

## 首都圈地域 山地岩盤斜面의 荒廢特性에 관한 基礎的 研究<sup>1</sup>

禹 保 命<sup>2</sup>

### Denudation Characteristics of the Rockily Eroded Mountains in Seoul Metropolitan Area<sup>1</sup>

Bo Myeong Woo<sup>2</sup>

#### 要 約

서울首都圈地域에 널리 분포되어 있는 岩盤荒廢地에 대한 荒廢特性을 규명하여 恢復對策을 강구하기 위함  
기초적 연구로서 荒廢類型을 分類하고, 且 岩盤斜面에서의 岩屑土砂의 滑降移動堆積量을 측정하였다. 荒廢地  
의 基本類型을 自然岩壁 및 岩盤裸出地, 岩屑散在地, 岩屑 및 粗砂의 堆積地, 風化에 민감한 거친 모래生產地,  
矮性소나무散生地 및 溪間荒廢地로 6大分類할 수 있었다. 그리고 岩屑散在斜面에서 年平均 岩屑土砂의  
滑降移動量은 약 3.9 ton/ha/yr 으로 계산되었다. 滑降移動된 岩屑土砂의 粒徑分布에 있어서는 平均粒徑 약  
10~25mm 級에서 약 25%, 5~10mm級에서 약 15%, 2~5mm級에서 약 24%, 그리고 2mm 이하에서  
서 약 36%로 分析되었다. 岩石斜面에서의 風化—浸蝕—移動—荒廢過程에 대한 實驗的 研究가 수행되어  
야 할 것이다.

#### ABSTRACT

To develop the rehabilitation measures for rockily denuded forest lands which are widely distributed in Seoul metropolitan area, erosional characteristics of denudation should, first of all, be evaluated and analysed. As a fundamental study for developing such technical measures, the rockily denuded lands were classified into 6 types according to denudation features of the mountain land, and also movements of stone debris-and-sand on rock-exposed hillslopes were measured and analysed. The 6 basic types of denudation features include a) natural rock-outcrop-exposed land, b) stone debris-and-sand scattered land, c) stone debris-and-sand deposited land, d) coarse sand producing bare land susceptible to weathering and erosion, e) dwarfed pine growing land, and f) torrential valley susceptible to the debris slides. In the stone debris-and-sand scattered hillslopes (type b), average amount of moved-down debris reached to about 3.9 ton/ha/yr due to surface washing and slidings. In the particle size distribution of the moved-down debris, it amounts to about 25% of 10-25mm, about 15% of 5-10mm, about 24% of 2-5mm, and about 36% of less than 2mm in diameter class, respectively. The detailed experimental studies should be accomplished further more about the denudation processes including weathering, erosion and debris slides on rock-exposed hillslopes.

*Key words:* erosional characteristics of denudation, denudation processes, rockily denuded lands

#### 緒 論

같은 비교적 높은 산에서부터 牛眠山, 大莫山과 같이  
낮은 산에 이르기까지 약 71個所의 近郊山(公園)이  
있으며 그 전체 면적은 약 14,000 ha에 달한다. 이  
들 近郊山 中에서도 오랜 浸蝕過程을 거쳐 地表層의

서울首都圈 近郊山에는 冠岳山, 北漢山, 道峰山과

<sup>1</sup> 接授 1月 16日 Received on Jan. 16, 1987

<sup>2</sup> 서울大學校 農科大學 College of Agri., Seoul Nat'l Univ., Suwon, Korea.

비옥한 表土層이 거의 다流失되고 지금은母岩이裸出되어 있는 岩盤荒廢地가 많이分布되어 있다. 특히 冠岳山 및 三聖山地帶, 北漢山 및 道峰山地帶, 수락산 및 불암산地帶 등이 山林荒廢가 심한近郊山에 속한다.

冠岳山地域은 北쪽은 서울시, 남동쪽은 果川市, 남서쪽은 安養市의 행정구역내에 약 2,500 ha에 달하는데, 이 지역은 서울首都圈地域이라는 지리적 위치상으로도 대단히 중요하다. 수도권에서 동산하는 시민들이 날마다 보고 느끼면서 지내듯이 우리 나라에서 가장荒廢된 岩盤荒廢山으로서 호우시에는 무수히 많은個所의 山沙汰와 土石流가 발생하여 수도권 지역에 막대한 災害를 유발하였다.<sup>47)</sup>

황폐된 岩盤山地로부터의 土石流災害를 방지하기 위한 災害對策의 砂防面에서 뿐만아니라 수도권 지역 시민들의 登山 및 餘暇善用을 위한 國民修練園의 터전을 保全하기 위한 國民休養環境資源의 保存의 측면에서도 冠岳山地域의 岩屑土砂의 제자리 安定 및 山腹綠化恢復對策이 정부적 차원에서 다루어져야 할 것이다.<sup>48)</sup> 砂防的 관점에서 볼 때에는 冠岳山 및 北漢山地帶에 널리 분포되어 있는 岩盤荒廢地를 방지해 두면서 「山이 아름답다」던가, 「그대로 두어도 좋다」던가, 아니면 「山林廳에서는 서울시 소관이다」 등과 같은 어리석고 위험한 견해가 더 이상 계속되어서는 절대로 아니될 것이다.

