

埴質水田土壤のキュータン(第2報)

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	和田, 秀徳 好田, 肇 松本, 聡
巻/号	42巻2号
掲載ページ	p. 65-68
発行年月	1971年2月

埴質水田土壌のキュータン (第2報)*

和田秀徳**・好田 肇***・松本 聰**

地下水位の低い埴質水田下層の柱状ないしは角塊状の構造表面、および Conducting channel (水が通る孔) 壁面を灰色をおびた光沢のある物質がおおっている。この物質は、一種の Cutan 物質であると思われる。3種類の水田下層から分離採取したこの種の Cutan 物質の分析と、その結果にもとづいて推測された埴質水田下層における Cutan の生成機構とを前報¹⁾に記した。前報の結果は次のように要約することができる。(1) Cutan 物質は、構造体内部の土壌物質にくらべて、有機物(とくに易分解性有機物)含量が多く、遊離鉄および活性マンガン含量が少なかった。(2) 湛水下保温静置すると、Cutan 物質は、構造体内部の土壌物質にくらべて、還元状態が発達しやすく、アンモニア無機化量および第一鉄生成量が多かった。(3) 稲作期間中に作土から下降してきた浸透水に含まれている有機物が、浸透水の主要な通路である構造体の間の隙間および Conducting channel に沿った部分の土壌物質に、直接的にあるいは微生物活動を介して間接的に作用をおよぼすことが、水田土壌の下層に、(1)、(2)でのべたような性質をもつ Cutan 物質が生成される上において重要な役割を果たしているとして推定された。

前報で得られた推定を確かめるために、今後いくつかの研究を行なう予定であるが、作土層から採取した土壌試料を水田状態に保温静置し、その浸透水が、下層から採取した土壌試料内を通過するように装置を設置し、これを実験室内における水田土壌モデルとして用いた研究の結果をここに報告する。

I. 実験方法

本実験の結果の一部は、すでに報告してある²⁾ので、実験方法の詳細については、それを参照されたい。

1) 供試土壌

長野県農業試験場水田圃場作土層土壌、および深さ21~38 cmの位置にある下層土構造体の内部から採取調製した風乾土を実験に供した。(本論文では前者の土壌試料を作土と呼び、後者の土壌試料を心土と呼ぶことにする。)

* 本報告の概要は1969年10月、日本土壌肥料学会新潟大会で発表した。昭和45年2月5日受理

** 東京大学農学部(東京都文京区弥生1-1-1)

*** 東京大学農学部(現在、協和醸酵KK, 東京研究所) 日本土壌肥料学雑誌 第42巻 第2号 p.65~68 (1971)

2) 土壌を透水下保温静置する方法

内径8.8 cm, 高さ15.0 cmのガラス円筒に完熟厩肥を0.3%添加した作土300 gを充填した区をB区, 内径3.3 cm, 高さ12.5 cmのガラス円筒に心土50 gを充填した区をC区, B, C区に準じて, 作土を充填したガラス円筒と, 心土を充填したガラス円筒とを作り, 作土の浸透水が心土を通過するように両者を連結した区をA区とした。

A, BおよびCの各区を30°Cの恒温室内に保温静置し, 湛水開始日の翌日から透水を開始し, 以後1日おきに, 上部より蒸留水を加えつつ, 300 mlの水を浸透させこの操作を23日間続けた。

3) 所定期間透水下保温静置した心土の解体分析

上にのべたような方法により, 23日間保温静置した心土を以下にのべる方法で解体し, 分析した。

A区の場合は, 心土をガラス管から押し出し, 土色が異なる部分を, ミクロスパーテルを用いて分別採取した。C区の心土は, 土色その他の外観に不均一性が認められなかったので全体を試料として用いた。これらの試料はいずれも風乾し, 0.5 mmの篩を通過させてから実験に供した。このようにして得られた試料につき, 近似分析と湛水下保温静置とを, 前報の方法に準じて行なった。

II. 実験結果および考察

1) 心土の土色

透水下保温静置に伴う心土の土色の変化の詳細はすでに報告した²⁾。その結果を要約すれば以下のようである。

a) 蒸留水が心土を通過したC区では, 心土の土色は保温静置により変化しなかった。b) 水田状態に保温静置した作土の浸透水が心土を通過したA区では, 心土カラムの上端は灰色化し, それより下の部分は黄色化した。

