

91년 중반에는 아시아 각국에 잇단 폭우와 화산 폭발 등으로 자연재해가 심했다. 그중 화재 활동은—우리에게는 생소한 점이 있지만—지구상에서 매년 50개 이상이 분출하고 있으나 화산재 등이 상공으로 수십km 이상 올라가서 수십만 명이 피난하거나 수만의 인명이 사망하는 대형 폭발은 많지 않았다. 우리 나라에도 분화구가 있는 만큼 일본 운선산 분화의 진행과정을 통해 화산의 활동을 이해하고자 한다.

리듯 그 지방에서는 叫喚地獄으로 불려지고 있다. 운선온천의 지역에는 이외에도 清七地獄, 御系地獄, 八幡地獄 등으로 불리는 다수의 분기공이 점재하여 있다. 또 운선산 서쪽 기슭의 橋灣岸으로 펼쳐진 小浜溫泉도 운선화산의 산물이다.

한편, 운선산은 보현산(해발 1395m)을 최고봉으로 九千部岳, 國見岳, 笠笠山, 眉山 등으로 된 복합화산이다. 산 자체의 암석은 주로 화산암(Andesite)으로 되어 있으나 산의 정상부는 각섬암, 화산암, 석영화산암 등으로서 규산 성분이 많고 점성이 큰 용암 Dome으로 된 것이 많다. 유사시대에 분출 기록이 있는 것은 보현악의 것으로 1663년, 1792년, 1990년 3번의 분화가 있었고 모두 큰 규모의 분화였다.

1. 운선산의 개요

운선산은 나가사키현의 시마하라반도 중앙부에 있는, 경치가 좋아 일본에서는 가장 먼저(1934년) 국립 공원으로 지정된 곳이다.

운선산 대폭발

(분화 활동과 화쇄류의 메카니즘)

● 발체/강 형 규 <대구지부 과장>

봄의 진달래, 여름의 피서, 가을의 단풍, 겨울의 설경 등 사계절이 빛나는 아름다운 경관은 운선산의 매력이다. 더욱이 산의 남서 중앙부에는 별칭 溫泉地獄으로 불리는 유황지대가 광활하며 뜨거운 물의 분출, 끓어오르는 坊主地獄, 불탄 기암의 노두(露頭) 등이 있어서 자연계의 각양 신비와 경이를 볼 수 있다. 이 온천지역은 옛 강호시대로 거슬러 올라가면 기독교인을 박해하던 곳으로 이용된 일이 있었다. 당시 잔인무도했던^{註1} '踏繪의 刑'이라고 하여 막부의 방침에 따라 개종하지 않는 기독교인을 고온의 온천지역에 던져 넣어 처형하였다고 전해지고 있다. 지열지대의 바위틈에서 뿜어내는 분출음은 때에 따라 비명으로 들린다고 한다. 지난 날에 처형된 많은 사람의 외침이 지금까지 들

봄의 진달래, 여름의 피서, 가을의 단풍, 겨울의 설경 등 사계

2. 1663년의 분화(古燒溶岩과 화구의 출수)

1663년 3월 보현산 정상부의 99島池에서 분화가 있었으나 그 후 큰 비로 분화구는 꺼지고 말았다. 그러나 동년 12월 11일 밤부터 분화가 재개되어 12월 27일 큰 소리가 울리다가 12월 28일 아침에는 분출하는 연기가 확인되었다. 이때의 분화지점은 정상부에서 동북 약 900m 떨어진 해발 1100m 정도인 飯洞岩峰이라는 조금 높은 언덕 남측의 구릉지였다. 이 분화는 길이 약 1km, 폭 약 150m의 용암을 유출하였다. 이 활동이 있었던 다음해 봄 99島池로부터 출수가 있었는데 산의

* 1 踏繪 : 막부가 기독교인이 아니라 하는 것을 증명하기 위하여 그리스도·마리아상을 새긴 널판지를 밟게 하던 일.

