한국석유지질학회
제 5차 학술발표회 논문집 (1998)

무주 적상산 일대에 분포하는 백악기 무주분지 역암의 퇴적 시스템

박 정웅, 이 용일
서울대학교 자연과학대학 지질과학과, 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1

1. 서 언

역암은 입자가 크고 기원지에서 비교적 가까운 곳에 퇴적되기 때문에 기원암에 관한 많은 정보를 가지고 있다. 역암을 구성하는 역의 종류와 크기, 원마도, 분급 및 고수류를 지시하는 퇴적구조는 퇴적 시스템과 기원암의 지질학적 특성을 알려주는 훌륭한 지시자로서 이용된다(Nemec and Steel, 1984). 역암에 대한 연구는 역의 조성, 고수류와 기원암의 관계(Howard, 1989), 역암의 조성, 역암체의 형태와 지구조 운동의 관련성(Fillmore and Middleton, 1989; Seider, 1989), 역암의 조직, 퇴적구조와 퇴적 시스템과의 관계(Gloppen and Steel, 1981; Hwang, 1993; Karpeta, 1993)의 관점에서 주로 수행되었다.

무주분지의 역암은 무주읍 남쪽 약 5 km에 위치하는 적상산 (El. 1034 m) 산자락에 주로 분포한다(Fig. 1). 역암을 구성하는 입자의 크기가 매우 크고, 특히 적상산의 동쪽과 서쪽에 분포하는 역암의 색과 역의 조성이 뚜렷하게 다르기 때문에 역암의 조성, 퇴적 시스템 및 기원암의 관계를 알아볼 수 있는 좋은 기회를 제공한다.

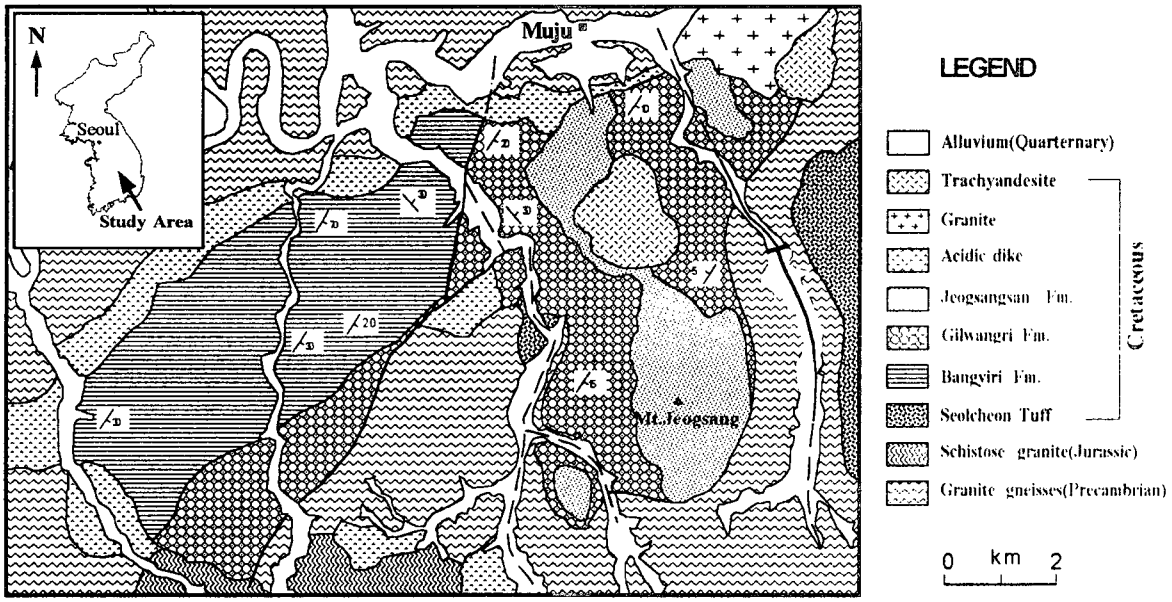

Fig. 1. Geological map of the Muju Basin.

이 연구는 적상산 지역에 분포하는 역암의 횡적 및 공간적 분포, 고수류 방향과 입자 크기의 변화, 역의 조성 변화를 근거로 퇴적물 형성 당시의 퇴적 시스템과 기원암에 대해 논의하고자 한다.

