# TK11 網走・稚内沖海洋調査報告 - 北見工業大学・東京大学合同 GH 調査-

大喜丸((株) スターマリン) 2011年9月5日~12日 北見-網走-稚内-北見



# 高橋信夫・松本 良

平成 23 年 12 月 発行:北見工業大学未利用エネルギー研究センター 高橋信夫、松本 良(2011): TK11 網走・稚内沖海洋調査報告-北見工業大学・東京大学合同 MH 調査-、北見工業大学未利用エネルギー研究センター発行、全 44 頁

本報告に関する問い合わせ先

〒090-8507 北見市公園町 165 番地 北見工業大学未利用エネルギー研究センター 庄子 仁 電話:0157-26-9534 ファックス:0157-26-9534

電子メール: <u>shojihts@mail.kitami-it.ac.jp</u>

目次

1	. は	じめに	4
2	. 準	備作業と日程	6
	2.1	調査船調達および作業許可申請	
	2.2	調査日程	
3	. 調	査域と調査方法	9
	3.1	調査域の選定	
	(1)	網走沖	
	(2)	稚内沖	
	3.2	調査船と船上調査機器	16
	(1)	グラビティーコアラー	
	(2)	温度計と圧力計	
	(3)	バンドン採水器	
	(4)	調査船と艤装	
	(5)	魚群探知機	
	(6)	GPS 観測機	
4	. 海泊	牟観測およびコアと海水の採取	22
	4.1	水温プロファイル	
	4.2	コアリング記録	
	4.3	フレア記録	
5	. ガフ	、および DIC 分析	31
	5.1	海水溶存メタン濃度	
	5.2	間隙水溶存ガス濃度と同位体組成	
	5.3	間隙水 DIC 濃度と同位体組成	
6	水分	分析	36
	6.1	間隙水と海水の採取	
	6.2	間隙水と海水の主成分測定	
	6.3	間隙水アルカリ度分析	
7	. 堆積	<b>責物分析</b>	39
	7.1	物性試験	
	7.2	鉱物・化学組成分析	41
	(1)	XRD 鉱物組成分析	
	(2)	全硫黄・全炭素分析	
	(3)	微化石分析	
8	. 附	録	42
	8.1	参加者リスト	
	8.2	大喜丸情報	
	8.3	集合写真	

#### <u>背景と経緯</u>

次世代エネルギー資源の探査開発を目指すメタンハイドレート資源開発計画が東部南海トラフ において進められているが、計画がスタートする15年ほど前には、網走沖のオホーツク海も探 査候補地に上げられていた。南海トラフの方がBSRの分布が強くて広いことから最終的には南海 トラフでの調査となったが、北見大和堆には明瞭なBSRが確認されており、有機物の堆積速度も 高いと予想されることから依然としてメタンハイドレート集積帯が発達する可能性はある。他方、 近年、稚内沖の海底から化学合成生物群集を伴う炭酸塩コンクリーションが多数採取され、炭酸 塩の炭素同位体組成は強いメタンの関与を示唆することが報告されている。メタン湧出は深部に おけるメタンハイドレート生成を示唆するものである。そこで私達は以前から北海道周辺でのハ イドレート探査の機会を探っていた。

海洋のガスハイドレートには(A)深層型と(B)表層型の2つのタイプがあることが明らかにな ったのは最近10年ほどのことである。したがって10数年前から始まった資源化プロジェクトで は当初から深部型ガスハイドレートが探査対象となった。しかしサハリン沖のオホーツク海や日 本海東縁変動帯を始めとする表層型ガスハイドレート研究の最近の成果は、海洋のガスハイドレ ートの資源化に新たな可能性を示しつつある。表層型ハイドレートの探査上の課題は、対象とす る鉱床の一つ一つの広がりが数百メートルから数キロメートルと小さいことであり、広域的な BSR 探査によって初期評価が可能な深層型のような効率的な事前調査が難しい。ところが、産業 技術総合研究所(旧地質調査所)が過去10数年の間に日本周辺海域において実施したサブボト ムプロファイル SBP とシングルチャンネルサイスミック SCS の画像データが一部ウェブで公表 されており、とくに SBP については海底下数10メートルの高精度イメージを明らかにしており、 表層型ハイドレート探査の事前データとして使える可能性が高い。実際、掘削や ROV 調査によ り表層型ハイドレートの分布と産状が詳細に分かっている上越沖については、産総研のデータが いくつかの特異点を明瞭に示している事が確かめられている。そこで、今回北海道網走沖および 稚内沖について公表資料を調べたところ、上越沖のガスチムニー、ガスハイドレート・マウンド 類似の構造が多数分布することが分かった。

このように、BSR 分布、化学合成生物、メタン湧水、そして SBP 上のガスチムニー様構造、 ガスハイドレート・マウンド構造など、複数のデータが網走沖のが表層型ガスハイドレートの存 在を示していることが明らかとなった。そこで、サハリン沖オホーツク海での調査経験と北海道 北部という地の利のある北見工業大学と、日本海東縁における表層型ガスハイドレート調査の実 績がある東京大学チームが協力して、本調査を実施することが決まった。本調査は JAMSTEC の 研究船を使った本格的調査への足がかりとするべきものでもある。

### <u>2011 調査の目的と意義:</u>

本調査は、来年度に本格的調査をスタートするための現地準備調査との位置付けであり、その主要な目的は以下である。

- 産総研のウェブに掲載されている SBP 記録から抽出した、ガスチムニー構造の直上から、 少なくとも長さ50センチメートル以上の採泥をすること。
- ② 泥の性質から、メタン湧出やガスハイドレートの痕跡の有無をチェックすること。
- ③ 間隙水組成から SMI 深度を決めメタンフラックスの大小評価をすること。
- ③ 海水の水温プロファイルを明らかにし海底表層付近でのハイドレートの安定性を評価する
   事。
- ④ 溶存ガスの組成と起源を明らかにすること。
- である。

また、上記「科学的」な目的のほか、北見工業大学と東大チームの共同研究体制を発足させる ことの意義も大きい。ガスハイドレート調査研究は国のプロジェクトとして大規模に推進されて いるが、これは南海トラフからの海上産出試験に特化された研究である。ガスハイドレートの学 術研究の拠点の創出という意味で、本共同研究の意義は大きい。 2. 準備作業と日程

