

화산재 지역에서의 항공기 운항

임 재 환*

목 차

- I. 서론
- II. 화산재의 정의 및 화산재
(Volcanic Ash or Volcanic Dust)
- III. 화산재의 위험성
- IV. 화산재에 의한 항공기 사고 및 피해 사례
 - 가. 항공기 사고 사례
 - 나. 항공기 피해 사례
- V. 화산재 내에서의 항공기 운항
(화산재의 인지와 회피 방법)
- VI. 화산재 구름 조우시 조치 방법
- VII. 화산활동 전파 방법
- VIII. 화산 분포 지역과 항공로의 연계

1. 서론.

항공기운항중 부득이한 상황이나 부지불식간에 화산재 구름 속을 비행하게 되는 수가 있는데 이 경우 항공기 엔진에 화산재가 흡입되면 엔진 내부 부품이 부식되거나 손상을 일으켜 엔진이 정지되거나 기체가 손상되는 등의 항공기 운항 저해가 발생할 수 있고 이로 인한 항공기 수리 비용이 막대하게 소요되게 되므로 화산재에 의한 항공기 사고가 빈도 면에서는 적지만 그 피해를 간과할 수 없다.

현재까지 우리 나라는 화산재에 의한 항공기 피해는 없었으나 1973년부터 최근까지 세계 전역에서 일어난 화산재에 의한 항공기 피해는 약 33건으로 그중 1991년 필리핀 피나투보 화산 폭발 시에는 약 20대의 항공기가 피해를 입었고, 1989년 12월 15일에는 KLM 항공사 867편(B-747-400 항공기, 암스테르담→앵커리지)이 앵커리지 공항 북쪽 약 70마일(비행고도 25,000ft)지점에서 강하중 화산재 구름과 조우하여 4개의 엔진 모두가 정지된 후 13,500ft-14,000ft 상공에서 가까스로 재시동하여 앵커리지 공항에 착륙한 사고가 있었다. 이로 인해 엔진 및 기체 등의 손상에 대한 수리 비용이 약 8천만불 소요된바 있다. 또한 국제 민간 항공 기구에서도 화산재에 의한 항공기 피해 예방을 위해 피해를 직접 경험한 조종사의 체험담을 중심으로 항공기의 화산재 피해에 대한 시청각교재를 제작하여 보급하고 있다.

따라서, 태평양 연안 화산 지대나 동남아, 남유럽 등 국제선 운항에 종사하는 조종사들은 화산재의 위험성에 대한 인식을 새롭게 하여 이에 의한 피해를 최소화하도록 노력해야 하겠다.

2. 화산재의 정의 및 화산재(Volcanic Ash or Volcanic Dust)의 생성.

화산이 폭발할 때 그 폭발력에 의하여 용암이나 지각의 암석 등이 부서져 여러 가지 파편물이 분출하는데, 이것들을 화산 방출물이라 한다. 이 화산 방출물은 그 크기에 따라 화산탄, 경석, 화산암 조각, 화산자갈, 화산재 등으로 구분하고 있다. 이 중 지름이 1mm 이하의 먼지와 같은 것을 「화산재」라고 한다.

화산재는 화산 가스(대부분이 수증기로, 전체 부피의 60~90% 이상을 차지한다. 그 밖의 성분으로는 약간의 이산화황, 이산화탄소, 염소 등)와 섞여 구름을 형성한다.

화산재는 성층권까지 도달하므로 대류권과 성층권 하부를 비행하는 항공기에 영향을 준다. 화산재는 항공기의 시정과 엔진에 영향을 준다.

화산의 분화 작용에 의하여 방출되는 화산쇄설물에는 고온의 마그마 중에서 직접 생긴 것, 화산의 일부가 붕괴되어 방출되는 것 등이 있는데 크기는 거대한 바위 덩어리에서부터 화장분보다 작은 미세한 것 등 다양하며, 특히, 이 미세한 물질은 화산 폭발에 의하여 빠른 속도로 성층권까지 상승하여 편서풍의 영향으로 수천 마일을 이동하거나 지구를 일주하는 수도 있다. 화산재의 성분은 직경 4mm이하의 용암 부스러기로서 대부분 점성이 낮은 현무암질, 점성이 높은 석회안산암 또는 유문암질등으로 구성되어 있으며 매우 단단하여 조종석 유리에 흠집을 내거나 Jet engine의 compressor blade를 급속히 침식시킬 수 있다.

화산재는 일반적으로 평범한 구름처럼 보이고 조종실에 장착한 기상 레이더에 의해서는 볼 수 없다. 현재로서는 화산 학자, 지진 학자, 기상 학자, 기상 예보자, 관제사, 발송 계원과 조종사 자신 사이의 정보의 조정에 의해서 경고가 제공된다.

3. 화산재의 위험성.

화산의 폭발에 의해 Jet항공기가 통상 비행하는 고도(10,000m-15,000m)로 상승하여 넓게 퍼진 미세한 화산재는 Jet항공기에 탑재된 기상레이더에 나타나지 않으므로 조종사는 계기 기상 상태나 특히 야간에는 부지불식간에 화산재 구름 속을 비행하게 될 수 있다.

