

硝酸性窒素による土壌・地下水汚染に関する現場調査

佐賀大学理工学部 学生員 ○高園 洋行
同大学院 学生員 李 海勲
同理工学部 正員 三浦 哲彦

1. 研究目的

世界的に、食糧生産の増大に伴って、化学肥料使用量が増加している。それとともに汚染物質の一つである硝酸性窒素汚染も拡大してきている。佐賀県東松浦郡地域での井戸水水質調査においても、環境基準である 10mg/l を超えている高濃度の硝酸性窒素が検出された。本研究では、実際に硝酸性窒素に汚染された地域における現場調査を通じて汚染状況を把握し、地盤中の汚染物質の輸送シミュレーションや予測に使用する透水性、密度のような水文地質学的パラメータを求めて地盤、地下水汚染防止対策のための資料とすることを目的とする。

2. 調査方法

東松浦郡地域の畑土において 2 箇所ボーリングを行った。B.H1 については約 10m、B.H2 については約 7m の深度である。そこで採取したコアについて粒度試験、液

Table 1 Physical characteristics

No.	Depth (m)	ρ_s (g/cm ³)	Content percentage (%)				Atterberg limit (%)			
			Clay	Silt	Sand	Gravel	w _L	w _p	I _p	I _f
B.H1	1.0	2.76	5.5	29.7	15.9	48.9	42.8	34.4	8.4	0.04
	2.5	2.92	12.4	13.9	24.8	48.9	35.9	29.9	5.9	0.13
	5.0	2.92	9.0	22.4	39.8	28.7	39.1	30.4	8.8	0.30
	10.0	2.92	9.9	20.1	50.3	19.7	40.6	29.3	11.4	0.38
B.H2	7.0	2.69	13.3	25.8	46.9	14.1	45.1	31.1	14.0	0.03

性・塑性限界試験および化学的特性を判定するため pH 測定試験、電気伝導度測定試験を行った。土中水のイオン含有量の測定については試料に蒸留水を加え、パッチコンタクトテスターで十分に混合し、遠心分離機にかけ土粒子に吸着しているイオンを取り除く。その後、イオンクロマトグラフを用いてイオン濃度を測定した。次いで、それぞれ B.H1、B.H2 においてボーリング孔にストレーナーを設け、以下の方法で現場透水試験を行った。B.H1 では揚水式、B.H2 では地下水がないため、注水式で単孔式透水試験²⁾を行った。単孔式透水試験では、その孔内の水位を低下、注水し上昇させ、孔内の水位の変化を経時的に計測して片対数紙上に log s-t について整理し、その直線部の勾配

Table 2 Ion concentration in pore water of the soil

No.	Depth (m)	Na ⁺ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Br ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ²⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
B.H.1	0.15	24.6	0.1	535.3	14.4	54.2	208.9	0.1	53.3	0.1	38.6
	1.5	47.3	0.0	10.2	9.9	30.9	52.7	0.2	37.0	0.1	126.5
	2.5	38.7	0.0	5.4	4.5	9.8	22.4	0.1	30.8	0.0	51.2
	3.5	33.1	7.2	16.2	6.4	8.3	36.1	0.2	63.4	0.1	45.0
	4.5	47.4	0.8	19.1	5.9	7.3	51.7	0.1	82.7	0.0	16.8
	5.5	44.8	0.4	12.9	11.0	7.8	57.4	0.1	89.9	0.2	20.7
	6.5	29.4	0.2	10.0	6.9	6.7	31.0	0.1	54.2	0.0	24.9
	7.5	32.2	0.2	11.9	10.2	8.3	41.4	0.1	78.5	0.1	25.0
	8.0	68.4	10.6	589.9	45.8	50.9	1075.8	0.5	46.6	0.3	42.0
	9.0	29.4	0.2	10.6	8.9	5.7	46.2	0.1	82.9	0.1	1.1
B.H.2	9.5	31.2	0.3	10.2	8.9	4.8	43.7	0.1	84.8	0.0	1.0
	0.5	26.4	0.4	234.2	4.4	29.1	377.6	0.2	3.2	0.0	20.2
	1.5	24.6	0.2	3.2	1.3	6.6	23.1	0.1	7.4	0.1	29.7
	2.5	21.9	0.2	3.3	2.8	8.4	19.6	2.2	0.1	45.2	0.0
	3.5	22.5	0.2	2.8	5.0	8.1	20.5	0.1	3.0	0.0	51.2
	4.5	24.4	0.2	3.9	5.7	5.5	27.0	0.1	11.1	0.2	36.1
	5.5	27.6	0.2	2.6	3.7	2.8	29.3	0.1	14.2	0.1	21.1
	6.5	26.1	13.8	4.3	6.8	3.6	31.0	0.1	78.5	0.2	24.2

