

## 9.5 大規模農地流域からの土砂流出抑制技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：水利基盤チーム、寒地技術推進室

研究担当者：中村和正、鶴木啓二、古檜山雅之、淵洋平、野澤一博、長畑昌弘、角張章、平吉昭

### 【要旨】

農地からの土砂流出は、農地の生産力低下や土砂堆積による排水路の機能低下を引き起こす。また、河川に流入した土砂は下流の湖沼等に流出し、土砂に含まれる栄養塩類とともに水環境を悪化させ、水生生物の生育環境や漁業への影響が問題となる。以上の背景より、本研究では、排水路の機能保全と水環境の保全のために、農地からの土砂流出抑制技術を提案する。平成 23～24 年度は以下の検討を行った。

流域からの土砂流出に対する抑制対策を実施するためには、土砂流出量の予測技術を開発する必要がある。この予測技術の精度確認のためには、現地データを取得しなければならない。本研究では、大規模農地流域の下端に整備されている沈砂池で堆積土砂量と流出土砂量の調査を行い、これらの和として流域から流出する土砂量を把握した。また、当該沈砂池の流入部において、自動計測機器（濁度計と音響式掃流砂計）で土砂流下量の連続観測を実施した。平成 24 年度は、融雪出水や降雨出水を含む通年で観測値を取得し、沈砂池に堆積した土砂量と比較することで精度が良好であることを確認した。

平成 24 年度より、土砂流出量の予測技術の開発として、土砂流出モデルの検討に着手した。本年度は、農業農村整備事業で利用されている USLE（汎用土壌流亡量予測式）について、パラメータの 1 つである降雨係数の算出方法を検討した。また、土砂流出モデルに利用される土地利用データの精度検証を行った。

キーワード：ハイドロフォン、沈砂池、USLE

### 1. はじめに

農地からの土砂流出は、肥沃な土壌の流出による農地の生産力低下や土砂堆積による排水路の機能低下を引き起こす。また、排水路に流入した土砂は下流の湖沼等に流出し、土砂に含まれる栄養塩類とともに水環境を悪化させ、水生生物の生育環境や漁業への影響が問題となる。北海道の畑地は、圃場の大規模化で降雨や融雪水が集中しやすいこと、受食性の比較的高い火山性土壌等が分布している地域があること、収穫後に地表面が被覆されていない裸地状態で融雪出水があること、傾斜圃場が広く分布することなどから、水食の危険性が高いと考えられる。一部の湖沼では土砂の堆積による生態系への影響が顕在化している。流域からの土砂流出に対する抑制対策を実施するためには、土砂流出量の予測技術を開発する必要がある。

この予測技術の精度確認のためには、現地データを取得しなければならない。河道を流下する土砂の形態はウォッシュロード、浮遊砂、掃流砂に大別されるが、農地からの土壌流亡のみを対象とするのであれば、観測対象

はウォッシュロードと浮遊砂のみで十分と考えられる。

しかし、流域面積が数 km<sup>2</sup> の農地流域を対象とした場合、流出土砂発生箇所は農地だけでなく、林地や林道、河道等が想定され、掃流砂も流下している。そのため、土砂流出対策施設の規模決定には、掃流砂も含めた土砂流出量を把握する必要がある。なお、本稿では、ウォッシュロードと浮遊砂を合わせて浮遊砂と記す。

本研究では、大規模農地流域から流出する土砂量を二つの方法で観測した結果を報告する。一つは、流域末端に整備された沈砂池を利用し、沈砂池の堆積土砂量と流出土砂量を観測する方法である。しかし、流域の下端に沈砂池があることは稀であるため、この土砂量観測方法では観測可能な箇所が限られる。大規模農地からの土砂流出状況を把握するには、土地利用状況や地形、気候条件等の異なる地域でのデータの蓄積が不可欠である。そこで、沈砂池の無い流域でも利用できる方法として、自動計測機器である濁度計と音響式掃流砂計により、河川を流下する土砂量の定量化を試みた。農地流域を対象とした音響式掃流砂計による観測事例は無いため、本研究

では観測機器を沈砂池の直上流に設置し、沈砂池を利用する方法の観測値と比較することで、観測精度を検証した。平成23年度は、観測精度を検証する期間が短かったが、本年度は融雪出水や降雨出水を含む通年での精度検証ができた。

また、土砂流出量の予測技術として土砂流出モデルの検討に着手した。本研究において、土砂流出現象をモデル化する目的は以下の通りである。

- ①土砂流出を定性的・定量的に評価することで、土砂流出対策の実施箇所を選定するとともに、対策施設の設置位置、規模を決定することが可能となる。
- ②パラメータの同定が十分であれば、パラメータ（地形条件など）を変更することで、土砂流出対策を実施した場合の効果を予測することができる。
- ③パラメータを同定した流域と条件の近似した流域において、土砂流出現象、土砂流出対策工の効果の検討が可能となる。

本年度は上記条件を満たす土砂流出モデルの選定を行うとともに、農業農村整備事業で利用されることの多いUSLE（汎用土壌流失量予測式、Universal Soil Loss Equation）のパラメータの検討を行った。

## 2. 流域末端の沈砂池を利用した土砂量の観測

### 2.1 調査方法

#### 2.1.1 調査地点概要

調査は、北海道東部で実施された国営総合農地防災事業において美幌町に整備された沈砂池で実施した。この地域は、受食性の高い軽しような火山灰土壌の農地が広がり、融雪期や降雨時に侵食を受けて土壌流失が生じやすい地域である。当該事業では、沈砂池が11箇所整備された。本研究では、事業実施中に重点的に調査が行われてデータが蓄積されている2地点を選定して調査した（図-1、表-1）。

#### 2.1.2 調査方法概要

河道を流下する土砂のうち、河川において掃流砂を簡易に定量化する方法は確立されていない。そこで、本研究では、すべての掃流砂と浮遊砂の一部が沈砂池に堆積し、沈砂池から流出する土砂は浮遊砂のみと考えた。すなわち、流出口には掃流砂が無いので浮遊物質（SS）を測定することで沈砂池からの流出土砂量を観測できることになる。また、沈砂池に堆積した土砂量は測量により把握した。これにより、流域から流出する土砂量（＝沈砂池への流入土砂量）は、沈砂池からの流出する浮遊物質と堆積土砂量の和として観測できることになる。な

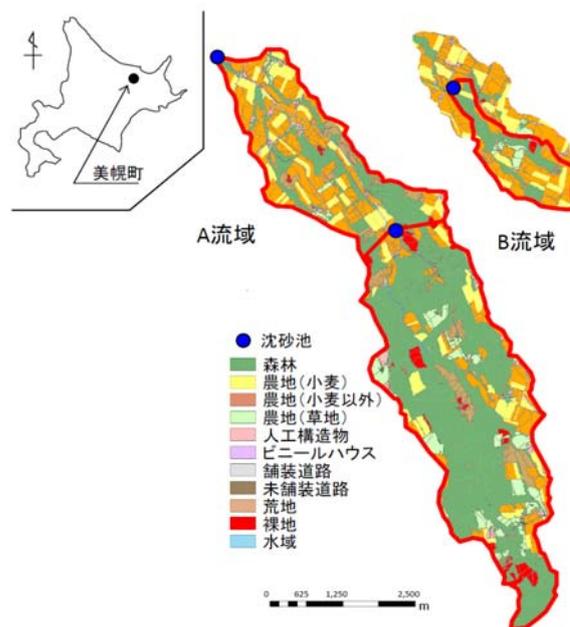


図-1 流域図

表-1 沈砂池諸元

流域名 (沈砂池名)	流域面積	土地利用割合(%)			
		森林	農地	裸地	その他
A流域 (沈砂池a1)	17.2km <sup>2</sup>	43	33	8	16
A流域 (沈砂池a2)	11.4km <sup>2</sup>	63	25	3	9
B流域 (沈砂池b)	1.8km <sup>2</sup>	33	55	6	6

お、本研究で観測する沈砂池の堆積物や水中の浮遊物質には有機物も含まれるが、堆積土砂、浮遊砂として整理した。なお、後述するように、沈砂池 a1 の上流には沈砂池 a2 が設置されており、流域から流出する土砂量をモデル化する際には合わせて評価する。

