creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

석사학위논문

VESTAP을 이용한 지자체의 기후변화 취약성평가 비교 연구

- 울산광역시를 대상으로 -

A Study on Climate Change Vulnerability Assessment for Ulsan Local Government using VESTAP

2016년 8월

세종대학교 대학원
기후변화협동과정
박 인 규

VESTAP을 이용한 지자체의 기후변화 취약성평가 비교 연구

- 울산광역시를 대상으로 -

A Study on Climate Change Vulnerability Assessment for Ulsan Local Government using VESTAP

지도교수 전 의 찬

이 논문을 정책학 석사학위논문으로 제출함

2016년 8월

세종대학교 대학원
기후변화협동과정
박 인 규

박인규의 석사학위논문을 인준함

2016년 8월

심사위원장 _____ 박 성 규 _____ (인)

심 사 위 원 _____ 홍 현 수 _____ (인)

심 사 위 원 _____ 전 의 찬 _____ (인)

국문초록

2015년부터 중앙 및 광역지자체뿐만 아니라 기초지자체의 기후변화 적응대책 수립 및 이행을 의무화하여 각 지자체들은 기후변화 적응대책을 수립하고 있다. 국가에서는 각 지방자치단체들이 기후변화 적응대책을 수립하는데 있어 활용할 수 있도록 WEB기반 기후변화 취약성평가도구 VESTAP과 GIS기반의 기후변화취약성 평가프로그램 CCGIS를 제공 하고 있다. 그러나 CCGIS를 이용해 도출한 기후변화 취약성평가가 실제 지자체의 현실 및 특성과 일치하지 않는 것으로 나타나고 있어 기후변화 취약성평가의 불확실성이 언급되고 있다(한국환경정책·평가연구원, 2013). CCGIS를 기반으로 구축된 VESTAP의 기후변화 취약성평가결과 또한 지자체의 현실 및 특성과 일치하지 않을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 VESTAP을 이용한 기후변화 취약성평가 결과가 해당지자체의 현실과 특성을 반영하지 못한다는 문제점을 인식하고 이를 확인해 보았다. VESTAP을 이용하여 울산광역시를 대상으로 기후변화 취약성평가를 진행하였다.

7개의 기후변화 취약성평가 분야(건강, 재난/재해, 농업, 산림, 해양/수산업, 물관리, 생태계) 중 건강분야를 대상으로 일부 세부 평가항목에 한하여 울산광역시의 통계데이터를 이용해 VESTAP의 기후변화 취약성평가 결과와 비교하였다. 그 결과 VESTAP의 기후변화 취약성평가 결과와 울산광역시의 통계데이터를 이용하여 도출한 결과가 서로 다른 것을 확인할 수 있었다.

이처럼 결과가 서로 다른 이유를 VESTAP에서 사용하는 기초 지표데이터와 울산광역시의 통계데이터 비교를 통해 살펴보았다. VESTAP에서 사용된 데이터는 국립환경과학원의 대기질 전망자료를 바탕으로 GIS 공간분석을 이용하여 시·군·구별 미세먼지 농도를 산출하는 가공을 통해 구축되어 '대기환경연보'를 통해 구축한 통계데이터와 다르다는 것을 확인 할 수 있었다.

VESTAP의 모든 기초 지표데이터들이 광역지자체 또는 기초지자체에서 알

맞은 지표데이터의 형태로 제공이 어려워 VESTAP의 기초 지표데이터로 이용하기 위해 가공과정을 거치게 된다. 주로 기초 지표데이터들을 통계청이나 타 기관의 자료들을 바탕으로 GIS기반으로 가공하여 데이터를 만들어 사용하는 경우가 많다. 이 과정에서 해당지자체의 통계데이터와의 차이가 발생하게 되고, 기후변화 취약성평가 결과가 해당 지자체의 현실과 특성을 반영하지 못하게 된다.

이러한 문제점은 기후변화 취약성평가를 위한 지자체의 기본정보 및 자료의 부재 혹은 자료 확보의 어려움 때문에 발생한다. 지자체 차원에서의 자료 확보의 어려움은 기후변화 취약성평가를 수행하기 위한 경험과 전문성, 시간 및 예산 등의 역량과 인프라가 부족하여 발생하게 된다(국립환경과학원, 2012).

국가 차원에서는 기후변화 취약성평가 결과에 대한 신뢰도 제고를 위해 지속적인 연구가 선행되어 각 지자체의 체감취약성과 비슷한 기후변화 취약성평가 결과가 나오도록 노력할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한 기초 지표데이터에 대한 종합관리 및 공유를 할 수 있는 시스템 구축도 필요한 것으로 사료된다.

위와 같은 노력을 통해 지자체별 기후변화 취약성평가를 위한 기본정보 및 자료가 구축된다면 지자체의 기후변화 적응대책을 수립하는데 올바른 선택과 집중을 할 수 있는 기후변화 취약성평가 결과를 얻을 수 있을 것이다.

주요어 : 기후변화 취약성평가, VESTAP, 기후변화적응

목 차

제 1 장 서 론 ····· 1

1. 연구의 필요성 및 목적 ····· 1

1. 연구의 범위 및 방법 ····· 3

제 2 장 이론적 고찰 ····· 7

제 1절 기후변화 영향 및 취약성평가 ····· 7

1. 기후변화 영향 ····· 7

2. 기후변화 취약성평가 ····· 13

제 2절 선행연구 고찰 ····· 16

제 3 장 기후변화 취약성평가 ····· 19

1. 기후변화 취약성평가 방법 ····· 19

2. 기후변화 취약성평가 모형(VESTAP) ····· 21

제 4 장 울산광역시 기후변화 취약성평가 비교 ····· 27

1. 울산광역시 현황 ····· 27

2. 울산광역시 기후변화 취약성평가 결과 ····· 30

3. 통계데이터를 이용한 기후변화 취약성평가 비교 ····· 46

4. VESTAP의 기초 지표데이터와 통계데이터 비교 ····· 53

5. 울산광역시 통계데이터를 적용한 기후변화 취약성평가 결과 ····· 61

제 5 장 결론 ····· 66

참 고 문 헌 ····· 69

부 록 ····· 71

ABSTRACT ····· 83

표 목차

<표 1-1> 울산광역시가 취약한 기후변화 적응 분야 ····· 4
<표 2-1> 기후변화 적응의 정의 ····· 8
<표 2-2> 한반도 기후변화 분야별 영향 ····· 10
<표 2-3> 취약성의 정의 ····· 14
<표 3-1> VESTAP의 평가 항목 ····· 21
<표 3-2> 기후변화 취약성 평가 지수 산출 식 ····· 22
<표 3-3> RCP 시나리오 ····· 24
<표 4-1> 울산광역시 구·군별 행정구역 현황(2015. 12. 31.) ····· 28
<표 4-2> 울산광역시 건강부문 기후변화 취약성평가 결과(2001-2010년) · 46
<표 4-3> 울산광역시 구·군별 연평균SO_2, NO_2, CO 농도(2001-2010년) 47
<표 4-4> 울산광역시 구·군별 SO_2, NO_2, CO의 통합대기환경지수 ··· 48
<표 4-5> 울산광역시 구·군별 VESTAP 결과와 SO_2, NO_2, CO의 대표 통합대기환경지수 값 비교(2001-2010년) ····· 48
<표 4-6> 울산광역시 구·군별 VESTAP 결과와 연평균 미세먼지 농도 비교(2001-2010년) ····· 49
<표 4-7> 울산광역시 구·군별 연평균 오존농도(2001-2010년) ····· 50
<표 4-8> '태풍에 의한 건강 취약성 ' 항목의 VESTAP결과와 울산광역시 구·군별 태풍에 의한 피해액 순위 비교 ····· 50
<표 4-9> 울산광역시 구·군별 일 최고기온이 33℃ 이상인 일수 (2007-2010년) ····· 51
<표 4-10> '폭염에 의한 건강 취약성 ' 항목의 VESTAP 결과와 울산광역시 구·군별 일 최고기온이 33℃ 이상인 일수 순위 비교 ····· 52

<표 4-11> 기후변화 취약성평가에 사용된 세부 지표데이터 목록 및 가중치 53
<표 4-12> VESTAP의 세부 지표데이터 '연평균 미세먼지 농도'와 대기환경연보의 연평균 미세먼지 농도 비교 ····· 57
<표 4-13> VESTAP의 세부 지표데이터 CO(산업 및 이동오염원 배출량)과 국립환경과학원의 국가대기오염물질 배출량 통계에 따른 CO(산업 및 이동오염원 배출량) 비교 ····· 59
<표 4-14> VESTAP의 세부 지표데이터 CO(비산업 및 주거용시설 배출량)과 국립환경과학원의 국가대기오염물질 배출량 통계에 따른 CO(비산업부문 배출량) 비교 ····· 59
<표 4-15> '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성' 항목의 기존 VESTAP 결과와 울산광역시 통계데이터를 입력한 VESTAP 결과 비교 ····· 62

그림 목차

<그림 1-1> 기후변화 키워드 검색결과 ····· 5
<그림 1-2> 연구 흐름도 ····· 6
<그림 2-1> 기후변화의 영향 ····· 9
<그림 2-2> IPCC의 기후변화 취약성 개념도 ····· 13
<그림 3-1> 기후변화 취약성 평가 접근방법 ····· 19
<그림 3-2> VESTAP의 시나리오 및 연대 선택 박스 ····· 23
<그림 3-3> VESTAP의 기후변화 취약성평가 결과화면 1 ····· 25
<그림 3-4> VESTAP의 기후변화 취약성평가 결과화면 2 ····· 26
<그림 4-1> 울산광역시의 행정구역 ····· 28
<그림 4-2> 울산광역시의 기후변화 취약성평가 결과(구 · 군별 취약한 순위) ····· 30
<그림 4-3> 울산광역시 울주군 기후변화 취약성평가 분야별 순위 ····· 31
<그림 4-4> 울산광역시의 기후변화 취약성평가 결과(기후변화 취약성평가 분야별 취약한 순위) ····· 31
<<그림 4-5> 건강분야 취약성평가 지수(기후노출부문) ····· 32
<그림 4-6> 건강분야 취약성평가 지수(민감도부문) ····· 33
<그림 4-7> 건강분야 취약성평가 지수(적응능력부문) ····· 33
<그림 4-8> 재난/재해분야 취약성평가 지수(기후노출부문) ····· 34
<그림 4-9> 재난/재해분야 취약성평가 지수(민감도부문) ····· 35
<그림 4-10> 재난/재해분야 취약성평가 결과(적응능력부문) ····· 35
<그림 4-11> 농업분야 취약성평가 지수(기후노출부문) ····· 36
<그림 4-12> 농업분야 취약성평가 지수(민감도부문) ····· 37
<그림 4-13> 농업분야 취약성평가 지수(적응능력부문) ····· 37

<그림 4-14> 산림분야 취약성평가 지수(기후노출부문) ····· 38
<그림 4-15> 산림분야 취약성평가 지수(민감도부문) ····· 39
<그림 4-16> 산림분야 취약성평가 지수(적응능력부문) ····· 39
<그림 4-17> 해양/수산분야 취약성평가 지수(기후노출부문) ····· 40
<그림 4-18> 해양/수산분야 취약성평가 지수(민감도부문) ····· 41
<그림 4-19> 해양/수산분야 취약성평가 지수(적응능력부문) ····· 41
<그림 4-20> 물관리분야 취약성평가 지수(기후노출부문) ····· 42
<그림 4-21> 물관리분야 취약성평가 지수(민감도부문) ····· 43
<그림 4-22> 물관리분야 취약성평가 지수(적응능력부문) ····· 43
<그림 4-23> 생태계분야 취약성평가 지수(기후노출부문) ····· 44
<그림 4-24> 생태계분야 취약성평가 지수(민감도부문) ····· 45
<그림 4-25> 생태계분야 취약성평가 결과(적응능력부문) ····· 45
<그림 4-26> 기초 지표데이터 : 연평균 미세먼지 농도 ····· 56
<그림 4-27> 기초 지표데이터 : CO(산업 및 이동오염원 배출량) ····· 58
<그림 4-28> 기초 지표데이터 : CO(비산업 및 주거용시설 배출량) · 58
<그림 4-29> 울산광역시 통계데이터를 입력한 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성' 평가 결과 1 ····· 63
<그림 4-30> 울산광역시 통계데이터를 입력한 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성' 평가 결과 2 ····· 63
<그림 4-31> 울산광역시 통계데이터를 입력한 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성' 평가 결과 3 ····· 64

제 1 장 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

국제사회는 지금까지 기후변화 대응을 위해 온실가스 배출 감축을 중심으로 한 기후변화 완화정책에 중점을 두어왔다. 그러나 기후변화가 심각해지고 그에 따른 피해의 규모 또한 증가하면서 기후변화 완화뿐만 아니라 기후변화 적응에 대한 중요성도 대두되고 있다(Paris Agreement, 2015). 국제사회에서 기후변화 적응(Adaptation)에 대한 논의는 IPCC 제3차 보고서(2001)이후 본격 시작되었다. 초창기 적응에 대한 논의는 개발도상국을 중심으로 진행되었으나, 기후변화의 재앙이 몰고 오는 영향이 개도국에 한정되지 않고 전 지구적으로 확대됨에 따라 적응에 대한 논의 또한 확대되고 있다.

우리나라는 '저탄소녹색성장기본법' 및 동법 시행령에 따라 '제1차 국가기후변화적응대책(2011~2015)'을 수립하였다. 국가대책의 이행을 위해 정부는 지자체 단위의 16개 광역시·도가 기후변화 적응대책 세부시행계획(2012~2016)을 2012년 기간 내 모두 수립하도록 하였고, 현재 시행 중에 있다. 지난 2015년부터는 중앙 및 광역지자체뿐만 아니라 기초지자체도 기후변화 적응대책 수립 및 이행을 의무화하여 각 지자체들은 기후변화 적응대책 세부시행계획을 수립 및 이행하고 있다.

기후변화 적응대책을 수립하는데 있어 취약성평가는 적응대책의 근거가 된다. 또한 취약성평가는 적응해야하는 대상을 파악하고 이해할 수 있도록 돕는 필수요소로 매우 중요하다. 이에 따라 국가에서는 각 지방자치단체들이 기후변화 적응대책을 수립하는데 있어 활용할 수 있도록 기후변화 취약성평가도구를 제공하고 있다.

국립환경과학원은 2009년부터 2011년까지 GIS기반 기후변화 적응도구인 CCGIS(Climate Change adaptation toolkit based on GIS)개발하여 보급하였다. 그리고 지난 2014년 12월 국가기후변화적응센터에서는 CCGIS를 개선

한 VESTAP(Vulnerability Assessment Tool to Build Climate Change Adaptation Plan)을 개발하여 제공하고 있다.

그러나 CCGIS를 이용해 도출한 기후변화 취약성평가가 실제 지자체의 현실 및 특성과 일치하지 않는 것으로 나타나고 있어 평가의 불확실성이 언급되고 있다(임영신 외, 2013). 따라서 CCGIS를 기반으로 구축된 VESTAP의 기후변화 취약성평가결과 또한 지자체의 현실 및 특성과 일치하지 않을 것으로 예상된다.

본 연구는 VESTAP을 이용하여 울산광역시의 기후변화 취약성평가를 실시하고 문헌자료들을 이용하여 해당지자체의 현실 및 특성에 일치하는지 확인해 보려한다. 일치하지 않을 경우 VESTAP에 사용된 기초 지표데이터와 해당지자체의 데이터를 비교하여 일치하지 않는 문제에 대한 원인을 살펴보려고 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 VESTAP의 취약성평가결과가 평가지역의 현실과 특성을 잘 반영하는지 확인하기 위해 문헌자료들이 있는 2001년부터 2010년까지의 기간을 연구기간으로 선정하여 평가하기로 하였다. VESTAP을 이용한 취약성평가결과 중 건강분야를 중심으로 실제 울산광역시의 현실과 특성에 일치하는지 문헌자료들을 통해 확인하였다. 사용한 문헌자료들은 국립환경과학원의 '대기환경연보', 소방방재청의 '재해연보', 기상청의 '지역별상세관측자료'이다.

연구대상지는 울산광역시로 설정하였으며 '울산광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획수립(2012)'의 기후변화 적응관련 시민의식조사 결과와 체감 취약성평가 결과에 따라 결정하였다. 울산광역시에서 기후변화 적응계획을 위한 기초자료로서 울산광역시에 거주하는 시민들을 대상으로 2011년 10월 31일 ~ 11월 11일 까지 12일 동안 설문조사를 실시하였다. 울산광역시 5개의 구·군 시민들을 대상으로 직접 배포 및 면접을 통하여 조사하였으며, 설문내용은 시민이 느끼는 기후변화에 대한 일반적 인식조사, 국가 및 지자체 기후변화 적응대책 관련 조사 등으로 총 11개의 항목으로 구성되어 있다. 총 1000명의 시민들이 응답하였고 '울산광역시의 취약한 기후변화 적응 분야'라는 질문에 <표 1-1> 과 같이 답하였다.

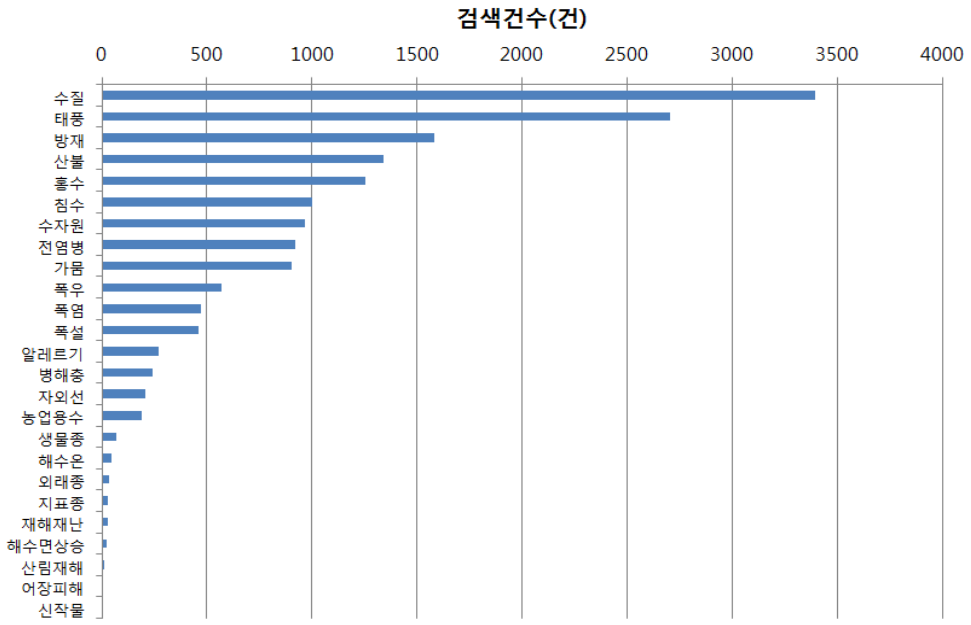
건강분야가 20.7%로 가장 높았으며 재난/재해(15.6%), 물관리(14.1%), 생태계(8.5%), 기후변화 감시 및 예측(8.4%), 교육홍보 및 국제협력(6.8%), 농업(6.6%), 적응산업/에너지(6.6%), 해양/수산업(6.5%), 산림(6.3%) 순으로 나타났다.

<표 1-1> 울산광역시가 취약한 기후변화 적응 분야

구 분	건강	재난/재해	농업	산림	해양/수산업	물관리	생태계	기후변화 감시 및 예측	적응산업/에너지	교육·홍보 및 국제협력	합 계
빈 도	621	468	198	189	194	422	254	253	198	203	3,000
비율(%)	20.7	15.6	6.6	6.3	6.5	14.1	8.5	8.4	6.6	6.8	100.0

자료 : 울산광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획수립(2012)

울산광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획수립(2012)에서 실시한 체감 취약성평가는 울산광역시민들이 정보를 취득하는 보편적인 수단인 지역언론을 통한 기후변화와 관련된 키워드를 검색하여 울산광역시민들이 체감하는 기후변화 영향분야를 검토하는 평가이다. 대상언론은 울산광역시의 대표적 지역신문인 '경상일보'로 국한하였으며 조사기간은 2001년부터 2010년으로 설정하였다. 키워드를 통해 검색된 18,373건의 기사 중 수질이 3,400건으로 가장 많았다. 또한 검색 키워드를 취약성평가의 7개 분야로 구분해보면 <그림 1-1>과 같이 물관리, 재난/재해, 건강분야가 울산시민들에게 많이 노출된 것을 확인할 수 있다.



<그림 1-1> 기후변화 키워드 검색결과

자료 : 울산광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획수립(2012)

위 결과들을 바탕으로 본 연구에서 해당지자체의 통계데이터와 비교해 볼 부문은 건강부문으로 선정하였으며, 건강부문 중 해당지자체의 통계데이터를 구할 수 있는 5개의 기후변화 취약성평가 항목에 한하여 비교하였다. 해당 항목은 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성', '미세먼지에 의한 건강 취약성', '수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성', '오존농도 상승에 의한 건강 취약성', '태풍에 의한 건강 취약성'이다.

본 연구에서는 VESTAP을 통한 취약성평가가 해당지자체인 울산광역시의 현실 및 특성에 일치하는지 확인해 보려고 한다. <그림 1-2>는 본 연구의 결과 및 결론을 도출하는 연구 흐름도를 도식화 한 것이다.