남쪽에 赤松계곡의 水無川을 따라 氾濫하여 家屋을 유출시켜 30여 명이 사망하였다. 99島池는 보현산 정상부에서 동쪽 약 600m 떨어진 해발 1200m 지점에 있는 화구 흔적이다. 이번 분화 이전에는 물이 가득차 있었으나 그때 터져서 물은 없어졌다. 이 못의 흔적은 현재 보현산 남측의 평탄지이다. 이 분화로부터 약 130년 후인 1792년에 큰 분화가 일어나서 용암이 유출하였는데 후일에 양 분화를 구별하기 위하여 1663년의 분화를 古燒溶岩이라고 하고, 1792년의 분화를 新燒溶岩으로 부르게 되었다.

3. 1792년의 분화(新燒溶岩)와 眉山의 대붕괴

이 분화는 地獄跡火口에서 시작되었으나 곧 산허리인 비과의 목측 봉의 구릉지로 옮겨서부터 용암이 유출되었다. 용암의 흐름은 폭이 약 300m, 길이는 약 2.5km나 되었다. 그러나 그 후에 계속하여 강한 지진이 운선산 동부에서 여러 번 있었고 이로 인하여 보현산 동쪽의 眉山에서 대붕괴가 생겨 그 토석이 덮쳐 큰 해일파를 일으켰다. 토석류가 덮친 시마하라지방은 약 15,000명이 사망하였다. 이는 일본에서 사상 최대의 화산재해로써 「島原大變肥後迷惑」이라는 기록을 남기고 있다.

4. 1990~1991년의 분화

가. 초기 분화 활동(화구개구와 소분화)

1990년 11월 17일 새벽 운선산이 198년만에 분화를 시작하였다. 분화지점은 2개소로서 99島火口와 地獄跡火口에서 연기를 내뿜으면서 시작되었다. 99島火口



는 처음에는 활동이 왕성하였으나 점점 쇠퇴하였다. 1991년 3월 29일에는 적은 규모의 분화가 있었고 연기의 분출이 증가되었으나 1991년 6월까지 큰 변화는 없다. 地獄跡火口는 11월 17일 새벽에 분화 후 곧 활동을 정지하였다. 그러나 1991년 3월 29일부터 분화 활동을 재개하여 4월 중순 이후 분화는 이 화구에 집중되었다. 91년 2월 12일 아침 地獄跡火口에 인접한 지점에서 분화구가 생겨서 新燒火口(屏風岩火口)가 형성되었다. 이후 화산성 지진 및 미동이 증가하여 3월 중순 이후에는 빈번히 화산재를 분출하여 주위에는 화산재로 두껍게 퇴적되었다. 화산 활동은 활발하여 화산의 크기는 5월 중순에 폭이 100m, 길이 240m, 깊이 50m로 성장하였다. 이 화구는 5월 상순까지 활발하게 분기활동을 하였으나 그 후에는 약해졌다. 앞의 3개 화구는 서로 근접거리에 있기 때문에 화구는 극히 얇고 동일한 화산대인 것으로 보여진다. 91년 3월 29일에는 앞의 3개의 화구가 동시에 분화하였다. 이후 소규모

의 분화가 이따금씩 분기하여 날씨가 좋은 날에는 분출되는 화산석이나 화산재가 관측되었다. 또, 5월 18일 운선산 측후소의 현지 관측에 의하면 부근의 병풍암, 地獄跡火口 부근에 동서로 이어진 길이 약 200m 폭 30m의 틈(crack)이 확인되었다. 또한 정밀 측정 결과 4월 이후에는 보현산에서 급격한 지각의 변동으로 인한 環이 관측되었다. 5월 중순 이후에는 토석류와 화쇄류가 반복하여 활동하고 있다.