#### 2.1.3 堆積土砂量調査

沈砂池に堆積した土砂量は、沈砂池を縦5m横1mの格子で区切り、各格子点における堆積土砂頂部の標高の変化を測量により計測することで把握した。さらに、測量により求められた土砂量の体積に単位体積重量を乗じて重量に換算した。調査は、2011年と2012年の5月上旬、7月、10月、11月末に実施した。

単位体積重量は、堆積土砂が十分に締まっていてコア採取が可能な場合には、1000cm<sup>3</sup>の不攪乱試料を採取して乾燥密度を求めた。また、水中部分などで堆積土砂のコア採取が困難な場合には、「北海道開発局 港湾・漁港工事監督マニュアル暫定版」<sup>1)</sup>に記載の湿潤飽和状態における中詰材の単位体積重量の測定方法に準拠して

1000cm<sup>3</sup>の試料を作成して乾燥密度を求めた。

### 2.1.4 流出土砂量調査

沈砂池から流出する土砂量調査として、沈砂池の流出口直下流において流量と浮遊物質（SS）の観測を実施した。観測期間は2011年3月1日～11月30日、2012年3月1日～11月30日である。流量は、水位観測と流量観測からH-Q曲線を作成し、自記水位計で観測した連続水位から連続流量に換算した。SSは、自動採水器を用いた採水試料による実測濃度と、自記濁度計による濁度との相関から連続濃度を求めた。河川の凍結のため観測の困難な冬期間（前年12月から当年2月まで）のSS濃度と流量は、上記観測期間の最低値を一律に当てはめた。

## 2.2 観測結果

観測結果として、沈砂池 a1 の堆積土砂量、流出土砂量の変化を図-2 に、土砂量観測結果一覧を表-2 に示す。流出土砂量は、3月末から4月末までの融雪期と降水量の多いときに多いことが分かる。また、B流域の面積はA流域の約1/10であるが、流域から流出する土砂量は約1/3と土砂が流出しやすい状況にあることが分かる。これは、B流域の農地面積割合がA流域と比較して高いことが一因と考えられる。

2011年度と2012年度で降水量に大きな違いはないが、B流域では流出土砂量が倍以上であった。これは、2012年度は10月以降に降雨が多く（10/1～11/19の総降水量283mm）、農地面積割合の多いB流域では収穫後に裸地状態となっている農地が多かったためと想定される。

沈砂池の土砂捕捉率（＝堆積土砂量／（堆積土砂量＋流出土砂量））はA流域の方が低い。これは、沈砂池の容量2,439m<sup>3</sup>に対して堆積土砂量が2,277m<sup>3</sup>（2012/11/19時点）と、容積の90%以上が埋まっていることで沈砂機能が低下していると考えられる。ただし、現地調査にて礫等の掃流砂が沈砂池の下端までは到達していないことを確認しており、「掃流砂は沈砂池にすべて堆積する」という観測の前提条件に問題はない。

## 2.3 小括

本章では、大規模農地流域から流出する土砂量を流域末端に整備されている沈砂池を利用して観測した。この結果は、土砂流出モデルの検討において、精度検証のための実測データとして利用する予定である。

## 3. 自動計測機器による土砂量の観測

### 3.1 調査方法

#### 3.1.1 調査方法概要

現地調査は、前章と同様に北海道東部の美幌町と津別

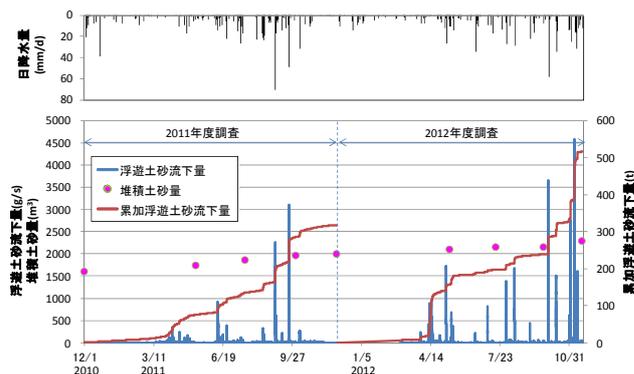


図-2 沈砂池 a1 の堆積土砂量、流出土砂量の経時変化

表-2 土砂量観測結果一覧

流域名	観測期間	期間 降水量 (mm)	期間 流出高 (mm)	沈砂池の土砂量(t)		流域からの 流出土砂 量(t)
				堆積 土砂量	流出 土砂量	
A流域	2010/12/1 ～2011/11/30	835	477	395	318	713
	2011/11/30 ～2012/11/19	874	501	289	511	800
B流域	2010/12/1 ～2011/11/30	835	338	141	27	168
	2011/11/30 ～2012/11/19	874	308	326	27	353

町で実施された国営総合農地防災事業で整備された沈砂池 a2 で実施した。本施設は、前章で示した沈砂池 a1 の上流部に位置する。

沈砂池 a2 においても前章と同様に堆積土砂量と流出土砂量（浮遊砂）を観測した。これに加え、流入部において流入土砂量（掃流砂と浮遊砂）の観測を行った。沈砂池への流入土砂量（＝掃流砂＋浮遊砂）は、沈砂池の堆積土砂量と沈砂池からの流出土砂量（＝浮遊砂）の和に等しいことになるので、自動観測機器の精度が確認できる。現地調査の観測位置と項目を図-3 に示す。

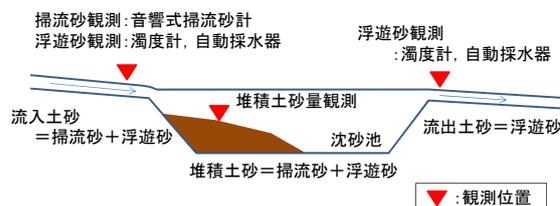


図-3 沈砂池に流入する土砂と観測内容

### 3.1.2 音響式掃流砂計概要

掃流砂量は音響式掃流砂計で観測した。音響式掃流砂計とは、内部にマイクロフォン備えた金属管（掃流砂計）を流れに対して垂直方向に河床に埋設し、河床を移動してきた砂礫が金属管に衝突した時の音響データを電圧（音圧値）に変換してロガーに記録する装置である。お

もに砂防学の分野において、この音圧値を掃流砂量に変換する研究が1980年代から進められてきた<sup>2)</sup>。現在、音圧値を掃流砂量に変換する方式は大きく2つに分類される。ひとつは、観測した音圧値が閾値を超えた回数をパルス数として計数して記録する手法であり（これをパルス法と記す）、多くの研究実績がある<sup>3),4)</sup>。もう一つは、観測した音圧値そのものを記録し、音圧値または音圧の積分値から直接的に流砂量に変換する方法（これを音圧法と記す）であり、未だ研究事例は少ない<sup>5),6)</sup>。

パルス法による従来の手法では、音響式掃流砂計による観測と並行して掃流砂を直接採取し、音響式掃流砂計の観測値（パルス数）と掃流砂量の実測値を統計的に処理して連続的な掃流砂量に変換する必要があった。掃流砂の直接採取は、河床を大きく掘削して機器を設置するなど規模の大きい装置が必要となるため簡単ではない。現在は、音響から音圧値に変換するときの増幅率が異なるパルス数の比率から粒径分布を推定するなどの改良が行われているが<sup>7)</sup>、掃流砂量への換算方法は未だ確立していない。一方、音圧法は、課題は残っているものの<sup>8)</sup>、現地での簡易なキャリブレーション試験のみで、音圧値から流砂量に換算する一連の手法が確立している。以上から、本研究では音圧法を採用した。

音圧法は極めて短時間間隔でのデータの取得が必要であり、膨大なデータ量となることが指摘されているが<sup>9)</sup>、現在は大容量の電子記録媒体が開発されており、自動計測機で長期間のデータ収録が可能となっている。

使用した音響式掃流砂計は、掃流砂計と音響変換器、データロガー等で構成されている（図-4）。掃流砂計設置箇所河床幅は1.5m、掃流砂計の測定部長さは0.8mである。掃流砂計は図-5に示すような形状に加工した。現地では河床を掘削し、河床のセンターラインと掃流砂計中心部が合うように設置・固定を行った。観測間隔は15分で、1回の観測につきサンプリング周期100kHz（10μs）で5秒間記録した。観測期間は2011年9月16日から2012年11月22日までである。

