해외 화산재해 법·제도 및 대응체계 분석을 통한 국내 화산재해 대응체계 구축 방안

Plan for Reaction System of Domestic Volcanic Eruption Through Analysis of Overseas Policy · Laws and Reaction System of Volcanic Eruption

박종석* · 이경훈** · 이효범*** · 임배석****

Park, Jong Seok*, Rhee, Kyoung Hoon**, Lee, Hyo Beom***, and Lim, Bae Seok****

Abstract

Until now, our country doesn't have first hand experience about damage caused by volcanic eruption. So if Mt. Baekdu explode on a big scale, unprepared people will be damaged a lot. In order to reduce damage, we should anticipate explosion for prompt information delivery and disaster prevention education through precursor of eruption. We should develop abilities to handle the situation without any confusion with practical system of reaction which is suitable for our country. Therefore, we decided to inquire into the applicability of reaction system, investigating and comparing the role, duty, and reaction system of Japan, America, and Indonesia where volcanic eruption occurs frequently unlike our country. According to the result of research, the biggest problem of our country's volcanic eruption is about the reaction system for natural disaster. Our country detects disaster, and announce it too late. And efficient prevention effect can't be seen as there are no proper policy and manual because there is no volcano experts.

Key words : Volcano, Volcanic Eruption, Disaster Prevention Technology

요 지

지금까지 우리나라는 화산피해에 대한 직접적인 경험은 없기 때문에 백두산화산이 폭발하게 되어 대규모 분화가 일어난다면 준비가 안 된 국민들이 많은 피해를 보게 될 것이다. 이에 전조현상을 바탕으로 폭발을 예측하여 신속한 정보 전달과 방재교육으로 피해를 감소시키고, 우리나라에 맞는 실용적인 대응체계에 맞춰 대응하여 혼선 없는 대처를 할 수 있는 능력을 길러야 한다. 따라서 우리나라와 달리 화산분화와 피해가 자주 발생하는 일본, 미국, 인도네시아의 재난 대응 역할과 임무, 그리고 대응체계를 알아보고, 실제 화산분화에 따른 대처방법을 비교하여 우리나라에 적용 가능성에 대해 알아보고자 하였다. 연구 결과 우리나라의 화산방재의 가장 큰 문제점은 재난대해 대비체계에 대한 심각한 문제점이 노출 되었는데 그것은 재해를 늦게 감지하고 국민들에게 늦게 전파하는 것이다. 그리고 화산전문가가 배치되지 않아 실질적인 화산재해와 관련된 정책, 매뉴얼이 작성되지 않아 효율적인 방재효과가 날 수 없다는 점이다.

핵심용어 : 화산, 화산폭발, 방재기술

*정회원, 전남대학교 토목공학과 강사(E-mail: victorypjs@jnu.ac.kr)

Member, Adjunct Instructor, Department of Civil Engineering, Chonam National University

**교신저자, 정회원, 전남대학교 토목공학과 교수(Tel: +82-62-530-1656, Fax: +82-62-530-1659, E-mail: water@jnu.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Civil Engineering, Chonam National University

***전남대학교 공과대학 토목공학과 박사과정

Ph.D Candidate, Department of Civil Engineering, Chonam National University

****전남대학교 공과대학 토목공학과 박사과정

Ph.D Candidate, Department of Civil Engineering, Chonam National University

1. 서 론

우리나라는 그동안 비교적 지진과 화산재해로부터 안전한 지역으로 알려져 왔다. 하지만 얼마 전 일어난 경주 지진 사태를 보면 적절하게 준비, 대응하지 못해 많은 경제적·물적 피해를 입었고 아직도 여진이 계속 이어질 정도로 안전지역이라는 말이 무색할 정도가 되어 버렸다. 특히, 2002년부터 백두산에서 화산성 지진이 한 달에 10-15차례 발견되는 등 화산의 전조현상이 발견되고 있고(Kim and Park, 2013), 이에 따라 백두산은 고위험 화산(high-risk volcano)로 분류되고 있어 화산폭발에 따른 피해를 걱정하는 사람들이 많고 있다.

재난 피해를 최소화하기 위해서는 방재기술개발과 훈련이 필요하다. 지금까지 우리나라는 화산피해에 대한 직접적인 경험은 없기 때문에 백두산화산이 폭발하게 되어 대규모 분화가 일어난다면 준비가 안 된 국민들이 많은 피해를 보게 될 것이다. 이에 전조현상을 바탕으로 폭발을 예측하여 신속한 정보 전달과 방재교육으로 피해를 감소시키고, 우리나라에 맞는 실용적인 대응체계에 맞춰 대응하여 혼선 없는 대처를 할 수 있는 능력을 길러야 한다. 하지만 경주지진 사례를 살펴보면 우리나라의 대응체계와 법제도가 아직은 많이 미흡한 것으로 나타나 보완이 필요하다. 이에 우리나라와 달리 화산분화와 피해가 자주 발생하는 일본, 미국, 인도네시아의 재난 대응 역할과 임무, 그리고 대응체계를 살펴보고, 실제 화산분화에 따른 대처방법을 비교·분석하여 효율적인 국내 화산재해 대응체계 방안을 제시하고자 한다.

국내의 선행연구로 국내 화산재해 예방 대책연구는 활발히 이루어지고 있으며 연구내용은 다음과 같다.

