

(20) 雨天時流出汚濁負荷量に関するマクロ的算定方法の研究

Study of a macroscopic calculation method for estimating outflow pollution loads
from rain events

山崎公子^{*}、小泉 明^{*}、泉澤 洋一^{*}

Kimono YAMAZAKI^{*}, Akira KOIZUMI^{*}, Youichi IZUMISAWA^{*}

ABSTRACT; This paper proposes a statistical method of calculating the effect of rainfall on outflow pollution, including effects on chemical oxygen demand (COD) and total nitrogen and phosphorus values from nonpoint sources (NPS) measured on a monthly and yearly basis. First, we describe a method of calculating the effect of rainfall on Tama River' s outflow pollution load. Second, we examine the influence of rainfall on Tama River Valley by analyzing rainfall and river data. Third, by using the calculation method proposed in this paper, we re-calculated Tama River' s outflow pollution load from rainfall for the past ten years. Finally, we compare and evaluate results from previous calculations of Tama River' s pollution load from rainfall to the calculation method proposed in this paper and demonstrate the validity of this statistical method.

KEYWORD; Outflow pollution load, Tama River, Rainfall, Statistical method

1. はじめに

閉鎖性水域である東京湾に流入する河川の水質改善は、一部の河川については排水基準の制定や下水道整備などによって進んでいる。しかしながら、都内河川では、晴天時に比較的良好な水質であっても雨天時に著しく悪化することがある。この原因として、下水道が合流式の場合では雨天時に雨水吐き室の越流水や処理場の簡易放流水が水域に流出すること、また、道路、田畑、山林等の地表面や側溝に堆積した汚濁物の降雨によるフラッシュアウト等が考えられる。東京湾の水質を改善するには、雨天時流出汚濁負荷、とくに窒素、リンなどの栄養塩類を減らす方策を進めることが重要である。そのためには、窒素、リン等が雨天時にどの程度流出されるのかを総量として把握し、その検討結果をもとに削減対策を講じる必要がある。

河川流域からの雨天時流出負荷量を算定する研究としては、従来、非特定污染源原単位方式による排出負荷量として算定する方法と対象河川流末の流量と水質の実測値により負荷量を算定する方法がほとんどである¹⁾²⁾。これらの方法の多くは、細かく数値を積み重ねるものであり、原単位方式と呼ばれる積算モデルである。原単位方式では、モデル地域排出負荷原単位や負荷排出源の種類別排出負荷量を実測していく必要があり、数多くの要因について原単位を設定することは大変な作業で、社会情勢の変化に伴って原単位も変化していくため、過去に遡って経年的な雨天時流出負荷量を求めることは困難である。一方、流量と水質の実測値を用いる方法では、実測値により河川流末の負荷量を算出し、これを降雨時と晴天時の負荷量に分けることで雨天時流出負荷量を求めている。降雨時と晴天時の負荷量を判断する方法は、①流域内の汚濁負荷排出源を調査し排出量を推定し自浄作用や流達率を考慮して河川流末に到達する負荷量を算出し、これを晴天時負荷量(基底負荷量)として差し引く方法²⁾、②河川流量や降雨の状況から晴天時を定めて、晴天時以外の雨

^{*}東京都立大学大学院工学研究科(Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University)

天時流出負荷量を求める方法^{3)~6)}がある。①の平常時排出量算定は原単位を積算していく方法が主であり、細かい綿密な作業を伴うものである。②は、河川データと降雨量データだけで平常時を決定する方法が主であり、過去に遡っての雨天時流出負荷量算定や、経年的な変化を求めることが容易であるため、総量として雨天時流出負荷量を捉え削減対策を講じる場合には適した方法と考えられる。しかし、降雨の有無だけで降雨時と晴天時を分離する⁷⁾⁸⁾等、晴天時を決定するための河川への降雨の影響を判断する基準の裏付けが明確になされておらず、普遍性があるとは言えない状況にある。

そこで本研究では、閉鎖性水域である東京湾に流入する多摩川を対象とし、統計学的見地から降雨の河川への影響を判断し、降雨の影響のない晴天日を平常時として定義することによって、雨天時における非特定汚染源等からのCOD、全窒素、全リンの流出汚濁負荷量を年単位又は月単位で求める方法を提案することとする。以下、2.では本論文で提案する雨天時における河川流出汚濁負荷量の算定方法について述べる。従来の平常時決定方法の概要を示し、本研究での統計的手法による平常時決定方法について述べる。3.では多摩川流域の降雨と河川データとを分析することによって河川への降雨の影響を把握する。4.では、データ解析結果を基に、雨天時流出汚濁負荷量の算定を行ない、過去10年間の雨天時流出汚濁負荷量の動向を求めるとともに、5.で従来の平常時決定方法との比較検討を行ない、今回提案した雨天時流出汚濁負荷量の算定方法を評価する。

