



海洋大気エアロゾル組成の変動と影響予測
— VMAP —

無人海洋大気観測艇 「かんちゃん」の 開発と海洋観測

千賀 康 弘
鈴木 隆 生
植 松 光 夫

**Development of Self Cruising Ocean Observat-
ion Platform "Kanchan" and its application
to surface monitoring**

せんが やすひろ：東海大学海洋学部
すずきたかお：(独) 科学技術振興機構
うえまつみつお：東京大学海洋研究所

海面直上の大気エアロゾルと海洋表層 100m までの海水を無人で観測する観測船を開発し、駿河湾、八丈島近海および三陸沖にて観測を行った。移動制御指令およびデータ送信には衛星通信を使い、観測結果はリアルタイムでモニタできる。全 15 回の観測を実施し、合計移動距離 4,723km、鉛直観測 363 回を達成した。

1. 無人観測船の有用性

大気中のエアロゾルは地表面に到達する太陽放射を遮ることから地球温暖化に密接に関わり、社会生活に大きな影響を及ぼしている。同時に、その一部は海洋上に落ちて表層の植物プランクトンの増殖に必要な微量化学成分の重要な供給源となっているとも指摘されている。しかし、その分布状況や輸送過程、化学成分については不明な部分が多く、その解明には特に海洋上における長期にわたる観測データの蓄積が必要である。

日本近海上でのエアロゾル観測は最近になって八丈島、佐渡島、利尻島などいくつかの離島に観測基地が設置され継続的に観測が進められている。しかし島が全く存在しない北太平洋上、特に北緯 30 度～北緯 50 度の範囲では船舶またはブイが主要な観測手段となる。船舶観測では観測船ばかりでなく定期航路客船や商船を利用する場合もある。観測船を利用する場合には、通常、少なくとも 1 年前から期間を決めて予約することとなる。観測頻度を上げるため、目的海域の近くを航行する他の観測航海に便乗することもしばしばある。民間船を傭船して観測することも可能であるが、経費は非常に大きくなる（外洋航海のできる日本の観測船の傭船費は約 100～200 万円/日）。一方、定期航路船に観測機器を搭載して観測する方法は頻度の高い観測が実現できる反面、航路が決まっているため、空間的には偏ったサンプリングとなる。エンジン排気ガスの混入を避けるために設置場所の工夫も必要である。

海洋の表層観測ではしばしば係留ブイや漂流ブイが用いられる。係留ブイは定点での長期時系列観測が可能であり、種々の海洋現象のモニタリン

グに用いられている。ただし設置・回収には大きな経費が必要となる。これに対して漂流ブイは海表面を漂流しながら観測データを収集し、通常、衛星通信を使ってデータを転送する。一般にこのブイ本体は小型であり、設置が簡単で長時間のデータ収集が可能であるが、風や海流によって移動するため、観測経路は定まらない。しかし、複数の漂流ブイを広く展開することで空間的に補完して、時間・空間的に幅広い海洋観測が可能となる。いずれのブイにおいても共通する問題点として電源の確保と観測機器のメンテナンスが挙げられる。電源には通常、鉛蓄電池が利用されるが、その容量はブイ本体の大きさに制限される。この結果、ブイに搭載できる機器の消費電力が制限を受け、省電力化のために観測時間間隔、連続観測時間、データ通信時間間隔・通信容量などが制限されることになる。大気エアロゾル観測では大気を大量にポンプで吸引して、その中に含まれる微量なエアロゾル中の原子、分子、イオンなどを高感度で分析する必要があり、多種類の計測装置を必要とし、ポンプを含めて大きな電力消費を伴うため、電源確保は非常に重要な課題となる。太陽電池もしばしば用いられるが、大きな電力を得るためには広い面積が必要であり、海洋上では風や波による損傷を受けやすくなる。また海水の飛沫によって太陽電池表面が汚れ発電効率が低下するなど、長期の利用には不向きである。また、高感度な観測機器を長期間使用する場合には機器の感度低下、ドリフトの変化なども定期的に測定しておく必要がある。機器の自己診断機能、自己校正機能とともに、運用中のメンテナンスも必要となる。したがって、ブイを用いて大気観測を実施するためには、十分な電源を持つ極めて大型の係留ブイが望まれるが、これには膨大な運用費を必要とし、実現は極めて困難である。

このような背景より、任意の時期に、特定の海域でエアロゾル観測ができる海洋大気観測用プラットフォームとして無人観測船のアイデアが生まれてきた。海洋での無人観測では近年、AUV（自律潜水艇）やROV（遠隔操作無人探査機）な

ど水中で活躍する機器の開発が飛躍的に進んでいる。海洋表層の無人調査では、科学技術庁振興調整費「世界海洋観測システム構築に資する革新的ブイの開発」(1993年～1997年)において風力を利用して移動する無人海洋観測ヨット（東海大学海洋学部）と太陽電池パネルを電源とした自律定点保持ブイ（水産工学研究所）が開発された。しかし、実用機の開発までには至らなかった。現在実用化されているシステムとしては、海底噴火等が予想される危険海域で母船からの遠隔操縦により無人航行ができるシステムを備えた海上保安庁の測量艇「じんべい」および測量船「昭洋」に搭載された測量艇「まんぼうⅡ」がある。「じんべい」では20海里まで遠隔操縦可能であり、ナローマルチビーム測深機、水温塩分測定装置、二酸化硫黄測定装置、磁力計などの観測機器とデータ送信機能も備えている。しかし、大気エアロゾルの観測ではできる限り長時間の連続観測が要求され、この点は「じんべい」のような遠隔操縦船では不十分である。

