

# 청송 남동부 무포산응회암의 흐름 방향

황상구<sup>1)</sup> · 안웅산<sup>1)</sup> · 손용석<sup>1)</sup>

## 1. 서언

백악기 화산암류들은 각기 그 공급지를 달리하는 여러 응회암들로 구성되어있다. 그러나 응회암들은 그들이 생성된 후의 다른 공급지로부터 유래한 응회암에 의한 피복, 침식작용, 관입 등의 여러 사건들에 의하여 그 공급지를 알아내기가 어려운 경우가 많다. 이러한 것은 여러 응회암들에 대한 분포만을 파악하고 그들의 공급지를 찾기 위한 연구가 활발하지 못했기 때문이다. 응회암들의 공급지를 알아내기 위해서는 흐름 방향을 추적함으로써 가능하다.

무포산응회암은 그 공급지가 지금까지 알려져 있지 않았고, 비교적 넓게 분포하며 계곡이 깊기 때문에 흐름을 지시하는 여러 증거들을 관찰할 수 있고 그 공급지를 추적하기에 매우 적합한 응회암이라고 생각된다.

## 2. 연구방법

본역에 분포하는 퇴적암, 화산암 그리고 심성암들의 분포를 조사하여 이를 지도상에 기입하고, 퇴적암은 그 주향과 경사를 측정하였으며 화산암중 응회암의 경우 야외에서 피아메에 의한 용결엽리가 뚜렷이 나타나는 곳에서는 그 엽리면의 주향과 경사를 측정하였다. 이 용결엽리의 주향과 경사를 종합하여 실내에서 구조도를 작성하였다.

한편 무포산응회암 내에서 그 흐름 방향을 지시하는 증거를 조사하였다. 노두에서 그 단축과 장축의 비가 2:1 이상인 변형되지 않은 길쭉한 부석과 암편들이 나란히 나타나는 배열 방향을 측정하였다. 그리고 본 응회암은 노두에서 용결조직이 잘 관찰되는 것이 특징이다. 이러한 용결에 의한 용결엽리면 위에서 마지막 정치단계의 층류에 의해 부석들이 다소 신장되어 있는데, 이 신장된 부석(stretched pumice)의 신장방향 또한 그 방향을 측정하였다.

이러한 것들의 방향은 흐름의 절대 방향을 나타내는 것이 아니므로 그 절대방향을 측정하기 위하여 길쭉한 부석과 암편들이 나란히 배열된 방향에 평행하게 잘려진 수직단면에서 부석과 암편들에 의해 나타나는 와상배열의 방향을 측정하였다. 이 흐름 지시자들의 방향을 지질도상의 위치에 기입하여 유향도를 작성하였다.

## 3. 지질개요

본역은 한반도 남동부에 위치하는 경상분지의 북동부에 위치하며, 의성소분지의 동북부와 영양소분지의 동남부에 걸치는 지역이다.

영양소분지 남부 주왕산 화산지역에서 화산암류는 유천소분지와 상당히 다르게 하부에 염기성과 중성 화산암류, 중부에 산성과 중성 화산암류, 상부에 산성 화산암류로 구성된다. 이들의 하부는 대부분 안산암질의 용암과 응회암으로 구성되고, 중부와 상부는 대부분 유문암질과 데사이트질 화쇄류에 의한 큰 용적의 응회암들로 구성된다. 그런데 중부와 상부에서

1) 안동대학교 지구환경과학과 (hwangsk@andong.ac.kr)

이 응회암들 사이에는 안산암질 용암층과, 퇴적암층 및 안산암질 용암층이 협재되어 있어 이들을 기준으로 하여 여러 암층으로 구분하였는데 이들은 별도의 화산중심지에서 유래되었다고 하였다(황상구, 1998).

중부는 안산암질 용암층을 기준으로 하여 그 이하의 산성화산암을 지품화산암층이라 하고, 그 위의 유문암질 응회암을 주왕산응회암이라 칭했다. 그러나 지품화산암층은 본역의 북쪽에서는 최고 500m 두께이지만 남쪽으로 오면서 얇아진다. 본역에서는 지품화산암층의 상위에 놓일 것으로 생각되는 내연산응회암이 주왕산응회암의 하위에 놓인다. 이 두 응회암층은 모두 유문암질 응회암이고 수평적으로 서로 떨어져 있다.

상부는 안산암질 용암층과 퇴적암층으로 구성되는 너구동층이 주왕산응회암과 내연산응회암의 상위에 놓인다. 이 너구동층의 상위에 무포산응회암이 넓게 분포한다.

#### 4. 무포산응회암

무포산응회암은 그 입자의 크기에 따라 분류하면, 라필리나 블록 크기의 입자들을 소량 포함하는, 대부분 화산회 크기의 입자로 이루어진 응회암에 해당한다.

