

B-27 東京湾奥部における航路を発生源とした 青潮イベントの観測

○伊藤 比伽留^{1*}・中村 由行²・田中 雄介³・田中 陽二⁴
山本 修司⁵・鈴木 崇之²

¹横浜国立大学大学院都市イノベーション学府（〒240-8501 神奈川県横浜市保土ケ谷区常盤台79-1）

²横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院

³日本水工設計株式会社（〒104-8656 東京都中央区勝どき3丁目12番1号フォアフロントタワー）

⁴東京都市大学講師 工学部都市工学科（〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1）

⁵東京都庁（〒163-8001 東京都新宿区西新宿2-8-1）

* E-mail: ito-hikaru-gt@ynu.jp

1. 背景

東京湾は流入水質汚濁負荷が大きく、閉鎖性水域であるために様々な水質問題が起きている。夏季を中心として底層の水塊は無酸素化し、8月から10月に連吹する北東風の影響で表層付近の海水に離岸流が発生すると、それを捕うように硫化物イオンを含む無酸素水塊が沿岸部に湧昇し、青潮が発生する。青潮は魚介類や貝類の大量へい死を引き起こすことから重大な水質問題の1つとして認識されている。しかし、青潮は突発的な自然現象であるため、その予測が困難である。そのため、これまで数多くの現地観測がなされてきたが、青潮発生中、もしくはその前後のデータが少なく、青潮生成機構には不明

な点が多い¹⁾。そこで、本研究では青潮のイベントをとらえ、一連の現象を正確に把握することを目的とする。

2. 研究方法

青潮発生のタイミングで観測を行うために、岸壁から連続的に水質調査を行なった(岸壁観測)。青潮の発生が高頻度で報告されている千葉本港から三番瀬周辺を中心にStn.1は千葉ポートパーク、Stn.2は検見川浜、Stn.3は市川塩浜に設定した(図-1)。観測方法は水質計(AAQ171, JFEアドバンテック社製)および採水用バケツを岸壁より垂下しながら行った。

岸壁観測に併せて東京湾湾奥を中心とした船上調査を計4回実施した(船上観測)。千葉航路沿いに6点、船橋航路上に2点、それ以外の観測点は二つの航路を結ぶ面的

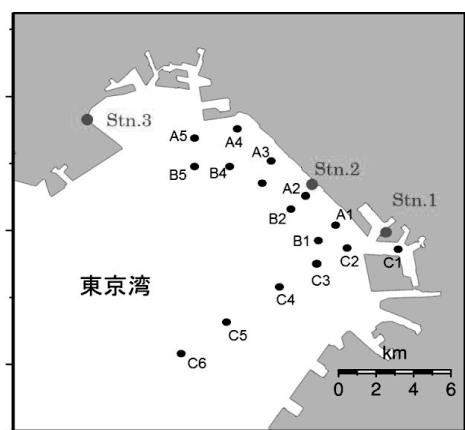


図-1 観測地点

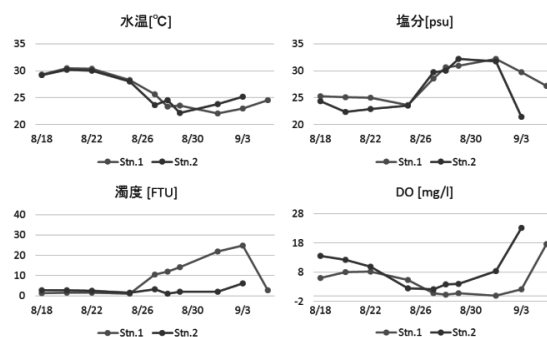


図-2 岸壁観測による各水質項目の時系列変化

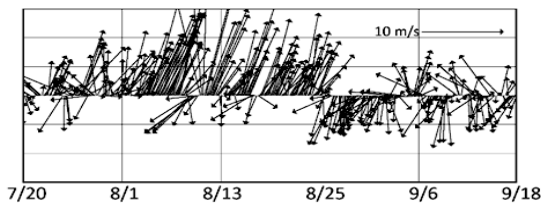


図-3 7月から9月の千葉波浪観測塔における平均風況

な位置で行なった(図-1)。船上観測では岸壁観測同様、水質計を用いた観測に加えて溶存硫化物分析用の採水を行なった。試水には採水後ただちにアルカリを加えて容器を密閉して実験室に持ち帰り、メチレンブルー吸光度法を用いて溶存硫化物の分析を行った。