2. 지질 개요

무주분지 퇴적암(무주층군)은 서쪽의 조항산 암체와 동쪽의 적상산 암체로 구성되며 두 암체는 단층으로 접하고 있다. 무주층군은 하부의 쇄설암(epiclastics)과 상부의 화성쇄설암 (pyroclastics)으로 구성되어 있다. 무주층군의 두께는 약 2000 m이며, 3개의 층서 단위(방이리층, 길왕리층, 적상산층)로 구분된다(박정웅과 이용일, 1997). 쇄설암은 거력 (boulder)에서 왕자갈 (cobble)로 구성된 조립질 역암, 잔자갈(pebble)과 왕모래(granule)로 이루어진 세립질 역암, 약간의 사암과 세일로 구성된다. 특히 적상산 하부를 이루고 있는 대부분의 암석은 원마도가 좋은 역지지 조립질 역암이다. 역암층의 두께는 300~400 m 이다. 무주분지는 퇴적암의 분포와 산출상태를 근거로 서쪽의 조항산 Subbasin 과 동쪽의 적상산 Subbasin이 발달한 것으로 해석되었다.

3. 역암의 산출 양상

무주분지 역암은 역이 매우 크고 둥글며, 대부분 역지지(clast-supported)의 특징을 보인다.또한 단일 조성의 역이 우세한 역암(oligomictic conglomerate)으로 산출한다. 역암은 거력(boulder)에서 왕자갈(cobble)로 구성된 조립질 역암이 가장 많으며, 잔자갈(pebble)에서 왕모래(granule)로 구성된 세립질 역암도 일부 산출한다. 역암층의 형태는 판상으로 산출하는 것이 많으나 하도 모양(channel type)으로 산출하기도 한다. 역암층이 중첩된 경우에는 역암층 사이에는 사암이 협재하기도 한다.

3.1 적상산 동쪽 지역

적상산 동쪽 지역은 길왕리층 북창층원으로 무주읍 자하동-북창리-초리를 지나는 727 번 지방도 도로변과 하상 및 절벽에 원마도가 좋고, 역으로 지지된 왕자갈(cobble)에서 거력(boulder)으로 이루어진 녹회색 역암으로 구성된다. 역암은 선캠브리아시대의 편마암으로 구성된 기반암과 단층으로 접하거나 부정합으로 덮고 있다. 적상산 동쪽에 분포하는 역암의 조성은 주로 거력에서 왕자갈 크기의 단일 조성의 결정질(라필리) 응회암으로 구성되어 있다. 역의 크기는 층서적으로 상부로 갈수록 위치로는 북서쪽으로 갈수록 대체로 감소한다. 역의 크기는 최고 90 cm에 달하기도 하지만 조립질 역암은 20-30 cm 크기의 역으로 주로 이루어졌다. 역암은 인편상 구조(imbrication)를 보이거나 층리면에 평행하게 배열한다. 역암층은 판상이거나 하도 구조를 보인다. 역암 사이에는 사층리를 보이거나 괴상으로 산출하는 렌즈형의 사암이 끼어 있다. 사암은 횡적으로 연장성이 좋지 않으며, 상부는 침식면이 많이 발달되어 있다. 역의 배열과 사암의 사층리, 하도의 종축 방향으로 추정한 고수류 방향은 N50W~N90W이나 부분적으로 NS를 나타내기도 한다.

3.2 적상산 서쪽 지역

적상산 서쪽 지역은 길왕리층 서창층원으로 무주읍 가옥리-길왕리-서창리-사산리에 이르는 30번 국도와 적상산 서쪽 산자락을 따라 두꺼운 역암층이 발달한다. 역의 크기는 남쪽에서 최대이며 북쪽으로 갈수록 감소한다. 역암층은 기반암인 선캄브리아시대의 변성암류를 부정합이나 단층으로 접한다. 역암은 입자의 크기가 300 cm에 이르는 초거대력까지 포함하며, 거력(boulder) 역암에서 왕자갈 역암, 잔자갈 역암으로 구성된다. 역암 사이에는 사층리가 발달하거나 괴상인 사암이 낀다. 역암의 색은 대부분 담회색이나 부분적으로는 자주색으로 산출하기도 한다. 역의 조성은 주로 우백 화강암질 편마암이며, 호상 편마암, 편암 및 규암의 역을 일부 포함한다. 역의 크기는 북동쪽으로 갈수록 감소한다. 역은 층리면에 나란히 놓여 있으며 인편상 구조를 보인다. 고수류 방향은 N20E~N60E이다.