<table>
<tr><td colspan="3">선행연구 및 문헌조사</td></tr>
<tr><td colspan="3">○ 기후변화 취약성평가 개념
○ 기후변화 취약성평가 선행연구 검토</td></tr>
<tr><td colspan="3">⇓</td></tr>
<tr><td colspan="3">VESTAP을 이용한 울산광역시 기후변화 취약성평가</td></tr>
<tr><td colspan="3">⇓</td></tr>
<tr><td colspan="3">기후변화 취약성평가 결과 비교</td></tr>
<tr><td>VESTAP 결과</td><td rowspan="2">⇔</td><td>통계데이터</td></tr>
<tr><td>○ 건강분야 기후변화 취약성평가 결과</td><td>○ 대기환경연보, 재해연보 등의 문헌자료를 이용한 지역의 통계데이터</td></tr>
<tr><td colspan="3">⇓</td></tr>
<tr><td colspan="3">VESTAP에 입력된 기초 지표데이터와 통계데이터의 비교</td></tr>
<tr><td colspan="3">⇓</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가방법에 따른 지자체의 기후변화 취약성평가 비교</td></tr>
</table>

<그림 1-2> 연구 흐름도

제 2 장 이론적 고찰

제1절 기후변화 영향 및 취약성평가

1. 기후변화 영향

IPCC 제 5차보고서에 따르면 기후변화로 인한 기온상승은 수확량과 식량안보에 있어 부정적인 영향을 더 많이 끼치고 있으며, 기후변화와 관련된 질병들이 늘어나고 있고, 혹한, 혹서기의 사망률이 증가하고 있다고 한다. 세계는 과거부터 기후변화를 인지하고 이를 대응하기 위해 노력해왔다.

기후변화에 대한 대응방법은 크게 완화(Mitigation)와 적응(Adaptation)으로 나눌 수 있다. 기후변화완화(Climate Change Mitigation : CCM)는 온실가스의 감축을 통해 장기적으로 기후변화를 야기하는 원인을 제거하는 대응방법이다. 기후변화완화의 예로 우리나라에서는 기후변화완화를 위해 온실가스에너지목표관리제(2010), 온실가스 배출권 거래제(2015) 등을 실시하고 있다. 기후변화적응(Climate Change Adaptation : CCA)는 자연적 혹은 인위적으로 시스템을 조정하여 실제 혹은 예상되는 기후변화에 따른 위해를 경감시키거나 기후변화를 기회로 이용하는 것을 의미 한다. 기후변화 완화에 대한 노력은 오래전부터 진행되어왔으나 적응에 대한 노력은 최근에 들어 나타났다.

국제사회에서 기후변화로 인한 영향과 적응에 대한 논의는 IPCC 제3차 보고서(2001) 이후 본격적으로 시작되었다. 초기에는 기후변화에 취약한 개발도상국을 중심으로 진행되었으나, 기후변화의 재앙이 몰고 오는 영향은 개도국에 한정되지 않고 전 지구적으로 나타남에 따라 적응에 대한 논의가 지구적으로 확대되었다(전성우 외, 2012). 적응의 개념은 여러 가지로 해석되는데 Lawrence(1995)에 의하면 생태학적인 적응은 유기체(organism)가 그들의 환경에 적합하도록 진화하는 과정을 의미하며,

Abercombie(1997)에 의하면 유기체가 처한 환경보다 효과적으로 반응하게 변화하는 것을 의미한다. 그리고 IPCC, UNDP, UNFCCC, UKCIP에서는 아래 <표 2-1>와 같이 기후변화적응을 정의한다.

<표 2-1> 기후변화 적응의 정의

구분	정의
IPCC	실제로 일어나고 있거나, 일어날 것으로 예상되는 기후자극과 기후자극의 효과에 대응한 자연, 인간시스템의 조절작용, 기후변화의 결과로 발생하는 새로운 기회를 활용하여 기회로 삼는 행동 또는 과정을 포괄함
UNDP	기후변화 현상에 수반된 결과를 완화·대처하고 이용하는 전략을 강화· 개발·실행하는 과정
UNFCCC	지역사회와 생태계가 변화하는 기후조건에 대응할 수 있도록 하는 모든 행동
UKCIP	기후변화에 관련된 손해와 그 손해에 따른 위험을 감소시키고 이익을 파악하는 과정, 혹은 그 과정에서 나온 미래 기후조건에 영향을 미치는 결과물

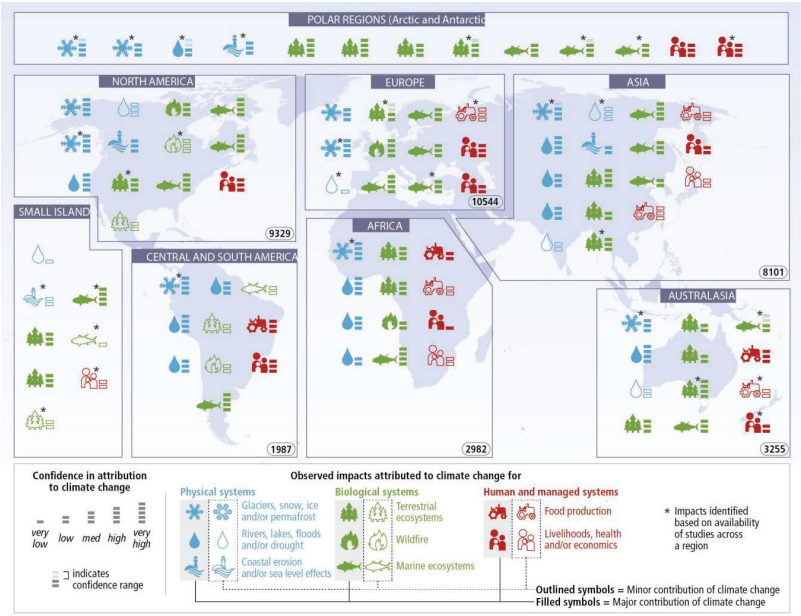
자료 : 국가기후변화적응센터

IPCC 5차 종합보고서에 따르면 기후변화로 인한 영향은 최근 수십 년 동안 증가하고 있다. 다수의 지역에서 기후변화로 인한 강수량의 변화 나타났으며, 눈과 빙하가 녹아 녹지화 되면서 수문시스템의 변화가 초래되어 수자원의 양과 질에 영향을 끼치고 있다.

기후변화는 작물 수확량에 있어서도 영향을 끼치고 있는데 그 영향은 긍정적이기 보단 부정적이다. 특히 밀과 옥수수의 수확량에 부정적인 영향을 끼치고, 쌀과 콩의 생산량에 미치는 영향은 전 지구 및 주요 생산 지역에서 비교적 적은 편이다.

생태계 부문에서는 전 세계 내 많은 지역에서 발생하고 있는 수목의 고사, 가뭄, 폭풍, 화재, 해충 발생 등 생태계 교란의 강도와 빈도가 증가하고 있다. 이 현상들 중 일부는 기후변화로 인한 것이다. 뿐만 아니라 기후 경향에 따라 해양 어류, 무척추 동물, 식물 플랑크톤의 수량 및 분포의 범위가 변화하고 있으며, 주로 극 방향 또는 심해의 한랭한 해수 쪽으로 이동하고 있다. 온난 해류의 산호 및 산호초 중 일부는 온난화에 반응하여 종의 교체, 백화, 서식지 손실이 나타났고, 산호의 면적이 감소하였다.

기후변화가 인한 질병부담은 스트레스 요인 영향과 비교했을 때 상대적으로 적으며, 정량화되지 않았다. 그러나 온난화의 결과로 일부 지역에서는 고온 관련 사망률이 증가해왔고 저온 관련 사망률은 감소되어왔다. 또한 기온과 강수량의 지역적 변화로 인해 물을 매개로한 질병 및 질병 매개 곤충의 분포가 변하고 있다. 이 외에도 기후변화에 의한 영향은 <그림 2-1>과 같이 전 세계적으로 다양한 분야에서 나타나고 있다.



<그림 2-1> 기후변화의 영향

자료 : 제5차 평가 종합보고서(IPCC, 2014)

한반도역시 기후변화의 영향을 받고 있으며 분야별 관측 및 전망되는 영향은 아래 <표 2-2>와 같다. 전반적으로 긍정적인 영향 보다 부정적인 영향이 많으며 이에 대한 적응 역량 강화가 필요한 것으로 사료된다.

<표 2-2> 한반도 기후변화 분야별 영향

구분	내용	
보건	관측된 영향	폭염에 의한 온열 손상환자 및 사망자, 기상재해로 인한 사망자, 알레르기 질환자, 삼일열 말라리아 발생 등 기후요소와의 상관성이 확인됨.
	영향 전망	폭염으로 인한 사망부담이 증가할 것임. 기상재해로 인한 연평균 사망자수는 호우는 3.9배 감소하고, 태풍은 1.7배 증가함. 기후변화로 인한 나무 및 초본의 꽃가루 시기가 증가하여 노출 증가로 인한 알레르기 질환의 증가와 증상의 강도와 기간의 증가로 질병 부담이 증가할 것으로 예상됨.
인간정주 공간 및 복지	관측된 영향	도시는 기후변화의 영향에 대해 취약점을 지니고 있으며, 기후변화 현상을 유발시키는 탄소배출에 큰 비중을 차지하고 있음. 도시의 취약계층은 기후의 특성과 공간에 따라 다르게 나타남.
	영향 전망	미래 한반도의 아열대 기후구의 변화를 전망한 결과, 도시지역은 모두 아열대 기후지역에 포함됨. 도시의 기반시설군 전체적으로 홍수 와 집중호우, 태풍 및 폭풍에 대한 취약성이 높음. 농촌은 기후변화로 인한 농작물생산에 영향을 받음.
수자원	관측된 영향	기후변화가 수자원에 미치는 영향연구는 수질, 홍수, 가뭄 분야에 한정되어 있음.
	영향 전망	지표 유출량이 증가하고 지하수 함양량은 감소하며 홍수량은 증가하고 봄과 겨울에 가뭄발생이 증가할 것으로 전망됨.

생태계	관측된 영향	연평균 기온의 상승과 강수량 증가에 따른 식물계절의 시기가 변하였고, 식물과 동물의 분포와 종조성의 변화가 나타남.
	영향 전망	CO_2 농도와 온도의 증가에 따른 식물들의 개화시기가 빨라짐. 한랭성 식물들은 수평적, 수직적 분포지가 축소되며, 난대성 식물들은 분포지가 확대될 것으로 전망됨.
산림	관측된 영향	연평균기온 상승에 따른 지역별 산림 구성의 변화가 일어났으며 이는 지역별로 다른 특성을 나타냄. 기후변화는 병해충 발생, 생존, 번식, 확산의 직접적인 영향을 미치며, 온도 상승에 따른 한 대성 병해충의 감소와 아열대성 병해충의 유입 및 확산을 야기함.
	영향 전망	기후대의 이동으로 인한 고산 및 아고산 식생이 경쟁에서 밀려날 것이며, 침엽수 와 혼효림이 감소하고 활엽수림이 증가할 것으로 전망됨.
농업	관측된 영향	지구온난화로 노지 작물의 생육 가능 기간이 길어지고, 기후자원의 변화로 인한 작물의 재배 적기와 적지가 변하고 있다.
	영향 전망	쌀 생산성과 품질에 부정적한 영향, 월동 작물인 보리 수량에 긍정적 영향을 미칠 것으로 전망됨. 기후의 변동성이 커져서 극한 기상 현상에 의한 재해가 커질 것이며, 병해충 발생과 피해양상이 변할 것으로 전망됨.

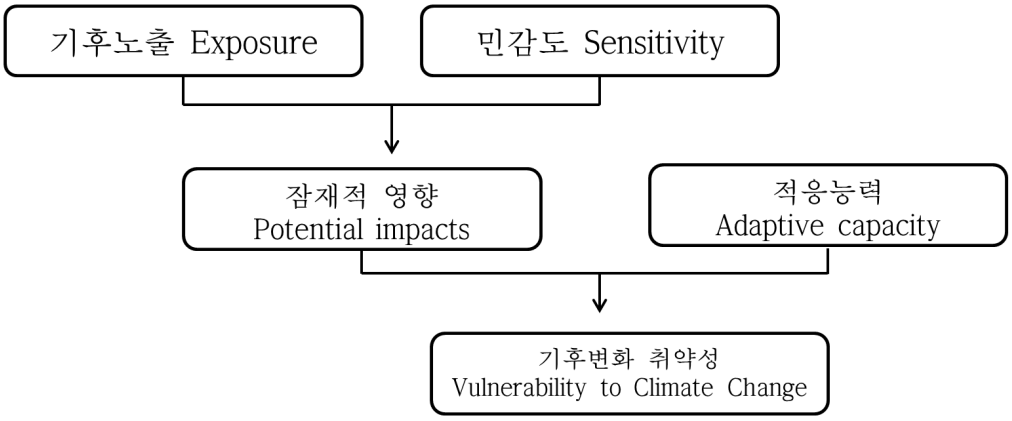
해양 및 수산	관측된 영향	지구온난화에 의한 해수면 상승, 해류의 변화, 해양 산성화, 용존기체의 감소와 같은 현상이 감지되고 있으며, 전 지구 평균보다 빠른 속도로 진행된다고 판단됨. 이와 같은 변화는 해양생물의 분포, 이동, 성장, 산림과 같은 해양상태계에 미치는 영향이 큼. 해양생태계 변화에 따른 수산업 부문의 피해가 예상됨.
	영향 전망	우리나라 해역에서의 온난화 현상은 지속적으로 진행될 것임. 먹이망 구조의 변화, 일차 생산량의 변화, 주요어획어종의 변화 및 어획 해역의 이동을 수반할 것으로 예측됨.
산업 및 에너지	관측된 영향	기후변화에 따른 소비패턴과 산업 및 에너지 분야 전반에 걸쳐 다양한 피해비용이 발생됨.
	영향 전망	기후변화에 따른 재해를 가정할 때 국내 산업단지의 규모와 현황, 업종에 따라 기후변화의 영향을 받는 정도가 다르게 나타날 것임.

자료 : 기후정보포털, ‘IPCC WG Ⅱ 5차 보고서의 주요 결론’ 이용 재 작성

2. 기후변화 취약성평가

기후변화의 영향은 사회· 경제· 환경적 조건에 따라 정도가 다르기 때문에 취약성에 차별이 존재한다(IPCC, 2014). 기후변화 적응대책을 수립하는데 있어 기후변화 취약성 평가는 반드시 필요하다. 기후변화 적응대책의 근거가 되는 취약성평가는 우리가 적응해야하는 대상을 파악하고 이해할 수 있도록 돕기 때문이다.

기후변화 취약성의 개념은 <표 2-3> 같이 다양하다. 그 중 IPCC의 정의가 대표적이다(그림 2-2). 기후변화 취약성은 기후변동에 대한 시스템의 노출(exposure), 기후변화에 대한 외부적 요인과 이에 따른 스트레스 요인에 대한 민감도(sensitivity), 그리고 내부적요인인 적응능력(adaptive capacity)을 포함한 함수이다.



<그림 2-2> IPCC의 기후변화 취약성 개념도

자료 : IPCC(2001), 국가기후변화적응센터

<표 2-3> 취약성의 정의

출처	정의
IPCC	기후변동과 극한 기후 상황을 포함한 기후변화의 부정적 영향에 대한 시스템의 민감도 혹은 대처할 수 없는 정도
UNDP	기후변동이나 스트레스에 대한 노출과 이에 대한 대처, 회복, 적응능력에 따른 노출 단위의 위험에 대한 민감도
UKCIP	특정 위험상황에서 야기되는 피해의 범위. IPCC 정의를 바탕으로 취약성은 시스템의 민감도 및 적응능력에 의해 결정됨
UNFCCC	사회, 인구, 생물종, 생태계, 지역, 농업시스템이나 이외의 다른 시스템이 기후변화의 부정적 영향에 민감한 정도 혹은 대처할 수 없는 정도
UN/ISDR	위험의 영향에 대한 지역사회의 민감도를 증가시키는 물리적, 사회적, 경제적, 환경적 요소에 의해 결정되는 일련의 조건 혹은 과정
Austrailan Greenhouse Office	자연계와 인간 사회가 기후변화, 기후변동, 극한 기후 상황이 야기하는 부정적 영향에 대처할 수 없는 정도. 시스템이나 사회의 민감도, 적응능력뿐 아니라 기후변화에 의해 좌우됨
E. Tomkins (2005)	개인이나 집단, 시스템이 위험이나 스트레스에 노출되어 나타나는 위험과 그에 대한 대처, 회복, 적응능력에 대한 민감도
Pew Center (2004)	기후변화에 대한 시스템의 민감도 측정지표로, 시스템의 노출, 민감도, 적응능력의 함수임
U.S. 에너지부	기후변화에 대한 시스템의 민감도(기후 투입 변화에 따른 결과 혹은 특성의 변화 정도)와 시스템의 적응성(변화가 새로운 조건을 활용할 수 있는 정도)
Blaikie et al. (1994)	자연재해의 영향에서 회복할 수 있는 정도를 포함한 개인이나 집단의 노출
Kelly and Adger	개인이나 사회집단이 생계와 복지에 영향을 주는 외부적 스트레스에 대처하고 회복하며 적응할 수 있거나 없는 능력

(2000)	
Brooks (2003)	리스크는 기후위해와 취약성의 함수이며, 여기서 취약성은 기후위해와 별개로 시스템 내에 존재하는 상태로서 사회적 취약성과 동일한 의미로 사용

자료 : 기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축 Ⅲ(한화진 외, 2007)

제 2절 선행연구 고찰

국내에서는 기후변화 취약성평가에 대한 연구가 많이 진행되지 않았다(고재경 외, 2009). 주로 농업, 산림, 재난재해, 물 등 부문별 기후변화 취약성을 평가하는 연구에 초점이 맞춰져 있다(이버들, 2011).

한화진 외(2007)은 2005년부터 2007년까지 3년에 걸쳐 한반도의 기후변화 현 상황을 토대로 기후변화 영향과 취약성을 평가하고, 분석결과로부터 정책적 시사점을 파악하여 기후변화 국가 적응체계 구축방안을 제시할 목적으로 연구를 진행 하였다.

자료의 구축상황 및 주어진 여러 가지 조건에 따라 정량적 취약성 예측이 가능한 부문인 농업생태, 산림생태, 수자원부문은 모델링 접근 또는 지수접근법을 활용하였으며, 현 상황에서 정량적 예측이 어려운 부문인 해양, 수산자원은 현재까지의 관측결과를 토대로 정성적 접근법을 활용하였다.

본 연구에서는 국가 기후변화 적응체계 구축의 방향이 위험관리 접근법을 기본으로 할 것을 제안하며 적응계획은 연구개발과 정책실행을 연계하여 동시에 추진하는 접근법을 활용하고 적응대책 수립·시행을 위해서는 영향 및 취약성 평가에 기초한 적용대상의 확인, 적응조치 인벤토리, 적응정책의 우선순위 설정, 적응실행, 검토계획 등이 포함되어야 할 것으로 주장하였다.

유가영 외(2008)은 기후변화 취약성을 평가할 수 있는 지표를 개발하고 이의 활용 방안에 대한 방향성을 제시 하였다. IPCC(2001)에 따라 취약성 평가 세부요소별 33개의 대리변수를 선정하고 표준화 과정을 거쳐 취약성-탄력성지표(VRI)를 계산하였다. VRI 검증을 위하여 취약성을 대변한다고 할 수 있는 자연재해에 따른 실질 데이터와 비교, 검토하여 높은 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.

또한 지역별 VRI의 크기에 따라 지역을 네 개의 그룹으로 나누고, 지역별 취약성 구성요소를 분석함으로써 지역에 맞는 적응정책의 방향성을 제시하였으며, 방사형 그래프를 이용함으로써 지역별 적응정책 방향성 제시의

정책적 도구로 활용할 수 있도록 하여 당시의 정량적 기후변화 취약성 평가연구의 틀을 마련하였다고 볼 수 있다.

고재경, 김희선(2009)는 지역의 기후변화 적응정책수립을 위해서는 국가차원의 기후변화 영향 및 취약성평가와 함께 지역의 특성과 여건을 고려한 취약성 평가 방법론을 개발할 필요가 있다고 주장하고 기초지자체 단위 취약성 평가지표를 개발하여 적용가능성을 모색하는 연구를 하였다.

연구방법으로 적응대책 우선순위 도출을 위하여 취약성 평가지표 개발 및 선정을 위해 지표에 대하여 적응관련 전문가회의 및 공무원 인터뷰 등을 실시하여 지표의 적합성을 평가하고, 계층분석(AHP : Analytical Hierachy Process)을 통해 도출된 가중치를 적용하여 부문별 취약성 지수와 종합취약성 지수를 산정하였다.

이를 토대로 각각 기초지자체들의 노출지수, 민감도지수, 그리고 적응능력지수 순위를 선정하였으며 마지막으로 지자체의 기후변화 취약성 결과를 종합하여 취약성이 높은 그룹으로 여주군, 양평군, 김포시 등을 도출하였다.

고재경 외(2015)는 IPCC 5차 보고서이후 적응정책 패러다임이 구조적인 대책에서 위험 관리로 전환할 것을 강조함에 따라 기후변화 위험을 효과적으로 관리하기 위해서는 적응과정 전반에 걸쳐 중앙정부뿐만 아니라 지방정부와 민간 부문의 역할이 중요하다고 주장하고 있다.

불확실성이 높은 기후변화 적응의 관건은 국가, 그리고 지역의 다층위적 민관주체 간 지속적인 조정과 협력을 촉진하는 거버넌스라고 할 수 있으며 다층적 거버넌스 틀을 중심으로 지방자치단체와 커뮤니티 단위의 적응 거버넌스를 저해 하거나 촉진하는 요인과 특징을 분석함으로써 효과적인 적응 거버넌스에 대한 시사점을 제시하고자 했다.

17개 광역지자체와 33개 시범기초지자체의 경우 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립이후의 거버넌스 수준변화를 분석한 결과 적응계획 수립이 수직적 협력 수준을 높이는 수단으로는 기여하지만 계획실행 단계에서는 특히 기초지자체에서는 별 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

분석결과를 바탕으로 중앙정부와 지방정부의 협력을 촉진하는 중간지원 조직으로서의 역할을 강화함으로써 수직적, 수평적 거버넌스를 촉진할 수 있으며, 적응대책 수립단계에서는 종합적인 형태의 거버넌스가 필요하지만, 실행단계에서는 분야별 거버넌스가 같이 작동하는 것이 바람직하다고 정책적 시사점을 제시 하였다.

이경진, 차정우(2015)은 국립환경과학원에서 제공한 CCGIS프로그램을 이용한 취약성평가의 불확실성을 고려하여 신뢰성 높은 분야별 취약성 평가를 각 분야별 자료 분석을 통해 실시하였다.

