

大堀川の水質に与える土地利用の影響について

2007年9月

新領域創成科学研究科自然環境学専攻

47-056881 モハメド メズバウル バハル

指導教官：山室 真澄 教授

キーワード：河川水質、無機水質、土地利用、都市化、GIS

1. はじめに

河川水質は多くの自然起源物質や人為起源物質によって規定される。また、河川水質に影響する負荷源は、大きく点源負荷と面源負荷に分かれる。

土地利用の変化は流域の生物地球化学要因を変化させる。例えば農地や都市の増加によって森林や湿地は消滅する。道路面積は増加し、表層からの流出は増加し、化学物質や下水の流入が増える。こうした人間活動の結果、水環境は多方面で悪化してきた。

このような状況のもと、例えば農地における汚染物質などの、特定の土地利用域における汚染物質を対象とした研究は多いが、多数の土地利用が混在した地域で土地利用が水質にどう関わってくるのかを検討した研究は少ない。流域管理や流域規模に根ざした研究は、人間の開発が水質に及ぼす影響に着目した場合に重要になる。

以上から本研究では、都市化した台地を流れる河川の水質と土地利用との関係について、主要無機イオン濃度を分析して議論した。

2. 研究地域

研究地域は千葉県の、下総台地北西部に位置する大堀川流域とした。下総台地は標高15-30mの台地面と2-9mの低地部からなる。大堀川の流路長は6.9kmで、主要な支流である地金堀川の長さは6kmである。また、多くの谷が台地面を刻む。流域面積は31km²で多様な土地利用を有し、森林、農地、宅地、工業用地、商業用地、公園等からなり、流域の都市域は70%以上になる。

3. 方法

2006年8月から2007年4月までの平水時に4回にわたり流域の本流や支流の24地点において表層水を採水した。水温、伝導度（EC）、アルカリ度（重炭酸濃度に換算）を現場で測定し、実験室でイオンクロマトを用いて主要無機イオン(Na⁺, K⁺, Ca⁺, Mg⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄⁻)を測定した。土地利用の解析には1994年国土地理院発刊の10mメッシュ土地利用図を用いた。流域図は柏市役所から入手し、支流域の土地利用構成はGISを用いて算出した。

4.結果と考察

水質は採水地点間で大きく異なり、採水時期によっても変化があった。EC と Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- と TMI は季節変化が大きかった。特に、秋期のECは他の時期の平均値と比べ明らかに低い値を示し、 Na^+ と Cl^- は他の季節の半分だった。これに対し春期、夏期、冬期では、異なっていたのは Mg^{2+} と NO_3^- の濃度と温度だけだった。

大堀川本流の水質は Ca-HCO_3 型から $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$ 型 に変化した。支流はそれぞれ型が異なっていて、 Ca-HCO_3 型, Na-HCO_3 型, Na-Ca-HCO_3 型, Na-NO_3 型, Na-Cl-HCO_3 型などだった。大堀川のECは源流から最下流部にかけて上昇した。これは、下流において支流の流入が増えるのと、人間活動が活発化する為であると考えられた。

水質と土地利用の関係は、夏期、冬期、春期のデータについては対応を説明できた。秋期に採ったサンプルが他の季節とは異なっていた原因として、採水 1 週間前に流域にあった降雨の影響を受けていた可能性と、週末に採水したことによる「週末効果」が反映されていた可能性の、2通りの可能性が考えられた。

森林は全てのイオンと負の相関を示した (Table 1)。農地は K^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} と高い正の相関を示したが、秋期のデータでは NO_3^- 以外関係性が認められなかった。都市開発域は Ca^{2+} , HCO_3^- と正の相関があった。工業用地は秋期に Na^+ と高い正の相関があったが、通年平均では、この相関は小さくなった。低層住宅地での平均水質は Mg^{2+} , Ca^{2+} , NO_3^- , SO_4^{2-} と高い正の相関を示したが、高層住宅地では K^+ , Ca^{2+} , HCO_3^- と正の相関を示した。秋期においては宅地と NO_3^- との関係性を除いて土地利用との水質の関係性はみられなかった。平均水質は Mg^{2+} , Ca^{2+} , HCO_3^- が商業用地と高い相関を示し、秋期の水質は Ca^{2+} , SO_4^{2-} が商業用地と高い関係性を示した。

水質濃度を変数にクラスター分析をした結果、水質は大きく 3 つの群に分かれ、各々の水質は卓越する土地利用と対応していた。水質データと土地利用を変数に因子分析を行った結果、農地と都市が河川水質を規定していることが示された。

表 1. 主要イオン濃度と土地利用特徴の関係 (値は r 値)。水質データは夏期、冬期、春期データの平均値である。また、太字は $p \leq 0.05$ で高い相関を示す。

	EC	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	TMI
森林	-0.67	-0.37	-0.66	-0.68	-0.85	-0.30	-0.36	-0.61	-0.73	-0.67
農地	0.37	0.24	0.52	0.25	0.38	-0.04	0.60	0.61	0.36	0.36
造成地	0.22	0.07	0.09	0.37	0.41	0.15	-0.30	-0.05	0.39	0.25
工業用地	0.14	0.26	0.06	-0.12	-0.01	0.30	-0.57	-0.38	0.25	0.16
低層住宅	0.34	0.08	0.35	0.48	0.54	-0.01	0.70	0.62	0.29	0.32
高層住宅	0.46	0.35	0.60	0.32	0.44	0.36	0.26	0.35	0.37	0.46
商業用地	0.27	0.14	0.33	0.41	0.48	0.12	-0.03	0.31	0.43	0.33
公園	0.36	0.30	0.28	0.05	0.28	0.29	-0.02	0.09	0.31	0.32
その他	0.29	0.10	0.31	0.44	0.42	0.15	0.19	0.33	0.25	0.28

