

嶋田 純

熊本大学大学院自然科学研究科・教授

## 地域水循環を踏まえた地下水持続利用システムの構築

### §1. 研究実施の概要

水循環解明グループでは、特定地域の水循環の一環として、地下水流動機構の解明とそれを踏まえた水量・水質面からの持続的地下水利用システムの構築を行うことを目的として、これまで個別に実施されていた地下水量評価、地下水水質評価軽減の開発研究を地下水管理システムとして統合する。そのため、水理地質構造把握手法としての 3 次元高精度電気探査装置の開発や、地下水流動トレーサーとしてのマルチ年代法(CFCs 法, SF<sub>6</sub> 法, <sup>85</sup>Kr 法など)の開発を行う。

水質浄化グループでは、汚染発生源での負荷低減技術と原位置処理の結合による包括的な地下水水質維持システムの構築を行うことを目的として、原位置での硝酸性窒素負荷の軽減システムの構築、嫌気性アンモニア酸化細菌を活用する経済性に優れた窒素除去リアクタの実用化、繊維状イオン吸着剤の成果を応用した各種重金属イオン、硝酸性窒素・リン酸・フッ化物イオン等の除去カラムの開発により、様々な規模に応用できる安価で簡便な水浄化装置の開発を行う。

水質評価グループでは、遺伝子導入生物センサー等の開発のため、我が国に広く生息する代表的な淡水生物であるイモリやメダカと、全世界で広く発生物学研究的モデル動物として使用されているゼブラフィッシュを用いて、地下水質を継続的にモニタリングするための生物センサーを開発する。

### §2. 研究実施体制

#### (1)「水循環機構・構造の実態解明」グループ

① 研究分担グループ長:嶋田 純 (熊本大学大学院自然科学研究科、教授)

#### ② 研究項目

- ・地下水流動・地下水管理システムの統合と島嶼地域への適応
- ・3次元高精度電気探査装置の開発と可視化技術の実用化
- ・マルチ同位体法の開発と島嶼地域への適応

#### (2)「水質浄化・負荷軽減技術の開発」グループ

① 研究分担グループ長:古川 憲治 (熊本大学大学院自然科学研究科、教授)

② 研究項目

- Anammox 法による窒素処理技術の開発と島嶼地域への適応
- 簡易水質浄化技術の開発と実用化の検討
- 原位置  $\text{NO}_3\text{-N}$  軽減システムの開発と島嶼地域への適応

(3)「淡水生物を利用した水質モニタリング手法の開発」グループ

① 研究分担グループ長:北野 健 (熊本大学大学院自然科学研究科、准教授)

② 研究項目

- 遺伝子導入生物センサー等の開発と実用化の検討

### §3. 研究実施内容

#### 水循環機構・構造の実態解明

##### ・3次元高精度電気探査装置の開発<sup>7-9)</sup>

地表から地下に電気を流し、比抵抗(物質固有の電氣的抵抗値)の分布を測定する電気探査は地下水調査で広く用いられているが、比抵抗分布の空間分解能が低く、水脈の位置の特定までは不可能である。また、一般に探査深度が浅く、深部の地下水の存在までは検知できない。このような問題点を解決し、比抵抗の空間分解能を向上させ、水脈の抽出が高精度に可能になるように、電流の周波数を変化させることを試みた。本年度はこの周波数効果を理論的に解明するとともに、大型水槽を用いた地層モデル実験により、水脈を精度良く抽出できるための周波数帯域、電極の設定法、およびデータの逆解析法(インバージョン)を明らかにすることを目的とした。

##### ・マルチ同位体法の開発<sup>1)</sup>

元素分析計(固体炭素・窒素・硫黄同位体比分析前処理装置、固体酸化物酸素同位体比分析前処理装置)のインストールを開始した。また、<sup>85</sup>Kr法<sup>5,6)</sup>による地下水年齢の推定技術の実用化について検討した。その他、地下水中の<sup>222</sup>Rnを用いた熊本平野の沿岸地下水湧出量の推定にも着手した。

##### ・地下水流動把握と地下水管理システムの構築

熊本地域を対象とした3次元地下水シミュレーションの基本モデルを、既存推理地質資料、帯水層パラメータ、地域水収支情報等を基にして設計を開始した。

#### 水質浄化・負荷軽減技術の開発<sup>4)</sup>

##### ・Anammox法による窒素処理技術の開発と島嶼地域への適応

畜産廃液、生ごみ、下水汚泥等のバイオマス資源の有効活用が地球温暖化防止の観点から注目されている。これらバイオマスからメタンガスを回収するとともに、発生する脱離液を液肥として農地に還元するバイオマスプラントが熊本県山鹿市で稼動中である。この脱離液は現在、液肥として農地に散布されている。この液肥には $\text{NH}_4\text{-N}$ が高濃度(1,400-1,600 $\text{mg/L}$ )に含有され、液肥の農地還元した際、使用方法を誤ると、地下水汚染に繋がる懸念されている。この液肥中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を経済的に軽減させる方法として、新規の生物学的窒素除去法として注目されている「部分亜硝酸化-anammox処理法」<sup>2)</sup>を適用した。この処理では、液肥中に高濃度(8,000-10,000 $\text{mg/L}$ )で含有されるSSの除去と、遊離アンモニアによる阻害が懸念される。今年度はSS除去法の確立と、無希釈処理、海洋性Anammox細菌の適用可能性について検討を行った。