2. 雨天時流出汚濁負荷量の決定方法

河川データと降雨量データだけで平常時を決定する場合、雨天時流出汚濁負荷量の捉え方は2つある。平常時以外の日の負荷量をすべて雨天時流出汚濁負荷量として扱うものと、雨天時にも平常時負荷が流入するという考えから降雨影響日の流出負荷量から平常時負荷量を差し引いた値を雨天時流出汚濁負荷量とするものである。本研究では、後者の考え方に立った計算方法を採用する。

従来の河川データと降雨量データだけで平常時を決定する方法は、流量から定めるもの³⁾⁴⁾、降雨データから定めるもの⁵⁾⁶⁾に大きく分けられる。流量での決定方法は、低水流量(流量の年間25%値)以下を平常時とするものである。この方法は、どの河川にも利用でき、計算も極めて容易なものであるが、流量の季節変動は考慮されておらず、降雨の実状と合わない場合が生じてくる。降雨頻度が多い季節では晴天が一週間続いても低水流量以上の流量がある場合は降雨の影響のある日と判断される。これは、地中に浸透した雨水が、湧水や伏流水などとなって時間遅れで河川に到達することが流量に影響するものと考えられる。地中へ浸透した雨水に含まれるほとんどの汚濁物質の濃度は土壌浄化などによってかなり減少されるため、降雨による流入汚濁負荷の計算には直接河川に流入する雨水によって持ち込まれる負荷量を対象と考えるべきである。また、渇水期には日降雨量が50mm以上あっても低水流量以下であれば平常時と判断されるという欠点がある。降雨データから定める方法では、日降雨量によって段階的に影響日数を決定するものであるが、

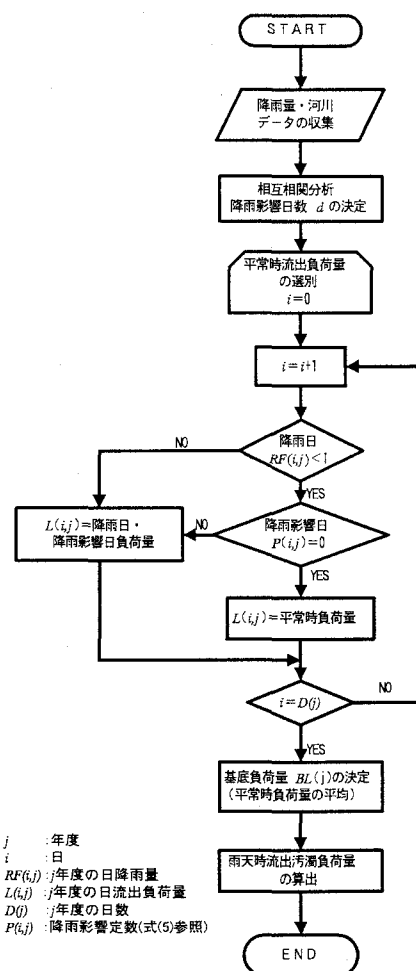


図-1 雨天時流出負荷量の算定プロセス

先行晴天日数や降雨連続日数によっても違いが出てくる。また、流域が広範囲の場合、降雨データを取る場所の選択の問題がある。

本研究では、これらの平常時決定方法の長所と短所を考慮して、降雨量、河川流末での河川流量、汚濁物質濃度のデータを用いる方法を提案する。図-1 に今回提案する雨天時流出汚濁負荷量の算定プロセスを示す。

まず、降雨データと河川流量、日流出負荷量との相互相関分析を行なう。降雨量と河川流量との相互相関係数は(1)式で求めることができる。

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{D(j)-k} \{ (RF(i, j) - \overline{RF(i, j)}) (Q(i+k, j) - \overline{Q(i+k, j)}) \}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{D(j)-k} (RF(i, j) - \overline{RF(i, j)})^2 \sum_{i=1}^{D(j)-k} (Q(i+k, j) - \overline{Q(i+k, j)})^2}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

(1)式で得られた相互相関係数 r_k をコログラムで表わし、有意水準を考慮して降雨による影響日数 d を決定する。

日流出負荷量は河川流末の流量と汚濁物質濃度の積として(2)式で算定する。

$$L(i, j) = C(i, j) \times Q(i, j) \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(2)$$

