

網走沖オホーツク海海洋調査実習報告

C263 (OS263) 航海

北海道大学水産学部附属練習船「おしよろ丸」

平成 25 年 11 月 20 日～29 日

函館－網走－函館



平成 26 年 4 月

北見工業大学 環境・エネルギー研究推進センター

表層型メタンハイドレート研究ユニット

網走沖オホーツク海海洋調査実習報告－C263 (OS263) 航海－
北見工業大学 環境・エネルギー研究推進センター
表層型メタンハイドレート研究ユニット発行
全 50 頁

表層型メタンハイドレート研究ユニットメンバー

山下 聡 : 社会環境工学科・教授
高橋 信夫 : 理事・副学長 (現 学長)
庄子 仁 : 環境・エネルギー研究推進センター・教授
(現 特任教授)
南 尚嗣 : マテリアル工学科・教授
(現 環境・エネルギー研究推進センター長)
八久保晶弘 : 環境・エネルギー研究推進センター・准教授
坂上 寛敏 : マテリアル工学科・助教
山崎新太郎 : 社会環境工学科・助教

本報告に関する問い合わせ先
〒090-8507 北見市公園町 165 番地
北見工業大学 環境・エネルギー研究推進センター
表層型メタンハイドレート研究ユニット
山下 聡 (工学部 社会環境工学科)
電話 : 0157-26-9480
ファックス : 0157-23-9408
電子メール : yamast@mail.kitami-it.ac.jp

目次

1. はじめに	1
2. 準備作業と日程	2
2.1 実習準備	
2.2 実習日程	
3. 実習調査域と調査方法	3
3.1 実習調査域の選定	
3.2 実習船と調査機器	
4. 実習内容	11
4.1 実習項目	
4.2 実習組織	
4.3 実習参加者	
4.4 実習スケジュール	
5. 海底地形・ガスフレア観測実習.....	15
5.1 調査測線	
5.2 観測結果	
6. コアリング実習	18
7. CTD 観測採水実習	24
8. ガス分析実習	27
8.1 測定の概要	
8.2 堆積物間隙水溶存ガスの採取作業	
8.3 実験室におけるガス分析方法	
8.4 間隙水溶存ガスの深度プロファイル	
8.5 海底近傍の海水溶存ガス	
9. 間隙水分析実習	31
9.1 堆積物間隙水を化学分析する目的	
9.2 間隙水の採取と化学分析	
10. 物性試験実習	32
10.1 実験方法	
10.2 試験結果	
11. アンケート結果	36
12. 謝辞	38
13. 参考文献	39
14. 付録	40
14.1 実習参加者リスト	
14.2 実習写真	

1. はじめに

非在来型のエネルギー資源として有力視されているメタンハイドレート（MH）を研究対象の主軸として、未利用エネルギー研究分野を開拓するために、北見工業大学に「未利用エネルギー研究センター」が平成13年4月に設置された。その後、大学の研究組織の再構築が行われ、上記センターが発展して平成24年4月に「環境・エネルギー研究推進センター」が誕生した。センターではこれまで、バイカル湖やオホーツク海において、ロシア、ベルギー、韓国など海外の大学や研究所とも共同で、海底・湖底のフィールド調査を行ってきた。さらに、網走沖オホーツク海など北海道周辺海域に存在する表層型MHに焦点を当て、海底下のMH鉱床構造との関連、生成メカニズム等に関連する研究を行う組織として、センター内に「表層型メタンハイドレート研究ユニット」が平成24年7月に設置された。

一方、これまで行われてきた調査には、本学からはMH研究を行っている教職員と研究室に所属する一部の大学院生が参加するのみであった。本学では、従来から特長的な研究分野の一つとしてMHに関する研究を先進的に進めており、MH研究に興味を持って入学する学生も多く存在する。しかし、実際にMH研究に携わることができるのは4年生になってからの一部の研究室所属学生のみであり、MH関連研究室でも実際の調査現場を知らない学生も多いのが実情である。

そこで、本ユニットでは、平成24年11月に、北海道大学水産学部のご協力により附属練習船「おしよろ丸」を利用した共同利用実習の機会を頂き、多くの学生に最先端の研究に触れる機会を与え、広い視野を持った実践的な技術者を養成することも目的として、「おしよろ丸」による実習教育を行った。今回は2回目の実施であり、実習には学部生24名（全学年）と大学院生8名の合計33名の学生が参加して調査実習が行われた。

2. 準備作業と日程

2.1 実習準備

- | | | |
|-------|-----|---|
| 2013年 | 5月 | 乗船学生募集
北海道大学水産学部での実習調査打合せ |
| | 10月 | 網走漁協，斜里第一漁協，ウトロ漁協への作業内容の説明
網走海上保安署への作業届の提出 |

2.2 実習日程

- | | | |
|--------|-------|------------------------------------|
| 11月8日 | | 実習全体説明会（B111教室） |
| 11月19日 | | 函館乗船者（教職員4名，学生1名）出発 |
| 11月20日 | 13：00 | 「おしよろ丸」に乗船，物資積込み |
| | 15：00 | 「おしよろ丸」函館港出港 |
| 11月23日 | 09：00 | 「おしよろ丸」網走港入港 |
| | 11：00 | 網走乗船者集合（総合研究棟）
（大学トラックに調査物品積込み） |
| | 11：30 | 網走乗船者大学出発 |
| | 12：30 | 網走港到着 |
| | 13：00 | 「おしよろ丸」に乗船，荷物積込み |
| | 15：00 | 「おしよろ丸」網走港出港 |

海洋調査実習

- | | | |
|--------|-------|--------------|
| 11月26日 | 10：00 | 「おしよろ丸」網走港入港 |
| | 13：00 | 下船，荷物積み下ろし |
| | 13：30 | 乗船者網走港出発 |
| | 14：30 | 大学到着，後片付け |
| 11月27日 | 09：00 | 「おしよろ丸」網走港出港 |
| 11月29日 | 09：00 | 「おしよろ丸」函館港帰港 |

3. 実習調査域と調査方法

3.1 実習調査域の選定

実習海域である網走沖オホーツク海での本学が関係する調査は、2011年から4回行われている。2011年9月に「大喜丸（19トン）」を用いた予備調査（TK11）¹⁾、2012年7月に東京海洋大学練習船「海鷹丸（1886トン）」を用いた調査（UT12）²⁾、同年11月に北海道大学水産学部附属練習船「おしよろ丸（1396トン）」を用いた実習調査（OS249）³⁾、2013年9月に海洋研究開発機構調査船「なつしま（1739トン）」による調査（NT13-20）⁴⁾が図3.1.1に示す領域で行われている。

これらの調査では、非常に大きなマウンドやガスフレアを多数確認することができ、UT12調査においては、オホーツク海網走沖で初めてガスハイドレートの採取に成功している。また、NT13-20調査では、調査範囲の主として南側で多数のガスフレアを観測するとともに、複数の地点から塊状のガスハイドレートの採取に成功している。そこで、「おしよろ丸」での実習域として、NT13-20調査で多くのガスフレアが観測された調査領域南側に接する範囲を選定した。

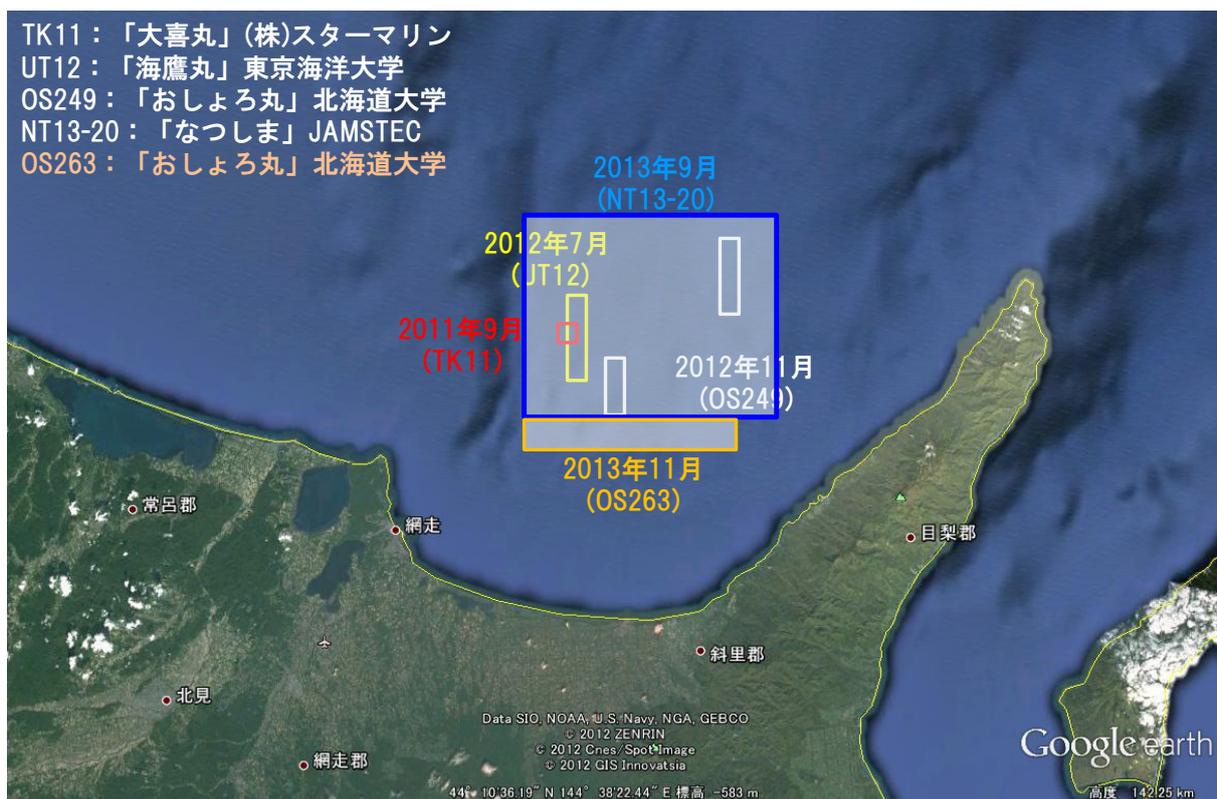


図 3.1.1 網走沖でのこれまでの調査範囲と本実習での実習調査範囲

3.2 実習船と調査機器

(1) 実習船

北海道大学との共同利用実習で使用した船舶は、北海道大学水産学部附属練習船「おしよろ丸」である。その主要目は以下である（おしよろ丸ホームページより）。また、各実習場所を図 3.2.1 に示す。

主要寸法

船舶番号	125548	信号符号	J D V A
長さ（全長）	72.85 m	長さ（垂線間長）	66.00 m
幅（型）	12.60 m		
深さ（型）			
第二甲板	3.40 m	上甲板	5.70 m
満載喫水	5.00 m	総トン数	1396 t
国際総トン数	1792 t		

乗組員

職員	13 名	部員	27 名
研究者	6 名	学生	60 名
計	106 名		

主機及び発電機

主機関	阪神 6EL40	3200ps×240rpm×1 台
推進器	4 翼可変ピッチプロペラ	ナカシマ
発電機	450kVA×3 台	大洋
発動機	540ps×3 台	ダイハツ

速力及び航続距離

航海速力	13.4 kts	航続距離	15000 浬
------	----------	------	---------

工程

起工	昭和 58 年 3 月 9 日
進水	昭和 58 年 8 月 19 日
竣工	昭和 58 年 12 月 23 日

建造所

三井造船株式会社 玉野事業所

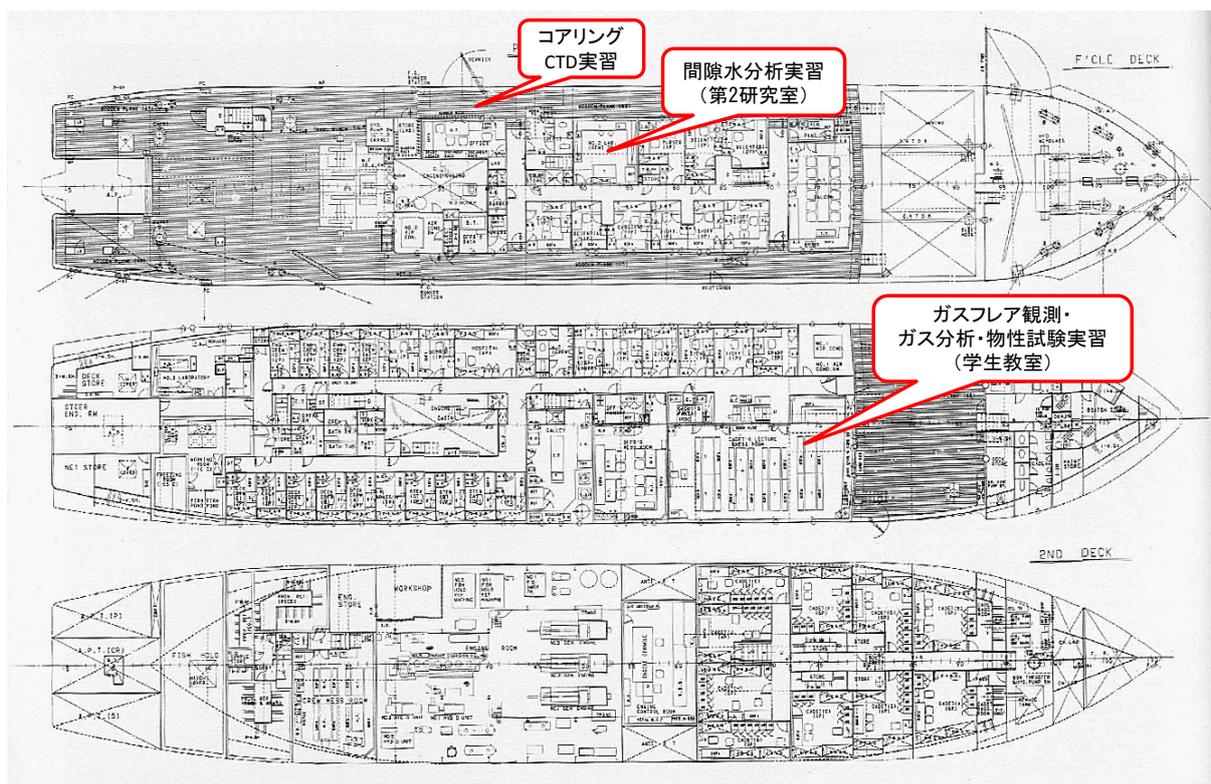


図 3.2.1 各実習場所

(2) 魚群探知機

「おしよろ丸」には、計量魚群探知機（SIMRAD ER60, 写真 3.2.1）が装備されている。船橋にメインモニタが設置されているが、階下の学生教室の PC（写真 3.2.2）に船内回線で繋がっており、常時観測が可能である。



