

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月19日現在

機関番号：82107

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22780058

研究課題名（和文）

乾田化水田土壌のグライ層の出現深度予測モデルの開発

研究課題名（英文）

Development of the simulation model for predicting the vertical position of Gleyic horizon in paddy soils

研究代表者

高田裕介（TAKATA YUSUKE）

独立行政法人農業環境技術研究所・農業環境インベントリーセンター・任期付研究員

研究者番号：70462512

研究成果の概要（和文）：

本研究では、土地改良に伴う乾田化によるグライ層深度の低下を予測するモデルの開発を行い、作成した予測モデルを用いて、福井県全域において新たな水田土壌図を試作した。グライ層深度の年平均低下速度は谷津田で0.28 cm、その他の低地で1.31 cmとなった。2000年時点でのグライ層出現深度の予測値をグライ層深度の年平均低下速度のみから算出した結果、その他の低地で過剰にグライ層出現深度を低く予測していることが明らかとなった。そこで、その予測誤差の空間依存性を解析して空間統計学的手法により評価するモデル（交雑クリギング法）の開発を行った。このモデルを用いて福井県の水田土壌図を作成したところ、グライ層が表層下30cm以内から現れる強グライ土が30%程度減少し、グライ層が表層下30cm～80cmの間に現れるグライ土およびグライ層をもたない灰色低地土に変化していると予測した。

研究成果の概要（英文）：

Gleyic horizon which characterized Japanese paddy soil is lowering by the influence of drainage improvement. In this study, the simulation model which can predict the vertical position of Gleyic horizon in the paddy soil was developed, and new paddy soil map (Fukui Prefecture) was delineated using the developed model. The rate of Gleyic horizon lowering was 0.28 cm year⁻¹ and 1.31 cm year⁻¹ at paddy field in ravine and other lowland in Fukui prefecture, respectively. The predicted depth of Gleyic horizons using the rate of gleyic horizon lowering had been overestimated in the paddy field of Fukui prefecture. The hybrid-kriging method was developed to take into consideration of the spatial dependency of the residues for prediction of the vertical position of Gleyic horizon. The hybrid-kriging method showed high prediction accuracy. The new paddy soil map which delineated using the hybrid-kriging method showed that 30% of the “Strong-gley soils” changed to “Gley soils” in Fukui prefecture.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農芸化学・植物栄養学・土壌学

キーワード：乾田化、水田土壌図、空間統計学、グライ層

1. 研究開始当初の背景

水田土壌図は作物生産性・生態系サービス・環境持続性を評価するために必要な環境資源インベントリーであり、農業環境分野における重要な知的基盤である。この水田土壌図は農林水産省の調査事業として 1970 年代に 5 万分の 1 縮尺で全国的に整備された。最新の地目図に合わせて作成されたデジタル農地土壌図 (1992 年版) によると、全国の農耕地の約 55% が水田であり、その内の 64% を灰色低地土群 (35%) とグライ土群 (29%) が占めている。これら土壌群を分ける特徴はグライ層の深度であり、グライ層とは地下水の影響で還元的な性質を呈した土層のことである。水田が広く分布する湿性な低地土の場合、グライ層が表層下 30cm 以内に出現すると強グライ土、30~80cm に出現するとグライ土と分類される。また、グライ層が 80cm 以下に出現する場合は灰色低地土と分類される (農耕地土壌分類第 2 次案)。このように、グライ層の出現位置は土壌の乾湿の程度を表し、水田土壌を分類する際の大切な土壌情報である。

近年、グライ層の深度は、土地改良に伴う乾田化の影響から徐々に低下していることが報告されており、かつて強グライ土であった土壌が、分類学上、グライ土や灰色低地土に変化している可能性が指摘されている。しかし、乾田化に伴うグライ層の深度の変化を体系的、かつ、定量的に評価した研究例は極めて少なく、グライ層の深度を予測するためのモデルは未だに構築されていない。そのため、1992 年版デジタル農耕地土壌図では水田分布の変更を単に反映させただけで、乾田化に伴うグライ層深度の変化を反映していない点が問題とされている。

2. 研究の目的

本研究では、土地改良に伴う乾田化によって生じていると考えられるグライ層深度の低下を予測するモデルの開発を行い、作成した予測モデルを用いて新たな水田土壌図を試作する。なお、1995 年から 2000 年にかけて土壌断面調査を大規模に行った福井県全域を新たな水田土壌図作成の対象地域とした。

また、福井県で行われたモニタリングデータを用いて作成したモデルを他地域においても使用できるか検証を行うために、茨城県桜川市において現地調査を行った。

3. 研究の方法

(1) グライ層深度の変化を予測するモデルを構築するため、農林水産省が行った土壌環境基礎調査 (1979 年~1998 年) から、福井県のグライ土群で 5 年毎に行われていた土壌断面調査 (83 地点) の結果を解析した。なお、

