

## 相模川汽水域における溶存酸素濃度に関する研究

Study on Dissolved Oxygen in tidal downstream of Sagami river

修了年月	2007年3月
専攻名	社会文化環境学専攻
氏名	西村 政倫(Nishimura, Masamichi)
学籍番号	47-56837
指導教員	黄 光偉 助教授
Key word	相模川 平塚 河口域 汽水 塩水遡上 塩分 DO 流量 成層 弱混合 貧酸素 下水処理水 栄養塩濃度 フラッシュ

## 1. はじめに

河口付近の汽水域は、性質の違う淡水と海水が混合し、潮汐による水位・流速の周期的変動や海水の浸入等、海域の影響を受け、環境が周期的に変動する。また汽水域は、その立地から周辺に港が建設されるなど土地利用の圧力が強い地域である。神奈川県相模川においても塩害防止や利水のため潮止め堰等が建設され、そのため過去に比べ、流量減少・河床低下といった現象が顕在化している。

感潮区間で河道内に塩水が滞留しやすい状況になると、底層の水が貧酸素化し生態系への影響が懸念される。相模川河口部において、塩水遡上の距離については既往の研究においても把握されているが年間を通じた水質変動や栄養塩類に関する調査は少ない。そこで、本研究では溶存酸素濃度（以下DO）を中心とする水質の時空間的挙動を把握することを目的に現地観測をおこなった。

## 2. 現地観測の概要

### (1) 相模川について

相模川は、山中湖に水源を發し、相模湖、津久井湖を経て中津川などの支川と合流し、神奈川県中央部を流れ相模湾に注ぐ流域面積 1680km<sup>2</sup>、流路延長 109km の一級河川である。下流部は高密度に都市化が進展しており、観光やレクリエーション空間としても広域的な利用がなされている。地形的特徴として、河口には左岸側から河口を塞ぐような形で砂州が発達しており、河口閉塞を食い止めるため 1951 年、導流提が整備されている。

### (2) 相模川の流量変化と塩水遡上

過去の文献によると、寒川取水堰建設（1964 年）以前の昭和 22～26 年において低流量は約 23m<sup>3</sup>/s であり、また塩水の遡上は 1935 年において河口から 1.35 km 程度ま

でと記されている。現在では降雨が長く見られなくなると流量が 8m<sup>3</sup>/s まで低下するが、これは相模川における渇水流量に対応している。このように、相模川下流部における河川流量の変動は、人為的な影響を強く受けていることがわかる。

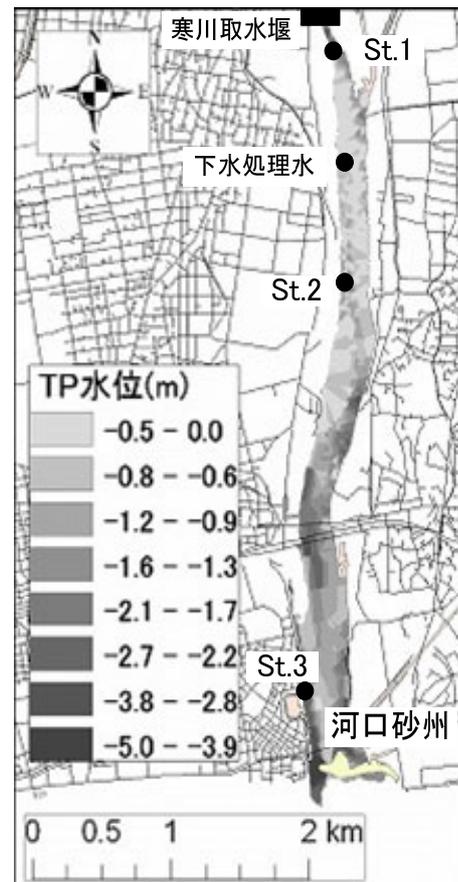


図-1 相模川水深図

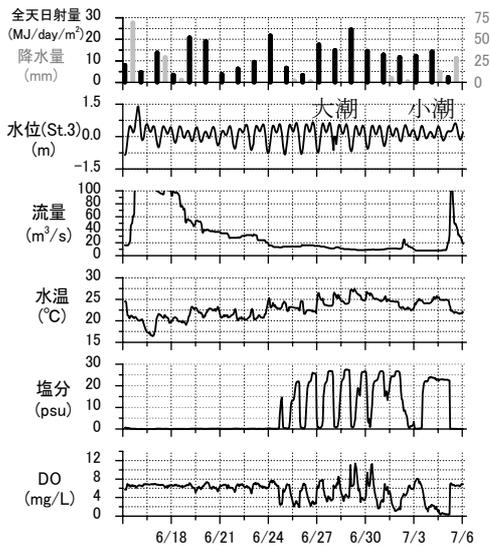


図-2 St.2 時系列 (6月)