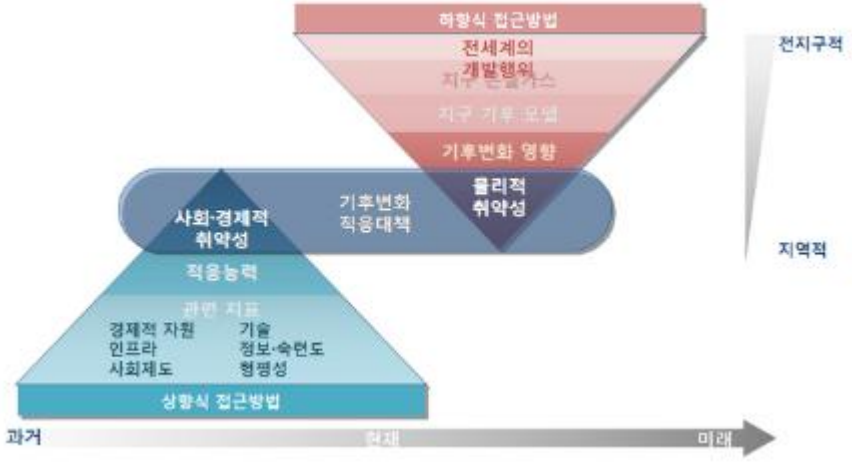
배민기, 김보은(2015)은 국가기후변화적응센터에서 개발한 기후변화 취약성평가 툴 VESTAP을 활용하여 거시적인 측면에서 충청북도의 기후변화 취약성을 파악해보고 VESTAP의 유용성과 개선점을 찾아내어 지자체 기후변화 적응계획의 실효성 및 이행효율화 강화 등 지자체의 효율적인 기후변화 적응대책 수립을 위한 취약성평가 개선방안을 제시하였다.

임채현(2016)은 국가기후변화적응센터에서 개발한 VESTAP을 이용하여 제주도의 읍면동별 산출 취약성 평가를 2010년대에서 2040년대까지 하였다. 도출한 결과를 바탕으로 표준화된 취약성 지수(표준취약성 지수)를 산정하였다.

제 3 장 기후변화 취약성평가

1. 기후변화 취약성평가 방법

기후변화 취약성 평가는 취약성 평가 방법론 검토, 분야선정 및 세부 항목 검토, 대응변수 선정, 가중치 선정, 표준화 및 취약성 지수 산출까지 총 5단계로 이루어져있다. 기후변화 취약성을 평가하는 접근법은 <그림 3-1>과 같이 상향식과 하향식 그리고 절충형 접근법으로 나뉜다.



<그림 3-1> 기후변화 취약성 평가 접근방법

자료 : 지자체기후변화적응수립지원 및 기반 구축

상향식 접근법은 지역의 기후변화 취약성을 설명할 수 있는 각종 사회경제적 지표를 활용하여 민감도, 노출정도 및 적응능력을 정성적 또는 정량적으로 분석하는 접근법이다. 이와 같은 접근법은 비교적 단기적이고 지역적인 적응방안 도출 및 정책 개발에 적합하다. 그러나 자료의 한계로 인한 문제 및 시공간적 비교 분석의 한계가 있다(고재경, 2009).

하향식 접근법은 기존의 경험적인 자료를 바탕으로 전 지구 및 권역의 미래 기후 시나리오를 적용하는 방법으로 기후변화와 영향과의 관련성을 정량적으

로 제시할 수 있는 접근법이다. 분야별로 기후변화 영향을 가장 잘 설명할 수 있는 모형· 모델을 이용하여 취약성을 평가하며, 비교적 넓은 지역에 대한 장기적인 기후변화 영향을 평가할 수 있다.

절충형 접근법은 상향식 접근법과 하향식 접근법을 종합한 평가 접근법이다. 평가 대상 지역의 장기적 기후 영향 패턴과 지역의 취약성 관련 사회 경제 환경 지료를 통합적으로 고려하여 상향식 접근법과 하향식 접근법에서의 단점을 상호 보완한 평가방법이다.

2. 기후변화 취약성평가 모형(VESTAP)

VESTAP(Vulnerability Assessment Tool to Build Climate Change Adaptation Plan)은 환경부 기후변화협력과를 주관으로 국가기후변화적응센터를 통하여 제공하는 WEB 기반의 광역지자체 및 기초지자체별 기후변화취약성평가도구이다. VESTAP 서비스는 지자체 사용자의 로그인 체계로 운영되며, 각 지자체는 할당된 아이디와 비밀번호를 통해 로그인 할 수 있다.

VESTAP은 CCGIS(Climate Change Adaptation Plan)를 개선한 프로그램으로, 지표DB 455개에 관한 정보 및 원시자료들의 메타정보를 제공하고, 건강, 재난재해, 농업, 산림, 물관리, 생태계의 6가지 분야에 대한 읍면동 간의 상대적 기후변화 취약성 비교를 통해 기후변화 적응대책 지원이 시급한 지역에 대한 정보를 제공하고 있다.

VESTAP은 WEB을 기반으로 하고 있어 별도의 프로그램설치가 필요하지 않다. 각 광역지자체 및 기초지자체의 해당 ID로 접속하여 읍면동 별 기후변화 취약성평가가 가능하다. VESTAP은 <표 3-1>와 같이 7개 분야, 32개 세부 평가항목으로 구성되어있다.

<표 3-1> VESTAP의 평가 항목

분야	분야에 따른 취약성 평가 항목(세부 취약성평가 항목)
건강	곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성
	기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성
	미세먼지에 의한 건강 취약성
	수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성
	오존농도 상승에 의한 건강 취약성
	태풍에 의한 건강 취약성
	폭염에 의한 건강 취약성
	한파에 의한 건강 취약성
	홍수에 의한 건강 취약성
재난/재해	폭설에 대한 기반시설 취약성
	폭염에 대한 기반시설 취약성
	해수면 상승에 대한 기반시설 취약성
	홍수에 대한 기반시설 취약성
농업	가축 생산성의 취약성

	농경지 토양침식에 대한 취약성
	벼 생산성의 취약성
	사과 생산성의 취약성
	재배·사육시설 붕괴의 취약성
산림	가뭄에 의한 산림식생의 취약성
	병해충에 의한 소나무의 취약성
	산림생산성의 취약성
	산불에 대한 취약성
	산사태에 의한 임도의 취약성
	소나무와 송이버섯의 취약성
	집중호우에 의한 산사태 취약성
해양/수산	수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성
물관리	수질 및 수생태에 대한 취약성
	이수에 대한 취약성
	치수의 취약성
생태계	곤충의 취약성
	국립공원의 취약성
	침엽수의 취약성

VESTAP은 아래의 <표 3-2>와 같은 기후변화 취약성평가 산출 식을 기반으로 해당 지자체별, 취약성평가항목별 가중치를 적용해 취약성지수를 산출한다. 산출에 사용된 기초자료는 구축형태에 따라 시·군·구 실제데이터, 시·도 자료로부터 가공한 데이터, 복합/기타 데이터, 3가지로 구분된다.

<표 3-2> 기후변화 취약성 평가 지수 산출 식

기후변화 취약성평가 지수 = {(기후노출 지수 x 가중치) + (기후변화 민감도 지수 x 가중치) - (적응능력 지수 x 가중치)}

기후변화 취약성평가는 해당 지자체와 기후변화시나리오를 선택하고, 평가하고 싶은 연대를 선정해야한다. VESTAP에서는 2001년~2010년, 2011년~2020년, 2021년~2030년, 2031년~2040년, 2041년~2050년으로 연대가 구분되어 있다(그림 3-2). 단 2001년 ~ 2010년에 대한 기후변화 취약성 평가는 시나리오 선택하는데 있어 제약을 받는다. VESTAP에서는 총 3가지

의 기후변화 시나리오를 제공하고 있다. 세 가지 시나리오는 RCP 과거관측자료 시나리오, RCP 4.5 시나리오, RCP 8.5 시나리오 이다. 2001년~2010년대에 대한 취약성평가는 RCP 과거관측자료 시나리오로만 평가가 가능하며 RCP 4.5 및 8.5 시나리오로는 평가가 불가능하다.

<그림 3-2> VESTAP의 시나리오 및 연대 선택 박스

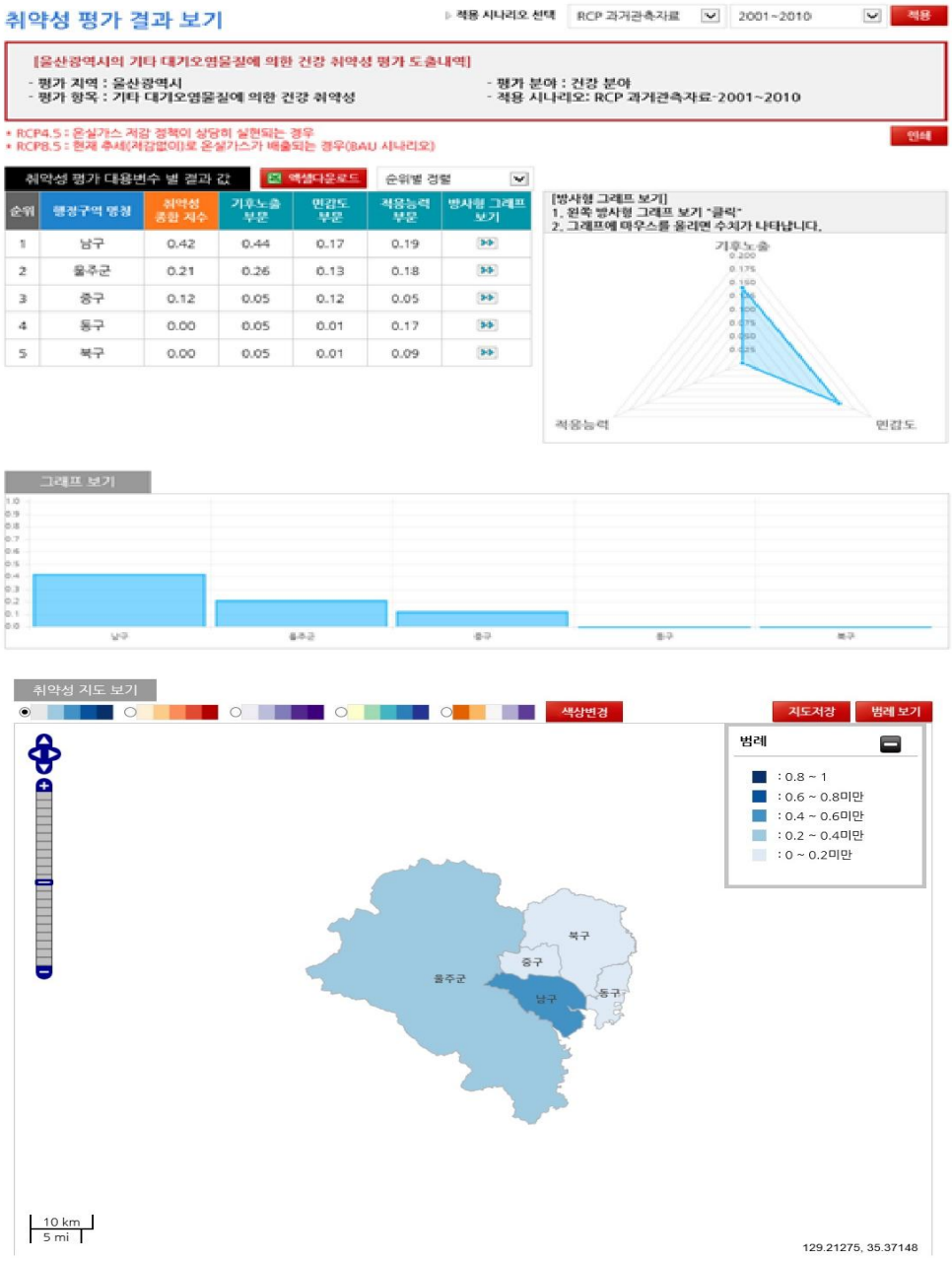
RCP(Representative Concentration Pathway) 시나리오는 IPCC 5차 평가보고서(AR5, 2013)에서 사용된 새로운 시나리오 이다. IPCC 4차 평가보고서(AR4, 2007)까지 사용한 SRES 온실가스 시나리오는 미래의 사회·경제 형태가 먼저 결정된 후 이에 따른 배출량 시나리오를 통해 온실가스 농도를 정한다. 그러나 RCP 시나리오의 경우 인간 활동이 대기에 미치는 복사량으로 온실가스 농도를 정한다. 대표적인 복사 강제력에 대해 사회-경제 시나리오는 여러 가지가 될 수 있다는 의미에서 '대표(Representative)'라는 표현을 사용하고 온실가스 배출 시나리오의 시간에 따른 변화를 강조하기 위해 '경로(Pathway)'라는 의미를 포함하고 있다. RCP 시나리오는 총 4가지로 구성되며 아래와 같다(표 3-3).

<표 3-3> RCP 시나리오

구분	특징	CO_2 농도
RCP 2.6	인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복 가능한 경우	420ppm
RCP 4.5	온실가스 저감 정책이 상당히 실행되는 경우	540ppm
RCP 6.0	온실가스 저감 정책이 어느 정도 실행되는 경우	670ppm
RCP 8.5	현재 추세(저감 없이)로 온실가스가 배출되는 경우 (BAU 시나리오)	940ppm

자료 : 제5차 평가보고서(IPCC, 2013)

기후변화 취약성평가 결과는 취약성 종합지수, 기후노출 부문, 민감도 부문, 적응능력 부분으로 대용변수 별 결과값을 볼 수 있다. 또한 행정구역 별로 기후변화 취약성평가 결과를 볼 수 있다. 산출에 사용한 데이터는 excel형태로 다운로드 할 수 있으며, 출처와 가공방법에 대한 설명은 아래 <그림 3-3>, <그림 3-4>과 같이 나타나 있다. 각 대용변수 별 사용 지표를 클릭할 경우 지표의 구축 방법 및 출처 등을 알 수 있다.



<그림 3-3> VESTAP의 기후변화 취약성평가 결과화면 1

※ 취약성평가 산출식

▷ 기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성 (값) = (기후노출 지수 × 0.5) + (기후변화 민감도 지수 × 0.23) - (적응능력 지수 × 0.27) / 1

※ 산출에 사용된 기초자료

▷ 구축형태 구분 A 시군구 실제데이터 B 시도 자료로부터 가공한 데이터 C 복합/기타 데이터

- 기후노출 부문 7개 지표, 기후변화 민감도 부문 6개 지표, 적응능력 부문 6개 지표 사용

기후노출 부문			기후변화 민감도 부문			적응능력 부문		
기초자료 이름	구축형태	가중치	기초자료 이름	구축형태	가중치	기초자료 이름	구축형태	가중치
CO (비산업 및 주거용시설 배출량) (kg)	B	0.14	14세이하 인구 (명)	A	0.15	GRDP 보건업 및 사회 복지 서비스업 (백만원)	B	0.16
CO (산업 및 이동오염원 배출량) (kg)	B	0.16	65세이상 인구 (명)	A	0.14	건강보험적용 인구비율 (%)	B	0.13
Nox (비산업 및 주거용시설 배출량) (kg)	B	0.14	기초 생활수급자 비율 (%)	B	0.14	인구당 보건소 인력 (명/만명)	C	0.16
Nox (산업 및 이동오염원 배출량) (kg)	B	0.16	독거노인(65세이상) 비율 (%)	B	0.14	인구당 응급의료 기관수 (개/십만명)	C	0.15
Sox (비산업 및 주거용시설 배출량) (kg)	B	0.14	심혈관질환 사망자 수 (명)	B	0.18	재정 자립도 (%)	B	0.24
Sox (산업 및 이동오염원 배출량) (kg)	B	0.16	호흡기 질환 입원 환자 수 (명)	C	0.25	지역 내 총생산 (GRDP) (백만원)	B	0.16
일 최고기온의 연간 평균값 (°C)	A	0.1						

기초자료 표로 보기

※ 울산광역시의 기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성평가 도출에 사용된 기초자료를 시/군/구 단위로 확인할 수 있으며, 원하는 경우 Excel로 다운로드 할 수 있습니다.

기후노출 부문 엑셀다운로드

번호	행정구역 명칭	CO (비산업 및 주거용시설 배출량) (kg)	CO (산업 및 이동오염원 배출량) (kg)	Nox (비산업 및 주거용시설 배출량) (kg)	Nox (산업 및 이동오염원 배출량) (kg)	Sox (비산업 및 주거용시설 배출량) (kg)	Sox (산업 및 이동오염원 배출량) (kg)	일 최고기온의 연간 평균값 (°C)
1	남구	242,419.56	6,181,553.96	1,011,586.48	11,176,040.32	297,968.45	2,084,211.13	18.39
2	동구	61,027.57	1,508,760.94	249,099.55	1,614,115.36	5,365.88	794,193.26	17.53
3	북구	50,791.57	2,204,726.61	230,195.46	1,782,148.1	1,835.8	184,540.49	17.99
4	울주군	71,245.61	3,583,255.61	390,843.49	7,805,708.72	578,189.84	2,736,329.15	17.19
5	중구	61,913.8	2,076,575.79	282,063.06	891,434.57	756.42	63,788.29	18.07

<그림 3-4> VESTAP의 기후변화 취약성평가 결과화면 2

제 4 장 울산광역시 기후변화 취약성평가 비교

1. 울산광역시 현황

본 연구의 대상지역인 울산광역시는 태화강을 중심으로 시가지가 형성되었으며 방어진, 염포, 장생포항을 중심으로 도시가 형성되었다. 울산광역시의 울산항은 국가 수출 1위 항만이며, 울산항 외에도 울산본항, 미포항, 장생포항, 울산신항, 방어진항, 정자항 등이 있다. 해안지역은 공업용수가 풍부하고 지반이 경암질로 되어 있어 공장건설은 물론 산업도시로 발전할 수 있는 입지조건을 갖추고 있다. 울산광역시는 1962년 특정공업지구로 지정되면서 시로 승격되었으며, 1995년 울산시 · 군이 통합되었다. 그 후 1997년 광역시가 되었으며, 7대 도시인 서울, 부산, 인천, 대구, 광주, 대전, 울산 중 가장 넓은 1,060km^2 의 면적을 갖고 있다.

울산광역시는 도 · 농복합도시에 걸맞는 도시공간을 조성하여 도시와 농촌의 균형적 발전을 추진하는 환경친화적 도시개발을 갖고 있다. 경부고속국도 등 3개의 고속국도와 5개의 일반국도, 철도, 항공, 항만 등 교통의 중심지이다.

행정구역은 <그림 4-1 >과 같이 4개의 구(북구, 동구, 중구, 남구)와 1개의 군(울주군), 44개의 행정동, 12개의 읍면으로 행정구역체제를 갖추고 있으며 인구는 1,199,717명이다(표 4-1). 울산광역시의 5개의 구·군중 울주군이 757.57km^{2}으로 가장 넓고, 인구는 남구가 349,328명으로 가장 많다. 면적 1km^{2}당 인구수는 남구가 4,784명으로 가장 높았으며, 울주군은 302명으로 가장 낮았다.

<그림 4-1> 울산광역시의 행정구역

자료 : 울산광역시청 행정지도

<표 4-1> 울산광역시 구·군별 행정구역 현황(2015. 12. 31.)

구·군별 구분		계	중구	남구	동구	북구	울주군
읍면동 (개)	계	56	13	14	9	8	12
	읍	4					4
	면	8					8
	동	44	13	14	9	8	
면적(km^2)		1,060.96	37.00	73.02	36.04	157.33	757.57
세대수(세대)		451,688	95,710	133,669	68,359	67,469	86,481
총인구(명) (주민등록+외국인)		1,199,717	247,016	349,328	181,207	193,737	228,429
주민 등록 (명)	계	1,173,534	244,481	343,598	174,963	191,063	219,429
	남	604,889	124,915	175,406	92,793	98,828	112,947
	여	568,645	119,566	168,192	82,170	92,235	106,482
외국인(명)		26,183	2,535	5,730	6,244	2,674	9,000

자료 : 울산광역시청

울주군은 부산광역시와 인접하고 있으며 울산도심을 둘러싸고 있다. 울산광역시의 구·군중 가장 넓은 면적인 757.57km^{2}이며 다른 도시에 비해 기반시설이 상대적으로 부족하다.

남구는 울산광역시의 중심지로 금융·경제·문화·언론 및 유통의 기능이 집중되어 있으며 주·야간 이동인구가 많다. 또한 시외 및 고속버스 터미널·태화강역·울산항이 위치하고 있어 울산교통의 요충지이다. 신정, 수암, 야음시장 등 재래시장과 현대, 롯데 등의 대형백화점, 롯데마트, 홈플러스, 이마트 등 대형할인점의 신·구 유통시장이 복합적으로 형성되어 울산의 중심적이 상업지역으로 발전하고 있다. 뿐만 아니라 미포국가산업단지와 울산석유화학단지에 중화학공업, 정유·석유화학 계열의 수많은 공장들이 입지하고 있다.

동구는 동해와 접하고 있으며 세계 조선공업의 중심역할을 하는 현대중공업을 비롯한 현대 계열 기업체 및 청정해역의 풍부한 수자원으로 어업의 기지 역할을 하는 방어진항 등이 위치하고 있다.

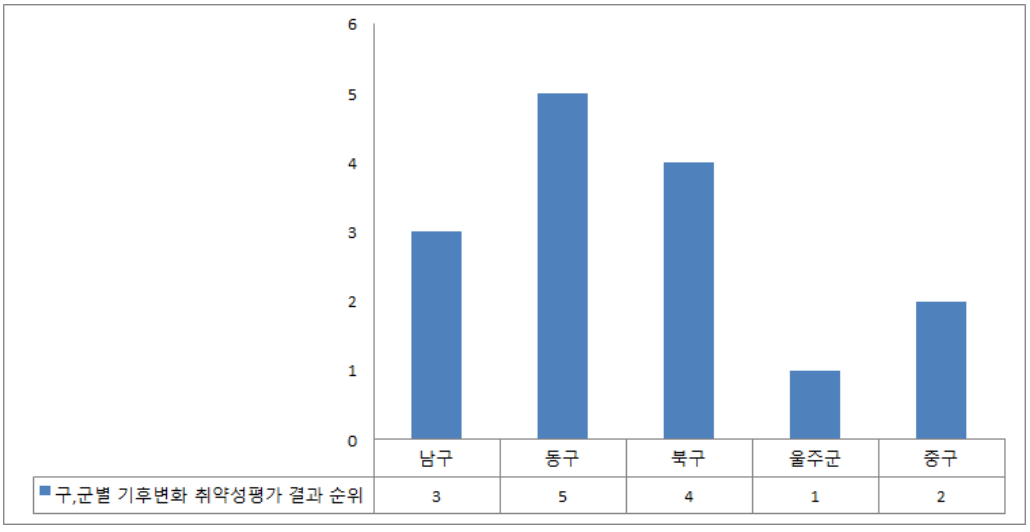
북구는 울산광역시 동북편에 위치하고 있으며 동쪽으로는 해안지역이 형성되어 있다. 북구는 도시·공업지역과 농어촌지역이 혼재하여 세 개의 권역으로 구분된다. 주거중심 권역으로 농소, 송정, 공업중심 권역으로 효문, 양정, 염포, 해양관광 및 어업중심 권역으로 강동이 해당된다.