2. 「かんちゃん」の開発

2.1) 目標

無人海洋大気観測船の開発は1998年秋、科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業「海洋大気エアロゾル組成の変動と影響予測」(研究代表者：植松光夫)の採択によりスタートした。目標は、無人運航により北太平洋上の任意の海域において大気エアロゾルを最大1ヶ月間連続して観測し、データをリアルタイムで送信できる機能を持つこととした。同時に目標最大移動距離を日本からハワイまでの6,300km、移動平均速度を5knot(=9.26km/h)と設定した。観測機器については大気ガス成分およびエアロゾル分析計とエアロゾル・サンプラ、および気象観測機器を搭載する。さらにエアロゾルが海洋表層に落ちて植物プランクトンの生育を促進する可能性についての指摘を確認する目的で、海洋表層の物理・生物情報を収集できるセンサを搭載することとした。

これらの条件を満たすことで、海洋上の大気エ

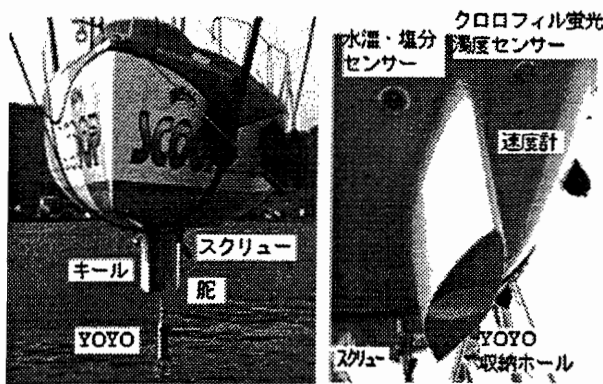
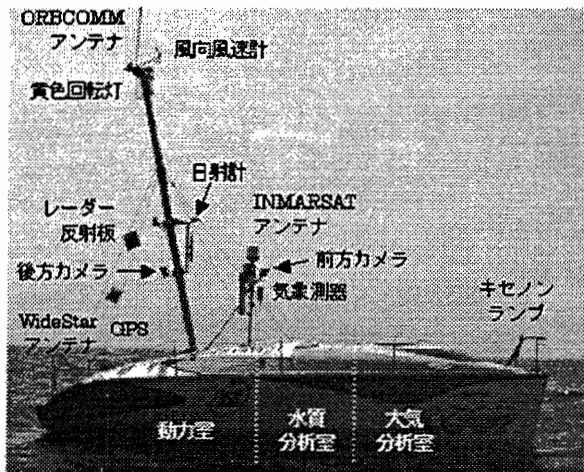


図1 かんちゃんの概観(上:全体の概観, 左下:船底部とYOYO, 右下:船底センサ)。

アロゾルの観測基地として、観測船と同様な移動性能を持ち、係留ブイと同様に長時間、定点に留まることができる機能も有する無人観測船の実現を目指した。船体設計および船体移動制御システム設計はヤマハ発動機(株)、通信系を含めた無人観測船全体の制御システムおよび大気観測機器の開発は紀本電子工業(株)、海洋表層観測測器の設計はアレック電子(株)が担当した。船名は機能面よりSCOOP(Self Cruising Ocean Observation Platform)とし、環境を監視する意味をこめて愛称を「かんちゃん」と命名した。

2.2) 概要

図1に開発した無人海洋大気観測艇「かんちゃん」の外観を、表1に主要諸元を示す。本体は全長7.99m、全副2.80mのFRP製単艇体市販ヨットを基礎として製作した。十分な電力を確保するために内部にディーゼルエンジンを搭載して発電機を

表1 かんちゃんの主要諸元。

主要寸法	大きさ	7.99m(L)×2.80m(B)
	最大排水量	3.5 ton
仕様	構造	FRP
	推進力	DCモータ+プロペラ
	発電機	ディーゼルエンジン DC発電機(24V, 1.2KW), AC発電機(100V, 1.2KW)
	燃料	軽油(700L×2)
性能	速力	4 knot(平水時)
	航続時間	700時間(無保守)
	最大傾斜角	124度
観測機器	表層海水 & YOYO	塩分, 水温, 濁度, クロロフィル蛍光
	気象	気温, 湿度, 気圧, 風向・風速, 日射量
	大気	NO ₂ , SO ₂ , NH ₃ , O ₃ 分析 粒子計, エアロゾル・サンプリ
航行安全装置	レーダー反射板(2個), Webカメラ(2台)	
通信機器	Wide-Star, INMARSAT, ORBCOMM, 無線LAN	