### (3) 現地観測について

本研究の現地観測は、相模川の河口～6km上流の寒川堰周辺までを対象とした。小型船から投げ込み式水質計(Alec, AAQ1183)により DO, 塩分, 水温等を計測し, また同時に採水をして実験室で無機態窒素, 燐の栄養塩分析を行った。本梗概では DO 低下が見られた 9 月における観測結果を議論し, 栄養塩について今回は載せない事とした。

これに加えて, 夏期における河川内の水質変化特性を探ることを目的として, 2006 年の夏期において, 図-1 の 3 地点(St.1～St.3)で自記式水質計を用いて塩分, DO 等の連続観測を行った。St.1 は河口より 5.5km 上流の流心付近, St.2 は河口より 3.5km 上流の右岸側, St.3 は河口より 0.5km 上流付近に存在する馬入水質観測所である。本梗概では, St.2 における観測結果を中心に議論を進め, また貧酸素化を溶存酸素濃度が 3mg/l 以下として検討する。

## 3. 潮汐に起因する水質変動

### (1) 塩分の挙動

図-2, 図-3 より塩分の平均的な変動は流量が大きい時には 0psu であるが, 塩分反応時は潮汐に依存する。塩分は, 大潮時において上潮～高潮にかけて上昇し, 水位の最も下がる低低潮時には 0psu まで下がる。

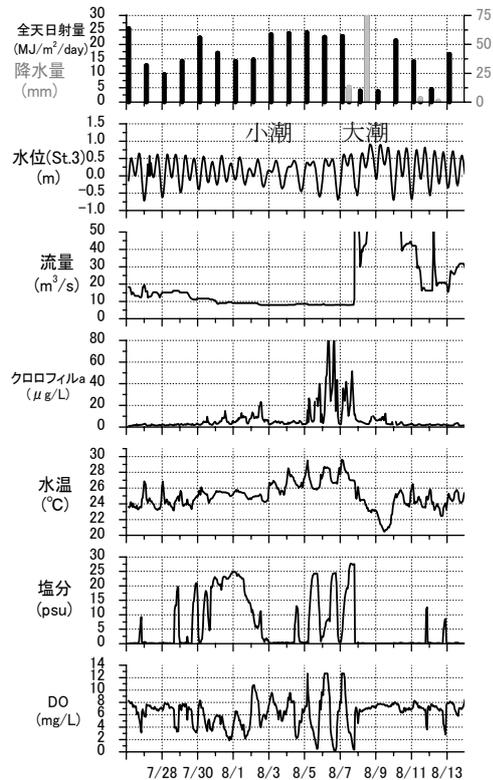


図-3 St.2 時系列 (8月)

また小潮時には, 塩分は潮汐に依存することなく常に 20psu 以上の値を保っていた。小潮時は大潮時に比較して潮位変動が小さいため, 河川水と混合し難い。また低低潮時における潮位が大潮時より高いため, 塩水が遡上したまま滞留すると考えられる。

塩水遡上は, 流量が概ね  $20\text{m}^3/\text{s}$  以下の値で安定している状態においてのみ見られた。ここで 7 月 5 日, 8 月 8 日の両日に塩分が急激に 0psu まで下がったことは, 降雨による流量の増加で塩水がフラッシュされたためである。

### (2) DO の挙動

DO の挙動は, 塩分の変動と強い相関があることが全体を通して見てとれる。そこで, 観測期間全般の挙動と貧酸素化した大潮時・小潮時の挙動に分けて説明する。

#### a) 全体的な挙動

観測期間中, 塩分の上昇に連動して, DO は低下する結果となった。しかし塩分が上昇しない時には, DO は概ね  $7\sim 8\text{mg}/\text{l}$  の高

