

土壌層の持つ土地利用メモリーと地中水との相互作用の解明

著者	田瀬 則雄
著者別名	Tase Norio
発行年	2000
URL	http://hdl.handle.net/2241/444

4. 金子台付近における地下水中の硝酸イオン濃度の分布

岡田亮介・野村佳範・崔 榮恩・

藪崎志穂（筑波大学院・環境科学研究科）

鈴木秀和・井岡聖一郎（筑波大学院・地球科学研究科）

田瀬則雄（筑波大学地球科学系）

近年、硝酸性窒素による地下水汚染が農業地域を中心として全国的に広がっていることが明かとなりつつある。平成9年度に36都道府県が行った調査によれば、6.5%の井戸で硝酸性窒素濃度が環境基準の10mg/Lを超えていた。農林水産省が、農業用井戸について全国297ヶ所の調査地点を設定し、年間60地点ずつ87年度から91年度の5ヶ年間に水質調査などを実施した結果、硝酸性窒素濃度は最高で77.4mg/L、平均で4.83mg/Lという数値が得られている。土地利用別にみると水田では平均で1.9mg/Lであるが、畑地など水田以外の土地利用では平均で8.26mg/Lの高濃度を示しており、特に普通畑では平均で8.88mg/L、施設園芸では平均で9.06mg/Lと、高濃度の値が報告されている。硝酸性窒素は人間の体内に入ると亜硝酸性窒素に還元され酸素を運ぶヘモグロビンと結合することによって、乳幼児に酸素欠乏症（メトヘモグロビン）を起し、全身が青みがかかるいわゆるブルーベビーの原因物質となる。乳児に対する障害のみならず、NO₃⁻は胃・腸管系で還元されてNO₂⁻となり、アミノ酸と反応して発ガン性のニトロソアミンを生成する可能性も指摘されている（鶴巻，1992）。WHOの国際水質基準では、NO₃⁻として50mg/L（窒素に換算して11.3mg/L）以上を含有する水について、中毒の可能性を指摘している。我が国の環境基準では、硝酸性および亜硝酸性窒素として10mg/L以下であることと規定されている。

武蔵野台地北西部（図2-1）における浅層地下水の一般水質は檜山ほか（1993）、樫根（1994）、小川ほか（1998）、宮沢（1997）等によって測定されており、立川面・武蔵野面・下末吉面の地形面ごとに全く異なる地下水水質を呈することが報告された。そのうち、硝酸イオンおよび窒素の安定同位体存在比の測定結果を表4-1にまとめた。

地下水中の硝酸イオン濃度はいずれの論文でも下末吉面>立川面>武蔵野面の順番となっており、金子台（下末吉面）における地下水中の硝酸性窒素が高濃度で溶存することが確認された。樫根（1994）の結果を利用すれば調査した21地点の井戸のうち14地点（超過率67%）で、さらに小川ほか（1998）および宮沢（1997）ではすべての井戸で現在の硝酸性窒素の環境基準10mg/Lを超過していた。この傾向は農地の広がる金子台扇中央部にあたる入間市付近にて顕著にみられ、扇頂部にあたる青梅市では硝酸イオン濃度の低い、いわゆる自然な地下水に近い一般水質を呈するが、地下水の流動に伴って硝酸イオン濃度は60から120mg/Lへと高

表4-1 地形面別のNO₃⁻濃度およびδ¹⁵N値の平均値と範囲

論文	下末吉面		武蔵野面		立川面	
	NO ₃ ⁻ (mg/L)	δ ¹⁵ N (‰)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	δ ¹⁵ N (‰)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	δ ¹⁵ N (‰)
樫根 (1994)	62.9 (21) 【8.5～ 144.4】		38.7 (38) 【1.9～ 117.8】		41.7 (41) 【4.9～ 73.3】	
小川ほ か (1998)	82.7 (5) 【62.9～ 105.5】	5.2 (5) 【4.0～ 6.8】	59.2 (5) 【46.6～ 77.4】	7.5 (5) 【6.1～ 9.6】	76.5 (5) 【32.3～ 178.8】	9.1 (5) 【7.6～ 10.5】
宮沢 (1997)	98.8 (27) 【52.6～ 160.9】	8.2 (27) 【6.0～ 10.9】	63.4 (16) 【56.9～ 76.2】	9.8 (8) 【8.3～ 11.2】	74.4 (18) 【33.6～ 89.9】	9.6 (10) 【6.9～ 11.8】
1999年 現地調 査	103.7 (10) 【6.5～ 206.5】					

上段の()内は測定数、下段の【 】内は測定範囲

濃度化していた。しかし、武蔵野面および立川面では逆に流動に伴って、それぞれ75から55 mg/L、115から45 mg/Lへと低濃度化する現象が起きている。

1999年6月3日に採水した地下水中の硝酸イオン濃度分布図を図4-1に示す。この図から硝酸イオンは採水地点によって大きなばらつきを有するが、横断方向中心部にあたる台地中央部ほど高濃度に溶存し、最大で206.5 mg/L（硝酸性窒素に換算して46.6 mg/L）であることが明らかとなった。この地帯は茶園が広がり、化学肥料の溶脱が盛んに生じているために地下水中の硝酸イオンが高濃度であったと考えられる。しかし、台地の南方にある工場地帯や台地北側の上谷ヶ貫・下谷ヶ貫といった住宅地では低濃度で溶存し、最も低濃度の地下水は6.5 mg/L（硝酸性窒素に換算して1.5 mg/L）であった。

