

# 河川水質測定データから推定した相模湾への窒素、リン、CODの流入負荷

山田 佳昭 ・ 松下 訓

Estimation of Pollution Loads of Nitrogen, Phosphorus and COD to Sagami Bay

by using Water Quality Data of the Influent Rivers

Yoshiaki YAMADA \* ・ Satoshi MATSUSHITA \*\*

## はじめに

相模湾では、多種多様な漁業をはじめとする海面利用が盛んに行われている<sup>1)</sup>。

周辺域での人口増加や都市化によって、相模湾を取り巻く状況は時代とともに変化してきた。水需要の増大を賄うため相模・酒匂両川からの取水が行われ、また使い終わった水は下水処理され放流される。集水域の状況変化は湾内の水質環境に影響することが考えられる。

相模湾の水質は近年横ばいであるという見方もある<sup>2)</sup>が、長期的には透明度の低下やCOD（化学的酸素要求量）の増加などが起こっていることは明らかである<sup>3)</sup>。ところによっては、漁場環境や水産生物が影響を受けている可能性も考えられる。

海域の汚濁機構を考える上で流入する汚濁物質の量を把握することは重要であるが、相模川や酒匂川の各水系など主要河川で個別に汚濁物質の量を推定した例（桂川・相模川流域環境基礎調査に係る桂川・相模川流域の水質汚濁負荷量調査、など）はあるが、相模湾に流入する河川全体を考察した例はない。

本報では河川データを用いて相模湾へ河川から流入する汚濁物質の負荷量を見積り、経年的な変動について考察した。

## 材料および方法

今回対象とした流入河川は、千歳川・新崎川・早川・山王川・酒匂川・森戸川・中村川・葛川・金目川・相模川・引地川・境川・神戸川・滑川・田越川・森戸川・下山川・松越川の18河川で（図1）、

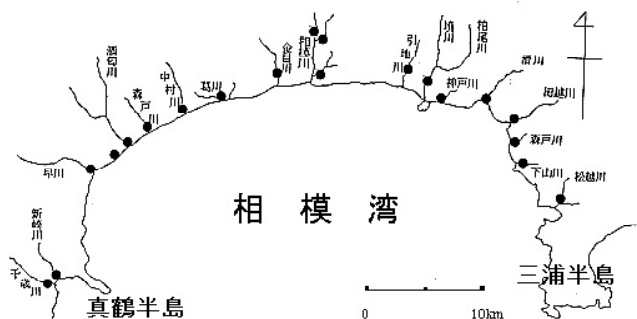


図1 相模湾への流入河川  
（●は、対象とした測定地点）

相模川は一級河川、他は二級河川である。また、比較のため相模川流域下水道の右岸処理場（四之宮管理センター；処理水を相模川に放流）と左岸処理場（柳島管理センター；処理水を相模湾に放流）も併せて扱った。

河川については、神奈川県公共用水域及び地下水の測定結果<sup>4)</sup>及び神奈川県水質調査年表<sup>5)</sup>から水質データを抽出した。データの頻度は1回/月である。各河川で取り上げた測定地点は表1のとおりである。各河川とも原則として最も河口に近い測定地点を取り上げたが、相模川については寒川取水堰の他、合流する目久尻川の河原橋及び小出川の宮の下橋を併せて扱い、右岸処理場からの放流水は除いた。

表1 河川別対象とした測定地点

河川 (水域)	測定地点
千歳川	千歳橋
新崎川	吉浜橋
早川	早川橋
山王川	山王橋
酒匂川	酒匂橋
森戸川	親木橋
中村川	押切橋
葛川	吉田橋
金目川	花水橋
相模川	寒川取水堰
	河原橋
	宮の下橋
引地川	富士見橋
境川	境川橋
神戸川	神戸橋
滑川	滑川橋
田越川	渚橋
森戸川	森戸橋
下山川	下山橋
松越川	竹川合流後

右岸処理場及び左岸処理場（以下「処理場」という）については、相模川・酒匂川流域下水道維持管理年報<sup>6)</sup>から水質データを抽出した。

抽出データは、COD（化学的酸素要求量）・T-N（全窒素）・T-P（全リン）の測定値、及び測定時の流量とし、各測定値（mg/L）に流量（m<sup>3</sup>/s）と時間的要素を乗じて算出した値を負荷量とした。

結 果

相模湾に流入する各河川等の 1974 (昭和 49) 年から 2001 (平成 13) 年の期間の水質変動を図 2 に示す。全窒素 (T-N) は、平均濃度は境川の 10.2mg/L が最も高く、変動幅 (最大-最小差) は神戸川や新崎川で大きかった。全リン (T-P) も、平均濃度は境川で 0.89mg/L と最も高く、変動幅は神戸川や新崎川で大きかった。化学的酸素要求量 (COD) については、平均値は松越川での 11.6mg/L が最も高く、変動幅は神戸川や境川で大きかった。さらに流量は、相模川で平均値 43.5 m<sup>3</sup>/s、変動幅 76.0 m<sup>3</sup>/s と最高であった。

