

協生農法 実践マニュアル

2016 年度版



編著：船橋真俊／監修：大塚隆

協生農法 実践マニュアル

2016 年度版



ISSN 2432-3950

引用形式：船橋真俊 編著 『協生農法実践マニュアル 2016 年度版』（日本語版）Research and Education material of UniTwin UNESCO Complex Systems Digital Campus, e-laboratory: Open Systems Exploration for Ecosystems Leveraging, No.1.

編著：(株)ソニーコンピュータサイエンス研究所 船橋真俊

監修：(株)桜自然塾 大塚隆

図表デザイン・レイアウト：玉木明

目次

はじめに

1. 総論

- 1-1. 協生農法の定義 — 7
- 1-2. 協生農法の原理 — 8
- 1-3. 生産性 — 13
- 1-4. 管理条件 — 14
- 1-5. 植生条件 — 15
- 1-6. 収穫法 — 16
- 1-7. 管理原則：「時空の種」（時間—空間—種類 の多面的活用） — 17
- 1-8. コスト — 18
- 1-9. 探索法 — 18

2. 各論

- 2-1. 初期施工 — 19
 - 2-1-1. 畝づくり — 19
 - 2-1-2. 植樹 — 20
 - 2-1-3. 周囲フェンス — 21
- 2-2. 管理 — 22
 - 2-2-1. 種まきの一般論 — 22
 - 2-2-2. 協生農法における植生戦略の年間計画の立て方 — 23
 - 2-2-2-1. 一年性の野菜を中心に生産する場合 — 24
 - 2-2-2-2. 果樹と多年草を中心に低コストで野菜も混生する場合 — 26
 - 2-2-2-3. 家庭菜園 — 28
 - 2-2-3. 草管理 — 29
 - 2-2-3-1. 草管理の基本三種 — 29
 - 2-2-3-2. 計画的に草を茂らせ土を作る場合 — 30
 - 2-2-4. 作業のデッドライン — 31
 - 2-2-5. 夏の草管理と種まき、苗の定植 — 31
 - 2-2-5-1. 日本・本州における夏場の戦略の例：三つ巴のトレードオフの原理 — 32
 - 2-2-5-2. 草刈りと種と苗の関係の例 — 33
 - 2-2-5-3. 秋以降の植生計画 — 35
 - 2-2-5-4. 灌水について — 35
 - 2-2-6. 施肥の代替（生産力の回復法） — 36

- 2-2-7. 収穫 — 37
- 2-2-8. 収穫—苗移植—追い蒔き の作業セット — 37
- 2-2-9. 自家採種 — 38
- 2-2-10. 畝について — 38
- 2-2-11. 苗戦略 — 39

3. 作物の質、生態系の質の評価方法

- 3-1. 作物の味と肥料の関係 — 40
- 3-2. 害虫の発生 — 40
- 3-3. 土壌改良 — 41
- 3-4. 植物組織としての正常さ — 41
- 3-5. 構造と揺らぎ — 42
 - 3-5-1. 構造の例 — 42
 - 3-5-2. 揺らぎの例 — 42

4. 応用

- 4-1. 稲作との組み合わせ — 44
- 4-2. 家畜の導入 — 44
- 4-3. 病院介護施設との連携 — 44
- 4-4. 先住植物の活用 — 45
- 4-5. プランタ栽培 — 45
 - 4-5-1. プランタ栽培の方法 — 45
- 4-6. 市民科学との連携 — 46
- 4-7. 大規模機械化モデル — 47

5. 気候別実践ポイント

- 5-1. 総論 — 48
- 5-2. 温帯 — 48
 - 5-2-1. 落葉樹林帯 — 48
 - 5-2-2. 照葉樹林帯 — 48
- 5-3. 亜熱帯 — 49
- 5-4. 乾燥帯 — 50
- 5-5. 熱帯 — 52

6. 教育・認定制度 他

- 6-1. 協生農法講習会 — 52
- 6-2. 協生農法認定制度 — 52
- 6-3. 免責事項 — 52

最後に

参考文献

[日本語] 大塚隆ブログ「野人エッセイズ」：<http://ameblo.jp/muu8/>

[日本語・英語] 協生農法ショートムービー：<https://youtu.be/80nZ7F6DP4>

[日本語] CSL Open House 2015 「一万年目の農業」：<https://www.sonycsl.co.jp/event/3200/>

[英語] CSL NY Symposium “Synecoculture - Human Augmentation of Ecosystems”：
<https://www.sonycsl.co.jp/event/524/>

[日本語・英語] CS-DC e-laboratory プロジェクトページ：<http://www.elab-ose4el.net/>

[英語] Funabashi, M.(2016). Synecological Farming: Theoretical Foundation on Biodiversity Responses of Plant Communities. *Plant Biotechnology* , 32, 1-22.

初めに

このマニュアルは、協生農法の理念に賛同し実践を希望する個人に向けて作成した、協生農法の考え方及び施工・管理等の具体的実践方法を示す解説書です。協生農法の理解と実践の手引きとしてご活用ください。このバージョンは、2008年から2016年までの主に日本における実践結果に基づいています。現在、協生農法は科学的研究と共に構築中であり、今後の成長・発展とともに随時更新していく予定です。次世代の持続可能な社会の構築に資するために、皆様の住む環境における多様な実践結果、自然観察の知見・経験は貴重なデータとなります。今後とも、実験への参加、情報提供等お待ちしております。

2016年7月 東京にて ソニーコンピュータサイエンス研究所
リサーチャー 船橋真俊

1. 総論

1-1. 協生農法の定義

協生農法とは、無耕起、無施肥、無農薬、種と苗以外一切持ち込まないという制約条件の中で、植物の特性を活かして生態系を構築・制御し、**生態学的最適化状態**（生態最適）の有用植物を生産する露地作物栽培法。

生態学的最適化とは、与えられた環境条件で可能な範囲で、複数種が競合共生しながらそれぞれ最大限の成長を達成する状態を言う。これに対して、慣行農法が依拠する生理学的最適化は、一般に単一種の生育条件を最適化するために環境条件を変えることを指す。

協生農法には、大別して 栽培法、活用法、販売法 の3分野が存在し、職業農家などで生業として成立させるにはこれら全てが揃うことが必要条件である。

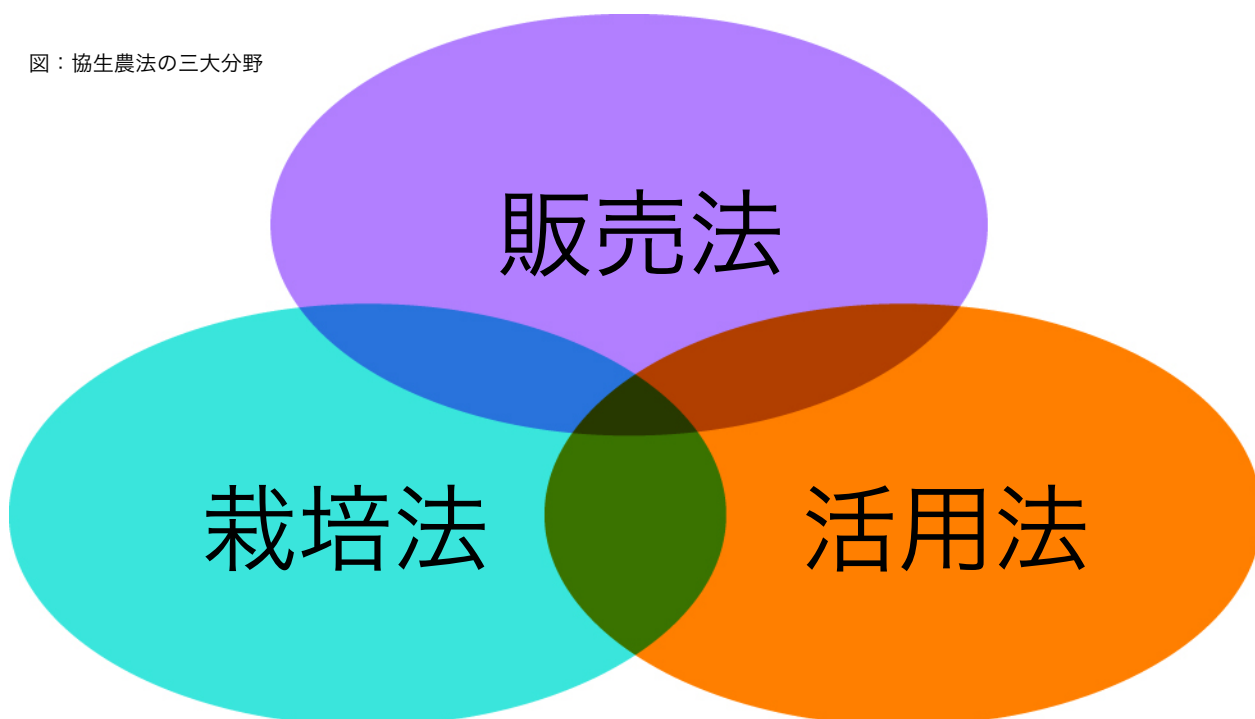
このマニュアルでは、家庭菜園での自給や地産地消規模での実践を想定し、協生農法の栽培法の部分を主に掲載している。

活用法は、協生農園を含むその地域の生態系から資源として利用可能な産物を取り出す方法論と、それらに経済価値を付与する商品開発法を含む領域である。協生農法の産物とは、圃場内に生育する有用植物以外にも、協生農園に派生・関連して生じる食物や生活資源、自然環境、景観、教育学習機会、誘因される動物叢・昆虫叢などの活用を含む。

販売法は、直売モデルを中心に協生農法の産物を販売する方法と、協生農法の収量の考え方を含む領域である。

活用法、販売法に関しては、協生農法が目指す野生状態の産物の流通を目標として、各地の実践を通じて開発していくことが必要である。

図：協生農法の三大分野



1-2. 協生農法の原理

協生農法は、食糧生産するための生態系自体を作り上げてしまう農法である。生態系を構築するとは、最も端的にはその場所に定着・出入している種多様性を増やすことを指す。種の多様性以外にも、同じ種内でも多様な品種があることで遺伝的多様性が上がり、様々な環境条件とそれに適した植生が定着することで生態系の多様性が上がる。これらの遺伝子・種・生態系の多様性を総称して生物多様性と呼ばれている。

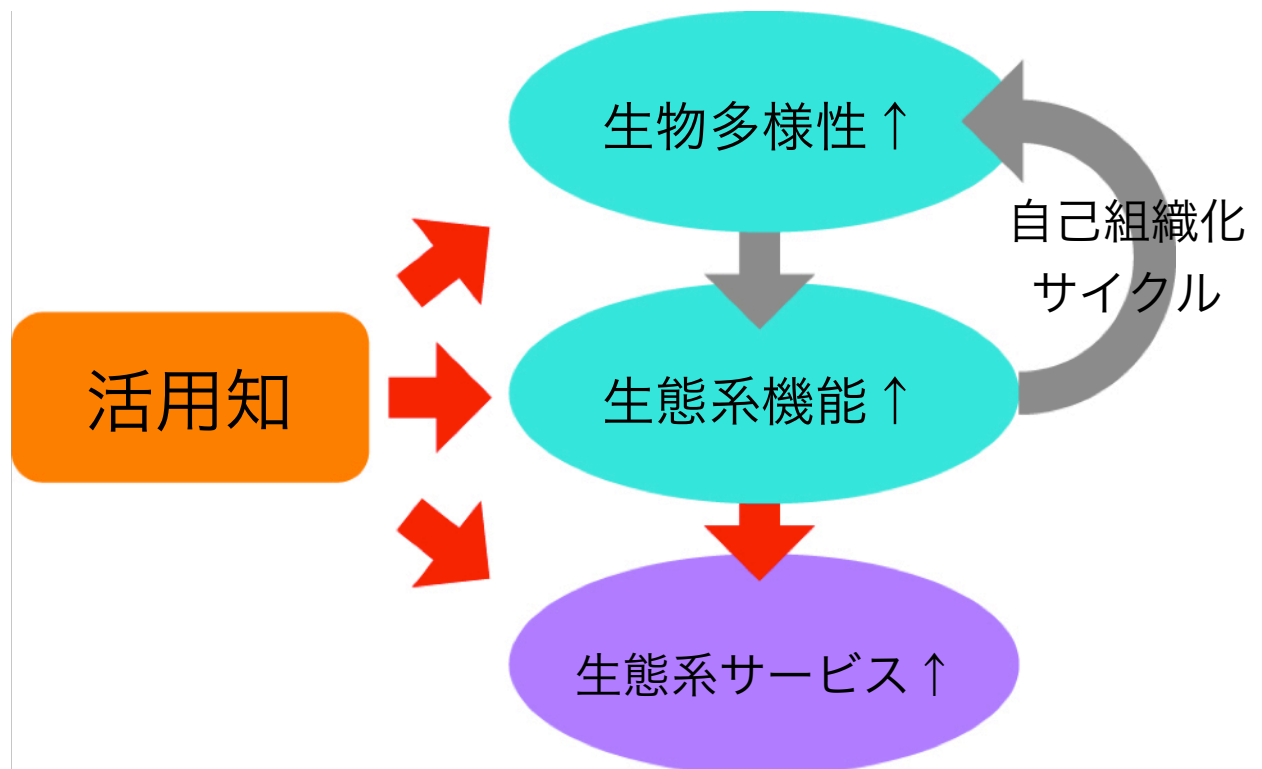
生物多様性が豊かになると、様々な生態系機能が向上する。生態系機能は、気温、湿度、日照量、土壌の有機物やミネラルなどの環境条件を、より多くの生き物が住みやすい範囲に調節してくれる。生態系機能が高まると、より豊かな生物多様性を許容できるため、生物多様性と生態系機能は互いに相乗的に高まる仕組みになっている。生物多様性と生態系機能が高まることで、食糧生産を始めとして人間が生活していくのに必要な様々な生態系サービスを取り出すことができる。

協生農法は、生態系を多面的に活用する知識によりこれら生物多様性・生態系機能・生態系サービスを総合的に向上させ、持続可能な食糧生産と自律的な経済活動を両立することを目指している。

協生農法と他の農法の大きな違いの一つは、農法による環境回復・構築効果である。他の多くの農法がすでにある自然環境を利用して、それを部分的に劣化させる形で成り立つのに対して、協生農法は劣化した環境からでも農法により生態系を回復させることができる。最も顕著な例は砂漠化の危機に瀕する熱帯の乾燥地帯における導入である（5章参照）。

生態系機能には、動植物が生存していくために必要な資源の獲得、有機物の生産・分解、栄養塩の循環などがある。

生態系サービスは、食品や水といったものの生産・提供をする「供給サービス」、気候などの制御・調節を行う「調整サービス」、レクリエーションなど精神的・文化的利益をもたらす「文化サービス」、栄養循環や光合成による酸素の供給を担う「基盤サービス」、多様性を維持し、不慮の出来事から環境を保全する「保全サービス」の5つに大別されている。

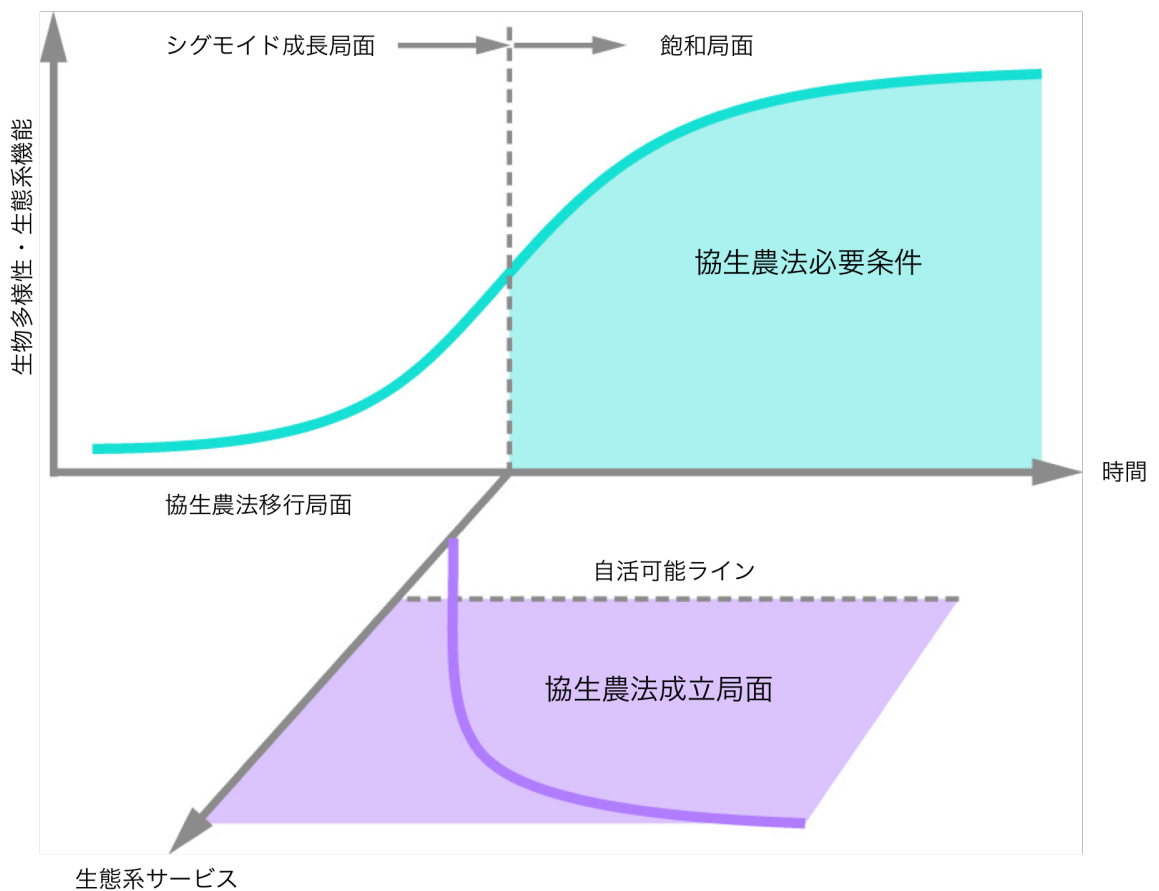


図：協生農法における 生物多様性・生態系機能・生態系サービス・活用知の関係

協生農法の実践に伴って生態系の構築を進めると、圃場の生物多様性は時間とともに向上し、管理目標とする植生段階に近づいていくシグモイド型の成長を辿る。シグモイドの立ち上がりから前半の成長局面は、協生農法への移行局面であり、協生農法が目指す生態最適によって供給される健全な植物組織には至らない場合があるが、家庭菜園などで自給的に消費することができる。

