

印旛沼流域における人間活動が流入河川水質

に与える影響について

2008年3月 自然環境学専攻 66711 黒木 浩一郎

担当教員 山室 真澄 教授

キーワード：河川水質，人間活動，土地利用，主要無機イオン，印旛沼流域

I. はじめに

高度経済成長期以降，既存市街地の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が進行するとともに，河川の自浄能力を大きく上回る負荷物質が流入するようになった．このような河川流域における土地利用変化は河川水質だけでなく，湧水枯渇・親水空間の消失・水涵養低下など水環境の悪化を引き起こしている．特に河川水が流入する湖沼では，土地利用変化に伴う面源負荷の増大が大きな問題となっており，湖沼水質保全特別措置法が制定されてから四世紀半以上経った現在においても，水質の改善は芳しくない状況である．

このような問題に対し，従来の河川研究は環境基準項目である BOD・COD などの有機物を指標とした研究，渓流域や農業域など目的や手法に応じ限定された流域における研究が多く行われてきた．しかしながら近年，従来の河川研究ではほとんど測定されてこなかった無機物質の負荷が懸念されている．河川水中の無機物質である主要無機イオンは流域内の自然特性及び人為影響の両者を反映するという特性を持つがその知見はほとんど得られていない．また近年の面源負荷の増大に伴い，特定の地域で水質を論じるのではなく，水循環を考慮した「流域スケール」で水質形成機構を解明していくことが求められている．

そこで本研究では，人間活動による水質悪化が問題となっている千葉県印旛沼流域の主要な 6 河川において，(1)各河川において主要無機イオンを用いた水質形成機構の解明．(2)水質と人間活動の指標である土地利用との関係を検討する．(3)都市化の進行が予想される印旛沼域において土地利用計画の検討を行う．以上の 3 つを目的として研究を行った．

II. 対象地域

本研究の対象地として千葉県北部に位置する印旛沼流域(面積 541.1km²)を選定した．当流域は地質が均一なため，水質に対する自然的影響と人為的影響を分離して把握しやすいと考えた．本流域では，近年人口増加に伴って劇的な土地利用変化が起こっており，飲料水源である印旛沼の水質悪化という深刻な水問題を抱えている流域である．現在も都市化は進行中で，早急に水質問題に対して取り組むべき流域であるといえる．

III. 手法

印旛沼の主な 6 流入河川において，冬季(1~2月)，夏季(6~7月)，秋季(11月)それぞれの季節ごとに水温，pH，電気伝導度(EC)，HCO₃⁻濃度算出のため pH4.8 アルカリ度を測定し，100ml の採水を行った．採水試料は高速液体クロマトグラフ(CLASS-VP)を用い，主要無機イオンである Na⁺,K⁺,Ca²⁺,Mg²⁺,Cl⁻,NO₃⁻,SO₄²⁻の 7 項目について分析を行った．また GIS を用いた土地利用解析，及び土地利用と水質との関係を検討することで，今後の土地利用計画の検討を行うこととした．

IV. 結果および考察

各河川の水質縦断結果から、印旛沼流域は日本における一般の河川とは異なり、上流部で市街地による水質汚濁が進行し、山林や水田が卓越している下流部において水質が良好になっていく傾向が認められた。またヘキサダイアグラムと各イオン縦断の変化から、印旛沼流域の河川水質は大きな季節変化を示すこと、特に夏季は灌漑や地下水の影響を強く受け、水田が卓越する区間においては脱窒作用と思われる NO_3^- 縦断の低下も確認できた。一部の小流域では施肥による NO_3^- の深刻な汚染がみられ、また工業団地の影響を受け水質が著しく変化している区間もみられることから、場所によっては点源負荷の影響も強く受けているといえる。

土地利用と水質の各々でクラスター分布を行い、地図にプロットしたところ(図1)、その分布が非常によく似ていることから当流域では小流域の土地利用構成が水質に影響を与えている可能性が示唆された。土地利用の主成分分析と水質の相関結果(図2及び表1)から、第1主成分である「浸透域度」と $\text{Ca}^{2+}, \text{HCO}_3^-$ には高い負の相関が得られ、市街地や貯水池、暗渠等のコンクリートから $\text{Ca}^{2+}, \text{HCO}_3^-$ の溶出が起こっている可能性が考えられる。第2主成分である「畑開発度」と NO_3^- には高い正の相関がみられ、畑等の農地拡大に伴う硝酸態窒素負荷の増加が懸念される。また土地利用主成分と水質の相関、各土地利用割合と各イオン濃度との単相関の相関係数は季節ごとに大きく異なり、ここでも夏季は他の季節とは大きく異なる変化を示した。

