

— 国際第四紀連合第15回大会巡検参加報告 —

南アフリカ・ドラケンスバーグの第四紀末期の気候地形と堆積物

荻谷愛彦¹⁾

1. はじめに

第四紀の環境と歴史について探究しているあらゆる分野の研究者に開かれた国際的かつ学際的な連合がINQUA (International Union for Quaternary Research) である。コペンハーゲンでの第1回国際会議 (1928年) 以来、ほぼ4年に1度の頻度で大会が開かれている。第15回大会は1999年8月3-11日に南アフリカ共和国 (以下、南ア) ダーバン市で催され、日本からも20名超の参加があった。この会議では多数のシンポジウムやワークショップ、ポスター・セッションのほか、20コースの巡検が開催された。

本稿では、筆者が参加した巡検 [Quaternary periglacial phenomena in the Sani Pass area, southern Africa (サニ・パス地域の第四紀周氷河現象)] を報告する。この巡検は南アと、それに囲

まれたレソト王国 (以下、レソト) の屋根にあたるドラケンスバーグ東部 (標高2,000-3,400m) において、最近数10万年間に形成された種々の気候地形とそれを構成する堆積物を観察し、その解釈をめぐって討論することを目的に企画された。日本では南アとレソトの第四紀地質・地形に関する情報はきわめて少ない。このため、4日間の小巡検とはいえ、その見聞録をまとめておくことは意味あるものと考えた。本稿では筆者の野帳メモと配布資料 (Grab *et al.*, 1999) にもとづき、この巡検とドラケンスバーグの自然を紹介する。なお、会議や他の巡検の様子は参加者の分担執筆により、日本第四紀学会「第四紀研究」誌上で近く報告される予定である。

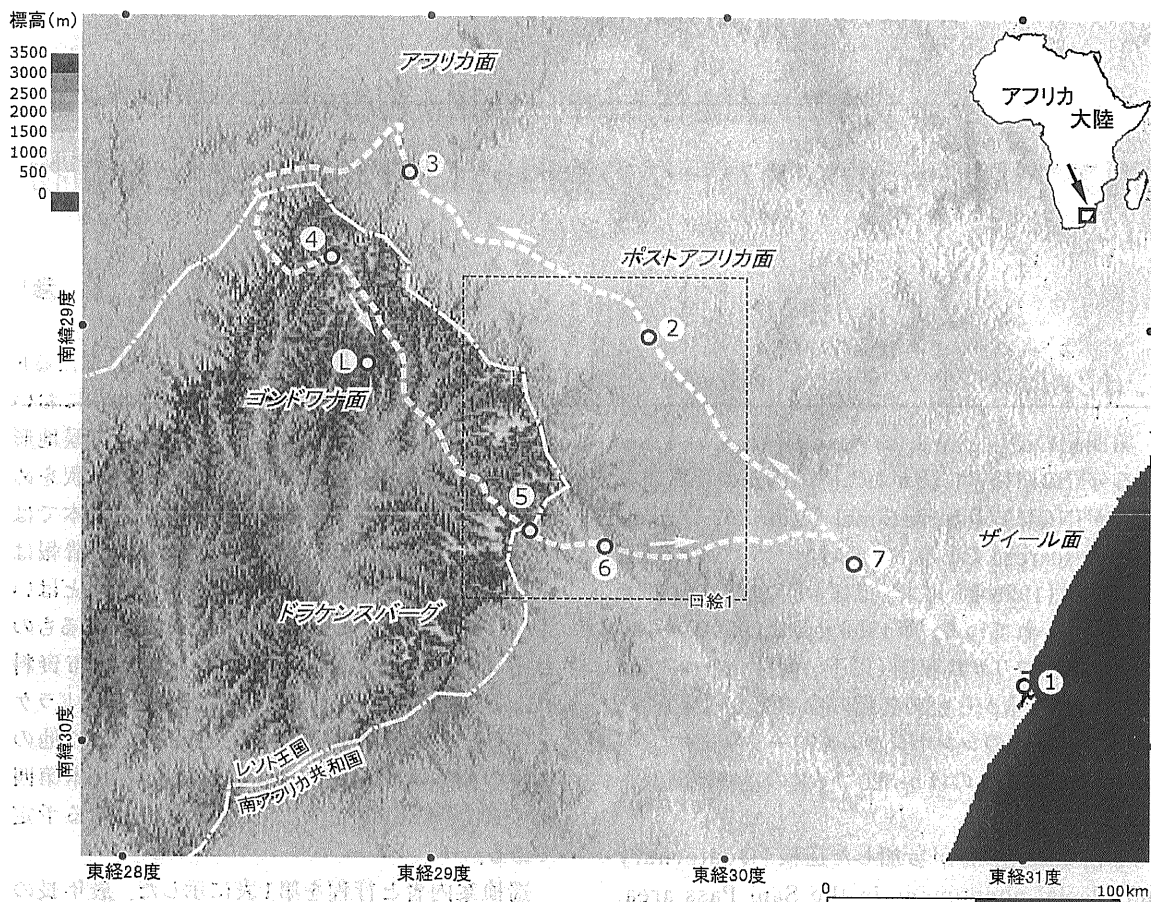
巡検案内者と行程を第1表に示した。最年長のHall教授 (在カナダ) は周氷河プロセス研究の第一人者で、最近南極における物理的風化について