駆動し、直流24Vおよび交流100Vを供給している。直流電源は一旦鉛蓄電池に充電して、航海計器、各種センサ、船体制御コンピュータおよび推進モータに供給される。交流電源は主に大きな電力を必要とする大気観測機器用電源として供給されている。このエンジンは設計上700時間無保守で動作する。両舷には各々700kLの燃料タンクを持つ。排気ガスは大気観測に支障をきたさないように水中に排気している。開発当初は補助電力源として風力発電機1機を装備していたが、ディーゼルエンジンにより充分な発電量が得られることから、これを撤去した。

デッキは完全に密閉され、内部は水密壁により3区画に分離されている。船首部には大気分析機器とデータ収集・通信を制御するサーバーコンピュータが設置されている。中央区画は船底キールの直上に位置し、表面海水の分析装置を設置した湿室となっている。船尾部にはディーゼルエンジン、発電機、蓄電池などの動力源が設置されている。

スクリューの部分は航行中にしばしば流れ藻や魚網が絡んで航行不能となる事故が続いたため、2003年にスクリュー全体を保護するガードを取りつけた。

(a) 海水分析機器

中央区画のキール中央部には直径22cmの貫通孔があり、ここにウインチ昇降式のYOYOセンサシャトルが格納されている(図1下)。YOYOは図2に示すように圧力、水温、塩分、濁度、クロロフィ

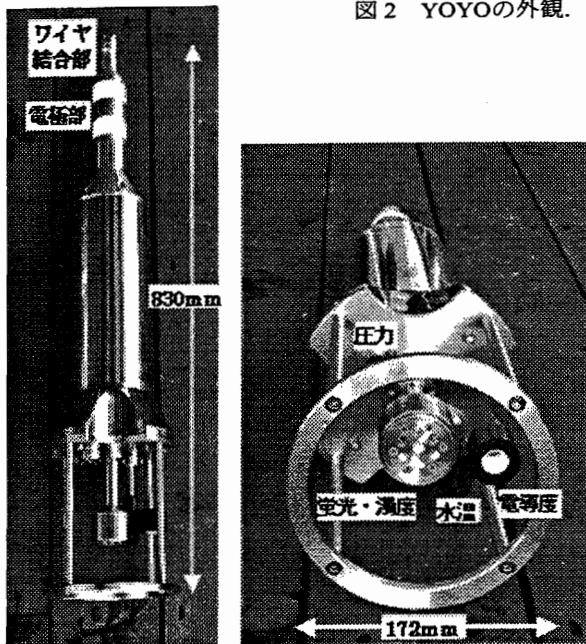


図2 YOYOの外観。

ル蛍光の各センサを持ち、ウインチによって水深100mまで降ろされ、水深0.1m毎に各パラメータを測定し内部メモリに記憶する。キール内に揚収されると先端部の電極が艇内データ読み出し電極(ランチャー)と接触しデータを読み出す。データ読み出しが終了するとYOYO内電池の充電が行われる。船底部にはYOYOと同様の水温・塩分、クロロフィル蛍光、濁度センサが埋めこまれている。

(b) 大気観測機器および気象測器

デッキ上には高さ4mのマストがあり、先端部には大気吸引口が装着されている。分析用大気はここから内径18mmのテフロンチューブを通して、船首部に収められた吸引ポンプで吸入され、NH₄、NO₂、SO₂、O₃分析計、粒子数計およびエアロゾル・サンプラに導かれる。大気ガス分析計は出港の前後に毎回現場にて標準ガスにより手動校正した。分析値は一定時間間隔で自動収集される。マスト先端部には風向風速計、中央部には照度計を備えている。またデッキ中央部には高さ1.5mのポールを備え、ここには気象観測機器(気温、湿度、降雨量、気圧計)が取り付けられている。

(c) 通信システムと艇内LAN

内部の機能構成を図3に示す。内部はサーバーコンピュータを中心とした通信およびデータ収集

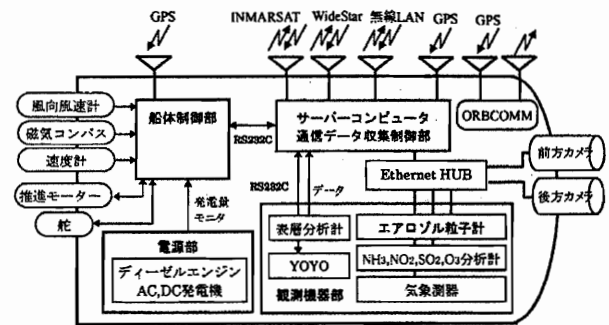


図3 かんちゃんの機能構成。

制御部、観測機器部、船体制御部、およびディーゼルエンジンを含む電源部からなる。移動制御、位置の監視および観測データの送信には衛星通信および無線LANを用いている。本艇にとって通信機能が途絶えると位置確認ができず、撤収不可能となる。このため、冗長度を持たせて3種類の衛星通信システムを装備した。通常は日本沿岸から200海里以内で利用可能なWide-Star衛星システム(NTT Docomo, 通信速度4,800bps)を用いる。Wide-Star衛星用モデムはしばしば動作停止状態となる現象が見られたため、定期的(4回/日)にハードウェア・リセットする回路を付加した。非常用として200海里海域から外れても通信可能なインマルサットマリンミニM(TT-3064A, Japan Digital Communications Ltd., 通信速度2,400bps)を装備した。港からの出港時など沿岸域での制御用として無線LANシステムも搭載した。さらに、サーバーを含めてすべての機能が停止して漂流状態となっても、位置だけは監視できるように、独立した蓄電池を電源としたGPS受信装置を含むORBCOMM通信システムを装備し、30分間隔で基地局に位置情報のみを送信できるようにした。船尾デッキ上には位置測位のためのDGPSアンテナ、衛星通信アンテナを装備している。ORBCOMM通信装置は出力電力が小さいため、艇内モーターからの電気雑音を最も受けにくいマスト先端部に設置した。