したがって、年間総流出負荷量は(3)式で示すように日流出負荷量の年間総和として表わされる。

$$TL(j) = \sum_{i=1}^{D(j)} L(i, j) \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで、降雨日か晴天日かを定めるために、降雨判定定数 $M(i, j)$ を次のように定義する。

$$M(i, j): RF(i, j) \geq 1 \text{ の場合: } M(i, j) = 1, RF(i, j) < 1 \text{ の場合: } M(i, j) = 0 \quad \dots\dots\dots(4)$$

上式より、降雨量が 1mm 以上の日は降雨日として降雨判定定数 $M(i, j)$ の値は 1、降雨量 1mm 未満の日は晴天日として降雨判定定数 $M(i, j)$ の値は 0 となる。

また、降雨影響定数 $P(i, j)$ を次式で定義し、これを用いて降雨による影響の有無を判断する。

$$P(i, j): \sum_{k=1}^d M(i-k, j) \geq 1 \text{ の場合: } P(i, j) = 1, \sum_{k=1}^d M(i-k, j) < 1 \text{ の場合: } P(i, j) = 0 \quad \dots\dots\dots(5)$$

上式は、降雨影響判定対象の日からさかのぼって d (降雨による影響日数) 日前までの間に降雨判定定数 $M(i, j) = 1$ の日があれば降雨の影響を受けている日として降雨影響定数 $P(i, j)$ は 1 となり、この間が降雨判定定数 $M(i, j) = 0$ の日だけであれば降雨の影響を受けていないとして降雨影響定数 $P(i, j)$ は 0 となることを示している。

平常時は、降雨日や降雨の影響を受ける日を除いた残りの日である。基底負荷量を平常時の日流出負荷量の平均値と定める。(3)式より、基底負荷量は以下ようになる。

$$BL(j) = \left(TL(j) - \sum_{i=1}^{D(j)} \{ M(i, j) \times L(i, j) + (1 - M(i, j)) \times P(i, j) \times L(i, j) \} \right) / \left(D(j) - \sum_{i=1}^{D(j)} \{ M(i, j) + (1 - M(i, j)) \times P(i, j) \} \right) \quad \dots\dots\dots(6)$$

(6)式の分子は、年間総流出負荷量から降雨日および降雨影響をうける晴天日の負荷量を減じ、降雨影響の無い晴天日の負荷量の年間総和を表している。分母は年間日数から降雨日および降雨影響をうける晴天日を減じ、降雨影響の無い晴天日の日数を表す。

最後に、(6)式で得た基底負荷量 $BL(j)$ を用いると、年間の雨天時流出負荷量は次式で求めることが出来る。

$$RL(j) = \sum_{i=1}^{D(j)} \{ M(i, j) \times L(i, j) + (1 - M(i, j)) \times P(i, j) \times L(i, j) - BL(j) \} \quad \dots\dots\dots(7)$$

上式は、年間の雨天時流出負荷量が降雨日および降雨の影響がある晴天日の日流出負荷量から基底負荷量を

減じた値の年間総和であることを示している。

ここで、 j : 年度、 $D(j)$: 年度日数(日)、 i : 日(1~4月1日=1、3月31日=365、うるう年は366)、

$TL(j)$: 年間総流出負荷量(kg/年)、 $RL(j)$: 年間雨天時流出負荷量(kg/年)、

$BL(j)$: 基底負荷量(平常時負荷量)(kg/日)、

$Q(i, j)$: 河川流末における日流量(m^3 /日)、

$C(i, j)$: 河川流末における汚濁物質日平均濃度(mg/l)、

$L(i, j)$: 日流出負荷量(kg/日)、

$RF(i, j)$: 日降雨量(アメダス)(mm)、

d : 降雨影響日数である。

3. 降雨データと河川データの相互相関分析(降雨影響日数の決定)

