

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 3月31日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22540465

研究課題名（和文） セディメントウェーブ堆積相のモデル化

研究課題名（英文） Modeling of sediment-wave depositional facies

研究代表者

伊藤 慎（ITO MAKOTO）

千葉大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：10201930

研究成果の概要（和文）：詳細な地層観察に基づいて、粗粒セディメントウェーブ堆積物の形態と内部構造を特徴化し、形成プロセスを検討した。その結果、(1) 基底の一部にはフルート状構造が発達する、(2) マウンド状構造は対称性が高く、波長は3-100 m、波高は0.2-2 mで、波形勾配は0.035以上のものが卓越する、(3) フォーセット層理、バックセット層理、トラフ型斜交層理が認められる、(4) マウンド状形態は侵食にともなって形成された形態ではない、などの特徴が明らかとなった。したがって、粗粒セディメントウェーブ堆積物は、混濁流内部の密度境界に発生したウェーブにより形成された下流進行型のアンティデューンの可能性がある。

研究成果の概要（英文）：The present study aimed to clarify depositional processes of coarse-grained sediment-wave deposits on the basis of outcrop analyses. The deposits have (1) flute structures in the bases, (2) symmetrical form with the wave steepness of 0.035-0.08, the wave length of 3-100 m, and the wave height of 0.2-2 m, (3) foreset, backset, and trough cross bedding, and (4) the waveforms were not the product of erosional processes. Consequently, the coarse-grained sediment-wave deposits are thought to have formed as downstream-migrating gravel antidunes that formed by waves at the interface between the denser bottom-flow and the less-dense upper flow within a turbidity current.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：地層学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：セディメントウェーブ、海底谷、海底チャネル、フォーセット層理、バックセット層理、下流進行型アンティデューン、高流領域

## 1. 研究開始当初の背景

深海底には様々な大きさのベッドフォームが認められており、これらの特徴に基づいて重力流の水理条件などが解析されている。このようなベッドフォームにはディメンジ

ョンが一般的な露頭スケールを大きく上回る波長や波高で特徴づけられるベッドフォームも多数認められている。このような大規模なベッドフォームの1つがセディメントウェーブである。これまでの研究から、セディメントウェーブには泥質堆積物で特徴づけ

られる細粒セディメントウェーブと砂礫質堆積物で主に構成される粗粒セディメントウェーブが識別されている。一般に、細粒セディメントウェーブは地震探査断面とコア試料からその内部構造や構成堆積物の特徴が詳しく解析されてきている。これに対し、粗粒セディメントウェーブの場合、コア試料の採取が容易でないこと、解像度の良い地震探査断面を取得することが難しいなどの点から、その形態や内部構造の特徴は必ずしも詳しく理解されているとは言えない。また、潜水艇による粗粒セディメントウェーブ断面の直接的な観察からは、不淘汰でスランプ堆積物を挟在する礫質堆積物であることは理解されているが、ベッドフォームを特徴づけるような堆積構造は認められていない。

一般に細粒セディメントウェーブに比べ、粗粒セディメントウェーブは波長や波高が小さい傾向にあることが知られている。したがって、連続する露頭を活用することで、粗粒セディメントウェーブの堆積形態や内部構造の特徴を露頭アナログの活用によって詳しく解析できる可能性が考えられる。さらに、露頭アナログの活用により、粗粒セディメントウェーブの形成プロセスや限られた露頭断面から粗粒セディメントウェーブ堆積物を認定するための指標の構築が可能となることが期待される。

## 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)セディメントウェーブがこれまでの研究で示されているようにアンティデューン(antidune)あるいはサイクリックステップ(cyclic step)とよばれるフルード数が1よりも大きい射流の下で上流側へ移動したベッドフォームの特徴を示すものなのか、(2)デューンと同様に下流方向へ移動した特徴を示すセディメントウェーブもこれまでの研究で広く確認されているが、このようなセディメントウェーブ堆積物とデューン堆積物との類似点と相違点は何か、(3)デューン堆積物と類似した特徴を示すセディメントウェーブ堆積物の形成もフルード数が1前後の高流領域の条件が必要であったのか、(4)このような条件が必要であるとすればどのような堆積構造や侵食構造をとって形成されるのか、などを明らかにすることである。