Yoon (2015)의 「화산재해 피해예측 기술개발」 결과에 따르면, 백두산이 대규모로 폭발하고 북동풍이 불 경우 국내 피해는 화산 폭발 8시간 후부터 강원도를 시작하여 화산재가 유입되고, 48시간 후에는 전남 서남부지역을 제외한 한국 전역이 영향권에 들어가게 된다. 특히 강원도와 경북에 화산재가 최고 10.3 cm까지 쌓이는 등 화산재로 인한 농작물 피해는 약 4조 5,189억 원 발생할 것으로 예측되었다. 또한 제주 공항을 제외한 국내 모든 항공이 최장 39시간 폐쇄되어 최대 611억 원의 재산피해가 발생할 것으로 예측된다. 만약 지진이 발생하면 500 km 정도 떨어진 수도권은 물론 부산의 10층 이상 건물에 영향을 미쳐 외벽과 창문 파손 등의 피해가 발생하여 화산폭발로 인한 직·간접적인 전체 피해 규모는 약 11조 1,895억 원에 달한다는 결과가 나왔다.

Kim et al. (2015)은 재난안전처가 2012년부터 「화산재해 대응시스템 개발」을 통해 화산재해의 피해를 예측하고 대응하는 IT기반 시스템의 구축기술을 개발하고 연구 과제를 통해 개발된 시스템은 공간정보 기반으로 화산재해의 확산 및 피해를 예측하여 의사결정을 지원하는 시스템이 적용되어 실무에 사용되어야 한다고 기술 하였고, 지속적인 시스템

교육이 필요한데 그 이유로는 회사 내부의 변화에 유연하게 대처할 수 있는 능력을 기르기 위함이라고 하였다. 화산재해 대응 시스템의 경우 화산 폭발이 자주 일어나는 재해가 아니므로 평상시 구성원들에게 대한 지속적인 교육이 필요하며 이를 뒷받침하는 교육시스템의 개발이 필요하다고 하였다.

Yi et al. (2016)은 화산재해에 대비할 수 있는 법제도에서 한국, 중국, 일본 모두 화산재해에 특화된 법령을 가지고 있으며, 특히 국내 2016년 지진·화산재해 대책법으로 개정되어 늦게나마 화산재해 대책 수립에 관한 법적기반이 마련된 것을 확인하였다. 국내와 중국의 경우, 화산재해 경험이 아직 없기 때문에 피해복구 및 정비에 관한 구체적인 법제도는 미흡한 편이므로, 향후 화산재해 정비 및 지원 사업 등에 대한 법제도 마련이 필요할 것으로 판단된다고 하였다. 그리고 한국, 중국, 일본 등 3국간의 정보, 기술, 정책 등의 공유 및 교류가 이루어져 화산재해에 공동으로 대응하는 국제협력 체계가 구축된다면 인명피해는 물론 경제적 피해까지 최소화 할 수 있을 것이라고 하였다.

Kim (2015)은 과거 백두산부터 2010년 아이슬란드의 에이야프얄라요쿨(Eyjafjallajökull)까지 화산폭발로 화산재의 직·간접적인 경제적 피해가 국내까지 미치자 백두산 화산 폭발에 대한 피해에 대한 염려가 늘어났고 자연재난 피해를 최소화하기 위해서는 그에 따른 피해저감, 인명피해 최소화를 위한 방재기술개발과 교육훈련이 필요하다고 하였다. 화산피해에 대한 직접적인 경험이 없지만 최근 일어난 사례를 통해 피해최소화와 화산대응체계의 사전 구축이 요구되고 있으며 한국, 중국 일본의 화산재해 대응 체계에 대한 조사·분석을 통하여 한국에 걸 맞는 효율적인 대응체계 방안을 제시하였다.

Kim and Park (2013)은 대형 화산 폭발로 인하여 발생할 수 있는 복합 재난의 피해를 최소화하기 위하여 다양한 방법을 통하여 피해영향에 대한 시나리오를 개발하고 현장 실무에 적용할 수 있도록 실무 매뉴얼의 개정안을 제안하였다. 화산재해 관련 관리기준과 방재기술이 요구되지만, 초기 대응이 무엇보다 중요하기 때문에 화산재해 대응을 위해서도 기관간의 수직, 수평적인 재난 관리체계의 구축이 필요하다고 제시하였다.

2. 연구 방법

2.1 화산재해 유형

화산이란 지하 깊은 곳에서 생성된 마그마가 지각 틈을 통하여 밖으로 나오거나 용암, 화산 쇄설물과 같이 분출하여 만들어진 것을 말한다. 화산 분출물은 조용하거나 격렬하게 분출되어 여러 가지 피해가 발생한다. 화산재해 유형은 크게 6가지로 구분되며 다음과 같다. 용암에 의한 피해는 가옥이 부서지고 농토가 용암이 덮이며 산물도 발생한다. 화산재와

화산가스에 의한 피해는 화산재가 주변을 덮거나 하늘 높이 올라가 햇빛을 가려 피해를 주고 대기오염을 초래한다. 화산이류 및 화산쇄설류에 의한 피해는 순식간에 지형을 변화시키고 산사태 및 홍수를 일으킨다. 이상저온현상에 의한 피해는 화산재가 떠다니며 파라솔처럼 태양을 가려서 지구로 전달되는 태양열을 차단하여 이상 저온현상이 발생한다. 지표수의 산성화 오염은 화산재나 화산이류 등으로 강이나 호수가 오염된다. 화산구름으로 항공운항 통제는 화산먼지 화산재로 이루어진 화산구름 때문에 비행기 운항이 통제된다.

