

VII-26

電極を用いた原位置脱窒法に関する研究－電極配置の影響と自然エネルギーの利用－

群馬大学大学院 学生員 日下 潤 群馬大学工学部 正員 榎原 豊

1.はじめに

電極を用いた原位置脱窒法は、硝酸汚染サイトに直接電極を埋設し、通電により脱窒反応に必要な水素を供給することによって、地下水や河川水等を浄化する方法である。本研究は、電極の配置が脱窒性能に与える影響について実験室規模の砂質帯水層を用いて検討し、また浄化に必要な電力の供給源を自然エネルギー（風力エネルギーと太陽光エネルギー）に求める場合の可能性について検討した。

2.実験方法

実験装置は図1に示すように、陰極として棒状の炭素、ステンレス、陽極として棒状の炭素、網目状のチタンを直接帯水層内に埋設した4つの実験系からなり、その詳細を表1に示した。RunAは電極を地下水流に対して直交に、RunB～RunDは流れ方向に設置した。供試地下水は、硝酸性窒素濃度を約20mg-N/L、緩衝剤としての炭酸水素ナトリウムを1mM～10mMに調製したものを、2L/dで連続供給した。なお、リン等の栄養塩類は添加しなかった。また、RunCとDはほぼ同一条件で操作した。電流は0～14mAの範囲でステップ状に変化させ、流下方向に設置したサンプリング孔より帯水層内の硝酸性窒素濃度、pH、ORPを測定した。ここで、実験装置へ供給される硝酸イオンの全量を除去するために必要な電流値は、本実験条件では14mAである。

3.実験結果および考察

図2に実験結果の一例を示す。硝酸性窒素濃度は陰極付近で一旦減少し、陽極付近で上昇する傾向が見られた。流出端の濃度はRunAで減少したものの、RunB～Dでは流入濃度とほぼ同じ程度であった。

図中の▼は、先に行ったI=8mAの実験結果<sup>1)</sup>で、電流値は量論値の100%、電極は流れ方向に対して直交に配置した場合の結果である。本実験のRunB～DのpHは、先の結果に比べて陰極下流部で高くなり、陽極付近で低くなった。以上より、電極を流れ方向に配置すると、電場の影響によって分極が形成されてpHが大きく変化し、その結果、脱窒反応が阻害されることが分かる。従って、電極は流れ方向に直交に配置するか、あるいは帯水層内が電場の影響を受けないように配置することが重要であると考えられる。

表1 電極形状、材質

| Run No. | 陰極         | 陽極       |
|---------|------------|----------|
| A       | 炭素(棒状)     | 炭素(棒状)   |
| B       | ステンレス(棒状)  | チタン(網目状) |
| C       | ステンレス(網目状) | チタン(網目状) |
| D       | ステンレス(網目状) | チタン(網目状) |

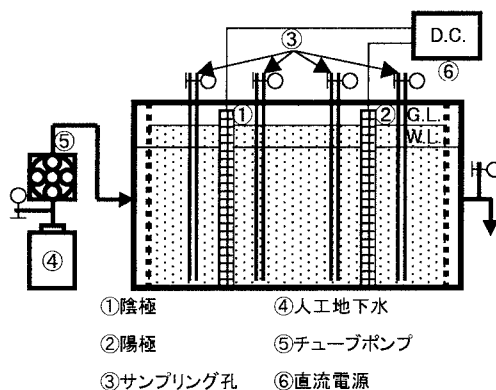


図1 実験装置略図

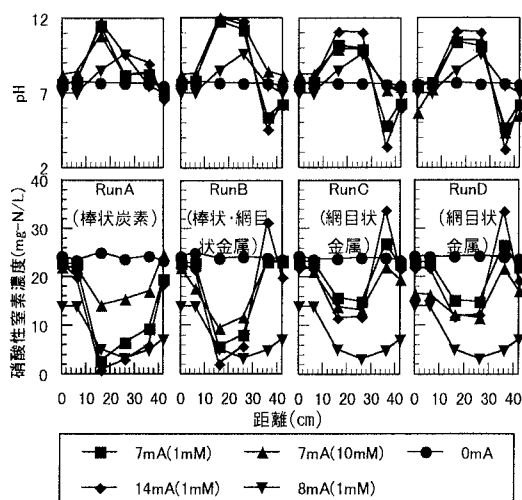


図2 帯水層内の硝酸濃度、pH分布

キーワード：地下水汚染、脱窒処理、原位置処理、水素、自然エネルギー

連絡先 住所：〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 電話：0277(30)1631 FAX：0277(30)1601