全ての調査地点で区画整理が行われていた。暗渠排水や用排水分離などの排水改良がなされていたのは 19 地点であり、この内、谷津田であったのは 7 地点である。土壌環境基礎調査では排水改良の有無を生産者へのアンケートによって調査していた。本調査では、生産者からの回答が得られなかった場合は、排水改良なしとして解析を行った。

(2) 2001 年版の地目情報 (第 4 次基盤整備基本調査図) を 1992 年版デジタル農地土壌図に GIS 上で反映させ、かい廃農地ポリゴンを一括削除し、拡張農地ポリゴンについては、地形・土地利用・地質などの周辺環境の類似性を基に土壌統 (土壌分類名) を推定することで、2001 年版デジタル農地土壌図を作成した (業②)。本土壌図から水田ポリゴンを抜き出し、1970 年代に作成された地力保全基本調査土壌図のグライ層の出現位置および土壌断面の土性構成 (上層 0~50cm と下層 50~100cm に分けて) を入力した。また、空中写真および衛星画像を用いて谷津田 (水田の長辺が 200m 以内) の抽出を行うことで、2001 年版のデジタル水田土壌図を作成した。

(3) 土壌中の水の移動に影響を及ぼすと考えられる土壌温度の分布図を作成した。この土壌温度分布図の作成には、1950 年代から 1970 年代にかけて全国 108 地点でモニタリングした土壌温度と気温との結果を用いた。年平均土壌温度は年平均気温と直線関係にあったが、この関係性には地形などが影響を及ぼすことが明らかとなった。このため、年平均土壌温度と年平均気温との差をデジタル標高モデル (解像度; 50m) と空間統計学的手法を用いて地図化し (解像度; 1km)、メッシュ気候値 2000 の平均気温図 (解像度; 1km) と重ね合わせることで、年平均土壌温度図 (解像度; 1km) を作成した (業①)。

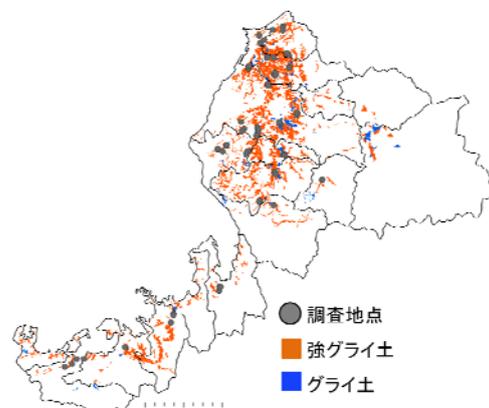


図1 2001年版デジタル農地土壌図によるグライ土分布状況と土壌環境基礎調査におけるグライ土調査地点

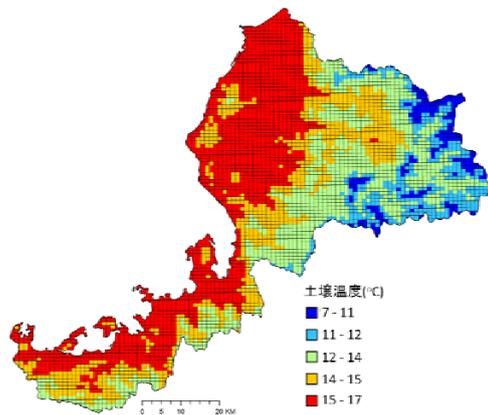


図2 福井県の土壤温度図

4. 研究成果

2001年版の地目情報を反映させた水田土壤図の内、グライ土群のみを抽出した図(水田_グライ土群分布図)を図1に示した。この図から、1970年代には強グライ土(グライ層位置:0-30cm)がグライ土壌の91%を占めていたことが明らかとなった。

図1に示した土壤環境基礎調査のグライ土土壤断面調査地点(計83地点)において、20年間にわたって5年毎に行った土壤断面調査の結果から、福井県水田土壤のグライ層深度の平均低下速度は年間1.1cmであった。本結果から福井県の水田土壤は全体的に乾田化の傾向を示しているが明らかとなった。

グライ層深度の年平均低下速度(cm/年)と(a)排水改良の有無、(b)作付体系、(c)土性および(d)地形の関係を図2に示した。排水改良は、調査票から暗渠排水設備の設置および用排水分離が確認された地点を「排水改良」とし、無記入を含めたその他の場合については「排水改良なし」とした。作付体系とは、福井県が行った5年毎の土壤断面調査時(計4回)に作付されていた作物が水稲のみであったか、それとも畑作物が作付されたかによって、「水稲単作」か「転換畑含む」かに分けた。土性とは、土壤調査断面が全層にわたって粘土層であるのか、中粗粒質な土層を含むかによって、「全層細粒」か「その他」に分けた。地形とは断面調査票に記載されている地形が谷津となっているものを「谷津田」とし、その他の地形が記載されている場合(後背湿地を含む)は「その他」とした。