第1表 巡検の行程と案内者。

日付	行程
8月12日	05:00ダーバンのホテルに集合後、自家用車3台に分乗して出発。07:20エストコートの高速道路ドライブインで朝食休憩。10:00オリバー・シューク・パスでポスト・アフリカ面を遠望。12:00南アフリカ共和国・レソト王国検問所通過。14:00オクスボウ通過。17:00サニ・パス着。サニ・トップ・シャレにてミーティングおよび夕食。
8月13日	早朝より雪が舞う。午前中の大半をサニ・トップ・シャレでの停滞で過ごす。10:30天候が一時回復したためサニ・パス直下のコルビウムを観察。13:00昼食後、非対称谷と残雪凹地の見学に出発。17:00サニ・トップ・シャレに帰還。19:00夕食。
8月14日	08:30サニ・トップ・シャレ発。09:00コティセフォラ・パス発。快晴のもと残雪をふみわけて東進。12:00クリオプラネーション・テラスが発達する無名の小鞍部で昼食。13:30岩塊流やアース・ハンモックを観察。16:00コティセフォラ・パス下の集落着。17:30サニ・トップ・シャレに帰還。19:00夕食。
8月15日	09:00サニ・トップ・シャレ発。サニ・パスの国境検問所通過。10:00グレート・エスカープメント下部の土石流堆積物や河成段丘礫層を観察。13:00ハイムビル通過。牧場レストランで参加者全員による最後の会食。16:00ピーターマリッツブルク通過。17:30ダーバン着。解散。
案内者	Grab, S. (リーダー; Witwatersrand大学地理学教室)・Boelhouwers, J. (Western Cape大学地球科学教室)・Hall, K. (Northern British Columbia大学地理学課程)・Meiklejohn, I. (Pretoria大学地理学教室)・Summer, P. (Pretoria大学地理学教室)

1) 地質調査所 地震地質部

キーワード: 南アフリカ共和国, レソト王国, ドラケンスバーグ, 国際第四紀連合 (INQUA), 気候地形



第1図 ドラケンスバーグとその周辺の地形。大陸縁辺隆起帯とみなされるドラケンスバーグは内陸に緩く傾くが、海側は急崖(グレート・エスカープメント)で断たれる。エストコートやハイムビルから眺めるドラケンスバーグは長大な山脈を連想させるが、実際は高原地帯である。破線は巡検のルート。陰影図はアメリカ合衆国地質調査所発行GTOPO30(30秒メッシュDEM)にもとづく。1:ダーバン, 2:エストコート, 3:オリバーシューク・パス, 4:オクスボウ, 5:サニ・パス, 6:ハイムビル, 7:ピーターマリツブルク, L:レトセンク・ラ・ダライ(気象観測点)。

成果をあげている。またGrab 博士ら他のメンバーは南アの少壮気鋭の周氷河地形・地質学者で、巡検の話題の大半が彼らの研究にもとづいていた。

ダーバンを早曉に発ち、3夜を南ア・レント国境のサニ・パスの山小屋で過ごし、4日目の夕刻ダーバンに戻る行程であった(第1, 2図, 写真1, 第1表)。サニ・パスでは山小屋を起点にトレッキング・スタイルで見学地を訪ねた。第四紀地質・地形学だけでなく、花粉分析学や植物生態学などの専門家を含む参加者は24名に達し、なお空席待ちがあったと聞く。参加者は世界各国から集まったが、アジアからは筆者だけだった。

2. ドラケンスバーグの大地形と地質, 気候

南部アフリカ大陸には高度の異なる複数の平坦面が分布する(King, 1967; 第1図)。それのうち、最高位にあって最古のものがゴンドワナ大陸分離前(ジュラ紀)に形成されたゴンドワナ面である。この面はオレンジ川源流の諸河川によって著しく開析されているが、ドラケンスバーグの最高標高域に残存がみられる(写真1)。ゴンドワナ面の周辺には、より新しいアフリカ面(第三紀初期以降)やポスト・アフリカ面(中新世以降)が分布する(口絵2)。ゴンドワナ面とこれらの新しい面とは、グレート・エスカープメントとよばれる比高1,000 m以上の大絶壁で画されている(第1図, 写真2, 口絵4)。