通信制御はサーバーコンピュータが管理しており、大気観測機器との間はハブを通してEthernetで結合されLANを構成している。観測された

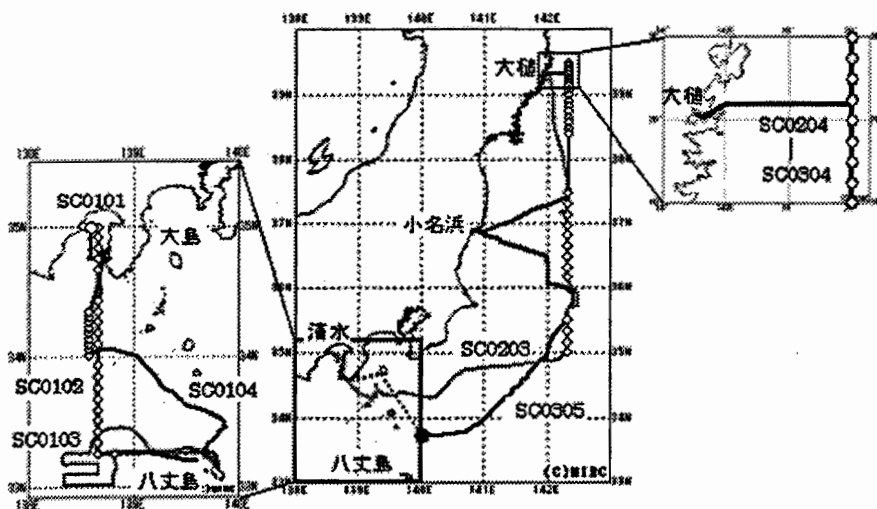


図4 かんちゃんによる無人観測航海の航跡(表2に対応)。○はYOYO観測を実施した場所を示す。

データは基地局から艇内サーバーコンピュータにリモート・アクセスして読み出すことができる。デッキ上の観測ポールおよびマストの途中にはそれぞれ前方および後方を監視するためのWebカメラ(MOBOTIX, ニチゾウ電子制御, およびKX-HCM1, Panasonic)を備えており, このカメラもEthernet上に接続され, 通信システムを通して基地局にて現場海況の映像をリアルタイムでモニタできる。GPS信号についても冗長化して, 船体制御コンピュータが使用するDGPS, ORBCOMM専用GPS, および簡易的に位置を確認するためのLAN接続されたカード型GPS受信機の3種類を装備した。一方, 海水分析機器および船体制御部とサーバー間はRS232Cにより通信されている。

(d) 船体制御

船体制御部は電源を含めて他のブロックから独立しており, 通信制御部からの移動位置の指示を受けとってGPSによる現在の位置と比較して舵を制御する。指定された位置の近傍(通常は半径50mの円内に設定)に到達するとモータ回転を止めて漂流状態に入る。この許容円を外れると自動的にモータを回転させ, 舵を制御して再度この円内に戻る。ただしYOYO観測の場合には, 観測が終了するまで漂流状態を継続する。

船体は設計上124度まで傾斜しても復元力を持っているが, 荒天状態が続くとエンジンが損傷を受ける可能性がある。このため, 傾斜角が60度以上になると自動的にエンジンを停止して漂流状

態となり, その後, 傾斜角60度以下の状態が10分間継続すると自動的にエンジンが始動する自己保全機能を持たせた。エンジン停止・始動に連動してサーバーコンピュータも停止・再起動し, エンジン停止中の位置はORBCOMM衛星通信によって監視できる。

移動制御には, 手動制御航行方式と自動航行方式の2種類を用意した。手動制御航行は舵角, モータ回転数, 前進後退のパラメータを逐次送信して制御する方法であり, 入出港時の細かな位置制御や緊急時の制御に用いる。任意の位置でのYOYO観測も手動制御を用いて停船させて観測を開始することができる。一方, 自動航行ではサーバーコンピュータ内に通信システムを通して複数の通過点およびYOYO観測点の緯度経度とその点での待機時間を記憶させ, その後, 出発指令を送信することで自動的に指定位置へ移動し, 指定時間だけ待機した後, 指示があればYOYO観測を行い, その後次の指定点へ向かう。YOYO観測では観測水深(最大120m)も指定できる。これにより, 定点において一定時間間隔でYOYO観測を繰り返すことも可能である。

また移動に関しては, 進行方位を目的地に向ける方位制御方式と, 船首方位を目的地に向ける船首制御方式を用意した。方位制御方式は流れの弱い海域では目標位置へ直線的に進むことができる。しかし黒潮のように強い流れに反して進む場合には船体が目標方位から大きくずれ, これを修

表2 かんちゃんによる全無人観測航海の概要.

