

## 万丈窟 地帶의 自然環境 小考

학회장 洪 始 煥

### 1. 地形

濟州島는 韓半島의 남서 해안에 따로 떨어져 있는 화산섬으로 동경  $126^{\circ} 09' 44'' \sim 120^{\circ} 57' 00''$ , 북위  $33^{\circ} 11' 28'' \sim 33^{\circ} 33' 45''$  에 위치하며 N 70E 장축을 가지는東西 약 73Km, 南北 약 32Km의 타원형을 이루며 중앙에 漢擊山 1,950m를 중심으로 단추형의 화산섬을 이룬다.

장축인 동서방향은 매우 완만한 사면  $3 \sim 5^{\circ}$ 를 이루고 단축인 남북방향은 약간 급한 경사  $5 \sim 7^{\circ}$ 를 갖는 Aspite형 火山이다. 이것은 火山 분출이 전반 기에는 강력한 분출이었으나 후기에 백록담을 화구로 한 중심 분출에 기인된 것이다.

漢擊山 주화산체의 사면에는 367개에 달하는 기생화산 분석구들이 있다. 따라서 산맥의 특성은 漢擊山을 제외하면 분석구로서 특징 지을 수 있다.

해발 600~1,200m의 山岳地帶는 경사  $10 \sim 20^{\circ}$ 로 점차 낮아지기 시작하여 200~600m의 중산간 구릉지대는  $5 \sim 10^{\circ}$ 의 완경사로 산야식물대를, 200m 이하는  $5^{\circ}$  미만의 평원지로 주거지를 비롯 농경지 및 과수원으로 이용되고 있다.

북측 해안에는 북서계절풍의 영향으로 사구가 발달하였으며 점차 내륙으로 이동하는 현상을 보여준다.

해발 1,200~1,950m의 고산지대는 경사  $20^{\circ}$  이상으로 조면질 안산암 분출로 급사면을 이루고 있으며, 정상에는 직경 700m의 화구호인 백록담이 있다.

한편, 濟州島의 水系는 漢擊山을 정상으로 하여 방사상 水系를 이루고 있으며 南北 양측 사면에 비하여 동서측은 경사가 완만한 긴 사면과 용암대지 발달하여 水系는 빈약하다. 따라서 대다수의 河川은 남류 또는 북류한다. 河川 하계망의 차수는 최고차수 최하차수로 평균 3차수로서 두부침식의 선

단은 표고 1,600m 까지 달한다. 대체로 수원은 1,400~1,600m에서 발원한다. 이 30여개의 河川은 단사면상에서 직류하고, 해안지대까지 하각작용이 매우 활발하여 유년기 특색을 나타내고 있다.

이들은 우기에만 흐르는 대부분 건천이며 복류하여 해안 가까이에서 용출되어 다시 바다로 유입한다.

## 2. 地質

### (1)개 요

濟州島는 신생대 제3말기 플라이오세에 西歸浦層과 제4기말에 城山層 및 和順層과 新陽里層등의 堆積岩層과 玄武岩, 조면암질 안산암, 조면암류와 기생화산에서 분출한 화산쇄설물등으로 구성되어 있다.

玄武岩類는 감람석휘석현무암을 기저로 하여 침상장석감람현무암, 반상휘석현무암은 비현정질현무암, 장석현무암 등으로 이들은 전체 면적의 90% 이상의 분포를 보이고 있다.

감람석휘석현무암은 시추조사에 의하면 기저를 이루고 있는 치밀질인 玄武岩으로서 감람석과 휘석을 함유하며, 집괴되어 巨晶을 이루는 부분도 있다.

침상장석감람석 현무암은 치밀질 암석으로 암상은 다양한 변화를 보이며 구갑상 절리가 잘 발달되어 있으며 5~16매의 熔岩과 화성쇄설층을 협재하고 있다.

반상휘석현무암은 북부 및 남동부 濟州市 일단과 涯月邑, 南元邑, 中文 일단에 국지적으로 이루고 있고, 5.16횡단 도로상의 물장오름과 城板岳을 중심으로 북부와 남으로 대상분포를 이루고 있으며 반상장석현무암은 南元邑 衣貴里 및 表善里 加時里 일대에 국지적 분포와 朝天邑 괴평리 오름에서 남동방향으로 분포를 이루며 南元邑 해안변까지 분포한다.

