

東京湾奥部における船上観測による青潮の三次元構造の実態把握

東京都市大学 学生会員 ○宇野 佳朗

東京都市大学 正会員 田中 陽二

1. はじめに

青潮は、富栄養化した海域で発生することが広く知られており、東京湾でも特に湾奥で青潮が発生している。青潮は溶存酸素(DO)が少ない水塊が湧昇し、海水に含まれる硫化水素が大気酸素と反応し腐卵臭を発する現象である。青潮発生により魚類が窒息死してしまい、漁業に悪影響を与えるといった被害が発生している。青潮の対策として浚渫によるヘドロの除去等を行っているが、根本的解決に至っていない。このことから東京湾において青潮の発生を防ぐ環境にする事が今後重要である。

青潮に関する既往の研究¹⁾²⁾³⁾では、発生メカニズムについてはほぼ解明されているが、底層の貧酸素水塊が湧昇する明確な場所や、青潮発生時にはどのような水質変化をするのかは未だ解明されていない。また、東京湾における自動観測水質データを解析し、青潮の実態把握を目的とした研究事例¹⁾はあるが、船上観測より得た青潮発生時の水質データを用いた研究事例⁴⁾は少ない。船上調査を実施する利点としては、岸壁からでは測定できない湾内部の水質測定を行えるため、青潮発生時での水質の三次元構造を知る事ができる点が挙げられる。そこで本研究では、東京湾奥部で船上観測を実施し、青潮発生時における水質の三次元的な構造を解明する事によって青潮時の水質の挙動及び空間分布の解析を行う事とする。

2. 観測概要

本研究では東京湾湾奥部の計 16 地点にて船上調査を行った(図-1)。C1~C6 までは千葉航路となっており、A5 と B5 の直線状には船橋航路が存在している。観測地点の水深は 9 m~20 m 程度であり、船橋航路及び千葉航路では浚渫されているため周囲より水深が深くなっている。また、B4 は窪地となっており、水深が深く海水交換が行われにくい特殊な地形となっている。本研究では千葉航路延長上に存在する岸壁調査点である St.1(千葉みなと)も採用し、

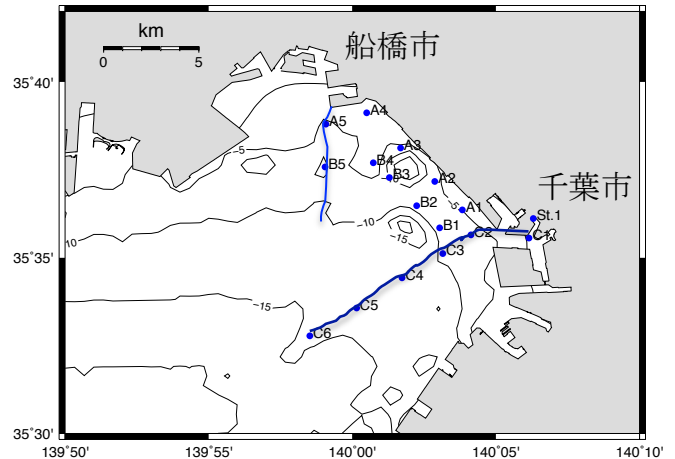


図-1 船上および岸壁調査の観測地点

船上と岸壁の両面から調査を行った。

船上調査の概要として調査回数は、2015 年 8 月 24 日、9 月 1 日、14 日、30 日の 4 回実施した。使用した機器は、多項目水質計 (AAQ-RINKO) に北原式採水器を合体させ水質データを測るとともに採水も行った。

3. 調査結果

計 4 回の船上観測のうち、大規模青潮が発生し有益なデータを取得できたのは 8 月 24 日の船上調査であった。他の観測日では青潮は発生しておらず、9 月 30 日は赤潮が発生していた。本研究では青潮についての研究が主なので 8 月 24 日の観測結果を中心に解析を行った。

図-2 は 8 月 24 日の表層の DO の分布図である。目視で確認できた青潮の範囲は図-2 における AB 線の東京湾奥部全体となっており、図-2 の貧酸素水塊を表す青色の分布とほぼ一致している。また、青潮発生と判断できる高濁度であることも、表層の水平分布図から得られ、かつ貧酸素水塊の分布と一致しているので青潮と断定するのに十分な証拠となった(図-3)。

