

# 降雨로 기인되는 우리나라 斜面滑動의 豫測

Prediction of Rainfall-triggered Landslides in Korea

洪 元 杓\*

Hong, Won-Pyo

金 翔 圭\*\*

Kim, Sang-Kyu

金 마리아\*\*\*

Kim, Maria

金 潤 遠\*\*\*\*

Kim, Yeon-Won

韓 重 根\*\*\*\*\*

Han, Jung-Geun

---

## Abstract

Many landslides have been taken place during the wet season in Korea. Rainfall in one of the most significant factors relevant to the landslides, which cause a great loss of lives and properties every year, However, forecast systems for landslides have not been sufficiently established in Korea.

In order to minimize a disaster due to landslides, the relationship between landslides and rainfall was investigated based on meteorological records and landslides occurrence ranging from 1977 to 1987. According to rainfall patterns which cause landslides, such as the daily rainfall on failure day or the cumulative rainfalls before failure day, the area in which landslides were taken place, could be divided into three groups of Middle area, Young-Ho Nam area, and Young-Dong Area. And the frequency of landslides was also dependent on the hourly rainfall intensity.

It shows from the analyses that prediction of landslides can be made based on both the cumulative rainfall and the hourly rainfall intensity.

## 要 旨

강우는 산사태 발생유인중 가장 큰 요소중에 하나이다. 다우지역에 속하는 우리나라는 강우의 계절적 편중으로 발생하는 산사태로 매년 인명 및 재산상의 많은 피해를 받고 있으나 산사태 극심지의 조사나 예측기구의 체계화가 충분히 실시되어 있지 못하다. 따라서 본 연구에서는 사전 예방적인 측면에서 산사태의 피해를 극소화하기 위해 1977년에서 1987년 사이에 우리나라에서 발생된 주요 산사태에 관련된 자료 및 측후소의 강우기록을 참고하여 산사태와 강우사이의 관계가 통계적

---

\* 정회원. 중앙대학교 부교수

\*\* 정회원. 동국대학교 교수

\*\*\* 중앙대학교 건설대학원 조

\*\*\*\* 정회원. 新東亞建設(株)

\*\*\*\*\* 중앙대학교 대학원 조

학적으로 검토 분석되었다.

본 연구 결과 우리나라에서 발생하는 산사태는 그 지역의 당일강우량과 누적강우량의 영향을 받는 정도에 따라 중부지역, 영·호남지역 및 영동지역의 3개 지역으로 구분할 수 있었다. 또한 우리나라의 산사태는 최대시간강우강도와 누적강우량의 모두에 영향을 받고 있으며 이 두 기준에 의거하여 산사태를 발생규모별로 예보하는 것이 바람직하다.

## 1. 序 論

산사태 발생요인으로는 내적요인(소인)과 외적원인(유인)으로 크게 구분할 수 있다.<sup>3)</sup> 내적요인(소인)으로는 지질구조, 지형, 토질, 임상 등의 자연적 요인을 들 수 있으며 외적원인(유인)으로는 강우, 하천 및 해안의 침식, 지진 등과 같은 자연적 요인과 절성토, 벌목, 단지 조성, 채석개발 등의 인위적 요인을 들 수 있다.

즉 내적 약조건을 지니고 있는 사면에 외적요인이 부가될 때 산사태가 발생되기 쉽다. 따라서, 산사태의 발생기구를 규명하기 위하여는, 이들 요인에 대한 조사연구가 필요할 것이다. 그러나 이들 요인을 모두 고려하여 산사태를 취급하기는 대단히 어려운 실정으므로 산사태 발생에 보다 큰 영향을 미치는 요인을 정리하여 연구함이 바람직하게 되었다. 우리나라의 경우 대부분의 산사태는 우기에 집중적으로 발생되므로 우리나라 산사태의 발생요인중 가장 큰 요인은 강우임을 예측할 수 있다.<sup>13)</sup> 즉 우리나라의 년평균 강우량은<sup>14)</sup> 약 1100 mm~1400 mm로서 이중 대부분이 6월에서 9월 사이에 집중적으로 내리기 때문에 매년 많은 피해가 이 시기에 발생하고 있다. 예를 들면 1972년 8월 21일 집중호우로 발생한 서울 평창동 산사태의 경우 85명이 사망 실종되었으며 1985년 7월 5일 집중호우로 발생한 부산 문현2동 산사태의 경우도 37명이 사망 실종된 것으로 보고되어 있다.<sup>12)</sup>

강우 발생시에는 지중침투수에 의한 간극수압의 상승, 표면유수에 의한 침식, 흙의 포화로 인한 활동토층의 단위중량 증가 등에 의해 사면을 붕괴시키려는 활동력은 증가되고 사면붕괴에 저항 하려는 저항력은 감소되어 사면의 안정성이 극도로 저하된다.<sup>7)</sup>

