

佐鳴湖流域における茶栽培の面積及び施肥量の実態と 地下水系への窒素負荷量の推定

松浦英之¹⁾・成島光昭²⁾・中村茂和³⁾・太田充¹⁾・鈴木則夫⁴⁾・

堀江優子⁵⁾・小杉徹¹⁾・吉川公規⁵⁾・中村明弘⁶⁾

¹⁾農林技術研究所茶業研究センター, ²⁾志太榛原農林事務所, ³⁾畜産技術研究所,

⁴⁾元農林技術研究所本所, ⁵⁾農林技術研究所本所, ⁶⁾西部農林事務所

Estimation of Nitrogen Load from Tea Cultivation to Ground Water in the Lake Sanaru Drainage Basin

Hideyuki Matsuura¹⁾, Mitsuaki Narushima²⁾, Shigekazu Nakamura³⁾, Mitsuru Ohta¹⁾,
Norio Suzuki⁴⁾, Yuuko Horie⁵⁾, Toru Kosugi¹⁾, Kiminori Yoshikawa⁶⁾ and Akihiro Nakamura⁷⁾

¹⁾ Tea Research Center/Shizuoka Res. Inst. of Agric. and For., ²⁾ Shidahaibara Agri. and Forest. Office,

³⁾ Shizuoka Inst. of Animal Industry, ⁴⁾ Past Director of Shizuoka Res. Inst. of Agric. and For.,

⁵⁾ Shizuoka Res. Inst. of Agric. and For., ⁶⁾ Seibu Agri. and Forest. Office

Abstract

The COD of water in Lake Sanaru, which is the collimating mark of turbidity for lake water, is the highest of all Japanese lakes. In that lake, COD substances were produced from inorganic nitrogen flowing from upper rivers. It is considered that the most common source of inorganic nitrogen in the rivers is nitrogen fertilizer applied onto tea fields. In the Lake Sanaru drainage basin, the nitrogen load to ground water from tea cultivation was estimated by an estimate equation made from the literature for nitrogen that reached the groundwater from tea fields. The estimated value of nitrogen from the tea fields of the Lake Sanaru drainage basin was 15.1 t and 10.0 t in 2002 and 2006, respectively. Their values suggested that nitrogen from tea fields into the groundwater was decreasing. Reducing the level of nitrogen to 40 kgN/10a will be effective for decontamination of water in Lake Sanaru, because the nitrogen load from tea fields in the Lake Sanaru drainage basin may decrease by a quarter of the amount in 2002.

キーワード：茶, 佐鳴湖, 硝酸性窒素, 地下浸透, 環境負荷

I 緒 言

佐鳴湖は静岡県浜松市の中央に広がる三方原台地南端に位置し、二級河川都田川水系の新川中流部に位置する汽水湖である。佐鳴湖の水質は、汚濁度の基準となるCODが全国の湖沼において2001年から06年にかけて6年連続のワースト1となっており、佐鳴湖地域協議会のとりまとめでは、その汚染源の多くの割合が、農業活動に起因していると推定されている³¹⁾。湖水のCOD物質は、上・下流域河川から流入する量は少なく、主に新(西)川、段子川などの上流河川から流入する硝酸性窒素と、底泥から溶出するリンから、湖内で内部生産されていることが明らかになっている。

一方、茶栽培では窒素施用量が多いほど高品質の茶葉

が得られるとされることから、多量の窒素肥料が施用されてきた実態⁴⁾があり、茶栽培の施肥等に由来する硝酸性窒素の地下水等への流出が問題となっている^{13, 20, 22, 34)}。

そこで本報では、佐鳴湖内でのCOD物質生産の誘因となる流域からの硝酸性窒素流入を低減するために、佐鳴湖流域での茶栽培面積、施肥量等の実態を調査するとともに、地下水系への窒素負荷量の推定方法を検討することにより、茶栽培が佐鳴湖水系に与える窒素負荷量の変遷及び今後の施肥節減による窒素負荷量軽減効果を推定した。また、佐鳴湖へ流入する河川において硝酸性窒素濃度が最も高い新(西)川¹⁾の流域において、若干の地質調査を行い、地下浸透・流出機構を考察したので報告する。

