

# 航空レーザー測量結果を用いた沙流川流域の微地形判読と基盤岩の土砂生産特性について

## STUDIES ON THE MICRO-TOPOGRAPHY AND SEDIMENT YIELD CHARACTERISTICS OF THE SARU RIVER BASIN USING AIRBORNE LASER ALTIMETRY

村上泰啓<sup>1</sup>・鈴木雄介<sup>2</sup>・池島剛<sup>3</sup>

Yasuhiro MURAKAMI, Yusuke SUZUKI, Tsuyoshi IKESHIMA

<sup>1</sup> 正会員 博(工) 独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ 水環境保全チーム  
(〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目)

<sup>2</sup> アジア航測(株) 事業推進本部 防災地質部 (〒215-0004 川崎市麻生区万福寺 1-2-2 新百合 21 ビル 2F)

<sup>3</sup> 法人会員 日本工営株式会社 国土保全事業部砂防室 (〒102-8539 東京都千代田区麹町 5-4)

The Saru river basin is located in South Hokkaido, the west of Mts. Hidaka, Japan. The Saru river basin belongs to various geological conditions, such as accretionary complex, sedimentary rock, plutonic rock and metamorphic rock. Airborne laser-based survey was conducted on major river basins in Hokkaido the year of 2005 and 2006 by Hokkaido development bureau. According to the field survey on the Soushubetsu Creek, a tributary of the Nukabira River, shallow landslides formation appear as a rotational, translational and rock fall in accordance with the changes in the geological types. The detailed topographic relief map based on the airborne laser survey indicated that landform and landslide patterns also have tendency to geological types. Slaking test results revealed that Neocene and Cretaceous sedimentary rock is easy to becoming fine sediment after the out door exposure.

**Key Words:** Airborne laser-based survey, Shallow landslides, Slaking.

### 1. はじめに

沙流川流域は北海道南部, 日高山脈の西側に位置する。日高山脈西側は海洋プレートから供給された付加体堆積物, 浅い海洋で堆積した正常堆積物, 蛇紋岩などの深成岩などの地質が混在して分布し, 比較的多様な地質構造を有する。2003 年 8 月豪雨後に実施した河道周辺の現地調査により, 斜面崩壊形態が地質要因により大きな影響を受けており, 特に付加体堆積物と正常堆積物の地質領域の溪流で斜面崩壊形態に顕著な差が認められることが把握された。例えば付加体堆積物領域では表層崩壊が多く, 正常堆積物領域では地すべりが多いといったことである。ここでは, 航空レーザー計測結果から判読した地質毎の微地形の特徴と, 基盤岩の風化試験結果から, 沙流川流域の代表的な地質における土砂生産の特徴について考察する。

### 2. 北海道における航空レーザー計測

2005, 2006 年度に北海道開発局で実施した航空レーザー計測の範囲は, 北海道全域の一級河川流域(石狩川, 後志利別川, 尻別川, 天塩川, 鶴川, 沙流川, 釧路川, 標津川, 十勝川, 網走川, 常呂川, 湧別川, 渚滑川, 留

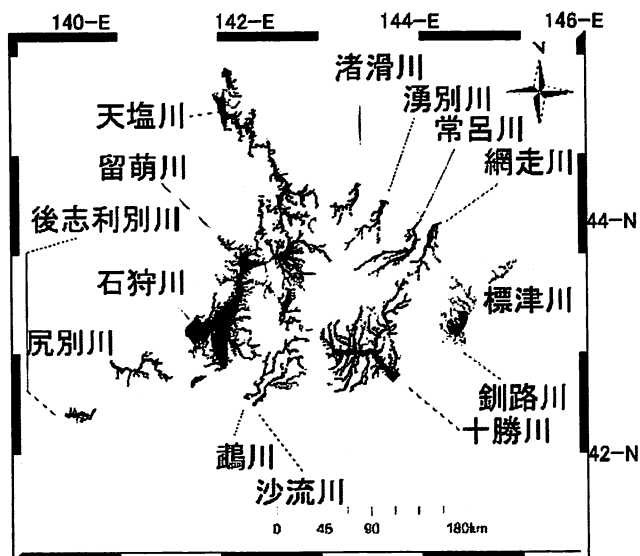


図-1 航空レーザー計測範囲 (北海道開発局が 2005 年, 2006 年度に実施した範囲を黒色で図示。アジア航測株式会社, 朝日航洋株式会社より入手した CAD 資料より)

