

平成 27 年度 練習船深江丸春季研究航海

(平成 28(2016)年3月 11 日(金)～3月 19 日(土))

# 研究活動報告

平成 28 年4月

神戸大学大学院海事科学研究科

海技教育センター・練習船深江丸

## 目 次

1. はじめに	1
航海実施概要	2
航跡図	7
2. 研究活動報告	
研究テーマ一覧	12
2. 1 海底電磁気学研究チーム	13
2. 2 電子航法研究室	18
2. 3 深江丸船長研究室	29
2. 4 横浜国立大学・古野電気株式会社波浪計測チーム	32
2. 5 M <sup>3</sup> 開発プロジェクトチーム	36
2. 6 海洋気象研究室	38
2. 7 深江丸機関長研究室	41
3. おわりに	

## 1. はじめに

神戸大学大学院海事科学研究科附属練習船深江丸では、夏季および春季の2回、研究航海を実施しています。

平成27年度春季研究航海は、平成28年3月11日から3月19日にかけて実施しました。本報告書は、この9泊10日の春季研究航海における研究活動について、その概要を記録し、周知するために発行するものです。

本航海は、3月11日午前、神戸大学(阪神港神戸区(ポンド))を出港し、大阪湾～紀伊水道～潮岬南方～熊野灘南方～遠州灘南方～御蔵島・三宅島間～房総半島沖～鹿島灘～仙台湾を航行し、3月14日午前、仙台塩竈港塩竈区貞山ふ頭1号岸壁に着岸しました。その後、3月16日午後、仙台塩竈港塩竈区貞山ふ頭1号岸壁を離岸し、仙台湾～鹿島灘～房総半島沖～伊豆大島南方～遠州灘～熊野灘～潮岬南方～紀伊水道～友ヶ島水道～大阪湾を航行し、3月19日午後、神戸大学(阪神港神戸区(ポンド))に帰港しました。

今回は、7つの研究チームが乗船し、その期間、研究・調査活動を行いました。

## 平成 27 年度深江丸春季研究航海 実施概要

実施期間:平成 28(2016)年3月 11 日(金)～3月 19 日(土)

【往 路】阪神港神戸区 ～ 仙台塩竈(しおがま)港塩竈区

【復 路】仙台塩竈港塩釜区 ～ 阪神港神戸区

◎ 仙台塩竈港塩竈区貞山ふ頭1号岸壁停泊:3/14(月)08 時 50 分 ～ 3/16(水)16 時 50 分

乗船者 ①神 戸 → 仙台塩竈港:39 人(乗組員 13<含研究兼務>、研究者等 26 人)

②仙台塩竈港 → 神 戸:34 人(乗組員 12<含研究兼務>、研究者等 22 人)



深江丸春季研究航海(神戸-仙台塩釜港)乗船者

### 〔研究テーマ〕(受付順)

#### 1. 海底電磁気学研究チーム

房総沖におけるスロー地震の発生機構解明のための海底電位磁力計3基の洋上回収

#### 2. 電子航法研究室

- ・DPシステムの実用化
- ・海洋探査運用技術の実証

#### 3. 深江丸船長研究室

- ・低摩擦型船底防汚塗料の性能評価(機関出力-速力計測)
- ・航行海域周辺及び仙台塩竈港塩竈区におけるフジツボ類の種と個体数等の実態調査
- ・表層海水の採取と分析

#### 4. 横浜国立大学・古野電気株式会社波浪計測チーム

波浪レーダと小型ブイを用いた波浪計測及び船体運動計測

#### 5. M<sup>3</sup>開発プロジェクトチーム

洋上放射線量率及び海水中放射能の測定

#### 6. 海洋気象研究室

航行予定海域における大気・海洋環境計測

#### 7. 深江丸機関長研究室

- ・深江丸の機関性能・機関運転管理の評価に関するデータ収集

## 〔運航記録〕

### 《往路》

- ◎ 東日本大震災における犠牲者追悼のため終日半旗とする。
- ① 阪神港神戸区(ポンド)～仙台塩竈港塩竈区(貞山ふ頭1号岸壁)  
〈神戸～大阪湾～紀伊水道～潮岬南方～熊野灘南方～遠州灘南方～御蔵島・三宅島間  
～房総半島沖～鹿島灘～仙台湾～仙台塩竈港塩竈区〉

【3月11日(金)】晴れ、北寄りの風、風力3～6、Sea Smooth～Mod.(波高:1～2.5m)

0930 集合・点呼、乗船式、スタッフ・参加者紹介、オリエンテーション

1040 出港部署

1050 海事科学研究科ポンド出港

主機関:R/up Full・前進翼角 17.5 度

・ポンド出港後、チーム毎に実験・観測

を開始 1) 大気海洋観測

2) フジツボ付着期幼生の種及び個体数分布調査

3) 表層海水中の溶存態銅の分布に関する研究

4) 波浪観測レーダによる観測データの評価活動 他

13:00～13:40 操練(退船訓練、サバイバル説明、消火実習)実施

13:45 友ヶ島水道<大阪湾湾口>・由良(ゆら)瀬戸通過

14:46 船内で1分間の黙祷(東日本大震災追悼)

15:50～16:20 波浪観測実験ブイ投入・停船観測・回収(風浪1～1.5m、うねり0.5～1.5m) 以後、房総半島沖の海底電位磁力計回収地点まで主機関:S/B full(前進翼角 17.0 度)

23:00 和歌山県潮岬(しおのみさき)南南東方 21 海里(約 39km)の黒潮本流域にて海水採取後、御蔵(みくら)島・三宅(みやけ)島間に向首

【3月12日(土)】晴れのち曇り、北寄りの風、風力6～7、Sea Mod.～Rough

船体動揺のため、朝・昼・夕食はビュッフエスタイル

04:00 熊野灘のはるか南方を東航

06:30 起床・点呼(荒天のため学生ホール)

10:00 遠州(えんしゅう)灘のはるか南方を東航

15:00～15:50 伊豆半島南方 60 海里(約 110km)にて波浪観測実験用ブイ投入・観測・回収(風浪 0.5～1m、うねり1～2m)

21:15 御蔵島・三宅島間にて北北東に航進

【3月13日(日)】曇りときどき小雨、北～東北東寄りの風、風力6～8、Sea Mod.～Rough

船体動揺のため、朝・昼・夕食はビュッフエスタイル

【海底電位磁力計の回収・波浪観測】

06:00 34-57.1615N、140-16.8683E(房総半島・勝浦灯台から<190度>・11 海里(約 20km)の第一回収地点に到着

06:06 水深 1,889mの海底固定装置に離脱信号送信(離脱装置の作動に 15 分～20 分を要す) DP(Dynamic Positioning) System 実験

06:30 起床・点呼・体操

07:15 海底電位磁力計①浮上確認

07:27 第一回収地点にて海底電位磁力計①回収

(北北東の風、風力6～8<平均 15m/秒>、波高約1m、うねり2～3m)

07:35 第二回収地点に向けて移動開始

09:50 34-45.8708N、140-45.9578E(房総半島・勝浦灯台から<135度>・31海里(約57km)の第二回収地点に到着、DP System 実験  
10:00 水深2,109mの海底固定装置に離脱信号送信(離脱装置の作動に約15分~20分を要す)  
10:15~10:50 波浪観測実験用ブイ投入・観測・回収  
11:00 海底電位磁力計②浮上確認  
11:35 第二回収地点にて海底電位磁力計②回収  
(東北東の風、風力7~8<平均16m/秒>、波高約1m、うねり2~3m)  
11:40 第三回収地点に向けて移動開始  
13:00 35-00.9393N、140-46.7787E(房総半島・勝浦灯台から<110度>・24海里(約44km)の第三回収地点に到着、DP System 実験  
13:07 水深1,178mの海底固定装置に離脱信号送信(離脱装置の作動に約15分~20分を要す)  
13:51 海底電位磁力計③浮上確認  
13:55 第三回収地点にて海底電位磁力計③回収  
(東北東の風、風力5~7<平均15m/秒>、波高約1~1.5m、うねり2~3m)  
14:10~14:35 波浪観測実験用ブイ投入・観測・回収  
(3/14 午前8時:仙台塩竈港外着、9時頃貞山ふ頭1号岸壁着予定とする)  
主機関:R/up full(前進翼角17.0度)  
14:40 福島第一原子力発電所の東方至近海域に向けて航進  
18:15 犬吠(いぬぼう)埼東南東方7海里(約13km)通過

**【3月14日(月)】**曇りときどき小雨、午後:曇り、北寄りの風、風力2 Sea Smooth(穏やか)

01:00 塩屋埼南東方5海里(約9km)通過  
03:25 福島第一原子力発電所東方2海里(約3.6km)通過  
06:30 起床・点呼・体操、朝食は通常どおりの配膳に復帰  
08:00 仙台塩竈港塩竈区港外着・代理店及び航路管制信号所に入港1時間前通報 航路管制信号所に航路入航30分前通報  
08:15 入港部署  
08:32 代々崎水道通過  
08:50 仙台塩竈港塩竈区貞山ふ頭1号岸壁着  
(入り船左舷付け、入港中及び離岸出港時の強風に備えて右舷錨投下・4節<100m>繰り出し)  
09:10 大掃除  
09:50 下船者(7名)紹介、上陸諸注意、上陸開始(入港中の昼食と夕食は船で準備しない)  
以後、3/16(水)16時まで自由散歩上陸

① 神戸ー仙台塩釜港塩竈区の航海時間:70時間00分、航程:599海里

**【3月15日(火)】**快晴、港内では北西寄りの強風、風力6~8、荒天も夕刻にはおさまる

06:30 起床・点呼・体操(岸壁)  
朝食後から終日自由上陸  
08:15~09:10 採水14トン(20トン未満は定額料金)

**【3月16日(水)】**曇り、南西寄りの風、風力2~3、港内静穏

出港後、南西寄りの風、風力4~5、Sea Mod. 船体動揺あり  
06:30 起床・点呼・体操(岸壁) 新乗船者紹介、岸壁清掃、朝食後から自由散歩上陸  
16:00 帰船者点検

16:00 航路管制信号所に出港1時間前通報

16:40 航路管制信号所に出港 15 分前通報

### 《復路》

② 仙台塩竈港塩竈区 ～ 阪神港神戸区

〈仙台塩竈港塩竈区～仙台湾～鹿島灘～房総半島沖～伊豆大島南方～遠州灘～熊野灘  
～潮岬南方～紀伊水道～友ヶ島水道～大阪湾～阪神港神戸区(ポンド専用岸壁)〉

16:45 出港部署

16:50 仙台塩竈港塩竈・貞山ふ頭1号岸壁離岸・出港(右舷錨及び錨鎖4節揚収)

**【仙台塩竈港停泊時間:56 時間 00 分(2日8時間0分)】**

17:15 代ヶ崎水道通過、主機関:S/B FULL、18 時～翌朝6時の間、主機関:MO運転 以後、  
宮城・福島県の東方を陸岸に沿って南下

**【3月17日(木)】**晴れのち快晴、南西寄りの風、風力1～3、風浪 0.3 程度、Sea Smooth～Calm  
午前中は南方から低いうねりあり、午後は海面静穏、船体動揺ほとんどなし

06:00 主機関 R/up(増速)

06:30 起床・点呼・体操、朝食はビュッフェスタイル

09:30～10:35 犬吠埼北東 11 海里(約 20km)で DP System 実験、波浪観測ブイ投下・計測・  
回収 終了後、主機関 R/up で通常航行

