

## 1次元柱状情報から推測するタービダイト堆積体の規模 Volume of turbidite body evaluated from 1-D geological information

石原 与四郎<sup>1\*</sup>, 高野 修<sup>2</sup>

ISHIHARA, Yoshiro<sup>1\*</sup>, TAKANO, Osamu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 福岡大学理学部, <sup>2</sup> 石油資源開発株式会社技術研究所

<sup>1</sup>Department of Earth System Science, <sup>2</sup>Japan Petroleum Exploration, JAPEX Research Center

タービダイトサクセッションの1次元柱状情報, すなわち, 野外や坑井の数値情報から得られる柱状図から堆積環境を推定し, 実際に3次元的に分布している堆積体の規模を見積もるためには多くの仮定を必要とする上, 専門家の経験や知識を欠くことはできない. 一方, タービダイトサクセッションから堆積環境や堆積エレメントを判定するには, 多かれ少なかれ, 個々のタービダイトの層厚, 半遠洋性泥岩との層厚の比, 垂直的な層厚の変化傾向, 層厚のばらつき, 層厚や層相の側方変化を考慮に入れる. したがって, 限定的な条件付きとなるかも知れないが, 1次元柱状情報のみからも, このような傾向を統計的に表現することで, 堆積体の規模の拘束条件となる堆積環境や堆積エレメントを推定し, これらに基づいて堆積体の規模や連続性を抽出するということが可能であると考えられる. 本研究では, タービダイトサクセッションから得られる情報についてまとめ, それらと単層形態, 堆積エレメントごとの層厚の傾向から, 特に堆積体の規模を見積もる方法について検討した.

タービダイトサクセッションのうち, 連続性の良い堆積体をもつ堆積エレメントの例としては, チャネル充填堆積物や海底扇状地におけるローブ堆積物がある. ローブの堆積物は, 側方へ連続性が良く, タービダイトの堆積体としては最も主要なものである. 1ヶ所で得られた柱状図から堆積体の規模を見積もる上では, それぞれ独立した情報ではないが, 少なくとも(1)堆積体の側方への分布規模(2)堆積体の厚さ(3)堆積体での観測位置, が必要であると考えられる. 本研究では, 比較的これらの条件を満たしやすく, 堆積体の規模も大きなローブを対象とした. 実際には, 複数のタービダイトサクセッションを検討してローブ相の統計的特徴や堆積体の観測位置の推定手法をまとめた上, 事例研究として, 詳細な情報の得られている安房層群のタービダイトを対象として実際の解析を行ったので報告する.

キーワード: タービダイト, 堆積体, 体積, 層厚頻度分布, 単層解析, 堆積エレメント

Keywords: turbidite, depositional body, volume, bed-thickness distribution, bed-by-bed correlation, depositional element

## 東北沖津波により発生した混濁流のダイナミクスと堆積作用

## Dynamics and sedimentary processes of the turbidity current generated by the 2011 Tohoku Oki Tsunami

成瀬元<sup>1\*</sup>, 新井和乃<sup>2</sup>, 三浦亮<sup>3</sup>, 川村喜一郎<sup>4</sup>, 伊藤喜宏<sup>5</sup>, 日野亮太<sup>5</sup>, 稲津大祐<sup>5</sup>, 横川美和<sup>6</sup>, 泉典洋<sup>7</sup>, 村山雅史<sup>8</sup>, 金松敏也<sup>9</sup>

NARUSE, Hajime<sup>1\*</sup>, ARAI, Kazuno<sup>2</sup>, MIURA, Ryo<sup>3</sup>, KAWAMURA, Kiichiro<sup>4</sup>, ITO, Yoshihiro<sup>5</sup>, HINO, Ryota<sup>5</sup>, INAZU, Daisuke<sup>5</sup>, YOKOKAWA, Miwa<sup>6</sup>, IZUMI, Norihiro<sup>7</sup>, MURAYAMA, Masafumi<sup>8</sup>, KANAMATSU, Toshiya<sup>9</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 千葉大学, <sup>3</sup> 日本海事株式会社, <sup>4</sup> 山口大学, <sup>5</sup> 東北大学, <sup>6</sup> 大阪工業大学, <sup>7</sup> 北海道大学, <sup>8</sup> 高知大学, <sup>9</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup> Kyoto University, Graduate School of Science, <sup>2</sup> Chiba University, <sup>3</sup> Nippon Marine Enterprises, Ltd., <sup>4</sup> Yamaguchi University, <sup>5</sup> Tohoku University, <sup>6</sup> Osaka Institute of Technology, <sup>7</sup> Hokkaido University, <sup>8</sup> Kochi University, <sup>9</sup> JAMSTEC