$k = \frac{0.66d^2 \log(2L/D)}{L} m$
k : 透水係数 (cm/sec)
m : グラフの初期直線部分の傾き
d : 測定パイプの内径 (cm)
D : 試験区間の直径 (cm)
L : 試験区間の長さ (cm)

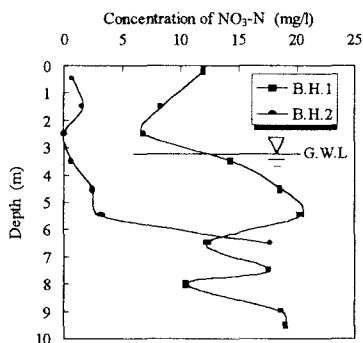


Fig.1 NO₃-N vertical distribution

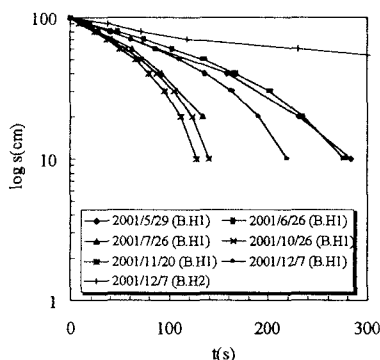


Fig.2 In-situ permeability test

3. 調査結果および考察

Table.1 は今回実験で用いた試料の物理的特性を示している。B.H1 は、表層 2.0m~10.0m 間は風化土で、深度が深くなるにつれて砂質分が多くなっていることがわかる。Table.2 は、土中水のイオン含有量測定結果を深度別に表したものである。自由水が土壌中を流動する間には、粘土鉱物との間にイオン交換が生じる。そのとき水中の Ca^{2+} 、 Mg^{2+} と土壌中の粘土鉱物の Na^{+} との間にイオン交換が生じ Ca^{2+} 、 Mg^{2+} が減少 Na^{+} が増加する。Fig.1 は硝酸性窒素濃度の垂直分布である。B.H1、B.H2 ともに深い深度で飲料水の水質基準である 10mg/l を超えている。硝酸性窒素は陰イオンの形態で存在するため、土粒子に吸着されにくく深い深度まで浸透する。先の研究¹⁾により硝酸処理された土は、比表面積や CEC、土粒子の拡散 2 重層の減少により間隙の縮小が制限され、透水性が高くなることが確認されている。また、畑地は表層に還元層がないため一部は脱窒されるが、大部分は脱窒されることなく下層へ浸透していく。こうしたことがより深い深度で硝酸性窒素が確認された原因となっている。

Fig.2 は現場透水試験結果の解析を示している。

Table.3 は現場試験結果と化学的特性を整理したものである。基準値 10mg/l を超えて硝酸性窒素が検出された。

Table 3 In-situ examination result and chemical characteristics

No.	Examination date	Groundwater level (m)	Coefficient of permeability (cm/s)	pH	EC (mS/cm)	NO ₃ -N (mg/l)
B.H1	2001/5/29	4.4	1.54E-01	6.69	0.25	11.0
	2001/6/29	3.0	1.57E-01	6.68	0.19	5.9
	2001/7/26	3.1	2.77E-01	6.05	0.28	14.0
	2001/10/26	3.6	3.01E-01	6.32	0.31	13.0
	2001/11/20	3.7	3.25E-01	6.50	0.26	15.0
	2001/12/7	3.5	2.31E-01	6.58	0.29	16.0
B.H2	2001/12/7	-	1.39E-01	-	-	-

4. まとめ

硝酸性窒素汚染が問題となっている中、東松浦郡でも井戸水調査の結果、水道水基準を超える濃度の硝酸性窒素が検出された。そこで汚染状況を把握するため現場調査を行ったところ、基準値である 10mg/l を超える濃度の硝酸性窒素が確認された。その理由として

- (1) 硝酸性窒素は陰イオンの形態で存在するため土粒子に吸着されにくい。
- (2) 比表面積や CEC また、土粒子の拡散 2 重層の減少によって、自由水の流れる間隙が大きくなり透水性が高くなる。
- (3) 畑地は水田地と違って表層に還元層がないため、微生物や作物などによって脱窒されることなく下層へ浸透していく。

ということが考えられる。

参考文献

- 1) 李 海勲、三浦 哲彦：佐大理工学部集報第 30 巻第 2 号 硝酸性窒素の土壌への浸透メカニズムと地下水汚染 2001
- 2) 地盤工学会：地盤調査・土質試験結果の解釈と適用例 第 6 章透水試験 pp.306~309 1998
- 3) 日本化学会：土の化学 8.土壌溶液 pp.96~109 1989