

# 真間川の水質と流域の人間活動との関係

2005年9月環境学専攻自然環境コース 36774 丁 長梅

指導教員 教授 大森博雄

キーワード; 河川水質、水質汚染、土地利用、都市化、主成分分析、真間川

## はじめに

高度経済成長期以降急速に拡大した東京都市圏は、既存市街地における高密度化および都市近郊の台地や丘陵地の都市的土地利用によって特徴づけられ、現在もこの傾向は続いている(杉盛・大森, 1996)。研究対象とした真間川は典型的な都市河川であり、1970年代以降、汚濁対策がとられてきたが、流域の人間活動を敏感に反映する溶存無機イオンについては実態も明らかにされていない。本研究では無機イオンを取り上げ、真間川の水質の実態を把握し、流域の土地利用と水質との関係および水質の形成過程を考察した。

## 調査対象地域

真間川流域は千葉県西端の南部、江戸川の左岸の下総台地西部に位置し、首都圏近郊の市川、松戸、鎌ヶ谷、船橋の4市にまたがった長さ37.6 km、流域面積66km<sup>2</sup>の首都圏の代表的な都市河川である(図1)。2003年度の河川汚濁状況(環境省2004年12月発表)によると、真間川流域の春木川は全国ワースト1、国分川はワースト5となっている。真間川は国分川(本流)と大柏川(支流)からなり、2河川は合流し東京湾に注ぐ。

## 方法

真間川流域を幾つかの支流域に区分し、支流との合流点において、合流前の本流、支流、合流後の本流の水質を測定した。水質測定は現地で水温、電気伝導度(EC)、pH、アルカリ度を測定し、サンプル水を採取した。イオンクロマトグラフィーを用いて、サンプル水の主要無機イオン濃度(Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)を実験室で測定した。各水質調査地点より上流域の土地利用状況は、国土地理院発行の細密数値情報(10mメッシュ土地利用、1994年版)をデータとして、GISソフトを用いて、土地利用構成比率を算出した。また、流域の土地利用特性を把握するために主成分分析を行った。

各流域の土地利用の主成分と水質との相関関係を吟味し、それぞれの土地利用(人間活動)から流出する水質の特徴、および、河川縦断方向の水質の変化過程を考察した。

結果及び考察

国分川は典型的な都市河川で、最上流部でイオン濃度が高く、下流に向かって水質は様々な型を示す(図1)。一方、大柏川の水質は上流から下流にかけて大きな変化は見られない。各支流が類似の土地利用構成を持ち、類似の水質の支流が合流するためである。

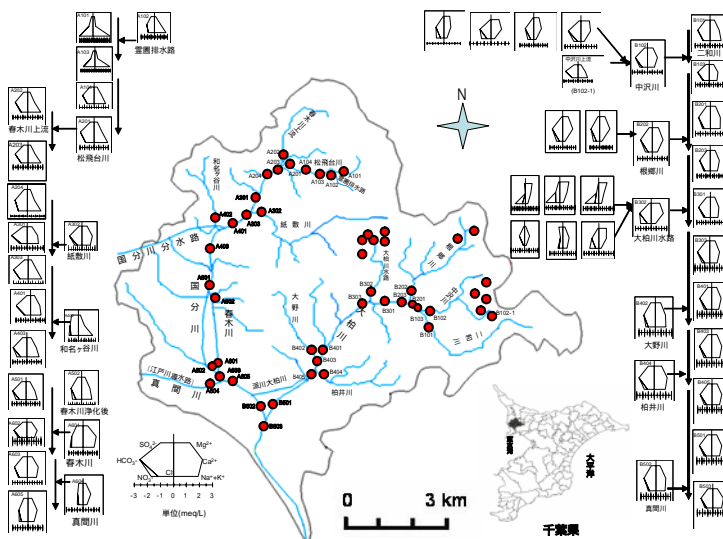


図1. 真間川の縦断面方向の水質変化

一方、大柏川の水質は上流から下流にかけて大きな変化は見られない。各支流が類似の土地利用構成を持ち、類似の水質の支流が合流するためである。

土地利用の主成分分析を行った結果、3主成分が抽出された。第1主成分は緑地残存度、第2主成分は宅地化度、第3主成分は工業地化度（真間川全流域では「非工業用地化度」）を意味していると考えられる。土地利用項目は因子負荷量の散布図上で一定のまとまりを示し、「緑地」、「宅地」及び「工業地」に類型化できる（図2）。

