

地下水中硝酸性窒素濃度の変化と地下水水位変動との関係

熊本大学工学部社会環境工学科	学生会員	北島 隆
熊本大学工学部社会環境工学科	非会員	Nian HONG
熊本大学工学部社会環境工学科	非会員	Aqili S. Waliullah
熊本大学大学院自然科学研究科	正会員	濱 武英
熊本大学大学院自然科学研究科	正会員	川越保徳

1. はじめに

熊本市とその近隣市町村には約 100 万人の人が暮らし、飲料水の全てが地下水で賄われている。この豊富な地下水は、良質であることでも知られており、量、質ともに優れた世界でも有数の水資源である。しかしながら近年は硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 濃度の上昇が懸念され、汚染機構の解明と対策が喫緊の課題となっている。これまでの調査で、水道水質基準 10mg-N/L を超える地下水観測井がある一方、その近接井戸では 5.0mg-N/L 未満である等の状況が確認された。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高い原因は、井戸直上地域からの窒素負荷によるものと考えられるが、近傍井戸との間で $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が異なる理由は不明である。これについて我々は、これら近接する井戸での $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の違いが、地下地質構造が異なることに起因しているとの仮説を立て、その検証の一助として、週に 1 回の頻度で水質調査を行った。

本稿では、これまでに得られた $\text{NO}_3\text{-N}$ とその他水質項目の変化と地下水水位の変動を比較することによって、地下地質構造と水位変動、および $\text{NO}_3\text{-N}$ をはじめとする水質の変化との関係に関して考察した。

2. 調査・研究方法

2.1 調査対象地域と採水地点 (井戸)

本研究で対象とする地下水は、主として阿蘇山の西麓、および熊本市の北側に位置する植木台地および菊池台地で涵養され有明海に向けて流下すると考えられている²⁾。調査対象井は、熊本市の東部に位置する 14 mg/L 以上の高い $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を示す P 井、P 井と約 800 m の距離で近接する N1 井、P 井と約 2 km の距離にある N2 井、および地下水の湧水域で熊本市の主要水源地域にある C 井とした。P 井と N1 井および N2 井は井戸深度が近く、採水される地下水も同じ

帯水層と推定される。熊本市東部は地下水の涵養域／上流域となっているが、畑地が広がり、また畜産事業所も点在することから、施肥や家畜排泄物などの窒素源が地上から負荷されやすい状況にあると考えられる。P 井では現在、 14mg-N/L 以上の高い $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が観測される一方で、それに近接する N1 井や距離、井戸深度が近い N2 井水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は、各々 $4.0\sim 5.0\text{ mg/L}$ 、 $6.0\sim 7.0\text{mg/L}$ 程度で、P 井での濃度の半分以下となっている。

2.2 降水量と地下水水位データおよび水質分析

降水量データについては、調査対象地域に近い、益城観測地点のデータを気象庁のホームページより入手した。各井戸における水位は熊本市にて連続モニタリングされており、毎時データについて提供を受けた。試料の採水は、2012 年 6 月 26 日より開始し、1 週間に 1 回の頻度で継続実施している。試料の採取 (採水) は、2012 年 6 月 26 日より開始し、1 週間に 1 回の頻度で継続して実施している。

測定対象とした水質項目は、水温、pH、アルカリ度、溶性ケイ酸、電気伝導度、陽イオン成分 (Li^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 NH_4^+)、陰イオン成分 (F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-}) 等の溶存成分であり、イオン成分はイオンクロマトグラフにて、それ以外は上水試験方法に準じて測定した。

3. 結果と考察

3.1 降水量と地下水水位変動との関係

Fig.1 に、日降水量と各井戸の観測水位との関係をしめす。Fig.2 から明らかなように、降雨量が増加した 2012 年 6 月半ばから 9 月の間で C 井を除いて地下水水位の上昇が確認され、降雨の影響とみられる水位の変動が認められた。この間で、特に強い降雨がみられた 2012 年 6 月末～7 月中旬における P 井の水

位変動はN1井、N2井よりも激しく、降雨に対して鋭敏に反応する傾向があることが明らかになった。すなわちP井では、降雨強度が高いときに即時に水位が急上昇/下降し、その後緩やかな下降に転じるのに対し、N1井とN2井では緩やかに上昇/下降することが分かった。これについては、同じく集中的な強雨がみられた2013年8月末～9月上旬においても同様の現象がみられたことから、各井戸において降雨に対する地下水水位の変動特性が異なることについて再現性が確認された。以上から、P井とN1、N2井は位置的には近接しているものの、地表から帯水層に至るまでの地質構造が異なっていることが推定される。具体的にはP井近傍では降雨が速やかに帯水層に達する構造が存在することでその影響を大きく受けるのに対し、N1とN2井では影響が小さいこと等が考えられる。一方、地下水流域(湧水域)にあたるC井でも、変動幅は比較的小さいものの、P～N2井と同じく降雨による影響が推定される水位の変動が認められた。C井については、その直下に存在する砥川溶岩層と呼ばれる巨大な地下水貯留帯の存在と、C井に近接する湧水湖である江津湖への即時的な地下水流出等により水位変動は小さく抑えられているとも考えられる。