巨大津波は深海底にどのような影響を及ぼすのだろうか? 本研究は, 海底コア試料・海底地震計・海底圧力計の記録から, 巨大津波が海底に大規模な混濁流を発生させた可能性を示唆する. 2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震(Mw 9.0)および巨大津波が発生し, 三陸海岸をはじめとする東日本陸域の広範囲に深刻な被害をもたらされた. 一方, 三陸沖の陸棚から海溝斜面にかけて, 広範囲に泥質堆積物が堆積したことも明らかになっている. 本研究は, 海底に堆積したイベント性泥質堆積物の分布とその粒度変化を報告し, この堆積物を運搬した流れのダイナミクスと堆積作用を検討する. 津波が海底に混濁流を引き起こし, 深海底にタービダイトを堆積させるとすると, 海底の地質記録は地震・津波災害履歴を復元する上で貴重なデータとなるだろう.

東北地方太平洋沖地震の発生から3時間後, 宮城県牡鹿半島東方沖約70 kmの地点(N38.5002 °E142.5016 °およびN38.1834 °E142.3998 °)に設置された海底圧力計(OBS)が約0.2 °の温度上昇を記録した. この温度異常は2時間半程度持続された. これらOBSの内一台は日本海溝方向に1 km移動し, 横倒しになった状態で発見された.

さらに, 地震発生直後に海底調査および柱状試料採取を行ったところ, 未固結泥質堆積物が陸棚外縁(水深300 m)から海溝斜面(水深5940 m)の広い範囲から発見された. 回収時にROVによって取得された動画より, OBPおよびOBSが設置された地点は約15 cm程度の厚さで新たに堆積物に覆われたことが明らかになっている. さらに, 宮城沖に設置してあったOBS 14台のハードハット内には多量の未固結堆積物が詰まっていた. 加えて, 三陸沖の水深2900 ? 5900 mにわたる7地点において有人潜水調査船しんかい6500および深海調査曳航システムDeeptowのカメラを用いて海底調査を行った結果, すべての地点で海底が新たに暗オリーブ色の泥質堆積物に覆われていたことが明らかになった. 一部の海底面ではリップルなどの流痕が観察された. 水深5350 m・3230 m・3500 mの3地点において, しんかい6500を用いて海底堆積物の柱状試料を採取したところ, 3地点のうち2地点のコアの最上部には0.3 ? 1.5 cm程度のシルト層が発見された. OBSおよび柱状試料から採取された試料に対して粒度分析を行ったところ, 堆積物には陸から沖に向けて連続的に細粒化する傾向が見られた. 堆積物の平均粒径は2.34 ? 6.08 phiである.

新たに発見された泥質堆積物は, 大陸棚縁辺部から海溝に向けて流れた混濁流から堆積した可能性が高い. OBPの移動および温度異常は, より水温の高い浅海域から深海底へ向かう流れが約2時間半にわたって持続されたことを表している. 海底面にベッドフォームが観察されることや, OBSが完全に埋没していないにも関わらずハードハットの上から堆積物が侵入していることから考えて, 堆積物を運搬した流れは土石流や地滑りのような高濃度のものとは考えられない. 一般に, タービダイトは下流方向へ向かって細粒化することが知られているが, 今回の堆積物も全体的に下流方向への細粒化傾向を示す.

混濁流の発生メカニズムとしては, 津波の引き波により陸棚上で発生した浮遊堆積物雲からの発達と考えられる. OBS設置地点付近では流れが到達した時刻には大きな余震は発生しておらず, 地震に伴う海底地すべりが発生した可能性は考えづらい. 今回のイベント性泥質堆積物の分布域で最浅点は水深およそ300 mであることから, 流れの元となった堆積物の供給源は300 m以浅の陸棚と考えられる. 陸棚から陸棚縁辺部の範囲は非常に傾斜が緩やかであり, 地滑りや斜面崩壊の発生は考えにくい. したがって, 混濁流発生原因として最も可能性が高いのは津波そのものによる海底・陸域の侵食作用である.