본 연구를 위하여 조사 대상국은 한국, 일본, 미국, 인도네시아 등 4개국을 선정하였으며 자세한 이유는 다음과 같다. 한국은 화산, 지진 재난에 안전지대라고 알려져 있었으나 최근 경주지진으로 한국도 안전지대가 아니라는 것을 알게 되었다. 그리고 한반도에 위치한 백두산이 최근 분화가 예상되는 것으로 연구가 되어 지고 있기 때문에 화산 재난 선진국들의 화산 대응 사례를 통하여 국내 실정에 맞는 대응체계를 구축하고자 한다. 미국은 화산 재난 선진국 중 하나로 대응체계별 책임자와 담당자의 행동절차에 대해 비교적 상세히 다루고 있다. 그리고 재해현황 파악을 쉽게 하여 실질적인 계획과 작업을 가능하게 하며, 자율적이고 신속한 대응 운용이 가능하여 상황에 맞는 인력 조직 증감이 가능한 특징을 지니고 있다. 일본은 화산재난 대응 시나리오가 훌륭하고 개개인의 대응 활동에 대해 상세히 논의되어 재해가 발생하면 매뉴얼만으로 초동대응이 가능하며, 대응 대원들의 업무에 대해 상세히 정리되어 초동대응 시 기관별 혼선이 일어나지 않고 정보관리와 대처의 효율성을 확보할 수 있는 특징이 있다. 인도네시아는 대통령 직속 재난 관리로 처리되어 가장 강력하고 신속하게 재난 문제가 처리될 수 있으며 국외 화산지원 시스템과 연계하여 화산 관측기술과 전조현상을 빠르게 인지하고 대처하는 특징을 가지고 있다.

공통적으로 위 3개의 나라는 재해방지 기술 및 경험을 바탕으로 화산방재에 대한 기술이 뛰어난 나라들이기 때문에 우리나라의 화산방재체제와 법률을 연구하는데 좋은 예가 될 것이다. 각 나라의 자료를 분석하기 위하여 관련기관의 웹사이트 자료 및 정책보고서 자료를 수집하였다.

3. 연구 결과

3.1 화산재해 현황

3.1.1 한국 화산 현황

한국 주요 화산으로는 한라산, 백두산, 울릉도가 존재한다. 먼저 한라산은 약 180만 년 전부터 화산 활동으로 만들어진 제주도에 사화산으로 높이는 1,950 m이며 산꼭대기는 종상화산, 그 주변은 순상화산으로 되어있고, 산 정상에는 화구호 백록담이 있고 주변에는 360여 개의 기생화산이

있으며 해안까지 흘러내린 용암으로 된 만장굴, 협제굴 등이 있고 천지연, 천재연 등 해안 폭포가 있다.

백두산은 국내에서 제일 높은 산으로 높이는 2,744 m이고 산꼭대기는 종상화산, 그 주변은 순상화산으로 형성되어 있으며, 산 정상에는 함몰로 생긴 칼데라 천지가 있으며 태백산, 불함산, 장백산으로도 불린다. 마지막으로 울릉도는 수심 2,000 m 바다에서 용암이 분출하여 해발 984 m까지 솟은 큰 화산섬으로 전체가 하나의 화산체여서 경사가 급한 것이 특징이며, 중앙에는 칼데라가 있고 그 안에 알봉이라는 또 하나의 화산이 형성되어 있는 이중화산 형태이다. 그 중 백두산은 역사적으로도 분화한 기록과 화산재가 일본까지 영향을 미치며 최근 주목을 받고 있다. 역사적으로 백두산 화산폭발에 관한 기록은 고대 문헌에도 기록되어 있다. 1회 분화는 정상으로부터 분연이 분출되었고, 시간이지난 후 낙하하는 화산재가 지표면을 따라 흘러내리는 화쇄류로 변하여 백두산 화산 주변 50 km 범위를 평균 두께 1 m로 얇게 퇴적되었다. 2회 분화는 약 25 km의 범위까지 흐른 것으로 나타났으며, 분화 간격은 약 1년으로 추측하고 있다. 10세기경의 분화 규모는 VEI 7.4로 역사상 최악의 화산폭발로서 2010년 아이슬란드 화산폭발의 1,000~1,500배이고, 분출된 화산재와 용암은 100~150 km³의 규모로 추정된다 (Kim, 2015).

3.1.2 국외 화산재해 사례

화산재해 대응에 있어서 문제점과 시사점을 보여주는 대형 화산재해 사례 내용과 특이점은 다음과 같다.

3.1.2.1 일본 오야마 화산(2001년)

2001년 5월 24일 일본 도쿄 인근에 위치한 미야케지마 섬의 오야마 화산 주변에서 화산지진이 감지되어 일본기상청(JMA)은 화산 일대를 레벨5(피난)를 발령하고 전체주민의 70%에 해당하는 2,600명을 안전지역 내 공공시설로 대피하고 노약자 100명을 선박을 통해 대피 시켰다. 그리고 재해대책본부를 통해 주변시도에 재난대책구호법에 따라 도움을 청하고 자위대에 병력파견을 요청하여 빠른 대처를 하였다. 화산은 폭발하여 오야마 상공에 높이 600 m의 화산재구름이 생겼으나 분출이 끝난 후 지역주민과 파견된 자위대원이 곧바로 마을에 쌓인 화산재를 치우고 빠른 복구를 실시하였다.

