

# 憲政

**권두언** “국방비 확충하고 국민적 의지결집에 나설 때”

위기 초침 빨라진 한반도 안보시계  
韓/ 북핵 압박·제재 속 대화문 열어놔…  
美/ 군사응징 내걸고 **세컨더리 보이콧** 착수  
유엔/ 중·러 동참한 대북 원유감축 결의

**특집/헌정회 ‘안보대책’ 당국에 긴급 건의**  
긴급토론회… “美 전술/전략핵 배치하라”  
한국의 선택… 전술·전략핵 배치의 장·단점

안보 위기속 한국경제에 **‘빨간 불’**  
내외 경제 악재 겹겹이…“경제엔 **요행이 없다**”  
“젊은이들을 **‘헬조선 상황’** 서 구출하라!”

**시론과 논평**  
정부의 ‘탈원전’ …“분노 앞서 서글픔이!”  
잔혹해진 청소년범죄의 ‘죄와 벌’

**에세이/여행기**

조선시대 ‘黨爭’ 같은 오늘의 ‘政爭’  
역사탐방… 日나가사키평화공원의 교훈

2017  
10  
2017

## 짙은 북핵실험 뒤 크게 우려되는 백두산 화산



洪 台 奭

연세대 지구시스템과학과  
교수

**지난** 9월 3일 일요일 오후 12시 30분 북한의 6차 핵실험이 있었다. 우리나라 정부는 이번 핵실험의 지진 규모값을 5.7로 발표하였고, 미국 지질조사소(USGS)와 포괄적핵실험금지조약기구(CTBTO) 등에서는 규모 6.3으로 발표하였다. 우리나라와 세계 곳곳의 지진계에 이번 핵실험은 잘 기록되었다. 그간의 핵실험에서 보였던 고주파수 에너지 특징과 강한 P파 성분이 잘 나타났다. 또한 강력한 핵폭발로부터 발생한 음파가 간성, 양구, 철원 등에 9개 지역에 설치된 공중음파 관측소에도 잘 기록되었다. 특히, 우리나라와 북한 접경 지역에서 설치된 고정식 방사성 핵종 탐지 장비에서 제논-133이 미량 검출되면서, 북한의 핵실험을 확정하였다. 발표 기관별로 발표된 핵실험 규모값 차이가 있지만, 이번 핵실험이 앞선 5차례의 북한 핵실험의 수준을 크게 넘어섰다는 점에는 이견이 없다. 이번 핵실험의 발파량은 TNT 폭발량으로 약 120kTon에 이른다. 이 핵실험의 큰 규모값과 강력한 지진파는 이번 핵실험이 수소폭탄급에 준하는 규모임을 의미한다. 하지만, 동해상 공중 포집에서는 세슘 등 입자성 방사성 핵종은 검출되지 않아서, 핵실험 종류를 정확히 특정하기 어렵다.

이 핵실험으로 인해 발생한 지진파는 북한과 중국 접경지 지역에 강한 지진동을 만들어, 많은 사람들이 놀라 대피하기도 하였다. 이번 핵실험 위력으로 핵실험장 지역에 대한 인공위성 간섭 영상 분석을 통해 핵실험 갱도 인근의 산의 정상부가 최대 4m 정도 무너져 내린 것으로 확인되고 있다. 이러한 산정상부의 변위는 핵실험으로 인한 산사태 발생 가능성을 뒷받침한다. 이러한 지표 함몰은 핵실험 발생 후 약 8분 후인 오후 12시 38분경에 관측된 규모 4.1의 지진 발생의 원인으로 지목되고 있다. 이 관측 결과들은 핵실험으로 인해 핵실험장 인근의 넓은

지역에 지반 변형이 발생하였을 경우를 가능성을 지시한다. 이후 9월 23일 13시 43분과 17시 29분께 연쇄적으로 규모 2.6, 3.2 지진이 발생하면서, 핵실험 영향으로 인한 2차 효과가 주목받고 있다. 특히 9월 23일에 발생한 두 차례의 지진은 강도 붕괴, 산사태, 지구조 응력 배출 등 여러 가능성으로 분석되고 있다.

