

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—

和波一夫 嶋津暉之 野口大輔*
 (*埼玉工業大学)

要 旨

多摩川と多摩川支川の野川、仙川に自動採水器を設置し、雨天時の有機物質、窒素、りん等の汚濁負荷量の時間変動を長期にわたり調査した。

- ① 多摩川では雨天時にBOD濃度が高くなったが、環境基準の5 mg/lを超えることは多くなかった。ただし、BODの雨天時負荷量は大きく、初期流出時には晴天時の20～30倍に増加した。年間流出密度の雨天時分は60%を占めていることがわかった。
- ② 一方、野川、仙川では、雨天時BOD濃度は多摩川に比べ高かった。野川では、BODの雨天時負荷量は晴天時の60～120倍に増加した。同様に仙川では晴天時の15～25倍に増加した。年間流出密度の雨天時分は野川で90%も占めていることがわかった。
- ③ 多摩川の水質をさらに改善するためには、晴天時の流入負荷量削減対策と合わせて、雨天時の流入負荷量を削減していくことが必要である。

キーワード：雨天時負荷量、多摩川、BOD、COD、SS、T-N、T-P

Study on Revival of Tamagawa Middle Reach Parts (6)

— Water Quality and Pollutant Mass under rainy condition —

Kazuo Wanami, Teruyuki Simazu and Daisuke Noguti*

*Saitama Institute of Technology

Summary

Measurements of water quality and pollution mass were compared for samples taken from the Tamagawa River and two of its tributaries, Nogawa River and Senkawa River. BOD, COD, SS, Nitrate and Phosphorus under rainy conditions were measured using automatic water samplers.

- (1) The samples of Tamagawa, taken under rainy conditions, contained less BOD than the environmental standard value of 5mg/l; the BOD mass was very large, 20 - 30 times as large as that of the base-flow period. The rain load density of Tamagawa comprised 60% of the total density.
- (2) The samples of Nogawa and Senkawa, taken under rainy conditions, also had very high BOD values. The BOD mass of Nogawa was 60 - 120 times as large as that the base-flow period. The rain load density of Nogawa comprised 90% of the total density.
- (3) It is necessary to decrease storm water discharge to achieve further improving of the water quality of Tamagawa.

Keywords : storm water discharge, Tamagawa River, BOD, COD, SS, T-N, T-P

1 はじめに

水質測定計画に基づく公共用水域の水質調査では、雨天時を避けて測定が行われており、雨天時の水質や負荷量の実態は不明である。多摩川中流部の流入負荷量については既報¹⁾で明らかにしたが、これは晴天時の負荷量である。都内河川の水質実態については、水質自動監視室がある多摩川・田園調布堰でのCOD、全りん²⁾の報告³⁾の他は、これまでほとんど明らかになっていない。

都内河川の水質は、水質保全対策により年々改善し、多摩川中流部についても東京都水環境保全計画の長期目標のB類型(BOD 3 mg/l以下)を達成しつつある。しかし、都内河川では、晴天時に水質が比較的きれいでも雨天時に著しく悪化することがある。これは、公共用水域へ排出される汚濁物質に占める非特定汚染源負荷(ノンポイント汚染源負荷)の割合が増加していることによる。非特定汚染源負荷とは、汚染物質の発生がある特定の地点(特定汚染源)からではなく、面的に分布し、処理施設によって処理されることなく、面的な外部エネルギー(雨水等)によって流出する負荷と定義されるものである⁴⁾。下水道が普及した都市部では、主に合流式下水道の雨水吐き室の越流水や処理場の簡易放流水等によって汚濁負荷量が増加する⁵⁾が、河川の雨水時負荷量の実態については、ほとんど調べられていない。

以上のことから、都内河川の水質をさらに改善するためには、晴天時だけでなく雨天時の水質や流入負荷量の

実態を把握し、雨天時負荷量削減対策に関する研究を進めていくことが必要である。そこで、本研究では、多摩川中流部の雨天時の水質変化や負荷量実態を把握することを目的に、多摩川および多摩川支川において長期間にわたり雨天時調査を実施した。この調査から得られたデータをもとに晴天時の水質や負荷量との比較も含めて解析したので、その結果を報告する。

2 調査方法

(1) 調査地点

図1に示す多摩川、野川、仙川の3地点で調査を実施した。多摩川・田園調布堰は、多摩川中流部の最下流に位置して、潮汐の影響を受けない地点である。野川・水道橋は、野川に仙川が合流する場所の上流に位置する。仙川・氷川橋は、仙川のほぼ最下流に位置する。仙川は野川と同様に市街地を流れる中小河川であるが、下水処理水が流入している点が異なる。以下、調査地点の多摩川・田園調布堰を多摩川、野川・水道橋を野川、仙川・氷川橋を仙川という。

(2) 採水方法

長期間にわたって雨天時の調査を行うため、自動採水による方法を採用した。

多摩川については、田園調布堰脇にある水質自動監視室に自動採水器(1ℓびん24本入)を7台設置した。1時間または2時間の間隔で1ℓづつ連続採水し、降雨後直ちにサンプルを回収した。

