

帯水層別の地下水水質からみた深層土壌・地質圏の窒素循環

Nitrogen circulation in deep soil studied from groundwater quality by aquifer

○久保田富次郎* 三浦理司** 高木強治* 人見忠良* 濱田康治* 松森堅治*

○ KUBOTA Tomijiro, MIURA Hiroshi, TAKAGI Kyoji, HITOMI Tadayoshi, HAMADA Koji and MATSUMORI Kenji

1. はじめに 流域の水理地質構造を考慮した農業系窒素負荷を対象とした3次元流域水・物質モデルの構築¹⁾とその適用にあたって、深層土壌～地質圏の窒素循環特性の解明が不可欠である。ここでは、演者らが流域モデルの開発を進めるにあたって対象地区とした茨城県恋瀬川流域における広域水理地質・井戸調査²⁾から、深層土壌～地質圏における窒素循環について検討する。

2. 流域概要と水理地質特性 恋瀬川は、茨城県笠間市と石岡市の境に位置する吾国山に起源を持ち、石岡市高浜で霞ヶ浦に注ぐ、流域面積 213 km²、主流路長 28 km の一級河川である。流域の土地利用(1980 年前後)は、一部周辺地域を含め森林 43 %、水田 20 %、畑・果樹園 24 %、市街地 9 % である。流域の水理地質基盤は変成岩類と花崗岩類から成り、その上に主に浅海成の石崎層(Is)・友部層(To)、笠神層(Ks)、見和層(Mi)が載り丘陵・台地地形を形成する(Table 1)。さらにその上部には非海成の常総層(Jo)と風化火山灰層が発達し台地表層を覆っている。一方、恋瀬川沿いには段丘堆積物(Tm)、山塊縁辺部には崖錐性堆積物がみられ、低地には沖積層が分布する。

3. 調査方法 調査流域内に地域を縦/横断する 4 測線を設定し、既往文献や地質柱状図等の資料から測線の地質断面を検討した。また、推定断面の測線近傍の集落において、民家の井戸諸元(井戸深度・揚水量等)を調査し、その諸元から断面付近の地下水位や帯水層の分布状況を推定した。調査時期は 2006 年 10 月下旬から 2007 年 1 月であり調査対象集落/井戸は、26 集落/94 井戸とした。次に帯水層別の水質を検討するため、94 井戸の一部(49 ヶ所)で現場観測機器による水質測定を行うとともに、そのうち 45 井戸では無機イオンの分析を行った。なお、調査井戸(ボーリング)のストレーナ位置は不明であったため井戸深さを取水層と見なした。そのため複数層位にストレーナを持つ際の井戸水の混合影響は無視した。

4. 結果と考察

流域の水理地質 流域に賦存する地下水は大きく Jo 中の難透水層の上に存在するものと Mi, Ks, Is, To の各砂層を帯水層として存在する地下水の 2 種類に分けられる。前者は主に宙水もしくは不圧地下水として存在するのに対して、Mi, To(s) (友部層浅層) は不圧～被圧地下水、特に下総層群の中～下層中にあたる Ks, Is, To(d)(友部層深層)の地下水は概ね被圧地下水であると考えられる。

地下水水質 Fig.1 に帯水層別の井戸深さと主な水質を示す。無機イオン組成をキーダイヤグラムで見ると(Fig.2), Jo や Mi・Ks, To(s) など比較的浅部に存在する地下水の多くは中間型に分類された。また、Is と To(d)の井水の多くも中間型に属するが、柿岡盆地中南部

Table 1 Stratigraphy of Koise river basin²⁾

時代	地層名		地形面	岩質・土質
	柿岡盆地	新治台地		
完新世	沖積層(a)		沖積面	礫・砂・シルト
更新世	崖錐性堆積物(Dt)			礫混り砂・シルト
	ローム層(Lm)			風化火山灰土
	段丘堆積物(Tm)		低立段丘面	砂礫・礫混り砂・砂
	中位Ⅲ段丘堆積物	常総層(Jo)	中位Ⅲ段丘面 中位Ⅱ段丘面	砂礫層・砂層・砂質シルト層
	中位Ⅰ段丘堆積物	見和層(Mi)	中位Ⅰ段丘面 高立段丘面	砂層・円礫層
中期	笠神層(Ks)			細粒砂層・礫層
	友部層(To)	石崎層(Is)		砂層・砂礫層・シルト層
前期				
先第四紀	深成岩類(筑波花崗岩)		筑波山塊	花崗閃緑岩・閃緑岩・トータル岩
	筑波変成岩類		筑波山塊	粘板岩・片岩・片麻岩

* 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering

** 明治コンサルタント(株) Meiji Consultant Co., Ltd.

地下水水質, 深層土壌, 窒素循環

(K28d)や天の川の中流域の井水(A11, A22, A52)は重炭酸カルシウム型に、そして柿岡盆地中北部の深井戸であるK7は重炭酸ナトリウム型に分類されるなど、IsとTo(d)の一部には循環性または停滞性の地下水が賦存する。

