

주왕산국립공원의 지질

국립공원관리공단국립공원연구원

허철호

남한의 옐로우스톤 청송 주왕산



- 우리나라 최고의 오지라고 할 수 있는 경북 청송에 자리잡고 있는 주왕산은 해발 720m로 다른 국립공원들에 비하면 매우 나지막한 산이다.
- 그러나, 산 초입에 들어서면 이 산이 그렇게 유명하고 국립공원으로까지 지정된 이유를 바로 수궁할 수 있다. 산이 높지 않으면서도 계곡 좌우로 펼쳐지는 산세가 여간 웅장하고 험준하지 않다. 또한, 골짜기가 깊고 가파르면서도 전체적으로는 둥글둥글한 모양이어서 어디 특별히 뾰족하거나 모난 곳이 없어, 규모는 작지만 미국에서 가장 먼저 국립공원으로 지정된 옐로스톤 공원을 방불케 한다.
- 여러 층으로 된 가파른 절벽과 암봉, 주계곡을 따라 발달한 3개의 폭포 등 골짜기 경관 또한 어느 국립공원 못지 않다.
- 수많은 산봉과 기암, 폭포 가운데서도 주왕산을 대표할 만한 절경은 제1폭포와 그 위로 이어지는 구룡소와 선녀탕 일대이다.

- 칩냉쿨이 얼크러진 덩불 속에 묻힌 돌더미 자하성과 열두폭 병풍을 둘러놓은 듯한 석병암, 성난 거인의 얼굴 같은 시루봉 등 암봉들의 도열이 끝날 무렵 나타나는 것이 이 폭포다.
- 사방이 수직절벽에 싸여 바람 한점 없이 고요한 가운데 폭포 소리만이 정적을 깨뜨리는 이 폭포 아래에는 소 옆으로 깨끗한 자갈밭이 70여평이나 돼 과거엔 탐방객들이 점심식사를 하고 휴식을 취하기도 했던 곳. 그러나, 현재는 계곡 보호를 위해 일반인의 출입이 금지돼 있다.
- 설악산처럼 높지도 크지도 않은 이 산에 이처럼 치솟은 기암절벽과 호쾌한 폭포가 들어앉아 있는 이유는 무엇일까?
- 주왕산의 웅장, 험준한 경치는 이 산의 격렬한 생성 역사의 산물이다. 주왕산은 이곳에서 멀지 않은 영덕 내연산, 전북 내장산과 함께 중생대 백악기, **지금으로부터 약 7천만년 전에 화산 폭발로 이루어진 것**이다. 지금은 조용한 한반도가 이 시기엔 현재의 일본보다 화산활동이 더 활발했는데, 지금의 경상남북도의 동남부에서 전남 남해안으로 이어지는 활모양의 지역이 그 중심무대였다. 주왕산에서부터 남쪽으로 영천 보현산, 청도 밀양의 운문산과 천황산, 삼랑진, 거제, 남해, 고흥반도, 완도, 진도 등으로 이어지는 지역이 바로 그곳이다.
- 당시 이 지역은 주변보다 낮은 분지와 호수를 이루고 있었기 때문에 지질학에서는 **경상분지(慶尙盆地)**로 불린다. 당시 화산 폭발의 흔적은 안산암(安山巖)이나 유문암(流紋巖) 등의 화산암으로 이루어진 이 지역의 지질로 검증된다.

- **주왕산을 이룬 응회암(凝灰巖, tuff)**은 우리가 흔히 생각하는 산산조각난 용암조각들이 공중에서 떨어져내려 쌓인 것이 아니라 **화산재가 용암처럼 흘러내려 가다 멈춰 굳은 것**이다.
- 안동대 황상구 교수(火山學)는 "주왕산 지역은 폭발성이 강한 산성화산암(流紋巖)류가 분포하는 지역 중 최북단에 해당한다"면서 "주왕산에 폭포와 기암절벽이 발달한 것은 **이 지역 화산암의 대부분이 회류응회암(灰流凝灰巖)으로 구성**돼 있기 때문"이라고 설명했다.
- 겉보기에 용암과 구별하기 어려운 회류응회암은 휘발성 물질을 함유하는 산성마그마가 대규모로 극렬하게 폭발 분출하면서 화구로부터 뿜어져 나온 뜨거운 화산재 가스가 공중으로 솟구치지 못하고 지면을 따라 빠르게 흘러내리게 된다.
- 이렇게 흘러내린 화산재는 양이 엄청난 데다 300~800℃의 높은 온도를 갖기 때문에 자체 열과 무게로 인해 산산이 부서졌던 용암 입자들이 다시 달라붙는다. 이 경우 밑바닥과 표면을 제외한 내부는 용접된 것과 마찬가지로 하나의 단단한 암석으로 굳어진다. 아울러 온도가 식으면서 체적이 줄기 때문에 냉각면에 수직으로 수축해 용암류에 일반적으로 나타나는 **주상절리(柱狀節理)**가 발달하게 된다는 것이다.
- 따라서, 회류응회암은 공중으로 날아와 쌓인 응회암과는 달리 내부가 매우 치밀하고 단단한 것이 특징이다.
- 주왕산을 이룬 이들 응회암은 한번에 흘러와 굳은 것은 아니다. 조사에 따르면 주왕산에서는 두께가 1백m 이상인 응회암 세 켠이 확인되는 등 여러 차례의 분출로 흘러온 성분이 다른 회류응회암

위에 계속 쌓인 것이다.

