

転換畑の通気性と作物の生育

久津那浩三*

Relation between Plant Growth and Air Permeability
in Upland Fields Converted from Paddy Fields
Kozo KUTSUNA
Hokkaido National Agricultural Experiment Station

1. はじめに

水田土壌から畑土壌へ変化しようとする転換畑土壌の特異性から、転換畑における作物生育の不安定性が指摘されている。土地の立地条件、転換歴、土壌理化学性とくに土性や透水性などによって転換の難易がみられるが、転換困難な圃場では農作業が困難であるばかりでなく作物生育にも多くの障害をもたらす。これらの障害のうち透水不良に起因する湿害に関するものはかなり数が多いようである。

土壌の通気性に関する研究はわが国では数が少ないが、作物の湿害と通気性の間には極めて関連が深いとされている。転換畑における湿害問題を通気性の側面から検討する必要がある。

2. 転換畑における土壌理化学性の変化

畑転換により土壌理化学性はもとの水田土壌に対して大きく変化することが認められている⁽¹⁾⁽²⁾。作物の生育と土壌理化学性の関連を検討するためにはこれらの変化した測

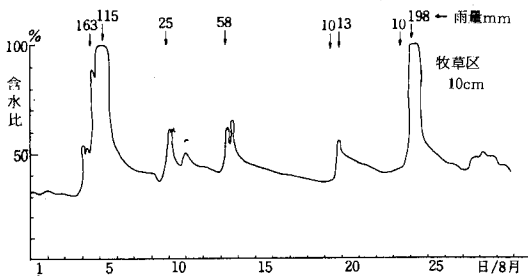


図-1 転換牧草畑の水分の変化 (1981)

定値の量的意義を知ることも重要であるが、作物生育期間中にその測定値の変化を追跡することがむしろ重要な場合がある。転換畑における通気性の変化をみる前に、まず含水比や三相分布などの一般的に測定される物理性の変化をみた。

透水の良い北海道農試転換畑で土壌物理性の変化を追跡した。まず含水比の変化であるが、図-1, 2にみられるように降雨の影響が大きく、降雨により直ちに増加するが、降雨後直ちに減少する。この傾向の現われ方は土層の深さ、圃場管理(耕耘の有無, 作畦状態)などによって異なっている。

つぎに三相分布の変化をみたが、一般に冬季休閑する

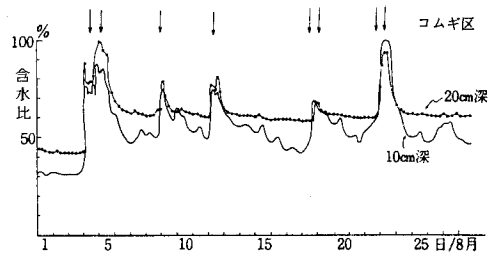


図-2 転換コムギ畑の水分変化 (1981)

注 図1, 2ともに2年目, 牧草畑は不耕起

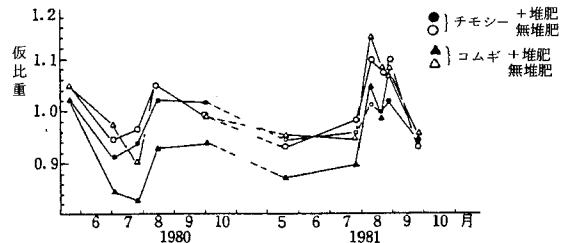


図-3 転換畑の仮比重の変化 (1981)

* 北海道農業試験場 (現 静岡大学農学部)

地域では春、耕起により仮比重は低下し、気相率は増大する。その後農作業など大きな変化のない限り、仮比重にも大きな変化はないと考えられる。いま、仮比重の変化を代表として図-3に示したが、降雨直後に測定すると増加し、その後土壌の乾燥とともに再び低下傾向を示している。測定期間中にたまたま100 mm以上の集中豪雨に遭遇することがあったが、その後仮比重は急激に増大し春の耕起前の数値よりも大となった。しかしこの場合もその後の土壌乾燥とともに仮比重の低下がみられている。

この傾向は土壌型を異にする他の圃場においても同様にみられたが、降雨後仮比重が増大するのは、降雨の状態によって構造破壊が起ったものと考えられる。しかしその後土壌の乾燥と共に仮比重が低下することについては原因がはっきりしない。これらの事実から土壌理化学性変化におよぼす降雨の影響はかなり大きいものと考えられる。仮比重ほど明らかではないが気相率、液相率についても変化がみられた。

