

경기도 지역에 분포한 화강·편마암의 풍화특성과 등급에 관한 연구

최 무 응*
임 중 호**

(目 次)

1. 서론	1) 일반적 특성
1) 연구목적	2) 지화학적 특성
2) 연구동향	3) 현미경 분석
2. 방법	4) XRD분석
3. 지역개관	5) 풍화과정
4. 풍화특성과 등급의 이론적 배경	6. 풍화등급 분석
5. 풍화특성의 분석결과	7. 검토
	8. 결론

1. 서론

1) 연구목적

지각을 구성하는 물질은 대부분 암석으로 되어 있으나 형성과정과 성인은 상이하다. 이런물질들이 지표에 노출되면서 부터 풍화가 급속히 진행된다. 이와같은 현상은 지질시대를 통하여 반복되므로 지표에 다량의 풍화산물을 이루어 여러가지 지형 변화영역을 거쳐 유용한 토양자원이 형성된다. 특히 풍화물은 복합산물로 구성되어 인간에게 유익한 2차광물 뿐만아니라 모든식물의 성장 근원이기 때문에 여러측면에서 형성과정과 기구에 관하여 규명하고 있다. 그러나, 암석은 풍화속도가 극히 느려 어떠한 과정으로 형성되는가를 실험과 가설을 통하여 규명하고 있는 실정이지만 실험과 가설 자체에 무리한 조건이 수반되기 때문에 일반법칙을 유도하는데 큰 어려움이 있다. 따

라서 많은 분야에서 풍화산물에 대한 결과로써 그 분야에 직접 관련있는 항목에 치중하여 연구하고 있는 실정이다. 즉, 자원공학측면에서는 풍화산물의 이용도를 증대시키기 위해 점토의 정량적 분석에 역점을 두고 있으며, 토양학에서는 토지이용과 토양개량을 위해 토성, 양이온치환력, 토질 오염등 생산성 증대에, 토목공학에서는 풍화산물의 점성, 입도, 강도등 건축, 건물시공에 야기되는 제반사항에 역점을 두고 있다. 이와같이 각분야에서 2차 생성물에 대한 중요성이 확인되고 있으나 종합적으로 규명 되지 못하고 있다. 특히, 풍화에 관한 연구는 정성적인 방법으로는 가능하나 정량적 방법은 많은 난점을 갖고 있다고 사료된다. 이러한 점을 고려하여, 경기도에 분포된 화강, 편마암류를 연구대상으로 하여 암석의 풍화과정과 특성을 정량적으로 분석하고 풍화의 등급을 설정하여 풍화정도를 밝힐 수 있는 모델을 제시함과 동시에 풍화현상을 종합적으로 고찰하고자 한다.

* 건국대 이과대학 지리학과 교수

** 건국대 대학원 박사과정

2) 연구동향

풍화산물은 토양화 과정중의 한단계로 인간생활에 있어서 다방면으로 이용되고 있다. 특히, 경제성장과 더불어 풍화산물에 대한 연구가 지형, 지질, 토양, 토목분야에서 활발히 진행되고 있으며 이에 관한 연구동향은 다음과 같다. 김주환은 화강암 풍화의 문제와 염풍화현상에서 화강암의 풍화는 절리와 밀접한 관계가 있음을 밝혔고¹⁾ 조남기는 암석풍화에 관한 연구에서 염풍화의 유형과 절리의 영향을 언급했다.²⁾ 장호는 서남부지방의 제암석에 나타난 풍화현상의 성인과 형성시기에서 이지역의 풍화는 간빙기의 영향을 많이 받았음을 제시했다.³⁾ 권순식은 화강암 풍화층에 관한 연구에서 풍화층의 사례를 들고 화강암지형을 제시했다.⁴⁾ 강영복은 지형형성과정에 있어서 풍화작용과 토양생성작용의 역할과 특성을 기술적으로 논하였다.⁵⁾ 김성은은 모재에 따른 토양점토 광물의 특성과 풍화안정도에 관한 연구에서 토양의 풍화안정도에 영향을 미치는 인자는 토양규반비와 규철반비, 광물학적 조성을 언급했다.⁶⁾ 최무웅은 암맥중의 핵석형성에 대한 연구에서 규반비는 외부에서 내부로 갈수록 증가하며 풍화가 양호하게 진행된 곳은 2차 광물인 smectite와 kaolinite가 검출됨을 밝혔다.⁷⁾ 임종호는 단양지역 석회암의 풍화에 관한 연구에서 백운석을 모재로 하는 풍화

산물은 현재의 기후하에서 형성되고 있음을 제시했으며⁸⁾ 오경섭은 한국에 현존하는 화강암 풍화층이 다성인 과정을 거쳐 형성 되었음을 제시했다.⁹⁾

Ward Chesworth는 지표면의 규산염광물의 화학적 풍화에 대한 모델에서 무정형 SiO_2 가 가장 높은 용해성임을 언급했고¹⁰⁾ 풍화단계 분류에서 초기, 중기, 말기단계등 3구분했다.¹¹⁾ Arier Singer는 이스라엘의 현무암 풍화 특성에 관하여 풍화각과 풍화대에서 점토구성은 고령토와 smectite로 구성 되어 있고 새프롤라이트에는 smectite만 있다고 주장했다.¹²⁾ Kazuko Urushibara는 유고슬로비아의 지중해안 적색토의 지역적 다양성에 관한 연구에서 이 지역에 주로 구성 되어 있는 점토광물의 주영역은 illite의 풍화로 Hydroxy-Al interlayered Clays의 구성임을 보여 주며 Rendzina 테라푸스카의 연속은 현재동안 발달된 것으로 추정했다.¹³⁾ Hallberg는 심층풍화 지역에서 화성암분류에 의한 지화학적 연구에서 화산암에 대해 Ti/Zr 비는 유문암 <4< 석영안산암 <12< 안산암 <60< 현무암 순으로 나타남을 보였다.¹⁴⁾ Hamrol은 두개의 풍화형태로 구분하는 풍화안정성의 정량적 분류를 하였으며 Kiersch와 Treacher, Knill과 Jones는 Moye와 유사한 방법으로 화학적 분해의 정도를 분류하였다.¹⁵⁾ Lumb는 홍콩의 풍화된 화강암에서 석영

- 1) 김주환, 1980, 화강암풍화의 문제와 salt weathering 현상, 동국지리, 제1호, pp.3-8.
- 2) 조남기, 1981, 암석풍화에 관한연구, 동국교육대학원 석사 학위논문, pp.1-27.
- 3) 장 호, 1983, 남서부지방의 제암석에 나타나는 풍화현상의 성인과 형성시기, 지리학 논총, 제10호, pp.305-323.
- 4) 권순식, 1986, 화강암 풍화층에 관한 연구, 청주대 인문과학논집, pp.149-163.
- 5) 강영복, 1986, 지형형성과정에 있어서 풍화작용과 토양생성작용의 역할과 특성, 지리교육논집, 제17집, pp.67-91.
- 6) 김성은, 1988, 모재에 따른 토양점토광물의 특성과 풍화안정도에 관한 연구, 건국대석사학위논문, pp.1-39.
- 7) 최무웅, 1988, 암맥중의 핵석형성에 대하여, 건국대, 학술지(2), 32, pp.69-79.
- 8) 임종호, 1988, 단양석회암 간적토의 지화학적 분석, 장안지리, 4권 5호, pp.32-48.
- 9) 오경섭, 1989, 화강암풍화층의 광물조성과 풍화현상, 지리학 제40호, pp.31-42.
- 10) Ward Chesworth, 1973, The Residua system chemical weathering : A model for the chemical breakdown of silicate rocks at the surface of the earth, *Jr.soil science*, Vol.24, pp.69-81.
- 11) _____, 1977, weathering stages of the commanigneous rocks Index minerals and mineral assemblages at the surface of the earth, *Jr.soil science*, Vol.28, pp.490-497.
- 12) Arier Singer, 1978, The nature of basalt weathering in Israel, *soil science*, Vol.125, pp.217-225.
- 13) Kazuko Urushibara, 1981, Regional variation of mediterranean red soils of Yugoslavia, *Erdkunde*, band 35, pp.1-11.
- 14) Hallberg, S.A. 1984, A Geochemical aid to igneous rock type identification in deeply weathered terrain, *J.Geochem, Explor.* 20, pp.1-8.
- 15) Bell, F.G. 1983, *Fundamental of Engineering Geology*, Butterworths, pp.271-276.

