

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。

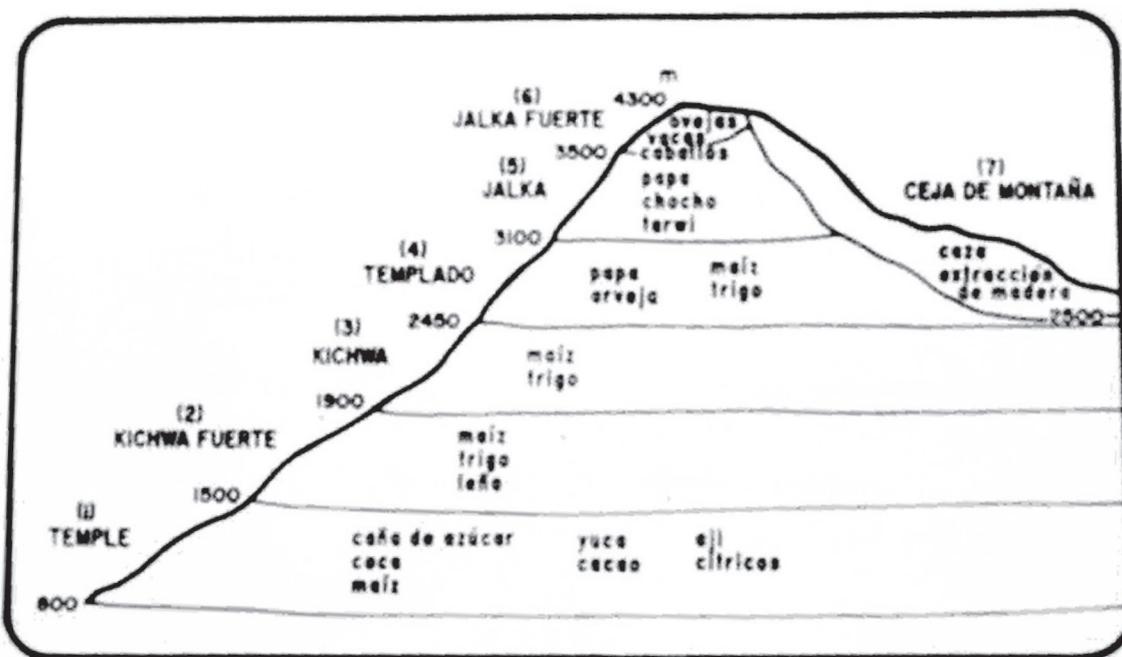
遺伝的多様性は文化的多様性と切り離せない。今でも先住民族の人々が多数住んでいる地方に行くと、豊かな生物多様性が残っていることに気づく。そこでは、多くの在来種が、先住民族の文化や伝

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。