

# 静岡県牧之原台地周辺水系における水質トレンド解析 Water Quality Trends in Makinohara Plateau, Shizuoka

廣野祐平\*, 渡部育夫\*, 松尾喜義\*, 野中邦彦\*

Yuhei Hirono, Ikuo Watanabe, Kiyoshi Matsuo and Kunihiro Nonaka

1. はじめに 集団化した茶園の広がる静岡県牧之原台地周辺の水系では、しばしば高濃度の硝酸性窒素が検出されるようになり、茶園からの窒素負荷が大きな影響を及ぼしていると考えられた。これを受けて、近年、茶園への窒素施肥量の削減が進められてきており、静岡県における茶園への施肥量は1993年には $1000 \text{ kgN ha}^{-1}$ を超えていたが、1998年は約 $800 \text{ kgN ha}^{-1}$ 、2002年には約 $600 \text{ kgN ha}^{-1}$ となっている<sup>1)</sup>。このように施肥量を削減したことによって周辺環境にどのような効果が現れたのかということについて営農者や行政の関心は高い。しかしながら、台地周辺の水質変化について報告した事例はほとんど見られない。そこで、本研究では、台地周辺の地下水、湧水、茶園排水、小河川等の硝酸性窒素濃度の観測データを用いて、茶園への窒素の施肥量が削減されてから、台地周辺水系の硝酸性窒素濃度にどのような変化が現れているかを統計的手法により検証した。

2. 調査概要 静岡県牧之原台地とその周辺の水系を対象地域として1995年6月から毎月1度、茶園の周囲の排水路、湧水、地下水、小河川などの15地点（1999年8月からは17地点）の水質調査を行った（Fig.1）。牧之原台地は大井川下流の平野部と菊川との間に広がる標高200m程度の洪積台地であり、北部から南部へと緩やかに傾斜している。台地上部の平坦部と縁辺の斜面には約5000haの茶園が広がる。容量250mlのポリ瓶に採取した試料を実験室に持ち帰り、硝酸性窒素濃度を測定した。解析には1996年1月から2005年12月までのデータを用いた。

3. 解析手法 水質の観測データは正規分布に従わないことが多いため、トレンドの有無を求めるためには、特定の確率分布を仮定する必要のないノンパラメトリック検定法が有効である。また、水質観測データはトレンドと偶然変動成分に加えて季節周期成分を持つ。

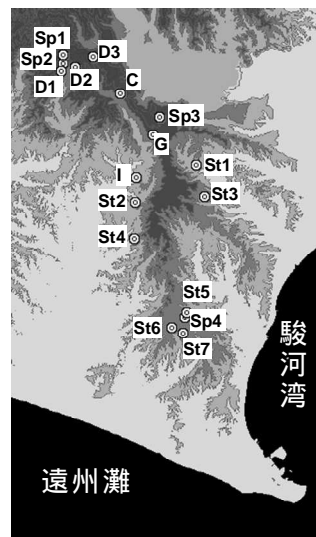


Fig.1 牧之原台地周辺の地形と採水地点  
Geographical features around Makinohara Plateau and water sampling points.

等高線は50m間隔。  
D, C, I, Sp, G, Stはそれぞれ排水路、暗きよ、用水路、湧水、地下水、小河川を表す。

## < Seasonal Mann-Kendall 検定法 >

観測値を月ごとに整理して $S_i$ を計算し、12か月分を合計して $S'$ を求める。

$$S_i = \sum_{k=1}^{n_i-1} \sum_{j=k+1}^{n_i} \text{sgn}(x_{ij} - x_{ik}) \quad \text{ここで, } \text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \theta > 0 \\ 0 & \theta = 0 \\ -1 & \theta < 0 \end{cases}$$

$$d_{ijk} = \frac{x_{ij} - x_{ik}}{j - k} \quad S' = \sum_{i=1}^{12} S_i$$

$x$ : 観測値,  $i$ : 月 1~12,  $j, k$ : 年 1~10

$S'$ を標準化した値 $Z$ を検定に用いる。帰無仮説 $H_0$ を「時間と濃度との間に関係がない」とし、 $H_0$ が棄却されると、観測データがトレンドを持つことになる。また、任意の2観測値間の傾き $d_{ijk}$ の中央値をトレンド指標 $B$ (Kendall Slope Estimator)とした<sup>2)</sup>。

\*野菜茶業研究所 National Institute of Vegetable and Tea Science

キーワード：硝酸性窒素，トレンド解析

そこで本研究では，Hirsch ら<sup>2)</sup>が行ったように，ノンパラメトリック検定法の一つである Mann-Kendall 法に季節変動を考慮に入れて硝酸性窒素濃度変化のトレンドを求めた．なお，流量が変化することによって濃度が変化することも考えられるが，本研究では流量の影響は考慮に入れなかった．