3.2 地下水水位変動と水質変化との関係

P井における地下水水位変動と各種イオン濃度変化をFig.2に示す。P井での水質変化については、測定開始時(2012年6月26日)にCl⁻濃度とNO₃-N濃度が突出して高く、その後の約4ヶ月間で緩やかに減少し、以降は比較的安定した濃度で推移した。これに対し、N1井とN2井のNO₃-N濃度は、測定開始時で特に高いということはなく、むしろ水位の変動に伴って変化する傾向が認められた。ただし、NO₃-N濃度はN1井では水位変動に速やかに追従し、N2井では水位変動に遅れて変化していることが分かった。これらの結果から、NO₃-N濃度の高いP井の水位変動は近接するN1井やN2井とは大きく異なっていることが明らかとなった。すなわち、地下地質構造の違いが同一帯水層の地下水に対して、水量のみならず水質的にも大きく影響する可能性が示された。一方、C井のNO₃-N濃度については、水位と同じく概ね安定していたが、N2井と同様、大きく遅

延してではあるものの水位変動に伴う緩やかな変化が認められた。これらの結果についても、降雨と地下水水位との関係と同じく、2013年8月末の強雨時以降で同様の傾向が認められているところであり、降雨-地下水水位変動-水質変化との関係についての再現性が確認された。

以上の結果より、地下水水質の保全に関しては、降雨と水量(水位)および水質が密接に関係していることが明らかとなり、水量と水質を切り離すことなく長期継続的な調査研究が不可欠であること、および地下地質構造の把握も含めた詳細な分析/考察が極めて重要であると結論する

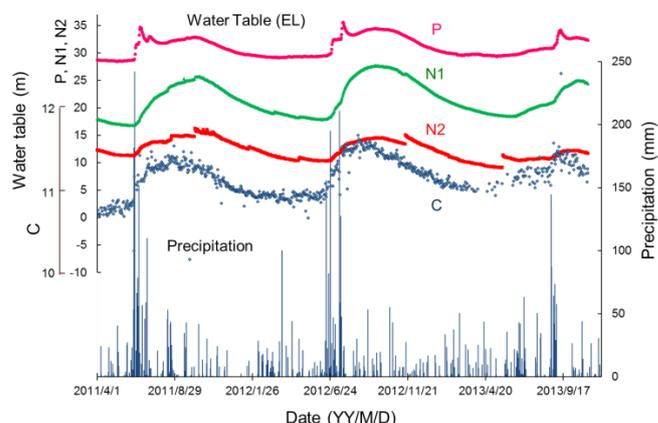


Fig. 1 日降水量と各井戸の観測水位との関係

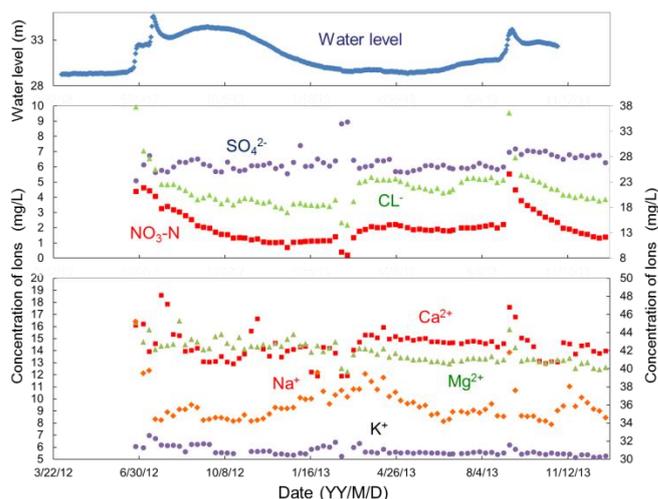


Fig. 2 P井の水位変動と各種イオン濃度変化

参考文献

- 1) 川越保徳, 環境技術, Vol.23 (12), pp.2-8 (2013)
- 2) 富家和男他, 日本水環境学会誌, Vol.34, pp.1-9 (2011)