土地利用主成分と水質の関係は、緑地残存度は $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $NO_3^-$ と正の相関、EC、 $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Cl^-$ 、TMIとは負の相関を示す。 $SO_4^{2-}$ 、 $HCO_3^-$ は負の相関を持つ（図3）。

特に、緑地残存度で正の固有ベクトルを持つ山林・荒地は $NO_3^-$ と、農業用地は $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $NO_3^-$ と強い相関を持つ。前者は腐植層の無機化に由来し(塚本,1992)は肥料や土壌改良剤などに由来する(小川ほか,1998など)。また緑地残存度に正の固有ベクトルを持つ造成地・空地は $Ca^{2+}$ と高い相関を持つが、コンクリート構造物からの溶出と推測される。宅地化度が大きいと $NO_3^-$ は減少し、 $SO_4^{2-}$ は増加する。 $SO_4^{2-}$ は生活排水中の硫酸塩に由来し、 $NO_3^-$ の減少は宅地化度の増加にともなって、 $NO_3^-$ を大量に出す山林・荒地や農業用地が減少するためと考える。工業地化度の進展は $Na^+$ 、 $Cl^-$ をはじめとする多くのイオン種を溶出させ、ECやTMIの値を高めている。上記のように、主成分とイオン種との関係は「緑地」、「宅地」、「工業地」に対応すると考えられる(図3)。

一方、支流が合流することによって本流の水質は変化する。支流の土地利用構成(主成分構成)が本流と大きく異なる場合は、支流の水質も本流のそれと大きく異なるため、その影響が顕著に現れた。類似している場合は影響が小さい。なお、支流の本流に対する影響の度合いは流量も関係しているが、今後の課題である。

#### 文献

小川 祐美・田瀬 則雄・檜山 哲哉・嶋田 純(1998): 埼玉県金子台地付近における不圧地下水の硝酸性窒素の起源に関する一考察。日本水文学会誌、28(4)、125-134。  
 杉盛啓明・大森博雄(1996): 土地利用データによる多摩川中下流域の景観動態把握。GIS 理論と応用、4、51-62。  
 塚本良則(1992): 現在の林学6・森林水文学。文永堂出版、319p。