#### 4. 結果及び考察

各採水地点における硝酸性窒素濃度のボックスプロット図を Fig.2 に示す．排水路等の濃度は変化が大きいのがわかる．また，湧水や河川水の多くの地点で平均 20 ~ 30 mgN L<sup>-1</sup> と高い濃度であった．トレンド解析の結果を Table 1 に示す．多くの地点で有意な減少傾向が見られた．特に，排水路や比較的浅い位置から出ている湧水において減少の程度が大きかった．また，台地北部や中部の小河川においても減少傾向が見られた．しかし，南部の小河川では有意な減少傾向はなく，上昇傾向にある地点もあった(Fig.4)．

なお，本調査地域にある主な市町村における茶の栽培面積は 1990 年代以降ほとんど変化しておらず (Table 2)<sup>3)</sup>，この地域の月降水量についても大きな変化はみられなかった．

以上，本研究では流量を把握しておらず，窒素負荷量での議論はできないものの，有意な硝酸性窒素濃度の減少傾向が多く地点で見られたことから，近年の施肥削減の動きにより，徐々にではあるが牧之原台地周辺水系の水質が改善されていると考えられた．

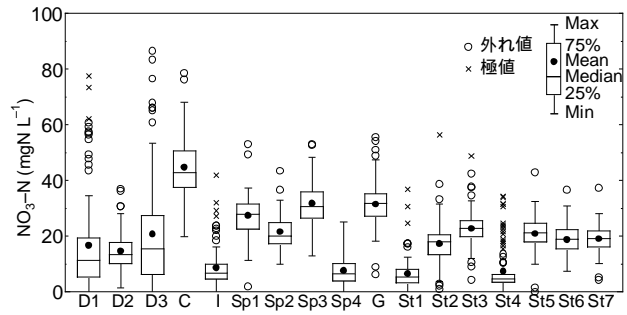


Fig.2 17 採水地点における硝酸性窒素濃度  
Concentrations of NO<sub>3</sub>-N at 17 sampling sites.

Max, Min は箱の長さの 1.5 倍以内にある最大，最小値．  
外れ値は 1.5 から 3 倍，極値は 3 倍以上．

Table 1 トренд解析結果  
Results of trend analysis.

	トレンド B (mgN L <sup>-1</sup> y <sup>-1</sup> )
Drainage1	-2.0 **
Drainage2	-0.8 **
Drainage3	-2.9 **
Culvert	-1.7 **
Irrigation Ditch	-0.5 **
Springwater1	-1.8 **
Springwater2	-2.6 **
Springwater3	-1.8 **
Springwater4	0.5 **
Groundwater	-0.8 **
Stream1	-0.3 **
Stream2	-0.6 **
Stream3	-0.6 **
Stream4	-0.3 **
Stream5	-0.1
Stream6	0.4 **
Stream7	0.2

\*\* 有意水準 1%

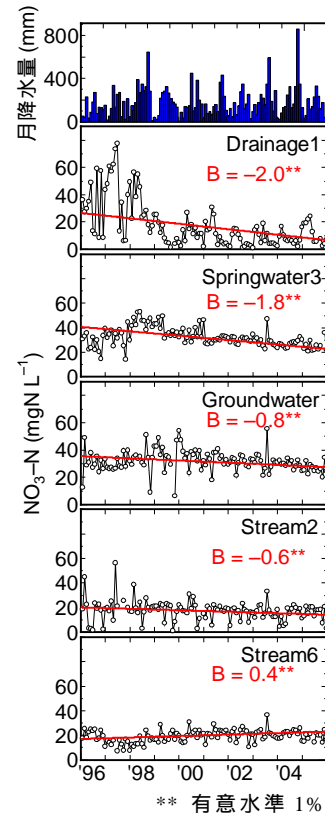


Fig.3 硝酸性窒素濃度の変化  
Changes in Concentrations of NO<sub>3</sub>-N.

Table 2 調査地域市町村の茶園面積の推移 (ha)  
Changes in tea-field acreage around the study area.

西暦	相良町	榛原町	金谷町	浜岡町	小笠町	菊川町	計
1970	1070	1050	677	476	326	973	4572
1980	1180	1180	764	543	472	1300	5439
1990	1230	1220	833	588	525	1410	5806
2000	1260	1270	879	540	478	1370	5797
2003	1290	1270	882	526	465	1370	5803

参考文献：1) 野中邦彦：茶園における窒素環境負荷とその低減のための施肥技術，茶業研究報告，100，29-41 (2005) 2) Hirsch, R.M., J.R. Slack, and R.A. Smith: Techniques of trend analysis for monthly water quality, *Water Resour. Res.*, **18**, 107-121 (1982) 3) 関東農政局静岡統計・情報センター：静岡県農林水産統計年報 (農林編)