今回得られたデータから, 発生した混濁流のダイナミクスがある程度推定できる. 混濁流頭部の移動速度は, 津波発生時刻および浅海域からOBPまでの距離(50 km)を考慮すると, 約5.5 m/sと推定される. これは, 設置されていたOBPを移動させるのに十分な流速である. さらに, 混濁流頭部の密度フルード数が常に1.2程度になることを考慮し, 仮に流れの厚さを50 - 150 m程度とすると, 浮遊堆積物濃度は約0.9 - 2.6 %となる. すなわち, 混濁流としては比較的高濃度な流れであったことが推定される. 今後は, 海底探査および数値計算により混濁流のダイナミクスをより詳細に逆解析し, 混濁流の発生要因および海底の侵食・堆積作用における津波の重要性を解明していく予定である.

キーワード: 津波, タービダイト, 混濁流, 形態力学

# Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



---

SCG73-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月21日 17:15-18:30

Keywords: tsunami, turbidite, turbidity current, morphodynamics

## 鳥取砂丘沿岸域の50年にわたる地形・堆積物のダイナミックな変遷 Geomorphological and sedimentological dynamic changes at the coast of Tottori Sand Dunes over a last half-century

小玉 芳敬<sup>1\*</sup>, 岡部広夢<sup>2</sup>, 河本悠佑<sup>2</sup>, 渡壁 卓磨<sup>2</sup>, 藤井まゆら<sup>3</sup>

KODAMA, Yoshinori<sup>1\*</sup>, Hiromu Okabe<sup>2</sup>, Yusuke Komoto<sup>2</sup>, WATAKABE, Takuma<sup>2</sup>, Mayura Fujii<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 鳥取大学地域学部, <sup>2</sup> 鳥取大学大学院地域学研究所, <sup>3</sup> ゆうちょ銀行

<sup>1</sup>Fac. Regional Sciences, Tottori Univ., <sup>2</sup>Graduate School of Regional Sciences, Tottori Univ., <sup>3</sup>Japan Post Bank

### はじめに

鳥取砂丘が1980年代以降に抱える課題として「草原化」と「海岸侵食」があり、それぞれ除草(1990年以降)やサンドリサイクル(2005年以降)などの対策がとられてきた。本発表では、砂丘の後背地にあたる千代川流域に注目し、流砂系の観点から両課題の原因を探った結果を報告する。

### 砂を断続的に流す千代川

1998年と2004年、千代川では徐々に大規模な出水が発生し、川原が砂で満ちあふれた。この状況下では、礫の集団がキロメートル単位で活発に移動した。しかし砂の集団がより早く流下する結果、数年のうちに礫集団が取り残され河床表面の粗粒化が生じて、礫集団は移動を停止し、川原は草で被覆された(小玉, 2004)。千代川では1998年以降このような現象が2度繰り返されている。つまり、粒径の混合効果が礫集団の動きに決定的な役割を果たしていることを再認識できた。

### 沿岸砂州の規模変遷

鳥取砂丘の浅海底に発達する沿岸砂州の規模を、5年おきに撮影された空中写真で調べた結果、1968年~1998年にかけては縮小傾向にあった沿岸砂州が、2003年には大規模に拡大し、2008年も拡大状態を維持したことが明らかになった(藤井・小玉, 2009)。沿岸砂州の規模は、千代川の大規模出水に数年遅れて対応した。つまり豪雨にともない多くの沢に蓄積されていた砂が、千代川本川に流出し、それらが中小規模の出水により数年かけて河口部に到達したためと考えられる。

### 砂浜堆積物の粒度変遷

2004年、2009年、2011年に鳥取砂丘が面する海浜において、バームクレスト堆積物の粒度組成調査を実施し、1955年当時のデータと比較した(図)。2004~2009年にかけては中央粒径1.0mm以粗と粗粒化していた海浜が、2011年には0.5mm~0.25mmへと細粒化し、1955年当時の粒径に戻りつつある実態が明らかになった。