무포산응회암은 부분적으로 암편이 풍부한 곳도 간혹 존재하지만, 전체적으로 유리질편과 결정편들이 풍부한 결정풍부 유리질 응회암으로 암편의 양은 상대적으로 적다. 그러나 이들은 암편이 적은 부분을 선택하여 현미경하에서 그 구성원의 부피함량을 모드 분석한 것으로 실제 노두에서 암편의 양은 조금 더 많을 것으로 기대되지만 크게 다르지는 않을 것이다.

이 응회암은 다른 응회암들과 마찬가지로 등급이 불량하고 괴상으로 산출된다. 야외에서 이 응회암은 대부분 거의 회녹색을 띠고 간혹 담회색과 담홍색을 띠는 것도 있다. 기질에 결정이 풍부하고 청록색 부석과 암편이 포함되어 있다. 기질에 나타나는 결정들은 대부분이 사장석 결정과 결정편이고 각섬석과 석영 결정들 또한 야외에서 관찰된다. 각섬석이 석영 결정에 비해 더 많이 나타난다. 현미경하에서는 간혹 흑운모가 관찰되기도 한다. 기질뿐만 아니라 부석 내에서도 또한 사장석과 각섬석 결정들이 관찰된다. 간혹 큰 부석 내에서는 이들 사장석 결정들의 배열이 관찰되기도 한다. 이들 사장석 결정의 배열이 나타나는 부석에서 그 결정의 배열은 부석의 장축의 배열과 대체로 일치하는 것들도 있다. 이 무포산응회암들은 특징적으로 야외에서도 편평화된 부석에 의한 용결구조들이 잘 관찰되는데 이러한 용결에 의해 용결엽리가 뚜렷이 관찰되기도 한다.

야외에서 부석은 두 형태로 나타난다. 그 한 형태는 다른 응회암에서도 흔히 관찰되는 그 크기가 작고 어느 정도 변형된 부석으로 용결이 심하지 않은 곳에서는 길쭉한 타원형 형태로 나타나고, 용결이 심한 부분에서 이들은 크게 편평화되어 유택시틱 석리를 형성시킨다. 이들 심하게 용결된 부석들은 잘 배열되어 용결엽리를 뚜렷이 발달시킨다. 다른 한 형태의 부석은 편평화되어 있지 않고 그 크기가 보다 크다. 주로 그 형태는 약간 길쭉한 형태가 대부분이고 간혹 등방형의 것들도 관찰되는데 그 크기가 30cm 이상 되는 것도 있다. 이들 부석들을 현미경하에서 관찰해보면 대부분 그 기공이 거의 관찰되지 않고 아주 드물지만 용결에 의하여 찌그러진 기공이 관찰되는 경우가 있다. 그리고 대부분의 경우 부석 내의 다공질 조직은 탈파리화에 의하여 거의 남아있지 않고 간혹 그 부석의 끝 부분에는 들쭉날쭉한 부석의 잔류상이 남아있는 경우가 있다. 이들 두 형태의 부석들은 대부분 내부에 사장석과 각섬석 그리고 소량의 흑운모 반정을 함유하고 있다. 부석 내의 이들 반정의 함량을 측정해보면 25~30 vol%로 나타난다. 그러나 이들 주위 기질 내에서의 결정의 함량은 28~41

vol%로 부석 내에서보다 그 함량이 대체로 더 많고 그 함량의 변화범위도 더 넓다.

부석 내의 반정의 함량은 25~30 vol%이고 주위 기질의 반정 함량은 28~41 vol%로 양쪽의 반정함량의 하한은 크게 차이가 나지 않는다. 그러나 주위 기질의 반정의 함량은 그 평균이 35.2 vol%인데 반해 부석은 그 평균함량이 26.8 vol%로 상당히 적다.