## 庄子 仁、南 尚嗣、山下 聡、高橋信夫、百武欣二、平田広昭

- 2.1 調査船調達および作業許可申請
- 4月 北見市役所、北海道オホーツク総合振興局等から情報(調査船候補、調査許可申請、調査 域と漁場等々)収集開始(高橋)。
- 5月 松本研究室での打合せ(佐藤幹夫、庄子) 北海道オホーツク総合振興局、北海道開発局、網走漁協、西村組訪問(庄子、南) 西村組から大喜丸を紹介される。
- 6月 北見工大での打合せ(松本) 大喜丸傭船をもとに作業届案作成開始(山下、庄子)。
- 8月 北海道運輸局旭川運輸支局稚内庁舎と電話連絡
  (株)スターマリンの山田会長が北見を訪れ相談する。
  網走海上保安署および稚内海上保安部へ作業届の郵送提出(庄子)。
  漁協及び関連団体へ作業届のコピー郵送および受領確認(庄子、高橋)。
  作業届の許可受領(網走海上保安署および稚内海上保安部)。
- 9月 網走海上保安署宛てに乗船者名簿の修正申請(ファックス提出) 調査実施(日程変更は、網走海上保安署および稚内海上保安部に電話連絡)。 網走海上保安署および稚内海上保安部に作業完了届の郵送提出。 漁協および関連団体へ、調査完了の電話・メール報告。
- 2.2 調查日程
- 9月5日(月) 9:00 トラックとバン(レンタル)に荷物の積み込み。
  - 10:03 トラックとバンに分乗(庄子、南、山下、八久保、百武、平田)して北見 工大出発。
  - 10:10 共成レンテムにて発電機(レンタル)積み込み。
  - 11:17 網走港着、大喜丸(中橋、澤部、片平)と合流(第1埠頭)。
  - 13:30 空港に出迎え(南、八久保)。
  - 14:10 東大チーム I (松本、弘松) 女満別空港着。 網走港に到着 (風雨強し)。ドライアイス購入(5kg)。
  - 17:00 ホテルの広間で全体会議(天候を検討した結果、明朝の調査中止)。
- 9月6日(火) 8:30 網走市役所港湾課管理係(担当管野)の指示でテントサイト決定。
  - 12:45 空港に出迎え(山下)。
  - 14:00 2便で東大チームⅡ(戸丸、奥田)女満別空港着。網走港に到着。ドライアイス購入(5kg)。
  - 15:00 埠頭で船上作業。
  - 17:30 ホテルの広間で全体会議(13名)。明朝は調査実施予定。

#### 9月7日(水) 6:00 ホテル発

- 6:40 大喜丸出港(山下、南、八久保、奥田、戸丸、弘松)。
- 8:44 電話連絡「大喜丸が調査域に到着。波高1mで調査可」。
- 9:30 ホームセンターに木材買い出し。
- 11:12 電話連絡「コア1本、採水3深度。ワイヤーが絡み帰港する」。 ドライアイス(5kg)等購入。テントラボ設置。コア台作成(百武)。
- 13:25 大喜丸帰港。発電機始動。コア処理作業(GC1101、BW1101-50、 BW1101-100、BW1101-150)。ワイヤー巻き戻し作業。
- 17:30 コア処理作業終了。
- 18:30 ホテルの広間で全体会議(13名)。明朝の調査中止。9日網走調査。
- 9月8日(木) 8:30 大喜丸のアーム捻れに気づき修理。
  - 調査準備(機材洗浄、部品購入、サンプル処理)。
  - 9:00 調査日程変更の連絡(宛て:網走海上保安署、稚内海上保安部、網走市港 湾課、北見工大)。
  - 11:30 大喜丸のアーム修理完了。
  - 12:04 大喜丸出港(山下、南、八久保、松本、奥田、戸丸、弘松)。
  - 12:55 北見工大への冷蔵サンプル輸送と、バン(レンタル)返却およびバン(北 見工大)ピックアップのため北見へ出発(百武、平田)。
  - 15:00 バン(北見工大)が網走港に到着(百武、平田)。ドライアイス購入(5kg)。 コア収納箱作成(百武)。
  - 16:13 電話連絡「現在2本目のコア処理中。20分後に帰途予定。」
  - 18:30 大喜丸帰港。コア処理作業(GC1102、GC1103)。
  - 19:15 テントラボで(全体)会議。
  - 21:00 コア処理作業終了。
- 9月9日(金) 7:30 ホテル発。
  - 7:49 集合写真撮影。
  - 8:00 大喜丸出港(山下、南、八久保、戸丸)。
  - 9:00 女満別空港へ(松本、奥田、弘松)バンで送る(平田)。
     コア収納箱作成(百武)。
     稚内漁協の松岡さんから、稚内沖調査に関する電話指示(庄子)。
  - 10:00 落合さんの不参加確定(松本)。ドライアイス購入(10kg)。
  - 11:30 電話連絡「GC1104 と GC1105 をトライ」。
  - 15:38 大喜丸帰港。コア処理作業(GC1105)。
  - 16:30 埠頭で打合せ会議(7名)。
  - 16:55 大喜丸が稚内へ回航開始。海上保安署係官の視察。
  - 17:35 コア処理作業終了。
  - 18:30 トラックに荷物積み込み終了。
- 9月10日(土)9:00 テントラボ跡のチェック。ドライアイス購入(5kg)。

- 11:30 電話連絡「大喜丸が、稚内港の北洋埠頭に到着」。
- 16:10 稚内港北洋埠頭北岸壁に到着し、大喜丸と合流。
- 17:00 埠頭で打合せ会議(7名)。

9月11日(日)7:30 ホテル発。

- 8:00 大喜丸出港(山下、南、八久保、戸丸)。ドライアイス購入(5kg)。
- 12:42 電話連絡「現在位置は調査域 B、2時間後に帰港予定」。
- 15:25 大喜丸帰港。
  - コア処理作業(GC1107)。
- 16:25 集合写真撮影。大喜丸室蘭へ回航開始。
- 18:00 コア処理作業終了。トラックへの荷物積み込み完了。
- 9月12日(月)9:00 バンは、稚内空港(戸丸)経由で北見へ、トラックは直接北見へ出発(北 見工大の手前で発電機返却)。
  - 16:00 北見工大に到着。荷物の積み降ろし。
    - バンとトラックの清掃および返却(百武、平田)。 テント返却(平田)。

