韓國林學會誌 85(4) : 571-576. 1996.
Jour. Korean For. Soc. 85(4) : 571-576. 1996.

休石洞 땅밀림型 山沙汰의 發生特性에 관한 硏究(Ⅱ)[1]

-地質 및 水文特性-

禹保命 · 朴在鉉 · 崔炯太 · 全起成 · 金慶勳[2]

A Study on the Characteristics of the Landslide in Hyuseok-dong(Ⅱ)[1]

-Geological and Hydrological Characteristics-

Bo-Myeong Woo, Jae-Hyeon Park, Hyung-Tae Choi, Gi-Seong Jeon and Kyung-Hoon Kim[2]

要 約

忠淸北道 丹陽郡 永春面 上里 休石洞 땅밀림형 山沙汰地의 地質特性 및 水文狀況을 조사·분석한 결과, 연구대상지의 土質은 固結度가 낮고, 투수성이 높은 頁岩, 砂岩, 石灰岩 등이 혼재한 砂礫層으로 구성되고 대규모 돌너덜지대가 여러 곳에 분포하고 있었으며, 지표토양은 하부로 갈수록 土壤 容積密度가 증가하고, 孔隙比가 감소하는 경향을 보여 땅밀림형 山沙汰 발생에 의한 地表土壤의 壓軸現象이 나타난 것으로 해석되었다. 또한, 地表에는 투수성이 높은 土壤構造上의 특성(龜裂 및 陷沒現象 발생 등)으로 인하여 降雨水의 대부분이 地中으로 浸透하여 地表流去水量 이 적고, 하단부 浦落버랑에서 湧出水 地點이 多數 확인되었다. 한편, 연구대상지에서는 山沙汰 土塊의 급속한 運動을 초래하는 70mm/day 이상의 강우강도를 가진 集中豪雨의 발생이 많음으로 인해, 이러한 집중호우가 山沙汰를 발생시킨 주요 원인중 하나인 것으로 판단되었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 휴석동 땅밀림형 山沙汰地는 地質 및 水文的 狀況과 氣象要因 등의 여러 因子들이 상호 밀접하게 關聯되어 발생됨을 알 수 있었으며, 向後 이러한 關聯因子들에 대한 정밀한 調査와 硏究가 지속적으로 수행되어져야 할 것이다.

ABSTRACT

The geological and hydrological survey was carried out in Hyuseok-dong landslide area(10 ha), Youngchoon-myeon, Danyang-gun, Choongcheongbuk-do. The results showed that the bed rocks in this area consisted of shale, sandstone and limestone, and the piles of stones debris were also scattered around the hill above the study area. Soil texture was sandy loam, and bulk density of the soil in the lower part of the area was higher than that of the upper part, but void ratio of the soil in the lower part was lower than that of the upper part.

Subsurface water was springing out to the surface in many places in this area. In this area, the storms over 70mm/day were frequent during the summer period from June through September. It was concluded that the occurrence of landslide had a close relationship with the geological characteristics, hydrological conditions and the rainfall distribution.

Key words : landslide, geological and hydrological chracteristics, subsurface water, rainfall distribution

[1] 接受 1996年 3月 26日 Received on March 26, 1996.
[2] 서울大學校 山林資源學科 Dept. of Forest Resources, Seoul National University, Suwon, Kyonggido 441-744, Korea.

緖 論

일반적으로 우리나라에서 山沙汰는 주로 集中豪雨 때에 산지 비탈에서 비교적 깊이가 얕은 土塊가 많은 雨水로 飽和되어 비탈 安定均衡을 잃고 급속히 무너져 내리는 斜面의 崩壞現象을 總稱하는 것으로서, 급경사지가 많고 여름철 雨期에 집중호우가 많은 우리나라의 지형적, 기상적 특성으로 인하여 그 發生頻度가 높고 이에 따른 인명 및 재산의 손실도 막대하다.

