

連続水質観測装置を用いて得られた 青潮の消長と発生の予兆現象について

田辺 伸・古畑和哉・木所英昭

Observation of the Rising and Fall of *Aoshio* and its Prognostic Phenomenon Acquired by the Continuous Water Quality Monitor

Shin TANABE, Kazuya FURUHATA and Hideaki KIDOKORO

はじめに

東京湾奥、千葉県船橋市と市川市沖に、千葉北部地区漁場と呼ばれるA.P. -1~-2mの潮下帯域が広がっている。ここではノリ養殖およびアサリを主体とする採貝漁業が営まれている。とりわけアサリは、稚貝の発生量が千葉県下でも多く、生産性の優れた漁場となっている^{1,2)}。

しかし夏季には航路筋や沖合いに成層が形成され、その下層に貧酸素水が発生する。そして秋口の北東風の吹き出しとともに沿岸一帯に押し寄せ、湧昇する。この現象が青潮で、過去に大きなアサリへい死をまねいたことがたびたびある³⁾。

青潮の観測と発生機構の研究は、過去にも頻繁に行われてきた⁴⁾。しかしそれらのほとんどは適当な間隔を設けての定期観測、または青潮発生以後の調査に限られている。このため各観測間にブランクがあるとともに、発生前から消滅までを詳細に観測した報告例が非常に少ない。

一方近年、漁場の水温、塩分、溶存酸素量の3項目を同時に連続観測・記録する測定機器が普及してきた。

筆者らは、1992年にこの装置を当該漁場に設置し、3回の青潮を観測した。これらのうち、9月7日から12日まで発生したものは、最大規模級であった。そしてこれまでほとんど例のない、発生前から消滅までの水温、塩分および溶存酸素の同時観測データを得ると

ともに、データから青潮予知の手がかりと考えられる若干の知見を得た。

方 法

海底から約20cmの水質を観測するように、架台に据え付けた連続水質観測装置(三洋測器社製, MWQ-Ⅲ型, TCD_o計, 図1)を、千葉北部地区漁場の代表的なアサリ漁場内3カ所に設置した(図2)。設置期間は8月4日~10月7日までの計64日間で、この間4日~11日ごとにデータの回収を行った。回収にあたっては代替装置と交換し、欠測のないようにした。持ち帰った装置からパソコンを用いてデータを取り出した。次いでデータリストの作成とグラフソフトを用いて、水温、塩分および溶存酸素量の推移を作図し、青潮現象を把握した。

一方沖合部の低酸素水の形成状況は、8月10, 11日, 8月20日, 9月7, 8日および9月21日の4回、「第2ふさみ丸」または「わかふさ」によって、表層から底層まで、2mまたは5m間隔で観測した。前者では転倒式採水器による方法、後者では多成分水質計(鶴見精機社製TS-WQ-2R)によって水温・塩分・溶存酸素を測定した。

さらに青潮発生時には、その波及状況を調べるために現地調査を行うとともに、関係機関から情報を収集した。風向および潮位は、船橋港にある葛南港湾事務所⁵⁾の観測データを使用した。

* 1 青潮時には、貧酸素状態で生成された硫化水素が、海面に湧昇、酸素との接触時に硫黄分子になることにより、独特の緑~黄緑のパステルカラーになるといわれている⁶⁾。酸欠水に加え硫化水素によって漁業に大きな被害を及ぼす。

連続水質観測装置(三洋測器社製: MWQ-III)
測定項目および仕様

- ①水温…………サーミスタ式
5~35℃ (±0.1℃>)
- ②塩分…………電磁誘導型伝導度センサー
0~35‰ (0.05‰>)
- ③溶存酸素…ガルバニ電池式電極
0~15mg/l (0.05mg/l>)
- *メモリー容量…128Kbytes

