

기후변화 취약성 평가지표로서 재난안전교육의 기여도 산정

정건희*

¹호서대학교 토목공학과

Degree of the Contribution of Disaster and Safety Education as an Index of Climate Change Vulnerability

Gunhui Chung^{1*}

¹Department of Civil Engineering, Hoseo University

요약 기후변화는 시스템의 취약성을 증가시키는 매우 중대한 요인 중 하나이다. 그러므로 다양한 방법으로 취약성을 평가하여, 그 영향을 최소화시키는 방향으로 적응정책을 수립하도록 하는 것은 매우 중요한 일이다. 그러나 취약성 계산을 위해 고려하는 다양한 대리변수들이 취약성을 적절히 표현하고 있는지에 대한 고찰은 잘 이루어지지 않고 있다. 그러므로 본 연구는 기후변화 취약성을 계산하기 위해 고려되는 다양한 대리변수들 가운데 재난 및 안전관리 교육에 관련된 변수들이 비구조적 적응능력을 대표하기 위해 고려되어야 한다는 것을 전문가들의 설문조사를 통해 보였다. 조사결과, 교육대상과 지역의 특성에 따라 재난안전교육이 기후변화 취약성에 기여하는 정도가 달라질 수 있음을 알 수 있었다. 이 결과는 향후 기후변화 적응정책을 수립하는데 지역별 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

Abstract Climate change is one of the most important factors increasing a system's vulnerability. Therefore, various methods have been applied to evaluate the vulnerability to develop an appropriate adaptation policy to minimize the effects of climate change. On the other hand, it has barely been used to examine the suitability of the selected proxy variables to calculate the vulnerability. In this study, it was shown that the degree of disaster and safety education should be considered as one of the proxy variables in non-structural measures when the vulnerability is calculated using an expert survey. As a result, the degree of the contribution on the climate change vulnerability can be different according to the education target and the characteristics of various systems. The results might be useful for developing a climate change adaptation policy in a specific area.

Key Words : Climate change vulnerability, Disaster and safety education, Contribution analysis

1. 서론

기후변화는 기후변화에 관한 정부 간 패널(International Panel on Climate Change, IPCC)의 제4차 보고서가 2007년에 발표되면서 비로소 많은 관심을 받기 시작하였고, 그 대책에 대한 다양한 연구가 진행되어졌다. 기후변화에 대한 연구는 예측하고, 그 영향을 평가하는 부분과 변화에 적응하는 부분으로 크게 나누어질 수 있다. 대부분

의 연구들이 기후변화가 다양한 사회 시스템에 미치는 영향을 평가하기 위한 것이었다. 그러나 실제로 평가에만 그칠 것이 아니라 영향을 최소화하기 위한 적응 노력이 보다 중요하다. 그러므로 많은 연구들이 기후변화에 대한 취약성을 평가하고 그에 대한 적응능력을 높이는데 기여해 왔다.

우리나라에서는 기후변화에 대한 취약성 평가를 통해 홍수나 가뭄과 같은 자연재난에 대한 평가가 주로 이루어

이 논문은 2013년 방재청 재난안전기술개발기반구축사업단의 “재난안전교육 콘텐츠 개발 국제공동연구 및 정보공유 네트워크 구축방안 연구(2013-NEMA15-008-01010000-2013)” 재원으로 수행된 연구결과이며, 이에 감사드립니다.

*Corresponding Author : Gunhui Chung(Hoseo Univ.)

Tel: +82-41-540-5794 email: gunhui@hoseo.edu

Received July 17, 2014

Revised August 6, 2014

Accepted August 7, 2014

어졌다. 국내외적으로 다양한 형태의 평가지수가 개발되어 적용되었다. 초기의 취약성 지수 개발에 대한 국내 연구 [1]은 지속가능한 수자원 개발과 관리를 평가하기 위한 지수를 개발하여 다양한 대리변수들을 고려한 지수를 계산하였으며, [2]는 수자원 지속가능성 지수 (Water Resources Sustainability Index, WRSI)를 개발하여 적용하였다. [3]은 유역의 종합적인 수문학적 취약도를 산정하기 위해 유역평가지수(Watershed Evaluation Index, WEI)를 제안하며 홍수피해잠재능(Potential Flood Damage, PFD)을 이용하였다. 그러나 이 시기의 연구들은 모두 기후변화의 영향을 고려하지 않았다.

