

玉川上水における流下に伴う水質の変化

Water Quality Changes of Secondary Treated Waste Water Through Tamagawa Jousui Channel

新井 秀子*・田瀬 則雄**

Hideko ARAI and Norio TASE

I はじめに

近年、水辺への人々の関心が集まってきている。また、湿地などの自然浄化機能の見直しなども始まっている。この様な中、1986年8月、野火止用水に続いて玉川上水に流水が復活した。1989年に復活した支川の千川上水分も含め日量2.3万トン程度と流量は少ないが、新しい清流復活事業として注目を集めている。この東京都の清流復活事業は、その全量を下水の2次処理（+砂ろ過）水で賄われているところに大きな特徴があるが、同時にいくつかの問題をも内蔵していると思われる。

筆者らは、1987年より玉川上水の再通水が周辺に及ぼす影響を、流水の量および質の変化、地下水への影響、さらには住民の意識などに焦点をあてて調査を行なっている（田瀬ほか、1988、1989）。さらに流下に伴う浄化作用などについても調査している。調査は現在も継続中であるが、今回は流水の水質について、より密な観測を行なったので、過去のデータと比較しながら若干の検討を行なう。

玉川上水は、多摩川の水を羽村で取水し、江戸市中に供給するため、江戸時代に開削された用水路である。1965年に淀橋浄水場が廃止され、玉川上水はその機能を羽村取水口より小平監視（水衛）所までにとどめられ、これより下流では用水路としての機能を停止していた。

玉川上水は、一部を除き河岸・河床ともにコンク

リートなどによる補強工事は施されておらず、素堀の水路である。比較的自然状態に近く、流出入がなく、流量もほぼ一定など、水質の変化や浄化機能などを調査研究するには理想的な水路の一つである。また、堤防のような構造物もほとんどないが、堀が深いこともあり金網が張り巡らされているところがある。水路沿いにはケヤキ・クヌギ・コナラなどの落葉樹が繁茂し、古きよき武蔵野の面影を残し、散策など住民に貴重な場所を提供している。

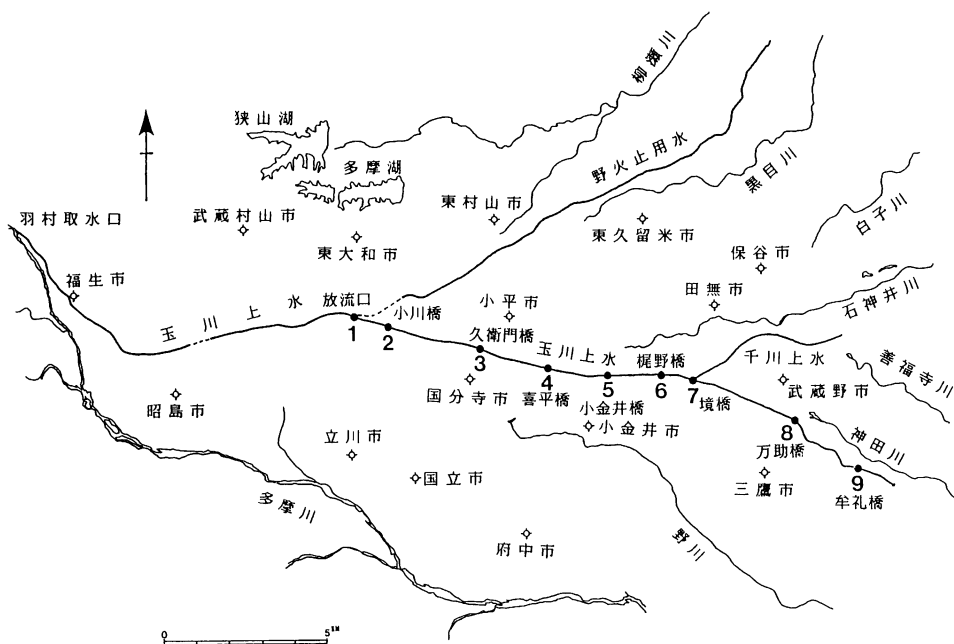
II 調査地域と観測の概要

調査地域は、清流復活区間の小平監視所（放流口）から牟礼橋までの約17kmとその周辺である（第1図）。玉川上水が走っている地域は武蔵野面上に位置し、ローム層が厚く堆積しており、その厚さは8m以上である。地下水面も非常に深く、水路へ地下水が流入することは考えられない。

