

『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 1 部

平成18年5月

神戸シルバー大学院 3期生

「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 1 部)

— 目 次 —

はじめに	-----	1
第1章 土の偉大さ	-----	3
1. 生命を支える土壌		
2. 土の中での元素の循環		
第2章 土が危ない	-----	4
第3章 大自然の営み	-----	7
1. 土の自律的恒常性		
2. 土の自律的恒常性としての緩衝作用		
第4章 土を育てる実践と検証	-----	19
1. 土壌の維持管理		
2. 有機栽培の実践		
第5章 むすび	-----	31
あとがき	-----	34
参考文献一覧	-----	35

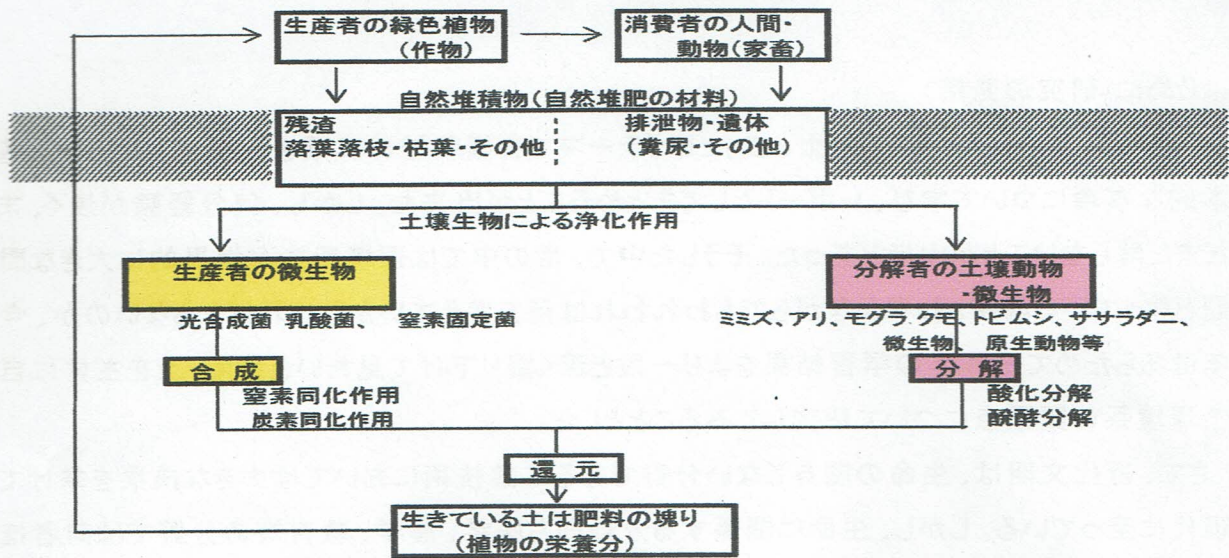
はじめに(研究の発端)

われわれは、一昨年1年間「土と食」というテーマで有機栽培の実践をとおして、いろいろ基本的な事項について学び、レポートとしてまとめることが出来た。しかし、何分経験が浅く、まだまだ解らないことが山ほどあった。そうした中で、世の中では環境汚染が世界的に大きな問題となっている現在、わずかながらでもわれわれは何を考えていかなければならないのか、今年はあるため一昨年の学習結果をより一段と深く掘り下げて見たいと考え、土を主体に自然環境系の問題点について研究してみることにした。

さて、近代文明は、生命の関与しない分野である工業技術においては大きな成果を挙げて現代に至っている。しかし、生命に関係する分野即ち医学、農学、教育等の分野では前者ほどの成果を挙げていないと言ってもよいのではなかろうか。医学が発達し、膨大な費用をかけての医療施設や各種薬物の使用にもかかわらず、病人の数や難病、奇病は増えていく一方である。また農学の進歩にもかかわらず、全体的に言って農業は一向にうまくいかず、病害虫の大発生、質的、量的な生産低下、農家の経済逼迫、農民の健康障害などの問題は解決できずに試行錯誤を繰り返しているのが多くの慣行農家の現状であると思う。19世紀に入って科学の急速な発達により、工業は大発展を遂げ、いつの間にかあらゆる学問がもっぱら工学的発展と研究方法を採用するようになった。すなわち、唯物論的な発想の下に分析すること、単純な条件下の実験データを数多く集めることによって問題を解決できるという信念を持つに至っているのであろうと考える。そこには生命という生態学的な領域が見落とされていたと考えざるをえない。生命体は科学の法則のみならず、生命の法則にも支配されている。前者を無視することが生命体の死を意味すると同じく、後者の無視もまた生命体の死を招くことになってしまう。

生命の法則とは、この場合、生態学的循環の法則であり、生態学とは「生物と環境および共に生活するものとの関係を論ずる科学である」(1866年ドイツ生物学者 E・H・ヘッケルの定義)といわれている。生物は見事な秩序を維持して進化、向上を続けている。たとえば、水の循環の場合で考えると、雨→地面→河→海→水蒸気→空中→雲→雨のように循環していて、この循環の中に生物が生かされている。同様に地球上のすべての生命体は生態学的循環の法則の中で生かされている。すなわち、植物は生産者であり、太陽エネルギーの力で地中から吸収して、水や養分、空中の炭酸ガスから蛋白質、脂肪、炭水化物、ビタミン、酵素や色素、その他味、香の成分等々、全く人間の想像を絶した大合成作業をおこなっている。動物は消費者であり、植物が合成してくれた有機物を食べることによって動物が生存できている。微生物は分解者であり、動物の排泄物や死骸、地上に積もる植物の落ち葉や枯れ草を分解している。これらは全て大自然のコントロールのもとに自然循環系は営々と営まれ、生物は生きて、生きて、ひたむきに生き続けているのである。(図 1 参照)

図 1 土壌の生態系



参考文献:『大自然のいのち』Vol.20 ずいぶんくらぶ

人間がその生命の法則たる「生態学的循環の法則」を守りさえすれば、自然は人間に必要な動物生態系を与えてくれるし、人間の進化発展にも繋がる。しかし「生態学的循環の法則」を無視して化学肥料を施すと、土中生態系は破壊されてしまって、植物はそこから良き養分を吸収することが出来ず、施された化学肥料を吸収して異常な体質に生育し、また異常な植物生態系をつくる。また害虫の異常発生に対し、近代農法はその原因となる肥培管理の誤りを正すことなく、また農薬という毒性化学薬品による昆虫殺傷という方法で一気に処理しようとしている。農薬散布は確かに一時的にこの目的を達成するが、やがて更に恐るべき事態が発生してくるのは間違いないのである。

このような人間の短絡思考、行動は誤っているとわかっている人も多かろうが、どうしようもないと思ってしまっている。人間のガン治療に対しても、抗がん剤、放射線治療等を施して、良い細胞を殺し大自然が人間に与えてくれている免疫力を弱めさせてしまっている。そのような毒物で人間を治療しようとするのは、より強力なガン細胞を生み出す原因でしかない。植物の場合でも、大自然は植物に少しぐらいは虫たちに食べてもらっても植物は死なないように設計されている。というのは植物が生きていくためには、虫たちによって花粉を運んでもらわねば生きて行けないから、それら虫たちが必要なのである。その虫たちを人間は自分たちの生活のために、外観の美しい食物を得るがために何が何でも病虫害対策に農薬をまき、成長が悪いとただちに化学肥料を多量に与えれば問題は解決するものと思こんでいる面が多々あるといってもいいすぎではあるまい。このような問題の根本原因は土が衰えてしまっているからなのであると断言できる。土をよくすれば生けるものすべてが元気になってくる。

目に見えるものに、人間はつついところを奪われてしまっているが、大自然によって与えられている目に見えない大自然のすばらしい英知にふれることによって、未来にわたって大自然の活動に順応していける活動を実践して、継続的に生き物たちと共存共栄を計って行くのが人間に与えられている使命なのだと思う。そこで、土を健康にするためにはどうすればいいのか、われわれは有機農法を4年間実践し、現在も続けているが、今回は特に有機農法の

実践でも自然の森林土に近い土をめざして、その育成を考察する。

第1章 土の偉大さ

1. 生命を支える土壌

土壌は自然環境の法則と無関係に生きたり死んだりはない。土壌は与えられた自然や人為による環境変化の中で、常に調和を保とうと努力している。地球上の生命は直接的あるいは間接的に土壌の恩恵に浴している。それは土壌に生育した植物を起点として地球上での「食べる一食べられる」という食物連鎖を通じ、地球上の多くの生命が養われている。土壌なくして地上の生命の維持はありえない。土壌がすべての陸上生物の生命を支えている。

土壌と陸上生物は互いに影響を及ぼしあって、この地球上に存在している生命を支えている土壌の機能を維持すること、それは我々の生命維持にも密接に関連している。

土壌やそれに連なるさまざまな生物や非生物が関係し合っている空間は土壌圏と呼ばれている。土壌圏は大気圏、生物圏、岩石圏、水圏によって構成され、それらは相互に影響し合っている。(図2)

土壌はそれらの接触面、インターフェイスとして土壌を構成する4圏をつなげ、無生物的な世界と生物界との橋渡しをしている。

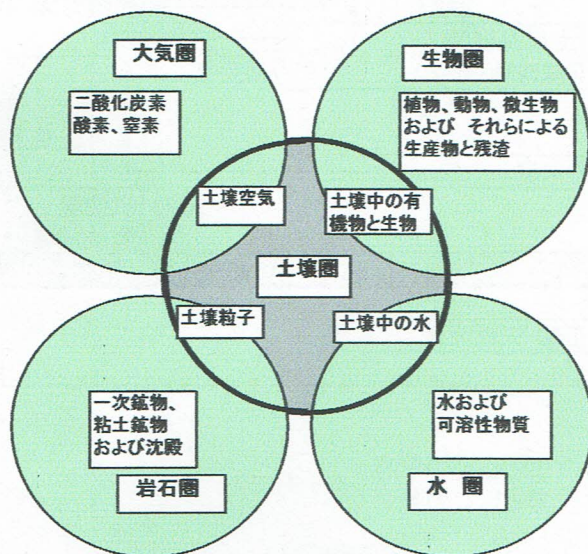


図2 大気圏、生物圏、岩石圏、水圏のインターフェイスとしての土壌圏

引用文献:『土壌学の基礎』松中照夫 農文協

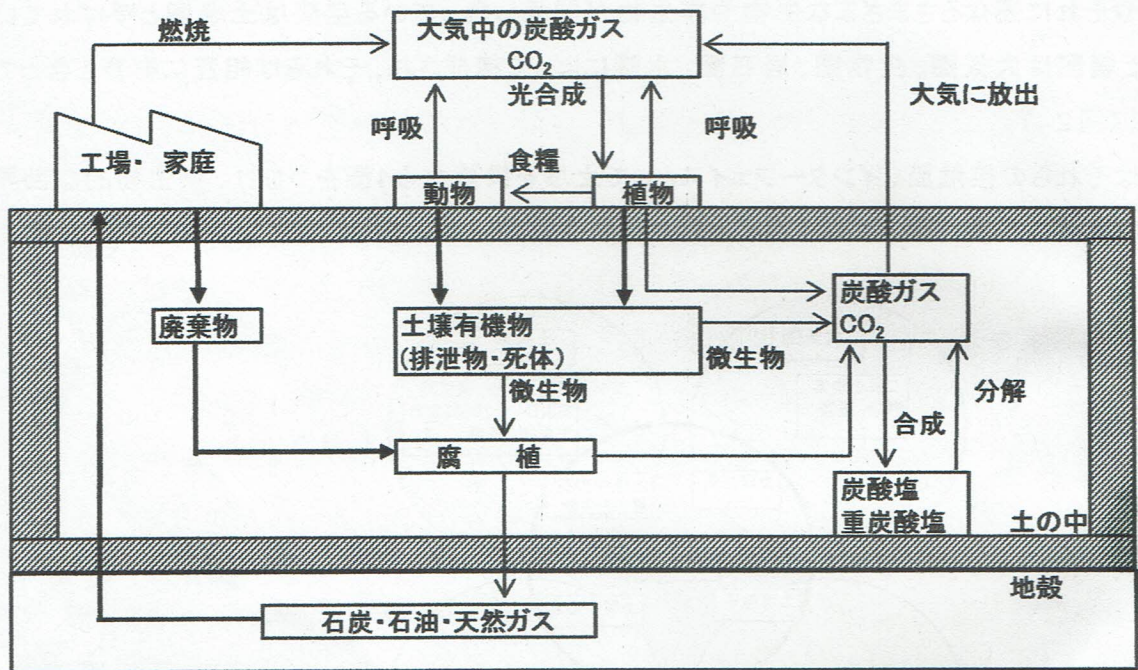
2. 土の中での元素の循環

土なくしては、生命の流転すなわち物質の循環はありえない。地上の物質は土の中を一度通ることによって回転がつながり、絶えることなく過去から現在を経て未来に受け継がれていく、そして、この物質の中で、地上の生物が支えられている。そして、これを支えているものは、ずっと変わることなく現在まで地上に降り注いでいるところの太陽光線である。地上の全生物はこの太陽エネルギーによって生かされている。葉緑素を持った緑色植物は太陽エネルギーによって合成した

