

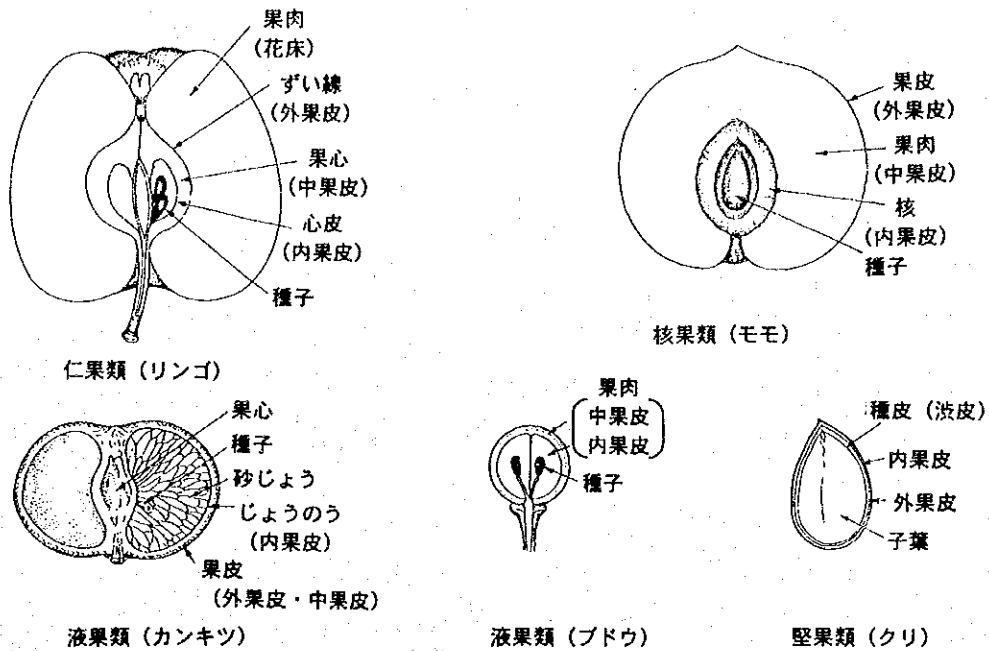
## 1—3 果 樹

果樹とは、食用とする果樹や種子を生産する目的で栽培される木本作物ですが、一部多年生の草本作物（バナナ、パイナップル、など）も含まれます。また、食用とは単に生食だけでなく、加工して利用される場合も含まれます。

### 1—3—1 果樹の種類

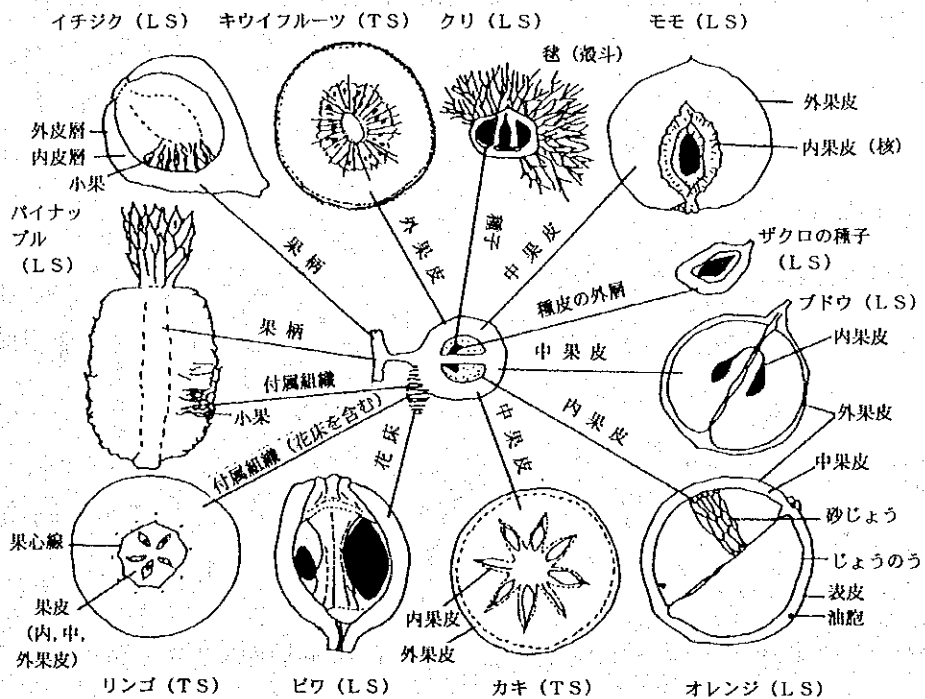
果樹の種類は多く、全世界でおよそ2,900～3,500種に達するといわれています。さまざまな分類のしかたがありますが、おおまかな分類はつぎのとおりです。

- (1) ・落葉果樹（リンゴ、ナシ、モモ、クリ、ブドウなど）
  - ・常緑果樹（柑橘、ビワなど）
- (2) ・温帯果樹（リンゴ、ナシ、モモ、ブドウなど）
  - ・亜熱帯果樹（柑橘、ビワ）など
  - ・熱帯果樹（パイナップル、バナナ、マンゴ、レイシ、アボカド、ドリアン、マンゴスチン、パパイア、パッションフルーツ、フェジョアなど）
- (3) ・高木性果樹（柑橘、リンゴ、ナシ、モモ、カキ、クリなど）
  - ・低木性果樹（キイチゴ、スグリ、ブルーベリーなど）
  - ・つる性果樹（ブドウ、キウイフルーツなど）
- (4) ・仁果類（花の花床が肥大したもの リンゴ、ビワ、ナシなど）
  - ・核果類（花の子房壁が肥大し、子房壁の中果皮が果肉に、内果皮がかたい核を形成するものモモ、スモモ、ウメ、オウトウなど）
  - ・液果類（子房壁の中果皮、内果皮あるいはその一部が肥大し、やわらかくなったものカキ、ブドウ、柑橘など）
  - ・堅果類（ナッツとよばれるもので、子房壁がかたい殻になり、種子を食用にするものクリ、クルミなど）



(5) ・真果 (果実の食用となる部位、可食部分が子房壁を起源に発達したもの。子房壁は、外果皮、中果皮、内果皮から構成されていて、子房壁の発達に応じて、子房壁の一部が可食部分となります。モモ、ブドウ、カキ、柑橘など)

・偽果 (可食部分が、花床などの花器の付属器官が発達したもの。リンゴ、ナシなど)  
 真果と偽果は、花の時代の子房とがくの位置関係から区別できます。真果は子房ががくの上位にある子房上位花 (ブドウ、カキ、柑橘など) と中位に位置する子房中位花 (モモなど) があり、偽果は子房ががくの下部に位置する子房下位花となっています。



果樹類の可食部に発達する組織と器官 (LS: 縦断面, TS: 横断面)

### 1—3—2 果樹の一生

果樹は、幼木期、若木期、成木期（成果期）、老木期という一生を送ります。果樹は普通、1年生の苗を植えます。植え付け後数年間は、枝葉や根が成長するだけで花はつきません。この期間を幼木期といいます。

若木期に入ると、花をつけ実を結ぶようになります。この年齢を結果年齢といいます。結果年齢は、種類・品種・台木の種類・環境条件・栽培法などによって異なります。若木期の果実は収量が少なく、品質も揃いません。はじめは収入よりも栽培にかかる支出のほうが多いですが、その後収入が次第に増え、収入と支出とがほぼ同じになる年齢に達します。この年齢を経済年齢といい、この頃までが若木期です。

年齢の経過とともに木は大きくなり、結果量も多くなります。やがて枝葉が果樹園いっぱいになり、結果量も毎年ほぼ一定してくるようになります。この時期を成木期といいます。成木期は、品種・台木・環境条件・栽培法などによって変わってきます。経営上からは、木ができるだけはやく成木期に入り、この期間ができるだけ長く続くことが望まれます。

成木期を過ぎると、木が次第に老衰して、枝はあまり伸びなくなり、花芽が多数形成されても結果量は減少して、老木期に入ります。そして、病虫害や気象災害などによって枝が折れたり枯死したりすることが多くなり、果樹園に空間が目立ちはじめます。やがて、木の寿命はまだ残っていても、経営が成り立たなくなって、更新が必要になってきます。

### 1—3—3 果樹の栽培管理

#### (1) 苗木の準備

果樹の繁殖法には、種子繁殖と栄養繁殖の二つがあります。種子繁殖は、種子をまいて繁殖する方法で、実生法（みしょうほう）ともいいます。しかし、果樹はどの品種でも、形質が固定していないので、種子をまいた場合には、親とは異なった様々な形質の個体がでてきます。そのため、これまで多くの地域で行われてきた種子繁殖では、一般に個体ごとの変異が大きく、成木の果実収量は多いものの、果実のサイズが小さく、品質は劣っています。

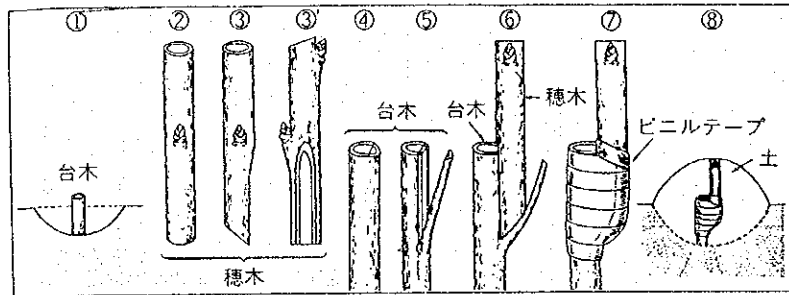
また、実生苗（種子から繁殖させた苗）は樹勢が強いのですが、結果年齢に達する

年数が長いのが欠点です。したがって、種子繁殖では均一な形質の繁殖という目的は達せられないので、接ぎ木の台木を養成すること以外にはほとんど用いられません。

そこで、枝や根のような栄養器官の一部を親から切り離し、その再生力を利用して繁殖する栄養繁殖という方法が発達しました。栄養繁殖では、親の形質がそのまま受け継がれます。

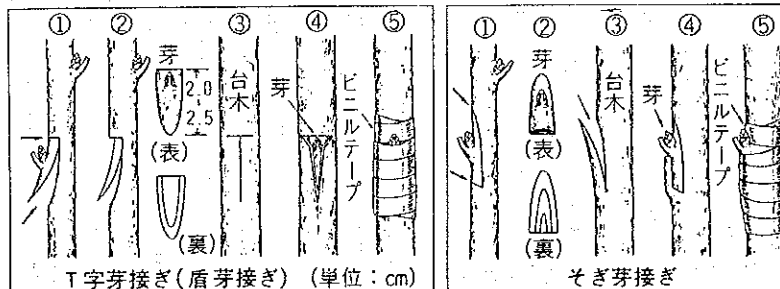
栄養繁殖には、接ぎ木・挿し木・とり木・株分け・ひこばえ利用・組織培養があります。これらのうちでは、接ぎ木・挿し木がおもに行われています。

### <接ぎ木の手順>



#### 切り接ぎの手順

- ①台木を地ぎわ部で切る。
- ②穂木を1～3芽ずつつけて切る。
- ③③' 形成層を露出させるように樹皮を切り取り、反対側も斜めに切る。
- ④台木の一方をなめらかにするために軽くなめに切る。
- ⑤形成層を露出させるように切り下げる。
- ⑥穂木と台木との形成層をあわせる。
- ⑦ビニルテープでしばる。
- ⑧穂木がかくれるまで土をかぶせる。地上より高い位置で接ぎ木し、覆土しにくいばあいには、接着部および穂木全体をパラフィルム（いちじるしい伸長性のある膜状の物質）などでおおう。



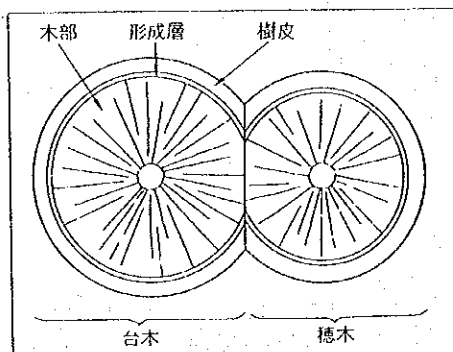
#### 芽接ぎの手順

- ①芽の下と上からナイフを入れる。
- ②芽をとる。
- ③台木の上からナイフを入れる。
- ④芽をはめる。
- ⑤ビニルテープでしばる。

注)<sup>1</sup> 代表的な接ぎ木には、切り接ぎ、芽接ぎ、寄せ接ぎなどがあります。

注)<sup>2</sup> 接ぎ木を成功させるには、晴天が2日続いた後に接ぎ木するとよいとされています。

注)<sup>3</sup> 接ぎ木の技術は高接ぎ更新（現在の品種の枝に新品種の穂木を接ぎ木して、品種の更新をはかる）にも利用されています。



穂木と台木の接層のさせかた（模式図）

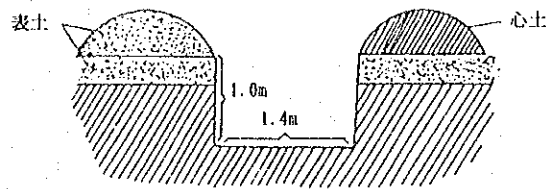
	繁殖の方法
接ぎ木	台木に穂木を接着させ、独立した個体を得る。
挿し木	挿し穂を土（挿し木床）にさし、発根、発芽させる。
取り木	母樹の枝から発根させ、切り離して利用する。
株分け	根株を分割して増やす。
ひこばえ利用	ひこばえ（根の不定芽が成長したもの）を切り離して利用する。
組織培養	茎頂などを切り離して試験管内で無菌培養する。

## (2) 植え付け

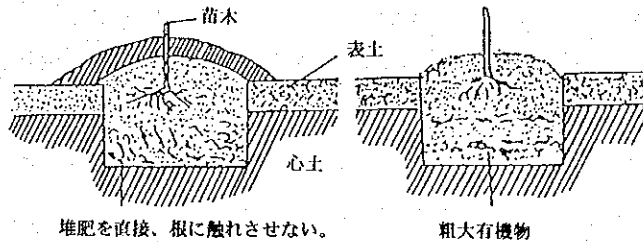
植え付けは、熱帯のインドやタイでは雨期の最中に、亜熱帯の台湾などでは梅雨期か初春に行われています。しかし、熱帯地域では一般的に乾期が終わり、雨期を知らせる最初の雨が降る時に合わせて植え付けるようにします。その理由としては、この時期が最も発根がよくなるからです。

植え穴は、熱帯では乾期に掘って土中のシロアリや他の害虫を追い払うとともに、2～4週間放置し、掘った土を空気に曝すことにより、理化学的改善を行い、栄養の吸収を促進し根群の発達を図ります。また、根はできるだけ深く張らせるのが理想的なので、植え付ける前は、できるだけ大きな植え穴を掘ることが大切です。

植え穴の掘り方



苗木の植え付け方



果樹の植え付け方法

植物をいったん植えてしまうと、真下の土を改良することは困難なので、植え穴を掘った際、枯草や堆肥に石灰を混ぜて投入するようにします。熱帯では、骨粉や木灰を植え穴に投入する農家が増えています。枝葉に微量要素欠乏症が発生する場合には、微量要素の施用が望まれます。

植え付けにあたっては、接ぎ木部分が必ず地上に出るようにします。植え付けた後は十分に灌水して、敷ワラをし、支柱を立てた後、日覆いをします。

熱帯果樹の繁殖法と栽植距離

作物名	英名	繁殖法	栽植距離
アボカド	Avocado	接ぎ木	6~7m
グアバ	Guava	実生・取り木・呼接ぎ・ひこばえ利用	4.5~7.5 m
ココヤシ	Coconut palm	実生	7~9m
タマリンド	Tamarind	接ぎ木・取り木	13~16m
ドリアン	Durian	実生・取り木・芽接ぎ	14m
バナナ	Banana	ひこばえ利用	750本/ha
バンレイシ	Sugar apple	実生・挿し木	4.5~7.5 m
パイナップル	Pineapple	挿し木・ひこばえ利用	15000~35000本/ha
パッションフルーツ	Passion fruit	実生・挿し木	3~6m

パパヤ	Papaya	実生・挿し木・呼接ぎ	2.5~3.5 m
マンゴ	Mango	実生・呼接ぎ・芽接ぎ・切継ぎ・取り木	10~12m
マンゴスチン	Mangosteen	実生・接ぎ木・挿し木	3本/a
ライム	Lime	実生・芽接ぎ	4~6m
ランブータン	Rambutan	実生・芽接ぎ	8~10m
リュウガン	Longan	実生・切接ぎ・取り木	8~10m
レイシ	Litchi	実生・接ぎ木	7~10m
レンブ	Java apple	取り木・挿し木・芽接ぎ	8~10m