비현정질현무암은 濟州島 전역에 걸쳐 여러 암석층위를 피복하고 있다.

장석현무암은 7회에 걸친 분출로 이루어졌으며, 중산간지역 및 해안선에 연하여 분포하며 고산지역 전역과 西歸浦 일대의 대부분을 차지한다.

조면암은 대단위로 3차에 걸쳐 화산활동에 의해서 西歸浦市 西歸洞에서 해안선을 따라 中文, 大坪里 해안선까지 분포하며 城山層에 의하여 부정합으로 덮이고 있으며 조면질 안산암은 3회에 걸쳐 형성된바 있고, 그 분포는 涯月邑 일대에 소규모로 발달하고 있으며 남부의 산방산 각수바위, 월라산 북부의 천아오름 계곡, 어승생 계곡등에 국지분포와 漢擊山 정상부를 형성하며 북측으로 삼각봉을 연하는 대상분포와 어승생 및 영실에 국지적으로 분포한다.

堆積岩類인 西歸浦層은 西歸浦 해안지역 및 사계리 松岳山 해안에 분포하며, 城山層은 翰京面 高山里에서 사계리를 거쳐 西歸浦에 이르는 해안에 불연속적으로 분포하며 城山邑 城山里와 牛島 동남면에 주로 발달하고 섬 전체에 걸쳐 국지적으로 흩어져 있다.

본 堆積岩層은 회색, 담회색, 황갈색 내지 암회색을 나타내는 세립 또는 조립질 응회암으로 대체로 고결도가 낮다. 주성분 입자는 화산회, 화산사, 부분적으로는 화산탄이 혼재한다.

新丹陽層은 동부 新陽里에서 城山里에 이르는 해안에 분포되고 있는데 본층은 화산회, 화산사, 화산력 및 패사로 이루어진 응회암과 집괴암으로 구성되고 있으며 西歸浦層과 新陽里層에서 발견된 패류化石에 의하여 濟州島의 생성이 플라이오세말과 4기초로 감정되었다.

濟州島의 화산활동은 크게 5회의 분출로 구분할 수 있다.

## (2) 洞窟分布와 地質

濟州島내에 분포하는 熔岩洞窟은 점착성이 약하고 유동성이 높은 알카리성 玄武岩層內에 발달한다.

熔岩洞窟은 현재 발견된 것만도 약 70여개에 달한다.

濟州玄武岩層에는 濟州市의 발굴을 비롯한 3개와 下孝里 玄武岩層에 3개

로 각각 전체 동굴의 7.5%씩 해당하는데 비해 万丈窟, 빌레못굴등 85%에 해당하는 35개의 熔岩洞窟이 대부분 表善里層 玄武岩에 밀집되었음을 보여주고 있다.

表善里層 玄武岩은 동서해안 저지대에서 넓은 분포를 이루고 있다.

### (3) 地質과 地形의 相關性

첫째, 地形 및 地質圖上에 나타난 万丈窟과 金寧蛇窟등의 상황에서 万丈窟 남동방향의 德泉里 부근에서 万丈窟 제3입구, 제2입구, 제1입구와 金寧蛇窟 및 폭나무밑굴, 게우셋굴을 거쳐 동김녕리 해안까지 表善里層 玄武岩이 지표에 깔리고 있으나 해안계절풍이 탁월하게 영향을 받아 게우셋굴에서 동쪽으로 250m부터 700m까지 바닷가 貝砂가 내륙으로 날려 洞窟地帶를 덮어 金寧蛇窟 북단에는 貝砂로 동굴이 막혀 버렸다. 따라서 貝砂層이 뒤덮고 있는 곳은 노두암석이 잘 드러나 있지 않으나 유심히 살펴보면 貝砂層 밑에서 表善里層 玄武岩을 관찰할 수 있다.

万丈窟에서 동쪽으로 이동함에 따라 5~11m 두께로 新興里 玄武岩으로 덮고 있는데 表善里層 玄武岩의 유동후 일어난 화산 활동에 의한 것으로 万丈窟 주변까지 영향을 주었음을 말해 준다.