表1 茶研センター内ライシメータにおける試験の施肥設計と年間施用実績

試験区	施肥内容(各施肥における各肥料の窒素占有率%)
20kgN/10a施用区	07年は顆粒状燐硝安加里を20kgN/10a施用(2002年から06年は無施肥)
40kgN/10a施用区	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 39.9-14.0-19.8 kg/10a 施肥回数5回
	2月下旬: 6.6-4.5-6.0 N:被覆尿素(42%), 魚粕(32%), 硫安(26%)
	4月上旬: 5.4-2.4-4.1 N:燐硝安加里(100%)
	5月上旬: 8.0-0.0-0.0 N:IB(59%), 硫安(41%)
	7月下旬: 8.0-2.2-3.0 N:被覆尿素(75%), 魚粕(25%)
54kgN/10a施用区	9月上旬: 11.9-4.9-6.7 N:被覆尿素(47%), なたね粕(30%), 硫安(23%)
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 54.0-21.0-29.0 kg/10a 施肥回数7回
	2月下旬: 6.0-4.5-5.0 N:硫安(41%), 硝安(39%), 魚粕(20%)
	3月下旬: 9.5-6.5-5.0 N:硫安(27%), 硝安(36%), 魚粕(37%)
	4月上旬: 5.5-0.0-0.0 N:硝安(100%)
	5月上旬: 11.0-0.0-0.0 N:CDU(50%), 尿素(50%)
	6月中旬: 6.0-1.4-3.5 N:硫安(70%), 魚粕(30%)
	8月中旬: 8.0-4.3-7.8 N:硫安(50%), なたね粕(50%)
	9月中旬: 8.0-4.3-7.8 N:硫安(50%), なたね粕(50%)

* 2002 年全区無施肥, 54kgN/10a 区は 03 年から継続処理, 40kgN/10a 区は, 03 及び 04 年は 30kgN/10a 施用後, 05 年 8 月まで無施肥で栽培した後, 40kgN/10a 施用とした。

II 材料及び方法

1. 佐鳴湖流域茶栽培の実態調査

佐鳴湖流域の設定範囲は、堀江ら³⁾の流域農耕地調査と同様に、佐鳴湖地域協議会資料²⁹⁾の流域区分地図を基準とし、上流域の流入河川を段子川、新(西)川及び御前谷排水路、下流域の流出河川を東神田川、境川、九領川及び堀留川とした。これら河川流域について2006年のゼンリン住宅地図³⁸⁾に基づき、農地表示されている一筆毎の土地利用の現況について、2006年に下流域、2007年に上流域を調査した。また、施肥量の聞き取りは、自園自製及び買い葉製造で大規模に茶栽培を行っている生産者を対象に、2002及び06年の施肥量について電話で調査を行った。聞き取りを行った生産者の流域内合計栽培面積は、22.7haであった。

2. 流域茶園から発生する地下水系への窒素負荷量の推定

茶栽培から生じる地下浸透水中への窒素流出については、渡部ら³⁷⁾、静岡茶試³²⁾のライシメータを用いた報告がある。本報では、これら報告の茶樹の施肥由来吸収窒素量、ライシメータ浸透窒素量の値を用い、窒素施用量から地下水系への浸透窒素量を推定する関係式を作成した。併せて窒素施用量と茶樹の窒素吸収量との関係についても検討した。また、推定式を検証するために、チャ‘やぶきた’(23年生)を5本/区画植栽したライシメータ(L1.5×W1.8×D2.0m/区画、細粒黄色土)を用い、従来の慣行である速効性の無機肥料・有機肥料を年間54kgN/10a施用した区(以下54kgN区)、施肥量の約半

分を肥効調節型肥料で置き換えて年間40kgN/10a施用を行った区(以下40kgN区)及び燐硝安加里を年間20kgN/10a施用を行った区(以下20kgN区)を設け、2006年10月から07年10月まで浸透水を回収した。浸透水中の硝酸性窒素をイオンクロマトグラフ(DIONEX DX-120)で分析し、硝酸性窒素濃度及び浸透窒素量を計測した。本ライシメータの施肥来歴は2002年全区無施肥、54kgN区は03年から継続処理とし、40kgN区は03及び04年に30kgN/10a/Year施用した後、04年10月～05年8月まで無施肥で栽培し、05年9月から40kgN/10a/Year施用とした。20kgN区は02年から06年まで無施肥、07年から20kgN/10a/Year施用とした。なお、54kgN区における全施用窒素中に占める各肥料の窒素量割合は、硫安42%、なたね粕15%、魚粕12%、硝安11%、尿素10%及びCDU10%で年7回に分施した。40kgN区では、同様に被覆尿素:36%、IB:12%、硫安:20%、燐硝安加里:13%、魚粕:10%及びなたね粕:9%で、年5回に分施した。また、20kgN区は顆粒状燐硝安加里を年4回に分施した(表1)。佐鳴湖流域の茶園から発生する地下水系への窒素負荷量については、ここで作成した推定式を用いⅡ-1の実態調査で得られた流域茶園面積及び聞き取り調査による茶園への投入窒素量から推定した。

3. 佐鳴湖上流新(西)川中流域の地質調査

三方原台地に降った雨水の地下浸透・流出機構を考察するため、佐鳴湖へ流入する河川において硝酸性窒素濃度が最も高い新(西)川において露頭の地質調査を行った。調査地点は、佐鳴湖から約1500m遡った椎ノ木谷の新(西)川中流左岸、台地崖露頭とした。