이에 대하여 땅밀림형 山沙汰는 주로 비교적 깊은 地中에 移動面을 형성하며 剪斷龜裂帶를 매개로 공급되는 有壓地下水에 의해 斜面의 土塊가 이동하는 現象을 말하는 것으로서, 특정한 지질구조에서 많이 발생하는 경향을 가지는 것으로 알려져 있다. 일본에서는 주로 新第三紀層 및 地質構造線 부근, 火山變質帶 등에서 집중적으로 발생된다고 하였으며(渡 正亮, 1974), 주로 固結度가 낮고 透水性이 높은 泥岩, 砂岩, 礫岩地帶에서 많이 발생된다고 하였다(高倉和夫, 1989).

이러한 땅밀림형 山沙汰 發生의 직접적인 原因으로는 地下水位의 상승을 유발하는 集中豪雨가 고려되고 있으며(村田秀一과 久永喜代志, 1989), 실제로 집중호우의 발생시 山沙汰가 觸發되거나 급격한 이동을 보인다고 하였다(山館昭夫 等, 1983; 玉田文吾, 1989; 木夏田充哉. 1990).

休石洞 山沙汰災害危險地域은 땅밀림형 山沙汰가 장기간에 걸쳐 진행중인 곳으로서, 여러 개소에서 山沙汰 발생의 徵候가 관측되고 있어 대규모 사면붕괴의 위험도가 높은 것으로 우려되는 지역이다. 특히, 이 지역은 다수의 주민이 거주하는 永春面所在地 및 南韓江邊에 인접하고 있으므로 산사태 발생시 永春面所在地의 침수 및 남한강의 水質汚濁 등 막대한 피해가 예상되는 지역으로서, 명확한 원인규명 및 적절한 대책공법의 시행이 시급히 요망되는 지역이다.

이 연구는 丹陽郡 永春面 休石洞 山沙汰災害危險地域에서 현재 계속되고 있는 땅밀림형 산사태지의 지질적 특성 및 수문적 상황을 조사·분석하고, 이를 바탕으로 땅밀림형 山沙汰의 特性 및 發生原因을 파악하기 위하여 수행하였다.

硏究 方法

1. 硏究對象地의 位置 및 範圍

이 연구의 대상지는 『休石洞 山沙汰의 發生特性에 관한 硏究(I)』에서와 같이 忠淸北道 丹陽郡 永春面 上2里 休石洞 지역으로서 면적 약 10ha의 山地 및 비탈밭 지대이다.

2. 調査方法

1) 地質 및 土質 特性

연구대상지내 지질구조의 개략적 상황은 地質圖(축척 1/50,000)를 사용하여 조사하였으며, 地層構造가 노출된 斷崖를 대상으로 現地調査를 병행하였다. 또한, 연구대상지의 상부, 중부, 하부 및 연구대상지 상부바깥 산림지대의 총 8개 지점에서 地表下 20cm 지점의 土壤을 채취하여 室內實驗을 통해 연구대상지내 표토층의 土性, 容積密度, 孔隙比 등을 분석하였다.

2) 水文 特性

현지조사를 통해 無降雨때와 降雨때의 溪谷 流水量과 降雨時 地表流出水의 발생여부 및 湧水狀況을 관측하여 연구대상지 地表水 및 地下水의 상황을 조사하였다. 또한, 지표수 및 지하수를 採取하고 지표수 및 지하수의 溶存元素의 種類 및 含有量 등을 분석하였다.

또한, 丹陽郡廳 및 丹陽郡 永春面事務所에서 관측·기록한 降雨資料를 이용하여 연구대상지의 降雨特性을 分析하였다.