이와같은 岩盤荒廢地에 대한 잔존된 表土層의 保存 및 植生의 恢復을 위한 대책을 강구하기 위해서는 우선적으로 裸出된 岩盤面의 風化 및 浸蝕作用 등으로生成되는 岩屑土砂(stone debris and screes and sand)<sup>3, 7, 22)</sup>의 生產 및 滑降移動 등에 대한 기초적인 연구가 매우 중요한 과제인 것이다.<sup>49)</sup>

岩盤斜面에서의 岩屑土砂의 生成에 관한 연구는 주로 地質學 및 地形學,<sup>23, 25, 44)</sup> 地球物理學 분야에서 시도되었지만 연구문헌이 타분야에 비하여 많지 않은 편이다. 風化作用(weathering)은 地形을 만드는 外的營力의 하나로서 岩石이 地表 또는 그 부근에서 위치를 변하지 않고 그 장소(on-site)에서 地表로부터의 자연적營力에 의해서 붕괴 분해되어 토양에 이르는 작용인 것이다.<sup>6, 22, 39)</sup>

일반적으로 岩石은 地下의 高溫 高壓으로 공기와 물이 없는 상태로 형성되는 것이며, 이것이 지표에 靜止되면 다시 새로운 환경조건, 즉 低溫 低壓과 공기와 물이 존재하는 조건하에 놓이게 되므로서 새로운 物理的 化學的 條件을 가진 安定狀態로 漸移된다.<sup>22, 44)</sup>

風化된 物質은 風化되지 않은 물질에 비하여 重力 기타의 작용에 의하여 下向移動이 용이하게 되므로 風化는 岩石의 可動性(mobility)을 증가시키게 된다. 그러므로 風化作用은 削剝作用(denudation)과 浸蝕作用(erosion)에 대한 준비작용이 된다.<sup>39, 44)</sup>

風化物質의 이동은 각종 mass movement, creep, solifluction, avalanches, soil flow, mud flow, debris, landslides & landslips, slump, debris slide, rockfall & debris fall, talus creep 등에 의한다.<sup>4, 8, 24)</sup> 일반적으로 mass movement인 경우에는 이동량이 대단히 많지만 個別의 滑降移動인 경우에는 현저히 나타나지 않는 경우가 많다.<sup>39)</sup>

山地斜面에서의 土壤浸蝕 및 岩屑滑降量測定에 관한 研究에서, Haigh;<sup>3)</sup> High & Hanna<sup>14)</sup> 는 erosion pin 方法을, Nary,<sup>21)</sup> Rudberg,<sup>24)</sup> Schick,<sup>26)</sup> Schumm<sup>27)</sup> 등은 marked particle 方法을, Krammes<sup>18)</sup> Matthes,<sup>19)</sup> Trudgill<sup>36)</sup> 는 debris track 및 weight 方法을, Young<sup>43)</sup> 은 fluorescent glass 方法을, 그리고 Carrara & Carroll<sup>5)</sup> 은 exposed root measurement 方法을, 그리고 Toy,<sup>34)</sup> Trudgill<sup>38)</sup> 등은 erosion meter 方法 등으로 각각 研究하였다.

Soil creep & landslides의 测定 및 移動過程 등에 관해서는 Barian,<sup>2)</sup> Brown,<sup>4)</sup> Eckel,<sup>8)</sup> Kirkby,<sup>17)</sup> Jenning & Castin,<sup>16)</sup> Schumm,<sup>27, 28)</sup> Schuster & Krizek,<sup>29)</sup> Williams<sup>41)</sup> 등이 報告하였다. 그리고 岩石의 風化 및 岩屑의 浸蝕에 관해서는 Ake,<sup>1)</sup> Bloom,<sup>3)</sup> Carson,<sup>6)</sup> Gardner,<sup>11)</sup> Goldish,<sup>12)</sup> Hopson,<sup>15)</sup> McGreevy,<sup>20)</sup> Ollies,<sup>22)</sup> Thomas,<sup>32)</sup> Trudgill,<sup>37, 39)</sup> 등이 報告하였다. 岩屑土砂의 生成과 滑降作用에 큰 영향을 끼치는 freezing-thawing에 관해서는 Fahey,<sup>9)</sup> Fukuda,<sup>10)</sup> Silberman,<sup>30)</sup> Taber,<sup>31)</sup> Trenhaile & Mercan,<sup>35)</sup> Thorn,<sup>33)</sup> Voorhees,<sup>40)</sup> William & Robinson<sup>42)</sup> 등이 각각 報告한 바 있다. 우리나라에서는 斜面의 削剝 및 Talus 이동에 대하여 高, 朴,<sup>45)</sup> 都<sup>46)</sup> 등이 보고하였다.

冠岳山地帶에서 李<sup>49)</sup> 는 rock fragment 移動率은 斜面型에 따라서 다른데, Compound > Rectilinear > Convex > Concave의 順으로 나타난다고 하였으며, 또 移動된 rock fragment 平均粒徑 3.57 mm 이하 13.91 %, 3.57 ~ 11.11 mm 되는 것은 60.08 %, 19.05 mm 이상 되는 것은 26.01 %로 보고하였다.

本 研究는 首都圈地域山地에 널리 분포되어 있는 岩盤荒廢地에 대한 荒廢特性을 조사하여 不安定한 岩屑土砂의 生成 및 移動狀態를 예측하고 또 荒廢地에

대한恢復方策을 규명하기 위한 기초적 자료를 얻고자 수행되었다. 따라서本研究는 향후 단계적으로 더욱 추진되어야 할 것으로 판단된다.

이 연구를 수행함에 있어서 現場調査 및 岩屑土砂의 測定 및 分析에 수고해 준 서울大學校 林學科 砂防工學研究室 權台鎬, 金景河, 李峻雨, 朴在鉉 교수에게 감사한다.