表2 一筆調査による佐鳴湖流域の茶園面積 (ha)

	上 流 域			下 流 域				合計
	段子川流域 ²⁾	御前谷排水路	新(西)川	東神田川流域 ^{Y)}	境川	堀留川	九領川	
1999	14	0	8	30	2	0	8	61
2006	7	0	5	28	2	0	8	50

2) 段子川流域には中途川, 権現谷川も含む。Y) 東神田川流域には新川放水路も含む。

* 1999 年は浜松土木佐鳴湖浄化専門委員会試料[†]より抜粋, 一部改変

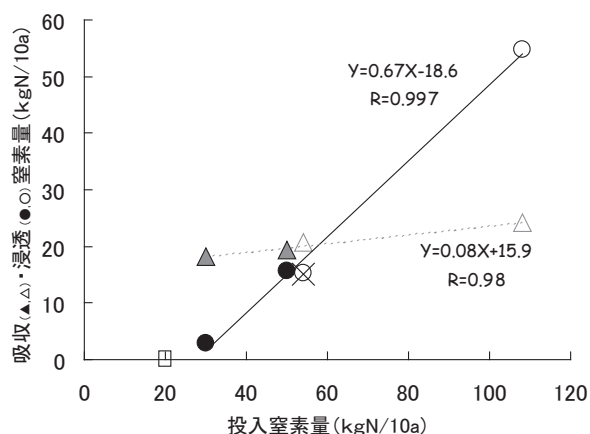


図1 茶樹ライシメータにおける窒素投入量に対する年間吸収量 (▲, △) 及び浸透窒素量 (●, ○) の変化

▲・●: 渡部ら³⁷⁾, △・○: 静岡茶試³²⁾,
×: 54kgN/10a 施用, □: 20kgN/10a 施用,
○, □共に茶研センター内ライシメータでの浸透窒素量 2007 値

III 結 果

1. 佐鳴湖流域茶栽培の実態調査

住宅地図に基づいた一筆毎の作付け調査結果を表2に示した。2006年の佐鳴湖流域の茶栽培面積は, 上・下流域を合わせて50haであった。第2回浜松土木事務所佐鳴湖浄化対策専門委員会資料[†]の1999年値と比べ, 約18%減少していた。下流域は1999年値と比べほとんど変化がないものの, 上流域では約半分に減少しており, 特に段子川流域での減少が著しかった。また, 佐鳴湖へ流入する河川において硝酸性窒素濃度が最も高い新(西)川の流域茶園面積は5haであった。

自園自製及び買い葉製造で大規模に茶栽培を行っている生産者への電話による聞き取り調査では, 茶園への窒素施肥量は, 2002年で平均64.8kgN/10a/Year, 06年で57.8kgN/10a/Yearであった。

2. 流域茶園から発生する地下水系への窒素負荷量の推定

渡部ら³⁷⁾及び静岡茶試³²⁾により報告されている窒素施肥量に応じた茶樹窒素吸収量及び地下浸透窒素量データをプロットしたものを図1に示した。吸収窒素量及び浸透窒素量は, 投入窒素量が増えるとはほぼ直線的に増加

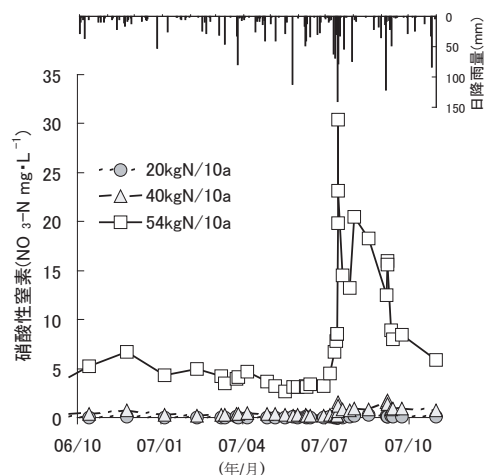


図2 茶研センター内ライシメータにおける浸透水の硝酸性窒素濃度と日降雨量

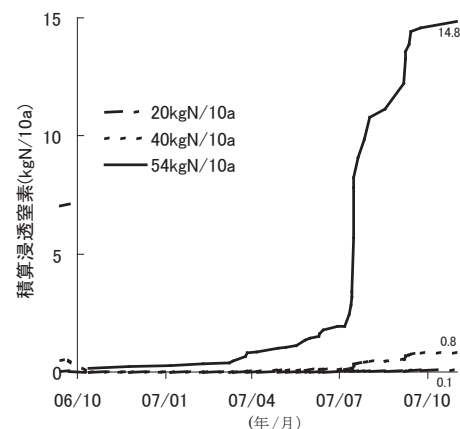


図3 茶研センター内ライシメータにおける積算浸透窒素量

した。しかし, 窒素投入量に対する吸収量の上昇率が0.08だったのに比べ, 浸透量の上昇率は0.67と大きく, 年間窒素施肥量108kgN/10aでは投入窒素の約半分が流出していた。この投入窒素量と地下浸透量の関係を直線回帰法により, 近似式をもとめたところ次式の通りとなった。