また、地下水中のNO₃⁻濃度はNO₃-Nで平均9.7mg/L、最大35.1mg/Lと全般的に高く平均値では段丘堆積物(Tm)中の濃度が高かった(Fig.1)。

地下水の脱窒の場 Fig.1からわかるようにIsとTo(d)の井水の一部にDOが低い地下水が存在する。Fig.3にDOとNO₃⁻の関係を示すが、DOが低い井水ではNO₃⁻が低く検出限界以下の井水もあることから、IsとTo(d)における被圧地下水環境の一部で脱窒が生じていることが推察される。一方、JoやMi・Ksの地下水は今回のデータからはDOの顕著な低下は確認されずNO₃⁻が低いものも限られている。よって、脱窒反応はIsやTo(d)そのもの、もしくはそれに近い層位で生じていると考えるのが自然であろう。

さて、地下40~80mという深層土壌・地質圏でどのような脱窒機構が働いているだろうか。農地土壌で広くみられる従属栄養脱窒菌による脱窒は地下環境では電子供与体となる有機物が制限因子となるものと考えられる。IsやTo(d)はシルト~粘土層を中心に有機物を含んでいると考えられ、これを利用している可能性がある。一方、硫黄脱窒菌のように有機物を必要としない任意独立栄養性細菌の働きによる可能性もある。これらの井水では還元化の影響を反映した硫黄臭が確認されているが同時にSO₄²⁻も存在しており硫黄脱窒菌の働きが示唆される。

しかし、一般の井戸やボーリング井を用いて地下水の酸化還元環境やDOの把握を行うことは難しく、ストレーナ位置も不明であるなどデータの限界がはっきりしている。今後、所要の井戸諸元が明らか観測井を用いた詳細調査の実施が望まれる。

謝辞 本研究の実施に際して調査地区の住民や自治体に協力いただくとともに、科研費(19580288)の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1)久保田ほか(2006),農における自然との共生II,農林水産技術会議事務局他編, 2)久保田ほか(2008),農工研技報 207,35-52

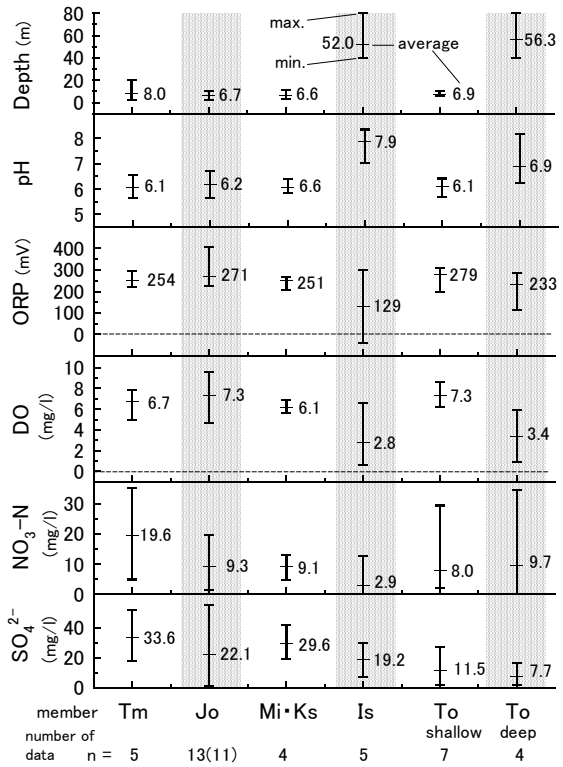


Fig.1 The depth of well and the main water quality seen by aquifer.

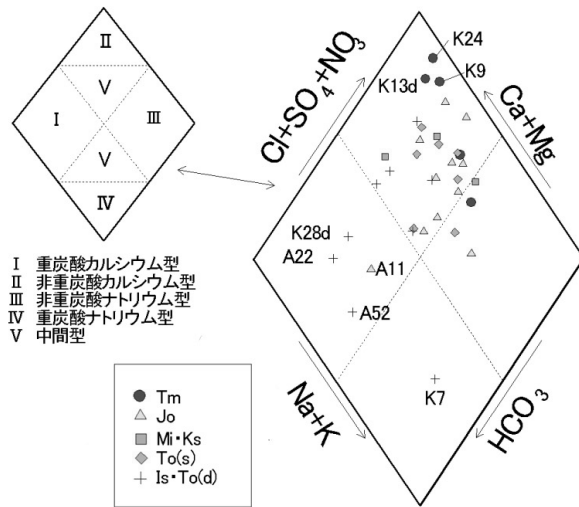


Fig.2 Inorganic ion composition of groundwater in Koise river basin by aquifer.

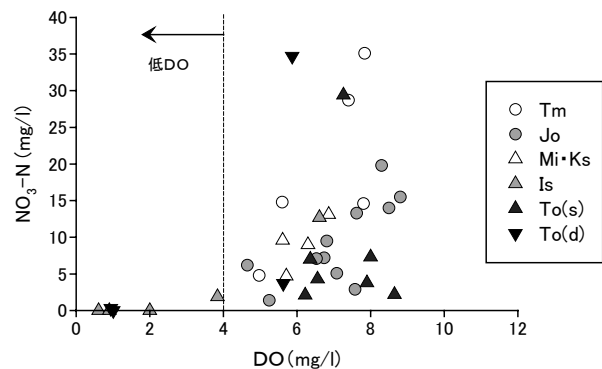


Fig.3 Relationship between DO and NO₃-N concentration by layer.