### 3.1.3 音響データから掃流砂量への変換方法

音響データから掃流砂量への変換は、鈴木ら<sup>5)</sup>の理論により行った。

鈴木ら<sup>5)</sup>は、音響式掃流砂計の特性として、衝突粒子数が増加すると音波の干渉が増大することにより、掃流砂量の増加と音圧値の増加が比例関係ではないことを明らかにした。そして、音波が干渉しない場合の音圧値に対する実際に観測された音圧値の割合を検出率と定義し、音圧値と掃流砂量、検出率、衝突粒子数に以下の関

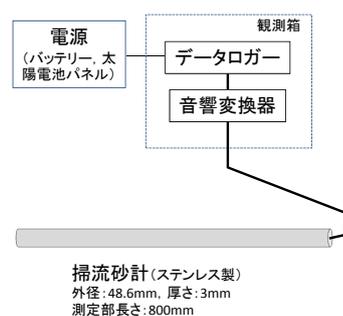


図-4 音響式掃流砂計システム概要

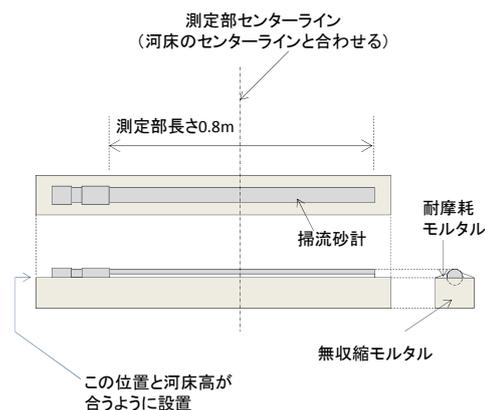


図-5 掃流砂計の設置方法

係があることを示した。

$$a \times Q_s \times R_I = Sp \quad (1)$$

$$R_I = f(N) \quad (2)$$

$a$  : 比例定数、 $Q_s$  : 掃流砂量、 $Sp$  : 音圧値

$R_I$  : 検出率、 $N$  : 衝突粒子数

そこで、音響式掃流砂計を設置した現地において、粒子径が既知の砂礫を個別に掃流砂計に衝突させて波形を計測する個別衝突試験を実施して  $a$  を算出するとともに、理論的に個別衝突データから複数粒子の衝突データを作成し、衝突粒子数と検出率の関係（すなわち(2)式）を求めた。

次に、個別衝突試験データから作成した複数粒子の衝突データの波形を分割して重ね合わせることで、衝突する粒子数が元データの10倍で、なおかつ音波が干渉した結果としての波形データを作成し、このときの検出率( $R_{10}$ )と衝突個数( $10N$ )の関係式  $f(10N)$  から、以下の検出率比( $R_{10}/R_I$ )の関数形を求めた。

$$R_{10}/R_I = f(10N)/f(N) \quad (3)$$

以上(1)~(3)式から、以下の手順により観測値（音圧値  $Sp$ ）から掃流砂量に変換した。①観測値の  $R_{10}/R_I$  の値から(3)式により衝突粒子数( $N$ )を算出する。②算出された  $N$  から(2)式により検出率( $R_I$ )を算出する。③すでに決定されている比例定数( $a$ )と  $R_I$  から(1)式により掃流砂量を

算出する。

### 3.1.4 浮遊砂の観測

浮遊砂量は、前章と同様に自記濁度計による濁度と自動採水器による採水試料の浮遊物質量を相関させて連続的な浮遊砂濃度を観測し、流量を乗じて算出した。濁度に欠測のある期間は流量と負荷量の関係式から換算した。観測期間は2011年9月16日～2012年11月22日である。観測の困難な冬期間（2011年11月30日～2012年2月28日）の浮遊物質量濃度と流量は、上記観測期間の最低値を一律に当てはめた。

### 3.1.5 沈砂池の堆積土砂量観測

沈砂池の堆積土砂量は、前章と同様に堆積土砂の頂部を測量して把握した。測定点は縦2m横1mの格子点とし、標高差から増加量（体積）を求め、単位体積重量を乗じて重量に換算した。観測日は2011年は10月5日、11月29日、2012年は5月10日、7月19日、9月26日、11月22日である。

## 3. 2 観測結果

### 3.2.1 土砂流下量

排水路中の土砂流下量状況として、2011年11月30日～2012年11月22日の雨量、沈砂池上流地点の流量、浮遊砂流下量、掃流砂流下量の経時変化を図-6に示す。掃流砂、浮遊砂ともに融雪期と秋の降雨出水時に多く流出していた。

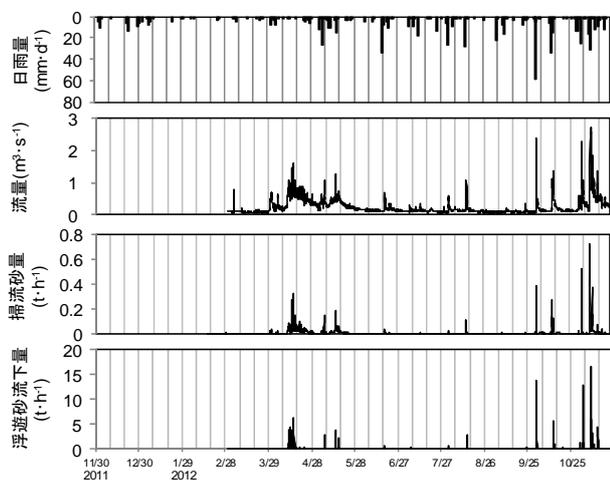


図-6 時間雨量、沈砂池上流地点の流量・浮遊砂流下量・掃流砂流下量の経時変化

(2011年11月30日～2012年11月22日)

### 3.2.2 沈砂池の堆積土砂量

沈砂池の堆積土砂量の調査結果を表-3に示す。融雪期の流出土砂量を含む2012年5月10日時点や、2012年9月26日までの降雨期では土砂量の増加量は少なく、前

表-3 堆積土砂量調査結果

観測日	区間降水量 (mm)	堆積土砂量 (m <sup>3</sup> )	変化量(m <sup>3</sup> )
2011/11/30	—	2397	—
2012/5/10	64	2416	19
2012/7/19	176	2432	16
2012/9/26	165	2451	19
2012/11/22	275	2564	113

章の沈砂池A、Cと同様に2012年10月～11月で大幅に増加していた。

## 3. 3 土砂量観測の精度

本研究で実施した土砂量観測精度を検討するために、沈砂池での土砂量の収支を算出する。調査方法概要に記したように、沈砂池への流入土砂量（上流地点の浮遊砂量と掃流砂量の和）は沈砂池の堆積土砂量と沈砂池から流出土砂量（下流地点の浮遊砂量）の和に等しくなるはずである。そこで、沈砂池の堆積土砂の変化量を把握した期間（2011年11月30日～2012年11月22日）における沈砂池の上・下流地点の土砂流下量、沈砂池の堆積土砂量を表-4に整理した。その結果、流入土砂量は476t、流出土砂量と沈砂池の堆積土砂量の和は491tであり、高い精度で観測できた。

表-4 沈砂池への土砂流入量と堆積量一覧 (2011年11月30日～2012年11月22日)

		土砂量(t)
流入土砂	浮遊砂	438
	掃流砂	38
流出土砂	浮遊砂	324
沈砂池	堆積土砂	167

## 3. 4 小括

本章では、農林地流域を対象として、河川を流下する土砂のうち浮遊砂を濁度計と自動採水器で、掃流砂を音響式掃流砂計で観測した結果を示した。掃流砂は浮遊砂と同様に、大規模出水のときに流下量が多いことを明らかにした。また、浮遊砂と掃流砂流下量の観測値と流域末端の沈砂池に堆積した土砂量を比較することにより、本研究で実施した土砂量観測の精度が良好であることが分かった。