## 材料 및 方法

本研究는 서울首都圈地域에 광범위하게 분포되어 있는 岩石荒廢地에 대한 荒廢類型의 分類 및 類別荒廢特性을 밝히어 岩盤上에 殘存하고 있는 천박한 表土層의 保全 및 緑化工法을 開發하고자 冠岳山地域의 荒廢地 現場을 대상으로 수행되었다.

冠岳山地帶에 널리 분포되어 있는 岩盤露出된 荒廢地에 대한 荒廢特性을 調査하기 위하여 이 지역의 地形圖(1:5,000) 및 航空寫眞을 가지고 1984 年度에 現場調査를 실시한 결과 冠岳山地帶의 荒廢地는 6 가지 基本類型으로 分類할 수 있었다.

岩盤地帶에서의 岩屑土砂(stone debris-and-screes)의 滑降移動量을 測定하기 위하여 6 個의 測定區를 設置하고 각 測定區別로 堆積量을 調査하였다. 測定區의 平均傾斜는  $29 \sim 35^\circ$ , 面積은  $12 m^2$ ( $3 \times 4 m$ , 方形區), 南斜面에 위치하고, 測定區內에는 林木이 거의 없는 岩盤地帶이다. 각 測定區의 最下端部에 上部 測定區에서 滑降移動되어 내려오는 각종 岩屑土砂를 모두 留置할 수 있는 구조의 留置箱(collecting screened-trough, 온실용 비닐제 해가림발로 구성됨)을 설치하고 測定하였다. 試驗施設은 1984年 12 月에 설치하고, 岩屑土砂量測定은 1986年 12 月에 실시하였다. 岩屑土砂層은 각 測定區別로 留置箱내에 抑留되어 있는 全體 岩屑土砂를 收去하여 氣乾狀態로 건조한 후 測定하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 岩盤荒廢地의 基本類型

冠岳山地帶의 岩盤荒廢地에 對한 荒廢特性 調査結果에 따라서 冠岳山地帶의 荒廢地를 6 가지 基本類型으로 分類할 수 있다. 基本類型別 荒廢地의 特性은 다음과 같다.

#### 1) 類型 A : 自然岩壁 및 岩盤裸出地

主로 中部山腹部 以上部位에서 山頂部에 이르는 높은 地帶에 集團的으로 널리 分布되어 있는 岩盤地帶이다. 自然的인 岩壁部分은 地帶(位置)에 따라서는 그 자체 景觀이 수려한 경우도 많으므로 特別한 경우를 除外하고는 人爲的으로 緑化하려고 시도할 必要性이 없을 것이다. 그러나 表土層의 심한 浸蝕과 流失로 因하여 군데군데 岩盤床이 裸出된 岩盤荒廢地에 對해서는 주위에로의 확대방지를 為해서도 岩層 및 岩層土砂의 保全工法과 植生綠化工法을 병용해서 森林狀態를 회복시켜야 할 것이다. 특히 現在 岩石 사이에 남아 있는 小規模의 表土層 保全對策이 강구되어야 할 것이다(Fig. 1 참조).

#### 2) 類型 B : 岩屑散在地

主로 山腹비 탈면에서 岩石表面層의 風化作用으로 생성된 성냥갑 내지는 손바닥 크기의 岩屑(stone-debris-and-screes)等이 殘積하여 散在해 있는 地帶로서 항상 不安定한 상태로 岩屑片이 滑降한다. 이와 같은 岩屑等이 不安定한 地帶에서는 미끄러 줄려 내리기 쉬운 狀態에 있는 돌부스러기 等을 山腹斜面上에 제자리 固定(on-site fixation)하기 위한 “돌막이工法”(stone-debris arresting measures)이 必要할 것이다(Fig. 4, 5, 6 참조).

#### 3) 類型 C : 岩屑 및 粗砂의 堆積地

主로 山腹部에서 줄려 내려온 岩屑 및 거친 모래 等이 山脚部에 堆積된 地帶로서 이 地帶에서는 적절한 客土工法으로 緑化植栽가 可能한 荒廢地이다. 地帶에 따라서는 이러한 곳에 창나무類의 林叢이 造成되어 있는 경우도 있다. 大規模의 山沙汰 發生時에는 土石流때에 土石의 공급원이 되기도 한다.

#### 4) 類型 D : 風化에 민감한 거친 모래 生產地

主로 中上部地帶의 山峰이나 능선 부근에 넓이  $100 \sim 200 m^2$  정도의 소규모로 대단히 거친 모래(風化產物) 흙이 남아 있으나 水蝕은 물론 風蝕에 약하여, 특히 solifluction 현상에 민감하여 국부적으로 穗裸地가 形成된다. 이 지대에는 국부적으로 殘置되어 있는 不安定한 粗砂土部分을 固定하고 保存하기 위한 砂防工法이 시급히 적용되어야 할 것이다. 특히 冠岳山地帶의 上部山腹에는 이러한 地帶에 局部의 으로 殘存되어 있는 不安定한 土砂의 保存對策으로서 “山腹돌(쌓기) 흙막이工法”(stone-butressed terraces measures)으로 비탈면 토사를 固定하



Fig. 1. The natural landscapes of rock slopes.



Fig. 2. The small-sized barelands suppling coarse sand materials.



Fig. 3. The torrential valley exposed to the debris flow.

고 地被生造成을 위한 집약적인 綠化植栽 工事を 실시해야 할 것이다(Fig. 2 참조).