Land use control on water chemistry of Ohori River, Chiba, Japan

September, 2007

Institute of Environmental Studies, Department of Natural Environmental Studies

47-056881 Md. Mezbaul BAHAR

Supervisor: Professor Masumi YAMAMURO

Keywords: River water, inorganic ion, land use, urbanization, GIS

1. Introduction

River water chemistry is controlled by numerous natural and anthropogenic factors. Land use impact on stream chemistry can either be spatially diffused or concentrated (point source). Land use change is known to influence the biogeochemistry of watersheds. Due to changes of land use from unaltered natural landscapes to agricultural and urban uses, forests and wetlands have been lost; road density has increased; surface runoff has increased; and anthropogenic chemical and wastewater inputs have increased. As a result of these human activities, the conditions of many aquatic environments have been degraded. There are a number of studies focused on areas in the vicinity of pollution sources or specific land use like agricultural lands. However, the effects of multiple land use on the water quality and their controls have not been systematically examined yet. 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 land uses in an upland urbanized river basin by analyzing concentrations of major inorganic ion.

2. Study Area

The study area is the Ohori River basin, which is located in the northwestern part of the Shimousa Upland, Chiba Prefecture. Landforms of the basin consist of upland surfaces (15-30 m) and alluvial lowland (2-9m). The length of the Ohori River is 6.9 km and the major tributary, Jiganehori River is 6 km. Many other tributaries of the two rivers divide the upland in the basin. The total area of the drainage basin is 31km². The land use in the Ohori River basin is complex with forests, farmland, residential, industrial and commercial area, parks etc.

3. Methodology

Surface water grab samples were collected from 24 sites along the main river and tributaries four times from August 2006 to April 2007 during base flow condition. Water temperature, Electrical conductivity (EC), pH and Alkalinity (HCO_3^-) were measured in the field. Major inorganic ion (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) concentrations were determined by ion-chromatography in the laboratory. To analyze the land use, detailed digital information published by Geographical Survey Institute of Japan in 1994 was used. Drainage divide map of subwatersheds was collected from City Office and land use proportion of sourcesheds of each sampling site was calculated by GIS.

4. Results and discussion

The water quality parameters showed considerable variability among the sampling sites and significant temporal variability. EC and the concentration of Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- and TMI showed significant seasonal variation. Comparison of means of different seasons showed that the EC value of fall was lower and significantly different from others. Concentration of Na^+ and Cl^- were about half of other three seasons. The average water quality data of summer, winter and spring showed significant difference only in Mg^{2+} and NO_3^- concentration and temperature.

The water quality of Ohori River mainstream changed from Ca-HCO_3 type to $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$ type. Tributaries had unique characteristics, which water quality types were Ca-HCO_3 type, Na-HCO_3 type, Na-Ca-HCO_3 type, Na-NO_3 type and Na-Cl-HCO_3 type. EC in the Ohori River basin increased from headwaters to river mouth. This is because the number of tributaries and the intensity of anthropogenic activity increase downstream.

Relationship between water quality and land use variables was better explained with the average of summer, winter and spring water quality data rather than fall data. This may have been the result of relatively higher discharge within watersheds affected by the heavy rainfall one week before fall sampling and to some extent by ‘weekend effect’ where the samples were collected in weekend. Forest area was negatively correlated with all ions (Table 1). Farmland showed significant positive correlations with mean concentrations of K^+ , NO_3^- and SO_4^{2-} but only with NO_3^- in the case of fall season data. Urban developing area was positively correlated with Ca^{2+} and HCO_3^- . Industrial area showed significant positive correlation with fall Na^+ concentrations while the correlation was very weak with the average data. Low-rise residential area showed positive significant correlations with the average concentrations of Mg^{2+} , Ca^{2+} , NO_3^- and SO_4^{2-} while high-rise residential area was positively correlated with K^+ , Ca^{2+} and HCO_3^- . There were no significant correlations between fall water quality data and residential land use except NO_3^- . Mg^{2+} , Ca^{2+} and HCO_3^- were positively correlated with commercial land use in case of average water quality data and the fall data showed significant correlations with Ca^{2+} and SO_4^{2-} . The cluster analysis on water quality variables produced three distinct clusters and the water quality of each cluster reflected the dominant land uses in the watersheds. Factor analysis on the combined dataset of water quality and land use showed two major factors like farmland and urban land use controlling the river water chemistry.

Table 1. Relationships between major ion concentrations and land use characteristics (indicated by correlation coefficient, r). The water quality data is the mean concentration of summer, winter and spring season. Bold values are significant correlation at $p \leq 0.05$

	EC	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	TMI
Forest	-0.67	-0.37	-0.66	-0.68	-0.85	-0.30	-0.36	-0.61	-0.73	-0.67
Farmland	0.37	0.24	0.52	0.25	0.38	-0.04	0.60	0.61	0.36	0.36
Developing area	0.22	0.07	0.09	0.37	0.41	0.15	-0.30	-0.05	0.39	0.25
Industrial area	0.14	0.26	0.06	-0.12	-0.01	0.30	-0.57	-0.38	0.25	0.16
Low-rise res. area	0.34	0.08	0.35	0.48	0.54	-0.01	0.70	0.62	0.29	0.32
High-rise res. area	0.46	0.35	0.60	0.32	0.44	0.36	0.26	0.35	0.37	0.46
Commercial area	0.27	0.14	0.33	0.41	0.48	0.12	-0.03	0.31	0.43	0.33
Park	0.36	0.30	0.28	0.05	0.28	0.29	-0.02	0.09	0.31	0.32
Others	0.29	0.10	0.31	0.44	0.42	0.15	0.19	0.33	0.25	0.28