[4]의 연구에서 비로소 기후변화를 고려한 취약성 분석을 실시하여 취약성-탄력성 지표(Vulnerability-Resilience Indicator, VRI)를 제시하였다. 또한 [5]에서는 기후변화를 고려한 홍수취약성지수(Flood Vulnerability Index, FVI)를 개발하여 홍수피해의 증가 여부를 정량적으로 제시하였다.

선행연구들은 취약성 지수를 계산하기 위해 다양한 대리변수들을 적용하였다. 대리변수들은 대상 지역의 기후적인 요인뿐 만 아니라 사회·경제적인 요인까지를 고려하였다. 그러나 최근 들어 발생한 세월호 침몰사고 등 대형 복합재난이 발생함에 따라 재난관리 중 재난 대비 및 대응에 대한 관심이 높아지고 있다. 그에 따라 재난 및 안전관리 교육 및 훈련의 중요성이 강조되고 있다. 그러나 대부분의 연구들은 재난대응 교육 및 훈련 시스템의 구축이나 이행여부에 대한 대리변수는 거의 고려되지 않았다.

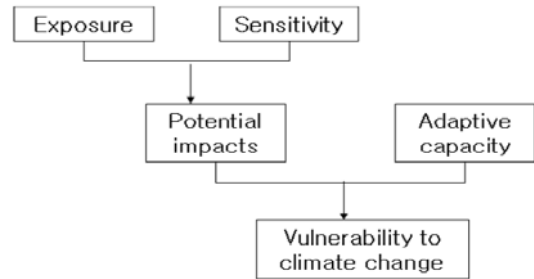
본 연구에서는 기후변화에 대한 취약성을 산정한 선행연구들을 분석하여 교육현황이 취약성 산정에 기여한 정도를 계산하고, 재난안전교육이 취약성에 미치는 영향을 평가하였다.

2. 기후변화 취약성 분석 방법

2.1 취약성

기후변화에 대한 취약성 평가는 기후변화에 적응하기 위해 매우 중요한 개념으로 인식되고 있으나, 그 방법론이 아직 명확히 정립되지 않았다. 취약성이라는 개념 자체에 기후변화에 따른 영향이 부정적으로 나타난다는 개념과 이에 대한 적응능력을 함께 갖추어야 한다는 개념

이 혼재되어 있으며, 지표를 통해 이러한 복잡한 개념들을 표현하기 위한 연구들이 대부분이므로, 복잡한 취약성이 효율적으로 표현되기 쉽지 않았다[4].



[Fig. 1] Climate Change Vulnerability[6]

그러므로 취약성에 대한 정의 역시 분야별로 제한한 기관별로 다소 상이한 부분이 존재하기도 한다. Fig. 1은 IPCC 보고서에서 제안한 기후변화 취약성에 대한 개념도이다. 또한 취약성은 지속가능성(sustainability), 탄력성(resilience), 한계성(marginality), 민감성(susceptibility), 적응성(adaptability), 연약성(fragility), 위험도(risk) 등과 혼용되는 경우가 자주 있다.

그러나 취약성은 특정 시스템이 가지는 내·외적인 요인들의 현재 상태를 종합한 태생적인 상태를 의미한다. 즉, 동일한 외부 자극에 대해 각각의 시스템이 가지고 있는 고유한 상태나 현재 대응능력 등에 따라 다른 취약성을 가질 수 있다는 것이다. 대부분의 과거 취약성 평가에 대한 연구들은 이러한 접근을 통해 이루어졌다.

특히 기후변화에 대한 취약성은 주로 민감도(sensitivity)와 적응능력(adaptive capacity)의 함수라고 정의[7]하거나, 노출정도(exposure), 민감도, 적응능력의 함수로 표현[8]하는 경우가 대부분이다.