##### 5) 類型 E : 矮性소나무 散生地

冠岳山地域에 널리 分布되어 있는 岩石地의 바위 사이에 겹재하여 不良한 生育으로 矮性化 되어 있는 소나무 散生地로 立地環境의 瘴惡化로 因하여 심히

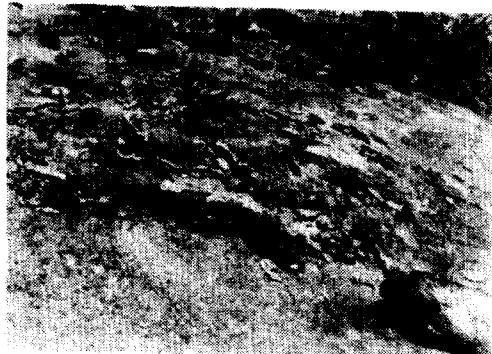


Fig. 4. The rock-debris produced by the weathering, and by the freezing-and-thawing.



Fig. 5. The rock-debris moving downslopes.



Fig. 6. The large-sized rock debris remained at the on-site hillslopes.

矮性化되고 樹勢가 빈약하여 病蟲害에 對한 저항력이 매우 약한 瘢惡荒廢地林相을 나타내고 있다. 生長力恢復을 위한 빈약한 矮性林木 사이에 쌈리類와 같은 肥料木의 植栽 및 施肥가 必要할 것이다.

##### 6) 類型 F : 溪間荒廢地

山腹凹地나 微細地形部에서부터 시작하여 下部 溪川部位에 到達하는 荒廢된 溪谷部分으로 溪間砂防

工事が必要하게 된다. 冠岳山地帯의 3 大 主溪谷에는 上流의 荒廢된 支谷으로부터 流下되어 散在한 土砂石礫의 堆積量이 많아서 이들 堆積物을 安定시키기 위한 “砂防柵”(erosion control dams)과 “바닥막이 工作物”(stream grade-stabilization structures)의 中간절충 形태인 “바닥막이 뱀”(low-debris dam)의 階段式 配置가 必要할 것이다. 바닥막이 뱀은 國內에서는 새로운 모형인 것이다(Fig. 3 참조).

## 2. 岩屑土砂의 生成現象

冠岳山 岩盤斜面에서는 特히 物理的 風化作用이 주가 되는데, 物理的 風化作用에는 日射風化(insolation weathering), 시이팅(sheeting) 및 除荷作用(unloading), 凍結風化(frost weathering) 및 乾濕風化(wetting and drying weathering), 鹽類風化等이 있다. 特히 地表面에 平行한 節理狀의 틈에 의해서 岩石이 薄板狀 혹은 層狀으로 分割되는 시이팅現象, 即 地形節理作用(topographic jointing)이 심하며 또 凍結風化, 즉 凍結破壞(frost shattering congelification) 및 凍結融解作用(freezing and thawing)도 가속화되고 있다. 물이 0°C에서 結冰하는 경우에는 体積의 变化를 일으켜서 약 9~10% 膨脹한다.<sup>22, 44)</sup> 이와같이 물의 結冰에 依한 体積변화에 의해서 암석이 弛緩破碎되어 결국은 大小 크기의 岩片으로 분리된다.

### 1) 岩石의 吸水現象

岩石이 물을 吸水하는 능력을 조정할 수 있는 주요한 요인 중의 하나는 岩石의 多孔性(porosity)이다. 岩石은 結晶(crystal)이나 혹은 광물입자들이 結合(interlocking)이나 化學的 시멘트에 의해서 서로 保持되어 구성된다. 結晶이나 粒子들이 서로 완전히 밀착됨은 드물고 그들 사이에 공극이나 구멍이 발생한다. 그러므로 岩石이 젖게 되면 물이 들어가게 된다. 多孔性은 孔隙의 体積의 단위이며 또한 岩石의 吸水能力의 單位가 된다.

### 2) 岩石의 吸水와 乾燥現象

岩石이 吸水 및 乾燥現象을 반복하게 되면 岩石内에 應力(stresses)을 일으키게 된다. 우선, 광물은 물을 吸水하여 水化作用(hydration)으로 膨脹하게 된다.

물은 實제로 광물의 結晶格子(crystal lattice)의 일부가 된다. 鑽物의 水化作用은 상당한 應力を 유

발하게 되고 또 凍結融解作用이 主要 과정이 된다고 생각되는 상태 하에서도 어떤 연구자들은 암석의 기체적 崩壞(disintegration)의 주요 원인이 된다고 하였다.<sup>39)</sup> 實제로 물을 吸水하는 것만으로는 水化作用과 같은 反應이 發生하지 않는다면, 岩石 내에서 많은 應力의 原因이 되지는 않는다. 岩石이 水化作用과 脱水作用(dehydration)을 반복하면 膨脹과 收縮을 반복하게 될 것이며 이러한 現象은 結晶體의 弱化를 초래하게 될 것이다. 結果적으로 鑽物은 脆弱線에 따라서, 즉 結晶龜裂面에 따라서 破壞될 것이다.

岩石이 結晶格子에 의하여 물을 吸水함에 따라서, 물은 또한 粘土의 表面에 吸着되고, 나아가서 鐵酸化物이 鐵水酸化物로 變化되는 것과 같은 化學的 반응이 일어난다. 膨潤作用(swelling)은 자주 이와같은 과정을 수반한다. 그러므로 많은 화학작용과 물리작용 간에 구별이 不分明하다는 것을 주지할 수 있다. 또한 多孔性과 吸水現象은 吸水와 乾燥에 의하여 岩石崩壞에 작용할 뿐만 아니라 水化될 수 있는 粘土와 다른 광물의 존재도 영향을 미치게 된다. 그러므로 岩石이 吸水와 乾燥에 대한 感受性에 관한 가정의 제안과 岩石의 研究에 있어서는 이러한 要因들을 고려하지 않으면 아니될 것이다.

