

あたらしい 農業技術

No.518

稲わらすきこみと冬期湛水を
組み合わせた水系の窒素除去技術

平成 21 年度

要 旨

1 技術・情報の内容及び特徴

- (1) 台地上の茶園下部から流出する湧水を水源とする河川の水質、水量をモニタリングし、窒素濃度が低下傾向にあることを明らかにしました。これは茶園における施肥削減の努力が水質の改善に結びついていることを示しています。しかし、濃度の低下速度はきわめて緩慢なため、硝酸性窒素濃度が基準値以下となるには長期間を要します。
- (2) 水田の水質浄化機能を活用して水系の硝酸性窒素を除去する技術を開発しました。開発した技術は水稻収穫後の稲わらを水田にすきこみ、冬期湛水を掛け流しでかんがいで行うというものです。この技術によって水田の水質浄化能力は大幅に向上し、地域水系の水質改善に貢献します。また、農水省が所管する「農地・水・環境保全向上対策事業」の営農活動支援のメニューとして認められているため、一定の要件を満たすことで6,000円/10aの支援を受けることができます。

2 技術、情報の適用効果

地域水系の硝酸性窒素の除去し、即効的な水質改善が可能となります。技術の導入により、いわゆる「環境支払い」による支援を受けられます。この技術の主体である冬期湛水には、そのほかに生物生息場所の提供、水田生態系の保全、冬期の地下水涵養、雑草の抑制等の効果があります。

3 適用範囲

県内茶園台地下の水田

4 普及上の留意点

- (1) 冬期湛水を行うためには冬期における水利権が確保されている必要があります。
- (2) 農地・水・環境保全向上対策事業の支援を受けるためには、事業が求めるその他の要件を満たす必要があります。

目 次

はじめに	1
1 茶園周辺の水質は改善しつつありますが十分ではありません	2
2 水田の水質浄化技術を活用した窒素除去技術	3
（1）水田を活用した浄化技術	3
（2）「農地・水・環境保全向上対策事業」との関係	4
（3）技術の適応が想定される地域	5
おわりに	6
引用文献	6

はじめに

農地に過剰な窒素肥料が施用されると吸収されずに残った窒素成分が流亡し、その地域の水系では硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) による環境負荷が生じることが知られています。硝酸性窒素は公共水域の富栄養化を引き起こすだけでなく、飲料水として用いた場合の人体への影響も懸念されています。

茶園では $100\text{kgN}/10\text{a}$ を超える窒素が施用されていた時期があり、この時に台地の深層に蓄積した硝酸性窒素が現在でも地域の水系に流出しています。茶園では施肥削減の努力が進行中ですが、このような施肥削減の効果がいつから現れるか、という点ははっきりわかりません。

一度環境中に拡散してしまった硝酸性窒素を除去することは非常に難しいことです。しかし、私たちの研究から、水田の水質浄化能力を使った窒素除去がこのための有力な技術であることが分かってきました。これは川や湧水の硝酸性窒素濃度が高い地域でこのような水を水田に引き込むというものです(図1)。水田土壌には脱窒菌と呼ばれる微生物が存在し、硝酸性窒素を無害な窒素ガスへ変化させることが知られています。水田で積極的に水質浄化を行うためには通常の稲作のかんがい期間以外に湛水期間を拡張し、多くの用水を水田に引き入れることが重要です。

水田による水質浄化を実用技術とするためには、この技術を実践した水田農家がなんらかの恩恵を受けることが出来るような仕組みが必要になります。硝酸性窒素の負荷は過去の茶園での多肥によるもので水田は負荷源ではありません。にも関わらず水田農家に非稲作期間中のかんがいをお願いすることは容易なことではありません。近年農林水産省が進めている「農地・水・環境保全向上対策事業」(農林水産省, 2009)には環境保全に貢献する営農活動を行う農家に対して直接支払いを行う仕組みが組み入れられています。この制度をうまく活用できれば水田農家が水質浄化の恩恵を受けることができるため、技術の普及が期待できます。