4. 퇴적상 및 퇴적상 조합

퇴적암체의 형성 과정과 퇴적 시스템을 해석하기 위하여 입자의 크기, 조직 및 퇴적구조를 기준으로 퇴적상으로 구분하고, 여러 개의 퇴적상을 묶어 퇴적상 조합을 구분하였다. 퇴적상은 역지지이고 역의 배열이 잘 된 역암(Gco), 역지지이고 역의 배열이 되지 않은 역암(Gcd), 기질지지 역암(Gm), 괴상의 그래늘 역암(Gmg), 역의 배열이 되지 않은 각력질 역암(Gd), 수평층리가 발달된 사암(Sh), 평행사층리가 발달된 사암 (Sp)과 엽층리 이암과 사암 호층(F)으로 구분하였다.

적상산 Subbasin에는 두 개의 선상지-동쪽의 북창선상지와 서쪽의 서창선상지-가 발달한 것으로 해석하였고, 각 선상지는 매우 유사한 형태의 퇴적상과 퇴적상 조합이 발달한 것으로 해석하였다(Table 1). 적상산 Subbasin 동쪽에는 퇴적상 조합 I-a(판상류가 발달된 상부에서 중부 선상지(proximal to mid fan)와 퇴적상 조합 II-a(판상류와 하천류가 발달된 중부에서 하부 선상지(distal fan), 퇴적상 조합 III(선상지 전면의 낮은 지역에 발달된 작은 호수)가 발달하였다. 서쪽에는 퇴적상 조합 I-b(쇄설류와 판상류가 발달된 상부에서 중부 선상지(proximal to mid fan)과 퇴적상 조합 II-b(판상류, 하천류, 쇄설류가 발달된 중부에서 하부 선상지(mid to distal fan)가 발달되었다. 두 개의 선상지 가장자리는 북쪽에서 만나서 주 하천(axial river)을 형성하였다.

5. 역의 조성과 기원암

적상산 지역에 분포하는 무주분지 퇴적물은 분지의 양쪽에 발달한 두 개의 주 단층을 따라 형성된 충적 선상지에서 퇴적되었다. 역의 분포와 인편상 구조로 측정한 동쪽 선상지(북창 선상지)는 북서 방향으로 전진하는 모습으로, 서쪽 선상지(서창 선상지)는 북동 방향으로 진행하는 형태로 발달하였다.

북창 선상지의 역암은 결정질 라필리 응회암 역으로 주로 구성된 단일 조성의 암석이며, 기원암은 설천응회암이다. 무주분지의동쪽에 분포하는 설천응회암은 라필리 크기의 석영과 장석과 탈유리화된 점토 광물로 구성되며, 곳에 따라 응회각력암, 결정질 라필리암과 결정질 응회암으로도 산출한다. 세립질 역으로 들어있는 안산암은 설천응회암에 라필리나 화산각력으로 들어 있던 것

Table 1. Characteristics of facies associations and depositional environments. Underlines represent dominant sedimentary facies.

	Facies Association	Sedimentary Facies	Depositional Environments
Eastern Fan (Bugchang Fan)	Facies Association I-a	Gco, Gcd, Gd	Proximal to mid fan with gravel bars and sheets
	Facies Association II-a	Gco, Gmg, Sh	Distal to mid fan with channel flows and sheetfloods
	Facies Association III	F, Gcd	Temporary small lake/pond
Western Fan (Seochang Fan)	Facies Association I-b	Gco, Gcd, Sp,	Proximal to mid fan
	Facies Association II-b	Gm, Gcd, Sh	Mid to distal fan with sheetfloods

이 재동된 것으로 해석된다. 역의 크기가 북서에서 남서방향으로 갈수록 감소하는 것은 선상지 입구에서 멀어지고 있음을 의미한다. 한편, 원마도가 좋은 결정질 응회암 역과 원마도가 나쁜 편마암 역으로 구성된 각력질 역암은 비교적 먼 거리에서 운반된 결정질 응회암역과 단층 주변에서 떨어져 들어와 가까운 거리에서 유입된 편마암 역이 섞인 것으로 보인다. 인편상 조직과 사층리, 하도 구조의 종축 방향으로 추정한 고수류의 방향은 N90W에서 NS이다.