萌川, 声間川)の想定氾濫域や支川河道部分, 胆振海岸, 樽前山(火山)をカバーする(図-1)。航空レーザー計測は別途指定された指針案<sup>2)</sup>に沿って実施され, 北海道開発局が保有する資料には簡易オルソ画像, 植生や建物上



る例が顕著であった。

現地踏査結果から、斜面崩壊地の様相が地質により大きく異なることが明らかとなったが、河川流域全体で土砂生産特性を考える上で、同じ地質領域の他の溪流でも共通した現象(あるいは痕跡)が発生しているかどうかについて確認する必要があったが、これまで、解像度が2mといった詳細な地表面の資料は入手が困難であった。既往の地形情報として国土数値情報(解像度約50m)があるが、地すべりなどの地形判別には解像度が充分とはいえず、航空写真は解像度は高いが、植生が地表を隠蔽しているため、地表の状態を確認することはこれまで極めて困難であった。

#### 4. 航空レーザー計測結果から作成したレリーフ図

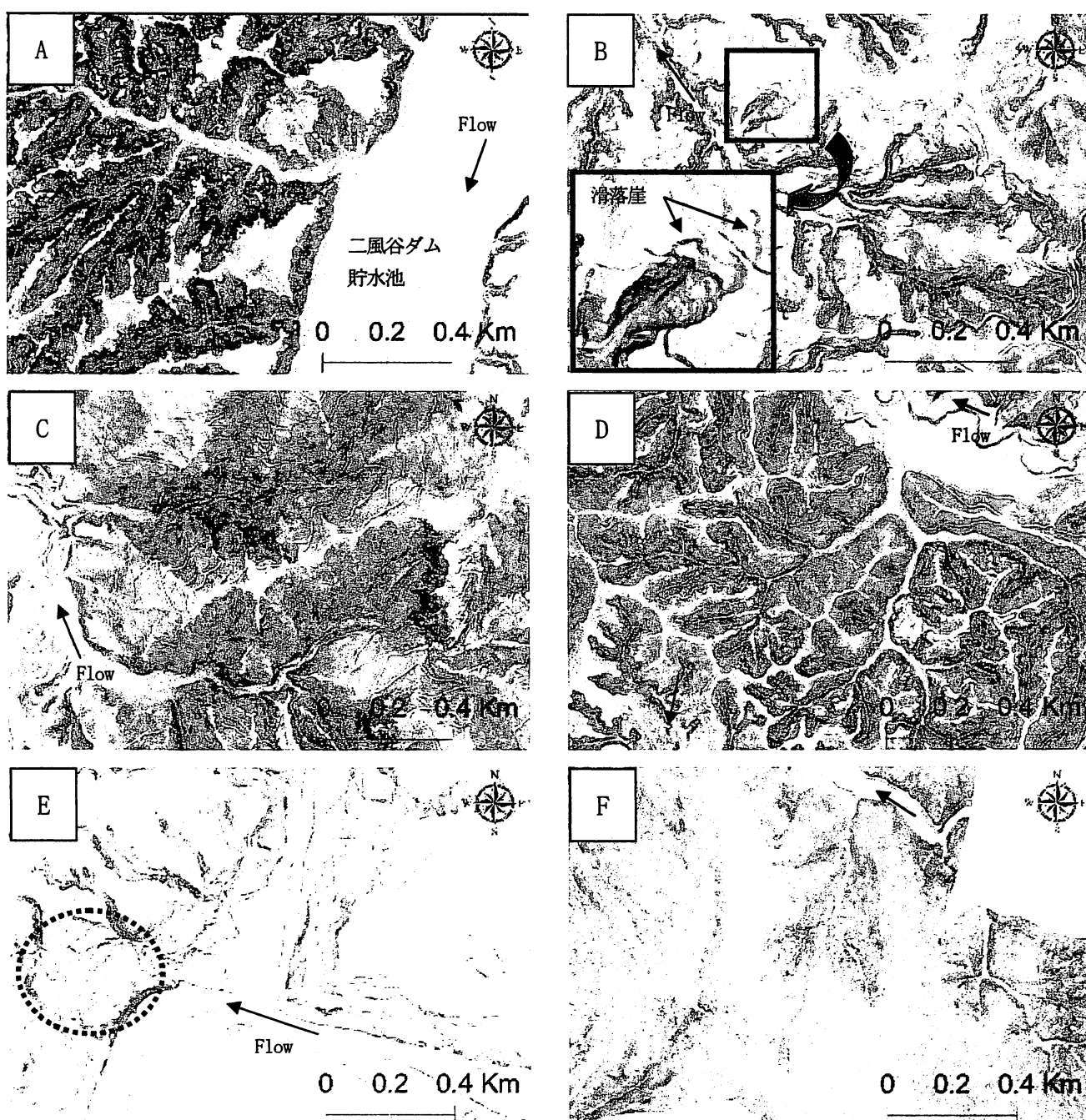


図-4 地質別にプロットしたレリーフ図。(急傾斜部分は暗く、峰や平坦な領域は白っぽく表現されている。)

北海道開発局の実施した航空レーザー計測結果を一部用い、現地踏査を行った総主別川流域(流域面積約17km<sup>2</sup>)を対象に、赤色立体地図(RRIM:Red Relief Image Map)<sup>2)</sup>を作成し、地質分布と併せて図-3に示す。赤色立体地図は急斜面ほどより赤くなるように調整した斜度図に、尾根ほど明るく、谷ほど暗くなるよう調整した尾根谷度図を重ねたもので、光源を単一方向で与えた陰影図に比べ、地形がデフォルメされ、地形の微細な構造が容易に判読できる。図-3の総主別川上流域に分布する付加体堆積物の領域では、表層崩壊の痕跡(図-3右上)や、比較的急峻な谷が形成されている様子が伺えるなど、現地踏査結果を裏付ける傾向が判読された。一方、総主別川中流部の正常堆積物の領域では比較的穏やかな山地が形成され、地すべり状の地形や地すべり前兆と