### (3) 果樹園の土壌管理

土壌管理の目的は、まず地力を高めることです。地力の高い土とは、保水性・通気性・保肥性などがすぐれている土です。地力の高い土にするためには、土壌に堆肥、ボカシ肥、くん炭などの有機物をより多くかつ継続的に投入していくことです。また、湿潤熱帯の傾斜地や砂質土壌の場合、豪雨や多雨によって土壌中養分が流亡します。これは地力の大きな損失となります。したがって、土の流亡を防いで地力を維持することが、土壌管理の上で重要です。

#### (a) 草生法と敷き草・敷きわら法

地力を高めるために必要な有機物を補給するのに有効な手段として、草生法や敷き草・敷きわらがあります。

草生法とは、果樹よりも根の浅い牧草を園内に生育させ、1年に数回地上部を刈り取り、刈草を園内に残すことによって、果樹園自体で有機物の補給をする方法です。雨期の間は生え放題にし、カバークロープとして土壌の侵食を防ぎます。しかし、あまり草が繁茂しすぎて果樹の生育に支障が起こるようなら草刈りをを行います。雨期の終わりから乾期のはじめに草刈りを行って敷き草にします。草の種類としては、アルファルファ、ローズグラス、ラジノクローバー、オーチャードグラス、などの牧草が適しています。

熱帯・亜熱帯では、稲わら、草などを樹木の周囲の土壌表面に敷きます。堆肥、サトウキビの搾り粕、ピーナッツの殻、製材のくずなども使われることがあります。

す。マルチは雑草を防除し、地温の上昇、土壌表土からの水分蒸発の抑制などの利点があります。なお、敷き草が腐ってきたら土にすき込みます。地力の維持に役立ちます。

#### (b) 施 肥

果樹の生育には、無機養分が必要であり、それらはもともと土中にかなり含まれています。しかし、窒素、リン酸、カリウムといった、毎年かなり多量に吸収される養分は、毎年肥料として補給する必要があります。

各要素の施肥量は、果樹の栄養状態をみて加減します。木の栄養状態を診断する方法として、葉分析がありますが、樹相診断や果実の品質からも推測することができます。

窒素は、葉緑素をはじめとするタンパク質をつくるのに必要な成分なので、葉肥といわれています。窒素量を増すにつれて樹勢は強化されますが、果実の着果や品質の低下することがあります。窒素の施用に当たっては、その時期と量をじゅうぶん注意する必要があります。

リン酸は、実肥と呼ばれており、エネルギー代謝にも関連し果実の品質向上に必要な成分です。窒素に比べると吸収量は少ないですが、土壤中で不可給態に変化しやすく、利用率が低いので、基肥として施用するのが普通です。

カリウムは、茎肥といわれ炭水化物の転流にかかわっています。果実の糖度の向上に重要です。天然供給量も比較的多く利用率も高いですが、流亡しやすいので、湿潤熱帯では欠乏しやすい成分のひとつです。

#### (c) 栄養障害

葉に現れる栄養欠乏症状として、窒素欠乏は、下位葉から一枚の葉が全体的に黄色に変色します。これは、窒素は体内移動しやすい成分であり、下位葉より上位の葉、新葉に送られるためです。窒素固定能のあるマメ類、マメ科かん木を混植するなどの対策が有効でしょう。

リン酸欠乏は、葉が紫色に変色する、アントシアンの発現を伴うことが多いです。窒素と同様に下位葉から発現します。リン酸は、酸性土壌では可溶化した鉄やアルミニウムと強く結合して難溶性のリン化合物となり、植物の根に吸収されにくくなります。土壌への石灰散布、有機物の施用などが有効です。また、アル



カリ土壤でもカルシウムと結合して不可給態となり吸収されにくくなります。やはり、有機物と混ぜての施用が有効です。

カリウム欠乏は、古い葉の縁から黄変または褐変して枯れていきます。

鉄は、体内を移動しにくい成分であり、上位葉、新葉に症状が現れます。葉緑素の形成に必要な成分で下位葉は緑を保ち、新しい葉全体が黄白色となってしまいます。マグネシウム欠乏は、中・下位葉に葉脈間に黄化する症状が現れます。

カルシウム欠乏は、新葉の縁が縮まったように枯れるチップバーンや葉全体が丸くなるカップリーフが特徴です。土壤のカルシウム不足によって発生するよりも、土壤の乾燥、土壤溶液濃度の高まりなどによる植物自身のカルシウム吸収阻害と体内移動の阻害によって起こることが多いのです。

亜鉛欠乏は、枝や茎の節間がつまり、葉は密生し小葉となりロゼット状になります。葉脈間に黄色の斑が入り葉脈の緑とのコントラストが強くなります。

#### (4) 整枝・剪定

熱帯・亜熱帯気候の湿潤地帯では、無整枝・無剪定での栽培が一般です。果樹の樹勢が強くと、剪定すると徒長枝が発生しやすいのです。しかし、整枝・剪定は大切な管理技術です。雨期に余り強い剪定をすると、徒長枝ばかりが伸びて、果実が着きにくくなります。したがって、まず乾期に弱い剪定をして着果の様子をみるのがよいでしょう。

熱帯地域の農民は、その年の果実収量が減るという理由で、剪定を嫌う傾向があります。しかし、最近は市場に果実を出荷する生産者は、整枝・剪定を含めた周到的な管理のもとで生産された果実が、高価で取引される事実を体験し、整枝・剪定の重要性が認識されてきました。

整枝・剪定の目的をまとめると、次のとおりです。

- (a) 果樹の種類と品種の生育特性を重視し、栽培管理作業に便利な樹形を整え、同時に果実の重さを支える丈夫な骨組みをつくります。
- (b) 枝葉の生長と果実の成熟との均衡を保って、隔年結果を防止し、毎年平均して収量をあげながら、経済年齢を長く維持します。
- (c) 樹冠全体に日射がゆきわたるように枝を配置し、品質のそろった優良な果実をならせます。
- (d) 病虫害におかされている枝を取り除いて、病虫害の発生を少なくします。

## 切り返し剪定と間引き剪定

剪定には、枝をその途中で切る切り返し剪定と、枝の分岐部から全部切り取る間引き剪定とがあります。

切り返し剪定は、①骨格となる枝（骨格枝）を育成する場合、②隔年結果の成り年（表年）に結果量を少なくして新梢の成長を盛んにしたい場合、③老齢枝など弱った枝の勢力を回復したい場合などに行います。

間引き剪定は、こみあった枝を除き、残った枝の受光をよくして、結果枝や花芽を着きやすくしたい場合に行います。

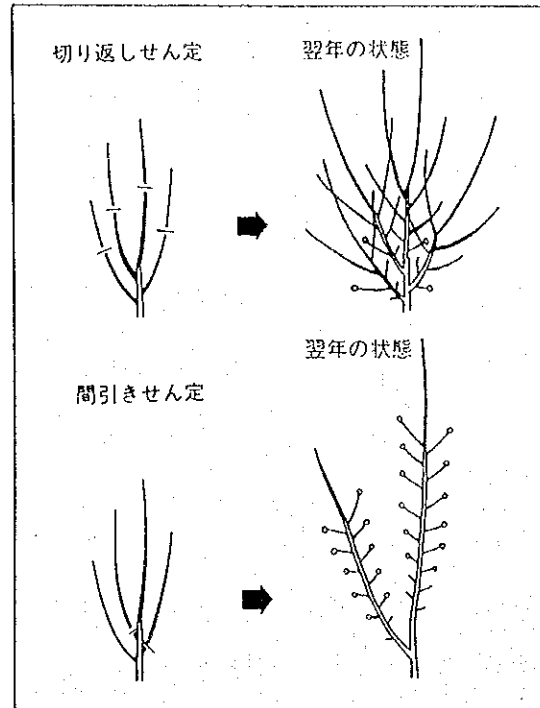
## 剪定の程度

一本の枝切り取る部分が高いほど、一本の木では切り取る総量が多いほど強剪定といい、その反対を弱剪定といいます。剪定の強弱は、栄養成長と生殖成長との均衡と密接な関係があります。

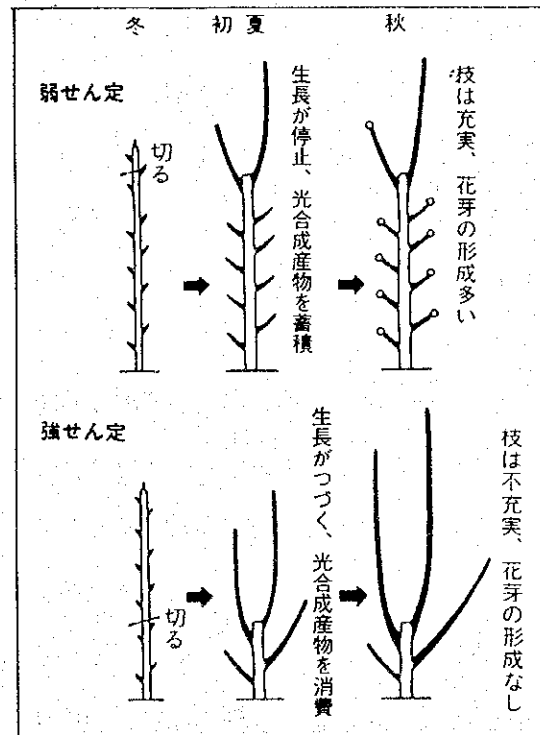
弱剪定の場合は、新梢の伸長が早く停止し、しかも全体の枝葉数が多いので、葉の光合成産物が早くから体内に蓄積され、花芽は形成されやすく、果実の肥大や根の生長も良好です。

いっぽう、強剪定の場合は新梢が遅くまで生長し、しかも全体の枝葉数が少ないので光合成産物の蓄積が遅れ、花芽は形成されにくく、果実の肥大や根の生長も不良です。強剪定を毎年繰り返すと、根の生長が抑えられるため、樹勢が次第に衰えていきます。

したがって、樹の生産力を高く維持す



切り返しせん定と間引きせん定の例  
〔注〕ともに新梢を約50%せん定したばあい。○印は花芽。黒い部分はその年に伸びた新しい枝を示す。



せん定のていと枝の生長および花芽の形成  
(模式図)

〔注〕黒い部分は新しく伸びた枝を示す。

るには、熱帯では剪定は弱いほうがよいのです。しかし、枝を多く残すことは、樹冠内部の日射不足をまねく危険もあります。弱剪定で日射不足を起こさないためには、栽植密度・間伐・施肥管理などの対策も必要です。

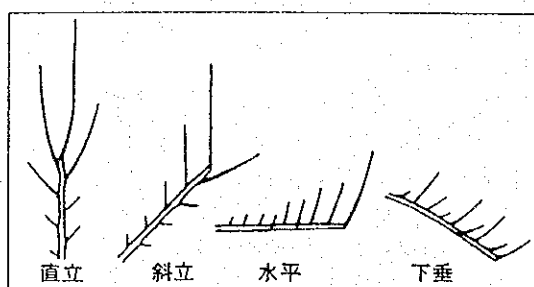
### 樹齢と剪定の程度

幼・若木期は、栄養生長が盛んなので、間引き剪定を主に、弱い剪定を行って、木を大きくし花芽形成の促進をはかります。一方、老木期は、やや強い切り返し剪定を行って、発育枝の発生を促します。

また、樹齢とともに枝が垂れ下がるので、幼・若木期には骨格枝はやや立ち気味にしておきます。

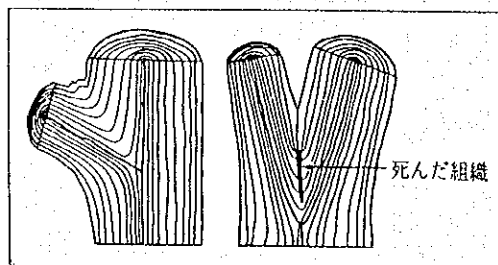
### 木の性質と整枝・剪定の注意

頂部優勢：木は一般に、先端の芽ほど強勢な枝がでます。これを頂部優勢と呼んでいます。また、枝は垂直なものほど強勢になります。したがって、枝を強勢化したいときは、立ち枝を残すか、誘引して立てるかします。反対に弱勢化したいときは、立ち枝を切り取るか、下方へ誘引します。



芽の位置および枝の傾斜と翌年の枝の伸びかた

枝の分岐角度と発生位地：図に示すように枝の分岐角度がせまい場合には、両方の枝の肥大につれて中間の部分の組織が圧迫されて死ぬため、連結が弱くなり裂けやすくなります。



枝の分岐角度と裂けやすさ

【注】左：分岐角度がひろいため、そこに新組織がつくられて強固に結合される。

右：分岐角度がせまいため、両方の枝の肥大につれて、あいだの組織が圧迫されて死んでしまい、裂けやすくなる。

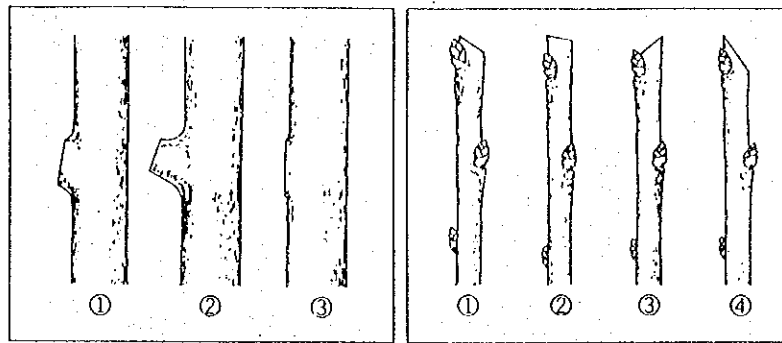
また、同一の部位から同じ勢力の枝が数本出ている場合は、車枝（くるまえだ）といい、裂けやすく、そこから先の枝の勢力が急に弱まります。

枝の均衡：枝の強さは、主枝—亜主枝—側枝の順で弱くなるようにします。そして、同格の枝の間では、できるだけ勢力が均等であることが望ましいのです。そのためには、枝の発生位地や角度を考えて、整枝・剪定をすることが大切です。

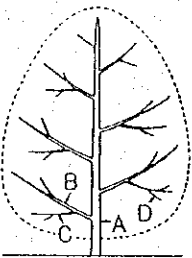
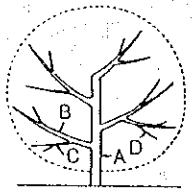
枝の切り方：太枝は、下図（左）①のように切ります。②③のように切ると切り口のゆ合が悪く、枯れこみを生じます。細枝は、下図（右）①のように、芽のすぐ上で斜め45度

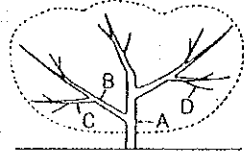
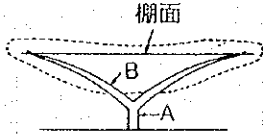
くらいで切ります。ただし、ブドウは切り口が枯れやすいので、先端の芽から十分に離して切ります。

大きな切り口はそのままほうっておくと、枯れ込みを生じたり、病原菌が侵入して樹勢が衰えたりします。そこで、切り口をなめらかにして細菌剤を混入した防水塗布剤を塗って乾燥を防止し、ゆ傷組織（カルス）の形成を助けます。



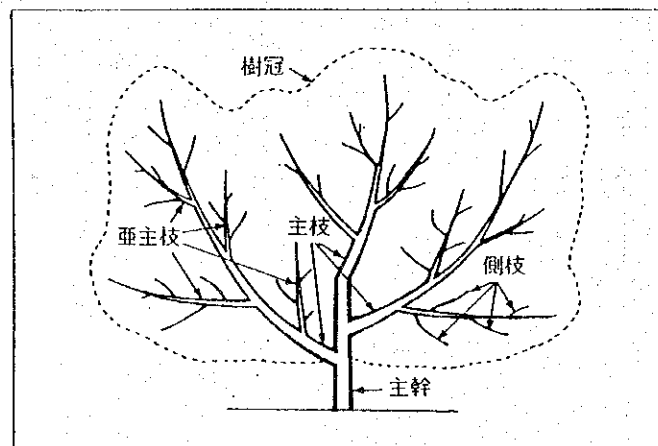
太枝の切りかた  
 [注] ①よい切りかた ②③よくない切りかた  
 細枝の切りかた  
 [注] ①よい切りかた ②③④よくない切りかた

	整枝法と樹形	特 徴
立木仕立て	主幹形 	主幹を1本真っ直ぐ上方に立て、そこから枝を出して果実を栽培する整枝法です。この方法は、木が著しく高くなるため管理に多くの労力を必要とするのが欠点です。パラミツ、ドリアン、パパヤ、マカダミヤの伸長性品種、ココヤシに用いられています。
	変則主幹形 	主幹を2～3mの高さで切り、主枝を3～4本配置する樹形で、主にマンゴ、グアバ、カンキツ、バンレイシ、アセロラ、カシュウ、レンブ、サポディラ、リュウガン、ランブータン、マカダミヤの開帳性品種、直立性の強い一部のアボガドなどに用いられています。