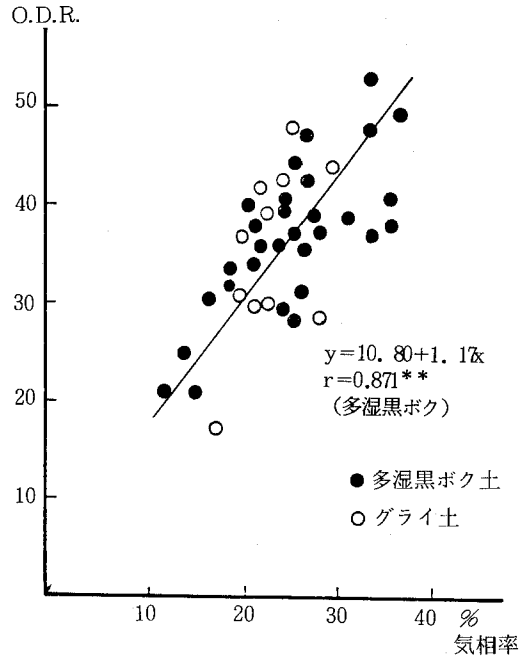


図-6 O.D.R.と気相率の関係

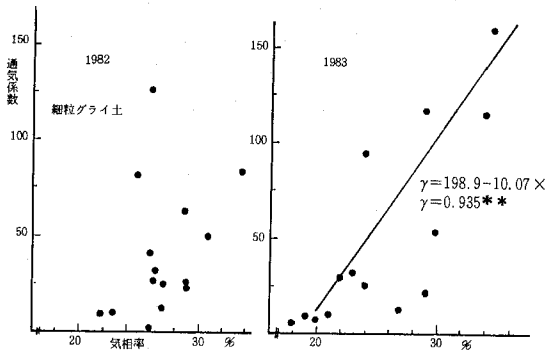


図-4 通気係数と気相率の関係

3. 通気性と土壌三相分布

降雨などにより土壌三相分布の変化することを認めましたが、このことは土壌通気性も変化するものと考えられ、通気性と三相分布の関係について検討した。

土壌の通気性をみるにはいろいろの方法がある。測定法について、それ自体の問題が残されているものもある。また実際に転換畑圃場で測定することについての問題もある。しかし、ここでは通気係数^{注1)}とO. D. R.^{注2)}について検討した。

図-4は透水不良の細粒質圃場の通気係数と気相率の関係のみたものである。転換2年目(1982)は碎土状態も極めて悪かったため両者の間に関連はみられなかったが、3年目には碎土状態も良好となり、両者の間に正の相関がみられている。

降雨前後を中心として通気性と土壌三相分布を並行して測定し、それらの結果を図-5, 6に示した。通気係数と気相率の間には明らかに正の相関がみられた。しかし同一圃場であっても測定年次、作物の相違(圃場管理の相違)などによって相関曲線は必ずしも一つの線にはならないようである。これらの解析は今後データの蓄積によりさらに検討する必要がある。O. D. R.についても同様の結果が得られている。

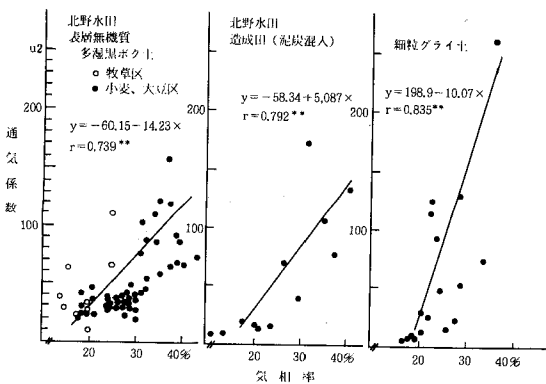


図-5 通気係数と気相率の関係

注1) 市販のガンメーターで測定
本報および図表に表示される単位は $\times 9.8697 \times 10^{-9}$ ボアーズ・センチメートル/秒・ダイン/cm²
注2) 市販のO. D. R. 計で測定、電極は標準銀電極および白金電極
本報および図表に表示される単位は全て $\times 10^{-8}$ g/cm³/min