協生農法として成り立つ必要条件是、圃場の生態学的最適であり、十分条件は、質・量ともに多様な産物の価値化と販売による経済的自立である。この両者を満たして初めて生業としての協生農法が成立する。

シグモイドの後半の飽和局面においては、生物多様性と生態系機能が十分に密に構築されており、生態最適に漸近していく。この段階に入って初めて協生農法の必要条件を満たし、協生農法の産物としての販売が可能になる。その上で、多様な産物の経済価値化を行い、生業として成立するレベルでの収穫量が得られて自律的な経済活動が可能となった段階で、協生農法として成立する。



図：協生農法による生態系構築の時間発展と、農法の成立局面の関係

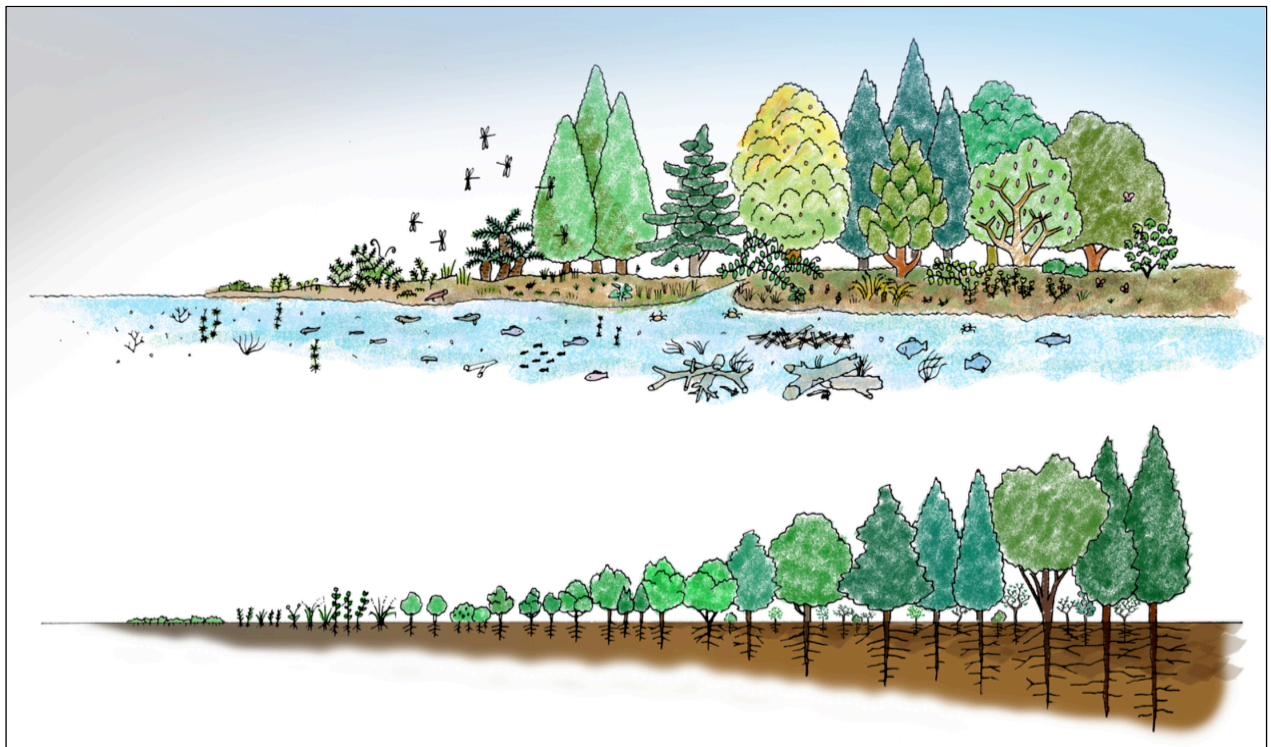
生態最適の植生から、生態系機能を損なわずに持続的に生産性を取り出すには、生態系構築における成長局面ではなく飽和局面から収穫する必要がある。実用的に判断するには、目標とする植生段階に相当する周囲の自然植生に比べて、協生農園内に定着している種多様性が多くなっていけば良い。圃場に定着している種は、その地で生態系機能を発揮しているとみなせるため、それが周囲の自然環境より多ければ、十分に飽和局面に入っていると考えられる。

具体的な管理法としては、自然発生する草木を完全排除せずに、生態系構築に活用しながら、有用種との混生度を高めていけば良い。

協生農法が無耕起、無施肥、無農薬であるのは、生態系構築に基づいた結果であり、自然放任すれば協生農法になるわけではない。生態系構築に向けて積極的に有用植物を導入することが必要であり、導入に伴う攪乱、有用植物のニッチ（生育に適した環境・場所）形成、食物連鎖による動物叢の制御が総体的に生物多様性の増進につながるように意図して工夫することが必要である。結果的に、慣行農法で必要な耕起、施肥、農薬は、生物多様性を増進する形での攪乱、ニッチ形成、食物連鎖に置き換えられ、協生農法では不要になる。

協生農法が構築できる生態系は、自然植生と有用植物を組み合わせた数だけ存在するので、生物史上最も多様になり得る。自分の圃場が生態系一般の中でどのような植生段階に位置し、どこに向かおうとしているのかを常に把握し、考える必要がある。

協生農法は、生物が海から陸に上陸し、動植物が協働して陸地の表土の仕組みを作り上げた進化の歴史に基づいている。生態系構築をする上でも、これに則った植生段階を生態遷移の指標として活用出来る。上陸進化に伴って、植物はより樹高・根の深さや環境変化に対する緩衝機能を発達させてきた。現存する様々な植物種にもこれらの形質は受け継がれており、植生が無い状態から豊かな森林のような極相まで効率的に遷移するのに活用することができる。具体的には、一年草、多年草、つる性植物、低木、高木の順に移行させていくとスムーズに生態遷移でき、各植生段階で生育する有用植物の生産に活用出来る。場合によっては、遷移段階を飛び越したり逆戻りすることも生物多様性を上げる戦略のうちに入る。



図：生態遷移（下）と上陸進化（上）の相同性

生物学には、「個体発生は系統発生を模倣する」という反復説があるが、協生農法では、「生態遷移は上陸進化を模倣する」という見方に基づいてマネジメントを行う。荒地を開拓するには先ず低くて強い一年草、次に多年草、つる性植物、徐々に低木、高木へと移行していくことで、やがて豊かな森を実現する。これは、不毛の場所だった陸地に長い年月をかけて海から動植物が進出していった上陸進化の運動と形質的な相同性がある。

慣行農法では、一箇所で同じ作物を作り続けるといわゆる連作障害が発生する。協生農法では、常に自然発生する草木や有用植物の生育度合いが変化することで、連作障害は回避され、新たな生態系へと変遷していく。

各植生段階と生態遷移において生物多様性を上げるには、以下の種多様性の3つの指標による評価が役に立つ。

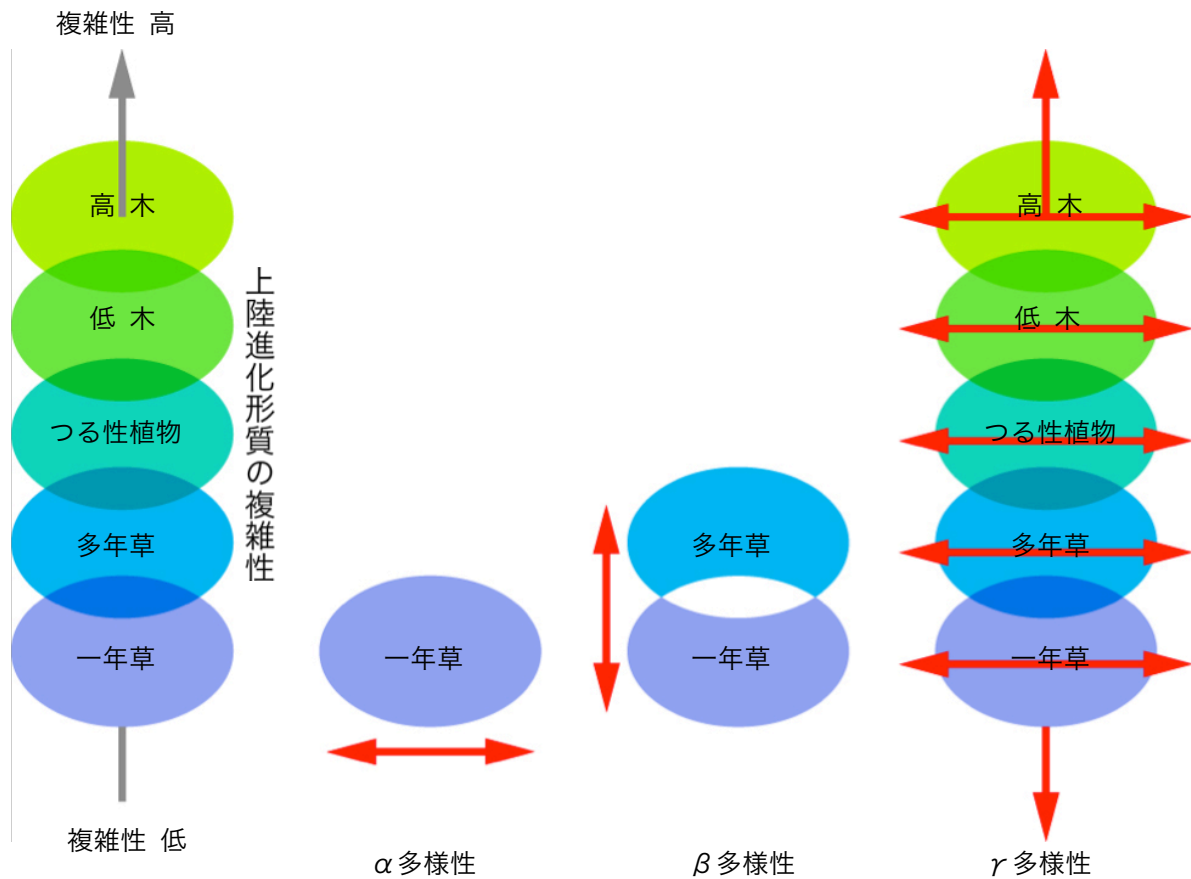
α 多様性：1つの植生段階における種多様性。例：一年草の種多様性

β 多様性：2つの植生段階の間の差異に相当する種多様性。例：一年草群落と多年草群落で、互いに共存していない種の多様性

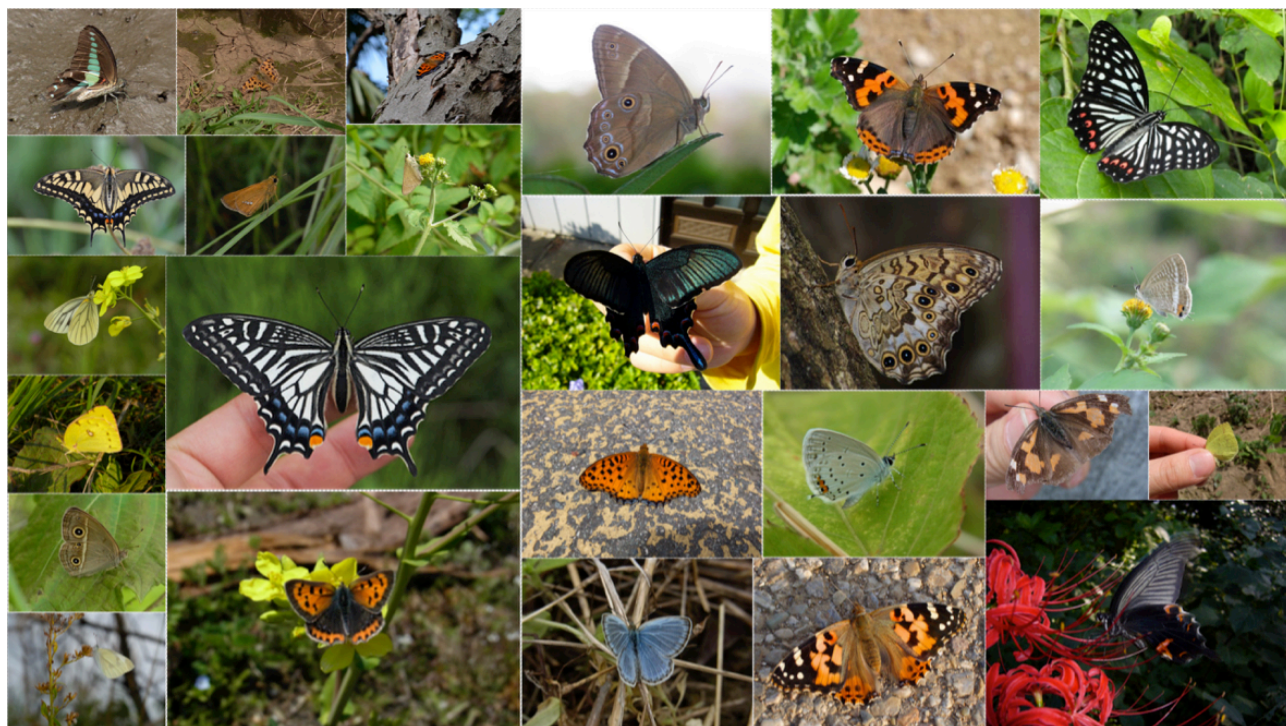
γ 多様性：全ての植生段階における種多様性。例：協生農園及び周囲生態系の全ての種の多様性

これら3つの指標が向上するように協生農園をマネジメントすることで、最大限の生物多様性を構築でき、大局的にも自然環境・都市環境における生物多様性の回復とさらなる増進が期待できる。

例えば、 γ 多様性が同じ500種であっても、 α 多様性が他より少ない植生段階が含まれていたり、部分的に β 多様性が低い植生があり得る。部分と全体の両方の観点から植生を多様化していくことが重要である。