3.1.2.2 일본 우스화산(2009년)

일본에서도 가장 위협적인 활화산이었으나 인명피해 없이 폭발한 것으로 일본 내 가장 대처를 잘한 사례에 해당된다. 우스산이 폭발하기 이전에 화산전조현상이 발견되었으나 일본기상청은 폭발위험이 없다고 생각하였고 따로 경고를 하지 않았지만, 우스산에 실제 모니터링하는 직원이 확인한 결과 동물이 죽고 물과 나무에 변화가 있는 것을 감지하고

폭발이 임박함을 안내하였다. 이에 총리실로 보고되었고 신속하게 비상대책본부를 통해 주민 12,000명을 대피소로 대피시켜 인명피해가 발생하지 않았다. 폭발 이후 자위대 3,300여명을 파견하여 재해복구를 실시하였다.

3.1.2.3 일본 온타케 화산(2014년)

화산대응체계가 훌륭한 일본도 예측하기가 어려워 피해를 낳은 사례 중 하나인 온타케 화산이다. 온타케화산은 제때 조치를 하지 못해 관광을 간 등산객 56명이 화산암 덩어리를 맞고 사망하였다. 그런데 일본기상청이 대처하지 못한 이유는 지진, 지표변화, 가스검출과 같은 화산전조현상 관측에만 의존하는 시스템이 문제였다. 화산 아래에서 분화를 준비하여 폭발한 화산이기 때문에 화산아래에서 어떤 일이 일어나고 있는지 알아낼 수 있는 데에 한계가 있었던 것이다. 이에 일본 기상청은 우스화산 사례를 통해 온타케산 각지에 다양한 기기를 설치하고 기존에 상주하지 않았던 직접 화산을 모니터링하는 직원을 배치하여 차후 폭발에 대비하도록 하였다.

일본 2개의 화산(오야마, 우스)모두 화산재해 정보를 정확히 파악하고 빠른 전파와 대처를 통해 초동대응이 가능하고 기관별 혼선이 일어나지 않아 대피와 복구가 가능하였지만, 온타케 화산의 경우 항상 확인하던 상황이 아닌 특수상황이 발생하였을 때 대응에 조금 미흡했지만 과거 사례를 바탕으로 대응책 마련하여 대응하였다.

3.1.2.4 인도네시아 메라피 화산(2006년)

인도네시아 센트럴 자바주의 메라피 화산이 검은 구름과 사면으로 용암이 흘러내리는 등 화산전조현상과 폭발 임박 현상을 나타냈다. 국가재난대응청은 대비태세를 최고단계로 높이고 위험지역의 주민 30,000명에게 대피령을 내려서 대피시켰다. 하지만 여성, 어린이, 노인 12,000명만 대피하고 일부 주민은 도둑을 막고 가축을 돌보기 위해 대피를 거부하거나 대피했다가 마을로 다시 돌아가 버리는 사태가 발생하였다. 과거 1,300명의 사망자를 냈기 때문에 대피 담당은 주민에게 대피할 것을 계속 안내하였으나 대부분의 주민들이 이를 무시했다. 이에 국가재난대응청은 바위 파편과 화산 가스 등에 고립되면 더 심각한 상황이 초래될 수 있다고 주민들에게 안내를 강화하고 대피할 수 있도록 유도하여 인명피해는 발생하지 않았다.

메라피 화산의 경우 관측은 빠르게 되었으나 주민들에게 화산정보와 대피에 대한 안내가 부족하거나 정확한 정보 전달이 되지 않아 자칫 큰 피해로 커질 수 있는 사례 중 하나이다.

3.1.2.5 미국 클리블랜드 화산(2011년)

2011년 12월 31일 환태평양 화산대에 있는 알류산 열도의 클리블랜드 화산이 폭발해 화산재가 4.6 km 상공까지 치솟

아 광범위한 지역에 화산재 구름이 생겨 영향을 받을 수 있다고 미국 화산관측소가 안내하였다. 이에 연방재난관리청(FEMA)은 북미와 아시아를 잇는 항공로가 화산근처를 지나는 것을 확인하고, 과거 알래스카 상공에서 화산재 구름을 만나 4개의 엔진이 멈춰 비상착륙을 하다 큰 손상을 입었던 사례를 알고 있었다. 이에 구름이 퍼진 구역에 항공기 운항을 즉각 금지하고 대피명령을 신속히 내려 인명피해는 발생하지 않았다. 그리고 화산주변은 사람이 살지 않기 때문에 추가 인명피해는 없었다. 미국 연방재난관리청(FEMA)처럼 과거 사례를 분석하여 신속한 화산예측과 대처를 하지 않았더라면 많은 문제가 발생할 수 있었을 것으로 판단된다.

클리블랜드 화산은 관측 기관에서 신속하게 관찰한내용을 안내하여 대책을 마련할 수 있도록 하였고, 과거의 사례를 통해 현황을 파악하고 실질적인 계획과 실행이 가능했기 때문에 인명피해가 발생하지 않았다.

