

산사태 우려지역에 대한 조사 및 관리 방안



이 문 세

산림조합중앙회
산림공학연구소 소장
eoehehr@nrcf.or.kr



김 만 일

산림조합중앙회
산림공학연구소 책임연구원
mikim@nrcf.or.kr

1. 개요

최근 세계적인 이상기후로 인해 국지성 집중호우로 인한 산사태, 토석류 등 각종 재해가 확대되고 있는 추세이다.

2002년에는 태풍 ‘루사’의 영향으로 강릉시를 중심으로 영동해안지역에서 898mm의 집중호우로 246명의 인명피해가 발생하였으며, 비탈면 붕괴로 인한 직접적 인명피해만도 65명으로 집계되었다(강릉시, 2002: 행정 자치부, 2002).

또한 2003년 ‘매미’, 2005년 ‘나비’ 등 매년 반복되는 산사태 관련 재해는 수조원에 달하는 재산피해와 수많은 인명피해를 발생시켰다. 이러한 태풍은 자연재해의 발생확률을 높게 할 뿐만 아니라 인명과 재산손실을 야기하는 직접적 원인이 되고 있다.

표 1. 과거 대규모 자연재난 발생현황(소방방재청 재해연보, 2013)

구분	태풍 루사 2002.08.31.~ 09.01	태풍 매미 2003.09.12. ~ 09.13	집중호우 2006.07.09. ~ 07.29
인명피해(명)	246	131	62
재산피해(억원)	51,479	42,225	18,344

UN 산하 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change : 기후변화에 관한 정부간 협의체)의 제3차 보고서에서는 향후 100년간 한반도의 평균기온이 6.4도 정도 높아질 것이며, 이로 인해 슈퍼태풍과 기온상승으로 인한 수종의 황폐화를 예측하였다.

따라서 이러한 기후변화로 인한 토석류, 산사태 등과 같은 산지재해가 지속적으로 발생할 것은 자명하다.

