

アグロエコロジー

基本概念、原則および実践

PDF版

Agroecology: Key Concepts, Principles and Practices

ミゲール・A. アルティエリ、クララ・I. ニコールズ、
G. クレア・ウェストウッド、リム・リーチン 著

柴垣 明子 訳



大学共同利用機関法人 人間文化研究機構
総合地球環境学研究所

TWN
Third World Network



ISBN 978-4-906888-44-3

アグロエコロジー

基本概念、原則および実践

英語版・著者

Miguel A. ALTIERI, Clara I. NICHOLLS, G. Clare WESTWOOD and LIM Li Ching

英語版・編集

Third World Network and Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología

訳

柴垣 明子

日本語版・編集

大学共同利法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所

「地域に根ざした小規模経済活動と長期的持続可能性」プロジェクト (14200084)

羽生 淳子 (プロジェクトリーダー)、真貝 理香、竹原 麻里、小林 優子、小鹿由加里

Agroecology: Key Concepts, Principles and Practices

by:

Miguel A. ALTIERI

Clara I. NICHOLLS

G. Clare WESTWOOD

and

LIM Li Ching

Translated by:

Akiko SHIBAGAKI

Originally published by:

Third World Network

131 Jalan Macalister

10400 Penang, Malaysia

and

Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA)

2156 Jefferson Ave

Berkeley, California 94703 USA

©Third World Network and SOCLA 2015

Japanese translation and publication rights arranged through the authors

Japanese version published by:

Small-Scale Economies Project

(Project Leader: Junko HABU)

Research Institute for Humanity and Nature

457-4 Motoyama, Kamigamo, Kita-ku, Kyoto 603-6047 Japan

March 2017

日本語版の出版にあたって

カリフォルニア大学バークレー校のミゲール・アルティエリさんとクララ・ニコールズさんは、アグロエコロジーという新しい研究分野の先駆者として知られている。アグロエコロジーとは、あえて直訳すれば「農業生態学」となる。しかし、その内容は、生物学の一分野としての生態学の枠内にはとどまらず、農業の実践における伝統知と科学知の接点を考えるとともに、その背後にある社会の仕組みまでを論じる超学際的なアプローチとなっている。

アルティエリさんとニコールズさんは、2016年5月に、1ヶ月間にわたって京都の総合地球環境学研究所（地球研）に滞在し、アグロエコロジーに関する数々の講演と短期実習コース（巻末写真2~4参照）、およびワークショップを行った。両氏の滞在中、アグロエコロジーとは何か、さらに、アグロエコロジーに関する議論の中心にある主権（sovereignty、尊厳ある人間の権利と、その回復）という概念をどのように考えるかについて、講演会およびワークショップの参加者の間でさまざまな議論が交わされた。特に、5月21~22日のワークショップにおいてご発表を頂いた本野一郎さん（京都精華大学）、澤登早苗さん（恵泉女学園大学）、橋本慎司さん（橋本有機農園）、日鷹一雅さん（愛媛大学）、吉川成美さん（県立広島大学）からは、アグロエコロジーに関する活発な議論に多大な貢献を頂いた。一連のイベントの概要については、下記のプロジェクト・ニュースレターに掲載されている。

<http://www.chikyu.ac.jp/fooddiversity/newsletter/file/NLno5.pdf>

アルティエリさんは、私が地球研でリーダーを務める個別連携型実践プロジェクト「地域に根ざした小規模経済活動と長期的持続可能性—歴史生態学からのアプローチ—」（小規模経済プロジェクト）（研究番号14200084）のコア・メンバーとして、カリフォルニアにおける有機農業とコミュニティ菜園の実践に関するサブ・プロジェクトを担当して下さっている（巻末写真1参照）。本年度でプロジェクトを終了するにあたり、アルティエリさんとニコールズさんから、第三世界ネットワーク（Third World Network）のウェストウッドさんおよびリムさんと共著で出版した本書を日本語に翻訳したいとの提案を受けた。

アルティエリさん、ニコールズさんと共同研究をおこなったことにより、小規模経済プロジェクトの研究活動においては、有機農業をはじめとするオルタナティブな食料生産活動の研究、先住民族コミュニティの研究と農村コミュニティの研究を統合する見通しが大きく進展した。また、2016年5月に行った、アグロエコロジーに関する一連のイベントの成果として、2016年京都アグロエコロジー宣言を発信することができた。本書の巻末には、付編として、同宣言の日本語版および英語版を掲載した。

日本語への翻訳をご許可いただいた4名の著者の方々に、心からお礼を申し上げたい。日本語版を作成するに当たり、翻訳者の柴垣明子さんには、タイトな出版スケジュールにもかかわらず、素晴らしいお仕事をいただいた。また、翻訳の内容についてコメントをいただいた日鷹一雅さん（愛媛大学）、山口富子さん（国際基督教大学）、松平尚也さん（京都大学・耕し歌ふあーむ）、ステーブン・マックグリービーさん（地球研）、田村典江さん（地球研）、小林舞さん（地球研）には、大変お世話になった。いただいたすべてのコメントを生かしきれなかった部分は、プロジェクト・リーダーである私の責任である。

末筆ながら、上記の方々をはじめとしたお世話になった皆様に深く感謝の意を表す。なお、本書は下記のウェブページよりダウンロードが可能である。<http://www.chikyu.ac.jp/fooddiversity/>

2017年3月

小規模経済プロジェクト・リーダー 羽生 淳子

目 次

日本語版の出版にあたって	i
はじめに	iii
第1章 工業型農業がもたらす危機	1
第2章 アグロエコロジー：概念と原則	6
2.1 原則	6
2.2 アグロエコロジーの実践と農業システム	7
2.3 アグロエコロジーと農民の伝統知	9
2.4 アグロエコロジーと農村の社会運動	10
第3章 エコロジカルな農業における生物多様性の役割	12
第4章 農業生態系におけるエコロジカルな害虫管理のための植物多様性の向上	16
第5章 有機的な農業経営へ転換するためのアグロエコロジー的基礎	20
5.1 輪作	21
5.2 地力の向上	22
5.3 作物多様性	24
5.4 持続可能性の指標	25
第6章 アグロエコロジーと食料主権	28
第7章 アグロエコロジーとレジリエントな農業が、地球を救う	31
関連資料	35
あとがき	36
付編：2016年京都アグロエコロジー宣言（日本語訳）	37
2016年京都アグロエコロジー宣言（英文）	39
写真	41

本書は、インドネシアのソロ（2013年6月5日～9日）、およびザンビアのルサカ（2015年4月20日～24日）で開催されたアグロエコロジー研修会での学習の要点をまとめたものである。

はじめに

現代の農業は、食料危機や気候変動など数多くの深刻な問題を抱えている。食料生産は増えても飢えはなくなっていないという矛盾も生じている。私たちが持続不可能な形で農業を続けてきたために、農業の基盤そのものが脅かされ、世界の食料生産システムは今や完全に崩壊している。慣行農業は、気候変動を含む様々な問題の元凶である。そして、そのしわ寄せを最も受けているのは、最貧国の零細で自給的な農家だ。「開発のための農業科学技術の国際的検証」(International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development、略称 IAASTD)¹ は、もはや現状維持という選択肢はないと結論づけた。さらに、農業の未来は、高い生産性を保ちつつ、社会・経済・環境に関する目標を達成することが可能で、生物多様性に富む、アグロエコロジーに基づいた農業に託すしかない、と断定している。

アグロエコロジーは、農業生産性を維持しつつ、環境や地域社会に配慮した未来の農業の姿として認められつつある。その設計思想や管理の手法は、生態学の概念や原則に即している。アグロエコロジーを取り入れた農業システムは持続性が高く、経済状況や気候条件が変化しても一貫して高い生産性を維持することが証明されており、飢餓の解消に貢献できると考えられる。

第三世界ネットワーク (Third World Network、略称 TWN) は、この分野における人材育成が急務であると考え、二回にわたりアグロエコロジー研修会を実施した。研修の目的は、農業に関係する各分野のキーパーソンに、概念や原則への理解を深めてもらい、事例紹介を通じてその実効性を証明することであった。その第一回は、インドネシアのソロにおけるアグロエコロジー東南アジア研修である。2013年の6月5日から9日まで、インドネシア小農民連盟 (Aliansi Petani Indonesia、略称 API) との協賛で開催された。第二回は、アフリカ生物多様性センター (African Centre for Biodiversity、略称 ACB) 共催、カシシ農業研修センター (Kasisi Agricultural Training Centre) 協賛で、2015年4月20日から24日までザンビアの首都ルサカで実施した、東部・南部アフリカ・アグロエコロジー知識技能研修会である。

研修の内容を以下に示す。

- アグロエコロジーと世界の食料・エネルギー・経済・社会の危機
- アグロエコロジーの概念と原則：その科学的根拠
- 農業生態系における生物多様性の生態学的役割
- 生物多様性と害虫防除
- 土壌の生態学とその管理
- 生態学に基づく病害対策と雑草管理
- 有機農業への転換のためのアグロエコロジー的基盤
- アグロエコロジー、小規模農場の振興と食料主権
- アグロエコロジーと気候変動に対するレジリエンス

本研修では、米国カリフォルニア大学バークレー校およびアグロエコロジー中南米科学協会 (Latin American Scientific Society of Agroecology、略称 SOCLA) のミゲール・アルティエリ教授、クララ・ニコルズ博士が講師を務め、農家、農業リーダーほか、アグロエコロジーや生態系に配慮した農業を推進する市民団体や農業団体の代表、行政関係者などが参加した。

本書は、研修における講義の要点を TWN のスタッフがまとめたものであり、アグロエコロジーの基本的な概念、原則および実践を学べる内容となっている。ミゲール・アルティエリ教授には貴重な情報を提供して頂いた。

- 1 IAASTD (2009). *Agriculture at a Crossroads. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development*. Island Press, Washington, DC. <http://www.agassessment-watch.org/>

第1章

工業型農業がもたらす危機

現在、地球は、経済、財政、エネルギー、生態系、そして社会を脅かすさまざまな危機に直面している。これらの危機はすべて、相互に関連しており、気候変動も、生態系を襲う危機の一側面に過ぎない。この状況は偶然の結果ではなく、人や自然、そして地球を顧みずに経済成長ばかり重んじる、搾取的で支配的な資本主義システムによってもたらされたものである。今までのやり方を続けることは、もはや不可能である。なぜなら、自然には、許容できる限界があり、それを超えることは、地球の破たんを意味するからである。

経済発展は、人口の急激な増加と消費の拡大をもたらした。しかし、全ての人々が平等にその恩恵を受けているわけではない。1%の人々が80%の富を手にし、99%の人々が残りの20%を分け合っている、というのが現実である。さらに、経済活動の進展は、二酸化炭素の排出も大幅に増加させた。ここでも、一人当たりの排出量で米国やヨーロッパがアジアやアフリカの小農民の20倍となるなど、温暖化への貢献度に格差が生じている。

経済的発展により、種の絶滅のスピードも加速した。毎日、何千という種がこの地球上から姿を消している。それらの種の一つ一つが生態系の中で重要な役割を担っているが、それらを失うことの意味については、私たちは未だ十分な知識を持ち合わせていない。自然生態系が抱える様々なストレス—森林破壊、土壌浸食、気候変動など—は、全てグローバル経済がもたらしたものである。環境問題は、貧困、不平等、飢餓、環境難民 (ecological refugees) などの、社会経済問題も引き起こしている。そして、その全てが集中しているのが、農業分野である。

農業とは、自然に手を加え、単純化させる行為である。モノカルチャー (単一栽培) では、生態系の重要な機能を担う生物多様性が欠けているため、農薬や化学肥料などの外部資材 (external inputs) や手間のかかる管理が必要になる。モノカルチャーは、慣行農業に限らず、有機農業でもおこなうことが出来るが、その場合も外部資材が必要なことに変わりはない。その種類が、化学系から生物系に代わるだけである。一方、天然林では、こうした介入の必要が全くない。様々な生物の相互作用による自律性が備わっているからである。

残念ながら現在、世界に15億ヘクタールある農地の90%が、大量の農薬、化学肥料やエネルギーを用いる工業型モノカルチャーに代わってしまった。その結果、世界の農産物の大部分は、12種類の穀物と23種の野菜に集約されてしまった。モノカルチャーは、病虫害や気候変動などに対し極めて脆弱で、過去にも深刻な飢饉の引き金となった。かつてインドやアイルランドを襲った大飢饉も、このような遺伝的に均質な農業が招いた結果である。

工業型の農業は、1960年代の緑の革命以降、急速に拡大した。先進国 (北) では、国際的な農業研究が盛んになり、温帯の科学者が熱帯 (南) に派遣され、現地の農民に農業を「指導」した。科学は権力を持つ者の道具となった。政治的課題を達成するための農業関連プロジェクトに巨額の予算がつき、高収量品種が在来種を駆逐していった。

メキシコに端を発した緑の革命は、その後インドなど各地に広がった。緑の革命がもたらした新技術は、小規模農家に適したものではなく、農家の大規模化を促進した。現在にいたるまで、緑の革命が推し進めた農業システムが世界の主流となっている。農家の数が減っている一方で、その規模は大きくなっている。その結果、作物の遺伝的多様性は大きく損なわれた。工業型農業の台頭で、自然に優しく多様性のある農業が次々と姿を消してしまった。

モノカルチャーは、短期的な経済性はあっても、長期的には生態系にとって最適なシステムとは言えない。モノカルチャーでは、主要穀物の大半が遺伝的に均質であるため、病害虫（や気候変動）への抵抗力が著しく低く、農薬依存を招いてしまう。しかも、化学農薬は、害虫や雑草が耐性を獲得すると、その効力を失ってしまう。そのため、新たな農薬を開発し、使用量を増やすという、イタチごっこを繰り返すことになる。さらに、化学肥料に関しては、ある一定の量を超えて与えると、効果が減少するので（収穫逡減の法則）、与えすぎは逆効果になる。

緑の革命には三つの前提条件があった。安価で豊富なエネルギー、変動のない安定した気候、そして豊かな水資源である。これらの前提は、今や全て崩れてしまった。

工業型農業は、土壌中の炭素レベルを低下させ、二酸化炭素、メタン、一酸化窒素など温室効果ガスの17~32%を排出し、気候変動の大きな要因となっている。その気候変動もまた、生物多様性の喪失や収量低下など様々な影響を農業に及ぼしている。2012年に、アメリカ中西部が30年来の記録的干ばつに見舞われた際には、トウモロコシと大豆の収穫量が30%減少し、工業型モノカルチャーの気候変動に対する脆弱さを露呈する結果となった。

農業は、世界の土地の12%と、水資源の70%を使っている。例えば、食物を生産するにあたり、穀物生産では1キロ当たり1,500リットル、フルーツの生産では1,000リットル、牛肉生産に至っては15,000リットルという大量の水を消費している。現在の消費レベルを維持するための水は、もはやない。

また、海では、富栄養化により、デッドゾーン（貧酸素海域）が生じている。農薬や化学肥料に含まれる窒素やリンが河川を通じて海に流出し、その結果、藻が異常発生して、酸素を大量に消費したことが原因である。

以上からもわかる通り、工業型農業は、世界の人々を飢えから救うという当初の目的を実現していない。私たちの口にする食料のわずか30%の生産のために、耕地の70~80%、水資源の70%、また農業で利用する化石燃料の80%が消費されている。しかも、工業型農業は、農作物よりバイオ燃料や飼料の生産を優先している。一方、飢餓に苦しむ人々は世界で増え続け、世界人口の半数が満足な食事にありついていない。世界の34億人が飢えや栄養不良、肥満に苦しんでいる。生産や流通、消費の過程では33%の農産物が有効利用されず廃棄され、穀物の40%が飼料に回されている。

これらの事実が示す通り、飢えの問題は、生産よりも、貧困と不平等に起因している。しかし、食料危機の真の原因は、農業システムが少数の多国籍企業の支配下にあるということである。2008年に、市場による投機買いで食品に記録的高値がつき、一般市民の手に届かなくなるという事態が発生した。その年、カーギル社、ブンゲ社など「穀物メジャー」は、史上最高利益を出した。いわゆる「食糧帝国 (food empire)」は、農家の生産活動から、人々が口にする食物の量や質、価格に至るまで、全てをコントロールしている。生産者と消費者は、ともにこのグローバルな食料システムの犠牲者である。この帝国では、現在でも生産至上主義が幅を利かせている。彼らの目標は、2030年までに食料生産高を倍増させることだ。その切り札となるのが、近年普及が進んでいる遺伝子組み換え作物 (genetically engineered/ genetically modified crops) である。

「食糧帝国」と産業界の密接な結びつきも無視できない。アグリビジネスは、自動車や石油化学企業と手を組み、バイオ燃料の生産に乗り出した。世界のエネルギー資源は、先進17か国によってその50%が消費され、残り50%を175カ国で分けあっている。しかし、石油資源は有限であり、いつかは枯渇する。農耕地の2%に当たる2,500万ヘクタールが、バイオ燃料の生産に転用されている。南米やアフリカ、アジアでは、バイオ燃料の生産が盛んであり、土地の収奪 (land grabbing; 未開発の農地の大がかりな土地買収) も激化している。2010年までに収奪された土地は1億4,000エーカーに及び、その75%がアフリカのサハラ以南に集中している。土地収奪と深刻な飢餓には相関関係がある。