강력한 핵실험 효과가 확인됨에 따라, 북한 핵실험이 백두산에 미칠 영향에도 관심이 모아지고 있다. 백두산은 북한 핵실험장으로부터 약 120km 정도 떨어진 중국과 북한의 접경지에 위치해 있다. 백두산은 지난 5,000년간 수차례 폭발했으며, 그 결과 정상부에 지름 5km의 분화구가 생성되었다. 최정상부 분화구내에는 깊이 350m, 가로 4km, 세로 3km의 크기의 호수가 위치해 있다. 천지의 담수량은 약 20억톤에 이르는 것으로 알려져 있다. 백두산은 서기 969, 1215, 1413, 1597, 1668, 1702년 등 수차례 폭발한 전력이 있는 화산이다. 가장 최

근에는 1903년에 분출하였다. 특히 969년의 폭발은 인류 역사상 가장 큰 규모의 화산 폭발 가운데 하나로 평가되고 있다. 당시 분출한 화산쇄설물량은 100km<sup>3</sup>에 달하며, 멀리 일본 열도에 두께 5cm가 넘는 화산재 퇴적층을 만들어 냈다. 지난 5,000년간 여러 차례의 폭발로 백두산 정상부에는 지름 5km의 분화구가 형성되었고, 분화구 내에는 최대 수심 370m, 가로 4.4km, 세로 3.3km의 크기의 천지가 생성되었다. 이 천지의 담수량은 약 20억 톤에 이른다.

이런 백두산에 또 다시 화산 분출의 증후가 곳곳에서 감지되고 있다. 먼저, 2002년 6월 이후의 급격한 지진발생수 증가가 꼽힌다. 2002년 여름엔 하루에만 30회 이상의 지진이 관측되기도 하였다. 두 번째로 백두산 지각과 상부 맨틀에서 지진파 저속도층이 관측되는 점이다. 이 저속도층은 천지를 중심으로 횡적으로 광범위한 범위에서 퍼져있는 것으로 관측된다. 이



관측 결과는 지전류 탐사를 통해 밝혀진 저비저항층 관측결과와 일치한다. 이 뿐 아니라, 원거리 지진파 분석을 통해 저속도층이 지각하부와 상부 맨틀에서도 지속적으로 관측되었다. 세 번째로 1990년대 백두산 지역을 촬영한 인공위성 자료를 활용한 간섭영상 분석을 통해 백두산 정상부가 매년 평균 3 mm 씩 부풀어 오르는 현상이 관측되었다. 네 째로 80°C에 이르는 뜨거운 온천수도 백두산 주위와 정상부 등지에서 관측이 되고, 이 온천수에는 맨틀 기원 가스의 성분 농도가 높음을 확인하였다. 이러한 여러 관측결과들이 백두산 폭발 가능성을 지시하는 대표적 징후들로 제시되고 있다. 이

러한 백두산 화산 분화 우려는 2010년에 세계적인 과학학술지 Science지에 소개되는 등 세계적인 관심사로 떠오르고 있다.

3차원 심부 지각구조 연구를 통해 백두산 천지 하부 10 km 지하에서 P파 속도가 4 % 감소하는 층이 확인되었다. 지진파 저속도 층은 물질의 구성 성분이 액상이거나 혹은 고온의 환경임을 의미한다. 따라서, 이 저속도층은 마그마방으로 평가될 수 있다. 지진파 속도구조로 파악된 마그마의 분포는 천지 북쪽 지역 하부 중심부를 두고 남북 방향으로 뻗어있는 형태를 보인다. 또한, 지진파 토모그래피 영상 분석을 통해 천지하부 25-75 km 지점에서 또 다른