이와같이 강우가 산사태의 가장 중요한 외적 유인이 되고 있는 것은 사실이지만<sup>4-8)</sup> 강우강도, 강우지속시간, 누적강우량이 산사태에 어떻게 관련되어 있는가는 아직 확실히 규명되어 있지 못하다. 홍콩의 경우 강우와 산사태의 관계에 있어 과거에는 Lumb에 의한 선행강우량 개념의 해석이 지배적이었으나<sup>1)</sup> Brand 등이 집중연구하여 현재에는 강우강도등에 의한 해석이 제안되었다.<sup>2)</sup> 그러나 우리나라에서는 몇몇 국부적인 연구를<sup>9-12)</sup> 제외하고 전국적인 규모의 연구는 그다지 알려져 있지 않는 상태이다. 강우 특성 및 지형 지질 조건은 각 국가마다 특성을 지니고 있는 관계로 외국의 연구업적을 그대로 우리나라에 직접 사용할 수 없으므로 우리나라의 강우기록과 산사태 발생기록을 연결지어 우리나라의 지역특성에 맞는 산사태 발생기구를 연구 조사할 필요가 있다고 생각된다.

따라서 본 연구는 우리나라 산사태의 발생기구 규명에 관한 일련의 연구로서 1977년부터 1987년까지의 산사태기록과 그 지역의 강우기록<sup>15)</sup>을 이용하여 강우가 산사태에 미치는 영향을 조사 분석하여 보고자 한다. 결국 이와같은 연구 결과는 우리나라에서 강우조건에 따른 산사태를 예보할 수 있는 방법으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 2. 降雨量과 山沙汰의 關係

우리나라의 자연재해는 호우와 태풍에 의한 피해가 전체의 약 50%를 차지하고 있다.<sup>16)</sup> 즉 기압골 형성에 의한 호우와 태풍으로 인한 열대기류의 공급등에 의하여 여름에 많은 강우가 발생한다. 우리나라의 하계집중호우의 요인으로는 대체로 강한 기압골의 형성, 남서풍에 의하여 유입되는 난기류와 강우전선을 활성화

시켜주는 한기류의 존재, 지형적인 영향, 기압골의 장시간 정체 등을 들 수 있다. 한편 태풍은 북태평양의 남서쪽 해상에서 주로 발생하게 된다. 즉 필리핀 동쪽으로부터 남양제도의 북쪽 해상에 걸친 해역으로서 경·위도로 표시하여 보면 동경 120°부터 160°까지이고 북위 4°에서부터 25° 내외에 이르는 동서로 길고도 극히 광범위한 해역에서 발생하게 된다.

우리나라 전지역을 강우 특성별로 분류하면, 대개 3개지역으로 구분할 수 있을 것이다.<sup>15)</sup> 첫째로는 경기도, 충청남·북도 및 전라북도의 북부지역으로 구성되는 중부권 지역으로 이 지역은 주로 기압골의 영향에 의한 호우지역이다. 둘째로는 경상남·북도, 전라남도 및 전라북도의 남부지역으로 구성되는 영·호남지역으로서 태풍의 영향을 많이 받는 지역이다. 셋째로는 상부 태백산맥의 산악지대로 강원도를 중심으로 한 영동지역으로 강우량이 비교적 적은 지역이다.

## 2.1 당일강우량과 누적강우량

1977년에서 1987년 사이에 발생된 산사태를 강우특성과 관련지어 본 결과를 대표적인 유형별로 도시하여보면 그림 1~그림 3과 같다. 이들 그림의 횡축은 강우다발 기간인 6월 15일에서 9월 15일까지의 3개월 기간을 나타내고 있으며 종축은 이 기간중의 강우량을 나타내고 있다. 그림 중의 강우량은 산사태가 발생된 지역

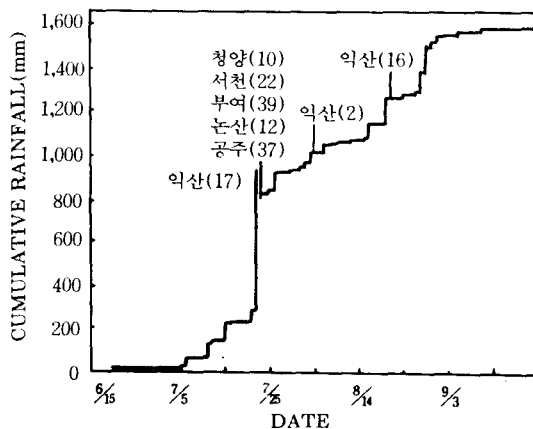


그림 1 1987년 부여측후소 주변지역 산사태

을 관찰하는 측후소의 강우기록으로 산정하였다. 또한 그림중 화살표로 표시된 위치는 산사태가 발생한 시기, 지역 및 발생건수를 나타내고 있다.

