

HGM021-01

会場:301A

時間:5月25日 14:15-14:30

サンゴ礁外洋側斜面の高解像度マルチビーム地形探査 High-resolution multibeam bathymetric surveys of outer reef slope

菅 浩伸^{1*}, 長尾 正之², 中島洋典³, 後藤 和久⁴, 堀 信行⁵, 横山 祐典⁶, 鈴木 淳², 高田 慎⁷, 中野浩一⁷

Hironobu Kan^{1*}, Masayuki Nagao², Yosuke Nakashima³, Kazuhisa Goto⁴, Nobuyuki Hori⁵, Yusuke Yokoyama⁶, Atsushi Suzuki², Shin Takada⁷, Kouichi Nakano⁷

¹ 岡山大学, ² 産総研地質情報, ³ 有明高専, ⁴ 千葉工大, ⁵ 奈良大学, ⁶ 東京大学, ⁷ (株) 東陽テクニカ

¹ Okayama University, ² Geological Survey of Japan, AIST, ³ Ariake National College of Technology, ⁴ Chiba Institute of Technology, ⁵ Nara University, ⁶ University of Tokyo, ⁷ Toyo Corporation

サンゴ礁の礁縁から外洋側にかけての礁斜面の地形は具体的に提示されることが少ない。サンゴ礁の外洋側には縁脚縁溝系のように、シングルビーム測深による二次元の断面図では表現できない地形が多く存在する。本研究ではワイドバンドマルチビーム測深機を用いてこれらの地形の高解像度マッピングを行い、デジタル三次元図として可視化することを試みた。

本研究グループでは2010年11月に東陽テクニカ(株)ワイドバンドマルチビーム測深機 R2Sonic2022 を岡山大学に導入した。R2Sonic2022 は、周波数(200~400kHz)とスワッス幅 10~160°を任意に設定可能な最新のマルチビーム測深機であり、幅 1°(周波数 400kHz を使用した場合)の分解能をもつ 256 本のビームを同時に海底に照射する。同機は従来の等角度測深に加えて当密度測深が可能であり、スワッス幅周辺部でも高い解像度を確保している。

測深には R2Sonic2022 本体と周辺センサ(GPS, モーションセンサ等)を組み合わせたシステムを構築している。GPS は Hemisphere 社製 VS111 GPS Compass に A30(主), A20(副)の2台のアンテナを接続する。DGPS で測位し、アンテナの間隔を 1.0m とした場合の精度は 0.6m。方位精度は 0.15°である。船の動揺を補正するモーションセンサには Teledyne TSS 社製 Dynamic Motion Sensor DMS-10 を使用した。DMS-10 のダイナミック精度は Roll, Pitch = 0.07°, Heave = 5cm である。測深機 R2Sonic2022 単体でのレンジ分解能(鉛直方向の分解能)は 1.25 cm, 水平方向分解能は 1 × 1°である。測深に関しては周辺センサの精度が関わってくるため、測深システム全体の鉛直方向の精度は 5~10cm である。

測深データの収録・データ処理ソフトウェアには統合型水路測量ソフトウェア HYPACK 2010 を用い、三次元地形表示と解析には 3D ビジュアライゼーションソフトウェア Fledermaus を使用している。

本報告では2010年11月に沖縄・久米島南部にて行った調査の様子を紹介する。測深域の最大水深は 280m であるが、本発表では特に高解像度の測深を行うことができた水深 60m 以浅の礁斜面について 0.7~1m メッシュ水深の三次元図で表すとともに、水深 10m 前後の地形の一部について 0.1~0.5m メッシュ水深での三次元図を提示する。このように可視化した地形情報を基に、礁斜面の地形的特徴を明らかにする。

キーワード: 測深, マルチビーム探査, サンゴ礁, 礁斜面, 久米島, 琉球列島

Keywords: bathymetric survey, multibeam sonar, coral reef, reef slope, Kume Island, Ryukyus

HGM021-02

会場:301A

時間:5月25日 14:30-14:45

ニューカレドニア・グランドテール島の河川地形 Fluvial landforms of mountain rivers in Grande Terre, New Caledonia