バイオ燃料と関連して話題になるのが遺伝子組み換え作物である。1億8千万ヘクタールの土地で大

豆（全耕作面積の65%）、トウモロコシ、綿、菜種などの遺伝子組み換え作物が栽培され、その大半がバイオ燃料や飼料作物、換金作物として利用されている。企業側は、飢えの撲滅のためには遺伝子組み換え作物は不可欠だと主張しているが、それを裏付ける証拠はない。また、遺伝子組み換え作物は環境問題の解決にも貢献していない。例えば、遺伝子組み換え作物として最も生産量が多いのは、は農薬耐性の大豆である。米国、アルゼンチン、パラグアイやブラジルでは、自生大豆（soybean volunteer）や除草剤グリホサート耐性の雑草が増え続け、より毒性の強い除草剤が使用されている。

「ゴールデンライス」というビタミンAを多く含む遺伝子組み換えイネが開発されて、ビタミンA欠乏症対策に有効であると宣伝されている。しかし、葉物野菜やキャッサバ（タピオカイモ）、マンゴーなどのフルーツの方が、ゴールデンライスよりもビタミンAの含有度は高い。そもそも農村部でビタミンA欠乏症が発生した原因は、水田における生物多様性の喪失にある。かつて水田は、バランスの取れた栄養の供給源であった。今でも、鴨や魚などを利用した環境共生型の米作りを営んでいる農家の米は、ビタミンAを多く含み、栄養価も高い。必要なのは、植物だけでなく、食文化や薬用植物を含めた（遺伝子及び種のレベルでの）農業多様性の回復である。

農業には、健康被害や環境破壊など、外部性（externalities）の問題もある。温室効果ガス排出、水質汚染、生物多様性の喪失、土壌浸食、健康被害、その他の外部性にかかるコストを全て考慮した場合、食料生産にかかる実際のコストは現在言われているよりはるかに高い。英国では、工業型農業の外部コストを、1ヘクタールあたり205ポンドと見積もっている。

気候変動、社会不安、金融危機などの不確実性がある中で、耕作面積を増やすことなく、また石油、水、窒素などの資源を節約しながら、いかにして持続可能かつ十分な食物の増産を実現できるか。それが今後数十年にわたる、農業に課せられた課題だ。農業システムの在り方を見直し、新たなパラダイムへと移行する必要がある。未来の農業システムは、化石燃料に依存せず、環境に優しく、多様な機能を提供し、気候変動などの外的なショックに耐えるものでなければならない。このような農業システムは、レジリエント（気候変動や災害に対する回復力が高いこと）であり、先住民族や地域による技術革新を生かした、地域独自の食料システムの基盤となるべきものである。

アグロエコロジーは、まさにこのようなシステムである。必要とされているのは、生産性や効率が高く、生物多様性に富み、資源循環型で、農薬や化学肥料に依存せず、変化に強く、地域の資源を活用し、高度に相互補完的で統合的システムである。これこそが、「食糧帝国」企業の支配を回避する道である。

アグロエコロジーは、生態学という科学を農業に適用する。その目的は、農薬や化学肥料などの外部資材がなくても、種同士の相互作用のみでシステムが機能するような生態構造を構築することである。例えば、森林に囲まれた農場は、益虫や肥沃な土壌など、森から多くの生態系サービス（自然の恵み）を受けている。綿花などを単一栽培する大規模プランテーションが常に外部エネルギーの投入を必要とするのとは、対照的である。

慣行農業は、モノカルチャーへ転換することで、自然生態系を単純化させている（コラム1）。そもそも農業生態系と自然生態系は別物である。農業生態系が、低い遺伝的多様性と開放的な栄養塩循環に代表されるのに対し、自然生態系は、高い遺伝的多様性と閉鎖的な栄養塩循環を特徴とする。自然生態系には、本来、相互依存性、自己制御性、自己再生性、自己充足性、効率性、多様性などが備わっており、それが強みとなっている。モノカルチャーに移行してしまうと、生態系は単純化され、その強みは失われ、農薬と化学肥料に依存するようになる。アグロエコロジーは、自然生態系が持つ本来の力を農業生態系に取り入れ、復元することを目指している。

コラム1 慣行農業に影響を与えた学派

慣行農業に影響を与えた学派は4つある。

第一は、デカルトの流れを汲む学派で、全体を部分に還元し、部分ごとに理解しようとする立場をとる。この考え方は農業や科学分野における専門化や特殊化を促した。しかし、科学とは部分を統合するものであり、システムはその全体性で理解しなければならないという視点が欠けている。

第二は、ダーウィンが提唱した適者生存という概念である。ダーウィンが見落としたのは、自然界は、競争よりも協力と相互作用の上に成り立っている、という点である。適者生存の考えは、後の生物学者や経済学者に影響を与え、競争の重要性が過度に強調されることになった。

第三は、フォン・リービッヒ (von Liebig) の学説である。リービッヒは、生産性にはそれを限定する要因 (限定要因) が常に存在し、最適な生産性を実現するには、この限定要因を克服しなければならない、と説いた。つまり、限定要因が窒素ならば窒素を補給し、害虫であれば、害虫を駆除しなければならない。しかし、リービッヒの説明は、限定要因が生態系の機能不全がもたらす症状であり症状を取り除くだけでは問題の根本的解決にはならない、という重要な点を見過ごしている。限定要因を一つ取り除いても、また別の限定要因が生じる。例えば、農薬や化学肥料を使用すると、収量はいったんは増加するが、一定レベルに達すると減少に転じる。収量の増加は、窒素肥料投入量に必ずしも比例しない。慣行農業では、施肥の効果が出ない場合、その原因が品種にあると考えて、新たな品種の開発に走る。しかし、収量が減る真の原因は、化学肥料の大量投入による土壌の酸性化である。土壌が酸性に傾くと、土壌中の微生物群にとって住みにくい環境になるばかりでなく、その他の土壌中の栄養素が植物に吸収されにくくなる。また、化学肥料は水に溶けやすいため窒素がすぐに植物に吸収されてしまうが、吸収された窒素はアミノ酸やたんぱく質に合成されにくい。葉に遊離窒素がたまると、窒素を生殖に利用するアブラムシなどの害虫を引き寄せ活性化してしまう。これに対し、アグロエコロジーでは、症状を克服することではなく、根本原因を取り除くことを重視している。例えば、土壌への窒素の供給にはマメ科植物 (legume) を利用している。この方法では、窒素の移行が緩やかなスピードで行われるため、葉への窒素の過剰な蓄積にはつながらない。葉の組織に可溶性窒素が蓄積すると、アブラムシの生殖や生育が促進されることは、多くの研究で証明されている。また、化学窒素肥料がたんぱく質の合成を阻害し、植物を病害虫に対し脆弱にさせることは、既に1960年代に、フランスの科学者フランシス・シャブスー (F. Chaboussou) が提唱している。

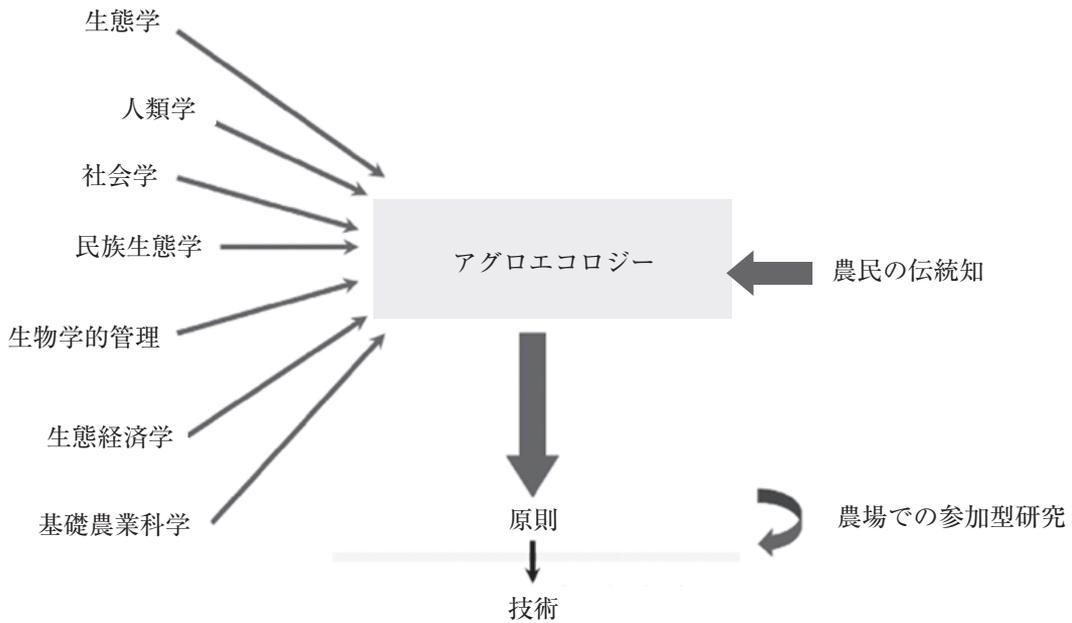
第四は、英国の経済学者、マルサスの学説である。マルサスは、飢えとは人口増加と食料生産力との間の不均衡であり、その解決は食料増産にある、と説いた。この考えは、緑の革命に大きな影響を与え、収量の増加と農業生産性の向上が究極の目的となった。その結果として、慣行農業は、多額の農業補助金の上に成り立っている北の農家の収量と、南の零細農家の収量との差を埋めることばかりを考えるようになった。

アグロエコロジーは、科学であると同時に農業の実践であり、社会運動である (図1)。それは、科学の知見と農民の伝統知に立脚し、生態学と社会・経済を扱う諸分野をつなぐ学際的アプローチである。アグロエコロジーの原則を適用すると、生物学的プロセスが促進される。またその原則は、農民同士の交流を通して共有され、農場、コミュニティ、国、地域まで、様々な規模での実践が可能で

ある。

アグロエコロジーは、農村地域の社会運動と連動して、ボトムアップで、つまり農民主体で行われることが望ましい。また、農村と都市の連携も必要である。小農民や「土地なし農民」が、土地や水、種子などの生産資源と経済的機会の獲得を目指す、食料主権（food sovereignty）という流れの中で、重要な柱となるのがアグロエコロジーである。

図1 アグロエコロジーとは、伝統知と、生態科学・社会科学・農業科学の知見とを統合し、両者の対話から、生物多様性のあるレジリエントな農場をデザイン・経営するための原則を導くものである。



第2章 アグロエコロジー：概念と原則

2.1 原則

アグロエコロジーは、社会科学、生物科学、農業科学に立脚し、それを伝統知や農民の知恵と融合させた科学である。そこから導かれた一連の原則と、原則を実現する技術によって構成される。アグロエコロジーの真髄は、地域の生態系を模倣した農業生態系の構築にある。自然生態系の持つ、効率的な栄養循環、複雑な構造、豊かな生物多様性を再現することで、農業生態系が、自然と同等の生産性、害虫耐性、栄養利用効率を獲得することが期待されている。自然に倣うことで、農業生態系の相互作用や相乗効果を最大限引き出し、再循環と生物的防除を促進させ、農薬やエネルギーの使用を最小限に抑える。その結果、高い総合効率と環境保全力を有する農業生態系が実現する。

アグロエコロジーは、農場およびその周辺の景観に多様性を取り戻すことが、持続可能な農業実現のカギであると考えられる。そのため、農場レベルでは、多品種混合栽培 (variety mixtures)、輪作、ポリカルチャー (混合栽培)、アグロフォレストリー (農林複合)、作物畜産複合農業 (crop-livestock integration)、また景観レベルでは、生け垣 (hedgerow)、回廊 (corridor) を含む様々な手法を提供している。生産者は、季節に応じて場所ごとにこれらの選択肢を組み合わせる。農業生態系に多様性が加わると、生態系機能が働き始め、地力の回復や、作物の生産、害虫防除が自律的に行われるようになる。アグロエコロジーに即した農業は、農業生態系の多様性や複雑性を強化することで、土壌の品質、植物の健康、そして作物の生産性を向上させる基盤づくりをしている。

アグロエコロジーは、生態学のベースに自然生態系の知見を取り入れ、それを人為的な農業生態系と対比させたものである。生態学には6つの原則がある：

- ネットワーク：自然とは生物系 (living systems) のネットワークである。一つの生物系は他の生物系と入れ子構造を形成し、関連し合っている。
- サイクル (循環)：物質は、生きとし生けるもの間を常に循環する。よって、生態系に無駄は存在しない。
- 太陽エネルギー：あらゆる生態系循環の原動力である (アグロエコロジーが植物の多様性を重視するのは、太陽エネルギーを化学エネルギーに変換し生態系や食物網に供給しているのが植物だからである)。
- パートナiership (協力関係)：生態系内のエネルギーや資源のやり取りは、競争ではなく、広範な協力関係によって支えられている (そのため、農業システムは、その相乗効果を高めるよう設計されなければならない)。
- 多様性：豊かな多様性は、生態系の安定性とレジリエンス (回復力・弾力性) に貢献する。
- 動的バランス：生態系は柔軟であり、常に変化している。

以上の生態学の原則を踏まえた上で、農業システム的设计に、次の5つのアグロエコロジーの原則を適用する：

- バイオマスの再循環を促すことで、養分を最適化し、バランスのとれた栄養循環を実現する。

- 有機質の調整と生物活性の促進により、植物の生育に最適な土壌の状態を確保する。
- 微気候の調整、集水、覆土による土壌の管理により、日射や風雨による損失を最小化する。
- 農業生態系における種および遺伝的形質の時空間的な多様性を、農場と景観レベルで向上させる。
- 農業生物多様性の要素間の有用な相互作用と相乗効果を引き出すことで、重要な生態系プロセスやサービスを促進させる。

アグロエコロジーでは、様々な技術や手法を用いて、上記の諸原則を実践している。例えば、農場の時空間的な多様性の実現には、ポリカルチャーという手法を用いている。アグロエコロジーの技術や手法は、農業生態系が機能する上で不可欠なプロセス—栄養循環、害虫防除、アレロパシー（他感作用）による雑草抑制など—の促進を意図している。アグロエコロジーの効果は、土壌の質や植物の健康状態を見ることでわかる。それらは、アグロエコロジーの原則が正しく適用され、システムが健全である事を示す、重要なバロメーターである。

技術や手法は、地域固有の伝統知とその論理的根拠（rationale）に合致していなければ適切とは言えない。経済的に実現可能・アクセス可能で、資源の現地調達も可能、環境に優しく、社会、文化、ジェンダーへの配慮があり、リスク回避的で、異質な状況に対する適応力に優れ、農場全体の生産性と安定性を高めるものでなければならない。また、農民を受動的な情報の受け手とみる従来のトップダウン型のアプローチは改めなければならない。代わりに、農民ネットワークを活用した情報の交換と共有を奨励し、また、その活動を支援する体制を整備すべきである。

2.2 アグロエコロジーの実践と農業システム

自然は、本来、より複雑な方向へ流れる傾向を持っている。そのため、工業型農業は、化学物質という「壁」を設けて、モノカルチャーや単純なシステムを維持している。アグロエコロジーが目指しているのは、自然の持つ複雑性の志向を取り入れ、より複雑な農業生態系を構築することである。そのための手段として、輪作、被覆作物、作物畜産複合農業、アグロフォレストリー、ポリカルチャー、間作、多系品種（multi-lines）、多品種混合栽培（遺伝的多様化）、作物境界の多様化（field crop border diversification）、農場と自然の植生を繋ぐ回廊など、様々な戦略を提供している。いずれの技術や手法も、農場や景観の植物多様性の復元に有効であり、生産者が、時空間的に多様な家畜と作物を組み合わせることを可能にする。

多様性のある農業システムを設計する主な目的は、作物、動物、土壌による有用な相乗効果を引き出し、生態系サービスを確保することである。農業生態系の生態系機能が弱っている場合には、これを強化するために、外部の資材（農薬等）を内部の資材（生物由来のもの）に徐々に置き換える。その後、生態系の能力を最大限に引き出すよう農場システムを再設計し、農薬や化学肥料の使用そのものを段階的に停止する。多様性のある農場は、生態系の力だけで、土壌を肥沃にし、害虫を排除し、生産力を維持することができるものである。

農業生態系の多様性や複雑性は、土壌の品質や植物の健康、作物の生産性の土台となるものであり、アグロエコロジーでは、様々な方法でその向上に取り組んでいる。特に力を入れているのが、間作、アグロシルボパストラル・システム（agrosilvopastoral systems；林業＋農業＋畜産業）、輪作やマメ科植物などの被覆作物、水田養魚など、自然の再生力を利用した手法である（コラム2）。

多様性のある農業生態系は、自然の恵みの宝庫である。多様性は、有益な相互作用や資源の効率的利用を促進させ、栄養循環を向上させる。また外部からの侵入者に対しても、単独の場合より、連携して抵抗力を高める。農場に多様性を導入する際に、生物条件と非生物条件（土壌、小気候など）の両方が改善されるような設計にすると、システムや生態系プロセスの質は高まり、農場は健全で生産