3.1.2.6 나라별 사례의 공통점

위의 각 나라별 사례의 공통점을 분석한 결과는 다음과 같다. 화산 관측 후 어떤 보고 체계를 거치지 않고 바로 실무기관이 나서서 대처에 힘쓰고 대응을 한다. 두 번째는 대피와 피해 저감을 위해 방재 기간들의 역할 분담을 통해 원활히 방재 대응이 이루어져 혼선을 피하고 신속한 대응을 가능하게 했다. 마지막으로 관측과 전조현상에 관한 종합적인 판단을 통해 재난예상을 감지하여 기관이 밀접하게 교류하여 신속한 안내와 대응이 이루어 졌다는 점이다.

3.2 화산재해 법제도와 대응체계 현황

3.2.1 국가별 법제도 및 대응 체계

3.2.1.1 미국

미국의 법제도는 연방국가로 연방차원에서 대등하는 재난관련 법령(Key Authorities and Incident Management Directive)으로는 대통령령 3호, 5호, 7호 및 8호, 스태포드법 및 국가비상법이 있으며, 이중 ‘화산폭발’은 스태포드법의 주요재해 정의에서 자연재해에 포함되어 있다. 미국의 재난 대응체계로 재난대응을 담당하는 연방 정부 조직인 국토안보부(DHS)와 국토안보부 산하의 연방재난관리청(FEMA)이 있다(National Emergency Management Agency, 2012). 1979년 5개 연방정부기구를 통합하여 FEMA를 신설하면서 미국의 재난대응은 본격적인 집중, 일원화를 하게 되었고, FEMA는 국가 차원의 재난에 직면했을 때 28개 연방기구는 물론 적십자사 같은 민간 구호기관을 아우르는 통제실 역할을 한다. 911테러를 계기로 미국의 재난 대응 체계는 DHS를 중심으로 한층 더 집중되게 된다. 2002년 신설된 DHS에 FEMA가 편입되어 기본적인 재해대응부터 국정통제, 광범위한 재난대응 총괄기구로 자리 잡았다.

Fig. 1. US Disaster Management Response Structure

3.2.1.2 일본

일본의 법제도는 일본에서 화산재해는 「재해대책기본법」에서 자연재해로 정의되어 화산활동에 따른 장기적 피해에 대한 대책까지 법령으로 제시하고 있고, 화산현상에 의한 피해정비사업 및 주민생활과 안전을 도모하기 위하여 「활동화산특별조치법」도 제정되어 있다. 활동화산대책 특별조치법(활동화산법)은 분화와 그 외 화산현상에 의해 극심한 피해를 입거나 또는 받을 우려가 있는 지역에 대하여 피난 시설이나 방재영농시설을 정비하고 화산재 소거사업 등을 실시함으로써 화산 주변 지역주민 등의 안전과 생활 등의 안정을 도모하는 것을 목적으로 한 법률이다(National Emergency Management Agency, 2011). 평소 중앙정부에서 방재회의 지방행정기관, 지청공공기관을 거쳐 재난 관리 대응이 이루어지지만 비상시 중앙정부에서 방재회의를 거치고 바로 현장실무 본무인 비상재해대책본부로 넘어가기 때문에 신속한 대응이 가능하도록 대응구조를 만들었다. 그리고 각 지역별 방재 매뉴얼이 자세히 작성되어 국민들이 쉽게 찾을 수 있게 배포 되어 있기 때문에 재해 발생 시 방송, 통신이 차단되어도 매뉴얼을 통해 피난이 가능하도록 인식이 되어 있어 대처가 매우 빠르다.

미국과 인도네시아와 같은 화산 경험이 많은 재해 선진국인 일본은 국민들이 심각성을 알 수 있도록 5단계의 정보를 만들고 재해발생시 실시간으로 방송과 모바일을 통하여 안내를 하고 있다. 일본기상청의 화산활동 정보안내 순서는 다음과 같다. 레벨1(평상) 화구부터 조금 떨어진 장소부터 화구주변까지가 대상 범위고 거주지역의 근처까지 중대한 영향을 끼치는 분화가 발생, 발생될 수 있다고 예상한다. 레벨2(화구주변규제), 레벨3(입산규제)의 대상범위는 화구로부터 거주지역 근처까지 넓은 범위의 화구주변이 대상이며, 거주 지역에 중대한 피해를 끼치는 분화가 발생한다고 예상되거나 분화 가능성이 높은 경우 안내한다. 레벨4(피난

준비), 레벨5(피난)는 거주 지역 및 화구가 대상 범위이며, 거주 지역에 중대한 피해를 끼치는 분화가 발생하거나 절박한 상황을 말한다.

Fig. 2. Japan Disaster Management Response Structure

3.2.1.3 인도네시아

인도네시아의 법제도는 「인도네시아 국가법 24번」 재해 대응 관련법에 포함되어 있으며 별도의 화산특별법은 존재하지 않는다. 재해대응관련법에서 자연 재해는 지진, 해일, 화산 폭발, 홍수, 가뭄, 허리케인, 산사태로 정의하고 있다. 정부령, 대통령령, 대통령결정서, 장관결정서, 국가재해대응청 규정, 지역재해대응청 규정 등 재해대응에 대한 국가법 하위 법안 및 규정에 대해서는 인도네시아 국가재해대응청(BNPB)에서 총괄 담당, 제공하고 있다. 인도네시아에서 발생하는 재난대응은 대통령 주도하에 국가재해대응청이 총괄 대응하고, 도, 시·군의 도지사 및 군수·시장의 지휘 아래 각각 관청·부 및 도지역재해대응부, 시·군 지역재해대응부가 운영된다(National Emergency Management Agency, 2012).

