

赤潮・貧酸素をリアルタイムに観測する野見湾漁場環境情報システム (nomi BAY WATCH SYSTEM) の開発

上野成三*・永田良助**・山崎英活***・中山哲厳****

養殖漁場で発生する赤潮や貧酸素化を早期に発見し水質災害の被害を軽減することを目的とした漁場環境情報システムを開発した。対象海域は高知県須崎市に位置する野見湾で魚類養殖が盛んな海域である。本システムは、湾内の 3 点に配備した観測局において水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル、濁度の 5 項目について海面から海底までの鉛直分布を 1 時間間隔で連続モニタリングし、ケーブルテレビ、インターネット、携帯電話を通じてリアルタイムに情報発信するものである。本システムにより、従来困難であった水質項目の鉛直分布連続データが取得でき、赤潮や貧酸素化の発生や消滅などの動態把握が可能となった。

1. はじめに

全国の養殖漁場で水質災害による被害が拡大する中、赤潮や貧酸素化を早期に発見できる環境モニタリングシステムが求められている。現在、我が国の海洋観測システムは、高知県沖、静岡県沖、陸奥湾、三河湾など多くの海域で運用中であるが、そのほとんどが波浪、流速・流向、水温などの物理情報に限定されているか、一部のシステムで溶存酸素が導入されている程度であり、赤潮や貧酸素化の監視に必須な水質情報が極度に不足している。また、海外では、ギリシャの POSEIDON システムが波浪、流動、水温、塩分、クロロフィル、溶存酸素といった総合観測を実現しているものの、観測層数も 1～3 点の固定層に限定されている (National Center for Marine Research Institute of Oceanography, 1999)。一方、佐々木ら (2001) は水質の鉛直分布が可能な観測システムを開発し赤潮の発生過程に関する貴重な動態データを取得している。水質の鉛直分布データが常時得られれば、植物プランクトンの鉛直移動や底層から貧酸素化の発生など水質変化の動態を把握でき、赤潮や貧酸素化を早期に発見が可能となり水質災害の軽減に貢献すると考えられる。

そこで、本研究ではこれらのニーズを満たす新たな観測システムを開発し、高知県須崎市野見湾に導入して運用を開始した。本システムは水質の鉛直分布データを常時モニタリングし、ケーブルテレビ (以下、CATV と呼ぶ)、インターネット、携帯電話にリアルタイムに情報発信するもので、その新規開発した内容と観測データの一例を報告する。

2. 野見湾の概況

野見湾は高知県の須崎湾の湾口東側に位置した海域面積約 4 km²、平均水深 18 m の半閉鎖性湾である (図-1)。野見湾の流動特性は古くから研究されており、内部潮汐の湾内侵入により活発な海水交換が行なわれることが明らかにになっている (中村・萩野, 1979)。また、最近、水工研の研究グループによる連続観測が実施され、内部潮汐による海水交換や赤潮の発生・消滅の精緻な実態が解明されつつある (山本ら, 2002)。

野見湾は高知県下で有名な海面養殖漁場であり、タイ、ハマチ、カンパチ、シマアジなど 300～400 万匹の魚類養殖が行なわれている。しかし、漁場老朽化によりここ数年で赤潮、貧酸素化、感染症が多発するようになり、平成元年から平成 10 年までの 10 年間の総被害額は約 10 億円にも上っている。現状の赤潮被害を低減する対策としては、赤潮の発生初期段階での餌止めや養殖生簀の湾外退避が行なわれており、赤潮の早期発見が重要なポイントとなる。現在、高知県水産試験場の定期調査 (月 1 回) や漁業者の自主調査により漁場環境の把握に努めているものの、広大な海域で、かつ、海底から発生する赤潮を早期に発見することが困難なことから、赤潮や貧酸



