

生態学から見た有機農業

藤山 静雄¹・藤田 正雄²

信州大学理学部生物科学教室¹・(財)自然農法国際研究開発センター農業試験場²

Consideration of Organic Farm from Ecological View Points.

Shizuo Fujiyama and Masao Fujita

¹Department of Biology, Faculty of Science, Shinshu University

²International Nature Farming Research Center, Agricultural Experiment Station

キーワード：農地生態系、物質循環、土づくり、土壌生物、環境保全、食物網

Keywords: Agroecosystem, Nutrient Cycling, Soil Formation, Soil Organisms, Environmental Conservation, Food Chain

はじめに

昨今、農産物の偽装表示や輸入農産物への農薬混入問題など食をめぐる事件は後を絶たない。そして今、日本の食料自給率は平成18年以降40%をきっている。こうした中で食料に対する危機意識が非常に高まりを見せている。安全、安心な食品を求める議論が盛んなだけでなく、二酸化炭素削減等と関連した世界的農産物需要の高まりや異常気象などによる農産物の高騰、逼迫化により、生命線である食料をめぐる安保戦略の議論さえも活発になっている。

競争原理に基づく経済的農業生産へ向けての大規模化を目指す農業政策の中、願いと裏腹に農業は衰退の一途をたどり、農地は疲弊し、食料の自給は危機的状況だ。この状況下で安全な食糧、持続可能な農業として有機農業への注目が集まっている。

2006年12月、有機農業推進法が成立し、有機農業へ関心が大いに高まっている。それでも有機農産物の生産量はまだ全農産物の1%弱で、多くの国民からはなじみが薄いのが実情だ。

近代の学問体系の農学では、有機・無農薬栽培を現実上、無理な農業形態とし、まともに取り上げてこなかった。これは有機栽培の技術が民間のみで行われ、しかもごく限られた篤農家により個別に支え

られてきたため、理論化や技術の基準化が難しかった。これに加え、有機農産物の偽装表示の横行等で信用力が低下したことも関係したかも知れない。

近年、ヨーロッパを中心に有機農業がかなりの勢いで広がっている。この流れの中で日本の有機農業もやっと発展のきざしが見えてきた。しかし、それが我が国農業の中で広がり、基幹的農業形態の一つとなるためには、多くの人にその有効性が理解されることが大切である。解りやすく骨格の理論が示され、実施可能と認められることがまず必要である。

さて、筆者らは有機農業を発展させるため、生態学的視点から有機農業の理論的基礎を明確にしようと研究してきた。筆者の一人(藤山)は、環境保全の視点からこの農業の有効性について考えてきた。そこで前述の課題に答えようと本文を表すことにした。

有機農業は慣行農業(近代農業)と比べ明白に生態学的視点を重視している(自然農法と呼ばれる有機農業の形態では特にその傾向が強い)。しかし、筆者らは現状では、その環境保全への配慮の仕方等はまだまだ不十分で、今後の動向次第では環境負荷をさらに増大させる可能性すらあると見る。そこで生態学と有機農業の考え方を十分に結び、環境調和型の有機農業のあり方について考察する。

まず、生態学と有機農業のかかわりの基本を示し、

続いて生態学的視点から有機農業の問題点を指摘する。最後に、それが環境保全に益するためには何が重要か、について述べる。

1. 生態学とは？

生態学(エコロジー: ecology)とは「生物と環境の相互作用を研究する学問」を言う。環境は温度、光、水分量、その他、主体を囲む物理的、化学的環境(非生物環境)と、生物自身、同種他個体や別種の存在など(生物環境)からなる。生物は、環境(非生物的、生物環境を含む)からいろいろに影響を受けると同時に、自ら環境に働きかけそれを改変する(図3参照)。このように生物が環境とどのような関わりをもち生きているかを研究する学問を生態学と呼ぶ。

生物と周りの環境との関係には、いろいろなレベルがある。大きく分けると、個体や同種の個体群と周りの環境の関係と、いろいろな種の集まりである生物群集と環境との関係である。前者の場合には、生物と生物の関係や、生物と環境の直接の関係を扱っている(図5参照)。作物の個体同士の関係と成長、作物と雑草との関係、作物と気温、降水量、土壌 pH など物理、化学的環境条件との関係はまさにこうした生態学の応用分野といえる。

次に、後者の場合、種をひとまとめにして、種と環境とのかかわり、種の集まり(生物群集)と環境とのかかわりを扱う。これでは群集、生態系、食物網、物質循環といった言葉がキーワードになり、生物群集を含む系が対象になる。作物の栽培が農地環境に与える影響、栽培と C、N、P、K の物質収支や栄養塩の流亡、蓄積の問題などはこうした分野の問題といえよう。これに関しては 4、6 の項で触れる。

こうして個体レベルの生物の生活から地球生態系レベルまでの生物と環境との挙動やその機能について扱うのが生態学の守備範囲である。

生物と環境は生物が地球に誕生して以来、長い付き合いをもっている。したがって、生物にはその種がそれまで歩んできた環境との間のかかわり、つまり歴史(進化)が刻まれている。また、その結果として、彼らが系の中で効率よく安定してやっていけるように出来上がっている。

これは私達が用いる農作物や家畜についても言える。家畜や農作物は直感的には、野生のものと大きく違って見えるが、野生の動植物を品種改良してきたものであるから、基本部分は祖先の野生種の性質を強く引き継いでいる。したがって、彼らの遺伝