図：協生農法における植生段階と、マネジメントモデル（軸層構造）、 $\alpha\beta\gamma$ 多様性



写真上：協生農園で観測されたチョウ類の例。日本における実践では、1000種類以上の昆虫種・植物種が協生農園及び周辺環境で観測されている。

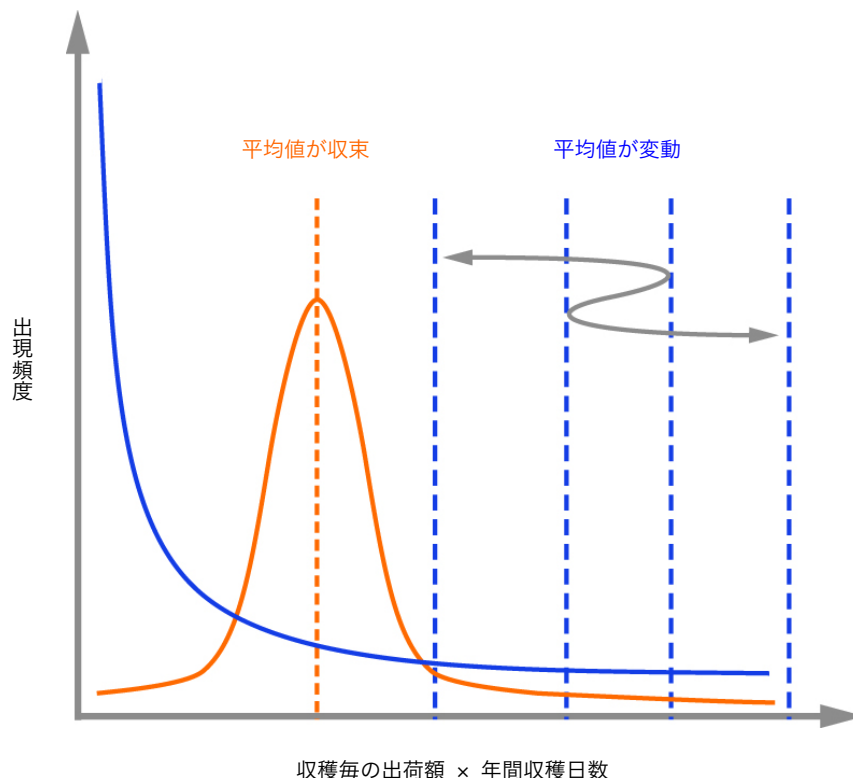
写真下：無農薬で生物多様性の高い協生農園では、豊かな食物連鎖により多種の天敵が共存し、生態系を安定化させる。

1-3. 生産性

生産性は環境条件と植物種に応じて変化するため、多様な条件への適応と多様性を総合的に考える必要がある。同じ栽培条件で単一作物の栽培を繰り返す慣行農法では、収量の平均値が生産性の指標となるが、常に化する栽培条件と作物群に基づく協生農法では、決められた枠組み内での平均値が意味を持たない。常に農法の適応・多様化を続ける中で達成された正味の生産性を評価する必要がある。

作物ごとの生産量は、畝の地表で栽培する葉野菜が最も高く、白菜など栽培期間に比して面積を多くとるものは相対的に低くなる傾向がある。麦や米などの穀物や果樹は収穫時期が決まっており、単種で慣行農法レベルの生産量は不可能だが、混生状態でマルチとして用いる事で、肥料で肥大させない正常な植物組織の穀物は栽培可能である。

協生農法の日本における生産性は、現時点では伊勢農園において4年間（2010-2014年）に出荷された野菜類について、一反あたりの収益/維持コスト比で慣行農法の約5倍の実績がある。



図：慣行農法の正規分布(赤)と協生農法のべき分布(青)に従う生産性

<収量のべき分布> 慣行農法の収量は釣鐘型の「正規分布」をなすが、協生農法の収量は、自然状態の植生が作り出す「べき分布」に基づいている。べき分布は自然現象に多く現れ、例えば地震の規模と発生頻度の分布にも認められる。小さな地震は頻繁に起こるが大地震はごくたまにしか起こらないように、協生農法においても、少量の収穫は多くの環境で多種から得られるが、大量のまとまった収穫を得られる種や環境条件は稀である。べき分布では、平均値が稀なイベントで大きく揺らぐため、予測する上で有用な指標となり得ない。稀に生起する大きな収穫により協生農法の実績は大きく増大するため、その時点での達成段階により更新されていく必要がある。べき分布に起因する生産性の変動を安定化するために、協生農法では株式投資のように多種の作物のポートフォリオで管理する。

<コスト算出について補足> 協生農法の収益/維持コスト比については、初期造成に必要な種苗コストも含めて算出した。また、慣行農法では、種苗・肥料・農薬などの維持コストに加えて、トラクターなどの初期投資費用が大きいため、伊勢農園における協生農法の実績の採算性は慣行農法の5倍以上となる。

1-4. 管理条件

協生農法は、無耕起、無農薬、無施肥 を原則とする。協生農園に人間が持ち込む事ができるのは、原則として種と苗のみである。窒素・リン酸・カリ・有機物・その他微量元素は、圃場内の植生とそれに誘引される動物叢のみによって供給されること。初期の土壌改良以外の栽培過程においては、土壌改良材や微生物資材、人工物マルチも原則使わない。他の自然農法で使われる自然由来の腐葉土や害虫忌避材であっても、この原則に違反する。使用可能なものは、土壌構造形成を阻害しない範囲で別途指定される場合に限る（2-2-6項参照）。

初期施行以後の管理は、原則として作物の収穫、草の管理、種苗の定植のみとする。草の管理は、草の種毎の適性に依りて行うが、基本事項として、多年草は除去し一年草は残す。

水やりは、苗の定植時、種の発芽後、深刻な旱魃が来た場合以外は基本的に行わない。水道水よりも雨水、井戸水や河川の水を用いることが望ましい。

プランタ等で育苗をする場合は、給水と最低限の肥料を用いることは許容されるが、協生農園に定植する時点で余分な肥料が持ち込まれてはならない。

この点では、ホームセンターなどで販売している化学肥料で栽培されている苗は、出荷までの最低限の無機物しか与えられておらず、すぐに雨などで流され土壌機能によって緩衝されるので、数週間以上後に収穫するのであれば、協生農園に持ち込んでも支障はない。しかし、化学肥料で急速に成長させた苗は脆弱である。

<一年草と多年草の違い>

一年草の根は枯れて土になり、かつ、土中の好気性微生物のための通気孔を形成する。一方多年草の根は、枯れることなく生育しつづけるため、根を伸ばせば伸ばすほど、土を固く締め付けていく傾向がある。しかし、多年草も土壌生物の多様性を向上させ有機物を供給するため、一年草とは異なる側面で活用可能である。

協生農園では、多種多様な花々も重要な産物であり、昆虫叢の誘引役でもある。

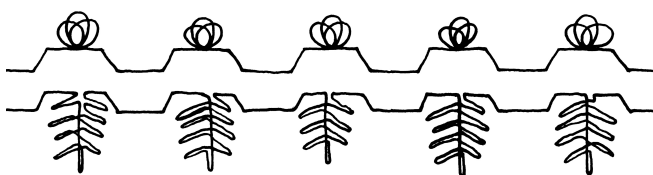
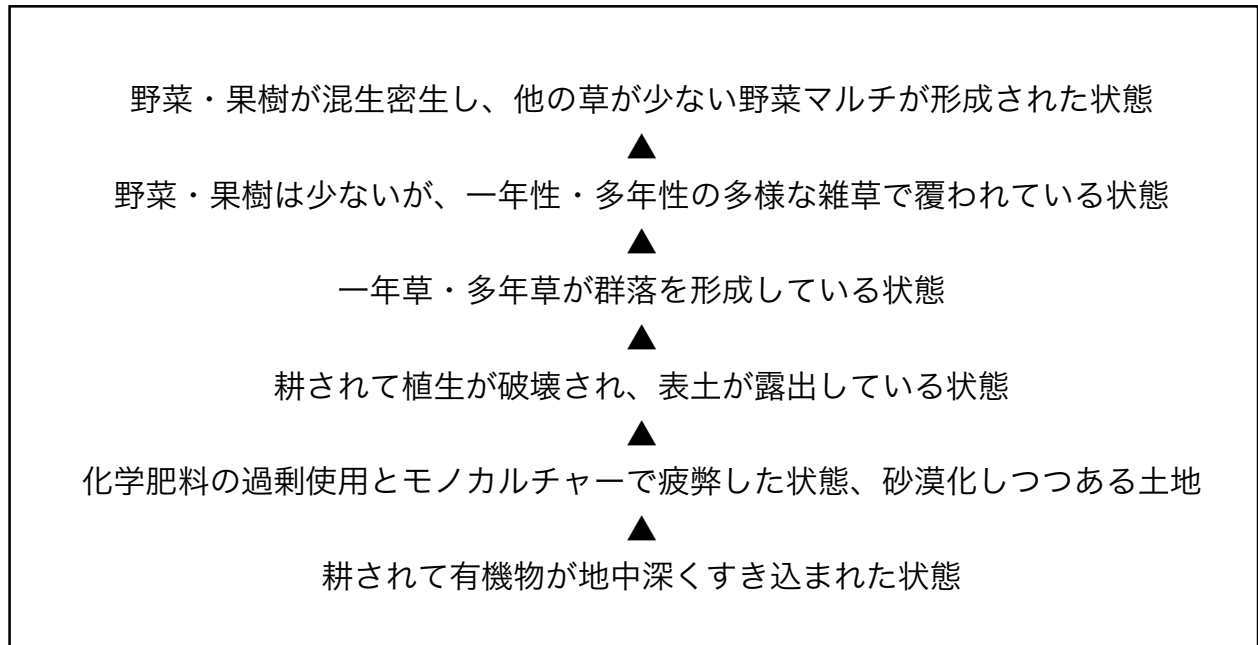


1-5. 植生条件

野菜の混生、密生栽培を原則とし、主に一年性の雑草も野菜が負けない限り許容し、土壌構造の形成に用いる。地表は一年を通して植物で覆われることが望ましい。

協生農法における望ましい植生状態の優劣は、以下の通りである。上に行くほど協生農法として望ましい状態であり、下に行くほど協生農法の目指す状態からは遠ざかる。

慣行農法では、一般に一種類の作物を一定間隔で植える単作に基づいているため、地上部の植生構造・地下部の土壌構造が共に失われ、生態系機能が損なわれる。植生が作る地上部と地下部の表面積が大きいほど、豊かな生物多様性を共存させることができる。



慣行農法 対 協生農法 では、地上部・地下部の植生が作り出す表面積が格段に異なる。複雑な植生構造であるほど、多種多様な生き物を共存させ、生産やリスク管理に寄与する仕組みを作ることが重要である。

1-6. 収穫法

作物は大きくなったもの、混生密度が高くなったものから間引き収穫を行う。収穫は、協生農法において最も主要な管理法である。他の管理作業は収穫のついでに行うことが望ましい。経験的には関東以南の平地では農閑期は存在せず、風よけや日照などの環境条件が整い、植生戦略が整備されていれば通年コンスタントに間引き収穫可能である。ただし、プロ農家として頻繁な間引き収穫をする場合は、日本では3月と9月の葉境期に収量が低下する傾向があるので、別途苗床を確保しておくなどの対策が必要になる。農閑期不在の北限は現在実験中。



協生農園における野菜類の様々な混生状況。環境や種構成に応じて、多様な植生戦略があり得る。

1-7. 管理原則：「時空の種」（時間—空間—種類 の多面的活用）

協生農法では、植生の配置や管理方法に 時間・空間・作物の種類 を総合的に組み合わせて、できるだけ効率的・立体的に空間を活用し長い期間コンスタントに多種の収穫が得られるように工夫する。

協生農法では、植生の配置や管理方法に 時間・空間・作物の種類 を総合的に組み合わせて、できるだけ効率的・立体的に空間を活用し長い期間コンスタントに多種の収穫が得られるように工夫する。

- ・ 時間の使い方：毎日コンスタントな収穫が得られるように、種苗の定植時期をずらしたり、環境を多様化して生育速度に差をつけたり、他の産物が少ない時に収穫できるように温存したり、一つの作物の収穫後に速やかに別の作物が収穫できるように植生遷移や種苗定植時期を計画的に管理する。他の農法に比べて協生農法で最も特徴的なのが、時間の複線的な使い方である（2-2-8 項参照）。
- ・ 空間の使い方：畝上の栽培面積だけでなく、フェンス、通路、農園の周囲、樹木につる性植物を絡ませるなど、敷地内を効率的に活用する。日陰を好む作物を日向を好む作物の下に植えたり、葉が縦に細いネギ系を葉が横に広いフキやゴボウなどの間に植えたり、根を伸ばす深さや広がりが違うものを植え合わせたり、果樹は下の枝を剪定して日陰スペースを広くし葉野菜を生育させたり、植物の形態や生理的特質が相補的になるように立体的に組み合わせる。
- ・ 種類の使い方：野菜・果樹・ハーブに限らず、山菜など多数の有用植物を混生する。それまで生育記録がないものでも、同じ気候帯で栽培されている例があれば導入できる可能性がある。さらに 葉、茎、新芽、つぼみ、花、果実、種、根 など、植物の部位別に活用する。活用法も、生食、乾燥してお茶にする、漬物などの保存食、スパイスなど、食品としてのバリエーションをつける他に、種苗として販売したり、染料や生活資材として商品化することもできる。

一反の協生農園に、市販されている野菜や果樹だけでも、200 種類以上を導入することが可能である。品種まで換算すれば、1000 種類以上の多様性を構築できる。種苗としての流通量は少ないがハーブや山菜類も加えれば、さらに倍増する。これは、人間によって生物多様性が自然状態を超えて拡張できることを意味している。人口増加による環境破壊に対して、有用植物の導入によって拡張された生態系が食糧生産と環境保全の両立に重要となる。

慣行農法で育てられた野菜ではえぐ味がある部位でも、協生農法で育ったものは生食できるほどクリアな味になるものが多い。特に、多種多様な花は食用としても重要な産物となる。アスパラガス、ブロッコリー、ヤマウドなども、協生農法では茹でずに生食する人が多い人気産物である。



中央に白菜の苗を植え、両脇に大根の種をスジ蒔きすることで密生させた例。

1-8. コスト

初期施工における資材、植樹、種苗代、維持のための種苗代以外は基本的に購入する必要は無い。トラクターなどの重機は不要であり、農具もほとんど必要無い。収穫のためのハサミ、苗定植のためのシャベル、草を刈る道具程度で済む（小型の草刈り機が一台あると便利）。維持コストとしての種苗代は、徐々に自家採種した種に置き換えていく。売り上げ金額の1/10程度の投資で維持できる程度が望ましい。プロ農家で大規模化する場合は通年の間引き収穫や草管理をするための人件費が加わる。

1-9. 探索法

新しく協生農法を始めるには、その場所でどのような有用植物が生育するかを実際に植えて探索する必要がある。一つの種類を日当たり・湿度・土壌の質・密度・混生の組み合わせ・先住植生などが異なる複数の環境で試すことで、作物の生育できる環境を抽出できる。数年間一度も定着しなかった作物でも、生態遷移に伴って数年後に一斉に育つようになり、主力産物になった例があるので、育つ可能性が低いものでも少量ずつ定植して試しておくことが望ましい。常に探索の幅を広めにとっておき、過去の成功例のみに頼らないようにすることで、環境変動や生態系の変化に柔軟に対応する能力が上がる。

また、それまで活用したことのない植物の場合、様々な部位・調理法・定植収穫時期・活用法などを一通り試してみることで、新たな商品価値を発見できる場合が多い。一般的に流通していない部位や、常識とは反する使い方であっても、新たな活用法を発見できた場合、生態系サービスの一部として将来に渡って活用できる資源を増やすことができ、他の地域においても重要な産物となる場合がある。すでに流通している野菜類などに対しても、新たな活用法の幅を広げることができる。

協生農法を高度に実践するには、生態系の状況判断について、一流スポーツ選手の認知反応や高度な医療診断に匹敵するような高いレベルの情報処理能力まで動員することが可能である。協生農法の実践において必要な、その地に適した有用植物の探索や活用法の探索・知識交換のために、情報通信技術を用いた協生農法支援システムを準備中である。

2. 各論

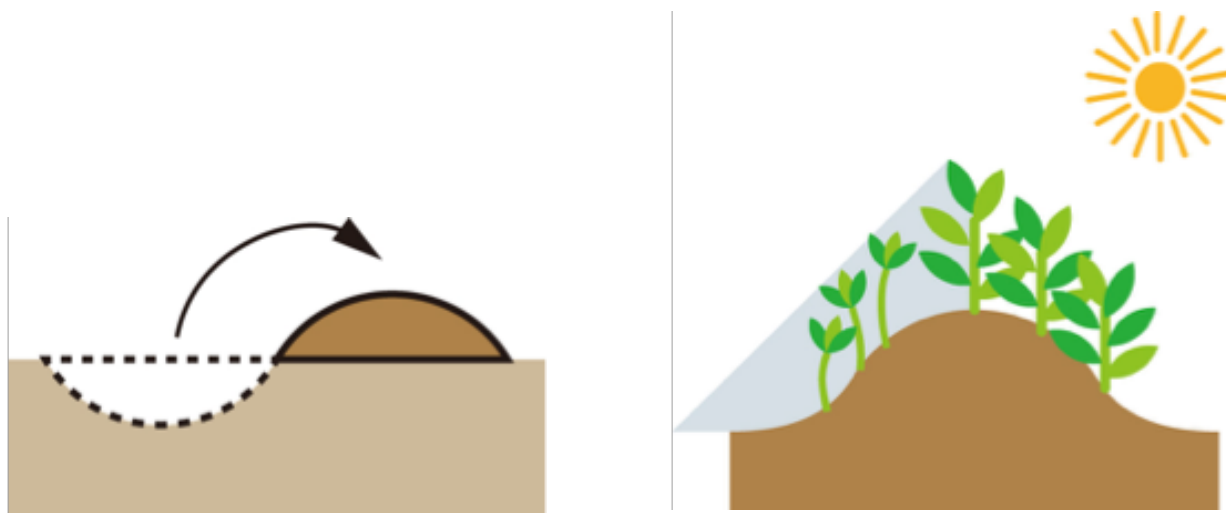
2-1. 初期施工

2-1-1. 畝づくり

幅1～1.5m ほどの畝を最初に作る。土は耕さずただ畝の形に盛るだけで良い。長い根菜を作りたい場合は深くまで耕した方が形は良くなるが、必要条件ではない。畝の幅は両側から収穫できる最大の大きさとして設定されているので、管理者の体格に応じて適宜調整する。収穫に高枝鋏などの道具を用いる場合は、管理しやすい幅に広げても良い。畝を作る目的は、作物種毎に異なる日照条件の変化づくり、作物種の成長高の違いによる農地の立体的活用、作付け面積の増加、水はけの向上、土壌の練炭構造の形成促進、生産面積と通路の差別化、定植・収穫管理の利便化など。

