

제4장

SDGs 재난지표 측정 연구

이영미 · 손흥규¹⁾

제4장

요 약

□ 연구 목적

- 본 연구는 지속가능한 발전의 중요한 토대인 ‘재난 관리’를 주제로 SDGs에서 제시된 세부목표와 지표의 의미를 파악하고, 지표 산출에 필요한 국내 통계 수준을 파악하여 국내 이행의 진전을 측정하는 기초 자료로 활용될 수 있도록 하는데 목적을 두고 있다.
- 또한 SDGs와 관련된 데이터 분야의 중요한 화두인 ‘데이터 혁명(data revolution)’ 관점에서, 원격 탐측을 이용한 재난 피해 데이터 수집 등, 지표 측정에 활용할 수 있는 국내 연구 사례를 탐색해 보는 것이다.

□ 연구 내용 및 결과

- 국내 통계 가용성 검토
 - 재난과 관련한 SDGs 목표는 관련 국제협약인 센다이프레임워크의 목표와 지표를 전면 수용하고 있으며, 재난으로 인한 인적, 경제적 피해를 줄이는 것을 목표로 하고 있다.
 - 인적, 경제적 피해 측정 관련 통계적 지표에 대한 국제적으로 비교 가능한 국내 데이터는 완벽하게 확보되지 않은 상황이며, 자연 재난의 경우 비교적 가용한 데이터 수준이 높지만, 사회 재난의 경우 주관부처의 산재로 인해 데이터 수집 및 통계 작성에 있어 지표 대응이 쉽지 않은 것으로 나타났다.
- 원격 탐측을 활용한 경제적 피해 측정 방법
 - 데이터 혁명 관점에서 산불과 홍수 피해 시, 원격 탐측을 활용 해 피해 규모를 파악하고 나아가 이를 화폐적 가치로 산출하는 방법에 대해 국내 연구 사례를 탐색해 보았다.
 - 현재는 연구 단계에 머무르고 있는 다양한 측정 방법들에 대해 실제 현장조사를 통해 집계되는 피해 결과와의 정합성을 지속적으로 비교하여 현재의 현장 조사 방법을 대체할 수 있는 제도적 기반이 구축되어야 할 것으로 보인다.

□ 연구 제언

SDGs 재난 관련 지표 대응을 계기로 관련 법적 용어에 대한 정비가 요구되며, 통계적 관점에서 사회재난을 포함한 재난관련 통합적인 데이터 관리시스템 구축이 필요하다.

주요 용어 : 지속가능발전목표, SDGs 지표, 재난, 센다이프레임워크, UNSIDR

1) 연세대학교 사회시스템공학부 교수

제1절 서론

1. 연구배경 및 목적

최근 전 세계적으로 지진, 지진해일, 홍수 및 기후변화로 인한 기상이변 등 각종 자연 재난의 위험과 피해가 증가, 심화되면서 인류의 지속가능한 발전에 큰 위협요소로 대두되고 있다. 또한 이러한 자연 재난뿐 아니라 신종플루, 메르스 등 신종 전염병과 세월호 사고와 같은 애기치 못한 사건으로 인해 재난에 관한 사회적 관심이 급증하고 있어, 국가 및 지자체 차원에서도 재난의 위험과 피해를 경감하고자 하는 노력이 점차 확대되고 있다. 더욱이 재난의 위험과 피해는 한 국가에 국한되어 발생하지 않고 국경을 초월하여 영향을 미칠 수 있기에, 전 세계 공동의 관심과 노력이 필요한 사안이다.

이러한 상황 하에, 지난 2015년 9월 유엔개발정상회의에서는 향후 15년간(2016~2030) 인류 공동의 발전을 이끄는 새로운 의제 “우리 세계의 변혁: 2030 지속가능발전의제(Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development, 2030 의제)가 전 세계 160여 개국 회원국 합의에 의해 채택되었다. 이 의제의 핵심이 바로 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)이다. SDGs는 경제, 사회, 환경, 거버넌스 등 다양한 분야에 걸쳐 빈곤 종식(목표1)에서부터 파트너십 강화(목표17)에 이르는 총 17개 목표(Goals)와 169개 세부목표(Targets)로 구성되어 있으며, 이를 평가하기 위한 232개의 지표가 있다.

특히, SDGs 목표 안에는 재난의 위험과 피해를 지속가능한 발전의 장애요소로 인식함에 따라 재난으로부터의 취약성과 피해를 경감하는 것을 세부목표 1.5(2030년까지 빈곤층과 취약계층의 회복력을 구축하고, 기후 관련 극심한 사태 및 기타 경제적, 사회적, 그리고 환경적인 충격과 재난에 대한 노출과 취약성을 감소), 11.5(2030년까지 빈곤층과 취약계층 보호에 초점을 맞추어, 수해 등 재난으로 인한 사망자 및 피해자수를 대폭 줄이고 세계 총 GDP대비 직접적인 경제적 손실을 대폭 감소), 13.1(기후관련 위험요소와 자연재해에 대한 적응역량 및 탄력성 강화)에 구체화하여 다루고 있으며, 향후 이러한 세부목표에 대한 각국의 이행 진척도는 지표의 정량적인 통계 수치를 통해 평가될 예정이다.

그러므로 SDGs에 대한 우리나라의 현재 위치를 파악하고 이행을 진전시키기 위해, 제시된 지표 산출에 필요한 국내 통계의 가용성을 점검하는 일이 필요하다. 이에 본 연구에서는 지속가능한 발전의 중요한 토대인 ‘재난 관리’를 주제로 SDGs에서 제시된 세부목표와 지표가 의미하는 바가 무엇이고, 그 지표를 산출해 내기 위해 현재 가용한 데이터와 필요한 데이터가 무엇인지, 어떻게 데이터를 수집해야 하는지를 파악하여

향후 국제 기구 자료 제공 요청에 대응하고, 국내 이행의 진전을 파악하는 기초 자료로 활용될 수 있도록 하는데 목적을 두고 있다.

더욱이 데이터 수집 방법과 관련해서, 현재 전 세계는 ‘데이터 혁명(data revolution)’이라 불리우는, 기존의 전통적인 조사 패러다임에서 벗어나 행정자료, 통신, 인터넷 및 위성데이터 등 새로운 데이터 소스를 활용한 데이터 수집 및 통계 생산에 주목하고 있어, 지표 측정에 활용할 수 있는 국내 연구 사례를 탐색해 보고자 한다.

2. 연구 내용 및 방법

본 연구는 우선 재난과 관련된 SDGs 목표와 지표의 의미를 고찰하고, 재난 관련 지표 산출에 필요한 국내 통계 현황을 살펴보았다. 또한 현재 SDG 지표에 대한 글로벌 논의과정의 두 가지 주된 이슈인 데이터 세분화(disaggregation)와 데이터 혁명 관점에서, 인구사회학적 변수(성, 연령, 소득, 지역, 이주상태 등)에 따른 통계의 세분화 정도를 파악하고, 원격탐측을 이용한 새로운 데이터 수집방법을 탐색하였다.

먼저 지표의 의미와 산출방법을 파악하기 위해 지표의 메타데이터를 작성하고 데이터 수집을 담당하는 국제기구인 유엔재난경감전략기구(United Nations International Strategy for Disaster Reduction, UNISDR)가 작성한 ‘센다이프레임워크 지표의 기술적 수집 방법에 대한 컨셉 노트(Technical Collection of Concept Notes on Indicators)’를 검토하였다. 재난과 관련된 국내 가용 통계 현황에 대해서는 국민안전처에서 작성하는 재해 및 재난연보를 기초로 관련 통계를 수집하고 담당자 자문을 통해 향후 개선, 보완해야 할 점이 무엇인지를 파악하였다. 데이터 수집 방법과 관련해서는 제시된 지표 중 하나인 ‘재난으로 인한 경제적 피해’ 측정 방법에 대해 원격탐사를 활용한 데이터 수집 사례를 살펴보았다.

제2절 SDGs 재난 관련 목표 및 지표

1. SDGs 목표 및 지표

SDGs는 2000년부터 15년간 국제사회의 개발 비전이었던 새천년발전목표(Millennium Development Goals, MDGs)의 후속으로, 2015년 9월 유엔총회에서 전 세계 회원국 합의에 의해 채택된 향후 15년간 국제사회의 정책목표이다. 기존의 MDGs와 비교해 볼 때, 주제면에서 MDGs가 빈곤퇴치, 에이즈, 말라리아와 같은 질병퇴치, 아동사망률 감소 등 저개발국의 사회발전에 초점을 두었던데 비해 SDGs는 불평등 감소, 지속가능한 도시와 거주지 조성, 기후변화 대응, 평화와 안보 등을 초점으로 경제, 사회, 환경 및 거버넌스 등 모든 분야를 포괄하고 있다. 또한 그 이행 주체 또한 저개발국뿐 아니라 선진국까지 포함하는 인류 공동의 목표로 확장되었다. 이에 목표 수도 MDGs가 8개 목표, 21개 세부목표로 구성되었던데 비해 SDGs는 17개 목표, 169개 세부목표로 확장되었다.

〈표 4-1〉 MDGs와 SDGs 비교

MDGs		비교	SDGs	
	목표		목표	부문
1	절대빈곤과 기아퇴치	세분화	1 모든 형태의 빈곤 종식	경제/ 사회
			2 기아의 종식, 식량안보 및 영양개선과 지속 가능한 농업 강화	사회
4	아동사망률 감소	통합	3 건강한 삶의 보장과 모든 세대에 복지 증진	사회/ 건강
5	정신건강의 향상			
6	에이즈, 말라리아, 기타 질병 퇴치			
2	보편적 초등교육 달성	확장	4 모두를 위한 포용적이고 공평한 양질의 교육 보장 및 평생학습 기회 증진	사회
3	성평등 향상 및 양성 역량 강화	확장	5 성평등 및 여성과 여아 역량강화	사회
7	환경적 지속가능성 확보	확장 및 신규	6 모든 사람들의 식수와 위생시설에 대한 접근성과 관리 능력 확보	환경
			7 모두를 위한 적정하고 신뢰성 있는 지속가능한 현대적 에너지에 대한 접근성 강화	환경
-	-	신규	8 포괄적이며 지속가능한 경제성장과 완전하고 생산 적인 고용 그리고 모두를 위한 양질의 일자리 제공	경제

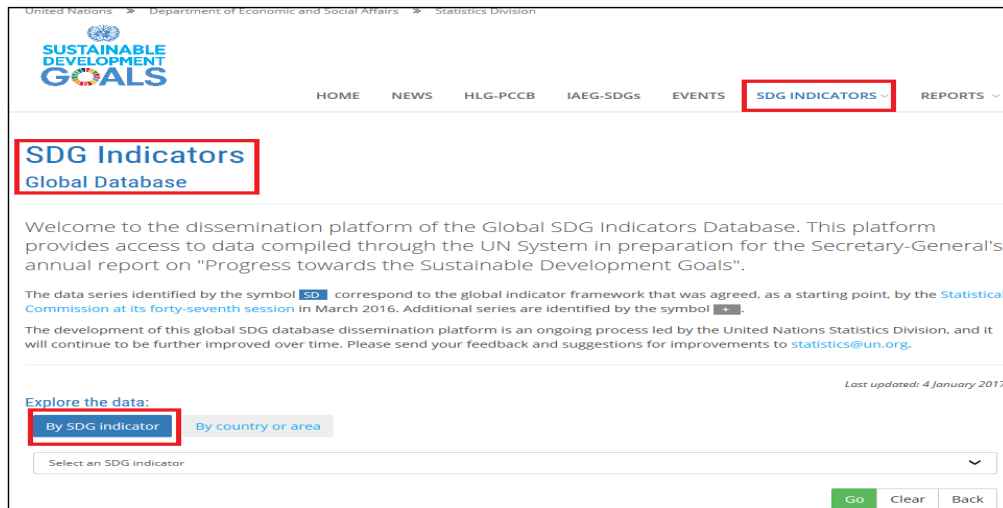
MDGs		비교	SDGs	
	목표		목표	부문
			9 회복(복원) 가능한 인프라 건설, 포용적이고 지속 가능한 산업화 및 혁신 촉진	경제
			10 국내적 또는 국가 간 불평등 경감	사회/경제
			11 회복력 있고 지속가능한 도시와 거주지 조성	사회
			12 지속가능한 소비와 생산 양식의 보장	경제
7	환경적 지속가능성 확보	확장 및 신규	13 기후변화와 대응	환경
			14 지속가능한 발전을 위한 대양, 바다, 해양자원의 보호와 지속가능한 이용	환경
			15 육상 생태계의 보전, 복원 및 지속가능한 이용 증진, 지속가능한 숲 관리, 사막화와 토지 파괴 방지 및 복원, 생물다양성 감소 방지	환경
8	발전을 위한 글로벌 파트너십 개발	대상 수정	16 지속가능발전을 위한 평화롭고 포용적인 사회 촉진, 사법 접근성 확보, 모든 차원에서 효과적이고 신뢰할 수 있는 포용적인 제도 구축	제도
			17 이행수단과 글로벌파트너십 강화	거버넌스

출처: 지속가능발전목표(SDGs) 이행을 위한 모니터링 체계 구축방안(2016)

이렇게 SDGs에서 제시하고 있는 세부목표들은 새로이 설정된 것이 아니라, 현재까지 합의된 다양한 국제협약과 연계되어 있다. 세부목표 1.5는 샌다이프레임워크를, 세부목표 2.b는 도하개발아젠다를, 3.b는 WTO 주관의 TRIPS협정과 공중보전에 의한 도하선언문, 세부목표 5.6은 UN-WOMAN 주관의 베이징행동강령, 세부목표 8.4와 12.1은 지속가능한 소비와 생산을 달성하기 위한 10개년 계획을 담고 있다. 즉 SDGs는 협약 등을 통해 이미 국제사회에서 각 분야별로 논의되고 있는 정책목표들을 수용, 연계하여 ‘지속가능발전’이란 범주 안에 포함시킴으로써 그러한 논의를 재확인함과 동시에 총괄하는 의미를 담고 있다(박영실·오정화, 2016).

한편, 이러한 세부목표들은 지표를 통해 그 이행의 진척도가 평가될 예정이다. 이에 유엔은 2015년 3월 지표 전문가그룹(Inter Agencies and Expert Group on SDGs, IAEG-SDGs)을 구성하여 지표 프레임워크를 구축하고 데이터베이스를 관리하도록 하고 있다. 여기서 선정된 지표는 유엔통계위원회와 유엔경제사회이사회 및 총회를 거쳐 최종 확정되는 절차를 거친다. IAEG-SDGs는 그간 연 2회 정기 회의와 온라인 의견 수렴을 통해 지표 선정 논의를 진행해 왔으며 현재는 2017년 3월 유엔통계위원회와 6월 유엔경제사회이사회 및 총회를 거쳐 232개(중복지표 제외) 공식지표가 확정된 상태이다.

IAEG-SDGs는 232개 지표를 3개의 티어(Tier)로 분류하여 그 산출가능성을 구분하고, 지표별 담당 국제기구를 지정하여 지표에 대한 정의, 산출 방법 등을 포함한 메타데이터 작성 및 데이터 수집 및 보고에 이르는 전 과정을 책임지도록 하였다. 티어 분류를 살펴 보면, 티어1은 지표의 개념이 명확하며 방법론 및 표준이 정립되어 있고, 해당 국가 정부가 정기적으로 자료를 제공하는 경우, 티어2는 지표의 개념이 명확하며 방법론 및 표준은 정립되어 있으나 정기적으로 자료가 제공되지 못하는 경우, 티어3은 지표에 대한 방법론 및 표준이 없거나, 현재 개발단계인 경우를 의미한다. 이 기준에 따를 경우 232개 지표 중 티어1에는 93개, 티어2에는 66개, 티어3에는 68개, 한 지표가 2개 이상의 티어로 분류되는 경우는 5개로 분류된다.



[그림 4-1] SDGs 글로벌지표 데이터베이스

또한 유엔은 SDGs 글로벌지표에 대한 데이터베이스를 구축하여, 웹사이트를 통해 지금까지 수집된 데이터를 지표별, 국가별로 볼 수 있도록 제공하고 있다. 현재 232개 지표 중 115개 지표의 500개의 데이터군(data series)에 대해 33만 개의 수치(record)를 제공하고 있다(UNSC, 2017b).

2. SDGs 재난 관련 목표 및 지표

SDGs 17개 목표, 169개 세부목표, 232개 지표 가운데, 본 연구에서 살펴보고자 하는 재난과 관련한 SDGs의 목표, 세부목표, 지표는 다음과 같다.

〈표 4-2〉 재난 관련 SDG 목표, 세부목표 및 지표

목표	세부목표	지표
1. 빈곤 종식	1.5 2030년까지 빈곤층과 취약계층의 회복력을 키우고, 기후 관련 극한 상황 혹은 기타 경제, 사회, 환경적 충격과 재난에 대한 노출 및 취약성을 경감	1.5.1 인구 10만명당 재난으로 인해 사망, 실종, 직접적인 피해를 입은 사람의 수 (11.5.1, 13.1.1 중복)
		1.5.2 재난으로 인해 발생한 GDP 대비 직접적인 경제적 손실
		1.5.3 샌다이프레임워크에 맞춰 국가 차원의 재난 위험 감축 전략을 마련, 이행하고 있는 국가의 수(11.b.1, 13.1.2 중복)
		1.5.4 국가의 재난 위험 감축 전략에 맞춰 지방정부 차원의 전략을 마련, 이행하고 있는 지방정부의 비율(11.b.2, 13.1.3 중복)
11. 지속 가능한 도시	11.5. 2030년까지 빈곤층과 취약계층 보호에 초점을 맞추어 수해 등을 포함한 재난으로 인한 사망자 및 피해자 수를 대폭 줄이고 GDP에 영향을 주는 직접적인 경제적 손실을 대폭 감소	11.5.1 인구 10만명당 재난으로 인해 사망, 실종, 직접적인 피해를 입은 사람의 수
		11.5.2 재난으로 인해 발생한 주요 기반시설 피해 및 기본적인 서비스의 중단 등을 포함한 GDP 대비 직접적인 경제적 손실
	11.b. 2020년까지 포용, 자원효율, 이주와 기후변화 적응, 재난 회복력으로 통합된 정책과 계획을 채택하고 이행하는 국가와 거주지의 수를 대폭 확대하고, 2015-2030 샌다이프레임워크에 맞춰 모든 수준에서 통합적인 재난 위험 관리 체계를 구축하고 이행	11.b.1 샌다이프레임워크에 맞춰 국가 차원의 재난 위험 감축 전략을 마련, 이행하고 있는 국가의 수
		11.b.2 국가의 재난 위험 감축 전략에 맞춰 지방정부 차원의 전략을 마련, 이행하고 있는 지방정부의 비율
13. 기후 변화 대응	13.1 기후관련 위험과 자연재난에 대한 적응력 및 회복력 강화	13.1.1 인구 10만명당 재난으로 인해 사망, 실종, 직접적인 피해를 입은 사람의 수
		13.1.2 샌다이프레임워크에 맞춰 국가 차원의 재난 위험 경감 전략을 마련, 이행하고 있는 국가의 수
		13.1.3 국가의 재난 위험 경감 전략에 맞춰 지방정부 차원의 전략을 마련, 이행하고 있는 지방정부의 비율

가. 재난 관련 세부목표

SDGs에서는 재난의 위험과 피해를 경감하고자 하는 목표를 SDGs 목표 1(빈곤 종식), 목표 11(지속가능한 도시), 목표 13(기후변화 대응) 하위의 세부목표에서 구체적으로 명시하고 있다. 이는 SDGs 채택 이전의 논의과정이었던 2012년 유엔지속가능개발회의(Conference on Sustainable Development, Rio +20)가 채택한 보고서인 「우리가 원하는 미래(The Future We Want)」에서 재난 위험 경감과 회복력 강화를 지속가능발전 및 빈곤 퇴치의 측면에서 새롭게 다룰 것을 요청한 데 따른 결과이다.