流水の水量と水質を観測するために9点の定点を設けているが、今回は放流口（St.1）と境橋（St.7）の2点で集中的に観測を行なった。この2点間の距離は10.2kmである。

流水についての観測項目は、流量、水温、電気伝導度（EC）、pH、溶存酸素、酸化還元電位、およびカリウム、ナトリウム、カルシウム、マグネシウム、アンモニア、塩化物、硫酸、リン酸、硝酸、亜硝酸、重炭酸の各イオンである。なお、分析はアンモニアを除く陽イオンについてはICP法で、リン酸、亜硝酸

*筑波大学大学院環境科学研究科（現 世界自然保護基金，WWF，Japan） **筑波大学地球科学系



第1図 研究対象地域

酸、重炭酸を除く陰イオンについてはIC法で行なった。アンモニアはインドフェノール法、リン酸はモリブデン-アスコルビン酸法、亜硝酸はジアゾ化法、重炭酸は4.8アルカリ度として硫酸滴定により求めた。

流水の観測は1990年6月17日、8月15日、10月24~25日、および1991年3月18~19日の4回行なった。今回は、24時間以上観測を行なった1990年10月の結果について報告する。観測時間はSt.1では24日10時より25日14時まで、St.7では24日14時から25日15時まで、1時間ごとに採水、測定を行った。

III 観測結果と考察

1) 放流水の水質

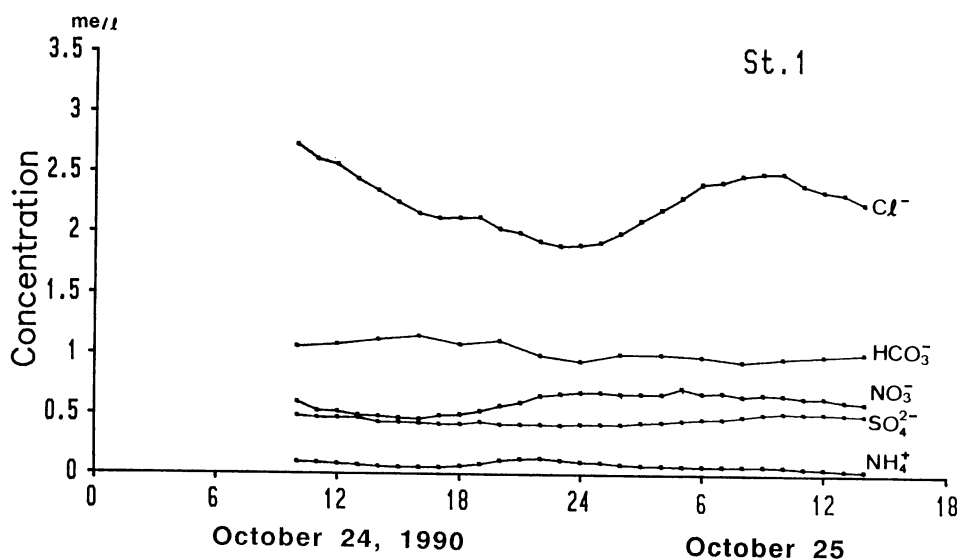
前報(田瀬ほか, 1988)の調査では、水質の顕著な日変動は認められなかったが、今回の調査では顕著な変化が観測された。第1表に観測した水質の変動範囲を示した。水質の変動については、絶対濃度(mg/l)でなく、当量濃度(me/l)で検討する。第2図に放流された処理水の主要なあるいは代表的な変動パターンを示す水質項目の日変動を示した。

