

## 第4章 被覆および耕うん法の相違が雑草 植生および土壌動物相へ及ぼす影響

### 4-1. まえがき

今後のわが国の農業は一部の専業農家による大規模生産の方向と、小農による小規模生産の方向とに大きく二極化していくことが予想される。第3章では、後者の作付体系のひとつとしての「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培」を提示し、被覆不耕起栽培の生育量・収量面における有効性を土壌の物理・化学性との関連から考えた。

現在の農業政策・研究の多くは、伝統的な自給農業が行われてきた土地を一部の農家に集中させた画一的な大規模機械化農業の枠組みの中で、短期的な生産性向上の側面からみたものが多い（津野，1991）。しかし今後の農業の評価の際には、生産性という経済的な「ものさし」に加えて、食品の安全性や自然・社会的環境の保全等の様々な公益的機能の側面からも評価する必要があると思われる（大内，1990）。とくに耕作放棄地の増加が懸念される中山間地域の農業や、都市近郊の小規模な農業では、より多面的に農業の役割を検討することが望まれる。その中で筆者は、農地の有する生物の保全等環境保全機能に注目し、さらに適切なバランスで生物相を保持することが、持続的な作物再生産を可能にする、ひとつの方法であると考えた。

従来の農学研究では、人間と作物の共生関係を追求する作物学や栽培学などと、有害生物を管理する作物保護学とはそれぞれ別個に研究がすすめられてきたことが多かったように思われる。しかし農生態系内の生物社会が、作物に加えて様々な動植物で構成されている以上、人間と作物の共生関係を考える上で、生物社会全体の構造や機能を理解する必要があるだろう（日鷹，1990）。

また農生態系の中で作物以外の動植物は農耕の歴史の中で人間と敵対する害虫・害草としてみられることが多く、作物生産とともに多様な虫や草の生息環境を積極的に創出し、それらを調和させようとする視点は少ない。例えば雑草草生の果樹園の雑草管理においても、園地の熟畑化を促し、下草群落を良質の管理し易い種構成に遷移・維持することを前提とし（伊藤，1988；竹林，1985），あくま

でも人間にとって都合の良い、人間中心の生物社会としての捉え方が一般的である。さらに環境問題のうち不適切な資源利用や環境汚染の重要性については社会的な認識も深まっているが、人為的攪乱の増大による生物学的侵入、つまり帰化生物が侵入し、生態系の一員として定着することの問題については直接人の命や健康にかかわることではないため、認識が極めて乏しい（鷲谷・森本，1993）。

本試験は、農地への人為的働きかけが、生物社会の構成にどのような影響を及ぼすかについて検討するために、数種の被覆および耕うん法の試験区を設定した。そしてまず、生物相の概要を把握するため、雑草植生と土壌動物相を取り上げ、それらの種構成に及ぼす被覆および耕うん法の影響を調査し、また雑草植生についてはその季節性や種の多様性、帰化率についても注目した。

#### 4-2. 試験方法

1) 供試圃場の土壌とその開設：筑波大学農林技術センター内の面積21aの平坦地を供試した。土壌は火山灰土壌で土性は重植土(IIIc)である。約10年間ツバキ・ツツジ等の花木見本園だったこの土地は、年数回の下草の刈取りが行われていた比較的粗放管理の状態だった。ここを1991年1月、パワーショベルにより既存の花木樹を抜根し、その後を整地し、第2章-3-2に示すように、同年2月にウメとカキを2品種ずつ、350cm×175cmで栽植した。

2) 試験区の設定：前章同様、被覆および耕うん法の異なる試験区、①鋤込み耕起区(IRT)区、②被覆不耕起区(MNT)区、③クローバ草生(CS)区、④雑草草生(WS)区、⑤多被覆耕起(MMRT)区、⑥多被覆不耕起(MMNT)区を設置した。さらに本試験では上記の6試験区に加えて、MMRT区とMMNT区に有機物を投入した。供試圃場に隣接するアカマツ・コナラの雑木林の林床を⑦隣接雑木林(AG)区として設けた(表3-1)。表4-1に示すように、IRT区とMMRT区の樹間を毎年7月上旬と10月下旬にロータリ耕うんし、IRT区、MNT区、MMRT区およびMMNT区の樹間には各種間作作物の作付を実施した。