観測期間			航海ID	海域	移動距離(km)	YOYO観測回数	伴走艇	特記事項
年	月日	日数						
2000	12/22-23	1	SC0001	奥浜名湖	6	0	ヤマハ	携帯電話通信、大気観測器感度不足
2001	3/1-4	2	SC0101	相模湾奥	48	14	丸十九	携帯電話通信、スクリューに藻絡む
	5/23-26	4	SC0102	清水-八丈島	326	20	エクブライト栄輝	全行程伴走、無線LAN制御、途中YOYO故障、黒潮横断より曳航
	8/26-30	5	SC0103	八丈島西方	296	3	成丸	カメラ搭載。YOYO故障、舵故障により救出曳航
	12/03-07	5	SC0104	八丈島-清水	324	17	沖幸丸 エクブライト栄輝	海表面センサ感度改善、NH4計停止
2002	4/12-15	4	SC0201	三保沖	19	19	第二南十字	定点観測。NH4計停止、YOYO破損。藻絡む
	5/30-6/3	5	SC0202	三保沖	6	52	第二北斗	定点観測。風力発電機撤去
	6/10-21	12	SC0203	清水-大槌	1,241	14	エクブライト栄輝 淡青丸	時化による電源断、復帰。魚網を絡めて停止・救出曳航
	9/9	1	SC0204	大槌沖	37	2	チャレンジャ、弁天丸	推進モータ故障、救出曳航
	11/5-6	2	SC0205	大槌沖	111	3	チャレンジャ、弁天丸	推進モータをオーバーホール、衛星電話故障・救出曳航
2003	4/1-4	4	SC0301	大槌沖	283	31	チャレンジャ	INMARSAT追加、スクリューガード付加
	4/14-18	5	SC0302	大槌沖	404	68	チャレンジャ	GPSモニタ、通信モデムリセット回路追加
	5/19-23	5	SC0303	大槌沖	319	48	チャレンジャ、蓬菜丸	レーダー反射板、カメラ追加。N-Start故障、舵故障・救出曳航
	6/16-19	4	SC0304	大槌沖	317	53	チャレンジャ	舵角制限装置付加
	9/17-10/5	19	SC0305	大槌-清水	987	19	チャレンジャ、岳みやこ	台風による避難、YOYO・交流電源・サーバーPC故障・救出曳航
合計					4,723	363		

正するために大きな舵角を指示する結果、しばしば船体が旋回運動を起こす。これような場合には船首制御方式に切り替えて逐次、方位を指示する。

2.3) 開発および実験経過

「かんちゃん」は2000年4月にヤマハ発動機新居工場で完成し、浜名湖での航行実験を繰り返す。2001年3月に相模湾において監視船を伴った2日間の本格的な実海域観測実験を最初に、本事業が終了した2003年11月までの期間に表2に示すように14回の観測航海を実施した。各航海の航跡を図4に示す。YOYO観測実施位置は図中の○印で示した。

2001年度は八丈島に基地を設けて、清水~八丈島間および八丈島西方の観測を実施し、主に三宅島からの噴煙を観測した(図4左)。SC0103, SC0104航海では八丈島近海において黒潮に対向して横断している。この付近での黒潮の最大流速は4.5knot程度あり、本艇ではこれを直線的に横断することができず、前述の船首制御方式により黒潮流軸に対して45~60度方向に流されながら進み、流軸を越えてから予定航路に復帰した。

2002年度は三保マリーナ(静岡県)を基地として駿河湾内にて定点観測を行い、6月には東京大学大槌臨海研究センター(岩手県)へ向けての回航観測SC0203を実施した。出港直後に駿河湾東

岸にて台風4号の通過を待ち、伴走船で新島まで曳航した後、無人航行を開始した。小名浜沖で低気圧の通過により大時化となり、約2時間の電源断状態の後自動復帰したが、さらに18時間後に廃棄魚網片をスクリューに絡めて動けなくなり、近くで観測中の淡青丸により曳航して大槌に入港した。

2002年9月から2003年6月までは大槌臨海研究センターを基地として、6回にわたり大槌湾沖40km、東経142度20分上で南北40~56kmの間を往復し、約5km~10km間隔でYOYO観測を行い、植物プランクトン分布の短時間での変化と水塊構造との関係、および季節的な増殖過程とエアロゾルとの関連について調査した(図4右上)。しかし2002年は推進モータ、衛星電話、舵角制御装置などの故障が発生し、これらを修理すると同時に、通信系の追加、強制リセット回路の追加などの改良を加え、2003年4月より本格的な観測を行った。

2003年9月には本事業の最終航海として大槌から清水までの観測を実施した。途中台風15号を回避するため福島県小名浜港に緊急入港し、台風通過後、再度航海を開始して黒潮を横断し、続いて到来した台風16号を洋上で耐えた。しかしその後も荒天が続き、衛星電話通信が途絶え、御蔵島東南東約50kmの点にてサーバーコンピュータも故障し、船体制御システムのみによる定点保持動