먼저 중부지역 산사태의 대표적 유형을 보면 그림 1과 같다. 즉 중부지역에 해당하는 충청남도 부여 측후소 주변지역을 예로보면, 그림 1에서 보는 바와 같이 1987년 7월 23일 청양에서 10개소, 서천에서 22개소, 부여에서 39개소, 논산에서 12개소 및 공주에서 37개소의 지역에서 산사태가 발생하였다. 당일 강우량이 35.8mm 인데 비해 3일 누적강우량은 600여 mm에 달하였으므로 이지역의 산사태는 누적강우량에 의하여 영향을 받은 것으로 생각된다. 이 시기의 강우는 태풍 버닌 이후 중부지방에 걸쳐 존재하던 장마전선에 의한 집중호우였다. 이와 같이 중부권에 속하는 경기도, 충청남북도 및 전라북도 북부지역은 기압골 형성에 의한 집중호우로 인하여 산사태가 주로 발생하였으며 당일강우량 보다는 누적강우량에 영향을 받는 경우가 많았다.

다음으로 영호남 지역인 경상남·북도, 전라남도 및 전라북도 남부지역에서의 산사태의 대표적 유형을 보면 그림 2와 같다. 즉 1979년 8월 25일 충무 측후소 주변지역에서는 그림 2에서 보는 바와 같이 고성에서 5개소, 사천에서 4개소의 산사태가 발생하였다. 8월 25일 당일 강우량이 340mm 였으며 3일 누적강우량이 10mm 였으므로 이 지역의 산사태는 누적강우량보다 당일 집중호우에 의해 발생되었음을

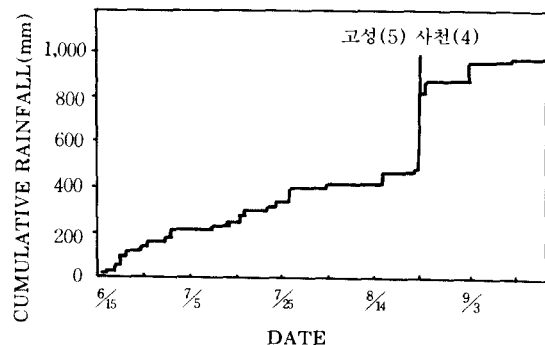


그림 2 1979년 충무측후소 주변지역 산사태

알 수 있다.

따라서 영·호남지역의 산사태는 태풍등에 의한 집중호우로 인한 당일강우량이 과다하여 발생하는 경향이 많음을 알 수 있었다. 당일강우량은 당일의 강우강도와 밀접한 관계가 있는 점을 감안한다면 이 지역의 산사태는 강우강도와 관계가 있을 것임이 예측된다.

마지막으로 강원도를 중심으로 하는 영동지역 산사태의 대표적 유형을 보면 그림 3과 같다. 즉 1980년도 9월 10일 삼척측후소 주변지역에서는 그림 3에서 보는 바와 같이 정선에서 21개소, 삼척에서 24개소, 동해에서 1개소의 산사태가 발생하였다. 삼척측후소의 9월 10일 당일강우량은 60mm였고 3일 누적강우량은 40mm였다. 따라서 영동권에 속하는 강원도에서 발생하는 산사태는 당일강우량과 3일 누적강우량에 거의 비슷하게 영향을 받음을 알 수 있다.

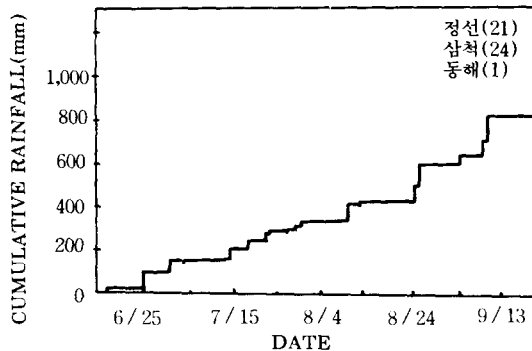


그림 3 1980년 삼척측후소 주변지역 산사태

## 2.2 地域別 山沙汰 特性

1977년도부터 1987년도까지의 산사태 발생자료를 이용하여 산사태발생일 이전의 누적강우량과 산사태 발생당일의 강우량과의 관계를 비교하여 보면 그림 4~그림 7과 같다. 이들 그림에서는 종축을 산사태 발생당일의 강우량으로 놓고 횡축에는 누적강우량으로 하였다. 누적강우량은 산사태 발생당일 강우량을 포함하지 않은 산사태 발생일 이전의 강우량으로 전일누적(그림 4), 3일간누적(그림 5), 7일간누적(그림 6), 15일간누적(그림 7)의 4종류의 누적

강우량을 취급하였다. 여기서 산사태가 발생한 지역은 앞장에서 검토결과 얻어진 바와같이 전국을 3개 지역으로 구분하였다.