### 3) 岩石의 凍結融解

물이 얼게 되면 그 体積이 약 9~10% 증대한다.<sup>22, 44)</sup> 그러므로 岩石의 孔隙, 節理 및 龜裂 속에 부착된 물은 凍結로서 岩石에 應力を 가하게 될 것이다. 이와같은 凍結의 영향에 관련한 논쟁은 물의 역할 및 水化過程과 관계된다. 岩石은 우선 孔隙이나 혹은 結晶構造와 化學的 組成(水化作用) 내에 물을 吸水하지 않으면 아니되며 凍結하는 물은 岩石内에서 포착되어야 한다는 사실은 분명한 것이다. 더우기 암석의 錫속적인 봉괴작용이 발생하기 위해서는 반복적인 凍結融解作用(freezing and thawing)이 필요하게 된다.

물이 凍結할 때마다 孔隙 및 龜裂은 더욱 확대된다. 그러나 농은 다음에는 보다 많은 물이 孔隙과 龜裂 속에 들어갈 수 있으며 공극 속을 채운 다음에는 다음 회의 凍結環 동안에 岩石에 대한 壓力を 유지하게 된다. 結果적으로 가장 문제가 되는 것은 凍結의 強度보다는 凍結一融解環(freeze-thaw cycle)의 반도인 것이다. 또 水化作用은 단독적인 凍結作用보다 더 중요한 역할을 할 것이다.<sup>13)</sup>

節理와 龜裂에 따라서 파괴된 岩石은 기체적인 파

쇄작용에 의하여 형성된 날카로운 가장자리를 가진 외형상 모가 있는 암편이生成되며, 혼저한化學作用이 없는 것이 특징이다. 이러한 角狀岩屑 物體의 堆積은 일반적으로, 근래에 혹은 과거 어느 때에 있어서, 빈번한結霜 및凍結融解作用의 循環과 관련된 기후가 있었음을 증명해 주는 것이다.

#### 4) 岩屑의 斜面上 移動現象

山沙汰 혹은 岩屑崩壞現象은 저항력을 초파하는 힘의 작용인 것이다. 그러나 모든 山地斜面(hill slopes)은 힘과 저항력이 계속적으로 대항하는 시스템의 실례인 것이다. 平衡狀態에 있는 어느 시스템에서, 移動을 추진하려는 힘은 그것에 대항하는 저항력에 의하여 정확하게 균형을 유지하며, 이러한 平衡 시스템은 정지 상태이거나 혹은 等速으로 이동을 진행하는 상태일 것이다. 시스템 혹은 그 일부에 대한 加速은 저항력보다도 더욱 크게 되는 필연적인 힘의 작용결과이다. 이러한 이론을 斜面에 적용하면, 일반적으로平衡은 정지의 상태를 의미하게 되며, 이 시스템에 加速이 생기면 岩屑移動이 시작된다.<sup>39)</sup>

힘은 에너지를 필요로 하는데, 地形的 시스템 내에서 모든 에너지는 궁극적으로 重力이나 아니면 氣候로부터 유발된다. 重力에 의해 제공된 힘은, 만일 그 운동이 저항되지 않는다면 그 입자가 下方으로 이동하게 될 단순히 각 岩屑粒子의 무게인 것이다.

氣候는 溫度와 可用水에 대한 조정을 통하여 斜面에 가장 중요한 힘을 위한 에너지, 즉 靜的 및 動的 물을 제공하게 된다. 氣候 또한 직접적으로는 岩石礦物의 加溫膨脹 및 凍結하는 물의 힘을 조절하며, 간접적으로는 植物成長 및 蒸發層에 의해서 생산된 것과 같은 生物的 化學的 힘에 영향을 끼친다.

冠岳山岩盤斜面에서는 여름철에는 주로 降雨에 의한 表面流去水에 의하여 이동되며, 겨울철에는 雪融水 및 solifluction 등에 의하여 주로 이동된다. 따라서 岩盤斜面에서의 岩石의 風化—浸蝕—移動—荒廢의 각 과정에 대한 實證的研究가 수

행되어야 할 것이다. Fig. 4는 岩盤斜面上에서 岩屑의 生成狀態를, Fig. 5는 岩盤斜面上에서 岩屑의 移動過程 狀態를, 그리고 Fig. 6은 비교적 粒子가 작은 岩屑은 대부분 下向移動流失되고 큰 岩屑만이 남아 있는 終期狀態를 각각 보인다.

### 3. 岩屑土砂의 滑降移動量

#### 1) 測定區別 滑降移動量

岩盤斜面上에 岩屑土砂의 滑降移動下量을 測定하기 위하여 斜面上에 6個所의 測定區(3×4m=12 m<sup>2</sup>)를 설치한 후 2年後에 測定한 測定區別 全體流下堆積量은 제 1 표와 같다.

各 測定區에서 2年間 滑降移動되어 留置箱(collecting screened-trough) 内에 留置되어 있는 全體 岩屑土砂(stone debris and screes and sands)를 수거하여 實驗室로 운반해서 氣乾한 후에 全體 重量을 測定한 결과 平均 약 9.38 kg / 12 m<sup>2</sup> / 2 yrs 으로서 1m<sup>2</sup> 당 평균은 0.78 kg/m<sup>2</sup> / 2 yrs 이 되었다. 이와 같은 자료를 가지고 岩石荒廢山地의 斜面에 적용하면 年平均 岩屑土砂의 滑降移動量은 약 3.9 ton / ha / yr 이 된다.