이 경우 미세한 화산재는 대량의 공기와 동시에 engine에 흡입되어 압축되어진 공기와 같이 연소실로 들어간다. 연소실의 내부는 섭씨1,600도-2,000도의 고온이므로 용해점이 낮은 화산재(800도-1,200도)는 용해되어 연소된 가스의 흐름에 따라 연소실의 출구로 배출된다. 이렇게 배출되다가 engine의 과열을 방지하기 위한 차가운 공기에 의해 용융점에 가까워지면서 engine turbine section의 ceramic표면에 부착되어 기능을 저하시키고, 냉각용 작은 구멍(bleed hole)을 막아 연소실 및 turbine온도를 급격히 상승시키며 정상적인 공기의 흐름을 방해하여 engine을 정지시키게 된다.

또한, 화산재는 pitot system을 막아 항공기 속도지시계의 신뢰성을 저하시키고 날개의 leading edge 등 flight control 계통 및 전기·전자 계통 등에 심각한 손상을 주기도 하며 landing light의 광도를 떨어뜨리기도 한다.

4. 화산재에 의한 항공기 사고 및 피해 사례.

가. 항공기 사고 사례.

화산의 잠재적 위험이 관심의 초점이 되기 전까지 항공 업계에 대한 이것의 위험성은 실상 널리 인식되지 못했다.

사례 1.

1982년 6월 23일, 자카르타 남서쪽 150NM(Nautical Mile) 거리에 위치한 약 7000피트 높이의 Galunggung 화산이 폭발하였다. 이 화산은 1918년이래 계속 휴화산 상태에 놓여 있었으나 1982년 4월부터 6월 사이에는 무려 열두 번이나 폭발하였다. 바로 이같은 시기에 승객 239명을 태우고 콜라롬푸르에서 출발하여 비행 중이던 B-747기가 고도 37000피트 상공을 비행할 즈음 자카르타 남쪽 130NM 부근에 있는 화산 구름과 조우하였다. 이때 윈드시어를 가로질러 정전기가 발생하였고 엔진 inlet 안에서는 불빛이 번쩍거렸는데 이것이 화산재와 접촉한 최초의 징후였다. 조종실과 승객실안에는 매캐한 연기와 먼지가 스며들었다. 항공기가 화산 구름에 들어가자 엔진 성능이 나빠졌고, 이로부터 몇 분 후에는 실속이 시작되었으며 곧이어 surge현상이 발생하였다. TGT(터빈 가스 온도)가 상승하고 다른 수치들은 모두 떨어지고 3번과 4번 엔진은 과열 상태가 되었고 1번과 2번 엔진은 어느 정도 성능을 유지하고 있었지만 계속 실속 상태였다. 이같은 현상에서 온 중요 영향들로는 RPM(분당 회전수)과 EPR(엔진압력비)이 떨어지고 TGT가 상승하며 fuel flow가 약간 떨어졌다. 다행히 고도를 낮추니 저고도에서 깨끗한 공기로 인해 정상 작용하여 엔진을 시동하는데 도움이 될 수 있었다. 이같은 일련의 비행 과정에서 방풍 유리와 양날개의 끝, 그리고 안정판이 마찰에 의해 심하게 벗겨졌으며 방풍 유리를 통한 시정이 제한을 받았다. 또한 착륙지시등을 덮고 있는 렌즈의 손상으로 등화빛이 분산되어 자카르타 공항의 24번 활주로로 야

간 착륙을 하는데 착륙지시등이 완전히 무력화되었다.

* Cook 입구와 알래스카 반도로부터 Aleutian 섬을 따라 펼쳐진 1,500마일(2,400 킬로미터)길이의 지역에 위치한 알래스카의 남부 해안을 따라 40개 이상의 활화산이 위치하고 있다. 비록 이러한 일련의 화산들의 1년당 평균 폭발 수는 1~2개이지만, 그것들의 대부분은 멀리 떨어져 있고 그것들의 위험은 지금까지 최소라고 생각된다.

그러나, 최근의 Cook 입구의 서쪽에 위치한 3개의 화산 폭발은 국내와 국제 항공 여행뿐만 아니라 알래스카 인구의 60%의 안전과 상업에 상당히 영향을 주었다.

사례 2.

1989년 12월 15일, 앵커리지를 향하던 대형 여객기(B-747)가 알래스카의 Redoubt산에서 생성된 180마일(290킬로미터) 떨어진 곳의 화산재 구름안으로 들어가서 전체 4개의 엔진 추력이 상실되었다. 비행기는 25,000피트에 있는 화산재 구름에 들어갔고, 가속해서 재빨리 13,000피트로 강하했다. 마침내 조종사는 엔진을 재시동 했다. 알래스카에서의 이 항공기의 추력상실의 절정 지역은 7,000~11,000피트였고, 이는 극도의 구사일생이었다. 이 사고로 인해 주로 항공기와 석유 생산 수익에 160만 달러의 경제적 손실을 입었다. 멀리 떨어진 화산도 수백 마일 밖에서 생명과 재산에 위협을 가할 수 있다.

사례 3.

1992년, 알래스카에 있는 Spurr산의 폭발로 생긴 760마일(1,200킬로미터) 밖의 화산재 구름이 미 대륙과 캐나다까지 떠내려갔다. 이로 인해 중서부와 북동쪽의 공항들은 화산 폭발후 이틀 동안 폐쇄되었다. Spurr 구름은 일반적으로 화산에 대해 관심을 가지고 있지 않던 시민들에게 영향을 주었다.