- 国際第四紀連合第15回大会巡検参加報告 -

南アフリカ・ドラケンスバーグの第四紀末期の気候地形と堆積物

荻谷愛彦¹⁾

1. はじめに

第四紀の環境と歴史について探究しているあらゆる分野の研究者に開かれた国際的かつ学際的な連合がINQUA (International Union for Quaternary Research) である。コペンハーゲンでの第1回国際会議(1928年)以来、ほぼ4年に1度の頻度で大会が開かれている。第15回大会は1999年8月3-11日に南アフリカ共和国(以下、南ア)ダーバン市で催され、日本からも20名超の参加があった。この会議では多数のシンポジウムやワークショップ、ポスター・セッションのほか、20コースの巡検が開催された。

本稿では、筆者が参加した巡検[Quaternary periglacial phenomena in the Sani Pass area, southern Africa (サニ・パス地域の第四紀周氷河現象)]を報告する。この巡検は南アと、それに囲

まれたレソト王国(以下、レソト)の屋根にあたるドラケンスバーグ東部(標高2,000-3,400m)において、最近数10万年間に形成された種々の気候地形とそれを構成する堆積物を観察し、その解釈をめぐって討論することを目的に企画された。日本では南アとレソトの第四紀地質・地形に関する情報はきわめて少ない。このため、4日間の小巡検とはいえ、その見聞録をまとめておくことは意味あるものと考えた。本稿では筆者の野帳メモと配布資料(Grab *et al.*, 1999)にもとづき、この巡検とドラケンスバーグの自然を紹介する。なお、会議や他の巡検の様子は参加者の分担執筆により、日本第四紀学会「第四紀研究」誌上で近く報告される予定である。

巡検案内者と行程を第1表に示した。最年長のHall教授(在カナダ)は周氷河プロセス研究の第一人者で、最近では南極における物理的風化について

第1表 巡検の行程と案内者。

日付	行程
8月12日	05:00ダーバンのホテルに集合後、自家用車3台に分乗して出発。07:20エストコートの高速道路ドライブインで朝食休憩。10:00オリバー・シューク・パスでポスト・アフリカ面を遠望。12:00南アフリカ共和国・レソト王国検問所通過。14:00オクスボウ通過。17:00サニ・パス着。サニ・トップ・シャレにてミーティングおよび夕食。
8月13日	早朝より雪が舞う。午前中の大半をサニ・トップ・シャレでの停滞で過ごす。10:30天候が一時回復したためサニ・パス直下のコルビウムを観察。13:00昼食後、非対称谷と残雪凹地の見学に出発。17:00サニ・トップ・シャレに帰還。19:00夕食。
8月14日	08:30サニ・トップ・シャレ発。09:00コティセフォラ・パス発。快晴のもと残雪をふみわけて東進。12:00クリオブラネーション・テラスが発達する無名の小鞍部で昼食。13:30岩塊流やアース・ハンモックを観察。16:00コティセフォラ・パス下の集落着。17:30サニ・トップ・シャレに帰還。19:00夕食。
8月15日	09:00サニ・トップ・シャレ発。サニ・パスの国境検問所通過。10:00グレート・エスカープメント下部の土石流堆積物や河成段丘礫層を観察。13:00ハイムビル通過。牧場レストランで参加者全員による最後の会食。16:00ピーターマリッツブルク通過。17:30ダーバン着。解散。
案内者	Grab, S. (リーダー; Witwatersrand大学地理学教室)・Boelhouwers, J. (Western Cape大学地球科学教室)・Hall, K. (Northern British Columbia大学地理学課程)・Meiklejohn, I. (Pretoria大学地理学教室)・Sumner, P. (Pretoria大学地理学教室)

1) 地質調査所 地震地質部

キーワード: 南アフリカ共和国, レソト王国, ドラケンスバーグ, 国際第四紀連合 (INQUA), 気候地形



写真1
コティセフォラ・パスから南東を望む。画面左手、遠景の稜線がもっとも低下したあたりがサニ・パス。

超える(第3図)。筆者の滞在中もサニ・パスの最低気温は連日氷点を下回った。

3. クリオプラネーション・テラス

サニ・パスの北西にコティセフォラ・パスという眺めのよい高みがある(写真1)。ここから獣みちを辿ること約1時間で小鞍部に飛び出し、そこでクリオプラネーション・テラスを観察した。

クリオプラネーションとは、ウォッシュ(流水の面的侵食)や集中的な凍結破碎作用などを中心的営力として、周氷河帯で生じる緩斜面化あるいは平

坦化作用のこと(French, 1996)であり、寒冷や凍結を意味する接頭語cryo-と動詞のplaneに由来する。これによって形成された階段状の地形がクリオプラネーション・テラスといわれている(写真3)。日本にはクリオプラネーション・テラスが存在しないが、シベリアや北米大陸北部ではしばしばみかける地形という。サニ・パス一帯では、クリオプラネーション・テラスは後述する非対称谷や残雪凹地とともに景観を大きく特徴づけている。サニ・パス周辺の場合、段の境には高さ数mから10mの急な裸岩壁が存在し、残雪や氷がへばりついていることが多い(写真4、表紙)。岩壁の下には粗大な角礫が