図-1 野見湾の海底形状

* 正会員 工修 大成建設(株)技術センター土木技術研究海洋水理研究室 主任研究員

** 須崎市水産課 課長補佐

*** 須崎市水産課 技幹

**** 正会員 工修 (独法)水産総合技術研究センター水産工学研究所海洋水理研究室長

素化の早期発見が可能なりアルタイム観測システムの導入が望まれていた。

3. 漁場環境観測システム

3.1 全体システム

全体システムは観測局、陸上受発信局、CATV局、高知県水産試験場（以下、水試）で構成される（図－2、表－1）。観測局として野見湾の湾口・湾央・湾奥に3基の観測ブイと筏を設置した。データ転送は、観測局と陸上受発信局の間で無線方式、陸上受発信局とCATV局の間で光ケーブル方式を採用し、観測データの通信と観測局制御の双方向通信を行なう。観測データはCATV局のサーバーシステムに転送され、データの品質管理後データベース化され、毎時間のCATV放送、インターネット、携帯電話を通じてリアルタイムに情報提供される。また、水試では警報情報をCATV放送へ発信する機能や、観測データベースによる解析が可能である。湾口観測ブイにはGPSシステムを登載し須崎市役所にてブイの位置情報を確認できる。

3.2 観測システム

湾口ブイと湾央・湾奥筏の観測局を写真－1に、観測センサーを写真－2に示す。観測システムの構成を表－2に示す。観測項目は、水温T、塩分S、溶存酸素DO、クロロフィル、濁度で、1時間間隔でウィンチにより観測センサーを自動昇降させて鉛直分布を観測する。観測ゾン

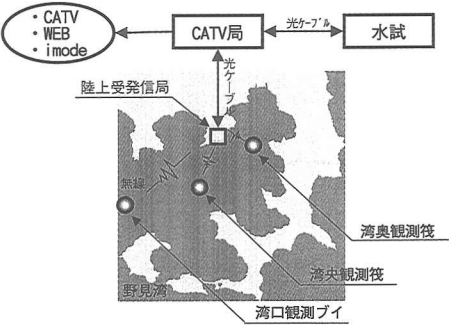
デの鉛直位置制御は水深センサーによって行い、潮流によりゾンデが流された場合でも所定的水深で計測が可能である。また、水面検知と海底検知センサーを導入して海面の直下0.3mから海底の直上0.5～1.0mまでを1m間隔で計測する。水質の長期観測で問題となるセンサー劣化に対して、DO・Sセンサーにポンプ循環型チャンバー方式の生物付着防止対策を採用した。これは、センサーをチャンバー内に格納し計測時のみ海水をポンプ通水するもので、東京湾で事前観測を行い約1ヶ月間良好なデータが得られた（図－3）。なお、クロロフィル・濁度センサーは、上野ら（1999）による英虞湾の長期観測で実績のあるワイパー付きの光学式センサーを採用し

表－1 全体システムの構成と仕様

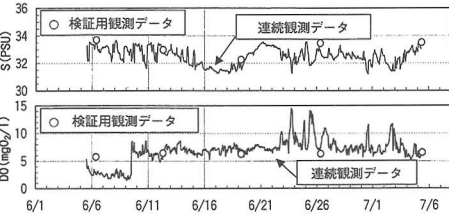
項目	構成、および、仕様
海上観測局（3基）	湾口局：鋼製ブイ（径3m×高3.6m） 湾央局・湾奥局：再生プラスチック製筏（長4.5m×幅4.5m×高2.7m）
観測システム	観測項目：水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル、濁度 観測層：海面下0.3mから海底上約0.5mまでを1m間隔 観測時間：1時間間隔、任意時間の臨時観測も可能 観測局位置情報（GPS）
データ通信方法	海上観測局-陸上受発信局間：特定小電無線方式 陸上発信局-CATV局間：光ケーブル通信方式 CATV局-水産試験場間：光ケーブル通信方式 観測局位置情報（GPS）：携帯電話通信方式
CATV局	観測システムの制御機能（観測、データ通信） 観測データの品質管理機能 ケーブルテレビ自動放送機能（1時間毎24時間連続放送） インターネットWEB機能（ http://nomi-bw.scav.co.jp ） 携帯電話情報発信機能（ http://nomi-bw.scav.co.jp/nomi_i ） 観測データベース機能
水産試験場システム	CATV放送へのテロップ転送 観測データベース・解析機能
須崎市役所システム	観測局位置情報確認機能（GPS端末）