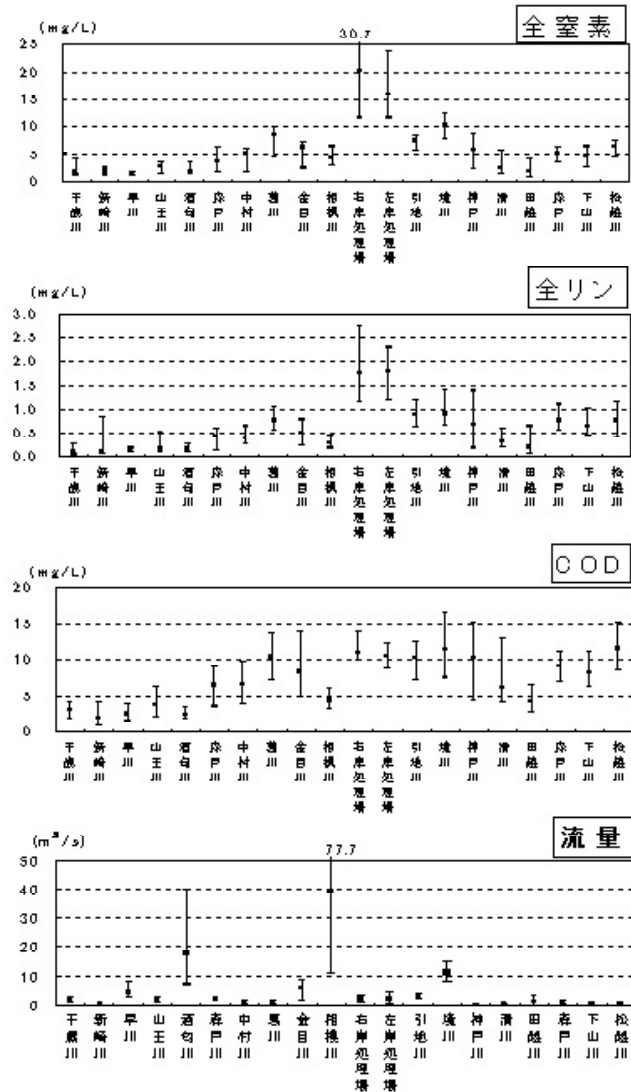


図 2 流入する河川等の水質変動 (1974 ~ 2001、最大値-平均値-最小値)

次に各河川等の負荷量を図 3 に、1980、1990 及び 2000 年について各年の 1 日当たりの平均値 (以下「日平均負荷量」という) として示した。相模川、境川、酒匂川で高い値がみられる。相模川は、他河川と比べて、濃度は高くないが、流量が多いため負荷量が多い。

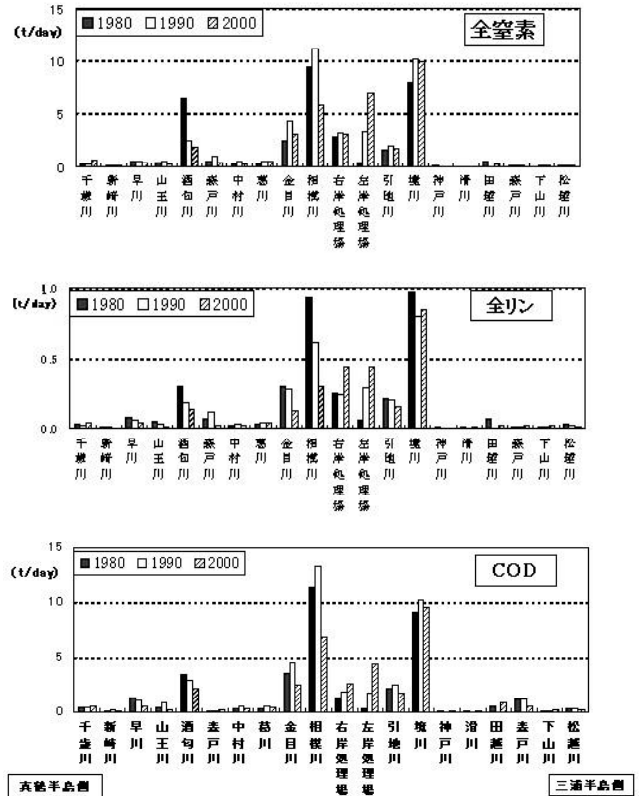


図 3 河川等からの流入負荷量

各河川等の日平均負荷量の比較並びに各河川全体と処理場からの日平均負荷量の比率の経年変化を示したのが図 4 である。負荷量の多い相模川と境川は個別に示したが、その他は一括し、また右岸及び左岸処理場放流水を合算して加えてある。COD は、相模川の比率は変動しながらも減少、境川とその他の河川比率はそれぞれほぼ横ばい、一方で処理場からの放流水の比率は上昇している。全窒素については、相模川と境川、その他の河川の各比率はともに横ばい、放流水の比率は上昇している。さらに全リンでは、相模川と境川の比率は減少、その他の河川では横ばい、放流水は上昇している。