そこで私たちは、茶園からの窒素の流出の長期的な実態を明らかにするとともに、上述の事業に組み込めるような、水田での新しい水質浄化技術を開発しました。

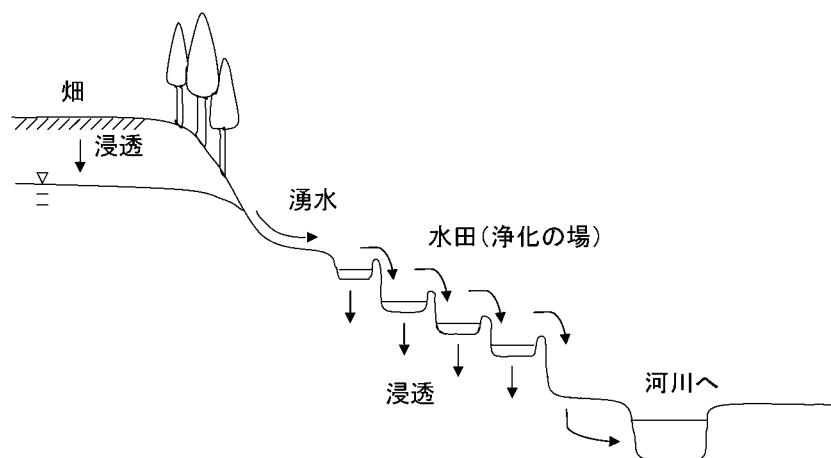


図1 水田を使った水質浄化の模式図

1 茶園周辺の水質は改善しつつありますが十分ではありません

農林技術研究所では 1997 年から牧之原台地の一部を対象に茶園から流れる河川の水質を調査してきました（宮地・戸田，1999；高橋ら，2009）。この地域は牧之原台地の南端に位置しており、周辺の台地からほぼ独立した集水域となっています。台地上には民家や畜舎はほとんど存在しないため、河川をとおって流出する硝酸性窒素の大部分は茶園での施肥に由来すると考えられます。一方、県内の茶園の施肥量は 1999 年付近を境に減少していることが野中ら（2004）によって明らかにされています。施肥削減の努力が始まってから 10 年が経とうとしていますが、近年になって地域水系の水質が改善しつつあるという報告が出始めています（廣野ら，2006）。そこで農林技術研究所がモニタリングしてきた観測地点においても同様な統計手法を用いた解析を行ってみました。

結果は図 2 のとおりです。調査地域の 22 河川のうち、統計的に有意な低下傾向が確認できたものは 17 河川でした。前述したように、この地域の硝酸性窒素の負荷源は茶園であることがほぼ特定されているため、このデータは茶園での施肥量を削減したことが河川の水質の改善につながったことを強く示唆しています。国内ではこのように施肥削減によって水質が改善したことを科学的に示した例は非常に少なく、農林技術研究所のデータは全国で 2 番目の大変貴重な事例です。しかし一方で水質の改善速度は非常に遅いという問題点も明らかになってきました。窒素濃度の変化速度は 1 年で $-2.74 \sim 0.18 \text{mg/L}$ 程度であり、平均値は -0.66mgN/L/年 です。この地域での測定期間中の河川の平均窒素濃度は 18mg/L ですから、このままの速度での水質改善を仮定したとしても公共水の環境基準値である 10mgN/L まで速度が低下するまでには 12 年以上が必要だという計算になります。

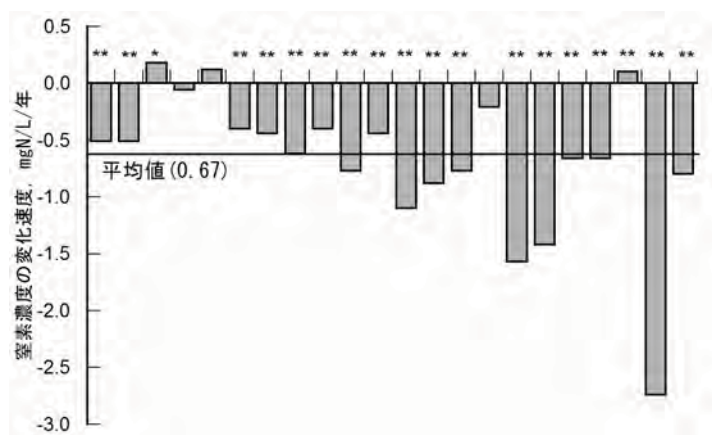


図 2 茶園周辺の小河川の硝酸性窒素濃度の変化速度

マイナスの変化速度は濃度が減少していることを示します。棒グラフの上の*印は統計的な有意差を表し、*、**のついたカラムはそれぞれ、危険率 5%、1%で有意な傾向がみられます（Mann-Kendall 検定）。