表－2 観測システムの構成と仕様

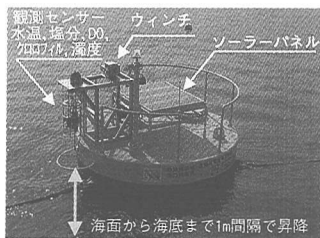
観測ゾンデ	観測項目	センサータイプ	測定範囲 測定精度	生物付着 防止対策
第1 ゾンデ	水温	白金測温 抵抗体	-5～45℃ ±0.05℃	なし
	塩分 （電気伝導度）	電磁誘導 セル方式	0～60 mS ±0.05 mS	ポンプ循環型 チャンバー 方式
	溶存酸素	ガルバニ 電極方式	0～15 mg/l 0.05 mg/l 以下	
	深度	半導体式水圧 センサー	0～30 m ±0.1 m	なし
第2 ゾンデ	クロロ フィル	蛍光後方 散乱方式	0.01～200 μg/l 0.1%	ワイパー 方式
	濁度	赤外後方 散乱方式	0～100 ppm ±2%FS	
その他	海面検知	電気伝導度 スイッチ		
	海底検知	マグネット スイッチ		



図－2 全体システムの構成



図－3 チャンバー型DO・Sセンサーの性能確認観測（東京湾）

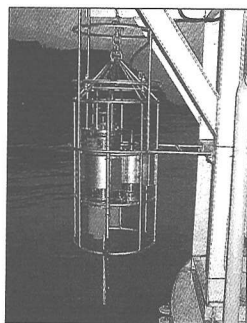


(a) 湾口観測局

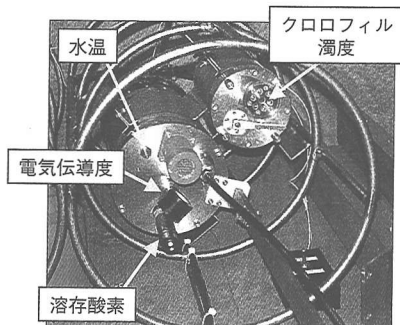


(b) 湾央・湾奥観測局

写真-1 観測システム



(a) 観測ゾンデ全景



(b) 各観測センサー

写真-2 観測センサー

た。また、鉛直分布観測では DO センサーの低応答性が問題となるので、本システムでは比較的応答性の高いガルバニ電極型の DO センサーを採用し、各層で 40 秒間待機後、5 秒間計測する制御方法を行い DO の計測精度を向上させた。なお、本観測システムはアレック電子社に特注製造を依頼した。

3.3 情報発信システム

CATV, インターネット, 携帯電話で提供される観測データは漁業者や一般市民が直感的に把握できるような表示方法に注力した。各水質項目の時系列, 湾全体の鉛直分布, 赤潮や貧酸素化の進退が分る鉛直分布の時間コンターなどのグラフィック表示機能を整備した。後に示す図-5, 図-6 は本システムのデータ表示機能をそのまま用いて作成したものである。また、本システムの情報発信内容については、インターネット (<http://nomi-bw.scatv.co.jp>), 携帯電話 (http://nomi-bw.scatv.co.jp/nom-iweb_i/) を参照されたい。

4. 観測データの一例

4.1 植物プランクトン, 溶存酸素の長期連続観測

本システムの観測データから得られた植物プランクトン (クロロフィル換算値) と DO の時系列を図-4 に示す。観測位置は湾奥観測局で表層 (水深 1 m) と中層 (水