作を開始し、位置情報だけが ORBCOMM により確認できる状況となった。この状態で3日間強い西風に晒され、最大約18km東方に流されたものの、10時間後には定点に復帰する動作を繰り返した。しかし海況が好転せず、最終的に東京都水産試験場大島分場調査船「みやこ」に救援を仰ぎ、回収・曳航して大島波浮港に入港し、さらに伴走船「岳」により三保マリーナまで曳航して航海を完了した。

3. 海表面観測結果

3.1) 駿河湾内定点観測

SC0202 観測では三保半島沖約5kmの定点(北緯35度00分、東経138度35分)において98時間の連続観測を行い、水深90~100mまでのYOYO観測を48回実施した。YOYO観測結果を図5に示す。期間中に水温は表層で約2°C変化している。しかし、40~100mでは表層とは異なる約24時間周期の変動を示している。これはほぼ潮汐と対応している。塩分では表層約10mまでに沿岸からの低塩分水が存在するが、水深30~80mでは34.7psuの高塩分水が停滞していた。一方、クロロフィル蛍光は極大層がほぼ水温18.5~19.5°Cの層と一致しており、これも潮汐に対応した変動を示している。なお、クロロフィル蛍光の単位はウラニン色素溶液で校正した値($\mu\text{g/L}$)であり、現場採水分析による校正の結果、クロロフィル濃度($\mu\text{g/L}$)への換算には2.0を乗算する。

3.2) 黒潮横断観測

YOYO観測を含む黒潮横断観測は清水~八丈島観測(SC0102)および大槌-清水観測(SC0203)で実施した。図6はSC0102航海において東経138度40分上を駿河湾内から八丈島西方にかけての19点のYOYO観測を行った結果をまとめたものである。水温分布では駿河湾出口に黒潮分枝が入り、複雑な分布をした後、八丈島西方で徐々に上昇して黒潮本流に近づいている。これに対しクロロフィル蛍光は、駿河湾出口では表層にピークを示しているが、黒潮本流に近づくとともにピークが徐々に深くなっている。黒潮系水中は貧栄養であり、かつ光の透過率も高いため、植物プランク

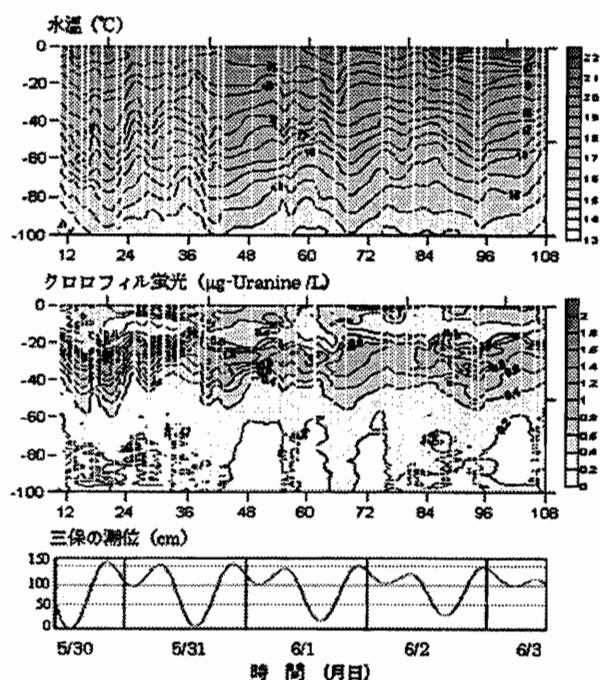


図5 三保沖定点(35°00' N, 138°35' E)観測による水温、クロロフィル蛍光の鉛直時間変化と三保の潮位(2001年5月30日~6月3日)。

トンは栄養塩が豊富で光も届く深度にピークが下がったものと考えられる。SC0203航海でも銚子沖で黒潮を横断した際に、クロロフィル蛍光のピークは水深40mに現れ、その北側では表層付近にピークを示した。

3.3) 三陸沖時系列観測

大槌沖は沿岸部に北からの津軽暖流が流れ込み、沖合では親潮が南下し、南から黒潮系水が入り込み、しばしば暖水塊も発生する複雑な海況を示す。図7はSC0301航海で得られた9時間毎の水温と塩分の鉛直断面の変化を測定した結果である。4月1日の水温鉛直断面図では南側の暖水塊と北側の冷水塊の境界面から暖水が楔状に約10km延びている。塩分でも同じ位置に高塩分水が楔状に張り出している。9時間後には暖水塊が南に移動し、暖水楔も薄れ、さらに9時間後には完全に消滅している。

