

## はじめに

土と食べものについて、農家と消費者が話しあう機会に招かれた。10年ほど前のことである。その場で、私は化学肥料の適切な利用について話題提供した。会合が終わった後、ある農家から声をかけられた。「化学肥料や農薬を使う慣行農産物をこれまでずっとやっているのだが、なんとなく有機農産物をしている人たちに対して肩身が狭い思いを感じていた。しかし、話を聞いて、堆肥も化学肥料も使い方次第なのだと思ひつき、気持ちも楽になった」とのことだった。有機農産物は人の健康に良く、慣行農産物は健康に悪いのではないか、という思いにずっととらわれていたのだそうだ。

農産物を同じように生産しているのに、慣行農産物を営む農家が肩身の狭い思いを持つとは、不幸なことだとつくづく思った。そうした状況をわが国にもたらずのは、有機農産物と慣行農産物との間に、なぜか分断の垣根があるからだ。この分断の垣根を取り払いたい、それが本書の執筆動機である。

私たちの祖先が食料確保のために、農耕を開始したのはおよそ1万年前とされている。以来、人は身の回りにある有機物を利用して作物を栽培してきた。堆肥はその有機物の一つで、現在につながっている。それに比べ、化学肥料はわずか180年前に登場したばかりの新資材にすぎない。その新資材に対する安心感が、農耕開始からつきあってきた堆肥への安心感に勝てるわけがない。化学合成農薬にいたっては、20世紀に入ってからの新参者。そして、その誤った使用で人的被害が発生するにいたり、使用そのものを疑問視する農家や消費者も多い。

堆肥も化学肥料も農薬も、その利用目的は、作物をより良く生育させ、高品質で収穫量を増やすことにある。これらの資材で問題が発生するとすれば、原因は資材そのものにあるのではなく、使用方法にあるのではないだろうか。たとえば、有機農産物でも堆肥を必要以上に与えると、作物の品質や、土、地下水、大気などの環境に悪影響をおよぼす可能性がある。それゆえ、有機農産物は、環境への影響や農産物の品質において、慣行農産物よりも無条件で優れていると考えてよいのだろうかと思う。

# 目次

はじめに — 1

## 1 章 そのお話は思い込み？

1 堆肥をまかなきゃ土はできない？ — 10

わが家の家庭菜園 10 / 家庭菜園講座での経験 11 / 堆肥は土づくり万能薬 12 / 堆肥といってもいろいろ 13

2 食への多様なこだわり — 14

土を大切にしたいと願う施設で — 巨大トマト水耕栽培の不思議 14

水耕栽培の野菜と有機栽培のコーヒ — 16 / フードファディズム 16

牛乳有害説のてん末と思ひ込みの怖さ 17 / 食べものに対する安心は感情が支配する 18

3 健康な土、健康な食べもの、健康な体 — 19

健土健民と身土不二の思想 19 / 健康な体は多様な要件でつくられる 20

4 食べものへの思い込みはどこから来る？ — 20

メディアやネット情報の影響 20 / 有機自然栽培の作物でアトピーが消えた 22

人工環境の植物工場で育つ野菜は味が濃く新鮮 23 / メディアで報道されない農業の役割 23

農業にもいろいろ、分断して考えない 24 / 先祖から受け継ぐ本能が思い込みをつくり出す 25

## 2章

### 作物の養分とその吸収・利用——有機農業と慣行農業、何かちがうのか

- 1 作物も養分なしでは生きていけない——28
- 2 植物の養分とは何かを探し求めた歴史——29
  - ギリシャ哲学の時代 29／水が養分——ヘルモントの実験 31
  - 養分は無機物（ミネラル）成分——ウッドワードとシュブレンゲル 31／土に含まれる有機物が養分 33
  - 土の粒子が養分——タルの理論 33／有機栄養説と無機栄養説 34／テイヤの有機栄養説 35
  - シュブレンゲルとリービヒの無機栄養説 36／論争の決着——植物の養分は数種の無機物、有機物利用を否定しない 37
- 3 土の生き物が有機物を植物の養分に変える——38
- 4 植物の養分は何か？——必須養分の探求——40
- 5 養分が植物の根から吸収される形態——42
  - 水に溶けて目に見えないイオンとは何か 43
- 6 養分イオンを土が保持するしくみ——45
  - 土の負荷電は2種類 46／土の正荷電はすべて酸性条件で発生する荷電 46
  - 土は全体としてみると負荷電のほうが多い 47
- 7 植物が根から水や養分を吸収するしくみ——48
  - 植物の細胞は細胞膜と細胞壁で包まれている 48／細胞膜内に入るための最後の関門——カスバリー線 50
  - 細胞膜の機能と水の吸収——浸透圧と水の輸送タンパク質 51
  - 養分イオンが細胞膜を通過して吸収されるしくみ——輸送タンパク質と能動輸送 52
  - 養分吸収の最後の仕上げは道管への移動 53