畝を東西方向に作れば、畝の南側斜面は日向を好む野菜、北側斜面は日陰を好む野菜にするなど、作り分けが可能。

畝は必要条件ではないが、利便性は向上する。



家庭菜園では平地のままでも構わず、乾燥する所では逆に溝を掘って湿気がある場所で栽培するなど、環境条件に合わせて畝の形は変形してよい。草管理と収穫にかかる作業コストは考えておく必要がある。

畝の間の通路は、収穫のために人が通れば良い。作業しやすい幅を選ぶ。生産面積を増やしたければ通路は狭くする。通路が狭ければ、座ったまま両側の畝の作物に手が届く。必要であれば通路でも栽培は可能である。根菜類は、踏圧に強く、固く締まった通路でも育つ。

2-1-2. 植樹

畝の中央部に、1.5m ほどの間隔で落葉性の低木果樹や小型のブッシュを形成する植物を植える。果樹を植える目的は、優先度の高い順に以下の4点である。

- (1) 野菜のための半日陰づくり
- (2) 虫や鳥を呼び寄せ、その糞や死骸などによる微量元素の供給、受粉の促進
- (3) 落ち葉による腐葉土形成
- (4) 果実の収穫

野菜類中心の収穫をする場合、果樹は育っても2~3m 高に収まるように剪定し、大きくなる樹は農園周囲に配置するなど管理コストを考慮して配置する。ただし、成長の早い高木は生態系の構築にとって非常に有益なので、最初に植えておいて環境が整ったら逐次切る方法もある。果樹については収穫が目的ではなく、野菜が育ちやすい環境づくりが優先である。果実の収穫は副産物と考える。

果実中心の収穫をする場合、果樹を多種混生し大きく育ててしまってもよい。野菜類は果樹園の下草として補助的に生産できる。生産性を上げるには、樹上で完熟して落下する果実を回収するネットを設置したり、ペーストに加工・真空パックして用いるなど、収穫法・販売法に工夫が必要である。

また、協生農法では市販の栽培品種に加えて、その地方に自生する野生の果樹、つる性有用植物などの実生の苗の導入を推奨している。それまで栽培例がなくても、導入することで育つ果樹を探索することも重要である。接ぎ木苗は、台木から新芽が出て成長してしまう場合があり、剪定管理が必要になる。

<野菜はなぜ半日陰でよく育つ？>

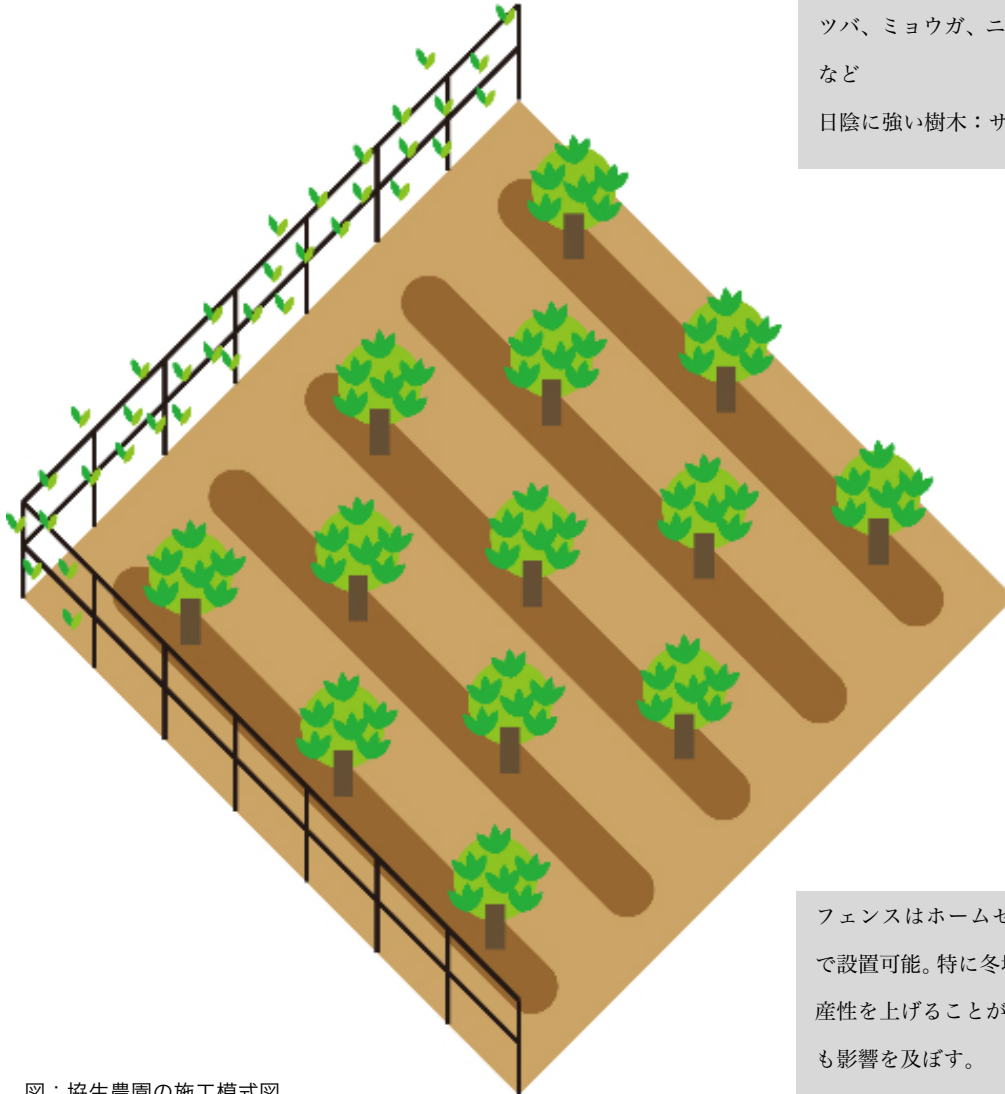
一般の常識に反して、無肥料状態では野菜は日向よりも半日陰の方がよく育つ。これは、野菜の原種がもともと他の植物との混生密生状態で進化し、樹木の半日陰などに適した光合成効率を進化させてきたことに由来する。



ミントの密生地帯にフェイジョア、タラノキ。放置しても有用植物で優勢するように管理コストを減らした例。

2-1-3. 周囲フェンス

畑の周囲のフェンスでもつる性植物が栽培できる。また、風の強い地域や時期には、風よけの効果を発揮する。壁際などは湿気が多いので苗床として利用すると、その地に適応した苗が供給できるので農園全体の生産性が上がる。



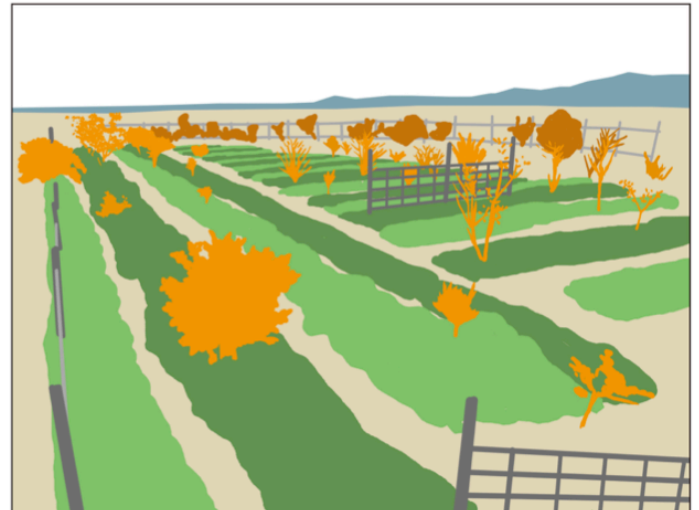
つる性果樹：キウイフルーツ、サルナシ、アケビ、ムベ、ブドウ、マタタビ、パッションフルーツなど

日陰に強い野菜：山菜類、アシタバ、フキ、ミツバ、ミョウガ、ニラ、ラッキョウ、ニンニクなど

日陰に強い樹木：サンショウ、クロモジなど

図：協生農園の施工模式図

フェンスはホームセンターなどの安価な資材で設置可能。特に冬場は風よけにより作物の生産性を上げることができる。種子の飛散効果にも影響を及ぼす。



協生農園の一例の全景と模式図。(2010年11月、伊勢協生農園)

■ 畝

■ 低木果樹

■ つる性植物用フェンス

2-2. 管理

2-2-1. 種まきの一般論

種まきの量は、プロ農家の場合は計画収量から逆算し、家庭菜園の場合は草管理のしやすさを優先する。一般的に、野菜マルチ形成が可能な葉野菜や根菜の場合、ホームセンターの小袋の種であれば1㎡当たり一袋程度が目安となるが、作物種、種の数によっても異なる。実際に播種する際は混生させるので、1㎡に一袋を蒔くのではなく、例えば4㎡に4種の種4袋を混ぜて蒔く。

複数種を混生し、高い密度で種を蒔く。草より先に野菜で地表を覆いマルチ効果を得る。作物同士の相性（コンパニオンプラント）には他の農法にも様々な経験知が存在するが、無耕起、無施肥、無農薬の前提で報告されているものは少なく、多くは2-3種間の組み合わせに限られている。多種の混生密生が標準的な協生農法においては前例に囚われること無く、多様な組み合わせを常に試してみることが重要である。

空間的な植え合わせだけでなく、時間的な植物叢の変遷も考慮する。

ネギやニラなどの防虫効果の有る種を適宜混ぜることで昆虫叢を安定化させる。

作物の育ちやすい環境が出来るまでは、キク科野菜やハーブ類など過酷な環境にも適応でき、かつ虫にも強い種から始めると初期にも生産性が確保できる。

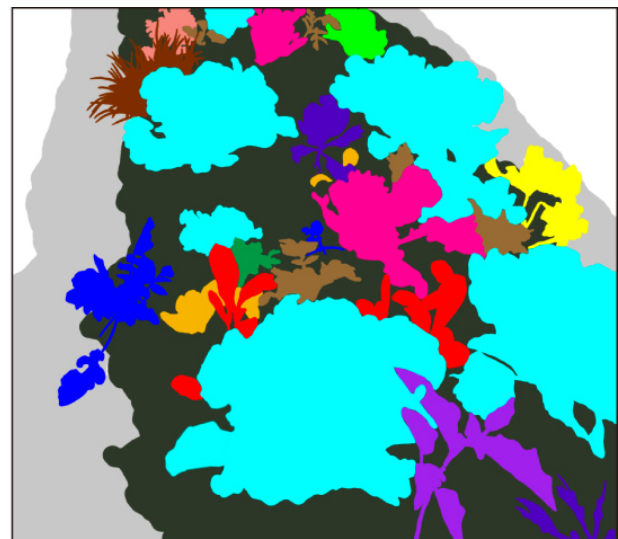
ニラ、イタリアンパセリ、アスパラガスなどの多年草野菜を初期から入れておくことも、中長期的な草管理を軽減し、収量に貢献する。









発芽状態及び収穫に応じて適宜追い蒔き、苗の定植、農園内での苗の移植をする。

夏野菜の種や、アブラナ科大型野菜の種は一袋の粒数は少なく、単独では野菜マルチ形成も不可能。

植生交代の利用：例えば、一つの作物種（マメ）が収穫後枯れる事で、下から出て来る別の種（ジャガイモ）のマルチになる。

キク科野菜：レタス、サラダ菜、サンチュ、シュンギク、ゴボウ、チコリ、キクイモなど



 ハクサイ	 ナス	 コマツナ	 チンゲンサイ	 カリフラワー	 パレイショ
 ダイコン	 シュンギク	 ムラサキキャベツ	 ゴボウ	 ニラ	 キャベツ
 ニンジン	 下草	 通路			

協生農園の生産面の一例。大きく成長した野菜だけでも4㎡に13種類が認められる。(2010年11月、伊勢協生農園)

2-2-2. 協生農法における植生戦略の年間計画の立て方

植生戦略立案の原則として、生産企図量に応じて、生産作物、生産面積、必要な種と苗の量を予め決めておき、「種と苗の量が足りなかった」という失敗をゼロにすることが重要である。種と苗の量が足りているなら、うまく行かなかった場合の原因は、植生戦略（植生の配置、遷移の時期）、管理方法、気候条件のいずれかに帰着することになり、建設的な反省と新たな戦略構築が行える。種と苗の量がそもそも足りない場合、失敗しても次の戦略に活かせる情報とならないため、情報としてみた時に無反省に1年棒に振ることになる。

協生農法では、造成初期には慣行農法以上の種苗コストがかかるが、肥料、農薬、機械のコストはかからないため総合的なコストは安くなる。種苗にかかる金額だけでなく、総合的なコストを視野に入れて計画することが大切である。



ヨモギと紫キャベツの混生。ヨモギを別の野菜で置き換えることもできるし、ヨモギを使って土壌構造を構築してもよい。

2-2-2-1. 一年性の野菜を中心に生産する場合

伊勢協生農園での2012年春夏計画の例：

各月ごとに、何を主力作物として確実に生産したいかを定める。主力作物のうち植える場所を決めて管理する必要があり 確実な収量が期待できるものをグループA、下草野菜として適当にばらまいておいてよく定量的に管理しないものをグループCとする。主力作物にするにはまだ実験不足で収量が期待できないが、植える場所を決めて管理する必要があるものをグループBとする。その他、単発で実験しているものや特殊例外なものをグループDとする。

グループAの例（括弧内は伊勢協生農園での過去数年分の経験則）：

トマト（収量が確実な夏野菜）、キュウリ、ジャガイモ、スナップエンドウ（収量が確実な豆系）、オクラ、シソ（収量が確実な葉もので背の高いもの）、ニラ（収量が安定な多年草）、ワケギ（本来は秋冬ものだが、春夏も収穫可能）、ネギ、ゴボウ、パセリ、イタリアンパセリ（冬期に収量が確実）、シ馬拉ッキョウ（通年収穫が可能）、ヤマウド（春～初夏にかけて新芽を間引くほど収量が増える）、モロヘイヤ（夏場の草に負けず秋まで収穫可能）、エンツァイ

グループBの例：

ナス（収量が確実でない夏野菜）、ゴーヤ、サトイモ、サツマイモ、ピーマン、シシトウ、トウガラシ、ズッキーニ、カボチャ、マクワウリ、スイカ、ダイズ（枝豆として出荷）、アズキ、ササゲ、ラッカセイ（地表を覆うが強い草には負ける）

グループCの例：

ニンジン、カブ、ラディッシュ、レタス類、コマツナ、ミズナ、ミブナ、チンゲンサイ

グループDの例：

コリアンダー（臭いが独特で大量に作っても売り切れない）、サフラン、アスパラガス、ルッコラ、ハーブ類

主力商品のAとCを決めたら、企図する収量（宅配野菜を月に何箱出荷したいか）によりAの作付け面積とCの種蒔き量を決める。

ACの作付け管理を実施した場合に余った面積と手間で出来る範囲で、Bの実験をする。Bの実験は成功すれば収量に加えられるが、失敗しても主力商品が足りなくなることは無い。

3月、9月の葉境期には野菜が不足するリスクがあるので、3月9月用にとっておく奥の手の例として、以下の3段階がある。

- ① 上記の生産面積とは別に2ヶ月分の野菜を保持しておける程度の面積で苗を植えて、放任状態で温存しておく場所を作る。伊勢協生農園の場合、周囲の草刈りだけした空き地に苗を植えておく場所を用意した。管理コストをかけないため収量は低くても、3月9月に集中して収穫できるよう温存できていれば

