

愛知県の水田における土地利用変化等に伴う乾田化の進行

松永久恵¹⁾・吉村幸江¹⁾・大橋祥範²⁾・鈴木良地¹⁾・中村嘉孝³⁾・村岡春菜¹⁾・日置雅之¹⁾

摘要:愛知県では、1959～1978年の地力保全基本調査を基に作成された「日本土壤インベントリー」のデジタル農耕地土壤図が利用されているが、1980年代以降の土地利用の変化や土地改良の影響は十分に反映されていない。本研究では、愛知県内の水田地帯で簡易土壤断面調査を実施し、乾田化の状況を明らかにした。その結果、1978年時点でのグライ低地土群と分類されていた地点の45.4%が灰色低地土群または褐色低地土群に変化していた。乾田化の要因には基盤整備や土地利用の変化があり、特に田畠輪換の割合が多い地域で乾田化が進行していることが確認された。乾田化に伴い、表層土の全炭素含量及び全窒素含量が低下しており、今後の土づくりの指導では、定期的な土壤診断と有機物施用が必要である。

キーワード:土壤図、乾田化、グライ低地土群、田畠輪換

緒言

愛知県では、1959～1978年に実施された地力保全基本調査の成果を基に、農研機構が包括的土壤分類第1次試案により作成した「日本土壤インベントリー」のデジタル農耕地土壤図(以下、土壤図)が、施肥管理や農地利用の現状把握のための重要な資料として利用されている。一方で、1980年代以降の土地利用の変化や土地改良の影響は十分に反映されておらず^{1,2)}、農業従事者が農地の正確な現状を把握する上での課題となっている³⁾。特に、水田地帯における基盤整備や土地利用の変化に起因する土壤分類の変化が報告されており⁴⁻⁹⁾、その中でもグライ低地土群に分類されるほ場における乾田化が、土壤図と現状の土壤分類との乖離の大きな要因であると考えられている⁹⁾。グライ低地土群は、土壤表面から深さ50 cm以内に地下水グライ層、即ち地下水の飽和により生成・維持され、還元された鉄により青灰色・緑灰色を呈している層の出現を特徴とするが、乾田化にともなって地下水グライ層が消失し、より酸化的な灰色低地土群や褐色低地土群のような土壤群¹⁰⁾に変化するものと考えられる。

本県でも、土壤図上でグライ低地土群の割合が高い地域があるが、近年の土地利用の変化や基盤整備の影響を反映して、乾田化が進行し、土壤分類が変化しているものと予想されるが、未だに明らかになっていない。

また、乾田化が進行すると、土壤の化学性の変化、特に全炭素含量及び全窒素含量をはじめとする土壤肥沃度が低

下することが指摘されている¹¹⁻¹⁶⁾。県内においても乾田化が進行しているほ場では、土壤の化学性が変化している可能性があり、今後土づくりの指導を進める上で現状を把握する必要がある。本研究では基盤整備の有無や土地利用の異なる水田地帯において、簡易土壤断面調査を実施し、愛知県内での乾田化の状況を明らかにすることを目的とした。さらに乾田化に伴う土壤化学性の変化についても調査を行ったので報告する。

材料及び方法

1 調査地点

土壤図においてグライ低地土に分類されている県内5地域の水田地帯を対象に、2020～2024年の5年間にわたり実施した(表1)。調査地点数は、西尾市吉良町:82、豊田市幸町から桝塙西町一帯:48、弥富市稻狐町、三稻及び鎌島周辺:85、名古屋市港区南陽地区:58、西尾市中根町及び小間町:64である。土地利用については耕作者に聞き取りをし、弥富市稻狐町及び名古屋市港区南陽地区では水稻単作、それ以外の地域では田畠輪換(2年3作)が主であった。調査は、水稻収穫後の8、9月に実施した。

2 土壤調査

(1) 簡易土壤断面調査

深さ30 cmの試坑を作成し、さらに30 cm以深(最大約80 cm)については、検土杖(サンプリング部:Φ4 cm×50 cm、大起

¹⁾環境基盤研究部 ²⁾環境基盤研究部(現研究戦略部)

³⁾環境基盤研究部(現普及戦略部)

本研究は生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」(JPJ007097)及び「オープンイノベーション研究・実用化推進事業」(JPJ011937)の支援を受けて行った。

