

農畜産地域における地下水水質の動態調査

古 本 勝 弘* ・ 一ノ瀬 和 雄*
竹 本 陽 一**Research on Water Quality of Groundwater
in Agricultural and Stockbreeding Area

by

Katsuhiro FURUMOTO*, Kazuo ICHINOSE*
and Youichi TAKEMOTO**

In recent years, it is becoming a serious problem that the groundwater is polluted by nitrate nitrogen in the agriculture and the stockbreeding area. It is considered to be caused by large amounts of fertilization on farmland and manure heap on the bare ground.

This paper reports the water quality examined for the deep wells of water supply and the shallow wells of domestic use in A-town for a year. And it denotes the relations between the amount of rainfall and the groundwater level, between the occupation area of the farmland and the concentration of nitrate nitrogen.

1. まえがき

近年, いろいろな種類の水質汚染が問題視されている。一般に, 地下水は地表水に比べ水質ははるかに良好であるが, 一旦汚染されるとその浄化には多大の費用と長年月を要するため, 常に監視しておくことが必要である。地下水に関しては, 有機塩素系化合物(トリクロロエチレン・テトラクロロエチレン・トリハロメタンなど)と並んで, 硝酸性窒素による汚染が, 畑作や畜産が盛んな地域で問題となっている。これは, 耕作地における過剰な施肥や家畜尿の地下浸透が原因と考えられている。

硝酸性窒素とは水中に含まれる硝酸イオン(NO_3^-)中の窒素をいい, 下水・尿尿・田畑へ施肥された窒素肥料などに含まれるアンモニア性窒素が, 土壌中で酸化, 安定化して, 雨水の浸透とともに溶脱して地下水に加わるもので, 高濃度の硝酸性窒素を含む水の飲用は乳幼児にメトヘモグロビン血症を引き起こすといわれている。わが国における上水道の水質基準では, 硝

酸性窒素は健康に関する項目の中で 10mg/l 以下とされている。

本報文は, A町における上水道の水源井戸6箇所と同町内の民家の井戸8箇所の水質を年間を通じて詳細に調査した結果を示すとともに若干の考察を加えたものである。

2. 調査概要

1996年5月から97年2月まで3週間に1度の頻度で, Fig. 1に示すA町内の水源井戸(A1~A6)と民家の井戸(B1~B8)の水を採取して, CIATM(Capillary Ion Analysis System)を使用して NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , F^- , NH_4^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ の濃度とpHを測定し水質状況を調査してきた。

この水質データをもとにし, 降水量と地下水位の関係から水質変化を調査し, 又, 農耕地の占有面積と硝酸性窒素濃度の関係を調査した。

平成9年10月28日受理

*社会開発工学科 (Department of Civil Engineering)

**大学院修士課程社会開発工学専攻 (Graduate Student, Department of Civil Engineering)

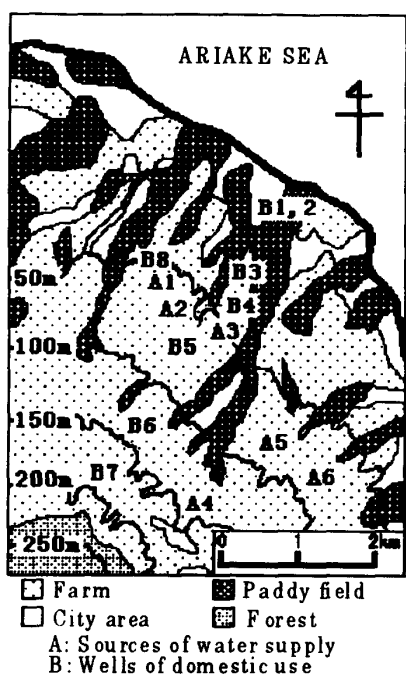


Fig. 1 Land use and location of observed wells

3. 硝酸性窒素の高濃度化の要因

Fig. 2 に A 町の水源井戸 (A1～A6) における硝酸性窒素濃度の推移 (町で年 1 回測定された原水水質) を示し, Fig. 3 に A 町の家畜の飼育頭数の推移を示す。

