

## 山地 小流域에 開設된 林道가 浮遊砂 流出에 미치는 影響\*

吳在萬<sup>1</sup> · 井上 章二<sup>2</sup> · 江崎 次夫<sup>2</sup> · 全權兩<sup>1</sup>

### Effect of the Forest Road on Suspended Sediment Yield in the Small Forest Watershed\*

Jae-Man Oh<sup>1</sup>, Shoji Inoue<sup>2</sup>, Tsugio Ezaki<sup>2</sup> and Kun-Woo Chun<sup>1</sup>

#### 要 約

본 연구는 森林내에 開設된 林道가 浮遊砂流出에 미치는 영향을 검토하기 위한 기초적 연구로서 수행되었다. 浮遊砂流出의 觀測은 山地流域으로서 林道の 영향을 받지 않는 觀測點 A와 B, 그리고, 合流點 下流에 林道로부터의 土砂流出의 영향을 받는 觀測點 C에서 실시하였다. 浮遊砂濃度の 經時的 變化를 검토한 결과, 降雨중 林道の 영향에 따른 浮遊砂濃度の 증가를 확인할 수 있었으며, 각 觀測點의 流域特性에 따라 최대 浮遊砂濃度は 피크流量을 先行 또는 同時に 나타났다. 이것은 비탈면에 불안정하게 정체하고 있었던 浮遊砂가 강한 降雨強度의 영향으로 溪流水에 빠르게 流出하는 시간적 차이에 기인하는 것으로 생각된다. 각 觀測點의 浮遊砂量은 降雨因子 및 관측기간에 따라 차이는 있지만, 林道の 영향을 받는 觀測點 C가 林道の 영향을 받지 않는 觀測點 A 및 B보다 최대 4배 이상 많이 流出하였다. 單位面積당 浮遊砂量의 경우, 降雨因子의 영향을 가장 크게 받았던 9월 18일~19일(降雨量 57.0mm)의 관측결과, 林道の 영향을 받는 觀測點 C는 4.179g/sec/ha, 林道の 영향을 받지 않는 觀測點 A 및 B는 각각 0.343g/sec/ha과 0.147g/sec/ha이었으며, 觀測點 C에서 觀測點 A, B보다 12배, 28배 증가하였다.

#### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of forest road on the suspended sediment yield into a stream in the small forest watershed. The samples of suspended sediment yield were collected at surveying points A and B in mountainous watersheds unaffected by forest road, and at surveying point C affected by forest road. When hourly change of suspended sediment concentration was investigated, it showed the highest increase along the forest road, and the peak of suspended sediment concentration due to the watershed characteristics of each surveying point occurred before or at the same time with, the peak of discharge. This may be due to the time lag in which stagnated unstable suspended sediment moved strongly upon rainfall. Although suspended sediment load varied depending upon rainfall factors and surveying period, suspended sediment load per unit watershed flowed out 4.1 times more at the point C than at the point A and B. The suspended sediment load on 18~19 September, 1998, strongly affected by rainfall factors, was 4.179g/sec/ha at the point C, and 0.343g/sec/ha and 0.147g/sec/ha at the point A and B, respectively. This load was 12 times higher at the point C than at the point A and 28 times higher than at the point B.

*Key words* : suspended sediment concentration, suspended sediment load, rainfall intensity, rainfall factor, discharge

\* 接受 1999年 7月 9日 Received on July 9, 1999.

<sup>1</sup> 강원대학교 산림자원대학 산림자원학부 Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

<sup>2</sup> 日本, 愛媛大學 農學部 College of Agriculture, Ehime University, Matsuyama 790-8566, Japan