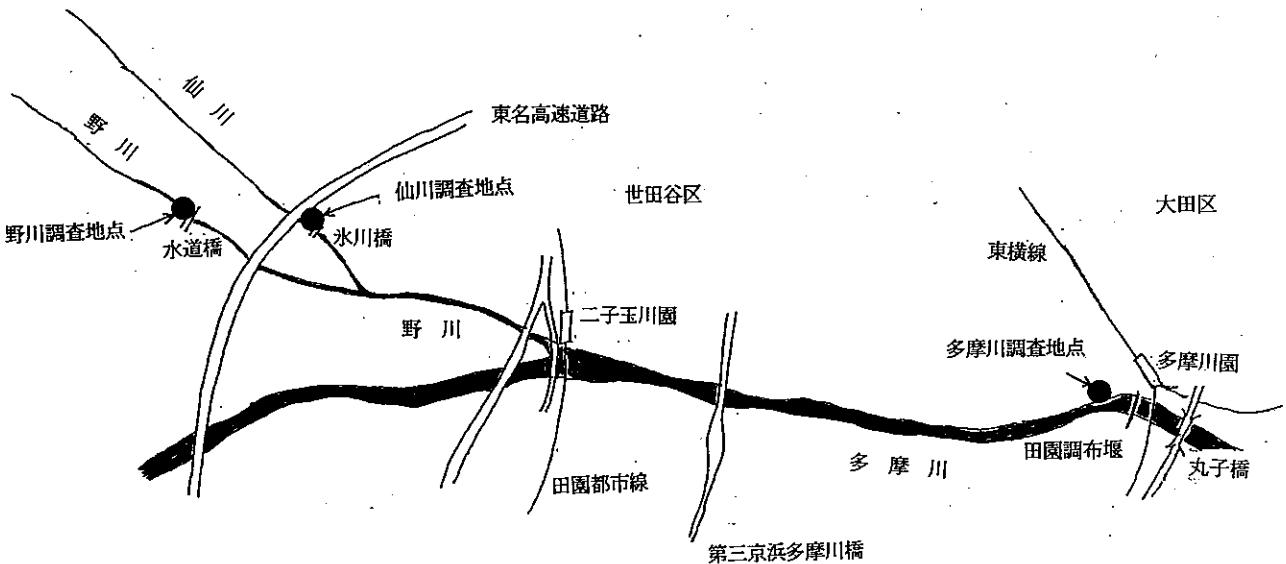


図1 調査地点

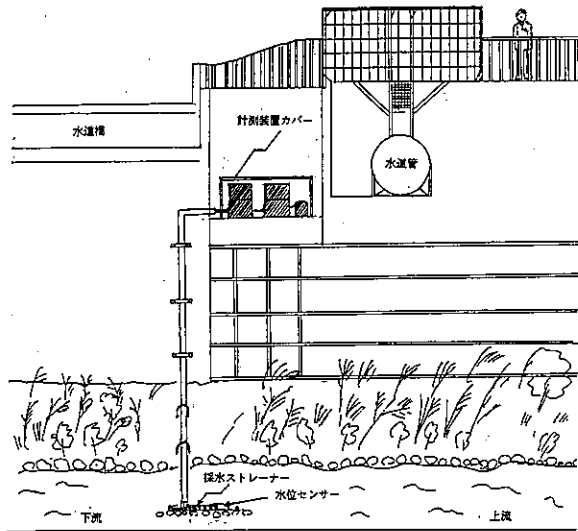


図2 自動採水器設置状況(野川)

野川については、水道橋下の護岸上部の窪地に自動採水器2台を設置した。図2に野川の自動採水器の設置状況を示す。野川の河床に水位センサーを取り付け、水位の連続計測を行った。水位が設定値以上になると自動採水器が稼働するようにした。採水は1時間ごとに行い、降雨後直ちに回収した。晴天時の水位に変化がみとめられる場合は、その時点の晴天時水位を基準に採水設定水位を再調整した。

仙川については、世田谷区が管理する仙川礫間浄化施設の排気管フェンス内に自動採水器2台を設置し、野川と同様な方法で水位計測と採水を行った。同浄化施設のラバーダムはメンテナンス等で雨天時以外に倒れることがある。このことによる一時的増水と雨天時増水を区別するため、設定水位と設定流量を組み合わせるプログラムし、雨天時増水の時だけ自動採水器が稼働するようにした。

(3) 計測と採水の期間

計測と採水の期間は以下のとおりである。

- 多摩川 : 1998年6月～1999年1月
- 野川、仙川 : 1997年11月～1999年1月

(4) 流量の計測

多摩川は、都水道局の田園調布堰における毎時流量計測値を用いた。ただし、毎時流量の1日の合計が水道局が別途測定している日流量と異なる場合は日流量に合わせて、毎時流量を修正した。

野川は、上記(2)の水位センサーの15分おき計測結果を水位流量曲線にあてはめて毎時流量を求めた。水位流量

曲線は、都土木技術研究所の平成10年度水位流量曲線を基本とした。ただし、流量計測値は誤差が大きいので、次の処理を行った。野川流域の流出率が約42%であると推測されるので(地表面被覆率の推定値約47%⁶⁾からの推定値)、1998年1年間の流出率がこれとほぼ同じ値になるように、水位流量曲線に一定の係数を乗じた。

仙川も、野川と同様に求めた。なお、仙川流域は地表面被覆率を約47%、流出率を約42%と推定した。

(5) 水質の分析

J I Sに準じて次の項目を分析した。

C—BOD (アリルチオ尿素を添加したBOD)、COD、SS、溶解性TOC、T—N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、T—P、PO₄-P、Cl⁻、SO₄²⁻

(6) 雨天時以外の流量と水質

雨天時以外の流量と水質については、平成9年度および10年度の「公共用水域の水質測定結果」による毎月の流量計測値と各項目の水質分析値を用いた。多摩川は田園調布堰、野川は天神森橋、仙川は鎌田橋のデータであり、多摩川は本調査と同じ場所、野川・天神森橋、仙川・鎌田橋は本調査の地点の近傍に位置する。

3 結果と考察

(1) 雨天時の流量変化と水質変化

多摩川、野川、仙川のそれぞれについて、上記2(3)の調査期間で得られた計測結果のうち、代表的な計測結果を図3～5に示す。

ア 多摩川の特徴(図3(1)～図3(4))

流量が増加すれば、本来はその希釈効果で濃度が下がるはずであるが、実際には流量の増加とともに、各水質項目の濃度が上昇している。特に、BOD、COD、T—Pはその傾向が顕著である。1998年6月12日直後の初期流出時にはBODは晴天時の約3倍、CODは約4倍、T—Pは約4倍までに上昇している。ただし、BODは環境基準の5mg/lを超えることは多くなかった。

一方、T—N、NO_x-N(NO₂-N+NO₃-N)はもとも晴天時の濃度が高いため、雨天時の濃度上昇率は小さい。NH₄-Nは晴天時、雨天時とも濃度がそれほど高くなく、0.5mg/lを超えることはほとんどない。

イ 野川の特徴(図4(1)～図4(4))