熔岩流 표면에서는 熔岩流의 횡단면이 돔(Dome)구조를 이루고 있어 하나의 熔岩流의 유로를 추적하는데 도움이 된다. 그리고 하나의 熔岩流로 형성된 사이에는 암반의 침하에 의하여 형성된 함몰지가 발견되어 그의 하부에는 공동이 있음을 암시한다. 특히 배사상의 암석과 경사암에서 규모는 작지만 Ropy lava를 발견할 수 있었으며 万丈窟 제3입구에서 제2입구 방향인 N40°E, 제2입구에서 제1입구 방향으로 N15°E, 사굴에서 게우셋굴까지 N65°W 방향으로 유동한 熔岩流의 방향을 찾아볼 수 있으나 사굴과 万丈窟 막장 사이에는 곡류가 심한 부분 외에도 사굴에서도 심한 곡류(Meandering)하여 두 차례나 크게 방향으르 바꾼것도 드러난 사실이다.

함몰지는 万丈窟 제3입구에서 제2입구까지 10여개소가 있는 가운데 제2입

구 300m 지점에는 뚜렷한 9개의 함몰지를 보여 주고 있는데 그중 가로 15m, 세로 7m, 깊이 1.6m인 것과, 5m×15m, 깊이 2m로 암반의 30~45°로 기울어져 동굴의 함몰우려가 있다. 사굴과 계우셋굴 사이에도 10여개의 함몰과 2개의 수몰지를 발견할 수 있었다.

둘째 万丈窟 일대의 암층 배열상태를 살펴보면 하층서 부터 西歸浦層~表善里玄武岩層~新興里層을 들 수 있는데 B-64, B-70, B-96, B-98, B-99 그리고 挾才窟 주변의 B-76, B-94, B-95에서 表善里層 玄武岩 유출 회수는 4~9회 정도를 살펴 볼 수 있으며 表善里層 玄武岩 사이에 화성 쇄설물이 평균 4회로, 그 이상 분출이 없었던 점으로 보아 万丈窟은 물론 주변 동굴의 층서구조가 동일한 점을 보여 김녕일대와 협재일대의 洞窟은 동일 시기에 용출 유동하여 생성된 것으로 본다.

### 3. 氣候特性

濟州島는 유라시아 대륙의 동단에 위치하고 있어서 대륙동안의 氣候的 特性이 잘 나타난다. 즉 계절에 따라서 대륙성과 해양성의 기후가 뚜렷하게 구분되어 나타난다. 또한 전면이 바다로 둘러싸여 있으며 섬의 중앙부에는 해발 1950m의 漢拏山이 위치하고 있으므로 濟州島 근해의 해류, 지형(漢拏山) 등이 복잡하게 기후인자로 작용한다.

万丈窟 주변의 기후는 W. Köppen의 구분에 의하면 비교적 연중 습윤하고 여름에 고온인 온대습윤기후(Cfa) 지역에 해당한다.

万丈窟이 위치하는 김녕리는 漢拏山의 북동측 사면에 위치하고 있어 겨울철에 해양과 지형(漢拏山)의 영향이 기후의 특성에 많은 영향을 미친다.

#### (1) 氣溫

万丈窟 주변지역의 연평균 기온은 15.2°C이다. 조사지역은 위도상으로 북위 33.5° 정도에 위치하고 있으며, 주변의 해양에는 연중 난류가 흐르고 있

고 있으므로 최한월인 1월평균 기온이 4.8°C로서 매우 온화한 날씨를 보인다.

일최저기온의 평균값은 1월에 가장 낮아 1.2°C이지만, 연중 0°C 이하인 경우는 거의 없다.

최난월인 8월의 평균기온은 26.4°C로 한반도의 내륙지역과 비슷한 분포이다. 일최고기온의 평균값은 8월에 29.6°C로 가장 높으며, 한반도의 내륙지방과 비슷하거나 오히려 낮은 분포이다.