## 緒 論

林道는 森林이 가지고 있는 資源을 效率的·經濟的으로 이용하기 위하여 山地에 開設된 道路이다. 과거, 林道の 기능은 物質資源인 木材를 生産地에서 搬出하는 搬出路와 작업에 필요로 하는 인원의 輸送路로서의 기능이 중요시되었다. 최근에는 環境資源으로서 森林의 公益의 機能에 대한 가치가 높아지면서 이 기능을 발휘시키는 것을 주된 목적으로 하는 森林의 管理, 治山砂防工事에 있어서 資材 運搬路 또는 레크리에이션을 위한 交通路 등으로서 사용되도록 되었다. 그러나, 급준한 山地에 개설된 林道の 路面, 切土 및 盛土 비탈면은 開設費用이 낮게 책정된 까닭에 대부분이 裸地의 상태로 개설, 유지 및 관리되기 때문에 集中豪雨 또는 冬期の 凍結과 融解 등에 의해 表面浸蝕, 表面崩壞 등의 土砂災害를 일으킬 가능성이 높아지게 된다. 따라서, 지금까지 임도와 관련한 연구들은 林道開設에 기인하는 崩壞發生 등의 직접적인 災害를 중심으로 진행되어 왔다(吳在萬과 全權雨, 1990; 山本, 1992). 그러나, 森林이 가지고 있는 環境資源에 대한 가치가 커지면서, 林道開設에 의한 주변환경 및 下流域의 水質汚濁 등과 같은 환경에 미치는 영향에 대해서도 평가해야 할 필요성이 커지고 있다. 그 평가의 최대항목은 水質에 대한 영향이며, 최근에는 山地에서 발생하는 土砂流出의 10~40%를 차지하는 浮遊砂가 溪流로 流出되면서 流送土砂에 있어서 浮遊砂의 중요성이 인식되고 있다. 이 점에 관해서는 山地流域을 중심으로 浮遊砂의 流出過程을 파악하는 연구(柳井와 寺澤, 1991; 坂本 등, 1993; Terajima *et al.*, 1996) 및 浮遊砂濃도와 流量 또는 降雨와의 관계 해석(Walling, 1977; 朴, 1991) 등이 진행되어 왔다. 林道와 관련한 연구로서는 林道建設에 따른 浮遊砂濃도 또는 浮遊砂量의 증가에 대한 보고(福嶋, 1982; Duck, 1985)가 있으며, 林道開設地에 있어서 浮遊砂濃도에 미치는 流量 및 降雨因子的 영향에 대해서 해석한 보고(吳와 井上, 1998) 등이 있다. 더욱이 실내실험을 이용하여 현지에서 실측으로 얻어진 浮遊砂와 流量과의 관계 또는 林道 路面의 물매 및 降雨強度에 따른 浮遊砂流出의 特性을 파악하는 연구(水山, 1980; 吳 등, 1999) 등도 있다. 그러나, 아직까지 이들의 연구결과는 浮遊砂流出에 대한 林道開設의 영향뿐만 아니라 山地

溪流에 있어서 浮遊砂流出의 메커니즘을 완전히 해명하였다고는 볼 수 없다.

본 연구는 森林내에 開設된 林道가 浮遊砂의 流出에 미치는 영향을 파악하기 위하여 林道가 開設되어 있는 流域과 開設되어 있지 않은 流域에 있어서 降雨중의 浮遊砂流出의 經時的 변화를 관측하였다. 또한, 浮遊砂流出의 量的인 파악을 위하여 流下負荷量 및 比負荷를 구하여 검토하였다. 본 연구의 최종적인 목표는 경제적이면서 環境에 미치는 영향을 최소화하는 방향으로 林道開設이 이루어지도록 하는 것이다.

## 調査地 및 觀測方法

### 1. 調査地 概要

조사지는 日本의 남부지방에 위치하는 愛媛大學 農學部 附屬演習林 2林班(愛媛縣 松山市 所在)으로서 1988년에 開設된 林道の 終點으로부터 약 120m를 대상으로 하였다(Fig. 1). 이 지역의 年平均降雨量은 1,912.0mm이며, 주로 6월부터 8월에 집중하여 내린다. 林相은 天然生 2次林으로 주된 樹種은 느티나무, 사릅나무 등이다. 流域面積은 19.5ha(A小流域: 5.6ha, B小流域: 11.8ha), 標高는 790~1,000m이며, 基岩은 대부분이 花崗閃綠岩으로 이루어져 있다. 林道の 路幅은 4m이며, 路面의 平均물매는 7%이다. 盛土 비탈면의 平均물매는 33°이며, 비탈면의 길이는 2~3m로 대부분이 콘크리트 擁壁工 및 植生工으로 시공되어 있다. 切土 비탈면의 平均물매는 80°로 岩石이 노출된 상태이며, 일부는 어느 정도 風化가 진행된 상태이다(비탈면 길이 26m, 폭 18m). 觀測點 C에 있어서 浮遊砂의 발생에 영향을 미치는 林道の 裸地面積은 1,357.56m<sup>2</sup>(路面+切土 비탈면)이다.

