

鹿島沖で採取された3本の堆積物柱状試料における コアトップ部分の重量の違い

入野 智久*¹ 佐川 拓也*¹ 池原 研*² 大場 忠道*¹ 川幡 穂高*²

IMAGES-WEPAMA航海で得られた大口径ピストンコアの変形の割合を、同地点において「かいいい」KR02-06次航海で得られた変形していないグラビティコアと比較することによって評価した。その結果、IMAGES MD012421コアはその上部800cmが、MD012420コアはその下部430cmが2.4倍引き延ばされていることが明らかとなった。色彩値のプロファイルが、3本のコア間で良く対比できるという事実は、コアの伸びがあるにも関わらず、層序が逆転するような乱れかたはしていないことを示している。ピストンコアの引き延ばされた層準では、そうでない層準に比べ堆積物の重量も2倍程重くなっていることも確かめられた。しかし、それが実際に余計な堆積物が回収されたためか、出来た空隙の量が正しく見積もられていないためかは、現時点では確定できない。理由がどちらにせよ、堆積物構成成分の過去における沈積流量を、堆積速度と乾燥かさ密度と構成成分の含有率の積として計算する際には、乾燥かさ密度がその層準の堆積物全体を正しく代表するものかどうかを、慎重に検討する必要がある。

キーワード：KR02-06次航海, IMAGES-WEPAMA航海, グラビティコア, ピストンコア, 乾燥かさ密度, 堆積速度

Difference in coretop weight among three sediment cores recovered from off-Kashima, Japan

Tomohisa IRINO*³ Takuya SAGAWA*³ Ken IKEHARA*⁴
Tadamichi OBA*³ Hodaka KAWAHATA*⁴

Deformation of two sediment cores recovered using piston corer of R/V Marion Dufresne during IMAGES-WEPAMA cruise was evaluated comparing them with an undeformed gravity core sampled during KR02-06 cruise of R/V Kaiei. The top 800cm of IMAGES MD012421 core and the bottom 430cm of MD012420 core turned out to be expanded by 2.4 times thicker than original thickness. Although IMAGES piston cores were deformed, we judged that there was no stratigraphic reversal in the deformed intervals because the profiles of color indices for three cores can be well correlated. We also confirmed that expanded intervals were approximately twice heavier than the corresponding undeformed intervals. However, we could not determine whether excess sediment was really caught in the corer or we underestimated the amount of vacant space formed during coring expansion. Anyway, we should carefully examine if the measured dry bulk density of a stratigraphic horizon represents that of whole sediment when calculating the mass accumulation rate of sediment subcomponent as the product of linear sedimentation rate, dry bulk density, and fraction of the subcomponent.

Keywords : KR02-06 cruise, IMAGES-WEPAMA cruise, gravity core, piston core, dry bulk density, sedimentation rate

* 1 北海道大学 大学院地球環境科学研究科

* 2 産業技術総合研究所 海洋資源環境研究部門

* 3 Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University

* 4 Institute for Marine Resources and Environment / Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. はじめに

過去の環境変動を復元し環境変動の仕組みを探るためには、海洋堆積物の分析を通してその記録を読み取ることが必要である。とりわけ、堆積物を構成する陸起源・海洋起源の無機・有機物質が単位時間・単位面積あたりどれだけ堆積物中に埋没したか(沈積流量)を推定することが、過去における地球表層での物質収支を定量的に明らかにする上で必要不可欠となる。そのためには、堆積物の精密な年代測定、乾燥かさ密度の測定、各構成物の定量を通じて、堆積速度と乾燥かさ密度と各構成物の含有率をかけ合わせたものを、沈積流量として計算しなければならない。そして、推定された沈積流量が正当なものであるためには、何よりも連続的に降り積もった堆積物を乱れなく回収することが先決である。

