

NT07-19 なつしまーハイパードルフィン 下北沖調査航海

「堆積物－水境界における酸素濃度分布の違いが底生生物
群集・活動と堆積物の初期続成過程に及ぼす影響の解明：酸
素減少層とその上下に位置する海底での比較研究」

クルーズレポート

2007 年 10 月 10 日

1. はじめに

1-1 目的

海洋における酸素濃度は、表層付近では飽和に近い値を示すが、水深が深くなるに従い、表層で生産された有機物の分解の影響を受け、減少をはじめめる。そして、ある深さで最小値をとるが、それより深くなると、酸素濃度は上昇する。日本近海の酸素濃度極小層は700-1000mとされ、相模湾の場合、濃度は約60 μM となることが明らかになっている。しかし、アラビア沖のように酸素減少層の発達が著しい海域の場合、その上部と下部では生息する生物種が全く異なること、また、バイオターベーションの違いに伴い、堆積物の様相も均質からラミナの存在まで、大きく異なることが指摘されている。

日本近海においては、アラビア海ほど酸素濃度が大きく減少する海域の報告はないが、KY04-09 航海で採取したマルチプルコアから、下北半島沖に酸素濃度が大きく減少する水深が存在する可能性が示唆されている。具体的には、下北沖(40.3N, 141.55E, 水深1002m)から採取されたコアを分析したところ、コア直上の溶存酸素濃度は50 μM であったが、微小電極によって堆積物-水境界の化学分析を行った結果、酸素がもたらされる部分は、表層からわずか3mm程度であった(図1-1)。さらに、コア直上付近から硫化水素臭が確認された。つまりこの海底では、酸素消費速度が著しく高く、また、一般的な底生生物にとって猛毒となる硫化水素の存在により酸素減少層の上下間では生物の拡散が出来ず、群集組成がそれぞれ異なることが予想される。さらに生物群集の違いにより、バイオターベーションやバイオリゲーションの頻度や過程が異なり、堆積相も異なっている可能性がある。

しかし、海底付近の酸素濃度分布の違いに起因する底生生物群集と堆積相の違いを明らかにできれば、ある海底環境における地層形成プロセスを明らかにできることになる。本研究は、生物的・堆積学的・地球化学的に酸素減少層と周囲の環境を調べることで、それぞれの環境における、堆積相の形成過程を明らかにすることを目的とする。

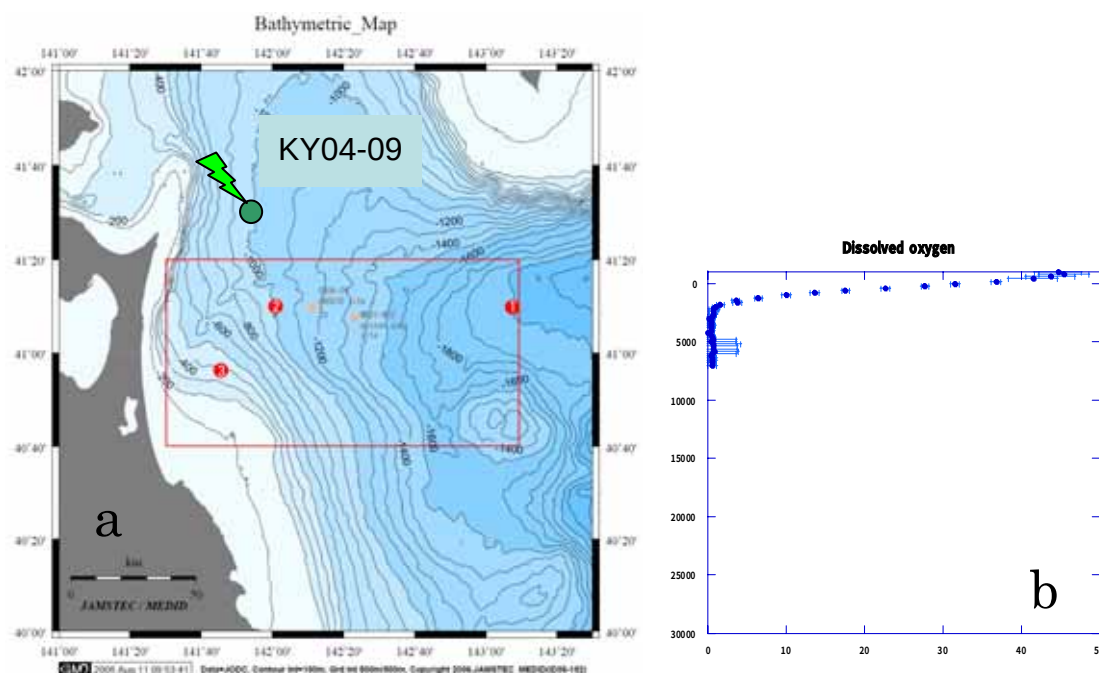


図 1-1 KY04-09 航海で観測した堆積物表層部の酸素濃度分布と NR99-K04 航海で得られた水中の酸素濃度プロファイル。a:試料採取場所、b:微小電極で測定された酸素濃度プロファイル。実際の潜航サイトは②として示される。

1-2 調査海域の特徴

当該海域は、津軽海峡から流れ込む津軽暖流水と北方から流れる親潮の影響を受けるため、季節によって水温や一次生産量が大きく変動することが知られている。Ishizaka (1998) による衛星データ解析によれば、一次生産は $300\sim 700\text{mgC m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ と高いものの、水塊の分布によって大きなむらがあることが明らかになっている（図 1-2）。

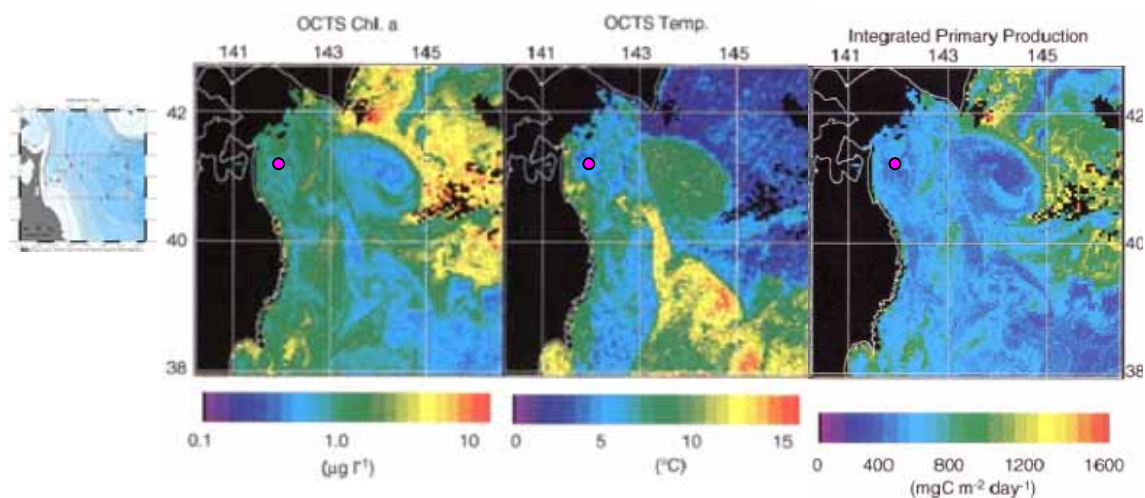


図 1-2 衛星データ解析によって得られたクロロフィル A 濃度、水温、一次生産量(Ishizaka, 1998 より)。赤丸は観測点。

図 1-3 に調査海域を示す。潜航は②で示される点で行った。この場所は水深約 1000m であり、水中の酸素濃度が最小になると期待される。

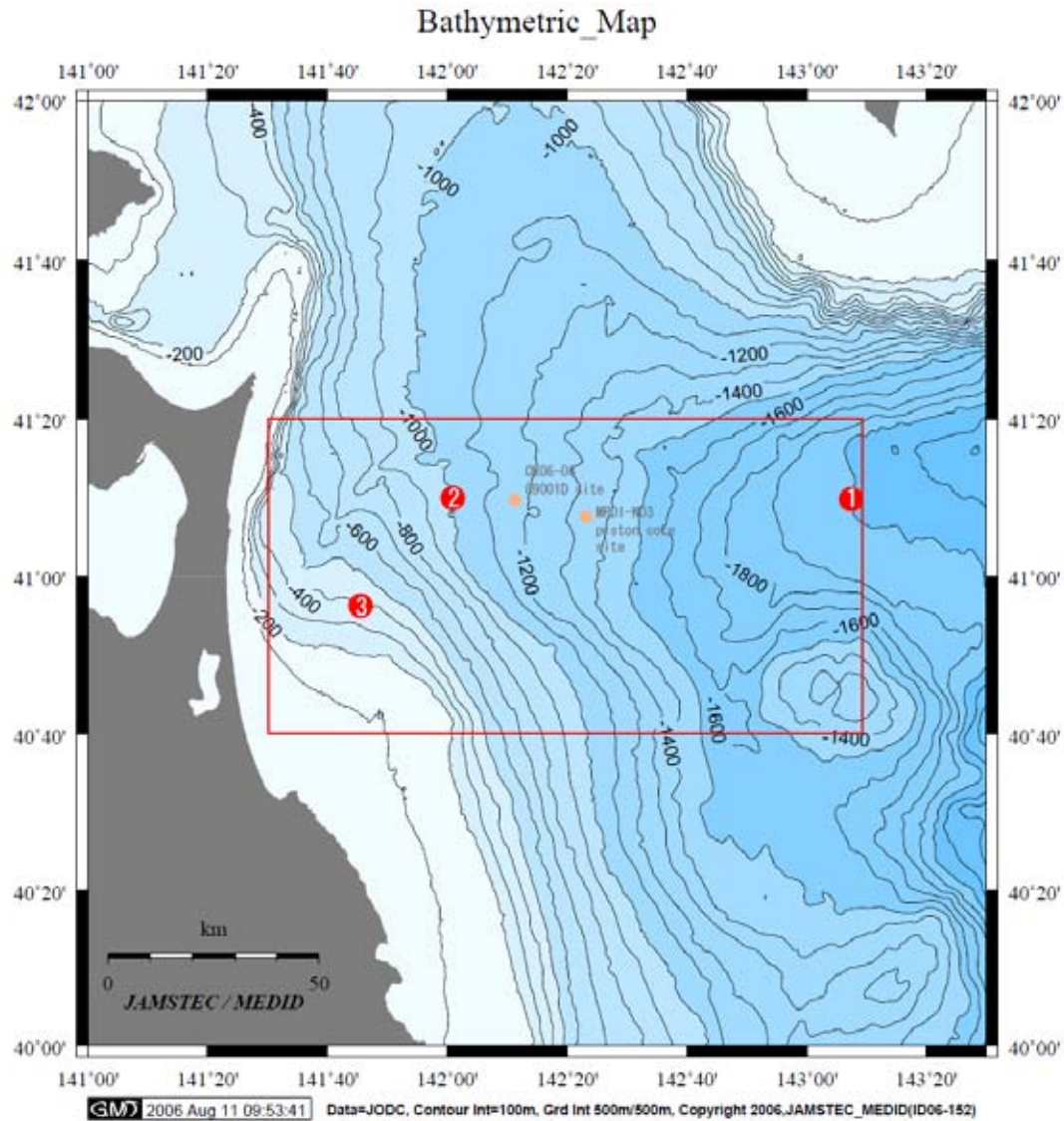


図 1-3 調査海域。実際の潜航は②地点（41°00.0'N 142°03.0'E の半径 5 マイルの円内、水深 1000m 付近）で行った。

図 1-4 に、潜航時に最も近い日時の水温画像を示す。この図は、衛星（NASA 地球観測衛星 TERRA/AQUA、搭載センサ MODIS）によって観察されたもので、http://kuroshio.eorc.jaxa.jp/ADEOS/mod_nrt_new/index.html より引用した。これによれば、潜航地点付近の水温は親潮の影響を受けていると思われる北海道南東部よりも水温が高く、津軽海峡からの暖流水の影響下にあることが推測できる。また、調査海域内の温度分布は不均質であり、潜航を行った時も、この海域が様々な水塊の影響を受けていること