このような変動は時間的、空間的に短い間隔でサンプリングすることで始めて捉えられる現象であり、「かんちゃん」の特徴を活かした観測結果である。

3.4) 黒潮・親潮混合水域観測

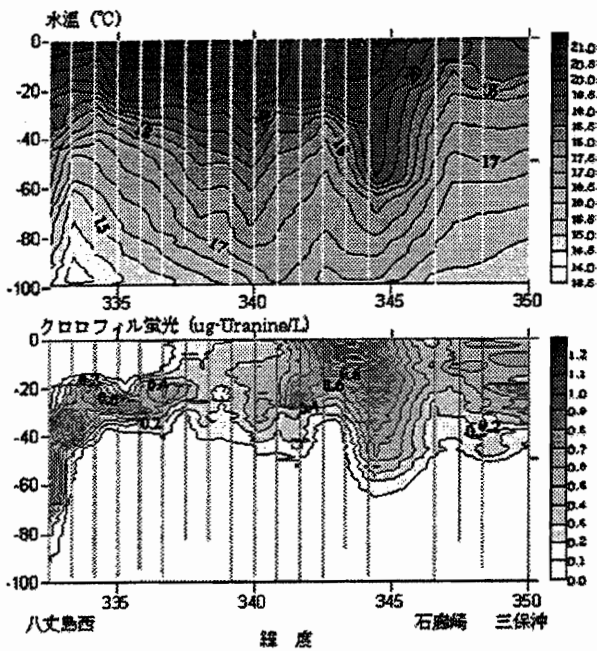


図6 清水-八丈島観測 (SC0102) で得られた東経 138 度 40 分に沿った水温, クロロフィル蛍光の鉛直断面。

大槌~清水観測では黒潮・親潮混合域を含めた複雑な水塊を観測した。大槌沖から宮城沖での YOYO 観測結果 (図 8) では, 大槌沖合 30m 深以下に高温・高塩分の黒潮系水が貫入しており, その両端では低温・低塩分の親潮系水が存在している。表層約 20m はほぼ均一に暖められ, 宮城沖では高温・低塩分の顕著な密度躍層が現れている。クロロフィル蛍光のピークは全域で密度躍層の位置と一致する水深 20~30m に存在する。北側では表層部分まで比較的高濃度である。濁度はクロロフィル蛍光と類似した分布を示している。しかし, 北側の水深 50m 以深の低温・低塩分水部分ではクロロフィル蛍光は弱いにも関わらず, 濁度が高くなっている。この部分は動物プランクトンまたは植物プランクトン以外の懸濁物の存在を示唆している。図 9 は YOYO 観測によるクロロフィル蛍光と濁度との関係を示したものである。黒潮系水の混入している北の測点 (39° 10' N 以北) では蛍光に比べて濁度が高く, 大型の植物プランクトンおよび動物プランクトンまたは懸濁物が多いと考えられる。一方, 南側の測点では濁度に比べて蛍光強度が高いことから, 小型の植物プランク

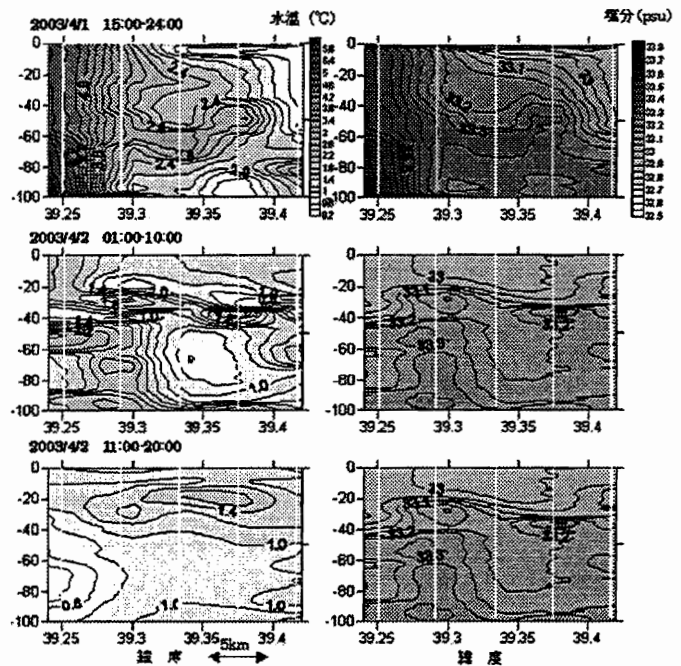


図7 SC0301 航海で得られた大槌沖での水温 (左), 塩分 (右) 鉛直分布の短時間変動 (上段: 2003 年 4 月 1 日 15:00-24:00, 中段: 2003 年 4 月 2 日 01:00-10:00, 下段: 2003 年 4 月 2 日 11:00-20:00)。

ンが多いと考えられる。この結果は低温域で小型の植物プランクトンが増加する報告と一致する。

4. まとめと展望

「かんちゃん」は表層海水とエアロゾル分析を主目的として種々の観測機器を搭載し, 多くの成果を挙げた。「かんちゃん」の特徴の一つは定点観測にある。流速が特に速い海域でない限り, 係留索を使うことなく正確に定点を保持でき, 短い時間間隔で水塊の鉛直構造を調査することが可能である。これは係留ブイに比べてコストパフォーマンスが高く, 係留位置も自由に選択でき, 非常に効率的な観測が可能である。係留にかかる費用についても非常に安価である。移動観測に関しては電力供給の制限から速力を上げる事ができず, 黒潮など早い海流に遭遇した場合には直進が困難となるが, 黒潮以外の日本周辺海域であれば, ほぼ自動制御可能であり, 時間・空間的に細かな測定間隔で観測することで, これまで得られなかった詳細な水塊の変動を調査することが可能である。