서창 선상지에서 형성된 역암의 기원암은 기반암을 이루고 있는 선캠브리아시대의 우백 화강암질 편마암과 호상 편마암이다. 선캠브리아시대의 변성암은 영남육괴를 구성하며, 무주분지 주변에는 소규모로 분포하는 쥬라기 화강암을 제외하고 대부분이 이 암석이다. 서창 선상지 역암은 남쪽에서 북동쪽으로 갈수록 입자의 크기가 작아지고, 원마도가 증가하는 것으로 보아 기원암은 남쪽에 있었음을 지시한다. 역암의 고수류 방향은 북쪽이나 북동쪽으로 퇴적물 운반이 있었음을 지시한다.

6. 분지의 퇴적 역사

옥천습곡대와 남동쪽 기반암과의 경계부에는 북동-남서 방향을 가진 여러 개의 단층이 발달되어 있다. 무주 분지 남서쪽에는 순창전단대와 광주단층이 북동쪽에는 영동단층이 발달되어 있다. 무주 분지 남서쪽에 분포하는 능주 분지와 기반암은 우수향 단층 운동에 의해 형성된 순창전단대로 경계를 이루며(Kee, 1993), 진안 분지는 기반암과 광주단층에 의해 구분된다. 북동쪽의 영동 분지는 옥동단층의 연장부인 영동단층을 경계로 기반암과 접하고 있다. 영동 단층은 좌수향 주향이동 단층운동에 의해 형성되었다. 순창전단대와 광주단층의 연장부는 무주 지역의 남서쪽에서, 영동단층은 무주 지역의 북동쪽에서 각각 끊겨 무주 지역에서는 연장부를 확인할 수 없다.

적상산 Subbasin은 다음과 같은 과정에 진화과정을 겪었을 것으로 해석된다. 적상산 Subbasin

은 주향이동 단층계에서 남북 방향으로 발달된 두 개의 단층을 따라 중심부의 지괴가 침강하여 형성된 지구형 분지(graben type basin)이다. 단층을 따라 발달된 퇴적 시스템은 충적 선상지(alluvial fan)이며, 선상지를 구성하는 조립질 역암은 원마도가 좋고, 역으로 지지되어 있는 것이 특징이다. 즉, 분지에서 약간 떨어진 곳에서 운반된 역이 퇴적분지가 형성되면서 많은 퇴적물이 쌓인 것으로 해석된다. 상대적으로 고지를 이루었던 기반암에서 유입된 퇴적물은 단층과 수직방향으로 흐르는 하천에 의해 공급되었으나, 분지 중심부에서는 점차 북쪽 방향으로 이동하였다.

분지의 남쪽 부분에는 상대적으로 약간 높은 지형(topographic high)에 의해 퇴적물이 쌓이지 못하고 퇴적물은 북쪽을 향해 이동하였다. 북쪽을 향한 퇴적물의 이동은 남쪽에 비해 북쪽이 더 많이 낮아지는 차별 침강(differential subsidence)하였음을 의미한다. 중심부에 있었던 상대적 고지(relative highland)에 의해 퇴적물의 이동이 제한되면서 부분적으로 일시적인 소규모 호수가 형성되어 층리가 잘 발달된 이암이 형성되었다.

쇄설성 퇴적물로 이루어진 두 선상지의 퇴적작용은 분지 주변에서 폭발적인 화산활동이 시작되면서 거의 멈추게 된다. 즉 화산활동에 의한 화성쇄설성 퇴적물의 공급으로 분지가 매우 빠르게 메워지게 된다. 화성쇄설물은 화쇄류와 공중 낙하에 의해 주로 쌓였으며, 주변 지역에 넓게 퇴적되었을 것으로 보이나 현재는 적상산 상부에서 산출한다.

