

## 静岡市の丘陵地茶畑における地下水水質の深度変化

和歌山大学大学院システム工学研究科 学生会員 福岡 芳枝  
 和歌山大学システム工学部 正会員 井伊 博行  
 和歌山大学システム工学部 正会員 谷口 正伸

### 1. はじめに

茶畑には年間を通して大量の窒素肥料が投入されている<sup>1)</sup>。窒素成分が地下水、湧水へ流出することによる硝酸汚染や土壌酸性化による重金属溶出が問題となっている<sup>2)</sup>。しかし、茶畑土壌に施肥された窒素肥料の湧水への流出過程での濃度変化は明らかになっていない。本研究では、静岡市広瀬地区の茶畑からなる台地を対象として溶存イオンの濃度とCl<sup>-</sup>濃度の比を用いて、土壌水と湧水の溶存イオンの深度変化を明らかにする。

### 2. 調査・分析の概要

図1は採水地点の断面図を示す。調査対象地域の台地上部(断面図中の広瀬土壌水)の茶畑及びみかん畑として利用されている。この地域は孤立した台地を形成しているため台地の広瀬湧水は台地の土地利用の影響を受けやすい。採水は茶畑の土壌水(深さ0.3m~2.1m)とその下位にある湧水(広瀬湧水)で行った。土壌水はポーラスカップを用いて、負圧を掛けた状態で約1か月放置して採水した。採水地点の標高は土壌水が311m、広瀬湧水が152mである。広瀬湧水は1998年1月、土壌水は2003年7月より採水を開始し、各月ごとに定期的に採水し、pH、EC、溶存成分(Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Na<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)を測定した。

### 3. 土壌水と湧水の溶存イオンの比較

採水した土壌水のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は約600mg/Lであり、湧水のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は50mg/Lであった。この原因として、茶畑以外の土地利用の土壌水が湧水に流入することによる希釈や土壌中でイオンの濃度を変化させる反応が起こっている可能性が考えられる。本研究では土壌水が希釈によるイオンの濃度変化以外を知るために、溶存イオン濃度とCl<sup>-</sup>濃度の比を用いた。Cl<sup>-</sup>濃度は、日本の降水の平均が1.1mg/L<sup>3)</sup>、土壌水の平均が10mg/L

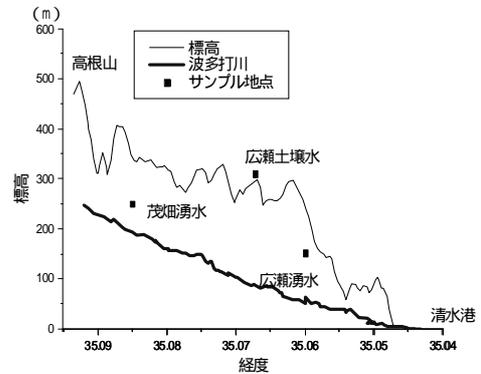


図1 採水地点の断面図

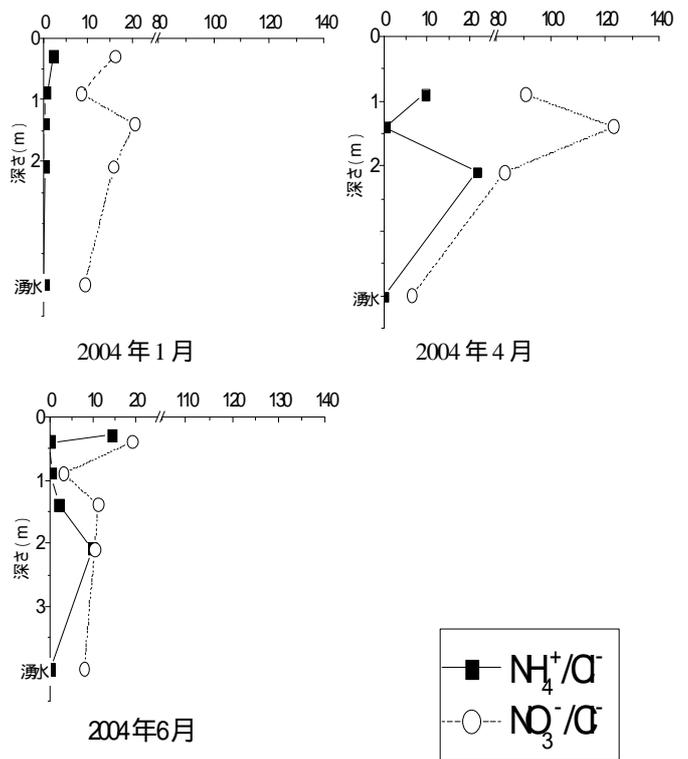


図2 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/Cl<sup>-</sup>の比とNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>の比の深度変化  
 2004年1月(左上)4月(右上)6月(左下)

である。またCl<sup>-</sup>は自然水中で分解、沈殿することがなく、土壌水のCl<sup>-</sup>濃度は新たな降水の浸透によって変化する。それ故Cl<sup>-</sup>の比をとれば、希釈以外の反応が起きているか判る。

