

ビニールハウスでの施肥による地下水中硝酸態窒素の濃度増加について

九州大学工学部 学生員○田所正春
九州大学教養部 正 員 広城吉成
九州大学工学部 学生員 江種伸之
九州大学工学部 正 員 神野健二

1. はじめに

農耕地における施肥がその地域の飲料水源としての地下水水質を悪化させ、各地で地下水の利用が危ぶまれている。なかでも硝酸態窒素の上昇が顕著であり、今回調査対象にした農耕地地域の地下水にも10mg/lを超える井戸の存在が確認されているが、それらは農地利用状況の相違により大きく異なる¹⁾。

この地域における農地利用状況は水田、畑であり、一部の土地はビニールハウス(野菜栽培)として利用されている。ビニールハウスでは一年を通じて野菜栽培が行われるため施肥量が畑などに比べ多い状況になっており、そこでの施肥が地下水中硝酸態窒素の濃度増加に大きな影響を及ぼすと考えられる。従って本報では、ビニールハウスでの実際の施肥が、地下水中の硝酸態窒素濃度の増加に及ぼす影響について検討した。

2. 対象地域の概要および施肥量調査結果

地下水水質の調査に選んだ井戸をWで表し、その付近の様子を図-1に示す。この地域は4月～9月にかけては水田として利用され、10月～3月までは水田の裏作として畑に変わる。W3付近はビニールハウスとして利用されており、ここでは一年を通じてはうれん草などの野菜が栽培されている。W3付近にあるビニールハウスは10棟(1棟は2a)あり、基本的には年に5回施肥されている(3、5、7、9、11月)。ここでの肥料の種類²⁾と施肥量を表-1に示す。

3. 基礎式および計算条件

一次元における基礎式は鉛直上向きにY軸をとると次式で示される。

【水分移動基礎式】

$$C_w(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \left\{ K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\rho}{\rho_w} \right) \right\}$$

【移流分散方程式】

$$\frac{\partial}{\partial t} (\theta C) + \frac{V}{R} \frac{\partial}{\partial y} (\theta C) = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\theta D}{R} \frac{\partial C}{\partial y} \right) \quad \text{表-1}$$

ここに ρ : 土壌水の密度, ρ_w : 純水の密度

t : 時間, h : 圧力水頭, C_w : 比水分容量

K : 透水係数, R : 遅れ係数, θ : 体積含水率

V : 実流速, C : 土壌水中濃度, D : 分散係数

水分移動基礎式には差分法を、移流分散方程式には粒子移動法(特性曲線法)を用いて解析した。また、土壌の不飽和特性値に関してはVan Genuchtenが提案した曲線³⁾を用いた。その式を以下に示す。

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / \{ 1 + (\alpha |h|)^n \}^m$$

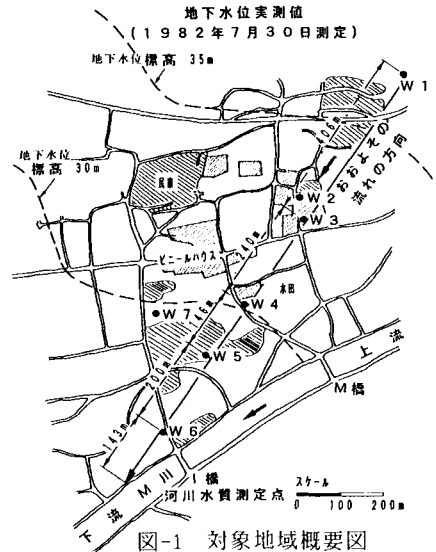


図-1 対象地域概要図

水田、畑、ビニールハウスにおける肥料の種類と量

		施肥時期	肥料の種類	施肥量 (kg/10a)	N-kg換算 (kg/10a)
水田	元肥	5月上旬	尿素・硫酸アンモニア「48」	40	6.4
	追肥	6月上旬	尿素入りチリツカリ化成「NK2」	20	3.2
畑	元肥	9月上旬 ～中旬	硝酸安加里「S552」	100	15
			硫酸アンモニウム	40	8.4
			「BMYウリン」	40	
			炭酸苦土石灰	100	
	追肥	10月上旬 ～中旬	尿素	40	18.4
		10月下旬 ～11月上旬	硝酸安加里「S604」	100	16
ビニール ハウス		3月頃	硝酸安加里「S552」、牛糞堆肥、 (炭酸苦土石灰)	100、1000、 (100)	15.39
		5月頃	硝酸安加里「S552」、鶏糞堆肥、 (炭酸苦土石灰)	100、1000、 (100)	16.31
		7月頃	硝酸安加里「S552」、牛糞堆肥、 (炭酸苦土石灰)	100、1000、 (100)	15.39
		9月頃	硝酸安加里「S552」、鶏糞堆肥、 (炭酸苦土石灰)	100、1000、 (100)	16.31
		11月頃	硝酸安加里「S552」、牛糞堆肥、 (炭酸苦土石灰)	100、1000、 (100)	15.39

$$K_r(h) = [1 - (\alpha |h|)^{n-1} \{1 + (\alpha |h|)^n\}^{-m}]^2 / \{1 + (\alpha |h|)^n\}^{m/2}$$

$$C_w(h) = \{\alpha * m * n (\theta_s - \theta_r) * (\alpha |h|)^{m/n}\} / \{1 + (\alpha |h|)^n\}^{m+1}$$