これらの事実は, 稲作期間に作土から下層に下降してきた浸透水が, その主要な通路である土壌構造体の間の隙間および Conducting channel に沿った土壌物質と反応して, その土色を退色させるとする前報²⁾の推定を支持していると考えられる。

2) 近似分析

透水下保温静置後の心土の近似分析の結果を第1表に示した。この表から以下の事実が認められる。作土の浸透水が通過したA区の心土は, 灰色化した部分, 黄色化

第1表 心土の近似分析

		ヘキソース (mg/100g 土壌)			ペントース (mg/100g 土壌)		
		熱水 可溶	塩酸加 水分解	硫酸加 水分解	熱水 可溶	塩酸加 水分解	硫酸加 水分解
A 区	灰色部分	18	58	9	7.5	9.0	3.0
	黄色部分	7	113	10	5.8	19.0	3.0
C 区		11	12	9	4.5	21.0	3.5

した部分ともに、蒸留水が通過したC区の心土よりも、熱水可溶および塩酸加水分解可溶のヘキソース含量、熱水可溶のペントース含量が多い傾向が認められた。ただし塩酸加水分解可溶のペントース含量のみは、C区の心土の方がA区の心土よりも多かった。

これらの実験結果は、Cutan 物質の方が、構造体内部の土壤物質よりも、熱水可溶、塩酸加水分解可溶の炭水化物含量が多かった事実²⁾に、ほぼ対応しており、したがって、水田土壌下層の Cutan にこれらの易分解性炭水化物が富化している原因の一つは、浸透水に含まれている有機物が、直接的にあるいは微生物活動を介して間接的に、下層土に有機物を供給することにあるとした前報¹⁾の推定は、この実験結果によってある程度、支持されたと思われる。ただし、A区の心土の灰色部分において塩酸加水分解可溶のペントースの量が、C区の心土に比べて、著しく少ない原因については、目下のところ不明である。

第2表 心土の湛水下保温静置実験

		NH ₄ -N mg/100g 土壌		Fe ²⁺ mg/100g 土壌	土 色	
		保温 静置前	保温 静置後		保温 静置前	保温 静置後
A 区	灰色部分	8.85	12.60	46	10 YR 5/3	2.5 Y 5/3
	黄色部分	9.20	7.40	4	10 YR 4/3	2.5 Y 4/4
C 区		6.80	5.30	0	10 YR 4/4.5	10 YR 4/5

3) 湛水下保温静置実験

ツンベルク管中でA区およびC区の心土の風乾土を湛水下保温静置した結果を第2表に示した。この表から明らかのように、ツンベルク管中で湛水下保温静置している間にみられる還元的な土色の発現の程度、10% 塩化カリウム可溶第一鉄生成量、および湛水下保温静置後の土壤に含まれているアンモニア態窒素の量は、いずれもC区の心土 < A区の心土の黄色化した部分 < A区の心土の灰色化した部分の順に大であった。また風乾土に含まれているアンモニア態窒素の量と、湛水下保温静置後の土壤に含まれているアンモニア態窒素の量とを比較する

と、湛水下保温静置期間中に、これらの心土ではアンモニア態窒素の有機化が活発に行なわれたことが認められた。

水田土壌下層の Cutan 物質が、構造体内部の土壤物質にくらべて、湛水下保温静置すると、よりすみやかに還元的な土色を示し、より多くの量のアンモニア態窒素および第一鉄を生成した事実¹⁾、ならびに Cutan 物質、構造体内部の土壤物質ともに、湛水下保温静置期間中に、アンモニア態窒素の有機化を活発に行なった事実¹⁾は、本実験の結果とよく対応していると思われる。したがって、ここで得られた実験結果は、稲作期間中に作土から下降してきた浸透水が、下層土の構造体表面および Conducting channel 壁面に易分解性有機物（易分解性有機窒素化合物を含む）を富化する重要な過程の一つであるとした前報¹⁾の推定を支持していると考えられる。

以上の室内実験の結果からするならば、埴質水田下層の Cutan の土壤物質は、水田状態に保温静置した作土の浸透水と接触した心土に、いくつかの点で類似しているといえるであろう。したがって埴質水田下層土の Cutan が生成するにいたる重要な過程の一つとして、稲作期間中に作土から流下してきた浸透水と下層土との交互作用を想定したこと^{1,2)}は、この室内実験によってある程度支持されたと考えられる。しかしここで行なった室内実験は、野外の水田下層において進行している変化を必ずしも忠実にモデル化していないので、この種の Cutan の生成機構を十分に、明らかにするためには、今後さらに研究を続ける必要があると考えられる。

