

## 北大西洋西縁における深海堆積物の堆積過程の高解像度復元

High-resolution analyses of sediment drifts in the deep sea environment at the western North Atlantic

研究代表者 大阪大学大学院理学研究科 助手 横川美和  
Department of Earth and Space Science, Graduate School of  
Science, Osaka University  
Miwa YOKOKAWA

X-ray radiograph positive prints of the slab samples from drift deposits in western North Atlantic (Sites of ODP Leg 172) show invisible structures suggesting that the changes of flow condition occur commonly for Deep Western Boundary Currents. The preliminary analysis of grain size shows that the core of the Deep Western Boundary Currents located near the Site 1056 (2200 m depth) and change the depth frequently during the marine isotope stages 8 to 10. Grain size analysis also suggests that the silt fractions in Site 1062 (4800 m depth) increase significantly at the boundary between stages 9 and 8, and this coincident with the change of flow direction estimated from the grain fabric (anisotropy of magnetic susceptibility) analysis. Although it is preliminary results, these data would enable to reconstruction of sedimentary processes in the deep-sea environment in high-resolution.

### 1. 研究目的

大西洋北部のノルウェー海やグリーンランド沖では、冷たく重い水塊が深海まで沈み込んでいる。北大西洋深層水と呼ばれるこれらの水塊は南極底層水と混ざりながら北大西洋の西縁を這うように南下する。この流れは深層西岸境界流と呼ばれ、北アメリカ大陸東海岸沖を侵食したり、セントローレンス川から供給された堆積物を輸送していると考えられている。北大西洋西縁では北大西洋深層水は表層のメキシコ湾流との間に熱・塩分の交換があり、また海洋循環を支配して地球規模の気候変動の鍵を握っている。ここには堆積速度の速い深海堆積体「ドリフト堆積物」があり、そこから数千年・数百年スケールで過去の気候変動を解読するために国際深海掘削計画 (ODP) 第 172 次航海で 11ヶ所の掘削が行われた。古気候変動は堆積物の地球化学的測定等によって推定されるが、その堆積物の物理的

堆積過程はよくわかっていない。また、近年水深 4000~5000m の深海でも数ヶ月に一度程度の頻度で非常に激しい擾乱が起こることが観測され「深海の嵐」と呼ばれているが、この「嵐」が深海での堆積作用にどのように影響しているのか興味あるところである。そこで、本研究では堆積過程の具体像を、特に氷期・間氷期の変化との関連に注目して解析することを目的として、堆積物の軟 X 線写真撮影、細かい間隔での粒子配列・粒度分布の解析を行った。

### 2. 研究経過

#### 2.1 経過

(1) 軟 X 線撮影. 堆積構造を観察するための軟 X 線撮影用スラブサンプル (長さ 15cm または 10cm x 幅 3cm x 厚さ 1cm) 18 個を通産省工業技術院地質調査所の軟 X 線発生装置 (ソフロン STA-10050) で撮影した。サンプルは二つのグループに分かれる。

グループ I は、肉眼で流れの構造がはっきりと観察されるもので、時折来るイベント的な流れの堆積物である。グループ II ははっきりとした流れの構造が見られないもので、肉眼で堆積物の色の変化が見られるところと、色の変化は見られないが、非破壊の帯磁率測定の結果、帯磁率のピークが見られるものである。グループ II の方がこの場所での日常的な堆積作用を代表していると考えられる。

(2) 粒子配列の測定。ODP の掘削サイト 1055 (水深約 1800m), 1056 (2200m), 1058 (3000m), 1059 (3000m), 1061 (4000m), 1062 (4800m) の酸素同位体ステージ 10 (氷期) 後半からステージ 9 (間氷期) を経てステージ 8 (氷期) 前半にかけて 10cm ごとに定方位サンプルを採り、帯磁率異方性を測定した。測定は通産省工業技術院地質調査所の帯磁率測定装置 (GISCO 社製 KLY-3S) で行った。述べ約 1200 セットのデータが得られた。これらは現在解析中である。

(3) 粒度分析。掘削サイト 1062 の酸素同位体ステージ 10 から 8 にかけて 10cm ごとにサンプルを採り、下記の手順で処理した後、ドイツ GEOMAR (海洋地球科学研究所) の SediGraph により粒度分析を行った。粒度分析を行うための処理手順は以下の通りである。(1) 63 $\mu$ m の篩でサンプルを篩う。(2) 篩の下に落ちた泥質分を 35% の過酸化水素 100cc で処理し、有機物を取り除く。(3) さらに 6% の酢酸 100cc で処理して炭酸カルシウムを取り除く。(4) サンプルが中性になるまで蒸留水で洗浄する。サイト 1062 について予想以上の結果が得られたので、引き続き、サイト 1055, 1056, 1058, 1061 についてもサンプル処理を行い、測定中である。

