

令和元年6月5日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05573

研究課題名(和文) 礫質タービダイトモデル再構築のための基礎的研究

研究課題名(英文) Basic research for reconstruction of gravelly turbidite models

研究代表者

伊藤 慎 (Ito, Makoto)

千葉大学・大学院理学研究院・教授

研究者番号：10201930

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、陸棚以深で形成された礫質ならびに砂礫質堆積物の形成過程を、粗粒ベッドフォームの移動と累重に基づいた新たな視点からの解明を目指したものである。主に大規模な露頭断面を活用した地層観察に基づいて、特に海底谷や海底チャンネルで形成された礫岩ならびに礫質砂岩の堆積形態と構成堆積相の時空的配列パターンを特徴化し、従来の粗粒重力流堆積相モデルの再構築を行った。その結果、従来重力流の減衰あるいは変換にともなって形成されると解釈されていた主要な堆積相が、下流進行型の礫質ベッドフォームの構成要素として発達することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

陸棚以深の深海底における碎屑粒子の移動と堆積に関しては、実測が難しいことや実測例が限られていることから、地層に記録された情報に基づいた粗粒碎屑粒子の堆積作用のモデル化が行われている。特に、礫岩や礫質砂岩などの形成に関しては、異なったタイプの堆積相の形成が、主に重力流の減衰や変換に基づいてモデル化されている。本研究は、異なったタイプの堆積相が個別にそれぞれ異なった水理条件で形成されるのではなく、礫質ベッドフォームの構成要素としてまとまって形成され可能性を明らかにした。この成果は、地球表層部における物質移動を詳しく理解する上で、新たなプロセスの可能性を提供するものである。

研究成果の概要(英文)：This study intends to clarify formation processes of conglomerates and pebbly sandstones in deepwater successions in terms of compartment deposits of coarse-grained bedforms on the basis of detailed lithofacies analyses in large outcrop belts. In particular, this study tried to revisit standard models on the formation of different types of lithofacies models of deepwater conglomerates and pebbly sandstones, which have been interpreted to be the results of deceleration and/or transformation of sediment gravity flows in downflow directions, with a new lithofacies mode. The major outcomes of the present study are that component lithofacies of some standard models can be interpreted to have formed as component deposits of downflow-migrating gravelly bedforms and different types of vertical lithofacies successions are interpreted to have formed as a result of migration and aggradation of different parts of downflow-migrating gravelly bedforms.

研究分野：地層学

キーワード：礫質重力流堆積物 堆積相モデル タービダイト 粗粒セディメントウェーブ ベッドフォーム 海底谷 海底チャンネル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、巨大地震や巨大台風など、破壊的な自然現象にともなう自然災害の規模や発生頻度とその危険性は、私たち人類が近い将来遭遇する可能性の高い大きな社会問題として広く注目されるようになってきている。破壊的な自然現象は過去に幾たびと無く繰り返され、海底崩壊や大規模洪水にともなう高濃度濁流の海域への流入などを誘発し、多量の土砂が重力流により沿岸・浅海域から深海域へ運搬され堆積したことが地質学的記録として残されている。また、重力流は沿岸・浅海域に設置された洋上施設や海底ケーブルなど、現代社会に不可欠なインフラ設備を破壊する流体としての側面をもつことから、重力流の特徴を詳しく理解することは、今後の防災対策にとって不可欠な重要課題の1つと言える。一方、重力流は破壊的な混濁流体であるため、深海底で直接モニタリングされた事例は著しく限られていることから、重力流によって形成された堆積物の特徴を詳しく解析することが、重力流の特性を解明するために不可欠となる。