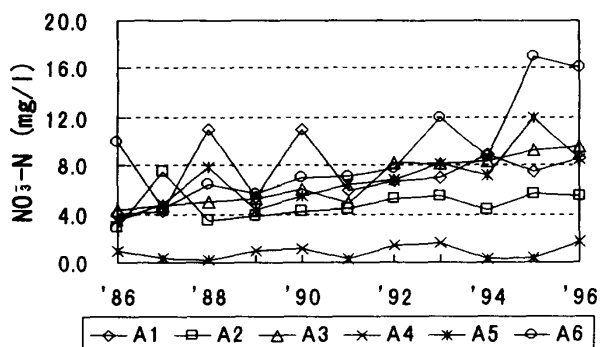


Fig. 2 Secular variations of annual nitrate nitrogen concentration in deep wells of water supply

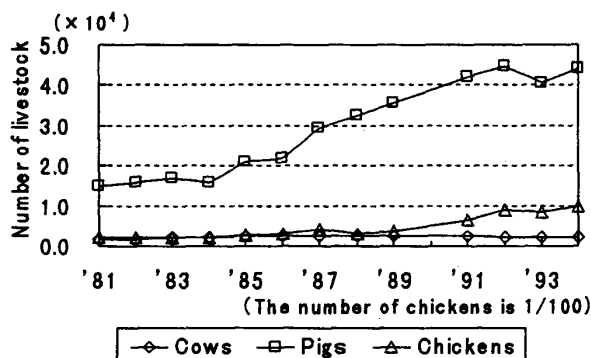


Fig. 3 Secular variations of annual livestock

Fig. 2 より硝酸性窒素濃度は, 水道水の水質基準値である 10mg/l を越えている水源井戸もあり, 全体として経年的に増加傾向にある。Fig. 3 より家畜頭数も経年的に増加しており, 家畜頭数の増加とともに硝酸性窒素濃度も増加しており, 農耕地における硝酸性窒素の高濃度化の 1 要因として, 家畜の影響は大きいと思われる。同地域には畜産廃棄物を処理する施設は十分でなく, 堆肥化するため畑の一角などに野積みされた畜産廃棄物の小山をあちこちで見かける。野積みされた堆肥は硝酸性窒素の大きな供給源になっていると思われるが, 時期によりその量と質は変化し, 場所も一定していないため, 硝酸性窒素の地下水への供給量や供給場所を把握することは困難である。このため硝酸性窒素の高濃度化への畜産廃棄物の寄与度を分析することはできなかった。Fig. 1 には調査井戸の配置と土地利用の概略を示しているが, 当該地域は, 畜産と並び, 野菜を中心とした畑作が盛んである。冬季も畑は休むことなく作物が植えられている。それだけに多くの肥料が使用されている。作物により使用される肥料の成分と量はもちろん, 撒く時期も異なるため, 窒素成分の量を把握することは難しいが, 硝酸性窒素の高濃度化の要因として肥料を当然考えなくてはならない。

4. 水源井戸と民家の井戸における水質変化

水源井戸は海岸から 2 km 以上離れた標高 50～150m の位置に点在して, 100～150m の深さを持つ深井戸である。調査対象に選んだ民家の井戸は, 標高的に地下水の流れに沿っていると思われる井戸で, 5～30m の深さを持ち, 現在使用されている浅井戸である。Fig. 1 に調査対象とした井戸の位置を示す。また, 水源井戸については, 各井戸のストレーナーの位置を Fig. 4 に示しているが, かなり深い位置の地下水を利用していることが分かる。

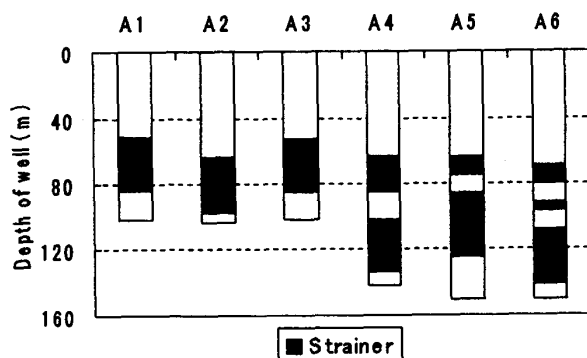


Fig. 4 Depth and location of strainer in deep wells of water supply

Fig. 5 に1996年5月からの5日間降水量と水源井戸で測られた地下水位の変動を示し、Fig. 6、Fig. 7 に水源井戸と民家の井戸における硝酸性窒素濃度の経時変化を示す。