万丈窟 주변지역이 한반도의 내륙지방에 비하여 겨울철 기온은 온화하며, 여름철 기온은 비슷하거나 냉량한 것은 연중 해양의 영향을 많이 받기 때문이라고 생각된다. 즉, 万丈窟 주변지역 근해 수온은 가장 낮은 겨울철에도 12°C 이상이며, 가장 높은 여름철에도 28°C이하로 그 변화의 폭이 14°C 정도이다. 그러므로 해양의 영향이 대기의 온도에 반영되어 기온의 변동을 억제하는 역할을 한다.

일최저기온의 극값은 1990년 1월 23일에 -7.0°C를 기록하였다. 특히 1990년 1월 20일부터 27일까지 8일동안은 일최저기온이 0°C 이하를 기록하여, 일최저기온 극값 3위까지 이 기간에 출현하였다. 이러한 저온현상은 濟州島 지역의 대표적 産業인 굴농사 등에 막대한 피해를 입히기도 하였다. 이와 같이 한냉한 현상은 대륙성 고기압이 장기간 정체하고, 漢拿山의 산정에서 찬 하강기류가 형성되어 濟州島 전역에 나타났었다.

일최고기온의 극값은 1983년 8월 4일에 35.5°C를 기록하였다. 1980년과 1976년은 연평균 기온이 14.4°C로서 30년 평균값에 비하여 0.8°C가 낮아 비교적 한냉한 해로 기록되었다. 1990년은 연평균기온이 16.1°C로 30년 평균값에 비하여 0.9°C가 높은 온난한 해로 기록되었다.

## (2) 강수량

万丈窟 주변지역의 연평균 강수량은 1,799.1mm로서 韓半島에서 가장 비가 많이 내리는 지역에 해당한다.

강수량이 가장 많은 달은 7월로 279.1mm이며, 가장 적은 달은 12월로 53.6mm이다. 강수량의 계절별 분포를 보면, 겨울철(12, 1, 2월)에는 217.4mm로 전년의 12.1%로 다른 지역에 비하여 겨울 강수량이 많은 편인데, 이는 겨울철의 북서계절풍과 지형의 영향에 의한 것이다.

여름철(6, 7, 8월)에는 788.1mm로 전년의 43.8%를 차지한다. 특히 6, 7, 8월에 늦장마 기간이 포함되는 9월 강수량을 더하면, 994.7mm로 전년의 55.3%를 차지한다.

봄과 가을에는 각각 22.7%, 21.8%를 차지하고 있다. 우리나라의 다른 지역에 비하여 봄철인 4, 5월에도 150mm 내외로 많은 비가 내리고 있는데, 이는 봄철에 양쯔강 유역이나 화남지방에서 발생하여 북동진하는 온대성 저기압이 남해상을 통과하면서 강수를 형성하기 때문에 나타나는 현상이다.

일최다강수량은 1981년 9월 2일에 254.0mm를 기록하였다. 월최다강수량은 1985년 6월에 841.1mm, 월최소강수량은 1979년 10월에 0.5mm를 각각 기록하였다.

### (3) 바람

조사지역의 전년 풍향별 출현비율을 살펴보면, 서북서풍이 9.3%, 북서풍이 17.7%, 북북서풍이 11.2%로 북서풍계 바람이 우세하게 불고 있음을 보여준다.

계절별로 보면, 여름철(6 - 8월)을 제외하고 북서풍계의 바람이 우세하며 특히 겨울철인 12-2월에는 북서풍계 바람이 60% 이상을 차지한다. 여름철인 7월에는 남서풍계의 바람이 37.7%로 가장 우세하며, 6, 8월에는 뚜렷한 탁월풍이 나타나지 않는다.

정온(cal)m의 비율은 5.6%이다. 월별 정온 비율은 여름철인 6-8월에 9% 내외이며, 겨울철인 12-2월에는 2% 내외이다.

풍향별 평균 풍속은 동북동풍이 3.8m/sec로 가장 강하고 서풍이 1.7m/sec로 가장 낮다.

조사지역의 연평균 풍속은 3.0m/sec로 도서지방인 점을 감안하면 낮은 값이다. 그러나 万丈窟 주변에 바람 관측소가 없으므로 정확하게 판단할 수는 없지만, 万丈窟 주변의 편형수를 통하여 추정하여 보면, 漢擊山의 북서사면 지역과 더불어 편형도가 높은 편형수가 많이 관측되고 있어서 비교적 풍속이 강한 지역임을 알 수 있다.