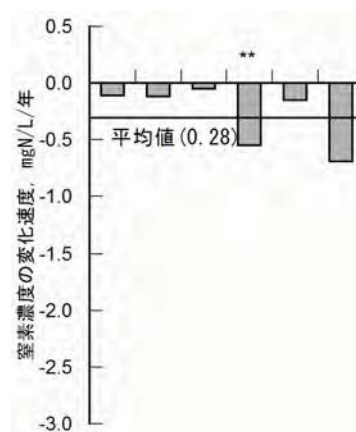


図 3 茶園地帯及びその周辺の井戸の硝酸性窒素濃度の変化速度

マイナスの変化速度は濃度が減少していることを示します。棒グラフの上の**印は統計的な有意差（Mann-Kendall 検定による 1%以下の危険率）を表します。

一方、井戸については有意な低下傾向が認められたものは6井戸中、1井戸にとどまりました（図3）。井戸での水質改善が明確でなかった理由ははっきり判りません。おそらく河川水は台地中の地下水の中でも比較的流れが速いものを代表しているのに対し、井戸から採水される地下水は流速がはっきりせず、観測井戸の中には非常に流れが遅い地下水も含まれているからではないかと考えています。井水の水質改善には河川のそれに比べ長い期間を要するケースが多いことが推定されます。

2 水田の水質浄化能力を活用した窒素除去技術

(1) 水田を活用した水質浄化技術

以上のように施肥削減の効果が現れるまでには長い期間を必要となります。そこで私たちは地域の水質を即効的に改善するために、休耕田の水質浄化能を活用する技術を過去に提案してきました（高橋・新良，2005）。ここでは後述する「農地・水・環境保全向上対策事業」に対応するため、実際の営農が行われている水田において稲わらをすきこみ、冬期間から湛水を行うことで水田の水質浄化能力を高める技術を紹介します。

図1、図4は提案する技術を模式的に示したものです。この技術では茶園等が集中する台地から流れてくる河川水を水田に引き込み、かんがい水を浄化することを狙いとしています（図1）。台地からの窒素の流出は定常的なものですが、水田を全年湛水し、なおかつ営農活動が続けることは技術的に困難です。そこで、提案する技術では冬から通常の稲栽培期間までをかんがい期間とします（図4）。表1は実際の水田において1月からかんがいを始めた場合の窒素浄化量を示しています。残念ながら数字の幅が大きいのですが、冬期からの湛水によって河川の窒素の34～80kg/10a/年が除去されました。このデータから通常の湛水期間である5～9月の窒素除去量を抜き出してみると、6～10kg/年であると計算されます。すなわち、湛水期間の拡大によって窒素浄化量が3～13倍増加することが実証的に示されたのです。

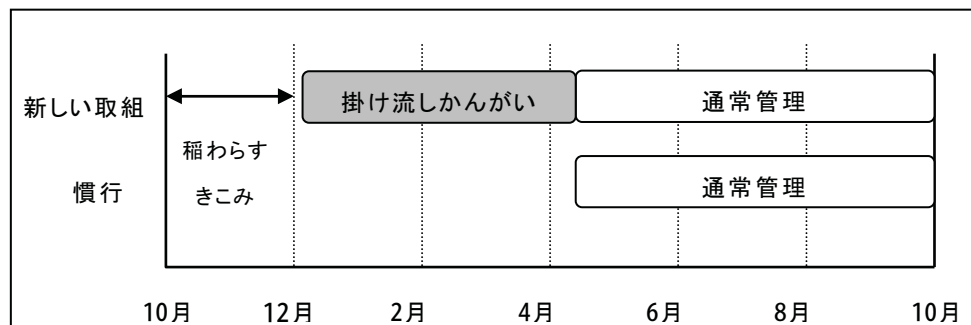


図4 提案する技術（新しい取組）と慣行栽培体系の比較

この技術のもうひとつの特徴は秋冬期に稲わらをすきこむということです（図4）。すきこみ量は500kg/10a程度を想定していますが、これはその水田で得られた稲わらの全量を同じ水田に還元した場合の量に相当します。稲わらをすきこむことにより、水田土壌中の微生物の活動が活発になり、水質の浄化能力は高まります。冬期湛水期間での窒素除去量は稲わらのすきこみで約2倍になりことがわかりました（図5）。