島津 弘^{1*}

Hiroshi Shimazu^{1*}

¹ 立正大学

¹ Rissho University

南太平洋の島々は火山島やサンゴ礁島ばかりではなく、1000mを超える高い標高の山地を持つ島がある。このような島々には山地を刻む水系が発達している。発表者はこれまで熱帯河川の地形と土砂移動プロセスの特徴を明らかにするために比較的新しい火山岩からなるフィジーのヴィチレヴ島において地形計測と現地観察を行ってきた。ニューカレドニアのグランドテール島は、フィジーに比較的近く 1000m 以上の標高を持つ山脈が発達しているという特徴を持つがその地質は大きく異なっている。そこで、グランドテール島を取り上げて調査を行うこととした。山地を流下する流路長が数 10km～数 100km 程度の中・小規模河川を取り上げ、フランス国立地理院 (IGN) 発行の 1:50,000 地形図 (等高線間隔 20m) を用いた地形計測と予備的な現地観察を行った。

ニューカレドニアのグランドテール島は、面積 16,372 km²、最高高度 1628m の、オーストラリア大陸の一部であった超塩基性岩類と古生代以降の堆積岩・火山岩からなる幅 70km、長さ 400km の細長い島である。気候は年平均気温 23.0℃、最寒月平均気温が 19.9℃、年降水量は 1134mm 程度と少なくケッペン区分で Aw に分類される。島を縦断する方向に山脈が走っており、ここに源を発して海まで流下する河川が多い。水系は山脈と平行する方向とそれと直行する方向が卓越している。横谷の部分では河川は激しく蛇行しており、蛇行部に礫州が発達している。流路長の長い河川は河口部に三角州が発達している。ヴィチレヴ島の河川に比べ流路長が短いのに対し、山脈の高度がやや高いため、ヴィチレヴ島の河川に比べて流域勾配、下流部の河床勾配は急である。フンボルト山 (標高 1618m) を流域にもつトントウタ川下流の観察では、礫が表面全体を覆っておりマトリクスは少なかったが、最大粒径は小さかった。

フィジーのヴィチレヴ島と同様に礫床河川が発達しており、礫の生産、移動が活発に行われていることが示唆される。グランドテール島では山地内に分布する大規模なニッケル鉱山からの土砂流出が三角州の発達に影響を及ぼしていることが指摘されており、河床堆積物にも影響していると考えられるが、これについては今後の課題である。

キーワード: 礫床河川, 山地河川, 河川地形, グランドテール島, ニューカレドニア

Keywords: gravel bed river, mountain river, fluvial landform, Grande Terre, New Caledonia

HGM021-03

会場:301A

時間:5月25日 14:45-15:00

温帯湿潤気候下の鳥取砂丘に見られる砂簾の形成プロセス

Formation of dry sand avalanches in Tottori Sand Dunes, southwest Japan, in humid temperate climate

小玉 芳敬^{1*}, 美藤 彩花²

Yoshinori Kodama^{1*}, Ayaka Bitou²

¹ 鳥取大学地域学部, ² 但馬信用金庫

¹ Fac.Regional Sciences, Tottori Univ., ² Tajima Shinkin Bank

1. はじめに

鳥取砂丘では、砂が流れて作る簾状の微地形を「砂簾」と呼ぶ。第2砂丘列や追後スリパチなどの滑落斜面の上部で、この微地形を観察することができる。乾燥した砂が集団で斜面を流れ降る「乾燥岩屑流」が舌状地形を形成し、これらが何本も複合することで簾状の微地形景観を成す。砂簾という名称を初めて用いたのは徳田(1917)であり、砂簾について最も詳しく記述された文献である。しかし、砂簾の発生や停止機構など、砂簾形成プロセスに関しては十分に調べられていない。本研究の目的は、砂簾が形成される条件、発生場所や動態特性を解明することである。