形質や生活形式にもそうした歴史性が反映されている。そして、それは人の力で殆ど変えられないもので、農業管理下でもその影響は強く表れる。それへの配慮に欠けると不健全な作物になるだろう。歴史性については 5 の項で詳しく述べる。

我々が「エコ」という言葉を、省エネ、環境に配慮した意味に用いているのは、「エコロジー」を略し、その内容を特殊化させて拡張し、人間社会での環境保全の運動に利用したものである。

作物がもつ素材の性質を活かし、農地生態系を安定させ、環境保全に配慮したい有機農業では、生態学の知見はまさにその要であると言えよう。

2. 有機農業とは？

有機農業は人により理解がかなり異なっている。また、その呼び名も、自然農法、環境保全型農業、無農薬栽培、オーガニック農業と、いろいろあり、似て区別が付きにくい。そこで「有機農業とは何か？」についてある程度、概観しておこう。

日本有機農業学会では有機農業に関する厳格な規定はしていないが、掲載文献に述べたようにいろいろな角度から議論されており、基本的には次の日本有機農業研究会の定義とほぼ同等と考えてよいだろう。日本有機農業研究会では「有機農産物とは、生産から消費までの過程を通じて化学肥料・農薬等の合成化学物質や生物薬剤、放射性物質、遺伝子組換え種子及び生産物等をまったく使用せず、その地域の資源をできるだけ活用し、自然が本来有する生産力を尊重した方法で生産されたもの」と定義している。したがって、有機農業はこの規定にかなう農業と言えよう。

インターネットフリー百科事典「ウィキペディア」では、「有機農業」とは「自然環境や生態系と調和した形で実践されることを目指した農業の一形態」と定義し、その手法として「合成化学肥料を使用しないことに加え、土壌浸食や貧栄養化、崩壊から保護することや、生物多様性の保全(例えば、一品種を栽培するのではなく、多品種を栽培するなど)、家畜類を屋外で飼育すること(平飼い)が含まれる」とし、「こうした枠組みの中で個々の実情に合わせて農業を行う」としている。この説明は多くの部分では納得がいくが、農薬禁止規定を含まない点で違和感がある。これは農薬を使わない農業は無理で、減農薬、例外的農薬使用等の形で一部農薬使用を許容しようという日本の農業行政の考え方を反映している。

日本農林規格(JAS 規格)では、厳格な基準を用いて有機農産物を規定している(平成12年制定、同17年全面改訂、その後一部改定し現在に至る)。それでは、(1)農業の自然循環機能の維持増進を図るため、化学的に合成された肥料及び農薬の使用を避けることを基本として、土壌の性質に由来する農地の生産力を発揮させると共に、農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した栽培管理の方法を採用した圃場において生産することとし、肥料及び土壌改良資材、農薬、及び土壌または植物に施される他の資材について使用禁止資材を規定している。また、組み換えDNA技術による種子、苗等の使用を禁止している。また、3年間以上、規格に合った肥培管理のもとに生産されていることを求めている。

JAS規格は、生産された農産物の質を定義しているが、有機農業自体を定義はしていない。これは有機農産物のうち、82%強が輸入農産物であり、それを規制するというに配慮したものである。しかし、その定義から、有機農業とはJASが規定する有機農産物を生産する農業と考えて良いだろう。

なお、この基準では天然物質に由来する農薬及、肥料、土壌改良剤等の使用は認められるだけでなく、概念的な禁止、抑制であるので、例えば環境への負荷をできる限り減らすとの規定では、合成樹脂資材を管理上多用しても、その化学物質が禁止条項に抵触しない限り不認定にはならない。網の目を潜り抜けられる部分や環境保全に対する配慮に欠ける部分が多々あり、実質の規定にはやや甘い点がある。

以上いろいろな定義があるが、ここでは日本有機農業学会、日本有機農業研究会がめざす、無農薬、無化学肥料を基本とし、自然環境や生態系と調和した農業を意味することとする。

3. 農業と農地生態系

農地生態系の中で行われる作物生産について、まずその物質の流れを図1で説明しよう。

図のように農地の若い作物(生産者)は、農地からの無機栄養分(有機農業では有機肥料等として投入された有機物が、土壌動物、微生物など(土壌生物)の分解者により分解されてできた栄養分や土が地力として持つ無機栄養分)や水を吸収し、光合成を行ってできた生産物を各部位に投資し、貯蔵すると共に利用して生長する。生長した作物は人に収穫されるが、一部は害虫などにも喰われる。また、収穫されなかった作物の不要部分や植物残渣は、将来利用さ

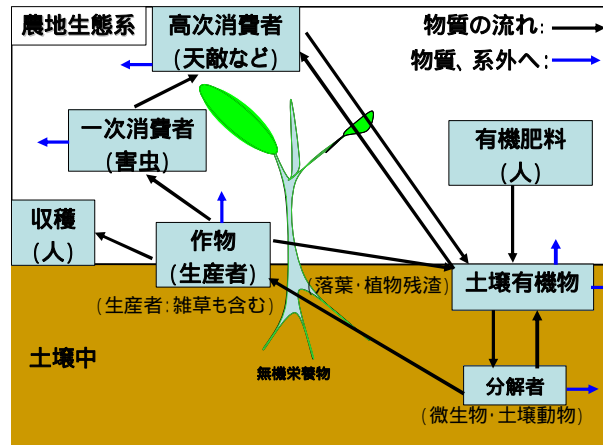


図1 農地生態系と作物を中心とする生き物構成要素を通る物質の流れ

れる有機物として土中に還元される。これら有機物は土壌動物や微生物に利用され多くは無機化される。その一部は肥料として再び作物に利用される。未利用部分は土壌中に蓄積され、いわゆる地力に加わる。また、図のようにいろいろな過程から大気中や農地外(川等)に出て行く。これらは環境汚染の原因ともなる。農地内で循環して戻った栄養分だけでは次代の作物の生長には不足する。このため有機農業では有機肥料を畑にまく。こうした外部からの持込や作物等の生産による栄養分の増加量と作物の収穫等の農地からの栄養分の持出し量の物質収支はほぼバランスがとれているのが農地環境を悪化させないために重要である。栄養分の過剰供給は、環境汚染の原因になるだけでなく、それを利用する特定種の多発生をも引き起こしかねないので良いことではない。