그림 4와 그림 5에서는 45° 중앙경사선을 기준으로 상부와 하부에 도시되는 산사태가 명백히 구분되고 있으나 그림 6과 그림 7의 그림에서는 45° 중앙경사선 하부에 주로 도시되는 경향이 있다. 따라서 누적강우량을 3일 이내로 하여 당일강우량과 비교하면 산사태 발생 당시 당일강우량이 많은 지역과 누적강우량이 많은 지역이 명백히 구분되나 7일 이상의 누적강우량을 당일강우량과 비교하면 대부분의 산사태가 발생당시 당일강우량보다는 누적강우량이 많은 것으로 산정일수를 늘릴수록 그림상에 도시되는 산사태 기록치는 45° 중앙경사선 하부에 집중되는 경향이 심하다. 따라서 산사태에 미치는 영향이 당일강우량에 의하는가 누적강우량에 의하는가를 구별하기 위해서는 누적강우량을 3일 이내로 함이 바람직하다.

그림 4~그림 7에서 보는 바와 같이 중부지역에서 발생한 산사태는 중앙경사선 하부에 주로 도시되므로 당일강우량에 비하여 누적강우량이 큰 것으로 나타나고 있다. 따라서 이 지역에서의 산사태는 당일강우량보다는 누적강우량에 영향을 많이 받은 것으로 생각된다.

한편 영·호남지역에서는 그림 4 및 그림 5에서 보는 바와 같이 중앙경사선 상부에 주로 도시되므로 당일강우량의 영향이 3일 누적강우량의 영향보다 큰 것으로 나타나고 있다. 따라서 이 지역에서의 산사태는 누적강우량보다는 산사태 발생당일의 강우량의 영향에 의하여 발생된 것으로 생각된다.

이들 결과를 우리나라 강우특성과 비교해보면, 중부지역은 기압골 형성에 의한 집중호우의 누적강우량에 영향을 받아 산사태가 많이 발생하는 것으로 생각되며 영·호남지역은 태풍시 동반되는 집중호우로 인한 당일강우량의 영향으로 인하여 산사태가 많이 발생된다 할 수 있을 것이다.

한편 영동지역으로 구별되는 강원도 지역의 누적강우량과 당일강우량의 상관관계를 살펴보면 그림 4와 그림 5에서 보는 바와 같이 100

mm 이내에서 중앙경사선상 상하부에 고루 분포하고 있음을 알 수 있다. 따라서 이 지역의 산사태 발생특성은 당일과 누적의 강우량 영향을 거의 비슷하게 받음을 알 수 있다.