浮遊砂流出의 관측은 林道 路面 및 切·盛土 비탈면으로부터 土砂流入이 없고, 山地流域으로서 林道の 영향을 받지 않는 觀測點 A와 B, 그리고, 그 합류점의 下流에 林道 路面 및 비탈면으로부터 土砂流出의 영향을 받는 觀測點 C의 3개소에서 실시하였다. 또한, 觀測點 A 및 B로부터 觀測點 C까지의 직선거리는 47m로 짧지만, 浮遊砂流出에 미치는 영향인자를 명확히 할 수 있는 기초적 자료를 얻는데 적합하다고 생각된다. 觀測點 C의 直下流에는 流量을 관측하기 위하여 직각삼각웨이와 觀測點 A와 B 사이에는 轉倒型

雨量計를 설치하여 降雨量을 계측하였다.

2. 觀測方法

1) 採水方法

浮遊砂를 측정하기 위한 採水는 降雨開始 혹은 直後부터 終了까지, 溪流水를 1ℓ의 폴리에틸렌병에 직접 받는 방법(手動採水)을 사용하였다. 採水에 있어서 浮遊砂濃度의 수직분포는 고려하지 않았다. 採水의 간격은 1시간이며, 採水한 샘플은 실험실로 운반한 후 浮遊砂濃度를 측정하였다.

2) 浮遊砂濃度 및 浮遊砂量

浮遊砂란 掃流砂와 운반형식 및 입자크기에 따라 구분되어 砂粒子가 溪流의 단면전체를 浮遊하면서 輸送되는 것을 말하며, 水中에 浮遊하고 있는 미세한 점토(粒徑 1.2μm~1.0mm)를 나타내는 浮遊砂濃度(Suspended sediment concentration; SSC)의 측정에는 유리섬유여과법(Duck, 1985)을 이용하였다. 이 방법은 採水한 샘플을 1.2μm의 유리섬유여과지(Grass filter paper; GFP)에 여과시킨 후, 여과지상의 殘留物을 浮遊砂濃度(mg/ℓ)로 하였다. 浮遊砂濃度는 함유성분을 표시하는 기본적인 방법이지만, 水中에 존재하는 물질의 양을 나타내지는 않는다. 따라서, 본 연구에서는 시간내에 河川을 流下하는 物質量을 나타내는 流下負荷를 구하여 浮遊砂量(g/sec)으로 하였다. 즉, 각 觀測點의 浮遊砂量(Suspended sediment load; SSL)은 식 (1)과 같이 浮遊砂濃度 SSC에 流量 Q를 곱하여 구해졌으며, 각 觀測點의 流量은 다음과 같은 방법으로 구하였다. 본 조사지의

流量은 Fig. 1에서 표시한 것처럼 觀測點 C의 直下流에서만 계측하였으므로 觀測點 A 및 B의 流量은 회귀식에 의해 추정하였다. 회귀식은 각 觀測點의 流量이 基底流量에 가까울 때, 수회에 걸쳐서 직접 계측한 결과로부터 구했다.

SSL(g/sec)=SSC(mg/ℓ)×Q(m<sup>3</sup>/sec).....(1)

3) 觀測時期

관측은 1998년 6월부터 9월의 降雨중 5회에 걸쳐 실시하였다(Table 1). 특히, 조사기간이 兩期임에도 불구하고 8월의 降雨量은 38.5mm로 平年の 降雨量에 비하여 매우 적은 量이었다. 또한, 엘리뇨의 영향으로 인하여 이 지역의 降雨量에 영향을 미치는 태풍의 발생이 극히 적었으며, 그에 따른 集中降雨도 관측되지 않았다.

結果 및 考察

각 觀測點에 있어서 浮遊砂流出의 공급원으로는 林道의 영향을 받지 않는 觀測點 A 및 B의 경우는 山地斜面의 流出土砂 및 그것에 기인하는 河床材料를 생각할 수 있다. 그리고, 觀測點 A와 B의 下流에 위치하며 林道의 영향을 받는 觀測點 C의 경우는 林道 路面 및 切·盛土 비탈면으로부터의 流出土砂가 추가된다. 觀測點의 위치에 따라서 觀測點 C에서의 流量 Q<sub>C</sub> 및 浮遊砂流出 SS<sub>C</sub>은 다음과 같이 표현할 수 있다.

Q<sub>C</sub> = Q<sub>A</sub> + Q<sub>B</sub> + Q<sub>R</sub>.....(2)

SS<sub>C</sub> = SS<sub>A</sub> + SS<sub>B</sub> + SS<sub>R</sub>.....(3)

여기서, Q<sub>A</sub>는 觀測點 A에서의 流量, Q<sub>B</sub>는 觀測點 B에서의 流量, Q<sub>R</sub>는 林道로부터의 表面流出量이며, SS<sub>A</sub>는 觀測點 A에서의 浮遊砂流出,

Table 1. Introduction of rainfall for observation events

Table with 4 columns: Date, Max. 10 minutes, Max. 1 hour, Total. Rows include dates from 1998. 6. 2 to 1998. 9. 18~19.