が分かる。

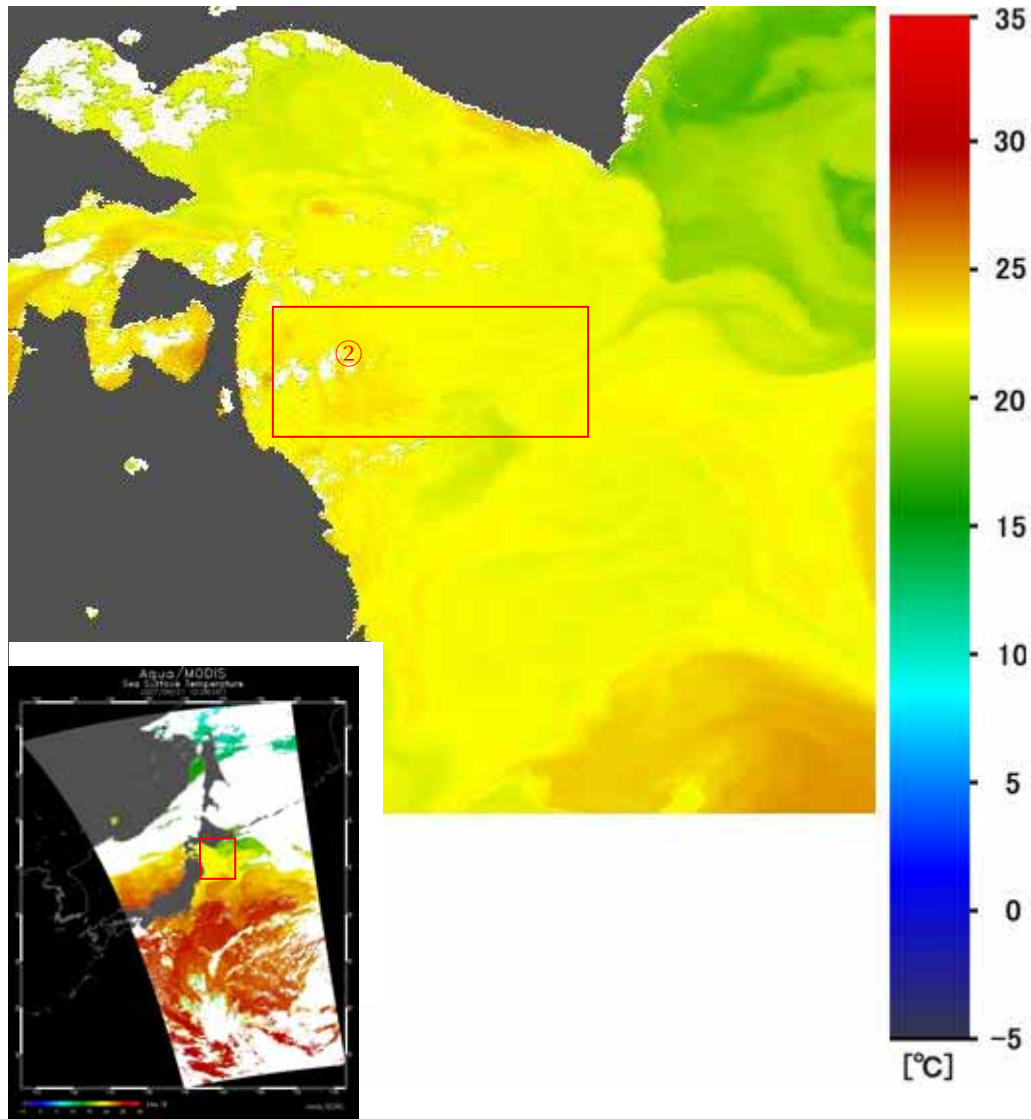


図 1-4 潜航地点付近の表層水温図。画像取得日時は 2007 年 9 月 21 日 12:29JST。赤枠は今回の調査海域を、②は潜航地点を示す。

引用文献

Ishizaka, J. (1998) Spatial distribution of primary production off Sanriku, Northwestern Pacific, during spring estimated by ocean color and temperature scanner (OCTS). *J. Oceanogr.*, 54, 553-564.

2. 参加者

2-1 研究者

首席研究者	海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター	技術研究主任	小栗 一将
研究者	海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター	プログラム ディレクター	北里 洋
研究者	海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター	技術研究副主任	土屋 正史
研究者	海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター	ポスドク研究員	野牧 秀隆
研究者	海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター	技術研究主事	菅 寿美
研究者	東京大学海洋研究所 先端海洋システム研究センター	助教	大村 亜希子
研究者	National Oceanography Center	Lecturer	Ralf Schiebel
観測技術員	日本海洋事業株式会社	課長	片山 健

2-2 「なつしま」クルー

船 長	石渡 正善	甲板長	石森 幹男	機関員	谷口 馨也
一等航海士	辻 昌久	甲板手	八藤後 浩三	司厨長	佐々木 末人
二等航海	小林 十九朗	甲板手	角口 国治	司厨手	鎌田 英俊
三等航海	林 雅樹	甲板手	大迫 和四郎	司厨手	竹馬 幸秀
機関長	塚田 実	甲板手	地本 強	司厨手	山本 達也
一等機関士	船江 幸司	甲板員	岩寄 生典	司厨員	阿部 崇裕
二等機関士	平塚 義信	甲板員	木村 朋弘		
三等機関士	夏井 文彦	操機長	松田 誠一		
電子長	斎竹 弘恭	操機手	丸山 信二		
二等電子士	伊藤 英洋	操機手	船渡 啓太		
三等電子士	北村 勝利	機関員	佐藤 正法		

2-3 ハイパードルフィンチーム

運航長	光藤 数也	三等潜技士	千葉 勝志
一等潜技士	植木 光弘	三等潜技士	菊谷 茂
二等潜技士	三浦 豊司	三等潜技士	竹之内 純
二等潜技士	瀬底 秀樹	三等潜技士	榑原 祐太
二等潜技士	石塚 哲也		

3. 潜航調査について

3-1 ダイブの概要

ハイパードルフィン 潜航記録

平成 19 年 NT07-19 行動

記載者 菊谷 茂

潜航年月日 2007/09/16

位置 作図中心位置

潜航回数 1回

緯度 41° 00.000 ' N

通算潜航回数 753回

経度 142° 03.000 ' E

WGS-84

潜航海域 北太平洋 下北半島沖

潜航目的 調査潜航 堆積物-水境界における酸素濃度の分布の違いが底生生物群集・活動と堆積物の初期続成過程に及ぼす影響の解明

調査主任 小栗 一将

Pilot 三浦 豊司

ビークル指揮 光藤 数也

Co. Pilot 菊谷 茂

作業経過時刻	
吊 揚	08:14
着 水	08:18
潜航開始	08:29
着 底	09:09
離 底	15:35
浮 上	16:04
揚収完了	16:30

累計時間	
潜航時間	7:35
通算潜航	3558:36
ケーブル	ケーブルNo. 3
	使用時間 8:16
	通算時間 2275:5

気象・海象

天候 o	風向 S	風力 4	風浪 3	うねり 1	視程 8
---------	---------	---------	---------	----------	---------

最大潜航深度 976 m

着底深度 973 m

着底底質 泥

離底深度 975 m

離底底質 泥

記事 海底を観察しながら航走し、ランダー移動・設置・回収及び採泥・採水を行った。

3-1-1 ダイブログ

NT07-19

Date: 2007/09/16

Dive Log of HPD Dive #753

Area: 北太平洋 下北沖

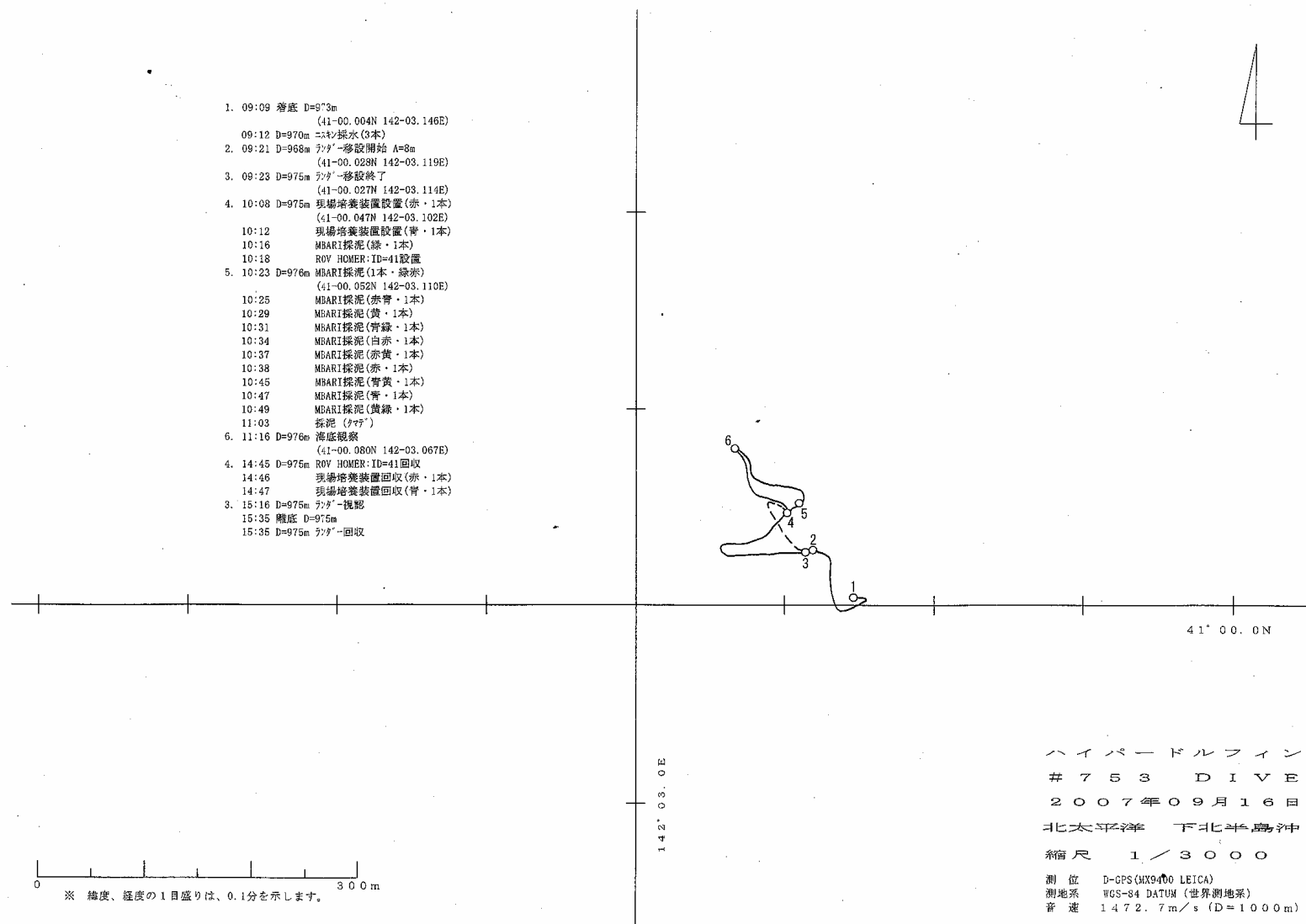
Time (JST)	Depth (m)	Altitude (m)	Heading (Deg)	Description
8:14				吊り上げ
8:18				着水
8:29				潜航開始 (#753)
9:09	973.0			ビークル着底
9:12	970.0		0.0	ニスキン採水 3 本終了
9:17	972.2	3.3	317.0	ランダー確認。海底にはクモヒトデ多数。流れがかなり速い。
9:20	971.0	3.9	299.0	ランダー掴んで 10m 移動
9:22	969.0	5.7	297.0	ランダー再設置
9:27	975.3	0.0	268.0	ランダーのランプついていないこと確認
9:29	975.0	0.0	276.0	ランダーのトリガー抜くと、電源が入った。5 分待機
9:34	975.2	0.0	276.0	コンピューターの電源入ったこと確認
9:37	975.3	0.0	277.0	ランダーのエレベーターのギヤが回っていること確認
9:38	975.2	0.0	277.0	長い深海魚 (ソコアナゴ??) がエレベーター通過
9:41	975.3	0.0	277.0	ソフトウェアの立ち上がり確認
9:45	975.2	0.0	277.0	白いもやのようなものが通過
9:46	975.3	0.0	278.0	突然堆積物の巻き上がり。しばらく何も見えなくなる。
9:48	975.3	0.0	278.0	ランダーの足に白いナマコ(?)。ゆっくり動いている。
9:50	975.3	0.0	278.0	長い深海魚 (ソコアナゴ??) がエレベーター通過
9:51	975.3	0.0	278.0	長い深海魚 (ソコアナゴ??) がエレベーター通過
9:55	975.2	0.0	278.0	ビークル移動開始
9:58	968.8	5.3	68.0	クラゲ
10:00	975.5	0.0	80.0	ビークル着底 (ランダーから 40m はなれた。クモヒトデだらけ)
10:05	975.6	0.0	80.0	培養装置 (赤) 設置