有機農業畑では多様な経路の流れのある物質循環を期待し、有機肥料はその支えとなり、地力を高め経路を多様化するように機能する。多様な経路を持つ物質の流れは、農地生態系を安定化しやすくする。すなわち食物網が複雑であれば、一つの経路が異常をきたし、その物質の流れが停止しても、他の経路がバイパスとして働き、その流れを増大させることで、バイパスがない場合に比べ、その物質の流量の減少は小さく抑えられ、全体の系が安定する(項6参照)。そのため、有機農業の農地生態系では多様な生物を生息させるのが良い。そしてその系が安定であることは持続的農業の要といえる重要なことである。この点は、慣行農業とは大きく違う。

4. 土づくりの重要性

土づくりとは、土中に入れられた有機物や無機物

を使い多くの生物の力を借りて作物に利用されやすい肥沃な土壌を作ることである。土の物理性は有機物を含む量や三相の割合により変わる。例えば図2は有機農法畑において条間に緑肥植物を栽培しそれを適宜刈り敷いて作物を栽培した場合と緑肥植物なしで栽培した場合、図3は有機農業畑を耕起、あるいは不耕起栽培した場合に土壌の三相構造の割合を比較した結果を示している。図2より緑肥処理区では土壌の固相が減少し、液相、気相が増加している。特に深さ5-10cmの層でその影響が大きい。また、図3より不耕起にすると固相が減少し、液相、気相の割合が大きくなる。0-5cm層で特に影響が大きい。

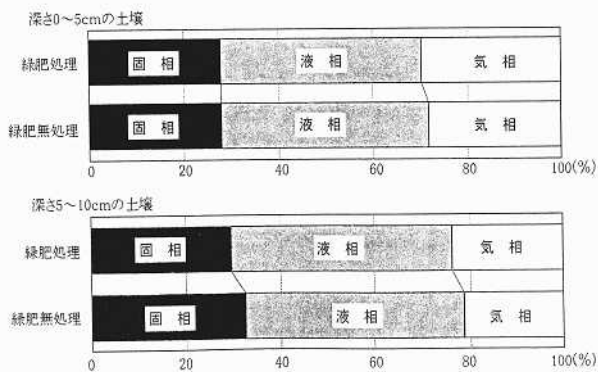


図2 緑肥処理の有無と土壌の三相分布の比較(藤田ら：20 固相は減少し、気相、液相は増加した。

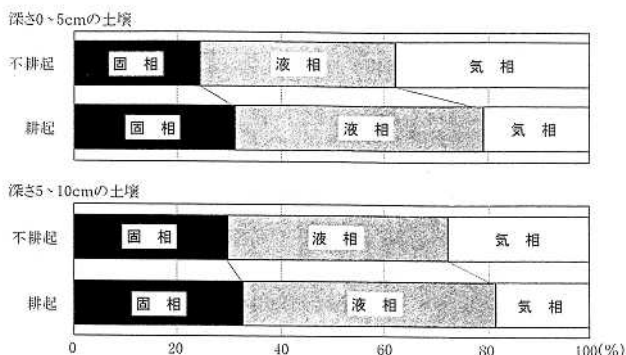


図3 不耕起栽培と耕起栽培による土壌の三相分布の比較(藤田ら：2005より)。不耕起栽培により気相、液相が増加する。

これらは、緑肥植物が根を張ることで土が膨軟になり、また緑肥として敷かれることで土壌表層近くの水分が増える。両方の働きの合わさった効果として表層近くの生物が増殖し、土壌の団粒構造が発達した。また不耕起にした結果、土壌環境が安定し、層状構造が発達し、上層ほど有機物が多くなり、全体として生物相が豊富になり団粒構造も発達した。

緑肥など有機物の投与は土中の有機物を増やし土の肥沃化に貢献する。また、不耕起は土壌の層状構

造を発達させ多様性の高い生物相を安定的に作ることで肥沃な土づくりに貢献する。

土の肥沃化は、物理的には土壌中の気相、液相が増え、固相の割合が減少し、その状態が作物に好適な状態で割合が安定することである。これには微生物、土壌動物などいろいろな生物が生息することが重要である。彼らは生活することで孔隙を作り、耕耘し、有機物を分解して土壌環境や土壌を改変する。それに伴って無機成分が土壌に吸着されやすくなり、土は養物の貯蔵可能量が增大する。また、多様な生物が生息すると地力が高まり、そこでの作物の病害虫などの増殖を抑制する働きも高まる。

いろいろな生物が生活する土こそ健全である。そうした良い土で育った植物は健康度も高く、病害虫等にも犯されにくい。不健全な土壌で育った作物は人間にも良くないのではないだろうか？