## 4. 土砂流出モデルの選定

### 4. 1 モデル化の目的

再掲となるが、本研究で土砂流出現象をモデル化する目的は以下の通りである。

表-5 土砂流出モデルに関する作業手順と使用するモデル

作業項目	目的	解析規模	モデルに求められる機能	モデルの種類
(特定流域の現況把握)	(モデルの精度検証のためのデータセット取得)	数km <sup>2</sup> ～十数km <sup>2</sup>	—	
① 土砂流出状況を再現(モデル化)	②、③で利用するモデルのパラメータの同定、評価	数km <sup>2</sup> ～十数km <sup>2</sup>	—	作業②、③で利用するモデル
② 広域での土砂流出予測	広域での土砂流出危険箇所の推定(場所、量、要因)	十数km <sup>2</sup> ～都道府県(実際は、数km <sup>2</sup> ～十数km <sup>2</sup> の組み合わせ)	パラメータの種類が少ない。広域での解析が可能。	USLE (RUSLE含む)
③ 小流域での対策工評価	農業農村整備事業を想定し、小流域を対象に対策工の設置位置、規模、効果を推定。	数km <sup>2</sup> ～十数km <sup>2</sup>	対策工の配置、効果が表現可能	分布型物理モデル (WEPP、EUROSEM等)

- ①土砂流出を定性的・定量的に評価することで、土砂流出対策の実施箇所を選定するとともに、対策施設の設置位置、規模を決定することが可能となる。
- ②パラメータの同定が十分であれば、パラメータ(地形条件など)を変更することで、土砂流出対策を実施した場合の効果を予測することができる。
- ③パラメータを同定した流域と条件の近似した流域において、現地調査することなく土砂流出現象、土砂流出対策工の効果を予測可能となる。

#### 4.2 モデル化の手順と使用するモデル

土砂流出モデルによる解析の手順は表-5に示すとおりである。まず、①前章で調査を実施した流域を対象に土砂流出状況をモデルで表現する(パラメータの同定、実測値との精度比較)。つぎに、②広域を対象に、流域面積数km<sup>2</sup>～十数km<sup>2</sup>規模で土砂流出危険箇所の推定を行う(場所、量、要因の把握)。③上記②にて土砂流出危険箇所と推測された流域を対象に、国営事業等で土砂流出対策が実施された場合の土砂流出量を予測する(対策工の位置、規模、効果の評価)。

広域での土砂流出予測を行う場合、土地利用データ等の収集、パラメータの設定が困難となることから、パラメータの少ないモデルを選択する必要がある。よって、②の作業では、USLE(汎用土壌流亡量予測式、Universal Soil Loss Equation)を用いることとする。モデルの詳細は6章にて述べる。

USLEはパラメータの設定が比較的容易で、全世界での実績がある優れたモデルである。しかし、このモデルで算出される土砂量は、対象とするエリアにおける侵食量の最大値であり、比較的広域(数km<sup>2</sup>以上)に適用する場合には、流域末端での流出土砂量の予測値としては過大な評価となることが多い。これは、USLEが土砂流出の物理過程を表現できない経験モデルであるため、侵食されて流亡した土砂が流域の末端に到達する過程における堆積を考慮できないからである。また、同様

の理由で、流域内に土砂流出対策工を配置した場合の効果も評価することができない。よって、③の作業では、分布型物理モデルを採用することとする。既往の土砂流出モデルに関するレビューによると<sup>10)11)</sup>、農耕地および森林からの土砂流出を対象としている分布型物理モデルのうち適用例が多く有望なものとしてWEPP(Water Erosion Prediction Project)とEUROSEM(EUROpean Soil Erosion Model)がある。WEPPは国内での適用例はあるが<sup>12)13)</sup>、EUROSEMについては、国内での適用例はみあたらない。EUROSEMは非定常流モデルのため、定常流モデルであるWEPPよりもパラメータの種類が多いと予想される。今後、両モデルのマニュアルや文献等により使用するモデルを決定する予定である。

## 5 土砂流出モデルに利用する土地利用データの取得

### 5.1 目的

洪水解析や土砂流出解析などの流出解析において分布型モデルを用いる場合には流域の土地利用データを取得する必要がある。土地利用データを独自で作成するには、多大な労力を必要とするが、近年は各省庁等からGISデータとして入手可能となっている。一方で、使用するモデルによっては詳細な土地利用データが必要となることから、簡易で高精度なデータ作成手法の確立も求められる。本稿では、高精度な衛星データから作成した土地利用データを基準として、リモートセンシングにより自動判別で作成したデータや国土数値情報等の既存データの精度を検討した。

### 5.2 検討の方法

#### 5.2.1 土地利用データの作成方法

##### (1) 高精度衛星データによる目視判別

精度比較のための基準とする土地利用データは、Quickbird(トゥルーカラー、分解能1m以内)を目視判別して作成した。作成範囲は、北海道東部に位置する網走川支流の3流域(流域面積は約4、7、17km<sup>2</sup>)

である。土地利用区分は、土砂流出解析に利用することを想定し、地表の被覆状況を表現可能なように設定した(図-7)。作成したデータは20mメッシュのラスターデータに変換した。

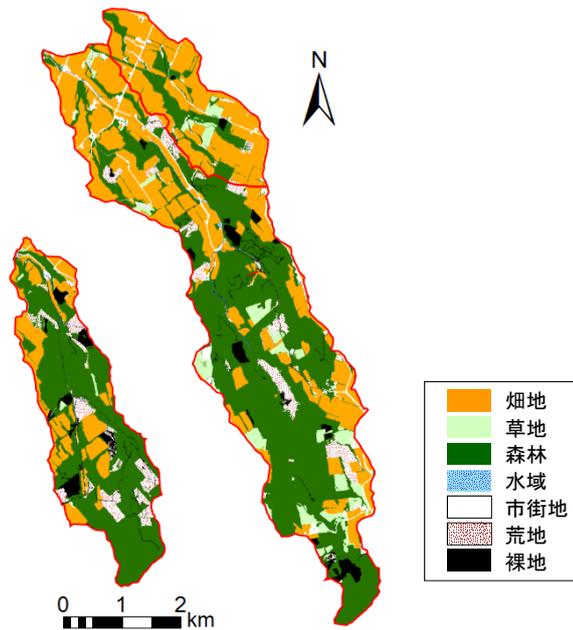


図-7 基準データ (Quickbird 目視判別)

土地利用区分の判別精度を評価した。評価の方法として、比較データの土地利用区分が基準データの土地利用区分と同じく判別された率(正解率)を土地利用区分ごとに算出した(図-9)。なお、各データと基準データは土地利用区分名称が異なるため、適宜読み替えて比較した。

表-6 比較データ一覧

データ名	作成法、入手先等	諸元
Quickbird(基準)	目視判別	2007年撮影
ALOS	リモセン	2010年撮影
国土数値情報	国交省	2006年版
日本水土図鑑GIS	農水省	2001年調査
現存植生図	環境省	第6・7回調査
GISMAP Texture	北海道地図(株)	-
数値地図25000	国土地理院	-

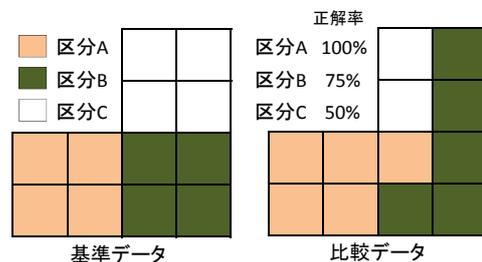


図-9 評価方法

(2) リモートセンシングによる自動判別

広域で土地利用データを簡易に作成する手法として、陸域観測衛星「だいち」(略称ALOS)で観測された3時期(春、夏、秋)のAVNIR-2、PALSAR(分解能10m)画像から自動判別する方法を採用した(図-8)。データ作成にはArcGISと拡張機能(Spatial Analyst)を用いた。メッシュサイズは20mとした。

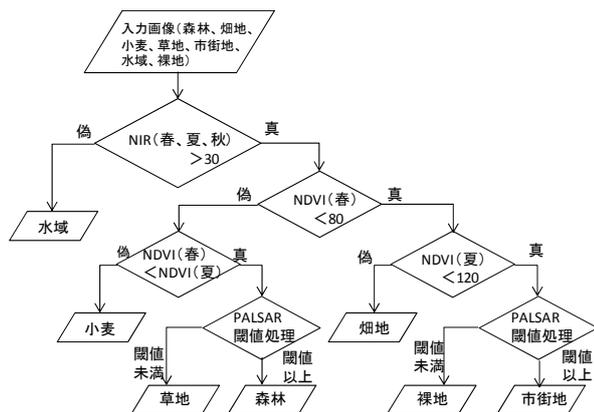


図-8 判別方法 (ALOS 画像)