測定區別로는 集水區域 面積이 가장 작고 또 最上部에 위치한 제Ⅲ區에서 4.8 kg / 2 yrs 으로 가장 작으며, 集水區域 面積이 크고 最下部에 위치한 제VI區에서 16.9 kg / 2 yrs 으로 가장 많았다.

#### 2) 測定區別 粒度分析

各 測定區에서 수거한 岩屑土砂를 氣乾한 후 氣乾重量을 측정한 다음에 약 반정도 되는 임의의 分量을 가지고 美農務省標準체를 사용하여 粒度分析을 한結果는 第2表와 같으며, 6개 區의 全體 平均值는 第3表와 같다.

表 2와 3에서 보면 岩屑土砂의 平均 粒度分析에 있어서 標準체 25.4 mm체로 쳐서 남는 것은 약 1.0 %이며, 99.0 %가 통과하였으므로 滑降移動하는 岩屑土砂의 平均 지름은 약 25 mm 이하라고 볼 수 있다. 그리고 19.1 mm 체에서는 8.3 %가 남고 91.7

Tab. 1. Topographical features and stone-debris deposit by the experimental plot (12 m<sup>2</sup>)

Features	Plot No.	I	II	III	IV	V	VI
Slope (°)		35	30	30	29	34	35
Aspect		SW	S	SW	SW	SW	S
Elevation (m)		200	195	210	175	150	140
Catchment (m <sup>2</sup> )		4,500	1,300	800	1,800	2,400	3,800
Deposit weight (kg)		8.6	10.2	4.8	9.8	6.0	16.9
Air dry moisture content (%)		0.86	0.82	0.90	0.85	0.87	1.85

Tab. 2. Particle size analysis of the debris- and sand by the experimental plots

Plot No.	Sieve No.	Sieve opening (mm)	Weight retained (g)	Weight passing (%)	Weight retained (%)	Remarks
I	4	25.4	36.4	99.0	1.0	
		19.1	156.0	94.5	5.5	
		9.52	156.7	89.9	10.1	
		4.76	691.1	70.1	29.9	
	10	2.00	909.9	44.1	55.9	
	Pan		1,539.3		44.1	
	Total		3,489.4		100	
II	4	25.4	0	100	0	
		19.1	339.4	92.7	7.3	
		9.52	425.4	83.5	16.5	
		4.76	1,503.1	51.1	48.9	
	10	2.00	1,081.1	27.8	72.2	
	Pan		1,283.8		27.8	
	Total		4,632.8		100	
III	4	25.4	20.5	99.0	1.0	
		19.1	92.7	94.3	5.7	
		9.52	80.4	90.2	9.8	
		4.76	270.2	76.6	23.4	
	10	2.00	412.8	55.8	44.2	
	Pan		1,105.5		55.8	
	Total		1,982.1		100	
IV	4	25.4	0	0	0	
		19.1	189.1	94.8	5.2	
		9.52	154.2	90.5	9.5	
		4.76	143.7	59.0	41.0	
	10	2.00	801.8	36.9	63.1	
	Pan		1,338.6		36.9	
	Total		3,627.4		100	
V	4	25.4	0	0	0	
		19.1	198.8	90.9	9.1	
		9.52	166.8	83.2	16.8	
		4.76	569.8	57.0	43.0	
	10	2.00	632.3	27.9	72.1	
	Pan		607.9		27.9	
	Total		2,175.6		100	
VI	4	25.4	26.7	99.2	0.8	
		19.1	540.4	83.1	16.9	
		9.52	271.0	75.0	25.0	
		4.76	810.5	50.9	49.1	
	10	2.00	775.8	27.8	72.2	
	Pan		935.5		27.8	
	Total		3,359.9		100	

%가 통과하였다. 9.52 mm 체에서는 14.6 %가 남고 85.4 %가 통과하였으므로, 전체 무게의 약 24 %에 해당하는 분량은 平均 지름 약 10 mm에서 25 mm 범위에 있다고 볼 수 있다.

제 4번체, 즉 4.76 mm 체에서는 39.2 %가 남고 60.8 %가 통과하였으므로 전체 무게의 약 15 %가

평균 지름 약 5 mm에서 10 mm 사이에 있다고 볼 수 있다. 그리고 제 10번체, 즉 2.0 mm 체에서는 63.3 %가 남고 36.7 %가 통과하였으므로, 전체의 약 63.3 %에 해당하는 분량이 평균 지름 2 mm 이상인 岩屑土砂이며 약 36.7 %가 粗粒土砂인 것이다. 이상에서와 같은 粒度分析結果를 綜合하여 圖示하면

Fig. 7 과 같다.

이와같은 岩屑土砂의 移動量 및 粒徑 分析結果를 종합해 볼 때에 冠岳山岩盤地帶에서의 表土層의 浸蝕現象은 매우 심각하므로 자연상태로 방치해서는 早期綠化恢復을 기대하기는 매우 어려울 것이라고 고찰된다. 이러한 기초적 시험적 연구를 토대로 하여 岩屑土砂地帶의 浸蝕 特性分析에 관한 보다 진보된研究가 수행되어야 할 것이다.