나. 토석류와 화쇄류

5월 13일경부터 이제까지 관측된 일이 없었던 화산 바로 아래에서 지진과 미동이 빈발하기 시작하여 지각 변동과 지자기의 관측 결과에도 변화가 나타났다. 이는 Magma가 지표면의 얇은 곳까지 상승하였다는 것을 나타내는 현상이다. 그런데 마침내 5월 15일에 최초로 토석류가 水無川에 발생하였다. 운선산 측후소에 따르면 당일 20mm의 비가 왔다. 화산의 주변에 쌓였던 미세한 화산재는 수분이 깊이 스며들기 어렵기 때문에 이러한 적은 강우량에도 화

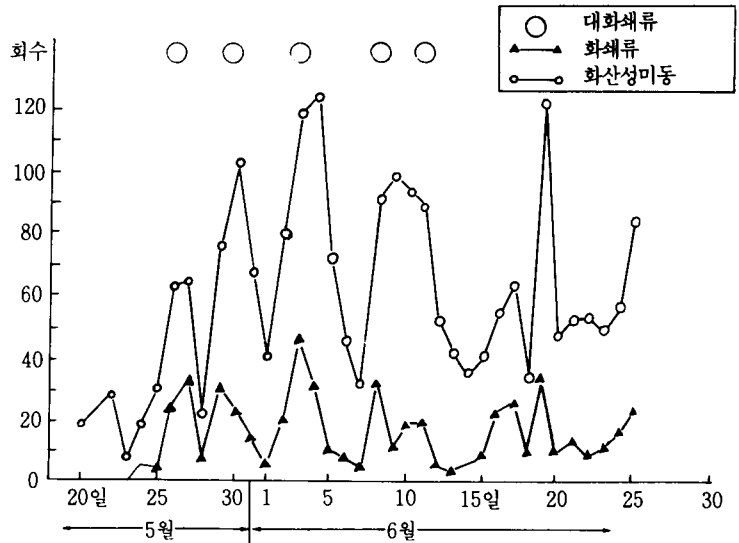
산재나 화산 분출시의 암석류를 휩쓸어 토석화된 것이다. 폭우 때 위험을 피하듯이 이 날에는 水無川을 따라 461명이 피난하여 피해는 없었다. 이후 빈번히 토석류가 발생하였고 5월 19일의 대토석류 발생시에는 피난민이 1326명에 달하였으나 큰 피해는 없었다.

그 후 5월 20일에는 地獄跡火口에서 용암Dome이 나타났다. 이 Dome은 서서히 성장하여 23일에는 地獄跡火口緣까지 수십m 높이로 상승하였다. Dome은 한 시간에 70~80cm 정도로 놀랍게 빨리 성장한 것이다. 5월 24일에는 이 용암Dome이 붕괴하여 화쇄류로 地獄跡火口の 동쪽벽으로부터 水無川의 원류부로 흘러내렸다. 이는 이번 분화활동에서 확인된 최초의 화쇄류이다. 이 후로는 연일 화쇄류가 생겼다.

<그림2>는 운선산 측후소가 관측한 화쇄류와 화산성 미진의 일별 발생 횟수이다. 화쇄류와 미진은 서로 밀접한 관계로서 미진이 많은 때에는 화쇄류도 많았다. 여기서 화쇄류 발생 메카니즘은 다음과 같다. 보현산 지하에서는 강력한 압력이 하구를 향하여 움직이면서 Magma를 들어 올리고 있다. 이 Magma는 점성이 커서 유출되지 않고 화구에서 덮개가 되지만 밑으로부터의 압력으로 밀려 올라가서 Dome으로 성장한다. 지하로부터의 압력이 덮개의 응력보다 크게 되면 Dome을 불어 날려서 커다란 화쇄류가 된다.