5.2.2 データの精度比較の方法

比較データ一覧を表-6に示す。比較データは、基準データと画素単位(20mメッシュ)で比較を行い、

5.3 精度比較結果

比較対象とした土地利用データの一部を図-10に示す。大部分のデータで、流域北部に畑地、南部に森林が広がっている状況は表現されていた。日本水土図鑑GISは農地と水域以外は区分されていないので、南部の森林域が判別できていない(空白部分)。国土数値情報は100mメッシュであるため、20mメッシュのALOS画像判別よりデータが荒い。現存植生図は、畑地や森林の分布状況はALOS画像判別と近似しているが、牧草地の判別メッシュ数が少ない。

つぎに、各データの正解率の一覧を表-7示す。日本水土図鑑GIS以外のデータは、流域の大部分を占める森林、畑地で高い正解率だった。草地については、ALOS画像判別では森林と畑地に誤判別するケースが多くみられたが、データ作成時の閾値等の見直しで改善する可能性はある。日本水土図鑑GISと現存植生図でも草地は分類可能であるが、正解率は低い結果であった。両者とも、畑地と誤判別されているケースが多かった。市街地については、全データで正解率が低い結果となった。GISMAP Textureと数値地図25000以外については、舗装道路が判別不可のためである。GISMAP Textureと数値地図25000は基準データと分布状況は合致していた。土砂流出解析

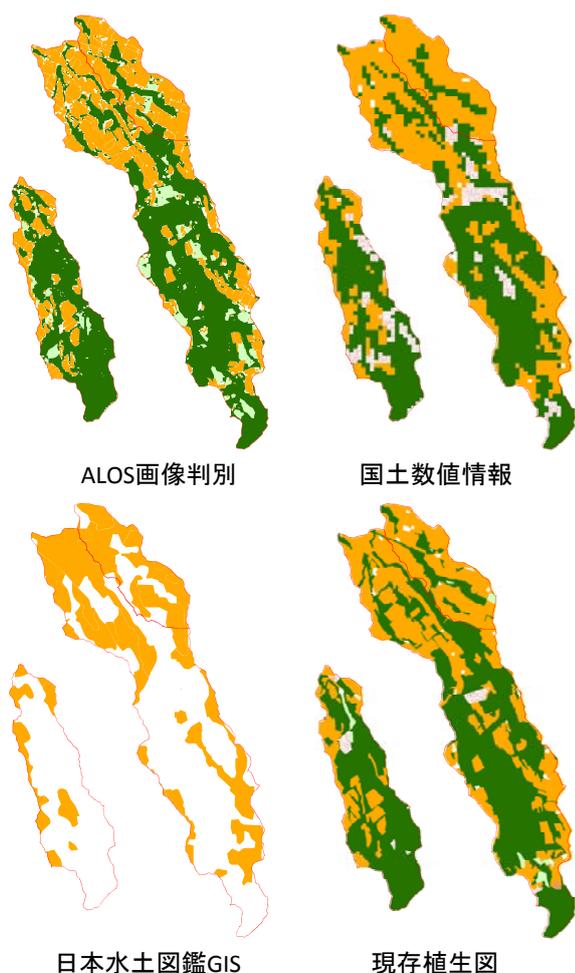


図-10 比較対象土地利用データ  
(凡例は図-7 参照)

を想定した場合、裸地や荒地の判別が重要であるが、両者を判別している ALOS 画像判別や現存植生図で正解率はゼロだった。基準データで裸地や荒地と判別した箇所の大部分は伐採後の森林であり、森林は伐採前後で森林→(伐採)→裸地→荒地→森林と状況が変化する。そのため、基準データである Quickbird の撮影年と、当該データの作成時期が異なることが現存植生図で正解率の低い一要因と考えられる。ALOS 画像判別については、荒地・裸地は森林や草地に誤判別されていた。データ作成時の閾値を変えることで改善しないか検討する必要がある。以上の各土地利用データの特性を整理すると表-8 のようになる。

#### 5.4 小括

本章では、土砂流出モデルに利用する土地利用データについて、詳細な独自データを基準として、自動判別による独自データ、各省庁等から公表されている既存データの精度を評価した。今後は、ここで検討した土地利用

データを用いて土砂流出解析を行い、算出された土砂流出量を実測値と比較することにより土地利用データの精度検証を行う予定である。

表-7 土地利用区分の正解率

基準 データの メッシュ 数	正解率(%)						
	ALOS 画像 判別	国土数 値情報	日本水 土図鑑 GIS	現存植 生図	GISMAP Texture	数値 地図 25000	
森林	35470	87	82	×	92	76	91
畑地	26229	88	91	78	96	91	90
草地	2917	58	×	0	6	×	×
市街地	2436	18	10	×	19	21	39
水域	7	0	0	0	0	14	0
裸地	1907	0	×	×	0	×	×
荒地	4378	0	0	×	0	1	1
総合精度		76	74	26	79	70	78

× 判別不可

表-8 各土地利用データの特性

	正解率の高い項目	欠点
ALOS画像判別	森林、畑地 (草地も判別可能)	高価
国土数値情報	畑地、森林	メッシュが荒い
日本水土図鑑GIS	—	農地、水域以外の分類 が無い
現存植生図	畑地、森林	日本全域のデータが 揃っていない
GISMAP Texture	市街地、畑地	裸地、草地が判別不可、 高価
数値地図25000	畑地、森林、市街地	裸地、草地が判別不可

## 6. USLEの検討

### 6.1 検討内容

農業農村整備事業では農地防災事業や環境保全型かんがい排水事業など排水路の整備を含む事業において、土砂や栄養塩類の下流への流出を抑制するために沈砂池を設置してきた。沈砂池の容量決定には、経験モデルであるUSLEを用いることが多い。その場合、当該地区の代表的なパラメータを定めて単位面積当たりの年間流亡土量を求め、これに面積を乗じた数値を1年間に流域から流出する土砂量とし、この土砂量をもとに沈砂池の堆砂容量を決定している。

USLEの適用方法は「土地改良事業計画指針 農地開発(改良山成畑工)」<sup>14)</sup>(以下、事業計画指針と記す)のなかで解説されているが、すでに発行から20年以上経過している。現在は、事業計画指針発行時と比べて、降雨等のデータの蓄積が進んでいること、USLEの改良版であるRUSLEが広まっていること、GISにより広域での解析が容易になっていることなど、解析の環境が進歩している。そこで、本研究では、USLEの最新の適用方法について検討し、パラメータの設定方法等を整理することとした。本年度は、各パラメータのうち、最も重要な降雨係数について、全道の分布状況を明らかにした。

### 6.2 USLEの概要<sup>15)</sup>

USLEは米国農務省を中心に開発され、同国の農地保全基準として採用されてきた。USLEによる流出土砂量予測の目的は、侵食を引き起こす要因を定量評価し、その地域に適合する保全方法の指針を与えることにある。日本においても、農地の保全対策の基礎となる土壌流亡量の予測方法として事業計画指針のなかで解説されている。USLEは降雨毎の流亡土量を予測するのではなく、長期間の平均的な土壌流亡量を予測するために用いられる。

USLEによる土壌流亡量の予測は6つの係数の積で次式のように表される。なお、USLEの単位系は、最初に開発が行われたアメリカの慣習単位であるヤード・ポンド法、事業計画指針で使われているメートル法、国際単位であるSI単位と3種類ある。本研究の単位系は、国内の一般技術者に利用されることを想定して事業計画指針と同じとした。

$$A = RKLSCP$$

$A$  : 単位面積当たり流亡土量 ( $\text{tf} \cdot \text{ha}^{-1}$ )

$R$  : 降雨係数 ( $\text{tf} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )

一連降雨（無降雨時間 6 時間以内）の降水量が 0.5inch (12.7mm) 以上、または 15 分当たりの降雨強度が 0.25inch (6.35mm) 以上と定義される侵食性降雨の運動エネルギー  $E$  とその降雨の最大 30 分間降雨強度  $I_{30}$  の積  $EI_{30}$  の年間合計値である。積雪寒冷地では融雪流出も考慮する。

$K$  : 土壌係数 ( $\text{h} \cdot \text{m}^2$ )

