

하안단구 역 풍화도 분석

이광률 · 윤순옥

경희대 지리학과 강사, 경희대 지리학과 부교수

1. 서론

하안단구면을 이루는 퇴적층에 포함되어 있는 퇴적물들은 하안단구가 형성된 시기부터 현재까지 풍화를 받게 된다. 즉, 하안단구 퇴적층의 풍화 기간은 바로 하안단구면의 형성시기부터 현재까지가 되는 것이다. 외국의 선행 연구들을 통해 볼 때, 암석의 풍화는 초기에 빠르게 진행되지만, 어느 정도 풍화가 진전되면 풍화의 속도가 점차 늦어진다고 제시되고 있으며, 암석과 토양을 구성하고 있는 풍화에 약한 몇 가지 광물들의 존재 유무와 원소 함량의 변화는 풍화 시간과 매우 긍정적인 상관 관계가 있는 것으로 나타난다, 이는 결국, 우리나라와 같이 여러 가지 제약으로 지형 연대 측정이 어려운 곳에서는 퇴적층 속에 포함된 역의 풍화 특성을 분석하는 것이 퇴적층의 형성 시기를 추정하는 매우 유용한 방법이 될 수 있다는 것을 의미한다.

본 연구는 홍천강 중·하류를 대상지역으로 하여, 하상의 표면과 각 하안단구면의 지표 아래 1~3m 깊이의 역층에서 편암, 화강암, 안산암, 사암, 규암 등 총 219개의 역을 수집하여, 다음과 같은 방법으로 하안단구 역의 풍화도 분석을 실시하였다.

먼저, 암석 풍화의 물리적 특성을 구하기 위해, 역을 절단한 후 풍화각의 두께, 색의 변화, 밀도, 함수량을 측정하였다. 또한 Schmidt Hammer를 이용하여 암석의 강도와 정(positive)상관 관계를 가지는 수치인 반발도를 측정하였다. 다음으로, 암석 풍화의 화학적 특성을 조사하기 위해서, 암석의 종류에 따라 각 하안단구면에서 풍화각이 잘 발달한 총 23개 암석 표본을 선정하여, 역의 풍화대 부분과 풍화가 이루어지지 않은 신선대에서 X선 회절분석(XRD)과 X선 형광분석(XRF)을 실시하여, 각 단구면 별로 암석의 풍화에 따른 신선대와 풍화대 사이의 광물 조성의 변화와 각 원소비의 상대적인 변화 양상을 파악하였다. 또한, CIA(chemical index of alteration), WPI(weathering potential index) 등의 풍화 지수를 계산하여 시간에 따른 풍화 특성을 고찰하였다.

2. 연구 대상지역

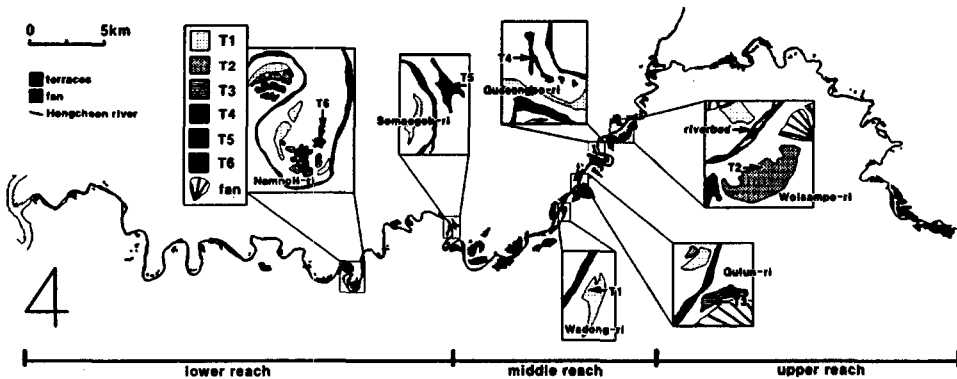


그림 1. 역 풍화도 분석 대상 지역: 홍천강 중·하류 하안단구.

연구 대상 지역은 T1면에서 T6면까지 하안단구가 고르게 잘 발달되어 있으며, 유역분지의 지질이 중부지방의 대표적인 암석인 편마암과 화강암 뿐만 아니라 풍화각이 매우 잘 발달하는 것으로 알려진 안산암과 사암 등으로 이루어진 홍천강 중·하류를 대상으로, 현 하상을 포함하여 T1면에서 T6면까지의 모든 단구면의 노두 또는 지표 아래에서 총 219개의 역을 수집하였다(그림 1).