○ 따라서 주왕산 응회암은 커마다 내부와 표면의 용결, 비용결 차이에 따른 차별침식, 같은 커 안에서는 주상절리를 따라 이뤄진 침식 등이 나타나게 돼 수직절벽과 계단 모양의 지형, 폭포 등이 만들어지게 된 것이다.

○ 계곡 초입의 기암 꼭대기에 70여평의 평지가 펼쳐지는 등 주왕산의 산봉이나 기암 꼭대기가 뾰족하지 않고 평탄한 것은 흘러온 응회암의 표면이거나 분출 시기가 다른 응회암간의 경계부로 애초부터 평탄했던 면이었기 때문이다.

○ 여러 커로 이뤄진 응회암의 경계부는 풍화에 약해 쉽게 침식되기 때문에 평탄한 면이 쉬 드러나는 데다 침식되고 남은 응회암층은 내부가 치밀하고 단단하지만 발달한 주상절리 때문에 수직으로 떨어져나가 계단식 지형이 만들어진다. 이런 계단식 지형 위로 계곡물이 흐르면 곧 폭포가 되는 것이다.

○ 제1폭포와 구룡소를 지나면 2폭포와 3폭포가 갈리는 1.5km쯤의 계곡길은 거의 기복이 없이 평탄한데, 이처럼 계곡길이 수평으로 날 수 있는 이유는 제1폭포를 이루고 있는 응회암의 위를 덮고 있던 응회암이 침식돼 씻겨나가면서 경계부를 이루던 아래층 응회암의 표면이 드러나 길이 뚫렸기 때문이다.

○ 한편, 주왕산을 이루는 회류응회암이 흘러와 쌓일 당시에는 이 지역이 주변지역보다 낮은 지대였을 것이다. 그러나, 7천만년의 세월은 주변의 고지대는 모두 침식돼 없어지고 오히려 저지대에 쌓였던 응회암은 남아 높고 험한 산지를 이루는 조화를 보여주고 있다.

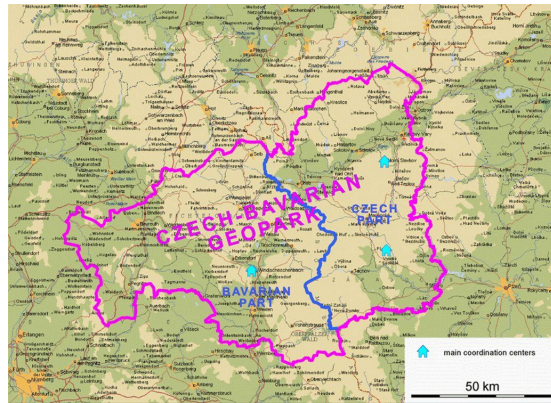
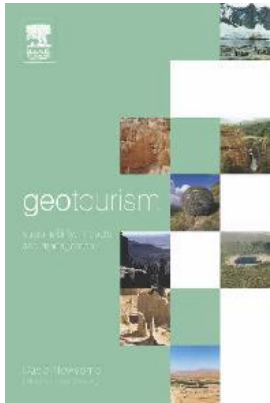
Geobank