表 1 冬期湛水体系と慣行体系の窒素除去量の比較[†]

	湛水日数 d	水稻の吸収以外による窒素浄化量 [‡] kgN/10a/y	かんがい水量 t/10a/y
冬期湛水	215	34~80	5100
慣行	104	6~10	890

[†]: 湛水される水田面積は 80a、畦畔等を含めると 1.5ha の地域です。土壌型はグライ低地土。冬期湛水および慣行の湛水期間はそれぞれ 1/26~8/28、5/16~8/18。冬期湛水期間は掛け流し灌漑を実施しており、稲わらすきこみは行っていません。

[‡]: 地域内での流出経路不明画分の水があるため、流出経路不明水で窒素除去がないと仮定した場合と降下浸透と同等の除去が起こったと仮定した場合を示しています。

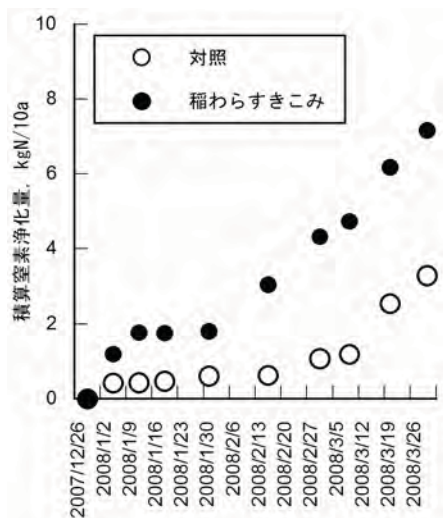


図 5 稲わらすきこみによる窒素浄化能力の増加
水田でのかんがいの滞留時間を 1 日と仮定した際の
田面水での窒素浄化量の積算値。

(2) 「農地・水・環境保全向上対策事業」との関連

図 4 で示した技術は平成 21 年度より農水省が所管する事業である「農地・水・環境保全向上対策事業」（以下、「農地・水」とします）の営農活動支援としての取組が認められています。つまり、稲わらすきこみと冬期湛水を組み合わせた取組を行い、そのほかの事業に必要な一定の要件を満たすことにより農家には 6,000 円/10a の直接所得が、団体には 200,000 円/10a の助成金が交付されます。このことについて少し詳しく説明します。

「農地・水・環境保全向上対策事業」は大きく分けて 2 つの構造になっています（図 6）。基盤となる取組は共同活動支援と呼ばれるもので、共同活動を行っている組織が先進的な環境保全活動を行うと、さらに営農活動支援を受けることができます。ベースにあたる共同活動支援は、農業者だけではなく地域の非農家も参加した組織を作り、農村・農地の保全活動を行うことに対する支援です（静岡県の水田の場合、組織への支援金が 4,400 円/10a）。さらに先進的な取組を対象とした営農活動支援はこれまで、（1）化学肥料・化学合成農薬の 5 割低減等、（2）エコファーマー認定、（3）地域まとまり要件、（4）地域全体での環境負荷低減への取組、の 4 つの要件を満たす取組への支援でした。このうち最もハードルが高かった（1）の 5 割低減の代替技術として平成 21 年度から今まで説明してきた「稲わらすきこみと冬期湛水を組み合わせた取組」が認められています。この取組は「硝酸性窒素及

び亜硝酸性窒素濃度が相当程度高い用水」を利用することが前提です。また、「冬期湛水は原則として流水による」ことになっています（農林水産省，2009）。具体的には、先にも述べたような県内の茶園地帯からの流出水を用として用いている水田が想定されているわけです。