近年、IMAGESプロジェクトのためにフランスの調査船 Marion Dufresneは、50m長にも及ぶ長尺堆積物柱状試料をピストンコアラによって多数採取し、古海洋学の進展のために多大な貢献をしてきた。一方で、このピストンコアリングでは、得られた堆積物の上端部分が引き延ばされていることが、帯磁率異方性の検討を通して指摘されている(Bassinot, 小田・林田 私信)。さらに最近、Beaufaut(私信)は、コアが引き延ばされる過程で周囲の堆積物を吸い込み、コアラの中に余計に堆積物が入る可能性すら指摘した。これは、その層準の堆積量を過大評価することに繋がり、沈積流量の見積りに対して深刻な影響を与えることになる。

我々は手元に、「かわいい」のKR02-06次航海で、採泥時の乱れがほとんどないとされるグラビティコアラを用いて鹿島沖において採取された堆積物柱状試料1本と、同地点においてMarion DufresneのIMAGES-WEPAMA航海で大口

径ピストンコアラを用いて得られた堆積物柱状試料2本を保有している。そこで、これらのコアの同一層準における堆積物重量を比較することで、ピストンコアリングにおける堆積物の変形が回収された堆積物の量に影響しているかどうかを検討した。

2. 試料と方法

検討のために使用した3本のコアは全て、鹿島沖の水深約2200mにおいて採取された(Fig. 1)。MD012421とMD012420は、IMAGES-WEPAMA航海において2001年に大口径ピストンコアラを用いて、St.Aは、KR02-06次航海において2002年にグラビティコアラを用いて採取された。IMAGES航海で得られたコアは、どちらも51mのパイプをセットして採泥が行なわれたが、MD012420採取時は荒天による船の動揺のためコアラの着底前にピストンの動作が始まってしまう、コアラの先端898cmだけに堆積物が回収されたものと考えられている(Table 1)。そのためMD012420コアの少くとも上半は、グラビティコア同然の状態で採取されたものと見られる。MD012421およびSt.Aコアは「正常に」採泥が行なわれ、それぞれ4582cm、254cmの堆積物柱状試料が得られた(Table 1)。

得られたコア間の対比のために、色彩値の深度変化パターンを用いた。色彩値は、ミノルタ製分光測色計CM2002を用いて、コアの半割断面をポリエチレンラップ(台湾製 妙潔)で覆った上から測定したデータから、C光源・観察視野2度の条件で計算されたL*, a*, b*で表示した。測定間隔は、MD012421とSt.Aが2cm, MD012420が5cmである。

