

武蔵野台地北東部における人間活動と湧水水質の関係

2007年3月 自然環境学専攻 56728 宮川健一

指導教員 教授 大森博雄

キーワード、湧水水質、土地利用、都市化、武蔵野台地

1. はじめに

湧水は、年間を通じて安定した水質・水温を維持し水資源としての価値が非常に高く、古来より人々の生活用水として使用されてきた。現在では都市中小河川の水源としてや水質悪化の緩和、災害時の非常用水、貴重な生物生息地として重要な役割を担っている。

しかし高度経済成長期以降急速に拡大した既存市街地における高密度化の結果、雨水の不浸透面積の増加、地下水の揚水などの影響で、湧水の減少・枯渇、水質汚染などが問題となっている。

このような状況に鑑み、第3次環境基本計画においては、重点分野政策プログラムである「環境保全上健全な水循環の確保に向けた取り組み」の中長期的な目標として「豊かな湧水の維持」が掲げられた。しかし現状では実態把握すら不足しており、湧水保全策の技術的側面として水量・水質の把握が求められている。

土地利用変化による水量に関する研究は多い反面、水質への影響は悪化の指摘のみで、土地利用の差異と明確に比較・検討した事例は少なく、未だ不明な点が多い。

対策が進む点減汚染に比べ、負荷源の特定が難しく、対策が困難である土地利用全体からの面源汚染は、今後も継続すると考えられる。地下水はひとたび汚染されると、現状に復するまでに極めて重大な時間を要するのが特徴で、汚染を未然に防止する努力が何よりも重要である。

土地利用の変化による水質への影響を把握することは湧水保全とともに今後の水環境を考慮した都市開発において最重要な課題の一つといえ、その知見の収集が求められている。そこで本研究では土地利用の変化に鋭敏に反応と思われる無機イオンを対象に土地利用との関係を明らかにすることを目的とした。

2. 研究地概要

新河岸川流域に位置する武蔵野台地北東縁部を対象地域とした。地質は上位から表土、立川・武蔵野ローム層(下末吉ローム層)、凝灰質粘土層、武蔵野礫層、東京層となっている。地下水は武蔵野礫層、ローム層を帯水層とする。高度経済成長以降急速に都市化が進行し、都市の高密度化が起こっている。

3. 研究方法

採水は2005年9月～2006年9月まで2ヶ月に1回、計7回行った。現地ではpH、EC、水温、アルカリ度を測定した。採水したサンプルは実験室にてイオンクロマトグラフィー(島津製作所：SCL-10ASP)を用いて各種無機イオン(Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_2^-)を測定した。

流域内の土地利用状況はGISソフト(TNTmips7.0)を用いて国土地理院発行の細密数値情報(1994)を解析する。土地利用状況は必要に応じて適宜修正を行った。得られた集水域の土地利用と水質との関係を統計解析を行った。

4. 湧水水質の季節変動

本調査期間で得られた水質の季節変動を検討すると、年間5%ほどで、地点間の変動と比べると非常に小さく、年間を通して湧水地点特有の水質を示すことがわかった。

5. 湧水水質の空間変動

ヘキサダイアグラムを用いて地図上に水質をプロットした結果(図1)、東部の新河岸川流域ではTMIの高いCa-HCO₃型、白子川流域・朝霞台ではMg-HCO₃型、東部の柳瀬川流域ではMg-SO₄型が特徴的であった。また硝酸態窒素の環境基準である10mg/Lを超過する湧水が43地点中14点で確認され、その他の点も高濃度で推移していた。

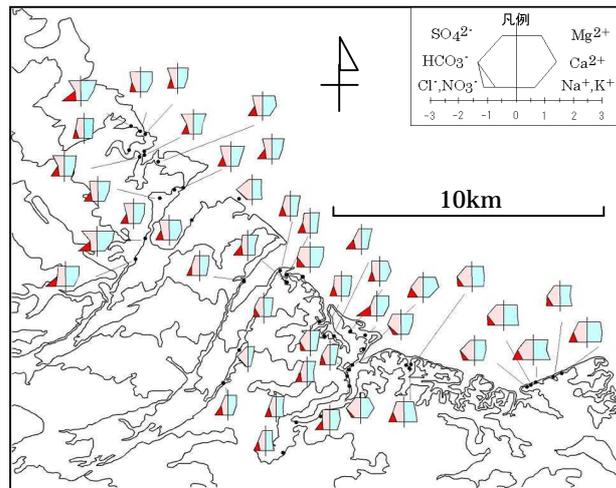


図1 ヘキサダイアグラムによる水質の空間分布

6. 湧水水質と土地利用の関係

まず湧水水質と集水域の土地利用の単相関を求めた。

有意な結果が得られたのは山林、農地、一般低層住宅地であった。

山林は全てのイオンと負の相関を示し、農地は肥料成分であるMg²⁺、NO₃⁻、SO₄²⁻と正の相関を持つ。また一般低層住宅はNa⁺、Ca²⁺、NO₃⁻、TMIと正の相関を持ち、TMIに見られる総イオン濃度の増加が推測される。

