

平成21年5月30日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2006～2008

課題番号：18540455

研究課題名（和文）タービダイトと火砕流堆積物から探る高濃度重力流の流動メカニズム

研究課題名（英文）Flow mechanism of high-density sediment gravity flows explored by examining turbidites and pyroclastic-flow deposits

研究代表者

宮田 雄一郎 (MIYATA YUICHIRO)

山口大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：60253134

研究成果の概要：塊状のタービダイトと火砕流堆積物に共通した堆積構造として、脱流体構造や偽礫以外に、下部には(1)重鉱物の濃集傾向、(2)（多重）逆級化構造、中部には(3)障害物洗掘痕が、粒子配列には20度を超えるインブリケーションが認められた。水槽実験結果から、高領域流れに特有の構造であることが示された。したがって、塊状重力流堆積物は、剪断流れで粒子が掃流輸送され、徐々に累積したことが考えられる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,400,000	0	2,400,000
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	270,000	3,570,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：火砕流堆積物、塊状タービダイト砂岩層、高領域、ベッドフォーム、多重逆級化構造

1. 研究開始当初の背景

タービダイトと火砕流を重力流の例として扱った研究は、これまでもあった（例えば、1996年英国リーズ大学における研究集会”Particulate sediment gravity flow”）。しかし、高濃度重力流の形成と維持メカニズムについては、未解明のままであった。また、高濃度混濁流が低濃度混濁流から変化して生じる可能性についても指摘されていた（Kneller & Brannay, 2000など）。しかし、これを実証するような研究は、水槽実験を含めて未だ行われていない。

一方で、火砕流にも同様の問題があった。

すなわち、高濃度の粒状体流れが一斉停止するという G. P. L. Walker と R. S. J. Sparks らの影響力のある考えが支配的であった。これに対して、最近では、低濃度（体積にして2-3%以下）の流れから堆積したと扱われるようになってきた（e.g. Bursik and Woods 1996; Dade & Huppert 1996; Freundt 1999）。これらのモデルによって粒子の分別や層厚変化を再現できるけれど、野外で観察される岩相や堆積構造を説明するには至っていない。

こうした、タービダイトと火砕流に共通した課題を、両者の堆積構造を比較すると同時

に、実験的な堆積構造の再現を通して理解する時期に来ていると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高濃度重力流の発生と、流動を維持する機構を明らかにすることである。高濃度重力流が発生したとしても流動を継続するのは困難であることから、低濃度の重力流が流動途中で変化して高濃度化した可能性が考えられる。すなわち、塊状厚層のタービダイト砂層、脱水構造、偽礫の浮遊を示唆する構造などは、体積濃度にして25%を超える高濃度状態で流動したことを示唆している。火砕流あるいは火砕サージ堆積物もまた、高濃度重力流としての共通点が多い。すなわち、流れ様式の変化に対応した堆積構造の垂直変化が共通している。両者を比較しながら普遍性の解明をめざしている。この目的達成のためには、高濃度重力流をもたらす流れ様式がどのように変化したのかという点に着目した堆積学的な研究が不可欠である。本研究では、詳細な野外観察に留まらず、高濃度重力流が、高速-低濃度の流れから必然的に形成される可能性に着目した水槽実験を行う。

3. 研究の方法

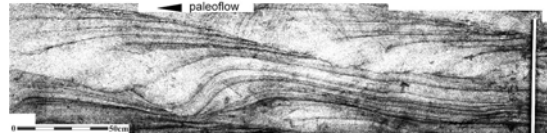
タービダイト層および火砕流堆積物の現地調査と、水槽作成・予備実験を中心に研究を行う。

野外調査と試料採取：(1)タービダイト層の堆積構造とその側方変化について、安房層群清澄層と上総層群の大田代・梅ヶ瀬両層（いずれも千葉県）を対象として現地調査を行う。（主に宮田と石原が担当）(2)火砕流および火砕サージ堆積物の堆積構造とその側方変化については、主として誓願時軽石層上部の火砕流堆積物を対象とする。とくに、大分県杵築市における誓願時軽石層上部の火砕流については、できるかぎり詳細な観察・記録を行う。（主に宮田と星住が担当）(3)粒子ファブリック検討のための“はぎとり”試料を、タービダイト層と火砕流および火砕サージ堆積物から、それぞれ定方位で採取する。これに基づいて粒子レベルの組織（粒度および粒子配列）を計測し、流れの特徴（とくに古流向と堆積速度）を抽出する。（主に宮田が担当）