과 장식의 무게비를 이용하는 정량적 지수를 제시했다.¹⁶⁾ Ward¹⁷⁾과 Chandler¹⁸⁾에 의해 각각 풍화된 백악과 이회암에 관한 등급을 발전시켰다. Lovegrove와 Fookes는 Fiji의 화산용회암과 관련된 퇴적물의 풍화정도에 관한 여러가지 변이를 만들었다.¹⁹⁾ Dearman은 비교적 순수 탄산염 광물의 용식정도와 기계적 풍화정도를 확립하기 위해 사용할 수 있는 기술을 제안했다.²⁰⁾ Irfan과 Dearman는 거시적 및 미시적 암석분류로 화강암의 풍화정도를 측정하는 정량적 방법을 발전시켰으며 풍화의 단계를 6단계로 구분했다.²¹⁾

상기연구된 내용들은 한 관점에 치우쳐있으며 종합적인 풍화구분이 이루어지지 않았다. 따라서 풍화현상에 대한 구체적이고 종합적인 고찰 되어야 한다고 사료된다.

2. 방 법

연구목적의 달성을 위하여 연구대상지역을 설정한 다음 시료채취지점을 선정하는 일반조사를 실시했다. 연구기간은 1988년 9월 27일부터 1990년 3월 25일 까지 이며 총 15회 걸쳐 야외조사를 실시했다. 시료채취지점은 화강암 1개 지점, 편마암4지점에서 시료량을 1kg씩 총25개를 채취했다. 시료채취시는 풍화층의 두께를 고려하여 표층부, 중층부, 심부, 기반암등으로 구분하여 시료를 채취했고 채취시료는 비닐봉지에 넣어 밀폐시켰다. 실험실에서 채취한 시료는 다음과 같은 방법으로 분석을 실시했다.

색도는 분쇄하여 혼합시킨후 문셀방법으로 실시했으며 pH는 디지털 pH 메터로 1:2(시료:물)의 현탁액으로 하여 측정했다. 압축강도는 기반암과 약간 풍화된 암석을 대상으로 하여 5*5*5cm으로 시료를 만든뒤 유압강도기 UP 100으로 측정했다. 화학정량분석은 습식으로 분석항목은 Ig-loss, SiO₂, Al₂O₂, Fe₂O₂, Na₂O, CaO, MgO 등이다. XRD 분석은 각시료를 미세하게 사발접시를 이용 분쇄한 다음 Rigaku 회절기로 분석했다. 이때 Tarket은 Cu, Filter Ni, 2θ는 기계조건상 5-70°, Count range는 2000 cps이다. 풍화암석과 기반암의 현미경 분석은 각시료를 박편으로 만든 뒤 편광현미경으로 조성비와 풍화과정을 측정했으며 풍화등급은 8단계로 나뉘어 비교 분석했다.

3. 지역개관

경기지괴의 서반부에 속하며 주로 시생대의 편마암으로 구성되어 있고 뚜렷하게 관찰되는 암석류는 관악산과 안양북부에서 북동쪽으로 서울시의 중부와 동부를 지나 의정부, 포천, 김화를 거쳐 금강산 서부와 통천에 이르는 북부대보화강암대이다(그림 1). 이들 두암석은 대부분 흑운모, 석영, 장석으로 이루어져 있다. 화강암은 거의 거정질로 되어 있고 편마암은 흑운모가 편리를 이루는 흑운모 편마암이다. 본도 북쪽에는 원산근처에서부터 서울 근처까지 뻗어 있는 추가령구조곡이 있으나 단층들은 여기보다 주로 경기지괴 남쪽

16) Lumb, P. 1962, The properties of decomposed granite, *Geotechnique*, 12, pp.226 - 243.

17) Ward, W, H., Burland, J.B. and Gallois, R.W, 1968, Geochemical assessment of a site at Mundford, Norfolk, for a large proton accelerator, *Geotechnique*, 18, pp.399 - 431.

18) Chandler, R.J. 1969, The effects of weathering on the shear strength properties of keuper Marl, *Geotechnique*, 19, pp.321 - 334.

19) Lovegrove, C.W. and Fookes, P.S., 1972, The planning and implementation of a site investigation for a highway in tropical conditions in Fiji, *Q.J.Eng. Geol.* 5, pp.43 - 68.

20) Dearman, W, B. 1974, Weathering classification in the characterisation of rock for engineering purposes in British practice, *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.* No.9, pp.33 - 42.

21) Irfan, T.Y. and Dearman, W.R. 1978, The engineering petrography of a weathered granite in Cornwall, England, *Q.J.Eng. Geol.* 11, pp.233 - 244.

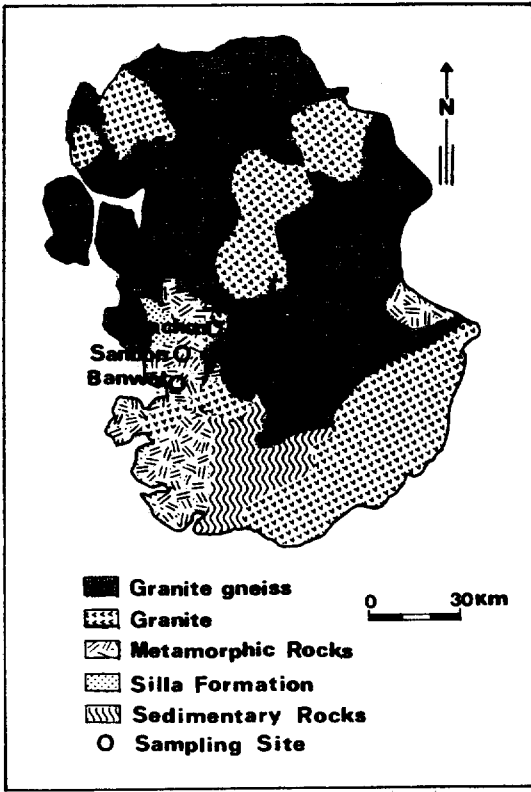


그림 1. 조사지역과 샘플지점

에 많이 분포한다. 단층이 수계 방향 결정에 있어서 절대적인 영향을 미친곳이 많다.²²⁾

북쪽에는 마석령산맥, 남쪽에는 차령산맥, 중부에는 광주산맥이 각각 중국방향으로 달리고 있다. 이 산맥들은 동쪽에서는 그 고도가 높으나 서쪽에서는 해안에 가까와 질수록 고도가 낮아져 저평한 구릉이나 평야로 변한다. 고도가 높은 지역과 산지는 대부분 광주산맥에 속하는데 그중 중요한 산은 서울 근교의 북한산(836m), 도봉산(717m), 관악산(629m)등이다. 차령산맥은 충청 북도와의 경계를 이루고 있으나 비교적 고도가 낮은 구릉성 산지를 이루고 있다. 서울 주변의 김포, 여주등지에는 해발고도가 30-70m의 산록완사면과 70-80m의 구릉성 지형이 광범위하게 발달되어 있으며, 주요하천은 임진강, 한강, 안성

천등이다. 임진강의 중상류는 대부분 휴전선 이북에 있으나 가장 큰 지류인 한탄강의 대부분은 휴전선 이남에 위치하며, 한강의 중하류에는 넓은 충적평야가 발달되어 있다. 안성천은 한천, 진위천등과 합류하여 아산만으로 유입되어 안성과 평택부근에 넓은 충적평야를 발달시켰다. 대부분의 해안에는 해안 가까이 까지 구릉이 형성되어 있어 해안평야는 잘 발달되어 있지 않다.²³⁾

연구대상지역은 패랭의 기후 구분에 의하면 D₁에 속하며 겨울에는 북서계절풍의 영향으로 한랭하고 강수가 적지만 여름에는 매우 덥고 강수가 많다. 기후의 대륙도는 65내외로서 한서의 차이가 심한 전형적인 대륙성 기후를 이룬다. 마르톤법에 의한 건조지수는 50-60으로 우리나라의 평균값에 해당된다. 본 지역은 우리나라의 중부에 위치하므로 전체적으로 북부와 남부의 점이적 기후특색을 나타 내지만 동부는 산악지이므로 산악기후의 특색을 나타낸다. 연평균 기온은 10-11℃이며 동부의 산악지가 낮고 남서쪽 해안지역이 약간 높다. 연평균 강수량은 1100mm내외 이며 북동부 내륙지방에서는 1300mm이상이나 해안지방에는 강수량이 900mm내외에 불과하다.²⁴⁾

4. 풍화특성과 등급의 이론적 배경

전술한 바와 같이 풍화등급은 학자에 따라 다양하게 분류되어 왔으나 일부는 경험식과 실험에 근거하여 분류하고 있다. 지금까지 풍화분류 방법에 있어 지형, 이용, 주풍화작용과의 관계를 충분히 고려치 안 했으므로, 필자는 이러한 점을 고려하여 다음과 같이 풍화등급을 분류해 보고자 한다.