写真 3.2.1 計量魚群探知機のモニタ（船橋）



写真 3.2.2 学生教室の PC

(3) CTD 観測機

「おしよろ丸」には、CTD 採水システムが装備されている（写真 3.2.3）。観測点において、船上より本システムを海中に吊り下げ、海水の電気伝導度、水温、圧力などを連続的に測定し、同時に海水試料を採取することが可能である。得られたデータは、制御室においてリアルタイムで観測可能である。装置は、Sea-Bird Electronics, Inc.製の SBE 9plus CTD であり、仕様を表 3.2.1 に示す。採水器はニスキン採水器（容積 12 L）を 12 本装備していて、任意深度において採水可能である。また、クロロフィル A および溶存酸素の測定も可能である。



写真 3.2.3 CTD 観測装置

表 3.2.1 CTD 仕様

	Temperature (°C)	Conductivity (S/m)	Pressure	A/D Inputs
Measurement Range	-5 to +35	0 to 7	0 to full scale range (in meters of deployment depth capability): 1400 / 2000 / 4200 / 6800 / 10500 meters	0 to +5 volts
Initial Accuracy	0.001	0.0003	0.015% of full scale range	0.005 volts
Typical Stability	0.0002/month	0.0003/month	0.02% of full scale range/year	0.001 volts/month
Resolution at 24 Hz	0.0002	0.00004	0.001% of full scale range	0.0012 volts
Sensor Calibration (measurement outside these ranges may be at slightly reduced accuracy due to extrapolation errors)	-1.4 to +32.5	2.6 to 6 S/m, plus zero conductivity (air)	Paroscientific calibration, plus Sea-Bird temperature correction	-
Time Response (single pole approximation including sensor and acquisition system contributions)	0.065 seconds	0.065 seconds	0.015 seconds	5.5 Hz 2-pole Butterworth Low Pass Filter
Master Clock Error Contribution (Based on 5-year worst-case error budget, including ambient temperature influence of 1 ppm total over -20 to +70 °C plus 1 ppm first year drift plus 4 additional year's drift at 0.3 ppm/year)	0.00016 °C	0.00005 S/m	0.3 dbar with 6800 m (10,000 psia) pressure sensor	-
Auxiliary Voltage Sensors	Power available for auxiliary sensors: 1 amp at +14.3 volts			
Sea Cable	Single or multi-core armored cable up to 10,000 meters (32,800 feet) long with inner core resistance of up to 350 ohms			
Main Housing Material	Up to 6800 meter (22,300 ft) - aluminum Up to 10500 meter (34,400 ft) - titanium			
Weight (including all standard sensors and cage)	With aluminum main housing - <i>In air</i> 25 kg (55 lbs) <i>In water</i> 16 kg (35 lbs) With titanium main housing - <i>In air</i> 29 kg (65 lbs) <i>In water</i> 20 kg (45 lbs)			

(4) グラビティーコアラー

海底堆積物の採泥に用いたコアラーは、全長約 4m のグラビティーコアラー（アルファメカテック社製、写真 3.2.4、図 3.2.2）である。コアラーには 25kg の鉛錘が 8 個（総計 200kg）取り付けられている。また、コアラーは二重管式となっており、外径 89.1mm、内径 81.1mm のステンレス外管と、外径 80mm、内径 75mm、長さ 4m の塩ビ製内管からなる。コアラー上部には、水温計と水圧計を取り付け、深さ方向の水温変化と着底水深、垂下速度等を求めることができる。

コアリングは舷側クレーンを利用し、錘を 75kg（総重量 100kg）に減じて行った（写真 3.2.5）。



写真 3.2.4 グラビティーコアラー

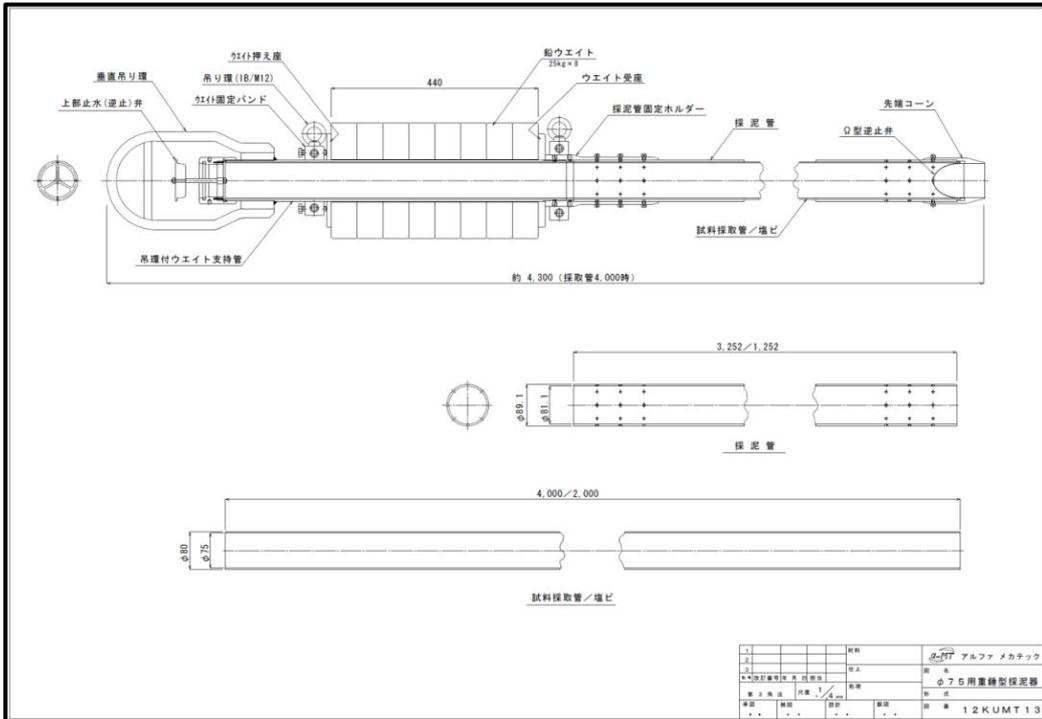


図 3.2.2 グラビティーコアラー詳細図

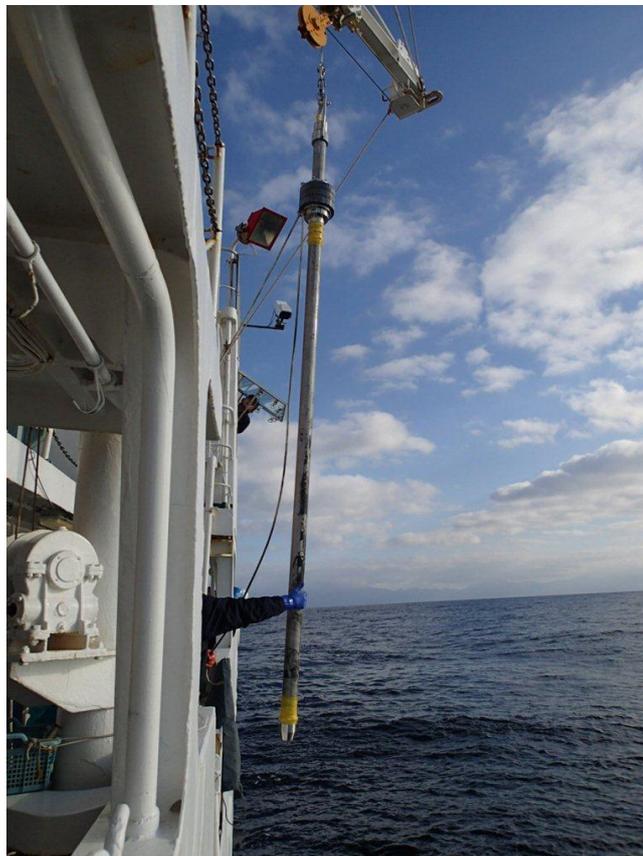


写真 3.2.5 左舷側から垂下したグラビティーコアラー

(5) 温度計と圧力計

調査海域の水温プロファイルと採泥地点の採水深度を求めるため2種の温度・圧力計を用いた。一つはメモリー水温深度計（ATD-HR, JFE アドバンテック社製, 写真 3.2.6）で, CTD に取付けた。もう一つは超小型温度・深度ロガー（DSTCENTI-EX, Star-Oddi Ltd 製, 写真 3.2.7）で, CTD とコアラーに取付けた。



写真 3.2.6 温度圧力計 (ATD-HR)



写真 3.2.7 温度圧力計 (DSTCENTI-EX)

温度圧力計 (ATD-HR) 仕様

測定範囲	-5~40°C	分解能	0.001°C	精度	±0.05°C
深度	2,000m	分解能	FS/6,5000	精度	±0.3%FS
メモリー容量	178,439 データ (1分インターバルで123日)				
測定インターバル	1秒, 1分, 2分, 10分				
質量	空中約700g, 水中約395g				

温度圧力計 (DSTCENTI-EX) 仕様

測定範囲	-2°C~40°C	分解能	0.032°C	精度	±0.1°C
深度	3500m	分解能	0.03%FS	精度	±0.6%FS
メモリー容量	174,548 データ				
サンプリング間隔	1秒~90時間 (1秒単位で設定可能)				
質量	空中19g, 水中12g				

4. 実習内容

4.1 実習項目

実習は以下の6項目の分析実習等を行った。その詳細は、5章で述べる。また、北見工大学生に対する実習と並行して、東京農大学生に対する別プログラムの実習も行われている。

- | | |
|-------------------|------------------|
| 1) 海底地形・ガスフレア観測実習 | 2) コアリング実習（見学のみ） |
| 3) CTD 観測採水実習 | 4) ガス分析実習 |
| 5) 間隙水分析実習 | 6) 物性試験実習 |

4.2 実習組織

実習は高木船長以下図 4.2.1 に示す組織によって行われた。北見工大での各実習担当者は以下である。

- | | |
|-------------------|---------------------------------|
| 1) 海底地形・ガスフレア観測実習 | 担当：山崎助教（社会環境工学科） |
| 2) CTD 観測採水実習 | 担当：坂上助教（マテリアル工学科） |
| 3) ガス分析実習 | 担当：八久保准教授
（環境・エネルギー研究推進センター） |
| 4) 間隙水分析実習 | 担当：南教授（マテリアル工学科） |
| 5) 物性試験実習 | 担当：片岡助教（神戸大学） |

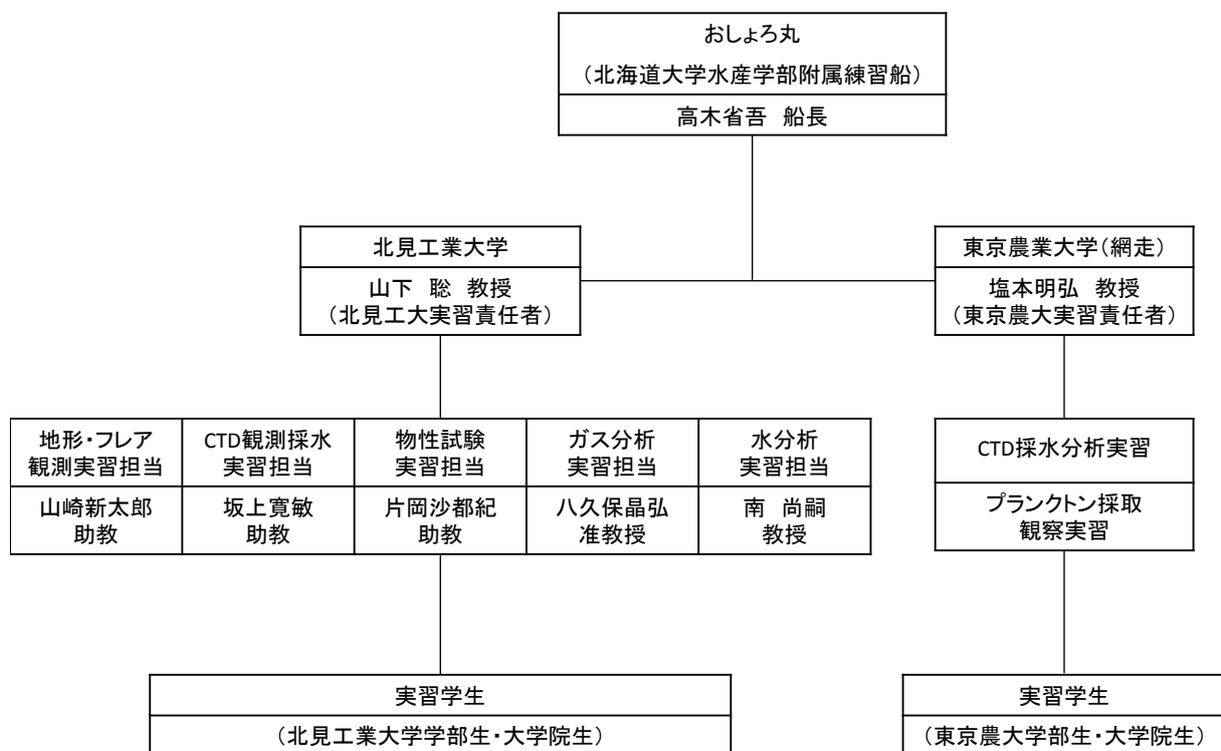


図 4.2.1 実習組織図

4.3 実習参加者

(1) 乗船者

学生 33 名： 北見工大（学部生 24 名，大学院生 8 名）

神戸大（学部生 1 名）

教職員 8 名： 山下教授，南教授，八久保准教授，坂上助教，山崎助教，
百武技術員，片岡助教（神戸大）

この他に東京農大から塩本明弘教授と学部生 18 名が乗船

(2) 陸上支援

高橋教授，庄子教授，平田技術員，三橋技術員

4.4 実習スケジュール

学生実習は，11 月 23 日に網走港を出港後，11 月 26 日に網走港に寄港するまでの期間（3 泊 4 日）で行った。図 4.4.1 に函館出港から実習終了後に網走港に寄港するまでの航跡図を示す。また，実習スケジュールを次表に示す。実習は 5 班に分けて行った。