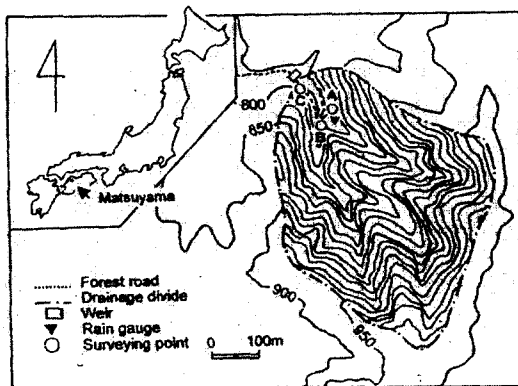


Fig. 1. Location of surveying points in the investigation area(A and B : A sub-watershed unaffected by the forest road, C : A sub-watershed affected by the forest road)

SS<sub>B</sub>는 觀測點 B에서의 浮遊砂流出, SS<sub>R</sub>는 林道로부터 流出하는 浮遊砂이다.

1. 浮遊砂流出의 經時的 變化

관측기간 중의 浮遊砂濃度の 經時的 變化를 流量 및 10分間雨量과 함께 Fig. 2, 3, 4에 나타냈다. Fig. 2는 6월 13일에 관측한 결과로서 降雨量은 27.0mm이다. 降雨가 斷續的일 때, 관측초기의 각 觀測點에 있어서 浮遊砂濃度는 일정하지 않은 變動을 나타내었다. 7시 30분 1.0mm/10min 이상의 降雨로 인해 流量이 증가할 때, 각 觀測點의 浮遊砂濃度도 증가하였다. 그러나, 각 觀測點의 최대 浮遊砂濃度는 피크流量과 시간적 차이를 나타내고 있다. 우선, 林道の 影響을 받지 않는 觀測點 B의 경우는 최대 浮遊砂濃度는 4.25mg/l로서, 피크流量과 동시에 관측되었다. 그러나, 林道の 影響을 받지 않는 觀測點 A와 林道の 影響을 받는 觀測點 C는 최대 浮遊砂濃度가 피크流量을 先行하여 증가(10.00mg/l)하였으며, 10分間雨量이 증가할 때와 일치하고 있다. 7월 11일의 관측에서도 같은 결과를 확인할 수 있었다. 이와 같이 최대 浮遊砂濃度和 피크流量과의 시간적 차이를 나타내는 이유에 대해서 吳와 井上(1998)은 林道開設地에 있어서 浮遊砂流出은 短時間의 降雨強度가 급증하면, 降雨와 동시에 다량의 浮遊砂가 林道路面 및 切·盛土 비탈면으로부터 流出하기 때문에 피크流量을 先行하여 浮遊砂濃度가 증가한다고 하였다. 그리고, 林道の 影響을

받지 않는 觀測點 A의 최대 浮遊砂濃度가 피크流量을 先行하여 나타난 것은 관측이전의 降雨에 의해 溪流水 부근의 비탈면에 불안정하게 정채하였던 土砂가 강한 降雨強度의 影響으로 빠르게 流出되었기 때문인 것으로 생각된다. 따라서, 이와 같이 최대 浮遊砂濃度和 피크流量과의 시간적 차이는 각 觀測點에 影響을 미치는 流域의 特性과 溪流水로의 土砂의 流出時間의 차이에 따른 影響으로 생각된다.

Fig. 3은 6월 2일에 관측한 결과이며, 降雨量은 16.5mm이다. 12시 50분 流量이 다소 증가할 때, 각 觀測點의 浮遊砂濃度도 증가하였다. 林道の 影響을 받는 觀測點 C의 浮遊砂濃度(3.50mg/l)는 林道の 影響을 받지 않는 觀測點 A(2.50mg/l)와 B(1.25mg/l)보다 높게 나타났으며, 피크流量(0.0124m<sup>3</sup>/sec)이 관측된 14시 50분에서도 같은 결과가 나타났다. 즉, 林道の 影響을 받는 觀測點 C의 浮遊砂濃度(6.00mg/l)가 林道の 影響을 받지 않는 觀測點 A(4.25mg/l)와 B(2.50mg/l)보다 높게 나타났다. 그러나, Fig. 2와 같이 최대 浮遊砂濃度가 피크流量을 先行하지 않고, 觀測點 3개소가 모두 피크流量과 동시에 관측되었다. 이것은 Fig. 4에 나타난 9월 18일~19일(降雨量은 57.0mm)과 7월 26일의 관측 결과에서도 확인할 수 있었다. Fig. 4의 경우, 피크流量이 0.0565m<sup>3</sup>/sec까지 증가함과 동시에 각 觀測點의 浮遊砂濃度도 최대로 증가하였다. 그때, 각 觀測點의 浮遊砂濃度は 林道の 影響을 받는 觀測點 C(137.50mg/l)