第1表 玉川上水放流口(St.1)および境橋(St.7)における水質変動

	St.1	St.7
水温(°C)	22.9~23.4	18.5~19.8
pH	6.5~6.7	7.2~7.3
電気伝導度(25°C)($\mu\text{S}/\text{cm}$)	488~579	491~589
溶存酸素(mg/l)	7.9~8.6	8.5~9.0
酸化還元電位(mV)	435~451	424~459
ナトリウムイオン(mg/l)	56.5~68.4	58.2~70.6
カリウムイオン(mg/l)	15.3~20.1	16.5~20.6
カルシウムイオン(mg/l)	25.5~26.7	25.1~28.2
マグネシウムイオン(mg/l)	4.6~5.0	4.6~5.2
塩化物イオン(mg/l)	68.1~96.7	68.5~104.2
硫酸イオン(mg/l)	39.3~49.2	38.4~46.6
リン酸態リン(mg/l)	1.25~1.65	1.45~1.60
硝酸態窒素(mg/l)	6.5~10.4	7.4~12.0
亜硝酸態窒素(mg/l)	0.510~1.860	0.042~0.224
アンモニア態窒素(mg/l)	0.021~0.506	0.024~0.092
重炭酸イオン(4.8Bx)(me/l)	1.25~1.65	0.089~1.14

なお、観測中の2回の平均流量は278 l/sであった。

最も大きな日変動を示すのは、塩化物イオンで、ナトリウムイオンとともに当量で最も多い溶存成分である。ナトリウムイオンは塩化物イオンと比べる



第2図 放流口 (St.1) での水質変動

と変動幅は小さい。電気伝導度の変動も基本的には塩化物イオンと同様である。濃度のピークは午前9時前後で、最低値は真夜中に出現する。

硝酸イオンは塩化物イオンとは少々異なった日変動を示す。すなわち、ピークは夜間に、最低値は夕方近くに出現している。塩化物イオンより16時間ほど遅れている。

また、亜硝酸イオンは硝酸イオンと似ているが、ピークの出現がやや早く、低減も顕著である。塩化物イオンとのピークの遅れは14時間である。アンモニウムイオンもほぼ同様な変動を示しているが、塩化物イオンとのピークの遅れは13時間ほどである。

硫酸イオンは塩化物イオンと同様な変動を示しているようであるが、ほぼ一定の値とみなせる。リン酸、カルシウム、マグネシウム、カリの各イオンもほぼ一定である。

これらの変動は、処理場へ流入する下水、さらに処理過程を反映したものと考えられる。すなわち、天候、昼夜、曜日、季節などにより流入する下水の組成が変動し、気象・気候条件により処理効果が影響される。

生活排水の主要成分である塩化物イオンと窒素（アンモニウムイオン、亜硝酸イオン、硝酸イオン）の変

動における位相のずれは、保存性の塩化物イオンと非保存性の窒素の処理過程での差異を反映していると考えられる。

なお、同様の観測を行ない、現在解析中である1991年3月のデータではピークの出現時がやや異なった日変動が認められている。これらの変動パターンの差異については今後観測例を増やし、後日報告したいと考えている。