## 2.2 結果

(2) と (3) についてはまだ解析・測定の途中だが、これまでに得られた結果の中から主要な部分を以下に紹介する。

### (1) 軟 X 線撮影の結果

グループ I : 図 1 の軟 X 線像から、肉眼では観察できない微小な斜交葉理や上方細粒化構造などが観察され、何度かにわたって堆積物を伴った流速の大きな流れ (turbidity currents) が来ていたことがわかる。これらの堆積構造は非常にシャープで生物活動によって壊された形跡もないので、この流れの流入によって短い時間の間に堆積したと考えられる。

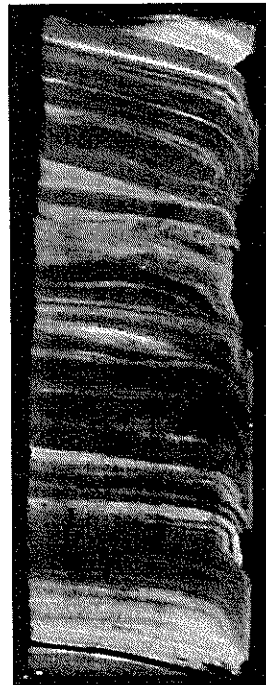


図 1 サイト 1056 から得られたスラブサンプルの軟 X 線像 (サンプル番号 : 1056B6H5, 69-79)。サンプルの長さ 10cm。印刷用に画像処理を施してある。肉眼で観察された流れを示す構造よりもさらに詳しい構造が観察できる。詳細は本文参照。

グループ II : 図 2-(2) では、堆積物の構成物質の変化に伴う色の変化が軟 X 線像の明るさの変化として現れている。暗い部分から明るい部分への変化は海底表面の生物活動 (生物擾乱) のために漸移的になっている。図 1 で見られたようなシャープな堆積構造は見られないが、明るい部分の下部にはこれらのサンプルの中では比較的シャープな線構造が見られ、堆積物がある程度の速度を持った流れによって流入したことがわかる。また、図 2-(1) では肉眼では色の変化も堆積構造も観察されなかったが、軟 X 線像では帯磁率の変化がある部分に堆積



図2 サイト1062から得られたスラブサンプルの軟X線像。(1)左, サンプル番号: 1062B6H2, 123-138。(2)右, 1062B6H6, 8-23。サンプルの長さは15cm。印刷用に画像処理を施してある。詳細は本文参照。

構造が観察された。これらの構造は、堆積物が静止した水塊中を沈降して堆積したのではなく、ある程度の速さを持った流れによってこの場に運ばれ、流れの条件の変化に伴ってここに見られるような堆積構造を作りながら堆積したことを示すものである。水深4800mの場所でどの程度の流速でこうした堆積構造が形成されるかは、今後実

験的研究が必要である。このほかに生物擾乱による均質化が観察されたサンプルもある。従って、この地域では日常的には生物が活動できるような静かな場所であるが、これまでに予測されていたよりもかなり頻繁に図2で示されるような流れがあることがわかった。これは深海で数ヶ月に一度起こる「嵐」程度の規模の出来事かもしれない。そしてごくまれに図1で見られるような速い流れが流入してくる。

## (2) 粒子配列測定の結果

図3は帯磁率異方性の最大軸の沈下方向を示したもので、これは流れの方向を示していると考えられる。図3左は深さに伴う変化で、右はそのデータを適当なグループサイト1062