各コアの乾燥かさ密度は、磁性測定用のプラスチック製キューブを用いて測定された。コアの半割断面のほぼ中央

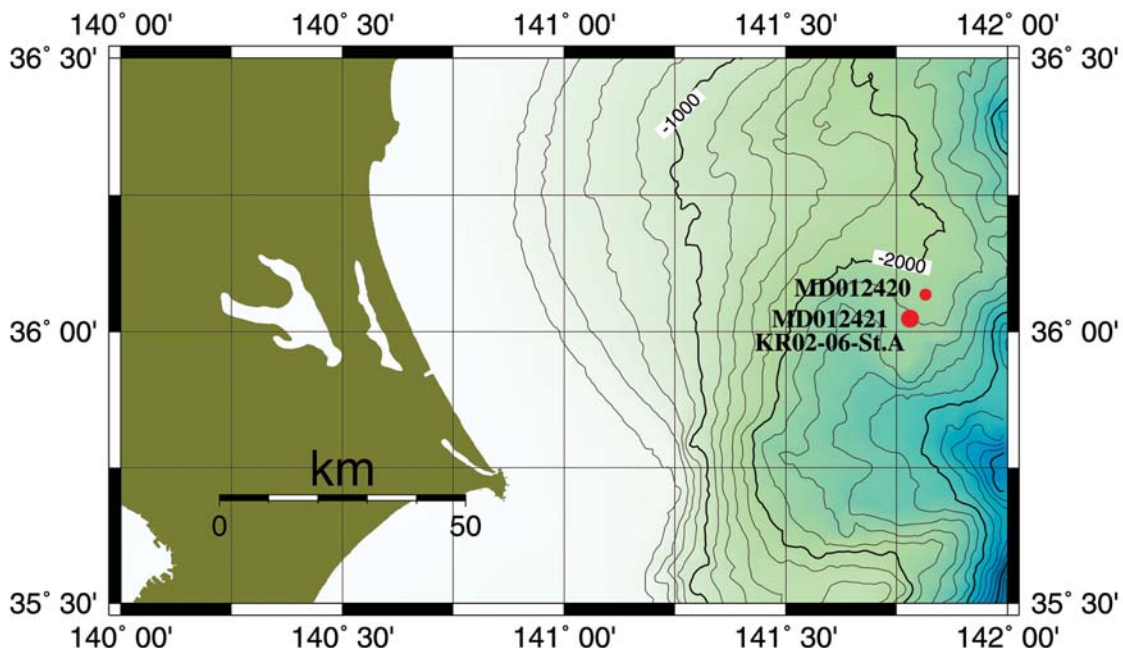


図1 コア採取地点の位置図

Fig. 1 Locality map of coring sites

表1 鹿島沖で採取された堆積物柱状試料の採取位置, 水深, 全長

Table 1 Location, water depth, and length of sediment cores recovered from off-Kashim

ID	Latitude	Longitude	Water Depth (m)	Core Length (cm)
MD012421	36° 1.4' N	141° 46.8' E	2224	4582
MD012420	36° 4.1' N	141° 48.9' E	2101	898
KR02-06-St. A	36° 1.4' N	141° 46.8' E	2246	254

表2 色彩値のプロファイルを用いて決定したMD012421, MD012420, KR02-06-St.Aコア間の対比可能層準 (単位はコアトップからのcm)

Table 2 Correlatable horizons among MD012421, MD012420, and KR02-06-St.A sediment cores based on the profiles of color indices (Unit is cm from core top).

MD012421	MD012420	KR02-06-St. A
0.0		0.0
24.3		26.0
36.5		44.0
75.1		72.0
79.1		76.0
85.2		80.0
91.5	0.0	
101.4		94.0
107.5		100.0
125.8		120.0
146.1		134.0
153.5	55.3	140.0
177.7		150.0
189.7		156.0
234.0		172.0
270.1		200.0
298.3	100.3	210.0
439.9	164.5	
553.5	199.6	
779.1	319.3	
843.4	379.2	
924.0	434.0	
1032.4	736.8	
1103.5	867.2	

に, 重量が既に測定されている約2.5cm角のキューブを押しこみ, 堆積物を定容で採取した。採取された試料はキューブごと凍結乾燥され, 乾燥後の重量が測定された。キューブの重量を差し引いた正味の乾燥堆積物の重量をキューブの内容量 (11.6cc) で割った値を, 堆積物の乾燥かさ密度とした。

3. 堆積物柱状試料間の対比

MD012421とSt.Aコア間の色彩値を用いた対比については, 既に佐川ほか (2003) に詳しく報告されており, St.Aの210cm層準がMD012421の298.3cm層準にあたる事が明らかにされている (Table 2)。今回はさらに, MD012421とMD012420の対比を行なった。両者の対比には主にa*値

