

多摩川中流部の再生に関する研究 (その7)

— 雨天時の汚濁物質の流出源 —

嶋津暉之 和波一夫 野口大輔*

(*埼玉工業大学)

要 旨

多摩川中流部、野川、仙川等を対象として、雨天時河川水の調査を行った。その結果、次のことが明らかになった。

- (1) 雨天時河川水のBODの平均値は、野川、仙川、石神井川では、それぞれの環境基準を大きく上回っていた。COD、T-N、T-Pの平均値も、3河川は晴天日と同程度か、またはそれを上回る濃度であった。
- (2) 汚濁物質を浮遊性と溶解性に分けて解析すると、雨天時の河川水において流量の増加とともに濃度が上昇するのは浮遊性の物質であった。
- (3) 雨天時に河川を流下する汚濁物質の流出源としては、降雨由来、山林・田畑からの流出、市街地表面からの流出、合流式下水道からの越流、河床堆積物の流出が考えられる。多摩川、野川、仙川の雨天時BODについてその流出源比率を試算したところ、合流式下水道からの越流水と市街地の地表面流出水が主要な汚濁源になっていると推測された。

キーワード：雨天時河川水、流出源、合流式下水道、BOD、多摩川

Study on Revival of Tamagawa Middle Reach Parts (7)

— Outflow Sources of Pollution Substances under Rainy Condition —

Teruyuki Shimazu, Kazuo Wanami and Daisuke Noguchi*

* Saitama Institute of Technology

Summary

We investigated the river water under rainy condition in the Tamagawa middle reaches, Nogawa, Sengawa and so on. As a result, the following was clarified:

- (1) The average BOD values of river water under rainy conditions in the Nogawa, Sengawa, and Shakujiigawa, greatly exceeded each environmental quality standard. The average value of COD, T-N, and T-P almost equaled to or exceeded that of rainless day.
- (2) We separated pollution substances into suspended and soluble. As a result, the density of suspended rather than soluble pollution substances increased with river flow volume under rainy conditions.
- (3) The outflow sources of pollution substances were considered rainwater inclusion, outflow from forest and field, runoff from town surfaces, overflow of diversion chamber in combined sewage systems, and the outflow of riverbed sediments.

We calculated the outflow source ratio of BOD in Tamagawa, Nogawa, and Sengawa River under rainy condition. Based on our estimates, it was concluded that the major pollution sources were the overflow of

diversion chamber and the runoff from town water surfaces.

Keywords : river water under rainy condition, outflow source, combined sewer system, BOD, Tamagawa River

1 はじめに

前報¹⁾で述べたように、雨天時の多摩川の汚濁状況を把握するため、1997年度から98年度にかけて野川・水道橋と仙川・氷川橋に流量計測装置と自動採水器を、98年度には多摩川・田園調布堰に自動採水器を設置して、雨天時の河川水を採取し、水質分析を行った。その結果、雨天時の流出負荷量は大きく、河川の特性和水質項目によっては雨天時の年間流出負荷量が晴天時のそれを大幅に上回ることもあることが明らかになった。本報では、この調査データに基づいて、雨天時の河川を流下する汚濁物質の流出源について解析を行った結果を報告する。この解析を行うにあたっては、水質保全部が本研究所の協力のもとに1996年度と97年度に実施した雨天時の石神井川と秋川の調査結果^{2) 3)}、本研究所が1991年度と92年度に行った合流式下水道・雨水吐き室越流水の調査結果⁴⁾、1994年度から96年度にかけて行った各種雨水排水の調査結果⁵⁾も使用した。

2 方法

(1) 多摩川、野川、仙川

調査地点は多摩川・田園調布堰（流域面積 706km²：羽村堰より上流を除く）、野川・水道橋（世田谷区喜多見、26.5km²）、仙川・氷川橋（世田谷区岡本、19.8km²）で、調査期間、雨天時の流量計測と採水の方法、水質分析項目は前報¹⁾で述べたとおりである。以下、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) 秋川、石神井川

ア 調査地点

秋川：東秋川橋（八王子市高月、流域面積約 147km²）

石神井川：台橋（板橋区小茂根町、流域面積約 43km²）

以下、秋川・東秋川橋を秋川、石神井川・台橋を石神井川という。

イ 調査期間

秋川：1997年 9月～11月

石神井川：1997年 3月、9月～11月

ウ 調査の方法

降雨の予報に基づいて、調査受託会社の職員が待機し

て、流量計測と採水を行った。なお、この調査では同時にアの地点の他に97年 3月は多摩川の羽村堰、拝島橋、田園調布堰、石神井川の緑橋、9～11月は田園調布堰、野川の兵庫橋で流量観測と採水を行ったが、本報告ではアの2点の調査データのみを使用する。