単位降雨当たりの流亡土量を与える係数で、その地域の土壌の受食性を示す指標である。

$LS$  : 地形係数（無次元）

傾斜地における勾配と斜面長の影響を表す係数である。斜面長係数  $L$  と傾斜係数  $S$  として設定されているが、地形係数  $LS$  として適用されることが多い。

$C$  : 作物係数（無次元）

作物被覆と営農管理の影響を表す係数で、裸地区に対する流亡土量の比である。作物ごとの標準値が整理されている。

$P$  : 保全係数（無次元）

畝立て方向、等高線栽培など保全的耕作の効果を表す係数で、平畝、上下耕に対する流亡土量の比である。

## 6.3 降雨係数の算出

### 6.3.1 係数算出の課題とパラメータの整理方針

雨の降り方は、隣接した2地点のアメダスデータでも

状況が異なることが多い。また、降水量は年変動が大きく、近年ではゲリラ豪雨など雨の降り方がこれまでと異なってきていると言われている。そのため、適切な降雨係数の算出には、対象地点の近傍で長期間かつ最新の降水量データを用いる必要がある。しかし、北海道についてみると、事業計画指針において示されている道内の降雨係数は7地点（稚内、網走、旭川、札幌、室蘭、函館、帯広）と少ない。本州等においては、各都府県で1地点程度しか示されていない。また、算出期間は1959年から1973年までとデータが古く、かつ期間が短い。さらに、1時間の降雨データから求めた値を10分値データから求めた値に換算する係数も示されていない。そのため、北海道の農業農村整備事業におけるこれまでの適用においては、算出地点近傍の最新の気象データを用いて独自に算出する場合や上記7地点のうち対象地点から最も近い地点のデータを用いる場合、他の既往の研究成果を引用する場合など、対応は様々であった。

以上より、降雨係数について、最新の資料を含む長期の降水量データと統一的な手法によって分布状況を整理する必要がある。本研究では、とくに北海道を対象とするが、同様のデータを用いれば全国で同等の降雨係数が算出可能である。

### 6.3.2 データ整理

#### (1) 使用データ

本研究で降雨係数の算出に使用した降水量のデータは、北海道内の気象台、測候所、特別地域気象観測所（旧測候所）、地域気象観測所（アメダス）地点のうち、1994年から2009年までの10分値の降水量データが揃っている196地点の1時間値と10分値の観測値である（図-11）。なお、1時間値は1976年から2009年まで、10分値は1994年から2009年までである。10分値は1994年4月から観測開始した地点が大部分であるが、1時間値は観測点により開始時期が大きく異なる。なお、礼文島の船

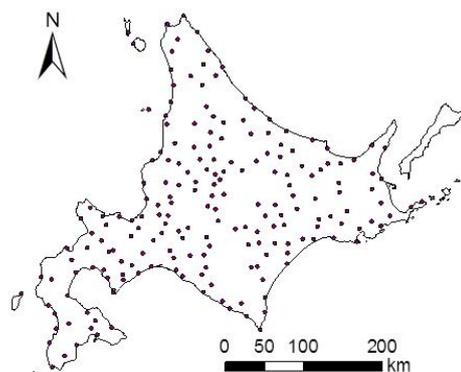


図-11 データ取得地点

泊アメダス (2003年10月16日まで観測) と礼文アメダス (2003年10月17日から観測) は同一地点として礼文アメダスで整理した。

(2) 降雨係数の算出方法

USLEによる侵食性降雨の定義は前章で示したが、USLEが開発された米国と日本では降水量の観測態勢が異なるので、本稿では侵食性降雨を一連降水量が13mm以上 (無降雨時間6時間以内)、または一連降雨が13mm未満であっても4.5 mm/10 min以上の降雨強度がある場合と定義した。水食は降雨と融雪により引き起こされ、降雨係数も降雨流出係数 (Rr) と融雪流出係数 (Rs) の年間値の和として算出される。降雨流出係数は4~11月の降水量、融雪流出係数は前年12月~当該年3月の降水量から算出した。

降雨流出係数は、ひと雨ごとに算出される降雨侵食指数 (EI 値) の積算値である。10分値データの場合は最大30分降雨強度 (I<sub>30</sub>) を用いたEI<sub>30</sub>を、1時間値データの場合は最大60分降雨強度 (I<sub>60</sub>) を用いたEI<sub>60</sub>を算出し、それぞれの年間積算値を当該年の降雨流出係数 Rr<sub>10</sub>、Rr<sub>60</sub>とした。

$$Rr_{10} = \sum EI_{30} \div 100 \quad (tf \cdot m^2 \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1})$$

$$Rr_{60} = \sum EI_{60} \div 100 \quad (tf \cdot m^2 \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1})$$

$$E = (210 + 891 \log I) \times r \quad (m \cdot tf \cdot ha^{-1})$$

ここに、E：一連降雨の降雨エネルギー

I：区間雨量の降雨強度 (cm・h<sup>-1</sup>)

r：区間雨量 (cm)

融雪流出係数は、USLEの定義どおり降雨流出係数算出の前年12月から当該年3月までの降水量 (cm) を1.0倍することで求めた。この算出方法について長澤<sup>16)</sup>は、土壌凍結が無い地域では過大になると指摘しているが、本稿ではUSLEの本則通りの算出方法とした。

6.3.3 降雨流出係数

(1) 採用データの検討

前章にて10分値と1時間値のデータを用いる場合の降雨係数の算出方法を示したが、USLE本来の算出方法は10分値を用いた場合に近い。しかし、日本で広域に10分間隔での降水量観測が始まったのは1994年からである。そのため1992年に発行された事業計画指針では、1時間値で降雨流出係数 (Rr<sub>60</sub>) を求めたのちにRr<sub>10</sub>への換算のための係数 (EI<sub>30</sub>/EI<sub>60</sub>比) を乗じることとしている。現在は10分値データの蓄積が進んでいるためRr<sub>10</sub>の算出は可能だが、1時間値にくらべて観測年数が少ないため、データに偏りのあることが想定される。そこで、

1時間値の1976-2009年、1994-2009年のデータを用いて降雨流出係数を算出し、算出期間による降雨流出係数の違いについて検討した。

表-9に1時間値データを用いた降雨流出係数 (Rr<sub>60</sub>) の1976-2009年と1994-2009年の平均値等を示す。具体的な数値は代表点として气象台と測候所のみ示した。二つの期間のRr<sub>60</sub>の比は最大で1.25、最小で0.81となり、観測地点により最大で2割程度過大または過小に算出されることが分かった。しかし、二つの平均値の差を検定 (t検定) すると、全地点において5%水準で有意差無し、すなわち平均値に統計的な差は無いという結果となった。一方、気象学では30年を平年値算出の統計期間としていることから、降雨流出係数についても1976-2009年の平均値が気象学的な平年値に近似していると考えられる。以上に加え、後述するようにRr<sub>60</sub>とRr<sub>10</sub>には高い相関があり、Rr<sub>60</sub>からRr<sub>10</sub>の推定が可能であることから、観測期間の短い10分値により降雨流出係数を算出するよりも観測期間の長い1時間値で算出した方が平均的な値が求められると考えられる (表-10)。

表-9 算出期間の異なるRr<sub>60</sub>の比較

観測地点	降雨流出係数 (Rr <sub>60</sub> )		(B)/(A)	t検定* (p値)
	1976-2009年 年の平均(A)	1994-2009年 年の平均(B)		
稚内	76	95	1.24	0.146
旭川	74	77	1.04	0.841
札幌	82	77	0.94	0.708
網走	46	47	1.02	0.901
釧路	124	130	1.04	0.750
帯広	75	77	1.03	0.832
室蘭	142	150	1.06	0.650
函館	117	124	1.07	0.617
全地点最大値			1.25	0.997
全地点平均値			1.06	0.612
全地点最小値			0.81	0.053

\*平均値の差の検定

表-10 Rr<sub>60</sub>とRr<sub>10</sub>の比較

判断基準	1976-2009年の データによるRr <sub>60</sub>	1994-2009年の データによるRr <sub>10</sub>
USLEの定義 (Rr <sub>10</sub> から換算可)	△	○
気象学的	◎	×
統計学的	○	○
総合評価	○	△