## 3章 食べものが生産される場としての土

- 1 原始地球に土はなかった——66
  - 土が地球に誕生するまで 66／地球の「皮膚」が陸上生物の命を支える 68／環境が土をつくる 69
- 2 人が土を管理し、農地を守る——72
  - 農業の開始——人類の環境破壊の始まり 72／農地の作物生産力と土の肥沃度 73
- 3 土の肥沃度はどう維持されてきたのか——田んぼと畑の比較——74
  - 湛水して連作できるイネづくり——畑との決定的なちがい 75
  - 湛水状態がつくり出す土の肥沃度にかかわる四つの効果 76
  - 湛水がつくり出す国土保全——土壌侵食の防止 77

- 畑の土の肥沃度を維持するために考え出された輪作の歴史 78／三圃式輪作 79／穀草式輪作 81  
 ノーフォーク農法（輪栽式農法） 81／ノーフォーク農法の課題 83／ヨーロッパの輪作の歴史が教えること 83
- 4 土は誰のものでもない社会の共有財産である—— 84
- 地球環境を守る土の役割 84／人間の生産活動の中心を農業から工業へ転換させた産業革命 84  
 自然から預かった土を次世代につなぐ 86

#### 「コラム」農作物に込められた労力と手間——コメを例に

- 田植えに使う苗づくりの種まきまで 90／育苗箱への種まき 91  
 その年のイネのでき方を決める苗づくり——理想の苗を目指して 92／田植えの準備作業 93／田植え 94  
 田植え後の田んぼの管理 94／イネ刈りからコメができるまで 97／イネ刈り後の田んぼの管理 98

## 4章 農業を有機農業と慣行農業に分断しない

- 1 有機農業とはどんな農業か—— 104  
 国際的な有機農業の定義と基礎となる四つの原理 105／わが国の有機農業と有機農産物 106
- 2 有機農業は慣行農業より優れているか——研究のメタ分析による評価—— 107  
 有機農業と慣行農業を比較するのは難しい 107／有機農業は慣行農業より環境に優しい農業か 108  
 有機農業と慣行農業で作物生産性の比較 111／有機農産物の品質は慣行農業の農産物よりも優れているか 114
- 3 有機農産物の品質が慣行農産物とちがう特徴を持つのはなぜか—— 118

- 与えた窒素量が同じでもすぐに吸収できる窒素量は大きくちがう 118  
 植物体内のタンパク質と炭水化物がトレードオフの関係となるしくみ 119  
 養分吸収からみると有機農業と慣行農業の区別はない 121  
 抗酸化物質含量が高いのはストレスに対する植物の自己防衛の結果 122
- 4 有機農業が生物の多様性を豊かに保全するということの意味—— 123  
 生物多様性の保全に配慮する農業が有機農業 124  
 慣行栽培でも生物多様性と作物生産とはトレードオフの関係 125  
 有機農産物の付加価値を認めて正当な対価を支払う 126
- 5 有機農産物の付加価値を社会事業に発展させたNPOの事例から学ぶ—— 128  
 貧困層小規模農家の支援活動 129／牛銀行方式の導入で堆肥生産が可能となる 130  
 有機野菜の仕入れ販売ブランドとしてのKenko 1st Organic（健康第一オーガニック） 132  
 有機野菜販売の拡大と自社生産活動 132／社会貢献としての視覚障がい者の支援活動 132  
 新型コロナウイルス感染症の影響を超えて 133

## 5章 有機農業と慣行農業——それぞれの養分源の弱点

- 1 有機農業の養分源・堆肥の弱点—— 138  
 作物の養分移転資材として登場した堆肥 138／家畜を利用する堆肥づくりには土地が必要  
 農業不況が代替養分を要求した 141／ノーフォーク農法から学ぶ堆肥づくりの課題 142  
 堆肥づくりの弱点を考慮しない「みどりの食料システム戦略」 143

