

## 주왕산 국립공원의 지형경관과 지질학적 지배 요인: 용결상과 주상절리

황상구\* · 김재호

안동대학교 지구환경과학과

### Topographical Landscapes and their Controlling Geological Factors in the Juwangsan National Park: Welding Facies and Columnar Joints

Sang Koo Hwang\* and Jae Ho Kim

*Department of Earth and Environmental Science, Andong National University, Andong 760-749, Korea*

**요약:** 주왕산 지역은 산세가 웅장하고 4계절의 경관이 아름다워 1976년에 12번째 국립공원(107.4 km<sup>2</sup>)으로 지정되었으며, 특히 주왕 계곡은 암뚝, 단애, 동굴, 폭포와 폭호 등에 의해 지형경관이 수려하여 2003년 명승 11호(9,177.5 m<sup>2</sup>)로 지정되었다. 주왕산용회암의 두꺼운 치밀용결대가 지형적 경관면에서 가장 멋진 절경을 드러내며 주왕산 국립공원으로 지정하게 만든 주체이다. 이 치밀용결대에는 급수대, 학소대, 신선대, 망월대, 기암과 병풍바위 등의 많은 암석단애들을 가지고 그 단애에 주왕굴, 무장굴, 연화굴 등의 동굴들을 형성하고 있으며, 그 능선에 여러 암뚝을 이루고 그 계곡에 여러 폭포와 폭호를 형성하고 있다. 이러한 암석단애들은 치밀용결대가 수직절리에 의해 이루어진 절벽이고, 동굴들도 치밀용결대의 단애에서 수직절리를 따라 좁게 형성된 것이며, 암뚝과 폭호들은 수직절리에 의한 절벽이 침식된 지형경관이다. 이들 수직절리는 주왕산용회암이 냉각되는 직후에 생성되는 주상절리에 해당되는 냉각절리이다. 이러한 지형적 특징은 주왕산용회암의 치밀용결대에 여러 방향으로 교차되면서 수직으로 발달하는 주상절리에 그 원인이 있다고 하겠다.

**핵심어:** 주왕산 국립공원, 지형경관, 주왕산용회암, 치밀용결대, 암석단애, 주상절리

**Abstract:** Juwangsan area(107.4 km<sup>2</sup>) has been designated as the twelfth National Park in 1976, because it has magnificent aspect and seasonally spectacular landscapes. Juwang valley(9,177.5 m<sup>2</sup>) has been designated as Noted Scenery No. 11 in 2003, because it has the same topographical landscape as rock domes, rock cliffs, caves, waterfalls and plunge pools. The most spectacular landscapes are exhibited in the densely welded zone of the Juwangsan Tuff. The rock cliffs generated from vertical joints in the densely welded zone, in which there are the same many rock cliffs as Geupsudae, Haksodae, Sinseondae, Mangwoldae, Giam and Byeongpunbawi, three caves such as Juwanggul, Mujanggul and Yeonhwagul in the cliff. The cliffs and caves are landscapes that were generated from vertical joints in the densely welded zone, and the rock domes and waterfalls are landscapes of erosional vertical joint planes in the zone. The vertical joints are columnar joints formed during cooling of the Juwangsan Tuff. Therefore the topographical features cause the cooling columnar joints that are vertically intersected in the densely welded zone of the Juwangsan Tuff.

**Key words:** Juwangsan National Park, Topographical landscape, Juwangsan Tuff, Densely welded zone, Rock cliff, Columnar joint

\*Corresponding author

Tel: 82-54-820-5469

E-mail: hwangsk@andong.ac.kr

## 서 언

주왕산 국립공원은 남쪽으로 뻗치는 태백산맥의 남부에 위치하고 청송군과 영덕군의 경계를 이루는 지역으로서 1976년 3월 30일에 12번째로 지정되었다. 지정구역은 107.425 km<sup>2</sup> 면적이고 청송군 진보면, 청송읍, 부동면, 영덕군 지품면과 달산면의 일부가 포함된다(Fig. 1).

주왕산의 옛 이름은 바위가 병풍처럼 펼쳐 서있어서 석병산이라 불렀으며, 선유선사들이 이 산에 은거하여 살았다 하여 대둔산이라 불렀고, 신라시대에 김주원이 임금의 자리를 다투다 버리고 수도하였다. 전설에서 주왕산이라고 하였으며, 중국의 진나라에서 피신하여 온 주왕이 이곳에 웅거하였다고 해서 주왕산이라 불렀다고 한다(청송군, 1990; 김규봉, 1998). 그래서 산봉이나 암굴마다 주왕의 전설이 얽혀 있다.

주왕산 국립공원은 태행산, 대둔산, 먹구등, 금은광이, 왕거암, 가메봉, 주왕산, 무장산 등의 산봉을 이루고 주방천(주왕 계곡), 과내(노루용추 계곡), 주산천(절골) 등의 계곡을 따라 암뎀(dome), 암석단애(rock cliff), 폭포(waterfall)와 폭호(plunge pool)가 조화를 이루고 있는 곳이다. 특히 주왕 계곡에는 장군봉, 연화봉, 촛대봉, 관음봉, 시루봉 등의 암뎀과 주왕굴, 무

장굴과 연화굴 등의 동굴, 기암(旗岩), 병풍바위(병풍암), 급수대, 학소대, 신선대, 망월대 등의 암석단애와 그 아래의 애추(talus)를 형성하고, 그리고 제1, 제2, 제3폭포 등의 폭포와 그 아래 폭호가 어우러져 명승지로 지목할만하다(Fig. 2). 특히 주왕 계곡 일원은 암뎀, 단애, 동굴, 폭포와 폭호 등에 의해 지형경관이 매우 수려하여 2003년 10월 31일 면적 9,177.544 m<sup>2</sup>를 명승 11호로 지정되었다.

우리나라는 현재 20개 지역이 국립공원으로 지정되어 동식물과 생태에 대한 자연경관 연구는 활발히 진행되고 있지만, 지형과 지질에 대한 자연경관 연구가 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이다. 흔히 주왕산 국립공원은 심산유곡에 기암절벽을 이루고, 사계절을 두고 각기 달리 빛어지는 절경이 수려한 곳이다(청송군, 1990; 김규봉, 1998). 그러나 주왕산 국립공원에서 이 “심산유곡과 기암절벽”에 관한 지형·지질적인 절경을 구체적으로 다룬 연구가 없다. 그러므로 우리는 이러한 지형적 경관이 지질에 따라 어떻게 분포하고 어떻게 생성되었는지 상관적 성인을 밝히는 것이 주 목적이다.

주왕산 국립공원에서 자연경관은 주로 주왕 계곡, 노루용추 계곡, 절골 등의 계곡을 따라 암뎀, 단애, 동굴, 애추, 폭포와 폭호가 발달하는데, 이들 가운데 아름다운 경관을 연출하는 지형은 대부분 주왕산응회

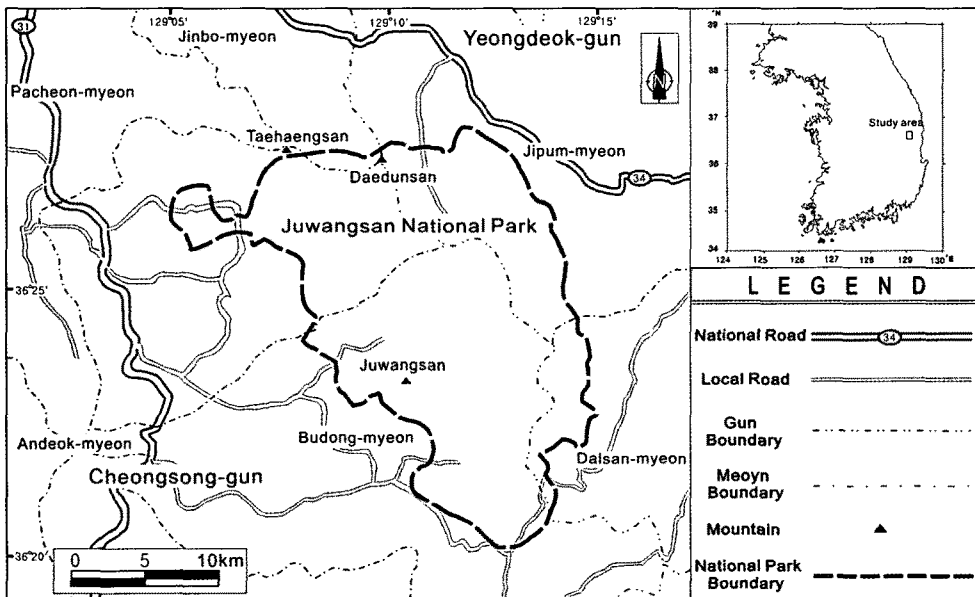


Fig. 1. Geographical map of Cheongsong area, showing location of the Juwangsan National Park.



**Fig. 2.** Topographical map in the Juwangsan National Park, Dash line represents its boundary. Note locations of waterfalls (F1, 1st waterfall; F2, 2nd waterfall; F3, 3rd waterfall; F4, Dalgi waterfall; F5, Noruyongchu), caves (C1, Yeonhwagul; C2, Mujanggul; C3, Juwanggul), and rock cliffs (R1, Giam; R2, Yeonhwabong; R3, Byeongpungbawi; R4, Sirubong; R5, Mangwoldae; R6, Geupsudae; R7, Haksodae; R8, Sinseondae; R9, Gwaneumbong; R10, Chotdaebong).