10:11	975.6	0.0	80.0	培養装置 (青) 設置
10:15	975.6	0.0	79.0	MBARI コア (緑) 採取。うまくとれたが、戻すときに失敗したかも。
10:18	975.6	0.0	80.0	ホーマー (ID=41) 設置
10:23	975.9	0.0	77.0	MBARI コア (緑・赤・緑) 採取。泥質粘りけ有り、比較的固め。
10:25	975.9	0.0	60.0	MBARI コア (赤・青・赤) 採取。
10:25	975.9	0.0	60.0	ソコダラが横たわっている
10:28	975.9	0.0	60.0	突然堆積物の巻き上がり。しばらく何も見えなくなる。
10:28	975.9	0.0	60.0	MBARI コア (黄) 採取
10:30	975.9	0.0	62.0	MBARI コア (青・緑・青) 採取、戻すときに抜けたかも
10:34	975.9	0.0	62.0	MBARI コア (白・赤・白) 採取
10:36	975.9	0.0	62.0	MBARI コア (赤・黄) 採取
10:38	975.9	0.0	62.0	MBARI コア (赤)
10:38	975.9	0.0	62.0	ソコダラがエビを追いかけた
10:43	975.9	0.0	62.0	MBARI コア (青・黄) 採取
10:45	975.9	0.0	62.0	ビークル少し前進
10:47	976.0	0.0	64.0	MBARI コア (青)
10:49	976.0	0.0	62.0	MBARI コア (黄・緑・黄) 採取
				MBARI コア採取終了
10:55	976.0	0.0	63.0	スコップで表層堆積物採泥
10:01	976.0	0.0	63.0	ビークル少し前進
11:04	976.0	0.0	62.0	表層堆積物採泥終了
11:05	976.0	0.0	62.0	海底観察開始
11:06	975.5	0.9	360.0	懸濁物が大量。白いナマコ
11:07	975.5	0.7	339.0	白いナマコ、クモヒトデ
11:10	975.3	0.6	339.0	ナマコ？イトマキヒトデ
11:12	975.0	0.5	359.0	赤いエビ
11:16	976.0	0.0	360.0	採泥場所から80m離れてビークル停止、着底、観察開始

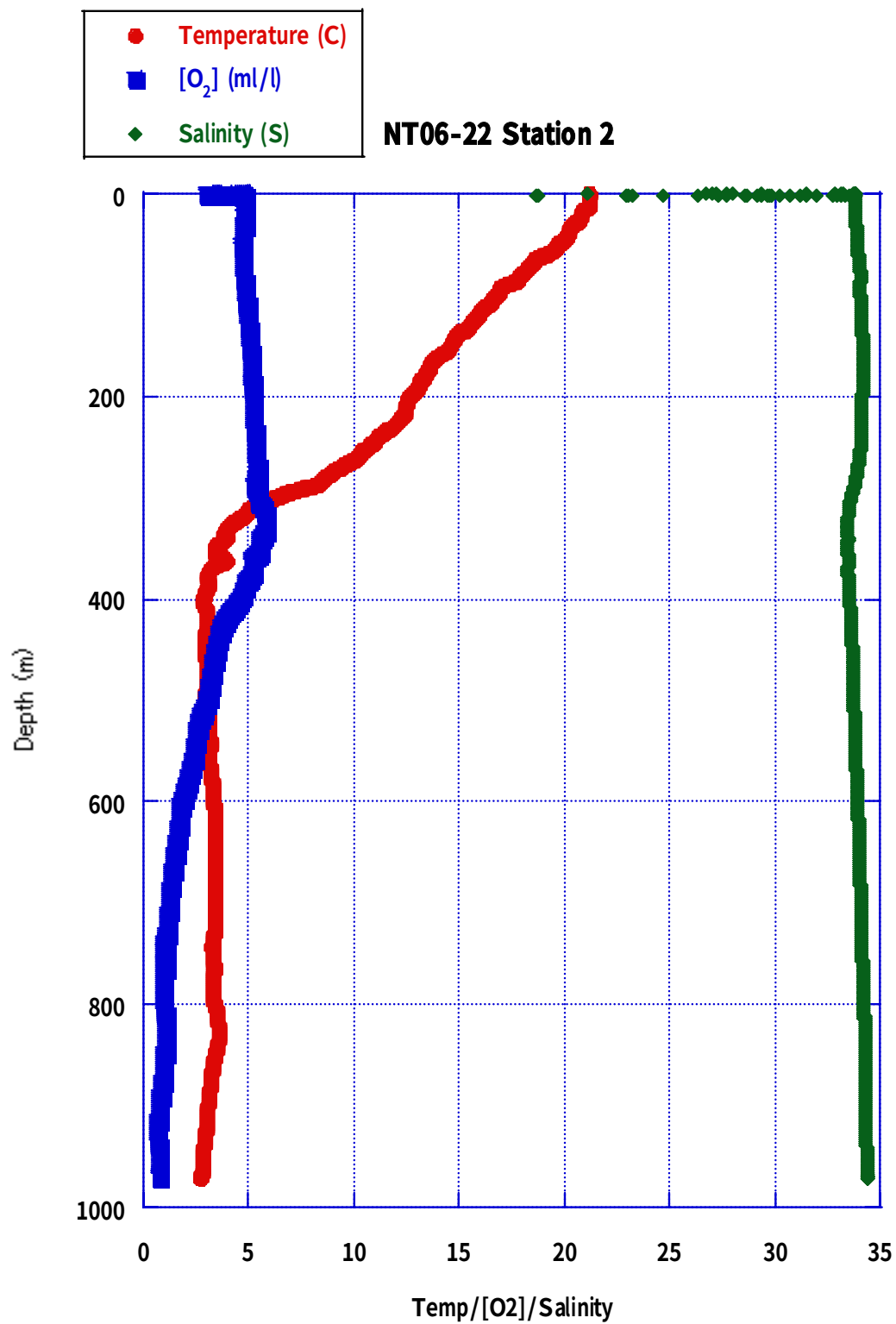
11:18	976.0	0.0	360.0	クモヒトデとその周りに白い細長い生物 (ツノガイかエビか?)
11:20	976.0	0.0	360.0	ゴカイの棲管から触覚らしき物が出ている
11:22	976.0	0.0	360.0	海底を泥の小塊が転がるように流れていく。かなり流れが速い
11:57	976.0	0.0	360.0	イソギンチャクらしき生物 2 個体。
12:02	976.0	0.0	360.0	ソコダラ
12:05	976.0	0.0	360.0	クモヒトデを 2 個体捕獲。逃げない。
12:15	976.0	0.0	360.0	コンゴウアナゴ、ハダカイワシ?
12:23	976.0	0.0	359.0	10 本足ヒトデの前に着底。
12:47	976.1	0.0	360.0	ソコダラ、動かず
12:54	976.1	0.0	360.0	アナゴ通過
12:55	976.1	0.0	360.0	ソコダラ横の泥塊が少し崩落
12:58	976.1	0.0	360.0	アナゴ通過
13:01	976.1	0.0	360.0	アナゴ通過(2 匹)
13:04	976.1	0.0	7.0	ソコダラつかもうとしたら逃げる(1mくらい? 飛び跳ねて着底)、2 回
13:05	976.1	0.0	8.0	アナゴ通過、ソコダラは動かず
13:09	976.2	0.0	8.0	ソコダラ泳いで行ってしまう、視界の外へ
13:10	976.2	0.0	8.0	赤いエビ通過
13:12	976.2	0.0	8.0	アナゴ通過
13:13	976.2	0.0	8.0	ギンザメ? とアナゴが接触
13:16	976.2	0.0	8.0	濁りが通過
13:27	976.2	0.0	6.0	アナゴ通過
13:29	976.2	0.0	6.0	アナゴ通過
13:32	976.2	0.0	6.0	アナゴ? 通過
13:33	976.2	0.0	6.0	カニ、大きさ 20cm くらい、左前足が 1 本ない、前進後停止
13:36	976.3	0.0	6.0	カニ再び前進し始める、視界の外へ
13:45	976.3	0.0	6.0	アナゴ通過

13:49	976.3	0.0	6.0	サカナ通過
13:55	976.0	1.4	332.0	ビークル移動を開始
13:57	975.8	0.0	327.0	ビークル、サカナの前に着底
13:59	975.8	0.0	330.0	濁りが海底を一面に覆い、通過
14:01	975.8	0.0	331.0	黒い浮遊物
14:06	975.8	0.0	331.0	アナゴ通過
14:11	975.8	0.0	330.0	アナゴ通過、サカナは這って少し前進
14:27	974.9	2.5	181.0	ビークル移動開始
14:33	976.0	0.0	67.0	ビークル培養装置そばへ着底
14:35	976.0	0.0	67.0	濁りが海底を覆う
14:42	976.0	0.0	67.0	アナゴ通過
14:45	976.0	0.0	67.0	ホーマー (ID=41) 回収
14:46	976.0	0.0	67.0	培養装置 (赤) 回収完了
14:47	976.0	0.0	67.0	培養装置 (青) 回収完了
14:48	976.0	0.0	67.0	サカナ、クラゲ通過
14:49	976.0	0.0	67.0	カニ
14:50	973.3	4.2	40.0	ビークル移動開始
14:52	972.8	0.7	80.0	サカナ通過
14:55	974.2	0.0	79.0	ビークル着底、10本足ヒトデ
15:09	974.2	0.0	79.0	アナゴ？通過 (2匹)
15:11	974.2	0.0	79.0	アナゴ？通過 (2匹)
15:13	974.2	0.0	79.0	サカナ通過
15:14	974.2	0.0	79.0	サカナ通過
15:15	973.3	1.7	81.0	ビークル移動開始
15:16	974.2	0.0	81.0	ビークル、ランダーそばへ着底
15:17	975.5	0.0	81.0	濁りが海底を覆う
15:19	975.5	0.0	81.0	センサー沈みすぎを確認
15:29	975.5	0.0	81.0	ランダー回収準備開始、濁りがはれるのを待つ
15:35	971.0	6.3	82.0	ビークル離底

15:38	954.2	22.8	87.0	ランダー回収開始
15:40				ランダー回収完了、離底



3-2 CTD データ



3-3 XBT データ

TSK XBT/XCTD-SYSTEM TS-MK130 Tsurumi-Seiki CO.,Ltd (Ver.2.06)

データバス名 : c:\Program Files\MK-130\data\

データ名 : BT-014720070915

データナンバ : 0147

日付 : 2007/09/15

時刻 : 12:51:05

緯度 : 41-09.0211N

経度 : 142-15.2904E

デバイス名 : XBT

プローブタイプ : T05

深度係数 a : 6.828

深度係数 b : -1.82

最大深度 (m) : 1830

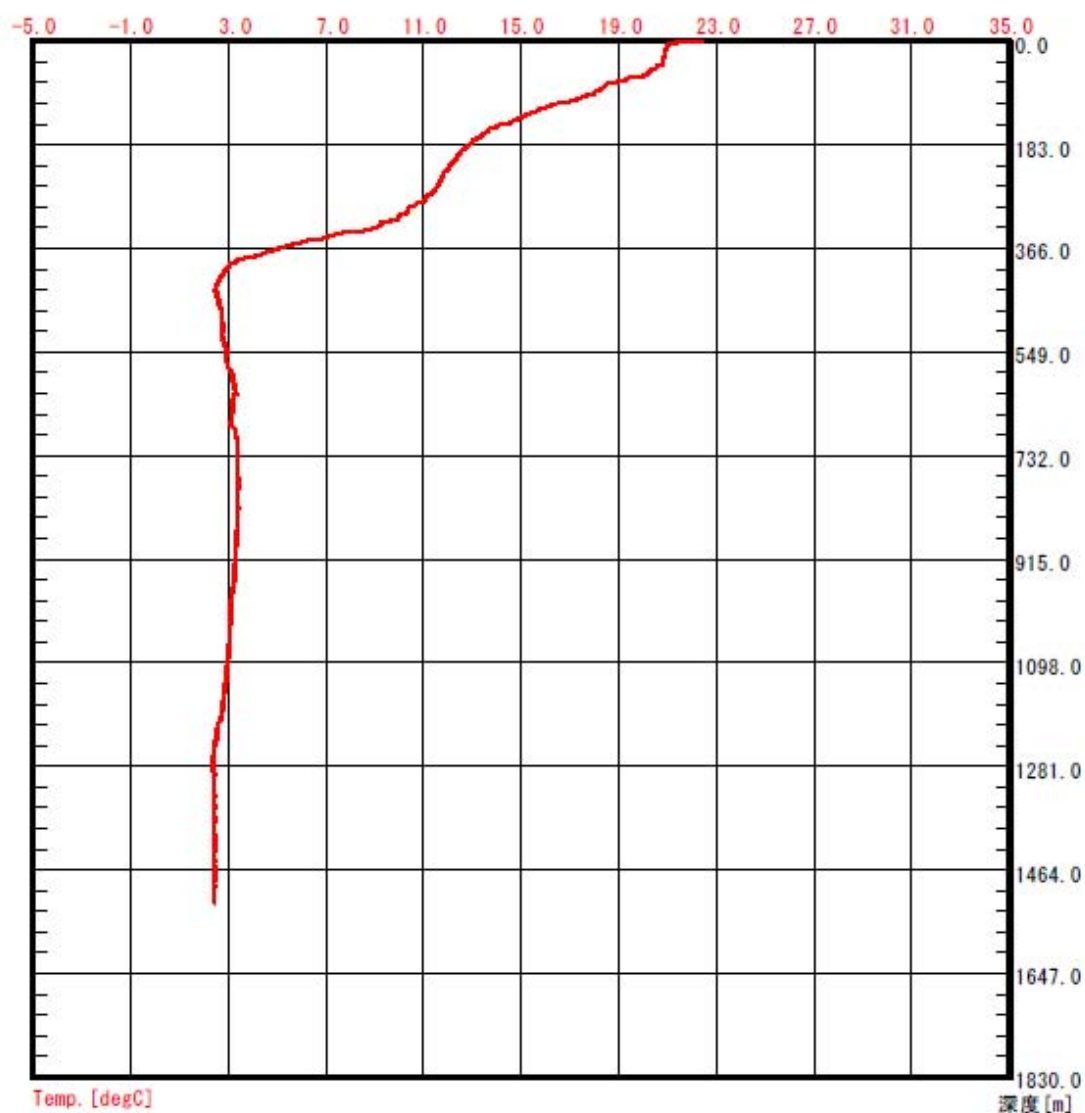
データ数 : 4687

BATHYプローブ : 231

BATHY処理器 : 43

深度ステップ : ALL

TSK XBT/XCTD-SYSTEM TS-MK130 -鉛直分布図印刷- (Ver.2.06)