먼저 목표 1(빈곤 종식) 아래 세부목표 1.5(2030년까지 빈곤층과 취약계층의 회복력을 키우고, 기후 관련 극한 상황 혹은 기타 경제, 사회, 환경적 충격과 재난에 대한 노출 및 취약성을 경감)를 보면, 지난 MDGs에서의 빈곤 감소 목표는 일차적으로 절대(소득) 빈곤을 해소하고, 그 외 빈곤의 다면성을 각각의 분야별로 해소하는 구조였다면, SDGs에서는 빈곤과 관련한 취약성의 완화를 빈곤 퇴치의 또 다른 축으로 상정하고 있다. 즉 사회-경제-환경 각 분야에서의 취약성을 해소하고자 하는 것을 세부목표로 구체화한 것이며, 특히 재난 위험과 피해를 경감하는 것은 환경 분야의 빈곤 취약성을 해소하고자 하는 것으로 해석될 수 있다(KOICA, 2015).

다음으로 목표 11(지속가능한 도시) 아래 세부목표 11.5(2030년까지 빈곤층과 취약계층 보호에 초점을 맞추어 수해 등을 포함한 재난으로 인한 사망자 및 피해자 수를 대폭 줄이고 GDP에 영향을 주는 직접적인 경제적 손실을 대폭 감소)과 이행수단의 성격을 가지고 있는 세부목표 11.b(2020년까지 포용, 자원효율, 이주와 기후변화 적응, 재난 회복력으로 통합된 정책과 계획을 채택하고 이행하는 국가와 거주지의 수를 대폭 확대하고, 2015-2030 샌다이프레임워크에 맞춰 모든 수준에서 통합적인 재난 위험 관리체계를 구축하고 이행)를 보면 재난으로부터의 도시의 회복력(resilience)의 중요성을 강조하면서, 샌다이프레임워크 전략에 따른 재난 위험 관리 체계를 구축하는 것을 제시하고 있다. 이는 그간 개도국을 중심으로 진행된 급속한 도시화로 인해 인구와 기반시설이 도시에 집중되고, 한 국가의 GDP 중 도시에 대한 의존률이 상대적으로 커짐에 따라 재난 발생 시 그 피해가 대형화되고 결과적으로 도시의 지속성에 영향을 주는 것에 기인한다(KOICA, 2015).

마지막으로, 목표 13(기후변화와 대응) 아래 세부목표 13.1(기후변화에 따른 자연 재난의 심화로 인해 그 적응력(adaptive capacity)과 회복력(resilience) 강화)은 지구 온난화로 인한 해수면 상승, 온실가스 농도가 증가에 따른 기후변화를 재난 발생 원인의 하나로 보고 지속가능발전의 근본적으로 위협으로 간주하고 있음을 반영한다. 실제 기후 관련 재난은 자연 재난의 81%를 차지하고 있으며 모든 경제적 손실의 72%, 사망률의 23%를 차지하고 있다(KOICA, 2015). 즉, 최근에 발생하는 자연 재난의 원인이 지구의 기후체계 변화에 기인하는 비중이 커지면서, 기후변화에 대한 대응 측면에서 자연 재난의 적응력과 회복력을 강화하는 것을 세부목표로 제시하고 있는 것이다.

이렇듯, 재난의 위험과 피해를 경감하는 것은 SDGs 목표와 직, 간접적으로 밀접한 연관성을 가지고 있으며, 일각에서는 SDGs의 성취가 재난 회복력 확립여부에 의해 상당 부분 좌우될 것으로 추측하고 있다(지미림, 2015).

나. 재난 관련 지표

재난과 관련한 세부목표 이행의 진척을 평가하기 위해 제시된 지표는 총 11개이나, 지표 1.5.1은 11.5.1, 13.1.1과 지표 1.5.3은 11.b.1, 13.1.2와 지표 1.5.4는 11.b.2, 13.1.3과 중복되어 있어, 이를 제외한 지표 수는 총 5개(1.5.1, 1.5.2, 1.5.3, 1.5.4, 11.5.2)이다. 지표는 재난의 결과로 발생한 인적 피해 및 경제적 손실 규모에 대한 통계적 지표(statistical indicators)와 재난 위험 경감을 위한 이행 수단으로써 센다이프레임워크에 따라 국가 및 지방 정부가 전략을 수립, 이행하고 있는지를 정성적으로 나타내는 비통계적 지표(non-statistical indicators)로 구분된다. 즉, 재난의 결과적 요소인 피해 규모를 지표로 삼아 그 개선을 모니터링 하고, 그 결과의 개선을 견인하는 체계적인 재난 관리 전략과 이행을 평가함으로써, 국가 및 지방 정부 노력과의 인과성을 파악하고자 하는 것으로 해석할 수 있다.

한편, 지표 관리를 담당하고 있는 국제기구인 UNISDR은 2015년 3월 일본 센다이에서 열린 제3차 재난 위험 경감 컨퍼런스에서, 국제사회 재난관리 정책의 방향과 기초를 담은 센다이프레임워크(Sendai Framework for Disaster Risk Reduction)¹⁾를 채택하였으며, 그 기초를 SDGs 세부목표와 지표 전면에 반영하고 있다.

센다이프레임워크 역시 7개의 목표와 그 이행을 평가하는 32개의 핵심지표로 구성되어 있는데, 향후 UNISDR에서는 센다이프레임워크 핵심지표 산출을 위해 각국의 데이터와 메타데이터를 수집하고, 관련 SDGs 글로벌지표 데이터베이스에 그대로 반영할 예정이다. 현재 UNISDR은 데이터 수집을 위한 사전 준비로 각국의 재난 관련 데이터 현황을 조사하고 있으며, 이행 진전에 대한 1차 모니터링은 데이터 준비기간을 거쳐 2018년 1월에 착수할 예정이다. 따라서 SDGs 지표 산출을 위해서는 관련된 센다이프레임워크 핵심지표의 구조와 내용을 이해할 필요가 있다. 센다이프레임워크 7개 목표(A~G)²⁾와 32개의 지표(<부록>참고) 중 SDGs에 반영된 5개의 지표를 기준으로 그 관계를 살펴보면 <표 4-3>과 같다.

- 1) 센다이프레임워크는 재난 경감을 위한 이전의 프레임워크인 효고 행동강령(Hyogo Framework for Action 2005-2015)의 후속으로 ‘재난관리(disaster management)’ 차원을 넘어서 ‘재난위험관리(disaster risk management)’를 강조하고 있으며, 프레임워크의 최종 성과로 “2015년 이후 재난위험경감에 대한 프레임워크는 재난위험과 인명, 생계, 의료에 있어서의 손실과 개인, 기업, 지역사회, 국가에 있어서의 경제적, 물리적, 사회적, 문화적, 환경적 자산 손실의 실질적인 감소를 목표로 한다”고 제시하고 있다(2016, 손흥규). 또한 프레임워크의 최종 성과를 달성하기 위해 구체적으로 7개 목표, 4개의 행동강령, 13개의 가이드 원칙을 제시하였다.
- 2) 7개 목표 : A(재난으로 인한 사망자 수 경감), B(재난으로 인한 피해자 수 경감), C(재난으로 인한 직접적인 경제적 피해액 경감), D(재난으로 인한 핵심 인프라 피해 경감), E(재난위험경감 전략을 마련, 이행하는 국가의 수 증가), F(국가 간 협력 증진), G(재난위험과 그 평가에 대한 접근성을 향상)

〈표 4-3〉 SDGs와 센다이프레임워크 지표 관계

SDGs	센다이프레임워크
1.5.1 인구 10만명당 재난으로 인해 사망, 실종, 직접적인 피해를 입은 사람의 수	A1(A2+A3) 인구 10만명당 재난으로 인한 사망, 실종자 수
	A2 인구 10만명당 재난으로 인한 사망자 수
	A3 인구 10만명당 재난으로 인한 실종자 수
	B1(B2+B3+B4+B5) 인구 10만명당 재난으로 인해 직접적인 피해를 입은 사람의 수
	B2 인구 10만명당 재난으로 인한 부상 혹은 질병자 수
	B3 재난으로 인해 거주지에 피해를 입은 사람의 수
	B4 재난으로 인해 거주지가 붕괴된 사람의 수
	B5 재난으로 인해 생계에 피해를 입거나 생계수단이 파괴된 사람의 수
1.5.2 재난으로 인해 발생한 GDP 대비 직접적인 경제적 손실	C1(C2+C3+C4+C5+C6) GDP 대비 재난으로 인한 직접적인 경제적 피해액
	C2 재난에 의한 직접적인 농업 피해액
	C3 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 모든 생산적 자산
	C4 재난으로 인한 주택부분의 직접적인 경제적 손실
	C5 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 핵심 인프라의 직접적 피해액
1.5.3 센다이프레임워크에 맞춰 국가 차원의 재난 위험 감축 전략을 마련, 이행하고 있는 국가의 수	E1 센다이프레임워크에 맞춰 국가 차원의 재난 위험 감축 전략을 마련, 이행하고 있는 국가의 수
1.5.4 국가의 재난 위험 감축 전략에 맞춰 지방정부 차원의 전략을 마련, 이행하고 있는 지방정부의 비율	E2 국가의 재난 위험 감축 전략에 맞춰 지방정부 차원의 전략을 마련, 이행하고 있는 지방정부의 비율
11.5.2 재난으로 인해 발생한 주요 기반시설 피해 및 기본적인 서비스의 중단 등을 포함한 GDP 대비 직접적인 경제적 손실	D1(D2+D3+D4) 재난으로 인해 피해를 입은 핵심 인프라의 피해
	D2 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 보건시설의 수
	D3 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 교육시설의 수
	D4 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 기타 핵심 인프라의 수
	D5(D6+D7+D8) 재난으로 인해 발생한 기본 서비스의 중단 횟수
	D6 재난으로 인해 발생한 교육서비스의 중단 횟수
	D7 재난으로 인해 발생한 보건서비스의 중단 횟수
	D8 재난으로 인해 발생한 다른 기본 서비스의 중단 횟수

재난과 관련하여 SDGs 지표는 총 5개이지만 실제 관련된 센다이프레임워크 핵심 지표로 보면 23개로 세분화되어 있다. 핵심지표 A1, B1, C1, D1, D5는 하위 지표들을 통합(compound)하는 지표이므로 이를 제외하고 보면 18개 지표가 SDGs 지표 산출에 관련된다.

이 중 본 연구에서 다루고자 하는 지표는 글로벌 수준에서 국가, 지방정부의 재난 관리 전략의 이행여부를 평가하는 비통계적 지표인 1.5.3과 1.5.4를 제외한 인적, 경제적 피해 규모에 대한 통계적 지표인 1.5.1, 1.5.2, 11.5.2에 한정한다. 이들 지표는 센다이프레임워크 핵심지표에서 세분화된 16개의 지표로 나누어 UNISDR 지표 전문가 그룹에서 지표의 의미, 산출 방법, 데이터 수집 방법 등에 대한 전반적인 기준을 제시한 센다이프레임워크 지표의 기술적 수집 방법에 대한 컨셉노트(Technical Collection of Concept Notes on Indicators for the Seven Global Targets of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction)를 기반으로 관련 국내 통계현황을 검토하였다.

제3절 재난(Disaster)의 개념

1. 국제 기준 : 센다이프레임워크

관련 통계를 검토하기 전에 우선 재난의 정의에 대한 국내외 기준에 대해 살펴볼 필요가 있다, 여기서는 글로벌 수준에서 센다이프레임워크에서 정의하고 있는 내용을 검토하고자 한다. 센다이프레임워크에서 정의하고 있는 재난이란, 위험한 사건(hazardous events)으로 인해 그에 대한 노출 정도(exposure), 취약성(vulnerability), 대응 역량(capacity)에 따라 한 사회 혹은 커뮤니티 기능에 심각한 붕괴를 초래하는 것을 의미한다. 또한 그 영향은 한 사회나 공동체가 가지고 있는 자원으로 대처할 수 있는 역량을 초과하여 발생할 수 있으므로 인접 지역, 국가, 국제적 수준에서 외부 자원의 지원이 요구되기도 한다(OIEWG³⁾, 2016). 즉 앞서 언급한 위험한 사건에 대한 그 사회의 대응 역량에 따라 하나의 사건(event)이 재난으로 연결되기도 혹은 그렇지 않기도 한다. 재난은 크게 위험의 유형에 따라 크게 <표 4-4>와 같이 분류한다(OIEWG, 2016).

3) 2015년 총회 결의안 69/284를 통해 센다이프레임워크의 이행 진척도 측정에 필요한 지표 개발을 목적으로, 센다이프레임워크 지표 전문가 그룹(Open-Ended Intergovernmental Expert Working Group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction, 이하 OIEWG)을 발족하여 지표 선정 및 용어 정비 작업을 진행

〈표 4-4〉 센다이프레임워크에 따른 위험의 유형

- **생물학적 위험(Biological hazards)** : 병원성 미생물, 독소나 생체 활성 물질을 포함한 생물학적 벡터에 의해 유발되는 유기적(organic)인 것을 의미한다. 예를 들어 박테리아, 바이러스, 기생충, 독을 가지고 있는 야생동물, 곤충, 식물, 질병 전염 모기 등이 있다.
- **환경적 위험(Environmental hazards)** : 화학적, 자연적, 생물학적 위험을 포함한다. 이는 환경 자체의 질적 저하, 공기, 수질, 토양의 물질적 또는 화학적 오염으로 야기된다. 그러나 이 카테고리에 속한 많은 현상, 과정들이 위험 그 자체보다는 위험 유발 요소(driver)로 규정되며, 토양 파괴, 산림 황폐화, 생물다양성 손실, 해수면 상승, 염수화 등을 들 수 있다.
- **지질, 지형적 위험(Geological or geophysical hazards)** : 이는 지구 내부 프로세스에 기인한 위험을 의미한다. 예를 들어 지진, 화산 활동과 분출, 중력에 의한 토양 침식, 토양 유실, 암반 유실, 표본 붕괴나 부서짐, 이류(산사태나 화산폭발로 인한 급격한 진흙의 흐름) 등을 말한다. 수문기상학적 요소가 이러한 프로세스에 일부 영향을 주는 요인이다. 쓰나미는 카테고리화하기 어렵다. 해수면 아래 지진 혹은 지질학적 사건에 의해 촉발되기는 하지만 본질적으로 연안해역 재난을 양산하는 해양활동으로 분류된다.
- **수문기상학적 위험(Hydrometeorological hazards)** : 대기, 수문, 기상 등에 기인하며 예를 들면 태풍, 허리케인 등 열대 사이클론, 홍수, 가뭄, 폭염, 한파, 연안 폭풍 해일 등이다. 수문기상학적 조건은 토양 유실, 야생토지 화재, 메뚜기 전염병(locust plagues), 전염병, 독성 물질 확산, 화산 분출 물질과 같은 또 다른 재해의 요인이 된다.
- **기술적 위험(Technological hazards)** : 이는 기술적(technological) 혹은 산업 환경, 위험한 절차, 기반 시설 파손 및 붕괴, 인간의 특정 활동에 기인한다. 예를 들어 산업 오염, 방사성 물질, 독성 폐기물, 댐 붕괴, 교통 사고, 공장 폭발, 화재, 화학물질 누출 등이다.

또한 그 규모 및 진행속도에 따라 다음과 같이 분류하기도 한다.

〈표 4-5〉 규모 및 진행속도에 따른 재난 분류

▶ 규모에 따른 분류

- 소규모(small-scale) 재난 : 지역 공동체에 국한된 피해로, 해당 지역 이상 규모의 지원이 필요
- 대규모(large-scale) 재난 : 한 사회가 영향을 받아 국가적 또는 국제적 차원의 지원이 요구

▶ 진행속도에 따른 분류

- 점진적으로 진행되는(slow-onset) 재난 : 시간에 걸쳐 서서히 발생하는 재난으로, 가뭄, 사막화, 해수면 상승, 전염병 등이 이에 해당
- 돌발성(sudden-onset) 재난 : 예상할 수 없이 갑자기 발생하는 재난으로, 지진, 화산폭발, 돌발(flash) 홍수, 화학 폭발, 핵심 인프라 붕괴, 교통사고 등이 이에 해당

한편, 주요 국가의 법령에서 규정하고 있는 재난의 정의를 살펴보면 <표 4-6>과 같다. 여기서는 재난을 재난원인에 따라 자연재난과 사회재난을 나누지 않고, 재난 결과로 인해 야기 될 수 있는 피해 규모에 따라 비상사태를 결정하여 대응하는 것을 알 수 있다(사회재난분야의 재난영향분석 및 피해비용산정 기법 조사·분석, 2014).