エ 水質の分析

分析項目は次のとおりである。

BOD、COD、SS、溶解性TOC、T-N、NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N、T-P、PO₄-P、Cl⁻、SO₄²⁻。このうち、BOD、COD、SS以外の項目は本研究所が主として分析を行った。

(3) 合流式下水道・雨水吐き室越流水と各種雨水排水

調査地点と調査期間は次のとおりである。調査の方法と水質分析項目は既報^{4) 5)}で述べたとおりである。

合流式下水道・雨水吐き室越流水：仙川流域にある三鷹市合流式下水道の雨水吐き室（集水面積 3.1km²）、1992年 1月～6月

住宅地総合雨水排水（分流式下水道の雨水管放流水）：仙川流域にある三鷹市新川団地の雨水排水口（集水面積 25000m²）、1994年 11月～95年 4月

幹線道路雨水排水：野川流域にある中央高速道路の調布インター近くの雨水排水管（集水面積 390m²）、1995年 11月～96年 9月

屋根雨水排水：仙川流域にあるN電気機械工場の屋根雨水排水管（集水面積 4140m²）、1996年 11月～97年 3月

3 結果と考察

(1) 雨天時河川水の水質

ア BOD、COD

多摩川、野川、仙川、秋川、石神井川における雨天時河川水のBOD等の単純平均値、流量加重平均値、中位数、最大値、90%水質値（小さい方から並べて90%目の順位にあたる値）を表1に示す。

BODの単純平均値は、多摩川 1.7mg/ℓ、野川 7.0mg/ℓ、仙川 6.8mg/ℓ、秋川 1.2mg/ℓ、石神井川 21mg/ℓであり、CODのそれはそれぞれ 6.4mg/ℓ、10.2mg/ℓ、11.5mg/ℓ、2.6mg/ℓ、19mg/ℓであった。参

表1 雨天時河川水の調査結果

(単位: mg/ℓ)

| データ数 | 多摩川 田園調布堰 (1)~(7) 484 | 野川 水産橋 (1)、(2) 281 (3)~(7) 476 | 仙川 水川橋 (1)、(2) 280 (3)~(7) 499 | 秋川 東秋川橋 (1)~(7) 60 | 石神井川 合橋 (1)~(7) 84 | |
|------|-----------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------|
| BOD | 単純平均値 | 1.7 | 7.0 | 6.8 | 1.2 | 21 |
| | 加重平均値 | 2.2 | 8.7 | 6.6 | 1.6 | 31 |
| | 中位数 | 1.5 | 3.2 | 4.3 | 0.8 | 10 |
| | 最大値 | 7.5 | 228 | 44 | 4.5 | 240 |
| | 90%水質値 | 2.8 | 15 | 16 | 2.3 | 51 |
| | 晴天日の値 | 1.8 | 1.5 | 6.5 | 0.5 | 2.0 |
| COD | 単純平均値 | 5.4 | 10.2 | 11.5 | 2.6 | 19 |
| | 加重平均値 | 8.7 | 13.6 | 12.9 | 3.8 | 25 |
| | 中位数 | 5.4 | 7.9 | 8.4 | 2.1 | 11 |
| | 最大値 | 55 | 82 | 65 | 10 | 99 |
| | 90%水質値 | 9.9 | 20 | 20 | 4.1 | 45 |
| | 晴天日の値 | 4.6 | 3.0 | 6.2 | 1.4 | 2.8 |
| TS | 単純平均値 | 80 | 44 | 39 | 10 | 125 |
| | 加重平均値 | 352 | 77 | 71 | 23 | 225 |
| | 中位数 | 23 | 10 | 18 | 3 | 51 |
| | 最大値 | 1820 | 704 | 411 | 140 | 820 |
| | 90%水質値 | 203 | 102 | 84 | 15 | 394 |
| | 晴天日の値 | 7 | 7 | 5 | 2 | 7 |
| T-N | 単純平均値 | 4.1 | 4.9 | 8.0 | 2.0 | 6.3 |
| | 加重平均値 | 3.5 | 4.9 | 7.2 | 2.1 | 5.1 |
| | 中位数 | 3.7 | 4.6 | 7.8 | 2.0 | 6.2 |
| | 最大値 | 9.1 | 28 | 19 | 2.6 | 18 |
| | 90%水質値 | 6.7 | 7.4 | 11.4 | 2.4 | 9.1 |
| | 晴天日の値 | 6.0 | 5.8 | 12.2 | 1.8 | 7.0 |
| T-P | 単純平均値 | 0.1 | 1.1 | 2.5 | 0.1 | 1.2 |
| | 加重平均値 | 0.1 | 1.2 | 1.9 | 0.1 | 1.1 |
| | 中位数 | 0.1 | 1.0 | 2.1 | 0.07 | 0.7 |
| | 最大値 | 0.9 | 4.5 | 12 | 0.9 | 7.9 |
| | 90%水質値 | 0.4 | 2.3 | 4.8 | 0.1 | 2.9 |
| | 晴天日の値 | 0.2 | 0.1 | 3.4 | 0.05 | 0.22 |
| X-N | 単純平均値 | 3.4 | 2.6 | 3.9 | 1.7 | 2.9 |
| | 加重平均値 | 2.4 | 2.1 | 3.5 | 1.8 | 1.3 |
| | 中位数 | 2.9 | 2.2 | 3.6 | 1.8 | 2.8 |
| | 最大値 | 8.1 | 8.0 | 9.9 | 2.3 | 7.1 |
| | 90%水質値 | 5.1 | 4.8 | 6.8 | 2.2 | 6.1 |
| | 晴天日の値 | 5.4 | 5.6 | 8.0 | 1.7 | 6.2 |
| T-P | 単純平均値 | 0.33 | 0.28 | 0.50 | 0.05 | 0.72 |
| | 加重平均値 | 0.33 | 0.40 | 0.46 | 0.04 | 0.65 |
| | 中位数 | 0.30 | 0.17 | 0.36 | 0.03 | 0.35 |
| | 最大値 | 1.30 | 3.7 | 2.9 | 0.25 | 2.2 |
| | 90%水質値 | 0.58 | 0.63 | 0.82 | 0.07 | 1.5 |
| | 晴天日の値 | 0.42 | 0.07 | 0.23 | 0.01 | 0.16 |