특히, 알래스카의 화산재 구름의 연구로부터 얻은 몇몇 것들은 국가와 국제 항공에 밀접한 관계가 있다 :

- 화산폭발후에 발생하는 화산재 구름은 구름으로부터 멀리 떨어져 있는 곳에서의 항공기 운항에 영향을 준다.
- 업무자와 조종사 그리고 과학자간의 통신은 화산의 위험을 피하는데 중요하다.
- 현재의 위험 경고 장치의 장점과 단점을 평가하는 것은 중요하다.
- 위성 자료는 위치와 궤도 정보를 제공하고, 최종적으로 입자의 크기와 집중력의 중대한 평가를 한다.
- 이러한 발견에 기초하여, 화산재 구름의 변화를 발견할 수 있는 새로운 감지기가 개발될 것이다.

나. 항공기 피해 현황.

국제 항공 운송이 증가한 1973년 이래 많은 화산활동이 항로상에서 관측되었다. 이 화산 폭발은 모든 공역에 영향을 미쳤고 화산재 구름은 야간이나 계기 기상 상태에서는 식별할 수 없으므로 항공기에 막대한 손상을 입히게 되고 이러한 화산재 구름과 조우하여 항공기가 피해를 입은 현상을 살펴보면 다음과 같다.

년도	화산	국가	피 해 내 용
1973	Asama	일본	· DC-9 : windshield 손상
1975	Sakurajima	"	· L-1011 : windshield 손상
1976	Augustine	미국	· DC-8 : windshield 손상, 통신장비, 착륙장치 등 마모 · B-737 : blade tip 및 oil filter 손상, windshield 및 leading edge 마모 · DC-9 : windshield 손상, leading edge 및 compressor blade 마모, oil system 오염
1980	St.Helen's	"	· L-382 : 2개 엔진 고장, 화산재가 turbine에 부착되어 HPT손상 · B-727 : mid span shroud와 fan blade 손상 · B-747(RB211) : 4개 엔진 4.5분동안 출력 손실되었으나 14,000ft 및 12,500ft에서 재시동 4개엔진교체와 windshield 및 leading edge 손상
1985	Soputan Sulawesi	인도네시아	· B-747(RB211) : 엔진 4개, 유리창 12개, 항행 컴퓨터 교체
1989	Mt.Redoubt	미국	· B-747(CF6) : 4개엔진 약2.5분동안 출력손실되었으나 17,200ft - 13,300ft에서 재시동 엔진 4개, windshield, filter 전자장비, airspeed probe 등 교체
1991	Pinatubo	필리핀	· 약 20대의 상업용 제트 항공기가 화산재에 의해 손상을 입었는데 이들 중 대부분은 비행중 화산재와 조우하여 엔진에 손상을 입었고 B-747, DC-10 항공기 등에 장착된 엔진중 손상을 입은 엔진 10개는 교체 · 몇대의 항공기는 지상에서 조종석 유리창에 화산재 침식 및 부적절한 제거등으로 손상

이외 화산재 피해를 입은 항공기의 보고서를 검토한 바 다음과 같은 공통점이 발견되었으므로 유의할 필요가 있다.

- 예상하지 못하고 화산재에 조우
- 대부분의 항공기는 야간에 화산재에 조우
- 화산재 조우 징후(시정 감소, 전기 방전 등)가 갑자기 나타나므로 회피 결심을 위한 시간적 여유가 없음
- 화산재에 의한 항공기 엔진에 미치는 영향은 매우 짧은 시간에 급속히 발생
- 모든 엔진에 추력의 손실이나 정지가 발생하고 비행후 점점에서 화산재 침점물이 고온의 표면에 축적되어 있는 것을 볼 수 있다.

5. 화산재 내에서의 항공기 운항

가. 인지 방법.

화산활동이 알려진 지역 내에서의 항공기 운항은 회피하여야 한다. 이는 특히 화산재가 보이지 않는 기상 상태인 어둠이나 낮시간동안의 운항에 중요하다. 기상 레이다는 화산재를 발견할 수 있도록 설계되어지지 않았으며 그렇게 하는데 의존할 수도 없다. 화산재는 수백 마일 범위로 퍼질 것이다. 만일 화산재를 만나게 된다면 가능한 한 빨리 빠져나가라.

기상레이다로 화산의 위치나 존재를 감시하는 것은 매우 어렵기 때문에 화산재 조우는 계기 기상 상태나 야간에 대부분 발생한다. 따라서, 조종사는 다음과 같은 현상이 있을 때 화산재 구름 속을 비행하고 있다고 판단하여야 한다.

- ① 조종실 또는 객실 내에 연기 또는 먼지가 나타나고 유황 타는 냄새가 있을 때
- ② 조종실 또는 객실 내에 전기 화재와 같은 역겨운 냄새가 있을 때
- ③ 실속, EGT(배기가스 온도), (제트엔진의)尾管으로부터의 화염, 연소 정지 등과 같은 다수의 엔진 고장
- ④ 엔진 흡입구에 흰색 또는 오렌지색 불꽃이 있을 때
- ⑤ windscreen이 불투명해 질 때
- ⑥ 항공기 속도 지시 상실 또는 감소와 같은 계기 고장 현상이 나타날 때
- ⑦ 전방 화물칸 지역에서 화재 정보가 나타날 때
- ⑧ 객실 고도 또는 객실여압 상실의 현상이 있을 때
- ⑨ 야간에, 엔진 입구에서의 밝은 주황색 불꽃을 수반하는 앞유리 주위에서 발견되는 썬 얼모의 불꽃(폭풍우의 밤에 비행기 날개 등에 나타나는 방전 현상)/ 정전기 방전.