<표 4-6> 국외 재난 관련 법령

국가	법령	내용
미국	스태포드 재난법	주요재난(Major Disaster) : 허리케인, 토네이도, 폭풍, 조류, 쓰나미, 지진, 화산분화, 산사태, 가뭄을 포함한 자연적인 재앙 또는 원인과 상관없이 화재, 홍수, 폭발 등으로 인한 손실의 정도와 규모가 심각하다고 대통령령이 판단한 경우
영국	시민보호법	비상사태(Emergency) : 시민의 행복을 위협하는 심각한 사고를 발생시키는 사건이나 상황 생명의 손실, 상태, 주거소실, 재산피해, 화폐, 에너지 등 공공재의 공급중단, 통신 중단, 대중교통수단의 장애, 의료서비스 공급체계의 장애, 영국 내 환경을 위협하는 심각한 사고 유발 사건이나 상황, 영국의 안전을 위협하는 전쟁, 테러
일본	재해대책기본법	재해(災害) : 폭풍, 태풍, 호우, 폭설, 홍수, 절벽붕괴, 토석류, 해일, 지진, 분화, 산사태 기타 이상한 자연 현상 또는 대규모 화재나 폭발 그 외 영향을 끼치는 피해의 정도나 같은 종류의 법령에서 정하는 원인에 의한 피해
독일	바이에른주 재난보호법	재난(Disaster) : 많은 사람들의 생명이나 건강, 자연적 생활기반들 또는 중요한 물자들이 예외적인 규모로 위험에 처하거나 파괴되고 그러한 위험이 재해대책 관청들의 지도하에 재해대책에 참여하는 관청, 부서, 조직, 현장인력들이 함께 활동할 때만 방어할 수 있거나 제거할 수 있는 예기치 않은 사건
호주	재해구호기금법	재난(Disaster) : 막대한 피해 혹은 물리적 피해를 입히며 급작스레 발생하는 현상 (화재, 지진, 폭풍, 태풍, 해일, 토네이도, 산사태, 운석, 화산, 전염병, 테러, 대규모 교통관련 사고, 화학물질 사고, 유행병, 전쟁에 준하는 사건, 동식물 질병 등)

출처: 사회재난분야의 재난영향분석 및 피해비용산정 기법 조사·분석(2014)

2. 국내 기준 : 재난 및 안전관리 기본법

국내 재난 관련 통계 작성 시 기준이 되는 재난의 정의와 범위는 「재난 및 안전관리 기본법, 이하 기본법」에 근거하고 있으며, 그 내용은 <표 4-7>과 같다.

<표 4-7> 재난 및 안전관리기본법 및 시행령

< 재난 및 안전관리 기본법 >	
제3조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.	
1. "재난"이란 국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로서 다음 각 목의 것을 말한다.	
가. 자연재난: 태풍, 홍수, 호우(豪雨), 강풍, 풍랑, 해일(海溢), 대설, 낙뢰, 가뭄, 지진, 황사(黃砂), 조류(藻類) 대발생, 조수(潮水), 화산활동, 소행성·유성체 등 자연우주물체의 추락·충돌, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해	
나. 사회재난: 화재·붕괴·폭발·교통사고(항공사고 및 해상사고를 포함한다)·화생방사고·환경오염사고 등으로 인하여 발생하는 대통령령으로 정하는 규모 이상의 피해와 에너지·통신·교통·금융·의료·수도 등 국가기반체계(이하 "국가기반체계"라 한다)의 마비, 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」에 따른 감염병 또는 「가축전염병예방법」에 따른 가축전염병의 확산 등으로 인한 피해	
< 재난 및 안전관리 기본법 시행령 >	
제2조(재난의 범위) 「재난 및 안전관리 기본법」(이하 "법"이라 한다) 제3조제1호나목에서 "대통령령으로 정하는 규모 이상의 피해"란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.	
1. 국가 또는 지방자치단체 차원의 대처가 필요한 인명 또는 재산의 피해	
2. 그 밖에 제1호의 피해에 준하는 것으로서 국민안전처장관이 재난관리를 위하여 필요하다고 인정하는 피해	

기본법에 따르면 재난이란 국민의 생명, 신체, 재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로 그 유형을 크게 자연재난과 사회재난으로 구분하고 있다. 2004년 6월 1일 기본법이 제정되면서 ‘재난’의 개념이 종전의 「재난관리법」과 「자연재해대책법」에서 정의한 자연 재해와 인적 재난의 개념에 국무조정실에서 요구한 에너지·통신·교통·금융·의료·수도 등 국가기반체계의 마비와 감염병 확산 등으로 인한 피해 등 사회적 재난을 추가 포함하여, 확대 일원화된 ‘재난’ 개념으로 정립되었다. 이는 자연현상이든 인위적 속성이든 사회적 현상에 의한 것이든 실체적 측면에 초점을 두는 경우에는 관리체계의 일원화가 가능하다는 의미에서 용어 통일의 필요성이 제기되었기 때문이다(백진현, 2011). 이후 2013년 「정부조직법」 개정으로 인해 「재난 및 안전관리 기본법」 상에서 자연재난, 인적재난, 사회재난으로 분류되어 있던 재난의 분류가 자연재난과 사회재난으로 변경되었다(방재관리연구센터, 2016).

그러나 관련 법률에서는 ‘재난’과 ‘재해’라는 용어의 사용이 일부 혼란스러운 면이 있다. 「자연재해대책법」 제2조제1호에서 ‘재해란 기본법 제3조제1호에 따른 재난으로 인하여 발생하는 피해’라고 규정하고 있다. 즉 재난은 재해 혹은 피해를 줄 수 있는 ‘원인’으로, 재해 또는 피해를 ‘결과’로 구분하여 인식하고 있다. 또한 기본법 제3조제1호에서도 재난을 ‘국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것’으로 정의하고 있어 피해의 ‘원인’으로 인식하고 있다. 그러나 기본법 제3조제1호 가목을 보면, 자연재난은 (중략~)자연현상으로 인하여 발생하는 재해라고 규정하고 있어 재난을 재해와 동일하게 ‘결과’로 인식하고 있으며, 사회재난 역시 (중략~)등으로 인한 피해라고 규정하고 있어 ‘결과’로 인식하고 있다. 이처럼 동일 법 내에서도 재난과 재해를 원인과 결과로 구분하여 규정하거나 동일하게 결과로 규정하고 있어서 혼란을 주고 있다. 따라서 기본법의 재난과 재해(피해)를 혼용하여 사용하는 규정은 법적인 용어의 정비가 필요할 것으로 보인다.

3. 소결

우리나라 관련 법에서는 재난을 재해(피해)와 구분되는 원인으로 혹은 재해와 동일한 결과로 인식하고 있다. 관련 통계 역시 자연재난에 대해서는 재해연보로 발간되고, 사회재난에 대해서는 재난연감으로 발간되고 있다. 즉, 아직까지 자연재난에 대해서는 관습상 자연재해라는 용어를 익숙하게 사용했기 때문인 것으로 보인다. 따라서 향후에는 용어에 대한 법적, 통계적 정비를 통해 용어로 인한 혼란을 막아야 할 것이다.

또한 통계 작성의 대상이 되는 재난의 범위에 대해 국제기준 역시 명시적인 기준을 제시하고 있지는 않다. 따라서 향후 국제기구 자료 제공 시, 각국은 재난의 정의와 범위에 대한 상세한 메타데이터를 작성, 제공함으로써 통계의 비교가능성(comparability)을 높여야 할 것이다.

현재 우리나라의 경우, 재해연보의 통계 작성에 포함되는 자연재난의 범위는 재난의 규모에 관계없이 법에서 언급한 모든 종류의 자연현상으로 인한 피해이며, 재난연감 통계 작성에 포함되는 사회재난의 범위는 기본법 제3조제1호 나목에서 정한 피해 중 시군구 지역 재난안전대책본부 이상 운영된 재난을 대상으로 한다. 재난에 대한 개념 정의가 다소 추상적이라 그로 인한 피해 통계를 작성할 때, 어디까지를 재난으로 볼 것인지에 대해서는 구체적인 논의가 더 진전되어야 할 것으로 보인다. 본 연구에서는 이러한 점을 감안하고 우선은 현재 국내통계 작성 범위를 그대로 수용하여 분석을 하고자 한다. 즉 자연재난에 대해서는 재해연보를, 사회재난에 대해서는 재난연감을 중심으로 SDGs 지표 작성에 가용한 데이터와 통계를 파악하였다.

제4절 재난 지표에 대한 국내 통계 현황

1. 자료 수집

우리나라의 재난 관리 총괄부처는 행정안전부이다. 2017년 새 정부 출범 이후, 재난 관리의 컨트롤타워 역할을 해왔던 국민안전처가 행정자치부와 통합되어 행정안전부로 개편되었다. 현재 재난 관련 국내 승인 통계로는 재난안전산업실태조사, 소방산업실태조사, 해상조난사고통계, 위험물통계, 자연재해현황, 사고발생현황, 119구조구급활동 실적보고, 화재발생총괄표가 있다. 이 중 본 연구의 주제인 SDGs 재난 지표 산출과 관련하여 이용 가능한 승인 통계는 ‘자연재해현황’과 ‘사고발생현황’이 있다. ‘자연재해현황’은 자연재난으로 인한 인적, 경제적 피해 규모와 복구액 등에 대한 통계로, 통계작성 담당기관인 행정안전부는 피해가 발생한 지역의 관할 지방자치단체로부터 데이터를 수집, 취합하여 통계를 작성하고, 재해연보를 통해 공표한다.

사회재난은 재난관리기본법에 언급된 사회재난 유형에 대해 시·군·구 재난안전대책본부 이상 설치된 경우, 그 피해와 복구에 관련한 데이터를 수집, 취합하여 매년 재난연감을 통해 공표한다. 승인 통계인 ‘사고발생현황’은 중앙부처 및 지자체 소관 사고발생현황 총 23종에 대해 매년 보고통계로 작성되며, 이 중 일부가 사회재난의 범주에 포함된다. 이 통계는 기존의 ‘인적재난발생현황’ 통계로 작성되다가 2006년 3월 ‘사고발생현황’ 통계로 그 명칭이 바뀌었다. 기존에는 화재, 붕괴, 폭발 등의 사고를 통상 ‘인적재난’이란 용어로 사용하였는데 「재난 및 안전관리 기본법」의 개정으로 인해 기존의 화재, 붕괴, 폭발사고 등과 국가기반시설 등의 피해를 포함하여 ‘사회재난’이란 용어로 새롭게 정의하면서 통계 명칭 또한 변경하였다.

한편, 유엔은 SDGs 지표 산출에 필요한 데이터 수집에 있어 원칙적으로 국가 공식통계를 기반으로 하는 것을 권고하고 있는데, 현재 재난연감을 통해 공표되고 있는 사회재난 통계는 아직 승인통계로 관리되고 있지 않아 관련 통계 정비 후 승인 통계로 관리할 필요가 있다.

〈표 4-8〉 자연재해현황 및 사고발생현황

통계명	자연재해현황	사고발생현황
작성기관	행정안전부	행정안전부
작성목적	한해 동안의 자연재해 발생 현황과 조치 사항 등을 기록, 보존하여 재해대책 업무의 기본자료로 활용	재난관리정책수립과 연구기관, 학계, 각 계각층의 재난관련 연구개발자료 등으로 활용토록 하여 급격한 재난환경 변화에 능동적으로 대처하고, 국가재난관리 역량 제고에 기여

통계명	자연재해현황	사고발생현황
작성기관	행정안전부	행정안전부
작성주기	1년	1년
최초 작성연도	1998	2006
작성유형	보고 통계	보고 통계
보고체계	시·군·구 → 시·도 → 국민안전처	관계 중앙부처, 광역 시·도 → 국민안전처
작성대상	매년 전국에서 자연재해로 피해가 발생한 지역의 피해, 복구액	매년 전국에서 발생하는 중앙부·청 및 지자체 소관 사고발생현황 23종(1년간)
작성내용	- 이재민수, 인명피해, 침수면적 - 건물, 선박, 농경지, 농작물 피해액 - 공공시설(도로, 하천, 소하천, 수도, 항만, 어항, 학교, 철도, 수리, 사방, 군시설, 기타) 피해액 - 사유시설(축대, 담장, 가축, 축사, 잠사, 수산 중 양식, 어망, 어구, 비닐하우스, 기타) 피해액	발생건수, 사망자수, 부상자수, 재산피해액 비율
공표방법	- 전산망 + 간행물 - 재해연보	- 전산망 + 간행물 - 재난연감

출처 : 국가통계포털(kosis)

데이터 수집은 기본법 제58조에 따라 재난 피해를 입은 사람의 신고, 시장·군수·구청장(시·군·구대책본부가 운영되는 경우에는 해당 본부장을 의미)의 조사를 거쳐 중앙대책본부장 보고를 통해 진행된다. 그리고 기본법 제70조에 따르면 재난관리책임기관의 장은 소관시설, 재산 등에 관한 피해상황을 포함한 재난상황을 시장·군수·구청장에게 통보하고 행정안전부장관은 매년 재난상황 등을 기록한 재해연보 또는 재난연감을 작성하도록 되어 있다.

기본법 시행규칙 [별지 제 1호 서식]에 따른 피해 조사 항목을 살펴보면, 자연재난 위주로 항목이 구성되어 있다. 따라서 사회재난으로 인한 피해 항목을 포괄하지 못하는 한계가 있다. 실제 자연재난과 사회재난 피해에 대한 통계인 재해연보와 재난연감을 보면, 재해연보의 경우 <표 4-9>의 피해 산정 항목을 분류기준으로 하여 통계가 작성되는 반면, 사회재난의 경우 경제적 피해액에 대해 항목을 세분화하지 않고 ‘재산피해액’ 단일의 항목으로 공표되고 있다.

〈표 4-9〉 피해 산정 항목

지역 구분			단위	지역 구분			단위
총 이재민			세대/명	공공 시설	도로	도로	개소/m
인명	사망		명			교량	개소/m
	실종		명			피해액	천원
	부상		명		하천	하천	개소/m
	계		명			피해액	천원
침수	농경지		ha			소하천	개소/m
	도시		ha		피해액	천원	
	계		ha		수도	상하수도	개소
건물	주건물	유실,전파	동			피해액	천원
		반파	동		항만	항만시설	개소
		침수	동			피해액	천원
	계		동		어항	어항시설	개소
	피해액		천원			피해액	천원
선박	동력	전파	척/톤		학교	학교시설	개소
		반파	척/톤			피해액	천원
	무동	전파	척/톤		철도	철도	개소/m
		반파	척/톤			피해액	천원
	계		척/톤		수리	수리시설	개소
	피해액		천원			방조제	개소
농경지	전	ha	피해액			천원	
	답	ha	사방		사방	개소/ha	
	계	ha			임도	개소/ha	
	피해액	천원			피해액	천원	
농작물	전작	ha	군시설		군시설	개소	
	답작	ha			피해액	천원	
	기타	ha	소규모		시설물	개소	
	계	ha			피해액	천원	
사유시설	축대, 담장		개소/천원		기타	기타	개소
	가축		두/천원	피해액		천원	
	축사, 잠사		개소/천원	피해액 소계		천원	
	수산 증양식		개소/천원	총 피해액		천원	
	어망, 어구		통/천원				
	비닐하우스		ha/천원				
	기타 사유시설		개소/천원				
	피해액		천원				

2. 인적 피해 지표

- 1.5.1 인구 10만명 당 재난으로 인해 사망, 실종, 직접적인 피해를 입은 사람의 수

가. 지표의 의미

이 지표는 세부목표 1.5, 11.5, 13.1을 측정하기 위한 지표이며, 센다이프레임워크 핵심지표 A2, A3, B2, B3, B4, B5에 해당한다. IAEG-SDGs가 지표 산출 가능성으로 분류한 티어 기준에 따르면, 티어2로 분류되어 있다. 즉 데이터 수집 및 측정 방법론은 존재하지만 가용한 데이터 확보에 어려움이 있는 지표로 분류된다. UNISDR이 만든 측정 방법론에 따른 용어의 정의는 다음과 같다(OIEWG, 2016).

〈표 4-10〉 인적피해 지표에 대한 용어 정의

- 사망 : 재난이 발생하는 동안 또는 직후에 위험한 사건의 직접적인 결과로 사망한 사람
- 실종 : 위험한 사건 이후 행방이 알려지지 않은 사람
- 직접적으로 피해를 입은 사람 : 상해, 질병, 기타 건강상 피해를 입은 사람
- *c) 간접적으로 피해를 입은 사람 : 직접적 영향과 다르거나 그에 더해 시간이 지남에 따라 경제, 핵심, 인프라, 기본 서비스, 상거래, 노동 또는 사회, 건강 및 생리학적 결과가 변화하거나 붕괴된 사람*
- 상해 또는 질병 : 재난의 결과로 신체적 또는 정신적 상해, 외상 또는 질병이 발생하거나 악화된 사람
- 생계 파괴 : 삶의 수단을 확보하기 위해 필요한 역량, 생산적 자산 및 활동을 할 수 없게 된 사람
- 주택 손상 : 수리가 필요하나 거주 가능한 정도로, 구조적 또는 비구조적으로 경미한 손상이 있는 주택
- 주택 파괴 : 더 이상 거주가 불가능하거나 재건축을 필요로 하는 정도까지 붕괴, 매몰, 침수 혹은 손상된 주택

한편, 지표의 선정 과정에서 거주지 피해나 붕괴를 입은 사람의 수를 포함시키느냐에 대한 논쟁이 있었으나, 이는 경제적 손실 추정에도 매우 필수적이며 현재 가용한 데이터로부터 추정(estimated)이 가능할 뿐만 아니라, 취약성(vulnerability)과 생계(livelihood) 이슈를 반영할 수 있다는 측면에서 최종 지표에 포함되었다.

나. 산출 방법

동 지표는 인적 피해에 대해 센다이프레임워크 핵심지표 중 사망(A2), 실종(A3), 부상 및 질병(B2), 주택 손상(B3), 주택 파괴(B4), 생계수단 파괴(B5)된 사람의 수를 전체 인구 수로 나누어 산출되며, 산출식은 다음과 같다.

$$1.5.1 = \frac{A2 + A3 + B2 + B3 + B4 + B5}{\text{총 인구}} \times 100,000(\text{명})$$

이 때 피해 유형에 관계없이 재난으로 인해 피해를 입은 사람 전체를 계산할 때는 지표 간 중복 포함된 사람을 제외해야 한다. 왜냐하면 이들 지표에서 파악하고자 하는 인구는 배타적이지 않으며, 중복 집계될 수 있기 때문이다. 즉 부상을 입은 사람이 거주지 피해를 입은 사람에 포함될 수 있다. 또한 총 인구는 해당연도의 연앙인구⁴⁾를 사용하여 계산한다.

한편, UNISDR 지침에 따라 데이터 수집 과정에서 고려해야 할 몇 가지 사항이 있다. 사망 원인이 재난과 관련된 것으로 기록되지 않는 경우가 있는데, 예를 들어 홍수로 인한 사망은 의학적 또는 법적 기록에 익사한 경우에만 사망으로 등록될 수 있다. 그러므로 각 사망이 재난으로 인한 것인지 구별해 낼 필요가 있다. 또한 데이터 수집 종료시점과 관련하여, 대부분의 사망자가 사건 초기에 발생하는 소규모의 갑자기 발생하는 재난에 대해서는 데이터 수집을 마무리 할 수 있지만, 부상자로 파악 된 사람이 일정 시간 경과 후 사망하게 되는 경우 등이 있어 데이터 수집 기간에 대한 나라마다의 규정이 필요하다. 이에 명확한 법적 기준이 없는 나라의 경우, 홍수 및 지진의 경우 4주, 유행성 전염병의 경우 신규 사례가 기록되지 않은 기간까지를 수집기간으로 권고하고 있다(OIEWG, 2016).

