

第2章 代替農法としての「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培」について

2-1. 代替農法の概要

1) 代替農法の歴史的背景および技術体系

近代的農法に対する、現在知られている代替農法は多種多様であり、「自然」、「有機」、「天然」、「低農薬」、「減農薬」、「緑健」、「電子」、「植物波」、「微生物」、「持続的」、「環境保全型」といった様々な名称で呼ばれ、かつ標榜する。

この中で、とくに一般的に使用され、また実践事例も一番多い「自然農法」および「有機農法」を中心としてここでは取り上げることにした。以下、それぞれの農法の発展過程をたどりながら代替農法の概要をみるが、とくに農業技術の枠組みについては日鷹（1990）と熊澤（1989）を、各技術の歴史的なつながりについて中島（1995）の資料を参考にした。

(1) 自然農法 (natural farming)

自然農法という技術には2つの源があり、それぞれ独自に歴史的経緯をたどって現在に至っている。

①福岡正信による自然農法：1970年頃、愛媛県に住む福岡正信によってつくられた不耕起、無農薬、無肥料（無化学肥料）、無除草の4大原則をもとに一つの確立した技術体系をもつものである。彼が農業試験場の農学者から帰農し、自然農法の確立をめざした転換の契機については、氏の自伝「わら一本の革命」（1983）に詳しく述べられているが、福岡の自然農法の背景には、無の思想を哲学とした、現代の思想・科学に対する痛烈な批判がある。「自然農法」と「科学農法」の対比を続けながら研究を進めた結果、自然農法の目標にかなうものとして、最も単純化された米麦連続不耕起、薬被覆直播と言う栽培方法を考え、これを自然農法の基本型とした。福岡の自然農法は果樹から野菜に及び、「自然果樹園」について、ミカン樹の自然形の追求、実生の木の生育観察、樹間栽培、下草緑肥栽培などが行われている。

現在、わが国でこの農法はほとんど普及していないが、タイやインド、アフリカなど第3世界諸国では大いに注目されており、福岡自身が熱心な技術指導を展開している。

②世界救世教による自然農法：もう一つの自然農法は世界救世教の教祖である岡田茂吉によって唱えられ、現在農家数が全国で1万にもなると言われる。財団法人「自然農法国際研究開発センター」を母体とし、普及が進められている。岡田茂吉の説く自然農法は、昭和10年代の日本社会の貧困、病苦から脱却した、地上天国の建設をめざす宗教的文化運動の一貫としての色彩が強い。

技術的には岡田が当時から農薬・化学肥料の中毒に警告を発していたことや害虫の撲滅を意図するなどの健康食嗜好と、無肥料・無農薬で大自然の樹木が育つ仕組みを生かすことの2つを起点としているので、無化学肥料、無厩肥、無農薬で植物質の材料のみで作られた自然堆肥と呼ばれる有機質肥料だけの使用を基本とするのが技術的特徴になっている。とくに人糞尿は塩分含有量が高いため堆肥化が困難であり、また家畜排泄物と異なり食物を人為的に管理することができないこと等から全面的に禁止している。この熟成堆肥を土へ施用したり、ワラや刈り草、緑肥、落ち葉などを畝間や株間に十分被覆したりして、生きた土づくりを基本とした清浄な、そして人々の健康に役立つ農産物を生産することを目的とする農法である。これらの技術体系は、1994年6月の「全国MOA自然農法産地支部連合会」の設立に際し、ガイドラインとして体系的にまとめられた（全国MOA自然農法産地支部連合、1994）。

これまでに一部の農学者も自然農法の技術向上に参加してきた（環境科学総合研究所、1981）。刈敷き農法やビニールマルチ稲作、減耕起稲作、培養土・ボカシ肥の使用、イネ科・マメ科作物を組み合わせた各種輪作栽培など、様々な自然農法の技術向上のための模索が始められている状況である。

(2)有機農法 (organic farming)

有機農法という最もポピュラーな名称は、自然農法に比べるとより普及しており、またその混乱の様相も著しい。有機農法という言葉は「複合汚染」（有吉佐和子、1976）によって世に知れわたったが、実際には1971年設立の日本有機農業研究会（代表幹事は一楽照雄氏）を母体として全国的に広がっていったのが現在

のブーム以前の経緯である。食糧の安全性回復や石油漬けの文明生活への批判を軸に、環境・健康・地力保全等への配慮に欠けた近代技術の排除を前提とした新しい農法の開発・転換をめざしている。生産者と消費者が一体となった両者の提携、協同関係を基本にした運動を展開するとともに、新農法確立の模索に独自の努力を続けてきた農業者と、これに協力しようとする農・医学研究者の間の連絡提携の場を提供している。

技術的には、農薬と化学肥料の使用を拒否し、多肥・多農薬の悪循環を断ち切るために、有機質肥料の施用と適期適作を基本としている。したがって、自然農法が有機質肥料の中の厩肥を拒否しているのと違って、様々な有機質肥料を農地に還元している。厩肥を使い、機械力から畜力に移行させ、有畜農業を推進している点が、世界救世教の自然農法とは大きく異なるところである。有機質による土づくり→地力の向上→健康な作物の生育→病害虫がつかない→無農薬、という有機物信仰とも言うべき図式がその技術体系の支えになっている。有機農法という言葉自体に、自然の有機体という意味合いも込められている。近代の多肥・多農薬栽培を拒否したものの、新しい代替農法が定まらない現状では、昔の伝統的技術へ回帰するという考え方が根強く、またこのような近代技術の圧倒的趨勢の下で埋もれようとしていた過去の技術の積極的な掘起こしの作業も重要な意味もっていた。

農業の近代化の始まる1950年代の民間農法について振り返ると、まず発酵堆肥の製造と土づくり技術としては、島本微生物農法（島本，1987）を代表として、科学的にも水準の高い技術が多数存在した。また、農薬・化学肥料を用いて作物や環境を制御の対象としてみる近代技術に対して、伝統的技術には作物の生命力を引き出しつつ生産力を高めるという方向が指向されてきた。例えば稲作においては、徹底した健苗育成・疎植一本植えを骨格とした技術である黒沢式稲作が、また養鶏に関しては、省資源、無投薬、リサイクル型の平飼い養鶏として山岸式農業養鶏法があげられる。さらに高度な土地利用技術として輪作・作りまわし・田畑輪換技術が、林野と耕地の結合技術として混牧林・山地酪農・立体農業（第1章-2）が、また栽培環境のコントロール技術の代表として炭素埋設処理・電子水散布等を行う植物波農法（宇野，1974）が、それぞれ1950年代の近代技術の浸透期に日本各地に存在した。

農業近代化が進んだ1960年代には以上のような伝統的流れをもつ民間技術は、その実践者を失い埋没していったわけだが、先に述べた有機農業研究会の活動を中心に1970年代の半ばころからは、有機農業が運動としてスタートした。さらに1990年代には自然・有機農業を含む環境保全型農業が農政上重要な位置を占め、また各種微生物・ミネラル・水資材等の導入による従来 of 限界を越えようとする技術体系も出現し、自然・有機農業は新たな段階に達したといえる。

以上に自然農法と有機農法を中心にわが国の代替農法を、その歴史的背景および技術体系について概説した。世界に目を移しても、ドイツのクラインガルテンや東南アジアのアグロフォレストリーにも自然農法的な栽培技術がみられる。また、ここ数年アメリカ合衆国ではサステイナブル・アグリカルチャー（持続的農業）が広まりつつあり、「資源の再生産と再利用を可能にし、農業・化学肥料の投入量を必要最小限に抑えることによって地域資源と環境を保全しつつ、一定の生産力と収益性を確保し、しかもより安全な食糧生産に寄与しようとする農法の体系」（嘉田，1990）として期待されている。

2) 代替農法実践農家の事例

多肥・多農薬・機械化に過度に依存し、単視眼的な高生産性を追求する近代農業の方法およびそれに付随する生活に疑問をもち、新たな視点、ここで言う様々な「代替農法」的考え方にたち、すでに実践している農家がわが国にも数多く存在する。「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培」研究の基本構想・試験方法を組立てるにあたって、とくに研究の初期段階である1989年春から1992年には国内外の様々な農家・試験所等を訪れた。筆者自身がこれら多くの人達と出会い、その田畑で一緒に汗を流しながら語らい、学んだ体験は、研究・実践する上で大きな影響を与えてくれた。このように自己の研究者としての役割や立場を各農家・研究所に理解してもらおう努力を進めつつ、直接本人・家族との相互の協力的な人間関係を築きながら、より直接的で、詳細な情報収集を行った。以下に、本研究ととくに関連のある各種農業技術等を列挙し、検討してみたい。

2)-1 実践農家の事例

(1) 魚住道郎園（茨城県新治郡八郷町）

①圃場の概要：約10箇所に散在する畑が約230a、水田が約15aという畑作中心の経営である。10数年間営んできた約1haの畑の隣接した家がゴルフ場の建設予定地となり、数年前に田畑も総入替えしたが、20数年間の実績から「1年目の畑でも、有機農業で何とか野菜を作れるものだ」と述べている。

②作付様式・順序：根菜類を基本に作付体系を組み立てている。「地下部が目的生産物である根菜類は比較的、自然災害に対して抵抗力が強いため」とその理由を述べ、ダイコン、ニンジン、ゴボウ、タマネギ、ジャガイモ、サトイモ、サツマイモ等多種類の根菜類・イモ類を中心にして、葉菜類や果菜類を組合せている。圃場内では意識的な間・混作栽培はしていないが、基本的には輪作体系をとっている。その場合固定的なローテーションではなく、長年の勘を活かして、適宜作付計画を立てている。

③作期・種蒔き時期：適期適作を基準にしながらも、収穫時期が重ならないように、播種期を少しずつずらしたり、早生・中生・晩生種等の数品種を用いたりして工夫をしている。作期の選択については積極的に試験を試みて、その土地の風土にあった時期を捉えようとしている。

④被覆・耕うん方法：ロータリ耕により、全圃場で耕うんを行っている。「不耕起栽培」については、雑草防除の困難性を第一の理由に挙げ、実施していない。また雑草抑制のために、ビニルマルチを一部の作物（サツマイモ、ダイコン、ナス、ピーマン、ニンニク等）に導入している。

⑤施肥（堆肥、緑肥、有機物材料）：有畜複合経営として約600羽のニワトリおよび5頭の肥育牛を飼育している。地元のくずコムギ・ダイズやポストハーベスト時の無薬剤投与のトウモロコシ等を飼料の中心としている。自家鶏糞と近隣農家の豚糞を使って、稲・麦ワラ、モミガラ、山野草、パーク、オガクズ、山の落葉、作物残渣などを材料に堆肥を製造し、畑に施している。とくに所有する山林100aから落葉を集める際、フレールモアで下草ごと粉碎し、表土とともに持ち出し、まず踏込み温床・床土に使用し、安定した苗づくりを行っている。しかし、近年では堆肥材料の様々な汚染の濃縮と集積の問題を考え、むやみやたらと堆肥を投入するのではなく、緑肥作物や木炭の利用等を検討している。

⑥栽植密度・様式：管理機やトラクタの幅を基準に畝間を決定している。

⑦病虫害防除：キャベツ等のヨトウムシはとくに目立つときは手で取除いて

いるが、普通は発生してもそのうち自然と自滅してくれるそうである。またコオロギによる食害を防ぐために、主要作物の周辺にはコオロギに食べられてもいい作物（サントウサイ等）を栽培し、被害を軽減している。

⑧雑草防除：基本的に畝間は管理機で、株間は手で除草している。ダイコン、ハクサイ等の栽培では、播種前に除草を兼ねて耕うんし、生育中に畝間を1，2回管理機をかける程度で雑草害は心配ないようである。しかし、ニンジン等は株間の手除草が必要なため、かなりの労力がかかっている。

⑨出荷方法，提携状況：畑の収穫作物状況にあわせてセット野菜として適宜野菜の種類や量を自分達で決定し，約50世帯の直接提携先に週に一度トラックで配達している。一部は宅急便で東京周辺の数世帯に届けている。このセット野菜の計量および区分け作業は非常に手間がかかる。鶏卵はセット野菜とともに販売するほか，近隣の家庭に鶏卵のみで販売している。またセット野菜の品目の充実と，収穫野菜の過不足の生じた場合の対策として周辺の農家数軒と提携を結び，品物のやりとりをしている。

⑩その他：1970年当時，農薬やPCB，水銀，カドミウム等の環境汚染が問題となり始め，魚住氏はその事態の深刻さを痛感したという。「自分の立場でできることは有機農業，農薬に頼らない農業しかない」という信念で，それ以来続けている（魚住，1995）。

(2) 中根通夫園（茨城県つくば市）

①圃場の概要：畑が約200aで，水田は現在栽培していない。家の周辺に点々と9圃場が散在し，そのうち2箇所が借地で他の7箇所は個人所有である。自分の土地は，借地と比べて安心して使用できるが，その反面，子孫の代まで永続して維持し続けなければならないことに，ある種の責任を感じている。ここ数年新たな土地を手がけることに意欲的で1992年にはまた畑を増やした。「新しく手がける土地でも，1年間あれば土づくりをして，ちゃんとした畑にしてみせる」という長年の経験に裏付けされた自信が感じられる。

②作付様式・順序：主要作付作物である青シソ，ホウレンソウ，コマツナ，シュンギクを中心に，畑ごとに年間計画を立て，それに従って作付を行っているが，天候や仕事の進み具合で適宜変更を加えている。輪作体系を組み，また多作

品目栽培を行っているが、1つの圃場の中で4～10畝単位で作目を変えているものの、意識的な間・混作はしていない。

③被覆・耕うん方法：ロータリ耕を中心に耕うんを行っている。

④施肥：「土は地球から預かっているもの、土は個人のものではなく、地球全体の宝。いかに肥えた土をつくり、よりよい状態で、次の世代に残していくことができるかが私達の仕事なのです」と述べ、土づくりには非常に力を入れている。学園都市の緑地からでるせん定屑や落葉を清掃業者を通じて入手したり、ハトムギ工場からでるムギ殻を収集したりして、堆肥材料を有効に集めている。公共の公園や街路樹の多い学園都市の特色をうまく活かした方法で堆肥作りをしている。なお、圃場内で緑肥作物の栽培は行っていない。

⑤病虫害防除：主要作物の他、シシトウ、オクラ、ナス、ニガウリ、モロヘイヤ等も完全無農薬で栽培している。被害が目立ち始めた時には、500倍に薄めた木酢液の散布や、とくにアブラムシには牛乳を撒くこともある。

⑥雑草防除：葉菜類の畝間は比較的狭く、除草作業に使用する管理機の幅に合わせて設定している。さらにビニルマルチを葉菜類の一部に導入して、雑草抑制している。

⑦出荷方法：学園都市の中心地にあるジャスコ（車で約10分の距離）に中根農園コーナーを設けて10年以上になる。単に、農産物を出荷するのではなく、店づくりから中根夫妻が引き受けるという方式をとることによって、スーパーの店頭であることにもかかわらず、他の市場経由の野菜より値段の少し高いことの多い有機野菜の販売を軌道にのせている。週に6回、早朝収穫した約10種類ほどの野菜を納品する。さらに大地を守る会という自然食品流通組織と年間計画を結んで野菜を出荷して9年目になるが、近隣の消費者との個人的な提携は現在中止している。また外見が悪いため、直接そのままでは商品にならないような野菜は、漬物などに一度加工してから店頭に並べる。収穫物の有効利用に加えて、消費者への料理紹介の意味も含まれている。

⑧その他：昔から代々続く農家として「生まれながらの農民魂」に誇りを持ち、脱サラ等の新規農業参入者に対して、一種のライバル意識を抱いているようである。以前は化学肥料だけに依存する農業を行っていたが、収量の低減に加えて、有吉佐和子の「複合汚染」にも大きく触発され、25年ほど前から有機農業へ

の取組みを始め、現在に至っている。

(3) 小祝政明園（茨城県つくば市）

①圃場の概要：畑約70aと水田約30a。自分の所有地は10aの畑地のみで（この10aの畑は筆者が「筑波山腹圃場」として使用させていただいている）、その他は借地である。借りた土地は、最初は雑草も育ちにくいほどの荒地だったが、小祝氏がわざわざ荒地を選んだ理由は、どのくらい地力を高められるか挑戦するため、そして自然農法を実証することにより、周囲の人達の理解を得るためだった。

②作付様式・順序：圃場内の作物の組合せ方やレイアウトの仕方が独特で、一見すると雑草の中に雑然として野菜が顔を出しているように見える。しかしよく見ると、それぞれの作物の光や水分、養分要求度を考慮して、巧妙に配していることがわかる。また、ネギは、その病虫害の忌避効果を活かして意識的に要所に配置している。また冬作コムギはもちろんのこと、雑草草生も利用して、一年中裸地期間がないように心がけている。

③被覆・耕うん方法：ロータリ耕（2台）が中心だが、パワーショベルも2台所有しているため、必要に応じて、深さ約1mの溝を掘り、有機物の埋設等の土壌改良を施している。元機械エンジニアなので、大型機械の維持管理は自分でやっている。