図 5 に処理場放流水を除き河川からのみの流入負荷の経年変化を示した。河川から湾への負荷量は、全リンについては減少傾向がみられるが、COD と全窒素は変動しながらもほぼ横ばいで推移している。

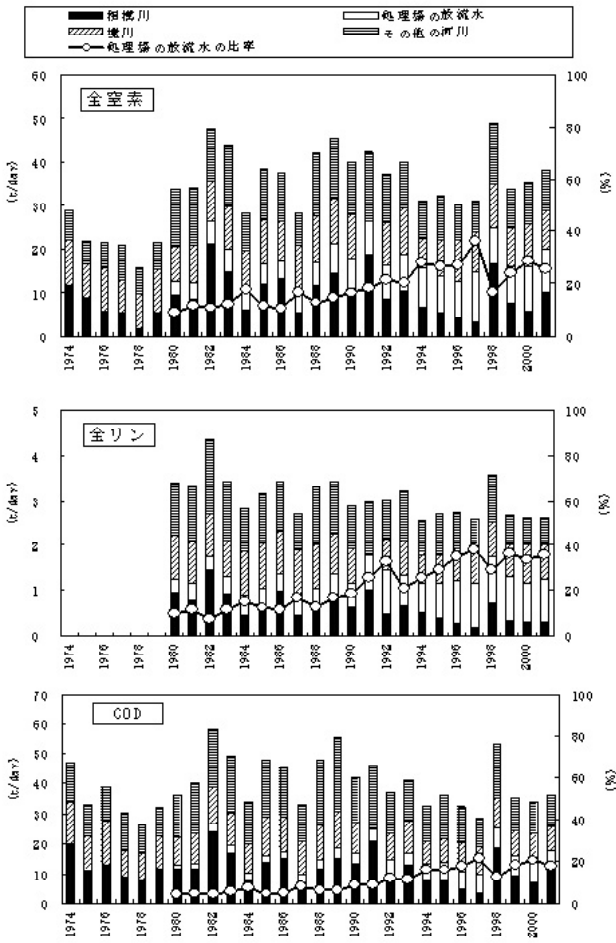


図4 相模湾への負荷量の比較と処理場の放流水の負荷量比率の経年変化

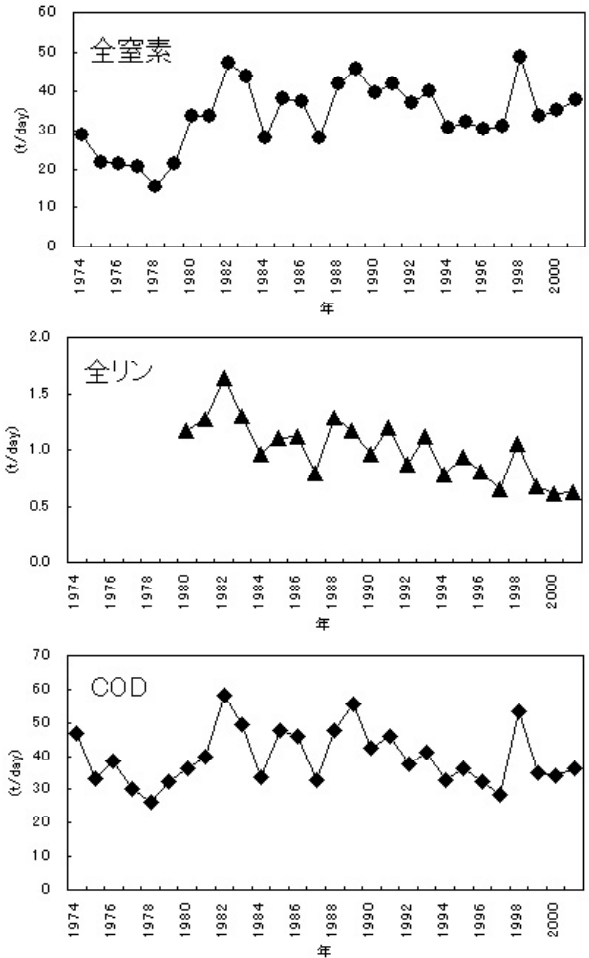


図5 相模湾への日平均負荷量の経年変化

### 考 察

ある水域に流入する汚濁物質の負荷量を推定するには、汚濁物質の発生源をグループ化（工場排水、生活排水（さらに雑排水とし尿に分けられる）、家畜排水、耕地排水、山地・山林排水など）した上、グループごとに生じる負荷量（原単位）を算定し、これに発生源数を乗じて合計する方法（原単位法）が用いられることが多い。しかしながら、この原単位法では原単位自体が全国平均的なものであり、求められた負荷量もその制約を免れない<sup>7)</sup>。よって、負荷量について複数の河川を比較する場合や、経年的な変動を考える場合に、発生源数の違いのみに影響され、個々の河川あるいは特定の年の特徴を過小評価することにもつながりかねない。