중구는 우정혁신도시 개발로 인해 장래 울산광역시의 중심지역의 역할을 할 지역으로 부상하고 있으며 현재도 시가지가 형성되어 있다.

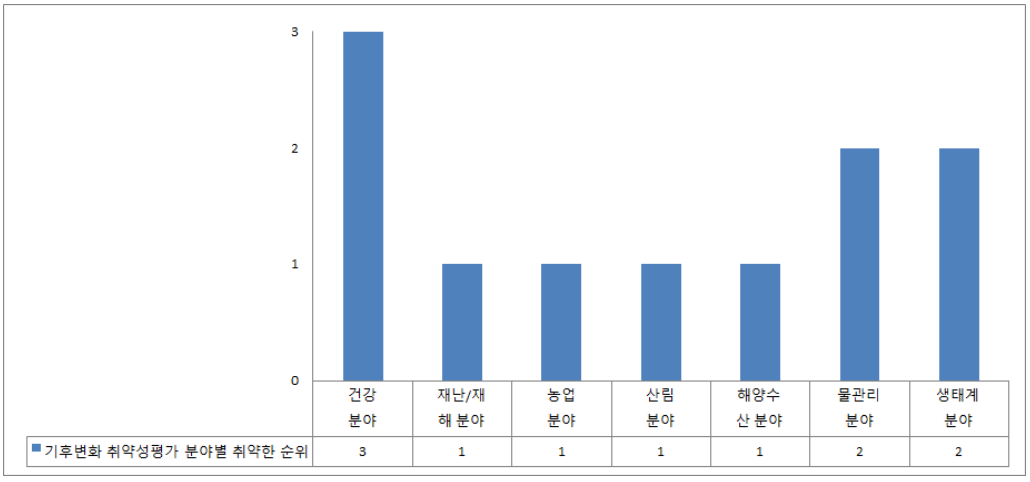
2. 울산광역시 기후변화 취약성평가 결과

본 절에서는 VESTAP 모델을 이용하여 울산광역시의 2001년 ~ 2010년의 기후변화 취약성평가를 실시하였다. 2001년 ~ 2010년은 과거관측자료에 의한 취약성평가만 가능하다. 과거관측자료에 따른 울산광역시의 기후변화 취약성평가 결과는 아래<그림 4-2>, <그림 4-4>와 같다.

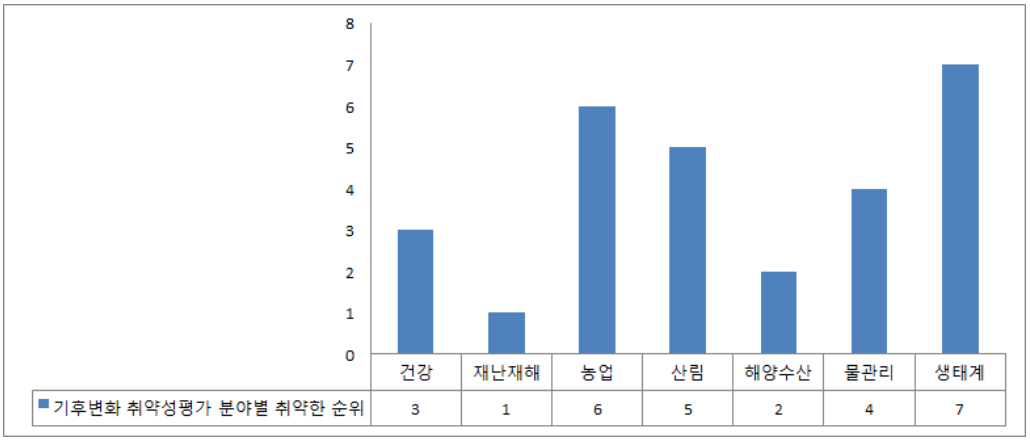
<그림 4-2>는 울산광역시의 구·군별 기후변화 취약성평가결과를 바탕으로 작성하였다. 울산광역시에서 기후변화에 가장 취약한곳은 울주군 이였으며 중구, 남구, 북구, 동구 순으로 취약하다. 기후변화에 가장 취약한 곳으로 나타난 울주군은 재난재해, 농업, 산림, 해양수산 분야에서 가장 취약한 곳으로 나타났으며 그 외 물관리와 생태계 분야에서는 2번째, 건강분야에서는 3번째로 취약하다고 나타났다(그림 4-3).



<그림 4-2> 울산광역시의 기후변화 취약성평가 결과(구·군별 취약한 순위)



<그림 4-3> 울산광역시 울주군 기후변화 취약성평가 분야별 순위

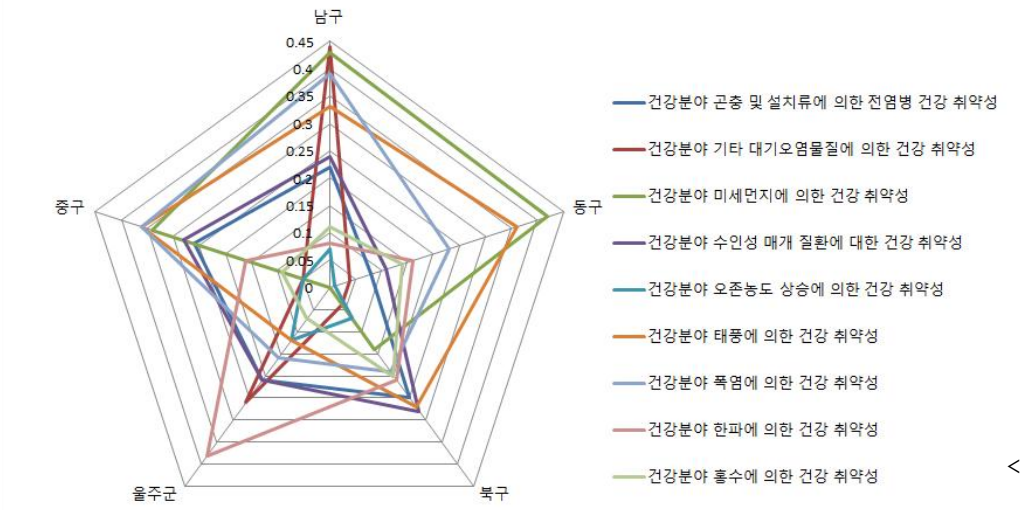


<그림 4-4> 울산광역시의 기후변화 취약성평가 결과(기후변화 취약성평가 분야별 취약한 순위)

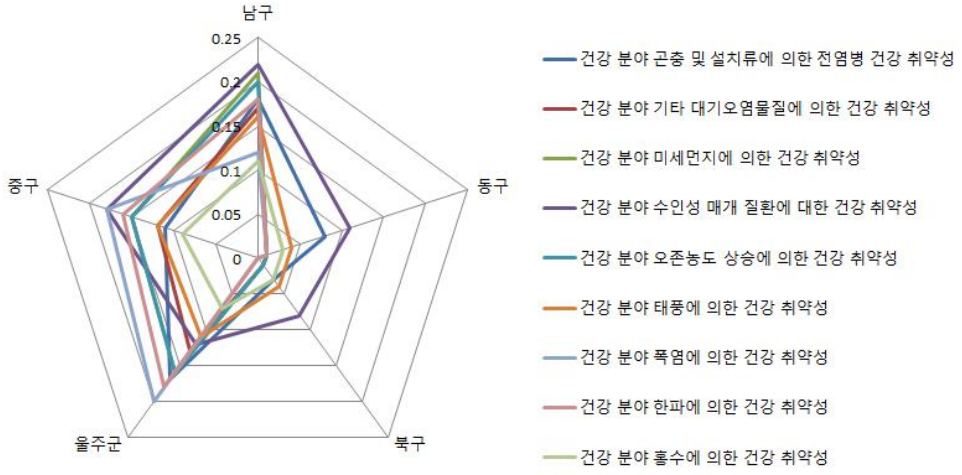
<그림 4-4>은 울산광역시의 구·군의 기후변화 취약성평가 분야별 취약한 정도를 순위로 보여준다. <그림 4-4>을 살펴볼 때, 울산광역시는 재난재해, 해양수산, 건강, 물관리, 산림, 농업, 생태계 순으로 취약하며, 울주군, 중구, 남구, 북구, 동구 순으로 기후변화에 취약하다. 기후변화에 가장 취약한 분야인 재난재해 분야에서 울주군이 가장 취약한 지역으로 나타나며 남구, 중

구, 동구, 북구 순으로 취약하다.

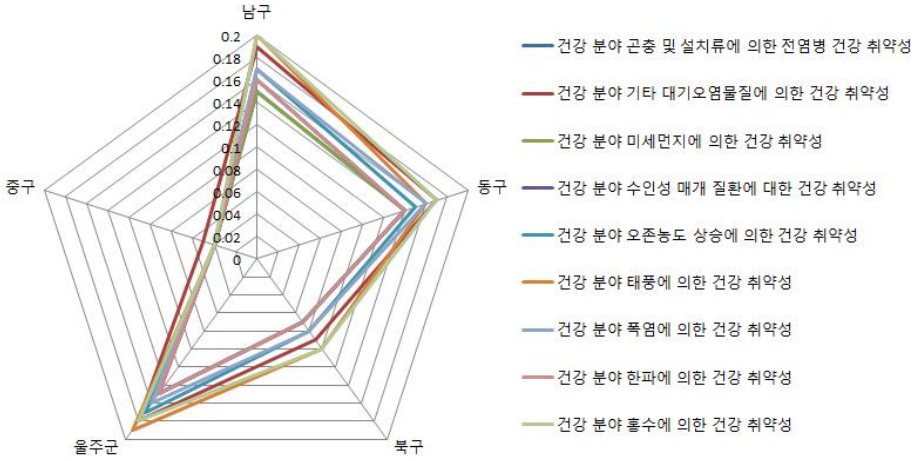
그 외 기후변화 취약성평가의 대응변수(기후노출부문, 민감도부문, 적응능력부문)별 결과를 살펴보면 기후노출, 민감도, 적응능력 부문에서 서로 다른 결과가 나온 것을 알 수 있다. 건강분야의 경우 종합지수로 울산광역시의 기후변화 취약성평가 결과를 볼 때 중구가 가장 취약하며 남구, 울주군, 북구, 동구 순으로 취약하다. 그러나 <그림 4-5>와 같이 기후노출부문에 있어서는 남구, 중구, 북구, 동구, 울주군 순이고, 민감도부문에서는 남구, 울주군, 중구, 동구, 북구 순이며(그림 4-6), 적응능력부문에서는 중구, 북구, 동구, 울주군, 남구 순으로(그림 4-7) 취약한 것을 볼 수 있다. 각 구·군별 기후변화 취약성평가 결과의 지수 차이가 크지는 않지만 다름을 볼 수 있다. 특히 종합지수로 기후변화 취약성평가를 했을 때 중구가 가장 취약하다고 나왔으나 기후노출부문과 민감도부문에서는 남구가 가장 취약한 것으로 나왔다. 이는 중구가 기후노출 및 민감도부문에서 타 지역과 큰 차이 없이 영향을 받지만 적응능력이 타 지역에 비해 많이 부족해서 상대적으로 더 취약하게 평가된 것으로 판단된다.



<그림 4-5> 건강분야 취약성평가 지수(기후노출부문)

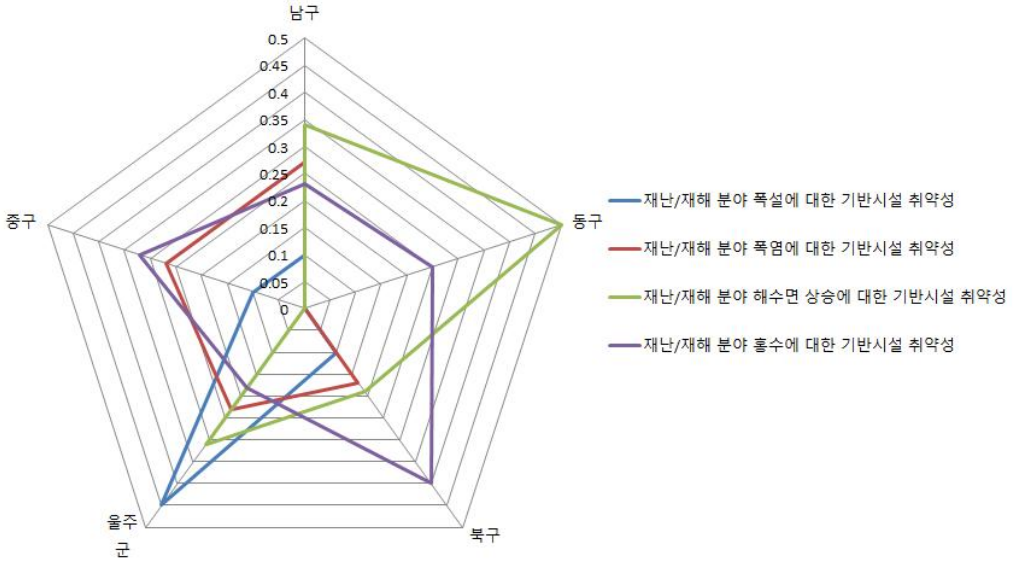


<그림 4-6> 건강분야 취약성평가 지수(민감도부문)

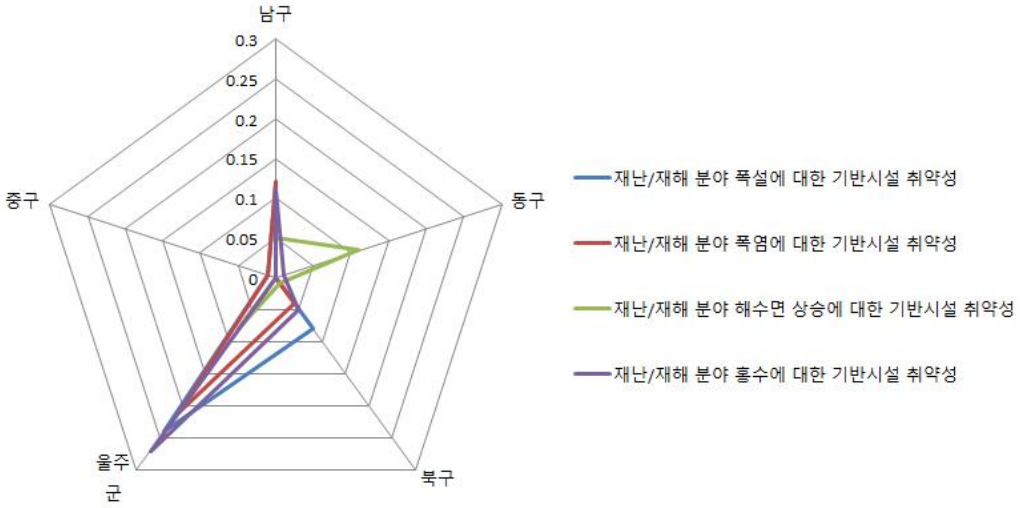


<그림 4-7> 건강분야 취약성평가 지수(적응능력부문)

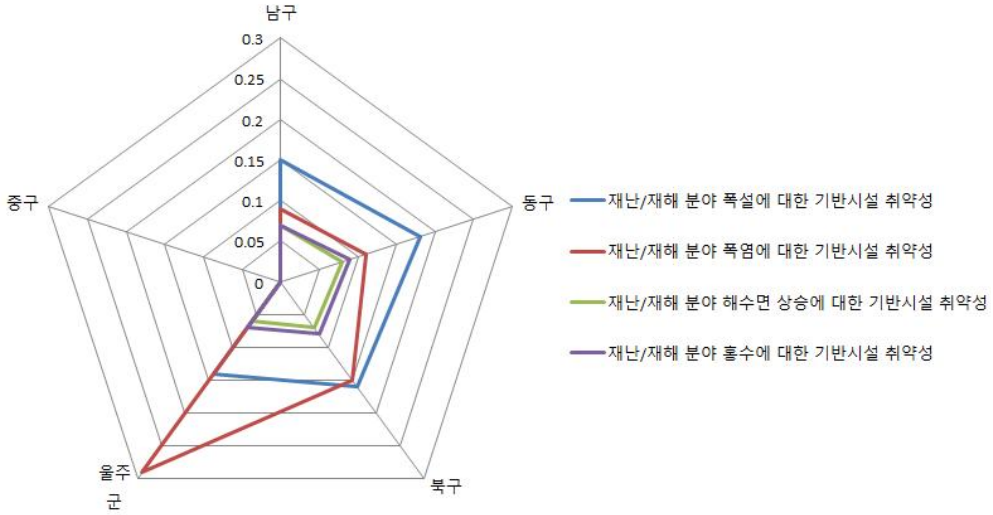
재난재해 분야의 경우 종합지수로 기후변화 취약성평가 결과를 볼 때 울주군, 남구, 중구, 동구, 북구 순으로 취약한 것으로 나타난다. 대응변수별 기후변화 취약성평가 결과를 살펴보면 기후노출부문(그림 4-8)과 민감도부문(그림 4-9)의 경우 울주군, 남구, 북구, 동구, 중구 순이며, 적응능력부문(그림 4-10)은 중구, 남구, 울주군, 동구와 북구 순이다. 울주군이 기후노출과 민감도 부문에서 가장 취약하다고 나타났고 그에 비해 적응능력부문에서는 상대적으로 덜 취약하다고 나타났다. 적응능력부문에서 가장 취약하다고 평가된 중구의 경우 기후노출과 민감도 부문이 상대적으로 낮아 종합적으로 볼 때 기후변화로 인한 재난재해 분야에서 덜 취약한 지역으로 평가되었다.



<그림 4-8> 재난/재해분야 취약성평가 지수(기후노출부문)

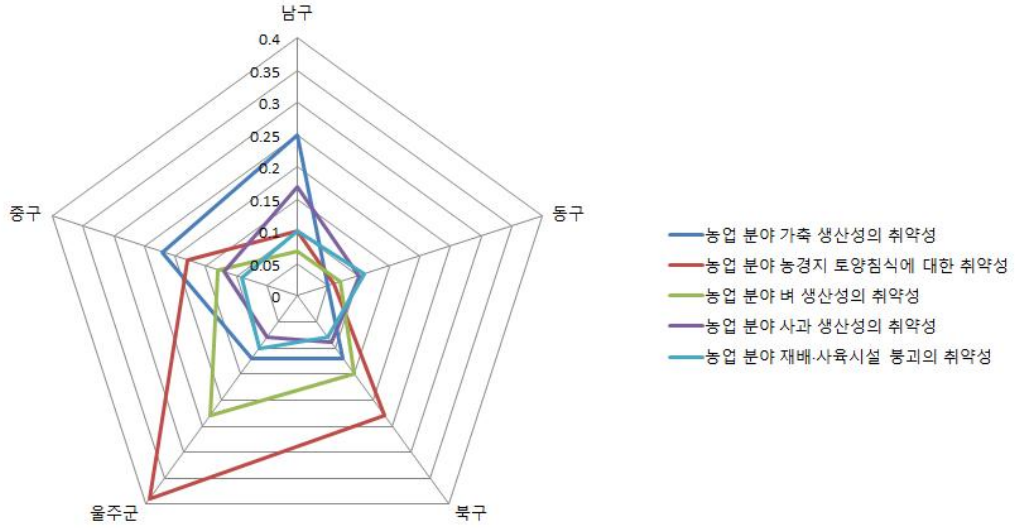


<그림 4-9> 재난/재해분야 취약성평가 지수(민감도부문)

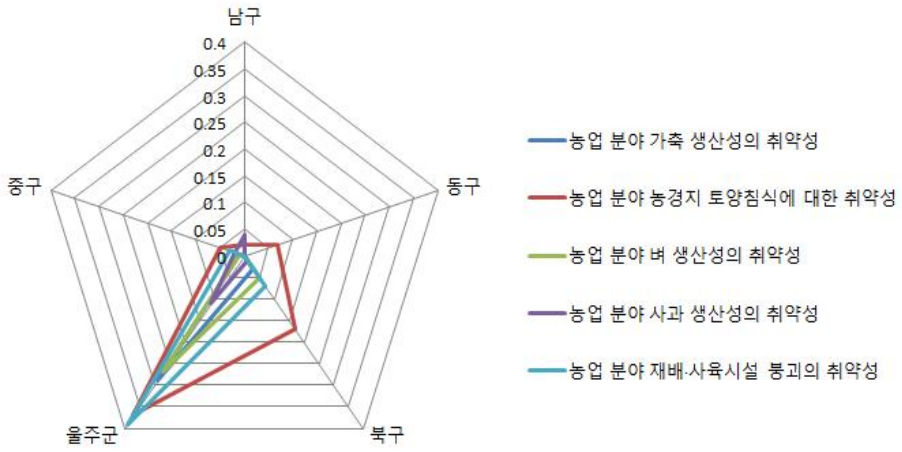


<그림 4-10> 재난/재해분야 취약성평가 결과(적응능력부문)

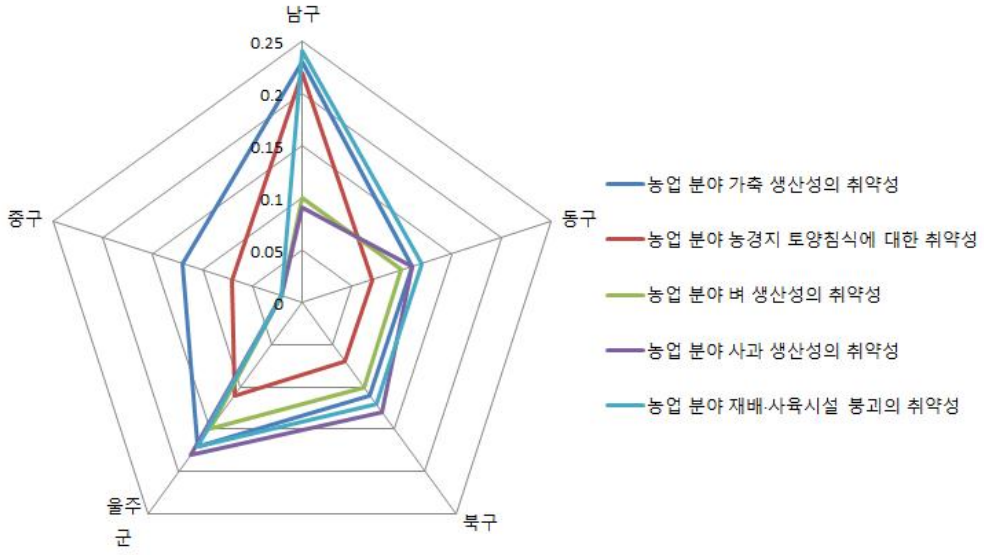
농업분야의 경우 종합지수로 기후변화 취약성평가 결과를 볼 때 울주군, 중구, 동구, 북구, 남구 순으로 취약하다. 그러나 대응변수별 기후변화 취약성평가 결과를 살펴보면 기후노출부문(그림 4-11)의 경우 울주군, 중구, 남구, 북구, 동구 순이고 민감도부문(그림 4-12)의 경우 울주군, 북구, 중구, 동구, 남구 순이며 적응능력부문(그림 4-13)의 경우 중구, 동구, 북구, 울주군, 남구 순이다. 종합지수로 볼 때 기후변화로 인해 농업분야에서 가장 취약한 곳으로 선정된 울주군은 적응능력부문의 결과를 볼 때 타 지역보다 적응 능력을 갖춘 지역으로 나타난다. 그러나 기후노출과 민감도 부문에서 타 지역에 비해 기후변화로 인한 영향을 상당히 많이 받고 있어 종합적인 취약성평가결과로는 가장 취약하다는 결과를 얻은 것으로 판단된다.