환경부 지형경관정보

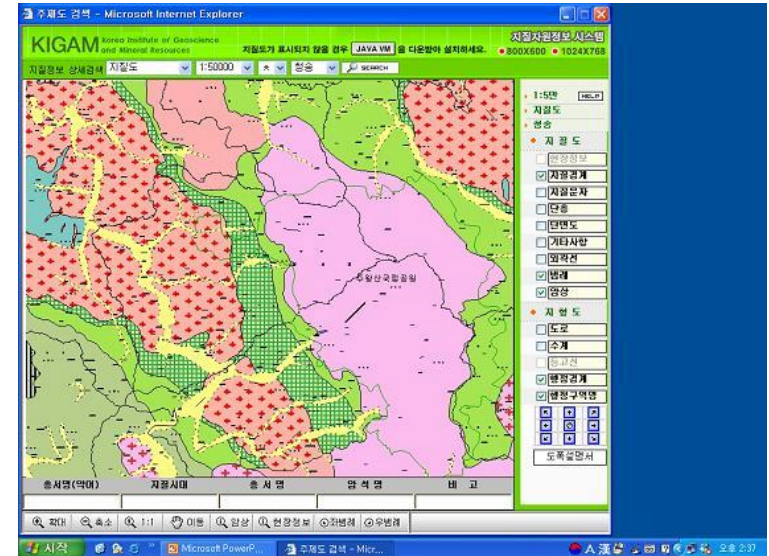
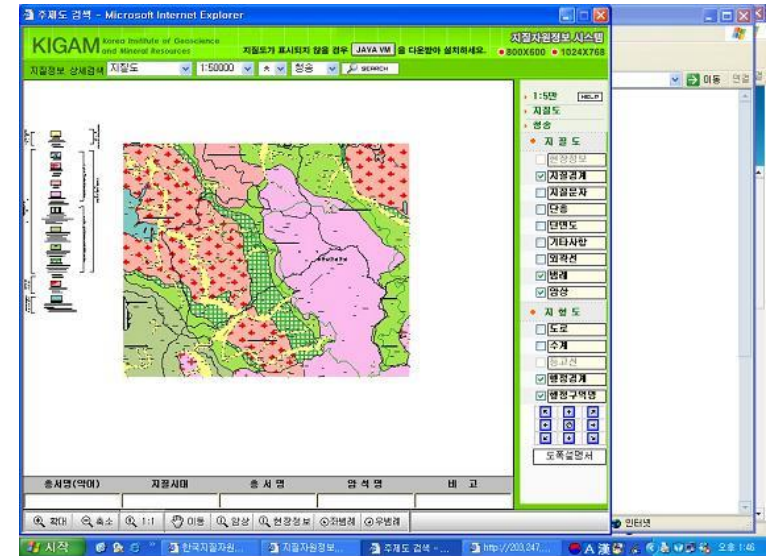


Geotourism

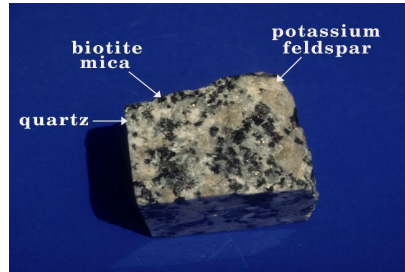


- <http://www.unesco.org/science/earthsciences/geoparks/geoparks.htm>
- <http://www.worldgeopark.org/>
- <http://www.europeangeoparks.org/>

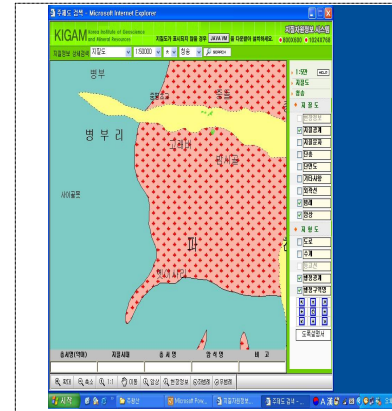
주왕산 일대 지질도



산출암석



석회규산염암



지질연대 : 선캄브리아기

청송군 과천면 덕천동 및 병부동 일대

청송읍 달기약수탕

→ 탄산염 냉천 용출

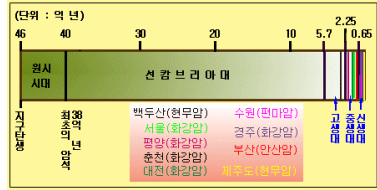
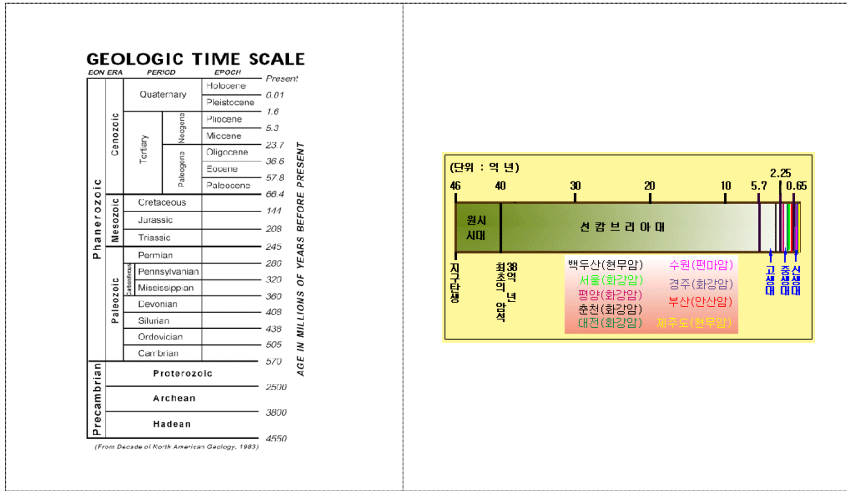
→ 석회암의 포획체