또한 UNISDR은 핵심지표에 대해 정확히 맞는 통계가 없는 경우, 지표 산출을 위해 요구되는 최소한의 데이터를 제안하고, 이를 통해 지표 값을 추정한다. 가령 주택 피해를 입은 사람(B3, B4)의 경우 피해 주택 수에 평균 가구원 수를 곱하여 주택 피해 인구를 계산하는 방법을 제시하였는데, 이 경우 재난이 일어난 지역의 가구 특성에 따라 실제 피해를 입은 인구를 왜곡 추정 할 가능성이 크므로, 되도록 데이터 수집 과정에서 피해 주택 및 가구원 수 정보가 함께 파악되어야 한다.

$$B3 = \text{손상된 주택 수}(B_{3a}) \times \text{평균 가구원 수}$$

$$B4 = \text{파괴된 주택 수}(B_{4a}) \times \text{평균 가구원 수}$$

$$B5 = B_{5a} + B_{5b} + B_{5c} + \dots$$

$$B_{5a} = \text{피해농경지 면적} \times \text{면적 당 근로자 수}$$

$$B_{5b} = \text{피해 가축 수} \times \text{가축 당 근로자 수}$$

$$B_{5c} = \text{피해 생산적 자산의 합} \times \text{시설 당 근로자 수}$$

4) 연앙인구란, 인구주택총조사 결과를 기초로 인구변동요인(출생, 사망, 국제이동 등)을 반영하여 매년 7월 1일 현재 조성법을 이용하여 추계한 인구

더욱이 생계수단이 파괴된 사람(B5)의 경우, UNISDR이 각국의 데이터 가용성을 사전 평가한 결과 87개국 중 39%정도만이 데이터가 가용하다고 응답했을 정도로 가용한 데이터가 확보되지 않았으며, 지표 산출을 위해 제시된 하위 지표(B_{5a}, B_{5b}, B_{5c})의 경우도 피해 자산(농경지, 가축, 생산적 자산) 단위 당 근로 인구 수에 대한 가용한 데이터의 확보가 용이하지 않다. 또한 지표의미의 해석에 따라 각 국에서 수집하는 데이터의 범위와 산출방법에 큰 차이가 있어 국가 간 데이터의 비교가능성이 높지 않을 것으로 보인다. UNISDR 지침 역시 데이터 수집의 어려움과 국가의 보고 부담에 대한 우려를 표시하고 있으며, 이미 수집된 유사데이터를 이용하여 프록시(proxy) 지표를 산출하는 것을 권고하고 있다.

다. 관련 국내 통계

UNISDR의 지표 산출 방법에 따른 국내 가용한 국가 통계에 대해 자연재난과 사회재난으로 나누어 표로 정리하면 다음과 같다. 자연재난은 재해연보로, 사회재난은 재난연감을 바탕으로 검토하였으며, 통계로 공표되고 있는 경우와 공표되고 있지는 않지만 국가재난관리시스템(National Disaster Management System, NDMS)을 통해 수집하는 데이터가 있는 경우를 구분하였다. 또한 하나의 지표에 대해 사건(event), 위험유형(hazard type), 위치(location), 연령(age), 성(sex), 장애(disability), 소득(income)별로 세분화된 데이터나 통계가 있는지 검토하였다.

〈표 4-11〉 인적 피해 지표에 대한 데이터 가용성 및 세분화 현황

지표		가용성		세분화	
		자연재난	사회재난	자연재난	사회재난
A2	인구 10만명당 재난으로 인한 사망자 수	●	●	사건, 위험유형, 위치, 성, 연령	사건, 위험유형, 위치, 성, 연령
A3	인구 10만명당 재난으로 인한 실종자 수	●	●	"	"
B2	인구 10만명당 재난으로 인한 부상 혹은 질병자 수	●	●	"	"
B3	재난으로 인해 거주지에 피해를 입은 사람의 수	O	-	"	-
B4	재난으로 인해 거주지가 붕괴된 사람의 수	O	-	"	-
B5	재난으로 인해 생계에 피해를 입거나 생계수단이 파괴된 사람의 수	O	-	"	-

● : 통계로 공표되고 있는 경우

O : 국가재난관리시스템(NDMS)에서 데이터 수집이 가능한 경우

표에서 보듯이, 재난으로 인한 인적 피해의 경우 사망, 실종, 부상 및 질병자 수에 대해서는 집계, 공표되고 있다. 그러나 주택이 손상되거나 파괴되는 피해를 입은 사람의 수는 자연재난의 경우 NDMS를 통해 수집되는 데이터로 지표 산출이 가능하지만, 사회재난의 경우에는 피해 인구에 대해 세분화된 통계가 공표되고 있지 않으며, 재난의 유형에 따라 주관기관(부록의 <부표 4-3>)이 산재해 있고, NDMS를 통해 수집되는 데이터도 부재한 상황이다.

라. 피해 현황

SDGs 목표에 대한 달성 진척을 평가하기 위한 기준 자료로써 2016년 이전 10년간의 인적 피해 현황(사망, 실종)을 자연재난과 사회재난으로 살펴보면, 재난의 특성상 피해 규모가 명확한 추이를 갖고 있지는 않지만, 비교적 연간 발생빈도가 어느 정도 일정한 자연재난의 경우 사망, 실종자 수가 최근 3년간은 많이 감소한 것을 알 수 있다. 반면 사회재난의 경우 예기치 못한 대형 사고로 인해 인적 피해가 크게 발생하는데, 2009년에는 메르스로 인해, 2014년에는 세월호 사건으로 인해 대규모의 인적 피해가 발생했다.

〈표 4-12〉 재난으로 인한 인적 피해 현황

(단위 : 명)

연도	자연재난			사회재난			총계
	사망	실종	소계	사망	실종	소계	
2006	50	13	63	3	2	5	68
2007	17	0	17	6	0	6	23
2008	11	0	11	54	0	54	65
2009	12	1	13	224	0	224	237
2010	13	1	14	78	7	85	99
2011	71	7	78	3	0	3	81
2012	16	0	16	5	0	5	21
2013	4	0	4	11	1	12	16
2014	2	0	2	376	35	411	413
2015	0	0	0	64	3	67	67

출처 : 재해연보(2015), 재난연감(2015)

마. 소결

SDGs 지표 1.5.1은 재난으로 인한 인적 피해를 측정하는 지표로써 지표 1.5.1 측정을 위해 세분화하여 파악해야 하는 샌다이프레임워크 핵심지표와 국내 활용 가능한 통계를 정리하면 다음과 같다. 재난으로 인한 사망, 실종, 부상자 수는 현재 국내 통계 작성 범위 안에서 파악이 가능하다. 그러나 그 외 주거지와 생계수단의 피해로 구체화된 직접적인 피해 인구에 대해서는 이재민 수를 유사한 통계로 활용할 수 있으나, 완전히 일치하는 개념은 아니며 앞서 살펴본 바와 같이 국제기구의 추정 방법대로 추정될 경우 실제 피해 현황을 크게 왜곡할 가능성이 높다. 따라서 현재 유사한 개념인 이재민의 통계적 개념을 확실히 정의하고, 주거지의 피해 정도에 따라 구분하여 세분화할 필요가 있다. 또한, 주거시설의 피해는 없더라도 생계수단의 피해를 입은 사람까지 포함해서 조사함으로써 재난으로 인한 인적 피해 현황을 정확히 파악해야 할 것이다. 하지만, 대규모 재난으로 인한 피해조사가 현저히 어려울 경우에는 앞서 제시한 국제기준의 방법에 따라 거주지나 생계수단의 피해를 입은 사람을 추정할 수 있을 것이다.

3. 경제적 피해 지표

- 1.5.2 재난으로 인해 발생한 GDP 대비 직접적인 경제적 손실

가. 지표의 의미

이 지표는 세부목표 1.5, 11.5를 측정하기 위한 지표이며, 샌다이프레임워크 핵심지표 C1(C2, C3, C4, C5), D1(D2,D3,D4), D5(D6,D7,D8)에 해당한다. 재난으로 인한 GDP 대비 경제적 피해를 줄이고자 하는 목표를 측정하기 위한 지표이며 지표의 산출 가능성과 관련한 IAEG-SDGs의 티어 분류에 따르면 티어2로 분류되어 있다. 즉 인적 피해 지표와 마찬가지로 측정 방법론은 존재하지만 가용한 데이터가 아직 확보되지 않은 지표이다.

〈표 4-13〉 재난으로 인한 경제적 피해 관련 지표

SDGs	샌다이프레임워크
1.5.2 재난으로 인해 발생한 GDP 대비 직접적인 경제적 손실	C1(C2+C3+C4+C5+C6) GDP 대비 재난으로 인한 직접적인 경제적 피해액
	C2 재난에 의한 직접적인 농업 피해액
	C3 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 모든 기타 생산적 자산

SDGs	센다이프레임워크
	C4 재난으로 인한 주택부분의 직접적인 경제적 손실
	C5 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 핵심 인프라의 직접적 피해액
	C6 재난으로 인해 손상되거나 파괴된 문화 유산에 대한 직접적 피해액
11.5.2 재난으로 인해 발생한 핵심 인프라 피해 및 기본적인 서비스의 중단 등을 포함한 GDP 대비 직접적인 경제적 손실	D1(D2+D3+D4) 재난으로 인해 피해를 입은 핵심 인프라의 피해
	D2 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 보건시설의 수
	D3 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 교육시설의 수
	D4 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 기타 핵심 인프라의 수
	D5(D6+D7+D8) 재난으로 인해 발생한 기본 서비스의 중단 횟수
	D6 재난으로 인해 발생한 교육서비스의 중단 횟수
	D7 재난으로 인해 발생한 보건서비스의 중단 횟수
	D8 재난으로 인해 발생한 다른 기본 서비스의 중단 횟수

UNISDR 지침에 따른 주요 용어의 정의는 다음과 같다(OIEWG, 2016).

〈표 4-14〉 경제적 피해 지표에 대한 용어 정의

- 직접적 경제적 손실 : 물리적 자산 전체 혹은 부분적 파괴에 대한 화폐적 가치의 하락
Cf. 간접적 경제적 손실 : 직접적인 경제적 손실의 결과에 따라 추가적으로 발생한 경제적 가치의 하락
- 생산적 자산 : 국제 분류(Standard International Classifications)에 따라 서비스를 포함한 모든 경제 분야의 다양한 유형의 자산
- 기본 서비스 : 모든 사회가 효과적이고 적절하게 기능하기 위해 필요한 서비스
 예) 수자원 공급, 교육 서비스, 주요 인프라(전기, 통신, 운송 및 폐기물 관리) 등
- 핵심 인프라 : 공동체 또는 사회, 경제적 기능에 필수적인 서비스를 제공하는 물리적 구조, 시설, 네트워크 및 기타 자산
 예) 녹색 기반시설 : 홍수, 지진, 해일 등의 위험으로부터 보호하기 위해 만든 시설
 환경 기반시설 : 수질, 대기 질 등 환경 차원에서 설계된 시설로 공원, 녹지, 배수 시설 등이 있음

직접적인 경제적 손실(direct economic loss)이란, 피해(affected) 지역의 물질적 자산 전체 혹은 부분적 파괴에 대한 화폐적 가치의 하락으로 정의되는데, 이는 직접적인 경제적 손실의 결과에 따른 경제적 가치의 하락 또는 인간, 환경적 피해인 간접 손실과는 구분된다. 이는 대개 사고 발생 동안 혹은 발생 후 몇 시간 이내에 발생하며 종종 복구 비용과 보험 청구 비용을 추정하기 위해 사고 직후 평가된다. 이것들은 대부분 유형적이며 상대적으로 측정이 용이하다.

하지만 UNSIDR이 82개국의 가용데이터 수준을 검토한 결과, 측정 방법이 나라마다 서로 상이하고, 표준화된 방법론이 부재하여 국제적 비교가능성이 떨어진다. 따라서 글로벌 수준에서의 통계 비교가능성을 높이기 위해 경제적 손실에 어떠한 요소를 포함시켜, 어떻게 측정, 추정할지는 현실적으로 매우 어려운 문제이다.

나. 산출 방법

동 지표는 경제적 피해에 대해 샌다이프레임워크 핵심지표 C2~D8에 해당하며, 지표의 산출식은 아래와 같다. 각각의 세부 지표는 주로 피해 자산의 종류와 단위 규모 당 대체 비용을 곱하여 산출한다. 지침에 따르면, 각 국 통화로 표기된 손실액은 국제 비교를 위해 달러 가치로 환산하며, 구매력 평가지수(Purchasing Power Parities, PPP)를 고려하지 않은 환율 사용을 권고한다.

$$1.5.2 = \frac{C2 + C3 + C4 + C5 + C6}{GDP}$$

구체적으로 각각의 세부지표 산출 방법을 살펴보면, 농업 피해(C2)은 농작물, 가축, 임산물, 수산양식물, 어획물 손실로 구분되며 각각은 다시 생산물(Production)과 생산적 자산(Productive assets), 즉 생산물과 관련한 설비, 기계, 도구 등 주요 시설의 손실로 구성된다.

생산적 자산, 주택 및 핵심 인프라에 대한 피해(C3, C4, C5)는 피해 자산의 규모(대, 중, 소)와 수준(부분 파괴, 완전 파괴)에 따라 대체 비용 기준을 정하여 산출한다. 이 때 대체 가치(Replacement Value)는 반드시 시장 가치(Market Value)와 일치하지 않을 수 있으며 대체로 건설 비용을 기반으로 한다. 한편, 핵심 인프라에 대한 피해(C5)는 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 보건시설(D2), 교육시설(D3), 기타 주요 기반 시설(D4) 수의 합으로 계산된다.

마지막으로 문화유산에 대한 피해(C6)는 단순히 경제적 측면에서만 평가될 수 없는 특성을 가지고 있다. 이는 문화유산과 관련된 대부분의 손실이 무형의 손실로써 역사적, 예술적 가치와 관련되기 때문이다. 따라서 UNSIDR은 직접적인 손실을 계산하기 위해 ‘이동 가능성’에 따라 건축물 등 고정된 유산과 미술품, 유물 등 이동 가능한 문화유산으로 구분한 피해 산출 방법을 제안하였다. 이동 불가능한 자산에 대해서는 재난 발생 이전과 유사한 수준으로 복원, 복구하는 데 발생하는 비용으로, 복구가 불가능할 경우에는 부동산 가격을 대신하여 적용한다. 또한 이동 가능한 문화유산 역시 복원 비용을 적용하여 계산한다.

지표 11.5.2(재난으로 인해 발생한 핵심 인프라 피해 및 기본적인 서비스의 중단 등을 포함한 GDP 대비 직접적인 경제적 손실)는 센다이프레임워크 핵심지표 D1(D2+D3+D4)과 D5(D6+D7+D8)에 해당한다. UNSIDR 지침에 따르면, D1을 핵심 인프라 지수로, D5를 서비스 중단 지수로 계산하고, 인구 10만명당 비율로 비교하여 계산할 것을 제안했다. 이 부분은 UN이 제시한 기준과 차이가 있어, 향후 지표 전문가 그룹에서 조정이 될 것으로 예상된다.

$$11.5.2 = D1(D2 + D3 + D4), D5(D6 + D7 + D8)$$

다. 관련 국내 통계

동 지표와 관련된 센다이프레임워크 핵심지표에 대한 국내 데이터 및 통계의 가용성과 세분화 수준을 분석한 결과는 <표 4-15>와 같다. 센다이프레임워크에서 제시한 경제적 피해 지표의 경우 우리나라에서 공표되는 통계에 비해 세분화되어 있다. 자연재난의 경우 농업 피해를 중심으로 주거 및 핵심 인프라의 피해가 피해 총괄표를 기준으로 비교적 상세하게 조사되어 데이터를 수집하고 있는 반면, 사회재난의 경우 앞서 언급한 주관 기관산재로 인해 주요 경제적 자산별로 세분화된 통계가 작성되고 있지 않으며, ‘재산 피해액’이라는 단일의 항목으로 공표되고 있다. 또한 자연재난의 경우 사건, 위험유형, 위치별로 비교적 세분화된 통계가 제공되고 있다. 하지만 시설물 이외의 교육, 보건 서비스 등과 관련하여 시설물 피해에 따른 2차적인 서비스 중단으로 인한 피해 데이터는 수집되고 있지 않은 상황이다.

〈표 4-15〉 경제적 피해 지표에 대한 국내 가용 데이터 및 세분화 현황

지표		가용성		세분화	
		자연 재난	사회 재난	자연재난	사회 재난
C2	재난으로 인한 직접적인 농업 피해액	O	O	사건, 위험유형, 위치	-
C3	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 모든 생산적 자산	●	-	"	-
C4	재난으로 인한 주택부분의 직접적인 경제적 손실	●	-	"	-
C5	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 핵심 인프라의 직접적 피해액	●	-	"	-
C6	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 문화유산의 직접적 피해액	●	-	"	-
D2	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 보건시설의 수	●	-	"	-
D3	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 교육시설의 수	●	-	"	-
D4	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 기타 핵심 인프라의 수	●	-	"	-
D6	재난으로 인해 발생한 교육서비스의 중단 횟수(C5d 중복)	-	-	-	-
D7	재난으로 인해 발생한 보건서비스의 중단 횟수(C5d 중복)	-	-	-	-
D8	재난으로 인해 발생한 다른 기본 서비스의 중단 횟수	-	-	-	-

주: ● : 공식통계로 공표되고 있는 경우

O : 국가재난관리시스템(NDMS)에서 데이터 수집이 가능한 경우

한편, 아직까지 경제적 자산 피해와 관련하여 국제적으로도 자산의 정의와 범위를 하나로 해석하기 어려운 문제가 있어, 인적 피해지표보다는 각국의 데이터 비교 가능성이 낮을 것으로 보인다. 예를 들어 핵심 인프라의 경우, 우리나라는 국민안전처가 법으로 주요기반시설을 지정해 놓고 있지만 실제 공표되는 통계에서 공공시설과 주요 기반시설을 동일하게 볼 수는 없는 문제가 있다. 또한 농업 피해액의 경우 우리나라는 농경지 면적에 대해서는 경제적 가치로 환산된 피해액이 공표되지만 작물, 가축 피해에 대해서는 경제적 가치로 환산되지 않고 피해 면적과 두수로 공표되고 있어 실제 공표되는 재산 피해액에는 이를 제외하고 과소 집계하고 있다.

라. 피해 현황

지난 10년간 재난으로 인한 우리나라의 경제적 피해 현황을 보면, 인적 피해와 마찬가지로 재난의 특성상 일정한 추이를 갖고 있지는 않지만 자연재난의 경우 최근 3년의 경제적 피해는 이전에 비해 많이 감소한 것을 알 수 있다. 그림에서 보는 2008년 사회재난으로 인한 대규모 피해는 화물노조 파업으로 인한 수출입 피해로 인한 것이다.

