

B-28 自動水質観測データを用いたリアルタイム 青潮予測システムに関する研究

田中 陽二^{1*}・○木下 健士¹・田中 雄介¹・池田 香澄¹

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

* E-mail: tanakay@tcu.ac.jp

1. 序論

青潮の発生は魚介類に多大な悪影響を与えるため、その発生を事前に予測することは、特に漁業関係者にとって有益な情報となりうる。既往の研究結果から、東京湾での青潮の発生は北東風の連吹による影響が大きいことが分かっている^{1)~5)}。しかしながら、北東風が連吹する気象状況や、青潮との因果関係については知見が不足しており、青潮の予測手法も確立されていない。

一方で、東京湾では自動水質観測が実施され、気象データや水質データがリアルタイムで公開されている⁶⁾。これらの観測データを青潮現象の解明や、青潮予測として活用することも可能となってきた。

以上の背景を踏まえて、本研究では東京湾における青潮発生状況の解明と青潮の予測システムの開発を目的とした。まず、既往の青潮発生時の気象状況を整理し、青潮の発生状況を整理した。次に、リアルタイムの自動観測装置のデータを用いて、青潮の発生予測システムを開発し、その検証を行うこととした。

2. 研究方法

(1) 使用した気象・水質観測データ

東京湾では国土交通省関東地方整備局によって4地点に気象および水質の連続観測装置が設置され、東京湾環境情報センターのHP上でリアルタイムに一般公開されている⁶⁾。

本研究では青潮が頻発する浦安・船橋地区に近い、浦安沖(緯度: 35°38'24", 経度: 139°56'30", 海底面: DL-5.92m)の観測データを使用した。浦安沖では2010年4月から気象データとして風向風速・気温を計測し、水質データとして水温・塩分・溶存酸素(DO)などが計測されている。気象データは2011年7月25日9時から15分間隔、それ以前は1時間間隔で計測されている。水質データは

自動昇降式の多項目水質計によって、1時間間隔で水深約1m毎に計測されている⁶⁾。

(2) 青潮発生の定義

青潮の発生日と発生場所は千葉県水産総合研究センターの貧酸素水塊速報⁷⁾に基づいた。浦安沖での青潮の発生時刻は、上記の青潮発生日前後の水質データから、水質が急変した時刻(特にDOが急激に減少し始めた時刻)とした。ただし、具体的な判定基準を設けることが困難であったため、水質の時系列グラフを目視によって判定することとした。

3. 結果

(1) 既往の青潮発生状況

2010年から2013年の期間における全14ケースの青潮発生状況を表-1に示す。北東風の連吹要因については、北東風連吹時の天気図から判断した。「台風」は台風の接近に伴う北東風の連吹、「前線」は前線が東京湾付近を通過したことによる北東風の連吹を意味する。

青潮の発生は、北東風の連吹が始まって17~93時間後であり、欠測以外の全13ケースの平均は52.8時間であった。北東風の連吹から青潮発生までの平均北東成分風速(北東風)は、平均で5.7m/sであった。

欠測を除く13ケースの青潮について、青潮発生前の24時間での風向風速の頻度について整理した結果、ほぼすべて北東風が支配的であった(図-1)。全13ケースの平均値では、東方・北方風速はそれぞれ-3.6m/s, -7.7m/sであった(風速8.5m/s, 風向205度: 北から右回り)。

青潮発生前24時間での、平均底層DOは0.4から6.1mg/Lであり、全13ケースの平均は3.3mg/L(標準偏差1.8mg/L)であった。底層DOが急激に低下した場合もあるが、多くは底層に貧酸素水塊が形成されている状況下で青潮が発生していた。