次に水質組成を含めて土地利用との関係を検討した。水質の主成分分析を行った結果、主成分1はTMIを表す総合的な水質付加度、主成分2はNa⁺、Cl⁻、HCO₃⁻でプラスを示し、Na⁺、Cl⁻から生活排水に関する指標として、Mg²⁺、NO₃⁻、SO₄²⁻でマイナスを示し、これらは肥料の成分を示していることから、農業と関連する指標と考えられる。

この水質主成分と土地利用を検討した結果、主成分1は山林残存度・宅地化度、主成分2は農地度・市街化度と置き換えることができ、湧水水質は、図2に示すように、この3つの土地利用、つまり山林、農地、宅地・市街地の組み合わせで大きくは説明できると考えられる。

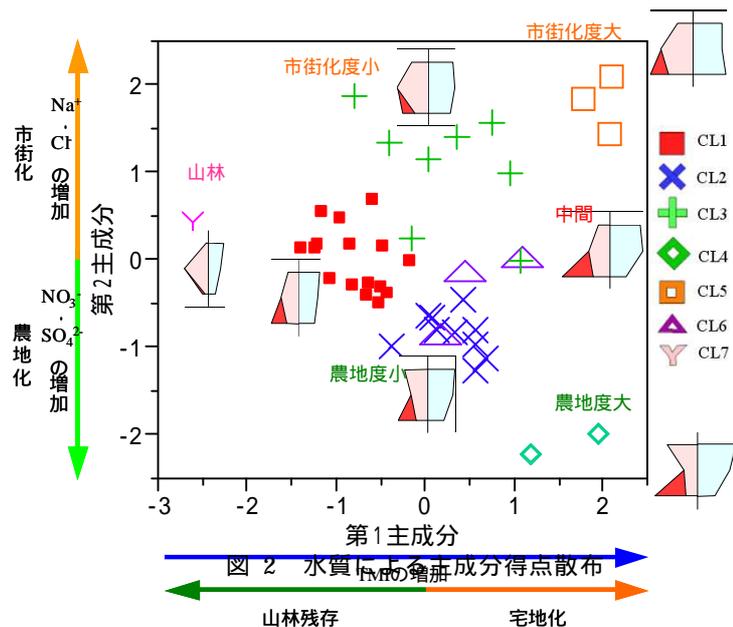


図2 水質による主成分得点散布

山林残存 宅地化

Relationship between Spring Water Quality and Human Activities in the Northeastern Part of the Musashino Upland, Central Japan

Mar.2007, Development of Natural Environmental Studies, 56728, Miyakawa Kenichi
Supervisor; Professor, Ohmori Hiroo

Key Words; Spring Water Quality, Landuse, Urbanization, Musashino Upland

1. Abstract

Spring water is highly valued water resources due to its consistently stable water quality and temperature throughout the year, and has been used as domestic water since the ancient times. In the present time, it plays critical roles in providing water resources for midsize rivers in urban cities, moderation of degrading water quality, emergency water in disastrous times, and valuable habitats for creatures.

However, as the results of increasing density in rapidly expanding existing urban areas since the high economic growth period, problems such as growing noninfiltrating areas of rain water, depletion of spring water and draught, and contamination of water quality have arouse.

Considering these situations, "Sustaining wealth of spring water" has been proposed as a long term goal in the Main Field Policy Program, "Efforts geared toward maintaining healthy water circulation under environmental conservation" from the Third Environment Basic Planning. However, there is a lack of understanding the reality of the situations at this point, requiring understanding of the water level and water quality as technical aspects of spring water conservation plan.

Although many researches have been done in water levels with respect to changes in the land utilization, its deteriorating effect to water quality has only been pointed out, and explicit studies relating to the land utilization are limited, leaving many points still unclear.

In contrast to the ongoing counter measures for the point-source pollution, it is difficult to identify the load source and take actions against nonpoint-source pollution from the overall land utilization, and it is expected to continue.

Understanding the effects of changes in land utilization to the water quality is one of the most important topics in the development of urban city in regards to the future water environment as well as spring water conservation, and it requires further acquisition of knowledge of the matter. Therefore, this research aims to discover the connection to land utilization by subjecting inorganic ions that respond sharply to the changes in land utilization.

2. Research Location

The target research area is the northern green part of the Musashino upland located in Shingashi river basin. Geologic layers from the top are the surface ground, loam layer of Tachikawa/Musashino (loam layer of Shimosueyoshi), tuffaceous clay layer, Musashino gravel, and Tokyo layer. Groundwater and aquifer are to be Musashino gravel and loam layer respectively. Since the high economic growth, the urban cities have become dense due to rapid urbanization.

3. Research Method

Water is sampled bimonthly from September 2005 to September 2006, totaling seven times. The pH, EC, water temperature, and alkalinity are measured in the field. Water samples are then taken to the lab to measure the various inorganic ions (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NO_2^-) using the Ion Chromatography (Shimazu Corporation: SCL-10ASP.)