流量の増加とともに、BOD、COD、T—Pは濃度が上昇する傾向は多摩川と同様である。NH₄-Nは多摩

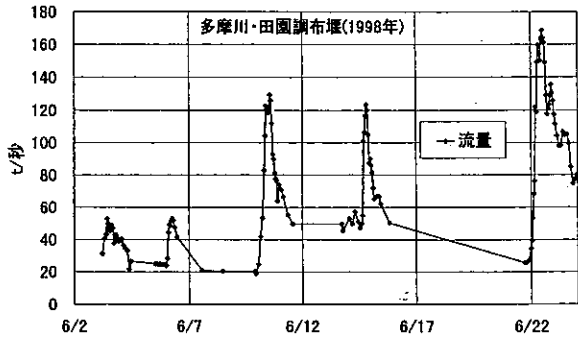


図3 多摩川雨天時の流量・水質変化 (1) 流量

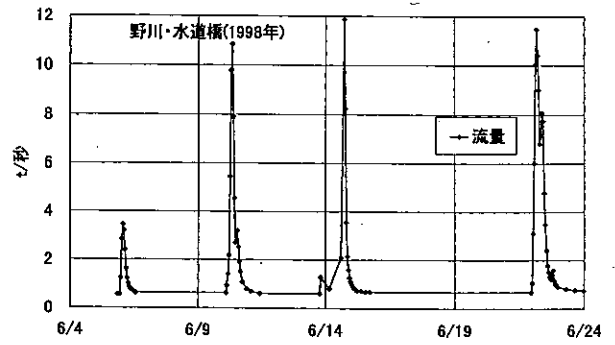


図4 野川雨天時の流量・水質変化 (1) 流量

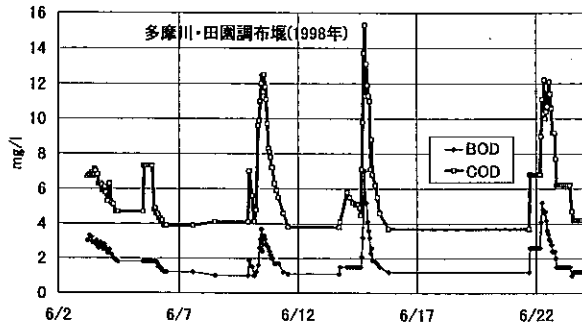


図3 多摩川雨天時の流量・水質変化 (2) BOD, COD

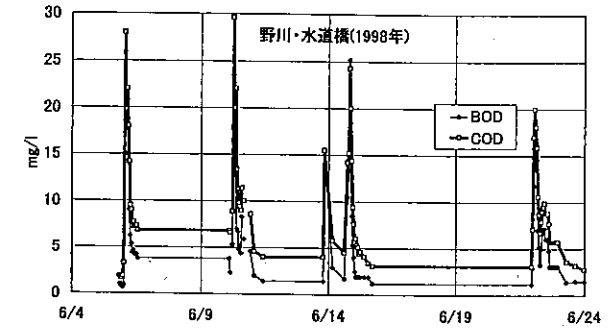


図4 野川雨天時の流量・水質変化 (2) BOD, COD

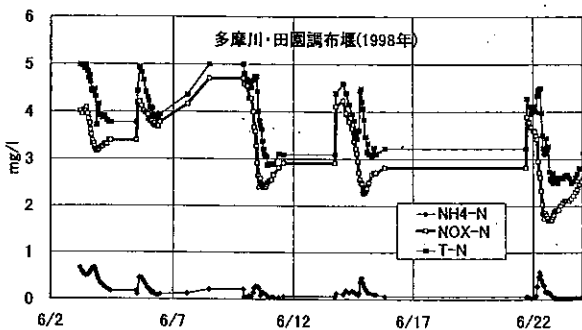


図3 多摩川雨天時の流量・水質変化 (3) 窒素

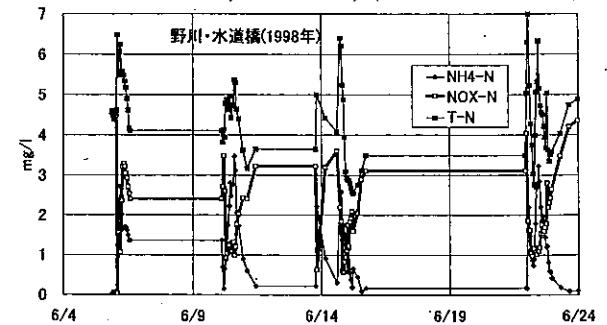


図4 野川雨天時の流量・水質変化 (3) 窒素

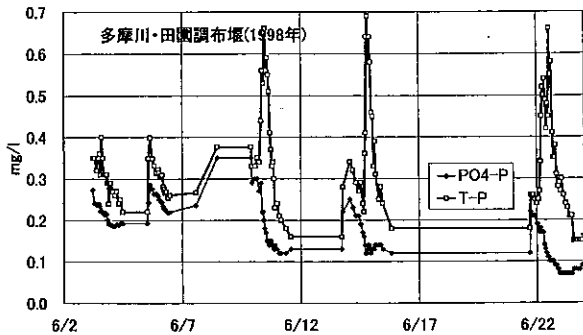


図3 多摩川雨天時の流量・水質変化 (4) りん

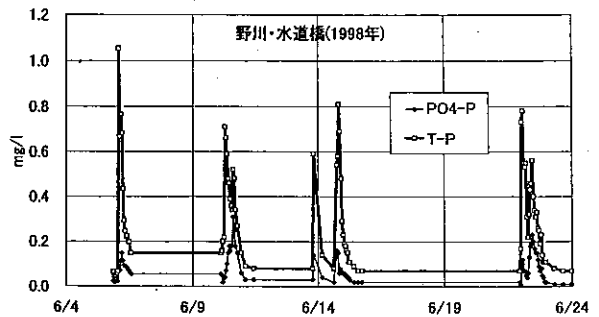


図4 野川雨天時の流量・水質変化 (4) りん

川とは異なり、BOD等と同様に上昇傾向が著しい。

多摩川と比べると初期流出時の濃度上昇が大きいのはBODであり、20mg/lを超えCODと同程度まで上昇している。また、NH₄-Nも3mg/lを超える。

一方、BOD等の上昇傾向とは異なるのがNO_x-Nで

ある。NO_x-Nの濃度は流量の増加とともに低減することもあり、特異な動きを示している。ただし、T-Nは、NO_x-Nの減少傾向があっても、一方でNH₄-Nが上昇するため、雨天時の増加傾向がみられる。

ウ 仙川の特徴 (図5(1)~図5(4))