화쇄류의 발생 횟수가 주기적으로 변동하는 것은 통상 같은 비율로 압력이 지하로부터 작용하고 있어서 이것이 화구의 덮개를 불어 날리는데 필요한 압력을 축적

<그림2> 일별 화쇄류·화산성미동발생수 (운선산 측후소)



하는 때와의 시간(차)을 나타내고 있는 것이다. 지하로부터의 압력이 작용하고 있는 동안에 Dome은 성장하지만 Dome이 커짐에 따라 Dome은 불안정한 형이 된다. 그래서 Dome은 빈번히 소규모의 붕괴를 일으킨다. 이리하여 커다란 화쇄류의 틈에는 작은 화쇄류가 많이 발생한다. <그림2>에서 “○”표를 한 곳은 커다란 화쇄류가 발생한 곳이다. 5월 24일의 화쇄류는 地獄跡火口로부터 동쪽 약 1km(표고 700m) 지점에서 멈추었으나 5월 26일의 화쇄류는 화구로부터 2.5km 떨어진 곳(표고 300m)까지 흘러 내려서 산기슭의 민가로부터 500m까지 다달았다.

水無川 유역의 주민에게는 피난 권고가 발령되었으나 한 명이 화쇄류에 말려 들어 화상을 입었다. 이 날에는 비가 와서 소규모의 토석류도 있었다. 5월 28~29일은 화쇄류도 활발하여 화구에서 동쪽 2km까지 달하였다.

6월 3일 16시 경에는 地獄跡火口에서 동쪽으로 날아간 화쇄류의 그 선단이 약 4km 이상 떨어진 水無川 상류의 마을에 도달하여 사망 34명, 부상 11명, 행방불명 4명, 건물 피해 56채였다.

6월 8일에는 16시 경부터 화쇄류의 발생 횟수가 급격히 증가하여 이번 최대 규모의 화쇄류가 발생하였다. 地獄跡火口에서 동쪽으로 분출한 화쇄류는 그 선단이 화구에서 약 6km 떨어진 국도 부근까지 달하였다. 이 지역주민은 전부 피난하여 인명 피해는 없었으나 건물 73채가 피해를 입었다. 이와 같이 화쇄류의 규모는 시간이 경과함에 따라 커져갔다.

6월 11일 22시 59분에는 폭발적인 분화가 일어났다. 작은 화산석과 화산재는 화구의 동북 방향을 중심으로 해안 근처까지 도달하였다. 이 분화 이후에는 화쇄류는 없으나 화산재는 더 많아진 형태로 분화 활동이 변하여 6월 16일에는 보현사 서남쪽 10km인

小浜温泉까지 화산재가 내렸다.

다. 분화 활동의 이력

이번의 운선산 분화 활동은 토석류, 화쇄류, 폭발적 분화의 발생 등 그 규모 및 피해 상황과 함께 극히 이례적인 화산 현상이었다.

6월 3일의 화쇄류 참사를 계기로 기상청은 이번 분화 활동을 "1919년 운선산 분화"라고 명명하였다(4번째).

재해를 동반했던 대규모 분화 활동이 있었던 과거에 명명된 3번의 분화는 다음과 같다.

(1) 1977년 有珠山 분화

1977년 8월 7일부터 有珠山에서 분화하여 생성된 분출물의 총량은 8,300만m³, 사망 2명, 행방 불명 1명, 부상 2명, 가옥피해 205채, 농경지, 토목 시설 등 피해.

(2) 1983년 三宅島 분화

1983년 10월 3일 15시 30분에 三宅島에서 분화, 용암 분출(총 1억3천만m³), 주택 매몰·소실 약 400동, 산림, 경지 등의 피해.