제1단계 : 풍화가 전혀 안된 단계로 가장 신선한 상태이다. 압축 시험을 한 파열입자에도 미세한 절리가 없는 상태이며 대부분 기반암의 역할을 하고 현미경상으로도 풍화의 흔적이 없다. 신선

22) 한국지질도, 1975, 안양도폭, 국립지질광물소, pp. 1-16.

23) 한국지질, 1984, 지방편 (1), 건설부 국립지리원, pp. 404-408.

24) 한국지질, op.cit., pp. 30-32.

한 암석간의 비교압축강도(P)가 0.9이며 강도는 hammer bounce, 공사시에는 발파를 해야한다. 이 단계에 속하는 암석은 고급석재, 공업용 재료로 사용도 될 수 있다.

제2단계: 풍화는 가시적으로는 이루어 지지 않은 상태이지만 압축시험에서 파열입자간에 산화된 미세한 절리가 있거나 사면붕괴에 있어 절리면에 산화된 면이 있는 상태이다. 신선한 암석간의 비교압축강도가 0.9보다 작으며 현미경으로 관찰했을 때 구성광물의 일부가 풍화되어 30% 이하이다. 공사시 발파 또는 착암기를 사용해야 하는 단계이다. 지형에 있어 tor, tafoni 등 풍화지형도에 이에 속한다. 이용은 건축재료, 도로용, 관광자원으로 될 수 있다.

제3단계: 기계적 풍화가 상당히 진행되어 있으며 풍화산물과 암력들이 혼합되어 있는 상태로 기반암이 풍화산물 보다는 우세한 단계이다. 현미경상으로 변질된 광물이 30% 이상이다. 가시적으로 풍화정도를 알 수 있으며 강도는 대부분 햄머브레이크이다. 우물시공중 간혹 압괴노출로 발

파를 하며 안될 시에는 중지하는 경우. 지화학적 풍화작용이 시작되며, 쇄설층 또는 구릉성 산지로서 하천과 인접한 곳에 발달한다. 이용은 도로용 골재와는 그리 크게 사용되지 못한다.

제4단계: 기계적 풍화가 가장 많이 진전되어 있으며 풍화산물이 산적 압괴보다 많은 상태로 가시적으로 화학적 풍화가 우세하게 보이는 단계이다. 강도는 대부분 핸드브레이크이며 건축시 착암기 없이 인력으로도 굴착이 가능하며 우물공사에 많이 이용되고 있는 층으로 대수층 역할을 한다. 구릉성산지에 주로 발달되어 장마시에는 침식되어 하천주위에 모래가 퇴적된다. 이용은 농업용 객토, 과수원, 건축자재로 가능하다.

제5단계: 기계적 풍화 보다는 화학적 풍화가 우세하기 시작한 단계이다. 핵석이나 각력이 전혀 없는 상태로 무풍대를 형성하는 단계이며 2차 점토광물(2:1, 2:2광물)이 풍화산물내에 존재한다. 장마시에는 침식되어 다량의 모래가 하천주위와 농토에 퇴적된다. 건축공사시 단순도구로 굴착이 용이한 경우다. 흙벽돌이나 돌담 축조시

표 1. 풍화분류의 특성

등급	물리적 특성	현미경 특성	풍화산물·주된 풍화작용	이용, 지형
1	P > 0.9 산화된 microjoint 무	변질된 광물 없음	없음	고급석재·기반암 공업용
2	P < 0.9 산화된 microjoint 있음	변질된 광물 30% 이하	2:1점토광물 2:2 oxidation	토목용, 기반암 공업용, tor, tafoni
3	육안으로 산화된 microjoint 구별	변질된 광물 30% 이상	풍화물 < 기반암 기계적 풍화 2:1, 2:2	도로용
4	육안으로 조암광물 확인 가능	2차 점토광물 형성	2:1, 2:2 점토, geochemical weathering 풍화물 > 기반암	농업용, 구릉지 대수층
5	4와 동일	조암광물과 2차 점토광물	2:1 점토광물 2:2 점토광물 grus, pedochemical w.	농업용, 완사면 대수층
6	석영은 육안으로 확인 가능	1차 점토 광물 2차 점토 광물	1:1 점토광물, hydrolysis (대부분)	농업용 건축용
7	육안으로 확인 불가	대부분 2차 점토 광물	1:1 점토광물, leaching	공업용, doline 산업용 농업용
8	육안으로 확인 불가	2차 광물로 구성	deposit, bleaching	공업용 도자기, 광상

이용될 수 있으며 pedochemical weathering 이 우세하기 시작한다. 구릉성 산지로서 심층풍화가 심하게 받은 곳이다. 이용은 농업용 객토·골재, 작물재배등을 할 수 있다.

제6단계 : 기반암을 구성하고 있는 광물들이 2차광물로 변해서 조암광물이 2개이상 존재한다. 1:1점토광물이 우세하며 석영질은 육안으로도 확인이 가능하고 강도는 핸드브레이크이다. 수화작용, 가수분해, 용탈이 활발하게 진행된다. 이용은 농토, 골재, 벽돌용등이다.

제7단계 : 대부분 2차광물로 구성되어 있으며 석영이외의 조암광물이 없는 상태로 용탈현상이 현저하게 진행된다. 수습작이 되었을때 삽으로 굴착하기 힘들며 풍화잔류물, 돌리네지역에 발달한다. 이용은 농토, 공업용 점토(시멘트용), 벽돌, 도자기등이다.

제8단계 : 점토광물과 산화물, 수산화물로 구성되어 있는 경우로 풍화의 마지막 단계이다. 고온다습, 저위도지역에서 발달하고 광물을 추출할 수 있는 단계. 풍화잔류광성이 이에속한다. 이용은 도자기, 공업용, 광업용이다.

위의 내용을 종합하면 표1과 같다.

이상과 같이 풍화의 단계를 나눌 수 있다. 앞의 내용을 간단하게 다이어그램으로 나타내면 그림2와 같다.

5. 풍화특성의 분석결과

1) 일반적 특성

개포(1)은 갈색화 되어 가는 단계로 chelation 을 받고 있다. 개포(2)는 육안으로도 흑운모가 관찰되고 있으며 개포(3)은 석비레 되었고 화학적 풍화가 시작되고 있는 단계이다. 개포(4)은 전형적인 grus 이다. 개포(5)는 햄머로 파괴되며 절리면을 따라 풍화가 진행된다. 개포(6)은 신선한 상태로 육안으로는 풍화의 구별이 어려운 상태이다. 과천(1)은 상부층으로 풍화작용이 상당히 진전되어 있다. 과천(2)는 조립질이 다소 포함되어 있고 과천(3)은 조암광물의 구별이 가능하며 장식 부분에 적색으로 풍화된 면을 보여주고 있고 미약한 growan 상태이다. 과천(4)는 거정절

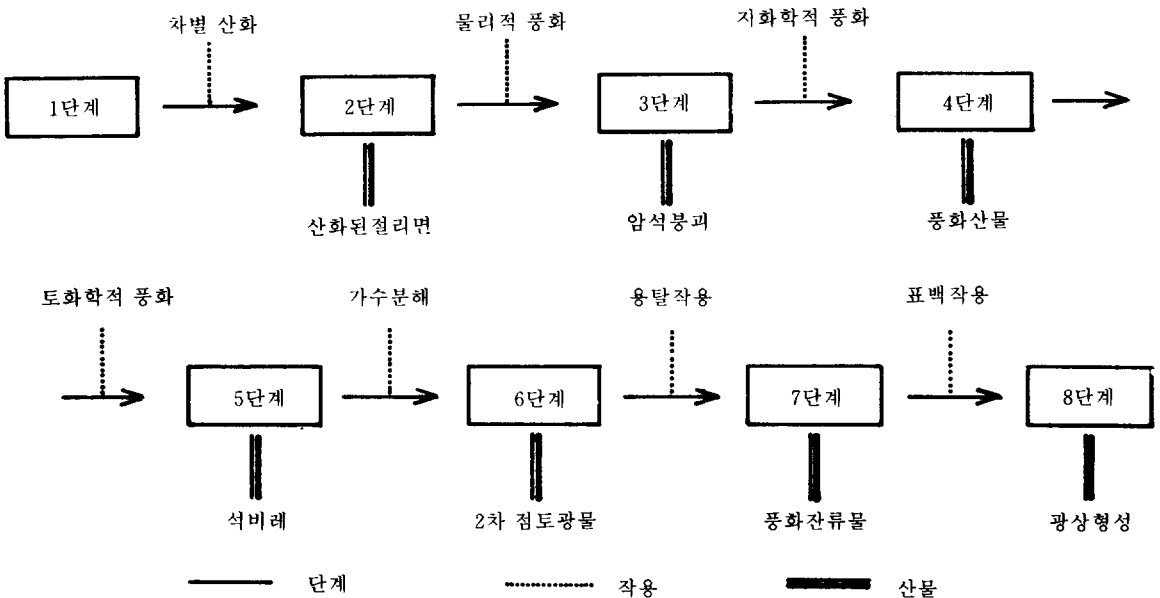


그림 2. 풍화단계와 풍화작용

화강암으로 구성되어 있으며 매우 신선한 상태를 보여 주고 있다. 반월(1)은 적색을 띠고 있으며 육안으로도 흑운모가 발견된다. 반월(2)는 옅은 황적색을 띠고 육안으로도 흑운모가 보이고 회색에 적색의 반점이 확산되고 있다. 반월(3)은 석비레 되었고 화학적 풍화가 다소 진전된 상태이다. 반월(4)는 미세한 절리를 따라 산화된 면을 보여 주고 있으며 절리면에는 clay-silt coating 이 발달되어 있다. 육안으로도 편마암임을 구별되며 햄머로 파괴된다. 반월(5)는 회갈색의 매우 신선한