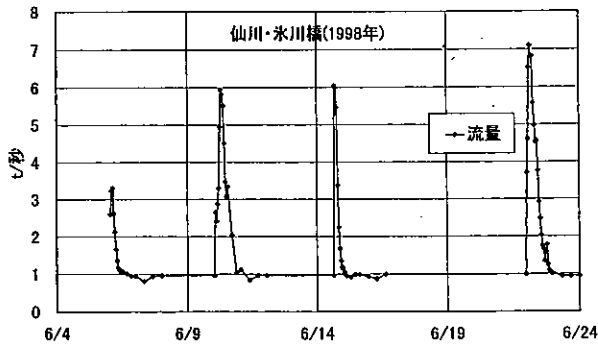


図5 仙川雨天時の流量・水質変化 (1) 流量

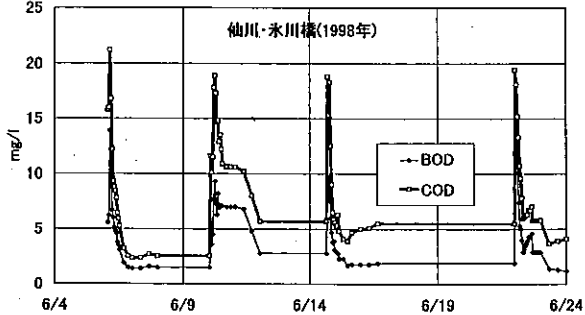


図5 仙川雨天時の流量・水質変化 (2) BOD, COD

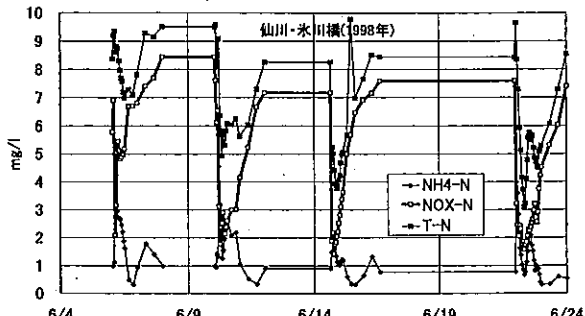


図5 仙川雨天時の流量・水質変化 (3) 窒素

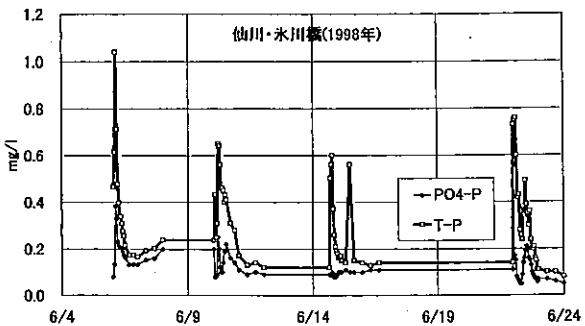


図5 仙川雨天時の流量・水質変化 (4) リン

野川と同様に流量の増加とともに、BOD、COD、T-P、NH₄-Nは濃度が上昇する傾向がある。ただし、T-N、NO_x-Nは晴天時の濃度が高く、雨天時には減少傾向がみられることもあり、雨天時の濃度がそれほど高くはならない。特に、NO_x-Nの濃度は流量の増加と

ともに低減する傾向がある。

(2) 雨天時の流出負荷量の変化

多摩川、野川、仙川のそれぞれについて代表的な計測結果を図6～8に示す。

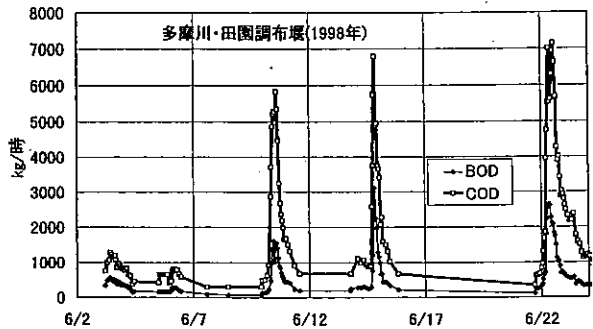


図6 多摩川雨天時の負荷量変化 (1) BOD, COD

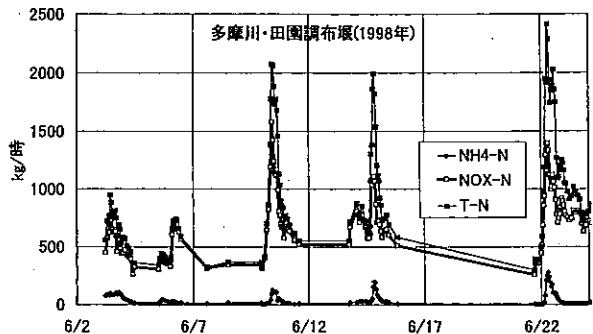


図6 多摩川雨天時の負荷量変化 (2) 窒素

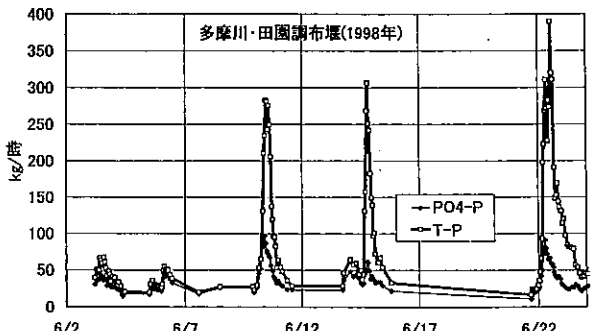


図6 多摩川雨天時の負荷量変化 (3) リン

ア 多摩川の特徴 (図6(1)～図6(3))

負荷量は流量と濃度の積で算出するため、流量の増加とともに濃度も上昇する水質項目は、流出負荷量が晴天時に比べて、きわめて大きく増加している。BODは初期流出時には晴天時と比べて20～30倍に増加している。CODは30～35倍に増加している。流出負荷量の増加が著しいのはBOD、COD、T-N、NO_x-N、T-Pであり、一方、NH₄-Nの増加は小さい。

イ 野川の特徴 (図7(1)～図7(3))