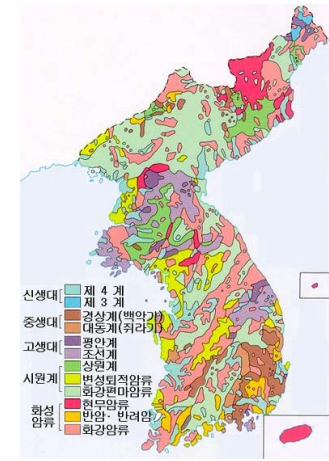
帶磁率(magnetic susceptibility)

| 암석명 | 대차율×10 ³ (SI) |
|----------------|--------------------------|
| 현무암(basalt) | 0.2 ~ 175 |
| 화강암(granite) | 0 ~ 50 |
| 사암(sandstone) | 0 ~ 20 |
| 석회암(limestone) | 0 ~ 3 |

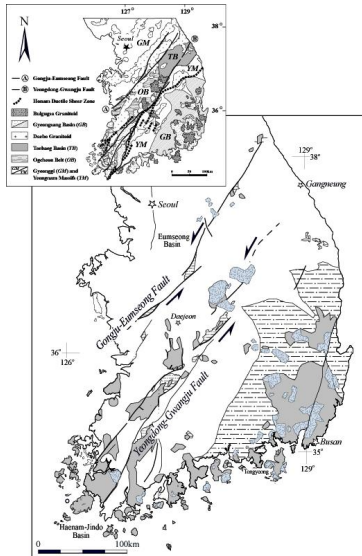
지질연대표



韓半島 地質圖



韓半島 地體構造圖



韓半島 衝突帶

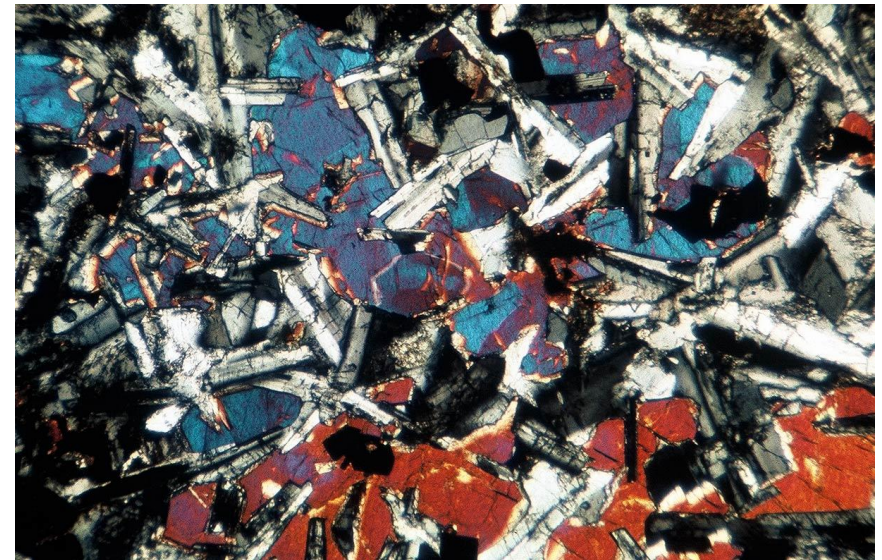


임진강대가 충돌대의 연장일 것으로 생각되는 조사 결과

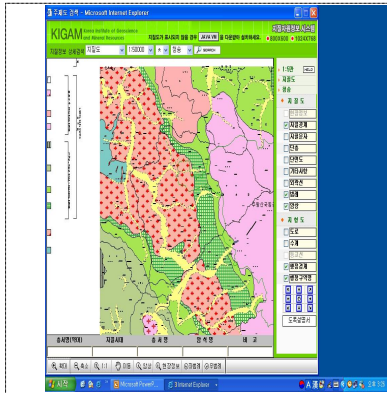
- 첫째, 임진강대의 지질구조는 중국 충돌대의 구조 방향과 마찬가지로 동서방향으로 발달한다는 점. 이는 한반도의 위성사진에서도 쉽게 관찰될 수 있으며, 한반도의 지질구조가 대개 북동-남서 혹은 남-북 방향인 것과 대조.
- 둘째, 임진강대에 있는 암석의 변성조건이 10kbar에 달하는 고압 변성작용을 지시하며, 중국 충돌대에서 흔히 관찰되는 온도-압력 조건에 유사한 점.
- 셋째, 임진강대 암석이 변성작용을 받은 시기가 중국 충돌대에서 충돌시기를 나타내는 변성암의 변성 나이인 중생대 삼첩기와 일치한다는 점.

박편(thin section)

암석의 조직이나 구성 광물등을 감별하는 데는 육안 감별도 많은 도움을 주지만 정확한 광물을 알기 위한 효과적인 수단은 편광 현미경을 이용하여 광물의 광학적 성질을 파악하는 것임.
편광현미경을 이용하여 광물을 관찰하려면, 우선 암석을 빛이 통과할 수 있을 만큼 얇은 판(0.02~0.03mm의 두께)으로 만들어야 함.