2 慣行農業の養分源・化学肥料の弱点 — 144

化学肥料の登場と不安 144 / 化学肥料だけで180年間、コムギは正常に生育している

人口爆発を支えた食料増産と化学肥料の貢献 149 / 緑の革命 — その功罪 150

化学肥料の最大の弱点 — 原料となる資源の枯渇 152

3 原料を輸入に頼るわが国の化学肥料生産の弱点 — 157

4 堆肥や化学肥料の弱点を補強する基本 — 養分循環型農業 — 159

## 6章 誰もが安心して食べていくために

1 有機農業へのこだわりと農業の多様性 — 162

2 フェアトレードの精神 — 有機農業を支援するために — 164

3 国民の誰もが安心して食べられる社会をつくるのは国の役割 — 165

4 慣行農産物の適正価格 — 「安ければよい」のか — 166

5 食品ロスと食生活 — 食べものへの倫理観 — 167

おわりに — 170

引用文献 — 175

\* 文中の肩付き番号は、文献等からの引用です。出典先は、175ページの引用文献を参照ください。  
また、一部の図表の出典先は172ページをご覧ください。

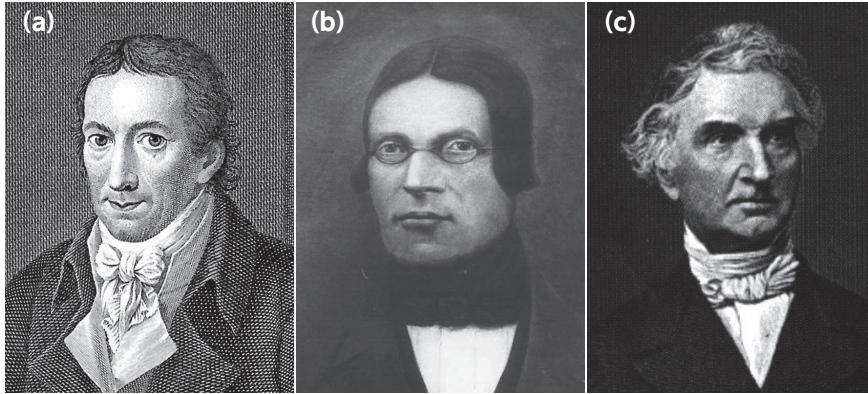
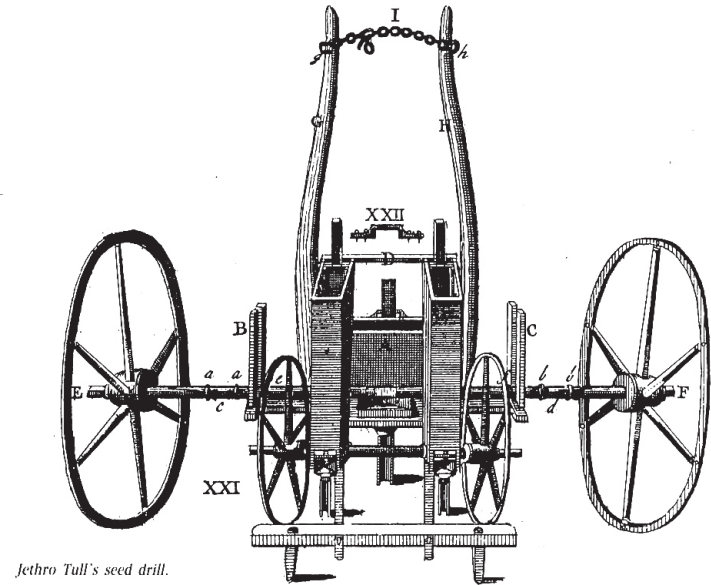


図4 (a) 有機栄養説を唱えたテーヤ、(b) 無機栄養説を唱えたシュプレングル、および (c) リービヒ

(テーヤ, 2007; シュプレングル, 2009; リービヒ, 2007)



Jethro Tull's seed drill.