(注) 多摩川、野川、仙川の晴天日の値は1998年度公共用水域の調査結果、秋川、石神井川は97年度調査結果を用いた。ただし、石神井川は同調査結果には窒素、りんデータのデータがないので、今回の雨天時調査における増水前の初期値の平均を用いた。

考のため、各河川のBOD環境基準、すなわち、A類型 2 mg/ℓ以下(秋川)、C類型 5 mg/ℓ以下(多摩川中流部、野川、仙川)、D類型 8 mg/ℓ以下(石神井川)と比較すると、石神井川、野川、仙川の平均BODは環境基準を大きく上回っていた。BOD等の有機物質に関しては石神井川の値が飛び抜けて高く、続いて仙川、野川の順序である。多摩川はBODに関しては低く、仙川、野川の15~25%の値にとどまり、秋川の値に近いが、CODは高く、野川、仙川の50~60%の値になっている。

公共用水域の調査結果による晴天日の平均BODとの比をみると、多摩川0.9倍、野川4.7倍、仙川1.0倍、秋川2.4倍、石神井川10.5倍であり、絶対値の小さい秋川を除くと、石神井川、野川は雨天時にBOD濃度が大きく上昇して汚濁する川であることを物語っている。また、CODの晴天日との比はそれぞれ1.4倍、3.4倍、1.9倍、1.9倍、6.8倍であり、BODと同程度の値を示している。

次に、BODの最大値をみると、多摩川 7.5mg/ℓ、野川228mg/ℓ、仙川44mg/ℓ、秋川4.5mg/ℓ、石神井川240mg/ℓであり、計測期間中の1回だけとはいえ、野川、石神井川のBODは生下水の水質である200mg/ℓをも超える値が検出されている。仙川の最大値も大きく、これらは後で述べるように、雨水吐き室から生下水に近い越流水が流出したことを示唆している。BODの90%値はそれぞれ2.9mg/ℓ、15mg/ℓ、16mg/ℓ、2.8mg/ℓ、51mg/ℓである。雨天時は河川流量が大幅に増加しているにもかかわらず、石神井川で50mg/ℓ以上、仙川、野川で15~16mg/ℓ以上のBODを含む河川水が1/10の確率で流下している。上述のBODの環境基準と比べても、これらは非常に高い値である。

イ 窒素、りん

T-Nの単純平均値は多摩川4.1mg/ℓ、野川4.9mg/ℓ、仙川8.0mg/ℓ、秋川2.0mg/ℓ、石神井川6.3mg/ℓであり、公共用水域調査による晴天日の平均T-Nとの比を求めると、それぞれ0.7倍、0.8倍、0.7倍、1.1倍、0.9倍であった。また、T-Pの単純平均値はそれぞれ0.33mg/ℓ、0.28mg/ℓ、0.50mg/ℓ、0.06mg/ℓ、0.72mg/ℓであり、同じく晴天日の平均T-Pとの比を求めると、それぞれ0.8倍、4.0倍、2.2倍、6.0倍、4.0倍であった。窒素に関しては晴天日との比が0.7~1.1倍であるが、りんに関しては多摩川を除く河川が2.2~6.0倍という高い値になっている。ただし、T-Nの晴天日との比がそれほど大きくないのは、晴天日の濃度が高いからであって、雨天時のT-N流出負荷量が小さいことを意味しているのではない。