降雨影響日数を定めるため相互相関分析を行なう。対象河川は多摩川とし、河川データは、河川流量及び化学的酸素消費量(以後CODと表わす)、全窒素、全リンの水質、降雨データはアメダスデータを用いた。流量データは、東京都水道局が調布取水堰で常時測定している時間データを使用した。測定方法は、水門、魚道及び固定堰の6ヶ所と堰の上・下流の2ヶ所、合計8ヶ所の水位から算出する方法を用いている。水質データは、東京都環境局が調布取水堰(丸子測定地点)で測定を行なった水質常時測定データを用いた。この水質データは2002年3月中旬まで自動測定されていたものである。CODは下水試験法に準拠したアルカリ法、全窒素と全リンはJIS K 0102に準拠した吸光光度法が用いられている。採水方法は、川幅115mの左岸においてフロート式の採水部により平常時は水深1.3~2.3mのところから行なわれている。この調布取水堰より下流は感潮域となっていることから、この地点を多摩川の流末と考える。降雨データは、東京管区気象台発表による小河内・小沢・青梅・八王子・府中・世田谷での日降雨量を用いた。データ収集期間は、1991年度から2000年度の10年間であり、この期間における日データを収集した。流量は時間データの日積算値、水質は時間データの日平均値を用いた。欠測データについては、前後の数値を用いて線形補間した。全窒素については、1991年度と1992年度のデータがなく8年間分のデータである。図-2に、各データの測定地点を示す。

都内の多摩川流域にはアメダス観測地点が6ヶ所あり、降雨の影響が降雨地点によって異なるか否かを判断するために、まず、2000年度のデータを用い降雨量と河川流量との相互相関分析を行なった。降雨量は、①小河内、②小沢、③青梅、④八王子、⑤府中、⑥世田谷のアメダスデータをそれぞれ用いた。結果を図-3に示す。上流域の小河内のコレログラムにやや差異が見られるものの、全地点ともほぼ同じようなコレログラムとなっている。この結果から、以後の分析に用いる降雨量は、都市化が進んでいる地域にあるアメダス

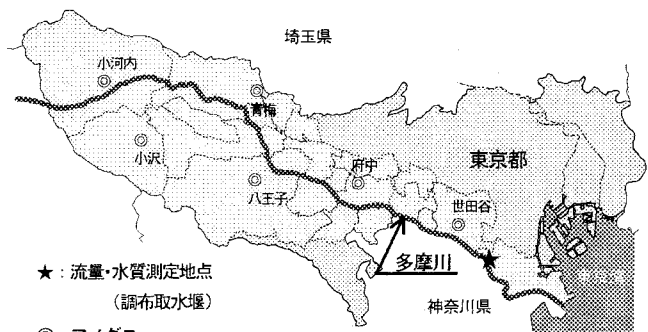


図-2 多摩川概要図

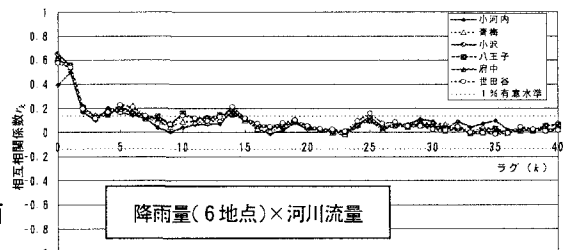


図-3 降雨地点別相互相関コレログラム(2000年度)

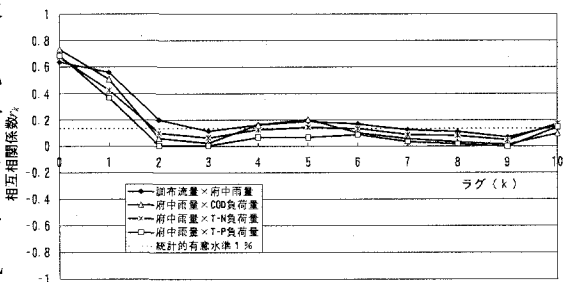


図-4 項目別相互相関コレログラム(2000年度)