図 4.4.1 実習航跡

おしよろ丸網走沖海洋調査実習 (C263) 予定表														1/2	2013/10/29版																				
日程	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23											
11月20日 (水)	C262 サステナ航海 09時帰港																							15時出港 回航 (実習準備)											
11月21日 (木)	サステナ実習生 課業 乗船・積込み 1230下船																							回航 (実習準備)											
11月22日 (金)	回航 (実習準備)																							回航 (実習準備)											
11月23日 (土)	回航 (実習準備)													09時入港 (予定)				13時乗船 網走港				15時出港 観測エリア向け		魚探ワッチ											
1班														乗船 実習用品 積込み 船内旅行 船長挨拶				安全 注意 対面 式 操 練		食		実習・観測 内容 説明		魚探ワッチ											
2班																		夕食				フレア観測実習		フレア											
3班																																			
4班																																			
5班																																			
6班																																			
7班																																			
8班																																			
11月24日 (日)	魚探ワッチ													CTD採水				コアリング				魚探ワッチ													
1班	実習補助 (交代制)													実習補助				実習補助				実習補助 (交代制)		フレア											
2班	観測実習													CTD採水サンプル 処理実習				物性試験実習				航海士による 講義													
3班	フレア観測実習													コア見学				ガス分析実習				食													
4班														朝食				ガス分析実習				ガス分析実習		フレア											
5班														朝食				物性試験実習				物性試験実習		観測実習											
6班														朝食				データ処理				分析													
7班														朝食				コアリング見学				機関部 見学													
8班														朝食				プラントクン採取観察				船橋 実習													

おしよろ丸網走沖海洋調査実習 (C263) 予定表

2/2 2013/10/29版

日程	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
11月25日 (月)	魚探ワッチ																							
1班	観測	魚探ワッチ																						
2班	実習補助(交代制)	魚探ワッチ																						
3班	フレア観測実習	魚探ワッチ																						
4班		魚探ワッチ																						
5班		魚探ワッチ																						
6班		魚探ワッチ																						
7班		魚探ワッチ																						
8班		魚探ワッチ																						
11月26日 (火)	魚探ワッチ(12時間)																							
1班	実習補助(交代制)	魚探ワッチ(12時間)																						
2班	フレア観測実習	魚探ワッチ(12時間)																						
3班		魚探ワッチ(12時間)																						
4班		魚探ワッチ(12時間)																						
5班	観測実習	魚探ワッチ(12時間)																						
6班		魚探ワッチ(12時間)																						
7班		魚探ワッチ(12時間)																						
8班		魚探ワッチ(12時間)																						
11月27日 (水)	網走港(9時出港)																							
11月28日 (木)	回航																							
11月29日 (金)	回航																							

5. 海底地形・ガスフレア観測実習

5.1 調査測線

海底地形・ガスフレア観測は、図 5.1.1 に示す範囲で行った。観測範囲は下記の緯度経度に囲まれる範囲で、測線間隔は 0.1 分（185m）間隔である。

44-08-00N 144-30-00E 44-10-00N 144-30-00E

44-10-00N 144-50-40E 44-08-00N 144-50-00E

観測は、8 ノット程度で調査域を航走し、計量魚群探知機によりガスフレアを以下の要領で観測した。

- 1) 魚探画面の右端にガスフレアが現れたら直ちに時刻・緯度・経度・深度を記録用紙に記入する。
- 2) ある程度形状が明らかになったら、その他のガスフレアの諸元（形状、長さ、海底地形など）を記入する。
- 3) ガスフレアの場所の緯度経度を地図上に落とす。
- 4) 画面が右から左まで一通り回ったところで、画面をプリントスクリーンで記録する。

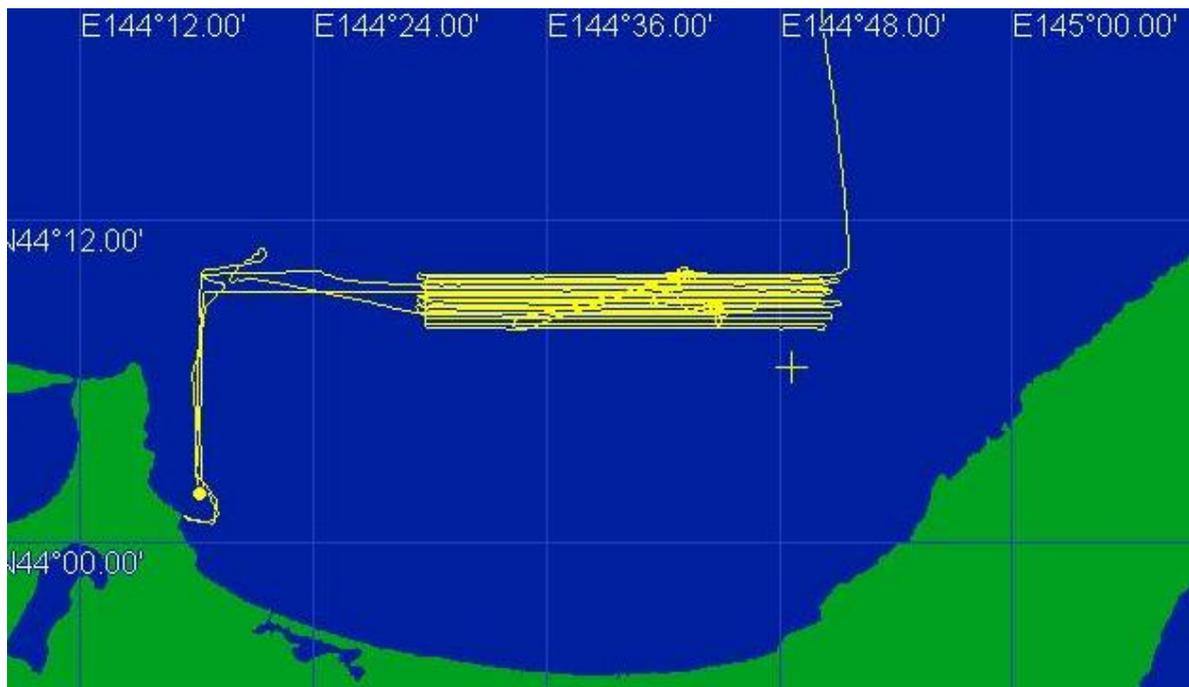


図 5.1.1 海底地形・ガスフレア観測域

5.2 観測結果

11月23, 24, 25日の夜間に各班4時間交代制でガスフレアの観測実習を行った(写真5.2.1)。写真5.2.2は、観測されたガスフレア画像の一例を示したものである。また、図5.2.1は、網走沖でのこれまでの調査から得られた海底地形図にガスフレアが観測された地点を×でプロットしたものである。観測されたガスフレア地点は、今回の実習では100点近く、また、これまでの調査をあわせると200点以上で観測されている。