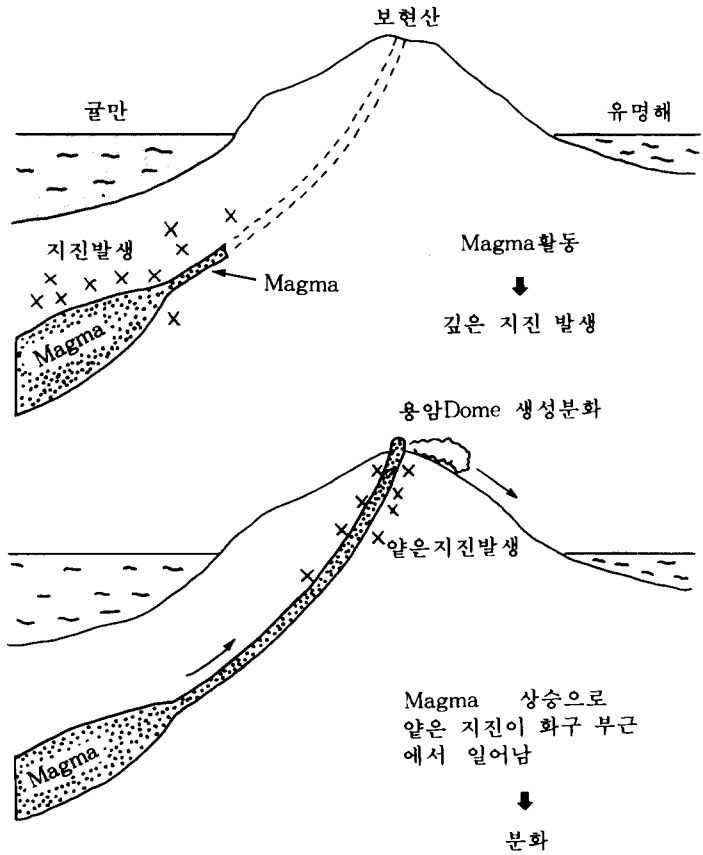
(3) 1986년 伊豆大島 분화

1986년 11월 15일 17시 25분경 伊豆大島에서 분화, 용암분출(총 4천만m³), 전주민 섬에서 대피.

5. 분화 피해

17세기 이후(1600~1982) 283년동안 지구상에서 분화에 의한 사망자는 23만8천67명이고, 사망 원인을 분석하면 화구에서 유출된 화쇄류 및 진흙에 의한 것이 전체의 29%를 차지한다. 유출된 화쇄류 중에서 흘러내린 용암으로 인한 사망은 가장 적고(0.4%), 화구에서 비산된 화산탄이나 화산재 등의 강하화쇄물(降下火砕物)

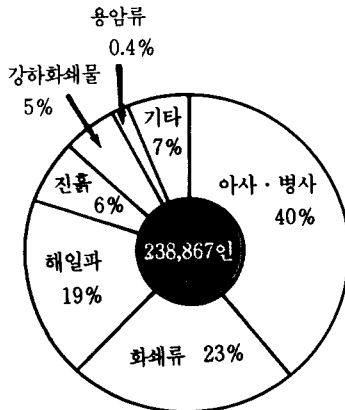
〈운선산의 지진과 분화의 관계 MODEL〉



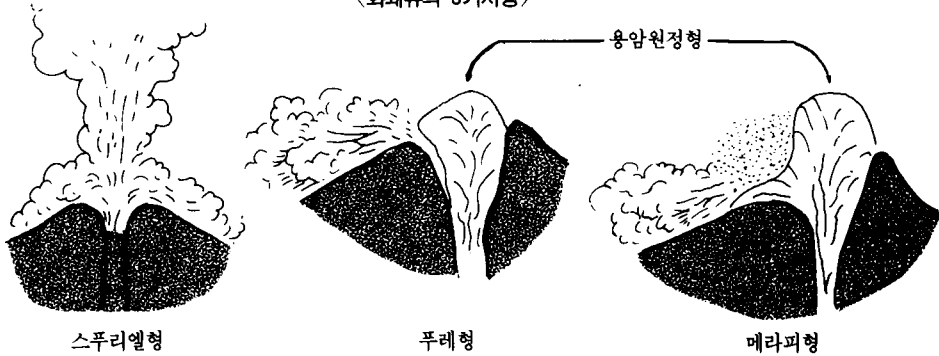
의 직격에 의한 피해는 5%이다. 압도적으로 많은 사망원인은 아사 및 병사(40%)와 해일에 의한 사망(19%) 등이다.