청송화강암



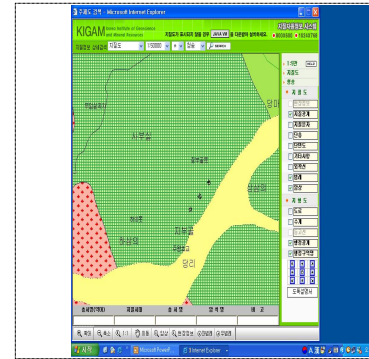
지질연대 : 쥐라기

청송면 부곡동 남쪽일대,
지품면 수암동 등

흑운모화강암

저반(Batholith)

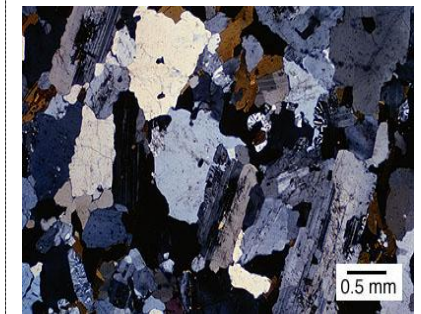
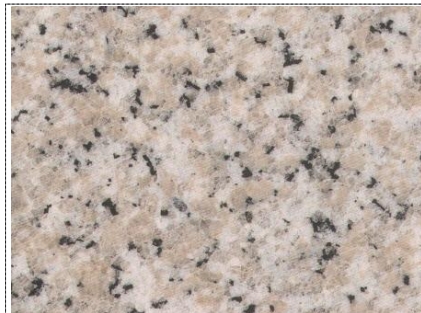
아코스질 사암층



지질연대 : 백악기

청송면 부곡동, 지품면
수암동 일대

경상계 퇴적층(기저층)



0.5 mm



경상분지

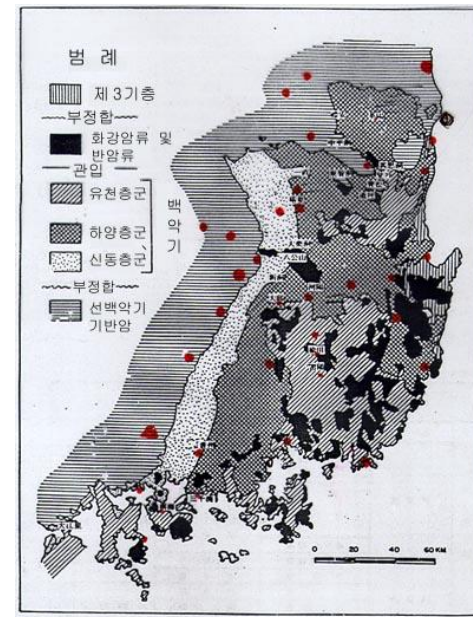


그림 4-9 경상분지 지질도

아코스질 사암(arkosic sandstone)

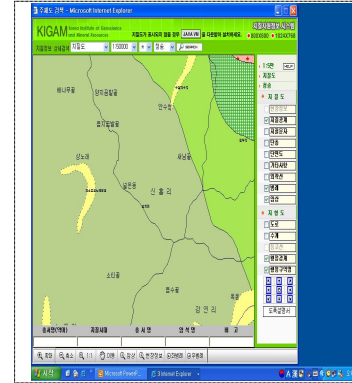


장석질 사암

장석 함량, 25% 이상

장석과 미립의 자철석으로 구성되어 보통 붉거나 분홍색을 띰.

녹색 사암층

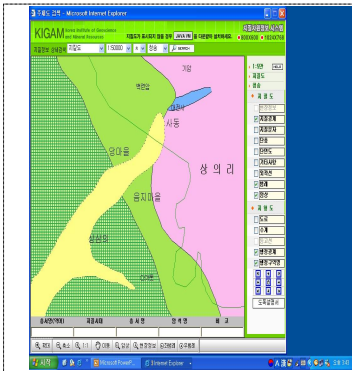


지질연대 : 백악기

안덕면 일대

경상계 퇴적층(최상위층)

적색 사암층

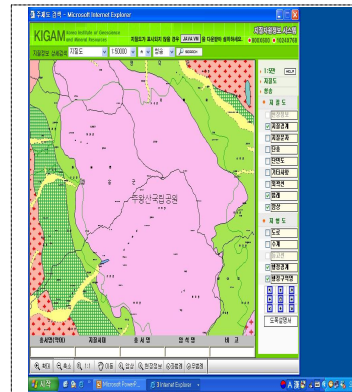


지질연대 : 백악기

지품면 지품동, 부동면 상평동 일대

경상계 퇴적층

각력질 안산암(1973년)



지질연대 : 백악기

부동면 주왕산 부근

암색 : 담회색, 담홍색, 암회색

同源의 관입각력 포함



角礫質(brecciated)

