

# 網走川流域における土砂流出実態：林道網の影響評価

須貝昂平・三島啓雄・高田雅之・柳井清治

## Evaluation of Forest Road Influence on Sediment Yield in the Abashiri River Basin, Hokkaido

Kohei SUGAI, Yoshio MISHIMA, Masayuki TAKADA and Seiji YANAI

**Abstract:** Suspended sediment yield to stream channels is detrimental to aquatic biota including fishery resources. Forest road is one of major source of fine sediments. To predict forest road induced sediment yield to stream, we applied SEDMODL2, developed by the National Council for Air and Stream Improvement (NCASI), to several small catchments in the Abashiri river basin, Hokkaido, Japan. First, the GIS database of the forest road, stream system, geology, and precipitation of the watershed area were developed for the SEDMODL2 analysis. Second, we calculated 9 parameters of SEDMODL2 for sediment yield evaluation from the GIS database. Finally, the predicted sediment yield from the study area using dataset of stream having more than 0.1km<sup>2</sup> catchment area was determined to be 3,339t/year. Additionally, evaluation with stream dataset derived from 1:25000 topographical maps was also conducted and resulted in 606t/year. With our results, no clear relationship was found between amount of predicted sediment yield and directory measured suspended sediment.

**Keywords:** 林道 (Forest Road), 土砂流出 (Sediment Yield) , SEDMODL2

### 1. はじめに

河川の水質汚濁指標のひとつである浮遊土砂は、河川内に生息する魚類などの水産資源や飲料水などの利用に悪影響を及ぼす。浮遊土砂の主な発生源として、農地、斜面崩壊、道路法面等の河川近傍の裸地が挙げられる。しかし、有力な発生源のひとつと考えられる林道からの土砂流出機構については不明な点が多く、研究事例も少ない。アメリカにおいては林道の土砂流出に関する基礎的な研究が

須貝昂平 〒006-8585 北海道札幌市手稲区前田7条

15丁目 4-1

北海道工業大学 環境デザイン学科

Phone: 011-681-2161

E-mail: rb26\_00\_1020@yahoo.co.jp

1970年代から進められている。その結果をもとに、浮遊土砂のみではなく河川への土砂流出量全体を評価する手法ではあるものの、FROSAM (Washington state department of Natural Resource, 2005) や WEPP(Elliott et al. 1999) に代表される複数の土砂流出量評価手法が確立され、実際に流域環境の評価手法の一つとして広く用いられている。このような評価手法の開発および公開は日本ではほとんど実施されていないのが現状である。そこで本研究では、北海道の網走川流域を対象とし、林道から河川への土砂流出量を、アメリカで開発された既存の手法を用いて算出し、その適応性を検討することを目的とした。本研究で用いた評価手法は SEDMODL2 である。これはアメリカの民間企業

Boise Cascade Corporation と NPO である National Council for Air and Stream Improvement (NCASI)によって確立された GIS ベースの林道評価手法であり、WEPP などの複数の土砂流出量予測モデルを改良し開発されたものである。

## 2. 研究手法

### 2.1 調査地概要

本研究の調査地である網走川は、北海道東部に位置する幹川流路延長 115 km, 流域面積 1,380k m<sup>2</sup>の一級河川である。その源流は阿寒山系の阿幌岳に発し、下流にある網走湖を経てオホーツク海に流入する。本研究では特に、網走川流域の上流部の本流左岸側に位置する4支流域(流域面積 266km<sup>2</sup>)を研究対象地域とした。この4支流域の表層地質は主に第三紀の堆積岩によって構成されており、年間降水量は 801.0mm である。

### 2.2 基盤 GIS データの整備

SEDMODL2 を用いて土砂流出量を算出するには、林道、地質、降水量、地形 (DEM) の GIS データが必要となる。各データは以下のとおりに整備を行った。

#### 1) 林道データ

北海道水産林務部森林環境局道有林課より提供を受けた道有林内の路網データに、数値地図（空間基盤 25000）の道路区間データを加えた林道データセットを整備した。対象とする流域内で林道データが欠如している地域については、航空写真から道路を抽出することによって補足した。さらに林道データセットを 100m 每の区間に区切り、SEDMODL2 で解析を実施する単位とした。