結果 및 考察

1. 地質 및 土質 特性

1) 地質系統

연구대상지 일대의 地質系統은 하부로부터 朝鮮累層群의 大石灰岩統과 이를 不整合으로 피복하는 平安累層群의 紅店統, 寺洞統, 高坊山統, 綠岩統으로 구성되어 있다(大韓地質學會, 1962). 平安累層群은 古生代 상부인 石炭紀 중하부로부터 中生代 트라이아스紀 상부까지에 퇴적된 지층으로서 하부에는 약간의 海成層이 분포하나, 대부분이 陸成層에 속한다.

연구대상지의 地層의 走向 및 傾斜는 대체로 NE 10°~20°, NW 35°이며, 중요한 地質構造는 平安累層群이 분포하는 西部地域에서 지역의 走

向과 거의 평행한 北北東-南南西 방향으로 발달하는 層狀斷層에 의해 含炭層인 寺洞統이 반복되고 있다. 이 層狀斷層은 休石洞 북부에서 北西西-南東東 방향으로 발달하는 走向移動斷層에 의해 잘려져 북부쪽이 남부쪽보다 북서부로 이동되어 있다. 대상지역의 상류쪽으로는 地殼의 변동에 의하여 岩塊에 균열이 생기고 이 균열을 경계로 하여 양쪽 암반이 이동한 단층이 발달하였으며, 葉離와 剝離가 발달하였다.

한편, 이동토괴의 활락애가 위치하는 標高 290 m 부근은 構成岩種 및 地質的 性質에서 차이를 보이는 寺洞統과 紅店統이 서로 접하는 地質境界線에 해당하는 지점으로서 이러한 地質構造의 차이가 山沙汰 발생의 한 원인이 된 것으로 사료되었다.

2) 地層構造

연구대상지의 하부 浦落버랑 및 상부 滑落崖 등 斷崖의 형성으로 地層構造가 노출된 斜面에 대한 지층구조 조사 결과, 연구대상지의 하부는 모래, 자갈, 轉石이 混合된 두께 10~15m의 崩積層이 분포하고 있었다. 이 崩積層은 상부로 갈수록 두께가 얇아져서 標高 290m 부근의 滑落崖에서는 약 6m의 두께로 퇴적되어 있었으며, 地區全域에 걸쳐 광범위하게 분포하고 있는 것이 확인되었다.

3) 主要 岩種의 分布

연구대상지에 광범위하게 퇴적되어 있는 崩積層에는 지층의 투수성을 증대시키고 기반을 불안정하게 함으로 인해 山沙汰 발생의 한 원인으로 고려되고 있는(白鳥 登, 1969; 野田正作, 1971; 地すべり學會關西支部, 1988) 固結度가 낮은 暗灰色 砂岩, 綠色 砂岩, 暗灰色 石灰岩, 黑色 頁岩, 赤紫色 頁岩 등의 轉石이 포함되어 있는 것으로 조사되었다.

4) 大規模 돌너덜 地帶의 分布

연구대상지의 상부경계밖 표고 360~440m 지점에는 직경이 1~10m인 暗灰色 砂岩, 暗灰色 石灰岩, 黑色 頁岩의 大型 轉石이 폭 100m에 달하는 區域에 대규모로 퇴적되어 있는 돌너덜 地帶가 확인되었다. 이 轉石들 간에는 土砂나 자갈과 같은 토양물질이 존재하지 않고 空洞化되어 있는 것으로 조사되었다.

이 대규모 돌너덜 지대는 토사와 자갈을 포함한 대형 轉石層의 퇴적이 있은 후, 장기간에 걸친 浸蝕과 土砂流出로 인하여 轉石간의 土壤物質이 流失되어 형성된 것으로 추정되며, 이러한 돌너덜지대의 형성으로 인하여 연구대상지의 지표는 더욱 큰 透水性을 가지게 되고 雨水의 地中浸透를 助長하여 山沙汰의 발생을 觸發시킨 한 원인이 되는 것으로 판단되었다.

