

2006年度 SGS 研究テーマ

『生態学的循環法則下に生きる土』について

— 有機農法の実践を通して —

第 2 部

平成 20 年 3 月

神戸シルバー大学院

「土の研究」チーム

谷村 良三 ・ 中根 久弥

## 『生態学的循環法則下に生きる土』について

## — 有機農法の実践を通して —

## (第 2 部)

## — 目 次 —

はじめに	-----	1
第1章 大自然のシステム	-----	2
1. 大自然システムの4座標		
2. 大自然の活動		
第2章 植物の自己防衛機能	-----	6
1. 活性酸素防御		
2. 強光、高温、乾燥対策		
3. 虫との共存		
4. 防御の香り機能		
5. からだからのシグナル発生機能		
第3章 植物の根の活力	-----	9
1. 根の役割		
2. 根の呼吸の仕方		
3. 根圏について		
4. 根と微生物層の助け合い		
5. 根の病害防御のしくみ		
第4章 有機栽培の実践と検証	-----	19
1. 土の育成3年の経過		
2. 多品目少量生産の実践		
3. 有機的・高度輪作の実践		
4. 連作障害とその対策		
第5章 むすび	-----	40
あとがき	-----	41
参考文献一覧		

はじめに

500万年前から現代に至るまで、人類は自然と対立することなく、あるがままの自然を受け入れ生活してきた。人間を含め地上に住む全ての生物は自然によって平等に生まれ、人間は生物の先頭に立って自然の秩序を守っていかねばならないと信じて生きてきた。そうして四季を通じて変化する自然の姿をあるがままに部分的ではなく、全体として受け取らえられていた。中国4000年の歴史の中でも、それがうかがえる。

このような自然との共生関係も、1万年前に農業が始まると、人間は植物、動物とのかかわりを通じてのみ自然を見るようになってきた。自然を全体としてあるがままに見るのではなく、人間にとってのごく狭い特定の利益の視点からのみ自然をとらえるようになった。自然の日照、長雨、異常気温などを作物、家畜をおびやかすものとしてのみ、人間の目に映るようになり自然と対立するようになった。

20世紀前半までは人類は基本的には自然の摂理に従い、自然を利用する農業が行われていたが、現代では自然の摂理に反して単一の作物を連続して栽培するようになった。それまではそのようなことはなかった。

20世紀後半に入ると安価な化学肥料と合成化学農薬が出現し、農業の姿は激変した。耕地は自然から切り離され人間の利益のために自由に制御できる人工系に作り替えられていった。自然物である堆肥や有機質肥料を捨て、人工化学肥料や合成化学農薬を導入し、土を単なる養分の保持する場所として考え始めた。その根底には人間にとっての効率性のみをひたすら追求し続ける思想があり、自然生態系に与える影響や負荷といったものに対して考える余地など全く無くなっているのが現状ではなかろうか。と言っても言いすぎではない。

農業は森林や草原を切り開き、その土地の生態系を破壊し、多様であった植生を極端に単純化することから始まり、作物の一部もしくは大部分が人間によって奪われ、その循環系が構成されていた領域の外へ持ち出されて、物質循環を破壊してしまっている。植生の多様化は自然の摂理であり、土の肥沃化につながる。植生の単純化と物質循環の破壊は土を死に追いやる。少なくとも収穫物に匹敵する量の有機物を投入したり、植生の多様化を少しでも実現していく必要が不可欠なのである。

現代農業が化学肥料、化学合成農薬への過度の依存や連作は農耕地を死に追いやってしまう。自然生態系の安定は生態系をめぐる物質エネルギー循環がとどこおりなく営まれることによって保障される。そのためには少なくとも土の肥沃性が維持されることが必要不可欠なのである。

土は生態系の安定にとって要となる存在、それは土は生態系維持に不可欠なホメオスタシス(恒常性)を備えているからである。土は「第1部」で述べた如く物理的、化学的、生物的变化を和らげ、植物の根や土壌生物に対して土中環境の極端な変動を抑える役割を持っている。これらのうちどれか欠けても土の恒常性は著しく損なわれる。ここに「第2部」として植物の身になって大自然が植物に与えられている生きていく力である「自己防御機能」について、有機栽培の実践を通して野菜栽培のあるべき姿を少しでも経験出来ればと思う次第である。

## 第1章 大自然のシステム

大自然が誕生してから現代に至るまで、大自然が生き続けているということは、大自然は停滞を許さないからである。つねに動いていてやまないのである。そのために「メタボリズム」という機能が働いている。すなわち新陳代謝を繰り返しているのである。この大法則は厳然として存在していて、いくら科学が進歩してもこの法則に従わざるを得ない。人間も生物との共存共栄を図り、目先のことのみにとられることなく、金欲にばかりとられることなく、つねにつつしみの心を持って、進化と向上を図っていく必要がある。土も生き続けており人間がその土を汚し殺してはならない。土によって人間は生かされており、生き物すべてが生かされているのであるから土を死なせてはならない。

そこで、現実の大自然はシンプルながらあらゆる事象が複雑に関連し合い、組み合わせられてシステマティックにうまくバランスがとられて進化と向上が絶え間なく進んでいる。この無限かつ多様な大自然をモデル化しようとする、ゆがめられた自然のモデルになってしまうかも知れないが、それを承知で自然に対し敬虔な態度で接することを基本にして、大宇宙という入れ物をモデル的にとらえてみて、そのなかに時間の経過とともに自然環境が変化し循環して生き物どもが共存しているところの「生態系循環法則」のもとで、たとえば有機栽培をどのような考え方で進めていけばよいのか、ひとつのモデルとしてとらえ4つの座標系(X系、Y系、Z系、W系)で持って思考展開を試みた。(図 1 参照)

### 1. 大自然システムの4座標

X系とは時系列系で、過去から未来に向かって永遠に流れている時間系である。一方向のみの流れである。その流れのなかですべての生き物が生かされている。われわれはその中で今回研究レポートにまとめようとしているところの「有機農法による野菜栽培」の年度計画を立てて日々実践を行っている。そこには、場当たり的な作業は許されず数年にまたがる中長期計画を立てて実践しなければならない。そうして、その中で連作防止のため輪作計画を立て野菜作りを行っている。これがX系である。

Y系とはシステム系で、生物全てがシステムとして構築されており生存できているわけで、ここでは大きなシステムとして全ての生き物がお互いに関連しあい生かし生かされている。即ち、生態学的循環サイクルが営々と営まれている。そのため大自然は植物のため植物に自己防衛機能を与えて生かしている。有機栽培の場合について考えれば、野菜栽培も植物のことを考え多品目少量生産で栽培し、野菜の持っている野菜同士の相性も考え育成している。しかし、土中の生き物のことを考え、土を育て、土に生かされていることをもっと考えていかなければならない。

Z系とは階層系で、土の表面を境として地上の環境領域( $Z_1$ 系)と地中の環境領域( $Z_2$ 系)から構成されている。我々が行なえる地上の問題は防寒、防暑、降雨、害虫等の対策の問題である。地下の問題は土の自律的恒常性、微生物のすばらしい活動等で、我々が行なえるのはは土作り、堆肥作りの問題で、これがこの系である。

W系とは循環系で、これらX系、Y系、Z系にまたがる生態学的循環法則の領域で、炭素循環、窒素循環、雨水の循環、葉の一生、人間の細胞の寿命等々が含まれる。

再び、ここで述べると地球上には150万種もの生物がいるようである。植物循環、炭素循環、窒素循環などあらゆる物質循環のシステムは複雑極まりない。何故大自然のシステムは単純化せずに複雑にしているのだろうか、この複雑さがシステム全体の安定性を保っているようである。よって変化に対する適応性が非常に高いようである。この複雑さはわれわれにとって思考の及ぶ領域ではなく難解なので、無理を承知で4座標で思考展開を行った。(図1 参照)

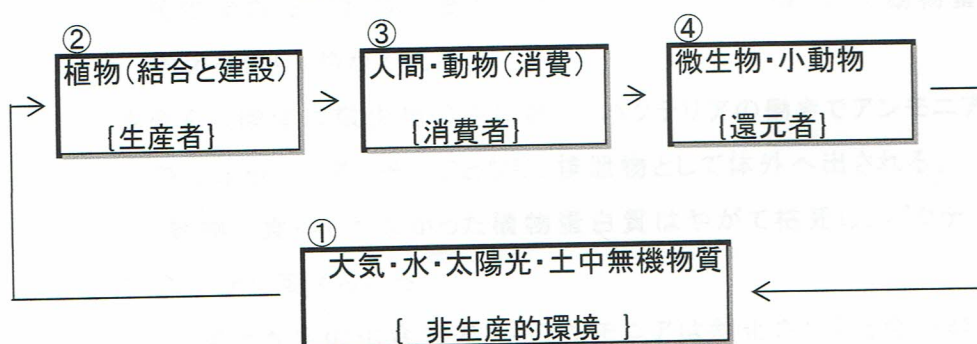
## 2. 大自然の活動(メタボリズムの機能)

生物は常に「進化と向上」が図れるように設計されている。停滞は許されない、そのための手段として、大自然はメタボリズム(新陳代謝)という機能を与えている。その機能を働かせるため、その手段として「結合と建設」の生み育てる働きにより、古くなったものは、「分解と還元」の働きで、もとの要素へともどす働きを行っている。(図1のX系)

### 1) 生態系システム

大自然の生態学的循環サイクルは「土の研究」第1部でのべた如く図2 のとおりである。エコロジー(生態系)システムを構成する四つの基本要素は①非生物的環境 ②生産者 ③消費者 ④還元者 である。非生物的環境とは水、空気、土壌などのあらゆる物質に太陽光線を加えたもの。生産者とは無機物質から有機物質を生産するもので植物がこれに当る。消費者というのは生産者が有機物を食べることによって消費するもの。すなはち草食動物、さらに草食動物を食べる肉食動物がこれに当る。還元者とはバクテリアや菌類で生産者や消費者の生命が失われた後に、これを分解して無機物質に返す生物のことである。(図2 参照) (図1のW系)

図 2 生態学的循環サイクル



### 2) 植物の新陳代謝

春になると芽が生まれる。葉が出てくる。葉の中の葉緑素というものが、空気中の炭酸ガス、土中から吸い上げた水と太陽エネルギーをその中に封じ込めて、光合成をする。でんぷ

ん質、ブドウ糖を作る。そして、花を咲かせる。実を实らせる。みのりが済んだ、秋である。この葉は、ひと働きをしたので、自分の持てるエネルギーをどんどん幹のほうへお返しする。そしてカラカラになって、乾燥してパラパラと散っていく。そして、腐りもとの要素の炭酸ガスと水に戻っていく。水はまた吸い上げられ、炭酸ガスは葉の葉緑素でまた取り入れられる。

