능력으로 자발성과 신뢰에 기초한 공동체

6) 이와 달리 적응능력은 기후노출의 부정적인 측면을 저감하는 요소로 볼 수 있을 것이다.

7) 재정자립도는 지자체의 일반회계 세입에 대비한 지방세 및 세외수입 비율이다.

8) 수산자원 조성의 경우 근해어업보다는 연안어업과 관련이 높다고 판단하여 인공어초 시설규모는 연안어업의 어류 등(갑각류·연체동물 포함)의 생산금액에 대비한 규모를, 수산종묘 방류규모는 연안어업의 해조류를 제외한 생산금액에 대비한 규모를 각각 적용하였다. 물적 인프라와 관련해서는 최근에 바다숲 조성사업도 활발하게 추진되고 있으나 가용 자료가 미비하여 제외하였다.

의식이라 할 수 있다. 수산 부문에서 사회적 자본은 수산자원을 관리하고 어업질서를 유지하는 데 중요한 역할을 담당해왔고 기후변화에 대응하여서도 중요한 기능을 수행할 것으로 기대된다. 그러나 사회적 자본의 크기를 정량적으로 측정할 수 있는 대리변수가 많지 않아 본고는 최근 10년 동안 꾸준히 늘어나고 있는 자율관리 어업 조직률로써 변수를 구성하였다.

## 2. 기후변화 취약성 평가 방법

최종적으로 도출되는 기후변화의 취약성 평가 지표는 서로 다른 단위와 성질을 지닌 세부 대리변수들을 집계하여 하나로 나타낸 것이다. 이러한 종합 지표로써 개별 변수나 자료가 표현하지 못하거나 모호하게 표현된 속성을 한층 더 명확히 드러낼 수 있게 된다. 취약성 평가 지표는 다음 식 (1)과 같이 산정된다. 기후노출과 민감도에 해당하는 변수는 취약성과 정(正)의 관계가 있지만 적응능력은 부(負)의 관계에 있으므로 적응능력에 해당하는 변수에는 실제 계산 과정에서 음(陰)의 값을 부여하였다.

$$VI' = \sum_i I'_i \cdot W_i \quad (1)$$

$VI'$  : 지역의 취약성 평가 지표

$I'_i$  : 지역의 표준화된 대리변수  $i$ 의 값

$W_i$  : 대리변수  $i$ 의 가중치

### 1) 대리변수의 표준화 방법

여러 대리변수를 하나의 지표로 집계하기 위해서는 먼저 각 변수들이 동일한 기준으로 합산될 수 있도록 표준화(normalization)하는 과정을 거쳐야 한다. 보통 표준화에는 Z-스코어(Z score) 방법, 스케일 재조정(re-scaling) 방법이 많이 사용된다. 전자는 모든 자료들을 평균은 0, 표준편차는 1이 되도록 만드는 방법으로 자료 값이 그 분포의 평균에서 표준편차의 몇 배나 떨어져 있는지를 표준화된 확률변수인 Z값으로 나타낸 것이다. 따라서 자료가 정규분포가 아닐 경

우 왜곡된 결과가 나타날 수 있다. 후자는 표준편차가 아닌 자료의 범위에 기초하여 0과 1 사이의 값으로 변환한 것이다. 만일 자료가 이상치를 포함하고 있다면 변환된 값이 왜곡될 수 있다.