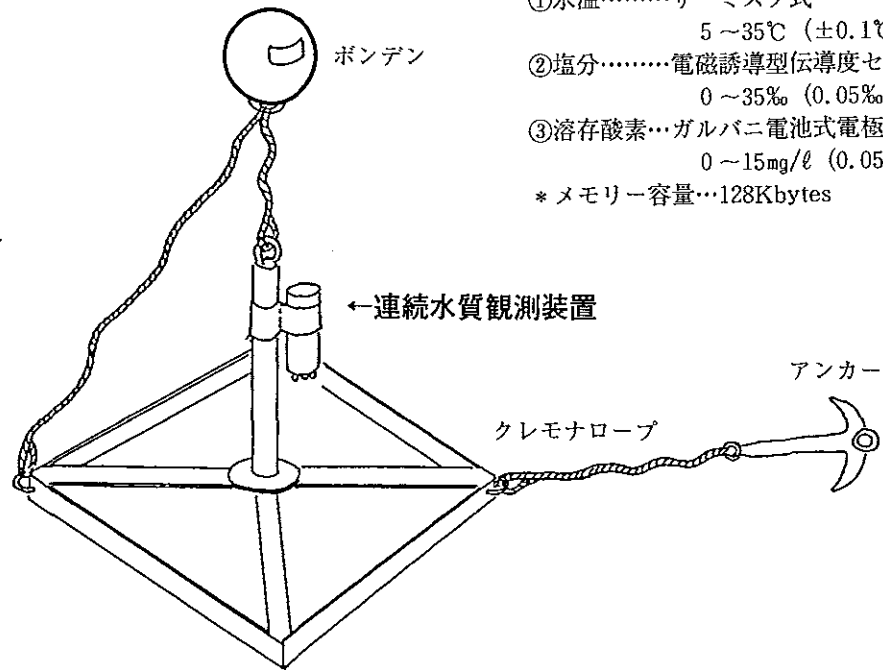


図1 施設概略

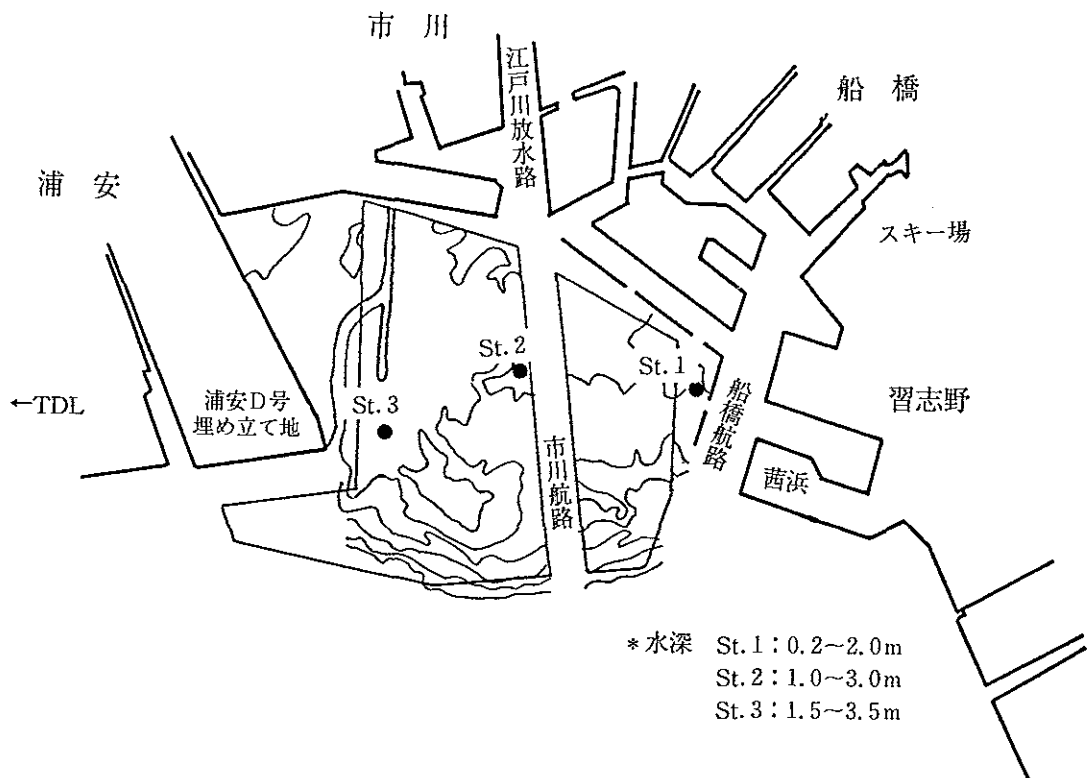
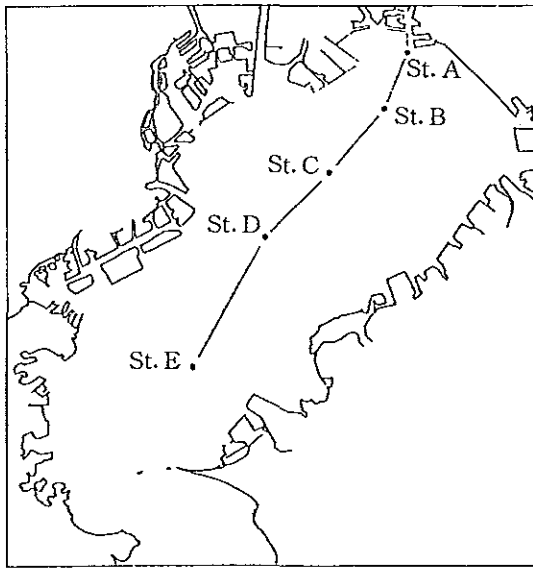