#### 2) 地質データ

国交省土地・水資源局国土調査課によって公開されている 20 万分の 1 地質図を用いた。

#### 3) DEM(デジタル標高モデル)

国土地理院基盤地図情報で公開されている 10m メッシュ標高データより、10m 解像度の DEM を作成した。

#### 4) 降水量データ

地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地

質研究本部環境科学センターより提供を受けた 1km メッシュの気象データから、1991 年から 2005 年までの 15 年間における年降水量の平均値を求めた。この気象データは清野(1993)が開発した補間手法により作成されたものである。

### 5) 河川データ

国土地理院が刊行している数値地図 25000 の河川中心線データから農用水路や暗渠等を除去し、河川データを作成した。次に、10m 解像度の DEM を用いて Flow accumulation 処理(Jenson and Domingue, 1988) をを行い、集水面積 0.10km<sup>2</sup> 以上の DEM 流路データを作成した。最後に、河川データがカバーしていない上流域を DEM 流路データで補間し詳細水系網データを作成した。本研究では、このデータに加えて河川データのみでの土砂量算出も実施した。

### 2.3 各パラメータの算出方法

SEDMODL2 における林道からの土砂流出量の計算式は次のとおりである。

$$\text{Total Sediment (t/year)} = (TS + CS)A_f \quad (1)$$

ここで、TS は道路表面からの土砂流出量、CS は切り土斜面からの土砂流出量、A<sub>f</sub> は道路施工からの経過年数によって決定される係数である。

TS (道路表面からの土砂流出量) は次式によって定義される。

$$TS = L_r W_r GE_r S_f T_f G_f P_f D_f \quad (2)$$

ここで、L<sub>r</sub> は道路の長さ、W<sub>r</sub> は道路の幅、GE<sub>r</sub> は地質侵食率、S<sub>f</sub> は路面状況および路面材料、T<sub>f</sub> は交通量、G<sub>f</sub> は道路勾配、P<sub>f</sub> は降水量、D<sub>f</sub> は土砂運搬である。

CS (切り土斜面からの土砂流出量) は、次式により求める。

$$CS = GE_r CS_f CS_h L_r D_f \quad (3)$$

ここで、CS<sub>f</sub> は切り土斜面からの土砂流出量、CS<sub>h</sub> は切り土斜面の比高である。

各因子の算出基準について以下より述べる。

#### 1) Geologic Erosion Factor (GE<sub>f</sub>: 地質条件)

Akay et al.(2008)が整理した、岩相と地質年代により判定する侵食ポテンシャル分類表を元に 20 万分

の 1 地質図を再分類し、各区間の地質条件因子を算出した。

#### 2) Tread Surfacing Factor ( $S_f$ : 路面状況・材料)

路面状況や用いられている素材が土砂流出に与える影響の評価は NCASI(2005)によって整理されたスコアを用いた。

#### 3) Traffic Factors ( $T_f$ : 交通量)

道路交通量因子の評価には、NCASI(2005)の基準を用いた。林道および作業道は Spur Road(1 日当たりの交通量が車 1 台以下), 公道は Secondary Road (1 日当たりの交通量が車 5 台以下) として一律評価した。

#### 4) Road Slope Factor ( $G_f$ : 道路勾配)

林道の区間勾配を DEM より算出し、以下の式を用いて Road Slope Factor を求めた。

$$\text{RoadSlopeFactor} = \left( \frac{\text{RoadTreadSlope}(\%)}{7.5\%} \right)^2 \quad (4)$$