表1 調査地域の概要

地名	土地利用形態別の 調査地点数		調査年
	水稻単作	田畑輪換	
西尾市吉良町	0	82	2020年9月28日～ 11月6日
豊田市幸町/ 桝塚西町	0	48	2021年9月1日～ 10月19日
弥富市稻狐町/ 三稲/鎌島	24	61	2022年8月16日～ 10月3日
名古屋市港区 南陽地区	58	0	2023年8月31日～ 9月15日
西尾市中根町/ 小間町	0	64	2024年9月3日～ 9月27日
計	82	255	

理化工業株式会社、鴻巣)を用いた。調査は土壤調査ハンドブックに基づいて実施し、層位区分、土色、土性、斑紋結核及び反応試験(二価鉄)について判定した¹⁷⁾。その結果をもとに包括的土壤分類第1次試案¹⁰⁾により土壤分類を実施した。また、化学分析に供試するため、作土層(平均14cm深)の中央部分を採取した。

(2) 土壤の分析

分析項目は、pH(H₂O)、全炭素含量、全窒素含量、可給態窒素量及び遊離酸化鉄である。採取した土壤は風乾、篩別後、次の分析に供試した。pHは土壤溶液比1:5(w/v)でガラス電極法¹⁸⁾にてpHメータ(HM-41X、東亜ディーケーク株式会社、東京)を用いて測定した。全炭素含量及び全窒素含量は乾式燃焼法¹⁸⁾にて炭素窒素分析装置(スミグラフNC22-F、株式会社住化分析センター、大阪)を用いて測定した。遊離酸化鉄は浅見・熊田法¹⁹⁾にて抽出し、原子吸光光度計(ZA3300、株式会社日立ハイテク、東京)を用いて測定した。可給態窒素は保温静置法で測定した¹⁸⁾。すなわち、5mm篩別した湿潤土20gをガラス製培養瓶(直径25mm、高さ90mm)に詰め、蒸留水18mLを添加し、土塊が無くなるまで薬さじで攪拌した後、抜気し密栓し、30°Cで4週間静置培養後、10%塩化カリウム溶液にて抽出したアンモニア態窒素を、インドフェノール青吸光光度法²⁰⁾で連続流れ分析装置(AA3型、ビーエルテック株式会社、大阪)を用いて測定した。

3 統計解析

統計処理はPython 3.13(Python Software Foundation)を用いて実施した。データの正規性を評価するため、scipy.stats v1.15.2 (BSD 3-Clause License) ライブラリを用いてシャピロ・ウィルク検定を実施した結果、正規性が成立しなかった($p < 0.05$)。そのため、マン・ホイットニーのU検定を適用し、中央値に基づく群間の比較を実施し、有意水準を $\alpha = 0.05$ に設定し、統計的な有意性を検証した。

表2 各調査地点の土壤分類結果

地名	グライ低地土群	灰色低地土群/	低地水田土群/
		褐色低地土群	未熟低地土群
西尾市吉良町	41 (50.0%)	38 (46.3%)	3 (3.7%)
豊田市幸町/ 桝塚西町	0 (0%)	46 (95.8%)	2 (4.2%)
弥富市稻狐町/ 三稲/鎌島	52 (61.2%)	32 (37.7%)	1 (1.1%)
名古屋市港区 南陽地区	48 (82.8%)	10 (17.2%)	0 (0%)
西尾市中根町/ 小間町	35 (54.7%)	27 (42.2%)	2 (3.1%)
計	176 (52.2%)	153 (45.4%)	8 (2.4%)

0内は各調査地点数に対する割合を表す。

結果及び考察

簡易土壤調査の結果、1978年時点でグライ低地土群と分類されていた337地点のうち、161地点がグライ低地土群以外の土壤群に分類され、その45.4%にあたる153地点がグライ層の消失した灰色低地土群、褐色低地土群に分類された(表2)。この結果から調査地域において乾田化が進んでいることが明らかとなった。このような水田地帯での乾田化の進行は過去の報告とも一致している。例えば、千葉県では土壤環境基礎調査(1979年度～1998年度)の定点調査の結果、水田の55%が乾田化方向に変化したことが報告され⁵⁾、滋賀県では本報告と同様の調査を実施した結果、調査地点の75.6%がグライ低地土群から変化しており、その変化の大半が灰色低地土群で乾田化が進行していたことを報告している⁷⁾。