The land utilization conditions inside the basin are analyzed issued by TNTmips, GIS software, using Detailed Digital Information published by Geographical Survey Institute of Japan in 1994. The land utilization conditions were modified appropriately as needed. The correlation of obtained land utilization of catchment area and water quality is statistically analyzed.

4. Seasonal Changes in Spring Water Quality

Investigation of the seasonal changes in water quality obtained in the research period shows only 5% per year, which is very minimal compared to its spatial changes, suggesting unique water quality of spring water locations throughout the year.

5. Spatial Movement of Spring Water Quality

The water quality was plotted on the map by using the hex diagram in Figure 1. The Ca-HCO₃ type and high TMI is seen in the Shingashi river valley. It is Mg-HCO₃ type in the Shirako river valley and Asaka Upland. The Mg-SO₄ type was seen in the Yanasegawa valley

Spring water that exceeded 10mg/L that was environmental standards of Nitrate-nitrogen was confirmed by 43 point 14 points on the inside. Other spring water recorded high density not to say exceeding the standard.

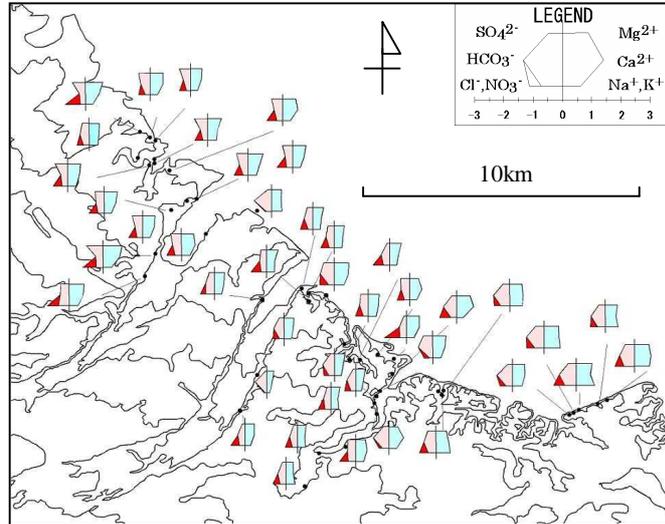


Fig.1 Spatial Movement of Spring Water Quality

6. Relationship Between Spring Water Quality and Land Utilization

First, single correlation of spring water quality and land utilization of the catchment area is investigated. Mountain forests, farmland, and general lower layer residential land yielded meaningful result. Mountain forests indicated negative relations to all the ions, and farmland had positive relations to Mg²⁺, NO₃⁻, and SO₄²⁻ which are components of fertilizer. General lower layer residential land had positive relations to Na⁺, Ca²⁺, NO₃⁻, and TMI, and growth in total ionic concentration in TMI can be speculated.

Next investigation correlates the land utilization including the composition of water quality. In the result of principal component analysis of water quality, Principal component 1 shows the comprehensive water quality attachment rate, and Principal component 2 shows positive in Na⁺, Cl⁻, and HCO₃⁻ and negative in items relating domestic wastewater from Na⁺ and Cl⁻, Mg²⁺, NO₃⁻, and SO₄²⁻, and since these indicate the components of fertilizer, a relationship with agriculture can be characterized.

Upon studying the Principal component of water quality and land utilization, residual level of mountain forests and the level of residential land development can substitute Principal component 1, and the level of farmland and rate of urbanization can substitute major component 2. The spring water quality can be largely explained by the land utilization of these three, namely the combinations of mountain forests, farm land, and residential area, as described by the triangular shape shown in Figure 2.

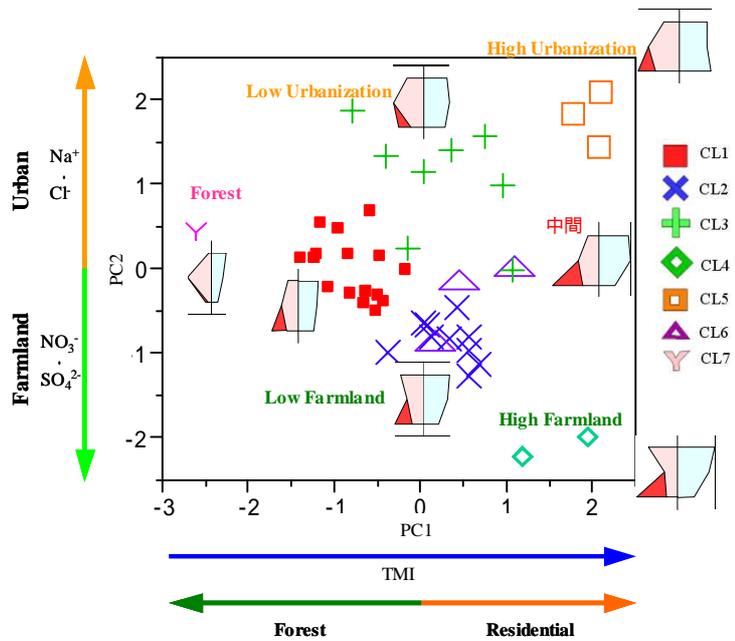


Fig.2 Principal Component Score of Spring Water Quality