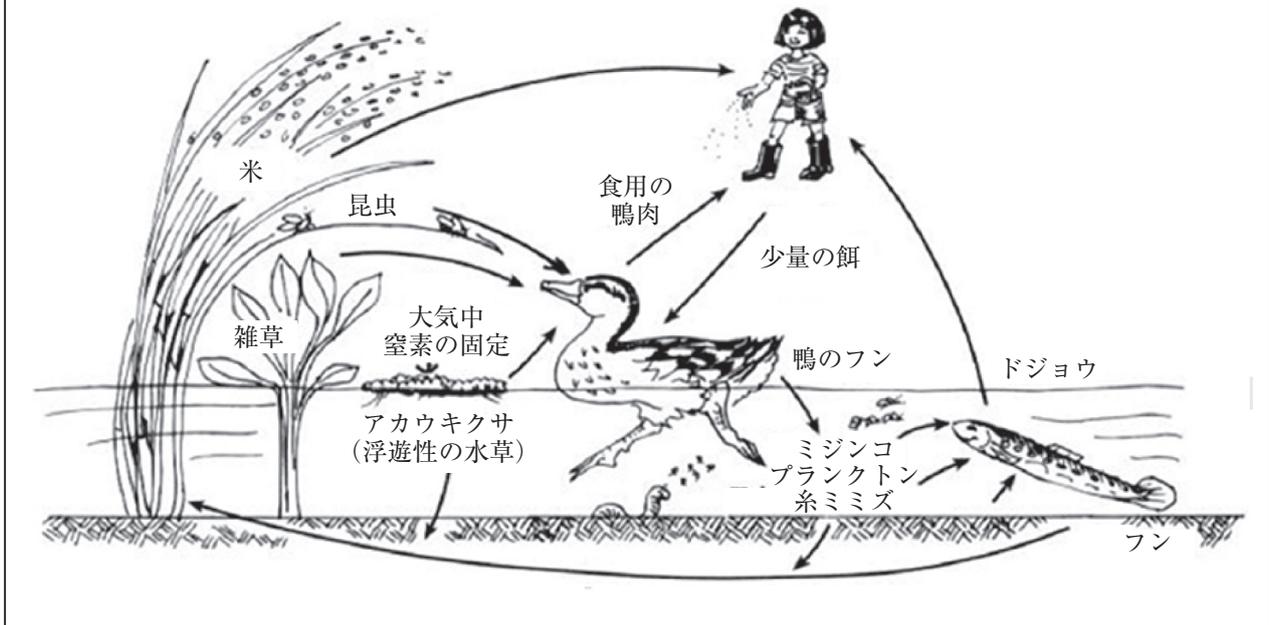
的になる。自然の仕組みを真似て、土壌、植物、動物による相互作用を引き出すと、農場は、自力で土壌の力を高め、害虫を防除できるようになる。図2に、多様性のある水田を示す。田んぼでは、イネが、雑草や昆虫、魚、鴨などと共生しており、その相互作用で栄養循環や害虫抑制などの重要なプロセスが促進され、農薬や化学肥料なしで、水田機能が保たれている。

コラム2 多様性に富む農業システムの時空間的設計、およびアグロエコロジーの主要な効果

- 輪作 (crop rotations) : 穀物とマメ科植物を交互に栽培し、時間的多様性を実現する。一年を通し養分のバランスが良好に保たれ、害虫、病原菌、雑草のライフサイクルは断絶される。
- ポリカルチャー (混合栽培) : 近接する空間内で2つ以上の作物種を栽培すると、生物学的な補完関係が促進され、栄養の効率的利用や害虫防除、収量の安定化を図ることができる。
- アグロフォレストリー (農林複合) : 樹木と一年生作物と一緒に栽培することで、微気候の改善と土壌の肥沃化を図る。アグロフォレストリーでは、窒素固定や土壌深部からの栄養吸収に代表されるように、樹木が重要な役割を担っている。また、その落ち葉 (litter) も、土壌へ養分や有機質を補給し、土壌の複雑な食物網を支えている。
- 被覆作物 (cover crops) とマルチ (mulching) : 果樹の下草として、草 (grass) とマメ科植物を単一または組み合わせて植えることにより、土壌の流出を防ぎ、養分を補給し、また生物学的に害虫を防除する。土壌表面を被覆作物で覆う手法は、環境保全型農業 (conservation farming) でも、土壌の浸食防止と土壌中の水分や温度の安定化、土壌の質の改善や、雑草抑制の目的で利用されており、生産性も上げている。
- 緑肥 (green manures) : 裸地に成長の早い植物を植え、その落ち葉が地上の雑草の生育を抑え、その根が土壌の流失を抑える。まだ緑の葉をつけている間に地中に鋤き込むことで、土壌に栄養を補給し、土壌構造を改善する。
- 作物-畜産複合農業 (crop-livestock mixtures) : 作物と家畜と一緒に生産すると、バイオマスが増加し、栄養循環が促進される。具体的には、飼料用の灌木を密に植林し、成長の早い牧草や材木用樹木と間作し、そこに家畜を放牧する。この手法により、農薬や化学肥料に依存することなく、トータルな生産性を高めることができる。

アグロエコロジーは、農地、農場、景観 (近接する農地、周辺環境の植生を含む) など、異なる規模やレベルで実践することが可能である。まずは、数区画から始めて、その後、農場で実際に行うのも良い。現実の農場は、景観から様々な影響を受けていて、その生態系も、より複雑だ。アグロエコロジーの原則を、大規模な農場の設計に適用することも可能であるが、その際には、社会・政治的な諸側面について慎重な検討が必要である。いずれにせよ、大規模農場も持続可能な経営に取り組むべき時が来ている。

図2 水田における多様な生物間の相互作用が、水田の生産性に不可欠な栄養循環や害虫予防などのプロセスを担っている。



2.3 アグロエコロジーと農民の伝統知

社会システムと生態系が相互作用を繰り返す中で、農業生態系は進化してきた。私たちは、人々が農業生態系の設計に込めた思いや意図、さらに、その維持管理のために必要な知識を理解する必要がある。農業システムは、何世紀にも渡る、自然と社会による相互作用と進化の産物である。ここでは、相互作用の質が、農業システムの質を決定する。例えば、南米アンデス地方では、ワルワル (waru waru) という伝統農法が、高地特有の霜害に強いということで再び脚光を浴び、数百ヘクタールの規模で復活している。ワルワル農法では、嵩上げた土地の周辺に水を巡らせ、水による昼夜の熱交換を行う（水が昼間に熱を吸収し、夜間に放出する）ことで霜を予防し、海拔4,000メートルという高地での作物栽培を可能にしている。このように、文化の多様性が、作物や遺伝子レベルの多様性を支えている事例は多い。農業生物多様性は、文化や伝統によって守られているのである。

伝統的な小農民たちは、長い年月をかけて、様々な農業の形を作ってきた。エコロジカルな（生態系に配慮した）農業とは、小農民たちの生態系への理解とその論理的根拠に基づいた農業のことである。その多くは、生物多様性に富み、農薬に頼らず、年間を通して食料を地域住民に安定供給することが可能な、持続性のある有望な農業モデルである。農民たちは、長年に渡る自然の観察と試行錯誤の繰り返しの中で、地域や文化圏に固有な動植物と土壌に関する、深い理解を養ってきた。農業システムの進化を支えてきたのは、このような農民たちの伝統知— 経験的実践的知恵— である。成功事例は世代を超えて継承され、新技術は農村コミュニティで広く共有されてきた。

アグロエコロジーにおけるイノベーション（技術革新）は、農業の現場で、農民の参画と水平的な交流の中で生まれている。その技術は、画一的ではなく柔軟性に富み、状況に応じた適用が可能である。小農民の社会・経済的実情や地域の生態系に適した新しい農業の形を模索するアグロエコロジストにとって、伝統的な農業の営みの数々は、まさに宝の山である。伝統的生態学的知識（伝統知； traditional ecological knowledge、略称 TEK）を回復し正しく活用することができれば、その恩恵は計り知れない。

伝統知には以下が含まれる。

- 地域固有の生産資源や環境（土壌、植物、降水量等）に関する詳細な知識。
- アグロエコロジー的介入に必須の、地域に関する詳細かつ長年かけて実証された知識。
- 最適な農家実践例の特定と、他の農家や地域への水平展開。
- 地域に適した作物種や動物種の利用。
- 地域の課題や優先事項、ジェンダーを考慮した技術開発の基準。
- 新技術の地域適合性を評価するための基準。

自然と共存し自然と関わる生活をしている農民たちは、地域の生態系に関する深い知識と知恵を持っている。現在、その貴重な伝統知の多くが、忘れられ、失われようとしている。今、必要とされているのは、農民に対し西洋的価値観や科学を押し付ける事ではなく、知恵の対話を促すことである。もちろん、伝統知を過大評価することはできない。気候変動の進展で環境は大きく変化し、伝統知だけで新たな問題を解決することは難しいかもしれない。アグロエコロジーと伝統農業を融合させることこそ、最適なシステムと高いレジリエンスを獲得するための、より確実な道である。

2.4 アグロエコロジーと農村の社会運動

アグロエコロジーは中立的な科学ではない。その基本的な考え方は、国際的な小農民運動「ビア・カンペシーナ」(La Via Campesina) が主張する「食料主権」の概念と結びついている。アグロエコロジーの最終ゴールは、農家の自立と自治であり、農家自らが発展のモデルを選択することである。アグロエコロジーは、工業的農業モデルからの脱却を目指す農村社会運動の重要な柱となっている。工業型農業がもたらした環境破壊的な農業形態や不健康な食品に代わる選択肢（オルタナティブ）として、アグロエコロジーに大きな関心が集まっている。土地の占拠（land occupation）や土地再分配政策により、土地の所有権や入会権を取り戻した小農民たちは、小作農や家族農をめぐる土地改革の一環として、アグロエコロジーを取り入れた。

小農民や家族農家とその運動にとって、アグロエコロジーとは、不利益な市場や政策から自立を守り、劣化した土壌や農地、コミュニティの生産性を回復させる手段である。

農村運動は、社会的プロセスや農民同士の交流（知識や新技術の水平展開）を通し、アグロエコロジーという選択肢を急速に広めることに貢献した。

アグロエコロジーは、農民のこれまでの論理的根拠（rationale）とも合致し、また以下の理由で、食料主権の主要な技術戦略にも適合する。

- アグロエコロジーは、農村コミュニティの必要性や実情に合った技術開発の方法論を提示している。
- アグロエコロジーは、そのデザインや技術が広範な農家の参画を前提としているため、社会活性化の手段となる。
- アグロエコロジーの技術は、農民のこれまでの伝統知の論理的根拠と矛盾しないため、文化的融和性が高い。農民の伝統知を積極的に採用し、それを近代農業と融合させている。
- その実践方法は、農業生態系を過度に改変・変容させないものであり、生態系に優しい。管理の方法を工夫することで生産の最適化を図っている。
- アグロエコロジーの手法は、地元の資源や資材を活用することにより、経済的な負担が少なく、技術依存を断ち切ることが可能である。

アグロエコロジーの普及に必要なのは、実効性のある政策、公平な市場、教育啓蒙、参加型研究、農民同士の交流である。最終目標は、小～中規模の農家またはコミュニティ単位の、生物学的にも文化的にも多様な、生産者と消費者を強く結びつける新しい有機農業の形である。

アグロエコロジーは高度に知識集約的である。その技術は、上から与えられたものではなく、農民が伝統知や経験をベースに獲得するものである。そのため、アグロエコロジーでは、農村コミュニティ自体が、新しい技術を実験・実証・実用化する力量を持ち、その能力を草の根の研究や教育の場で生かすことを重視している。アグロエコロジーのキーワードは、技術面では、「多様性」、「相乗作用」、「再循環」、「統合」であり、また社会面では、「コミュニティの参画」である。すなわち、アグロエコロジーでは、人材育成こそが、農村の人々、特に零細な農民がより多くの選択肢を手にする上で最も重要な手段であると考えられる。アグロエコロジーは、コミュニティを重視する。メンバーの生活を保障し、自立を促し、生産と消費を近づける地産地消を推奨する。

南米を中心に普及したアグロエコロジーは、人々の認識、技術、社会政治面に新しい変革をもたらし、革新的政府の誕生や農民・先住民族によるレジスタンス運動（抵抗運動）など、新たな政治の流れを形成した。すなわち、アグロエコロジーという新しい科学技術パラダイムは、政治や社会の動きと密接に関わり合いながら誕生したのである。

アグロエコロジーは、政治的には中立ではなく、内省的（self-reflexive）で、慣行・工業型農業に対する批判の先鋒となっている。技術的には、種子と農薬・化学肥料のパッケージ販売や「特効薬」の提供を得意とする緑の革命および技術集約型農業とは対極にあり、地域や農家の社会・経済的必要性や生物・物理学的条件に合った複数の選択肢を提供する。アグロエコロジーの技術革新（イノベーション）は、農民参画によってもたらされ、水平的に展開される。その技術には柔軟性があり、地域に合わせた適用が可能である。

第3章

エコロジカルな農業における生物多様性の役割

アグロエコロジーの重要な特徴の一つは、生物多様性の持つ力を最大限に引き出して活用することである。生物多様性には、植物、動物、微生物など地球上に存在するあらゆる生命体とその遺伝子の多様性、さらに、それらが形成する生態系、そして生命体と環境との相互作用などが含まれる。多様性のある生態系には、生態系プロセスの経路が数多く存在していて、一つが傷ついたり破壊されても、他の経路がその役目を肩代わりする。反対に、地域の生物多様性が失われると、生態系の機能そのものが脅威にさらされることになる。遺伝子資源、食用の植物や作物、家畜、土壌生物、野生資源、自然界に存在する昆虫、細菌、菌類など、農業には様々な生物学的資源が関わっている。機能的生物多様性とは、生態系の重要なプロセスを担い、その相互作用が栄養循環、害虫防除や生産性などに貢献している生物群の多様性のことである。

生物多様性の喪失には、生息地の破壊や分断、改良種による在来種の駆逐、土壌・大気・水質などの環境汚染、気候変動、工業的農業や森林プランテーションなど、様々な要因が関わっている。その中でも、穀物の遺伝的侵食の最大の原因は、緑の革命である。多収量均質栽培を推進する緑の革命の台頭で、生物多様性を支えてきた伝統知は、急速にその役目を失い、姿を消していった。

アグロエコロジーは、穀物や動物など生物の多様性のみならず、その力を農業生態系に活かす農業手法の多様性にも着目している。栽培方法が多様であればあるほど、関連する生物相の多様性は高まり、その結果、害虫防除、花粉媒介、栄養再循環など生態系サービスも促進され、生態系は安定した強靱なものとなる。

農業生態系における多様性には以下のものが含まれる：

- 種の多様性（農業生態系における種の数）。
- 垂直多様性（レベル、階層の数；例えば、アグロフォレストリーでは、樹木が重要な役割を担っている。木は防風林となり、葉は栄養を補給する）。
- 遺伝的多様性（同種内および異種間における農業生態系における遺伝子情報のバラツキの程度）。
- 機能的多様性（農業生態系における構成要素間の相互作用・エネルギーの流れ・物質再循環の複雑さ。例えばトウモロコシ-豆-かぼちゃの混合栽培では、各作物が異なる機能を担っている）。（コラム3参照）
- 時間的多様性（農業生態系における周期的変化の不均一性：季節性作物、例えば被覆作物は、春に植えて冬にすき込むことで、土壌に養分を供給し、土壌構造を改善する）。

コラム3 トウモロコシ-豆-カボチャの混合栽培

トウモロコシと豆の種子を3つずつ同じ場所に植える。カボチャはその中間に植える。トウモロコシと豆を一緒に栽培すると、マメ科植物である豆が窒素を土壌に固定し、トウモロコシの花は有益な昆虫をおびき寄せ、カボチャはアレロパシー物質を放出して雑草の生育を抑制する。複合栽培は、害虫対策や栄養循環など、重要な生態系プロセスを提供し、土壌の流失も防止する。乾燥期には、トウモロコシ、豆、カボチャの収穫後に、クローバーを植え

る。クローバーは、地中深く根を張るため、乾燥に強いばかりでなく、動物の飼料となる。大量に発生する動物のフンは、翌年の種まきの季節の大切な栄養分として再循環される。

生物多様性の豊かさは、生物的・非生物的ストレスに対する農場のレジリエンスを大きく左右する。生態系機能と環境サービスを提供してくれる生物多様性は、全ての農業生態系にとって、不可欠な要素である。農業生態系が単純化されると、生物が担っていた機能も失われ（生物機能群も失われ）、その結果、生態系のバランスは崩れ、生態系サービスやレジリエンスに支障が生じる。農業生態系に関わる多様性には、機能的多様性（functional diversity）と応答多様性（response diversity）の二種類がある。機能的多様性とは、農業生態系における生物の多様性と、それら生物が提供している生態系サービスの多様性を意味している。一方、応答多様性とは、同じ生態系機能を担う複数の種間の環境変動に対する応答の多様性である。応答多様性に富む農業生態系は、異なる種類や強度の衝撃に対して、高いレジリエンスを示す。貧しい農民にとって、多様な穀物在来種（トウモロコシ、コメ、ジャガイモ）を持てるかどうか、環境変化に適応し生き残るカギになると、多くの研究結果も示している。近代品種と一緒に在来種を栽培すれば、在来種の保存にもなり、また不作の備えにもなる。

異なる種や遺伝子は、少しずつ違う役割を担っていて、それぞれがニッチ（niche、生態的適所）を持つため、生物多様性が高いほど、農場全体の生産性や機能は向上する。生態系には、一般的に、機能の数よりも、種の数の方が多く、冗長性が組み込まれている。生物多様性が生態系機能を高く維持できるのは、この機能的冗長性のおかげである。環境に変化が起きても、同じ役割を担う種が重複して存在しているため、機能やサービスの継続が可能になる。生物の多様性は、農業生態系の補完性を高めることで、環境変動への緩衝材の役割を果たし、生態系が機能不全に陥ることを防いでいる。一つの種が失われても、他の種にその機能を補完させるため、変動に対する生物群集の応答や生態系の安定性に貢献する。

