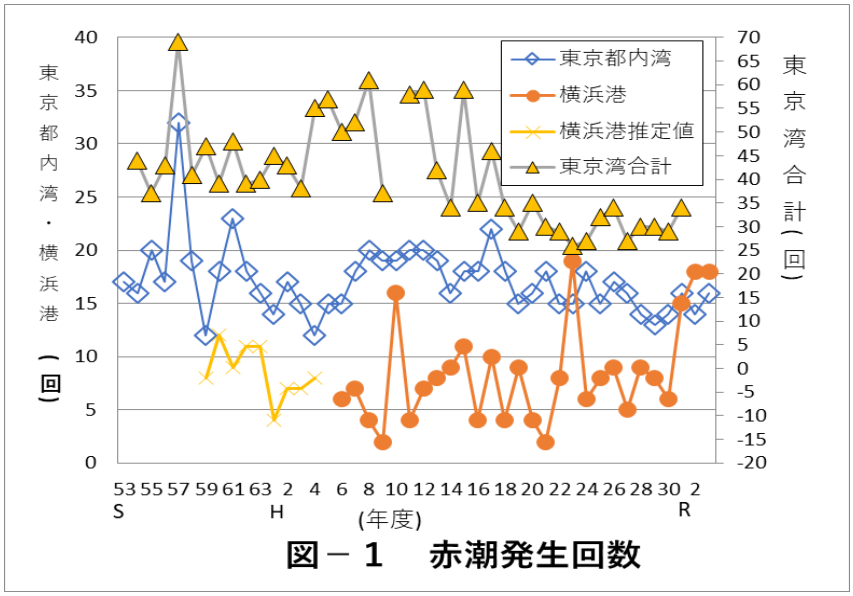
横浜港の赤潮対策についての発表を含む補足

米本　豊

１．はじめに

閉鎖性水域である東京湾は、栄養塩の入れ替えが十分ではない。東京湾内の横浜港では、尚、入れ替えが悪くその影響を受け、赤潮の発生の原因の一つとなっている。栄養塩であるＮ・Ｐなどの除去は、高度処理を行っている下水処理場の割合が高くなっているので良化している。しかし、富栄養化の観点から見ると、栄養塩の負荷としては、平成２６年頃から低下が見られていないので十分な低下ではないように思われる。一般に栄養塩が多いとその他の条件にもより爆発的に赤潮生物が増殖し赤潮の発生となる。図―１に最近までの赤潮発生回数を示した。図中、横浜港推定値とは、発生回数のデータが無い為ｸﾛﾛﾌｨﾙα50(μg/l)以上の時を赤潮発生とした場合である。この結果、東京湾（参考　東京湾水質調査報告書―東京湾自治体環境保全会議）としては低下傾向であるが、横浜港では、最近、多い状態であり発生回数の低下が見られていない状況である。そこで、横浜港を中心調査した。