4. サンプルと研究

4-1 堆積物

4-1-1 堆積構造の観察：

軟X線写真（担当：北里 洋・野牧秀隆・菅 寿美・飯島耕一）

はじめに）

堆積物は、それが形成された海底の物理化学的環境および生物活動を反映して独特の堆積構造を持つ。酸素に欠乏した環境では、底生生物の活動がないために、季節ごとに水中を沈降してきた無機あるいは生物殻粒子がそのまま配列を乱さずに堆積し、細かい葉理を形成する。アラビア海の酸素極小層では、溶存酸素量 0.16 から 0.22ml/L のわずかな 0.06ml の濃度変化に伴い、はっきりとした葉理がある堆積構造から、あいまいな葉理を経て、よく攪拌された塊状構造へと変わる (Levin et al., submitted)。このような葉理の変化は、過去の無酸素環境である、黒色泥岩にも観察することができる。

本研究では、日本近海の酸素極小層を挟んで、堆積構造 (sediment fabric) がどう変わるのかを記述する目的で、堆積物断面の軟X線写真を撮影し、微細組織を観察する。

方法）

軟X線写真用試料は、以下の要領で準備する。

- 1) 内径 8.2 cm の MBARI 式プッシュコアサンプル（コア名：白赤）を、半裁した塩ビ管を 2 つ合わせて作った管に、堆積組織が乱れないように押し上げながら挿入する。
- 2) テグスとアクリル板を用いてコアを半裁する。
- 3) 堆積物上部にポリエチレンフォームの半月板を挿入し、堆積物下部をアクリル板で押さえながら堆積物を水平に置き、コアを開く。その後、堆積物下部を半割り赤キャップで固定する。
- 4) コアの半割面に、幅 3 cm × 長さ 20 cm × 深さ 5mm のプラスチックのトレーを、空気が入らないよう注意しながら堆積物に押し込む。
- 5) トレーの枠に沿ってテグスをスライドさせ、堆積物を切り、取り出す。
- 6) トレーにカバーをし、シーロンで密閉する。その後、サランラップでくるみ、コアの上部方向を白、下部方向を赤のビニールテープで巻く。
- 7) 軟X線試料は、冷蔵庫に入れて持ち帰る。
- 8) IFREE4 実験室に設置してある軟X線写真撮影装置を用いて写真を撮り、堆積組織を観察する。一部の試料はブロックを切り出して凍結乾燥後、SEM 写真を撮り、組織がどのような物質から構成されているのかを確認する。

今後）

さまざまな無酸素、貧酸素環境下で堆積した地層について軟X線写真を撮影し、微細組

織を記載する。堆積構造は、地層形成時の海底環境を反映しているので、それが形成された堆積過程を推定するためのデータベースとする。

文献)

Levin, L.A., C. R. Whitcraft, G. F. Mendoza¹, J. P. Gonzalez, and G. Cowie, submitted, Oxygen and organic matter thresholds for benthic faunal activity on the Pakistan margin oxygen minimum zone (700-1100 m). Deep-sea Res., Part II,



写真 4-1-1-1： Dive 753, 白赤コアを半裁したところ。塊状のケイ藻質泥

4-1-2 現場型二次元酸素オプトード (2D optode) を使った堆積物－水境界の断面の撮影と酸素濃度分布の測定 (担当：小栗一将)

はじめに

これまで JAMSTEC 船舶による調査の結果、下北半島沖の水深 1000m 付近の海底付近では、酸素濃度が著しく減少することが明らかになっている。たとえば MR99-K04 航海では、深さ 1000m における酸素濃度は約 $30\text{ }\mu\text{M}$ とされ、KY04-09 航海では、水深 1200m から採取したマルチプルコアから、硫化水素が確認されている。このような低酸素環境において、どのような底生生物が生活しているのか、さらには、堆積物中にどのような情報が記録・消失するのか、これらのことを知るための第一歩として、NT07-19 航海、ハイパードルフィン、ダイブ#753、下北半島沖 (40-56.00N, 141-46.00E) において、堆積物－水境界における断面の観察と酸素濃度分布の測定を行った。これにより、生物の種類や生物活動に伴う海底の酸素濃度分布・酸素の供給過程 (Bioirrigation)、さらには、有機物の好気分解の指標となる、酸素消費過程が明らかになる。

方法

(1) 2D Optode による海底の二次元酸素濃度分布の測定

2D Optode は、酸素濃度の二次元分布を可視化する装置である (Glud et al., 1996)。濃度の測定原理は、ある種の金属錯体が放つ燐光の発光寿命が、酸素濃度に反比例するという現象に基づいている (Kautsky, 1939)。海底断面の酸素濃度の可視化は、金属錯体を塗ったフィルム状のセンサホイルを堆積物－水境界にあてがい、センサホイルの表面を、マルチゲートカメラと呼ばれる多重露光 CCD カメラで撮影することで行われる。酸素濃度の定量は、マルチゲートカメラによって燐光の時系列画像を 2 枚撮影した後、これらの画像を用いて燐光の発光寿命画像を計算して行われる (Holst and Grunward, 2001)。実際の現場で観測をするためには、Glud et al (2001) が開発した潜望鏡型の撮影装置をランダーシステムと呼ばれる水中エレベーターに搭載して、自動的に観測を行う。なお、センサホイルに塗布した金属錯体には、低酸素濃度領域で消光が大きく、高精度を期待できる白金オクタエチルポルフィリンを使用した (Oguri et al. 2006)。

今回の調査では、この装置を搭載したランダーシステムを船上から投入し、海底に着底した装置をハイパードルフィンによって乱れのない海底に移動したのちに観測を行った。撮影時間は 10:02 から 15:30 の 5 時間 28 分、測定間隔は 1 分とした。

(2) Winkler 法による酸素濃度測定

ハイパードルフィンに搭載したニスキン採水器を使用して、海底付近の海水を採取した。この海水は、Winkler 法を使い、溶存酸素量の測定に供された。

(3) 海底直上水の酸素濃度

2D Optode 装置による酸素濃度イメージの観測中、ランダーに取り付けた光酸素センサ（Aanderaa Optode 3830）を使い、海底直上（高さ約 10cm）の酸素濃度を 2 分間隔で観測した。

結果

(1) 2D Optode による海底の二次元酸素濃度分布の測定

ランダーを回収する際、ハイパードルフィンが装置に近づいたところ、堆積物－水境界に位置するはずの潜望鏡部分が海底に完全に埋もれていることを確認した。回収されたデータを確認したところ、潜望鏡が止まるべきところでとまらず、10cm ほど行き過ぎて停止したことが分かった。この原因は複合的なもので、①海底検出光センサの取り付け不良を起こしており、LED とフォトトランジスタの光軸がずれていた（写真 4-1-2-1）。②このためセンサの動作確認時に、センサ不良と見なされた。③そこで、制御コンピュータは、アルゴリズムを通常のセンサ検出ルーチンから非常用ルーチンに移行させた。④非常用ルーチンでは、潜望鏡を下げるためのブラシレスモーターを 30 分下降させた後に停止するようプログラムがされているが、何らかの理由でモーターの回転が予想（NT06-22 時に観測された水中での下降速度 3.3mm/分）より早く動き、結果として潜望鏡部分が全て海底にささって停止した。海底検出光センサの光軸がずれた理由としては、①PET 製のセンサ部分が十分な力でホルダに押し込まれていなかった。②取り付け後、ホースのねじれや物理的な接触など、何らかの力が働いてセンサがゆるんでしまった、などが考えられる。モーターの速度が早かった理由としては、NT06-22 で使用したモーターとは、内部のゴム磁石とステーターの距離が違ったことが考えられる。これは、ゴム磁石が絶縁油を吸って膨張することに起因する現象である。今後、同じトラブルを起こさないために、①センサ部分をねじなどできつく固定できるように固定する。②非常用ルーチンを見直す。具体的には、モーターを動かす時間ではなく、回転数（移動距離）などで制御する。③ゴム磁石を使わないモーターに交換する。④ハイパードルフィンの RS-232C ポートを利用したモーターのリモコン制御を行うことで、目視によって潜望鏡を最適な点に沈ませる。といった対策を施す予定である。

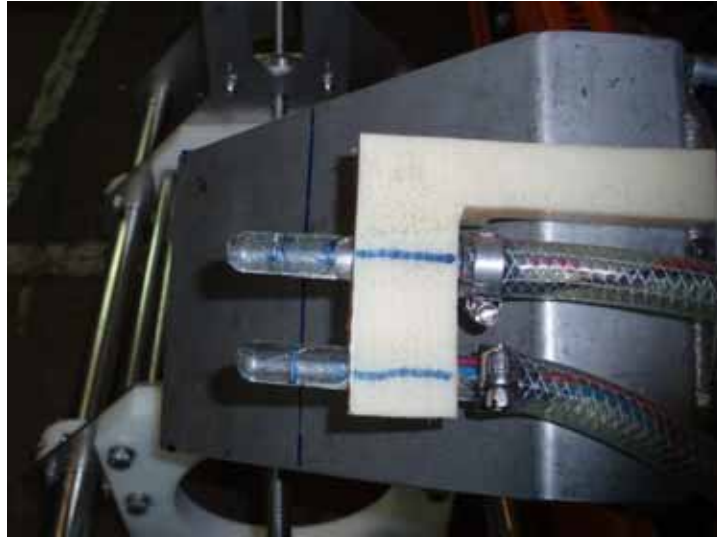


写真 4-1-2-1 引き上げ後、光軸ずれが確認された海底検出光センサ部分

しかしながら、潜望鏡が完全に埋もれるまでの、観測開始から約 20 分間は、結果を得ることも明らかになった。図 4-1-2-1～2 に、海底断面とセンサホイルが発する燐光の発光寿命分布をそれぞれ示す。これによれば、海底に酸素が拡散する深さは非常に浅い部分に限られていること、生物が作り出したと思われる穴が海底深くまで分布していることが分かる。実際、ハイパードルフィンによる観察により、海底にはクモヒトデが大量に分布していることが分かったことから、海底は、生物活動によって常時耕されていることが推測できる。

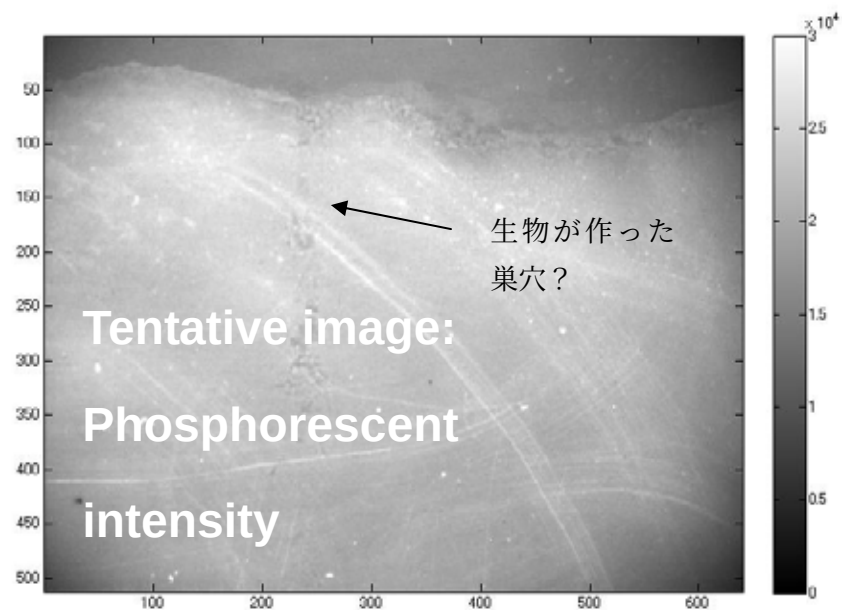


図 4-1-2-1 堆積物－水境界のモノクロ画像。海底の表面は平らではなく、さらに生物が作ったと思われる穴が確認された。スケールバーは疑似モノクロ階調（明暗）を示す。画面左と下の数字はピクセル数を示す。