#### 5) Cut Slope height ( $CS_h$ : 切り土斜面の比高)

切り土斜面の高さは道路設置区間の横断勾配から NCASI(2005)の示す基準に基づき算出した。勾配が 0~15% では、0.75m, 15~30% では 1.5m, 30~60% では 3.0m, 60% 以上で 7.5m である。

#### 6) Cut Slope Cover Factor ( $CS_f$ : 切り土斜面被覆)

SEDMODL2 では、切り土斜面の植生などによる被覆率によって土砂流出への寄与率を定義する。本研究ではモデルのデフォルト値である 70% 被覆 ( $CS_h:0.2540$ ) を採用した。

#### 7) Rainfall Factor ( $P_f$ : 降水量)

この因子は Akay et al.(2008)に従い、次式を用いて算出した。

$$P_f = \left( \frac{P_{avr}}{1524} \right)^{0.8} \quad (5)$$

ここで、 $P_f$  は降水量係数、 $P_{avr}$  は流域内の年間降水量である。

#### 8) Delivery Factor ( $D_f$ : 土砂の運搬)

これは、林道から河川までの距離によって定義される因子である。道路と河川が接している場合を運搬率 100% と定義し、0~30m で 35%, 30~60m で 10%, 60m 以上離れている場合は 0% とし、各林道区間を評価した。

#### 9) Road Age Factor ( $A_f$ : 施工からの経過年数)

この係数は、施工から 1 年以内を 10, 2 年以内を 2, 2 年以上経過を 1 として定義される。研究対象地域においては、ほぼすべての林道が施工後 2 年以上経過しているものと考えられるため、すべての道路に対し係数 1 を適用した。

### 2.4 浮遊土砂

本研究の調査流域では、北海道網走市役所により、出水時における浮遊土砂の観測が行われている。このうち日降水量が 10mm 以上の観測日における、各観測地点の浮遊土砂濃度の平均値を求め SEDMODL2 による予測土砂流出量と比較した。

### 3. 結果と考察

SEDMODL2 で算出した土砂流出量を 1km メッシュで集計したものを図 1 に示す。詳細水系網データと河川データ共通で C 流域の西側と D 流域において予測土砂流出量が大きな値を示している。また詳細水系網データにおいて A 流域東側の上流側が高い値を示している。これらの地域は、地質条件因子の値が高く、かつ河川沿いに林道が配置されていることが SEDMODL2 による予測値を高めているものと考えられる。調査対象地域全域で算出した詳細水系網データおよび河川データを用いた予測土砂流出量は、それぞれ 3,339t/年、606t/年となった。詳細水系網データの結果は河川データの結果の 5 倍以上の値を示した。これは、詳細水系網データの流路総延長が 589 km と、河川データ (223 km) の 2.5 倍以上であることに加え、詳細水系網によって広くカバーされる上流域ほど斜面勾配が大きくなるため、切り土斜面の比高や道路勾配の因子の影響が増大することがその要因として挙げられる。吉良ほか

(1975) が整理した、北海道内のダムにおける堆砂量の平均値 323 m<sup>3</sup>/k m<sup>2</sup>/年を本調査流域全体に適用すると、堆砂量は 85,918m<sup>3</sup>/年となり、砂の比重を 2.65 とすると、227,682t/年と換算される。よって、林道からの予測土砂流出量は、流域全体から流出する土砂量に対して、詳細水系網データで 1.5% 程度、河川データで 0.3% 程度の規模であることが推察される。A~D 支流域における 1km<sup>2</sup>あたりの土砂流出