観測結果から、青潮の特徴である高塩分、低水温、貧酸素、表層での高濁度となっている様子が得られ

キーワード 東京湾奥部、青潮、船上観測、高濁度層

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 E-mail : g1218014@tcu.ac.jp

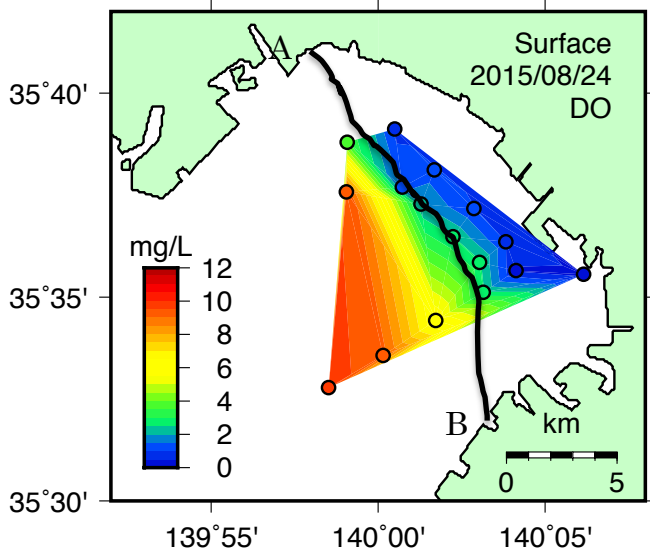


図-2 表層 DO の水平分布

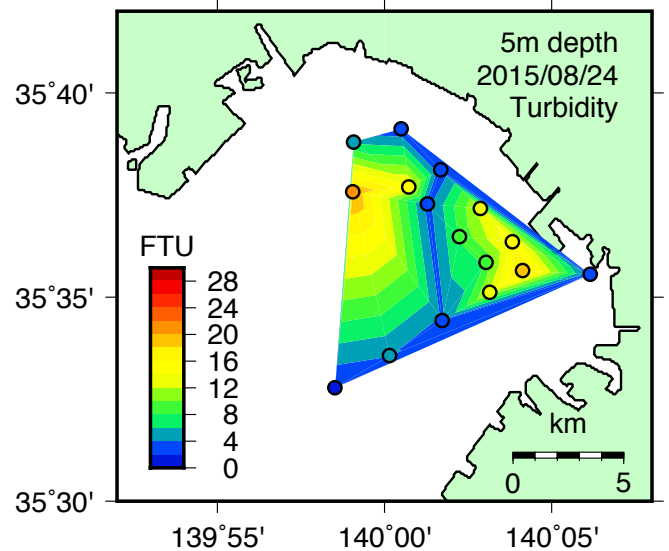


図-4 水深 5 m における濁度の水平分布

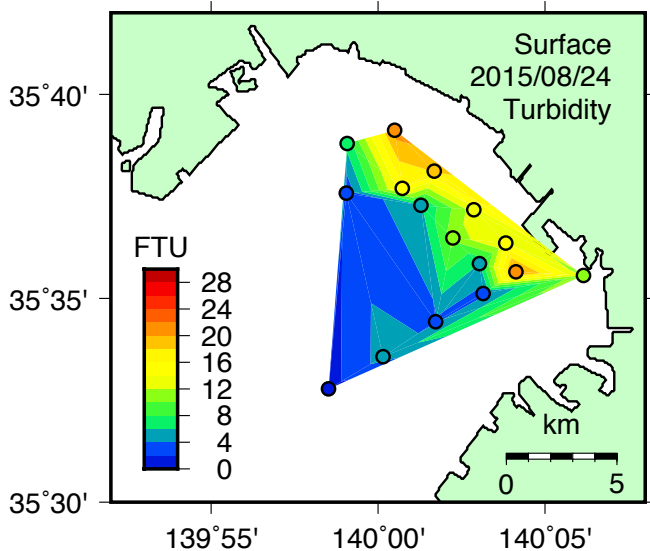


図-3 表層濁度の水平分布

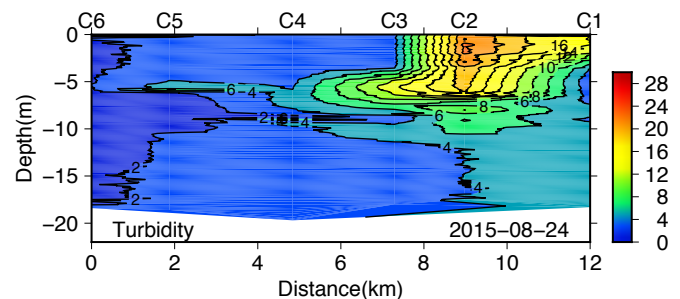


図-5 千葉航路における濁度の縦断面図

た。しかし、今回の観測では高濁度水が中層に存在しているのがわかる(図-4, 図-5)。中層で酸素と反応し濁度が上昇し青潮となる中層青潮という事も考えられるが、現段階では判断できない。そこで異質な反応を示した中層の2地点の高濁度層に着目し考察を行う。

4. 考察

8月24日の東京湾湾奥部において、千葉航路と船橋航路の2つの航路上に高濁度層が存在しているので航路に着目して考察を行う。船橋航路では高濁度水が表層に近い地点が先に湧昇したと判断することとした。千葉航路では、St.1も含め比較することにより岸から湧昇したのか、沖から湧昇したのかを検