乾田化の要因には、①基盤整備による地下水位の低下、②田畑輪換などの土地利用の変化があげられる⁸⁾。基盤整備については、今回調査地域において、1978年以降農業用水整備はじめ基盤整備が実施されており²¹⁾、事業により用排水路が整備され、ほ場の排水性が向上したものと考えられた。一方、土地利用の変化についてみると、調査地域のうち田畑輪換の割合が多い西尾市、豊田市でグライ低地土の割合が0～55%と低く、水田単作の割合が多い名古屋市、弥富市では61～82%と高かった。これは、廣瀬ら⁷⁾及び伊勢ら⁹⁾の報告と同様の結果となった。以上のことから、本県の乾田化の要因も土地利用形態の影響が大きいものと判断した。

さらに、グライ低地土群のままだった地点とそれ以外の土壤群と判断された地点の作土層の化学性を比較した(図1)。pHは乾田化していた地点では、中央値で6.0から6.2まで有意に上昇した。千葉県の事例では、乾田化にともなって20年間でpHは平均値で6.4から6.1に低下したことが報告されており⁵⁾、福井県では1997～2000年の調査結果と1974年以前を比較するとpH6以上を示すほ場の割合が60%から10%に減少していることを報告している⁶⁾。千葉県と福井県の事例で

は、土壤への資材投入の減少により低下したと考察されている⁹が、愛知県では生産現場においてpHを適正化するために石灰の施用が行われている²²⁾ために上昇したと考えられ、今回の結果は、これを反映しているものと考えられた。

全窒素含量および全炭素含量は乾田化した地点で有意に低かった。廣瀬ら⁷⁾および西田ら¹²⁾の報告では、畑地の方が有機物の消耗が大きいことから乾田化によって全炭素および全窒素含量の低下が確認されており、本研究の結果も一致した。今後、2年3作体系が継続されると、さらに全炭素、全窒素の減少が顕著になると考えられる。

可給態窒素量については、本報告では有意な変化は認められなかった。住田ら¹¹⁾は東北農研内の18年間の長期輪換畑では、稻わら堆肥の施用の有無にかかわらず、可給態窒素は連年水田の約半分程度にまで減耗することを明らかにし、西田ら¹²⁾は秋田県内の生産者ほ場において、異なる管理下の輪作ほ場でも窒素肥沃度が低下していたこと、窒素肥沃度の低下は畑作の頻度と相関があることを示した。田畠輪換の長期化に伴う窒素肥沃度の低下は、富山県^{13,14)}、茨城県¹⁴⁾、福岡県¹⁴⁾、新潟県¹⁵⁾でも示された。Ichinose et al.¹⁶⁾は、全国的に水田において畑作利用頻度が50%を超えると可給態窒素が低下すること、乾田化の進行が水田土壤の可給態窒素を低下させる可能性に言及している。これらの先行研究では、可給態窒素量の顕著な減少が報告されている一方で、本報告では有意な変化は認められなかった。この相違の要因としては、可給態窒素の評価方法の違いが考え

られる。すなわち、既報では風乾土を用いた測定が行われているのに対し、本報告では本県の施肥診断で用いられている湿潤土を用いた方法で測定を行った。西田ら¹²⁾によると、風乾土での測定では田畠輪換による可給態窒素量の低下が認められたものの、湿潤土では顕著な低下が認められないことが報告されている。風乾土を用いた分析では湿潤土に比べ乾土効果により分析値が高く評価される可能性があることがその理由と考えられる。本報告では、風乾土での測定は行っていないため直接比較はできないが、全炭素および全窒素含量が有意に低下していることを踏まえると、湿潤土を用いた可給態窒素も将来的に減少する可能性が高いと考えられる。したがって、今後も継続的な調査が必要である。

遊離酸化鉄についてみると、グライ低地土群のままであつた地点とそれ以外の土壤群と判断された地点とでは有意な差は認められなかつた。南ら²³⁾は、水田輪換畑では畑輪換後3年間で活性2価鉄が減少し、遊離酸化鉄含量が若干増加する傾向があると報告している。本研究では、2年3作体系で麦、大豆の栽培後に復田するため、遊離酸化鉄含量に及ぼす影響はほとんどなかつたと推察された。

以上の結果から、1978年時点でのグライ低地土と分類されていた水田地帯では、基盤整備の実施や土地利用形態の変化を反映して、グライ層が消失し、灰色低地土、褐色低地土、低地水田土及び未熟低地土に分類されるほ場が増加し、乾田化が進行していることが明らかとなつた。特に、2年3