#### 3. 調査域と調査方法

山下 聡、南 尚嗣、八久保晶弘、戸丸 仁、弘松峰男、奥田義久、松本 良

- 3.1 調査域の選定
- (1) 網走沖

北海道周辺海域では、地質調査所/産総研が過去10数年の間に実施したシングルチャンネル地 震探査プロファイルとサブボトムプロファイル (SBP)の記録がある。2001年に網走沖オホーツ ク海で行われた調査(GH01調査:3.5kHz サブボトム・プロファイラー調査)では、図3.1.1a, b に示す赤線で示したラインに沿って調査がおこなわれ、そのうち図中で赤丸および青丸で示した 海底で、海底面下が白く抜けた箇所が多数発見された。また、顕著なBSR が確認されているとと もに(図3.1.2)、この海域から採取した柱状試料では、ガスを含むことによる膨張や断裂などの 特徴が示された(図3.1.3)。したがって、これらの海底では堆積物間隙中にフリーガスが存在す ることが考えられ、表層に至るメタンの湧出の可能性がある。白く抜けた上方の海底面が隆起し ているように見える場所も多数あり、これまでの海底表層型メタンハイドレート研究と対比する と、海底直下に表層型メタンハイドレートの集積があることを示唆している。

これらの過去の調査結果に基づいて,調査領域として図 3.1.4 に示す網走沖海盆,斜里海底谷, 網走海底谷の3領域を当初選定した。





図 3.1.1b 産総研 GH01 航海での測線と特徴的な海底断面画像 2



図 3.1.2 GH01 航海で確認された網走沖の BSR





一方,今回調査に使用した船舶の許可航行区域および調査日数を考慮して,網走沖の調査域と して図 3.1.5 に示す網走海底谷を調査域として選定した。図中に#で示した箇所は,産総研 GH01 航海の海底断面図でのガスチムニーや海底の盛り上り等から判断した調査候補地点で,赤,青線 はその時の調査ラインである。各地点の緯度経度,概略水深を以下に示す。なお,緯度経度は世 界測地系(WGS84)に変換している。

#1	N44-16-9	E144-31-10	800m
#2	N44-16-9	E144-33-0	850m
#3	N44-16-9	E144-33-30	850m
#4	N44-16-9	E144-36-50	900m
#5	N44-20-50	E144-30-15	1050m
#6	N44-16-50	E144-33-15	900m
#7	N44-16-10	E144-33-40	850m
#8	N44-18-8	E144-26-50	1000m
#9	N44-18-8	E144-34-25	1000m
#10	N44-18-8	E144-52-30	950m
#11	N44-17-45	E144-38-30	1100m
#12	N44-15-15	E144-40-15	1000m

- #13 N44-17-20 E144-51-50 950m
- #14 N44-22-8 E144-49-10 1200m
- #15 N44-22-8 E144-54-10 1000m

ここで, #2, 3, 6, 7 周辺がコアリング等の候補地点として考えられる。図 3.1.6 に海底断面図 の一例(図 3.1.5 の測線 GH01\_139)を示す。なお, #8 の位置は魚群探知機の水深観測から正し くないようである。



図 3.1.5 TK11 調査領域における網走海底谷の調査候補地点



図 3.1.6 測線 GH01 139 の海底断面図

## (2) 稚内沖

稚内沖および礼文島沖海域においても産総研による調査(1998年, GH98 調査: 3.5kHz サブボ トム・プロファイラー調査)では,図 3.1.7 に示す赤線で示したラインに沿って調査がおこなわれ, そのうち図中で赤丸で示した海底で,海底面下が白く抜けた箇所が発見された。これらの海底で は,堆積物間隙中にフリーガスが存在することが考えられ,表層に至るメタンの湧出の可能性が ある。白く抜けた上方の海底面が隆起しているように見える調査結果もあり,網走沖と同様に海 底直下に表層型メタンハイドレートの集積があることを示唆している。

これらの過去の調査結果に基づいて,調査領域として図 3.1.8 に示す稚内沖,礼文島西方沖,利 尻島南沖の3 領域を当初選定した。



図 3.1.7 産総研 GH98 航海での測線と特徴的な海底断面画像



図 3.1.8 産総研 GH98 航海データに基づいた調査候補海域

一方, 稚内での調査は最大で2日間であることから, 今回の調査域として図3.1.9 に示す稚内沖のみを選定した。この領域では, ガスチムニーや海底の盛り上り等は確認されていないが, これまでに間嶋(月刊地球, Vol. 20, 146-154 (2000))そして荻原および重田(Res. Org. Geochem., 19, 21-30 (2004)) らによって, 周辺海域で採取された化学合成群集化石を含む炭酸塩クラストに関する報告がある。採取された炭酸塩の炭素同位体(δ13C)は-60‰程度と非常に低い値であり, 海底深部からのメタン湧水を起源とする炭酸水素イオン(硫酸還元時に生成)から生成したと考えられる。上記報告はこの海域でのガスチムニーの存在とメタン湧出を強く示唆している。

ここで,図 3.1.9,10 に示した調査区域 A (水深 120m) と B (水深 80m) は,過去に炭酸塩ク ラスト等が採取された地点(図 3.1.10 の×印)を中心として半径 2 海里の範囲を当初設定したが, 海底ケーブルを避けるために中心位置を移動している。



図 3.1.9 TK11 調査領域における稚内沖の調査候補地点



図 3.1.10 稚内沖の調査候補地点

- 3.2 調査船と船上調査機器
- (1) 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2mのグラビティーコアラー(離合社製,図3.2.1, 写真 3.2.1) である。コアラーには 15kg の鉛の錘が6個(総計 90kg)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 63.5mm、内径 57.5mmのステンレス外管と、外径 56mm、 内径 50mm、長さ 1.5mのアクリル製内管からなる。内管は長さ 50mm に輪切りにしたアクリルパ イプを 15 個透明テープで連結し使用した。なお、コアラー上部には、水温計と水圧計を取り付け (写真 3.2.1 の赤テープ部)、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。



図 3.2.1 グラビティーコアラー詳細図(離合社製)



写真 3.2.1 グラビティーコアラー

## (2) 温度計と圧力計

調査海域の水温プロファイルを知るため超小型メモリー付き耐圧温度計 MDS・MkV/T (アレッ クス電子株式会社)を用いた。観測海域の大凡の水深は大喜丸の音響測深器で測定するが,採泥 地点、採水深度を正確に知るため超小型メモリー付き圧力センサーMDS・MkV/D (アレックス電 子株式会社)を用いた。温度計は直径 18mm 全長 80mm 空中重量 49g 測定精度は 0.05℃、圧力 計(深度計)は直径 18mm 全長 93mm 空中重量 62g 測定精度は 1%である。これらをコアラー /バンドン採水器直上のワイヤに取り付け、深度と温度記録を採取した(写真 3.2.2)。