암이 분포하는 곳에서 나타난다. 그러므로 이러한 지형경관은 주왕산옹회암의 용결상과 주상절리를 철저히 분석함으로써 그 상관적 성인을 알아낼 수 있다. 이러한 결과는 앞으로 국립공원을 효율적으로 보존하고 관리하는데 활용할 수 있겠다.

### 지질개요

주왕산 화산지역에서 화산암류는 하부에 염기성 및 중성 화산암류, 중부에 산성 및 중성 화산암류, 상부에 산성 화산암류로 구성된다(황상구와 김상호, 2006; 안웅산과, 황상구, 2007). 하부의 염기성 화산암류를 대전사현무암, 중성 화산암류를 입봉안산암으로 구분된다. 그런데 중부와 상부는 대부분 유문암질과 데사이트질 화쇄류에 의한 큰 용적의 옹회암들로 구성되지만, 이 옹회암들 사이에는 얇은 안산암질 용암층이

협제되어 있고, 퇴적암층 및 안산암질 용암층으로 구성되는 너구동층이 협제되어 있어 이들을 기준으로 하여 하부로부터 지품화산층, 내연산옹회암, 주왕산옹회암, 너구동층, 무포산옹회암으로 구분된다(황상구 외, 2007a, b).

결과적으로 주왕산 국립공원의 지질은 하부로부터 적갈색 퇴적암층, 대전사현무암, 입봉안산암, 지품화산층, 내연산옹회암, 주왕산옹회암, 너구동층, 무포산옹회암과 유문암맥 순으로 구성된다(Fig. 3).

주왕산옹회암은 청송 동부에서 상당히 넓게 분포하며 대부분 국립공원 구역 내에 있다. 이 주왕산옹회암은 서쪽에서 대전사현무암을 남동쪽과 남서쪽에서 입봉안산암을 북서부에서 지품화산층을 피복하고 그 밖에서 저색 퇴적층을 직접 덮는다. 그리고 이는 거의 대부분 너구동층에 의해 덮이며 최고 약 350m 두께를 가진다.

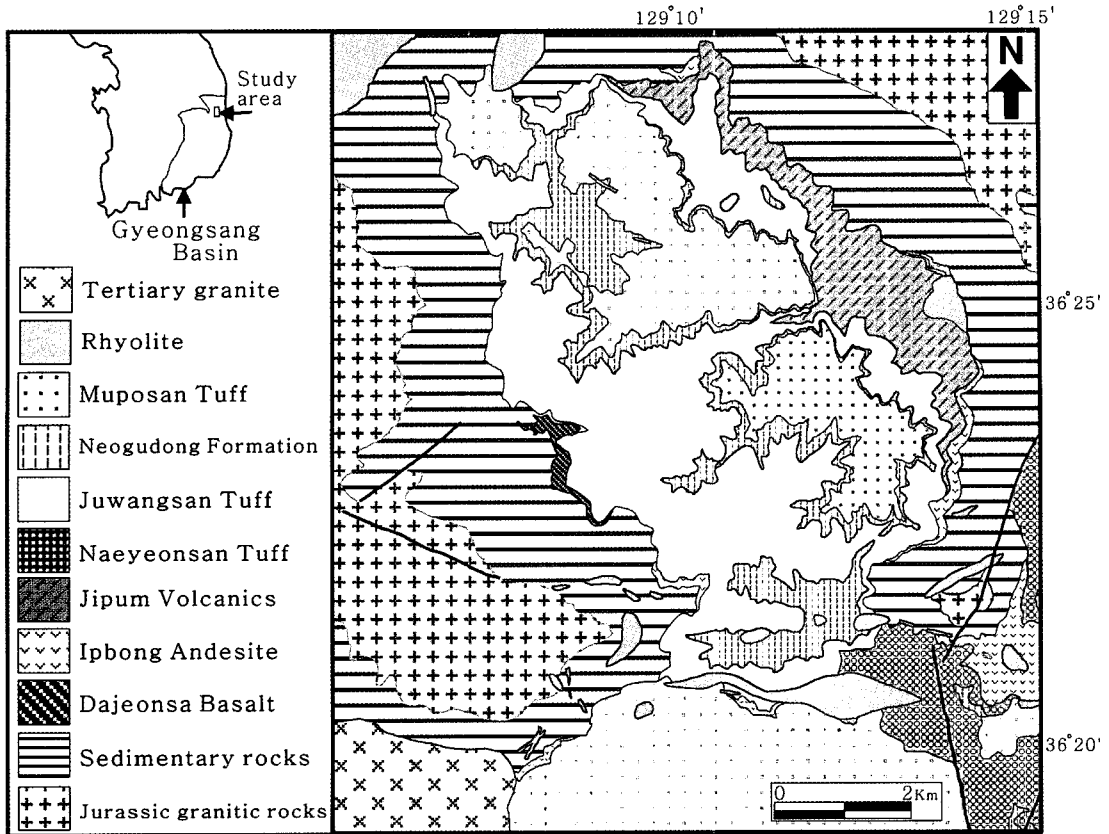


Fig. 3. Geological map in the Juwangsan National Park.

### 주왕산응회암의 용결상

주왕산응회암의 노두는 대부분 국립공원 구역 내에 존재하며 산정부를 제외한 산복부에 주로 분포한다 (Fig. 4A).

주왕산응회암의 하부와 상부 경계는 분포면적의 전반에 걸쳐 많은 곳에서 노출된다. 기저와 상단이 노출되지 않을 때는 비슷하거나 더 완벽한 단면에서 누대변화의 두께를 비교하여 결정된다. 상부 비용결 응회암은 여러 위치에 보존되어 있다. 이 계산은 원래 상부 비용결~부분용결 응회암의 두께가 기저 비용결~부분용결 응회암에 비교될 수 있다는 것(Rieble, 1973)을 고려하였다. 더구나 상부 비용결~부분용결 응회암 단면이 기저 것의 2배 두께라는 두께계산에 크게 틀리지 않는다.

주왕산응회암 분출시의 기복은 노두전반에 걸쳐서 거의 모든 단면에서 350 m 이내의 두께를 나타내지

만, 동쪽으로 오면서 거의 50 m 내외로 얇아지는 양상에 의해 인지할 수 있다. 동쪽의 얇은 응회암체의 원인이 되는 고지형적 고지는 50 m 내외의 두께의 응회암 분포에 의해 지시되며 하위의 지품화산층에 의한 고기 화산체의 주변지역이었다. 이 보다 두꺼운 응회암체를 유도했던 고지형적 저지는 아마도 350 m 이내 두께의 응회암 분포에 의해 지시되며 하위의 지품화산층이 얇아지는 말단부 혹은 무퇴적 지역을 나타낸다.

주왕산응회암은 노두면적 전반에 걸쳐 관찰한 바에 의하면 단순 냉각단위(simple cooling unit)에 해당된다(황상구, 2007). 이 주왕산응회암은 기저부에 결정 풍부 파리질 응회암(crystal-rich vitric tuff), 하부에 암편풍부 파리질 응회암(lithic-rich vitric tuff), 중·상부에 부석풍부 파리질 응회암(pumice-rich vitric tuff)으로 구성된다.

주왕산응회암은 대부분 부석풍부 파리질 응회암으

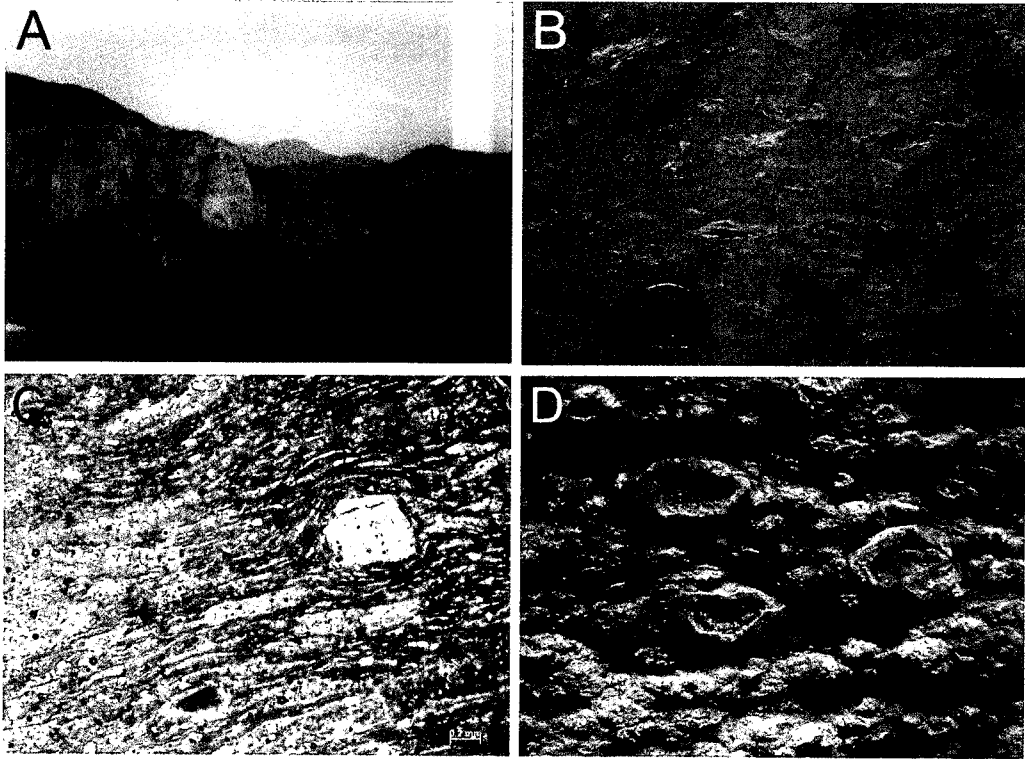


Fig. 4. Juwangsan Tuff. (A) Panoramic view; (B) Eutaxitic fabric in the dense welding zone; (C) Photomicrograph of the dense welding zone; (D) Lithophysae in the dense welding zone.