流出負荷量が晴天時に比べて、大幅に増加するのは、

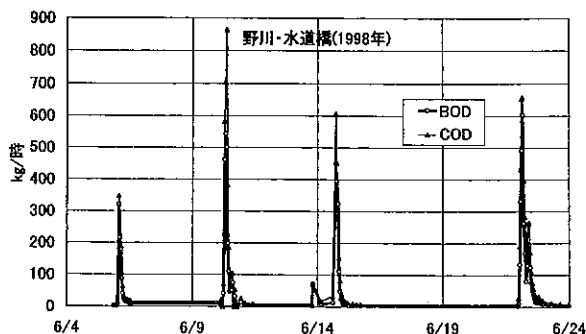


図7 野川雨天時の負荷量変化 (1) BOD, COD

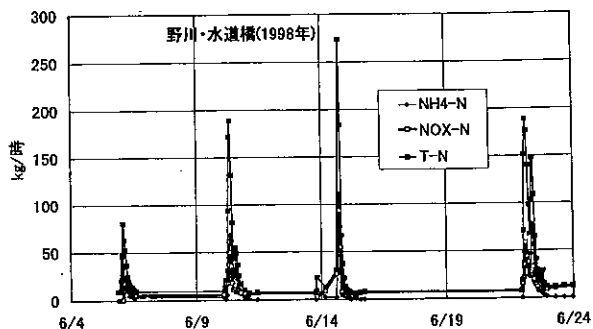


図7 野川雨天時の負荷量変化 (2) 窒素

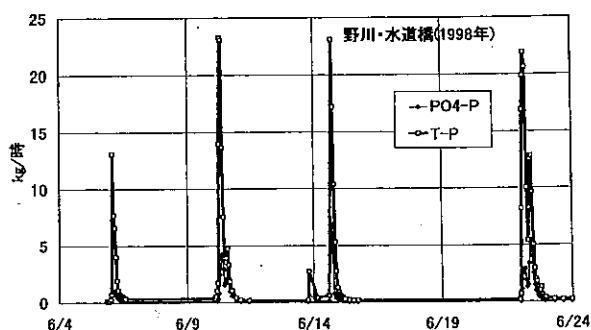


図7 野川雨天時の負荷量変化 (3) リン

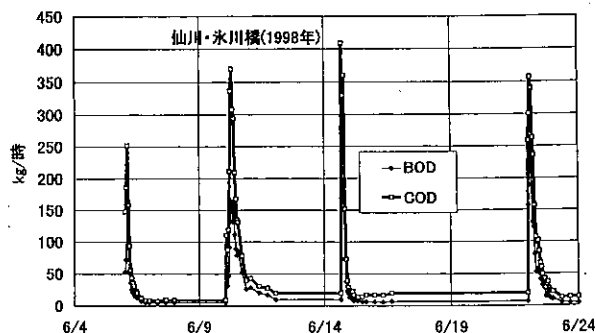


図8 仙川雨天時の負荷量変化 (1) BOD, COD

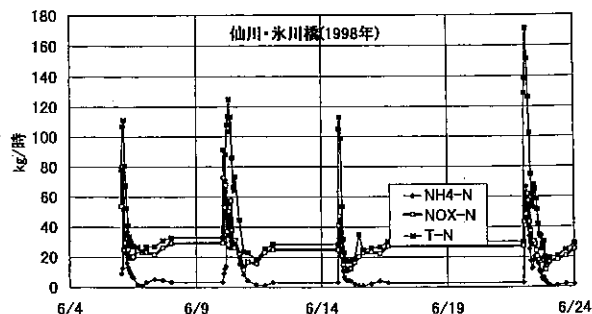


図8 仙川雨天時の負荷量変化 (2) 窒素

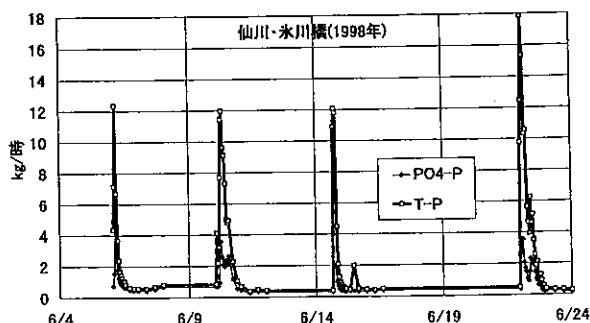


図8 仙川雨天時の負荷量変化 (3) リン

BOD、COD、T-N、T-Pである。NO_x-NとNH₄-Nも流量の増加により、かなり増加している。BODは初期流出時には晴天時と比べて60～120倍に増加している。CODは30～80倍に増加している。

ウ 仙川の特徴 (図8(1)～図8(3))

流出負荷量が晴天時に比べて、大幅に増加するのは、BOD、COD、T-N、T-Pであり、NH₄-NとNO_x-Nも流量の増加により、かなり増加している。BODは初期流出時には晴天時と比べて15～25倍に増加している。CODは25～35倍に増加している。

大河川と小河川とでは、その流域の規模の違いによって降雨に対して流下過程に差異があるため、流量変化と水質濃度変化の対応が異なることがある⁷⁾。多摩川は流下時間の異なる多くの支川を合流するため、支川の野川

に比べると流量や水質濃度・負荷量の変化ともそのピークの平滑化が見られる。仙川は、晴天時の水質濃度が高いことから、野川に比べると雨天時の負荷量増加率は低い。

(3) 雨天時の平均濃度

多摩川、野川、仙川のそれぞれについて各雨天時の平均水質濃度(流量による加重平均)を表1に示す。

晴天時に行われている公共用水域の調査結果と比較すると水質項目によって異なる傾向がみられる。

ア 多摩川

平均濃度で見ると雨天時のBODが、晴天時の2倍以上の濃度を示したのは18回の計測期間のうち2回であり、BODはあまり上昇しない。CODはBODと同様の傾向にあるが、1998年9月14日からの増水時はBOD

表1 雨天時の平均水質濃度

(1) 多摩川・田園調布堰

単位 mg/ℓ

採水開始	採水終了	BOD	COD	SS	T-N	NH ₄ -N	NO _x -N	T-P
1998/6/3 5:00	1998/6/4 11:00	2.6	6.2	21	4.37	0.46	3.54	0.30
1998/6/5 13:00	1998/6/8 12:00	1.3	4.4	9	4.26	0.16	4.01	0.29
1998/6/9 23:00	1998/6/11 14:00	2.1	8.0	65	3.65	0.12	2.95	0.37
1998/6/13 19:00	1998/6/15 20:00	2.4	7.1	62	3.74	0.17	3.01	0.35
1998/6/21 18:00	1998/6/24 3:00	2.3	7.3	72	3.04	0.12	2.21	0.32
1998/7/9 20:00	1998/7/11 18:00	2.3	6.2	17	4.37	0.12	3.93	0.31
1998/7/16 14:00	1998/7/19 14:00	1.1	4.6	11	4.91	0.04	4.57	0.38
1998/7/23 0:00	1998/7/24 14:00	3.6	13.3	141	3.69	0.24	2.11	0.62
1998/7/24 6:00	1998/7/28 14:00	1.2	5.9	42	2.85	0.03	2.44	0.24
1998/7/30 4:00	1998/8/2 0:00	0.9	6.9	320	4.00	0.06	2.26	0.39
1998/9/14 8:00	1998/9/18 11:00	5.0	20.1	1151	4.10	0.06	1.77	0.57
1998/9/21 2:00	1998/9/30 10:00	1.0	5.1	195	2.64	0.02	2.03	0.24
1998/10/1 4:00	1998/10/6 12:00	1.4	3.7	89	2.71	0.04	2.19	0.15
1998/10/8 8:00	1998/10/18 10:00	1.1	4.3	54	3.53	0.03	3.09	0.23
1998/10/21 4:00	1998/10/24 10:00	0.9	3.5	23	3.52	0.06	3.23	0.17
1998/11/30 2:00	1998/12/2 14:00	1.9	7.0	10	6.93	0.25	6.52	0.46
1998/12/3 6:00	1998/12/8 12:00	2.3	5.6	14	5.93	0.37	5.24	0.42
1999/1/25 6:00	1999/1/27 12:00	2.4	5.9	5	8.15	0.11	7.16	0.57
雨天時1998年度平均		2.2	8.7	352	3.46	0.06	2.43	0.33
公共用水域調査結果 調布堰1998年度平均		1.8	4.6	7	5.98	0.23	5.43	0.42