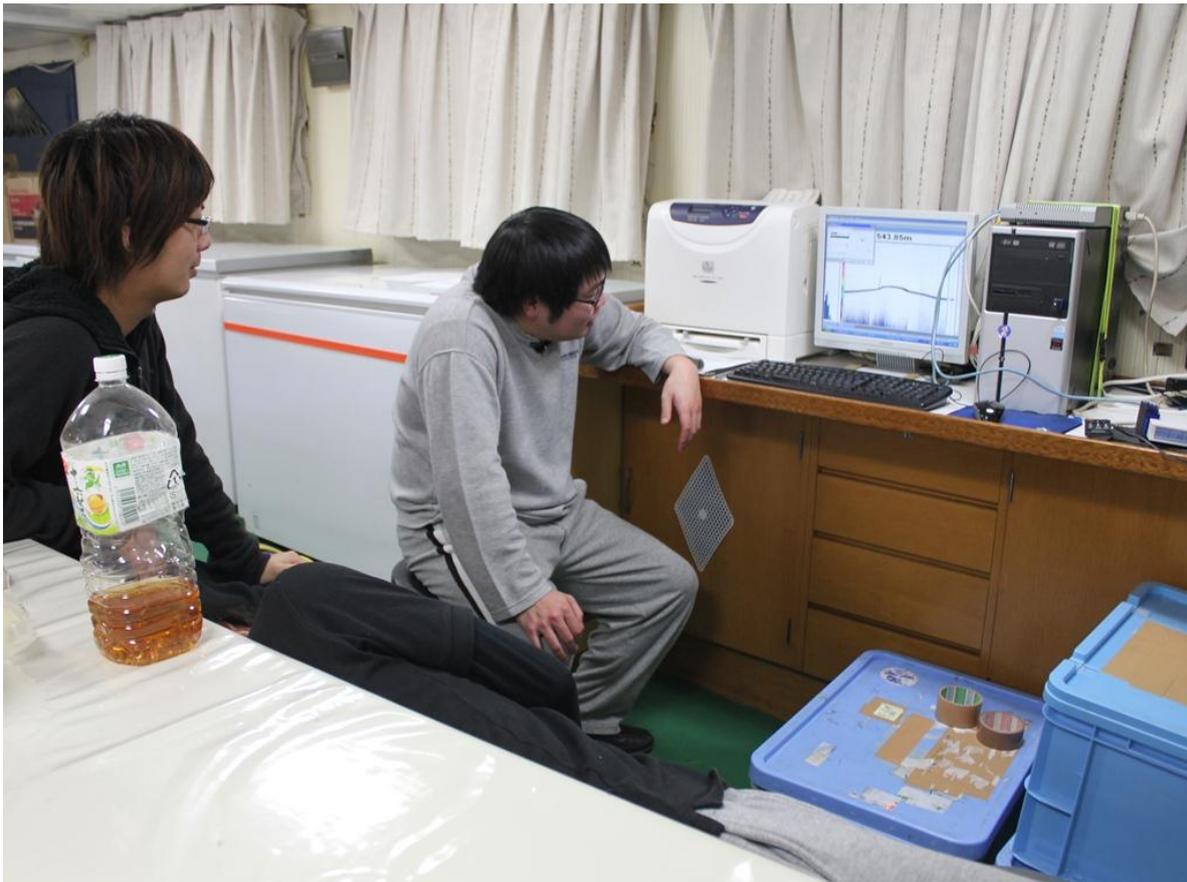


写真 5.2.1 夜間のガスフレア観測実習の様子

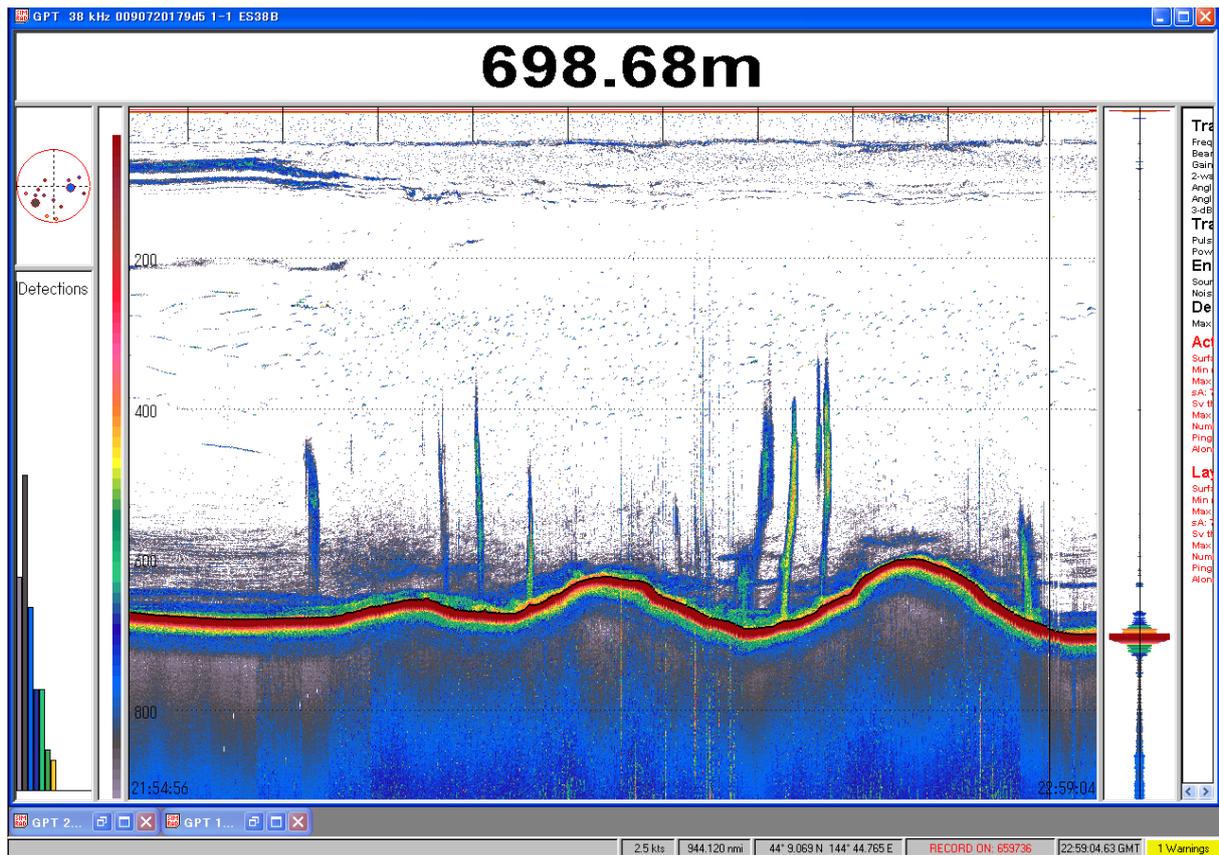


写真 5.2.2 計量魚群探知機で観測されたガスフレア画像の例

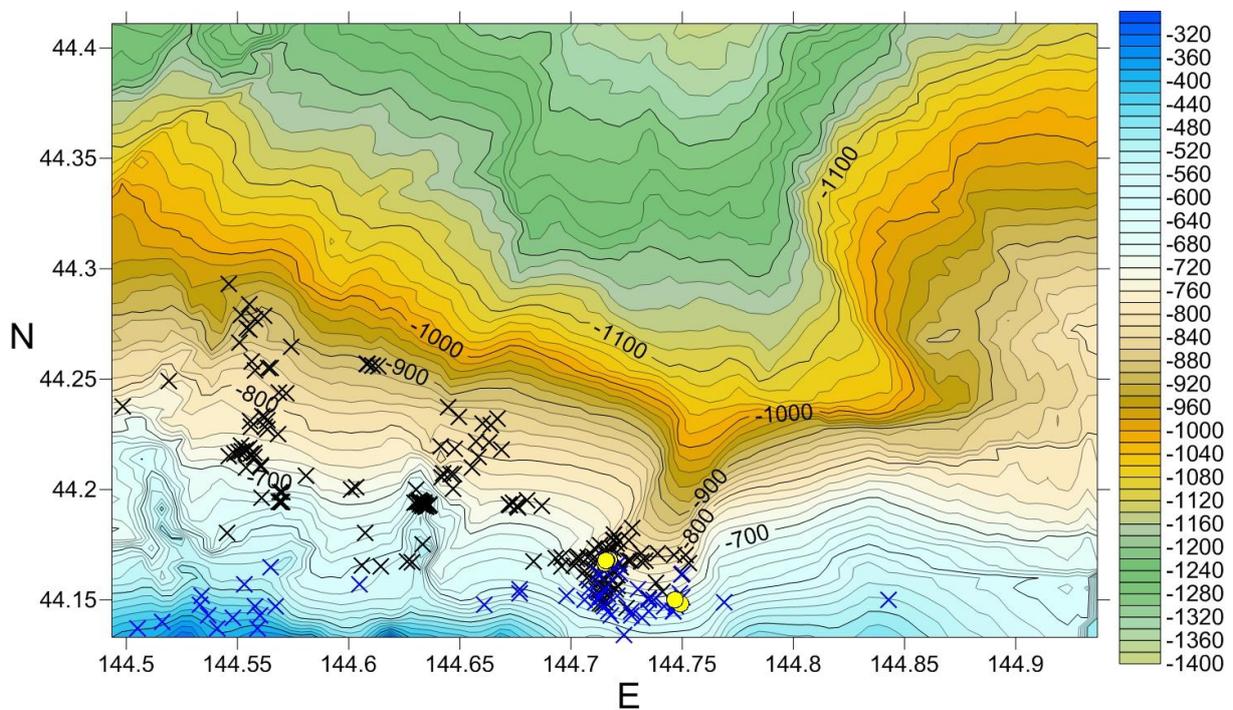


図 5.2.1 ガスフレア観測地点

(× : OS263 調査, × : 過去の調査, ○ : コアリング地点)

6. コアリング実習

グラビティークォアラー（GC，長さ約 4m）を使用して海底堆積物の採取を行った。表 6.1 に採取した試料の緯度経度と水深，コア長を，図 5.2.1 にコア採取地点を示す。

図 6.1, 3 は，コアラーに取付けた温度圧力計で測定した水温プロファイルとコアラーの水深－時間関係を示したものである。温度計の感度の影響により垂下時と揚収時で水温プロファイルが異なるが，表層水温は 6°C 前後，水深 100m 付近までやや増加し 10°C 程度となる。その後，低下し 200m 程度で 0°C 近くの温度となる。300m 程度から増加に転じ，海底近くで 2°C 程度となっている。この温度分布は，昨年調査（図 6.2）と比較すると海面から 150m の範囲において 1～2 度程度高い。

船上に引き上げたコアは，内管を 1m ごとに切断した後，縦に半割にし堆積土の観察を行った（写真 6.1, 2）。採取したコアを写真 6.3～6.9 に示す。

表 6.1 試料コアの一覧

コア名	採取緯度	採取経度	水深 (m)	コア長 (cm)
GC1301	44° 9.996'	144° 42.922'	743	100
GC1302	44° 10.081'	144° 42.950'	749	136
GC1303-1	44° 10.098'	144° 43.042'	755	0
GC1303-2	44° 10.073'	144° 42.959'	750	108
GC1304	44° 10.063'	144° 42.937'	748	145
GC1305	44° 9.002'	144° 44.856'	686	172
GC1306	44° 8.893'	144° 44.955'	674	196
GC1307	44° 9.000'	144° 44.814'	690	154

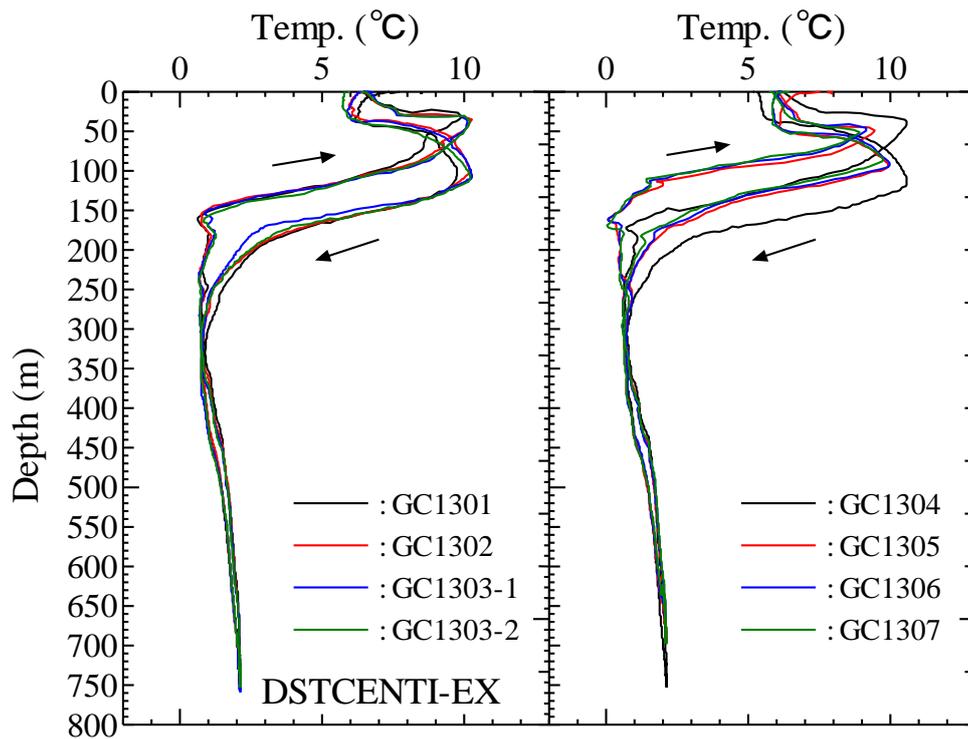


図 6.1 水温プロファイル

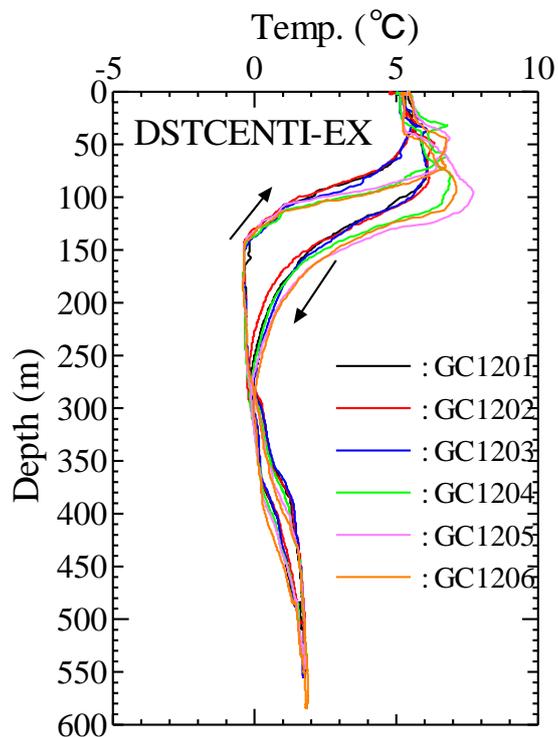


図 6.2 水温プロファイル (昨年の調査 OS249)

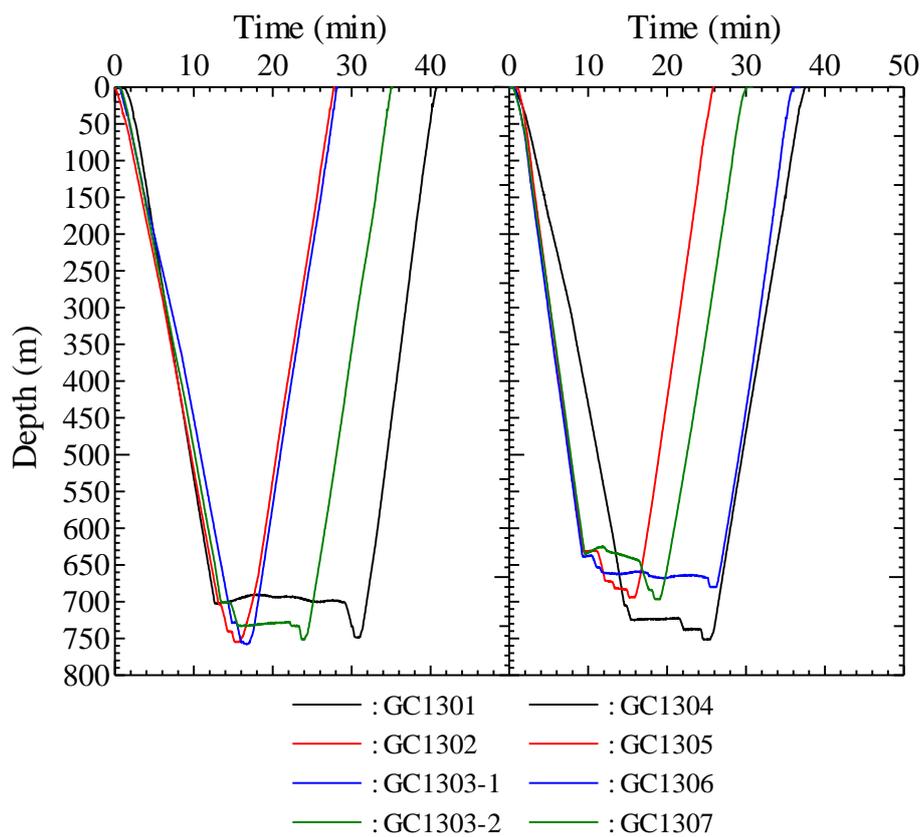


図 6.3 垂下揚収時間プロフィール



写真 6.1 採取コア（内管）の半制作業



写真 6.2 半割コアの観察

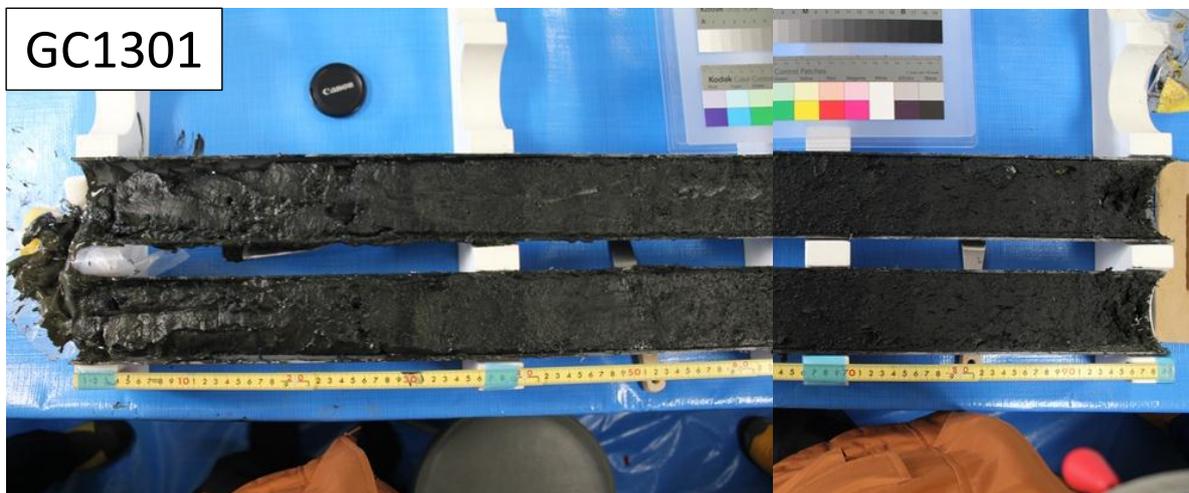


写真 6.3 GC1301 (コア長 100cm)

