

宮古島砂川地下ダム貯留域における地下水中の硝酸態窒素濃度とその変動要因

Nitrate nitrogen concentration in groundwater and its fluctuation factor in reservoir area of Sunagawa underground dam in Miyakojima Island

○石田 聡*・白旗克志*・土原健雄*・吉本周平*

ISHIDA Satoshi, SHIRAHATA Katsushi, TSUCHIHARA Takeo, YOSHIMOTO Shuhei

1. はじめに

沖縄県宮古島では 1987 年度から 2000 年度まで国営かんがい排水事業が実施され、砂川地下ダム、福里地下ダムの 2 つの地下ダムが建設された。宮古島では地下ダム建設前から地下水中の硝酸態窒素濃度が比較的高かったことから、事業期間中からモニタリングされており、地下ダム建設前後で濃度の大きな変化は見られていないことが報告されている (Ishida et al., 2006)。本研究では、完成から 20 年以上経過した沖縄県宮古島の砂川地下ダム（1993 年締切完了）を対象に、流域内の地下水中の硝酸態窒素濃度を三次元的に測定するとともに、その濃度に影響する要因について考察した。

2. 研究方法

2009 年 1 月、2012 年 11 月、2015 年 11 月、2018 年 11 月に砂川地下ダム貯留域内の地下水観測孔（以下観測孔と呼ぶ）39 箇所において地下水を採取した。観測孔は直径 50 ～ 100mm のオールストレーナ構造である。採水には直径 40mm の地下水採取器（ペーラー）を用い、観測孔ごとに地下水位を測定した後、地下水面下（以下水面下と呼ぶ）5m、10m、20m、30m の順に地下水を採取した。また、地下水深が 1m 未満の孔、1m 以上 3m 未満の孔、3m 以上 5m 未満の孔では、それぞれ採取深度を水面下 0.5m、1m、3m とした。採取した地下水はその場で携帯用測定機にて水温、pH、電気伝導度（EC）、溶存酸素濃度（DO）、酸化還元電位（ORP）を測定した。採取した地下水はポリエチレンボトルで研究室に冷蔵して持ち帰り、イオンクロマトグラフ（東亜 DKK 株式会社製 ICA-2000）で硝酸イオンを含む溶存イオン（ Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- ）を定量した。重炭酸イオン（ HCO_3^- ）濃度は、滴定法による pH4.8 アルカリ度から換算して求めた。

3. 結果と考察

採水した試料を分析した結果、いずれの年においても分析した各溶存イオン濃度の比率（水質組成）は典型的な石灰岩帯水層の組成である重炭酸カルシウム型に分類され、年による違いは殆ど見られなかった。Fig.1 に 2009 ～ 2015 年の砂川地下ダム流域内における地下水面下 5m（地下水深が 5m 未満の観測孔では最も浅い採取深度）での硝酸態窒素濃度の平面分布を示す。自然状態の地下水は北西の基盤尾根部（図中の両矢印）から南東の太平洋に向かって流れており、地下水は基盤尾根部、断層、止水壁に囲まれた区域に貯留されている。いずれの年においても基盤深度が小さい左岸側（図の右側）での濃度が低く、基盤深度が大きい右岸側での濃度が高い傾向を示した。これは農地からの硝酸態窒素溶脱量の違いによるものである（石田ら、2015）。