월별로는 겨울철인 2월에 3.8m/sec로 가장 높고, 그외에도 동계인 11-4월에 3.0m/sec 이상을 보인다. 관측 이래 순간최대풍속은 1985년 8월 9일에 24.5m/sec를 기록하였으며, 그 다음날인 10일에도 22.0m/sec에 달하였다.

순간최대풍속의 극값 5위까지는 모두 여름철인 7, 8월에 나타나고 있어 태풍의 영향으로 판단된다.

겨울철의 순간최대풍속은 1975년 2월 7일에 북서풍 14.5m/sec를 기록하였다. 폭풍에 해당하는 13.9m/sec 이상인 강풍현상일은 연평균 1.0일이다. 그러나 이러한 현상도 앞에서 논의한 바와 같이 城山浦의 관측소가 이지역의 값을 잘 반영하여 주지 못하여 나타난 결과이며, 편형수의 분포로 보아 강풍현상일은 더 나타날 것으로 추정된다.

#### (4) 습도, 증발량, 운량

조사지역의 연평균 상대습도는 77%로 다른지역에 비하여 높은 편이다. 월별로는 여름철인 6, 7, 8월에 85% 이상으로 전국에서 가장 높은 값이며, 겨울철인 12, 1, 2월에는 70% 내외로 비교적 높은 값이다.

일최소습도의 극값은 1973년 8월 9일에 10%를 기록하였으며, 극값 5위까지 모두 여름철인 6-8월 사이에 나타난다. 이는 漢擊山이 남서풍을 차단하는 역할을 하여 万丈窟 주변지역이 남서풍에 대한 漢擊山의 풍하지역에 해당하므로 여름철에 최소습도의 극값이 나타난다고 판단된다.

조사지역의 연평균 증발량은 1165.7mm로 濟州市(1317.7mm), 西歸浦(1294.7mm), 大靜(1287.2mm)등에 비하여 낮은 값이다. 이지역의 월별 증발량의 분포를 보면, 여름철인 7, 8월에 130mm 이상으로 높은 편이며, 겨울철



인 12-2월에는 60mm 내외로 적다.

조사지역의 연평균 운량은 5.7로 濟州(6.5), 西歸浦(5.9), 大靜(6.1)에 비하여 적은 편이다. 계절별로는 장마기인 6,7월에 각각 6.9, 6.3할이며, 북서풍이 우세한 1월에도 6.4할로 비교적 높다.

#### (5) 일조 및 일사량

조사지역의 연평균 일조시간은 2230.6시간으로 大靜 地方(2536.4시간)에 비하여는 적은 값이나, 濟州(1935.5시간), 西歸浦(2068.8시간)에 비하여는 많은 편이다.

연평균 일조율도 49%로 일조시간의 분포와 비슷한 경향이다. 즉, 大靜 지방(56%)보다는 낮고, 濟州(42%), 西歸浦(47%)지방 보다는 높다.

계절별로 보면, 봄, 가을에 높고, 장마기인 6, 7월과 겨울철인 12-2월에 낮다.

조사지역의 연평균 전천일사량은 11.01MJ/m<sup>2</sup>로 서귀포 지방(12.61MJ/m<sup>2</sup>)에 비하여는 적고, 대정지방(10.68MJ/m<sup>2</sup>)에 비하여는 많은 편이다.

월별로는 봄철인 5월과 한여름인 8월에 15.0MJ/m<sup>2</sup> 내외로 높은 편이며, 겨울철인 12월과 1월에는 6.0MJ/m<sup>2</sup> 미만으로 그 양이 적다.

#### (6) 기상현상일수

운량이 2.5할 미만인 맑은날 일수는 연평균 76.5일로 濟州(48.9일), 西歸浦(66.5일), 大靜(64.3일)보다 많은 편이며, 운량이 7.5할 이상인 흐린 날 일수는 연평균 129.1일로 西歸浦(125.7일)와는 비슷하며, 濟州(157.7일), 大靜(150.2일)보다는 적다. 또한 맑은 날에 비하여 흐린날 일수가 더 많다. 맑은날 일수의 월별 분포는 10월에 9.9일로 가장 많고, 그외에도 가을철인 11월(7.7일)과 봄철인 4월(7.9일), 5월(7.7일)에 비교적 많다.