Fig. 3. Indonesia Disaster Management Response Structure

인도네시아의 화산재해 대응 체계 중 하나인 국가재해대응청(BNPB)은 대통령 직속 기관이며 화산폭발관리 및 대응기관으로 화산재해 대비를 위한 정책 입안 및 시설 마련, 교육·훈련을 계획하고 집행하는 국가재해대응청 산하조직으로 각 지방자치단체의 지방재해대응청이 있다. 그리고 화산 및 지질재해대응센터는 에너지광업자원부 산하 지질 청 소속 연구기관으로 연구원이 약 400명, 이 중 40 %가 화산전문가로 화산폭발 예방 및 연구 분석기관이다(National Emergency Management Agency, 2012).

3.2.1.4 한국

국내 화산재해는 2010년부터 관련연구 및 방재대책이 마련되었지만, 최근까지는 화산대응체제를 구축할 수 있는 재난대응관련 법적 기반이 미흡하였다. 현재 관측 및 경보에 관한 업무는 기상청에서 담당하고, 재난대응은 행정안전부 지진방재과가 담당하고, 지진과 화산에 의한 초대형 재난은 특별 재난실에서 제반업무를 담당하고 있다. 하지만 기존에는 화산재난이 자연재난에 포함되지 않았다가 2014년 11월 국민안전처가 출범한 이후 다음과 같이 자연재난 종류에서 화산활동 등이 추가로 개정(2014.12.30)되었다. 또한 최근에는 화산재해에 체계적으로 대처하기 위해 「지진재해대책법」이 「지진 화산재해대책법」으로 개정(법률 제13442호, 2015.7.24. 공포, 2016.1.25. 시행)되었고, 그에 따른 시행령 및 시행규칙이 일부 개정되어 주요 내용은 Table 1과 같다(National Emergency Management Agency, 2012). 우리나라의 대응체계는 국민안전처가 출범되기 전, 소방방재청에서는 국내 및 국외의 화산폭발이 발생하였을 경우, 국내에 영향을 미치는 화산에 대하여 화산특보에 관한 정보는 기상청이 발표를 한다. 국민안전처가 출범하기 이전인 2014년 4월 소방방재청의 위기관리 매뉴얼에 의하면 기상청의 화산특보 발령을 통보받은 이후는 4단계의 위기경보 수준에 따라 대응하는데 내용은 다음과 같다. 관심(Blue)단계는 분화 시 영향을 줄 수 있는 화산에서 전형적인 분화가 없으며, 분화의 조짐이 전혀 없는 상태로 화산 활동 징후 감시하게 된다. 주의(Yellow)단계는 분화 시 영향을 줄 수 있는 화산에서 이상 현상은 있으나 바로 분화가 일어나지는 않으며, 활성화될 가능성이 있어 계속해서 주의 감시를 필요로 하는 상태로 관측 및 감시 강화, 행동요령 홍보를 실시한다. 경계(Orange)단계는 분화 시 한국에 영향을 줄 수 있는 화산에서 화산성 지진활동 및 지각변동 현상이 현저히 증가하는 경향이 있고, 분화 가능성이 높은 활발한 상태이고 경계경보 발령, 감시 강화, 행동요령 홍보를 실시한다. 심각(Red) 단계는 분화 시 한국에 영향을 줄 수 있는 화산에서 대량의 화산재를 방출하는 분화가 24시간 이내로 임박하였거나 화산재를 방출하는 분화가 계속되는 상태 대규모 화산폭발로 화산분출물과 화산가스 등이 국내로 대량 유입되어 국민 보호조치가 필요한 단계로 심각경보 발령, 국민보호조치 이행을 실시한다.

Fig. 4. Korea's Disaster Management Response Structure (Current)

Table 1. Some Amendments to the Enforcement Ordinance and Enforcement Regulations of Volcano

- Extend the range of installation standards for earthquake or tsunami observatories and observation equipment to volcanic activity (Articles 3 and 4)
- The scope of notification should include not only the present earthquake and tsunami but also volcanic activity and expand the scope of volcanic activity that can affect the Korean Peninsula in addition to the volcanic activity observed in Korea (Article 6)
- Expand the organization and function of the observation agency council to volcanic activity and expand the observation agency council members established by the MSTC to 20 (Articles 7 and 8)
- A volunteer council for earthquake and volcanic disaster was added to the current earthquake disaster policy council to change volunteer policy council (15 → 20), and the chairman was changed to a civil servant member of the National Public Safety Department (Article 8-3)
- Establishment of measures to reduce the damage caused by volcanic ashes newly established or newly authorized under the 「Earthquake and Volcanic Hazard Countermeasures Act」 (Establishment of Article 9-4)
- Expanding the scope of the disaster investigation team not only for the current earthquake disaster but also for the ash ash (Articles 12 and 13)
- Expanding the scope of research and technology development not only to earthquake disasters but also to volcanic disasters (Article 14)