11:35 犬吠埼東方6海里(約 11km)通過

14:55～15:30 房総半島南西海域で DP System 実験、波浪観測ブイ投下・計測・回収 終了  
後、主機関 R/up で通常航行

16:20 主機関:S/B FULL、18 時～翌朝6時の間、主機関:MO運転

16:45 房総半島勝浦(かつうら)灯台南東方4海里(約7km)通過

20:00 房総半島野島(のじま)埼の南南東方5海里(約9km)通過

23:00 伊豆大島南端の龍王(りゅうおう)埼南方 2.5 海里(約 4.5km)通過

**【3月18日(金)】**快晴のち晴れ、午後曇り・雨、早朝、静岡県御前埼越しに富士山を遠望 遠州  
灘・熊野灘:北西のち南西寄りの風、風力2～5、Sea Smooth～Mod. 夕  
刻、南西方向からのうねり約 1.5m

01:50 伊豆半島の南、神子元(みこもと)島の南方4海里(約 7.5km)通過

05:30 静岡県・御前(おまえ)埼の南方 6.5 海里(約 12km)通過

06:00 主機関 R/up(増速)

08:10 主機関 S/B(減速) 08:15～10:50 ルートトラッキング実験

11:15～11:50 DP System 実験、波浪観測ブイ投下・計測・回収

13:40 大王(だいおう)埼南東方 15 海里(約 28km)通過

15:00～15:35 DP System 実験、波浪観測ブイ投下・計測・回収、主機関 R/up(増速)

16:30 主機関 S/B、18 時～翌朝6時・主機関 MO 運転

22:00 檜野(かしの)埼南方7海里(約 13km)通過

23:00 潮岬南方5海里(約 9.3km)通過

**【3月19日(土)】**小雨、北東～北西寄りの風、風力1～3、Sea Smooth、午後は曇り

01:40 市江(いちえ)埼南西方 3.5 海里(約 6.5km)通過

04:00 紀伊日ノ御埼(きいひのみさき)西方1海里(約 1.8km)通過

06:20 友ヶ島水道・由良(ゆら)瀬戸<大阪湾湾口>通過

06:32～09:35 機関出力ー速力計測(Speed-Power 曲線データ取得)実験

09:40 主機関 R/up(増速)

- 10:00～10:35 大掃除  
10:15～11:20 阪神港・尼崎西宮芦屋防波堤内で DP System 実験  
11:00～11:40 昼食  
11:15～11:45 電気推進作動テスト(試運転最大8ノット)  
11:50 入港部署  
12:10 海事科学研究科ポンド着  
12:40 解散式
- ② 仙台塩釜港－阪神港神戸区の航海時間：67 時間 20 分、航程：610 海里

《平成 27 年度春季研究航海 航海集計》

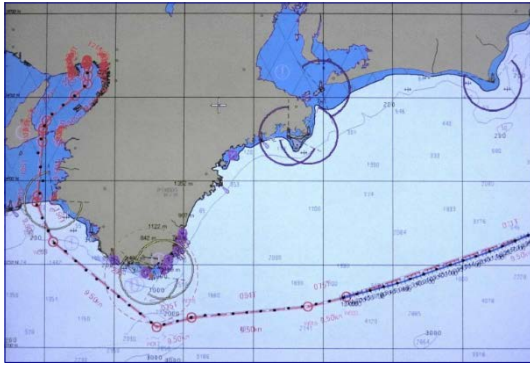
1. 航海時間：137 時間 20 分（5 日 17 時間 20 分）
  2. 停泊時間：56 時間 00 分（2 日 08 時間 00 分）
  3. 錨泊時間：0 時間 0 分（0 日 0 時間 0 分）
- 
- 合計：193 時間 20 分（8 日 01 時間 20 分）

4. 総行程：1,209 海里（2,239km）
5. 燃料油（A 重油）使用量：17.7KL
6. 清水使用料：27 トン、採水：14 トン

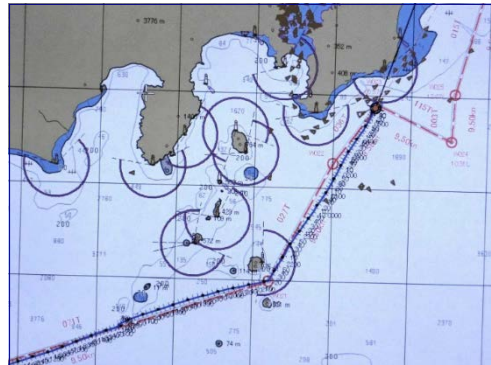


平成 27 年度 春季研究航海（航跡図等）

① 阪神港神戸区 - 仙台塩竈港塩釜区（貞山ふ頭 1 号岸壁）



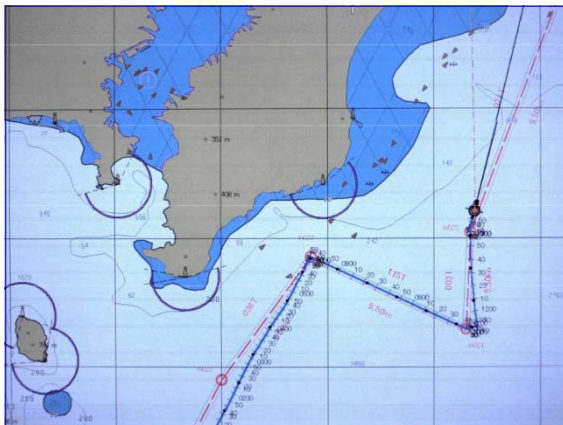
神戸 - 潮岬 - 熊野灘  
- 遠州灘 - 御前埼南方



伊豆諸島 - 房総半島南岸南方

海底電位磁力計の設置場所

- ① 34-57.16N, 140-16.87E 水深 1,889m
- ② 34-45.87N, 140-45.96E 水深 2,109m
- ③ 35-00.94N, 140-46.78E 水深 1,178m



