

BK21 + 사업을 통해 진행된 산사태 연구 성과와 향후 연구

김호걸

청주대학교 휴먼환경디자인학부 조경도시계획전공

I. 배경 및 목적

본 학술발표는 BK21+사업에 참여하면서 도출된 산사태 관련 연구 성과들을 종합함으로써, 그린인프라 창조 인재양성팀의 우수성과를 학계에 공유하고자 하는 취지에서 기획되었다. 따라서 BK21+사업의 지원을 통해 발전된 산사태 연구의 대표적인 성과들을 정리하고, 향후 연구를 소개하는 것을 목적으로 한다.

II. 주요 연구성과

1. 지표를 이용한 산사태 취약지역 분석

전국의 232개 시군구를 대상으로 집중호우에 의한 산사태 취약성 분석을 실시하였다. 해당 연구는 지자체 기후변화 적응대책 수립 지원 사업의 일환으로 2012년부터 2014년까지 진행되었다. 연구의 핵심방법은 산사태와 관련된 기후변화 취약성 평가 지표의 개발 및 구축과 평가지표별 가중치 설정을 위한 전문가 델파이 조사이다. 핵심결과는 전국 시군구 단위 산사태 취약지도로서, 효과적인 의사결정 지원을 위하여 다양한 RCP(Representative Concentration Pathway) 기후변화 시나리오를 고려하여 작성되었다. 연구결과는 정부가 산사태 적응대책 수립이 시급한 시군구를 파악하고, 우선순위를 결정하는데 활용될 수 있다는 점에서 의미를 갖는다(Kim *et al.*, 2016).

2. 단일 공간분포모형을 이용한 산사태 위험지역 분석

지표를 이용한 취약지역 분석 연구는 절대적인 위험지역 분석이 어렵고, 공간 해상도가 낮은 한계가 있어 이를 개선하기 위해 공간분포모형을 이용한 산사태 위험지역 분석 연구를 수행하게 되었다. 해당 연구는 산사태 피해가 잦은 강원도를 대상으로 설정하고, 100×100m 크기의 격자단위를 분석단위로 수행하였다. 기후변화에 따른 집중호우 증가를 반영하기 위해 RCP 4.5, 8.5 시나리오를 이용하여 강우량 변수를 구축하고 적용하였다. 사용된 공간분포모형은 기계학습을 기반으로 하는 Maxent(Maximum Entropy Model)이다. 핵심결과는 미래 목표연도에 대한 강원도의 산사태 위험 예측 지도이다. 연구결과를 통해 강원도의 산사태 위험지역에 대한 효과적인 대비가 가능하다는 점에서

의의를 갖는다(Kim *et al.*, 2015).

3. 다중 공간분포모형을 이용한 산사태 위험지역 분석

기후변화 연구는 미래를 예측하기 때문에 높은 불확실성을 갖는다. 게다가 단일 공간분포모형을 이용할 경우에 불확실성을 정량화하거나 확인하지 못하는 한계가 있다. 따라서 다중 공간분포모형을 이용하여 모형 간의 불확실성이 얼마나 존재하는지를 파악하고, 가장 신뢰도가 높은 위험지역을 탐색하고자 하였다. 해당 연구는 대상지를 강원도 인제군으로 설정하고, 30×30m 크기의 격자단위를 분석단위로 수행하였다. 10개의 공간분포모형에 동일한 종속변수와 독립변수를 입력하여 반복적으로 구동하고, 결과물을 종합하여 변동계수를 계산하였다. 변동계수는 결과물의 표준편차의 평균을 계산한 것으로, 10개 모형에서 도출된 결과물 간의 상대적 차이를 보여주어 모형 결과물 간의 불확실성을 정량화할 수 있다. 연구의 핵심결과는 불확실성을 고려한 산사태 위험지도이다. 본 연구결과는 단일 모형에서 비롯되는 불확실성을 줄이고, 불확실성을 정량화할 수 있는 방법론을 적용하여 산사태 위험지도를 도출했다는 점에 있다(Kim *et al.*, 2018a).