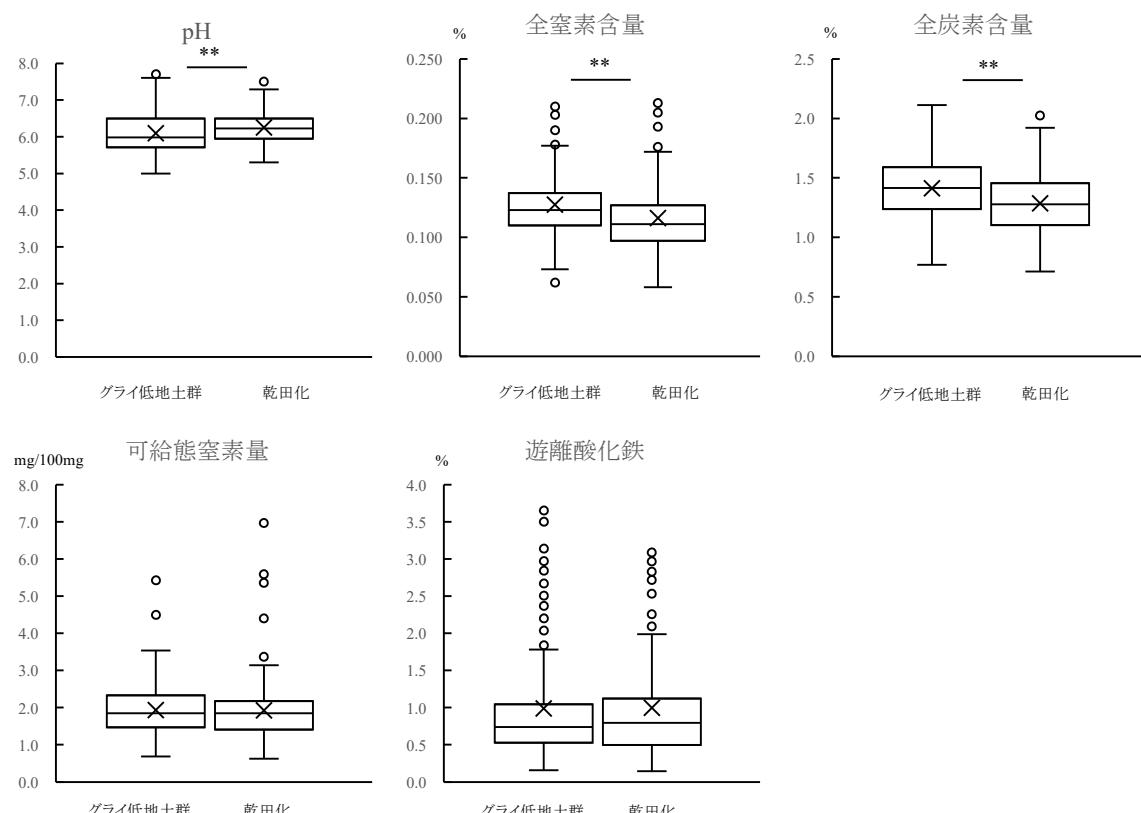


図1 グライ低地土群と乾田化していた地点(乾田化)における作土層の化学性(pH、全炭素含量、全窒素含量、可給態窒素量、遊離酸化鉄)の比較
×；平均値、**；P<0.01(マン・ホイットニーのU検定)

作体系を導入している水田地帯でその傾向は顕著であった。本調査で対象とした地域だけでは土壤図上のグライ低地土群を網羅できていないため、今後、適切な土壤改良や肥培管理が実施できるように、さらに調査を実施し、より正確な土壤図に更新する必要がある。また、乾田化により作土層の化学性が変化していることから、水稻、麦、大豆の高品質安定生産のためには定期的な土壤診断を実施し、有機物の適切な施用が必要であると考える。