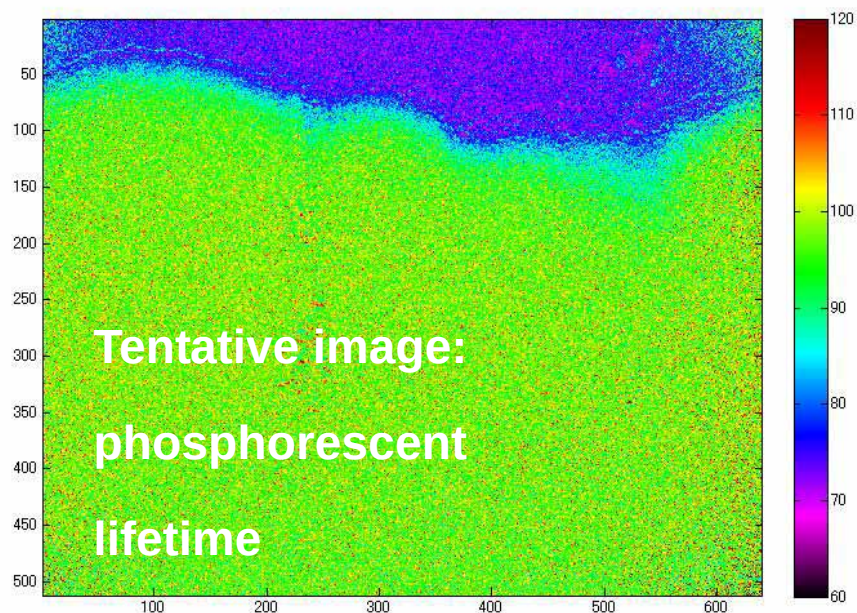


図 4-1-2-2 酸素センサホイルが発する燐光の発光寿命のプロファイル。スケールバーの単位は μsec 。寿命が長い（緑色）部分ほど酸素濃度が低く、短い（青色）部分ほど濃度が高い。

(2) Winkler 法による酸素濃度測定

測定の結果、海底付近の溶存酸素濃度は $37.7 \mu\text{M}$ であった。

(3) 海底直上水の酸素濃度

Aanderaa O2 Optode センサは、圧力の変化に伴って、値がわずかにシフトするため、(2) で得られたデータを使って補正を行った。結果を図 4-1-2-3 に示す。酸素濃度はほぼ $37 \sim 38 \mu\text{M}$ を示した。また、温度は 2.72°C と一定であった。

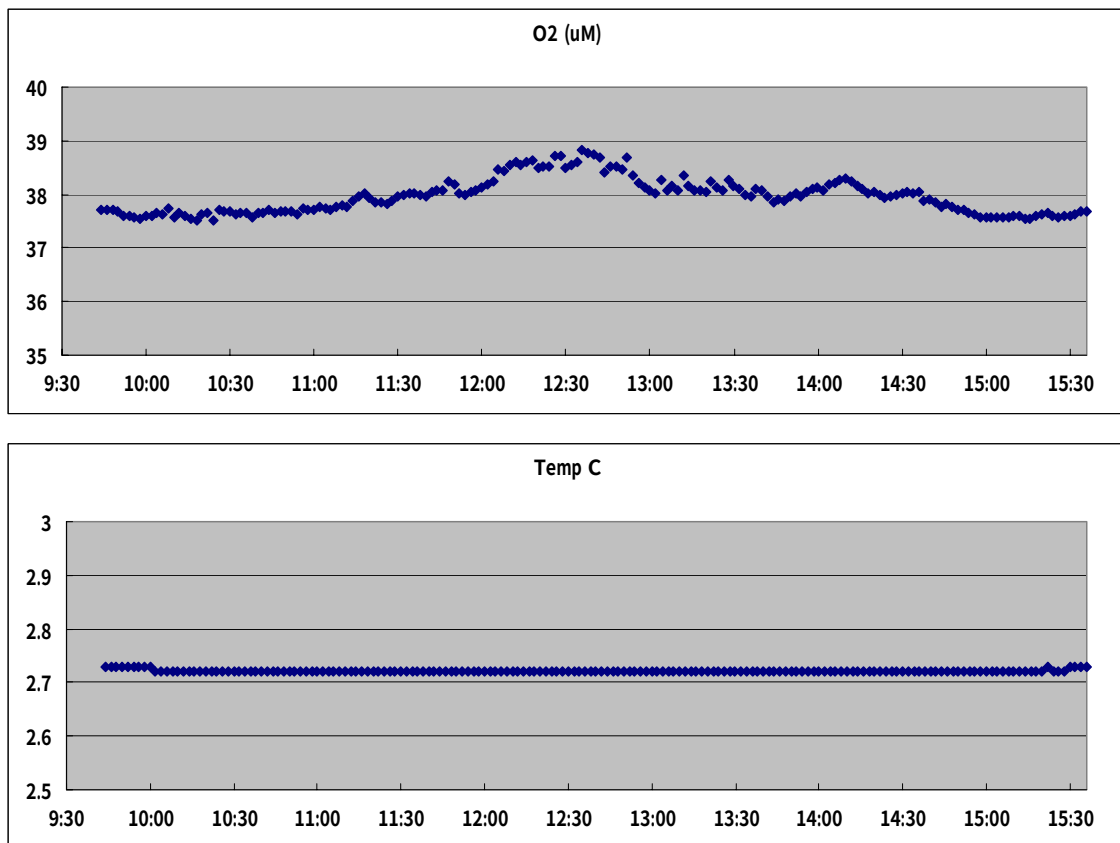


図 4-1-2-3 酸素濃度と温度の時間変化

今後の予定

装置を海底から引き上げる際も、水中の酸素濃度を測定しているため、これらのデータを使いキャリブレーションを行う予定である。これにより、燐光の発光寿命だけからの定性的な濃度の濃淡画像を定量して、酸素濃度分布に変換することが可能になる。この結果から、海底における生物活動と酸素濃度分布の変動を考察する予定である。

また、観測を開始する際、2D Optode の潜望鏡に取り付けた、海底検出センサと、検出プログラムに不具合が見つかった。このため、潜望鏡を海底に降ろす方法を含めた、動作方法の再検討を行う。

引用文献は省略

4-1-3 OMZ/間隙水の化学環境（担当：菅 寿美・井尻 暁・坂井三郎）

イントロダクション

堆積物中の間隙水は、堆積物の分解の影響を受け、その直上水と大きく異なる化学組成を有する。水と堆積物の境界面での物質循環を知るためには、間隙水中の化学組成を知ることが不可欠である。中でも、酸化還元状態に応じて形態を変える元素の各種形態の濃度変化は、水と堆積物の境界面で起きている現象を把握するのによい指標となる。また、有機物の分解により増加する全炭酸とその炭素同位体比、および溶存有機物も、堆積物の分解に関する情報を与えてくれる。

目的

酸化還元状態の変化に応じて存在形態を変化させる窒素および硫黄化合物の濃度を測り、堆積物中の酸化還元環境を復元する。合わせて、全炭酸の炭素同位体比と溶存有機物量を測り、堆積物の分解に関する基礎的な知見を得る。

試料

2007年9月16日に行われたHPD#753にて、10時37分に41°00.052N、142°03.110Eで採取されたMBARIコア（赤・黄）を試料とした。採取した柱状堆積物は、船上で1cmの厚みで深さ5cmまでスライスした。4℃の低温室にてそれぞれを圧縮し、8.5mlから9.5mlの間隙水を採取した。

今後の予定

搾り出した間隙水は冷凍/冷蔵/常温保存で実験室に持ち帰り、以下の項目の化学分析を行う。

- ・窒素（硝酸イオン、亜硝酸イオン、アンモニア）
- ・硫黄（硫酸イオン、硫化水素）
- ・全炭酸の炭素同位体比
- ・溶存有機物

4-2 生物の解析

4-2-1 有孔虫の群集解析（担当：北里 洋・土屋正史・豊福高志・野牧秀隆）

はじめに）

底生有孔虫類は、海洋のさまざまな水深や場に適応して分布する。堆積物-水境界に存在する microhabitat に従って、ときには 10 cm を超える深さにまで棲んでいることもよく知られている（たとえば、Kitazato, 1994）。底生有孔虫の分布を規制する要因は、水温と塩分で代表される物理化学的な水塊構造であるという考え方（Phleger, 1964）が一般的であるが、底層水の溶存酸素量とエサの供給が分布を決めているのだという TROX model (Jorison et al., 1995) が、最近になって、多くの研究者に受け入れられるようになってきた。しかし、いずれのモデルも実証されているわけではない。

日本の太平洋側の沿岸から深海に至る大陸棚—斜面域は、水深方向に生物が帯状分布することが知られている。ことに、東北日本は、顕著な酸素極小層が発達し、そこには *Uvigerina akitaensis*, *Globobulimina affinis*, *Chilostomella ovoidea*, *Nonionella biloculata*, *Nonionellina labradorica*, *Bolivina spissa*, *B. pacifica*, などを主体とした、酸素極小層群集が分布する (Ikeya, 1972; Matoba, 1975; 井上, 1989)。しかし、これらの一連の研究は、堆積物表層 1 cm のみを扱ったものであり、堆積物内の群集については考慮していない。底生有孔虫が、なぜさまざまな場所で住み分けているのか？ その要因は何か？ という適応生態を理解するために、さまざまな場所の有孔虫の水深および堆積物深度方向への棲み分けを記述した、データセットが必要である。

方法）

群集解析用試料は、以下の要領で準備する。

- 1) MBARI core 表層から、15 cm までを、3 cm の深さまでは、0.5 cm ごとに切り、それ以下は 1 cm ごとに切り分ける。
- 2) それぞれの分画ごとに、1% ローゼンガル海水ホルマリン溶液で固定、染色する。
- 3) 陸上の実験室では、32 μm の目地の篩で洗い、双眼実体顕微鏡下で拾い出し、同定に供する。

船上における経過）

MBARI コアを 15 cm まで切り分け、ローゼンガル海水ホルマリンを用いて固定した。

今後）

さまざまな無酸素、貧酸素環境下に適応した有孔虫について群集解析を行い、それぞれの種の分布と環境要因、あるいは生物学的な要因を検討する元データとする。

文献は省略する）

4-2-2 有孔虫細胞の TEM 写真

(担当：北里 洋・豊福高志・植松勝之)

はじめに)

底生有孔虫類は、異なった種類が海洋のさまざまな環境に適応して分布している。同一の堆積場であっても、microhabitat が異なるため、それに従った棲み分けがなされている。無酸素環境や酸素が欠乏した酸素極小環境にも、多くの有孔虫が適応し、生息していることが知られている (Cowie, 2005; Schmacher et al., 2006)。酸素が欠乏した環境に生息する有孔虫は、嫌気呼吸を行うか、微生物を共生させて酸素に依存しない代謝を行っていることが指摘されている (Bernhard, 2002; SenGupta and Bernhard, 2003)。

日本の太平洋側には、酸素極小層が発達し、そこには *Uvigerina akitaensis*, *Globobulimina affinis*, *Chilostomella ovoidea*, *Nonionella biloculata*, *Nonionellina labradorica*, *Bolivina spissa*, *B. pacifica*, などを主体とした、酸素極小層群集が分布することが知られている (Matoba, 1975)。これらの種類の有孔虫細胞の超薄切片を作り、TEM を用いて、1) 細胞内器官の種類と分布、2) 共生微生物、略奪した葉緑体の有無、3) 食胞内に残留しているエサを観察し、酸素極小環境への適応生態、食性を議論する。

方法)

TEM 試料は、以下の要領で準備する。

- 1) MBARI core 表層堆積物を 63 μm メッシュの篩でふるい、双眼実体顕微鏡かで、細胞が詰まった生きている有孔虫を拾い出す。
- 2) 25% グルタルアルデヒド原液を現場濾過海水で 10 倍希釈する。
- 3) 拾い出した有孔虫を種類ごとに時計皿に入れ、海水をできるだけ吸い出した上で、グルタルアルデヒドを回し入れて固定する。その後、固定した有孔虫は、2 ml のバイアル瓶に入れ、約 1 ml のグルタルアルデヒド液を入れて 2 時間、現場水温環境において固定する。
- 4) バイアル瓶中のグルタルアルデヒド液は有孔虫個体が吸い出されないように気をつけながらピペットで除去し、有孔虫個体は現場海水で 2 回洗い流す。
- 5) 現場濾過海水に置換した細胞固定試料は、冷蔵庫に保管して、機構に持ち帰る。
- 6) 機構、電子顕微鏡室において、オスミウム酸による二重固定、脱水、包埋処理を行った後に、超薄切片を作成し、透過型電子顕微鏡を用いて、細胞組織を観察する。

船上における経過)

Chilostomella ovoidea, *Uvigerina akitaensis*, *Bolivina spissa*, *Nonionellina labradorica*, *Cassidulina norcrossi*, *Nonionella biloculata*, *Bulimina striata* を拾い出し、グルタルアルデヒド固定を行った。

今後)

さまざまな無酸素、貧酸素環境下に適応した有孔虫について、TEM写真を撮影し、微生物共生の有無と代謝特性を明らかにし、適応生態を議論する。

文献は省略する)

4-2-3 深海有孔虫の成長速度測定のためのカルセイン染色

(担当：北里 洋・豊福高志・野牧秀隆・Joan Bernhard)

はじめに)

