

浅層地下水の曝気による水質変化および水質季節変動に関する基礎的研究

石巻専修大学理工学研究科
石巻専修大学理工学部

学生員 ○戸館 侑孝
正会員 高崎 みつる

1.はじめに

地下水は大規模な貯水、取水、供給施設を要せず、取水費用が安い、古くから手頃な手段として利用されてきた。乾季には地下水が河川流量を支え、河川環境と生態系を支える。また水底からの湧出は陸水、海域ともに栄養塩供給や物質循環に大きく寄与し、生物多様性の要因としても重要な役割を担う¹⁻³⁾。

我が国で実際に使用している全水量は、2000 年の取水量ベースで年間約 870 億 m^3 であり⁴⁾、特に農業用水利用が約 572 億 m^3 と全体の約 66% を示す⁵⁾。

農業用水利用では、近年過度の施肥による地下水の硝酸態窒素汚染が問題となっており、地下水汚染の実態研究が行われている⁶⁾。また地質由来の高濃度溶解性鉄による赤水被害などの問題は旧くからあり、除鉄技術に関する研究例もある⁷⁾。

地下水は地中でほぼ無酸素状態で存在しているが、地上や表流水中に現れると酸素に暴露され、嫌気条件から好気条件への変化が起こり、地下水中にはイオン化していた物質が急激に酸化される。しかし地下水水質の変化に関しては、空気又は酸素との接触時間や接触方法の差異、ORP や pH の問題が絡んでいる為、酸化の起こる過程が複雑で現場を対象として十分な研究はほとんど見られない。

地下水水質の大気曝露による水質変化を調査研究することで、地下水用水利用における諸問題の解決、水環境での地下水湧出における物質供給能解明の一端を担えると考えられる。そこで本研究では、地下水の嫌気条件から好気条件へのシフト前後で、地下水水質変化の挙動を捉え、変化の特徴を明らかにすることを目的とし、基礎的知見のためのフィールド定期調査と、地下水の曝気による地下水酸化実験を行った。

2.調査地点の条件および概要

調査、実験は宮城県石巻平野、東松島市内に位置し、地下約 4m からポンプにより汲み上げている地下水を対象とした。採水地点には約 1000 m^2 の農業ハウスが三棟隣接し、東側は水田および畑地に囲まれ、西側は住宅地となっている。採水地点から東側約 500m 離れた地点には、潮汐の影響を受ける定川が流れる。また、春先から秋口にかけて水田の灌漑用水

が旧北上川鹿又地区から水路を通し運ばれる。採水地の地質は厚さ 80m 以上もの軟弱な砂礫層で形成されている。

3.調査期間

2004 年 5 月 4 日～2005 年 11 月 6 日の間で計 50 回の地下水水質調査、比較対照として旧北上川鹿又地区で週に一度水質調査を行った。2005 年 3/12, 19, 25, 4/2, 9, 17 の計 6 回、地下水の曝気による酸化実験を行った。

4.調査方法

4-1 調査項目および方法

水温、pH、EC、ORP、DO、塩分は現場でメーター法により測定し、TC、IC、栄養塩、微量金属元素は前処理後、氷温で実験室へ持ち帰り冷蔵または、冷凍保存し分析に供した。

4-2 地下水のサンプリング方法

水道管に停滞している水を流すため十分通水した後、フローさせたバケツ内で採水、メーター測定を行った。

4-3 旧北上川のサンプリング方法

旧北上川の表層でメーターを直接投入、採水した。

4-4 地下水の曝気による酸化実験

タンクに溜めた地下水を、エアーポンプにより強制的に大気に暴露させた時の、地下水水質変化を調査した。

前操作: タンク内部をサンプルで洗い流した後、流量毎分約 18L でタンク内に水を張り、水質が安定するまで 1 時間以上通水した。メーター法を用いて水質の安定を確認した 6 後通水を停止し、エアー量毎分約 45L のエアーポンプを用い、水面下 40cm から直径 4.5cm の塩ビパイプによるエアリフト方式で曝気を行った (Fig.1)。