##### ・簡易水質浄化技術の開発と実用化を検討

非鉄金属製錬の排水や煙灰処理の排水には極めて高濃度のヒ素が含まれており、発展途上国では、これが地下水に対する汚染負荷源となっている。本年度は、ヒ酸鉄生成による排水からのヒ素の除去について検討し、鉄添加量、溶液のpH、処理時間、種結晶添加量がヒ素除去率に及ぼ

す影響を明らかにした。イオン交換カラム法では破過点まで硝酸イオンカラム流出液中の硝酸イオン濃度をほぼ濃度0とすることができる。本年度は硝酸イオンを選択的に吸着可能なポリオレフィン繊維<sup>3)</sup>を基体とする陰イオン交換繊維を開発した。

#### ・原位置 NO<sub>3</sub>-N 軽減システムの開発と島嶼地域への適用

原位置での NO<sub>3</sub>-N 軽減システムの開発にあたっては、地下水汚染域や流出域における脱窒機構の解明が不可欠となる。ここでは、脱窒反応において重要な役割を担う脱窒菌の実態、挙動を詳細に検討するため、脱窒菌による微生物反応を高感度で検出する技術を確立する。微生物の高感度検出法としては PCR 法が最適と考えられるが、PCR で標的とする遺伝子の選択およびその遺伝子を増幅するためのプライマーの設計が重要である。脱窒菌による脱窒反応のカギとなる酵素として亜硝酸還元酵素が知られているので、標的とする遺伝子としては亜硝酸還元酵素をコードする nir 遺伝子が想定されるが、nir 遺伝子には nirK と nirS の2タイプがある。そこで本年度は、プライマーの適正化と検出感度について検討を行った。

#### 淡水生物を利用した水質モニタリング手法の開発

##### ・遺伝子導入生物センサー等の開発

本年度は、我が国に広く生息する代表的な淡水生物であるイモリとメダカに加えて、全世界で広く発生生物学研究のモデル動物として使用されているゼブラフィッシュを用いて、地下水質を継続的にモニタリングするための生物センサーを開発することを目的とした。メダカにおいては、すでに確立している遺伝子導入技術を用いて、水質悪化に应答するヒートショックプロテインプロモーターとレポーター遺伝子を連結したバクテリウムをメダカ受精卵へと導入し、水質悪化により緑色蛍光または赤色蛍光を発する遺伝子導入メダカシステムを作製した。

## §4. 成果発表等

### (4-1) 原著論文発表

#### 論文詳細情報

1. Hosono, T., Wang, C-H., Umezawa, Y., Nakano, T., Onodera, S., Nagata, T., Yoshimizu, C., Tayasu, I. and Taniguchi, M., "Multiple isotope (H, O, N, S and Sr) approach elucidates complex pollution causes in the shallow groundwater of the Taipei urban area", *Journal of Hydrology*, vol. 379, pp. 23-36, 2011.
2. Taichi Yamamoto, Shingo Wakamatsu, Qiao Sen, Daisuke Hira, Takao Fujii and Kenji Furukawa: Partial nitritation and anammox of a livestock manure digester liquor and analysis of its microbial community, *Bioresource Technology*, Vol. 102, No.3, pp.2342-2347, 2011.
3. Md. Rabiul Awual, Akinori Jyo, Sherif A. El-Safty, Masao Tamada and Noriaki

- Seko, "A weak-base fibrous anion exchanger effective for rapid phosphate removal from water", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 188, No.1-3, pp.164-171, 2011.
4. N. Momoshima, F. Inoue, S. Sugihara, J. Shimada and M. Taniguchi: An improved method for  $^{85}\text{Kr}$  analysis by Liquid scintillation counting and its application to atmospheric  $^{85}\text{Kr}$  determination. *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 101, pp. 615-621, 2011.
5. N. Momoshima, F. Inoue, T. Ohta, Y. Mahara, J. Shimada, R. Ikawa, M. Kagabu, M. Ono, K. Yamaguchi, S. Sugihara and M. Taniguchi: Application of  $^{85}\text{Kr}$  dating to groundwater in volcanic aquifer of Kumamoto Area, Japan. *Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry*, DOI:10.1007/s10967-010-0821-0, 2010.
6. Katsuaki Koike, "Spatial Modeling Techniques for Characterizing Geomaterials: Deterministic vs. Stochastic Modeling for Single-Variable and Multivariate Analyses, *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, vol. 36, no. 2, pp. 1-18, 2011. (doi:10.3799/dqkx.2011.000).
7. Toshiharu Misonou, Yuta Matsukuma, Hisafumi Asaue, Tohru Yoshinaga, Katsuaki Koike and Jun Shimada, "Imaging of Hydrogeologic Structure over Land and Coastal Areas Using Electric Survey and Audio Frequency Magnetotelluric (AMT) Surveys", *Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2010*, pp. 73-76, 2010.

#### (4-2) 知財出願

- ① 平成22年度特許出願件数(国内 0件、海外 0件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 0件、海外 0件)