茶園浸透窒素量推定式・・・LN = 0.67 × AN - 18.6

ここで, LNは浸透窒素量 (kgN/10a/Year), ANは投入窒素量 (kgN/10a/Year) である。また, 直線回帰法で式をもとめたときの相関係数は0.997であった。

[†] 浜松土木事務所 (2003): 第2回浜松土木事務所佐鳴湖浄化対策専門委員会資料

表3 佐鳴湖流域茶園²⁾の施肥窒素投入量及び推定浸透窒素量

	2002	2006	2010 ^{Y)}
施肥基準 (kg N / 10a)	54~66	54	40
流域施肥窒素投入量 ^{X)} (t)	39.5 (100) ^{W)}	28.8 (72.9)	19.9 (50.4)
推定地下浸透窒素量 ^{V)} (t)	15.1 (100)	10.0 (66.2)	4.1 (27.0)

Z) 2002年は61ha(1999年値†), 06,10年は49.8haとして算出, Y) 40kgN/10aで施肥を行うことを前提に算出

X) 02年及び06年は聞き取り調査結果に基づき推定, W) カッコ内は, 02年を100とした場合の指数

V) 茶園浸透窒素量推定式から算出

表4 2006年時点の河川流域毎の推定地下浸透窒素量 (t)

	上 流 域				下 流 域				小計	合計
	段子川 流域 ^{Z)}	御前谷 排水路	新(西)川	小計	東神田 川流域 ^{Y)}	境川	堀留川	九領川		
2006	1.4	0.0	1.0	2.4	5.6	0.3	0.0	1.6	7.6	10.0

Z) 段子川流域には中途川, 権現谷川も含む. Y) 東神田川流域には新川放水路も含む.

茶研センター内ライシメータで計測した浸透水の硝酸性窒素濃度を図2に示した. 速効性の有機肥料・無機肥料を施用した54kgN区の浸透水硝酸性窒素濃度は, 夏の降雨時に著しく高くなり, 30mgL^{-1} を上回った. 一方, 施用窒素肥料の約半分を肥効調節型肥料に置き換えた40kgN区では, 概ね 2mgL^{-1} 以下で推移した. また, 20kgN区では, 浸透水中に硝酸性窒素はほとんど検出されなかった.

茶研センター内ライシメータで計測した積算浸透窒素量は, 図3に示したとおり54kgN区で14.8kgN/10aとなり, 推定式と概ね一致した(図1中の×プロット). また, 20kgN区では, 窒素投入量が推定式のX切片より小さく, 地下水系への窒素浸透量が計算上0となるが, 2007年の実測積算浸透窒素量は0.1kgN/10aでほとんど窒素成分が浸透せず, 推定式とほぼ一致した(図1中の×プロット). 一方, 施用窒素肥料の半分を肥効調節型肥料に置き換えた40kgN区では, 浸透窒素量が0.8kgN/10aと極端に低くなった.

ここで作成した茶園浸透窒素量推定式を用い, III-1実態調査の流域茶園面積と, 聞き取り施肥量を基に推算した流域茶園への投入窒素量を用い, 佐鳴湖流域の茶園から発生する地下水系への浸透窒素量を推定し, その結果を表3に示した. 佐鳴湖流域茶園全体の窒素投入量は, 2002年では39.5t, 06年では28.8tと推定され, 02年に比べ06年では約27%減少していた. また, 推定地下浸透窒素量は2002年では15.1t, 06年では10.0tとなり, 約34%減少していた. 2006年時点の河川流域毎の推定地下浸透窒素量を表4に示した. 佐鳴湖上流の3河川流域を合わせた推定地下浸透窒素量は2.4tで全体の約25%を占め, 下流4河川流域を合わせた7.6tに比べ

少なかった.

3. 佐鳴湖上流新(西)川中流域の地質調査

佐鳴湖から約1,500m遡った新(西)川中流左岸では, 椎ノ木谷東方の台地面は畑地として, 崖を下った河畔は水田として利用されていた. 台地面(標高35m程度)は黄色土(三方原2統)で覆われており, その下位に淘汰の悪い中礫〜大礫で構成される礫層を確認した(写真1). この礫層の層厚は約10m程度で, その下位(標高約25m程度)に泥層が認められた(写真2). また, 調査地点の付近の新(西)川河床にも泥層が露出していた(写真3). 礫層基底部から地下水の湧出が認められ(写真4), 水田に引くための装置が設置されていた(写真5).