多様性には、これ以外にも、害虫被害の抑制や生産の多角化、また主要品種の保存など、様々なメリットがある。また、生産性に関しても、収率土地換算比（Land Equivalent Ratio、略称 LER）で見た場合、モノカルチャー（単一栽培）よりポリカルチャー（混合栽培）が優っている（コラム 4）。

コラム 4 収率土地換算比

$$\text{収率土地換算比 (LER)} = \frac{\text{混合栽培のトウモロコシの収量}}{\text{単一栽培のトウモロコシの収量}} + \frac{\text{混合栽培の豆の収量}}{\text{単一栽培の豆の収量}}$$

LER が1以上の場合、混合栽培の収量が単一栽培を上回っている。

例えば、LER が1.5の場合、同じ収量を得るために、混合栽培では1ヘクタール、単一栽培では1.5ヘクタールの土地が必要であることを意味する。

作物の遺伝的多様性を構成するのは、在来種、改良種、その他利用可能な穀物近縁野生種や野生植物種である。南米やアジアには、それぞれトウモロコシやコメの在来種が数多く存在する。アンデス地方だけで、何千種ものジャガイモがあることが知られている。改良種は、収量が多いが水や肥料を大量に消費するため、その分を考慮すると、在来種の方が生産性が格段に高い。反対に、多様性が低いと、作物の抵抗力は弱まり、病害が増える。もし作物を病害から守りたいのであれば、様々な品種を組み合わせる方が良い。

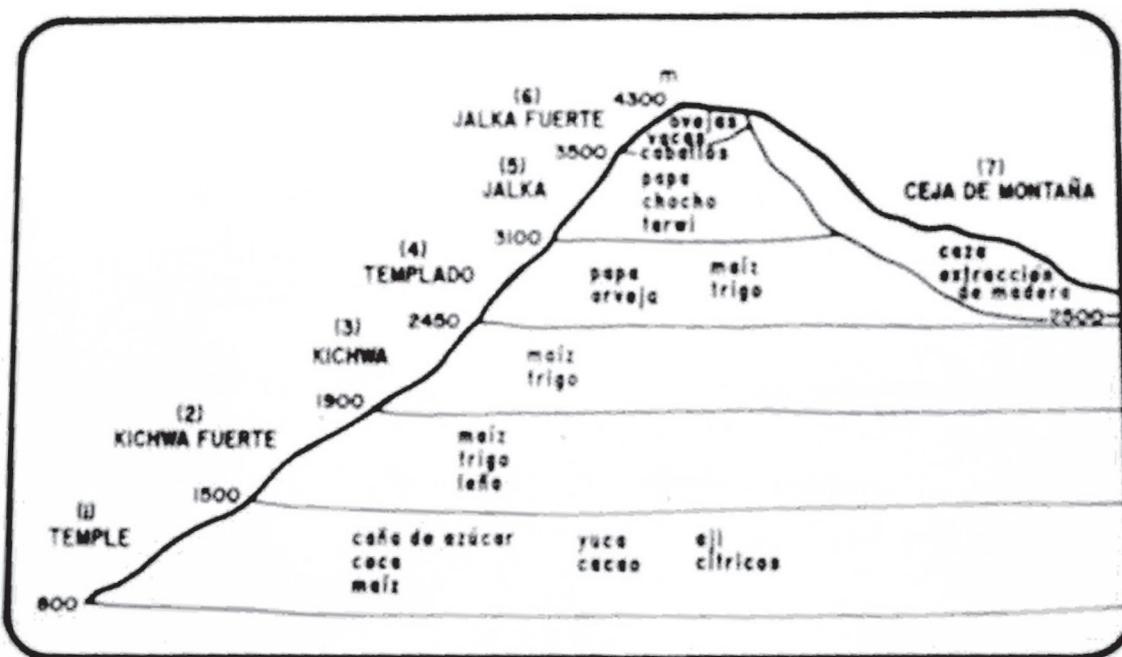
遺伝的多様性は文化的多様性と切り離せない。今でも先住民族の人々が多数住んでいる地方に行くと、豊かな生物多様性が残っていることに気づく。そこでは、多くの在来種が、先住民族の文化や伝

統と結びついて、大切に守られている。在来種の多くは、病気や乾燥にも強く、過酷な環境でもたくましく生育することが可能な品種である。在来種は、農民自身が種子の管理や交換を担っている。生物多様性が、多様な文化や在来知と結びついて維持されてきた例は多い。例えば、チリのある島では、女性たちが、嫁ぐ娘にジャガイモを持たせることで、ジャガイモの在来種を守ってきた。農村の女性は、土地の植物や樹木の種類やその用途（薬、燃料、飼料、食用）に関してとりわけ豊富な知識を持っている。

景観の多様性も大切である。メキシコのチナンパ（chinampas、水上農園）や、ペルーのワルワル（waru waru）、アジアの棚田など、様々な農業景観は、多様性とその相互作用に対する深い理解の証である。アンデスの山間部では、山腹を異なる高度で帯状に区切り農地を設け、その高さに合った品種を栽培している。農地を分散させることで、リスクも分散している（図3）。景観・テリトリーは、農村コミュニティにより共同で管理され、伝統的な7年周期の輪作などが営まれてる。

土壌の多様性もまた重要である。土壌多様性を構成しているのは、微生物、微小動物相（原生動物や線虫）、中型動物相（ダニ、トビムシ）や大型動物相（ミミズ、シロアリ）や植物の根茎などで、種内外で相互に作用している。土壌生物相は、土壌の健康や病害虫管理のほか、分解や再循環、生産力など生態系機能に関する重要な役割を担っている。例えば、ミミズは、水の浸透を調整したり、根茎の成長を助けることによって、また、節足動物は、その排泄物が微生物活動を刺激し、土壌食物網の健康を維持することで、それぞれ土壌構造の改善に貢献している。その他、菌類は、炭素化合物を分解し、有機質の蓄積を促進し、菌バイオマス内の養分を維持し、土壌粒子を結合させ、植物の生育を助け、病原菌と戦い、特定の汚染物質を分解する。細菌も、有機質を分解し、土壌構造を改善し、病原菌と競合し、汚染物質の除去と弱体化を図る。土壌多様性を高める栽培手法には、不耕起、輪作、最小限の耕起、マルチ、植物残渣を使った緑肥、堆肥による有機質の補充、植物多様性、土壌微生物

図3 アンデス地方では、山の斜面を等高線を描くように帯状に区切り、標高差を利用して様々な作物や品種の栽培を行っている。また、農地を分散させ、異なる品種を栽培することで、リスクの最小化を図っている。



ウチュクマルカ（ペルー）の農民が認識しているアンデス高地の自然区分

の生息地保護、などが挙げられる。

有機農家や伝統農家は、動物のフン、堆肥、落ち葉、被覆作物、輪作作物から出る残渣など、大量の有機質を定期的に加えることで、土壌の質を改善している。有機質は、土壌の保水力を高めて作物を乾燥に強くさせる他、土壌の透水性を高めることで、土壌の侵食（run-off）や集中豪雨による土壌粒子の流失を防いでいる。その他にも、表土の団粒化を促進し、風雨の際の土壌粒子の結合を助ける。団粒構造を持つ安定した土壌は、容易に雨や風で流されることはない。有機物に富んだ土壌は、通常、アーバスキュラ菌根菌（arbuscular mycorrhizal（AM）菌）など、植物と共生する菌根菌（symbiotic mycorrhizal fungi）を多く含んでいる。AM菌は、植物の生育や土壌生産性に寄与する微生物個体群の代表格である。植物と水の関係も改善するため、宿主植物の干ばつ抵抗性を高めるなど、持続可能な農業には欠かすことができない存在である。特定の菌と植物の組み合わせが乾燥に強いということは、水不足に悩む地域の農家にとっての大きな関心事である。AM菌は、水ストレス下にある植物の養分吸収や水利用を促進し、根の透水性を改善することが報告されている。

農業景観や農場は、周辺の森林などから、豊かな生物遺伝的多様性を取り込むべきである。森林は、生物や昆虫、土壌微生物など、様々な動植物に生息場所を提供し、その遺伝子を守り、森を媒介とした豊かな文化や伝統知を育んでいる。

第4章

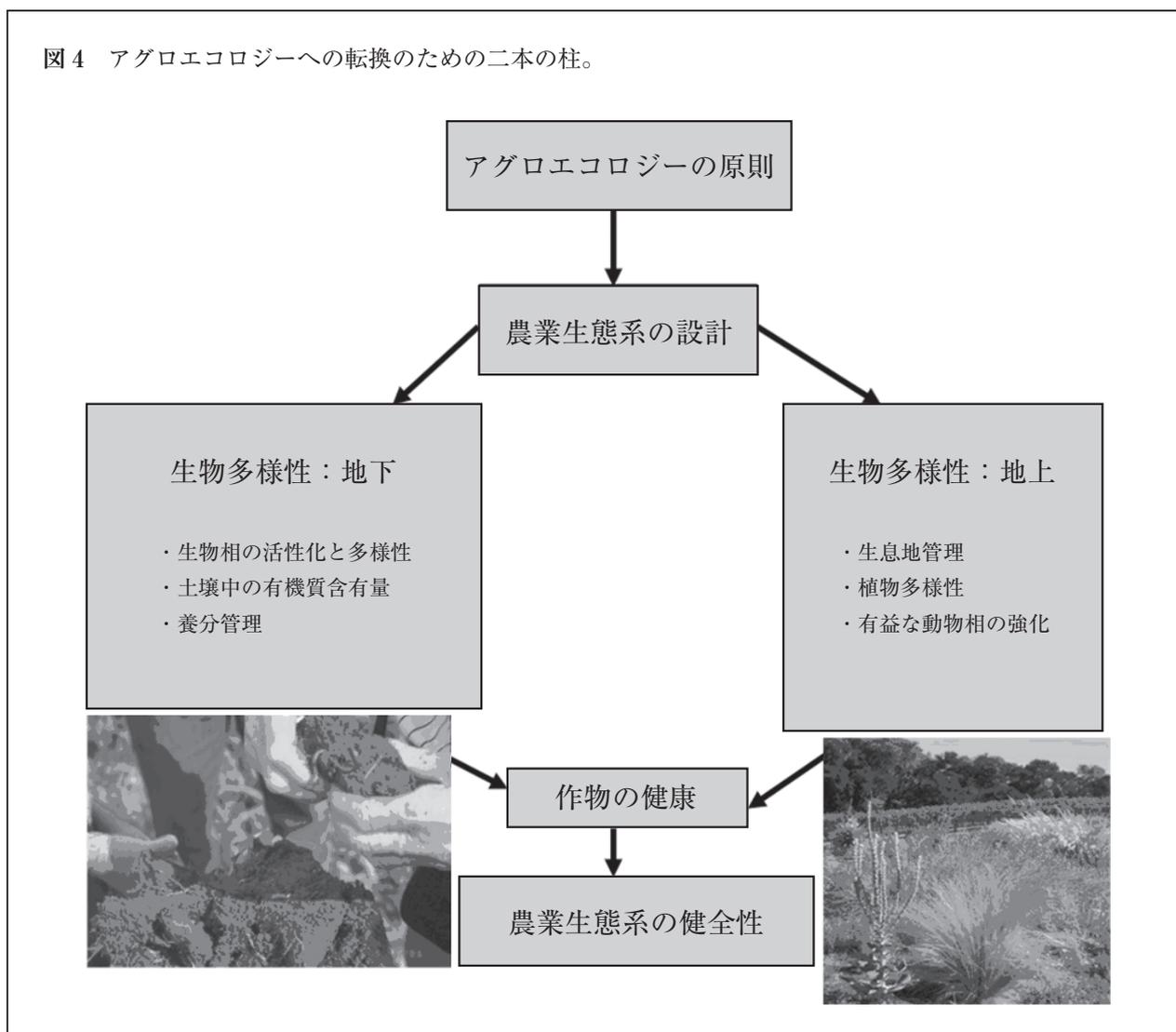
農業生態系におけるエコロジカルな害虫管理のための植物多様性の向上

集約的農業は、自然生態系が提供していた多くの生態系サービスを衰退させ、環境汚染や塩害など様々な負の外部性（社会コスト）をもたらした。しかし、ポリカルチャー、天敵保護植生帯（insectary strips）、輪作、境界作物、河畔回廊、自然保護区などの適切な対策を講じることが出来れば、今からでも、区画、農地又は景観レベルで、生態系機能を取り戻すことは可能である。

生態系の機能的生物多様性を構成しているのは、受粉媒介者、捕食者、寄生体、草食動物、作物以外の植物、ミミズ、土壌微小動植物相などの生物群（機能群）であり、これらが、受粉媒介、害虫防除、土壌構造の改善など重要な機能を担っている。機能的多様性を構成する要素とその役割がわかれば、複合農業システムの生物多様性を向上させることは可能だ。難しいのは、どのように機能群を組み合わせて機能的多様性を実現するかである。

アグロエコロジーには二つの重要な柱がある。一つは、土壌の質（地下：有機質と生物活性の向上）、もう一つは、植物の健康（地上：有益な生物相の生息環境改善）である（図4）。両者は、互い

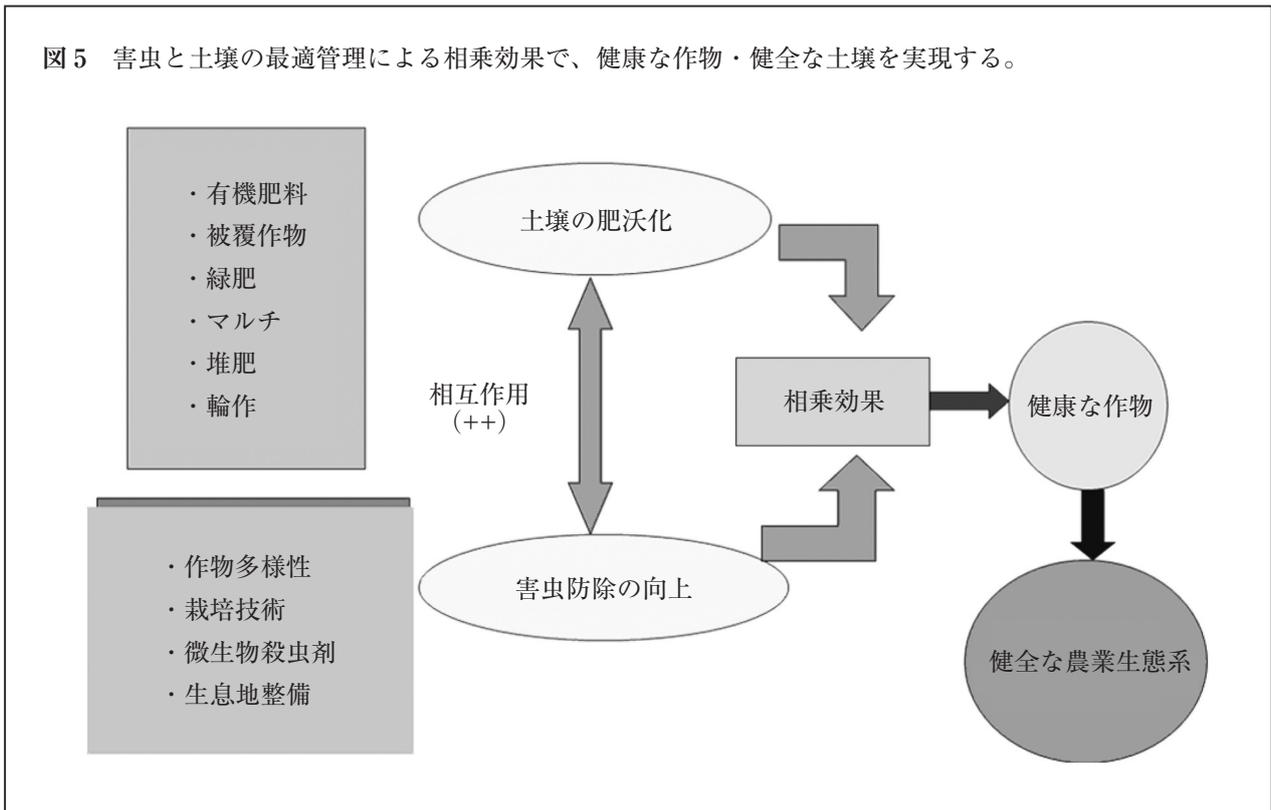
図4 アグロエコロジーへの転換のための二本の柱。



に影響し合い、補完し合っている。土壌の質を改善するには、有機肥料、被覆作物、緑肥、マルチ、堆肥、間作や輪作などの手段が有効である。また、植物の健康に関しては、作物多様性、伝統知、微生物殺虫剤、生息地の整備が、病害虫を減らすことにつながる（図5）。

アグロエコロジーへの転換にあたり、最初にやるべき事は、農場に生物多様性を取り戻し、モノカルチャーと決別することである。多様性が戻ると、有益な相互作用が促進され、資源への依存を減らすことが出来る。植物多様性が、天敵を増やし害虫を抑制する効果があることは、多くの文献も取り上げている。最近の研究から、特定の品種の組み合わせが、草食昆虫（害虫）の生息密度低下に効果があることが明らかになっている。