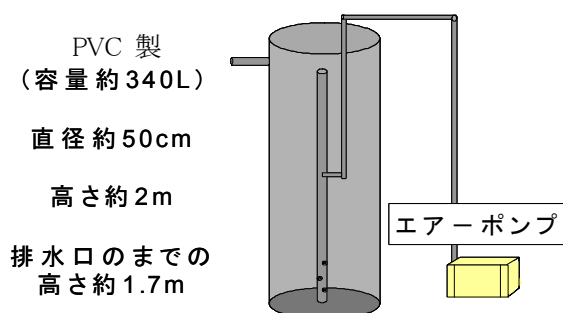


Fig.1 実験装置概要

採水方法:採水間隔は ORP の変化を基準とした。メーター法は水面下約 50cm,試料採水は表層付近で行った。3/12 の実験では採水間隔は曝気開始前に 1 回,その後 30 分間隔で行った。この実験から,ORP の上昇-下降 - 上昇という挙動が確認された(Fig.4)。これ以降の採水間隔はそれを参考に曝気開始前に 1 回行い,その後は酸化還元電位の各ピークとボトムをメーターの目視で確認し採水した。

5.調査結果と考察

5-1 地下水および旧北上川の水質季節変化

地下水は,ORP 調査結果から,全 50 回の調査中 33 回の調査で還元側を示した。DO は通年を通してほぼ $1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 前後からそれ以下で,最小値 $0.2\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であり,完全な無酸素は一度も確認されなかった。地下水温の最大値と最小値は,旧北上川水温より約2ヶ月遅れて出現した(Fig.2)。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は 04 年7月初めから上昇し 12 月4日まで高い値を示した。05 年も7月初めから上昇し調査終了の 11 月 6 日まで高い値を示した(Fig.3)。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 増加の原因は,今回の調査では言及に至らなかった。また,調査期間中,定川由来の塩水混入は確認されなかった。

5-2 地下水の曝気による酸化実験

3/12 の実験結果より,地下水の DO は曝気開始から30分で急激に増加し,60 分後には $7.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ となった。曝気による ORP と DO の変動には対応がみられず,ORP は上昇-下降 - 上昇という挙動を示した。溶解性鉄は曝気開始から実験終了時まで減少し続けた(Fig.5)。このことから溶存性鉄は DO 供給後,減少に至るまである程度時間を要すると考えられる。

3/19, 25, 4/2, 9, 17 の実験ではすべての系で ORP の上昇-下降 - 上昇という挙動が確認された,DO は,曝気開始後 10 分で約 $4\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$,1 時間後には $8\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ となった。曝気に伴う水温の変化は最大 1°C ,pH は概ね 6.8 から 8.2 に上昇した。曝気に伴う平均上昇値は,濁度で 0.7 度,色度で 20 度,UV260 で 0.6, SiO_2 で $3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Fig.6)を示した。それ以外の項目では,今回の実験から変化の特徴を見出すことは出来なかった。

6.おわりに

曝気実験の結果から気曝除去法で除鉄を行う際には,十分な反応時間が必要であると推察される。 SiO_2 濃度は,濁度上昇に伴い減少すると報告されているが,今回の調査ではそれに反し上昇するという興味深い結果を示した。