い値を保ち、ほぼ飽和状態であった。6/29, 6/30, 8/2~8/7においてDOが10mg/lを超え、過飽和状態になった。この期間中は、水温が25℃以上であり、全天日射量が大きく平均で20MJ/(m<sup>2</sup>・day)であった。そしてクロロフィルaの値が非常に高いことから赤潮の可能性が考えられる。7/5, 8/8においてDOが下がった状態から、急激に上昇しているが、これは降雨により流量が増加し、貧酸素水塊がフラッシュされたためである。

### b) 貧酸素化

今回の観測では、小潮・大潮時の両方において、貧酸素化する結果が得られた。6月25日からDOは塩分の上昇に合わせて減少し、低低潮時にDOは回復するという変動を繰り返した。小潮になるにつれ、DOの最小値が下がり始め、7月5日には無酸素状態まで低下している。更に7/30の小潮時にはDOは2.2mg/lと貧酸素化している。その後、一時、塩水が遡上しなくなるが8/5から塩分の上昇にあわせDOが低下し始め、8/6には無酸素状態まで低下した。

### c) 考察

今回の観測期間において、貧酸素化した期間は6月下旬、8月上旬、8月下旬に三度見られたが、貧酸素化した期間における共通事項は、塩分による成層、また水温による成層も確認され、低流量であった。塩水が遡上して、上述の状態がおおよそ6日続くと、無酸素状態までDOが低下することがわかった。流量が低下し、成層強度が増すことで酸素供給が減少し、水温が上昇することで生物活性が上がり酸素消費が増加したと考えられる。

## 4. 空間分布

図-4は相模川の底層の塩分とDOの分布図を示したものである。河床底層に塩水が浸入し、同時にDOが低下していることがわかる。また特に侵入した塩水の先端部（塩水フロント）において低下が顕著である。DOの低下が見られた原因として、相模川汽水域は塩水との混合が弱いため密度成層によって溶存酸素の供給が遮断されたことが考えられる。

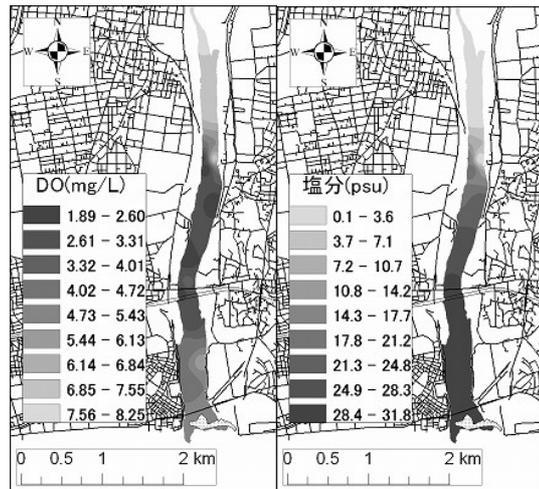


図-4 空間分布図 (9月)

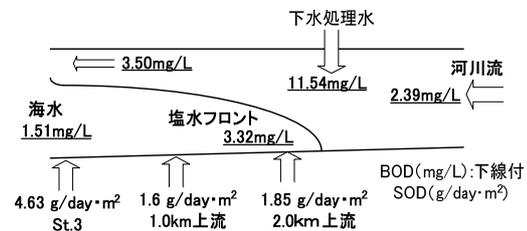


図-5 BOD・SOD図

表-1 酸素消費日数

No.	地点	水深 m	日数
1	St. 3	1.5	2.61
2	St. 3	1	1.79
3	1.0km 上流	1	2.3
4	2.0km 上流	0.5	2.03
5	2.0km 上流	1	3.52

## 5. 酸素消費

上流河川水、下水処理水、下流河川水、塩水フロント水、海水のBOD(mg/L)及び各地点底層のSODの実験結果を図-5に示す。図-5より下水処理水、塩水フロントのBODが高く、SODは河口に近いほど高い。図-5の結果を用い、面積1m<sup>2</sup>の塩水柱を想定し移流が生じないものとして酸素消費を見積もった結果を表-1に示す。消費速度の違いを求めため水深1mに統一した場合、酸素消費は河口に近いほど大きい。しかし現地の水深(No.1, No.3, No.4)を再現させると地点毎で余り差が出なかった。