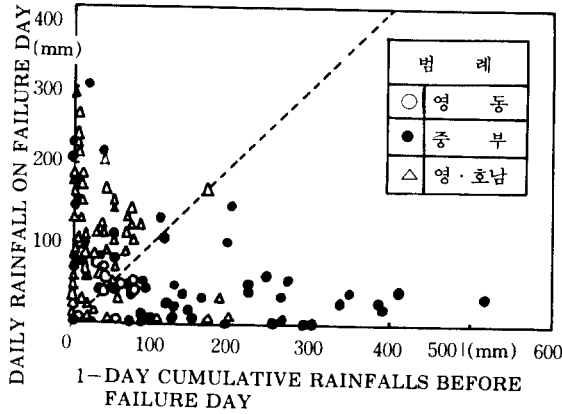


그림 4 당일강우량과 전일 강우량의 비교

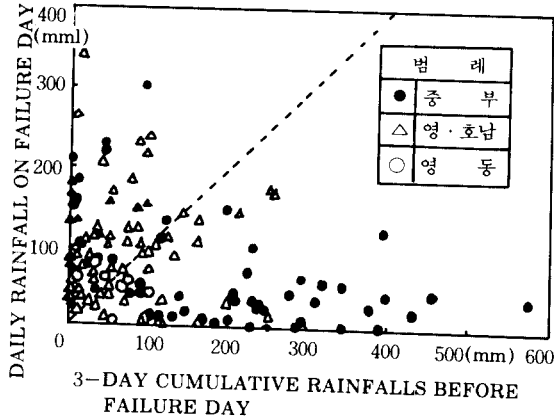


그림 5 당일강우량과 3일 누적강우량의 비교

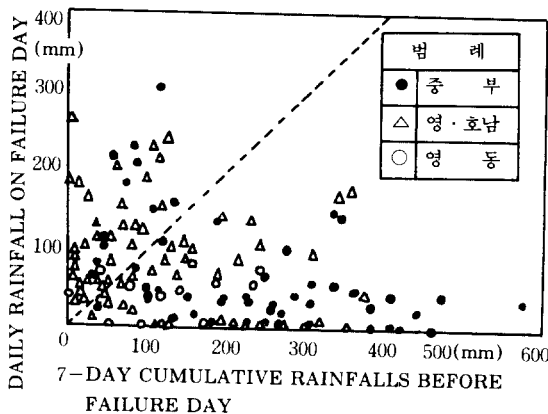


그림 6 당일강우량과 7일 누적강우량의 비교

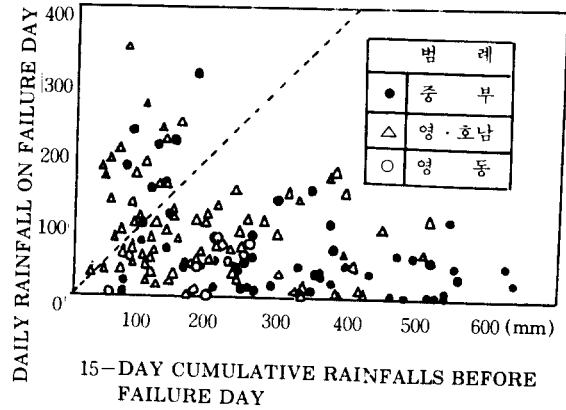


그림 7 당일 강우량과 15일 누적강우량의 비교

### 3. 降雨強度와 山沙汰의 關係

강우강도는 산사태발생에 있어서 산사태 발생 전 선행누적강우량의 개념 못지않게 중요할 것이다. 따라서 지난 11년간의 강우자료와 산사태 자료중 산사태가 많이 발생된 지역을 축후소 별로 선별하여 최대시간강우강도와 누적강우량의 개념을 동시에 도입하여 각 지역별로 그 특성을 판단해보면 그림 8~그림 10과 같다. 그림 중에 표시된 바와 같이 산사태기록으로부터 정확한 파괴시간을 알 수 없으므로 파괴가 발생한 날을 기준으로 검토하였다.

#### 3.1 중부지역

이 지역권에 속하는 일부지역의 축후소를 선별하여 강우강도와 산사태의 상관관계를 조사하여 보면 그림 8과 같다. 그림중 종축의 좌측은 최대시간강우강도로서 막대그래프로 표시하였고 종축의 우측은 누적강우량으로 실선으로 표시하였다. 파괴일을 기준으로 전일과 당일의 강우량을 최대시간강우강도와 누적강우량으로 표시하므로써 그 특징을 살펴보고자 한다.

먼저 1987년 대전축후소 주변지역에서는 그림 8(a)에서 보는 바와같이 논산에서 13개소, 공주에서 37개소, 연기군에서 5개소, 대덕군에서 13개소, 대전에서 4개소의 총 72개소의 산사태가 7월 23일 발생하였으며 이 지역의 강우량은 최대시간강우강도가 53mm, 전일누적강우량이 302mm였다. 반면 같은해 같은 날짜

에 대천측후소 주변지역에서는 그림 8(b)에서 보는바와 같이 청양에서 10 개소, 보령에서 10 개소, 서천에서 22 개소, 대천에서 1 개소의 총 43 개소의 산사태가 발생하였다. 이 시기의 강우량은 최대시간강우강도가 36 mm, 전일누적 강우량이 392 mm 였다. 전일강우량은 대천측후소 주변지역이 대전측후소 주변지역보다 많으나 산사태는 전일의 최대시간강우강도가 큰 대전측후소 주변지역에서 더 많이 발생되었다. 이 두 지역의 기록을 비교하여 봄으로서 알 수 있는 것은 선행누적강우량이 산사태에 영향을 많이 미치는 지역에서 선행최대시간 강우강도는 피해 규모에 큰 영향을 미치고 있다고 사료된다. 따라서 산사태는 선행누적강우량과 선행강우강도 모두에 영향을 받는다고 할 수 있다.