화산재는 엔진 내부의 구성품에 대해 빠른 부식을 야기시킬 수 있다. 화산재는 Surge 현상, 추력 감소, 높은 EGT를 일으킬 수 있는 고압 터버빈 노즐 보호 날개와 고압 터빈 냉각 구멍의 화산재 축적과 봉쇄를 한다. 추력을 감소하는 것은 터빈 깃에 잔해의 축적을 감소시키고 엔진 실속 한계를 개선할 수 있는 EGT를 낮게 해줄 것이다. 엔진 실속 한계의 더 나은 개선은 엔진과 날개 제빙 장치의 작동을 통한 흘러나오는 공기 적출의 증가에 의해 얻어질 수 있다. EGT 한계를 초과하는 것을 방지하기 위한 엔진의 정지 후의 재시동은 필수적이다. 만일 엔진의 시동이 실패한다면, 즉각적인 시도가 되풀이되어야 한다. 엔진이 화산재로부터 벗어나거나 속도와 고도가 시동 영역에 있을 때까지 성공적인 엔진의 시동은 불가능 할 것이다. 엔진 고장이거나 시동의 실패로써 설명될 수 있는 고고도에서 엔진은 저속으로 공전할 때까지 매우 천천히 가속되어야 한다.

화산재는 피토 장치를 막을 것이고 속도계에 의지할 수 없는 결과를 초래할 것이다. 만일 속도계에 의지할 수 없는 상황이라면 비정상 과정에서 속도 비의지 과정에서 찾아보아라.

화산재에 의하여 항공기는 마모되고 항공기의 엔진, 날개, 꼬리날개의 앞전 표면, 앞유리, 착륙등 등에 중대한 손상을 일으킨 것이다. 화산재는 모든 유리를 반투명하게 만들어 시야를 막을 것이다. 만일 이러한 상황이 자동 착륙 능력을 가진 항공기에 발생한다면, 자동 착륙이 가능한 공항으로 기수를 돌려라. 착륙등에 손상을 입은 것에 기인하여 착륙등 유효성은 상당히 감소된다.

나. 회피 방법.

- ① 화산활동 영향권 안에 있는 것으로 알려진 지역상공의 비행은 피해야 한다. 특히, 야간이나 계기기상상태에서는 화산재가 보이지 않으므로 비행에 더욱 주의를 요한다.
- ② 화산활동의 잠재성이 있는 지역을 비행하고자 할 때는 모든 NOTAM을 신중히 검토하여야 한다.
- ③ 만약 화산활동이 보고되었다면 계획되었던 비행은 화산활동이 없는 맑은 지역으로 우회비행하여야 하며 가능하다면 화산재 구름 위로 비행하도록 비행 계획을 수립하여야 한다.
- ④ 항공기 탑재 기상 레이다는 화산재를 탐지할 수 없으므로 화산활동의 보고가 있다면 모든 NOTAM을 점검하고 화산활동의 최근 상태에 대하여 ATC기관의 지시 또는 조언을 받아야 한다.
- ⑤ 화산 폭발 시는 주변의 공기를 빨아들여 기압이 급격히 저하하는 현상이 있으므로 비행 중에 속도 지시 기능과 기압을 감지하여 작동되는 계기들의 비정상 상태를 확인하여야 한다.

6. 화산재 구름 조우시 조치 방법.

가. 화산재 구름과 우연히 조우하게 될 경우 권고된 주요 절차는 다음과 같다.

- ① Immediately reduce thrust to idle.

- ② Autothrottle off(if engaged).
- ③ Engine and wing anti-ice on. All aircraft pack high.
- ④ Oxygen mask on - 100%(if required).
- ⑤ Ignition on : Autostart on.
- ⑥ Monitor EGT limits.
- ⑦ engine restart confederation.
- ⑧ Monitor airspeed and pitch attitude.
- ⑨ Exit volcanic ash as quickly as possible.
- ⑩ Land at the nearest suitable airport.

- 화산재의 흡입으로 engine이 정지되었다면 규정된 절차에 의거 재시동을 하고, 시동을 실패 하였으면 즉시 재시동을 실시할 것.
- 화산재 구름 속을 벗어나기까지 또는 항공기 속도나 고도가 재시동 가능 범위 내에 있기전까지는 engine 재시동이 안될 수도 있다. 고고도에서는 engine 가속이 매우 늦을 수도 있으므로 이것을 시동 실패 또는 engine 역기능으로 해석해서는 안된다.

나. 통고 및 보고 절차.