に比べると濃度上昇率が高い。これは、BODでは測定できない生物難分解性物質の流入量が生物分解性物質の流入量より多かったものと考えられる。SSは、他の項目に比べると雨天時の上昇が著しく、9月14日は、晴天時の160倍にもなっている。この後の9月21日からSSは高いが、BOD、CODは晴天時とほぼ同じである。これは、9月当初の増水でBODやCOD負荷物質は掃流されたが、無機性の浮遊物質は、ひきつづき河川に流入していることを示している。

T-N、NH₄-N、NO_x-Nは雨天時と晴天時の差がなく、むしろ雨天時の方が低くなっている。T-PもT-Nと似た傾向を示している。なお、冬期の雨天時は、SSがあまり高くないのに他の項目は高くなっている。

イ 野川

野川は多摩川と異なってBOD、CODとも雨天時が全般に高く、年度平均で比べても5倍前後高い。SSも雨天時に高いが、多摩川ほどには高くない。このことから、野川では無機性の浮遊物質より有機性の浮遊物質の流入が多いと考えられる。T-Nはほぼ晴天時と同じレベルである。NH₄-Nは雨天時の方が高く、NO_x-Nはやや低くなる。これは、上記3(1)イで記した特徴と同じである。T-Pは、ほとんど雨天時のほうが高い。

ウ 仙川

BOD、CODは冬期が他の時期に比べ高い。SSは、野川と同様な傾向にある。T-N、NH₄-N、NO_x-Nは、晴天時のほうが高い傾向にある。これは、窒素濃度が高い下水処理水の影響と推測される。T-Pは、雨天時のほうが全て高い。

(4) 雨天時の負荷量と流出密度

多摩川、野川、仙川のそれぞれについて各雨天時のBOD等流出負荷の増加量を計算した結果を表2に示す。なお、この増加量は、公共用水域の調査による毎月のBOD等流出負荷量とその月においては均等に流出するものとして、その毎時負荷量に雨天時の継続時間を乗じた値を雨天時実測負荷量から差し引いたものである。差し引き値がマイナスの場合は0とした。

上記のBOD等増加負荷量の合計を流域面積で除して流出密度を求めた。更に、その値に(年間雨量)/(計測期間中の雨量)を乗じて、1年間のBOD等の流出密度を推定した。その計算結果を表2に示す。

流域面積は次の値を用いた。

多摩川・田園調布堰 706 km² (羽村堰より上流を除く)

野川・水道橋 26.5km²

(2) 野川・水道橋

単位 mg/ℓ

採水開始	採水終了	BOD	COD	SS	T-N	NH ₄ -N	NO _x -N	T-P
1997/11/17 3:00	1997/11/19 6:00			41	4.38	1.06	2.24	0.30
1997/11/26 17:15	1997/11/28 13:15			41	4.30	1.15	1.97	0.29
1997/11/29 15:30	1997/12/1 14:30			217	5.49	1.20	0.67	0.85
1997/12/1 15:45	1997/12/3 14:45			15	3.53	1.18	1.76	0.19
1997/12/18 3:15	1997/12/20 2:15			75	4.81	1.29	1.32	0.51
1998/1/12 2:30	1998/1/14 1:30			8	2.73	0.42	1.84	0.05
1998/2/8 0:30	1998/2/9 23:30			24	5.24	1.59	2.61	0.23
1998/2/20 19:45	1998/2/22 18:45			220	5.96	1.20	1.02	0.20
1998/2/24 19:00	1998/2/26 12:00			26	4.09	1.03	2.03	0.20
1998/3/5 16:00	1998/3/7 15:00			17	4.30	1.69	6.03	0.16
1998/3/12 0:30	1998/3/13 23:30			53	4.80	1.61	1.78	0.37
雨天時1997年度平均				104	4.82	1.26	1.87	0.39
公共用水域調査結果天神森橋1997年度平均		2.4	4.2	10	3.37	0.23	2.35	0.09
1998/6/5 20:30	1998/6/6 13:30	11.3	13.6	54	5.39	1.55	2.35	0.46
1998/6/10 3:30	1998/6/11 10:30	8.8	13.7	51	4.56	1.73	1.50	0.45
1998/6/13 19:45	1998/6/15 17:45	7.6	10.5	36	4.90	1.49	2.30	0.36
1998/6/22 0:30	1998/6/23 23:30	7.1	10.0	39	4.52	1.41	1.71	0.38
1998/7/9 21:45	1998/7/11 20:45	9.5	19.4	101	5.05	1.17	2.04	0.52
1998/7/16 17:00	1998/7/18 16:00	1.3	5.6	22	4.97	0.18	4.33	0.15
1998/7/22 19:00	1998/7/24 18:00	11.7	16.0	84	3.96	0.82	1.18	0.52
1998/7/25 22:00	1998/7/27 21:00	1.9	4.9	11	3.93	0.46	3.03	0.12
1998/7/30 16:00	1998/7/31 9:00	19.5	34.4	113	5.20	1.36	0.88	0.63
1998/10/1 8:00	1998/10/2 13:00	6.2	11.2	61	4.46	1.23	1.59	0.42
1998/10/17 2:00	1998/10/18 17:00	10.7	14.8	74	5.34	1.14	2.38	0.43
1998/10/21 20:15	1998/10/23 19:15	3.4	6.2	27	6.73	0.65	5.45	0.18
1998/12/3 20:15	1998/12/5 19:15	5.4	9.0	38	6.99	0.81	5.51	0.24
1999/1/25 20:45	1999/1/27 19:45	10.8	15.1	52	6.83	1.77	3.08	0.44
雨天時1998年度平均		8.7	13.6	60	4.97	1.13	2.31	0.41
公共用水域調査結果天神森橋1998年度平均		1.5	3.0	7	5.89	0.12	5.58	0.07