5) 山沙汰地 下部 山脚의 地質構造

일반적으로 山沙汰地 하부에 하천이 통과하는 경우, 하천에 의한 하부의 침식상황이 山沙汰의 발생을 유발시키는 한 원인이 되기도 한다. 연구대상지 下部 山脚은 岩盤이 존재하지 않고 연약한 崩積層으로 이루어져 있기 때문에 洪水時 南漢江 流水에 의한 절벽부의 浦落浸蝕을 가중시켜 山沙汰의 이동을 가속시키는 것으로 조사되었다. 現地調査時, 이 浦落버랑에서는 남한강의 洪水時 강물에 의해 溪岸浸蝕이 발생되고 있는 것이 조사되었는데, 주로 강물에 의한 포락침식과 浦落버랑의 사면에서 集中豪雨時 발생하는 대량의 湧水로 인한 地下浸蝕이 발생되는 것으로 조사되었다.

6) 地表土壤의 特性

表 1은 연구대상지의 상부, 중부, 하부 및 연구대상지 상부바깥 산림지대의 土性, 土壤 容積密度, 土壤 3相分布 및 孔隙比 등을 분석한 결과이다.

연구대상지역 土性은 대체로 상부는 壤土이었고, 하부는 砂壤土이었다. 土壤 容積密度는 0.95~1.61g/cm^{3}의 범위에 있었으며, 하부로 갈수록 증가하는 경향을 가지고 있었다. 또한, 토양의 孔隙比는 0.64~1.80의 범위를 나타내었으며, 하부로 갈수록 감소하는 경향을 보였다.

연구대상지의 하부로 갈수록 土壤 容積密度는 증가하고, 孔隙比는 감소하는 경향을 보이는 것은 하부의 地表土壤이 상부의 地表土壤에 비해 더 硬化되어 있으며, 이는 이 지역이 山沙汰의 발생으로 인한 地表面의 伸縮現象 때문인 것으로 추정되었다.

즉, 연구대상지 상부의 지표면은 山沙汰 土塊의 移動으로 인한 引張力을 받아 전체적으로 토양이 軟化되고 伸張되어 孔隙率 및 容積密度가 증가하게 되나, 하부의 지표면은 땅밀림형 山沙汰의 末端現象으로 인한 上部土塊의 압력이 작용하여 收縮되고 硬化되는 현상을 보이는 것으로 판단되었다.

Table 1. The results of mechanical analysis of the soil sampled in the study area.

Site	Particle size distribution(%)			Soil texture	Bulk density	Composition (3 phases, %)			Void ratio
	Sand	Silt	Clay	(USDA)	(g/cm^3)	Solid	Liquid	Air	*e*
Beyond part of study area	51.3	32.6	16.1	L	0.95	35.7	6.9	57.4	1.80
Upper part of study area	42.5	44.4	13.1	L	0.98	36.4	8.4	55.2	1.75
Middle part of study area	55.0	27.9	17.1	SL	1.33	49.9	15.2	34.9	1.00
Lower part of study area	71.0	20.2	8.8	SL	1.61	60.8	4.4	34.8	0.64

Table 2. Maximum daily and hourly precipitation of each years in the study area(1985~1994).

Year	Annual precipitation (mm)	Maximum daily precipitation (mm/day)	Maximum hourly precipitation (mm/hour)
1985	1,233.0	96	29
1986	979.0	102	33
1987	1,351.0	118	–
1988	931.7	201	44
1989	1,201.5	164	–
1990	1,402.0	101	–
1991	1,030.5	125	–
1992	787.5	71	–
1993	1,210.0	117	–
1994	882.0	225	46

2. 水文 特性

1) 降雨 特性

表 2는 연구대상지에서 최근 10년(1985년~1994년) 동안에 관측된 年間 最大 日雨量 및 時雨量 결과이다(永春面事務所, 1995).