〈표 4-16〉 재난으로 인한 경제적 피해액

(단위 : 억원)

연도	자연재난	사회재난	총계
2006	22373.0	12.0	22385.0
2007	2858.5	2.0	2860.5
2008	666.2	66775.0	67441.2
2009	3131.4	22.0	3153.4
2010	4308.4	19560.4	23868.8
2011	7513.3	12.0	7525.3
2012	10233.2	3014.0	13247.2
2013	1643.5	1273.7	2917.2
2014	1728.0	530.9	2258.9
2015	318.6	944.7	1263.3

마. 이슈 및 개선사항

재난으로 인한 직접적인 경제적 피해액을 산출하는 과정은 복잡하며, 측정 범위를 어디까지 두느냐에 따라 차이가 많이 발생한다. 우선은 경제적 손실을 유발하는 자산의 종류를 핵심지표의 유형대로 구분하고 피해 자산에 대한 개념을 정확히 규정하여 조사해야 한다. 또한 이를 화폐적 가치로 환산하는 과정에서는 복구기준단가를 활용하되, 현재 3년마다 개선되고 있는 단가 설정 주기를 단축하여 좀 더 시의성있게 개선할 필요가 있다.

또한 경제적 피해를 파악하는데 있어 기존의 자연재난 위주의 재난 피해 총괄표에 사회재난으로 인한 경제적 피해 자산의 유형을 기존 자연재난 피해산정 항목을 참고하여 기존의 항목을 추가 보완해 보는 방법을 [그림 4-2]와 같이 고려해 볼 필요가 있다.

마지막으로 사회재난의 경우 주관부처가 산재됨으로 인한 체계적인 데이터 수집이 이루어지지 않는 상황에서, 기존의 시스템을 개선, 보완하여 사회재난 데이터에 대한 수집 체계를 강화할 필요가 있다.

재난	대상	기존 자연재난 피해산정 항목								사회재난 피해산정 항목 추가(안)									
		인명	침수	건물	선박	농경지	농작물	공공 시설	사유 시설	인명 피해	기반 시설	사유 재산	무형 자산	자연 자산	전산 시설	타설	공공구	사회 불안	임야
다중밀집시설대형사고		●		●				●	●					●					
지하철대형화재사고		●						●										●	
고속철도대형사고		●						●											
택배과		●	●			●	●	●	●			●					●	●	
공동구 재난		●															●	●	
유·도선(화재, 충돌, 침몰)		●			●				●			●	●					●	
금융전산										●	●	●	●		●			●	
보건의료										●								●	
육상화물 운송										●		●						●	
항공운송마비										●		●						●	
가족질병		●										●							
전염병		●																	
원전안전		●									●			●	●				
식용수		●												●					
화학유해물질유출사고		●		●					●					●					
대규모환경오염(수질/해양)		●											●	●					
인접국가방사능누출		●									●			●				●	
산불		●		●					●				●	●					●
정보통신			●	●							●				●				
전 력									●						●			●	
GPS 전파혼신															●				
우주전파											●				●				

출처: 사회재난분야의 재난영향분석 및 피해비용산정 기법 조사·분석 (2014)

[그림 4-2] 사회재난 피해산정 항목 추가(안)

4. 국가 간 데이터 가용성 비교

UNISDR은 2018년 1월 실시될 샌다이프레임워크 1차 모니터링에 대한 준비작업의 하나로 87개국을 대상으로 각 국가의 재난 관련 데이터 현황을 파악하는 조사를 수행하였다. 지표별로 데이터 이용 가능성(availability)을 조사한 결과, 인적 피해 경감에 대한 목표 A와 관련하여 인구 10만명당 재난으로 인한 사망자 수는 87개국 중 83%의 국가가 이용 가능한 데이터가 있다고 응답했다. 또한 60%의 나라에서는 샌다이프레임워크 채택 이전 10년간(기준시점, '05~'15) 데이터도 보유하고 있다고 응답했다. 그러나 재난으로 인해 생계에 피해를 입거나 생계수단이 파괴된 사람의 수는 87개국 중 39%의 나라만이 이용 가능한 데이터를 보유하고 있는 것으로 나타났다.

한편, 경제적 피해 경감에 대한 목표 C와 D에 대해서는 조사 대상 국가의 37~55%만이 데이터를 보유하고 있으며, 그 중 29%, 33%가 이전 10년간 데이터를 보유하고 있다.

또한 국가와 지방 정부 차원에서 재난 위험 관리 전략 체계를 갖추자는 목표 E에 대해서는 조사 대상 국가의 39~54%가 관련 데이터를 보유하고 있다고 응답했다. SDGs와 관련된 지표별로 데이터 가용성에 대한 자세한 조사결과는 다음과 같다.

〈표 4-17〉 지표별 데이터 가용성

지표		데이터 가용성 (%)			
		가능	'05-'15	불가능	무응답
A2	인구 10만명당 재난으로 인한 사망자 수	83	60	10	7
A3	인구 10만명당 재난으로 인한 실종자 수	70	49	21	9
B2	재난으로 인한 부상자 수	70	52	19	10
B3	재난으로 인해 거주지에 피해를 입은 사람의 수	65	49	25	10
B4	재난으로 인해 거주지가 붕괴된 사람의 수	57	57	31	12
B5	재난으로 인해 생계에 피해를 입거나 생계수단이 파괴된 사람의 수	39	25	49	12
C2	재난에 의한 직접적인 농업 피해액	68	45	21	11
C3	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 모든 생산적 자산	41	29	47	12
C4	재난으로 인한 주택부분의 직접적인 경제적 손실	51	34	37	13
C5	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 핵심 인프라의 직접적 피해액	47	31	40	13
C6	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 문화유산의 직접적 피해액	37	17	49	14
D2	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 보건시설의 수	64	40	22	14
D3	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 교육시설의 수	64	41	22	14
D4	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 기타 핵심 인프라의 수	55	33	30	15
D6	재난으로 인해 발생한 교육서비스의 중단 횟수	45	29	40	15
D7	재난으로 인해 발생한 보건서비스의 중단 횟수	45	30	40	15
D8	재난으로 인해 발생한 다른 기본 서비스의 중단 횟수	43	24	41	16
E1	센다이프레임워크에 맞춰 국가 차원의 재난 위험 경감 전략을 마련, 이행하는 국가의 수	54		30	16
E2	국가의 재난 위험 경감 전략에 맞춰 지방정부 차원에서 재난 위험 감축 전략을 이행하는 지방정부 비율	39			

출처: Sendai Framework Data Readiness Review 2017 재구성

한편, 이웃 국가인 중국과 일본 그리고 비교적 국가 통계에 대한 수준이 높다고 평가되는 호주, 영국, 캐나다와 우리나라의 데이터 가용성을 비교해 보면, 대부분의 국가에서 재난으로 인한 사망, 실종과 같은 기본적인 인적 피해 통계는 작성되고 있지만,

생계에 피해를 입거나 생계수단이 파괴된 사람에 대한 통계는 가용하지 않은 것으로 응답했다. 또한 경제적 피해의 경우 시설물 피해 이외에 보건, 교육 서비스와 같은 피해에 대해서는 가용한 데이터가 없다고 응답했다.

〈표 4-18〉 주요 국가별 데이터 가용성 현황

	지표	한국	중국	일본	호주	영국	캐나다
A2	인구 10만명당 재난으로 인한 사망자 수	O	O	O	O	O	O
A3	인구 10만명당 재난으로 인한 실종자 수	O	O	O	O	X	X
B2	재난으로 인한 부상자 수	O	O	O	X	O	O
B3	재난으로 인해 거주지에 피해를 입은 사람의 수	O	O	O	X	O	X
B4	재난으로 인해 거주지가 붕괴된 사람의 수	O	O	O	X	O	X
B5	재난으로 인해 생계에 피해를 입거나 생계수단이 파괴된 사람의 수	O	O	X	X	X	X
C2	재난에 의한 직접적인 농업 피해액	O	O	O	X	O	O
C3	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 모든 생산적 자산	O	O	O	X	X	X
C4	재난으로 인한 주택부분의 직접적인 경제적 손실	O	X	O	O	O	X
C5	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 핵심 인프라의 직접적 피해액	O	X	O	X	O	X
C6	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 문화유산의 직접적 피해액	O	O	O	X	O	X
D2	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 보건시설의 수	O	-	O	O	O	-
D3	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 교육시설의 수	O	-	O	O	O	-
D4	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 기타 핵심 인프라의 수	O	X	O	O	O	X
D6	재난으로 인해 발생한 교육서비스의 중단 횟수	-	X	O	O	O	X
D7	재난으로 인해 발생한 보건서비스의 중단 횟수	-	X	O	O	X	X
D8	재난으로 인해 발생한 다른 기본 서비스의 중단 횟수	-	X	-	X	X	X
E1	센다이프레임워크에 맞춰 국가 차원의 재난 위험 경감 전략을 마련, 이행하는 국가의 수	-	O	O	O	O	O
E2	국가의 재난 위험 경감 전략에 맞춰 지방정부 차원에서 재난 위험 감축 전략을 이행하는 지방정부 비율	-	O	O	O	O	O

주: O: 데이터 있음, X: 데이터 없음, -: 무응답 / 한국 데이터는 자체 수집한 결과임

출처: Sendai Framework Data Readiness Review, 2017 재구성

제5절 원격 탐측을 활용한 피해 측정방법

1. 개요

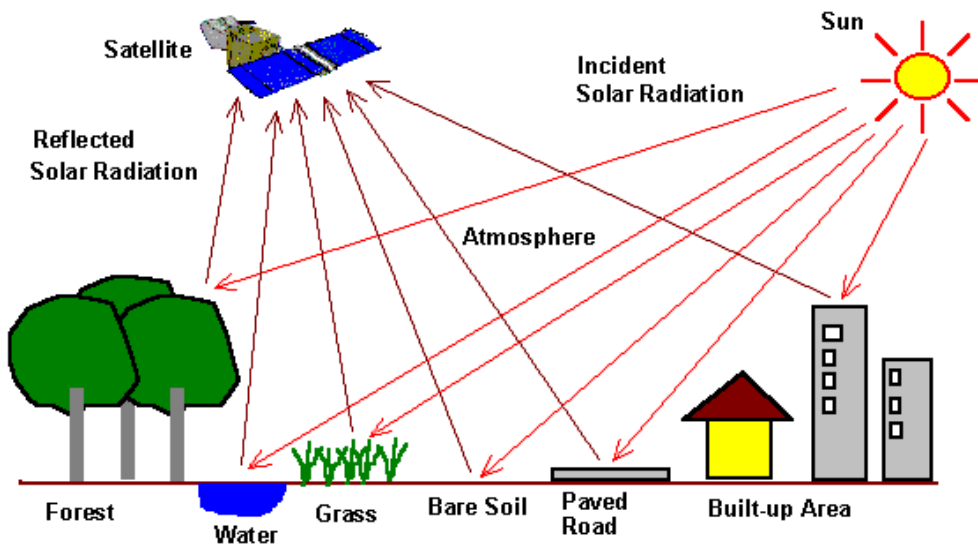
앞서 언급했듯이, 현재 SDGs 글로벌지표 논의 과정에서 데이터 혁명(Data Revolution)이 중요한 화두로 부각되고 있다. ‘데이터 혁명’이란 훨씬 더 빠르고, 세분화된 데이터가 존재하는 사회로의 이동을 의미하며, 지속가능발전을 위한 데이터 혁명이란 지속가능발전 이행과 모니터링에 필요한 양질의 정보를 생산하기 위한 새로운 데이터와 기존 데이터의 통합을 일컫는다(UNIEAG). 이제는 지속가능한 발전을 위한 구체적인 프레임으로 SDGs가 채택되고, 이를 정량적인 지표에 근거하여 평가하는 체계가 마련됨으로써, 지표에 맞는 데이터의 확보가 시급한 상황으로, 데이터 혁명은 기존의 대규모 조사 위주의 국가 통계 생산 방식에서 벗어나 다양한 데이터 소스를 이용해 SDGs 이행을 빠르고 효과적으로 모니터링하고자 하는 의도이다. 특히, 재난 관리와 관련하여 제시된 지표의 내용이 피해 측정에 중점을 두고 있고 국내외적으로 피해 측정과 관련한 다양한 데이터 소스와 과학적 방법론 등이 활발히 연구되고 있다.

재난으로 인한 인적, 경제적 피해를 신속하고 정확하게 파악하는 일은 신속한 인명 구조 및 복구에 큰 영향을 미친다. 즉, 피해에 대해 재빠르게 파악하여 대처할수록 구조 및 복구비용이 감소할 수 있기 때문이다. 소규모 재난의 경우 피해 규모를 조사함에 있어 예산이나 비용의 부담이 덜하지만, 대규모 재난이 발생할 경우 정확하게 피해 규모를 파악하는 일은 많은 인력과 비용의 부담을 수반한다. 이에 최근 눈부시게 발전한 IT기술과 지형 및 공간 및 위치 데이터를 접목한 많은 연구 가운데 경제적 자산 피해와 관련한 다양한 연구사례를 살펴보고, 실제 우리나라에 활용 가능한 측정방안을 탐색해보고자 한다.

2. 원격탐측이란?

원격탐측은 일반적으로 위성에 탑재되어 있는 센서를 이용하여 지구를 관측하는 활동으로 재난-재해 평가, 식물자원 식별, 환경 및 기후변화 모니터링 등을 수행하고 다중분광장비 또는 기타 자료를 통하여 스펙트럼 분석 및 3D 영상 자료 구축 등을 포함하는 활동이다. 지구상에 존재하는 대상물에서 반사 혹은 방사되는 전자기파를 탐지하여 대상의 형상, 성분, 종류, 상태 등의 정보를 직접적인 물리적 접촉 없이 취득하는 기술이다. 초기에는 대상물의 존재유무만을 판단하는 탐사에 그쳐 원격탐사라 하였으나 관측기법의

개발에 따라 탐사 및 정량(定量)적인 관측이 가능한 원격탐측 기술로 발전되었다. 기존에는 주로 인공위성에 탑재하여 관측하는 것을 주로 활용하였으나, 최근에는 항공기 및 드론 등을 이용하여 농작물 관리, 오염 관리, 도시계획 등 다양한 곳에 활용되고 있다(국토지리정보원, 2016). [그림 4-3]는 광학위성의 원격탐측 원리를 나타내는 것으로, 태양에서 방사된 빛 혹은 전자기파가 나무, 물, 토양 등 대상과 접촉하여 반사되어 돌아오는 신호를 센서가 수집하는 과정을 도식화하고 있다.



[그림 4-3] 위성 원격탐측

가. 기하보정과 위치정보

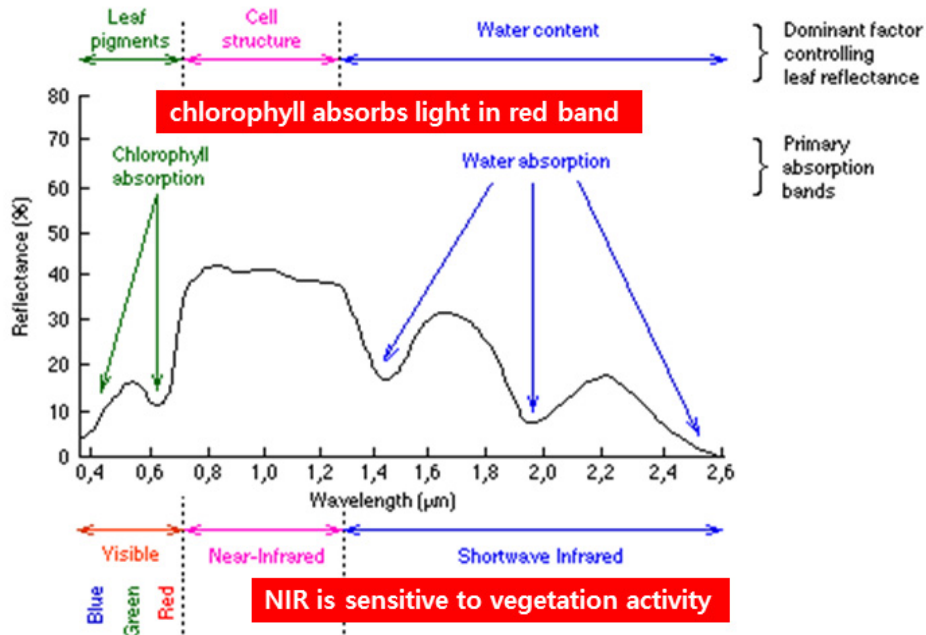
원격탐측기법을 통해 대상물에서 얻을 수 있는 정보는 크게 위치정보와 속성정보의 두 가지로 구분할 수 있다. 대상물의 위치정보는 센서와 대상이 가지는 기하관계를 바탕으로 취득할 수 있다. 정보가 취득된 당시의 센서와 대상물의 기하관계를 재구성하는 과정을 기하보정이라 부른다. 구글, 다음, 네이버 등에서 제공되는 영상지도가 이와 같은 기하보정을 거쳐 생성된 지도로, 처음 촬영된 영상의 경우 단순한 영상이지만 기하보정을 통해 각 영상소(픽셀)의 위치정보를 구하게 되면 지도로서 활용할 수 있게 된다([그림 4-4]).



[그림 4-4] 위성지도(네이버)

나. 분광특성과 속성정보

원격탐측은 대상에서 반사되어 돌아오는 전자기파를 이용하여 대상물의 정보를 취득한다. 대상물에 도달한 전자기파는 일부는 반사되고, 일부는 투과하며, 일부는 흡수되고, 그 총합은 에너지 보존법칙에 따라 대상물에 도달한 전자기파와 동일하다. 빛의 각 파장대에 따라 서로 다른 반사율, 흡수율, 투과율을 가지며, 원격탐측은 주로 대상물에서 반사되어 돌아오는 에너지를 관측하여 대상물의 속성을 추출한다. 대표적인 원격탐측 센서의 하나인 카메라로 사진을 촬영할 때 나무가 녹색으로, 물이 푸른색으로, 땅이 흙빛으로 나타나는 것은 각 대상물의 파장대별 반사율이 다르기 때문에 나타나는 현상이다. 이와 같이 각 물체는 빛 혹은 전자기파의 파장대에 따라 고유의 반사율을 가지고 있으며, 이를 분광특성(spectral reflectance)이라 부른다. 이러한 분광특성을 바탕으로, 대상이 물인지, 흙인지, 식생인지를 구분하거나, 식생의 경우 생장 상태에 따라 분광특성이 달라지는 성질을 이용해 식생의 활력도를 측정하는 등 다양한 속성정보를 취득할 수 있다. [그림 4-5]는 토양, 식생, 물의 각 파장대별 반사율을 나타낸 것으로, 대상물에 따라 서로 상이한 반사율을 가진다는 것을 알 수 있다.