底生有孔虫類の生活環を知ることは、有孔虫の生活史を明らかにする繁殖生態学的理解のほかに、有孔虫の殻がどのような情報を持っているかを理解することができる。有孔虫類は、数日から数年に及ぶ、さまざまな長さの生活環を持つと言われている。一般に浅海種は早い生活環を、深海生の有孔虫は遅い生活環を持つことが予想されている。深海生種は植物プランクトンのブルームが起こる時期に幼生個体が多いことから、その多くが1年の生活環を持つと推定されている (Ohga and Kitazato, 1997; Kitazato et al., 2000)。加圧培養装置を用いた室内実験では、*Chilostomella ovoidea* が数ヶ月に1つの頻度で殻形成を行うことから、複数年で成長する生活環を持つと推定した (Ohga, 1995MS)。しかし、これらはいずれも断片的な情報に基づいたもので推定の域をでない。殻にマーキングを行い、その個体群を海底現場に放置して培養を行い、成長速度を測定することができれば、深海生有孔虫の生活環を復元する直接的な証拠を得ることができる。

本研究は、実験室内でカルセインを用いて有孔虫の殻にマーキングを行い、それらの個体を海底に持って行き、海底で培養することを通じてその後に生長した殻の数から有孔虫個体の生長量を測定するプロジェクトの最初の一步である。

方法)

カルセイン染色は、以下のように行う。

- 1) ROVのマニピュレーターで、熊手を用いて海底表層堆積物を採取する。
- 2) 4リットルトスロンに現場海水とともに表層堆積物1Lを入れる。堆積物+水で約2Lである。
- 3) 大型生物を1mm目の篩で濾して除去する。
- 4) カルセイン溶液を2リットルの堆積物+水に20ml加え、よく攪拌する。
- 5) トスロンは冷蔵庫に入れ、機構に持ち帰る。
- 6) 機構では、深海研究棟5階の低温実験室に入れ、酸素を供給しながら飼育を継続する。
- 7) トスロンは、2週間に1回の割合で上澄みの海水を現場海水に入れ替える。その際、カルセイン染色液を、一定量、加える。

船上における経過)

Dive 753で採取した海底表層の泥を用い、4Lトスロン2つに分取した。カルセイン染色液をトスロンに注入し、よく攪拌した上で、4℃の低温室に置いた。

今後)

2008年1月17日から24日の期間、実施予定のNT08-02航海において、相模湾初島沖

海底にフレームを置き、その中に、カルセイン染色を行った飼育試料を注ぎ込んで約6ヶ月飼育する。6ヶ月後にコアを採取し、有孔虫を回収する。拾い出し、カルセイン染色で染まった個体がある場合、海底での成長はカルセインがない条件で行っているので、約6ヶ月でどれくらい成長したのかが判別できる。

文献は省略する)

4-2-4 下北半島沖貧酸素海底における堆積物内に保存された DNA の多様性と化石 DNA の探索（担当：土屋正史・大村亜希子・窪川かおる・北里 洋）

DNA 抽出法の改良と化石 DNA 解析における汚染の評価

土屋 正史・北里 洋

1. はじめに

本研究では、下北半島沖貧酸素海底における堆積物DNAの多様性および浮遊性藻類を含む単細胞真核生物の遺伝的多様性を明らかにすることを目的とする。さらに、化石DNA研究に関するリファレンスとして、海洋表層や堆積物表層に存在する生物種のDNAが、堆積物表層から堆積物内部へどのように保存されているかを検証する。

化石 DNA研究で最も問題となるのが、DNAの汚染の問題である。汚染はコア掘削時あるいはコア試料の分取時、さらには、DNA抽出や増幅時に起こりうる。DNAの抽出や増幅時の汚染の問題は、ネガティブコントロールを実験系に組み込むことで汚染の有無を確認することができる。

一方、コア掘削時やコア試料分取時のコントロールは、容易ではない。汚染は、堆積物表層の新鮮な有機物やコア壁面から起こりうる。本研究では、これらの操作時に起こりうるDNAの汚染の評価をするため、海洋表層の海水中や堆積物直上水、堆積物表層の各試料から、環境DNAを抽出し遺伝的多様性を明らかにすることで、堆積物柱状試料から見つかったDNAが何に由来するのかを明らかにする。

これまでの化石DNA研究では、下北沖における「ちきゅう」CK05-04 Leg2およびCK06-06試験掘削時に採取されたコアを用いて、化石 DNAがどの深度まで保存されているのか、化石DNAの遺伝情報を用いて、過去から現在に至る浮遊性藻類の変遷と古海洋環境変動をDNAから明らかにすることを目的として研究を進めている。DNA抽出やクローン解析の結果、堆積物内部から得られたDNAは珪藻由来の物であり、休眠孢子として保存されていた可能性を示唆する。休眠孢子的保存状態は、堆積場における物理化学的特性に加え、堆積速度や続成作用が影響を及ぼすと考えられる。

現在行っている抽出方法では、細胞壁に閉じ込められた生物種のみしか解析することができない。休眠孢子形成能を持たない珪藻種やその他の浮遊性藻類について、堆積物内からDNAを効率よく抽出すべく改良を重ねることが必要である。

2. 方法：堆積物および海水のサンプリング

HPD Dive #753 で採取した MBARI 式コア（ミドリ・アカ）を用いた。堆積物試料は、エタノール滅菌したニッパーで先端を切除した 2.5ml シリンジをコアに挿入し、1cm ごとに 0.5cc ずつ採取した。採取した堆積物は、2.0ml のクライオチューブに入れ、液体窒素に保存した。

また、海洋表層および堆積物直上の海水は、それぞれバケツおよびニスキン採水器により採取した。採取した海水は、1L を 0.2 μ m のメンブレンフィルター上で濾過し、フィルターに捕集された藻類を含む懸濁物をサンプルとした。捕集したメンブレンは、エタノール滅菌したカッターで細分化し、2.0ml クライオチューブにいれ、液体窒素に保存した。

Sample	Cruise Dive#	Site	Lat. (N)	Long. (E)	Depth	Quantity	Storage
Sediment	NT07-19 753	St. 2 off Shimokita	41-00.052	142-03.102	976m	0.5cc x2, 1cm intervals	LN ₂
Bottom Water	“	“	41-00.004	142-03.146	973m	1L	LN ₂
Surface water	“ ---	“			0m	1L	LN ₂

3. 今後の予定

実験室に持ち帰ったサンプルは、堆積物の前処理を加えた上で抽出を行う。抽出した DNA は、真核生物ユニバーサル、珪藻やハプト藻のスペシフィックプライマーを用いて、DNA の増幅を試みる。増幅した DNA はクローン解析を行い、堆積物内の遺伝的多様性を明らかにする。





4-2-5 海底堆積物中の線虫 DNA 解析

(担当：大村亜希子・窪川かおる)

イントロ

下北半島沖において「ちきゅう」により掘削されたコア試料 (CK05-4 および CK06-6) を対象として、堆積物中に保存された線虫 (真核多細胞生物) DNA の探索を行っている。還元的で有機物の保存が良い環境では、DNA も堆積物中に保存されている可能性があり、新たな生物進化と古環境変動の指標として利用できると期待される。水深約 1,200m の掘削地点は酸素極小層に位置しており、貧酸素環境で形成された地層が堆積していることから、分解されずに残った DNA が保存されていると期待される。そこで、海底での種多様性・個体密度ともに高く、ゲノムが解明されている海産の線虫を対象として、塩基配列の解析を行っている。

目的

潜航地点 #753 は「ちきゅう」のコア掘削地点近傍に位置し、酸素極小層にある。そこで、採取された表層堆積物試料について、「ちきゅう」コア試料と同様の実験方法で海産の線虫の塩基配列解析を行い、両者の比較を行うことを目的とする。

結果 (採取試料)

堆積物は均質な暗灰色シルトであり表面付近にゴカイ棲官が認められる。MBARI 式採泥器によって採取された堆積物から以下の試料を分取した。

- 1 線虫 DNA 抽出用試料, 堆積物を 1.5ml エッペンチューブに入れ直ちに冷凍保存 (-80°C), 表層 (0cm) から深度 20cm まで 1cm 間隔で採取
- 2 線虫観察用試料, 堆積物をユニパックに入れ, 直ちにローズベンガルフォルマリン (最終濃度約 4%) で固定 (常温), 表層 (0cm) から深度 20cm まで 1cm 間隔で採取
- 3 線虫拾い出し用試料, 堆積物と底層水をユニパックに入れ, 冷蔵保存 (4°C), 表層 (0cm) から深度 10cm まで 1cm 間隔, 深度 10cm から 20cm までは 5cm 間隔で採取

今後の予定

- 1 DNA 抽出キットを用いて DNA を抽出した後, 海産の線虫に特異的なプライマーを使った PCR により目的とする DNA 断片を増幅させる。PCR 産物の電気泳動を行い目的とするバンドを切り出して精製し, サブクローニング後塩基配列解析を行う。なお, PCR に使用するプライマーについては, 相模湾表層堆積物の冷蔵および冷凍試料を対象とした予備実験において, 線虫の DNA 断片が増幅されることを確認している。
- 2 実体顕微鏡下で線虫を観察し, 自由生活型線虫類簡易同定用図鑑を用いて属の同定を行うとともに, 写真を撮影する。
- 3 堆積物を目合い $63\mu\text{m}$ の篩いで洗浄し, 実体顕微鏡下で線虫を 1 匹ずつ拾い出す。DNA

抽出キットを用いて、線虫 1 匹から DNA を抽出した後、1 と同様の手法で塩基配列解析を行う。なお、線虫 1 匹からの DNA 抽出および PCR については、相模湾表層堆積物から拾い出した線虫を対象とした予備実験を行っている。



図 4-2-5-1 MBARI 式採泥器により採取された堆積物，約 25cm



図 4-2-5-2 底層水除去後の堆積物表面，ゴカイの棲官が見られる

4-2-6 底生有孔虫の堆積物中における深度分布と呼吸活性との関連

(担当：野牧秀隆・北里 洋)

底生有孔虫は海底に広く分布し、その殻が古環境復元にもよく用いられる重要な分類群である。底生有孔虫は、深海の堆積物中で表層から深部に向かい、深度により種が棲み分けていることが報告され、その棲み分けは特に間隙水中の溶存酸素量に依存するとされているが、その原因は明らかになっていない。

そこで、本航海では、底生有孔虫の堆積物中での棲み分けが底生有孔虫の呼吸活性と関連しているのかを明らかにするため、CTC を用いて堆積物中で生息している環境を保持したまま、底生有孔虫の呼吸活性を測定することを目的とする。下北半島沖は低酸素水塊が発達している海域であり、堆積物深部には低酸素に適応した底生有孔虫種が多く生息しており、堆積物表層に生息する種との呼吸量のコントラストが期待される。

試料と方法

実験には、CTC に加え MTT も同様に用いた。MTT は呼吸活性を直接的に表わす手法ではないが、実験手法の妥当性を考察する上での対照実験として使用した。

実験には、現場培養装置 2 基を準備し、それぞれ一つずつに CTC、MTT の溶液をセットした。現場培養装置は内径 82mm、コア長が 320mm であり、コア上部に 5ml のシリンジ 2 本が搭載されている。

現場培養実験は、2007 年 9 月 16 日、NT07-19 なつしま航海において、ROV ハイパードルフィンを用いて行った。下北半島沖の東向き斜面水深 975m の地点（N41.00.047、E142.03.102）に、ハイパードルフィンのマニピュレーターを用いて CTC 入り培養装置（赤）、MTT 入り培養装置（青）をそれぞれ約 10cm 離して設置した。設置後、トリガーを外し培養装置内の海水中に CTC、MTT の溶液を添加した（図 4-2-6-1.）。また、同地点でリファレンスコア（内径 82mm）を 1 本採取した。その後、4.5 時間海底に放置し、海水中での拡散と有孔虫による取り込みを待った。培養装置の回収後、同深度の海底でさらに 1 時間作業を行った後、ROV は離底し、船上へ堆積物を回収した。回収された堆積物は、処理を行うまで室温 4℃の低温で保存した。

試料処理

実験コア、リファレンスコアともに、上部 0-3cm までを深さ 0.5cm ずつ、3-5cm までを深さ 1cm ずつの、計 8 層に分けてサンプリングした。スライスした堆積物は、海水などを用いずそのままマヨネーズ瓶に取り分け、有孔虫の活性を止め-80℃で冷凍保存した。MTT の実験コアについては、上部の海水が MTT により黄色を呈し、また、堆積物表層にまだらに紫-黒色に変色した部分が観察された。おそらく、MTT がバクテリアなどに還元されホルマザンとなったためだと考えられる。

今後の研究

冷凍保存した堆積物はその後解凍し、ろ過海水を用いて 63 μ m のメッシュ上で洗浄する。メッシュ上に残った堆積物から底生有孔虫を拾い出し、底生有孔虫種とその深度ごとに、MTT が還元されてできたホルマザンおよび CTF の濃度を比較し、堆積物中の深度分布（溶存酸素量）と呼吸活性・ミトコンドリア活性の相関を明らかにする。



図 4-2-6-1. 海底に設置した現場培養装置（赤・青）と、ROV ホーマー（左）。

4-2-7 Cultivation of planktic foraminifers

Ralf Schiebel, Hidetaka Nomaki, Hiroshi Kitazato

Live planktic foraminifers for cultivation experiments were sampled from surface waters at 41°09.021'N, 142°15.290'E, September 16, 2007, 13:00 to 13:30. Surface water temperature was 21.2°C during sampling down to the thermocline at 40 m water depth. Below the thermocline down to 50 m depth the temperature dropped from 21.2°C to 20.3°C.