(図1のW系)

### 3) 土の新陳代謝

土の中では膨大な数のバクテリア、菌類により新陳代謝が繰り返し行われており、生態系の循環がうまく行われているのである。それによって地上の全ての生き物が生かされている。(図3参照)(図1のW系)

#### (1) 土壌の生態系

第1部「はじめに」(P1~2)で述べたとおりで、ここでは省略する。

#### (2) 土の中での炭素の循環

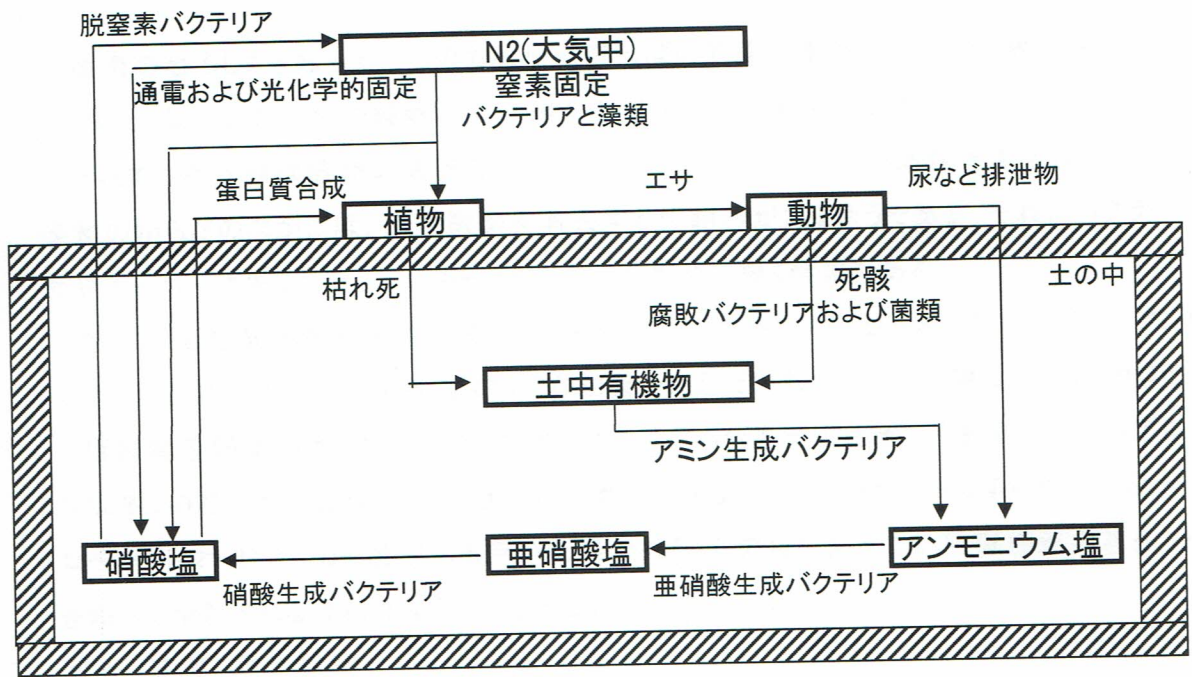
第1部第1章2項(P3~4)で述べたとおりで、ここでは省略する。

#### (3) 土の中の窒素循環

窒素の循環を図3に示す。

- ① 窒素を炭水化物と化合させて、蛋白質を作るのは植物の働きである。
- ② 植物は空気中の窒素をそのままでは利用できない。硝酸塩という窒素化合物の形で、水に溶解根から吸収されてきたものでなければ利用出来ない。窒素を硝酸塩に変える役目をしているのがバクテリアで、このプロセスを窒素固定という。
- ③ 自然界で窒素固定が出来るのは、生物ではマメ科の植物の根に寄生している根粒バクテリアと特別な種類の藻だけである。
- ④ 雷雨のときに空中電気の放電の助けを借りて、窒素は水と化合して硝酸になる。硝酸塩は植物に吸収されて蛋白質に合成される。
- ⑤ 植物蛋白質が動物に食べられて、アミノ酸に分解されて動物蛋白質となり、自分の肉体を作り、やがて死ぬ。
- ⑥ 死んだ肉体は微生物の手に渡り、バクテリアの働きでアンモニアに、また、動物の体内で分解してアンモニアとなり、排泄物として体外へ出される。
- ⑦ 動物に食べられなかった植物蛋白質はやがて枯死し、バクテリアの手によってアンモニアに変えられる。
- ⑧ 窒素と水素の化合物であるアンモニアは酸化されると亜硝酸となり、さらに酸化されると硝酸塩となる。それらは亜硝酸バクテリア、硝酸バクテリアの役目である。
- ⑨ バクテリアの中には脱窒素バクテリアがいて亜硝酸、硝酸は分解されて、もとの窒素にもどり大気中に帰っていく。
- ⑩ バクテリアに分解されなかった硝酸塩は再び植物に吸収される。

図3 土の中の窒素循環



引用文献: 『生態学』オダム 水野邦彦訳  
『エコロジー的思考のすすめ』立花 隆 中央公論社

## 第2章 植物の自己防衛機能

前章でのベータシステム系(Y系)の世界で、他の生物と異なり足のない植物はどのようにして環境変化に対応しているのでしょうか、その持てる機能を破壊してしまうような行動を我々は知らずに行っていないだろうか。人間には3重の防衛機構が備わっている。第1防御が皮膚表面の防御機構、第2防御が体液性防御機構、第3防御が細胞性免疫防御機構である。植物はどうだろうか。

### 1. 活性酸素防御

われわれは、紫外線対策としてサングラスや日傘、帽子、UVカットなどの化粧品で、太陽の強い日差しを避けることができるが、植物は紫外線対策をどのようにしているのだろうか、鉢物では人間が日陰に移動して日焼けを防止できるが、地に植わっているものはどうしようもない。しかし、植物には自然から自己防御機能が与えられていると思われる。それは何か？ 人間の場合、紫外線が当たると恐ろしいのは、活性酸素を発生させ白内障や皮膚ガンをもたらすことは良く知られている。植物は日焼けするどころか、益々鮮やかな色の葉や花を咲かす。これは葉に何らかの防御が施されているのであろうと思われる。もしもそうであるならば葉に農薬をまいて、この防御機能を壊してしまえば、植物に申し訳がないのではないか、植物というよりも大自然の循環機能に抗する行動をしていることになる。

植物たちは、約4億年前に陸上で生活し始めてからずっと、紫外線によって発生する活

性酸素の恐ろしさを知っているのであろう。葉っぱの表面で紫外線を反射、散乱させている。また、葉っぱの表面の細胞に紫外線を吸収する物質を含んでいるようである。

それでも紫外線は植物の細胞の中に入りこむ。そうして恐ろしい活性酸素を作り出す。植物のからだのなかには、活性酸素を消去する仕組みがあるようである。それはカタラーゼやスーパーオキシドディスムターゼなどがそのために働く酵素である。

さらに、活性酸素を消去する「抗酸化物質」であるビタミンE、ビタミンC、カロテン、アントシアニン、リコペンなどがある。このような物質をからだのなかで作って闘っている。カロテンは緑黄色野菜の葉っぱにおおく含まれニンジンの色を出す色素でもある。アントシアニンは多くの花やナスビやリンゴの色を出す色素でもあり、ブルーベリーに多く含まれる。リコペンもトマトやスイカに含まれる赤い色素である。この目に見えない防御機能のあることを知って世話をしなければならないと思う。

## 2. 強光、高温、乾燥対策

### 1) 強光対策

つぎに、葉に当たる太陽光の約 1/3 の強さしか光合成に使いこなせない。二酸化炭素が十分にあれば吸収された光のエネルギーを使って、ブドウ糖や澱粉を作る反応が進む。しかし二酸化炭素が不足しているとブドウ糖や澱粉を作る反応が進まない。だからエネルギーが消費されずにからだにたまる。それが活性酸素を作り出す。しかし植物はこれに対し強い光が当たっているとき、物質を分解してたまるエネルギーを消費し、二酸化炭素を発生させ、不足する二酸化炭素を出してでも補おうとしている。これが光呼吸といわれているものである。

### 2) 高温対策

つぎに高温対策であるが、葉温が異常に高くなりそうな場合は、植物は必死に抵抗する。その方法は葉が水を蒸散させ蒸発物で葉温を下げる。暑ければただ汗をかくが、この汗はどこから運ばれてくるのか、根で吸収して葉っぱまで茎のなかの導管を通って運ばれるのである。

暑さに強い野菜は葉の表面に多くの白い毛が生じて光を反射しており、体温が上がるのを防いでいる。しかし、温度が0℃以下に下がると、細胞内の水分が凍り細胞が破壊される。そこで暖房するかビニールハウスで栽培しなければならなくなる。

寒さに強い野菜は細胞内に多くの塩類を含んでいるので、0℃以下でも凍らない。しかし、高温になると生産された光合成産物の多くが呼吸で消費されてしまったり、養分が足りなくなって成長が止まったり、細胞が死んでしまったりする。表1に高温性野菜と低温性野菜を示す。このことを配慮して野菜育成の適地を考える必要が幾らかはありそうである。



表1 高温性野菜と低温性野菜

熊沢三郎 1953

温度適応性		種 類
低温性野菜 (適温性 約10~18℃)	耐暑性強い	イチゴ、エンドウ、ソラマメ、ハクサイ、キャベツ ホウレンソウ、ネギ、ダイコン、カブ
	耐暑性やや弱い	レタス、シュンギク、ミツバ、ワケギ、ジャガイモ ニンジン
高温性野菜 (適温性 約18~26℃)	耐暑性弱い	トマト、キュウリ、カボチャ、インゲン、ゴボウ
	耐暑性強い	ナス、トウガラシ、エダマメ、サツマイモ、オクラ、 レンコン、ミョウガ

引用文献：『野菜の育ち方』藤目幸擴 農文協

## 3) 乾燥対策

つぎに乾燥対策であるが、昼間、光合成の材料である二酸化炭素を取り込むために、体内の水分が失われる。そのため、乾燥地の植物は根をよく発達させ、地下深くまで根を伸ばしている。また水分の逃げていく葉の表面積の割合を体積に対して出来るだけ小さくする。(サボテンの葉の針状化、アロエの多肉化が例として挙げられる。)また気孔の数を減らし、からだの表面にはパラフィンのような物質をコーティングしている。しかし、二酸化炭素が必要であり、気孔を開けねばならないので、昼間は閉じ夜に開ける。夜に二酸化炭素を吸収し体内に貯蔵し、昼間に二酸化炭素を取り出し光合成を行う。[ベンケイソウ、サボテン、パイナップル(アナナス)がその例である。]これら以外の植物は、我々が注意して水遣りの管理をしなければならない。