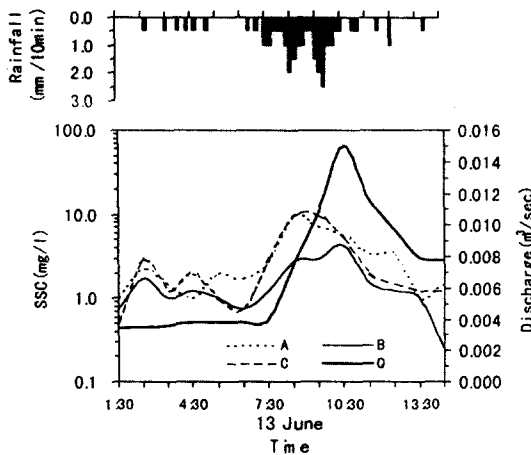


Fig. 2. The change of suspended sediment concentration for a rainfall event on 13 June, 1998(A, B and C : Refer to Fig. 1)

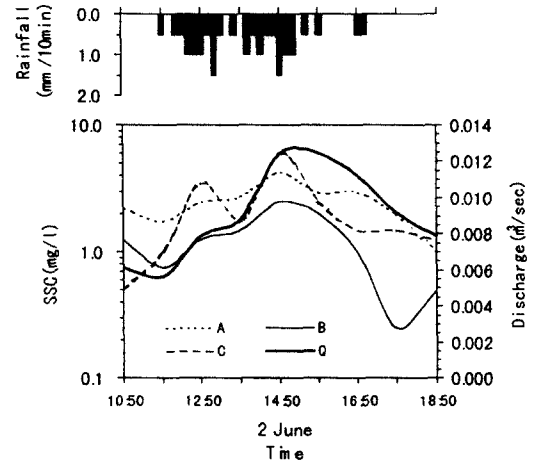


Fig. 3. The change of suspended sediment concentration for a rainfall event on 2 June, 1998(A, B and C : Refer to Fig. 1)

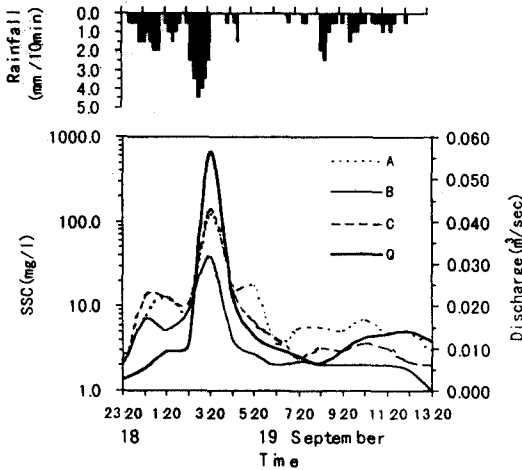


Fig. 4. The change of suspended sediment concentration for a rainfall event on 18~19 September, 1998(A, B and C : Refer to Fig. 1)

가 林道의 영향을 받지 않는 觀測點 A와 B(각각 120.75mg/l, 38.25mg/l)보다 높았으며, 林道의 영향에 따른 浮遊砂流出의 증가를 확인할 수 있었다.

이와 같이 동일한 流域에서 최대 浮遊砂濃도가 피크流量을 先行 또는 同時에 나타나는 2가지 형태가 관측된 것은 Tanaka *et al.*(1983), Kurashige (1993) 등에 의해서도 보고되고 있으며, 그 원인에 대해서는 다음과 같이 2가지로 생각할 수 있다. 첫째는, 流域特性에 따른 降雨強度의 영향으로 관측이전의 降雨強度로 인해 溪流水 부근의 비탈면에 불안정하게 정체하고 있었던 土砂가 피크流量에 영향을 미칠 수 있는 강한 降雨로 인하여 빠르게 流出하기 때문이다. 즉, 溪流水에 대한 浮遊砂流出과 降雨流出의 도달시간의 차이에 의한 것으로 설명될 수 있으며, 이 경우는 流量의 증대에 따라서 시간간격의 차이는 짧게 된다는 연구결과도 있다(Labadz *et al.*, 1991). 다음은 採水間隔(1시간)에 따른 영향이다. Fig. 2에서와 같이 강한 降雨強度와 일치하여 채수가 되었을 경우, 浮遊砂濃도는 短時間의 降雨強度의 영향을 받아 피크流量과 시간적 차이가 나타나지만, Fig. 3 및 4와 같이 강한 降雨強度와 채수시간에 차이가 있을 경우에는 浮遊砂濃도의 증가와 流量의 증가가 일치하여 양자가 동시에 관측되는 것으로 생각된다. 따라서, 보다 명확한 浮遊砂流出을 파악하기 위해서는 採水間隔을 짧게해야 할 필요가

