

## 栽培管理と土壌ダイナミクス

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者	西尾, 道德
巻/号	11巻12号
掲載ページ	p. 32-37
発行年月	1988年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 栽培管理と土壌ダイナミクス

西尾 道德

### 1. 生態系のなかの土壌

「土壌は地質学的物質、生物学的物質、水文学的物質および気象学的物質の流れのただ中に置かれた発展しつつある物質である(Buolら著、和田ら訳『ペドロジー』、博友社、1977)」。すなわち、図1に示すように、土壌は開放系としてその周囲と断えず物質やエネルギーの交換をし

つつ、存在かつ発展しているのである。このなかで、生物学的物質の流れは、土壌を土壌たらしめるものとして特に重要である。というのは、植物の光合成による有機物の生産があればこそ、動物や微生物が生まれ、生物学的物質循環が起き、土壌を土壌たらしめるものとして大切な土壌有機物も作られてくるとともに、植物の再生産が可能になるのである。それゆえ、「土壌は、人間、植物、(微生物)及び動物が互いに必要な

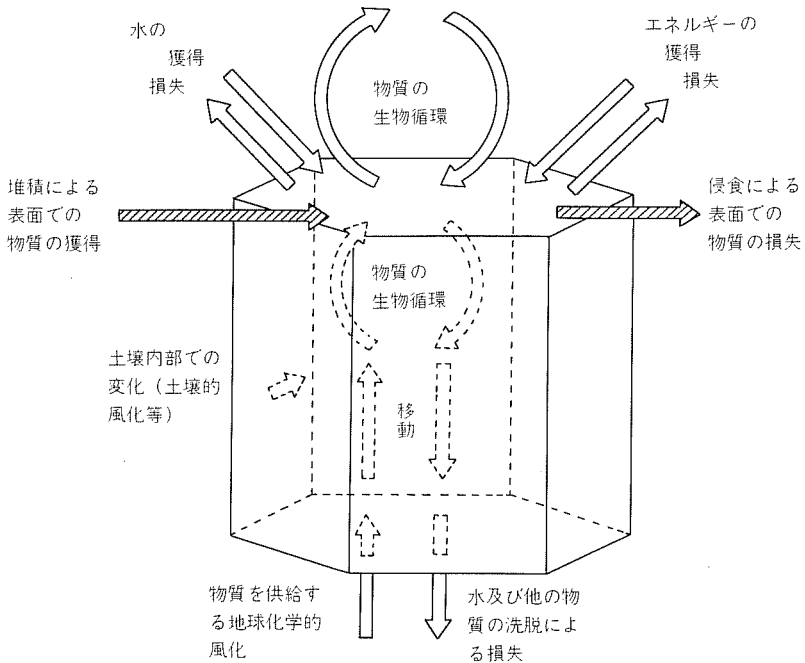


図1 開放系としての土壌における物質の流れ(Buolら1977を改変)

ものを供給しあっている共生的共同生活体（同上書）」ともいえる。この「共生的共同生活体」としての土壌は生態系のなかにあつて、生態系とともに発展しうるのであつて、生態系から切り離された土壌は退行することになる。

自然のなかで土壌は、気候、生物、地形、母材、時間を因子として悠久の時間をかけて生成され、変遷して行く。農業生態系は人為によって支えられているがゆえに、人為の変更によって農業生態系も変化し、ひいては土壌の変化をもたらすことがある。砂漠への灌漑によるアルカリ土壌化、サヘル地方における家畜の過放牧や熱帯雨林の皆伐による土壌の退行などは、これまで安定していた土壌生成因子を人間が急激に変えたために生じている土壌破壊といえる。これに対して、わが国の集約農業はこれほどでないにせよ、農業生態系にストレスをかけている。今日の集約的栽培管理によって農業生態系にどのようなひずみが生じて、土壌生産力の長期的維持にどのような懸念が生じているかを概観してみる。

## 2. 土壌生産力の長期的維持とは

作物生産の場としての土壌はどうあるべきか。農業経営の立場から青木は、土地生産性と作付自由度の高い土を維持することが、農業経営からみた地力維持であると述べている。換言すれば、自分の作ろうとする種類の作物をいつでも高品質・高収量で作れる土を維持することが大切なわけである。高い土地生産性の維持は従来から追求されてきている。しかし、高い作付自由度の維持という視点は、今日等閑視されていると思える。水田の汎用化は、水田再編対策としての要請とはいえ、水稻専用であった水田の作付自由度を高めるものといえる。しかし、本来輪作を基本とすべき畑においては、特定品目の生産のために、連作が行われ、連作障害が多発している。当初、絶対的有効手段と考えられた土壌消毒剤ですら、それだけでは連作障害を