Employing simple plankton net of 100 micrometers mesh size, planktic foraminiferal specimens were acquired from the upper 50 m of the water column. Three net hauls were carried out at low hauling speed (by hand). Each catch was washed into a separate 500 ml PE bottle. Live planktic foraminiferal specimens were picked from the bulk samples immediately after sampling.

Perfectly preserved planktic foraminiferal specimens were selected for cultivation experiments only. Three species were collected, *Globigerinoides ruber*, *Neogloboquadrina incompta*, and *Globgerina bulloides*. Specimens were separated from other particles in the bulk sample, but not intensely cleaned to avoid damage. Each specimen was picked from the bulk sample using a glass pipette, and transferred into a 50 ml glass vial containing unfiltered surface water from the same sampling site.

In total, 40 specimens were prepared for cultivation experiments. Species 1-20 were transferred to untreated seawater at pH 8.2. Species 21-40 were transferred to seawater treated with HCl (hydrochloric acid), at pH 7.9. Glass vials were tightly closed and incubated at 15°C. On the second day after sampling, specimens were exposed to normal sunlight for three hours during midday, at 22°C air temperature and overcast sky.

The planktic foraminiferal fauna was dominated by *G. ruber* (63 % of the specimens picked) and *N. incompta* (32 %). *G. bulloides* was present (5 %, 2 specimens). The faunal composition is typical, though reduced, of late summer conditions in mid latitudes (cf. Schiebel et al., 2001). However, due to the scarcity of observations, a reproducible faunal analysis cannot be given here.

Reference

Schiebel, R., Waniek, J., Bork, M. and Hemleben, Ch., 2001. Planktic foraminiferal production stimulated by chlorophyll redistribution and entrainment of nutrients. *Deep-Sea Research I*, 48: 721-740.

5. 付録

5-1 サンプルリスト

試料名	使用機器	採取日時(UTC)	採取場所 (どちらかの欄に記入)			分取量	使用目的
海水 (底層水)	ニスキン採水器	9月15日09:12	測点: Dive 753	緯度: 41-00.004	N	300ml	酸素濃度分析
				経度: 142-03.148	E		
			水深:	深度: 970 m			
堆積物	現場培養装置(赤)	AM5:46, 16th September	測点: Dive 753	緯度: 41.00.047	N	8	底生有孔虫の活性測定
				経度: 142.03.114	E		
			水深:	深度: 975 m			
堆積物	現場培養装置(青)	AM5:47, 16th September	測点: Dive 753	緯度: 41.00.047	N	8	底生有孔虫の活性測定
				経度: 142.03.114	E		
			水深:	深度: 975 m			
堆積物	MBARI式採泥器 (緑)	AM1:16, 16th September	測点: Dive 753	緯度: 41.00.047	N	8	底生有孔虫の活性測定
				経度: 142.03.114	E		
			水深:	深度: 975 m			
堆積物	MBARI式採泥器 (白赤)	AM1:33, 16th September	測点: Dive 753	緯度: 41.00.052	N	4	軟X線写真撮影
				経度: 142.03.110	E		
			水深:	深度: 978 m			
堆積物 (間隙水)	間隙水しり装置	2007年9月16日01時37分	測点: Dive 753	緯度: 41-00.052	N	間隙水役10ml*5試	間隙水の化学分析
				経度: 142-03.110	E		
			水深:	深度: 978 m			
海水 (底層水)	ニスキン採水器	9月15日09:12	測点: Dive 753	緯度: 41-00.004	N	1L	単細胞真核生物多様性解析
				経度: 142-03.148	E		
			水深:	深度: 970 m			
堆積物	MBARI式採泥器	9月15日10:23	測点: Dive 753	緯度: 41-00.052	N	1ml×20	単細胞真核生物多様性解析
				経度: 142-03.114	E		
			水深:	深度: 976 m			
海水 (表面水)	バケツ (表層)	9月15日13:30	測点: Dive 753	緯度:		1L	単細胞真核生物多様性解析
				経度:			
			水深:	深度:			
堆積物	MBARI式採泥器	2007/9/16	測点: Dive 753	緯度:		深度0~20cm, 1cm 間隔	線虫DNA抽出・塩基配列解析
				経度:			
			水深: 978m	深度:			
堆積物	MBARI式採泥器	2007/9/16	測点: Dive 753	緯度:		深度0~20cm, 1cm 間隔	線虫観察
				経度:			
			水深: 978m	深度:			
堆積物	MBARI式採泥器	2007/9/16	測点: Dive 753	緯度:		深度0~20cm, 1cm 間隔	線虫拾い出し・DNA抽出・塩基配列解析
				経度:			
			水深: 978m	深度:			
生物 (有孔虫細胞)	MBARI push core	2007/9/16 0:00	測点: Dive 753	緯度:		100個体	TEM観察
				経度:			
			水深: 974m	深度:			
堆積物 (軟X線試料)	MBARI push core	2007/9/16 0:00	測点: Dive 753	緯度:		2本	軟X線撮影
				経度:			
			水深: 974m	深度:			
堆積物 (底生有孔虫: カル)	熊手サンプラー	2007/9/16 0:00	測点: Dive 753	緯度:		2L	深海生物へのマーキング
				経度:			
			水深: 974m	深度:			
生物 (浮遊性有孔虫)	▼	2007/9/16 1:00	測点:	緯度:		500 ml PE bottle	単細胞真核生物飼育
				経度:			
			水深:	深度: 0~60m			

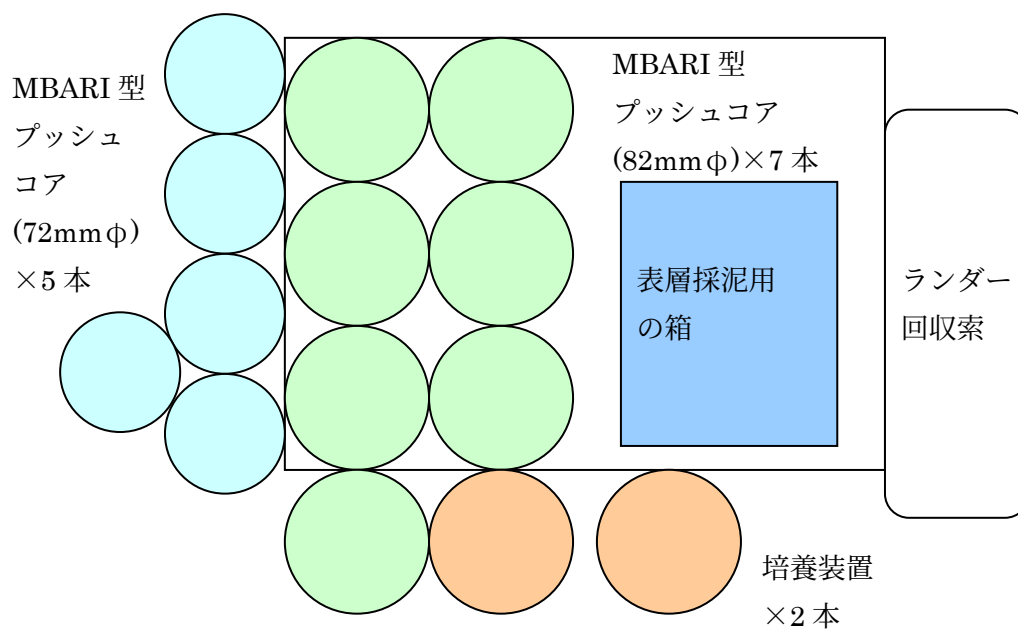
5-2 ビデオテープリスト

	名 称	信号	引渡先1 メディア ファイル形式	引渡先2 メディア ファイル形式
「ハイパー ドルフィン」	HDTVカメラ (インボーズ無し)			
	HDTVカメラ (インボーズ有り)	IEEE (I-Link)	小栗 一将	大村 亜希子
			mini-DV	HDD
			SP	SP