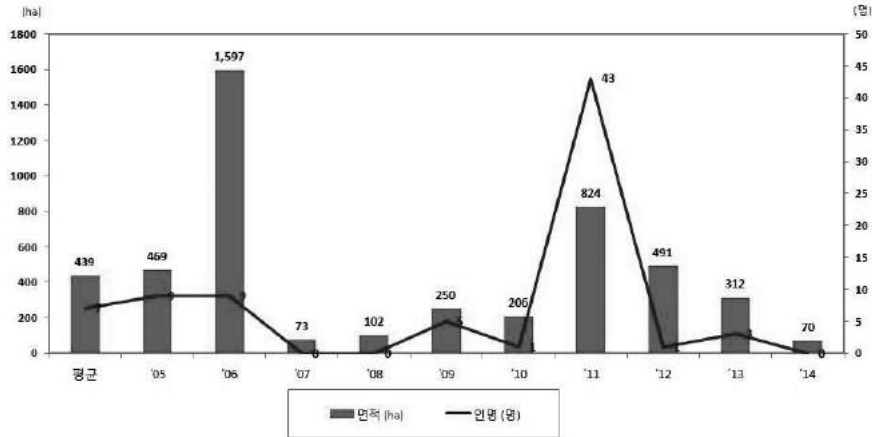


그림 1. 연도별 산사태 피해 현황

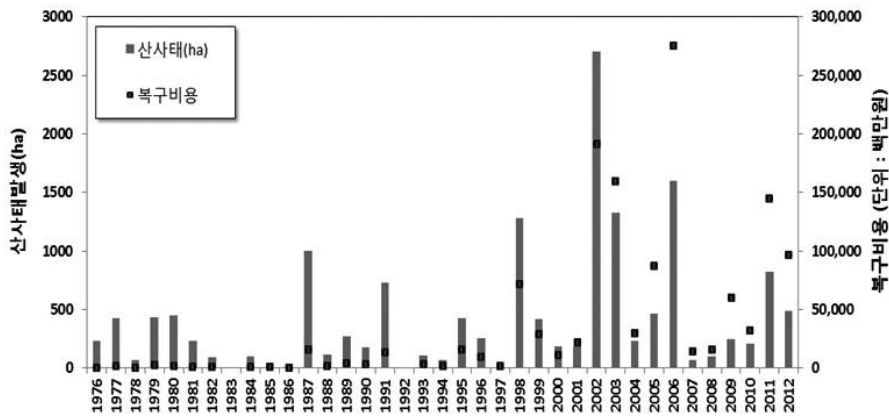


그림 2. 연도별 산사태 발생면적과 전체 복구비용과의 관계

또한 그림 2에서와 같이 산사태 발생면적과 복구비용의 추이를 살펴보면, 2000년대 이후부터 산사태의 발생면적과 복구비용이 기하급수적으로 증가한 것을 알 수 있다.

특히, 2011년 7월 집중호우로 인해 서울시 우면산, 춘천 마적산 등에서 산사태 및 토석류로 인하여 인명 및 재산 피해가 발생하는 등 도시생활권을 중심으로 산사태 피해가 발생하여 사회적 이슈 및 관심이 급증하였고, 이로 인해 과학적이며 합리적인 산사태 예방정책에 대한 요구도가 증가하였다.



그림 3. 2011년 우면산 산사태 피해 상황

이러한 사회적 요구 및 생활권 산사태 우려지역에 대한 예방적 관리의 필요성이 대두됨에 따라 산림청에서는 「산림보호법」의 개정을 통해 산사태취약지역의 체계적·적극적 관리를 위한 법적기반을 마련하였으며, 2012년부터 전국을 대상으로 산사태 발생 우려지역의 실태조사를 실시하고 있다.

2. 산사태 발생 우려지역 실태조사 목적

현재 자연산지와 연결한 도시생활권에서 산사태 발생시 하부 생활권 주민의 재난 감지능력 부족 및 긴급 대피체계의 부족으로 인해 인명피해의 가능성이 상존하기 때문에 해당 관리기관에서는 각종 재해예측지도를 바탕으로 산사태 징후를 사전에 파악하고 예·경보를 실시하고 있는 실정이다.

그러나 연구목적의 재해지도 제작 및 정확도 향상을 위한 연구는 지속적으로 필요하나 불확실성을 내포한 재해지도 기반의 대응·관리보다는 현장 기반의 “산사태 발생 우려지역 실태조사”의 위험 등급 결과가 행정적인 차원에서 활용성이 높은 것이 사실이다.

따라서 생활권 주변의 산사태 우려지역에 대한 집중적인 조사 및 관리의 필요성이 대두됨에 따라 2012년 「산림보호법」을 일부 개정하여 산사태 발생 우려지역에 대한 실태조사(법제45조의7) 및 산사태취약지역의 지정 및 해제(법제45조의8)에 관하여 규정하였다.

산사태 발생 우려지역 실태조사의 궁극적인 목적은 산사태 발생으로 인한 피해를 최소화하고 산사태취약지역을 효율적으로 관리하기 위해서 조사의 객관성과 전문성을 확보하여 일관성 있는 조사를 실시하고, 그 결과를 데이터베이스화 함으로써 합리적인 취약지역의 관리가 가능한 “산사태정보시스템”의 기초를 마련하기 위함이다.

이러한 산사태정보시스템은 2012년 산림청 주도로 제작 및 지속적인 고도화를 추진중이며, 시스

템 구성은 산사태 예측·조사 등의 과학적인 기초자료(BigData)뿐만 아니라, 설계·시공·유지관리 등 산사태방지 행정 전반에 걸친 관리자료(이력관리)를 종합하여 산사태 및 토석류 위험지에 대한 합리적인 관리체계를 구현하고 있다.

3. 산사태취약지역의 합리적 관리방안

3.1 전수조사 개념의 조사 실시

산사태취약지역의 합리적인 관리를 위해서는 산사태가 발생 가능한 우려지역을 선별하는 과정이 최우선적으로 수행되어야 한다.