7.謝辞

本調査,実験を行うにあたり,用地を提供してくださった千葉様,装置を作成してくださった丸山販売株式会社様に謝意を表します。

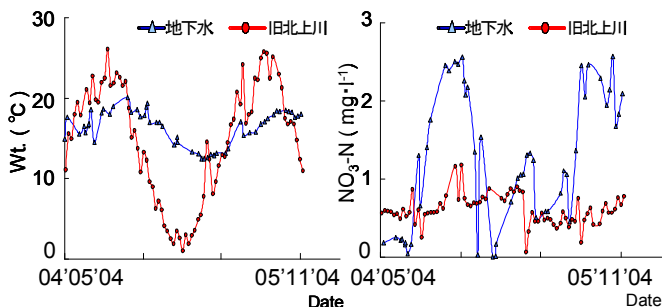


Fig.2 水温の季節変化

Fig.3 $\text{NO}_3\text{-N}$ の季節変化

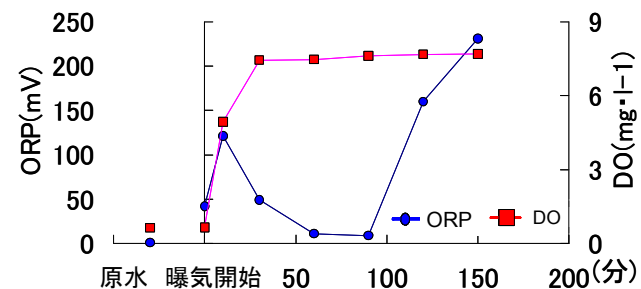


Fig.4 曝気による ORP および DO の経過時間変化(3/12)

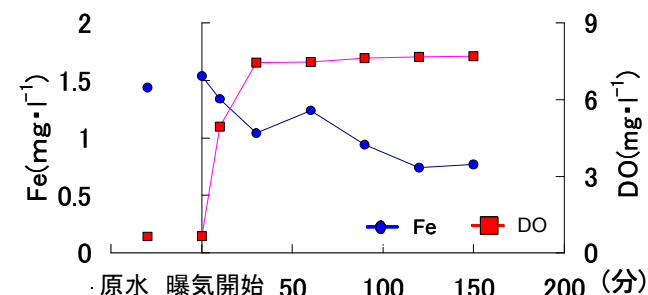


Fig.5 曝気による Fe および DO の経過時間変化(3/12)

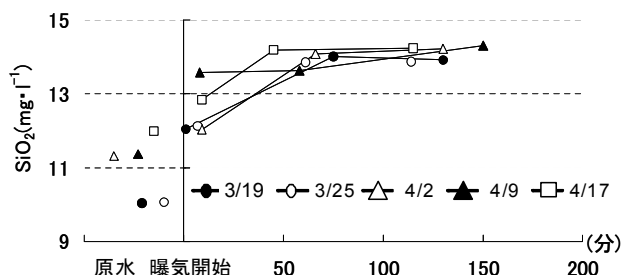


Fig.6 曝気による SiO_2 濃度の経過時間変化

参考文献

- 1) Luanne Y. Steffy, Angela L. McGinty, and Susan S. Kilham. (2004) Connecting ground water influxes with fish species diversity in an urbanized watershed, *American Water Resources Association*, 40(5), 1269-1275
- 2) I. Bussmann, P. R. Dando, S. J. Niven, E. Suss. (1999) Ground water seepage in the marine environment: role for mass flux and bacterial activity, *Marine Ecology Progress Series*, 178, 169-177
- 3) 張勁 (2005) 沿岸海底湧水の地球化学とその海洋的意義, 月刊海洋, 39, 186-197
- 4) 国土交通省 土地・水資源局 水資源部 HP: <http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/index.html>
- 5) 農林水産省 農村振興局 資源課 (2003) 農業用地下水の利用実態 - 第4回農業用地下水利用実態調査の概要 -
- 6) Toyokazu T., Hiroyuki Ii, Tatemasa H., Masataka N., Kouichi U., Yumi O. (2002) Ground water metal and nitrogen contaminations caused by nitrogen fertilizer in tea plantation catchment, the center of Shizuoka, Japan, *Journal of Hydrosience and Hydraulic Engineering*, 20(1), 37-47
- 7) 米山元紹 杉内誠 山田昇 (2003) 溶解性鉄の除去技術の開発と応用, 水と土, 135, 35-46