良い。一人で一反だけを集中的に管理するより、放任場所を含めて三反を管理する方が、収量の変動に対応する余裕ができる。

② アブラナ科ハイブリッドの漬け物、シマラッキョウの漬け物など、旬に収穫できる時に保存食の形にしておき3月9月の収量の足しにする。

③ フキノトウ、フキノトウの苗、梅の花 など、山菜や苗、生花など食品以外の商品も含めて活用。

Aについては、植生密度を多様化することでリスク分散する。例えばオクラは密生して植えれば台風などの強風にも強いが、オクラが枯れる11月の時期に入れ替わりで定植できるものが少ないため、次の植生につなぎにくい。オクラの密度を低くすれば、間にレタスなどの苗を小さくとも定植しておき、オクラが枯れる時期に植生交代を狙える。密度によって長所短所が出るので、両方やっておく。これは、(1-9) 探索法における環境条件多様化の具体例である。

花や種も利用する協生農園では、アブラナ科野菜が容易に交雑し、ハイブリッド種を形成する。アブラナ科のハイブリッドは野菜の名前がないためそのままでは一般の市場では売りにくい。風味がよく収量も高い傾向があるため、加工食品の材料として重宝する。レストランの料理に使う素材としても向いている。

アブラナ科のハイブリッドは、風味も良く生産性も高いため、協生農法では積極的に活用できる産物の一つである。



2-2-2-2. 果樹と多年草を中心に低コストで野菜も混生する場合

温帯—亜熱帯の草勢が強い場所で、耕作放棄地が余っていて活用したい場合などは、面積当たりの生産性より管理コストの削減が優先事項になる。

そのための戦略として、管理出荷が頻繁に必要な一年性の野菜ではなく、放置しても生き残る果樹を中心とし、自然発生する多年草が作る土壤環境を活用して野菜を混生させる方法がある。一年草の土壤構造は自然に形成される範囲で副次的に利用する。

慣行農法が決まった手順と労力をかけて定期的に管理しなければならないのに対し、協生農法は毎日間引き収穫して生産性が高い状態から、ほぼ放置して時々草刈りや収穫を行うだけのコストがかからない状態の間を無数にデザインできる。各人の目的と予算に応じて、生産性とコストをどのレベルに設定するかを決め、それに適した植生を実現することで、慣行農法が続けられない土地でも協生農法を導入できる可能性がある。

伊勢協生農園・大磯協生農園での2014–2015年春夏計画の例：

草や荒れ地に強い里山系の果樹を E とする。

草が茂っていても種から発芽し成長する作物をグループ F とする。種からの成長は難しいが、苗の定植で定着するものをグループ G とする。一旦草を刈り、表土を部分的に剥がないと種から発芽定着しないものをグループ H とする。

里山系の果樹 E の配置を先に決めて多めに植えておき、野菜は F を中心に投資し、草管理や生産の必要性に応じて G、H を導入する。

グループ E の例：

カキ：栽培品種と自生のマメガキ

ビワ：栽培品種と自生のヤマビワ

柑橘類：甘夏、ミカン、カボス、レモンなど

梅・桜類：ウメ、南高梅、ユスラウメ、プラム（スモモ）、サクラ、リンゴ（2 品種以上で結果しやすい）、カリンなど

イチジク：西洋系とニホンイチジク、自生のイヌビワ

グミ：ダイオウグミ、自生のアキグミなど

ベリー系の木：ブルーベリー、ジュンベリー、自生のシャシャンボなど

木の実：クリ、自生のシバグリ、クルミ、ハシバミなど

その他：フェイジョア、ユーカリなど

グループ F の例：

セリ科のニンジン、パセリ、イタリアンパセリ

キク科のレタス（苦味の強い原種）、チコリ（アレロパシーが強く草に負けない多年草）、キクイモ（群落となって占拠する）、ゴボウ（硬い地面でも生育）

豆類：ダイズ、インゲンマメ、ラッカセイ、ハッシュウマメ（背の高い草にも強い）

芋類：ジャガイモ、サトイモ（湿地を好む）、キクイモ

根菜類：ニンニク（草に埋もれても負けない）、ラッキョウ、アサツキ、ゴボウ、ニンジン

地を這う草マルチ系：イチゴ類、ハーブ類（特にミント類）

日陰で種から優勢するもの：ミツバ、ニラ、サンショウ、ナンテン

グループ G の例：

草の中でも苗の定着率が高いもの：シソ、トウガラシ、レタス（栽培品種）、ニラ、トマト、キュウリ、キャベツ、ブロッコリー、アーティチョーク

育って藪となるもの：チャノキ、キイチゴ、インゲンマメ、ハッシュウマメ

日陰で苗から優勢するもの：フキ、ニラ、シダ類

グループ H の例：

レタス（栽培品種）、コマツナ など

一番楽なのは F であり、自力で発芽成長し自然繁殖する。表土を剥ぐ必要がないため、生態系構築に最も有用である。これらを優勢させておくことで管理コストを下げている程度の収量を得ることができ、放置しても草を刈れば復活しやすい。

G は苗を植えることで計画的に管理しやすいが、自然繁殖により優勢させるのは難しく、大量に定植し続ければ表土の劣化や苗土の化学肥料の影響を招く。シソやアーティチョークなど、一度植えればその場所で継代していく優れたものもある。F、G は越年草やそれに準じるものが多い。

H は商業的に品種改良されたものが多く、慣行農法の条件に適した一年性の野菜が多い。生産量は上がるがその分管理コストや表土の破壊率も増える。

芋類と根菜は放置するよりも適度に収穫して攪乱する方が収量増加する。収穫の際に掘り起こすので、多年草の根も切り制御できる。ジャガイモは、地上部が出芽したら間引いて一株から一本の茎にすると、芋が肥大することが観察されている。



2-2-2-3. 家庭菜園

市場で販売せずに、自給目的で極めて小さい面積の家庭菜園としても協生農法は実践できる。わずか4㎡ほどの面積であっても、種類を選ばなければ数人分の野菜が通年自給できた例がある。家庭菜園において実施のヒントとなるグループ例を示す。

グループI:

種をまくことで混生密生させ、早くからの間引き収穫が見込める野菜
レタス、コマツナ、ハツカダイコン、ルッコラなど一年性の葉野菜中心

グループJ:

ある程度まとめて植えることで、継続的に生産できる環境が構築されていく野菜
キャベツ、ブロッコリー、ハクサイ、カリフラワーなどアブラナ科野菜
インゲンマメ、ダイズ（枝豆）、ラッカセイなどマメ科野菜
パセリ、イタリアンパセリなどセリ科野菜（多年草）

グループK:

隙間に植えたり、他の作物が育ちにくい場所に植えて収量を底上げする根菜
ニンジン、ダイコン、ゴボウ、シマラッキョウ、ネギ、ジャガイモ、サトイモなど

グループL:

少量あると便利だが、優占しすぎないように管理が必要なもの
ハーブ類、ニンニク、ミョウガ、ヤマウド、アシタバ、アスパラガス、フキ、イチゴ、サンショウ、花卉類など

根菜はライン状に配列して他の草の侵入をブロックしたり、収穫時に土を掘り起こすことを見越して他の苗を植えたり、攪乱された後に発芽しやすいレタスやコマツナの種をまくなど、グループ間の特性を生かしてつなげる戦略がある。



2-2-3. 草管理

各野菜と草の特性を知り、草の特性に応じた管理を行う（「草を以て草を制する」）。基本は野菜が負けない限り一年草は排除せず、群落となって占拠する多年草や大きくなりすぎる一年草のみ排除する。草刈り機を使う場合は、野菜の高さより上に出た草を刈り取ることで草勢を削いで野菜に有利な環境を作れる。すでに発芽していたり、野菜の間隔がまばらで一斉草刈りがしにくい場合は、収穫や苗植えのついでに野菜の周りの草を刈る。多年草は根から抜いた方が良いが、大きければ地上部だけ刈る事をくり返せば地下部も縮小していき、土壌構造形成にも寄与する。畝以外の通路には多年草が生えていても良い。一年草は冬に枯れる事で土壌の練炭構造を作ってくれる。多年草は枯れずに土を堅く締めてしまうが、土壌環境や地上生態系を豊かにする効果もある。

<練炭構造とは>

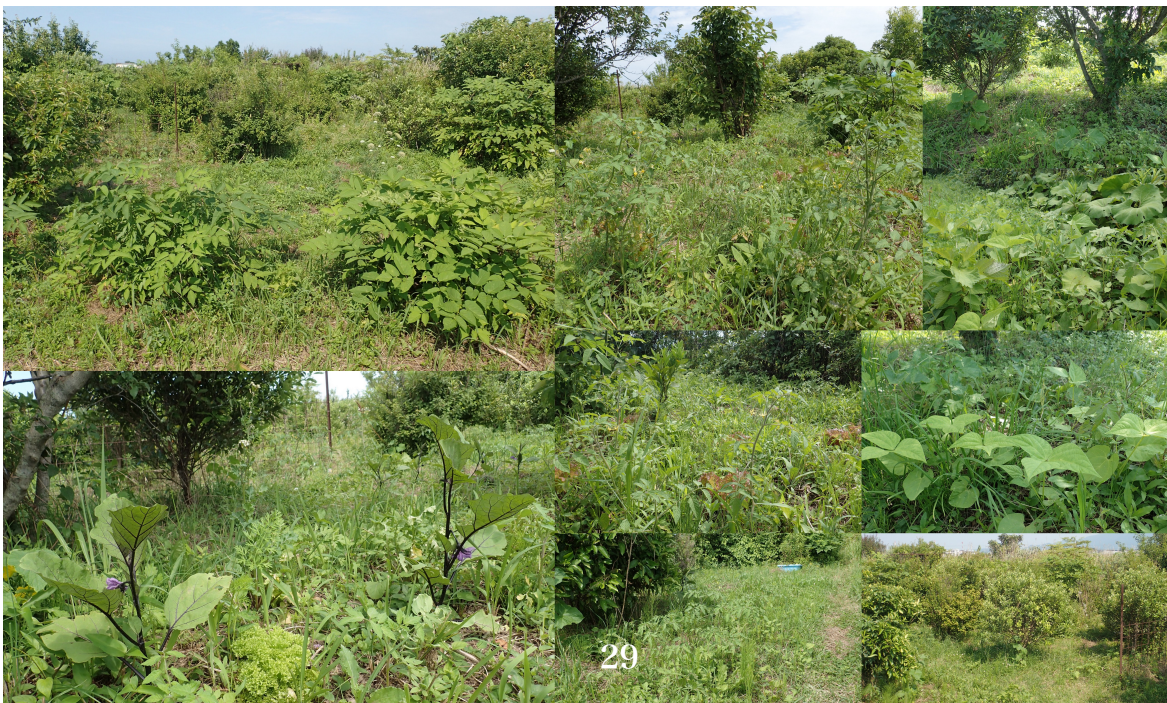
土壌構造の物理的側面。土の中に一年草の根が張り巡らされた後に枯れることで、練炭のように微細な空腔が張り巡らされかつ堅密化した構造で、通気・通水性に優れ、風や雨などの物理的加重にも強い。

2-2-3-1. 草管理の基本三種

- ① 一斉草刈り：草が優勢してしまい、野菜を保護するよりも一旦植生を全て刈り取ってリセットした方が良い場合、地面の高さで一斉草刈りを行う。その後の種まき戦略に応じて、地面の高さすれすれで刈る、数センチ残す、10センチ残すなどバリエーションがあり得る。
- ② 野菜丈の草刈り：野菜と草が競合して草の方が高く伸びてきた場合、野菜の丈で草を刈り取ると、草のみにダメージを与え野菜を優勢させやすい。
- ③ 大きな草の撤去：多年草の群落や大きくなりすぎる一年草の株など、目立って強く占拠している草はピンポイントで刈る・抜く。

方法①②は面に適用でき、広い面積でも一斉に管理するのが楽であるが、野菜の高さが不揃いであったり苗がまばらに残っている場合は効率化しにくい。③は点で処理するために多様な状況に対応できるが、広い面積を処理するのに時間がかかる。

草勢が強い夏場の本州における混生状況の例。秋冬にかけて土壌構築と生産性のバランス戦略が要求される。



2-2-3-2. 計画的に草を茂らせ土を作る場合

夏の間にはわざと草を茂らせて、秋から翌年夏までの収穫のために土づくりをする戦略もある。夏の暑い間の管理コストを考えれば、夏に収量を下げても管理コストを減らし、その分秋以降の収量に寄与させるのは現実的である。夏の間は残っている野菜を収穫したり、背の高いトマトなどをブッシュにして栽培する。完全放置でも良い。夏の終わりに野菜ごと草刈り機で全て刈り取り、その上から種を蒔く。刈った草がマルチになり、虫や動物から種をカモフラージュする。秋以降雑草の勢いが衰えるので、野菜が勝るようになる。夏でなくても草が排除困難なほど茂った場合はいつでもこの「一斉草刈り&再スタート」で野菜が優勢になるまでリセットできる。



周囲生態系の木の実などの産物も、協生農法では積極的に活用する。その地域の生態系を総合的に知り活用することが協生農園をマネージメントする上で本質的に重要である。

2-2-4. 作業のデッドライン

協生農法では、生態系を情報の観点から制御することで投資コストと管理コストを減らし収量を得ることを目的とするため、季節ごとに守るべき作業のデッドラインの設定が重要である。このデッドラインに間に合わなければ、その戦略を諦めて別戦略に切り替えるか、規模を縮小してでも次の段階に進まないと、植生状況に対して遅れを取ることになる。各作業のデッドラインはその年の気候条件にもよるが、関東—近畿地方を中心とした本州(北緯34-36度)の実践経験では概ね以下の日付が目安になる。

- ・ 3月：春の種まきのタイムリミット。4月からは草の勢いが増すので、発芽しても草に負けるので種でなく苗に切り替える。
- ・ 5月初旬（ゴールデンウィーク）：夏の実野菜の苗がホームセンターなどに出揃う。しかし夏野菜の苗はより遅くに定植した方が定着・成長が良いので、あくまで流通上のデッドライン。
- ・ 8月第一週：夏の草刈り、根菜系の種まき、秋冬野菜の苗作りの開始。
- ・ 9月第一週：秋始めの草刈り、秋冬葉野菜種まき、冬野菜苗作りの開始。
- ・ 9月10日：秋の葉野菜の種まきのタイムリミット。
- ・ 9月15日：秋野菜苗の生育良否の判断期限。生育が悪ければ、種苗屋やホームセンターなどで苗を入手する準備をする。
- ・ 9月30日：秋野菜の苗の植え付けを完全に終了する。
- ・ 10月：発芽定着状況を見て、冬野菜の種まきを始める。
- ・ 10月中旬：冬野菜の苗の定植を終える。成長が見込めるのは11月まで。
- ・ 翌1月：農園の土木工事、防風柵の設置、竹林の伐採、果樹の剪定・移植、多年草の苗の定植 などは一月中に行うと2月以降の種まき収穫管理がスムーズ。

デッドラインを守らないと、例えば、草の進出を許し、収量が減り、管理コストが上がる。逆に、そのリスクを見極めてデッドラインを設定する。

ニラ、ルッコラ、シマラッキョウ、ミニトマトなどは雑草並みの強さで野生化する。スイカやカボチャは生果から種をとっておいて蒔くと良い。キュウリはゴールデンウィークより遅く、五月末から六月に木のそばに植えると、木に絡んでよく育つ。トマトは慣行農地にこぼれ種で出てくる細い苗も引き抜いて移植でき、地這いで夏から冬までブッシュにできる。

2-2-5. 夏の草管理と種蒔き、苗の定植

8月9月は、本州（関東—近畿地方を基準とする）での協生農法において最大の勝負所。協生農法は物量でなく情報で生態系をコントロールするため、先手を取るタイミングが何よりも重要。機を逃すと労力がかかるばかりでなく春までの収量に1年規模で影響する。

ある戦略が当たらなくても次の戦略に切り替えられるように、4重、5重に先を読んで事前に計画し、作業自体はなるべく軽く短時間で終わらせるのが本義である。

2-2-5-1. 日本・本州における夏場の戦略の例：三つ巴のトレードオフの原理

8-9月の時期には、草刈りと種蒔き／苗の定植を行うが、夏草による土壌の練炭構造形成、刈り草の分解、種の早まきの間の三つ巴のトレードオフを考える必要がある。以下の三項目がそれぞれ競合するので、各々のタイミングの見極め、何を優先するかの決断が重要になる。

夏草→秋草の変わり目に野菜を優勢させるため、8月末～9月第一週が勝負所。この時期に夏草を刈れば、小さい苗が秋草に負ける事はほとんどない。

(1) できるだけ草を茂らせる

草の根で土壌構造を形成するため、できるだけ一年草を茂らせる必要がある。そのためには草刈りは遅い方が良い事になる。

(2) できるだけ種を早く発芽させる

協生農法では、苗の定植後に水が必要な場合以外は水や肥料を与えないので、成長が遅く、霜が降りて成長が止まる11月半ばまでに混生密生で収穫できる大きさにする必要がある。そのため、通常の蒔き時よりも2-3週間早く種まきをする必要がある。早く種を蒔く必要があるため、あまり遅くまで草刈りしないで行かない。