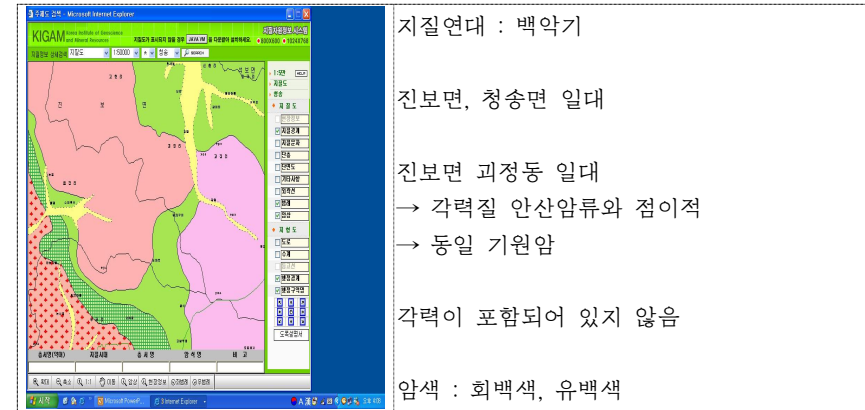


安山巖(andesite)

灰流 凝灰巖(1998년)

- 周王山을 이룬 응회암(凝灰巖, tuff)은 우리가 흔히 생각하는 산산 조각난 용암조각들이 공중에서 떨어져내려 쌓인 것이 아니라 화산재가 용암처럼 흘러내려 가다 멈춰 굳은 것.
- 안동대 황상구 교수(火山學)는 "주왕산지역은 폭발성이 강한 산성 화산암(流紋巖)류가 분포하는 지역 중 최북단에 해당한다" 면서 "주왕산에 폭포와 기암절벽이 발달한 것은 이 지역 화산암의 대부분이 회류 응회암(灰流凝灰巖)으로 구성돼 있기 때문"이라고 설명했다.
- 겉보기에 용암과 구별하기 어려운 회류응회암은 휘발성 물질을 함유하는 산성마그마가 대규모로 극렬하게 폭발 분출하면서 화구로부터 뿜어져 나온 뜨거운 화산재 가스체가 공중으로 솟구치지 못하고 지면을 따라 빠르게 흘러내리게 된다.
- 이렇게 흘러내린 화산재는 양이 엄청난 데다 300~800℃의 높은 온도를 갖기 때문에 자체 열과 무게로 인해 산산이 부서졌던 용암 입자들이 다시 달라붙는다. 이 경우 밑바닥과 표면을 제외한 내부는 용접된 것과 마찬가지로 하나의 단단한 암석으로 굳어진다. 아울러 온도가 식으면서 체적이 줄기 때문에 냉각면에 수직으로 수축해 용암류에 일반적으로 나타나는 주상절리(柱狀節理)가 발달하게 된다는 것이다.
- 따라서, 회류응회암은 공중으로 날아와 쌓인 응회암과는 달리 내부가 매우 치밀하고 단단한 것이 특징이다.
- 주왕산을 이룬 이들 응회암은 한번에 흘러와 굳은 것은 아니다. 조사에 따르면 주왕산에서는 두께가 1백m 이상인 응회암 세 켤까 확인되는 등 여러 차례의 분출로 흘러온 성분이 다른 회류응회암 위에 계속 쌓인 것이다.

규장암(felsite)

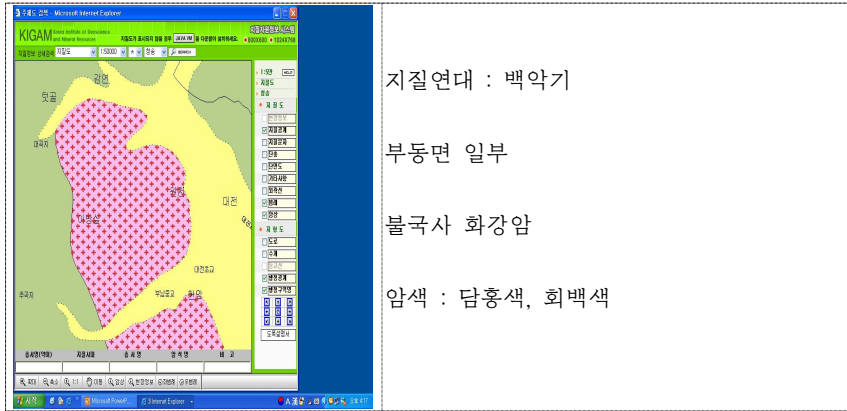


硅長巖(felsite)