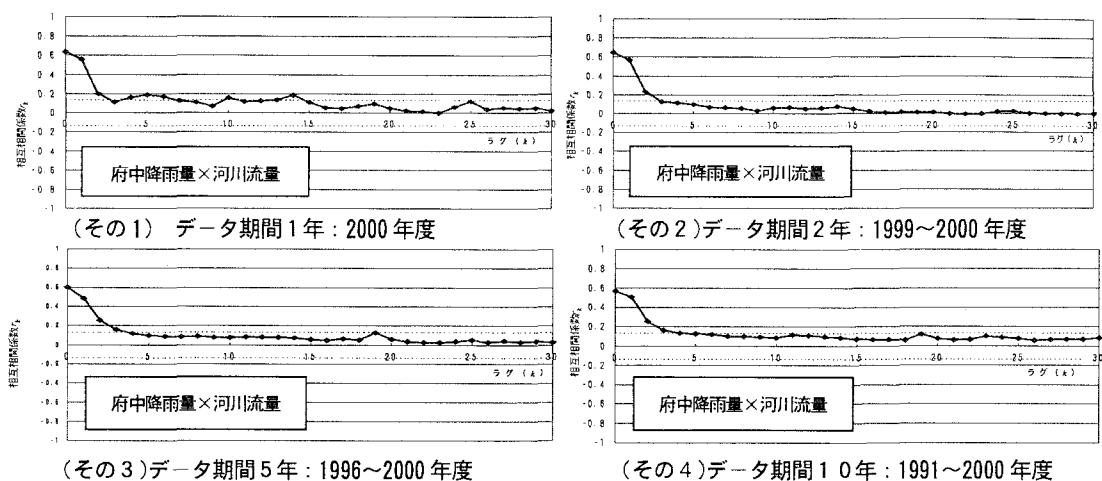


図-5 使用データ期間別相互相関コレログラムの比較

地点の中で単相関係数が最大値であった府中のアメダスデータを代表値として用いる。

降雨により河川流量が増加しても、単に降雨により汚濁物質が希釈されただけで一日の流出汚濁負荷量が変化しなければ、降雨による汚濁負荷量への影響があるとはいえない。そこで、2000年度のデータを用い、水質データと流量から汚濁負荷量を算出し、府中での降雨量との相互相関分析を行なった。結果を図-4に示す。流量、全窒素、全リン、CODの4項目と降雨量とのコレログラムはよく似た傾向を示しているといえる。したがって、全窒素、全リン、CODの雨天時流出汚濁負荷量に対する降雨の影響は、流量に対する降雨の影響とほぼ同じと考えることができる。

つぎに、降雨の影響が流量に何日後まで及ぶかを算定するために、2000年度を基準に1年間、2年間、5年間、10年間のデータを用いて相互相関分析を行なった。結果を図-5に示す。いずれの結果も2日(ラグk=2)を過ぎると相互相関係数は急激に減少することが観察される。この結果から、流量への降雨の影響は2日後までと判断することができる。

4. 雨天時流出負荷量の算定

得られた降雨による影響日数($x=2$)を用い、2. で提案した計算方法によって1991年度から2000年度までの基底負荷量を求めた結果を表-1に示す。

得られた基底負荷量を用いて、多摩川への流出汚濁負荷量の動向を分析した。図-6に1991年度から2000年度までの年間総流出汚濁負荷量と年間雨天時流出汚濁負荷量を

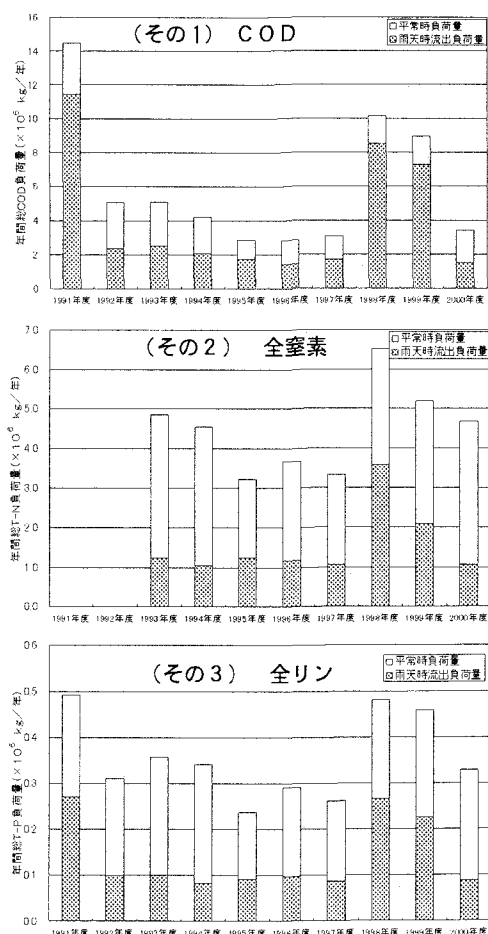


図-6 年間雨天時流出負荷量の変化

算定した結果を示す。3つの項目とも、各年度の平常時汚濁負荷量はほとんど変化しておらず、年間総流出汚濁負荷量の差異の大部分は雨天時流出汚濁負荷量の差によるものといえる。特に、CODについてはこの傾向が強く現われているといえよう。全窒素については、雨天時流出汚濁負荷量の差異の影響は他の2項目より弱いものの同様の傾向が見られる。これは、水質項目によって、雨天時流出汚濁負荷量が総流出汚濁負荷量に占める割合が大きく違っていることが原因と考えられる。