III. 論 議

R. BREWER³⁾ は土壤生成過程に伴って発達する土壤構造の中では、Cutan が最も明瞭にかつ一般的に見いだされるとのべている。しかし試料の採取が困難なため、Cutan に関する研究は、わが国ではほとんど見られず、外国においても比較的少数の研究者⁴⁻⁶⁾によって進められているにすぎない。しかし外国における研究は、粘土被膜 (Cutan の一種 Argilan) に集中していると思われる。これらの研究により、構造の内部にくらべて粘土被膜は、(1) 土色が濃いこと、(2) 粘土含量が著しく高いこと、(3) 有機物含量、遊離鉄含量、磷酸含量、マンガン含量などが高いこと、(4) 粘土が配向して配列していることなどの特徴をもっていることが明らかにされている。また粘土被膜の生成機構としては、浸透水に含まれていた粘土が、構造体表面や Conducting channel の壁面に配向沈着したことが想定されている。粘土被膜のこのような性質は本報告でのべた水田土壌の下層にみられる Cutan の性質と多くの点で異なってい

る。したがって埴質水田土壌下層の Cutan は、Argillic 層あるいは、土性B層 (Bt 層) の Cutan (粘土被膜) とは種類を異にすることが予想される。この予想は水田土壌下層の Cutan の土性の測定、配向した粘土の探索などを行なった後にはじめて確かめられることはいうまでもないが、土性の予備的な分析結果からするならば、Argilan にみられるような顕著な粘土の富化は、水田土壌の Cutan には認められないようである。また上で想定した水田土壌下層の Cutan の生成機構は、広く認められている粘土被膜の生成機構とは、著しく異なっている。しかし、E. M. MHALIFA および S. W. BUOL⁷⁾ は、根が通っている孔のまわりの粘土被膜は、時に灰緑色を呈し、内部にくらべて、遊離鉄含量が少なく、全窒素含量および全炭素含量が大であることを見だし、この種の Cutan では、鉄が還元溶出されているとしている。この根の通っている孔の粘土被膜は、性質、生成機構ともにその他の典型的な粘土被膜よりも、水田の Cutan に類似しているといえよう。すなわち、典型的な粘土被膜が生成する土壌の下層土中でも、有機物が豊富に供給された部位では、土色が灰色化し、鉄が溶解・除去されている事実は、埴質水田土壌の下層において、作土から下降してきた浸透水に含まれている有機物が、下層土の限られた部位（構造体表面および Conducting channel の壁面）にもっぱら供給され、その部位の土壌物質を灰色化したり、鉄を溶解・除去するという著者らの仮説を支持していると考ええる。

しかし水田土壌下層の Cutan の生成には、著者らが想定した過程以外のいくつかの過程も、何らかの形で寄与していると思われる。たとえば、下層に達した植物根およびその遺体が周辺の土壌に有機物を補給し、その部位の土壌から鉄・マンガン溶解・除去を促進すると予想される。水稻根のある種の分泌物が、水酸化鉄を溶解する事実⁹⁾ および E. M. MHALIFA および S. W. BUOL⁷⁾ の実験結果は、この予想を支持していると考ええる。しかしこのような場合にも、稲作期間に作土から下降してくる浸透水が、植物根およびその遺体による土壌の灰色化を何らかの形で促進しているものと思われる。また水田土壌下層の Cutan においても多少とも粘土の集積が行なわれていることが予想される。著者らが行なった予備的な実験結果も、Cutan の方が内部よりも2割程度、粘土含量が高いことを示していた。さらに水田土壌下層の Cutan の灰色をおびた土色に対しては、いったん生成した第一鉄が何らかの理由によって再酸化されがたくなっている現象¹⁰⁾がある程度寄与している可能性も考えられる。したがって水田土壌の下層の Cutan は、いくつか

の過程が複雑にからみあって進行した結果生成したものであって、それぞれの過程が Cutan の生成に寄与する程度は、土壌の種類、土壌管理の方法、土壌の発達段階などによって変動するといえるであろう。本報告および前報で著者らが想定した過程は、このような諸過程の一つに過ぎないものではあるが、水田土壌下層の Cutan に特有な性質を付与する重要な、これまでに気づかれていなかった過程であると考ええる。