최근 10년간 연구대상지에서의 年間 最大 日雨量은 71mm/day에서 225mm/day의 범위를 가지고 있었다. 특히, 최근 10년중 가장 많은 225mm/day의 일우량을 보인 1994년도에는 年 降水量이 882.0mm로 年 降水量의 25.5%의 降雨가 하루에 집중된 것으로 나타나 대규모적인 집중호우가 발생된 것으로 조사되었다. 또한, 201mm/day의 年間 최대 일우량을 보인 1988년도의 경우, 年 降水量이 931.7mm에 불과하여 年 降水量의 21.6%가 하루에 集中 降雨한 것으로 나타났다.

한편, 1994년도에는 年間 最大 時雨量이 46mm/hour로 年 降水量의 5.2%가 한시간에 집중하였으며, 1988년도에는 4.7%, 1986년에는 3.4%의 降雨가 한시간에 집중되는 등, 集中豪雨의 발생이 많았던 것으로 조사되었다.

특히, 이 연구대상지에서는 村田秀一과 久永喜代志(1989)가 보고한 山沙汰 土塊의 급속한 移動을 초래하는 70mm/day 이상의 강우강도를 가진 集中豪雨가 매년 한차례이상 발생함으로 인해, 이러한 집중호우가 땅밀림형 山沙汰을 발생시킨 주요 원인중 하나인 것으로 판단되었다.

즉, 연구대상지인 休石洞地區의 경우, 山沙汰가 발생하기에 용이한 지형적, 지질적 특성에 대규모적인 集中豪雨의 발생이 많은 기상적 특성이 複合作用하여 山沙汰를 유발시킨 것으로 사료되었다

2) 降雨時 溪流의 流水 및 湧水 狀況

降雨時 溪流의 流水 및 湧水 狀況은 연구기간중 발생한 2차례의 집중호우시 현지조사를 통하여 관측하였다.

累加降雨量 115mm의 집중호우가 발생하였을 때 연구대상지 좌·우측 계곡부의 流水量을 조사한 결과, 標高 240~250m의 횡단도로 상부구역 좌·우측 계곡부에서 모두 溪谷 流水量이 관측되지 않았으나, 횡단도로 하부인 우측 계곡의 標高 240m 지점과 좌측 계곡의 標高 230m 지점에서 溪床으로부터 다량의 湧水가 발생하여 溪流를 형성하는 것이 확인되었다. 그러나 좌측계곡의 경우, 하부 남한강변까지 계속적인 溪流를 유지하지 못한 채 溪床으로 다시 浸透하여 溪流를 형성하지 못하는 것으로 조사되었다. 이 좌측계곡에서는 남한강변에서 상부 10m 지점(標高 160m)에서 다시 溪床으로부터 다량의 湧水가 발생하여

남한강으로 合流하고 있었다. 이러한 다량의 湧水發生은 땅밀림형 山沙汰地의 대표적 특징중의 하나로서, 지표수의 浸透與否 및 地下水狀況을 추정할 수 있는 指標가 될 수 있는 것이다(白鳥登, 1969; 久保田 宏, 1985). 즉, 이 연구대상지에서는 降雨時 地表에 도달한 雨水의 대부분이 빠르게 地中浸透하여 地下水를 형성하며, 이 지하수가 대량으로 湧水되는 것으로 판단되었다.