写真 3.2.2 水温計と水圧計

(3) バンドン採水器

一定水深の海水の採水にはバンドン採水器(写真 3.2.3)を用いた。バンドン採水器は、上下の ゴム蓋をセットして目的とする深さまで降ろし、ワイヤーに取付けたメッセンジャーを投下する と上下の蓋を固定したフックが外れ、蓋が閉まる仕組みになっている。



### 写真 3.2.3 バンドン採水器

(4) 調査船と艤装

調査で使用した船舶は、大喜丸(スターマリン(㈱(室蘭))で総トン数 19 トンの作業船兼引船 (写真 3.2.4) である。調査船の船尾にはコアラーの垂下、揚収のため H 鋼の高さ 2.5m 程度のア ームが取り付けられている(写真 3.2.5)。コアラーの垂下、揚収には写真 3.2.6 に示すウインチを 用いて行い、用いたワイヤーは長さ 2000m、太さ 8mm である。ワイヤーには 50m ごとにスプレ ーで目印がつけられている。アームの先端には容量 1ton の荷重計が取り付けられており、コアラ ーの着底、引き抜きを荷重計の変化から判断した。なお、ワイヤーの巻出し長を測定するために 回転式の測定器を用意したが、測定器が機能するように設置できなかったので使用していない。



写真 3.2.4 大喜丸



写真 3.2.5 船尾に取り付けられたアームと荷重計



写真 3.2.6 ウインチとワイヤー

(5) 魚群探知機

調査地点の水深計測とガスフレアの観測のために,調査船には魚群探知機(FURUNO FCV-1100L, 写真 3.2.7~9)が装備されている。公称の計測水深は 5~2000m である。



写真 3.2.7 魚群探知機(FURUNO FCV-1100L)



写真 3.2.8 魚探発信機(振動子)



写真 3.2.9 船底に取付けられた発信機

(6) GPS 観測機

調査船には GPS 観測機(KODEN GTD-111 (タイプ 16),写真 3.2.10)が装備されている。また,独自に GPS 計測器を持込み PC 画面上(写真 3.2.11)でも調査地点を確認した。なお、調査船に装備された GPS 観測機の測地系が日本測地系とのことで、世界測地系の WGS84 に経緯度を

変換し,調査地点の確認を行ったが,持ち込んだ GPS との経緯度にずれが生じたため,詳細な位置情報は持ち込んだノート PC による GPS 情報に基づいた。



写真 3.2.10 GPS プロッター (KODEN GTD-111 (タイプ 16))



写真 3.2.11 ノート PC による GPS 観測

4. 海洋観測およびコアと海水の採取

松本 良、弘松峰男、戸丸 仁、奥田義久、山下 聡、南 尚嗣、八久保晶弘

4.1 水温プロファイル

網走沖の5つの観測点は能取岬の北東約 35km であるが、そのうち、GC1102、 GC1103, GC1104 はほぼ 1km 以内の範囲に集中しているが、GC1101, GC1105 はこれらよりそれぞれ北東 に 2km、東に 2.5km ほど離れた沖合に位置する(次節 4.2 コアリング記録参照)。初めの 3 点 では表層水温は 16℃、水深 100m 付近まで単調に低下し 1-3℃となる。100m-150m の間では 2-3℃ の変動はあるが、150m-350m は少し暖かく 2.0-3.0℃、450m で最も低温で 2.0℃、350m 以深で 徐々に上昇し水深 900m では 2.5℃となる(図 4.1.1)。沖合のサイト GC1101 では表層水温が高 く 20℃。150-200m で 1.5℃と最も低温、350m 付近に 3℃をやや越える温度逆転層があり 450m 以深は前の 3 点と同じプロファイルである。東の沖合 GC1105 の表層水は前の 3 点と同じ 16 度 で 50m 付近までも同じプロファイルであるが、100m 付近に温度逆転層があり 6℃以上、200m 付近で最低温度 1.5℃となり 300m 付近に再び暖かい逆転層約 3℃、400m 以深では他のサイトと 同じプロファイルをしめす。 全体の傾向として、表層は 16℃、100m-200m が最低温度の 2℃、 300m-400m で逆転層 3℃を経て、450m で 2℃に戻り、深層の 2.5℃へ徐々に上昇。沖合では表 層水がやや暖かい傾向がある。

稚内沖では GC1107 で温度プロファイルが得られている。温度低下は緩く、100m でも 8℃である。

水深(水圧)の時間プロファイルは、コアラの挙動を正確に記録しており、作業の詳細を示している。これらの情報を、図 4.1.2~4.1.5 に示す。



図 4.1.1 水温プロファイル



図 4.1.2 水深プロファイル (GC1101 と BW1101)



図 4.1.3 水深プロファイル (GC1102 と GC1103)



図 4.1.4 水深プロファイル (GC1104 と GC1105)



図 4.1.5 水深プロファイル (GC1106 と GC1107)

4.2 コアリング記録

GPS の位置情報をもとに,調査地点を特定し,コアラーを垂下させた。風や潮流のためコアラーの実際の着底位置は図 4.2.1 に示すように目標地点から数百 m ずれている。垂下・揚収速度は, コアラー上部に取り付けた水圧計の記録から,図 4.2.2 に示すように 0.8m/sec 程度であった。

コアラーを海表面に水没させた状態での,アームに取付けた荷重計の読みは 100kg 程度である。 その後コアラーを垂下し,1000m 程度の水深では 300kg 程度となる。GPS の水深情報とワイヤー に付けた 50m ごとの目印により,海底面近くまでコアラーが到達したことを確認後,着底は荷重 計の変化によって確認した。着底時には荷重計の読みが 100kg 程度低下した。着底を判断したの ち,コアラーをゆっくりと引き揚げた。荷重計の読みは最大で 600kg 程度となり,引き抜け後 400kg 程度に低下する。引き抜けを判断したのち,垂下時と同様な速度でコアラーを揚収した。

船上にコアラーを回収後,内外管をコアラー上部から外し傾斜させたコア台に設置した(写真 4.2.1)。外管とコアビットを取り外し,内管のみをコア台に設置する(写真 4.2.2)。採取された堆 積土は内管の最下部から 50mm ごとに輪切りし回収した(写真 4.2.3)。採取した堆積物は強度・ ガス分析用と間隙水分析用に 50mm 毎に交互に採取した(写真 4.2.4)。