## 3. 研究の方法

詳細な露頭観察を中心とした地質調査と採取試料の粒度分析ならびに細粒砕屑試料の走査型電子顕微鏡観察、ならびに露頭断面の画像解析に基づく粗粒砕屑粒子の粒子配

列の特徴化などを行う。

露頭調査では、(1)セディメントウェーブ堆積物の3次元的形態のマッピング、(2)構成堆積相の特徴と累重パターンならびに側方変化の特徴化を行う。野外調査は、海底谷、海底チャネル、開析谷などで形成された粗粒堆積物を主な検討対象とする。このような堆積物として、房総半島更新統上総層群の長浜層ならびに東日笠層、南房総の鮮新統白浜層、更新統足柄層群瀬戸層・畑層、鮮新統宮崎層群鹿村野層などを主な検討対象とする。また、カリフォルニア州モンレー市南部のポイントロボスに好条件の露頭が発達する始新統カルメロ層を検討対象とする。一方、海底扇状地チャネルのオーバーバンク堆積物から初めて認定された小規模の細粒セディメントウェーブ堆積物が発達するインドネシアジャワ島西部の中新統ハラン層を比較検討の対象とする。

## 4. 研究成果

詳細な露頭観察ならびに採取試料の室内分析によって、粗粒セディメントウェーブ堆積物に関して、以下のことが主に明らかとなった。

(1)上に凸のマウンド状形態が広く認められ、波長は3-50 m、波高は0.3-2 m程度のものが広く認められる。(2)古流向に平行な断面では、対称性の高い断面形態が広く観察される。(3)波形勾配は0.035よりも大きい。(4)古流向に平行な断面形態の特徴に関わらず、10°程度傾いたフォーセット層理が卓越するが、一部のウェーブ構造内部にはバックセット層理が識別される。(5)セディメントウェーブ堆積物の断面形態が平行層理をともなったオッシュアウトデューン構造に変化した場合、フォーセット層理の形態がハンバックデューン層理を示す場合がある。(6)顕著な侵食面の上位にバックセット層理を特徴とする礫岩層の発達が認められる。(7)古流向に斜交した断面では、トラフ型の斜交層理が広く観察される。礫質セディメントウェーブ堆積物の場合、上部に平行層理やアンティデューン層理の発達した砂岩層でドレープされるものが認められる。(8)粗粒セディメントウェーブ堆積物では、基底部の侵食面にフルード状のソールマークが発達する場合が認められる。(9)クライミング形態を示す粗粒セディメントウェーブ堆積物の場合、一見乱雑に配列しているように観察されるマッドクラストには、デューンやリップル堆積物で認められる砂の粒子配列と同様な特徴が認められる。(10)隣り合って発達するセディメントウェーブ堆積物のディメンジョンには下流方向へ系統的な変化は認められない。(11)一方、

露頭スケールでの波長の実測には制限があるため、波高に注目した場合、粗粒セディメントウェーブ堆積物の規模は下流に向かって、さらにはチャンネル壁に近くなるほど小さくなる傾向にある。これは、混濁流の流速ならびに流れの厚さの空間的变化に対応している可能性が考えられる。(12) 粗粒セディメントウェーブ堆積物にともなう礫質砂岩層にはトラクションカーペット堆積物、オッシュアウトデューン堆積物、ならびにアンティデューン堆積物の発達認められる。

このような特徴から、粗粒セディメントウェーブ堆積部の多くは高流領域でフルード数が1程度かそれ以上の状態で形成された下流進行型のアンティデューンとして形成された可能性が考えられる。さらに、これまでの行われた水槽実験ならびに理論的考察に基づく下流進行型のアンティデューンの波長と流れの厚さとの経験則に基づく、下流進行型アンティデューンとして形成された粗粒セディメントウェーブ堆積物の波状形態は、混濁流下層部の高濃度流体と上部の低濃度流体との間の内部波に影響されて形成された可能性が考えられる。

一方、比較検討の対象としたハラン層のオーバーバンクに発達した細粒セディメントウェーブ堆積物では、(1) 波長は2-30 m程度であるが、この程度の波長を示す小規模の細粒セディメントウェーブ堆積物が複合して波長が80 m程度の緩くうねった構造が認められる。(2) 波長はチャンネル中心部から離れるにしたがって減少する傾向が認められる。(3) 波形勾配は0.038より小さく、チャンネル中心部から側方への距離の増加にともなって平均値は小さくなる傾向が認められるが、値のばらつきは大きい。(4) 対称性に関してもチャンネル中心部からの側方への距離の増加に対して大きなばらつきを示すが、平均値では距離の増加に対応して上流側の波長が長くなる傾向が認められる。