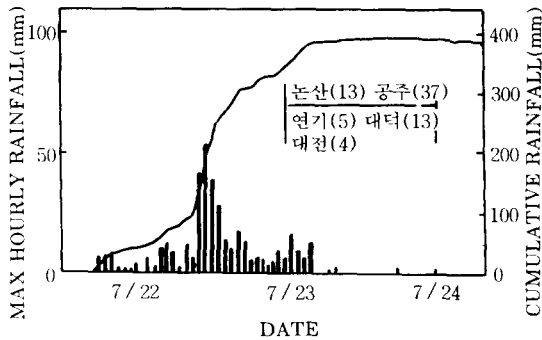


그림 8(a) 1987년 대전측후소 주변지역 강우기록

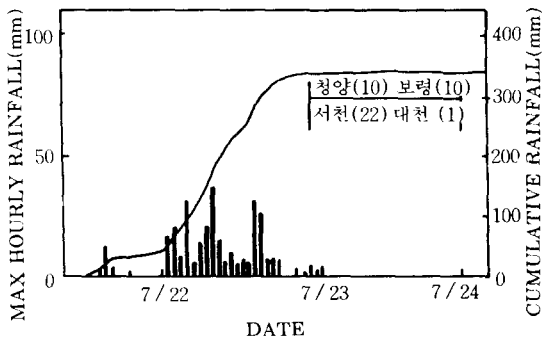


그림 8(b) 1987년 대전측후소 주변지역 강우기록

### 3.2 영·호남지역

영·호남지역은 태풍에 의한 폭우에 기인한

당일강우량에 영향을 받아 산사태가 많이 발생한 지역이다. 그림 9(a)에서 보듯이 충무측후소 주변지역에서는 8월 25일 고성에서 5 개소, 사천에서 5 개소의 산사태가 발생하였다. 산사태 발생당일의 강우량이 340 mm 이었으므로 당일 강우량에 의해 산사태가 발생하였다고 사료되는 지역이다. 산사태 발생당일의 최대시간강우강도를 살펴보면 약 50 mm 강우강도가 2 회, 30 mm 강우강도가 4 회, 20 mm 강우강도가 1 회씩 기록되었다.

반면에 진주측후소 주변지역에서는 그림 9(b)에서 보는바와 같이 의령에서 5 개소, 사천에서 4 개소의 산사태가 발생되었다. 이때의 당일 강우량이 260 mm 를 보이고 있으며 최대시간강우강도를 살펴보면 50 mm 강우강도가 1 회, 40 mm 강우강도가 1 회, 30 mm 강우강도가 3 회, 20 mm 강우강도가 1 회, 10 mm 강우강도가 5 회를 각각 기록하고 있다. 여기서 알 수 있는바와 같이 당일강우량이 두지역 모두 300 mm 전후로 많아 당일강우량이 산사태 발생에 중요한 요인으로 작용하고 있지만 특히 최대시간강우강도가 매우 크게 나타나서 강우강도가 산사태발생에 중요한 인자임을 알 수 있다.

### 3.3 영동지역

연평균 강우량이 비교적 타 지역에 비해 적은 영동지역의 경우 최대시간강우강도와 산사태의 상관관계는 그림 10 과 같다.