2) 流下に伴う水質の変化

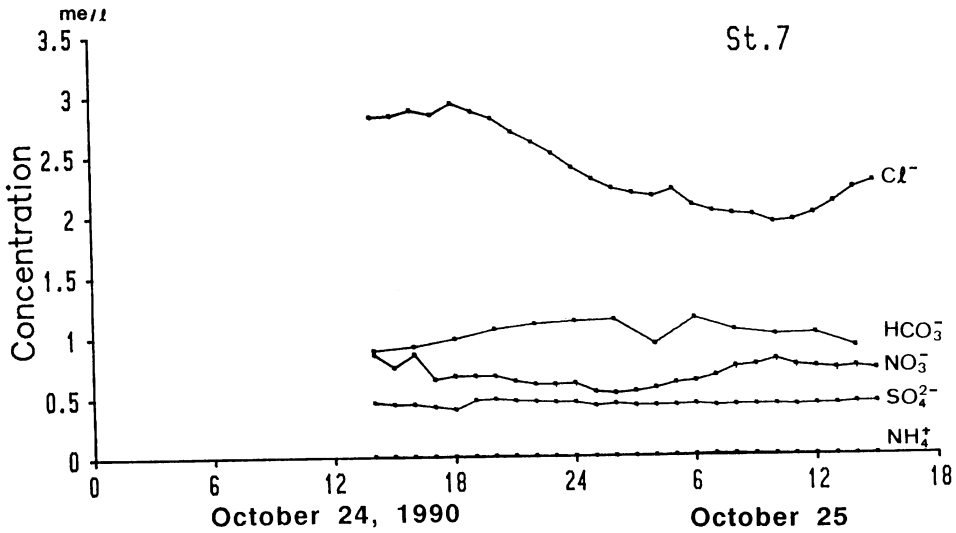
下流の St. 7 での水質の変動を第1表と第3図に示した。基本的には St. 1 と同様な変動パターンを示す要素が多い。すなわち、塩化物イオンなどの保存性のイオンは濃度に大きな変化は認められない。しかし、硝酸、亜硝酸、アンモニウムの各イオンとアルカリ度は流下に伴い変化をしている。

流下に伴う水質の変化は第2図と第3図を比較することにより考察することができる。この際、流下に伴う時間差を考慮して、同一水塊の水質を比較しなければならない。流下時間は水質の全体を表わす電気伝導度の2点の変動パターンを目視により重ね合わせるにより、10時間と算定した。10.2kmを10時間で流下することは、流速に直すと0.28m/sとなるが、この値は放流口で観測した平均流速0.30m/

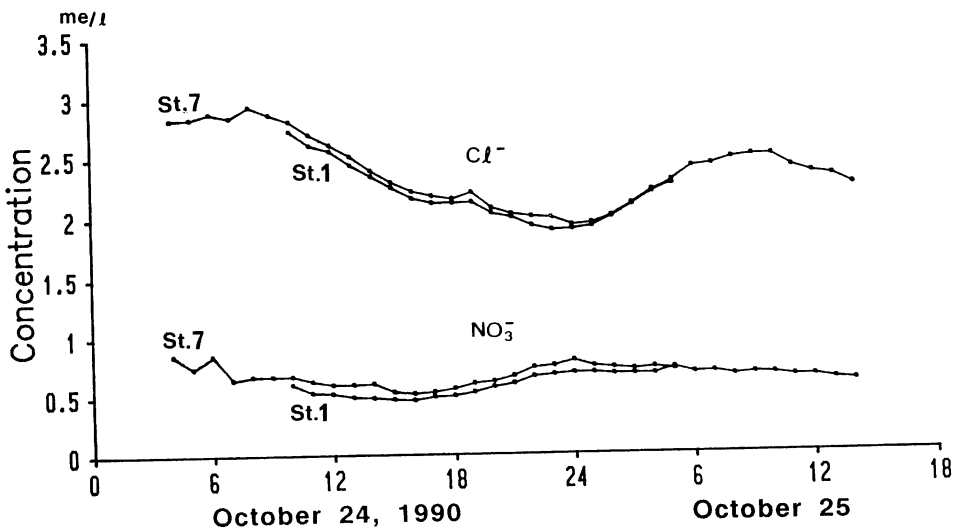
s とほぼ等しく、妥当な値と考えられる。もちろん、流下の過程で滞留したり、拡散混合したりするので、10時間の位相をもって一対一で水塊が対応するとは確定できないが、水路は直線的であり、実際曲線の重ね合わせもよいのでほぼ近似できるものと考えられる。従って、以下では St. 7 の測定値を10時間繰上