④施肥：ヌカ、モミガラ、オカラ、貝化石、炭を畑の一角に雨よけをつけて堆積し、約半年間自然発酵させる堆肥づくりを行っている。畑の発達段階に適した方法をとることを心がけ、将来的には、堆肥の投入はほとんどなしで、緑肥中心の地力維持法に移行させていく予定である。「地力が高まると、微生物が活性化し、土の養分がバランスよく保たれるため、人為的に施肥を行わなくても自然の摂理にあった方法で安定した高い生産性をあげる田畑ができるはずだ」と述べている。

⑤雑草防除：必要最小限の除草を行う。野菜の株元の雑草をとり、そのまま敷き草にする。畝間の雑草は地表面が乾燥しないように残している。また畑の一部は雑草をそのまま生長させ、秋のはじめに緑肥としてロータリで鋤込んでいる。

⑥その他：小祝氏は、販売農家になることを目的としておらず、多くの人達

に土に根ざし、自然との調和をはかる「農的生き方」を広めようと、まず手始めに、ドイツのクラインガルテンのような市民農園の開設をめざしている。

(4) 自然農法国際研究開発センター（長野県東筑摩郡波田町）

①作付様式・順序：緑肥作物としての間作ムギを基本とした多様性のある作付体系を試験的に行っている（図2-1）。基本的に「雑穀類・マメ類」→「葉根菜類」→「果菜類」の輪作体系である。例えば根菜類区では、春作にジャガイモとエンバク、ベッチの混作をし、その後秋作にダイコンとホウレンソウを混作し、冬にエンバクを作り、その翌春に果菜類を作付し、葉菜類区では、春作にコマツナやシュンギク等の葉菜類とエンバク・ベッチの混作をし、その後夏作としてソバやクロタリヤ、ソルゴーを作り、秋作にネギとタマネギの育苗床として利用し、冬作にライムギを作り、その翌年に果菜類を作付するといったように多彩な種類と組み合わせを実施している。この間作ムギを基本とした作付体系は、本実験で参考にした。

②被覆・耕うん法：被覆不耕起栽培を行い、緑肥作物を刈敷きしている。また作物の土づくり効果として有機物の土壌への還元や土壌保全効果に加えて、根による土壌物理性の改善に注目している。イネ科作物を乾物重が高い作物として、マメ科作物を窒素固定作物として、アブラナ科やキク科作物を深根性作物として位置づけ、各作物の特性をよく考慮して作付体系に組込んでいる。

(5) 村越重雄・生物共存実験場（神奈川県小田原市）

①作付様式・順序：穀類やマメ類の混作あるいは輪作を中心にし、基本的に病虫害を受けにくく、かつ少肥でよく育ち、食味が良好な品種を選抜している。

また種々の間・混作の技術がみられ、とくに、ダイコンと各種葉菜類（小松菜、山東菜）との作付体系では、a) 生長の速い野菜を混作することにより、アブラムシ成虫をそちらに誘引し、ダイコンへの寄生を減らし、b) ダイコンを点播することで種子代の節約をし、c) ダイコンの間に間作菜があるため、雑草の発生が抑えられ、d) 間作した小松菜などを順次間引きすることにより、ダイコンだけでなく様々な野菜を味わえることをこの混作の利点としてあげている（村越，1990）。

②果樹の導入：すべての畑にリンゴ、イチジク、ウメ、プラム、ミカン、カ

キ等の果樹を導入して、「果樹のある畑」を作っている（図2-2）。その理由として、a)果樹と草本作物の組合わせで農耕地が立体的になり、b)生物相が豊富になって特定の病虫害の多発を抑制し、c)耕地生態系や環境が複雑化していろいろな特性をもつ作物が作りやすくなることを挙げ、「食べられる植物で複雑な耕地生態系を作り直してみようと思った」と述べている。

(6)無茶々園（愛媛県明浜町）

①概要：無農薬カンキツ栽培の10数年間の実績があり、過疎に悩む地域社会の再建運動に取り組んでいる。無茶々園の発足とその歩みについての詳細は梶潟（1987）が「無茶々園の有機農業運動」として記している。

②栽培方法：無茶々園の有機農法によるカンキツ栽培技術はまだ確立していないが、現段階での栽培指針はできている。それによれば土づくりを重視し、春に、牛糞をベースに、えのき栽培のオガクズや細かくした樹皮などを3カ月間熟成させた堆肥を畑に投入している。病虫害防除については、冬季に1回だけマシンオイルを散布し、その他の農薬、除草剤は一切使用していない。

すでに無農薬カンキツ栽培の実績があるわけだが、私見としては、無茶々園の作付体系は各種カンキツが導入されているものの、いわば「カンキツ類のモノカルチャー」であり、生産の「持続性」の点で多少の疑問を感じた。事実、ここ数年はとくに病虫害（カメムシ等）の発生が大きな問題となっており、とくに1991年は夏から秋にかけての長雨に加えて、台風19号による塩害がかなりひどく、みかんの収量は平年の3～4割程度であったとされている（梶潟・久保田，1992）。

③出荷方法：生産されたみかんはすべて、市場流通機構を通さず、独自に開発したルートにのせて、「百姓が生活できる価格」で直接販売されており、その販路は幅広いものとなっている。

④その他：「無茶々の里づくり」を共同で体験し実験する場として「平岩フルーツランド」の建設を1984年から始めており、急傾斜地の遊休地を約80a開墾し、キンカン、ウメ各種、リンゴ各種、スモモ、ヤマモモ等を栽植している。将来的に「畑と山と海が有機的に結合した町内複合経営」の町づくり構想の実践圃場として、「果樹の里づくり」、仲間づくりおよび自給自足の場として活用していこうと考えている。

(7) 清水幸二郎（埼玉県岩槻市）

①圃場の概要：現在、水田20aと畑15aを栽培している。昭和30年ころまでは慣行稲作を実践し、一般では「反収6～8俵」の地域で、「反収10.5俵」を収穫していた篤農家であった。

②「省耕起レンゲ稲作」の栽培方法：清水氏は独自に開発した省耕起レンゲ稲作法を行っており、その特徴として、a)秋に播種したレンゲを、トラクタにつけたロータリで地表層を削るように刈取った状態で、代かきをせずに田植えを行い、b)レンゲ鋤込み後の濁り水（アク）を利用して雑草・肥培管理をしていることがあげられる。氏は「畑の雑草と水田の雑草は別のものであり、水田雑草は水田を畑地の状態にしておけば生えないはずだ」と考え、「植える前に代かきさえしなければ畑土の状態が保たれ、雑草が少なくなった」としている。またレンゲのアクは、移植後の雑草発生期間に地面を塞ぎ尽くし、太陽光を遮断するため、雑草抑制効果があると考えられ、さらに、レンゲが微生物による分解を受ける過程で、何らかの雑草の発芽抑制物質（アレロパシー物質）を発生させている可能性もある。そしてアクに含まれている肥料分を十分に活かすために、一般的に利用される元肥的效果に加えて、アクをかけ流さずにもう一度土にしみ込ませて、追肥的效果ももたせている。

現在も、この農薬や除草剤、化学肥料を使用しない農法で、その地域の平均収量と同等の生産量を、しかも異常気象にも左右されにくい、安定した生産量をあげている（高松，1993）。

(8) 須賀一男（埼玉県児玉郡上里町）

①作付順序：連続十数年、ダイコンやネギ等を連作栽培し、収量も高く、安定している。「連作するほどその野菜にふさわしい畑になって品質が良くなる」と述べている。一般的に有機農業では「輪作」が必須条件とされる中で、この場合、なぜ連作障害が発生せずに収量がむしろ高くなっていくのか、非常に興味もたれる。

②堆肥製造法：山林で木の葉や小枝が地面に落ちて腐っていく過程を畑で再現する形で土づくりを行っており、完熟堆肥を土壌中に鋤込んだ後、その地表面

に未完熟堆肥をのせ、さらにその上に乾いたワラや乾草を敷くという「二重被覆法」をとっている。そして一部不耕起で、ピーマンやトマトの苗をその被覆の中に定植も行っている（自然農法国際研究開発センター技術研究部，1987）。

堆肥資材は近くの川の土手のヨシやカヤが中心で、かなり豊富にある。また、堆肥資材の質について、「野菜には草本性の資材が適し、果樹には木本性の資材が適している」と述べている。

(9) 大塚献三（長野県白田町）

①圃場環境：周囲を木々で囲まれた、変化に富んだ地形の中に「山の畑」をもち、その土地に適した作物を組合せて栽培している。

②作付様式・順序：多様な間・混作栽培技術がみられ、各種野菜の形態や生態、組合せの相性を考慮しながら、耕うんをせずに雑草の中に種を播くようなかたちで、様々な野菜を栽培している。

(10) 藤岡東（長野県更埴市）

①土壌管理：ブドウを急傾斜地に、リンゴをクワ畑後の開墾地に栽培し、ともに厚さ約10cmほどの有機物（落ち葉、モミガラ等）をダイナミックにマルチした土壌管理を施していた。またKervran（1963）著の「自然の中の原子転換」を参考にしながら、堆肥の無機物構成を考えて、適宜CaやSの添加を配慮していた。なお、果樹の病虫害防除には全国各地から各種の微生物資材を取り寄せ、積極的に試験し、完全無農薬栽培をめざしていた。

2)-2 各実践農家の事例の考察

以上の代替農業の実践農家の事例より、とくに特徴的な点を二、三挙げたい。

(1)有機物について：地力の維持・向上を考える際、堆厩肥と緑肥のどちらを中心にしていくかについては各農家で様々であった。中根氏や須賀氏、藤岡氏等がダイナミックに堆肥または厩肥を投入しているのに対して、緑肥作物の導入を積極的に意識していたのは自然農法国際研究開発センターと村越氏であったが、「系内自給」という耕地生態系内の物質循環の流れを考え、理想的な方策として

試験的に実施している段階のようであった。しかし村越氏は「自給をはるかに越えた面積で栽培管理する場合に、土の肥沃度と栽植様式によっては作物の健全な生育が阻止される場合がみられるし、果樹も敷きワラだけでは果実再生産に疲れが見えるので、ボカシ堆肥やナタネ粕、乾燥鶏糞を適宜しようすることにした」と語り、途中から各種堆肥の施用を補足している。また逆に魚住氏は、数年前から堆肥材料の様々な汚染の濃縮と集積の問題を考え、緑肥作物の導入を始めている。

前述したように、現在一般的な自然農法と有機農法を区別する相違点は、有機質肥料の違いにある。自然農法、ここでは自然農法国際開発研究センターの場合には、糞、山野草、落葉落枝等の植物質の堆肥のみを用いているのに対して、有機農法の場合には、堆肥に加え、家畜の糞尿を材料にした厩肥や下肥も用いている。とくに有機農法の農家は養鶏を営んでいる場合が多く、魚住氏のように「鶏糞を堆肥として畑に施し、畑の余剰生産物や作物残渣をニワトリの飼料にする」という循環システム、いわゆる有畜複合経営を行っている。なお、西尾（1995）は、日本の畑土壌は黒ぼく土が多く、リン酸が極めて強い制限要因になっているため、植物質堆肥だけでリン酸問題を解決するのはむずかしいとしている。

以上のように現段階では、有機物を系内自給するか、系外から補給するかの点や、堆肥資材を植物質のみにするか、動物質を加えるかの点は、代替農業でも様々であり、また経営面積や土壌特性によっても異なることがわかる。これらの問題は、圃場外の地域や周辺環境へ与える影響も含めて判断すべきであろう。つまり地域の物質循環から外れた外国産の有機質肥料を輸入して営む方法や、有機質肥料を過剰施用して環境負荷を生ずる方法についても、慎重に考える必要があると思われる。

(2) 輪作と連作について：多くの畑作物は連作により発芽不良や枯死などの生育障害を示す。連作2～4年目で障害が出始め、5～8年目で急増し、その後の変遷は作物によって、再び回復し収量が安定化するもの（ジャガイモ、テンサイ、エンバク）、低収で安定化するもの（ダイズ）、年次とともに低下し続けるもの（秋コムギ、ナタネ）などがある（成田、1976；徳永、1967）。訪問農家の多くは輪作体系をとっていたのに対して、須賀氏の場合はダイコンやネギ等の連作栽

培で高収量を維持し続け、「連作するほどその野菜にふさわしい畑になって品質がよくなる」と述べており、興味深い。

水田は安定した連作栽培体系であり、また果樹栽培もある意味では連作栽培といえるだろう。いわゆる「連作障害」は作物の生理条件に由来する素因、および自然・立地条件や有害微生物等も含めた生物環境条件に関係する誘因、主因が複雑に絡み合っただけ起こる現象と推定され、その機作は作物や土壌条件によって一様ではなく、また単一作か間・混作かといった作付様式によっても変化すると考えられ、ただ単に「輪作か、それとも連作か」ということでは説明できないようだ。

(3) 耕起・不耕起について：不耕起栽培を行っていない農家にその理由を尋ねたところ、一番大きな問題は「雑草防除が困難」ということであった。とくに耕うんを行っている魚住氏や中根氏はビニルマルチを使用してさえも雑草防除が大変であるのに、除草剤を使用しないで不耕起栽培を行うことは無理ではないか、という見解であった。またビニルマルチの使用について筆者は、ビニルは1回使ったらもうゴミになってしまう点や土壌生物の保全の点で少々問題を感じている。

一方、不耕起栽培を全部、または一部でも実施していた事例は、自然農法国際研究開発センター、村越氏、清水氏、大塚氏であり、雑草の生理・生態を十分考慮するとともに、圃場を裸地状態にしないような作物の組合せや作期に工夫がみられた。また傾向として間・混作栽培や緑肥作物の導入に注目している農家は不耕起栽培にも関心をもっている場合が多く、これらの技術が密接に関連していることが明らかになった。



図2-1 冬作ムギ類を基本にした作付様式の一例：畝間75cmでエンバクを作付し，その間でのアブラナの間作・不耕起栽培。このように緑肥ムギを基本にして，その畝間で「葉根菜類」→「果菜」→「雑穀・マメ類」→「葉根菜類」の輪作体系を試験している。
 (自然農法国際研究センター〔長野県松本市〕：1991年3月下旬撮影)



図2-2 果樹とその樹冠下での一年生作物の栽培の一例：幼木カキの樹冠下にマメ科作物を円状に作付し，さらにその樹間に葉菜類を間作栽培。カキの他にリンゴ，イチジク，ウメ，プラム，ミカン等の果樹も取入れて，さらにその樹冠下・樹間に一年生作物を栽培することにより，立体的土地利用や生物相の多様化等を期待している。
 (村越重雄園〔神奈川県小田原市〕：1990年5月下旬撮影)

2-2. 「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培」研究の基本構想

本研究を実施するにあたり、第2章-1で報告した代替農業実践農家の実地見学や過去の栽培事例を参考にして、筑波山腹および筑波大学農林技術センター内等に研究圃場を設定した。この「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培圃」の開設および栽培における基本構想を以下に述べる。

1) 永年生作物である果樹の導入：「果樹のある畑」

現在、代替農法の基本技術として、地力維持を図り、病虫害や雑草を抑制し、一定の生産力と収益性を確保するために様々な方法がとられているが、穀物や野菜栽培の圃場に果樹を積極的に導入した例（福岡，1985；Harwood・Price，1976；縄田，1986；スミス，1933；高谷，1988）は少ない。しかしながら、一年生作物のみの圃場に永年生作物である果樹を組込む、つまり混作物として果樹を導入することにより、その圃場からは果実生産に加えて、新たに経済効率性以外の多様な価値が生じるであろう、と考えられる。以下に、一年生作物のみの一般的な圃場と比較するかたちでこの「果樹のある畑」の特徴を列挙する。

まず、①「土壌保全効果」があげられる。果樹は養水分の利用率や土性・土質適応性が比較的高く、その旺盛な根張りにより土壌を長期的に保持し、また土壌被覆期間の増大によって裸地状態の期間が少なくなる。とくに傾斜地や熱帯地方において侵食・砂漠化防止に効果があると言われている（岩井田，1990；岸本，1990）。つぎに、②果樹の根の深根性による「土づくり効果」があげられる。土壌中の養分循環サイクルの拡大により根圏が充実し、養分バランスの改善や土壌の団粒化形成を促進する働きが期待できる。③「立体的・重層的土地利用」、すなわち果樹の間作として様々な普通・園芸作物および有用植物が栽培されることによって、生物相が多様化・安定化し、共生または共栄関係の出現の可能性がある。また果樹による防風・防霜・遮光といった効果も考えられる。そのうえ樹下においては弱光を好む作物（フキ、ミョウガ、コンニャク、ユリ等）の栽培、さらにニワトリやヤギ、ブタ、ウシ等の放飼い・放牧が可能である（久宗，1979）。④果樹は樹種によっては、比較的「粗放栽培が可能」で、天災にも強い。とくに地勢の恵まれない中山間地・傾斜地では省力化が大いに望まれる。また、果実生

産の他に⑤「用材，飼料木および肥料木」としての価値も考えられる。クリ，クルミ等は住宅建築の基礎材として，クリ，カキ等は飼料樹として，窒素固定する共生菌を根にもつヤマモモ等は肥料樹として，伝統的な利用がわが国ではみられる（久宗 1979）。さらに，⑥恒久的な「みどり，景観・風景」としての価値も，緑量の大きい果樹では，水田や畑地に比して大きいことが考えられる（大脇，1991；武内，1991；津野，1984）。美しい花，おいしい果実，そして美しい紅葉という四季を通じて生活への潤いを連年提供し続け，とくに「果樹のある畑」は観光農園や体験農園の形態もとりやすく，自然と人間との生命の交流の場として我々に喜びを与えてくれるであろう。

2) 自然開園・園内自給。

(1) 自然開園：果樹園の周辺の山林を園の保護林として，また直接あるいは間接的に有機質肥料の供給源として利用し（福岡，1985），園内においてはできる限り開園前の土壌状態を維持し，長年月の間蓄積され多量の有機物を含んだ表土を保持するため大型機械による大規模開墾を避ける。さらに，もともとある樹の根をそのまま残すことにより，根自身が粗大有機物となることに加えて，その根のわきに果樹苗木を栽植すると地中深く入った樹の根を伝って果樹の根が深く誘導されることを期待する（西川，1977）。

(2) 園内自給：基本的に「外部から持ち込まず，内部から持ち出さず」という園内自給（隣接周辺部からの有機物の移入および必要最小限の生産物の搬出を含む）をめざし，小規模な系内で物質循環が完結するようにする。この「小さな循環」が「国家大の自給」の基本となること，つまり，園内自給の結果としての家族自給，そしてこの家族自給の集合体としての地域自給，さらに地域自給の集合体としての国家自給の達成が「等身大の技術」として持続的な農業システムをつくり出していくのではないかと考える（中村，1989；Schumacher，1973；多辺田，1987）。

(3) 緑肥作物の導入：外部からの多量な有機物資材による堆肥施用は，その汚染の濃縮と集積が考えられるため（魚住，1988），圃場内における有機物確保としての緑肥作物や牧草等を作付体系に積極的に組入れる。

3) 強健な作物・品種の導入.