5. 歴史性(時間；環境適応；進化)の重要性

有機農業実施上、大切になる歴史性(時間の問題)は、時間の長さで分けると表1の2つになる。

その1は有機農業を始めるとすぐに直面する、短期の時間経過に関するものでa、b2つに細分される。aは、歴史性とは言えない短い時間スケールで生じる問題である。

表1 有機農業の実施と関係した時間要素

- | |
|--|
| <p>1. 比較的短期の時間要素</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 生態系形成時必要生物種の一部欠落と補充 b. 環境と植物の相互作用、環境適応 <p>2. 作物(植物)の進化的(生物的)適応と環境</p> |
|--|

新たに有機農業を始めた人が期待した生産が得られず挫折することが多い。失敗の主な原因は有機農業を開始したばかりの圃場が、有機農業を長年行ってきた圃場と比べ、土中などの生物相が著しく貧弱なためであることが多い。有機農業転換農地は最初、生物相が非常に貧弱である。その生物は非常に限られ安定した系ができていない。そこに急いで肥沃化しようと有機肥料を多量に与えると、特定種が大発生する。開墾時に堆肥を大量投入し、それを食うコガネムシ類が大発生した例がある(図4)。しかし、そこで我慢し有機物の投入を抑制し、時間経過を待つと、周囲から徐々にいろいろな生物が移入し順次定着していく。図4の例の畑も2年後にはコガネムシの発生は正常レベルに戻った。

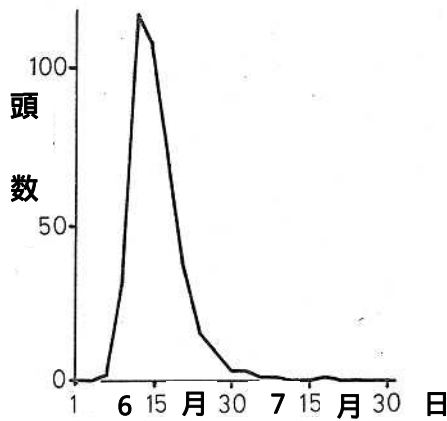


図4 柿畑への堆肥の過投与か「ガネムシ(ドウガネブイブイ)」の大発生をもたらした例(7.2㎡当り3日毎の野化数)(藤山・春日:1973より)

それは周囲からまず、天敵のアブ類が侵入してきてそれを押さえだしたからである。このように周囲からの移入により生物相が徐々に増し、生物同士に相互作用が生じた結果、その生態系が安定してきたのだ。つまり畑の造成時、あるいは新規開始時には、その生態系に必要な構成種が一部欠けており、役者がそろそろまでいろいろなトラブルが起きる。農地生態系に生息できる生物の種数とその数がそろう、ある程度安定するまでに時間がかかるのである。その期間は通常2-5年といわれる。

作物(または一般植物)と環境、作物と他の生物の関係は、図5の概念図に示したように、生物と環境(非生物環境と生物環境)が出会うと、両者間でいろいろな相互作用が生じ、それらは時間と共に徐々に互いにその関係に慣れ、調和的な関係になっていく。つまり、生物と非生物環境、生物同士の関係は、出会いの初めは、直接的な強い反応を示すが、出会いの時間経過と共にその関係は環境形成作用や、順応、適応を通して徐々に安定したものになっていく。したがって、農地生態系では、時間経過とともにその系はゆっくりではあるが徐々に安定したものになっていくと考えてよい。これが1のその2の歴史性で、いわゆる環境適応と呼ばれる。それは日単位の短い時間スケールから数十年以上のスケールまでいろいろなスケールで進行する。この中で特に重要なのは、遺伝的なものを伴ったものである。

したがって、環境適応がスムーズに進むためには、その地域の土着あるいは、その環境に適した作物品種を用いるのが良い。

2番目の歴史性の話題に移ろう。ところで、外来種が侵入すると、彼らが多発生態系を破壊してしばしば問題になる。それは、外来種は在来種と歴史

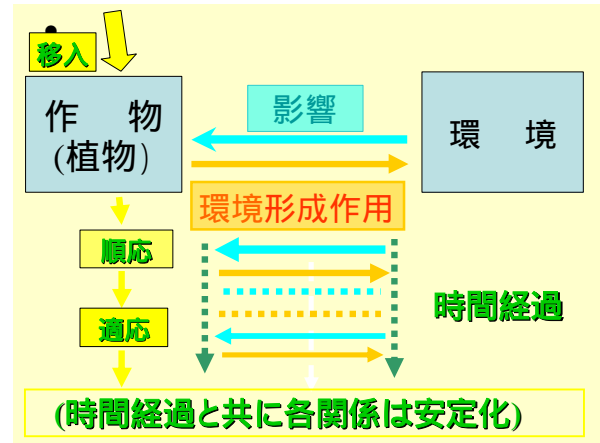


図5 農地における環境と作物の相互作用概念図。農地環境に作物が播種又は移植される(移入)と環境からの影響(青矢印)とそれへの反作用(環境に影響を与え、環境改変する働き(環境形成作用):薄茶色矢印)が続き、作物は環境に順応(遺伝的变化は伴わない。;長期には環境適応:遺伝的な変化を伴う)し両者を含む系は徐々に安定する。互いに安定した関係が確立されると周囲環境への負荷は小さくなる。

的に初めて出会ったので、そこには天敵とよべる生物が見当たらない。そのため、その種の増殖を抑える生物がないため大発生してしまう。在来種同士の、前述のような種間の相互作用は短時間には築けない。同じ餌を食う在来種のライバル種に対する場合も同じだ。競争経験のない在来種は外来種への対抗手段を持ち合わせない。そのため、結果として在来種が負け、外来種が大発生してしまう。