なる滑落崖が判読され、これらも現地踏査結果と符合した。総主別川におけるレリーフ図により、地質により地形が大きく異なることが示唆されたため、参考まで、沙流川流域における代表的な地質領域を6箇所選定し、同様のレリーフ図を作成し、図-4に示す。なお、図中A～Fの縮尺は全て統一しており、図郭は図-2のA～Fまでに示した箇所である。次に、地質別のレリーフ図について、判読結果を現地踏査結果とともに述べる。

**A: 正常堆積物(新第三紀堆積岩類)の領域：**基盤岩は砂岩・泥岩質で、比較的高低差のある入り組んだ谷地形を形成している。現地踏査による2003年8月、2006年8月豪雨時の斜面崩壊の多くは表層崩壊によるものであった。

**B: 正常堆積物(蝦夷層群)の領域：**基盤岩は砂岩・泥岩質で、比較的緩い山地を形成し、地すべり状の地形が多く見られる。地すべり地形の上方には滑落崖(例えば図-4B)とみられる地形も見られる。

**C: 付加体堆積物(緑色岩系)の領域：**海底火山から供給されたとされる緑色岩、凝灰岩、深海で堆積固化したチャートなどが含まれ、河床上にはこうした基盤岩由来の河床材料が大半を占める。現地踏査で確認された表層崩壊による斜面崩壊が大半で、レリーフ図(図-3の右上)にも痕跡が認められる場合がある。

**D: 付加体堆積物(ニセウ層)の領域：**基盤岩(砂岩、泥岩)は付加体由来と考えられており、現地踏査や航空写真判読の結果、表層崩壊が比較的多い。Cに示した付加体領域の地形よりも比較的侵食が進みやすい傾向を示していると考えられ、谷密

度も比較的高い。

**E: 深成岩(蛇紋岩等)の領域：**豪雨イベントで斜面崩壊した箇所ではないが、蛇紋岩の露頭が沙流川本川左岸に露出しており、定点観測によれば、粘土状の流動的な蛇紋岩が緩慢に沙流川に流出している箇所である。レリーフ図によれば、地すべりでも表層崩壊でもないクリープ状の地表面を呈している。