#### 4. 自然エネルギーの利用

電極を地下水の流れに直交に配置した場合の脱窒量と消費電力との関係は、次式で表わすことができる。

$$W \eta_{in-situ} = 5(\Delta E)FC_{NO_3^-}Av\varepsilon \quad (1)$$

ここで  $W$  は消費電力、 $\eta_{in-situ}$  は脱窒効率、 $\Delta E$  は電極間電圧、 $C_{NO_3^-}$  は硝酸イオン除去量、 $A$  は電極設置面積、 $v$  は地下水流速、 $\varepsilon$  は帯水層間隙率である。

図3は1996年の前橋、稚内、石垣島の気象データ<sup>2)</sup>を用い、風車及び太陽光パネルによって得られる発電量を計算した結果である。ここで風力発電量は、発電用風車のシェアが高いデンマーク製風車（定格出力150kW、300kW、600kW）の出力曲線<sup>3)</sup>に基づいて算出した。太陽光発電量については、エネルギー変換効率を0.172、太陽光パネル面積を風車受風面積に等しくとり、全天日射量より算出した。自然エネルギーより得られる電力は地方によって異なるが、例えば稚内、石垣島では300kW風車により400MWh/yearのエネルギーが回収可能と考えられる。

図3及び式(1)より、浄化可能な帯水層面積を計算することができ、その結果を地下水流速をパラメーターとして図4に示した。ここで(1)式のパラメーターはそれぞれ $\Delta E=3V$ 、 $\eta_{in-situ}=0.6$ 、 $\varepsilon=0.45$ とした<sup>1)</sup>。

表2は自然エネルギーに100%依存する資源循環型集落について検討した結果である。集落規模を100軒、また300kW風車により400MWh/yearの発電が可能であると仮定すると、集落全体の全消費電力は風車1台で賄うことができ、さらに回収電力の1割程度を原位浄化に用いることにより、集落の生活用水を全て確保できることが分かる。

#### 5. まとめ

帯水層内の硝酸性窒素濃度分布は電極配置、形状

によって影響を受けることが分かった。特に金属電極を地下水の流れ方向に配置した場合では、分極の形成によって帯水層内のpHがアルカリ性に大きくシフトし、その結果脱窒反応が阻害される場合がある。また、自然エネルギーから得た電力を地下水の浄化に利用する本原位置浄化システムは、地域によっては極めて有効であると考えられた。

#### 【謝辞】

本研究の一部は、文部省科学研究費(基礎研究(C)(2)08650639)及び平成9年度河川整備基金の補助を受けて行った。記して謝意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) 榊原ら、環境工学研究論文集、第32巻、p411(1995)
- 2) 日本気象協会: MICOS Web Mr., URL=<http://herb.jwa.go.jp/>, (1997)
- 3) Danish Wind Turbine Manufacturers Association: Guided Tour on Wind Energy, URL=<http://www.windpower.dk/tour/index.htm>, (1997)

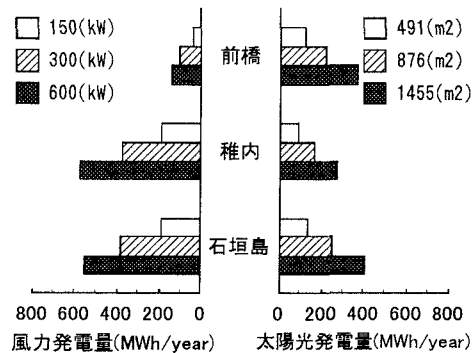


図3 地域別自然エネルギー発電量(1996年)<sup>2)-3)</sup>

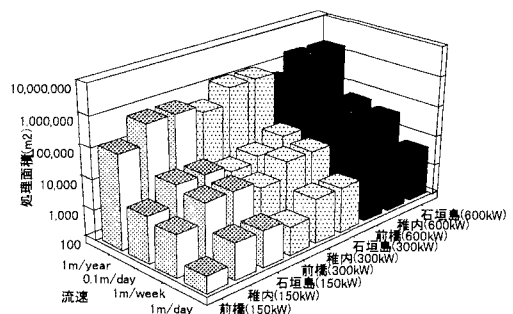


図4 風力エネルギーを利用したときの地域別地下水処理条件

表2 100世帯の集落に対する自然エネルギーの供給

| 対象集落世帯数      | 100世帯           |
|--------------|-----------------|
| 1世帯当たり電力使用量  | 280kWh/month    |
| 集落電力使用量      | 300MWh/year     |
| 自然エネルギー回収電力量 | 400MWh/year     |
| 水質浄化に伴う消費電力量 | 30MWh/year      |
| その他の公共利用電力量  | 30MWh/year      |
| 地下水流速        | 1m/year~1m/week |
| 電極埋設深さ       | 20m             |
| 窒素除去範囲       | 38m~2km         |
| 1人1日平均水使用量   | 0.3m³/人・日       |
| 集落水使用量       | 100m³/day       |