한번 큰 분화가 일어나면 그후 소분화가 오래 동안 반복해서 일어난다. 이 때문에 넓은 지역이 황폐하여지고 농작물은 장기간 수확할 수 없게 된다. 또 환경이 극도로 오염되기 때문에 전염병이 발생하여 아사자와 병사자가 많다. 이러한 재해는 과거 1815년 인도네시아에서 사망 9만 2천명, 1783년 아이슬란드에서 사망 1만명 등의 참사가 있었다. 그러나 근년에는 세계적으로 구조체제가 정비되어 있어서 대량의 참사는 없어졌다.

한편 해변의 화산에서는 분화로 인하여 산이 붕괴되어 토석이 바다로 빠져 큰 해일이 발생, 화산



〈화쇄류의 3가지형〉



에서 멀리 떨어진 곳까지 피해를 내는 일이 있다. 그러나 아사자의 발생이나 해일을 일으키는 원인으로서는 화쇄류, 토석류, 화산진흙, 용암류, 강하화쇄물 등이다.

가. 화쇄물

화쇄물은 용암이나 화산재와 같은 고형물이 수증기나 화산Gas와 함께 연기처럼 분출되어 고속으로 산허리를 내리 치닫는 눈사태와 같은 현상이다. 이는 지상은 물론 공중을 날아 수십m 높은 산도 쉽게 넘어 광범위하게 피해를 입히는 것으로 분화중 가장 무서운 것이다.

화쇄류에는 3가지 유형이 있다.

그 첫째 형은 용암Dome의 선단이 붕괴되어 고온의 돌가루가 유출되는 것이다. 이 형은 인도네시아의 메라피에서 흔히 볼 수 있어서 메라피형 화쇄류라고도 한다.

둘째 형은 용암Dome의 하부가 폭발에 의해 파괴되어 용암편, 화산재, 분출되는 연기 등을 대체로 수평방향으로 쏘아 보내는 것이며, 몽푸레화산에서 있었던 것이 대표적인 것으로 푸레형 화쇄류라

고도 한다.

셋째 형은 화구로부터의 분출물의 일부가 화구의 주위에서 흘러 넘쳐서 산허리로 흘러 내리는 것이다. 이는 서인도제도의 스푸리엘화산에서 있었던 화쇄류가 대표적인 예로 스푸리엘형이라고도 한다. <그림3>

나. 토석류(火山泥流)

물을 포함하여 진흙상태가 된 화산재나 화산모래가 화산의 경사면을 급격히(30~35m/sec) 흘러 내리는 현상을 말한다. 눈이나 얼음이 있는 곳에 분화되거나 폭우나 태풍기에 쉽게 발생한다.

다. 용암류

용암류는 분화에 수반하여 발생하는 현상으로 막대한 량의 용암류는 강력한 파괴력이 있어서 가옥·건조물 등을 쉽게 뒤덮어버린다. 그러나 속도가 느려서 인명 피해는 적다.

라. 降下火碎物

降下火碎物이란 분화에 의하여 공중으로 방출되는 분석(화산탄), 화산자갈, 화산모래, 화산재 등의 총칭이다.

6. 화산 분화에의 대처

자연 현상의 예지중에서 가장 늦은 것이 지진과 화산의 예지이다. 지각의 깊은 곳에 있는 원인을 찾거나, 연구하기에는 막대한 시간과 노력이 필요하다. 근대의 화산 관측은 수많은 정밀기구가 구비되고 이론도 진보되어 있다고 하나 분화의 예지는 아직 미완성 상태이고 분화와 같은 긴급시에는 다음 10가지 사항에 따르도록 한다.

- 가. 화산 정보에 귀를 기울임.
- 나. 화산 활동의 특징을 숙지
- 다. 자신은 자신이 지킴.
- 라. 이상현상을 발견하면 관계 기관에 알림.
- 마. 위험지대에 들어가지 않음.
- 바. 화쇄류, 진흙, 토석류, 해일, 화산GAS에는 특히 주의함.
- 사. 피난 장소를 정해 둠.
- 아. 알지 못할 때 선동에 주의함.
- 자. 서로 협력하여 도움.
- 차. 건강에 주의함.☹

* 참고자료 : 근대소방 92년 8월호 및 국내일간신문 : 91년 5월 각일