金子台における地下水中の硝酸イオン濃度の年変動を宮沢（1997）が同一井戸を年3回（5月、7月、9・10月）測定している。その結果、金子台の地下水硝酸イオン濃度は9・10月（23.5 mg/L）>5月（21.8 mg/L）≒7月（21.7 mg/L）の順番で高かった。これは茶園の施肥状況や降水量に関係があると考えられる。埼玉県下の標準的成木園の施肥は以下に示したように摘採の前後の計3回に分けて次の割合で行われる（埼玉県茶業試験場報告，1995）。

春肥：3月上旬～3月中旬に年間の40%

夏肥：6月上旬に年間の20%

秋肥：8月下旬～9月上半期に年間の40%

化学肥料が地下水に到達するまでには土壌を通過するために、時間的な遅れが生じる。同時に施肥の一部が土壌中に残留する。そのために最後の施肥が行われた直後で土壌中に硝酸性窒素の残留量が多く、さらに降水量が年間で最も多い

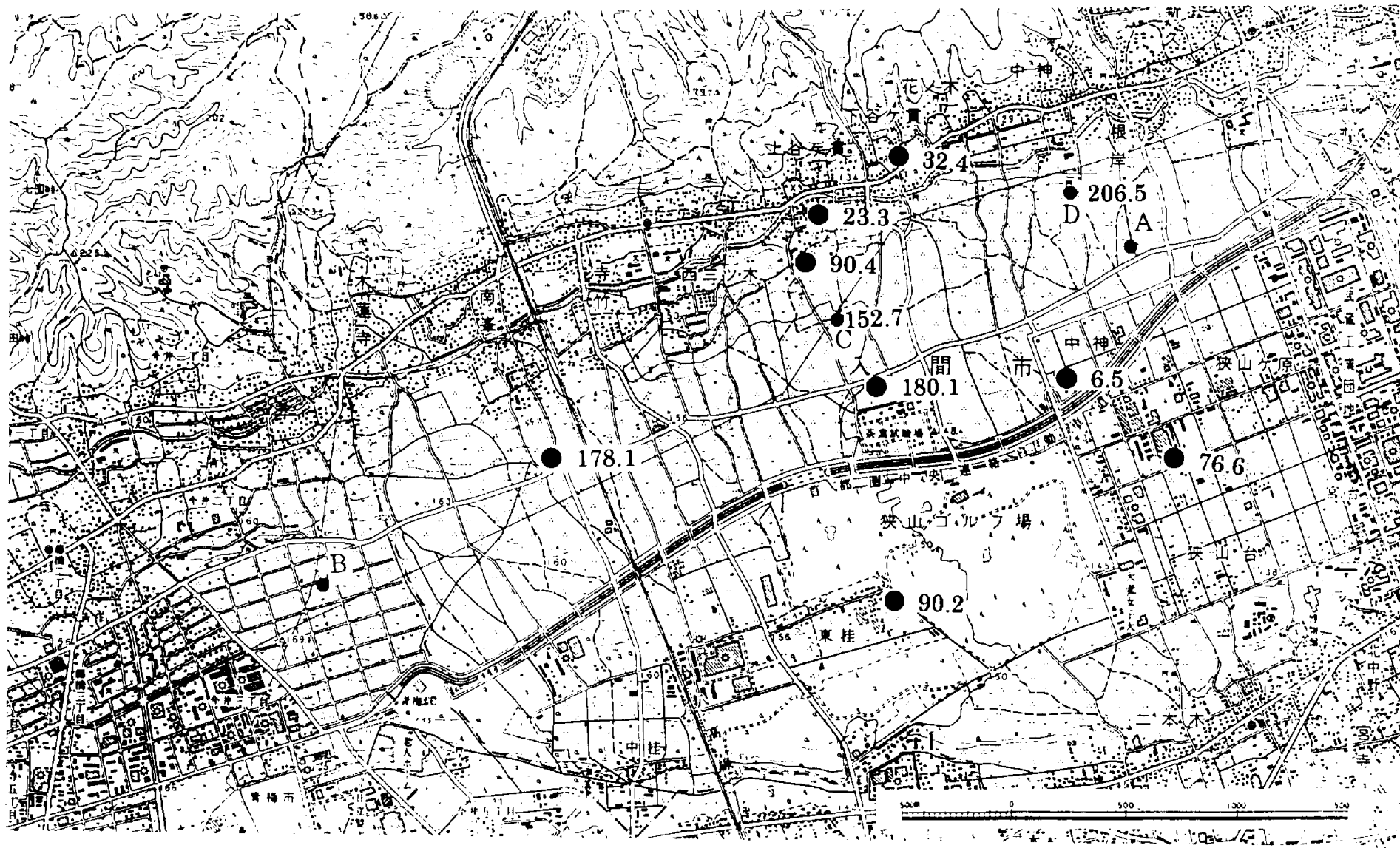


図4-1 金子台付近における地下水中の硝酸イオン濃度分布 (mg/L)