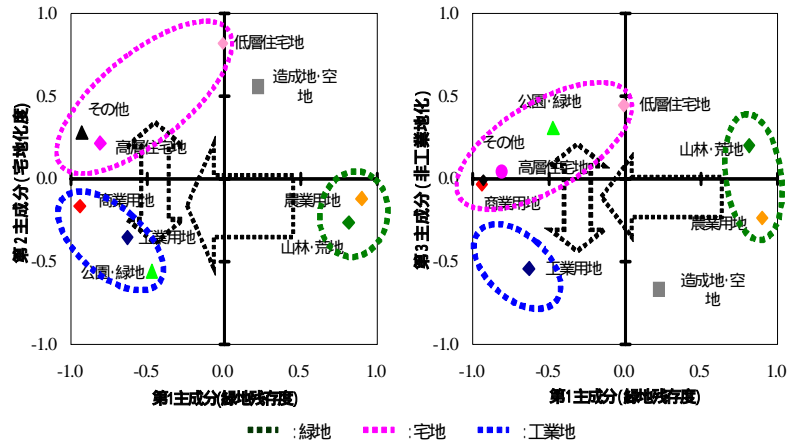


図2. 土地利用項目の因子負荷量の分布

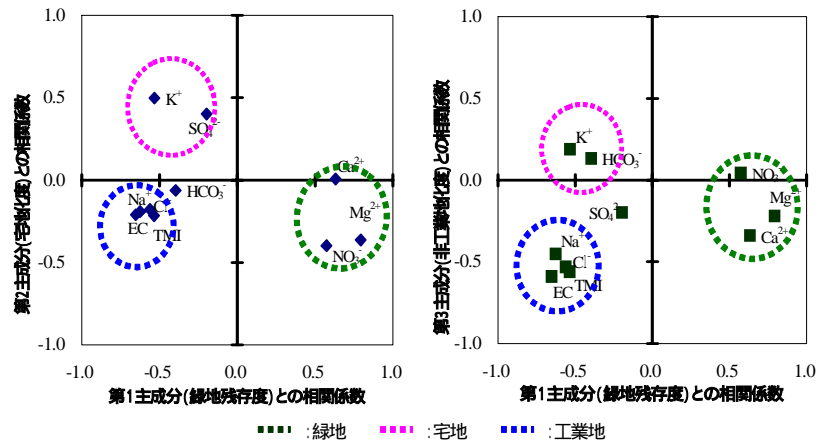


図3. 主成分とイオン濃度との関係

# Relationship between Water Quality and Human Activities in the Mamagawa River, Tokyo Metropolitan Area

Sept. 2005, Institute of Environmental Studies,

Course of Natural Environmental Studies, 36774, Ding Chang Mei

Supervisor; Professor, Hiroo OHMORI

Keywords; River water quality, Deterioration of water quality, Land use, Urbanization, Principal component analysis, Mamagawa river

## . Introduction

Tokyo metropolitan area, having expanded quickly after rapid economic growth, is characterized by both densely utilization of existing city area and urbanization of suburban uplands. This tendency is still going on. Changes in land use from forests and agricultural fields to residential, commercial and industrial sites have caused remarkable changes in discharge and water quality of the rivers running in the urbanized uplands. Relation between water quality and human activities, however, has not been systematically investigated yet. Land use is considered to be a representative index indicating sensitively the types and degree of human activities. Thus, in this research, water quality will be discussed in relation to land use in a drainage basin running in the Tokyo Metropolitan Area.

## . Study area

The Mamagawa River which is located in the southwestern part of the Shimousa Upland, Tokyo Metropolitan Area was investigated (Fig. 1). The river length is 37.6 km and the basin area is 66 km<sup>2</sup>. It consists of the Kokubugawa river system and Okashiwagawa river system. In the basin, urbanization has been quickly and intensely progressed since the 1960's. According to the water pollution report by the Ministry of Environment, the Mamagawa river system includes the worst 1 and 5 rivers for water quality in Japan.

## . Methods

Water temperature, electric (EC), pH, alkalinity were measured in the field, and major inorganic ion concentrations of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> were analyzed by ion-chromatography in laboratory. Land use in upper-river basins of individual survey points was analyzed on the basis of the detailed digital information of land use in 1994. Principal component analysis was performed to classify land use characteristics in basins.

## . Results and Discussion

The Kokubu river is a typical urban river whose uppermost stream shows the highest concentration

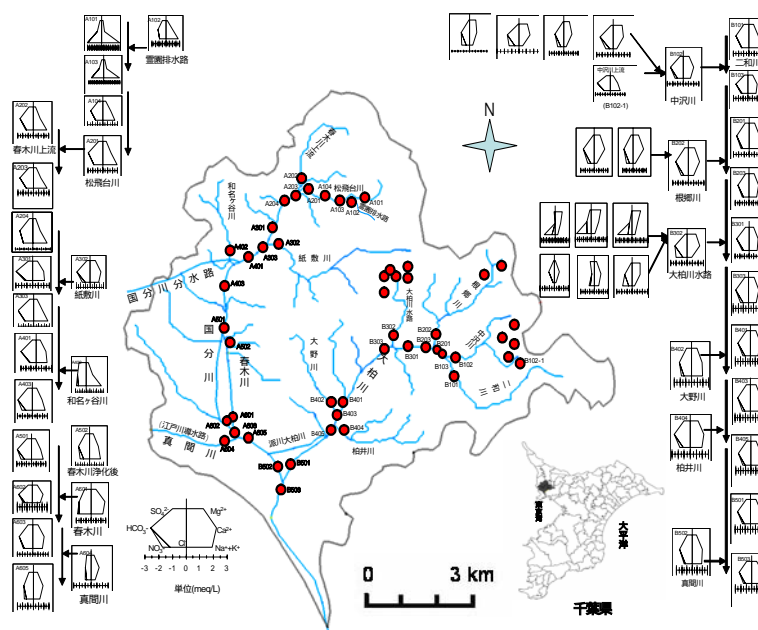


Fig. 1. Along-stream change in water quality of the Mamagawa river.

of TMI (total major ions) and changes in quality down stream (Fig. 1). On the other hand, the Okashiwa river does not show serious change in quality along the stream. The tributaries with a land use type similar to that of main river produce the water with the same quality as that of the main stream.