克服できず、施設園芸では隔離ベッドを経て養液栽培、あるいは「植物工場」など、大地から離れる方向の働きが加速されている。そうしたものが、農薬を使用しないがゆえに、歓迎される傾向すらある。

一方、畑での連作障害対策としては、多くの研究がなされ、特定作物の特定病害虫についての対策技術が作られたものの、連作障害問題を解決するにはほど遠い状態といわざるを得ない。研究面では、連作を前提とした産地の維持のために、高い作付自由度の確保よりも、特定作物の連作可能地を人為的に作ることが一層重要視されてきているように思える。仮りに連作可能地が作れたとすると、土壌の養分条件、物理的条件、微生物的条件等が、その作物生育や対象とする特定の病害虫の抑制に適するように設定された特殊土壌となり、いわば特殊園芸培地的な土壌になるのではないだろうか。ある方向のみに、土壌のもつ能力をしばるのではなく、土壌のもつ能力を多面的に自由に引き出せるように維持することが大切と考える。

## 3. 連作による土壌の生物的变化

作付体系は栽培管理の重要な要素である。作物の根は土壌微生物の餌の供給源並びに生息空間であり、作物の種類は根圏に生息する微生物の種類を規制する。正確に言えば、同定しやすいカビで調べられているのだが、根にはまず土壌の微生物が定着する。そのうち、根圏での生活に適した微生物が選別されて、根の外側で増殖する。やがて、そのうちで根に侵入する能力を持ち、根の抗菌能を打破できる病原性及び非病原性の微生物が根に侵入して根内部で増殖する。収穫後、残根上で分生孢子や耐久体として生き残っていた微生物が、次作の根への主要な接種源となって定着する。この過程によって、前作が異なれば、当作がたとえ同じ作物であっても、根圏の微生物の種類構成が相違してしまう。このサイクルを同じ種類の作物の連作によ

表1 多犯性のカビが犯す普通作物

白絹病菌	オカボ、トウモロコシ、ダイズ、アズキ、インゲンマメ、ソラマメ、ラッカセイ、ジャガイモ、サツマイモ、タバコ、テンサイ、コンニャク
ムラサキモンバ病原菌	ダイズ、ラッカセイ、ジャガイモ、サツマイモ、ヤマノイモ、タバコ、テンサイ、コンニャク
リゾクトニア菌	オカボ、オオムギ、トウモロコシ、ダイズ、アズキ、インゲンマメ、エンドウ、ソラマメ、ジャガイモ、タバコ、テンサイ、コンニャク
菌核病菌	ダイズ、アズキ、インゲンマメ、エンドウ、ソラマメ、ジャガイモ、サツマイモ、タバコ、テンサイ、ナタネ

って繰り返すと、その作物を宿主とする病原菌が集積するのみならず、非病原菌であっても、輪作に比べて種類構成が限定されてしまう。このように、作付体系の変更は土壤の微生物の種類構成を変えて、連作であれば、病原菌を集積させる。