3. 結果

(1) 岸壁観測

岸壁観測の各観測項目の時系列変化を図-2に示す。Stn.1では海水が青白く着色する現象が8/27～9/3に確認され、Stn.2、Stn.3では青潮特有の青白い濁りは視認できなかった。この青潮は8/26から連吹した北東～北風(図-3)によって引き起こされたと考えられる。発生中は水温の低下、塩分の上昇、DOの低下など底層水塊の湧昇現象が確認された。青潮発生期間中でのStn.2の塩分・水温はStn.1と同様の変化を示した。また、Stn.1では青潮期間中に顕著な濁度の増加が観測されたが、Stn.2では濁度の上昇は認められなかった。つまり、Stn.1とStn.2ではどちらも底層の貧酸素水塊が湧昇していたものの、Stn.2では青潮に至らなかったと考えられる。また、青潮の着色現象は濁度として容易に検出可能であるといえる。

(2) 船上観測

船上観測では青潮発生の前後のデータを得ることができた。8月25日、9月11日におけるCライン(千葉航路沿い)の各観測項目の縦断面グラフを図-4示す。

8月25日(青潮発生前)の縦断面グラフを見ると、水温、塩分、DOでは明確な層構造をとり、密度躍層の生成が確認できた。9月11日(青潮発生後)になると水温・塩分ともに躍層が弱くなっていることが分かる。青潮発生前にあった貧酸素水塊は青潮解消後には貧酸素水塊の層厚の減少が見て取れた。

青潮発生直前の8月25日における各水質項目及び溶存硫化物濃度の鉛直分布を図-5に示す。濁度に注目すると、中間層で極大値をとっていることがわかる。濁度の極大値はDOが0付近の層に一致しており、そこでは溶存硫化物濃度は低い値を取るが、その層より深い地点で硫化物濃度が上昇していることが分かる。

これらのことから硫化物が蓄積している無酸素層と酸

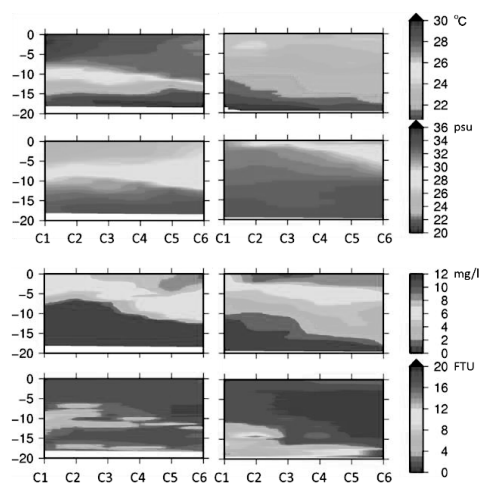


図-4 船上観測 縦断面図(左側が8月25日、右が9月11日)
上から水温、塩分、DO値、濁度)

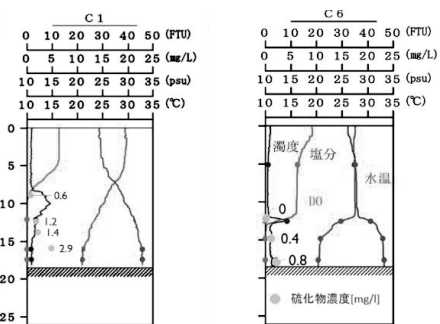


図-5 多項目水質計による水質測定結果に溶存硫化物濃度の分析値を加えた水質鉛直分布図

素を含んだ層の境界、つまり躍層付近で硫化物が酸化され、硫黄粒子が生成・蓄積されていることが推測される。単体硫黄は青潮の青白く濁る原因であり¹⁾、この躍層付近における硫黄粒子も濁度計に捉えられていたと考えられる。

4. 解析

青潮は底層水中の硫化物が湧昇流の影響で表層付近まで浮上し、溶存酸素と反応して形成すると考えられてきた¹⁾。しかし、今回躍層付近には湧昇前に単体硫黄が既に存在していることが強く示唆された。そこで単体硫黄の起源が課題となる。つまり、Stn.1で8月27日に観測された青潮水中の硫黄粒子は、8月25日に千葉航路内に蓄積していた硫化物が湧昇後に反応して生成したものか、もしくは既に存在していた単体硫黄が単に湧昇現象によって輸送されたものである可能性がある。今回の観測では単体硫黄濃度を直接計測していないため、濁度を硫黄