로 구성되며, 비용결~치밀용결되어 누대되어 있고 조성이 고규산 유문암질에서 저규산 유문암질의 범위이다(황상구 외, 2007a).

주왕산응회암에서 나타나는 용결대는 용결도에 따라 크게 3개 단계의 용결상에 의해 구분된다. 최저 용결에서 최고 용결로의 용결도에 따라 다음과 같이 비용결대(nonwelding zone), 부분용결대(partial welding zone), 치밀용결대(dense welding zone)로 나누며, 용결대 간의 전이는 매우 점이적으로 나타난다(황상구, 2007).

비용결대는 유리질 샤아드 간에 약간의 접착을 이룰 수 있고 샤아드와 부석의 원래 조직을 파괴하지 않고 거의 원래 모양을 간직한다. 그러나 유리질 물질의 유착은 일어나지 않는다. 비용결 응회암은 울퉁불퉁한 절벽을 형성한다. 비용결상에서 침식 특징은 노출된 절벽에서 전석이 크게 떨어져 나올 수 있지만 그보다 차라리 응회암의 노출면으로부터 떨어져 나와 하나의 단일 샤아드나 부석 형태로 일어난다. 채취된 시료는 무더 보이고, 유리질 성질은 돋보기로 볼 수

있다. 주왕산응회암에서 비용결 응회암은 단면의 기저와 상단에서만 발견된다. 하부 비용결 응회암의 두께는 기저에서 약 5 m 이내로부터 상단부 단면에서의 10~30 m까지의 범위이다.

부분용결대는 유리질 샤아드와 부석이 약간 변형되는 것이 특징이며 유리질 광택을 가진다. 그러나 기질사이의 부석은 피아메를 형성할 정도로 알팍하지 않다. 경하에서 원래 둥근 기포 샤아드와 부석이 약간 변형되어 타원형을 나타낸다. 인지할만한 암색화는 이 용결대에 포함되어 있지 않다. 풍화양상은 더 판상이고 각상 모양을 나타낸다. 단면에서 이 용결대는 하부와 상부 파리질 부분에서 발견된다. 상부 파리질 응회암에서, 응회암의 냉각동안 기체가 위로 탈출됨으로서 일차산화작용 때문에 회색에서 적갈색으로 색변화가 일어난 부분도 있다.

치밀용결대는 대부분 부석이 편평화된 피아메에 의한 완배열상 석리(eutaxitic fabric)가 두드러진 특징이다(Fig. 4B). 전체적으로 더 암색이고 유리질이지만, 공극이 계속적으로 감소되어 보다 더 높은 밀도를 나

타낸다. 경하에서도 부석과 사아드는 심하게 편평화되어 원래 모양을 찾아볼 수 없을 정도이다(Fig. 4C). 치밀용결 응회암은 단면의 중앙부에 두껍게 산출된다. 치밀용결대는 대부분 탈파리화되어 있고 수직으로 주상절리를 발달시키며 국지적으로 석구(lithophysae)를 형성하는 곳도 있다(Fig. 4D).

## 지형개관

주왕산 국립공원에서 태백산맥은 대둔산(905 m)에서부터 거의 남북 방향으로 먹구등(846.2 m), 명동재(875 m), 왕거암(907.4 m), 별바위(700 m)을 거쳐 무장산(640.8 m)으로 달린다. 남북 방향의 중주능선을 중심으로 여러 지맥들이 서쪽으로 발달되는데 북부의 대둔산에서 태행산(933.1 m)으로, 먹구등에서 두수람(923.3 m), 금은광이(812.4 m), 장군봉(686.8 m)으로, 왕거암에서 가메봉(882 m), 주왕산(702.6 m)으로, 그리고 남부의 별바위에서 피나무재, 무포산(716.7 m)으로 발달되어 비교적 높은 봉우리들이 계곡 사이의 능선에 위치하고 있다.

주왕산 국립공원에서 가메봉, 왕거암과 그 북쪽의 먹구등, 두수람, 금은광이, 장군봉 사이의 외주왕에는 주왕 계곡(주왕골)이 형성되며(Fig. 5) 주방천이 서쪽으로 흘러 용전천에 유입하고 있다. 금은광이, 두수람, 먹구등, 대둔산과 태행산 사이는 노루용추 계곡(노루용추골)이 형성되어 있으며, 괴내(월외천)가 달기폭포를 이루면서 서쪽으로 흘러 청송 부근에서 용전천으로 유입된다. 주왕산에서 가메봉, 왕거암, 별바위 사이의 내주왕에는 절골이 형성되어 주산천이 서쪽으로 흘러 마평천과 합류하여 용전천 상류로 되어 낙동강의 상류인 반변천에 유입된다.

주왕산 국립공원은 기암괴석의 단애를 자랑하여 그 산세가 화려하고도 장관을 이룬다. 그 이유는 무엇인가? 그 해답은 백악기 화산암류 중에 주왕산응회암에 발달된 용결열리, 주상절리와 오랜 시간에 걸친 침식작용과 풍화현상 때문이라고 할 수 있다. 주상절리로 인하여 화려하고 아름다운 암뚝, 단애, 동굴, 폭포 등이 발달하고 있다고 하여도 과언이 아니다. 장군봉, 연화봉, 관음봉, 촛대봉 등의 암뚝, 기암, 병풍바위, 급수대, 학소대, 신선대, 망월대 등의 단애, 무장굴, 연화굴, 주왕굴 등의 동굴은 산지에서 나타나는 침식지형이 주상절리 발달로부터 침식작용을 반영하는 것들이다. 이러한 산지 침식지형의 계곡 바닥에서는 제1폭

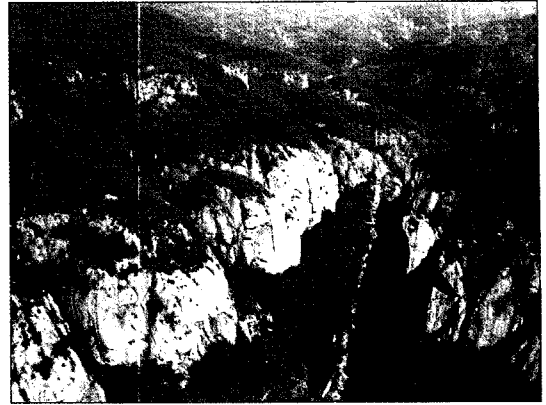


Fig. 5. Juwang valley, showing exposures of the Juwangsan Tuff.

포, 제2폭포, 제3폭포, 달기폭포 등의 폭포와 폭호, 하식동이 하상암반에서 풍화되는 달리 마식과 굴식에 의해 형성되어 침식지형을 나타내는 것들이다.

## 지형경관

주왕산 국립공원은 주왕산응회암과 무포산응회암이 기반암으로 노출되어 병풍을 펼쳐놓은 듯한 기암절벽을 이루는 곳이 많다. 특히 주왕산응회암은 솟은 암뚝, 깎아지른 듯한 암석단애, 기둥모양으로 뻗뻗하게 서있는 듯한 주상절리, 하얗게 물살을 떨어뜨리는 폭포와 폭호 등은 주왕산을 명산으로 불리게 하는 지형적 요소들이다.

### 하천지형

**계곡:** 주왕산 국립공원에 발달한 계곡은 크게 주왕계곡, 노루용추 계곡과 절골로 구분된다. 이 세 계곡은 각각 주방천, 괴내와 주산천이 흐르며 대체로 직류하천이라고 할 수 있다. 하천 양안에 암석이 노출되어 가파른 곡벽을 갖는 하도를 이루고 있으며, 주방천, 괴내와 주산천은 대체로 3차수 하천에 해당한다.

주왕 계곡은 수계분수령으로 주왕산, 가메봉, 왕거암, 명동재, 먹구등, 두수람, 금은광이, 장군봉 등으로 둘러싸이며, 주방천이 대체로 직류하천을 이룬다(Fig. 5). 이 하천은 집중호우가 일어나면, 유량의 변동이 커져 그 침식력도 매우 커질 수 있다. 그러므로 주왕계곡에는 각종의 단애, 폭포, 구혈 등의 미지형이 발달하는 것은 당연하다.

