Proceedings of the Annual Joint Conference,
Petrological Society of Korea and Mineralogical Society of Korea
May 28, 2004, Cheongju, Korea

청송 동부 주왕산응회암의 암상과 분출상

황상구[1]*, 이병주[2], A.J. Reedman[2]
[1]안동대학교 지구환경과학과(hwangsk@andong.ac.kr)
[2]한국지질자원연구원 지질정보기반연구부

1. 서 언

경상분지 내의 화산지역은 흔히 침식정도가 매우 커서 일반적으로 칼데라 내에만 관련 화산암이 잔류되어 있는 경우가 많지만 칼데라 외부에 남아있는 경우도 있다. 경상분지 북동부 태행산에서 보현산과 내연산 사이의 주왕산 화산지역은 여러 화산암층이 존재한다. 하지만 이들의 암상과 분출상에 대한 연구가 이루어지지 않은 상태이다. 특히 주왕산 국립공원 지역도 마찬가지로 침식정도가 크고 침식 계곡이 깊어서 이에 관련된 화산암층을 거의 전부 드러내기 때문에 이들을 관찰할 수 있는 좋은 야외실험장을 제공한다. 그래서 이번에 그 중에서 주왕산응회암을 선정하여 이의 암상을 기재하고 이들의 분출상과 과정을 복원하기에 충분하다.

2. 지질개요

경상분지에는 화산암류가 넓게 분포되며 주로 유천소분지에 집중적으로 분포되지만, 영양소분지 남동부에서 의성소분지 중동부에 이르는 지역에도 넓게 분포된다. 이 지역은 태행산에서 보현산과 내연산에 이르는 지역으로서 주왕산 화산지역에 해당된다.

이 화산지역에서의 화산암류는 대부분 분출암류로 구성되지만 소규모 관입암류도 포함된다. 분출암류는 하양층군 퇴적암류 위에 놓이면서 하부의 염기성·중성 화산암류와 상부의 산성 화산암류로 대별된다. 전자는 대전사현무암, 입봉안산암과 죽장화산층 등의 층서단위가 있으며 이들은 상부의 산성 화산암류에 피복되어 지역적으로 고립되어 있다. 후자는 하부로부터 지품화산암, 주왕산응회암, 내연산응회암, 너구동층, 무포산응회암, 구암산응회암 등의 층서단위로 구분되고 대체로 북쪽에서 남쪽으로 분포된다(황상구, 1998; 황상구, 2002).

관입암류는 칼데라와 관련된 유문암질 관입체(rhyolitic intrusion)와, 칼데라와 무관한 흑운모 화강암과 규장암맥이 있다. 유문암질 관입체는 칼데라 형성 후속단계 화산암류로서 칼데라 내부 관입체와 환상암맥으로 구분된다. 흑운모 화강암은 작은 암주 형태로 노출되고 규장암맥은 직선상으로 노출된다.

3. 주왕산응회암의 암상

주왕산응회암은 청송군과 영덕군의 주왕산 국립공원 구역 내에 대규모로 분포되며 주왕산, 깃대봉, 장군봉 등의 험준한 산악을 형성하여 국립공원으로 지정될 만한 많은 자연유적을 가진다. 본암은 서쪽에서 대전사현무암을 남동쪽과 남서쪽에서 입봉안산암을 북서부에서 지품화산층을 피복하고 그 밖에서 저색 퇴적층을 직접 덮는다. 그리고 이는 거의 대부분 너구동층에 의해 덮이며 대략 350m 두께를 가진다.

주왕산응회암은 주로 회류응회암(ash-flow tuff)들로 구성되는 하나의 냉각단위를 일컫는 것으로서 하나의 층서단위이다. 이 층서단위는 대부분 회류응회암으로 구성되며 주로 주왕산 국립공원 내에만 분포된다. 이는 대부분 침식으로 인한 깊은 계곡이 형성되어 있을 뿐만 아니라 하부에서부터 상부까지의 그 단면을 대부분 노출시킨다. 그리고 이 응회암의 화학조

성은 고규산 유문암질에서 저규산 유문암질 범위에 해당된다. 그러면 주왕산응회암을 구성하는 암상을 상세히 기재하고 분출상을 살펴보도록 한다.