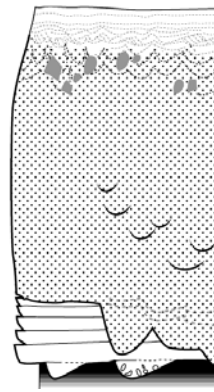
水槽実験：(1)射流状態の混濁流による堆積構造とその形成過程を観測するのがこの実験の目的である。射流条件はアンチデューンの形成とそれによってできる多重逆級化層が目安となる。(2)完成した2重水槽を用いて、重力流による多重逆級化層形成を再現するための予備実験を行う。予備実験では、内部水槽の幅と傾斜の範囲を決定する。

4. 研究成果

初年度に、誓願時軽石層を例とした火砕流堆積物を検討した結果、(1)下部において高領域の流れを示すなめらかな浸食面が繰り返し形成され、そこには細粒砂と重鉱物が濃集すると同時に顕著なインプリケーションを示すこと、(2)いっぽうで中部にはトラフ状浸食を繰り返したこと、(3)偽礫とその痕跡を含むこと、(4)塊状部・トラフ充填部にも低角度のインプリケーションを示すこと、(5)上部には成層・葉理があり乱流渦のあったこと、などが明らかになった。



火砕流堆積物にみられる堆積構造の一例



上総層群の塊状タービダイト砂岩層を検討した結果、多重逆級化層および上記の火砕流堆積物の特徴(1)~(4)と共通した構造があることが明らかになった(左図)。

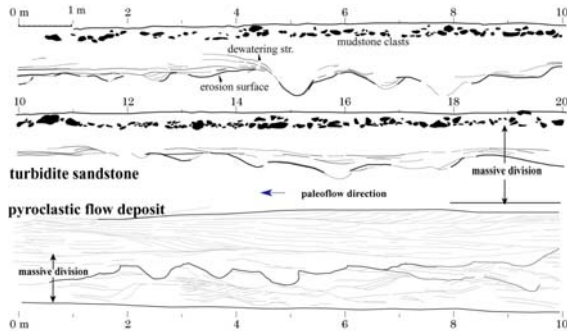
これらはいずれも低濃度の浸食的な混濁流下において、渦の抑制された掃流輸送による堆積から始まったことを示している。

小規模な低濃度重力流の水槽実験を行った結果、急斜面を用いて砂床面上のせん断力を確保した場合に、アンチデューン様のベッドフォームが遡上し、それによる逆級化層の形成が見られた。このとき顕著なインプリケーションが形成される。この構造は、上記の浸食面構造（多重逆級化構造）と共通している。

課題として、(1)トラフ状浸食がフルートマークのような乱流によるものなのか実験的に検証する必要がある；(2)側方に追跡可能な塊状タービダイト砂岩層において、流れ方向の堆積様式の変化を把握する必要がある；(3)非現実的な急斜面に頼らない重力流実験のため、低比重粒子を用いた実験を行う；などが残された。

本研究の2年目に、上総層群の塊状タービダイト砂岩層を検討した結果、(1)下部において高領域の流れを示すなめらかな浸食面が繰り返し形成され、そこには細粒砂と重鉱物が濃集すると同時に顕著なインプリケーションを示すこと、(2)いっぽうで中部にはトラフ状