Tab. 3. Average distribution rate of the debris-and-sand by weight

Sieve No.	Sieve opening (mm)	Weight passing (%)	Weight retained (%)
	25.4	99.0	1.0
	19.1	91.7	8.3
	9.52	85.4	14.6
4	4.76	60.8	39.2
10	2.00	36.7	63.3
Pan			36.7
Total			100.0

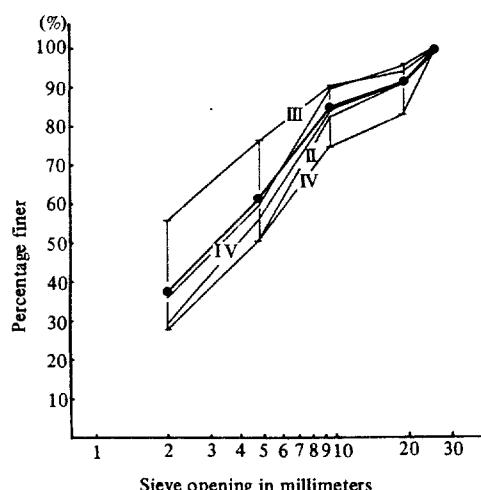


Fig. 7. Cumulative semilogarithmic size-frequency graphs showing mean and its deviation for the debris and sand in Kwanak area. The range of 9.52 to 19.1mm is relatively lower in percentage than any other area.

## 結論

서울首都圈地域에 널리 분포되어 있는 岩盤山地에서의 荒廢特性을 연구하기 위하여 주로 冠岳山地帶

의 岩盤荒廢地에 대한 現地調查 및 試驗研究 한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 冠岳山地帶의 岩盤荒廢地의 基本類型은 自然岩壁 및 岩盤裸出地(類型 A), 岩屑散在地(類型 B), 岩屑 및 粗砂의 堆積地(類型 C), 風化에 민감한 거친 모래 生產地(類型 D), 矮性소나무散生地(類型 E) 그리고 溪間荒廢地(類型 F)의 6 가지 類型으로 區分될 수 있다.

2. 自然岩壁 및 岩盤裸出地는 주로 山頂 부근에 分布하는데 특수한 局所를 제외하고는 荒廢地復舊砂防의 對象地로 처리할 필요성이 적다. 岩屑散在地는 주로 山腹비탈면에서 風化生成된 거친 岩屑조각들이 산재한 지대로서 岩屑生成에 관한 연구면에서도 중요할 뿐만 아니라 조속히 “제자리 고정” 처리가 필요한 지대이다.

3. 岩屑 및 粗砂의 堆積地는 山腳部에 위치하는 綠化植栽가 가능한 지대이다. 風化에 민감한 거친 모래 生產地는 주로 中級 山峰 부근이나 능선부에 소규모로 散在하는데 砂防對策이 시급히 요구된다. 矮性소나무散生地는 立地環境의 腐惡化에 기인된 矮性林相의 出現地로서 施肥保育技術이 필요한 지대이다. 溪間荒廢地는 上部 山地斜面에서의 山沙汰 및 土石流 등으로 심히 荒廢되고 浸蝕性이므로 각종 형태의 砂防工程으로 安定되어야 할 것이다.

4. 岩屑散在斜面(類型 B)에서의 岩屑土砂(stone-debris and scree and sands)의 滑降移動量은 測定區當 2年間에 平均  $9.38 \text{ kg} / 12 \text{ m}^2 / 2\text{yrs}$  으로 이것은 年平均 약 3.9 ton/ha/yr로 추산될 수 있다.

5. 岩屑散在斜面에서의 岩屑土砂의 留置箱에 유치된 岩屑土砂의 粒徑을 분석한 바 약 25%가 平均粒徑 약 10~25mm, 약 15%가 5~10mm, 약 24%가 2~5mm, 그리고 약 36%가 2mm 이하인 모래로 구성되어 있다.

6. 이 상에서와 같이 冠岳山地帶의 岩盤荒廢地의 荒廢特性은 일반적인 다른 山地(土壤)에서의 荒廢地特性과 현저히 다를 뿐만 아니라 岩屑土砂의 散在量이 많고 또 粒徑도 크므로 林相恢復面에서 特別한 對策이 필요할 것이다. 또 岩屑土砂의 生成 및 風化—浸蝕—移動—荒廢에 대한 연구가 더욱 진전되어야 할 것이다.