2.2 취약성 평가 대리변수 분석

취약성 지수에 관련된 연구들 중 대표적인 국내외 사례를 살펴보면 Table 1과 같다. 조사된 6개의 사전연구들 중 교육관련 변수를 고려한 연구는 단 1편뿐이었다. [8]에서는 국가차원의 취약성을 계산하기 위해 총 46개의 대리변수를 사용하였으며, 이 중 5개의 교육관련 변수를 사용하여, 전체 취약성 중 교육관련 변수들의 기여도는 약 10.9% 정도로 계산할 수 있다. 교육관련 대리변수는 교육지출(GNI에 대한 %), 교육지출(정부지출에 대한

%), 교육률(15세 이상 인구에 대한 %), 교육률(15~24세 연령 중 %), 교육률(남성대비 여성비율)을 고려하였다. 외국의 연구들은 국내에 비해 교육관련 변수들의 기여도가 상대적으로 조금 큰 것을 알 수 있다.

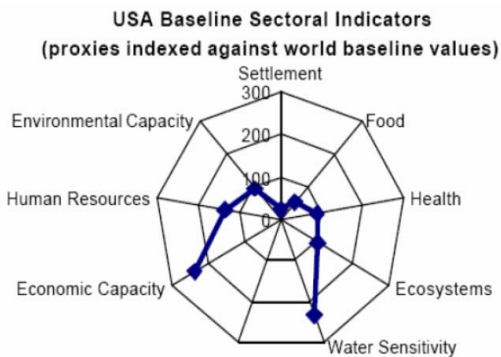
[Table 1] Comparison of Proxy Variables for Vulnerability

Name of Index	Proxy Variables	Educa tion	Contri bution(%)
Vulnerability-Resilience Indicators [9]	17		
Environmental sustainability index [10]	5		
Dimensions of vulnerability [11]	3		
Index of Human Insecurity [12]	13		
County level risk measures [13]	1		
National level vulnerability [8]	46	5	10.87
Vulnerability-resilience indicator [4]	33	3	9.09
Potential Flood Damage [3]	11		
Water resources sustainability Index [2]	17	1	5.88
Sustainable Index [1]	51		
Flood vulnerability index [5]	18		

마지막으로 교육관련 변수를 1개 포함하고 있는 [2]는 교육수준을 대리변수로 포함하고 있다.

살펴본 바와 같이 조사한 총 11개의 연구 중 3개의 연구만이 교육관련 대리변수들을 포함하고 있었으나 모든 변수들이 국가나 지역의 평균적인 교육수준이나 문맹률을 평가하기 위한 변수들이었다. 본 연구에서 살펴보고자 하는 재난 및 안전관리 교육 및 훈련이 이루어지고 있는지 여부는 전혀 고려되고 있지 않았다.

[9]는 전 세계를 대상으로 국가별 기후변화 취약성을 취약성-탄력성 지표 원형모형(VRIP)으로 나타내었다. 지표에는 인간정주·기반시설, 식량안보, 보건, 생태계, 수자원, 경제적 능력, 인적자원, 환경역량을 포함하여 분석하였으며, 그 결과는 Fig. 2과 같다.



[Fig. 2] Vulnerability Result [9]

Fig. 2에서 알 수 있는 것과 같이 교육관련 분석은 이루어지지 않았다.

그러나 [4]는 국내 모든 시도를 대상으로 교육을 포함하여 취약성 분석을 실시하였다. 기후변화 취약성 평가를 위한 연구 중 대표적으로 가장 많이 인용되고 있는 연구 중 [4]의 기후변화 취약성 탄력성 지표(Vulnerability Resilience Index, VRI)는 총 33개의 대리변수를 사용하여 기후변화에 대한 취약성 탄력성 지표를 계산하였다 (Table 2).

VRI 계산을 위한 총 33개의 대리변수 중 교육에 관련된 매개변수는 총 3개(성인문자해독률, 지역 내 총생산에 대한 교육지출)를 포함하고 있다. [4]의 연구에서는 모든 대리변수들의 가중치를 동일하게 적용하였으므로, 교육 분야의 대리변수들은 총 변수들의 9.1%정도를 차지한다. 즉 교육 분야의 기후변화 취약성-탄력성 지수에 약 9.1% 정도를 기여하는 것으로 생각할 수 있다.

[Table 2] Categories considered for VRI [4]

Category	Sub Category
Sensitivity	Human settlement / Infrastructure
	Ecosystems
	Agriculture
	Health/Welfare
Adaptive capacity	Economic ability
	Governance
	Education
	Environmental capability
	Industrial structure
Climate Exposure	Rainfall
	Draught
	Heat

[4]의 분석결과 취약성분석도(vulnerability profile)는 Fig. 3과 같다. 적응능력이 비교적 높은 서울이나 경기도 같은 경우에는 취약성이 매우 낮은 것으로 분석되었으며, 상대적으로 제주도나 충청남도도 같이 농업지역이 다수 존재하는 지역은 취약성이 높은 것으로 계산되었다.