日本各地での事例から類推して、鳥取砂丘沿岸の海岸侵食は、おそらく高度経済成長時代に千代川の川砂利を大量に採取したこと、あるいは千代川河口部~鳥取港にかけての浚渫工事を続けたことに起因する。海岸侵食が生じたとき、砂浜は粗粒化したと考えられる。つまり2004年~2009年に計測された中央粒径1.0mm以粗の粗い状況は、鳥取砂丘の砂浜で1980年代にはすでにおこっていた可能性が高い。

### 飛砂特性と草原化

風洞実験によると、海浜の粒度のわずかな変化が飛砂量には決定的な違いをもたらした(長尾・小玉, 2011)。つまり粒径1.0mmと0.2mmの砂の混合比率をかえた一連の風洞実験で、飛砂量を調べた結果、1.0mmの砂の比率が20%以上を占めると、実験経過時間とともに砂床表面が粗粒化して、飛砂量が激減することがわかった。

砂浜からの飛砂量減少は、砂丘内の飛砂を不活発にし、非砂丘植物も生育できる環境を生み出してきた。このことが1980年代以降問題となってきた鳥取砂丘の草原化の重要な要因と考える。今後は海浜堆積物の細粒化にともない、砂浜からの飛砂量が増すことで、鳥取砂丘の草原化の緩和が期待される。植生のモニタリングがますます重要になる。

### 文献

藤井まゆら・小玉芳敬(2009)鳥取県郷土視覚定点資料(県博の空中写真)は語る その5 鳥取砂丘沖の浅海底に発達する沿岸砂州の変遷. 鳥取地学会誌, 13号, 65-70.

小玉芳敬(2004)「鳥取の地形まるごと研究:鳥取大学自然地理研究室の卒業論文や修士論文の成果を中心に」鳥取大学教育地域学部自然地理学教室, 68pp.

長尾 翼・小玉芳敬(2011)鳥取砂丘海岸の粒度組成変化が飛砂量に及ぼす影響. 鳥取地学会誌, 15号, 3-10.

山名 巖(1962)鳥取砂丘の粒度組成について. 鳥取県立科学博物館研究報告, 1号, 17-22.

山名 巖(2010)鳥取砂丘砂の粒度組成について再吟味. 鳥取地学会誌, 14号, 11-20.

キーワード: 沿岸砂州, 海浜堆積物, 粒度変遷, 千代川流域, 大規模出水, 砂礫運搬に及ぼされる粒径混合効果  
 Keywords: offshore bar, beach sediment, grain size changes, the Sendai-river basin, major flood events, particle-size mixture effects on sediment transport

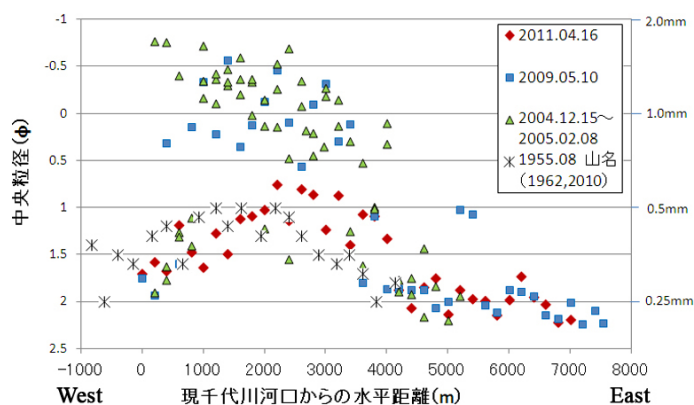


図 鳥取砂丘沿岸における海浜堆積物の中央粒径変遷

## 緩慢な河床上昇・低下が河川蛇行に及ぼす影響 Influence of slow bed aggradation/degradation on river meandering

青木 章宜<sup>1\*</sup>, 泉 典洋<sup>2</sup>  
AOKI, Aki<sup>1\*</sup>, IZUMI, Norihiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>JR 西日本, <sup>2</sup>北海道大学大学院工学研究院  
<sup>1</sup>JR West, <sup>2</sup>Faculty of Engineering, Hokkaido University

