

鶴見川流域における河川水質と人間活動の関係

2007 年 3 月 自然環境学専攻 56720 丹羽彩子

指導教員 大森博雄 教授

キーワード：河川水質、土地利用、都市化、主要無機イオン、下水道

1. はじめに

都市の拡大によって、丘陵地や台地の森林・農地といった土地利用は住宅や商業を主とする景観に変化する傾向にある。都市化の進行は水環境を著しく改変してきた。水資源の量的な問題として、地下水位の低下や湧水量の減少・枯渇、中小河川の平常時流量の減少などが挙げられる。このような水収支・水循環の視点に関する研究例は多い。一方、水資源の質的な視点からは特定の地域における汚染の事例やその起源に着目した研究がなされてきた。しかし、従来の研究は農地など流域の特定の土地利用と水質との関係を論じている場合が多く、都市河川水質と様々な土地利用の関係についての体系的な解釈は未だ不十分であると言える。また、流域の人間活動を含む土地利用からの負荷の実態を明らかにするためには、主要溶存物質である無機イオン全体について検討する必要があると指摘されている。そこで本研究では、無機イオンを用いて都市河川水質と土地利用の関係を流域スケールで検討し、河川水質への人間活動の影響を解明することを目的とした。

2. 研究対象地域

本研究対象地域は、首都圏南西部の東京都町田市・稲城市、神奈川県川崎市・横浜市の4市に位置する幹川流路延長 43km、流域面積 235km² の鶴見川流域である。流域の 70% が丘陵・台地、残りの 30% は沖積平野であり、平坦な地形のため都市化が急速に進み、2004 年には流域の市街化率が 85% に達した。流域内人口密度は全国の一級水系中第 1 位（約 8000 人/km²）と我が国で最も都市化が進行した流域だと言える。鶴見川流域の特徴は、緑地が残存する流域から宅地開発が進んだ都市的土地利用が卓越する流域まで、都市の発展段階が異なる様々な流域が存在している点である。

3. 研究方法

鶴見川流域を様々な土地利用構成を持つ支流域に分割し各流域の水質と土地利用及び下水道被覆状況の関係を検討した。水質調査地点は、支流及び下水処理水が流入する前と後の 65 地点に設置した。水質に関しては現地で EC・pH・水温・アルカリ度を測定し、実験室でイオンクロマトグラフを用いて主要無機イオン濃度（Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻）を測定した。流域の土地利用状況については国土地理院発行の細密数値情報（10m メッシュ土地利用・首都圏版 1994 年版）を、下水道被覆状況は流域自治体発行の下水道計画図を参考に GIS ソフトの TNT mips 6.9（MicroImages 社）を用いて解析を行った。

4. 結果と考察

鶴見川源流の湧水は、総主要イオン（TMI）が少ない Ca-HCO₃ 型を示した。本流の水質は、支流及び下水処理水を集めて流下するに伴い TMI が増加し、Na-HCO₃-NO₃ 型へと変化した。鶴見川の支流は、Ca-HCO₃ 型、Na-HCO₃-NO₃ 型、Na-Cl-NO₃ 型、Ca-SO₄ 型など流域毎に特有の水質を示した。本流及び支流の水質は、下水処理水の流入により Na⁺、K⁺、Cl⁻ 濃度が増加し、下水処理水の影響を強く受けていることが明らかになった。

河川に下水処理水が流入していない 34 流域を選定し、流域の河川水質と土地利用の関係について考察した。34 流域の土地利用構成比を変数に主成分分析を行った結果、「緑地残存度」、「農業・商工業地度」、「宅地度」を表す 3 主成分が得られた（図 1）。3 主成分と水質の単相関分析を行ったところ、「緑地残存度」は K^+ 濃度と有意な正の相関を示し、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 濃度、TMI と有意な負の相関を示した。「農業・商工業地度」は、 NO_3^- 濃度は高い正の相関を、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 濃度と負の相関を示した。「宅地度」は Mg^{2+} 濃度と有意な負の相関を示した。これは、造成地・空地の割合と Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 濃度に正の相関関係があることと一致する。