負荷量の推定には、原単位法の他に実測法という手法も存在する。これは、流量と水質濃度を実測して負荷量を算出するもので、時間あるいは空間的に精緻な結果を求めるためには膨大

な労力を投入する必要があり、また、過去推定や将来予測あるいは他地域への応用に対しては無効という欠点はあるが、特定の時点における正確な状態の把握が可能である、という特徴を持っている<sup>7)</sup>。

本研究で用いた手法は実測法に準ずるもので、相模湾への負荷全体に対して各河川が寄与する度合いや、負荷量の経年的な変動を考える上では適当な手法と考えられる。

今回推定した各河川から相模湾への流入負荷量は、いずれも1997-2001年の平均値で、窒素27.9トン/日、リン1.9トン/日、COD 30.9トン/日であった。これらは、環境省が1999年に算出した東京湾への負荷量が、窒素が254トン/日、リンが21トン/日、COD 247トン/日というのに比較して、窒素11%、リン9%、COD 13%に当たる。一方、処理場からの日平均負荷量は、1997-2001年の平均値で、窒素9.5トン/日、リン1.0トン/日、COD 6.6トン/日で、窒素とリンは相模川を上回り、また各河川による日平均負荷量との合計値（以下

「合計負荷量」という)に占める割合は、窒素26.3%、リン34.6%、COD18.3%となる。

河川水中の汚濁物質の濃度は各河川で大きく異なり、集水域の人口や土地利用の違いを反映したものと考えられる。また、流量については、河川毎の違いが大きい、中でも流量の多い相模川と酒匂川では変動も大きくなっている。

対象とした18河川について水質データを基にグループ化を試みた。全窒素、全リン及びCODの平均濃度と流量を変数に、データを正規化してワード法によりクラスター分析を行った結果を図6に示す。河川は大きく分けて3つのグループに分かれる(表2)。すなわち、窒素、リン及びCODの濃度が高いグループと低いグループ、濃度は低くても流量の多いグループである。濃度の低いグループの河川は湾西部に流入するものが多く、流域の状況が反映されたものと考えられる。下水処理放流水は特に窒素とリンの濃度が高いのが特徴である。

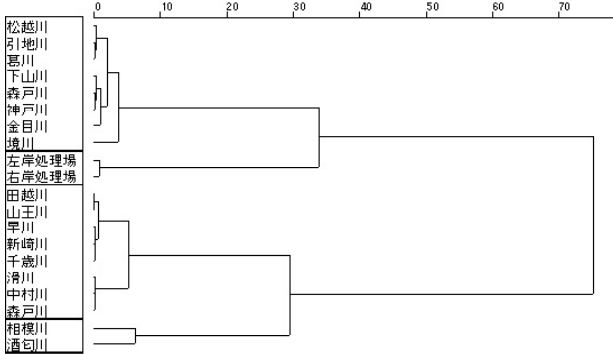


図6 水質データによるグループ化樹状図

表2 水質データによる流入河川のグループ化

	水質データ	河川
グループ1	濃度低い	千歳川・新崎川・早川・山王川・森戸川(西)・中村川・滑川・田越川
グループ2	濃度高い	葛川・金目川・引地川・境川・神戸川・森戸川(東)・下山川・松越川
グループ3	流量多い(濃度低い)	酒匂川・相模川
処理放流水	きわめて濃度高い	右岸処理場・左岸処理場

同様に窒素、リン及びCODの日平均負荷量を変数にクラスター分析を行ったところ(図7)、負荷量の大小によって3つ

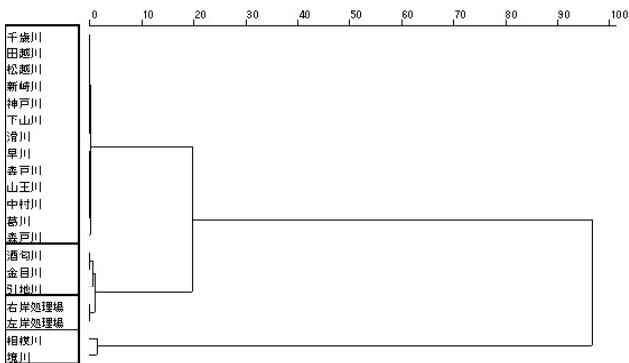


図7 負荷量によるグループ化樹状図

表3 負荷量による流入河川のグループ化

	負荷量	河川
グループ1	少ない	千歳川・新崎川・早川・山王川・森戸川・中村川・葛川・神戸川・滑川・田越川・森戸川・下山川・松越川
グループ2	多い(COD)	酒匂川・金目川・引地川
グループ3	極めて多い	相模川・境川
処理放流水	多い(窒素・リン)	右岸処理場・左岸処理場