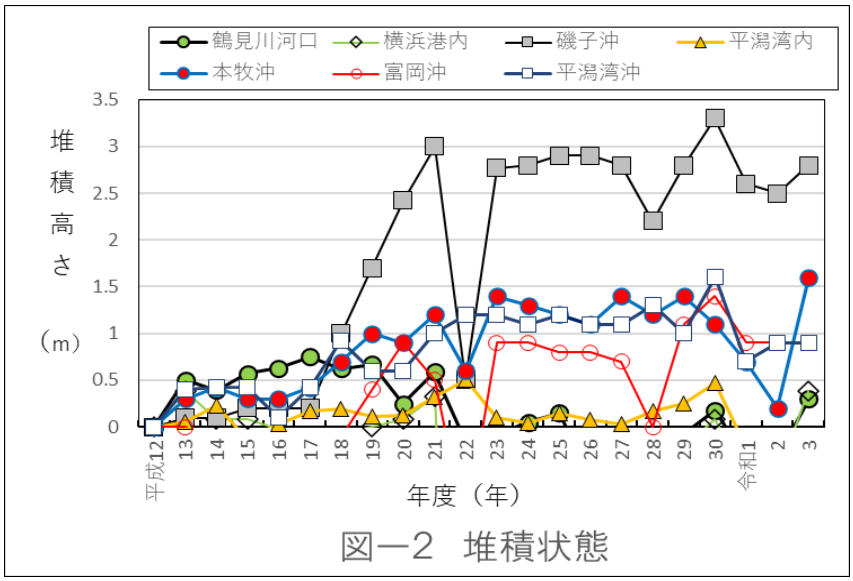


図－１　赤潮発生回数

今回、赤潮の状況を把握し、その対策の一手段として今まで発表した赤潮発生予測式をまとめ、水温の測定だけによる方法を再考案した。また、赤潮発生の一因である堆積が横浜港の幾つかの水質測定地点で見られたので考察した。そして、りんの処理に於ける低減の方法の一つである有機酸の添加方法についての考察も行ったので報告する。

２．赤潮発生の概要と状況

赤潮発生予測式を求めるにあたり、データとして、気象衛星ひまわり８号により観測したJAXAの海面水温とｸﾛﾛﾌｨﾙα濃度、そして、神奈川県水質調査年表、神奈川県公共用水域及び地下水の水質測定結果等を使用した。