また,網走沖ではバンドン採水器による採水を 50m 置きに水深 150m 程度まで1回行った。また,海底表層水は,コアラー上部の海水を採取した。コアリングは,網走沖で 5本,稚内沖で 2本である。採取コアのコアログを表 4.2.1 に示す。

#### 作業記録

【9月7日】

コアラの投入にあたり、ワイヤの繰り出しを自由落下としたため、7分間で850m(毎分120m) という"危険な"速度で投入された。このため、着底時が確認されず、ワイヤが過剰に繰り出さ れ、ウインチの不具合の原因となった。コアラに装着した深度計は850mの海底に着底後、2分 後と5分後に数メートル浅くなったことをしめす。ワイヤが張ってコアラがわずかに引き抜かれ 再び着底した可能性を否定できない。バンドン採水器の深度はきれいに3層での採水をしめして いる。

【9月8日】

ワイヤの繰り出し速度は15分で850m(毎分56m)と前日の半分となった。この速度は通常のピストンコアラ投入速度である。海底でコアラが跳ねることもなくスムースに回収された。2回目の投入も同じくスムースであった。小型のボート上でのバンドン作業は危険であること、表層付近の海水は採取されたこと、深層水はコアラの内部の水を利用できることから、バンドンによる海水の採取は行なわなかった。

【9月9日】

ウインチの回転をコントロールした前日に従い、スムースに投入された。着底深度は GC1104 で 905m、GC1105 で 930m である。

【9月11日】

ウインチコントロールによりスムースにコアを採取できた。ただし風浪が強くうねりも大きくなったため投入時にコアラが船体にぶつかるなど危険な状況であった。



図 4.2.1 網走沖での調査地点と航跡

# TK11-GC1104, TK11-GC1105







写真 4.2.1 コア台に載せたコアラー内外管



写真 4.2.2 採取した海底堆積物 (コアラー内管)



写真 4.2.3 採取コアの分割の様子



写真 4.2.4 50mm ごとに輪切りにした採取コア

表 4.2.1 採取物のコアログ

TK11										-			
Date	Core	Coring	, Time	Core Lenth	Water Depth	Sampling point			note				
		start	hit	[cm]	[m]	latitude		latitude longitude		ngitude			
2011/9/7	GC1101	8:56	9:03	100	855	44 °	16.1141	' N	144 °	3	3.3480	'Ε	
2011/9/7	BW1101	9:35	10:08	_	57, 116, 163	44 °	17.5942	' N	144 °	3	5.0539	'Ε	
2011/9/8	GC1102	14:12	14:28	86	879	44 °	16.3589	' N	144 °	3	3.1239	'Ε	
2011/9/8	GC1103	15:23	15:38	77	845	44 °	15.8728	' N	144 °	3	3.3207	'Ε	
2011/9/9	GC1104	10:10	10:28	0	911	44 °	16.7859	' N	144 °	3	3.0536	'Ε	
2011/9/9	GC1105	11:45	12:04	67	931	44 °	16.0194	' N	144 °	3	6.9780	'Ε	
2011/9/11	GC1106	9:58	10:01	0	116	44 °	30.8880	' N	144 °	2	3.7670	'Ε	sediment in the core bit was sampled.
2011/9/11	GC1107	10:28	10:30	17	114	44 °	30.7879	' N	144 °	2	4.2276	'E	

4.3 フレア記録

魚群探知機によって,調査地点周辺でのガスフレアの観測を行ったが,網走沖では確認できな かった。一方,稚内沖では図 4.3.1 に示す地点において,写真 4.3.1 に示すガスフレアらしき画像 を観測した。しかし,同一地点を数回観測し確認を行ったが,フレアを観測することはできなか った。写真に示す画像はフレアかもしれないが、多分ノイズだろう。



図 4.3.1 ガスフレア (多分ノイズ)の観測地点



写真 4.3.1 ガスフレアらしき画像(多分ノイズ)

### 採取されたガス試料の概要

ガス分析用の試料については、間隙水溶存ガス(ヘッドスペースガス)、DIC、海水溶存ガスの 3 種類を採取した。測定結果は、網走沖の調査地点のいずれもメタンフラックスの極めて大きい 場所であることを支持し、SMI 深度は 1m より浅いことから、海底下数 m 深にはガスハイドレー トの存在した可能性が極めて高い。ガスサンプルリストを表 5.1 に示す。

ガス分析については、最初にガスクロマトグラフ(島津 GC-14B)を用いて各種ガス成分を定量 した後、安定同位体質量分析装置(Thermo Finnigan DELTA plus XP)を用いて炭素・水素安定同位 体比を求めた。間隙水溶存ガスではメタン・エタン・プロパン・CO<sub>2</sub>、DIC では・CO<sub>2</sub>を測定対象 とした。海水溶存ガスではメタンのみを測定対象とした。採取後 10 日以内に北見工大未利用エネ ルギー研究センターの実験室にて全サンプルのガス分析を終えた。

	_	Place	Headspace gas	DIC	Sea water gas	
Date	Core				for $C_1$ concentration for isotope	
			25mL vial	5mL vial	100mL vial	100mL vial
2011/9/7	GC1101	Abashiri	10	9		
2011/9/7	BW1101	Abashiri			3	3
2011/9/8	GC1102	Abashiri	8	9	1	1
2011/9/8	GC1103	Abashiri	8	7	1	1
2011/9/9	GC1104	Abashiri				
2011/9/9	GC1105	Abashiri	7	7	1	1
2011/9/11	GC1106	Wakkanai				
2011/9/11	GC1107	Wakkanai	2	3		
	4-4-1		25	25	<b>^</b>	C
	total		35	35	6	6

表 5.1 TK-11 航海にて採取されたガスサンプルリスト一覧

#### 5.1 海水溶存メタン濃度

バンドン採水器によって採取された海水、および重力コアラー上部の海水は 100mL バイアルに 採取され、気泡を入れずにブチルゴムセプタムで密栓し、塩化ベンザルコニウム 50wt%水溶液 3mL をシリンジで注入した。これらのバイアルを実験室に持ち帰り、ガスタイトマイクロシリンジを 用いてヘリウムを注入することで 1mL のヘッドスペースを作成した。+25℃に制御された恒温槽 にこれらのバイアルを約1日置いて溶存ガスの気液平衡を実現させた後、ヘッドスペース中のメ タン濃度をガスクロマトグラフで測定した。