이러한 지형은 주왕산옹회암에 발달하고 있는 주상절리, 용결절리 등의 구조를 바탕으로 발달하고 있다고 할 수 있다. 예를 들면, 주방천의 하상면은 역시 용결절리에 의해 형성되었다고 할 수 있는데, 오랜 시간 동안 하식작용을 받아 용결절리가 매끈하게 마감된 상태이다. 하상에 노출된 노두는 대체로 2~5m 정도의 규모를 가지며 대부분 옹회암이지만 하류로 가면서 현무암이다. 이 하상에는 운반과정에서 굴식과 마식작용의 영향으로 원마도가 큰 거력을 이루는 암괴들이 주변지역에 퇴적되어 있다. 주방천 수계는 3차수 하천으로 하계망 발달이 미숙한 편이다.

노루용추 계곡은 북측으로 태행산, 대둔산, 남측으로 먹구등, 두수람, 금은광이, 장군봉 등의 능선으로 둘러싸이고 서측이 개방되어 과내를 이루며 용전천으로 유입된다. 노루용추 계곡은 월외리에서 달기폭포를 포함하여 동쪽으로 향하여 위치하고 있다. 하상면의 기반암은 주로 옹회암이고 녹회색 사암층이 동시에 분포하며 처티 셰일과 역암층도 분포하고 있다. 옹회암이 끝나는 해발 310m 지점에는 그 하위에 화산역암, 녹회색 사암층과 적갈색 이암이 차례로 하상기반을 이루고 있다. 이 부분은 하상폭이 30m에 이르며 이곳에 1m 높이의 낙수현상이 일어나는 소규모의 폭포가 있고 이 폭포에서 동서방향으로 형성된 유로를 따라 길이 6m, 폭 3m, 깊이 2m로 형성된 노루용추라는 담을 이루고 있다.

**폭포와 폭호:** 주왕산 국립공원은 뛰어난 경관을 자랑하는 4대 폭포를 갖고 있다. 주왕 계곡의 제1폭포, 제2폭포, 제3폭포와 노루용추 계곡의 달기폭포가 그것이다.

이 폭포들은 암석의 특징과 주상절리 때문이라고 할 수 있다. 주왕산옹회암의 치밀용결대에 수직의 주상절리가 발달한 암석을 따라 하천이 흐르게 되며, 그 과정에서 절리를 따라 암괴가 제거되면, 높은 고도차를 가진 단애를 형성하여 폭포를 이룬다.

폭포의 형성은 침식기준면에 작용할 수 있는 환경적인 변화가 있었음을 의미한다. 그러므로 주방천에 3개의 폭포가 형성되어 있다는 것은 일시적이고도 국지적인 침식기준면의 변화가 있었다고 생각할 수 있다. 제2폭포와 제3폭포는 수평적으로 같은 침식기준면이며 제1폭포보다 높은 침식기준면을 나타낸다. 이러한 두 침식기준면은 주왕산옹회암의 치밀용결대 내에 있기 때문에 풍화 침식에 더 강하며 주상절리로

형성된 단애로부터 폭포를 유지할 수 있었다.

제1폭포는 의용추, 용추폭포라고도 하며(김규봉, 1998) 해발고도 320m 지점에 3단 폭포로 구성되어 있다. 1단 폭포와 2단 폭포는 낙수폭이 2m, 낙차 1~2m에 이르지만 그 밑에 구혈(pothole)이 각각 폭 3m, 깊이 2m, 그리고 폭 8m, 길이 5m, 깊이 1m 정도로 형성되어 있다(Fig. 6A). 1단 폭포에 절구와 같이 움푹 패인 선녀탕 구혈이 있으며 2단 폭포에 의해 형성된 구룡소라는 구혈이 있다. 그 하류부에는 3단 폭포가 폭 2m, 낙차 5m 규모를 이루며 제1폭포의 최대 낙수를 일으키고 거대한 폭호가 형성되어 있다. 이 폭호는 주왕산옹회암의 치밀용결대에 형성되어 있고 대부분이 상류측에서 운반되어온 10cm 내외의 표력들이 쌓여 있어서 1, 2단 폭포의 구혈과 대조를 이루고 있다.

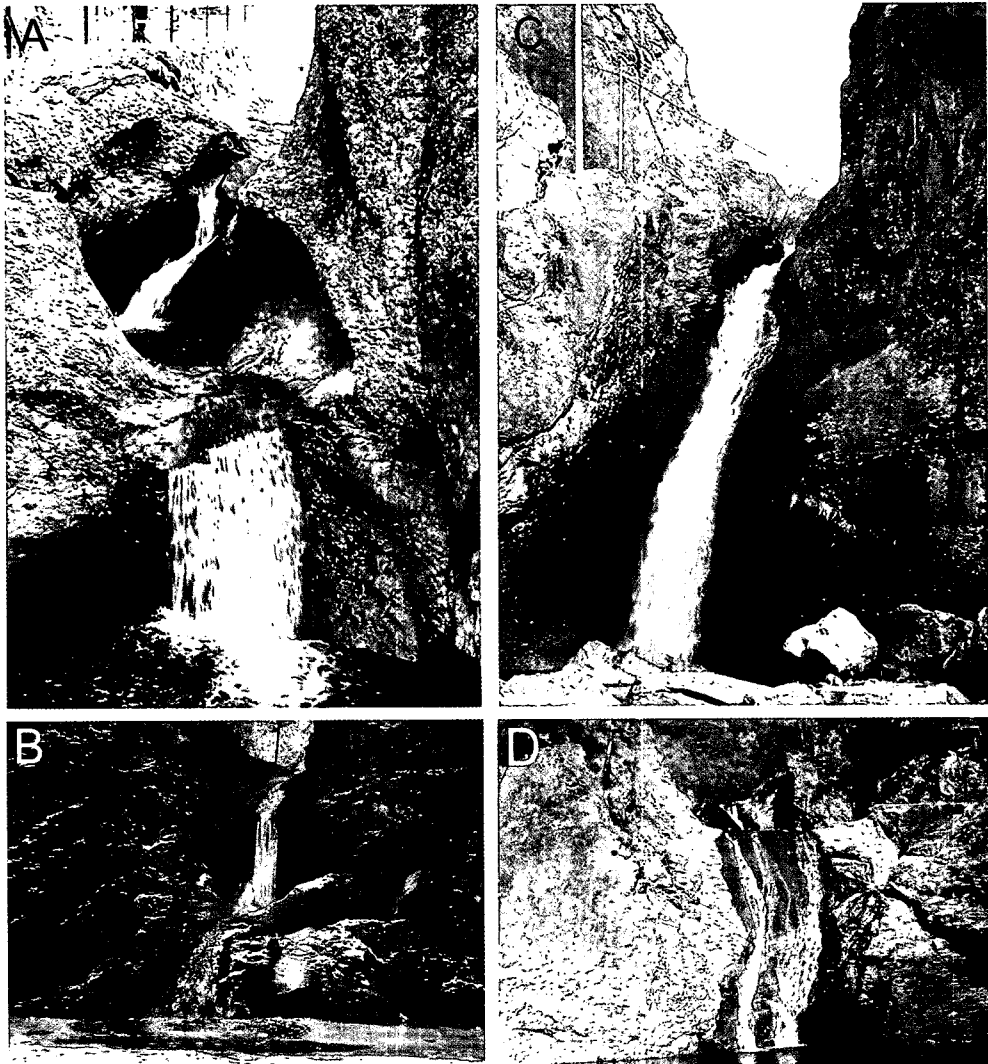
제2폭포는 중용추, 절구폭포라고도 하며(김규봉, 1998) 제1폭포와 제3폭포 사이의 주방천에서 갈라지는 사창골 초입에 위치하고 있다. 제2폭포는 2단 폭포로 형성되어 있으며, 1단 폭포는 높이 약 3m 내외, 2단 폭포는 높이 약 3~4m 내외를 이루고 전체적으로 6~7m 내외의 낙차를 형성하고 있다(Fig. 6B). 1단 폭포 밑에는 폭 2~3m 내외의 선녀탕 구혈이 형성되어 있다. 2단 폭포 아래에는 길이와 폭이 각각 30m에 이르는 폭호가 발달되어 있다. 제2폭포는 제1폭포와 같이 구혈과 폭호가 동일한 폭포에 연결되어 나타나고 있는 것이 특징적이다. 제2폭포 주변은 치밀용결대의 용결옹회암으로 되어 있으며 동측 서측 및 북측면은 20m 높이의 수직단애로 되어 있고 출구 방향은 3~6m 폭의 협곡을 이룬다.

제3폭포는 제2폭포에서 1km 떨어진 주왕골 상류에 위치한다. 두줄기의 낙수현상으로 쌍용추폭포 혹은 내용추, 용연폭포라고도 하며(김규봉, 1998) 주왕산 국립공원의 폭포 중에서 가장 크고 웅장하다. 이 제3폭포는 치밀용결대의 하상 기반암에 2단으로 발달된 폭포이다(Fig. 6D). 1단 폭포는 폭이 약 4m, 낙차 6m에 이르고, 폭과 길이가 10m 내외에 이르는 얇은 구혈이 하단의 2단 폭포와 연결되어 있다. 특히 하상의 양측 단애에는 좌측에 세 개, 우측에 1개씩의 하식동이 형성되어 있다. 이들은 평상시의 수위보다 높은 측면에 각각 3m 크기로 구형에 가깝게 발달하고 있다. 이러한 현상은 홍수 때 유량이 증가됨에 따라 높은 지점까지 굴식과 마식 현상에 의한 차별침식의 영향으로 형성된 것으로서 하상 기반암의 유로면

과 측면에 동시에 형성된 특수한 하상경관을 나타내고 있다. 하단에 위치한 2단 폭포는 두줄기의 쌍폭포이지만 장마 때는 유량 증가로 인해 한줄기로 합쳐지며 낙차 10 m, 낙수폭 5 m를 나타낸다. 그래서 유량에 따라 폭포의 웅장함이 다르게 나타나고 있다. 그 아래에는 동서 48 m, 남북 37 m, 수심 4 m에 이르는 용추라는 폭포가 형성되어 있다.