한편, 累加降雨量 368mm의 집중호우가 발생하였을 때의 지표면에서의 유수량을 관측한 결과, 지표면에서는 일부 횡단도로의 側溝를 제외하고는 地表流去水가 발생되지 않아 이 지역의 地表土壤이 큰 浸透能 및 透水性을 가지는 것으로 확인되었다. 이러한 地表水의 완전한 地中浸透는 山沙汰의 발생을 誘發시키는 중요한 한 원인으로 고려되었다(大塚義之, 1982). 또한, 양측 계곡부에서의 流水量을 관측한 결과, 우측 계곡의 상부 標高 260m 지점의 傾斜地 하단에서 대량의 湧水가 발생하여 溪谷 流水量을 형성하는 것으로 조사되었으며, 좌측 계곡에서는 상부 標高 290m 지점의 산지사면 하단에서 대량의 湧水가 발생하여 溪谷 流水量을 형성하는 것이 확인되었다. 양측 계곡의 湧水地點은 地形上 凹地에 위치하고 있었으며, 이 지점 상부의 溪谷 流水量은 양측 계곡 모두 관측되지 않았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 이 연구대상지에는 2개소 이상의 湧水帶가 존재하는 것으로 추정되며, 그 위치는 좌·우측 계곡부의 표고 230~240m 지점과 260~290m 지점이었다. 이러한 湧水帶는 땅밀림형 산사태의 主 滑落崖 및 2차적 滑落崖가 있는 부분에 위치하고 있어 산사태로 인한 지층변동으로 용수대가 형성된 것으로 思料되었다.

3) 下部 浦落벼랑의 湧水 狀況

연구대상지의 下部에 위치한 浦落벼랑에서는 無降雨時에도 湧水가 발생하는 것이 조사되었다. 湧水個所數는 20여곳 이상이었으며, 湧水位置는 浦落벼랑 상부로부터 10~15m의 범위로 浦落벼랑 전구간에 걸쳐 線上으로 분포하고 있었다. 地下水는 浦落벼랑 斜面上의 線狀 湧水帶와 同一標高線上에 있는 것으로 추정되었으며(加賀谷俊雄과 土肥 弘. 1977), 이 湧水地點은 浦落벼랑 사면의 崩積層과 風化土層간의 경계를 따라 분포하고 있어 崩積層과 風化土層과의 경계면을 따라 層離面이 형성되어 있고, 이곳에 地下水位가 형성되는 것으로 추정되었다.

Table 3. The results of water quality analysis during precipitation

Sample \ Class	pH	Turbidity (ppm)
Eruption water	6.9	300
Stream water	5.5	0

4) 降雨時 山沙汰地의 溪流水 및 湧水 水質比較

表 3은 累加降雨量 115mm의 집중호우가 발생했을 때에 연구대상지의 우측계곡의 溪流水와 좌측계곡 하부의 湧水를 採水하여 현지에서 簡易水質測定機(WQC-1A)를 이용하여 濁度, pH를 측정한 결과이다.

測定結果, 계류수의 pH는 5.5로서 일반적인 降雨水의 pH 5.6과 유사하였으나, 湧水의 pH는 6.9로서 중성에 가까운 결과를 나타내었다. 이는 地中浸透한 雨水가 山沙汰 土塊內를 이동하면서 土塊內의 Ca^{2+}, SO_4^{2-}, K^+, Cl^-이온 등을 溶解·含有하여 중화되었기 때문인 것으로 思料되었다(塚本博明. 1971).

한편, 좌측 계곡 하부의 湧水는 濁度가 300 ppm으로 우측 계곡의 계류수 보다 매우 混濁한 것으로 나타났다. 이는 地中浸透한 雨水가 山沙汰 土塊內를 빠르게 이동하면서 토괴내의 粘土成分을 함유한 채 地表로 유출되기 때문인 것으로 추정되며, 이러한 地中水의 流動에 의한 地下浸蝕 및 地下 土壤流失은 산사태 토괴의 이동을 가속시키는 한 원인이 될 것으로 판단되었다.

結 論

忠淸北道 丹陽郡 永春面 休石洞 山沙汰地에 대한 지질적 특성 및 水文 상황을 조사·분석한 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 연구대상지 하부에서는 모래, 자갈, 轉石 등이 혼합된 崩積層이 10~15m 두께로 퇴적되어 있으며, 이 崩積層의 두께는 상부로 갈수록 얇아져 상단부 滑落崖에서는 두께 6m 정도이었다. 붕적층내에 포함된 轉石은 대부분 固結度가 낮은 頁岩, 砂岩, 石灰岩 등이며, 산사태지 일부에 대규모 돌너덜지대가 분포하고 있고, 상부 標高 290m 부근에는 構成岩種

및 地質的 性質에서 차이를 보이는 寺洞統과 紅店統이 서로 접하는 地質境界線이 위치하고 있다. 한편, 지표토양은 하부로 갈수록 土壤容積密度가 증가하고, 孔隙比가 감소하는 경향을 보여 山沙汰 발생에 의한 地表土壤의 壓軸現象이 나타난 것으로 해석된다.