デンプンやタンパク質、油脂、セシ素などにより植物体を形作り、人間はそれを作物を通して直接食べるか、一度動物に食べさせ肉にして食べるかしなければならない。地上部のこの循環が順調に進むためには、地中での微生物の働きがなければならない。すなわち、植物の死体や動物の排泄物が土中で分解され、土壌の無機成分となって植物に吸収されることによって物質の循環が成り立つ。

農産物の主要部分をしめるデンプンやセシや脂肪は、そのほとんどが炭素、酸素、水素から出来ているが、その炭素は地上であるいは土のなかでどのように循環しているかを図3に示す。イオウもチツも同じようにタンパク質の形で役立つ。土を通過することによって循環が成り立っている。

図4 土の中の炭素循環



→ 有機態炭素としての働き
 → 無機態炭素としての働き

引用文献: 『土壌の基礎知識』 前田正男/松尾嘉郎 農文協

第2章 土が危ない

土の劣化は何故起きるのか

1. 土壌の酸性化

わが国は気候が温暖で雨が多いので、カルシウムやマグネシウムなどの塩基が流れてしまい、酸性土壌になりやすい。作物は一般的に土が微酸性か中性のとき良好な生育をするが、土が酸性になると根の伸びが悪くなるし、リン酸が効かなくなったり、アルミニウムやマンガンが可溶化して、過剰に吸収して被害を起こす。

正常な土では、土壌コロイドのまわりにカルシウムやマグネシウムあるいはアンモニアやカリなどのプラスイオンを吸着している。そこへ酸性の化学肥料を多く与えたり、硫酸や塩

酸を含んだ鉱毒水や工場廃水が流れ込むと、土壌コロイドに吸着しているカルシウムやマグネシウムイオンなどが、酸根である水素イオンと交換され土が酸性になる。

2. 連作による地力低下

連作をすると作物の生育が悪かったり、病害虫に罹りやすくなって、収量、品質ともに低下する。障害の出る程度は作物の種類によって違う。ダイズやホウレンソウ、ネギなどは連作をしても収量はあまり低下しないが、ナス、トマト、エンドウなどは障害がひどい。

連作障害の原因としてはまだ十分には解明されてはいないが、つぎの事項があげられている。①土壌養分の偏りが生じる。②作物につきやすい病害虫の密度が多くなる。③作物により土壌酸性化が促進される。④根から分泌される分泌物などで自家中毒を起こす。

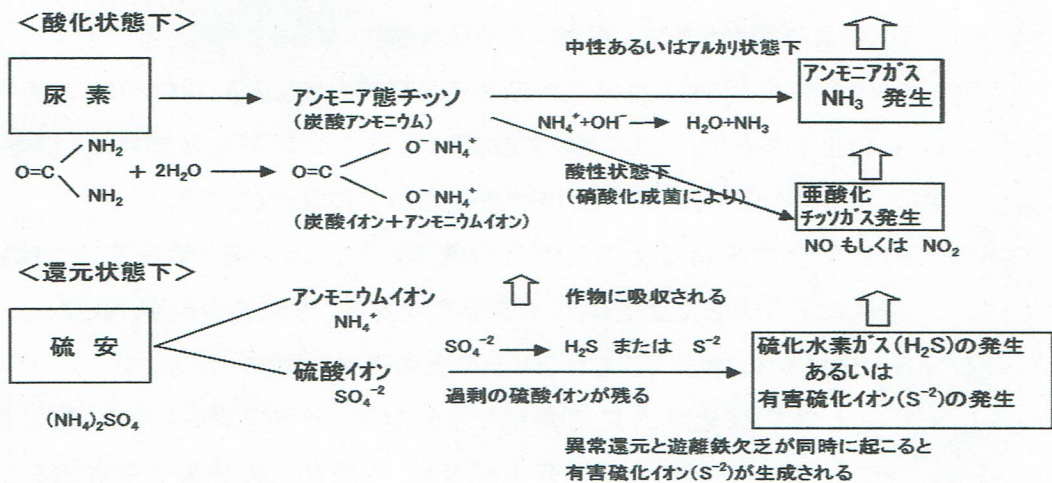
3. 施肥の過剰による荒廃

作物の収穫を多く得たいため、近代農業は化学肥料を多量に施用している。ところが有機物を施さないで収穫量を多くしていると、土の各種成分が作物に吸収されて減少し、地力が低下する。特に野菜などを栽培すると、養分吸収が多いので地力の低下がひどい。

有機物無使用→化学肥料の単独施用→多収→地力低下→やむを得ず化学肥料を多施用→減収という悪循環が繰り返されるので、土が酸性化し緩衝機能が低下し、荒廃土壌へと変わって行く。

図4のように、堆きゅう肥を入れずに、尿素だけを入れていると、酸化状態の下で亜酸化チツソガスや、アンモニアガスが発生してくる。還元状態のもとでは、硫酸根が遊離して、一方で、硫化水素ガスが発生することになる。とくに、施設内では降雨による塩類の流亡がないため、過剰に施される化学肥料の塩類が集積して、高塩類土壌となり微生物のバランスがくずれ、アンモニアガスや亜硝酸ガスの被害を受ける。

図4 施肥過剰による害



4. 堆肥投入量の激減

1960年代の高度経済成長期以降、慣行農業の普及とともに耕地への堆肥投入量が激減して、1ヘクタール当り平均10トンから1トン前後にまで落ち込んでしまった。地力を維持していくには最低10トンが必要であるとされている。これでは「土が固くなった。」「ミミズがいなくなった。」という現象が起きるのは当然といえる。土中の有機物含量が減少し、土の物理性、化学性、生物性が悪化しているからである。悪化をくい止めるには有機物(堆肥)を投入する以外にはない。

5. 化学合成肥料の使用

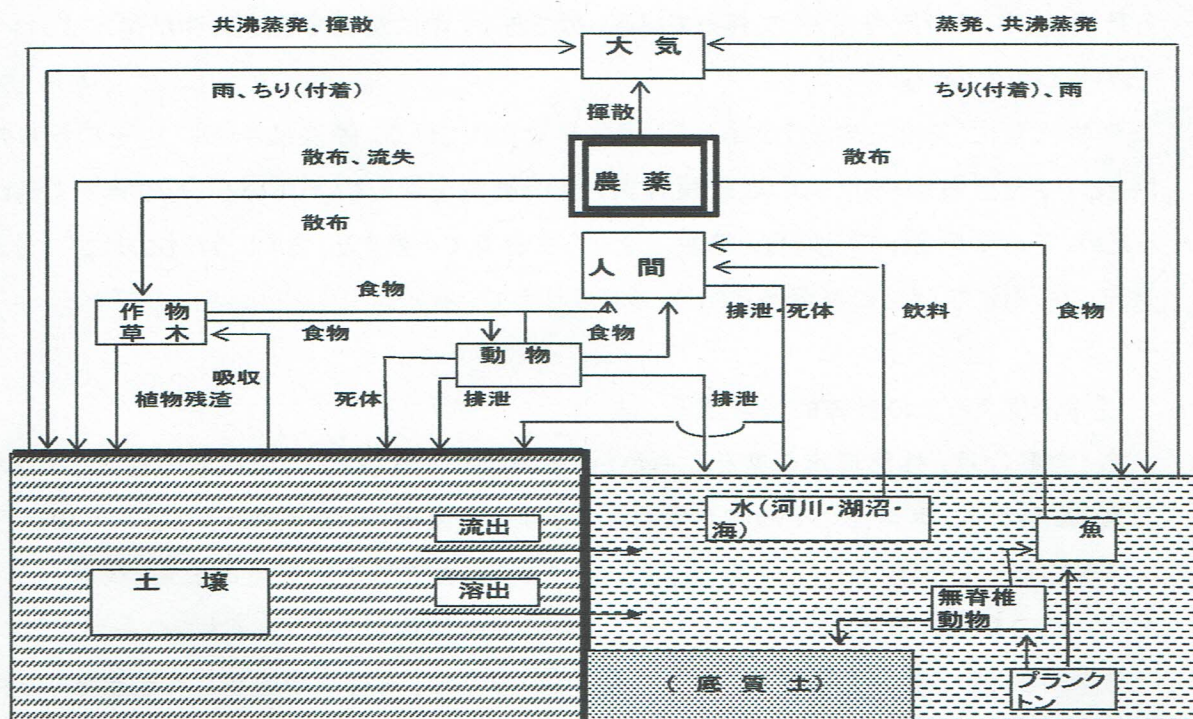
- (1) 化学合成肥料の成分が野菜に残留して、それを食することにより人間の身体に悪影響を及ぼす。特に化学合成肥料に含まれる3大成分のひとつの窒素という物質は、硝酸態窒素という形になって吸収される。この硝酸態窒素という物質は非常に植物に吸収されやすいので、野菜はどんどん吸収してしまう。そうして過剰に野菜に蓄えられる。もちろん硝酸態窒素は植物にとって大切な栄養素なのであるが、過剰になりすぎると野菜に残留して人間に悪影響を及ぼす。それは硝酸態窒素は人間の身体に入ると、血液中のヘモグロビンとくっついてしまい酸欠状態と同じような症状が出てくると言われている。
- (2) 化学合成肥料はととも水に溶けやすいため、植物にも吸収されやすい反面、その耕地外への分流出も早い。河川や地下水の汚染が進んでいるのも、それが大きな原因になっている言われている。水質汚染は、当然人間の飲み水をも汚染してしまう。日本の飲料用の井戸水の約20%は、安全基準以上に硝酸態窒素で汚染されていると言われている。
- (3) 化学合成肥料は植物の体を弱らせてしまう。栄養分が過剰になるため植物は軟弱に育ってしまう。そのため化学合成肥料を使うと野菜は見た目には立派に育つが、病気に掛かりやすく害虫にもやられやすくなる。
- (4) 化学合成肥料は大切な土の構造を破壊してしまう。コロコロした団粒構造の土が良い土であるが、これを壊してしまう。化学合成肥料を長年使っている畑の土はサラサラになって、雨が降るとカチカチの固い土になってしまう。
- (5) 化学合成肥料は土の酸性化の原因にもなっている。慣行農法では土の酸性化のために石灰などで土を中和する必要がある。堆肥を多く用いれば、土は酸性化することはないし、カチカチでサラサラの土にはならない。

以上のごとく化学合成肥料はマイナス事項が多すぎると思う。化学合成肥料の良いところは、見た目に立派な野菜が育ち、一時的に収穫量を増産することができることぐらいである。

6. 農薬の使用

図5 は自然環境中での農薬の循環モデルを示している。農薬は散布後、さまざまなルートを経て、河川、湖沼、海や地下水などの環境中の水系へ混じりこむ。まず、散布された農薬の一部は大気中に漂った後、直接降り注いだり、雨やチリなどに混じって水に入り込む。また、田畑にまかれた農薬の一部は、灌漑用水や地下水に流・溶出し、さらに河川や湖沼へ流入していく。特に砂地の土壌などでは、有機物が多い土壌に比べて、未分解のまま地下水へ溶けだす農薬量の割合が多いようである。

図5 自然における農薬の循環モデル



出典:『よくわかる農業問題』 藤原邦達 + 本谷 勲 監修 合同出版

環境水中にある農薬の濃度は、淡水1000リットル中に1ミリグラムから1000分の1ミリグラムの範囲内で、比較的低い値のようである。しかし、問題は水系中におけるプランクトンから魚類にいたる食物連鎖による濃縮現象である。環境水中で比較的高い濃度を示すものは、有機塩素系の殺虫剤と除草剤である。殺虫剤については、1970年代に入って使用制限や禁止処置により現在では環境水系中濃度はようやく低下傾向にあるが、半減期が長いので、まだかなりの年月は検出されるといわれている。除草剤も、その濃度こそ低い、中には極めて発がん性や遺伝毒性が高い塩化ジベンゾダイオキシンを不純物として含んでいる。ともあれ、われわれの日常生活に欠かせない水道水源としても大切な河川や湖沼の水の農薬により汚染は見過ごせない問題であろう。