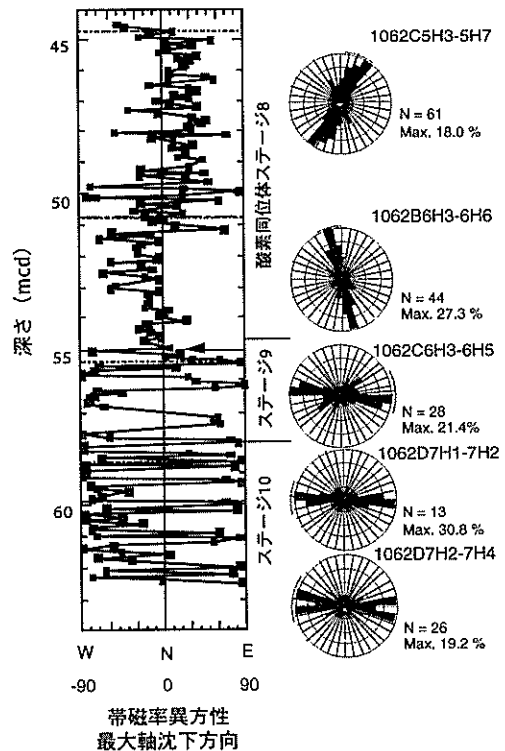


図3 サイト1062での帯磁率異方性の最大軸沈下方向。深さはコンポジット・デプス。矢印は図4の矢印と対応。ローズダイアグラム右のNは測定数。Maxは最大頻度。

でまとめて、方向性を表わすローズダイアグラムに示した。中心からの距離が長い方

向ほど、分布頻度が大きい。これらの図から、酸素同位体ステージ9(間氷期)からステージ8(氷期)に移るところ(矢印)で、それまでほぼ東西方向だった流れの向きが北北西-南南東方向に変化していることがわかる。これを粒度分析の結果(図4)と比べると、ちょうど同じところから、シルト含有量のピークが大きくなっていることがわかる。このことは、運び込まれる堆積物の変化が流れの方向の変化に伴ったもので、間氷期から氷期への移行期に深層での流れの変化が起きた事を示唆すると考えられる。

### (3) 粒度分析の結果

図4はサイト1056と1062の測定結果を示したものである。前述のようにサイト1062ではステージ9から8に移行するところでシルト含有量が多くなっている。こ

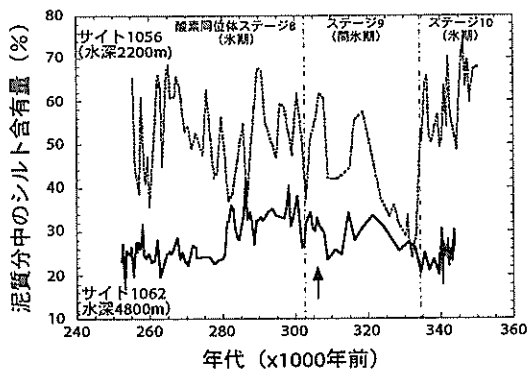


図4 酸素同位体ステージ10の後半からステージ8の前半にかけての泥質分(63 $\mu$ m以下)中のシルト(2 $\mu$ m以上)含有量の変化(Yokokawa and Franz (MS)). 矢印は図3の矢印の深さに対応。

のことは、これらの堆積物を運んでいた流れがこの深さでこの時期に強くなったことを示している。サイト1062に比べ、サイト1056の堆積物のシルト含有量は全般的にかなり多く、その変動量も大きいことが特徴である。このことは、深層西岸境界流の中でも流速の速い中心部がサイト1056の近くにあり、その深さが変動していたことを示す。特にステージ9すなわち間氷期

の初期にはシルト含有量が大幅に落ち込み、深層西岸境界流の中心部はサイト1056からずれていたことがわかる。現在測定中のデータからはかなり深いところ(水深3000~4000m)に移動していたことが示唆されている。

### 3. 研究成果

軟X線撮影では肉眼では観察できない構造が観察され、深海の堆積環境でも日常的にある程度の速さを持った流れによって堆積物が運び込まれていることが示唆された。粒度分析からはこの場所での堆積作用の主な営力である深層西岸境界流の中心部の深さが示唆され、それが時間的に変動していることも明らかになった。水深4800mのサイト1062では間氷期(ステージ9)から氷期(ステージ8)へ移行したときに堆積物の粒度が粗くなっており、これが粒子配列測定が示す流れの方向の変化と一致していることが示された。

### 4. 今後の課題と発展

助成期間中の目標である諸測定の終了はほぼ達成され、詳しい解析と結果の統合が今後の課題である。予察的な結果として上述したように、深層流による堆積作用について、これまでに無かったような高解像度でしかもダイナミックな復元が期待できる。

### 5. 発表論文リスト

- (1) Data report: Sedimentary structures of contourites and turbidites observed by X-ray radiographs: samples from Break-Bahama Outer Ridge and Sohm Abyssal Plain. Yokokawa, M., Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results. (投稿中)
- (2) Intensity changes of the Deep Western Boundary Current during the late Pleistocene in the Northwestern Atlantic from grain size and grain fabric studies. Yokokawa, M. and Franz, S-O. (投稿準備中)