以上のように、雨天時においては流量が大きく増大しているにもかかわらず、晴天日と同程度か、またはそれを上回る濃度の汚濁物質が流下している。

(2) 雨天時河川水の水質の構成

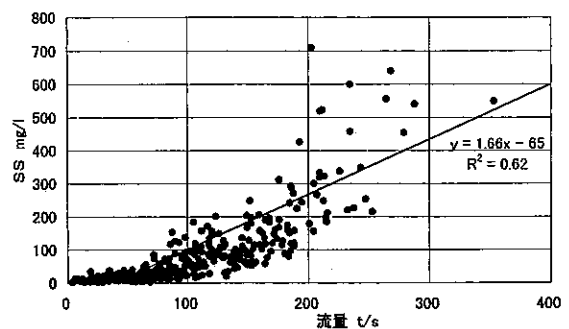


図1 多摩川・田園調布堰の流量とSSとの関係

ア 浮遊性物質と溶解性物質

多摩川を例にとって、流量とSS濃度との相関図を図1に示す。流量の増加とともにSSの濃度が上昇する傾向が読み取れる。雨が降り続けると、地表面や道路等の表面、下水管内部が洗い流され、更に、河床が洗われて、それらに沈着していた浮遊性物質が流出する。同図はこのような流出の状況を示している。それも、流量の増加とともに濃度が増加していくのであるから、浮遊性物質の流出負荷量は〔流量増加率〕×〔濃度増加率〕の積として晴天日よりはるかに大きな値になっている。

次に、流量と溶解性成分の一つとしてCl-を取り上げて、多摩川の流量とCl-との関係をみた結果を図2に示

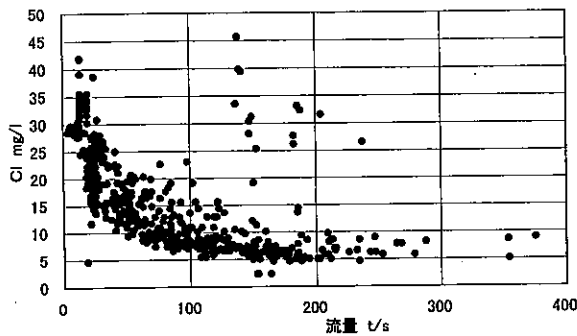


図2 多摩川・田園調布堰の流量とCl-との関係

す。Cl-は流量の増加とともに低下し、流量と反比例に近い傾向を示している。Cl-のような溶解性物質は地表面等に沈着したり、浮遊性物質に付着しているものもあるにせよ、大半はその流域からの流出量はほぼ一定で、流量とともに希釈されて低下していく傾向がある。ただし、流量が十分に大きくなっても、Cl-は概ね5mg/l以上の値になっている。

イ 浮遊性と溶解性の汚濁物質

以上のことから、雨天時の汚濁物質の流出は浮遊性物質と溶解性物質に分けて検討する必要がある。そのような観点で、野川を例にとって、有機態炭素、窒素、りんを浮遊性と溶解性に分けて流量との関係をみた結果を図3～5に示す。

図3では、全有機態炭素の値をCOD÷0.5÷3と仮定して(COD測定時の有機物質分解率を0.5、酸素要求量/炭素の比を3とする)、溶解性有機態炭素の測定値との差を浮遊性有機態炭素とした。全有機態炭素そのものを測定しなかったのは、土砂を含む試料を自動TO

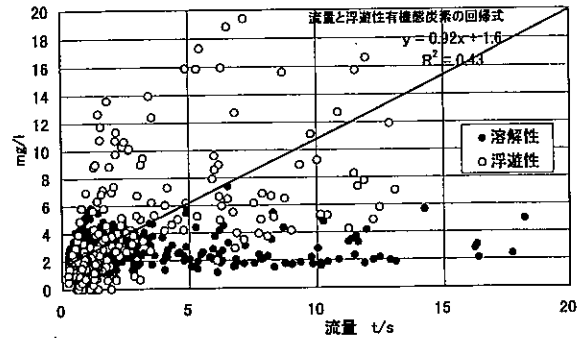


図3 野川・水道橋の流量と溶解性・浮遊性有機態炭素との関係

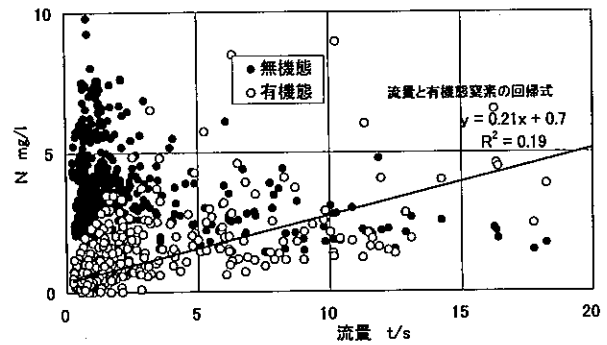


図4 野川・水道橋の流量と無機態・有機態窒素との関係

C計で分析することが困難であったからである。同図をみると、流量が増加しても、溶解性有機態炭素の濃度はほぼ2～6mg/lの範囲でありあまり変わらず、増加傾向がみられるのは、浮遊性有機態炭素である。