図2 連続観測装置設置位置

結果と考察

1. 水質と気象の推移

8月10, 11日の沖合部調査では、成層状態は弱く、底層水の酸素飽和度は比較的高かった。8月20日には成層が強まり、袖ヶ浦と川崎を結ぶ線以北の底層の酸素飽和度が低下した。この時点で青潮が発生しやすい海況と考えられた。青潮が発生した9月7, 8日の鉛直分布では、沖合の底層水が沿岸部へ移動し、沿岸部で低水温、高塩分になり、酸素飽和度が低下した。一



鉛直分布調査点

方沖合では、さらに低水温、高塩分になるとともに、酸素飽和度が上昇した。9月21日の同調査では、成層が弱まったものの、湾中央部から千葉市沿岸部にかけて低酸素水があった(図3)。

風向は9月3日まで南西系が多かったが、4日の夜半過ぎから北東系に変わり、10日まで連吹した。11日は北西・北が卓越し、12日には北西→北→北東→南東→北東と移り変わった。その後は16日頃まで昼間は南西系の強い風、夜間には北東系の弱い風が吹いた(図4)。

青潮は、9月7日に葛西臨海公園～市原港にかけて約2kmの帯状に発生し、8日にはやや縮小したものの、浦安D号埋立地から千葉港までに及んだ。9日は船橋航路と幕張の浜近辺の一部に縮小、10日には船橋航路の一部のみとなった。11日には再び葛西臨海公園～千葉港にかけて約3～4kmの帯状に広がった。12日には、市川・船橋両航路にわずかに残っていたが、13日には

消滅した(図5)。これは柿野の区分によると⁷⁾、大規模青潮に相当するものであった。

この青潮によって、船橋航路沿いのバカ貝の稚貝や局所的なアサリのへい死がみられたが、へい死量は軽微であったといえる。また後述するが、各調査点で最も溶存酸素の低いのはSt.1で、その期間も長いことから、溶存酸素の観測結果と貝類のへい死場所はほぼ一致している。青潮の規模と比較してへい死量が軽微であったのは、大潮に向かう時期にあたっており、潮汐流の動きが大きかったことと、北東系の風の風速が早く、底層まで酸素を供給したこと、さらにアサリ資源量が比較的少ないと考えられたこと等が関与していたと推定される⁸⁾。

2. 連続観測装置による青潮発生時の水質の動向

水温は一時期30℃を越えたものの、St.1では9月4日夜半から、St.2とSt.3では5日から急速に水温が低下し始めた。8日の早朝からは緩やかに低下し、12日には最低の19～20℃と約10℃の降下が認められた。それ以降は再び昇温することなく、20～25℃台で推移した。水温低下は直線的ではなく、各調査点とも同様な上下変動があった(図6)。