表-1 降雨後の土壌理化学性の変化とえんばくの生育

項目	土 壌*		有 機 質		無 機 質	
	月 日	湿 部	乾 部	湿 部	乾 部	
含 水 比 %	7. 4	99.7	84.6	73.8	59.0	
	7. 6	102.0	85.2	82.2	64.7	
	7. 9	105.2	73.6	62.4	62.6	
	7.11	90.3	73.3	61.6	56.1	
気 相 率 %	7. 4	16.8	21.4	14.9	18.6	
	7. 6	11.5	22.9	8.0	17.7	
	7. 9	20.5	39.5	11.7	37.6	
	7.11	25.5	31.2	21.6	30.4	
仮 比 重	7. 4	0.585	0.619	0.870	0.714	
	7. 6	0.613	0.609	0.882	0.662	
	7. 9	0.535	0.528	0.833	0.602	
	7.11	0.566	0.597	0.822	0.686	
通 気 係 数 μ^2	7. 4					
	7. 6	6.9	12.9	7.4	20.6	
	7. 9	66.0	134.0	8.9	78.2	
	7.11	70.0	174.0	15.6	107.0	
O. D. R.	7. 4	13.0	23.8	20.0	17.3	
	7. 6	11.3	19.4	9.2	25.2	
	7. 9	17.8	35.6	21.1	42.2	
	7.11					
地 上 部 乾 物 重 g	7. 6	15.1	18.2	10.9	14.9	
	7. 6	1.3	2.4	1.2	1.8	

注* 造成圃場であり 有機質に富む部分は泥炭土を主としており、無機質部は客土の無機質沖積土を主としている。

4. O. D. R. と作物生育

土壌を非破壊的に、しかも簡便に測定できることから O. D. R. と作物生育との関係を見ようとした。

まず、えんばくを栽培している大型の転換畑圃場（無機質土を客土した多湿黒ボク土圃場）内に著しく生育を異にする部分があり、その両部分の土壌を対比して通気性、三相分布、含水比を測定した結果が表-1である。作物が湿害傾向を示す生育不良の個所は明らかに気相率も低く、通気係数、O. D. R. 値も低い。

転換畑圃場では作物生育の不安定性が指摘されているが、その1つの大きな原因が透水不良などによる通気性の悪化と考えられている。作物の湿害問題と通気性の関係を見るため、O. D. R. と作物生育の関係を見ようとした。

水田圃場内に枠を設け湛水した場合の平均水面（水深5cm）を標準として、枠内の土壌表面が5, 10, 15cm平均

水面より上になるように土壌を充填した。作土の厚さは15cmになるようなるべく充填度を一定にした。作土は黒色火山灰の畑土壌、下層土は火山砂とした。ここに小麦、とうもろこし、てんさい、大豆、小豆を植え付けこれらの出芽状況、約2ヶ月間の生育とO. D. R. の変化とをみた。

生育期間中のO. D. R. および田面水位（水深）の変化を図-7に示した。生育期間中のO. D. R. 値（電極挿入深度5cm）の変化は水位の高い5cm区では5~10であるのに対し10cm区では25~30, 15cm区間では30~35の範囲で変動した。O. D. R. の変化は水田の水位の変化よりは降雨の変化の影響の方が大きく、降雨後低下したO. D. R. 値はその後上昇するが、回復は水位の低い区の方が早くなる傾向がみられた。この場合電極の挿入深度を3cm, 10cmでも測定したが、何れも同一傾向を示した。ただしO. D. R. 値は標準の5cmに対して3cmの場合は高く, 10cmの場合には低い数値となった。

出芽状況は図-8に示したように、水位の低い区ほど出芽速度、出芽率が高く、この傾向はてんさい、とうもろこしで顕著であり、大豆では少なかった。10cm区と15cm区の差はてんさい、とうもろこしを除いてほとんどみられなかった。この出芽苗立率とO. D. R. 値の関係についてみると、出芽に対して好ましい数値は小麦は25以上; とうもろこし、てんさいは30以上、大豆、小豆は25以上と思われた。