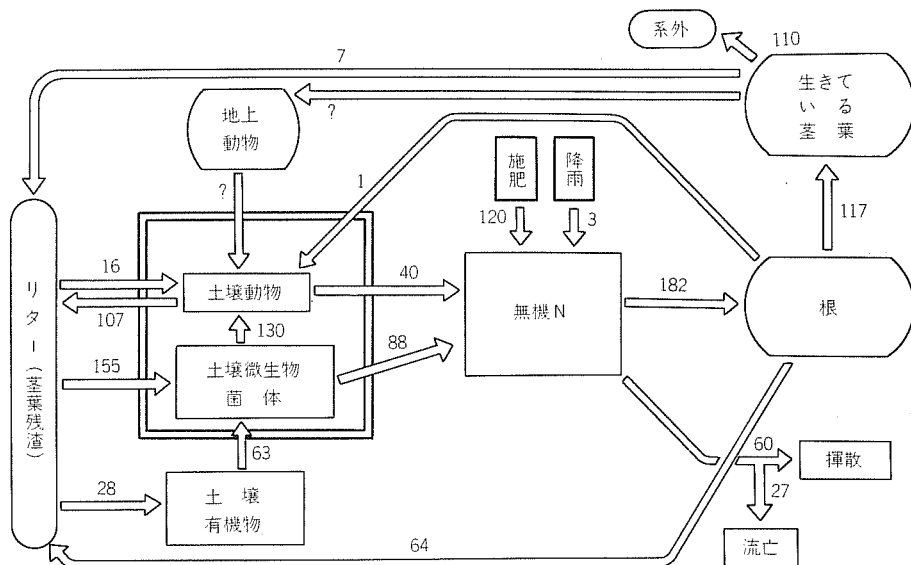
多くの病原菌では宿主となる作物が限定されているので、別の作物に切り換えれば、病気は生ぜず、作付自由度も実際にはあまり制限されることはない。しかし、表1に例示するような多犯性の土壤伝染性病原菌は広範な作物を犯す。表1は宿主となる作物として普通作物のみを示してあるが、これらに加えて野菜等を犯す。それゆえ、多犯性の土壤伝染性病原菌が集積すると、作付自由度が大幅に制限されてしまう。しかも、厚膜胞子や菌核などの耐久体の土壤中での永存期間は、たとえ宿主となる作物がなくても、5年あるいはそれ以上に及ぶので、この間作付自由度が大幅に制限される。これは土壤生産力の長期的維持からみてゆゆしい問題である。

連作では輪作に比べて事態を一層悪化させている二つの問題がある。その一つは、連作によって病原菌の病原力が増すことである。病原菌の集積した土壤で宿主作物と非宿主作物を栽培し、両作物の根から病原菌を分離して、接種試験をすると、宿主作物から分離した病原菌の発

病力の方が高い。これは、連作した宿主で増殖した病原菌は栄養的に恵まれて、厚膜胞子の型も大きく内容も充実しているが、非宿主との輪作下の病原菌の厚膜胞子は小さく、内容の充実も悪いため、感染力などに差があるためと考えられている。

他の問題は、連作に伴って作物の生育量、ひいては養分吸収量が低下するので、土壤の養分残留量が低下しやすいのだが、連作の都度施肥量を増すことが多いので、土壤養分が過剰やアンバランスになりやすい問題がある。というのは、土壤養分の過剰やアンバランスによって、作物体内の栄養代謝が攪乱されて、病気の発現が助長されることがあるからである。栄養代謝の攪乱は極端な場合、生理障害を起こして、収穫物の商品価値をゼロにする。そうでなくとも、古くから知られているように、窒素多肥による水稲いもち病の激化のように、作物体からのアミノ酸等の微生物の餌となる有機物の分泌量の増加や組織の軟弱化等が生じて、宿主の病害抵抗機構が弱められたり、病原菌の感染力が増して、病気の発現が助長されやすくなる。

連作は根によって病原菌を集積し、病原菌の病原力を高める。このことを基本にしたうえで、連作に伴う不適切な施肥管理によって病気が助長されていると考えられる。それに加えて、新しい資材や技術によって従来作れなかった時期に作物を作れるようにしているのだが、そこには従来とは違った新しい環境が作られている。新しい環境が作られれば、それに適した微生物が集積してくる。冬期のハウスでのトマト栽培において、従来の菌株よりも低温に適温を持つトマト萎ちょう病菌のJ<sub>3</sub>株が1967年に高知県で出現したように、菌も変化する。そして、新しい技術の導入によって作られる新しい環境や、不適切な栽培管理で助長される体内代謝の攪乱などを背景にして、従来病原菌として認知されていなかった土壤生息菌による被害も増加している。連作とそれに伴う栽培管理の変化は、病原菌、土壤微生物、作物の栄養生理の相互関係



注) 図中の数字は窒素の循環速度: kgN/ha 年

図2 オオムギ圃場における窒素の循環 (Rosswall and Poustin, 1984より作図)