7. 결론

적상산 지역에 분포하는 무주분지의 역암은 원마도가 좋고, 역지지이며, 단일 조성의 역암으로 구성된다. 역암에서 관찰되는 퇴적학적인 특성으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 역암체의 형태는 퇴적분지 양쪽에 발달된 주 단층으로부터 분지 중심으로 갈수록 점점 두께가 작아지는 쐐기형의 암체를 이룬다. 입자의 크기는 남쪽에서 북쪽 방향으로 갈수록 작아지며, 층의 두께도 점점 얇아진다. 이러한 사실은 퇴적물의 운반이 북쪽 방향으로 진행되었음을 나타낸다.

둘째, 역암의 고수류 방향은 적상산 동쪽과 서쪽이 다르다. 인편상 구조와 사층리, 하도 구조의 종축으로 추정한 고수류 방향은 분지 주변의 높은 곳(highland)에서 분지 중심 방향으로 퇴적물이 운반되었음을 나타낸다 즉, 적상산 동쪽에서는 북서 방향으로, 적상산 서쪽에서는 동쪽이나 북동 방향으로 유수가 이동하였음을 지시한다. 이러한 사실은 두 지역이 독립적인 퇴적 시스템을 이루었음을 의미하며, 역암체의 규모와 형태가 적상산 중심으로 갈수록 점차 얇아지는 것과 잘 일치한다.

셋째, 적상산 동쪽의 역암은 녹회색으로 결정질 응회암 역으로 구성되며, 서쪽의 역암은 담회색으로 우백 화강암질 편마암과 호상 편마암 역으로 주로 구성되어 있다. 즉 역암의 색 차이는 역의 조성에 기인한다.

넷째, 적상산 Subbasin은 옥천습곡대와 영남육괴사이에 발달된 주향이동 단층계에서 형성된 지구형 분지이며, 거의 마주보는 형태의 두 개의 선상지가 발달하였다.

8. 참고문헌

박정웅, 이용일, 1997, 백악기 무주분지의 층서 재정립, 지질학회지, 33. 65-77.

Fillmore, R.P. and Middleton, L.T., 1989, Tectonic and Transport controls on conglomerate composition, upper Cretaceous of Southwest Utah, In: *Conglomerates in Basin Analysis: A symposium dedicated to A.O. Woodford* (Eds. by Coburn, I.P., Abbott. P.L. and Minch, J.), Pacific Section SEPM, 113-122.

Gloppen, T.G. and Steel, R.J., 1981, The deposits, internal structure and geometry in six alluvial fan-fan delta bodies (Devonian-Norway) - A study in the significance of bedding sequence in conglomerates, In: *Recent and Ancient Nonmarine Depositional Environments: Models for Exploration* (Eds. by Ethridge, F. G. and Flores, R. M.), SEPM Spec. Publ. No. 31, 49-69.

Howard, J.L., 1989, Stratigraphy and depositional environment of the Sespe Formation, Northern Santa Ana Mountains, California, In: *Conglomerates in Basin Analysis: A symposium dedicated to A.O. Woodford* (Eds. by Coburn, I.P., Abbott, P.L. and Minch, J.), Pacific Section SEPM, 269-300.

Hwang, I.G., 1993, Fan-delta systems in the Pohang Basin(Miocene), SE Korea, Ph.D thesis, Seoul National University (Unpublished), 923 p.

Karpeta, W.P., 1993, Sedimentology and gravel bar morphology in an Archaen braided river sequence: the Witpan Conglomerate Member (Witwatersrand Supergroup) in the Welkom Goldfield, South Africa, In : *Braided Rivers* (Eds. by Bristow, C.S. and Best, J.L.), Geological Society Special Publication No.75, 369-388.

Kee, W.S., 1993, Structural Evolution of the Hwasun Coalfield, Korea, Ph.D thesis, Seoul National University (Unpublished), 236p.

Nemec, W. and Steel, R.J., 1984, Alluvial and coastal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits. In: *Sedimentology of Gravels and Conglomerates* (Eds. by Koster, E.H. and Steel, R.J.), Can. Soc. Petrol. Geologists Mem., 10, 1-32.

Seider, V.M., 1989, Conglomerate clast composition and sediment distribution in the upper Mesozoic Franciscan Assemblage and Great Valley sequence, Northern California, In: *Conglomerates in Basin Analysis: A symposium dedicated to A.O. Woodford* (Eds. by Coburn, I.P., Abbott. P.L. and Minch, J.), Pacific Section SEPM, 161-122.