本調査では、グライ層深度は概して、転換畑を含んだ作付体系の方が水稲単作と比較して深くなる傾向を示した。また、全層細粒(粘土質)の方がその他の土性構成に比べてグライ層深度の低下速度が速い傾向であった。しかし、これらの作付体系および土性の区分では、グライ層低下速度の年平均値に統計的な有意差は認められなかった。そこで、谷津田とその他の低地に分けて解析した結果、グライ層深度の年平均低下速度は谷津田

で0.28cm、他の低地で1.31cmとなり、谷津田で統計的に有意に低かった。本結果は谷津田周辺からの水の供給により、グライ層出現深度の低下が他の地形に比べて妨げられていると考えられる。今回の調査では、排水改良の有無とグライ層深度の低下速度との間に明瞭な関係性は見出せなかった。土壤環境基礎調査では、排水改良の有無を生産者へのアンケートによって調査していた。本調査では、生産者からの回答が得られなかった場合は、排水改良なしとして解析を行ったことが、本結果の要因の一つであると考えられる。

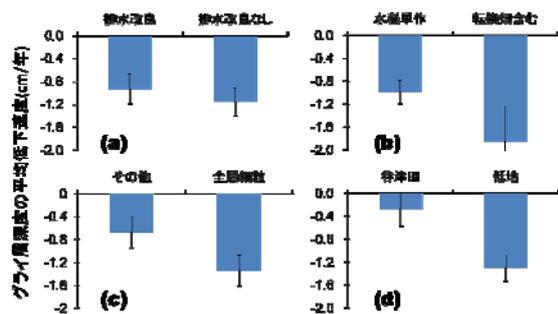


図3 グライ層深度の平均低下速度の比較。
(a)排水改良の有無、(b)作付体系、(c)土性、(d)地形

本研究で作成した谷津田の分布が分かる2001年版のデジタル水田土壤図を用いて、1975年から20年間でのグライ層深度の変化を予測した。予測では、まず、デジタル水田土壤図に収録した70年代のグライ層の出現深度から、谷津田で5.6cm(0.28cm×20年間)、その他の低地で26.2cm(1.31cm×20年間)の値を足し合わせて、1995年のグライ層深度予測図を作成した(図4a)。このグライ層深度予測図の精度評価を行うため、1995年-2000年にかけて福井県が作成した土壤断面調査データベースを用いた。福井県が作成した土壤断面調査データベースには、計2472地点のグライ土群の調査結果が収録されていた。本調査では、この内、2001年版デジタル水田土壤図に収録されている上層および下層の土性に対して、土壤断面調査データベースに収録されている土性データが一致している地点(計833地点)をグライ層深度予測図の精度評価用データとして採用した。

グライ層深度の平均予測誤差は谷津田で1cm、その他の低地では24cmであった。また、全体でのグライ層深度の平均予測誤差は23cmとなり、2乗平均平方根誤差は32cmであった。特にその他の低地でグライ層の低下速度を過剰に速く推定していることが明らかとなった。谷津田以外のグライ層深度の予測誤差と各調査地点の年平均土壤温度との間には弱い負の相関関係($r = -0.16, n = 783$)が認められた。また、米国で定められた土壤温度区分を適用すると、グライ層深度の平均

予測誤差はサーミック区分（15°C以上、22°C未満）で22 cm、メシック区分（8°C以上、15°C未満）では54cmとなり、土壌温度が低い地域でグライ層の低下速度をより過剰に予測していることが明らかとなった。

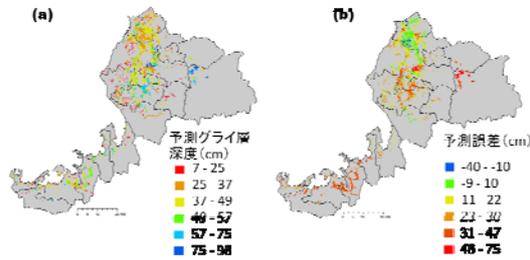


図4 グライ土層予測深度(a)とその予測誤差(b)

そこで予測誤差（n=833）の空間依存性から、普通クリギング法を用いて予測誤差分布図を作成した（図4b）。予測誤差図から、土壌温度が低い地域において予測誤差が高い値を示していることが認められる。この予測誤差図を用いて、グライ層深度予測図（図4a）の補正を行い、新たなグライ層深度予測図を作成した。このようにして構築した本モデルは、一般的に交雑クリギング法とよばれるものである。この新たなグライ層深度予測図の検証には、福井県が作成した土壌断面調査データベースに収録されているデータのうち、上述した833地点のものとは異なる216地点のデータを用いた。