げ、その時間の St. 1 の測定値と比較し、水質の変化を考察した。第4図に塩化物イオンと硝酸イオンを対応させた。

電気伝導度、塩化物イオン、ナトリウムイオンなど微増の傾向はあるが、その差は僅かである。この微増の原因として、蒸発による濃縮、周辺からの人



第3図 境橋 (St.7) での水質変動



第4図 放流口 (St.1) と境橋 (St.7) の水質変動を位相差を10時間として、同一水塊で比較した場合

為的汚染あるいは底泥や堆積物からの溶出の影響などが考えられる。前者については下流で流量（2回の平均で265 l/s）が若干減少している一つの原因と考えられる。この点については現在酸素の同位体を測定し、検討している。後者については、ゴミの投げ捨て、放流している鯉への給餌などが考えられるが、恒常的な増加要因とは考え難い状況である。ただし、底泥などからの溶出については現在のところ不明である。

カリウムイオン、カルシウムイオン、硫酸イオンなどは上記のイオンに近い変動をしているが、その振幅は非常に小さく、ほぼ一定と見なせる。

その他のイオンでは、亜硝酸イオンとアンモニアイオンが下流では放流口の10分の1程度に減少している。これは流下に伴う硝化により硝酸イオンに変化したためである。従って、硝酸イオンは微量ながら増加している。しかし、無機態の窒素の総量では、下流で減少しており、流下に伴い脱窒が起こっていることを示している（新井, 1991）。ただし、これらの硝化、脱窒が流下のどの地点で生じているのかは現在調査中である。なお、窒素の変動については安定同位体 (^{15}N) の測定値と合わせ、別途に報告する予定である。

V おわりに

今回は観測結果を簡単に報告しただけであるが、流下に伴う水質の変化を追跡するには流下時間を考慮した採水を行わなければならないことが示された。この点は自明のことであるが、自記による連続観測が可能な場合以外はかなり労力が必要となる。一般には、上流から下流へ流下時間に関係なく、観測、採水する方法がとられる。筆者らも前回の調査結果（田瀬ほか, 1988）より、大きな日変動が認められなかったため、上流から下流へ採水を行っていた。東京都環境科学研究所の調査では、基本的に、午前中に下水処理場、午後から放流口から下流へ向かって観測を行っているようである（津久井ほか, 1988；渡辺ほか, 1989）。この場合、放流口の観測が13時前後、境橋では15時前後の観測になる。第1図と第4

図からこの時間の塩化物イオンを取り出し比較すると、放流口から下流へ、流下とともに塩化物イオンが増加するという結論に達することになる。測定時間により、逆の結論もでてしまう恐れもある。この日変動パターンも日により変化すると考えられ、この種の観測から明確な結論を導き出すのは困難である。

自然の河川で、流出入の影響、流量の変化など水質の変化や浄化作用などを評価するためにはかなりの観測態勢が必要となる。従って、玉川上水など人工の水路を利用した基礎的な研究の役割が重要になると考えられる。

謝 辞

本論はとうきゅう環境浄化財団の助成により行なった研究の成果の一部である。現地調査においては、筑波大学環境科学研究科の谷山 稔、鈴木 力、坪谷太郎の各氏の協力を得た。また、多摩川上流処理場からは貴重なデータを提供して頂いた。記して感謝の意を表します。

文 献

- 新井秀子 (1991)：河川の自浄作用に関する基礎的研究。筑波大学環境科学研究科修士論文, 72p.
- 田瀬則雄・秋山 聡・細野義純 (1988)：玉川上水における再通水の環境科学的評価—流水の水質—。筑波大学水理実験センター報告, 第12号, 65-69.
- 田瀬則雄・秋山 聡・小林 師・細野義純 (1989)：玉川上水における再通水の環境科学的評価—地下水への影響—。筑波大学水理実験センター報告, 第13号, 55-61.
- 津久井公昭・菊地幹夫・紺野良子・西井戸敏夫 (1988)：清流の復活に関する研究（その6）昭和61年度玉川上水水質調査結果。東京都環境科学研究所年報 1988, 121-125.
- 渡辺正子・津久井公昭・紺野良子・西井戸敏夫 (1989)：清流の復活に関する研究（その7）昭和62年度玉川上水水質調査結果。東京都環境科学研究所年報 1989, 142-148.