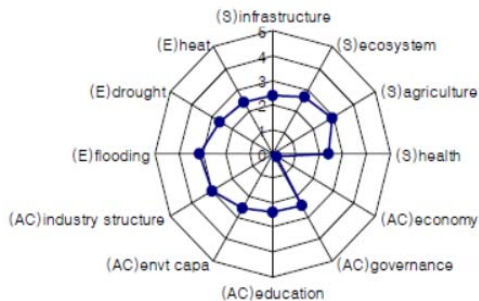
Fig. 3에서 알 수 있는 것과 같이 제주도의 경우에는 취약성을 유발하는 대리변수들의 기여도가 지역경제 (Economy)를 제외하고는 모두 비슷한 것으로 분석되었으며, 지역경제가 취약성을 낮추는 가장 중요한 요인으로 분석되었으며, 충청남도도 제주도는 교육(Education)이 취약성 저감에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 분석되었다. 반면에 경기도와 서울은 다른 요소에 비해 교육

정도가 취약성 저감에 기여도가 상대적으로 큰 것으로 분석되었다. 또한 서울은 기후변화 취약성에 영향을 미치는 인자들의 기여도가 매우 상이한 것으로 분석되었다.

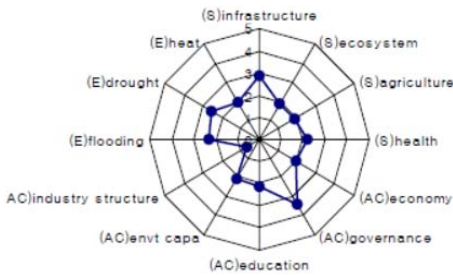
3. 재난안전교육이 취약성에 미치는 기여도 평가

3.1 전문가 설문조사

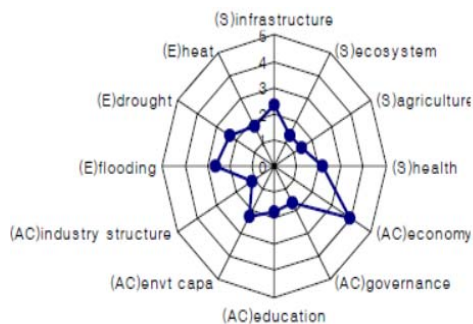
기후변화 취약성 평가에 교육요소가 미치는 기여도는 선행연구들을 분석한 결과 전체 취약성 유발 요인들 중 약 10% 내외인 것 나타났다. 이 결과는 취약성 평가를 위해 선정된 대리변수들의 가중치를 이용하여 계산한 기여도이다.



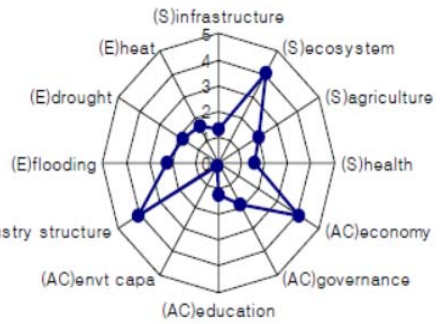
(a) Jeju-do



(b) Chungcheongnam-do



(c) Kyunggi-do



(d) Seoul

[Fig. 3] Vulnerability Resilience Index [4]

그러므로 과거 연구들을 조사한 결과를 비교하기 위해 재난안전교육 혹은 교육수준이 기후변화에 따른 취약성에 미치는 영향에 대해 전문가 설문조사를 실시하였다.

취약성에 영향을 미치는 대리변수들의 특성이 대상지역이 도시지역인지 농촌이나 산업단지 지역인지에 따라 달라진다는 선행연구[4] 결과를 소개하였으므로, 대상지역을 구분하여 영향을 조사하였다. 또한 교육대상에 따라 그 결과가 달라질 수 있음을 예상해볼 수 있다. 본 연구에서는 설문조사 시 재난안전교육 의무 대상자를 다음과 같이 3가지 경우로 구분하였다. case 1은 재난관련 업무 종사 공무원만을 대상으로 의무교육을 실시하는 경우이며, case 2는 공무원들 뿐 아니라 일반 국민들을 대상으로 의무교육 범위를 확대한 경우이다. 그러나 이 경우에는 성인들만을 대상으로 민방위 교육이나 직장 내 교육 등의 방법을 통한 교육이나 생활체험장 등을 통한 자율교육 등을 실시하는 것을 의미한다. 마지막으로 case 3은 초·중·고 학생들을 대상으로 하는 학교 교과과정을 통한 의무교육까지 확대하는 방안이다.