図4では無機態窒素(NH₄-N+N O_x-N)と有機態窒素([T-N]-無機態窒素)に分けて示した。前者は全量が溶解性であり、後者のほとんどは浮遊性窒素で構成されているので、同図は溶解性と浮遊性の窒素の動向を表している。窒素の場合は流量が小さい段階では無機態窒素の割合が高く、流量の増加とともに、有機態窒素の濃度が上昇し、一方で無機態窒素の濃度が低下して無機態と有機態が同じような割合になっていく。無機態窒素は晴天日も流出する固有流出量が大きく、それが流量の増加で希釈されていく。ただし、流量がかなり大きくなっても、無機態窒素は1.5mg/l以下には下がらない。

図5では無機態りん(PO₄-P)と有機態りん([T-P]-[PO₄-P])に分けて示した。無機態りんは全量が溶解性で、有機態りんのほとんどは浮遊性であるので、同図も溶解性と浮遊性のりんの動向を表している。流量の増加とともに、上昇する傾向があるのはほ

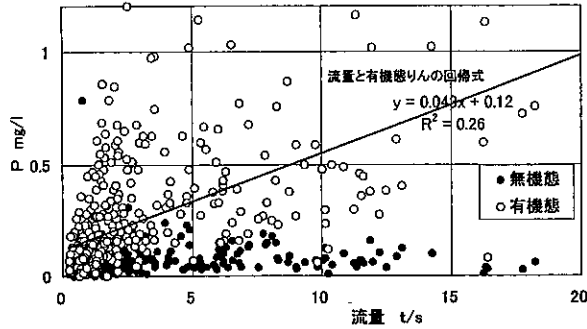


図5 野川・水道橋の流量と無機態・有機態りんとの関係

ほとんど有機態りんである。無機態りんは流量がかなり大きくなると、ゼロに近づく場合があり、CI-や溶解性有機態炭素、無機態窒素とは違う傾向を示している。

ウ SSの汚濁物質含有率

以上のとおり、雨天時の流量増加とともに流出量が増大していくのは浮遊性の汚濁物質である。その濃度がどこまで高まるかは、SSの増加の程度とSSの汚濁物質の含有率で定まる。そこで、後者のことを検討するため、野川を例にとって、SSとBOD、浮遊性COD、有機態窒素、有機態りんとの関係をみたのが、図6～9である。浮遊性CODは図3と同様、COD-[溶解性有機態炭素×3×0.5]の式から求めた。また、雨天時のB

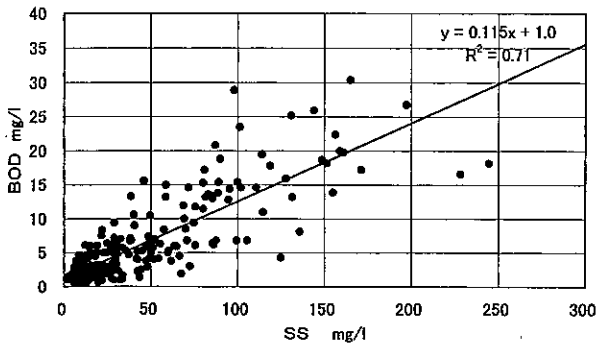


図6 野川・水道橋のSSとBODとの関係

ODのほとんどは浮遊性である。

図6～9をみると、どの水質項目もSSとの相関が比較的高く、SSがほぼ同じような割合で有機物質、窒素、りんを含有していることを示している。この相関図から求めた一次回帰式の回帰係数がSSのBOD、COD、窒素、りんの含有率を表すものとして、各河川のSSの成分含有率を整理した結果を表2に示す。