第3章 大自然の恵み

生命は新陳代謝をし、変動しながらも、ひとつの有機体として秩序のある調和を保ちつつ生きている。植物も、動物も、人間も、それを構成する細胞は刻々として変化している。だが各生命

は全体として調和を保ちつつ統一されている。たとえば、交感神経と副交感神経は互いに反するように働きながら、内臓機能を調和的に運営する。また、血液は酸性に傾かずまたアルカリ性に過ぎることなく、いつも弱アルカリ性を保つように自動的に調節されている。体温も血液中の糖も一定の数値が保たれるように統御されている。生命の生存にいつも程よい条件が確保されるように、生体には「恒常性維持機構」という自動調節装置が作動している。生命は変化しながらも見事な調和を保っている統一体である。治癒は外からではなく、内からやってくる。それは失われた平衡を取り戻そうとしているところのからだに本来備わった働きである。あらゆる動植物、人間が既得権として持っているものである。常に変化する諸条件が整えば、いつでも現状に復帰できる。

生物は常に「進化と向上」が図れるように設計されている。停滞はさせない。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くれている。その機能を働かせるため、その手段として「結合と建設」という生み育てる働きと、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与えている。

1 生命を支える土の自律的恒常性

多くの動物は、外部環境の変化にもかかわらず、内部環境としての血液の性状、すなわち酸素、炭酸ガス、塩類、タンパク質の濃度や、そのpH、浸透圧、血液などをある一定の範囲内に保っている。しかし、土は常に変化にさらされている。土の表面は気温の変化、降雨、干天などの自然の変化に直接にさらされている。土中では植物根がカリウムイオンのようにプラスの電気を帯びている養分を吸収する際の水素イオンの放出、有機物が分解される過程での有機酸の生成などの現象が絶えず起こっている。加えて植物の病原菌を含む微生物の誕生と死滅がひっきりなしに繰り返され、外部からの病原菌の侵入もある。一方では植物根や土中動物にとっては環境の変化の幅が狭いことが望まれる。そこでそれらの生命はじめ生き物たちを支えるため、土にはすばらしい機能が与えられている。それがつぎにのべる土壌の自律的恒常性である。

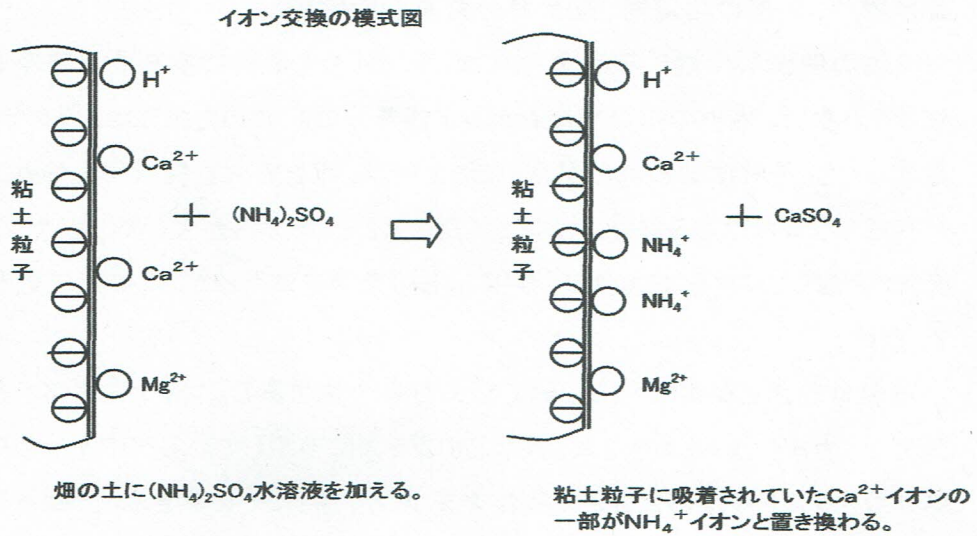
土の自立的恒常性を支える土の要素の機能・役割

(1) 粘土

粘土は一般に 2μ 以下のものをいう。しかし、粘土に特有のすばらしい性質をよく備えているものは、もっと小さい 0.2μ または 0.1μ 以下のものでコロイド粘土(膠質粘土)といわれている部分である。粘土の持つ重要な特質は、一般に表面積がきわめて大きく、マイナスやプラスの電気を帯びていること。そのため、いろいろな物質を大量に吸着し、植物養分であるアンモニウム、カリウム、カルシウムなど、プラスに帯電している原子や分子に加えて、マイナスの電気を帯びている硝酸やリン酸などの分子をも表面に吸着し、それらが降雨などによって下方に流されるのを防ぐ。また粘土は表面積が大変大きいので電氣的に中性の物質でも多量に吸着して水をきれいにする。図6は土に肥料として硫酸アンモ

ニウムが施された場合の、粘土のイオン交換反応を示す。粘土のマイナス電荷は、カルシウムなどのプラスイオンを吸着しており、硫酸アンモニウムのアンモニウムイオンが近づくと、一部が交換されてカルシウムイオンはマイナスの硫酸イオンと反応して沈澱する。このイオン交換作用が水もきれいにする水の浄化作用である。

図6 粘土のイオン交換機能説明図



参考文献:『土と人とのきずな』 小野信一 新風舎

しかし、あまりにも多くの汚染物質が加えられると、土がキャッチしきれなくなり、地下水の汚染となってくる。粘土も腐植も、その構造内にマイナス電荷を持つイオン交換体でイオンをキャッチする。この交換体によって肥料分がキャッチされ、それを根が吸収する。

表1 土の粒子の種類とおもな性質

区分	大きさ		1gあたりの 粒子の 全表面積 (cm^2)	物理的性質	鉱物成分
	直径 (mm)				
粘土 *	0.002未満	大きい所だけ 顕微鏡で見えるが 大部分は見えない	23,000	湿ったときは粘り けがあるが、乾く と硬くなる。	主に粘土鉱物で、いくら かの石英を含む。
微砂 (シルト)	0.002~0.02	顕微鏡で見える。	2,100	なめらかで粉状で あるが、粘着 しない。	主に石英と長石で、いくら かの鉄苦土鉱物・雲母・ 粘土鉱物を含む。
細砂	0.02~0.2	肉眼で見える。	210	ばらばらで、粘着 したり、固まったり しない。	おもに石英と長石で、 いくらかの鉄苦土鉱物 を含む。
荒砂	0.2~2	肉眼で見える。	21	ばらばらで、粘着 したり、固まったり しない。	おもに石英で、いくらかの 岩石片が混ざっている。

注。(1)鉄苦土鉱物とは鉄とマグネシウムを含む鉱物をいう。

(2)*粘土のうち直径0.0001以下のものを特にコロイド粘土ともいう。

引用文献:『作物と土壌』 ブラック著 原田登五郎訳 S35

(2) 団粒構造

砂や微砂(シルト)といった粒径の大きなものは、それ自身で結合して団粒を作ることは

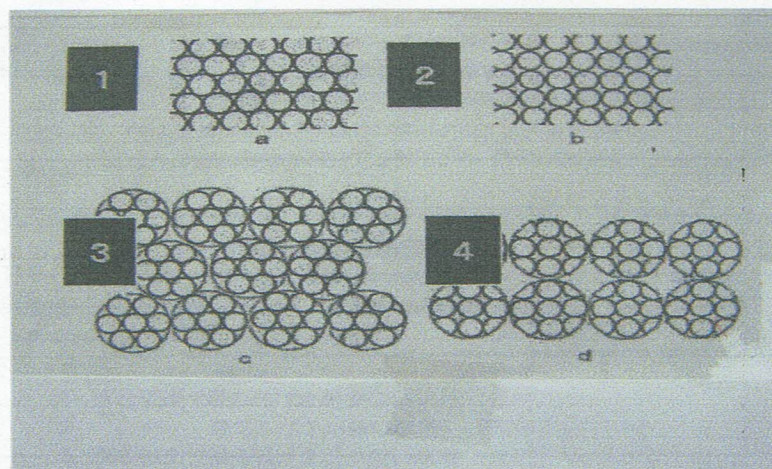
出来ない。これらをつなげるのは砂やシルトに比べ表面積が大きいために粘着性を示すところの粘土と有機物である。団粒は粘土とシルトが結合してできた集合体である。(表1参照)

団粒の形成は粘土、腐植、カルシウム、鉄などが、それらの表面の電荷によって結合しあい微小な団粒が出来る。微小団粒が結合するための接着剤の役目をするのが、根の腐敗物や、細菌の粘質物、糸状菌の菌糸などである。

植物の健全な育成に不可欠な水はけと水もちを同時に実現する団粒は粘土なしには生成されない。植物の根の呼吸と水および養分の吸収のためには、根の周囲に空気が存在すること、それには水はけが良いこと。一方、水と養分を吸収するため、根の周辺に水が存在しなければならない。水はけが良いことと、水もちが良いことという相反する条件を満たされなくてはならない(図9 参照)。この条件を満たしているのが団粒なのである。(図7 参照)

団粒は粘土とシルトがくっついて出来た集合体である。マイナス電気を帯びている粘土同士が、カルシウム、カリウム、鉄などのプラスに帯電している原子をはさんで静電的に結びつきシルト程度の大きさの集合体をつくり、さらにその集合体とシルトが結びついて二次的集合体を作る。これが団粒である。シルトと粘土の集合体を接着する働きをするのは微生物で、有機物を接着剤として結合する。有機物を微生物によって分解されていく過程で作られる結合物質はガム状の高分子(糊の役割を果たす)であるという説と、高分子物質のうちでも腐植化が進んだ腐植酸の球状コロイドによって微生物を生成する多糖類すなはち線状コロイドの方が結合物質であるという説もある

図 7 団粒構造と土壤孔隙



- 図の説明
- 1: 単粒構造で最も孔隙が少ない状態(孔隙率25.95%)
 - 2: " 最も孔隙が多い状態(孔隙率47.64%)
 - 3: 団粒構造で最も孔隙が少ない状態(孔隙率45.17%)
 - 4: " 最も孔隙が多い状態(孔隙率70.0%)

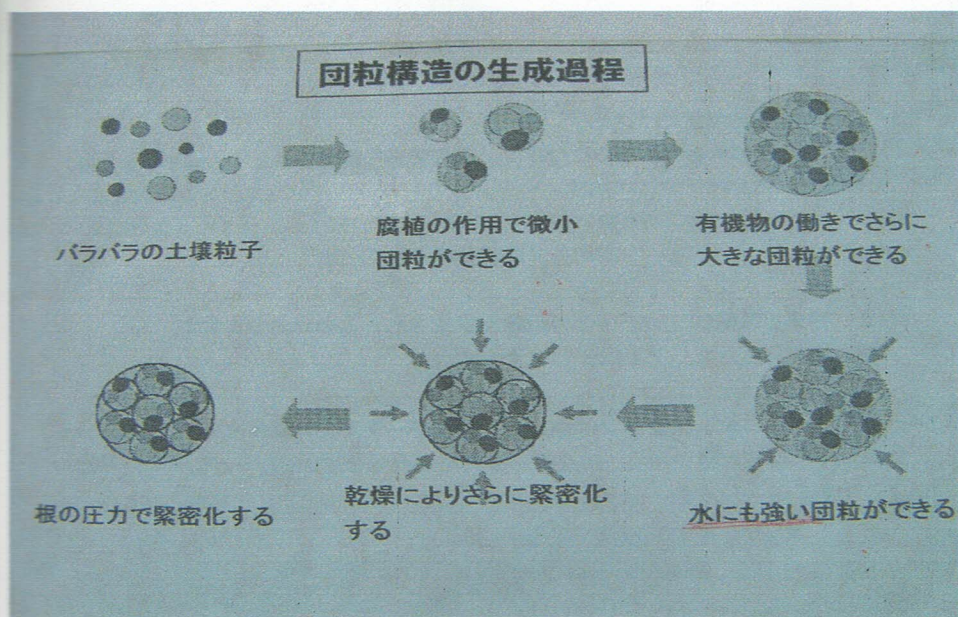
引用資料:兵庫県立農林水産技術総合センター資料

を示すと
(表1参

て結合し
が、根の
なしには
気が存
辺に水
条件を
る。(図

る粘土
氣的に
いて二
るのは
く過程
分子物
種類す

図8 団粒構造の生成されていく過程図



引用資料:兵庫県立農林水産技術総合センター資料

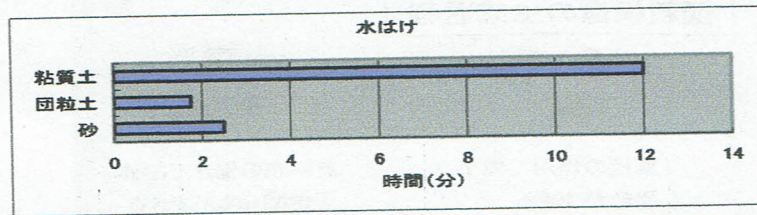
団粒構造の生成されていく過程の説明 (図8参照)