5-3 ペイロード写真



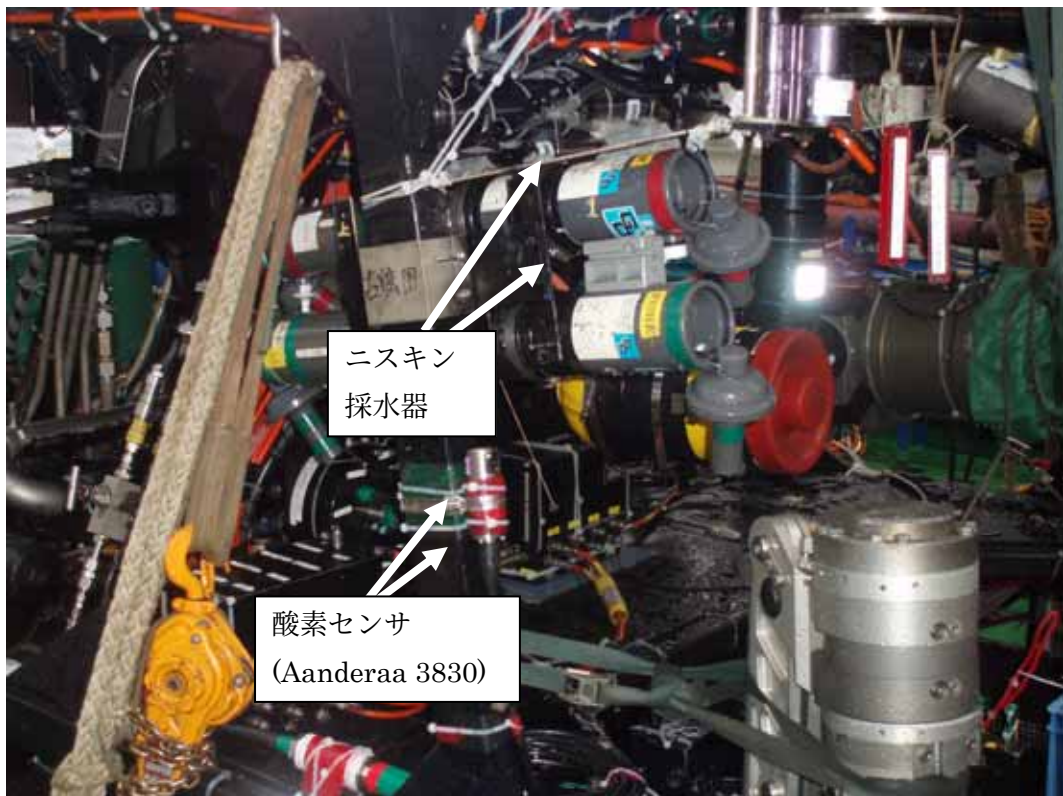
前方からみたところ



搭載機器の説明



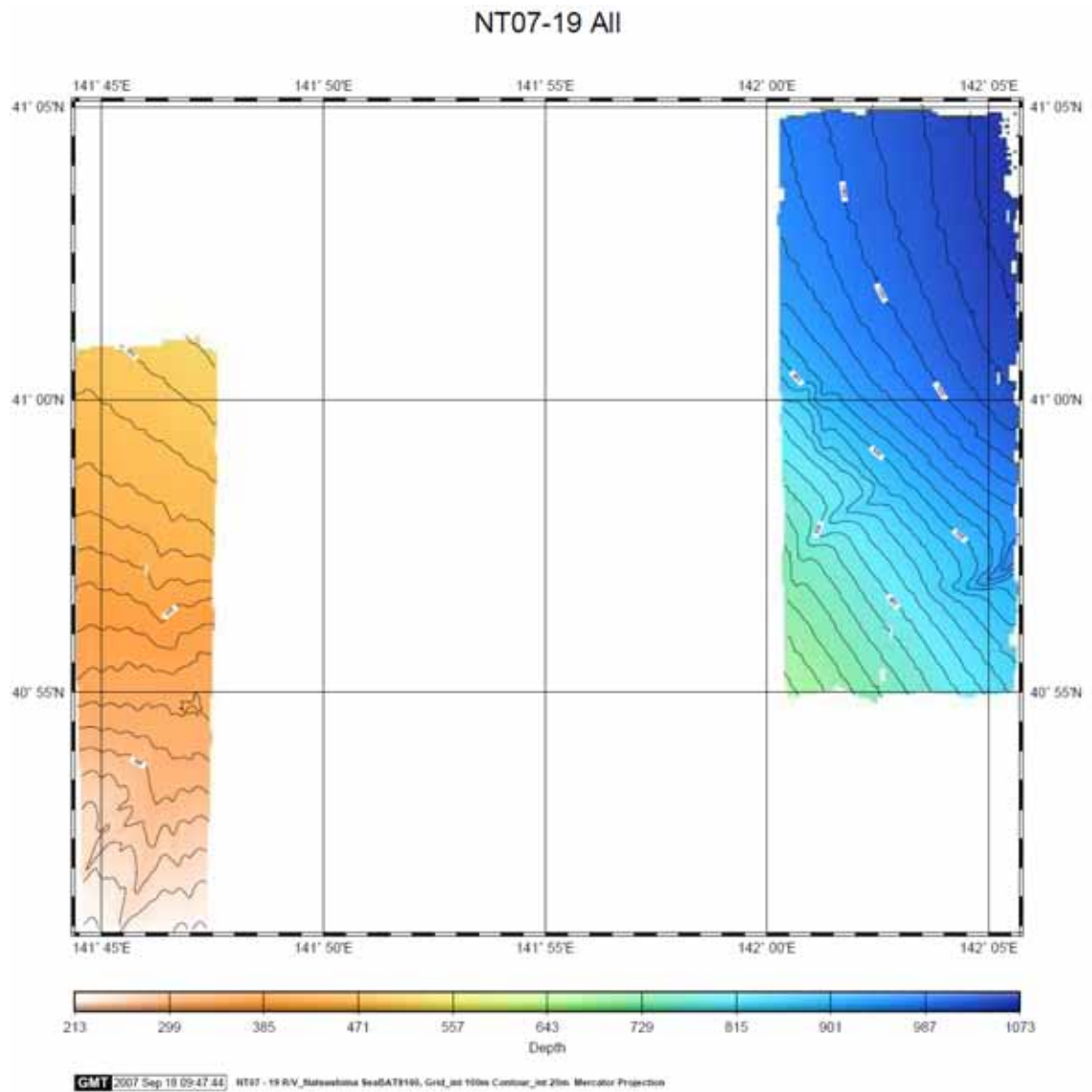
横からみたところ



採水器と酸素センサ

5-4 ランダーシステム写真

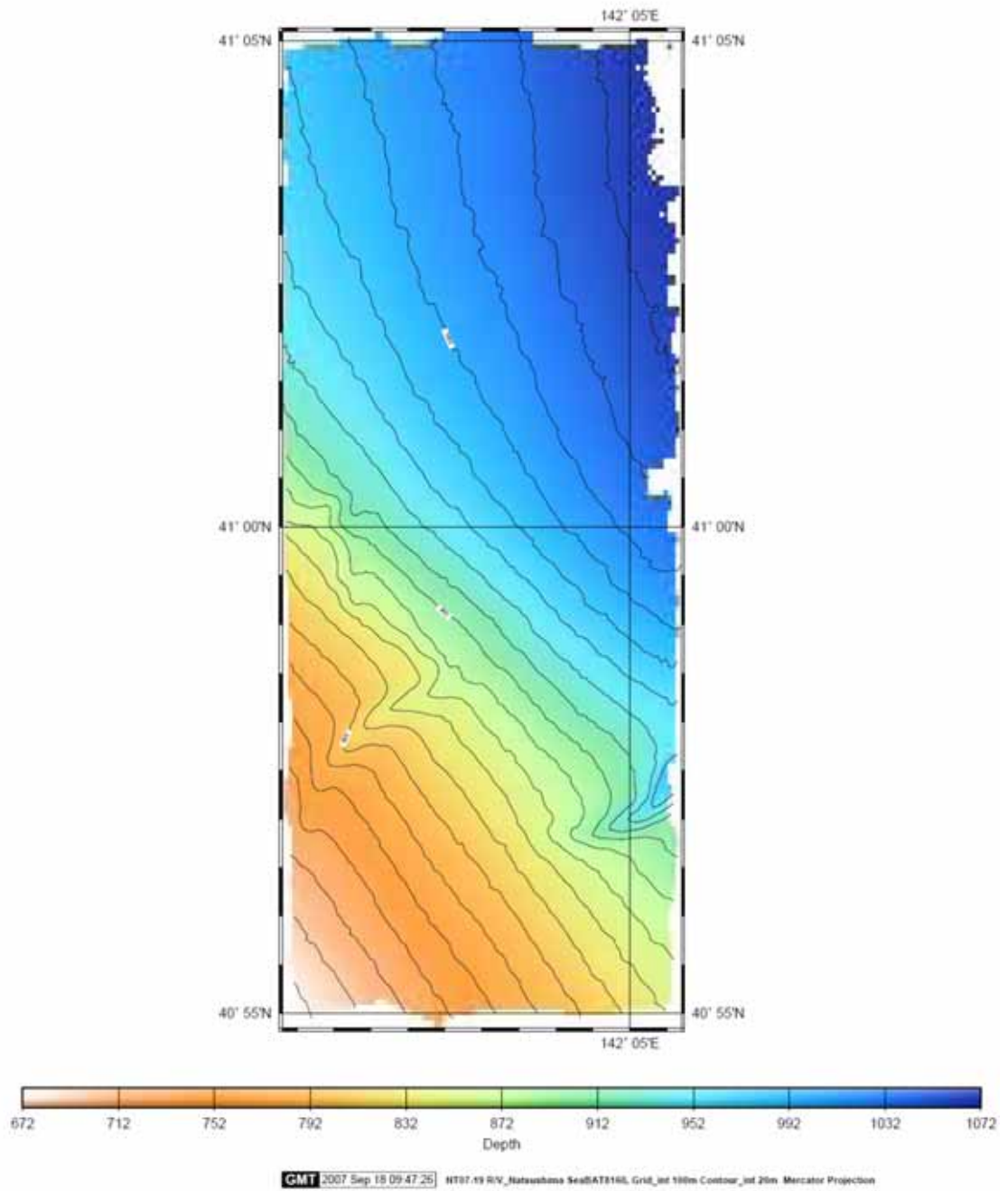
5-5 海底地形図



St.2+St.3 付近

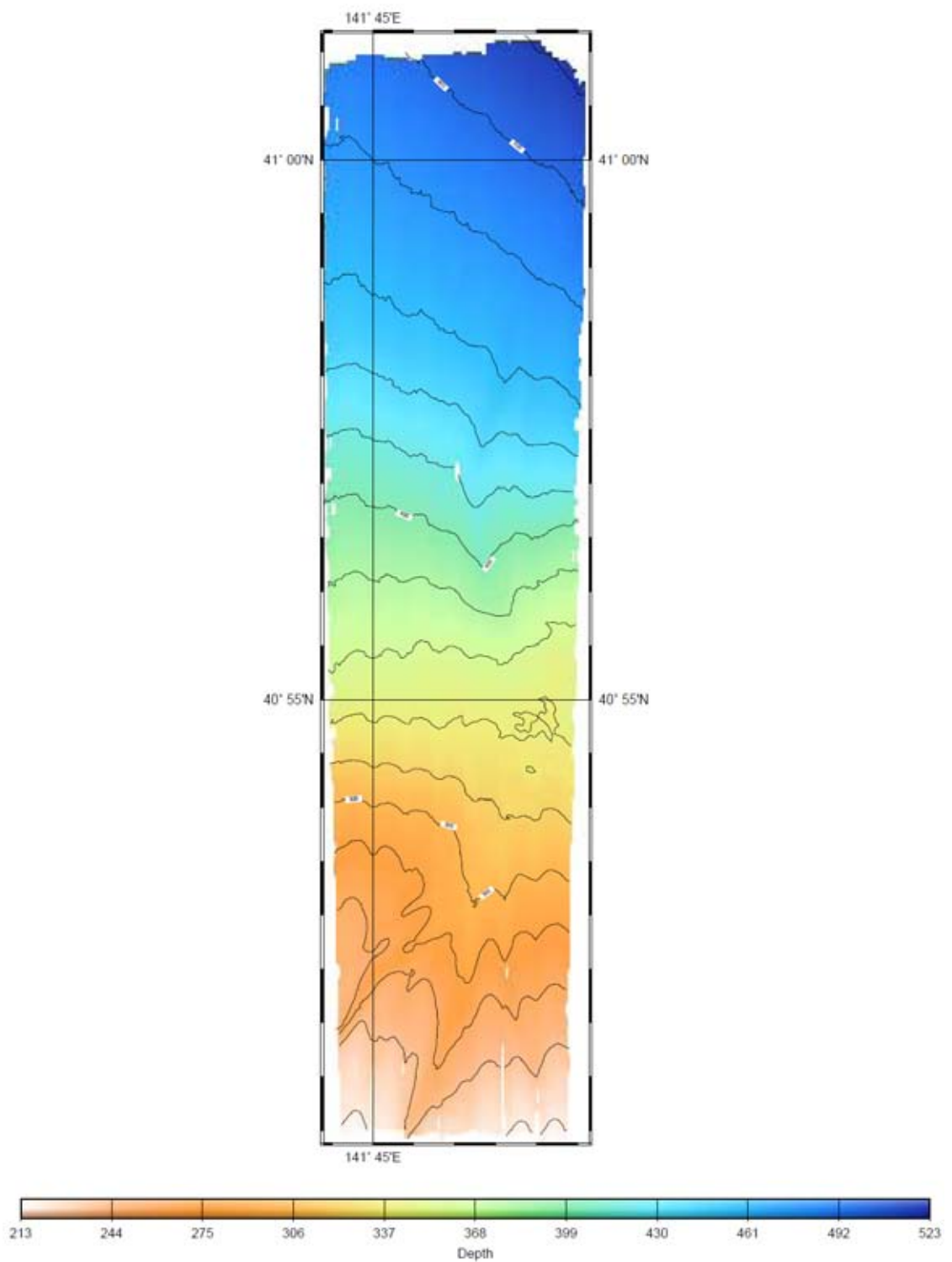
※St. 3 は荒天のため潜航せず。

NT07-19 Area2



St.2 付近

NT07-19 Area3



※St. 3 付近。荒天のため潜航せず。

5-5 日報

9/14 夜 乗船研究員全員乗船

9/15

9:00 なつしまは釧路港中央埠頭第二岸壁を出港した。沖合のステーションは海況の悪化が懸念されるため、船は当初の予定を変更し、まず水深 1000m の地点（ステーション 2）を目指すことになった。

9:30～10:30 一等航海士と電子長により、船内生活や避難方法などについての説明を受けた。

現在、船はステーション 2 を目指している。この間、ハイパードルフィンのペイロード取り付けが終了した。船上から降下させる、目下、ランダーシステムと、これに搭載する二次元酸素測定装置の立ち上げが行われている。

9/15 夜、

海況の悪化に伴い、当初予定していた St. 1 (41 ° 10.0'N, 143 ° 10.0 ' E, 水深 2000m) には行かず、St. 2 (41 ° 00.0'N, 142 ° 03.0 ' E, 水深 1000m) にて作業を行うことを決定。St.2 にてマッピングを開始

9/16

06:00 昨夜未明からのマッピング終了後、ランダーの最終組み立てを行う。

06:30 ランダーを投入した。降下速度 70cm/秒

06:52 ランダー着底確認

07:45 ハイパードルフィンスタンバイ

08:30 潜航開始

09:09 ハイパードルフィン着底、作業開始

09:12 水深 970m ニスキ採水 (2 本)

09:21 水深 968m ランダー移動開始

09:23 水深 975m ランダーを乱れのない海底に移動させた

10:18 水深 975m 現場培養装置 2 本を設置

10:16-10:49 MBARI コア採泥 (11 本)

11:16-14:45 海底と底生生物の観察、クモヒトデ多し。

14:46-14:47 現場培養装置 2 本を回収

15:16-15:35 ランダー確認一回収

16:30 ハイパードルフィン浮上

17:00 ハイパードルフィン・ランダー揚収終了

この後、乗船研究者は試料の処理に入る

19:00 乗船研究者ミーティング。

引き続き、試料の処理を行っている。すべての試料を採取できたが、ランダーシステムに搭載した二次元酸素 optode については、装置を堆積物に突き刺すためのエレベーターシステムが不調のため、センサ面が堆積物内に埋もれてしまった。このため、約 20 枚の画像しか得られなかった。目下、原因の究明と対策を施したプログラムを製作中。

明日は、海況が悪くなければ St.3 付近にて潜航を行う予定。

9/16 夜、

St. 3 (40 ° 56.0'N, 141 ° 46.0 ' E, 水深 500m) にてマッピングを開始。当初予定していた地点は水深が約 400m と浅いことが分かったので、潜航地点を北にずらし、(41 ° 00.0'N, 141 ° 46.0 ' E, 水深 490m) とした。

9/17

06:00 調査海域の海況の悪化が確実なため、本航海の潜航すべての中止が決定。直ちに JAMSTEC に戻ることになった。現在の予定では、このまま直進して 19 日午前に着岸予定 (船長談)。

19:00 乗船研究者ミーティング。今後の予定と、クルーズレポート作成について打ち合わせを行った。

9/18

「なつしま」は JAMSTEC に向けて航行中。着岸は 19 日午前 8:30~9:00 の予定 (船長談)。

乗船研究員は、実験室の片付けとクルーズレポートの作成を行っている。

23:30 「なつしま」は機構沖で停泊中。明日の着岸を待つ。