のグループに分けることができた(表3)。負荷量がきわめて多いグループには、濃度は低い流量の大きい相模川と、流量は少ないが濃度が高い境川が入った。下水処理放流水は負荷量の多いグループに比べてCOD負荷量は少ないが窒素とリンの負荷量が多い。

ここで降水量の流量への影響をみるため、アメダスデータ(昭和54年~平成12年)から、山中、大月、上野原、相模湖、相模原、海老名、平塚、小沢の8観測所での各年間降水量の合計値を観測所数で除した年間平均値(以下「年平均降水量」という)を算出し、各河川の年平均流量(m³/s)の合計(以下「年流量」という)とともに示したのが図8である。河川流量は降水量の変動を反映した年変化を示す。年降水量と年流量の関係を示した図9からも流域の降水量が河川の流量を左右することがわかる。

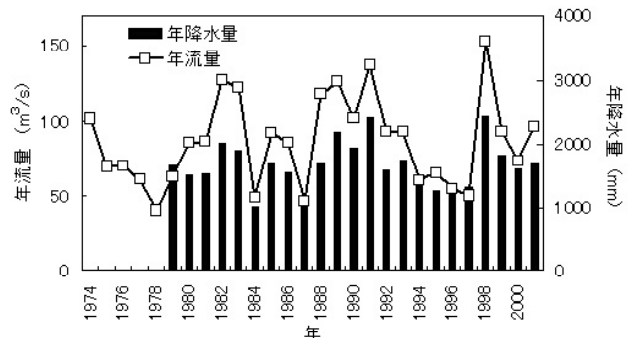


図8 年降水量と年流量の経年変化

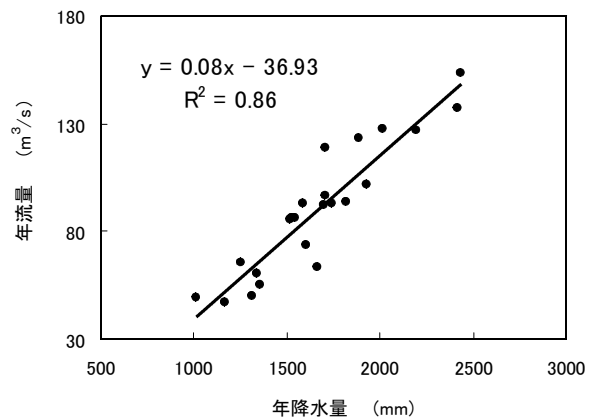


図9 年降水量と年流量の関係

一方、処理場放流水は降水量に無関係な年変動を示す(図10)。

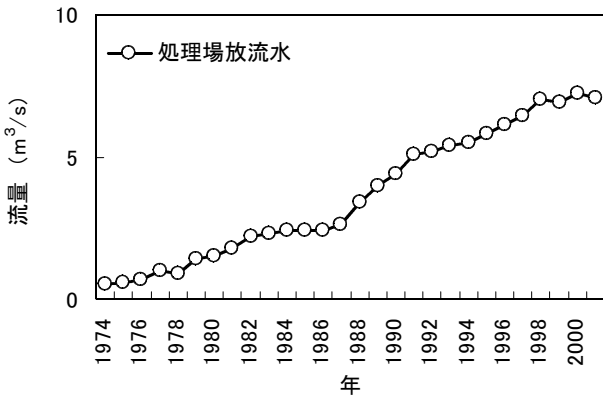


図10 処理場放流水の流量の経年変化

流量の変化は負荷量に影響を与えることが推察されるが、年流量と各河川の合計負荷量の関係を図11に示す。全窒素とCODは流量の増加につれて負荷量も増加する傾向が見られるが、全リンについてはその傾向は明確でない。

さらに負荷量の大きな相模川と境川について個別にみると、相模川(図12)では全河川と同様の傾向があったが、境川(図13)では全窒素は弱めながら流量の増加につれて負荷量も増加する傾向があったのに対し、全リンは流量の増加につれて負荷量が減少することがあり、CODについては流量と負荷量の間には明確な関係がみられなかった。

河川全体の傾向は相模川の状況に影響されたためであろうが、個々の河川毎の負荷を明確にするためには今後河川別に流量と負荷量の間を検査することも必要かもしれない。

物質の種類によって流量と負荷量の違いがみられる例は他地域でも報告されている<sup>8)</sup>が、負荷源の違いを反映する可能性がある。

また、前述のように流域の降水量が河川の流量に影響することから、湾全体としては降水量の多寡が流入負荷量を変動させることが推察される。

今回は負荷される窒素やリンを全体として扱い、溶存態等の形態別としなかったが、流入負荷の湾内環境への影響を精緻に検討するためには今後、溶存態無機成分を栄養塩類として扱い、その構成比や変動についても把握するべきであろう。