<그림 4-11> 농업분야 취약성평가 지수(기후노출부문)

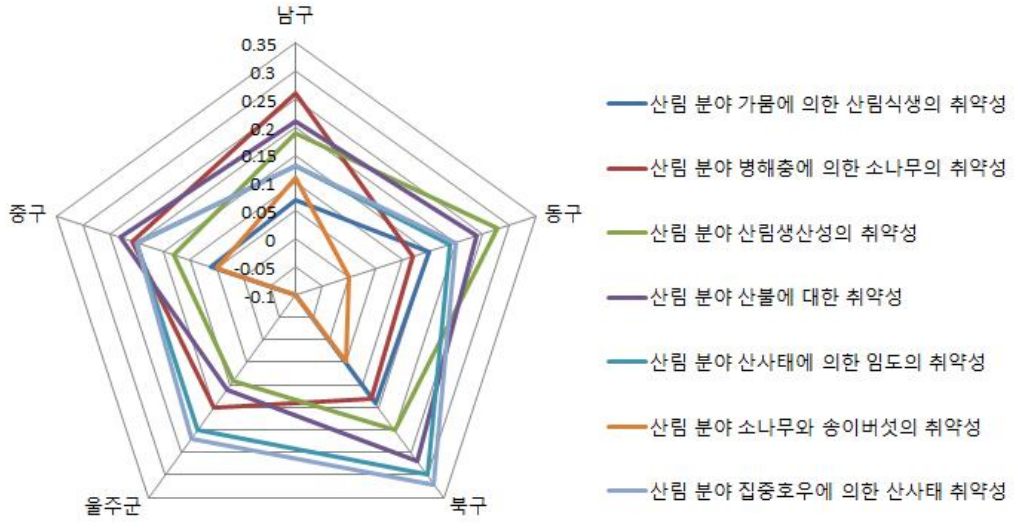


<그림 4-12> 농업분야 취약성평가 지수(민감도부문)

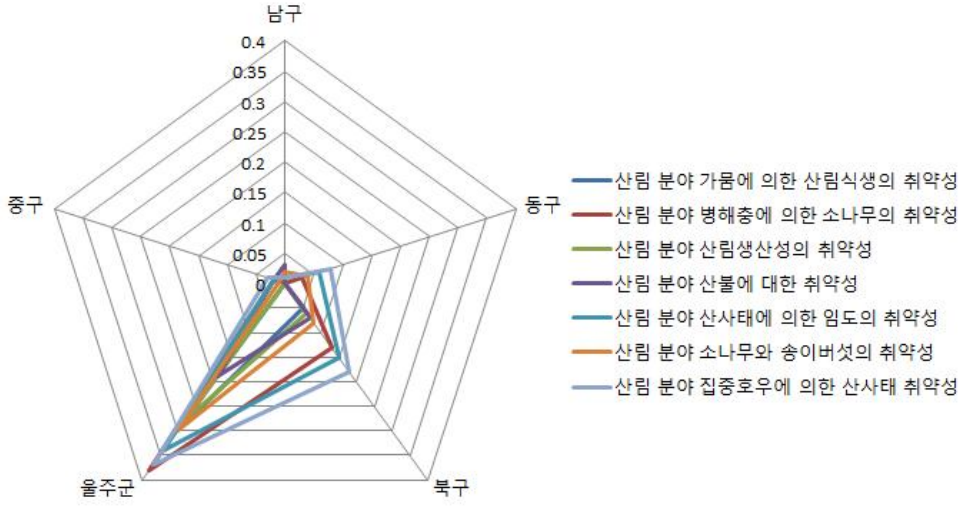


<그림 4-13> 농업분야 취약성평가 지수(적응능력부문)

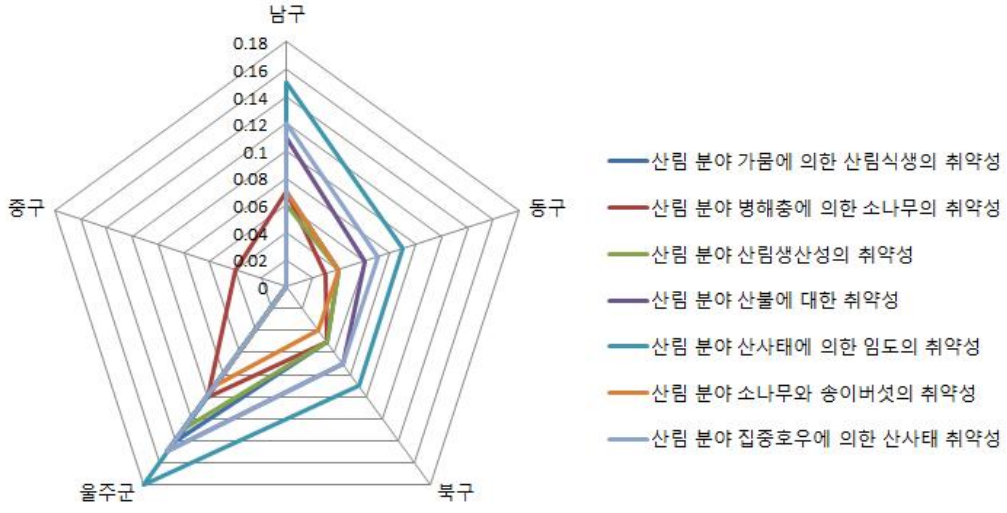
산림분야의 경우 종합지수로 기후변화 취약성평가 결과를 볼 때 울주군, 북구, 중구, 동구, 남구 순으로 취약하다. 그러나 대응변수별 기후변화 취약성평가 결과를 살펴보면 기후노출부문(그림 4-14)의 경우 북구, 동구, 남구, 중구, 울주군 순이고 민감도부문(그림 4-15)의 경우 울주군, 북구, 동구, 중구, 남구 순이며 적응능력부문(그림 4-16)의 경우 중구, 동구, 북구, 남구, 울주군 순으로 취약하다는 결과를 얻었다. 민감도부문에서 울주군은 타 지역에 비해 상당히 높은 지수로 산림분야에 있어 기후변화로 인해 영향에 가장 취약한 지역이라는 결과를 얻었다. 반면 기후노출과 적응능력 부문에서는 가장 덜 취약한 지역이라는 결과를 얻었다. 그럼에도 불구하고 울주군은 산림분야에 있어 가장 취약한 지역이라는 결과를 얻었다.



<그림 4-14> 산림분야 취약성평가 지수(기후노출부문)

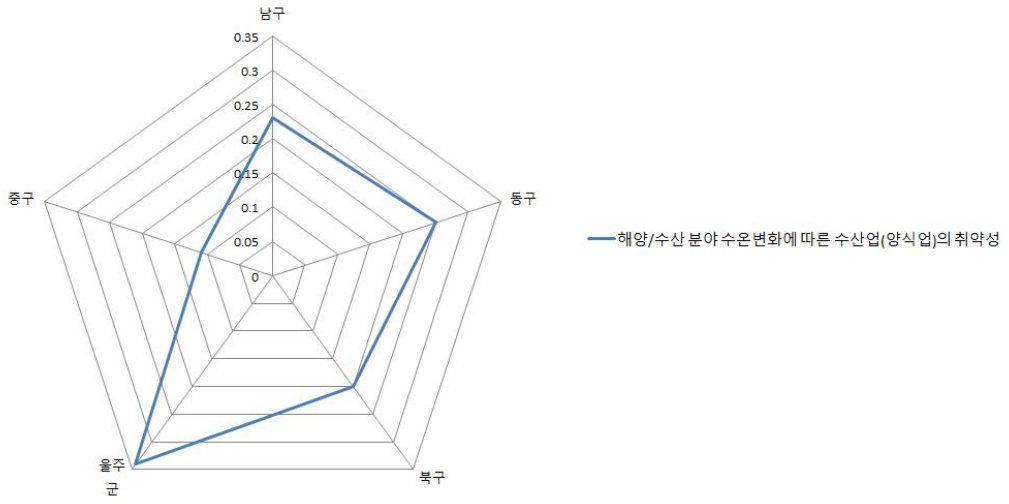


<그림 4-15> 산림분야 취약성평가 지수(민감도부문)

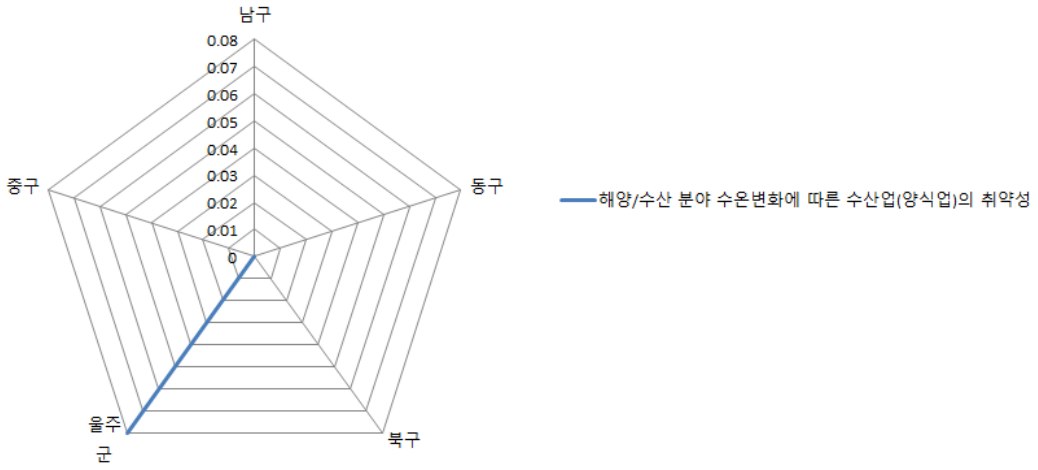


<그림 4-16> 산림분야 취약성평가 지수(적응능력부문)

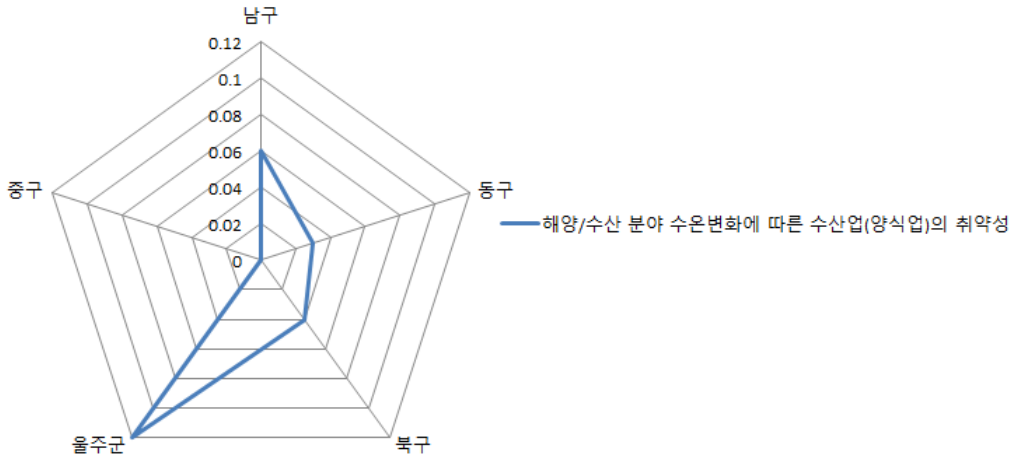
해양수산분야의 경우 종합지수로 기후변화 취약성평가 결과를 볼 때 울주군, 동구, 남구, 북구, 중구 순으로 취약하다. 그러나 대응변수별 기후변화 취약성평가 결과를 살펴보면 기후노출부문(그림 4-17)의 경우 울주군, 동구, 남구, 북구, 중구 순으로 기후변화에 취약한 것으로 나왔으며, 민감도부문(그림 4-18)의 경우 울주군을 제외한 타 지역은 지수가 0으로 취약하지 않다고 나타났다. 적응능력부문(그림 4-19)에 있어서는 울주군, 남구, 북구, 동구, 중구 순으로 해양수산분야에 있어 기후변화에 따른 영향에 취약하다는 결과를 얻었다. 이를 볼 때 해양수산분야의 취약성평가는 지역적 특징상 울주군만 해당되는 기후변화 취약성평가 항목으로 판단된다.



<그림 4-17> 해양/수산분야 취약성평가 지수(기후노출부문)

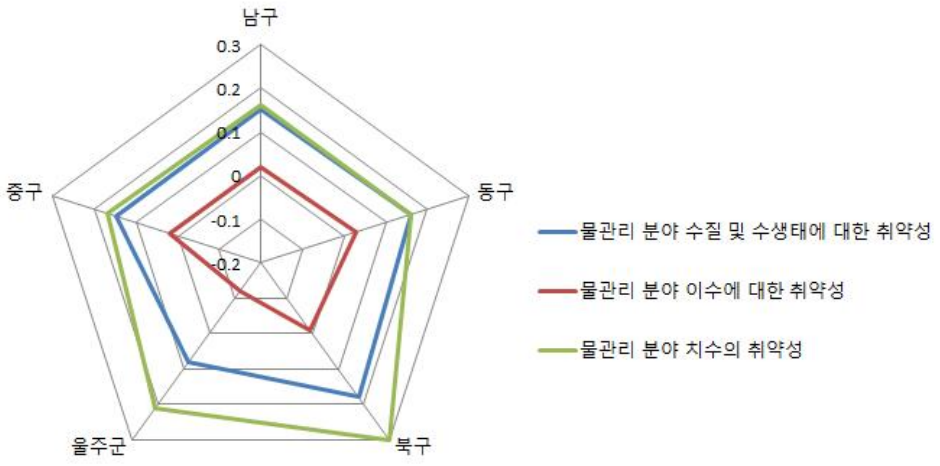


<그림 4-18> 해양/수산분야 취약성평가 지수(민감도부문)

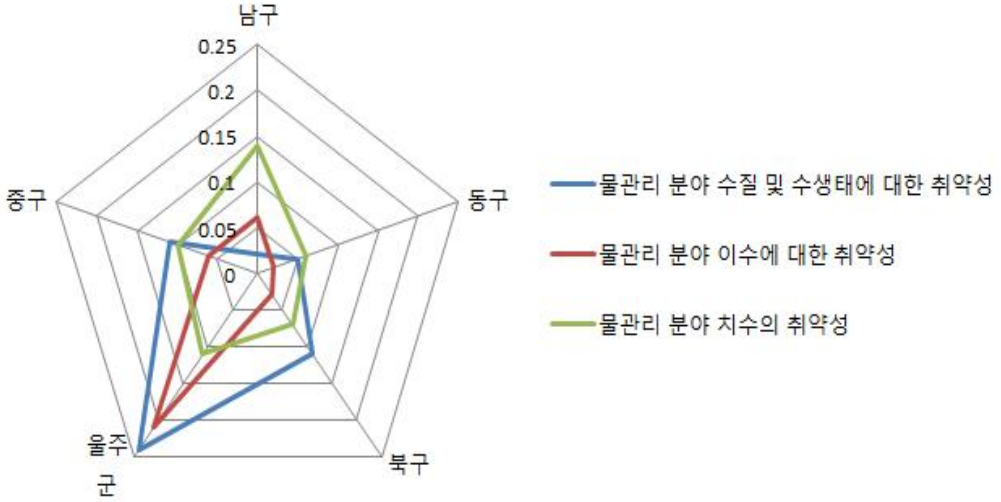


<그림 4-19> 해양/수산분야 취약성평가 지수(적응능력부문)

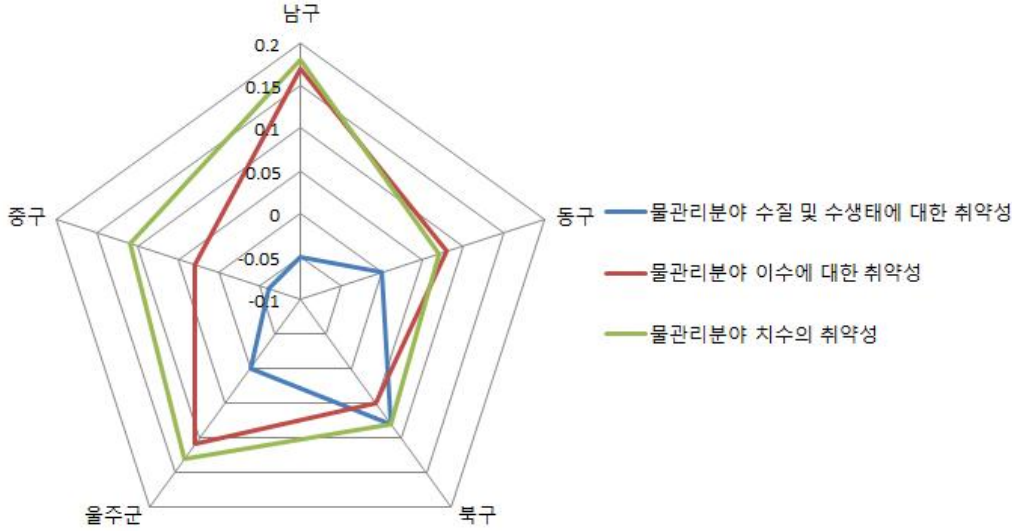
물관리분야의 경우 종합지수로 기후변화 취약성평가 결과를 볼 때 중구, 울주군, 북구, 동구, 남구 순으로 취약하다. 그러나 대응변수별 기후변화 취약성 평가 결과를 살펴보면 기후노출부문(그림 4-20)의 경우 북구, 동구, 중구, 남구, 울주군 순이며 민감도부문(그림 4-21)의 경우 울주군, 중구, 남구, 북구, 동구 순이며 적응능력부문(그림 4-22)의 경우 중구, 동구, 북구, 울주군, 남구 순으로 취약하다는 결과를 얻었다. 물관리분야에서 가장 취약한 중구의 경우 적응능력부문이 타 지역에 비해 많이 취약하며 민감도부문의 취약성이 높아 기후노출부문에서는 덜 취약하다는 결과가 나왔어도 종합지수로 산정해 볼 때 가장 취약하다는 결과를 얻은 것으로 판단된다.