먼저 당일누적강우량이 비슷한 원주측후소

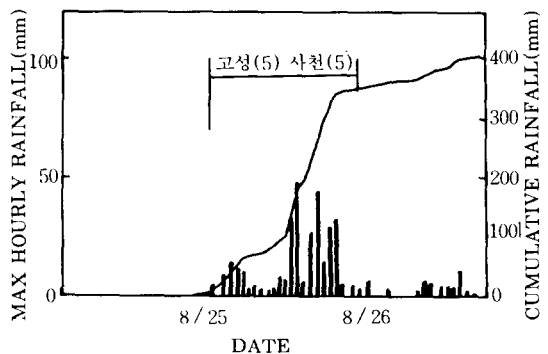


그림 9(a) 1979년 충무측후소 주변지역 강우기록

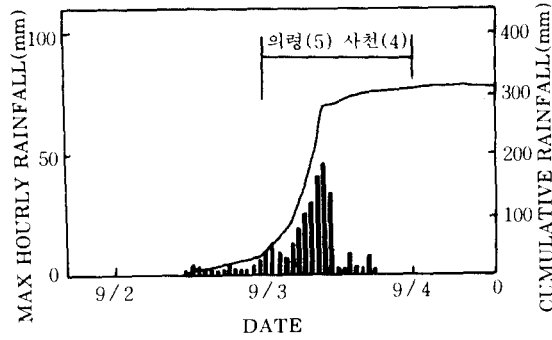


그림 9(b) 1979년 진주축후소 주변지역 강우기록

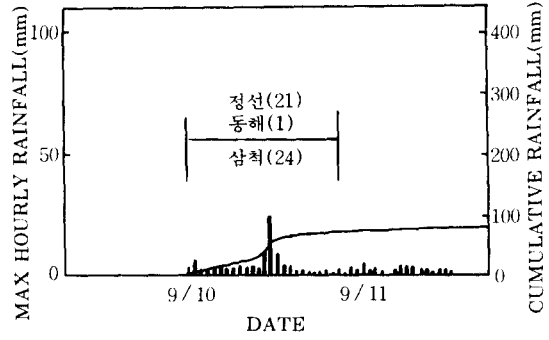


그림 10(b) 1980년 속초축후소 주변지역 강우기록

주변지역과 속초축후소 주변지역을 선별하여 비교하여 본다. 우선 원주축후소 주변지역에서는 그림 10(a)에서 보는 바와같이 양평에서 1977년 7월 8일에 당일강우량의 영향으로 7개소의 산사태가 발생하였으며 이때의 당일강우량은 74mm이며, 최대시간강우강도는 20mm였다. 이에 비해 1980년 9월 10일 발생한 속초축후소 주변지역의 경우는 그림 10(b)에서 보는 바와 같이 정선에서 21개소, 동해에서 1개소, 삼척에서 24개소, 총 46개소의 산사태가 발생하였다. 이 지역의 당일강우량은 66mm이며 최대시간강우강도는 25mm였다. 즉 당일강우량은 속초축후소 주변지역이 원주축후소 주변지역에 비하여 적으나 최대시간강우강도가 속초축후소 주변지역이 약간 커서 산사태의 발생수에 차이를 보이고 있다고 생각된다. 이 두 지역에서도 알 수 있듯이 최대시간강우강도가 산사태에 큰 영향이 있음을 알 수 있다.

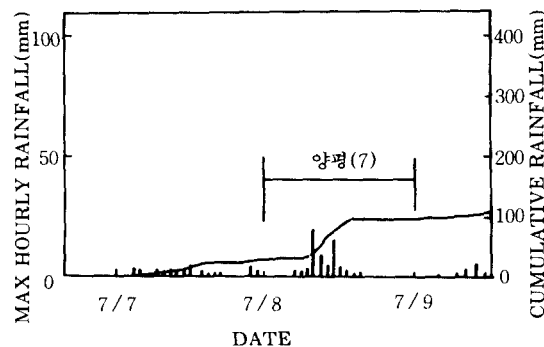


그림 10(a) 1977년 원주축후소 주변지역 강우기록

#### 4. 山沙汰와 發生規模

이상에서 검토한 바에 의하면 산사태는 누적강우량과 강우강도 모두에 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 따라서 이들 두 요소를 함께 고려하여 산사태발생기구를 조사할 필요가 있다고 생각한다. 산사태 발생규모별 최대시간강우강도와 누적강우량의 상호관계를 알기위해 전국에서 발생한 산사태를 발생회수에 따라 소규모(minor), 중규모(severe), 대규모(disaster)로 구분하여 검토하면 그림 11과 같다. 여기서 소규모 산사태는 동일한 축후소 주변지역에서 동일한 날에 산사태가 1~3개소에서 발생한 경우이고, 중규모 산사태는 4~19개소에서 발생한 경우이며, 대규모 산사태는 20개소 이상에서 발생한 경우로 구분하였다. 그림중 누적강우량은 산사태 발생당일과 전일의 2일간의 누적강우량을 나타내고 있다. 산사태의 규모는 산사태가 발생된 면적에 따라 서로 구별될 수 있으나, 우리나라의 경우는 북유럽이나 일본에서와 달리 수백 m에서 수 km의 영역에 이르는 대규모 산사태는 거의 발생되지 않으므로 발생회수에 따라 산사태 규모를 결정하는 Lumb<sup>11)</sup>의 구분방법을 응용하기로 한다.

이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 소규모 산사태는 최대시간강우강도가 10mm 및 누적강우량이 40mm를 초과하면 발생되기 시작하고 중규모 산사태는 최대시간강우강도가 15mm 및 누적강우량이 80mm를 초과하면 발생되기 시작함을 알 수 있다. 또한 대규모 산사태는

최대시간강우강도가 35mm 및 누적강우량이 140mm를 초과하면 발생되고 있음을 알 수 있다.

이 결과는 금후 강후로 인한 산사태 경보기준으로 활용될 수도 있을 것이다. 즉 경보시점을 기준으로 이틀간(24시간) 거슬러 올라간 기간 동안의 누적강우량이 40mm에 도달하거나 강우강도가 10mm에 도달하면 소규모 산사태가 발생할 가능성이 있음을 알릴 수 있으며, 누적강우량이 80mm 이상 강우강도가 15mm가 되면 중규모의 산사태가 발생할 가능성이 많음을 주의시킬 수 있고, 누적강우량이 140mm 이상 강우강도가 40mm 이상이 되면 대규모 산사태 경보를 발할 수 있을 것이다.