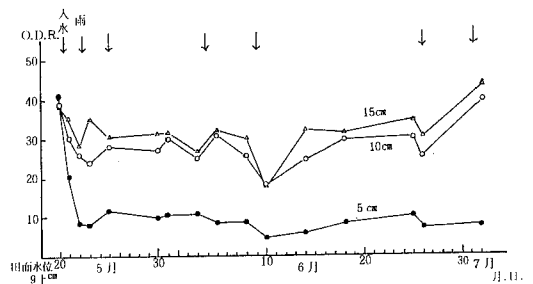


図-7 O. D. R. と田面水位の変化

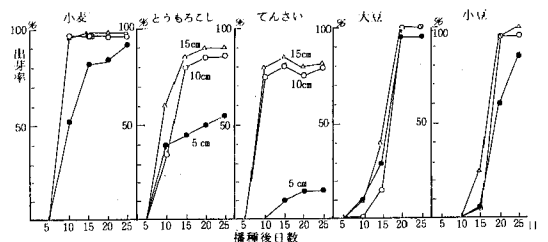


図-8 地下水水位と作物の出芽

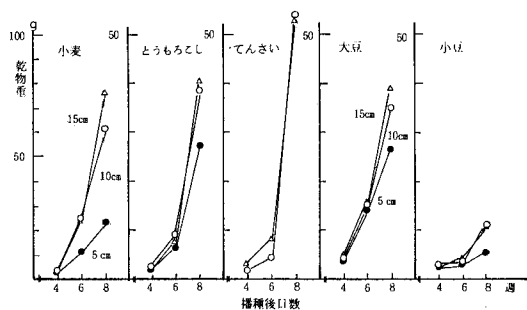


図-9 地下水位と作物の生育

注 調査株数は小麦50, 他は20である

作物の生育状況として草丈、乾物重の推移をみたが、草丈については何れの作物も水位の低い区ほど高くなる傾向を示した。乾物重については図-9に示したとおりであるが、5cm区が他の2区より明らかに低くなったが、他の2区間の差は小麦を除いて明らかではなかった。これらの結果、作物の初期生育に関してとうもろこし、小豆は25以上、小麦は30以上、てんさい、大豆は25~30以上のO. D. R. 値を保つことが必要とみられた。

5. 論議

畑転換により土壌理化学性は大きく変化する。転換当初、畑作の不安定性が指摘されているが、作物生育と土壌の性質との関連を検討する場合には、例えば土壌の理化学性について水田土壌より転換により変化した数値そのものを知ることも重要である。しかし作物生育期間中にその理化学性の変化を知ることの方がむしろ重要な場合が多い。このような観点で作物生育期間中の土壌含水比や三相分布など通気性に関連のある理化学性の変化をまず追究した。

これらの変化は図-1~3にみられるように中耕や除草などの土壌管理、作物の生育状況などの影響を除けば降雨による影響がもっとも大きかった。このことは降雨の前後における土壌理化学性の変化を重点的に追究することにより、圃場の理化学性の動きの概畧をある程度把握できるものと考えた。

またこの試験の過程で仮比重の変化をみたが、降雨直後には増大して、その後土壌の乾燥とともに再び減少することを認めた。このことは異った土壌型の圃場でも同様にもみられた。降雨直後に増加することは構造破壊などが原因として考えられるがその後土壌の乾燥とともに再び減少することについては原因が明らかでなく、さらに検討する積りである。

つぎに土壌通気性と三相分布や含水比などとの関連である。転換畑作の不安定性の1要因が透水性不良ともなう土壌通気性の不良とされているが、通気性を如何なる手法でとらえるかという点については測定方法そのも

のについても論議があると思はれる。ここでは通気係数とO. D. R. を測定することとした。図-4~6にみられる通気係数、O. D. R. とともに気相率と正の相関を示した。このことは作物生育期間中に通気性も変化し、他の理学的性質の変化とも重要な関連を示すものと思はれる。

この場合に問題になるのは図-4にみられるように転換後の経過年数の浅い場合、とくに排水不良の粘質土壌の圃場では通気係数と気相率に相関がみられぬことである。その後年数経過とともに碎土性も良好となるが、その時点で相関はみられるようになる。つまり土壌条件が極めて不均質なための問題と理解される。この点に関して安田は通気係数の測定に際して均質土壌でのみ適用可能であるとしている。しかし転換当初の土壌理化学性を測定するについては通気係数のみでなく、他の測定項目についても程度の差はあっても同じ問題があると考えられる。