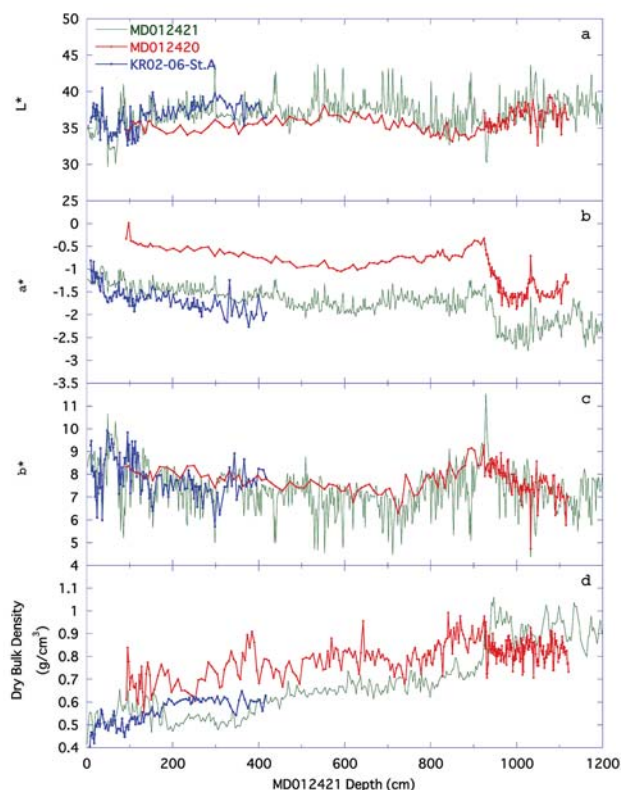


図2 MD012421, MD012420, KR02-06-St.A コアにおける色彩値 L* (a), a* (b), b* (c) および乾燥かさ密度 (d) の深度変化。MD012421およびSt.Aの深度スケールは, MD012421のものに変換してある。

Fig. 2 Depth profiles of color indices L* (a), a* (b), b* (c), and dry bulk density (d) for MD012421, MD012420, and KR02-06 sediment cores. Depth scales for MD012420 and St.A were transferred to that of MD012421.

の変動を用いたが, MD012420の100.3cm以浅の対比にはb*値を用いている。MD012421とSt.Aで共通に見られるコア上端部分の, b*が一度大きく減少してまた増加する (同時にL* が大きく増加してまた減少する) 変動が見られないことから, MD012421で堆積物表層91.5cmにあたる部分が, MD012420では回収されていないと判断された。そこで, MD012420の深度0cmをMD012421の深度91.5cmに対比した (Table 2)。

Table 2に示された対比できる層準間では堆積速度一定と仮定して, MD012420およびSt.Aの色彩値プロファイルをMD012421の深度スケールに読み代えてプロットしたものが, Fig. 2a, b, cである。この対比によって3本のコアの色彩

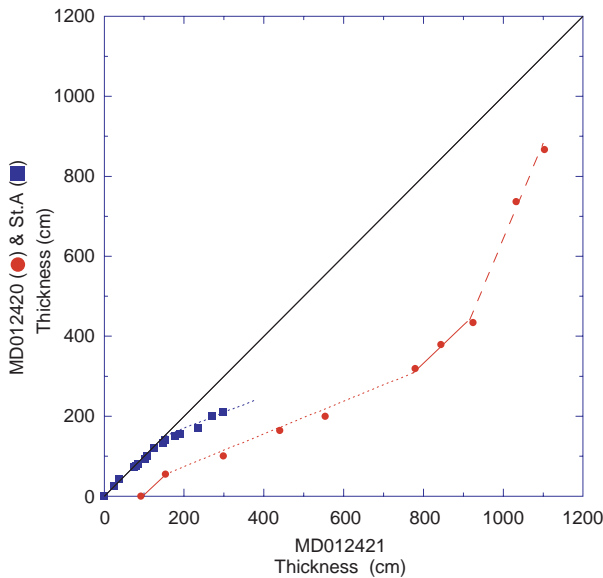


図3 MD012420およびSt.AコアとMD012421コアとの間の対比される層準の深度比較。対比される層準間の厚さが同じ場合を実線で、MD012421の方が厚い場合を点線で、薄い場合を破線で示している。

Fig. 3 Comparison of depth for correlatable horizons between MD012420/St.A and MD012421. Solid line indicates that the thickness of corresponding intervals are same. Dotted line and broken line indicate that MD012421 is thicker and thinner, respectively, than others in corresponding intervals.