[그림 4-5] 식생의 분광특성 (Hoffer, 1978)

다. 수동형 원격탐측과 능동형 원격탐측

앞서 언급한 바와 같이 원격탐측은 대상물에서 반사되어 돌아오는 전자기파를 이용하여 대상물의 정보를 취득하는 방법으로, 자체적인 에너지를 사용하는지의 여부에 따라 수동형 원격탐측과 능동형 원격탐측으로 나눌 수 있다. 수동형 원격탐측의 경우 주로 태양으로부터 방사되는 전자기파를 이용하는 방법으로 주간에 촬영된 영상이 주로 활용되며, 가시광선, 적외선, 자외선 등 광학 파장대역의 전자기파 에너지를 주로 관측하는 광학 원격탐측 방법이 주로 사용된다. 능동형 원격탐측의 경우 자체적인 에너지를 이용하여 인공적으로 생성한 전자기파를 발사하여 대상에서 반사되어 돌아오는 에너지를 수집하는 방법으로 주로 레이더(Radar) 파가 사용된다. 능동형 원격탐측의 경우 야간에도 데이터를 취득할 수 있다는 장점과 함께 레이더 파의 경우 구름을 투과할 수 있어 기상상태와 관계없이 탐측이 가능하다는 장점을 갖는다. 레이더 파를 이용하여 레이더 영상을 취득하는 SAR(고해상도 영상레이더, Synthetic Aperture Radar)는 대표적인 능동형 원격탐측 기법 중 하나로, 시간과 기상상태에 관계없이 촬영이 가능하다는 장점을 바탕으로 풍수해, 산사태, 화산활동의 모니터링을 비롯하여 재난 분야에 유용하게 활용되고 있다.

2. 원격탐측 기반 재난피해 조사 방법

원격탐측 기반의 재난피해 조사는 일반적으로 재난 전후에 취득된 영상의 변화탐지를 통해, 재난으로 인한 피해지역을 추출하고, 기 구축된 토지피복 및 토지이용 지도(Land-Cover and Land-Use Map)와의 중첩분석을 통해 구체적인 피해액을 추정하는 2단계로 이루어진다. 여기서는 산불과 홍수를 대상으로 위성영상과 UAV 등을 활용하여 재난피해를 조사한 구체적 활용사례를 살펴보도록 한다.

가. 위성영상을 활용한 산불피해 추정

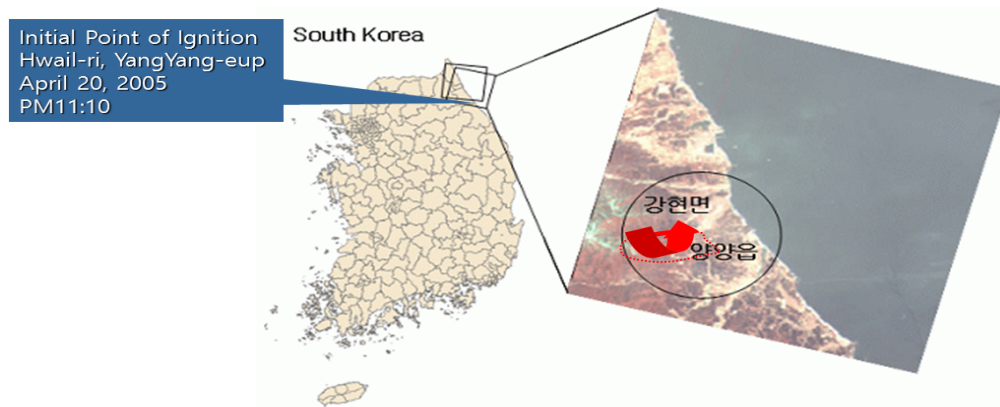
1) 식생과 원격탐측

산불 피해를 추정하기 위해서는 산불 전후에 취득된 영상을 비교하여 이전에 식생으로 덮여있었으나, 산불로 인해 파괴된 지역을 추출해야 한다. 식생의 일반적인 분광특성은 [그림 4-5]와 같다. 일반적으로 식생은 0.4~0.7의 가시광선 영역에서는 청색과 적색 영역에서 엽록소에 의한 흡수로 인해 반사율이 낮으며, 녹색과 근적외선(NIR, Near Infrared) 영역에서 높은 반사율을 가진다. 원적외선 영역의 경우 수분함량에 민감하게 반응하는 파장대로 일부 영역에서 식생의 수분에 의한 흡수로 인해 낮은 반사율을 갖는다. 따라서, 식생을 탐지하기 위해서는 높은 반사도를 갖는 녹색, 근적외선 파장대와 낮은 반사도를 갖는 청색과 적색 영역대가 유용하게 사용될 수 있다. 특히, 근적외선 영역은 식생의 상태에 가장 민감하게 반응하는 파장대로 식생과 관련된 원격탐측에서 가장 유용하게 활용되는 파장대이다.

식생지수는 이러한 식생의 분광특성을 이용하여 원격탐측으로 식생을 판별해내기 위해 개발된 지수이다. MODIS(Moderate Resolution Imaging and Spectroradiometer)는 시간 해상도가 높고 넓은 영역을 커버할 수 있어 광범위한 식생의 시계열적 변화를 파악하기 위해 유용하게 활용되어온 위성으로, MODIS 자료를 통해 가장 대표적으로 활용되는 식생지수인 NDVI(Normalized Vegetation Index)와 EVI(Enhanced Vegetation Index)가 개발되었다(Huete et al., 2011). 두 종류의 식생지수 모두 높은 반사도를 갖는 근적외선 영역과 낮은 반사도를 갖는 적색 영역을 사용하여 대비를 극명하게 하기 위해 설계되었다. 또한 이와 같은 식생지수를 이용하여 식물이 고사하였거나, 식물의 활력도 등을 연구하는데 많이 사용하고 있다. [그림 4-5]에서 보는 바와 같이 건강한 식생과 건강하지 못한 식생, 죽은 식생과 살아있는 식생 등을 직접 현장에 가서 살펴보지 않더라도 원격탐측센서에서 취득한 영상으로부터 식생지수를 계산하여 그 식생의 고사여부를 판단하는 연구가 많이 진행되고 있다.

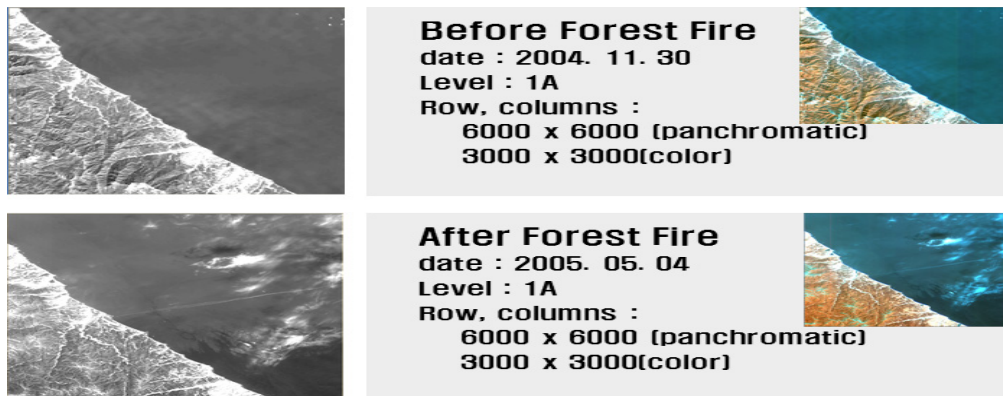
2) 대상지역 및 연구자료

식생의 활용사례의 연구 대상지역은 강원도 양양지역이다([그림 4-6]). 2005년 4월 20일 오후 11시 10분경 양양지역에서 발생한 산불로 인해 973ha의 산림이 파괴되어 약 394억원의 재산피해가 발생하였으며, 낙산사 등 중요 문화재가 소실되는 피해를 입었다.



[그림 4-6] 연구 대상지역

분석에는 그림과 같이 산불 발생 이전인 2004년 11월 30일과 산불 발생 이후인 2005년 5월 4일에 취득된 SPOT-4 위성영상 자료가 사용되었다. SPOT 위성은 벨기에, 스웨덴, 프랑스의 공동연구로 개발된 원격탐측 시스템으로 SPOT-4는 1998년 3월에 발사된 위성이다. SPOT-4 위성은 26일의 재방문주기를 가지고 있으며, 10m 공간해상도의 흑백영상(0.61-0.68 μ m)과 20m 공간해상도의 녹색(0.50-0.59 μ m), 적색(0.61-0.68 μ m), 근적외선(0.78-0.89 μ m), 단파장적외선(1.58-1.75 μ m) 영상을 취득하여 제공하고 있다(Riazanoff, 2004).

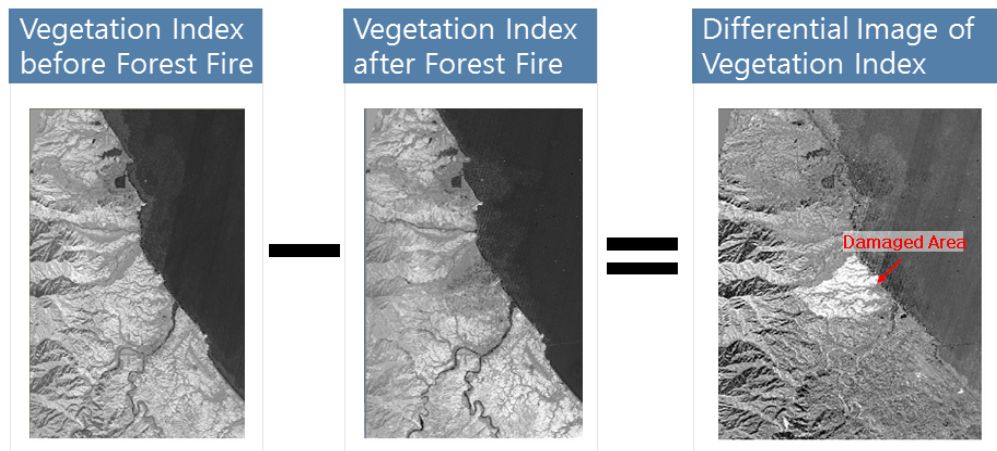


[그림 4-7] 연구에 활용된 SPOT-4 위성영상 자료

3) 화재피해지역 추출

산불로 인한 피해액을 추정하기 위한 과정은 피해지역을 추출하는 과정과 피해액을 추정하는 두 개의 단계로 이루어진다. 먼저, 피해지역을 추출하기 위해서는 앞서 언급된 바와 같이 근적외선 영상이 주로 사용된다. 본 활용사례에서는 [그림 4-8]과 같이 식생지수를 이용한 방법과 [그림 4-9]와 같이 근적외선 영상을 이용하는 방법을 비교분석하였다. 식생지수를 이용하는 방법은 모든 영상에 대해 전처리 과정으로 공통적으로 기하보정과 복사보정을 수행한 뒤, 식생지수를 산출하고, 산불 전후의 식생지수 영상을 차분한 뒤 임계값을 적용하여 산불 후 유의미하게 식생지수가 감소한 지역을 탐지하여 산불피해 지역으로 추출하였다. 근적외선 영상을 이용하는 방법으로는 마찬가지로 동일한 보정 작업을 거친 후, 각 영상에 대해 영상분류를 통해 산림지역을 분류해낸 뒤 산림에서 비산림으로 변화한 지역을 화재로 인한 산림 파괴지역으로 추출하였다.

그림은 식생지수를 이용하여 산불피해지역을 추출한 결과를 보여주고 있다. 산불 발생 이전의 식생지수 영상에서 산불 이후의 식생지수 영상을 차분하여 가장 우측의 차분영상을 생성하였다. 산불 피해지역에서는 식생지수가 크게 감소함에 따라 산불 이전의 식생지수 영상에서 산불 이후의 식생지수 영상을 차분하면 피해지역이 높은 값을 가지며 강조되어 나타나게 된다.

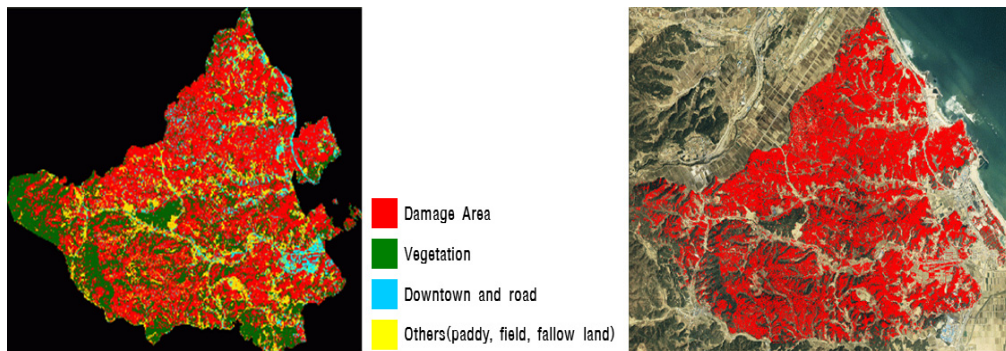


[그림 4-8] 식생지수를 이용한 산림파괴지역 추출

[그림 4-9]는 근적외선 영상을 이용하여 산불피해지역을 추출한 결과를 보여주고 있다. 산불 발생 이전의 영상과 산불 발생 이후의 근적외선 영상을 대상으로 영상분류를 실시하여 식생, 시가지 및 도로, 기타지역으로 분류하였으며, 산불 발생 이전에는

식생이었으나 산불 발생 이후 기타 지역으로 분류된 지역을 산불피해지역으로 추출하고, 컬러영상과 중첩하여 오른쪽 영상과 같이 피해지역을 확인할 수 있다.

식생지수와 근적외선 영상을 이용하여 추출된 산림피해지역 면적을 산림청에서 조사한 피해지역 면적과 비교하여 정확도 분석을 실시하였다. 그 결과, 산림청에서 조사한 피해지역 면적인 973ha과 비교하여, 식생지수를 이용하여 추출한 피해지역 면적은 898ha로 -7.8%, 근적외선 영상을 이용하여 추출한 피해지역 면적은 1046.45ha로 7.5%의 오차를 각각 나타내었다.



[그림 4-9] 근적외선 영상을 이용한 산불피해지역 추출 결과

4) 산불피해액 추정

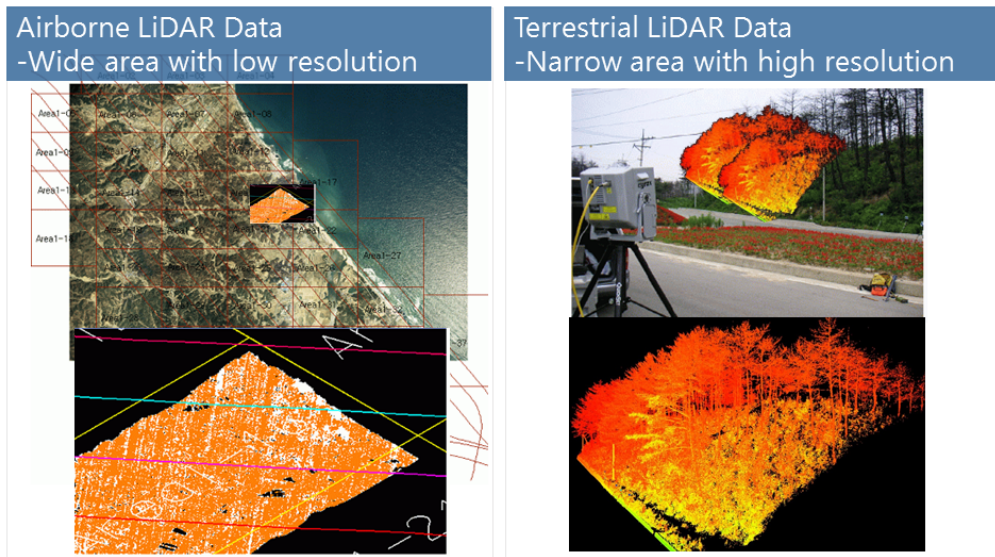
본 활용사례에서는 산불피해지역이 추출된 이후 산불로 인해 훼손된 목재의 가치를 직접적인 피해로 가정하고 원격탐측을 통해 임분재적(stand volume)을 추정하기 위한 수목의 높이와 직경을 측정하고, 목재의 가치를 반영하여 피해액을 산출하였다. 우리나라 수목의 높이, 직경과 임분재적의 관계는 산림청의 연구결과를 바탕으로 임분재적식을 활용하였다.

$$\begin{aligned} \text{Pine : } \ln V &= -7.7049 + 1.7509 \ln H + 1.8275 \ln CD \\ \text{Larch : } \ln V &= -6.3278 + 0.7801 \ln H + 2.0761 \ln CD \end{aligned}$$

여기서, V는 임분재적, H는 수목의 높이, CD는 수목의 직경을 의미한다.

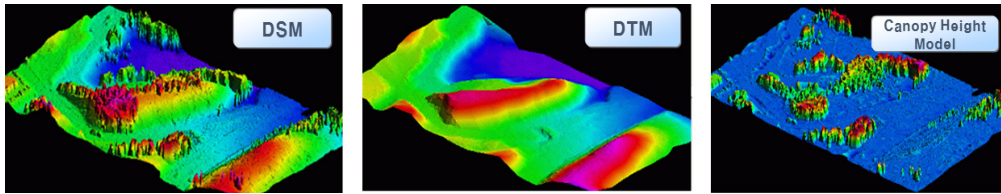
수목의 높이와 직경을 측정하기 위한 원격탐측 자료로는 항공 및 지상 LiDAR가 활용되었다. LiDAR는 레이저를 발사하여 대상에서 반사되어 돌아오는 거리와 센서가 바라보는 자세를 이용하여 직접적으로 대상의 3차원 정보를 취득하는 첨단 측량 장비로, 초당 수십만 점의 3차원 공간정보를 빠르게 취득할 수 있다. LiDAR 장비를 항공기에

탐재할 경우 대상과의 거리가 멀어짐에 따라 해상도는 다소 낮아지는 대신 넓은 지역의 정보를 빠르게 취득할 수 있으며, 지상에서 바로 취득할 경우 좁은 지역을 대상으로 정밀한 자료를 취득할 수 있다. 지상 LiDAR를 이용하여 전체 피해지역에 대한 조사를 수행하기 어려우므로 넓은 지역을 빠르게 커버할 수 있는 항공 LiDAR를 이용하여 수목의 높이를 추정할 수 있는 모델을 개발하고, 상세한 자료 취득이 가능한 지상 LiDAR로 오차를 보정하는 방법으로 진행되었다. [그림 4-10]은 대상지역에서 촬영된 항공 LiDAR와 지상 LiDAR 자료를 보여주고 있다.