一般に上流からの土砂供給が多く河床が上昇傾向にあるとき河道変動は活発となり、土砂供給量が少なく河床が低下傾向にあるとき河道変動は不活発となることが定性的に知られている。本研究では、河床がゆっくりと上昇あるいは低下傾向にある場合について、多重尺度法を用いた河川蛇行の線形安定解析を行うことによって、河道の安定性の変化を理論的に示す。河床変動の速度に対する河床上昇速度あるいは低下速度を微小パラメータとした多重尺度法を用い、河床上昇・低下時における河床縦断の平衡形状を導いた。それを基本状態とし蛇行状の摂動を加えることで線形安定解析を行った。擾乱の増幅率を決定する重要なパラメータはアスペクト比および波数であり、不安定ダイアグラムはアスペクト比 - 波数平面上に得られる。不安定ダイアグラム上では、河床が上昇傾向にある場合、不安定領域が増加するのに対して、低下傾向にある場合、不安定領域が減少することが明らかとなった。

キーワード: 河床上昇, 河床低下, 蛇行, 線形安定解析  
Keywords: aggradation, degradation, meandering, linear stability analysis

## 揚子江最上流域金沙江流域における侵食速度分布の再計算と制御要因-GISを用いた地形分類に基づく推定- Re-evaluation of erosion rate in the uppermost reach of Yangtze River based on topographic classification using GIS

鈴木 克明<sup>1\*</sup>, 多田 隆治<sup>1</sup>, 小口 高<sup>2</sup>, 早川 裕弐<sup>2</sup>, Zheng Hongbo<sup>3</sup>  
SUZUKI, Yoshiaki<sup>1\*</sup>, TADA, Ryuji<sup>1</sup>, OGUCHI, Takashi<sup>2</sup>, HAYAKAWA, Yuichi S.<sup>2</sup>, Hongbo Zheng<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 東京大学空間情報科学研究センター, <sup>3</sup> Institute of Surface Geochemistry, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University

<sup>1</sup> Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, <sup>2</sup> Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, <sup>3</sup> Institute of Surface Geochemistry, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University

構造運動が活発な地域の河川における侵食・堆積作用はテクトニクスの激しさに応じた地形を形成し、大気循環に影響を与える。また、侵食作用は岩石の風化面積を増大させるという物理風化との相互作用によって、化学風化の速度を規定している。また、侵食作用は堆積物の供給により有機物の埋没を促進する役目も担っている。これらの過程は大気組成の変化を通して気候にも影響を与える。したがって、侵食速度が起伏、隆起速度、母岩の地質、気温、降水量に応じてどのように変動するのかわかることは、地形変化とグローバル地球化学循環を通じたテクトニクスと気候の相互関係をj知るうえで重要である。この観点において、大陸衝突帯であるチベット高原や金沙江流域は、侵食速度研究の場として理想的である。

宇宙線照射により生成し、河川堆積物中の石英粒子内に蓄積した<sup>10</sup>Beの測定に基づいて侵食速度を推定する手法は、河川堆積物が石英を普遍的に含むうえ、試料として入手しやすいため、長期的な侵食速度の分布を推定する手法として有用である。実際に、金沙江流域や隣接する流域においてこの手法を用いた研究がいくつか存在する。

この手法においては、1) 侵食速度は流域内で一定である、2) 侵食された土砂は河川に長くは滞留せず、相対的に短い期間の間に河川系から除去される、という仮定が広く用いられている。しかし、流域内に存在する多様な地形や、相対的に長期間にわたって堆積物をせき止めるような地形(今回の研究ではこのような地形を「せき止め地形」と呼ぶ)が構造運動に伴って流域内に一時的に発生することを考慮すると、これらの仮定は必ずしも現実的でない。金沙江流域にはせき止め地形が数多く存在するが、<sup>10</sup>Beを用いた金沙江の侵食速度分布の研究において、せき止めの影響を侵食速度計算時に考慮した例はない。

本研究では、DEM(デジタル標高モデル)とGISを用いて金沙江流域のせき止め地形を抽出した。また、堆積物の流下を阻害するような地形の存在が侵食速度および流域の堆積物流出量の推定に与える影響を評価し、侵食速度と地形・地質の相関関係を評価した。

金沙江流域には、複数の構造湖およびそれらが埋積して形成された盆地(これらを「埋積地形」と呼ぶ)が下流部に多数存在する。また、金沙江の源流域であるチベット高原には大小さまざまな規模の湖沼が点在する。今回は埋積地形と湖沼をせき止め地形と定義した。まず、現地調査において埋積地形の特徴を観察した。次にDEMとGISを用いて地形解析を行い、同様の持つ埋積地形とそれぞれの集水域を除去した。同様に、湖沼の認定および集水域の除去も行った。残りの領域を「堆積物供給域」と定義した。その上で、堆積物供給域における平均侵食速度を、先行研究の<sup>10</sup>Beデータに基づいて再計算し、せき止め地形の影響を考慮していない先行研究の侵食速度推定結果と比較した。