그러나 급경사지 등 국지적인 위험지역에 대한 조사의 경우와는 별도로 전국을 대상으로 하는 산사태 발생 우려지역 실태조사 대상지의 선별은 쉬운 일이 아니다. 따라서 전국 지자체 별로 BigData를 기반으로 하여 지형정보, 재해위험지도, 피해이력, 인구정보 등을 종합적으로 고려하여 우선조사 대상지를 사전에 선별하고 조사우선순위를 산정하여 피해가능성이 높은 지역부터 조사를 실시하는 것이 효과적일 것이다.

이에 생활권 중심의 피해예상 구역 내 산사태위험지도, 피해이력 등 BigData를 기준으로 인명피해가 우려되는 지역을 산사태와 토석류를 구분하여 선정하였으며, 피해규모의 예상크기에 따라 우선순위를 산정하여 현장조사를 실시하였다. 또한 선정된 대상지외 관할 관리기관의 요청지역 및 민원인 추천지역도 추가로 조사대상지에 포함하였다.



그림 4. 산사태 및 토석류 실태조사 대상지 개념

그러나 조사우선순위를 결정한 상기의 방법은 단순히 조사의 효율성을 위함이지 절대적인 대상지 선정기준이 될 수 없다. 또한 현장조사 없이 산사태가 발생 가능한 지역을 사전에 예측하는 것은 어려운 일이므로 전국 산지를 대상으로 전수조사 방식을 통해 자연산지 전역에 대한 조사를 통해 점진적으로 위험지를 모두 선별하는 과정과 장기적인 정책이 필요한 실정이다.

일본에서도 토사재해방지법에 따라 한국의 “산사태 발생 우려지역 실태조사”와 유사한 “토사재해 경계구역” 조사를 전국적으로 실시하고 있으며, 약 30만 개소에 달하는 조사를 진행하였으나, 2014년에 발생한 히로시마 토석류 지역의 경우 토사재해경계구역으로 지정되지 않은 지역이다.



그림 5. 2014년 일본 히로시마 토석류 피해 현장

따라서 재해예측지도 등의 정확도가 향상되기 전까지는 선별적 조사보다는 전수조사 개념의 산사태 발생 우려지역 실태조사가 산사태 피해방지를 위해 바람직하다.

결론적으로 전수조사(기초조사)를 통해 대책이 필요한 실태조사(정밀조사) 대상지를 선별하고, 정밀조사를 통해 위험도 및 피해도를 명확히 판단하고 구조적 대책 및 비구조적인 대책을 제시하여야 한다.

3.2 실태조사 방법

산사태와 관련된 현장조사 방법은 국내외 각 기관이 그 특성에 따라 조금씩 다르고, 위험도와 피해도를 명확하게 판별할 수 있는 조사방법이 정립되어 있지 않는 것이 현실이다.

따라서 조사기관 및 대상지의 특수성에 맞게 제작된 판정표 및 등급기준 등을 활용하는 것이 바람직하므로 국민안전처(급경사지), 산림청(자연산지), 국토교통부(절·성토사면) 및 일본, 홍콩 등의 조

사방법 및 등급판정 기준 등을 종합하여 과업 목적에 맞도록 합리적으로 변형하여 사용하는 것이 효과적이다.

현재 추진중인 “산사태 발생 우려지역 실태조사”는 다음의 표 2와 같은 항목을 위주로 조사하고 있으며, 자연산지 및 계류부를 대상으로 실시하여 지속적으로 보완중이다.

표 2. 산사태 발생 우려지역 실태조사 항목

구분	주요 항목
개황정보	조사자, 조사위치, 유역 면적, 보호대상, 취약지역 면적(사방댐, 계류보전 그리고 산지사방의 면적)
촬영자료	유출구 근접 인가 사진, 좌표, 동영상, 조사지역 상황 사진
산사태발생인자	조사지역의 위험사면 좌표, 토양샘플 채취, 토질현황, 토질변형상태, 경사위치, 경사길이, 경사도, 사면형, 모암, 용수현황, 임상현황, 입경, 임분밀도, 위험사면 토심, 풍화도, 사면 위험요소
토석류발생인자	월류상태, 계류수, 계류폭, 계상퇴적지, 계류내 전석비율, 계류상부경사, 총 계류길이, 변곡점거리 및 고도, 계류평균경사, 계안붕괴지, 곡률상태, 유목상태, 계류 위험요소
피해도, 기타사항	기존 사방시설 및 배수시설 정보, 대피경로, 수계현황, 보정인자, 피해이력, 피해예상범위
조사자 의견	취약지역 선정사유, 주요공종 선정사유, 종합의견(위험지 선정 배경, 주민 요구도, 위험도 및 피해도 수준 등)
관리계획	대상지에 필요한 구조적 및 비구조적 대책 제안