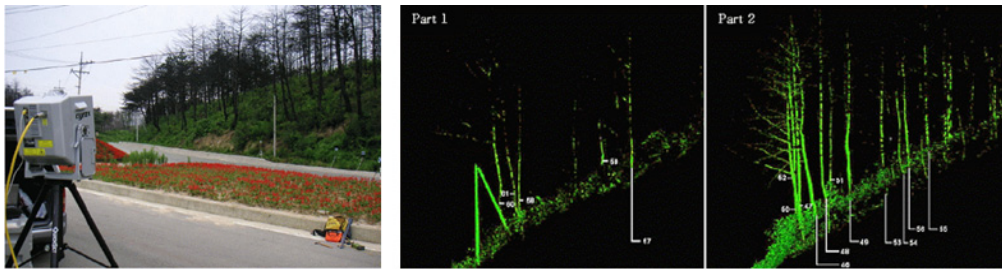
[그림 4-10] 대상지역에서 촬영된 항공 LiDAR와 지상 LiDAR 자료

항공 LiDAR를 이용하여 수목의 높이를 추정하기 위한 모델은 [그림 4-11]과 같이 취득된 점군자료(Point cloud)로부터 DSM(Digital Surface Model)과 DTM(Digital Terrain Model)을 생성하고, 두 자료를 차분하여 수목을 추출한 뒤 높이를 측정하는 방식으로 진행된다. DSM과 DTM은 표고모형인 지상의 표고정보를 나타내는 모델로, DTM은 지형의 높이만을 기록한 모델인 반면, DSM은 수목, 건물 등 지표면에 존재하는 사물의 높이를 포함한 모델이라는 점에서 차이가 있다. 항공 LiDAR에서 최초로 취득된 점군 자료는 수목을 포함하고 있으므로 전체자료를 활용하여 격자형태로 보간하면 DSM을 생성할 수 있다. 반면, 취득된 점군자료에서 지표면의 점들만을 분류하여 추출한 뒤 보간을 수행하면 DTM을 생성할 수 있고, DSM과 DTM을 차분하면 지형의 변화는 제거 되고 수목, 건물 등의 개체만이 남게 되므로 이를 바탕으로 수목의 높이를 측정할 수 있다.



[그림 4-11] 항공 LiDAR 자료를 이용하여 생성된 DSM, DTM 및 수목 높이 모델

지상 LiDAR의 경우 [그림 4-12]와 같이 수목의 측면에서 정보를 취득하게 되므로 모델을 생성하여 높이를 추정해야 하는 항공 LiDAR와 달리 정확히 수목의 높이를 취득할 수 있다. 이를 항공 LiDAR를 바탕으로 추정한 수목의 높이와 비교하여 보정량을 산출할 수 있다.



[그림 4-12] 지상 LiDAR를 이용한 수목 높이 측정

수목의 직경은 수목의 높이와 매우 높은 상관관계를 가지므로, 기 구축된 산림 유형 지도와 추정된 수목의 높이를 바탕으로 대상지역의 경급을 추정할 수 있다. 추정된 직경과 경급을 바탕으로 수목의 임분재적에 따른 시장가치를 고려하여 직접적인 피해액을 추정하였다. 최종적으로 추정된 산림피해액은 38.8억 원으로 산림청의 직접조사를 바탕으로 집계된 35억 원과 유사한 값을 가지는 것으로 확인되었다.

나. 원격탐측을 통한 홍수피해 추정

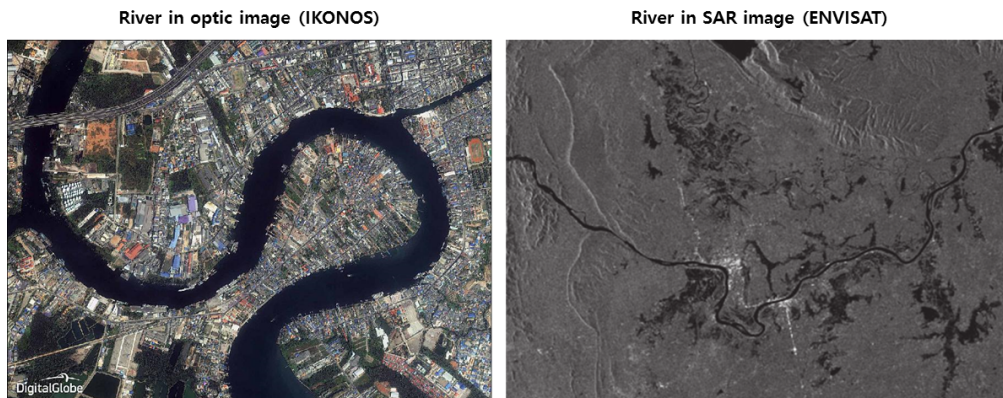
산불과 유사하게 홍수로 인한 피해지역을 추출하기 위해서는 기존에는 물이 아니었으나 홍수로 인해 물로 덮인 지역을 찾아내야 한다. 하지만 피해지역을 비교적 쉽게 탐지할 수 있는 산불과 달리 홍수는 침수가 발생한 이후에 흔적만을 이용하여 피해지역을 추출하기가 비교적 어렵다. 따라서 홍수 당시에 취득된 원격탐측 자료를 활용하는 것이 바람직하다. 일반적으로 광범위한 지역에 영향을 미치는 재난이 발생한 경우 위성영상이 가장 많이 활용되나 홍수가 발생하고 있는 도중에는 비구름으로 인해 수동형 원격탐측 자료인 광학위성 자료는 활용이 제한된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 비구름을 투과할 수

있는 능동형 센서인 SAR를 활용하거나, 항공기, UAV(혹은 드론)를 이용하여 구름 밑에서 대상지역을 촬영하는 방법이 일반적으로 활용된다.

1) 물과 원격탐측

물은 광학영상과 SAR 영상 모두에서 비교적 쉽게 추출해 낼 수 있다. [그림 4-13]에 나타난 바와 같이 물은 식생이나 토양 등과 달리 거의 모든 반사값을 가지며, 청색 영역에서만 미약하게 높은 반사값을 가진다. SAR 영상의 경우에도 마찬가지로 물은 낮은 반사값을 가진다. SAR 영상의 반사값은 레이더 파의 입사각과 대상의 표면조도에 영향을 받는데, 표면조도가 거칠수록 난반사가 일어나 반사값이 높아지며, 물과 같이 표면이 매끈한 경우 전반사가 일어나 SAR 센서에서 발사된 레이더 파가 센서로 돌아오지 못하게 되기 때문이다. [그림 4-13]은 광학영상과 SAR 영상에서 취득된 강의 모습을 나타내고 있으며, 두 영상에서 모두 반사도가 낮아 강이 어두운 색으로 표현되는 것을 확인할 수 있다.

일반적으로 SAR 영상에서 강, 호수, 도로와 같이 평탄한 지형은 센서로부터 전송된 신호가 전반사되어 낮은 강도의 영상 값을 지닌다. 이러한 현상을 이용하여 SAR 영상 내 수계지역을 효과적으로 추출할 수 있으며, 이를 이용한 호수, 강에 대한 모니터링뿐 아니라 홍수지역 분석이 가능하다. 그러나 SAR 영상은 많은 노이즈를 포함하고 있으며, side-looking 시스템으로 인해 산지 지역에는 지형왜곡을 포함하여 수계지역 분류 정확도를 저하시킨다(손홍규 등, 2004). 따라서 수계지역에 대한 분류 정확도를 높이기 위해서는 SAR 영상 내 노이즈를 감소시키고, 산지지역과 같은 오분류 지역에 대한 보정이 필요하다. 또한 효과적인 수계관리를 위해서는 주기적으로 취득되는 SAR 영상에 대한 분류 자동화 방안이 필요하다.



[그림 4-13] 광학영상과 SAR 영상에서 취득된 강의 모습

2) 원격탐측을 통한 홍수피해 추정방법

홍수로 인한 피해액을 추정하는 과정도 산불과 마찬가지로 피해지역을 추출하는 과정과, 피해액을 추정하는 두 가지 단계로 이루어진다. 홍수피해지역은 홍수 전후에 촬영된 영상의 차분을 통해 추출할 수 있다. 하지만, 앞서 언급한 바와 같이 홍수 당시의 영상을 취득하기 위해 SAR 영상 혹은 UAV에 탑재된 광학영상을 활용하는지에 따라 전처리를 비롯하여 홍수지역을 추출하기 위한 과정은 다소 달라질 수 있다.

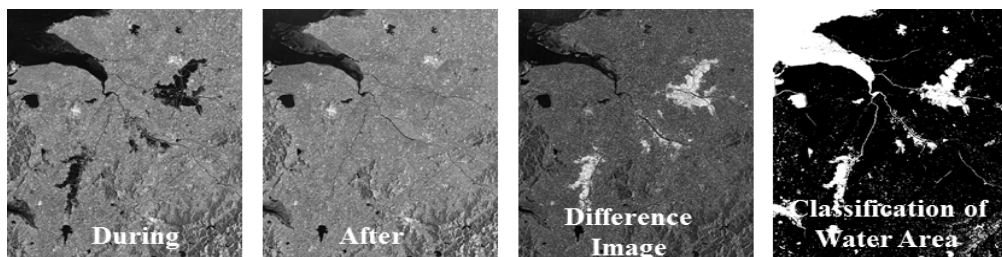
홍수 피해액을 추정하기 위해서는 농지, 건물 등 침수된 지역의 토지이용현황에 따라 피해액이 크게 영향을 받는다. 일반적으로 토지이용현황은 기구측된 자료가 보유되어 있으나, 해당 자료가 존재하지 않는 경우 홍수 피해가 발생하기 전에 취득된 영상을 이용하여 영상분류를 수행함으로써 토지피복 지도를 생성하여 활용할 수 있다.

3) SAR 위성자료를 이용한 홍수피해지역 추출

본 활용사례에 사용된 SAR 위성자료는 2005년 집중호우로 피해를 입은 정읍지역을 촬영한 RADARSAT-1 영상이다. 2005년 7월부터 8월까지 내린 집중호우로 전남지역에서 농경지 18,000ha가 침수되는 등 2,900억 원의 막대한 피해가 발생하였다. 특히, 8월 1일부터 3일 사이에 192mm의 집중호우가 발생하여 큰 피해가 발생하였으며, 정읍지역도 피해가 집중된 지역 중 하나이다.

연구에 활용된 RADARSAT-1 위성은 캐나다 항공 우주국(CSA, Canadian Space Agency) 주관하에 개발되어 NASA에 의해 1995년 11월 발사된 위성으로 Fine, Standard, Wide, ScanSAR, Extended 등 다양한 모드로 운용되고 있으며, 모드에 따라 공간해상도가 8~100m, 영상폭이 45~500km로 달라진다(고보연 등, 2005). 본 사례에서는 최대 강우가 발생하여 가장 심각한 홍수피해가 발생했던 2005년 8월 3일과 홍수가 끝나고 물이 빠진 뒤인 2005년 8월 27일에 Fine 모드로 촬영된 8m 공간해상도의 영상 2장이 활용되었다.

기하보정, 모자이크 등 자료의 전처리를 마친 홍수 당시의 영상과 이후의 영상을 이용하여 영상 차분을 수행하고, 그림과 같이 홍수 피해지역을 추출하였다.



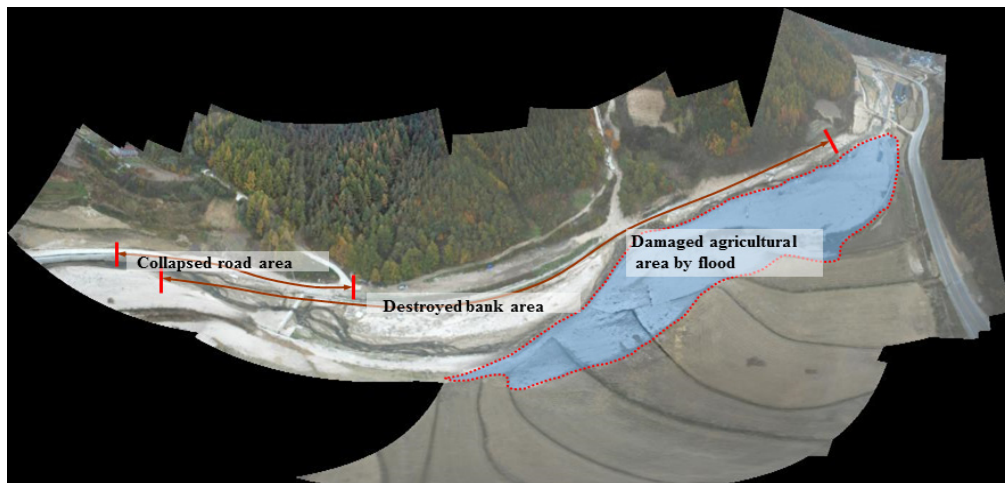
[그림 4-14] 홍수피해지역 추출 결과

4) UAV(혹은 드론)을 활용한 홍수피해지역 추출

본 활용사례에 사용된 UAV 영상자료는 2006년 7월 10~18일 홍수로 인한 산사태로 29명이 사망하고, 약 3,000억원의 재산피해가 발생한 강원도 인제군에서 촬영된 영상이다 ([그림 4-15]). 영상은 초당 30프레임의 비디오로 촬영이 되었으며, GPS 측량, 수치지도, 항공 LiDAR 자료 등을 통해 취득된 지상기준점을 이용하여 [그림 4-15], [그림 4-16]과 같이 기하보정 및 모자이크 수행하여 영상지도를 생성하고, 도화를 통해 홍수 피해지역을 추출하였다.



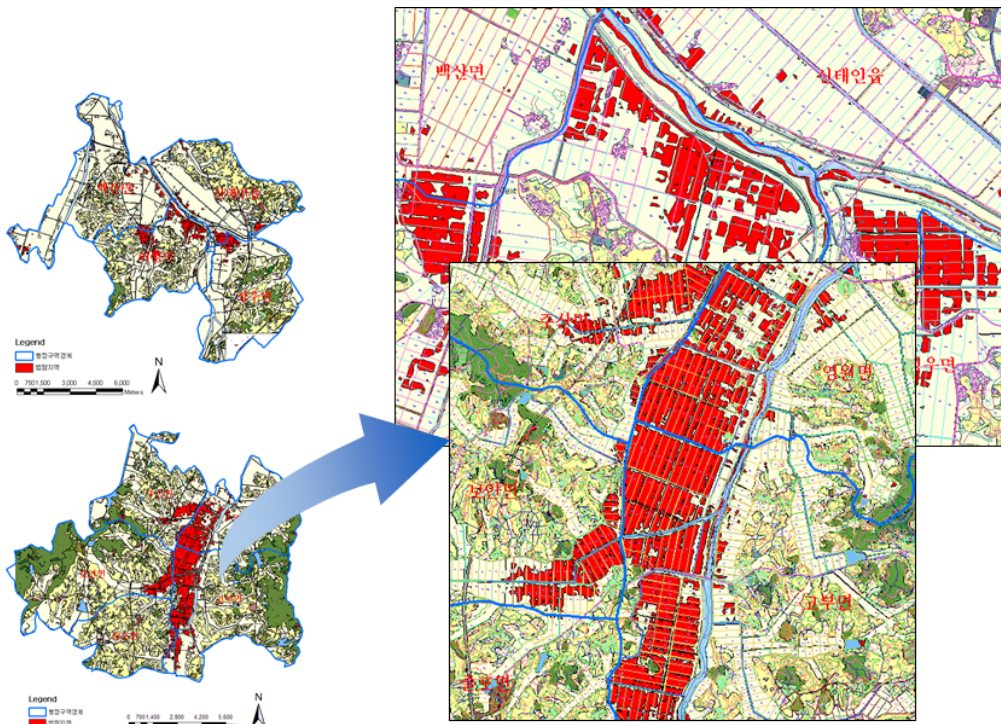
[그림 4-15] 산사태 피해지역의 UAV 영상



[그림 4-16] 영상 모자이크 후 추출된 홍수피해 지역

5) 홍수피해액 추정

홍수피해액을 추정하기 위해서 행정구역도, 토지피복도와 중첩분석을 수행하여 [그림 4-17]과 같이 속성정보가 포함된 홍수피해현황지도를 생성할 수 있다. 이후 피해가 발생한 지역의 건물 수, 침수된 임야 및 농지 면적 등을 GIS 분석을 통해 산출할 수 있으며, 이를 바탕으로 홍수피해액 및 피해복구액의 추정이 가능하다.



[그림 4-17] 홍수현황지도

제6절 결론

1. 결과 요약

‘재난 관리’와 관련하여 SDGs는 17개 목표 중 목표 1(빈곤 퇴치), 목표 11(지속가능한 도시), 목표 13(기후변화 대응)에서 재난의 위험과 피해를 경감하는 것을 세부목표(target)으로 제시하고 있으며, 목표 달성의 진척을 모니터링하기 위해 총 5개의 지표

(중복 제외)가 선정되었다. 세부목표와 지표는 국제적으로 재난 위험을 경감하고자 마련된 샌다이프레임워크의 목표 및 지표와 연계되어 있다. 즉 재난과 관련한 SDGs 5개의 지표는 샌다이프레임워크의 목표 달성 모니터링을 위해 선정된 핵심지표의 일부이며, 이를 샌다이프레임워크 핵심지표와 연결해 보면 21개의 지표로 세분화되어 있다. 지표는 크게 인적, 경제적 피해 규모를 측정하는 통계적 지표와 재난 위험 경감 전략의 채택 및 이행여부를 측정하는 비통계적 지표로 구성되어 있다. 이는 재난으로 인한 결과 즉, 피해 데이터를 통해 2030년까지 결과의 개선을 모니터링하겠다는 의미이며, 인과적 관점에서 재난 위험경감 전략의 이행여부를 통해 각국의 정책적 노력을 평가하고자 하는 것으로 해석된다.

지표 산출에 필요한 국내의 대표적인 재난 피해 통계는 자연재해에 대한 재해연보와 사회재난에 대한 재난연감이 있다. 재난으로 인한 인적 피해 통계의 경우 지표에 명시된 사망, 실종 및 부상에 대한 데이터는 현재 가용하지만 주거 피해, 생계수단 피해를 입은 사람과 관련한 데이터는 가용하지 않은 상황이다. 그나마 자연재난의 경우 행정안전부가 주관부처로서, 국가재난관리시스템을 통해 데이터 수집이 가능하지만, 사회재난의 경우 재난의 종류에 따라 주관부처가 산재되어 있어 사망, 실종, 부상 외에 세분화된 인적 피해 데이터가 체계적으로 수집되고 있지 않은 실정이다. 또한 성, 연령, 소득 등 인구 집단별로 세분화된 데이터 또한 부재한 상황이다.

경제적 피해 데이터의 경우 지표에서 의미하는 생산적 자산 등 경제적 가치를 가진 자산에 대한 의미가 불분명하여 그에 맞는 데이터와 통계를 검토하는데 어려움이 있다. 또한 농업 피해액의 경우 실제 농작물과 가축에 대해서는 피해 규모가 경제적 가치로 환산되지 않아 실제 재산피해액보다 과소 집계, 공표되고 있는 한계가 있다. 또한 인적 피해 통계와 마찬가지로 사회재난의 경우에는 경제적 자산 유형별로 세분화된 통계가 작성되고 있지 않아, 향후 국제기구 자료 제공뿐 아니라 국내 관련 통계 개선 측면에서도 조사표 보완 및 데이터 수집 체계 개선 등이 필요하다.