以上より、当流域では河川水質のモニタリングや都市計画や法規制を進めていく上で季節変化、特に夏季とその他の季節の水質変化を考慮することが重要である。また工場排水等の点源負荷がみられる小流域では更なる污水处理の徹底、畑の土地利用が卓越し硝酸態窒素汚染が進行している流域では、早急に雨水・污水处理施設の普及を進めるべきである。

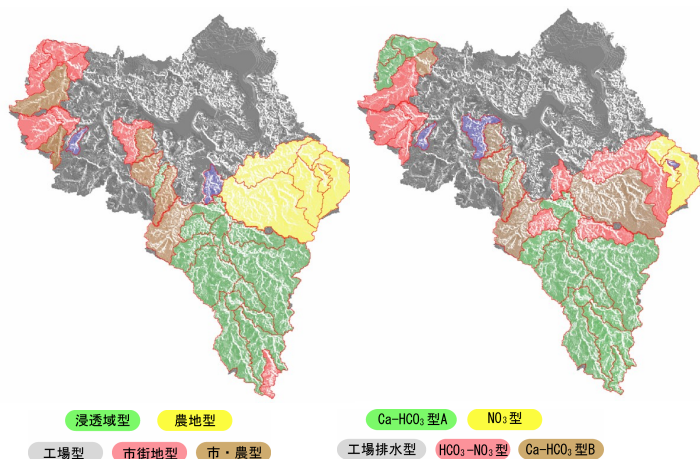


図1. 土地利用(左図)と水質(右図)のクラスター分布

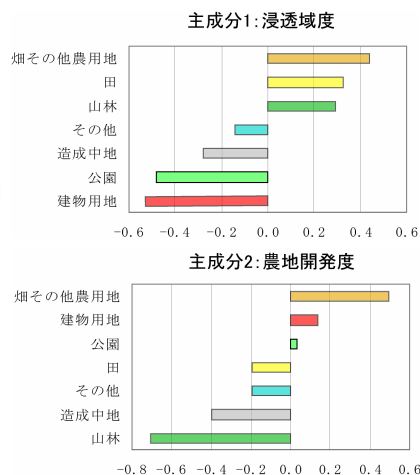


図2. 各主成分の固有ベクトル

表1. 秋季と夏季における主成分1, 2と各イオン相関係数の比較

季節	主成分得点	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	EC
秋(11月)	浸透域度	-0.40	-0.42	-0.73	-0.23	-0.24	0.29	-0.60	-0.84	-0.76
	畑開発度	0.57	0.43	0.19	0.47	0.48	0.73	0.43	0.10	0.49
夏(7月)	浸透域度	0.09	-0.24	-0.14	0.30	0.11	0.25	-0.29	-0.18	0.07
	畑開発度	0.23	0.19	0.12	0.11	0.06	0.04	0.01	0.12	0.25

(赤字および青字は危険率5%で有意な値)

Anthropogenic influence on the river water quality

in Inba Marsh basin

March, 2008 Department of Natural Environmental Studies

66711 Kouichirou Kuroki

Supervisor Professor Masumi Yamamuro

Key words: river water quality, human activity, land use, major inorganic ion, Inba Marsh basin

I. Introduction

Since the period of rapid economic growth between 1955 and 1961, land use in Japan has widely changed from the hilly terrain and forest to the farmland and urbanized area. This change influences the river water quality through the increased loads exceeding the self purification capacity of rivers, and the increase of water intake in spring to irrigate farmland. Municipal regulation has succeeded with partially decrease the loads from point sources. However, quantitative analysis of load from non point sources in complex land use has remained unclear.

Previous studies on loads to rivers subjected the organic index i.e. BOD, COD, and nutrients (nitrogen and phosphorus). Their research fields are usually restricted to single land use such as agricultural area or urbanized area. Loads of major inorganic ions to the rivers have hardly studied since the eutrophication became the major concern. Major inorganic ions in the river water are influenced by both anthropogenic and natural factors such as geology of the land. Because each ion is expected to react differently, combination of the ion's dynamics may imply the specific effect of natural and anthropogenic origin. Recent progress in GIS technique may enable to statistically treat complex land use in basin scale.

