

# キャピラリーバリアを利用した水平透過性浄化壁による硝酸性窒素浄化方法

大成建設 正会員 ○増岡 健太郎, 正会員 高畑 陽, 正会員 伊藤 雅子

## 1. はじめに

硝酸性窒素による地下水汚染を防止する浄化技術の一つに、生物学的脱窒を利用した水平透過性浄化壁（以降、浄化壁と略す）がある<sup>1)</sup>。本工法は、不飽和地盤中を鉛直下方に移動する土壌浸透水に存在する高濃度の硝酸性窒素を、浄化壁内で浄化する技術であり、生物学的脱窒の促進には土壌浸透水が浄化壁内で一定時間滞留することが重要と報告されている<sup>1)</sup>。筆者らは、浄化壁での滞留時間を確保するために、施工時の含水調整によって浄化壁の密度を高め、浄化壁の透水性を適切に制御する方法が有効であることを示している<sup>2)</sup>。しかしながら、浄化壁の材料には現地の土を利用するのが望ましく、地盤に礫分が多く含まれる場合には、礫分と砂分を分離して砂分のみを浄化壁に用いるため、礫分は浄化壁の材料に不要となる。そこで、筆者らは不要な礫分を有効利用するために、キャピラリーバリアを有する水平透過性浄化壁を考案した。キャピラリーバリアとは、上側が砂層、下側が礫層である二層構造において、土の相対的な毛管力の違いによって層境界上側の砂層に土壌浸透水が集積する現象を言う。また、一定量以上の土壌浸透水が上層に集積した場合には破過が生じ、土壌浸透水が下層に移動するため湛水の可能性は低い。本方法では、砂分を用いて作成した浄化層の下部に礫層を設置することで、浄化層中の土壌浸透水の滞留時間を長くすることが期待できる。本報では、キャピラリーバリアを利用した水平透過性浄化壁による浄化効果について室内カラム試験により検証した。

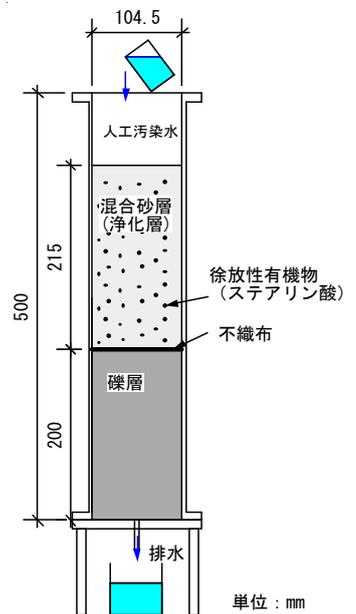


図-1 試験装置概要

## 2. 試験方法

試験装置の概要を図-1に示す。図のように、試験カラムには内径10.5cm、長さ50.0cmの円筒形の塩ビ製カラムを使用した。カラムには、浄化層の直下に礫層を設置したキャピラリーバリア構造を模擬して、カラム下端から20.0cmに礫、その上側約21.5cmに混合砂を充填した。混合砂には、豊浦標準砂：黒ボク土：ステアリン酸（ビーズステアリン酸 さくら<sup>TM</sup>、日油(株)製）=85：13：2の乾燥重量比で混合したものを使用した。また、礫層と混合砂層の間には、混合砂の流出を防止するために不織布（t=0.2mm）を敷設した。表-1に混合砂層と礫層の物性値を示す。試験水には、水道水に硝酸ナトリウムを溶解した人工汚染水を用い、表-2の試験ケースに応じた量を所定の間隔で試験カラムの上側に散水した。そして、カラム下端から出る排水を容器で受け、基本的にケース毎に排水量、pH、EC、水質を測定した。散水間隔は、試験開始から27日目までは基本的に2日に1回、試験開始28日目以降は毎日とした。表-3に人工汚染水の水質と豊浦標準砂および黒ボク土の溶出試験（JGS 0241-2009）の結果一覧を示す。