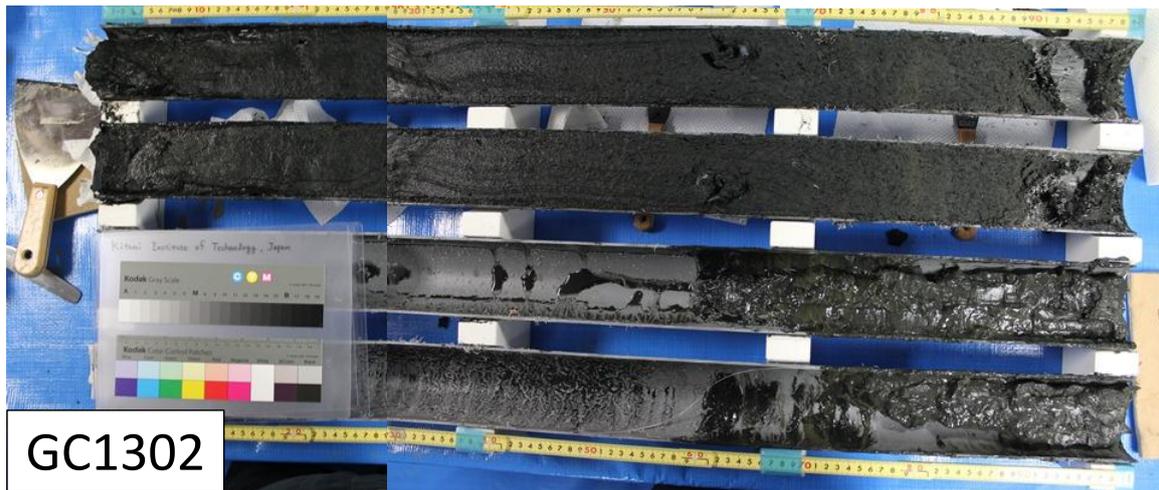


写真 6.4 GC1302 (コア長 136cm)

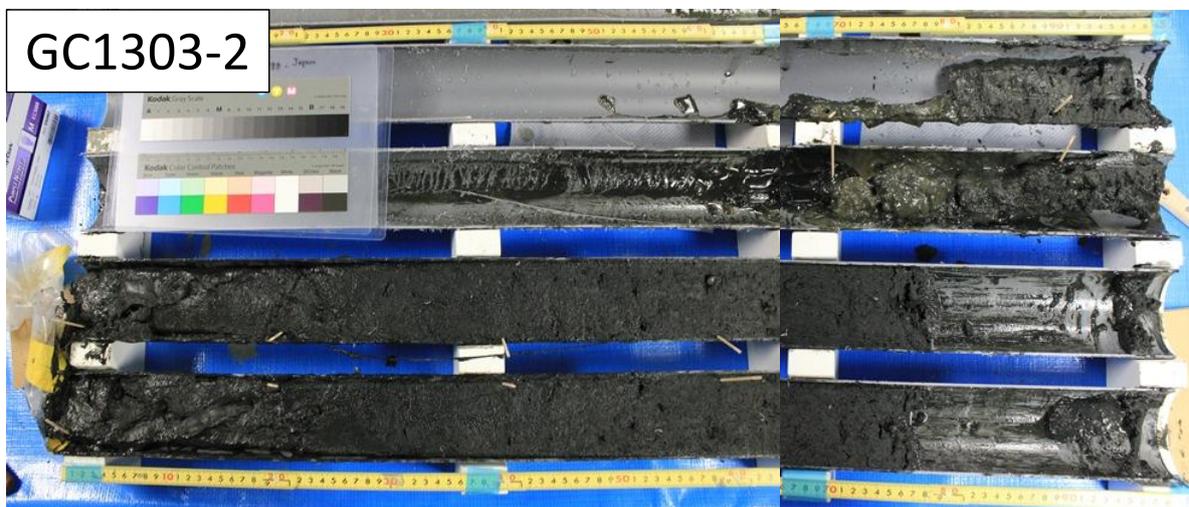


写真 6.5 GC1303-2 (コア長 108cm)



写真 6.6 GC1304 (コア長 145cm)

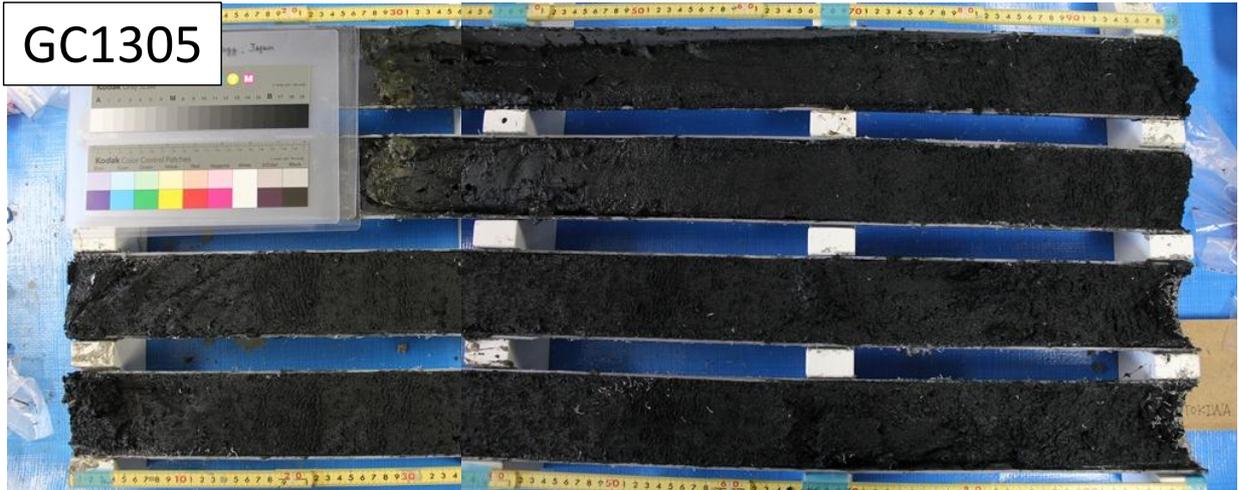


写真 6.7 GC1305 (コア長 172cm)

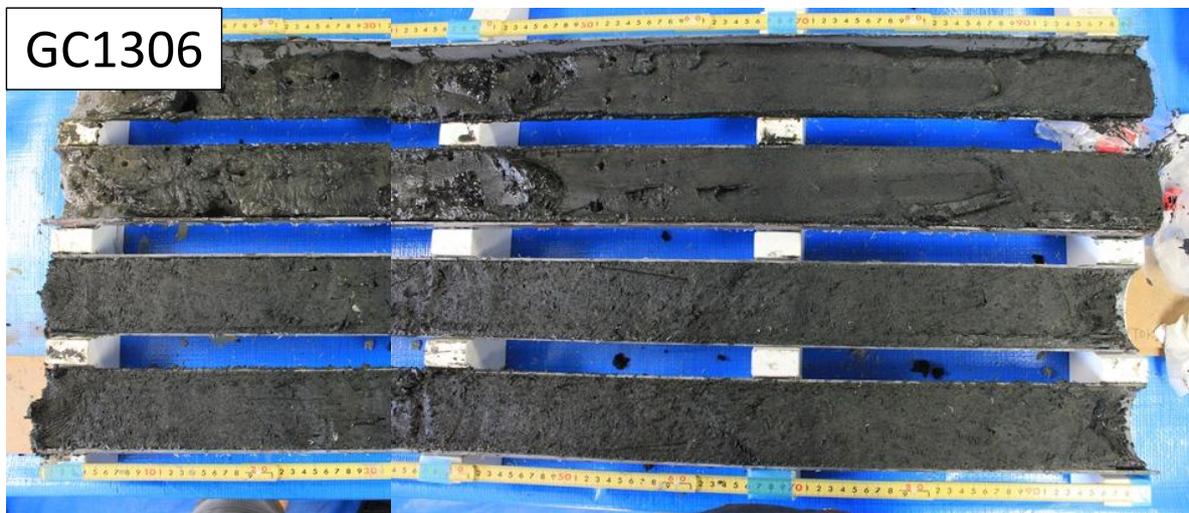


写真 6.8 GC1306 (コア長 196cm)

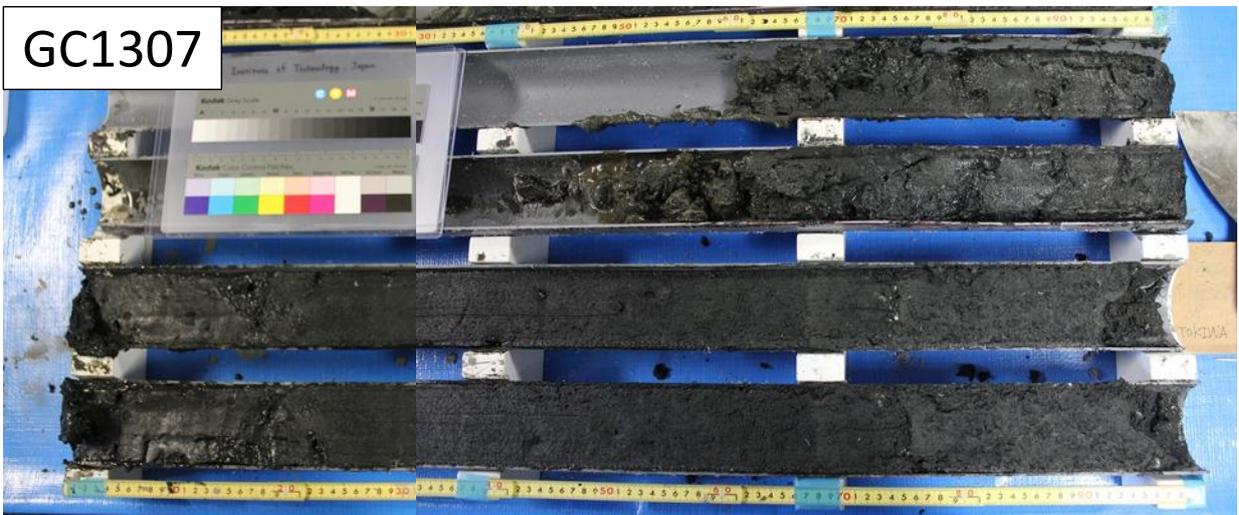


写真 6.9 GC1307 (コア長 154cm)

7. CTD 観測採水実習

おしよろ丸に装備されている CTD 採水システムを使用して、CTD 観測および採水実習を行った（写真 7.1, 7.2）。観測地点を表 7.1 に、採水深度を表 7.2 に示す。なお、採水深度については、CTD 装置の降下中に得られた温度および塩分データ（図 7.1）を基にその場で決定した。CTD 装置を回収後、デッキにてニスキン採水器から測定用試料のサンプリング作業を行った。測定用試料は、まず容器（PFA 製 容量 100 mL）を共洗いをしてから必要量採取し、0.2 μm のフィルターを通した後、PE 製容器（50 mL）に入れて持ち帰り測定を行った。

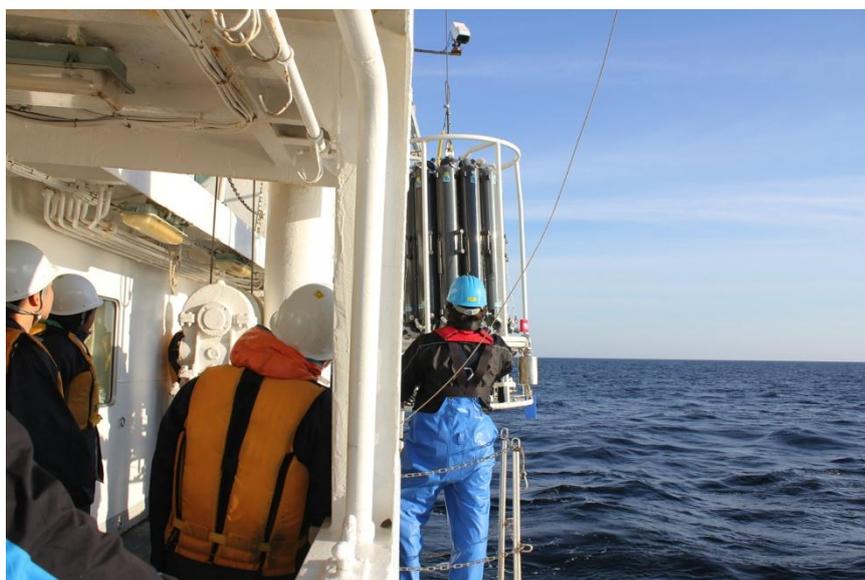


写真 7.1 CTD 採水実習の様子（上：CTD 装置の海中投入前の説明，下：モニタールームでの説明）



写真 7.2 CTD 採水実習の様子 (ニスキン採水器からのサンプリング)

表 7.1 CTD 観測位置と水深

Station: OS13179				
	Time	Latitude	Longitude	Depth(m)
Down cast Start	9:59	N 44° 10.02	E 144° 42.95	745
Up cast Start	10:20	N 44° 10.00	E 144° 42.95	754
Up cast End	10:45	N 44° 10.05	E 144° 42.95	785
Bottom	Pressure 686 db	Wire out 695 m		

Station: OS13181				
	Time	Latitude	Longitude	Depth(m)
Down cast Start	8:16	N 44° 08.60	E 144° 44.30	661
Up cast Start	8:34	N 44° 08.68	E 144° 44.43	667
Up cast End	8:57	N 44° 08.88	E 144° 44.56	683
Bottom	Pressure 615 db	Wire out 610 m		

表 7.2 採水深度

Station: OS13179												
Bottle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Depth(m)	686	600	500	400	300	200	160	120	100	80	60	5