2. 調査方法

まず鳥取砂丘で砂簾の観察・計測を行った。砂簾の舌状地形の幅・長さや、砂簾が観察される斜面の傾斜角を測定した。次に平面水路に砂簾を再現することでその幅や長さの特性を調べることを目的として実験を行った。実験には、幅40 cm、深さ10 cm、長さ200 cmの木製水路を使用し、水路を土台に設置して傾斜32度に傾けた。水路床には厚さ約4 cmで、湿らせた海岸の砂(砂丘砂と類似した0.2 mm~0.5 mmの粒径)を敷き詰めた。水路の上流部40 cm区間にはさらに砂を盛り、湿らせることで安息角よりも急な38度ほどの傾斜を形成し、これを初期条件とした。自作のヒーターを用いて水路上流部の38度区間を中心に乾燥させ、砂の流れ方を観察した。

鳥取砂丘における砂簾の観察より、砂簾の部位によって砂の粒径に違いが認められた。そこで鳥取砂丘および平面水路実験で観察された砂簾上部の崩壊地、舌状地形の中心部、側面、先端部の砂を個別に採取し、粒度分析を行った。

3. 調査結果および考察

a) 野外調査: 野外において砂簾を観察した結果、砂簾には2種類あることが判明した。ひとつは強風を伴う降雨後、数日間に観察される「乾いた砂」と「湿った砂」のコントラストが明瞭な「小型の砂簾」である。もうひとつは快晴が続いた時に観察される「乾いた砂」からなるコントラストが不明瞭な「大型の砂簾」である。両者の砂簾には共通して、「発生域」と「流動停止域」が存在した。発生域の斜面は、湿っており崩壊跡地をいくつも確認でき、その傾斜は38度~42度と急であった。発生域は斜面上部に帯状に分布し、その幅は2 m~4 mであった。発生域の下方に流動停止域があり、傾斜31度~34度の斜面に舌状地形が形成された。その流下距離は3 m~6 mであった。

砂簾の形成過程は次のように考えられる。砂丘列の頂部を吹きぬける風の一部は、風下側斜面で剥離を起こし、剥離渦が生じる。強風により運ばれる砂が雨などで湿ると、剥離渦との関係で斜面上部に砂が付着して、そこに安息角よりも急な斜面を形成する。この急斜面が日射により乾燥する過程で不安定となり、崩壊して乾燥岩屑流が発生する。それらは舌状地形を形成しながら流動しやがて停止する。安息角よりも急な斜面の形成を考慮すると、砂簾は滑落斜面の上部でしか発生しないことが理解される。

b) 平面水路実験: 平面水路実験で砂簾を模擬し観察した結果、時間の経過とともに砂簾は大型化した。野外で観察されたコントラストの明瞭な小型の砂簾は、実験開始数時間の間に形成され、コントラストの不明瞭な大型の砂簾は、砂面全体が乾くにつれて形成された。すなわち野外で観察された2種類の砂簾は、発達段階の違いにすぎず、急斜面の崩壊により形成されるプロセスは同じである。

c) 粒度の平面的分級: 鳥取砂丘、平面水路実験いずれの試料においても、砂簾の舌状地形縁辺部ほど粒径が粗いことが確認された。崩壊地や舌状地形の中心部の粒径は0.25 mmであったが、側面と先端部は粒径0.35 mm前後と粗かった。このことは、砂簾流下時の岩屑流内部で粒度偏析が起きていることを意味する。つまり流下過程で細粒岩屑は間隙を下降して底部に到達し、そこに残留する。いっぽう粗粒岩屑は上方に、そして縁辺部に押しやられ、そこに集積する。粗粒岩屑同士が互いに噛み合うと粒子間抵抗が増し、また流下に伴い流動体の体積が減少する。その結果、均一傾斜の斜面途中で、砂簾は流動を停止すると考えられる。

4. おわりに

砂簾の形成プロセスは以下のようにまとめられる。雨などで湿った砂は、剥離渦の影響で風下側斜面の上部に堆積し、そこに安息角よりも急な傾斜が形成される。この急斜面が日射により乾燥する過程で不安定となり、乾燥岩屑流が発生し時間の経過とともに大型化する。流動する岩屑流の内部では粒度偏析が生じて粒子間抵抗が増し、先端部に舌状地形

を維持しながら停止する。このようにして簾状の微地形が形成される。

文献 徳田貞一 (1917) バルハンとスリバチ (第三稿). 地質学雑誌, 24(282), 121-135.