証した。また、水塊の一致確認も行った。水塊が一致しない場合水質が異なるため、中層の高濁度層の発生場所あるいは湧昇経路が判断できない事から各航路で水塊が一致しているか確認する必要がある。

4.1 船橋航路における湧昇位置の検証

水深と濁度の関係より、A5とB5のどちらが先に湧昇しているのかを検証した。図-6から、より表層に近いところで濁度がピークに達しているのはA5である。A5はB5より岸側に存在しているため、岸から湧昇しA5を通過して、B5中層に流れ込んだ可能性が考えられた。しかし、船橋航路上での中層青潮の可能性もあるため千葉航路においても同様に検証を行い、どちらの可能性か判断する。

次に水温・塩分のTSダイアグラムを作成し、水塊の一致の有無を判断した(図-7)。図より塩分・水温がほぼ一致している事から船橋航路におけるA5とB5の水塊は一致しているものと判断できた。

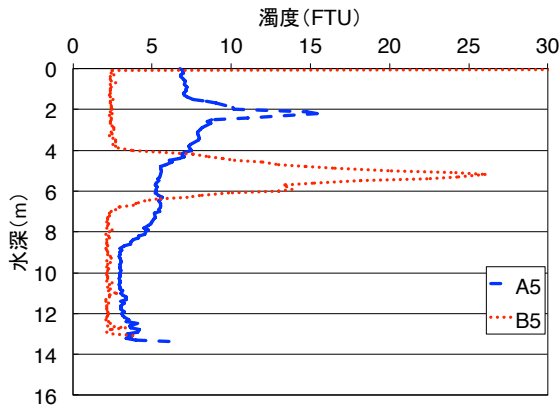


図-6 船橋航路における湧昇位置確認

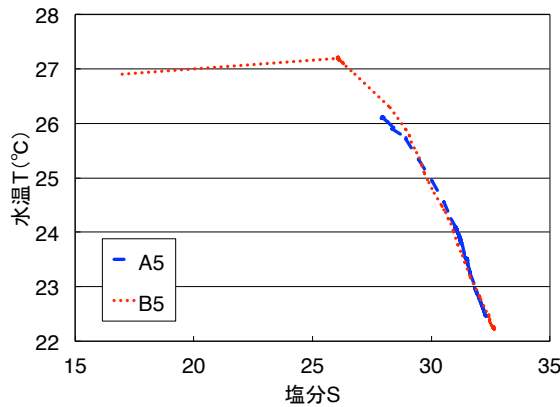


図-7 TS ダイアグラムを用いた船橋航路における水塊の一致確認

4.2 千葉航路と岸壁を合わせた湧昇位置の検証

岸壁である St.1 と C1～C3 までに焦点を絞り、組み合わせた TS ダイアグラムは図-8 のようになった。塩分・水温がほぼ一致していることから水塊は一致していると判断できる。