3.2.1.5 분석 결과

한국은 지진화산재해대책법 법령에 의거하여 기상청과 안전처가 관할하고 있으며, 관측정보는 간접관측으로 원거리 측정만 가능하다. 전문가교육은 다른 나라와 다르게 없으며 한국은 화산에 대한 재해 경험이 없기 때문에 예방, 대비, 대응 위주의 법률 내용이 대부분이다. 미국은 스탠포드법 법령에 의거하여 국토안보부, 연방재난관리청, ECC, EOC가 관할 하고 있으며, 관측정보는 USGS 화산재해 사이트, Global Volcanism Program을 통해 자세히 알 수 있다. 전문가 교육은 위험 경감 코디네이터, 국립재해대응 훈련센터를 두어 전문가를 지속적으로 양성하고 활동할 수 있도록 하였다. 미국의 특징은 대응체계가 간단하고 신속하며 지자체 내에도 재난 대응에 대한 내용이 있어 대응이 빠르다는 점이다. 일본은 재해대책 기본법, 활동화산대책 특별 조치법 법령에 의거하여 운영되고 분화전은 내각부에서 관리하고 분화 시 시읍면 재해 대책본부가 독립적으로 활동하게 대응하게 된다. 관측정보는 기상청, 방재기술연구소, 화산분화예지센터가 관측하여 안내한다. 전문가교육은 내각부에서 화산방재 전문가 제도를 운영하여 양성하고 활동할 수 있게 지원한다. 일본의 특징은 대책 및 매뉴얼만으로 초동대응이 가능하고 내각부에서 운영하는 화산 전문가를 지자체에 파견하여 많은 전문가가 활동할 수 있도록 지원한다. 인도네시아는 국가법24번 재해 대응관련법 법령에 의거하여 운영되며 대응체계는 국가 재해 대응청, 화산 및 지질재해 대응센터가 있으며 지질재해 대응센터에서 관측 정보까지 동시에 운영되고 있다. 전문가 교육은 화산전문가, 재해대응 교육센터를 운영하여 전문가를 양성하고 있다. 인도네시아의 특징은 국외 화산지원 시스템을 활용하는 점과 대통령 직속 재난 관리로 직접적인 대응이 가능하다는 점이다. 한국을 제외한 미국, 일본, 인도네시아의 공통점은 화산재해를 자연재해에 포함시켜 분류하는 점과 전문가 및 화산방재교육, 홍보센터를 구축하고 있다. 그리고 화산관측기술과 전조현상 분석이 실시간으로 이루어져 미리 예견하여 예방할 수 있으며, 재해 경험이 풍부하고 화산 방재 기술을 보유하고 있다는 점이다. 우리나라 역시 법령이 존재하고 대응체계가 있으나 간접측정과 전문가 배치가 없기 때문에 배치를 위한 교육이 필요할 것으로 생각된다. 아직은 화산피해 경험이 없기 때문에 예방, 대비, 대응 위주의 법률 내용이 대부분이기 때문에 해외 사례를 통하여 실무적인 법률과 대응체계가 필요할 것으로 생각된다(Kim and Lee, 2016).

3.3 국내 화산방재 대책

최근 화산재해 사례 분석과 관련 국가별 대응현황 조사를 통하여 제시한 화산분화 위험에 따른 국내 화산방재 정책방향에 대하여 정리하면 다음과 같다.

첫째, 현행 화산폭발에 대한 위기경보 수준 및 기상청 화산 정보에서 국민행동 요령을 알 수 있도록 방재대응을

추가하고 미국, 일본, 인도네시아처럼 각계의 화산전문가를 배치하여 정책연구, 교육, 시나리오 제작 등에 참여할 수 있도록 하여 실질적인 화산재해 방재를 위한 토대를 마련하는 것이 무엇보다 필요하다. 둘째, 대형 화산폭발에 따른 화산재해 위험지도 및 매뉴얼 작성 지침 안을 제시하여 즉각 대처할 수 있도록 해야 할 것이다. 이를 위해 학술용, 행정용, 주민배포용 등 용도별로 세세한 매뉴얼을 작성하여 즉각 대처 할 수 있도록 하고 화산 선진국들의 매뉴얼과 비교하여 실질적으로 효과가 있는 한국형 매뉴얼을 작성하여 배포하여 신속한 신고, 상황전파, 초동대응이 가능할 수 있도록 해야 할 것이다. 그리고 화산재해 위험지도에 따른 정비사업, 피난계획 등 방재계획 수립을 수립하고, 재해 지도를 온라인과 오프라인으로 제공하여 대국민 홍보 효과를 극대화해야 한다. 셋째, 국외 시스템은 화산활동 단계표시나 실시간 데이터 확인 등의 상황관리만 수행, 일부 시스템에서 화산이류 확산 예측지도를 지원하지만 재난관리자가 대응대책을 수립 및 결정하는데 있어 정량적인 정보로는 부족하기 때문에 국내 화산재해대응시스템은 여러 가지 화산피해 유형을 통합한 피해 예측시스템을 바탕으로 예측정보의 정량화와 시각화를 구현해야 할 것이다. 마지막으로 화산방지대책에 지진, 화산 방재협의체 설치 운영 명시하고 기존에 상황전파만 받는 대통령령이 지휘보고를 직접 받아 중앙재난안전대책본부를 지휘할 수 있도록 하고 국가안보실, 대통령비서실 그리고 화산전문가로 편성된 자문위원회를 개설하여 효과적인 대책을 세우고 실효성 있는 정책연구를 할 수 있도록 한다. 기관간의 혼란성 없이 대처할 수 있는 독립성을 부여하여 즉각 대처할 수 있도록 한다. 긴급 상황에서 업무지시를 기다리지 않고 대처할 수 있는 재난 관리 대응 구조를 Fig. 5와 같이 제시하고자 한다.