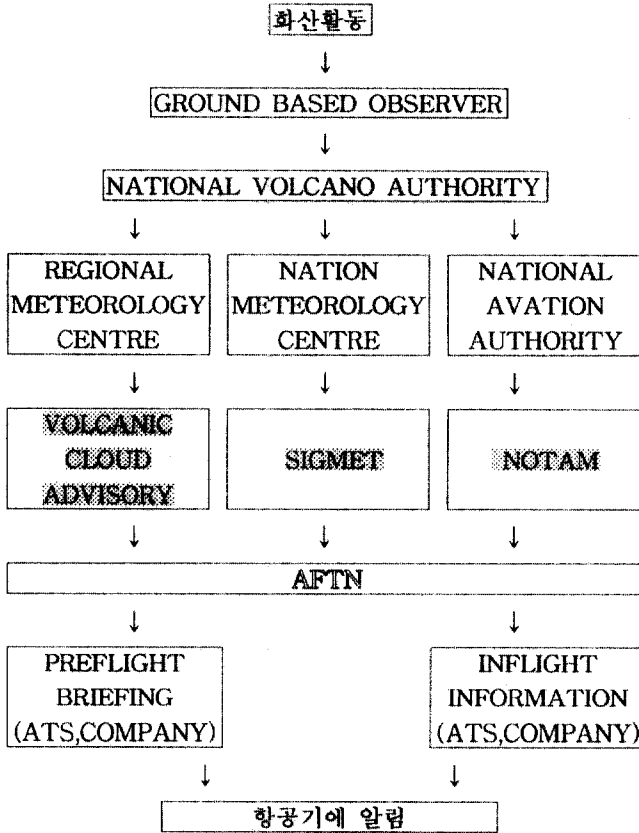
- ① 화산활동을 통고 받은 항공 당국은 즉시 NOTAM을, 기상 당국은 SIGMET을 발송하여야 한다.
- ② 화산활동을 통고 받은 관제기관은 항공기 안전 운항을 위하여 화산활동 지역 또는 인근 지역 상공을 비행하는 조종사들에게 즉시 통보하여야 한다.
- ③ 화산 폭발이나 화산재 구름을 발견한 조종사는 타 항공기 안전 운항에 조언할 수 있도록 즉시 관제기관에 통보하여야 하며 다음 공항에 착륙한 후 ICAO보고서 양식(VOLCANIC ACTIVITY REPORT)에 의거 관제기관 또는 기상 사무소에 제출하여야 한다.

다. AIREP에 포함될 내용

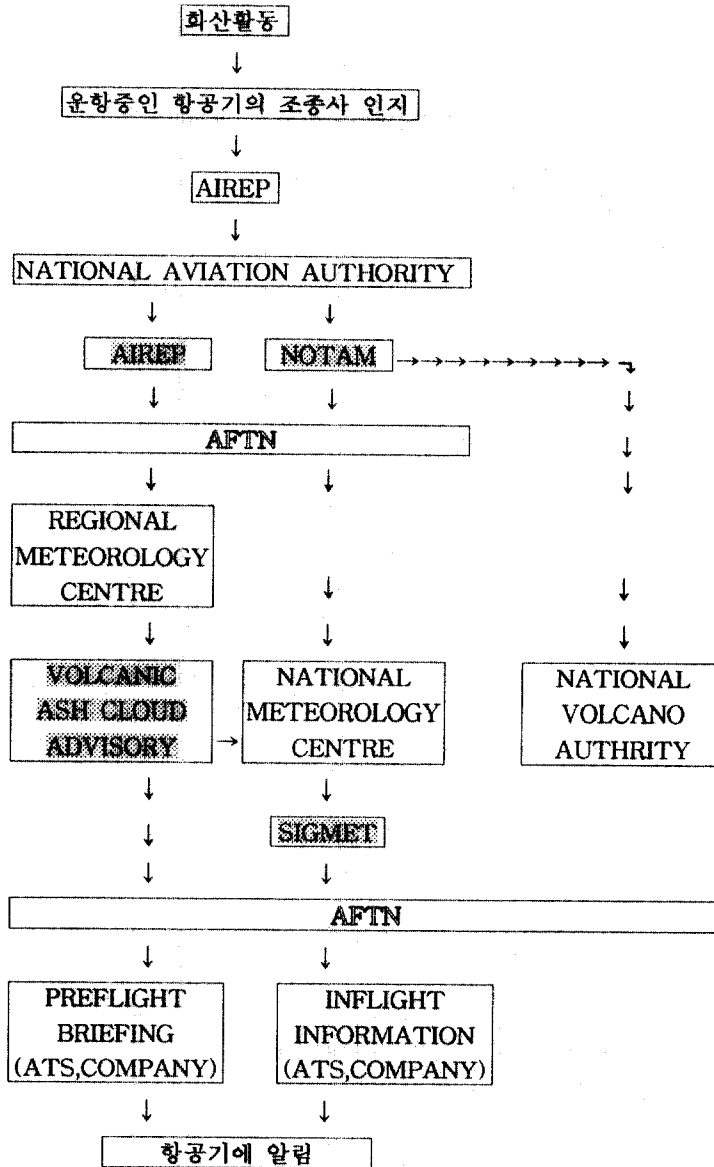
- ① 항공기 식별 부호(등록 기호)
- ② 항공기 위치
- ③ 시각
- ④ 비행고도
- ⑤ 화산활동 관측(항공기로부터의 위치·방위 및 거리)
- ⑥ 외기 온도
- ⑦ 풍향/풍속
- ⑧ 추가적인 정보 (화산재 구름의 수직·수평이동 및 성장을 등)

7. 화산활동 전파 방법.