キーワード 深度変化, 土壌水, 湧水, 窒素肥料, Cl<sup>-</sup>

連絡先 〒640-8510 和歌山市栄谷930番 和歌山大学 TEL 073-457-8376 FAX 073-457-8377

#### 4. $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ 濃度と $\text{Cl}^-$ 濃度の比の深度変化

図 2 は 2004 年 1 月, 4 月, 6 月に採水した  $\text{NH}_4^+/\text{Cl}^-$  の比と  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  の比の深度変化を示す. 茶畑への施肥は 1 月の採水後に行われ, それ以降施肥を行っていない. このことから, 図 2 の深度変化は, 1 月が施肥を行う前, 4 月が施肥直後, 6 月が施肥後の深度を表している.  $\text{NH}_4^+/\text{Cl}^-$  の比の最高値は 1 月に 0 であったが, 4 月に 20 まで増加し, その後 6 月に 15 まで減少した.  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  の比の時間変化は  $\text{NH}_4^+/\text{Cl}^-$  の比と同様な傾向を示した.  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  の比の最高値は 1 月に 15 であったが, 4 月に 120 まで増加し, その後 6 月に 20 まで減少した. 特に 4 月の土壤水の深度変化は,  $\text{NH}_4^+/\text{Cl}^-$  の比が高いとき,  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  の比が低く,  $\text{NH}_4^+/\text{Cl}^-$  の比が低いとき,  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  の比が高いという相関関係が見られた. また土壤水の 2.1m と湧水の  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  の比は 1 月, 6 月ともに同程度であり, 湧水の  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  の比は施肥による影響はみられず, 常に一定であった.

以上のことから, 施肥を行うことによって  $\text{NH}_4^+/\text{Cl}^-$  の比と  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  の比は増加し, 4 月の両者の相関関係から, 施肥された N 肥料は (1) 式のように  $\text{NO}_3^-$  を生成したと考えられる.

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 4\text{O}_2 = 4\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_4^{2-}$  (1)  
また, 深さ 2.1m の土壤水と湧水は,  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  の比が施肥後の 4 月以外で一定であったことから, 希釈以外の反応が起こらなかったと考えられる.

#### 5. 陽イオンと $\text{Cl}^-$ 濃度の比の深度変化

陽イオンのうち, 肥料に含まれており, 湧水の主成分でもある  $\text{Ca}^{2+}$ , 肥料の主成分ではない  $\text{Na}^+$  のそれぞれの濃度と  $\text{Cl}^-$  濃度の比を明らかにする. 図 3 は  $\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-$  の比の深度変化を示す.  $\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-$  の比は土壤水で 10~40 であった. 特に下層から湧水にかけては 10 から 20 に増加した. 図 4 は  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  の比の深度変化を示す.  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  の比は土壤水で 1~4 であった. 特に下層から湧水にかけて 2 から 6 に増加した. 図 5 は pH の深度変化を示す. 土壤水で 3.5 前後, 湧水では 7 前後であり, 土壤水から湧水にかけて pH は増加した.

調査地域は台地を形成しているため,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  の人為的な供給が考えにくい. これらのイオンと  $\text{Cl}^-$  の比が増加したのは, 土壤が保持している  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  が  $\text{H}^+$  と置き換わって溶出したと考えられる.

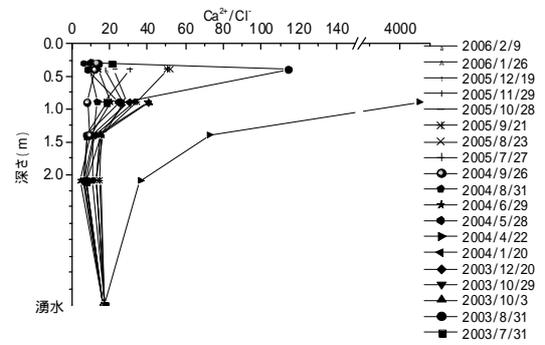


図 3  $\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-$  の比の深度変化

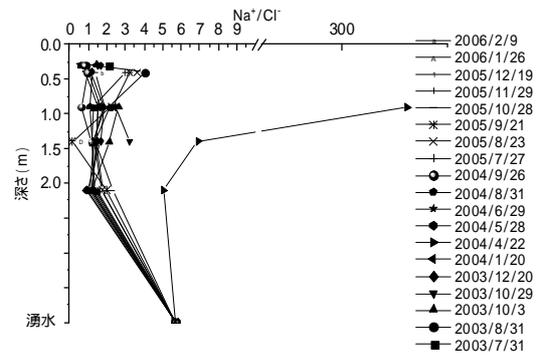


図 4  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  の比の深度変化

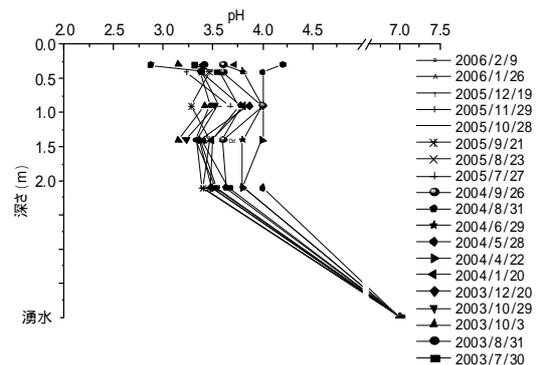


図 5 pH の深度変化

#### 6. まとめ

土壤水から湧水の溶存イオンの深度変化を明らかにした. 表層では中層, 下層に比べて  $\text{NH}_4^+/\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  の比が高く, 特に施肥した直後に多い. また, 土壤水の下層から湧水へ流れる過程で,  $\text{NO}_3^-$  は希釈以外の反応が起こらなかったが,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  は土壤から溶出したと考えられる.

#### 参考文献

- 1) 村松敬一郎: 茶の科学, 朝倉書店, pp18-24, 1991.
- 2) 井伊博行, 平田健正, 松尾宏: 茶畑周辺の池水中の pH 変化と窒素・リン・硫黄・アルミニウムの挙動について, 土木学会論文集, No.594/ -7, pp57-63, 1998.
- 3) 多賀光彦, 那須淑子: 第 2 版地球の化学と環境, 三井出版株式会社, pp94, 1998.