粗大礫により構成される周氷河岩屑斜面の形成環境

松 山 洋* 黒田 真二郎** 蟹江 美由紀***
岩 田 修 二* カダル=ケズル****

Physiographic Environments of Periglacial Rubble Slopes Composed of Large Blocks in the Tianshan Mountains, Western China

Hiroshi MATSUYAMA*, Shinjiro KURODA**, Miyuki KANIE***,
Shuji IWATA* and Kader KEZER****

I. はじめに

現成の周氷河岩屑斜面は、わが国では日本アルプスや北海道の、高山帯の稜線付近においてわずかにみられるだけであり、その構成礫は、中礫以下のサイズからなる。一方、わが国の周氷河岩屑斜面のほとんどは植被に覆われ化石化しており、それらは礫径 1 m ほどの粗大礫からなる。粗大礫で構成される化石地形化した岩屑斜面で、礫がどのように供給され移動したのか、これまでのところよくわかっていない(岩田・小嶋, 2001)。

中国天山山脈天山駅の粗大礫からなる周氷河岩屑斜面には、斜面につづら折状に幹線道路がつけられており(図 1)、道路法面に斜面上部から下部まで連続観察をすることができる露頭を、筆者らは 2003 年に発見した(黒田ほか, 2004; 岩田, 2004)。また、1960 年に放棄された廃道があり(Zhu, 1996)、道路放棄以降の斜面移動物質が岩

屑として道路上に堆積している。このため、測量により複数年分の移動量を求めることが可能である。これらに加え、礫の移動や岩盤クラックの変位、地温を計測するための機器を設置することにより、斜面の形成環境や斜面物質の移動様式を明らかにすることができると考えられた。

以上のような理由から、周氷河岩屑斜面に観測機器を設置し、粗大礫により構成される周氷河岩屑斜面の形成環境を明らかにすることを目的とし、東京地学協会平成 16 年度研究・調査助成金を申請したところ認められたので、調査をおこなうことができた。また、今回の調査では上記のほかに、ウルブト谷における崖錐型岩石氷河の予察的測量調査も同時におこなった。

II. 調査の概要

中国新疆ウイグル自治区ウルムチ県サルチョックに位置する調査地域(天山山脈ウルムチ河源流

* 首都大学東京・都市環境学部地理環境コース
** 東京都立大学大学院理学研究科地理科学
*** 所属なし
**** 中国科学院新疆生態与地理研究所
* Department of Geography, Tokyo Metropolitan University
** Department of Geography, Tokyo Metropolitan University
*** Unemployed
**** Xinjiang Institute of Ecology & Geography, Chinese Academy of Sciences

図 1 中国天山山脈ウルムチ河源流域の調査地。
右図枠内は図 3 の範囲を示す。

域)は、ウルムチ市の南南西に位置し、幹線道路 216 号線でウルムチ市から約 150 km 移動したところにある。周辺には 4,000 m 級的高峰が連なり、カール氷河や懸垂氷河、小規模ながら谷氷河が分布する (図 1)。周辺の森林限界高度は 2,750 m、永久凍土下限高度は 3,250 m、雪線高度は 4,050 m である (Zhu *et al.*, 1996)。周辺には周氷河岩屑斜面・岩石氷河・構造土などが多く分布する。標高 3,600 m の U 字谷底には、中国科学院寒区旱区環境与工程研究所氷河観測所天山站と気象観測所大西谷ステーションが存在する。気象観測所のデータによれば、2004 年の年平均気温は -4.2°C 、年降水量は 429.2 mm であった。今回の調査で実施したのは、勝利峠の谷およびクヌンドゥワン谷の周氷河岩屑斜面への観測機器設置および廃道測量と断面観察、ウルプト谷の岩石氷河の地形測量およびライケノメトリーである。

調査期間は、2004 年 7 月 12 日から 8 月 10 日までである。7 月 12 日に日本側調査員 2 名が成田を出発し北京経由で翌日ウルムチに到着し中国側調査員と合流した。資材調達・現地調査の打ち合わせののち、15 日に天山站に到着した。8 月 7 日まで、天山站到泊しながら勝利峠およびクヌンドゥワン谷の岩屑斜面、およびウルプト谷の岩石氷河まで徒歩で通い、観測機器の設置と測量調査をおこなった。この間、日本側調査員もう 1 名が 8 月 3 日に成田を出発し、北京経由で翌日にウルムチに到着し、5 日に天山站にて合流した。そして、7 日にウルムチに帰着した。日本側調査員 3 名は、9 日にウルムチを出発し、北京経由にて 10 日成田に帰国した。このように、東京地学協会研究・調査助成金は、現地調査のための旅費と、Ⅲで述べる観測機器を購入するのに使わせていただいた。

図 2 ウルプト谷出口付近より撮影した調査対象斜面。
谷のなかの東から南東向き斜面には岩屑斜面，北から北西向き斜面には氷河が存在する。図中左下の基盤の高まりは羊背岩，右奥崖錐下の舌状地形は岩石氷河。