写真2 サニ・パス付近のグレート・エスカーPMENTを下方から望む。垂直に切り立った崖はジュラ紀の厚い玄武岩層(ドラケンスバーグ層)からなる。崖下の斜面も火入れと過放牧のために植生に乏しい。



写真3 コティセフォラ・パス東方のクリオプラネーション・テラス。玄武岩層の硬軟に対応するように階段状の地形が発達する。



写真4

クリオプラネーション・テラスの背後に発達する南向きの急崖。南半球では南向きの斜面の日当たりが悪く、残雪がみられる。崖の基部には崖から落下した岩屑が散在するが、現在は岩石の破壊は活発ではない。こうした崖がどのような地形形成作用により、どの程度の速度で後退しているのかは、過去のそれも含めてよくわかっていない。コティセフォラ・パス付近にて。

普遍的にみられる。また岩壁からやや離れた段の上には大礫・巨礫が散在し、アース・ハンモック(後述)や各種の構造土が分布する。

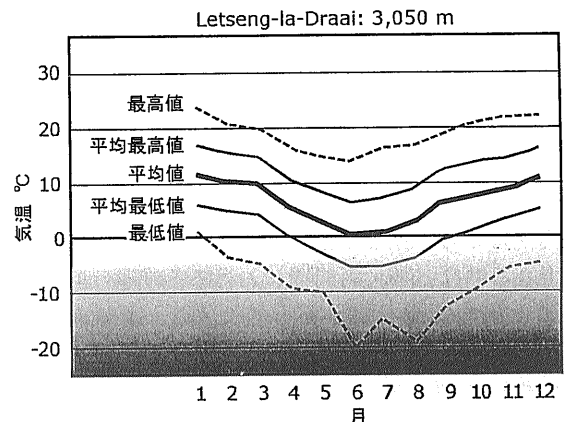
ドラケンスバーグでは、日本ほどではないが、相応の降雪がみられる。そのような環境下では、残雪からもたらされる融雪水が凍結破砕作用の発現に効果的に働いてきた可能性が高い。岩石の温度がくり返し氷点を上下しても、凍結膨張(水から氷への相変化にともなう9%の体積増加)を促す水分がなければその破壊は容易に生じない。しかし水で飽和したものなら、ほんの数回の上下サイクルにより破壊することが室内実験の結果から予測できるからである。また実際に手で触れてみるとわかるが、黒みの強い玄武岩の表面温度は冬季でさえ日射によって上昇し、その周辺での融雪の進行を促進する。急斜した裸岩壁のような雪を溜めやすい地形条件が一度生じさえすれば、岩石の破壊と崖の後退は雪の少ない乾燥寒冷地域よりも顕著になると考えられる。

とはいえ、ドラケンスバーグにおける現在の崖の後退速度とその営力は具体的に解明されておらず、過去のそれも謎である。また巡検では話題に上がらなかったが、凍結破砕以外の物理的風化(乾湿風化や塩類風化)・化学的風化も考慮せねばならないであろう。さらに、クリオプラネーション・テラスの発達には岩石の硬軟の条件が重要とされる(French, 1996)。案内者たちは風化に対する抵抗性との関連から、サニ・パス周辺で採取した岩石

の強度測定を試みていると話していたが、まとまった成果はまだ得られていないようである。

4. 非対称谷と残雪凹地

サニ・パス周辺には南北斜面の傾斜が異なる非対称谷が発達する。サニ・パスから徒歩約1時間の小鞍部の南側には、Meiklejohn博士によって詳しく調べられた非対称谷がある。ここでは、南向き斜面の傾斜は約20度で、玄武岩の角礫からなる比較的厚い岩屑層やそれを母材とする未熟な腐植土層が分布する。一方、北向き斜面の傾斜は約15度で、土層の発達はいくぶん悪い。斜面長も南北で



第3図 レトセンク・ラ・ドライにおける気温の年変化 (Grab et al., 1999より作成)。10年間の観測値にもとづく。



写真5 残雪凹地(雪窪)の下方に分布する晩氷期から完新世の河成・風成礫層とそれらに扶まれる泥炭層。正面遠景の円形劇場状の凹みが残雪凹地。



写真6 残雪凹地の下方に分布する河成・風成礫層と泥炭層を開析するガリー(写真5の下流側)。急速な下刻は基盤をなすドラケンスバーグ層にまで及ぶ。近年の過放牧とそれによる植生の破壊、表面流出量の増加が主因と考えられている。

異なり、北向きの方がやや長い。このため、谷底が北偏している部分が多い。また北向き斜面の最上部付近には、スプーンでえぐったような幅数10-数100m、深さ数m-数10mの谷頭がしばしば分布する(写真5)。小規模な圏谷(カール)にも似たこれらの谷頭の底には小さな雪溪が残ることがあり、その景観から残雪凹地(雪窪)ともよばれる。日本の高山では、北海道・大雪山に典型的な非対称谷がみられる。また残雪凹地は日本海側の高山を中心として、多雪な山地には普遍的に分布する地形である。