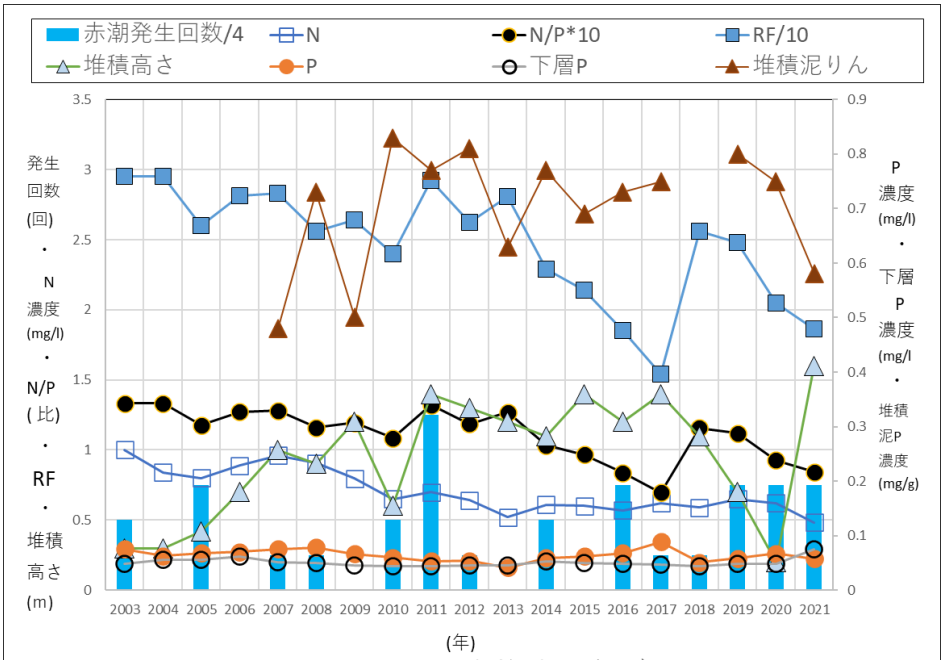


図―２　堆積状態

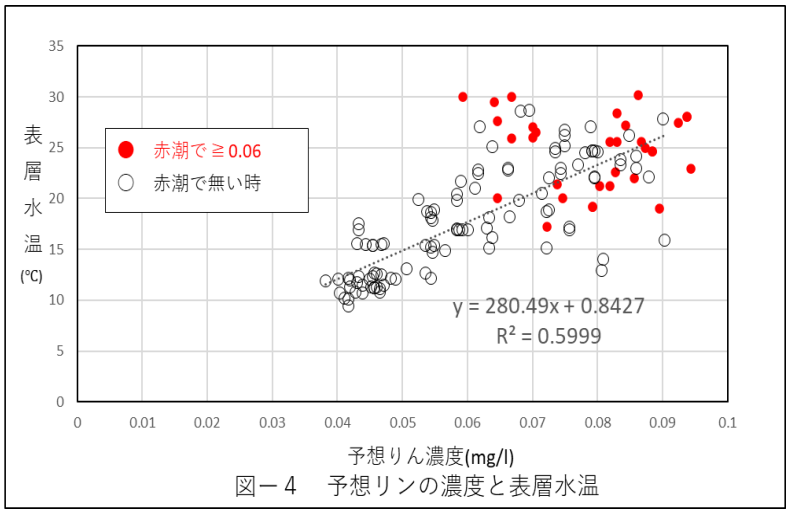
衛星で観測した10時の海面水温(式の作成では、表層水温を使用)と相関があった項目のそれぞれの関係より赤潮発生のしやすさを求めた前式[1]（60回下水道研究発表会発表）と10:00のｸﾛﾛﾌｨﾙα濃度から15:00のｸﾛﾛﾌｨﾙα濃度を予想する前々回[2]（第59回下水道研究発表会発表)の式を統合させて新しく赤潮発生の予測式を作成した。前々回の式で使用したｸﾛﾛﾌｨﾙα濃度は、表層水温から求めた。また、

りん濃度による補正が必要であったので、りんの濃度は、表層水温から相関式で求め使用した。したがって、水温からだけによる赤潮の発生のしやすさを求める方法として考案し直し赤潮発生の予測式を求めた。横浜港内湾の範囲としては、南本牧ふ頭から川崎市の境とした。

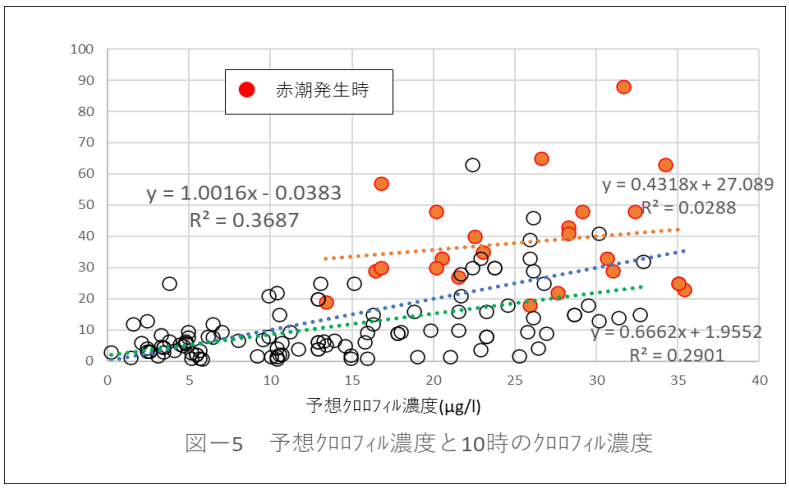
気象衛星等による測定では、天気等で限りがあるため、一定的に測定を行うには、測定ブイによる測定が考えられる。りんの測定やｸﾛﾛﾌｨﾙ α 濃度の測定も測定器を組み込めば可能であり、以前、横浜市の環境管理課でも使用していたが、船舶の衝突により壊された。図―１の結果で、横浜港の赤潮発生上昇の原因を調べるため、赤潮発生のしやすさの影響の一つである堆積について、水質測定地点７地点の堆積状態を平成 12 年を基準として図―２に示した。この結果、磯子沖、本牧沖、平潟湾沖、富岡沖が堆積傾向であり、この中で、横浜港内湾との境目である本牧沖の各種データを図―３（神奈川県水質調査年表・公共用水域及び地下水の水質測定結果・東京湾の底質調査結果より）に示した。これより、窒素は、低下傾向、りんは横這い状態であるが、堆積泥のりん濃度は上昇傾向であった。図中には示してないが、堆積泥の粒度分布は、泥質がやや減少傾向である。砂等だけの堆積では、汚泥中のりん濃度が増加しないため、何等かの要因がある。全般的に明らかな関係は見られなかったが、その中で堆積汚泥りん濃度と赤潮発生回数にやや関係が見受けられた。令和 3 年のデータは後で追加した。堆積は、平成 17 年頃から増えているが、平成 22 年頃からそれほど増えていない。流れにより、堆積上部が入れ替わって、浚渫と同じように表面から、りんが溶出する現象となっている可能性があると思われる。赤潮発生のﾚｯﾄﾞﾌｨｰﾙﾄﾞ比は、藻類により適正値があるので、赤潮発生の状況には、これらが関係していると考えられる。堆積物は、湾内から出たもの