(1) 本農法に適した樹種・品種の導入：農作物が病虫害の被害を受けやすいのは作物が人工的に改良され、自然のものより弱体化していることと、栽培環境が不自然になっていることに起因することが多い。したがって果樹も自然に近い品種を選び強健な生育を計れば、無農薬でも栽培できると考えられる（福岡，1985）。近代農法における作物品種は広域適応性で、化学肥料や農薬の使用を前提として改良されたものが多く、そのような耐病虫害性の低い品種をそのまま無農薬で栽培するのは根本的に無理があるように思われる。本試験では、果樹については現在主要な落葉果樹のうち、比較的、病虫害に対して抵抗性をもっていると思われる、ブルーベリー、ウメおよびカキを供試した。

(2) 調和的防除・有効微生物の利用：実際にはまず、強健な樹種および品種を選択し、そのうえで共栄作物および忌避植物の栽培や、多様な生物社会のバランスを保つことを重視した調和的防除（日鷹，1990；高橋，1989），有効微生物の積極的な活用（比嘉，1991）などを適宜取入れていく必要があると思われる。

4) 作付順序・様式の多様化

(1) 等高線を基準にした栽植・被覆：管理作業の便や土壌侵食防止をはかるために、果樹の栽植や樹間内の間作作物の作付は等高線に沿って行う（川村，1966；千葉，1982；山根，1985）。必然的に開設時において生じる伐採樹の幹や枝、葉も等高線に沿って並べ土地を被覆する。

(2) 間・混作栽培：果樹園の土壌，とくに地表面の管理方式として、①裸地方式，②草生法，マルチ法，草生マルチ法等の被覆方式，および③これら二つの折衷方式があげられるが，傾斜地においては土壌保全の面から考えて全面被覆が前提となる（千葉，1982）。一方，平坦地においては水食を無視できるとしても風食の問題は残り，とくに黒ボク土である関東平野においては冬季に風食が非常に起こりやすい（山根，1985）。また近年においては有機物を多量に供給することが困難になってきているうえに，地力の維持増強の面で積極的な効果を期待できないことから考えると，平地でもやはり被覆方式が望ましいことになる。

果樹園におけるこの被覆方式の延長・発展したかたちとして一年生作物等の樹間栽培，すなわち，永年生作物である果樹と，穀類・野菜類・有用植物との混作

栽培が考えられる。間・混作の機能と効果は、土地の平面・立体的有効利用，病虫害防除，還元可能有機物の確保など多面的である（大久保，1984）。たとえば本実験の冬季～春季における樹間間作作物として導入した間作ムギは，防風のためでもあり，地表面の保温のためでもあり，虫よけのためでもあり，敷きわらになり，有機物の給源になり，微生物のえさになり，肥料になる（栗原，1988）。このような間・混作の効果は，「果樹のある畑」においては，より効果的に作用することが予想される。

5) 被覆不耕起管理。

(1) 不耕起栽培の利点：①一般的な一年生作物の畑に比べて，「果樹のある畑」は果樹のある部分は耕うんすることはできず，したがって全面耕うんは無理である。また，上述したように②間・混作を基本とした輪作体系を組むうえで，必然的に耕うん回数は減少するだろう。さらに，③省資源・省エネルギーや④土壌侵食防止，⑤干ばつ等の気象災害に強いなどの効果が考えられる。この他に，「各種の悪い栽培条件に対する保護対策としての不耕起」という観点からだけでなく，「作物自身がつ土を耕し土壌を変化させる特性を活かす」，という面にとくに注目する（塩谷，1988）。

(2) 被覆および不耕起栽培：不耕起栽培を実施するうえで，雑草発生防止や土壌生物社会にとっての安定環境を維持するため，一年中常に植生および被覆を絶やさぬような栽培管理が必要である。不耕起栽培は耕さないからといって消極的に“自然”のままに放任するわけでもなく，労力を最大限に投入して強引に栽培するわけでもない。生物社会への配慮と「土はみずからを耕す」という視点とが大切であると考え（日鷹，1990）。

(3) 刈敷き除草：耕うんを省略し，土壌の攪乱をできる限り少なくする方針から，除草方法も根こそぎ抜取るのではなく，雑草の根はそのまま地下部に残し，地上部のみ刈取りを施し，地表面に被覆する。

6) その他の個別技術

(1) 無せん定栽培：栽培条件や環境にもっとも適した生育をするであろう「果樹の自然形」を追求し，その結果として限りなく無せん定栽培とする。福岡（19

85) は、自然形の利点として、①自然形は整形で無駄が少なく、省力安定多収栽培が可能であり、②地上部と地下部のバランスがよく、深根性であり、③無駄な枝がないので、せん定量も少なく、透光、通風も良いので隔年結果が少なく、病虫害の発生も少ない、等をあげている。そして「剪定は本当に必要か」という問題についても、「木の生長とともに、一年一年激しく剪定をせねばならないような作り方をするより、自然の樹形に復元せしめるための矯正法をとるだけで無剪定に近づいていくという方が、賢明な楽な農法といえる」と述べている。

また現在、せん定は薬剤散布、除草、中耕、施肥等の機械による管理作業の便を良くするために行われている面もあり、本栽培園ではこれらの管理が不必要であったり、省略されたりするので、無せん定栽培の考え方が活かされるであろう。

(2) 保護樹・肥料木・有用樹の導入：果樹園の周囲や園内に保護林として、土地を肥沃化する樹種や利用価値の高い有用樹、鳥獣の飼料となる樹、害虫防除・天敵保護に役立つ樹などを間・混作栽培の応用として導入する。肥料木としてはマメ科、カバノキ科、ヤマモモ科等が有効である（久宗，1979）。

(3) 必要最小限な機械使用：開墾時における、不要な樹やその枝の伐採をするためのチェーンソと、採石や抜根、整地、また果樹の地下部の掘取り調査のためのパワーショベル、ならびに耕うん試験区設定のための歩行型ロータリ耕うん機を使用した。しかし、通常管理時における機械の使用は肩掛け式刈払い機のみとした。その理由として、①研究および体験圃場の総面積が約50aあり、それらすべての管理を基本的に一人で実施するには手鎌だけでは無理がある点、また②肩掛け式刈払い機は小型であり、③筆者自身で維持・修理管理を習得できた点、④刈払い作業時に、主要な雑草や大形土壌動物の一部については、その種名の判明が可能である点、さらに⑤一般的な小規模兼業農家や家庭菜園・庭園を有する敷地のある世帯の大部分が肩掛け式刈払い機を保有している点等があげられる。本栽培法の一般への普及を見据えた上でも、使用機械は肩掛け式刈払い機のみで十分であると考えられる。

(4) 生物物質を下から上に移動：より積極的に、合理的物質循環システムの構築について考慮すると、作業中（開墾時や畦立て時等）に生じる植物残渣や石などは、今まであった位置よりも、より上部に運び上げることで生態系、とくに人間による働きかけの多い生態系は維持される。植田（1987）の文章を引用すると、

「自然は重力の法則で物体を上から下へ流します。そこで人間が逆に下から上へ生物物質を運び上げると、循環はどんどん大きくなり野や山は豊かな農地になります。人間が生態循環を育てたのです。（中略）人間が生態循環の中ですることは、生物物質を下から上へ運び上げることなのです。自然は上から下へ流しますから、ここに循環が成立するのです」。また具体的に次のように指摘している。「日本人は魚が好きで海や川の魚を食べ、その糞尿を田畑に鋤込むのだ。そして山で働きそこで排泄した。それだけでなく海の魚を干して運び上げ直接田畑に鋤込むこともした。このようにして日本の生態系は作られた。（中略）ところが、最近、人が物を上に持ち上げることがしなかった結果、高地は荒れはて、低地は汚染となったのである」（植田 1988）。本試験の傾斜地圃場（筑波山腹圃場等）では、下に転がった木片や石を上部に上げたり、播種するための溝を作る際にも鋤の入れる向きを下部から上部に向かってする、といった細かな配慮も行った。

以上の基本構想の技術体系は各々が単独で働くのではなく、相互に関連し合い総体として、農生態系を豊かにしていくことを期待する。すなわち、基本的には慣行農法の技術体系のままで化学肥料や農薬の利用を削除する事例や、耕うんによる除草効果を除草剤に置き換えた上で不耕起栽培を行う事例等は本栽培法の主旨に反する。

なお、歴史的にみた各種農法と本栽培法の技術体系の比較を表2-1に示した。まず本栽培法は近代的農法と比べて、耕うん法をはじめとする多くの耕種手段について完全に反対の考え方であることがわかる。伝統的農法と共通な耕種手段が多くみられるが、耕うんを省略した点で伝統的農法と大きく異なり、どちらかというとなら第2章-1でみた福岡正信による自然農法の技術体系と類似している。すなわち裸地状態を極力避ける不耕起・刈敷き管理のもと、間作・混作・裏作の作付体系を仕組み、小規模循環による系内自給を意図した緑肥作物栽培を中心に地力維持を図った。また本栽培法では一年生作物の作付のみの圃場に果樹を導入したが、この果樹の積極的利用は過去の農法にはみられない本栽培法の特徴である。この永年生作物である果樹の継続的な存在は、上記の各技術体系の関わり合いをより深く密接したものにすることが予想される。

表2-1 歴史的にみた各種農法における技術体系の比較（日鷹，1990参照）

		耕 種 手 段							
		耕うん	時空間的 単一作	化学肥料 農薬	機械化	堆厩肥	刈敷被覆	裏作	果樹作を中心 とした作付体系
過	焼き畑	×~●	×	×	×	×	▲	×	×
去	伝統的農法	●	×	×~▲	×	●	▲	●	×~▲
現	近代的農法	●	●	●	●	×~▲	×	×	×
在	有機農法	●	×	×~▲	▲	●	×~▲	×~▲	×
	MOA自然農法	×~●	×	×	▲	×~●	×~▲	×~▲	×
	福岡自然農法	×	×	×	×	▲~●	●	●	▲
果樹作を中心とした 被覆不耕起栽培法		×	×	×	▲	▲	●	●	●
		不耕起	間混作	石油製品依存せず	緑肥中心		裸地期間短く		立体的

各耕種手段に、●：依存する，▲：使用するが依存しない，×：使用しない。

2-3. 「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培」圃場の開設および主な特徴

本研究を実施するにあたり、「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培」研究の基本構想（第2章-2）に沿って、筑波山腹および筑波大学農林技術センター内に研究圃場を設定した。表2-2に示したように筑波山腹圃場は、20数年前までイモ・ムギ等の畑として利用されていたが、以後ずっと放置され、数種の落葉性広葉樹が生育し、林床はアズマネザサ等で覆われた場所で、ここを改めて開設した南西斜面（約7%）の圃場である。一方、筑波大学農林技術センター圃場は、過去10数年間ツバキ・ツツジ等の花木見本園であった場所を新たに開設した平坦な圃場である。

また1989年以降、意識的に栽植した果樹はないが、上記の2研究圃場と同様な被覆不耕起栽培を実践してきた「体験圃場」がつくば市内に6圃場ある。これらの圃場は、北から順にその所在地名をとって臼井圃場、北条圃場、大曾根圃場、台坪圃場、天王台圃場および下平塚圃場とした（付図-1）。もともと山林地だった下平塚圃場を除く他の5つの圃場は、いずれも過去数十年間は耕作地として利用されていたが、ここ数年間放棄されていた場所であり、改めて開設した圃場である。また大曾根圃場はもともと水田であったが減反政策により、田地と畑地を2年周期で交互に利用していた。その他の圃場は開設前後とも畑地としての利用である。

以下に2つの研究圃場、筑波山腹圃場と筑波大学農林技術センター圃場について、その開設および農生態的特徴を記す。なお、6つの体験圃場については、筑波大学農林技術センター圃場と比較する形で、参考として最後に図表を付した。

1) 筑波山腹圃場の開設および主な特徴

1)-1 開設の目的とその方法

(1) 開設目的

筑波山腹圃場の特徴として、①緩やかな傾斜地で、②ここ数十年栽培が行われずに放置されていた場所であり、したがって、③新たに開設した圃場の周囲はそのまま雑木やアズマネザサ・フジ等で覆われていることがあげられる。①の傾斜地という地形条件から、土壌侵食の生じないような土壌管理の必要性があり、果樹の栽植位置や被覆・耕うん法等を考慮に入れた管理を行った。また②の前作がなく自然植生であったことも重要な点で、数十年間の自然生態系の営みの流れに即した開設方法や栽培管理を心がけ、できる限り既存の地形を維持し、土壌表層に集積した有機物を効率よく利用するよう努めた。そして③の圃場と隣接した周囲の土地からの落枝・落葉等の有機物を移入する際に、圃場とその周辺地との持続的な物質循環システムの構築を考慮に入れ、この自然の地形や経歴性を活かす方向で自然開園を行った。

供試果樹は比較的病害虫に強く、現段階でも無農薬・無肥料栽培が可能とされるブルーベリーとした。そのブルーベリーの樹間に各種間作作物を導入し、「立体的自然果樹園」の第一段階の実践圃場として位置づけ、開設および栽培を行った。また、本園の開設にあたり土壌管理、とくに耕うん法に注目し、開設時から耕うんした区（以下開設時耕起区と呼ぶ）と、全く掘起こしをせずに林床のアズマネザサの生育はそのまま継続させた区（以下開設時不耕起区と呼ぶ）を設け、樹間内の間作作物の生長量も含めて比較検討した。

(2) 開設方法

圃場の概要図を図2-3に示す。圃場は面積13aの緩傾斜地で、土壌は火山灰土壌で土性は軽埴土(LiC)であり、大小多数の石がある。以下に開設・開園の作業経過について説明するが、その概要を表2-3に示す。

①伐採・刈払い作業（1990年4月下旬～5月下旬）：適宜、既存の雑木を残しながら、雑木の伐採およびアズマネザサ等の刈取りをチェーンソ・肩掛け式刈払い機を使用して実施した（図2-4）。なお刈取った植物残渣は、一度、一箇所に

集積し、②抜根・除石作業および③ブルーベリー栽植作業後に、その全量をブルーベリーの樹周囲に被覆した。

②抜根・除石作業（1990年6月上旬～7月上旬）：以下の2試験区の設定を意図して抜根・除石作業等の開墾を行った。試験区は、開設時耕起区；パワーショベルにより深さ約30cmまで掘起こし、さらに手作業で鋤を用いて、ていねいに耕うんした後に、表土全体に広がるアズマネザサやフジの根、および径約2cm以上の石を取除いた区と、開設時不耕起区；一切抜根・除石作業をせずに地下部をそのままの状態に保った区である。両区とも面積は約0.9a（9m×10m）とした。なお開設時耕うん法試験区以外の場所は、開設時耕起区と同様な開墾作業を行い、とくに栽培管理に支障をきたすと予想された大きな石があった場合に限り、パワーショベルで深さ約100cmまで掘起こして、取除いた。