## 5. 흐름 지시자

무포산응회암에는 위에서 언급했던 것처럼 원래 모양의 큰 부석들이 잘 관찰된다. 이들은 그 크기가 가장 큰 것은 30cm되는 것도 관찰된다. 이들의 모양은 길쭉한 모양의 것들이 대부분이다. 이 길쭉한 부석들은 화쇄류의 흐름 방향에 따라 나란히 배열된다. 야외에서 이것에 의한 유상선구조를 측정하는 것은 그리 어려운 일이 아니다. 그러나 원래 모양의 부석 외에 또 다른 하나, 신장된 부석에 의한 유상선구조를 측정하는 일은 신중을 기해야 한다. 왜냐하면 이 신장된 부석의 기원에 대하여 두 가지 견해가 있기 때문이다. 신장된 부석을 흐름의 지시자로서 사용하기 전에 무포산응회암에 나타나는 신장된 부석의 기원에 대하여 생각해 봐야 할 것이다. 그 하나는 신장된 피아메가 화쇄류의 후기 단계동안의 층류에 의해 부석편이 신장되어서 생긴 진정한 일차성 흐름의 지시자라는 것이다(Chapin & Lowell 1979; Schmincke & Swanson, 1967; Deal, 1973). 또 다른 하나의 견해는 화쇄류에 의한 퇴적물이 압축변형 후에 경사면에서 이차적으로 재유동되어서 생긴 신장으로 화쇄류의 진정한 흐름 방향이 아니라는 것이다(Wright, 1980; Wolff & Wright, 1981). 특히 Deal(1973)은 신장된 부석의 신장은 흐름 후기단계에 생긴 것으로 압축작용 후에 이차적인 재유동으로는 이들 신장된 부석의 축비를 설명하기 어렵다고 했다. 즉 흐름의 후기단계에 전단력에 의해 어느 정도 신장이 일어난 후에 압축작용을 받으면 신장된 부석의 축비를 잘 설명할 수 있다고 하였다. 그렇다면 무포산응회암 내에 나타나는 신장된 부석은 이중 어느 것에 해당하는가? 정확한 축비까지는 측정하지 않았지만 야외에서 관찰되는 신장된 부석의 산출상태와 암편과의 관계를 봐서 이것을 유추해 낼 수 있을 것이다. 야외에서 신장된 부석이 작은 암편 끝에서 암편에 의하여 편평화되고 비껴가는 모습을 나타낸다. 이것은 압축작용에 의한 편평화인 것으로 생각된다. 왜냐하면 만일 압축작용 이후에 재유동이 일어났다면 이 암편은 아마 회전한 흔적을 가질 것이다. 그러나 그러한 흔적은 발견되지 않는다. 이러한 것들을 봤을 때 아마 신장된 부석의 기원에 대한 첫 번째 생각이 무포산응회암에는 더 적절하다고 생각한다. 즉 이들 신장된 부석은 화쇄류의 후기단계에 흐름이 멈추기 전의 층류에 의한 전단력에 의해서 신장이 되고 이와 동시적 혹은 그 후에 일어나는 압축작용에 의해서 편평화되었을 것이다. 그러므로 본 응회암의 용결엽리 상에서 나타나는 신장된 부석의 배열은 이 응회암을 집적시킨 화쇄류의 흐름 방향의 지시자로서 사용될 수 있다.

이들 부석과 같이 응회암 내에 나타나는 암편들은 그 모양이 등방형에서부터 어느 한쪽으로 길다란 형태의 것까지 다양하게 산출된다. 이들 길쭉한 모양의 암편들 또한 화쇄류 방향의 좋은 지시자이다.

길쭉한 부석, 길쭉한 암편과 신장된 부석은 흐름의 방향을 나타내지만 이들은 흐름의 절대방향을 나타내는 것은 아니다. 그러므로 야외에서 흐름 방향에 평행하게 수직으로 잘린 단면에서 길쭉한 부석과 암편의 와상배열을 찾는 것은 그 흐름의 절대방향을 찾아내기 위한 수단이다.

이들 흐름 방향에 대한 측정결과를 도면에 표시하여 유향도에 나타내었다. 길쭉한 부석과

암편에 의한 흐름 방향은 대체로 북서-남동 방향으로 배열되고 주왕산 부근에서 거의 남북 방향으로 배열된다. 그렇다면 이들의 이동 패턴은 뚜렷하지는 않지만 남동부에 중심을 둔 부채꼴을 나타낸다. 따라서 이 화쇄류는 남동에서 북서방향으로 흘렀음을 나타낸다.

그리고 절대방향을 지시하는 와상배열이 남동방향으로 기울어져 있어서 이를 지시한다. 즉 이는 흐름의 절대방향이 남동에서 북서 방향으로 흘렀다는 것을 지시한다. 또한 어떤 지역은 용결엽리가 비대칭으로 습곡되어 있으며 습곡축면이 남동쪽으로 기울어져 있다. 이것 또한 화쇄류가 남동에서 북서 방향으로 흘렀음을 지시한다.

## 6. 토의

기존의 화쇄류의 흐름 방향지시자를 조사하여 공급지를 추적하는 여러 연구들에 의하면 흔히 화쇄류의 흐름 방향이 공급지를 중심으로 방사상 혹은 부채꼴 모양으로 나타난다고 보고되었다(Potter & Oberthal, 1987; Le Penec et al., 1994; Rhodes & Smith, 1972).