深海底で形成された重力流堆積物の多くは、タービダイトとして広く認定されている。近年、タービダイトの多様性や形成プロセスに関して、膨大な野外データと水槽実験や数値シミュレーションに基づいた解析が行われ、タービダイトモデルとしてこれまで広く適用されてきた Bouma モデルに大きな変更点が指摘されている。礫岩や礫質砂岩で特徴づけられる礫質タービダイトは、高密度重力流によって形成された堆積物と解釈されている。礫質タービダイトの形成プロセスを水槽実験で直接再現することは不可能であるため、形成プロセスの解明には地質学的記録の解析が重要な鍵となる。礫質タービダイトの認定や形成プロセスに関しては、これまで Lowe モデルが広く適用されてきた。Bouma モデルも Lowe モデルも下流方向へ重力流が単調に減衰していく過程を想定して組み立てられたものである。Bouma モデルに関しては、タービダイトの単層解析や水槽実験などにより、モデルの妥当性やバリエーションが詳しく検討されてきている。一方、Lowe モデルに関しては、Bouma モデルのように、単層解析に基づいたモデルの妥当性やバリエーションに関しては、これまで詳しい検討は行われていない。

一般に、深海底に発達した礫質堆積物の多くは、重力流のトラクション作用による運搬・堆積プロセスにともなって形成されると解釈されるため、礫質堆積物の形成には、礫質ベッドフォームの移動と累重が大きな役割を担っている可能性が考えられる。したがって、礫質タービダイトにこれまで広く適用されてきた Lowe モデルを構成する6つの主要な堆積相(R1-R3 ならびに S1-S3)の時空間的配列パターンの特徴とこれを支配した形成プロセスの解明は、高密度重力流の単調な減衰過程のみを想定するよりも、それぞれの堆積相を礫質ベッドフォームの構成要素として位置づけ、礫質ベッドフォームの形成プロセスに基づいて構成堆積相の特徴化を行うことが不可欠と考えられる。

2. 研究の目的

この研究の主な目的は、露頭アナログを活用して、(1) 深海底で形成された礫質堆積物から礫質ベッドフォームの特徴を的確に認定し、礫質ベッドフォームを構成する異なったタイプの堆積相の特徴を識別し、各タイプの堆積相のベッドフォーム内部での相互関係を明らかにすること、ならびに(2) 従来の堆積相モデルで欠如していた堆積形態や構成粒子のファブリックの特徴を堆積相の特徴化に組み込むことで、これまで行われてこなかった3次元的な堆積相のモデル化を世界に先駆けて行うことである。従来、Lowe モデルでは、礫質砂岩を主体とする平行層理の発達するトラクションカーペット堆積物(S2)の上位に塊状な礫質砂岩(S3)が発達すると解釈されていたが、(3) これら2つの堆積相の相互関係を礫質ベッドフォームの構成要素として特徴化し、これらの形成プロセスを解明することも重要な研究目的である。さらに、水理学的検討から礫質タービダイトとして形成される可能性のある5種類のトラクションカーペット堆積物が提案されているが、これらの堆積物とLowe モデルとの関係は明らかにされていない。したがって、(4) トラクションカーペット堆積物のバリエーションを整理し、これらを礫質ベッドフォームの構成要素として特徴化し、その形成プロセスを明らかにすることも、この研究の重要な目的である。

3. 研究の方法

この研究では、礫質堆積物が発達する海底谷ならびに海底チャネル堆積物を主な検討対象として、詳細な露頭観察に基づいて、(1) 礫質堆積物中から礫質ベッドフォームの断面形態を的確に認定し、(2) 構成堆積相の3次元的分布形態、粒径特性、粒子ファブリックなどを3次元的に特徴化し、(3) 礫質タービダイトを特徴づける堆積相の時空分布を礫質ベッドフォームの構成要素としてモデル化し、(4) 礫質ベッドフォームの形成プロセスに基づいた、礫質タービダイトモデルの再構築を目指している。この研究は、より汎用性の高い堆積相モデルの構築を目指している。したがって、礫質ベッドフォームを構成する異なったタイプの堆積相の特徴を定量的に表現する方法の1つとして、携帯型の線測定装置や帯磁率測定装置を活用して、堆積相の特徴と線強度や帯磁率強度との対応関係を明らかにする。野外調査では粒度分析や粒子ファブリックを解析するための定方位試料の採取を同時に行い、採取試料の室内分析を併せて行う。