表-1 混合砂層と礫層の物性値

測定項目	混合砂層	礫層
乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.38	1.50
間隙率(-)	0.46	未測定
透水係数(cm/s)	1.2×10 <sup>-3</sup>	未測定

表-2 試験ケース

試験ケース	1	2	3
1回の散水量 (mL)	100	200	400

表-3 人工汚染水および溶出試験の分析結果

測定項目	人工汚染水	豊浦標準砂	黒ボク土
Na <sup>+</sup>	18.6	0.44	2.45
K <sup>+</sup>	1.1	0.32	2.05
Ca <sup>2+</sup>	17.5	0.58	8.86
Mg <sup>+</sup>	5.3	0.07	1.66
Cl <sup>-</sup>	9.3	0.25	1.22
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	19.4	0.23	1.00
TOC	1.1	2.6	18.2
IC	9.00	0.32	1.03
NO <sub>3</sub> -N	8.1	0.09	13.5
NO <sub>2</sub> -N	非検出	0.00	0.41
NH <sub>4</sub> -N	0.06	0.03	3.8

単位：mg/L

キーワード キャピラリーバリア, 硝酸性窒素, 地下水汚染, 水平透過性浄化壁, 生物学的脱窒

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株)技術センター TEL045-814-7237

### 3. 試験結果

図-2には、土壌の初期含水比および流入流出から計算したカラム全体の保水量の経日変化を示す。各ケースとも、試験開始初期は散水量と排水量は一致せず、散水した水の一部が混合砂層へ保水された。散水開始から10日頃より、いずれのケースも散水量と排水量はほぼ等しくなり、各ケースとも混合砂層の空隙体積約850cm<sup>3</sup>に対して、土壌浸透水を約800mL以上保持する結果となった。混合砂層で保持される水量が一定値となった後は、散水開始から数時間で散水量とほぼ等しい量の排水が確認された。図-3には試験終了時における飽和度分布を示す。図より、礫層の飽和度が数%であるのに対して、有機物を混合した混合砂層の飽和度は80%前後であり、キャピラリーバリアによる保水効果が確認できる。

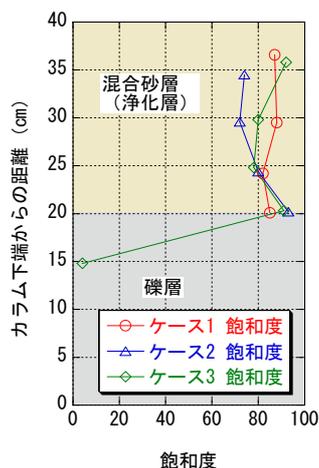
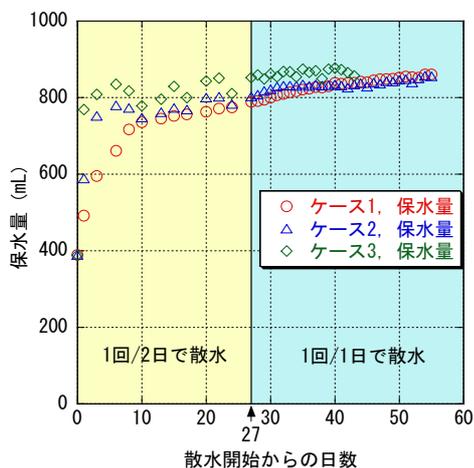


図-2 カラム全体の保水量の経日変化 図-3 試験後の飽和度分布

図-4には試験終了時における飽和度分布を示す。図より、礫層の飽和度が数%であるのに対して、有機物を混合した混合砂層の飽和度は80%前後であり、キャピラリーバリアによる保水効果が確認できる。