塩分は24～26であったが、St.1では4日の夜から、St.2では6日の午前中から、St.3では5日の夜からそれぞれ急激に上昇し始めた。St.1とSt.2では8日頃から32台で平衡状態になった。St.3では上昇し続け、12日に34台を示した(図6)。

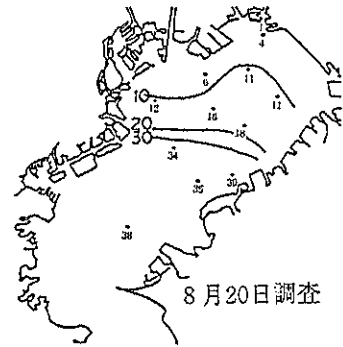
塩分上昇は直線的なものではなく、各調査点とも水温同様、上下変動しながら上昇した。この変動はSt.3が最も大きく、ついでSt.2, St.1の順であった。またSt.3で、12日未明に塩分34台が観察されたが、34台の塩分は、8月20日の調査で沖合部のSt.D付近(距岸約23km)の底層に認められており、9月7, 8日の調査ではSt.DとSt.C付近(距岸約12km)の底層に認められている(図3)。これらのことは、12日の末期の青潮水の起源が、湾中央部のSt.D付近にあり、12日以前の青潮水の起源はSt.C付近以北にあることを示唆していると考えられる。

溶存酸素量は、St.1で5日の昼頃から低下する傾向を示し、6日の昼に一旦上昇したものの、7日午前中から11日の昼まで、短時間の上昇を除いて3mg/lを下回った。St.2では6日の夜から低下し始め、8日朝から10日未明まで低酸素状態になった。これ以降溶存酸素量は低いものの、3mg/l前後で推移した。St.3では他の調査点ほどではないが、7日頃から溶存酸素の低い状態が続いた(図6)。

底層の酸素飽和度 (%)



底層の酸素飽和度 (%)



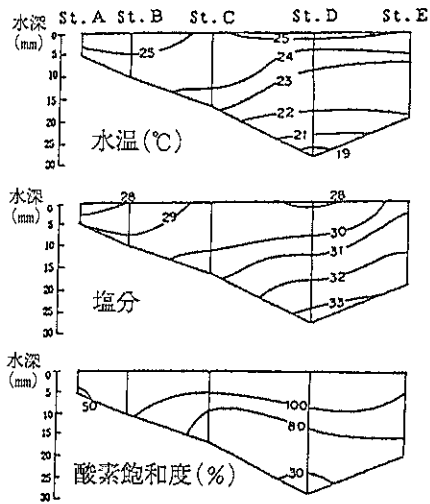
底層の酸素飽和度 (%)



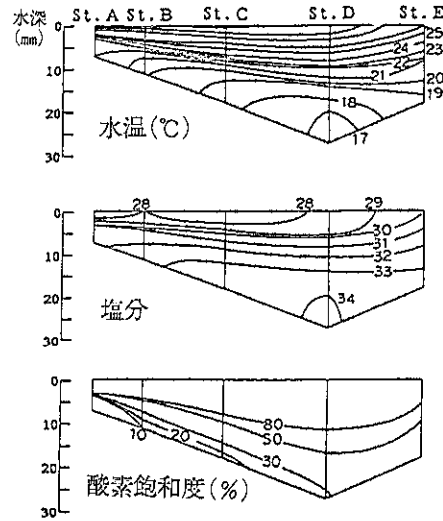
底層の酸素飽和度 (%)