9・10月の地下水中の硝酸性窒素が最も高濃度であったと考えられる。

しかし、硝酸イオンの起源は化学肥料の他にも存在するので、実際に畑地からの寄与率を明らかにする必要がある。寄与率を求める有効な手法として地下水中の窒素安定同位体存在比 ($\delta^{15}\text{N}$ 値) を測定する方法がある。

$\delta^{15}\text{N}$ 値の供給源あるいは汚染源としては農業系 (化学肥料、有機肥料、植物残渣)、畜産系 (土壌・畑地還元、浸透処理、畜舎排水)、生活排水系 (浸透処理、浄化槽-単独・合併)、工場、事業系、大気汚染系、自然系 (森林伐採) などの起源に応じて特定の範囲の値を取ることからその特定あるいは同定に有効であるとされている (田瀬, 1996)。一般に $\delta^{15}\text{N}$ 値は降雨で $-8 \sim 2\%$ 、化学肥料では $-7.4 \sim 6.8\%$ 、家畜糞尿では $10 \sim 22\%$ 程度という報告がされている (Heaton, 1988)。

金子台付近の $\delta^{15}\text{N}$ 値は小川 (1995) や宮沢 (1997) によって測定されており、 $\delta^{15}\text{N}$ 値はそれぞれ立川面で 9.1% ($n=5$)、 9.6% ($n=6$)、武蔵野面で 7.5% ($n=5$)、 9.8% ($n=8$)、下末吉面で 5.2% ($n=5$)、 8.2% ($n=27$) となった。金子台 (下末吉面) では武蔵野面や立川面よりも $\delta^{15}\text{N}$ 値が小さいことから農業系の窒素が地下水中に多く流亡していると考えられる。金子台の農業地域には下水道が整備されていないので絶えず硝酸イオンが供給されつづけ、慢性的な汚染状況にあると言える。

金子台付近の各市町村での生活排水の処理方式は、公共下水道が整備されているちくでは各下水道処理場で処理した後に多摩川をはじめとした河川に放流されている。また単独あるいは合併式浄化槽設置区域では浄化水を側溝などを通じて付近の河川に放流しているが窒素の浄化槽では窒素はほとんど除去できないために一部の河川近傍の地下水は若干 $\delta^{15}\text{N}$ 値が高い傾向がある。下水道未整備地区では生活排水の土壌浸透処理が行われている地域もある。したがって、住宅地や工場、農地が雑多に分布する武蔵野面および立川面では化学肥料のほかに生活排水系や工場・事業系が混入して、金子台よりも大きな $\delta^{15}\text{N}$ 値をとったのではないか。なお、普及率は年々増加し、現在では多摩地域公共下水道の普及率は 89% に達している (東京都下水道局)。

表 4-2 金子台付近の市町村における公共下水道普及率

市町村	入間市	所沢市	青梅市	瑞穂町	羽村市	武蔵村山市	福生市
下水道普及率(年度)	72% (H11)	77% (H8)	92% (H10)	82% (H10)	98% (H10)	100% (H10)	100% (H10)

データは入間市および所沢市、東京都都市計画局

このように金子台付近の地下水硝酸イオン濃度は地下水流動方向に対する空間変動や季節変化に地形面による差異が認められ、その原因については、各地形面ごとの土地利用や施肥状況の差異、排水の処理方式に起因していると考えられる。

引用文献

- 小川祐美・田瀬則雄・檜山哲哉・嶋田 純 (1998) : 埼玉県金子台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. 日本水文科学会誌, 28(4), 125-134.
- 榎根 勇 (1994) : 「多摩川水系の地表水と地下水交流に関する研究」. (財) とうきゅう環境浄化財団研究助成 No. 160, 310 p.
- 田瀬則雄(1996) : 窒素安定同位体を利用した調査法(汚染要因の究明). 平田健正編著「土壌・地下水汚染と対策」, (社) 日本環境測定分析協会, 181-193.
- 鶴巻道二 (1992) : 地下水汚染・土壌汚染の現状と浄化対策. 工業技術会, 98-113.
- 檜山哲哉 (1993) : 金子台付近における不圧地下水—水質の空間分布と地形段丘面による差異—. 筑波大学水理実験センター報告, 18, 29-39.
- 宮沢直樹 (1997) : 埼玉県入間市付近における不圧地下水の水質特性について. 筑波大学環境科学研究科修士論文.
- Heaton, T.H.E. (1988) : Isotopic studies of nitrogen pollution in the hydrosphere and atmosphere : A review. Chemical Geology (Isotope Geoscience Section), 59, 87-102.