せき止め地形を考慮すると、金沙江全体の堆積物流出量は先行研究と比べて70%程度に低下した。この影響を流域内の各試料の集水域において評価したうえで、再計算した侵食速度と地形・母岩地質・気候などとの関係について議論する予定である。

キーワード: 侵食速度, 宇宙線生成核種, 地理情報システム, 揚子江, チベット高原

Keywords: erosion rate, cosmogenic nuclides, GIS, Yangtze River, Tibetan Plateau

## 衝撃による液状化と流体輸送の実験的研究：浅部の低浸透率層の影響 Experimental study of liquefaction and fluid transport: effects of the low-permeability layer

安田 奈央<sup>1\*</sup>, 隅田 育郎<sup>1</sup>  
YASUDA, Nao<sup>1\*</sup>, SUMITA, Ikuro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学大学院自然科学研究科  
<sup>1</sup> Kanazawa University

液状化とは、粉粒体における粒子同士の支え合いが何らかの振動、衝撃により崩れ、一時的に流体のような振る舞いをすることを言う。液状化後には間隙水が排出され圧密が起きる。液状化から圧密までの間の間隙水圧の緩和過程が実験により調べられている (Nicolas et al., 2004)。さらに液状化に伴う諸現象の例として噴砂があり、噴砂と液状化層厚の関係については土木工学の分野で調べられている (山口他, 2008)。一方で、液状化による流体排出のパターンや層厚の時間変化については十分には調べられていない。また、浅部に低浸透率層がある場合、この層がどのように流体排出に影響してくるのかも興味の対象である。ここでは、水とガラスビーズを用いて作成した小型のモデルに衝撃を加えた場合の液状化実験の結果を報告する。

本実験では、粒径の異なる2種類の球形のガラスビーズと水を封入したケースに衝撃を与えて液状化させる。ケースをよく振って一定時間放置させることでビーズは2層に成層するため、浅部に低浸透率層がある2層構造 (上層  $8.0 \pm 1.6\text{mm}$ 、下層約  $24.7 \pm 1.8\text{mm}$ ) を仮定することができる。本実験における重要な物性パラメータは浸透率であり、この浸透率は粒径の2乗に比例することから、上下層の粒径を変えて実験を行った。実験の様子はビデオカメラで撮影し、加速度波形はオシロスコープに記録した。

1層のみで実験を行うと、衝撃が加わった後すぐに層厚が収縮する様子が観察された。粒径の異なるビーズによる2層実験では、下層から排出された水が一時的に2層の界面にたまった後、上層中をチャンネル状、あるいはシート状の形態をとり上昇し排出される様子が観察された。また、液状化に伴う層厚の時間変化を調べると、一連の現象が1: 衝撃により傾斜が崩れる、2: 下層から排出された間隙水が上層にたまった後、上昇する、3: 間隙水の排出が終わり、粒子が沈降する、という3段階に分けられることがわかった。また、全体の層厚変化がなくなる時間 (一連の現象が終了する緩和時間) の粒径依存性を調べると、1層の場合には、下層粒径が小さくなるに従い緩和時間が長くなっていた。2層の場合には、浅部の浸透率の低い層が流体上昇を抑制するため、1層の場合よりも緩和時間が長くなるが、上層の粒径が十分小さくなると、緩和時間は下層の粒径には依存しなくなった。

本実験から、浅部に低浸透率層がある場合には、上下層の浸透率比で決められたパターンで下層の間隙水が排出される傾向があることがわかった。またそれに伴う層厚の変化には段階があり、すべての段階が終了する時間の粒径依存性は、2層の場合であっても実効的浸透率を導入することで説明できる。