値のプロファイル形状がどれも良く一致することが分かる。この結果から、コアリング時の伸びの様な変形があったとしても、堆積物の層序関係が逆転するような乱れは起こっていないと判断できる。

MD012420のa*値の絶対値が系統的に高いのは、MD012420採取時の荒天のために作業が遅れ、半断面が空気に触れている時間が長かったために、変色が起こったことが原因と思われる。

4. 結果

4.1. 各コアの乾燥かさ密度

3本のコアの乾燥かさ密度の深度変化をFig.2dに示した。MD012421の深度で0から154cmまでは、St.AとMD012421の乾燥かさ密度はほぼ同水準で、MD012420は系統的に高い値を示す。深度154から924cmまでは、MD012421の乾燥かさ密度は、St.AおよびMD012420よりも系統的に低い。深度924cm以深では、MD012420とMD012421の密度が逆転し、MD012420の方が値が低くなる。

4.2. 同層準間の堆積物の厚さの比較

Table 2の対比に基づき、各コアの同層準間の厚さの変化を累積的に示したものがFig. 3である。Fig. 3では、MD012421の厚さを横軸に、対応する層準までのSt.A、MD012420それぞれの厚さを縦軸にとって示している。こ

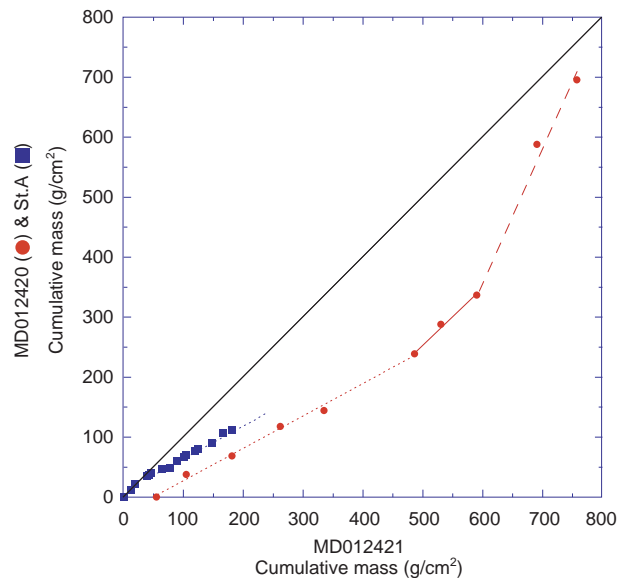


図4 MD012420およびSt.AコアとMD012421コアとの間で、対比される層準までのコアトップからの累積重量を比較したもの。対比される層準間の重さが同じ場合を実線で、MD012421の方が重い場合を点線で、軽い場合を破線で示している。

Fig. 4 Comparison of cumulative weight of sediment down to correlatable horizons between MD012420/St.A and MD012421. Solid line indicates that the weight of corresponding intervals are same. Dotted line and broken line indicate that MD012421 is heavier and lighter, respectively, than others in corresponding intervals.

の結果から、MD012421の深度0から154cmまでは、3本のコアともほぼ同じ厚さ(点列の傾きが1)となっている。

MD012421の深度154から780cmにかけては、St.AおよびMD012420に比べ、同層準間の厚さがMD012421の方が2.4倍大きい。またSt.AとMD012420は、この間でMD012421に対する厚さの増加率(点列の傾き)がほとんど同じである。St.Aは伸びなどの変形の影響を受けていないと考えることができるので、この層準ではMD012420も変形しておらず、MD012421が2.4倍伸びていると判断できる。

MD012421の深度780から924cmにかけては、MD012420と同じ厚さ(点列の傾きが1)となっている。924cm以深では、MD012420の方がMD012421に比べて2.4倍厚くなっており、伸びていると見られる。これに同調するように、乾燥かさ密度はこの層準で、MD012420の方が小さくなっている。このことはピストンコアの伸びが、コア上端のみに限られた現象ではないことを示している。