図－３　本牧沖の各データ



図－４　予想リンの濃度と表層水温



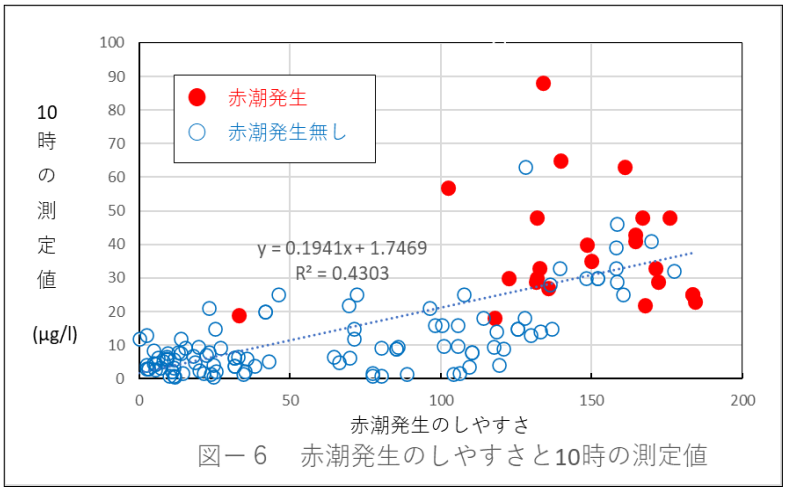
図－５　予想ｸﾛﾛﾌｨﾙ濃度と10時のｸﾛﾛﾌｨﾙ濃度

か、近隣の砂ないし砂礫[3]や河川等から排出されたものか分からない。横浜港内湾で、鶴見川河口・横浜港内については、それほど堆積が無いが、赤潮発生が多いのは、栄養塩の入れ替えが少ない為と考えられる。

３．赤潮発生のしやすさの判定について

赤潮発生の予測は、今までに考案した式を統合させで作成し、りん濃度の予想と補正を加えた式とした。そして、前回[1]で考案した加算方式とした。図―４に表層水温と予想りん濃度の分布を示した。りん濃度0.06(mg/l)以上で赤潮発生が多くなるので、0.06(mg/l)以上で補正を加えた式とした。

ここで、予想のｸﾛﾛﾌｨﾙα濃度と 10 時のｸﾛﾛﾌｨﾙα濃度の関係を図―５に示した。赤潮発生は、図の上方で見られ、赤丸とした。図中では、相関式を赤潮発生時のみと除いた時と全体の場合を示した。全体としては、R^2＝0.3687 であった。そこで、赤潮発生時とそうでない時の二つの予想ｸﾛﾛﾌｨﾙα濃度を元に幾つかの補正値を加え、赤潮発生のしやすさとした。赤潮の発生のしやすさの予測式と補正の概要を下式に示した。また、10 時のｸﾛﾛﾌｨﾙα濃度と赤潮発生のしやすさの関係を図―６に示した。赤潮発生が、赤潮発生のしやすさ 110 以上に多く、発生していない時が低値に多くなった。全体での相関係数は、R^2＝0.4303 となった。



図－６　赤潮発生のしやすさと10時の測定値

赤潮発生のしやすさの予測式＝
((1.8209×表層水温)+17.621)【10 時の予想ｸﾛﾛﾌｨﾙα濃度】+(水温の補正)+(予想リンからの補正)
+((1.362×表層水温)+15.688)【10 時の表層水温から 15 時のｸﾛﾛﾌｨﾙα の予測】＋(表層水温の補正) +(透明度の補正)