본고에서는 두 방법을 모두 실행한 뒤 그 결과를 비교함으로써 두 방법에서 발생할 수 있는 문제점을 사후적으로 확인하는 과정을 거쳤다.

$$Z \text{ score} : Z'_i = \frac{X'_i - \bar{X}_i}{S_i} \quad (2)$$

$\bar{X}_i$  : 대리변수  $i$ 의 평균,  $S_i$  : 대리변수  $i$ 의 표준편차

$$\text{re-scaling} : D'_i = \frac{X'_i - X_i^{\min}}{X_i^{\max} - X_i^{\min}}$$

$X_i^{\min}$  : 대리변수  $i$ 의 최소값,  $X_i^{\max}$  : 대리변수  $i$ 의 최대값

### 2) 가중치 산정을 위한 AHP 기법

대리변수별로 가중치  $W_i$ 를 산정하기 위해 AHP 기법을 적용하였다. 이 방법은 의사결정의 목표 또는 평가 기준이 다수이며, 복합적인 경우 상호배반적인 대안들의 체계적인 평가를 지원하는 의사결정 기법의 하나이다. AHP 기법은 복잡한 문제를 계층화하여 주요 요인과 세부 요인들로 나누고, 이러한 요인들에 대한 쌍대비교(雙對比較, pairwise comparison)를 통해 중요도를 도출하는 방법으로 정성적 평가항목을 포함하는 다기준 의사결정에 널리 활용되고 있다.

AHP 전문가 설문을 통해 두 요소간 상대적 중요도를 나타내는 쌍대비교행렬을 구할 수 있는데, 이 때 행렬의  $a_{ij}$ 는 요소  $j$ 에 대한 요소  $i$ 의 상대적 가중치를 나타낸다.

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

이 행렬의 최대고유치(maximum eigenvalue)를 구하면 세부 항목의 가중치를 구할 수 있다. 즉 다음 식 (4)에서  $n$ 은 행렬  $A$ 의 최대고유치 벡터가 된다. 이 식은 개의 연립방정식 체계에서 0이

아닌 해를 구하는 문제이며, 이를 풀이하면 세부 변수간 상대적 중요도를 나타내는 가중치인 열벡터  $v=(v_1, v_2, \dots, v_n)^T$ 를 구할 수 있다.

$$A \cdot v = n \cdot v \quad (4)$$

가중치가 계산되면 일관성 비율(Consistency Ratio)을 구하여 이의 유효성을 검증한다. 일관성 비율이 0의 값이면 응답자가 완전한 일관성을 유지하며 쌍대비교를 수행했음을 의미한다.

본고는 Saaty(1980)에 따라 일관성 비율이 0.1 미만이면 쌍대비교가 합리적인 일관성을 유지한 것으로 판단하였다.

AHP 기법을 적용하기 위한 설문조사는 수산 부문의 전문가를 대상으로 2011년 5월 12~25일 동안 실시하여 27부를 회수하였고 유효성 검증을 통과한 응답에 대해 평균치를 구하여 최종적인 가중치를 도출하였다<sup>9)</sup>.

〈표 2〉 대리변수의 AHP 가중치 결과

대분류	중분류	소분류	
기후 노출 (0.259)	해양의 물리적 특성 변화 (0.121)	표층수온 변화 (0.068)	
		염도 변화 (0.022)	
		용존산소 변화 (0.031)	
	해수면 상승 (0.075)	해수면 상승 정도	
민감도 (0.315)	유해 생물 출현 (0.063)	유해 해파리 출현 빈도	
	어업인구 특성 (0.054)	어업인구 규모 (0.018)	
		어가당 수산물 판매액 (0.036)	
	수산업 생산 특성 (0.141)	어로어업 생산액 (0.069)	어류 등 (0.026) 패류 (0.015) 해조류 (0.027)
		양식어업 생산액 (0.047)	어류 등 (0.018) 패류 (0.011) 해조류 (0.019)
		수산가공업 생산액 (0.025)	
		지역 수산업 특성 (0.119)	어업의 GRDP 비중 (0.056)
			수산 부문 재난피해 규모 (0.063)
	적응 능력 (0.427)	경제적 능력과 거버넌스 (0.184)	1인당 GRDP (0.075)
			재정자립도 (0.069)
공무원 규모 (0.040)			
물적 인프라 (0.123)		국가어항·지방어항 보유 규모 (0.033)	
		인공어초 시설규모 (0.049)	
		수산종묘 방류규모 (0.040)	
사회적 자본 (0.120)		자율관리어업 조직률	

주 : 가중치 값은 반올림 처리하여 합계가 일치하지 않을 수 있음.