海底電位磁力計(3か所)の回収航跡



海底から浮上した海底電位磁力計



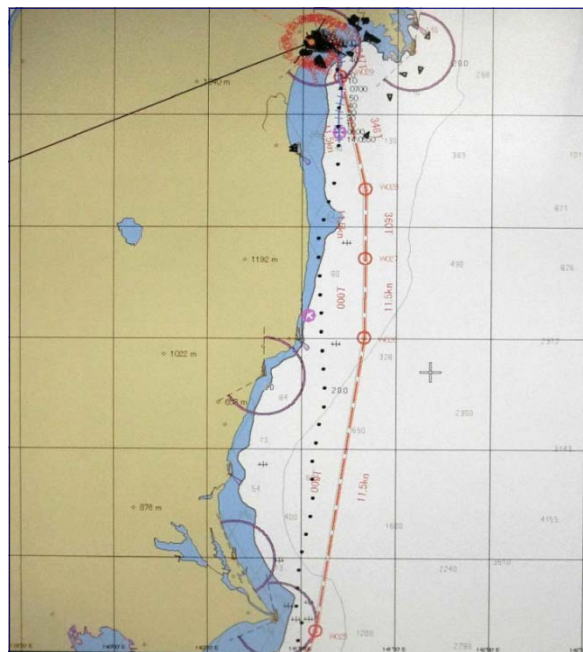
海底電位磁力計の洋上回収



回収した三基の海底電位磁力計



仙台塩釜港塩釜区（貞山ふ頭）



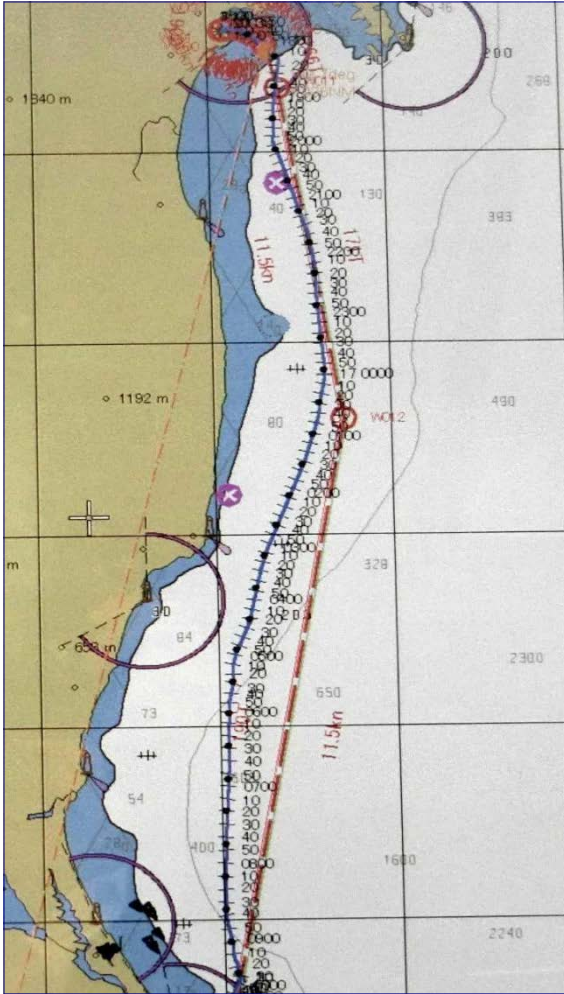
房総半島犬吠埼 - 仙台湾 - 仙台塩釜港塩釜区

赤の破線：予定航路

黒の点：実際の航行軌跡



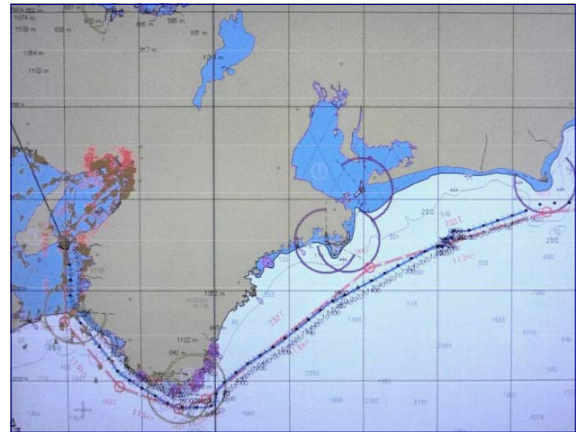
② 仙台塩竈港塩釜区 - 阪神港神戸区



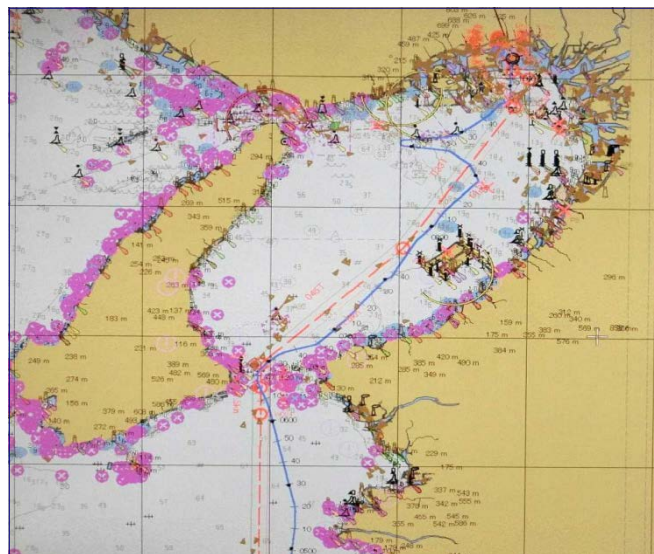
仙台塩釜港塩釜区 - 犬吠埼道



犬吠埼 - 御前埼



御前埼 - 紀伊水



友ヶ島水道・由良瀬戸 - 大阪湾

研究活動の様子



フジツボ類幼生の採取



海水の採取



採取した海水の分析



波高計測機器



波高計測ブイの投入



大気海洋観測





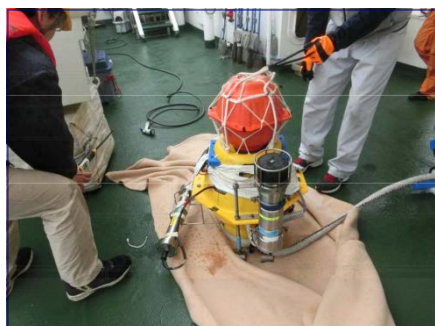
海底電位磁力計の回収



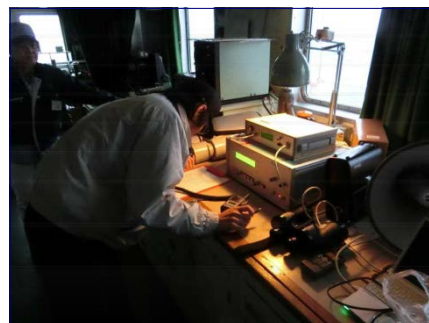
2,100mの海底から浮上した機器



海底電位磁力計の回収



海底電位磁力計



海底電位磁力計の距離探査



海底電位磁力計の方位探査



主機関出力一速力計測

## 2. 研究活動報告

### 平成 27 年度 春季研究航海 テーマ一覧

	研究室・チーム名	代表者	人数	テーマ	備考
1	海底電磁気学研究チーム	市原 寛	2	房総沖におけるスロー地震の発生機構解明のための海底電磁気観測	海事科学研究科
2	電子航法研究室	若林伸和	3	D P システムの実用化 探査運用技術の実証	海事科学研究科
3	深江丸船長研究室	矢野吉治	9	①低摩擦型船底防汚塗料の性能評価 ②仙台塩釜港及びその周辺海域に棲息するフジツボ類の種と個体数等の実態調査 ③表層海水の採取および分析	海事科学研究科
4	波浪計測チーム	平川嘉昭	7	波浪レーダ・小型ブイを用いた波浪計測、及び船体運動計測	他大学＋企業
5	M <sup>3</sup> 開発プロジェクト	小田啓二	3	洋上放射線量率及び海水中放射能の測定	海事科学研究科
6	海洋・気象研究室	山地 一代	5	航行予定海域における海洋・大気環境の計測	海事科学研究科
7	深江丸機関長研究室	河合和弥	3	深江丸の機関性能・機関運転管理の評価に関するデータ収集	海事科学研究科

研究者等計 28 名 ※ 乗組員兼務の者を除く

乗組員 13 名 (延べ人数)

総員 41 名 (往航のみ, 復航のみ 乗船者を含むのべ人数)

研究室（チーム）の名称：		海底電磁気学研究チーム			
申し込み責任者：	氏名	市原 寛	連絡先メール：		
	機関名	神戸大学	所属・職		大学院海事科学研究科・特命講師
乗船者：	2	名	市原 寛	神戸大学	大学院海事科学研究科附属 練習船深江丸
			後藤 忠 徳	京都大学	工学研究科都市社会工学専攻
					特命講師 准教授
テーマ					
房総沖におけるスロー地震の発生機構解明のための海底電磁気観測					
研究内容					
<p>概要：</p> <p>2011年東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）の発生以降、通常の地震よりも極端に遅い断層滑り速度で発生する地震である「スロー地震」が巨大地震発生解明の鍵を握る現象として注目されている。本航海では、このスロースリップが発生する場がもつ特徴を持つかを明らかにするため、房総半島沖にて設置している海底電位磁力計（OBEM）3台の回収を実施する。</p> <p>準備：</p> <p>回収作業に必要な音響通信装置、無線受信機および回収したOBEMの容器類はチーム側で用意する。発見を容易にするため、回収するOBEMにはフラッシャーおよびビーコンが装備されている。なお、OBEMの深江丸への揚収方法については深江丸と事前に打ち合わせを行う必要がある。</p> <p>計画：</p> <p>観測地点に移動した後、海底に設置しているOBEMに対して音響通信を行い、錘の切り離しを行う。浮上したOBEMを船上から発見し、甲板上への回収作業を行う（機器の形状、大きさ、重量等は別紙参照）。なお、時間に余裕がある場合は錘切り離しの前にOBEM周囲の3点からOBEMとの音響通信を行い、通信に要する時間から深江丸-OBEM間の距離を求める事によってOBEMの設置位置の推定を行う（3点測距）。</p>					
研究実施につき深江丸に要望する事項					
<p>1) 深江丸が行う必要のある作業は観測地点(3地点、別紙参照)への移動、OBEMの回収作業である。2) 舷から音響通信装置の投入（手作業にてチーム側が実施）するため、操船時は留意する必要がある。3) OBEM洗浄のため清水を使用できる事が望ましい。4) 作業に必要な時間は1地点で120分程度、他の2地点では90分程度である。3点測距に必要な時間は60分程度である。</p>					

チーム（研究室）： 海底電磁気学研究チーム  
報告者： 市原 寛（神戸大学大学院海事科学研究科）

研究テーマ（タイトル）： 房総沖におけるスロー地震の発生機構解明のための海底電磁気観測

チームメンバー： 市原 寛（神戸大学大学院海事科学研究科）  
後藤忠徳（京都大学大学院工学研究科）

#### 研究活動概要：

##### 1. 研究目的

スロースリップ（またはゆっくり滑り、スロー地震）とは通常の地震よりもはるかに遅い速度で発生する断層運動であり、その継続時間は数日から数年におよぶ。スロースリップはその周辺領域における巨大地震と時間・空間的に相関する事が知られており（例えば *Uchida et al., 2016; Wallace and Beavan, 2010*）、その解明は地震・津波防災において極めて重要であると考えられている。このスロースリップ現象解明の鍵を握るのは、岩盤中に存在する間隙水であると考えられている。この間隙水が高圧で存在する場合、断層の（見かけ上の）強度が低下し、スロースリップが発生しやすくなることが、理論および実験学的研究から指摘されており、また実際の地震波による観測からもスロースリップ域では間隙水圧が高いことが議論されている。本研究は間隙水の分布の解明に有効な物質である電気比抵抗分布を解明するため、スロースリップが観測されている房総沖（Figure 1）において海底電磁気観測を行う事を目的とする。本研究航海はその研究の一環として、2015年7月にJAMSTECの研究船「新青丸」（航海名：KS-15-6）によって設置した観測機器（海底電磁力計3台）の回収を実施した。

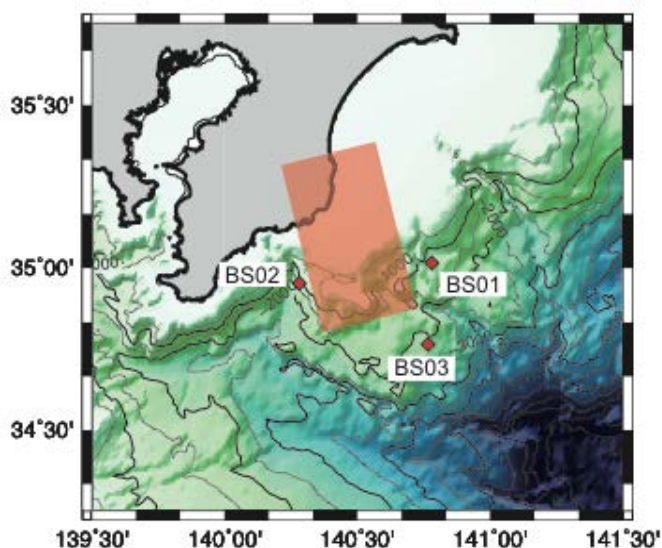


Figure 1. Location of OBEM sites (red diamonds). The pink rectangle denotes a fault slip area of slow slip event in 2011 [*Hirose et al., 2012*]



## 2. 観測機器（海底電磁力計）の概要

海底電磁力計（Ocean Bottom Electro-Magnetometer、以下 OBEM）とは、海底に設置して電場変動および磁場変動を計測する装置である。多くの場合、OBEM は Magnetotelluric 法と呼ばれる手法によって海底下数 km～数 100km の深さ範囲の電気比抵抗（ $=1/\text{電気伝導度}$ ）分布を求める目的のために設置される。また、近年は津波によって誘導された電磁場変動を計測する目的にも用いられる [e.g. Ichihara et al., 2013; Sugioka et al., 2014]。本航海にて回収した OBEM は海洋研究開発機構にて運用性を考慮して開発された比較的小型の OBEM であり [Kasaya and Goto, 2009]、いずれも京都大学が所有するものである。電場（電位差）は機器中央部から四方に展開する塩化ビニール製パイプの先端に取り付けられた電極によって計測し、磁場は耐圧ガラス球の外側に装着した 3 成分 Fluxgate 磁力計によって計測する (Figure 2)。機器の設置は船舶からの自由落下によって行う。また、回収時は音響通信によってアンカーの切り離し、自己浮上させて船舶から揚収する。なお、本機器の主な特色として、浮上時に電極棒が折りたたまれる事が挙げられる (Figure 3)。これは、船舶からの回収作業を容易にするために取り入れられた機構であり、これによって小型船舶からの回収も可能となっている。

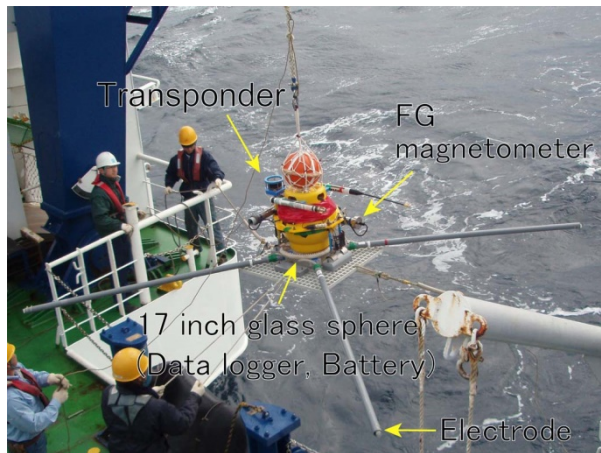


Figure 2.  
An Ocean Bottom Electro-Magnetometer (OBEM) in a deployment

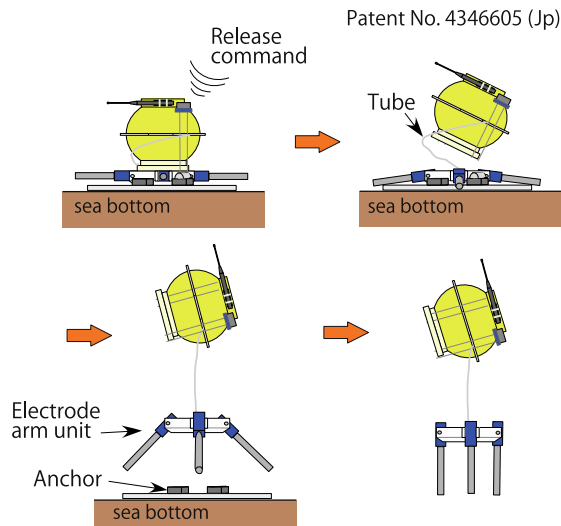


Figure 3 Electrode arm-holding mechanism of the OBEM system

### 3. 観測内容報告

本航海では、Figure 1 に記した site BS02、BS03 および BS01 の順に計 3 箇所において OBEM を回収した。回収点到着後、まず深江丸に持ち込んだ解消研究開発機構所有の音響トランスポンダ船上局（（株）海洋電子製）を用い、OBEM の存否確認を行い、海底での OBEM の存在を確認した。次に、切り離し信号を送信してアンカーの切り離しを行った。アンカーの切り離しは電食式であり、要した時間は 15-20 分であった。OBEM の浮上速度は約 40m/min であった。海面浮上の確認 OBEM が発するビーコンの信号（43.528 MHz）の受信によって行った。また、3 台とも数分以内に目視による確認がされた。なお、他研究グループによる八木アンテナを用いた浮上 OBEM の方向の探索、深江丸装備の ADCP による OBEM 浮上中の水平移動方向の水平も試みられた。