## 引用文獻

1. Ake, H. 1971. Deep weathering rock material and sand grains, under the scanning electron microscope. Lund Studies in Geography Series No. 49. C. W. K. Gleerup, Publishers/Lund. 164 p.
2. Barian, E. 1981. Field measurements of soil creep. Earth Surface Processes and Landforms 6: 35-48.
3. Bloom, A. L. 1969. The surface of the earth; Foundation of earth science series. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 152p.
4. Brown, J. W. 1974. Landslide instrumentation. Trans. Res. Board, Nat. Res. Council, Pub. 482, 50p.
5. Carrara, P. E. and T. R. Carroll. 1979. The determination of erosion rates from exposed tree roots in the Piceance Basin, Colorado. Earth Surface Processes and Landforms 4: 307-317.
6. Carson, M. A. 1971. The mechanism of erosion. Pion Limited, London. 174p.
7. Carson, M. A. and M. J. Kirkby. 1972. Hillslope Form and Process. Cambridge University Press, London. 475p.
8. Eckel, E. B. ed. 1958. Landslides and engineering practice. Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Council Pub. 544, 233p.
9. Fahey, B. D. 1983. Frost action and hydration as rock weathering mechanisms on shist; a laboratory study. Earth Surface Processes and Landforms 8: 535-545.
10. Fukuda, M. 1972. Freezing-thawing process of water in pore space of rocks (II). Low Temperatures Sciences, Series A 30: 183-189.
11. Gardner, J. S. 1983. Accretion rates on some debris slopes in the Mt. Rae area, Canadian Rocky Mountains. Earth Surface Processes and Landforms 8: 347-355.
12. Goldich, S. S. 1938. A study in rock-weathering. Jour. Geology 46: 17-58.
13. Haigh, M. J. 1977. The use of erosion pins in the study of slope evolution. British Geom. Res. Group. Shorter Tech. Methods(11), Tech. Bul. No. 18: 31-49.
14. High, C. J. and K. K. Hanna. 1970. A method for the direct measurement of erosion on rock surfaces. British Geomor. Res. Group. Tech. Bul. 5, 22p.
15. Hopson, C. A. 1958. Exfoliation and weathering at the Stone Mountain, Georgia, and their bearing on disfigurement of the Confederate memorial. Georgia Mineral Newsletter 11: 65-79.
16. Jennings, J. N. and A. B. Contin. 1978. Stone movement through snow creep. 1963-75 mount Twynam, Snowy Mountains, Australia. Earth Surface Processes and Landforms 3(1): 3-22.
17. Kirkby, M. J. 1967. Measurement and theory of soil creep. Journal of Geology 75: 359-378.
18. Krammes, J. S. 1965. Seasonal debris movement from steep mountainside slopes in southern California. In the Proc. of Federal Interagency Sedimentation Cont. Mis. Pub. 970p.
19. Matthes, F. E. 1909. Debris tracks on the domes of the Yosemite region. Science 30: 61-62.
20. McGreevy, J. P. 1982. Hydrothermal alteration and earth surface rock weathering: A basalt example. Earth Surface Processes and Landforms 7: 189-195.
21. Nary, C. 1981. A source of bias in rates of surface soil movement as estimated from marked particles. Earth Surface Processes and Landforms 6(1): 69-76.
22. Ollies, C. D. 1969. Weathering. Oliver and Boyd. Edinburgh. (Geography texts 2). 304p.
23. Ritter, D. F. 1984. Process Geomorphology. WM. C. Brown Co. Pub. Iowa, 603p.
24. Rudberg, S. 1967. On the use of painted rocks aligned along a contour. Revue de Geomorphologie Dynamique 17: 161p.
25. Ruhe, V. 1975. Geomorphology. Houghton Mifflin Co. Boston, 246p.
26. Schick, P. A. 1967. On the painting of all rocks on a small area of surface. Revue de Geomor-

- phologie Dynamique 17: 160p.
27. Schumm, S. A. 1967. On the movement of surface markers. *Revue de Geomorphologie Dynamique* 17: 160p.
28. Schumm, S. A. 1967. Rates of surfacial rock creep on hillslopes in western Colorado. *Science* 155: 560-561.
29. Schuster, R. L. and R. J. Krizek. 1978. Landslides, -analysis and control. *Trans. Res. Board, Nat. Acad. Scie. Special Report* 176. 234 p.
30. Silberman, J. B. 1975. Frost, moisture on erosion. *Trans. Res. Board. Nat. Res. Council. Pub.* 532. 104p.
31. Taber, S. 1930. The mechanics of frost heaving. *Journal of Geology* 38: 303-317.
32. Thomas, C. P. 1980. Erosion and deposition by debris flows at Mt. Thomes. *Earth Surface Processes and Landforms* 5(3) 227-247.
33. Thorn, C. E. 1979. Bedrock freeze-thaw, weathering regime in an alpine environment, Colorado Front Range. *Earth Surface Processes and Landforms* 4: 211-228.
34. Toy, T. J. 1983. A linear erosion elevation measuring instrument (LEMF). *Earth Surface Processes and Landforms* 8(4): 313-322.
35. Trenhaile, A. S. and D. W. Mercan. 1984. Frost weathering and the saturation of coastal rocks. *Earth Surface Processes and Landforms* 9: 321-331.
36. Trudgill, S. T. 1975. Measurement of erosional weight-loss of rock tablets. *British Geomo. Group. Tech. Bul.* 17: 13-19.
37. Trudgill, S. T. 1976. Rock weathering and climate: quantitative and experimental aspects. pp. 57-99. In Derbyshire, E. *Geomorphology and Climate*. London. Wiley.
38. Trudgill, S. T., C. J. High, and K. K. Hanna. 1981. Improvement to the micro-erosion meter (MEM). *British Geomor. Res. Group. Tech. Bul.* 29. 3-17.
39. Trudgill, S. T. 1983. Weathering and erosion (sources and methods in geography). Butterworth & Co. (Pub.) Ltd. 192p.
40. Voorhees, A. M. 1972. Frost action in soils. *Highway Res. Board. Nat. Res. Coun. Nat. Acad. Sci. Pub.* 393, 88p.
41. Williams, M. A. J. 1974. Surface rock creep on sandstone slopes in the Northern Territory of Australia. *The Australian Geographer* 12: 419-424.
42. Williams, R. B. G. and D. A. Robinson. 1981. Weathering of sandstone by the combined action of frost and salt. *Earth Surface Processes and Landforms* 6: 1-9.
43. Young, R. A. and R. F. Holt. 1968. Tracing soil movement with fluorescent glass particles. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32: 600-602.
44. 町田貞. 1984. 地形學(自然地理學 講座 1). 大明堂, 404 p.
45. 高義長, 朴魯植. 1979. 重力에 의한 斜面의 削剝에 關하여. 慶熙大學校 論文集 第9輯.
46. 都德鉉. 1982. Talus 的 移動에 關한 研究. 東國地理 3: 19 ~ 38.
47. 禹保命, G. H. Belt. 1978. 冠岳山地帶의 山沙汰와 土石流에 關한 研究. 서울大 演習林報告 14 : 71 ~ 96.
48. 禹保命. 1985. 冠岳山地帶 岩石荒廢地의 緑化工法開發에 關한 研究. 서울大 農學研究 10 (2-1) : 17 - 32.
49. 李憲浩. 1985. Rock fragment 移動에 關한 研究. 서울大學校 大學院 碩士論文. 75 p.