## 3. 虫との共存

植物は虫との共存を図っている。植物たちは「少しぐらいは、からだを食べられてもいいよ」と思っているであろう。なぜなら、植物も動物に生きていて欲しいからである。それは花粉を運ぶのに虫の世話になるからである。その虫を野菜を食べて困るからと殺虫剤をかけて殺してしまうと、「何を余計なことをするのか」と植物から無言の怒りを受けているはずだと思うのである。虫の働きを考えれば殺してはならないと思う。虫の働きとしては、①土を耕してくれる。②害虫の発生を防いでくれる。③野菜カスを食べて土に返してくれる。④花粉を運んでくれる。⑤昆虫の死骸も有益な栄養を土に与える。が挙げられる。人間はこのような虫の働きも考えず殺虫剤をどんどん散布している。人間側にもそれなりの理由があるのであるが、将来に向けて対策を考えたいものである。

## 4. 防御の香り機能

殺虫剤をかけなくてもマツやヒノキなどの植物の葉や幹から自分のからだを守るために出す香り機能を持っている。しかし、場合によれば松は枯れるのをよく見かける。それは「香り機能」に対して効かない強さの害虫の発生ではないのかと思う。フィトンチッドも寄ってくるカビや細菌を殺したり、それらの繁殖を抑えるための香りである。植物が危機を知らせるために、香りを使っている。例えば、ダニの一種のナミハダニは葉っぱを食べる害虫であるが、葉っぱを食べられた植物は特有の香りを発散する。人間が葉っぱを傷つけたときには、この香りは出ないが、ナミハダニが葉っぱを食べたときだけ作られるようになっている。

驚くべき機能である。この香りにはチリカブリダニというダニを引き寄せる作用がある。この香りに誘われて駆けつけてくるチリカブリダニはナミハダニを餌にするようである。植物の相性もこれらに香り機能に関係していると思われる。

#### 5. からだからのシグナル発生機能

植物もカビや細菌、ウイルスなどの病原体から、自分のからだを守るための、いろいろな仕組みを持っているようだ。植物の細胞のまわりには、硬い細胞膜がある。さらにそれらを保護するように、外部をワックス状のもので覆っているものがある。だから葉は光って見える。しかし、その防御壁を破って病原体が進入してくると、侵入を受けた細胞は自分から死んでしまう。自分が死ぬことで、病原体を封じ込めてしまうようになっている。そうして死ぬときに病原体をやっつける物質を作るシグナルをまわりの細胞に送る。その物質をファイトアレキシンという。

また、病原体の侵入を受けた場合に病原体と闘うための蛋白質を作り始める。この蛋白質は病原体の細胞壁を分解し、病原体を溶かしてしまう作用がある。さらにこの蛋白質が病原体の細胞壁を分解した結果出来る物質は、抵抗性を高めるための刺激に利用される。従って、植物はますます抵抗性を高めるようになっている。植物にこのような機能が備わっているなら、人間が殺菌剤を使う必要はないように思われるがどうであろうか。

以上のように植物が大自然から与えられているすばらしい機能については、まだまだ良く知られていない。人間が自然を愛することによってこれらの機能を学んでいけるのではなかろうか。

### 第3章 植物の根の活力

植物の下半身は、われわれの目に見えない土の中にかくれている(図1のZ<sub>2</sub>系の世界)。植物の根のまわりの土は根圏土壌と呼ばれ微生物の種類や数が非常に多い。これは根の周りには微生物が利用できる有機物が豊富なためである。土の中には植物の養分の大部分が存在しているが、それらがどの程度吸収可能かどうか、条件によって非常に異なる。粘土の吸着量や水分pH、酸化還元状態、存在する有機物の質や量、それに微生物の働きの強さなどが関係する。

根圏では土壌、植物、土壌微生物あるいは土壌動物の相互作用のもとに、窒素の固定や、有機物の無機化、土壌成分の可溶化や不溶化、生物同士の競合は活発であり、動くことのできない植物が自己の縄張りを防衛するため特殊な物質を分泌して、ほかの植物や微生物を遠ざける作用をする。これをアレロパシーという。

根で重要なことは根単独の吸収力である。根の表面は粘土の表面と同じように陰電気を帯びているので、陽イオンをひきつける作用がある。引き付けられた陽イオンは呼吸で生じた水素イオンによって置き換えられ、根の内部に吸収される。

#### 1. 根の役割

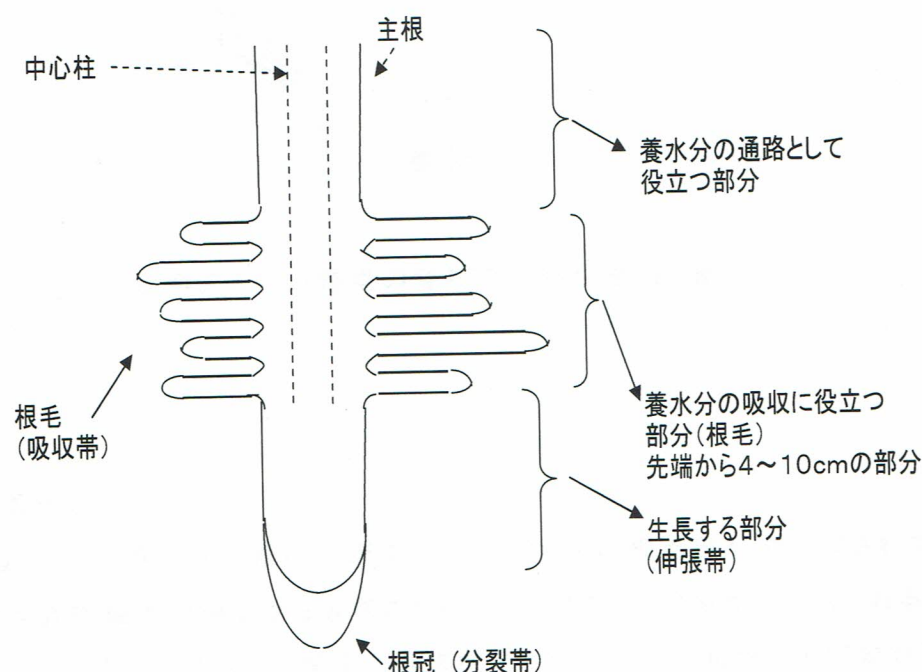
根は地下部で発達して植物体を支えている。もっと大きな働きは養水分の吸収である。根の先端には分裂帯、伸張帯と吸収帯がある(図4参照)。分裂帯では分岐が起こり、新しい根が出来ており、その手前の伸張帯で主に伸張している。吸収帯で表面積を多くするため1

cmに数十本という多くの根毛が発生していて養水分を効率的に吸収している。双子葉植物では主根とそれから分岐した細い繊維根から出来ているが、単子葉植物は繊維根だけから出来ている。また肥料成分はおもに地表近くにあるため繊維根であるひげ根は地表面から地下50cmぐらいによく分布している。

根張りをよくするためには、土を耕耘して通気性と保水性を良くすること。そして未熟な堆肥や石などを除くこと。根毛は寿命が極めて短く野菜では2~3日、従って旺盛な根毛の発生が必要である。

図4 植物根の先端部分の模式図

根の先端構成 = 根毛部分が吸収帯 + 生長部分が伸張帯  
+ 根冠部分が分裂帯



引用文献:『土と肥料 作り方・使い方』ガーデンライフ編 誠文堂新光社

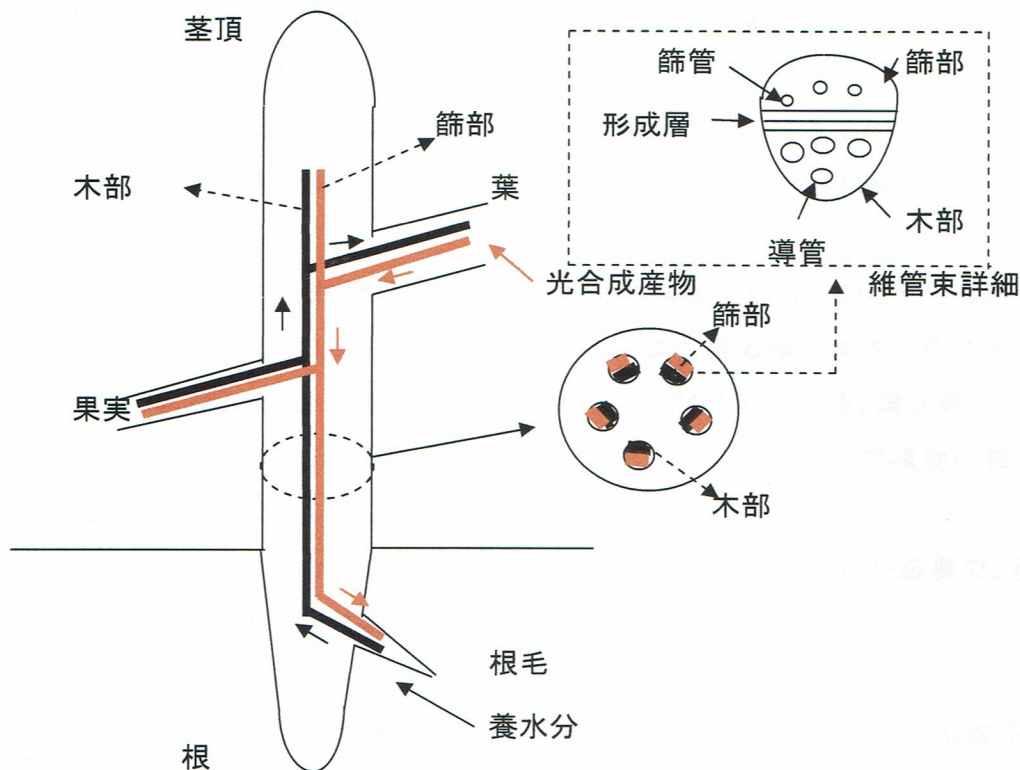
1) 水や養分吸収のしくみ

自分で養分を吸収するといっても、植物は動物と違って決められた場所で、しかも自分の手近なところからだけしか養分を吸収することが出来ない。根が張っているところから養分や水分が利用できる。植物の根がいくらたくさん出ていても健康で能力のある根が出なければ養分を吸収することは出来ない。

2) 茎の断面

養水分の吸収は水分や根から吸い上げた無機養分の通路となる「木部」と、葉で光合成した有機養分の通路となる「篩部」とを合わせた組織で行われる。この両者を合わせて維管束というが茎の中に複数本存在する。図5参照