立木仕立て	<p>開心自然形</p> 	<p>主幹は60～90cmの高さとし、主2～4本斜めに立てる樹形です。厳密な意味での高度な開心自然形は、熱帯・亜熱帯では用いられません。雑なやり方ですが、バンレイシ、トゲバンレイシ、チェリモヤ、ゴレンシの一部で採用されつつあります。</p>
棚仕立て・垣根仕立て	<p>棚仕立て</p> 	<p>棚（平棚）あるいは垣根を張り、そこに枝を誘引していく方式です。パッションフルーツと一部ゴレンシなどに用いられている方法です。</p>

### 果樹の主な整技法・樹形とその特徴

(注) A：主幹 B：主枝 C：亜主枝 D：側枝



### 枝の種類と名称

#### (5) 摘蕾・摘花・摘果

摘蕾・摘花・摘果の作業は、中心果を残し、過剰についた果実を除去します。一果について20～30枚の葉をつけると果実は大きく肥大し、品質を向上させることができます。さらに、次のシーズンにも一定の果実を着果させることができます。

熱帯・亜熱帯地域で、これらの作業を行っている農家は非常に少ないのが実状です。一般に果樹は、必要とする30倍前後の花を着けるといわれています。これだけの果実をそのまま肥大させると、一つ一つの果実が小さくなり、品質が劣化してしまいます。なお、摘果などの技術の普及をはかるときには、圃場に摘果区と無摘果区の試験区を設け、農家の方にその違いを実際にもてもらうことが大事です。

## (6) 病虫害防除

熱帯の高温多湿の環境では、病虫害の種類や数が多く、ほとんどの病虫害が一年を通して発生します。

大規模な単一果樹園で病虫害が多発していますが、果樹がまばらに植えられていて、樹間に間作物が栽培されている園や粗放な園では単一果樹園に比べ病虫害の被害が少ないようです。

周辺の自然環境が比較的保たれている小規模果樹園や散在的に果樹が栽植されている畑では、多種の昆虫や菌類が互いに均衡を保ちながら生息しているので、病気や害虫が異常に発生するのを抑圧しています。商業規模でない果樹栽培では、商品価値を高めるための農薬を使用しないため、生物間の均衡が保たれるという利点があります。このような環境下では授粉に寄与する訪花昆虫の種類も多く、特別授粉作業を行う必要もありません。また、カラスやスズメの被害も、周囲に餌になる動植物が多くいるため比較的少ないといえます。

これに対して、長年経済栽培されてきた大規模商業果樹園では、必然的にモノカルチャー果樹園になっているので、農薬散布、化学肥料の投与によって生物層の連鎖に歪みが生じ、病虫害の発生が多くなっています。したがって、病虫害防除は、モノカルチャーをなるべく避け、地域の生物体系を十分に把握・利用し、病虫害の発生を最小限に抑えることが肝要です。

## (7) 収穫

収穫は単に果実を採取するというだけでなく、収穫後の輸送・貯蔵をも考慮して行うべきです。果実は毎年ほぼ同じ時期に成熟するので暦を見ていれば、おおよその収穫日は判断できます。収穫前は灌水を控え目にし、早朝涼しい時に収穫します。

完熟状態で収穫した果実は、日持ちが悪く、近くの市場ではよいが、長距離の輸送

には耐えられません。また、追熟させなければならない果実類もあり、必ずしも樹上での完熟果実が最優良果実とはいえないわけです。

少し早取りした果実は保存がききます。果実が適正な熟度で収穫されたならば、果実品質は優れた状態になります。未熟な果実を収穫したり、時期を逸して収穫したりした果実は品質が劣ります。したがって、果実の生理的な変質や損傷が起こらないよう、成熟時期を把握して果実を収穫すべきです。

### 1—3—4 熱帯地域における果樹栽培の特色

熱帯の密林は、一度伐採し、裸地化してしまうと有機物の循環の輪がなくなり、強烈な日照と降雨による養分の溶脱、土壌侵食が始まり、やがて荒漠化へとつながります。果樹などの樹木作物は、展葉、開花、結実、落葉そして腐敗という養分供給の循環を内包し、地力の維持と生長の継続を保つので、環境保全性が強いといえます。

また、病虫害や雑草に強い作物です。焼畑の作付順序では初年度にマメ、イネ、トウモロコシなどの一年生種子作物、ついでヤム、タロ、サツマイモなどの根菜類、その後にバナナなどの多年生作物が植えられ、放棄、休閑となります。病虫害や雑草に弱い作物ほど焼畑直後、雑草や病虫害が根絶された後に植えられますが、環境抵抗性が強い果樹は後に植えられるわけです。

### 1—3—5 熱帯における果樹栽培の注意点

#### (1) 育苗について

- (a) 育苗用培土には、堆肥、ボカシ肥、くん炭などの有機物を混用し、健苗を育てます。
- (b) 熱帯では、昼間地温が上がりすぎるため、苗を地面に直接置くと、その苗が傷み徒長します。これを防ぐためには棚をつくり、その上にポットを置いて育苗するようにします。
- (c) 熱帯の強日射を防ぐために、寒冷紗やわらを編んで、覆いをするようにします。

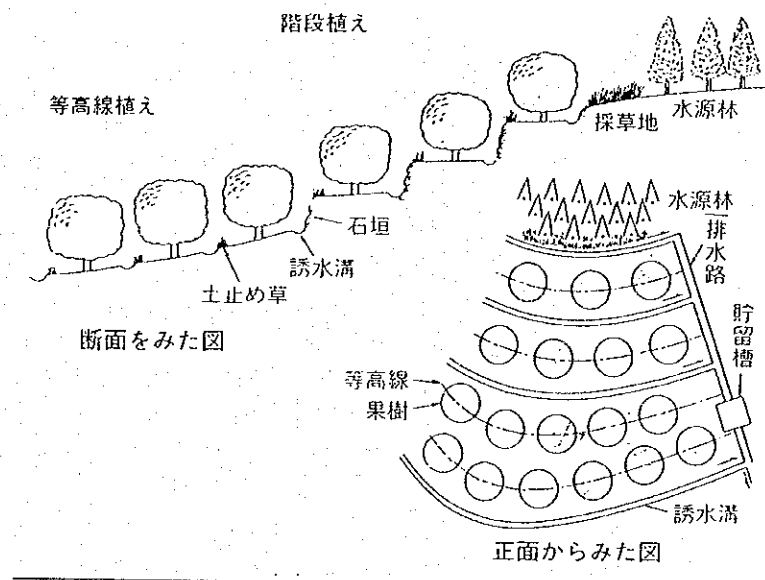
#### (2) 圃場管理について

- ・熱帯の乾燥地でみられるアルカリ土壌では、有機物を多く含んだ堆肥などを施用

します。堆肥などの有機物が分解すると、腐植酸や有機酸に変わり土壌を中和させる働きがあります。

- ・傾斜地での果樹栽培は、土壌侵食を防ぐため等高線栽培を行います。傾斜の下部には土止め草を植え、斜面の上部には誘水溝をつくります。誘水溝の水は排水路に導きます。また、傾斜の頂部には水源林を残しておきます。

傾斜地では、干害が発生しやすく、水源にめぐまれないところでは、灌水のための貯水槽を設ける必要があります。



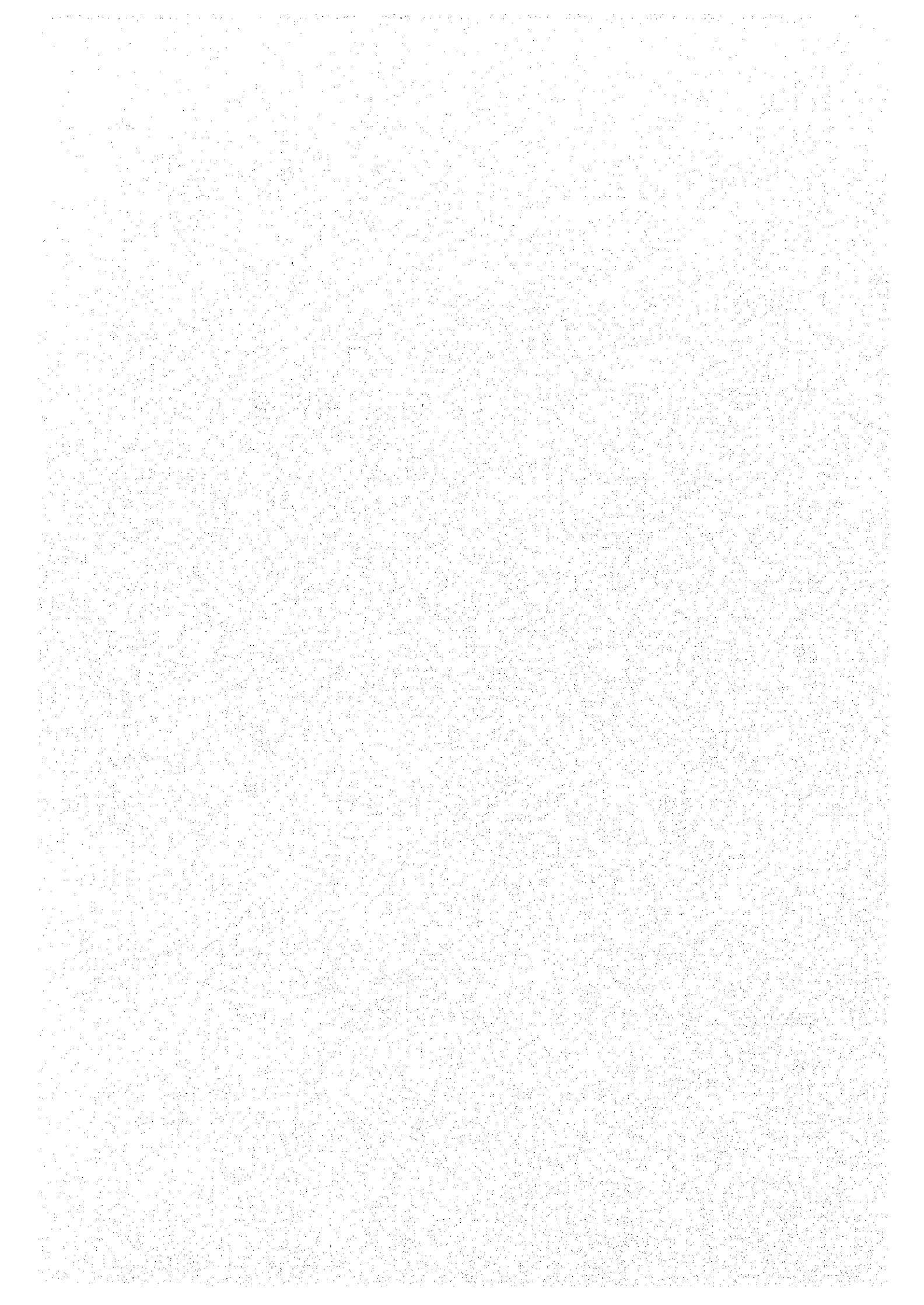
#### 傾斜果樹園のつくりかた

- ・マメ科樹木、ナツメヤシなどの庇陰樹と果樹を混植すると熱帯の強日射から果樹が守られます。とくに、マメ科樹木には窒素固定能があり、土壌の肥沃化にも役立ちます。さらに、果樹の下で野菜を栽培すると土壌が被覆されることにより土壌水分の蒸発がおさえられ、また野菜も強日射から守られます。





## 第2章 これからの農業技術



## 2—1 アグロフォレストリー

### 2—1—1 アグロフォレストリーとは

アグロフォレストリーの定義は、地域により、またその形態によって差があるものの、基本的な要素は農業・林業・牧畜を同一の場所で総合的に組み合わせ、より効率的に、より持続的な生産を行っていく農・林・牧を相互にバランスさせた生産形態です。

ここにアグロフォレストリーについていくつかの定義を挙げます。

CATIE (コスタリカ) の G. Budowski は、「アグロフォレストリーは、山村住民の利益を目的として、安定した生産システムを作り上げるために、農作物あるいは牧畜と林木または農作物と牧畜の両者と林木とを空間的・時間的土地利用システムを通じて、結合することを意味する」と定義しています。

つぎに、ICRAF (ケニア) の P.K.R.Nair は「アグロフォレストリーは、同一面積単位の土地から単一耕作によってえられる量よりも、高い生産性やより大きな経済的利益、およびよりよい社会的利益を継続的にえるような農作物および家畜と林木を組み合わせた健全な土地利用システムである」としています。

さらに、ICRAF (ケニア) の K.F.S.King は、「アグロフォレストリーは、次の構成要素を包括して認識すべきである」として、以下の生産形態を挙げています。

Agri-silviculture (混農林) ; 果樹を含む農作物と林木の同時生産のための土地利用。

Silvo-pastoral system (混牧林) ; 木材の生産と家畜の育成のための森林管理システム

Agro-silvo-pastoral system (混牧農林) ; 農業・林産物の生産と家畜の育成のための管理システム。

Multi-purpose- forest tree production system (多目的林木生産システム) ; 木材を生産するのみではなく、食糧や飼料用の葉や実を生産するための森林経営。

ICRISAT (インド) の C.F.Bentley は、「アグロフォレストリーは、つぎのような多目的栽培土地利用形態である」としています。

「樹木と農作物間の補完的關係のもとに、食物・果実・飼料・燃料・木材・マルチ等を組み合わせ、通常は、低労力・低資材投入型である。モノカルチャーや単純な林木生産システムに比べ光エネルギー・水分・養分が効率的に利用され、土壌のエロージョン、溶脱、

洪水による劣化、過度の日射を防護する」

以上のようにアグロフォレストリーは、いわゆる近代的な農業技術ではなく、古くから世界各地の伝統的農耕社会の中で行なわれてきた農法です。したがって、それぞれの地域にそれぞれ適合したアグロフォレストリー・システムがあり、現地農民の優れた知恵が秘められています。現在、見直されているアグロフォレストリーは、「新しい科学」と「地域の伝統的な経験」を組み合わせ、新しい土地利用システムを考えていくものということもできるでしょう。

なお、アグロフォレストリーが見直されるようになってきた背景には、高資本投入型の近代的な農業が、熱帯地域になじまないことが次第に明らかになってきたことに加え、次に挙げるような途上国の抱える問題点があるためです。

#### 2-1-2 途上国における森林資源の減少と土壌の劣化

熱帯の開発途上国においては森林破壊・土壌侵食が発生し、深刻な問題となっています。その理由については、第1に人口増加に伴う農地の拡大、薪炭や建設資材の需要増加と、それに伴う森林伐採、第2に、伝統的な焼畑移動耕作の休閑期間の短縮による荒地化、第3に、世界的な木材需要増大に伴う商業的伐採とその後の不適正な管理などが挙げられます。さらに、熱帯は高温多湿であるため有機物の分解が速く、また養分が流失しやすく地力の回復力が乏しいことが克服すべき課題となっています。アグロフォレストリーは、これらの問題を解決する技術として、特に熱帯の限界生産地域（悪条件地域）への適応が期待されています。

#### 2-1-3 アグロフォレストリーの実践

##### (1) アグロフォレストリーのいろいろ

アグロフォレストリーは組み合わされる要素により図1のように区分されます。

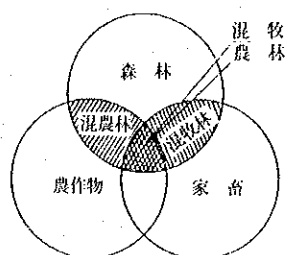


図1 土地利用とアグロフォレストリーシステム (j・combe)

さらに、①林木の主機能を木材生産にしている場合と自然環境の保全にしている場合との区分、②樹木・農作物・牧畜の空間的配置（樹木と農作物が間作・混作の関係にあるのかどうかおよびその時の配置が規則的か不規則的か、あるいは全く別に配置されているのか）による区分、③組み合わせの期間（臨時的に組み合わせるだけなのか、永久的に組み合わせていくのか）による区分があります。

つぎに、世界各地で実践されているアグロフォレストリーの事例を挙げてみます。

## (2) タウンヤ植栽法

タウンヤ (taung ya) とは、ビルマ語で、taungは丘陵地、yaは耕作を意味し、もともと「丘陵地の耕作」をさす言葉です。タウンヤ法に適切な和訳はありませんが「タウンヤ」法で十分に通じています。

タウンヤ植栽法は造林が主な目的で、幼齢樹と単年作物が組み合わせられます。ビルマのチーク造林が最初といわれ、この方法により、アジア・アフリカで優れた人工林が造成されてきました。植栽後、2～3年間農作物と組み合わせられることにより、下刈りの手間が省けると同時に農作物の収入が得られるというものです。組み合わせられるのは、樹木はチーク・マツなど、作物は陸稲・トウモロコシ・ミレット・ソルガム・キャッサバなどです。2～3年後には、被陰の増大と土壌肥沃度の低下により林業のみとなり、この種の組み合わせには限界があるようです。