(5) したがって、細粒セディメントウェーブは複合デューンと同様に、波長の短いセディメントウェーブが複合して波長の長いセディメントウェーブを構成している可能性が考えられる。(6) 泥質堆積物の微細組織にはfluid mud堆積物と同様な粒状構造が特徴的に認められる。したがって、細粒碎屑粒子を含んだ混濁流低層部での高濃度の泥質流体からの堆積作用が考えられる。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計7件)

- ① Abdurrokhim and Ito, M., 2013. The role of slump scars in slope channel initiation: A

case study from the Miocene Jatiluhur Formation in the Bogor Trough, West Java: *Journal of Asian Earth Sciences* (in press). (査読有)

- ② 加瀬善洋・佐藤まるみ・西田尚・伊藤 慎, 2013. タービダイトマッドの堆積形態と内部構造: 房総半島鮮新統清澄層・安野層の例: *堆積学研究*, 72 (印刷中). (査読有)
- ③ Nishida, N., Ito, M., Inoue, A., and Takizawa, S., 2013. Clay fabric of fluid mud deposits from laboratory and field observation: Potential application on the stratigraphic record: *Marine Geology*, v. 337, p. 1-8. (査読有)
- ④ 西田尚・島野恭史・小松侑平・伊藤 慎, 2011. 砂質陸棚堆積物に挟在する fluid mud 堆積物の認定とその意義: *堆積学研究*, v. 70, p. 37-42. (査読有)
- ⑤ Uramoto, G., and Ito, M., 2011. Spatial and temporal changes in distribution patterns of sheet-like turbidite sandstone beds and bed-sets in forearc submarine-fan succession of the Miocene-Pliocene Kiyosumi Formation, Boso Peninsula, Japan: *Journal of the Sedimentological Society of Japan*, v. 70, p. 25-30. (査読有)
- ⑥ 西田尚・伊藤 慎, 2011. 砂質干潟における fluid mud 堆積物の時空分布: 東京湾小櫃川河口盤州干潟: *堆積学研究*, v. 70. P. 3-14. (査読有)
- ⑦ Ogiwara, H., Ito, M., 2011. Origin and internal organization of widespread composite soft-sediment deformation unites in a deep-water forearc basin: The lower Pleistocene Kazusa Group on the Boso Peninsula, Japan: *Sedimentary Geology*, v. 237, p. 209-221. (査読有)

[学会発表] (計5件)

- ① 戸田数馬・西田尚・伊藤 慎, 陸棚域で形成された fluid mud 堆積物の堆積構造の特徴化: 日本堆積学会 2012 年例会 (2012 年 6 月 18 日: 北海道大学)
- ② 高岡進一・時井良治・伊藤 慎, 粗粒セディメントウェーブ堆積物の形態と内部構造: 日本堆積学会 2012 年例会 (2012 年 6 月 16 日: 北海道大学)
- ③ 伊藤 慎・高岡進一・戸田数馬, カリフォルニア州ポイントロボスの始新統カルメロ層に認められる粗粒海底谷埋積物のトラクション構造: 日本堆積学会 2011 年例会 (2011 年 12 月 23 日: 長崎大学)
- ④ 伊藤 慎・高山千翔・小竹信宏・津久井雅志, 房総半島南端白浜層に認められる 3.5 Ma の相模トラフで形成された粗粒

セディメントウェーブ堆積物: 日本地質学会第 118 年学術大会 (2011 年 9 月 10 日: 茨城大学)

- ⑤ Ito, M., Ishikawa, K., Nishida, N., and Ogawa, Y., Distinctive facies organization and geometry of turbidite successions formed at a canyon mouth: an example from the early Pleistocene Kazusa forearc basin on the Boso Peninsula, Japan: 18<sup>th</sup> International Sedimentological Congress (29 September 2010: Mendoza, Argentina).

[図書] (計 2 件)

- ① 伊藤 慎, 2013. 地層の分布と読む方法 地球環境学マニュアル (第 2 巻): 朝倉書店 (分担執筆) (印刷中)
- ② 伊藤 慎, 2012. タービダイト: 地球と宇宙の化学事典 (日本地球化学会編) 朝倉書店, p. 17-18 (分担執筆)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

伊藤 慎 (ITO MAKOTO)

千葉大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号: 10201930