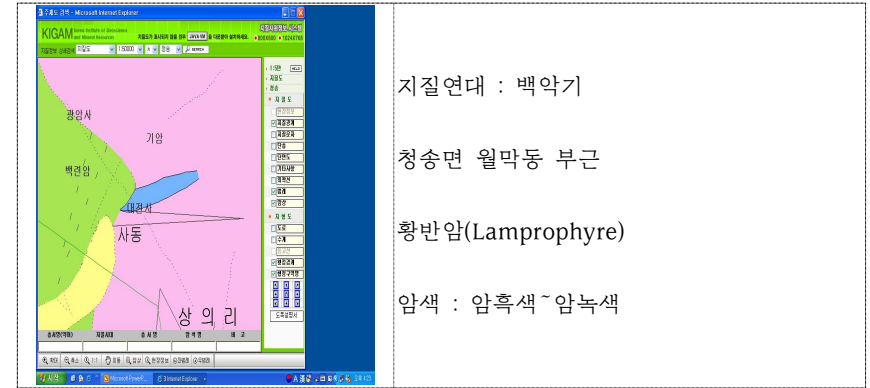


Felsite is a general name for light-colored volcanic rocks, or extrusive igneous rocks. Felsite is fine grained but not glassy, and it may or may not have phenocrysts (large mineral grains). It is high in silica or felsic, typically consisting of the minerals quartz, plagioclase feldspar and alkali feldspar. A common felsitic rock is rhyolite, which typically has phenocrysts and signs of having flowed.

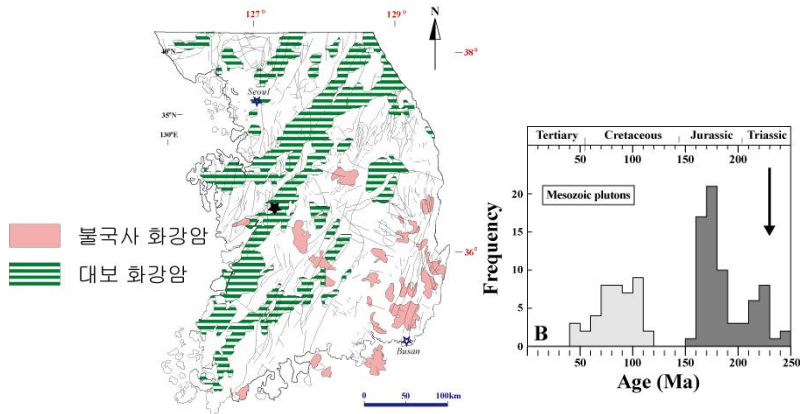
흑운모화강암(biotite granite)



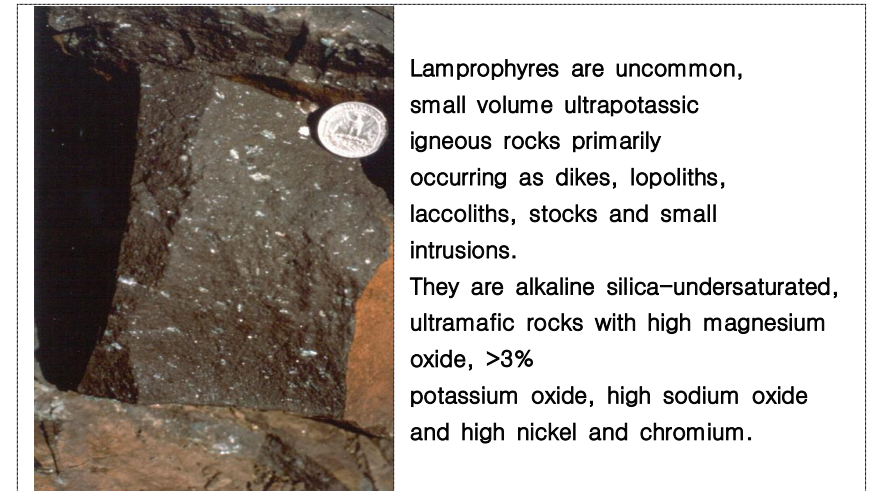
염기성암맥(basic dyke)



남한의 화강암



황반암 (Lamprophyre)



주왕산 화산지역(황상구, 1998)

周王山 一帶 地史

| 주 왕 산 | 암석의 종류 |
|-------|--------------|
| 상부 | 산성 화산암류 |
| 중부 | 산성, 중성 화산암류 |
| 하부 | 염기성, 중성 화산암류 |

- ① 캄브리아기에 앞서 석회암을 포함하는 퇴적층이 형성된 후 광역변성작용을 받아 변성암(석회규산염암)으로 되었다.
- ② 쥐라기에 이르러 청송화강암에 의하여 관입을 받아 넓은 지역에 걸쳐 변성작용을 받았을 것이다.