## (3) 焼畑移動耕作

焼畑移動耕作も森林を利用した農業です。一定期間経過した森林に、乾期に火を入れ焼き払い、数年間耕作が行われます。その後は放置され森林が再び生育します。この耕作休耕期間に土壌は栄養分が貯えられ再生されるというもので、時間的に樹木と

作物が組み合わされたシステムです。このシステムは、人口が密でない場合には伝統的な方法として有効に機能してきましたが、人口が増加し耕作期間が長期に及んだり、大面積が皆伐されると土地の生産性は低下し、やがて再生できない荒地となってしまいます。

#### (4) 樹間栽培

コーヒー、ココアなど被陰に耐える熱帯の永年作物は、もともと庇陰樹の下で栽培されることが中南米などでは多かったようです。庇陰樹としてマメ科の樹木をあわせれば、土壌の改良にもなります。タウンヤ法と同じ空間的な組み合わせですが、組み合わせ期間が長くなります。

また、ナツメヤシなどを庇陰樹とし、その下に果樹を植え、さらにその下で野菜の栽培を行い、樹冠からほどよく光を通すことにより、強日射から果樹や野菜が守られるようにする三層構造のシステムが中近東で古くから行われています。

#### (5) 樹木菜園 (Home Garden, Kitchen Garden)

熱帯地域では住居の周辺に果樹や薪炭用樹木を植えるのは、ごく自然なことです。インドネシアのジャワ島のプカランガンと呼ばれるものが有名で家屋の周辺に果樹、薪炭用樹木、薬用植物、園芸植物を水平・垂直方向に組み合わせて栽培し、ヤギ、ニワトリなど家畜を飼い、養魚地に魚も飼っています。このプカランガンには実に多様な植物が植えられ、これだけで日常生活に必要なすべてが生産されるといわれています。生態的バランスにも優れ、農作物・家畜の収穫も安定し、森林の層状構造は太陽エネルギーを有効に受けとめ、土壌被覆により土壌の侵食も抑えられます。熱帯湿潤地域に適応した土地利用形態です。

#### (6) アレー・クロッピング (かん木間作)

アグロフォレストリーの一手法として、主に乾燥地・半乾燥地で行われているもので、耕地内に筋状にマメ科樹木を植栽します。休閑期には樹木が枝をのばし地表を被覆し、作付け期には枝打ち・剪定などを適宜行い、耕地に光が当たるようにします。マメ科かん木は、窒素固定能力と土壌の深い層まで根を伸ばし養分を吸収する能力を持ち、また窒素分を多量に含んだ茎葉は、緑肥やマルチ材として土地を肥沃にします。

## (7) サヘルのアグロフォレストリー

サヘルにおけるアグロフォレストリーは、古くから採用されてきた生活様式で、つねに風食による土壌侵食にさらされているため大変重要なものといえます。アカシア・アルビダ、タマリンドに代表されるマメ科の樹木とミレット・ソルガムなど光合成能力の高いC4型の穀類、小規模灌漑にて行う野菜栽培、そして羊・牛などの家畜放牧、これらを組み合わせた農業システムは、サヘルにはなくてはならないものです。

マメ科の樹木は窒素固定能力があり、特にこの地域でよく育つアカシア・アルビダは、地下30mにも及ぶ深い直根システムを持ち水分や栄養分を吸収する能力を持っています。この樹種は雨期に落葉するので、雨期に播かれる穀類と光は競合しません。また、アカシア・アルビダの落葉は雨期の作物に栄養分や有機物を与えます。さらに、乾期には葉を茂らすため、乾期の強日射を遮蔽し、家畜や作物を守ります。この現象は「萌芽時期の逆転」と呼ばれています。1ヘクタールあたり20本のアカシア・アルビダの成木があれば、ほぼ均衡のとれたシステムが保証され、そのまわりに播かれたミレットなどの高い収量を可能にするといわれています。

また、サヘルのような半乾燥地域では、草本飼料に乏しく、これらマメ科樹木・飼料生産樹種の果実のみが家畜に与える飼料源となっており、その意味でも貴重なものといえます。

このように、サヘルでは土壌の侵食を防ぎ、土地を肥沃にし、人間・家畜の食料・飼料となる樹種、さらに防風林・日蔭樹・生垣として、薪炭材や建築材料としての有用性などを合わせ持った樹種を選択、植樹が大変重要なことといえます。

### 2—1—4 アグロフォレストリーの組み合わせ

#### (1) 樹木と作物の関係

アグロフォレストリーにおける樹木と作物の関係は、次の三つのように考えられます。第1に補完的關係、樹木と作物がお互いに土壌を肥沃にし、双方の生育がよくなる。樹木が作物を強日射、強風から守り、また地表の作物が土壌湿度を保つなどの効果を発揮するものです。第2に競合的關係、樹木と作物が水・光・養分で競合し、お互いの生育を妨げるもの、第3に非干渉的關係、お互いの生産の増加が他の産物生産に影響しないもの。もちろん、理想は補完的關係ですが、実際には競合的關係も



多いようです。たとえば、タウンヤ法のように主眼が造林に置かれている場合には、作物に光を通すために不適切な枝打ちを行うことは避けねばならず、耕作期間を2～3年に限るということも必要になります。また耕作期間中、作物により樹木の生育が多少抑制されるということもあります。しかし、アグロフォレストリーは農業と林業を組み合わせることによって、その生産力がそれぞれを単独で営むより上まわる、あるいは土壌の流亡が抑えられるなどの効果が期待されます。

## (2) 組み合わせ

アグロフォレストリーにおいて一番の問題は、どのような樹種および作物を選択し、植栽間隔をどれくらいにするかということです。しかし、特殊な事例を除いては昔からの経験に頼っているのが現状です。

以下は、現在挙げられている重要項目です。

- ① 選択する樹種は、その地に生育している樹種を使うこと、または現存する森林植生に農作物を導入していく手法をとります。
- ② 組み合わせられる作物は、お互いに根系が競合しないこと。乾燥地では根系が深く、競合しないことが望ましいといえます。
- ③ 被陰に耐える作物、あるいは光をよく通す樹木を選びます。併せて植栽間隔のコントロール、適度な枝打ち・剪定・間伐を行います。
- ④ 出来るならば多用途樹種を選択します。利用目的としては、食料、飼料、木材、および土壌保全機能がありますが、単一樹種でいくつかの用途を持っているのが望ましいといえます。たとえば、乾燥地では家畜の飼料と土壌保全機能のある樹種が望ましいように、立地条件によってその利用目的も異なり、選択すべき樹種が決まってきます。

## 2—1—5 社会的条件

ローカルなアグロフォレストリー・システムは、現地農民が優れた知識と経験を有しており、住民の参加なしには成り立ちません。したがって、彼らの経験を支援する形が望ましいといえます。

アグロフォレストリーは、モノカルチャーのような大規模な機械化は適さず、労働多投型で細心の管理を必要としますが、資本力が少なく、労働力の豊富な開発途上国にむいて

います。

## 2-1-6 むすび

熱帯の途上国では、人口増加に伴う焼畑の耕作休耕期間の短縮や過放牧・過耕作・過灌漑、そして現地に適合しない技術導入などが原因となって、土壌侵食・塩類集積、森林の消失や砂漠化などが起こっています。持続可能な農業とは、自然資源を枯渇させたり劣化させることなく、生産活動を行い、かつ永続的に再生産が続けられる農業という意味です。その柱は堆肥やボカシ肥などを使った有機農業であり、マルチや間・混作、輪作といった栽培管理であり、そしてアグロフォレストリーによる多角的な農業生産システムです。将来の人口問題、食糧問題そして環境問題を解決していくためには、アグロフォレストリーの採用は不可欠なものといえるでしょう。

### <参考文献>

アグロフォレストリー計画基準手引き書

国際協力事業団編

西アフリカ・サヘルにおけるアグロフォレストリー

国際協力事業団・国際協力総合研究所編

アグロフォレストリー 東南アジアの事例を中心に

社団法人 国際農林業協力協会編

## 2-2 堆肥・ボカシ肥の作り方

### 2-2-1 堆肥の作り方

有機物の施用は、土壤肥沃度を高め、圃場の地力維持に重要な役割を果たしますが、未分解性有機物の施用は、作物に養分過剰による濃度障害や未熟な有機物の急激な分解によって生じるガス障害を惹き起こす危険があります。また、有機物に含まれる生育阻害物質も問題となります。そのため、有機物の利用には、堆積発酵させる堆肥化処理が必要といえます。

しかし、堆肥づくりは、有機物を完全に分解してしまうのではなく、あくまで有機物を肥料として作物に施用できる状態に加工することです。

有機物の堆肥化処理は、材料種類や堆積方法により様々ですが、基礎的な堆肥づくりについて紹介します。

#### (1) 堆肥づくりを始める前に

- (a) 原料の有機物の確保・・・現地で入手可能な材料を有効利用することが重要  
周辺の廃棄物(家畜糞尿、作物残渣、生活廃棄物など)の利用
- (b) 堆積場所を確保・・・水はけが良く、雨よけがある  
(屋根など付けた堆肥舎を作ると良い)  
直射日光の当たらない、通気性がよい場所が望ましい
- (c) 原料の性質を把握・・・C/N比、水分含有量、分解性、肥料成分のバランス  
粉砕の有無(野菜くず、木材廃材など大きさにばらつきがあるものは、粉砕が必要)

#### (2) 堆肥化のポイント

- (a) C/N比・・・20～40に調整

有機物はそれぞれ窒素含有率が異なり、窒素含有率の低い有機物ほどC/N比は高くなります。C/N比が高い有機物ほど微生物による分解は遅くなるため、窒素源となる有機物を添加しC/N比を低下させる必要があります。

(b) 水分・・・50～60%に調整

有機物は、C/N比と同様にそれぞれ水分含有量が異なりますが、堆積後の発酵温度を上昇させ、堆肥化を促進させるためには、堆肥の材料となる有機物の水分を50～60%程度に調整する必要があります。

(c) 発酵温度・・・50～60℃に保持

有機物の堆肥化では、堆積後の発酵温度が50～60℃程度のとき、微生物の活性が高く、分解が促進されます。発酵温度は材料および堆積時期により異なりますが、堆積時から徐々に低下がみられたら、切り返しを行い酸素を供給する必要があります。発酵温度は、低すぎると堆肥化が進みませんが、高すぎるとアンモニアガス（窒素の揮散）が生じます。

(d) 堆積方法：稲わら、家畜糞尿を用いた場合

仮積み・・・堆肥は、雨よけをすることが大切。屋根など付けた堆肥舎を作る。

稲藁を敷いた後、稲藁に家畜糞尿などの厩肥（醗熟物になる資材）を混合して積む。

稲藁と厩肥の割合は、半々か厩肥の方がやや多めでもよい。

稲刈り終了の11月下旬から1月にかけて行う。

本積み・・・稲藁と厩肥、仮積みした厩肥を交互に積んでいく。

一層（稲藁と厩肥、仮積みした厩肥）ごとに水を加え、踏み込む。

堆肥枠を使うと堆積しやすいが、まず、一番下に土（山土、水田、畑深土）を敷く土は、堆積中に出てくる液を吸収する役割をもち、肥料分の消失を防ぐ。

切り返しは、基本的に1か月に1～2回行う。

以上、堆肥づくりの留意点と堆積方法の一例を紹介しましたが、それぞれの地域の気候や材料となる有機物が異なります。したがって、堆肥づくりは、現地で入手できる材料を利用し、その地域に適した規模および堆積方法（堆積期間）を工夫することが重要です。

## 2-2-2 ポカシ肥の作り方

ポカシ肥は、古くから日本で作られてきた発酵肥料です。数種類の有機質資材に土を混合し発酵させ「土でほかす」ことから、ポカシ肥と呼ばれるようになったといわれています。

ポカシ肥の特徴としては、土を混合させるほかに、発酵温度が50℃と低く、堆積期間が10日前後と短いことがあげられます。ポカシ肥製造のポイントを以下に要約します。

### (1) ポカシ肥製造のポイント

- (a) 土を混合させる
- (b) 水分は50%程度
- (c) 発酵温度は50℃
- (d) 堆積期間は1週間から10日

### (2) ポカシ肥の材料

ポカシ肥の材料には、米ぬか、油かすなどが用いられますが、各地域で入手可能な有機質資材を選抜することが大切です。また、各材料を主な有効成分ごとに考え、肥料成分の含有量に置き換えて配合を決めることが望ましいといえます。材料の配合例、各材料の主な成分を示しました。

材料・・・鶏糞、米ぬか、もみ殻、くん炭、山土 各40ℓ  
油かす、骨粉、魚かす 各20ℓ  
糖蜜 250ℓ

この材料の配合例では、窒素として鶏糞、米ぬか、油粕、炭素としてもみ殻、くん炭、リン酸として骨粉、魚粕、カリウムとして糖蜜を主な成分と考えて配合しています。また、土に関しては、山土の代わりに水田土壌や畑土深土などを用いることもできます。

### (3) ポカシ肥の堆積方法

まず、雨のかからないように屋内で作業を行う。

各材料をよく混合する。

糖蜜を溶かした水（5～8ℓ程度）を加え水分を45％程度に調節する。

（湿らせすぎないように、良く攪拌しながら水を加える）

水分の蒸発を防ぐため、堆積後通気性のある土嚢袋で表面を覆う。

（ビニールシートでは、通気性が悪く水滴が表面にたまってしまい、寒冷紗では、通気性が良すぎる、乾燥してしまう）

発酵温度を上げすぎないように、堆積する高さは最初60cm位とし、堆積2日目から徐々に低くして最終的には20cm位とする。

発酵温度を50℃以下に保ちながら、1～2週間発酵させる。

（気温の高い地域は、1週間の発酵でよい）

発酵温度は50℃以下が望ましく、60℃を越えるとアンモニア臭を生じ、ボカシ肥全体が濃い褐色になる。よく発酵させたボカシ肥は、酵母のコロニーにより全体に白っぽくなる。

材料は、現地で利用可能なものを選択し、各材料の養分を考慮して配合を決めます。たとえば、窒素として、鶏糞、米ぬか、油かす、炭素として、もみ殻、くん炭、リン酸として、骨粉、魚かす、カリウムとしては糖蜜です。このように、各材料を主な成分ごとに分けて、肥料成分の含有量を計算し、配合を決めるとよい。

現在、ボカシ肥は、日本のみならず南米はコスタリカ、東南アジアではインドネシアで“Bokashi”と呼ばれる発酵有機質肥料として、広く普及しています。ボカシ肥は、堆肥などに比べ肥料成分が高く、局部施肥のように少量の施用で効果がみられるため、今後、化成肥料に代わる有機質肥料として期待されます。

### 2—2—3 各有機質資材の特性

熱帯では、高温多湿により有機物の分解が速く、土壤肥沃度の低い農耕地や酸性・アルカリ性土壤など、土壤改良の必要な地域が多くみられます。そのため、作物生産の向上には、堆肥を用いた土づくりを中心とする栽培技術が大きな役割を果たすと考えられます。堆肥など有機質肥料は、各地域で利用可能な資材を選択し、現地の状況に適した利用法を検討することが重要です。例えば、コーヒー粕、油ヤシの搾り粕など利用可能であるにもかかわらず、現在廃棄されているものもあり、未利用のこれらの有機質資材の特性を活かして有効利用する必要があります。つぎに、主な有機質資材について紹介します。

## (1) 家畜糞尿

家畜糞尿は、そのまま放置すると悪臭、病害虫の発生、河川や地下水の汚染など周辺環境への悪影響を招く恐れがあります。しかし、これらの家畜糞尿は豊富な肥料成分を含み、土壌に還元することにより、有機質肥料として有効利用することが可能な資源です。家畜糞尿の処理および利用技術の確立は、農耕地の地力の向上をもたらすだけでなく、地域畜産経営の円滑化にも通じるといえます。

家畜糞尿は、昔から堆肥の原料として広く用いられていますが、家畜の種類およびその肥育条件によって成分が異なります。そのため、各糞尿の特性を十分理解したうえで利用します。

### (a) 鶏糞

鶏の排糞量は、水分の供給量によって異なりますが、飼料摂取量（乾物重）の110～120%に相当し130～150g/日といわれています。養鶏は、濃厚飼料を主体としているため、鶏糞は窒素、リン酸、カリウムの肥料成分の含量が家畜糞のなかで最も高く、有機物含有量は低いです。鶏糞自体の有機物含有量が低いので分解は速くなり、また、窒素のほとんどが尿素および尿酸として含まれているため、速効性の有機質肥料といえます。窒素の利用効率は約70%といわれています。