<그림 4-20> 물관리분야 취약성평가 지수(기후노출부문)

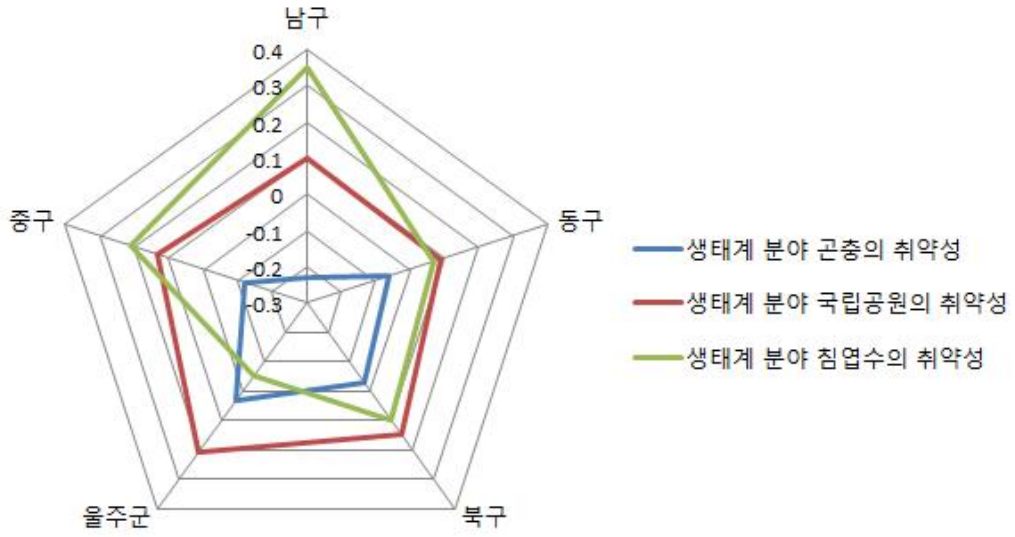


<그림 4-21> 물관리분야 취약성평가 지수(민감도부문)

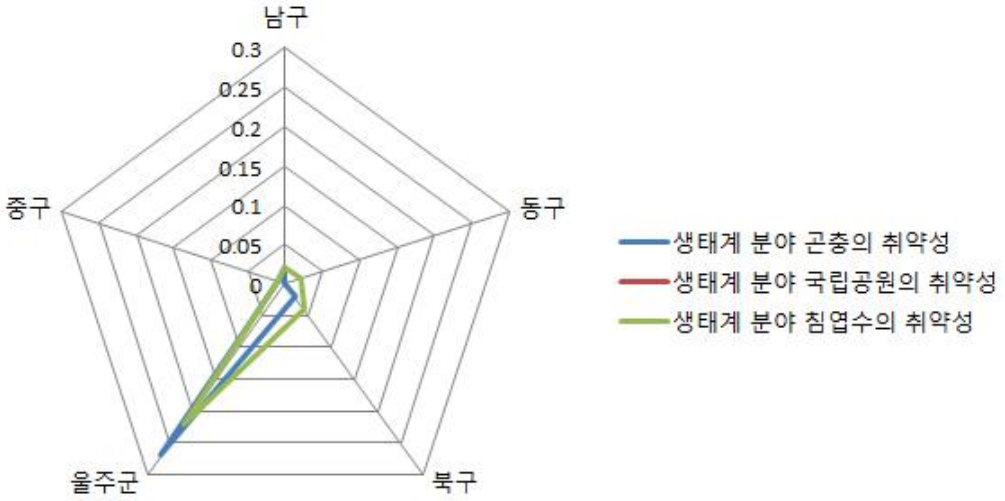


<그림 4-22> 물관리분야 취약성평가 지수(적응능력부문)

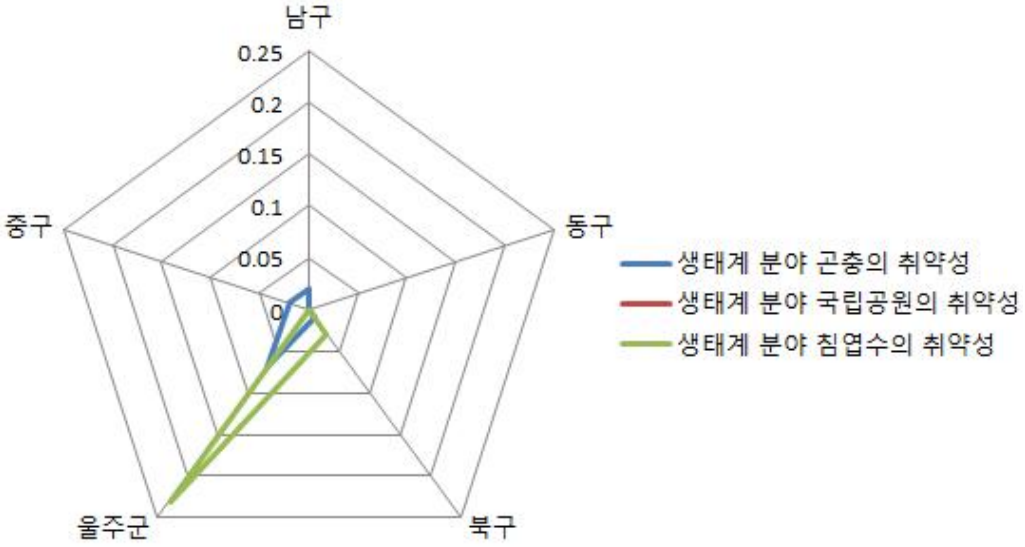
생태계분야의 경우 종합지수로 기후변화 취약성평가 결과를 볼 때 남구, 울주군, 중구, 북구, 동구 순으로 취약하다. 그러나 대응변수별 기후변화 취약성평가 결과를 살펴보면 기후노출부문(그림 4-23)의 경우 북구, 남구, 중구가 같은 지수로 가장 취약한 곳으로 나타나며 울주군 동구 순으로 취약하다고 나타난다. 민감도부문(그림 4-24)의 경우 울주군, 북구, 남구, 중구와 동구 순이며 적응능력부문(그림 4-25)의 경우 동구, 중구와 남구, 북구, 울주군 순으로 취약하다고 나타난다.



<그림 4-23> 생태계분야 취약성평가 지수(기후노출부문)



<그림 4-24> 생태계분야 취약성평가 지수(민감도부문)



<그림 4-25> 생태계분야 취약성평가 결과(적응능력부문)

3. 통계데이터를 이용한 기후변화 취약성평가 비교

앞 절에서 실시한 울산광역시의 기후변화 취약성평가 결과 중 건강부문에 대한 기후변화 취약성평가 결과는 <표 4-2>와 같다.

<표 4-2> 울산광역시 건강부문 기후변화 취약성평가 결과(2001-2010년)

	기후변화 취약성평가 세부항목	남구	동구	북구	울주군	중구
건강	곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강취약성	0.15	0.14	0.07	0.15	0.04
	기타 대기오염물질에 의한 건강취약성	0.19	0.17	0.09	0.18	0.05
	미세먼지에 의한 건강취약성	0.15	0.14	0.07	0.15	0.04
	수인성 매개질환에 대한 건강취약성	0.16	0.14	0.07	0.15	0.04
	오존농도 상승에 의한 건강취약성	0.17	0.15	0.08	0.17	0.04
	태풍에 의한 건강취약성	0.2	0.16	0.1	0.19	0.04
	폭염에 의한 건강취약성	0.17	0.16	0.08	0.16	0.04
	한파에 의한 건강취약성	0.16	0.14	0.07	0.15	0.04
	홍수에 의한 건강취약성	0.2	0.17	0.1	0.18	0.04

위 결과를 바탕으로 국립환경과학원의 '대기환경연보' 와 소방방재청의 '재해연보' 의 울산광역시 통계데이터와 비교하였다. 건강부문의 기후변화 취약성평가 항목은 총 9가지이다. 그러나 VESTAP평가 결과와 비교가능한 각 구·군의 해당하는 통계데이터를 수집하는데 있어 한계가 있으므로, 수집 가능한 항목들에 한하여 비교하였다.

9가지의 평가항목들 중 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성', '미세먼지에 의한 건강 취약성', '오존농도 상승에 의한 건강취약성', '태풍에 의한 건강 취약성', '폭염에 의한 건강 취약성' 에 대하여 울산광역시의 현실과 일치하는지 비교하였다.

'기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성' 평가의 경우 국립환경과학원에서 제공하는 '대기환경연보' 의 SO_2, NO_2, CO의 구·군별 연평균 농도(표 4-3)를 바탕으로 에어코리아(www.airkorea.or.kr)에서 제공하

는 통합대기환경지수산출 방법을 이용하여 각 대기오염물질의 연평균농도를 지수값으로 표현하였다(표 4-4).

통합대기환경지수(CAI, Comprehensive air-quality index)는 대기오염도 측정치를 국민이 쉽게 알 수 있도록 하고 대기오염으로부터 피해를 예방하기 위한 행동지침을 국민들에게 제시하기 위하여 대기오염도에 따른 인체 영향 및 체감오염도를 고려하여 개발된 대기오염도 표현방식이다(에어코리아). 위 지수를 사용하는 이유는 SO_2, NO_2, CO의 연평균농도는 각 물질별로 상이한 위험정도를 나타내고 있기 때문에 하나의 통합지수로 표기하여 비교하기 위함이다.

통합대기환경지수는 ppm/hr을 기준으로 산정되는데 구축한 자료는 연평균 자료로써 ppm/yr이므로 지수산출에 필요한 변수 범위에 자료가 해당되지 않았다. 변수 범위를 맞춰주기 위해 각 변수에 2.5배씩 나누어 주었다. 이는 시간별 측정자료가 없을 경우 24시간 평균자료에 2.5를 곱하여 1시간 자료로 활용하는 '환경영향평가서검토 및 작성매뉴얼(2015)'을 참고하여 변수 범위를 조절하였다.

<표 4-3> 울산광역시 구·군별 연평균SO_2, NO_2, CO 농도(2001-2010년)

단위 :ppm

구·군	연평균 SO_2 농도	연평균 NO_2 농도	연평균 CO 농도
남구	0.0088	0.0230	0.5900
동구	0.0078	0.0170	0.3900
북구	0.0053	0.0210	0.3300
울주군	0.0117	0.0220	0.5300
중구	0.0075	0.0210	0.5200

자료 : 대기환경연보(국립환경과학원, 2014)

<표 4-4> 울산광역시 구·군별 SO_2, NO_2, CO의 통합대기환경지수

구·군	SO_2 (지수)	NO_2 (지수)	CO (지수)
남구	21.08	38.31	14.75
동구	19.50	28.17	9.75
북구	13.25	34.93	8.25
울주군	25.98	36.62	13.25
중구	18.75	34.93	13.00

통합대기환경지수를 산정한 결과 <표 4-4>과 같이 NO_2의 지수가 가장 높은 지수값을 보였다. 통합대기환경지수 산출방법에 따라 가장 높은 점수를 통합 지수값으로 사용하기 때문에 본 연구에서는 NO_2의 지수를 대표 통합 지수값으로 사용하였다.

'대기환경연보'의 SO_2, NO_2, CO의 구·군별 연평균 농도를 바탕으로 통합대기환경지수를 산출하여 대표 통합대기환경지수 값을 산출한 결과(표 4-5), 대표 통합대기환경지수 값이 높은 순서는 남구, 울주군, 중구와 북구, 동구 순이다. VESTAP을 이용한 '기타 대기오염물질에 대한 건강 취약성' 평가는 남구, 울주군, 중구, 동구, 북구 순으로 대표 통합대기환경지수가 높은 순서와 서로 일치하지는 않지만 비슷한 순으로 취약하다는 평가결과가 나왔다.

<표 4-5> 울산광역시 구·군별 VESTAP 결과와 SO_2, NO_2, CO의 대표 통합대기환경지수 값 비교(2001-2010년)

구·군	VEASTAP 결과	순위	대표 통합대기환경지수 값	순위
남구	0.42	1	38.31	1
동구	0.00	4	28.17	5
북구	0.00	4	34.93	3
울주군	0.21	2	36.62	2
중구	0.12	3	34.93	3

동구와 북구의 경우 VESTAP의 기후변화 취약성평가 산출식에 의해 적응능력이 더 높으므로 결과값이 음으로 나오게 된다. 그러나 VESTAP의 결과를 음의 값으로 표현할 수 없기 때문에 0으로 산출되었다. 반면 대표 통합대기환경지수의 값을 기준으로 보면 중구와 북구는 동일한 값을 갖고 있으며 동구의 경우 가장 낮은 값을 갖고 있어 가장 덜 취약한 지역으로 나타났다.

'미세먼지에 의한 건강 취약성' 평가의 경우에는 국립환경과학원에서 제공하는 '대기환경연보'의 미세먼지의 구·군별 연평균 농도를 갖고 순위를 정하였다(표 4-6).

<표 4-6> 울산광역시 구·군별 VESTAP 결과와 연평균 미세먼지 농도 비교(2001-2010년)

구·군	VESTAP 결과(지수)	순위	연평균 미세먼지 농도(㎍/㎥)	순위
남구	0.49	1	49.9	4
동구	0.28	3	45.7	5
북구	0.08	4	54.4	1
울주군	0.01	5	52.0	3
중구	0.45	2	53.1	2

자료 : 대기환경연보(국립환경과학원, 2014)

'대기환경연보'의 울산광역시 구·군별 연평균 미세먼지 농도가 높은 순서는 북구, 중구, 울주군, 남구, 동구 순이다. 그러나 VESTAP을 이용한 '미세먼지에 의한 건강 취약성' 평가는 남구, 중구, 동구, 북구, 울주군 순으로 '대기환경연보'에 따른 순서와 다른 것을 확인할 수 있다.

'오존농도 상승에 의한 건강 취약성' 평가의 경우에는 국립환경과학원에서 제공하는 '대기환경연보'의 울산광역시 구·군별 연평균 오존농도와 오존주의보 발령 일수를 바탕으로 순위를 정하였다(표 4-7).

<표 4-7> 울산광역시 구·군별 연평균 오존농도(2001-2010년)

구·군	VESTAP 결과(지수)	순위	연평균 오존농도(ppm)	순위	오존주의보 발령 일수(일)	순위
남구	0.10	3	0.019	5	23	1
동구	0.00	5	0.021	4	6	4
북구	0.01	4	0.025	1	17	2
울주군	0.11	2	0.024	2	11	3
중구	0.16	1	0.022	3	1	5

자료 : 대기환경연보(국립환경과학원, 2014)

'대기환경연보'의 울산광역시 구·군별 연평균 오존농도가 높은 순서는 북구, 울주군, 중구, 동구, 남구 순이며 오존주의보 발령일수가 잦은 구·군은 남구, 북구, 울주군, 동구, 중구 순이다. VESTAP을 이용한 '오존농도 상승에 의한 건강 취약성' 평가는 중구, 울주군, 남구, 북구, 동구 순으로 '대기환경연보'에 따른 순서와 다른 것을 확인할 수 있다.

'태풍에 의한 건강 취약성' 평가의 경우 소방방재청에서 제공하는 '재해연보'를 이용하여 울산광역시 구·군별 태풍에 의한 피해액을 바탕으로 순위를 정하였다(표 4-8).

<표 4-8> '태풍에 의한 건강 취약성 ' 항목의 VESTAP결과와 울산광역시 구·군별 태풍에 의한 피해액 순위 비교

구·군	VESTAP 결과(지수)	순위	태풍 평균 피해액(원)	순위
남구	0.29	2	6,042,350,000	3
동구	0.24	3	7,975,087,000	1
북구	0.21	4	1,005,026,143	4
울주군	0.04	5	6,116,682,222	2
중구	0.44	1	421,076,333	5

자료 : 재해연보(소방방재청, 2002~2010)

‘재해연보’의 울산광역시 구·군별 태풍피해액을 조사하였다. 2002년부터 2010년까지의 태풍에 의한 피해액을 태풍 횟수에 따른 평균 피해액으로 산정하여 순위를 선정하였다. 태풍피해액이 높은 순서는 동구, 울주군, 남구, 북구, 중구 순이다. 그러나 VESTAP을 이용한 ‘태풍에 의한 건강 취약성’ 평가는 중구, 남구, 동구, 북구, 울주군 순으로 ‘재해연보’에 따른 순서와 다른 것을 확인할 수 있다.

‘폭염에 의한 건강 취약성’ 평가의 경우 기상청에서 제공하는 ‘지역별상세관측자료’를 이용하여 울산광역시 구·군별 온도를 조사하였다. 폭염과 관련 있는 폭염특보는 울산광역시의 구·군별 자료가 없어 일 폭염주의보[1]의 발령기준에 따라 최고기온이 33℃이상인 날을 조사하였다(표 4-9).

<표 4-9> 울산광역시 구·군별 일 최고기온이 33℃ 이상인 일수 (2007-2010년)

단위 : 일

관측지점		관측지점이름	2007년	2008년	2009년	2010년
남구	고사동	공단 943	24	25	9	37
동구	일산동	울기 901	0	1	0	1
북구	정자동	정자 949	19	10	2	18
	송정동	울산(공) 151	22	22	3	16
울주군	서생면 대송리	간절곶 924	0	0	0	2
	상북면 덕현리	가지산 952	3	4	2008. 7. 부터 자료 없음	
	상북면 향산리	상북 900	23	22	10	23
	두서면 구량리	두서 954	X	15	10	35
	삼동면 하잠리	삼동 854	22	22	7	35
중구	북정동	울산 152	20	12	4	16

자료 : 지역별상세관측자료(기상청, 2007~2010)

1) 폭염주의보는 6월 ~ 9월에 일 최고기온이 33℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때 ‘폭염주의보’가 발령 된다.

그 결과 남구가 일 최고기온이 33℃ 이상인 일수가 가장 많았으며, 동구가 가장 적었다. 이는 남구가 폭염에 더 자주 노출되며 동구는 비교적 남구보다 적게 노출된다고 볼 수 있다. 위 결과를 바탕으로 VESTAP의 '폭염에 의한 건강 취약성' 평가와 비교하였다(표 4-10).

<표 4-10> '폭염에 의한 건강 취약성 ' 항목의 VESTAP 결과와 울산광역시 구·군별 일 최고기온이 33℃ 이상인 일수 순위 비교

관측지점		VESTAP 결과(지수)	순위	33℃ 이상인 일수(일)	순위
남구	고사동	0.17	1	95	1
동구	일산동	0.16	2	2	10
북구	정자동	0.08	4	49	7
	송정동			63	4
울주군	서생면 대송리	0.16	2	2	10
	상북면 덕현리			7	8
	상북면 향산리			78	3
	두서면 구량리			60	5
	삼동면 하잠리			86	2
중구	북정동	0.04	5	52	6

자료 : 지역별상세관측자료(기상청, 2007~2010)

기상청 '지역별상세관측자료'에 따른 울산광역시 구·군별 폭염노출 순위는 남구, 북구, 중구, 울주군, 동구 순이다. VESTAP에 따른 '폭염에 의한 건강 취약성'평가결과 남구, 동구와 울주군, 북구, 중구 순으로 취약하다. 일 최고기온을 측정하는 지역별 관측소가 남구, 동구, 중구는 한곳인 반면 북구와 울주군은 여러 곳에 관측소가 존재한다. 울주군의 경우 같은 울주군 지역에서 각 관측소마다 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 수가 크게 차이가 난다. 울주군은 타 지역에 비해 넓은 면적을 갖고 있는 지역적 특성에 의해 관측소마다 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 수가 차이나는 것으로 판단된다.

4. VESTAP의 기초 지표데이터와 통계데이터 비교

앞 장에서 울산광역시 구·군별 통계데이터를 이용한 기후변화 취약성 평가를 비교해본 결과 경험자료와 VESTAP으로 도출한 기후변화취약성평가 결과는 서로 일치하지 않았다. 일치하지 않은 이유를 알아보기 위해 VESTAP에서 사용하는 기초 지표데이터와 실제 울산광역시의 통계데이터와 비교해 보려고 한다.

건강분야 중 울산광역시의 구·군별 통계데이터를 이용하여 비교해본 항목은 총 5가지로 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성', '미세먼지에 의한 건강 취약성', '오존농도 상승에 의한 건강 취약성', '태풍에 의한 건강 취약성', '폭염에 의한 건강 취약성'이다. 위 항목들의 기후변화 취약성평가를 진행하기위해 VESTAP에서 사용된 기초 지표데이터 및 가중치는 아래 <표 4-11>와 같다.

<표 4-11> 기후변화 취약성평가에 사용된 세부 지표데이터 목록 및 가중치

취약성평가 항목	사용된 세부 지표데이터	가중치	대응변수 부문
기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성	CO(비산업 및 주거용시설 배출량)(kg)	0.14	기후노출 부문
	CO(산업 및 이동오염원 배출량)(kg)	0.16	
	NOx(비산업 및 주거용시설 배출량)(kg)	0.14	
	NOx(산업 및 이동오염원 배출량)(kg)	0.16	
	SOx(비산업 및 주거용시설 배출량)(kg)	0.14	
	SOx(산업 및 이동오염원 배출량)(kg)	0.16	
	일 최고기온의 연간 평균값(℃)	0.10	
	14세 이하 인구(명)	0.15	기후변화 민감도 부문
	65세이상 인구(명)	0.14	
	기초 생활 수급자 비율(%)	0.14	
	독거노인(65세이상)비율(%)	0.14	
	심혈관질환 사망자 수(명)	0.18	
	호흡기 질환 입원 환자 수(명)	0.25	
	GRDP 보건업 및 사회 복지 서비스업(백만원)	0.16	적응능력 부문
	건강보험적용 인구비율(%)	0.13	
	인구당 보건소 인력 (명/만명)	0.16	
	인구당 응급의료 기관수(개/십만명)	0.15	
	재정자립도(%)	0.24	

	지역 내 총생산(GRDP)(백만원)	0.16	
미세먼지에 의한 건강 취약성	일 최고기온의 연간평균값	0.20	기후노출 부문
	시간미세먼지농도가 100㎍/㎥이상인 날의 횟수	0.50	
	연평균 미세먼지 농도(㎍/㎥)	0.30	
	14세이하 인구 (명)	0.16	기후변화 민감도 부문
	65세이상 인구(명)	0.14	
	기초 생활수급자 비율(%)	0.14	
	독거노인(65세이상) 비율(%)	0.14	
	심혈관질환 사망자 수 (명)	0.16	
	호흡기 질환 입원 환자 수 (명)	0.26	
	GRDP보건업 및 사회 복지 서비스업(백만원)	0.15	적응능력 부문
	건강보험적용 인구비율(%)	0.11	
	인구당 보건소 인력(명/만명)	0.15	
	인구당 응급의료 기관수(개/십만명)	0.15	
	재정 자립도(%)	0.26	
	지역 내 총생산(GRDP)(백만원)	0.18	
오존농도 상승에 의한 건강 취약성	오존주의보 발령 횟수(회)	0.29	기후노출 부문
	일 최고기온의 연간 평균값(℃)	0.14	
	8시간 평균오존농도가 60ppb 초과한 날의 횟수(회)	0.26	
	시간 오존농도가 100ppb이상인 날의 횟수(회)	0.31	
	14세이하 인구(명)	0.13	기후변화 민감도 부문
	65세이상 인구(명)	0.16	
	기초 생활수급자 비율(%)	0.13	
	독거노인(65세이상) 비율(%)	0.15	
	심혈관질환 사망자 수 (명)	0.18	
	호흡기 질환 입원 환자 수 (명)	0.25	
	GRDP보건업 및 사회 복지 서비스업(백만원)	0.15	적응능력 부문
	건강보험적용 인구비율(%)	0.11	
	인구당 보건소 인력(명/만명)	0.16	
	인구당 응급의료 기관수(개/십만명)	0.16	
	재정 자립도(%)	0.25	
	지역내 총생산(GRDP)(백만원)	0.17	
태풍에 의한 건강 취약성	1일 최대 강수량(mm)	0.27	기후노출 부문
	일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수(회)	0.25	
	일 최대풍속이 14m/s이상인 날의 횟수(회)	0.48	
	14세이하 인구(명)	0.10	기후변화 민감도 부문
	65세이상 인구(명)	0.10	
	기초 생활수급자 비율(%)	0.14	
	독거노인(65세이상)비율(%)	0.18	
	수인성 질환자 수(명)	0.14	
	10m 이하 저지대 가구(가구)	0.20	

	10m 이하 저지대 면적(ha)	0.14	
	GRDP 보건업 및 사회 복지 서비스업(백만원)	0.12	적응능력 부문
	건강보험적용 인구비율(%)	0.11	
	인구당 보건소 인력(명/만명)	0.12	
	인구당 응급의료 기관수 (개/십만명)	0.14	
	재정자립도(%)	0.28	
	지역 내 총생산(GRDP) (백만원)	0.23	
폭염에 의한 건강 취약성	열파 지속지수(HWDI)(지수)	0.15	기후노출
	일 최고기온의 연간 평균값(℃)	0.11	
	일 최고기온이 33℃이상인 날의 횟수(회)	0.26	
	일 최저기온이 25℃이상인 날의 횟수(회)	0.10	
	체감온도(℃)	0.13	
	1일 상대습도(%)	0.10	
	불쾌지수(온습도지수)(지수)	0.15	
	14세이하 인구(명)	0.10	기후변화 민감도 부문
	65세이상 인구(명)	0.20	
	기초 생활수급자 비율(%)	0.10	
	독거노인(65세이상) 비율(%)	0.20	
	심혈관질환 사망자 수 (명)	0.16	
	열사병/일사병으로 인한 사망자 수 (명)	0.24	
	GRDP 보건업 및 사회 복지 서비스업(백만원)	0.16	적응능력 부문
	건강보험적용 인구비율(%)	0.10	
	인구당 보건소 인력(명/만명)	0.16	
	인구당 응급의료 기관수 (개/십만명)	0.16	
	재정자립도(%)	0.21	
	지역 내 총생산(GRDP)(백만원)	0.21	

위 <표 4-11>를 보면 기후노출부문에서 사용된 기초 지표데이터는 취약성평가 항목별로 다르나 적응능력부문에서 사용된 기초 지표데이터의 경우 일률적인 데이터를 사용하는 것으로 거의 동일했다. 기후변화 민감도 부문은 대다수가 일치 하였지만 몇몇 항목에서는 추가적으로 기초 지표데이터가 추가된 것이 있었다. 동일한 항목의 기초 지표데이터는 필요로 하는 항목은 동일하였으나 항목별 가중치는 상이 하였다.