図3 タルが発明した条播機(コムギ用) (Binghamら, 1991)

列の間を浅く耕しながら雑草を取り除く(中耕除草)ことができるようになった。タルは、条播機を使用して作物をすじ播きし、中耕除草を積極的に勧めた。それはいくつかの作物、とくに飼料用カブで生産量を大きく増加させた(注5)。その結果から彼は自信を得て、土の粒子こそが植物の養分であり、土の粒子が根から楽に吸収できるように中耕除草を実施し、土の粒子を可能な限り細かくしなければならぬと彼の著書『馬力中耕法』で主張した。彼の『馬力中耕法』によって生産量の増加効果が実際に認められたことから、彼の説は長く支持され高い評価を受けた。もちろんこの結果を現在からみれば、作物の生育が改善された要因は土を耕した効果というよりも、除草効果のほうがはるかに大きかったと考えることができる。

### 有機栄養説と無機栄養説

こうして植物の養分は何かをめぐる科学的知識がしだいに集積されていった。19世紀にはいると、それまでの混乱に決着をつける論争がドイツの二人で交わされた。一人は、有機物が養分であると有機栄養

説(腐植栄養説)を唱えるテーヤ(1752~1828)【図4(a)】で、もう一人は、シュプレングル【図4(b)】が提唱した無機物が養分であるとの説を、さらにより強く主張したリービヒ(1803~1873)だった【図4(c)】。

### テーヤの有機栄養説

テーヤはアリストテレス、ワレリウス、デービーらの考え方を受け継ぎ、植物の養分は有機物であるとの説を唱えた。当時、世の中で広く受け入れられていた考え方に「生氣説」があった。有機物は、生きている動植物の体内だけに存在する特別な生命力の助けによってつくられ、生命を持つ生物を起源とする有機物の効果は、生命を持たない無機物とは本質的にちがう、というのが生氣説の考え方である。テーヤはこの生氣説に強く影響され、動植物という生命体由来する堆肥が、適度な温度や湿度のもとで腐敗・発酵して水溶性の有機物(彼はこれをフムス「腐植」と呼んだ)となって植物の養分になり、植物の生命を支えると考えた。

また、植物の生産量は土の中の有機物(フムス)量に依存するので、植物の吸収によって減った土の中の有機物を補うには、堆肥という形で有機物を与えることが必要であると指摘した。堆肥を十分に確保するには、堆肥の原料になる家畜のふん尿が必要となる。その家

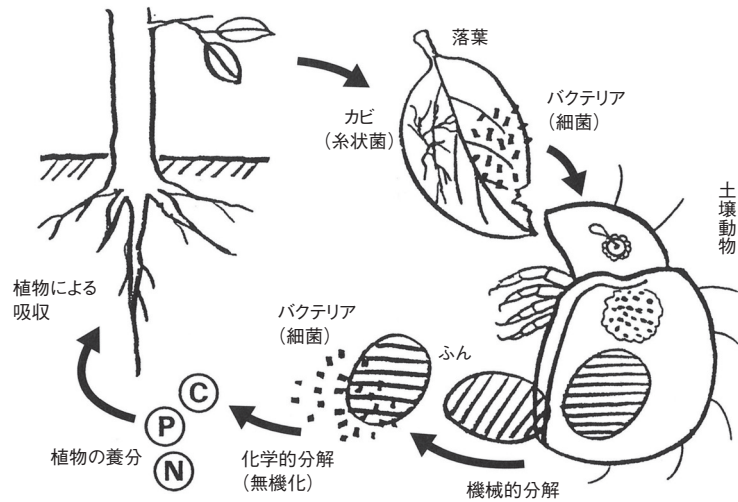


図6 自然生態系における土の生き物たちの働きによる物質循環の概念 (青木 (2005), 一部加筆)

土壌動物には大型のミミズやワラジムシ、ダンゴムシの他に、中型のダニ、さらにはトビムシなど、さまざまな種類がある

### 3 土の生き物が有機物を植物の養分に変える

養分ではないはずの有機物が、植物の生育を旺盛にするのはどうしてなのか。それを可能にしているのが、以下で述べる土の生き物たちの働きである。



図5 水耕栽培による野菜の栽培 (北海道七飯町, 植物工場アプレにて)

上下2段でミニトマトやキュウリ、葉菜類などを完全無農薬で生産。野菜は、近くの「道の駅なないう・ななえ」で直売している

この論争で決着した「植物の養分が有機物ではなく、無機物である」ということは、現在の植物工場などで採用されている水耕栽培によって明確に実証されている【図5】。水耕栽培では、堆肥のような有機物を与えなくても、必須養分を含む無機物を溶かした培養液だけで作物を正常に生育させることが可能だからである。

しかし、養分が無機物であったとしても、堆肥などの有機物の利用を否定するものではない。有機物を与えることで、植物の生育が旺盛になることは誰もが認めている。

いうまでもないことだが、堆肥などの有機物をそのまま、植物の根が口を開けてパクパクと食べて体内に取り入れているのではない。有機物が植物の養分となるのは、土の中で生活する生き物たち(大型の土壌動物から目に見えない微生物たちまでを含む)の連係プレーによって有機物が分解され、最