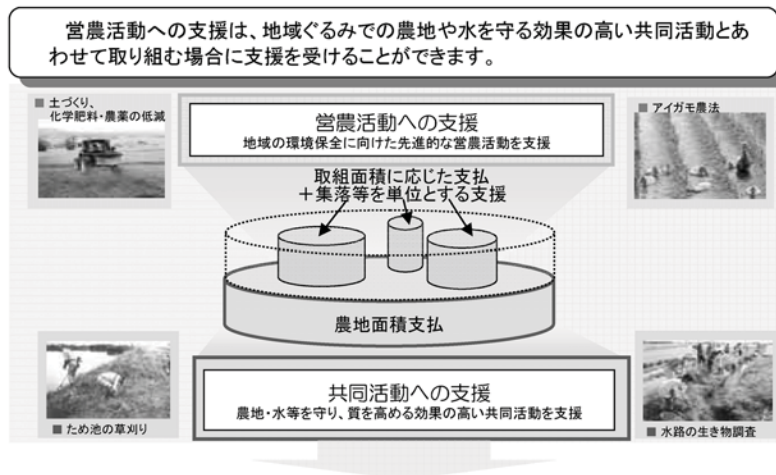


図6 農地・水・環境保全向上対策事業のあらまし

農林水産省（2006）より抜粋

（3）技術の適応が想定される地域

以上で述べたように、この技術は台地上で発生した窒素負荷を下流に位置する水田を使って取り除くことを目的としています。このような浄化技術が成立するためには、窒素の負荷源と水田が一つの水系でつながっていなければいけません。ここではこのような地理的な状態を地形・地目連鎖系と呼びます。もう一点重要なことは、浄化を行う水田は土地改良区が提供する用水を取水しておらず、地形・地目連鎖系上の河川、ため池あるいは湧水を利用していなければなりません。さらに3つ目の条件として水田農家がかんがい水に対して冬期間の水利権を持っていないといけません。

そこで、既存の統計情報を基に上記の条件を満たす県内の水田面積を概算してみました。茶栽培が盛んな大井川右岸から天竜川左岸の中遠地域を対象に、用水が整備されていない水田面積を抽出しました。この推定法は上流部に茶園のような窒素負荷源があるとは限らず、水利権に関する調査も行っていないため、厳密な予測とはいえません。そこで、この推定値を潜在的利用可能地域と呼びます。潜在的利用可能地域の面積を示したものが図7です。潜在的利用可能面積は主に中遠北部と牧之原台地の周縁部に広がっています。また、この地域の水田面積14,000haのうち、3分の1に相当する5,000haが潜在的利用可能面積に相当することが明らかになりました。