3. 하안단구 역의 물리적 풍화 특성

1) 역의 외관상 특징

하상에서 수집된 편마암, 화강암, 안산암, 사암의 모든 역의 단면은 산화철이 집적된 갈색 반점이 나타나기도 하지만, 매우 신선하다. 하안단구 T1면에서 수집된 편마암, 안산암, 사암 역시 하상의 표본과 마찬가지로 갈색 반점들이 나타나지만 매우 신선하다. 그러나 T1면 화강암은 색이 전체적으로 누렇게 변해있고, 암석의 강도가 상당히 약해진 모습을 확인할 수 있었다.

하안단구 T2면에서는 편마암, 안산암, 사암 단면의 바깥쪽에서 수mm의 황색을 띠는 풍화각을 확인할 수 있으며, 화강암은 내부까지 풍화가 진전되어 광물 입자가 손으로도 부수어질 정도로 약해져 있다. 하안단구 T3면에서도 T2면과 마찬가지로, 편마암, 안산암, 사암에서는 외부에 풍화각이 발달해 있으며, 화강암은 완전히 변색되었고 강도가 매우 약해져 있다.

하안단구 T4면의 역은 야외에서 육안으로 암석의 종류를 구분하기 어려울 정도로 규암을 제외한 거의 모든 역에서 풍화가 매우 진전되어 있다. 표본이 수집된 편마암과 사암은 갈색 또는 황색의 풍화각이 두껍게 나타난다. T5면에서는 T4면과 마찬가지로 편마암과 규암이 대부분이며, 편마암과 사암은 두꺼운 풍화각을 가지며, 규암에서는 산화철이 집적된 풍화각이 나타나기도 하였다. T6면의 편마암은 단면의 거의 모든 부분이 변색될 정도로 풍화가 심하다.

2) 풍화각의 두께

그림 2와 같이 모든 암석이 대체로 하상에서 T6면으로 갈수록 풍화각의 두께가 점차 증가하는 경향을 보인다. 특히 풍화각 두께의 증가폭이 가장 큰 시기는 T1면과 T2면의 사이로 나타났다.

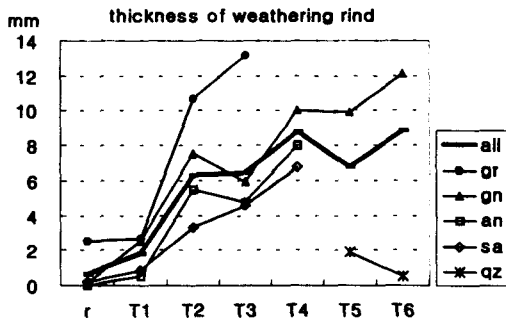


그림 2. 암석별 풍화각의 평균 두께의 변화.

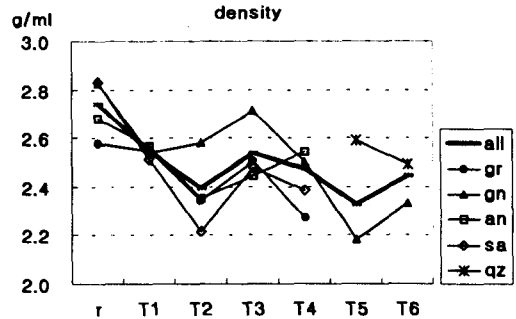


그림 3. 암석별 평균 밀도의 변화.

3) 밀도

전체적인 경향은 하상에서 T6면으로 갈수록 점차 낮아지는 것을 확인할 수 있으나(그림 3), 각 시기별로 검토하면 그 경향은 상당한 변동을 나타내고 있다. 특히, 풍화각의 두께와 마찬가지로 밀도 역시 하상 또는 T1면부터 T2면까지에서 급격하게 낮아진다.

4) 함수량

하상에서 T6면으로 갈수록 평균 함수량 값이 증가하는 경향을 나타낸다. 특히, T1면과 T2면 사이에서는 함수량이 급격하게 증가한다.