- ① 土壌を構成する粒子を腐植が電氣的に結合し微小の一次団粒を作る。
- ② それを土壌微生物や動物が出す粘液等が接着剤の働きをして、大きな二次団粒が形成される。
- ③ さらに糸状菌(カビ)の菌糸や植物根が締め付けたり乾燥することで緊密化し、水に浸かっても壊れない丈夫な耐水性団粒が出来上がる。

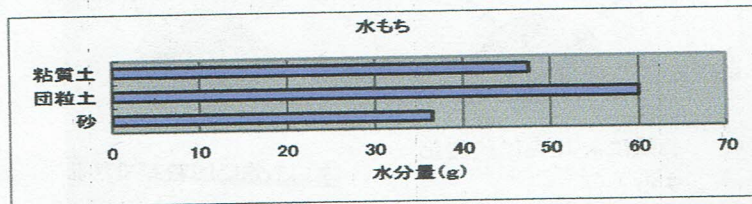
団粒の大きさは0.1~数ミリメートルぐらいで、砂の大きさとほぼ同じである。粘土のその他の役割は pHの急激な変化をやわらげる。また、有害な重金属類を強く吸着して地下水に流入するのを防ぐ働きである。

土中に不均一に広がるさまざまな大きさの隙間や土中の粘土や腐植が帯びているマイナスやプラスの電荷を持つイオン交換体によって汚れがこされ、さらに微生物の働きによって分解されきれいな水になる。しかし、あまりにも多くの汚染物質が加えられると、土がキヤッチしきれなくなり地下水の汚染となってくる。

図9 団粒土と単粒土の水はけ・水もち



時間は加えた一定量の水が表面から消えるまでに要する時間(分)
粘質土の場合はほとんど水を吸い込まない。



水分量は水で飽和24時間後の土中の水分量(g)

引用文献:『やさしい土のしらべかた』塚本明美 岩田進午 合同出版

3) 有機物の働き

土壌は土壌粒子のみからは成り立っていない。落ち葉などによって供給される有機物も重要な構成成分である。

- (1) 有機物は粘土の集合体とシルトを結びつける糊の役割を果たす。
- (2) 有機物は土中微生物や土中動物のエサとなり土中の生物相を豊かにし、病害虫などの特定生物が大発生するのを防ぐ。
- (3) 有機物が土を変える。

有機物が微生物の分解を受けると、C、O、Hは CO_2 と H_2O になり、窒素とそれ以外の養分は無機イオンとなって土の中に放出される。この放出された無機イオンを植物は養分として根から吸収することが出来る。有機質肥料の長所は、化学肥料と違って、作物に養分を与えるだけでなく、土の改良も兼ねているという点である。有機物の一部は腐植として土に残り、土の団粒形成を促進する。このため有機質肥料を使って作物の栽培を繰り返していると、土の物理性が非常によくなる。

- (4) 植物の根ばりがよくなる。
- (5) 土中有機物の大部分を占める腐植と呼ばれる物質は、マイナスの電気を帯びており、粘土と同じように養分を保持し、土中の化学的変化やわらげる。(図 12 参照)

腐植とは、土中に供給された植物残渣や動物の遺体が土中の微生物や小動物によって分解・合成されてできたものである。生物遺体の成分である糖・澱粉・タンパク質が分解され、次いでセルロースが分解され、後に木質細胞の成分であるリグニンが残される。一方、微生物の遺体の成分(おもにタンパク質)とリグニン変成物が微生物の作用

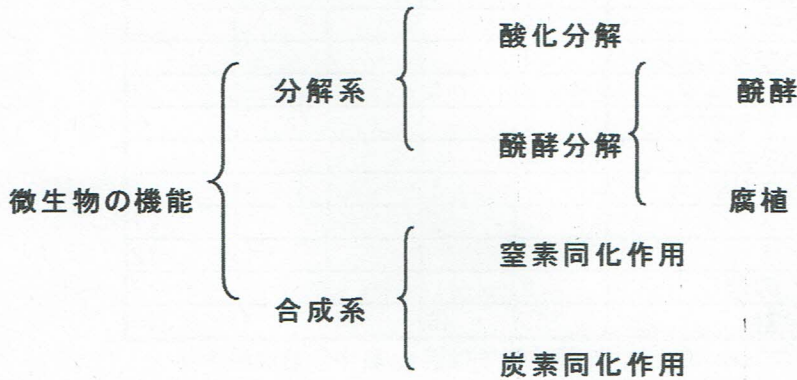
のもと再合成された高分子が腐植である。腐植を多量に含む土は黒みがかったり。
腐植は微生物の攻撃を受けにくく比較的安定した物質である。

(4) 微生物

微生物とは、単細胞生物につけられた総称である。土中で実際に有機物を分解するのは、微生物の中の細菌(バクテリア)と糸状菌(カビ)類である。その他に土中に住む微生物としては、光合成を営む藻類がある。また、微生物には、酸素が必要な好気性微生物と酸素が嫌いな嫌気性微生物がある。微生物の種類、大きさ、数は表2のとおりである。

土の中の微生物も高等な生物と同様に発育、土の改良も新陳代謝によって行はれている。微生物の体は大体炭素40~50%、窒素4~10%から構成されている。このような体を作るには外部から栄養分として酸素、炭素、水素、窒素、リン、カルシウム、カリウム、イオウ、マグネシウム等を取り入れなくてはならない。

微生物の機能は大きくは分解と合成に分けられ、分解は酸化分解と醗酵分解に分けられる。更に醗酵分解は醗酵と腐敗に分けられる。合成の方は窒素同化作用と炭素同化作用に分けられ外部エネルギーを取り込む働きをする。(図1 参照)



腐植とは有機物の分解過程で微生物の活動により、多量のエネルギーをガスや熱として放出し、植物や動物にとって有害な中間物質や酵素阻害物質を生成し、そのため、急速に無機化する系をいう。有機物が無害になるまで長時間熟成させることを腐熟という。

醗酵とは微生物活動によるエネルギーの放出はきわめて少なく、酸化分解の20分の1程度のエネルギーで不溶性の有機物を比較的短期間に吸収される状態にする有機物の加工の系をいう。

表 2 土の中の微生物数・大きさ・最適pH

(数は耕地の乾土1g中の数)

種類	数	大きさ	最適pH
細菌	1000万~1億	(0.3~2) μ × (0.4~10) μ	7.0~7.5
放線菌	100万~1000万	(0.5~2) μ × (0.5~50) μ	"
糸状菌	1000~100万	(3~10) μ × (3~100) μ	5~6.5
藻菌	1000~100万	1.5 μ × (2~50) μ	-

引用文献『土と微生物と肥料の働き』山根一郎 農文協

微生物の中でもっとも大きな働きをするのが細菌(バクテリア)である。糸状菌、放線菌は酸素の少ないところでは活動しないが、細菌は酸素の少ないところでも活動ができる種類(嫌気性細菌)がある。細菌は有機物の分解ばかりでなく、硝酸化成や脱窒などの

現象にも関係している。

(5) 土壌動物

土は土壌動物の種類や数とともに肥沃化していく。ミミズやアリなどが土中を縦横の掘り進むことで土が耕される。さらにコガネムシの幼虫なども、地上に堆積した落ち葉を土中に引っ張り込んで、有機物を垂直・水平方向に移動・混合させる。そうすることによって微生物にエサを供給する。大あごを持つミミズ、ヤスデ、ワラジムシなどは、落ち葉などを噛み砕き、それを糞として排出する。歯を持たないカビや細菌が食べやすい形で食料を供給する。(表3、4参照)

表3 土の深さと土壌動物の関係

土壌動物	地表からの深さ(cm)				個体数
	0	10	20	30	
トビムシ	69	15	4	1	89
ダニ	135	23	10		168
シロアリ	11	1			12
ジムカデ	5	1			6
線虫	7				7
クモ	2				2
ハサミコムシ	1				1
ダンゴムシ	4	3			7
アザミウマ	1				1
ハネカクシ	1				1
カニムシ		1			1
ヤスデ	5	2			7
アリ	12				12
その他	2				2
合計	255	46	14	1	316

100cm³の土壌中、原生動物は除く。表中数値は雑木林3カ所の合計を表す。

引用文献:『土をどう教えるか』古今書院 1998

日本土壌肥料学会土壌教育委員会

表4 土の中の動物個体数

(草地1m²当たり)

種類	個体数
有殻アメーバ	1億~5億
ダニ類	2,000~120,000
クモ類	180~800
小型ミミズ	200~20,000
大型ミミズ	30~2000
線虫類	180万~12億
トビムシ類	1000~40,000
甲虫類	500~1000
多足類	900~1700
ワラジ虫類	100~400

引用文献:『新版島本微生物農法』
島本邦彦 農文協

(6) 土の断面

土を構成している物質の大部分は岩石の風化産物である母材に由来している。この母材に土の生成作用が加わって初めて土となる。この生成作用の主なもの、水、大

気、温度、地形、植物、動物、微生物などである。これに時間が加わって土が生成される。

自然農法が学ぶべき生産力の高い土は森林の土である。森林の土の断面は地表に近い方から順に A₀, A₁, A₂, B, C に分けられる(図10参照)。このような断面では、植物の根のうち養分を活発に吸収する根毛の多い部分は、A₀₀層のH層を中心に、A₀層とA₁層の境界付近に分布している。これはこの部分に養分が集まっているためである。

A₀層で有機物を分解するのは、土の中に住むさまざまな微生物である。落葉の分解過程には、いくつかの段階がみられる。ワラジムシは硬い枯葉を食べて四角の粗い糞塊を出す。これが一次分解である。一次分解動物にはワラジムシ、オカダンゴムシ、オビヤステなどがあり、ササラダニやトビムシにも固い葉を分解できるものがある。これらにより落葉は機械的に粉碎され、水分含量が増える。ツノトビムシ科の動物はワラジムシの糞を食べて、細かい粒状の糞を出す。これが二次分解である。さらにヒメミミズはこの粒状の糞を食べてクズ状の糞を出す。

図10 ポドソール土壌の断面

(cm)		層記号	層名称	内 容	
0	表 土	A ₀₀	落葉層	落ち葉や枯葉や動物の遺体など絶えず有機物が加わってくる。これは土の上や中に住むすべての仲間たちのご馳走となる。バクテリア、カビ、キノコ、トビムシ、ダニ、クモ、ミミズ、アリなどが活躍している。	L層(腐っていない落葉)
		A ₀	腐植層 (腐植混入層)	分解された有機物が土と混じっている。ここも土の中に住む生物たちの集合場所であり、黒褐色である。しかし、ご馳走の栄養価は上の層より低いので、当然生物層は減る。	
		A ₁	洗脱層	上の層に比べると有機物の量はさらに減る。また生物たちの出した排出物やその汁で土の養分が下層に流されている。	H層(完全に腐った落葉)
		A ₂	漂白層 (溶脱層)	生物たちの出した排出物が雨水に溶けて下降し、この層にあったミネラル(カルシウム、マグネシウム、カリ、ソーダ、鉄分など)がほとんど洗い流され灰白色となる。灰白色あるいは強洗脱層と呼ばれる。	
15	集 積 層	B ₁	漸変層	上層から移動してきた有機物や鉄分が、この層に集まる。	黒い土の層
		B ₂	強い集積層	上層から移動してきた鉄分が、ここに集中的に集まる。褐色で鉄集積層と呼ばれる。	
		B ₃	弱い集積層	弱い集積層、鉄とともに活性なアルミニウムも集積している。死んだ根がこの層に住む生物たちのエネルギーになる。	
25	母 材 層	C	未風化層	未風化の礫を含む土壌化しつつある層。ここで絶えず土の赤ちやんが生まれている。	褐色がかった土の層
		D	岩盤		
100					母岩が風化しかかっている層