なお、試験区の配置を図2-7に示すが、試験区間の境界に、特別な障壁は設けなかった。また各試験区の面積はMMRT区とMMNT区は0.7aで、他の5区は1.4aとし、AG区以外の試験区にはウメ・カキ計4品種が6樹ずつ含むようにした。

3) 栽培管理：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540kg/10aおよび粉末状の農業用炭素（機エレクトロン）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。

雑草管理は，間作作物を作付した試験区では，開設当年のみ適宜丁寧な抜根除草を行い，雑草量の減少に努めた。翌1992年以降は間作作物の刈敷きと同時に，6月下旬と10月中旬の年2回の刈取りを実施し，間作作物栽培期間中は一切除草は行わなかった。刈取りはCS区とWS区は通常の草生果樹園で使われるハンマーナイフモアを，またIRT区も細断して鋤込みしやすくするために同機種を使用した。一方，刈敷き被覆のMNT区，MMRT区およびMMNT区は肩掛式刈払い機の使用とした。ただし，樹の周囲半径約50cmの部分は，果樹との競合を避けるため，月に1回程度，手鎌で刈取りを行った。

#### 4) 測定項目

(1) 雑草群落：植生調査は1992年5月から1995年6月までの期間中，基本的に，春；5月上旬，夏；6月下旬（冬作作物刈取り前），秋；9月中旬（夏作作物刈取り前）および冬；12月下旬の年4回実施した。各試験区に1m×1mの方形枠を5個設置し，全出現種およびその草丈と被度を測定記録した。調査枠の設置方法は，全試験区について，樹の中心部からの距離が50cm以上離れるようにし，かつ間作作物の作付のあるIRT区，MNT区，MMRT区およびMMNT区では，その平均的に生育している間作作物の作付条が枠内に1条含むように配慮した。またCS区はクローバの，WS区は優占種の生育が平均的なところを選択したが，この両区については群落の相観により，その均質程度の低かった調査時においては，ばらつきをなくす意味で調査枠を10個とした。

くわえて1995年6月にはコムギ生育量と雑草量の計測のため，50cm×50cmの方形枠を各試験区3個ずつ設け，地上部のみ乾物重を測定した。

(2) 土壌動物相：調査は1993年5月から1995年5月までの期間中，春；5月上旬，夏；7月下旬，秋；9月下旬および冬；12月下旬の年4回実施した。各試験区に50cm×50cmの方形枠3個ずつを，上記の雑草群落の調査と同様な点を配慮して設置した。そしてまず予備調査として，深度による土壌動物の存在位置をみるために，1993年5月のMNT区および1995年1月のMMNT区において，植物残渣および地表から4cmまで，1cmごとの層別に調査した。その結果をもとに以後の定期調査では，地表から1cm部分の土壌およびIRT区以外の区は植物残渣も採取し，シー

トの上に広げ、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）。調査対象とする土壤動物は体長2mm以上の大形土壤動物と限定した。ただし，採集に特別な抽出装置（ツルグレン装置）を必要とするトビムシ目とタニ目は体長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。なお，調査枠の設置場所は毎回異なる場所を選び，また雨天後2日間は調査を避けた。

#### 4-3. 結果および考察

##### 1) 雑草植生

(1) 雑草乾物重および積算優占度による植生の概観：被覆および耕うん法の相違が主な雑草の積算優占度（沼田，1965；以下SDR）に及ぼす影響をIRT区，MNT区およびWS区について5月上旬（表4-2），6月下旬（表4-3），9月中旬（表4-4）および12月下旬（表4-5）の調査時期ごとに示す。これらの表を概観して3試験区間において，また各季節において雑草植生に特徴があることがわかる。