雨天時流出汚濁負荷量のみについて見ると91、98、99年度の値が大きく、他の年度においてはほぼ同じ値となっている。そこで、この3年度で雨天時流出汚濁負荷量が大きくなった原因を求めるため、以下の分析を行なった。降雨と雨天時流出汚濁負荷量との関係を概略的につかむため、年データを用いて降雨量、降雨日数、平常時日数等と雨天時流出汚濁負荷量の関係を分析したが、原因は明らかにはならなかった。分析結果の一部を表-2 および表-3 に示す。

そこで、より詳細に分析するため、データを月単位とし、全窒素、全リン、CODの雨天時流出汚濁負荷量を月別に求め、年データでの分析と同様に、降雨量、降雨日数、平常時日数との関係を求めた。結果を図-7 に示す。降雨量と雨天時流出汚濁負荷量の関係を表わす近似式を、線形及び非線形の2種類の式について最小二乗法で求めた。降雨量を x 、雨天時流出汚濁負荷量を y とおくと

雨天時流出COD負荷量

$$\text{非線形: } y = 1.78 x^{2.34} \quad (r = 0.885)$$

$$\text{線形: } y = 3.68 \times 10^3 x \quad (r = 0.588)$$

雨天時流出全窒素負荷量

$$\text{非線形: } y = 12.0 x^{1.84} \quad (r = 0.840)$$

$$\text{線形: } y = 1.23 \times 10^3 x \quad (r = 0.680)$$

雨天時流出全リン負荷量

$$\text{非線形: } y = 1.55 x^{1.76} \quad (r = 0.883)$$

$$\text{線形: } y = 1.13 \times 10^2 x \quad (r = 0.699)$$

と表わせる。

これらの式から降雨量と雨天時流出汚濁負荷量との間には、線形の関係よりも非線形の関係が強いといえる。とくに、雨天時流

表-1 平常時日数と基底負荷量

年度	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
平常時日数 (日)	154	146	136	170	176	179	146	116	160	167
基底COD負荷量(kg/日)	8404	7525	7553	6032	3163	3998	3914	4651	4711	5324
基底全窒素負荷量(kg/日)	—	—	10397	9902	5528	7135	6394	8220	8720	10458
基底全リン負荷量(kg/日)	617	590	734	729	408	550	494	595	655	685

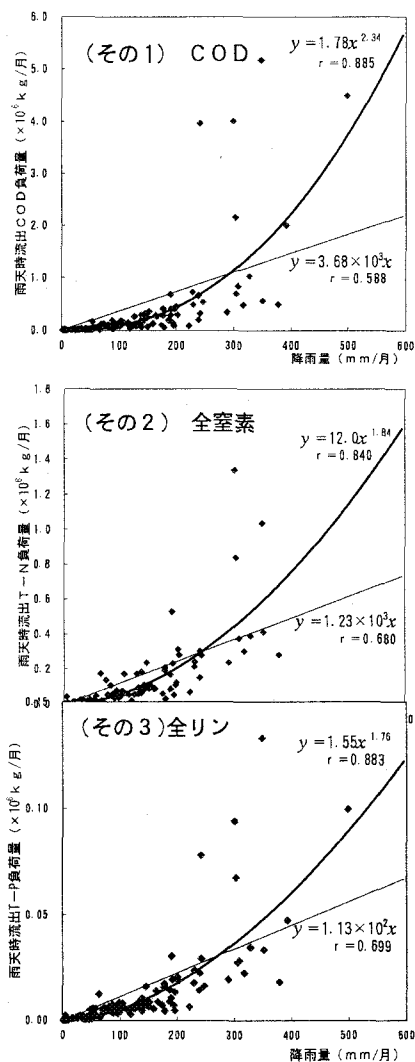


図-7 月データによる降雨量と雨天時流出汚濁負荷量の関係

表-2 年間雨天時流出汚濁負荷量と降雨量

	1991年度	1992年度	1993年度	1994年度	1995年度	1996年度	1997年度	1998年度	1999年度	2000年度
雨天時流出COD負荷量 ($\times 10^6$ kg/年)	11.47	2.36	2.51	2.05	1.73	1.44	1.69	8.50	7.27	1.52
雨天時流出全窒素負荷量 ($\times 10^6$ kg/年)	—	—	1.25	1.06	1.25	1.19	1.07	3.57	2.09	1.07
雨天時流出全リン負荷量 ($\times 10^6$ kg/年)	27.12	9.84	9.98	8.30	9.12	9.72	8.62	26.60	22.49	8.74
年間降雨量 (mm/年)	1915	1477	1582	1335	1242	1304	1526	1800	1534	1664
雨天時日数 (日/年)	119	116	121	106	99	92	123	124	100	104
[降雨および降雨影響]日数 (日/年)	212	219	229	195	190	186	219	249	206	198

