

東京都立大学工学部

正会員 安藤義久

東京都建設局

正会員 ○平野項晃章

はじめに

都市河川の河川水は、洪水流出水、地下水流出水と人為排水で構成されていると考えられる。従って河川水の水質も、これら3つの流出構成水の水質によって形成されると言える。そのため都市河川の水質変動特性を評価するためには、それぞれの流出構成水の水質特性及びそのそれぞれの変動特性を明らかにしておくことが必要である。そこで本研究では都市河川の流量と水質とを24時間観測し(途中降雨発生)、その観測結果から流量と水質の変動特性を評価した後、河川水を構成している洪水流出水、地下水流出水、人為排水のそれぞれの水質を分離抽出することを試みた。

対象流域と観測方法

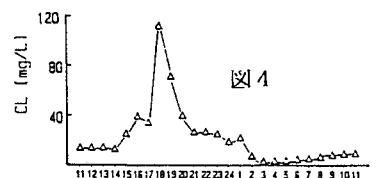
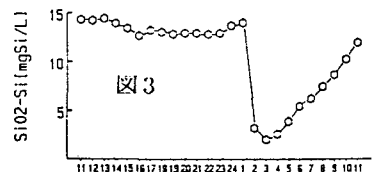
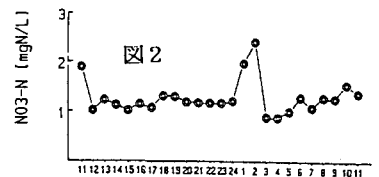
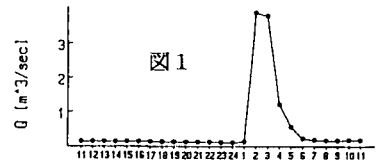
<対象流域の概要> 対象流域は東京都の西南部に位置する乞田川である。乞田川は多摩川水系の支川で、流域は多摩ニュータウン地区にあり、流域面積13.5 km²、流域の標高は60mから170 mの丘陵地都市河川である。

<観測方法> 観測は、1992年の8月11日の午前11時から翌日の8月12日の午前11時までにおいておこなった。観測地点は流域の末端近くの車橋地点。観測間隔は1時間に1度。測定項目は、水深(→流量)、水温、電気伝導度、溶存化学成分濃度(Cl⁻、SO₄²⁻、PO₄³⁻、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N、NH₄⁺-N、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、SiO₂-Si)である。測定方法は流量については電磁流速計を用いた流積法、水温と電気伝導度とは携帯用測機による現場測定。溶存化学成分濃度については、マイナスイオン類と珪酸態珪素(SiO₂-Si)とは比色法、アンモニア態窒素(NH₄-N)はガスクロマトグラフィーによる測定、その他のプラスイオン類は原子吸光法および蛍光分析法(K⁺が蛍光分析法)によって分析した。

観測結果

<流量の変動> 流量(図1)は11時から20時までは0.135 m³/sec から0.143 m³/sec の間にあり、変動に明確な傾向は見られなかった。しかしその後真夜中になるにつれて流量の漸減が見られた。これは人為活動の減少によると考えられる。また降雨の発生した午前2時には、流量は3.84 m³/sec にまで増加し、その後降雨の終了にともない減少した。しかし、その後10時以降にはまた流量の増加が起こり、人為排水の影響が示唆された。

<水質の変動> 水質の変動特性はそれぞれの水質項目ごとにかなり異なった。窒素化合物の濃度(NO₃⁻-N、NO₂⁻-N、NH₄⁺-N)は洪水時の2時から5時において高く(図2)、硫酸イオンとカルシウムイオンとマグネシウムイオンと珪酸態珪素(SO₄²⁻、Ca²⁺、Mg²⁺、SiO₂-Si)の濃度は低水時において高く(図3)、塩化物イオンとナトリウムイオンとカリウムイオン(Cl⁻、Na⁺、K⁺)の濃度は18時において爆発的に高い濃度を示した(図4)。これらはそれぞれ、洪水流出水、地下水流出水、人為排水に特徴的に高い濃度で含ま