달기폭포는 청송읍 월외리 괴내 상류에 발달한 노루용추 계곡에 있으며 월외폭포 또는 낙연(落淵)폭포

라고 한다(김규봉, 1998). 달기폭포는 높이 11 m 내외로 형성되어 있으며, 주변에는 수직 단애가 발달되어 있다(Fig. 6C). 폭포의 아래 부분에 용연이라는 폭포가 만들어져 있으며, 그 옆으로 수십년전 너구동도로가 개설되면서 절개된 암석으로 폭포가 메워져 원래 모습을 잃었다. 달기폭포가 발달한 지역은 주왕산옹회암의 치밀용결대이고 그 위와 아래로 가면서 부분용결대와 비용결대로 접이된다. 그러므로 치밀용결대의 주상절리에 의해 단애가 형성되고 용결도에



**Fig. 6.** Stream landforms showing waterfalls, potholes and plunge pools. (A) 1st waterfall of three steps with Seonyeotang and Guryongso potholes, and a plunge pool(not visible); (B) 2nd waterfall of two steps with Seonyeotang pothole and a plunge pool; (C) Dalgi waterfall with Yongyeon plunge pool; (D) 3rd waterfall of two steps with Yongchu plunge pool.





Fig. 7. Noruyongchu plunge pool with a small waterfall.

따라서 차별침식을 받아 단애를 유지한 것으로 생각된다.

노루용추는 괴내 상류의 노루용추 계곡 초입에 작은 폭포 아래에 형성되어 있는 폭호를 가리킨다(Fig. 7). 폭포의 낙차는 겨우 1 m 높이로 작는데 비하여 유량이 많기 때문에 비교적 큰 폭호를 형성한 셈이다. 폭호의 중심부에는 약 4 m 규모의 낙석(falling rock)이 놓이고 그 주변에 잔자갈들과 함께 어우러져 하상의 기반암과 유수의 상태와 더불어 조화를 이루고 있다. 이 지역은 주왕산응회암의 기저부에 수m로 얇게 놓이는 화산역암으로 이루어지며 그 아래는 녹회색 사암과 적갈색 이암이 놓인다. 그래서 폭포는 풍화에 강한 화산역암에 형성되어 있고 폭호는 풍화에 약한 사암과 이암을 침식하여 만들어져 있다. 즉 이 폭포는 암층의 풍화 차이에 의해 형성된 것이다.

**협곡:** 협곡(canyon)은 양쪽 곡벽이 급경사를 이루며, 곡벽이 좁고 깊은 계곡을 말한다. 심한 하각작용으로 인해 폭에 비하여 깊고 급한 곡벽을 갖게 된 골짜기로서, 곡벽의 경사는 대체로 수직에 가까우며 좁은 V자형의 횡단면을 갖는 경우가 많다.

주왕산 국립공원에서는 주왕 계곡에서 소규모의 협곡이 관찰되고 있다. 특히 제1폭포 부근에서는 폭이 약 3~5 m 내외의 협곡이 잘 발달되어 있으며(Fig. 8), 하천의 침식작용에 의하여 협곡의 깊이가 더욱더 깊어지는 지형을 형성하고 있다. 또한 제2폭포 입구도 유로를 따라 계곡 양측면으로 수직 단애가 형성되어 있어 협곡을 이루고 있고 주왕굴로 올라가는 계곡



Fig. 8. Canyon between the Sinseondae rock cliff and opposite cliff.

도 양측으로 주상절리와 함께 수직 단애가 형성되어 있어 매우 좁은 협곡을 이루고 있다. 절골과 달기폭포 부근 등의 폭포와 하천 지형이 발달된 여러 곳에서도 협곡이 형성되어 있다. 그러나 이러한 협곡은 주왕산응회암의 치밀용결대에서 수직절리에 의한 암석단애 등이 발달되어 있는 곳이다.

### 산지지형

**암석단애:** 주왕산 국립공원에는 암석단애가 발달하며 특히 주왕 계곡에 많은 암석단애를 발달시킨다(Fig. 9). 이 모습은 마치 병풍을 펼쳐 세워놓은 듯하여 석병산이라 부르게 하였다(김규봉, 1998). 이들 중에서 기암은 대전사 입구에서 북동쪽으로 바라보이며 그 모습이 '산(山)'자와 비슷하며 청송을 상징하는 대표적인 암석단애이다(Fig. 9A). 이 기암은 두께 150 m에 달하는 하나의 암체이지만, 7개의 봉우리로 분리되어 존재하고 있다. 이들은 급경사의 암석단애가 발달되어 있는데 이 단애는 수직절리의 발달로 부분적으로 암반이 탈락되어 하부로 이동되는 지속적인 풍화로 조금씩 지형의 변화를 일으키고 있다. 여기서 수직절리는 침식으로 불량하지만 촘촘하게 발달하는