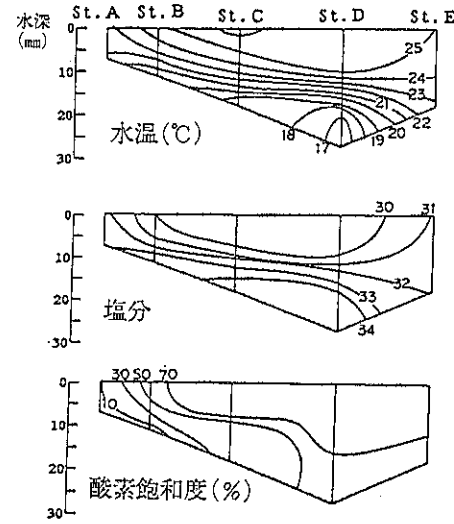
水温・塩分・酸素飽和度の鉛直分布



水温・塩分・酸素飽和度の鉛直分布



水温・塩分・酸素飽和度の鉛直分布



水温・塩分・酸素飽和度の鉛直分布

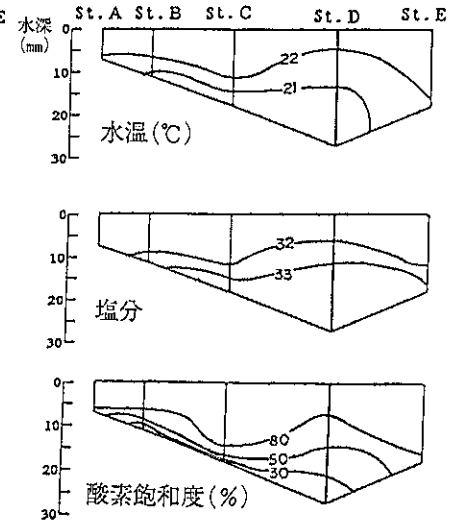


図3 青潮発生前後の海況

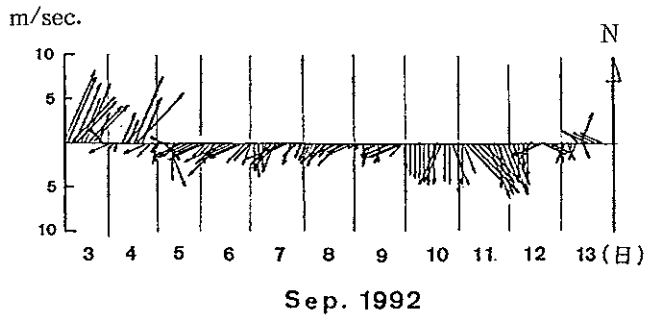


図4 船橋港における平均風向・風速

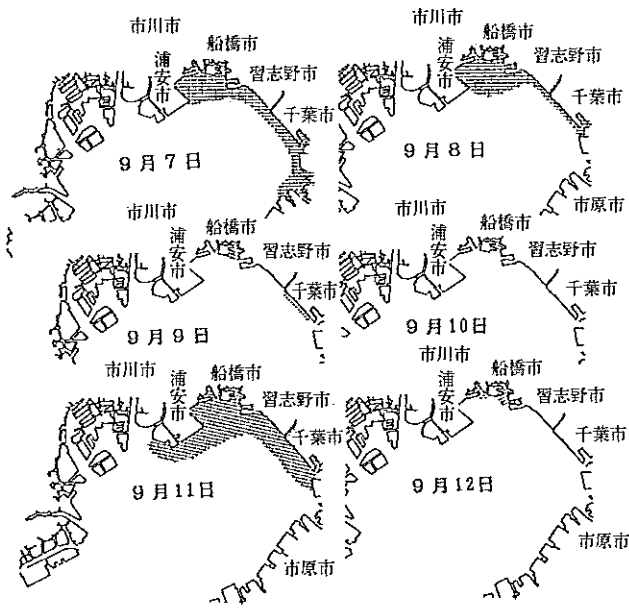


図5 青潮の波及範囲

3. 青潮予知に関する考察

青潮以前の水温変動と青潮発生直前のそれを比較すると、前者が水温の最大幅4℃で急激に低下した直後にまた急激に戻るのに対して、後者では低下が一方向的で不可逆である(図7)。

