

# 横浜市に於ける赤潮発生について

米本 豊

## 1. はじめに

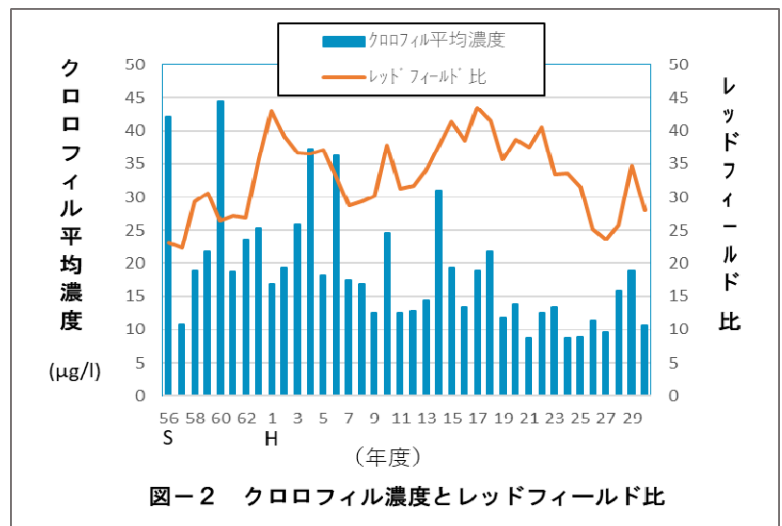
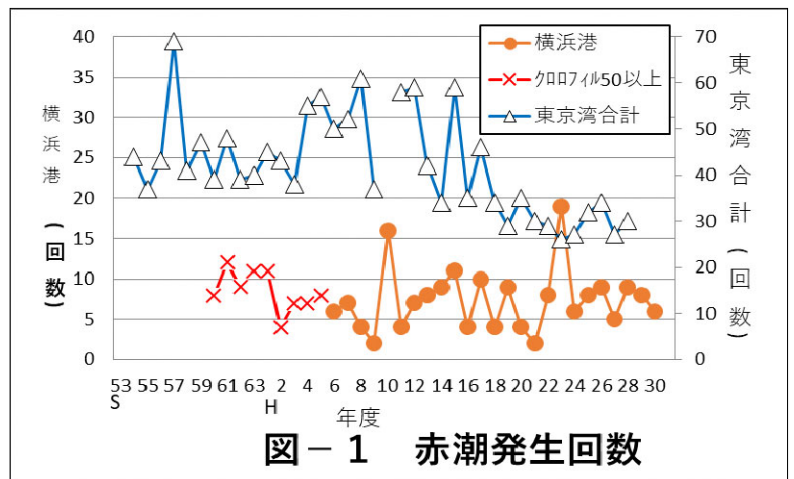
近年、東京湾では、水質が良化し一時姿が見られなくなった生物がまた見られるようになってきた。1910年頃の東京湾内湾の赤潮の発生は2回/年程度であったが、高度成長期に非常に多くなり、最近減少傾向である。この大きな要因の一つは、下水処理の普及が多くなった為と考えられる。横浜市の平成30年度に於ける高度処理化率は全処理能力の50%を占め、東京湾での富栄養化対策に貢献している。また、放流先が東京湾である横浜の下水処理場は、基準を遵守するため高度処理の導入まで疑似嫌気好気法などの運転を行い対処している。しかし、水質は良化傾向ではあるが、場所によっては赤潮の発生が続き、干潟の減少等もあるためアサリは漁獲が少なくなり低酸素状態でも繁殖するホンビノス貝が増殖している状況となっている。

東京湾では、平成29年7月に長期間に渡る大規模な赤潮が発生し、横浜港でも同様に発生した。横浜港では、その後も大きな赤潮の発生があり、この原因を解明すべくデータ解析を行った。短期間では、十分に解析できる結果が得られなかったため、40年ほど前からのデータ収集を行った。この結果、幾つかの原因が考えられたが、その中の一つとして窒素・リンの負荷を上げ、リンの負荷を中心に報告する。