ここに θ : 体積含水率, h : 圧力水頭, θ_r : 残留含水率, θ_s : 飽和含水率

K_r : 相対透水係数, C_w : 比水分容量, α, n, m : 水分特性曲線の形状により決定されるパラメータ

定数 α, n, m については実験により求めた ($\alpha = 0.023/\text{cm}$, $n = 1.841$, $m = 0.457$)。

次に、土壤表面に与える硝酸態窒素負荷量を、実績施肥量から計算し 375mg/l とした。

4. 計算結果とW3 硝酸態窒素濃度との比較

W3 における硝酸態窒素濃度の変化を図-2に示す。この図から施肥時期に対応して濃度が変動していることが判る。1992年7月あたりから1993年2月にかけて、土壤の塩類濃度障害抑制のため化学肥料の使用は中断され、濃度は横ばいで推移している。図-3には計算によって得られた硝酸態窒素濃度の変化を示している。実際の濃度変化とは多少異なっているが、全般的な傾向は概ね表現できたと思われる。またこの図では硝酸態窒素の地下水面到達後の希釈を考慮していないので高い値で変動している。

5. まとめ

本報で得られた知見は以下の通りである。

第一に、図-2と図-3の結果からビニールハウスでの施肥が地下水中の硝酸態窒素濃度増減に大きな影響を及ぼすこと。第二に、今回対象とした農耕地での硝酸態窒素濃度変化は急激かつ地下水への応答が速いこと。また、実測値から推定すると、計算によって得られた値の二十分の一程度の硝酸態窒素濃度になっていることから、ビニールハウス土壤表面に負荷された硝酸態窒素は地下水中で希釈されると考えられる。今後は、この地域の水田や畑をも考慮した硝酸態窒素の輸送解析を行う予定である。

謝辞：本研究の一部は（財）河川環境管理財団「化学的水質変換機構を含む水系における物質輸送モデルの構築」（研究代表者：広城吉成）の補助のもとに行われた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献：1) 広城吉成、横山拓史、神野健二ほか5名：農耕地における地下水水質変動特性-特に陰イオン濃度の変動について-、水工学論文集第36巻、pp. 403-408, 1992

2) 伊達昇：肥料便覧（第4版）、農文協、1989

3) Van Genuchten: A closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, Soil Science Society, 44, pp. 893-895, 1980

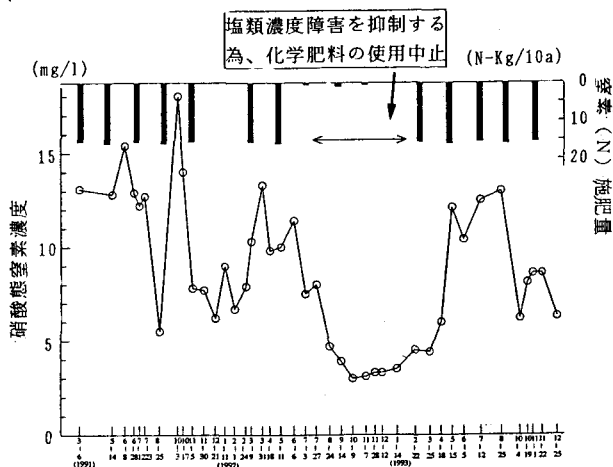


図-2 硝酸態窒素濃度変化と窒素施肥量との関係

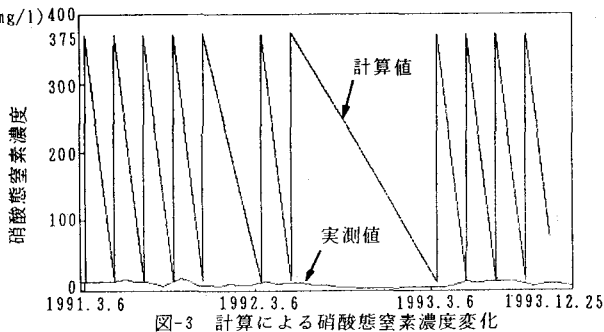


図-3 計算による硝酸態窒素濃度変化