

## 5D5) 기후변화에 따른 대기질 취약성 평가 - O<sub>3</sub>을 중심으로

### Air Quality Vulnerability Assessment due to Climate Change - Focus on Ozone

이재범 · 문경정 · 홍성철 · 김덕래 · 송창근 · 최원준 · 유정아 · 홍유덕  
 국립환경과학원 기후변화연구과

#### 1. 서 론

IPCC 보고서에서는 기후변화로 인한 온도, 습도, 자외선 강도의 증가는 오존생성 화학작용에 영향을 주어 오존 수치가 높은 날이 빈번해 질 것이라고 예측하였다(IPCC, 2007). 또한 국내·외 연구들에서 기온의 증가에 따라 오존의 생성량이 증가한다고 하였다(e.g. Olszyna et al., 1997). 이렇듯 현재 일어나고 있는 기후변화에 효과적으로 대처하기 위해서는 이에 대응하는 적절한 기후변화 적응(adaptation) 계획이 수립되어야 한다. 이러한 차원에서 기후변화 관련 취약성 연구는 적응대책 수립을 위해 전 세계적으로 관심이 증가하는 분야이다. 국가별 취약성 평가를 수행한 Füssel(2009)의 연구에 의하면 우리나라는 기후변화에 매우 취약한 지역으로 분류되는 것으로 나타났다. 그러나 한반도 기후변화에 따른 대기질 영향 및 적응대책 수립을 위한 취약성 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 실정에 맞는 취약성 지수를 개발하고 개발된 지수를 우리나라 지역에 적용하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 취약성을 ‘기후변화의 부정적인 효과에 대해 대처할 수 없는 정도’로 정의하였으며, 정의된 취약성은 여러 변수들에 의해 좌우되겠지만 크게 기후노출, 민감도, 적응능력의 함수로 정의될 수 있다. 취약성 평가를 위하여 IPCC(2001) 제3차 보고서에서 언급된 방법을 통하여 취약성 지표를 산출하였다. 특히, 본 연구는 대기질 부분에 대한 취약성 평가임을 고려하여 앞서 언급한 함수에 맞는 구성 변수들을 선정하여야 한다. 이를 대리변수라 하며, 선정된 변수들은 표준화 방법을 통하여 지표로 변환한다. 사용된 표준화 방법은 스케일 재조정 방법 중에서 Dimension Index 방법을 사용하였다(식 1; UNDP, 2005).

$$\text{Dimension Index} = \frac{\text{Actual Value} - \text{Minimum Value}}{\text{Maximum Value} - \text{Minimum Value}} \times 100 \quad \dots\dots(1)$$

식 1의 방법을 이용한 표준화를 거쳐 지표로 나타낸 대리변수들은 노출, 민감도, 적응능력에 해당하는 카테고리별 지수를 다음과 같은 식 2에 의하여 산술평균한 후 취약성 지수로 표현하게 된다.

$$\text{Category Index} = \frac{\sum(\text{Proxy Variables})}{N} \quad \dots\dots(2)$$

여기서 N은 노출, 민감도, 적응능력에 해당하는 각 카테고리별 대리변수의 총 개수를 의미하며 식에 의해 각 카테고리별 계산된 지수를 EI(노출지수), SI(민감도지수), ACI(적응지수)로 표현하였다.

최종적으로 다음 식을 이용하여 취약성에 대한 지수로 나타냄으로써 사례별 오존의 대기질에 따른 평가를 수행하였다(식 3).

$$\text{Vulnerability Index} = \frac{\text{Average}(SI, EI) + ACI}{2} \quad \dots\dots(3)$$

#### 3. 결과 및 고찰

먼저 취약성 평가를 위한 기후변화 노출·민감도·적응 능력별 대리변수(11개)를 선정하였는데 선정된 대리변수를 표 1에 나타내었다. 대리변수 선정에 있어서 국내 전문가를 파악하는 어려움을 극복하기 위하여 대부분 참고문헌을 바탕으로 이루어졌다. 오존이 보건에 미치는 영향은 주로 60 ppb 이상의 고농도 오존에 초점이 맞추어져 있지만 이 연구에서는 생태계 부분의 수확량 및 개화시기에 영향을 주는

것으로 알려졌던 40 ppb 이상일 경우를 노출 변수로 사용하였다.