塩分も青潮発生直前に、水温と同様不可逆的な上昇が見られる。しかし塩分は水温に比べ、上昇中の変動が大きい。

溶存酸素は低下傾向が認められたが、日常の変動と区別するのが困難で、おおむね底をついたのは、青潮

発生とほぼ同時である(図6, 7)。

不可逆的な水温の低下と塩分の上昇の原因は、北東風の吹き始めとともに吹送流の補流として、徐々に低温・高塩分水が湧昇してくるためと推察される。そしてついには貧酸素水の本体が漁場に侵入し、青潮が発生する。

このことから、9月4日または5日からの各調査点の水温の不可逆的な低下は、7日から発生した青潮の前段階を示しており、水温の低下傾向は、約2~3日前に青潮発生の危険性のあることを、予知させるものであると考えられる。

水温・塩分の上下層の差が大きい時は、底層の貧酸素水塊が発達し、大きな青潮発生の危険性がある。したがって水温・塩分の不可逆的な動きも大きくなり、青潮発生の前兆はより明確になると考える。

水温センサーは、フジツボ等の生物付着による感度低下の影響を受けにくい。漁場内に長期間設置できることから、変動を観測するのに適している。

一方、塩分センサー(電気伝導度計)と酸素センサーは、生物付着による感度低下の影響を受けやすい。またこれらは先に述べた変動が大きい。したがって塩分と溶存酸素を前兆現象の指標とするのは難しい。

青潮前兆の指標と同時に重要なのは、観測箇所の選定である。今回、貧酸素水がいち早く波及したのはSt.1である。この地点は、深く掘削されている船橋航路に面している。またその奥は流量の少ない海老川があるのみで、陸水の影響が比較的少ない地形にある。一方St.2, 3は、引き潮時に低塩分・低溶存酸素になる傾向があり、市川放水路から陸水の影響を受け易い⁹⁾。すなわちSt.1は、航路~沖合いの水質の影響のみを受けやすいと考えられることから、今回の調査点の中では観測適地と考えられる。

青潮は貧酸素水塊が形成されているとき、北東系の風が2~3日連吹すれば発生する可能性の高いことが既に知られているものの、条件がそろっていても発生しない場合がある。水温センサーを貧酸素水が出現しやすい場所に設置し、漁協事務所等で連続的にデータを得られる体制を整えれば、青潮予知の確度が高まる可能性があると考えられる。今後もケーススタディーを重ね、水温低下パターンと青潮発生の関係を実証していきたい。