測定結果を表 5.1.1 に示す。まず、バンドン採水器で採取された BW1101 のサンプルのメタン濃

度は比較的小さく、いずれも2[nmol L<sup>-1</sup>]であった。これらのサンプリング深度は海面から64m・ 116m・161m であり、海底面(深度約 900m)からはかなり離れている。サンプル数は少ないが、 メタンは海水表層までは大量に輸送されているとは言えない。一方、重力コアを用いて採取され た海底付近の海水サンプル(GW1102・GW1103)では明らかにメタン濃度が高かった。GW1105 は BW1101 の表層海水なみのメタン濃度とはいえ、やや高めである。これまでみてきたように、 GC1105 の SMI 深度は他のコアと比較してやや深く、メタンフラックスは相対的に小さかったと 考えられる。なお、メタン以外のガス成分については、CO<sub>2</sub> を除いていずれも検出限界以下であ った。

海水サンプルは2本ずつ採取されており、うち1本はメタンδ<sup>13</sup>C測定用として保存されている。 溶存メタン濃縮ラインが稼働次第、測定される予定である。

sample	Dissolved C <sub>1</sub>			
	[nmol L <sup>-1</sup> ]	[nL L <sup>-1</sup> ]		
BW1101-161	2	48		
BW1101-116	2	61		
BW1101-64	2	60		
GW1102-879	27	661		
GW1103-845	16	398		
GW1105-931	5	114		

表 5.1.1 海水溶存メタン濃度

#### 5.2 間隙水溶存ガス濃度と同位体組成

ヘッドスペースガス法を用いて間隙水溶存ガスを採取した。実サイズが 25mL のバイアル瓶に 予め 9.7mL の NaCl 飽和水溶液を入れ、先端をカットした 5mL シリンジを用いて堆積物 10mL を 採取し、バイアル瓶に入れた。その後、塩化ベンザルコニウム 50wt%水溶液 0.3mL を加えて封入 し、これをよく振盪した。本来は振盪前にヘッドスペースの空気部分をヘリウムで置換し、酸素 を排除することが望ましいが、ロジスティックス上の問題によりこのヘリウム置換は実施しなか った。ブチルゴムセプタムのシール部分からのコンタミを排除するため、バイアル瓶は倒置させ て測定直前まで保管した。

メタン、エタン、プロパン、CO<sub>2</sub> について濃度および安定同位体比(炭素・水素)が求められた。主要成分であるメタン濃度の深度プロファイルを図 5.2.1 に示す。海底表層近くではメタン濃度が小さいが、40-50cm 深付近から深くなるにつれてメタン濃度が急激に増加している様子がわかる。通常、海水から供給される硫酸イオンと深部から湧出するメタンは硫酸塩・メタン境界(SMI: sulfate – methane interface)を形成し、SMI 深度以深でメタン濃度が増加することが知られている。 すなわち、メタン濃度の増加し始める深度は SMI 深度にほぼ対応し、この深度が浅いほどメタンフラックスが大きいことを示唆する。メタンフラックスが大きい順に、GC1103 コア、GC1102 コ ア、GC1101 コア、GC1105 コアとなる。ただし、稚内沖で採取された GC1107 コアについては、 SMI 深度を議論するにはコアの長さが短すぎる。GC1101 コアの最深部では濃度がやや低下してい るが、TK11 航海にて一番最初に採取されたガスサンプルであり、サンプリング手順にやや手間取 りガスを逸失した可能性は否定できない。



図 5.2.1 間隙水溶存メタン濃度の深度プロファイル

次に、間隙水溶存メタンの  $\delta^{13}$ C の深度プロファイルを図 5.2.2 に示す。  $\delta^{13}$ C は-88‰VPDB~ -75‰VPDB であり、典型的な微生物起源メタンであることを示している。また、それぞれのコア について、図 5.2.1 でメタン濃度が増加する深度付近に  $\delta^{13}$ C の極小値がみられる。SMI 深度付近 では、嫌気的メタン酸化 (AOM: anaerobic oxidation of methane) によって  $\delta^{13}$ C の小さい CO<sub>2</sub> が作 られ、その CO<sub>2</sub>からメタンが再生産されるリサイクルが起こっていると考えられ、SMI 深度とメ タン  $\delta^{13}$ C 極小値の深度が一致することは、過去の多くの報告によって支持されている。

図 5.2.3 は間隙水溶存ガスのエタン・プロパンに対するメタンのモル比と、メタン δ<sup>13</sup>C で作成 したダイヤグラム (バーナードプロット) であり、ガス起源の推定に用いられる。データはいず れも微生物起源ガスを示すが、SMI 深度以深のガス濃度の高い層と比較して、SMI 深度以浅では エタン・プロパンが相対的に増加し、メタン δ<sup>13</sup>C が大きくなる傾向がある。このことは、SMI 深度以浅で卓越する AOM によってメタンが酸化され、わずかに残ったメタンの δ<sup>13</sup>C が大きくな ったと解釈できる。エタン・プロパンの動向は不明だが、メタンと同様に微生物活動によって酸 化されるにしても、メタンよりはその度合は小さく、縦軸の C<sub>1</sub>/(C<sub>2</sub>+C<sub>3</sub>)の値が減少したと推察さ れる。したがって、SMI 深度以浅の幾つかのデータは熱分解起源ガスとの混合領域にプロットさ れているが、実際には間隙水溶存ガスの AOM による酸化が原因と考えられる。おそらく深部に あると考えられるガスハイドレートのガスの素性は、SMI 深度以深のガスと同等であろう。



図 5.2.2 間隙水溶存メタンδ<sup>13</sup>Cの深度プロファイル



図 5.2.3 間隙水溶存ガスのバーナードプロット

#### 5.3 間隙水 DIC 濃度と同位体組成

DIC (dissolved inorganic carbon) は、メタンが CO<sub>2</sub>を還元して作られているとすれば、その濃度 や $\delta^{13}$ C がメタンのそれらと密接に関連していると考えられる。TK-11 航海では、実サイズが 8mL のバイアル瓶に予めアミド硫酸を封入して真空引きしたものを準備し、スクイーズされた間隙水 1mL をシリンジで導入することで、間隙水中の DIC を CO<sub>2</sub>にガス化させた。CO<sub>2</sub>発生量は DIC 濃 度に依存するが、いずれのバイアルも負圧であるため、実験室ではシリンジでヘリウムを加えて 大気圧にし、最初にガスクロマトグラフで CO<sub>2</sub>濃度を測定した。さらに安定同位体質量分析装置 によって CO<sub>2</sub>の $\delta^{13}$ C を測定した。