なお、本試験での開墾作業は、パワーショベル作業後に、鋤による手作業を加えたが、詳細な碎土率や粒径分布等の調査は行っていない。しかしこれらの作業は、とくに非常に密に土壤中に分布していた強固なアズマネザサの根を取除く点に配慮し、掘取った根を地面に数回叩きつけて土塊をていねいに碎きながら行ったため、開設時耕起区の土壤は、主観的ではあるがかなり細かく碎土する形となった。

③ブルーベリーの栽植（1990年6月上旬～7月下旬）：4年生ラビットアイブルーベリー3品種‘ティフブルー’，‘ホームベル’，‘ウッタード’および4年生ハイブッシュブルーベリー3品種‘ウェイマウス’，‘ジャージー’，‘ハーバート’を10～20樹ずつを供試した。圃場の測量後、栽植密度3.0m×1.0mで等高線に沿って植え穴（直径60cm，深さ40cm）を掘り、1樹当たり6lのピートモスを混入し、品種ごとに1列ずつ計6列栽植した。

なお、ブルーベリーを栽植を行わなかった圃場の北側部分の利用に関しては本報ではとくに論じないが、体験圃場の臼井圃場とし、図2-3に示したように土地利用した。つまり適宜既存のヤマザクラやクヌギ、コナラ等の雑木を残したうえで、常緑性果樹であるヤマモモや各種一年生作物を被覆不耕起管理で試作し、また自生してきたタラノメやサンショウも適切な管理を加えて残し、自生有用作物の栽培も試みた。

1)-2 試験方法

(1) 試験区の設定：上記した通り，開墾法の異なる開設時耕起区と開設時不耕起区を設置した．なお，開墾法の試験区にはラビットアイブルーベリーを用い，各品種につき1試験区当たり最低8樹ずつ含むようにした．またハイブッシュブルーベリーは比較試験を行わず，開設時耕起区のみとした．

(2) 樹間内の間作作物：5年6作の作付順序および栽培期間を表2-10に示す．夏作として1990年，1991年はソルゴー‘グリーンソルゴー’，1992年はセスパニア‘田助’，1993年は休閑し，1994年はクロタラリア‘ネマコロリ’を，冬作として1993年にはライムギ‘ハルミドリ’，1994年はエンバク‘とちゆたか’を作付した．肩掛け式刈払い機で播種床の雑草を地際で刈取り後，3.0mの樹間中央に基本的に2条，条間0.6mで適量（例えばエンバクは5kg/10a）を手作業で播種したが，同一場所に条位置が重ならないように作付ごとに左右数cmずつずらす工夫をした．

(3) 栽培管理：供試圃場は開設以降は常に被覆不耕起管理とし，無施肥・無防除，またブルーベリーは無せん定・無摘果で管理した．ただし栽植年の1990年はブルーベリーの樹体の栄養生長を促進させるため，全果実を摘果した．また1990年冬季にはカイガラムシが1樹当たり10から15個体ずつ発生が見られ，手で除去したが，1991年以降は出現しなかった．開設以後，人為的には有機物は一度も施していないが，夏作物の秋季刈取り時に地上部約30cm残すと，その切り株に圃場周囲からの落葉物が帯状に自然集積し，無視できない量だった．雑草は基本的に年2回，間作作物の作付前の6月と10月に刈敷き被覆管理した．

(4) 測定項目

①ブルーベリーの樹高・樹幅・幹径および果実数・収穫果数：1990年～1992年および1994年の冬季（結実期には果実の重量のため樹形が変化する）にブルーベリー6品種の全樹について，その樹高と2方向の樹幅・幹径（地上30cm位置）を測定した．収量については，ハイブッシュブルーベリーは毎年6月中旬に，ラビットアイブルーベリーは毎年7月上旬に結果数を測定した．また各収穫時期に樹当たり収量・一果実重（ともに新鮮重）および糖度を経時的に測定したが，鳥害がひどく収穫量がばらついたため，これらの測定項目については，参考として1995年の結果を表すのみとした．

②間作作物の生長量：各栽培終了時における草丈と地上部乾物重を調査したが、草丈については各試験区平均的な40個体以上を計測し、地上部乾物重については1 m²ずつランダムに3地点からサンプルを採取し、乾燥器で70°C 4日間以上乾燥した後に測定した。

③土壌pH・EC：土壌試料の採取は1990年冬季、1991年冬季および1995年夏季に行った。採取方法は、まず各試験区内の無作為に選んだ5地点の表層約10 cmをこてでV字型に掘り、斜面に沿って均一に約200 gの同一量の土壌を採取し、それを混合した。予備試験の結果から測定方法は、まず試料の一部を用いて105°C乾熱法で土壌の含水比を求め、乾土10.0 g相当量の未風乾新鮮土に水50 mlを加え1時間以上放置した後、その懸濁液をガラス電極pH計を用いてpH(H₂O)を測定し、つづいてこれを1時間振り混ぜてから電気伝導率計でその懸濁液のECを測定する手順をとった。また水の代わりに同量の1 N塩化カリウム液を加えて測定するpH(KCl)も同時に実施したが、pH(H₂O)との相関が高かったことから(平均で $r^2 \geq 0.80$)、本研究においては一部を除いてpH(H₂O)(以下単にpHと略記)を代表させ考察の対象とした。

④雑草植生：植生調査は1993年～1995年の春季(4月下旬)と秋季(9月下旬)に行った。各試験区に1 m×1 mの方形枠を5個設置し、全出現種の最高草丈と被度を測定記録した。調査枠の設置は、ブルーベリーから50 cm以上離れるようにし、かつ平均的に生育している間作作物の作付条が枠内に1条含まれるように配慮した。なお結果では、雑草の種類組成とその順位関係を示すため、積算優占度(沼田, 1965; 以下SDR)を用いた。この度数は、各草種ごとに草丈、被度および調査枠に出現した頻度について、各々の最高の種類の値を100とする相対値を求め、これを加え合わせ、3で割った値である。

くわえて1995年5月下旬には雑草量として50 cm×50 cmの方形枠を3個ずつ設け、地上部のみの乾物重を測定した。

⑤土壌動物相：調査は1995年の間作作物(エンバク)の収穫前にあたる5月下旬の曇天日に実施した。各試験区に50 cm×50 cmの方形枠3個ずつを、上記の雑草植生調査と同様な点を配慮して設置した。予備調査の結果(第4章参照)から、地表1 cm部分の土壌と植物残渣を採取し、シートの上に広げてハンドソーティング法で目の単位を基準にして種類ごとに個体数を計測した(渡辺, 1973)。調査

対象とする土壌動物は体長2mm以上の大形土壌動物と限定した。ただしトビムシ目とダニ目は体長2mm以上であっても除外し、また生活形などを考慮して一部は目以上の分類を用いた。

1)-3 結果および考察

ここでは、ブルーベリーの生育量・収量についてはハイブッシュとラビットアイの品種比較を加え、その他の項目については開墾法の相違による影響を中心に論ずることとする。

(1) ブルーベリーの生長量・収量

①ハイブッシュとラビットアイの比較：苗木の植付けを行った1990年6月～7月は梅雨期にもかかわらず降水量が少なかったため、土壌の乾燥による樹勢の衰弱や枯死が心配されたが、栽植直後の数回の灌水および根際への適度な有機物マルチの施用により全樹健全に生育した。ただし栽植1年目の冬にカイガラムシの発生を見たが、それ以後は顕著な病虫害は確認されなかった。また1991年のハイブッシュの収穫最盛期にあたる6月末に、‘ウェイマウス’1樹と‘ジャージー’2樹が地下部から引き抜かれ、数本の枝が折られた状態で放置されていた。その後の圃場周囲での筆者自身の目撃や足跡・糞等から判断して、野生イノシシによる被害であることが予測された。しかし、それ以降は特別な対策を講じなかったにもかかわらず、イノシシによる被害は観察されなかった。

ブルーベリー6品種の樹高、樹幅および幹径を表2-4に示す。ラビットアイ3品種の生長量がハイブッシュ3品種の生長量に比べて有意に高く、とくにラビットアイの樹幅の伸び率が高かった結果は、「ラビットアイはブルーベリーの中でも土壌適応力が高く樹勢が最大で、しかも開張性が強い」という岩垣(1984)の報告と一致している。

つぎに結果数を表2-5に示す。樹体の生長量も悪く、結果数も極端に少ない‘ジャージー’を除く5品種は年々結果数を増加させているが、とくに最近2年間については1年間で約2～4倍増加している。結果数は栽植当初から明らかにラビットアイの方が多く、1995年は3品種とも1000果以上結果した。またハイブッシュ3品種の中では中・晩生種の‘ハーバート’が一番多く1995年に278果結実した。

つづいて収穫期ごとの樹当たり収量と一果実重の経時的な変化を、代表として

‘ウェイマウス’と‘ハーバート’について図2-6に示す。両品種とも樹当たり収量は収穫前期に集中するもののブルーベリー特有の「個々の果実の成熟時期が長期にわたる」という収穫期間の長い特徴を表した。また一果実重は収穫開始時に一番高く、次第に直線的に減少した。これらの特徴は他の品種でも同様に観察された。

全6品種の樹当たり収量および一果実重と糖度を表2-6に示す。ただしここで示した一果実重と糖度は収穫最盛期の値であり、この一果実重と結果数（表2-5）を掛け合わせた値は、樹当たり収量とは一致しない。樹当たり収量は769gの‘ホームベル’が豊産性であることと、未結果樹も多くみられた‘ジャージー’の収量が低いことが特徴的だった。一果実重に関してはハイブッシュの方が重く、また糖度はラビットアイの方が高い傾向だった。

以上の結果より、一般的に果実品質が高く、とくに果実重の重いとされるハイブッシュは、本試験圃場の土壌および管理法では十分に生育することができず、この地でより旺盛な生育を期待するには施肥や土壌改良剤の投与が必要かと思われた。それに対してラビットアイは、無施肥条件下のもと栽植後5年間で順調な生育を示し、本栽培法に比較的適した品種であることが確認された。

②開墾法の相違による影響：開設時の耕うんの有無が、その後のラビットアイの樹高、樹幅および幹径の生長へ及ぼす影響を表2-7に示す。栽植後1、2年は両区間に顕著な相違は見られなかったが、1994年には‘ホームベル’は測定項目すべてにおいて、また‘ウッダード’は樹高と幹径において開設時耕起区の方が開設時不耕起区に対して有意に生長量が高く、‘ティフブルー’の樹幅を除いて、全般的に同様な結果となった。

つぎに結果数について表2-8に、樹当たり収量、一果実重、糖度について表2-9に示した。5年間を通じて‘ホームベル’と‘ウッダード’の結果数は開設時耕起区の方が多く、また樹当たり収量も同様な結果だった。しかし一果実重と糖度については試験区間に顕著な傾向は見られなかった。地上部生育量や結果数とも‘ティフブルー’の試験区間の差がなかった原因として、‘ティフブルー’の開設時不耕起区の一部にもともと巨大な石（径約3m）が存在し、開設時にこれを取除く際、大きな地形改変が生じてしまったため、結果として開設時耕起区の開墾法に類似してしまい、試験区設定の時点に問題があったことが考えられる。

(2) 間作作物の生長量：ブルーベリー樹間における間作作物の生育結果を表2-10に示す。まず開設時耕起区と比較して開設時不耕起区の草丈と地上部乾物重は明らかに低く、とくに1990年から1992年まで地上部乾物重において開設時不耕起区は開設時耕起区の5%以下であり、極端に生育が悪かった。しかし1993年以降は少しずつではあるが、両試験区間の草丈と地上部乾物重の差は縮まってきた。これらの理由として、もともとの優占種だったアズマネザサやフジは非常に根群が発達し、開設時不耕起区の地表から20cm部分の土壌が固く締め付けられた状態であったためと考えられ、土壌の物理性のみを考慮しても、導入した作物の侵入する余地が存在しなかったことが考えられる。しかし、過去5年間にわたり発生するアズマネザサ・フジの地上部の刈取りを続けるにしたがって、地下部の貯蔵養分が消耗してきていることが予想され、さらに刈取りを中心とした被覆不耕起管理の継続により、樹間内間作作物の栽培にとって好適な環境に変化していくものと思われる。

つぎに開設時耕起区の年次変化に注目すると、90年夏作ソルゴーが91年夏作ソルゴーに対して約2倍弱の生育量を示した。この原因としては開設前約20年間は休閑期だったわけで移動耕作である焼き畑の例のように、開墾後1年目は貯蔵養分量の発現が活発であるため作物はまずまずの生育を示すが、2年目以降は徐々に減衰してしまうため作物の生育量も低下していく、ということが考えられる。この「開設当年は意外に作物生育がいい」という現象は様々な体験圃場の結果から経験的にもよくみられることで、とくに無施肥栽培条件では顕著にこの特徴が現れるものと考えられる。しかし開設時耕起区での91年夏作ソルゴー栽培終了後の刈敷き状況を図2-5に示したが、90年夏作に比べて有機物生産量は低かったものの、冬期間の地表面被覆物の点では、十分にその効果が期待できた。

また92年夏作のセスパニアは生育不全だったが、開設時耕起区における94年夏作クロタラリアは地上部乾物重が1028kg/10aと高く、無施肥条件下でのマメ科作物の高生産性が確認された。

(3) 土壌pH・EC：開墾法の相違が土壌pHおよびECに及ぼす影響を表2-11に示す。開設時耕起区に比べて開設時不耕起区のpH(H₂O)とECは、いずれの測定年も低く、また全体的に見ても低pH・低ECであると言える。さらにこのpH(H₂O)からpH(KCl)を引いた値はほぼ1.0と大きく、土壌コロイドに付着して

いたH⁺が多く、他のプラス電荷をもつNH₄⁺やK⁺等の肥料分が少ないことが考えられた。このこととNO₃⁻等のマイナス電荷の程度を表すECが極端に低値であることから、全般的に肥料不足であることが予測された。

(4) 雑草植生：開墾法の相違が雑草のSDRに及ぼす影響について、春季を表2-12に秋季を表2-13に示す。まず春季についてみると、3年間通して出現し、かつSDRが50以上の値を示した年を含む雑草は、開設時耕起区ではオニタヒラコ、カモシグサ、ミソイチゴツナギ、ヤエムグラ、オヤブジラミで、開設時不耕起区ではヒメジョオン、ハハコグサ、カスマグサ、ミソイチゴツナギ、アズマネザサ、ヒメクグ、タチイヌノフグリ、ミミナグサ、ノミノフスマであり、主要雑草草種はミソイチゴツナギ以外はすべて異なった。とくに栽培上問題とされるアズマネザサは開設時耕起区では漸減傾向で1995年にはSDRが10だったのに対し、開設時不耕起区では1995年も依然として50以上の値だった。

また同様に秋季についてみると、開設時耕起区ではメヒシバ、キンエノコロ、クワクサ、イヌタデ、ツユクサで、開設時不耕起区ではキク科ロゼット（草種は不明）、キンエノコロ、イヌタデ、ツユクサであり両区とも比較的類似した植生となったが、SDRの低い雑草では各区のみに出現した草種、例えばミドリハコベやアメリカセンダングサ等が確認された。

このように開墾法の相違が雑草植生の概観に影響を及ぼすことがわかったが、つぎに出現種数や多様性指数、生活環および帰化率について表2-14に示す。出現種数は両区とも増加しており、とくに開設時耕起区でその傾向が強かった。生活環でみると多年生雑草割合は一年を通じて38%~52%と高く、春季では2年生雑草が、秋季では1年生雑草が各々その割合を高めていることがわかり、その特徴は両試験区とも同様だった。種の豊富さを表すとされるSimpson (1949) の雑草群落の多様性指数(1/d)を、重要度にSDRを用いて算出し比較すると、両区とも増加傾向で、とくに開設時耕起区では8.8から29.0まで増え、出現種数と同様な結果となった。菅原(1978)による熟畑化過程における雑草植生の変遷を参考にすると、本圃場、とくに開設時耕起区は現在、開設当初の山野草中心の植生から山野草と耕地雑草の混在した状態への遷移段階にあたり、そのため出現草種が増加し、多様性も増したと考えられる。このように耕地雑草の増加に伴い、帰化率も95年春季には両区とも約30%で次第に増加していることがわかった。

(5) 土壤動物相：1995年5月下旬における主な大形土壤動物の個体数を表2-15に示す。雑食性の甲虫類とアリ類は開設時不耕起区の方が個体数が多かったが、他の肉食性や腐植性の土壤動物は開設時耕起区の方が多く、とくにミミズ類は1m²当たり377個体で開設時不耕起区に比べて約5倍の個体数が生息し、また体長も長いものが多いことが観察された。この理由として開設時不耕起区は開設時耕起区に比較して間作作物生育量および雑草量が少なく、したがって還元された有機物による被覆量も相対的に少なかったため、裸地面積が大きかったことが考えられた。しかし全体的には構成種が類似し個体数にも大差はなく、生息環境として開設時不耕起区の土壤が明らかに好ましくないとは言い難く、例えば周囲から有機物を移入して被覆量を増加させれば、より豊富で多様な土壤動物相になることが予測される。