3-1. 회류단위의 설정

본암은 회색, 회갈색과 회백색을 띠고 유문암질이며, 소량의 석영과 사장석 반정을 가지고 다량의 부석을 함유한다. 전암층을 통하여 분급이 거의 되어 있지 않고 층리가 관찰되지 않으며 최하부와 최상부를 제외하고 대부분 심히 용결되어 있다. 따라서 본 암층은 고온의 화쇄류에 의해 정치되었음을 나타낸다. 본암의 구성입자 크기는 외래암편을 제외하면 대부분 화산회 크기의 입자가 50% 이상을 차지한다. 따라서 본암은 회류응회암 범주에 든다고 할 수 있다. 그러면 두꺼운 주왕산응회암이 하나의 단일 회류단위로 구성되었을까. 그렇지는 않을 것이며 실제로 구분되지 않았을지라도 수직단면에서 상당히 얇게 인식될 것으로 생각된다. 왜냐하면 350m 두께로 광범위하게 한꺼번에 정치되기는 힘들기 때문이다. 그러면 복수회류단위라면 회류단위 간에 지면써지(ground surge)에 의한 써지응회암(layer 1)과 회운(ash cloud)에 의한 강하응회암(layer 3)이 협재되어야만 이상적이다(Sparks et al., 1973). 그러나 이 주왕산응회암은 이러한 써지응회암과 강하응회암은 발견되지 않는다. 따라서 회류단위를 인식하고 정의하는 것은 특히 심하게 용결되어 변형된 암석에서 회류응회암의 가장 어려운 문제 중의 하나라고 생각된다. 회류로서 기본단위가 많은 냉각단위에서 이들을 구별하기란 쉽지 않는데 이는 회류응회암에서 풀기 어려운 하나의 주요 난점이다. 물론 기본단위로서의 회류단위의 인식은 흔한 지질학적 딜레마이지만 이의 인식은 용결된 응회암에서 중요하다고 본다. 왜냐하면 이의 인식은 여러 가지 문제를 풀 수 있게 하는 실마리를 제공하기 때문이다. 그러면 여기서 이들을 구분해 주는 분계(parting) 물질은 암편풍부대(lithic-rich zone)가 이의 기능을 담당한다고 본다. 회류응회암의 기본단위(layer 2)에서 이 암편풍부대는 얇은 세립질대(layer 2a) 직상위에 암편의 정점이대(layer 2b)의 최하부에 속한다. 이 암편풍부대는 회류단위로만 중첩되는 용결응회암에서 다른 어느 것보다 인식이 용이하기 때문에 이를 기준으로 하여 이로부터 조금 아랫쪽을 기본 회류단위의 분계로 설정한다.

3-2. 회류단위의 분석과 암질기재

주왕산응회암은 주왕산 계곡부에서 왕거암으로 올라가면서 9개 이상의 주요 회류단위가 인지되는데 하부에서부터 번호를 붙이면 기재에 편리하다. 이들은 입도에 따르면 대부분 조립응회암 내지 라필리응회암에 속하며 구성원에 따라 분류하면 기타 지역의 회류응회암과 마찬가지로 모두 파리질응회암에 속한다. 그러면서 결정, 암편과 부석 등의 함유비율이 상당히 다르기 때문에 이들의 차이에 따라 최하부의 1번 단위는 결정풍부 파리질응회암(crystal-rich vitric tuff)이고 2~3번 단위는 암편풍부 파리질응회암(lithic-rich vitric tuff)에 속하며 나머지 4~9번 단위는 부석풍부 파리질응회암(pumice-rich vitric tuff)에 속한다.

(1) 결정풍부 파리질응회암

이 응회암은 저색 사암 위에 놓이며 약 10m 두께로서 국부적으로 두껍고 측방으로 연속되다 이내 첨멸된다. 이의 암질은 회백색으로서 괴상이며 주로 화산회와 결정으로 구성되고 매우 드물게 암편을 함유한다. 결정은 장경이 최고 5mm이며 사장석과 석영이 풍부하고 K-장석이 드물게 포함된다. 이 응회암 상부는 특이하게 수10~수100cm 간격으로 수평 틈과 수직 틈이 생기고 그 사이에 청록색 응회암이 채우고 있다.