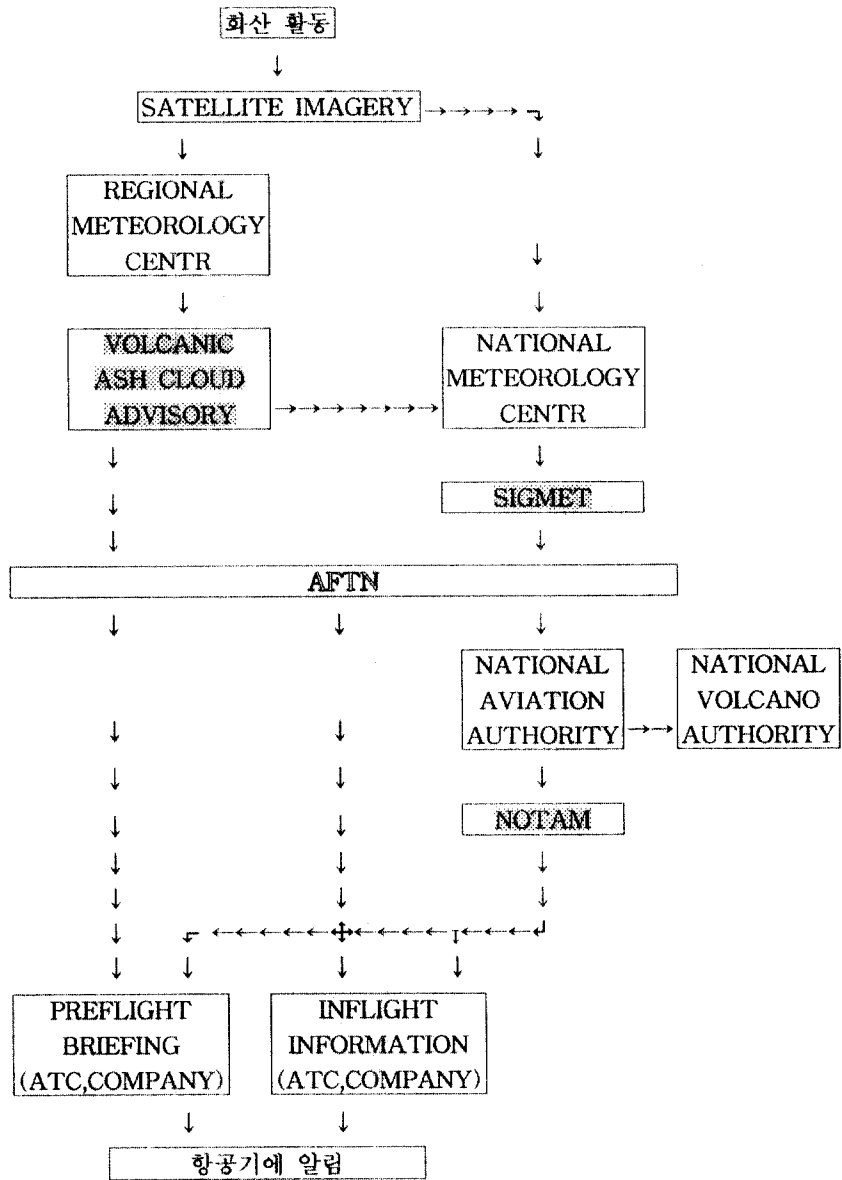
가. 지상에서 관측시



나. 조종사가 관측시



다. 인공위성에서 관측시



8. 화산 분포 지역과 항공로의 연계.

화산은 땅속 깊이 있는 마그마(Magma)나 가스가 지각의 약한 부분을 터뜨려 땅위로 분출하는 장소 및 그 분출물에 의하여 형성되는 산지 모양을 말한다.

화산은 전세계에 약 550개가 분포되어 있고 500개 정도가 폭발 가능성이 있는 활화산으로 활동 중에 있다. 이 화산중 420개 정도가 일본, 필리핀, 인도네시아, 뉴기니 및 뉴질랜드를 연결하는 지역에 산재되어 있어 이를 환태평양 화산대 또는 불의 고리(Ring of Fire)라고 부른다. 이밖에 남유럽에서 홍해를 거쳐 동아프리카에 이르는 지역과 아이슬란드, 갈라파고스, 하와이 등에도 화산이 분포되어 있다.

이와 같이 화산활동이 많은 지역인 태평양 서쪽과 동남아시아간에는 많은 항공로가 설정되어 있고 항공기의 운항도 빈번히 이루어지고 있는 곳이다. 따라서 조종사가 이 지역 상공을 운항할 때에는 특히 화산재에 의한 항공기 피해 등에 유의하여야 한다.

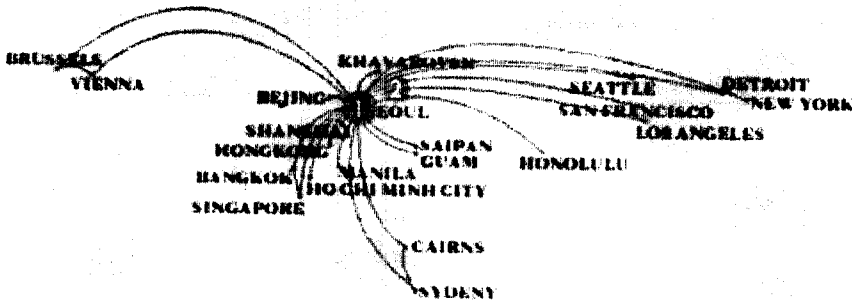
이러한 화산들은 현재의 항공로 상에 다수가 위치하고 있다.

9. 화산활동지역

<http://www.asiana.co.kr/asiana/reserve/route.html>

[Asiana Home](#) | [BBS](#) | [Reservation](#) | [Travel Info](#) | [Services](#) | [Introduction](#)

Route



If you want to know more informaion about Korea-Japan line and domestic line, just click which area in the map