* 農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：地下ダム、硝酸態窒素、琉球石灰岩、地下水、水質

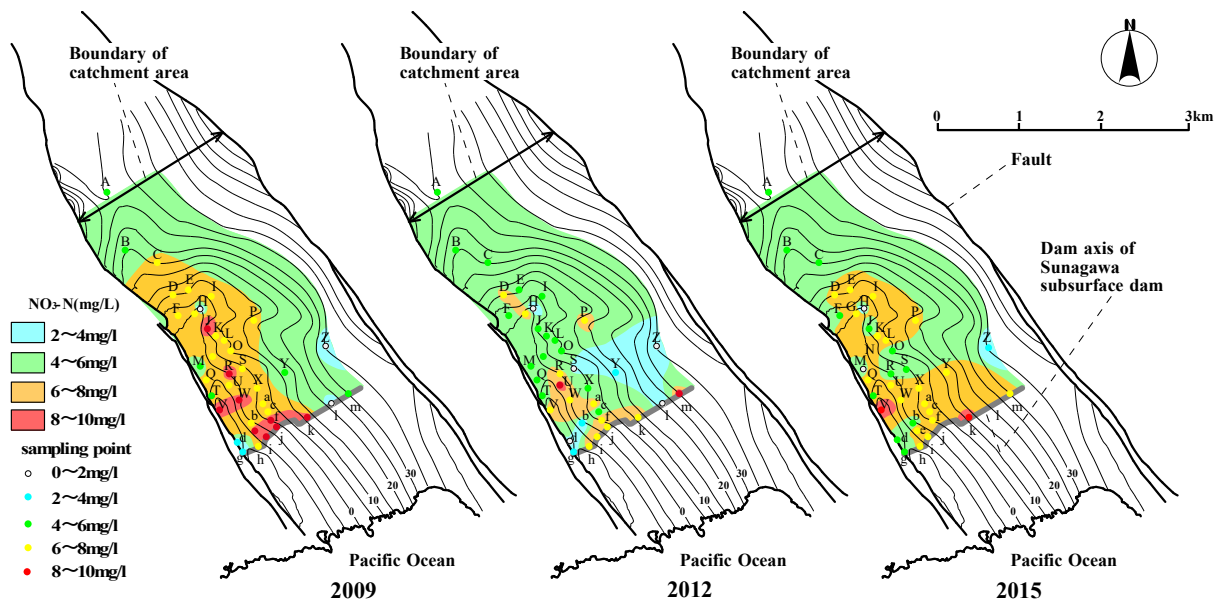


Fig.1 硝酸態窒素濃度分布 (2009, 2012, 2015 年)
Distribution of nitrate nitrogen concentration in 2009, 2012, and 2015.

Table 1 にそれぞれの調査年における硝酸態窒素濃度の平均値，ダム軸周辺の地下水位，調査時の前月までの1年間の降水量を示す。ダムの天端標高は31.0mであり，2012年と2018年の調査時には，地下水はダムを越流している状態であった。Table 1 より，直前の降水量が大きい年は硝酸態窒素濃度が低くなる傾向が見られる。一般に地下水中の硝酸態窒素濃度は地表の負荷源の多寡に影響され，宮古島においても化学肥料の使用量と地下水中の硝酸態窒素濃度は密接に関係していると報告されている（田代・高平，2001）。

しかし Table 2 に示すように，窒素負荷源の指標となる化学肥料使用量，家畜頭数，集落排水接続率等の指標は近年殆ど横ばいである（石田ら，2015）。一方，砂川地下ダム流域においては，台風通過後に硝酸態窒素濃度が顕著に低下することが報告されている（Ishida et al., 2006）ことから，Table 1 に示した年による濃度の違いには，降雨による希釈が影響していると考えられる。4回分の平均濃度と各直近の降水量（1, 3, 6, 12, 18, 24ヶ月）との一次近似式を求め，決定係数 R^2 を比較したところ，12ヶ月が0.99と最も大きくなった。これより，現状では砂川地下ダム貯留域における地下水中の硝酸態窒素濃度は，直近1年程度の降水量に影響されながら変動していると考えられる。

謝辞 本研究の一部は沖縄総合事務局宮古伊良部農業水利事業所および宮古土地改良区の各位，千葉大学大学院園芸学専攻科唐常源教授らにご協力頂いた。ここに感謝の意を表す。

引用文献 1) Ishida S. et al. (2006): Fluctuation of $\text{NO}_3\text{-N}$ in Groundwater of the Reservoir of the Sunagawa Subsurface Dam, Miyako Island, Japan, Paddy and Water Environment, 4(2), pp.101-110., 2) 田代・高平 (2001) : 宮古島における窒素負荷発生量と地下水窒素濃度の長期的推移, 水環境学会誌, 24(11), pp.733-738. 3) 石田ら (2015) : 沖縄県宮古島砂川地下ダムにおける地下水中の硝酸態窒素濃度分布と地下水流動に関する一考察, 地下水学会誌, 57(4), pp.515-532.

Table1 硝酸態窒素濃度の平均値・地下水位・年降水量
Nitrate nitrogen concentrations, groundwater levels, and annual rainfalls.

Year	2009	2012	2015	2018
Average $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	6.7	5.6	6.3	5.2
Standard deviation	1.9	1.7	1.3	1.9
Groundwater level (EL.m)	27.6	31.5	22.8	32.0
Annual rainfall (mm)	1,663	2,262	1,848	2,395

Table2 各種指標の1995年と2009年の比較
Comparison in 1995 and 2009 of nitrogen load indices.

Year	1995	2009	Remarks
Cultivation area of sugar cane (ha)	8,382	7,448	Miyakojima City
Nitrogen from chemical fertilizer (t)	304	307	
Number of cattle	13,151	14,214	Miyakojima City
Connected rate to drainage (%)	7.0 ^{*1}	7.2	^{*1} 1997