

揺動床によるアンモニア性窒素に汚染された地下水の硝化処理

熊本大学工学部	学生会員	楠本良一
熊本大学大学院	学生会員	Doan Thu Ha
エヌ・イー・ティー (株)	非会員	小山登一郎
熊本大学工学部	正会員	古川憲治

1. はじめに

現在、ハノイ市の上水道の主要な供給源である地下水は、場所によっては 30mg/L に達するアンモニア性窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) によって汚染されている。しかしながら、多くの浄水場、特に高濃度の $\text{NH}_4\text{-N}$ と鉄を含む地下水源の浄水場の $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率はとても低い。ハノイ市の上水道中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は、ベトナムや WHO が設定している飲料水水質基準の 1.5mg/L を越えている。生物学的窒素除去において、硝化作用は自栄養細菌による連続した 2 段階の生物プロセスで仲介される。すなわち、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は亜硝酸菌によって亜硝酸イオン (NO_2^-) に酸化され、硝酸菌により硝酸イオン (NO_3^-) に酸化される。亜硝酸菌、硝酸菌共に好気性の独立栄養細菌であり、生育速度が遅いのが特徴である。よって、好気性プロセスにおいて硝化菌をいかにして安定してリアクタ内に保持するかが重要となる。この研究では、アクリル繊維製の生物担体 (バイオフィリンジ) を用いた揺動床処理システムによる $\text{NH}_4\text{-N}$ で汚染された地下水からの $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去能力の評価を行った。この処理システムでは、生育の遅い硝化菌をリアクタ内に安定して保持できる上、鉄による目詰まり等も抑制できる。これらの利点により、高濃度の鉄を含む地下水からの $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去を行うことができる。この研究の目的は、鉄を含む地下水を処理対象とした揺動床処理システムの最大硝化能力を評価することである。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 バイオフィリンジ (充填材)

実験に使用した揺動床バイオフィリンジは径糸が高強力のパリエステルフィラメントで、フィリンジ糸は親水性のアクリル繊維からできており、循環水流により上下に揺動する。(図-1) フィリンジ糸については、特殊加工により高い空隙率と表面積が付与されており、汚泥の付着性が高い。揺動効果により、バイオフィリンジ上に付着した汚泥が連続的に剥離し、汚泥の一斉剥離、目詰まり等の問題を抑制することができる。また、バイオフィリンジと循環水流との接触頻度が高いため、短時間での排水処理が可能である。

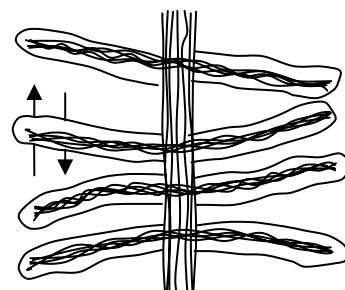


図-1 バイオフィリンジの揺動状況

2.2 実験装置、実験方法

充填材、実験装置の概要を図-2 に示す。リアクタはバイオフィリンジを充填した下降ゾーンと上昇ゾーンから構成される。リアクタ容積は 7.7 L で、流出口は高さ 630mm の部分にあり、バイオフィリンジ部分は長さ 530mm である。流入の人工地下水は、ハノイ地下水の水質に似せて水道水と NH_4Cl 、 NaNO_3 、 $\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MgCl}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 NaHCO_3 を $30\text{mgNH}_4\text{-N/L}$ 、アルカリ度 $200\sim 230\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ になるように調合した。人工地下水はポンプによって連続供給し、曝気量は 2.0L/min とした。種汚泥として研究室で肉エキスとペプトンを主な基質とする合成下水を用いて全酸化状態で fill and draw 法にて馴養している活性汚泥を使用した。