## 2. 横浜市の赤潮発生状況等

過去の確認できるデータより、昭和53年からの赤潮発生状況を図-1に示した。横浜港では、平成6年以前の環境基準測定地点等に於ける常時監視結果である赤潮発生回数データが見つからなかったため、クロロフィル濃度50( $\mu\text{g/l}$ )以上の日を赤潮発生日とした回数として表し、追加して示した。横浜港の発生状況については、平成元年から、赤潮発生回数の低下傾向がほとんどなく現在に至っている。

そこで、発生源である企業の対策や規制の効果を見るため、赤潮発生時に高くなるクロロフィル濃度を、昭和56年から年の平均値で調査し図-2に示した。この結果、昭和の時代より濃度は下がっており、水質の良化の効果が確認できた。ところが、平成19年頃より低下の傾向が見られず平衡状態となっている。海域の栄養階級区分では、富栄養域と過栄養域の境の位置であり、赤潮発生の起こる条件の範囲であると考えられる。そこで、栄養塩の状況を表すため、藻類の構成元素単位を窒素とりんの原子比で示すレッドフィールド比を調べ図-2中



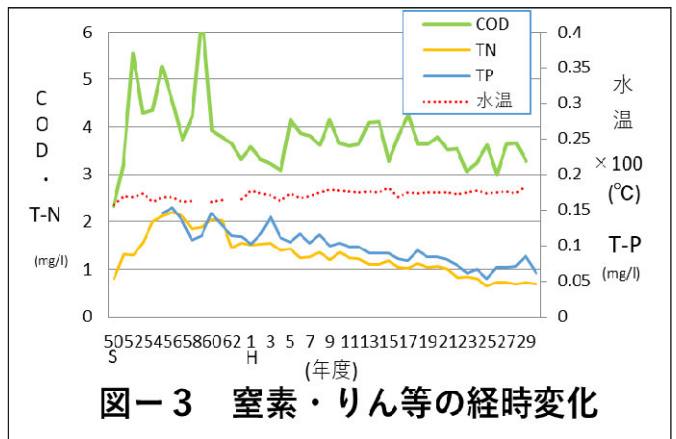
に示した。通常、藻類のレッドフィールド比は炭素：窒素：りんの原子数比率で 106：16：1 であるが、窒素とりんの原子数比だけで表す場合もあり、この比率で示した。したがって、藻類の場合の比は 16 となるが、図一 2 では全体にこれより高い値である。海苔を含む藻類のレッドフィールド比は、49 程度と報告されているので、藻類の中で海苔の生育の条件に近い結果となっている。赤潮発生の窒素・りんの濃度は、増殖に必要な最低濃度以上があれば良いので、りんの濃度によって制御されると考えられる。

次に、測定当初からの COD、水温、TN、TP の経時変化を図一 3 に示した。COD の変動は大きい傾向の変化はなく、水温は上昇傾向である。TN は低下傾向であるが、TP は 10 年ほど前から低下傾向が見られていない。そこで、窒素・りん・COD の各湾・港の H21 年～29 年の環境基準測定地点等の平均値の比較を表一 1 に示した。この結果、横浜港は、若干高い値であった。この結果には、測定点の一つの近辺で浚渫・埋立てを行っており、その影響が考えられた。しかし、平均値より低い値であり、10 年ほど前から行われてもおり、実際に周辺に赤潮の発生等などの影響も与えているため、平均に含めることとした。したがって、総合的に横浜港の平均値と判断すると、若干の汚濁があると考えられる。

### 3. 考察

栄養塩の窒素・りんの濃度が若干高い結果を考察すると、下水処理水による負荷とヘドロからの溶出が考えられる。最初に下水処理水による負荷を調査した。表一 2 に東京湾に於ける令和 6 年の予測として高度処理化 100%とした時の各栄養塩等の排出割合<sup>1)</sup>を示した。この結果、下水処理関係の占める割合が大きい結果であった。これは、下水普及率が高くなるためであり、これ以上の低減は、高度処理以上の対策を検討しなければならない。