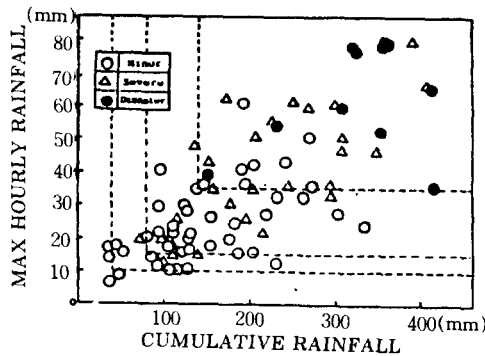


그림 11. 산사태 발생규모별 최대시간 강우강도와 누적강우량(전일·당일)의 상관도

## 5. 結 論

강우로 인하여 발생하는 우리나라 산사태의 기록을 분석검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기압골 형성에 의한 집중호우로 산사태가 많이 발생하는 중부지역은 당일강우량보다 누적강우량의 영향을 많이 받는다.
2. 태풍에 의해 산사태가 많이 발생하는 영·호남지역은 누적강우량보다 파괴당일의 강우량에 영향을 많이 받는다.
3. 영동지역의 산사태는 누적강우량과 당일강우량 모두 100mm 이하일때 비교적 소규모로 발생하며 누적강우량과 당일강우량의 영향을 거의 비슷하게 받는다.
4. 산사태 피해규모는 전일 혹은 당일의 최대시

간강우강도의 크기에도 영향을 받는다.

5. 소규모 산사태는 최대시간강우강도가 10mm를 넘고 당일과 전일 2일간 누적강우량이 40mm를 넘으면 발생할 수 있다.
6. 중규모 산사태는 최대시간강우강도가 15mm를 넘고 2일간 누적강우량이 80mm를 넘으면 발생할 수 있다.
7. 대규모 산사태는 최대시간강우강도가 35mm를 넘고 2일간 누적강우량이 140mm를 넘으면 발생할 수 있다.

## 감사의 말

본 연구는 1988년도 한국학술진흥재단 연구조성비에 의하여 수행되었으며 동재단에 감사드리는 바이다.

## 參 考 文 獻

1. Lumb, P.: "Slope Failures in Hong Kong", Quarterly Journal of Engineering Geology, London, Vol. 8, 1975, pp.31~65.
2. Brand, E.W.: "Predicting the Performance of Residual Soil Slopes" Proc., 11th. ICSMFE, Sanfrancisco, 1985, pp.2541~2573.
3. 山口貢一: "地すべりの素因と誘因について, 地すべり Vol. 4, No.1 1967, pp.4~11.
4. 田中茂: "豪雨による涯崩れの問題点", 地すべり, Vol.10, No.3, 1974, pp.15~21.
5. 細野義純: "既往の降雨強度から涯くすれの發生危險豫想", 地すべり, Vol.10, No.3, 1974, pp.28~34.
6. 吉松弘行: "降雨と地すべり運動", 地すべり, Vol. 18, No.1, 1981, pp.26~32.
7. Fredlund, D.G: "The Shear Strength of Unsaturated Soil and Its Relationship to Slope Stability Problems in Hong Kong" Hong Kong Engineering, 1981, April, pp.37~45.
8. Anderson, M.G. and House, S.: "Development and Application of a Combined Soil Water-Slope Stability Model", Quarterly Journal of Engineering Geology, London, Vol, 18, 1985, pp.225~236.
9. 禹保命: "山地의 Mass Soil Movement 現象의 몇가지 特性", 韓國林學會志, No.15, 1972, pp.49~60.
10. 馬相圭: "山沙汰 發生地와 被害危險地의 環境學的 解析과 豫防對策" 韓國林學會志, No.45, 1979, pp.



11~25.

11. 姜胃平：“1979년 8월 集中豪雨에 의한 鎮海地區의 山沙汰에 관한 研究”，韓國林學會志, No.,52, 1981, pp.72~78.
12. 姜胃平·禹保命：“85年 7月 釜山 門峴洞 山沙汰 災害에 관한 研究”，韓國林學會志, No., 70, 1985, pp.77~83.
13. 최 경：“韓國의 山沙汰 發生要因과 예지에 관한 研究”，강원대학교 博士學位論文, 1986, pp.2~6, pp.8~12.
14. 박준일：“韓國 豪雨의 水門氣像學的 解析”，중앙대학교 박사학위논문, 1987, pp.31~60.
15. 중앙기상대, 기상월보, 1977~1987(6, 7, 8, 9월)
16. 허상목：“風水害 現況과 對策”，민방위학교교재, 1988.

(접수일자 1990. 4. 20)