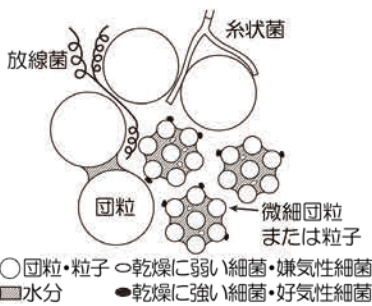


土1グラに1億以上の微生物

1グラの土の中には、少なくとも1億以上の微生物が生息し、細菌・放線菌・糸状菌・藻類に大別される。

放線菌は抗生物質を作る微生物として知られている。糸状菌とはかびとき

こので、藻類は主に水田に生息する藻の仲間である。土の中で最も数が多い微生物は細菌だが、重さでは糸状菌が全体の70%程度を占め



団粒内での土壌微生物のすみ分け (原図川高井康雄)

る。放線菌と糸状菌は酸素を好む好気性微生物で有機物をエサとするが、細菌には好気性と嫌気性、また有機物をエサとするものではないものがいて、バラエティーに富んでいる。

このような性質の異なる微生物が同居(すみ分け)できる環境が図のような土の団粒である。土壌動物が細かくほぐした有機物を糸状菌が分解し、さらに細か

くなった有機物を細菌が低分子に分解する。酸素に富む畑では、糸状菌が活発に有機物を分解するが、湛水した水田では作土に酸素が少なく糸状菌が生息しにく

いので、有機物分解が進まない。このことが、畑と水田では有機物施肥法が異なる理由だ。

畑では糸状菌が活発に働

くので、有機質肥料や緑肥などの新鮮有機物を施用しても、しばらく分解期間をおいて作付ければ、生育に支障はない。一方、水田では糸状菌が十分に働けないので、有機物が分解しづら

い。そのため、あらかじめ分解させた堆肥を施用するわけだ。農家にはびこっている堆肥迷信の背景には、このような畑と水田での土

壌微生物の違いがある。

わが国では、弥生時代から水田での稲作が始まり、今日まで持続している。その理由は、糸状菌が繁殖しにくい水田では有機物分解が進みにくく、地力を維持しやすいからだ。一方、畑では糸状菌の働きが活発なため有機物分解が促進され、それが腐植の減少と地力の消耗につながる。

微生物の働き考えた環境作り

さまざまな農作業の中でも土壤微生物が大きく関与している。畑の酸性を改良するために石灰資材を施用してpHを高めると、土の中に無機態窒素が生成する。

糸状菌の多くは酸性を好んで生息するが、細菌は中性土壌を好む。そのため、pHが高まると生息環境が悪化した糸状菌の一部が死ぬ。その死菌体を細菌が餌とすることで、死菌体中のタン



土の酸性を改良すると有機物が分解され窒素が出てくる

パク質が分解してアンモニア態窒素から硝酸態窒素に変化し、作物に吸収されて生育が増進する。これをアルカリ効果と呼び、作物生育の面ではプラスの効果であるが、実は地力が消耗する。酸性改良では石灰だけではなく、有機物の補給も不可欠ということだ。

毒や土壤還元消毒を行うことも多いが、それにより多くの土壤微生物が死ぬ。生き残った微生物が死菌体を分解する際にアンモニア態窒素が生成するので、次作の基肥窒素量を減らす必要がある。土壤消毒は地力消耗作業でもあることを肝に銘ずるべきだ。

従来、水稻単作地帯では春に「荒起こし」を行っていた。水田の作土を反転することで、下層の嫌気性細菌の一部が空気にさらされて死ぬと好気性微生物による分解でアンモニア態窒素が生成する。土を乾かすことで窒素が無機化する現象を乾土効果と呼び、肥料がない頃の農家の知恵だ。

最近では、作物の連作障害を回避するため薬剤による土壤消毒の他、太陽熱消

土壤微生物の中には悪玉菌ともいわれる土壤病原菌と役に立つ共生菌も共存している。マメ科植物の根に共生する根粒菌や水田のアカウキクサの葉に共生するらん藻は空中窒素を固定する。多くの植物に共生する菌根菌は土の中でリン酸の吸収を助けるなどの役割を果たすが、日本の農耕地のように肥沃度が高まった畑や水田では、十分な効果を期待することは難しい。