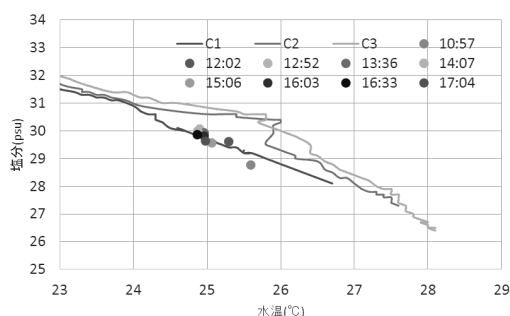


図-6 TS-ダイアグラム図(8/27岸壁観測, 8/25船上観測)

粒子濃度の代替指標とした。

まず、青潮水塊の起源を推定するためにT-Sダイアグラムを用いて、8月27日の各時刻Stn.1の鉛直水質データ(青潮水塊)と、8月25日船上調査鉛直水質データ(高濁度水塊)をの水塊構成を比較した(図-6)。時間が経過するとともに高塩分・低水温側に変化しており、12:52以降は比較的同じ水温・塩分であることが分かる。またそれらはC1の水塊構成と似た水塊構成を持っていることが分かる。このことから8月27日のStn.1における青潮水塊は8月25日にC1付近にあった水塊起源だと推定した。

次にStn.1における各時刻の濁度とその水塊と近い水温・塩分を持つC1の濁度の比較を行なった(図-7, 8)。その上で、湧昇前に存在していた硫黄粒子が占める割合を、以下の式によって求めた。

$$\frac{\text{青潮前の高濁度水塊の濁度}}{\text{青潮の水塊の濁度}} \times 100$$

図-7よりStn.1の濁度は14:37頃まで増え続け、その後は15から20前後を保っている。一方図-8から、青潮発生直後は寄与率が高く、80%以上あることが分かる。その後寄与率は時間とともに低下し、14:37頃以降は50%前後に落ち着いている。

これらから、青潮発生直後では存在する硫黄粒子のほとんどが湧昇前に中層の躍層付近で生成されていたものと推定される。つまり、湧昇後に硫化物の酸化により生成された硫黄粒子の存在割合はこの時点では少ないと考えられる。しかし時間経過とともにStn.1で観測された青潮水塊が低水温・高塩分に変化していることから、次第に硫化物を多く含んだより深い水塊が湧昇、酸化され新たにイオウ粒子が生成されたと考えられる。そのため躍層付近に予め存在していた硫黄粒子の寄与が減少していることが考えられる。

5. まとめ

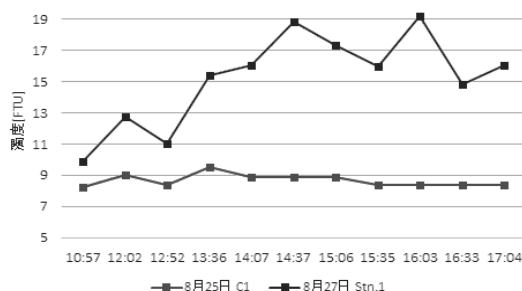


図-7 青潮水塊中の濁度と、対応した湧昇前の高濁度水塊中の濁度との比較

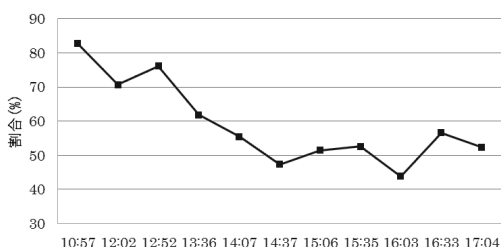


図-8 湧昇前に存在した硫黄粒子が占める割合の時系列変化

本研究では得られた主要な結論を以下に示す。

- 1) 陸上からの観測と船上からの観測を組み合わせることにより、2014年8月27日から東京湾奥部で発生した青潮について、発生前後の水塊構造の変化を捉えることができた。
- 2) 青潮が視認できた期間は濁度の上昇期間に一致し、濁度は硫黄粒子濃度の代替指標として有用であることが示された。
- 3) 青潮発生前後のTSダイアグラムによる水塊構造解析を行い、青潮発生直後には、存在する硫黄粒子コロイドのうち湧昇前に躍層付近で生成されていた割合がほとんどを占めていたが、発生から数時間経過した以降では湧昇後に硫化物が酸化されて生成したものの割合が大きくなったことが示唆された。

謝辞：本研究は環境省環境研究総合推進費「5-1404：人工構造物に囲まれた内湾の干潟・藻場生態系に及ぼす貧酸素・青潮影響の軽減策の提案（研究代表者：中村由行）」の助成を受けて行われたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 武田重信，二村義八朗，平野禮次郎：東京湾奥部に発生した青潮の光学的大体および生物・化学的特性，日本海洋学会誌，Vol. 47 (1991) No. 4 P 126-137, 1991