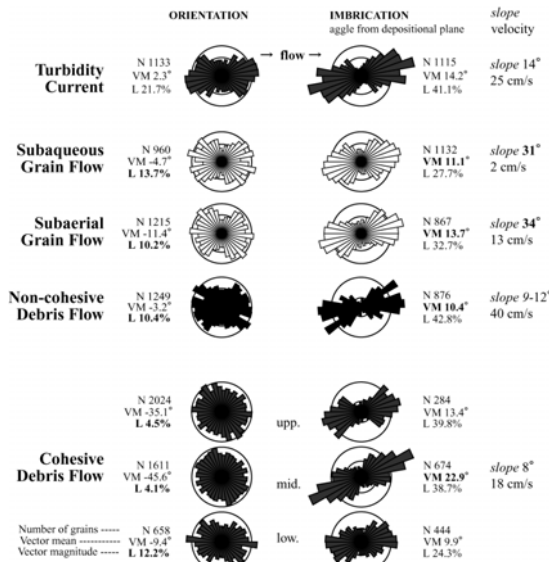
浸食を繰り返したこと、(3)偽礫とその痕跡を含むこと、(4)塊状部・トラフ充填部にも低角度のインブリケーションを示すこと、(5)上部には成層・葉理があり乱流渦のあったこと、(6)これらは、誓願時軽石層を例とした火砕流堆積物の特徴と共通すること、などが明らかになった。



図タービダイト砂岩（上）と火砕流堆積物（下）にみられるトラフ状の障害物洗掘痕

これらはいずれも低濃度の浸食的な混濁流下において、渦の抑制された掃流輸送による堆積から始まったことを示している。

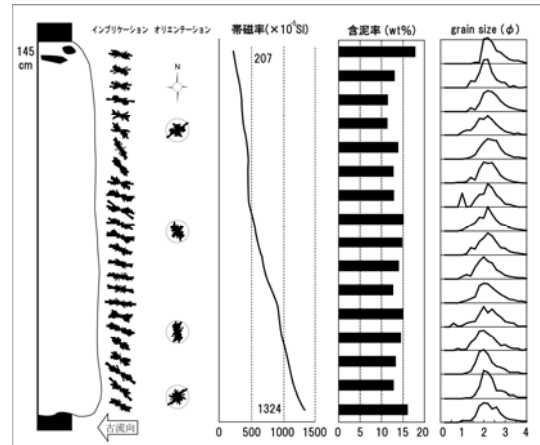
低比重粒子を用いた小規模な重力流の水槽実験を行った結果、比較的高濃度の重力流では、土石流と異なる集合流動が見られた。粒子運動様式は粒子流（水中および陸上）のものに類似し、インブリケーション角など粒子配列の特徴も共通していた。これは、従来、多重逆級化構造をもたらすと考えられてきたトラクションカーペットに相当する。しかし、多重逆級化構造は形成されなかった。また、低濃度混濁流堆積物ともちがって、オリエンテーション角の集中が悪いため、識別可能と考えられた。



水槽実験で再現した重力流堆積物にみられる粒子配列の特徴

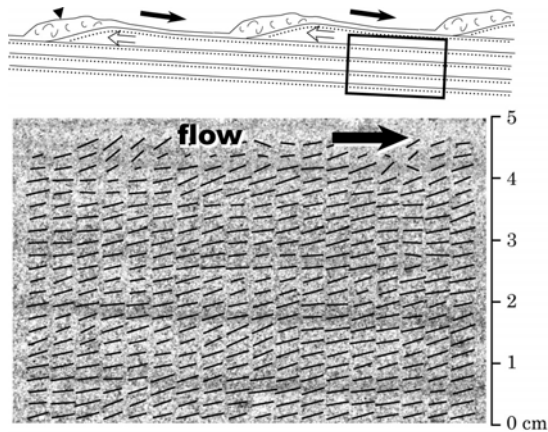
最終年度に上総層群の塊状タービダイト

砂岩層の粒子配列を検討した結果、(1)粒子のa軸とb軸が明瞭な面構造をつくっており、上流に20-30度のインブリケーションを示すこと、(2)級化砂岩層下部の塊状部も同様の組織を示すこと、(3)インブリケーション角をマッピングすると、高角度部分と低角度部分が鉛直方向に繰り返すこと、(4)塊状砂岩層の下部ほど高角度部分が支配的であること、(5)これらは、誓願時軽石層を例とした火砕流堆積物の特徴と共通すること、などが明らかになった。