キーワード: 浸透率, ダルシーの法則, パッキング, 低浸透率層

Keywords: permeability, Darcy's law, packing fraction, low-permeability layer



## 斜面上での粉体柱崩壊現象のモデル化とその地質学的意義 Slumping of a granular mass on an unconfined slope

前野 深<sup>1\*</sup>, HOGG, Andrew J.<sup>2</sup>, SPARKS, R. Stephen J.<sup>3</sup>  
MAENO, Fukashi<sup>1\*</sup>, Andrew J. Hogg<sup>2</sup>, R. Stephen J. Sparks<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> ブリストル大学数学科, <sup>3</sup> ブリストル大学地球科学科

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup>Department of Mathematics, University of Bristol, <sup>3</sup>Department of Earth Sciences, University of Bristol

Dense granular flows generated by slumping of granular mass are often encountered in industrial processes where the transport and deposition of granular material such as seeds, cereals, and tablets are involved. They are also observed in geophysical systems, such as pyroclastic flows caused by collapse of a lava dome or volcanic explosions, snow avalanches, and landslides.

Constructing a numerical model to capture the major characteristics of spreading granular materials in the above situations is a significant challenge because the mechanics of the grains and their interactions are incompletely understood at a fundamental level. This study investigated the dynamics of dense granular materials, released from rest and allowed to flow down an unconfined slope, driven by gravitational forces. First laboratory experiments were performed to study granular slumping, in which a measured volume of materials were instantaneously released from a cylindrical tube and spread across an unconfined rigid plane inclined at angles less than the repose angle. On release from the source the particles initially spread radially. However up-slope motion is rapidly arrested and motion down the incline is promoted, leading to an approximately ellipsoidally-shaped deposit once the flow has been fully arrested. Secondly, the flows were modeled under the shallow layer approximation and integrated numerically to capture the motion from initiation to final arrest. In modelling, two types of Coulomb-type friction models were introduced. One has a constant friction coefficient, and another has a friction coefficient that depends upon the dimensionless inertial number of the motion. When the initial aspect ratio of a granular mass and the slope angle is low ( $< 5$  deg), the model with a constant friction coefficient can capture the deposit shape; but when the slope angle is increased, the inertial-number dependent friction model becomes more important. For high aspect ratio granular columns, the shallow water model fails to reproduce some aspects of the experimental observations. Finally an example of model application to geophysical systems is introduced.

キーワード: 粉体流, 地滑り, 火砕流, クーロン摩擦則, 浅水理論

Keywords: granular flow, slumping, pyroclastic flow, Coulomb friction law, shallow water theory

## 空隙スケール画像をもちいた多孔質堆積物中の拡散シミュレーション Pore-Scale Simulations of the Diffusion in the Fluid-Saturated Porous Sediments using X-ray Microtomographic Images

中島 善人<sup>1\*</sup>, 神宮司 元治<sup>1</sup>, 左山 幹雄<sup>1</sup>

NAKASHIMA, Yoshito<sup>1\*</sup>, Motoharu Jinguuji<sup>1</sup>, Mikio Sayama<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup> AIST

多孔質な堆積物中の空隙をつたっての物質輸送現象は、地盤汚染や続成作用を理解する上で重要なテーマである。我々は、多孔質堆積物の3次元デジタル画像を用いたシミュレーションによる拡散移動現象へのアプローチを提案したい(Ref. 1)。細粒な堆積物試料をX線CT装置で撮影し空隙スケールの3次元画像を得て、そのデジタル画像上で拡散シミュレーションを実施した。昨今の平均的な64-bitパソコンの仕様であれば、定常拡散(ラプラス方程式)シミュレーションによるボトルネックの抽出や乱歩シミュレーションによる拡散係数テンソルの計算は十分実施可能であることがわかった。また、このアプローチにおける最大のポイントは、X線CT装置の空間分解能であることもわかった。本研究は科研費基盤研究A(No. 23241012)の助成を受けている。

Ref. 1: Nakashima et al. (2011) <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-010-0473-2>

キーワード: 堆積物, X線CT, 計算機シミュレーション, 拡散, 多孔質媒体

Keywords: sediment, X-ray microtomography, computer simulation, diffusion, porous media

## 含水・疎水性流体の流れによって氷上に形成されるサイクリックステップの形成構造 - 火星極冠に形成されるステップ地形との類似 - Cyclic steps formed by a hydrophobic fluid with water dispersed flowing on ice - an analogy with NPLD -

内藤 健介<sup>1\*</sup>, 泉 典洋<sup>1</sup>, 横川 美和<sup>2</sup>, 山田 朋人<sup>1</sup>, 清水 裕貴<sup>2</sup>