9) 설문조사 응답자 분포는 국립수산물과학원(기후변화대응TF팀 등) 9명, 수산자원사업단 3명, 한국해양수산개발원 15명이다. 응답 결과의 전체 평균치 산정에는 응답자의 전문 분야에 따라 자연계열과 사회계열로 구분하였고, 대리변수의 특성에 따라 이들에게 다른 가중치를 부여하여 산출하였다. 기후노출의 세부 변수와 민감도 변수 중 수산업 생산 특성 관련 변수에 대해서는 자연계열 응답자에게 더 많은 가중치를 부여하였고 (0.7:0.3), 나머지 민감도 변수와 적응능력 변수는 사회계열 응답자에게 더 많은 가중치를 부여하였다 (0.3:0.7).

#### IV. 수산 부문의 기후변화 취약성 평가 결과

##### 1. 대리변수의 가중치 산정 결과

〈표 2〉와 같이 각 대리변수의 가중치 산정 결과를 보면, 대분류 항목의 경우 기후노출, 민감도, 적응능력 중에서 적응능력(0.427)이 가장 높았고 민감도(0.315), 기후노출(0.259)의 순으로 도출되었다. 즉 수산 부문 전문가들은 기후변화의 자연적 조건인 기후노출이나 사회경제적 조건인 민감도보다 기후변화에 대응하는 적응능력이 기후변화의 취약성에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 판단하였다.

기후노출 내에서는 해양의 물리적 특성 변화(0.121)의 가중치가 절반 가까이 차지했고 해수면 상승(0.075), 유해 생물 출현(0.063)의 순이었다. 해양의 물리적 특성 변화 내에서는 표층수온 변화의 가중치 비중이 절반 이상으로 나타나 중요성이 높게 평가되었다. 민감도 내에서는 수산업 생산 특성(0.141)의 가중치가 가장 높았고, 지역 수산업 특성(0.119), 어업인구 특성(0.054)이 뒤를 이어 수산업의 생산 특성이 기후변화에 가장 민감한 부분임을 확인할 수 있다.

수산업 생산 특성 내에서는 어로어업(0.069), 양식어업(0.047), 수산가공업(0.025)의 순으로 나타났다. 부류별로는 어류 등과 해조류가 비슷한 수준이었고 패류가 이들보다 중요도가 낮게 평가되었다. 지역어업 특성 내에서는 수산 부문의 재난피해액(0.063)이 어업 GRDP 비중(0.056)보다 약간 더 높았다. 어업인구 특성 내에서는 어업인구 규모(0.018)보다는 어가당 수산물판매액(0.036)이 두 배가량 높았다.

적응능력 내에서는 경제적 능력과 거버넌스(0.184)가 가장 가중치가 높았고 물적 인프라(0.123)와 사회적 자본(0.120)은 비슷한 수준으

로 나타나, 기후변화 적응에 경제적 능력과 거버넌스가 가장 중요한 요소임을 알 수 있다. 이 가운데 1인당 GRDP(0.075), 재정자립도(0.069)가 비슷하였고 공무원 규모는 이보다 낮게 도출되었다. 물적 인프라 내에서는 인공어초 시설규모(0.049), 수산종묘 방류규모(0.040), 국가어항·지방어항 보유규모(0.033)의 순으로 나타나 장기적이고 적극적인 자원 조성 노력에 많은 비중을 두고 있음을 알 수 있다.