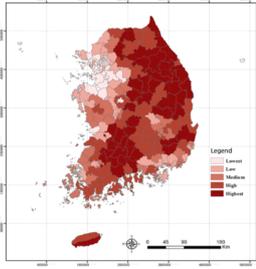
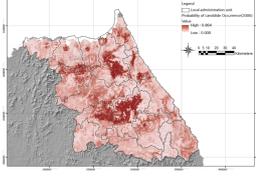
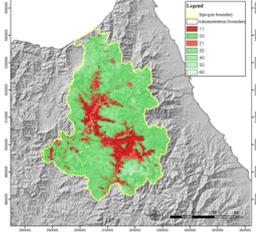
4. 산사태 적응대책 효과분석 및 경제성 평가

산사태 취약성 또는 위험지도를 제작하는 연구를 수행하면서 효율적 의사결정지원을 위한 노력을 기울였다고 생각하였으나, 공무원들과 계획가들을 설득하기 위해서는 경제적인 비용을 바탕으로 하는 것이 가장 효과적이라는 이슈가 국내외에서 대두되었다. 이에 해당 연구는 산사태 위험지도를 바탕으로 예산되는 피해비용을 예측하고, 적용 가능한 적응대책에 소요되는 비용과 비용 대비 얻을 수 있는 피해저감 효과를 경제적으로 산출하였다. 연구결과는 의사결정자들에게 대책마련의 시급성을 설득하고, 대책의 효율성을 판단하는 근거로 활용될 수 있을 것으로 기대된다(Kim *et al.*, 2018b).

III. 향후 연구 및 결론

현재까지 수행해 온 연구들은 모두가 평가에 치중되어 있다.

표 1. 연구 성과 주요 내용 요약

| 연구주제 | 주요 방법 | 주요 결과 | 계재논문 |
|----------------------------|---|--|---|
| | | | 저널 |
| 지표를 이용한 산사태 취약지역 분석 | 시군구 단위 전국 232개 시군구 기후변화 취약성 평가지표 구축 가중치 설정(전문가 델파이) | 시군구별 산사태 취약성 지도  | Kim <i>et al.</i> (2016) |
| | | | Natural Hazards |
| 단일 공간분포모형을 이용한 산사태 위험지역 분석 | 100×100m 격자단위 강원도 RCP 시나리오(4.5, 8.5) Maxent 모형 | 강원도 산사태 위험 예측 지도  | Kim <i>et al.</i> (2015) |
| | | | Environmental Earth and Science |
| 다중 공간분포모형을 이용한 산사태 위험지역 분석 | 30×30m 격자단위 강원도 인제군 10개 공간분포모형 변동계수 이용 불확실성 파악 | 불확실성 고려 산사태 위험 지도  | Kim <i>et al.</i> (2018a) |
| | | | Stochastic Environmental Research and Risk Assessment |
| 산사태 적응대책 효과분석 및 경제성 평가 | 1×1km 격자단위 전국 RCP 시나리오(2.6, 4.5, 6.0, 8.5) 적응대책 효과, 비용/편익 분석 | 산사태 적응대책 효과 분석결과 적응대책별 비용/편익 분석결과  | Kim <i>et al.</i> (2018b) |
| | | | Sustainability |

따라서 의사결정자들을 지원한다는 목적을 완수하는데 한계가 있었다. 따라서 앞으로는 연구결과를 실제 대상지에 적용하기 위해 평가와 계획을 통합하는 연구를 기획하고 있다. 소속 대학의 전공교수들과의 협업을 통해 이론/평가 연구와 계획/적용 사업을 동시에 수행하여 실제 대상지에 적용 가능한 기후변화, 재해 관련 의사결정지원 연구를 수행하고자 한다. 연구방법적인 측면에서는 BIM(Building Information Modeling)을 조경분야에 적용하여 대책 기술 적용 시 효과를 시뮬레이션하고, 증강현실을 이용하여 현장에서의 의사결정을 지원하고, 드론을 이용한 현장 데이터 구축 및 관리 기술을 개발하는데 치중하고자 한다. BK21+사업을 통해 만든 연구기반을 바탕으로 앞으로도 우수한 연구 성과 도출이 가능할 것이라 사료된다.

참고문헌

- Kim, H. G., D. K. Lee, C. Park, S. Kil, Y. Son and J. H. Park(2015) Evaluating landslide hazards using RCP 4.5 and 8.5 scenarios, Environ. Earth Sci, 73: 1385-1400.
- Kim, H. G., D. K. Lee, H. Jung, S.-H. Kil, J. H. Park, C. Park, R. Tanaka, C. Seo, H. Kim, W. Kong and others(2016) Finding key vulnerable areas by a climate change vulnerability assessment, Nat. Hazards 1-50.
- Kim, H. G., D. K. Lee, C. Park, Y. Ahn, S.-H. Kil, S. Sung and G. S. Biging(2018a) Estimating landslide susceptibility areas considering the uncertainty inherent in modeling methods, Stoch. Environ. Res. Risk Assess. 1-33.
- Kim, H. G., D. K. Lee and C. Park(2018b) Assessing the Cost of Damage and Effect of Adaptation to Landslides Considering Climate Change. Sustain. 10. <https://doi.org/10.3390/su10051628>.