比較のため、同様な方法で、住宅地雨水排水、幹線道

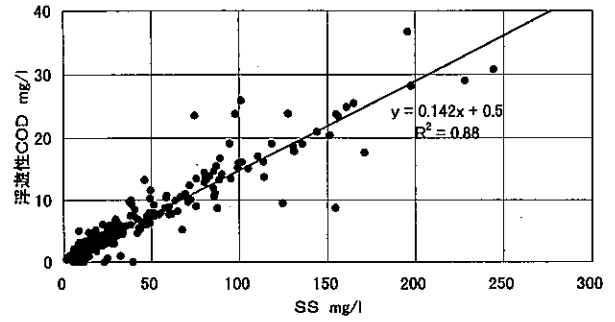


図7 野川・水道橋のSSと浮遊性CODとの関係

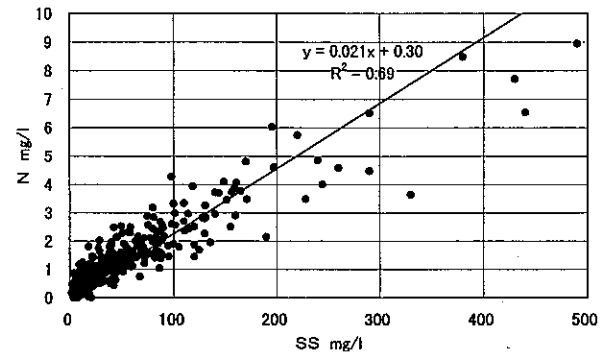


図8 野川・水道橋のSSと有機態窒素との関係

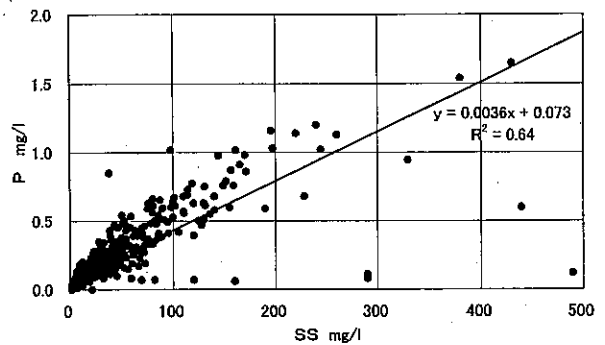


図9 野川・水道橋のSSと有機態りんとの関係

路雨水排水、屋根雨水排水、合流式下水道・雨水吐き室越流水のSSの成分含有率を求めた結果を表3、4に示す。また、土壌の成分含有率を調べた例を表5に示す。

秋川と石神井川は調査期間が短く、多摩川、野川、仙川と同列に論じることがむずかしいので、多摩川、野川、仙川の比較を行うと、SSのBOD、COD、窒素、りんの含有率は野川、仙川が高く、多摩川は低い。多摩川は特にBODの含有率が低く、野川、仙川の1/50～1/30である。また、窒素、りんは野川、仙川より一桁低く、CODは1/5程度になっている。野川、仙川の値を住宅地雨水排水と比較すると、CODは大差がないが、BOD

表2 SSの汚濁物質含有率
(SSと各水質項目との一次回帰式の回帰係数(かっこ内は相関係数を示す))

| | 多摩川 | 野川 | 仙川 | 秋川 | 石神井川 |
|-----------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|
| 調査期間 | 1998年6月 ~99年1月 | 1997年11月 ~99年1月 | 1997年11月 ~99年1月 | 1997年9~ 11月 | 1997年3月 9~11月 |
| (1)BOD | 0.002 (0.25) | 0.115 (0.84) | 0.060 (0.56) | 0.034 (0.84) | 0.070 (0.38) |
| (2)浮遊性COD | 0.020 (0.75) | 0.142 (0.94) | 0.109 (0.89) | 0.066 (0.92) | 0.069 (0.63) |
| (3)有機態窒素 | 0.002 (0.72) | 0.021 (0.83) | 0.014 (0.42) | 0.006 (0.85) | 0.008 (0.64) |
| (4)有機態りん | 0.0005 (0.69) | 0.0036 (0.80) | 0.0038 (0.66) | 0.0016 (0.93) | 0.0023 (0.67) |

表3 各種雨水排水のSSの汚濁物質含有率
(SSと各水質項目との一次回帰式の回帰係数)

| | 住宅地雨水排水 | 幹線道路雨水排水 | 屋根雨水排水 |
|-----------|---------|----------|--------|
| データ数 | 103 | 146~152 | 73~142 |
| (1)BOD | 0.039 | 0.059 | 0.202 |
| (2)浮遊性COD | 0.105 | 0.086 | 0.152 |
| (3)有機態窒素 | 0.0055 | 0.0045 | 0.033 |
| (4)有機態りん | 0.0012 | 0.0012 | 0.0021 |

表4 合流式下水道・雨水吐き室越流水のSSの汚濁物質含有率
(SSと各水質項目との一次回帰式の回帰係数)

| | 雨水吐き室越流水 |
|----------|----------|
| データ数 | 122 |
| (1)BOD | 0.32 |
| (2)COD | 0.26 |
| (3)有機態窒素 | 0.027 |
| (4)有機態りん | 0.0073 |

表5 土壌懸濁水のSSの汚濁物質含有率
(三鷹市新川団地内の土壌)

| | 道路脇の権込み土壌 | 小公園の土壌 | 工事の掘削土壌 |
|----------|-----------|--------|---------|
| (1)BOD | 0.003 | 0.002 | 0.002 |
| (2)COD | 0.15 | 0.078 | 0.005 |
| (3)有機態窒素 | 0.006 | 0.004 | 0.0004 |
| (4)有機態りん | 0.001 | 0.003 | 0.0002 |