仙川・氷川橋 19.8㎏

雨量は東京管区気象台の府中地点の値を用いた。年間雨量は次のとおりである。

1997年度 1526mm

1998年度 1800mm

多摩川、野川、仙川のBOD、COD、T-N、T-Pの流出密度のオーダーはほぼ同じで、BODは2700~3900kg/㎏、CODは5900~12000kg/㎏、T-Nは1500~2600kg/㎏、T-Pは180~370kg/㎏の範囲にある。しかし、NH₄-Nについては野川500kg/㎏、仙川580kg/㎏に対して多摩川は58kg/㎏で、野川、仙川の約1/10、逆にNO_x-Nについては、野川390kg/㎏、仙川310kg/㎏に対して多摩川は1700kg/㎏で5~6倍の値を示している。SSは、多摩川が10倍以上高い。このように、水質項目によって多摩川は、野川、仙川とは

流出密度が異なっている。

(6) 非雨天時と雨天時の比較

公共用水域の調査による晴天時（非雨天時）のBOD等年間流出密度を同様に計算して、雨天時の増加流出密度が全年間流出密度（雨天分と非雨天分）に占める割合を求めた結果を表3に示す。概略は下記のとおりである。

多摩川：BOD、CODは60~70%、T-N、NH₄-N、NO_x-Nは20~30%、T-Pは50%である。

野川：BOD、COD、T-P、NH₄-Nは90%前後、T-Nは50%、NO_x-Nは20~30%である。

仙川：BOD、T-Pは40~50%、CODは60%程度、T-N、NH₄-Nは20%前後、NO_x-Nは10%前後である。

ア 多摩川

多摩川は、野川ほどではないが、各項目とも雨天時の

(3) 仙川・氷川橋

単位 mg/ℓ

採水開始	採水終了	BOD	COD	SS	T-N	NH ₄ -N	NOx-N	T-P
1997/11/17 3:00	1997/11/18 18:00			7	8.3	2.7	4.6	0.39
1997/11/26 17:15	1997/11/28 13:15			38	8.8	2.2	5.6	0.45
1997/11/29 17:15	1997/12/1 16:15			108	6.8	2.0	3.5	0.50
1997/12/1 16:00	1997/12/3 15:00			7	8.7	3.4	4.8	0.30
1997/12/18 3:30	1997/12/20 2:30			47	10.4	2.9	5.8	0.51
1998/1/11 23:45	1998/1/13 22:45			31	10.2	4.5	4.0	0.61
1998/1/19 16:45	1998/1/21 15:45			20	7.5	3.4	3.2	0.40
1998/2/15 5:15	1998/2/17 4:15			57	9.6	3.5	4.3	0.81
1998/2/20 20:00	1998/2/22 19:00			143	8.8	2.5	3.3	0.19
1998/2/24 20:45	1998/2/26 12:45			27	10.0	0.4	0.4	0.61
1998/3/1 0:00	1998/3/2 23:00			54	6.0	1.8	2.8	0.48
1998/3/6 11:30	1998/3/8 10:30			12	8.4	0.6	3.0	0.26
1998/3/12 2:15	1998/3/14 1:15			44	7.6	1.9	4.5	0.43
雨天時1997年度平均				53	8.2	2.3	3.6	0.45
公共用水域調査結果	鎌田橋1997年度平均	-8.0	6.7	5	13.4	4.5	5.8	0.42
1998/6/6 1:00	1998/6/8 0:00	3.8	6.7	17	8.5	1.8	6.3	0.33
1998/6/10 2:15	1998/6/12 1:15	6.6	12.1	29	6.4	1.8	3.8	0.35
1998/6/14 16:45	1998/6/16 15:45	3.9	8.3	26	6.4	1.1	4.5	0.29
1998/6/22 1:15	1998/6/24 0:15	4.6	8.2	32	5.6	1.3	3.1	0.35
1998/7/9 22:45	1998/7/11 21:45	7.0	17.2	78	7.7	1.5	4.7	0.47
1998/7/23 4:15	1998/7/24 18:15	4.2	7.9	25	6.9	1.1	4.7	0.30
1998/7/25 21:30	1998/7/27 20:30	2.7	6.8	5	6.8	1.5	4.9	0.41
1998/7/30 16:00	1998/7/31 9:00	2.3	7.9	41	5.6	1.0	3.8	0.31
1998/9/15 3:30	1998/9/16 8:30	9.0	19.1	234	4.0	0.4	1.3	0.70
1998/10/17 2:00	1998/10/19 1:00	6.0	12.9	52	5.3	1.6	2.3	0.42
1998/10/21 20:00	1998/10/23 19:00	3.5	7.7	18	8.5	2.8	5.4	0.28
1998/12/7 11:30	1998/12/8 13:30	19.0	21.4	75	9.3	3.6	3.4	0.78
1999/1/24 17:30	1999/1/25 12:30	13.6	15.5	20	15.8	9.3	4.6	0.65
1999/1/25 20:00	1999/1/27 19:00	15.0	22.4	88	12.4	5.9	3.7	0.90
雨天時1998年度平均		6.6	12.9	85	6.3	1.5	3.4	0.47
公共用水域調査結果	鎌田橋1998年度平均	6.5	6.2	5	12.2	3.4	8.0	0.23

割合が高い。多摩川には下水処理場の処理水と未処理の生活排水および事業場排水等が流入しているため、晴天時の流出負荷密度がある程度高いが、それでも雨天時の流出密度が高いので、雨天時の割合が比較的高くなっている。ただし、窒素は有機物質やりんと比較すると、雨天時の割合が低い。雨天時の多摩川には、合流式下水道の簡易処理放流水と雨水吐き室越流水、市街地の雨水排水等が流入する。

イ 野川

野川は、晴天時においては未処理排水がわずかに流入するだけであり、それに対して、雨天時には合流式下水道雨水吐き室の越流水や市街地の雨水排水等が流入するため、雨天時の割合が高くなっている。雨天時に主に増加するのは有機物質とりんであり、窒素はそれらと比べ

ると、割合が小さい。

ウ 仙川

仙川は、下水処理水が流入しているため、晴天時の流出負荷密度が高く、その結果、雨天増水時の占める割合が野川と比べてかなり小さくなっている。特に窒素は、多摩川、野川と比べると低い。雨天時の仙川には合流式下水道の簡易処理放流水と雨水吐き室越流水、市街地の雨水排水等が流入する。

4 まとめ

多摩川とその支川において長期間にわたり雨天時水質と流量を測定し、雨天時の汚濁負荷量を算出した。この結果、雨天時の水質変化や負荷量変化を把握することができ、晴天時との比較も可能となった。また、それぞれ