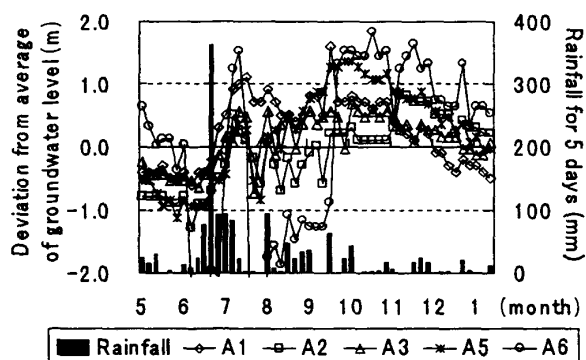


Fig. 5 Time series of amount of rainfall for 5 days and groundwater level in deep wells of water supply

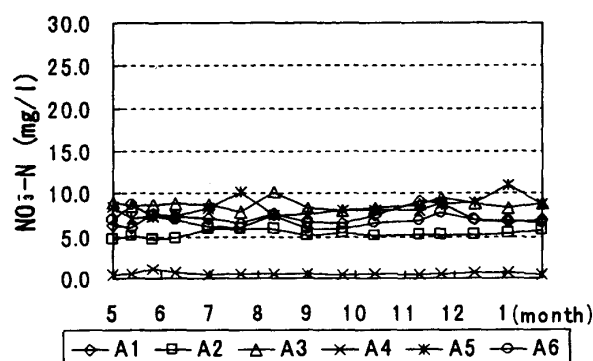


Fig. 6 Variations of nitrate nitrogen concentration with time in deep wells of water supply

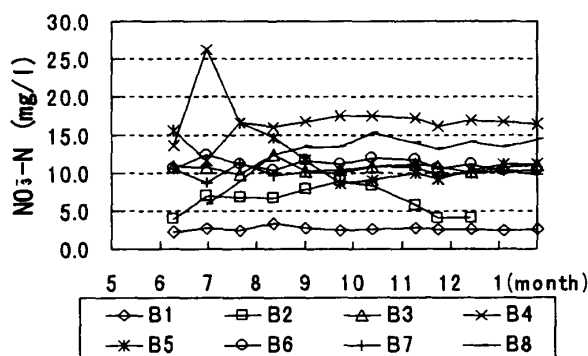


Fig. 7 Variations of nitrate nitrogen concentration with time in shallow wells of domestic use

Fig. 5 より降水の直後から地下水位が上昇しており降水に対する地下水位の応答はかなり早い。Fig. 6 より水源井戸における硝酸性窒素濃度の経時変化は、7月と8月に多少の変化が見られるが、調査期間を通じ

てあまり変動がない。Fig. 7 より民家の井戸については水源井戸に比べ変動が大きいことから、降水の影響を受けやすいと思われる。

水源井戸の硝酸性窒素濃度は、調査期間中で水質基準の10mg/lを超える時期がA3とA5でみられるが、平均濃度で基準値を超えるものはない。民家の井戸については、B1とB2を除くすべての井戸で平均濃度が基準値を超えており、水源井戸に比べ汚染状態が深刻である。この水質の良い井戸は、標高の低い、最も海側の井戸であり、当初、地下水は標高の高い所から低い所に流れるにつれて汚染物質の供給を多く受けて水質が悪化すると考えていたため、硝酸性窒素が最も高濃度であると予想されていた井戸であった。この結果より浅井戸（民家の井戸）においては、上流域から流下する汚染物質よりも井戸周辺の汚染物質の供給が水質に強い影響を及ぼすと考えられる。B1、B2の井戸の近辺は水田と住宅が混在する地域であり、水田からの硝酸性窒素の供給は畑に比較すると格段に少ないことが裏付けられた。