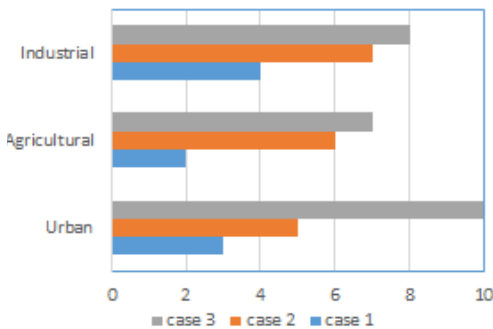
- case 1 : 재난관련 업무 종사 공무원
- case 2 : 재난관련 업무 종사 공무원 + 일반 국민
- case 3 : 재난관련 업무 종사 공무원 + 일반 국민 + 초·중·고생 의무교육

각각의 교육대상에 따라 재난발생에 대한 대응정도가 달라질 수 있을 것이다. 본 연구를 위해 작성된 설문조사지는 Table 3과 같다. 전문가들은 보다 세분화된 기여도 %에 대해 답을 할 수 있도록 설문조사지가 구성되어 있다.

[Table 3] Survey Sheet for Contribution of Disaster & Safety Education on Climate Change Vulnerability

		Contribution		
		Urban	Agricultural	Industrial
Target	case 1			
	case 2			
	case 3			

재난전문가 30명을 대상으로 설문조사를 실시한 결과, 교육대상과 적용지역에 따라 다른 결과를 보였다[Fig. 4].



[Fig. 4] Contribution of Education on Vulnerability

Fig. 4에서와 같이 전체적으로 교육이 취약성에 영향을 미치는 기여도는 도시지역이 다른 지역에 비해 큰 것으로 나타났으며, 농촌지역의 영향이 가장 작은 것으로 나타났다. 즉, 조사에 따르면, 농촌지역의 경우 교육의 강도를 높인다고 하더라도, 도시나 산업단지 지역에 비해 취약성에 큰 변화가 없을 것이라는 것을 의미한다.

또한 재난안전교육을 전문 인력인 공무원들만을 대상으로 실시하였을 경우, 취약성 감소는 5% 이하로 예상되는 반면, 초·중·고학생들까지 의무교육을 확대하여 전국민 대상으로 재난 및 안전관리에 대한 교육 및 훈련을 실시할 경우에는 취약성이 약 10% 정도 저감될 것으로 예측된다고 조사되었다. 이렇게 영향이 10% 이하로 미비한 것은 기상이나 지형 등 사람이 통제할 수 없는 요인들이 취약성에 가장 큰 영향을 미치기 때문에 교육에 의해 현저히 향상되기 힘든 점이 있기 때문이다. 그러나 전문가들의 설문조사 결과에 비추어보면, 기후변화에 대한 취약성이 재난 및 안전관리 교육에 의해 다소라도 저감될 수 있다는 것이 입증되었다.

4. 결론

사회가 복잡해지고, 기후변화 등의 외적인 요인이 사회의 안정성에 미치는 영향에 대한 우려가 높아짐에 따라 기후변화에 따른 사회시스템의 취약성을 평가하고 이에 대한 적응정책을 제시하고자 많은 연구들이 진행되고 있다. 다수의 선행연구들은 시스템의 기후변화에 대한 취약성을 계산하기 위해 기후의 노출정도, 시스템의 민감도, 구조적·비구조적 적응능력에 따라 세부인자들을 조사하여 계산하는 방법을 사용하고 있다.

그러나 본 연구에서는 최근 들어 빈번해지고 있는 대형재난들에 대한 대응능력에 문제가 있다는 지적을 통해 국가의 재난관리 및 대응 시스템 전체에 대한 조정을 시도하고 있는 시점에서 기후변화에 대한 취약성에 재난 및 안전관리 교육이 사회의 비구조적인 적응능력으로 고려되어야 한다는 필요성을 제안하기 위해 수행되었다.