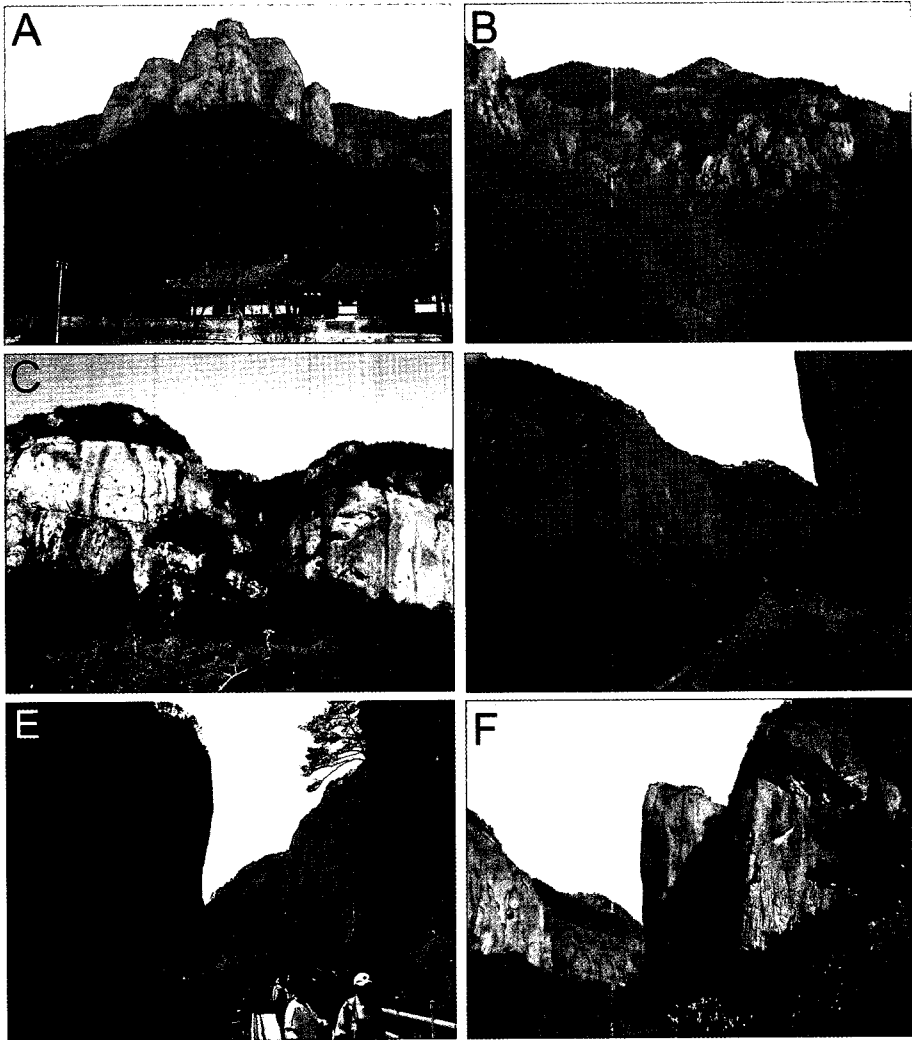


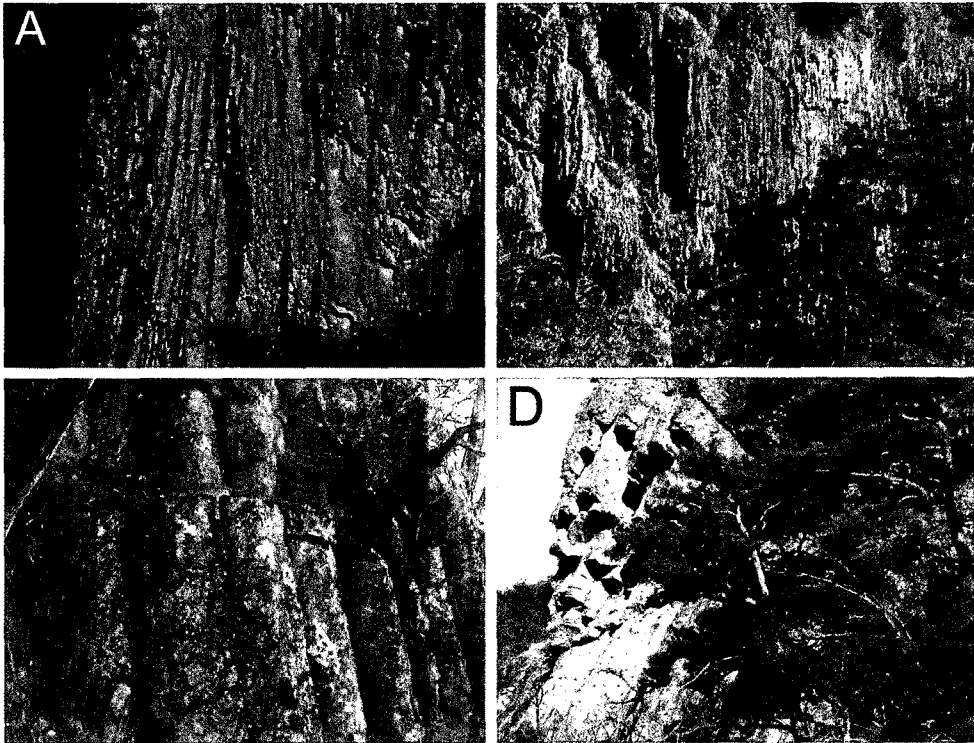
Fig. 9. Rock cliffs. (A) Giam cliff; (B) Janggunbong dome and cliff; (C) Yeonhwabong dome and cliff; (D) Byeongpungbawi cliff; (E) Geupsudae cliff; (F) Haksodae cliff.

주상절리 모습을 나타내며 그중에 좀 더 강하게 발달한 6개의 수직절리는 풍화와 침식의 진행속도가 달라 7개의 탑상 봉우리로 분리시켰다.

장군봉은 상의리 입구에서 북쪽으로 해발 약 500 m 지점에 위치한다. 장군봉의 정상은 풍화정도가 비교적 거친 상태지만 암뚝을 이루고 있으며 전면은 수직절리에 의한 80~90°의 단애가 연이어 발달되어 있다(Fig. 9B). 특히 암뚝의 동쪽과 남쪽 부분에는 수직절리의 영향으로 큰 암괴들이 부분적으로 떨어져 나가 신선한 암석단애를 노출시키고 있다.

대전사에서 주왕 계곡을 따라 약 2 km 내외에는

많은 암석단애가 발달되어 있다. 계곡 초입에서 단애들이 멀리 보이지만 계곡 안으로 올라갈수록 눈앞을 가로 막을 정도로 가깝게 나타난다. 특히 주왕교 근처부터 단애들은 연화봉, 병풍바위, 망월대, 급수대, 학소대, 신선대, 촛대봉, 관음봉, 시루봉 등으로 이름 붙여진 수직절벽을 형성하고 있다. 연화봉은 위가 연꽃을 닮은 전형적인 암뚝을 이루고 있으며(Fig. 9C) 전면은 거의 수직 단애가 연이어 발달되고 동쪽으로 병풍바위로 연결되어 있다(Fig. 9D). 반대편에도 망월대, 급수대를 비롯하여(Fig. 9E), 학소대, 신선대 등의 단애들이 수직으로 급방 무너질 듯한 암벽을 이루며



**Fig. 10.** Columnar joints. (A) Columnar joints in the Geupsudae cliff; (B) Columnar joints near the Yeonhwabong dome; (C) Joints showing vertical columns; (D) Vertical columns, with their lower part falling down.

거의 병풍처럼 연결되어 있다(Fig. 9F). 촛대봉, 관음봉, 시루봉 등은 마치 규모가 작지만 봉우리가 뾰족한 암침(spine)을 형성하고 그 아래로 수직 단애를 형성하고 있다. 이러한 급경사의 단애는 수직절리의 발달로 생긴 자유면(free face)이 지속적으로 탈락되어 형성된 것이다.

그리고 절골과 노루용추 계곡에서도 많은 암석단애가 관찰되고 있다. 절골은 입구에서 대문다리까지 약 3 km 내외의 계곡주변에 다양한 크기와 형상의 단애가 수직절리와 함께 발달되어 있다. 이곳에서도 절리가 발달되어 있어 암석탈락 등의 지속적인 지형의 변화가 일어나고 있다. 또한 노루용추 계곡 주변에도 암석단애가 관찰되고 있으며, 특히 달기폭포 주변으로 급경사 암석단애가 수직절리와 함께 관찰되고 있다(Fig. 6C).

**주상절리:** 주상절리는 주왕산 국립공원 곳곳에서 아름다운 지형경관을 연출하고 있다. 특히 급수대, 주왕굴과 연화봉 주변의 암석단애에는 주상절리를 양호하

게 발달시킨다.

급수대 단애에서 주상절리는 30~50 cm 내의 간격으로 조밀하게 밀집되어 마치 높이 수십m의 긴 다각형 기둥바위를 가지런하게 세워놓은 듯한 열주(colonnade) 모습을 보여준다(Fig. 10A). 연화봉 주변에서도 주상절리가 경사면에서 40~70 cm 내의 간격으로(Fig. 10B, C) 마치 사각형 기둥에서 칠각형 기둥에 이르기까지 다양하며 육각형 기둥이 우세하게 쌓아놓은 듯한 자태를 나타낸다(Fig. 10D). 주왕굴 주변의 단애에서도 주상절리가 40 cm 내의 간격으로 발달되어 있으며(Fig. 11) N20°E 방향으로 좁은 협곡을 이루는데 기여하였다. 이 주상절리는 주왕산옹회암의 치밀용결대에서 나타나는 대표적인 냉각절리에 해당된다.

이외에도 주상절리가 불량하지만 규모 있게 발달한 곳은 장군봉, 기암, 관음봉, 병풍바위 등이다. 이렇듯 주왕산 지역을 명산의 자리에 있게 하는 지형적 특징은 주왕산옹회암의 치밀용결대에 발달한 주상절리가 여러 방향으로 교차되면서 수직으로 발달하고 있기

때문이다.

주왕산 국립공원에서 주상절리가 발달된 곳에서는 주로 주왕산응회암의 치밀용결대에서 관찰되고 있다. 연속적으로 분출한 고온의 주왕산응회암은 하나의 냉각단위로 용결되면서 시간이 지나면서 점차 온도가 내려가고 단단한 암석으로 변해갔다. 이러한 응회암은 용결, 수축되는 과정에서 체적이 줄고 암석이 갈라지면서 수평면에서 다각형 절리(polygonal joint)를 발달시키고 수직으로 연결되어 기둥모양의 주상절리를 형성시켰던 것이다.

**동굴:** 주왕산 국립공원에서 관찰되는 동굴(cave)은 주왕굴, 무장굴과 연화굴이 있다. 주왕굴은 주왕암에서 협곡을 따라 남쪽으로 약 40 m 지점에 있으며,

입구가 폭 2 m, 높이 4 m 이하, 깊이 9 m 내외로 형성되어 있다(Fig. 11B). 안으로 들어갈수록 점점 작아지고 위보다 밑부분이 넓은 기다란 피라미드 형태의 동굴이다. 입구 좌측에는 지하수가 주름처럼 떨어지는 높이 6 m 내외의 폭포가 존재하고 있다. 동굴 주변은 치밀용결대에 주상절리가 40 cm 내외의 간격으로 발달되어 있으며 N20°E 방향의 소규모 주향이동단층이 지나고 있다. 따라서 이 동굴은 소규모 주향이동단층과 주상절리의 영향으로 형성된 것으로 생각된다.

또한 주왕굴 입구 우측 암벽에는 7 m 지점에 폭 0.4 m, 높이 2 m의 소규모 동굴이 생성 중에 있고 입구 50 m 정면에도 높이 12 m, 폭 4 m, 깊이 2 m의 주상절리를 따라 동굴이 발달하고 있다.