IV 考 察

1. 佐鳴湖流域における茶栽培面積および施肥量

第2回浜松土木佐鳴湖浄化対策専門委員会資料†によると佐鳴湖流域の茶栽培面積は, 1950年代中頃には約700haであったが, 1970年代中頃には約200ha, 1990年代末には約60haと激減したことが示されている. 本報での実態調査を行った2006年時点では, さらに約50haまで減少していた. 一方, 県内の茶園窒素施肥量は, 静岡茶試³¹⁾, 大石^{23, 24)}によれば, 1960年代に50kgN/10a台であったものがその後急増し, 1990年代後半のピーク時には120kgN/10aを超える施用が行われていた. その後, 1997年の農林水産省通達「茶園における適正施肥の推進」や, 1999及び2002年の静岡県施肥基準改定30)に伴い段階的に削減された. 本報における現地聞き取り調査でも2002年には60kgN/10a台, 06年には50kgN/10a台へと減少していた. このように, 茶栽培面

† 浜松土木事務所 (2003): 第2回浜松土木事務所佐鳴湖浄化対策専門委員会資料

積及び施用窒素量が低下していることから佐鳴湖への窒素負荷源として茶栽培の占める割合は相対的に低下していると考えられた。

2. 流域茶園から発生する地下水系への窒素負荷量の推定

緑茶の品質は、茶葉に含まれるアミノ酸類、カフェインとの間に高い相関があることが報告されており^{16,17)}、生産者は新芽中の窒素成分の増加をねらって窒素施用量の増大がなされた⁴⁾。渡部ら³⁷⁾、静岡茶試³²⁾の施用窒素量と茶樹吸収及び浸透窒素量の報告値から作成した図1では、施用窒素量を増やしても、吸収量の増加はわずかであり、逆に地下水系へ流れ込む浸透窒素量の著しい増加を招くことを示していた。これは、茶栽培における窒素肥料の多量施用は、茶樹の吸収量への影響はわずかであるにもかかわらず、環境への影響が非常に大きくなることを示唆し、実際に茶栽培が集中している地域では、地下水の硝酸性窒素汚染が多く報告されている^{13, 20, 22, 34)}。

本報のライシメータ試験で得られた有機肥料・無機肥料を施用した54kgN区及び無機肥料を施用した20kgN区の浸透窒素量は、図1から作成した茶園浸透窒素量推定式による推定値と概ね一致した。ただし、本報の40kgN/10a施用区の浸透窒素量は、本推定式で算出した値と比べかなり低い値となった。これは利用率向上^{5, 27, 28)}、浸透窒素量減少⁹⁾が報告されている肥効調節型肥料に施用窒素の約半分を置き換えているためであると考えられた。従って本推定式は、機能性肥料を使用した施肥体系では浸透窒素量を過大評価する可能性があった。また、本ライシメータで無機肥料・有機肥料を施用した54kgN区でも、浸透水の硝酸性窒素濃度が環境基準 10mgL^{-1} を大きく上回る時期があり、現在の施肥基準54kgN/10a施用では相当量の環境負荷を与えていると考えられた。

現地聞き取りによる窒素施用量を基に、2002年の施肥基準改定前後の佐鳴湖流域茶園からの地下水系への窒素負荷量変化を推定したところ、表3に示したとおり2002年の15.1tに比べ、06年では10.0tとなり約2/3にまで減少していると推定された。また、佐鳴湖浄化対策専門委員会資料[†]にある1955年の流域茶園面積(678ha)と当時の県内平均窒素施肥量(50kgN/10a)^{23, 24, 31)}から、推定式を用い浸透窒素量を推定すると約100tとなった。2006年の浸透窒素量は1955年の約1/10まで減少したと考えられ、2000年頃までの茶園面積の減少、投入窒素の削減などにより茶栽培の流域地下水系に及ぼす環境負荷は相対的に低下してきていると

考えられた。

3. 地質調査からの地下浸透・流出機構の考察

地下浸透窒素の土層中での移行形態は、陰イオンである硝酸イオンであることが一般的に知られている。腐植質黒ぼく土では比較的多くの陰イオンを吸着するが、非黒ぼく土でははるかに少ないとされている⁶⁾。佐鳴湖流域の三方が原台地の土壌は、非黒ぼく土の黄色土(三方原2統)であることから、肥料として施用された窒素が、土壌中で硝化され硝酸イオンになると雨水の地下浸透とともに速やかに下方へ移行すると考えられる。