Fig. 8 はCIATMで検出した各イオン濃度を、水源井戸と民家の井戸の平均値で比較したものである。Fig. 8 から民家の井戸は硝酸性窒素だけでなく、すべての物質において水源井戸よりも高濃度を示していることが分かる。当然のことながら、地表から供給される物質は地下水の表層を拡散しながら流下するため深層の地下水ほど水質は良好であることが分かる。又、図には表示していないが、民家の井戸ではアンモニア性窒素が検出されたことから、尿尿や下水の汚染源が近くにあると思われ、細菌汚染が懸念されるため飲料水としては適さないと言える。

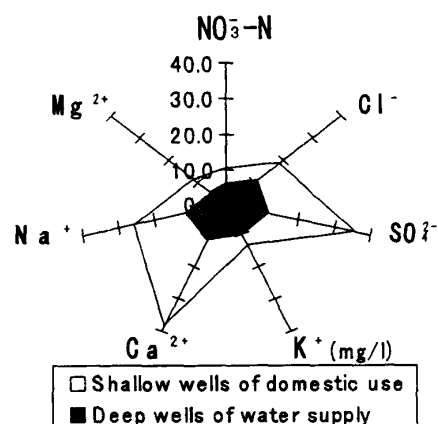


Fig. 8 Comparison of averaged water quality between deep wells of water supply and shallow wells of domestic use

5. 農耕地の占有面積と硝酸性窒素濃度の関係

硝酸性窒素は窒素肥料などに含まれるアンモニア性窒素が、土壌中で酸化されて生成されることから、年間を通じて土壌が酸化状態である畑と果樹園が、硝酸性窒素の高濃度化に強い影響を与えていると考えられる。逆に、水田は湛水状態にあるために還元状態にあり、アンモニア性窒素は硝酸性窒素に変化しにくいと考えられる。このため、硝酸性窒素の主な供給源は農耕地と考え、Fig. 9 Aに水源井戸についての井戸周辺600m円内における農耕地の占有面積と硝酸性窒素濃度の関係を調べたものを示した。

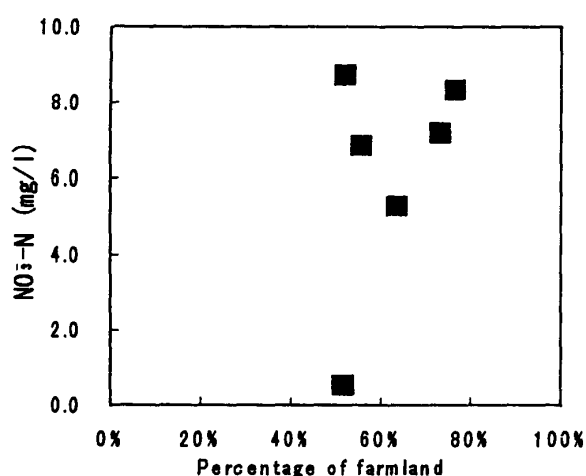


Fig. 9 A Relation between ratio of farmland occupying in a circle with 600m diameter and nitrate nitrogen concentration in deep wells

この図からは明確な相関性を認めることはできないため、水源井戸より地表面の最急勾配線に沿って森林部に至る600m幅の帯状部内の農耕地面積との関係を調べたものがFig. 9Bである。この図からは両者の相関性を認めることができ、深井戸（水源井戸）においては硝酸性窒素の高濃度化に強い影響を与えているのは、井戸周辺の農耕地よりも、それより上流域の農耕地であることが分かる。

浅井戸（民家の井戸）については、Fig. 9 Cから井戸周辺300m円内における農耕地の占有面積と硝酸性窒素濃度の相関が強いことが認められる。ただし、Fig. 9の硝酸性窒素濃度はそれぞれの井戸の平均値である。グラフのばらつきが民家の井戸に比べ水源井戸の方が大きいのは、取水層の深さが一定していないことと、水源井戸のような取水層が深い井戸では硝酸性窒素がある程度離れた場所から供給されると思われるが、地下水の流れは複雑であり、その範囲を特定することが困難なためであろう。又、民家の井戸からは大