アグロエコロジーは、治療ではなく、予防に重きを置いている。害虫防除で言えば、まず害虫の侵入を阻止する方法—例えば、害虫の天敵（益虫）を増やす方法—を考える。雑草にも、花の蜜や花粉で天敵を集める能力があるが、雑草の繁殖を嫌う農民が、草が種をつける前に刈り取ってしまう。そこで、天敵が好む花を植えて、栄養や生息場所を与え、天敵を増やす基盤づくりをしている。この際、いくつか心掛けなければならない点がある。例えば、作物の生育期間を通して常に花が咲いている状態を維持する。花は作物より先に植え、害虫が増える前に、益虫（天敵）の数を増やす。害虫がまだ少ないうちであれば、天敵は害虫を数で圧倒し、封じ込めることができる。そのためにも、早い時期から必要な益虫の個体数を確保することが肝心である。



作物の列と列の間、あるいは境界で、花の帯や回廊を設けるだけでも、モノカルチャーからの離脱になる。花は天敵に花粉や蜜を提供し、天敵は隣の作物に移動して、害虫を抑制する。実際に、作物と作物の間に、花の咲く植物を帯状に植え、その蜜や花粉を天敵に利用させ、その生殖や長寿化を助け、害虫を抑制しようという試みが既に始まっている。一般的に使われる花は、ハゼリソウ (*Phacelia*)、ソバ、アリッサム (*Alyssum*) など、これを作物と一緒に帯状に植えると、ハナアブやテントウムシなど、アブラムシの天敵が増え、結果的に、害虫であるアブラムシを減らすことが出来る。捕食者や捕食寄生者（天敵）は、林縁や回廊から、せいぜい50メートル程度しか移動しないため、回廊は100メートル毎に設けるのが妥当である。花の帯と帯、あるいは回廊と回廊の距離は、

昆虫が、飛んで移動するか這って移動するなどによって変わってくる。また、植える花の大きさや形、また花粉の飛散範囲も考慮しなければならない。天敵の種類で、花の好みも違う。一般的には、小さくて、開いていて、扁平な花を好む傾向がある。蜜が吸いやすく、必要な栄養が取りやすいからだ。

なぜ、害虫はモノカルチャーに惹きつけられるのだろうか？ その理由は、害虫の多くが視覚や嗅覚を頼りに作物を探すため、モノカルチャーの畑では（においや目視で）獲物を見つけることが容易だからである。コスタリカでは、ウイルスを媒介するコナジラミが多く、長い間トマトを栽培することができなかった。ところが、ある進取の気性に富んだ農家がトマトを香葉と一緒に植えたところ、見事に栽培に成功した。香葉の存在によって、コナジラミによるトマトの発見が困難になったのである。同様に、トウモロコシの周りに豆やカボチャを植えると、害虫は混乱し、お目当ての獲物にありつけない。カボチャも、優秀な捕獲作物（trap crop）であり、キュウリヒゲナガハムシに効き目がある。ポリカルチャーは、益虫（捕食者、捕食寄生者）が必要とする花粉や蜜を豊富に提供するため、ポリカルチャーにすると、益虫が増えて害虫が抑制される。アフリカで、科学者がプッシュ・プル法という害虫対策を開発した。プッシュ・プル法では、害虫の捕食寄生者を引き付ける植物と害虫をトウモロコシから引き離す作物（捕獲作物）を組み合わせることで、トウモロコシを害虫から守っている。例えば、ネピアグラスやスーダングラスを境界捕獲作物としてトウモロコシ畑の周囲に植えたり、モラセスグラス（molasses grass）やヌスビトハギ（*Desmodium*）を間作しシンクイムシを撃退している（図6）。ヌスビトハギは、寄生植物ストライガ（striga weed）の成長を阻害し、窒素を固定するとともに、優れた飼料として乳牛の生産を向上させる。プッシュ・プル農法は、トウモロコシの15から20%の収量増加に貢献し、1ドル当たり2ドル30セントの投資効果を生んでいる。

雑草も、生態系に貢献していないわけではない。勿論、作物と競合するほど増えるのは問題であり、例えば作物が根付くまで雑草を茂らせいなどの配慮は必要である。しかし、競合を避けるべき時期を把握しその時期さえ外せば、雑草も害虫を捕獲・撃退したり、また益虫に花の蜜や花粉、虫を提供するなど、十分役に立つことができる。

例えば、メキシコでは、トウモロコシを植える際には、害虫が好む雑草（lupin、ルピナス）と一緒に植えている。ルピナスが害虫でいっぱいになると、刈り取って燃やす。キャベツは、アブラナ科の雑草（wild brassica）と一緒に植え、青虫（cabbage worm）や羽虫（flea beetle）など、キャベツにつきやすい害虫から守っている。アブラナ科の雑草にはキャベツの6倍もの精油が含まれていて、害虫を強力に引き付ける点を利用しているのである。コロンビアでは、イネ科雑草（grass weed）を豆の周りに植えている。イネ科雑草は、害虫の嫌う臭いを発散するため、稲の害虫であるヨコバイ（leaf hopper）を撃退する。反対に、害虫に襲われると、SOSの合図を出して、益虫を引き寄せる雑草もある。

キューバでは、大規模なポリカルチャーの成功事例がある。また、どの作物の組み合わせがどの害虫に効果があるかも研究で明らかにされている。例えば、トウモロコシとサツマイモと一緒に栽培すると、サツマイモゾウムシの抑制に効果がある。トウモロコシは、花粉で捕食者を惹きつける働きと、物理的バリアとなってアザミウマなどの害虫の拡散を防ぐ、両方の役目を担っている。カラスノエンドウとトウモロコシも、線虫に効果がある。他にも、トウモロコシと豆のコンビネーションが広く利用されている。様々な作物の組み合わせが、異なる害虫の抑制に力を発揮する。例えば、キャッサバと豆は、キャッサバの害虫を抑制し、またキャベツとゴマは、コナジラミの繁殖を抑える。

被覆作物も、使用される植物の種類によって、土壌構造改善、地力強化、害虫抑制など、異なる役割を果たしている。マメ科植物の主な役割は土壌の肥沃化であるが、草（grass）と組み合わせると土壌構造も改善する。被覆作物は、害虫を退治する益虫（天敵）に生息場所を提供する。テントウムシ、オサムシ、クモ、スズメバチは、有用な天敵（捕食動物）であり、積極的に増加させるのが望ましい。被覆作物は、害虫の個体数がまだ少ない内に、早めに植え、天敵を増やす時間を確保する。被

図6 アフリカにおけるプッシュ・プル農法の事例。

シンクイムシ (stem borer) 対策に有効な、害虫のおとり植物と、寄生捕食者 (寄生バチ) の誘引植物の組み合わせ。



プル

トウモロコシの周囲に帯状に植えられたネビアグラスが揮発性の化学物質を放出し、蛾をおびき寄せ、蛾は卵を産み付ける。

プッシュ

トウモロコシの間に植えたヌスビトハギが、揮発性化学物質を放出し、蛾を追い払う。



ヌスビトハギの根が分泌する化学物質 (イソフラボン) は、トウモロコシの根茎への寄生植物ストライガ (striga) の付着を阻害し、土壌中のストライガの種子は発芽するも自滅に至る。

覆作物は、定期的に刈り取り、捕食者を追い出し、作物のある場所に移動させ、獲物を探すよう仕向ける。この移動の時期が肝心で、害虫が最も脆弱になるタイミングに合わせなければならない。そのためには、日頃から個体数の推移を注意深くモニタリングする必要がある。

動物も害虫防除に貢献している。水田に魚を放つと、魚は雑草を食べ、泳ぎ回ってイネから害虫を振り落としてくれる。水中に落下したヨコバイは、転じて、魚の餌となる。合鴨も、害虫の幼虫の抑制に効果的である。

景観の多様性も、害虫防除に有効である。農場周囲の多様な景観は、積極的に利用すべきである。例えば、天敵が自由に畑に出入りできるよう工夫したり、回廊だけでなく島 (island) を設けて、そこに花を植え、天敵に繁殖場所を提供したり、また巣箱や止まり木を設け、鳥を呼び込むのも良い。鳥は、特定の害虫の個体数抑制に、大変有効である。

第5章

有機的な農業経営へ転換するためのアグロエコロジー的基礎

農薬や化学肥料などの外部資材を大量に使う慣行農業から、外部資材の投入が少なく持続可能な農業システムへの移行は、以下の3つの段階を経て進行すると、多くの人が考えている。

- 1) 農薬や化学肥料などの投入資材の合理化を図る段階：伝統的な総合的病害虫管理では、ここに重点を置いている。総合的害虫管理（Integrated Pest Management、略称 IPM）では、害虫の個体数の変化を常時モニタリングし、損害、障害、病原性が許容レベルを超えたときのみ、農薬や害虫忌避剤の使用を許容している。農薬の低減と、選択的利用の促進など、一定の効果はあるが、この段階では、アグロエコロジーのゴールはまだ達成できていない。
- 2) 投入資材を代替する段階：農薬や合成化学肥料の使用を中止し、有機農業で一般的に使用されている環境に優しい製品（市販の堆肥や植物由来の除草剤など）に切り替える。しかし、もしこの段階でモノカルチャーが継続している場合は、農業システムの生態系基盤にまだ変化はない。また、化学合成農薬は不使用でも、環境に優しいはずの代替品が意図しない結果を招く場合もある（例えば、植物の病原菌を殺すための硫黄が、同時に益虫も殺す）。投入資材の代替が、アグロエコロジーではない。資材代替の段階では、依然として症状に注目し、限定要因の除去に終始している。農薬や化学肥料の使用もやめておらず、収量の最大化が目標である。また、単一の作物を対象にしたモノカルチャーが継続している。アグロエコロジーは、これとは対照的に根本的原因の解決を目指している。プロセス・相互作用・相乗作用を最適化させることで、収量の安定化と、機能や農産物の多様化を目指している。近年、本格的にアグロエコロジーを取り入れようとする有機農家も増えてきたが、農薬や化学肥料をはじめとした外部資材の投入は継続しており、外部からの資材そのものを低減する努力が十分とは言えない。
- 3) システムを再設計する段階：作物と動物の最適な組み合わせで相乗効果を引き出し、農業生態系が自律的に地力を向上し、害虫を抑制し、生産力を維持することを目指す。システムの再設計にあたり、モノカルチャーを脱する方法は2つある。時間的多様性と空間的多様性の利用である。多様性を時間軸で実現する手法には輪作がある。輪作では、マメ科植物を利用して有機質を増やす「充填期間」と、作物（穀物）が養分を吸収する「抽出期間」が交互に来る。この2つの段階の均衡を取ることが、輪作成功のカギとなる。

IPM や有機農業で推奨されている手法の多くは、段階1または段階2に該当する。農薬を削減できる分、環境にも優しく、慣行農業と比べて経済的なメリットもある。全面的転換は管理やリスクの点でハードルが高いと考える農家にも、このような段階的移行は受け入れやすいかもしれない。しかし、もしモノカルチャーを継続した場合、農薬の量を減らし、その種類を化学から生物由来のものに変更することが、本当の意味で生産的な農業システムに再設計したことになるだろうか？

IPM で農薬や化学肥料の使用量を多少合理化できたとしても、殆どの場合、それが集約農業を離脱する強い動機にはなっていない。IPM は、むしろ、高度な農薬管理と言うべきかもしれない。一定の基準を設け、それに準じて、農薬の選択的使用が許容されるからである。しかも、モノカルチャーでは、害虫は通常この上限を超えて繁殖している。段階2の、投入資材（農薬や肥料）を代替する方法も、限定要因の克服に重点を置いている限り、慣行農業からのパラダイム・シフトにはなら

ない。確かに、投入資材は有機的かつ生物由来かもしれないが、その多くが商品であり、農家にとって、資材業者に対する依存からの脱却にはつながらない。現状を見る限り、資材の代替は、既にその生態学的意義を失っている。

以上とは対照的に、システムの再設計とは、農業生態系の機能と構造を転換することである。そのため、生態系プロセスの安定化のための様々な管理手法が取り入れられている。システムの再設計で最も重要なのが、農業システムの生物多様性向上である。栽培方法の多様性（遺伝的、分類学的、構造的、資源的多様性）が、生物相の多様性につながり、害虫防除や栄養循環が促進されることは、多くの研究でも明らかにされている。各々の農業システムにおける、生物多様性と生態系プロセス、生産力の関係性が、更に解明されれば、それを基に設計ガイドラインを策定し、農業生態系の持続性向上と資源保全のために役立てることができるだろう。

5.1 輪作

転換プロセスをスタートさせるためのカギとなる戦略が輪作である。まず農場を4つから6つの大きなロットに分け、一定の順番で、作物が一巡するよう作付けていく。輪作を成功させるためには、守るべきルールがいくつかある：①一つの農地に同じ科に属する作物を植えない、②被覆作物と換金性作物を交互に植える、③深く根を張る作物と浅く細い根の作物を交互に植える、④トウモロコシや米などの濃厚飼料作物（heavy feeders）を植える前には、窒素を固定する作物を植える、⑤根菜の後にまた根菜を植えない、などである。その他、同じ科に属する作物を同じ場所に植える際、どの程度の時間間隔をあければ土壌病原菌の増加を防ぐことができるか、などもルールで決めている。これらのルールは、同じ科による寡占を回避し、最適多様性を実現するために必要である（図7）。

輪作には、病原菌の生命サイクルを断ち、また特定の作物の組み合わせが病害を抑制する効果がある。例えば、病原菌に有毒な植物を輪作に組み込む（生物的燻蒸、biofumigation）と病害虫を減らすことができる。カラシナを含むアブラナ科（Cruciferae または Brassica）の植物は、組織中にある化学物質を持っていて、それを土壌に鋤き込むと、分解の過程で二次的な化合物（グルコシノレートまたは他感作用物質）を放出する。その物質が燻蒸材として働き、土壌中の病原菌を死滅させる。同様の機能を果たす植物（燻蒸植物）には、他にもマリーゴールドやタヌキマメ属（Crotalaria）がある。

輪作は、害虫の生命サイクルを絶つ。特に、異なる科に属する作物の組み合わせが、害虫防除に効果目がある。病気の原因となる菌の中には、土壌中で、菌核、孢子、菌糸と姿を変えながら、何年も生きながらえるものがある。同一作物の連作は、その作物に特有な土壌病原菌を増やし、結果的に、作物の収量低下を招いてしまう。輪作で、当該の病原菌の寄宿主植物以外の作物を加えることで、病原菌を餓死に追い込むことができる。

輪作は、雑草の生命サイクルも断つ。特に緑肥と組み合わせると、雑草の総量は減り、反対に作物の収量は増える。緑肥と化学肥料の大きな違いは、前者が作物の生育を維持しつつ雑草を抑えるのに対し、後者は大きな種子を持つ雑草（large seeded weeds）の生育を促進してしまう。

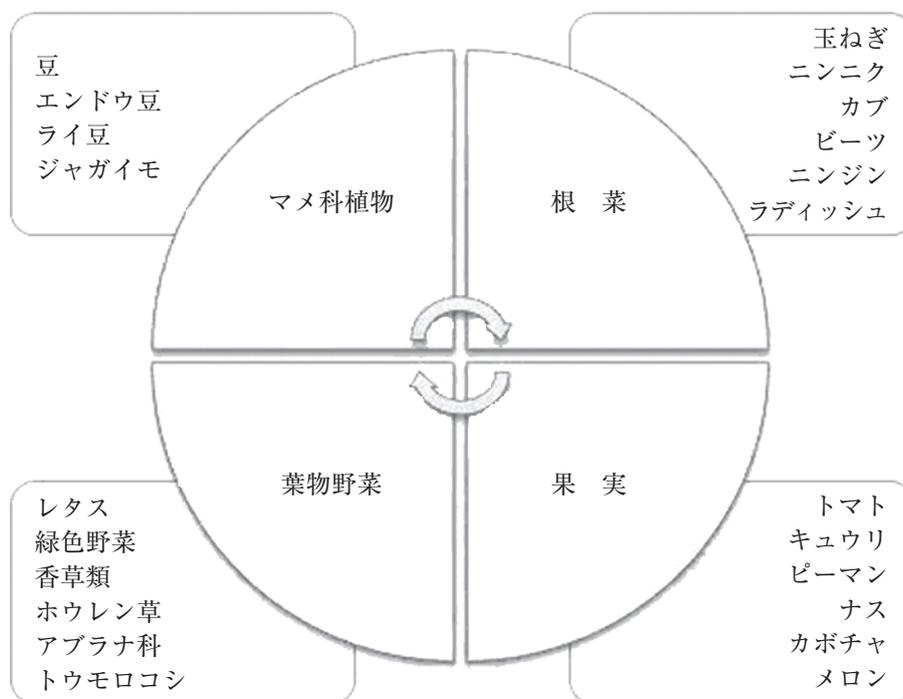
では、輪作による土壌中の窒素の減少は、どう防げば良いか？ 一つの方法は、まずマメ科植物を植え、花が咲いたら、野生カラシナを追い蒔きすることである。通常、マメ科植物を収穫した後、次の作物を植えるまで一定の時間が空くが、この間に、本来ならば放出される窒素をカラシナに固定してもらおう。カラシナは、次の作物を植えるまでの間、窒素を固定する繋ぎの役目を果たすのである。

トウモロコシの種を植える前に、カラシナを土壌に鋤き込む方法もある。カラシナにもアレロパシー物質が含まれている。ブラジル南部では、通常緑肥として3種類の被覆作物を利用している：カラスノエンドウ、フォラージ・ラディッシュ（大根の一種）、ライ麦である。被覆作物は掘り起こさ

れ、平らにされる。分解が進むと、アレロパシー物質が放出され、地表から2センチの深さに有毒な土壌の層を形成する。有毒な土壌では、雑草は発芽することができない。また雑草の種は、地下2～3センチの表土に集中しているため、これでほとんどの雑草は死滅する。一方、トウモロコシや豆は通常地表から3～4センチの深さに播種するので、毒に侵されることなく自由に発芽できる。これらは、長年の観察と経験から得た農民の知恵である。