三方原台地の更新統地質は、下位より都田礫層¹⁵⁾、天満平泥層¹⁵⁾、細江礫層¹⁵⁾、佐浜泥層¹⁵⁾、志都呂砂層¹⁵⁾及び鴨江礫層¹⁵⁾に区分される小笠層群¹⁵⁾を三方が原礫層⁸⁾が広く覆い、三方が原面を形成している。今回の椎ノ木谷付近の地質調査でも、10m程度の礫層とその下位に泥層が確認された。この礫層は、三方が原礫層及び鴨江礫層と考えられるが、両者の境界は明確でなかった。下位の泥層は佐浜泥層と考えられ、三方原台地下に広く分布し、主として砂質シルト・シルト質細砂と粘土質シルトからなり、入野付近で12m以上の層厚があるとされている³³⁾。今回の調査でも礫層基底と泥層の境界から地下水が湧出していたことから、この佐浜泥層は難透水層となっていると考えられた。従って、佐鳴湖へ流入する河川において硝酸性窒素濃度が最も高い新(西)川の中流部では、台地面に降った雨水が、三方が原礫層及び鴨江礫層を通り、佐浜泥層との境界から湧水として滲出する地下浸透・流出機構となっていると推測された。浜松市の調査報告¹⁾では新(西)川流域での浅層地下水の硝酸性窒素濃度が高いにもかかわらず、深層地下水の濃度は極めて低い。このことから、鴨江礫層最下部すなわち佐浜泥層との境界部が、台地面から涵養された地下水の主な帯水層であり、佐浜泥層を通してさらに下層への浸透は少ないものと考えられた。

長田²⁶⁾は、牧之原台地を中心として東海地方に発達する第四系を対比しており、その中で佐浜泥層を古谷泥層³⁶⁾下部層に、鴨江礫層を古谷泥層上部層に、三方が原礫層を牧ノ原礫層²⁵⁾にそれぞれ対比している。これらは、堆積年代とともに堆積環境も類似しており、内湾性の海成泥層(佐浜泥層、古谷泥層)を大河川により運ばれた礫層(鴨江礫層・三方が原礫層、牧ノ原礫層)が覆っている^{26, 33, 36)}。茶栽培の集中する牧之原台地の地下水硝酸窒素濃度に関しては、(独)野菜茶業研究所が中心となり1997年から2000年にかけて調査²²⁾を行っている。それによれば、茶園との比高が小さい地点(10m以下)からの台地湧水で硝酸性窒素濃度の低下傾向が認

† 浜松土木事務所(2003): 第2回浜松土木事務所佐鳴湖浄化対策専門委員会資料

められており、その原因として1990年代後半からの茶園施肥削減により、湧水に混入する肥料由来窒素成分が減少したためとしている。一方で茶園との比高が大きい地点(10 m以上)からの湧水では、厚い土層中に蓄積した硝酸性窒素が徐々に湧出するために減肥の影響がいまだみられないとしている。また、難透水層と推定される古谷泥層と基盤となる新第三系(相良層群)との境界からの湧水については、硝酸性窒素濃度が低いことも報告されている。その後の2004から06年の静岡茶研センターによる調査^{10,11)}では、茶園との比高が大きい(30~35m程度)牧之原台地の主な帯水層となる牧ノ原礫層最下部(古谷泥層との境界)の地下水でも硝酸性窒素濃度の低下傾向が認められ、2004年に 40mgL^{-1} であったものが、2006年までに約半減し、その後 20mgL^{-1} 前後で横ばいとなったとしている。県内茶園での施肥量は、1997年の農林水産省通達「茶園における適正施肥の推進」や、1999及び2002年の静岡県施肥基準改定に伴い段階的に削減されてきた。この施肥削減が牧ノ原礫層最下部の地下水水質へ数年のラグタイムを経て影響を及ぼしていると考えられた。三方原台地における礫層を構成する礫・マトリクスの性状や透水性等の物理性は、牧之原台地のものと必ずしも同一ではないことから、これらを単純に比較することは困難であるが、三方が原礫層、鴨江礫層の層厚は、それぞれ5~7、5~10mとされており³³⁾、両礫層を合わせた層厚は最大でも20m以下と考えられ、牧ノ原礫層(30~50m³⁶⁾)に比べ薄いことから、施肥削減の効果が地下水硝酸性窒素濃度に反映される期間はやや短くなる可能性があると考えられた。

4. 総合考察

最近の成島ら¹⁹⁾の適正窒素施用量に関する詳細な調査によれば、0, 27, 40及び $54\text{kgN}/10\text{a}$ 施肥を9年間継続しても、一番茶では27~ $54\text{kgN}/10\text{a}$ 施用で、二番茶でも $40\text{kgN}/10\text{a}$ 施用と $54\text{kgN}/10\text{a}$ 施用との間で収量、摘芽の窒素含有率等に差が見られないとしている。また、新芽の窒素含有率は、芽の生長とともに低下するが、各茶期における新芽の生育に伴う窒素含有率の変化においても $40\text{kgN}/10\text{a}$ 施用と $54\text{kgN}/10\text{a}$ 施用は同一の直線で変化するとしている。さらに、村中¹⁴⁾、野中²¹⁾は、肥効調節型肥料、石灰窒素などの機能性肥料を用いることにより、 $40\text{kgN}/10\text{a}$ まで減肥しても、収量・品質に影響がなく、加えて浸透窒素量も低減できることも報告している。また、本報のライシメータ試験での浸透水硝酸性窒素濃度などからも、環境に配慮した茶肥培管理を行うには、現在の施肥基準 $54\text{kgN}/10\text{a}$ を引き下げることが必要であると考えられた。ここで、持続的農業を推進する静岡県土