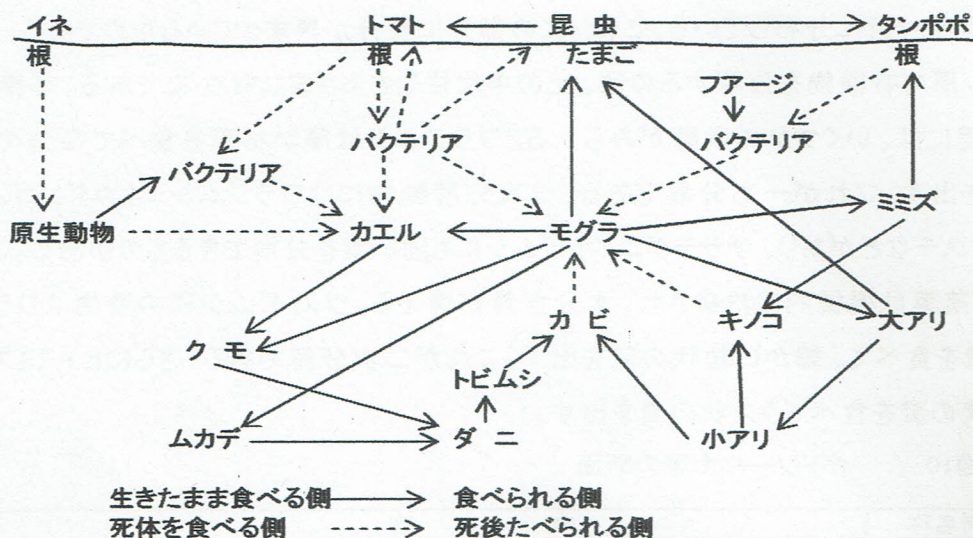
ポドソール土壌とは適度の雨があって、土の上に多くの樹が茂り、しかも気温が低く落ち葉が土の生物だけでは消化されず、そのうえ排水や通気性もよく、母岩にもともと鉄分が少ない等のいくつかの条件が満たされたとき、土はポドソールと呼ばれる自然の土の中で最も進化し、かつ老化した断面をとる。

引用文献:『生きている土の世界』松尾嘉郎 奥園寿子 農文協
『土壌の基礎知識』前田正男/松尾嘉郎 農文協

地上に存在する生命のすべては、直接的にあるいは間接的に土壌の恩恵に浴している。それは土壌に生育した植物をはじめとして、地球上の「捕食(食べる)―被食(食べられる)」という食物連鎖を通じ、地上の多くの生命が養われている。よって土壌なくして地上の生命の維持はあり得ない。(図11参照)

図11 土の中の命の循環 (食物連鎖)

SGE040



引用文献:『生きている土の世界』松尾嘉郎 奥園寿子 農文協

(7) 窒素固定微生物

植物の必須元素16種のうち炭素、酸素、水素を除く13元素のうち窒素以外の12元素はすべて岩石などに含まれているが窒素だけは岩石に含まれていない。植物はまた空気中の窒素も直接取り入れることが出来ない。では窒素分をどこから取り入れているのか、微生物の中に大気中の窒素ガスを取り込んで体内でアンモニアと水素ガスを作る微生物がいる。それが窒素固定微生物である。

窒素固定微生物には独立性窒素固定菌と共生的窒素固定菌の2種類がある。前者は固定したアンモニアを自分だけで消費し、後者は共生している植物から炭水化物と無機物をもらって窒素固定を行い、一方、固定した窒素化合物を植物の根に供給している。このようにお互いに助け合って生活している。大豆の根につく根粒菌は後者の固定菌である。

2. 土の自立的恒常性としての緩衝機能

1) 化学的な緩衝作用 (化学的恒常性)

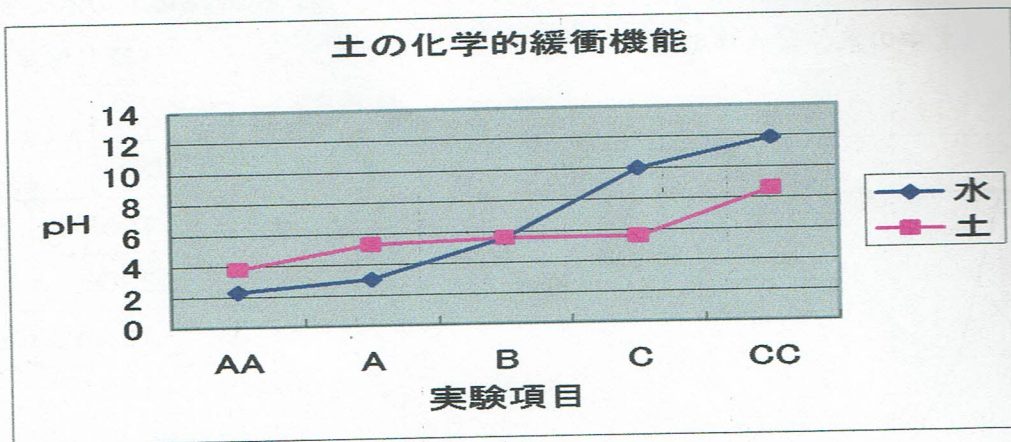
(1) 酸性度調節機能

土に酸やアルカリが添加されても、土の酸性やアルカリ性への変化(pH変化)は、酸やアルカリの添加量から予想されるよりも、はるかに小さくなる。

しかし、あまりにも過剰な酸やアルカリが添加されると、土のpHは大きく変化してしまつて、強酸性土壌または強アルカリ土壌が生じて、植物や微生物の生育

が阻害される。(図12 参照)

図12 土の化学的緩衝機能



実験項目記号:

AA, A: 希塩酸添加

B: はじめのpH値

C, CC: 水酸化ナトリウム水溶液添加

実験内容

(a) 水はビーカに250ccの水を入れたもの。

(b) 土はビーカに水250cc+土100gを入れたもの。

(c) 上記「土」のビーカのpHは測定結果5.6pHを示した土。

(d) 上記「水」のビーカに希塩酸を加えてpHを5.6に合わせた水

(e) 実験項目は両方のビーカに希塩酸あるいは水酸化ナトリウムの水溶液を均等に少しずつ加えた場合の4点(AA, A, C, D)を示す。

引用文献:『健康な土・病んだ土』岩田進午 新日本出版社

(2) 養分のバランス機能

土に化学肥料が施用された場合には、水に溶けたイオンが土の粘土や腐植に吸収されるために、急激な肥料成分濃度の上昇が抑制さえる。これによって環境の急激な変化がやわらげられるため、植物や微生物が安心して生活することが出来る。

窒素、リン、カリの過剰蓄積により土中養分がアンバランスになると細胞膜が軟弱になったり、細胞内酵素の異常な活性化あるいは抑制効果で代謝が攪乱され病虫害に犯されやすくなる。

2) 物理的な緩衝作用 (物理的恒常性)

(1) 保水機能

雨水の一部は土の中に残る。この残った水のことを「土壌水」といい、植物や微生物に欠かすことが出来ないものである。これにより、日照りが続いて、土の表面の近くが乾いても、深さ10cm以下では十分に水を保持しているので、下層

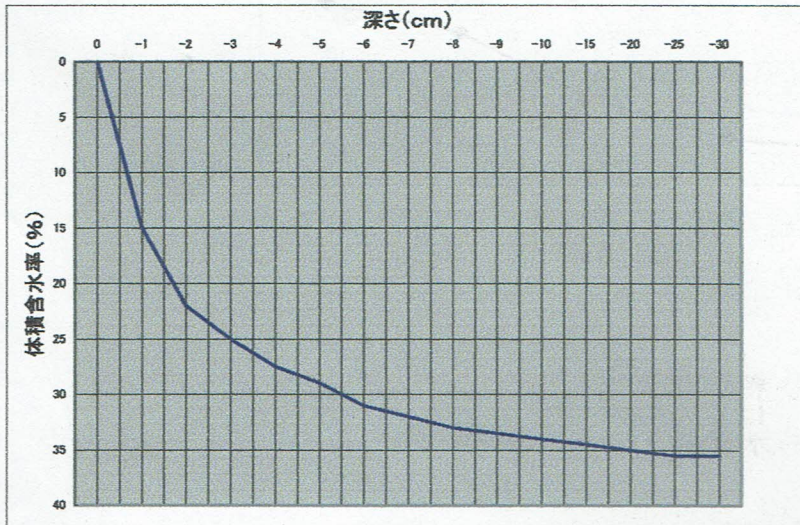
から水が上昇してきて植物に水を供給するので、植物は枯れずに生育できる。
(表5、図13参照)

表5 土の中の水分量

体積含水率(%)

地表	0%
深さ5cm	27%
10cm	33%
20cm	35%
30cm	36%

図13土中の水分含水率の変化



屋間の赤黄色土の場合

引用文献:『地下水位』 粕淵辰昭 1982

(2)通気性保持機能

土の隙間にある空気は、植物の根の呼吸や微生物の呼吸のために重要な役割を果たしている。土の隙間にある水と空気の絶妙なバランスが植物や微生物の生育を助けている。これは多数生息する小動物が団粒生成にかかわるとともに縦横の通路を作り、空気の流通を良くする。

(3)気温変化調節機能

土の隙間にある空気は、断熱の役目もある。地表は気候の変化によって気温の影響をまともに受けて、温度が大きく変化するが、それは地表からわずか2~3cmまでで、それより下の土は、深くなるほど温度の変化は小さくなる。これは土の隙間にある空気が緩衝材となって熱の伝導を抑えているからである。厳冬下であっても、植物の地下茎などは土の緩衝によって凍結から保護され、春まで生き延びることが出来る。

また、土中に十分な水分が保持されていれば、水は蒸発する際に周囲から1gにつき約540calの熱を奪うので、土表面の水分は蒸発するが、土中の気温上昇は抑えられる。反対に0℃以下になると土中の水は凍結して水1g当たり約80calの熱を発生し、土中温度が急速に低下するのを防ぐ。

3)生物的緩衝作用 (生物的恒常性)

(1)微生物種バランス保持機能

土は著しい「不均一系」に属し、隙間、水分、空気、養分などがまだらに分布

している。このため、土の微生物は不均一系の中から自らの生活に適する場所を選んで住み着くようになり、その種類が多様化してくる。

土の中の微生物の世界では、それぞれの微生物は助け合ったり、争ったりしながら複雑に絡み合い、絶妙なバランスのもとに生活している。土の中では、ある特定の微生物のみが大繁殖するというようなことはなく、均衡のとれた緩衝作用が働く。ただ微生物相が多様な土ほど高い生物的恒常性を備え、植物にとって有害な微生物の繁殖を抑える。

(2) 分解機能

土壌中の生物は動植物の遺体や動物の排泄物などの有機物を分解してくれる。その場合、土壌動物が有機物を摂取して細かく粉碎する。この細かくなった有機物を土壌微生物が摂取して、さらに分解と無機化を進め、植物に利用される。

土壌生物の活動を通じて、外部から添加されたさまざまな種類の有機物は分解されて安定した土の有機物(腐植)が形成されていく。このため、土の炭素と窒素の比率(C/N比)は10対1ぐらいの安定した値に落ち着く。有害な有機性廃棄物なども同様にして分解過程で浄化される。

第4章 土を育てる実践と検証

1. 土壌の維持管理

土の育成については、土作りというようなえらそうなことはいえないので土を育てるといふ。

1). 土育成の目的

(1) 病害を出さない土壌

(2) 高品質/多収穫のできる土壌

- ① 安全性が確かである。
- ② おいしい、生体機能が高い農産物生産
- ③ 品質、栄養価、日持ちがよい
- ④ 生産能力の向上(限界を感じさせない土壌)