キーワード: 乾燥岩屑流, 形成実験, 鳥取砂丘, 砂簾, 安息角, 粒度偏析

Keywords: dry sand avalanche, avalanche formation experiment, Tottori Sand Dunes, sand curtain, angle of repose, particle size segregation

HGM021-04

会場:301A

時間:5月25日 15:00-15:15

関東平野西縁丘陵の谷頭部における水流発生条件の空間的・時間的变化 Stream-head migration in the head hollow of the hills :A preliminary observation in the western Kanto Plain

佐藤 佑輔^{1*}, 田村 俊和², 町田 尚久¹

Yusuke Sato^{1*}, Toshikazu Tamura², Takahisa Machida¹

¹ 立正大・院・地球環境, ² 立正大・地球環境

¹ Geo-environmental Science, Ritssho Univ., ² Geo-environmental Science, Ritssho Univ.

谷頭部は表層崩壊や土壌匍行などのマスムーブメントによってさまざまな形態種の微地形単位で構成され、そこへ水流の領域が拡大している最先端である。

水流発生地点である水路頭の上流側には明瞭な水路が形成されていない谷型斜面を呈する微地形として谷頭凹地が存在する。谷頭凹地は一般的に崩積成層がみられることから掘削と埋積の繰り返しで形成・維持・更新されていると考えられている。また谷頭凹地の下部には、かつて水路として機能していたが現在は埋没したと考えられる、しばしば浅い凹地がみられ (Subhollow; 田村 2007)、谷頭凹地の多重構造を示唆している。

谷頭部を構成する各微地形単位の比率は、地中水を集め表流水に転化させる条件 (地形・土層・地質・植生等) により異なると考えられる。そこで、主として新第三系～下部更新統で構成される関東平野西縁丘陵を対象に 1/25,000 地形図より分水界から水流発生地点までの距離を比較するための便法とし、1 次谷の最高点と 2 次谷へと合流する地点間の起伏比と距離の関係を土地被覆別にわけ、谷頭部の現地観察にてそれらの関係性を比較した。その結果、関東平野西縁丘陵別や各丘陵地内の土地被覆ごとでも異なり、1 次谷の起伏比と距離の間に逆相関の関係を認めた。

埼玉県岩殿丘陵の一谷頭部は上記の起伏・距離の関係が標準的であり、比較対象とする際の基準となりえると判断した。この谷頭部の谷頭凹地末端からは高さ約 1 m の現在の水路頭を境界として下流へ水路が伸びている。この水路頭は、砂質シルト・泥岩基盤の溝を厚さ 1m、幅 2m 弱の亜円～円礫層 (斜面上部のみ存在する鮮新統と思われる河成礫層から斜面上を移動してきたもの) が埋めていると考えられる。そこから上流に向かって谷頭凹地内に長さ 10～20m、幅 1～3m 程のいくつかに分岐した浅い凹地が伸びている。位置と形態、土層構造の特徴から、過去に上流側へ伸びていた水路が匍行・崩積性土砂によって埋められたものと考えられる。この埋没溝状部 (上記の Subhollow と同義) の土層構造は現水路頭から数 m 上流の地点において下位から、厚さ 40～50cm 程の礫の密集した第 3 層、厚さ 15～20cm 程の礫がほとんど含まれていない第 2 層、厚さ 10～20cm 程の礫の密集した第 1 層がみられる。それより上流側に微細な遷急点を隔てた溝には礫が散在した 1 層が埋めるのみで、さらに上流側の埋没溝状部ではない斜面は礫を含んでない土層で構成される。