いずれのコアでも DIC 濃度は深度方向に向かって増加していた。DIC の $\delta^{13}$ C の深度プロファ イルを図 5.3.1 に示す。図 5.2.1、図 5.2.2 とよく対応し、GC1107 を除くいずれのコアでも SMI 深 度付近では  $\delta^{13}$ C が極小値を示している。すなわち、これらの深度では  $\delta^{13}$ C の小さいメタンが酸 化されることで溶存 CO<sub>2</sub>の  $\delta^{13}$ C も小さくなっていることがわかる。



図 5.3.1 DIC の δ 13C の深度プロファイル

6. 水分析

6.1 間隙水と海水の採取

堆積物間隙水の採取は,網走港および稚内港の岸壁に設置した作業スペースにて,油圧圧縮式 マンハイム型スクイーザー(東京大学所有)を用いておこなった。すなわち,冷蔵保存された堆 積物コアの厚さ5 cm 分(約 30 mL)をスクイーザーに分取し,得られた間隙水はポリエチレンボ トル(容量 50 mL ボトル)およびポリプロピレンボトル(容量 2 mL ボトル)に分取して冷蔵保存 した。堆積物回収から間隙水採取までの時間は,いずれのコアも概ね6時間以内である.間隙水 試料には,GC1101等の名称を付した.

海水試料の採取はバンドーンタイプ採水器を用い,海面下 50,100,150 mの深度にて採水した。 海水試料には,採水深度(m)を入れた BW1101-50 等の名称を付した.

海底直上の海水として、コアラーチューブ内の海水(堆積物コア上概ね 20-40 cm の海水)を、 シリコンチューブを用いてポリプロピレンボトル(容量 11 mL ボトル)に採取した. 海底直上水 試料には、採水深度(m)を入れた GW1101-879 等の名称を付した.

全ての水試料は、0.2 µm メンブレンフィルターで濾過後に冷蔵保存した.

### 採取した水試料の種類と数

上述の方法で採取した試料水の種類と数は、以下のとおりである.

	試料名	試料の種類	試料水の数
• TK-11	GC1101	間隙水	9
• TK-11	BW1101-50	海水	1
• TK-11	BW1101-100	海水	1
• TK-11	BW1101-150	海水	1
• TK-11	GC1102	間隙水	9
• TK-11	GW1102-879	海底直上水	1
• TK-11	GC1103	間隙水	7
• TK-11	GW1103-849	海底直上水	1
• TK-11	GC1105	間隙水	7
• TK-11	GW1105-931	海底直上水	1
• TK-11	GC1107	間隙水	3

間隙水中の化学種(硫酸イオン,塩化物イオン,ナトリウム,カリウム,カルシウム,マグネ シウム等)は、それぞれイオンクロマトグラフ(Waters 社製 1525 型 Binary HPLC Pump, 717 plus 型 Autosampler, 432 型 Conductivity Detector),フレーム原子吸光分析装置(日立製作所製 Z-8230 型),誘導結合プラズマ発光分析装置(エスアイアイ・ナノテクノロジー製,SPS3100HV UV 型)を用いて測定する予定である。

水試料の酸素および水素同位体比は安定同位体比測定用質量分析装置(Thermoelectron 社製 Finnigan DELTA plus XP型) および同社製ガスベンチシステム(Gas Bench II 型)を用いて測定 する予定である。同位体比測定値は, International Atomic Energy Agency (IAEA)発行の Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW)および Standard Light Antarctic Precipitation (SLAP)の 値に対する表記(δ<sup>18</sup>0およびδD)として記述する。

6.3 間隙水アルカリ度分析

戸丸 仁

アルカリ度は間隙水に含まれる酸を消費する成分の総量であり、H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、OH<sup>-</sup>のほか、 一部の有機酸や弱酸の塩が該当する。海洋堆積物の間隙水中ではその多くがHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>として存在して おり、それらは主に以下の反応で生成する(Martens & Klump, 1984)。

 $CH_4 + SO_4^{2-} \rightarrow HCO_3^{-} + HS^{-} + H_2O$ (1)

 $2CH_20+SO_4^{2-} \rightarrow 2HCO_3^{-}+H_2S+H_2O$  (2)

 $2CH_20+H_20\rightarrow CH_4+HCO_3^-+H^+$ (3)

ここで、(1)は嫌気的メタン酸化反応を、(2)は硫酸イオンによる有機物の分解を、(3)は嫌 気的メタン生成を示す。そのため海底付近の間隙水中のアルカリ度の変化は有機物の消費の度合 いを示す指標として用いることができる。

本研究ではブロモフェノールブルーによる比色法によって、採取された間隙水のアルカリ度を 測定した(Sarazin et al., 1999)。繰り返し測定による測定誤差は 0.32%以内である。

測定結果を図 6.3.1 に示す。稚内沖で採取された GC7 を除き、どのコアも 10 cmbsf 程度から深 度とともに急激に増加し、40 cmbsf で 100 mM を超える。これは海底付近に塊状のガスハイドレ ートが胚胎する日本海上越沖の特にメタンフラックスが高い海域での値(>10 mbsf で 100 mM) や 深部に厚いガスハイドレート層が発達する下北半島沖での値(~150 mbsf で 100 mM) に比べても 圧倒的に高い。またサイトによる差がほとんどなく、調査海域全体で極めて有機物量、メタンフ ラックスが高いことが強く示唆される。また、GC1 と GC3 では、コアの途中でアルカリ度の変化 率が変化(低下)していることが確認される(GC1 では~60 cmbsf、GC3 では~40 cmbsf)。これは 炭酸水素イオンを生成する反応の違いによるものである。1 mo1 の硫酸イオンが消費される際に (1)の反応では 1 mo1 の、(2)の反応では 2 mo1 の炭酸水素イオンが生成されるため、変化点よ

南 尚嗣

りも浅部では主に(2)による反応が、深部では(1)による反応が卓越していることが明らかに なった。



図 6.3.1 間隙水中のアルカリ度の深度分布。

- Martens, C. S. and Klump, J. V. (1984) Biogeochemical cycling in an organic-rich coastal marine basin-4. An organic carbon budget for sediments dominated by sulfate reduction and methanogenesis. Geochim. Cosmochim. Acta, 48, 1987-2004.
- Sarazin, G., Michard, G. and Prevot, F. (1999) A rapid and accurate spectroscopic method for alkalinity measurements in sea water samples. Water Research. 33, 290-294.