(3.) 浄化能力のある土壌

よい土壌はよい水を造る

遠赤外線を放出する物質、陽イオンを吸収する物質が多く含まれている土壌が水を浄化する。

2). 土壌育成の3要素

土育成の3要素、すなはち物理性、生物性、化学性のバランス

これらをもつて高めるには、この3つは連動しており、全体として1つのものである。

物理性:土が軟らかく団粒構造が発達、通気性・保水性・透水性を改善し、作物の根が張りやすい環境を作る。

化学性：酸性度が適当な範囲である。養分保持力が高い。塩基バランスが保たれている。

生物性：多種多様な土壌生物が棲息増加しており、各種微生物が安定した状態で混在して土壌病害が起こらない。

物理性と化学性がかみ合ったところに保肥力を作る。

化学性と生物性がかみ合ったところに還元力・養分形態を作る。

生物性と物理性がかみ合ったところに土の柔らかさ・団粒構造を作る。

物理性、化学性、生物性が一体となったところに地力が生成される。肥沃な土を作る。

地力とは土壌の性質に由来する農地の生産力をいう。

3). 三要素のバランスがよい土とは

(1) 保水性、排水性、保肥力のある土………(物理性)

排水性が悪いと、空気のあるべき場所に水が溜まるため、根が呼吸障害を起こして枯れてしまう。

(2) 通気性のある土………(物理性)

根が生育するためには酸素(空気)が必要。水やりをすると水は下のほうに移動し、重力によって空気が入って根に供給する。水が溜まらない土は通気性がよい土で根が張る。逆に水はけの悪い土は通気性の悪い土で、根が呼吸障害を起こして根張りが悪くなり、生育も悪くなる。

(3) CEC(塩基置換容量)と塩基バランスがあり、酸度が適正である土……(化学性)

植物にとって適したpH値を保たないと、特定の養分が吸収しにくくなり生育が悪くなる。塩基バランス(石灰5、苦土2、カリ1&チツソ2の比率)も整えないと養分が吸収されにくくなる。また、不可溶になって土に固定してしまう。保肥力というのはCEC(塩基置換容量)のことで30以上が理想。20以下では施肥効果は薄く増収は望めない。

(4) 有用バクテリアのエサとなる有機物と富んだ腐植がある土……(物理性・生物性・化学性)

有機質肥料のことではなく、落ち葉や粗大有機物が含まれている土。有機物自体は肥料成分としての働きはすぐには期待できないが、養分や水分を蓄える、緩衝機能を高める、微生物の活動を盛んにするなど植物にとって様々な有益な作用がある。腐植は地力となる。団粒化に役立ち保水性・排水性・保肥性のある土になる。

(5) 土壌生物が豊富な土………(生物性)

落ち葉や粗大有機物が含まれる土には多種多様な土壌生物が棲息する。多種多様な土壌生物が棲息すると団粒構造を育み、病害虫を抑える清潔な土が生まれる。

(6) 土に適度な重さがある土………(物理性)

根には水や養分を吸収する働きと、植物の体を支える大切な働きがある。植物を安

定させるには、適度な重さが必要。その重さの理想値は団粒土の仮比重1.00である。

4) 土の健康診断

土の健康診断にはいろいろな計測器が必要なため、手作業で出来る範囲の健康診断を試みた。表6は健康診断項目と診断結果である。まだまだ不十分な診断であるが、とりあえず実施した。

表 6 簡単な土の診断 (中根圃場)

SGE039

土の健康診断項目		診断結果
土質 チェック	(1) 耕してみる ①クワやスコップで掘り起こし、かたまりを砕いてみる。 もろく砕けるならよい土 ②その土の深さを調べる。	粘土質のかたまりが少しある。 約10cm
	(2) 手で握ってみる。[よく耕した土から水分のある部分(手に湿り気を感じるぐらいの状態)]から一掴みとる。 ①固く握り締めて、もし固まらないなら砂の割合が多い土 ②おにぎりぐらい固めて、指先で軽く押すと脆く砕けるなら、有機物も含まれていて、団粒も発達しており、よい物理性の土 ③指先で押しても、へこむだけの場合は粘土質で団粒構造、通気があまりよくない。 ④フライパンで仮比重を計る。 1.0より高ければ比重の軽い堆肥(0.2~0.4ぐらい)を入れ、低ければ比重の重いゼオライト(1.5ぐらい)などを入れ1.0に近づけるようにする。	固まる。砂の割合が少ない 少し力を入れると砕ける。 へこみ 元にもどりにくい。 未実施
	(3) 指先で押す ①粗い粒の団粒は指先で強くもむと砕ける。通気、排水、保水に優れた土 ②土を握ったとき、弾力があって、柔らかい感触があるものは、有機物を多く含んでいる土 ③栽培後の跡地を指先で押して、指がめり込むようなら良好、硬くてめり込まないなら、有機物が少なく、通気不足。	強くもむと砕ける。10cm 弾力が少ない。 めり込む。
水はけ チェック	(1) 土の中に大きな隙間が多く、ふかふかして層の厚い土はよい土 (2) 水はけのよい土は雨がやんで1~2日後に足を踏み入れてもめり込まない。 (3) 水はけは、その土の層の厚さ、地下水の位置にも関係する。 (4) 20~30ミリの雨の後、1~2日で土を掘っても土がほぐれるなら、水はけ良好な土 (5) 2~4日しても掘上げた土がねばねばしてほぐれないようであれば、水はけの悪い土	ふかふか層が少ない。 めり込む。 土の層が薄い。8~13cm 水はけ少し悪い。 ねばねばしてほぐれにくい。
酸度 チェック	(1) pH測定 ①土壌酸度計(pHメータ)で測定する。 ②目的の場所のセンターと対角線上の4箇所計5箇所の土を、表面から5~10cmの深さの土を採取し、コップに土1:水(できれば蒸留水)2.5の割合だけなら元肥まえて入れ、よくかきまぜて、約30秒の上澄み液を測定する。 時期は年1回がよい。耕さないまえがよい。 ③測定したpH値が目的の野菜に適するかどうかチェック	新電元社製pHBOY KS701使用 やむをえず栽培中に実施 図 14 参照
	(2) 雑草の種類を見る スギナ、オオバコ、ハハコグサ、ジシバリ、カヤツリグサ、スイバなどの雑草がはびこっていると酸性の土 ナズナ、ハコベがはびこっているとアルカリ性の土	オオバコ、カヤツリグサ、ジシバリ、 ハハコグサあり コシキソウ、トクダミあり ナズナ、ハコベあり
匂い チェック	(1) 嗅いでみて卵が腐っているような匂いがしたら、嫌気性細菌がはびこっている土、この土は目づまりを起こした通気性の悪い土	臭い匂いはしない。
	(2) 好気性細菌が活発に働いている土は、枯葉のような匂いがする。腐敗臭はしない。このような土は健康な土	部分的に匂う。まだ弱い。

参考文献:『現代農業2005年土肥特集』『花壇と菜園の土作り入門』村上 睦朗 藤田 智 家の光協会
『新しい土壌診断と施肥設計』武田 健 農文協

図 14 栽培中の野菜の好適酸度と土壌pH測定値

■: 好適酸度

□: 限界酸度

05/11/15現在

数値: 測定pH

測定器: pHBOY KS701 (新電元社製)

栽培中の 野菜の種類	pHの範囲					圃場	
	強酸性	弱酸性	中性		微アルカリ性	谷 村	中 根
	4	5	6	7	8	C	D
果 菜 類	トマト		6.8 7.1			*	*
	ナス		6.7			*	
	キュウリ		7.1			*	*
	かぼちゃ		7.1			*	*
	イチゴ		6.8			*	
	インゲン		7.3				*
	エンドウ		7.1				*
	シトウ		7.0				*
	トウモロコシ		7.0				*
	トウガラシ		7.0				*
葉 茎 菜 類	キャベツ		7.2				
	ハクサイ		7.8			*	
	レタス		7.4				*
	ホウレンソウ		7.2				*
	コマツナ		7.2				*
	シュンギク		7.2				*
	ネギ		6.8 7.0			*	*
	タマネギ		6.7 7.3			*	*
	ワケギ		7.1				*
	チンゲンサイ		7.3				*
根 菜 類	ダイコン		6.6 7.1			*	*
	ニンジン		6.6			*	
	かぶ		7.1			*	*
	ジャガイモ		7.1			*	*
	サツマイモ		6.8			*	

注: pHの範囲は兵庫県有機栽培研究会「野菜の作り方」より引用

2. 有機栽培の実践

1) 有機肥料

有機肥料とは魚カス、骨粉、植物油のカスなど、動植物に由来する有機物を原料としたもので、肥料成分が高いものをいう。これらは土壤中で微生物に分解されて肥料効果が出るため、ゆっくりと肥料効果が現れる遅効性である。動物性のものはリン酸が多くカリが少なく、植物性のはリン酸が少なくカリの多い傾向があるため、数種の肥料を混合して使う。

有機肥料は窒素、リン酸、カリの肥料成分以外に微量元素も含んでいるため作物栽培には適した肥料であるが、化学肥料に比べると肥料成分が少ないので多量に施用する必要がある。有機物であるため微生物が急激に活動すると根傷みや虫害の原因になることがあるので、作物を植える2週間以上前に施用し土壌と混合するなどの注意が必要である。

堆肥とは稲ワラなどの収穫残渣、樹皮などの木質、家畜フン尿などの有機質資材を堆積し、好氣的醗酵により土壌施用後農作物に障害を与えなくなるまで腐熟させたものをいう。

ボカシ肥とは土に鶏ふん、油かす、米ぬか、魚カス、燐炭などの有機物、過リン酸石灰などの肥料を積み重ねて醗酵させたもの。土と混合して熟成しているため、肥料成分濃度が低く作物の根が肥まけしない、化学肥料にくらべてゆっくり効く、節水栽培でも土壌の塩類濃度を一気に上昇させないという利点がある。ボカシ肥は有機肥料を有効に活用するための工夫であり、微生物活動によって作られていても、堆肥ではなく有機肥料のひとつである。

(1) ボカシ肥

①ボカシ肥は、油カスや米ヌカなどの有機質肥料に山土や粘土、モミガラなどを混ぜて発酵させて肥料とする。

② 効果

葉が厚くなる。

節間が短めになる。

果菜類などでは着果が安定する。

病虫害にやられにくくなる。

③ 役目

①発酵型土壌を保つための発酵型微生物の供給源としての役割

②ミネラルなどの野菜にとって足りない栄養素の供給の役割

(2) EM ボカシの作成

EMとは<Effective Microorganisms>の頭文字をとったもので、訳すると「有用微生物群」。自然界に存在する微生物の中から、作物生産に有効な糸状菌、酵母、乳酸菌、放線菌、光合成細菌など5群(科)10属80種以上の微生物群を複合培養した液を指す。多

種多様な微生物が、土壌中でお互いに共存共栄し、連動しあい、相乗効果を発揮する仕組みになっている。従って、生き物として取り扱い、繁殖できるような環境づくりが大切。土壌環境、時期、目的等により使い分け、農産物の増収・品質向上、病虫害の発生抑制、土壌の団粒化促進、緑肥の有効利用など、さまざまな効果がある。

EM ポカシとは

- ①EM で有機物資材を発酵させたもので、正式には EM 発酵資材といい、通称「EM ポカシ」と呼ぶ。
 - ②EM ポカシには I 型と II 型とある。I 型と II 型の違いは、材料と使用目的により分けられる。I 型ポカシは主に「生ゴミ」「水稲」用に使用し、材料は米ぬか、もみがら、糖蜜、EM1(有用微生物群)を混和し、乳酸発酵させてから乾燥させたもの。II 型は I 型の材料に油かす、魚粉、骨粉、カニガラ粉等を混ぜて発酵させたもので、特に畑に基材や追肥材として使用する。
- (3)EM ポカシの作成実践 (表7 参照)

表 7 EM ポカシ作成材料

I 型(生ゴミ用)		II 型(家庭菜園用)	
米ぬか	1kg	米ぬか	1.5kg
もみがら	300g	油かす	0.5kg
お湯(45℃)+水	0.3ℓ	魚粉	0.5kg
糖蜜	3ml	お湯(45℃)+水	0.2ℓ
EM1	3ml	糖蜜	3ml
		EM1	3ml