表-1 既往の青潮発生状況

青潮番号	発生日 ⁷⁾	気象要因	北東風連吹の開始時刻	青潮発生の推定時刻	北東風の連吹から青潮発生までの	
					時間 (h)	平均北東成分風速 (m/s)
1001	2010/09/09~09/10	台風	09/08 18:00	09/09 18:00	24	6.58
1002	2010/09/15~09/21	台風	09/14 16:00	09/15 09:00	17	5.07
1003	2010/09/24~09/29	台風	09/22 18:00	09/24 00:00	30	6.29
1101	2011/05/31~06/02	台風	05/27 20:00	05/31 00:00	76	5.24
1102	2011/07/21~07/25	台風	07/20 18:00	07/21 23:00	29	11.02
1103	2011/08/23~08/24	前線(停滞)	08/19 11:00	08/23 03:00	88	3.87
1104	2011/08/30~09/05	台風	08/26 15:00	08/30 08:00	89	4.39
1105	2011/10/21~10/24	前線(停滞)	10/17 23:00	10/21 20:00	93	5.30
1201	2012/05/23~05/25	前線(停滞)	05/21 01:00	05/23 02:00	49	6.56
1202	2012/06/13~06/14	前線(梅雨)	06/11 17:00	06/13 03:00	34	6.04
1203	2012/09/23~10/01	前線(停滞)	09/21 16:15	09/23 00:00	31.75	3.96
1301	2013/06/02~06/04	前線(梅雨)	05/31 01:15	06/03 06:00	76.75	5.29
1302	2013/06/13~06/14	台風	06/11 01:45	06/13 02:00	48.25	4.62
1303	2013/09/24~09/27	台風	09/22 14:00	欠測	-	-

表-2 青潮予測システムによる予測結果

年	予測成功 (青潮判定: 青潮発生)	予測失敗1 (青潮判定: 青潮非発生)	予測失敗2 (青潮非判定: 青潮発生)	青潮検出率 (予測成功数/青潮発生数)	予測成功率 (青潮発生数/青潮判定数)
2010	3	9	0	100.0	25.0
2011	3	5	2	60.0	37.5
2012	3	7	0	100.0	30.0
2013	1	10	1	50.0	9.1
計	10	31	3	76.9	24.4

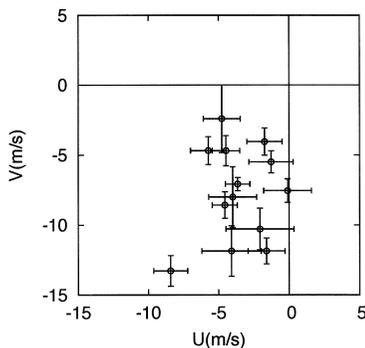


図-1 青潮発生24時間前の平均風速 (エラーバーは標準偏差)

(2) 青潮予測システムの検討

前節での既往の青潮発生状況の整理から、北東風の連吹が青潮発生にとって重要であることが分かった。そこで、青潮の予測システムとして、浦安沖の気象・水質データをもとにして、次の判定基準を考えた。1) 過去6時間での3m/sを超える北東成分風速 (北東風) の割合が80%以上である。2) 過去6時間での平均北東成分風速が6m/sである。3) 底層DOが4mg/L以下である。上記の基準を全て満たした場合に、青潮発生と予測判定すること

した。なお、青潮予測は毎正時に実施した。

青潮予測システムを2010年から2013年の5~10月の期間について適用性の検討を行った (表-2)。ここでの予測成功は、青潮発生開始時刻の24時間前までに青潮と予測判定できた場合とした。予測の失敗は2種類存在し、青潮と判定したが青潮とならなかった場合を予測失敗1、青潮と判定しなかったときに青潮が発生した場合を予測失敗2と定義した。青潮検出率は、実際の青潮発生回数に対する、青潮と予測できた回数の割合である。予測成功率は、青潮と判定した回数に対する、実際に青潮となった回数の割合である。

青潮検出率は全体を通して76.9%の高い検出率であった。しかしながら、予測成功率は、全体で24.4%と低くなった。これは判定基準が青潮をなるべく多く検出することを主眼としたために、青潮と判定されやすくなってしまったことが一因と考えられる。

予測が成功した全10ケースにおいて、青潮の予測が出た時刻から青潮発生までの時刻は6~31時間であり、平均で19時間であった。この青潮予測システムによって、青潮の予測が現実的な時間スケールで実施できることが示された。

4. 考察

(1) 青潮の発生メカニズムについて

3. (1)で示したように、青潮の発生要因として台風の接近に伴う北東風の連吹と、前線の通過による北東風の連吹の2種類に大別されることが分かった。一般的に、青潮が発生しやすい夏期において、東京湾奥部周辺では陸側の方が気温が高いために南風が卓越している。よって、北風が連吹する状況は稀であり、2010～2013年では台風の接近や前線の通過によってしか発生していなかった。なお、青潮発生時には常に北東風の連吹が発生しており(図-1)、東京湾浦安付近での青潮の発生には北東風の連吹が不可欠であると判断された。