この中からまず，試験終了時の1995年6月における被覆および耕うん法の相違が草丈とSDRおよび雑草乾物重へ及ぼす影響についてMMRT区，MMNT区およびCS区も含めて表4-6に示す。SDRの算出には作付作物も含め，ここでは40以上の値を6試験区中，1区でも獲得した雑草種を代表して記した。まず10a当たりの雑草の地上部乾物重をみると，IRT区が3kg，MMRT区が1kgと他試験区に比べて極端に低かった。またIRT区よりMMRT区が少なく，MNT区よりMMNT区が少なかったことから，投入した林床有機物の被覆による雑草抑制効果と耕うんによる抑制効果が認められた。さらに不耕起管理であるMNT区・MMNT区とWS区との比較では，明らかにムギ類等の作付も林床有機物の被覆という人為の働きかけを数年間継続したMNT区・MMNT区が雑草量を減少させた。

穀粒収量とほぼ同様な傾向を示したコムギの地上部乾物重（表3-12）について，雑草量と併せて考えると，IRT区とMNT区，MMRT区とMMNT区の各々の比較から，不耕起であるMNT区とMMNT区は耕うん処理区（IRT区・MMRT区）に対して，雑草量とコムギ生育量とも明らかに多い結果となった。つまり，不耕起管理の試験区（MNT区・MMNT区）では，作物と雑草とは，単なる競合関係とみるよりも，ある程度の共生関係をもっていると考えられる。さらに，コムギの10a当たりの地

上部乾物重を雑草乾物重に加え併せた値で考えると、IRT区が113kgで最低で、MNT区、MMRT区およびWS区が240kg前後で続き、MMNT区およびCS区が360kg前後でIRT区の約3倍の生産量を示した。圃場内の自給有機物量の確保の点で考えると、多被覆かつ不耕起のMMNT区と、マメ科牧草の全面草生であるCS区が優れていたことがわかる。

以上のような各試験区間の量的な相違に加えて、SDRで雑草の種類組成とその順位関係をつぎにみた。まず全6試験区すべてに出現した草種は、ヨモギ、メヒシバおよびアレチマツヨイグサの3種で、これらはみな未熟畑から熟畑にわたって広く優占する種であり（菅原，1978），土壤管理法の影響も受けにくいことが考えられた。しかし、ヨモギのSDRはIRT区で8，MMRT区で17を示し，他の4試験区に比べて低い値だった。同様に，この両区は草丈も低く，この傾向はアレチマツヨイグサでもみられた。

さらに耕うん処理したIRT区とMMRT区は，共通してヨモギ以外のキク科の2・多年生雑草が姿を消した。これらハルジョオンやヒメジョン等は他の4試験区では比較的優占していたことから，とくに10月下旬の耕うんによってキク科の2・多年生雑草の栄養繁殖器官が地表面に露出し，冬季の低温や乾燥で死滅したことが予想される。またMMRT区とMMNT区で確認されたケチチミザサは他の試験区では一度も出現していない。ケチチミザサはAG区の優占種であり，投入した林床有機物にその種子が混入していたことが考えられた。

つづいて各出現雑草種について，1992年から3年間の春，秋および冬季のIRT区，MNT区およびWS区のSDRの結果を表4-7に示す。まず各試験区および季節ごとに主要雑草植生は，3年間を通じて全般的に安定していた。通年観察された草種はヨモギとアレチマツヨイグサで，この2種は開設前から圃場全体にわたって優占種だった。

つぎにIRT区については，冬季から夏季間では栄養繁殖の旺盛な多年生雑草，つまり，りん茎で繁殖するツルボと根茎片で繁殖するヨモギおよびコヒルガオが優占した。これらの地下器官は，ロータリ耕うんによって切断され，しかもその栄養繁殖体の拡散が助長されたと考えられる。一方，夏季から秋季のIRT区は，1年生雑草のメヒシバやコニシキソウも出現し，とくにメヒシバは秋季には最優占種だった。