편마암의 기반암이다. 산본(1)은 chelation 을 받고 있으며 적갈색을 띠고 있다. 산본(2)는 clayey gruss 와 비슷하며 산본(3, 4)는 조립질로 구성되어 있는 grus 이다. 산본(5)는 육안으로도 편마암을 가늠케 하며 편마구조를 따라 풍화가 진행되고 있고, 부분적으로 적색으로 coating 되어 있다. 산본(6)은 흑운모 편마암으로 되어 있으며 소량의 적색 coating 이 보인다. 죽산(1)은 상당히 풍화가 진전되어 있고 죽산(3)은 육안으로 조암광물이 구별될 수 있는 정도의 grus 화 되어

표 2. 조사지역의 일반적 특성

구 분	깊 이	함수비(%)	pH	Color	압축*
개포(1)	0-100	16.7	4.7-5.36	7.5YR 7/6 orange	
개포(2)	100-200	15.9	4.9-5.46	7.5YR 7/6 orange	
개포(3)	200-500	17.6	5.0-6.36	10YR 6/4 dull yellow orange	
개포(4)	500-1100	12.9	5.9-7.75	10YR 6/3 dull yellow orange	
개포(5)	1100-1300	0.3	6.8-8.43	10YR 7/1 brownish gray	427
개포(6)	1300 cm over	0.2	7.9-9.54	10YR 6/1 light gray	1550
과천(1)	0-210	13.5	5.0-5.70	10RY 7/4 dullyellow orange	
과천(2)	210-390	11.9	6.0-6.7	10YR 8/4 light yellow orange	
과천(3)	390-510	1.0	7.0-7.55	10YR 8/3 light orange	240
과천(4)	510 cm over	0.15	9.2-10.4	N 8/ grayish white	2200
반월(1)	0-100	15.7	4.8-5.84	7.5YR 6/6 orange	
반월(2)	100-300	18.8	6.2-7.06	7.5YR 7/6 orange	
반월(3)	300-600	11.5	6.7-7.16	10YR 7/6 bright yellowish brown	
반월(4)	600-900	8.0	9.2-10.6	10YR 7/8 yellow orange	160
반월(5)	900 cm over	0.5	7.8-9.28	10YR 8/1 light gray	1142
산본(1)	0-100	14.2	3.9-5.20	10YR 7/4 dull yellow orange	
산본(2)	100-210	15.1	4.3-5.65	7.5YR 7/6 orange	
산본(3)	210-370	17.1	4.1-5.54	10YR 8/6 yellow orange	
산본(4)	370-500	23.9	5.0-6.34	10YR 7/6 bright yellow brown	
산본(5)	500-700	3.3	5.4-6.30	10YR 8/3 light yellow orange	690
산본(6)	700 cm over	0.6	6.4-8.23	7.5YR 8/1 light gray	1063
죽산(1)	0-100	17.4	5.0-5.13	7.5YR 7/6 orange	
죽산(2)	100-200	20.3	4.8-5.10	7.5YR 6/6 orange	
죽산(3)	240-450	11.4	8.25-8.5	2.5Y 7/3 light yellow	
죽산(4)	450-700	2.7	8.5-8.75	7.5Y 7/1 light gray	
죽산(5)	700 cm over	0.3	9.54-9.6	N 7/ grayish white	

* 압축 = 압축강도 (kg/cm² * cm²)

있다. 죽산(4)는 기계적 풍화가 활발히 진행되고 있는곳으로 절리면을 따라 산화된 현상을 보여 주고 있다. 죽산(5)는 다소 신선하며 회갈색의 편마암이다. 함수비 경우, 개포지역은 0.2-17.6%, 반월 0.5-18.8%, 산본 0.6-23.9%, 죽산은 0.3-20.3%이며 과천이 0.15-13.5%로 가장났다. pH의 경우, 개포가 4.7-9.54, 과천5-10.4이며, 죽산은 4.8-9.54로 과천과 비슷하고 산본이 3.9-8.23으로 가장났다.

색도의 경우, 개포가 7.5 YR 7/6 Orange - 10 YR 6/1 Light gray, 과천 10 YR 7/4 Dull Yellow orange - N 8/ Grayish white, 반월 7.5 YR 6/6 Orange - 10 YR 8/1 Light gray, 산

본이 7.5 YR 7/6 Orange - 7.5 YR 8/1 Light gray 이다. 죽산은 7.5 YR 7/6 Orange - N 7/ grayish white 계통이다. 압축강도의 경우, 개포(5)가 427kg, 개포(6)이 1550kg이며 과천(3) 240kg, 과천(4)가 2200kg으로 가장높다. 반월(4)는 160kg으로 가장낮고 반월(5)가 1142kg이다. 산본(5)는 670kg, 산본(6)이 1063kg이다(표2).

2) 지화학적 특성

개포지역은 SiO_2 가 62.74-65.32%, Al_2O_3 16.66-18.27%, Fe_2O_3 6.13-8.37%, CaO 0.27-4.55%, MgO 1.41-2.13%, K_2O 1.65

표 3. 화학적 정량 분석

(단위: %)

지 역	lg-loss	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	기 타
개포(1)	6.60	63.94	17.83	7.07	0.46	1.41	2.35	0.25	6.06	
개포(2)	7.46	62.74	17.08	8.37	0.27	1.54	1.65	0.15	6.20	
개포(3)	6.29	62.82	18.27	7.63	0.52	1.69	2.95	0.30	5.81	
개포(4)	4.10	65.04	16.66	6.84	1.49	1.44	5.75	1.20	6.59	
개포(5)	0.82	64.58	16.87	6.13	4.55	1.99	2.70	1.90	6.47	
개포(6)	0.60	65.32	16.76	6.24	2.92	2.13	3.35	3.30	6.57	기반암
과천(1)	4.02	71.10	15.93	2.87	0.53	0.48	4.10	1.20	7.53	
과천(2)	2.61	75.12	13.97	2.18	0.51	0.46	4.60	1.40	9.05	
과천(3)	1.00	75.30	14.38	1.22	0.42	0.22	5.00	3.05	8.84	
과천(4)	0.65	74.14	15.03	0.87	0.77	0.25	5.00	3.95	8.33	기반암
반월(1)	6.55	64.42	17.36	7.74	0.69	0.88	2.60	0.45	6.27	
반월(2)	6.86	63.62	18.04	7.11	0.73	0.96	2.70	0.45	5.96	
반월(3)	6.73	61.00	19.53	8.52	0.70	1.20	2.75	1.10	5.18	
반월(4)	3.84	70.20	12.93	6.72	0.98	2.08	1.70	1.35	9.17	
반월(5)	4.39	72.28	12.10	3.05	2.74	1.13	2.20	1.60	10.09	기반암
산본(1)	5.15	65.66	20.21	5.34	0.79	1.02	3.90	0.20	5.49	
산본(2)	5.40	65.02	19.03	4.72	0.36	1.06	0.20	3.90	5.76	
산본(3)	5.87	65.36	17.62	5.63	0.96	1.27	4.40	0.25	6.27	
산본(4)	6.08	67.92	19.76	2.54	1.03	0.45	2.50	0.45	5.79	
산본(5)	2.70	65.82	18.61	4.54	1.73	1.23	4.15	2.20	5.96	
산본(6)	1.30	68.52	16.90	4.10	2.12	1.81	3.65	2.45	6.84	기반암
죽산(1)	5.83	66.68	17.52	4.68	0.28	0.91	1.50	2.90	6.43	
죽산(2)	6.98	58.64	20.19	7.41	0.28	1.6	0.45	3.70	4.91	
죽산(3)	3.50	64.64	17.79	5.41	1.39	1.55	1.55	3.70	6.14	
죽산(4)	2.39	69.16	16.50	3.00	1.18	0.88	1.75	3.85	7.08	
죽산(5)	1.42	70.60	15.50	3.90	1.42	1.22	2.15	2.90	7.69	기반암

-5.75%, Na_2O 0.15-3.30%이다. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 비는 5.81-6.59로 대부분 균등하다. Ig-loss는 0.60-7.46%로 상당한 차이가 있다.