表-3 日降雨量別日数の比較

データ区間(mm)	1991年度	1992年度	1993年度	1994年度	1995年度	1996年度	1997年度	1998年度	1999年度	2000年度
日降雨量										
0~10	71	75	80	68	60	55	78	74	66	57
10~50	41	35	35	35	35	33	39	48	26	40
50~100	6	6	4	2	4	2	5	0	7	6
100~200	0	0	2	1	0	1	1	2	0	1
200~300	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
計	119	116	121	106	99	92	123	124	100	104

出COD負荷量は乗数が2.34となり、降雨量の影響が強い非線形性を持って表わされている。雨天時流出全窒素負荷量と雨天時流出全リン負荷量については乗数が2よりも小さく降雨量がそれぞれの負荷量に与える影響はCODよりも相対的に小さいと考えられる。3種類の水質項目とも非線形の関係において降雨量との相関が高いことから、これらの非線形の式は、月別降雨量から雨天時流出汚濁負荷量の概略値を求める推定式としての使用も可能であると考えている。

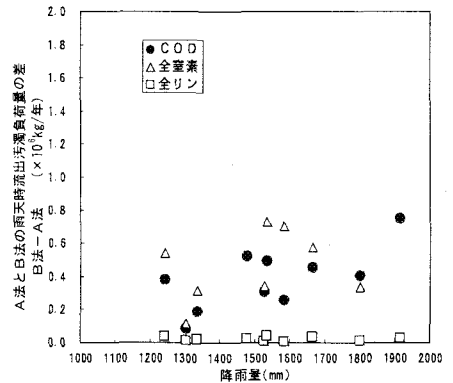


図-8 A法-B法の年間降雨量による比較

5. 従来の方法との比較

ここでは、比較のために、今回提案した方法(以下A法と呼ぶ)のほかに、山口・吉川が土木研究所報告で示した方法³⁾(以下B法と呼ぶ)による雨天時流出汚濁負荷量の算定を試みる。B法の基底負荷量は、低水流量(年間流量の25%値)以下の日の負荷量を平均した値であり多くの研究で用いられている。図-8にA手法とB手法の雨天時流出汚濁負荷量の差と降雨量の関係を示す。CODは降雨量が大きくなるにつれて差も大きくなる傾向が見られる。全窒素もCODよりも小さいが同様の傾向が見られる。全リンはA手法のほうがB手法より小さな値となっているが、両手法間に大きな差はなく、図-8を見る限りでは降雨量による影響もほとんどないと考えられる。しかし、表-4に示したA法とB法の比率(A/B)を見ると全リンもCODとほぼ同様の傾向となっている。この両手法間の差の原因を検証するために、月データを用いて雨天時流出汚濁負荷量の差と降雨量との関係を図-9に示した。降雨量の増加に伴い両手法間の差が大きくなることが分かる。とくに、7月、8月、9月、10月の降雨量が多い月には手法間に差異を生ずることが分かった。これらの月においてB手法で平常時とされた日数を調べた結果、両手法間での雨天時流出汚濁負荷量の算定結果の差が大きい年度では、この4ヶ月においてB手法では平常時日数がほとんど0であり、両手法間の平常時日数の差が大きくなっていることがわかった。したがって、各年度での両手法間での雨天時流出汚濁負荷量の算定結果の差は7月~10月の平常時日数の差が大きい月が主要因となっていると考えられる。7月~10月の雨天時流出汚濁負荷量の算定

表-4 A法とB法の算定値の比率(A/B)

COD	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	1.0	0.9
全窒素	0.7	0.9	0.8	—	0.8	0.7	0.6	0.7	0.9	—
全リン	0.7	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.7	1.0	0.9
降雨量(mm)	1242	1304	1335	1477	1526	1534	1582	1664	1800	1915