この研究で主な検討対象とする地層は、房総半島中央部の下部更新統黒滝層、東日笠層、長浜層、ならびに南房総の鮮新統白浜層である。さらに、これらの地層から得られるデータと比較検討するための検討対象の地層として、茨城県北部の上部白亜系那珂湊層群礫合層、ならびに足柄衝突帯に形成された足柄層群瀬戸層ならびに畑層を対象とした地質調査を行う。また、活動的縁辺域で形成された海底谷ならびに海底チャネルでの礫質重力流堆積物を比較検討するために、カリフォルニア州モンレーの古第三系カルメロ層、サンクレメントの上部中新統カピストラノ層、ならびにベンチュラ市北西部のウィーラー・ゴージ峡谷の上部白亜系ウィーラー・ゴージ礫岩層の地質調査を行う。

4. 研究成果

国内外の海底谷ならびに海底チャネルで形成された礫質堆積物には大小様々なウェーブ状形態を示すベッドフォームの断面形態が広く認定された。これらの堆積物は、構成堆積物と断面形態の特徴から、現世の海底谷や海底チャネルで確認されている礫質あるいは砂礫質のベッドフォームである粗粒セディメントウェーブの移動と累重にともなって形成された地層であることが、明らかとなった。これらの断面形態の特徴から、波長は3–100 m、波高は0.4–2.2 mである。波形勾配は0.028以上のものが多く、断面形態は上流側あるいは下流側が長い非対称を示すものから対称性の高いものまで様々である。

ウェーブ状形態の対称性に注目すると、下流側ならびに上流側が短い非対称性の形態には、古流向に基づいた下流方向への系統的な変化は認められないことが明らかとなった。また、非対称性の高いウェーブ状形態が、対称性の高いウェーブ状形態へ下流方向で変化する場合も認められる。したがって、断面形態の特徴に基づくと、粗粒セディメントウェーブ堆積物には、系統的な形態変化の傾向は認められないことが明らかとなった。

粗粒セディメントウェーブ堆積物は全体として不淘汰な礫岩であるが、上流側では逆級化層理が基底部に、クレスト付近から下流部にかけては下流側へ緩く傾いた層理が広く認められる。ただし、一部の粗粒セディメントウェーブ堆積物のクレスト付近には、無層理の礫岩やマッドクラストの濃集が認められる場合もある。さらに、最も下流側では正級化層理を示す礫岩の発達で特徴づけられる。一般に、礫岩の粒径は下流方向へ向かって細粒化する傾向がある。さらに、粗粒セディメントウェーブ堆積物の最上部には、正級化を示す礫岩が発達している場合が多いが、上流側で欠如することもある。波状形態を示す礫岩の上位は、波状層理を特徴とする礫質砂岩でドレープされる。波状層理は粗粒部と細粒部がバンド状に繰り返される層理で特徴づけられ、これまでの研究で spaced stratification とよばれる層理に比較されるトラクションカーペット堆積物である。波状層理を示す礫質砂岩は多くの場合、塊状ないしは級化を示す礫質砂岩あるいは粗粒–極粗粒砂岩へ漸移的に上方細粒化する。一方、古流向に直交あるいは斜交した露頭断面では、トラフ型斜交層理あるいはこれに類似した下に凸の形態を示す層理の発達が広く認められる。したがって、この研究で検討対象とされた地層で観察された粗粒セディメントウェーブ堆積物は、