以上作物と土壤のいくつかの面から、開墾法の相違を見てきた。わが国の樹園地は傾斜地にあることが多く、大型機械の利用の困難である点や土壤侵食抑制の配慮も必要である点から大規模な地形改変は難しく、また望ましくない。短期的に収量増加等の結果を期待するには、既存の多年生植物の宿根を取除くために開設時に地下約30cm部分の耕うんは必要であると思われる。しかし、次第に両試験区間の作物生育量の差が小さくなってきたことや、雑草植生・土壤動物相にそれほど大きな相違がないことから、現時点の開設時不耕起区は自然の力を利用し、長い時間をかけてゆっくり土を改良していく初期段階として捉えることができ、さらに今後の動向に注目したい。

1)-4 要約

(1) 「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培」の第一段階として、その開墾法、すなわち開設時の耕うんの有無による影響を中心に検討した。

(2) ブルーベリーの品種間差異が、樹体の生育や果実収量等にみられた。全体的にラビットアイは樹勢が強く、豊産性の特徴が確認され、本栽培法に比較的適した品種であることがわかった。

(3) 開墾法の影響は、ブルーベリーの一果実重と糖度では試験区間で顕著な差異はみられなかったが、結果数および収量では開設時不耕起区よりも開設時耕起区で多かった。

(4) ブルーベリー樹間内の間作作物の草丈と地上部乾物重についても開設時耕起区の優位性が現れたが、次第に生育量の差は小さくなった。

(5) 土壌 pH・EC は、ともに開設時耕起区の方が上回ったが、全般的に低い値であった。また pH (H₂O) と pH (KCl) の差が大きかったことから、圃場が痩せ地であることが予想された。

(6) 雑草の種類組成とその順位関係については、試験区間に異なる特徴がみられ、とくに開設時不耕起区ではアズマネザサが大きく優占していた。また出現種数、多様性指数、生活環割合および帰化率については、両区でほぼお同様な結果を示し、ともに山野草中心の植生から、山野草と耕地雑草の混在した状態への遷移段階であることがわかった。

(7) 土壌動物の個体数は、全体的には開設時耕起区の方が多かったが、構成種が類似し、個体数にも大差はなかった。

(8) 以上のように、各種作物の生育量・収量から判断すると、開設時耕起区の優位性が明らかとなった。しかし試験区間の生育量差が縮まり、また生物相にも大きな相違はないことから、開設時不耕起は自然の力を利用し、ゆっくり土づくりをしていく初期段階であると考えられた。

表2-2 筑波山腹圃場および筑波大学農林技術センター圃場の概要

圃場名	所在地	海拔	土性	面積	地形	前歴	圃場周囲	開設開始
筑波山腹	つくば市 臼井	180 m	軽埴土 (LiC)	13 a	傾斜地 (約7%)	約25年前までイネ・ムギの畑。 それ以後放置されコナラ・クヌギ の雑木林。林床はアズマネガサ。	コナラ・クヌギ等の 雑木林。	1990年 4月
筑波大学 農林技術 センター	つくば市 天王台	27 m	重埴土 (HC)	21 a	平坦地	過去10年間ツバキ・ツツジ 等の花木身本圃。	数種のサクラとそ の周囲にアカマツ の雑木林。	1991年 12月

表2-3 開墾法試験における試験区の概要説明
(筑波山腹圃場：1990～1995年)

試験区名	処 理		面積	設定開始
	抜根作業	除石作業		
	表土全体に広がるアズマネ ザサやフジ等の根について	径2 cm以上の石について、		
開設時耕起	パワーショベルにより深さ約 30cmまで掘起こし、手 で取除いた	パワーショベルにより深さ約30cmまで、 大きな石があった場合は深さ約100 cmまで掘起こし、手で取り除いた	0.9 a (9×10m)	1990年6月
開設時不耕起	抜根作業は行わなかった	除石作業は行わなかった	0.9 a (9×10m)	1990年6月

試験区はブルーベリー（栽植密度は3.0m×1.0m）の樹間内に設定した。

樹間内の間作作物は2試験区ともに、基本的に樹間3.0m内に2条、条間0.6mでイネ・マメの科緑肥作物を中心に作付けた。

開設以降は2試験区とも、被覆不耕起で管理した。

表2-4 ブルーベリー6品種の樹高、樹幅および幹径
(筑波山腹圃場：1990～1994年)

		ハイブッシュブルーベリー			ラビットアイブルーベリー		
		‘ウエイマス’	‘ジャージー’	‘ハーバート’	‘ティアブル’	‘ホームベル’	‘ウッダード’
樹高 (cm)	90	59 ± 3	63 ± 3	57 ± 5	80 ± 3	85 ± 3	73 ± 4
	91	68 ± 4	76 ± 4	70 ± 6	87 ± 3	119 ± 4	75 ± 8
	92	79 ± 4	83 ± 4	78 ± 8	115 ± 7	142 ± 5	112 ± 7
	94	105 ± 5	82 ± 4	111 ± 9	167 ± 5	163 ± 3	154 ± 9
樹幅 (cm)	90	37 ± 2	47 ± 2	40 ± 1	47 ± 3	52 ± 2	52 ± 3
	91	48 ± 3	48 ± 4	49 ± 5	65 ± 5	88 ± 4	73 ± 4
	92	52 ± 4	49 ± 3	58 ± 6	69 ± 4	94 ± 5	81 ± 3
	94	91 ± 6	54 ± 3	88 ± 9	141 ± 6	164 ± 4	133 ± 9
幹径 (mm)	92	95 ± 5	96 ± 2	97 ± 8	108 ± 4	133 ± 4	102 ± 4
	94	128 ± 8	101 ± 2	127 ± 7	213 ± 11	194 ± 6	154 ± 4

各数値は平均値 ± S.E.

表2-5 ブルーベリー6品種の結果数
(筑波山腹圃場：1991～1995年)

	ハイブッシュブルーベリー			ラビットアイブルーベリー		
	‘ウエイマス’	‘ジャージー’	‘ハーバート’	‘ティアブル’	‘ホームベル’	‘ウッダード’
1991年	22 ± 3	14 ± 4	7 ± 3	95 ± 16	147 ± 31	143 ± 26
1992年	2 ± 1	18 ± 7	9 ± 5	108 ± 20	180 ± 26	193 ± 35
1993年	27 ± 8	13 ± 5	36 ± 11	109 ± 31	154 ± 39	238 ± 48
1994年	51 ± 17	8 ± 5	148 ± 62	439 ± 67	696 ± 87	462 ± 81
1995年	94 ± 34	1.4 ± 0.8	278 ± 57	1051 ± 113	1086 ± 145	1303 ± 208

ラビットアイブルーベリーの結果数は開設時耕起区と開設時不耕起区を合わせた平均値

各数値は平均値 ± S.E.

表2-6 ブルーベリー6品種の樹当たり収量、果実重および糖度
(筑波山腹圃場：1995年)

	ハイブッシュブルーベリー			ラビットアイブルーベリー		
	‘ウエイマス’	‘ジャージー’	‘ハーバート’	‘ティアブル’	‘ホームベル’	‘ウッダード’
樹当たり収量 (g)	176 ± 26	4 ± 1	161 ± 46	239 ± 63	769 ± 155	421 ± 29
一果実重 (g)	1.6 ± 0.1	1.3 ± 0.2	1.8 ± 0.1	1.2 ± 0.1	0.9 ± 0.1	1.2 ± 0.1
Brix (%)	8.5 ± 0.2	10.1 ± 0.4	8.8 ± 0.2	13.3 ± 0.5	12.5 ± 0.4	10.8 ± 0.3

ラビットアイブルーベリーは開設時耕起区のもの

一果実重と糖度の測定は収穫最盛期

各数値は平均値 ± S.E.

表2-7 開墾法の相違がラビットアイブルーベリー3品種の樹高、樹幅および幹径へ及ぼす影響
(筑波山腹圃場：1990～1994年)

		'ティフブルー'		'ホームベル'		'ウッダード'	
		開設時耕起	開設時不耕起	開設時耕起	開設時不耕起	開設時耕起	開設時不耕起
樹高 (cm)	90	80 ± 3	82 ± 4	85 ± 3	93 ± 4	73 ± 4	78 ± 4
	91	87 ± 3	92 ± 6	119 ± 4	95 ± 5	75 ± 8	85 ± 8
	92	115 ± 7	109 ± 10	142 ± 5	114 ± 7	112 ± 7	100 ± 6
	94	167 ± 5	163 ± 9	163 ± 3	132 ± 4	154 ± 9	118 ± 7
樹幅 (cm)	90	47 ± 3	50 ± 3	52 ± 2	52 ± 5	52 ± 3	43 ± 2
	91	65 ± 5	58 ± 7	88 ± 4	76 ± 6	73 ± 4	68 ± 5
	92	69 ± 4	76 ± 7	94 ± 5	78 ± 5	81 ± 3	68 ± 8
	94	141 ± 6	143 ± 8	164 ± 4	142 ± 10	133 ± 9	120 ± 9
幹径 (mm)	92	10.8 ± 0.4	10.3 ± 0.6	13.3 ± 0.4	11.3 ± 0.6	10.2 ± 0.4	10.3 ± 0.8
	94	21.3 ± 1.1	19.1 ± 1.3	19.4 ± 0.6	15.8 ± 1.2	15.4 ± 0.4	13.3 ± 0.4

各数値は平均値 ± S.E.

表2-8 開墾法の相違がラビットアイブルーベリーの結果数へ及ぼす影響
(筑波山腹圃場：1991～1995年)

	'ティフブルー'		'ホームベル'		'ウッダード'	
	開設時耕起	開設時不耕起	開設時耕起	開設時不耕起	開設時耕起	開設時不耕起
1991年	98 ± 23	92 ± 22	119 ± 50	177 ± 134	152 ± 27	134 ± 47
1992年	131 ± 27	88 ± 29	165 ± 36	196 ± 39	202 ± 49	183 ± 55
1993年	142 ± 54	78 ± 34	256 ± 58	40 ± 12	345 ± 51	96 ± 48
1994年	473 ± 135	408 ± 50	742 ± 127	646 ± 122	580 ± 115	344 ± 102
1995年	950 ± 168	1131 ± 155	1494 ± 174	632 ± 115	1627 ± 320	979 ± 224

各数値は平均値 ± S.E.

表2-9 開墾法の相違がラビットアイブルーベリー3品種の樹当たり収量、一果実重および糖度へ及ぼす影響
(筑波山腹圃場：1995年)

	'ティフブルー'		'ホームベル'		'ウッダード'	
	開設時耕起	開設時不耕起	開設時耕起	開設時不耕起	開設時耕起	開設時不耕起
樹当たり収量 (g)	239 ± 63	374 ± 69	769 ± 155	393 ± 92	421 ± 29	335 ± 135
一果実重 (g)	1.22 ± 0.05	1.16 ± 0.05	0.94 ± 0.04	0.95 ± 0.03	1.20 ± 0.05	1.07 ± 0.07
Brix (%)	13.3 ± 0.5	13.2 ± 0.4	12.5 ± 0.4	12.8 ± 0.3	10.8 ± 0.3	11.2 ± 0.4

一果実重と糖度の測定は収穫最盛期

各数値は平均値 ± S.E.

表2-10 開墾法の相違がブルーベリー樹間における間作作物の草丈および地上部乾物重へ及ぼす影響
(筑波山腹圃場：1990～1995年)

作付作物		90年夏作 7/10	91年夏作 7/10	92年夏作 7/10	93年冬作	94年夏作 7/10	94年冬作 7/10
栽培期間	播種日	90.07.31	91.07.30	92.07.26	93.10.25	94.07.18	94.11.12
	収穫日	90.11.12	91.11.01	92.11.15	94.06.27	94.10.19	95.06.18
開設時耕起	草丈	238 ± 8	132 ± 5	64 ± 3	170 ± 4	218 ± 6	104 ± 2
	地上部乾物重	973 ± 334	519 ± 82	140 ± 7	383 ± 55	1028 ± 145	270 ± 10
開設時不耕起	草丈	52 ± 7	48 ± 6	8 ± 1	104 ± 3	87 ± 4	64 ± 3
	地上部乾物重	13 ± 1	13 ± 1	7 ± 1	49 ± 7	84 ± 3	33 ± 3

草丈：cm，地上部乾物重：kg/10a
各数値は平均値±S.E.

表2-11 開墾法の相違が土壌pHおよびECへ及ぼす影響
(筑波山腹圃場：1990年冬，1991年冬，1995年夏)

		土壌pH	土壌EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
開設時耕起	1990年	5.2	23.6
	1991年	5.8	17.6
	1995年	5.6	16.7
開設時不耕起	1990年	5.1	19.1
	1991年	5.4	13.0
	1995年	5.5	9.5

表2-12 開墾法の相違が主な雑草のSDRへ及ぼす影響

(筑波山腹圃場：1993～1995年春季)

作物作物	開設時耕起			開設時不耕起		
	'93	'94	'95	'93	'94	'95
大豆	77		94	73		100
小麦		100			100	
雑草	94			82		
雑草		45			48	
科名	生活環	種類				
1年	多	3種	7	7		10
2年	多	4種	45	33	61	27
2年	多	4種	27	43	44	21
2年	多	4種	21	9	23	28
2年	多	4種				9
2年	多	4種				11
2年	多	4種				12
2年	多	4種				29
2年	多	4種	39	8	71	13
2年	多	4種		30	19	
2年	多	4種			8	15
2年	多	4種	24	15	24	30
2年	多	4種			27	25
2年	多	4種	10	9	9	9
2年	多	4種		7		10
2年	多	4種				18
2年	多	4種			24	
2年	多	4種			43	
2年	多	4種		40	54	
2年	多	4種	49	25	28	67
2年	多	4種	47	37	22	50
2年	多	4種	7	50	37	7
2年	多	4種	7	50	52	31
2年	多	4種	36	23	10	7
2年	多	4種			40	50
2年	多	4種				52
2年	多	4種	65			24
2年	多	4種			63	48
2年	多	4種			33	37
2年	多	4種				11
2年	多	4種	24		8	54
2年	多	4種			57	10
2年	多	4種	8	18	25	
2年	多	4種	40	40	45	40
2年	多	4種			11	53
2年	多	4種	65	42	65	74
2年	多	4種			15	27
2年	多	4種			7	12
2年	多	4種			23	9
2年	多	4種				18
2年	多	4種				19
2年	多	4種		8		8
2年	多	4種	7		31	20
2年	多	4種			52	17
2年	多	4種	30	23	43	47
2年	多	4種	18	8	35	63
2年	多	4種	12	8	35	46
2年	多	4種		9	52	57
2年	多	4種		23	23	18
2年	多	4種	8	15	37	8
2年	多	4種			15	37
2年	多	4種				48
2年	多	4種				9
2年	多	4種	24	25	51	29
2年	多	4種	7	21	22	18
2年	多	4種				25
2年	多	4種				9
2年	多	4種				44
2年	多	4種			8	
発生草種数			11科 12科 17科			11科 14科 16科
			24種 28種 37種			27種 27種 31種
1年草割合 (%)			4 7 3			4 4 7
2年草割合 (%)			58 50 57			52 48 55
多年草割合 (%)			38 43 41			44 48 39
帰化率 (%)			17 21 30			15 22 29

注) SDR：沼田の積算量占度、雑草の種類組成とその順位関係を示す度数。各草種ごとに草丈、被度及び調査時に出現した頻度について各々の最高の種類の値を100とする相対値を求め、これを加え合わせ3で割った値。

表2-13 開墾法の相違が主な雑草のSDRへ及ぼす影響

(筑波山腹園場：1993～1995年秋季)

科名	生活環	雑草	開設時耕起		開設時不耕起	
					'93	'94
			'93	'94	'93	'94
			39	100	61	100
			80		84	
科	多	3Eキ				38
	多	オセビ		21		
	多	ヒメハダマシ	17	17	22	9
	多	ヒメハダマシ			8	
	多	ヨメ		18		10
	2	ヒメハダマシ		27		
	2	ササキ	41	18	61	42
	2	ハコカ			15	
	1	アサギ			8	9
	1	アサギ			10	
	多	アサギ			11	
科	多	アサギ			8	
科	多	アサギ		36		39
	2	アサギ	17	16	35	25
	多	アサギ	24	15		
	多	アサギ			25	27
	多	アサギ		8		
科	多	アサギ	20		11	
	1	アサギ	71	38	12	37
	2	アサギ	10			
	多	アサギ	14		46	24
	多	アサギ	20		30	
	1	アサギ	72	20	36	32
	1	アサギ	89	45	76	67
	1	アサギ		50	12	34
	1	アサギ				7
	2	アサギ	14			
科	1	アサギ	19	31	32	45
	1	アサギ	10			
科	多	アサギ		14		
	多	アサギ	18			
科	1	アサギ	28	33	8	24
科	2	アサギ	9			
	多	アサギ		14		
科	1	アサギ	54	32		
科	1	アサギ	67	51	41	50
	多	アサギ		15		23
科	多	アサギ		8		7
科	多	アサギ	9	7	17	
	多	アサギ				9
科	多	アサギ				15
科	多	アサギ		7		
科	2	アサギ		7	18	
	2	アサギ	46	23		
科	1	アサギ	75	29	64	45
科	1	アサギ	39			9
	1	アサギ			42	11
科	多	アサギ	45	29	42	
科	多	アサギ				10
	2	アサギ		15		
	多	アサギ		22	40	15
発生草種数			14科	16科	13科	13科
			24種	29種	26種	26種
1年草割合 (%)			44	35	44	50
2年草割合 (%)			12	14	8	0
多年草割合 (%)			44	52	48	50
希化率 (%)			16	17	19	12