採卵鶏では、カルシウム要求量が高く、糞にもカルシウムが多く含まれています。また、飼育法はゲージ、バタリー飼いが多く、糞はゲージやバタリー下に山積みにし時々除糞作業を行うのが一般的です。除糞作業の間隔は、1週間から3か月と異なります。

ブロイラーでは平飼いが一般的ですが、平飼いの場合、床面にオガクズなどの敷料を入れるため、敷料の種類も糞の成分に影響します。オガクズは、糞の水分を調整し発酵しやすい状態にするほか臭気を抑える役割を果たします。しかし、難分解性のため除糞後もさらに堆積発酵させる必要があります。

鶏糞の処理方法としては、乾燥処理が多く行われています。乾燥処理を行い水分を10%程度にすることで窒素の消出量はほとんどなくなり、長期保存が可能になります。乾燥処理のほかに堆積発酵処理も行われますが、堆積発酵に関しては後述の堆肥の作り方を参考にしてください。

## (b) 豚 糞

糞の排泄量は、鶏糞と同様に水分の供給量、飼料の配合と量、また、発育段階によって異なりますが、肉豚（60～90kg）では2.5kg/日、繁殖豚（160～300kg）では3kg/日とされています。尿は、濃厚飼料を主体とした配合肥料の場合は3kg、野菜くずなどの残飯を加えた場合は8kgの排泄量とみられています。糞の成分としては、他の家畜よりリンの含有率が高いのが特徴で窒素も約3.5%含まれています。また、カルシウムの含量も約4%と高いのですが、カリウムやマグネシウムは1.5%程度です。

豚舎は、寝床と排糞場所を別にした構造になっているのが一般的です。排糞場所をすのこ床としてその下に糞を落とす豚舎が多くみられます。すのこ式豚舎では、すのこの下の糞を水洗するか、もしくは、すのこの下に除糞装置を設置する除糞方法がとられています。また、オガクズを敷料として用いている豚舎もあり、この場合は、敷料と共に除糞を行うため敷料の成分を考慮する必要があります。敷料を用いた豚舎では、すのこ式豚舎に比べ水分率が比較的少なくなりますが、豚糞自体の水分は70%と高いため、一般に固液分離を行います。

豚糞の利用法としては、固液分離した固形物は堆積発酵させ厩肥、搾汁液は液肥として農地に還元するのが一般的です。厩肥に用いる場合は、水分の調整が不可欠であり稲藁や落ち葉など副材が必要です。厩肥の堆積方法に関しては、後述の堆肥の作り方を参考にしてください。

厩肥や液肥のほかに、搾汁液を含む廃液は、魚の養殖、クロレラの培養など立地条件に合わせた利用法が試みられています。また、糞尿をメタン発酵させ、メタンガスを発生させる装置の開発も進んでいます。

## (c) 牛 糞

牛糞の排泄量は、他の家畜糞と同様に飼料の種類および量、水分の供給量、肥育段階によって異なります。乳牛の平均的な糞尿排泄量は、経産牛（550～650kg）では糞は30kg/日、尿は20kg/日、育成牛（40～550kg）では糞は10kg/日、尿は7.5kg/日です。肉牛（400～700kg）では、経産牛の排糞量の約半分の15kg/日です。乳牛の場合では20kg/日の糞が排泄されるといわれています。

牛糞成分の特性としては、水分含有率が80%と他の家畜に比べて高く、飼料組成が粗飼料を主体としているため、有機物が約78%含まれ、繊維質やリグニン等の難分解性



の有機物は、土壌改良材としての価値も高い。また、窒素やリン等の肥料成分の含有率が鶏糞や豚糞と比べ低く、微量要素もバランスよく含まれています。

牛舎は、放牧の付帯設備として肥育最小限の屋根付きの小屋から、牛舎内に運動場を設けた開放的追い込み式牛舎、単房式やけい留式牛舎と様々です。そのため、敷料にオガクズなどの木材廃棄物を用いるもの、敷料を入れずすのこ床を用いるタイプ、糞尿溝が設置されているタイプなど牛舎の構造によって除糞作業も異なります。豚糞と同様に、敷料を用いた場合の糞は、幾分水分が低くなりますが、牛糞は水分が約80%と家畜糞のなかで最も高いので固液分離を行います。また、糞尿溝に溜まった糞尿をそのままスラリートタンクに貯留する方法も肥育頭数の多い大規模経営の酪農家にみられます。

牛糞の利用方法は、豚糞と同様に固液分離した固形物を厩肥、搾汁液を液肥に用いる方法が一般的です。厩肥の堆積方法に関しては後述の堆肥の作り方に示しました。堆肥化された牛糞は、オガクズなどの木材廃棄物より脱臭、雑菌繁殖の抑制に効果があるといわれています。堆肥化された牛糞の半分を牛舎の敷料へ、残りの半分を新たに固液分離された糞の水分調整材として利用することで糞の堆肥化を促進させ、糞の循環利用が可能となります。

スラリートタンクを利用している酪農家では、スラリートタンクに貯留された糞尿を草地や飼料作物の圃場にそのまま施用することが多いようです。このようなスラリートタンクからの生糞尿の施用は、圃場からの悪臭・疫病の発生を招くばかりでなく、圃場への過剰施用が問題となります。生糞尿の過剰施用は、草地や飼料作物圃場の土壌塩基濃度を高め作物に濃度障害をもたらします。さらに、硝酸の多量流出により、土壌、地下水および河川などの硝酸汚染が惹き起こされ、周辺環境に悪影響を及ぼします。

#### (d) 人糞尿

下水道や下水浄化設備が整備され、化学肥料が普及している地域では、現在、有機質肥料として人糞尿を利用している農家はほとんどみられません。元来、人糞尿の利用があまり行われてこなかった国もありますが、日本では江戸時代から昭和初期にかけて、人糞尿はほかの有機質肥料に比べ入手しやすく分解も速いことから、速効性肥料として積極的に利用されてきました。

人糞尿の成分は、つぎのとおりです。

人糞：水分75～90%、無機物2%、有機物10%

タンパク質6% (窒素1、炭素その他9)、繊維質4%、

リン酸およびカリウム 0.3～0.4%、塩化ナトリウム 0.7%

繊維質やタンパク質は難分解性

細菌や寄生虫の卵を含んでいることがある

人尿：水分96.5～97%、無機物1.5%、有機物1.5～2%

尿素1%

窒素0.45～0.6% (ほとんどが尿素の形)、リン酸0.1%以下、カリウム0.2～0.3%

無機成分は、可溶性の可給態として存在

排泄直後は細菌の混入はみられず、寄生虫の卵も含まれていない

以上のように、人尿は主に可溶性の成分であり寄生虫の卵の混入もみられません。人糞に関しては、難分解性の有機物が多く細菌や寄生虫の卵を含んでいることがあるため、貯蔵してある程度分解させる必要があります。そのため、水に溶かし3カ月～4カ月貯蔵したものを利用するのが一般的です。この貯蔵過程には寄生虫の卵を殺す効果があるといわれていますが、糞尿の貯蔵は毎日添加していく場合が多いため、定期的に攪拌を行い貯蔵段階にあわせて、貯蔵槽を複数設置し貯蔵期間の長いものから施用していく工夫が必要です。

また、貯蔵後の人糞尿、いわゆる下肥は、塩分の含有量が高いため作物が塩類障害を受けます。土壌中の塩分濃度は、通常、0.5%以上で根焼けを惹き起こすといわれています。下肥は1.5～2%の塩分を含んでいるため、施用前に3倍程度に希釈し作物に直接かからないように施用する必要があります。

## (2) 植物性有機質資材

植物性有機質資材には、稲わらや藁稈類のように主に堆肥の副材として用いられる資材のほか、窒素、リン酸、カリウムなどの肥料成分を高く含む植物油かすなどがあり、いずれも植物の種類や部分によって性質に特徴があります。

### (a) 藁稈類・穀物がら

藁稈類・穀物がらは、窒素含量が低くC/N比が高いことが特徴です。C/N比の高い

有機物の生の施用は、微生物による急激な有機物の分解に伴うガス障害や窒素飢餓など作物の生育に悪影響をもたらします。水田土壌へ稲わらのすき込みを行った場合、稲わらの分解により土壌は強い還元状態となり根ぐされを起こす可能性が高いといわれています。このようなことからC/N比の高い藁稈類や籾がらは、直接土壌へすき込まず、堆肥の原料として用います。

わら類を単一で堆肥化した場合、C/N比を20以下にするには100日程度の堆積期間が必要ですが、石灰乳を加えたり、家畜糞などと一緒に堆積発酵すると80日程度でC/N比を約10に低下させることができます。また、有機物の堆肥化には、微生物を活性化させるために水分含有率を50～60%に調整する必要があります。そのため、水分含量の低いわら類などは水分含量が高い家畜糞と合わせ水分調整を行います。

#### ①稲わら

気象条件、品種、肥培管理によって成分が異なり、温暖な地域では窒素、リン酸、カリウムの含量が低い傾向にあります。

#### ②麦わら

麦わらも稲わらと同様に気象条件、品種、肥培管理によって成分が異なりますが、稲わらよりも窒素含量が低くC/N比が高いことが特徴です。とくに、コムギは窒素含量が低くC/N比が120と高いものが多くみられます。また、麦類は、畑地栽培の水田の裏作として栽培されることが多い作物ですが、裏作の麦は畑作に比べ、リン酸、マンガン、ケイ酸の含量が高い傾向があります。

#### ③ダイズ稈

ダイズは、圃場の養分供給（主に窒素の供給）や土壌物理性の改善効果があるといわれていることから、緑肥作物として多く栽培されています。ダイズ稈の成分もわら類と同様に栽培地域の気象条件、品種、肥培管理によって異なりますが、わら類よりもC/N比が低く収穫後そのまますき込み施用することもできます。また、ダイズの莢は、窒素、リン酸、カリウム、マグネシウムの含量が茎に比べ2倍程度高く、C/N比も30前後と低いため堆肥の原料としての利用価値が高い資材といえます。

#### ④山野草

山野草は、種類が多く成分など明記できませんが、マメ科植物は緑肥としてすき込み施用する場合があります。マメ科植物は、ダイズ同様にわら類に比べるとC/N比が30～50と低く、リン酸含量の高いものが多いため、堆肥資材としての利用も有効です。

#### ⑤バガス

熱帯地域ではサトウキビが広く栽培されており、サトウキビの絞りかすであるバガスを有効利用することは、熱帯地域の土壤肥沃度の向上に大きな役割を果たすと考えられます。しかし、バガスは、窒素、リン酸、カリウムの含有量が低いため他の資材と混合して堆肥化を行います。また、C/N比が高いため堆肥化する場合、長期間の堆積が必要です。

サトウキビの絞りかすには、バガスのほかに糖蜜がありますが、糖蜜はカリウムの含量が高い資材であり、カリ肥料として有効な資材といえます。とくに、糖蜜はボカシ肥の製造では10倍に薄めて使用します。

#### ⑥籾殻

籾殻は、収量によりその成分に変化があり、減収の年は豊作年より成分の減少がみられます。窒素含有率は約0.5%、炭素は約35%でありC/N比が75と稲わらより高い傾向にあります。リン酸含有量は稲わらと同量の0.1%前後ですが、カリウムは稲わらの1/4の0.5%程度といわれています。しかし、ケイ酸含量は3～4倍と高く、堆積した場合その分解は稲わらなどに比べ緩慢です。

籾殻は、畜舎の敷料としても用いられていますが、家畜糞と混合して堆肥化した場合、家畜糞の水分を吸着し、徐々に放出するため水分調整材として有効です。また、孔隙が多く通気性に優れているため、微生物の活性化をもたらします。土壤に混合することによって土壤通気性を改善する効果があり、他の有機質資材と混合して堆積発酵させるか4～5年堆積放置した籾殻は、そのまま培土として苗床に使用するなどして利用します。

表1 稲わら類の成分（乾物％）

	水分	T-N	T-C	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
稲わら	14.2	0.63	41.0	65.1	0.12	1.77
籾がら	11.8	0.48	36.3	75.6		
オオムギ	11.0	0.46	45.2	98.3	0.10	2.18
コムギ	11.0	0.32	41.2	129.0	0.22	0.63
ダイズ稈	15.5	1.03	48.5	47.1	0.32	1.80
トウモロコシ稈	15.0	0.48			0.38	1.64
バガス	-	0.25	45.0	180.0	0.03	0.25
オガクズ	7.0	0.10	53.4	534.0	-	-
レンゲ	16.7	2.25	44.6	19.8	0.09	0.37
山野草	11.0	1.19	35.0	29.4	0.36	0.71

(b) 油かす類

油かすは、菜種、ゴマ、落花生、綿など搾油後の残渣です。油かすは、窒素含有率が5%前後と高く、リン酸やカリウムが1~2%含まれています。製造法によってその油脂含有量は異なりますが、油脂含有量が高いほど土壤中での分解速度は遅くなる傾向にあります。また、油かす類は、それぞれ施用直後に生育抑制物質やアンモニア、有機酸が生じる場合があるため、施肥量や施用位置などに注意する必要があります。

①菜種油かす

菜種油かすには、窒素5%、リン酸2%、カリウム1%の肥料成分が含まれています。菜種油かすは、過熱により黒くなっているものや搾油の不十分なものは、土壤中での分解速度が遅く肥効が劣ります。土壤中での分解は他の油かす類に比べ緩慢であり、施用直後の窒素の無機化、硝化作用に停滞がみられるため、土壤に施用する際には速効性の窒素肥料を同量程度混合させます。しかし、硝酸性肥料との大量の混合は、保存中に爆発の危険があるので十分注意してください。また、菜種油かすには、発芽を抑制する有害物質が含まれているため、播種および移植の1~2週間前に施用しておく必要があります。

②ヒマシ油かす

ヒマシ油かすには、窒素5%、リン酸1%、カリウム1%の肥料成分が含まれています。土壤中での分解および窒素の無機化は菜種油かすより速いため、肥効が速く現れます。また、リン酸の利用率は、他の植物性油かすの中で最も高く、カリウムのほとんどが水溶性のため、化成肥料と同等の肥効が得られるのが特徴です。しかし、菜種油かすと同様に発

芽を抑制する有害物質が含まれているため、播種および移植の1～2週間前に施用しておく必要があります。

### ③ダイズ油かす

ダイズ油かすには、窒素7%、リン酸1.5%、カリウム1.5%の肥料成分が含まれています。ダイズ油かすに含まれる窒素はタンパク質であり、アンモニア態窒素への分解は、他の植物性油かすと比べ最も速いといわれています。リン酸は、フィチンやレシチンなどの有機態リン酸で含まれており、カリウムは水溶性のものが多くなっています。ダイズ油かすは、菜種油かすやヒマシ油かすに比べ有害物質の含有量は低くなっています。施用直後には、アンモニアや有機酸の発生による作物の生育抑制が生じる場合があるので、多量の施用は避ける必要があります。層状施肥や局部施肥を行う場合は、施用位置を考慮し、土壌と混合した後に播種や定植を行うことが望ましい。

### ④ラッカセイ油かす

ラッカセイ油かすには、窒素6.5%、リン酸1%、カリウム1%の肥料成分が含まれています。ラッカセイ油かすは、ダイズ油かす同様に肥料成分に富み、窒素の無機化速度も速いことから、肥効が速やかにあらわれます。各成分の形態や利用特性については、ダイズ油かすに準じます。

### ⑤綿実油かす

綿実油かすには、窒素5%、リン酸1%、カリウム1%の肥料成分が含まれています。綿実は、ワタ毛を取り除いた外果皮を燃料として用いますが、その灰は25%程度のカリウムを含んでおり、有効なカリ肥料といえます。各成分の形態や利用特性については、菜種油かすに準じます。

表2 油かす類の成分(乾物%)

	水分	T-N	タンパク態-N	T-C	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
菜種油かす	12.6	5.03	4.35	28.2	5.61	2.6	1.4	0.90	0.34
ヒマシ油かす	10.8	6.05	4.77	27.7	4.58	1.9	1.0	0.53	0.53
アマニ油かす	-	5.00	-	-	-	2.0	1.5	-	-
ゴマ油かす	-	6.65	-	-	-	2.0	1.0	-	-
大豆油かす	7.4	7.40	6.88	32.7	4.42	1.3	1.7	0.44	0.15
落花生油かす	-	6.40	-	-	-	1.0	1.1	-	-
ワタ油かす	10.8	6.25	5.96	38.7	6.20	2.0	1.3	0.30	0.36
カボック油かす	-	5.00	-	-	-	2.0	1.5	-	-
米ぬか	11.8	2.40	-	36.2	15.1	5.8	2.0	0.08	0.74