Figure 4. Retrieving of an OBEM from T/S Fukae-maru

発見された OBEM の船上への回収には、深江丸用に作成した回収索を用いた（Figure 4）。回収には深江丸舷側数 m 以内に近づける必要があり、舷側からの接近、船首方向からの接近、船尾方向からの接近等様々な試みを行った。なお、海象が悪化した BS03 では接近に時間を要したが、船首方向からの接近が最も容易であったため、ここに記載する。接近した OBEM は回収索によって掴み、船上クレーンを使用して釣り上げることで船上に回収した。その後、OBEM の清水洗い、結線・ダメージ等の確認作業、電極、トランスポンダ、磁力計の取り外しをおこなった。また下船後 OBEM 内蔵時計と GPS 時計との時間ずれの測定等を行った（Figure. 5）。

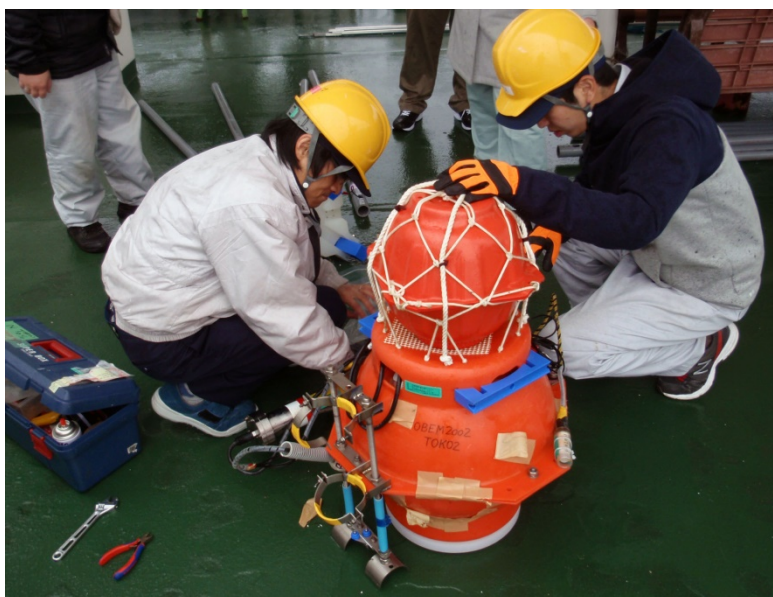


Figure 5. A retrieved OBEM on the T/S Fukae-maru

### 4. 今後の予定と期待される成果

回収された OBEM にはいずれも良好な電磁場変動が記録されており、2016 年 4 月現在これらのデータの初期解析（MT impedance, GDS response の推定）を行っている。これらの初期解析結果と陸上で別途得られて

いる観測結果を統合する事によって研究地域周辺における電気比抵抗構造が解明されると期待される。

#### 謝辞

本船初となる海底観測機器の回収作業であるにも関わらず、成功裏に終わらせることができたのは深江丸船長はじめとする乗組員、乗船研究者および乗船学生の多大なる協力によるものであり、ここに記して感謝する。本研究の一部には JSPS 科研費 (26289347) を使用した。また、一部の図の作成には GMT (The Generic Mapping Tools) ver. 5.1 (Wessel et al., 2013) を使用した。

#### 引用文献

- Hirose, H., H. Kimura, B. Enescu, and S. Aoi (2012), Recurrent slow slip event likely hastened by the 2011 Tohoku earthquake, *P Natl Acad Sci USA*, 109(38), 15157-15161, doi: 10.1073/pnas.1202709109.
- Ichihara, H., Y. Hamano, K. Baba, and T. Kasaya (2013), Tsunami source of the 2011 Tohoku earthquake detected by an ocean-bottom magnetometer, *Earth Planet Sc Lett*, 382, 117-124, doi: Doi 10.1016/J.Epsl.2013.09.015.
- Kasaya, T., and T. Goto (2009), A small ocean bottom electromagnetometer and ocean bottom electrometer system with an arm-folding mechanism, *Explor Geophys*, 40(1), 41-48, doi: Doi 10.1071/Eg08118.
- Sugioka, H., Y. Hamano, K. Baba, T. Kasaya, N. Tada, and D. Suetsugu (2014), Tsunami: Ocean dynamo generator, *Sci Rep-Uk*, 4, doi: ARTN 3596 10.1038/srep03596.
- Uchida, N., T. Inuma, R. M. Nadeau, R. Burgmann, and R. Hino (2016), Periodic slow slip triggers megathrust zone earthquakes in northeastern Japan, *Science*, 351(6272), 488-492, doi: 10.1126/science.aad3108.
- Wallace, L. M., and J. Beavan (2010), Diverse slow slip behavior at the Hikurangi subduction margin, New Zealand, *J Geophys Res-Sol Ea*, 115, doi: Artn B12402 10.1029/2010jb007717.
- Wessel, P., W. H. F. Smith, R. Scharroo, J. F. Luis, and F. Wobbe, Generic Mapping Tools: Improved version released, *EOS Trans. AGU*, 94, 409-410, 2013

研究室（チーム）の名称：		電子航法研究室			
申し込み責任者：	氏名	若林伸和	連絡先メール：		
	機関名	神戸大学	所属・職	海洋底探査センター・教授	
乗船者：	3	名）	若林 伸和	神戸大学	海洋底探査センター 教授
			河田 友里	神戸大学	海事科学部 3年
			芝田 摩琳	神戸大学	海事科学部 1年
テーマ					
DPシステムの実用化 探査運用技術の実証					
研究内容					
<p>概要：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・船首方位保持，緯度経度保持の実験</li> <li>・外洋でのオートパイロットプログラムの評価，ルートトラッキングにおけるなめらかな変針の方法についての検討</li> </ul> <p>準備：</p> <p>使用するパソコンと深江丸のCPU制御機能を接続する。</p> <p>計画：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全な地点で停止し，DPを実行し，データを記録する。</li> <li>・航行中，安全な海域でルートトラッキングを実行し，データを記録する</li> <li>・航行中，安全な海域で開発したオートパイロットを実行し，データを記録する</li> </ul>					
研究実施につき深江丸に要望する事項					
とくになし					

チーム（研究室）： 電子航法研究室

報告者： 若林伸和

研究テーマ（タイトル）： DPシステムの実用化  
探査運用技術の実証

チームメンバー： 若林伸和（海洋底探査センター教授）  
河田友里（海事科学部 3 年） 芝田摩琳（海事科学部 1 年）

研究活動概要：

#### 1. DP システムの実用化に関する実験

この DP（ダイナミックポジショニング）システムは約 1 年前の平成 26 年度春季研究航海（平成 27 年 3 月実施）の頃から深江丸で開発を始め、その次の 27 年度夏季研究航海（27 年 8 月～9 月実施）およびその他の機会に実験を行い改良を重ねてきた。しかし、いずれも瀬戸内海等穏やかな海象で風もさほど強く ない気象条件のところでの実験であった。今回は外洋において気象海象の条件が厳しい中での性能評価を行った。3 月 13 日、海底電位磁力計の機器揚収の際に定点保持の実験を 3 カ所で行った。いずれも、房総 沖で風が強く（風力 5）うねりも大きい海面状態であったため、深江丸のスラストでは推力不足で、船首 方位維持のための回転および位置保持のための横移動の制御が不十分という結果になった。前後方向は主 軸の推力を用いるため、ある程度の制御が可能であることが検証できた。

復航の際、3 月 17 日午前（09:30～10:30 頃）および午後（15:00～15:30 頃）の二度にわたり、DP 実験を行った。午前は風上に船首を向ける WB（ウエザーバーン）型の制御も実施した。午後は船首方位を一定に保つ制御と同時に位置保持制御を行った。風速が 2～3 m と気象条件が穏やかであったため、いずれも良好な結果を得ることができた。午前中は約 40 分間わたり、船首方位を風上に向けつつ、前後左右それぞれほぼ 5 m 以内の位置のずれで保持できた。一方、3 月 18 日午前（11:00～11:45 頃）は、風速 7～8 m

（風力 4）と、比較的風が強く、その影響のため DP で位置保持することは困難であった。波浪計測のため海上に下ろし漂流しているブイとの位置関係を維持することを目的に使用したが、ブイも流されるため、船首方位維持の機能と仮想ジョイスティック操船を利用してブイとの相対関係を適切に保つたよう、マニュアルでタブレットを操作して制御指示を行い、位置と船首方位を制御することができた。3 月 18 日午後（15:00～15:30 頃）もやはり気象条件が厳しく DP の使用はあきらめ、タブレット操船によりブイとの距離を適切に保つ操船を試みた。風潮流によるブイと本船の流され方が異なり、適切な距離を維持するのは 容易ではなく、本船から 80m から 100m の距離を保持することを目標としていたものの、一旦離れた後 30m 程度まで近づくこともあり、30m～100m の範囲内で近づいたり遠ざかったりを約 30 分間で数度繰り返す結果となった。最後にブイを回収するときには仮想ジョイスティック操船で円滑に接近し、短時間で ブイを回収することができた。



3月19日午前(10:30~11:15頃)には、深江入港直前の芦屋沖(尼崎西宮尼崎防波堤内)において、DP実験を行い、制御時のゲイン調整等のプログラム改良作業を行った。今回の研究航海では、本船のスタスタ推力の不足により風が4~5mを超えると左右方向の制御が難しくなることが明らかになったが、結果をふまえて次回以降、より精度の高い制御が可能となることが期待される。

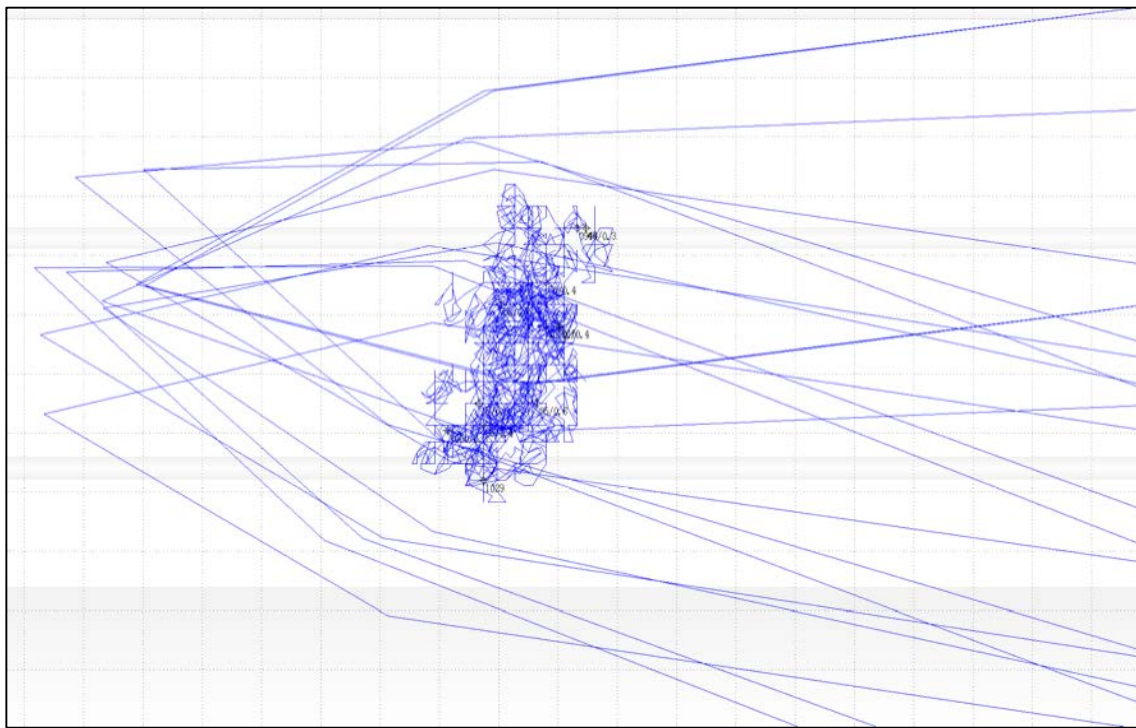


図1 DP実験の結果(点線1マスは2m) 160317 0945~1030(銚子沖鹿島灘)