과천지역은 SiO_2 가 71.10-75.30%으로 연구지역중 가장 높다. Al_2O_3 13.97-15.93%, Fe_2O_3 0.87-2.87%, CaO가 0.42-0.77% 가장 낮은 비율을 보여주고 있다. K_2O 4.10-5.00%, Na_2O 1.20-3.95%로 알카리금속이 타지역보다 상당히 높으며 규반비는 7.53-9.05으로 나타났다. Ig-loss는 0.65-4.02%이다. 반월지역은 SiO_2 가 61.00-72.28%, Al_2O_3 12.93-19.53%, Fe_2O_3 3.05-8.52%, CaO 0.69-2.74%, MgO 0.88-2.08%, K_2O 1.70-2.75%, Na_2O 0.45-1.60%, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 는 5.18-10.09로 범위가 다소 크다. Ig-loss는 3.84-6.86%이다. 산본지역은 SiO_2 가 65.02-68.52%, Al_2O_3 16.90-20.21%, Fe_2O_3 2.54-5.63%, MgO 0.45-1.81%, CaO 0.36-2.12, K_2O 0.20-4.40%, Na_2O 0.20-3.90%로 나타났고 Ig-loss는 1.30-6.08%이다. 규반비는 5.49-6.84이다. 죽산은 SiO_2 가 58.4-70.60%, Al_2O_3 15.50-20.19%, Fe_2O_3 3.00-7.41%, CaO 0.28%-1.42%, MgO 0.88-1.61%, K_2O 0.45-2.15%, Na_2O 는 2.90-3.85%이다. Ig-loss는 1.42-6.98%이며 규반비가 4.91-7.69로 나타났고, 특히, 죽산(2)의 것이 4.91로 가장 적은 값을 나타내고 있다(표3).

3) 현미경분석

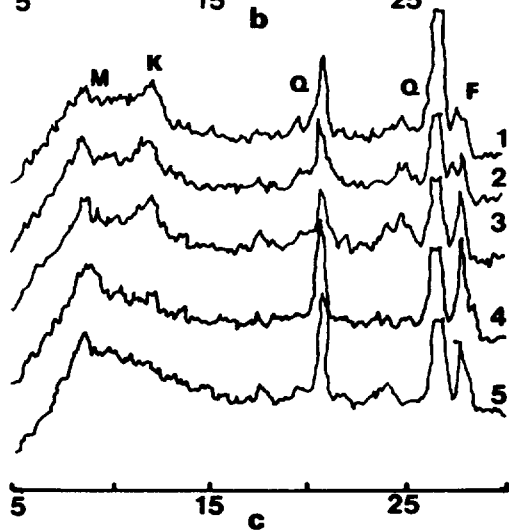
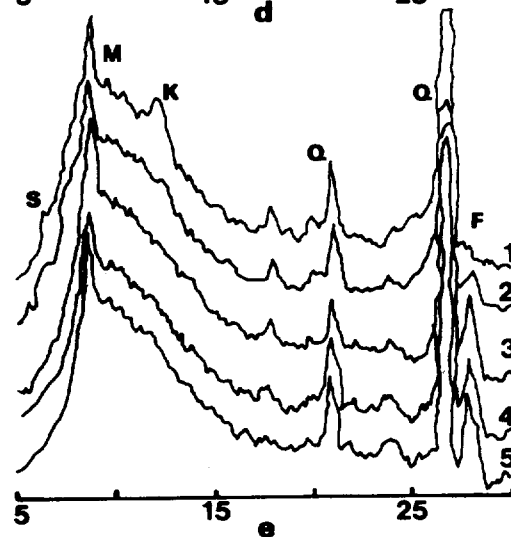
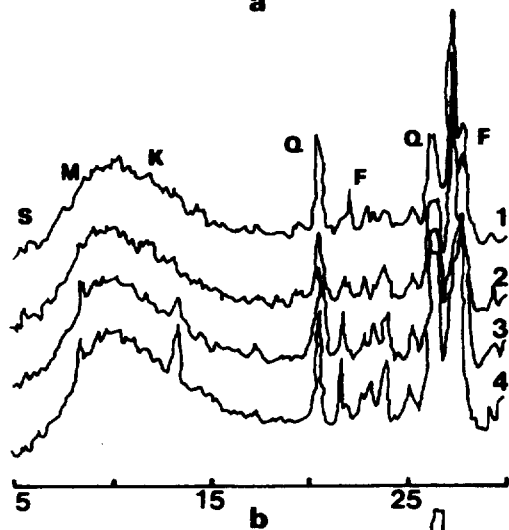
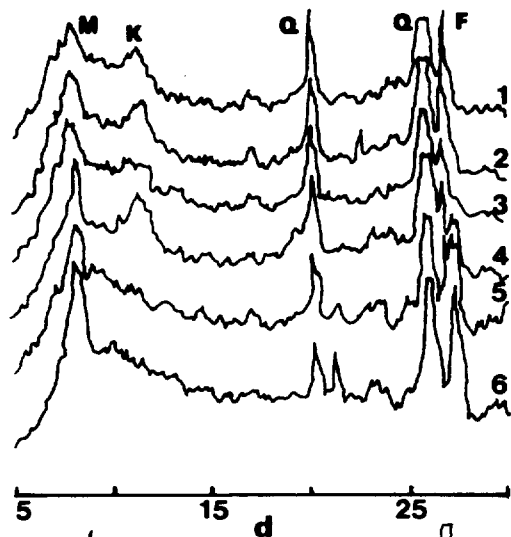
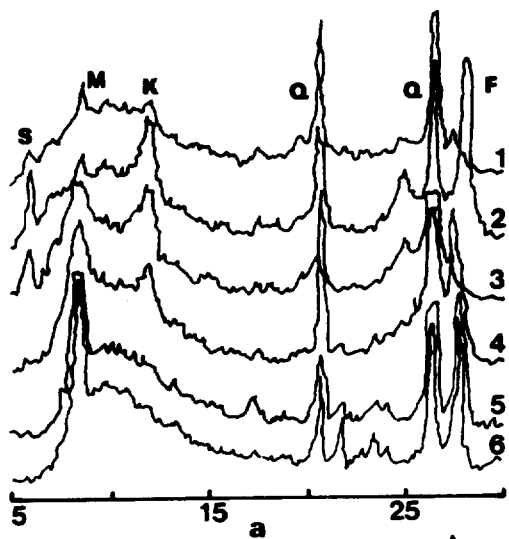
본연구에서는 편광현미경을 이용하여 분석을 했으며, 특히 박편이 가능한 풍화된 암석과 신선한 암석에 대해서 실시한 분석결과는 표 4와 같다.

개포(5)는 석영이 40-45%로 가장 많고 견운모가 3%미만으로 가장 작게 나타나며 석류석과 인회석이 검출되었다. 개포(6)은 석영과 흑운모가 주를 이루며 견운모는 3%미만, 석류석, 인회석, 지르콘이 검출되었다. 과천(3)은 석영이 20-25%, 사장석 35-40%, K-장석 20-25%, 흑운모가 2%미만, 견운모는 trace이다. 과천(4)는 과천(3)과 비슷하나 녹니석이 1%미만으로 이곳에서만 검출되었다. 반월(4)는 석영과 K-장석이 많고 견운모 20-25%, iron-staining이 15%로 나타났다. 반월(5)는 석영과 사장석이 많고 견운모가 30-35%로 다른곳에 비해 상이하며 방해석이 검출되었다. 산본(5)은 석영과 흑운모가 각각 30-35%, K-장석 20-25%, 견운모가 5-7%로 나타났다. 산본(6)은 산본(5)와 유사하나 흑운모와 사장석이 약간 적다. 죽산(3)은 흑운모가 가장 많고 견운모가 25-28%로 나타났다. 죽산(4)는 석영 사장석이 주를 이루고 있으며 견운모가 23-25%로 나타났다. 죽산(5)는 흑운모와 석영이 대부분 차지하고 있으며 견운모는 17-19%로 나타났다.