있다. 이 경우에 자주 사용되는 방법으로는 自動採水機(Water sampler)의 설치 또는, 浮遊砂濃도와 의 상관성이 높아 河川의 장기적인 모니터링에 이용되는 濁度計(Turbidimeter) 등을 고려할 수 있다.

이상과 같이 林道의 영향에 따른 浮遊砂流出의 증가를 經時的 변화를 통하여 확인하였다. 또한, 최대 浮遊砂濃도와 피크流量과의 시간적 차이에 대하여 검토하였지만, 아직까지 그 원인에 대한 메커니즘을 명확하게 밝힌 예는 없으며, 대부분 개념적으로 설명하고 있다(Williams, 1989 ; 朴, 1991).

2. 각 觀測點에 있어서 浮遊砂量

浮遊砂濃도의 經時的變化를 검토한 결과, 降雨중 林道의 영향에 따른 浮遊砂流出을 확인할 수 있었다. 그러나, 浮遊砂濃도가 水中에 존재하는 물질의 量을 표시하지는 않으므로 각 觀測點에 있어서 浮遊砂의 量的인 비교를 위하여 浮遊砂量(g/sec)을 구하였으며, 그 결과는 Fig. 5에 나타났다.

降雨量 및 降雨強度(10分間雨量)에 따라 다소 차이는 있지만, 林道의 영향을 받는 觀測點 C에서의 浮遊砂量이 林道의 영향을 받지 않는 觀測

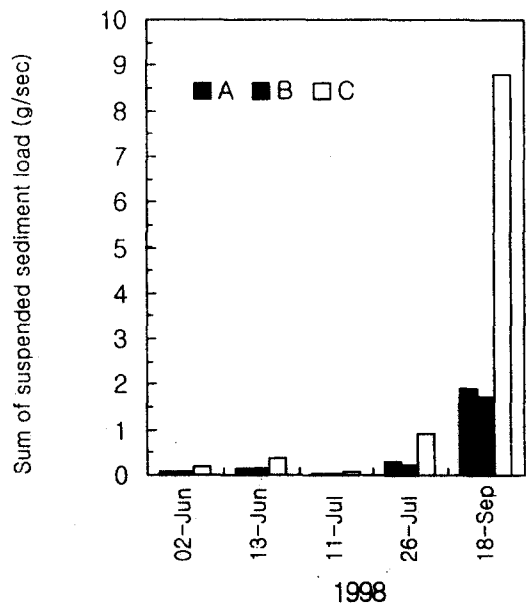


Fig. 5. Suspended sediment load at each surveying point during rainfall event(A, B and C : Refer to Fig. 1)

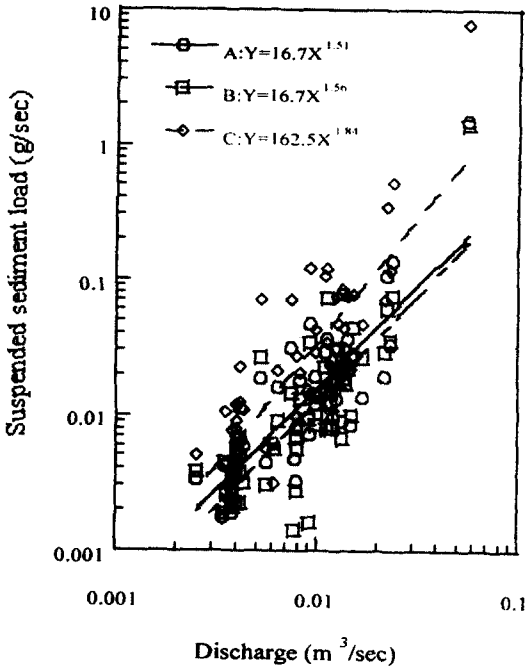


Fig. 6. The relationship between discharge and suspended sediment load(A, B and C : Refer to Fig. 1)