##### 2. 지역별 취약성 평가 분석 결과

두 가지 표준화 방법에 따라 각 대리변수를 표준화하고 AHP 기법으로 도출된 가중치를 적용하여 종합적인 취약성 지표를 도출하였다. Z-스코어 방법과 스케일 재조정 방법의 각각의 결과는 〈표 3〉과 같다. 지역간 상대적인 수치가 중요하므로 이를 쉽게 확인할 수 있도록 정규분포 가정 하에서 누적확률을 기준으로 5분위로 구분하였는데, 이 결과가 〈표 4〉이다. 일부 지역의 기후노출 결과와 적응능력 결과를 제외한다면 두 가지 표준화 방법이 상당 부분 일치하고 있음을 확인할 수 있다<sup>10)</sup>.

〈그림 2〉와 같이 수산 부문에 기후변화 취약성이 높은 지역은 남부 지역인 전남, 경남, 제주였고 부산도 높은 편이었다<sup>11)</sup>. 이에 반해 울산, 경기도는 취약성이 낮은 지역이었고, 인천, 강원도는 낮은 편에 속했다. 나머지 지역인 충남, 전북, 경북은 중간 수준으로 나타났다.

취약성 지수가 높은 지역은 민감도가 높고 적응능력이 떨어지는 특징을 보이고 있는데, 이는 기후노출에 비해 이들 대리지표의 가중치가 높다는 점이 반영된 결과이다. 예를 들어 경남과 부산은 기후노출은 중간 수준이거나 그보다 낮지만 민감도가 높고 적응능력이 낮아서 기후변화에 취약한 것으로 평가되었다. 전남, 제주와 같이 기후노출까지 높은 지역은 당연히 취약성

10) 차이가 나는 경우도 대부분 5분위 구분의 경계 근처에서 근소한 차이를 보인 것으로 절대적인 차이는 미미하다.

11) 〈그림 2〉~〈그림 5〉는 Z-스코어 결과를 기준으로 작성되었다.

〈표 3〉 지역별 취약성 평가 결과

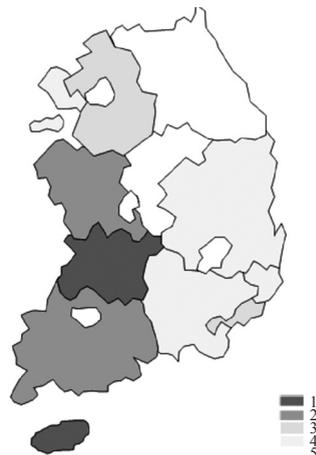
지역	Z-스코어				스케일 재조정			
	취약성	기후노출	민감도	적응능력	취약성	기후노출	민감도	적응능력
부산	0.25	-0.02	0.24	-0.42	0.13	0.49	0.37	0.26
인천	-0.25	-0.11	-0.64	0.05	-0.03	0.44	0.11	0.41
울산	-0.58	-0.08	-0.64	0.85	-0.12	0.47	0.10	0.64
경기	-0.42	0.02	-0.59	0.56	-0.07	0.50	0.11	0.55
강원	-0.20	-0.27	0.26	0.49	-0.01	0.39	0.36	0.51
충남	-0.05	0.07	-0.21	0.01	0.05	0.51	0.24	0.37
전북	-0.09	0.15	-0.54	-0.10	0.05	0.57	0.13	0.33
전남	0.59	0.04	1.06	-0.56	0.24	0.50	0.64	0.21
경북	-0.04	-0.05	-0.05	0.02	0.06	0.49	0.28	0.38
경남	0.42	-0.11	0.62	-0.60	0.19	0.46	0.51	0.20
제주	0.37	0.34	0.50	-0.30	0.16	0.53	0.46	0.29