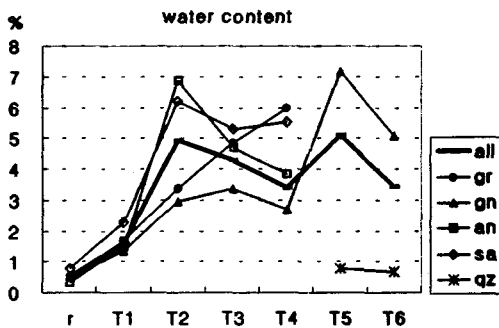


그림 4. 암석별 평균 함수량의 변화.

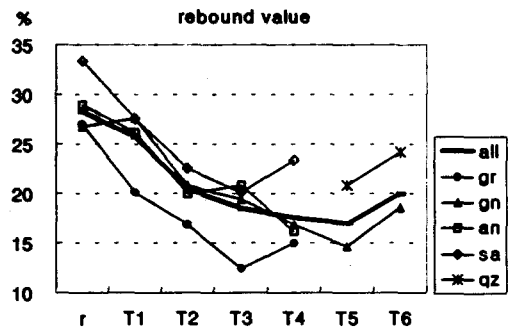


그림 5. 암석별 평균 반발도의 변화.

5) 반발도

강도와 정상관을 갖는 반발도는 하상에서 T5면까지 뚜렷하게 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 다른 수치들에서와 마찬가지로 하상에서 T2면까지의 기울기 변화가 급격하게 나타난다.

4. 하안단구 역의 화학적 풍화 특성

1) 풍화대에서의 광물 구성 변화

XRD 분석을 통해서 단구면의 시기에 따른 역의 신선대와 풍화대의 구성광물의 변화를 살펴보면, 편마암은 하상에서 T3면까지 신선대와 풍화대 사이의 구성 광물의 차이가 거의 나타나지 않지만, T4면부터는 풍화대에서 meghemite와 침철석이 발견되고, T5면에서는 신선대에 존재하는 사장석이 풍화대에서는 나타나지 않으며, T6면에서는 침철석과 자철석이 나타난다.

안산암은 하상에서 T2면까지 풍화대와 신선대의 광물 차이가 없으며, T3면에서는 신선대에 확인되는 사장석이 풍화대에서는 발견되지 않는다. 사암은 하상에서 T1면까지 풍화대가 발달하지 않았으며, T2면부터 신선대에 존재하던 사장석이 풍화대에서는 발견되지 않으며, 계속해서 T3면에서도 신선대의 사장석이 풍화대에서는 발견되지 않는다. 그러나 T4면에서는 신선대의 사장석이 풍화대에서 매우 약한 강도로 나타나기도 하였다. 그리고 규암은 신선대와 풍화대 사이에서 광물의 차이가 확인되지 않는다.

2) 풍화대에서의 원소 비율 변화

편마암, 안산암, 사암에서 나타난 풍화대의 원소 비율 변화를 보면, 연소손실의 비율은 풍화대에서 증가하는 경향이 뚜렷한데, 이는 시간이 지남에 따라 암석의 표면에 유기물의 양이 증가하였음을 의미한다. 반대로 칼슘과 나트륨의 비율은 풍화대에서 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타나는데, 칼슘과 나트륨은 앞서 XRD 패턴에서 풍화에 가장 민감한 것으로 확인된 사장석($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)을 구성하는 대표적인 원소로서, 모두 알칼리 원소이며 이온화 경향이 크고, 칼슘, 마그네슘, 나트륨은 다른 원소에 비해 상대적 이동성이 가장 큰 원소이기 때문에, 물에 의한 가수분해 작용에 의해 치환되어 광물로부터 쉽게 제거될 수 있다. 따라서 사장석을 구성하는 칼슘과 나트륨은 풍화대에서 원소의 비율이 감소하는 것이며, 이는 또한 XRD와 XRF 분석 결과가 서로 잘 부합하고 있음을 보여준다.

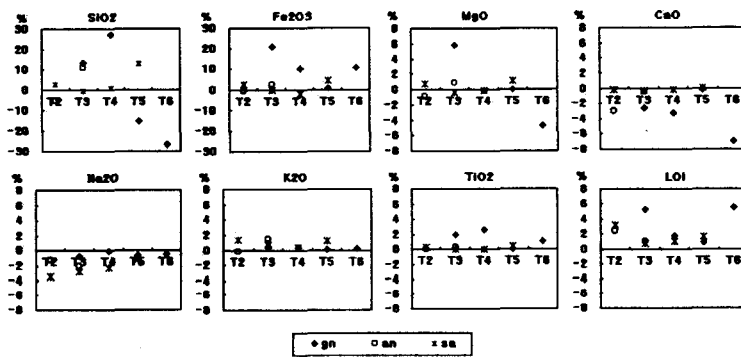


그림 6. 원소별 신선대에 대한 풍화대에서의 비율 증감의 변화.