在来種の個体同士は農地を造成後、直接に出会うのは初めてであっても、種同士、あるいはそうした生態系とはすでに出あって長い時間をもっている。お互いはその過程で相互作用をし、進化を伴う適応を経て関係がうまくいくようになっていく(進化的適応)。これが第2のものである。だから、自然の野山で害虫が大発生することはまれで、それはそうした安定した生態系にすむ生物同士やその環境とは長い歴史を持ち関係が安定(調和的)になっていることが多い)しているからである。

例外外来種でも、侵入してから長い時間が経つと在来種との関係が徐々に出来上がり、関係は安定し多発しないようになる。日本は大陸に近い島国なので古い外来種の例が多く知られる。そうした種では、いわゆる外来種ほど問題にはならない。

農業では、外来品種が使われていることが非常に多いし、今後も新たに使われるだろう。生態系等に与える影響が大きいので、利用にはこの点も含めて

十分配慮する必要がある。

ここに述べた生態学由来する法則、すなわち歴史性を考えて有機農業に取り組むことが重要だ。

6. 生物多様性と農地生態系の安定性

農薬、化学肥料を使った単一作物栽培の畑では、作物以外の生物が圃場にほとんどいない。そこでは作物が大発生していると言えるような状態にあるので、それを維持するための管理に多くの経費と労力を費やしている。その努力にもかかわらず、今日栽培環境は悪化し、農業の持続可能性が問題となっている。

環境が一様で不安定である場合に比べ、環境が多様で安定していると、生物相が豊かになるとともにその多様性が増すことは良く知られている。このことは、農地生態系についても当てはまる。図6は有機農業畑において、耕起栽培と不耕起栽培を始めてから土壤動物相の変化を示している。不耕起処理での生息密度は耕起処理に比べ、試験開始後すみやかに高くなり、その後もほぼ有意に高く維持された。また、耕起処理区では耕耘後に生息密度が減少する傾向がみられた。

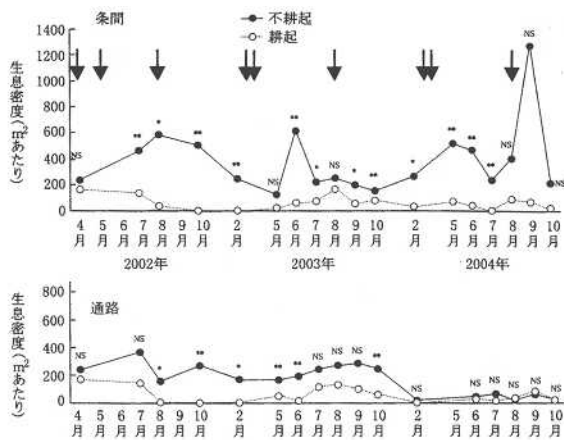


図6 耕起処理と不耕起処理開始後の大型土壤動物群集の生息密度の比較(藤田ら：2005より)。図中の矢印は耕耘時期を、記号 = NS、*、**は順に、有意差検定の結果、有意差なし、5%有意、1%有意を示す。

図7に、更に詳細に両者の動物群集の違いを比較した結果である。これにより大型土壤動物群集の密度は不耕起処理で高く、捕食者も含めて不耕起処理では種毎の密度が比較的安定していること、ミミズ類は不耕起処理で多く開始後時間とともに大きく増加していることがわかる。これは土壤環境が安定化

した結果、移動性が小さく、土壌や腐植質を餌とするこれらの種が増殖できる環境が整ってきたことを示していると考えられる。

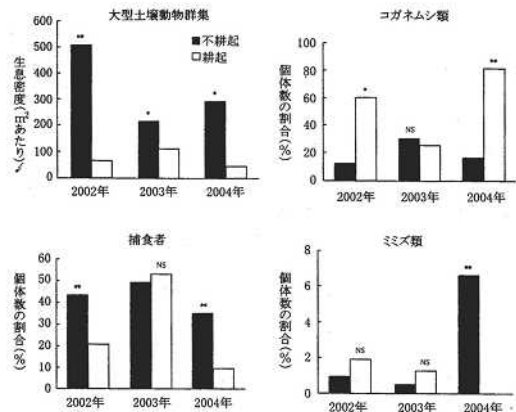


図7 耕起処理と不耕起処理における大型土壤動物群集の主な動物群の年次的消長(藤田ら：2005より)。生息密度は3ヵ年とも調査した7、8、10月の平均値。個体数の割合は各調査年の全戸対数に対する割合。捕食者はクモ類、ムカデ類、アブ類幼虫、ハネカクシ類の合計。

自然界の多様な生物からなる生態系では個々の生物の個体数や現存量は安定する傾向がある。生物群集が多様であると、特定種の個体数が大きく増加(時に大発生)しはじめると、広食性の天敵は個体数の増えだした種を利用すると餌獲得効率が良くなるので、その種を集中的に攻撃し始める。その結果、食われる種の個体数増加傾向は弱まる。他の天敵による捕食や同じ食物を利用する競争種が競合することでこれもその種の増加を抑制するようにはたらくので、その種は大発生しにくい。逆にその種の数が増え始めると、それを利用して天敵類は捕獲効率が悪くなるのでその種を攻撃するのをやめ、他の多い種を利用するようになる。その結果、その種の減少傾向は弱まる。一般にどの種も死亡がなければ高い増殖力をもつので、捕食や寄生される割合が減少したりすると、生存率は上がり個体数は増え始める。このようなメカニズムで、ある種の個体数はある範囲の密度レベルに収まっており、大発生や絶滅することはまれである。生物多様性が高くなるよう配慮された有機農業畑についても、その生物群集の安定性は比較的高い傾向にあるだろう。