輪作に切り替え病原菌抑える

畑やハウスで同じ作物を作り続けると連作障害が起こりやすい。その典型が土の中に生息する病原菌が根から感染して、地上部まで枯らしてしまう土壌病害である。土壌病害が出ている畑には病原菌がいるが、発病していない畑にはいない、と思っている人が多いようだが、それは大きな間違いだ。連作を続けてきた土には、必ずと言ってよいほど病原菌が生息している。植物は自分の根の周りの土（根圏土壌）の微生物活性を高めるために、根から糖やアミノ酸などの物質を分泌し、それをエサとするさまざまな微生物を集めている。分泌される物質は植物ごとに異なり、それらをエサとする微生物にも好みがあるので、連作を続けると根から同じエサが分泌されて、特定の微生物だけが増殖することになる。その中に病原菌がいれば、連作によりその密度が徐々に高まり、ある一定の密度を超過すると根に感染して発病に至る。すなわち、土の中に病原菌がいるからといって、即発病するわけではない。

これを人の病気にたとえてみよう。人は無菌状態ではない。

これを人の病気にたとえてみよう。人は無菌状態ではない。

（どりょく）という。

土壌病害を防ぐ基本は、土壌病原菌を増やさないことである。フザリウム属菌のような糸状菌が病原菌である場合に有機質肥料や堆肥などの有機物を多量施用すると病原菌がそれらをエサとして増殖することがあるので、注意が必要だ。



セルリー萎黄病で全滅したセルリーハウス

痩せた土でもメタボになる

土づくりは最も大切な農作業の一つである。ところで、土づくりとは何をすることだろう。土を作るのは自然で、人が作れるようなものではない。具体的に土づくりといえば、肥料だけではなく堆肥や土づくり資材ともいわれる土壌改良資材などを施用することと思

と同じような土づくりをしている農家が多い。

っている人が多い。まんざら間違っているわけではないが、土づくりとは肥料や資材を施すだけではなく、土を健康にすること、すなわち「土の健康づくり」だ。

土と人とはよく似ている。土も人も十人十色、知らない人の顔を見ただけで、その人がよい人か悪い人かは判断つかない。それと同じで、土の色を見ただけで、その土が肥えているかどうかはわからない。痩せた土に肥料や堆肥を施せば土は肥よくなるが、土が肥えていけば、逆に養分過剰になってしまう。健康な人でも栄養価やカロリーの高い食事を続ければ、肥満や高血圧症などの生活習慣病の原因となるメタボに陥ってしまう。土もそれと同じで、メタボ化が進んでいる。具体的には、園芸土壌のリン酸過剰や塩基バランスの悪化、窒素過剰に伴う土壌酸性化などだ。

多くの農家が日本の土は痩せていると思っていないだろうか。第2次世界大戦後の食料難対策として全国各地で原野を切り拓いて農地に変える開拓事業が行われた。そのような開拓当初の畑の土は確かに酸性が強い



土づくりの有無による
レンゲの生育の違い

土づくりの有無によるレンゲの生育の違い

化学分析だけではない 土壌診断

土の健康づくりにには土壌診断が大切だ。土壌診断といえは、窒素・リン酸・カリなどの養分量を分析することと思っている人が多い。横着な農家はろくに分析結果も見ずに、処方箋どおりの肥料や資材を注文してしまふ。それでは農家のための土壌診断とはいえない。

土壌診断の基本は、農地の真ん中に深さ50cm程度の穴を掘ることから始まる。時期は作物を収穫した直後がよい。農家自身が作物の

穴掘りから始まる土壌診断



根のつもりになって穴を掘れば、作土の下に硬盤ができていないかどうかを確かめることができる。また、作物の根の量や張り具合、作土の深さや湿り具合などもつづさに観察できる。

よい土の条件とは、土壌物理性・化学性・生物性が整っている(三位一体)ことだ

が、穴を掘ることで物理性の善しあしを判断できる。しかし、化学性の判断はそれだけではわからない。土壌のpHや電気伝導率(EC)、それに窒素・リン酸・カリなど土壌養分量の過不足を調べるには、化学分析に頼るほかに手段はない。