ドラケンスバーグの非対称谷の成因として、おもに斜面上部の残雪や、かつて存在したであろう小規模な氷河(サニ・パスには最終氷期に氷河が存在したとする仮説があるが、圏谷や堆石などは見つかっていない; Grab *et al.*, 1999)から供給される水に伴うウオッシュがあげられている。また寒冷な気候下ではソリフラクションやフロストクリーブ—斜面表層の岩屑層が凍結融解をくり返して下方へ年間数mm-数cmの速さで移動する現象—も当然ながら作用してきたと考えられる。ここで重要となるのは、南北両斜面におけるこの種の地形形成作用の速度と寄与率の差である。両斜面の水分・日照条件の違いは、斜面上で発現する地形形成作用の質と速度を明確に制約するからである。実際、両斜面上に見られる微地形は必ずしも共通しておらず、現在及んでいる地形形成作用の質や速度が異なることを暗示している。また案内者らに

よると、岩屑層や土層の厚さのほかに、それらの含水量や粒度組成も南北両斜面で異なるという。結局、非対称谷は相対する斜面における環境の違いが地質学的時間を通じて働き続けてきた結果形成されたと推定されるが、前述のクリオプラネーションと同様にそれを量的に論じるには至っていない。サニ・パス周辺ではクリオプラネーション・テラスと並んで非対称谷も景観の重要な構成要素であるが、その発達史はまだ謎に包まれている。

残雪凹地は世界の多くの雪山に分布する地形であるにもかかわらず、その形成メカニズムはあまりわかっていない。上述のように、残雪は豊かな水源となることから、残雪凹地とその周辺の斜面ではウオッシュやガリーによる面的・線的な侵食が卓越すると考えられる。またソリフラクションやフロスト・クリーブに特有な舌状・シート状の微地形が凹地の内部にみられることから、その種の作用も及んでいると想像される。さらに、各地でなされた野外実験などにもとづくと、残雪凹地では凍結破碎や乾湿交代、塩類析出に関連した各種物理・化学的風化も起こっていると考えられる。残雪凹地で生じているこれら一連のプロセスこそ凹地形の形成に深くよっていると信じられ、それがナイベーション(nivation)と総称されたのは実に100年前のことである。それ以降、ナイベーションの実態を明らかにする努力が数多く払われてきたが、残念ながら一般化には至っていない。自然界ではナイベーションを構成する個々の作用が複雑に絡み合うため、そ

れらを分離して量的に評価することがむずかしいのが最大の理由であろう。実は、筆者も学生時代にナイベーションの定量化を志したことがあるが、野外実験は頓挫したまま年月が経った。Hall教授をはじめとする巡検の案内者はみな野外実験に相應の経験があると思われるが、まだ誰もこの地域の残雪凹地で起こっていることを具体的に調べてはいない。

谷頭に残雪凹地を有し非対称谷に合流する小河川の底には、ドラケンスバーグ層を覆う厚さ3-5mの河成・風成砂礫層がみられる。現在、過放牧による裸地化とそれによる表面流出量の増加、風食のために砂礫層の開析が進み、観察に好適な露頭が随所に出現している(写真5, 6)。ふつう砂礫層の上部と下部には厚さ数10cmの数層の泥炭層が挟まれる。サニ・パス周辺では、こうした泥炭層はおよそどの谷にも広く分布しており、局所的な地形・環境変化(たとえば、斜面崩壊による河川のせき止めとそれによる湖沼の出現)の産物とは考えられない。近隣の谷では最下位の泥炭層から1.35¹⁴C万年前(暦年尺度で約1.6万年前)が得られている。このことは、この地域の谷底には最終氷期極相期以前の堆積物がほとんど残っていないことと、最終氷期極相期直後の約1.6万年前に泥炭が集積するだけの植生がすでに成立していたことを示唆する。詳しく検分する時間はなかったが、泥炭層は植物繊維がパイ皮のように幾重にも重なってできていた。一見したところ木片や球果はなく、かつて草本がこの地に繁茂していたことを伺わせる。

日本では月山や飯豊山、白馬岳などの残雪凹地の下方にこれに類する完新世の泥炭層が分布しており、それらの詳細な分布調査や花粉分析、テフクロクロノロジーを通じて高山の環境変遷が論じられてきた(たとえば高山地形研究グループ, 1978; 山中, 1983; Kariya *et al.*, 1996)。これらの山地では最終氷期が終わる1.1万年前以降、気温の上昇と降雪量の増加(湿潤化)が起こり、それまで森林限界以高にあって裸地だった斜面にササや雪田植生(いわゆる湿性お花畑)が侵入して泥炭層が形成されたとみられる。また完新世後半にも気候寒冷化が起こり、消雪の遅れや地形変化があったことが最近解明されつつある。