引用文献

1. 神田隆志, 高田裕介, 若林正吉, 神山和則, 小原洋. 包括的土壤分類第1次試案に基づく縮尺1/5万全国デジタル農耕地土壤図の作成. 日本土壤肥料学雑誌. 88, 29-34(2017)
2. 若林正吉, 高田裕介, 神山和則, 小原洋. 1/5 万農耕地土壤図の包括的土壤分類第1 次試案への読み替え試行. 日本土壤肥料学雑誌. 85, 349-357(2014)
3. 前島勇治, 高田裕介, 渡辺桂, 大倉利明. 日本土壤インベントリーの利活用に向けた制度づくりと土壤図の精度向上を目指して—アンケート調査に基づく生産者から求められる土壤情報とは?—. 日本土壤肥料学会講演要旨集. 65, 76(2019)
4. 在原克之 2002. 客土造成水田の土壤化と生産性改善. 千葉県農業総合研究センター特別報告, 1, 1-60
5. 安西徹郎. 千葉県における農耕地土壤の実態と変化. ペドロジスト. 44, 155-157(2000)
6. 伊森博志, 牧田康宏, 西端善丸, 坂東義仁, 栗波哲, 森永一, 長谷光展. 福井県の水田土壤の変化と土壤施肥管理の方向. 福井県農業試験場研究報告. 39, 17-28. (2002)
7. 廣瀬亮太郎, 小松茂雄, 武久邦彦, 高山尊之, 河村紀衣, 前島勇治, 高田裕介. 滋賀県の水田における土地利用変化等に伴う乾田化の進行—(第3報)3か年の調査結果からー. 日本土壤肥料学会講演要旨集. 69, 79(2023)
8. 神田隆志, 高田裕介, 伊勢裕太, 武久邦彦, 蓬川博之, 前島勇治. 地形、基盤整備および土地利用変化が水田土壤の断面形態に及ぼす影響評価. 日本土壤肥料学雑誌. 93(1), 20-28(2022)
9. 伊勢裕太, 神田隆志, 前島勇治, 八木哲生, 高橋良学, 中川進平, 岩佐博邦, 本間利光, 大橋祥範, 小松茂雄, 松山稔, 平山裕介, 餅田利之, 松井佳世, 久保寺秀夫, 高田裕介. 12 道県の水田土壤における乾田化傾向の要因. 日本土壤肥料学雑誌. 93(3), 108-120(2022)
10. 小原洋, 大倉利明, 高田裕介, 神山和則, 前島勇治, 浜崎忠雄. 包括的土壤分類第1 次試案. 農業環境技術研究所報告. 29, 1-73(2011)
11. 住田弘一, 加藤直人, 西田瑞彦. 田畠輪換の繰り返しや長期畠転換に伴う転作大豆の生産力低下と土壤肥沃度の変化. 東北農業研究センター研究報告. 103, 39-52(2005)
12. 西田瑞彦, 関矢博幸, 加藤直人, 吉田光二. 田畠輪換による水田土壤の可給態窒素の低下実態と水稻への影響. 日本土壤肥料学会講演要旨集. 54, 128(2008)
13. 稲原誠. 富山県の農業と土壤肥料. 日本土壤肥料学雑誌. 77, 241-242(2006)
14. 新良力也, 廣川智子, 小池潤, 稲原誠, 小田原孝治, 兼子明, 福島裕助, 荒木雅登, 荒巻幸一郎, 大野智史, 木村秀也. 田畠輪換圃の窒素肥沃度の低下と有機物施用対策技術. 農研機構中央農業総合研究センター成果情報. (2009).
15. 服部誠, 南雲芳文, 佐藤徹, 藤田与一, 樋口泰浩, 大山卓爾, 高橋能彦. 新潟県における水田転換畠ダイズの収量低下要因. 日本作物学会紀事. 82, 11-17(2013)
16. Ichinose, Y., Ise, Y., Kanda, T., Maejima, Y., Yagi, T., Takahashi, Y., Nakagawa, S., Kamiyama, K., Iwase, H., Kadokura, A., Ohashi, Y., Komatsu, S., Matsuyama, M., Hirayama, Y., Mochida, T., Matsui, K., Takimoto, T., Obara, H., Kubotera, H. and Takata, Y. Factors controlling available soil nitrogen in Japanese paddy fields. Soil Science and Plant Nutrition. 69, 303-314(2023)
17. 日本ペドロジー学会. 土壤調査ハンドブック改訂版. 博友社. 東京. p.51-99 (1997)
18. 土壤環境分析法編集委員会. 土壤環境分析法. 博友社. 東京. p.1-427(1997)
19. 土壤養分測定法委員会. 土壤養分分析法. 養賢堂. 東京. p.324-330(1970)
20. Keeney, D. R and Nelson, D. W. Determination of ammonium in soil and plant materials by indophenol blue method. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 13(3), 299-305(1982)
21. 一般社団法人農業農村整備情報総合センター. 水土の歴史年表.<https://suido-ishizue.jp/history/tokai/aichi.html> (2025.6.30参照)
22. 愛知県農業水産局農政部農業経営課. 農作物の施肥基準.<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/nogyo-keiei/sehikijun.html>. (2025.5.27参照)
23. 南松雄, 前田要. 水田転換畠の生産性向上に関する研究. 北海道農業試験場彙報. 29, 72-85(1974)