(2) 암편풍부 파리질응회암

이 응회암은 주왕산 계곡부에서 약 25m 두께이고 경계가 확인되지 않지만 2개 회류단위로 구성되는 것 같다. 이는 측방으로 다소 길게 연장되어 백련암 북쪽에서도 관찰되며 이내 렌즈상으로 첨멸된다. 이는 전체적으로 용결되어 있지 않아서 풍화에 상대적으로 다소 약하며 완만한 지형을 형성한다. 본암은 화산회 기질과 암편이 풍부하고 부석이 소량 포함되며 결정이 결핍되어 있다. 이중에서 암편은 저색 사암, 녹회색 사암, 석회암, 안산암과 유문암으로 구성되며 장경이 최고 4~5cm 정도이다. 이 암편은 하부 단위보다 상부 단위에서 훨씬 풍부하여 거의 암편질응회암(lithic tuff)에 가까운 반면에 하부 단위에는 청록색 부석이 다소 풍부한 편이다. 단일층 내에서 암편은 다소 불규칙하지만 하부에 밀집되어 구분된다. 암색은 대체로 청록색을 띠며 하부 단위가 담청록색이고 상부 단위가 암청록색을 나타낸다. 경하에서 파리질 샤아드는 하부에서 뼈다귀, 초승달 혹은 Y자 모양으로 그대로 간직하고 있으며, 간혹 탈파리작용(devitrification)에 의해 그 윤곽이 선명하게 나타난다. 따라서 하부에서 거의 비용결 내지 부분용결로 파리쇄설상 석리(vitroclastic fabric)를 나타낸다. 그러나 중부로 가면서 다소 용결되어있고 부석과 샤아드가 점차 편평화되어있다.

(3) 부석풍부 파리질응회암

이 응회암은 4번 단위 이상부터 해당되며 최상부 9번 단위를 제외하고 용결되어 있고 수직주상절리가 발달하여 대부분 험준한 절벽을 형성하며 국립공원으로서 많은 자연유적을 드러낸다. 이들은 주로 화산회와 부석으로 구성되고 암편과 결정이 소량 포함된다. 화산회는 다른 구성원의 기질에 해당되며 육안으로 인지되지 않지만 경하에서 대부분 샤아드로 인지된다. 이 샤아드는 흔히 편평화되고 용결되어 렌즈상이며 결정과 암편 주위에서 변형되어 배열되어 있다. 4~5번 단위에서는 샤아드는 심한 신장으로 인하여 인지가 곤란할 정도이다. 그러나 상부로 갈수록 샤아드는 심하게 용결되지 않아서 원래 샤아드 모양이 인지될 정도이며, 최상부에서 샤아드가 뾰족한 모양, 반달 모양, 오목한 모양 등의 원래의 예리한 모습을 그대로 간직한 파리쇄설상 조직(vitroclastic texture)을 나타낸다. 이 화산회는 용결 부위에서 회색, 담회색, 회갈색, 청회색 등의 어두운 색을 띠며 최상부에서와 같이 비용결 부위에서 회백색의 밝은 색을 나타낸다. 부석은 최상부를 제외하고 편평화되고 용결되어 있으며 4번 단위에서는 심하게 신장되어 있다. 이 부석 편평화에 의한 피아메(fiamme)는 대개 기질보다 더 어두운 암회색으로서 뚜렷한 색대조를 이루며 간혹 풍화면에서 튀어 나와 있고 혹은 담록색으로서 풍화에 약해서 쑥 들어가 있다. 이 피아메는 두께가 5mm 내외이고 길이가 2~3cm인 것이 흔하며 6번 단위에서 길이가 최고 75cm되는 것도 발견된다. 피아메는 수직단면에서 렌즈상이고 수평면에서 불규칙한 타원체이며, 분출시에 기공이 신장되어 내부에 세관상구조(tubular structure)를 흔히 나타낸다. 피아메가 현저하고 반정이 다소 적게 함유되는 것이 본암의 두드러진 특징이다. 눈으로 인식되는 반정은 1mm 내외의 자형 사장석과 다소 둥근형의 석영 등이 인식된다. 그리고 암편이 소량 함유되어 있으며 각 단위의 하부에서 다소 증가하여 암편풍부대를 형성한 곳도 있다. 이 암편은 이곳에서 일반적으로 평균 3~5cm이고 최고 10cm이지만 각 단위마다 암편의 크기와 밀집도가 다양하며 5번 단위의 밀집대에서 최고 25cm되는 경우도 있다. 이 암편은 유대상 유문암편과 암회색 유리편이 가장 풍부하며 간혹 저색 사암편과 안산암편이 발견된다.