Principal component analysis yields 3 principal components. The first principal component expresses the degree of coverage with green, the second one indicates the degree of occupation by residential area, and the third one shows the degree of industrial development (negative relation in

Figs. 2 and 3). Land use types are grouped on the basis of the function affecting water quality; the green area, the residential area and the industrial area (Fig. 2).

The green area has a positive correlation to  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{NO}_3^-$ , and a negative correlation to EC,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , TMI at 5 % significant level of t-test. It shows a weak negative correlation to  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{HCO}_3^-$  (Fig. 3).

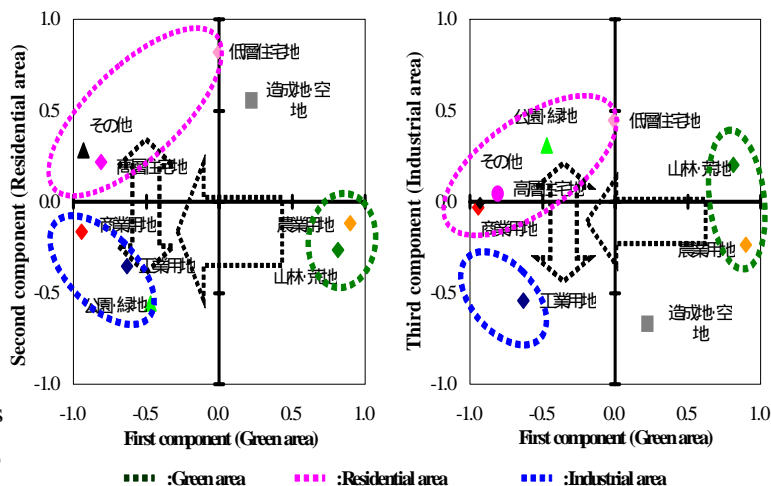


Fig. 2. Distribution of factor loading of land use items.

The forest has a positive correlation to  $\text{NO}_3^-$  in chemical process of production of inorganic matter from humus. The agriculture area has a high correlation to  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{NO}_3^-$  due to fertilizer. The reclaiming area shows a high correlation to  $\text{Ca}^{2+}$ , due to solution from concrete materials.  $\text{NO}_3^-$  decreases and  $\text{SO}_4^{2-}$  increases with an increase in residential area.  $\text{SO}_4^{2-}$  is originated from sulfuric salt included in waste water in residential areas.  $\text{NO}_3^-$  is considered to be decreased due to increasing of the forest and agriculture areas which supply much  $\text{NO}_3^-$  and decrease with an increase in residential areas.

Development of industrial area Induces increase in concentration of almost all ions, resulting in increase in EC and TMI.

On the other hand, water quality changes along stream at junctions with tributaries. The tributary with a land use type different from that of main stream strongly affect on water quality of main stream, because the water quality of the tributary is also different from that of the main stream. When the land use of a tributary is similar to that of the main stream, water quality does not change at the confluence with the tributary. The effect of tributary on water quality of main stream should also be controlled with the ratio of discharge between main stream and tributary. This is a future study.

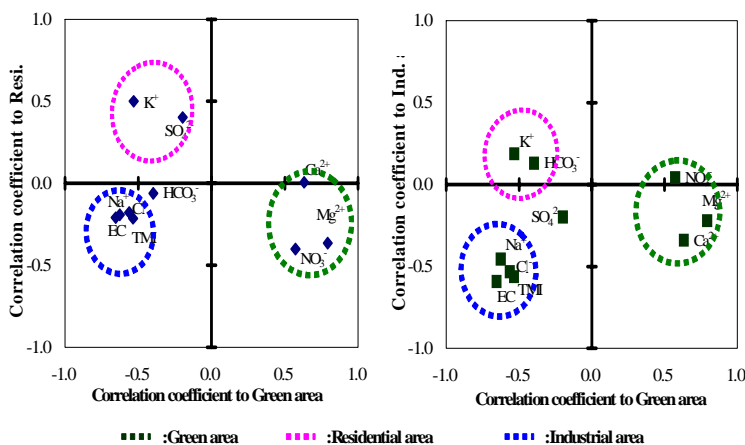


Fig. 3. Relation between principal components and ion concentration.