조사결과에 따른 등급의 판단은 산림청의 관련 판정표를 우선하되 현장의 위험요소를 기준으로 최종 판단하고 있으며, 이를 바탕으로 취약지역 지정 여부를 결정하고 있다.

위험지역에 대한 대책방안은 구조적인 대책과 비구조적인 대책으로 구분할 수 있으며, 자연산지의 구조적인 대책은 주로 산림청에서 시행하는 사방댐, 사면안정공법 등의 사방사업이 주류를 이루고 있고, 비구조적인 대책은 피해예상지역에 대한 대피체계 구축 또는 모니터링을 통한 장기관리를 추진하고 있다.



그림 6. 사방댐, 계류보전 등 사방사업

3.3 산사태 발생 우려지역 실태조사 DB 구축

실태조사를 실시하고 이를 통해 얻은 각종 자료는 모두 산사태방지 행정에 쉽게 활용 가능 하도록 DB화 하여야 한다. 이러한 DB 구축은 향후 산사태취약지역을 관리함에 있어 사전 재해예방 및 대응 능력을 효과적으로 집중하기 위함이다.

따라서 DB의 활용가치를 높이기 위하여 현지 실태조사 내역과 사진, 동영상 및 GIS 기반의 공간 정보 등의 광범위한 자료를 BigData개념으로 “산사태정보시스템”에 구축하였다.



그림 7. 실태조사 결과 DB 구축 사례

이러한 DB는 해당 관리기관의 담당자가 시스템에 접속하여 대상지의 현황을 쉽게 파악할 수 있도록 구성되어야 하며, 점검 및 사방사업 등의 이력관리가 효율적으로 가능하도록 구축되어야 할 것이다.

그러나 DB는 단순히 구축으로만 끝내기보다 산사태 등 재해관리 담당자가 지속적으로 업데이트를 실시하고, 교육 및 점검을 통해 재해 관리수준을 유지 및 향상시켜야 그 목적을 달성할 수 있다.

따라서 해당 시스템에 대한 지속적인 유지관리 및 고도화가 이루어져야 할 것이다.

3.4 산사태취약지역의 지정 및 해제

산사태 우려지역을 현장조사를 통해 선별하고 DB로 구축한 뒤에는 위험지역에 대한 행정적인 조치가 필요하다.

일본의 경우 토사재해방지법에 따라 강제성을 바탕으로 위험지역을 “토사재해경계구역 및 특별경계구역” 등으로 지정하여 주민 이주, 대피, 예방사업사업 예산 반영 등을 체계적으로 추진중에 있으며, 현재 약 20만개 이상의 위험지역을 지정 및 관리함으로써 산사태방지 정책의 근간으로 활용하고 있다.

표 3. 일본 토사재해경계구역 지정 현황(일본 국토교통성, 평성23년)

조사개소	지정개소	미지정개소	지정율
298,126	227,804	70,322	76%

한국의 경우도 산사태 우려지역에 대한 체계적 관리를 위해 산림보호법에 따라 “산사태취약지역”으로 지정 및 해제하고 있으며, 이를 근거로 사방사업 및 주민대피 명령을 실시하고 있다.

이러한 지정 및 해제 절차는 조사, 열람, 심의, 지정 등 일련의 과정이 합리적으로 추진되어야 하며, 정보 제공자와 사용자가 현장에 대한 이해와 충분한 협의가 이루어져야 산사태 재해예방 체계를 효과적으로 구축할 수 있을 것이다.