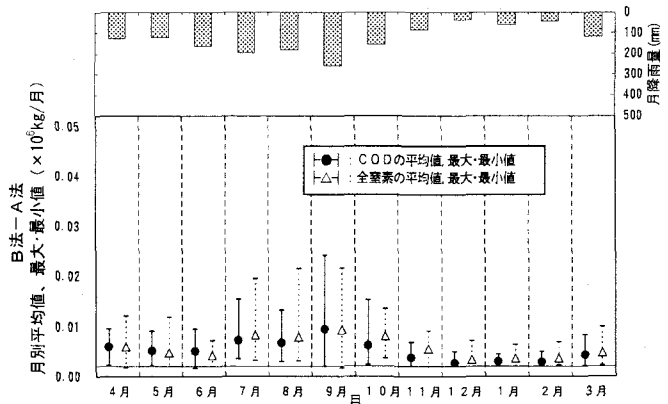


図-9 月データによるA法とB法の比較

し、表-4に示したA法とB法の比率(A/B)を見ると全リンもCODとほぼ同様の傾向となっている。この両手法間の差の原因を検証するために、月データを用いて雨天時流出汚濁負荷量の差と降雨量との関係を図-9に示した。降雨量の増加に伴い両手法間の差が大きくなることが分かる。とくに、7月、8月、9月、10月の降雨量が多い月には手法間に差異を生ずることが分かった。これらの月においてB手法で平常時とされた日数を調べた結果、両手法間での雨天時流出汚濁負荷量の算定結果の差が大きい年度では、この4ヶ月においてB手法では平常時日数がほとんど0であり、両手法間の平常時日数の差が大きくなっていることがわかった。したがって、各年度での両手法間での雨天時流出汚濁負荷量の算定結果の差は7月~10月の平常時日数の差が大きい月が主要因となっていると考えられる。7月~10月の雨天時流出汚濁負荷量の算定

結果に大きな差が生じる原因としては、B手法の平常時の決定方法と各汚濁負荷の基底負荷量の算定方法にあるといえる。B手法では平常時の決定は河川の低水流量を基準としているために河川流量の季節変動に対応できていないといえる。降雨の多い時期は、時間遅れで雨水が湧水や伏流水となって河川に流入し、河川流量の増加の一因となっている。しかし、雨天時流出汚濁負荷量の大部分が地表面を経由して直接河川に流入する雨水に起因しているため、直接的な雨水の影響による流量の変化を捉えることが必要である。基底負荷量の算定においても流量に依存しているために7月～10月の流量の多い期間の基底負荷量を過小にとり過ぎていているといえる。今回提案しているA手法ではアメダスデータを基に降雨による影響がない河川流量の変化に対応して基底負荷量を決定しているため、流量の季節変動にも対応できており、有効な方法であると考ええる。

6. おわりに

本研究では多摩川を対象地域として、河川の雨天時流出汚濁負荷量を得るための基底負荷量の算定方法を提案した。この方法は、降雨影響日数を相互相関分析によって求めることによって、降雨の影響のない平常時を定め、基底負荷量の算定に用いるというものである。そして、この手法を多摩川に適用し、降雨による影響日数が2日であるということを明らかにし、1991年度から2000年度の10年間について年単位及び月単位の雨天時流出汚濁負荷量を求めた。この結果、雨天流出汚濁負荷量に降雨量の影響が強い非線形性をもって現われることを明らかにした。さらに、得られた基底負荷量を水文学の分野で一般的に行なわれている低水流量による雨天時流出汚濁負荷量と比較し、提案した方法の有効性を示すことができた。

[参考文献]

- 1) 環境庁：非特定污染源負荷調査マニュアル, 環境庁水質保全局水質管理課, 1990
- 2) 環境庁：汚濁河川負荷量の評価手法に関する検討報告書, 1991
- 3) 山口高志・吉川勝秀：河川の水質・汚濁負荷量に関する研究(Ⅰ)－汚濁流出特性への水文学的アプローチ, 土木研究所報告, 第151号, 1978
- 4) 山口高志・吉川勝秀・奥石洋：河川の水質・負荷量に関する水文学的研究, 土木学会論文報告集, No. 293, pp. 49～63, 1980
- 5) 海老瀬潜一：降雨時流出負荷量の算定モデル, 国立公害研究所研究報告, Vol. 50, p. 59-88, 1984
- 6) 海老瀬潜一：汚濁物質の降雨時流出特性と流出負荷率, 水質汚濁研究, Vol. 8, No. 8, p. 499-504, 1985
- 7) 和波一夫・嶋津暉之・野口大輔：多摩川中流部の再生に関する研究(その6)－雨天時の河川汚濁の実態とその汚濁負荷量－, 東京都環境科学研究所年報, p. 193-203, 1999
- 8) 高嶋英二郎・田中宏明・中村栄一：手賀沼流入河川における汚濁負荷量の流出特性および年間負荷量の把握, 水環境学会誌, Vol. 18, No. 4, p. 297-306, 1995