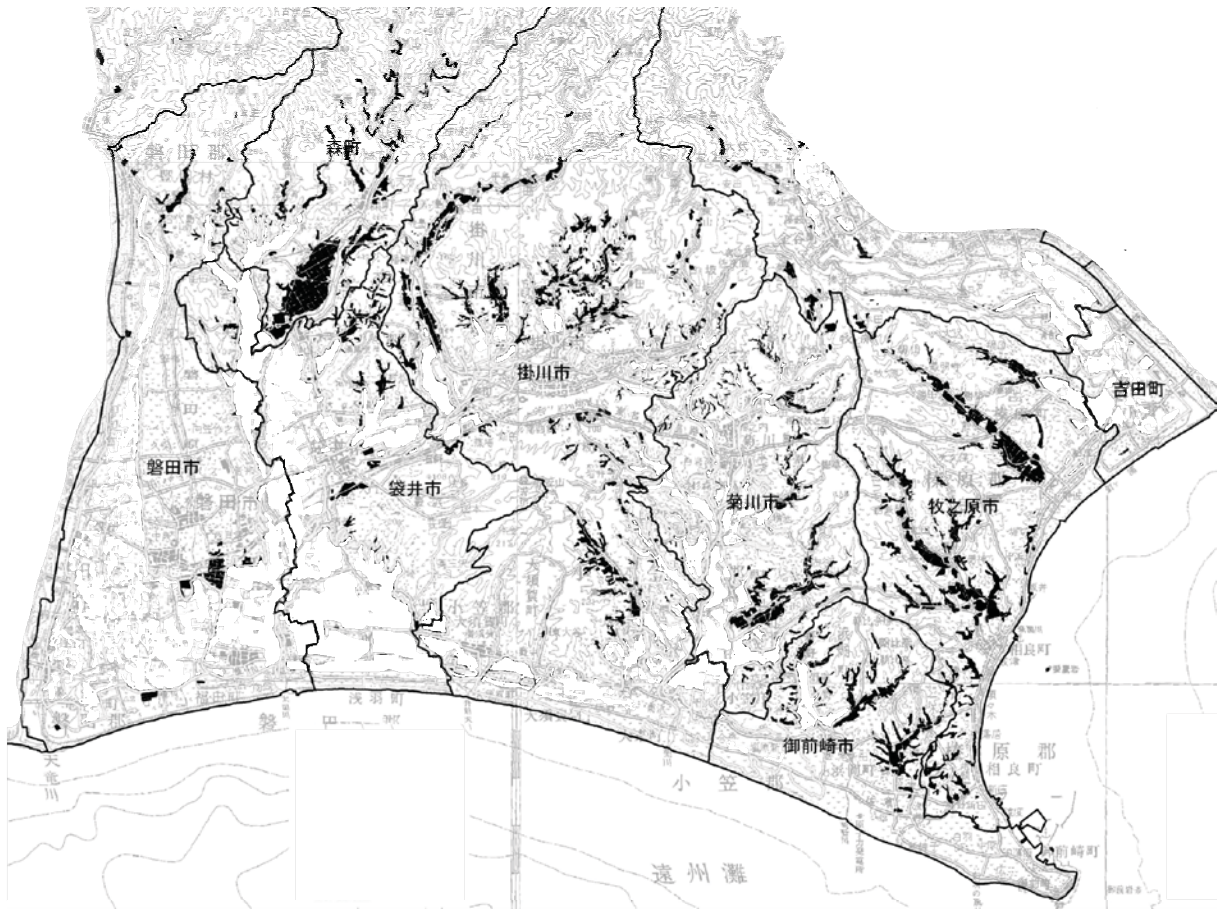


図7 県内大井川右岸から天竜川左岸地域の潜在的利用可能面積とその分布
(図中の黒で塗りつぶした部分)

おわりに

ここでご紹介した冬期湛水は水質浄化を目的としたものですが、近年では、冬期湛水には生物生息場所の提供、水田生態系の保全、冬期の地下水涵養、雑草の抑制等の様々な効果があることが明らかになっています（鷲尾，2006）。水質改善を目的としていても、他の目的による冬期湛水と本質的な違いはなく、上述のような効果は十分に期待できます（農林技術研究所，2009）。

今後は冬期湛水の様々な効果の一つとして水質浄化が認知され、冬期湛水の機運の高まりを一つの契機として、水質浄化技術が普及していくことを期待します。

参考文献

- 1) 廣野祐平・渡部育夫・野中邦彦，2006．集団茶園地域の周辺水系に見られる硝酸性窒素濃度の変化，平成18年度野菜茶業成果情報集，55-56．
- 2) 宮地直道・戸田任重，1999．水田が持つ水質浄化機能 - 台地から流出する窒素の除去 - ，あたらしい農業技術，318，1-9．
- 3) 野中邦彦，2004．茶園における施肥基準の推移と今後の展開方向，農業技術，59，311-315．

- 4) 農林水産省，2009．農地・水・環境保全向上対策事業実施要領，
http://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyo/nouti_mizu/pdf/yoryo22.pdf.
- 5) 農林水産省，2006．農業者のみなさまへ 環境に優しい農業を地域で進めよう～農地・水・環境保全向上対策事業の紹介，
http://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyo/nouti_mizu/pdf/yasashii_reaf_a.pdf.
- 6) 静岡県農林技術研究所，2009．静岡の棚田研究-その恵みと営み-，静岡新聞社，241p.
- 7) 高橋智紀・新良力也，2006．水田の水質浄化機能を評価する - 通年掛け流しかんがいで
の窒素除去能 - ，あたらしい農業技術，474，1-10.
- 8) 高橋智紀・新良力也・宮地直道・戸田任重・村中康秀・廣野祐平・渥美和彦・福島務・
杉浦秀治，2009．施肥削減が進行する牧之原台地を集水域とした小河川，湧水および井
水の硝酸性窒素濃度の推移，静岡農林研報，2，17-25.
- 9) 鷺尾いずみ，2006．地域と環境が蘇る水田再生，家の光協会，東京，304p.

静岡県農林技術研究所生産環境部
主任研究員
高橋智紀

平成21年8月発行

静岡県産業部振興局研究調整室

〒420-8601

静岡市葵区追手町9-6

TEL 054-221-2676