〈표 4〉 지역별 취약성 평가의 5분위 구분 결과

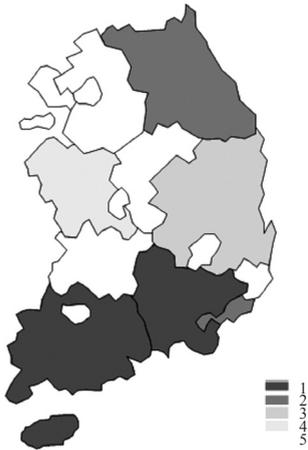
지역	Z-스코어				스케일 재조정			
	취약성	기후노출	민감도	적응능력	취약성	기후노출	민감도	적응능력
부산	2	3	2	5	2	3	2	4
인천	4	4	5	3	4	5	5	3
울산	5	4	5	1	5	4	5	1
경기	5	3	5	1	5	2	5	1
강원	4	5	2	1	4	5	2	1
충남	3	2	4	3	3	2	4	3
전북	3	1	5	3	3	1	5	4
전남	1	2	1	5	1	3	1	5
경북	3	4	3	3	3	3	3	3
경남	1	4	1	5	1	4	1	5
제주	1	1	1	4	1	1	1	4



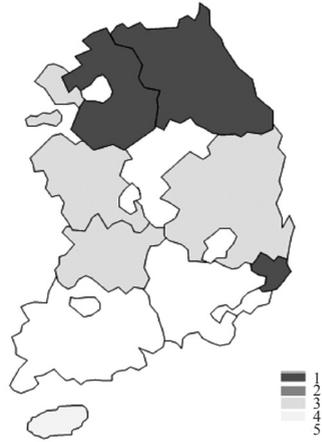
〈그림 2〉 지역별 취약성 지표



〈그림 3〉 지역별 기후노출 변수



〈그림 4〉 지역별 민감도 변수



〈그림 5〉 지역별 적응능력 변수

도 높게 나타난다.

이와는 반대로 적응능력이 큰 지역은 취약성이 낮게 평가되는 경향을 보인다. 예를 들어 강원은 기후변화 민감도가 높지만 적응능력이 양호하여 전체적인 취약성은 약하게 나타났다. 이는 민감도 면에서 비슷하지만 적응능력에서 큰 차이를 보인 부산과 대비되는 결과이다.

취약성 지표를 부문별로 볼 때, 먼저 기후노출은 〈그림 3〉에서 알 수 있듯이 전반적으로 서남해권이 높은 특징을 보인다. 이는 기후노출에서 가중치가 큰 표층수온 상승률이 다른 지역에 비해 높기 때문이다. 특히 전북은 표층수온 상승률이 높으면서 해파리 출현이 빈번한 점이 반영되어 기후노출이 심한 지역으로 평가되었다<sup>12)</sup>. 제주에는 표층수온 상승률은 높지 않으나 다른 지역에 비해 해수면 상승 정도가 크고 염도 변화율이 큰 점이 반영되어 기후노출 정도가 높게 나타났다.

민감도가 큰 지역은 〈그림 4〉에서 보듯 어가 인구가 많거나 수산업 생산이 많고, 지역 경제에서 수산업의 비중이 높으며, 수산 부문 재난피해가 빈번한 지역으로 나타나 직관적인 예상에서 벗어나지 않았다. 지역별로는 전남, 경남, 제주, 강원, 부산의 순으로 민감도가 높았다.

적응능력은 〈그림 5〉와 같이 1인당 GRDP가 낮거나 재정자립도가 떨어지고 물적 인프라 또는 사회적 자본이 부족한 지역인 경남, 전남, 제주, 부산이 낮은 것으로 평가되었다. 반대로 지역의 경제적 능력이 양호하거나 물적 인프라와 사회적 자본이 풍부한 울산, 경기, 강원 등은 적응능력이 높은 것으로 나타났다. 결과적으로 강원을 제외한다면 민감도가 높은 지역이 적응능력도 부족하여 기후변화 취약성이 가중되는 현상을 보이고 있다.

## V. 결론 및 시사점

본고는 수산 부문의 지역별 기후변화 취약성을 평가하기 위해 지표를 개발하고 전문가 설문 에 기초한 가중치를 적용하여 최종적인 취약성 지표를 산정하였다.