腸菌やアンモニア性窒素が検出されていることから、家畜尿尿の影響を受けていることは明らかであり、畜産廃棄物の影響を農耕地面積では評価できないこともグラフのばらつきが大きくなった要因の一つであろう。

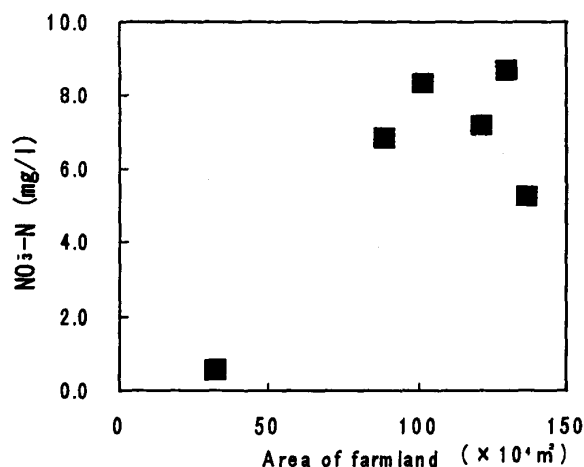


Fig. 9 B Relation between area of farmland occupying in band area of 600m width from well to forest and nitrate nitrogen concentration in deep wells

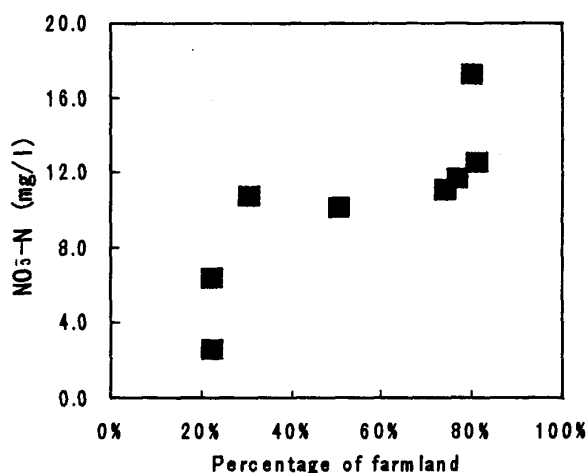


Fig. 9 C Relation between ratio of farmland occupying in a circle with 300m diameter and nitrate nitrogen concentration in shallow wells

6. まとめ

年間を通じてA町の水源井戸及び民家の井戸の水質状況を調査してきた結果、硝酸性窒素による汚染が進行しつつあることが分かった。民家の井戸のほとんどは飲料水として利用できず、水源井戸に関しても現在の状態が続けば、水質基準を満たさない井戸が出てくることは容易に予想される。今後、水源を確保するためには取水位置を更に深くしたり、畑地の影響の少な

い上流域に新たに水源井戸を設置するなどの対処策はあるが、それでは硝酸性窒素の高濃度化の抑制にはならない。畑地への過剰な肥料の投入、家畜尿尿の野積み処理などを改善しなければ、硝酸性窒素の高濃度化を抑制することはできない。硝酸性窒素の供給源を明確にするためには、肥料の種類と投入量、作物の種類による吸収と流亡率、および耕作地の面的な広がりや畜産廃棄物の地下浸透の量と地点の把握などの困難な調査が必要である。

謝 辞

本調査には関係町の水道・環境保全課の皆様にご協力頂いたことを記して、謝意を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 宗宮 功：自然の浄化機構，技報堂出版，pp65～83
- 2) 楠田哲也：自然の浄化機構の強化と制御，技報堂出版，pp54～57
- 3) 地下水問題研究会：地下水汚染論－その基礎と応用－，共立出版，p57
- 4) 巽 巖：上水工学，共立出版，pp31～43
- 5) 合田 健，津野 洋，中西 弘，藤原正弘：衛生工学，彰国社，pp56～67
- 6) 九州農政局長崎統計情報事務所：長崎農林水産統計年報，1981～1994年