図5 植物体内の維管束モデル図(双子葉植物の場合)



参考文献：『野菜の育ち方』藤目幸擴 農文協

## 2. 根の呼吸の仕方

植物に必要な栄養分は細根の先端4cmから10cmの根毛部分で吸収されている。施された肥料は直接細根の細胞から吸収されるわけではない。根毛から分泌される粘液には、その品種ごとに特性の決まった酵素が含まれている。いったん粘液と化学結合した成分は、その酵素によって選択される。

植物の根の根毛が養分を吸収するときには、細胞壁にある生体膜で、ATPアーゼという生体エネルギー分解酵素が働いて、吸収を妨げる因子を排除しながら、細胞のなかに必要な栄養素を取り込んでいく。そのとき、ATPアーゼは非常に多くの酸素を取り込んで、炭酸ガスを出す。

選択吸収(自分に必要な栄養は捜してでもとるが、必要でないものは受け入れないという働き)するとき働いてくれるATPアーゼは、酸素を非常に必要としている。従って、水ハケや通気の良い団粒化した土壌では肥料の効き方も早く、施肥量が少なくても効果がでるが、反対に締まった硬い土壌では、酸素が少ないので肥料の効きが遅く、吸収力も弱い。栄養を与えるだけの計算ばかりでなく、養分を受け取る側の生命の機能を見落としてはならない。

中耕の実施として、2週間に1回は土の表面を中耕(土の表面をガリガリ掻く)をすると根が酸素を通りやすくするようで、今年は実施してみたいと思う。また、雑草の根も切れるので

好都合ではある。

人間の小腸粘膜からは酵素や粘液、消化ホルモンや腸管運動を促進するセロトニンが分泌されるが、これは根圏環境と根圏微生物の関係になる。人間の腸内に生息している百兆個の微生物のフローラ(菌叢)が正常であれば、健康が維持されるといわれているが、土壌でも1g中に1億から10億以上の微生物のフローラが正常であれば健全な土壌といわれる。

根は養水分の吸収のため、活発な呼吸をしなければならない。しかも十分な酸素が土の中にあるとは限らない。土の中の隙間が占める割合は土粒の細やかさや団粒構造の発達程度によって異なるが、透水性の中程度の土壌では50%位である。雨が降る(水分含量が20%とする。)と空気の占める割合は30%になる。このようなところで植物の根や多数の微生物が盛んに呼吸をしている。

作物が順調に生育するためには、土壌空気中に10%程度の酸素が必要で、酸素要求量は作物によって異なる。(表2参照)

表2 根の酸素要求程度

(籠橋ら 1970修正)

植物名	酸素要求程度
レタス、ナス、キュウリ、トマト、キャベツ	酸素不足に強い
ハウレンソウ、ゴボウ、ダイコン、サツマイモ	酸素不足に弱い
ニンジン、ピーマン、カリフラワー	酸素不足にもっとも弱い

引用文献:『野菜の育ち方』 藤目 幸擴 農文協

### 3. 根圏について

植物の根と土壌との界面のごく薄い厚さ1mm以下ぐらいの部分のことを根圏という。ここは植物がその生育にとって必須の養分や水分を吸収するところで、根圏より外側の土壌とはかなり異なった働きをしている。

その中では植物の側から分泌される有機酸その他の物質が土壌に働きかけて、逆に土壌からは植物の吸水にのせて水に溶け込んだ養分が根に吸い上げられたり、濃度の高い土壌粒子の近くから濃度の低い根の表面に向かって拡散による養分移動が起こったりしている。

根圏では植物根の表皮や細かい根毛などが古くなるにつれて次々にはがれ落ちるので、新鮮な有機物が贅沢に供給される。ニトロゲナーゼ(窒素固定酵素)を持った微生物にとってエネルギー源としてのこの有機物の供給は活発な窒素固定を可能にする。そのため根圏での窒素固定量は大きくなる。

## 1) 根圏における植物根の反応

根圏にはいろいろな微生物が棲み、いろいろな働きをしている。植物の根が養分の吸収をするために酸を分泌したり、アルカリを分泌したりしている。土壌が保持しているカリとかマグネシウムのような陽イオンを吸収するためには酸を分泌し、その水素イオンによってイオン交換をしなければならないし、硝酸やリン酸などの陰イオンを分泌してそれと交換しなければならない。

## 2) 植物の台所としての根圏

植物は大地に根をおろし、土に含まれているいろいろの成分を吸収している。植物の体に含まれている元素の種類は60種以上で、地球上に存在が知られている元素の2/3以上に達している。しかし、植物の生育にとってなくてはならないものは、その中の16種にすぎない。それは炭素、酸素、水素、窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、イオウ、鉄、マンガン、亜鉛、銅、モリブデン、ホウ素、塩素であるが、炭素、酸素、水素を除いた13の必須元素は土から供給されている。これら13元素の植物及び土のなかに含まれている含量のおおよその値を表3に示す。

根圏は植物の必要な食べ物(必須元素)を食べられる状態にバランスよく調理する台所であってその状態の良し悪しは、植物の栄養に、ひいては生育に重要な影響を及ぼす。

土と植物がどのような元素から成り立っているか、くらべると相当な違いがある。一つは土の成分によって溶解易さに違いがある。もう一つは植物には必要なものとそうではないものと選り分けて吸収する性質がある。

炭素、酸素、水素は空気中の炭酸ガスと根から吸収する水の形で取っているが、その他の13の元素は土の成分から補う。なかでも多量に必要とされるチツソ、リン、カリは肥料の三要素といわれている。これらに次いで比較的多く必要とされるものにカルシウムやマグネシウムなどがある。これら元素には必要量の多いものと、少ないものがあり、そのなかのひとつでも欠ければ植物は正常な生育をしなくなる。これが「リービッチの最小法則」と呼ばれているものである。必要なものが明確になっており、それらが必要以上には取らないように調節されている。

表3 植物・土の元素組成の違い

区分	元素	植物	土	植物/土
I	炭素	45.4 %	2.0 %	22.7
	水素	5.5	0.3	18.3
	酸素	41.0	49.0	0.8
II	窒素	3.0	0.1	3.0
	リン	0.23	0.065	3.5
	カリウム	1.4	1.4	1
	カルシウム	1.8	1.37	1.3
	マグネシウム	0.32	0.50	0.6
	イオウ	0.34	0.07	4.9
	III	鉄	0.014	3.8
マンガン		0.063	0.085	0.7
銅		0.0014	0.002	0.7
亜鉛		0.016	0.005	3.2
モリブデン		0.0001	0.0002	0.5
ホウ素		0.005	0.001	5
塩素		0.2	0.01	20
IV	ケイ素	0.02	33.0	0.0006
	アルミニウム	0.055	7.1	0.008
	ナトリウム	0.12	0.63	0.2

I は多量必須元素で大気由来のもの  
 II は多量必須元素で土由来のもの  
 III は微量必須元素  
 IV は植物に必須でない土の主要元素

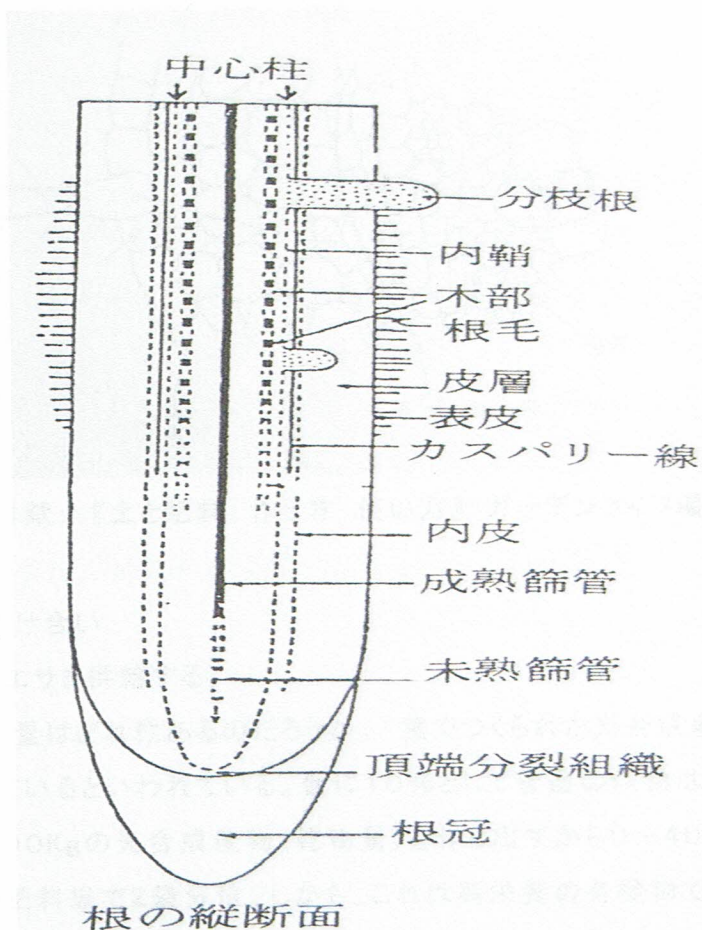
引用文献：高橋栄一「作物栄養の基礎知識」農文協

### 3) 根を作っている四つの組織 (図6参照)

根の先端付近には、頂端分裂組織があり根冠、表皮、皮層、中心柱の組織を生み出す。根冠は土壌を貫いて伸びる根の分裂組織の保護をする。根冠を形成している細胞は根の伸長につれて外側から脱皮する。根端部表面から分泌される粘液物質とともに根と土壌との摩擦を軽減させる。表皮細胞は作られてしばらくの間は伸長を続けて表皮細胞のところから根毛が発生する。根毛は数日から数週間吸水の役目を務めた後、他の表皮細胞とともに脱落する。そのあとは表皮の内側に接して存在していた皮層組織がリグニン化して内部を保護する。こうなると吸水は期待できなくなり、根の役目は吸水器官から支持器官へと移っていく。