れる溶存化学成分のグループと思われた。

流出構成水の水質の推定

＜洪水流出水の水質の推定方法＞ 勾配急変点法を用いて洪水時の河川水の流れから洪水流出水の流れを、河川水の負荷量から洪水流出水による負荷量をそれぞれ分離し、その分離された負荷量を分離された流量で除すことにより洪水流出水の水質（＝各溶存化学成分の濃度）を算定した。この様にして2時、3時、4時、5時、のときの4つの洪水流出水の水質の値が分離された。洪水流出水の水質の推定値としては、これらの4つの水質の平均値（流量による荷重平均値）で設定した。

＜地下水流出水の水質の推定方法＞ 降雨の影響のない時間帯の河川水の負荷量の中から最小値を選び出し、それを地下水流出水による負荷量（に最も近い値）と仮定した。また観測された中での最小の流量を地下水流出水による流量（に最も近い値）と仮定した。そしてこの負荷量をこの流量で除した値を地下水流出水の水質の推定値として設定した。ただし地下水流出水の電気伝導度の値についてはこの様な最小の負荷量による推定は行わず、推定された溶存化学成分の濃度から当量伝導度（各溶存化学成分の単位濃度当たりの電気伝導度）の考え方で推定値を設定した。

＜人為排水の水質の推定方法＞ 降雨の影響のない時間帯における河川水の負荷量から、上記の地下水流出水による負荷量を差し引き、その残さを人為排水による負荷量と仮定した。また流量についても同様の操作で残さとして求められた流量を人為排水量と仮定した。そしてその負荷量をその流量で除す事によって人為排水の水質を算定した。ただしこの様にして分離算出された人為排水の水質は時間ごとにかなり大きくばらついた。これは除す流量が微小なための（＝分母が小さいために）大きなばらつきと思われ、したがって人為排水の水質の推定値としてはそれらの平均値（流量による荷重平均値）で設定することにこどめた。

＜洪水流出構成水の水質の推定結果＞ 洪水流出水の水質は4つ分離されたが、これら4つの水質には、ファーストフラッシュの影響が見られた。つまり全ての水質項目の値は、洪水立ち上がり部分の2時において大きく洪水減水時の4時、5時には小さかった。しかしこれらの分離された4つの洪水流出水の水質の特色としては、窒素化合物の濃度が比較的高いのみでその他の成分の濃度は総じて低いという共通性が見られた。

以上をまとめると次のようになる。地下水流出水の水質の推定値は、珪酸態珪素、硫酸イオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオンの濃度が高い。人為排水の水質の推定値は、塩化物イオン、ナトリウムイオン、カリウムイオンの濃度が特に高い。洪水流出水の水質の推定値は窒素化合物の濃度が高いのみで他のすべての溶存化学成分の濃度は低い。

右の図5は、各時間における河川水の水質（×印）の主成分分析の結果と、各流出構成水の水質の推定値（●印：流出構成水の推定値、○印：2時から5時の分離された洪水流出水の水質）をその主成分軸の座標に投影したものである。ただしここで用いた水質のデータは、溶存化学成分の濃度を電気伝導度の値で除したものである。電気伝導度が溶存化学成分の総量を反映することを考えると、この電導度で除した溶存成分の濃度の値は溶存化学成分の組成比と見なすこともできる。これを見ると河川水の水質は、推定された各流出構成水の水質の中間的な性格として現れていることがわかる。

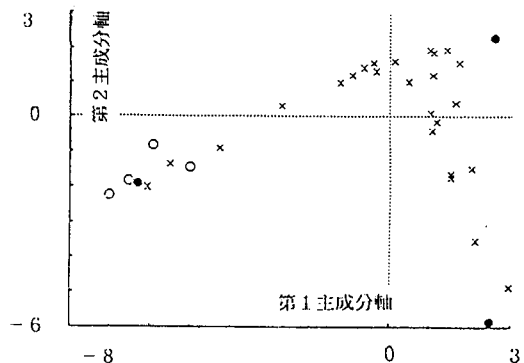


図5 電導度で除された水質の主成分得点図
（第1主成分－第2主成分 累積寄与率80.1%）