図-4に、排水中のECの変化を示す。図の横軸項目であるPVはポアボリュームの略で、積算排水量を混合砂層の空隙体積で除した値である。図より、ECは通水初期には高い値となったが4PV程で250μS/cm前後の一定値となり土壌からのイオン成分の溶出が収束したと考えられる。また、pHは試験期間を通して概ね7.0~8.0の中性域で推移した。図-5に排水中の硝酸性窒素(NO<sub>3</sub>-N)濃度、図-6に全無機炭素(IC)濃度の経日変化を示す。図より、散水開始から27日目以降を超えた時点のNO<sub>3</sub>-N濃度を比較すると、ケース3(散水強度が400mL/日)ではNO<sub>3</sub>-N濃度が約1.0mg/Lだったのに対して、ケース1およびケース2では、NO<sub>3</sub>-N濃度が約0.01mg/Lとほぼ脱窒される結果となった。

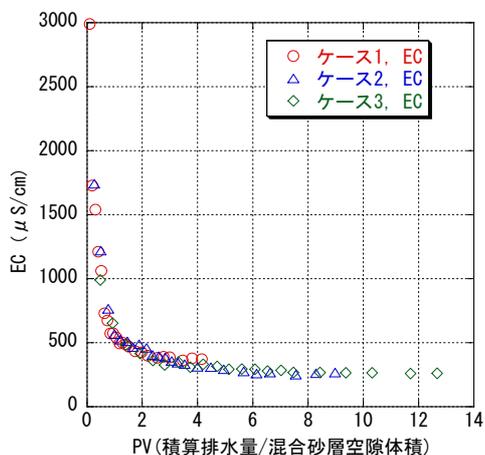


図-4 排水中のECの変化

また、散水量が小さいほどICは高い値を示しており、浄化層内での土壌浸透水の滞留時間が長くなり、生物学的脱窒が促進されたものと考えられた。

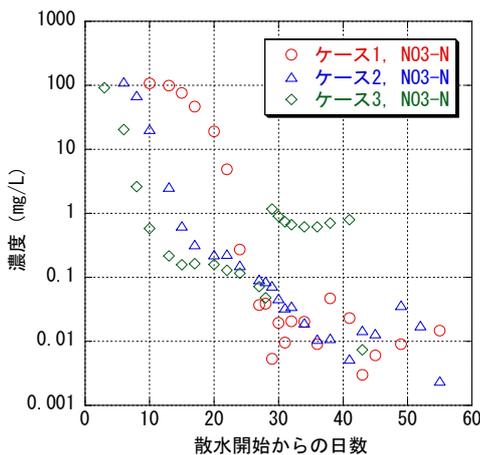


図-5 排水中NO<sub>3</sub>-N濃度の経日変化

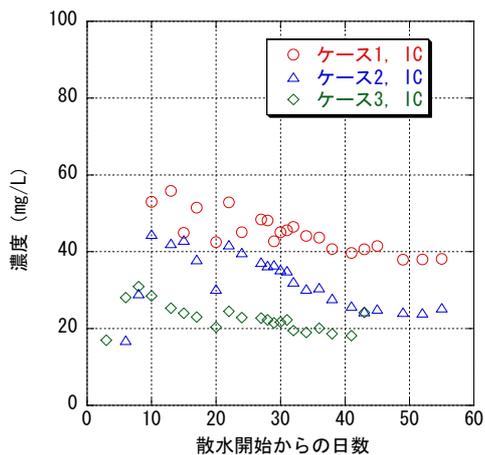


図-6 排水中IC濃度の経日変化

### 4. まとめ

キャピラリーバリアを水平透過性浄化壁に利用することにより、浄化層の透水性が高い場合でも土壌浸透水

が保持され硝酸性窒素の脱窒が可能であり、多量の降雨等が継続した場合でも浄化層の上部に湛水が生じないことが示された。本技術は、土壌浸透水の量が多く、地下水位が高い環礁島などの硝酸性窒素汚染防止技術にも応用できると思われる。今後の課題としては、試料による効果の違いの検討などが挙げられる。

### 参考文献

- 1) 須網ら:水素供与体を用いた土壌浸透水の生物学的脱窒処理, 土壌環境技術センター技術ニュース, No. 13, pp. 9-16, 2007
- 2) 高畑ら:徐放性有機物の埋設工法による土壌浸透水の脱窒効果の検証(1), 第43回日本水環境学会年会講演集, pp. 428, 2009