つづいて各季節ごとにMNT区とWS区をみると、WS区では優占種だが、MNT区ではSDRが低いか、あるいはまったく確認されなかった雑草が数種あった。まず春季ではセイタカアワダチソウ、秋季ではメリケンカルカヤ、そして冬季ではオランダミミナグサが特徴的で、MNT区の作物の存在、とくに開設当年の抜根除草と播種直前の地際からの刈取りの影響が考えられる。逆にMNT区には、92年夏作セスバニアと93年冬作クリムソクローバから雑草化したと思われる自生種がみられたが、それ以外は全体的に両区の出現種は、そのSDRの大小に相違はあるものの、よく類似しており、とくに根茎や横走根の発達した多年生雑草が多いことがわかった。

菅原(1978)や清水(1969)による原野から熟畑に至る過程での雑草植生の変化を参考して考えると、これらの多年生雑草の多くは、チガヤやヘビイチゴ、チドメグサ等、一般的に原野や開墾地に多くみられる草種であり、全体的に未熟畑で優占するものが主要草種だと考えられた。ただしこの両区では熟畑化に伴って現れるとされるノミノフスマやコハコベ、ホトケノザ、エノキグサ、ツユクサ等の1・2年生雑草がSDRが低いものの次第に出現を始め、4年間で草種の変遷が確認された。

(2) 出現種数と被度：SDRは各試験区についての植生の特徴を表すものであり、個々の雑草種のSDRを他の試験区と直接比較するのは適当でない。そこで雑草群落の出現種数と被度をここでは取り上げて考察する。まず図4-1に出現種数の経時的变化への影響を生活環別に示す。全体的に冬季の出現種数が全試験区で共通して少なかったが、他の季節では一定の傾向はみられなかった。試験区別では、明らかにIRT区とMMRT区の出現種数が少なく、とくにIRT区は各季節ごとに年々減少傾向が同えた。以下順にMMNT区、CS区と続き、MNT区とWS区の出現種数が一番多く、25種以上を示す場合もあった。生活環については、1年生雑草に対して2・多年生雑草の割合が全試験区を通じて高く、とくに多年生雑草は全体の50%以上を占めることも多く、熟畑では30%以内とされている多年生雑草の割合をはるかに上回っていた(竹林, 1985)。

また、MNT区、CS区およびWS区においては、春季の2年生雑草が約10種、秋季の1年生雑草が5種前後発生している。浅見ら(1995)は、河川堤防植生の刈取り管理に関する研究を行い、1年生雑草(夏1年草)と2年生雑草(冬1年草)は、

適度な刈取り管理（1年間に2～3回程度）下で，その種数が多くなることを指摘している．そして調査した堤防植生では，2年生雑草ではタチイヌノフグリ，カスマグサ，ヒメコバンソウ等が，1年生雑草としてはキンエノコロ，キツネノゴマ，マルバヤハズソウ等が，季節相を特徴づける種である（浅見ら，1994）としている．本試験でも，年2回の刈取りの不耕起管理では，とくに季節相を特徴づける種が比較的多く，季節変化がより明瞭であるように思われた．

つづいて雑草に加えて作物も含めた被度の経時的変化を生活環別に図4-2に示す．全般的に季節間の特徴として，冬季が一番少なく，以下春，夏，秋季の順に被度は高くなり，その傾向は刈取り管理だけのWS区において4年間を通してよく現れていた．また出現種数でみた場合と同様に，被度についても多年生雑草の割合は比較的高かった．しかしWS区の多年生雑草は50%前後の被度を示したのに対し，作付作物の存在する他の試験区では作物の占める被度の分だけ相対的に多年生雑草の被度は減少したようだった．例えばCS区は，クローバの被度が50%以上を占め，全体の被度がほぼ100%に達することの多い被覆度の高かった区だが，多年生雑草の被度は常に20%前後に抑えられた．IRT区とMMRT区は極端に雑草被度が少なく，その傾向は出現種数以上によく現れており，耕うんすると，たとえ数種の雑草が出現しても，大きく優占はしないことがわかった．また多被覆による雑草抑制効果をみるためにMNT区とMMNT区を比較すると，明らかにMMNT区の雑草被度は減少したが，依然として20%前後の被度を占めていた．作付作物の条列近くに発生する雑草の抑制は難しいにしても，その畝間におけるより高い抑草効果を期待するには，さらに投入被覆物量を増加し，被覆の厚みを増す必要性があるであろう．

