

ODP 794A 시추공에서 분석된 백두산화산기원 테프라와 제4기 시간층서연구에 미치는 중요성

천중화¹ · 김복철² · 이희일¹ · 이윤수² · 한현철³

¹한국해양연구원 해저환경·자원연구본부

²한국지질자원연구원 지질기발정보연구부

³한국지질자원연구원 석유해저자원연구부

서론

백두산화산은 제3기 이후부터 수백년 전까지 화산활동이 보고되었다. 이들 중에서 백두산화산의 폭발적인 분출에 의해서 기원된 광역테프라는 동해 북부해역의 해저퇴적층과 일본 혼슈 및 홋카이도의 연안 퇴적층에서 발견되었다. 이 결과 백두산화산기원 광역테프라는 북동아시아대륙-동해-일본에서 제4기 시간층서학 및 고고학 연구에 중요한 도구로 이용되고 있다.

B-Tm 테프라는 가장 잘 알려진 광역범위 (regional scale)의 백두산화산기원 광역테프라이며, 그 분출연대는 약 1,000 년전으로 밝혀졌다. 백두산 주변 노두에서는 B-Tm 관련 수차례의 화산활동이 1,100-1,400 년전에 일어난 것으로 보고되었다. 그렇지만 백두산화산으로부터 수백 km-천 km 이상 떨어진 해저퇴적층과 일본열도에서는 한매의 B-Tm 테프라층만이 관찰되었다. 이것은 광역범위의 시간층서연구에 이용되는 백두산화산기원 광역테프라는 백두산의 화산작용을 모두 반영하는 것이 아니라 폭발적인 분출만을 지시하는 것을 알 수 있다.

최근의 테프라시간층서 연구에 의해서 새로운 백두산화산기원의 광역테프라들이 보고되었다. 동해 야마토분지에서 채취된 해저퇴적층에서 협재된 B-J 테프라는 48,000-51,000 년전에 분출된 것으로 분석되었다. 그리고 일본 혼슈 북부에 위치하는 오가반도 (Oga peninsula)의 해안단구에서 B-Og 테프라가 동정되었으며, 이 테프라는 약 448,000 년전에 분출된 것으로 분석되었다. 그렇지만 이들 테프라들은 분출장소와 백두산화산에서의 대비 등의 자세한 연구가 이루어지지 않았다.

동해에서 실시된 해양굴착프로그램 (Ocean Drilling Program:ODP)에 의해서 해저면으로부터 수백 m 길이의 해저퇴적층이 획득되었다. 본 연구에서는 이들중에서 ODP 794A 시추공에서 획득된 길이 약 350 m 해저퇴적층에서 상부 약 25 m의 퇴적층에 협재된 테프라를 동정하였다. ODP 794A시추공에서는 약 730,000 년전까지의 해저퇴적물내에 총 13 매의 백두산화산 기원의 광역테프라가 확인되었다.

연구지역 및 방법

백두산화산의 폭발적인 분출에 의해서 기원된 광역테프라는 북동아시아대륙, 동해 해저

퇴적층, 일본열도의 연안퇴적층에 넓게 분포한다. 본 연구에서는 야마토분지에서 채취된 ODP 794A 시추공에 협재된 백두산화산기원의 광역테프라를 분석하였다. ODP 794A 시추공은 북위 40° 11.41N과 동경 138° 13.86E에서 획득되었으며, 해저면으로부터 25 m의 해저퇴적층에서 총 22 개의 테프라가 동정되었다. 이들 테프라는 해저퇴적층에서 육안으로 확인되는 시료를 대상으로 하였다. 각 테프라들은 4 phi 체를 이용하여 물 세척한 이후에 초음파세척기를 이용하여 입자들을 분리하였다. 테프라 입자의 주요원소함량분석은 전자현미분석기 (JXA-8900R)를 사용하였으며, 입자형태관찰을 위하여 고분해능영상자료를 획득하였다. 본 연구에서 분석된 자료들은 잘 알려진 광역테프라 자료와 대비하여 기원화산체와 분출시기를 확인하였으며, 그 외의 테프라들은 주요원소함량과 입자형태분석에 의해서 기원화산체를 동정하였다.

결 과

백두산화산 주변에서는 제4기동안에 크게 2기~7기의 화산활동이 보고되었으며, 일본열도의 육상층에서는 B-Tm 과 B-Og 백두산화산기원의 광역테프라가 분석되었다. 이에 반해 동해 야마토분지 ODP 794A 시추공에서는 약 730,000 년전까지의 (Brunhes/Matuyama 경계) 해저퇴적층내에 13 개의 백두산화산기원 테프라가 동정되었다. 그리고 백두산화산기원 테프라와 함께, 기원화산체와 분출시기가 잘 알려진 Aso-4 (85,000~90,000 년전), Toya (112,000~115,000 년전), Aso-1 (약 255,000 년전), Kb-Ks (약 520,000 년전) 테프라도 확인되었다. 백두산화산테프라는 SiO₂ (67~75%), Al₂O₃(10~16%), Na₂O+K₂O(8~12%)의 범위로 분석되었다. 테프라 구성입자는 대부분 100 mm 크기 이하이며, 주로 부석과 파편(pumice lapilli fragments and pumice shards)으로 구성되어 있다. 백두산화산기원 광역테프라는 ODP 794A 시추공에서 표층~Aso-4 테프라구간에서 2 개, Aso-4~Aso-1 테프라구간에서 1 개, Aso-1~Kb-Ks 테프라구간에서 9 개, 그리고 Kb-Ks 테프라~B/M boundary 구간에서 1개가 동정되었다.

ODP 794A 시추공에서 분석된 백두산화산기원 광역테프라들은 주요원소함량과 구성입자의 차이점에 의해서 수직적인 변화가 관찰되었다. 이들 광역테프라들은 백두산화산의 분출장소, 화산의 폭발력, 분출당시의 고기상과 해양환경에 의한 영향을 받았을 것으로 예상된다. 그리고 새로이 밝혀진 백두산화산기원 광역테프라들의 분출시기는 해양퇴적층에서 획득된 산소동위원소자료, 고지자기자료 와 고생물자료에 의해서 정밀한 시기를 제안할 수 있을 것이다. 앞으로 야마토분지에서 채취된 ODP 794A 시추공에서 동정된 백두산화산기원 테프라의 제4기 테프라시간층서연구는 백두산화산의 화산활동을 복원할 수 있는 자료로 활용될 것이다. 이러한 폭발적인 백두산화산의 화산활동은 북동아시아대륙-동해-일본 (대륙-해양-화산열도)에서의 제4기 시간층서연구를 연결할 수 있는 중요한 열쇠로 활용될 것이다.