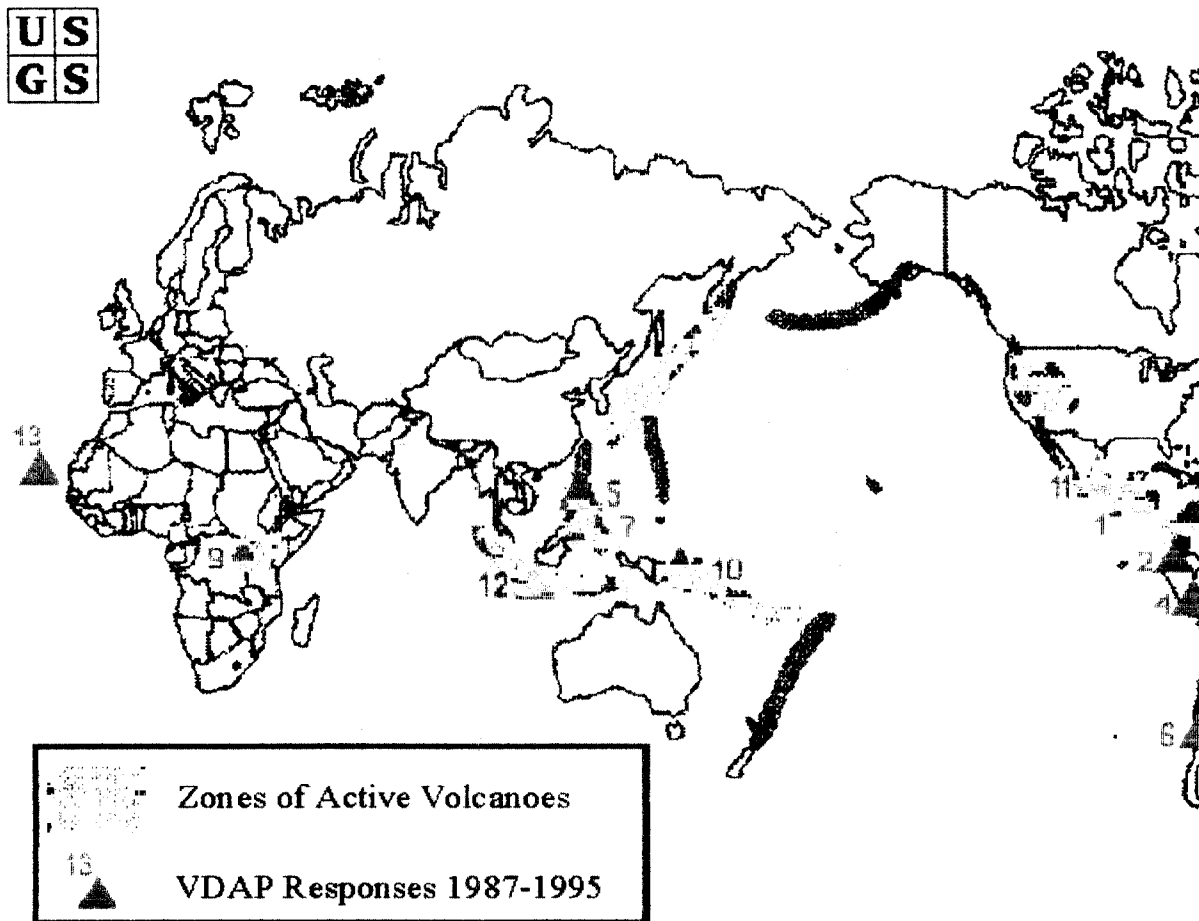
Copyright(c)1996 by Asiana Airlines Co. Ltd
For more information contact asiana@asiana.co.kr
Most recent update : 27August96



USGS/Cascades Volcano Observatory
Vancouver, Washington

Volcano Hazards Fact Sheet: Principal Volcanic Regions of the World and VDAP Responses 1987-1995

from: John W. Ewert and C. Dan Miller, June 1995, *Volcano Hazards Fact Sheet: The USGS OFDA Volcano Disaster Assistance Program: USGS Open-File Report 95-553*



Principal Volcanic Regions of the World.

Numbers indicate volcanoes to which VDAP has responded recently with monitoring assistance, hazards evaluation assistance, or both.

<http://vulcan.wr.usgs.gov/Vdap/OFR95-553/map.html>

- 1 - Pacaya Volcano, Guatemala, 1987
- 2 - Guagua Pichincha Volcano, Ecuador, 1988
- 3 - Galeras Volcano, Colombia, 1989
- 4 - Sabancaya Volcano, Peru, 1990
- 5 - Mount Pinatubo, Philippines, 1991-94
- 6 - Hudson Volcano, Chile, 1991
- 7 - Mayon Volcano, Philippines, 1993
- 8 - Huila Volcano, Colombia, 1994
- 9 - Nyiragongo and Nyamuragira Volcanoes, Zaire, 1994
- 10 - Rabaul Caldera, Papua New Guinea, 1994
- 11 - Popocatepetl Volcano, Mexico, 1994-1995
- 12 - Merapi Volcano, Indonesia, 1995
- 13 - Fogo Volcano, Cape Verde Islands, 1995

Return to:

[\[VDAP Menu\]](#) ...

[\[Foreign Volcanoes Menu\]](#) ...