Fig. 5. Korea's Disaster Management Response Structure (Amendment)

4. 결 론

최근 백두산 화산분화 전조현상으로 대규모 분화 가능성이 제기 되고 있다. 이에 따라 화산분화에 대한 국민적 관심이 고조되고 있으며 화산재해에 대응하는 사회적 요구가 증대되고 있다. 이에 화산폭발 대비 및 대응계획 등 화산재해 대응능력의 확보가 시급하다. 우리나라는 미국, 일본, 인도네시아 등 화산방재 선진국에 비해 화산재해 경험이 부족하며 화산 법제도가 전무한 상태로 백두산이 분화하게 된다면, 우리나라와 인접한 중국, 북한은 물론 국내에도 화산재·산성비 등으로 인한 직접적인 피해를 입힐 수 있고, 항공편 취소 등의 항공대란으로 인한 사회·경제적 영향을 무시할 수 없을 것이다.

이에 본 연구는 2000년도부터 현재까지 발생한 주요 화산재해 중 방재 대응 분석 사례로 미국, 일본, 인도네시아의 사례를 선정하여 방재대응과 문제점을 분석하고, 3국과 우리나라의 화산재해 대응 체계와 법제도를 비교분석하여 우리나라에서 사용할 수 있는 실무적 대응체계를 제시하고자 하였으며, 분석결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 최근 일어난 경주지진으로 우리나라의 재난재해 대비체계에 대한 심각한 문제점이 노출되었다. 뒤늦은 재난 안내 문자, 재난안전관리부처의 홈페이지 과부하로 인한 접속 장애, 이동통신장애, SNS장애 등 통신장애로 인해 사람들의 정보 파악이 불가하여 혼란을 낳기도 했다. 이에 화산대응 역시 국민들이 쉽게 알 수 있도록 안내하고 교육하여 인식할 수 있을 정도로 국민행동요령에 대해 노력이 필요하다.

둘째, 미국, 일본, 인도네시아는 자연재해의 종류를 구분하지 않고 재해 규모로 대비체계가 구성되며 국가 재난 예방과 재난재해 발생 후 피해 저감을 위한 정보제공 및 확산을 위해 노력하고 있다. 이에 한국도 재난의 종류를 구별하지 말고 모든 재난에 대비한 일원화 된 컨트롤 타워 체계와 재난재해 방지에 대한 전주기 대책은 물론 재난 발생 시 피해 저감을 위한 신속한 정보 전달과 교육에 집중할 필요가 있다.

셋째, 재난재해 대처 중 나타난 문제점 중 가장 많이 지적받아왔던 것은 정부와 기관들의 불협화음이었다. 일본의 경우 대응기관 별 점검사항들이 상세히 정리되어 있고 재난발생 시 신속한 초동대응이 가능한 이유는 기관별 혼선이 일어나지 않기 때문이라고 할 수 있다. 우리나라의 경우 청와대 긴급지시사항만 하달 한 후 모든 기관이 독립적으로 움직이지 않는다. 기상청과 행정안전부에서 공식 통보가 오기까지 기다리고 대처하기 때문에 불협화음이 심하고 신속한 대처

가 되고 있지 않아 피해만 키웠다. 이에 우리나라의 새로운 재난 대응체계 시스템을 제시하였다.

넷째, 각 계통별 화산전문가를 외국에서 초빙, 국내 화산전문가를 양성하여 정책, 매뉴얼제작, 교육, 시나리오 제작 등에 참여하여 문서방재가 아닌 실질적인 방재효과를 얻을 수 있도록 하고 굳이 화산뿐 만아니라 다른 자연재해도 유사한 사례를 분석하여 효율적인 방재효과가 날수 있도록 제도적인 문제를 개선할 필요가 있다고 판단된다.

References

- Kim, H.W., and Lee, J.H. (2016) Development of Emergency Risk Assessment Method for Earthquake Damage Facilities. *Real Estate Focus*, Vol. 103, pp.79-90.
- Kim, H.W., and Park, J.E. (2013) An Analysis of Disaster Management Response with Respect to Supervolcano Disaster Case Studies. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 13, No. 2, pp. 151-156.
- Kim, K.J. (2015) *A Comparative Study on the Volcanic Disaster Response Systems of Korea, China and Japan*. Master's thesis, Kwangwoon University.
- Kim, T.H., Yoon, J.H., Lee, W.S., and Jeong, K.S. (2015) *Development of Volcanic Disaster Response System*. Korea Institute of Construction Technology.
- National Emergency Management Agency (2011) *Measures Against the Eruption of Mt. Paektu*.
- National Emergency Management Agency (2012) *Study on Establishment of Disaster Response Plan and Establishment of Mutual Cooperation System*.
- Yi, W.H., Kim, H.W., Lee, S.S., and You, J.S. (2016) A study on the Comparison of Volcanic Disaster Response Systems in Korea, China, and Japan. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 16, No. 3, pp. 125-131. doi:10.9798/KOSHAM.2016.16.3.125
- Yoon, S.H. (2015) *Development of Risk Assessment Technology for Volcanic Disaster*. Ministry of Public Safety and Security.

Received	August 31, 2017
Revised	September 8, 2017
Accepted	March 26, 2018