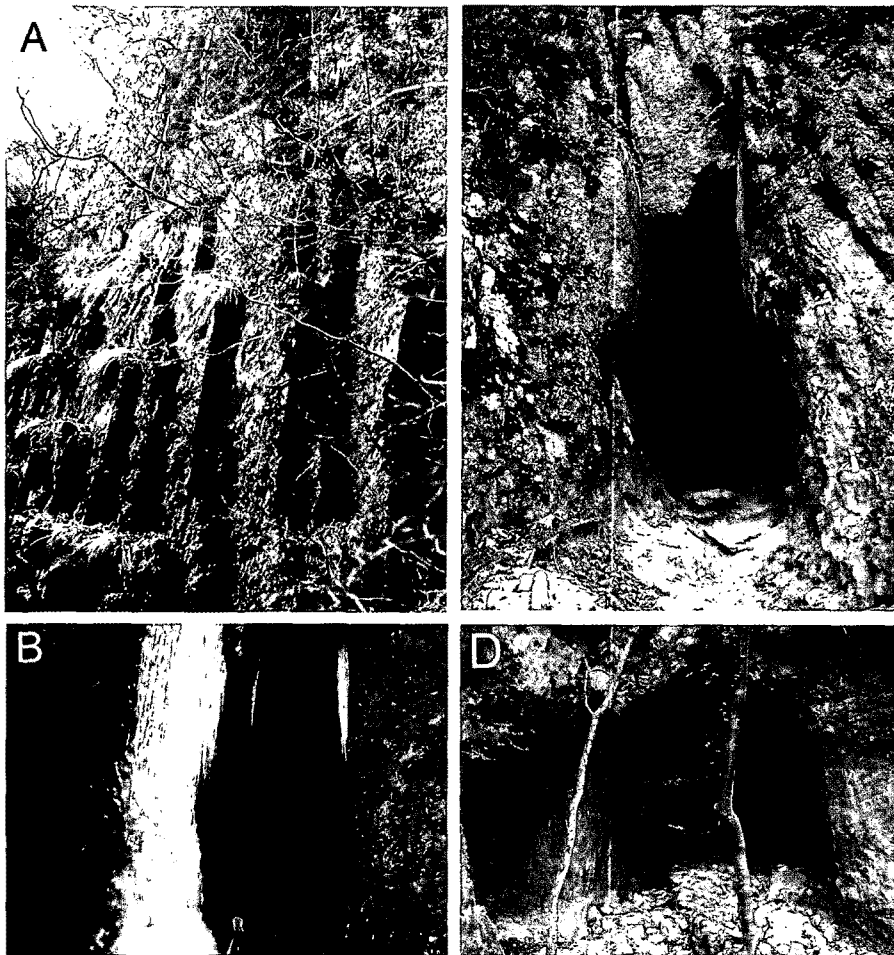


Fig. 11. (A) Columnar joints near the Juwanggul cave; (B) Juwanggul cave; (C) Mujanggul cave; (D) Yeonhwagul cave.

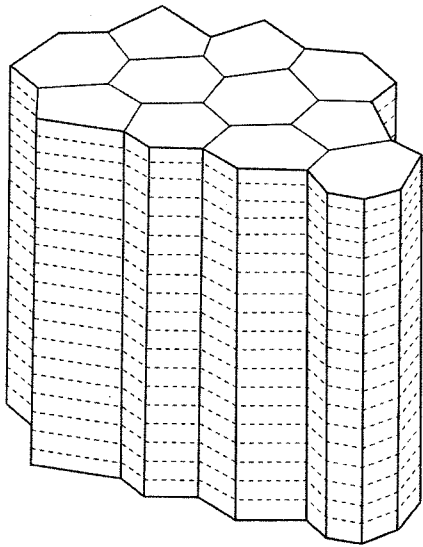


Fig. 12. Schematic columnar joints in the Juwangsan Tuff.

무장굴은 주왕암에서 서쪽으로 300 m 지점에 있으며, 높이 3.6 m, 폭 2 m, 길이 16 m의 규모이며, N40°E 방향으로 튀어 있다(Fig. 11C). 또한 무장굴도 주왕굴과 거의 비슷한 형태로 존재하고 있으며, 내부 안쪽으로 약 10 m 내외까지 사람이 직접 들어갈 수 있을 정도이다. 이 동굴은 치밀용결대에 N40°E 80°NW 방향의 소규모 단층이 지나고 주변에는 주상절리가 거칠게 풍화된 것으로 보이는 수직절리가 발달되어 있다. 그러므로 이 동굴은 소규모 단층과 주상절리의 영향을 크게 받은 것으로 보인다.

그러나 연화굴은 자하성 북동쪽에 있으며 높이 5 m, 폭 3~7 m, 길이 16 m의 동굴이며 뒤편으로 큰 절리에 의해 열려있다(Fig. 11D). 이 동굴은 치밀용결대에 주상절리가 풍화된 것으로 보이는 수직절리가 좁은 간격으로 발달되어 있다. 따라서 이 동굴도 주상절리의 영향을 크게 받은 것으로 생각된다.

이 동굴들은 주상절리와 소규모 단층에 공기와 수분이 유통되어 박리작용의 진행이 크게 나타나 만들어진 동굴로 현재도 계속 발달하고 있다. 주왕굴 주변에 분포하고 있는 작은 동굴들은 주변에 주상절리가 좁게 발달되어 있고 그 사이의 돌기동들이 박리작용의 영향으로 계속 떨어져 나가면서 형성된다. 그러므로 이 지역에서 동굴 발달은 주상절리가 더 지배적인 역할을 하였지만 단층의 영향으로 길다란 형태를 만들었다고 할 수 있다. 그리고 밑부분이 상층부에

비하여 폭이 넓은 피라미드 형태는 풍화의 진행이 수분의 영향이 많은 밑부분에서부터 시작하기 때문에 나타난 결과로 보인다.

주왕굴과 무장굴, 연화굴은 절리와 박리작용의 파괴에 의해 만들어진 풍화동굴이다. 그 외에도 시루봉의 기저부에는 두 개의 커다란 동굴이 형성되어 있고 제3폭포에서는 특이하게 1단 폭포 좌측에 3개, 우측에 1개의 하식동이 발달되어 있다. 이 동굴들은 연화굴, 주왕굴, 무장굴과는 달리 굴식과 마식을 중심으로 하는 하천의 침식작용이 중요한 원인이라고 할 수 있는 하식동이다. 하식동은 하천의 천이점인 폭포의 폭포 주변이나 절리가 발달된 하천의 양안에서 발견된다. 따라서 이들 하식동의 형성에 주로 작용하는 것은 주로 절리가 발달된 하안에 수분과 높은 습도에 의한 기계적 풍화작용이라 할 수 있다.

**애추:** 주왕산 국립공원에서도 단애의 수직절리로부터 암괴가 중력에 의해 떨어져 그 아래에 쌓인 애추(돌서렁, 너털바위; talus)가 발달하며, 일부가 계곡에 떨어져 모여서 암괴류(block stream)를 형성한다. 암석은 대기 중에 노출되게 되면 기온차에 기인한 수축과 팽창이 연속적으로 진행되어 박리현상이 활발하게 일어난다.

제1폭포와 제3폭포 사이와 금은광이 입구 근처의 사면에 대표적으로 나타나며, 장군봉, 기암, 연화봉, 병풍바위 아래에도 존재한다. 이 지역에서 암석단애는 수직절리가 수없이 형성되어 있으며, 주변에 20 cm 내외의 암괴들로 구성되는 애추를 이루고 있다. 애추는 기계적 풍화에 의해 단애면으로부터 분리되어 떨어진 크고 작은 암괴로 부서져 절벽이나 경사면 아래에 집적된 것이다. 노출된 암벽은 절리를 따라 기계적 풍화를 받기 쉽고, 이러한 기계적 풍화에 의해 파쇄된 암괴들은 암벽의 기저부에 계속 집적되어 암괴사면을 형성하게 된다. 애추 사면에서 암괴는 크기가 상부에서 하부로 갈수록 커진다. 단애로부터 멀어질수록 그 크기가 커지는 것은 단애로부터 암괴가 낙하될 때 애추 사면을 따라 어느 정도의 낙하분급(fall sorting)이 일어났음을 의미한다.

## 토 의

주왕산 국립공원은 기반암이 노출되어 있어 암뚝을 이루는 곳이 있다. 암뚝에는 장군봉, 연화봉, 관음봉 등이 있으며 주왕산 지역을 명산으로 불리게 한다.

이 암동의 지형적 특징은 주왕산옹회암에서 치밀용결대가 풍화와 침식 저항력이 매우 높기 때문이다.

급수대, 학소대, 신선대, 망월대, 기암과 병풍바위 등의 단애들은 치밀용결대의 기반암이 깎아지른 듯한 암석단애를 이루며, 주왕굴, 무장굴, 연화굴 등의 동굴들도 치밀용결대의 단애에서 주상절리를 따라 좁게 형성되어 있다. 이러한 지형적 특징은 주왕산옹회암의 치밀용결대에 발달한 주상절리가 여러 방향으로 교차되면서 수직으로 발달하고 있기 때문이다.

그리고 이러한 암석단애와 동굴과 같이 산지 침식 지형의 계곡 하상에서는 제1폭포, 제2폭포, 제3폭포, 달기폭포 등의 폭포와 폭호, 하식동이 주왕산옹회암 치밀용결대의 하상암반에서 암석단애를 따라서 풍화되는 달리 마식과 굴식에 의해 형성되어 침식지형을 나타냄으로서 더욱 더 빼어난 지형경관을 만들어내고 있다.

이와 같이 주왕산 국립공원은 주변에 높은 산봉도 없고 산악지대도 아니면서 가파른 암석단애들이 밀집되어있는 특이한 지형을 나타낸다. 즉 그 지형적 경관은 기암괴석의 암동과 단애를 자랑하여 그 산세가 화려하고도 장관을 이루며 그 암석단애에 동굴이 형성되고 하상에 폭포와 폭호가 어우러져 있다.

그 원인에 해당하는 지질학적 요인이 무엇인지 알아보아야 한다. 그 해답은 백악기 화산암류 중에 주왕산옹회암에 발달된 용결암리와 주상절리와 오랜 시간에 걸친 침식작용과 풍화현상 때문이라고 할 수 있다. 치밀용결대에 주상절리로 인하여 화려하고 아름다운 기암괴석의 암동, 단애, 동굴, 폭포 등이 발달하고 있다고 하여도 과언이 아니다.