저속도층이 관측되기도 하였다. 또한 지전류 탐사에서도 백두산 하부 10 km 내외의 깊이에서 낮은 비저항(높은 전도도) 물질이 관측되었다. 이 관측결과는 지진파 분석을 통해 밝혀진 저속도층의 위치와 일치한다. 낮은 비저항은 부분 용융 지역이나, 유체 함량이 높은 지역임을 의미하며, 마그마방 존재 가능성을 시사한다. 최근, 북한 지진학자들이 Science Advances 학술지를 통해 발표한 연구 결과에서도 북한측 백두산 하부 지역에서 마그마방으로 추정되는 저속도층이 확인되었다. 이렇듯 다양한 연구를 통해 백두산 하부 10 km 깊이에 마그마



“

백두산과 인접한 풍계리 핵실험장에서 이뤄지는 지하 핵실험은 매우 우려스럽다. 작년에 발표한 우리 연구팀의 연구 결과에 의하며, 강한 북한 핵실험은 백두산 지역에 강한 지진동을 유발할 수 있다. 강한 지진동은 마그마방 내에 동적 응력 증가를 유발하고, 기포 생성을 돕는다. 규모 7내외의 강한 핵실험이 있고 백두산 마그마방이 잘 발달한 경우, 핵실험으로부터 발생한 강한 지진동에 의해 백두산 화산 분화를 촉발할 가능성이 있다.

”

방이 존재하고 백두산이 또 다시 분화할 수 있는 가능성이 제시되고 있다.

이런 가운데 백두산 인근 혹은 원거리에서 발생한 큰 지진으로 백두산 일대에 화산성 지진 발생이 증가한다는 보고는 백두산 분화에 대한 우려를 더한다. 이러한 화산성 지진의 발생은 백두산 화산이 활화산이고, 하부에 존재하는 마그마방내에 압력이 증가하고 있음을 지시하기 때문이다. 더구나, 백두산과 인접한 풍계리 핵실험장에서 이뤄지는 지하 핵실험은 매우 우려스럽다. 작년에 발표한 우리 연구팀의 연구 결과에 의하며, 강한 북한 핵실험은 백두산 지역에 강한 지진동을 유발할 수 있다. 강한 지진동은 마그마방 내에 동적 응력 증가를 유발하고, 기포 생성을 돕는다. 규모 7내외의 강한 핵실험이 있고 백두산 마그마방이 잘 발달한 경우, 핵실험으로부터 발생한 강한 지진동에 의해 백두산 화산 분화를 촉발할 가능성이 있다.

이번 6차 핵실험에 의해 핵실험장 인근 지역에 많은 산사태가 발생하고, 백두산 보다 멀리 떨어진 지역에 강한 지진동이 발생했다. 이에

따라 6차 핵실험으로 인해 백두산 마그마방이 일정 부분 영향을 받았을 가능성이 있다. 더욱이 이번 6차 북한 핵실험보다 더 큰 핵실험이 이뤄질 경우, 백두산에 미치는 효과는 막대할 것으로 판단된다. 또한 핵실험장 인근 지역의 산사태와 핵실험 갱도 붕괴 가능성에 대한 다각적 분석이 필요하다. 핵실험으로 약화된 지반에 산사태와 갱도 붕괴를 통해, 지하 갱도 내 간혀있었던 방사능 물질의 외부로 노출된 가능성도 있다. 이에 따라 시급히 다양한 조사가 필요한 상황이다. 방사능 물질의 누출 여부에 대한 면밀한 조사가 필요하며, 핵실험장 인근 지역의 지질학적 안정성 조사도 필요하다. 또한 아직까지 그 규모와 범위가 확실하지 않은 백두산 하부 마그마방에 대한 정확한 정보 수집이 필요하다. 이를 위해서는 여러 학문 분야의 방법을 결합하고, 종합적인 분석을 통한 체계적인 연구가 필요하다. 물론 이 일은 우리 정부의 힘만으로는 불가능하다. 인간의 잘못된 행동으로 발생할지 모를 재앙으로부터 국민을 보호하기 위해 다각적인 노력이 필요하다. **憲政**