深 10 m) のデータを示した。クロロフィル値の増大が 3 月 18 日前後, 4 月 5 日前後, 5 月 13 日前後, 5 月 20 日前後に見られ, 春季のブルーミング現象を捉えている。また, このブルーミングの時期に対応して, 植物プランクトンの光合成に伴う DO の増大現象が捉えられている。さらに, 5 月 13 日前後, および, 5 月 20 日前後のブルーミングの現象を詳しくみると, クロロフィルの日レベルの経時変化において表層と中層でピークの発生時間がずれることが分る。これは, 渦鞭毛藻類などの鉛直運動を行なう植物プランクトンの発生を示していると考えられる。一方, 3 月 18 日前後, 4 月 5 日前後では表層と中層でクロロフィルのピーク時間にずれがないことから, 珪藻などの鉛直運動を行なわない植物プランクトンが発生していたと考えられる。

4.2 植物プランクトンの鉛直分布

植物プランクトンのブルーミングが発生していた 5/20 の 10:00 における植物プランクトン (クロロフィル換算値) の鉛直分布を図-5 に示す。湾口部, 湾央部, 湾奥部の順で植物プランクトン濃度が増大し, 野見湾の赤潮は湾奥部から発生することが分る。また, 湾奥部, および, 湾央部の鉛直分布のピークは表層のやや下層で生じている。この植物プランクトンのピーク発生位置は日中に上昇し, 夜間に下降することが連続観測データより確

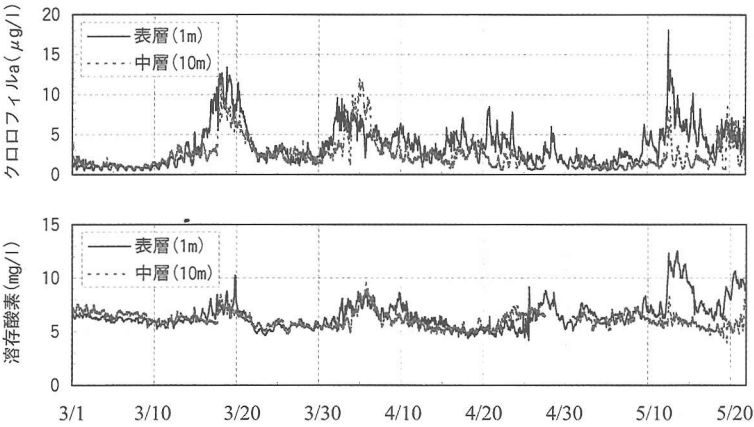


図-4 植物プランクトン・DOの時系列 (湾奥観測局)