最終的に無機物にまで変化するからである。

落葉や落枝のような有機物は、その表面にカビ(糸状菌)やバクテリア(細菌)がとりつき、分解されやすい状態に前処理される【図6】。その状態の有機物に、大型の土壌動物であるミミズやワラジムシ、ダンゴムシなどがエサとして食いつき、細かくして土の中へ引きずりこむ。作物生産のために土に与えられた堆肥なども含めて、土の中に入った有機物はダニやトビムシなどの中型の土壌動物のエサとなり、ふんとなって排泄される。そのふんはバクテリアのエサになってさらに分解され、最終的に二酸化炭素と水、そして無機物に変化する。この一連の分解過程を有機物の無機化という。堆肥に含まれていた有機態の窒素(タンパク質など)が、土の生き物の働きによって無機物のアンモニウムに変化することは典型的な無機化の例である。

実際には、土に与えられた有機物のすべてがすぐさま完全に無機化してしまうことはない。分解の途中で有機化合物としても存在している。この有機化合物が「土の有機物」あるいは「腐植」といわれる物質である。寒冷地や低湿地など、土の生き物たちの活動が鈍い環

## 農作物に込められた労力と手間——コメを例に

農産物に対して、有機だ、慣行だと栽培方法のちがいが強調されることがある。しかし、その栽培方法のちがいを論じる私たち消費者自身は、対象となる農産物の生産過程をきちんと知ったうえで話しているのだろうか。今回、本書のために、改めて農家にお話を伺ったところ、有機栽培であれ慣行栽培であれ、作物の生産に込められた生産者の労力と手間の大きさに気づかされた。少し長くなるが、主食作物でもあるイネの慣行栽培について、北海道南幌町の白倉崇史さんの事例を紹介してみたい。

コメは、イネからできる玄米を精米して生産される。そのイネは、春に苗を田植えすれば秋には収穫できると、なんとなく自動的にそう思いがちだ。しかし実際には、以下で述べるように、私たちの主食のコメがこんなにも数多くの手間ひまかけてつくられていることに驚く。

### 田植えに使う苗づくりの種まきまで

白倉さんの農場は、田んぼ（水田）22haを中心に、畑作物として転作コムギ18ha、同ダイズ4haを作付けしている。イネの栽培は、農場のハウ

スで苗を育てること（育苗）から始まる。育った苗を田んぼに移植、つまり田植えし、その後は収穫の秋9月まで栽培管理が続く。収穫後もさまざまな作業が10月末まで続く。

北海道でのイネの田植え前の作業は3月中旬、田んぼへ融雪剤を散布することから始まる【●図1】。雪を早く溶かしてその後の作業をしや

すくするのが目的だ。その後、3月下旬から4月上旬にかけて育苗用ハウスを設置する。ハウスの中の地面（置床）をトラクタで耕し、ローラ鎮圧機で平らに押し固める。苗に水を与える（かん水）ための装置もとりつける。これでやっと育苗の場所の設置が完了する。

栽培するイネの品種は、田んぼの土の性質によって変える。田んぼの土が、そこで生育するイネの子実（玄米）タンパク質含量を高めやすいかどうかで判断し、それぞれにふさわしい品種を選択する。コメを食べたときの味（食味）は、コメのタンパク質含量に大きく影響されるからである。イネの種子（種籾）は、種籾を専門に生産する農家（採種農家）が生産したものを購入する（注1）。

苗づくりの種まき（播種）の前、

●図1 融雪剤の散布（3月中旬）



4月上旬から中旬にかけて種子の消毒と、種子からの発芽を揃えるために5〜6日間、水に浸す処理（催芽）をおこなう。消毒は、伝染性の病害（いもち病、ばか苗病、苗立枯細菌病など）を防ぐのが目的である。これらの処理後、種子を床に広げて乾燥させる。数日間かけて種子を手作業でひっくり返し、種まきに適した水分状態に戻す。かなり大変な作業である。これでやっと種まき用の種子の準備ができたことになる。

### 育苗箱への種まき

4月中旬になると、いよいよ種まきである。育苗箱（プラスチック製で280mm×580mm×28mmのトレイ）に、3月下旬から準備しておいた土（培土）を詰める。その後、催芽した種子を播き、その上に軽く土