塊状砂岩層（811B層）の堆積模式図と粒子配列、帯磁率、含泥率および粒度分布

平成20年度の調査結果と併せると、渦の抑制された混濁流下にいける高領域流れによる掃流輸送によって上流移動するベッドフォームの形成とバックセット堆積が示唆される。3. 障害物洗掘痕形成を3次的に再現する水槽実験を行ったところ、(1)その洗掘痕の平面形態は、障害物後方で2条に分かれること、(2)障害物の高さに匹敵する深い洗掘痕の形成には、障害物の高さの3倍以下の厚さの流れを要すること、(3)梅ヶ瀬層の例では、混濁流の厚さが1mほどと見積もられること、などが明らかとなった。4. 低比重粒子を用いた小規模な重力流の水槽実験を行った結果、(1)比較的高濃度の重力流の下部が、混濁流に駆動された粒子流とみなせること、(2)なだれの粒子流とは停止・堆積様式が異なるため、逆級化しないこと、(3)重力流堆積物の多重逆級化構造は、アンチデューン形成を示す可能性の高いこと、などが示された。



開水路実験で形成された多重逆級化構造と内部の粒子配列（インプリケーション）

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計4件）

- ①石原 与四郎, 阿部 宏子, 押川 美佳, 宮崎 県日南海岸沿いに分布する新第三系宮崎層群青島層の重力流堆積物とその層序パターンの特異性. 堆積学研究, Vol. 67, No. 2 p.65-84, (2009). 査読有り
- ②尾崎かおり・宮田雄一郎, 塊状重力流堆積物中の障害物洗掘痕, 堆積学研究 第67巻2号, 85-101. (2009). 査読有り
- ③木村克己・石原与四郎・田辺晋・中西利典・中島礼・宮地良典・中山俊雄・八戸昭一, 2006, 東京低地から中川低地に分布する沖積層のシーケンス層序と層序の再検討. 地質学論集, (59), 1-198. (2006). 査読有り
- ④吉本充宏, 嶋野岳人, 中田節也, 小山悦郎, 辻 浩, 飯田晃子, 黒川 将, 岡山悠子, 野中美雪, 金子隆之, 星住英夫, 石塚吉浩, 古川竜太, 野上健治, 鬼沢真也, 新堀賢志, 杉本 健, 長井雅史, 浅間山 2004 年噴火の噴出物の特長と降灰量の見積もり, 火山, 50, 519-533. (2006), 査読有り

〔学会発表〕（計21件）

- ①中村 彰・奥野佳太・横川美和・武藤鉄司・成瀬 元・宮田雄一郎・Gary Parker, サイクリックステップの移動と堆積過程についての実験的研究：予報. 日本堆積学会 2009 年京都・枚方大会 講演要旨, 150-151, 2009 年 3 月 28 日, 大阪工業大学, 枚方.
- ②杉山直也・宮田雄一郎, 2009, 帯磁率からみた海底扇状地堆積物の供給源と運搬様式：上総層群大田代層の例. 日本堆積学会 2008 年京都・枚方大会 (2009.03.29) 講演要旨, 132-133, 2009 年 3 月 28 日, 大阪工業大学, 枚方.
- ③河野光宏・宮田雄一郎, 2009, 粒子配列で可視化した塊状タービダイト砂岩層中のバ

ックセット構造 その2. 日本堆積学会 2009 年京都・枚方大会 講演要旨, 137-139, 2009 年 3 月 28 日, 大阪工業大学, 枚方.