以上のように，耕うんや作物の栽培，そして被覆物の導入といった人為による働きかけの程度が大きいほど，雑草被度は減少することが考えられた．

(3) SDRとその順位との関係からみた雑草群落の多様性：一般に，重要度，ここではSDRとその順位との関係から植物群落の多様性の評価ができる．図4-3に1994年9月から1995年6月におけるSDRとその順位の関係をIRT区，MNT区，CS区およびWS区について示す．まずWS区は出現種数が多く，また少数種が極端に優占することなく，緩やかな傾きをもつ直線上に配置しており，生態的なニッチェが比較的近接しているため，比較的，多様性の高い群落だと判断される．一方，IRT区は出現種数が少なく，SDR順位が1位から3～5位の間でSDRが急激に

低下しており、群落の多様性は低いことがわかる。MNT区とCS区は上記2区の中層な位置にあり、曲線状に配置した。

参考として、種の豊富さを表すとされるSimpsonの多様性指数(1/d) (Simpson, 1949) を、重要度にSDRを用いて算出したが、1995年5月においてIRT区が2.9, MNT区が11.4, CS区が14.1, そしてWS区が16.2の値を得た。この1/dの試験区間の傾向は全調査時期を通じても同様な値を示し、MNT区に対して明らかにIRT区の多様性の低いことが確認できた。なおMMRT区の1/dは3.9, MMNT区は10.7だった。

大窪・前中(1995)は基盤整備が畦畔草地群落に及ぼす影響を調査し、とくに採草地・法面では、大規模な基盤整備を行うことにより群落の多様性が低下したことを報告している。また浅見ら(1995)は河川堤防植生の種多様性は年2回の刈取り条件で最も高くなり、それより高い刈取り頻度では減少したことを示した。これらは本試験結果と類似しており、耕うんや作物栽培等の過度な人為的攪乱が群落の多様性を低くする働きをもつことが推察された。

(4) 帰化雑草：1994年秋から翌年夏までにおける帰化雑草の出現種数と帰化率を図4-4に示す。ここで帰化率とは総出現種数に対する帰化植物の種数の割合で、帰化植物とは江戸末期以降に帰化したものとする。IRT区とMMRT区の出現帰化種数は2種以下で、帰化率も30%以下を示すことが多かったが、それに対し、他の4試験区は各々5種以上、50%前後を示した。図には省略したが、量的な指標として帰化雑草の被度についてみると、IRT区とMMRT区が1%前後の非常に低率で、以下MNT区とMMNT区が10%、CS区が20%、WS区が40%前後を推移し、種数による帰化率の各試験区間の特徴をさらに明確に表した。これらの帰化雑草の出現種数と被度は、在来雑草も含めた全体の出現種数と被度にほぼ比例する結果となった。

帰化生物の増加は、環境が人間活動による大幅な改変をうけ、本来そこに生息していた生物の生存・繁殖のための条件が失われ、攪乱依存的な、つまり攪乱地に比較的適応した帰化生物の生息に適するようになったことを示していると考えられる(鷲谷・森本, 1993)。一般的に、芝地や道路・鉄道敷といった非農耕地では、耕地に比べ帰化植物の割合が高いとされるが(伊藤, 1993)、大規模な基盤整備が行われた畦畔草地群落では未整備のそれに比べて帰化率が高いという報告(大窪・前中, 1995)や、地方河川と比較して都市河川群落は平均30%以上の高い帰化率を示すという調査結果のまとめ(服部, 1988)等がある。このように