以上の式で計算した。そこで、前回の赤潮発生のしやすさの結果と今回考案した結果の比較を表―１に示した。若干ではあるが、前式の結果より良化した結果となった。東京湾の赤潮発生判定基準であるｸﾛﾛﾌｨﾙα50(μg/l)以上の場合も表示した。ｸﾛﾛﾌｨﾙα50(μg/l)以上で判定される場合は、100%発生した時となるが、予測の場合とすると、50(μg/l)以下での発生の場合も多くあり、全発生時の判定の半分以下であった。これらから、判定の設定の難しさが伺われる。

表－１　各データのまとめ

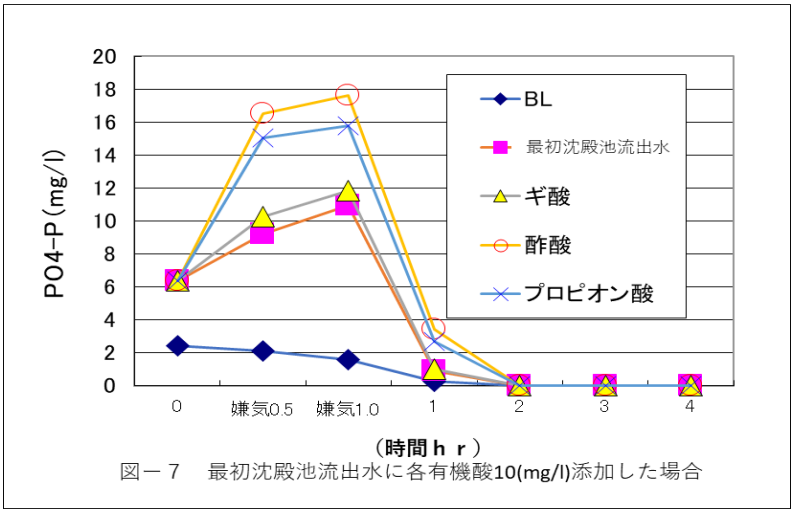
赤潮発生予想判定値	抽出した実赤潮回数	赤潮判定回数	実発生回数(32回)中に占める割合(%)	判定回数中の割合(%)
80以上	20	38	62	53
70以上	23	53	72	43
60以上	26	58	81	45
50以上	28	61	88	46
今回117以上	28	51	88	55
ｸﾛﾛﾌｨﾙα(50μg/l)以上	12	12	38	100

４．考察

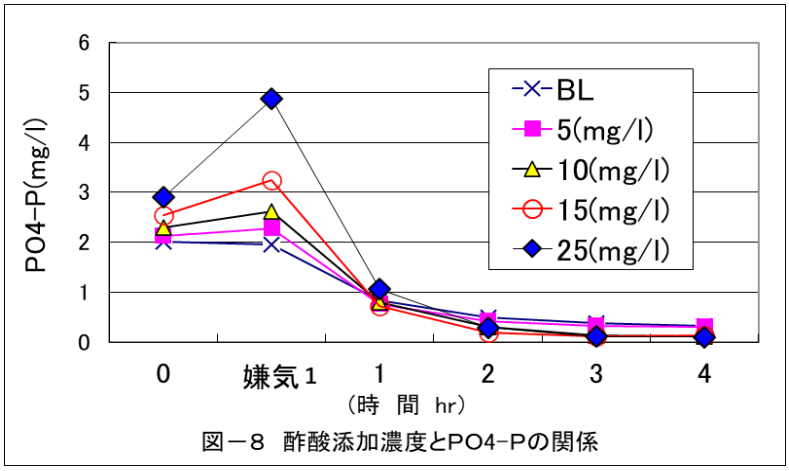
嫌気好気法等で、りんの除去を高くする一つの方法として、PHA[4]を生成させる有機酸を添加する手段が考えられる。方法として、最初沈殿池汚泥を反応タンクに投入する方法があるが。ここでは、他の方法として、堆積させた汚泥の上澄みを添加する手法を過去のﾋﾞｰｶｰ実験の結果を元に考察した。