次に、34 流域の水質を溶存物質濃度からクラスター分析によって類型化した。分類した流域の水質タイプは、(CL1)「 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 濃度が高い Ca- HCO_3 型」、(CL2)「 Cl^- 濃度がやや高く TMI が低い Ca- HCO_3 型」、(CL3)「TMI が低い Ca- HCO_3 型」、(CL4)「 NO_3^- 濃度が高い Ca- HCO_3 - NO_3 型」、(CL5)「 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 濃度が高い Ca- HCO_3 型」の 5 つである。水質タイプ (CL1 と CL2) を示した流域は緑地が残っている流域であった。水質タイプ (CL3) には、「山林が残存する流域」と「宅地開発が進んでいる流域」という異なる土地利用特性をもつ 2 種類の流域が分類された。農地の割合が 25% 以上と高い流域は水質タイプ (CL4) の水質を示し、化学肥料の影響が示唆された。水質タイプ (CL5) の流域は「山林・農地 造成地・空地 宅地」といった開発が進行している流域であると考えられた。

鶴見川流域の水質特性と下水道被覆状況の関係を分析した結果、都市化の進行及び下水道の面積普及率の上昇に伴い EC、TMI、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 濃度は増加する傾向があることが示唆された。また、山林の割合が高い流域でも、市街地における下水道の面積普及率が低い場合は、宅地からの生活排水が流入し、 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 濃度が高い Ca- HCO_3 型の水質を示すと考えられた。

5. まとめ

流域の河川水質の空間的な分布は都市化の段階によって異なり、河川水質は土地利用状況及び下水道被覆状況のいずれにも規定されていることが明らかになった。そして、下水道の普及が非常に進んでいる流域の河川水質は、下水処理水が流入する前であれば、緑地が残存する流域と類似した水質を示すことも明らかになった。

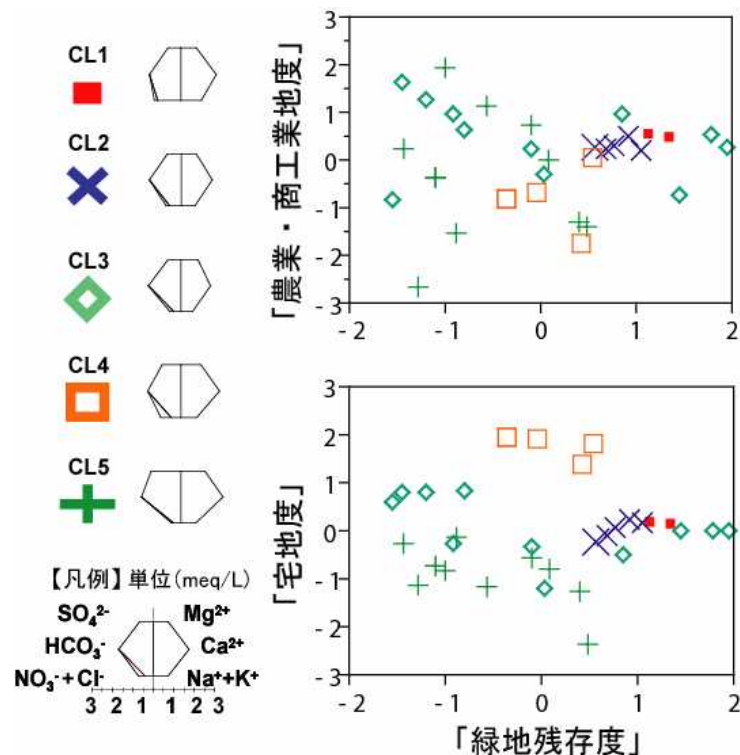


図 1 土地利用主成分得点と水質分類

Relationship between River Water Quality and Human Activities in the Tsurumi River Basin

Mar, 2007

Division of Environmental Studies, Department of Natural Environmental Studies

56720 Ayako NIWA

Supervisor, Professor ; Hiroo OHMORI

Keywords: River water quality, Land use, Urbanization, Major ions, Sewage system

1. Introduction

In recent years, forests and agricultural lands have often been developed for housing and industrial uses. The deterioration in water environment due to land use change has become a serious environmental problem. There are a number of studies focused on water quantity. On the other hand, most of the water quality studies focused on areas in the vicinity of pollution sources or specific land use such as agricultural lands. However, relationship between river water quality and multiple land use has not been systematically examined yet. Moreover, it is said that major inorganic ions reflects the type and the magnitude of human activity. But a limited number of studies examine the relationship between spatial distributions of land use and inorganic ions in the water. Watershed management and catchment scale studies have become more important in determining the impact of human development on water quality. Therefore, in this research, river water quality will be discussed in relation to various land use in the urbanized basin by analyzing concentrations of major inorganic ion.