(3) できるだけ刈った草を分解させる

草刈りした後の草は、8月中で雨が降ればすぐに分解され、9月頭には天然の腐葉土になる。収量を上げるために草の分解は野菜が出来る場所でさせた方がよい。しかし、(1)と(2)を優先し、草が分解される前に8月中に蒔いた種が発芽させるには、刈り草が邪魔になるので通路にどける必要がある。9月頭に種を蒔く場合には刈り草を畝に放置しても分解が間に合う可能性がある。

これら三つ巴の判断を簡略化するなら、初めから通路に刈り草をどかしてしまえば(3)は考慮の対象から抜かせる。8月初旬の草刈りで畝上に腐葉土形成するとともに成長の遅い根菜を先行させ、9月頭の草刈りで葉野菜を先行させ、通路で枯れ草マルチ形成し苗のマルチなどに後々利用する。

刈り草はできるだけ分解させつつも、種を蒔く際は分解されていない刈り草はどける必要がある。9月に苗を植える場所は、刈り草でマルチにしておいて分解されてから植えても良いし、分解されなくてもかき分けて植えれば済む。

2-2-5-2. 草刈りと種と苗の関係の例

夏の草刈りと並行して、秋以降種からの野菜が混生密生し翌春まで間引き収穫できるように、種蒔きと苗の植え付けを計画する。例を以下に示す。

- ・ 7月終わりから8月にかけて、ニンジンを始めとする根菜類が蒔き時。
- ・ 8月中旬は白菜やブロッコリー、キャベツなどのアブラナ科の種。
- ・ 9月頭には葉野菜類、だいこんは9月15日まで。
- ・ 早めに蒔きたいので8月が種の蒔き時、9月10日がリミット。向こう1年分の収量に貢献する大型野菜の種蒔きは9月頭までに全て完了させる。
- ・ 成長が速く、草ごと刈ると枯れてしまう葉野菜（コマツナやハツカダイコンなどの下草としてマルチになる野菜を含む）は、8月終旬～9月頭にかけての夏草最終草刈りの勝負所で蒔く。
- ・ 根菜は、何回も時間差で蒔く方が間引き収穫に向いているので、8月頭～9月頭までいつでも草刈る度に蒔ける。
- ・ ネギ、ニラなど二年目以降しか収穫が期待できないものや、キャベツやブロッコリーなど苗が小さいままでも翌年収穫を見込めるものもある。一概に全てが大きく育てば良い訳ではなく、成長に時間差が出来る方が良い。

<根菜と葉野菜の蒔き分けについて>

8月中に種を早く蒔きたいが、夏草がまだ出て来て埋もれる可能性がある。そこで成長の遅い根菜（ニンジン、ダイコン、シマラッキョウなど）を8月中の草刈り後にまく。8月中なら刈り草はすぐ分解するので通路にどける必要は無い。夏草に埋もれても、根菜なら草ごと刈ってもすぐに復活する。

種はその特性に応じて地表に蒔くかスジ蒔きで土をかぶせた方が良いかが異なる。

ばら蒔きの種が一番簡単だが、発芽しないリスクが上がる。手間をかけられるなら地表を引っ掻いた方が発芽は良い。草を10cm残した方が鳥に食べられにくい。

スジ蒔きの方が発芽は良いが手間はかかる。

ばら蒔きとスジ蒔きの長所短所を組み合わせ、面積は狭いがスジ蒔きで発芽率が高く期待できる所と、バラ蒔きで発芽がまばらでも後から苗で対応する所を戦略的に分けて行う。

種をばら蒔きする場合、草を下から10cmで刈ると残った茎が邪魔して鳥に種を食べられにくくなる。

種に刈り草マルチを被せすぎると、発芽しなかったり、もやし化してしまうので、余分な分を通路にどける必要がある。どかした草は通路のマルチにしたり、苗を植える場所のマルチにしておく。苗の周りは刈り草でマルチした方が小さい苗が保護され、草の発生を防げる。

早めに蒔いた種が草に負けそうな場合は、下から20cmの高さで一斉に刈るなどして、草の上部分だけ野菜の丈より上で刈る。

10月に種を蒔く場合は、枯れ草マルチを剥いで蒔く。逆に翌年春の苗の定植まで休ませるなど、全面積を管理したくない場合は、枯れ草マルチで覆っておく。

協生農法の本義である野菜の混生密生は種蒔きから行う。苗は密生に限界があるので、種が発芽するまでのつなぎに使ったり、アブラナ科など8月中に種を蒔くタイミングの見極めが難しい単発の大きな野菜などに利用する。8月中の種蒔きは夏草の再生とも競合するので、大きな野菜は苗で後から植える方が夏の間の管理はラク。日照りの時なども大きな野菜は苗を利用すると便利。種蒔きと並行して自分で作っておくか、作業のデッドラインを見越して種苗屋で予約しておく。

種蒔き後に野菜が密生しすぎている場合は、9月以降一部を苗として空いている場所に移植できる。

草刈り種蒔きに関しては状況の見極めが大事で、考えるべき要素によって優先順位が入れ替わるため画一的にマニュアル化できず、ある程度の経験に基づく状況判断が必要になる。

レストラン業務用など8月中に収穫を切らしたくない場合は、つなぎの食料として早くから苗を植える。8月は休暇にして夏草を茂らせてしまうのが労力的にはラクだが、秋冬に向けた戦略は打っておく必要がある。



自家採種と同じように、勝手に種が飛んでできた大根は生長が著しく早い。

2-2-5-3. 秋以降の植生計画

秋以降に苗を植える場合は、地表のマルチをかき分けて植えればすむ。翌年春のことを考えた植生計画が必要。例えば、ソラマメやインゲンマメなどは11月頃に植えるが、冬の間は背がそんなに大きくなりず、他の冬の葉野菜（ハツカダイコン、チンゲンサイ、ミブナなど）と混生させる事が出来る。これらの冬野菜を冬の間は収穫消費し、春になると豆類が大きくなり全体を覆う植生交代戦略がある。春以降には、豆類が枯れてマルチとなり、ジャガイモや他の葉野菜を先行させる戦略につなげることができる。

2-2-5-4. 灌水について

基本的には種には水をやらず自力で発芽させる。発芽時期のみ寒冷紗を用いることは認められる。苗を植えた後に日照りが来た場合や、種が発芽した後に日照りが来てしまった場合は水をやらないと全滅してしまう。8月9月の種蒔きの後だけ灌水設備があるとリスクを減らす事が出来る。ただしその後に水をやりすぎると、野菜は水ぶくれしてしまい協生農法の産物特有の植物本来の味では無くなってしまいます。秋に雨が降らない時には、野菜が小さいまま冬を越すと翌春まで小さいまま経過してしまうため、適宜灌水することは認められる。灌水設備を使う場合は8月9月から必要な期間だけ設置し後は片付けておく方が良い。

灌水しなくても、種は自ら環境をセンシングし、発芽に適した時期を判断して発芽する。逆に、人工的に灌水して発芽させてしまうと、成長過程が脆弱になりその後も管理が必要になってしまう。長い進化の歴史の中で幾多の気候変動を乗り越えてきた植物の自発的な判断と成長に任せることで、環境適応力を上げることが重要である。



2-2-6. 施肥の代替（生産力の回復法）

協生農法では、基本的に施肥と言う概念は存在しない。すべての植物は、その生長に必要な物質を植物自身の光合成による直接的相互作用、動物叢を介した間接的相互作用を通じて自分自身で調達する。自然状態の生態系においては、有機物は植物の光合成により生産され、リン、カリウム、微量元素は動物叢によって拡散する。それ以外の人工的な物質移動は、自然状態の生態系にとっては異物であり、崖崩れなどの例外的な局面に相当する。

継続的な収穫により不足する可能性があるものとしてリン、カリウム、微量元素があるが、鳥や昆虫などの動物叢による拡散で供給されるよう、低木果樹などの植生を導入している。薬物や外部からの飼料を使用しなければ、家畜を導入しても良い。

なんらかの理由で外的な手段により土壌の生産性を回復する必要がある場合、初期の土壌改良の局面において、以下の3つの方法に限る。ただし、協生農法の「人間が持ち込む事ができるのは種と苗のみである」という原則には違反する。

- (1) 海水を100倍くらいに薄めて年に一度くらい撒く
- (2) 海藻や魚のアラを粉碎して地表に撒く（これは、近代農法によって海洋に流亡した陸地の養分を回収する直接的な方法である）
- (3) 近隣の場所で生育した、農薬のかかっていない草や落ち葉（腐葉土）を地表に積む

整地された宅地から農地への転用など、あまりにも植生や表土の有機物が乏しい場合、初期の土壌改良としてこれらの方法を適用することは許容されるが、協生農法として認定されるには、作物の生育に外部から持ち込んだ有機物の影響が完全に消えている必要がある。協生農法の基準で自然循環が成立するには、外部投入に依らずに生産性が維持されていることが必要である。

ナスやトウモロコシなど肥料を前提に品種改良された野菜（特に夏場の実野菜）は、無施肥の状況では極端に収量が落ちる場合がある。そのような場合は、協生農法にこだわらずに、地表に肥料を置く不耕起の有機農法で栽培する手もあるが、協生農法の範疇からは外れる。

自然状態の植物は、その生長に必要な物質の調達は植物自身が行う。その結果として出現する植物と環境条件の地理的分布は、生態学的ニッチと呼ばれる。降水量などの環境条件が満たされており、著しく構成種のバランスが崩れていなければ、放置した生態系が砂漠化することは無い。逆に、施肥や人間の水やりによってできた養殖野菜は、代謝産物も影響を受けて変化しており、野菜版のメタボリックシンドロームに喩えられる。

これらの施肥の代替法は、進化の過程で出来上がった海と陸の間の物質循環に基づく。もともと自然循環に存在する経路を短縮しているため、人間が作業するよりも、頻りに微生物や虫や鳥に来てもらうのが一番理に適った方法。

2-2-7. 収穫

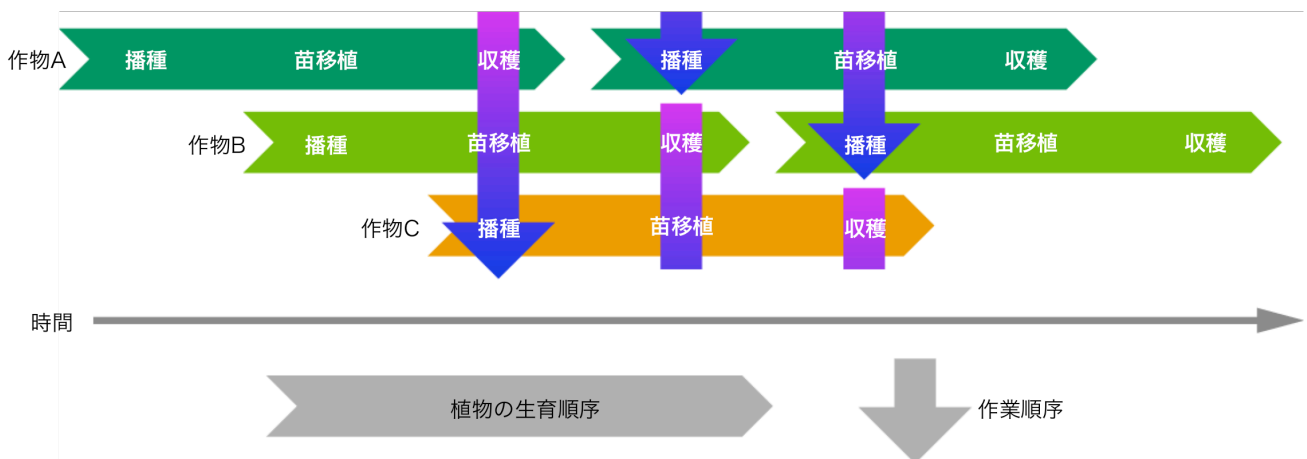
混生密生状態で、競争に勝ち大きくなったものから順に間引く。環境条件が整えば毎日通年収穫可能。土壌の保護と植生維持のために、野菜は根を残して切り取る事が望ましいが、輸送などの関係で日持ちさせたい場合は根をつけたまま収穫する。

2-2-8. 収穫—苗移植—追い蒔き の作業セット

収穫した後、野菜の無い空間が出来た場合や、大きな草を抜いて表土が露出した所は、苗を定植・移植するか種の追い蒔きをして雑草より先に野菜を茂らせる。苗を農園内で移植できるよう、壁際など日陰で湿り気が多い所を苗床として活用する。苗床に空きができたなら種を蒔く。このように、収穫、苗の移植、種蒔きが一連の並行連続した作業を成す。

下図では、例として作物Aを収穫した後に別の所にある作物Bの苗を移植し、苗のあった場所に作物Cの種を追い蒔きするという 収穫—苗移植—追い蒔き の作業セットを模式的に表す。

同様に、作物Bの収穫—作物Cの苗を移植—作物Aの追い蒔き、作物Cの収穫—作物Aの苗を移植—作物Bの追い蒔き の作業セットも並行して示されている。



図：収穫—苗移植—追い蒔き の時空間的組み合わせ方

実際の作業では、必ずしも収穫—苗移植—追い蒔き の作業セットを厳格に適用するものではなく、状況に応じて苗の定植より直接追い蒔きで対応するなど、状況に応じた判断が重要である。初期施行の種まき後も、発芽状態に応じて追い蒔きを行う。

従来の生理学的最適化に基づく農法では、一般に個々の作物の播種、苗の成長、収穫までが同じ場所で他の作物とは独立に行われるが、協生農法では、複数の作物の播種、苗の成長、収穫が互いに時間的にずれながら、空間的にはそれぞれの局面で最も適した場所に移動させながら並列して行われる。

2-2-9. 自家採種

野菜のうちいくつかは収穫せずその生を全うさせ、花を咲かせ種子を作るまで放置する。実際問題、混生密生した野菜を全てとり尽くすのは労力上不可能で、残そうと思わなくても種をつける株は残る。しかし、同じ環境条件でもより大きく育つものなどの優れた形質の株を選択して残すと長期的に有用な品種が得られる。

協生農園で育った苗は植物の代謝状態が変わるためか、市販の化学肥料で育った苗では枯れてしまう厳しい環境に対しても強靱な生命力を発揮し、生育可能な環境が拡張することが確認されている。植物の適応力の変化に応じて、収穫期間が延長されることがある。

過酷な環境での協生農園の新規開拓には、既にある協生農園に適応した種子や苗の提供が有効だと予想される。

2-2-10. 畝について

畝が災害などで物理的に破壊されない限り、畝に土盛りをする必要は無い。畝は一年草が作り出す土壌の練炭構造や多年草・樹木の根によって浸食されにくくなる。山が長年その形を保つのも同じ原理である。もし畝の形が大きく崩れるのであれば草の管理の仕方が間違っている可能性がある。

本州の台風・大雪により周囲の慣行農地は作物がなぎ倒されて大被害、プレハブやハウスなども風・雪で倒壊する中でも、各地の協生農園では畝も崩れず野菜も倒れないことが経験的に確かめられている。異常気象時の管理コストの減少は、協生農法がもたらす調整サービスの経済的価値の一部である。収量以外にも、コストの減少は農業を生業として成り立たせるための重要な要素である。



レタスと唐辛子の苗を中心とした混生。どちらも協生農法移行局面でも収穫が得られる強い作物である。

2-2-11. 苗戦略

地域の種苗屋やホームセンターで野菜の苗は入手できるが、流通する期間以外にも苗を自家栽培することが可能である。苗を自家栽培することで、市販の流通期間を超えて収穫可能期間に厚みを持たせることが出来る。

例えば、トマトの苗は4月から5月にかけてホームセンターに多く出回るが、これら市販の苗の定植で収穫できるのは7月から8月までに集中する。一方で、トマトの苗自体は自家栽培すれば8月まで育苗可能であるため、8月まで段階的に時期をずらして苗を植えることで、トマトの収穫時期を11月頃まで長く引き延ばすことが出来る。赤くならない状態でのトマトの利用も加えれば、12月まで収穫期間が延長される場合もある。

協生農園の生産量の効率化を図りたい場合は、生産面積とは別に、小型のビニールハウスや室内などの生理学的な育苗条件を整えられる場所で苗を栽培し、農園での収穫に応じて苗を常時移植する体制を整える。収穫量を増やして葉境期をなくすには、農園も苗床も常に作物と苗で満員の状態にする。自然環境の揺らぎによって、作物には出来不出来が生じるが、その揺らぎを吸収できるような苗の供給体制を整えることで生産の安定化と効率化を図ることが出来る。