農薬などを使わない有機農業畑では、基本的には生物多様性を維持することで害虫などの有害生物の多発生を抑えることが重要であろう。

畑で生物多様性を高めることは、多様な生物が存在することで畑の系の安定性をより高く保とうとす

るものである。系が安定すると、それを構成する種の個体数は安定しやすい。そのため、比較的安定した作物の生産が可能になる。

但し、注意すべきことは生態系重視の農業では、対象となる作物だけに著しく好都合な“虫のいい話”の農業は、きわめて実現しにくい。それが、比較的安定と述べた意味である。つまり、自然界では生物は食物網の中に納まり、お互いにもちつもたれつの関係で生存が維持されている場合が多い。したがって、日本の市場が求めるような食糧ひとつない“ぴかぴかの野菜”を大量に生産することは、農地生態系の安定性に配慮した有機農業では無理で、農薬などを多用した管理が、自然と隔離した栽培をしない限り不可能に近い。自然と食の安全を重視する有機農業では食べるのに実害のない、害虫による多少の食害のある農産物には我慢したいものである。それが生物間の持ちつ持たれつなのだから。

生物多様性は、地上、地中の環境を生物がすみやすいようにしてやることで実現される。地上部には、緑肥作物や、時には、害にならない野草（巷では雑草？）を生育させることで地上部の植物群集を多様にする事ができる。これにより地上の動物群集も多様になる。この多様性には害虫も含まれるが、天敵、ただの虫（害虫でも益虫でもない普通の虫）も多く含まれるので、それらの中で害虫が生物同士の関係を振り切り多発することはかなり少ない。

土壌については、落葉、植物残渣などをはじめとする有機物を地表に敷くことで生物の餌資源が増加する。また、4の項で述べたように不耕起栽培することで、地表の落葉層（投与有機物層を含む）から下方向かって徐々に分解が進んだ層が形成される。こうして肥沃な土壌の層状構造が形成され、それぞれ分解の異なる層に異なる生物相が形成される。この状態では土壌環境が安定し、そこに層状構造が発達し、層毎に異なる土壌生物が安定して生息できるので、多様な種が共生できる農地生態系となる。

こうした多様な生物から構成される農業生態系が作られることは、単純化と絶滅が進む周辺農地、里地、里山の生態系への動植物の供給源になったり、逆にそこからの移入者の受け入れ地になったりして当該地域全体の生態系を安定させる効果を持つ。このことは生物保全を考える上で大変重要なことであることを最後に指摘しておきたい。

7. 有機農業と環境保全

地球環境問題は、今日、その解決が急を要する課題となっている。その中で農業も例外ではありえない。慣行農業では、農薬の多用や化学肥料の大量投与により、生物相が貧弱化し絶滅が問題になっていることや、余分なNを中心とする肥料分が川に流出し水の汚染が深刻になるなど大きな問題を引き起こしてきている。又、合成樹脂等の農業資材の多用による環境負荷の問題も大きいことが指摘されている。この資材については、直接は食の安全には関係しなく、便利な資材として有機農業にも良く利用されており、有機農業も一歩やり方を誤ると、環境にやさしくないと批判を受けることになりかねない。事実、海外では、自然環境とは異質な形で有機農業が大面積で実施されている場合がある。こうした有機農業はむしろ自然環境を破壊しているとも言っても過言でない。

表1は有機農業が慣行農業に比較して環境保全機能に関していろいろな視点から比較したときに、どのように関わっているかを表している。物理環境面では土砂崩壊防止機能では違いはないが、土壌浸食

表1 生態学的視点から見た有機農業の環境保全機能の評価*

物理環境	土壌浸食の防止 +
	土砂崩壊防止 ±
	水かん養 +
	水質浄化 +
生物環境	大気組成調節 +
	生態系保全 +
	生物多様性保全 +
アメニティ保全	個体数の安定性 +
	景観保全 #
	微気象緩和 +
	保険休養 ±
	居住環境保全 #

* 表中の記号 = + : 機能面でプラスに寄与 ; ± : プラス効果はない ; # : 評価方法により評価結果が異なる。

の防止、水かん養、水質浄化、大気組成調節の4分野ではプラス効果がある。また生物環境に関しては、いずれの面においてもプラス機能がある。ここで、有機農業では、地域の品種を大切にすることが生物はそれぞれ育った環境に適応している。短期間には、その性質を変える順応(可逆的)による適応であるが、

それぞれの地域の生物は長くその土地にすむことで遺伝的素質をも変えた生物的適応（進化：不可逆的）をしている。地域に根ざした有機農業をすることで環境保全にも大きく貢献できることを指摘しておきたい。また、アメニティ保全機能では、微気象緩和機能ではプラスだが、保全休養には効果はない。景観保全、居住環境保全に関しては、見方により評価が分かれる。

景観は有機農業の農地では生物多様性が増すので複雑な環境になる。このことをプラスに感じ景観が良くなったと感じるか、逆に不規則性も増大するので、これを雑然としてくるので景観が悪くなったと見るかは、見る人により評価は分かれる。有機農業を推進する立場では、プラスに理解してもらえようような手法や市民教育が必要だろう。居住環境の面から見ても、このことは当てはまる。