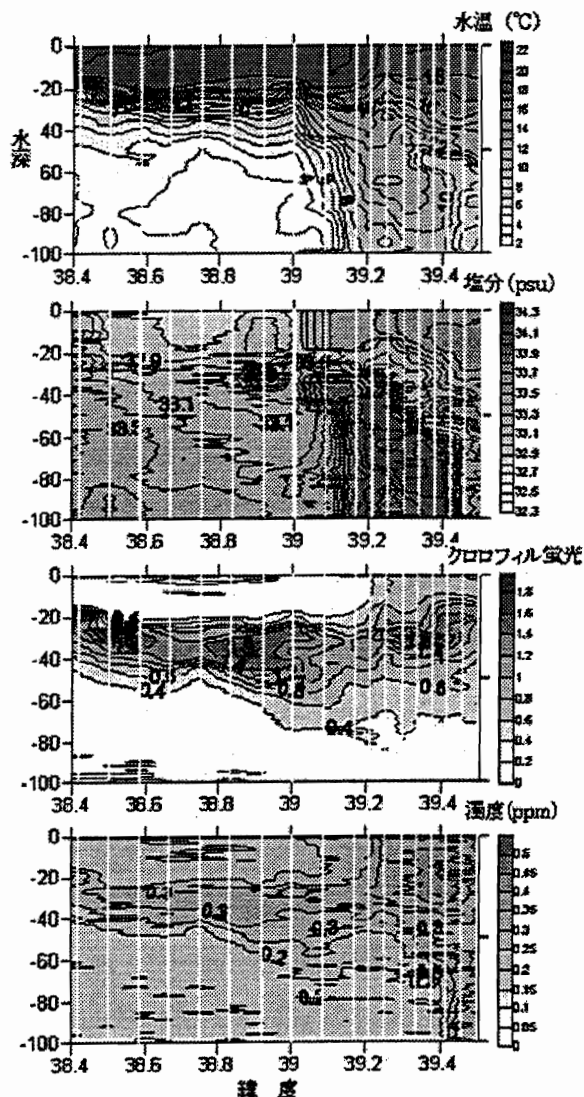


図8 大槌-清水観測 (SC0305) で得られた大槌沖~宮城沖のYOYO観測結果 (上から順に水温, 塩分, クロロフィル蛍光, 濁度).

「かんちゃん」は製作完了後、実海域実験を経て、種々の問題点・改善点が明らかとなり、改良を重ねることで完成に近づいてきた。観測船を無人で外洋まで航行させるためには、まず自船の位置を監視でき、確実に移動制御できることが必要である。このためには通信、移動制御に関する機器類に関し、冗長系を用意し、かつ自己診断・自己修理機能を具備することが重要である。また無人航行の制御はコンピュータを通して実施するものの、特に荒天時や早い海流の中では経験を積んだ航海制御技術が要求される。

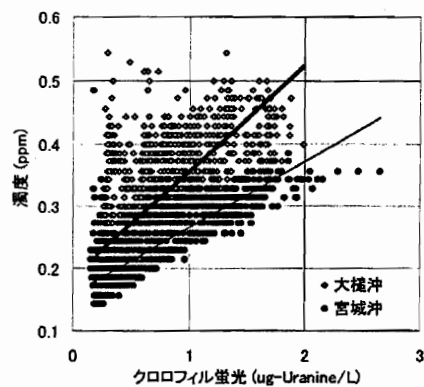


図9 SC0305航海でのYOYO観測によるクロロフィル蛍光と濁度との関係。北側 (39° 10' N以北) とその南側で分割。

無人観測の最大の利点は人間が接近困難な危険海域での観測や、人間が介在すると測定困難な物質の測定を行える点にある。荒天時でも観測可能となる性能を持つことも重要である。しかし、反面、他船舶との衝突の危険も大きく、運用時には細心の注意とともに関連組織の理解と協力を得ることが不可欠である。本事業では各航海実施に際し、海上保安庁、管轄の海上保安部、関連漁業協同組合、海岸無線局、(社) 船主協会、(社) 日本旅客船協会に協力を求め、航海中は毎日、現在位置と海況、および今後の予定を連絡し、関連船舶への通報を依頼した。各組織の皆様のご協力に心から感謝の意を表す。

現在「かんちゃん」は三保マリーナにおいて、最終航海で受けた多数の破損個所の修理を待っている状態にあり、2004年3月にはすべての修理を完了する予定である。すでに本事業の予算が打ち切られ、大気観測機器はすべて取り外されたため、今後は主に駿河湾内にてYOYO観測に基づく植物プランクトンの分布変動を調査する予定である。

地球環境を把握するための基礎は海洋観測である。調査船による観測は人件費を含めて膨大な費用を必要とする。無人観測船が実用化され、定期的な観測が実現できれば海洋のより詳細な把握が可能となる。各地の水産試験場などが実施している沿岸域の定線観測も無人観測船で代用可能であり、漁業にも大きな貢献ができる。近い将来、各地の港に無人観測船が配備され、様々な用途で活躍する事を期待する。

□