を複雑にして、土壤生産力の維持を深刻にしているといえる。

#### 4. 土壤における物質の流れの異常化

定常状態に達した生態系ではかなり安定した物質循環が成立している。物質循環は系全体で成立しているのであって、土壤は物質循環における重要な流れの部分の占めている。農業生態系でも人為による収穫や施肥を含めれば、それなりの物質循環が成立している。それゆえ、図2においても、作物は施肥や降雨によって土壤にインプットされるよりも遙かに多量の窒素を土壤から吸収している。それは、図2の場合は主に残根だが、残根や茎葉の収穫残渣が土壤に還元されて、その窒素が土壤における物質の流れに乗って、再び土壤から作物に供給されるからである。図2の場合、人為を含めてかなり安定した物質循環ではあるが、土壤有機物からは年間35kg/haの窒素が持ち出しになっている。しかし、土壤有機物中の窒素の現存量が、この場合7150kg/haもあるので、たとえこの状態が続いても、短期的には不安はないが、長期的に

は土壤生産力の低下が懸念されるであろう。

ところで、土壤における物質の流れの主体は、個々の土壤生物が生活のためのエネルギーと細胞構成成分を獲得するために行う物質代謝の連鎖にほかならない。それゆえ、土壤生物の物質代謝に強い影響を与える人為は、物質循環にも攪乱を生ずることになる。

土壤生物が生活のために行う物質代謝を根源的に制限しているものは、餌として供給される可給態有機物の量である。それゆえ、餌となる収穫残渣の還元量や有機物資材の施用量の大幅な変化を伴う栽培管理の変更を行えば、一時的に土壤における物質の流れに異常が生じ、思わぬ生育障害や土壤の養分供給能の変化が生じて、土地生産性が損なわれることがしばしばある。その一つは、1978年に埼玉県大里村で最初に認められた水稻が不稔となる異常徳の発生である。つまり、1970年から水田再編が始まり、水田での麦栽培が復活し、コンバインも導入された。過去の稲・麦二毛作と異なり、全面播きによって麦の収量と同時にわらの生産量が飛躍的に向上し、しかもコンバインの導入によってわらが多量還元されるようになった。大里村では1975

年前後に全面播きとコンバインによる麦作導入後、3年目の1978年から障害が発生した。ひどい場合には収穫が皆無になった。これは多量に還元されたわらから未知の有害物質を生成する微生物が次第に集積してくるためである。わらの還元量が少なければ、生成された有害物質は分解微生物によって分解されて、危険水準を越えることはない。わらの還元量が多い場合には、分解菌のレベル以上に生成菌が集積して障害が生ずると考えられる。その後、この障害は関東以西で散見されている。

水田はアジア・モンスーンの我が国の自然条件に適した土地利用であり、水田土壌の自然肥沃度は高く、水田での稲生産は安定しているといわれている。しかし、そうした水田であっても栽培管理の変更に伴って微生物の生活の場が変化して、物質代謝の異常が生じて、土地生産性が損なわれることが現実には起きているのである。近い将来においては超多収稲が普及に移された場面でも、土壌の物質代謝の異常が予想される。というのは、水稻収量とわら生産量が現在の1.5~2倍に増加したとすると、子実生産を目的にした場合に、微生物の餌となる多量のわらを仮に全量還元したとすると、再び不稔障害が懸念される。それに加えて、わら還元に伴う微生物の急激な増殖による土壌の異常還元と多量の有機酸蓄積、さらには微生物菌体への窒素やリンの取込み量増加と、水稻生育後期における菌体からの窒素やリンの大量放出によって、土壌中の窒素やリンの流れが激しく変化することも予想される。一方、飼料用に地上部を全部系外に搬出してしまった場合には、土壌からの養分収奪量が飛躍的に増加して、土壌からの窒素供給量も次第に低下すると考えられる。これを補うために化学肥料の施用量が増加することになるが、地力の低下した土壌で異常気象の年に生産を安定できるのか、また、水田からの肥料成分の流出が環境汚染にならないのか、こうした懸念も予想される。

一方、餌となる有機物の供給量の変化に加え

て、土壌の環境条件の変化が伴うと、土壌の物質代謝の攪乱は一層激しくなる。草地や林地を開墾した際には、それまでの植生による有機物の供給が停止するのに加えて、耕起によってそれまで微生物の代謝能を制限していた酸素が供給されるようになるので、微生物は蓄積されていた土壌有機物を激しく分解するに至る。その結果、開墾当初は土壌からの養分供給は一時的に増大するが、土壌養分は次第に減少して、土地生産性が低下してゆく。これと類似したのが、水田の畑地化である。排水や耕起によって酸素の供給量が増して、微生物の代謝能が増大する。それに加えて、乾燥に伴う「乾土効果」によって、土壌有機物の分解が促進される。それゆえ、水田の転換畑化によって、当初は土壌からの養分供給量は一時的に高まるが、土壌養分の貯蔵量は急激に低下して、土壌生産力の低下が不可避となる。