2. Study area

The Tsurumi River Basin is located in the southwest part of the Tokyo Metropolitan Area. It is about 43km long, and the area of the basin is 245km². Landforms of the basin consist of upland (70%) and alluvial lowland (30%). The rapid urbanization has proceeded in this basin, and the population density of this basin is 8000people/km². This is the most developed basin in Japan. The Tsurumi basin has a variety of land use types, such as forests, agricultural lands, residential and commercial area.

3. Methods

The relationship between major ions and the land use composition/coverage of sewerage system of sub-basins were estimated. The river water samples were collected from 65 points. In the field, water temperature, electronic conductivity, pH and alkalinity were measured. Major inorganic ion concentrations(Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) were analyzed in laboratory by high performance ion chromatography. The land use types and the coverage of the sewerage system were analyzed by TNTmips, GIS software, using Detailed Digital Information published by Geographical Survey Institute of Japan in 1994 and the map of the public sewerage system.

4. Results and Discussion

In the Tsurumi River Basin, uppermost stream showed Ca-HCO₃ type. The water quality was strongly affected by treated sewage effluent. It changes at junctions with treated waste water, and the concentrations of Na⁺, K⁺ and Cl⁻ increase. The main stream changes to Na-HCO₃-NO₃ type in down stream. Each sub-basin has unique characteristics, which water quality types were such as Ca-HCO₃ type, Na-HCO₃-NO₃ type, Na-Cl-NO₃ type and Ca-SO₄ type.

Principle component analysis for land use in the 34 sub-basins yields 3 principal components, which express the degree of coverage with green, agricultural-industrial development and the occupation of residential area (Fig.1). The degree of agricultural-industrial development was strongly associated with the concentration of NO₃⁻. The degree of residential area has a negative correlation with Mg²⁺. The ratio of the development area showed positive correlation with concentration of Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻ and HCO₃⁻.

Furthermore, the water quality of these sub-basins could be classified into five groups by cluster analysis. Group 1 showed Ca-HCO₃ type with high concentration of Na⁺, K⁺, Ca²⁺ and Cl⁻. Both group 2 and 3 also showed Ca-HCO₃ type. TMI of these 2 groups were lower than that of group1. Group 4 was characterized by high concentration of NO₃⁻, and it showed Ca-HCO₃-NO₃ type. Group 5 had high concentration of Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻, HCO₃⁻, EC values, and it showed Ca-HCO₃ type.

Forested sub-basins were assigned to group 1 and 2. It is well known that EC value is low in forested basin. Both forested and urbanized basins were classified as group 3. The sub-basins of group4 had high ratio of agricultural lands due to the fertilizer. And that of group 5 seems to be the developing basins.

EC, TMI, the concentration of Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻ and HCO₃⁻ are considered to increase due to the increase of coverage of sewerage system in the basin. In forested basin with low coverage of sewerage system, wastewater from households flows into to the river, and the concentration of Na⁺, K⁺, Cl⁻ increases.

5. Conclusions

The river water quality is controlled by land use and the coverage of the sewerage system in the basin.

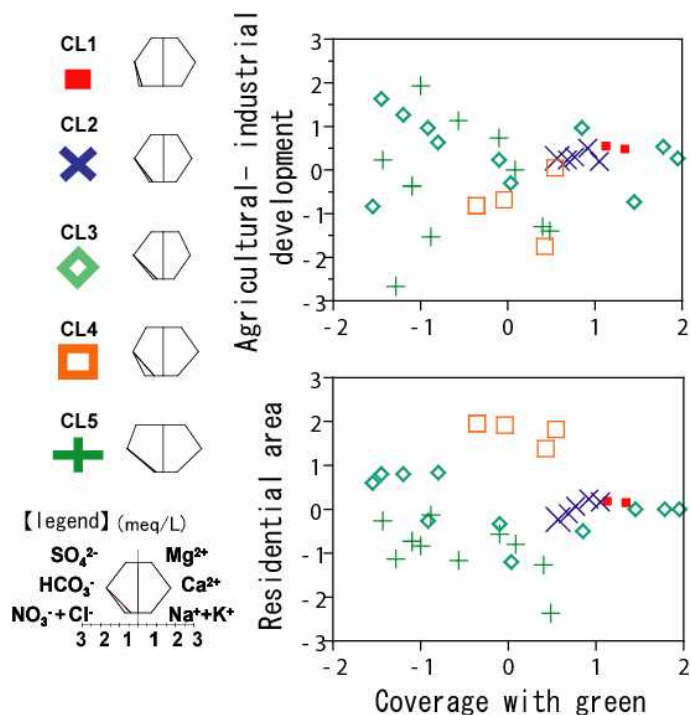


Fig.1 Principal componet score of land use and water quality classification