

電気透析法による熊本市地下水からの硝酸性窒素除去に関する基礎研究

熊本大学工学部	学生会員	小平	誠
熊本大学大学院	非会員	高橋	幸弘
熊本大学	非会員	富家	和男
熊本大学工学部	正会員	川越	保徳
熊本大学工学部	非会員	松本	泰道

1. 研究背景

熊本市は人口約 67 万人を有し、すべての飲料水を地下水でまかなっている。世界では極めて珍しい都市である¹⁾。しかも、熊本市の地下水は、昭和 59 年に厚生省が選んだ「日本のおいしい水」の第 3 位に入るほどの良質な水質を誇る。しかし近年、地下水中の硝酸性窒素濃度は上昇傾向を示している。このままでは、将来、飲料水質基準を超える可能性は否定できない。そこで、我々は、物理化学的浄水処理の一つである、電気透析法に、実地下水中の硝酸性窒素除去を検討している。本方法は維持管理が容易であり、短時間で大量の水を安定に処理することができる。

本研究では、初めに室内実験用の電気透析を用いて、実地下水を回分処理し、運転条件設定のための予備実験を行なった。次に、実際の水源地（以後、水源地 A と呼ぶ）にベンチスケールの電気透析装置を設置し、硝酸態窒素の連続処理を行い、電圧と硝酸性窒素除去能、また、電気伝導度 (EC) やその他イオン成分の関係を明らかにした。

2. 実験装置および方法

2.1 室内実験方法

水源地 A から採水した後、室内実験用の電気透析装置 (メディマート 220: ユアサイオニクス社) (図 1) を使用し、回分式で電気透析を行なった。本実験では、流量を 0.5ℓ/分、定電流 0.10A で運転した。サンプリングは、5 分おきに行なった。測定項目は、電圧、電気伝導度 (EC)、陽イオン (Na^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Ca^{2+}) 濃度、陰イオン (NO_3^- 、 NO_2^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 F^- 、 PO_4^{2-} 、 SO_4^{2-}) 濃度とした。

2.2 現地実験方法

水源地 A に、極性転換方式電気透析装置 (ユアサイオニクス社) (図 2) を設置した。流量、回収率などの条件、及び処理水の EC を設定し、定常状態を確認した後に、2~3 週間おきに電圧を 5V ずつ変化させた。測定項目は電流、EC など、室内実験と同じである。

2.3 分析方法

陽イオンの測定には、ICP 発光分光分析装置 (SPS7800: Seiko Instruments Inc) を使用し、陰イオンの測定は、イオンクロマトグラフ (761 Compact IC: Ω Metrohm 社) を用いた。EC は HI991300 (ハンナ・インスツルメンタルジャパン株式会社) を用いて測定した。



図 1 メディマート 220 図 2 極性転換方式電気透析装置

3. 結果と考察

3.1 室内実験による回分式電気透析結果

実験を行なうにあたって、生成水中の硝酸性窒素濃度の目標値を環境基準の 10 分の 1 である 1mg/ℓ 以下を目標値とした。実験に使用した水源地 A の原水中の硝酸性窒素は 4.4mg/ℓ であった。

図 3 に回分式電気透析実験における EC と硝酸性窒素濃度の経時変化を示す。図 3 から明らかな様に、生成水中の硝酸性窒素濃度を 1mg/ℓ まで処理するには、EC が 150 $\mu\text{S}/\text{m}$ 程度になるように運転条件を設定すればよいことが分かった。(図 3)

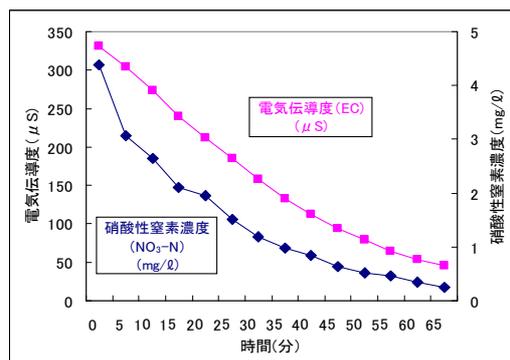


図 3 室内実験結果 (硝酸性窒素変化と電気伝導度変化)