(2) Rr<sub>10</sub>/Rr<sub>60</sub>比の検討と全道の降雨流出係数

先述したように、USLEの適用においてRr<sub>60</sub>により土砂流出量を算出するにはRr<sub>60</sub>をRr<sub>10</sub>に換算するための係数 (EI<sub>30</sub>/EI<sub>60</sub>比) が必要であるが、事業計画指針に値は示されていない。また、Rr<sub>60</sub>をRr<sub>10</sub>に換算するのであるから、ひと雨ごとに算出されるEI<sub>30</sub>とEI<sub>60</sub>の比ではなく、Rr<sub>60</sub>をRr<sub>10</sub>の比を直接求めればよい。辻ら<sup>17)</sup>は、道

内8地点(函館、室蘭、札幌、旭川、稚内、釧路、網走、帯広)における1976年から1987年の降雨データを用い、道内平均で $Rr_{10}/Rr_{60}=1.51$ という値を示している。しかし、北海道内においても、雨の降り方は日本海側、太平洋側、オホーツク海側など地域により異なることが知られていることから、 $Rr_{10}/Rr_{60}$ 比にも地域性のあることが予想される。そこで、1994-2009年の $Rr_{10}/Rr_{60}$ 比を算出し、道内の分布状況を調べた。算出対象期間は短い、後述するように相関性が十分に高いので問題ないと判断した。

表-11に气象台、測候所、特別地域気象観測所の $Rr_{10}/Rr_{60}$ 比を示す。 $Rr_{10}/Rr_{60}$ 比は最小1.37、最大1.85、平均1.62とばらついていた。つぎに、道内全域の状況を見るために分布図を作成した(図-12)。図化にはGISソフトウェアのArcGIS 10.0を用いた。地域的な傾向が明らかにみられ、日本海沿岸の一部(江差南部、石狩、留萌と宗谷の一部)、空知、上川で大きく、太平洋沿岸東部に向かうに従い小さくなった。これにより、 $Rr_{60}$ を $Rr_{10}$ に換算するには、地域を考慮した $Rr_{10}/Rr_{60}$ 比を用いる必要があることが示唆された。

以上により、1976-2009年のデータにより算出した $Rr_{60}$ の平均値に観測点ごとの $Rr_{10}/Rr_{60}$ 比を乗じて北海道全域の降雨流出係数を算出した(図-13)。道南や太平洋岸西部で大きく、オホーツク海沿岸南部で小さくなっていることが分かる。

### 6.3.4 融雪流出係数

図-14に全道の融雪流出係数の分布図を示す。融雪流出係数は算出方法で示したように、対象年の前年12月から対象年の3月までの降水量の総量で決定されるため、10分値と1時間値で違いは無い。全体的な傾向として、日本海側で大きく、太平洋沿岸東部、オホーツク海沿岸南部に向かうに従い小さくなった。

表-11 气象台、測候所、特別地域気象観測所の $Rr_{10}/Rr_{60}$ (1994-2009)

観測地点	$Rr_{10}/Rr_{60}$	相関係数	観測地点	$Rr_{10}/Rr_{60}$	相関係数
稚内	1.76	0.97	紋別	1.47	0.95
北見枝幸	1.59	0.97	網走	1.61	0.98
旭川	1.85	0.98	根室	1.46	0.95
羽幌	1.76	0.98	釧路	1.37	0.93
留萌	1.74	0.98	帯広	1.44	0.91
札幌	1.61	0.95	広尾	1.39	0.99
岩見沢	1.70	0.99	苫小牧	1.57	0.93
小樽	1.68	0.96	室蘭	1.60	0.94
倶知安	1.67	0.97	浦河	1.71	0.98
寿都	1.74	0.93	函館	1.61	0.95
雄武	1.60	0.93	江差	1.74	0.97

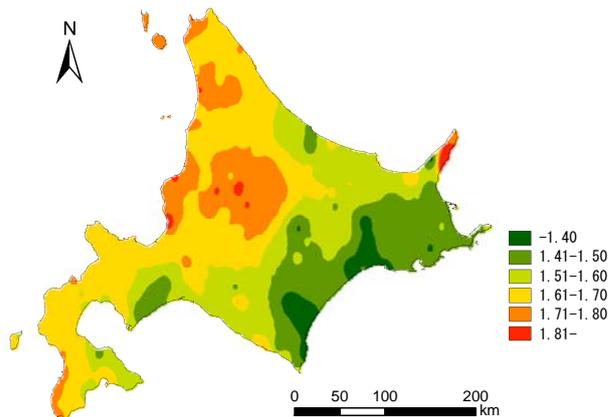


図-12 北海道における $Rr_{10}/Rr_{60}$ 比の分布図(1994-2009年の平均値)

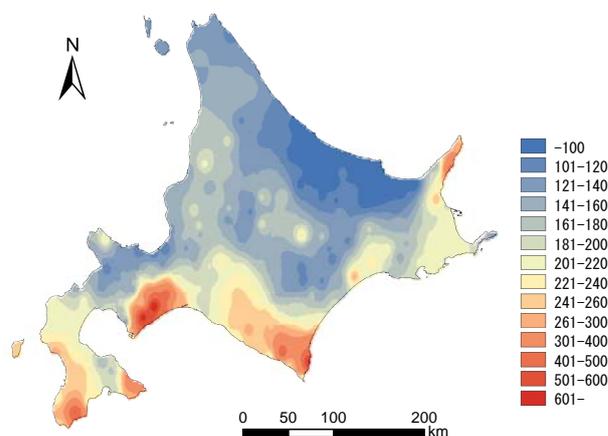


図-13 北海道における降雨流出係数の分布図(1976-2009年の平均値)

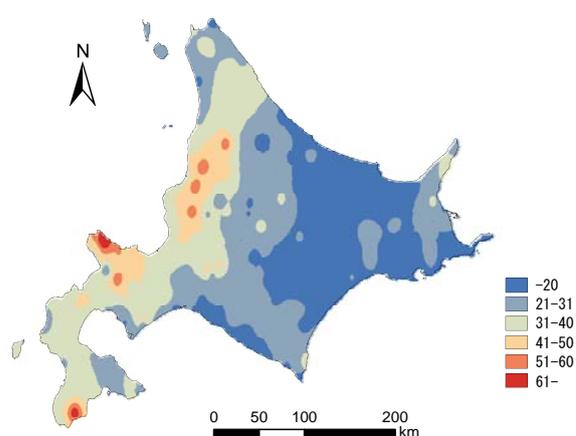
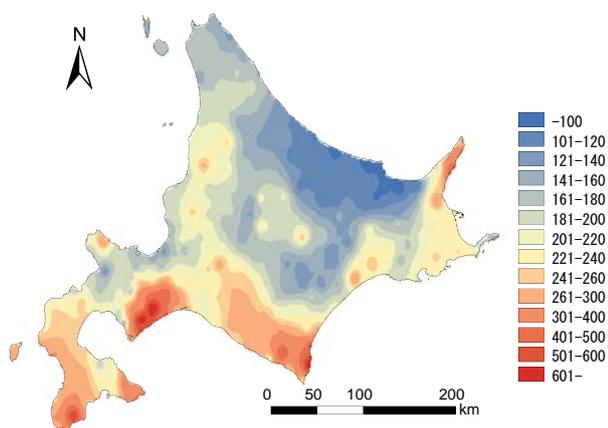


図-14 北海道における融雪流出係数の分布図(1976-2009年の平均値)

### 6.3.5 降雨係数の年間値の平均

前節までの検討をもとに、北海道の降雨係数（＝降雨流出係数＋融雪流出係数）の分布図を作成した（図－15）。先述した辻ら<sup>17)</sup>の報告でも同様の図を作成しており、道南の噴火湾付近や釧路付近で高く、道央・道北に向かうに従い低くなると記していた。本稿の検討でも、同様の傾向はみられるが、地点数が多くなったことで、道南全域や根室地域、空知など日本海寄りの内陸部でも比較的值が大きいことなど道内での分布の詳細が明らかとなった。

最後に、事業計画指針に示されている降雨係数との比較を表－12にまとめた。1976-2009年の値の算出方法は事業計画指針通りとしている。各地点ともオーダーは合っているが、地点によっては2割程度異なっていた。これは6.3.3(1)で示したように、算出の対象データ期間が短いことによるデータの偏りに起因すると考えられる。