표 4. 광물 조성비율

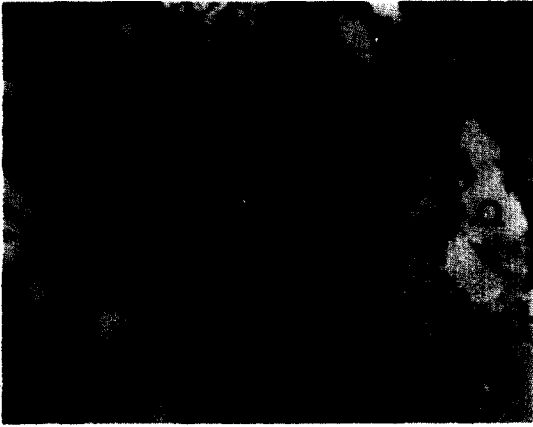
(단위 : %)

구분	Quartz	Plagioclase	K-feldspar	Biotite	Sericite	Iron stain	Calcite	Apatite	Garnet	Chlorite	Zircon
개포(5)	40-45	15-18	13-15	27-30	<3	<1		tr	2		
개포(6)	30-35	17-20	15	35	<1			<1	1		tr
과천(3)	20-25	35-40	20-25	<2	tr						
과천(4)	20-25	30-35	30-35	<1	<3					<1	
반월(4)	25-30		30-35		20-25	15					
반월(5)	30-35	20-25			30-35	<3	5				
산본(5)	30-35	5-7	20-25	30-35	5-7	<2					
산본(6)	30.	<3	30-35	25-30	<5	<1					
죽산(3)	20-25			35-40	25-28						
죽산(4)	20-23	37-40			23-25						
죽산(5)	30-32			39-43	17-19						



(K = Kaolinite, S = Smectite, M = Mica, Q = Quartz, F = Feldspar, a = 개포, b = 과천, c = 반월, d = 산본, e = 죽산)

그림 3. 조사지역 XRD



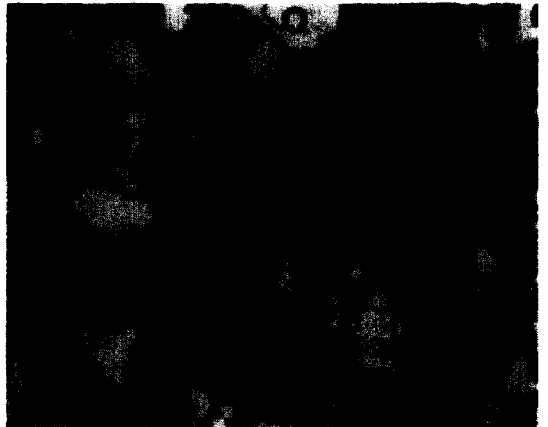
a



b



c



d



e



f

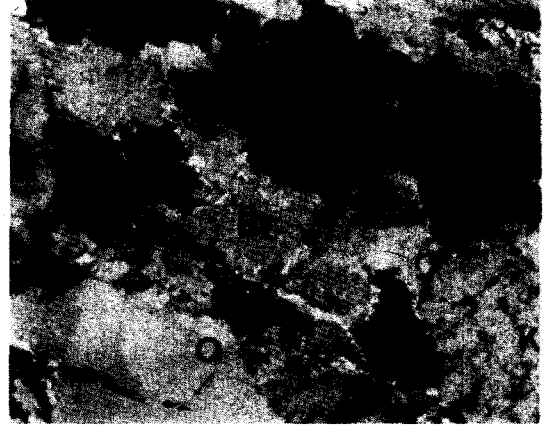
사진 1. 현미경 분석

(배율은 개포, 반월, 과천, 산본이 25배, 죽산이 40배 이다.

a = 개포 5, b = 개포 6, c = 반월 4, d = 반월 5, e = 과천 3, f = 과천 4,



g



h



i



j



k



L

사진 2. 현미경 분석

g = 산본5, h = 산본6, i = 죽산3, j = 죽산4, k, L = 죽산5) Q = Quartz, BI = Biotite, SE = Sericite, PL = Plagioclase, G = Garnet, CH = Chlorite

4) XRD 분석

연구지역에 대한 XRD 분석결과를 살펴 보면 다음과 같이 기술할 수 있다. 개포의 경우, 기반암이 흑운모편마암으로 주로 흑운모, 석영, 장석이 대부분 차지하고 있다. 개포(4)에서부터 0.72 nm 광물인 kalinite 가 검출되었고 개포(3)부터는 1.43 nm 광물인 smectite 가 검출 되었다. 0.25 nm, 0.35 nm 광물인 석영의 변화는 없으나 1.0 nm 인 운모와 0.32 nm 인 장석은 지면에 가까울수록 감소하는 경향을 볼 수 있다(그림 3. a). 과천의 경우, 기반암이 화강암으로 주로 장석과 석영으로 구성되어 있다. 과천(3)으로부터 장석이 감소하기 시작하며 과천(2)로부터 kaolinite 가 검출되고 있다(그림 3. b). 반월의 경우, 기반암이 편마암으로 석영, 정석이 많고 운모도 다수 있다. 반월(3)부터 2차광물이 검출되고 있다(그림 3. c). 산본의 경우, 기반암이 흑운모편마암으로 주로 석영, 흑운모, 장석으로 구성되어 있다. 산본(5)에서부터 운모와 장석의 량이 감소하며 산본(3)에서부터 2차광물인 kaolinite 이 검출되었다(그림 3. d). 죽산의 경우, 죽산(2)에서부터 smectite 와 kaolinite 가 검출되었고 장석은 죽산(1)에만 존재하지 않으나 운모와 석영은 모든 단면에서 검출 되었다

(그림 3. e). 풍화의 중간 단계인 illite, vermiculite, chlorite 가 거의 검출되지 않았다.

5) 풍화과정

화강암과 편마암에는 여러 조암광물로 구성되어 있기 때문에 풍화과정에서 여러 단계로 나타난다. 현미경으로 나타난 풍화현상을 다음과 같이 기술할 수 있다. 개포(5)는 흑운모, K-장석, 사장석등이 상당히 신선하게 보이고 있으나, 매우 미약하게 견운모화 되고 있는 단계이다(사진 1. a). 개포(6)는 흑운모가 엮리조직을 보이며 사장석, k-장석등이 매우 신선하며, 흑운모에서 미약하게 풍화의 반응을 보이고있다(사진 1. b). 과천(3)은 사장석이 iron-staining 화 되었고 다른지역과 상이하게 견운모는 trace 정도이다(사진 1. c). 과천(4)는 흑운모가 녹니석화 되고 있으며 부분적으로 견운모화 되기 시작한 단계이다. 그외는 매우 신선하다(사진 1. d). 반월(4)는 K-장석이 견운모로 상당히 진전되어 있는 상태로 iron-staining 이 많이 진행되어 있다(사진 1. e). 반월(5)는 사장석이 견운모화 되었고 부분적으로 iron-staining 이 진행되고 있다(사진 1. f). 산본(5)에서, 흑운모가 견운모로 변질

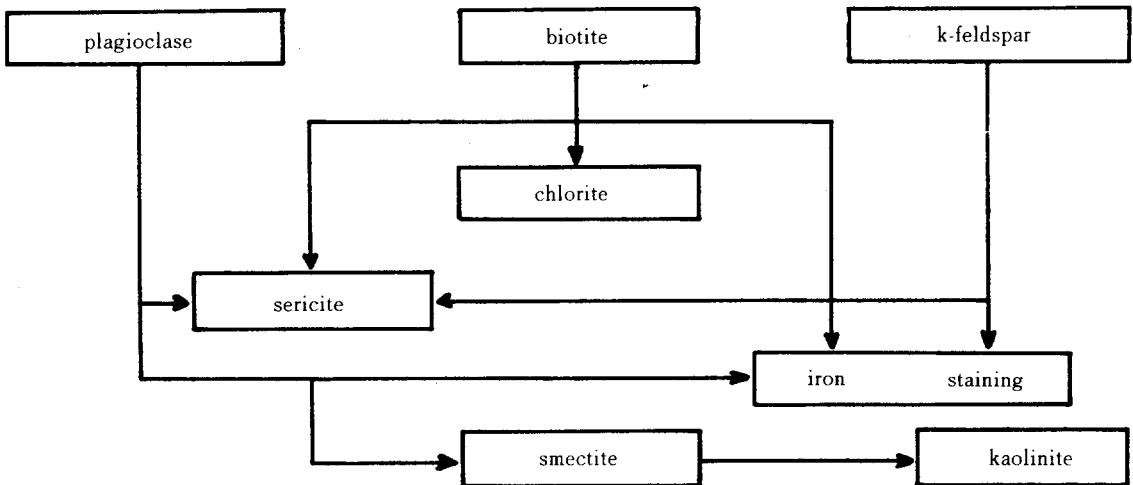


그림 4. 연구지역의 풍화과정

되고 있으며 iron-staining 이 부분적으로 형성되었고 K-장석이 조금씩 풍화 하려는 단계를 보여 주고 있다(사진 2. g). 산본(6)은 흑운모가 미약하게 견운모화 되어 있고 iron-staining 이 조금 형성되었다. K-장석과 quartz 는 매우 신선하다(사진 2. h). 죽산(3)은 흑운모가 견운모로 상당히 변질되어 있고 부분적으로 iron-staining 이 형성되고 있는 단계이다(사진 2. i). 죽산(4)는 사장석이 견운모로 상당히 변질되어 있고 부분적으로 iron-staining 이 형성되고 있다(사진 2. j). 죽산(5)는 흑운모가 견운모로 많이 변질되어 있고 석영 질들이 매우 신선하게 나타나고 있다(사진 2. k, l). 상기내용을 도해하면 그림 4와 같다.