## 2. 探査運用技術の実証

### 2-1 ルートトラッキング 独自開発したオートパイロットを利用したルートトラッキングシステムの実証実験を行った。ナビゲーションシステム

(独自開発の *a-Nav*) で設定したコースラインどおりに航行するよう、コースラインからのずれと風潮流による圧流の影響を打ち消すようオートパイロット(船首方位維持)プログラムへの針路(船首方位)設定を逐次更新し制御を行うものである。

3月11日2000~M.N.の時間帯において、黒潮本流の影響を受ける紀伊半島南方の海域において使用した。圧流の影響で20度近くも設定針路(船首方位)を調整しなければならない海域だったが、約3時間にわたり同じ針路のコースライン上を航行し、時折20m近くまでずれることはあったものの、おおむね左右10mの範囲内のずれでルート上を航行できることが実証された。かねてより、深江丸で開発を進めてきたオートパイロット(船首方位維持)も改良を重ね性能が向上していることもあり、今後の外洋での探査航海において実用に十分耐えうるものとなったと考えている。

3月18日午前(08:15~11:00頃)には、ルートトラッキング機能を利用してコースラインどおりに航行する実験を行った。観測航海等を想定し、とくに変針の際の特性を見るため90度変針を繰り返すパターン

を予定のルートとして作成し、予定と実際の航跡を比較した。この結果は、より正確なトラッキングにむけてプログラムの改良に利用する予定である。

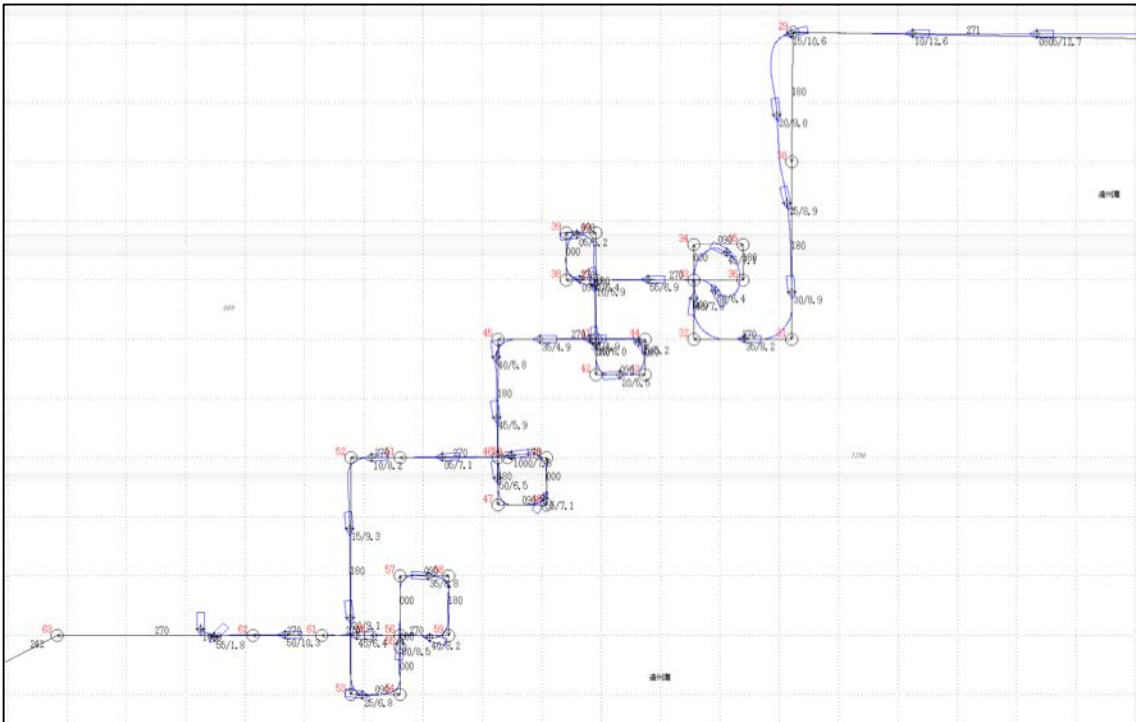


図2 ルートトラッキング航行実験 160318 0815~1050 (浜松南方遠州灘)

2-2 タブレット操船システムの実証実験 探査運用を念頭に、深江丸の船内各所（とくに後部甲板）で操船（舵、主軸 CPP 翼角、バウスラストおよびスタンスラスト翼角の操作）ができるよう無線 LAN とタブレットを組み合わせた操船システムの開発を進めている。本航海では、往航、復航とも、他の研究チームが実施する波浪計測実験のブイ回収や OBEM 機器揚収作業の際、タブレットと無線 LAN を利用した操船の実証実験を行った。



図3 船尾甲板におけるタブレット操船の実験



図4 船橋ウイングでの使用

3月11日には、後部甲板まで無線 LAN の電波がうまく届かず、船橋後部の救命筏付近で使用した。無線 LAN の接続先の設定等に問題があった可能性があるが明らかな原因は不明である。3月12日には後部甲板で使用できたが、無線 LAN を介した制御コマンドの通信状態が不安定であった。そのため、コマンド送受信の protocols を見直し、タブレットから制御サーバ PC にコマンドを送った際に制御サーバ PC からコマンドを出したタブレットにレスポンスを返すようにし、そのレスポンスを正しく受信できなかった場合にはコマンドを再送するよう仕様変更した。3月13日1回目（朝）および2回目（午前）の試用実験では、タブレットがレスポンスの受信を失敗した際、待ち続けて次の操作ができなくなるという問題が明らかになった。そのため、レスポンスを待つ時間（受信および再送の回数）を当初より短く調整して、コマンドの送受信は円滑かつ確実に実行できるようになり、3回目（午後）の使用実験では確実な通信が実現され、操船制御を円滑に行えることが確かめられた。

復航において、3月17日には1.の DP システムの実験の際、午前(09:30~10:30頃)および午後(14:50~15:30頃)の2回、船尾甲板において無線 LAN を用いてタブレット操船の実験を行った。データおよびコマンドとレスポンスとも、深江丸船内の2つの異なるネットワークを同時に使用し、通信の二重化を図ることで通信エラーを少なくし、確実に操船指示ができることが分かった。

### 2-3 簡易型方向探知機の製作

他の研究チームが実施した、水深約 1,000m~2,000m の海底に長期間設置していた海底電位磁力計 (OBEM: Ocean Bottom Electro-Magneto meter) を浮上させ揚収する作業において、機器が海面に浮上してからホーミング信号として発信する電波の方向を探知する必要があった。そのため、市販の UHF 地上波デジタル放送受信用の八木宇田アンテナを用い、受信信号強度を表示する機能を持ったハンディ型無線受信機と組み合わせて電波の到来方向探知の実験を行った。1回目、2回目の際には目視のみで先に発見されたが、3回目の揚収作業では、操作にあたった学生も使用方法に習熟し、この探知機も利用しながら海面上に浮かぶ機器を見つけることができた。



図5 簡易方向探知器



図6 OBEM 回収の様子



ホーミング信号として送信される電波の周波数は 43.528MHz であり、UHF 帯の八木宇田アンテナでは波長がまったく合っておらず、インピーダンスも不整合であり無理矢理の受信ではあるが、ある程度の指向性は期待でき、アンテナを回すことで受信電波強度の変化を見いだせることが分かった。今後、より指向性を高めることができないか検討して改良を試みたい。

### 3. その他（女川訪問）

3月15日（火）。塩釜港停泊中、4年前の寄港時にも研究室の学生と訪れた女川を再び訪問する機会を得た。女川は、5年前、2011年3月11日の東日本大震災において津波の被害著しく、港のある海岸に面した町内の低い土地の地域はほぼ全滅状態という大きな被害を受けたところである。その1年後の4年前に訪問したときには、JRの駅（石巻線の終点女川駅）は跡形もなく、付近には壊れて地面に横たわった建物の残骸が数えるほど残されている以外、ほとんど何も無い土地が広がるのみであった。

約4年が経ち、テレビでも時折女川の変化の様子が報道されることがあり、気をとめて見ていた。なにより鉄道が全線開通し、本船が停泊している塩釜港の最寄り駅である仙石線の本塩釜駅から女川まで、列車を1～2度乗り換えれば終着女川駅に着くことができるようになっていたのは、大きな前進といえよう。また、仙石線と東北本線がもっとも接近している仙石線松島海岸～高城町間と、東北本線塩釜～松島間に渡り線が設置され、仙台発東北本線経由仙石線石巻までの「仙石東北ライン」快速とう新しい列車が運行されるようになり、仙台から石巻、女川方面への乗車時間がおそらく大震災前よりも短縮されている。この日も、本塩釜から高城町で仙石東北ラインの特別快速に乗り換え、多くの途中駅を通過して石巻に着いた。この仙石東北ラインに使用されている車両は最新のハイブリッドディーゼルカーで、これまでのディーゼルカーより音も静かで快適であった。ちなみに、仙石線は東北地方のJRでは珍しく直流1,500V、東北本線は交流20,000Vの電化区間なので、直通運転するにはディーゼルカーを使用するほかない。石巻線の普通（一般的なディーゼルカー）に乗り換えて女川に向かう。4年前、石巻から2駅ほどの区間が運行を最開してまもなくであり、石巻駅を出た後、橋梁の上を最徐行で通過した記憶がよみがえった。今日は同じ橋梁を徐行ではあったが通常の通過という感じであった。ここは普通列車のみだが、乗り換えてからほどなく終点女川に到着。ニュースで見っていた真新しい駅舎を目の当たりにすることができた。



写真1 石巻線の終点女川駅に到着



写真2 女川駅外観



写真3 駅付近の道路 工事中の箇所も多い



写真4 高台の病院がよく見える



写真5 バリケードで行き止まりの道路



写真6 女川町地域医療センターへは直行できず 時

間はお昼前。ネットで調べて「女川のランチ」で出てきた「さんさん亭」というところで復興カレーをいただこうと決めていた。前回、このあたりでは高台の病院（女川町地域医療センター）の建物だけがまともに残っていて、中には灯りが見え、唯一、人の気配がしたのでここを訪れていた。震災の後もずっと病院として機能していたらしい。付近には飲食店も含め店は見当たらず、かろうじてこの病院の駐車場にあるプレハブで営業していた喫茶店でコーヒーを飲んだ記憶がある。



写真7 さんさん亭



写真8 さんさん亭・店内

さんさん亭は、おそらく 4 年前に来たときには営業していなかった、この病院内の食堂である（写真7）。病院の裏側から直接お店に入った。海鮮丼や定番の定食類、ラーメンなどの麺類等、メニューも豊富だが、迷わず女川復興カレーを注文した。出てくるまでに少し時間を要したが、丁寧に調理されていたのであろう、味はとても本格的で、やや辛口のカレーである。エビ、イカ、貝柱が具として入っている。ホームページでみた写真と同じ配置、同じ数の具が入ってきたのに感心した。ごはんもおいしく量もたっぷりあり、最近小食の私には少し多かつ



写真9 復興カレー

たが、「当店で使用のお米はすべて宮城県産」という表示を見て、残さずすべて頂いた（写真9）。店内には、FM 放送が流れていた。4 年前、プレハブの喫茶店でコーヒーを飲み休憩した際にも FM 放送が流れていた。そのときと同じ「女川さいがい FM」であった。災害 FM ということで、震災から 5 年が経ちどうなっているのか気にかかっていたのだが、ちゃんと続いていることが確かめられちょっと安心した。そして、4 年前よりずっと洗練された FM 放送になっていた。前回、プレハブの店内に流れていた放送は雑音（FM 特有のヒスノイズ）の中からかろうじて話している内容が聞き取れる、という状態であった。それでも、そのお店ではずっと流していたのが印象的で、そのことをはっきりと記憶している。今回、この食堂「さんさん亭」の店内に流れていた女川さいがい FM は雑音もなく、おそらく帯域幅 75kHz ステレオの一般的な FM 放送の音質であった。4 年前の時点では、送信機に十分なものが用意できず出力も小さくアンテナとロケーションも良くなく、災害復旧も進まないなかで本当に懸命に送出していたのであろう。4 年のあいだに送信機、空中線の整備と空中線電力の増強等がなされたことが想像された。