특히, 위험지역에 거주하고 있는 주민의 이해가 반드시 필요하며, 무조건적인 지정반대 보다는 본인과 주변 주민의 안전을 위한 합리적인 판단이 매우 중요하다.

4. 결론

“산사태 발생 우려지역 실태조사”는 관련법과 지침을 근거로 하여 국내외 산사태조사 관련 연구결과를 활용하여 기초적으로 수행함으로써 국내 최초의 전국단위 조사를 추진중에 있다.

실태조사 자료는 자연산지 산사태 및 토석류의 사전예방 및 효율적 유지관리에 있어서 관리기관에 실무적인 정보를 제공할 것이며, 향후 산사태 및 토석류 위험예측지도의 정확도 향상 등에 충분히 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

비록 일본 등 선진국에 비해 정책 추진의 역사, 자료의 규모, 기술의 정확도 등 모든 면에서 뒤늦게 출발 하고, 부족한 부분이 많으나 국민안전처·산림청·국토교통부 등 부처간의 협업과 방재·산

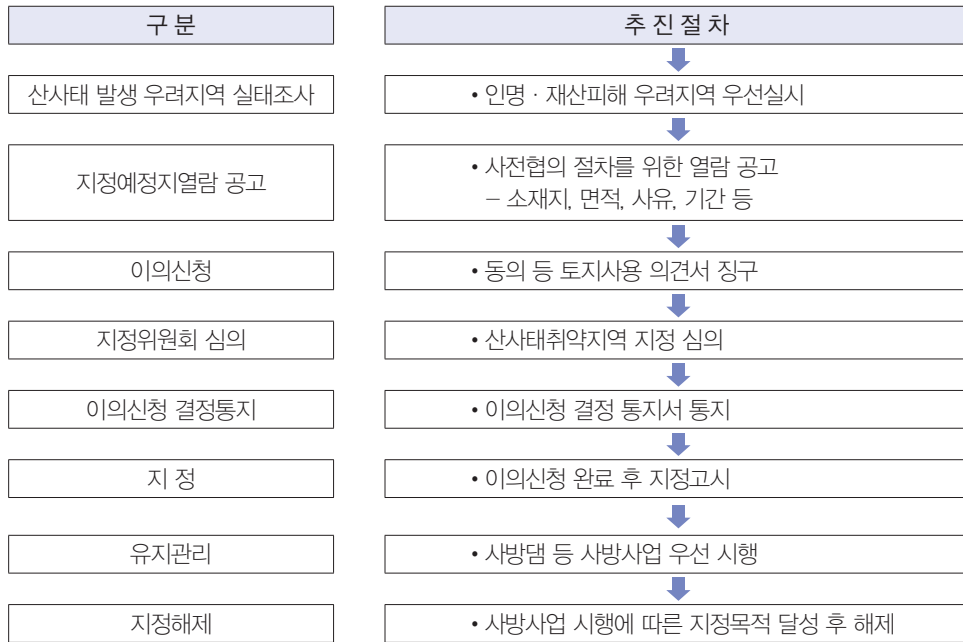


그림 8. 산사태취약지역 지정·해제 절차

림·토목·지질·지리·정보 등 각 분야의 융복합을 통해 지속적으로 기술을 발전시킨다면 인명피해 “Zero”라는 모두의 공동목표를 이룰 수 있을 것으로 기대된다.

또한 산사태에 대한 지속적인 교육·홍보·소통을 통해 국민적 공감대와 안전의식을 고취시켜 산사태방지를 위한 예방·대응체계가 보다 확립되기를 기원한다.

참고문헌

1. IPCC(2001) “기후변화에 관한 정부간 협의체 제3차 보고서”.
2. 강릉시(2002), “제15호 태풍 루사 피해복구계획”.
3. 행정자치부(2002), “재해연보”.
4. 소방방재청(2013), “재해연보”.
5. 산림조합중앙회(2012), “우면산 산사태복구 백서”.
6. 산림조합중앙회(2015), “산사태 발생 우려지역 실태조사” 최종보고서.
7. 산림청(2015), “산사태 발생 우려지역 실태조사 및 지정·관리 지침”.
8. 통계청(2015), “e-나라지표”.