土壌養分を分析するには、全国土の会などに依頼する方法と土壌診断キットを購入して自分で分析する方法がある。どちらがよい

かは人の健康診断を考えればわかるはずだ。例えば、高血圧症の人が、家庭用血圧計を使って家で血圧を測れば、それだけでよいだろうか。それに関連する血液検査なども必要で、定期的な専門医や人間ドックなどでの診断が欠かせない。

それと全く同様で、全国土の会などの土壌診断室での精密分析と栽培途中に追肥の有無を判断するような場合を中心に、簡易的なリアルタイム土壌診断分析を併用することが最もよい。

外注すると費用がかかる、ためらう人も多いが、土壌診断分析結果という重要情報入手するのに、経費がかかるのは当たり前だ。最近では、土壌病原菌

密度の測定など生物性の分析も始まっている。

リン酸施用量を適切に

土壌診断を受けると各項の測定値の他に上下限の基準域を示す数値やそれらを図示したリーダーチャートなどが戻ってくる。図は「全国土の会」で使用している「Webみどりくん」というリーダーチャート

で、一目で土の健康状態を把握することができる。

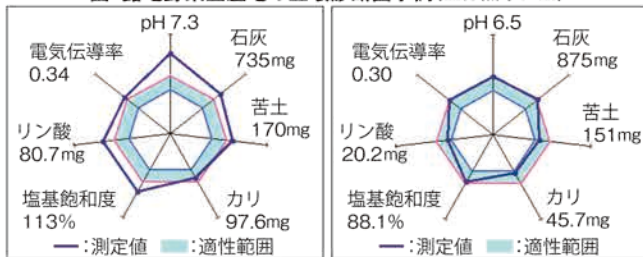
第2次大戦後の開拓事業で黒ボク土の原野を切り開いて造成し、日本有数の露地野菜生産地となった長野県の2カ所の野菜畑の土壌診断図を見てみよう。未耕地土壌では酸性が強く、交換性塩基や可給態(有効態)リン酸を著しく欠く。

一方、多くの野菜畑では図左のように肥満化が進んでいる。PHが高いわけは、この地域がハクサイやキャベツの産地で、アブラナ科

野菜根こぶ病の発生を防ぐ目的で石灰資材の施用を続けてきたためだ。

リン酸が効きにくい黒ボク土の畑では、家畜ふん堆肥やリン酸資材の施用が繰り返され、現状では可給態

図 露地野菜生産地の土壌診断図事例(土は黒ボク土)



一般農家の畑

篤農家の畑

リン酸が100g当たり100g超の畑も珍しくない。多くの作物では可給態リン酸が同20g程度で最高収量となり、それ以上増やしても増収につながらないと明らかにされている。だが、リン酸過剰畑に無駄なリン酸を施用し続けている農家有余にも多い。

この地域に、地元の農家が一目置く篤農家がいた。その畑の土が図右で、地力増進法の畑土壌改善目標値に見事一致していた。周りの農家に比べて、堆肥やリン酸施用量が少なく、その理由をたずねると生産経費削減のためということであった。

痩せた土をこのような状態に改善し、その後はその状態をキープすることが本当の土づくりだ。

“土の健康”農家は意識を

露地野菜の土以上にメタボ化が進んでいるのが園芸ハウスの土だ。

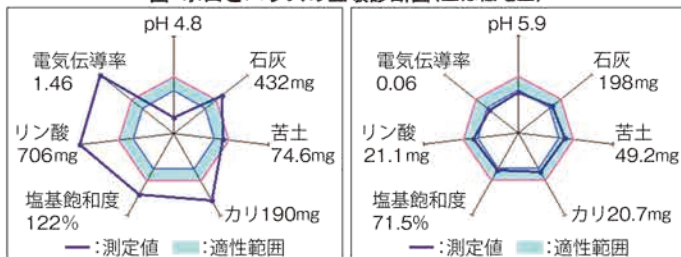
図右は、水稻の裏作で麦を栽培する埼玉県の水田の土壤診断図で土は低地土だ。ほぼ下限値すれすれだが養分バランスがよい。

