

—水源地域の汚染地下水浄化方法の検討—

環境技術部 ○井上 充、渡邊 久典

硝酸性窒素等で汚染された水源地域の地下水浄化技術を開発するため、既存の技術である電気透析膜法と環境科学センター等で開発した浮上式生物ろ過膜脱窒法を組み合わせた新たな地下水浄化技術の実用化実験を行いました。

その結果、装置全体の窒素除去率は平均 78%とほぼ良好な結果が得られ、浄化に伴って発生した生物汚泥（廃棄汚泥）は窒素除去の栄養源（水素供与体）として全て再利用できることが確認されました。

1 はじめに

近年、地下水の調査等で硝酸性窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)が環境基準値を超過する事例が増加しており、地下水を水源として利用している地域においては水源を閉鎖するところもでてきているなど、その対策が急務となっています。その原因と考えられる工場・事業場排水、家畜排泄物の不適正処理、生活雑排水の地下水浸透、過剰施肥等に対し、新たな負荷を削減するために、法令等による規制指導や管理の徹底が図られていますが、地下水の水質改善には長い期間が必要です。特に地下水を水源としている地域においては、これらの対策に加えて、汚染地下水の直接浄化対策が求められています。こうした地下水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ による汚染の浄化対策として、一般には電気透析膜法などの方法が用いられていますが、こうした方法では、濃縮された排水が発生するため、その処理が大きな課題となっています。そこで、これまでに当センターで開発してきた技術と既存の技術を組み合わせ、濃縮された排水を適正に処理するとともに、廃棄物を発生させない新たな地下水浄化技術を開発・実用化するための研究を行いました。

2 実験

2.1 実験期間

平成 18 年 10 月 2 日～平成 19 年 5 月 30 日(このうち電気透析装置は 40 日間、浮上式生物ろ過膜脱窒装置は 144 日間、それぞれ試運転を実施後、本実験を実施しました。)



写真1 A市の上水取水場

2. 2 実験場所

A市の上水取水場(写真1)

2. 3 地下水浄化装置

本装置の概要は図1に示すとおりです。汚染地下水は電気透析膜装置(ユアサイオニックス㈱製のテスト機)で $\text{NO}_3\text{-N}$ を分離し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低くなった生成水は、地下水涵養のために地下

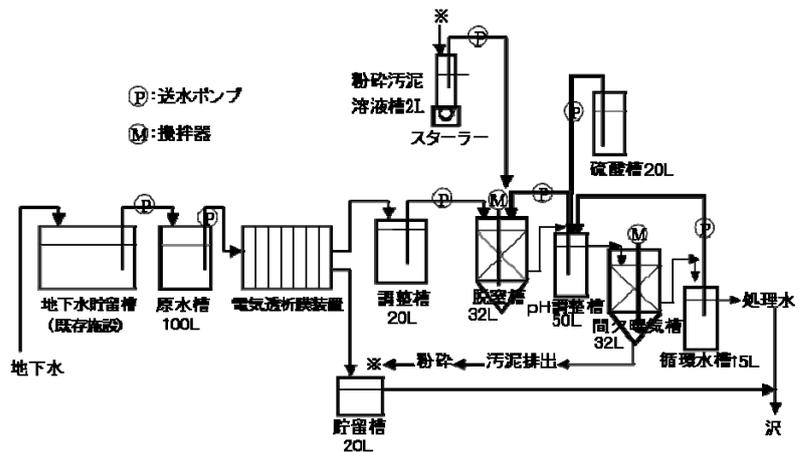


図1 地下水浄化装置

に戻すことを想定していますが、今回は沢等に放流しました。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の高い濃縮水は、浮上式生物ろ過膜脱窒法(試作機)で水素供与体を利用して脱窒菌によって $\text{NO}_3\text{-N}$ を無害の窒素ガス(脱窒処理)にした後、処理水として同じく沢等に放流しました。なお、水素供与体には、当センターと松下エコシステムズ㈱で共同開発した粉末のパルミチルアルコールと浄化に伴って発生する廃棄汚泥を家庭用のミキサーで粉砕した粉砕汚泥溶液を併せて用いました。

2. 4 装置の概要

2. 4. 1 電気透析膜装置

本装置には陽イオン及び陰イオンの電気透析用交換膜(横23cm×縦25cm×厚さ0.1cm)が交互に計100枚重積されており、この重積された電気透析用交換膜の両側から一定の直流電圧を通电し、膜間を通過する汚染地下水から $\text{NO}_3\text{-N}$ 等を分離濃縮します。

2. 4. 2 浮上式生物ろ過膜脱窒装置

本装置は、脱窒槽、pH調整槽、間欠曝気槽及び循環水槽で構成されています。脱窒槽には槽内に脱窒菌の住処となる浮上接触材(不織布のチップが13L)が充填され、添加した水素供与体を利用して脱窒処理を行い、pH調整槽は脱窒処理に伴って上昇するpHを調整します。間欠曝気槽には脱窒槽と同様の浮上接触材が充填され、処理水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度をより低くするために再度脱窒処理等を行い、循環水槽は浄化効率を上げるために、pH調整槽に戻すための受器として設置しました。

2. 4. 3 水質測定

原水(汚染地下水)、生成水、濃縮水及び処理水を1~3回/週の頻度で採水し、水温、pH、T-N(全窒素)、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、COD、BOD、SS、T-P(全りん)等の計13項目の水質分析、水量及び電力量の測定を行いました。

