

II - 69

地下水の硝酸性窒素濃度と先行降雨指標との関係

山梨大学工学部 正員 坂本 康
 山梨大学工学部 正員 中村 文雄
 山梨大学工学部 正員 風間ふたば

1. はじめに

硝酸性窒素による地下水汚染機構の検討のために、著者らは地下水の硝酸性窒素濃度の変動を観測してきた（坂本・風間・中村（1993）¹⁾等）。本報では、その観測結果を用いて、濃度と先行降雨指標（antecedent precipitation index、以後API と記す）との関係を検討した。

2. 使用したデータについて

著者らは、図-1に示す甲府市の南東約 6kmの笛吹川左岸の地域で水質観測を行っている。この地域はぶどう園が主で、地表の勾配は約1/50で笛吹川に向かって低くなっている。1992年度の観測は図-1のうち点 6、7、8、13、19で行ったが、本報の検討には点 6、13、19のデータ、各73個を用いた。点13、19は自噴井戸で、点 6ではポンプを使っており、取水深さはいずれも不明であった。採水時期は、1992年 7月～12月の5ヶ月間で、9月～11月の時期にはアンモニア性、有機性の窒素が施用されている。また、1992年の降水は、総量は平年並だが、平年よりも遅い10月、11月の時期に降雨が集中した。硝酸性窒素濃度は高速液クロ（電導度検出器）で求めた。各点の濃度分布の特性値と採水日の降雨量との相関係数を表-1に示す。なお、降雨量は甲府市中心部にある甲府地方気象台での観測値を使用した。表-1によると濃度は6<19<13の順に高く、採水日の降雨量と濃度との相関は小さい。

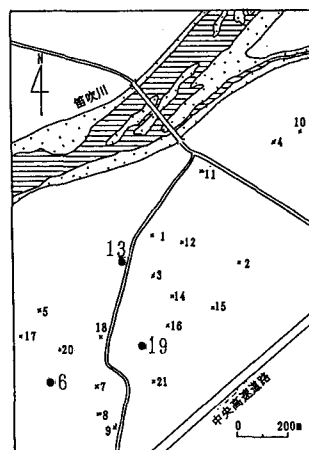


図-1 採水地点概要

3. 先行降雨指標(API)について

API は次式で定義される（Linsley & Franzini(1979)²⁾）。

$$API(n) = \sum_{i=0}^m P(n-i) \cdot b^i \quad \text{Eq.1}$$

ここに、API(n):n時点での先行降雨指標、P(n-i):n時点より i日目の日の降雨量、m:降雨の影響の現れる期間、b:

降雨の影響の減衰に関する定数（0.85-0.95 といわれる）である。本報では、m、bを変えてAPI を求めるとともに、採水日のAPI ばかりでなく、採水日の 1日目の日のAPI も検討対象とした。

4. 採水前総降雨量 (API_{b=1, m}) と濃度との関係

Eq.1でb=1.0 にすると、API(n)は採水前 m日間総降雨量となる。l=0、l>0のそれぞれについて、濃度との相関係数 r が最も大きくなったときの m、l、rの値を表-2に示す。点 6でl=0、m=9の採水前総降

表-1 地下水硝酸性窒素濃度の特性値

地点	全データ					API ₀ (m=20, l=0)による類別データ					
	平均 (mg/l)	標準偏差	変動係数	歪度	雨量との相関係数	API ₀ の数	データ数	平均 (mg/l)	標準偏差	変動係数	歪度
6	12.5	1.20	0.096	3.01	0.22	20	42	12.4	1.25	0.101	3.78
13	23.3	1.67	0.072	1.26	0.19	31	12.6	1.13	0.090	1.75	0.70
19	20.0	1.54	0.077	-1.41	0.23	41	23.2	1.33	0.057	0.52	0.35
						32	23.4	2.01	0.086	1.35	0.58
						40	19.9	1.60	0.080	-3.21	0.27
						33	20.2	1.44	0.071	1.57	0.56

表-2 API のパラメータ値と濃度との相関

地点	b=1.00			m=10			m=20		
	l	m	r	l	b	r	l	b	r
6	0	9	0.55	0	0.97	0.55	0	0.86	0.48
	5	4	0.57	5	0.74	0.60	5	0.70	0.60
13	0	7	0.45	0	1.00	0.43	0	0.82	0.32
	4	3	0.47	6	0.42	0.57	6	0.40	0.57
19	0	9	0.43	0	1.00	0.41	0	0.90	0.34
	5	4	0.51	5	0.64	0.56	5	0.62	0.55

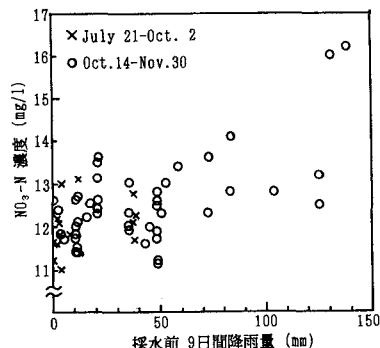


図-2 9日間降雨量と硝酸性窒素濃度

雨量と濃度との関係を図-2に示す。図のように9日間降雨量と濃度でも関係は見られるが、同じ9日間降雨量に対して濃度の幅が大きく、またある降雨に対する濃度の時間変化は表せない。