点 A와 B보다 2~5배 증가하였다. 특히, 9월 18일~19일의 결과, 林道の 영향을 받는 觀測点 C의 浮遊砂量은 8.8g/sec으로 林道の 영향을 받지 않는 觀測点 A 및 B의 浮遊砂量, 각각 1.9g/sec, 1.7g/sec보다 4배 이상 많게 流出함으로서 集中降雨 또는 豪雨시에 林道로부터의 浮遊砂流出이 크게 증가함을 알 수 있다. 이것은 Fig. 6에 표시한 流量과 浮遊砂量과의 관계에서도 확인할 수 있다. 流量에 따른 각 觀測点的 浮遊砂量을 비교하면, 林道の 영향을 받는 觀測点 C의 浮遊砂量이 林道の 영향을 받지 않는 觀測点 A와 B보다 많게 流出되고 있음을 나타내고 있다.

Fig. 7에는 裸地에 있어서 土砂流出의 발생에 커다란 영향을 미친다고 하는 10분간 最大雨量(江崎와 井上, 1978)과 浮遊砂量과의 관계를 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 10분간 最大雨量이 증가할수록 浮遊砂量도 증가하였으며, 林道로부터 土砂流出의 영향을 받는 觀測点 C에서의 浮遊砂量은 觀測点 A, B보다 높게 나타났다. 이것은 切·盛土 비탈면 및 路面的 대부분이 裸地로 구성되어 있는 林道の 경우에도 土砂流出과 마찬가지로 10분간 最大雨量이 浮遊砂의 流出에 영향

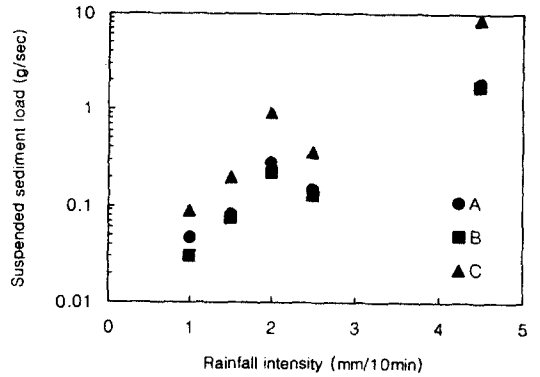


Fig. 7. The relationship between rainfall intensity and suspended sediment load(A, B and C : Refer to Fig. 1)

Table 2. Suspended sediment(g/sec/ha) at each survey point

Date	Suspended sediment(g/sec/ha)		
	Survey point A	Survey point B	Survey point C
1998. 6. 2	0.015	0.006	0.094
1998. 6. 13	0.026	0.011	0.170
1998. 7. 11	0.008	0.003	0.042
1998. 7. 26	0.051	0.019	0.439
1998. 9. 18~19	0.343	0.147	4.179

을 미치고 있기 때문인 것으로 생각된다. 따라서, 수중에 존재하는 물질의 양을 나타내는 浮遊砂量의 경우에도 浮遊砂濃度에서와 같은 결과(吳와 井上, 1998)가 나타나는 것을 확인하였다.

또, 각 觀測点的 流域面積에 따른 浮遊砂量(g/sec/ha)을 Table 2에 표시하였으며, 각 觀測点에서 구해진 流下負荷量인 浮遊砂量(g/sec)을 각 觀測点的 流域面積으로 나눈 것으로서 比負荷라고 할 수 있다. 즉, 單位面積當의 浮遊砂의 流出負荷量을 나타낸 것이며, 集水域의 특성을 반영한다. 降雨量이 가장 적었던 7월 11일(3mm)과 降雨量이 가장 많았던 9월 18일~19일(57mm)을 검토하였다. 7월 11일의 경우, 林道の 영향을 받지 않는 觀測点 A 및 B는 각각 0.008g/sec/ha과 0.003g/sec/ha이며, 林道の 영향을 받는 觀測点 C는 0.042g/sec/ha로 觀測点 A, B보다 5.3배, 14배 많았다. 9월 18일~19일은 林道の 영향을 받지 않는 觀測点 A 및 B는 각각 0.343g/sec/ha과 0.147g/sec/ha이며, 林道の 영향을 받는 觀測点 C는 4.179g/sec/ha로 觀測点 A, B보다 12

배, 28배 많았다. 비록 降雨因子 또는 관측기간에 따라 量의 차이는 있지만, 林道開設에 따른 林道 路面, 切·盛土 비탈면으로부터 溪流로의 浮遊砂流出이 발생하고 있음을 확인할 수 있었다.