帰化率と人為による攪乱程度との関係は一概にはいえないが、外来の作物も栽培した本試験圃場は、全体的に帰化雑草の侵入を大きく受けていた。また、MNT区では在来種のヨモギのSDRが高く、帰化種のセイタカアワダチソウのそれが低いのに対し、WS区では全く逆の傾向を表したように（表4-7）、人為的な攪乱の程度の相違による影響が草種ごとに異なることも考えられた。さらに、例えばMNT区およびWS区のように、ただ総出現種数が多く、種の多様性も高い群落では自然性が豊かである、と単純に考えるのは不十分であることも示唆された。

地球規模での生物相の均質化を防ぎ、その土地本来の植物相を重視する立場を考慮すれば、伝統的な作付作物の再評価も併せて、圃場およびその周辺環境下で、ある一定の人為を常に受けながら生存を続けてきた在来種・固有種の回復や維持管理といった視点も大きな意味をもつだろう。

2) 土壌動物相：まず、予備調査として土壌動物の生息する深さを調べた結果を表4-8に示す。1993年5月上旬および1995年1月上旬の両調査時期ともに、地表の植物残渣および土壌表層1cmの範囲に大部分の土壌動物が存在していた。豊かな生物相である森林土壌等では、ヤスデやダンゴムシ等の地表性動物が深さ10cm以下の土壌にも生息し、さらにコガネムシやコメツキムシ等の地中性動物は深さ50cmまで存在することが確認されている（渡辺，1973）。しかし、本供試圃場は周囲の他圃場との観察の比較からも、もともと貧相な農生態系で、土壌動物の絶対量も少なく、とくに地中深くまで侵入する土壌動物はわずかであることが類推されたことから、以下の調査は土壌表層1cmまでを供試することとした。

表4-9に1993年春季～1994年夏季のIRT区とMNT区における主な土壌動物の個体数を示す。IRT区は甲虫類やクモ類、アリ類等がわずかにみられたが、広食性肉食者のムカデ類や腐植食者のヤスデ類、ワラジムシ類およびミミズ類はまったく確認できなかった。地表面に被覆物がないため、腐食性動物が存在せず、そのため肉食性動物も極めて少ないことが考えられた。一方、MNT区は各種土壌動物が比較的豊富にみられ、1994年の調査時は前年に比べて増加傾向も認められた。とくに、コモリグモ科（ウツキコモリグモ等）を主とする徘徊性のクモ類は常時高い個体数を維持し、第2次消費者（益虫）として、第1次消費者（害虫等）を安定して捕食していることが予想された。

日鷹（1990）は被覆不耕起栽培の自然農法畑において大形土壌動物を調査し、

不耕起実施年数の長い圃場では動物相は大変豊かで、遷移初期段階より進んだ場所に生息するようなイシムカデやカニムシ等もみられたこと、さらに耕うん機械のエンジン音を学習した鳥類が、それを目安に集合し、クモ類を捕食していることを推察し、単純に耕起による物理的作用が天敵相の破壊をもたらすだけではないことを報告している。つまり土壌動物に対する耕うんの弊害としては、直接的な殺傷作用や耕うん後の捕食圧の一時的促進、また被覆物のない裸地状態であることによる生息環境の消失等が予測される。