苗の栽培・移植には有機物を外部から農園に持ち込まないという無施肥の基準に従う必要が有る。苗も無施肥で育てることが望ましい。室内での水耕栽培は、土壌を必要としないため移植の際に有機物の入った土を圃場に持ち込まずに済むので、育苗段階には利用できるが、協生農園内で成長させないと健全な植物組織にならない。イタリアンパセリなど収穫まで時間のある多年草野菜の苗を作るのに水耕栽培は向いている。一年草野菜は定植から収穫までの期間が短いため、液肥の影響を受けすぎるリスクがある。



ゴボウは、完全に掘り返さずに収穫の途中で切るとまた同じ場所に生えてくる。協生農法のゴボウは味がクリアになり生食できる。

3. 作物の質、生態系の質の評価方法

3-1. 作物の味と肥料の関係

従来の農業では、作物の味は肥料によって決まる。例えば、有機肥料にはミネラル分が含まれるため、野菜にはミネラルの旨味がつく。しかしこれらは人工的に与えた肥料に由来する味である。

協生農法を継続すると、土壌は生態系の物質循環に参加している成分のみになり、人工的に滞留している余剰分が存在しない状態になる。自然循環の促進は、様々な不安定物質を安定化・無害化し、近隣生態系への悪影響を低減し、生物多様性を増進する方向に物質組成・分布の配分を行う。原生林を擁する山などで湧き水が飲めるのはこのような土壌を水が通過するためである。これを慣用的に「クリアな土壌」と呼ぶ。クリアな土壌は、自然放任された場所では既に形成されているが、無機肥料を施肥した近代農法の後には数年、有機農法の後には8年以上かかると推測される。他の農法から協生農法に移行する間も生命力の有る野菜はできるが、味は土壌の残留物に左右される。協生農法でクリアな土壌が実現されると、有機野菜の美味しさとは異質な**透き通った味（クリアな味）の野菜**ができる。

有機農法では有機肥料（分解中の有機物）を土壌に鋤き込むやり方が多い。未分解の有機物が多すぎたり、すぎ込まれた場所が深すぎると、土中の微生物が年間に分解できる範囲を越え、肥料分として活用されない腐敗状態になる。完全に有機物が分解された堆肥であれば土中で腐敗することはないが、地下水に流出し水系を汚染する。また、畜産廃棄物の牛・豚・鶏糞などは、抗生物質汚染のリスクが高い。一方、管理されていない耕作放棄地ではクリアな土壌が回復過程にある。自然状態では災害などによってしか有機物は地中深くに入らず、それらが地中に長年滞留し、変質したものが原油と考えられる。

透き通った味の野菜：柿の味がするニンジン、芯が甘いキャベツ、茎まで生で食べられるブロッコリーやアスパラガス等

3-2. 害虫の発生

害虫とは、農業にとって有害な作用をなす昆虫種の大量発生を指す。協生農園には、慣行農法では害虫と指定されている昆虫種も多種共存しているが、圃場や周囲環境の食物連鎖によって制御されるため、農業生産に深刻なダメージを及ぼすほど増殖しない。むしろ他の益虫と同じように、受粉や植生更新などの重要な生態系機能の担い手である。昆虫叢がもたらす利益のほうが損失より大きい状態、単一種が害虫として優勢することがない状態で植生を管理しているのが協生農法である。混生度が高い山の原生林で、単一種の害虫が発生しないことと共通する。

植物は、生態系の中で土壌の不要物質を吐き出す「浄化装置」の役割を担っている。余剰成分を吸い上げる過程では植生が単一化し、それを食草とする昆虫が大発生する傾向がある。慣行農法では、施肥と単一種の栽培、耕起と農薬による食物連鎖網の破壊が害虫の発生要因となる。害虫の過度な発生は、土壌に残留している堆肥などの余剰物が原因と推測され、自然循環の促進により浄化された土壌では経験的に少なくなる。

協生農法の実践過程で単一昆虫種が大量発生した場合、土壌が浄化を必要としている段階である可能性があり、駆除はせず余剰物が排出されるのを促進する。

外来種の進出など、外的要因で損害が発生した場合は、植生をより多様化してそれに対応できる食物連鎖の多様性を確保する。

3-3. 土壌改良

土壌改良は草木と野菜を用いて自然循環と植生遷移の過程で行い、土壌改良材は一切用いない。

ただし、同一気候条件下での表土への有機物の停留可能量を定める土性（土の鉱物の粒子の大きさ）など、生物学的・化学的性質とは独立した物理的要素は初期の造成で自由に変えてよい。

もしも宅地などから転用するために自然循環と植生遷移の過程では回復が遅すぎるほど固まった土地である場合などは、初期の土壌改良を自由に行うことは可能だが、クリアな土壌が実現されるまでは協生農法への移行期間とする。

例えば、初期造成において周囲から刈り草など自然由来の植物性有機物を移動し、微生物資材などを用いて分解を促進することは土壌改良として可能だが、微生物資材と外部からの有機物を継続的・定期的に投入し続けながらの栽培は協生農法に反する。

化学的性質に関しては、pH調整のために初期の土壌改良でカキガラを地表に置くなど、自然循環を破壊せず、外部からの物質の継続的投入を必要としない範囲で環境づくりを行うことは可能。

植生が乏しい場合は、最初に地表を引っかいて雑草をわざと茂らせたり、成長の早い木を植えて生態系構築する方法があるが、理想としては有用植物でこれらの機能を実現したい。

3-4. 植物組織としての正常さ

協生農法では、単に味や栄養素としての作物以前に、生態学的最適化状態に基づく植物組織としての正常さを評価する。慣用的には生命力と呼ばれている場合がある。植物組織の正常さを判定する最も実際的で簡単な方法は、生食した時に「クリアな味」と経験的に表現されている風味があることだが、クリアな味の判定には協生農法産物と慣行農法産物の比較の経験知が必要である。「クリアな味」の野菜は、

（株）桜自然塾が主催する伊勢協生農園における収穫体験ランチで体験することが出来る。
厳密に基準をクリアした協生農法の産物の摂取者から、通常の野菜品種であっても健康改善事例が報告されている。また、協生農法の産物には、慣行の産物に比べて、薬効成分である二次代謝産物が豊富に含まれていることがわかっている。

土性改良の例：有機物の混入していない川砂や粘土を圃場に盛る/混ぜる。

＜荒れ地の土壌改良の例＞

野菜が育たない荒れ地からの植生回復には、レタスやチコリなどのキク科の野菜を中心にアブラナ科、根菜を適宜混生して蒔く。キク科の野菜は砂礫の多い荒れ地でも育つ。スギナやドクダミなどお茶に利用できる野草も土壌改良効果があり、イネ科雑草を抑えるので適宜共生する。カキ、ビワ、柑橘類、ブルーベリーなど荒れ地に強い里山の果樹や、イチジク、クワやヤマウド、アシタバなど、強くて他の雑草を押しえられる樹木・多年草を用いる。成長の早い高木を先に植えてしまい、他の植生の成長に応じて間引いていく方法もある。

前作が化学農法や有機農法で肥料の停留が懸念される場合、エンバクやライムギなどで吸い出して土壌を浄化してから用いるという方法もある。

「クリアな味」は主観的な表現であるが、生態学的最適化状態の野菜を生食する際に共通して経験される特徴であることから、栽培条件の評価と合わせて、食品の官能分析でも評価することが出来る。

摂取者の健康改善事例から、植物組織としての正常さと人間の代謝の正常化の関係が推測されている。

3-5. 構造と揺らぎ

協生農法における自然循環の考え方は、構造と揺らぎに定性的に二分される。

構造とは、自然循環が成立する上で人間が介入してはならない対象である。揺らぎとは、環境条件の揺らぎに応じて変動するため、その変動の範囲内であれば人為的に介入しても自然循環に差し支えない対象である。

3-5-1. 構造の例

植性の競合共生状態（生態学的最適化状態）で実現される土壌構造：

土壌構造を破壊する耕起は、構造への介入になるため行ってはならない。耕さなくても、草を全て抜いて表土を露出させた場合は土壌構造を形成する根系が失われるため、全除草も構造への介入になる。ビニールマルチの常時設置なども、土壌構造の形成を阻害するため構造への介入となる。

動物叢の往来、物質循環：

協生農園の内外を昆虫や鳥類を始めとする動物が自由に行き来することで、微量元素の拡散供給が行われるため、動物叢の往来を妨げてはならない。また、雨水や地下水との接続が妨げられない露地環境であることが、物質循環が成立する上で必要である。

従って、殺虫剤などの農薬の使用や、完全に昆虫や雨をシャットアウトするビニールハウス内や、地下水との接続が断たれた室内などでは協生農法は成立しない。

ただし、ビニールハウスの骨組みだけを用いたり、壁だけを用いて天井を全面的に開放したり、猪・サル・シカなど特定の害獣の侵入を阻む柵を設置したりすることは、その他の大部分の動物叢の往来を妨げるものではないので許容される。

3-5-2. 揺らぎの例

日照量：

自然状態でも、岩陰や木陰は存在するように、周囲の建物や樹木などで日照量の変動することは揺らぎの範囲である。ただし、全く日照がなければ育たないし、ありすぎても土着の雑草にとって有利な環境になる。発芽時期に部分的・短期的に寒冷紗などで日照量を調節することは許容される。

水の量：

降水量は季節や年ごとに変動する揺らぎがあるため、降水量が少なかった時に人為的に灌水することは揺らぎの範囲である。ただし、過度な灌水は野菜が水ぶくれし正常な植物組織からは遠ざかる。

種苗の量と定植時期：

自然状態において種子の量は周囲の植生やシードバンクに依存して変動があるため、植生戦略の制御目的で種苗を人間が持ち込むことは揺らぎの範囲とみなす。

植物の発芽定着には環境条件や個体差の揺らぎが存在するため、植生戦略の中で種苗の定植時期を人間が決めることは揺らぎの範囲とみなす。

また、協生農法が依って立つ生態最適の観点からは、人間による種苗の導入は生態学的最適化が行われるための初期条件の設定に相当する。

表土上の自然由来の植物性有機物：

土壌構造が形成されていれば、表土の上に周囲の刈り草など自然由来の植物性有機物を積んだり、逆に刈り草をどかしたりすることは、土壌構造の維持や地下水汚染に抵触しないため揺らぎの範囲とみなす。

その他極微量の活性剤：

ホメオパシー的容量（超微量）の自然由来の活性剤や自然農薬は物質循環上無視できるゆらぎの範囲であるが、その効果については客観的評価が必要である。余計なものはなるべく用いない方が良い。

近年の農業とともに広がった侵略的外来種問題は、人間の持ち込んだ外来種が生態系の物質循環レベルにも大きく影響を与えてしまうため、構造にも関わってくる。しかし、協生農法で実施するような有用植物の多種混生は、外来種の優勢を抑制し、土着の生態系に近い多様な物質循環を作り出し、これらの悪影響を改善すると予想されている。



4. 応用

4-1. 稲作との組み合わせ

非耕起、無施肥、無農薬の水田の乾期に協生農法を行う事で、産物の増加と土づくりを両立する。

4-2. 家畜の導入

協生農園に共存する動物叢の一環として、多種多様な家畜が導入可能である。その条件としては、植物と同様に、外部から人工的な飼料や薬剤を持ち込まず、その地の生態系で自活する野生動物として家畜を扱うことが基本となる。

養蜂は小規模でも実施でき、協生農園と相乗効果が高い。協生農園の多種の野菜・果樹の花が蜜源植物になり、受粉効率と栄養価が高まるだけでなく、シロツメクサ（クローバー）やレンゲ、ウレンボ（ヤブガラシ）などの野草も蜜源植物としての価値を高めることができる。養蜂の導入により、花を咲かせる野草・ハーブ類の活用価値は格段に上がり、植生戦略に大きく影響する。セイヨウミツバチは飼育法が確立しているが、薬剤なしの条件下では脆弱になり得る。ニホンミツバチなどの野生の在来種の導入が望ましい。協生農法による家庭菜園と養蜂のセットは、個人でも地域の生物多様性に大きく貢献できる方法である。

ニワトリやキジなどの鳥類は、農園の野草や昆虫叢を餌として育てるが可能。協生農法の産物の加工品の余りも餌に利用できる。夜間にイタチ、タヌキ、ネコなどの天敵から隠れられる小屋があれば良い。

羊、山羊も野草やハーブ類を中心に飼育が可能であり、使い方次第で草管理の一端を担わせることもできる。

豚、牛などの大型家畜は、地面を掘り起こしたり踏み固めてしまうため、野菜を生産している協生農園には向いていないが、果樹や多年草を中心として生産している農園には副産物として共存できる。

大型家畜を中心に生産するには、原生林と林縁の草地など餌が豊富な地形を柵で囲った野生の牧場を構築する方向で考える必要がある。植林などで単一化した山地であっても、クリやジネンジョなど餌となる植生を増やすことで環境構築が可能となる。

農園周囲の水路・河川・湖沼・海洋における魚介類も、総合的に活用すべき産物に入る。

4-3. 病院介護施設との連携

病院や介護施設等の傍に協生農園を作り、入院患者、入所者の健康回復を食生活の面から根本的に支える。

4-4. 先住植物の活用

竹や笹などの先住植物は従来農業をする上で排除すべき雑草と見なされて来たが、すでにその地に適した生態系を築いてくれている側面もある。その特性をうまく生かすように植生計画を構築すればよい。竹や笹は日本の放置された山林に多く、放っておけば根を張り他の植物を駆逐するが、適度な共存は生物多様性を高め、境界では他の植物の成長を促す作用もある。生活資材、漁具、お茶などの産物としても活用可能である。

4-5. プランタ栽培

協生農法の原理を応用したプランタ栽培。既に自然状態で土壤構造の形成された山林などの表土の土を用いて、無施肥無農薬でプランタ栽培をする。

自然状態と違って、地温などの土壤環境の恒常性が維持しにくい
ため、土壤内部に介入しない完全自然循環で行う事は未だ実現できていないが、原理を応用して生態学的最適化状態に近い野菜を作る事は有る程度可能。



4-5-1. プランタ栽培の方法

土壤の恒常性を最大限維持するためになるべく大きめのプランタを用意し、山林など自然状態で土壤構造の形成された土を盛る。その上に種や苗を植えて混生密生状態で栽培する。表面に刈り草の粉末など自然由来の植物性有機物を載せる程度であれば行っても良い。

山の土、竹やぶの土、多年草群落の土、草原の土など、土壤構造の形成を担う植性の違い毎にどのような影響が出るかを観察し、利用する。

注意：土壤の採取には、地主の許可が必要。
また、国立公園内などでは土壤の採取が禁止されている場合がある。

4-6. 市民科学との連携

現在、教育機関の実習や企業の CSR として、各地で生物多様性の記録活動が行われている。協生農園は生物多様性ホットスポットを構築することが可能であり、地域の生物多様性に貢献するとともに、協生農園の記録を生物多様性記録として活用することが可能である。小中学校における理科・環境教育の教材としても活用できる。現在、協生農法実践者の情報共有と、生物多様性データベースの構築を統合したネットワークサービスを構築中である。

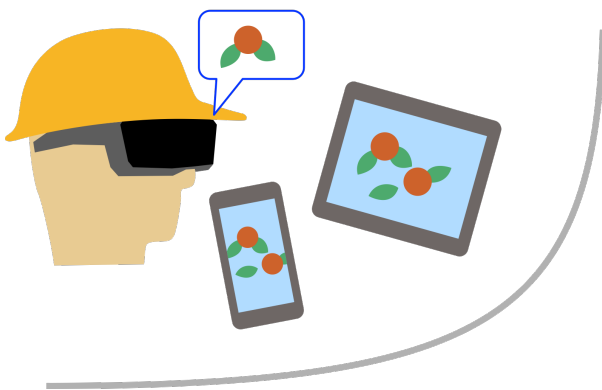
協生農園内から、レッドデータリストに掲載されている希少種の昆虫が発見された例がある。協生農法は、(株)ソニーの CSR 活動の候補に登録されている。