上記の特徴から、この溝状部の上流半部では 1 回の埋積と掘削が行われ、下流半部では斜面上部の礫層由来の急激な土砂移動が 2 回と、その間の比較的緩慢な匍行等で、という 2 回の掘削と埋積の伸長を繰り返しがあったことがわかる。このように水路頭は上流下流へとその移動範囲も時期により異なる。

今後さらに関連する斜面プロセスを検討し、時間めもりを入れることによってこのような水路頭の位置の移動をもたらした環境変動についての議論ができる。

キーワード: 谷頭部, 微地形, 谷頭凹地, 埋没溝状部

Keywords: Valley-head, Micro-geomorphic, Head hollow, Subhollow

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



HGM021-05

会場:301A

時間:5月25日 15:15-15:30

阿武隈山地の削剥速度 Denudation rates of Abukuma mountains, Japan

松四 雄騎^{1*}, 牧野久識², 松崎浩之², 八反地剛³

Yuki Matsushi^{1*}, Hisashi Makino², Hiroyuki Matsuzaki², Tsuyoshi Hattanji³

¹ 京都大学防災研究所, ² MALT 東京大学, ³ 筑波大学 生命環境

¹ DPRI, Kyoto University, ² MALT Univ., Tokyo, ³ Geoenviron. Univ., Tsukuba

阿武隈山地の花崗岩および花崗閃緑岩地域において、河川堆積物中の石英に含まれる宇宙線生成核種 Be-10 および Al-26 の濃度を分析し、千年スケールでの流域の平均削剥速度を求めた。削剥速度は、およそ 50-100 mm/kyr の値であり、花崗岩地域でやや大きい値であった。このことは岩質が長期的な削剥速度に影響していることを示している。また、全体として傾斜が大きい流域ほど削剥速度が小さくなるという、通常期待される対応関係と逆の相関を示した。こうしたデータは岩石の風化と侵食および地形との間に存在するフィードバック機構を探る糸口となるものと考えられる。

キーワード: 削剥速度, 宇宙線生成核種, 河川堆積物

Keywords: denudation rate, terrestrial cosmogenic nuclides, river sediment

HGM021-06

会場:301A

時間:5月25日 15:30-15:45

実験侵食地形の発達における隆起速度の影響 Effects of uplift rate on the development of experimental erosion landforms