ところで水田土壌の鉄・マンガン集積層の下部に遊離鉄含量および活性マンガン含量が構造体内部よりも少ない Cutan が発達している事実は、水田土壌化作用を研究する上においても注目し値すると思われる。地下水位の低い水田土壌の下層は、稲作期間中も酸化的状態にあり、浸透水に伴って作土から溶脱してきた第一鉄および二価マンガンは酸化的状態にある下層土に達すると酸化沈着して、鉄・マンガン集積層を形成するにいたるとすると考えが、これまで広く受け入れられていた¹¹⁾。しかしこの説によれば、鉄・マンガン集積層の下部に鉄・マンガンが溶解・除去され、有機物が富化されてきたと思われる Cutan が存在している事実を説明することが困難である。水田土壌の鉄・マンガン集積層の生成機構の再検討を行なった結果^{2,12)} は、還元状態が発達した水田土壌作土から溶脱してきた第一鉄は、主として二価陽イオンとして水田土壌下層上部の陽イオン交換座に吸着保持されること、および浸透水中に含まれている有機物は、水田土壌下層の上部でそのすべてが吸着しないしは消費されることなく、下部にも少なからぬ量が到達できることが示されている。したがって鉄・マンガン集積層は水田土壌下層の上部に保持された第一鉄イオンおよびマンガンイオンを主要な給源として生成され、その下部に到達した浸透水中の有機物が、構造体表面および Conducting channel 壁面付近の土壌物質と反応して、Cutan を生成したと推定してもよいであろう。このような推定の正否の検討は、今後の研究で行なう予定であるが、いずれにしても水田土壌下層にみられる鉄・マンガン集積層、Cutan、灰色土層¹³⁾、斑紋・結核、不均一な微生物フロアの分布などは、互に密接な関連を保ちつつ生成されたことが予想され、それらの解明には、そのような関連性に注意を払いつつ研究を進める必要があると考える。

IV. 要 約

地下水位の低い埴質水田の下層にみられる Cutan の土壌物質の分析およびその分析結果にもとづいて推定されたこの Cutan の生成機構については、前報でのべた。本報告では、前報で推定された Cutan の生成機構を、

実験室的透水条件下の水田モデルを用いて検討した結果につきのべた。

水田状態に保たれた作土からの浸透水を透水しつつ保温静置した心土は、蒸留水を透水しつつ保温静置した心土にくらべ、(1) 土色が灰色ないしは黄色をおびていること、(2) 熱水、塩酸加水分解可溶の炭水化物含量が高い傾向が認められること、(3) 乾土効果が高いこと、などの特徴が認められた。これらの特徴は、構造体内部の土壤物質との比較において、Cutan 物質の特徴として認められた性質にはほぼ対応していた。したがって、稲作期間中に作土から下降してきた浸透水に含まれている有機物が、浸透水の主要な通路である構造体の間の隙間および Conducting channel に沿った部分の土壤物質に、直接的にあるいは微生物活動を介して間接的に作用をおよぼすことが、水田土壌の下層に独特の性質を持った Cutan を形成する上において重要な役割を果たしているとする推定は、本報告の実験によって、ある程度支持されたと考えた。

文 献

1) 和田秀徳・好田 肇・高井康雄：土肥誌，42，

12 (1971)

- 2) 和田秀徳・松本 聰・高井康雄：土肥誌，41，95 (1970)
- 3) BREWER, R.: *J. Soil Sci.*, 11, 280 (1960)
- 4) REITZER, J. L. and SIMONSON, R. W.: *J. Am. Soc. Agron.*, 33, 1009 (1941)
- 5) BUOL, S. W. and HOLE, F. D.: *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 23, 239 (1959)
- 6) BUOL, S. W. and HOLE, F. D.: *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 25, 377 (1961)
- 7) MHALIFA, E. M. and BUOL, S. W.: *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 32, 857 (1968)
- 8) Soil Survey Staff: *Soil Classification. A Comprehensive system, 7th Approximation (1967 Supplement)*, p. 11 (1967)
- 9) 高城成一：土肥学会要旨集，14, Part 1, 62(1968)
- 10) 三土正則：ペドロジスト，13, 2 (1969)
- 11) 山崎欣多：水田土壌の生成論的分類に関する研究，富山県農試報告特第1号 (1960)
- 12) 松本 聰・和田秀徳・高井康雄：土肥誌，41, 101 (1970)
- 13) 小山正忠：農技研報，B12, 303 (1962)