協生農園で観測された希少な昆虫類の例。協生農法は、単に保全するよりも生物多様性にとって価値の高い生態系を構築できる。

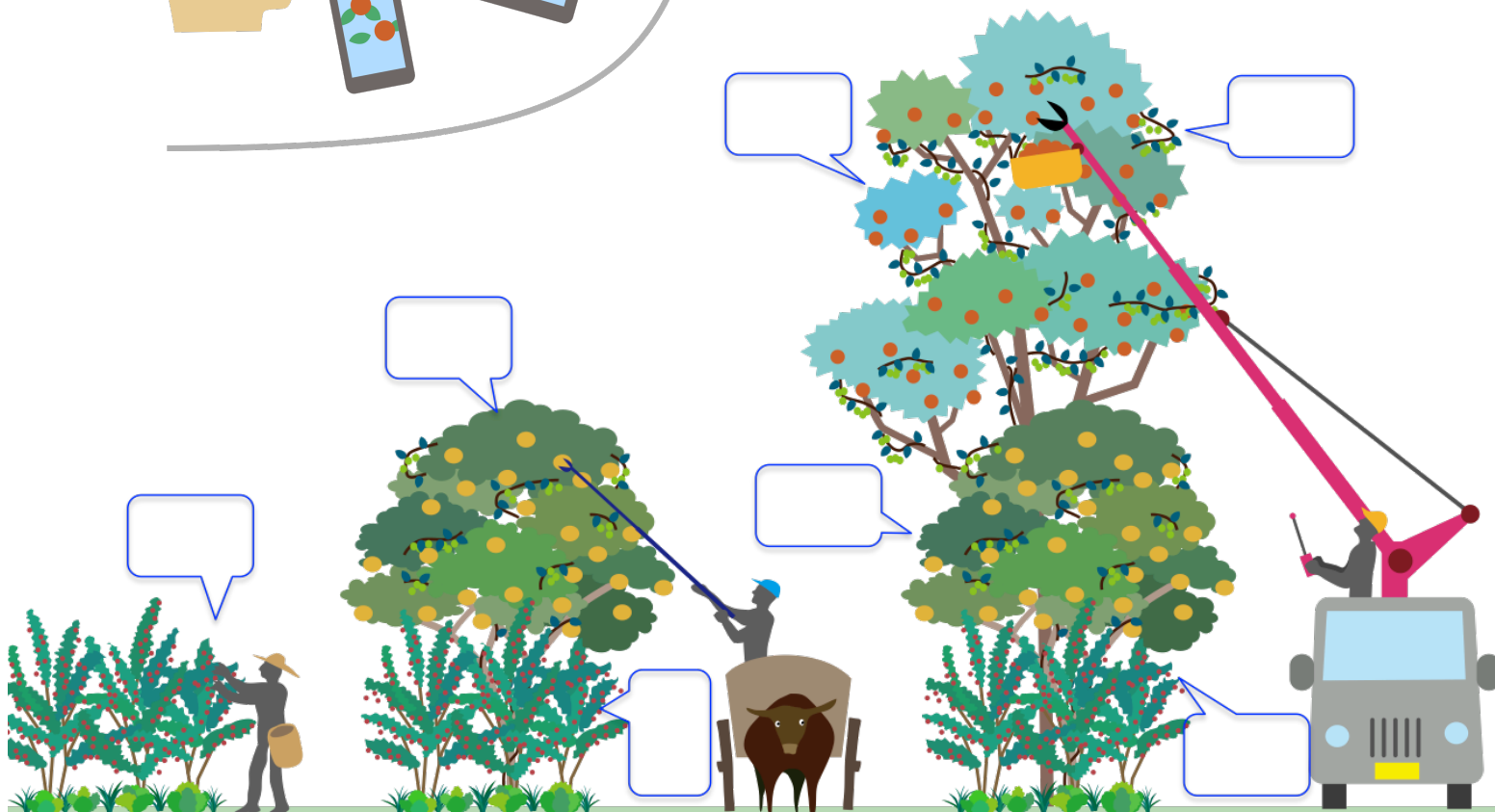


4-7. 大規模機械化モデル

広大な耕作放棄地を効率的に管理したり、先進国における経済・技術水準や農業従事者の割合に適した生産性を上げるためには、協生農法の大規模化・機械化が有効であると予想される。機械化は、協生農法の定義と原則の遵守に加えて、機械・技術を導入することでより複雑な生態系を効率的に管理できる場合のみ許容される。例えば、協生農法の管理作業のうち、種苗の定植、草管理、収穫の部分に機械化の対象となり得る。大規模化にあたっては、収穫や管理の効率化に適した 植生・配置・産物の種類・収穫法 などの組み合わせの創出が必要である。



図：協生農法の大規模化・機械化に伴う生態系の拡張の模式図。
家畜による運搬車、車両やロボットアームなどの機械技術、仮想現実技術などにより、より生物多様性が高く大規模な協生農園の管理を支援することが可能である。



5. 気候別実践ポイント

5-1. 総論

協生農法の原理は、植物の生育に十分な 気温・降水量・日照 がある限り全ての気候帯において共通である。しかし、世界各地の気候と植生により、実践上のノウハウや具体的な作物種の選定にはバリエーションが存在する。以下に、植生分布に注目して設定されたケッペンの気候区分に基づいて、協生農法の各地の実践場所が属する主な気候帯の傾向を示す。

5-2. 温帯

5-2-1. 落葉樹林帯

近代文明が発展した多くの欧米主要都市の位置する気候・植生帯である。気候区分では亜寒帯の一部も含む。基本的にまばらな落葉樹林と低い下草で構成されているので、草管理など実践的により容易い側面があるが、場所により冬期の気温低下や日照量不足に対応する必要がある。雪の中に貯蔵できる作物や、地下茎として収穫可能な状態で待機できる根菜類・イモ類、翌春まで地下室に保存しておけるリンゴなどの果樹の生産性も重要になる。地表に刈り草マルチを積んで保温性を高めたり、作物を大きな株にして耐寒性を高めたり、逆に小さな芽のまま越冬させることができる場合もある。寒さに強い常緑樹や、冬場の風を遮る防風林・地形の活用も環境づくりに重要。日本の本州より長い農閑期をどのくらい短縮・補完できるかが研究課題。高い経済水準に応じた大規模化、生態系の拡張を支援する機械化などの応用が期待される。

5-2-2. 照葉樹林帯

日本では本州以南九州までの気候帯。降水量に恵まれ、無植生状態からでも放置すれば背の高い草で覆われ、長い時間をかけてやがて潜在植生の深い森へ変遷すると言われている。本マニュアルはこの気候・植生帯を中心とした協生農法の実践経験に基づいている。

潜在植生の極相林は、自然植生が生態最適により数十年から数百年かけて到達する生態系である。生態学者宮脇昭氏により「鎮守の森」として学術概念化されており、日本各地に植林地がある。

日本の太平洋側での実践には、北側に山林、家屋など北風を遮るものがあると冬場も生産しやすい。農園周りに常緑果樹で防風林を作る方法もある。伝統的に使われるマキ垣は、防風効果が高いが成長は遅い。市販の庭木のイヌマキはほとんど雄株なので、結実させるには雌株の選択が必要。

5-3. 亜熱帯

温帯のうち熱帯に近い部分で、日本では慣用的に九州南部から南西諸島にかけての気候帯。小さな島嶼部が多いため、サトウキビ畑など慣行農地からの土壌流出が最も直接的に海洋生態系に影響を与えている。

管理戦略としては、果樹を植えて強烈な日差しから野菜を守ることがより重要になる。台風が多く通過する南西諸島では、防風果樹林などの風害対策が重要となる。無施肥により植物組織が強健になり、根を長く張ることで風に対する抵抗性が増す。

亜熱帯では草勢が強いので、野菜を生産する場合は頻繁な草管理が必要となる。野菜が地表を優占するまでは、草の種類と勢いに応じて小さいうちに対処する事が必要。最初はわざと草を茂らせて土壌づくりに専念する方法も考えられる。

温暖多雨な気候を利用して、亜熱帯性の果実を中心に生産するなら、コストを下げて規模を拡大できる。本州に比べて果樹の生育速度が早いため、苗木の生産にも向いている。過疎化・高齢化により耕作放棄地が増えている南西諸島で、亜熱帯に適した果実を中心とした協生農法のモデルを構築中である。

亜熱帯はケッペンの気候区分では温帯に含まれ、複数の異なる定義がある。本マニュアルでは現地の住民の意見に基づいて慣用的に九州南部以南を亜熱帯とした。尚、亜熱帯と呼ばれる地域の中でも南西諸島は例外的に降水量が多く、世界の中では乾燥地帯が多くを占める。

亜熱帯の南西諸島を例年通過する台風の強風対策には、パパイヤやバナナなどの成長が早く折れやすい果樹を混生密生させた防風果樹林という戦略がある。植栽密度を高めることで生産性は落ちるが、互いに支えあって防風効果は高まるため、風表に苗木として配置できる。逆に、防風果樹林に囲まれた風裏では、マンゴー、シマバナナなどの果樹、グアバ、シマサルナシ、キウイなどのつる性植物を混生して、ある程度生産性を優先した間合いで生育する。

亜熱帯地域の協生農園で栽培されている果物の例。



5-4. 乾燥帯

平均気温が高いが降水量が少なく、砂漠のように乾燥して植生が少ない気候帯。

樹木が生育できる樹林気候に属する熱帯・温帯・亜寒帯に対して、乾燥帯は無樹林気候であり、自然放置しても森林が発達しない。砂漠化している地域が相当する。

砂漠化には降水量の欠如などの自然要因と、過放牧・過伐採など農業による環境破壊という人工要因の2種類があるが、世界の乾燥地域の多くで人工要因による砂漠化が進んでいる。乾燥地帯では植生が失われれば降水量も減少し、一度失われた植生が自然回復しないという悪循環が広がっている。

北米やオーストラリアなどの先進国では、大規模単作農業の弊害として地下水の枯渇と砂漠化が進んでいるが、アフリカ・インド・中国など小規模農業が中心の地域でも、近代農法の適用によって砂漠化の危機に直面している地域が拡大している。乾燥帯が位置する途上国の多くでは、脆弱な生態系に加えて、社会情勢も不安定であり、貧困・貧栄養・生物多様性の喪失が深刻である。

乾燥帯と熱帯の乾燥地域の境界に位置するアフリカ・サヘル地域のブルキナファソにおいて協生農法が実践され成果を上げており、社会生態系の回復に大きな寄与が見込まれる。

ブルキナファソでの実践に基づく乾燥帯周辺における協生農法の利点は以下の通りである。

(1) 熱帯に近いターンオーバーの速さ：

乾燥帯は気温が高いため、植生を密にして表土に水を貯めておくことさえできれば、熱帯のように旺盛な生育が見られる。

(2) 競合植生（雑草の種）が少ないので導入種の混生管理がラク：

乾燥地帯では土着のシードバンクが貧弱なため、野菜など有用植物が優勢した植生を管理しやすい。

(3) 慣行農法がそもそも導入できない、もしくは生理最適が低いレベルでしか実現できないので社会的に競合しない：

環境破壊のリスクが大きいため慣行農法が難しく、それらを独占的に保護する制度もない。慣行農法でも作物の質が規格化されていないので、産物の質が多様であっても、地域の市場で販売できる。肥料、機械を継続的に導入するほど所得・資源がないので肥料・機械耕起を使われるリスクが低い。

(4) 小規模農園での肉体労働が中心的雇用：

社会構成員の多くが小規模農家であり、農業生産現場における肉体労働が雇用の中心であるため、手作業の管理が社会的ニーズに適合している。

個別の家計に基づく小規模農家が主体のため、低コストで高い収益率を達成することで直接的な経済効果が大きい。

森林は雨によって生まれ、地下水を涵養すると同時に、森林から蒸散する水蒸気は再び雨となって循環する。雨と地下水系は、表土の植物の吸収と蒸散作用によって繋がっている。降雨、地表植生、地下水は3者が相互に依存しながら水を循環させているため、森林伐採してしまうとそのサイクルが途絶え、外的に供給される降水量や地下水が少ない場合は自然回復が不可能になる。これを生態系のレジームシフトと呼び、一度積み上げた積み木が崩れてしまうと元に積み直すのが容易でないように、非可逆的な破壊現象として砂漠化を引き起こすメカニズムになっている。

洪水・干魃などの異常気象に対しては、地上の高さと地下の深さの両方で生態系を多様化して適応する。表土は多年草で覆うことで保湿し、地表が乾燥しても生き残る根菜類やイモ類を配置する。地上部は多層の草本・木本を入れ違いに配置し、植生群落の垂直方向全体での光合成利用率を高め、高さの違う作物の混生により水害リスクを減らす。地下部には深さの異なる多層の根を張り巡らすことで、地下水の貯留と雨の許容量を広げ、干魃に強く洪水を吸収できる生態系を作る。

乾燥地帯において砂漠緑化の過程から協生農法を導入するには、以下の戦略がある。

- ・ 強健で地を這うつる性の植物で、ウシなどの家畜の餌になる植物を探索する（マメ科のクズなど）。これを協生農法の先発隊に使う。
- ・ 水源がある場所からつるを砂漠の方向に向かって伸ばし、伸びた先で茂って根が定着した頃に家畜に葉を食べさせ、その場に落とす糞で土壌の生産性を上げていく。
- ・ 必要ならつる植物の根元にのみ水をやり、V字型の「鶴翼の陣」の形で少ない水源に対して広い範囲を効率的に緑化していく。
- ・ つる性植物の城壁を数十メートルおきに作り、間に乾燥に強く保水性を高める多年草作物や樹木、牧草を混栽していく。最初は生産性よりも低コストでの環境づくり・種苗作りを優先し、徐々に生産性の要素を高めていく。

熱帯の乾燥地帯における協生農園の例。生態系の構築に根ざす協生農法は、他の農法の導入が困難な厳しい環境においても、環境回復と生産性を両立しうる。（写真：2016年7月 AFIDRA）



5-5. 熱帯

赤道近くに位置し、気温が高く年較差が少ない。一般的に多雨だが、場所により乾季がある。降水量に応じて、多種類の熱帯性植物がジャングルを成す。薬用植物資源の宝庫でもある。

東南アジアや南米アマゾンの熱帯雨林など、地球の生物多様性を支える重要な生態系が位置すると同時に、それらは森林伐採などの開発により消滅の危機に瀕している場所でもある。熱帯の土壌は形成も早い破壊も早く、伐採と耕起による構造破壊を最も受けやすい。更に、熱帯から亜熱帯にかけての沿岸生態系には、全海洋生物種の25%の生存を支える珊瑚礁が存在しており、慣行農法の拡大は地下水汚染を通じて海洋生態系にも全球的な影響を及ぼす。海陸の循環まで考慮しながら継続的な土壌構造の形成維持を行える協生農法の重要性は高い。

熱帯では高い気温と降水量に支えられて、地球上で最も多様な動植物や微生物が棲息しているが、有機物の分解速度も早いため表土の形成は薄く攪乱に対して脆弱である。一見最も豊かであるが、その維持には細心の保護が必要な環境でもある。

6. 教育・認定制度 他

6-1. 協生農法講習会

日本の三重県伊勢市に位置する伊勢協生農園において、大塚隆氏による協生農法の講習会が定期的に開催されている。詳しくは(株)桜自然塾 にお問い合わせください。

協生農法講習会問い合わせ先メールアドレス：gmv2000@muse.ocn.ne.jp

6-2. 協生農法認定制度

協生農法には、日本において(株)桜自然塾の商標登録が成立している。協生農法の名称を使用して産物の販売など経済活動を行うには、(株)桜自然塾の認定が必要である。

家庭菜園などで実践したり、協生農法という名称を用いずに産物を販売することは認定無しで可能である。

漢字言語圏における「協生農法」、アルファベット系言語における協生農法の訳語“Synecoculture”、およびそれらに準じる各言語における協生農法の名称には、オープンソースとしての著作権が成立している。販売・研究活動を含む実践における使用は自由であるが、本マニュアルおよび学術的定義に反する内容に対して用いられた場合には、協生農法の成果とは無関係であり、意図の有無に関わらず改竄として批判の対象になる。

各地の実践において協生農法としての認定が必要な者には、適宜現地調査の上、認定証を発行する。

6-3. 免責事項

本マニュアルおよび協生農法に関連する情報に基づいて実践された活動に伴って生じた如何なる損害に対しても、実践者の自己責任であることをご理解・了承の上、活用してください。

最後に

これまでの農業は、植物一つ一つを不自然に肥大させ、自然状態の植物の本質からはほど遠い「養殖野菜」を作ることに腐心して科学技術を用いて来たように思います。それは、今日成人病やメタボリック症候群で苦しむ我々の姿と、どこか共通していないでしょうか。

また、地球上の生物多様性が危機的な速度で減少する中であって、我々人類だけが驚異的人口増加を遂げていることは、正に生態系における害虫の大量発生と似た趣を感じさせます。

協生農法では、人類が百万年以上に渡って摂取し、代謝を支えて来た自然状態の動植物を、我々の食の中心に取り戻そうとしています。また、地球上の生物種を代表するリーダーとして、人類が真に環境調和型の持続可能社会を築けるかも、農業を始めとする生態系と直接関わる一次産業の正否にかかっていると言っても過言ではありません。

これまでに農薬や肥料の開発に注がれて来た努力を、自然状態での動植物の関係性の活用という方面に少しでも傾注することが出来るなら、その目標を大きく前進させることができるでしょう。

そのためには、既存の細分化された学問分野では不十分です。一般の方々の実践、経験から得られる知識を結集し、市民の科学として自然とのつきあい方を考えていかななくてはなりません。協生農法はその一翼を担うことを目指しています。