먼저 취약성을 구성하는 세 요소의 가중치를 보면 적응능력이 가장 높았고 민감도, 기후노출의 순으로 나타났다. 전문가들은 취약성의 구성 요소 중에 주어진 기후여건보다는 인간의 적극적인 대응 능력에 더 많은 비중을 두고 있음을 알 수 있다. 이는 이상기후 그 자체를 완전하게

12) 전북은 민감도 지수가 낮아서 전체적인 취약성은 중간 수준으로 평가되었다.

방어할 수는 없지만, 그에 적응하는 역량을 갖추기 위해 경제적 능력과 거버넌스를 확충하고 물적 인프라와 사회적 자본을 활용하는 방안이 더욱 필요하다는 의미로 해석할 수 있다.

취약성 평가 결과에서는 전남, 경남, 제주, 부산 등 남해안권이 높은 반면, 동·서해안권은 낮게 나타났다. 남해안권은 수산업이 활발하여 기후변화에 대한 민감도가 큰 지역인 반면 적응능력은 오히려 부족하여 전체적인 취약성이 높은 것으로 평가되었다. 따라서 이들 지역을 중심으로 수산 부문의 기후변화 적응능력을 향상시키는 대책이 필요한 것으로 판단된다. 이들 지역은 부족한 것으로 평가된 경제적 능력과 거버넌스 역량을 보완하고 지역의 높은 민감성을 반영한 수산 부문의 기후변화 대책을 수립할 필요가 있다. 이를 통해 기후변화 영향에 대한 모니터링 강화, 기후변화에 대응하기 위한 수산 기술 개발, 수산자원 조성, 신규 양식품종 개발 등의 물적 인프라 확충에 재정지출을 확대할 필요가 있을 것이다. 또한 어업경영의 영세성, 어촌사회 고령화로 수산업 종사자의 대응 능력이 부족하므로 이들의 능력을 배양할 수 있는 정책 방안도 요청된다. 예를 들면 기후변화에 대응한 어구·어법 개발 지원, 자율관리어업의 확대와 내실화 등이다.

이처럼 종합적인 취약성 지표를 이용한 지역별 평가는 기후변화 적응을 위한 자원의 투입이 어느 지역에서 더욱 필요한지를 알려주는 근거를 제시한다. 그리고 세부 변수별 평가 결과를 통해 특정 지역에서 어떤 요소가 취약성을 높이는지를 확인하여 이에 대한 보완책 마련에도 필요한 정보를 얻을 수 있다. 예를 들어 전남의 경우 재정자립도가 낮고 수산 부문의 사회적 자본이 적다는 점에서 적응능력이 떨어지는 것으로 확인되었는데, 이를 통해 정책 입안자는 특정 부문에 대한 보완의 필요성을 인식할 수 있다. 본고의 분석은 수산 부문의 지역별 취약성을 평가한 첫 사례로 이러한 효용성을 제시했다는 데 의

의를 찾을 수 있을 것이다.

한편 본고는 기후변화 취약성의 개념에 맞는 수산 부문의 지역별 가용 자료를 최대한 포함하여 정량적인 지표로 종합하는 데 목표를 두었다. 따라서 지역별 자료가 충분하지 않다면 도출된 지표가 실제 기후변화의 취약성을 제대로 반영하는지에 대해서는 의문이 제기될 수 있다. 특히 적응능력의 경우 수산 부문에 적합한 자료를 찾기가 어려웠는데 이 때문에 일부 변수들은 ‘대리변수’라는 점을 감안하여 평가 결과를 해석하는 것이 바람직하다. 예를 들어 기후변화 적응능력에 기여하는 사회적 자본을 자율관리어업으로만 대표하기에는 분명히 한계가 있을 것이다.