NAITO, Kensuke<sup>1\*</sup>, IZUMI, Norihiro<sup>1</sup>, YOKOKAWA, Miwa<sup>2</sup>, YAMADA, Tomohito<sup>1</sup>, SHIMIZU, Hiroki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院工学研究院, <sup>2</sup> 大阪工業大学情報科学部

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Hokkaido University, <sup>2</sup>Osaka Institute of Technology

A variety of characteristic landforms on Mars have been discovered since Mariner 9 spacecraft returned images of Martian surface in 1972 for the first time. Recently, in particular, spiral troughs on Martian north polar ice cap have been focused due to a possibility that characteristic landforms such as spiral troughs can reveal historical variation of climate on Mars. Though they are suspected to have some relation with katabatic wind blowing on the ice cap, it has been unclear how they are formed in detail. It has been observed that spiral troughs are formed perpendicularly to the direction of katabatic wind, so that they should be boundary waves formed between Mars atmosphere and ice rather than troughs excavated by flow. In addition, because internal structures of boundary waves clarified by radar show traces of upstream migration, these steps may possibly be cyclic steps formed by density airflow.

In this study, we have performed a series of analogue model experiments of the formation of cyclic steps on Martian polar ice cap. Experiments were conducted with the use of a low temperature chamber in the Institute of Low Temperature Science (ILTS), Hokkaido University. In order to simulate density airflow including water vapor blowing on Martian polar ice cap, we have used a hydrophobic fluid with water dispersed. We did not include temperature difference among ice, flowing fluid and ambient air, which is important for the formation of cyclic steps on Mars. It is found that cyclic steps were formed on ice even without the influence of temperature. It is suspected that the concentration of water in the hydrophobic fluid changes in space, and non-uniform freezing and melting take place on ice. This causes instability of a flat ice bed. By formulating freezing and melting rates of ice as functions of flow velocity and water concentration respectively, we found that the formation of cyclic steps on ice can be described by the equations similar to that for transportational cyclic steps formed on river beds composed of suspendable fine sand.

キーワード: サイクリックステップ, 火星, 北極冠, 氷床, 疎水性流体

Keywords: Cyclic steps, Mars, Polar caps, Ice, Hydrophobic fluid

## 岩盤河川に形成されるサイクリックステップについての実験的研究 An experimental study on cyclic steps formed in bedrock rivers

横川 美和<sup>1\*</sup>, 泉 典洋<sup>2</sup>, 京極 晃年<sup>1</sup>, 小寺 彰<sup>1</sup>

YOKOKAWA, Miwa<sup>1\*</sup>, IZUMI, Norihiro<sup>2</sup>, Akitoshi Kyogoku<sup>1</sup>, Akira Kotera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 大阪工業大学, <sup>2</sup> 北海道大学大学院工学研究院

<sup>1</sup>Osaka Institute of Technology, <sup>2</sup>Faculty of Engineering, Hokkaido University

A train of steps are often observed to be formed in bedrock rivers. They are thought to be cyclic steps formed due to erosion of bedrock. The erosion of bedrock is assumed to be dominantly driven by abrasion due to bedload sediment transport.

Here we demonstrated a series of flume experiments as an analogue of the formation of cyclic steps on bedrock. The experiments were conducted using the facility of Osaka Institute of Technology. We used a 1.5 m long, 2 cm wide, and 25 cm deep flume made by glass. The flume has 10 cm high weirs at the downstream end and 1.2 m upstream from the downstream end, so that there is an 10 cm deep reservoir. We put sand (0.2 mm in diameter) with cement (150:2) in the reservoir and hardened it so that the flume has an 10 cm 'model bedrock' on its bottom. The flume is tilted by 20 degrees. The water and sand (1.0 mm in diameter) is supplied from a head tank to the upstream end of the flume, flows on 'model bedrock' in the flume, and was dropped from the downstream end into a downstream reservoir, then pumped up to the head tank.

As a result, cyclic steps were formed on the 'model bedrock.' The shapes of the steps were resembled with the shape that predicted by theoretical analysis (Izumi and Yokokawa, 2011).

キーワード: サイクリックステップ, 岩盤河川, 水路実験

Keywords: Cyclic steps, Bedrock rivers, Flume experiments