6. 풍화등급분석

앞절에서 이론을 설명한 풍화등급 분류에 근거하여 연구지역에 적용시켜보면 표 5와 같다.

표 5. 풍화등급분류

지점	개 포	산 본	반 월	과 천	죽 산
S1	S.K.M.Q. F 5	K.M.Q.F 5	K.M.Q.F 5	K.M.Q.F 5	S.K.M.Q. 5
S2	S.K.M.Q. F 5	K.M.Q.F 5	K.M.Q.F 5	K.M.Q.F 5	S.K.M.Q. F 5
S3	K.M.Q.F 4	K.M.Q.F 4	K.M.Q.F 4	M.Q.F SE 3	M.Q.F 4
S4	K.M.Q.F 4	M.Q.F.SE 3	M.Q.F.SE 3	M.Q.F.C 2	M.Q.F 2
S5	M.Q.F.SE 3	M.Q.F.SE 3	M.Q.F.SE 2		M.Q.F 2
S6	M.Q.F.SE 2	M.Q.F.SE 2			

S = Smectite, K = Kaolinite, M = Mica
 F = Feldspar, Q = Quartz, SE = Sericite, C = Chlorite
 수치는 풍화등급표시

표5에서와 같이 개포지역의 경우 개포(1, 2)가 풍화등급 5에 개포(3, 4)는 4, 개포(5) 3, 개포(6)이 2에 해당된다. 산본의 경우, 산본(1, 2)가 5, 산본(3) 4, 산본(4, 5) 3, 산본(6)이 2에 속한다. 반월의 경우, 반월(1, 2)가 5, 반월(3) 4, 반월(4) 3, 반월(5)가 2에 속한다. 과천의 경우, 과천(1, 2)이 5, 과천(3) 3, 과천(4)가 2에 속한다. 죽산의 경우, 죽산(1, 2)가 5, 죽산(3) 4, 죽산(4, 5)가 2등급에 속한다. 이와같이, 풍화가 미약하며 연구지역의 풍화범위가 2-5등급이다. 여기서 용어 하나를 정의 하겠다. 표5에서 굵은선으로 구분한 것이 있다. 이선을 풍화부정합선이라 하겠다. 풍화부정합선이란 필자가 처음 사용하는 용어로서 그 의미는 어떤층에서 2차광물이 존재하나 어떤면을 지나면 2차광물이 없어지거나 상이한 광물이 형성(암석면에)되는 면과 만나는 곳을 뜻한다. 풍화산물과 기반암과의 선을 풍화전선이라고하는데 이것은 육안으로 구별히 가능하나 풍화부정합선은 정성, 정량분석을 통하여 알 수 있다. 풍화부정합이 많을수록 풍화의 점이성이 뚜렷함을 의미한다. 상기지역에서 개포와 과천지역이 2개이고 기타지역은 1개에 불가하다.

7. 검 토

야외조사에서 나타난 킬레이션은 식물뿌리에 '산'이 빠른 풍화를 진행시키는 촉매 역할을 하고있는 것으로 사료된다. 조사지역의 상부층 물질들이 육안으로는 적색을 띠고 있지만 문셀토색과 비교한 결과 대부분 오랜지계통이 다소 우세한것으로 보아 표백작용이 현저하지 않은것 같다. 표백이 되어야 흰색 계통으로 가까와지는데 조사지역은 아직까지 표백작용 보다 용탈이 우세하다. 함수비는 풍화물질과 풍화된 기반암과의 뚜렷한 차이가 있다. 개포의 경우, 풍화산물인 개포(1, 2, 3, 4)은 함수비가 12% 이상이고 기반암인 개포(5, 6)은 0.3% 이하였다. 과천의 경우, 과천(1, 2)가 11%이상 과천(3, 4)는 1% 이하였다. 반월의 경우, 반월(1, 2, 3)이 10% 이상이

고 반월(5)가 0.5% 이하이다. 산본(1, 2, 3, 4)가 14% 이상, 산본(5, 6)이 3.4% 이하, 죽산(1, 2, 3)이 11% 이상, 죽산(4, 5)가 2.7% 이하였는데 이와같이 풍화산물이 기반암보다 현저히 높은 함수비를 보여주는 이유는 기반암이 풍화로 인하여 공극이 증가하였고, 즉 입자들이 미세화 되었음을 보여주고 있다. 함수비는 수치상으로도 기반암을 구별할 수 있는 정도로 매우 뚜렷하다. pH의 경우, 풍화물(1)에서 대부분 4.0-5.8 사이로 기반암과의 차이를 보여주는데 이것은 강수에 인한 활발한 용탈과 산화물의 증가로 인하여 산성도가 높게 나타난 것으로 보인다. 색도의 경우 기반암쪽은 회색계통이고 풍화물질은 오렌지-노란 오렌지색을 나타내고 있다. 이것은 기반암의 광물 속에 있는 금속 특히 철이 산화철로 바뀌면서 적색을 띄게 되며 이러한 현상은 온난습윤한 기후에서 탁월한데 현재 기후에서도 현저하게 진행될 수 있다. 압축강도는 시료를 만들수있는 풍화된 암석과 미풍화된 기반암의 것에서 측정했다. 개포(5)는 풍화된 암석인데 $427\text{kg}/\text{Cm}^2 * \text{Cm}^2$ 개포(6)이 1550으로 차이가 많이 나고 과천(3)이 240kg 과천(4)가 2200kg으로 가장 높다. 반월(4)가 160kg으로 가장 낮고 반월(5)가 1142kg이다. 산본(5)가 690, 산본(6)이 1063kg으로 비교적 낮은 편이다. 과천(4)가 가장 높는데 그 이유는 두가지로 설명할 수 있다.

첫째 기반암의 차이이다. 편마암은 편리구조가 발달되어 있어 압축강도에 영향을 받았으리라 사료된다. 둘째 풍화의 정도이다. 심층풍화의 영향을 받아 미세한 절리가 발달되어 그 절리면에 산화된면을 가리고 있으므로 압축강도 약화시킬 수 있다. 연구지역에서는 둘다 해당 되는 것 같다. 개포, 반월, 산본지역의 기반암이 편마암이며 미세한 절리면이 발달되어 있고 과천(4)의 경우는 미세하게 산화된 절리면이 없다. 화학적 정량에서 Ig-loss는 풍화물에서 기반암쪽으로 갈수록 감소하는 경향을 보여 주고 있다. 이는 유기물질이 풍화물에서 더 많이 포함되어 있고 연구지역의 암석들이 주로 화성암에서 기인된 물질로 이루어