番組の内容は、女川地域の天気予報、そして女川は漁港であり、今日は強風のため漁船が出漁していないこと、昨日の女川港水揚げ量が何トンであった等、実用的かつ地域性があるもので、ほのぼのとしていた。今日明日の満潮時刻もあり、船に乗っている私にとっては干潮の情報はなくどうして満潮だけなのかの疑問に思ったが、よく聞いていると、潮位が上昇した際に浸水等に気をつけるようにという説明があった。女川はひどい津波の被害を受けたところである。まだ十分な対策がなされていない箇所もあるのかもしれないことを思い起こさせるもので、満潮時刻のみの情報であることに納得した。船舶通信士の私としては、この放送がずっと続くことを願っていたが、震災約 1 ヶ月後の 2011 年 4 月 21 日から続いたこの局は、今月（2016 年 3 月）末で再免許申請をせず放送を終了するとの情報がインターネットにあった。最後の月に放送を聞く機会があり感慨深い。次に来たときにはもうないというのは複雑だが、臨時災害放送局としての役割は十分に果たしたということなのであろう。もともと臨時のものが 5 年も続いたこと自体異例だということも分かる。少しの時間しか聞いていないが、コミュニティ FM としても番組製作、放送技術ともにかなり質が高いのではないかと思われた。だが、ネットによれば、コミュニティ FM として存続する計画もないらしい。資金難が大きな理由のようで、何とももったいない気がするし残念でならない。

駅から病院の食堂まで、徒歩でほぼ直行した。距離はさほどない。歩いて 10～15 分といったところだろ



うか。車の往来は多い。しかし、途中の道路はすべて工事中で歩道は未整備の状態であった。まだ付近に 建物は少なく最短経路を見渡して行ってみたら、途中、バリケードがあって通行できず、引き返して少し遠回りし病院の下まで歩いた。そこから前回も昇った記憶のある階段で高台まで歩く。階段の手すりはぼろぼろのまま危険な箇所のみ鉄パイプで応急処置がされている状態。足下のステップもちゃんと歩けるようにセメントで応急の補修はされているが、崩れかかっているところも残されていた（写真10）。高台の 病院へ続くこの階段の途中には、献花台が設けられており、多くの花が手向けられていた（写真11）。



写真11 献花台



写真10 病院の高台へ続く階段

写真12 女川町地域医療センターの玄関



写真13 津波の記録（1階の床から1.95m）

昼食後、前回も見た津波の記録を表示している病院の正面玄関の柱を確かめに行った（写真 12）。海拔 10m は裕にあり高台にあるこの病院だが、1 階のフロア面から 2m 弱のところまで津波が来たそうで、その記録が柱に残されている。1 階床から 1.95m と書かれていた（写真 13）。すぐ近くの外階段から上がった 2 階のホールでは、地震、津波直後の様子を含む写真展が実施されており、自由に見られるようになっていたので中に入って見学した。大震災から 5 年が経ち、記録を残す活動も始まっているようである。

病院のある高台からは、港から女川駅方面まで一望でき周囲をよく見渡すことができる。駅を中心にそのまわりにいくつか新しい建物が建ちはじめているのが見えるが、それ以外の方向にはまだほとんど更地が広がっているのみである（写真 15～17）。この高台の一面に真新しい石碑が建っていた（写真 14）。その碑文はつぎのとおりである。千年後の命を守るため

に

ここは津波が到達した地点です もし大  
きな地震が起きたら

この石碑より上へ逃げてください

逃げない人がいても ここまで

無理矢理にでも連れ出してください 家に戻ろうとしている人がいれ

ば

絶対に引き止めてください

女川中学校卒業生

重たい言葉であった。



写真 1 4 高台の一面にたつ石碑



写真 1 5 高台から見渡した女川駅方面

高台からは道路を中心に工事が続いていることが見て取れた。駅から港に向かってまっすぐ続く道の両側にはお店が少し並んでできているが、商店街というには少しほど遠い感じがする。前回はこのような工事の気配を含め人の気配もまったくなかったのが、少しずつではあるが開発が進んでいることが感じ取れた。



写真16 高台の病院駐車場から見たところ



写真17 高台の病院から港を望む

再び階段を下りて、前回、震災1年後に惨状を見た港の岸壁の方へ向かった。4年前にもここを歩いた。岸壁は陥没し、周りには建物も何もなかった。その日は1~2隻、遠くの岸壁に船が停泊しているのが見えたがこのあたりの岸壁に船は全くなく、どこか異様な光景であった。今日は、多くの漁船が停泊している。たまたま強風のため出漁していなかったということもあるが(女川さいがいFMで得た情報)、漁港らしい風景を見ることができた。写真18は女川駅からまっすぐ下りてきたあたりの岸壁である。ただし、駅からここまでの途中の道は工事中で通ることができず、迂回しないとここへ来ることはできない。



写真18 女川港岸壁から湾口を望む



写真19 修復された岸壁

大震災から5年、その約1年後に訪れた前回から4年が経ち、今日再び女川に来ることができてよかった。前は交通機関の復旧も進んでいなかったが、今回、終点女川駅まで代替バス等を使わず全線、鉄道でたどり着けるようになっていたことは、鉄道ファンの私にとってこの上なく嬉しいことであった。「復興」という言葉が適切かどうかかわからないが、ほんの端緒についたところでまだまだ進んでいない。また、何年か後に、是非ともこの街を訪れて、変化した様子を見たいと思う。

研究室（チーム）の名称：		深江丸船長研究室			
申し込み責任者：	氏名	矢野吉治	連絡先メール：		
	機関名	神戸大学	所属・職	練習船深江丸	
乗船者：	9名	矢野 吉治	神戸大学	附属練習船深江丸	教授・船長
		平川 大樹	神戸大学	海事科学部・グローバル輸送科学科航海マネジメントコース	3年
		宮崎 芽生	神戸大学	海事科学部・グローバル輸送科学科航海マネジメントコース	3年
		茶野 貴之	神戸大学	海事科学部・グローバル輸送科学科航海マネジメントコース	3年
		中島 叡祥	神戸大学	大学院 海洋ロジスティクス科学科	修士課程 1年
		田倉 侖	神戸大学	海事科学部 海事技術マネジメント学科 機関分野	4年
		北野 徳治	神戸大学	海事科学研究科 海事科学専攻 海事マネジメント科学領域	修士課程 1年
		入江 絵莉衣	神戸大学	海事科学研究科 海事科学専攻 海事マネジメント科学領域	修士課程 1年
		大西 博之	神戸大学	海事科学部 海洋安全システム科学科 環境評価・分析分野	3年
テーマ					
① 低摩擦型船底防汚塗料の性能評価 ② 仙台塩釜港及びその周辺海域に棲息するフジツボ類の種と個体数等の実態調査 ③ 表層海水の採取および分析					
研究内容					
概要： ① 深江丸の水線下船底全面に試験塗装中の低摩擦型船底防汚塗料（LF-Sea）の性能評価のため、研究航海の往路または復路の比較的静穏な海域において、主機回転数と推進器の翼角を種々変更して「速力ー軸馬力」の関係を計測し、現船底塗料の低摩擦性評価のための基礎データを取得する。 ② 船のバラスト水や船底を介し、地理的バリアーを越えて海洋の生物種が越境移動する。これが一旦侵入先で定着すると、その海域の在来種と競合し、現地の生態系に大きな影響を及ぼすおそれがある。積載後のバラスト水処理は国際条約で義務化される方向にある一方、船底に着生し成長するフジツボ類の越境移動頻度は、生物毒性の高い有機スズ化合物の使用が2008年9月17日に発行した国際条約で禁止されたことにより増加すると予想される。実際、新規外来種のナンオウフジツボ（ヨーロッパ原産）が日本海海域に侵入し、津軽海峡を経て福島沖海域まで繁殖域を広げている。このフジツボは成体が1センチを越える程度にまで成長するため、船底へ着生した場合、船体の摩擦抵抗が著しく増大し、運航の経済性を低下させる。この研究航海において、東北海域の海水を船上で採取し、外来及び在来フジツボ類の種及び個体数を具体					

的に把握する。

### ③表層海水の採取および分析

準備：

- ① 気象・海象条件が整った往路または復路の実験海域
- ② 海水採水装置及び塩釜港停泊時に使用する付着板は作成済みであり、試料採取準備は整っている。
- ③ 表層海水に含まれる溶存態重金属およびクロロフィル量を計測するため、日本沿岸域で表層海水を採取する。採取ビン、濾過ビン、手動ポンプ、pHメーター、ECメーター、ガラス繊維ろ紙などを持参する。

計画：

- ① 往路または復路の比較的静穏な海域において主機回転数と推進器の翼角を種々変更した「速力-軸馬力」を計測する。
- ② 海水採水装置を船に持ち込み使用する。航海中及び仙台塩釜港停泊中において、1回につき海水 0.5 トンを採取しプランクトンネットでろ過する。得られた試料はエタノール（最終濃度 60%）中に保存し持ち帰る。また、停泊中にフジツボ類に対する付着板を浸漬する。付着板に着生した個体数に基づき、港内停泊中に船体へ着生したと思われるフジツボ類の個体数を推定する。
- ③ 神戸から仙台までの沿岸域の 10 地点程度の表層海水を採取し、冷蔵保存する。往復で約 20 試料を採取したい。重金属分析用には採水した海水を冷蔵保存し（船上で処理しない）、クロロフィル測定用に採取した海水は直ちに濾過し、捕集したろ紙をアルミ箔に包んで冷凍保存する。

#### 研究実施につき深江丸に要望する事項

- ① 一連の「速力-軸馬力」の計測に 4 時間を要す。実験時間と記録要員 5 名程度を必要とする。
- ② 航海（夜航海中を除く）及び停泊中における海水ポンプの起動と停止（海水ポンプの運転時間は 1 回につき概ね 20 分程度で、採取の回数は十数回〈含む塩釜停泊中の 4 回程度〉を予定）
- ③ 採水用のバケツおよびロープをお借りしたい。採水した海水を、スペース 40 x 40 x H20 cm で冷蔵保管をお願いしたい。ろ紙は、スペース 5 x 5 x H5 cm 程度で冷凍保管をお願いしたい。



チーム（研究室）：深江丸船長研究室研究

報告者：矢野 吉次

研究テーマ（タイトル）：

- ① 低摩擦型船底防汚塗料の性能評価
- ② 仙台塩釜港及びその周辺海域に棲息するフジツボ類の種と個体数等の実態調査
- ③ 表層海水の採取および分析

研究活動概要：

- ① 低摩擦型船底防汚塗料の性能評価
  - ・実験条件が整った研究航海の最終日（3/19）の早朝から午前にかけて、大阪湾入域直後から機関出力ー速力計測を実施し、現在、船底部全面に塗装している低摩擦型船底防汚塗料の性能評価のための各種データを取得した。
- ② 仙台塩釜港及びその周辺海域に棲息するフジツボ類の種と個体数等の実態調査及び
- ③ 表層海水の採取および分析
  - ・神戸ー仙台塩釜港塩釜区往復路上及び塩釜区停泊中において計 13 回、海水やフジツボ類幼生試料の収集と現地分析を実施し、試料の解析とともに、分析のため、収集した試料を大学に持ち帰った。