注) SDR：沼田の積算優占度。雑草の種類組成とその順位関係を示す度数。各草種ごとに草丈、被度及び調査枠に出現した頻度について各々の最高の種類の値を100とする相対値を求め、これを加え合わせ3で割った値。

表2-14 開墾法の相違が主な雑草植生へ及ぼす影響
(筑波山腹圃場：1993～1995年)

		開設時耕起					開設時不耕起				
		93年		94年		95年	93年		94年		95年
		春	秋	春	秋	春	春	秋	春	秋	春
出現雑草	科数	11科	14科	12科	16科	17科	11科	13科	14科	13科	16科
	種数	24種	24種	28種	29種	37種	27種	26種	27種	26種	31種
	雑草群落の多様性指数	8.8	16.8	20.8	22.4	29.0	17.8	18.0	20.9	18.7	23.0
生活環	1年草割合(%)	4	44	7	35	3	4	44	4	50	7
	2年草割合(%)	58	12	50	14	57	52	8	48	0	55
	多年草割合(%)	38	44	43	52	41	44	48	48	50	39
	帰化率 (%)	17	16	21	17	30	15	19	22	12	29

SDR：沼田の積算優占度。雑草の種類組成とその順位関係を示す度数
雑草群落の多様性指数：Simpsonの多様性指数

表2-15 開墾法の相違が主な大形土壌動物の個体数へ及ぼす影響
(筑波山腹圃場：1995年5月下旬)

	個 体 数 / m ²								
	肉食性		雑食性			腐食性			その他
	死類	幼体類	甲虫類	羽類	ワジム類	ワジム類	ミズ類		
開設時耕起	32±16	45±8	43±15	357±44	69±20	48±6	377±57	43±9	
開設時不耕起	28±5	17±9	60±6	693±117	25±13	21±10	80±59	43±13	

地表の被覆物および地表下1cm部分の土壌を供試した。

各数値は平均値±S.E

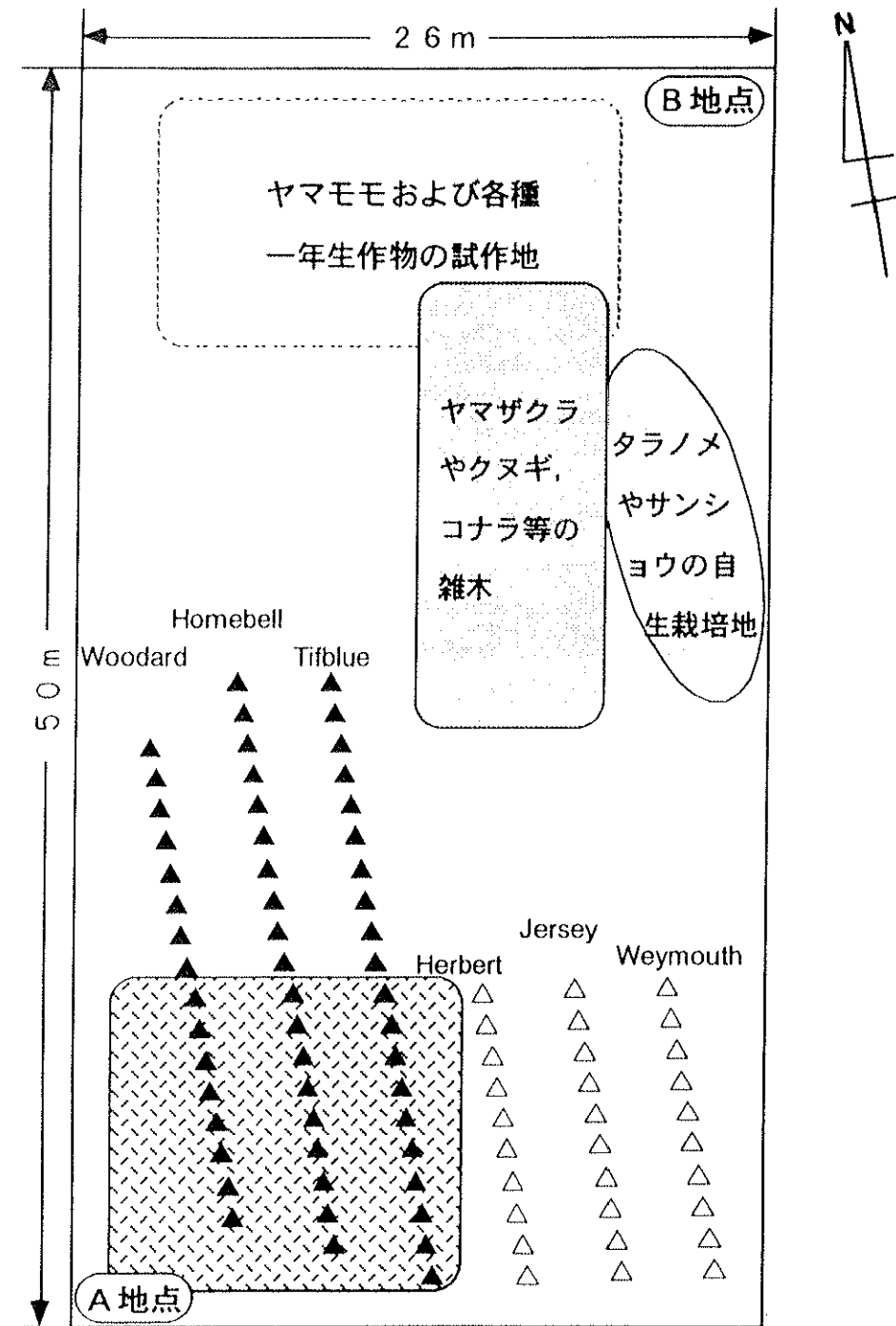


図 2-3 筑波山腹圃場の概略図

△：ハイブッシュブルーベリー， ▲：ラビットアイブルーベリー

⊘：開設時不耕起区， その他の場所は開設時耕起区。

※ブルーベリーの栽植密度は3.0 m×1.0 mで， 等高線栽植した。

※A地点が最低地点， B地点が最高地点で， その標高差は約4 mである。



図2-4 開設時におけるアズマネザサ等の刈取りの様子：草丈3m以上にも達するアズマネザサを肩掛け式刈払い機で刈取る。左側には大きな石もみられる。（筑波山腹圃場：1990年4月下旬）



図2-5 栽植2年後のラビットアイブルーベリー：ブルーベリー（左；‘ティフブルー’，右；‘ホームベル’）樹間内における間作ソルゴーの刈敷き後の状態。（筑波山腹圃場：1991年11月中旬）

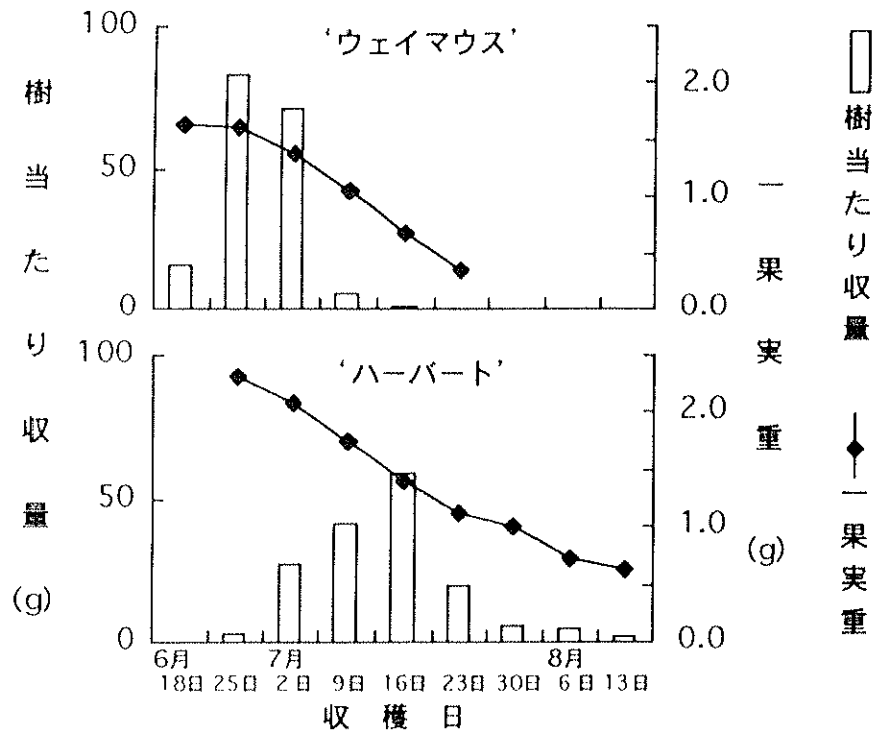


図2-6 ハイブッシュブルーベリー2品種の収穫日ごとの樹当たり収量と一果実重の変化（筑波山腹圃場：1995年）

2) 筑波大学農林技術センター圃場の開設および主な特徴

2)-1 開設の目的とその方法

(1) 開設の目的：筑波大学農林技術センター圃場の特徴として、まず、①平坦地であること、そして、②1990年までは花木見本園としてツバキやツツジ等が栽植されていた場所であり、人為による働きかけが比較的少ない状態であったこと、さらに、③圃場周囲が桜の木で囲われ、その外側はアカマツや数種の落葉広葉樹の雑木林であるため、防風林としての役割を果たす一方で、圃場から十数メートルの間隔があるため周囲の環境からの影響が少ないこと、等があげられる。このような①平坦地、②前作物や③周囲の環境からの影響が少ない特色をもつことから、どちらかと言うと筑波山腹圃場が理想的な「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培園」を、自然生態系の物質生産の流れに沿いながら長期的展望で創出しているとする姿勢であるのに対して、この圃場は比較的積極的に生態系に対して働きかけを加え、様々な試験区を設定することにより、日頃の観察や調査を通じて農生態系内で生じる複雑な現象を解き明かす手がかりを探ろうとした。

圃場には現在わが国で主要な落葉果樹のうち、リンゴやナシ、ブドウ、モモなどよりも比較的病虫害に強いとされるウメとカキを各々2品種ずつ供試し、それらを一定間隔で交互に栽植した。その樹間内でまず作付順序・体系を模索する意図から、①作付前歴試験としてトウモロコシやダイズ、ジャガイモ等の一般作物およびイネ科のエンバクやマメ科のクロタラリア等の緑肥作物を組合わせて多様な作付のレイアウトを試みた。また②被覆および耕うん法試験として計7つの試験区を設け、そこにイネ科やマメ科の緑肥作物を栽培した。

以上、2つの試験を行い、主幹作物であるウメ・カキおよび樹間内の各種間作作物の生育量・収量と、土壌の物理・化学性、生物相等を調査した。なおここでは①作付前歴試験を中心に報告し、②被覆および耕うん法試験は第3章および4章に記した。

(2) 開設方法：圃場の概要を図2-7に示す。面積21aの平坦地であり、土壌は火山灰土壌で土性は重植土(HC)である(大羽ら, 1978)。本圃場の開設にあたり、前年の1990年に開設した筑波山腹圃場の開墾法試験の結果、つまり開設時不耕起

区に比べて開設時耕起の方が生育量が優れていた結果を参考にした。すなわち前作物は地下部から抜き取り、試験開始前に果樹の樹間を均一に耕うんした。以下に開設・開園の作業経過について説明する。

①前作物の取除き作業（1990年12月）：心土をあまり攪乱しないよう配慮して、ツツジやツバキ等の花木樹をパワーショベルにより抜き取り、均平に整地した。

②ウメ・カキの栽植（1991年1月中旬～3月下旬）：1年生ウメ‘白加賀’，‘梅郷’，1年生カキ‘富有’，‘平核無’を各48樹ずつ供試した。圃場測量後，栽植密度350cm×175cmで植え穴（直径60cm，深さ50cm）を掘り，1樹当たり5 Lの腐葉土と2 Lの農業用炭素を混入した。なお，同年5月下旬にウメは地表面から30cm，カキは60cm位置まで摘芽した。

③1991年3月中旬に，栽植した果樹の樹間を歩行型ロータリで耕うん（耕深15cm，果樹栽植列約60cm分は除く，以下同様）した。

2)-2 試験方法

(1)試験区の設定：作付前歴試験は1991年～1994年に実施した。面積5.6aを4分割し（図2-7），91年と92年夏作にトウモロコシ（C:corn），ジャガイモ（P:potato），ダイズ（S:soybean）およびマメ科緑肥作物（L:legume）を各々組合せて被覆不耕起栽培を行った。4試験区の設定について表2-16に示したが，①91年夏作にトウモロコシ，92年夏作にジャガイモを作付した区をCP区とし，以下同様に②PS区，③SL区，④LL区とし，各試験区の面積は1.4aとした。

(2)樹間内の間作作物：まず，1991年4月中旬に91年春作緑肥用エンバク4品種（‘アーリークィーン’，‘とちゆたか’，‘ハヤテ’，‘ヘイオーツ’）とライムギ1品種（‘緑春’）を栽培し，それらの品種特性を観察した。その後栽培した各作物の品種はトウモロコシ‘アイダホスイート80’，ジャガイモ‘ダンシャク’，ダイズ‘エンレイ’，マメ科緑肥作物のクロタラリア‘ネマコロリ’，セスパニア‘田助’である。なお93年夏作にはクロタラリアを，91年～93年冬作はライムギ‘ハルミドリ’，エンバク‘とちゆたか’，ライムギの順に栽培を行った。間作作物は350cmの樹間内に4条，基本的に条間60cmとし，播種量は慣行栽培を参考にして，各作物ごとに適量（例えばエンバクは5kg/10a）を手作業で播

種した。また同一場所に条位置が重ならないように作付ごとに左右数cmずつずらす工夫をした。

(3)栽培管理：土壌管理は被覆不耕起，すなわち前作物の栽培終了後に刈取った残留物を地表面に散布・被覆し，耕うんせずに播種する手順をとった。投入資材として果樹の栽植直後の1991年3月に，圃場全面に鶏糞主体の有機質肥料（山岸会作製「浄素」）540kg/10aおよび粉末状の農業用炭素（㈱エレクトロン作製）200kg/10aを散布した。それ以後は無施肥，無農薬，無せん定で管理した。ただしウメの展葉期に毎年発生したアブラムシは，アセビの葉（生体重で約40g/l）とニンニクの種球（同約4g/l）の煮汁を一週間おきに4，5回葉面散布して防除した。また冬季のカキのカイガラムシは手で適宜取除いた。雑草は基本的に年2回，間作作物の作付前の6月と10月に刈敷き被覆した。

(4)測定項目

①間作作物の生長量：各栽培終了時における作物の草丈と横幅および地上部乾物重を調査した。草丈と横幅については各試験区40個体以上を計測し，地上部乾物重については1m²ずつランダムに3地点からサンプルを採取し，乾燥器で70℃4日間以上乾燥した後に測定した。また参考として，1991年の6月下旬には，両側を間作ムギ‘緑春’と‘ハイオーツ’にはさまれた‘白加賀’の根域に観察用の深さ約0.6mの穴を掘り，ウメと間作ムギとの根の共生状態を観察し，写真撮影した。

②樹冠内の相対照度：隣り合わせに作付した「ウメ・カキ」と「各種間作作物」とでは光受容器官である葉条の繁茂・重複による受光量の競合がある。そこでこの光競合を調査する手段として樹冠内の相対照度を測定した。間作作物としてのCP区トウモロコシ，SL区ダイズ，LL区クロタラリアの間に位置する‘白加賀’と‘富有’を各区6樹ずつ用いて地上部からの高さが0cm，50cm，100cm，150cmの位置における相対照度を照度計を用いて調査した。測定日は1991年9月中旬の3日間，いずれも曇天の午後に調査した。

③土壌pH：1991年～1994年まで毎年5月，9月，12月に測定した。なお採土および測定方法は第2章-3-1と同様に行った。

④土壌電位：1991年4月下旬に土壌電位測定用のステンレス性の長さ1.0mの電極棒を土壌の深さ0.5mまで挿入し，圃場内に適宜計42本を配置させた。この電

極棒間の相対的な電圧差を市販のデジタル・マルチメータを用いてmV単位で測定した。測定は1991年4月30日，7月5日，9月6日，10月4日および11月13日に実施した。