### (3) 動物性有機質資材

動物性有機質資材には、主に魚類、肉類を原料に作られた魚かすや肉骨粉があり、窒素とリン酸を主な肥料成分としています。

#### (a) 魚かす

魚かすは、原料となる魚の種類によって成分に違いがみられますが、窒素7～10%、リン酸4～9%、カリウム1%程度の肥料成分が含まれています。肉質部を多く含むものは窒素の含有量が高く、骨質部の多い魚かす粉は、リン酸含有量が高い傾向にあります。土壤中での分解は、比較的速く速効性の有機質肥料といえ、無機態窒素の硝化率も90%と高いことが特徴です。

#### (b) 肉かす粉末・肉骨粉

肉かすは、廃肉から脂肪と水分を取り除き乾燥粉末にしたものですが、タンパク質性の窒素(約8%)が主成分であり、リン酸およびカリウムは若干量含まれています。肉骨粉類は、肉片、内臓、骨を混合粉末にしたものですが、窒素6%、リン酸10%程度の肥料成分が含まれています。生骨粉や燻製骨粉など骨を主原料とした骨粉類では、窒素は3%、リン酸20%程度の肥料成分が含まれており、リン酸質肥料として主に用いられています。これら骨粉類の施用による作物のリン酸吸収量は、過リン酸石灰施用に比べ高いことが知られています。また、生骨粉や燻製骨粉に含まれるリン酸は、主に第三リン酸石灰であり、ゼラチン、脂質を含んでいることから、肥効は緩慢で緩効性リン酸肥料といえます。

### (4) その他有機質資材

#### (a) 炭・くん炭

炭には、おがくずを炭化したおが炭、樹皮を炭化した樹皮炭のほか、ヤシ殻を炭化したものなどがあります。炭は、細孔が多く表面積が大きいため、吸水性が良く土壌水分の保持、土壌通気性の改善効果、土壌微生物の活性化に効果的です。とくに、おが炭は、作物のリン酸吸収率の向上に効果的であるVA菌根菌の増殖を促進するといわれています。ダイズなどのマメ科作物の栽培では、炭を他の有機質肥料と混合し施用することで根粒の着生が促進され、連作障害の回避に通じます。また、pHが8～9とアルカリ性であり、土壌の酸性を矯正するにも効果的です。

くん炭は、籾殻を蒸し焼きにして炭化させたものですが、石油缶などを用い露天で簡易に製造することができます。空気穴を開けた石油缶に煙突を取り付け、石油缶内で薪などを燃やし、石油缶のまわりに籾殻を積み炭化させます。この際、一部が黒く燃えて灰状になるのを防ぐため、籾殻を徐々に積み上げ均等に炭化を進めることが重要です。くん炭の完成には2～3時間必要であり、全体が均一に黒く変色後、薄く広げて水をかけ消火します。籾殻の形状が残ったままのものが良質のくん炭といえます。

#### (b) 貝殻・甲殻

一般に、貝殻は火力乾燥し粉碎したものを用います。貝殻には、構成成分であるタンパク質由来の窒素や海水中の微量元素のほか、炭酸カルシウムが大量に含まれています。そのため、酸性土壌の中和に効果的です。通常、酸性土壌の中和には石灰などを用いますが、その際、過剰中和による微量元素欠乏が問題となることがあります。しかし、貝殻粉末では、多量に施用を行った場合でも微量元素欠乏はみられず、反対に植物の微量元素吸収率は向上し、生育、とくに、根の生育を促進させる傾向があります。

甲殻は、甲殻類の外皮を乾燥、粉末にしたものでかに殻などを指します。キチン・キトサンなどを含み、作物の耐病性を向上させる効果などが知られています。

#### (c) 泥炭（ピート）類

泥炭（ピート）は、沼地に生息している植物の遺体が嫌氣的条件下で分解され堆積したものです。一般には、寒冷地に分布していることが知られています。しかし、熱帯地域にも通称トロピカルピートといわれる泥炭が埋蔵されており、有機質資源としての利用が期待されています。トロピカルピートは、マングローブなどの樹木やヨシ、スゲなどが分解し、木質性の高いものが多いといわれています。

ピートは、肥料効果はほとんどありませんが、繊維状であることから土壌の孔隙率を高め、保水性および通気性を改善する土壌改良材としての効果やアルカリ性土壌ではピートの腐植酸によるpH調整する働きも土壌中での分解が緩慢でCECが高く、土壌の保肥力の持続が期待できます。しかし、ピートはpHが3～4と低く、保存中に乾燥しすぎると水をはじく性質があるので注意が必要です。



#### (d) 緑肥

緑肥とは、緑葉植物を直接土壌中にすき込み利用するもので、大部分がマメ科植物を用います。代表的なマメ科植物としてレンゲ、そのほかにウマゴヤシ、ルーピン、カウピーなどがあります。また、マメ科以外にもナタネ、エンバク、ソバなども利用されます。

マメ科植物の緑肥を施用した場合、根粒菌の働きにより空気中の窒素が土壌中に固定されて、土壌への窒素の供給がなされるほか、マメ科植物が吸収した土壌の深層の養分を還元することができるため地力の補強に役立ちます。また、農閑期の圃場を植物で被覆することにより、養分の溶脱や土壌侵食を防ぐ効果があり、熱帯の降雨量の多い地域では重要な働きを示します。

土壌中での緑肥の分解は、堆肥よりも速く、とくに、マメ科植物の分解は速やかに進行します。一般に、植物体の窒素含量が高いほど組織も軟らかく、土壌中での分解が容易になるため、開花する前後の窒素含量の高い時期のすき込みが効果的です。しかし、緑肥作物は、飼料として利用価値の高いものも多いため、飼料として収穫し残渣をすき込む場合もあります。

水田における緑肥の利用は、田植えの一か月前に消石灰を50 g（1 t 当たり）程度補給した生草を2～3 t/10 a すき込みます。水田では、微生物による急激な分解の結果過度の還元状態を招く恐れがあるため、田植えの直前の施用は避ける必要があります。畑作では、生草を3～5 t/10 a 施用するのが一般的です。

## 2—3 不耕起栽培

### 2—3—1 不耕起栽培とは

不耕起栽培の起源は、青銅器や鉄器が使用される以前の原始的農業にまで遡ることができます。現代において不耕起栽培は、土壌および水の保全という観点から注目されている農法です。この栽培法はアメリカはもとより、ブラジル、メキシコ、オーストラリアおよびヨーロッパ諸国で急速な発展をみています。

不耕起栽培のもうひとつの大きな利点として、播種前行程の省略による省力化および燃料消費量の減少による省エネルギー効果の大きいことが挙げられます。

不耕起栽培の定義には様々なものがありますが、一般に畑をプラウですき起こすことも、また、ディスクハロウで整地することも行わず、前作を刈り取った跡地に、そのまま次の作物を作付け、除草のための中耕も行わない栽培法を不耕起栽培法といいます（ただし、播種の際に播種溝のみは必然的に条耕されます）。

英語では、耕耘の程度、使用する耕耘機により、英語でNo-tillage, Zero-tillage, Rotarystrip Tillage, Minimum tillage, Stubble mulching, Ecofallow, Limited Tillage, Directo drill, およびSurface tillageと様々な名称で呼ばれています。

パラグアイではこれをSiembra directa、ブラジルではPlantio diretoと呼んでおり、これを日本語に直訳するといずれも直播きとなります。

直播きという表現は苗による移植を行わず、種子を直接播く直播きとまぎれやすいので日本語では不耕起と呼ぶことにしています。

一方、スペイン語のLabranza convencional（慣行耕耘）やLabranza minima（最小または省力耕耘）に対して、不耕起栽培をLabranza zero（ゼロ耕耘）と表現する場合があります。

### 2—3—2 不耕起栽培の利点と問題点

現代において原始農業のような不耕起栽培が、最先端の環境にやさしい農業技術として改めて注目されてきた理由について不耕起栽培の利点と問題点を挙げて考えてみたいと思います。



## (1) 不耕起栽培の利点

不耕起栽培には、次に述べる6つの利点が考えられています。

### (a) 土壌流亡の防止

たとえば、パラグアイの主要畑作地帯は波状形の傾斜地帯に広く分布しており、慣行栽培では降雨時の土壌浸食が著しいのです。

とくに、播種直後もしくは出芽初期のころ、降雨により土壌と共に種子や幼苗、肥料が流れ、播き直しをしなくてはならないケースが数年に一度は発生します。

その点、不耕起栽培では土壌流亡が少なく、土壌と共に種子や肥料が流されるというケースはほとんど見られず、土壌保全の上からみても有力な技術ということができま

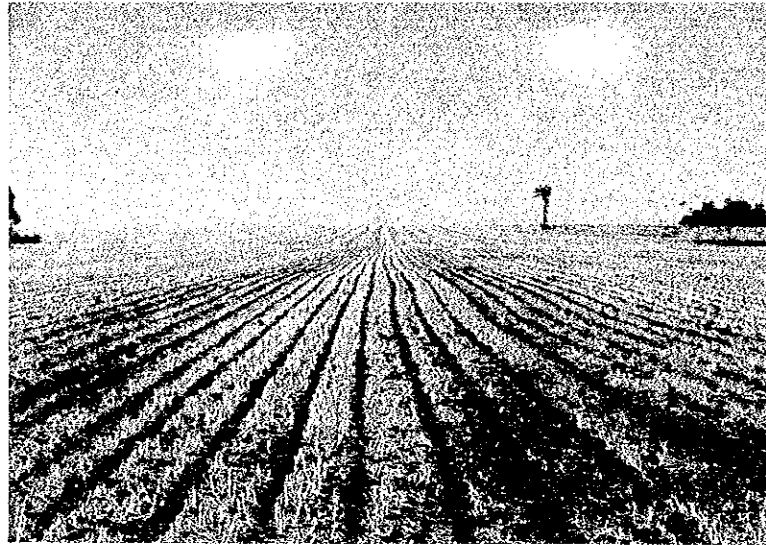
す。一般に、前作残渣のような粗大有機物が土壌流亡の防止に大きな役割を果たすことは広く知られており、アルゼンチンの国立農業試験場 (INT) の調査結果によると、図1のとおり粗大有機物は量が多いほど、また、土中にすき込むより不耕起状態で被覆したほうが降雨による土壌浸食防止の効果がはるかに大きいとされています。

また、ブラジルのパラナ州立農業試験場 (IAPAR) においても、等高線テラスのある耕起区よりテラスのない不耕起区の土壌流亡が少ないというデータを発表しています。(図2)

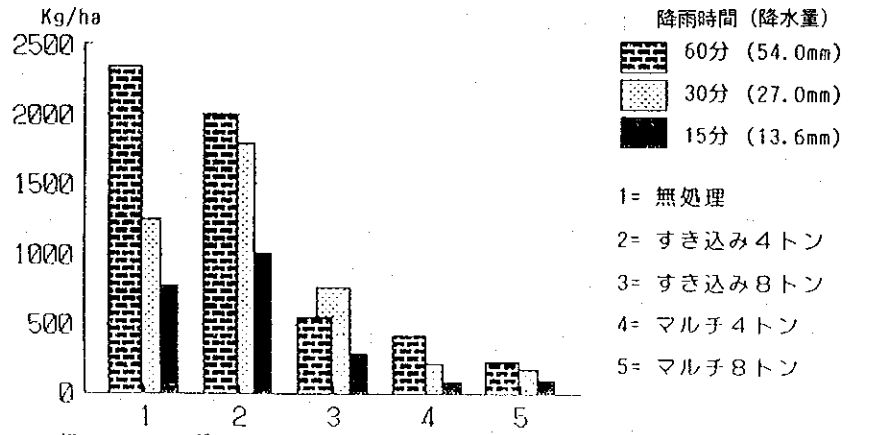
パラグアイだけでなく、他の南米諸国で不耕起栽培を導入した動機は、降雨による土壌流亡の防止でした。



土壌流亡が著しい慣行栽培圃場 (パラグアイ)

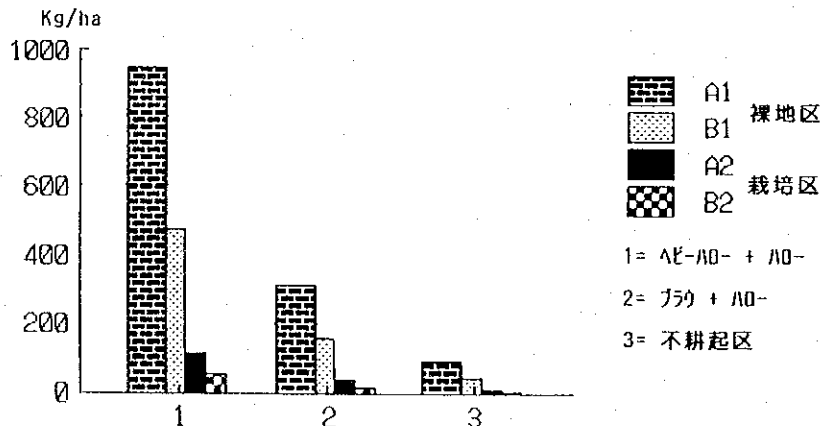


土壤流亡を起こさない不耕起栽培圃場 (パラグアイ)



場 所: INIA\_Marcoz Juarez Argentina  
 人工降雨装置: SWANSON (ネブラスカ州リンコン大学)  
 試験区の大きさ: 4×10m  
 傾 斜 度: 3%  
 出 所: Primeras Jornadas Binacionales de S. D. のデータを基に作成

図1 麦程のすき込みとマルチ処理における土壤流亡との関係



註 試験区A: 等高線テラスのない区 B: 等高線テラスのある区  
 試験場所: \*\*ブラジル国パラナ州立農業試験場 (IAPAR)  
 試験期間: 1977年~1979年  
 出 所: Plantío direto no estado do paraná (CIRCULAR IAPAR No. 23)  
 のデータを基に作成

図2 裸地および栽培区の耕耘法の違いによる土壤流亡量の比較

#### (b) 土壌水分の保持

土壌表面の植物残渣は、太陽光線から土壌を保護し、土壌水分の蒸発を抑制し、とくに作土層（0～20cm）に高い湿潤性を維持します。不耕起栽培による優れた保水効果は、とくに乾燥地域において収量が増加する要因となっています。ダイズの場合は全生育期間を通じて旱魃にも強くなり、乾燥地での不耕起栽培が普及しています。

#### (c) 熱帯や亜熱帯地域における地表面温度上昇の抑制効果

夏期（11月、12月）には地表面温度が裸地の場合70℃以上に上昇することがあり、作物の生育に悪影響を及ぼします。とくに、発芽後間もない幼植物は地際部分が煮えたように、水分を失い倒れます。倒れなかった個体でも、地際部分の組織がもろくなり、やがて開花期に風が吹くと倒伏します。しかし、不耕起栽培では収穫残留物によるマルチ効果があり、地表面の温度が耕起した裸地区よりも低いので、高温による発育障害が緩和される効果があります。

#### (d) 土壌の肥沃化

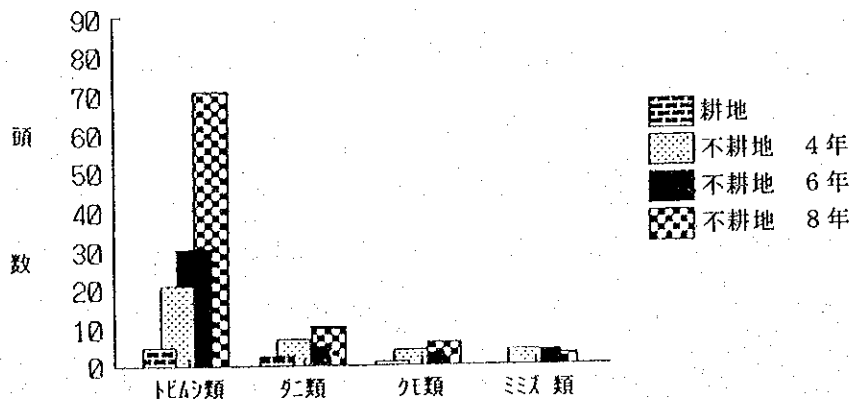
土壌の耕作は、土壌有機物の分解速度を速めます。不耕起栽培の表層土壌は、耕起のそれに比べて、湿潤・冷涼で酸素に乏しく、酸性に傾きます。したがって、数年間不耕起栽培を行なった後の土壌には、土壌有機物含量が高まり、土壌は肥沃になります。

#### (e) 土壌生物の増加による土壌構造の改善

不耕起栽培では、土壌小動物や土壌微生物の生息環境はほとんど破壊されず維持されます。耕起栽培では耕作によって土壌環境の破壊が毎年繰り返されています。したがって、生物の動態が大きく異なります。

不耕起栽培では、表層から深さ7.5cmまでの土壌に生息する微生物種が著しく増加しています。これらの微生物の増加は、不耕起栽培土壌における水分、炭素、および窒素含量が耕起栽培の土壌よりも多いことに起因しています。