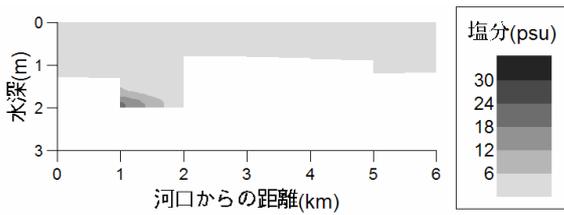


図-6 縦断分布図 (流量 70m<sup>3</sup>/s 時)

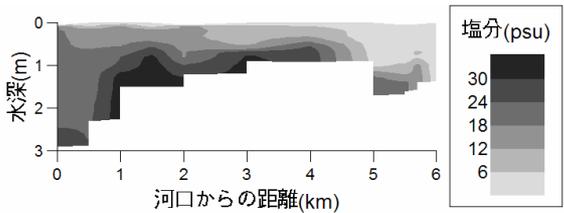


図-7 縦断分布図 (流量 10m<sup>3</sup>/s 時)

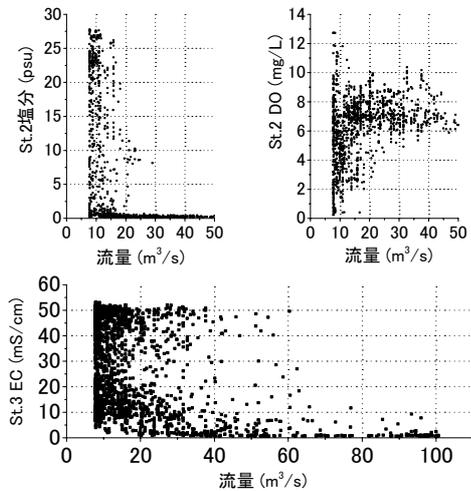


図-8 流量と塩分, DO, EC との相関

しかし実際は図-4に見られるように、河口付近では塩水フロントのDOが低く、逆に河口付近は高い。原因として河口付近の塩水は外海から浸入したばかりのため、DOの濃度が高い(新鮮な海水)事が考えられる。また塩水フロント(河川内に浸入したままの古い塩水)は侵入したまま滞留し、外海から侵入して時間が経っていると思われる。そのため塩水フロントと河口とでDO差が出たものと考えられる。

## 6. 貧酸素水塊フラッシュ

図-6, 7は河床縦断面の塩分分布図であり、観測期間において流量が大きい月と少ない月の結果である。流量が少ないと塩水の浸入が大きく、流量が大きいと一部地点を除きフラッシュされていることがわかる。

図-8は流量とSt.2の塩分, DOまたSt.3底層の電気伝導度(EC)との相関を示したものである。観測結果より流量が20m<sup>3</sup>/s以上であるとSt.2に塩水は遡上せず、DOも6~8mg/Lに漸近している事がわかる。またSt.3において流量が60m<sup>3</sup>/s以下であるとECが0に近い値を示している。図-6において流量が概ね70m<sup>3</sup>/sであると塩水がフラッシュされ、同時にSt.3の電気伝導度が0に近いことより貧酸素化が発生した場合、少なくとも70m<sup>3</sup>/sを放流すれば解消に繋がる可能性が観測結果より示された。

## 7. 結論

### (1) 塩分とDOの挙動

今回の観測により、相模川における河川流量と塩分・DOの関係を明らかにすることができた。流量が概ね20m<sup>3</sup>/s以下であるとき、河川中流において塩水が遡上し、塩分の上昇に連動してDOが低下することがわかった。また遡上した塩水は、約25m<sup>3</sup>/sの流量では上流に遡上しない。

観測期間中、大潮時・小潮時の両方において、河川の底層が貧酸素化することがわかった。特に、無酸素状態に陥る場合は、流量が10m<sup>3</sup>/sを下回っている時に限定される(図-8)。また、DOの空間分布から、河口付近よりも塩水フロントの方がDOの低下が著しかった。

### (2) 貧酸素化の解消

少なくとも70m<sup>3</sup>/s以上を放流すれば、塩水は河川内よりフラッシュされる事が観測結果よりわかった。貧酸素化した時だけ流量を増加する等の対策に有効であると考えられる。今後より詳細な観測や数値シミュレーションによる再現、また利水計画の見直し等を行い、流量の最適化を目指すことが必要であると考えられる。