輪作の効果は、長い時間を経過しないと現れない場合もある。一般的に、輪作を開始してから数年は、慣行農業と有機農業に収量の差はみられない。しかし、ひとたび干ばつになると、有機農業がその本領を発揮する。土壌の有機質がスポンジの役目を果たし、保水力を高めるのである。これ以外にも、輪作には多くの優れた点がある。輪作は、土壌の状態を健康に保ち、更に栽培する作物の種類を増やすことは農家の経済的安定につながる。また、作業が多様化し、一年を通して労働が平準化するので、農家の満足度は向上し、生産性も上がる。太陽エネルギーをできる限り有効に利用し、農薬や化学肥料も減らすことができる。

図7 最適な輪作：栄養要件や害虫関係を共有しない、機能群や植物の科の組み合わせ。



5.2 地力の向上

転換をする一番の理由は、土壌を健康にすることである。理想とするのは、土壌構造が良好で、有機質に富み、生物活動が盛んな土壌である。有機質が生成する物質は、土壌粒子の団粒化を促進する。団粒構造は孔隙（こうげき）に富むため、土壌は、水はけが良く、新鮮な空気が通りやすくなる。有機質は、また、微生物や中大型動物相のエネルギー源でもある。有機質を分解して無機質にし、植物に利用させているのは、土壌微生物である。たった10グラムの土の中には、何百万もの土壌微生物がいて、複雑な栄養網の相互作用を担っている。

微生物は表土層に集中している。そのため、表土を守ることがとても大切である。落葉後に乾燥した葉、湿った葉（セルロース）、枝（木質素、リグニン）、堆肥などの有機質を、定期的にとっぷり土

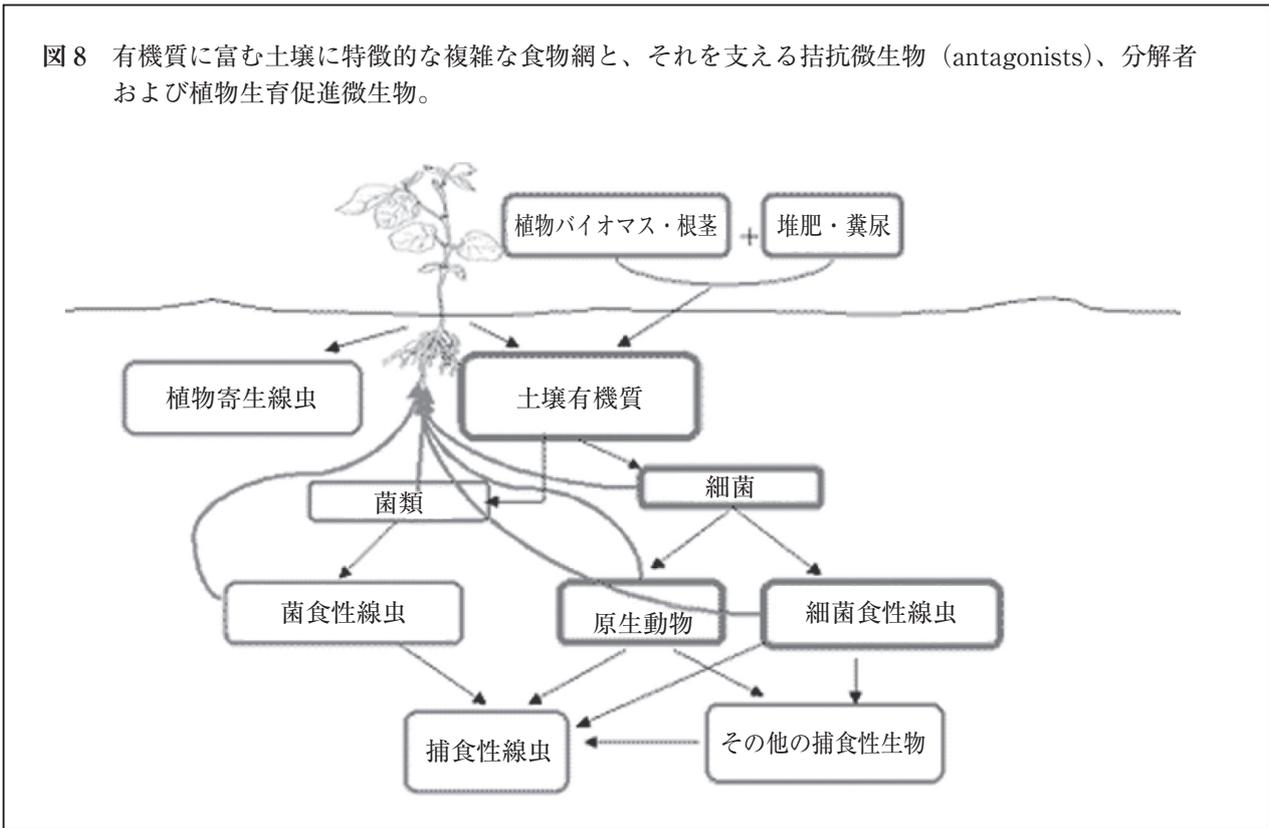
に与えるのが好ましい。被覆作物やマルチで覆土を維持することも重要である。土壌の浸食は、養分だけでなく、微生物の損失にもつながるので、適切な土壌管理をして、流失の発生を最小限に抑えなければならない。土壌1ミリの流失は、1ヘクタールに換算すると14トンの損失になり、これを回復するには、最善の努力をしても50～100年を要する。

土壌の生物学的管理の基本となる生態系の原則を以下に示す：

- 有機質による養分の供給：有機質には、化学変化を起こしやすい不安定なもの、安定したものの2種類がある。葉や藁などの不安定な有機質は、短時間で分解し、土の養分となる。一方、木の枝や木質素などの安定した有機質は、分解速度は遅いが、土壌構造を整える効果がある。理想的な有機質とは、この両者をミックスしたものである。この他、土壌の温度、養分、空気を適正に管理して、土壌微生物を刺激することも大切である。
- 植物多様性の向上：多くの植物は、根から様々な物質（根分泌物）を分泌している。各分泌物には、それぞれ異なる細菌個体群を活性化させる働きがあり、分泌される物質が多いほど、根圏の土壌微生物環境は複雑になる。
- 健全な土壌構造は、微生物を活性化し、水分や空気、温度、栄養状態を改善する。
- 多様な有機質の利用：有機物はその種類ごとに、土壌に与える生物学的、化学的、物理的効果が異なる。
- 生育中の植物あるいは作物残渣（または両方）による覆土を徹底する。被覆作物を使ったり、作物をバラ播きして輪作したり、減耕起などの手段を用いる。覆土は、水の地中への浸透を促し、水と共に貴重な堆積物（有機質）が流失するのを防いでくれる。
- 土壌が濡れている場合は立ち入りを制限し、また荷重を分散し、通路を決めて、土壌の圧密を最小限にする。
- あらゆる手段を講じて土壌の浸食を食い止める。植物マルチ（living mulch）や作物残渣による覆土（被覆作物や、輪作ソッド作物、減耕起）、段々畑、草で覆った水路、等高線に沿った間作栽培（すじ状に播いた作物（row crop）とバラ播きした作物（sod crop）が交互にあって縞状の景観をなす栽培）、農地と川の間に設けた天然の（または植物を植えた）緩衝地などが、全て土壌の浸食防止になる。
- 土壌中の養分供給と作物の養分需要が均衡するよう、必要に応じて土壌に栄養を補給する。作物の養分の需要には変動があるので注意を要する。土壌内の養分のバランスが取れていると、雑草や害虫の被害が抑制される。

土に有機質を補給すると、土壌中の炭素が増え、生物相のバランスが整い、細菌・菌類・線虫・原生動物などの働きで、土壌の栄養網が複雑になる。一部の土壌生物は、相手を捕食して、その個体数抑制に貢献している。線虫とカビなどは、互いに食い食われる関係にある。様々な微生物が、養分の無機化（分解）や、病害抑制、植物成長ホルモン分泌など、異なる役目を果たしている（図8）。根圏（rhizosphere）には、何千もの有用な細菌や菌類（菌根菌）が生息していて、中でも菌根菌は、リンなど特定の養分の吸収を助けたり、水の利用率改善に貢献している。干ばつになると、菌根菌と共生する植物は、共生しない植物より、生き残る確率が高い。菌根菌は、根を覆うことで、植物を病原菌から守っている。農耕地に菌根菌を導入することは難しい。そのため、近くの天然林から、菌根菌を豊富に含む落ち葉等を拾ってきて、堆肥に混ぜ、それを土壌に鋤き込むことをお勧めする。

図8 有機質に富む土壤に特徴的な複雑な食物網と、それを支える拮抗微生物 (antagonists)、分解者および植物生育促進微生物。



5.3 作物多様性

植物の多様性が向上すると、抑制と均衡、養分供給、病害予防など、様々な生態系サービスが機能し始める。間作は、多様性を増加させ、作物同士の相互補完性を引き出す重要な戦略である。例えば、間作は病害の発生を抑える。そもそも植物が病気にかかるには、次の3つの条件が必要である：抵抗力の弱い植物、(病原菌にとって) 良好な環境 (温度、湿度、土壌条件)、様々な変異を持つ強力な病原菌 (pathogen with many races) である (これを病害のトライアングルという)。間作は、土壌の温度や湿度に変化を与え、病原菌が住みにくい環境を作る。また高さの違う植物を混植するため、丈の高い植物が病原菌の胞子の拡散をブロックしてくれる。中国での実験では、丈の高い稲の品種と低い品種を一つずつ交互に植えた結果、病害や防カビ剤の使用が大幅に減り、収量が上がった。丈の高い稲が、菌の胞子の移動拡散を防いだためである。

間作では、水平抵抗性を持つ品種も利用可能である。通常、在来種はすべての種類の病原菌種に対し中程度の抵抗性 (水平抵抗性) を持っている。一方、緑の革命以降の改良種は、垂直抵抗性 (一つの菌種の病原菌にのみ高い抵抗性を持つ) しか持ち合わせていないため、より脆弱である。

間作をより大きな規模で行った場合でも、同じ効果を期待できるだろうか？ 大規模な農場で間作を行う場合、まずは2種類か3種類の作物から始めるのが良い。最新の道具を揃えることも必要であろう。例えば、帯状栽培も一つの手段である。複数の作物を帯状に栽培する際には、相互作用が働きやすいよう、また互いに成長を阻害しないよう、帯 (strip) の幅は、広すぎず狭すぎずに適当でなければならない。帯状栽培でよく利用されているのが、強い光を好むトウモロコシまたはモロコシ (sorghum) である。トウモロコシと大豆の帯状栽培の研究では、帯の幅を4~12列まで変えて実験したところ、幅が狭まるにつれ (図9)、トウモロコシの収量が増加し (5~26%増)、逆に大豆が減少した (8.5~33%減)。トウモロコシとアルファルファ (マメ科の多年草) の帯を交互に栽培した場合、モノカルチャーに比べ、総収益が増加した。帯幅6メートルが最も効率が高く、モノカルチャーと比

べ、大幅に収益性が上がった。この差は、資産負債率が40%（例えば、100ドルの資産に対する負債が40ドル）を超える農家にとっては、無視できない数字である。実際、米国中西部では、農家の11～16%が、重い債務に苦しんでおり、多様化を進めてコスト低減を図ることが急務となっている。

設計の最終段階で行うのが、生態系基盤の整備である。この段階では、生物多様性を最適な時空間に配置していく。アグロエコロジーを実践する農場は、多様な食物と栄養素を供給してくれるため、農民とその家族は、必要な食料と栄養の全てを農場の生産で賄い、なおかつ余剰を生むことができる。しかも、システムは一度立ち上がれば、自立的に機能するため、過度な農薬・化学肥料への依存や、労働からも解放される。

共同農場（cooperative farm）で、アグロエコロジーに即した大規模な転換が試みられた際には、様々な手法が導入された。傾斜地での等高線栽培、生物多様性のある回廊、地力回復のための緑肥、植林、帯状栽培や輪作、リレー緑肥（複数の作物を時期を少しずつずらしながら同一場所で栽培）などの手段を講じた結果、様々な高さや種類の樹木や灌木、植物、動物が生息する、多様で多層的な空間が出来上がった。多様性のある空間では、木々や植物が、花や実を提供し、防風林となり、燃料を供給し、また家畜が、害虫防除や物質循環の一端を担っている。農業と畜産を統合すると、作物残渣は家畜のエサとなり、その排せつ物は作物の肥料となるなど、相乗効果も大きい。家畜は、エネルギーやエサをあまり必要としない在来種が好ましい。ブラジルでは、作物が一定の高さまで成長すると、畑に鶏を放し、害虫や雑草を食べさせ、フンで土を肥沃にしている。コロンビアでも、農家がモルモットに雑草を食べさせている。動物の糞尿は理想的な肥料であるばかりか、魚のエサやミミズ堆肥（vermicompost）の材料となる。

5.4 持続可能性の指標

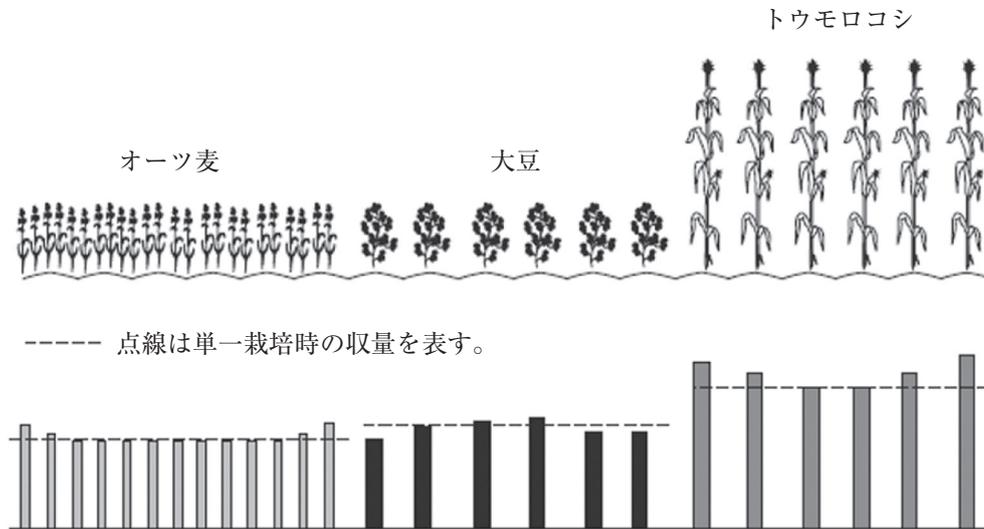
慣行農業は持続可能ではない。では、私たちは農業システムの持続可能性をどのように評価すればよいのだろうか？

まず第一に、システムがアグロエコロジーの原則に基づいて管理されているかどうかを確認する。農場と景観の両方のレベルで、時間的にも空間的にも、種と遺伝子の多様性を向上させているか？作物と家畜の複合を図り、栄養循環を改善しているか？ 土壌の生物活性を高めているか？ バイオマスの再循環は促進されてるか？ また、最適な空間設計（アグロエコロジー的設計）がされているか？ 持続可能性を評価するツールも、数多く開発されている。あるツールは、観察や測定のための一連の指標（コラム5）を提供していて、その指標を使って、農場や景観のアグロエコロジー的特徴や農業システムのパフォーマンスを評価し、種多様性、土壌地力、植物健全性、穀物生産力が実際に改善されているか、を確認することができる。また、土壌や作物、システムに不具合が認められた場合には、アグロエコロジーの原則に沿ってどの是正措置を優先させるかを、提示している。

土壌の質を測る指標には、土壌構造、浸食の兆候、圧密、覆土率、根の発育、土壌微生物、有機質の色やにおい、無脊椎動物の存在、微生物活性、などがある。また、作物の健康に関しては、病害虫発生率や機能的多様性（天敵の数や種類の多さ）が指標となる。同じ物差しを使って測定するので、結果の比較が可能になる。農業生態系のレジリエンスの進展を時系列で追ったり、異なる転換段階にある農場同士を比較することもできる。

各指標を用いて土壌や作物を個別に評価し、観察結果には、1から10までの値が付与される（1が最低、5が普通または閾値、10が最適）。指標を使うことで、農家は、自身の農地の状態を視覚化（数値化）でき、景観・土壌・植物の何が基準に達していて、何を改善しなければならないのかを、把握することが出来る。

図9 作物3種の带状栽培による辺縁効果（エッジ効果 edge effect）と、モノカルチャー（単一栽培）との収量の比較（点線は単一栽培時の各作物の収量）。
トウモロコシにプラスの辺縁効果が見られるのは、主に大豆との境界である。その効果は境界から2列目まで及ぶ場合がある。しかし、4列を超える幅広い帯の場合、中心部の収量は、単一栽培とは、単一栽培と同等である。



コラム5 アグロエコロジーの原則が農場の設計と管理にどの程度反映されているかを評価するための指標

- 景観の多様性（農場周辺の植生の量と種類）
- 農場内の作物と動物の多様性（種の数）
- 遺伝的多様性（在来作物の品種数および動物の種類数）
- 土壌の質（有機質の含有率、構造、覆土、透水性など）
- 劣化や資源損失の兆候（土壌浸食、森林破壊、生息地分断、水の状態、水や養分の利用率など）
- 植物の健康（病害虫、雑草、作物被害）
- 農薬と化学肥料への依存（農場外からの投入率）
- 食料自給率（農場からの供給率）
- 農場内の相互作用や生物資源の再循環（作物残渣や糞尿の再利用、バイオマスの有効利用、植物の相互補完性、自然の力を借りた防虫効果など）
- 外的攪乱に対するレジリエンス（害虫や干ばつ、暴風雨などに耐え、回復する力）