次にヘドロからの栄養塩溶出を調査した。幾つかの文献から低溶存酸素状態では、窒素 10～300(mg/m<sup>2</sup>日) りん 0～50(mg/m<sup>2</sup>日)の測定結果が得られている。横浜では過去に、旧横浜市公害研究所で行った窒素 100(mg/m<sup>2</sup>日) (DO0.5mg/l)、りん 48(mg/m<sup>2</sup>日)(DO0.5mg/l)<sup>2)</sup>が報告されている。そこで、横浜港内湾に流出した場合の下水処理水推定濃度とヘドロから溶出した場合の推定濃度等を表一 3 に示し、参考図を掲載した。この結果、ヘドロからのりんの溶出は、場所や状況によっては影響が大きいと考えられる。この場合、窒素に比べりんの濃度比率が下水処理水の場合より大きく、図一 3 中の平成 27 年頃の TN・TP の結果の一部を示唆していると思われる。



図一 3 窒素・りん等の経時変化

表一 1 各湾・港の平均濃度の比較(H20～H29)(mg/l)

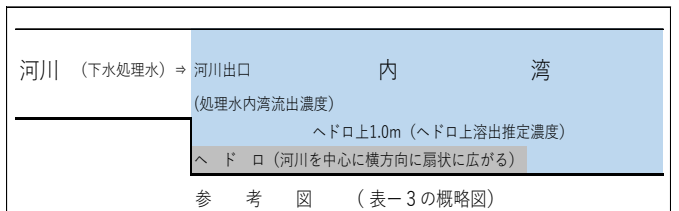
	P	N	COD	
東京湾		0.058	0.68	2.7
東京港		0.16	1.83	4.1
千葉港		0.06	0.68	3.2
川崎港		0.094	1.44	2.8
横浜港		0.069	0.79	3.4
横須賀港		0.043	0.53	1.9
大阪湾		0.038	0.34	2.6
瀬戸内海		0.022	0.2	2
有明海		0.047	0.3	1.9
矢代海		0.023	0.17	1.8

表一 2 令和6年に於ける各栄養塩等の東京湾への排出割合予測(%)

	COD	窒素	りん
下水関係	34	70	63
直接放流	11	6	11
田・市街地	41	15	15
事業所	1	1	1
畜産	1	1	5
その他	12	7	5

表一 3 栄養塩の各推定濃度 (H29) (mg/l)

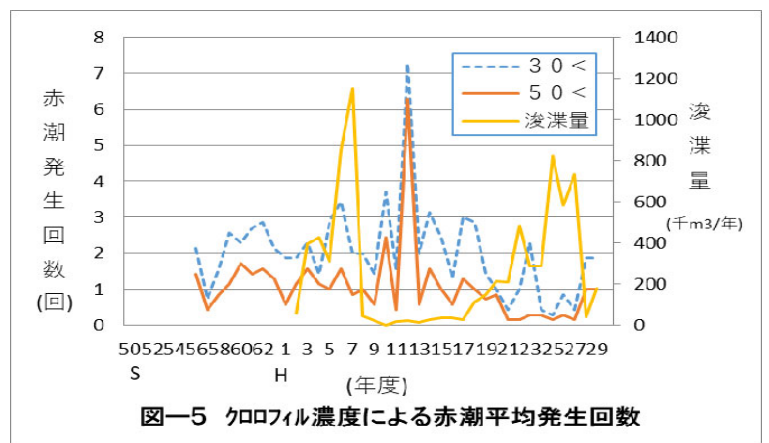
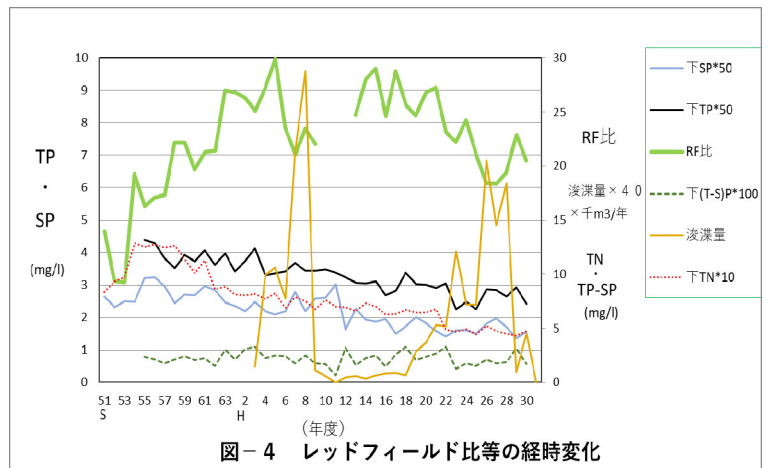
	横浜港内湾濃度	処理水内湾流出濃度 (河口から流出した場合の濃度)	処理水内湾濃度 (内湾で混合された場合)	ヘドロ上溶出推定濃度 (扇状に堆積したヘドロ上の濃度)	ヘドロ内湾濃度 (内湾へ広がりが混合された場合)
りん	0.10	0.47	0.0041	0.48～0.96	0.000039以下
窒素	1.0	2.6	0.034	1.0～2.0	0.000082以下