그러므로 향후 취약성 평가 목적에 따라 지표의 적합성을 검토하여 지속적으로 취약성 지표를 수정·보완할 필요성이 제기된다. 연구 대상을 어업별이나 업종별로 세분화하거나 지역별 주요 품종 또는 기후변화에 민감한 품종, 시장 여건 등에 대한 변수를 포함하고, 수산업의 이해관계자와 정책 담당자의 의견을 폭넓게 반영한다면 한층 더 실효성 있는 결과를 기대할 수 있을 것이다. 아울러 취약성 평가는 미래의 기후변화 예측을 위한 평가이기 때문에 과거의 기후변화 패턴이 반복된다는 가정에 기초하는 것은 무리가 있다. 따라서 과거 자료가 아닌 미래의 예측 자료를 활용한 지표의 개선도 향후 필요할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 고재경 외, “지방자치단체 기후변화 취약성 평가에 관한 연구: 경기도 기초지자체를 중심으로”, 환경정책, 제18권, 제2호, 2010, pp.79-105.
- 국립수산과학원, 2010년 한국 연근해 해파리 출현정보 자료집, 2011.
- 국립해양조사원, 지구온난화로 매년 한반도 해수면 상승, 보도자료, 2008. 1. 8.
- 김학균 외, “지구온난화가 한국해역의 해양 및 어업에 미치는 영향 연구”, 국립수산과학원 수진사업

- 보고서, 2000, pp.343-351.
- 명수정 외, “우리나라 사회기반시설의 기후변화 취약성평가: 전문가 설문조사를 바탕으로”, *환경영향평가*, 제18권, 2009, pp.347-357.
- 박성래 외, “기후변화와 수산업의 관계에 관한 연구”, *한국수산해양교육학회*, 제22권, 제3호, 2010, pp.388-401.
- 박종화, “한국 연근해의 온난화와 어업자원 변동”, *한국해양학회 춘계학술대회*, 2002.
- 소방방재청, *재해연보*, 2002~2009.
- 유가영 외, “기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안”, *한국환경정책평가연구원*, 2008.
- 장동호 외, “기후변화 영향평가를 위한 지역단위의 현장연구: 전남 동부해안을 중심으로”, *제4차 기후변화 학술대회*, 2006.
- 통계청, *지구온난화에 따른 농어업생산변화*, 보도자료, 2009.3.25.
- 한화진 외, “기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 I; II; III”, *한국환경정책평가연구원*, 2007.
- 행정안전부, *국가 기후변화 적응 종합계획(안)*, 2008.
- Arroyo, A.M., “Vulnerability to climate change of marine and coastal fisheries in Mexico,” *Atmosfera*, Vol.24, No.1, 2011, pp.103-123.
- Brooks, N., Adger, W.N., “The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation,” *Global Environmental Change*, Vol.15, No.2, 2005, pp.151-163.
- Allison, E.H., et al., “Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries,” *Fish and Fisheries*, 2009.
- FAO, *Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge*, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No.530, 2009.
- Hlohowskyj. Ihor., M.S. Brody, R.T. Lackey, “Methods for assessing the Vulnerability of African fisheries resources to climate change,” *Climate Research*, Vol.6, 1996, pp.97-106.
- IPCC, *Climate change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Third Assessment Report, Cambridge University Press, 2001.
- IPCC, *Summary for Policymakers, Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, 2007, 기상청(역), 기후변화 2007 종합보고서.
- Moss, R.H., E.L. Brenkert, A.L. Malone, “Vulnerability to climate change: a quantitative approach,” *Prepared for the US Department of Energy*, 2001.
- Gibbs, Philip., *Climate Change and the Fisheries of NSW-a Background Paper for NSW Department of Pimary Industries*, 2008.
- Saaty, Thomas L., *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*, McGraw-Hill, 1980.
- UNDP, *Adaptation policy frameworks for climate change: Developing strategies, policies, and measures*, Cambridge University Press, 2005.
- 수산정보포털 <http://www.fips.go.kr>
- 국가통계포털 <http://www.kosis.kr>
- 해양수산연구정보포털 <http://portal.nfrdi.re.kr>
- 한국해양수산개발원 <http://www.kmi.re.kr>