次に、北東風の連吹要因が台風と前線の場合で、青潮の発生時間や北東風の風速に差が見られるか、検討を行った。北東風の連吹開始から青潮発生までの時間は、連吹要因が台風の場合では平均44.8時間、前線の場合では平均62.1時間であった。また、平均北東成分風速は、台風の場合で6.2m/s、前線の場合で5.2m/sであった。これらの結果より、台風の場合では北東風が強くなり、青潮の発生までの時間が短くなるという傾向が考えられる。しかしながら、連吹時間・風速ともに、ウェルチの検定では平均が同じという仮説は有意水準5%では棄却されなかった(すなわち、台風と前線による差に統計的有意性がない)。ただし、データのバラつきが大きいため統計的解析が困難となっていることも考えられるため、今後の青潮データの蓄積によって、より詳細な検討が可能になると思われる。

(2) 青潮の発生予測について

提案された青潮発生予測システムでは、青潮検出率が71.4%と高く、かつ平均で19時間前に予測が可能であることから、青潮の予測として使用できることが検証された。

青潮の発生予測で予測失敗2(青潮と判定せず、青潮が発生)のケースとなったのは青潮番号(表-2参照)1103、1105、1301であった。このうち、青潮1103は北東風が比較的弱かったためであり、青潮1105と1303は底層DOが比較的高かったためであった。これらを予測できるように改良することが今後の課題である。

予測失敗1(青潮と判定したが、青潮が発生せず)の件数が全体で31件と多いことはこの予測システムの弱点といえる。予測失敗1となった状況を調べると、いくつかのケースは北東風が連吹したが大規模な青潮とはならなかった場合であった。典型的な例は2011/7/30～8/1のケースである。このときは北東風が42時間連吹し、浦安沖の底層DOは北東風の連吹開始の3.94mg/Lから連吹後に0.60mg/Lまで低下したものの、青潮報告⁷⁾はなかった。

しかし、状況から考えると、小規模な青潮は発生していたものと推測される。今後、青潮発生の正確な情報との整合が必要と考えられる。

予測失敗1と判定されたケースで上記以外の状況は、北東風の連吹時間が比較的短く、単発的に青潮と予測されたケースが多かった。ただし、北東風の連吹時間が長い場合に青潮と判定するように設定すると、青潮予測から発生までの時間も短くなり、場合によっては青潮発生前に予測できなくなってしまうケースも増えた。このようなケースでの予測の改善については今後の課題として残された。

5. 結論

本研究では東京湾の青潮について、2010～2013年の発生状況を整理するとともに、自動水質観測装置を用いた青潮のリアルタイム発生予測システムを構築した。本研究で得られた知見は以下の通りである。1)青潮発生前には北東風が平均で52.8時間連吹していた。2)北東風連吹の発生要因は台風と前線であった。3)開発した予測システムを2010～2013年の青潮に適用した結果、青潮検出率が71.4%と高く、かつ平均で青潮発生の19時間前に予測できることが検証された。ただし、予測成功率が24.4%であるため、この点は今後の改良が必要である。

謝辞：国土交通省関東地方整備局千葉港湾事務所からは青潮予測に関して貴重な情報をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 柿野純, 松村卓月, 佐藤善徳, 加瀬信明: 風による流れと青潮との関係, 日本水産学会誌, Vol. 53(8), pp. 1475-1481, 1987.
- 2) 中辻啓二, 尹鐘星, 湯浅泰三, 村岡浩爾: 東京湾における吹送密度流と青潮発生機構との関連性, 海岸工学論文集, Vol. 42, pp. 1066-1070, 1995.
- 3) 佐々木淳: 東京湾湾奥水塊の湧昇現象と青潮への影響, 海岸工学論文集, Vol. 44, pp. 1101-1105, 1997.
- 4) 渡辺正孝, 天野邦彦, 石川裕二, 木幡邦男: 秋期の東京湾奥部における風による成層破壊と底層の無酸素水塊の湧昇過程, 土木学会論文集, No. 608/VII-9, pp. 13-29, 1998.
- 5) 田中昌宏: 東京湾の青潮, 瀬戸内海, Vol. 50, pp. 22-27, 2007.
- 6) 国土交通省関東地方整備局港湾空港部: 東京湾環境情報センター, <http://www.tbeic.go.jp>, 2014-08閲覧.
- 7) 千葉県水産総合研究センター: 貧酸素水塊速報, <http://www.pref.chiba.lg.jp/lab-suisan/suisan/suisan/index.html>, 2014-08閲覧.