4. 암상 해석과 분출상

하부에서 암편풍부 파리질응회암이 기질의 불량한 분급, 괴상 층리, 두꺼운 두께와 비용결 등에 의하면, 이 암상은 다소 큰 폭발에 의해 형성된 다소 높은 분연주 붕괴로부터 밀집된 테프라가 회류로 정치된 것을 지시한다. 암편이 약한 점이현상을 보이는 것은 약하게 유체화되었음을 의미한다. 기질이 매우 풍부한 것은 유체화가 강하지 않아 화산회의 이탈이 적었다는 것을 나타낸다. 그러므로 이 암상은 다소 큰 폭발에 의한 다소 높은 분연주 붕괴로부터 발생하는 밀집된 테프라가 다소 유체화된 회류로부터 정치하는 분연주 붕괴상이라는 것을 지시한다. 그러나 상부로 가면서 용결되는 것은 분연주의 높이가 점점 낮아지고 방출량이 점차 증가되었다는 것을 지시한다.

중·상부에서 부석풍부 파리질응회암이 분급되지 않고 용결엽리를 형성하는 것은 회류에 의해 정치되었음을 지시한다. 본 암층은 전반에 걸쳐 회운에 의한 강하응회암이 약간이라도 산출이 되지 않는 것은 분출중심지에 가깝거나 혹은 연속적인 분출로 회운이 강하될 틈조차 주지 않았다는 것을 반영하는 것 같다. 암편이 기저부에서 풍부한 것은 회류가 측방운동을 약간 겪으면서 처진 암편인 것으로 판단된다(Wright and Walker, 1977). 피아메와 기질의 경계가 희미하거나 모호한 것은 고온에 의해 치밀하게 용결되었음을 암시한다. 이와 같이 중부와 상부에서 회류응회암은 용결작용이 매우 심한 점, 반정 함량이 매우 적고 크기가 작은 점에 의하면, 이 암상은 상대적으로 온도가 높은 회류에 의해 정치되었음을 지시한다. 탈파리작용이 매우 심한 점에 의하면 본 암층은 낮은 분연주 붕괴에 의해 회류가 빠른 속도로 두껍게 집적되므로서 열 손실의 저하로 고온으로 보다 오래 지속되어 냉각기간이 길었음을 암시한다.

이상과 같이 조직적인 균질성, 큰 두께와 완전한 용결작용은 원래 높은 온도의 마그마에서 분출되어 속도가 느리고 유체화가 적으며 회운 속으로 화산회 손실이 적은 비팽창성 회류에 의해 일어난 퇴적상임을 반영한다(Wilson, 1980). 이러한 회류상은 맹렬하지 않은 대규모 분출에서 유래되었음을 암시하며, 이때의 분출은 폭발성이 약하게 연속적으로 일어나는 끓어넘침 분출(boiling-over eruption)이었다고 생각된다. 이 분출이 일어날 때는 회운이 거의 발생하지 않는 반복적인 회류의 범람에 의해 큰 용적의 회류응회암을 형성하였다. 이러한 반복적인 회류가 두껍게 집적되므로서 고온의 열이 오래 유지됨으로서 강한 용결작용이 일어나고 심한 탈파리작용이 일어날 수 있었을 것이다.

5. 결 론

주왕산응회암은 약 350m 두께이고 암상에 의하면 최하부에 결정풍부 파리질응회암, 하부에 암편풍부 파리질응회암과 중·상부에 부석풍부 응회암으로 구분되는 회류응회암으로 구성되며 후자가 가장 풍부하다.

하부에서 암편풍부 파리질응회암은 분연주 풍괴에 따른 화쇄류 형성 분출에 의한 팽창성 화쇄류상이고 회운 강하상이며, 상부에서 회류응회암은 끓어넘침 분출에 의한 비팽창상 회류상이다.

6. 사 사

이 연구는 2003년 한국과학재단 특정기초연구 지원(과제번호: R01-2003-000-10044-0)에 의해 수행되었음을 밝힌다. 연구 수행시에 국립공원 주왕산 관리사무소의 협조에 사의를 표

한다.

7. 참고문헌

황상구, 1998, 청송 주왕산 일대의 화산지질. 대한지질학회 춘계학술답사 가이드북, 서울, 42p.

황상구, 2002, 청송 남동부 구암산 칼데라의 함몰유형과 진화. 지질학회지, 38, 199-216.

Sparks, R.S.J., Self, S. and Walker, G.P.L., 1973, Products of ignimbrite eruptions. Geology, 1, 115-118.

Wilson, C.J.N., 1980, The role of fluidisation in the emplacement of pyroclastic flows: An experimental approach. J. Volcanol. Geotherm. Res., 8, 231-249.

Wright, J.A. and Walker, G.P.L., 1977, The ignimbrite source problem: significance of a co-ignimbrite lag-fall deposits. Geology, 5, 729-732.