このような水田にハウスを立て、キュウリを長年栽培してきた土が図左である。可給態リン酸が100g/kgあたり700g、電気伝導率が1.5と非常に高い。石灰・カリが過剰で、塩基飽和度が100%超過にもかかわらずpHが4・8と低い。その原因は、電気伝導率を高めている硝酸態窒素が多量に残留するためだ。

ハウスでは、土のpHが低くてもすぐに石灰資材を施用してはいけない。低地土は黒ボク土と異なり、リン

酸が効きやすいので、水田転作ハウスでのリン酸施用量は10g/kgあたり10g/kg程度でよい。しかし、土づくりのためと多量のリン酸肥料を施用するため、過剰化を招

図 水田とハウスの土壤診断図(土は低地土)



キュウリハウスの土

水田の土

いてしまう。リン酸が過剰になっても作物に過剰症などの悪影響をもたらさないことも、リン酸過剰の要因だ。

土壤診断項目を人の健康診断にたとえると、高ECは高血圧、リン酸過剰はコレステロールの蓄積に相当する。園芸ハウスの土は、高血圧でコレステロールが蓄積したメタボ土で、その原因は間違った土づくりと、それに気づいていない農家の意識だ。

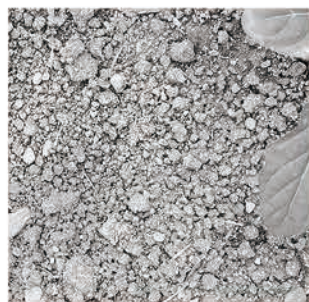
一方、水田では有機物やケイ酸資材の施用量が減少して地力低下が目立ち、園芸の土とは全く逆の現象が生じている。このあたりで、土づくりを基本から見直す必要がある。これからの土づくりとは「土を健康にする」ことだ。

土の塩類濃度は血圧に相当

これまでお話ししてきたように土と人には共通点が多く、土の健康も人の健康と同じように考えればよい。土壌診断分析で重要な項目のうち、電気伝導率（EC）とは土の中の塩類濃度を示す値で人の血圧測定に相当する。塩類とは土の中で水に溶け、イオンとして存在している成分で、日本の畑やハウスではその主成分は硝酸カルシウムだ。硝酸イオンは肥料や堆

肥など土に施用された窒素が土壌動物や微生物の働きで生成する成分で畑作物には最も吸収されやすい窒素である。塩類は陽イオンと陰イオンが対になっていて、陰イオンである硝酸イオンのお相手は土の中に最も多量存在するカルシウムイオンが主体となる。

土の中の塩類濃度が高まれば、イオンが増えて電気が流れやすくなるのでECが高まる。通常、作物生育に最適なECは0・3前後で、硝酸イオン（硝酸態窒素）量としては100g当たり5g程度である。野菜や花卉栽培ハウスでは、ECが高まり土壌表面に塩類が析出することもある。その対策としてハウス内に水を張り塩類を洗い流す湛水処理が行われてきた。塩類



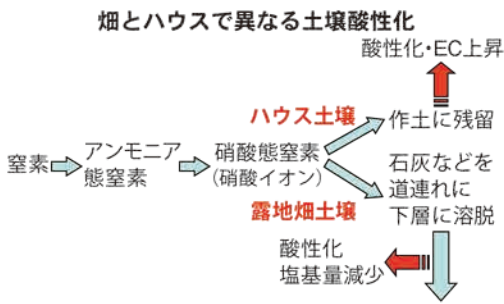
ガベラハウスの土壌表面に析出した塩類

は水によく溶けるので容易にECを下げる事ができるが、せっかくの肥料成分を流し去ることに他ならない。金をどぶに捨てるようなものだ。さらに、下層に流れた硝酸イオンはその一部が地下水に流出し、深刻な環境負荷（水域の富栄養化）をもたらす。