선정된 대리변수를 이용하여 계산된 취약성 지수 계산 결과를 그림 1에 나타내었다. 그림 1의 (a), (b), (c), 그리고 (d)는 각각 노출지수, 민감도지수, 적응지수, 그리고 취약성 지수를 나타낸다. 계산 결과 울산광역시, 충청남도, 제주특별자치도가 오존에 취약한 지역으로 분류되었다. 그 이유는 울산광역시의 경우 적응능력이 낮았으며 충청남도와 제주특별자치도의 경우 다른 지역보다 노출의 위험이 크기 때문이다. 대구광역시, 강원도, 전라북도의 경우 오존에 덜 취약한 지역으로 분류되었는데, 세 지역 모두 노출의 위험은 작고 적응 능력이 크기 때문인 것으로 나타났다.

Table 1. Proxy variables used in vulnerability analysis.

카테고리	세부 요소	대리변수	대리변수가 설명하는 내용
민감도	산림/생태	산림면적비율	자연 환경에 대한 오존 피해 척도
		경지면적비율	오존 증가에 따른 경작지 노출 정도
	보건/복지	인구밀도(명/km <sup>2</sup> )	대기질이 영향을 미치는 인구
		15세미만인구비율	질병 노출에 대해 취약한 인구
		노령인구비율(65세이상)	
	기초생활보장수급자비율		
적응능력	거버넌스	인구천명당공무원수	국민에 대한 서비스 제공 능력
	교육	지역내총생산에 대한 교육지출(백만원)	국민에 대한 교육 서비스 제공 능력
	보건/복지	지역내총생산에 대한 보건복지/환경지출(백만원)	국민에 대한 의료 서비스 제공 능력
보건소인력수			
노출	오존	40 ppb 이상 횡수	고농도 오존에 노출 정도

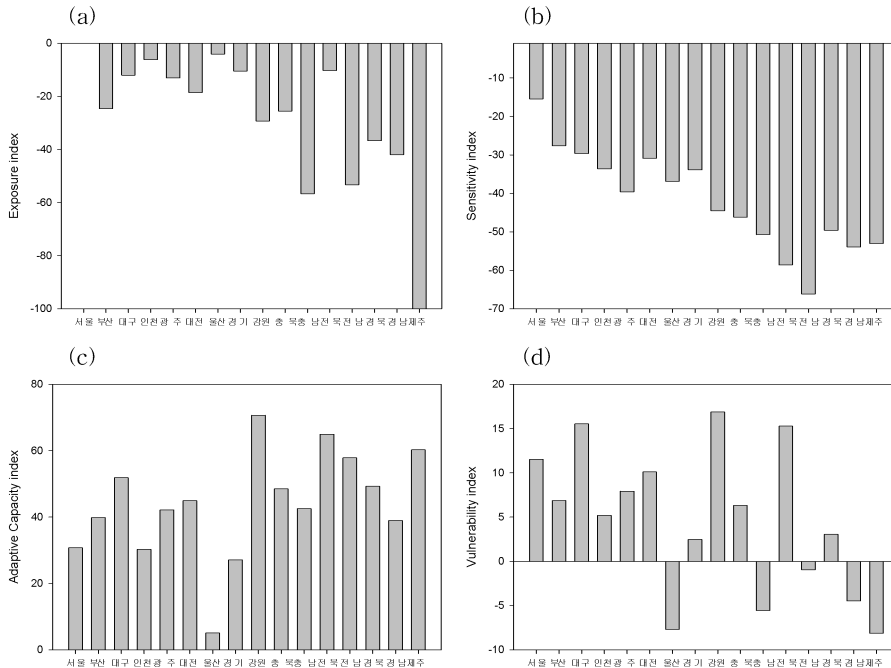


Fig. 1. (a) Exposure index, (b) sensitivity index, (c) adaptive capacity index, and (d) vulnerability index.

### 참 고 문 헌

- Füssel, H.M. (2009) Review and quantitative analysis of indices of climate change exposure, adaptive capacity, sensitivity, and impacts, Background note to the World Development Report 2010, 35pp.
- IPCC (2001) Climate Change 2000: The science of climate change. Contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 339pp.
- IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis for Policy makers, contribution of the IPCC to the fourth Assessment Report, 18pp.
- Olszyna, K.J., M. Luria, and J.F. Meagher (1997) The correlation of temperature and rural ozone levels in southeastern U.S.A., Atmos. Environ., 31, 3011-3022.
- UNDP (2005) Adaptation policy frameworks for climate change: Developing strategies, policies, and measures, Cambridge University Press, USA.