壌肥料ハンドブック³⁰⁾において掲げられている2010年目標の $40\text{kgN}/10\text{a}$ 施用が実行されたとすると、表3に示したとおり、佐鳴湖流域茶園からの地下水系への窒素負荷量が4.1tとなり、02年の約27%、06年の半分以上まで削減できると推定された。

他作目においては、かん水同時施肥²⁾や局所施肥⁷⁾による高い施用窒素利用率が報告されている。中村¹⁸⁾は茶栽培へのかん水同時施肥により施用窒素量を $30\text{kgN}/10\text{a}$ まで削減できることを報告している。また、当茶研センターでは、肥効調節型肥料を用いた局所施肥に取り組んでおり、 $30\text{kgN}/10\text{a}$ 施用で、 $54\text{kgN}/10\text{a}$ 施用と同等の収量、窒素含有率を確保できる可能性が示されている¹²⁾。 $30\text{kgN}/10\text{a}$ で肥培管理が可能となれば、本報で作成した推定式から、流域窒素負荷量が0.8tとなり、 $40\text{kgN}/10\text{a}$ 施用のさらに約1/5まで削減できると推定され、佐鳴湖への窒素負荷量のさらなる低減が可能となることから、早急にこれら肥培管理法を確立する必要がある。

V 摘 要

佐鳴湖内でのCOD物質生産の誘因となる流域からの硝酸性窒素流入を低減するために、流域の茶栽培面積、施肥量等の実態を調査するとともに、地下水系への窒素負荷量の推定方法を検討し、茶栽培が佐鳴湖水系に与える窒素負荷量及び今後の施肥節減による窒素負荷量軽減効果を推定した。

文献値の茶樹の施肥由来吸収窒素量、ライシメータ浸透窒素量の値を用い、窒素施用量から地下水系への浸透窒素量を推定する関係式を作成した。浜松土木事務所資料及び実態調査からの茶栽培面積と、現地聞き取りによる窒素施用量を基に、2002年の施肥基準改定前後の佐鳴湖流域茶園からの地下水系への窒素負荷量を推定したところ、2002年の15.1tに比べ、06年では10.0tとなり約2/3にまで減少していると推定された。また、施用窒素量を $40\text{kgN}/10\text{a}$ まで引き下げることにより、流域茶園からの地下水系への窒素負荷量を2002年推定量の1/4近く、すなわち4.1tまで削減でき、佐鳴湖の水質浄化に有効と考えられた。

引 用 文 献

- 1) 浜松市(2003): 閉鎖性水域水質保全対策事業報告書
- 2) 林康人・新妻成一・久保省三(2003): 灌水施肥(養液土耕)栽培の肥効は高いのか、土肥誌, 74, 175-184
- 3) 堀江優子ほか(2009): 佐鳴湖流域における農耕地の変