なお、ここで見たプラス評価のない機能についても、比較対照を裸地にすれば、プラス効果があるだろう。

以上で見たように、多くの生物が共生する有機農業の農地生態系は、林業が自然を守るのと同様に、環境保全に大いに役立つ。食料に始まり人は生きるのにほぼすべてを生物に依存しているので、生物を保全することは極めて重要であり、環境保全の要である。したがって、農地生態系に多くの生物が生息できるよう保全してゆき、農地が地球環境に負荷をかけるのではなく、環境悪化を抑制するものとしてはたげられるような技術確立に努めたい。有機農業にはそれが可能である。そうした意味でも、生物多様性の高い有機農業を追求していくことは価値があると言えよう。

また、有機農業では地産地消が多く行われているが、これも物質循環を考えたときに省エネや、輸送コスト削減、包装等の簡略化につながる。さらに、生産者と消費者の結びつきを強化し、環境教育面でお互いに高めあうこともできる。このように地産地消は環境保全上きわめて重要なので一層発展させたい。

8. 生態学的視点から好ましいこと好ましくないこと、注意したいこと

(1) 好ましいこと

環境保全型農業の重要性がいわれるが、これまで、ただの虫に代表されるような農業生産と直接に関係しない生き物は、利用どころか排除されてきた。し

かし、無益に見える生物も、共生している限り、すでに述べた理由から農地生態系で何らかの益のある貢献をしている可能性が十分ある。こうした生物を有機農業では積極的に利用することを考える必要がある。それらの利用は農産物の質的な変化を通して人にもきつと良い効果をもたらす可能性があるだろう。筆者ら(藤山ら 2002; 藤田ら 2003)の安定同位体比を用いた研究では、多様な土壤動物がいる農地生態系では食物網が複雑になり作物が吸収したNの安定同位体比の値が高くなることが示されている。このことから近い将来、そこに生息する土壤動物等の土壤生物が作物の味や質等にプラスに貢献している結果が示される可能性が期待される。

自然との共生が叫ばれるが、これは農地生態系も例外ではないだろう。いわゆる科学的手法を使ってやってきた慣行農法では、農地を単純な系にしてきた。これはまさに自然の流れに逆らうものと言って良いだろう。しかし、生物は一般に自然の複雑な系の中で他の生物と共生して生きている。われわれは自然のシステムをできるだけ理解し、それを忠実に利用し自然と共生できるように、有機農業の手法を近づけていくことが、生態学的な法則にかなった良い事ではないかと考える。こうした視点から有機農業のあり方を考えることは、自然の利用なしには生きられない我々人のことを考えると避けて通れないことのように思える。我々は自然を克服すると言うのではなく、自然と共生するという謙虚な姿勢で有機農業に取り組んで行くべきだと考える。

(2) 避けたいこと、注意したいこと

有機農業も営利目的があるので、生産者は高価格の農産物をより多く生産したいと望むだろう。そのための1つの方法として、高い利益を上げるため有機物や資材を大量投入して高収益の生産物を得ようとする試みも多く見られる。しかし、こうした大量投入は、前述のように特定種を大発生させやすい(図4参照)だけでなく、過剰になった窒素を含む栄養物が畑から流出し、河川など周囲の環境を汚染することになりかねないので慎みたい。また、栽培される作物も単位面積あたり多量の収穫量になり過ぎて農地収奪型農業にならないように注意したい。長期的視野にたって農地生態系の安定性を壊さない程度に適量の有機肥料を施用した、自然環境に十分配慮した持続可能な農業であるようにしたい。

次に、有機肥料を使った無農薬栽培ではあるが、農地をハウス化するなどして外界と遮断した系を作

るケースなどに問題が見られる。各種の作物管理用資材を大量に使用し害虫や病気を寄せつけない、例えば空中はビニール製防虫網を多用し、地表には防草用ネットを敷設したりして害虫類の侵入を阻止する形の管理方法が提案されている(尾島ら、2007)。これなどは、安全な農作物を得る、高価な農産物であれば営業上大きな利益が上がる、有機 JAS 法に適合しているという点では興味が持たれるが、生態系を無視し、環境に大きな負荷をかけるやり方である。“反省エネ”である。また、自然から隔離することでその環境の生物多様性を減らし、地球環境にも悪影響を及ぼすので環境保全型農業とは言えない。こうした類として、自然と完全に隔離した環境で工業的な農作物生産が一方で目指される傾向があるが、こうしたやり方は、結局資材多投入型の、環境に大きな負荷をかける方式にならざるを得ない。無菌状態に近い形にすれば無農薬が可能だったとしても環境保全の立場からは好ましくない。短期的には経済性のある効率の良い食糧生産かもしれないが、地球環境には大きな付けを残すことは目に見えている。有機 JAS 法に適合と言う売りど、経済的な魅力に負けて、そうした多資材投入型の方向に有機農業が向かうことは避けたい。

近年、注目されているのが食品、畜産の廃棄物のリサイクルを目的として、これら廃棄物を有機堆肥化して有機肥料に使おうという流れである。こうした流れは、省エネ、リサイクルとして大変好ましいことであるが、注意を要する点もある。それは、畜産等において、病気予防などのために頻繁に抗生物質や微量元素の金属類が餌へ添加されていること関係している。抗生物質の多くは、土壌中など、自然界から採取された抗菌性物質で、特別な処理をしないと生き続ける可能性がある。また微量元素の金属類も、物質循環を通して堆肥と共に畑に投入され、それが土壌中の生物相に大きな影響を与えることが指摘されている。