不耕起栽培では地表面に前作の残渣があるので、直接太陽光線が土壌に当たりません。残渣の多い作物（トウモロコシ等）を栽培し、長年、不耕起を継続することにより、ミミズや土壌昆虫類などの土壌小動物が増加します（図3）。これらの活動によって表層に集積する作物残渣や前作の根と共に安定した団粒構造を形成します。その結果、表層における根の伸びが良くなり、作物の生育も良好になることが報告されています。また、ミミズや作物の根によって形成される孔隙は、水分の保持能力を向上させます。



調査者：小野木静夫（JICA病害虫専門家）  
 CETAPAR病害虫試験成績書の（1991/92）データから作成

図3 耕起・不耕起栽培条件下における土壌生息小動物類の差異

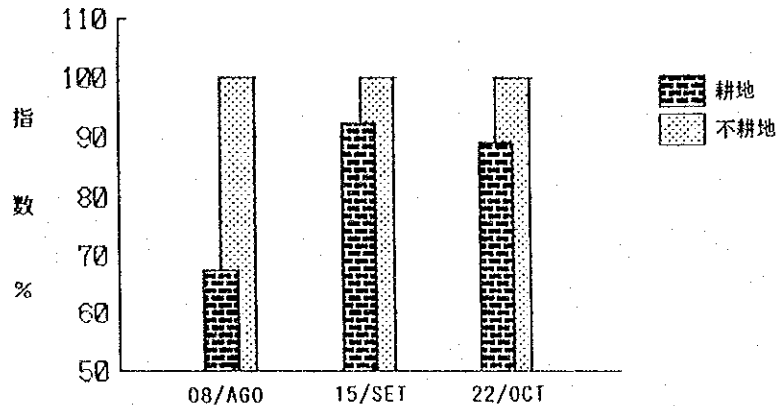
(f) 播種期の調節

耕起・整地作業を行わないので、時間的に余裕ができ適期に播種ができるという利点があります。また、前述のように耕起作業を行わない上に、前作の残渣がマルチの役割を果たしているため、水分の蒸発量が少なく土壌水分が保たれやすいため、発芽に必要な土壌水分が耕起圃場よりも長く保たれています。したがって、播種ができる期間がそれだけ長くなり、適期播種ひいては安定生産につながります。

(g) 慣行栽培との収量比較

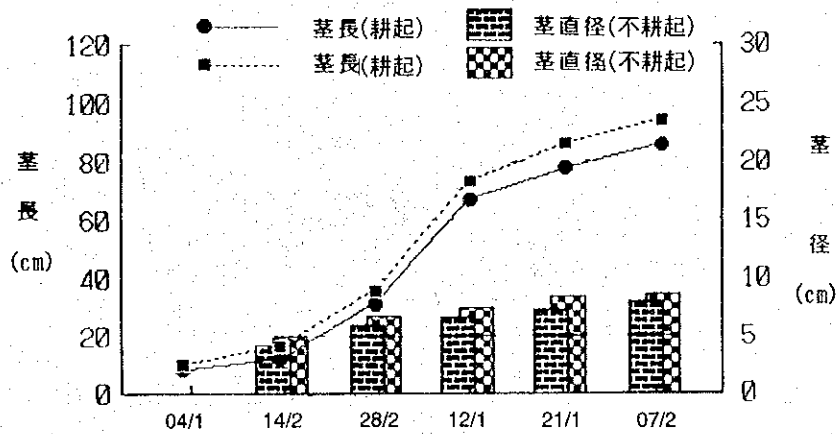
不耕起栽培は完全な耕起省略栽培ですが、作物の生育や収量については、出芽と雑草防除に失敗しない限り慣行栽培と比較して同程度か、ダイズなどではむしろ優れているという事例も報告されています。

図4・5は地域農業研究センター（CRIA）で得られた結果です。これによると、コムギ乾物重（図4）、ダイズ茎長・茎径（図5）ともに生育初期の段階から不耕起区の方が慣行区より優れていることがわかります。



注 調査場所：CRIA  
 Ensayo comparativo entre dos sistemas de labranza(1992年度)  
 のデータを基に作成  
 Ing. Chiaki Aoyama & Ing. Artemio Romero

図4 耕起および不耕起がコムギ乾物重の差異に及ぼす影響



注 調査場所：CRIA  
 Ensayo comparativo entre dos sistemas de labranza のデータを基に作成  
 播種期：1992年11月13日  
 Ing. Chiaki Aoyama & Ing. Artemio Romero

図5 耕起および不耕起区のダイズの茎長・茎径の経時的変化 (92/93)

## (2) 不耕起栽培の省力・省エネ効果

不耕起では機械類の稼働時間が少ないので、燃料費の節減や労働時間の節減のほか、機械類の耐用年数が伸びるなどの直接目に見えない部分の効果も大きいといえます。

たとえば、慣行栽培で200haの面積を耕耘、整地し適期播種するには80馬力以上のトラクターが3～4台必要ですが、不耕起では耕耘、整地の必要がないので、80馬力程度のトラクター1～2台で十分にカバーできる上、プラウやハロー、サブソイラーといったアタッチメント類も必要なくなります。

不耕起栽培は経費の節減または高い能率性、あるいはこの両者を兼ね備えており、



従来の耕起栽培に比べて経済的にも優れています。

### (3) 不耕起栽培で指摘されている問題点

#### (a) 専用播種機の必要

不耕起栽培畑には前作残渣があることと、地表面が一般的に耕起区より硬いことにより、慣行栽培用の播種機をそのまま使用することができません。

慣行栽培用の播種機を不耕起に使用するには、前部に残渣を切断するディスクを、後部には鎮圧覆土輪を取り付けたり、重量を増加したりするなどの改良が必要です。

(図6)

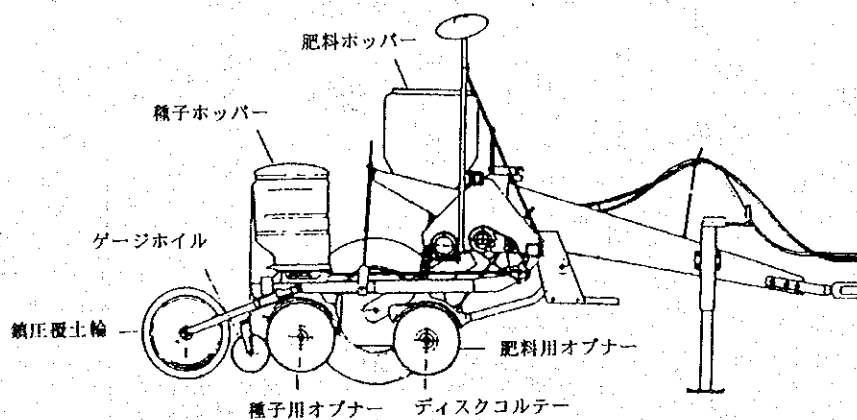


図6 不耕起播種機

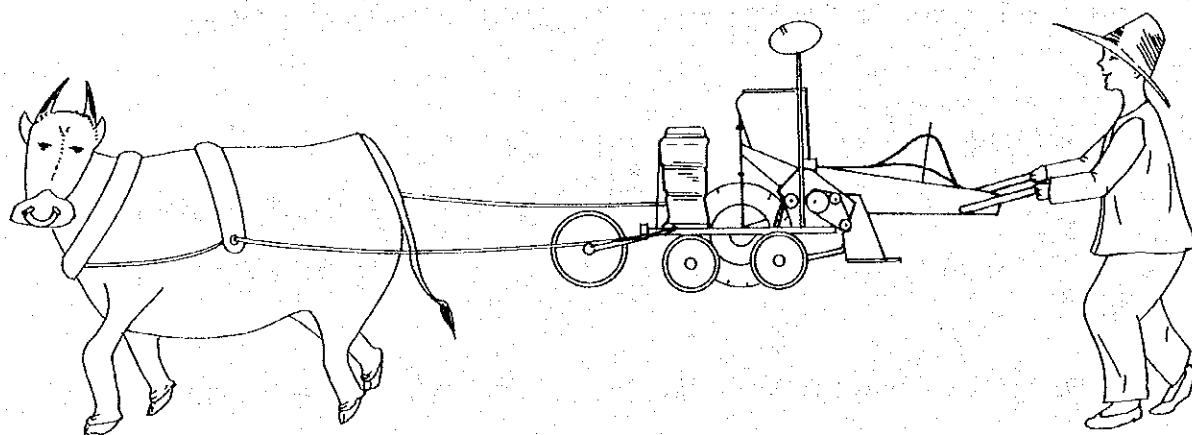


図7 小農用畜力不耕起播種機

所有面積20ha以下の小農に対しては、人畜用小型機械の導入が勧められています。

(図7)

(b) 雑草防除

不耕起栽培では雑草防除は除草剤に依存しています。一般に、除草剤の効果は散布時期の気象条件と雑草の生育ステージによって大きく左右されます。早魃状態では効果が劣り、地表面に前作残渣がある場合、土と混和できない箇所があり、防除効果の大きい土壌処理剤の効果は慣行栽培に比べて劣るようです。

(c) 土壌汚染と環境汚染に対する懸念

雑草防除を除草剤連用に依存すると、土壌汚染や環境汚染が問題になります。とくに、慣行栽培での除草剤は、不耕起栽培より土壌流亡が著しいので、河川汚染や環境汚染の問題は大きいといえます。

(d) 病害虫の発生

米国やブラジルの文献によると、不耕起栽培では作物残渣が地表面に残っているので、慣行栽培に比べ病害は多発傾向にあると報告されています。ただし、長年、不耕起を継続すると天敵が増え、自然界における生態系のバランスが保たれるので、一時的に病気や害虫が増えたとしても、それほど収量に大きく影響することはありません。むしろ、総合防除の観点からは、不耕起栽培の方が優れているということが出来ます。

(e) 着手初期の直接経費

パラグアイの場合、除草剤は全て輸入品でいずれも高価であり、時として機械除草よりもコスト高になります。また、現時点では病害虫防除のための農薬使用量と回数は不耕起でも慣行栽培と同じです。これからは、環境にやさしい安全な除草剤や農薬の活用が望まれます。ダイズ作などの場合には不耕起栽培を長年継続すると肥料を施す必要がないので、直接経費は慣行栽培よりも安くなります。

表-1 慣行・不耕起栽培法における生産コスト比較

経費	大豆						小麦				
	慣行		不耕起3年未満		不耕起4年以降		慣行		不耕起		
	Gs	US\$	Gs	US\$	Gs	US\$	Gs	US\$	Gs	US\$	
直接経費											
人件費	20,540	(15.56)	10,700	(7.64)	10,700	(7.64)	15,610	(11.83)	10,980	(8.32)	
種子	28,000	(21.21)	28,000	(21.21)	28,000	(21.21)	36,000	(27.27)	36,000	(27.27)	
肥料	50,000	(37.88)	50,000	(37.88)	0,000	(0.00)	102,500	(77.65)	102,500	(77.65)	
除草剤	56,200	(42.58)	94,100	(71.29)	94,100	(71.29)	5,630	(4.27)	30,630	(23.20)	
殺菌剤	5,000	(3.79)	5,000	(3.79)	5,000	(3.79)	63,400	(48.03)	63,400	(48.03)	
殺虫剤	18,150	(13.75)	18,150	(13.75)	18,150	(13.75)	17,000	(12.88)	17,000	(12.88)	
燃料費	35,370	(26.80)	11,340	(8.59)	11,340	(8.59)	22,550	(17.08)	13,200	(10.00)	
修理費	26,930	(20.40)	12,000	(9.09)	12,000	(9.09)	19,100	(14.47)	14,440	(10.94)	
運賃	12,000	(9.09)	12,000	(9.09)	12,000	(9.09)	12,000	(9.09)	12,000	(9.09)	
予備費	25,220	(19.10)	24,070	(18.23)	24,070	(18.23)	29,380	(22.26)	32,220	(24.41)	
小計	277,410	(210.17)	264,730	(200.55)	214,730	(162.67)	323,170	(244.83)	332,370	(251.79)	

「大豆・小麦の生産コスト試算表—1991年4月現在」より抜粋。 CRIA 月山千秋 (1320/US\$)

(f) 表層部の硬化

不耕起栽培では耕起を行わないので、トラクターやコンバインの重みにより、表層(0~15cm)が耕起区よりも硬くなります。とくに、粘土質の土壌ではこの傾向が強くなり、発芽不良と生育不良を挙げる農家もいます。

表-2 不耕起栽培土壌の粒径分布

処 理	深 さ	粒 径 2 mm <	団粒分析 (粒径分布%)					貫入抵抗 (PF)		
			2~ 1	1~ 0.5	0.5~ 0.25	0.25~ 0.1	0.1 >	溝	畦 間	PF
不耕起	0~2	66.4	4.8	5.8	8.6	7.5	7.1	—	—	1.5
	2~5	67.4	7.3	6.3	8.2	5.4	5.5	10	9	
	5~10	62.4	8.9	8.7	8.5	5.8	5.8	14	14	
	10~20	53.4	12.5	10.8	10.3	6.2	6.8	18	18	
耕 起	0~2	32.6	11.3	13.7	17.5	15.8	9.2	—	—	1.4
	2~5	39.1	9.7	13.3	15.7	12.6	9.8	6	4	
	5~10	47.4	12.8	12.2	11.4	8.4	7.9	10	6	
	10~20	32.4	14.4	15.6	16.4	10.6	10.8	14	8	

場 所: CETAPAR 試験圃場  
 不耕起継続年数: 3年目圃場  
 調 査 者: 小川和夫 (JICA土壌・肥料専門家)・CETAPAR 堀田利幸職員

しかし、長年不耕起栽培を継続しても、何回もトラクターやコンバインが反転する畑の周回や、農薬散布のために通路化して硬くなった箇所以外では、むしろ、表層部に年々有機物が堆積してスポンジ状になるという例もあります。また、播種の問題については、近年、播種機の改良がなされていることもあり、土壌が硬くても機械の調整で解決できます。

土壌硬化については、表-2の調査結果によると、表層部の土壌は確かに慣行栽培より不耕起栽培の方が硬いですが、長年、不耕起を継続すると団粒構造が発達してくるので、耕耘した土壌に比べると作物根の伸長が良くなります。

(g) 不耕起栽培で収量が減少するケース

不耕起栽培で減収するケースは、半湿潤および湿潤地域に多く見られます。減収する理由としては、

- (a) 出芽の不安定による単位面積当たりの個体数の減少
- (b) 雑草との競合
- (c) 低温が問題になる地域では、土壌表面マルチにより地温の上昇が抑制され、発芽の障害

- (d) 排水性の悪い圃場では表層の水分過多による湿害
  - (e) 土壌の物理性の悪化による根の生育抑制
- などが挙げられます。

### 2—3—3 ダイズ・コムギの不耕起栽培技術

#### (1) 不耕起栽培を始める前の準備

慣行栽培から不耕起栽培に移行する際には、次の点に留意し準備します。

##### (a) 畑の均平

畑に凹凸があると、播種の際、種子の覆土が不均一となり、出芽が不揃いになるので、ディスクハローにより土壌をできるだけ平らにならしておきます。

##### (b) 土壌のpH矯正

酸性土壌（pH 5.5以下）では、不耕起を始める前に石灰を施してpH 6.5を目標に矯正しておきます。石灰の量は土壌の種類とpH、それに石灰肥料の成分含量により異なりますので技術者のアドバイスを受けるとよい。

##### (c) 土壌中の耕盤の破碎

長年、耕起を続けた畑では、プラウやハローの刃でできた硬い盤（耕盤）が、地中10～25cmのあたりにできているのでサブソイラーを通して破っておきます。

##### (d) マルチ用の作物の作付け

着手にあたっては、その前作にできるだけ茎葉乾物量の多い緑肥作物（マルチ用作物）を栽培し、出穂・開花期過ぎから種子の乳熟期頃に、除草剤で枯らすか、刈り倒し土壌表面を覆う材料とします（冬期であれば、エンバクやエンドウ豆、夏期であればデントコーン）。ただ、刈り払い機で刈り取ったのでは材料がまんべんなく散らばらず、筋状によせてしまうので適当ではありません。

##### (e) 雑草の少ない畑から行う。

しばしば雑草防除に失敗して手がつけれなくなるケースが見られます。生育初期に徹底的に防除する必要があります。

#### (2) 不耕起栽培を行う時の注意

##### (a) 播種前の雑草防除

雑草は播種前に完全に防除しておく必要があります。

(b) 品種

現在、栽培されている品種の中では、不耕起に対して、特に向き、不向きはありません。不耕起開始初期の頃はダイズ・コムギ共に、できるだけ乾物量の多い品種を選び、収穫残渣を地表面に残す方が望ましいといえます。