주왕산 국립공원의 지질 중에서 주왕산옹회암은 지형 경관면에서 가장 멋진 절경을 드러내며 주왕산 국립공원과 주왕 계곡 명승을 지정하게 만든 주체이다. 그러므로 우리는 이 옹회암에서 나타나는 여러 특징 중에서 지형적 경관을 연출하게 했던 지질학적인 주요 요인을 알아보아야 한다.

주왕산옹회암은 노두면적 전반에 걸쳐 단순 냉각단위로 구성되며, 여기서 이는 최고 350 m 두께로 산출된다. 이 주왕산옹회암은 최하부를 제외하고 대부분 부석풍부 파리질 옹회암으로 구성되어 있다.

주왕산옹회암의 종횡비(평균 옹회암 두께/모든 노두를 둘러싼 면적의 직경)는 350 m/20 km를 이용하면 최고  $1.75 \times 10^{-3}$ 가 나온다. 이 종횡비는 면적상으로 넓은 고에너지 회류옹회암의 범위 내에 떨어진다

(Walker, 1983 Fig. 1).

주왕산옹회암에서 나타나는 용결대는 용결도에 따라 크게 3개 용결상으로 구분되고 이를 바탕으로 비용결대, 부분용결대, 치밀용결대로 분대할 수 있다. 즉 이 옹회암은 부석풍부 파리질옹회암으로서 용결상이 비용결상~치밀용결상까지 범위를 나타내며, 이 용결상에 따라 하부로부터 얇은 기저 비용결~부분용결대를 거쳐서 두꺼운 중부 치밀용결대로 되고 다시 상부 부분용결대와 비용결대로 덮인다(황상구, 2007).

주왕산옹회암에서 용결상 변화의 원인은 정치직후에 옹회암의 온도조건 변화가 있었을 것이다. 정치 바로 후의 옹회암 온도는 초생 마그마온도와 정치시의 온도손실에 좌우되며, 이들은 차례로 축적물과 냉각물에 좌우된다. 축적물과 냉각물은 정치기구에 따라 달라질 수 밖에 없다. 주왕산옹회암의 저에너지 성격과 두껍게 축적될 수 있는 큰 지형적 저지의 부족은 지역적으로 거의 동일한 정치기구에 축적되었음을 암시한다. 정치후 주변 온도로의 냉각과정이 국지적 상변화를 제어할 만큼 크지 않았을 것이다. 용결작용은 옹회암이 얼마의 시간동안 임계온도에 도달하여 머물 때 일어나기 시작한다.

주왕산옹회암은 치밀용결대를 잘 발달시키고 용결비율이 매우 높기 때문에 고용결도 옹회암으로 분류된다. 멕시코 중부의 아멜코 화쇄류암(Amealco ignimbrite)과 캘리포니아의 비숍옹회암(Bishop Tuff)에서와 같이 유문암질 회류옹회암의 치밀용결대에서는 길고 좁은 기둥 모양의 주상절리가 잘 발달된다(Boyd, 1961; Cas and Wright, 1987). 주상절리는 현무암 용암에서 흔히 나타나는 것(Schmincke, 1967; 고정신 외, 2005)과 같이 고온의 회류옹회암의 냉각단위가 비교적 급히 냉각되는 환경에서 거의 액체 상태의 치밀용결 부위가 고체 상태로 굳으면서 부피가 축소되면서 형성된다. 냉각작용은 냉각단위의 주로 상단과 바다의 냉각면(cooling surface)에서부터 시작되고 수축작용을 동반한다. 수축할 때 발생하는 장력은 냉각면에 직각으로 즉 거의 수평으로 놓인 주왕산옹회암에 수직으로 규칙적인 절리를 형성한다. 이때 교차하는 절리조는 직경 수십cm, 길이 수백m의 규칙적인 다각형 기둥을 형성한다(Fig. 12). 이 절리면(joint face)들은 냉각면에서 안쪽으로 전파되어 기둥 모양으로 주상절리를 이룬다. 주상절리는 그 입체모양이 사각형 기둥에서 칠각형 기둥까지 다양하게 나타나며 육각형 기둥이 가장 우세하게 나타난다고 알려져

있다.

여러 연구에 의하여 용결용회암에서 밀도와 공극률은 높이에 따라 체계적인 변화를 나타낸다는 것을 알아냈다. 용회암층의 중반하부에서 밀도가 거의 2.4 g/cm<sup>3</sup>로 최대이고 반면에 공극률이 거의 0%로 최소인데, 이는 치밀용결대에 일치한다(Ragan and Sheridan, 1972). 이러한 특징은 부석편의 편평화 정도와도 관계된다. 그러므로 주왕산용회암에서 치밀용결대의 특징은 밀도가 높고 반면에 공극률이 낮다는 것을 나타내며 풍화와 침식 저항력이 매우 크다는 것을 반영한다.

## 결 론

주왕산 국립공원의 지질은 그 분포면적이 주왕산용회암, 무포산용회암, 너구동층, 대전사현무암 순으로 넓다. 주왕산용회암은 3개 용결상으로 구분되며 중부에 두꺼운 치밀용결대를 이루고 상부와 하부로 가면서 부분용결대와 비용결대로 전이된다. 또한 지형적 경관면에서 가장 멋진 절경을 드러내며 주왕산 국립공원을 지정하게 만든 주체이다.

이 일대는 태행산, 대둔산, 먹구등, 금은광이, 왕거암, 가메봉, 주왕산, 무장산 등의 산봉을 이루고 주방천(주왕 계곡), 괴내(노루용추 계곡), 주산천(절골) 등의 계곡을 따라 기암괴석의 암둑과 단애에 동굴, 폭포 및 폭호가 조화를 이루고 있어 멋진 지형경관을 보여준다. 특히 주왕 계곡에서 주왕산용회암의 치밀용결대는 장군봉, 연화봉, 촛대봉, 관음봉, 별바위 등의 암둑, 병풍바위, 급수대, 학소대, 신선대, 망월대, 기암과 병풍바위 등의 단애와 주왕굴, 무장굴과 연화굴 등의 동굴, 그리고 제1, 제2, 제3폭포 등의 폭포 및 폭호가 조화를 이루고 있어 명승지로서 지형경관을 나타낸다.

급수대, 학소대, 신선대, 망월대, 기암과 병풍바위 등의 암석단애들은 치밀용결대의 기반암이 깎아지른 듯한 수직 암벽을 이루고, 주왕굴, 무장굴, 연화굴 등의 동굴들도 치밀용결대의 단애에서 수직절리를 따라 좁게 형성되어 있으며, 그 능선에 여러 암둑을 이루고 그 계곡에 여러 폭포와 폭호를 형성하고 있다.

이러한 암석단애들은 치밀용결대가 수직절리에 의해 이루어진 절벽이고, 동굴들도 치밀용결대의 단애

에서 수직절리를 따라 좁게 형성된 것이며, 암둑과 폭호들은 수직절리에 의한 절벽이 침식된 지형경관이다. 이들 수직절리는 주왕산용회암이 냉각되는 직후에 생성되는 주상절리에 해당되는 냉각절리이다. 그러므로 이러한 지형적 특징은 주왕산용회암의 치밀용결대에 여러 방향으로 교차되면서 수직으로 발달하는 주상절리에 그 원인이 있다고 하겠다.

## 참고문헌

- 고정선, 윤성효, 홍현주, 2005, 제주도 대포동현무암에 발달한 지상계 주상절리의 형태학 및 암석학적 연구, 암석학회지, 14, 212-225.
- 김규봉, 1998, 주왕산. 대원사, 127p.
- 안용산, 황상구, 2007, 청송 남동부 무포산용회암의 흐름 지시자로부터 유향 결정. 자원환경지질, 40, 319-330.
- 청송군, 1990, 청송군지. 청송군, 802p.
- 황상구, 2007, 청송 동부 주왕산용회암의 냉각과정. 지질학회지, 43, 353-367.
- 황상구, 김상호, 2006, 청송 남동부 무포산용회암의 마그마 과정. 지질학회지, 42, 235-271.
- 황상구, 이병주, Reedman, A.J., 2007a, 청송 동부 주왕산용회암의 마그마 과정. 지질학회지, 43, 65-81.
- 황상구, 이병주, Reedman, A.J., 2007b, 청송 동부 주왕산용회암의 유상선구조와 정치과정. 지질학회지, 43, 463-476.
- Boyd, F.R., 1961, Welded tuffs and flows in the Rhyolite Plateau of Yellowstone Park, Wyoming. Geol. Soc. Am. Bull., 72, 387-426.
- Cas, R.A.F. and Wright, R.V., 1987, Volcanic succession, modern and ancient. Chapman and Hall, London, 528p.
- Ragan, D.M. and Sheridan, M.F., 1972, Compaction of the Bishop Tuff, California. Geological Society of America Bulletin, 83, 95-106.
- Riehle, J.R., 1973, Calculated compaction profiles of rhyolitic ash-flow tuffs. Geol. Soc. Am. Bull., 84, 2193-2216.
- Schmincke, H.-U., 1967, Stratigraphy and petrography of four upper Yakima basalt flows in south-central Washington. Geol. Soc. Am. Bull., 78, 1385-1422.
- Walker, G.P.L., 1983, Ignimbrite types and ignimbrite problems. J. Volcanol. Geotherm. Res., 17, 65-88.

2009년 6월 29일 접수  
2009년 7월 2일 심사개시  
2009년 8월 4일 채택