**F: 付加体堆積物(イドンナップ帯)：**白亜紀前期の付加体とされ、地質図によれば、砂岩・泥岩質の頁岩、チャート、緑色岩などが含まれる。C、Dに示した付加体領域の地形と異なり、浸食が進みにくい比較的安定した基盤岩で構成されるものと推測される。現地踏査は行っていないため、崩壊斜面の有無、基盤岩の露出状況などはこれまでのところ不明である。

以上、航空レーザー計測結果を用いて作成された沙流川流域におけるレリーフ図の判読により、流域の地形は基盤地質に大きく影響を受けている可能性が示された。しかしながら、地質がどの程度流域の土砂生産に寄与しているのか、例えばどの程度の降雨インパクトで崩壊するのか、崩壊土砂はどの程度河道に供給されるのか、崩壊土砂はその後風化するのか、といった特性は、未だに不明な点も多い。次に、現地踏査で見られた基盤岩の風化特性に関して室内・屋外スレーキング試験を行ってみた。

## 5. スレーキング試験による基盤岩の風化の程度

基盤岩のスレーキング(風化)の程度が山地河川流域の土砂動態や地形形成に影響していることが考えられるため、ここでは基盤岩にどのようなスレーキング特性があるか調

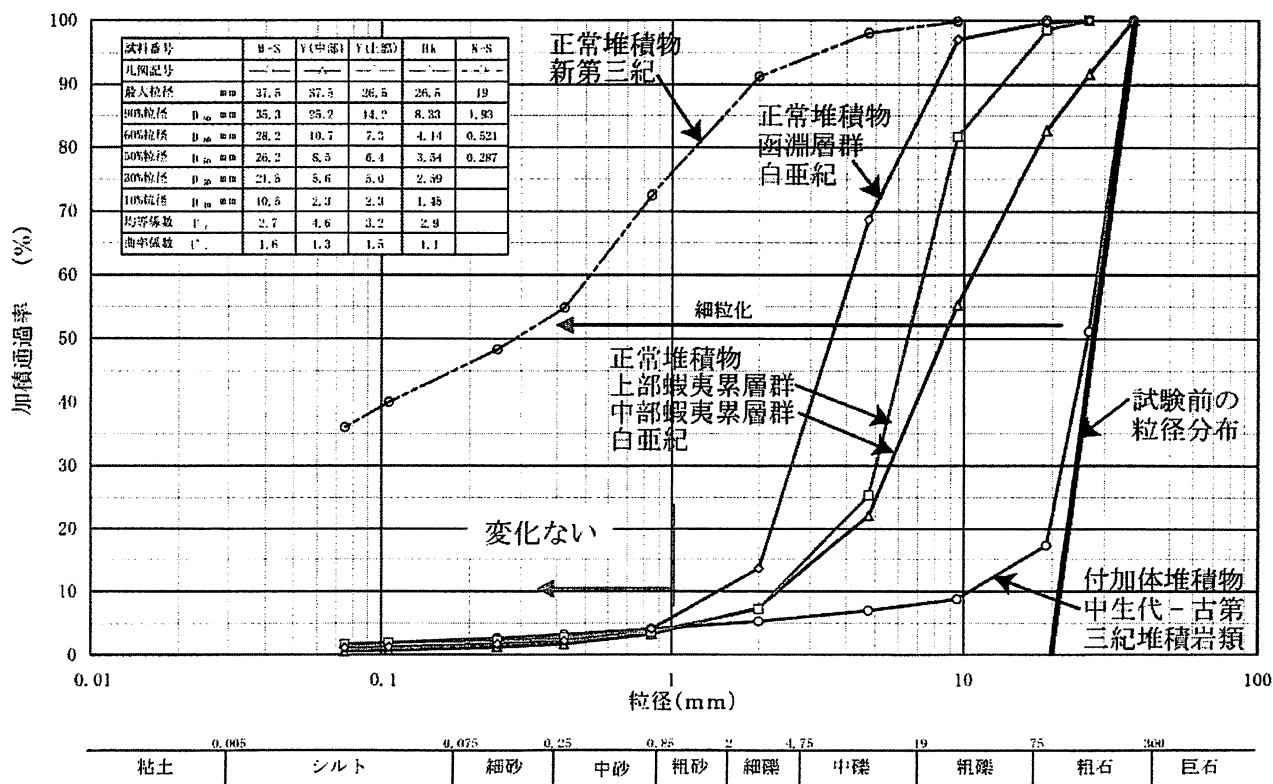


図-5 スレーキング試験結果

べてみた。現地における観察では、スレーキングは主に正常堆積物の地質領域において露岩した状態みられ、地下水もしくは河川水により湿潤している個所ではスレーキングは進行しづらい傾向みられた。ここでは、額平川流域を代表する地質に着目し、未風化の基盤岩を採取したのち、スレーキング率試験を実施してみた。スレーキング率試験は110℃で24時間乾燥し、常温に戻した後、常温の水に24時間浸

漬するなどして、強制的な乾湿繰り返しを数回行うもので、旧日本道路公団規格（JHS109）に準拠して行い、試験後に粒度分布試験を実施した。

対象とした地質は、正常堆積物（蝦夷層群（上部及び中部）、新第三紀の堆積岩類（N-S：フラヌイ層）、函淵層群（Hk））、付加体堆積物（古第三紀～白亜紀の堆積岩類（M-S））の5地質とし、泥岩質を対象に未風化の基盤岩から