져 있음을 간접적으로 알수있다. SiO_2 는 과천지역이 가장 높는데 이지역의 기반암이 석영질로 이루어진 화강암이기 때문에 기인한다. 풍화물에서 SiO_2 의 양이 감소 하는데 이것은 SiO_2 가 용탈화한 것으로 판단된다. Al_2O_3 와 Fe_2O_3 등 산화물질에서는 기반암보다 풍화물에서 더 높은수치를 보여 주는데 이를물질이 낮은 산성화에서는 이동이 불가능 하며 그로 인하여 집적된 것으로 사료된다. CaO , MgO 알칼리토금속과 K_2O 와 Na_2O 같은 알칼리금속은 물에 잘녹기 때문에 용탈이 용이하리라 믿는다. 개포(5)에서 CaO 성분이 집적된것이 아니라 원암석에 존재하는 량이며 연구지역에서 Ca 성분의 집적같은 현상을 보이지 않았다. 다시말해서 건조한 기후의 영향을 받지 않았음을 의미한다. K_2O 는 과천지역에서 높게 보이는 뚜렷한 증감의 영향을 보여주지 않았다. Na_2O 는 풍화산물에 작고 기반암에 갈수록 증가하는 경향을 보여주고 있다. 따라서 연구지역에서 풍화현상을 관찰하는데 있어 K_2O 가 가장 불량한 풍화관계를 보여주고 있으며 개포에서 MgO , 과천 Na_2O , 산본에서 CaO 가 풍화의 증감을 나타내는데 양호한 현상을 보여준다. 규반비는 개포와 산본에서는 5-7내외이지만 과천은 7-9내외의 수치를 보여주고 있는데 연구지역에서 과천이 다소 높으며 용탈현상이 매우 미약한 상태이다. 규반비에 영향을 주는 것이 SiO_2 의 용탈과 관계있다. 탈규산작용은 신선한 암석의 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 비와 풍화산물의 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 비를 비교함으로써 정해지는데 새프롤라이트에서는 5이상²⁵⁾이다. 연구지역의 규반비가 5이상 이므로 풍화산물은 새프롤라이트에 속한다. 현미경분석에서 나타난 조암광물들이 사장석, 석영, 흑운모, k-장석으로 보아 기반암이 화성암에 기인된 화강암과 편마암으로 판단된다. 편마암에서는 견운모와 iron-staining 이 형성되었으며 화강암(과천지역)에서는 2차광물의 발달이 극히 미약하다. 사장석이 견운모, iron-staining 으로 흑운모가 견운모, 녹니석, iron-staining 으로, k-장석은 견운모, iron-staining 으로 풍화되고 있음을 보여주

25) ArieH Singer. op.cit., p. 220.

고 있다. 이것은 현 기후하에서 풍화가 계속 진행되고 있음을 의미한다. XRD 분석에서 검출된 kaolinite 와 smectite 의 형성 기후조건, 특히 고령토의 기후조건은 고온다습한 곳에서 형성되기 때문에 현재 우리나라와 같은 기후조건하에서 형성되는 것으로 해석하는데 많은 무리가 따른다. 그러므로 고령토의 형성 기후조건이 고온다습한 것으로 해석하는 것이 일반화 되었고 이와관련해서 몇가지 사항을 비교 언급해보면 다음과 같다. Murali 는 현재의 온난 반건조 기후조건은 kaolinite 로의 풍화와 변형질 되기 위해 적절하지 못하며 현재 토양의 알카리 pH는 2:1층 점토광물에서 kaolinite 로의 변형질 하기에 어렵다고 한다.²⁶⁾ Wilke 는 kaolinite 가 현세 동안 형성되지 않아 kaolinite 의 결손은 이를 토양이 최근 기후하에서 형성된 증거를 제공한다고 했으며 Jackson et al 은 운모의 교호풍화 연속에서 smectitic mineral 이 가능하나 놀랍게도 토양점토들은 풍화연속의 중간단계라 할 수 있는 vermiculite 가 결여되었다고 언급했다.²⁷⁾ 조사지역에서도 중간단계인 그린광물이 검출되지 않았다. 임종호는 단양지역 백운석을 모암으로 하는 풍화산물에서 kaolinite 는 검출되지 않았지만 smectite 는 검출되었다고 보고했는데 smectite 는 현재의 기후하에서 형성된 것으로 추정했다.²⁸⁾ Romashkevich 는 kaolinite-halloysite 구성은 laterization 의 과정의 한 단계로 간주했는데²⁹⁾ 현풍화물이 라테라이트가 아니기 때문에 과거의 유물로 해석하는 것이 더 좋을 것 같다. 상기의 내용으로 보아 상부층에서 전부 기반암의 성격을 가지고 있는 조암광물이 검출됨에 따라 풍화가 그리 양호한 것으로 보기 어렵다. 비록 작은 입자로 붕괴되었다해도 이것이 기계적 풍화의 영역이 크기 때문이다. 풍화등급에서, 2등급에서 5등급까지 연속성올보여 주고 있는데 이것은 풍화가 계속 진행되고 있음을 의미

한다. 가장 진전된 것이 5등급에 불과 하므로 이용면에서도 농업과 토목자재에 국한된다. 2등급은 기반암에, 3등급은 풍화된 암석, 4등급은 grus, 5등급은 clayey grus 에 가깝다고 볼 수 있다. 풍화부정합이 grus 경계와 풍화암석의 경계에 나타나는데 이곳에서 광물의 불연속이 나타남을 의미한다. 기반암과 풍화된 암석에서는 절리면에 국한되어 풍화가 진행되므로 2차광물의 형성은 견운모와 녹니석이다.

8. 결 론

경기일대에 분포된 암석의 풍화특성분석결과를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다. 심층풍화의 깊이는 개포가 13m, 과천 4m, 반월 6m, 죽산 4.5m, 산본이 5m로 나타났다.

함수비는 풍화가 진전될수록 높고 기반암에 가까울수록 감소하는 경향을 보였다. pH는 4-10 사이로 지표에 가까울수록 높은 산도를 나타내었다. color는 풍화산물이 YR (orange-yellow orange), 기반암은 gray 계통이다. 압축강도는 편마암에서 1063-1550kg/Cm² (반월, 산본, 개포), 화강암(과천)에서는 2200kg/Cm² 이다.

화학정량분석결과, SiO₂, MgO, CaO, K₂O, Na₂O 등은 기반암으로 갈수록 높고 풍화물에 갈수록 작아지는데 이를 물질들이 용탈되고 있음을 의미한다. 풍화지표로는 개포의 경우, MgO, 반월과 산본의 경우 CaO, 과천의 경우 Na₂O 가 양호하다. 조성비는 대부분 석영, 흑운모, 사장석, K-feldspar 로 이루어져 있고 이중에서 흑운모와 장석류가 sericite 로 변질되고 있고 과천(4)에서만 chlorite 로 변질되고 있다. 풍화과정은 현재 조암광물(흑운모, 장석류)이 sericite ->

26) Murali, V. Krishna Murti, G.S.R. and Sarma, V.A.K. 1978, clay mineral distribution in two toposequences of soils of tropical India, *Geoderma*, 20, p.267.

27) Wilke, B.M., Mishra V.K., Rehfuss K.E., 1984, clay mineralogy of a soil sequence in slope deposits derived from Hauptdolomit(Dolomite) in the Bavarian Alps, *Geoderma*, 32, p.112.

28) 임종호, 1989, op.cit., pp. 33-34.

29) Mermut, A.R. 1983, Micromorphogenesis of two Humult from Northeastern Turkey, *soil science*, Vol.136, No.3, p.186.

chlorite → smectite → kaolinite (?) 과정으로 진행되고 있는 것으로 사료된다. XRD 분석결과 상부층에서 조암광물이 다량 검출되었고 2차 광물은 smectite, kaolinite 가 검출되었다. 여기서의 kaolinite 은 현 기후하에서 형성된 것 보다는 과거의 고온다습한 기후조건에서 형성된 것으로 유추된다.

풍화등급은 2-5등급에 속하며 상부층이 5등급, 기반암이 심층풍화의 영향으로 2등급에 속한다. (분석에 많은 도움을 주신 서울대학교 전효택교수님과 오대균선생께 깊은 감사드리며, 성신양회 노성호실장님, 송원종선생님, 광복한선생님, 박계성선생님, 홍순형선생님, 김광일선생님 이하 여러분께 감사드립니다.)

A Study on the properties and degree of weathering to the granite, gneiss distributed in Kyunggi-Do.

MooWoong Choi*

Chongho Rheem**

Summary

The purpose of this study is to clarify the properties of weathering and to investigate weathering phenomena synthetically in respect of the granite, gneiss which distributed in Kyunggi-Do.

A total of 25 samples were collected from outcrops in Seoul, Kwachon, Banwol, Sanbon, Juksan, from 27 September 1988 to 25 March 1990. The chemical analyses were performed for SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , Ig-loss. XRD were enforced for the rock forming minerals and clay minerals using Rigaku X-Ray diffractometer. The results of the analysis are summarized as the followings:

According to the results of the chemical analysis on the study area, the values of SiO_2 ,

MgO , K_2O , Na_2O increase from the outer into the inner due to leaching, conversely those of Al_2O_3 , Fe_2O_3 increase from the inner to the outer. The values of $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ on the weathering products are over 5 and correspond to saprolite.

As the results of the XRD detected smectite and kaolinite, but consist of mostly quartz, mica and feldspar on the weathering products. There are sericite, chlorite, ironstaining on the weathering rocks. The rock forming minerals on the weathered rocks were altered partly into secondary minerals, but not quartz only. We think that the process of weathering is sericite \rightarrow chlorite \rightarrow smectite \rightarrow kaolinite.

The degree of weathering ranges from 2 on the bedrocks to 5 on weathering products.

* Professor, Department of Geography, Kon-Kuk University.

** Ph.D. Program in Geography, Graduate School of Kon-Kuk University.