皮層細胞は細胞壁の薄い細胞で表皮と中心柱の間を埋めており、表皮細胞のように蜜に連絡してなくて、細胞と細胞の間には隙間(細胞間障)がある。

図6 根の縦断面



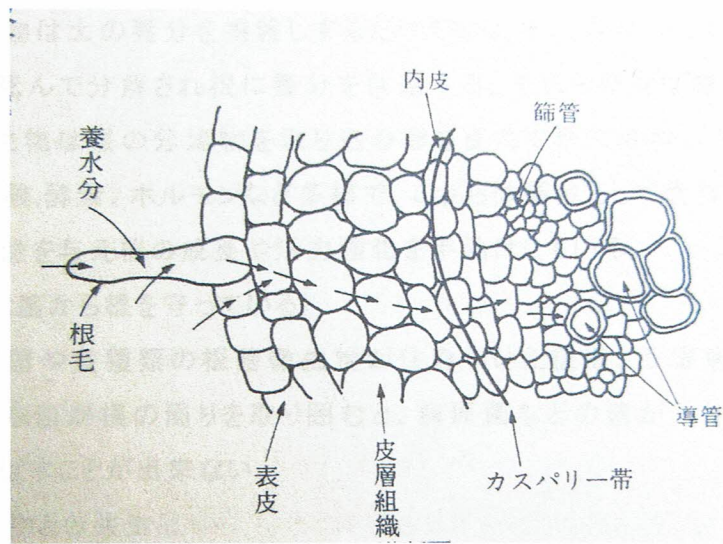
引用文献:『「根」物語』 高橋英一 研成社

植物が土から養水分を吸収する場合、普通は水に溶けた形で吸収する。水に溶けた物質ならなんでも同じように吸収するかといえば、植物は吸収する物質を自分で選択する能力を持っている。それは根の内皮細胞にあるカスパリー帯という関所があって、植物にとって必要なものを優先的に取り組む仕組みになっている。自然が与えているすばらしい機能である。

図7は根毛が発生している部分を輪切りにした根の横断面の模式図である。養水分は矢印のように内部に進んで行き、内皮細胞にあるカスパリー帯(カスパリー線)で植物にとって必要なものを優先的に取り組む仕組みになっている。カスパリー帯を通過した養分は導管をに入り、根から地上部へと運び込まれる。



図7 根の横断面



引用文献：『土と肥料 作り方 使い方』 ガーデンライフ編 誠文堂新光社

#### 4. 根と微生物の助け合い

##### 1) 根は微生物にエサを供給する。

根の分泌物の量はどれ位あるのだろうか。葉でつくられた光合成産物の10%以上が根から分泌されているといわれている。仮に10%として普通の作物は1作で10アール当たり、300から400Kgの光合成産物(乾物量)を作り出すから0~40Kg分泌される計算になる。20Kgの肥料袋で2袋分位、しかも、これは高栄養の有機物で微生物に大きな影響を与える。

根の分泌物の中身は炭水化物、アミノ酸、有機酸、酵素類などである。そのほかにもカビや細菌、センチュウなどの生育を促進したり、逆に阻害したりするさまざまな物質が含まれている。根の分泌物の種類や量は作物の種類や生育の段階によって違ってくる。そうして分泌物が違えば、それをエサとして根圏微生物の種類も量も違ってくる。

##### 2) 根に住む微生物の3つの働き

根の分泌物は植物や作物が、その地で生きていくために必要な養分を得るための、作物が行う土への働きかけなのである。そして、このような根と土とのやりとりを仲立ちし根の養分の吸収や活力維持を手助けしているのが根の周りの微生物群なのである。

根圏微生物は大きく分けて2つに分けられる。根の中(細胞)に入りこんで生きているものと根の中に入り込まず表面やその周辺で生きているものに分けられる。これら微生物は根に対してどのような手助けをしているか、つぎの3点である。

##### (1) 根の養分吸収を助ける。

根と共生する菌根菌は根の内部に菌糸を伸ばし、根から養分をもらう一方、根の外に伸びた菌糸は土の養分を吸収し作物の根に送り込む。菌糸は7~10cmも伸びるので作物は菌根菌のおかげで、根のとどかないところにある養分も吸収することが出来る。

(2) 微生物の分泌物が根の活力を高める。

微生物は土の養分を橋渡しするだけでなく、それ自身がさまざまな分泌物を出し、あるいは死んで分解され根に養分を供給する。それらの量は根の排出物の量に匹敵する。微生物は根の分泌物を取り込み形を変えて根に供給している。微生物の分泌物もアミノ酸、酵素、ホルモンなど多様で、これらは養分として直接根に取り込まれるほか、根に刺激を与え根の成長や活力強化を手助けしている。

(3) 有害な菌から根を守っている。

菌根菌や多種類の根菌微生物が住みついた根は、土壤病害にやられにくい、それは有益な菌が根の周りを取り囲むと、病原菌などの菌が入り込めず、入りこんでも勢力を伸ばすことが出来ない。

3) 根と微生物との共生

根の内部に共生して、作物から有機物をもらおうと同時に、作物に窒素やリンを与えて、相互に得をしている共生微生物の種類と活動を簡単にのべる。

(1) 菌根菌

根に共生して、根から菌糸を縦横に伸ばして、土壤に散在しているリンなどの養分や水を集めて根に供給している。カビも有機物の乏しい世界では根から有機物をもらうしかない。カビと植物が相互に依存しながら、ともに進化してきた。

(2) VA菌根菌

VA菌根菌は藻菌類という下等なカビの仲間である。根から離れた場所に低濃度で存在する加給態のリン酸を集めて植物に渡し、糖などの有機物を植物からもらう。

(3) 根粒菌

根粒菌はマメ科植物の根に共生して空中の窒素ガスをアンモニア態窒素に固定する細菌である。窒素ガスを固定するのは根に共生しているときで、単独生活のときには窒素ガスは固定しない。根粒菌は植物から糖をもらい、植物は窒素化合物をもらって両者とも得をするようになっている。

5. 根の病害防御のしくみ

植物には病原菌に対する防御機構を持っている。それは、静的抵抗性と動的抵抗性に分けられる。

1) 静的抵抗性とは菌の有無に関係なく、健全な植物が発揮している防御機構である。

(1) ケイ酸の沈着やクチクラ層によって表皮を硬くして菌の進入を防ぐ。

(2) 菌は表皮を溶解する酵素を分泌するが、その酵素の働きを阻害する物質を持っている。

(3) 侵入して菌を殺す抗菌物質を持っている。フェノール物質、ネギやニンニクに存在するアリーンやアリシン、トマトやジャガイモに含まれるサポニンなど

(4) レクチンという物質は赤血球を凝集させる作用があり、進入してきた菌を凝集させる。

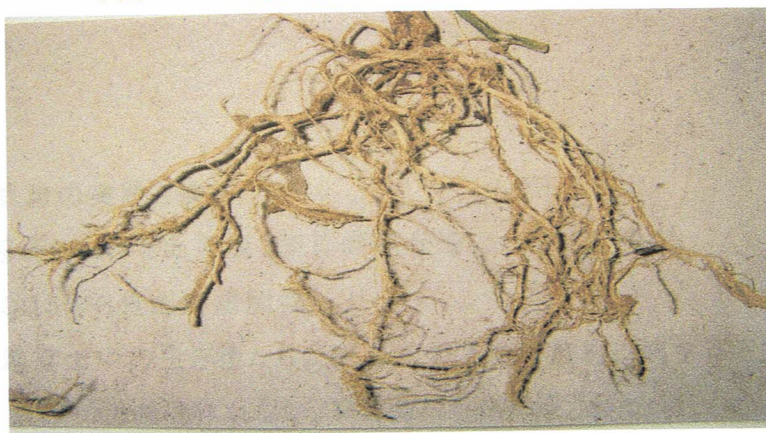
2) 動的抵抗性とは菌の感染を受けた後に発動する防御機構である。

- (1) 菌が細胞表面に接触すると、その細胞でリグニンなどの多糖質の合成が盛んになって、細胞壁の内側に付着してパピラという障害物をつくる。
- (2) 菌の進入を受けるとリグニンの合成が盛んになって組織が硬くなる。
- (3) 細胞が自ら死滅して寄生菌の生活基盤を失わせる。
- (4) 菌の進入を受けると、新しい抗菌物質を生産する。これをファイトアレキシンという。

これら防御機構は遺伝子により決められているが、どの程度作動できるかは栽培条件と環境条件次第であると云われている。

### 3) 根の分布特性

写真1 有機栽培(H17年)トマトの根



上記写真1は自家のH17年度有機栽培のトマト(桃太郎)で8本苗を植え、収穫は80個収穫後1週間後掘り起こした時の根の状態、深さは15cm(主根)、横への広がり40cm、細かい根は掘り起こすときに切れてしまった。根の状態としては不良トマトであった。、トマト以外にも土中深く根を張る深根性の野菜は、ナス、キャベツ、ダイコン、ニンジン、大豆、エダマメ など、反対に地表近くに根を張る浅根性の野菜は、キュウリ、ハクサイ、トウモロコシ、カブ、コマツナなどである。

トマトの根は普通深さ1mぐらまで伸びるようであるが、主な根は深さ50cm以内に分布、横への伸長も旺盛で幅が2.5~3mにもなるようである。トマト以外の野菜の根の分布特性は表4の如くである。

表4 根の分布特性

根の分布位置	植物名
浅根性(40~50cm)で 広がりも狭い	タマネギ、ネギ ホウレンソウ
極めて深根性 (1~2m)	ダイコン、ゴボウ、 ニンジン
水平(1.5m)並びに垂直 (1.5m)にも広がる	キャベツ
浅根性(30~40cm)で 横(2m)に広がる	キュウリ スイカ

引用文献:『野菜の育ち方』藤目幸擴 農文協

根の分布特性は上記のとおり種類によって変わるため施肥位置に注意する。根が良く伸びるかどうかは、土壌構造、通気性、土壌温度、土壌水分、土壌酸度などが関係する。土壌構造の場合、土壌粒子が小さすぎても大きすぎても養水分の保持力はなく、栽培には保水力と通気性のよい土壌が要求される。固相、液相、気相が1:1:1の割合になっている場合が最適で、有機物を混入することによって団粒化が一層促進されるので、出来るだけ堆肥などの有機物を入れると良い。

#### 第4章 有機栽培の実践と検証

##### 1. 中根圃場における土育成3年の経過状況について述べる。

###### 1) 2003年8月土育成開始

土壌は土中の生き物たちが暗黒の世界での驚異に値する活動によって作られたもので、人間の力では作れない。育てるお手伝いをさせていただくのが精一杯のところである。

- (1)家の建て替えにより庭の広さが1.3倍(約56坪)に拡張出来たので、南側の庭の一部(15坪)を家庭菜園に当てることとした。
- (2)スコップ、ツルハシで少し掘っては大、中の石コロを丹念に取り除き、花壇づくりにそれらは使用した。(写真5)小さい石コロはそのまま残した。土の表層は写真2の如く荒地で、冬になれば土の表面の皮がむくれる如く凸凹になった。(写真3)
- (3)土の掘り起こしは深さ30cmまで深く掘り返した。写真2は畝作り当初の姿である。
- (4)土の底(30cmの深さ)には、半年に1回、植物性有機資材(油かす、バーク堆肥、EMボカシ、黒炭、米ぬか、もみがら、腐葉土、やさいくずの腐蝕等)と動物性有機資材(牛糞、魚糞、鶏糞、骨粉等)さらに市販の有機質堆肥を投入、投入後少なくとも1ヶ月は寝かした。
- (5)ひと畝ごとに順次作っていった。すべて南向きに平行に2列作り、3年経過した現在は7畝となっている。ひと畝の長さは平均3m、畝幅100cm(内通路20cm)、畝の高さは12~15cm。