つづいて表4-10に1994年秋季～1995年春季の全7試験区における主な土壌動物の個体数を示す。なおCS区とWS区の調査は1995年春季のみとした。まず個体数が多く変動の大きいアリ類を除いた、その他の全種合計で1995年春季の結果を総じて比較すると、IRT区は7個体で極端に少なく、つづいてMMRT区が95個体、以下412～640個体の範囲でWS区、MNT区、MMNT区、CS区が順に続き、AG区が757個体で一番多かった。この傾向は他の調査時においてもほぼ同様にみられた。適切な下草管理が続けられているAG区は樹冠がほぼうっ閉し、林床堆積物の含水量が高く、そのため豊かな動物相を有したと考えられるが(Fujitaら, 1987)、そこからの有機物の移入によりMMRT区・MMNT区の土壌動物数が増加したことがわかる。林床有機物の投入の効果として、有機物とともに直接土壌動物も移入された点と、栄養価の高い有機物が土壌動物の食物となった点、さらに生息環境の作出・維持に落枝・落葉の間隙構造が役立った点等が考えられる(杉山, 1995)。

また以上のような被覆および不耕起管理の効果に加えて、全体的には圃場内に栽植された果樹の影響も考えられる。すなわち、とくに側枝の発生位置が低い(地表面から約60cm)ウメは、1994年冬の時点で樹幅は平均120cm以上あり(表3-7)、その樹冠下は遮蔽率が高いため、微気象への少なからぬ影響があると思われる。土壌動物相の多様化への関与が推察される。

つぎに個々の動物種について表4-9も併せてみると、どの季節にも存在し、比較的個体数も多いクモ類やワラジムシ類は、全体的な試験区間の傾向もよく反映した。とくにクモ類は種類も豊富で、地中性種や徘徊性種に加えて、ウメ樹の小枝の間に棚状の網を張る造網性種も圃場内に多く観察され、自然度を測る指標生物としても有望であると考えられた。また年々個体数の増加傾向のみられるミミズ類は、初期にはヒメミミズしか存在しなかったが、次第に大型ミミズも出現し、

1995年5月には体長が10cmを越えるものもMMNT区で確認できた。中村(1980)はモル型からムル型への堆積腐植形の移行と土壤動物との関連において、土壤がムル型に近づき、土壤pHが酸性から中性に向かって改善されるに従い、ヒメミミズから大型ミミズへ重要性が変遷することを提示している。第3章に示したように本圃場の被覆不耕起管理下でも、土壤pHの適正值への移行と大型ミミズの増加との関連性が考えられた。

1995年5月には自然度の高い、すなわち攪乱に対して敏感で、消滅しやすいとされるザトウムシや陸貝(青木, 1985)がMNT区等で初めて確認された。より高い自然度をもつ環境のみが、このような希少種を生存させる条件を備えているとすれば、被覆不耕起管理の継続がビオトープの創出に徐々に効果を示し始めたと考えられる。

農地には本来、原生動物のような微小動物や微生物が無数に生活を営み、多様な生物社会を構成している。揚妻(1995)は、食物連鎖における栄養段階の上位に位置することの多い大型動物が生息できる環境は、他の多くの動物種・植物種も十分に共存が可能で、その生態系が健全に機能していることを示すとしている。そして環境保全目標を設定する上で、①目標が具体的であること、②地域の特色に根ざしていること、③それを設定することで多様な自然環境が確保されること、の3点に配慮することが重要であるとし、これらの条件を満たす環境保全のよい目標として、その地域に分布する「大型動物が生息できる自然環境」を提唱している。本試験では可視的に確認できる雑草植生と大形土壤動物相を生物相の代表としてみてきた。例えば上述したように、肉食性のクモ類は自然度を図る指標生物として有望であると考えたが、さらにクモ類をはじめとする大形土壤動物の種構成や生息数は、農生態系全体の生物社会の多様性・安定性を改善し、維持していくための具体的な目標設定になりうると思われる。

また、雑草植生と土壤動物相の関連については、Booji・Noorlander(1992)は生育中の作物や雑草による土壤表面の被覆は雑食性補食昆虫の個体数や多様性を高めることを指摘している。本試験でも同様に、植物残渣による被覆に加えて、適度に雑草が存在することは土壤動物の生息環境の創出にプラス効果をもたらしたことが予想された。