大内 俊二^{1*}
Shunji Ouchi^{1*}

¹ 中央大学理工学部

¹Chuo University

降雨侵食と隆起によって造られる実験地形の発達は、スケールモデルにはなり得ないが、地形進化の理解に役立つ知見をもたらす可能性がある。細砂とカオリナイトの混合物からできた四角い砂山に人工降雨を降らせて侵食地形を発達させると同時に速度の異なる隆起を与える一連の実験結果からは、隆起速度が地形の発達に重要な影響を持つことが推定できた。実験においては閾値となる二つの隆起速度が考えられ、隆起速度がこれらの値を上回るか下回るかで地形発達の傾向がかなり異なることが確認された。閾値自体は砂山の構成物質（侵食に対する抵抗性）と降雨強度によって異なると考えられる。隆起速度が低いほうの閾値を下回っている場合、砂山を作る材料の性質と降雨強度で決定される起伏（特徴的起伏）が支配的になる。起伏が小さくなっているために斜面崩壊やクリープは起こらず、detachment-limited 状況下で流水侵食がわずかに働くのみであるが、ゆっくりとした隆起であっても隆起があれば断層を境に高度の差が発生し、起伏にかかわらずここから遷急点の形成と上昇が始まる。この遷急点を伴う侵食（erosion with knickpoints）は起伏を増大させるように働くため、起伏は隆起とともに徐々に大きくなる。起伏が特徴的起伏まで達するとそれ以降は、勾配を低下させるように働く通常の流水侵食（erosion of declining slopes）が効力を発揮するようになり、起伏がこの大きさで安定するようになる。ただし、これは隆起速度と侵食速度がバランスをとる平衡状態ではなく、あくまで砂山の材料と降雨強度による特徴的起伏で安定したと考えるべきであろう。ロックコントロールが一番効果を持つのがこの段階（特徴的起伏段階; characteristic relief phase）であるとも考えることもできる。この特徴的起伏によってもたらされる侵食の速度は隆起速度とは関係なく決まるため、堆積場の条件による限界に達するまで侵食速度が隆起速度を下回って平均高度が低下することも上回って上昇することもありうる。隆起速度がこの閾値を上回るようであると、流水侵食の働きが及びにくい上流端から隆起が上回ることになり、丘状の地形が成長するようになる。この丘状地形は斜面崩壊やクリープが起こるまで隆起とともに成長を続ける。斜面崩壊やクリープによる比高低下の後はまた隆起とともに成長を始め、このプロセスが繰り返される。斜面崩壊やクリープは丘の比高を低下させるが、ここで生産された堆積物が水流によって隆起域外に運び出されない限り平均高度には影響を与えない。しかし、上流部への堆積により勾配が増大するため流水運搬力は増加するはずで、流水による侵食量も増加することになる。隆起速度が大きければ斜面の成長も速くなって堆積物の供給量も増えるが、同時に流水の運搬力も大きくなる。侵食は transport-limited の状態となり、隆起速度と侵食速度が釣り合って平均高度が一定に保たれるようになる。いわゆる flux steady state の状態である。ただし、斜面崩壊などは時間を置いて次々に別の場所で起こるため、地形全体の印象は変わらないが、地形そのものは常に変化する。偽平衡状態段階（quasi-steady state phase）とも呼ぶべきであろうか。隆起速度がさらに大きくなると（もう一つの閾値を上回るようになると）、隆起がすべてを上回って山地（山脈）が成長する段階に達する。この段階においては、高度上昇の限界を決めると考えられた堆積場（扇状地発達）の条件も砂山を造る物質の性質もあまり関係なく、山地の成長が起こると考えられる（山地形成段階; mountain building phase）。実験においては、この速度の隆起ですぐに隆起発生装置の限界に達してしまうため、長時間の隆起継続は不可能であった。しかし現実の地形においても、非常に速い隆起が長期間続くとは考えにくい。

実験の結果を現実の地形と直接結びつけて考えることはできないが、一連の実験結果から地形の持つ変化傾向が隆起速度によって異なる（特に閾値との関係において）可能性が指摘できる。一回の造山運動においても隆起速度の変化は当然あると考えられ、それに応じて地形の変化傾向も異なるものとなるはずである。現実の地形（特に山地地形）において隆起と侵食の間に平衡状態が成立していると考えるのは難しいと言えそうである。もし平衡状態にあると考えられるのなら、それはその地形が山地形成段階（mountain building phase）を経過した後の偽平衡状態段階（quasi-steady state phase）にあることを意味しているのではないだろうか。

キーワード: 降雨侵食実験, 隆起, 地形進化, 動的平衡, 流水侵食, 斜面プロセス

Keywords: rainfall-erosion experiment, uplift, landform development, dynamic equilibrium, fluvial erosion, slope processes

HGM021-07

会場:301A

時間:5月25日 15:45-16:00

マルチフラクタルによる日本の標高データの非線形解析 Nonlinear analysis of elevation data of Japan by using multifractal

立浪 勢津子^{1*}, 葛葉 泰久¹

Tachinami Setsuko^{1*}, Yasuhisa Kuzuha¹

¹ 三重大学大学院生物資源学研究科

¹ Mie University

数値地図 50m メッシュ (標高) を用いて, 地形のマルチフラクタル解析を行った。まず各 2 次メッシュごとに, スペクトル解析により「標高の場」がマルチフラクタル性を持つことを確認した。次に, 標高データが Lovejoy and Schertzer (2007 など) で解説されている) の universal model で表現できると仮定し, モデルで用いられる 3 つのパラメータを同定した。現在までに得られている結果は以下のとおりである。(1) 3 つのパラメータのうち, α と呼ばれるものは, 東西方向, 南北方向とも同じような値で, 等方的である。(2) α は, 陸の端 (海と接する部分) で低い値を持つ。(3) 得られた α は, Gagnon らの値よりかなり小さかった。この理由が, 同定のルーチンに起因するものなのか, 解析領域が異なることに起因するものか, 今後検討する。

Lovejoy and Schertzer (2007): Scale, Scaling and Multifractals in geophysics: Twenty years on, in "Nonlinear Dynamics in Geosciences", pp.311-337, Springer.