데이터 혁명 관점에서 살펴본 재난 관련 피해 측정방법에 대해서는 경제적 피해와 관련하여 현재의 피해 조사 방법을 보완할 수 있는 몇가지 연구 사례를 중심으로 살펴 보았다. 현재는 연구 단계에 머무르고 있는 다양한 측정 방법들에 대해 실제 현장조사를 통해 집계되는 피해 결과와의 정합성을 지속적으로 비교하여 현재의 현장 조사 방법을 대체할 수 있는 제도적 기반이 구축되어야 할 것으로 보인다.

2. 연구 의의 및 한계

본 연구는 지속가능발전의 핵심 주제 영역인 재난과 관련하여 지표에 대한 국내 데이터 가용성과 새로운 측정 방법을 모색해 보았다는데 의의가 있다. 현재 SDGs 이행을 효과적으로 모니터링하기 위해 국제기구를 비롯한 학계, 시민단체 등 다양한 영역에서 더욱 세분화된 데이터 수집 및 통계 작성 방법론이 활발히 논의되고 있다. 이러한 흐름 속에서 우리는 기존의 조사 방법론 영역에서 한발 더 나아가 이러한 논의들을 긍정적으로 수용함과 동시에, SDGs 목표별 혹은 주제 영역별로 데이터의 가용성 및 방법론을 모색, 정리하는 일이 필요할 것으로 보인다. 다만 본 연구에서는 재난과 관련한 데이터 가용성을 파악하고 탐색적 방법론에 대한 연구를 제시했으며, 이에 대한 개선점이나 실제 활용 가능성 정도를 파악하는 것까지는 나아가지 못한 한계를 가지고 있다. 이러한 점은 향후 관련 부처, 전문가들과 함께 제도적 개선점을 찾아야 하는 과제를 안고 있다.

참고문헌

- 고보연, 김만조, 이석호(2005), Radarsat-1 SAR 신호처리 S/W 개발 및 검증, 원격탐사학회지, 제21권, 6호, pp.483-491.
- 국민안전처(2016), 자연재난 복구비용 산정기준(고시 제2016-123호)
- 국민안전처(2016), 사회재난 구호 및 복구비용 부담기준 운영지침(고시 제2016-55호)
- 국토지리정보원(2016), 알기쉬운 공간정보 용어해설집
- 방재관리연구센터(2016), 국내외 사례분석을 통한 사회재난관리자원 관리방안 정립 연구
- 손흥규(2016), 재난안전 제 17권 3호, p74-79, 샌다이 재해위험경감 프레임워크의 글로벌 목표 및 핵심지표
- 손흥규, 송영선, 김기홍, 윤공현(2004), GIS와 SAR 영상을 연계한 근 실시간 홍수지역 분석, 한국 방재학회 논문집, 제4권, 4호, pp.35-42.
- 이윤정 외(2013), 백두산 화산재 피해 시나리오에 따른 강원도 지역 농작물의 경제적 피해 추정
- 임준규·오정화(2015), 국내안전통계와 POST-2015 안전 분야 연계방안 연구
「중앙재난안전대책본부 중앙재난피해합동조사단 운영규정」
- 한국방재협회(2011), 자연재난 피해액 산정기준 개선방안 연구
- 한국 재난관리표준학회(2011), 재난전조정보 관리체계 구축 등을 통한 인적재난 피해저감 방안 연구
- Cavallo et al.(2009), Estimating the direct economic damages of the earthquake in Haiti
- Chau et al.(2013), Using GIS to map impacts upon agriculture from extreme floods in Vietnam
- Chen et al.(2015), Risk Assessment, Partition and Economic Loss Estimation of Rice Production in China
- CORINNE PEEK-ASA et al.(2000), GIS Mapping of Earthquake-Related Deaths and Hospital Admissions from the 1994 Northridge, California, Earthquake
- Derya Deniz et al.(2017), Flood loss models for residential buildings, based on the 2013 Colorado floods
- Dominik Brunner et al.(2010), Earthquake Damage Assessment of Buildings Using VHR Optical and SAR Imagery
- Laigen Dong, Jie Shan(2013), A comprehensive review of earthquake-induced building damage detection with remote sensing techniques
- Hamid Reza Ranjbar et al.(2016), A GIS-based approach for earthquake loss estimation based on the immediate extraction of damaged buildings
- Hoffer, R. M.(1978), Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data. In: Swain, P. H. and Davis, S. M. (ed), Remote Sensing: The Quantitative Approach, Chapter 5, 227-289. McGraw-Hill, NY, NY.
- Huete, A., Didan, K., von Leeuwen, W., Miura, T., and Glenn, E.(2011), MODIS vegetation indices, in Ramachandran, B., Justice C. O., and Abrams, M. J., (eds.), Land Remote Sensing and Global Environmental Change, Springer, New York, 579-602.

- KIRCHHOEFER, M.K et al.(2011), Cultural heritage recording utilising low-cost close-range photogrammetry
- Koshimura et al.(2005), Remote Sensing, GIS, and Modeling Technologies Enhance the Synergic Capability to Comprehend the Impact of Great Tsunami Disaster
- P. Saloniaa et al.(2007), 3D SURVEY TECHNOLOGIES FOR RECONSTRUCTION, ANALYSIS AND DIAGNOSIS IN THE CONSERVATION PROCESS OF CULTURAL HERITAGE
- Riazanoff S.(2004), SPOT 123-4-5 Geometry Handbook, Toulouse, SPOT IMAGE.
- Stephen Waring et al.(2005), The utility of geographic information systems (GIS) in rapid epidemiological assessments following weather-related disasters: Methodological issues based on the Tropical Storm Allison experience
- The United Nations Office for Disaster Risk Reduction(2016), Technical Collection of Concept Notes on Indicators for the Seven Global Targets of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction
- Tsuchiya et al.(2007), Economic loss assessment due to railroad and highway disruptions
- W. Liu et al.(2010), LiDAR-based bridge structure defect detection

<부 록>

〈부표 4-1〉 1. 센다이프레임워크 목표 및 지표

목표	지표
A. 재난으로 인한 사망자 수를 지속적으로 줄여간다.	A1(A2+A3) 인구 10만명당 재난으로 인한 사망, 실종자 수
	A2 인구 10만명당 재난으로 인한 사망자 수
	A3 인구 10만명당 재난으로 인한 실종자 수
B. 재난으로 인한 피해자 수를 지속적으로 줄여간다.	B1(B2+B3+B4+B5) 인구 10만명당 재난으로 인해 직접적인 피해를 입은 사람의 수
	B2 인구 10만명당 재난으로 인한 부상 혹은 질병자 수
	B3 재난으로 인해 거주지에 피해를 입은 사람의 수
	B4 재난으로 인해 거주지가 붕괴된 사람의 수
	B5 재난으로 인해 생계에 피해를 입거나 생계수단이 파괴된 사람의 수
C. 재난으로 인한 전 세계 GDP 감소를 최대한 줄인다.	C1(C2+C3+C4+C5+C6) GDP 대비 재난으로 인한 직접적인 경제적 피해액
	C2 재난에 의한 직접적인 농업 피해액
	C3 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 모든 생산적 자산
	C4 재난으로 인한 주택부분의 직접적인 경제적 손실
	C5 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 핵심 인프라의 직접적 피해액
	C6 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 문화유산의 직접적 피해액
D. 재난으로 인한 주요 인프라 및 공공 서비스와 훼손을 최소화하고 복구 역량을 강화한다.	D1(D2+D3+D4) 재난으로 인해 피해를 입은 핵심사회기반시설의 피해
	D2 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 보건시설의 수
	D3 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 교육시설의 수
	D4 재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 기타 핵심 인프라의 수
	D5(D6+D7+D8) 재난으로 인해 발생한 기본 서비스의 중단 횟수
	D6 재난으로 인해 발생한 교육서비스의 중단 횟수
	D7 재난으로 인해 발생한 보건서비스의 중단 횟수
	D8 재난으로 인해 발생한 다른 기본 서비스의 중단 횟수

목표	지표
E. 지역사회를 기반으로 범국가적 재난 경감전략을 발표하는 나라를 늘려간다.	E1 샌다이프레임워크에 맞춰 국가 차원의 재난 위험 경감 전략을 마련, 이행하는 국가의 수
	E2 샌다이프레임워크에 맞춰 지방정부 차원에서 재난 위험 경감 전략을 이행하는 지방정부 비율
F. 개발도상국에서 샌다이프레임워크를 채택할 수 있도록 국제협력을 강화한다.	F1 재해위험경감에 대한 공식적인 국제 총 원조수(ODA+기타 공식원조)
	F2 재해위험경감에 대한 다자협력기관에서 공식적으로 제공한 총 원조수(ODA+기타 공식원조)
	F3 재해위험경감에 대한 양자협력에 의해 발생한 공식적인 총 원조수(ODA+기타 공식원조)
	F4 재해위험경감기술 이전 및 교환을 위하여 제공된 공식적인 국제 총 원조수
	F5 개발도상국에 대하여 재해위험경감을 위한 과학기술 및 혁신기술을 이전 또는 교환한 글로벌, 지역, 국가 간 프로그램 및 추진 건수
	F6 재해위험경감 역량강화를 위한 공식적인 국제 총 원조수(ODA+기타 공식원조)
	F7 재해위험경감 역량강화를 위한 글로벌, 지역, 국가 간 프로그램 및 추진 건수
	F8 재해위험경감과 관련된 통계역량강화를 위하여 글로벌, 지역, 국가간 지원을 받는 개발도상국가 수
G. 국민으로 하여금 복합재해에 대한 조기경보체계 및 재해위험정보를 용이하게 접근하도록 한다.	G1 복합재해에 대한 조기경보체계를 보유한 국가의 수
	G2 복합재해에 대한 모니터링 및 예보시스템을 가진 국가의 수
	G3 지자체 또는 국가의 경보시스템을 통하여 재난조기경보정보를 받는 10만명당 인구 수
	G4 조기경보 실시계획을 가지고 있는 지자체 비율
	G5 지자체 및 국가차원에서 제공되는 재해위험정보 및 평가정보를 국민이 이해할 수 있고 유용하게 사용할 수 있도록 하고 있는 국가의 수
	G6 조기경보체계에 의하여 선제적 대피를 통하여 보호를 받는 재난에 노출되거나 위험에 처한 인구 비율

〈부표 4-2〉 2. 각국 재난 관련 데이터 가용성에 대한 설문조사 결과(UNISDR, 2017)

지표	데이터 가용성 (%)				
		가능	'05-'15	불가능	무응답
A2	인구 10만명당 재난으로 인한 사망자 수	83(72)	60	10	7
A3	인구 10만명당 재난으로 인한 실종자 수	70(61)	49	21	9
B2	인구 10만명당 재난으로 인한 부상 혹은 질병자 수	70(61)	52	19	10
B3	재난으로 인해 거주지에 피해를 입은 사람의 수	65(57)	49	25	10
B3a	재난으로 피해를 입은 거주지 수	69(60)	53	20	11
B3b	공식통계데이터가 제공하는 가구당 인원수(구성원수)	68(59)	-	21	12
B4	재난으로 인해 거주지가 붕괴된 사람의 수	57(50)	57	31	12
B4a	재난으로 붕괴된 거주지 수	69(60)	52	20	11
B5	재난으로 인해 생계에 피해를 입거나 생계수단이 파괴된 사람의 수	39(34)	25	49	12
B5a	재난으로 인한 농업 부분 물리적 피해	68(59)	45	21	11
B5a1	재난으로 피해를 입은 경지 면적(ha)	63(55)	-	5	32
B5a2	재난으로 피해를 입은 작물 종류	57(50)	-	10	33
B5a3	재난으로 피해를 입은 양식 면적(ha)	43(37)	-	25	32
B5a4	재난으로 피해를 입은 어선 수	37(32)	-	31	32
B5a5	재난으로 피해를 입은 어선 종류	30(26)	-	38	32
B5a6	재난으로 피해를 입은 산림 면적	49(43)	-	19	32
B5a7	재난으로 피해를 입은 산림 종류(농장 포함)	45(39)	-	23	32
B5a8	재난으로 잃은 가축의 수	59(51)	-	9	32
C2	재난으로 인한 직접적인 농업 피해액	68(59)	45	21	11
C3	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 모든 생산적 자산	41(36)	29	47	12
C3a	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 모든 생산적 자산의 물질적 영향	40(35)	23	47	12
C3a1	재난으로 피해를 입거나 파괴된 산업시설의 수	36(31)	-	5	59
C3a2	재난으로 피해를 입거나 파괴된 상업용 건물의 수	36(31)	-	5	59
C3a3	재난으로 피해를 입거나 파괴된 관광시설의 수(호텔 등)	33(29)	-	7	60
C4	재난으로 인한 주택부분의 직접적인 경제적 손실	51(44)	34	37	13
C4a	공식통계데이터가 제공하는 건축물 평방미터 당 평균값, 주거지 크기 평균값, 주거지 가격의 평균값	44(38)	-	44	12
C4b	재난으로 인해 피해를 입은 거주지 수	69(60)	53	20	11
C4c	재난으로 인해 붕괴된 거주지 수	69(60)	52	20	11
C5	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 핵심 인프라의 직접적 피해액	47(41)	31	40	13
C5a	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 핵심 인프라의 수	55(48)	31	30	15

지표		데이터 가용성 (%)			
		가능	'05-'15	불가능	무응답
C5b	공식통계데이터가 제공하는 학교, 병원 등의 건축물 평방미터 당 평균값, 핵심 인프라의 평균 크기(평방미터), 도로건설의 킬로미터 당 평균 가격	31(27)	-	55	14
C5c	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 교육시설의 수	64(56)	-	22	14
C5d	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 보건시설의 수	64(56)	-	22	14
C5e	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 도로(킬로미터)	44(38)	-	11	45
C6	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 문화유산의 직접적 피해액	37(32)	17	49	14
C6a	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 문화유산의 수	26(23)	-	60	14
C6b	문화유산의 재건 및 복구비용	27(24)	-	59	14
D2	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 보건시설의 수 (C5d 동일)	64(56)	40	22	14
D3	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 교육시설의 수 (C5e 동일)	64(56)	41	22	14
D4	재난으로 인해 피해를 입거나 파괴된 기타 핵심 인프라의 수 (C5a 동일)	55(48)	33	30	15
D6	재난으로 인해 발생한 교육서비스의 중단 횟수(C5d 중복)	45(39)	29	40	15
D7	재난으로 인해 발생한 보건서비스의 중단 횟수(C5d 중복)	45(39)	30	40	15
D8	재난으로 인해 발생한 다른 기본 서비스의 중단 횟수	43(37)	30	41	16
D8a	재난으로 중단된 수도공급의 수	38(33)	-	5	57
D8b	재난으로 중단된 하수시설의 수	31(27)	-	12	57
D8c	재난으로 중단된 통신시설의 수	39(34)	-	4	57
D8d	재난으로 중단된 에너지 및 전력공급의 수	40(35)	-	3	57
D8e	재난으로 중단된 교통시설의 수	38(33)	-	5	57
E1	센다이프레임워크에 맞춰 국가 차원의 재난위험경감 전략을 마련, 이행하는 국가의 수	54(47)	-	30	16
E1a	채택된 국가 재난위기경감 전략	49(43)	-	7	44
E1b	시행된 국가 재난위기경감 전략	38(33)	-	9	53
E1c	명확한 시기가 정해진 국가 재난위기경감 전략	33(29)	-	4	63
E1d	명확한 목표가 정해진 국가 재난위기경감 전략	32(28)	-	5	63
E1e	지표를 포함한 국가 재난위기경감 전략	26(22)	-	11	63
E1f	재난위기경감 분야를 안팎으로 통합하는 국가 재난위기경감 전략	37(32)	-	0	63
E1g	모든 분야를 포용하는 국가 재난위기경감 전략	34(30)	-	3	63
E1h	정책의 일관성과 보완을 장려하는 국가 재난위기경감 전략	37(32)	-	0	63
E1i	제 역할과 책임을 규정하는 국가 재난위기경감 전략	34(30)	-	3	63

〈부표 4-3〉 3. 재난관리 주관기관

재난관리주관기관	재난 및 사고의 유형
교육부	학교 및 학교시설에서 발생한 사고
미래창조과학부	1. 우주전파 재난 2. 정보통신 사고 3. 위성항법장치(GPS) 전파혼신 4. 자연우주물체의 추락·충돌
외교부	해외에서 발생한 재난
법무부	법무시설에서 발생한 사고
국방부	국방시설에서 발생한 사고
행정자치부	정부중요시설 사고
문화체육관광부	경기장 및 공연장에서 발생한 사고
농림축산식품부	1. 가축 질병 2. 저수지 사고
산업통상자원부	1. 가스 수급 및 누출 사고 2. 원유수급 사고 3. 원자력안전 사고(파업에 따른 가동중단으로 한정한다) 4. 전력 사고 5. 전력생산용 댐의 사고
보건복지부	1. 감염병 재난 2. 보건의료 사고
환경부	1. 수질분야 대규모 환경오염 사고 2. 식용수(지방 상수도를 포함한다) 사고 3. 유해화학물질 유출 사고 4. 조류(藻類) 대발생(녹조에 한정한다) 5. 황사
고용노동부	사업장에서 발생한 대규모 인적 사고

재난관리주관기관	재난 및 사고의 유형
국토교통부	1. 국토교통부가 관장하는 공동구 재난 2. 고속철도 사고 3. 국토교통부가 관장하는 댐 사고 4. 도로터널 사고 5. 식용수(광역상수도에 한정한다) 사고 6. 육상화물운송 사고 7. 지하철 사고 8. 항공기 사고 9. 항공운송 마비 및 항행안전시설 장애 10. 다중밀집건축물 붕괴 대형사고로서 다른 재난관리주관기관에 속하지 아니하는 재난 및 사고
해양수산부	1. 조류 대발생(적조에 한정한다) 2. 조수(潮水) 3. 해양 분야 환경오염 사고 4. 해양 선박 사고
국민안전처	1. 공동구(共同溝) 재난(국토교통부가 관장하는 공동구는 제외한다) 2. 삭제 <2015.6.30.> 3. 화재·위험물 사고, 내륙에서 발생한 유도선 등의 수난 사고 4. 다중 밀집시설 대형화재 5. 풍수해(조수는 제외한다)·지진·화산·낙뢰·가뭄으로 인한 재난 및 사고로서 다른 재난관리주관기관에 속하지 아니하는 재난 및 사고 6. 해양에서 발생한 유도선 등의 수난 사고
금융위원회	금융 전산 및 시설 사고
원자력안전위원회	1. 원자력안전 사고(파업에 따른 가동중단은 제외한다) 2. 인접국가 방사능 누출 사고
문화재청	문화재 시설 사고

출처: 재난 및 안전관리 기본법 시행령 제3조의2(재난 및 사고유형별 재난관리주관기관)