Station: OS13181												
Bottle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Depth(m)	616	600	500	400	300	200	175	150	80	40	20	5

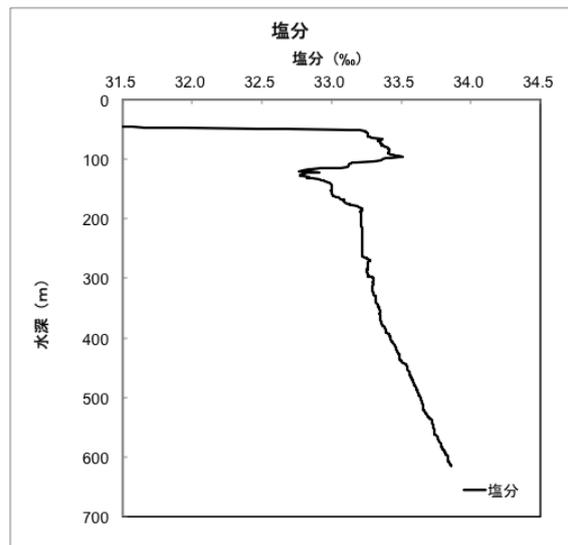
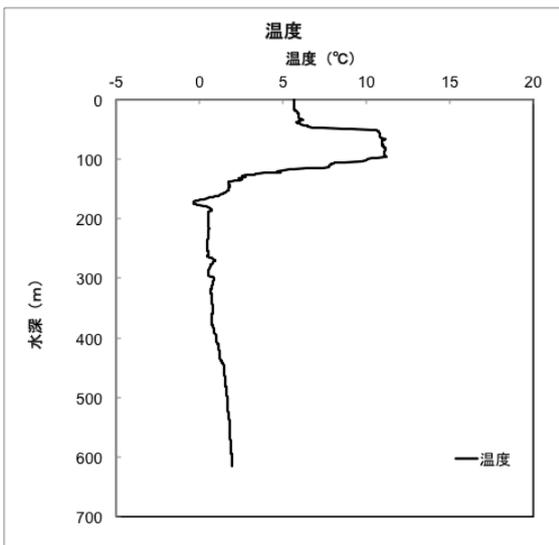
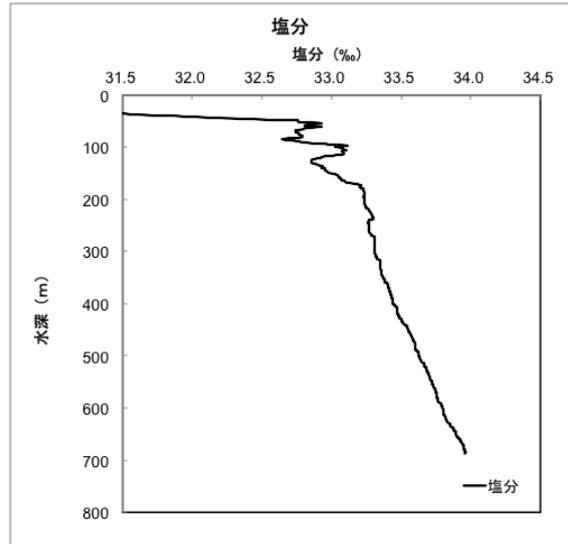
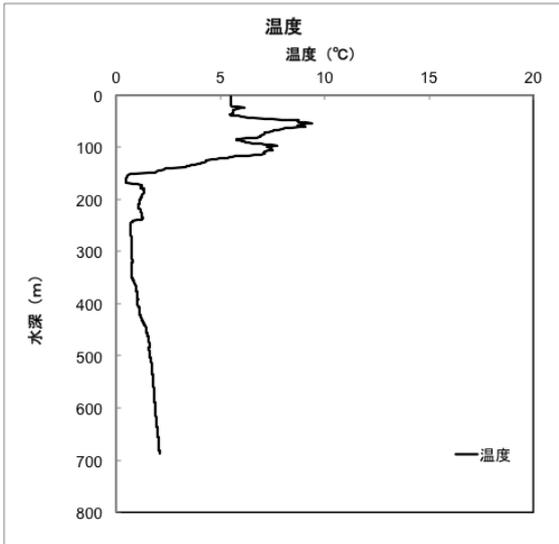


図 7.1 CTD 観測データ (上段 : OS13179, 下段 : OS13181, 左 : 水温, 右 : 塩分)

8. ガス分析実習

8.1 測定の概要

本調査航海では、ガスハイドレート含有堆積物コアの採取には至らなかったものの、ガス濃度が明らかに高いとみられる堆積物コア計7本を採取し、間隙水溶存ガスサンプリングを行なった。また、溶存メタン定量のために、前述のCTD採水によって得られた海底近傍の海水も合わせて採取した。

8.2 堆積物間隙水溶存ガスの採取作業

採取方法の詳細を図8.1に、作業の様子を写真8.1に示す。まず、マイクロピペットを用いて飽和NaCl水溶液10mLおよびBKC50wt%水溶液0.3mLを20mLバイアル瓶（実サイズ25mL）に注入した。堆積物コアを半割した後、先端をカットした5mLプラスチックシリンジを用いて、堆積物鉛直断面から速やかに一定量（10mL）の堆積物試料を採取した。採取場所については、可能な限り均質とみられる部分を選定し、10cmおきの採取を基本とし、いくつかのコアでは20cmおきに採取した。封入した後ヘリウムガスでヘッドスペース部分の空気を置換した。最後に、これらのバイアル瓶をよく振盪し、上下をひっくり返して元箱内に保存した。

間隙水溶存ガス

(ヘッドスペースガス法)

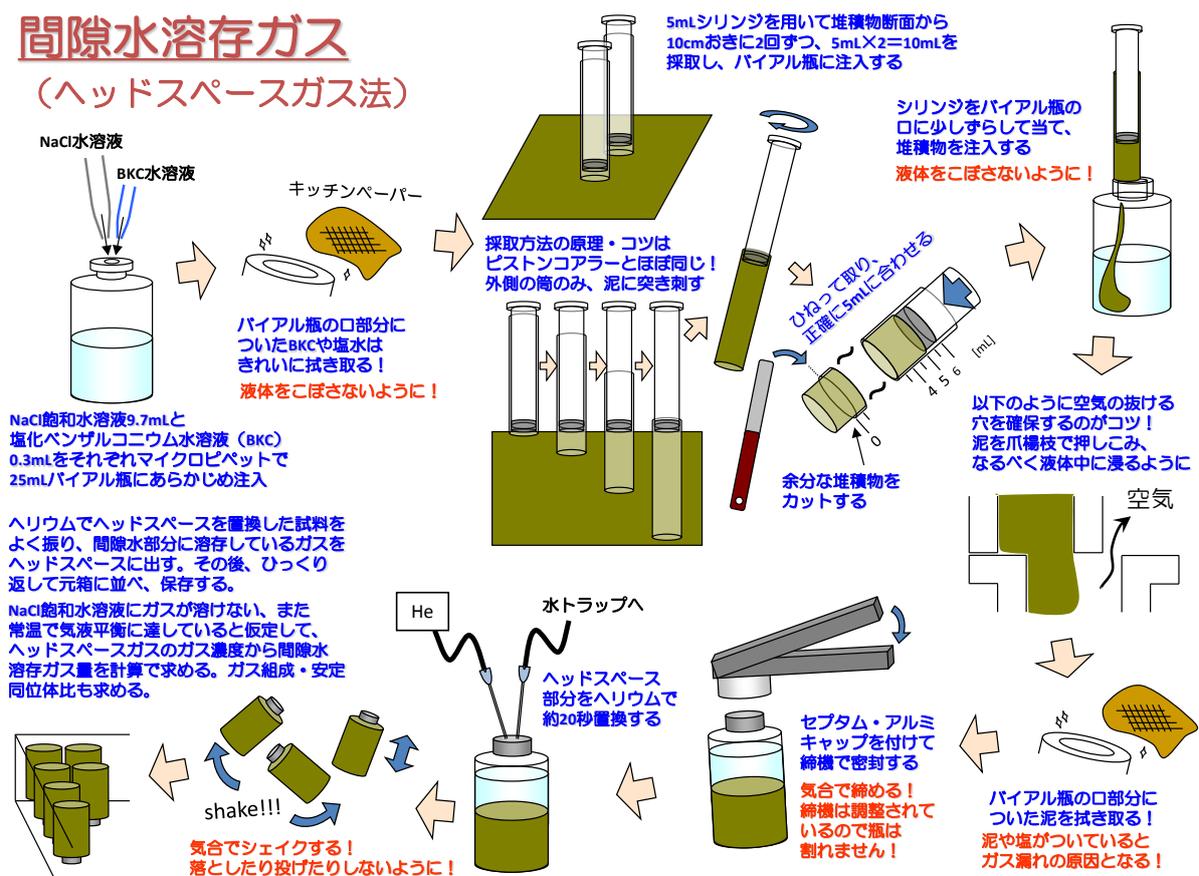


図 8.1 間隙水溶存ガス（ヘッドスペースガス）採取方法



写真 8.1 間隙水溶存ガス（ヘッドスペースガス）採取作業の様子

8.3 実験室におけるガス分析方法

ガス試料の測定方法および測定装置については Hachikubo *et al.* (2010) および前回の OS249 航海とほぼ同様である。まず、ガスクロマトグラフ (GC, 島津製 GC-2014) を用いてガス組成を求めた。検出器は TCD と FID が直列に接続されており、キャリアガスにはヘリウム, カラム充填剤には Sunpak S (信和化工製) を使用した。カラムによって最初に空気成分を分離した後, TCD ではメタン (高濃度の場合), CO_2 および硫化水素を定量した。FID ではメタン (低濃度の場合), エタン, およびプロパンを定量した。ガス組成・濃度データをもとに, 連続フロー型安定同位体質量分析装置 (CF-IRMS, Thermo Finnigan 製 DELTA plus XP) を用いてメタンの $\delta^{13}\text{C}$ ・ δD , およびエタン・プロパン・ CO_2 それぞれの $\delta^{13}\text{C}$ を求めた。なお, 安定同位体比のスケールは VPDB ($\delta^{13}\text{C}$), VSMOW (δD) にそれぞれ換算し, 安定同位体比標準試料からの千分率偏差で表した。

間隙水溶存ガスの各成分の濃度については, ヘッドスペース法においてヘッドスペースに存在するガス量, およびその分圧で元の間隙水に溶け込んでいる溶存ガス量を計算し, これらの和を間隙水体積で除して求めた。間隙水体積は同深度の堆積物含水率を用いて求めた。加えた NaCl 飽和水溶液と塩化ベンザルコニウム水溶液にはガスは溶解しないものと仮定した。

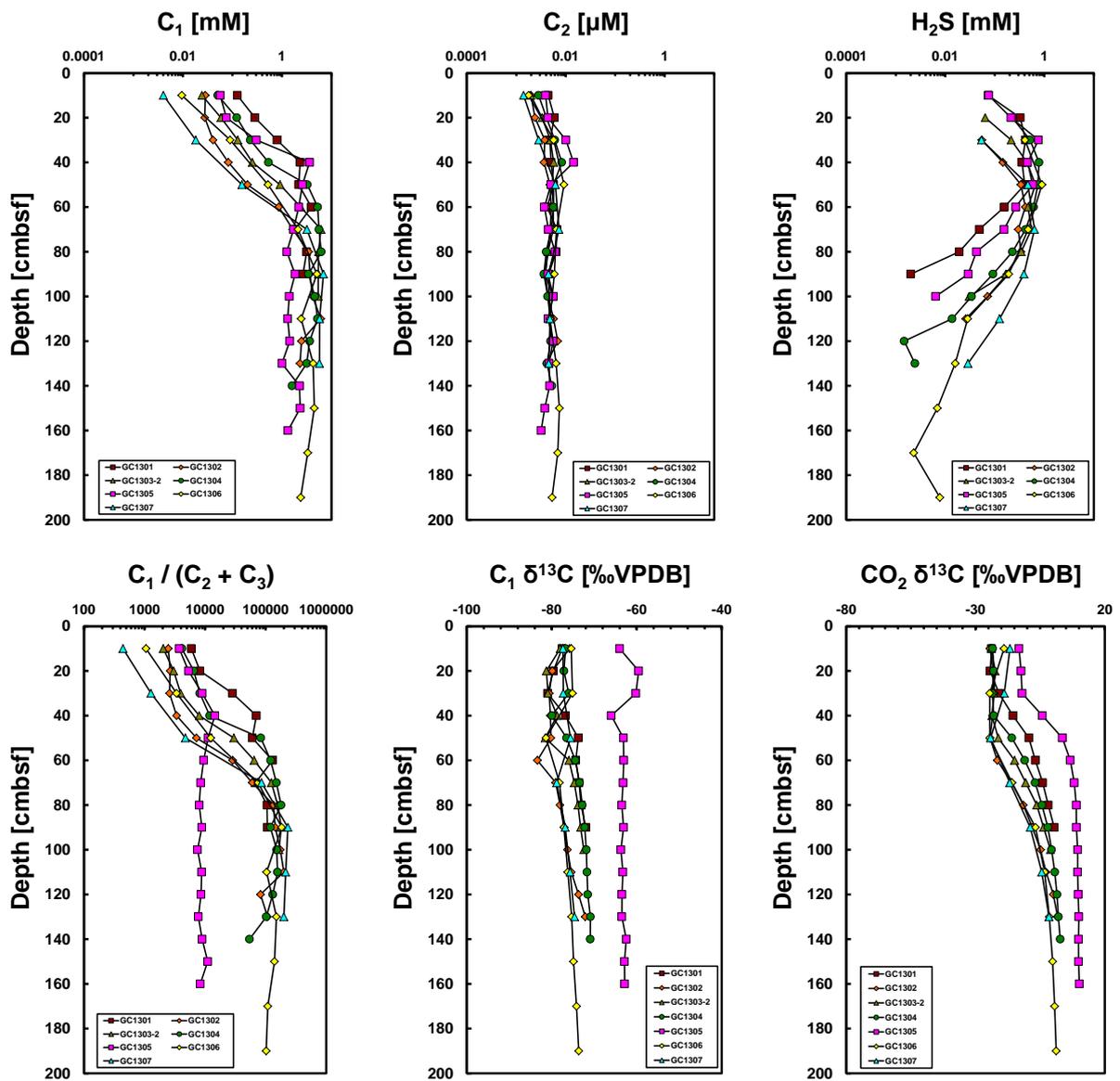


図 8.2 堆積物間隙水溶存ガス（ヘッドスペースガス）の深度プロファイル

8.4 間隙水溶存ガスの深度プロファイル

堆積物コアは計 7 本が採取された (OS263-GC1301～GC1307)。最も短いコアで 90cm 深 (GC1301)、長いもので 190cm 深 (GC1306) から試料を採取できた。前回の OS249 航海 (網走沖) で得られた堆積物コアはいずれもコア長が 1m 未満であり、今回はさらに深部の情報が得られたことになる。以下、分析結果の要点を報告する。