このように転換畑のような不均質の条件下での測定を考える場合には、測定点数の増加、測定値の変動係数の推移、あるいは何種類かの測定項目の総合判断などをみないと適確な判断は下せないと考えられる。この時点でO. D. R. は土壌を非破壊の状態、簡便に数多く測定できる点で有利と考えられた。このためO. D. R. を中心として作物生育との関連を追究した。

作物生育とO. D. R. の関係については Stolgy Letey⁵⁾により詳しく述べられているが、本邦においても安田⁶⁾がインゲンにつき、中島田⁷⁾、土屋⁸⁾らはてんさい、阿江⁹⁾は大豆について報告を行ない、O. D. R. の適用の有効なことを述べている。しかし作物の種類や生育時期によって通気性に対する反応は異なり¹⁰⁾、また実際の畑では深さによる通気性の相違、悪化の回復の影響などにより一律の基準値の設定を困難にしている。しかしこれらの問題に関してはデータの蓄積がまず必要であり、作物別、生育時期別のO. D. R. と作物生育の関係を探ることが要求される。

転換畑を想定して地下水位を調節した枠試験での結果は地下水位の高低により、まずO. D. R. の基準数値がきまり、あとは降雨により多少の変動がみられた。この結果から考えれば降雨前後のO. D. R. 値を把握することによって土壌や水管理の指標を得ることは十分可能なものと考えられた。この試験の結果、出芽時に必要とするO. D. R. 値は小麦では25以上、とうもろこし、てんさいは30以上、大豆、小豆では25以上が好ましく、生育初期では小麦30以上、てんさい、大豆は25~30以上、とうもろこし、小豆は25以上が好ましいと考えられた。

6. まとめ

土壌の通気性、とくにO. D. R. の測定については簡便であり、土壌を非破壊的に測定できる点に有利性をもつ。作物生育との間にも関連性がかなり明白に認められ土壌の乾湿問題にかかわる土壌診断などに有力な指標を提供するものと考えられる。

しかし関連データの蓄積は少なく、基準値を設定する段階に至らず、その意味ではO. D. R. の真の評価は困難であるかも知れない。作物生育期間中の乾湿条件を知り、転換畑の湿害を防止する意味でこれら関連データの早急なる蓄積が先決と考えられる。

7. 引用文献

- 1) 久津那浩三・宮崎直美：水田の畑転換による土壌の理学性の変化，北海道農試研報，137,107～125（1983）
- 2) 久津那浩三・関矢信一郎・宮崎直美，古賀野完爾：水田の畑転換による土壌の化学性の変化，北海道農試研報，138, 15～30（1983）
- 3) 久津那浩三・宮崎直美：北海道における水害と水稲被害—土壌肥料面からの問題，北海道農試研資料，22, 11～24（1983）
- 4) 安田環・大崎玄佐雄：土壌空気に関する研究（第2報），東近農試研報，24,94～104（1972）
- 5) Stolgy L. H. and Letey, J. : Measurement of oxygen Diffusion Rate with the Platinum

Microelectrode III. Correlation of Plant Response to Soil Oxygen Diffusion Rates. Hilgardia, 35, 567～576（1964）

- 6) 安田環：土壌空気に関する研究（第3報），土肥誌 43,223～229（1972）
- 7) 中島田誠・福原道一・林成周：十勝畑土壌の通気性に関する研究（第1報）—湿性土壌の通気性，土肥学会要旨集，22, 96（1976）
- 8) 土屋一成・塩崎尚郎・中島田誠：地下水位の高さとてん菜の生育，土肥学会要旨集29,223（1983）
- 9) 阿江教治：土壌空気，土壌の物理性，50,81～88（1984）
- 10) 森哲郎・小川和夫：土壌空気と作物の生育，土壌の物理性，19,13～19（1968）

質疑応答

多田（筑波大学）：気相率と通気性の関係の中で、作物によってばらつきがあるということですが、土壌構造との関係はいかがですか。

また、わく試験における田面水上5 cm, 10 cm, 15 cm区の気相率はどの程度違うのですか。

久津那：作物によって耕起法が異なることが最も大きなばらつきの原因だと思えます。また根系の違いも関与していると思われます。2つめの御質問については、測定していないのではっきりわかりませんが、田面水上の高さに関連して気相率は変化するでしょう。