参考図 (表一 3 の概略図)

そして、ヘドロからの溶出状態を調べるため、横浜港内湾のりん(下層全りん、下層溶解性りん)・下層全窒素・下層(全りん-溶解性りん)・レッドフィールド比・浚渫量の関係を図-4に示した。レッドフィールド比は昭和と近年に低くなっている。浚渫の多い時に下がっており、浚渫時は溶解性のりん濃度が上がるためと思われる。りんは、全りと溶解性で同様な減少傾向である。差をみるとほぼ一定であり、不溶性りん等の増加は見られない。窒素も減少傾向である。東京湾では、溶解性無機りん以外のりんを取込む植物性プランクトンが多くなっている報告があるが、横浜港では、スケルトネマ以外のプランクトンの発生も多く、発生条件が異なると思われる。

まとめると、一年間では、下水処理水の負荷が大きいが、場所と状況によっては10~20年前に浚渫を少なくしたため、その後のヘドロからの栄養塩の溶出が影響を与えていると思われる。近代でも一部の場所で浚渫・埋立をしているため、新しく積もったり底の古い



ヘドロや、埋立土からの溶解性と不溶解性塩等の溶出が起り、赤潮の発生が少なくなると考えられる。

最後にクロロフィル濃度の年間平均で 30( $\mu\text{g/l}$ )以上と 50( $\mu\text{g/l}$ )以上の濃度の時の赤潮発生回数と浚渫量の関係を図-5に示した。近年では、浚渫量が多いと 50 ( $\mu\text{g/l}$ ) 以上の発生が少なくなっている結果が見られている。浚渫量が多いとヘドロ表面の赤潮生物のシスト量が減少し、大きな増殖とならないと考えられる。

赤潮発生は、プランクトンが取込む栄養塩がなければ多くは起こらない。今回の考察の結果、場所や条件によっては堆積や浚渫・埋立土による溶出の影響が考えられる。過去には覆砂による溶出の抑制が行われていた事がある。しかし、毎年新しいヘドロが蓄積されていくので、新しいヘドロが積み重なり、影響を与えると思われる。また、下層にある古いヘドロからは、底生動物等により、溶解性以外のりんの形態としても放出される。これらを防ぐには、適切な浚渫と対策が必要と考えられる。

横浜市では、下水道の普及は十分されているが、高度処理以上の処理水の良化は費用が掛かる薬品添加の方法だけである。また、浚渫に対しても多額な金額が必要となる。しかし、高等生物として、より下等な生物のサポートが不可欠である。赤潮が起これば青潮の発生に繋がり生物種の減少・絶滅が起こるので、コントロールしていく必要があり、自然環境を守る対策も将来に向けて重要であると考えられる。

#### 4. まとめ

- ①横浜市での赤潮発生状況を示した。
- ②栄養塩の発生原因として下水処理水からの場合とヘドロから溶出した場合の推定値を示した。
- ③浚渫量とりん等の各濃度、レッドフィールド比との関係を示した。

参考文献 1) 東京湾における陸域汚泥負荷削減量等の算定及び負荷 国土交通省 2009

2) 横浜港底質からのりん、窒素の溶出 横浜市公害研究所報第15号 白柳 康夫その他 1991

問い合わせ先 TEL 045-892-3204

第57回 下水道研究発表会講演集より