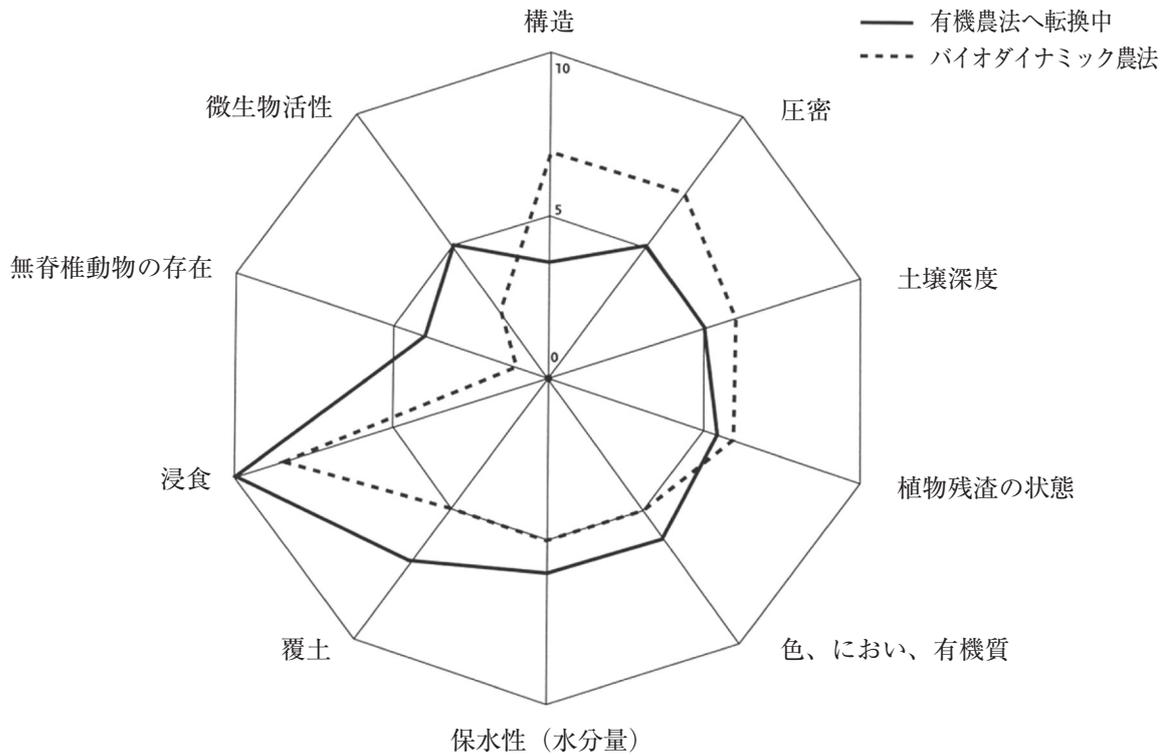
蜘蛛の巣グラフ（amoeba graph）に評価結果を表示すると、土壌の質や作物の健康状態が視覚化され、理解しやすい。蜘蛛の巣の先端が円周に近づくほど（10段階評価）、持続可能性が高いことを示す。土壌の質や作物の健康（あるいはその両方）の総合評価で、10段階のうち5以下の場合、持続可能性の閾値を下回っており、是正処置が必要となる（図10）。

蜘蛛の巣グラフを見れば、どの指標が弱い（5以下）を特定できるため、土壌、作物、システムの各不具合に対し、アグロエコロジー的な是正処置を講じる際の優先順位付けの目安となる。一つの属性を改善することが、複数の欠陥の解消につながる場合もある。例えば、種の多様性又は土壌の有

機質を高めると、他の属性にも変化が現れる。有機質を補充すると、土の保水力、生物活性、構造も同時に改善できる。

図 10 カリフォルニア州北部の2つのブドウ園（有機農法へ転換中のブドウ園とバイオダイナミック農法を実践しているブドウ園）の土壌の質を示した蜘蛛の巣グラフ。

バイオダイナミック農法では、土壌の構造、圧密、植物残渣、土壌深度などの値が高く、一方有機農法への転換中には、生物活性、土壌覆土、保水力、有機質を示す値が高い。これは、乾燥マルチによる覆土が功を奏しているのだろう。



第6章 アグロエコロジーと食料主権

全世界には、3億8千万の小規模農場と15億人の小農民がいる。土地の25~30%と、水の30%、農業用化石燃料の20%しか使っていない小農民が、世界の食料の50~75%を生産している。世界の農場の90%以上は、2ヘクタール以下の規模である。このような小農場こそ、農業生物多様性を向上させている最大の貢献者である。1960年から今日までに、小農場が交配して育てた新品種は、動物で7,616種類、作物で190万品種に及ぶ（緑の革命がもたらした新品種は1970年以降8,000品種のみである）。小農場の生産性は、単一作物当たりの収量ではなく総収量で見た場合、大農場を上回っている。また、小農場は、地域の資源や伝統知を活用する傾向も高い。

小農民は、農業生物多様性の擁護者、伝統知の継承者、食料の生産者、技術革新の先導者、実験者として、重要な役割を担っている。農村コミュニティが担ってきた地域の文化や伝統—例えば、種子の共同管理（シードバンク）や収穫—は、農民同士の多様な品種の交換や、それに伴う教訓や経験の共有を促し、生物多様性の保存に貢献している。

小農民の多くは、農業システムの複雑化に取り組んだり、間作を導入するなど、アグロエコロジー的手法を実践している。このような技術は、決して新しいものではない。実は、何世紀も前から存在していた。例えば、メキシコのアズテカ帝国では、5,000年前にチナンパ（chinampas）という栽培方法が開発された。農業と水耕栽培の長所を合わせ持ったシステムで、湖沼の浅い場所に小さい長方形の人工の浮島を作り、泥は肥料に、また水草は堆肥にして、有機質の良好な再循環を維持していた。極めて生産性が高く、魚や、アヒル、鶏、トウモロコシ、豆、野菜や果物など、様々な動物や作物を育てていた。1ヘクタールの土地から、年間15~20人を養えるだけの食料が得られたという。アズテカ帝国の1,000万の人口を、チナンパが支えたと言われている。

アンデス山地にも、同じく5,000年前から続くテラス状の段々畑があり、今でも農民によって大切に守られている。総面積12万ヘクタールに及ぶ段々畑（テラス）では、サツマイモやジャガイモの他に、アマランサスやキノアなどの蛋白質を豊富に含むアンデス固有の作物が栽培されている。放棄されたテラスを再生しようという試みも広がっていて、マメ科植物のルピナスが緑肥として使われている。

そのテラスで行われている古代農法が、ワルワル（waru waru）である。盛り土と灌漑用水路を組み合わせたシステムで、この技術のお陰で、海拔4,000メートルの高地でも、霜の被害を受けることなく、ジャガイモや穀物を栽培することができる。水による昼間の蓄熱と夜間の放熱で、微気候を調整する。数千年前に先人が考えた適応のための知恵である。植民地支配により一旦は破壊されたものの、現在、多くの農民がその復活に挑戦している。既に4,720ヘクタールが復元された。

アグロエコロジーに即した農業は、少ない土地で多くを生産し、エネルギーや水を無駄にせず、天然資源を保全し、生態系サービスを提供して、温室効果ガスを出さない。アグロエコロジーは、慣行農業の問題を解決するための道具のひとつではない。慣行農業に取って代わるシステムである。食料主権（food sovereignty）とは、食料生産を既存の工業型システムから切り離して非グローバル化し、現地化することである。アグロエコロジーは、生産戦略と手法を提供する。しかし、その技術を普及させ、政府から市場アクセスや補助金、教育研究などの必要な支援を引き出すためには、社会運動との連携が必要である。そして、運動として真っ先に取り組まなくてはならないのが、農地改革である。農地改革を通し、土地や水、種子に対する権利を農民が取り戻さなければならない。

食料主権とは、健康的で文化的に適切な食べ物を手に入れる権利、外部の介入を排除し、国や国民が自らの食料政策を決定する権利、また、生産者と消費者の双方にとって公正な価格で生産をする権利のことである。小農民が、国内や地域の市場にアクセスできることを重視しており、地域や国内の需要が輸出に優先する。

政府には、小農民を自由貿易から守り、資金を融資し、独占を禁止し、アグロエコロジーを普及させ、公共財研究を支援するための、実効性のある政策が求められている。食料主権の根幹をなすものの一つが、種子である。種子は、農民にとって、先祖から受け継いだ財産であり、人としての基本的権利である。食料主権は、エネルギー主権や技術主権とも結びついている。アグロエコロジーでは、農民は農薬や化学肥料の使用を強要されることはなく、自家採種の権利も擁護される。必要とされているのは、零細で自給的な農民の伝統知やその論理的根拠を反映した、経済的に実現可能でアクセス可能であり、地域の資源を使い、環境に優しく、社会的に公正で、リスクが少なく、農場全体の生産性や安定性に寄与する技術である。キューバに、アグロエコロジーの潜在性を示す優良事例があるので、ここに紹介する（コラム6）。

コラム6 キューバにおけるアグロエコロジーのモデル事例

キューバの農業といえば、歴史的には、モノカルチャー、輸出志向、資源乱用に代表されるものであった。革命後、社会や経済は変化した。農業は相変わらず工業型であり、資源の乱開発も続いていた。ソ連崩壊前の1990年には、砂糖の輸出と交換に、化学肥料、農薬、石油を輸入していた。当時の農業は、著しく工業型で、化学農薬や肥料も使い放題であった。

農業システムの再設計に本気で取り組むきっかけとなったのは、社会主義ブロックの崩壊とその後の経済危機である。海外からの資源の供給が途絶えると、農業は機能不全に陥り、工業型農業の脆弱性と非効率性が露呈される結果となった。当時、キューバの農村部は、低い食料自給率と、高い外部依存、また根深い社会経済問題を抱えていた。キューバが他の国と違ってしたのは、革命後、教育に投資したことである。その結果、南米の全人口に占める割合はわずか2%ながら、科学者の数では11%と高い水準になった。人的資本はあるが、農薬や化学肥料などの資材の供給を断たれたキューバにとって、有機農業への転換以外の選択肢はなかった。その過程で、伝統農業の価値に気づくことができたのである。

1990年から2014年にかけて、キューバでは3つの重要な潮流が生まれた：

- モノカルチャーから農業多様性へ：多様性と非均質性の向上。
- 集中から分散へ：土地所有権体系の変更、国有地の減少、農場の小規模化。
- 輸入依存から食料自給率向上へ：輸出より自国民のための食料生産を優先。

アグロエコロジーへの転換は4つの段階を経て、実行された。

レベル1－慣行農業の効率向上：マメ科植物の利用、省エネ、また技術効率の向上。

レベル2－資材の代替：生物学的防除、再生可能エネルギーの利用促進。

レベル3－システム再設計：生態系プロセスに重点を置く設計。

レベル4－アグロエコロジーの浸透と定着：食のシステムの全要素の相互作用に配慮する「サステナビリティ（持続可能性）文化」の醸成。

キューバでは、近年、石油不足から、生産の中心が地方から都市部に移っており、その結

果、都市農業が目覚ましい勢いで発展している。今や、都市農業は、地方農業改革の一つのモデルとなっている。都市農業や都市周辺部の農業は、国も政策としてサポートしている。現在では、都市部で消費される野菜の60%は、都市あるいは都市周辺の農家が供給しており、その生産高は、年間平均で平方メートル当たり18,444キログラムに達している。都市農業で使う堆肥を作るために、リサイクルプログラムを導入した自治体もある。また、都市環境に合った鶏の品種を中心に、伝統的に養鶏業も行われている。

ソビエト連邦崩壊後、農業における小農民の貢献は増大した。農民運動カンペシーノ・カンペシーノ (campesino y campesino) の後押しもあり、多くの農民が有機農業や自然農法への転換を果たした。ポリカルチャー、家畜統合、輪作、緑肥、有機質による土壌改良など、アグロエコロジーを実践している農家の数は、数年前の216戸から現在20,000戸にまで増えている。その中でも高度な技術が、家畜を使った耕耘 (animal traction) で、これにより雨季後の農地での作業が可能になった。森の枯葉や枯れ枝を堆肥に利用するなど、有機肥料の改良も目覚ましい。丘陵地を耕している小農家も多く、伝統的な雨水採取方法を使って、田畑に十分な水を供給している。

小農場はきわめて生産性が高い。全農地のわずか25%しか占めていない小農場が、キューバの食料需要の65%以上を供給している。例えば、収率土地換算比 (LER) 1.76の農場は、モノカルチャー農場より生産性が76%高く、1ヘクタールの農地で、21人分の炭水化物と、12人分のたんぱく質を生産することができる。仮に、農地の面積が40ヘクタールとすると、約800人分になる。エネルギー効率も高く、投入エネルギー1キロカロリーに対し、産出エネルギーは11キロカロリーになる。小農場は、多様性の導入にも積極的である。輪作に、果樹や牧草地、作物、多機能な生垣などを組み合わせて、ダイナミックなシステムにしている。食料の他、飼料、炭なども作っている。1ヘクタール当たり34人分のたんぱく質の生産が可能で、エネルギー効率も高い。また、多くの農場が、薬用植物も生産しており、多様な伝統医学の保存と継承に貢献している。

第7章

アグロエコロジーとレジリエントな農業が、地球を救う

自然災害は、経済危機や技術的災害と比べて、より甚大な経済的損失をもたらす場合が多い。自然災害は、気候変動の影響によって、今後増加することが予想されている。既に、気候変動難民という新たな問題も発生している。近代農業は、こうした極端な気候の変化に対処できるのだろうか？ 農業の工業化は、気候変動から受ける影響の度合いとも無関係ではない。大規模な慣行農業によるモノカルチャーは、その均質性ゆえに、干ばつなどの気候変動に対して脆弱で、より深刻な影響を受けやすい。

気候正義 (climate justice) という問題もある。誰が気候変動の加害者で、誰が最大の被害者であるのかを見極めなければならない。農業分野で言えば、大量に温室効果ガスを排出し、温暖化に加担しているのは慣行農業である。反対に、低排出で、気候変動に対して何も悪いことをしていないにもかかわらず最も被害を受けているのが伝統的な農業である。工業型農業の推進者たちは、伝統的な農家に対して、生態系への影響という点で、大きな借りがあるというわけだ。

農業生態系が受けるリスクは、次の方程式を用いて計算することができる：

$$\text{リスク} = \frac{\text{脅威} + \text{脆弱性}}{\text{応答力 (response capacity)}}$$

アグロエコロジーで言うレジリエンス (弾力性・回復力) とは、外的攪乱に対し、システムがその組織構造と生産力を維持できる度合いである。外的ショック (攪乱・衝撃) には、ストレスのかかる事象が繰り返し (あるいは予測不能なタイミングで) 起きる場合が含まれる。レジリエンスには、ショックに耐える力と、ショックから立ち直る力の、二つの側面がある。つまり、レジリエントな農場とは、気候変動に強い農場である。

また、レジリエンスには様々な種類がある：

- 生態系のレジリエンス — システムの設計に左右されるもの
- 社会的レジリエンス — 社会ネットワークによる景観管理を中心とするもの

農業生態系のレジリエンスは、遺伝子・種・景観レベルの多様性 (アグロフォレストリーやポリカルチャー、家畜統合) や、景観マトリクスの複雑性、そして土壌や水の管理によって支えられている。

ペルーのアンデス地方では、海拔4,000メートルを超える高地で、高度差を利用し、多様な作物を栽培している。山を高度別に帯状に分け、栽培を分散させることで、リスクも分散している。そのため、仮に霜で一つの作物が全滅しても、農家の損害を最小に抑えることができる。段々畑は農村全体で管理しているため、社会的レジリエンスもある。

その他、混合栽培もレジリエンスの強化に有効である。例えば、メキシコ高原では、霜に弱いトウモロコシを栽培する際、それを補完する他の作物、例えば霜に強いそら豆 (fava beans) などと一緒に作付けする。干ばつに強い在来種 (landraces) の保存も、気候変動対策になる。このような在来種・遺伝的多様性の中心地では、何千もの在来種が保存されていて、その中には、乾燥に強いものや、異なる標高に適した品種も含まれている。メキシコで栽培されているトウモロコシは、乾燥した土地

に合った在来種である。この他、栽培方法の違いも、乾燥への耐性に影響する。例えば、トウモロコシは、苗の乾燥を防ぐために、地表から約20センチの深さに植え、堆肥を加えている。

作物の多様性は、農業生態系のレジリエンスを高め、異常気象や水・温度の変動による影響を緩和し、生産力を維持させる。1998年に、大型ハリケーン「ミッチ」が中央アメリカに大きな被害をもたらした際、マルチや、植物を植えた緩衝地帯や段々畑などの土壌浸食対策を行っていた多様性のある農場は、モノカルチャーの農場と比べて、ハリケーンによる被害が少なかった。土砂災害の発生率も、慣行農業の方が高かった。アグロエコロジーの農場も土砂災害を免れたわけではなかったが、被害からの復旧が早く、レジリエンスの高さを示す結果となった。