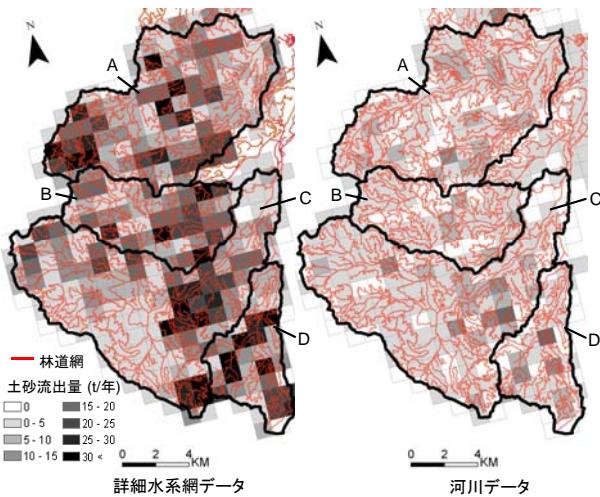


図 1 林道からの年間予測土砂流出量  
(1km メッシュ集計値)

量と、浮遊土砂濃度との関係をプロットしたものを図 2 に示す。B 流域を除くと、詳細水系網データと河川データ両者において、各流域の予測土砂量は  $D > A > C$  となった。これは、各流域内の上流域と下流域間の林道密度の偏りが少なかったためと考えられる。浮遊土砂濃度は SEDMODL2 で求めた土砂流出量が大きい流域ほど低い値を示している。これは、各流域によって、林道とその他の土砂流出要因の総流出量に対する寄与率が異なるためと考えられる。よって、調査地点数が 4 と非常に少ないものの、SEDMODL2 によって得られた予測土砂量の結果のみでは、浮遊土砂濃度を十分に説明出来ないことが示唆された。

#### 4. おわりに

今回試算した土砂流出量について詳細な検証を行うには、流域全体の土砂流出量を算出するモデルの開発と送流砂を含めた土砂流出量の測定が必要である。土砂流出防止対策とその効果を数量で評価する SEDMODL2 のような考え方と手法は、林道の適正配置の議論をする際に必要なものと考える。そのような手法の開発と利用には林道 GIS および河川 GIS データの整備と公開とともに、土砂流出影響評価を目的とした林道評価インベントリの作成が必要である。

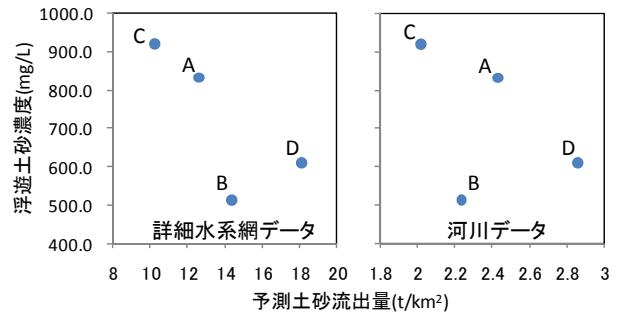


図 2 各支流域における予測土砂流出量と  
浮遊土砂濃度の関係

#### 謝辞

北海道水産林務部森林環境局道有林課の皆様には、林道の GIS データを提供頂いた。また北海道網走市役所の皆様には浮遊土砂データを提供頂いた。NRR の室谷裕子様には様々な GIS データの作成にご協力頂いた。ここに深謝致します。

#### 参考文献

- Akay AE, Erdas O, Reis M, Yuksel A, 2008. Sediment Yield from a Forest Road Network by Using a Sediment Prediction Model and GIS Techniques, *Building and Environment*, 43, 687–695.
- Elliot WJ, Hall DE, Scheele DL, 1999. WEPP interface for predicting forest road runoff, erosion and sediment delivery. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, San Dimas Technology and Development Center.
- 吉良八郎・石田陽博・畠武志(1975)：貯水池の堆砂に関する基礎的諸問題(第1報)：日本における貯水池堆砂の実態, 神戸大学農学部研究報告, 11(2), 301-318.
- NCASI, 2005. Technical Documentation for SEDMODL Version 2.0 ROAD EROSION/DELIVERY MODEL 清野豁 (1993): アメダスデータのメッシュ化について, 農業気象, 48, 379-383.
- Washington State Department of Natural Resource, 2005. Washington Forest Practices Board Manual: Section11 standard methodology for conducting watershed analysis.