写真 2 圃場作り当初

2003年8月



写真 3 土の表面の冬季における荒れ状態 2004年1月



写真4 現在の圃場の状態 2007年11月



写真 5 土の中から出たゴロ石の利用

2005年10月



写真 6 畝間に野菜のクズ投入

2006年11月





(7) 畝の高さは当初5~7cmと低く、水はけをよくするため、高くすると同時に畝と畝の間に一部溝を設けた。

(8) 水はけが悪いときは、水が引けたあとの土はドロドロの土で、乾いてしまうと今度は土にひび割れがいくつも出来た。それも4年経過した現在ではほとんど解消しつつある。(写真4参照)

2) 1年目(2004年)

(1) 2004年3月から野菜作りを開始した。それまでは土育成に終始した。

(2) 成果は表5のごとく惨憺たるものであった。

表5 一年目の成果

ホウレンソウ	やわらかくおいしかった。
ジャガイモ	1本に4~6個小さいものがついている状態であった。
トマト	茎がひよろひよろ、実も大きくなりず。
キュウリ	ウドンコ病にやられる。
アオジソ	大きな葉で虫にもやられず大成功

### 3) 2年目(2005年)

- (1) 成果は下表6のごとく、思いのほか収穫が出来て有難かった。
- (2) ミミズがたくさん生まれた。しかし、まだ太いミミズが見当たらなかった。
- (3) クモが思いのほか多く発生した。
- (4) ケムシ、ナメクジ、根きり虫等多く発生した。

表6 二年目の成果

エンドウ	2本だけであるが、大量に収穫
アオジソ	害虫にもやられず、病気にもかからず大成功
サニーレタス	//
ソラマメ	4本はじめてではあるが、おおきな実を収穫、大成功
ワケギ	まったく問題なし
ピーマン	たくさん収穫
トマト	病気にもかからず大成功
キュウリ	病気に一部やられたが、たくさん収穫
カボチャ	2本植え、大小6個収穫
ジャガイモ	小さなものが多かった。
タマネギ	全体的に小ぶりのものを収穫
コカブ	間引くのが遅れ小さなカブしか取れず。
ニンジン	たねから植えたが芽が出ず。

写真8 野菜クズによる土作り

2006年10月







## 2. 多品目少量生産の実践

多品目少量生産は生物多様性の重要性から、また、大自然の構成がひとつの環境の中に多種多様な生命体が混在し共存している状態を見ても、自然環境に適った方法である。植物の場合、ひとつの種類の植物しかない状態では、害虫や病原菌にとって絶好の環境である。競争相手がなく獲物しかないから仲間が増殖していけるわけである。

多品目栽培する理由：

- ①生産系を多様に保つため病虫害を防ぐ。
- ②リスクの分散
- ③相性の良い野菜同士を近づけることにより生育を助ける。
- ④畑への負担を軽くする。

そこで多品目少量生産野菜作りを実践した。

中根圃場における3年目の年度計画、実施状況は表9に示す。成果は表7のごとくわれわれにとって大収穫であった。しかし、葉っぱものは虫どもにたべられ、さんざんであった。栽培状況は写真10～17参照。しかし、虫が食べているのは外側の葉っぱだけであった。中の玉の部分はほとんど食べていない。虫は古くなって弱った葉っぱから食べていくので、新鮮で生きの良い中心の玉の部分は食べていない。野菜が健康であれば虫や病気にはやられない。古くなって役目の終わった葉っぱを虫が食べて後始末をしてくれているわけで、すばらしい循環作用の役割をはたしているわけで、この虫を一方向的に悪者扱い

にして殺虫剤で殺してしまうのは、人間の近視眼的思考であり、自然環境破壊を無意識で行っていることに心を配らなければならない。その成果を表7に示す。トマトは昨年と同様に被覆資材を使って、透明のビニールシートの屋根を張り勾配をつけた。さらに防虫ネットを張り巡らしたので、病虫害には比較的にやられなかったし、鳥の攻撃も防げた。しかし、ハクサイ、キャベツは寒冷紗をかけてはいたが、寒冷紗のすそに土をかけて完全に入り口を防がなかったので外と内と両方から害虫どもにより外側が孔だらけになった。

表7 2006年(三年目)の成果

ピーマン	害虫、病気にもやられず、たくさん収穫できた。大成功
トマト	〃
キュウリ	3本は大きくなる前に害虫にやられる。残り6本は大成功
インゲン	大量に収穫、大成功
エンドウ	〃
チンゲンサイ	害虫にも病気にもやられず大成功
ミズナ	〃
カブ	直径12cmのものが出来たが、ナメクジにかじられている。
ダイコン	直径10cm長さ30cmその先が3つに別れ全長36cmのもの取れる。
アオジソ	葉が大きくなりず。
サニーレタス	4本植えたが、1本のみ成功、他は根きり虫にやられる。
ハクサイ	ナメクジ、アオムシ等に食い荒らされる。芯のきれいなところのみ収穫
キャベツ	〃
ジャガイモ	ひとつだけは大きい、他は小さいものばかり。

成果のあったもののうち、収穫数を記録していたもの表8のとおり。

表8 収穫数

品名	苗数	収穫数
トマト	8本	100個
キュウリ	6本	105本
ピーマン	3本	80個





写真 12 チンゲンサイ

2006年12月



写真 13 インゲン

2006年9月



写真 14 エンドウ

2006年4月



写真 15 カブ

2007年1月





写真 17 キャベツ 2006年12月



### 3. 有機的・高度輪作の実践

有機農業では有機的・高度輪作といわれていて、1枚の畑に同じものはたくさん植えない。有機農業は圃場ごとではなく、畝ごとに作物が変わる。そうして同じものが繰り返し作付けされない。連作をせずに輪作を行う。わたくしの圃場では15坪の家庭菜園であり、家で食べる分を土の育成をしながら野菜の栽培をしているので、さらにひと畝(3m程度)の中を2分割したり3分割したりして別の系統のものを植えている。これも混作のひとつといえるのではないか。ただし、隣り合わせには原則として同じ系統のものは植えない。作物は種類によって吸収する土の成分が違うから同じものを植えると当然同じ成分を吸い上げるから土のミネラルバランスが崩れる。また同じ病原菌も増えてくる。そのため、連作障害が起きてくるのである。

家庭菜園野菜作り実施状況(年度別)表12に記載の如く、実施状況を見ると、2005年のBⅢブロックの畝3の西のピーマンのあとにトウガラシは同じナス科である。また2006年のBⅣブロックの畝4の東側と西側に同じアブラナ科の野菜を植えていた。狭い領域で多品目少量生

産の野菜栽培を行っているので、植える場所の選択に苦慮するが、有機的・高度輪作に気を配りながら栽培している。混作や輪作を行ってもよい作物、避ける作物を表10、11にまとめ、その表を参考にしながら実施している。

表10 混作や輪作してもよい作物

作物名	混作してよい作物名	期待される効果
エダマメ	ニンジン	害虫を防ぐ、生育を促進
カボチャ	長ネギ	土壌病害を防ぐ
キャベツ	レタス	ヨトウムシ、コナガを防ぐ。雑草を抑える
キュウリ	長ネギ	土壌病害を防ぐ 生育を促進
チンゲンサイ	シユンギク	害虫を防ぐ 雑草を抑える
トマト	ニラ	土壌病害を防ぐ
ネギ	ホウレンソウ	害虫を防ぐ、生育を促進
ハクサイ	レタス	害虫を防ぐ
パセリ	ナス	遮光され品質向上する。

引用文献：『コンパニオンプラント』木嶋利男 家の光

表11 混作や輪作を避ける組み合わせ

作物名	混作を避ける作物名	障害の症状
イチゴ	ニラ	栄養が競合し生育が悪くなる
キュウリ	インゲン	センチュウが多くなる。
ジャガイモ	トマト、ピーマン	生育が悪くなる
ダイコン	長ネギ	根が曲がり生育が悪くなる
ナス	トウモロコシ	生育が悪くなる
ニンジン	インゲン	センチュウが多くなる。
レタス	ニラ	生育が悪くなる

引用文献：『コンパニオンプラント』木嶋利男 家の光

ブロックの考え方を図8に示す。向かい合わせの畝と畝を「ブロック」と勝手に呼んでおり、相性の悪いものは同じブロックの中には含めないようにした。

適正な畝間隔は60から100cmといわれるが、狭い家庭菜園なので、畝間隔は狭くせざるをえなかった。畝間隔が狭いと病害虫の発生が起こりやすいといわれている。図9に混作計画図を示す。



表12 中根圃場における有機野菜作付け実施状況(年度別輪作・混作)

Y系(システム系)

ブロックNo. 畝No. 区分	B I			B II			B III			B IV						
	1			2			3			4			7			
	東	中	西	東	西	東	中	西	東	中	西	東	中	西		
2003		土つくり	土つくり	土つくり	土つくり	土つくり	土つくり	土つくり	土つくり	土つくり	土つくり	土つくり	土つくり	土つくり		
2004			フキ	ミズナ	パセリ	キュウリ	トマト	ダイコン	エンドウ	エンドウ	ダイコン	ダイコン	キュウリ	キュウリ		
2005		ジャガイモ	カボチャ	キュウリ	キュウリ	キュウリ	ミズナ	サニーレタス	ネギ	ネギ	ホウレンソウ	サニーレタス	トマト	パセリ		
2006		アオジソ	ピーマン	ハクサイ	ハクサイ	ハクサイ	キュウリ	キュウリ	トマト	トマト	トマト	ネギ	ネギ	インゲン		
2007		レタス	ミズナ	ジャガイモ	ジャガイモ	ジャガイモ	トウガラシ	アオジソ	ピーマン	ナスビ	ナスビ	ナスビ	ナスビ	ナスビ		
ブロックNo	B I			B II			B III			B IV						

注1:連作年限の基準

- 4~5年以上休載: エンドウ、トマト、ピーマン、ナス、ソラマメ、キュウリ
- 3~4年休載: ゴボウ、トウガラシ、ジュヤガイモ、インゲン、エダマメ、キャベツ
- 2年休載: ハクサイ、イチゴ、ミツバ、パセリ
- 1年休載: カブ、レタス

注2:ブロックNo.とは隣り同士の畝のグループをひとつのブロックとして表す。

図8 中根圃場における2006年4月現在の畑の配置(ブロックNo.と畝No.)