ガス濃度・安定同位体プロファイルのうち、主要なグラフを抜粋し、図 8.2 に示す。相図上の温度・圧力 (水深) 条件が満たされていても、ガスハイドレートのゲストガス分圧が水圧と同程度であるとは限らない。また、ある一定以下の間隙水溶存ガス濃度ではガスハイドレートが間隙水中に溶解し、存在できない。すなわち、周辺海域の海底表層堆積物に対し、ガスハイドレート存在域の堆積物間隙水には通常、高濃度のガスが溶存している。メタン濃度は海底直下から深部に向かって指数関数的に増加しており、コアにも寄るが、50cm～100cm 深あたりから一定の値となっている。試料採取時にコアを半割してから採取終了までに堆積物の表面が大気 (1 気圧下) にさらさ

れ、ガスが抜けることを考慮すると、コア下部のメタン濃度データはいくらか過小評価されている可能性が高い。一方、エタン濃度は深度に対しほぼ一定で、かつ濃度は極めて小さい。GC1305を除き、エタン+プロパン濃度に対するメタン濃度の比はコアの上部で小さく、また、下部では大きく約 10^5 のオーダーに達している。メタンが堆積層上部でエタン・プロパンよりも相対的に濃度が低いのは、ごく表層（海底面直下）での溶存酸素による酸化およびその下部での嫌氣的メタン酸化によりメタンが消費されていることを示す。一方、GC1305のみ、炭化水素ガスの濃度比が深度に対しほとんど変化していない理由は、プロパン濃度がメタン濃度とほぼ同様の傾向を有し、深部に向かって濃度が増加しているからである。また、硫化水素は30-80cm深で濃度のピークがみられる。

メタンおよび CO_2 の炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) に視点を移すと、メタン $\delta^{13}\text{C}$ は前述のメタン濃度の急激な増加、および硫化水素濃度のピークにあたる深度付近で負のピークがみられる。 CO_2 の $\delta^{13}\text{C}$ はメタンよりも負のピークが明瞭にみられる。したがって、これらの深度は SMI (Sulfate-Methane Interface) 深度と推察される。SMI 深度は間隙水中の硫酸イオン濃度がゼロに近づき、かつ溶存メタン濃度が急激に増加する深度のことを指し、深部から供給されるメタンフラックスの指標である。OS249 航海で得られた堆積物の SMI 深度は 35~55cm 深程度であり、オホーツク海における GH 含有堆積物コアないしガスに富んだコアの SMI 深度情報 (Hachikubo *et al.*, 2010; 2011) から、今回の OS263 航海で採取された堆積物コアはいずれも従来のハイドレート含有コア採取地点並みにメタンフラックスの大きい地点と言える。既にこれらの海域ではより長いピストンコアラーでガスハイドレートが採取されており (JAMSTEC: NATSUSHIMA Cruise Report NT13-20, 2013), いずれのコア採取地点でもさらに深部にはガスハイドレートが存在していた可能性が高い。

なお、プロパン濃度の高い GH1305 ではメタン $\delta^{13}\text{C}$ も -60‰ 前後であり、他のコアと比較して相対的に大きい。しかしながら、エタン濃度は他のコアと同程度である。このようなガスプロファイルの堆積物コアはオホーツク海 (サハリン島沖および網走沖) では例がない。メタン $\delta^{13}\text{C}$ が大きく、かつプロパン濃度が高いことは熱分解起源ガスの混入を示唆しているが、同様にエタン濃度も相対的に高いことが期待される。微生物によるエタン選択的分解を受けた可能性について、今後の調査が必要である。

8.5 海底近傍の海水溶存ガス

CTD で採取された海水のうち、最も深部 (海底近傍) の試料を 100mL バイアル瓶に採取し、BKC を適量加えて封入した。実験室ではこれらのバイアル瓶にヘリウムでヘッドスペースを作成し、常温で 1 日静置して溶存ガスとヘッドスペースガスとの平衡を待ち、ガスクロマトグラフで測定した。計算されたメタン濃度は 23-30 [nM] であり、サハリン島沖でのガス湧出域で観測される値と同程度であった。

9. 間隙水分析実習

9.1 堆積物間隙水を化学分析する目的

間隙水は海底堆積物の間隙に存在する水であり、間隙水の由来は主として間隙に取り込まれた海水と説明される。しかし、深部からのメタン・湧水の移動、メタン酸化分解等の化学反応、ガスハイドレートの生成・分解などは、間隙水中の化学成分濃度と水の同位体比を変化させると考えられる。ガスハイドレート生成環境での特異的な濃度・同位体比変化とその機構を解明することが、間隙水を分析（化学分析、同位体分析）する目的である。

9.2 間隙水の採取と化学分析

間隙水採取用の試料は、以下のように分取した。

- (1) 汚染を入れないように、手袋を着用
- (2) ステンレス製へらを使って、堆積物の表層を剥がす（汚染の除去）
- (3) 深度 10 cm 厚さから、均等に堆積物を採取（ステンレス製へらを使用）
- (4) 遠心分離機用のプラスチックチューブに、堆積物を分取して密栓
- (5) 遠心分離機用チューブの表面には、予め「コア名」「採取深度」等を記載



写真 9.1 間隙水分析実習の説明

間隙水の採取は，分取した堆積物から以下のように遠心分離によって得た。

- (1) 遠心分離機用チューブ，ラバー製スペーサー，金属製ホルダーを準備
- (2) 上記のパーツを組み合わせる．遠心分離機用チューブは8本で一組
- (3) 堆積物入りの遠心分離機用チューブを，遠心分離機のローターにセット
- (4) 遠心分離機の設定条件（回転数，時間）を確認した後に，遠心分離を開始

得られた間隙水は，以下のようろ過後に溶存イオン濃度測定および保存した。

- (1) 遠心分離機用チューブ内の上澄み液（間隙水）を，マイクロピペットで採取
- (2) 12 mL プラスチック製シリンジ（フィルターカートリッジ付き）に分取
- (3) ろ過の初流約 0.5 mL は，捨てる（フィルターカートリッジの共洗い）
- (4) イオンメータに約 0.5 mL を滴下して，間隙水中イオン濃度を測定
- (5) プラスチック製ボトル（16 mL 容量）に，ろ過した間隙水を分取
- (6) ボトルのキャップを密栓後，フィルムでシールして冷蔵庫に保存



写真 9.2 堆積物の分取



写真 9.3 間隙水のろ過と採取

10. 物性試験実習

10.1 実験方法

半割にしたコアから，10cm 間隔で含水比測定のための試料採取，小型コーン貫入試験，小型ベンセン断試験を行った（写真 10.1.1）。また，物理試験のための試料採取も行っている。



写真 10.1.1 物性試験実習の様子

(1) 含水比測定用試料の採取

含水比試験用の試料は，採取したコアの深度方向に 10cm 間隔で先端をカットしたシリンジ（5mL）を用いて採取した。採取した試料はバイアル瓶（20mL）に入れて持ち帰り含水比を測定した。

(2) コーン貫入試験

コーン貫入試験は，写真 10.1.2 に示すようなデジタルフォースゲージを改良試作したデジタルコーン貫入試験器を用いた。コーンの先端角は 30° ，コーン直径は 9mm，貫入深は 16.8mm である。試験は，写真に示すように突き当てつばが完全に測定面に接触するまでコーンを徐々に貫入させて行った。貫入に要する時間は 2 秒程度である。コーン貫入抵抗 q_c (kN/m²) は次式より求めた。

$$q_c = \frac{Q}{A}$$

ここで， Q はコーン貫入力 (kN)， A はコーン底面積 (m²) である。



写真 10.1.2 小型コーン貫入試験

(3) ベーンせん断試験

ベーンせん断試験は、幅 10mm、高さ 20mm のベーンブレードを小型のトルクドライバーに取り付けて試験を行った。写真 10.1.3 に示すようにコアの切断面にブレード先端を 30mm 貫入してトルクドライバーを回転させ、このとき得られた最大トルク値から次式よりベーンせん断強さ τ_v (kN/m²) を求めた。回転速度は、1 回転 10 秒程度である。

$$\tau_v = \frac{M}{\pi \left(\frac{D^2 H}{2} + \frac{D^3}{6} \right)}$$

ここで、 M は最大トルク (kN・m)、 D はベーン幅 (m)、 H はベーン高さ (m) である。



写真 10.1.3 小型ベーンせん断

10.2 試験結果

図 10.2.1 は、採取試料から求めた含水比 w と船上試験から求めたコーン貫入抵抗 q_c 、ベーンせん断強さ τ_v を海底面からの深度に対してプロットしたものである。昨年

の実習での結果（図 10.2.2）と比較すると、全体的に含水比が高く、強度が低い傾向にある。これは、昨年のコアリング地点はマウンド頂部付近であったのに対し、今回は谷地形であったためと考えられる。

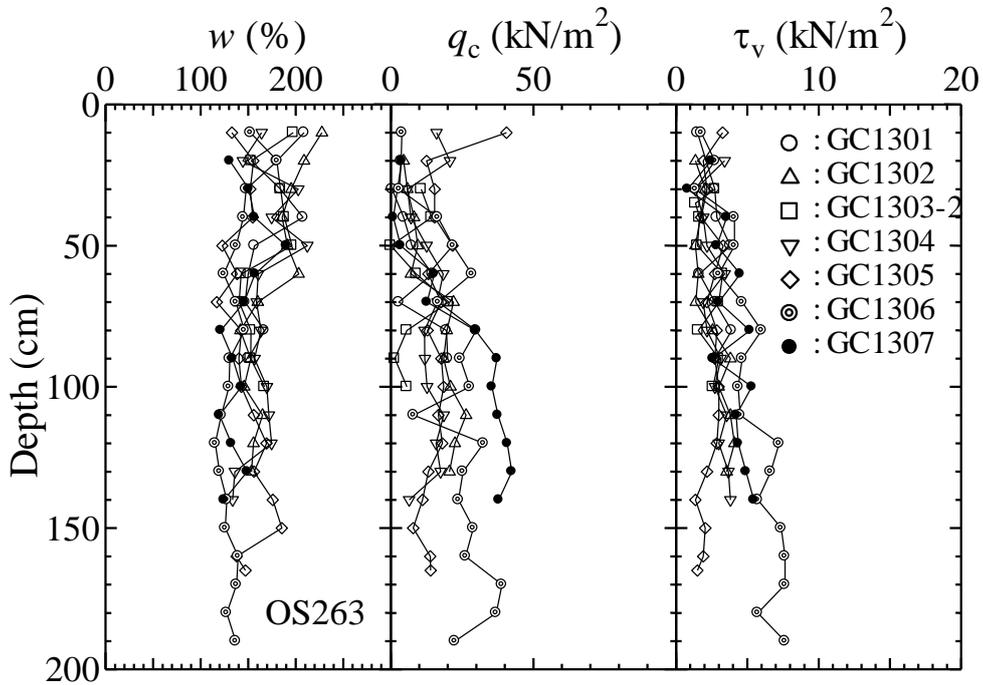


図 10.2.1 物性試験結果

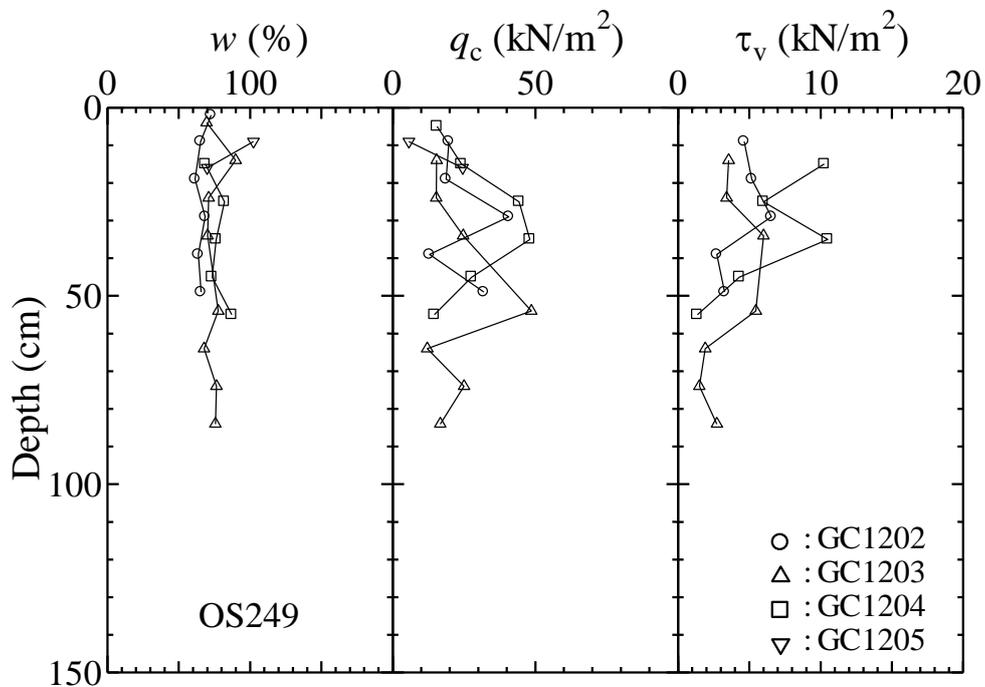


図 10.2.2 物性試験結果（昨年の調査 OS249）

11. アンケート結果

「おしよろ丸」では、乗船学生に対して、下船時に下記のようなアンケートを行っている。図 11.1～4 に主な結果を示している。これらのアンケート結果は、次年度以降の共同利用実習に活用させていただく。