무포산응회암에서 여러 흐름 방향들은 대부분 거의 북서에서 남동 방향으로 나타나지만 주왕산 지역에서 거의 남북 방향인 것을 고려하면 부채꼴 패턴을 보인다. 그리고 흐름의 절대방향을 지시하는 와상배열이나 유상습곡의 습곡축면이 남동쪽으로 기울어져 있는 것으로 미루어 그 공급지의 방향이 남동쪽에 위치함을 알 수 있다. 그러나 흐름 지시자의 배열을 근거로 정확한 공급지의 위치를 지적하기보다는 공급지의 방향을 지시하는 것으로 보인다. 왜냐하면 연구지역에서 흐름 방향의 패턴이 뚜렷한 부채꼴로 나타나기 때문이다.

본역에서 무포산응회암의 분포면적은 약 70km<sup>2</sup> 이상으로 원래 생성당시의 무포산응회암의 분포면적 중 일부분에서 연구가 행해졌기 때문에 생성당시의 무포산응회암의 방사상이나 부채꼴 패턴 중 일부분만이 연구된 것으로 생각된다. 그리하여 본 연구지역 내의 흐름 방향이 뚜렷한 부채꼴 패턴을 나타내지 않는 것으로 생각된다. 그러나 본 연구지역 내의 무포산응회암의 두께가 약 500m 이상 되는 것으로 미루어 그 공급지가 그리 멀지 않을 것을 추측된다.

## 7. 결론

무포산응회암은 경상분지 북부에서 유천층군 화산암류 중 하나의 층서단위이다. 이 무포산응회암은 그 입도에 의하면 대부분 응회암에 속하고 구성원에 의하면 파리질 응회암에 속한다. 이들은 대부분 용결되어 있고 부석과 샤아드가 심하게 편평화되고 곳에 따라 신장되어 있다.

무포산응회암을 집적시킨 화쇄류의 흐름 방향을 지시하는 증거들은 용결엽리에서 길쭉한 부석이나 암편들에 의한 선구조, 신장된 부석에 의한 선구조가 있다. 이 선구조들의 방향성은 북서-남동 방향을 나타내고 주왕산 지역에서 남북 방향을 나타낸다. 따라서 이들의 이동 패턴은 남동부에 중심을 둔 부채꼴을 나타낸다. 그리고 길쭉한 부석과 암편들은 선구조와 평행한 수직단면에서 드물지만 와상배열이 남동쪽으로 기울어져 있고, 유상습곡의 습곡축면이 남동쪽으로 기울어져 있다. 이러한 것은 무포산응회암의 공급지가 본 연구지역의 남동에 위치하였다는 것을 지시한다. 그리고 무포산응회암의 두께가 본 연구지역에서 500m 이상 되는 것으로 미루어 그 공급지가 그리 멀지 않을 것으로 추측된다.

## 참고문헌

- 황상구, 1998, 청송 주왕산 일대의 화산지질. 대한지질학회 '98 춘계학술답사 가이드북, 40p.
- Chapin, C.E. and Lowell, G.R., 1979, Primary and secondary flow structures in ash-flow tuffs of the Gribbles run paleovalley, Central Colorado. In Capin & Elston (eds.), Ash-flow tuff, 137-154.
- Deal, E.D., 1973, Geology of the northern part of the San Nateo mountains, Socorro country, New Mexico: A study of a rhyolite ash-flow tuff cauldron and the role of laminar flow in ash-flow tuffs. Ph.D. thesis, University of New Mexico, 107-128.
- Le Pennec, J.-L., Bourdier, J.-L., Froger, J.-L., Temel, A., Camus, G. and Gourgaud, A., 1994, Neogene ignimbrites of the Nevsehir plateau (central Turkey): stratigraphy, distribution and sour constraints. J. Volcanol. Geotherm. Res., 63, 59-87.
- Potter, D.B. and Oberthal, C.M., 1987, Vent sites and flow directions of the Otowi ash flows(lower Bandelier Tuff), New Mexico. Geol. Soc. Am. Bull., 98, 66-76.
- Rhodes, R.C. and Smith, E.I., 1972, Distribution and directional fabric of ash-flow sheets in the north-western Mogollon plateau. New Mexico. Geol. Soc. Am. Bull., 83, 1863-1868.
- Schmincke, H.-U. and Swanson, D.A., 1967, Laminar viscous flowage structures in ash-flow tuffs from Gran Canaria, Canary Islands. J. Geol., 75, 641-664.
- Wolff, J.A. and Wright, J.V., 1981, Rheomorphism of welded tuffs. J. Volcanol. Geotherm. Res., 10, 13-34.
- Wright, J.V., 1980, Stratigraphy and geology of the welded air-fall tuffs of Pantelleria, Italy. Geol. Rundsch., 69, 263-291.