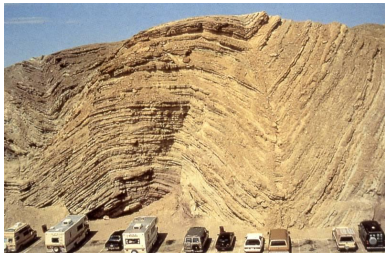


석회암(limestone)

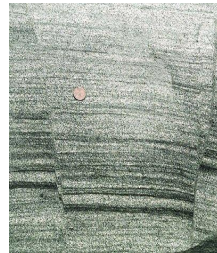


관입(intrusion)

- ③ 그 후 수차 대소규모에 걸쳐 심한 침식작용이 진행되어 청송화강암의 저반(batholith)과 이에 잔류된 석회규산염암층을 기저로 하는 분지(basin)의 일부가 형성.
- ④ 백악기에 들어서서 이 지역 위에 아코스질 사암층, 적색 사암층 및 녹색 사암층을 계속 퇴적하여 경상계 퇴적층을 형성.
- ⑤ 그 후 대소 규모의 지각변동이 퇴적층내에 일어나 습곡 구조를 일으켰다.
- ⑥ 이 습곡운동과 거의 동시에 청송화강암 내에 남북방향의 수개의 단층이 수반되었으며, 그 후 이 방향에 직교되는 소규모 단층들이 동서방향으로 발달되었고 규장암이 관입후 다시 남북방향의 단층 형성.



습곡(fold)



단층(fault)

- ⑦ 이러한 지각운동이 발생된 후 그와 수반된 弱線帶를 따라서 각력질 안산암(회류응회암)이 관입하였고 북쪽의 일부는 분화작용으로 규장암이 형성.
- ⑧ 이들의 관입후 이 지역내에서 가장 후기의 불국사 화성활동으로 믿어지는 흑운모화강암의 활동이 있어 경상계 퇴적층은 물론 각력질안산암 및 규장암까지도 관입.

구과상 유문암(spherulitic rhyolite) - 꽃돌

- 주왕산국립공원에서는 국내외적으로 희귀하며 매우 다양하고 아름다운 형태를 보여주는 구과상(毬果狀)¹⁾ 유문암(流紋巖)²⁾들이 맥의 형태로 산출된다. 구과상 유문암내에 나타나는 섬유상 광물은 이들 암맥이 지표근처에서 빠르게 냉각되었음을 지시하며 구과상 유문암의 다양한 형태는 각 맥의 냉각속도의 다양함에 기인한다. 구과상 유문암 맥들의 연령을 측정해 본 결과 4천 8백만년 ~ 5천만년전에 관입한 암체임을 지시한다(오창환 등, 2004).
- 구상조직(球狀組織)은 어떤 광물이나 포획물로 구성된 핵을 중심으로 어두운 층과 밝은 층이 교호되며 구상으로 배열하거나 광물들이 방사상으로 배열됨으로 해서 동심원상의 구를 형성하는 조직이며 이러한 조직을 보여주는 암석을 구상암(球狀巖)이라 한다.
- 구상암은 그 산출이 매우 희귀하고 그 형태가 아름다워 1802년 Von Buch에 의해 최초로 언급된 이후 많은 지질학자들의 관심의 대상이 되어 왔다. 국외의 경우 100여개 지역에서 다양한 구상암이 보고 되어 있으며 그들 중 대부분은 화성암중 심성암인 섬록암이나 반려암 그리고 화강암질 편마암내에 발달되어 있고 화산암내에 발달된 구상암은 매우 드물다.
- 국내에서도 여러 곳에서 구상암이 보고 되었으나 역시 대부분이 변성암이나 심성암내에 발달되어 있다. 부산 황령산에는 심성 화성암인 반려암내에 구상조직이 나타나는 구상반려암이 보고 되었다. 그리고, 부산 영도일대에서는 변성암인 호온펠스 내에 구상조직이 나타나는 구상호온펠스, 전북 무주군 왕정리 지역에서는 변성암인 편마암내에 구상조직이 나타나는 구상편마암이 보고되었다.

- 이에 반해 **청송 주왕산 지역에 나타나는 구상암은 국내는 물론 국제적으로 드물게 화산암내 유문암내에 나타나고 있으며** 심성암에서 관찰되는 구상암에 비해 **섬유상 광물이 잘 발달되어 있어 구과상 유문암이라 불리운다.**
- 국내외의 여러 지역의 구상암에 비해 청송지역의 구과상 유문암은 다양한 형태의 조직을 보여주고 있어 많은 수석 애호가들의 관심이 대상이 왔으며 보존 및 연구가치가 높다.



(a)



(b)

(a) 유문암맥 (b) 유문암맥내 구과상 광물

구과상유문암의 연구결과 요약

- ① 청송 구과상 유문암을 생성시킨 산성암맥 내에 나타나는 섬유상 광물은 이들 암맥이 빠르게 냉각되었음을 지시한다.
- ② 청송 구과상 유문암의 다양한 형태는 각각의 맥 그리고 각 맥내에서도 부분적으로 서로 다른 냉각 속도에 의해 형성된 것으로 생각된다.
- ③ 냉각속도의 다양함에 의해 청송지역 유문암내 구과상은 심성암이나 변성암내의 구상암에 비해 매우 다양하고 아름다운 구상조직을 보여준다.
- ④ K-Ar 전암분석연령은 구과상 암체가 48~50Ma 사이에 관입하였음을 지시한다.

무주 구상화강편마암(천연기념물 249호)