クレストのうねった下流進行型の 3 次元礫質ベッドフォームとして形成された堆積物と解釈される。

粗粒セディメントウェーブ堆積物を構成する主要な堆積相の分布パターンの特徴と Lowe モデルの構成要素 (R1, R2, R3, S1, S2, S3) を比較すると, (1) 上流側の下部に逆級化層理で特徴づけられる礫 (R2), (2) クレスト付近から下流側にかけては傾斜した層理を示す礫岩 (R1), (3) 下流側でより下流方向に発達する正級化を示す礫岩 (R3), (4) 粗粒セディメントウェーブ堆積物の上部を特徴づける正級化を示す礫岩 (R3), (5) 礫岩をドレープする波状層理を示す礫質砂岩 (S2), ならびに (6) 塊状ないしは正級化を示す礫質砂岩ならびに粗粒-極粗粒砂岩 (S3) が認められる。したがって, 粗粒タービダイトあるいは粗粒重力流堆積物の堆積相記載ならびに水文学的解釈で広く活用されてきた Lowe モデルの構成要素は, 高密度重力流の減衰過程で形成されるだけではなく, 粗粒セディメントウェーブの構成堆積物として形成される可能性が明らかとなった。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

Ito, M., 2019. Facies architecture of gravel-wave deposits: Insights for the origins of coarse-grained gravity-flow deposits. *Sedimentary Geology*, vol. 382, p. 36–46. doi.org/10.1016/j.sedgeo.2019/1.004 (査読有)

Adhiperdana, B.D., Hendarmawan, Shibata, K., and Ito, M., 2018. Relationships between discharge parameters and cross-sectional channel dimensions of rivers in an active margin influenced by tropical climate: The case of modern fluvial systems in the Indonesian islands. *Catena*, vol. 171 p. 645–680. doi.org/10.1016/j.catena.2018.07.008 (査読有)

Shibata, K., Adhiperdana, B.G., and Ito, M., 2018. Quantitative reconstruction of cross-sectional dimensions and hydrological parameters of gravelly fluvial channels developed in a forearc basin setting under a temperate climatic condition, central Japan. *Sedimentary Geology*, vol. 363, p. 69–82. doi.org/10.1016/j.sedgeo.2017.10.014 (査読有)

〔学会発表〕(計 7 件)

Brooks, H., Ito, M., Hodgson, D.M., Peakall, J., Brunt, R.L., Hofstra, M., and Flint, S., 2018. Channel lobe transition zone dynamics: examples from active and passive margins. 57th British Sedimentologica Research Group Annual General Meeting (2018 年 12 月 18 日: Heriot-Watt University, Edinburg, UK)

伊藤 慎・島野恭史, 2018. 粗粒セディメントウェーブの形態的特徴: 地層記録と現世ベッドフォームの比較検討. 日本地質学会第 125 年学術大会 (2018 年 9 月 6 日: 北海道大学)

大木耀成・柴田健一郎・伊藤 慎, 2018. 三浦半島新第三系三崎層の火山碎屑性インジェクタイトの形態的・岩相的特徴と形成過程. 日本地質学会第 125 年学術大会 (2018 年 9 月 5 日: 北海道大学)

宮沢喜大・峠 雄斗・柴田健一郎・伊藤 慎, 2018. 三浦半島南帯中新統-鮮新統三崎層・初声層のトラクション構造の形成プロセス. 日本地質学会第 125 年学術大会 (2018 年 9 月 5 日: 北海道大学)

浅見翔太郎・伊藤 慎, 2018. 房総半島更新統上総層群基底の黒滝層: 粗粒セディメントウェーブの発達で特徴づけられる海底谷充填堆積物. 日本地質学会第 125 年学術大会 (2018 年 9 月 5 日: 北海道大学)

Ito, M., 2017. Turbidite models revisited. JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (2017 年 5 月 23 日幕張メッセ)

伊藤 慎・菅沼 凌, 2016. 房総半島下部更新勝浦層に認められる海底堆積物の削剝にともなうハイブリッド重力流堆積物の形成過程. 日本地質学会第 123 年学術大会 (2016 年 9 月 11 日: 日本大学)

〔図書〕(計 1 件)

伊藤 慎, 2018. 堆積岩と堆積過程. 図説 地球科学の事典. 朝倉書店, p.90–91 (分担執筆)

筆)

〔その他〕
ホームページ等

http://www-es.s.chiba-u.ac.jp/Sed_Web/index.html

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。