3 結果（表1）

3.1 水量

原水は平均 1,100L/d、生成水は平均 1,030L/d、濃縮水及び処理水は平均 67L/dでした。

表1 本実験における水質分析結果等について

項目		装置		電気透析膜装置		浮上式生物ろ過膜脱窒装置	
		原水	生成水	濃縮水	処理水		
試験期間		約6か月		約2.5か月			
水量 (L/d)		870~1,200 (平均1,100)	790~1,200 (平均1,030)	51~84 (平均67)	51~84 (平均67)		
水温 (°C)		13.5~18.3 (平均15.5)	12.0~21.1 (平均16.2)	9.5~18.3 (平均15.8)	8.9~18.3 (平均15.3)		
電気伝導率 (µS/cm)		240~350 (平均290)	55~110 (平均70)	2,000~3,400 (平均2,700)	1,900~2,700 (平均2,400)		
T-N	濃度 (mg/L)	9.2~12 (平均10)	1.2~3.1 (平均2.2)	99~150 (平均130)	0.9~14 (平均4.0)		
	除去率 (%)	装置全体68~88% (平均78%)					
NH ₄ -N (mg/L)		<0.1~2.1 (平均0.4)	0.1~0.9 (平均0.4)	<0.1~2.3 (平均0.4)	0.1~1.4 (平均0.5)		
NO ₂ -N (mg/L)		<0.1 (平均<0.1)	<0.1 (平均<0.1)	<0.1 (平均<0.1)	<0.1~0.5 (平均0.1)		
NO ₃ -N (mg/L)		8.8~12 (平均11)	1.2~3.4 (平均1.9)	90~140 (平均120)	1.0~9.2 (平均3.3)		
pH		7.4~7.9 (平均7.6)	6.5~7.5 (平均7.0)	8.1~8.6 (平均8.5)	6.9~7.8 (平均7.4)		
COD (mg/L)		<0.1~0.8 (平均0.2)	<0.1~0.6 (平均<0.1)	0.8~2.3 (平均1.7)	4.8~10 (平均6.5)		
BOD (mg/L)		<0.1~1.3 (平均0.5)	<0.1~0.6 (平均<0.1)	<0.1~1.4 (平均0.5)	0.6~9.7 (平均3.8)		
TOC (mg/L)		<0.1~1.5 (平均0.7)	<0.1~1.0 (平均0.4)	4.4~13 (平均8.3)	2.6~9.9 (平均5.3)		
SS (mg/L)		<0.1~1.4 (平均0.4)	<0.1~0.7 (平均0.1)	0.1~3.6 (平均2.1)	1.9~14 (平均5.3)		
T-P (mg/L)		0.16~0.31 (平均0.21)	<0.05~0.05 (平均<0.05)	1.9~2.1 (平均2.0)	0.42~2.0 (平均0.80)		
廃棄汚泥量 (g/d)		0.23 ~ 1.3 (平均0.79)					
原水量当たりの電力量(Wh/L)		8.7 ~ 13 (平均9.9)					

3. 2 水温

原水は平均 15.5℃、生成水は平均 16.2℃、濃縮水は平均 15.8℃及び処理水は平均 15.3℃でした。なお、水温が 10℃以下になる時があるため、屋内設置等の防寒対策の必要性が考えられました。

3. 3 水質及び除去率

(1) 原水

原水の T-N 濃度は平均 10mg/L で、ほぼ 100%近くが NO₃-N でした。T-N 以外の平均水質は pH が 7.6、COD が 0.2mg/L、BOD が 0.5mg/L、SS が 0.4mg/L 及び T-P が 0.21mg/L でした。

(2) 電気透析膜装置

本装置による原水からの T-N 除去率は平均 79%で、生成水の T-N 濃度は平均 2.2mg/L とほぼ良好でした。また、濃縮水の平均水質は T-N が 130mg/L、pH が 8.5、COD が 1.7mg/L、BOD が 0.5mg/L、SS が 2.1 mg/L 及び T-P が 2.0mg/L でした。

(3) 浮上式生物ろ過膜脱窒装置

本装置による濃縮水の T-N 濃度は平均 130mg/L、処理水の T-N 濃度は平均 4.0mg/L で、除去率は平均 96%と良好でした。T-N 以外の処理水の平均水質濃度は pH が 7.4、COD が 6.5mg/L、BOD が 3.8mg/L、SS が 5.3mg/L 及び T-P が 0.80mg/L でした。

(4) 装置全体

電気透析膜装置及び浮上式生物ろ過膜脱窒装置を組み合わせた装置全体の T-N 除去率は 68～88% (平均 78%) でした。

3. 4 廃棄污泥量

廃棄污泥量は 0.23～1.3g/d で、全て粉碎污泥溶液にし、水素供与体として利用しました。廃棄污泥の利用によって、粉末のパルミチルアルコールを約 40%減らすことができました。

3. 5 電力量

電気透析膜装置と浮上式生物ろ過膜脱窒装置を組み合わせた地下水浄化法の処理量当たりの電力量は 8.7～13Wh/L(平均 9.9 Wh/L)でした。

4 まとめ

NO₃-N で汚染された水源地域を対象に開発した地下水浄化装置の実用化実験は、ほぼ良好な窒素除去効果を得ることができました。廃棄污泥の水素供与体への再利用によって粉末のパルミチルアルコールの添加量は約 40%減らすことができました。また、浮上式生物ろ過膜脱窒装置については現場実績が全くないこと等から、安定するまで時間を要しましたが、水素供与体の添加量等の改善によって良好な運転ができるようになりました。

今後は NO₃-N による地下水汚染の課題を抱える地域において普及を進めていきたいと考えています。