作成手順

I 型・II 型とも手順はほとんど同じ

- ①タライに米ぬか、油かす、魚粉を入れて、よく混ぜ合わせる。
- ②糖蜜を少量のお湯(約40~55℃)で溶かした後、水を加えて約50倍の希釈液を作る。その後、EM1を入れてEM糖蜜希釈液を作る。
- ③混合液を①にジョウロでかけながら、再度混ぜ合わせる。I 型の場合はジョウロでEM混合液をもみがらにかけ、よく侵み込むように混ぜ合わせる。
- ④EM希釈液の水分は、手でぎゅっと握って広げたときに少し固まる状態。
- ⑤④を密閉容器に入れ、空気が入らないように材料を押しえ込むように詰め込む。容器一杯になるように調整し、蓋をきっちり閉める。(写真1参照)
- ⑥密閉容器は、直射日光の当たらないところに置き(ガレージに置いた)、中の材料を発酵させる。発酵温度の適温は25~30℃で40℃以上にならないようにした。発酵期間は夏で7~14日。その後、2~3週間で甘酸っぱい乳酸発酵臭がしてくるので出来上がりとなる。

実践の結果、5月3日から3ヶ月して取り出したが、上記の甘酸っぱい乳酸菌臭の匂いはするが弱い。どうやら④項の握ったときの水分の割合が少なかったようである。(写真2)それをビニール袋に入れ、口をしっかりと閉めて冷暗場所に保管した。(写真3)

写真1 EMボカシ作成密閉容器



写真2 熟成完了EMボカシ



写真3 EMボカシ保存状況



2) 土壌改良作業の概要

平成15年8月から7ヶ月かけて第1次土壌改良を行い、その後、現在まで引きつずき土壌改良を行っている。7~8年はかかるといわれている。

(1) 土の掘り返し

①30cm位の深さまで掘り返した。

実践の結果、5月3日から3ヶ月して取り出したが、上記の甘酸っぱい乳酸菌臭の匂いはするが弱い。どうやら④項の握ったときの水分の割合が少なかったようである。(写真2)それをビニール袋に入れ、口をしっかりと閉めて冷暗場所に保管した。(写真3)

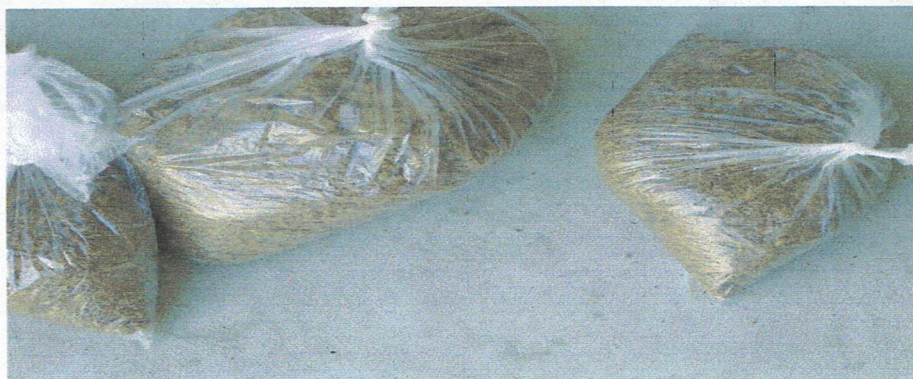
写真1 EM ポカシ作成密閉容器



写真2 熟成完了EMポカシ



写真3 EMポカシ保存状況



2) 土壌改良作業の概要

平成15年8月から7ヶ月かけて第1次土壌改良を行い、その後、現在まで引きつづき土壌改良を行っている。7~8年はかかるといわれている。

(1) 土の掘り返し

①30cm位の深さまで掘り返した。

②多数の石や瓦礫を取り除いた。除いた石は庭作りに使用した。

(2)土が酸性過多(石灰投入)

①よく耕した。

②有機石灰を多めに散布した。

pH1 上げるのに 1 m²当たり石灰150~200g 必要とされる。

③ていねいに土と混ぜ合わせた。

(3)土をフカフカの状態にするため、堆肥の投入を行った。

①石灰散布後1~2週間経ったら土に堆肥を投入。量は1 m²当たり4kg

②堆肥作りは、枯葉、野菜くず等に自家製のEMI(写真3)を投入し、土に埋めて上にビニールシートをかけ、定期的に掘り返し3ヶ月ぐらい寝かせたあと畑に投入した。

(写真4 は作成状況)

③クワやスコップで、よく土になじませた。

(4)通気性と水はけの改善(土壌改良材の投入)

①石灰散布の1~2週間後 1 m²当たり5l土壌改良材投入(パーミキュライト、パーライトなど)

②クワやスコップで、よく土と混ぜ合わせる。

③ミゾを掘り水路を作って水はけを良くした。畝も少しかさ上げした。

写真4 堆肥作成状況



(5)ミミズの増加現象

普通のミミズは農土を豊かにするために、重要な生物である。ミミズは毎日土を食べて生きている。土はミミズの口から入って外へ出ると、また土になる。しかし、ミミズの口へ入る前の土とミミズが外へ出した土とは、土の性質がまるで違っている。第一に土と一緒に飲み込まれた新鮮な草の葉や半腐れのワラなども、ミミズの体内の分泌液によって豊かな黒い土になって出てくる。第二に出てきた土は細かい団粒状であるから空気が通りやすく、フワフワと柔らかかなものになっている。

中根圃場では土壌改良2年目の土壌であるが、多くのミミズが住み着くようになった。

(写真5、図15 参照)

図15 ミミズの形態

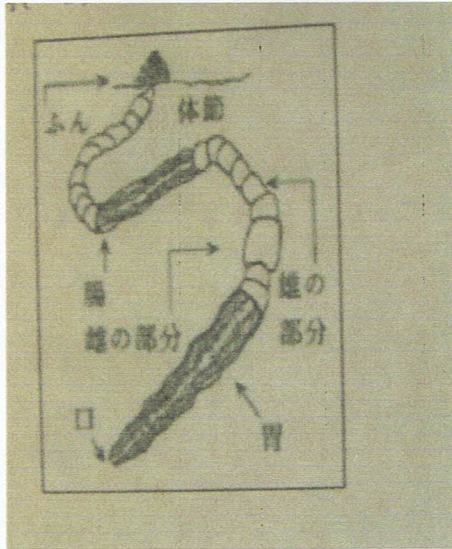


写真5 圃場のミミズ



圃場の堆肥作りの穴に住んでいる12cmのミミズ(05/8 撮影)

引用文献『研究紀要 第17集』 環境学習ガイドブック 長浜市立教育研究所

土壌動物が粗大有機物である落葉、落枝、作物残渣などの有機物を食べて、細かく砕き土壌中に引きずり込み土壌と有機物を混合させる。ミミズの場合は有機物を2mm以下に砕いて出してくる。それにより微生物の細菌や糸状菌による有機物の分解が促進される。

ミミズは口先で土を押し分けたり、土を食べて穴を掘る。足はないが体節という節があり、これを伸び縮みさせて動く。ミミズの掘ったトンネルは土の中の空気の通り道であり、作物の根が伸びやすい。ミミズの体内を通して出てきた土は普通の表土より窒素が約5倍、リンは7倍、カリは11倍、マグネシウムは3倍も多いと報告されている。(米国コネチカット州立試験所報告)

ところが、硫酸アンモニウムや過磷酸石灰、硝酸カルシウムなどの化学肥料が土に投入されるとミミズはたちまちにして死んでしまう。それは硫酸アンモニウムの場合は作物に必要なアンモニアが吸収されて、あとに硫酸が土の中に残り土が酸性化してしまうからである。ミミズは酸性土壌を嫌うからである。

(6) クモの種類・数の増加現象

昆虫の捕食者として知られるクモの動態を和歌山県下の自然農法のミカン園(面積約7アール、自然農法13年目)の農園の調査結果でも、網を張るタイプ(造網性)のクモであるクサゲモが長い間生息していた。慣行農法の園と比較すると、クモの種類が多く、比較的長い世代をもつ造網性の種類が多い。われわれの圃場でも慣行農法を行っていたときと比べ、有機農法を行っている17年度では、クモが多く発生している。クモの種類は確認できたものでナガコガネグモ(垂直円網を張る)やシモングモの2種類で、20数匹が住

んでいる。(写真6 参照)

おかげで、クモの網が頭や顔によくひっかかった。ただ、地上を這うクモが少なかった。コガネグモ科、アシナガグモ科、ウズグモ科などのクモは円網を作る。サラグモ科のクモは皿網を作る。ヒメグモ科のクモは糸を不規則に張り巡らせた不規則網をつくる。

写真6 圃場に住んでいるクモ2態



有機栽培の野菜畑に現れたクモ 05・8撮影

7) 圃場の有機野菜作付け計画と実践

(1) 作付け計画と実践

各圃場における作付け計画と実践状況は表9 のとおりである。

(2) 輪作計画と実践

輪作計画は下記のとおり実践している。

- 連作する : カボチャ、ニンジン、ダイコン、タマネギ、ネギ
- 1年おき : ホウレンソウ、カブ、ミズナ、タカナ
- 2年おき : ブロッコリー、キュウリ、パセリ、ミツバ
- 3年おき : ナス、トマト、ピーマン
- 4~5年おき : エンドウ

(3) 成果 (表8、写真7, 8)

谷村圃場の場合

表8 野菜収穫量

品名	収穫量	苗数	品名	収穫量	苗数
ニガウリ	69コ	1	ダイコン	42本	42
カボチャ	13コ	2	ハクサイ	21コ	21
カブラ	36コ	36	ナスビ	353コ	4
ジャガイモ	33kg	30	トマト	55コ	5
サツマイモ	27kg	35	キュウリ	84本	2
イチゴ	13kg	60			

写真7 トマトの苗成長状況



写真8 トマトの実の成熟手前



06/7 有機栽培トマト

1. 生きものの生きていくうえでの予防ということ。

病気になってから病気を治すのと、病気になる前に病気を予防するのとでは、どちらが楽であろうか。病気になってから、病気を治すよりも、病気になる前に予防しておいたほうが楽で、簡単、しかも経済的である。しかし、現実には反対のことをしているケースが如何に多いことであろうか。

安い食料だといって喜んでいるのは、近視眼的な考え方ではなかろうか。さらに、「これだけ安く売ってももうかっているのかなあ」といい、「原価はいくらなのだろうか」という。そこまでしか考えない。なぜ安く作れるのか、なぜ安く売れるのか、売れる製品のポイントは、そのポイントは どうして得られるのか。安いこと自体は良いことである。しかし、安い食料には安い理由があるはずである。それは農業や化学合成肥料を多量に使い、大規模栽培をしているため、そうして食品添加物や合成保存料を使用しているため腐りにくくなっている。薬漬けにしているので、長期保存もでき流通もしやすく、味は合成調味料でごまかして、色まで着色している。このような装飾された食料は本当に安全といえるのであろうか。

健康に良くないものを食べ続けて身体をこわせば、それ以上に高い医療費がかかってしまう。病気になってから病気を治すような対症療法的な考え方ではたしてよいのであろうか。少々高くても安全な食料を普及させることが予防医学につながり、ひいては、医療費の削減にもなり、健康な人が増えれば社会的貢献度があがる。健康の定義のなかに「健康とは身体的、精神的、社会的に健康でなければならない」と定義されている。

このように考えていくと、少々高くても損をしたと短絡的に考えるのではなく、より安全な食料品を買ったんだと思うことが大切。この方が十分元を取り返せるし、それ以上の効果が期待できると考えることは無理があるのであろうか。安い食料品は自分の健康を切り売りした分安くなっていると考えれば、単に安いというだけで購入する考えは改められる人が少しは多くなってくることを期待したい。安いものを安易に買う人のなかには、介護保険について、「介護の世話になっていないのに、高い介護保険料を払うのは馬鹿らしい、もっと安くしてもらいたい」と考える。「それでは身体が動けなくなって、人の世話になり介護保険料をとりもどしたいのか」と言いたい。健康で生かされている幸せは何ものにも代えがたい。そのお礼に高い介護保険料を払っているのだ。その保険料が不幸にして身体が自由に動けなくなった人のために使われているわけであるから、お互いに助け、助けられて豊かな人生があるのであろうか。予防ということにお金をかけることを渋ってはならない。

野菜作りも、目先のことばかりを追うのではなく、健康な人間を作るための健康な作物作り、健康な作物を作るための健康な土作りが不可欠である。健康な土作りは目先のことばかりを考えていると出来ない。対症療法では治らない病気も多い。大局的見地から自然環境のなかでどう生かされ、生きていくのか、東洋医学的病気治療が見直されていきつつあるのも当然の成り行きであろう。農業も慣行農業から有機農業の方へ変化していくのが大自然環境保護の面からも今後の方向であると確信する。