サニ・パス周辺の泥炭層についても数地点で花

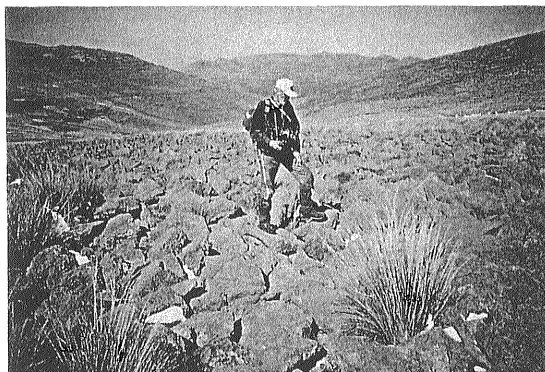


写真7 コティセフォラ・パス東方の岩塊流。表層部は基質を欠き、歩行も容易でない。最大横断幅約75mのこの岩塊流は、幅の広い非対称谷の底に長さ約1.1kmにわたり連続する。礫の表面は鉱物の差別的溶食のため凹凸に富み、2mm程度の風化皮膜もみられる。

粉分析が行われていると聞いたが、それらの結果は日本で入手しがたい現地の雑誌に掲載されているのが残念である。この論文をいつか手に入れたものだが、日本のような詳細な調査(それとて不十分ではあるが)はまだ行われていないらしい。サニ・パス地域でもデータ獲得点を面的に展開し、詳細な分析を取り入れれば古環境を具体的に明らかにできるのではないだろうか。今後のなりゆきに注目したいところである。

5. 岩塊流

長径1m前後、またはそれ以上の粗大な岩屑が累々と堆積した細長い地形を岩塊流とよぶ。ふつう表層部は基質を欠く。岩塊流はドラケンスバーグ各地に分布するほか、南アではジャイアント・カッセルや西ケープ山地、東ケープ州アマトラ山地でもみられるという。

Boelhouwers博士によると、コティセフォラ・パス東方のものはこの地域における典型的な一例である(第2図)。幅広い非対称谷の底に横たわり(縦断方向の長さ1.1km, 最大幅75m)、亜円礫が露出するその表面は起伏に富んでいる(写真7, 8)。鉱物の差別的溶食のために礫の表面は凹凸が顕著で、ハンマーで割ると厚さ2mm以上の風化皮膜(化学変化による岩石表面の変色部)が認められた。また表面礫のa軸方位は谷の最大傾斜方向を指向する

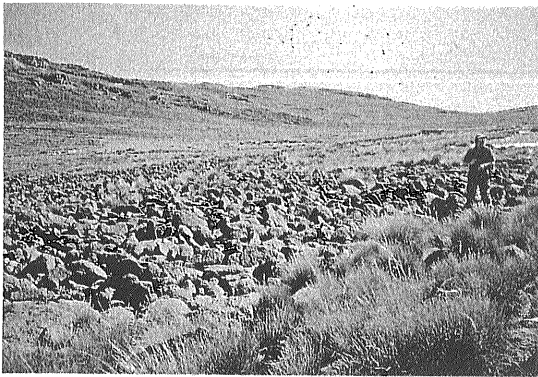


写真8 コティセフォラ・パス東方の岩塊流。谷の下方から上方を望む。右手の人物の背後に分布する岩塊流は、非対称谷の中心に分布する別の岩塊流(写真7の岩塊流の下部)に合流するような平面分布を示す。岩塊流の形成機構や年代は不明である。

が、やや大きな支流の合流点付近では指向性が乱れる(写真8)。岩塊流の末端はモレーン状の高まりを形成しているが、地表は背丈のある草本に覆われて露頭もないため堆積物の詳細は明らかでない。

岩塊流は高山・極地方では決して珍しいものではないが、その形成機構や発達史は意外にわかっていない。この事例では案内者は岩塊流がかつて細粒物に富む基質に支持されており、それが凍上・沈下をくり返すうちに次第に斜面下方へ移動して形成されたと考えている。もう少し詳しく書くと次のようである。基質に充填された砂礫層が凍結するときは斜面に対し垂直に凍上が起こるが、融解して沈下するときは鉛直方向になる。つまり1回の凍結融解ではその差だけ斜面下方への物質移動が起こり、斜面の傾斜が大きいほど移動速度も大きくなる。また融解時には砂礫層のゆっくりとした流動も生じる。Fahey (1974) などの報告にもとづき地表での年間の移動速度を約1.8cmと仮定した場合、岩塊が約1km移動して今日の景観を形成するのに約5.5万年を要することになる。そして、砂礫層が移動する過程で礫のa軸方位が最大傾斜方向に再配列する。小谷の合流点でその指向性が乱れるのは、側方から別の砂礫層が流入したためである。表層部の基質はその後の侵食で失われたが、一部が岩塊流の末端などに残っている。