おしよろ丸 第 263 次 北見工大・東京農大航海 感想文

所属 _____

直 _____

氏名 _____

1. 次のアンケートに答えて下さい。

(1) 乗船するまでに思っていたこと

(1. 大いに期待 2. やや期待 3. 普通 4. あまり乗りたくない 5. 絶対乗りたくない)

(2) 今回の実習における自己評価

(1. 班員として積極的にリードした 2. なんとか貢献した 3. あまり貢献できなかった)

(3) 海について

(1. 大好き 2. やや好き 3. 普通 4. やや嫌い 5. 嫌い)

(4) 今回、良かったと思う実習に○を付けて下さい (複数可)

(1. 船橋実習 2. CTD 観測 3. プランクトン実習 4. コアサンプリング調査・実習
5. 星空観賞 6. 航海士講義 7. 船内生活 8. 機関実習 9. その他)

(5) 逆に、今一つと思われる実習に○を付けて下さい (複数可)

(1. 船橋実習 2. CTD 観測 3. プランクトン実習 4. コアサンプリング調査・実習
5. 星空観賞 6. 航海士講義 7. 船内生活 8. 機関実習 9. その他)

(6) 実習時間について

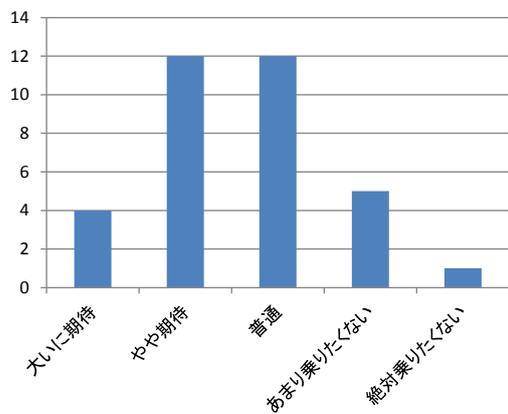
(1. 時間不足 2. やや不足 3. 適当 4. やや冗長 5. 冗長過ぎる)

(7) この実習を総合的に振り返って

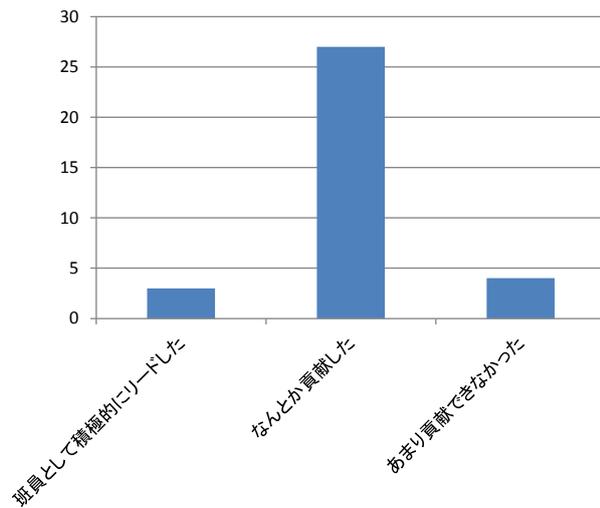
(1. 期待以上 2. 期待どおり 3. まあまあ 4. 期待したほどでない 5. 二度と乗りたくない)

以下のキーワードを入れて感想文を提出して下さい。翌年に向けての改善点、準備をするうえで欲しかった情報等あれば記入下さい。(実習・海洋観測・機関室見学・コアサンプリング・スケジュール)

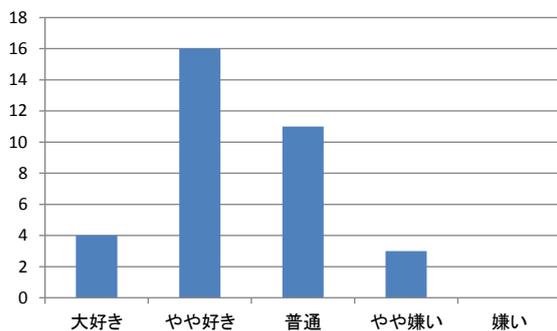
(1) 乗船するまでに思っていたこと



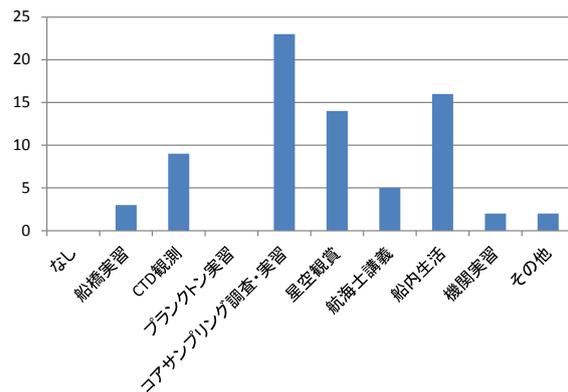
(2) 今回の実習における自己評価



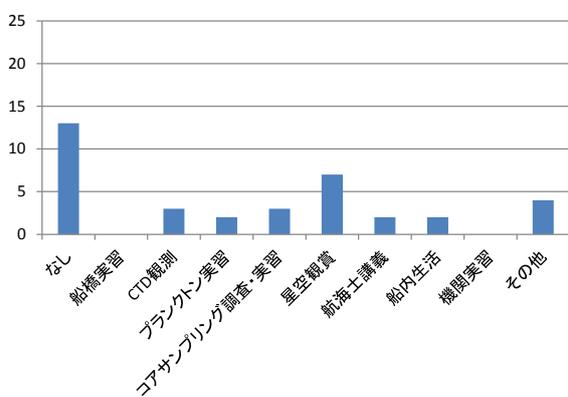
(3) 海について



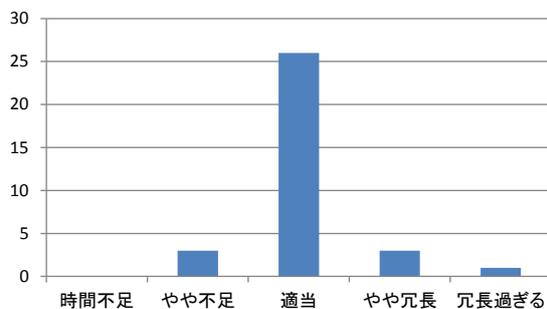
(4) 今回、良かったと思う実習に○を付けて下さい (複数可)



(5) 逆に、今一つと思われる実習に○を付けて下さい (複数可)



(6) 実習時間について



(7) この実習を総合的に振り返って

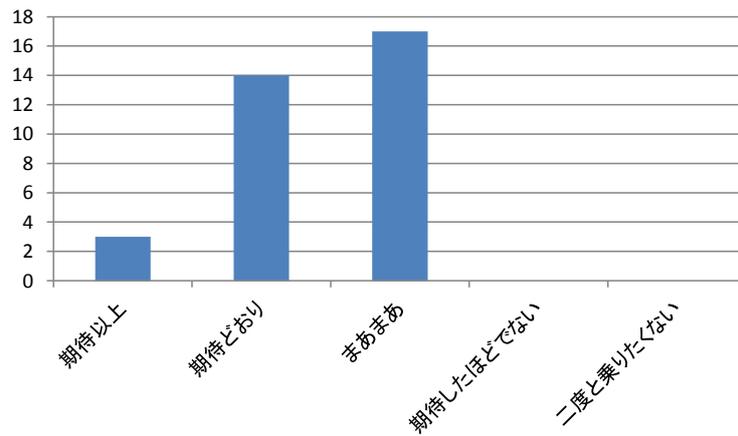


図 11.1 アンケート結果

12. 謝辞

共同利用実習を行うにあたって、「おしよろ丸」高木省吾船長，高津哲也北大水産科学研究所教授，乗船教職員の皆様，函館キャンパス事務部の皆様に多大なご協力とご配慮をいただいた。また，本学田牧理事および学生支援課には学生募集にあたってご協力いただいた。北海道オホーツク総合振興局，各漁業組合並びに漁業関係者には実習海域に関する情報提供やご助言を頂いた。記して謝意を表します。

13. 参考文献

- 1) 高橋信夫, 松本良: TK11 網走・稚内沖海洋調査報告ー北見工業大学・東京大学合同 MH 調査ー, 北見工業大学未利用エネルギー研究センター, 44p, 2011.
- 2) 表層ガスハイドレート研究コンソーシアム: プレスリリース「日本海とオホーツク海の広い海洋にガスハイドレート」2012年10月29日,
<http://www.meiji.ac.jp/osri/topics/2012/6t5h7p00000dxjls.html>
- 3) 北見工業大学・環境・エネルギー研究推進センター・表層型メタンハイドレート研究ユニット: OS249 網走沖オホーツク海海洋調査実習報告, 48p, 2013,
<http://www-ner.office.kitami-it.ac.jp/OS249Report.pdf>
- 4) Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC): NATSUSHIMA Cruise Report NT13-20, 21p, 2013,
<http://www.godac.jamstec.go.jp/darwin/cruise/natsushima/nt13-20/j>
- 5) Hachikubo, A., Krylov, A., Sakagami, H., Minami, H., Nunokawa, Y., Shoji, H., Matveeva, T., Jin, Y. K., Obzhirov, A.: Isotopic composition of gas hydrates in subsurface sediments from offshore Sakhalin Island, Sea of Okhotsk. *Geo-Marine Letters*, Vol.30, pp.313-319, 2010.
- 6) Hachikubo, A., Tatsumi, K., Sakagami, H., Minami, H., Yamashita, S., Takahashi, N., Shoji, H., Jin, Y. K., Vereshchagina, O., Obzhirov, A.: Molecular and isotopic compositions of hydrate-bound hydrocarbons in subsurface sediments from offshore Sakhalin Island, Sea of Okhotsk. *Proceedings of the 7th International Conference on Gas Hydrates*, Jul. 17-21, 2011, Edinburgh, UK, 2011.

14. 付録

14.1 実習参加者リスト

氏名	所属	学年, 職名	班, 担当
小川 恵介	社会環境工学専攻	M1	1 班, TA
佐々木 陽太	マテリアル工学専攻	M1	1 班, TA
笹村 芳正	マテリアル工学専攻	M1	1 班, TA
常盤 祥平	マテリアル工学専攻	M1	1 班, TA
平野 拓馬	マテリアル工学専攻	M1	1 班, TA
三浦 竜司	社会環境工学専攻	M2	1 班, TA
小竹 毅	マテリアル工学専攻	M2	1 班, TA
久保 圭佑	マテリアル工学専攻	M2	1 班, TA
矢野 康平	社会環境工学科	3 年	2 班
大島 弘己	社会環境工学科	4 年	2 班
木村 大輔	社会環境工学科	4 年	2 班
中嶋 貴典	社会環境工学科	4 年	2 班
城山 翔平	神戸大学市民工学科	4 年	2 班
松田 直樹	社会環境工学科	4 年	2 班
岩本 裕史	土木開発工学科	4 年	3 班
清水 勇希	社会環境工学科	4 年	3 班
杉森 信大	社会環境工学科	4 年	3 班
泉 直人	マテリアル工学科	4 年	3 班
加地 泰健	マテリアル工学科	4 年	3 班
菊地 秀一	マテリアル工学科	4 年	3 班
笛木 篤志	社会環境工学科	4 年	4 班
チョウ ケイコン	社会環境工学科	4 年	4 班
佐々木浩祐	マテリアル工学科	4 年	4 班
内田 英太	マテリアル工学科	4 年	4 班
浦東 靖哉	マテリアル工学科	4 年	4 班
篠原 章希	マテリアル工学科	4 年	4 班
平岡 雅仁	バイオ環境・マテリアル系	1 年	5 班
山本 昌樹	バイオ環境・マテリアル系	1 年	5 班
五味 佑介	機械・社会環境系	1 年	5 班
吉田 勝	社会環境工学科	2 年	5 班
小森 葵	社会環境工学科	2 年	5 班
塩津 大樹	社会環境工学科	2 年	5 班
佐々木善章	社会環境工学科	2 年	5 班

山下 聡	社会環境工学科	教授	実習総括
南 尚嗣	マテリアル工学科	教授	間隙水分析
八久保晶弘	環境・エネルギー研究推進センター	准教授	ガス分析
坂上 寛敏	マテリアル工学科	助教	CTD 観測採水
山崎新太郎	社会環境工学科	助教	地形・ガスフレア
百武 欣二	技術部	技術専門員	コアリング
片岡沙都紀	神戸大学	助教	物性試験
庄子 仁	環境・エネルギー研究推進センター	教授 (センター長)	陸上支援
三橋 恵治	技術部	技術専門職員	陸上支援
平田 広昭	技術部	再雇用職員	陸上支援
高橋 信夫	基盤研究推進センター	教授 (センター長)	実習計画代表者

14.2 実習写真



総合研究棟に集合



網走港に到着



対面式



船長挨拶



安全講習



機関室見学



艦橋実習



塩本明弘教授（東京農大）による講義



航海士による講義



極寒星空観測



食事当番



集合写真