2)-3 結果および考察

(1) ムギ類の品種特性：本栽培法の中で冬作の間作作物として非常に重要な意味をもつムギ類5品種（ライムギ1品種とエンバク4品種）の本圃場における生育特性について，作付前歴試験に先立ち，1991年春に栽培，観察した。まず初期生育にはそれぞれの品種特性が現れており，とくに‘とちゆたか’の初期の草丈伸長が良かった。また出穂期は‘緑春’と‘アーリークィーン’が5月25日頃から始まり，‘ハイオーツ’が6月5日頃で一番遅かったが，この品種は生育後期の6月中旬以降に顕著な草丈伸長を示した。

間作ムギの刈取りは穂の登熟前を目安とし，6月末に実施した。表2-17に各品種の刈取り時における草丈，横幅および乾物重を示す。草丈は‘ハイオーツ’が138cmと最高で，‘緑春’が47cmで最低だった。ただし‘緑春’は横幅が最高値の56cmと横に広がる一方，生育後期に穂軸のみが約120cmまで急激に伸長する特徴をもっていた。ここではこの穂軸の長さではなく葉の最高長をもって草丈とし，この徒長する穂軸は一部であったため考察から除いた。‘とちゆたか’は草丈が88cm，横幅が26cmで直立性の強い品種特性を表した。乾物重は‘ハイオーツ’が392g/m²，‘とちゆたか’が367g/m²と多く，一方‘緑春’は165g/m²で最低だった。また‘アーリークィーン’と‘ハヤテ’は他の3品種の中間的な草姿・生育量であることが認められた。

以上の結果より，とくに‘とちゆたか’は初期生育が速く，直立性の強い草姿をもち，また地上部乾物重が高い特徴のあることが観察された。このことから，‘とちゆたか’は初期の土壌被覆効果が高く，ムギの畝間に各種間作作物を作付する場合に，他作物との光競合程度が低く，さらに緑肥作物として有機物生産量の高い可能性をもつことが考えられた。したがって，第3章以下の被覆および耕うん法試験での92年冬作と94年冬作のエンバクはこの品種を用いた。なお，橋爪（1995）は‘とちゆたか’について，従来の緑肥用エンバクよりも結実した種子が雑草化する危険が少ないこと，そして耐病性・耐倒伏性に優れ，キタネコブセ

ンチュウの非寄主作物であり栽培後これを低減させること等を指摘している。

つぎに刈取り直前のムギとウメ‘白加賀’の根系の様子を図2-8に示す。互いに根が絡み合っていることが確認できた。くわえてカキとクロタラリア等の根系の観察からも相互の根系が抱合している様子が観察できたが、これを「根の競合」と捉えるか（マイナス）、「根の共生・共栄」と捉えるか（プラス）は重要な問題である。一般的には養水分の競合を理由に前者のマイナス面を強調することが多いが、後者の立場として檜崎（1991）は、「日常見かけることの多い道端の雑草が肥養分の乏しいと思われる場所に密生し、旺盛な生育ぶり示して繁る秘密は、雑草の根圧の高いことにあり、その高い根圧は雑草の根の互いに絡み合う構造によるものに違いない」と考え、エンドウとホウレンソウの混作試験により、根圧を高めて増収したことを報告している。またBrenchley（1917）はコムギやソバをポット栽培するにあたって、スズメノテッポウやオオツメクサなどの雑草と混植し、混植区の合計密度が作物だけの単植区と等しくなるようにした場合に、作物の個体あたりおよびポットあたりの生育量が混植区の方が多かったとし、隣接の異種植物から出た代謝物質の生育促進作用が考えられるとしている。

(2) ムギ類以外の個々の間作作物の生育量：トウモロコシ，ダイズ，ジャガイモ，クロタラリアの1991年の生育結果を表2-18に示す。まずトウモロコシは草丈が76cm，総乾物重が44 g/m²でかなり生育が悪く，十分な子実生産までには至らなかった。ダイズについては133日間の栽培期間中，前半は順調な生育を続けていたが（図2-9），栽培後半にホソヘリカメムシの加害が認められた。草丈および横幅については67cm，60cmで，乾物重については子実は4.3 g/株，地上部全体では45 g/株だった。ジャガイモについては5月4日の晩霜により地上部が被害を受け，全体の約3分の2の個体の茎葉が褐変・枯死の度合いがひどく，被害がみられなかった個体は全体の3%（336個体中10個体）にすぎなかった。試験的にそのままの状態でも11月まで持ち越して生体重を測定したところ，1個体あたり地上部が13 g，地下部（イモ）が156 gであった。

クロタラリアは雑草の生育が旺盛な7月中旬に播種したため雑草害が心配されたが，クロタラリアの初期生育は非常に良く（図2-10），約1カ月後には地表面が茎葉により覆われたためメヒシバ等の雑草は自然と消滅した。草丈が197cm，横幅が42cm，地上部乾物重が951 g/m²，地下部乾物重が192 g/m²だった。地上部

の生育もさることながら、果樹の根と共生するようにクロタラリアの太い根が地中深くまで伸長している様子も観察された。ダイズやクロタラリア等のマメ科作物は直根性の根系発達が旺盛で、土壤亀裂を形成して土壤改良を促進し、その一方で減耗する窒素を固定した窒素で補給するという機能をもつ。緑肥作物の場合、堆肥に代わる圃場系内自給の有機物源として乾物生産力の大きな作物であることが望まれるが、本試験では1991年のクロタラリアは乾物重が951kg/10a、これを1日当たりの乾物生産力に換算すると11.5kg/10a・dayで、栽培した間作作物中最大であり、山口県農試の報告（塩谷，1991）でも、乾物重1350kg/10a、8.8kg/10a・dayであった。

これらの間作作物の生育量は次年の1992年についてもほぼ同様であり、一般的に間作作物の総乾物重および収量が低かった。その理由について、まずa)緑肥作物だけではその効果が現れるのに時間がかかることが考えられる。すでに肥沃化した圃場の場合と比較して、圃場の開設初期段階では緑肥作物に加えて、条件が整っているのであればある程度ダイナミックに圃場系外から有機物を投入することが場合によっては必要かもしれない。ただし緑肥作物の効果が表れるのには時間がかかり（塩谷，1991）、またOnimら（1990）は「マメ科緑肥作物の土壤中への鋤込み効果その後作のトウモロコシとインゲンの収量に3年後にも影響を与え続けている」とし、緑肥の肥効の継続性を強調している。イネ科やマメ科の緑肥作物を鋤込まずに地表面に被覆している本圃場においては、さらに長期的な間作作物の生育結果に期待したい。

またb)栽培品種の限界も考えられる。ダイズを例にあげてみると、本研究では殺菌剤および殺虫剤などの農薬の使用を前提とする慣行の栽培で高い収量を示す‘エンレイ’を用いたが、子実収量は29kg/10aという結果で、国内産ダイズの平均収量200kg/10aの約15%程度だった。村越・尾上（1991）は無施肥・無農薬条件下で各種ダイズの選抜試験を実施しているが、ここでも‘エンレイ’の収量は30kg/10aと低かったのに対して、数年前より選抜を繰り返した自家採取のダイズの中には、同様な栽培条件下で380kg/10aの収量をあげた品種もあった。もちろん播種時期や栽植密度等も収量と関連した要因であるが、まず耐病虫性を重視して品種を選抜・育成することの必要性があるだろう。

(3) 作付前歴試験

①間作作物の草丈：前作の相違による次作物の草丈への影響を表2-19に示す。91年春作エンバクですでに試験区間に草丈の相違が認められたが、逆にそれを利用する形で、低草丈地区にマメ科作物を含むSL区とLL区を設置した。以下LL区を100%とした相対比で結果をみると、91年夏作にトウモロコシ、ジャガイモ、ダイズおよびクロタラリアを栽培した後の91年冬作ライムギの草丈をみると、91年春作の結果と全く反対になり、LL区が最高で、CP区が最低だった。さらに92年冬作エンバクの結果では、92年夏作にダイズを栽培したPS区が99%で前年度の草丈より相対的に大きく増加したが、CP区では64%で依然として低草丈を示した。しかし93年夏作クロタラリアを共通に作付した結果は逆にCP区が117%で最高値を示し、LL区が最低だった。また92年冬作以降全試験区で共通作付を行った結果、93年冬作ライムギの草丈では試験区間の差が縮まり、圃場全体が均一傾向になった。

以上より、ジャガイモをはさんでイネ科作物を連作すると草丈の減少が進行したが、マメ科作物の一度の導入で次作付時のムギ類の草丈はLL区と同程度まで回復する形になった（93年冬作CP区・92年冬作PS区）。また前作にマメ科作物を作付すると、次作物は生育量が高いが、3年間イネ科とマメ科作物の二毛作を継続すると次第に衰退傾向を示した（SL区・LL区）。つまり同科の作物の連作はもちろん、異科の2作物の交互作の連続も農生態系の単純化を示し、このように一方に偏向した土地に対して、前作物とは性格の違う作物が後作として作付られると急激に植物の生育に適した状態に戻ろうとする復元力が現れたといえるかもしれない。

②土壌のpH：土壌pHの経時的変化を図2-11示す。まずSL区のpHが他区と比較してずっと高い数値で推移した。一方、1992年以降、PS区とLL区のpHは常に低値を示し、またPS区はこれらの区の間値で推移した。常時土壌pHが6.0前後の一般的に適値とされる範囲を変動したSL区の作物の草丈は、3年間を通じて他区と比較して目立った成績ではなく、この土壌pHと間作作物の草丈との因果関係をみいだすことはできなかった。

③土壌電位の経時的変化：1991年4月下旬から11月中旬までの約6カ月間の土壌電位傾斜状況の経時的変化を図2-12に示す。計測日の前日または前々日に降雨があった場合や測定電極棒間を耕うんあるいは穴を掘るなど、土壌にある損傷を与えた場合には土壌電位の計測時の変動や相対電位差が大きいたことが経験的に

わかった。計5回の計測結果を通じてある一定の土壤電位傾斜の特徴が認められ、まず圃場中央部およびSL区西部の電位が相対的に高く、逆にCP区やLL区西部の電位が相対的に低く落ち込んでいた。これらの土壤電位の推移は、間作作物の生育量との関連は見られなかったが土壤pHとは関係がみられ、土壤電位が高いほど土壤pHも高かった。土壤電位についてはほとんど調査例はなく、その詳細はよくわかっていないが、土壤pHをはじめとする他の土壤化学性との関連性、ひいては土壤の評価の一つの基準として意味をもつディメンジョンである可能性が考えられた。

以上、間作作物の生育量、土壤pH、土壤電位への作付前歴の及ぼす影響をみた。栗原(1988)は作付系列ならびリン酸、堆肥施用量を異にして3年間作付した後地が各種作物の収量に及ぼす影響をみたが、それは本試験と同様に同種の作物の連作区では作物収量は低く、また前作が異科の作物であった場合は高収量という結果であった。しかも作付前歴による影響は土壤改良や施肥量のそれよりずっと大きかったこと等から、農業技術のうち作付順序・編成、作物・品種選択等が風土と密接に関連した高次の技術であり、そのなかで土壤管理や施肥等の個別技術が組立てられるべきだと指摘している。以下第3章以降で土壤管理としての被覆および耕うん法試験について触れるわけだが、このような技術体系の位置づけのもとに、様々な作物を組合せた作付順序で試験を行った。

(4)樹間内相対照度の測定：ウメ・カキと隣接して栽培された各種間作作物の生育後期にあたる1991年9月中旬に測定した‘白加賀’および‘富有’の樹冠内相対照度を表2-20に示す。平均樹高が約90cmの‘白加賀’では、クロタラリアを除くと、地表からの高さが50cmの位置の相対照度はすべて76%以上で、100cmの位置では88%以上だった。平均樹高が約157cmの‘富有’では、クロタラリアを除くと、地表からの高さが50cmの位置の相対照度は71%以上で、150cmの位置では90%だった。全般的に上方にいくにつれて相対照度が増加していたが、‘富有’において100cmの位置の相対照度が50cmの位置のものと比較して低くなっているのは、‘富有’の枝葉がちょうど高さ100cmのところに繁茂しているためだと考えられた。平均草丈が9月中旬の時点で150cmを越えていたクロタラリアと隣り合わせの場合は両樹ともに相対照度が低く、地表面近くでは10%から30%の低照度だった。

ウメ・カキと間作作物との畝間(栽植距離)について相対照度の調査結果から

考えると、とくに高草丈のクロタラリアは光競合の生じている可能性があり基幹果樹の幼木期には、樹冠内光条件からみた栽植様式の検討が必要であろう。試作的にクロタラリアが約100cmに達した播種約1ヶ月後に地上部約50cm部位で切り戻すと、そこから新たに数本分枝し、垂直方向から水平方向に生長の割合が増すことを確認した。さらにその後は、間作作物の作付条と果樹の中心部からの距離を60cm以上とるように配慮した。また果樹の樹冠容積の拡大に従って、果樹に対する光競合の問題は小さくなったことが予想された。

これらの栽培技術の工夫に加えて、今後は光条件を含めた園内の微気象との関連をみていく必要もあると思われる。Matthewsら(1991)はソルガムとラッカセイとの混作栽培において、その作物生長発達と微気象、とくに光条件、水分条件、気温、地温および葉面温度等について考慮する必要があることを指摘している。また樹木作物と一年生作物との関連について、Akbarら(1990)は「コムギの収量に対して各種樹木作物による効果があった」ことを示し、樹高に応じて適正な樹間距離を提示している。さらにSwaminathan(1987)は「樹木作物にはWindbreakの効果および土壌有効水分の調整による増収効果がある」と報告しており、果樹の場合も様々な視点から、その生育段階に応じた樹間および間作作物との畝間を考えていくべきであろう。以上のように、間作栽培において畝間距離を決定する際には、光条件等を考慮した草姿や生育速度などの地上部の特徴と、すでに触れたように根圧やアレロパシー等の地下部の特徴の両面から捉え、また間作作物の種類を選択、配列および栽培技術にも工夫し、総合的に考える必要があることが考えられた。

(5) 間作作物と雑草防除について：まず間作作物の初期生育の相違と関連してみると、トウモロコシやダイズ等はその生育初期に数回の除草作業を必要とした。しかしクロタラリアは、初期生育が速く(図2-10)、雑草の生育が旺盛な7月中旬の時期に播種したにもかかわらず、全くの無除草で栽培できた。草丈が197cmと高かったことが雑草が抑制された理由であろう。窪(1977)は野菜栽培における雑草防除の考え方として、まず「雑草は多少あった方がよい」という視点にたった上で、作物の初期生育を旺盛にすることを基本にし、とくに作物を垂直方向に生長するもの(トウモロコシ、ナス等)と横に広がって平面に生長するもの(ホウレンソウ、サツマイモ等)とに分け、それぞれの生育特性に沿った栽培管理が

大切だとしている。

またCP区の一部とPS区にチガヤが多く残存していたが、このチガヤの優占したことと、トウモロコシやジャガイモの低収量とに関係があったことが予想される。チガヤの根はただロータリ耕しただけでは繁殖器官をばらまくことになるので（草薙，1986），耕うんの方法や時期を選んだり，手で丁寧に取除いていくなどの手段を取ったりする必要があるであろう。またチガヤ等の多年生雑草から2年目には少しずつメヒシバ等の1年生雑草への遷移が見られたが，この遷移は一般的によくみられることで，沼田（1979）は「新墾地は林床あるいは原野のタイプの多年生雑草が多く，熟した田畑になるにつれて1年生草本が多くなり，畑夏作では全国的にメヒシバが絶対的な優占雑草である」と述べている。耕種の集約・粗放の程度，作物の作付様式や年間作付回数，作物の種類や栽培法など，広い意味での農法の相違によって，発生する雑草の種類や量が変化することが確認できた。

さらに沼田は「耕地の雑草防除とは，自然の遷移をある段階にとどまらせ，あるいは自然と逆の方向をたどらせて，作物と雑草の競争関係において作物を優位にたたせることにほかならない」と述べている。これはただ単に雑草を敵視し，除草剤の散布等によって全滅させることを意味しているのではない。雑草の乾物生産力は 1021 g/m^2 ， $5.8\text{ g/m}^2\cdot\text{day}$ で，クロタラリアの $11.5\text{ g/m}^2\cdot\text{day}$ には劣るものの雑草を緑肥として積極的に捉えることもできるわけである。また雑草の多くはその根が深根性であり，Cocannouer（1988）はその深根性雑草の根の果たす役割として「a)作物により広い養分吸収圏を提供し，b)作物の吸収圏外に失われた養分を表層土壌に吸い上げて還元し，さらにc)心土層を繊維状化する」と指摘している。

これらの雑草の特性を考慮し，改めて雑草の意義を見直し，その利用を積極的に考えていくために，数種の土壌管理法下で，基本的な雑草植生について様々な側面から調査した。その結果は第4章に述べることにする。

2)-4 要約

(1)筑波大学農林技術センター圃場の開設方法，および作付前歴試験等の農生態的特徴についてまとめた。

(2) 筑波山腹圃場の開墾法試験の結果を参考にして、本供試圃場の開設を行った。つまり前作物は地下部から抜き取り、ウメ・カキ2品種ずつを栽植後に、その樹間を一度ロータリ耕して、均平に整地した。