果たしてそうだろうか？ わが国でも、日本アルプ

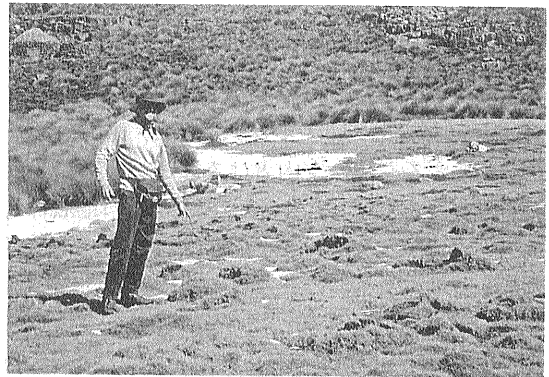


写真9 コティセフォラ・パス東方のアース・ハンモック。人物のすぐ脇にあるものは形態が比較的整っているが、その他のものは家畜の踏みつけやアイス・ラットのトンネル掘りのために破壊されつつある。背後の残雪からもたらされる融雪水のために、人物が立っている付近はかなり多湿である。

スをはじめ北上山地や関東山地、中国山地に岩塊流はある。それらとドラケンスバーグのものは規模も傾斜も分布高度も異なるので全く同列に論じるわけにはいかないが、少なくとも日本の岩塊流の多く(とくに低標高のもの)は古い河成堆積物や崖錐堆積物から基質をなす細粒物質だけが流亡して生じたとしても十分説明可能と筆者は考えている。ドラケンスバーグの事例でも、こうした視点での再考が必要かもしれない。岩塊流をただちに寒冷環境に結びつける研究者は少なくないが、古環境の指標として適切かどうかは、その年代論とともに慎重に判断せねばならないであろう。

ここで、礫の風化皮膜の厚さから岩塊流の年代を推定してみよう。化学的風化速度は地域によっても環境によっても異なる場合もある点に注意する必要があるが、北米では玄武岩に厚さ2mmの風化被膜が成長するために10-30万年を要する(Birkeland, 1999)。コティセフォラ・パスの岩塊流は、最終氷期どころか、それよりずっと古い可能性がある。

6. アース・ハンモック(サーファー)

いま述べたコティセフォラ・パスの岩塊流に接して、草本に覆われた平均長径70cm、平均高さ16cmの塚が無数に分布する(写真9)。これはアース・ハンモックやサーファーといい、日本でも凍結坊

主とか十勝坊主というユニークな術語でよばれた構造土の一種である。この微地形の形成機構や形成環境は世界各地で調べられており、土壤の凍結融解とそれによる凍上・沈下を重要とみる見解が多い。この地域のものはGrab博士によって最近詳しく調べられた。彼は塚の頂部と、隣りあう塚の間の低所で通年の地温観測を行い、凍結融解の発生回数や到達深度を具体的に明らかにした。また凍上に重要な役割をはたす土壤の水分条件や粒度組成についても調べた。それによれば、塚の間の低所には冬に浅い積雪がある一方、頂部は強風のために雪から開放されており、双方の環境は著しく異なることが明らかになった。積雪深にもよるが、雪は大地への寒気の侵入を防ぐ断熱材となるため、雪の多寡は年間の凍結融解の発生頻度と凍結深を左右するのである。またアース・ハンモックは湧水がみられる湿地やその周辺に多く分布する傾向があり、土壤中での氷レンズの成長が凍上の発生に効果的であることをうらづけている。

ところで、半数以上のハンモックが半分に割れたり破壊されたりしている(写真9)。これは乾燥収縮や霜柱凍上、風食、ソリフラクションなどの作用のほか、家畜の踏みつけやネズミ(*Otomys sloggetti*)のトンネル掘りが原因という。ハンモックは形成と破壊をくり返していることになるが、その成長速度などは十分わかっていない。なお、Grab博士らはサニ・パス周辺における風食の重要性を折にふれて強調していたが、日本の高山を見



写真10 サニ・パス直下のコルビウム。淘汰の悪い粗雑な岩屑層と、それに挟まれる数層の埋没腐植土層からなる。ドラケンスバーグには随所にこのような堆積物が分布する。

なれた筆者にはさほど風の強い場所には思われなかった。日本の高山でよくみられる風食小屋(デフレクション・スカー)や偏形樹は、少なくとも筆者が歩いた範囲ではほとんど認められなかった。

7. サニ・パス直下のコルビウム

サニ・パスから東へ向かうと、国道はすぐにグレート・エスカープメントのカーブにさしかかる(第2図)。この峠道の法面に厚さ10m以上のシルト質砂礫層と、それらに挟まれる数層の埋没腐植土層がみられる(写真10)。砂礫層にはレンズ状の堆積構造がしばしば認められることから、一部はウォッシュや土石流などで水流運搬されたものと考えられる。それ以外の部分は無層理・無淘汰であり、ソリフラクションや土壤クリープ、あるいは急速なマス・ムーブメントで運ばれてきたものであろう。さらに、どの層準にも直径1m程度の角礫が散見される。これは露頭の背後にある急崖から落下・転動してきたものであろう。ただし、この砂礫層の詳しい堆積学的研究は行われておらず、移動・運搬プロセスの詳細は今後明確にされると思われる。埋没腐植土層についても、花粉・植物珪酸体分析はおろか、年代測定すら行われていないと聞いた。こうした腐植土層は気候変化による植生変遷の他に、民族移動や火入れなどに関連して生成した可能性もあり、自然環境ばかりでなく人文・考古現象の復元にも役立つかもしれない。筆者はこれとよく似た埋没腐植土層をドラケンスバーグの道路脇で何度も目撃しており、あちらこちらに分布する可能性が高い。今後の研究展開が楽しみである。