土の血圧を正常に保つには、ECあるいは硝酸態窒素量を測定し、適正域以上であれば窒素の施肥を控えるべきだ。ただし、最近のハウス土壌では、硝酸態窒素が少ないにもかかわらずECが高いことがよくある。その主な原因が硫酸イオンの蓄積だ。硫酸イオンの成分である硫酸は植物生育には必須多量要素だが、その量が増えれば土の血圧を高めるので注意しよう。

畑では土の骨粗しよう症に注意

土も年をとる。畑で作物を作り続けると土の中の石灰や苦土が減り、土が酸性化する。土の骨粗しよう症だ。原因は石灰や苦土などの塩基性（アルカリ性）を示す陽イオンが下層に流れるためであるが、それらが流れる時は陰イオンが相手となる。未耕地では雨水中に含まれるごくわずかな



炭酸水素イオンがその相手となるため、ゆっくりと酸性化が進みpHはせいぜい5・5程度までしか低下しないが、畑では窒素肥料から変化した硝酸イオンが主なお相手だ。収量を上げようと欲張って窒素肥料を施しすぎると土の酸性が強まる。このような畑での骨粗しよう症対策としては、作土から減少した石灰や苦土を石灰資材として補給してやればよい。石灰と苦土のバランスがよい苦土石灰（苦土カル）の施用が基本となる。お勧めは転炉スラグだ。具体的には別途解説する。

雨にあたらないうちのハウスでの酸性化メカニズムは畑と全く異なる。施用した肥料中の窒素は土の中で土壌微生物の作用で硝酸態窒素

（硝酸イオン）に変化し、この硝酸が酸性の原因物質となる。また、前回に解説したように電気伝導率も高まる。そのほかに、硫酸アンモニウム（硫酸）や硫酸カリ（硫酸）のような生理的酸性肥料を施用した場合にも土の中に硫酸が残留して土を酸性化する。このようにハウス内で酸性化した土ではpHが極端に低いにもかかわらず、ECが高く石灰や苦土が過剰で、塩基飽和度も100%を大きく超過している場合が多い。土のpHが低いからと、すぐに石灰資材を施用することは間違いで、他の分析値を見て判断すべきである。畑とハウスの酸性化メカニズムは異なるが、窒素をはじめとする施肥改善が大切であることは共通だ。

発病を助長“土のコレステロール”

土には土壤病害の発病を抑える力が備わっていて、土の体力「土力」という。

土力を病原菌に対する土の防波堤と考えるとわかりやすい。土の中に病原菌がいても、防波堤があるため発病には至らない。

しかし、連作により病原菌密度が高まると、防波堤を越えて根に感染してしまふ。この防波堤が高いほど、土壌病害に対する抑止力が高まる訳だが、その防波堤は土の成分のひとつである活性アルミナからできている。これまで、この活性アルミナは施用したリン酸を無効化する悪者と思われてきたが、その反面土壌病害の発病を抑止する成分でもあった。

この活性アルミナとリン酸は相性がよく、結合する

と水に溶けない不活性な成分に変化し、この現象を固定という。活性アルミナを含む土にリン酸を少し施せば、リン酸が固定されて肥料としての効果がなくなる。しかし、リン酸を大量に施用すれば逆に活性アルミナがリン酸に固定されるため、活性が消失して発病抑止力である「土力」が低下する。

従来、リン酸は作物に過



土のリン酸過剰が根こぶ病の発病を助長する(左)

リン酸適正区約20ミ/100㍎、右リン酸過剰区約200ミ/100㍎

刺害を及ぼしにくい養分と思われ、それがリン酸過剰を見過ごしてしまう一因となってきた。しかし、筆者らの研究でアブラナ科野菜根こぶ病やさまざまなフザリウム病害、ウリ科ホモプシス根腐病、ネギ黒腐菌核病、ジャガイモそうか病の発病が土のリン酸過剰により助長されることが明らかになった。

このように、リン酸は植物生育には不可欠な必須要素ではあるが、過剰化すれば土壌病害の発病を助長することになり、まさに土のコレステロールだ。

土壌診断分析で有効態

(可給態)リン酸が50程度以上になれば、リン酸施用量を大幅に削減し、100程度以上では無リン酸栽培を判断すべきである。