7. 堆積物分析

#### 7.1 物性試験

山下 聡

# 船上試験

50mm ごとに輪切りにされた採取したコアに対して,端面上部に先端角 30°,直径 9mm,長さ 18mm の円錐コーンを貫入し,コーン貫入抵抗  $q_{\rm c}$  (kN/m<sup>2</sup>)を測定した(写真 7.1.1)。

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

ここで、pは抵抗値 (kN)、Aはコーン断面積 (m<sup>2</sup>) である。

コーン貫入試験後,ガス分析のための試料を採取し,残った試料をジップロックで保管し,陸 上で含水比測定用にバイアル瓶に分収した。



写真 7.1.1 船上で行ったコーン貫入試験

#### 試験結果

図 7.1.1 は、含水比とコーン貫入抵抗の海底面表層から深度方向の変化を示したものである。深 度方向には、深度とともに含水比は低く、強度が高くなるという一般的な傾向を示している。網 走沖試料は採取地点が狭い範囲なのでばらつきも少ない。また、図 7.1.2 には含水比とコーン貫入 抵抗の関係を 2009 年に行ったオホーツク海サハリン島沖調査の結果と比較して示している。

含水比に関しては、網走沖はサハリン沖(SSGH09)と比較して含水比が高めの範囲に位置しているが、稚内沖はやや低い。稚内の水深が浅いので過去の海水準の変動時に陸地であったため過

圧密状態で含水比が低くなったのかもしれない。ただし、含水比に比較して GC1107 の強度はそれほど高くない。GC1106 ではコアビット内の試料を触った感じでは強度が高い印象があったが、 採取数が少なく今後のデータの蓄積が必要である。

含水比とコーン貫入抵抗の関係においては,SSGH09 の結果では堆積物の間隙水にガスが多く 溶存している場合,コア引き上げ時の圧力解放による溶存ガスの気化によって,試料の乱れや間 隙圧の上昇に伴う有効応力の低下のため,強度が低くなる傾向にある。網走沖の試料でも同じ含 水比の SSGH09 試料に比較して強度が低い傾向があり,強度の面からも採取地点のガス濃度が高 かったことが伺える。



図 7.1.1 海底下深度方向の含水比とコーン貫入抵抗の変化



図 7.1.2 コーン貫入抵抗と含水比の関係 (SSGH09 との比較)

(1) XRD 鉱物組成分析

エックス線粉末回折法により堆積物の全岩鉱物組成の半定量分析を行う予定。堆積物サンプル としては、スクイーズケーキを使用する。AOM 反応の副産物として生成するカルサイト、ドロ マイト、アラゴナイトなど、メタン湧出点で特徴的にみられる炭酸塩鉱物、パイライト、バライ トなどの有無を確認する。

(2) 全硫黄·全炭素分析

脱炭酸塩サンプルを用いて、堆積物中の全硫黄、全炭素量を定量する。堆積物中の硫黄の大部 分はパイライトとして存在している可能性があり、海底付近の酸化還元状態の指標となる。硫黄 含有量の多いサンプルについては硫黄の安定同位体組成を測定する。同位体組成の変化から、パ イライトが海底で沈殿したものか、堆積物中で続成的に沈殿したものか判別可能。

全炭素は、海底表層~海洋中での生物生産の指標となり、炭化水素生成ポテンシャルの評価に 資する。炭素同位体組成は、有機物が陸減起源であるが海洋起源であるかの違いを示すものであ り、やなり海洋における生物生産指標となる。

(3) 微化石分析

メタンとガスハイドレートの生成モデルを構築するには、堆積物の年代を決める必要がある。 今回調査で得られた1m程度のセクションには広域火山灰は見られないためテフラ層序は使えな い。生層序として浮遊性有孔虫は分解能が粗いため今回のセクションで使うことは難しい。しか し、浮遊性有孔虫の殻の炭酸塩の炭素14年代測定が唯一可能な年代軸を与えるだろう。珪藻につ いては使えるかもしれないが、現在、オホーツク海における標準層序が確立しているかいなか検 討中。

41

# 8. 附録

8.1 参加者リスト

	氏名	所属	役割
1	松本 良	東京大学	東大チームリーダー 船上作業
2	弘松 峰男	東京大学	船上作業
3	戸丸 仁	東京大学	船上作業
4	奥田 義久	東京大学	船上作業
5	山下 聡	北見工業大学	調査隊リーダー 船上作業
6	南 尚嗣	北見工業大学	船上作業
7	八久保晶弘	北見工業大学	船上作業
8	庄子 仁	北見工業大学	陸上支援
9	百武 欣二	北見工業大学	陸上支援
10	平田 広昭	北見工業大学	陸上支援
11	高橋 信夫	北見工業大学	調査計画代表者

8.2 大喜丸情報

	主	要	項	目	(大喜丸)
船	種	汽	船		
航行区	域	沿	海		
船	級	J	G		
用	途	引	船		
船体寸	法	長	ž 1	ι4.	30メートル
		型	G	4.	68メートル・
		型	罙	1.	83メートル
総トン	数	19	トン		
主 機	関	800	ps/2基	2,	000rpm (====================================
速	カ	12 H	ΚT		
曳 航 装	置	16 ]	「(曳航ス	アック	)
定	員	13	r		
操舵	機	自動油區	E操舵装置	<b>昰</b> (小	松鉄工)
交流発電	機	10 H	ΚW		
直流発電	機	3 KV	V		
燃料タン	<i>D</i>	10 F	K Q		
自動給	油	あ	り		
レーダ	_	48 🤜	マイル(フ	ルノ	)
ウイン	チ	5 t 巻き	き(油圧)		
ロープリ	- <i>I</i>	2501	4巻き(油	由圧)	
曳航ロー	プ	60Ø	× 20	0 M	
揚錨吊り	能力	5 1	t		
G P	S	KODI	EN GI	D-	111 ·
		(タイフ	r <sup>°</sup> 16)		
魚	探	FURU	JNO		

(株) スターマリン 室蘭市祝津町1丁目 127番 12号

501

•

•



# 網走沖調査



稚内沖調査