8. おわりに

この巡検で気づいた点をコメントしておこう。

第1に、地形・地質の記載やそれにもとづく詳しい解説はあったが、年代論はほとんどなかった。また地形形成作用の量的議論もあまりなかった。案内者は地形形成作用の専門家ぞろいだっただけに惜しいところである。第2に、氷期-間氷期という時間尺度での地形・環境変化にしばしば説明の中心が置かれたが、完新世のそれは考慮されているようには思えなかった。欧米やアジアでは、最近

約1万年間に複数回の気候寒冷化があったことが知られるようになった。同様の環境変化が南アの高山帯でも起こったのかどうかは興味深い問題である。第3に、地形図の読図は地形理解の基礎であるにもかかわらず、それらのコピーさえ配布されなかった。基本的な情報として、そのような資料を添えてほしかった。

こうした反面、Grab博士ら案内者の柔和さと親切さのおかげで、この巡検には終始和気藹々とした雰囲気は漂っていた。またサニ・パスの山小屋のもてなしもうれしかった(写真11)。この巡検を企画・運営して下さった各位に紙面を借りてお礼申し上げたい。

日本から南アは遙か遠い。東京から要都ジョハネスブルクを経由してダーバンまで、東南アジアでの乗り継ぎを含めて空路で丸1日かかる。それだけに、私たちが知らない自然の魅力がこの国にはまだまだありそうだ。機会があれば私はいつかまた南アを訪れてみたいと思う。冬には一面が枯れたサニ・パスも春になれば緑で覆われるとGrab博士は言っていた。抜けるような青空と白い残雪と芽吹きの新緑を配した季節は、きっと素晴らしい所なのであろう。

謝辞：この会議と巡検の出席には科学技術振興調整費重点基礎研究渡航旅費を使用した。渡航の機会を与え、手続きを進めて下さった地質調査所国際協力室の皆様には感謝いたします。また現地情報を丁寧に教示して下さいました在日南アフリカ観光局にお礼申し上げます。

参考文献

Birkeland, P. W. (1999) : Soils and geomorphology (3rd ed.). Oxford Univ. Press, 430p.

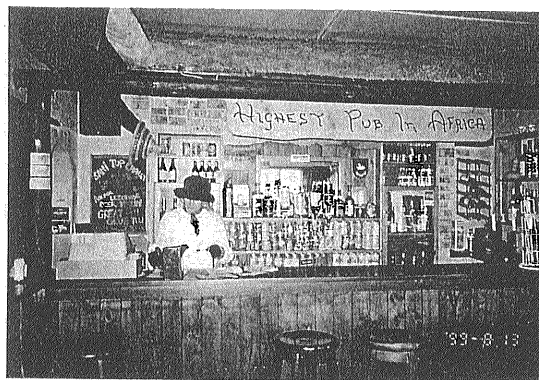


写真11 サニ・パス唯一の山小屋サニ・トップ・シャレ。アフリカ大陸最高所のパブがあり、暖炉を囲んで一杯楽しめる。

Council for Geoscience of South Africa (1997) : Geological map of the Republic of South Africa and the Kingdoms of Lesotho and Swaziland. 1:1,000,000, 4 sheets.

Fahey, B. D. (1974) : Seasonal frost heave and frost penetration measurements in the Indian Peaks region of the Colorado Front Range. *Arctic and Alpine Research*, no.6, p.63-70.

French, H. M. (1996) : *The periglacial environment* (2nd ed.). Longman, p.341.

Grab, S., Boelhouwers, J., Hall, K., Meiklejohn, I. and Sumner, P. (1999) : Quaternary periglacial phenomena in the Sani Pass area, southern Africa. *XV INQUA conference field guide*, pp.40.

Kariya, Y., Sasaki, A. and Arai, F. (1996) : Initiation of alpine grassland and wet meadow soils on snowy mountains in central Japan: a tephrochronological estimate. *Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ.*, no.31, p.105-117.

King, L. C. (1967) : *Morphology of the Earth*. Hafner, p.699.

高山地形研究グループ(1978) : 白馬岳高山帯の地形と植生。p.164.

山中英二(1983) : 飯豊山地の高山湿草土の¹⁴C年代とそれに関係した二・三の問題。 *第四紀研究*, no.21, p.315-321.

KARIYA Yoshihiko (2000) : Climatic geomorphology and geology of the eastern Drakensberg in South Africa: a short report on the XV INQUA excursion.

< 受付：1999年11月18日 >