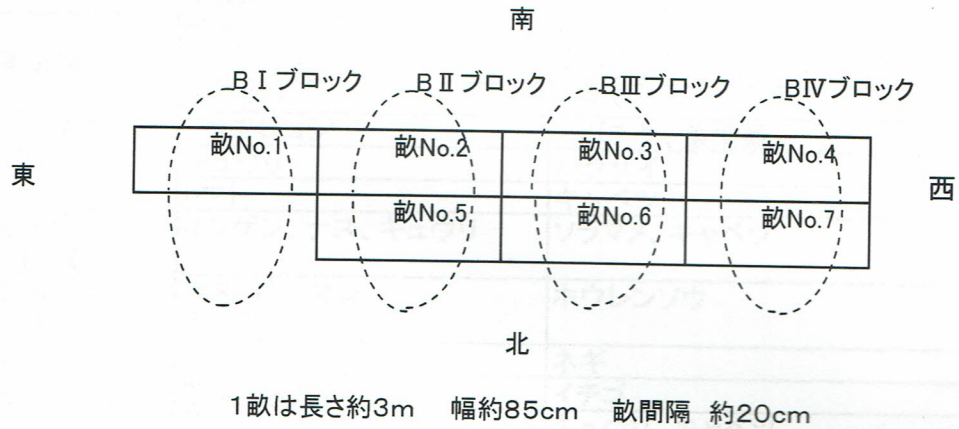
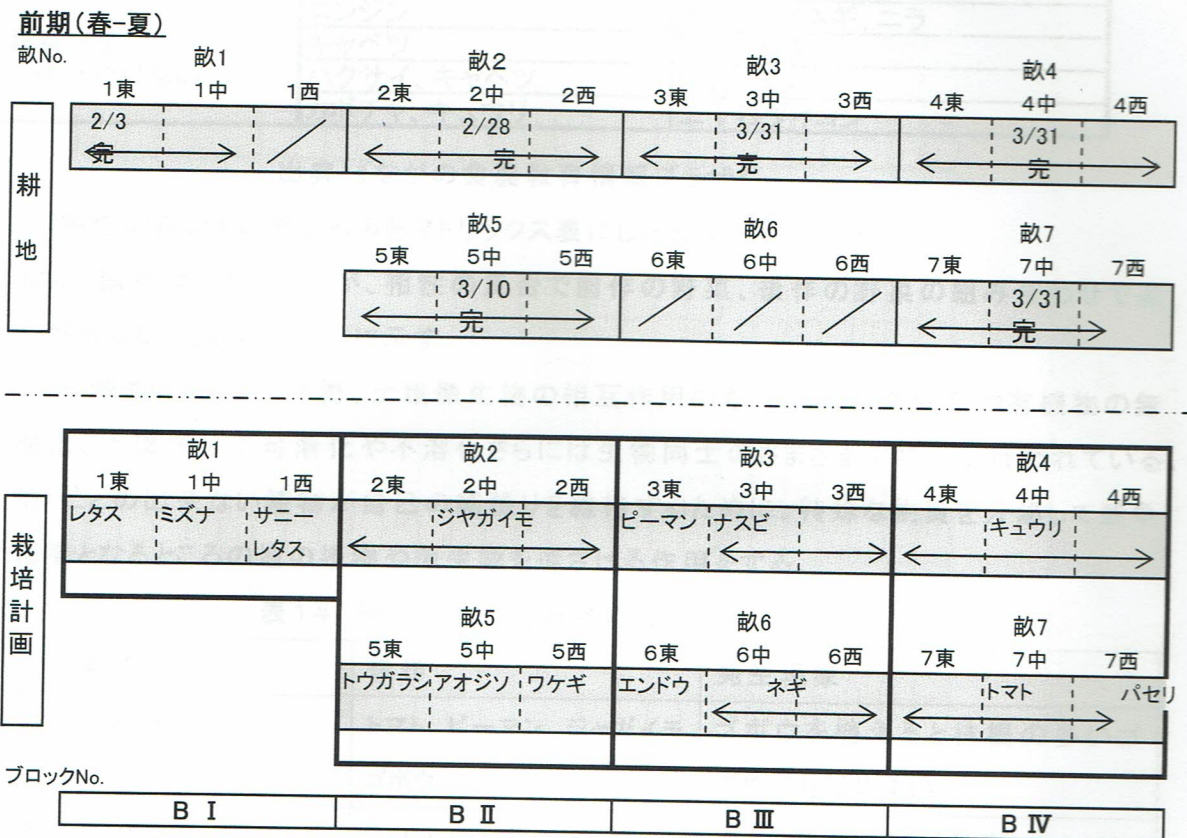


図9 2007年 前期における中根圃場 耕地実施時期・混裁計画



年度別 畝ごとの野菜作付け実施状況を表13に示す。

混作栽培への配慮

野菜類の相性の良し悪しについては野菜の身になって、配慮しなければならない。相性の良否マトリックス表を表15の如く作成し実施している。しかし、うっかり相性の悪い作物をひとつのブロックで畝をはさんで栽培しているものの中にはある。混作の場合、草丈の高いものと低いもの、日照りを好むものと日陰を好むもの、成長の早いものと遅いもの等についても配慮しなければならない。表13参照

表13 混作で相性のよい作物

配慮する項目		相性の良い科名・作物名	
1	科の異なる作物	ナス科	ユリ科
		イネ科	アブラナ科、マメ科
2	根菜類と葉採類	ゴボウ	ハウレンソウ、コマツナ
		ジャガイモ	インゲン、ソラマメ、キャベツ
		ニンジン	レタス
3	草丈の高いものと低いもの	トウモロコシ	カボチャ、葉採類
		キュウリ	ハクサイ
		トマト	キャベツ
4	日照を好むものと日陰を好むもの	インゲン、ナス、キュウリ	ソラマメ、キャベツ
5	高温を好むものと好まないもの	ナス、ピーマン オクラ	ハウレンソウ
6	成長の早いものと遅いもの	コマツナ、ハウレンソウ	ネギ
		ハウレンソウ	イチゴ
7	少肥作物と多肥作物	ダイズ	キュウリ、キャベツ
		インゲン、	キュウリ、キャベツ
		エンドウ	カブ
		マメ類	ナス、ピーマン
8	病害虫を寄せ付けない	ニンジン	ネギ、タマネギ、ニラ
		キャベツ	トマト、レタス
		ハクサイ、キャベツ	トウガラシ
		カボチャ、キュウリ	二十日ダイコン

出典：『ながの食農教育情報プラザ』

相性の良いもの悪いものをマトリックス表にしたものを表15に示す。

なお、試行はしていないが、相性の良否で前作の野菜、後作の野菜の組み合わせで違いがあるようである。表14に示す。

根圏では、土壌、植物、土壌微生物の相互作用のもとに、窒素の固定や有機物の無機化、土壌成分の可溶化や不溶化さらには生物同士のさまざまな競合が行われている。動くことの出来ない植物が自己の縄張りを維持するために、特殊な物質を分泌して競争相手となるところの他の植物や微生物を遠ざける作用をする。

表14 相性の悪い組み合わせ

	前作	後作	発生現象
1	ナス、オクラ	トマト、ピーマン、ジャガイモ ゴボウ	ゴボウを植えると枝根の多いゴボウになりやすい
2	エンドウ	ハウレンソウ	立ち枯れ病が多く発生
3	サツマイモ	カブ	
4	ジャガイモ	エンドウ、トマト	生育が悪くなる
5	キュウリ、エダマメ	ニンジン	土中成分アンバランスになる
6	ダイコン	ピーマン	
7	ハクサイ、セロリ	サツマイモ、スイカ	つるぼけしやすい
8	キャベツ、ハウレンソウ	ジャガイモ	病気が出やすい
9	カボチャ	スイカ、メロン	疫病にかかりやすい

引用文献：『野菜作り名人の知恵袋』 加藤義松 講談社＋アルファ―新書

出典『いちじくの志田ファーム』



#### 4. 連作障害とその対策

##### 1) 連作障害

特定の野菜を連作すると、その野菜を侵す土壌病害や有害センチュウの密度が高くなったり、土壌養分の均衡が崩れたりして、各種の病害虫や障害の発生が多くなる。連作障害は一度発生すると畑全体に広がり防除困難なものが多い。

##### 2) 連作障害の原因

連作障害の原因はおもに土壌病害とセンチュウ害で、土壌中に生息するカビ細菌、放線菌、有害センチュウなどが野菜の根から侵入したり、根に寄生したりして被害を及ぼす。連作障害対策の基本は輪作と有機質肥料の施用などを継続して行うこと。土を良くすると連作障害は起こらないといわれているが、連作障害の原因となるものをつぎに列記する。

##### (1) 土壌養分の偏りが生ずるため

キャベツはカリ吸収が強い。また、ある作物はカルシウムの吸収が強いなど、各作物によって各養分の吸収の強さが違うので、同一作物を連作すると特殊養分が不足してくる。

##### (2) 作物によって土壌酸性化が促進される。

石灰を多く吸収する作物や根酸(有機酸)の分泌が多い作物を連作すると土壌が酸性化する。

##### (3) 土壌団粒が壊される。

耕起作業や灌水作業によって、土壌団粒がこわされる。

##### (4) 作物につきやすい病害虫の密度が高くなる。

①作物にはそれぞれ作物につきやすい土壌センチュウや病菌があるので、連作すると、それらの密度が高くなる。

②根から分泌される毒物(例、フェルラ酸、パリニン酸など)に自家中毒を起こす。

③作物体から有毒物が出来る。

##### (5) 同棲する微生物(有害な微生物の場合)

その作物に関係する微生物が多くなる。その作物に有益なものはよいが有害なものも蓄積する。

##### 3) 運用

連作可否と休裁年限は表16、17を参考にして、表18の基準を作成し実施している。実施状況は表19に示す。

表 16 野菜の休載年限

休載年限	おもな野菜
連作しても影響の少ないもの	タマネギ、ネギ、カボチャ、ホウレンソウ、サツマイモ
1年程度休む	レタス、ダイコン、カブ、ニンジン
2年程度休む	ハクサイ、イチゴ、ミツバ、パセリ
3年程度休む	キャベツ、ジャガイモ、インゲン、エダマメ、ゴボウ、トウガラシ
5年以上休む	トマト、ナス、ピーマン、キュウリ、エンドウ、スイカ