The purposes of this study are (1) to elucidate the mechanism of the water quality formation by analyzing major inorganic ion in river waters, (2) to examine the relationship between land use and water quality, and (3) to reconsider the land use plan in the Inba Marsh basin where further urbanization is expected.

II. Study area

Inba Marsh basin located northwest of Chiba is chosen as the study site, because it includes various land use constitutions within the similar geologic condition. This basin has serious problems on water quality generated by rapid urbanization.

III. Method

Sampling was carried out in winter (Jan~Feb), summer (Jun~Jul), and fall (Nov) of 2007. Water temperature, pH, electrical conductance (EC) and alkalinity at pH4.8 were measured. Surface water (100ml) was sampled and analyzed at the laboratory using the ion chromatography. Eight major ions (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) were directly analyzed and HCO_3^- was calculated using the majored ions and alkalinity.

IV. Result and Discussion

Generally, concentration of ion increases from upstream to downstream. However, concentration of several ions decreases at downstream in this basin. This is because the urban area situates in the upstream part of the basin, and the water quality improves in the downstream part where forest and rice field are dominant.

Water quality in summer is different from other seasons. Water quality of underground water is prominent where ground water is used for irrigation. NO_3^- concentration decreases in the small basin where rice field exceeds. This decrease is assumed to be caused by denitrification at the soil of rice field. There are some small basins which polluted by point sources like industrial area.

Results of the cluster analysis suggest the similarity of the land use and water quality distribution, suggesting that the land use composition influences the water quality. From Principal component analysis (PC) of land use and water quality, it is suggested that Ca^{2+} and HCO_3^- are added from the concrete in urban area. The indexes of “Field development level” and NO_3^- concentration show the significant positive correlation. The Correlation between the concentration of each ion and land use is different between summer and other seasons, suggesting the water quality in Inba Marsh basin is largely influenced by the agricultural activity.

From these results, it is suggested that seasonal change of water quality should be taken into account for urban planning and monitoring of water quality. The pollution from agricultural activity, construction of the sewage plants and drainage plants on the basin is necessary to prevent. Further regulations for point sources are also required.

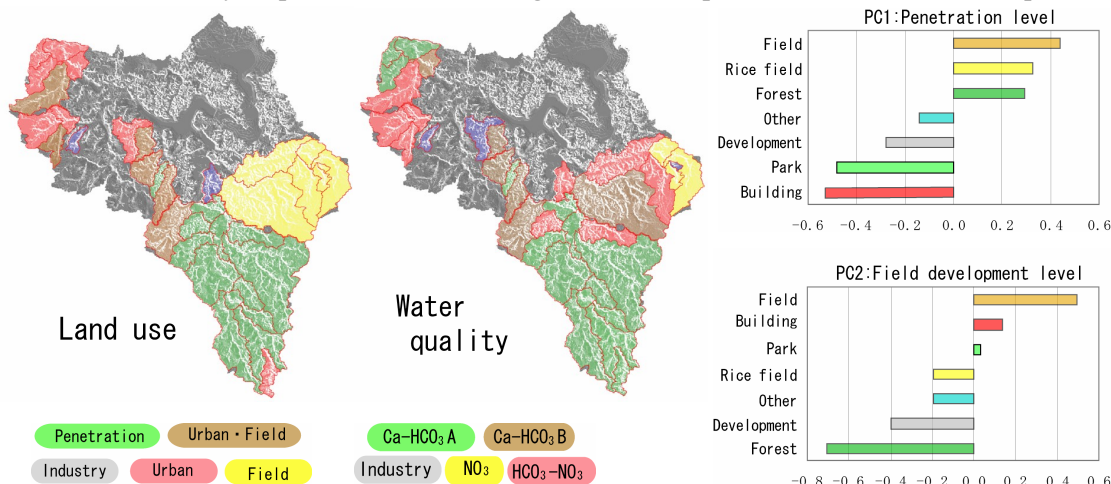


Fig1. Cluster distribution

Fig2. Eigenvectors of PC

Table1. Seasonal comparison of correlation between PC score and major ion

Season	PC	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	EC
Fall	1	-0.40	-0.42	-0.73	-0.23	-0.24	0.29	-0.60	-0.84	-0.76
	2	0.57	0.43	0.19	0.47	0.48	0.73	0.43	0.10	0.49
Summer	1	0.09	-0.24	-0.14	0.30	0.11	0.25	-0.29	-0.18	0.07
	2	0.23	0.19	0.12	0.11	0.06	0.04	0.01	0.12	0.25

(Red and blue are significant at 5% level of t-test)