2. 연구대상지에는 山沙汰 土塊의 급속한 移動을 초래하는 70mm/day 이상의 강우강도를 가진 集中豪雨가 매년 한차례이상 발생함으로 인해, 이러한 집중호우가 山沙汰을 발생시킨 주요 원인중 하나인 것으로 판단되었다.
3. 연구대상지 地表에는 투수성이 높은 土壤構造로 인하여 降雨時 地表流去水가 발생하지 않고 대부분이 地中 浸透하며, 좌·우측 溪谷部의 상부와 중부 2개소에서 대량의 湧水地點이 확인되었다. 하부 南漢江에 인접한 浦落벼랑에서는 崩積層과 風化土層간의 層離面을 따라 線狀의 湧水地點이 조사되어 이 곳을 따라 지하수위가 형성되는 것으로 분석되었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 연구대상지는 땅밀림형 山沙汰가 발생하기에 容易한 地質特性을 가지고 있는 것으로 판단되었으며, 여기에 集中豪雨의 발생이 많은 氣象的 特性이 複合作用하여 山沙汰가 誘發된 것으로 분석되었다. 따라서, 이러한 關聯因子들에 대한 정밀한 調査와 硏究가 지속적으로 수행되어져야 할 것이다.

引 用 文 獻

1. 大韓地質學會. 1962. 永春 13 地質圖. 大韓地質學會 太白山地區 地下資源調査團.
2. 永春面事務所. 1995. 永春面 夏期 降雨量.
3. 加賀谷俊雄·土肥 弘. 1977. 富山縣八尾町上牧地すべりに對する考察. 第12回治山林道硏究發表論文集 82-88.
4. 犬塚義之. 1982. 北松型地すべりの特徵. 第17回治山林道硏究發表論文集 310-313.
5. 高倉和夫. 1989. 島原半島の地すべり. 第24回治山林道硏究發表論文集 328-332.
6. 久保田 宏. 1985. 平谷地すべり地內における水路工の破壞の現況と補修. 第20回治山林道硏究發表論文集 203-209.
7. 渡 正亮. 1974. 地すべりの調査. 新砂防 27 (3) : 41-51.
8. 木夏田充哉. 1990. 自動觀測が捉えた石倉地すべり - 水位變動と移動特性 -. 第30回治山硏究發表會論文集 189-195.
9. 白 鳥登. 1969. 地すべり性崩壞地にをげる山腹工事の一考察. 第5回治山林道硏究發表論文集 19-21.
10. 山館昭夫·鎌田哲司·津島春秋. 雨池地區の地すべり機構と對策. 第18回治山林道硏究發表論文集 84-91.
11. 野田正作. 1971. 口之津層郡における地すべり面形成過程について(第一報). 第7回治山林道硏究發表論文集 19-21.
12. 玉田文吾. 1989. キヤップロック地すべりについて. 地すべり學會關西支部現地討論會. 1-14.
13. 地すべり學會關西支部. 1988. 西の谷地すべりにつえて - 自然條件, 地すべり歷史, 調査と對策工 -. 地すべり學會關西支部現地討論會, 愛媛縣·西の谷地すべりの調査對策史. 12-71.
14. 村秀田一·久永喜代志. 1989. 油谷町白木地區地すべりについて. 地すべり學會關西支部現地討論會. 15-28.
15. 塚本博明. 1971. 地すべり地域內外の地下水水質分析結果. 第7回治山林道硏究發表論文集 263-266.