したがって、こうしたリサイクルを考える場合には、途中段階で有害物質の混入検査を十分にを行い、安全な堆肥であることを十分に担保したうえで利用することが望まれる。

おわりに

有機農業と一口に言うが実際には多種多様である。それは、まずこの用語の意味をどのように捉えるか、による。無農薬、無化学肥料による有機物を

使用した栽培を基本としていると考えるが、精神論にまで言及した立場もある。例えば、宇根(2007)は近代化の中に忘れてきたものを有機農業の価値に求めている。

有機農業推進法の成立、またそれより少し前に形で立ち上げられた民間の有機農業技術者による有機農業技術会議により、有機農業の考え方の統一や技術の確立に向けて力強い対応が見られていることは大変好ましいことである。

今後、これらの活動を含めて有機農業を発展させ、日本の食料自給に貢献できるようにするためには、繰り返しになるが一般の人にも容易に実施可能な有機農業技術の確立が是非必要である。

高齢化社会を迎えつつある今日、老後の安全安心な食べ物を求めて、殆ど自給自足することを目的とした小規模有機農業の実施を求める高齢者は増えてくるだろう。大規模農家への配慮だけでなくこうした小規模新規農家に対しても、その道が開けるように配慮してあげるべきだ。なぜなら、こうした小規模な有機農業も、数が増えれば環境保全には大いに貢献するからである。そうした意味においても容易にできる有機農業の確立が求められる。

筆者らも生物学的視点、生態学的視点から有機農業の開発にかかわってゆきたいと考える。それには有機農業の分野内外の人との協力、議論は是非必要である。それを通して理論や技術の向上がもたらされれると思うからである。

参 考 文 献

- 天野 慶之・高松 修・多辺田 正弘(1990) 有機農業の事典。363pp.三省堂
- 藤田 正雄・藤山 静雄(2003) 耕起と肥料の種類が作物の窒素安定同位体与える影響。有機農業研究年報、3：182-202.コモンズ
- 藤田 正雄・伊澤 加恵・藤山 静雄(2005) 不耕起・ライ麦被覆処理による大型土壌動物群集の変化とそれに伴う土壌理化学性と畑作物収量の改善。有機農業研究年報、5：182-202.コモンズ
- 藤田 正雄・中川原 敏雄・藤山 静雄(2006) 緑肥間作の導入による大型土壌動物群集の変化とそれに伴う土壌理化学性と畑作物収量の改善。有機農業研究年報、6：136-152.コモンズ
- 藤山 静雄(1982) 環境問題への一警鐘 生物学的立場から - 。環境科学年報(信州大学)、4：52-55.

- 藤山 静雄・藤田 正雄・U.K. Aryal (2002) 農業生態系の土壌圏 安定同位体比を用いて食物網を探る。環境科学総合研究所年報、21: 59-64.
- 藤山 静雄・春日 山平(1973) コガネムシ類の異常発生と生態について ドウガネブイブイを中心に。个体群生態学会報、24: 12 - 19.
- 長谷川 浩(2007) 有機農業技術開発研究の方法論をめぐって。有機農業研究年報、7: 225-234. コモンズ
- 日鷹 一雅(2006) ただの虫の農生態学研究〔 〕。有機農業研究年報、6: 72-90. コモンズ
- ホイッタカー, R. H. (1974) 生態学概説(宝月欣二訳) 363pp. 培風館.
- 巖佐 庸・松本 忠夫・菊沢 喜八郎・日本生態学会編(2003) 生態学事典。682pp. 共立出版
- 木嶋 利男(2007) 自然の仕組みを活かした土づくりと栽培方法。有機農業研究年報、7: 98-114. コモンズ
- 桐谷 圭治(2004) 「ただの虫」を無視しない農業。192pp. 築地書館。
- 桐谷 圭治(2007) ただの虫を無視しない農業 総合的有害生物管理から総合的生物多様性管理へ。農業、No.1495:6-22.
- 中嶋 紀一(2007) 有機農業推進法の施行と有機農業 技術開発の戦略的課題。有機農業研究年報、7: 8-24. コモンズ
- 中筋房夫編(1990) 自然・有機農法と害虫。292pp. 冬樹社。
- 西村 和雄(2007) 代替資材依存型技術から本物の有機農業技術の確立へ。有機農業研究年報、7: 25-35. コモンズ
- 尾島一史・長坂幸吉・萩森学・安部順一郎・田中和夫(2007) 雨よけハウスを利用したコマツナ無農薬周年栽培を安定化させる技術体系の導入効果と課題。有機農業研究年報、7: 171-184. コモンズ
- 尾崎 保夫(2000) 耕地生態系の保全と管理。pp 75-90. “環境修復のための生態工学。” 須藤隆一編中。講談社サイテック.
- 酒井 信一(2004) 資源よ、よみがえれ。293pp. 素人社.
- 高橋 史樹(1982) 个体群と環境 虫を通してみる生活の多様性。118pp. 京大学出版会。
- 高橋 史樹(1989) 対立的防除から調和的防除へ。185pp. 農山村文化協会。
- ウィキペディア(2008) “有機農業” 説明より。
- 植木 邦和・高橋 史樹・川村 登(1977) 雑草防除と耕耘問題を考える。216pp. メシアニカゼネラル
- 宇根 豊(2007) 草に言づてできる有機農業を 近代化を超えていく技術思想の構築。有機農業研究年報、7: 52-65. コモンズ
- 横張 真・加藤 好武(1997) 環境保全から見た国土の多面的機能。pp113-123. “緑地環境学” 井出 久登編。朝倉書店。

(原稿受付 2008.4.8)