(3) ムギ類5品種の生育特性は、初期生育をはじめ、最終的な草丈や地上部乾物重に相違がみられた。とくにエンバク‘とちゆたか’は初期生育が速く、また直立性の強い草姿特性、さらに地上部乾物重が高い特徴をもつことが確認された。また地下部においては、果樹とムギ類との根系が互いに包含している様子が見られた。

(4) ムギ類以外の各種間作作物の生育量・収量は、2年間を通じて全般的に低くかったが、マメ科作物のダイズやクロタラリアは比較的高い生育量を示した。

(5) 作付前歴試験の結果について、まず間作作物の草丈でみると、同科の作物の連作、および異科の2作物の交互作の連続を行うと、次第に生育量は減少した。また前作物と性格の違う作物を後作として作付すると、生育量は、もとの状態まで戻る形となった。

(6) 土壌pHの経時的変化と間作作物の生育量との関連は見いだせなかった。

(7) 土壌電位の推移は、間作作物との関連は見られなかったが、電位が高いほど土壌pHも高くなる傾向が確認された。

(8) 草丈の高いクロタラリアは、隣接した果樹と光競合している可能性が考えられ、栽植距離への配慮や栽培技術の工夫等を試みた。

(9) 初期生育が速く、生育量も旺盛なクロタラリアでは、問題となるような雑草害は見られず、無除草で栽培が十分可能だった。また雑草の意義を積極的に評価し、作物と雑草の適切なバランスをみいだす必要性があると思われた。

表2-16 作付前歴試験における各試験区の概要説明
(筑波大学農林技術センター圃場：1991～1994年)

試験区名	略記	処 理						
		91春作	91夏作	91冬作	92夏作	92冬作	93夏作	93冬作
CORN-POTATO	C P	イバク	トウモロコシ	ライギ	ジャガイモ	イバク	クロタリア	ライギ
POTATO-SOYBEAN	P S	イバク	ジャガイモ	ライギ	ダイズ	イバク	クロタリア	ライギ
SOYBEAN-LEGUME	S L	イバク	ダイズ	ライギ	セスバニア	イバク	クロタリア	ライギ
LEGUME-LEGUME	L L	イバク	クロタリア	ライギ	セスバニア	イバク	クロタリア	ライギ

試験区はウメ・カキ（栽植密度は350cm×175cm）の樹間内に、面積各1.4a（14m×10m）ずつ設定した。

樹間内の間作作物は、基本的に樹間350cm内に4条、条間60cmで作付けた。

全試験区とも被覆不耕起（前作物栽培終了後に刈取った残留物を地表面に散布・被覆）で管理した。

表2-17 ムギ類5品種の草丈，横幅および地上部乾物重
 (筑波大学農林技術センター圃場：1991年6月下旬)

品種名	草丈 (cm)	横幅 (cm)	乾物重 (kg/10a)
ライムギ '緑春'	47±1	56±1	165±7
インパク 'アーリークィーン'	76±1	29±1	277±40
'とちゆたか'	88±1	26±1	367±35
'ハヤテ'	83±7	35±1	284±24
'ハイオーツ'	138±2	35±1	392±37

播種75日後の刈取り時の測定値
 数値は平均値±S.E.

表2-18 各種間作作物の草丈，横幅および乾物重
 (筑波大学農林技術センター圃場：1991年秋季)

	草丈 (cm)	横幅 (cm)	乾物重 (kg/10a)		
			地上部		地下部
			子実部	茎葉部	
CP区 トウモロコシ	76±2	36±2	21±4	23±4	
PS区 ジャガイモ	26±3			35±5	416±43
SL区 ダイズ	67±1	60±1	29±7	269±16	30±2
LL区 クロタラリア	197±2	42±1		951±40	192±13

ジャガイモのみ乾物重の欄は生体重で表した
 数値は平均値±S.E.

表2-19 前作の相違が樹間内の各種間作作物の草丈へ及ぼす影響
(筑波大学農林技術センター圃場：1991～1994年)

		91 春作 エンバク	91 夏作 トウモロコシ	91 冬作 ライムギ	92 夏作 ジャガイモ	92 冬作 エンバク	93 夏作 クロタリア	93 冬作 ライムギ
C P 区	草丈(cm)	97 ± 1		111 ± 2		59 ± 1	181 ± 3	161 ± 2
	相対比	121		58		64	117	101
P S 区	草丈(cm)	90 ± 1		135 ± 2		91 ± 1	166 ± 3	156 ± 2
	相対比	113		71		99	107	98
S L 区	草丈(cm)	84 ± 1		167 ± 2		83 ± 1	160 ± 2	148 ± 2
	相対比	105		87		90	103	93
L L 区	草丈(cm)	80 ± 1		191 ± 1		92 ± 1	155 ± 2	159 ± 2
	相対比	100		100		100	100	100

CP区；91年夏作にトウモロコシと、92年夏作にジャガイモを作付した。以下同様に、PS区；ジャガイモとダイズ、

SL区；ダイズとエンバク、LL区；クロタリアとエンバクを作付した。

草丈は平均値±S.E.で、相対比はLL区を100とした比数で表した。

表2-20 隣接間作作物の相違がウメ・カキの樹冠内相対照度へ及ぼす影響
(筑波大学農林技術センター圃場：1991年9月中旬)

	地表からの	トウモロコシ	ダイズ	クロタリア
	高さ (cm)	草丈76cm (%)	草丈67cm (%)	草丈197cm (%)
‘白加賀’	100	88	97	78
	50	83	88	38
	0	45	51	12
‘富有’	150	96	95	92
	100	61	71	22
	50	71	84	27
	0	53	51	24

測定は曇天の午前中に行った。

地表から約200cmの地点の照度を100とした相対照度で表した。

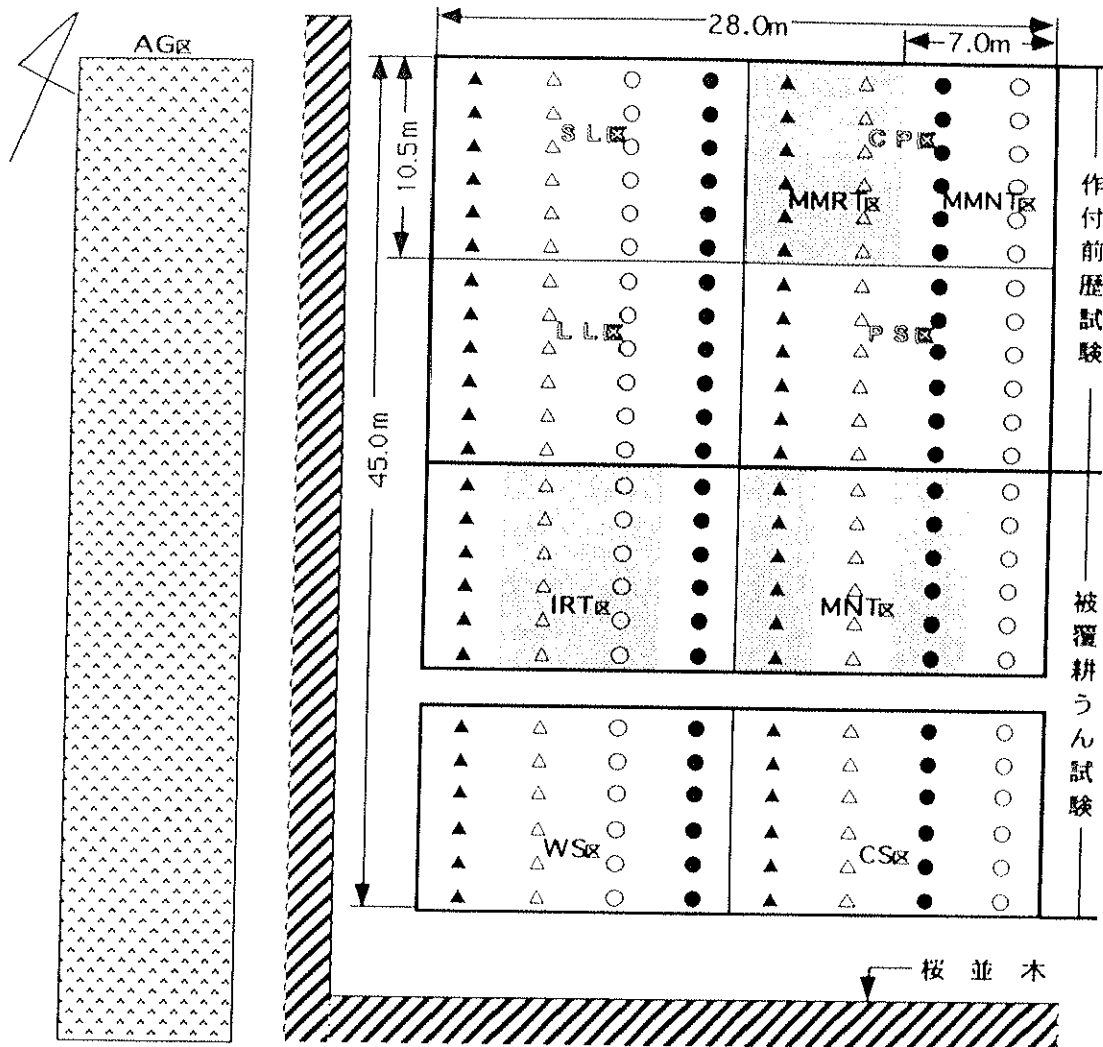


図2-7 筑波大学農林支庁センター圃場の概略図

- '白加賀' ● '梅郷' ■ 耕うん処理
 △ '富有' ▲ '平核無'

作付前歴試験

91年夏作 92年夏作

CP区: トウモロコシ → ジャガイモ

PS区: ジャガイモ → タマネギ

SL区: タマネギ → マメ科作物

LL区: マメ科作物 → マメ科作物

被覆および耕うん法試験

IRT区: 鋤込み耕起区 MMRT区: 多被覆耕起区

MNT区: 被覆不耕起区 MMNT区: 多被覆不耕起区

WS区: 雑草草生区 AG区: 隣接雑木林区

CS区: クローバ草生区



図2-8 果樹と間作作物の根系：‘白加賀’（中央）と間作ムギ類（左：エンバク、右：ライムギ）の根系がそれぞれ絡み合っている。（筑波大学農林技術センター圃場：1991年6月中旬撮影）



図2-10 作付前歴試験のLL区における播種23日後のクロタリアの生育状況：初期生育が早く土壌被覆作用が高いため、雑草抑制効果が期待される。（筑波大学農林技術センター圃場：1991年8月上旬撮影）

A



図2-11 作付前歴の相違による土壌pHの年次変化
 (筑波大学農林技術センター 圃場：1991～1992年)

B



図2-9 作付前歴試験のSL区における91年春作大豆栽培後の
 ダイズの生育状況：ウメ・カキ樹間内における，A；春作大豆の畝間に
 ダイズを播種し，播種27日後に大豆を刈敷きした状況，B；播種64日後
 のダイズの生育状況。（筑波大学農林技術センター圃場：1991年7月上
 旬・8月上旬）

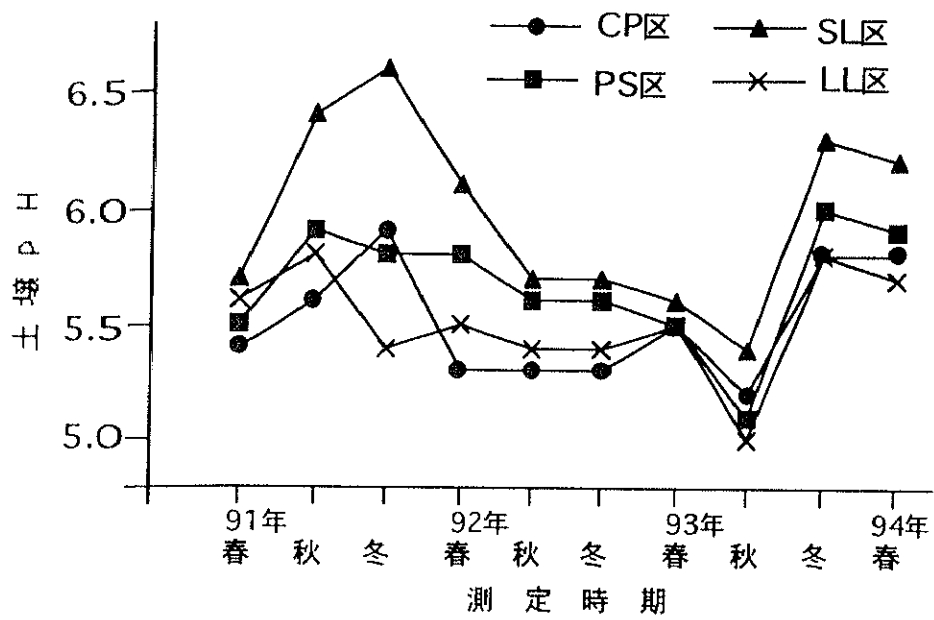


図2-11 作付前歴の相違による土壌pHの年次変化
 (筑波大学農林技術センター圃場：1991~1994年)

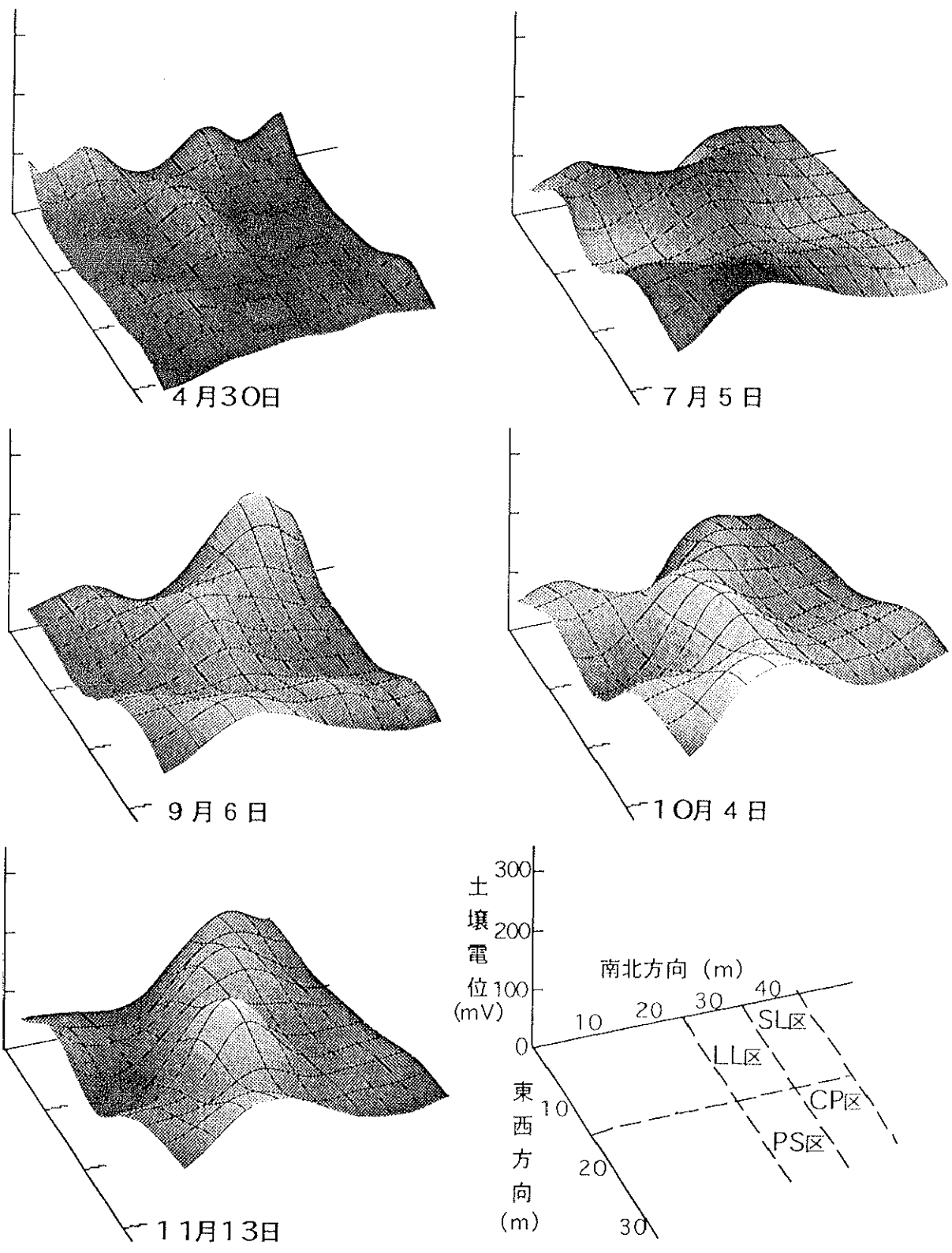


図2-12 試験圃場の土壤電位傾斜の推移
 (筑波大学農林技術センター圃場：1991年)