3) 풍화 지수

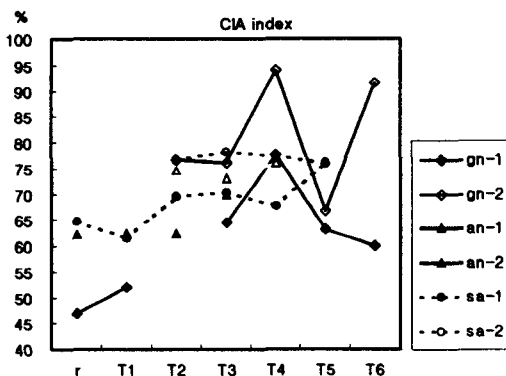


그림 7. 암석별 CIA 지수의 변화.

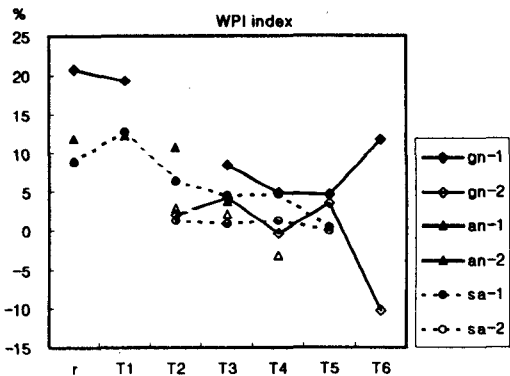


그림 8. 암석별 WPI 지수의 변화.

전체적으로 시간이 오래된 하안단구면 일수록 CIA 지수는 증가하며, WPI 지수는 감소하는 경향이 뚜렷한 것으로 나타난다. 특히 하상에서 T2면 또는 T3면까지는 증가하는 경향이 뚜렷하다.

참고문헌

- 양승영, 2001, 지질학사전, 교학연구사.
- Bates, Jackson, 1980, Glossary of Geology, American Geological Institute.
- Chiaki T. Oguchi and Yukinori Matsukura, 1999, Effect of porosity on the increase in weathering-rind thicknesses of andesite gravel, *Engineering Geology*, 55, 1-2, pp.77-89.
- Chiaki T. Oguchi, 2000, Rate of rock property changes with weathering: Andesite gravel in fluvial terrace deposits in Nasuno-ga-hara, Japan, Science report, Institute of geoscience, University of Tsukuba, 21, pp.59-88.
- Chiaki T. Oguchi, 2001, Formation of weathering rinds on andesite, *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, pp.847-858.
- D. A. Robinson, R. B. G. Williams, 1994, *Rock Weathering and Landform Evolution*, John Wiley & Sons.
- Jamie C. Woodward, Mark G. Macklin, John Lewin, 1994, "Pedogenic Weathering and relative-age Dating of Quaternary Alluvial Sediments in the Pindus Mountains of Northwest Greece", pp.259-283. Ed. by D. A. Robinson, R. B. G. Williams, *Rock weathering and landform evolution*, John Wiley & sons.
- Ken-ichi Nishiyama, 2002, "Rate of Rock Property Changes due to Weathering: Sandstone Gravel in Fluvial Terrace Deposits in the Miyazaki Plain", *Science Reports*, Institute of Geoscience, University of Tsukuba, 23, pp.1-40.
- Peter D. McIntosh and Joe S. Whitton, 1996, Weathering trends in terrace deposits up to 350,000 years old in northeast Southland, New Zealand, *CATENA*, 26, 1-2, pp.49-70.
- Peter W. Birkeland, 1999, *Soil and Geomorphology*, Oxford University Press
- Ritter, D. F., Craig Kochel, R., Miller, J. R., 1995, *Process Geomorphology*, Wm. C. Brown Publishers.
- 三木幸藏, 1987, わかりやすい岩石と岩盤の知識, 鹿島出版會.
- 町田 貞 et. al, 1982, 地形學辭典, 二宮書店.