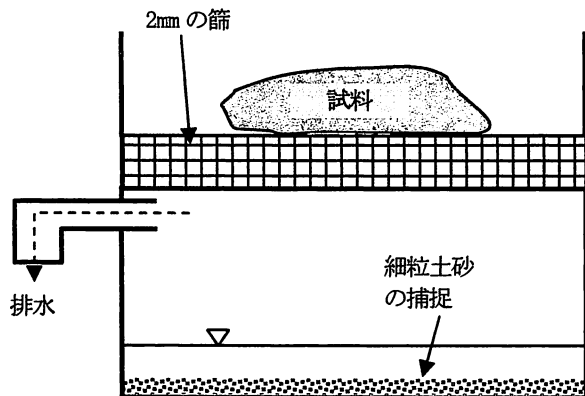


図-6 暴露スレーキング試験装置概要

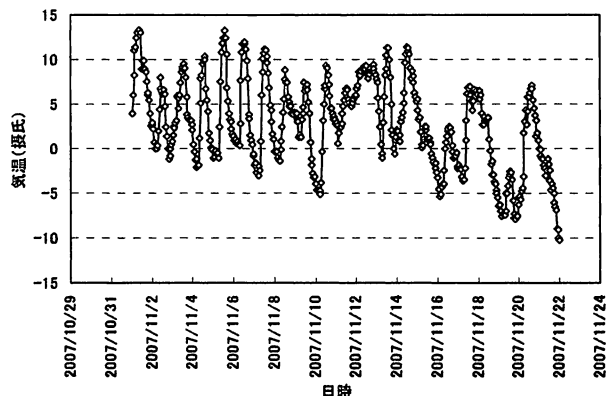


図-7 現地暴露試験時期を含む芽生観測所の気温変化

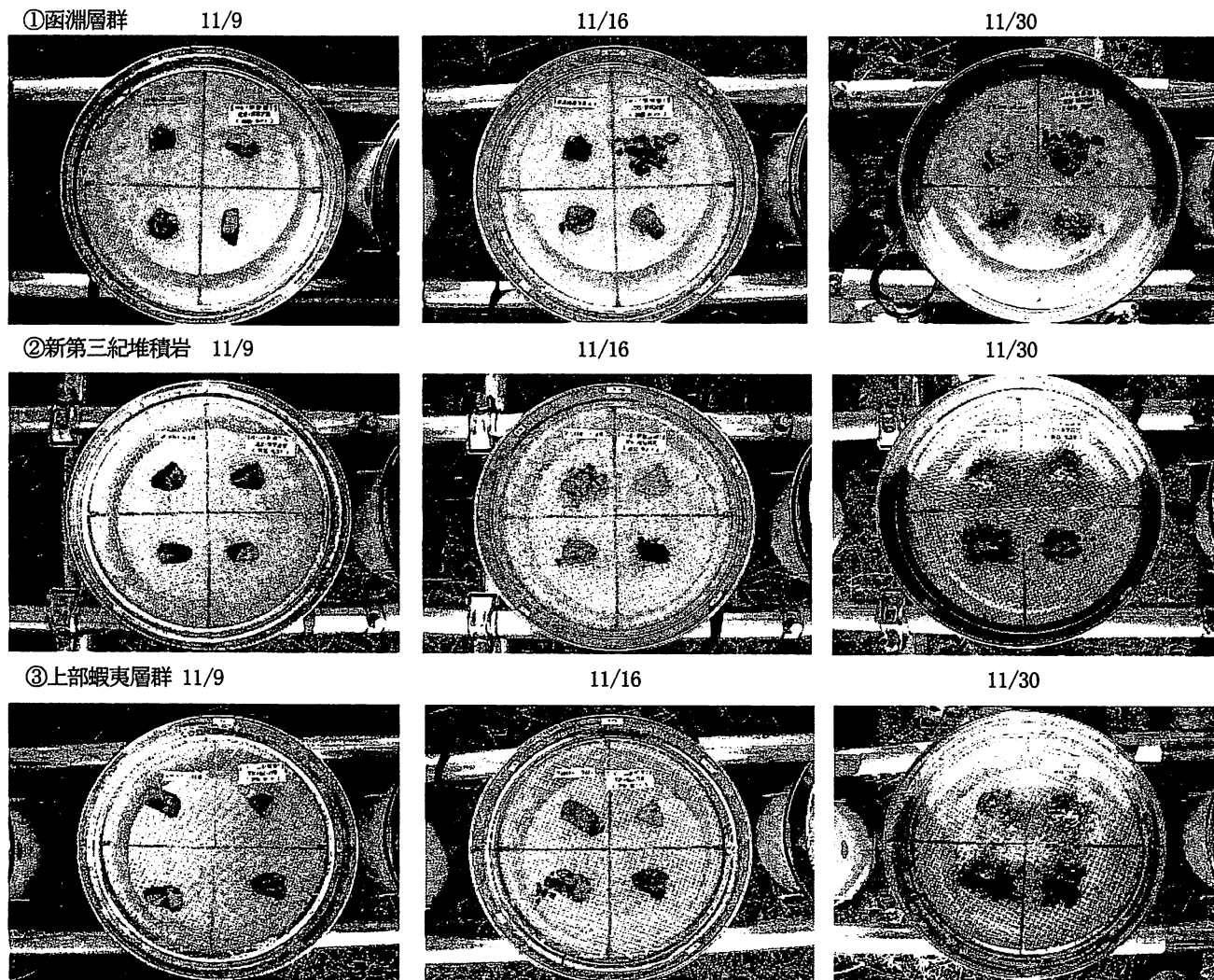


図-8 基盤岩の暴露スレーキング試験（図-6 に示した試験装置を真上から見た状況）

サンプリングした。スレーキング試験結果を図-5に示す。結果、正常堆積物のうち、新第三紀のものが最も細粒化が進みやすく、白亜紀の函淵層群、蝦夷累層群がそれに続き、付加体堆積物の試料が最も風化しにくいという結果になった。地質が若い順(若い←新第三紀、上部蝦夷、中部蝦夷、函淵、中生代-古第三紀→古い)にスレーキング率が高くなっているともいえる。最も若い地質であるN-S(新第三紀：フラヌイ層)は、見かけ上ほとんど原型を留めず、土砂状となった。