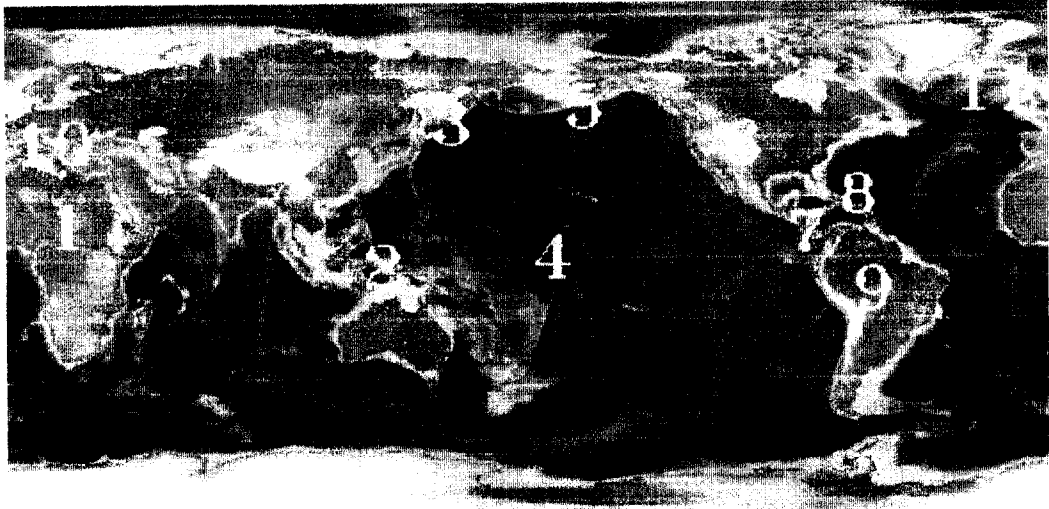
URL for CVO HomePage is: [<http://vulcan.wr.usgs.gov/home.html>](http://vulcan.wr.usgs.gov/home.html)

URL for this page is: [<http://vulcan.wr.usgs.gov/Vdap/OFR95-553/map.html>](http://vulcan.wr.usgs.gov/Vdap/OFR95-553/map.html)

If you have questions or comments please contact: [<webmaster@pwavan.wr.usgs.gov>](mailto:webmaster@pwavan.wr.usgs.gov)

Earth's Active Volcanoes

by Geographic Region



1. Africa and Surrounding Islands

- Fogo Caldera, SW Cape Verde Is. Atlantic Ocean

2. Southwest Pacific, Southeast Asia, and India

- Merapi Volcano, Java, Indonesia
- Batur Volcano, Bali, Indonesia
- Rabaul Caldera, Papua New Guinea
- Pinatubo Volcano, Central Luzon, Philippines
- Bulusan, Luzon, Philippines
- Parker, Southern Mindanao, Philippines
- Gemini Seamount, New Hebrides Island Arc, Vanuatu Islands
- Aoba (Ambae Island), Vanuatu Islands
- Barren Island, Andaman Islands, Indian Ocean, India

3. East Asia (including Japan and Kamchatka)

- Mt Unzen, Japan
- Bezymianny Volcano, Kamchatka, Russia
- Karymsky Volcano, Kamchatka, Russia
- Klyuchevskoi Volcano, Kamchatka, Russia

4. Central Pacific and South Pacific, New Zealand

- Kilauea Volcano, Hawaii
- Marianis Islands
- Metis Shoal, Tonga

- Ruapehu, New Zealand
- Taupo Volcanic Zone, New Zealand

5. Alaska and the Northern Pacific Region

- Akutan Volcano, Aleutian Islands
- Shishaldin Volcano, Aleutian Islands
- Mt Spurr, Alaska
- Gorda Ridge, Northeast Pacific Ocean

6. North America

- Mount St. Helens
- Mount Lassen, California
- Popocatepetl, Mexico
- Lake Superior Ice Volcanoes, Michigan

7. Central America

- Santa Mar Volcano, Guatemala
- Fuego Volcano, Guatemala
- Tacan Volcano, Guatemala
- Cerro Quemado Volcano, Guatemala
- Arenal Volcano, Costa Rica
- Volcano Rincon de la Vieja, Costa Rica
- Cerro Negro, Nicaragua

8. West Indies

- Soufriere Hills, Montserrat, West Indies

9. South America and Surrounding Islands

- Galeras, Nevado Cumbal, Dona Juana, Cerro Negro de Mayasquer, Azufra
- Galapagos, Fernandina

10. Mediterranean

- Stromboli Volcano, Italy
 - Dipartimento di Georisorse e Territorio at the Universit degli Studi di Udine
 - Stromboli project
 - Boris Behncke's Stromboli Pages
- Etna Volcano, Italy
- Clickable map of Sicilian Volcanoes

11. North Atlantic, Iceland

- Bardarbunga/Grimsvotn Volcanoes
- Askja Volcano
- Krafla Volcano
- Hekla Volcano
- Katla Volcano
- Vestmannaeviar Volcano

12. Antartica

- ① Mount Erebus from the Mount Erebus Observatory

MTU Volcanoes Page

mtdolan@mtu.edu

참고문헌

Boeing 737 operation manual

-Part. Flight operation in volcanic dust

날들 제7호

-Part. 화산재에 의한 항공기의 피해

삼성대백과사전

-Part. 화산재의 생성과 정의

환경 교통 안전 시리즈⑨

- Part. 항공기의 화산재 피해예방

Internet

- Web Site Address :
 - <http://www.hoshi.cic.sfu.ca/tc/taq4.htm>
<Volcanic Ash and Aircraft>
 - http://www.usgs.gov/reports/yearbooks/1992/geologic_volcanic.html
<Volcanic Ash and Aviation Safety>
 - <http://www.usgs.gov/tech-transfer/factsheets/7.html>
<Volcanic Ash Aviation Hazard>
 - <http://vulcan.wr.usgs.gov/Vdap/OFR95-553/map.html>
<Volcano Hazards Fact Sheet : Principal Volcanic Regions of the World and VDAP Responses 1987-1995>
 - <http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/world.html>
<Earth's Active Volcanoes>
 - <http://www.asiana.co.kr/asiana/reserve/route.html>
<Route>