発表された文献[5]で濃縮汚泥を一週間腐らせた場合(混合汚泥濃度 0.6%)で有機酸濃度 3000（mg/l）ほど

となる机上実験結果が得られている。同時に行われた条件を変えた場合では、有機酸濃度が約 2000(mg/l)であった[6)]。したがって、濃縮汚泥の濃度・性状・成分内容・条件により有機酸の発生濃度は異なってくる。実際に最初沈殿池に堆積させた場合（混合汚泥濃度 0.3%）の結果[7)]では、嫌気状態が不十分となる事もあり、ﾋﾞｰｶｰ実験の 1/6 程度の有機酸濃度であった。有機酸の主要成分としては、酢酸であった。幾つかの有機酸を最初沈殿池流出水に各 10(mg/l)添加した場合の結果を図―７[8)]に示した。これより酢酸の添加が良い結果であることが分かる。次に最初沈殿池流出水に含有する濃度が高く効率も良いようなので酢酸の添加についての結果を図―８[9)]に示した。最初沈殿池流出水の有機酸濃度とりん放出濃度から、有機酸の中で酢酸の濃度が 25(mg/l)あれば、十分な濃度と考えられる。実際に有機酸濃度が約 500(mg/l)の場合 1/20 の量の添加で良いことになるので、水量 100,000m^{3}で 5000m^3 の添加量となる。7 日間腐らせて蓄積量 5000m^3 で、有機酸濃度が約 500(mg/l)の場合、りん除去を向上させたい時の 3 時間に 1/20 の量の添加をすると約 8 日間程度添加できる事になる。堆積容量や場所の設定により、これらの状況は異なってくるが、最初沈殿池での場合では、覆蓋や硫化水素の対策や堆積汚泥の引き抜き濃度の高いポンプ等の設置が必要になってくる。ポンプについては、高濃度でも可能な上部から吸引する方法も考えられ、移送投入や攪拌も水中ポンプ等が考えられる。



図－７　最初沈殿池流出水に各有機酸10(mg/l)添加した場合



図－８　酢酸添加濃度とPO4-Pの関係

　高度処理以上の良化は、膨大な費用が掛かる。しかし、幾ら掛けようとも現在では下等な生物でも死んだら生き返らす事が出来ない事を見据えて、高等動物であるからこそ出来る事を行う必要があると思う。そして、現在、環境管理部門等が主に対策している環境問題も含め、日本が直面している諸問題の幾つかは世界的な問題でもあるので、連携して取り組む必要もあると思う。

参考文献

1) 横浜港に於ける赤潮発生の予測　米本 豊 第 60 回下水道研究発表会講演集　2023　p442-444
2) 横浜港の赤潮発生予測について　米本 豊 第 59 回下水道研究発表会講演集　2022　p385-387
3) 横浜市中心部の地形と地質:大岡川低地と帷子川低地を中心に　松原 彰子　慶応技術大学日吉紀要.社会学.No27.2016
4) 活性汚泥一時貯蔵物質 PHA の実態調査および活性汚泥処理における挙動について 坂本 俊彦 工藤 優子 その他 第 52 回下水道研究発表会講演集　2015　p872-874
5) 硝化抑制物質の検索　米本 豊　広澤 昭一 第 41 回下水道研究発表会講演集 2004, p1020-1022
6) 腐敗調整汚泥の処理への影響　米本豊　15回局内研究発表会講演集 米本豊　竹村 伸一 その他
7) 堆積汚泥と有機酸の発生について　第 11 回局内研究発表会講演集 米本豊 田久保 正男 その他 P31-33
8) りん除去における有機酸の影響　米本豊 高橋 繋 その他 第48回下水道研究発表会講演集　2011 p944-946
9) 有機酸による細胞内蓄積有機物について　米本 豊　福田 好史 その他 第45回下水道研究発表会講演集 2008 p938-940

問い合わせ　045-892-3204