C1～C3 と St.1 が一致している点の各水深を比較すると、St.1 が 1.7～2.17 m, C1 が 2.25 m 付近, C2 が 0～3.9 m, C3 が 5～6.1 m となっていた。C1 だけ 2.25 m になっているのは C1 を基準とした値をとったため今回は 2.25 m 付近とする。図-5 と比較してみると、高濁度層の部分が同じ水塊である事が TS ダイアグラムより示唆された。しかし、C2 に関して考察してみると、一致している点の水深が 0～3.9 m という値を示していた。C1 より C2 が低い水深の値をとっているのであれば岸から湧昇し沖に至るまでに中層に青潮が流れ込み、今回のような濁度の異常分布が説明できる (図-9)。

しかし、C1 よりも浅い水深も示しているのも、

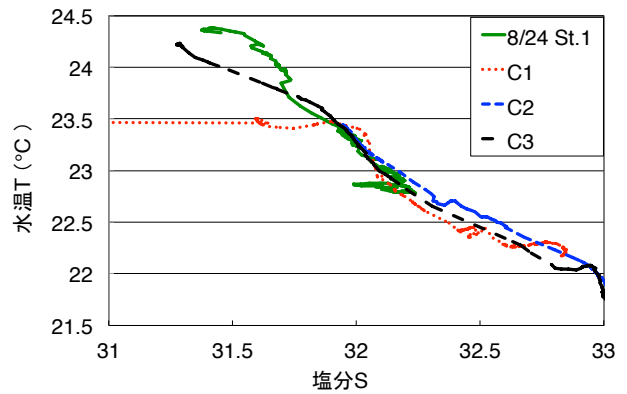


図-8 岸壁を含めた千葉航路 (C1～C3) までの TS ダイアグラム

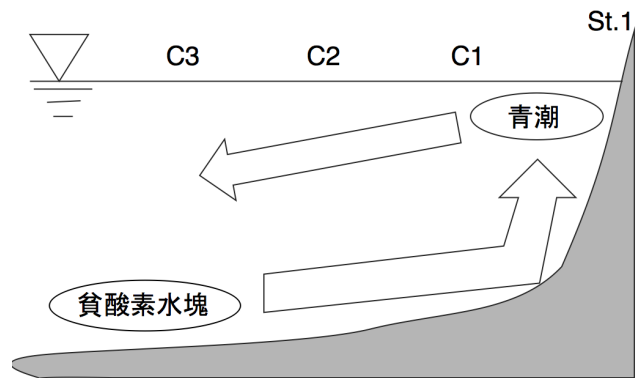


図-9 岸から湧昇し中層に青潮が流れ込んだとされる概略図 (タイプ 1)

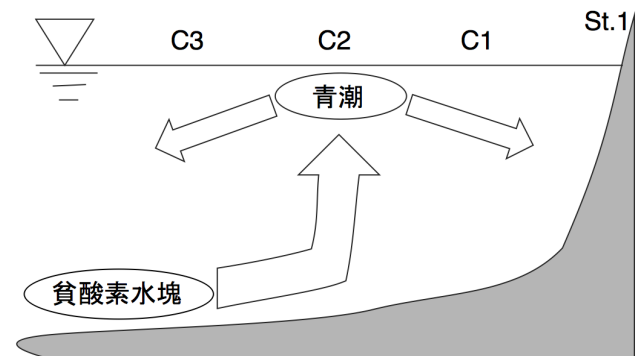


図-10 C2 に湧昇し分散されて中層に至ったとされる概略図 (タイプ 2)

う一つの可能性も考えられた。考えられるのは、C2 が東京湾奥部の千葉航路における青潮の湧昇位置ではないかということである (図-10)。千葉航路の縦断面図 (図-5) をみると、僅差ではあるが C2 が

最も濁度が高くなっていることがわかる。しかし、岸に湧昇した青潮がそのまま表層に流れた可能性もある。今回の調査では、湧昇の可能性が岸壁から湧昇か、C2 から湧昇かの 2 通りの可能性を確認することができた。ここで、もう 1 地点の船橋航路上の中層に存在する高濁度層の湧昇の仕方を考慮することでどちらの可能性が高いか判断することとした。船橋航路は上記で示した通り、岸壁からの湧昇で発生した青潮が沖になるにつれ、中層に流れ込んだ可能性が高いと推察される。このことを踏まえ、千葉航路も同様に岸壁から湧昇した青潮が中層に流れ込んだと判断した。