参考文献：『野菜栽培の基礎知識』 鈴木芳夫 農文協

表 17 連作障害の出やすい野菜

ナス科	ナス、トマト、ピーマン、トウガラシ、ジャガイモ
ウリ科	キュウリ、スイカ
マメ科	エンドウ、ソラマメ、インゲン
アブラナ科	カブ、キャベツ、ダイコン、ハクサイ、チンゲンサイ
キク科	ゴボウ、レタス、シュンギク
セリ科	ニンジン、パセリ、ミツバ
トロロアオイ科	オクラ

参考資料：『信州うえだ農業共同組合』

表18 野菜類連作可否と休載年限マトリックス表

X系(時系列系)

科名	キク科		ウリ科		ナス科			アブラナ科		ハラ科	セリ科	アカザ科	マメ科	ユリ科										
	レタス	ゴボウ	キュウリ	カボチャ	ナス	トマト	ピーマン	ジャガイモ	キャベツ	アブラ	ダイコン	カブ	ニンジン	ミツバ	ハセリ	ホウレンソウ	エンドウ	インゲン	エダマメ	ソラマメ	ネギ	タマネギ		
キク科	1	3																						
ウリ科			5	0																				
ナス科					5	5																		
アブラナ科							4	3																
ハラ科									3															
セリ科																								
アカザ科																								
マメ科																								
ユリ科																								
注記	<input type="checkbox"/> : 数字は休載期間(年) <input type="checkbox"/> : 同じ科のものは連作をさける。																							

参考文献: 『野菜栽培の基礎知識』 鈴木芳夫 農文協

野菜 分類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	エンドウ 果実類 マメ科	インゲン 果実類 マメ科	実エンドウ 果実類 マメ科	ソラマメ 果実類 マメ科	トマト 果実類 ナス科	ピーマン 果実類 ナス科	キュウリ 果実類 ウリ科	ジャガイモ 根菜類 ナス科	キャベツ 葉菜類 アブラナ科	ハクサイ 葉菜類 アブラナ科	レタス 葉菜類 キク科	カブ 根菜類 アブラナ科	トウガラシ 果実類 ナス科	ホウレンソウ 葉菜類 アカザ科	ナスビ 果実類 ナス科	ダイコン 根菜類 アブラナ科
2004	3 東				5		7	1 東				7 東中				
2005	1 中		1 西	4 中	4	3 西	2	7 西			6 東	5 西	7 西			6
2006	0 東	7 東			3	1 中	5	7 東	4 中 西	2	1 西	5 東 西				3
2007	2		3 東		7	3	4	6				4, 6 東	5 東		3 中 西	6 西、7
2008	5 西		5 西	5 東	6		7									
2009	3				4		2				1 西					
2010	1	7			3		5		4	2						
2011	6				2		4									
2012						7	3									
2013						5	2		4		1					
2014						4	5			2						
2015																
輪作 年限	5	3	5	4	4~5	5	4~5	3	3	2	1	1	4	0	5	1



## 第5章 むすび

### 1. 土を通して自然に帰ろう。

生態系の安定を左右する土をもっと大切に育てよう。自然生態系の安定は、各種生態系をめぐる物質、エネルギー循環がとどこおりなく営まれることによって保障される。そのためには少なくとも土の肥沃性が維持されることが必要不可欠である。植物が順調に生育し分解者としての土壌微生物、それを助ける土壌動物が活動を続けることを通じて土の安定が維持される。土は生態系維持に不可欠なホメオスタシス(自立的恒常性)を備えている。(第1部記載) この恒常性は物理的、化学的、生物的現象が相互に関係することによってもたらされているので、それらのうち、どのひとつが欠けても土の恒常性は著しく損なわれてしまう。自然生態系は数多くの生物の働きから成り、複雑なネットワークで構成されているため複合的、総合的視点で事象を観察し、環境保護をしていかなければならない。しかし、現実には野菜の美しさ、おいしさ、安さにばかり目が注がれ、その野菜が育った土のことは頭になく、どうでもよい様に考えてしまっている。現時点だけのことしか考えていない。次世代の人々が幸せに暮らせるように、もっと将来のことまで考えて行動すべきであろう。

### 2 不耕起栽培や雑草との共存へ挑戦しよう。

有機農法のひとつである自然農法で不耕起栽培が注目を集めている。既存の農法から見れば非常識な栽培法である。しかし土の進化の過程における自然の営みを考えるとき、残渣を地表に残すことによって、土への有機物供給量が多くなる。土中の有機物が空気にさらされない好氣的条件下の方が有機物は早く分解する。従って、有機物量が多くなる。土壌微生物や土壌動物のエサが豊富になる。団粒形成が進み、土壌動物の活動が活発になる。要は常識を見つめなおし、いろいろな側面から考えてみる。複合的思考で物事を見つめなおすこと。まずは半不耕起や雑草との共存で野菜作りを試してみる必要がある。ただし、不耕起栽培に向かないものもある。すなわち、ダイコン、ニンジン、ゴボウ、ジャガイモ、サツマイモなど根を収穫するものには向かない。

### 3. システム思考の展開を習慣付けよう。

すべての生物即ち人間、植物、動物、昆虫はすべてシステムである。システムとは、いくつかの要素(機能)が有機的につながって、全体を形作っている。この全体をシステムという。従って、システムと付き合っていくためには、システム思考で接していく必要がある。インプットとして土の育成、肥料の投入水やり等々、アウトプットとして成果、病気、虫害の良否を見る。フィードバックとして病気対策、害虫対策、成果として立派な実が収穫されると、それに対して、顧客が満足していただけるかどうか、味が悪ければ、次回からの野菜作りに反映させて、より満足いただけるものを生産する。その時に、注意すべきことは近視眼的に取り組むのではなく、全体としての目標を実現するためにどうすべきかを考え実行すること。

いままで生物が生き延びているということは、生物自身がシステムを実践していることに他ならない。しかし、環境汚染、共存共栄の原則破壊が人間の手によって平然と行われている今日、その破壊の手をやめ、生き物を育てる手助けをすることが必要で、生物が持っている自然治癒力、自律的恒常性を破壊してはならない。結果よりもプロセスが大事である。大自然はシステムである。アウトプット、インプット、フィードバックがうまく回転している。たとえば空気中の炭酸ガスが数千年間ほぼ定量に保たれてきたのは炭酸ガスが増えれば海水中により多く溶解し、少なくなれば海水中に溶解していたものが空中に放出されるという機構があるためである。食物連鎖も150万種の生物が共存するためのフィードバック機構が集積したものとみなすことができる。ある生物が多くなると食物が足りなくなるので餓死者がでる。それによつて数が元にもどることによってバランスがうまく取られるように出来ている。

#### 4. 大自然の法則のひとつである「バランス」ということをよく考えよう。

大自然はうまくバランスをとって、進化と向上を図ろうとしている。それはリービッヒの最小法則でも分かる。自然法則はバランスがとれて必要肥料が揃っていると良いが、必要肥料のうちどれかの肥料が少ないと最小肥料がその植物の生育を左右する。植物の生育には炭素、酸素、窒素、イオウ、リン、カリウム、マグネシウム、カルシウム、鉄の10元素が不可欠といわれており、リービッヒの最小法則はこれらの必須元素のうちで、その場にある最も少ない量の必須元素が、その植物の生育を左右する。それ以外の必須元素がどんなに多くあっても植物は成長できない様に自然法則は出来ている。

この大自然の中で、生き物たちが将来にわたって生存していくためには「結合と建設」という生み生ずる働きと、時が経って古くなったものは「分解と還元」という滅する働きとを繰り返すことによつて、うまく「バランス」がとられて種の持続的存続がなされ進化と向上が常に図られているのである。

大自然は「バランス」をとるため、生物多様性という哲理を持っている。有機農法が多品目少量生産を推し進めているのも、この哲理に基づくものであると思う。やはり自然に順応した農法(図1のすべての系を包含した思考と行動の農法)が世界を、人類を、生き物を守っていく基本ではないかと思う。

#### あとがき

このたびの土の研究は第1部に続き、有機栽培による野菜作りを通して土、植物が大自然の生態学的循環法則のもとで、色々な生物との共存の中でメタボリズムという大自然から与えられている機能で生きつづけている。この姿をわれわれももっと知り、学び育てていかねばならない。

今回はいろいろな事情で十分まとめることができなかったが、土の中という真っ暗な世界

で膨大な数の生き物が複雑な活動をしている。それらが土を生かし、人を、動物を、植物を生かしているのだから驚嘆に値する。

最後に学習に際し、調査、学習させて頂いた文献類を列記させていただき、紙上より御礼申し上げます。本レポートに対するご批判、ご指導をいただければ幸いです。

### 参考文献その他一覧

	書 名	著 者	発行所
(1)	沈黙の春	レイチエル・カーソン	新潮文庫
(2)	有機農業運動の到達点	保田 茂	スペースゆい
(3)	土と肥料 作り方・使い方	ガーデンライフ編	誠文堂新光社
(4)	野菜栽培の基礎知識	鈴木芳夫	農文協
(5)	土壌の基礎知識	前田正男・松尾嘉郎	農文協
(6)	エコロジ的思考のすすめ	立花 隆	中央公論社
(7)	野菜の育ち方	藤目幸擴	農文協
(8)	コンパニオンプランツ	木嶋利男	家の光
(9)	エンジニアから見た植物のしくみ	軽部征夫・花方信孝	講談社
(10)	緑のつぶやき	田中 修	青山社
(11)	有機農業コツの科学	西村和雄	七つ森書館
(12)	はじめに土あり	中嶋常允	地湧社
(13)	野菜づくり名人の知恵袋	加藤義松	講談社
(14)	家庭菜園ビックリ教室	井原 豊	農文協
(15)	野菜の成分とその変動	吉田企世子・森 敏・長谷川和久	学文社
(16)	母なる大地	柳澤桂子	新潮社
(17)	作物栄養の基礎知識	高橋英一	農文協
(18)	堆肥の作り方・使い方	藤原俊六郎	農文協
(19)	ふしぎの植物学	田中 修	中公新書
(20)	植物のこころ	塚谷裕一	岩波新書
(21)	植物の不思議な力=フィトンチッド	B・P・トーキン・神山恵三	講談社
(22)	ハウードの有機農業 上・下	アルパート・ハウード	農文協
(23)	自然農法を始めました	横井利直・江川友治・蜷木翠・松崎敏英	農文協
(24)	わたしの有機無農薬栽培	村田知章	東京書籍
(25)	土とは何だろうか	久保英範	農文協
(26)	土壌微生物の基礎知識	久馬一剛	京都大学学術出版会
(27)	「根」物語 地下からのメッセージ	西尾道德	農文協
(28)	大自然のいのち Vol. 20	高橋英一	研成社
(29)	信州うえだ農業共同組合	ずいうんくらぶ	
(30)	ながの食農教育情報プラザ		
(31)	いちじくの志田ファーム		