III. 調査結果

1) 周氷河岩屑斜面の特徴および 44 年間の斜面物質移動量

勝利峠の斜面（図 2 および図 3，以下では S 斜面と称す）の縦断長は約 1 km，幅約 1 km，傾斜は平均 36° （最大 63° ，最小 17° ）であり，岩質は眼球状片麻岩，表面礫径は 1.0 m から 1.5 m がほとんどを占める。クヌドゥワン谷の斜面（以下では K 斜面と称す）の縦断長は約 400 m，幅約 1 km，傾斜は平均 37° （最大 60° ，最小 21° ）であり，岩質は花崗閃緑岩，表面礫径は 0.5 m から 1 m がほとんどを占める。斜面縦断形は両斜面とも直線形であり上部はやや凸形をしている。S 斜面の道路沿いにおける連続露頭の観察結果，および K 斜面において斜面を掘削し観察した結果，岩屑層は斜面上部から下部までほぼ同じ層相をしていた。表面から層厚 1～2 m まではマトリックスを欠く逆級化した岩礫層があり，表面の礫径は 0.5 m から 1.5 m，下層の礫径は 0.1 m から 0.5 m で，角礫で構成されている。その下は層

厚 5 cm から 20 cm の湿り気の多い砂礫混じりシルトからなる細粒層があり，さらにその下は基盤岩になっていた。表面礫の 7 割は長軸が最大傾斜方向を向いており周氷河斜面の一般的な特徴と一致していた。

周氷河斜面の物質移動観測に用いられるチューブやひずみプローブはマトリックスに埋め込むことを必要とするが，このような粗大礫斜面はマトリックスを欠く岩礫層が厚く，この方法を使うことはできない。本研究では，周氷河斜面における斜面物質移動量を，放棄された年代がわかっている廃道上に堆積した岩屑の体積から算出した。岩屑の体積を求めるために K 斜面の廃道 3 箇所では測量をおこなった（図 3）。測量は，測機舎製光波測距儀（MiniAR）を用いた平板測量によって 1：200 地形図を作成した。測量結果を図 4 に示す。測量道路の選定では，谷状斜面では道路崩壊が発生していることから尾根斜面の道路を選んだ。また切土の部分では基盤岩が露出しており岩盤風化や山側斜面物質の落下といった物質移動の加速要素が加わるため，山側斜面を壊していない

図 3 周氷河岩屑斜面における調査および観測地詳細図。

等高線は SRTM-3 (アメリカ NASA スペースシャトルによる Shuttle Radar Topography Mission により得られた 3 秒メッシュ数値標高データ) を使用して作成した。等高線間隔は 20 m。

盛土の部分を選択した。ひとつの場所で 100 m 前後の道路長を確保し、斜面の上部・中部・下部の 3 箇所を測量した。道路設置時に山側斜面に設置された高さ約 0.8 m の石垣が、舌状に押し出された岩屑の両端に残っていることから、この両端を結んだ線から道路に飛び出した岩屑を道路放棄時からの斜面移動物質として図面から計算し、岩屑の体積を求めた。得られた体積を年数および道路長で除し、斜面物質移動断面速度 (volumetric velocity) を求めた。岩屑の量は上部 80.42 m³、中部 15.18 m³、下部 21.03 m³ であり、斜面物質移動断面速度では、それぞれ 0.0156 m³m⁻¹y⁻¹、0.0031 m³m⁻¹y⁻¹、0.0031 m³m⁻¹y⁻¹ となった。移動量は斜面上部で大きく、中・下部で小さい。このことは、他の条件が同じならば、斜面上部は中・下部に比べ多くの斜面物質が排出されているということであり、中・下部にはその排出された

物質が貯まる傾向にあることを示す。つまり、この斜面の縦断形は今後、斜面中・下部が膨らむような凸形化が進行する状態にあると考えられる。

2) 周氷河岩屑斜面への観測サイト設置

周氷河岩屑斜面への観測機器を S 斜面および K 斜面に設置し、集中観測サイトを K 斜面上部の標高 3,980 m に設けた (図 3)。測器は T & D 社製温度観測ロガー (RTR-52, TR-52) を使用し、集中観測サイトでは岩温観測用に 1 個、岩屑層温度プロファイル観測用に 4 個、地温観測用に 2 個を設置した。また、他の観測場所 3 箇所では、地温観測用に各 1 個を設置した。さらに、集中観測サイトでは、共和電業製ひずみゲージ機器 (BCD-5B, DTH-A-30, DTH-A-100) とコーナシステム社製データロガー (KADEC21-ST8) を使用し、凍上計 1 個、クラックゲージ 3 個、礫移動計 2 個を設置した。いずれの機器も 1 時間間