Gagnon et al. (2006): Multifractal earth topography, Nonlinear Processes in Geophysics, 13, pp.541-570.

Lavalley (1991): Multifractal analysis and simulation techniques and turbulent fields, Doctoral thesis, McGill University.

キーワード: マルチフラクタル, 非線形解析, 標高データ, ランダムカスケード, スペクトル解析

Keywords: multifractal, nonlinear analysis, elevation data, random cascades, spectrum analysis

HGM021-08

会場:301A

時間:5月25日 16:00-16:15

石灰岩の野外風化実験 - 水文条件と溶解速度の関係 -

Field experiments of limestone weathering: dissolution rates and hydrological conditions

八反地 剛^{1*}, 秋山 沙苗¹

Tsuyoshi Hattanji^{1*}, Sanae Akiyama¹

¹ 筑波大学生命環境科学研究科

¹ Univ. Tsukuba

本研究では、異なる水文環境下で実施した阿武隈山地や秋吉台での実験結果を整理し、野外での石灰岩の溶解速度を決定する要因について検討した。阿武隈山地での実験には1992年に花崗閃緑岩の流域で開始した系列（以下実験A）と、2008年に石灰岩台地の仙台平周辺で開始した系列（実験B）がある。実験Aでは地表、土壌中（15 cm, 60 cm）、湧水にタブレットを設置した。2008年より土壌水分観測を実施した。実験Bでは3つの小流域の溪流土砂内（鬼穴、猫杓子、LS）にタブレットを設置した。LS流域の地質は石灰岩である。他の2流域は堆積岩（非石灰岩）であるが、下流に石灰岩との地質境界があり、ドリーネが形成されている。各地点では約3ヶ月毎に水質分析（pH, Ca²⁺, HCO₃⁻濃度測定）を実施した。秋吉台での実験（実験C）は、台地中央部の長者が森付近にあるドリーネを対象に2009年に開始した。ドリーネ周辺の4地点の土壌中（深さ15 cmまたは50 cm）に合計6個のタブレットを設置した。土壌水分観測のほか、可能な限り土壌水を採水しその水質を分析した。実験A~Cに使用したタブレットは、いずれも阿武隈山地で採取された石灰岩を直径3.5 cm、厚さ約1 cmに加工したものである。

実験Aでは実験初期の5年間、他の実験では全期間（実験B: 2.5年、実験C: 0.7年）を対象として、初期重量に対する回収時のタブレットの重量減少量の比を1年間の値に換算したもの（以下溶解速度）を計算した。実験Aでは、不飽和土壌中の溶解速度が0.08 ? 0.10%/yであったのに対し、年中枯渇しない湧水では3.7%/yと高い値が得られた。実験Cで測定された溶解速度は、0.10 ? 3.0%/yと場所により値が大きく異なった。これは土壌水分が飽和状態であった時間の長さに対応している。一方、実験Bはいずれも溪流土砂中であるものの、2つの堆積岩流域（2.4 ? 5.7%/y）と、石灰岩流域LS（0.22%/y）に大きな差があった。実験BのLS地点の水質分析からカルサイト飽和度指数（SI値）を求めたところ、0 ~ ?1程度と溶解反応がほとんど進まない条件であったのに対して、実験Bの他の2流域や実験Aの湧水におけるSI値は?2 ~ ?4であり、溶解反応が進みやすい条件であった。野外での石灰岩の溶解速度を決定するうえで、水分飽和の持続時間と、接触する水のカルサイト飽和度の2つがきわめて重要であるといえる。

キーワード: 石灰岩, カルスト地形, 野外風化実験, 溶解速度

Keywords: limestone, karst landform, field weathering experiment, dissolution rate