3.2 現地実験による連続式電気透析結果

室内実験の結果及び、原水中のイオン濃度などのパラメータを、電気透析装置条件設定用プログラム (Watsys2.2 ユアサイオニクス社) に入力し、運転条件を決定して現地実験を実施した。図4に現地実験における硝酸性窒素濃度の経時変化を示す。プログラムで示される電気透析運転条件の中でも特に重要となる電圧値とEC設定値については、プログラムから10V、150 μ S/mと算定されたため同条件で運転を開始した。しかし、図4から明らかなように、生成水中には2.0mg/lを超える硝酸性窒素が残存した。そこで、電圧を段階的に上げていき、窒素除去能を調べた。その結果、15Vでは約1mg/l、20Vでは1.0mg/l未満の硝酸性窒素を含む生成水が得られることが分かった。図5～7には、他のイオンの経時変化を示す。これらの図から明らかなように、電気透析においては、陽イオン、すなわちミネラル分も同時に除去されてしまうことが分かった。今後は、電気透析装置の運転条件と電力消費量やコストの関係を明らかにするとともに、地下水の魅力でもあるミネラル分の消失と硝酸性窒素除去とのバランスを考慮しながら、地下水硝酸性窒素除去への電気透析技術の適用方法について検討する予定である。

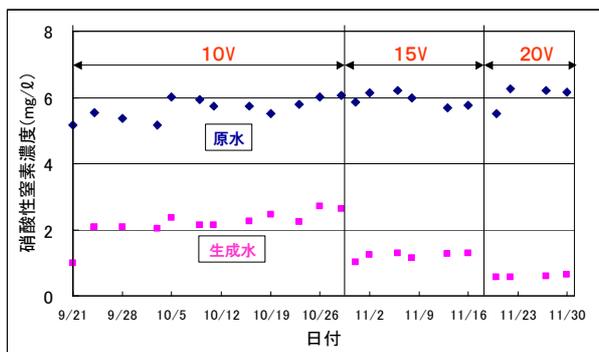


図4 現地実験の結果 (硝酸性窒素濃度の経時変化)

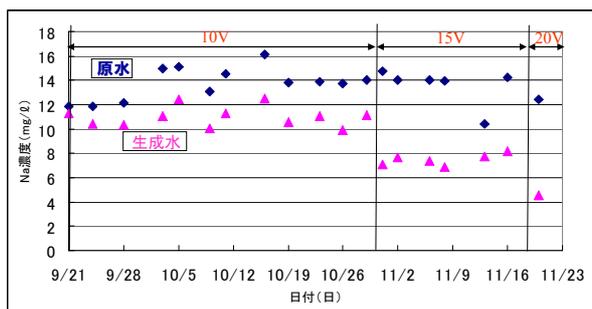


図5 現地実験の結果 (Na⁺の経時変化)

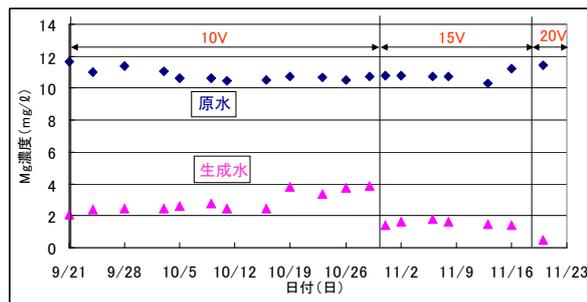


図6 現地実験結果 (Mg²⁺の経時変化)

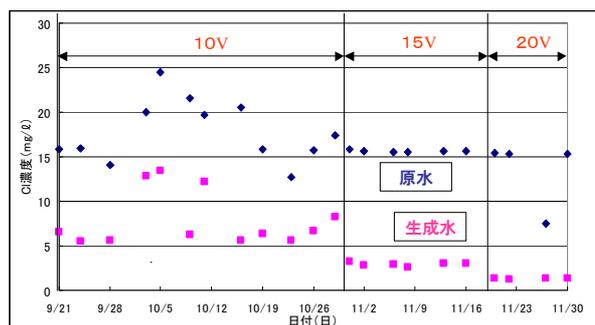


図7 現地実験の結果(Cl⁻濃度の経時変化)

4. まとめ

本研究では、熊本市の地下水を用いて、電気透析法による硝酸性窒素除去に関する研究を行い、以下の結果を得た。

1. 室内実験から、生成水のECが150 μ S/mのときに、硝酸性窒素濃度が1mg/lになることがわかった。
2. 現地実験では、電圧を上げていくと硝酸性窒素除去能は上昇し、20Vのとき1mg/l以下になった。
3. カルシウムや、カリウムなどの陽イオン(ミネラル)成分まで除去されてしまうことが分かった。

5. 謝辞

本研究の遂行にあたり、地下水の供給や水質分析等について多大なご協力を賜りました熊本市水道局の皆様へ感謝申し上げます。また、現地実験で使用した電気透析装置の貸与についてご高配を賜りましたユアサイオニクス株式会社のご関係者に感謝いたします。

参考文献

- 1) 熊本市水道局

(<http://www.kumamoto-waterworks.jp/suidou/index.html>)