図4 天山山脈ウルムチ河源流域K斜面の廃棄道路とデブリの測量結果。

隔で通年観測をおこなっており現在も観測中である。また、斜面各所での礫の移動状態を把握するために、表面礫に対してペンキラインを7箇所設置した。そして、岩盤からの礫生産量を把握するために露岩3箇所ペンキ塗布をおこなった。これらについて、2005年にはデータ回収および再計測をおこなう予定である。

3) ウルプト谷の岩石氷河

ウルムチ河源流部では、U字谷の側壁斜面下部に崖錐型岩石氷河が連続して存在する。6号・7号氷河が存在するウルプト谷出口付近に連続する3個の岩石氷河は、前縁部の立ち上がり部分の標高が5m違うだけで、岩石氷河の表面形態に大きな変化が生じている。この岩石氷河について、光波測距儀を用いた平板測量によって1:1,000地形図を作成した。図5に測量結果を示す。また岩石氷河の前縁斜面において*Xanthoria elegans*を対象に簡易的なライケノメトリー調査をおこなった。得られた相対年代と形態を比較した

結果明らかになったのは、①RG1は前縁部の比高が20mであり、頂面のリッジははっきりしているが、若干のガリーが入っている。RG2の西半分はRG1に近い形態を示すが比高は8mと低く、頂面のリッジは不明瞭である。東半分は前縁部の比高が5mで一部に馬蹄形の崩壊跡があり、頂面は著しい陥没や段差がある。RG3の前縁部の比高はRG2と変わらないが、馬蹄形の崩壊跡が全体にみられ、一部前縁地形が失われており、頂面は中央部にRG2よりも大きな陥没がある。RG1の比高に比べてRG2・3の比高が小さく、逆に頂面面積が広くなり地形が複雑化していることから、RG2・3は内部の氷が融けきってつぶれ、平坦化した地形と考えられる。②地衣を30個計測した時の平均内接円径は、RG1 18mm, RG2 西側 27mm, RG2 東側 31mm, RG3 49mmとなった。この結果から、岩石氷河の停滞・化石化が、RG3, RG2 東側, RG2 西側, RG1の順で進んだと考えられる。RG1を停滞化直後、RG3

図 5 天山山脈ウルムチ河源流域ウルプト谷出口付近の岩石氷河の測量結果。
○番号はライケノメトリー計測地点。1 個所につき内接円径 30 個の計測をした。

を化石化した岩石氷河地形と考えると、崖錐型岩石氷河の停滞・化石化に伴う地形の崩壊は次のように進行すると考えられる。①岩石氷河が停滞するとまずガリーが侵入する。②内部水が融けて比高が低下し、リッジが不明瞭になり平坦化が始まる。③さらに水が融けて頂面の平坦化に加え陥没が生じ、前縁部では崩壊がおこる。④頂面の陥没はさらに大きくなり前縁地形は不明瞭化し、低平で面積の広い地形になる。

IV. おわりに

今回の調査では、いくつかの成果が得られた。今後これらの成果に加え、本調査で設置した機器により得られる観測データを用い、粗大礫により構成される周氷河岩屑斜面の形成環境を明らかにしていきたい。なお、これまでに得られた成果については次のように報告済みである。① 10 年ぶりの 1 号氷河, 地理, 49(11), 76-80, 2004 年 11 月。②中国天山山脈の周氷河岩屑斜面にお

ける 44 年間の斜面物質移動量, 日本地理学会, 2005 年 3 月。③天山山脈ウルムチ河源流域における岩石氷河の崩壊過程, 日本地理学会, 2005 年 3 月。

謝 辞

本研究をすすめるにあたり、研究助成金を交付してくださった東京地学協会、および国土地理協会（平成 16 年度学術研究助成、研究代表者：岩田修二）、共同研究を受け入れていただいた中国科学院新疆生態与地理研究所、宿泊や現地での便宜を図っていただいた中国科学院寒区旱区環境与工程研究所天山站の方々、これらの諸機関をはじめとしてお世話になった皆様に感謝いたします。

文 献

岩田修二 (2004): 天山山脈, ウルムチ河源頭 6 号氷河の 20 年間の変化の研究. 地学雑誌, **113**, 430-433.
岩田修二・小崎 尚 (2001): 氷河地形・周氷河地形. 米倉伸之・貝塚爽平・野上道男・鎮西清高編: 日本の地形 1 総説. 東京大学出版会, 149-163.

黒田真二郎・岩田修二・カダル＝ケズル (2004): 天山
山脈ウルムチ河源流における周氷河性岩屑斜面の発
達. 日本地理学会発表要旨集, **67**, 204.

Zhu, C. (1996): Rates of periglacial processes in the
Central Tianshan, China. *Permafrost and Periglac.*

Process., **7**, 79-94.

Zhu, C., Zhang, J. and Cheng, P. (1996): Rock glaciers
in the Central Tianshan Mountains, China. *Perma-
frost and Periglac. Process.*, **7**, 69-78.