2. 「つつしみのころ」

大自然は適正規模を保つというプログラムを持っている。そして、うまくバランスを取って進化発展している。ところが人間の行為は歴史が進むにつれ、「つつしみ」がなくなってきており、石油資源をどんどん掘り出して枯渇するほど使ったり、生態系を無視して森林伐採を行ったり、生産量を上げたいばかりに危険な農薬を多用したり、これらに限らず、どう見ても人間の思い上がりとしか思えない行為がめだっていることにわれわれも含めてころしななければならない。

3. 土は生きている。

土が生きているということは、人間が生きている場合と同様、停滞を許さないのである。何もしなければ、現状維持などあり得ないし許してもらえない。退化していくのみである。これが大自然の厳しい法則なのである。人間は目で見えることのみ信用し、目で見えないものに対しては疑いの目をまず向けるのである。世の中には目で見えないものは数限りなく存在する。

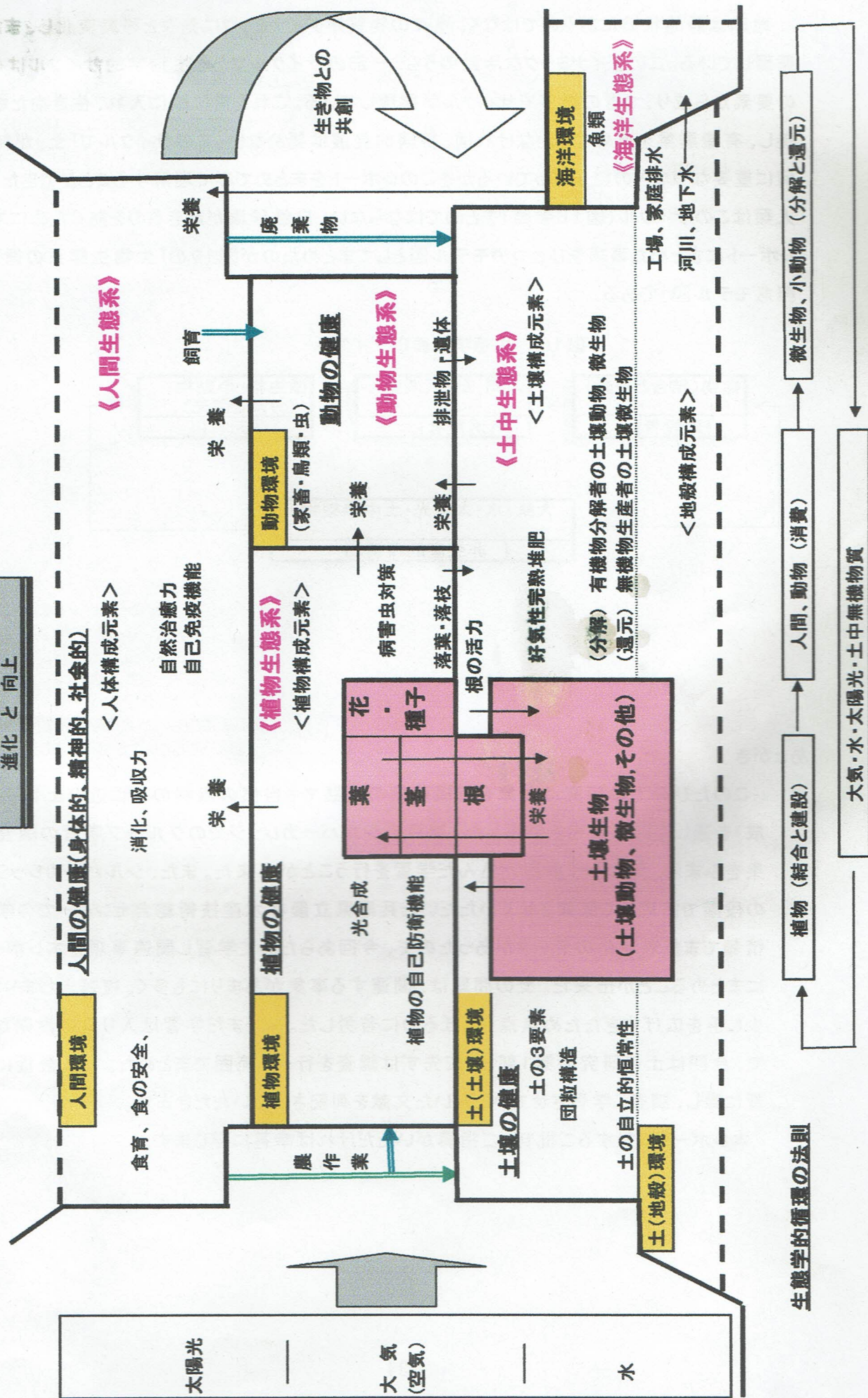
土中の膨大な微生物も顕微鏡の世界であるから、人は常日頃関心を持たない。その土中の生き物たちによって人間も生かされているなどとは多くの人々は思いもしないであろう。従って、土を粗末に扱い、土でおおいをしてしまえば隠れてしまって美しくなるとばかり、不法投棄を平気で行う。美しいおいしい野菜を早く大量に作って利益を上げるため、化学肥料の大量投入、病虫害を防ぐため農薬を大量に撒く。雑草の生えるのを防ぐために除草剤をどんどん撒く。目に見える現象のみに注意し対策をたて実行している。土のなかのことなど目に見えないものには無関心で、目先の短期間のことしか考えない。

毎日のたべものでも安いこと、美しいこと、欲しい量があることなど目で見える事象で購入の判断をする。生産者も消費者に喜んでもらえるために大量生産、機械化によりできるだけ安価な商品を市場に送り出す。安いものを買うことは、そのときは何か得をした感覚があるが、長い目でみて、より視野を広げて将来のことを考えていくと、いのちに金をかけないといけな

4. いのちに金をかけるとはどういうことか？

安くておいしいものを食することにより健康で、楽しく生活することを望み、安いものを求めるのであるが、それは自分のため、家族のためであるのが第一である。そこで、よく考えてみよう。自分とは何か？ 自分とは、この考えている「からだ」が自分である。いや「考えるころ」も含めて自分であると、思われるであろう。しかし、「からだ」も「ころ」も道具に過ぎない。では自分とは何か？ また「からだ」と「ころ」は何の道具か？ 自分とは「いのち」のことをいう。その「いのち」を生かす道具が「からだ」であり「ころ」である。この道具は時には故障することもあり、また、年を経れば衰えてくる。最後は朽ち果て土に帰っていく。「いのち」はつぎの世代へと受け継がれていく。この「いのち」に金を掛けていかないと持続的農業の発展も望めないし、人間の健康維持もおぼつかなくなっていくことを懸念する。

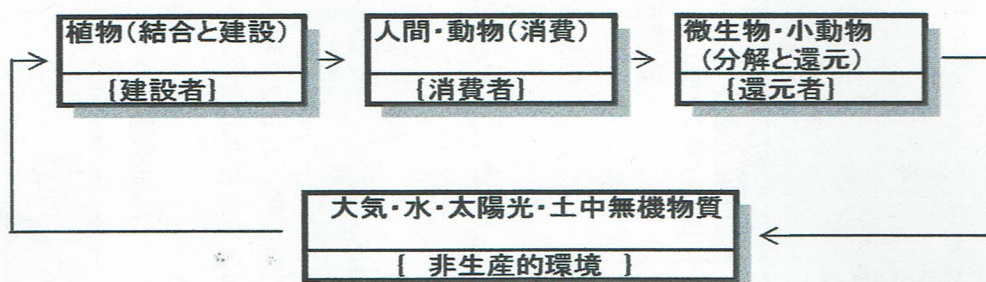
図 17 生物生態系の循環概念モデル図



5. 生態学的循環サイクル

地球は静的状態にあるのではなく、種々の物質がダイナミックに刻々と移動変化し、また循環している。このダイナミックな活動のうち、一部のサイクルである生物学的サイクルは4つの要素から成り、つぎの順序でサイクルが循環している。これを常に頭に入れ、生き物たちと接し、有機農業を進めていかなければ、持続的発展は望めない。このサイクルで「土」が如何に重要なつなぎの鍵を握っているかをこのレポートをまとめてみて理解することができた。人類はこのサイクル(図16参照)をとめてはならない。自然破壊が起きるのを防ぐために本レポートにまとめた事項をひとつのモデル図としてまとめたのが図17の「生物生態系の循環概念モデル図」である。

図16 生態学的循環サイクル



あとがき

このたびの土の研究は対象を有機栽培の実践でも自然の森林の土に近い土作り(育成)を通して野菜栽培を学習した。神戸市シルバーカレッジでのグループ学習の調査結果をふまえ、更なる一步踏み込んだ学習を行うことが出来た。また、シルバーカレッジでの段階で訪問して勉強させていただいた兵庫県立農林水産技術総合センターでの学習情報でまだ未消化のデータがあったので、今回あらためて学習し関連事項を本レポートにまとめることが出来た。土の問題は、関連する事象があまりにも多く、複雑きわまりなく、少し手を広げすぎたため焦点をしぼるのに苦労した。まだまだ学習は入り口の段階なので、今回は土の研究の第1部として先ずは調査を行った範囲でまとめた。最後に学習に際し、調査、学習させていただいた文献を列記させていただきます。

本レポートに対するご批判、ご指導がいただければ幸甚に存じます。

参考文献一覧

書名	著者	発行所
(1) 有機農業運動の到達点	保田 茂	ひばり双書
(2) 生命と宇宙	小林 道憲	ミネルヴァ書房
(3) ハワードの有機農業(上)(下)	横井利直・江川友治 蛸木 翠・松崎敏英	農文協
(4) エコロジ的思考のすすめ	立花 隆	中公新書
(5) 生命の医と生命の農を求めて	梁瀬 嘉亮	地湧社
(6) 土とは何だろうか	久馬 一剛	京都大 学術出版社
(7) 沈黙の春	カーゾン	新潮文庫
(8) 複合汚染	有吉佐和子	新潮文庫
(9) 土壌学の基礎	松中 照夫	農文協
(10) 土壌 一土壌のみかた 考え方一	横井 利直	東京農大
(11) 有機農業コツの科学	西村 和雄	七つ森書館
(12) 自然農法への転換技術	宇田川 武俊	農文協
(13) 新しい土壌診断と施肥設計	武田 健	農文協
(14) 自然農法を始めました	村田 知章	東京書籍
(15) わたしの有機無農薬栽培	久保 英範	農文協
(16) 土壌の基礎知識	前田正男・松尾嘉郎	農文協
(17) 土と微生物と肥料のはたらき	山根 一郎	農文協
(18) ポカシ肥の作り方、使い方	農文協編	農文協
(19) 堆肥の作り方、使い方	藤原 俊太郎	農文協
(20) 現代農業 2005年 土肥特集		農文協
(21) 微生物の農業利用と環境保全	比嘉 照夫	農文協
(22) 土と肥料 作り方、使い方	ガーデンライフ編	誠文堂新光社
(23) 健康な土 病んだ土	岩田 進午	新日本出版社
(24) 花壇と菜園の土作り入門	村上 睦朗 藤原 智	家の光協会
(25) 土を知る	中嶋 常允	地湧社
(26) はじめに土あり	中嶋 常允	地湧社
(27) 土と人のきずな	小野 信一	新風舎
(28) 土と堆肥と有機物	松崎敏英	家の光協会
(29) 土壌微生物の基礎知識	西尾 道徳	農文協
(30) EMでいきいき家庭菜園	EM研究所	サンマーク出版
(31) EMでつくる家庭菜園	EM研究所	EM研究所
(32) 生きている土の世界	松尾 嘉郎・奥園 寿子	農文協
(33) 有機農業と野菜づくり	佐倉 朗夫	筑波書房
(34) やさしい土のしらべかた	塚本 明美・岩田 進午	合同出版
(35) 土と農業	鎌塚 昭三・山本 広基	日本植物防疫協会
(36) 土壌肥料用語辞典	藤原・安西・小川・加藤 編	農文協
(37) よくわかる農業問題	藤原 邦達・本谷 勲 監修	合同出版
(38) 土壌のはなし	山岸 確三	
(39) 土をどう教えるか		古今書院
(40) 新版微生物農法	島本 邦彦	農文協
(41) 地下水位	粕淵 辰昭	
(42) 研究紀要17集(環境学習がイブック)	長浜市立教育研究所	

訪問先資料

兵庫県立農林水産技術総合センター資料