취약성 계산을 위한 선행연구들을 조사한 결과 교육 수준을 고려한 연구들이 많지 않았으며, 교육수준을 고려한 경우에는 전체 취약성 중 약 10% 미만이 교육수준에 의해 기여됨을 알 수 있었다. 그러나 선행연구들에서 고려된 교육수준은 대체로 문맹률이나 학교진학률과 같은 일반적인 교육을 의미하는 경우가 대부분이었다. 그러나 본 연구에서 주장하는 교육은 재난 및 안전관리에 관한 특성화된 교육이 시스템의 취약성을 저감할 수 있다는 것이다.

이를 입증하기 위해 전문가 설문조사를 실시하여 기후변화 취약성에 재난 및 안전관리 교육이 기여를 할 수 있음을 입증하였으며, 교육대상과 대상지역의 특성에 따라 그 기여도가 달라질 수 있음을 보였다. 이는 향후 취약성 지수 계산에 고려하는 대리변수들을 보다 신중하게 고려해야 할 필요가 있음을 보여준다.

References

[1] S. J. Choi, and D. R. Lee, "Indicators for evaluation of sustainable water resources development and management", *Journal of Korea Water Resources Association*, vol.38, no.9, pp.779~790, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3741/JKWRA.2005.38.9.779>

[2] M. G. Knag, and G. M. Lee, "Development of Assessment Index for Water Resources Sustainability and Weights

- Evaluation of It's Components", *Journal of Korea Water Resources Association*, vol.39, no.1, pp.59~68, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3741/JKWRA.2006.39.1.059>
- [3] E. S. Chung, and K. S. Lee, "Identifying spatial hazard ranking using multicriteria decision making techniques", *Journal of Korea Water Resources Association*, vol.40, no.12, pp.969~983, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3741/JKWRA.2007.40.12.969>
- [4] G. Y. Yoo, and I. A. Kim, "Development and application of a climate change vulnerability index", *Korea Environment Institute*, 2008.
- [5] M. Son, J. Y. Sung, E. S. Chung, and K. S. Jun, "Development of Flood Vulnerability Index considering Climate Change", *Journal of Korea Water Resources Association*, vol.44, no.3, pp.231~248, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3741/JKWRA.2011.44.3.231>
- [6] IPCC "Climate Change 2001 : Impact, Adaptation and Vulnerability", Third Assessment Report, McCarthy et al. (Eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001.
- [7] UNDP(United Nations Development Programme) Adaptation policy frameworks for climate change : Developing strategies, Policies and Measures, Cambridge University press. UK, 2005.
- [8] N. Brooks, W. N. Adger, and P. M. Kelly, "The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the National Level and the Implications for Adaptation" *Global Environmental Change*, vol.15, pp.151~163, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006>
- [9] R. H. Moss, E. L. Brenkert, A. L. Malone, "Vulnerability to Climate Change: a Quantitative Approach", Prepared for the US Department of Energy, 2001.
- [10] World Economic Forum, "Environmental Sustainability Index", World Economic Forum, 2002.
- [11] T. E. Downing, M. J. Watts, and H. G. Bohle, "Climate Change and Food Insecurity: Towards a Sociology and Geography of Vulnerability", *Climate Change and World Food Security*, Berlin, Springer, pp.183~206, 1995.
- [12] S. Lonergan, K. Gustavson, M. Harrower, "Mapping Human Insecurity", *Environmental Change, Adaptation, and Security*, pp.397~413, 1999.
- [13] N. Brooks, and W. N. Adger, "County Level Risk Measures of Climate-related Natural Disasters and Implications for Adaptation to Climate Change", Working paper 26, Tyndall Centre for Climate Research, Norwich, University of East Anglia, 2003.

정 건 희(Gunhui Chung)

[정회원]



- 1998년 2월 : 고려대학교 환경공학과 (공학사)
- 2001년 2월 : 고려대학교 토목환경공학과 (공학석사)
- 2007년 5월 : University of Arizona, Dept. of Civil Engineering and Engineering Mechanics (Ph.D.)

• 2013년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 토목공학과 조교수

<관심분야>

도시수문학, 도시홍수방어, 기후변화