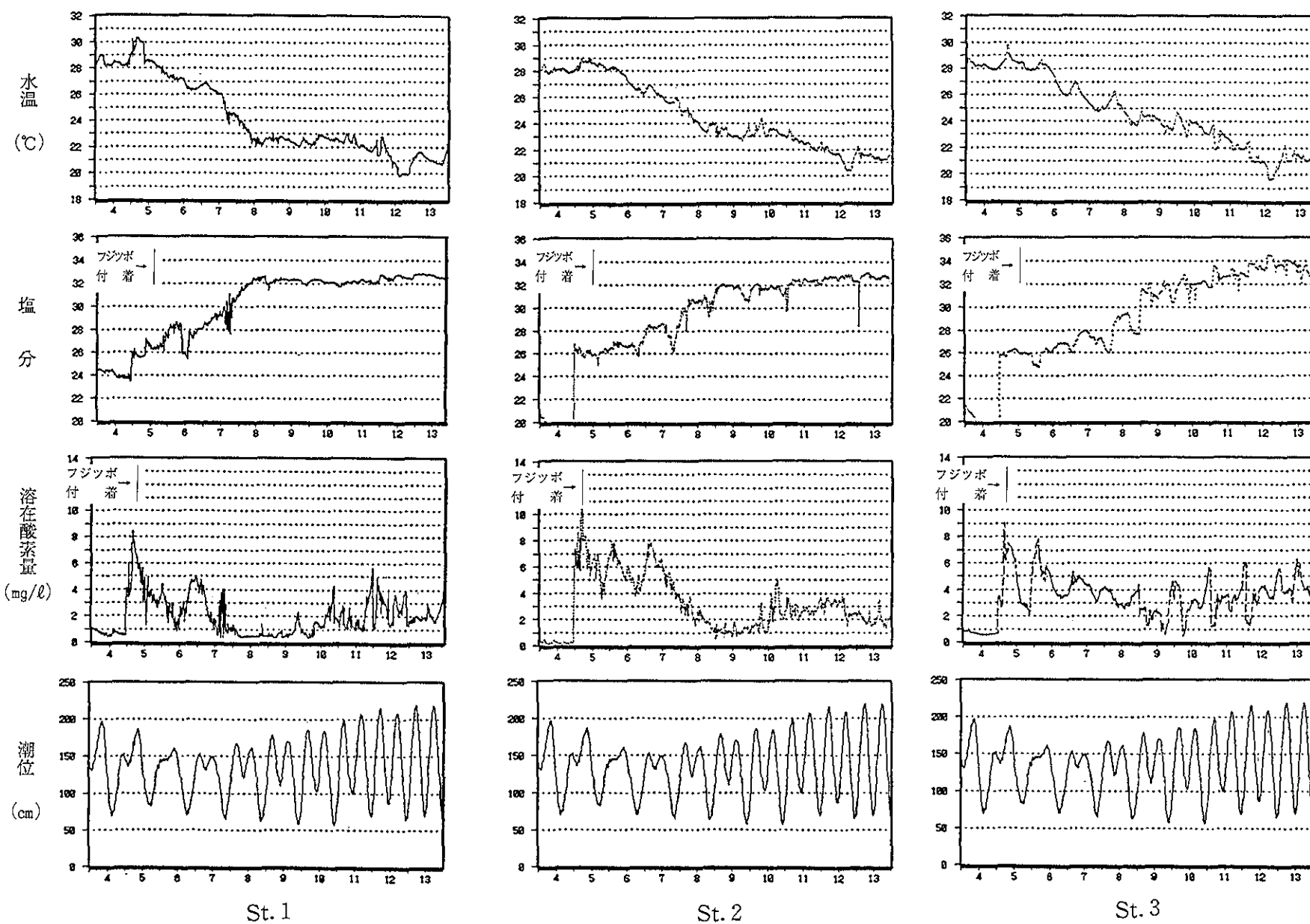


図6 青潮発生前から消滅までの水質の推移(1992.9.3~13)