研究室（チーム）の名称：		波浪計測チーム			
申し込み責任者：	氏名	平川 嘉昭	連絡先メール：		
	機関名	横浜国立大学	所属・職		工学研究院・准教授
乗船者：	7	名）	平川 嘉昭	横浜国立大学 大学院工学府 海洋宇宙システム工学コース	准教授
			原 侑也	横浜国立大学 理工学部 海洋空間のシステムデザインEP	4年
			吉岡 稜平	横浜国立大学 理工学部 海洋空間のシステムデザインEP	4年
			須崎 寛則	古野電気株式会社 技術研究所 研究部	担当部長
			Tran Minh	古野電気株式会社 技術研究所 研究部 信号処理技術研究室	信
			焼山 祐也	古野電気株式会社 技術研究所 研究部 信号処理技術研究室	信
			中島 陵	古野電気株式会社 技術研究所 研究部 信号処理技術研究室	信
テーマ					
波浪レーダ・小型ブイを用いた波浪計測、及び船体運動計測					
研究内容					
<p>概要：</p> <p>航走時・停船時において、</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1). レーダにより自船周辺の波浪を計測</li> <li>2). 船首波高計により入射波を計測</li> <li>3). ブイを投入し波浪を計測</li> <li>4). 船体運動を計測（重心位置）</li> <li>5). 風向風速・緯度経度を計測</li> <li>6). ビデオ撮影</li> </ol> <p>準備：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1). 船橋に波浪レーダ用収録装置・モニター、ノート PC、ブイ位置表示用ノート PC 設置・配線</li> <li>2). 船橋に小型ビデオカメラの設置（バッテリー駆動）</li> <li>3). コンパスデッキにブイ用アンテナの設置・配線、小型ビデオカメラの設置（バッテリー駆動）</li> <li>4). 実験室（重心位置付近）に船体運動計測用センサー・収録用ノート PC を設置・配線</li> <li>5). 小型ビデオカメラの設置（バッテリー駆動）</li> <li>6). 手すり（場所未定）に小型ビデオカメラの設置（バッテリー駆動）、GPS ロガーの設置</li> </ol> <p>計画：</p>					

- 1). 波浪レーダ計測データ収録 約 40 分／回 × (数回～毎時) ／日
- 2). レーダ計測海域の同時刻の波高計測のため、この計測期間に合わせて、波浪ブイ計測：数回／日
- 3). レーダ計測と同時刻の船体運動計測：数回～毎時／日
- 4). 海況映像ビデオ収録：連続／日

研究実施につき深江丸に要望する事項

波浪計測に使用するブイは有索式の為、ところどころで停船を希望します。

※2 機関から参加致します。参加費用の振込用紙は古野電気株式会社（須崎）及び横浜国立大学（平川）にお送り下さい。

チーム（研究室）：波浪計測チーム

報告者：平川 嘉昭

研究テーマ（タイトル）：波浪レーダ及び小型ブイを用いた波浪計測

研究活動概要：

船舶に搭載されたレーダ及び小型ブイを用いて、波浪を計測する事を目的として実験を実施した。レーダによる波浪計測は常時、ブイによる波浪計測は図1に示す地点にて実施し、目視観測結果との比較を行った。本実験で使用したブイは重量約4kgと非常に小型軽量であるが、内部に運動計測センサー・データロガー・バッテリーを搭載しており、甲板からの降下・揚収は索を用いて行う（図2）。ブイによる波浪計測結果を表1に示す。また船体運動についても常時計測を実施した。

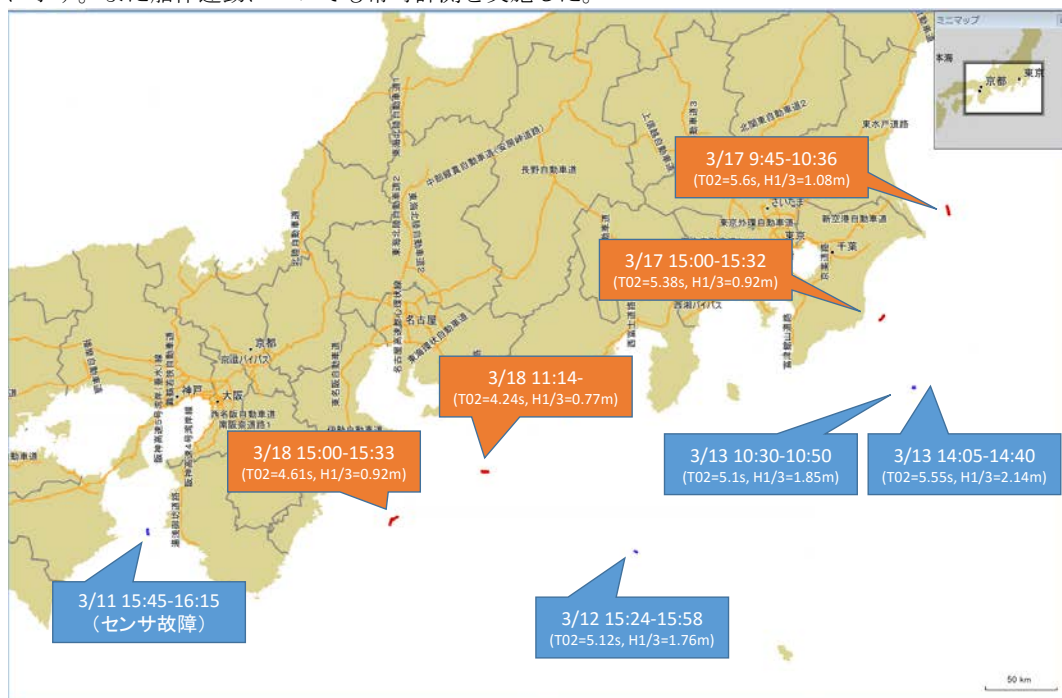


図1 ブイによる波浪計測実施地点および計測結果

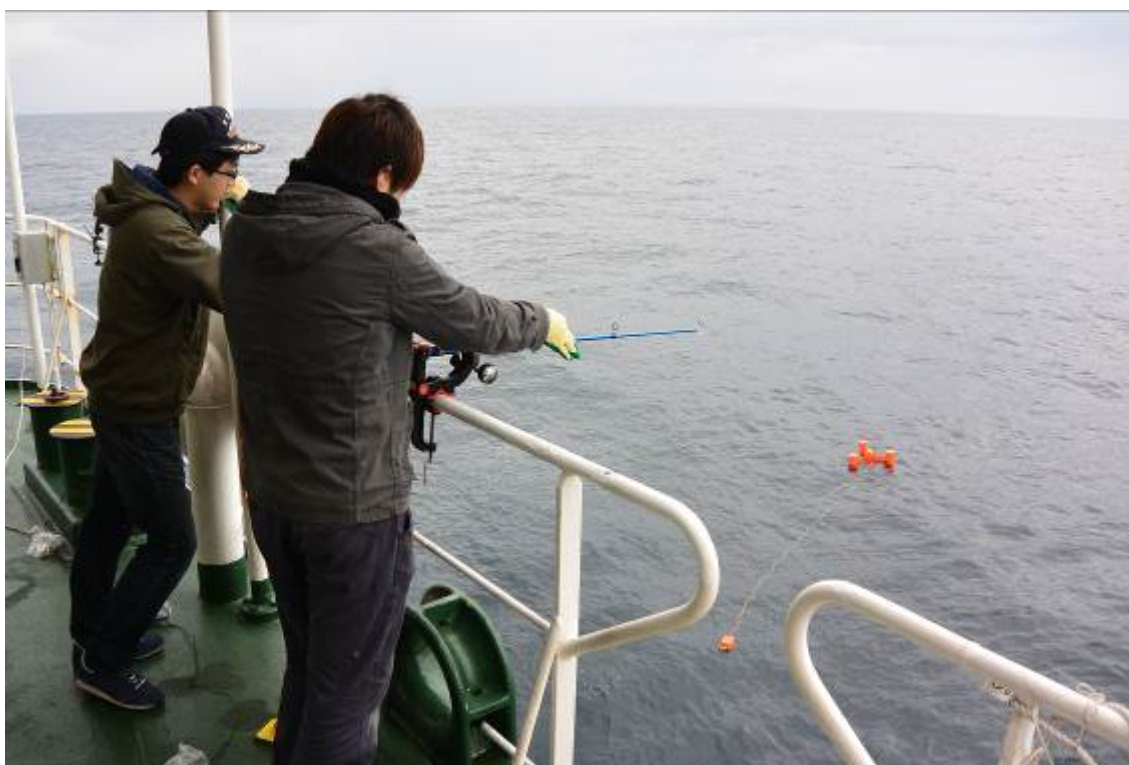


図2 投げ込み式波浪計測ブイを使用した波浪計測の様子



図3 船体運動の様子（船橋設置カメラ）

リアルタイム波浪解析結果表示例

本航海で一番荒天となった3月12日（土）11：01の波浪解析結果を図4に示す。

図4の2次元波浪スペクトルに3方向（311、90、23度）からの到来波を検出している（雲状分布箇所）。また中心から雲状分布までの距離の逆数が波周期[sec]に対応するため、それぞれ約6[sec]、10[sec]、8[sec]の波周期を示している。

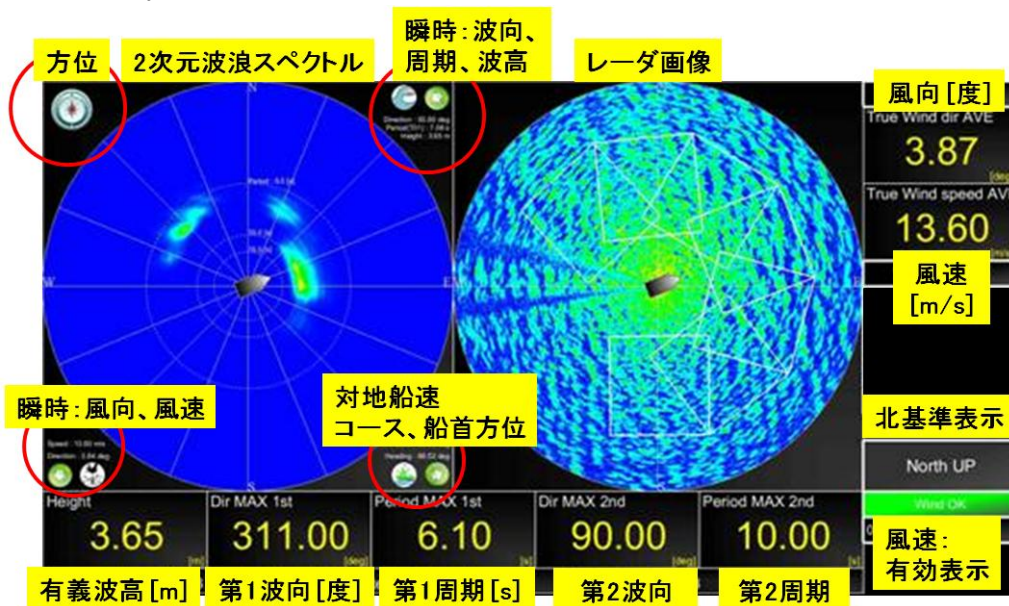


図4 リアルタイム波浪解析結果表示例

研究室（チーム）の名称：		M <sup>3</sup> 開発プロジェクト			
申し込み責任者：	氏名	小田啓二	連絡先メール：		
	機関名	神戸大学	所属・職	海事科学研究科・教授	
乗船者：	3	名)	小田 啓二	神戸大 海	教授
			梅谷 圭吾	神戸大 海	M1年
			谷川 誠	神戸大 海	4年
テーマ					
洋上放射線量率及び海水中放射能の測定					
研究内容					
<p>概要：</p> <p>船内の一定場所に置いた放射線測定器及び数人に装着した個人線量計によって、洋上の線量率を連続的に測定する。また、適当な間隔で（航行中に）海水をサンプリングする。なお、これらは帰神後、放射能分析を行う。</p> <p>準備：</p> <p>測定器は 300 グラム程度であり、海水サンプリング用ポリ瓶とともに運ぶだけで、特に準備することはありません。</p> <p>計画：</p> <p>①測定器は適当な場所に固定して、上記連続測定し記録する。半日程度でデータを確認する。</p> <p>②個人線量計は常時装着する。一部は、機関室、居住区域、ブリッジ等に固定する。これらは下船後、リーダーで読み取る。</p> <p>③海水サンプリングは2～3時間ごとに行い、500mL ポリ瓶に保管する。これらは下船後に研究室にて分析を行う。</p>					
研究実施につき深江丸に要望する事項					
特にありません。取水ラインから海水を採りますので、停船頂く必要はありません。乗組員の希望者に、個人線量計を装着して頂きます。					