このように、土壌における物質の流れや土壌生産力は、土地利用を含む栽培管理の方法の変化によって大きく変化するものであり、土壌は生態系全体の中で把えることが大切なのである。

## 5. 土壌生産力の長期的維持のために

養液栽培や「植物工場」など、土壌から離れた作物栽培が農薬を使わぬクリーンを売り物に関心を集めている。そこでは、土壌と土壌の微生物が果している調節機構をすべて人間が代わって行い、微生物を極力排除して行かなければならない。植物という有機物の合成者で、しかも体外にも有機物を分泌するものから、微生物を排除することは自然界では不可能であり、人為で制御したとしても、常に微生物の増殖の危険性を内蔵している。

これに対して、土壌では長い進化の過程で作られた微生物と植物の共存関係が成立しており、両者は相互に依存しあっている。これに土壌の様々な固体の反応が加わって、土壌は植物の培地として大きな緩衝能を有している。それゆえ、

人間の管理が多少不十分でも、植物は立派に育つ。これが土壌の利点である。そして、土壌には生命誕生以来の進化のごく初期の子孫を含めて実に多様な微生物が、土壌の複雑で多様な環境条件をもつ孔隙に、それぞれの特性に応じて分布している。微生物の増殖速度は高等動植物に比べて遙かに早い。それゆえ、環境条件が変えられれば、それに適した微生物が急激に増殖してくる。一筆の圃場においても1年間に環境条件は常に変動している。それゆえ、土壌の微生物もある幅のなかで絶えず変動しているが、栽培管理が安定していれば、毎年類似の変動をくり返している。これを土壌微生物の動的平衡とよんでいる。しかし、栽培管理が急激に変えられて、餌の供給量や他の環境条件が大きく変更させられると、それまでの動的平衡を越えて

微生物は変化することになる。そして、新たな平衡状態が得られるまで、微生物の攪乱が続く。次の平衡状態が得られるまでの攪乱の過程で、農業生産にとって大きな障害が生ずることになる。

農業技術は絶えず発展し、新たな技術が栽培管理に加えられてゆく。今後はますます栽培管理の方法が変化し、土壌微生物の攪乱が多くなると考えられる。その際に、攪乱の事前予測が大切になる。事前予測のなかでも、物質循環と有害微生物の変動予測が特に大切であり、予測に基づいた合理的な対策をたてるとともに、深刻な事態が予測されるにもかかわらず、有効な対策が当面考えられない技術の早急な導入は控える慎重さも重要になってくると考えられる。

(農業研究センター 研究企画科長)

## 稲と米——生産から食卓まで——

農林水産省農業研究センター編  
A5判 186頁 定価1,800円 千250円

稲作は二千数百年の昔から日本農業の基幹であり、日本人の主食として米は最も重要な地位を占めています。しかしながら、近年、米の需要の停滞と生産量の増大から生じた供給との不均衡による生産過剰、内外価格差の拡大や自由化の外圧などによって、稲作には極めて厳しい時代になってきているといえます。このような時期に、農業研究センターで、「稲と米」に関する研究会が開催されました。この研究会は、今後の多様化する食生活の中でも、依然として、主食の中心に位置づけられる米について、生産・流通・消費の各面から掘り下げて考え直してみる必要から企画されたものであり、斯界の第一人者の方々によって講演と討議が行われました。その成果を取り纏めました本書は広く農業に関心を持たれる方々や、実際に営農にたずさわっている方々にとって極めて有益と思しますので、広く活用されるようお奨めいたします。

**【主な内容】** 世界の稲・日本の稲（農業研究センター総合研究官 金田忠吉）、稲遺伝資源の利用の可能性（前農業生物資源研究所長 鳥山國士）、米の流通（日本製米工業会相談役 谷達雄）、米の加工（前新潟県食品研究所長 齋藤昭三）、世界の米料理（ジャーナリスト 佐藤恵子）

発行所

社団法人 農林水産技術情報協会

千103 東京都中央区日本橋兜町15-6（製粉会館内）  
電話 03（667）8931（代） 振替 東京1-71476