D、窒素、りんは3倍以上になっている。住宅地雨水排水のCODは、有機物質を含む表層土壌(表5)の流出によるものであり、雨天時の野川、仙川においても、表層土壌の流出が考えられる。しかし、野川、仙川のSSのBOD、窒素、りん含有率は、市街地の表面を洗い流した雨水排水で説明できる高さではなく、表4に示す合流式下水道・雨水吐き室の越流水の影響が大きいことを

示している。

多摩川中流部の流域には野川、仙川の流域も含めて、合流式下水道の区域があり、雨水吐き室越流水の影響があるはずであるが、表2ではその影響はあまりみられない。その理由は、後出の表6で示すように、多摩川においては流域面積あたりの流量が大きく、且つ、SS濃度が高いため、流域面積あたりで比較すると、野川、仙川の十数倍にもなるSSが流下していることにある。その結果として、多摩川のSSの成分含有率が小さくなっている。多摩川を流下するSSの大半は有機物質や栄養塩類をほとんど含まない土壌成分であり、そのような土壌成分がどこから流出してくるのかは今後の検討課題である。

(3) 汚濁物質の流出源

前報りで示したとおり、今回の調査結果から各河川において雨天増水時に増加する各汚濁物質の年間流出密度を試算した。同様な方法で、各種雨水排水、合流式下水道・雨水吐き室越流水の年間流出密度を試算した。それらの結果を表6、7に示す。多摩川、野川、仙川の流出密度を比較すると、多摩川のBOD、COD、T-N、T-Pの流出密度は野川、仙川と同程度か、またはその

表6 雨天時に増加する汚濁物質の年間流出密度(試算値)

| | 多摩川 田園調布堰 | 野川 水道橋 | 仙川 水川橋 | 秋川 東秋川橋 | 石神井川 台橋 |
|--------------------------|--------------|-----------|-----------|------------|------------|
| BOD kg/kd | 2700 | 3900 | 2900 | 95 | 8400 |
| COD kg/kd | 11700 | 5900 | 6000 | 200 | 6500 |
| SS kg/kd | 556000 | 35000 | 36000 | 1700 | 62000 |
| T-N kg/kd | 2600 | 1700 | 1900 | 90 | 1100 |
| NH ₄ -N kg/kd | 58 | 520 | 730 | 3 | 300 |
| NOx-N kg/kd | 1680 | 550 | 600 | 66 | 25 |
| T-P kg/kd | 370 | 170 | 190 | 4 | 200 |
| 雨天時増加流量mm | 1000 | 370 | 370 | 41 | 290 |

表7 各種雨水排水の汚濁物質の年間流出密度(試算値)
(単位 kg/kd/年)

| | ア. 住宅地 雨水排水 | イ. 幹線道 路雨水排水 | ウ. 屋根雨 水排水 | エ. 合流式下水道 雨水吐き室越流水 |
|--------------------|----------------|-----------------|---------------|-----------------------|
| BOD | 2900 | 2500 | 620 | 6400 |
| COD | 7100 | 6100 | 1200 | 5000 |
| SS | 58200 | 35600 | 1800 | 16700 |
| T-N | 530 | 1500 | 390 | 1050 |
| NH ₄ -N | 85 | 720 | 48 | 310 |
| NOx-N | 200 | 390 | 240 | 69 |
| T-P | 68 | 51 | 6 | 150 |

1.5～2 倍の値であり、この3 河川の差はあまり大きくはない。

雨天時に河川を流下する汚濁物質の流出源としては主に次の5 点が考えられる。

- i 降雨由来 (大気汚染降下物を含む)
- ii 山林・田畑からの流出
- iii 市街地表面からの流出 (住宅地、道路等)
- iv 合流式下水道からの越流 (雨水吐き室越流水、下水処理場の簡易処理放流水)
- v 河床堆積物の流出

今回の調査地点の上流域における市街地面積率と合流式下水道区域面積率の推定値を表8 に示す。

まず、上記の i は5 河川のいずれにも関係する。i についての三鷹市での調査結果は表7 のウのとおりで、この程度の流出密度は各河川水のベースになっているものと思われる。ただし、都心から離れるほど、i の値は小さくなる可能性が高い。次に、ii は市街地面積率の低い秋川において重要な要素になるはずであるが、その値は非常に小さい。これは、調査回数が少ないことによるデータの精度の問題もあるが、ii そのものが大きな負荷密度にならないことをも示していると考えられる。