結 論

林道の 영향을 받지 않는 山地流域과 林道開設의 영향을 받는 流域을 비교한 결과, 林道開設地로부터 浮遊砂流出에 의한 質的·量的 증가를 확인하였다. 또한, 동일한 流域에 있어서 최대 浮遊砂濃도가 피크流量에 先行 또는 同時에 나타나는 것도 확인하였지만, 그것의 메커니즘에 대해서는 아직까지 불명확한 점이 많으므로 앞으로 浮遊砂濃도와 流量과의 관계를 명확히 설명하기 위한 연구가 필요하다. 降雨因子와 관측기간에 따라서 차이는 있지만, 각 觀測点마다의 浮遊砂量은 林道の 영향을 받는 경우가 林道の 영향을 받지 않는 경우보다 2~5배 증가하였으며, 流量에 따른 浮遊砂量과의 관계도 林道の 영향을 받는 경우가 林道の 영향을 받지 않는 경우보다 2배 정도 流出하고 있었다.

이와 같이 林道가 開設된 流域에서 浮遊砂流出이 증가함을 확인할 수 있었다. 따라서, 앞으로의 研究는 浮遊砂流出의 발생원인 林道の 路面, 切土 및 盛土 비탈면에 대한 定量的인 해석과 浮遊砂流出을 경감시키기 위한 각종 대책에 대한 연구를 진행할 것이다.

引用 文 獻

1. 吳在萬·全權雨. 1990. 林道斜面的 崩壞에 관한 研究. 森林科學研報 7 : 35~41.
2. 朴鍾瑄. 1991. 浮流砂濃度の變動パターンから見た山地河川における土砂流出特性. 地形 12 : 51~68.
3. 江崎次夫·井上章二. 1978. 盛土のり面の植生保護工に関する研究(Ⅲ) - 盛土實驗斜面における植生の生育, 土砂流出および降雨流出について -. 愛媛大演報 15 : 109~126.
4. 福嶋義宏. 1982. 林道開設による浮遊砂濃度の上昇. 林道建設が自然植生, 景觀, 土砂生産量に及ぼす影響とその対策に関する研究報告書(研究代表者 佐々木 功) : 98~103.

5. 水山高久. 1980. 山地河川の浮遊砂觀測. 土木技術試料 22-5 : 266~271.
6. 吳在萬·松田健太郎·井上章二. 1999. 人工降雨装置を利用した林道路面からの土砂流出の特性について. 第110回日林學術講 Vol.2 : 986~987.
7. 吳在萬·井上章二. 1998. 林道開設地における溪流水の浮遊砂濃度の變化. 森林學誌 13(3) : 161~168.
8. 柳井清治·寺澤和彦. 1991. 沿岸山地流域における林相別の浮遊砂および浮遊砂有機物の流出過程 - 夏季における流出觀測 -. 日林北支論 39 : 171~173.
9. 山本仁志. 1992. 林道切取りのり面崩落土砂量の推定. 日林誌 74(1) : 37~43.
10. 坂本知己·中井裕一郎·北原 曜·寺嶋智巳. 1993. 山地小流域からの浮遊土砂の流出. 日林論 104 : 725~726.
11. Duck, R.W. 1985. The effect of road construction on sediment deposition in Loch Eam, SCOTLAND. Earth Surface Processes 10 : 401~406.
12. Kurashige, Y. 1993. Mechanism of suspended sediment supply to headwater rivers and its seasonal variation in West Central Hokkaido, Japan. Japanese J. of Limnology 54 : 305~315.
13. Labadz, J.C., T.P. Burt and A.W.R. Potter. 1991. Sediment yield and delivery in the blanket peat moorlands of the Southern Pennines. Earth Surface Processes 16 : 225~271.
14. Tanaka, T., A. Marui, M. Yasuhara and S. Takayama. 1983. Reconnaissance study on suspended sediment discharge during a storm event. Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, No. 9 : 32~35.
15. Terajima, T., T. Sakamoto, Y. Nakai and K. Kitamura. 1996. Subsurface discharge and suspended sediment yield interaction in a vally head of a small forested watershed. J. of For. Res. 1 : 131~137.
16. Walling, D.E. 1977. Assessing the accuracy of suspended sediment rating curves for a small basin. Water Resour. Res. 13(3) : 531~

- 538.
17. Williams, G.P. 1989. Sediment concentration versus water discharge during single hydrology events in rivers. *J. of Hydrology* 111 : 89~106.