4.3. 同層準間の堆積物の重量の比較

色彩値を用いて対比された層準間の厚さに、同層準間の平均の乾燥かさ密度をかけることによって、その層準間の堆積物の重量(1平方cmあたり)を計算することができる。こうして計算された堆積物重量のコアトップからの累積値

をMD012421とMD012420・St.Aそれぞれとの間で比較したのが、Fig. 4である。

MD012421の深度100cm程度までは、St.AとMD012421の堆積物重量はほとんど同じ(点列の傾きが1)である。しかしながら、深度100から780cmでは、St.A,MD012420に比べてMD012421の方が1.8倍重い。MD012421の深度780から924cmにかけては、MD012420と同じ重さ(点列の傾きが1)となっているが、924cm以深では、MD012420の方がMD012421に比べて2.1倍重くなっている。

5. 考察

上記の結果からMD012421の154から780cm層準およびMD012420の434cm層準以深が、延ばされていると考えることができる。柱状の堆積物が延びるにあたり、必ず延びた分の空隙ができる筈であるが、この空隙を堆積物周囲の海水や間隙水または空気が埋めたのであれば、それに応じて測定される乾燥かさ密度が軽くなり、計算される対比された層準間の正味の堆積物重量は、同一地点から得られた堆積物ならば同じになることが期待される。しかしながら、延ばされている層準の堆積物重量は、延ばされていない層準に比べ約2倍重く計算されることが、明らかとなった。このことは、延びた部分の沈積流量の計算が著しく過大評価されることを意味する。

延ばされた部分の正味堆積物重量が重くなる理由には2つの場合が考えられる。第一は、ピストンコアリングの過程で堆積物は引き延ばされながら、できた空隙に周囲の堆積物が吸い込まれていく場合。この場合コアラに入る堆積物の量は本当に過剰になる。

第二は、堆積物はコアラ内で引き延ばされるときに、全体として細長くなっているだけで、空隙はコアラの内壁と堆積物との間にでき、そこは海水や空気が満たしている場合。この場合、我々が堆積物の乾燥かさ密度を測定するときに、堆積物が「存在する」コア中央部を用いるために、延ばされたときに外周部にあった筈の空隙全体を正しく評価できな

いことが問題である。つまり、コアラに入った正味の堆積物総量は、延ばされていない場合と実際には同じ程度である可能性もある、ということの意味する。

これらのどちらが実際に起こっているかを検討するデータは現在のところないが、コアラに実際に入っている堆積物の体積を3次元CTスキャンを用いるなどして求めることによって、確かめることはできるであろう。いずれにせよ、コアラの中に「存在する」堆積物の一部を用いて乾燥かさ密度を測定し、堆積物構成成分の沈積流量を計算する際は、コアの延びがあるような場合には、評価されていない空隙がある可能性があることを念頭において、十分に注意する必要がある。

謝辞

本研究で用いた試料採取にあたっては、研究船「かいいい」および"Marion Dufresne"の観測士官と乗組員の方々および(株)マリンワークの観測技術員の方々から全面的な御協力を頂いた。また、堆積物のキューブ試料採取と乾燥かさ密度測定においては、北海道大学大学院地球環境科学研究科の分析補助員である辻宏美氏に御協力を頂いた。ここに記して心から御礼申し上げる。

文献

佐川拓也・入野智久・市川豊・上嶋敏功・池原 研・木元克典・氏家由利香・川幡穂高 "KR02-06次航海St.A(鹿島沖)で得られた堆積物グラビティコアの岩相及び、IMAGES-WEPAMA MD012421ピストンコアとの対比", JAMSTEC深海研究第23号, (2003).
Preliminary version report, "WEPAMA cruise MD122/IMAGES VII on board RV 'Marion Dufresne' from 30/04/2001 to 18/06/2001", (2001).

(原稿受理:平成16年1月5日)