表8 調査地点より上流域の面積率 (推定値)

| | 多摩川田園調布堰 | 野川水道橋 | 仙川氷川橋 | 秋川東秋川橋 | 石神井川台橋 |
|--------------|----------|-------|-------|--------|--------|
| 市街地面積率 | 50% | 80% | 80% | 20% | 85% |
| 合流式下水道区域の面積率 | 40% | 80% | 70% | 0% | 100% |

(注) 田園調布堰の値は羽村堰～田園調布堰間の流域面積 706km²に対する比率を示す。

表9 流出源別のBOD流出密度の試算値

(単位 kg/kd/年)

| | 多摩川田園調布堰 | 野川水道橋 | 仙川氷川橋 | 石神井川台橋 |
|-----------|----------|-------|--------|--------|
| a. 降雨由来 | 310 | 500 | 500 | 530 |
| b. 市街地表面 | 1040 | 1670 | 1670 | 1770 |
| c. 合流式下水道 | 740 | 2380 | 2080 | 3160 |
| d. その他 | 610 | - 650 | - 1350 | 2940 |
| 計 | 2700 | 3900 | 2900 | 8400 |

(注) 次の仮定をおいて試算した。
 (1) 降雨由来 620kg/kdは市街地部分においてのみ流出する。
 (2) 市街地表面流出分は住宅地と幹線道路の平均値から降雨由来分を差し引いた2080kg/kdとする。
 (3) 合流式下水道の流出は市街地からのみとし、その流出分は市街地表面流出分を差し引いた3700kg/kdとする。

iii、ivが各河川においてどの程度の影響を持ちうるかを知るため、BODに関して、表8の値をあてはめて試算した結果を表9に示す。多摩川の場合は降雨由来11%、市街地表面流出39%、合流式下水道流出27%、その他23%となった。しかし、野川、仙川の場合はその他がマイナス、石神井川の場合は逆にその他が全体の35%にもなり、今回の試算は検討の余地がある。この試算はあくまでいくつかの前提をおいたものであって、今後、年間値の推定方法など、計算の手法そのものを見直していく必要がある。しかし、この試算の結果からも、雨天時の河川の主要な汚濁源が合流式下水道からの越流水と市街地の地表面流出水であることは明らかである。

4 まとめ

多摩川中流部、野川、仙川等を対象として雨天時河川水質の経時変化を調査した結果、次の諸点が明らかになった。

i 雨天時のBODの平均値は、多摩川 1.7mg/l、野川7.0mg/l、仙川6.8mg/l、秋川1.2mg/l、石神井川21mg/lであった。各河川のBOD環境基準A類型2mg/l以下(秋川)、C類型5mg/l以下(多摩川中流部、野川、仙川)、D類型8mg/l以下(石神井川)と比較すると、石神井川、野川、仙川は基準を大幅に上回っていた。

ii BODの90%値は上記の各河川それぞれ2.9mg/l、15mg/l、16mg/l、2.8mg/l、51mg/lであった。雨天時は河川流量が大幅に増加しているにもかかわらず、石神井川で50mg/l以上、仙川、野川で15～16mg/l以上のBODを含む河川水が1/10の確率で流下していた。

iii 雨天時のCODの平均値は晴天日の1.4～6.8倍、T-Nは0.7～1.1倍、T-Pは0.8～4.0倍の濃度であった。

iv 汚濁物質を浮遊性と溶解性に分けて考察すると、雨天時の河川水において流量の増加とともに濃度が上昇するのは浮遊性の物質であった。

v 雨天時河川水のSSの成分含有率をみると、野川、仙川のBOD、窒素、りんは住宅地雨水排水の3倍以上の値を示した。これは、合流式下水道・雨水吐き室越流水の混入によるものと考えられる。

vi 多摩川中流部は、有機物質や栄養塩類をほとんど含まない土壌成分が大量に流下するため、SSのBOD等

の含有率は低いが、BOD等の年間流出密度は野川、仙川とあまり差がなかった。

vii 雨天時に河川を流下する汚濁物質の流出源としては降雨由来、山林・田畑からの流出、市街地表面からの流出、合流式下水道からの越流、河床堆積物の流出が考えられる。多摩川、野川、仙川の雨天時BODについてその流出源比率を試算したところ、合流式下水道からの越流水と市街地の地表面流出水が主要な汚濁源になっていると推測された。

引用文献

- 1) 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），東京都環境科学研究所年報，1999, p193～203.
- 2) 東京都環境保全局：市街地等における雨天時汚濁負荷量調査委託報告書，1997年3月.
- 3) 東京都環境保全局：非特定汚染源調査委託報告書，1997年12月.
- 4) 嶋津暉之、和波一夫：雨水の地下浸透に関する研究（その2），東京都環境科学研究所年報，1997, p256～268.
- 5) 嶋津暉之、木村賢史、三好康彦：非特定汚濁源の把握と削減に関する研究（その3）——合流式下水道の雨水吐き室の越流水——，東京都環境科学研究所年報，1994, p149～156.