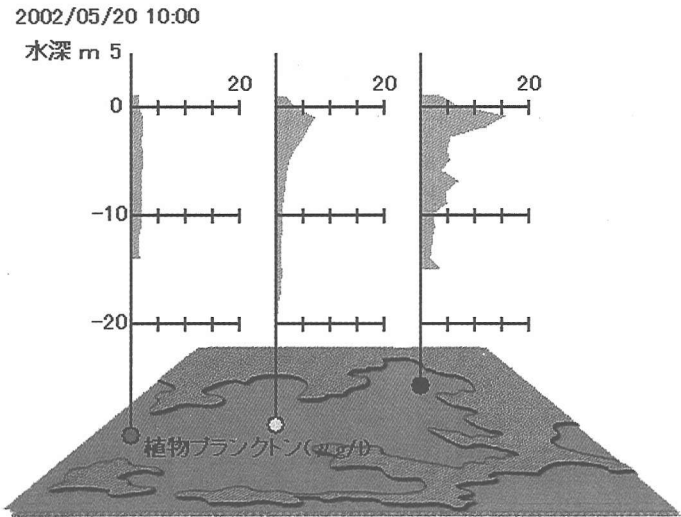


図-5 植物プランクトンの鉛直分布

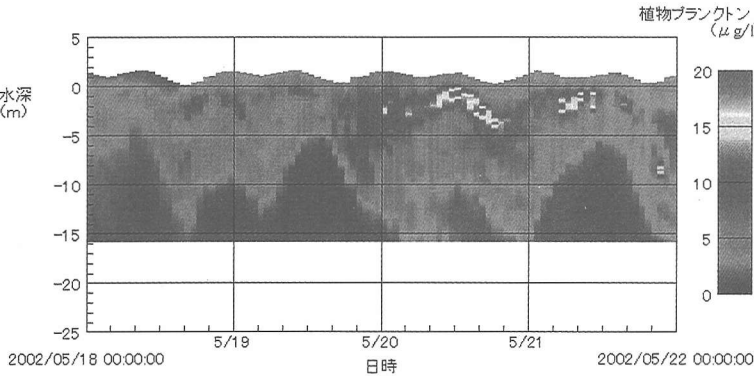


図-6 植物プランクトンの鉛直分布コンター (湾奥観測局)

認されている。なお、本システムのインターネット WEB では鉛直分布のアニメーション機能を整備し、赤潮や貧酸素化の動態把握が可能なものとなっている。

4.3 植物プランクトンの日周変動

湾奥観測局における 5/18 から 5/22 までの植物プランクトン (クロロフィル換算値) の鉛直分布の経時変化をコンターとして示した (図-6)。時間変化 (鉛直分布を濃度変化として、5/18 では全層で低濃度であったのに対して、5/19 から表層付近で急激に濃度が増加し、5/20、21 では全表層から中層で高濃度となり赤潮状態となった。さらに、植物プランクトンのピーク層の位置が明け方から日中にかけて上層し、日没から夜間にかけて下降の様子が明確に捉えられている。よって、今まで観測が困難であった植物プランクトンの日周変動が本システムにより容易に把握できることから、赤潮の早期発見のみならず、赤潮動態に基づいた漁場管理が可能になると期待される。

5. ま と め

高知県須崎市の野見湾を対象とした漁業環境観測情報システムを開発し、平成 14 年 4 月より運用を開始した。

本システムは、湾内の 3 点に配備した観測局において水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル、濁度の 5 項目について海面から海底までの鉛直分布を 1 時間間隔で連続モニタリングし、ケーブルテレビ、インターネット、携帯電話を通じてリアルタイムに情報発信するものである。既に得られた本システムの観測データから、春季の植物プランクトンのブルーミング、植物プランクトンの日周運動などの従来では観測困難であった現象が明確に

把握できることが確認できた。今後、本システムの運用により赤潮や貧酸素化の動態監視レベルが著しく向上し、今後、養殖漁業の水質災害の回避が可能になると期待される。また、本システムで蓄積された観測データが解析することにより、養殖漁場の環境改善対策の立案にも寄与できると考えられる。

謝辞：野見湾漁場環境情報システムは須崎ケーブルテレビ株式会社、芙蓉海洋開発(株)、アレック電子(株)、ハイテック(株)、ダックケーブル(株)、高知漁連、高知県水産試験場のご協力により完成した。関係各位に謝意を表する。

参 考 文 献

- 上野成三・灘岡和夫・高山百合子・片倉徳男・岡田美穂・関根義彦・勝井秀博 (1999): 水質環境の動的変化に着目した英虞湾の現地観測, 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp. 1051-1055.
- 海洋科学技術センター (1979): 須崎野見浦の内湾漁場改良基礎調査表, 80 p.
- 高知県水産試験場 (1999): 平成 11 年度高知県水産試験場事業報告書, 255 p.
- 佐々木淳・渡邊亮太・磯部雅彦・五明美智男 (2001): 自動昇降式観測システムを用いた冬季の東京湾湾奥における基礎生産の推定, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp. 1091-1095.
- 中村 允・萩野静也 (1979): 密度成層流体中の海水交換機構に関する研究, 第 26 回海岸工学講演会論文集, pp. 544-548.
- 山本 潤・中山哲蔵・時吉 学・宮地健司 (2002): 野見湾における夏期の流況と水質変動に関する現地観測, 海岸工学論文集, 第 49 巻, pp. 1086-1090.
- National Center for Marine Research Institute of Oceanography (1999): POSEIDON SYSTEM Monitoring, Forecasting and Information for the Greek seas, <http://www.poseidon.ncmr.gr/poseidon.mainframe4.html>.