表2 雨天時の負荷量と流出密度

			BOD	COD	SS	T-N	NH ₄ -N	NO _x -N	T-P	流量
多摩川 田園調 布堰(7 06km ²)	増加負荷量の計 kg	98年度	976931	4253362	202103019	924986	20852	608131	132592	* 363442315
	年間推定負荷量 kg/年	98年度	1903112	8285771	393707180	1801921	40620	1184671	258297	** 708004510
	年間流出密度kg/km ² /年	98年度	2696	11736	557659	2552	58	1678	366	*** 1003
野川 水道橋 (26.5 km ²)	増加負荷量の計 kg	97年度	—	—	244102	10664	2921	3918	914	* 2175180
		98年度	32191	48901	221418	12771	4202	3262	1481	* 2874673
	年間推定負荷量 kg/年	97年度	—	—	1175080	51333	14061	18862	4399	** 10471055
		98年度	102373	155514	704155	40613	13363	10375	4710	** 9142070
	年間流出密度kg/km ² /年	97年度	—	—	44343	1937	531	712	166	*** 395
		98年度	3863	5868	26572	1533	504	391	178	*** 345
仙川 氷川橋 (19.8 km ²)	増加負荷量の計 kg	97年度	—	—	148438	10852	4639	4667	935	* 1871087
		98年度	20771	42678	317799	11942	4080	2197	1492	* 2683965
	年間推定負荷量 kg/年	97年度	—	—	553830	40491	17310	17412	3487	** 6981121
		98年度	58145	119471	889638	33429	11422	6151	4177	** 7513434
	年間流出密度kg/km ² /年	97年度	—	—	27971	2045	874	879	176	*** 353
		98年度	2937	6034	44931	1688	577	311	211	*** 379

(注) 流量の単位 * : m³ ** : m³/年 *** : mm/年

表3 非雨天時と雨天時の流出密度

			BOD	COD	SS	T-N	NH ₄ -N	NO _x -N	T-P	
多摩川	田園調布堰	98年度	非雨天分 kg/km ²	1738	4945	9205	6624	245	5883	418
			雨天分 kg/km ²	2696	1736	557659	2552	58	1678	366
			雨天分の比率 %	61	73	99	32	18	26	51
野川	天神森橋	97年度	非雨天分 kg/km ²	239	407	943	329	22	230	9
		98年度	非雨天分 kg/km ²	474	1232	3103	3012	38	3016	26
	水道橋	97年度	雨天分 kg/km ²	—	—	44343	1937	531	712	166
			雨天分の比率 %	—	—	96	54	95	30	91
		98年度	雨天分 kg/km ²	3863	5868	26572	1533	504	391	178
			雨天分の比率 %	92	88	93	48	94	19	91
仙川	鎌田橋	97年度	非雨天分 kg/km ²	5796	4851	3712	9653	3280	4210	301
		98年度	非雨天分 kg/km ²	3835	4175	2980	7989	2101	6150	158
	氷川橋	97年度	雨天分 kg/km ²	—	—	27971	2045	874	879	176
			雨天分の比率 %	—	—	89	19	25	15	43
		98年度	雨天分 kg/km ²	2937	6034	44931	1688	577	311	211
			雨天分の比率 %	38	57	93	16	18	6	48

の河川特性も明らかになった。

多摩川の雨天時BOD濃度は、晴天時に比べると上昇するが、環境基準の5 mg/lを超えることは多くなかった。一方、野川、雨天時初期にBOD濃度が著しく上昇した。

負荷量は流量と濃度の積で算出するため、流量の増加とともに濃度も増加する水質項目の負荷量は、晴天時に比べて大きく増加した。多摩川では、BOD、COD、T-N、NO_x-N、T-Pの雨天時負荷量が大きく、BOD負荷量は初期流出時には晴天時の20~30倍に増加した。野川では、雨天時BOD負荷量は晴天時の60~120倍に増加した。同様に仙川では晴天時の15~25倍に増加した。

多摩川で雨天分の年間流出密度が非雨天分の年間流出密度を上回るのは、水質項目別に、BOD（雨天分の比率61%）、COD（73%）、SS（99%）であった。同様に野川ではBOD（92%）、COD（88%）、SS（93%）、NH₄-N（94%）であった。また、仙川ではCOD（57%）、SS（93%）であった。このように雨天時の流出密度は非常に大きく、河川の水質保全を進めるうえで無視することができない量であることが明らかになった。

雨天時の水位上昇期から減水期までとおして、連続的に水質や流量の変化を繰り返し調査した例⁹⁾は少なく、本調査結果は晴天時と雨天時とを合わせた負荷量を把握するのに有効なデータとなるものと考えられる。なお、都内河川のほとんどは東京湾に流入することから、河川からの流入総負荷量を把握しておくことは、東京湾の水質改善対策を進めるうえで必要であり、本調査結果はその点への参考資料にもなると思われる。

今後、多摩川の水質をさらに改善していくには、晴天時のみならず雨天時の負荷量を把握し、流出汚濁物の効果的削減対策を確立していくことが必要である。

謝 辞

本調査を進めるにあたり、多摩川流量データについては、都水道局から提供していただいた。検体の回収にあたっては、近野良哉氏（新日本気象海洋株式会社）はじめ、関係各位の協力を得て実施することができた。ここに深く感謝の意を表す。

引用文献

- 1) 和波一夫ら：多摩川中流部の再生に関する研究—多摩川のアンモニア性窒素等の排出負荷量と削減について、東京都環境科学研究所年報1997, 227~236.
- 2) 昭和63年度公共用水域の水質測定結果（総括編）、東京都環境保全局水質保全部, 374~384, 1990.
- 3) 平成元年度公共用水域の水質測定結果（総括編）、東京都環境保全局水質保全部, 372~384, 1991.
- 4) 和田安彦：非点源負荷の定量と流出管理(1)、非点源負荷の大きさと定量、環境技術, 9(1), 847~853, 1980.
- 5) 嶋津暉之ら：非特定汚染源の把握と削減に関する研究（その2）—合流式下水道の雨水吐き室の流出汚濁負荷量、東京都環境科学研究所年報1992, 138~145.
- 6) 地下水収支調査報告書, 64, 東京都公害局水質保全部, 1980.
- 7) 海老瀬潜一：汚濁物質の降雨時流出特性と流出負荷量、水質汚濁研究, 8(8), 499~504, 1985.
- 8) 高島英二郎ら：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, 18(4), 297~306, 1995.