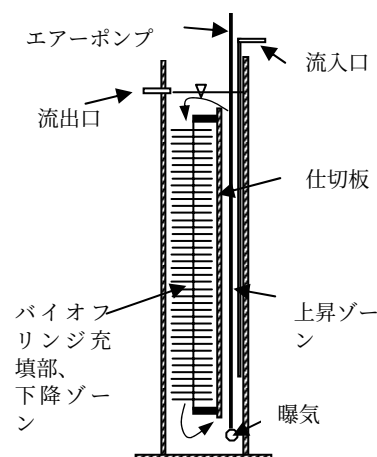


図-2 実験装置

3. 実験結果及び考察

図-3 に各態窒素濃度の経時変化、図-4 に $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率と硝化率の経時変化を示す。研究の最初の段階で、流入水中の鉄濃度を 2mg/L とし、46 日目から 5mg/L とした。54 日目から HRT を 3 時間に維持して、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率 95~100% を達成した。流入 Fe 濃度 5mg/L での $\text{NH}_4\text{-N}$ 容積負荷量 (VLR) が $0.24\text{ kg NH}_4\text{-N/m}^3\cdot\text{day}$ までは揺動床による硝化処理システムに影響がないことがわかった。36 日目までは流出水中の Fe^{2+} 濃度、SS、VSS はそれぞれ $0.03\sim0.05\text{ mg/L}$ 、 $3\sim6\text{mg/L}$ 、 $0.6\sim1.2\text{mg/L}$ だった。36~73 日目では、SS、VSS がそれぞれ $6\sim10\text{mg/L}$ 、 $1\sim2\text{mg/L}$ であった。種汚泥の VSS は 80% であり、この期間後バイオフィリンジからの剥離汚泥の VSS は 70% であった。この結果により、第一鉄 (Fe^{2+}) は第二鉄 (Fe^{3+}) に酸化され、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ として流出し沈降することがわかった。73 日目から HRT を 2 時間に短くしたところ、VLR は $0.36\text{ kg/m}^3\cdot\text{day}$ となったが、硝化率は 70.4% に減少し、流出水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ と NO_3^- 亜硝酸が増加した。この期間、流出水の SS は $3\sim5\text{mg/L}$ と低くなった。この硝化率の低下は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量に対し硝化菌の量が不足したことが原因であると考えられる。図-5 に pH とアルカリ度の経時変化を示す。アルカリの消費量は $200\sim220\text{ mg/L CaCO}_3$ であり、 1mg の $\text{NH}_4\text{-N}$ を NO_3^- に硝化するのに 7.1mg 、 1mg の Fe^{2+} を酸化するのに $1\sim2\text{mg}$ 消費したことになる。pH は平均して 7.2 であった。この結果より、ハノイ市の地下水硝化処理においては、無機物質や緩衝液を加える必要はないとわかった。

4. まとめ

今回の研究により、揺動床処理システムは高濃度の $\text{NH}_4\text{-N}$ と Fe^{2+} を含むハノイ市の地下水からの $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去に効果的であることがわかった。今後、本処理システムの最大硝化能力と、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去における汚泥付着・保持の最適環境条件を明らかにする計画である。

【参考文献】

Nguyen Hai Duong: High-rate Nitrification of Groundwater Contaminated with Ammonium Using a Novel Acryl-Resin Fiber for Biomass Attachment (熊本大学大学院修士論文、2004)

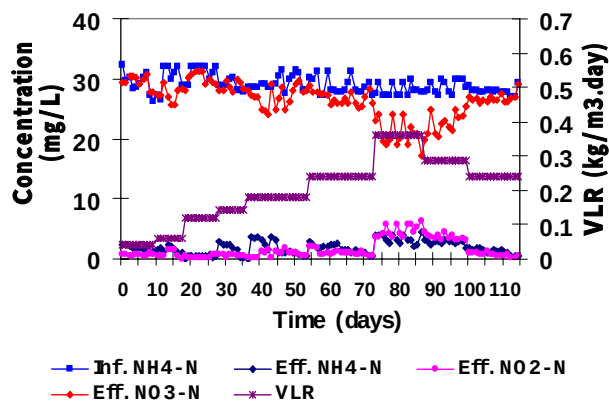


図-3 各態窒素濃度の経時変化

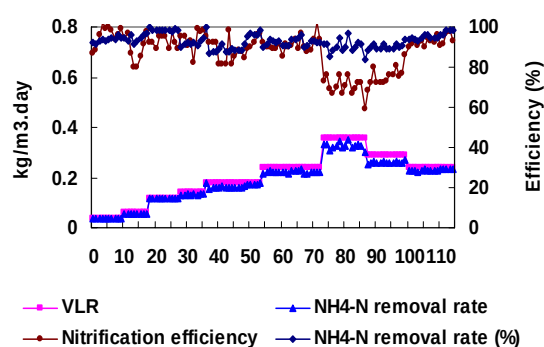


図-4 アンモニア除去率と硝化率の経時変化

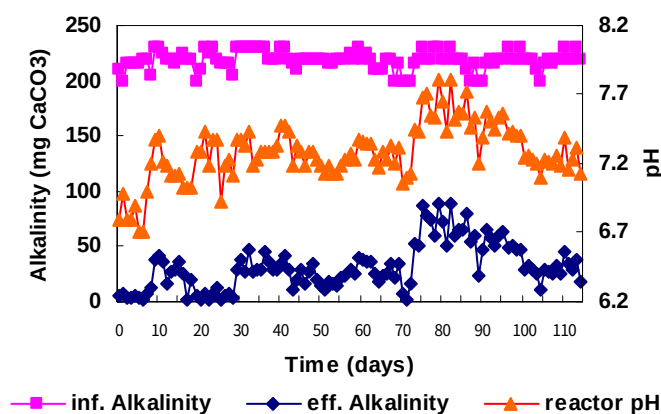


図-5 pH とアルカリ度の経時変化