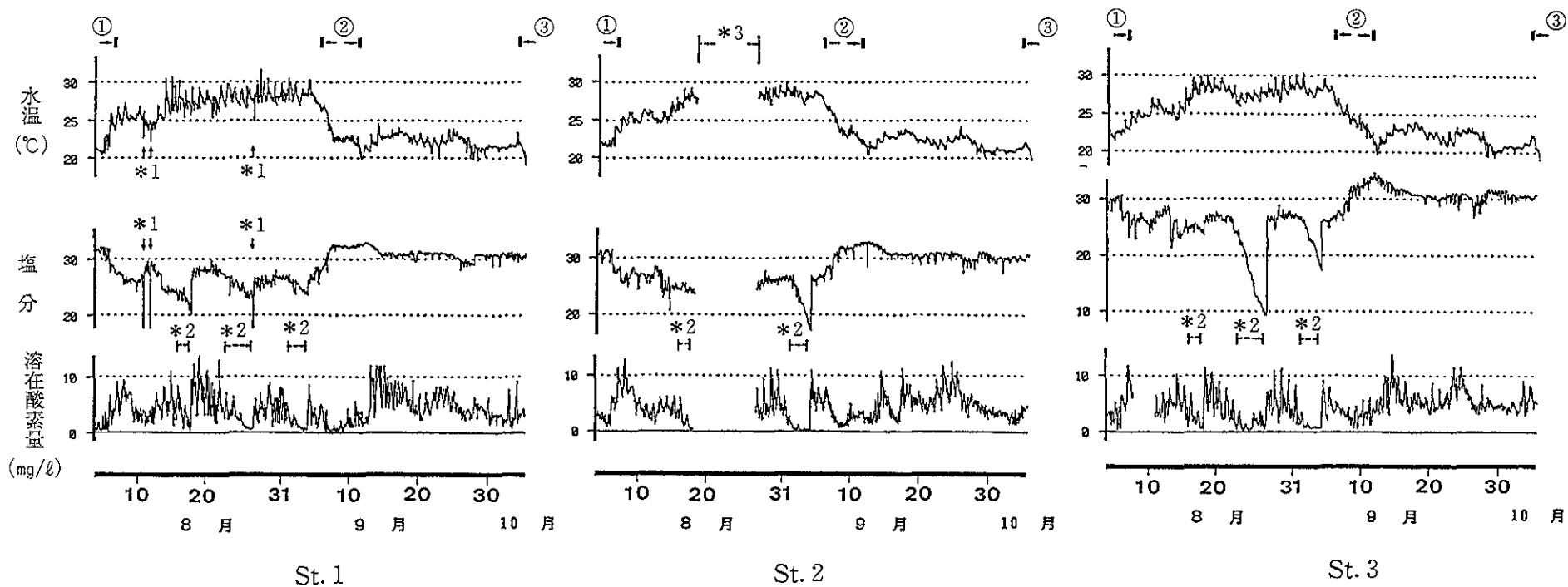


図7 連続水質観測記録 (1992.8.4~10.7)

- ①8.3~7の青潮, ②9.7~12の青潮, ③10.5の青潮
- *1: 干出によるセンサーの空中暴露
- *2: フジツボ付着によるセンサー感度低下
- *3: 装置不良

謝 辞

観測に協力をいただいた船橋市漁業協同組合および同貝類研究会、市川市行徳漁業協同組合、市川市南行徳漁業協同組合並びに気象等の観測データの提供をいただいた葛南港湾事務所の方々に謝意を表します。

要 約

- 1) 千葉北部地区のアサリ漁場内3箇所に、水温・塩分・溶存酸素量を同時に連続記録する観測装置を、1992年8月4日～10月7日までの64日間設置し、青潮の発生と関連した水質の動向を調査した。
- 2) 観測中に、大規模の青潮の発生前から消滅までの水温・塩分・溶存酸素を同時に連続記録することに成功した。
- 3) 水温は短期間に約10℃低下、塩分は同様に約10上昇した。溶存酸素は調査点によって異なったが、3 mg/l以下になり、典型的な青潮水が出現した。
- 4) 青潮発生前と発生直前の水温と塩分の挙動は異なり、発生直前には水温の不可逆的な低下と、塩分の不可逆的な上昇が認められた。
- 5) これは北東風の吹き出しとともに吹送流の補流として、徐々に底層の低温・高塩分水が波及してくるためと考えた。これらのことから水温・塩分の動きは青潮の前兆を示すものと推察した。
- 6) 水温センサーはフジツボ等の生物付着の影響が少なく、長時間漁場に放置できることから、漁場に

設置する事で、青潮予知の確度が高まる可能性があると考えた。

文 献

- 1) 柿野 純・竹脇 博・鈴木和良 (1984)：最近の東京湾のアサリへい死現象とへい死に関する考察，千葉水 試研報，42，23～28.
- 2) 柿野 純・鳥羽光晴 (1990)：千葉北部地区におけるアサリ資源の特性について，千葉水試研報，48，59～71.
- 3) 柿野 純 (1986)：東京湾奥部における貝類へい死事例，特に貧酸素水の影響について，水産土木，23，1，41～47.
- 4) 環境庁水質保全局 (1987, 1988, 1989, 1990, 1991) 青潮の発生機構の解明等に関する調査.
- 5) 柿野 純 (1985)：硫化物を指標とした無酸素水の酸素消費量，千葉水試研報，43，65～69.
- 6) 柿野 純 (1982)：青潮によるアサリへい死原因について千葉水試研報，40，1～6.
- 7) 柿野 純・松村皐月・佐藤善徳・加瀬信明 (1987)：風による流れと青潮との関係，日水誌，53，8，1475～1481.
- 8) 水産試験場富津分場 (1992)：8月22日貝類資源調査データ.
- 9) 田辺 伸・古畑和哉・木所英昭 (1992)：日常的な溶存酸素の変動要因に関する調査，未発表.