<표 4-11>에서 볼 수 있는 가중치는 국립환경과학원(2012)에서 실시한 델파이 분석으로 도출된 가중치이며, 이는 CCGIS에서 사용한 가중치와 동일하다. 현재 VESTAP에서도 같은 가중치를 사용하고 있다.

이러한 기초 지표데이터들 중 '연평균미세먼지농도' 데이터(그림

4-26)와, ‘CO(산업 및 이동오염원 배출량)’ 데이터(그림 4-27), ‘CO(비산업 및 주거용시설 배출량)’ 데이터를 선정하여 이에 해당하는 울산광역시의 구·군별 통계데이터와 비교하였다.

<그림 4-26> 기초 지표데이터 : 연평균 미세먼지 농도

<그림 4-26>은 건강분야 중 ‘미세먼지에 의한 건강 취약성’ 항목의 기초 지표데이터 중 ‘연평균 미세먼지 농도’에 대한 부분을 보여준다. 위 데이터는 시·군·구 실제 데이터로 구축되었다. 구축방법을 보면 기상자료를 바탕으로 GIS 공간분석을 통해 자료를 가공하여 구축하였다. VESTAP에 입력된 데이터와 국립환경과학원에서 제공하는 ‘대기환경연보’의 자

료를 비교하여 보면 아래와 같다(표 4-12).

<표 4-12> VESTAP의 세부 지표데이터 '연평균 미세먼지 농도'와 대기환경연보의 연평균 미세먼지 농도 비교

구·군	VESTAP에 따른 연평균 미세먼지 농도(㎍/㎥)	대기환경연보에 따른 연평균 미세먼지 농도(㎍/㎥)
중구	22.00	53.10
남구	22.09	45.20
동구	22.77	45.70
북구	20.71	54.40
울주군	19.76	52.00

대기환경연보에 따르면 '연평균 미세먼지 농도'는 남구가 가장 낮은 수치를 나타낸다. 그러나 VESTAP에 입력된 데이터의 경우 울주군이 가장 낮은 수치를 나타낸다. 같은 기간 동안의 연평균 미세먼지 농도 데이터 이지만 <표 4-12>과 같이 다름을 확인 할 수 있었다. VESTAP은 지자체 행정단위의 기후변화 취약성평가 프로그램이므로, 이에 맞게 VESTAP에 입력되는 모든 자료는 지자체의 행정구역으로 재구성되어야 한다. 모든 자료가 구·군별로 존재하지 않기 때문에 공간보간법을 통해 자료를 전국단위로 만들어 행정구역으로 편집하여 재구성하는 가공과정을 거친 후 VESTAP에서 활용된다.

'연평균 미세먼지 농도'의 경우, 국립환경과학원의 대기질 전망자료를 바탕으로 GIS 공간분석을 통한 자료 가공은 기상자료가 없는 공간에도 농도를 나누어 배정하였기 때문에 기존의 기상자료 농도보다 낮아질 수 있다. 이러한 농도의 변화로 인해 실제 데이터와 VESTAP에 입력하기위해 가공과정을 거친 데이터가 차이를 갖게 된 것으로 판단된다.

<그림 4-27> 기초 지표데이터 : CO(산업 및 이동오염원 배출량)

<그림 4-28> 기초 지표데이터 : CO(비산업 및 주거용시설 배출량)

<표 4-13> VESTAP의 세부 지표데이터 CO(산업 및 이동오염원 배출량)과 국립환경과학원의 국가대기오염물질 배출량 통계에 따른 CO(산업 및 이동오염원 배출량) 비교

구 · 군	VESTAP에 따른 CO(산업 및 이동오염원 배출량)(kg)	순위	국립환경과학원 국가대기오염물질 배출량 통계에 따른 CO(산업 및 이동오염원 배출량)(kg)	순위
남구	6,181,554	1	71,800,856	1
울주군	1,508,761	5	32,762,758	2
북구	2,204,727	3	23,929,304	4
중구	3,583,256	2	27,133,143	3
동구	2,076,576	4	21,920,109	5

<표 4-14> VESTAP의 세부 지표데이터 CO(비산업 및 주거용시설 배출량)과 국립환경과학원의 국가대기오염물질 배출량 통계에 따른 CO(비산업부문 배출량) 비교

구 · 군	VESTAP에 따른 CO(산업 및 이동오염원 배출량)(kg)	순위	국립환경과학원 국가대기오염물질 배출량 통계에 따른 CO(비산업 부문 배출량)(kg)	순위
남구	242,420	1	2,684,812	1
울주군	71,246	2	692,717	2
북구	61,914	3	342,968	5
중구	61,028	4	635,838	3
동구	50,792	5	493,909	4

<표 4-13>와 <표 4-14>는 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성' 항목의 기후노출부문에서 사용된 기초 지표데이터 'CO(산업 및 이동오염원 배출량)', 'CO(비산업 및 주거용시설 배출량)'과 국립환경과학원에서 제공하는 '국가대기오염물질 배출량 통계'를 바탕으로 산정한 데이

터와의 비교결과이다. 데이터에 대한 값의 차이와 울주군의 배출순위가 다른 것을 확인 할 수 있다. 위 데이터 또한 ‘연평균 미세먼지 농도’ 데이터와 같은 가공과정을 거쳐 입력된 것이기 때문에 각 구·군별 배출량의 차이가 있는 것으로 판단된다.

5. 울산광역시 통계데이터를 적용한 기후변화 취약성평가 결과

앞 장을 통해 VESTAP의 기후변화 취약성평가 결과가 해당 지자체의 현실과 특성을 반영하지 못한다는 문제점이 기초 지표데이터의 부재로 인해 발생하는 것을 확인하였다.

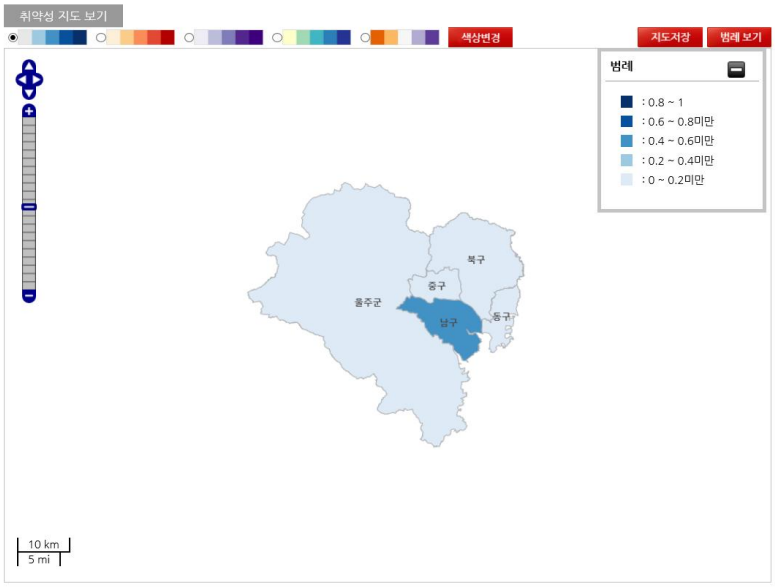
이와 같은 문제점을 해결하기위해 지자체의 실질적 통계데이터를 입력하여 VESTAP으로 기후변화 취약성평가를 도출했을 때 기후변화 취약성평가 결과에 얼마나 영향을 미치는지, 결과가 달라지는지에 대하여 확인하였다. 평가항목은 통계데이터 구축이 가능한 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성' 항목으로 선택하였다.

평가항목에 필요한 CO, NOx, SOx, 통계데이터는 국립환경과학원의 '국가대기오염물질 배출량 통계'를 이용하여 2001년부터 2010년까지의 울산광역시 구·군별 CO, NOx, SOx의 통계데이터를 구축하였다. 위 데이터를 기존의 CO, NOx, SOx의 데이터 대신에 입력하고, 나머지 데이터는 그대로 유지하여 VESTAP을 이용해 기후변화 취약성평가를 진행하였다. 울산광역시의 통계데이터를 입력하여 평가한 기후변화 취약성평가 결과는 아래 <그림 4-29>, <그림 4-30>, <그림 4-31>, <표 4-15>와 같다.

<표 4-15> ‘기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성’ 항목의 기존 VESTAP 결과와 울산광역시 통계데이터를 입력한 VESTAP 결과 비교

순위	기존의 VESTAP 결과					통계데이터를 입력한 VESTAP 결과				
	구·군	종합지수	기후노출부문	민감도부문	적응능력부문	구·군	종합지수	기후노출부문	민감도부문	적응능력부문
1	남구	0.42	0.44	0.17	0.19	남구	0.48	0.50	0.17	0.19
2	울주군	0.21	0.26	0.13	0.18	중구	0.07	0.12	0.13	0.18
3	중구	0.12	0.05	0.12	0.05	울주군	0.13	0.12	0.13	0.18
4	동구	0.00	0.05	0.01	0.17	동구	0.00	0.02	0.01	0.17
5	북구	0.00	0.05	0.01	0.09	북구	0.00	0.04	0.01	0.09

<그림 4-29> 울산광역시 통계데이터를 입력한 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성' 평가 결과 1



<그림 4-30> 울산광역시 통계데이터를 입력한 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성' 평가 결과 2

※ 취약성평가 산출식

▷ 기타대기오염물질에 의한 건강취약성 지자체 통계데이터를 이용하여 (값) = (기후노출 지수 × 0.5) + (기후변화 민감도 지수 × 0.23) - (적응능력 지수 × 0.27) / 1

※ 산출에 사용된 기초자료

▷ 구축형태 구분 A 시군구 실제데이터 B 시도 자료로부터 가공한 데이터 C 복합/기타 데이터

- 기후노출 부문 7개 지표, 기후변화 민감도 부문 6개 지표, 적응능력 부문 6개 지표 사용

기후노출 부문			기후변화 민감도 부문			적응능력 부문		
기초자료 이름	구축형태	가중치	기초자료 이름	구축형태	가중치	기초자료 이름	구축형태	가중치
산업부문CO (kg)		0.16	14세이하 인구 (명)	A	0.15	GRDP 보건업 및 사회 복지 서비스업 (백만원)	B	0.16
비산업부문 CO (kg)		0.14	65세이상 인구 (명)	A	0.14	건강보험적용 인구비율 (%)	B	0.13
비산업부문 NO (kg)		0.14	기초 생활수급자 비율 (%)	B	0.14	인구당 보건소 인력 (명/만명)	C	0.16
비산업부문SO (kg)		0.14	독거노인(65세이상) 비율 (%)	B	0.14	인구당 응급의료 기관수 (개/십만명)	C	0.15
산업부문 NO (kg)		0.16	심혈관질환 사망자 수 (명)	B	0.18	재정 자립도 (%)	B	0.24
산업부문 SO (kg)		0.16	호흡기 질환 입원 환자 수 (명)	C	0.25	지역 내 총생산 (GRDP) (백만원)	B	0.16
일 최고기온의 연간 평균값 (°C)	A	0.1						

기초자료 표로 보기

※ 울산광역시의 기타대기오염물질에 의한 건강취약성 지자체 통계데이터를 이용하여평가 도출에 사용된 기초자료를 시/군/구 단위로 확인할 수 있으며, 원하는 경우 Excel로 다운로드 할 수 있습니다.

기후노출 부문 엑셀다운로드

번호	행정구역 명칭	산업부문CO (kg)	비산업부문 CO (kg)	비산업부문 NO (kg)	비산업부문SO (kg)	산업부문 NO (kg)	산업부문 SO (kg)	일 최고기온의 연간 평균값 (°C)
1	남구	71,800,856	2,684,812	15,421,536	58,200,163	140,084,219	66,964,130	18.39
2	동구	21,920,109	493,909	2,555,244	662,525	10,367,707	2,195,534	17.53
3	북구	23,929,304	342,968	1,700,423	321,387	20,630,200	3,693,966	17.99
4	중구	27,133,143	635,838	3,335,865	1,729,399	15,649,821	1,190,720	18.07
5	울주군	32,762,758	692,717	3,551,459	5,637,710	76,340,029	31,032,172	17.19

<그림 4-31> 울산광역시 통계데이터를 입력한 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성' 평가 결과 3

VESTAP에 울산광역시 통계데이터를 입력한 후 '기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성' 평가 결과는 남구, 울주군, 중구, 동구, 북구 순에서 남구, 중구, 울주군, 동구, 북구 순으로 달라졌다. 각 부문별로 살펴보면 울산광역시의 통계데이터가 입력된 기후노출부문의 지수가 변하였다. 중구의 경우 기존의 0.05에서 0.12로 지수가 증가 하였으며, 울주군의 경우 0.26에서 0.12로 지수가 감소하였다. 또한 동구와 북구는 기존의 0.05에서 동구는 0.02로, 북구는 0.04로 지수가 달라졌다.

지수로 비교할 경우 크지 않은 변화라고 판단할 수도 있다. 울산광역시

통계데이터를 입력하여 도출한 결과가 100% 해당 지자체의 현실과 특성을 반영한 결과라고 할 수 없다. 그러나 위 결과를 통해 지자체의 데이터를 구축하여 입력할 경우 기존의 기후변화 취약성평가 결과보다 지자체의 현실과 특성을 반영한 기후변화 취약성평가 결과를 얻을 수 있다는 개선의 가능성을 확인하였다.

이를 볼 때, 해당 지자체의 정확한 기초 지표데이터가 구축된다면 VESTAP에서 자료를 구축할 때 사용하였던 자료가공과정을 거치지 않게 되어 보다 정확한 기후변화 취약성평가 결과를 얻을 수 있을 것이라 판단된다.

제 5 장 결론

본 연구에서는 기후변화 취약성평가 결과가 해당지자체의 현실과 특성을 반영하지 못한다는 문제점을 인식하고 이를 확인해 보았다. 국가기후변화적응센터에서 제공하는 VESTAP을 이용하여 울산광역시를 대상으로 기후변화 취약성평가를 진행하였다. 그 결과 울산광역시는 재난재해, 해양수산, 건강, 물관리, 산림, 농업, 생태계분야 순으로 기후변화로 인한 영향에 취약하며, 울주군, 중구, 남구, 북구, 동구 순으로 기후변화에 취약하다는 결과를 얻었다.

7개의 기후변화 취약성평가 분야(건강, 재난/재해, 농업, 산림, 해양/수산업, 물관리, 생태계) 중 건강분야를 대상으로 일부 세부 평가항목에 한하여 울산광역시의 통계데이터를 이용해 VESTAP의 기후변화 취약성평가 결과와 비교하였다. 그 결과 VESTAP의 기후변화 취약성평가 결과와 울산광역시의 통계데이터를 이용하여 도출한 결과가 서로 다른 것을 확인할 수 있었다.

이와 같이 결과가 다른 이유를 VESTAP에서 사용하는 기초 지표데이터와 울산광역시의 통계데이터 비교를 통해 한차례 더 살펴보았다. 기초 지표데이터들 중 '연평균 미세먼지 농도', 'CO(산업 및 이동오염원 배출량)', 'CO(비산업 및 주거용시설 배출량)'를 선택하여 살펴보았다.

'연평균 미세먼지 농도' 데이터의 경우 VESTAP에서 사용된 데이터는 국립환경과학원의 대기질 전망자료를 바탕으로 GIS 공간분석을 이용하여 시·군·구별 미세먼지 농도를 산출하는 가공을 통해 구축되어 '대기환경연보'를 통해 구축한 데이터와 다르다는 것을 확인 할 수 있었다.

'CO(산업 및 이동오염원 배출량)', 'CO(비산업 및 주거용시설 배출량)' 데이터 또한 위와 같은 가공과정을 거쳐 VESTAP에 입력되었기에 국립환경과학원의 국가대기오염물질 배출량 통계에서 제공하는 데이터와의 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

'연평균 미세먼지 농도', 'CO(산업 및 이동오염원 배출량)', 'CO(비산업 및 주거용시설 배출량)' 외 모든 기초 지표데이터들이 광역지자체 또는

기초지자체에서 알맞은 지표데이터의 형태로 제공이 어려워 VESTAP의 기초 지표데이터로 이용하기위해 가공과정을 거치게 된다. 주로 기초 지표데이터들을 통계청이나 타 기관의 자료들을 바탕으로 GIS기반으로 가공하여 데이터를 만들어 사용하는 경우가 많다. 이 과정에서 해당지자체의 통계데이터와의 차이가 발생하게 되고 이에 따라 기후변화 취약성평가 결과가 지역의 현실과 특성을 반영하지 못하게 된다.

이러한 문제점은 기후변화 취약성평가를 위한 지자체의 기본정보 및 자료의 부재 혹은 자료 확보의 어려움 때문에 발생한다. 지자체 차원에서의 자료 확보의 어려움은 기후변화 취약성평가를 수행하기 위한 경험과 전문성, 시간 및 예산 등의 역량과 인프라가 부족하여 발생하게 된다(국립환경과학원, 2012).

국가 차원에서는 기후변화 취약성평가 결과에 대한 신뢰도 제고를 위해 지속적인 연구가 선행되어 각 지자체의 체감취약성과 비슷한 기후변화 취약성평가 결과가 나오도록 노력할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한 기초 지표데이터에 대한 종합관리 및 공유를 할 수 있는 시스템 구축도 필요한 것으로 사료된다. 특히 지역적 특성 및 현실 등을 반영할 수 있는 자료 구축 체계에 대하여 국가와 지자체의 협력이 필요한 것으로 사료된다.

위와 같은 노력을 통해 지자체별 기후변화 취약성평가를 위한 기본정보 및 자료가 구축된다면 4장에서 확인하였듯이 기존의 VESTAP을 통해 얻은 기후변화 취약성평과와 다른 결과를 얻을 수 있다. 이렇게 얻은 기후변화 취약성평가 결과는 지자체의 기후변화 적응대책을 수립하는데 올바른 선택과 집중을 할 수 있는 기후변화 취약성평가 결과를 얻을 수 있을 것이다.

본 연구는 기후변화 취약성평가 결과가 해당지자체의 현실과 특성을 반영하지 못한다는 문제점에 대한 확인과 원인을 살펴보았다. 문제점에 대한 확인과정에 있어 해당지자체의 통계데이터를 통한 비교를 연구방법으로 사용하였는데 이 과정에서 해당지자체의 통계데이터가 충분하지 못해 모든 항목에 대한 비교 연구를 진행하지 못한 것이 본 연구의 한계이다.

다양한 분야에 대한 기후변화 취약성평가가 진행되는 만큼 필요한 자료가 매우 다양하였다. 또한 국가 단위가 아닌 광역지자체 혹은 기초지자체 단위의 자료가 필요하였기 때문에 이를 구축하는 것이 매우 어려웠다. 비교할 수 있는 자료가 부족하다는 것은 입력할 수 있는 데이터 또한 부족한 것 이였다. 국가에서는 다양한 통계자료를 열람할 수 있도록 공개하고 있으나 실질적으로 사용하기 위해서는 가공과정이 필요하며 이 과정에서 오차가 발생하고 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 다루지 못했지만 해당 광역지자체의 현실과 특성을 반영할 수 있는 실질데이터를 구축하여 기후변화 취약성평가를 진행하여 본다면, 앞으로 타 광역지자체 또는 기초지자체들이 기후변화 취약성평가를 진행하는데 있어 기초자료로써 실질적 도움이 되리라 판단된다.