5. 10or20日間でのAPI と濃度との関係

$m=10$ 、 $m=20$ について、 $l=0$ 、 $l>0$ でそれぞれ r が最も大きくなったときの l 、 b 、 r も表-2に示す。特徴は以下である。

(1) $l=0$ のとき: $m=10$ では b は0.97or1.00であり、降雨影響の減衰の効果は少ない。 $m=20$ 、 $l=0$ 、 $b=0.86$ について濃度とAPI との関係を図-3に示す。図より、API が20程度まではAPI と濃度との関係はないが、それを越えるとAPI の減少に伴って濃度が低下する。

また、降雨直後の濃度は各降雨によって異なっている。

(2) $l>0$ のとき: $m=10$ 、 $m=20$ のいずれでも $l=5$ or $l=6$ で濃度とAPI との相関係数が $l=0$ のときより大きく、線形関係が強くなっている。 $m=20$ 、 $l=5$ 、 $b=0.70$ について濃度とAPI との関係を図-4に示す。5or6日前のAPI と濃度との関係の方が採水日のAPI との関係よりも線形性が強くなるのは、地中の遅い流れが原因かも知れない。

6. 濃度分布の正規性

地下水の濃度分布は一般に正規分布ではなく、右にひずんだ分布といわれる(Montgomeryら(1987)³⁾)。しかし、このような分布特性は降雨の影響があるときとないときでは異なるかもしれない。

そこで、API を使ってデータをグループ分けし、各グループの濃度分布を検討した。表-1には $m=20$ 、 $l=0$ のときにグループ分けに用いたAPI_cの値と各グループの濃度分布の特性値も示す。図-5,6には点6、13での濃度ヒストグラムを示す。点6、19では、降雨の影響があるグループの方が幾分正規性は強い。これに対して濃度の高い点13では降雨の影響がないグループは正規分布とも考えられる。この差は、各点での雨の働き(汚染物質の流れの促進or希釈)の大きさが異なるためかもしれない。

7. まとめ

地下水の硝酸性窒素濃度と先行降雨指標(API)の関係について得られた主な結果は以下である。

- (1) API を用いれば、降雨と濃度との関係、降雨後の濃度変化をある程度表現できる。
- (2) 期間10日のAPI では、降雨影響の減衰定数の意義は小さい。
- (3) 濃度は採水日のAPI とよりも数日前のAPI との方が相関係数が大きく、線形関係が強い。
- (4) 濃度の高い地点ではAPI が小さなグループの方が濃度分布の正規性が強いが、他の地点ではAPI が大きなグループの方が正規性が幾分強い。

文献: 1) 坂本 康・風間ふたば・中村文雄(1993): 地下水の硝酸性窒素

濃度の短期変動、第27回日本水環境学会年会講演集、520-521。

2) Linsley, R.K., and Franzini, J.B.(1979): WATER-RESOURCES ENGINEERING, MacGraw-Hill, 45-47.

3) Montgomery, R.H., Loftis, J.C., and Harris, J.(1987): Statistical Characteristics of Ground-Water Quality Variables, Ground Water, 25(2), 176-184.

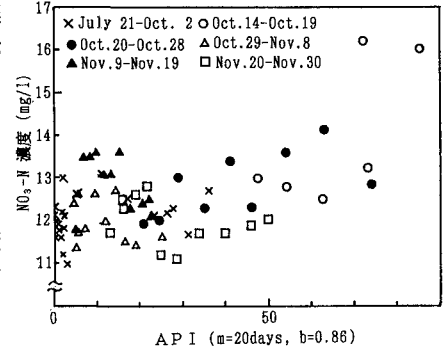


図-3 API と硝酸性窒素濃度(1)

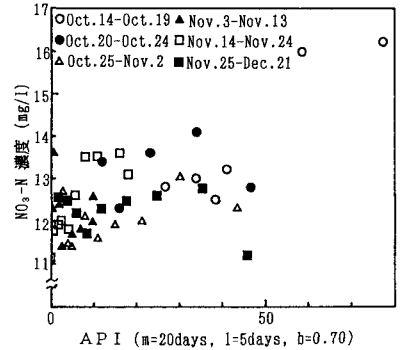


図-4 API と硝酸性窒素濃度(2)

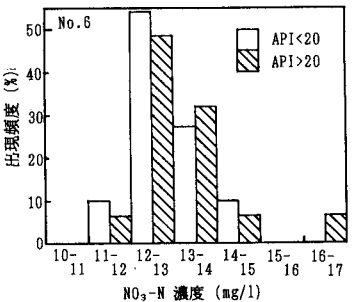


図-5 硝酸性窒素濃度出現頻度(1)

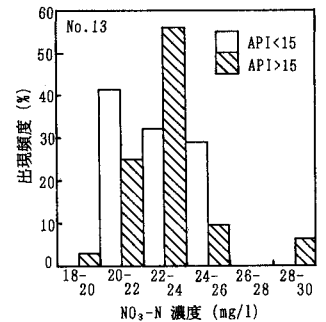


図-6 硝酸性窒素濃度出現頻度(2)