(c) 播種期の選定

播種時期については慣行栽培となんら変わりません。不耕起栽培では圃場の準備が早くできることから収量増加のため、早播きを実施しています。ダイズでは早播きすると伸びない感光性品種以外であれば差し支えありません。コムギは出穂期以降における降霜の危険性を考慮して、播種期を選定します。



不耕起栽培における播種作業（パラグアイ）



不耕起栽培の播種後の畑の状況（パラグアイ）

(d) 栽植密度

栽植密度は基本的には慣行栽培と同じです。しかし、ダイズでは畦間が広かったり、欠株が多いとどうしても雑草が生えやすくなります。また、立ち株数が少なくなると雑草だけでなく、幼苗期に害虫の被害も受けやすくなり、さらに立ち株数が減少し、ますます雑草が生えやすくなるという悪循環になるので若干多めに播種して欠株を少なくします。

欠株を少なくするためには、

- ① 発芽率の検定
- ② 播種粒数の検査：播種機を道路の上で走らせ、1 m 当たりに目的播種粒数が落ちているかどうか自分で確認し調整します。
- ③ 多めの播種
- ④ 適畦幅の選定

コムギの場合、畦幅は慣行栽培と同様、ほぼ16～17cm（立株数50本/1 m<sup>2</sup>）で不都合はありません。ダイズは畦幅を狭くし、株間を少し広げる栽植法が、受光体勢の点から好ましいですが、10月上旬から中旬に播種する場合、どうしても茎が伸びにくく、機械収穫に支障をきたす恐れがあるので、畦幅を35cmと狭くし、個体間の競合を起こさせるなどの工夫が必要です。ダイズの栽植密度は播種期、品種によって一律ではありませんが、表3の基準を目安に播種します。

表3 ダイズの栽植密度と播種量

播種機	畦幅	株間(本数/1m)	ha当たり播種量(kg)	株数/ha 単位：千
大粒専用播種機	45～48 cm	8 cm (12 本)	55～50	270～250
大粒・小粒兼用機種	32～34 cm	10 cm (10 本)	70～60	320～290

注： ha当たり播種量は粒の大きさにより異なる。

(e) 覆土の確認：覆土が良くなされていない場合には覆土輪を調整します。

(e) 播種方法

不耕起栽培では整地作業を行わないので、同じ方向だけに播種すると作溝ディスクにより播種溝に段差ができ凹凸になりやすいです。

また、農業散布のために通路化した部分はどうしても土壌が硬くなり、その部分は出芽が悪くなります。

このような時には、コムギを東西に播種した後は、ダイズを南北というように、前作と後作をクロス播種することによりある程度問題を解決できます。ただし、集中豪雨の多い夏には等高線沿いに播種するなど計画的に行うことが大切です。

#### (f) 播種機

現在市販されている播種機は大粒用と大粒・小粒兼用のものがあります。

不耕起栽培用の播種機は機種によってその形式は少しずつ異なります。一般に一番前についているディスクにより前作残渣の切断と播種溝をつくり、ダブルディスクにより施肥・播種し覆土ホイルで播種部分を被覆します。

#### (g) 施肥方法

不耕起栽培でも慣行栽培と同様の成分と量を施肥しており、とくに変わった施肥法はしていません。最初の施肥量は、コムギに化成肥料(18-46-0)を170~200kg/haを施肥し、ダイズはその残効で栽培するのが一般的です。リン酸が少ない土壌では、ダイズにもリン酸を成分で40~50kg/ha施肥する必要があります。

しかし、長年不耕起栽培を継続するとリン酸や塩基類が表層に集積される傾向があり、4~5年以降は少しずつ肥料を減らします。

#### (h) 管理作業

##### ① 雑草防除

不耕起栽培での雑草防除は除草用の機械を一切いれず、主に除草剤で行なっていますが、環境にやさしい薬剤の選択が大切です。除草剤で完全に防除できない場合、あるいは、作物より上部に抜きこんだ雑草は、種子が発芽能力をもつ前にできるだけ抜き取っておくことが必要です。

##### ② 病虫害防除

不耕起では前作残渣が地表面に残っているため、その残渣に病原菌が付着して、翌年度の感染源となりやすいです。したがって、病虫害防除については慣行栽培以上に注意が必要です。

#### (3) 不耕起栽培と輪作

現在、パラグアイの日系農家が行っている不耕起栽培はそのほとんどがコムギ~

ダイズの単純一年二毛作体系で行っていますが、その理由として、

- (a) この両作物が、現時点では生産物の販売と流通の面で一番問題がない作物であり、その他の作物で、価格と販売先の面で安心して大量生産できる作物が見当たらないこと。
- (b) 輪作上、イネ科（コムギ）とマメ科（ダイズ）が理想的な組合せであること。実際に生育も良く不耕起栽培を初めてから5～10年、耕起栽培時代からすると通算10～15年以上も毎年この組合せで栽培していますが、現時点ではとくに重大な支障がなく、むしろ単位面積当たりの収量は気象条件さえ恵まれれば年々増収の傾向さえみられます。
- (c) 両作物ともに現有の播種機やコンバインがそのまま活用できます。

しかし、不耕起栽培でも、ダイズ～コムギ作のような基幹商品作物の単純体系の繰り返しでは、土壌有機物の減耗は避けられず、連作障害も発生しやすくなります。これを防ぐためには、土壌保全・地力維持を主目的として、さらには家畜飼料に兼用できる被覆作物・緑肥作物を取り込んだ輪作体系で栽培することが望ましいといえます。

畑作の作物体系にイネ科（バイオマス供給）／マメ科（窒素供給）／根菜（深耕）のバランスが要求されるのは、不耕起栽培においても同様です。基幹作物の作付け期の間、地表面の保護を目的として植える被覆作物は、繁茂型兼深根型の植生でC/N比の高い成分をもつ作物がよいといえます。これらは、土壌浸食防止効果が高く、伸長した根系が短期間で分解して土壌有機物を蓄積し、土壌生物の生息密度を増して深耕効果をもたらすなど、後作に好影響を与えます。表4にみるように、エンバク・緑肥用大根・ルーピンはこのねらいに合致した作物です。

表4 パラナ州の緑肥作物の諸特性の比較（パラグアイ）

種 別	地上部重		根重 (0~90cm) Kg/ha	Total N		計 Kg/ha	C/N比	
	Kg/ha	%		地上部 Kg/ha	根部 Kg/ha		地上部	根部
ルーピン (白花種) ( <i>Lupinus albus L.</i> )	2.710	18.0	1.500	57	33	90	23	20
エルビリヤッカ ( <i>Vicia villosa Roth.</i> )	1.590	16.8	1.580	34	27	61	15	16
チクリングベッチ ( <i>Lathyrus satirus L.</i> )	2.060	23.9	1.270	36	28	64	22	17
ライムギ ( <i>Secale cereale L.</i> )	3.330	41.8	1.450	39	17	56	42	25
エンバク ( <i>Avena strigosa Schieb.</i> )	5.590	23.2	3.080	97	50	147	28	31
小麦 ( <i>Triticum aestivum L.</i> )	1.960	78.0	1.490	23	24	47	38	26
緑肥用大根 ( <i>Raphanus satirus L. var.</i> )	4.750	13.0	1.760	101	34	135	21	20
菜種 ( <i>Brassica napus L.</i> )	2.220	14.8	1.980	52	39	91	16	21
ヒマワリ ( <i>Helianthus annuus L.</i> )	3.240	18.2	2.300	30	25	55	54	33

(生育期間)39日 (ヒマワリのみ125日)。1982. 12. 04播種。小麦・菜種はN30Kg/ha施用以外は無施用)  
(Derpsch et al. 1985)



エンバクやイタリアンライグラスは、商品作物の少ない冬期間の、地力増進のための被覆作物となり、さらに短期畜産用の飼料としても重用されます。その後作ダイズの収量への影響を表5に示します。

表5 冬季作型の後作ダイズ収量への影響 (t/ha)

冬季作型	90年冬作				90/91年大豆	
	土壌硬度	雑草の多少	全乾物量	子実量	全乾物量	子実量
休閑・除草	6.6	少～中	—	—	5.87	2.51
イタリアンライグラス・不耕起・被覆	4.9	ビ	4.29	—	8.16	3.36
〃 〃 〃 持出	21.7	ム～ビ	6.30	—	6.04	2.60
〃 〃 〃 耕起・被覆	4.7	ビ	4.49	—	7.59	3.24
〃 〃 〃 持出	11.6	ム	6.59	—	5.88	2.49
エンバク・耕起・被覆	3.5	ビ	4.93	—	8.54	3.71
〃 〃 〃 持出	8.4	少	8.53	—	7.15	3.15
小麦・不耕起・〃	13.7	中	4.35	1.43	5.66	2.35
〃 〃 〃 耕起・〃	5.5	中	4.70	1.54	6.08	2.62
〃 〃 〃 不耕起追肥・〃	12.2	中	5.79	1.97	7.09	3.04
〃 〃 〃 〃 〃 〃	7.3	中	5.75	1.85	5.07	2.03

注) 被覆=最終刈分のみ残置、持出=全量搬出、土壌硬度はKg/cm<sup>2</sup>

地力維持、あるいは畑畜複合を重点に考えたダイズ主体の輪作体系は次のようなものがあります。

- ①コムギ/ダイズ/トウモロコシ/エンバク/ダイズ (ブラジル・パラナ州3年輪作)
- ②ダイズ/トウモロコシ/ヒマワリ/ダイズ/コムギ (パラグアイ・ナランハル2年5作)

なお、輪作体系形成の上でとくに留意すべき点は、共通の病害虫の宿主となる作物を前後作としないことです。

また、単一作目の単純作業体系は効率的ではありますが、農地の荒廃や環境破壊を生じやすくなります。永続的生産技術体系を維持するには、多少の効率低下を受容しても、土地の保全・地力の向上を図らなければなりません。そのためには、生産資材や生産物を相互補完的に活用できる複合経営を取り入れるのが理想的です。その作目間の組合せは畑畜複合(Agropastoral system)畑林複合(Agrosilvicultural system)林畜複合(Silvopastoral system)などがあり、とくに畑畜複合に注目する地区(ブラジル・パラナ州やパラグアイ・イグアス地区ほか)が多いです。

畑畜複合の場合は、かなりの生産機械が兼用できます。緑肥作物は家畜の飼料(青刈り・乾草・サイレージ・短期放牧用)となり、排出された家畜糞尿は有機質

肥料として畑地に還元され、土壌の理化学性・微生物性を改善します。トウモロコシは、飼料価値のほかに多量の有機質を圃場に還元し、そのサイレージは糞尿の脱臭効果もあります。

家畜飼料を主体としたつぎの作物体系では、圃場 1 ha 当たりの収益は畑作 250 ドルに対して、畜産を取り入れると 450 ドルに増えるといえます。

エンバク／トウモロコシ／コムギ／ダイズ／トウモロコシ（ブラジル・パラナ州 3 年輪作）

小規模経営、あるいは地域内での畑畜複合としては、一時的畜産導入があります。

#### 2—3—4 むすび

パラグアイの大型機械化による生産技術体系は、従来の慣行方式である全耕起栽培を行うと大量の表土流亡（土壌浸食）に悩まされてきましたが、不耕起栽培法が 1980 年代に導入されると、土壌保全とともに省力安定化の効果が認められるようになりました。また、作付順序も食用作物の単純二毛作体系から、飼料作物を取り入れた輪作体系へと変わり、さらに生産物を活用して、畜産または永年樹との作目複合による永続的生産体系へと進展しつつあります。

不耕起栽培には、①土壌浸食の防止②土壌水分の保持③適期播種④土壌肥沃度の増加⑤豊かな土壌生物性&省力・省エネ効果などの利点があり、有望な省資源・環境保全型農業と位置付けることができます。

しかし、短期的な視点からは①出芽不安定②雑草との競合③地温上昇の抑制（冷涼地域）④湿害⑤土壌の物理性の悪化などによる収量の低下も認められます。

#### <参考文献>

- 1) 全パラグアイ永続農法研究会著、「パラグアイにおける不耕起栽培」
- 2) 全国農業改良普及協会著、「中南米の農地劣化地域における持続的作物生産技術」
- 3) 青山千秋著、「パラグアイにおける大豆・小麦の不耕起栽培」専門家通信、国際農林業協力協会
- 4) 青山千秋著、「ダイズ・小麦の不耕起栽培」現地有用技術集、国際農林業協力協会

- 5) 岩田進午著、「不耕起栽培は21世紀の農法たりうるか」日本農業研究所研究報告「農業研究」第9号(1996)
- 6) 金沢晋次郎著、「持続的・環境保全型農業としての不耕起栽培」日本土壌肥科学雑誌 第66巻 第3号(1995)

## 2-4 間・混作と輪作

### 2-4-1 作付体系の略史

農作物の作付は歴史的に多くの変遷を経ており、地域的にも極めて変化に富んでいます。人口密度が希薄で開拓可能な土地が豊富にあり粗放な農業が営まれていた時代には、開墾した土地に数年間作物を栽培し、雑草の繁茂と生産力の減退し始めるころその耕地を放棄、ほかの土地を開墾して作付ける完全な略奪農法がとられていました。これは、移動式農法と呼ばれていて、焼畑はこれにあたります。

焼畑は乾期に林地を焼き払い数年間無肥料で耕作し、地力が消耗し雑草の繁茂が著しくなるとこれを放置し、他の林地に移動します。放置された土地には雑草や林木が自然に再生します。15~20年の間に林地が自然に回復します。そのころをみはからって再び火を放って焼き、畑地として利用するものです。焼き払うことにより雑草は根絶し灰が肥料となり、また無肥料の農業が続けられる持続可能な農法なのです。焼畑は、東南アジアの森林地帯、アフリカ、南米などの湿潤な地域において現在でも行われています。耕作期間や休耕期間はその土地面積の広狭や性状、人口密度に応じてまちまちです。

また、土地を何年かおきに畑地と草地に交替して利用する方式があり、これは穀草式と呼ばれています。穀草式は家畜の飼養と関係しており、多くの場合規則正しく古い草地から順に畑地に切り替え、同様に古い畑地から順に草地に切り替えを行っていきます。この方式は、多年生牧草を導入することにより家畜の飼料生産を確保し、その結果厩肥を増加させ、地力増進をはかるものです。さらに、牧草導入によって土壌構造の改善がなされます。

人口が増加し、耕地も制限されてくると、次第に定着して農耕を営むようになり、土地の利用はだんだん集約化されてきました。そして同じ土地に永続的に作付を行わなくてはならなくなり、耕地と草地を永続的に切り離して穀物の単作、連作をする傾向となり必然

的に地力が減退しました。そこで地力の減退を防ぐため、何年かに一度作付をやめ、休閑する方法が考えられました。

ヨーロッパでは、古くから三圃式農法という作付の形式がありました。これは耕地の2/3に穀類を作付し、残り1/3を休閑地とし、これを順繰りに交替する方法です。この場合家畜飼養のための草地は耕地とは別にあります。

さらに、進んで三圃式の休閑地にクローバーなどマメ科作物を作付し、その窒素固定により地力の減退を回復するような作付方法が始まりました。これが改良三圃式農法であり、改良三圃式農法は穀類の連作による地力の減退を回復すること以外に、同時に家畜の飼料を自給し、さらに厩肥生産を増加させ地力を増進させるというものです。三圃式農法に穀草式をあわせた作付方式といえます。やがてそれは合理的な輪作、輪栽式へとつながっていきます。

## 2—4—2 輪 作

一般に、穀類は多量の窒素を必要とし、マメ類は根粒菌による窒素固定があるため窒素吸収は少なくてすみます。また、根を深く張る作物もあれば地表に根を浅く伸ばすものもあり、養分を吸収する土層も異なります。それゆえ、異なった性質の作物をうまく組み合わせ、一定の順序を追って栽培するときには、地力の利用を経済的に行うこともでき、また、特定の作物を害する病害虫の繁殖を阻止し、その害を防ぐことができます。この場合、共通の病害を持つような同科の作物の連作はさげます。このように、あらかじめ栽培する作物を数種選んで、それらを一定の順序にしたがって作付し、まわしていく方法を輪作、輪栽式といいます。

ヨーロッパでの合理的輪作の始まりは、イギリスのノーフォーク型といわれ、これは、イネ科作物—マメ科作物—根菜類を組み合わせたもので、マメ科牧草と根菜類（カブ、テンサイなど）は家畜の飼料とし、厩肥は還元されるというものです。この場合、有畜農業が前提となっています。わずかな家畜しかなく、施肥農業を前提とする場合には、イネ科作物—根菜類—葉菜類、果菜類、マメ類という型が基本的といえます。輪作を行うに当たっては、まず作物の特性をよく知ること、養分吸収の多い作物と少ない作物、作物残渣を多く畑に残す作物と少ない作物、根系分布が浅い作物と深い作物、有機物生産の多い作物と少ない作物などを考慮し輪作体系を作っていくことが大切です。