- ④宮田雄一郎・森 朝子, 2009, 堆積物重力流にみられた粒子流と逆級化問題. 日本堆積学会 2009 年京都・枚方大会, 講演要旨, 134-135, 2009 年 3 月 28 日, 大阪工業大学, 枚方.
- ⑤尾崎かおり・宮田雄一郎, 2009, 塊状重力流堆積物中の障害物洗掘痕. 日本地質学会西日本支部例会, 2009 年 2 月 14 日, 福岡
- ⑥河野光宏・宮田雄一郎, 粒子配列で可視化した塊状タービダイト砂岩層中のバックセット構造. 日本地質学会第 115 年学術大会 講演要旨, p. 213, 2008 年 9 月 20 日, 秋田
- ⑦宮田雄一郎・河野光宏・尾崎かおり, 高領域流れを示唆する堆積物重力流の堆積構造. 日本地質学会第 115 年学術大会 講演要旨, p. 213, 2008 年 9 月 20 日, 秋田
- ⑧尾崎かおり・宮田雄一郎：重力流堆積物中の障害物洗掘痕から推定したアンダーフローの厚さ. 日本地質学会第 115 年学術大会 秋田大学, 講演要旨, p. 212, 2008 年 9 月 20 日, 秋田.
- ⑨河野光宏・宮田雄一郎, 2008, 持続した混濁流を示唆する塊状砂岩層の構造と組織－上総層群・梅ヶ瀬層－. 日本堆積学会 2008 年弘前大会 講演要旨, 97-98, 2008 年 4 月 26 日, 弘前.
- ⑩宮田雄一郎・藤田育子, 2008, 堆積物重力流中のトラクションカーペットの再現実験とその粒子配列. 日本堆積学会 2008 年弘前大会 講演要旨, 99-100, 2008 年 4 月 26 日, 弘前.
- ⑪尾崎 かおり, 宮田 雄一郎, 石原与四郎, 星住英夫, 重力流堆積物の塊状部にみられるトラフ状浸食構造と高角度インプリケーション, 日本地質学会第 114 年学術大会(札幌) 講演要旨, 259-259, 2007 年 9 月 10 日, 札幌.
- ⑫宮田 雄一郎, 尾崎 かおり, 河野 光宏, 帯磁率から推定される重力流の輸送様式, 日本地質学会第 114 年学術大会 (札幌) 講演要旨, 258-258, 2007 年 9 月 10 日, 札幌.
- ⑬宮田 雄一郎, 尾崎 かおり, 河野 光宏, 帯磁率から推定される重力流の輸送様式, 日本地質学会第 114 年学術大会 (札幌) 講演要旨, 258-258, 2007 年 9 月 10 日, 札幌.
- ⑭宮田 雄一郎, 田中 凡子, 流砂濃度に支配された高領域ベッドフォーム；多重逆級化層の成因に関連して, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, , G212, 003-003, 2007 年 5 月 19 日, 幕張.
- ⑮尾崎 かおり, 宮田雄一郎, 塊状重力流堆積物にみられるトラフ状浸食構造の形成と偽礫の役割, 日本堆積学会 2007 年例会講演要旨, 22-23, 2007 年 3 月 30 日, つくば.

- ⑯田中 凡子, 宮田雄一郎, 流砂濃度に支配された高領域ベッドフォームの変化, 日本地質学会西日本支部 2007 年例会, 11-11, 2007 年 2 月 10 日, 山口
- ⑰松尾征二, 宮田雄一郎, 星住英夫, 山口県におけるの A so-4 火砕流堆積物のユニット区分と分布様式, 地質学会第 113 回学術大会講演要旨, 280-280, 2006 年 9 月 16 日, 高知
- ⑱宮田 雄一郎, 松尾 征二, 尾崎かおり, 星住 英夫, 火砕流堆積物の下部に認められる”跳水”を示唆する高領域の堆積構造, 地質学会第 113 回学術大会講演要旨, 199-199, 2006 年 9 月 16 日, 高知
- ⑲ Matsuo, S., Miyata, Y., Ishihara, Y., Upper regime sedimentary structures in sandy pyroclastic flow deposits of the Seiganji tephra, northwest Kyushu, Japan, 17th International Sedimentological Congress, A, , 280-280, 2006 年 8 月 30 日, 福岡
- ⑳ Miyata, Y., Multiple inversely-graded units formed by upflow migration of antidunes under sustained low-density turbidity current, 17th International Sedimentological Congress, A, , 277-277, 2006 年 8 月 30 日, 福岡
- (21)宮田雄一郎, 重力流による多重逆級化層の形成実験, 地球惑星科学連合 2006 年大会要旨, G226, 2006 年 5 月 14 日, 幕張

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮田 雄一郎 (MIYATA YUICHIRO)
山口大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：60253134

(2) 研究分担者 (2006～2007)

星住 英夫 (HOSHIZUMI HIDEO)
産業技術総合研究所・地質情報研究部門・主任研究官
研究者番号：50357943

石原 与四郎 (ISHIHARA YOSHIRO)
福岡大学・理学部・助教
研究者番号：80368985

(3) 連携研究者 (2008)

石原 与四郎 (ISHIHARA YOSHIRO)
福岡大学・理学部・助教
研究者番号：80368985