- 遷と施肥窒素成分収支, 静岡農技研研報, 2, 27-37
- 4) 保科次雄 (1985): 茶樹による施肥窒素の吸収に関する研究, 茶試研報, 20, 1-89
- 5) 石井貴・河野隆 (2007): 路地ニラ栽培における肥効調節型肥料を利用した窒素減肥が収量, 施肥窒素利用率, 環境負荷軽減に及ぼす影響, 茨城園研研報, 15, 29-36
- 6) 亀和田國彦 (1994): 畑地における土壤中陰イオン含量 (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) の垂直分布, 土肥誌, 65, 255-265
- 7) 金田吉弘・栗崎弘利・村井隆 (1994): 肥効調節型肥料を用いた育苗箱全量施肥による水稻不耕起移植栽培, 土肥誌, 65, 385-391
- 8) 小林國夫 (1942): 濱名湖畔の洪積層, 地質雑, 49, 326-331
- 9) 松丸恒夫 (1997): 被覆肥料利用による畑地からの肥料窒素溶脱抑制, 土肥誌, 68, 430-434
- 10) 松浦英之・村中康秀 (2006): 牧之原台地基盤面地下水の硝酸性窒素濃度と流向・流速, 茶研報, 102(別), 60-61
- 11) Matsuura H., Y. Muranaka (2007): Changes of Nitrate-N Concentration at Water of Major Aquifer in The Makinohara Terrace for The Past Several Years, Proceedings of The 3rd International Conference on O-CHA (Tea) Culture and Science, Pr-P-309
- 12) 松浦英之・成島光昭・太田充・三枝正彦 (2008): 肥効調節型肥料を用いた茶樹雨落部への局所施肥法, 茶研報, 106(別), 144-145
- 13) 宮地直道・渥美和彦・望月康秀・徳田進一 (2000): 茶園台地下の湧水・地下水の水質特性, 土肥誌講要, 46, 192
- 14) 村中康秀 (2005): 環境分解型被覆複合肥料を利用した茶施肥量の削減, 茶研報, 100, 55-59
- 15) 武藤鉄司 (1987): 天竜川下流地方, 三方が原・磐田原台地の地質ー現在の開析扇状地からの解釈ー, 地質雑, 93, 259-273
- 16) 中川致之 (1970): 茶品質とカテキンに関する研究, 茶試研報, 6, 65-166
- 17) 中川致之・阿南豊正・石間紀男 (1981): 緑茶の味と化学成分との関係, 茶試研報, 17, 69-123
- 18) 中村茂和 (2005): 茶園の樹冠下液肥施用における年間窒素量が収量, 摘芽中の窒素含量に及ぼす影響, 茶研報, 100, 86-88
- 19) 成島光昭・青山正己 (2006): 環境に配慮した茶園施肥が茶の生育・収量に及ぼす影響, 茶研報, 102(別), 36-37
- 20) 新良力也・渥美和彦・宮地直道 (2005): 静岡県牧ノ原台地の茶園地帯における硝酸性窒素の流出量と水田による除去可能性, 土肥誌, 76, 901-904
- 21) 野中邦彦 (2005): 石灰窒素利用による茶園の窒素施肥量の削減, 茶研報, 100, 78-79
- 22) 農林水産技術会議事務局 (2003): 集団茶園からの環境負荷窒素化合物の流出防止技術の開発に関する研究, 研究成果 409, 37-41
- 23) 大石貞男 (2004): 茶の栽培と製造 I, 農文協, 380-382
- 24) 大石貞男 (2004): 日本茶業発達史, 農文協, 379-381, 414-25
- 25) 長田敏明 (1980): 静岡県牧ノ原台地の形成過程, 第四紀研究, 19, 1-14
- 26) 長田敏明 (1998): 牧ノ原台地の地形と地質ー東海地方中部における海水面と地表面の変動ー, 地団研専報, 46, 1-78
- 27) 酒田直克・山本一夫・中原秀雄・丸本卓哉 (1995): 被覆肥料窒素の土壤中での挙動, 土肥誌, 66, 253-258
- 28) 佐藤徳雄・渋谷暁一・三枝正彦・阿部篤郎 (1993): 肥効調節型被覆尿素を用いた水稻の全量基肥不耕起直播栽培, 日作紀, 62(3), 408-413
- 29) 清流ルネッサンスⅡ佐鳴湖地域協議会 (2004): 二級河川都田川水系新川 (佐鳴湖) 水環境改善緊急行動計画
- 30) 静岡県 (2005): 持続的農業を推進する静岡県土壌肥料ハンドブック, 163-169
- 31) 静岡茶試 (1968): 明治 100 周年記念・創立 60 周年記念静岡県茶業試験場成績集録, 4-9
- 32) 静岡茶試 (1980): モデルほ場における重窒素標識硫酸アンモニウム施用調査, 環境庁委託業務結果報告書, 25-35
- 33) 杉山雄一 (1991): 渥美半島ー浜名湖東岸地域の中中部更新統ー海進ー海退堆積サイクルとその広域対比ー, 地質調査所月報, 42, 75-109
- 34) 戸田任重・望月康秀・川西琢也・川島博之 (1997): 静岡県牧ノ原における茶園ー水田連鎖系による窒素流出負荷低減効果の推定, 土肥誌, 68, 369-375
- 35) 土隆一 (1960): 天竜川下流地方第四系の地史学的考察, 東北大学理科学部報告特別号, 4, 538-589
- 36) 土隆一 (1960): 大井川下流地方第四系の地史学的考察, 地質雑, 66, 639-653
- 37) 渡部育夫・徳田進一・野中邦彦 (2002): ライシメーターによる茶園土壌窒素収支, 茶研報, 94, 1-6
- 38) ゼンリン住宅地図 200312 (浜松市西部, 北部, 南部)



写真1 新（西）川上流椎ノ木谷地区台地崖の礫層



写真2 新（西）川上流椎ノ木谷地区台地崖の泥層



写真3 椎ノ木谷の新（西）川河床に露出した泥層



写真4 椎ノ木谷における礫層基底部（泥層との境界）からの湧水



写真5 椎ノ木谷における礫層基底部（泥層との境界）湧水を水田に引くための簡易装置