交雑クリギング法を用いて描いた新たなグライ層深度予測図の平均予測誤差は9cmとなり、二乗平均平方根誤差は22cmであった。二乗平均平方根誤差が低下したことから、交雑クリギング法により予測精度は40%程度上昇した。交雑クリギング法を用いて、福井県の新たな水田土壌図を作成した（図5）。

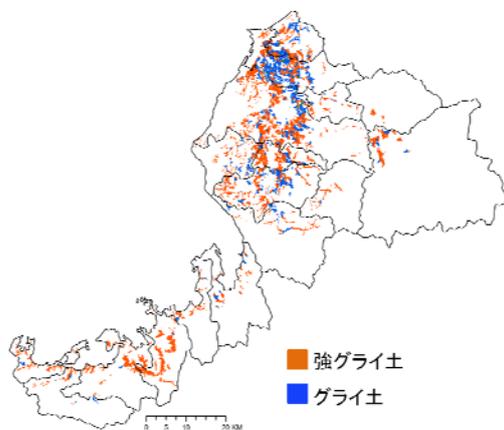


図5 交雑クリギング法を用いた新たなグライ土分布図

新旧のグライ土群分布図（図1および図5）の比較から、グライ層が表層下30cm以内か

ら現れる強グライ土が30%程度減少し、グライ層が表層下30cm～80cmの間に現れるグライ土に変化し、グライ土の一部はグライ層をもたない灰色低地土に変化していることが予測された。

福井県のモニタリング・データから作成したグライ層深度予測モデルについて、他地域においても使用できるか検証を行うために、茨城県桜川市において現地調査を2011年～2012年に行った。

図6に調査対象地域と調査地点のグライ層深度を示した。なお、調査地域の年平均土壌温度は14.9°Cであり、福井県の水田土壌とほぼ一致する。調査地南部は谷津田（圃場長辺が200m以下）が分布し、北部には後背湿地（その他の低地）が分布する。1970年代の調査において、赤色で示した圃場のグライ層深度は16cmであり、強グライ土が分布していた。水色で示した圃場はグライ層をもたない灰色低地土が分布している。

グライ層深度の年平均低下速度のみからグライ層深度を予測（1970年から2011年まで）したところ、谷津田で27cm、後背湿地で68cmとなった。現地調査の結果から、グライ層深度の平均値は谷津田（38地点）およびその他の低地（4地点）でともに30cmであった。その他の低地に位置する調査地点のうち、2地点は下層50cm付近から泥炭層が出現しており、過去の沼沢地であったことが考えられる。そのため、これら2地点では地下水位の影響が強いため、グライ層の低下を妨げたと考えられた。以上の結果から、谷津田では本モデルの有効性が示されたが、その他の低地においては、過去の土地履歴などを考慮に入れる等の更なるモデル改良が重要であると考えられる。また、グライ層の出現深度を面的に予測するためには、予測値と実測値との誤差の空間依存性を考慮に入れた交雑クリギング法の適用が効果的であると考えられた。

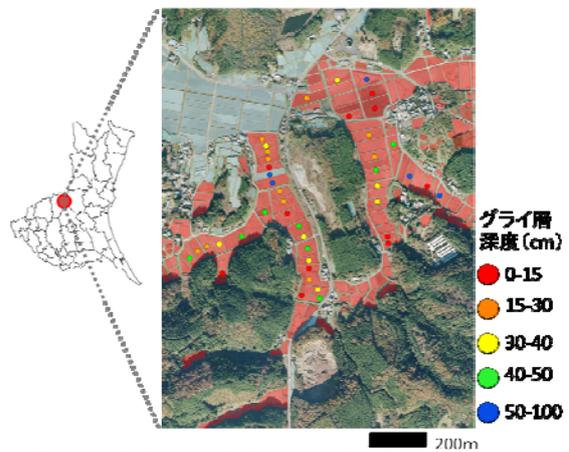


図6 茨城県桜川市の調査地点のグライ層深度

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

① Yusuke TAKATA, Tsuneo KUWAGATA, Kazunori KOHYAMA, Hiroshi OBARA, Delineation of Japanese soil temperature regime map, Soil Science and Plant Nutrition, 査読有, 57, 2011, 294-302

② 高田裕介, 小原洋, 中井信, 神山和則, 1973年から2001年までの地目改変に伴う土壌群分布面積の変動特性の解析, 日本土壌肥料学雑誌, 査読有, 82, 2011, 15-24

[その他]

ホームページ等

土壌情報閲覧システム：研究成果のデータベース公開

http://agrimesh.dc.affrc.go.jp/soil_db/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高田 裕介 (TAKATA YUSUKE)

独立行政法人農業環境技術研究所・農業環境インベントリーセンター・任期付研究員

研究者番号：70462512