処理場放流水はその量(以下「放流量」という)と日平均負荷量の関係が明確で(図14)、放流量の増加が負荷量の増加につながる。今後も放流量を増加することが計画され<sup>8)</sup>、海域への負荷量や負荷全体に占める割合も増加することが予想される。

本研究では、河川からの負荷量を見積もることを目的としたが、処理場の放流水による負荷が大きく、放流量も年々増加していることも明らかになった。

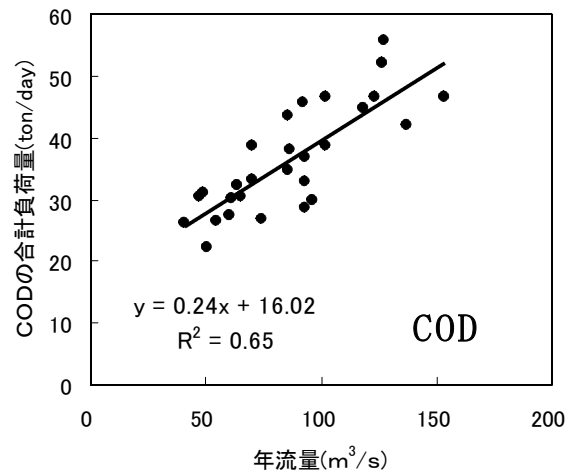
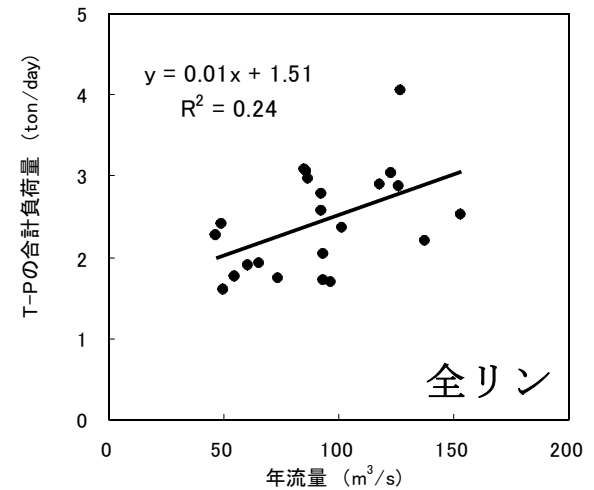
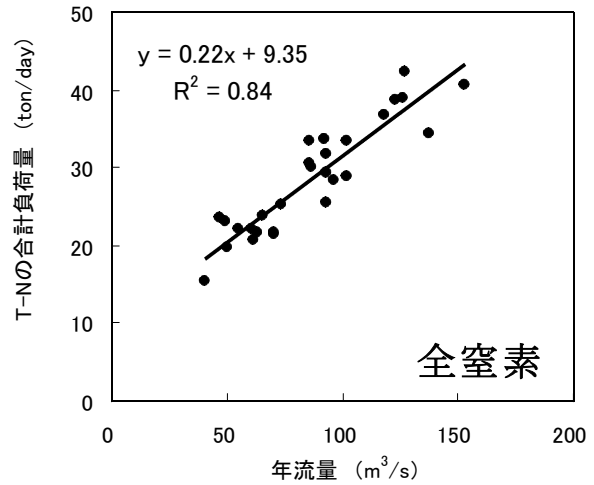


図11 年流量と合計負荷量の関係(河川全体)

もちろん処理場自体は汚濁物質を産出しているのではなく、下水道事業の進展が水道水源の水質保全や住民の生活改善に大きく貢献していることは論をまたない。近年の河川の水質改