4.3 千葉航路における湧昇後の水塊一致確認

C1～C4 における水塊一致確認を行った。検証方法として船橋航路と同様に TS ダイアグラムを作成し水塊の一致の検証を行った。検証結果は図-11 のような C4 のみわずかに異なる挙動を示していた。C1～C4 の水温・塩分が一致している点が 1 箇所存在しており水深を調べてみると、C4 の高濁度層と低濁度層の境界の水深を示していた（図-12）。図-5 の縦断面図と照らし合わせてみるとほぼ高濁度となっている部分が一致しているので水塊は一致していると判断できた。

5. 結論

今回の船上調査で大規模な青潮発生とともに有益なデータを得ることができた。そのデータを用いて未解明であった湧昇後の青潮の挙動について解明した。また本研究では、船上観測を行い以下の知見を得ることができた。

- 1) 船上調査を計 4 回行い、そのうちの 8 月 24 日には船上調査を行った中で過去最大規模の青潮観測となった。
- 2) 2 地点において中層に高濁度水が存在したが、航路に着目した結果、C2 から湧昇し拡散したのではなく、岸壁から貧酸素水塊が湧昇し青潮になり、沖に向かって発生した青潮が中層に流れ込んだ判断できた。

謝辞：本研究は環境省総合推進費「人工構造物で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）」により行われた。観測に際して、関東地方整備局千葉

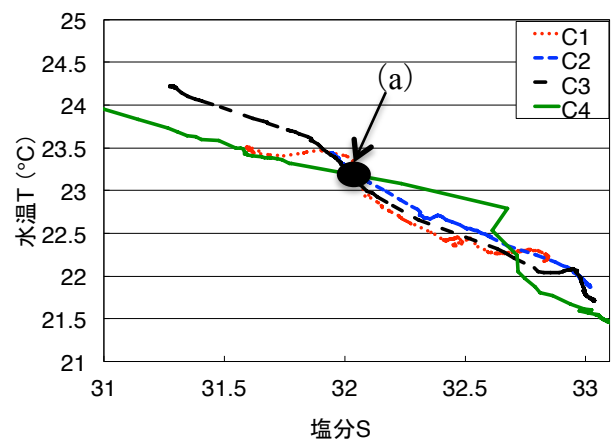


図-11 TS ダイアグラムを用いた千葉航路における水塊の一致確認

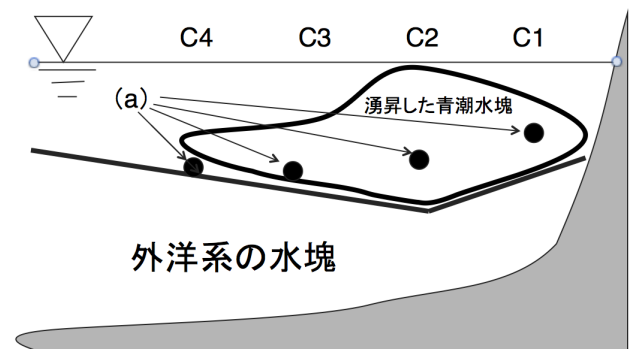


図-12 TS ダイアグラムより得た水塊の分布

港湾事務所にご協力をいただいた。横浜国立大学中村由行教授・比嘉紘士研究員からは研究協力とアドバイスをいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 小田僚子・神田学・森脇亮（2007）：東京湾における冬季の海表面温度と海上気温変化，水資源学会総会 P-52
- 2) 田中陽二・中村由行・伊藤比伽留・田中雄介・山本修司・鈴木崇之（2014）：船上調査と岸壁調査を組み合わせた東京湾奥部における青潮の現地観測，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.71, No.2, 頁 I_1273-I_1278
- 3) 丸茂恵右・横田瑞郎（2012）：青潮と硫化水素の生物影響に関する文献調査，海生研研報，第 15 号，P23-40
- 4) 福岡一平・北原宏一・和田明・川永充人・賀上裕二・高野泰隆（2005）：東京湾奥部における青潮現象の現地観測について，海洋調査技術，Vol.17, No.1 P1_13-I_24