キューバも2008年にハリケーン「アイク」の被害にあっているが、工業型モノカルチャーが盛んな地域は、多様性のある農業を営む地域と比べて被害が大きく、復旧にも長い時間を要した。前者の被害を90~100%とすると、後者は、50%にとどまった。多様性に富む農場を被害から守り、早い復旧を可能にしたのは、生垣の存在であった。

アグロフォレストリーのような複雑なシステムは、より多くの生態系サービスを提供することができる。コロンビアでは、コーヒーを栽培する際、果樹も一緒に植えている。コーヒーは、強い日差しの下では、害虫や気候変動の影響を大きく受けてしまい、うまく生育できない。蒸散も活発になり、干ばつに耐えられない。緑陰は、過剰な蒸散を防ぎ、コーヒーを乾燥から守っている。

樹木とマメ科植物を組み合わせたシルボパストラル（混牧林）農法も、干ばつ対策に有効である。樹木は微気候を最適化し、マメ科植物は動物の飼料となるので、家畜にとっても良いシステムである。樹木や灌木の生物総量（バイオマス）が多ければ多いほど、システムの環境収容力や生産力は高まり、動物の健康にも良い。シルボパストラルは、草、灌木・低木、高木の三層で構成されている。このシステムの複雑さが、特殊な微気候の形成に役立っており、深刻な干ばつの際にも、牧草や灌木などが動物の栄養源となる。

レジリエンスに影響を及ぼすもう一つの要因が、農場周辺の景観マトリックス（下記参照）である。例えば、森林は、気候変動の影響を緩和する重要な役目を担い、集中豪雨や干ばつから農場を守っている。中国南部が2011年に深刻な干ばつに見舞われた際、大半の米作農家が甚大な損害を被ったが、棚田で有名な雲南省の元陽だけは、周囲が森林に囲まれていた影響で被害を免れた。森が、自然のダム（水の循環の維持）を果たしたからである。

有機質には、土壌の構造を強化し、保水力を高める働きがある。干ばつ時に、有機農業が慣行農業に比べて高い生産性を維持できるのは、土壌中の豊富な有機質と水分のおかげである。有機質は、根にも良好な環境を提供している。特に、菌根菌の役割は重要である。植物の根に共生する菌根菌は、根の吸収力を高め、養分の移行を助け、根に生息する病原菌から植物を守り、植物成長ホルモンの生成を促すなど、様々な働きをしている。

覆土は、蒸散の抑制に有効である。被覆作物は、土壌に有機質を与え、水を涵養する。中米では、斜面の浸食対策と窒素固定のために、カラスノエンドウを被覆作物として植えている。その他、マルチも蒸散を抑え、水不足下の作物の保水対策になる。

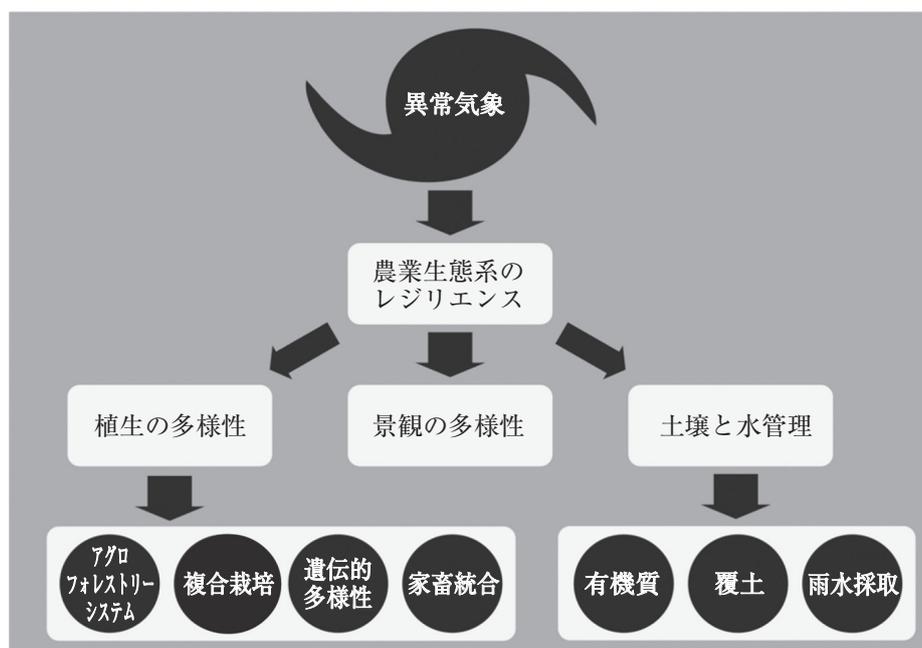
環境変化の被害に対する様々な緩和戦略も大事だが、やはり、農民にとって最良の戦略は、環境に対する適応である。アグロエコロジーの原則に則った適応戦略の成功のカギを以下に示す：

- 景観マトリックス（景観要素がモザイク状に組み込まれた空間）：水の循環に影響するため、農場のレジリエンスを左右する。この生物多様性が失われると、保水力など生態系サービスが低下する。
- 有機質と良好な土壌構造：土壌の保水性や透水性にとって重要である。
- 水管理：農家、農場、景観レベルでの雨水採取を心がけることが大切である。

- 多様性の向上：最も重要である。遺伝的多様性とそれに関連する知識、在来種の保存なども含まれる。

つまり、農業生態系のレジリエンスを高めたいければ、遺伝的に不均質で多様な栽培方法を特徴とする複雑な景観マトリックスに農業生態系を組み込むことである（図 11）。加えて、有機質豊富な土壌、水資源の保全技術、またシステムの維持のためには高度に組織化された社会ネットワークも必要となる（コラム 7）。

図 11 生態系の気候変動レジリエンスを高める、景観および農場の多様性と、土壌・水の環境。



コラム 7 レジリエントな農業システムや農業コミュニティに共通する社会生態学的特徴

- 高い生物多様性と品種冗長性
- 農場要素間の高い相互関連性と補完性
- 農場・景観レベルでの高い時空間的不均質性
- 外的コントロールからの高い自立性と独立性
- 目的と志を共有する自主的で協調的な組織
- 変化を予見し対策を講じることのできる思考力を持つ人々
- 活発な交流と協力
- 伝統知や慣習、地域の遺伝資源の価値を理解し、その実践と保全に取り組んでいるコミュニティ
- 社会ネットワークを通し資源を的確に運用できる人材

農民自ら、あるいは農業システム自体が、気候変動を含む環境変化に対応する力を身につけることも重要である。例えば、多様な品種を栽培することは、そのための手段となる。干ばつで一つの品種が被害にあっても、他が生き残れば、その農場は対応力が高いと言える。農民の持つ知恵や管理技術・

手法、資源へのアクセスや多様な活動は、対応力を向上させるための貴重な財産である。アグロエコロジーだけでは、気候変動に立ち向かうことはできない。農民の組織化と、生産者、消費者、研究者の間の連携が重要である。さらに、農民同士がネットワークを作り、知識や技術を共有することが必要である。環境変化に適応できるか否かは、伝統知、伝統技術、さらに社会組織やセーフティ・ネットなどの人的資本や社会資本の充実度にかかっている。緊密な横のつながりを持ち、アグロエコロジーの知識と在来知を総動員し、協力して問題解決に当たることができるコミュニティは、高い対応力を有しており、環境変化に対する農場のレジリエンスを高めることができる。

関連資料

- ActionAid (2010) Farmer-led sustainable agriculture. <http://www.actionaid.org/publications/smallholder-led-sustainable-agriculture-actionaid-international-briefing>
- Parrott N, Marsden T (2002) *The Real Green Revolution: Organic and Agroecological Farming in the South*. Greenpeace Environmental Trust, London. <http://www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/4526.pdf>
- UK Food Group (2010) Securing future food: towards ecological food provision. http://www.ukfg.org.uk/pdfs/Securing_future_food_2010.pdf
- UNCTAD/UNEP (2008) *Organic Agriculture and Food Security in Africa*. United Nations, New York. http://www.unctad.org/en/docs/ditcted200715_en.pdf
- <http://www.groundswellinternational.org/how-we-work/agroecological-farming/>
- <http://pubs.iied.org/pdfs/14629IIED.pdf>
- http://www.coventry.ac.uk/Global/05%20Research%20section%20assets/Research/CAFS/Publication.%20Journal%20Articles/MainstreamingAgroecology_WEB.pdf
- <http://www.actionaid.org/publications/fed-nows-time-invest-agroecology>
- <http://www19.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2013/10704.pdf>
- <http://ag-transition.org/contributor/ecumenical-advocacy-alliance/>
- http://www.iatp.org/files/2013_11_07_ScalingUpAgroecology_SV.pdf
- http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/scpi/Agroecology/Agroecology_Scaling-up_agroecology_what_why_and_how_-OxfamSol-FINAL.pdf
- <http://usc-canada.org/UserFiles/File/scaling-up-agroecology.pdf>
- <https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/ib-building-new-agricultural-future-agroecology-280414-en.pdf>
- <http://www.globalagriculture.org/report-topics/agroecology.html>
- <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/Campaign-reports/Agriculture/Food-and-Farming-Vision/>
- <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/Ecological-farming-Drought-resistant-agriculture/>
- <http://www.agroeco.org>

あ と が き

工業型農業は、世界から飢餓をなくすという「公約」を果たしてはいない。

工業型農業の限界と、健康や環境への破壊的な影響が明らかになってきた現在、将来の農業のあり方を真剣に考えるべきである。

アグロエコロジーは、生態学を農業システムに適用する科学である。破壊的で不健康な工業型農業にとって代わる未来の農業の姿として、その認知度は高まっている。アグロエコロジーの原則や手法には、自然生態系の仕組みが取り入れられており、それを実践することで、植物の健康や、土壌の質、作物の生産性を向上させるための強固な基盤ができる。アグロエコロジーは科学にとどまらない。それは農業の実践であり、社会運動である。そこでは、農民の知恵や経験、連帯が主役である。

本冊子は、インドネシアとザンビアにおいて、2013年と2015年の2回にわたり、第三世界ネットワーク（TWN）が主催したアグロエコロジー研修会における学習の要点をまとめたものである。アグロエコロジーの基本およびアグロエコロジーを真に持続可能な農業設計と経営に展開するための手引書として編纂した。

付 編

2016年京都アグロエコロジー宣言・日本語訳

2016年5月31日

(正本は英語版)

今日の日本は、数多くの社会・経済問題と、環境の深刻な危機に直面しています。出生率の低迷、若者の大都市流出に伴う農村部の人口減少、若年層における雇用の不安定化、そして収入格差の増大などが大きな社会問題となっています。また、気候変動や、都市化の進行と大規模開発事業に伴う自然・文化景観の破壊が、人々の生活を脅かしています。さらに、2011年の東日本大震災とそれに続く福島第一原発事故の結果、多くの人々が食の安全と食の自給について考えざるを得ない状況が生じています。これらの社会・環境問題は互いにつながっていることから、人間と環境の間にレジリエントな（弾力性のある）新しい相互関係を構築し、長期的持続可能性を促進するための行動の見通しが必要です。その一環として、有機農業やアグロエコロジーの実践にもとづいた、農薬や化学肥料など外部からの投入物に依存しない、地域に根ざした食料システムを推進することが、重要な鍵を握ります。

日本における有機農業促進の動きは、1970年代以降に次第に盛んになり、その動きは、それに続いた草の根の消費者運動に支えられてきました。食の安全に関する近年の関心の高まりと合わせて、このような歴史的脈絡は、新しい食料システムを構築する際の基盤となります。

総合地球環境学研究所の小規模経済プロジェクトでは、2016年5月に、京都において、アグロエコロジーに関するワークショップや講演会などを連続して主催しました。これらのイベントの参加者は総計で90名余り、参加者の内訳は、大学研究者、農家や消費者の方、NGO、NPO関係者など多岐にわたります。より持続可能で弾力性のある食料自給システムの実現を旨としてアグロエコロジーの実践を推進するにあたって、日本ではどのような困難と可能性が考えられるのか、一か月にわたって、プロジェクト・メンバーとともに活発な議論が交わされました。その結果、79名の方が下記の提言に賛同しました。

アグロエコロジーにもとづいた日本における食料の生産・分配・消費システムに関する行動指向型提言

〈アグロエコロジーの定義と特徴〉

アグロエコロジーとは、伝統知と科学知にもとづいた超学際的なアプローチであり、その目的は、生産性が高く、生物学的に多様で、かつレジリエントな小規模な農業システムを設計・管理することです。アグロエコロジーにもとづいた農業システムの特徴は、経済的に採算がとれ、社会的に公正であり、文化的に多様であり、環境に過重な負荷をかけないことです。アグロエコロジーの鍵となる三つの原則は、多様性・ネットワーキング・主権です¹⁾。

〈提言〉

1. 地域に根ざした環境配慮型の持続可能な市場システムを通じて、大企業に支配されない、農村と都市との結びつきを復活させること。
2. 環境・農民・消費者運動、その他の社会運動の活性化を通じて、アグロエコロジーの目標達成のための方策を推進すること。
3. 社会学者・自然科学者に対して、女性や若者を含めた農村・都市社会双方の利益となる参加型・超学際型の研究・教育プログラムをともなうアグロエコロジー運動への支持を呼びかけること。
4. 地方自治体や国の政策立案者に対し、健康的な食の生産・分配・消費を民主化する新しい食のシステムに向けた実現への努力をうながすこと。
5. 海外の各国・各地域におけるアグロエコロジー運動と国際的な連携をはかること。

注

- 1) ここで言う主権とは、地域や地方ごとにおける食料生産の自律性、エネルギーの自給自足、技術の独立性を指します。

KYOTO 2016 AGROECOLOGY DECLARATION

May 31, 2016

Japan today faces a host of socioeconomic challenges and environmental crises. A stagnant birth rate, rural depopulation due to the migration of young people to large cities, decreasing employment opportunities for the younger generation, and increasing income disparity between the rich and the poor stand out as major social problems. Climate change and the destruction of the natural and cultural landscapes as a result of urbanization and large-scale construction projects threaten people's daily life. On top of these challenges, the 2011 Great East Japan Earthquake and the Fukushima Nuclear Power Plant accident forced people to think seriously about the issues related to food safety and food self-sufficiency. These social and environmental problems are all interconnected. Action plans are needed to restore the resilient human-environmental interactions and foster long-term sustainability. A key to achieving these goals is to promote local food systems with low external input dependency through organic agriculture and other agroecological practices.

In Japan, attempts to promote organic agriculture became increasingly popular during and after the 1970s. Subsequently, these attempts received strong support from grass-roots consumer movements. Along with a growing awareness of food safety, these historical contexts provide the foundation for a new food movement.

In May 2016, the Small-Scale Economies Project of the Research Institute for Humanity and Nature in Kyoto hosted a series of events dedicated to agroecology. Over 90 people, including scholars from different universities, farmers, consumers, and members of non-governmental and non-profit organizations participated in these events. Together with project members, discussions were held on the challenges and opportunities to scale-up agroecological practices in Japan for the purpose of achieving a more sustainable, resilient and self-sufficient food system. Based on the discussions, 79 people endorsed the following declaration:

ACTION-ORIENTED PROPOSAL FOR AGROECOLOGY-BASED FOOD PRODUCTION, DISTRIBUTION AND CONSUMPTION SYSTEMS IN JAPAN

<Definition and Characteristics of Agroecology>

Agroecology is a trans-disciplinary approach rooted in both traditional and scientific knowledge that seeks to design and manage productive, biologically diverse, and resilient small-scale agricultural systems. These systems should be economically viable, socially just, culturally diverse and environmentally sound. Three key principles of agroecology are diversity, networking and sovereignty¹⁾.

<Recommendations>

1. Revitalize rural-urban linkages through locally-based and environmentally sustainable market systems that are independent from the control of large corporations.
2. Galvanize environmental, farmer, consumer and other social movements to develop a strategy to achieve agroecological goals.
3. Ask scientific community, both social and natural scientists, to support the agroecological movement with relevant participatory and trans-disciplinary research and educational programs that benefit both rural and urban societies at large, particularly women and young people.
4. Encourage local and national policy makers to support a new food system that democratizes the production, distribution and consumption of healthy food.
5. Link this agroecological movement internationally with similar movements in other countries and regions.

Note:

- 1) The concept of sovereignty here refers to the autonomy of food production, energy self-sufficiency and technological independence at the local and regional level.



写真1 カリフォルニア大学バークレー校におけるエクスカーショ
(アルティエリ氏の実験農場 2014年9月28日)



写真2 アグロエコロジー短期実習コース
農場見学
(京都市右京区京北 2016年5月20日)



写真3 アグロエコロジー短期実習コース
農場見学
(京都市右京区花園 2016年5月20日)



写真4 アグロエコロジー短期実習コース
クララ・ニコルズ氏による講演
(総合地球環境学研究所 2016年5月20日)

アグロエコロジー 基本概念・原則および実践

2017年3月24日発行

著：ミゲール・A. アルティエリ、クララ・I. ニコールズ、
G. クレア・ウェストウッド、リム・リーチン

訳：柴垣 明子

日本語版・編集：大学共同利用法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所

「地域に根ざした小規模経済活動と長期的持続可能性」プロジェクト (14200084)

羽生 淳子 (プロジェクトリーダー)

真貝 理香、竹原 麻里、小林 優子、小鹿由加里

〒603-8047 京都市北区上賀茂本山457番地4 TEL：075-707-2100

印刷：株式会社 北斗プリント社

ISBN978-4-906888-44-3 (PDF版)



大学共同利用機関法人 人間文化研究機構
総合地球環境学研究所