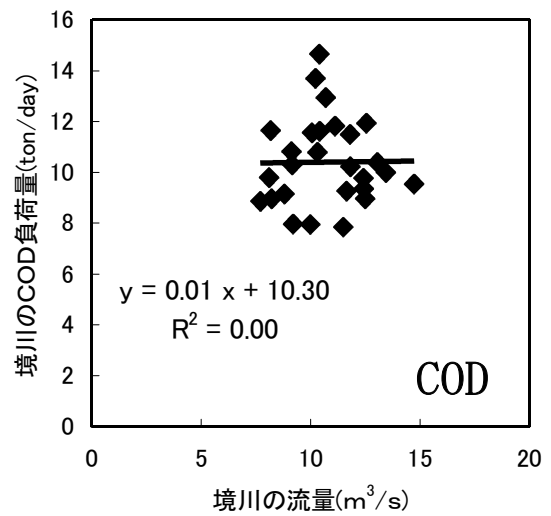
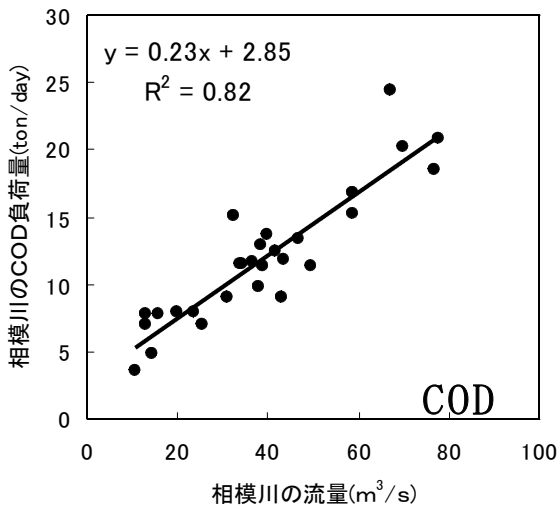
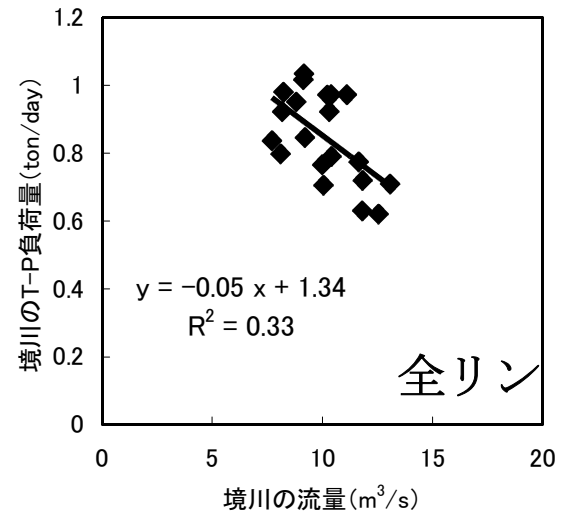
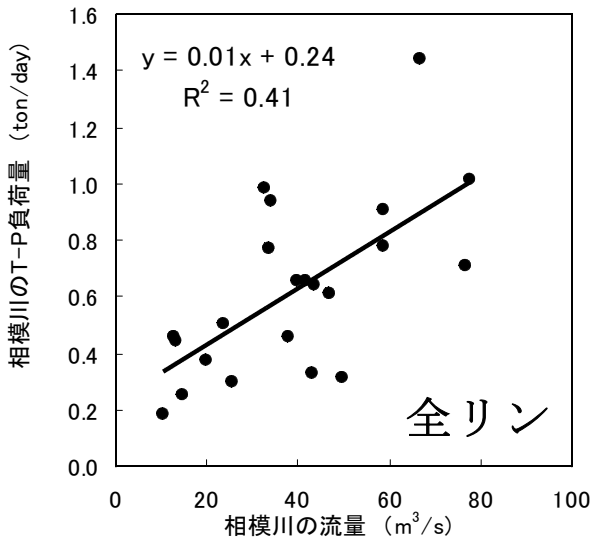
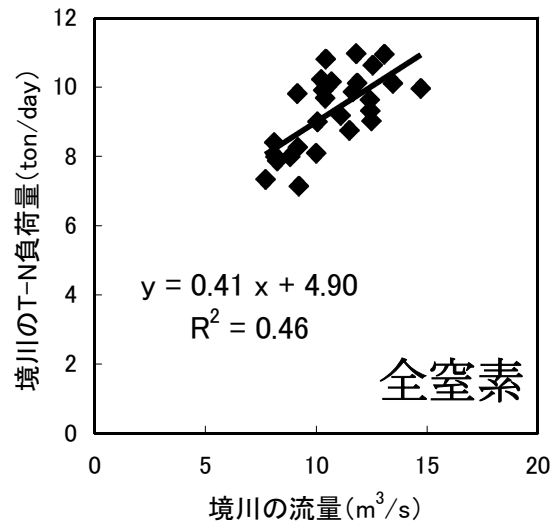
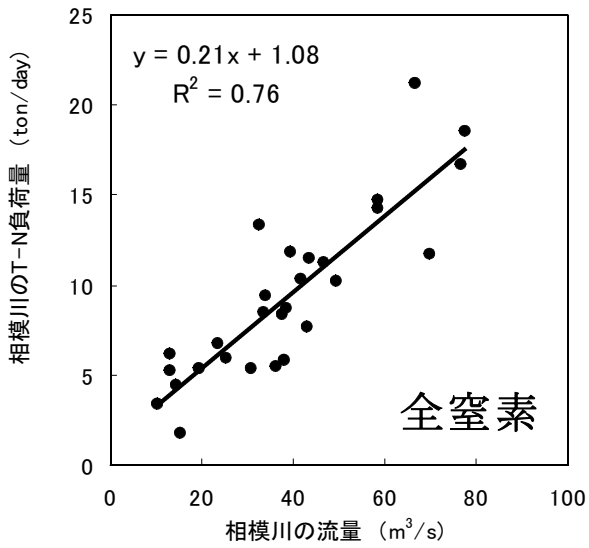


図12 流量と各負荷量の関係 (相模川)

図13 流量と各負荷量の関係 (境川)