斜面崩壊地の現地踏査で、数日から数週間で崩壊した基盤岩がスレーキングする事例が見られた。ここでは、未風化の基盤岩が自然状態でどの程度の期間で風化が進行するのか、簡単な試験装置(図-6)を作成し、大気下で暴露スレーキング試験を行ってみた。時期的に気温がマイナス(図-7)になる場合もあり、単純に乾湿の影響以外に凍結融解による作用も加わった可能性があるが、未風化の基盤岩を大気下に暴露した場合、早いものは一週間程度で風化を開始し、3週間経過後には数mm以下にスレーキングしてしまう(図-8)ものもあった。1ヶ月程度の試験期間中にスレーキングを起こさなかった基盤岩の種類もあったが、継続して観察していく必要があるといえる。

## 6. 結論

航空レーザー計測から作成したレリーフ図の判読、基盤岩のスレーキング試験結果より、沙流川流域の調査箇所における基盤岩の土砂生産特性を以下に整理する。

(1) 正常堆積物(新第三紀堆積岩類)：基盤岩は砂岩・泥岩質で、比較的高低差のある入り組んだ谷地形を形成しており、斜面崩壊は表層崩壊状のものが多く、スレーキング試験(室内・暴露)の結果からみると、試料中、最も風化が進みやすい基盤岩であるといえる。しかしながら、斜面からの土砂生産量や溪流からの土砂移動量などについては、今後、追加調査していく必要がある。

(2) 正常堆積物(蝦夷累層群)：比較的緩い山地を形成し、地すべり状の地形が多く見られる。大気下に暴露されて乾湿の影響を受けたものは容易に細粒化するため、降雨により容易に溪流に流入し、流水により運搬されやすいと考えられる。スレーキング特性と地すべりの関連性については今のところ不明であるが、比較的軟弱な基盤岩であるため、地すべりが発生しやすいものと考えられる。レリーフ図によれば、地すべり地形の上方には滑落崖とみられる地形も散見され、今後の降雨イベントによっては地すべりが更に拡大する可能性が高いと考えられる。

(3) 付加体堆積物(緑色岩系)：急峻な山地を形成し、基盤岩は玄武岩質の溶岩を主体とした緑色岩や枕状溶岩、深海で堆積固化したチャートなど硬質なものが多く、スレーキングはほとんどしないと考えてよい。また、直径が1-2mに及ぶ大粒径の岩塊が河床に多く含まれる、多少の降雨イベン

トでは移動しにくい。斜面崩壊は表層崩壊を呈し、基盤岩上の土砂・樹木の大半が河道に供給されることが考えられる。

(4) 深成岩(蛇紋岩等)の領域：図-4Eのレリーフ図によれば、調査地点周辺では地すべりでも表層崩壊でもない緩んだ地表面(クリープ斜面)がみられ、筆者らの定点観測によれば、蛇紋岩露頭部からは断続的に粘土状の土砂が河川に流入している。

河川流域の地質分布については、地質研究の進展により形成時代などの解釈や分類、範囲が将来的に変化する場合がある。しかしながら、航空レーザー計測により作成したレリーフ図は、地質による微地形の違いを比較的明瞭に表現可能であるという点で、河川流域の地形特性を知る上で有効な表現のひとつであるといえる。しかしながら、地質毎の微地形の特徴とスレーキング特性や植生種の生育状況などとの関連性はまだ未知であり、今後も調査していく必要がある。

国土交通省が全国規模で実施している航空レーザー計測は本来、河川流域の治水安全度を向上するための基礎資料としての意味合いが強く、必ずしも一級河川流域全域をカバーしているわけではないが、河川地形や山地河川流域からの土砂生産の特性を明らかにしていく上で、今後有効活用が期待される。

謝辞：本研究は国土交通省北海道開発局の受託研究費による補助を受けた。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 航空レーザー測量による河道及び流域の三次元電子地図作成指針(案)、平成17年6月国土交通省河川局。
- 2) 千葉達朗、鈴木雄介、平松孝晋：地形表現手法の諸問題と赤色立体地図、地図、vol. 45, No. 1, pp27-36, 2007
- 3) 地質基準、日本地質学会地質基準委員会編著、共立出版、pp57, 2001。
- 4) 千葉達朗ほか：航空レーザー計測にもとづく青木ヶ原溶岩の微地形解析、富士火山、山梨県環境科学研究書-日本火山学会編一、pp349-363, 2007。

(2008. 4. 3 受付)