チーム（研究室）： M<sup>3</sup>開発プロジェクト

報告者： 小田啓二

研究テーマ（タイトル）： 海上の放射線量率及び海水中放射能の測定

研究活動概要：

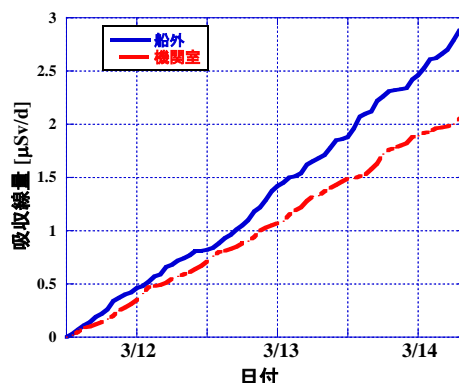
（様式任意，図，表，写真等も含め，航海中に活動された内容，期待される今後の成果等，自由にお書きください。）

本研究では、以下の3つのテーマについて測定及び試料採取を行った。

- ①神戸－塩釜航路間の洋上における線量率測定（@船橋）
- ②深江丸船内複数個所における線量率分布の測定（@複数個所及び個人）
- ③航路上の海水中放射能測定（海水取水、後日放射能測定）

テーマ①では、可搬型サーベイメータ（RADI）を用いて、常時線量率を測定した。なお、WiFiが届く範囲ではスマートフォンのGPS機能と合わせて位置情報を記録できるが、航路の大半では電波が届かなかったため、現在航路ログと対応させているところである。

テーマ②で用いた記録式軽量個人線量計（Dシャトル）は、積算線量だけでなく1時間毎のトレンドを記録することができる。そこで、上部甲板、船橋、実験室、学生ホール、居室、機関室など船内各所に貼り付けるとともに、矢野船長及び本実験参加者（小田、梅谷、谷川）が常時装着した。右図は、深江から塩竈港までの期間の甲板と機関室に設置した線量計が記録した積算線量値をまとめたものである。海面下にある機関室では自然放射線の一部が遮へいされるために線量値が低いことがわかる。



なお、ログによると3月14日03:30に福島第一原発に最接近したが、数値に大きな変動は見られなかった。

航路中およそ2～4時間間隔で海水を採取した。往路で合計18個のサンプルを収集できた。この海水は、乾燥させた後に、ゲルマニウム半導体検出器を用いてガンマ線スペクトルを測定し、乾燥試料に含まれている核種を同定する。現在取り掛かったところであるが、この作業には時間を要するため、すべての測定が終了した後、別な形（レポート）で報告する予定である。

なお、本研究は、文科省委託事業「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業（原子力基礎基盤戦略研究プログラム）戦略的原子力共同研究プログラム」（平成27年度～29年度）の下で進めている。

研究室（チーム）の名称：		海洋・気象研究室			
申し込み責任者：	氏名	山地一代	連絡先メール：		
	機関名	神戸大学	所属・職	大学院海事科学研究科・准教授	
乗船者：	5名	山地 一代	神戸大学	海事科学研究科	准教授
		林 美鶴	神戸大学	自然科学系先端融合研究環内 海域環境教育研究センター／ 大学院海事科学研究科	准教授
		伊藤 和也	神戸大学	海事科学部海事技術マネジメ ント学科航海分野	第4学年
		大沼 史都	神戸大学	海事科学部	第4学年
		眞砂 雄太	神戸大学	海事科学部	第3学年
テーマ					
航行予定海域における海洋・大気環境の計測					
研究内容					
概要：					
1. 洋上大気物質の計測					
洋上大気中の温室効果ガス（二酸化炭素・一酸化二窒素）、大気汚染物質（オゾン、PM2.5、PM2.5成分、および、その前駆物質）の濃度測定を、航行・停泊・仮泊の全期間で昼夜問わず連続して実施する。また、船内LANによるデータ収集も行う。					
2. 海洋環境計測					
福島大学環境放射能気象研究所の依頼により、海水中放射性セシウム計測のための採水を行う。また、深江丸搭載のADCP及び表層モニターによるデータ収集を行い、潮目と流動構造の調査を行う。					
準備：					
分析器を安定させるため、3/8（火）または7日（月）に機材を搬入し、その後海洋観測室、データ処理室および観測室屋外流し台周辺で次の設置作業を行う。フラッグラインおよびファンネル横に大気採取口をとりつけて観測室に導入する。観測室には分析器類を設置する。屋外流し台の横に、二酸化炭素及び一酸化二窒素のポンペを設置する。設置の後、機器の調整作業を16:30まで実施する。10日（木）も機器の調整を行う。また10日午前には、船内LAN, ADCP, 表層モニターの設定確認、データ処理室にデータ処理PC設置を行う。					
計画：					



### 1. 洋上大気物質の計測

海洋観測室で、当直体制により温室効果ガス及び大気汚染物質の濃度の連続測定を行う。また、入港・錨泊直後と出港・抜錨直前のそれぞれ 2 時間程度、温室効果ガス標準ガス測定を行う。これら測定・船内 LAN データのデータ整理をデータ処理室で行う。

### 2. 海洋環境計測

ADCP、表層モニター及び船内 LAN データを取得しながら、適宜船橋で目し観測を行う。また往路において、後部甲板流し台の海水蛇口で 10L 採水を、大阪湾 1 点、紀伊水道 1 点、銚子沖までの太平洋で 1.5 度毎（5 点）、この間の黒潮流軸内で 1 点で行う。黒潮流軸内での採水地点は、出港日（近く）の流軸を見て相談、決定する。

#### 研究実施につき深江丸に要望する事項

- ・ 観測室、データ処理室及び後部甲板流し台の使用
- ・ 後部甲板流し台周辺へのポンベ設置（10ℓ×3 本、47ℓ×2 本を予定）
- ・ 船内 LAN、水質モニター、ADCP、気象センサーデータの収集
- ・ 「準備」に記した通り、8（火）または 7 日（月）に機器の搬入、設置、調整を行う事
- ・ 機器搬入後、通電を維持すること
- ・ 「計画」の 2 に記した内容に、できる限り即して航行すること
- ・ 本申請書の内容を運航関係者に事前に周知して、準備や実験内容について、センター長及び船長以下乗組員に個別に何度も同じ説明をする必要がないこと

チーム（研究室）：海洋・気象研究室  
報告者：山地一代

研究テーマ（タイトル）：航行予定海域における海洋・大気環境の計測

研究活動概要：

1. 洋上大気物質の計測（洋上の大気質濃度の連続測定）

航行海域（往航／復航）における大気中の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）、一酸化二窒素（N<sub>2</sub>O）、微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）、黒色炭素（ブラックカーボン/BC）、有機炭素（オーガニックカーボン/OC）、オゾン（O<sub>3</sub>）、一酸化窒素（NO）、二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）、二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）の連続測定を行った。今後、取得データを解析し、大阪湾～太平洋の洋上の大気物質の時空間分布を把握する。また、気象・海象データを用いた複合的な解析を行い、その変動の要因を解明する。これらの結果は、わが国の沿岸地域～太平洋縁域での大気中の温室効果気体、および、大気汚染物質の濃度や分布の把握のための基礎データとなると期待される。

データ取得期間：研究航海中の全期間（往航／復航）

2. 海洋環境計測（放射性セシウム分析のための採水）

福島大学環境放射能研究所からの依頼により、紀伊水道、黒潮本流を含む、大阪湾から銚子沖までの経度 1.5 度ごと、合計 8 地点で 10L 採水を行った。福島大学にて、サンプル中の放射性セシウムを測定し、この結果は、わが国の沿岸地域～黒潮流域における海水中放射性セシウム量の把握に役立つ事が期待される。

採水実施期間：研究航海中の往航のみ

3. 気象・海象・航海連続データの取得

深江丸に搭載されている気象・海象観測機器により大気・海洋データ（船内 LAN、水質モニター、ADCP、気象センサーデータ）を取得した。また、適宜、船橋等にて目視観測を行った。航行海域における気象・海象の把握とともに、測定した大気質濃度変動の解釈のために利用する。

データ取得期間：研究航海全期間（往航／復航）

2・7 深江丸研究航海参加申込み・研究計画概要

研究室（チーム）の名称：		深江丸機関長研究室				
申し込み責任者：	氏名	河合 和弥	連絡先メール：			
	機関名	神戸大学	所属・職	深江丸 機関長		
乗船者：	3	名）	河合 和弥	神戸大学	海事科学研究科	講師
			伊丹 良治	海技大学校	機関科	教授
			田畑 広樹	神戸大学	海事科学部	3 回生
テーマ						
深江丸の機関性能・機関運転管理の評価に関するデータ収集						
研究内容						
<p>概要：</p> <p>航海中の主機関・発電機関のデータ採取          運航データの解析          運転管理作業の行動評価</p> <p>準備：</p> <p>計画：</p> <p>全航海日程において、主機関・発電機関・補機の運転データをECCのデータロガーにより採取する。</p>						
研究実施につき深江丸に要望する事項						
学生 1 名(田畑学生)は、研究・運航補助として乗船						

チーム（研究室）：深江丸機関長研究室

報告者：河合和弥

研究テーマ（タイトル）：深江丸の機関性能・機関運転管理の評価に関するデータ収集

研究活動概要： 実施期間 3/11～3/19 全期

全期間において問題なく現在の主機関・発電機関のデータを採取することができた。以前のデータと比較し、機関プラントの状態を把握し、経済的な運航が実施できるように機関の使用・整備計画を立案していく予定です。

また、新しい運用方法確立のため現状のシステムにおいて電気推進航行の調査を行いました。得たデータを解析し、これからの探査航海等で活用できるように改善に努めていきたいと思えます。

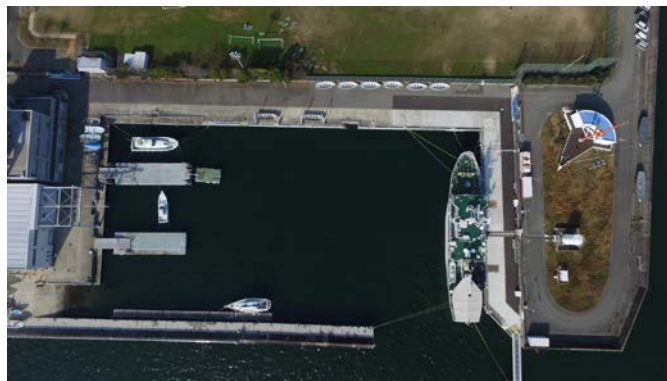
今後の研究を深江丸で展開するにあたっての要望・提案・意見等  
特になし

### 3. おわりに

今回の研究航海を実施するにあたり、ご協力いただいたすべての方々に謝意を表します。

また今後とも、研究・調査に、練習船深江丸の活用をぜひお願い申し上げます。





平成27年度春季研究航海 研究活動報告  
平成28年4月

編集 海技教育センター・センター長  
福田 勝哉