図－15 北海道における降雨係数の分布図  
(1976-2009年の平均値)

表－12 事業計画指針との比較

地点名	事業計画指針の値*(A)	本稿の値** (B)	(A)／(B)
稚内	94	95	1.00
網走	47	58	1.23
旭川	102	90	0.89
札幌	99	106	1.07
室蘭	158	155	0.98
函館	163	134	0.82
帯広	73	84	1.16
平均	—	—	1.02

\*事業計画指針のp.162・163に示されている各地点の降雨係数の年間値(データ期間1959-1973年)に、融雪流出係数として1959-1973年の前年12～当年3月の降水量の平均値に0.06を乗じた値を足した。

\*\*1976-2009年の $R_{60}$ の年平均値に、1976-2009年の前年12～当年3月の降水量の平均値に0.06を乗じた値を足した。

### 6. 4 小括

北海道全域を対象に気象庁の観測データを用いて汎用土壌流失予測式(USLE)の降雨係数を算出した。既往の資料や研究では地点数が少なく、かつ算出対象期間が短いため、北海道全域での適用が困難な状況にあった。本稿において北海道全域の分布状況を明らかにしたことで、全道において、これまでよりも適切な降雨係数の設定が可能になったと考えられる。

### 7. まとめ

本研究では、大規模農地流域の末端に整備されている沈砂池で堆積土砂量と流出土砂量の調査を行い、流域から流出する土砂量を把握した。また、当該沈砂池の流入部において、自動計測機器(濁度計と音響式掃流砂計)で土砂流下量の連続観測を実施した。自動計測機器による観測値は、沈砂池に堆積した土砂量と比較することで、精度が良好であることを確認した。

土砂流出量の予測技術として、土砂流出モデルに利用する各種土地利用データの精度を評価した。また、土砂流出モデルであるUSLEについて、最新の知見に基づくパラメータ設定方法により、北海道全域の降雨係数を算出し、分布状況の詳細を明らかにした。

次年度は、本年度実施した土砂流出の現地観測を継続し、土砂流出モデルの精度検証に利用するデータセットを取得する。USLEについては、降雨係数以外のパラメータについても最新の知見に基づいた係数の設定方法を整理する。また、USLE以外のモデルとして分布型物理モデルの適用方法について検討を始める。

### 参考文献

- 1) 北海道開発局:港湾・漁港工事監督マニュアル暫定版, p. 159, 1999
- 2) 谷口伸一, 板倉安正, 清野雅雄, 鈴木宏, 澤井健二, 小倉久直:流砂量の間接的な測定法としての音響の提案とその信号処理, 第26回計測自動制御学会学術講演会予稿集, pp. 667-668, 1987
- 3) 水山高久, 野中理伸, 野中伸久:音響法(ハイドロフォン)による流砂量の連続計測, 砂防学会誌, vol. 49, No. 4, pp. 34-37, 1996
- 4) 中谷洋明, 鶴田謙次, 吉村暢也:手取川上流域でのハイドロフォンを用いた流砂量観測及び解析, 砂防学会誌, vol. 60, No. 3, pp. 1-6, 2007
- 5) 鈴木拓郎, 水野秀明, 小山内信智, 平澤良輔, 長谷川祐治:音圧データを用いたハイドロフォンによる掃流砂量計測手

## 9.5 大規模農地流域からの土砂流出抑制技術に関する研究

- 法に関する基礎的研究, 砂防学会誌, vol. 62, No. 5, pp. 18-26, 2010
- 6) 野本英裕, 平澤良輔, 水山高久, 長谷川祐治, 堤大三: ハイドロフォンによる音圧計測の流砂量推定への摘要, 第 59 回平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 486-487, 2010
  - 7) 堤大三, 平澤良輔, 水山高久, 志田正雄, 藤田正治: 山地流域における音響法を用いた流砂量観測, 京大防災研年報, 第 53 号 B, pp. 537-543, 2010
  - 8) 鈴木拓郎, 長谷川祐治, 水野秀明, 小山内信智: ハイドロフォンによる粒径別掃流砂量の計測手法に関する検討, 第 59 回平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 290-291, 2010
  - 9) 長谷川祐治, 鈴木拓郎, 平澤良輔, 宮本邦明, 野中理伸: ハイドロフォンによる流砂量計測に関する研究 (2), 第 59 回平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 288-299, 2010
  - 10) 池田英史, 若松孝志, 中尾耕, 安部聖哉: 森林流域からの土壌流出の実態・支配因子と予測モデル開発の現状と課題, 水文・水資源学会誌, 25(6), p. 296-409, 2012
  - 11) Ivan Blinkov1, Stanimir Kostadinov: Applicability of Various Erosion Risk Assessment Methods for Engineering Purposes, BALWOIS 2010, pp. 1-13, 2010
  - 12) 大澤 和敏, 酒井 一人, 田中 忠次, 吉永 安俊: 降雨毎の侵食予測における USLE および WEPP の検証沖縄県における赤土流出モデル化に関する研究, 農業土木学会土論集, 232, pp. 387-394 (2004)
  - 13) 小谷義将, 加藤誠, 塩野隆弘, 西村拓: WEPP を用いた黒ボク土傾斜地における侵食量予測, 水土の知, 75(9), pp. 825-829
  - 14) 農林水産省: 「土地改良事業計画指針 農地開発 (改良山成畑工) 平成 4 年 5 月」、pp. 158-178 (1992)
  - 15) Wischmeier, W. H. and D. D. Smith: Predicting Rainfall Erosion Losses, Agriculture Handbook 537 (1978)
  - 16) 長澤徹明: 積雪寒冷地の小流域保全に関する農業土木的研究 (平成 3 年度文部科学省研究費補助金 (一般研究 C) 研究成果報告書) (1992)
  - 17) 辻修, 松田豊, 土谷富士夫: 北海道における降雨係数の推定、平成 3 年度農業土木学会大会講演要旨集、pp. 562-563 (1991)

## A STUDY ON TECHNOLOGIES TO REDUCE SEDIMENT RUNOFF FROM LARGE-SCALE FARMLAND ALONG RIVERS

**Budgeted** : Grants for operating expenses

**General account**

**Research Period** : FY2011-2015

**Research Team** : Cold-Region Agricultural Development  
Research Group (Irrigation and Drainage  
Facilities) and Director for Cold-Region  
Technology\_Development\_Coordination  
(Cold-Region Technology Promotion Division)

**Author** : NAKAMURA Kazumasa, UNOKI Keiji,  
KOHYAMA Masayuki, Fuchi youhei,  
NOZAWA kazuhiko, NAGAHATA Masahiro,  
KAKUBARI Akira and TAIRA Yoshiaki

**Abstract** : The runoff of sediment from farmland reduces farm productivity, and the deposition of such sediment causes the functional deterioration of drains. Sediment flowing into rivers is carried down to lakes at the lower reaches and, together with the nutrient salts in the sediment, causes deterioration of the water environment. These effects in turn influence aquatic habitats and the fishing industry. The research outlined here was conducted to examine technologies aimed at reducing sediment runoff from farmland for the maintenance of drain functionality and the conservation of the water environment. The study was carried out in FY 2011 and 2012 as described below.

Currently, there is demand for the development of a technology to predict the amount of sediment runoff so that measures can be taken to reduce the sediment output of basins. However, before the accuracy of such predictive technology can be verified, data from a suitable location needs to be collected. This study involved the surveying of sediment deposition and discharge in a settling basin at the end of a river basin with a number of large-scale farms, toward clarifying the volumes of sediment being discharged from the basin as the sum of sediment deposition and discharge. Automatic measuring devices (a turbidity meter and an acoustic bedload sensor) installed at the inlet of the settling basin were also used to continuously quantify the sediment flow. In FY 2012, comparison of year-round measurements of snow melt and rainfall runoff with figures for actual sediment deposition in the settling basin confirmed a high level of measurement accuracy.

In FY 2012, a study started on a sediment runoff model for the development of a technology to predict amounts of sediment runoff. This year, a study on a method for calculating rainfall coefficient, one of the parameters of the USLE (universal soil loss equation) used for agricultural and rural development projects, was carried out. Verification of the accuracy of land-use data used for the sediment runoff model was also carried out.

**Key words** : turbidity-meter, hydrophone, settling basin