참 고 문 헌

IPCC 5차 보고서

IPCC WG Ⅱ 5차 보고서의 주요 결론, 기후정보포털

Paris Agreement(2015), UNFCCC

VESTAP : http://vestap.kei.re.kr

고재경, 김희선(2009), 경기도 기후변화 취약성 평가 연구, 경기연구원

고재경, 이우평(2015), 지역의 기후변화 적응 거버넌스 연구, 경기연구원

관계부처합동(2011), 국가 기후변화 적응대책 세부시행계획

국가기후변화적응센터 : http://ccas.kei.re.kr

국립환경과학원 국가대기오염물질 배출량통계 : http://airemiss.nier.go.kr

국립환경과학원(2012), 지자체, 기후변화 적응 세부시행계획 수립 지원을 위한 기후변화 부문별 취약성 지도 - 총괄 / 요약보고서 -

국립환경과학원(2014), 대기환경연보

김남의(2012), 기후변화 취약성 평가에 관한 연구 : 전남 22개 시·군을 중심으로, 순천대학교

김영수, 이승훈(2014), LCCGIS를 활용한 취약성 평가방법의 개선, 한국기후변화학회, 5(2), 165-178

배민기, 김보은(2015), 충청북도의 기후 취약성기반 기후변화 적응계획의 개선방향, 충북발전연구원

에어코리아 : http://www.airkorea.or.kr

울산광역시(2012), 기후변화 적응대책 세부시행계획수립

울산광역시청 : http://www.ulsan.go.kr

울산발전연구원(2015), 울산광역시 울주군 기후변화 적응대책 세부시행계획

울산발전연구원(2015), 울산광역시 동구 기후변화 적응대책 세부시행계획

울산발전연구원(2015), 울산광역시 북구 기후변화 적응대책 세부시행계획

울산발전연구원(2015), 울산광역시 중구 기후변화 적응대책 세부시행계획

이경진, 차정우(2015), 지방자치단체 적응대책을 위한 기후변화 취약성 평가, 충남발전연구원

이버들(2011), AHP기법을 적용한 국내 수산 부문의 지역별 기후변화 취약성평가 연구, 고려대학교 석사학위논문

임채현(2016), VESTAP을 활용한 기후변화에 따른 제주도 산불 취약성 평가 연구, 한국화재소방학회, 30(1), 57-62

정휘철(2014), 지자체기후변화 적응 수립지원 및 기반구축, 환경부

한국환경정책·평가연구원(2007), 기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축 Ⅲ

한국환경정책·평가연구원(2008), 기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안

한국환경정책·평가연구원(2012), 기후변화 적응 정보 통합지원 체계 구축에 관한 연구,

한국환경정책·평가연구원(2012), 기후변화 적응 정책 연구 로드맵 및 추진 전략,

한국환경정책·평가연구원(2013), 국가와 지자체의 기후변화 적응대책 실효성 제고를 위한 연계강화 방안

부 록

<표 1> 울산광역시의 부문별 기후변화 취약성평가 결과(종합순위)

단위 : 지수, 순위

분야		남구	동구	북구	울주군	중구	합	취약한 순서
건강	세부항목별 취약성 지수의 합	0.257	0.081	0.130	0.154	0.322	0.944	3
	순위	2	5	4	3	1		
재난재해	세부항목별 취약성 지수의 합	0.24	0.175	0.145	0.353	0.178	1.091	1
	순위	2	4	5	1	3		
농업	세부항목별 취약성 지수의 합	0.034	0.12	0.1	0.314	0.122	0.69	6
	순위	5	3	4	1	2		
산림	세부항목별 취약성 지수의 합	0.076	0.146	0.244	0.256	0.163	0.885	5
	순위	5	4	2	1	3		
해양수산	세부항목별 취약성 지수의 합	0.17	0.22	0.16	0.3	0.11	0.96	2
	순위	3	2	4	1	5		
물관리	세부항목별 취약성 지수의 합	0.113	0,12	0.1667	0.17	0.32667	0.89637	4
	순위	5	4	3	2	1		
생태계	세부항목별 취약성 지수의 합	0.1567	0.06	0.08667	0.14667	0.117	0.56704	7
	순위	1	5	4	2	3		
합		1.0467	0.9220	1.0324	1.6937	1.3387		
취약한 순서		3	5	4	1	2		

<표 2> 기후변화 취약성평가 세부항목별 결과(종합지수)

단위 : 지수

분야	분야에 따른 취약성 평가 항목(세부 취약성평가 항목)	남구	동구	북구	울주군	중구
건강	곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성	0.25	0.02	0.021	0.23	0.33
	기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성	0.42	0	0	0.21	0.12
	미세먼지에 의한 건강 취약성	0.49	0.28	0.08	0.01	0.45
	수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성	0.3	0.08	0.29	0.18	0.42
	오존농도 상승에 의한 건강 취약성	0.1	0	0	0.11	0.16
	태풍에 의한 건강 취약성	0.29	0.24	0.21	0.04	0.44
	폭염에 의한 건강 취약성	0.34	0.08	0.11	0.2	0.5
	한파에 의한 건강 취약성	0.1	0.03	0.14	0.41	0.28
	홍수에 의한 건강 취약성	0.02	0	0.13	0	0.2
재난/재해	폭설에 대한 기반시설 취약성	0.07	0	0.02	0.55	0.11
	폭염에 대한 기반시설 취약성	0.3	0	0.06	0.15	0.28
	해수면 상승에 대한 기반시설 취약성	0.32	0.53	0.13	0.33	0
	홍수에 대한 기반시설 취약성	0.27	0.17	0.37	0.38	0.32
농업	가축 생산성의 취약성	0.05	0	0.04	0.24	0.11
	농경지 토양침식에 대한 취약성	0	0.6	0.33	0.65	0.16
	벼 생산성의 취약성	0	0	0.1	0.35	0.12
	사과 생산성의 취약성	0.12	0	0	0.01	0.12
	재배·사육시설 붕괴의 취약성	0	0	0.03	0.32	0.1

산림	가뭄에 의한 산림식생의 취약성	0	0.11	0.14	0.06	0.06
	병해충에 의한 소나무의 취약성	0.19	0.12	0.21	0.43	0.19
	산림생산성의 취약성	0.13	0.24	0.21	0.24	0.13
	산불에 대한 취약성	0.13	0.18	0.27	0.15	0.25
	산사태에 의한 임도의 취약성	0	0.16	0.36	0.36	0.22
	소나무와 송이버섯의 취약성	0.06	0	0.09	0.11	0.06
	집중호우에 의한 산사태 취약성	0.02	0.21	0.43	0.44	0.23
해양/수산	수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성	0.17	0.22	0.16	0.3	0.11
물관리	수질 및 수생태에 대한 취약성	0.22	0.21	0.21	0.32	0.32
	이수에 대한 취약성	0	0	0	0	0.5
	치수의 취약성	0.12	0.15	0.29	0.19	0.16
생태계	곤충의 취약성	0	0	0	0.23	0
	국립공원의 취약성	0.1	0.09	0.15	0.21	0.13
	침엽수의 취약성	0.37	0.09	0.11	0	0.22

<표 3> 기후노출부문 기후변화 취약성평가 결과(순위)

단위 : 지수, 순위

분야		남구	동구	북구	울주군	중구	합	취약한 순서
건강	세부항목별 취약성 지수의 합	0.257	0.172	0.183	0.170	0.217	0.999	3
	순위	1	4	3	5	2		
재난재해	세부항목별 취약성 지수의 합	0.235	0.1875	0.215	0.2925	0.1725	1.1025	2
	순위	2	4	3	1	5		
농업	세부항목별 취약성 지수의 합	0.138	0.078	0.134	0.184	0.148	0.682	5
	순위	3	5	4	1	2		
산림	세부항목별 취약성 지수의 합	0.15714	0.16857	0.2014	0.0814	0.1542	0.76271	4
	순위	3	2	1	5	4		
해양수산	세부항목별 취약성 지수의 합	0.23	0.24	0.2	0.34	0.11	1.12	1
	순위	3	2	4	1	5		
물관리	세부항목별 취약성 지수의 합	0.11	0.1167	0.1567	0.0567	0.1133	0.5534	6
	순위	4	2	1	5	3		
생태계	세부항목별 취약성 지수의 합	0.0733	0.033	0.0733	0.0633	0.0733	0.3162	7
	순위	1	5	1	4	1		
합		1.2001	0.9960	1.1637	1.1879	0.9880		
취약한 순서		1	5	3	2	4		

<표 4> 기후노출부문 기후변화 취약성평가 결과(지수)

단위 : 지수

분야	분야에 따른 취약성 평가 항목(세부 취약성평가 항목)	남구	동구	북구	울주군	중구
건강	곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성	0.22	0.08	0.25	0.21	0.26
	기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성	0.44	0.04	0.04	0.26	0.05
	미세먼지에 의한 건강 취약성	0.43	0.42	0.14	0	0.34
	수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성	0.24	0.11	0.28	0.21	0.28
	오존농도 상승에 의한 건강 취약성	0.07	0.01	0.07	0.12	0.05
	태풍에 의한 건강 취약성	0.33	0.36	0.27	0.12	0.36
	폭염에 의한 건강 취약성	0.39	0.23	0.19	0.16	0.36
	한파에 의한 건강 취약성	0.08	0.16	0.21	0.38	0.16
	홍수에 의한 건강 취약성	0.11	0.14	0.2	0.07	0.09
재난/재해	폭설에 대한 기반시설 취약성	0.1	0	0.1	0.45	0.1
	폭염에 대한 기반시설 취약성	0.27	0	0.17	0.23	0.27
	해수면 상승에 대한 기반시설 취약성	0.34	0.5	0.19	0.31	0
	홍수에 대한 기반시설 취약성	0.23	0.25	0.4	0.18	0.32
농업	가축 생산성의 취약성	0.25	0.05	0.12	0.12	0.22
	농경지 토양침식에 대한 취약성	0.1	0.06	0.23	0.39	0.18
	벼 생산성의 취약성	0.07	0.07	0.15	0.23	0.13
	사과 생산성의 취약성	0.17	0.1	0.09	0.08	0.12
	재배·사육시설 붕괴의 취약성	0.1	0.11	0.08	0.1	0.09

산림	가뭄에 의한 산림식생의 취약성	0.07	0.15	0.14	−0.1	0.06
	병해충에 의한 소나무의 취약성	0.26	0.12	0.13	0.15	0.21
	산림생산성의 취약성	0.19	0.28	0.2	0.09	0.13
	산불에 대한 취약성	0.21	0.24	0.27	0.11	0.23
	산사태에 의한 임도의 취약성	0.13	0.19	0.3	0.2	0.2
	소나무와 송이버섯의 취약성	0.11	0	0.05	−0.1	0.05
	집중호우에 의한 산사태 취약성	0.13	0.2	0.32	0.22	0.2
해양/수산	수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성	0.23	0.25	0.2	0.34	0.11
물관리	수질 및 수생태에 대한 취약성	0.15	0.16	0.18	0.08	0.15
	이수에 대한 취약성	0.02	0.03	−0.01	−0.12	0.02
	치수의 취약성	0.16	0.16	0.3	0.21	0.17
생태계	곤충의 취약성	−0.23	−0.06	−0.03	0.03	−0.12
	국립공원의 취약성	0.1	0.09	0.15	0.21	0.13
	침엽수의 취약성	0.35	0.07	0.1	−0.05	0.21

<표 5> 민감도 부문 취약성평가 결과(순위)

단위 : 지수, 순위

분야		남구	동구	북구	울주군	중구	합	취약한 순서
건강	세부항목별 취약성 지수의 합	0.172	0.034	0.023	0.144	0.140	0.514	1
	순위	1	4	5	2	3		
재난재해	세부항목별 취약성 지수의 합	0.1	0.03	0.045	0.2	0.005	0.38	5
	순위	2	4	3	1	5		
농업	세부항목별 취약성 지수의 합	0.012	0.014	0.066	0.286	0.024	0.402	4
	순위	5	4	2	1	3		
산림	세부항목별 취약성 지수의 합	0.01	0.03	0.1028	0.30857	0.01428	0.46565	2
	순위	5	3	2	1	4		
해양수산	세부항목별 취약성 지수의 합	0	0	0	0.08	0	0.08	7
	순위	5	5	5	1	5		
물관리	세부항목별 취약성 지수의 합	0.0733	0.0433	0.07	0.18667	0.09	0.46327	3
	순위	3	5	4	1	2		
생태계	세부항목별 취약성 지수의 합	0.013	0.0067	0.02	0.1633	0.0067	0.2097	6
	순위	3	5	2	1	5		
합		0.3803	0.1584	0.3271	1.3685	0.2800		
취약한 순서		2	5	3	1	4		

<표 6> 민감도 부문 취약성평가 결과(지수)

단위 : 지수

분야	분야에 따른 취약성 평가 항목(세부 취약성평가 항목)	남구	동구	북구	울주군	중구
건강	곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성	0.18	0.08	0.03	0.17	0.11
	기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성	0.17	0.01	0.01	0.13	0.12
	미세먼지에 의한 건강 취약성	0.21	0.01	0.01	0.16	0.15
	수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성	0.22	0.11	0.08	0.12	0.18
	오존농도 상승에 의한 건강 취약성	0.2	0.01	0.01	0.16	0.15
	태풍에 의한 건강 취약성	0.16	0.04	0.04	0.11	0.12
	폭염에 의한 건강 취약성	0.12	0.01	0	0.2	0.18
	한파에 의한 건강 취약성	0.18	0.01	0	0.18	0.16
	홍수에 의한 건강 취약성	0.11	0.03	0.03	0.07	0.09
재난/재해	폭설에 대한 기반시설 취약성	0.12	0	0.08	0.24	0.01
	폭염에 대한 기반시설 취약성	0.12	0	0.04	0.21	0.01
	해수면 상승에 대한 기반시설 취약성	0.05	0.11	0.01	0.08	0
	홍수에 대한 기반시설 취약성	0.11	0.01	0.05	0.27	0
농업	가축 생산성의 취약성	0	0	0.03	0.29	0.01
	농경지 토양침식에 대한 취약성	0.02	0.07	0.17	0.37	0.05
	벼 생산성의 취약성	0	0	0.05	0.27	0.01
	사과 생산성의 취약성	0.04	0	0.01	0.11	0.02
	재배·사육시설 붕괴의 취약성	0	0	0.07	0.39	0.03

산림	가뭄에 의한 산림식생의 취약성	0	0	0.05	0.3	0
	병해충에 의한 소나무의 취약성	0	0.03	0.13	0.38	0.02
	산림생산성의 취약성	0	0	0.06	0.28	0
	산불에 대한 취약성	0.03	0	0.07	0.19	0.02
	산사태에 의한 임도의 취약성	0.01	0.06	0.15	0.34	0.02
	소나무와 송이버섯의 취약성	0.02	0.04	0.08	0.3	0.01
	집중호우에 의한 산사태 취약성	0.01	0.08	0.18	0.37	0.03
해양/수산	수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성	0	0	0	0.08	0
물관리	수질 및 수생태에 대한 취약성	0.02	0.05	0.11	0.24	0.11
	이수에 대한 취약성	0.06	0.02	0.03	0.21	0.06
	치수의 취약성	0.14	0.06	0.07	0.11	0.1
생태계	곤충의 취약성	0.02	0	0.02	0.27	0.01
	국립공원의 취약성	0	0	0	0	0
	침엽수의 취약성	0.02	0.02	0.04	0.22	0.01

<표 7> 적응능력 부문 취약성평가 결과(순위)

단위 : 지수, 순위

분야		남구	동구	북구	울주군	중구	합	취약한 순서
건강	세부항목별 취약성 지수의 합	0.172	0.152	0.081	0.164	0.041	0.610	1
	순위	1	3	4	2	5		
재난재해	세부항목별 취약성 지수의 합	0.095	0.115	0.115	0.14	0	0.465	3
	순위	4	1	1	3	5		
농업	세부항목별 취약성 지수의 합	0.176	0.102	0.104	0.156	0.05	0.588	2
	순위	1	4	3	2	5		
산림	세부항목별 취약성 지수의 합	0.09286	0.05286	0.06	0.13429	0.00571	0.34571	4
	순위	2	4	3	1	5		
해양수산	세부항목별 취약성 지수의 합	0.06	0.03	0.04	0.12	0	0.25	6
	순위	2	4	3	1	5		
물관리	세부항목별 취약성 지수의 합	0.1	0.05	0.07	0.08	0.02667	0.32667	5
	순위	1	4	3	2	5		
생태계	세부항목별 취약성 지수의 합	0.00667	0	0.013	0.1	0.00667	0.12634	7
	순위	3	5	2	1	3		
합		0.7025	0.5019	0.4830	0.8943	0.1301		
취약한 순서		2	3	4	1	5		

<표 8> 적응능력 부문 취약성평가 결과(지수)

단위 : 지수

분야	분야에 따른 취약성 평가 항목(세부 취약성평가 항목)	남구	동구	북구	울주군	중구
건강	곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성	0.15	0.14	0.07	0.15	0.04
	기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성	0.19	0.17	0.09	0.18	0.05
	미세먼지에 의한 건강 취약성	0.15	0.14	0.07	0.15	0.04
	수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성	0.16	0.14	0.07	0.15	0.04
	오존농도 상승에 의한 건강 취약성	0.17	0.15	0.08	0.17	0.04
	태풍에 의한 건강 취약성	0.2	0.16	0.1	0.19	0.04
	폭염에 의한 건강 취약성	0.17	0.16	0.08	0.16	0.04
	한파에 의한 건강 취약성	0.16	0.14	0.07	0.15	0.04
	홍수에 의한 건강 취약성	0.2	0.17	0.1	0.18	0.04
재난/재해	폭설에 대한 기반시설 취약성	0.15	0.18	0.16	0.14	0
	폭염에 대한 기반시설 취약성	0.09	0.11	0.15	0.29	0
	해수면 상승에 대한 기반시설 취약성	0.07	0.08	0.07	0.06	0
	홍수에 대한 기반시설 취약성	0.07	0.09	0.08	0.07	0
농업	가축 생산성의 취약성	0.23	0.11	0.11	0.17	0.12
	농경지 토양침식에 대한 취약성	0.22	0.07	0.07	0.11	0.07
	벼 생산성의 취약성	0.1	0.1	0.1	0.15	0.02
	사과 생산성의 취약성	0.09	0.11	0.13	0.18	0.02
	재배·사육시설 붕괴의 취약성	0.24	0.12	0.12	0.17	0.02

산림	가뭄에 의한 산림식생의 취약성	0.07	0.04	0.05	0.14	0
	병해충에 의한 소나무의 취약성	0.07	0.03	0.05	0.1	0.04
	산림생산성의 취약성	0.06	0.04	0.05	0.13	0
	산불에 대한 취약성	0.11	0.06	0.07	0.15	0
	산사태에 의한 임도의 취약성	0.15	0.09	0.09	0.18	0
	소나무와 송이버섯의 취약성	0.07	0.04	0.04	0.09	0
	집중호우에 의한 산사태 취약성	0.12	0.07	0.07	0.15	0
해양/수산	수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성	0.06	0.03	0.04	0.12	0
물관리	수질 및 수생태에 대한 취약성	−0.05	0	0.08	0	−0.06
	이수에 대한 취약성	0.17	0.08	0.05	0.11	0.03
	치수의 취약성	0.18	0.07	0.08	0.13	0.11
생태계	곤충의 취약성	0.02	0	0.01	0.07	0.02
	국립공원의 취약성	0	0	0	0	0
	침엽수의 취약성	0	0	0.03	0.23	0

Abstract

A Study on Climate Change Vulnerability Assessment for Ulsan Local Government using VESTAP

In Kyu Park
Cooperation Course for Climate Change
The Graduate School
Sejong University

Since 2015, not only central and metropolitan governments, but also lower-level local governments have been required to establish and execute climate change adaptive measures, so each local government is establishing climate change adaptive measures. The national government provides each government with web-based climate change vulnerability assessment tool VESTAP and GIS-based climate change vulnerability assessment program CCGIS to be utilized in establishing climate change adaptive measures. The climate change vulnerability assessment that have been drawn using CCGIS, however, are found to fail to match the reality and characteristics of actual local governments, and thus the uncertainty of the assessment is being mentioned (Korea Environment Institute, 2013). The climate change vulnerability assessment results of VESTAP constructed based on CCGIS are also expected to fail to match the reality and characteristics of the local governments.

This study has recognized the problem that the climate change vulnerability assessment result using VESTAP fails to reflect the reality and characteristics

of the corresponding local government and has verified such. Using VESTAP, the climate change vulnerability assessment was executed against the city of Ulsan.

Regarding the area of health among seven climate change vulnerability assessment areas(health, disaster, agriculture, forestation, maritime/fisheries, water management, ecosystem), some detailed assessment items were considered for comparison with the climate change vulnerability assessment results of VESTAP by using the statistical data of Ulsan. As the result, it could be verified that the climate change vulnerability assessment results of VESTAP was different from the result obtained by using the statistical data of Ulsan.

The reason for such discrepancy in results was examined through the comparison between the basic index data used in VESTAP and the statistical data of Ulsan. The data used in VESTAP was constructed through calculating fine dust concentration per city/gun/gu using GIS spatial analysis based on the atmospheric quality prospect data, which was verified to be different from the statistical data constructed through 'atmospheric environment yearbook.'

As it is difficult for metropolitan governments or low-level governments to provide index data in appropriate format for all basic index data of VESTAP, the data is processed to be used as the basic index data of VESTAP. Usually, there are many cases where the data to be used is created through GIS-based processing based on the data from National Statistical Office or other institutions. In this process, differences occur against the statistical data of the corresponding local government, which accordingly causes the climate change vulnerability assessment result to fail to reflect the reality and characteristics of the region.

Such issue occurs due to the lack of or difficulty in securing basic information/data of the local government for climate change vulnerability assessment. The difficulty in securing data at the local government level occurs due to the lack of experience, expertise, time, budget and such capabilities and

infrastructure for the execution of climate change vulnerability assessment(National Institute of Environmental Research, 2012).

At the national level, in order to improve the reliability of the climate change vulnerability assessment results, it is thought that continued research must come first so as to enhance them to the level on par with the felt vulnerability, and it also appears necessary to construct the system for integrated management and sharing of necessary data.

If the basic information and data for climate change vulnerability assessment per local government are constructed through the efforts as described above, it would be possible to obtain climate change vulnerability assessment results for proper choice and concentration in establishing climate change adaptive measures for local governments.

Keywords : Climate Change Vulnerability Assessment, VESTAP, Climate Change Adaptation