북서풍이 강한 1월과 장마기간이 포함된 6월은 각각 3.5, 3.7일로 맑은날 일수가 적다.

흐린날 일수의 월별 분포는 6월에 16.1일로 가장 높고, 그외에도 여름철인 7월과 봄, 겨울 기간에 10일 정도로 비교적 많은 편이다.

안개일수는 연평균 濟州市 지역(13.6일)과 비슷한 13일로 우리나라에서 안개일수가 적은 지역에 해당한다. 월별로는 5-7월에 3일 이상이며 그밖의 달에는 0.5일 미만으로 거의 안개가 발생하지 않는다.

뇌전일수는 연평균 11.2일로 다른 해안지방이나 도서지방에 비하여 비교적 많은 편이다. 월별로는 대기가 불안정한 여름철인 6-9월에 대부분 발생하고 있으며, 특히 7, 8월에 3일 정도로 빈도가 높은 편이다. 여름철을 제외하면 뇌전현상일은 0.4일 미만으로 거의 발생하지 않는다.

서리일수는 연평균 30.7일로 주변의 濟州(10.7일), 西歸浦(6.1일), 大靜(9.3일)지방에 비하여 훨씬 많은 편이다. 서리현상은 11월에서 3월 사이에 주로 발생하며, 첫서리일은 11월 30일경, 마지막 서리일은 3월 25일경에 나타난다.

강설일수는 연평균 9.2일로 전국에서 가장 적은 편이며, 같은 濟州島에 위치한 濟州(16.3일), 西歸浦(14.1일), 大靜(14.0일) 지역보다 적다. 이는 濟州島 지역의 강설현상이 한냉한 북서기류와 온난한 해류, 지형 등에 의하여 형성되는데, 조사지역은 漢拿山의 북동사면에 해당하므로 배후에 바람막이 역할을 하는 地形이 없어서 나타난 결과이다. 평균적으로 첫눈일은 12월 11일로 濟州, 西歸浦, 大靜 등에 비하여 5-10일정도 늦게 나타나며, 3월 3일에 마지막 눈이 내린다. 첫눈이 가장 빨랐던 해는 1976년으로 11월 14일에 시작되었으며, 가장 늦었던 해는 1990년으로 1월 24일에 첫눈이 내렸다. 눈이 가장 오래 지속된 기간은 10일간이며, 1983년 12월 22일부터 31일까지 눈이 내렸다.

결빙일수는 연평균 40.3일로 제주도 지역에서는 가장 많다(濟州: 24.0일, 西歸浦: 29.5일, 大靜: 30.1일). 월별로는 1, 2월에 월평균 13일 이상으로 대부분 겨울철에 집중되어 있으며, 12월과 3월에도 5일 정도의 분포이다. 첫 결빙일은 평균적으로 12월 3일이며, 마지막 결빙일은 3월 26일이다. 관

즉 이래 결빙현상이 가장 빠르게 나타났던 해는 1985년으로 11월 19일이며, 가장 늦었던 해는 1979년으로 12월 24일에 결빙현상이 나타났다. 결빙현상이 가장 오래 지속되었던 해는 1984년 겨울로 1984년 1월 16일부터 2월 10일까지 지속되어 26일간 결빙현상이 계속되었다.

<표> 조사지역의 기상현상일수 (0.1일)

현상\월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	연평균
맑음	35	53	68	79	77	37	54	67	59	99	77	60	765
흐림	123	102	112	110	109	161	134	85	99	74	78	104	1291
안개	1	2	4	14	31	38	35	4	0	0	1	0	130
뇌전	1	2	2	3	6	12	34	27	13	4	4	4	112
서리	73	64	57	14	1	0	0	0	0	1	24	73	307
눈	36	28	7	0	0	0	0	0	0	0		21	92
결빙	149	130	48	5	0	0	0	0	0	0	4	67	403