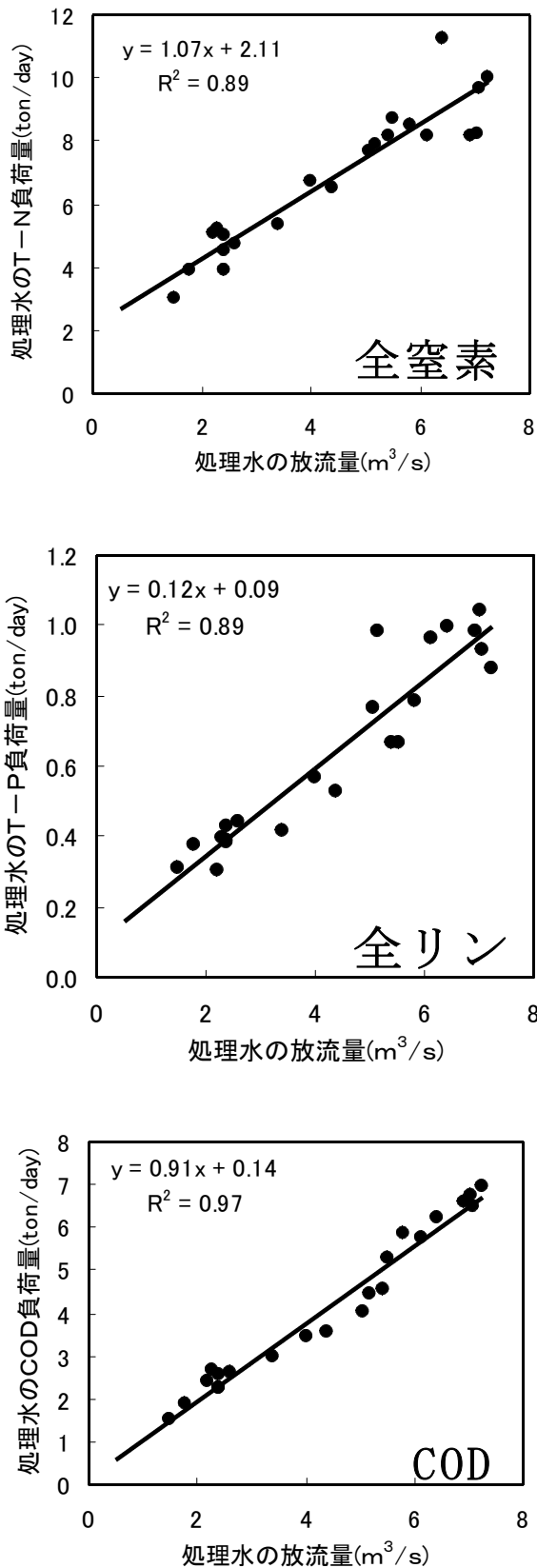


図 14 放流量と各負荷量の関係

善<sup>9)</sup>に寄与していることも想像に難くない。しかしながら、処理水の放流による負荷を通じて海域の環境に影響を与える存在でもある。今回取り上げた2箇所の処理場以外にも、相模湾へ直接あるいは流入河口付近で処理水を放流している処理場は存在し<sup>8)</sup>、今後、湾への流入負荷の全容を明らかにするためには、それらからの負荷量も見積もることが重要と考えられる。

### 摘 要

- 1 相模湾へ流入する河川からの汚濁物質負荷量を河川等の水質データから推定した。
- 2 各河川からの流入負荷量は、窒素 27.9 トン/日、リン 1.9 トン/日、COD 30.9 トン/日であった。
- 3 各河川からの流入負荷量に占める相模川と境川の割合が高い。
- 4 負荷量の変動には流域の降水量が影響している。
- 5 処理場放流水による負荷量も多く、その量は年々増加している。

### 引用文献

- 1) 岩田静夫 (2004) : 相模湾の漁業, 「相模湾の気象と海象 (磯崎一郎・岩田静夫・石戸谷博範・渡部勲)」, 磯崎一郎、神奈川、101-112.
- 2) 吉見洋 (1992) : 沿岸海域における水質調査点の集約化方法、水環境学会誌、15 (5)、307-312.
- 3) 磯崎一郎・岩田静夫・石戸谷博範・渡部勲 (2004) : 相模湾の気象と海象、磯崎一郎、神奈川、113pp.
- 4) 神奈川県 (1974-2001) : 昭和49年度-平成13年度神奈川県公共用水域及び地下水の測定結果
- 5) 神奈川県 (1974-2001) : 昭和 49 年度-平成 13 年度神奈川県水質調査年表
- 6) 神奈川県 (1974-2001) : 昭和49年度-平成13年度相模川・境川流域下水道維持管理年報
- 7) 中西弘・浮田正夫 (1978) : 内湾へ流入する窒素、リンの汚濁負荷解析、海洋科学、10(10)、831-840.
- 8) 神奈川県 (2004) : 神奈川県の下水道事業
- 9) 石綿進一・齋藤和久・小林紀雄 (2005) : 神奈川県内河川の底生動物、神奈川県環境科学センター、神奈川、299pp.