従来、農耕地生態系は攪乱後の遷移初期段階の生態系であるため生物相が貧弱

でその社会は不安定だと理解されることが多い（日鷹，1990）。しかし「不耕起」は非攪乱的な働きかけであり，適度の「被覆」は豊かな生物群集の形成を促進し，生物社会の安定を積極的に創造していくことが考えられる。

#### 4-4. 要約

果樹作を中心とした被覆不耕起栽培の可能性を収量以外の面から検討するため，被覆および耕うん法の相違が雑草植生と土壤動物相へ及ぼす影響を調査した。

1) 耕うん処理により，ヨモギ以外のキク科の2・多年生雑草が消失したが，りん茎や根茎片で繁殖する種は優占した。被覆不耕起管理では長い地下茎をもつ多年生雑草，とくに未熟畑で優占する種が多かった。

2) 出現種数，被度および群落の多様性は，耕うんや作物栽培，被覆物の導入等の人為的な働きかけの程度が大きいほど減少した。

3) 被覆不耕起管理では帰化雑草の侵入を大きく受けたが，帰化雑草種によって人為的な攪乱の程度の違いによる影響は異なった。

4) 耕うん処理とそれに伴う裸地条件は大形土壤動物の個体数とその種数を減少させた。また被覆不耕起管理の継続により種構成の変遷や希少種の出現がみられた。

5) 不耕起は非攪乱的な働きかけであり，適度の被覆は豊かな生物群集の形成を促進し，生物社会の安定を積極的に創造していくことが考えられた。

表 4-1 ウメ・カキ樹間内における主な間作作物の栽培期間  
(筑波大学農林技術センター圃場：1991～1995年)

	2作目	3作目	4作目	5作目
作付作物	クワタリア	ライムギ	セバニア	インバク
耕うん日	91.07.08	91.10.29	92.07.06	92.11.04
播種日	91.07.19	91.11.05	92.07.28	92.11.09
収穫日	91.10.10	92.06.12	92.10.28	93.06.22
	6作目	7作目	8作目	9作目
作付作物	クワタリア	ライムギ クリムソクローバ	ヒマワリ マリゴールト	インバク コムギ
耕うん日	93.07.08	93.10.21	94.07.04	94.10.24
播種日	93.07.17	93.10.27	94.07.13	94.11.08
収穫日	93.10.13	94.06.16	94.09.21	95.06.19

耕うんはIRT（鋤込み耕起区）とMMRT（多被覆耕起区）のみ行った。

7作目以降は350cmの樹間内に2種類の作物を同時に2条ずつ作付けた。

つまり、クメ65 インバク60 インバク100 コムギ60 コムギ65 拵(数値は畝間を表す;cm)のような作付様式とした。

表4-2 被覆および耕うん法の相違が主な雑草のSDRへ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1992～1995年5月上旬)

		鋤込み耕起 IRT				被覆不耕起 MNT				雑草草生 WS			
作付作物		'92	'93	'94	'95	'92	'93	'94	'95	'92	'93	'94	'95
ソバ			100		100	100			100				
ライム		100		100		100		100					
クリソソコローバー		78				45							
科名	生活環	雑草				雑草				雑草			
科	多		4			15	37	55	65	17	28	26	33
	多					17	20	36	10	17	12	12	13
	多					30	25	44	59	100	88	71	79
	多						8	23		48	90	66	99
	多						26	55	31	17	64	37	27
	2								9	24			
	2						23	43	26	36	64	50	72
	2					13	8	15	8	47	17	8	8
	2						13	17	26	16	34	15	12
コ	多	42	43	41	40	13	45	47	52	75	47	58	81
ヒルガオ	多	12	25	27	16		8	25	24	44	50	42	44
マ	2			67	43			67	55				
	多												8
イ	多					24	24		17		28	40	49
	多									47	61	36	33
	多										11	43	36
アブ	多					27							
	2						4	8			37	27	10
	2									16	20		9
アハ	2						21	25	10	75	9	92	48
ゴマ	2						4	24	16		32	46	55
	1								8	33			
	2												9
ソ	2						8				15		
バ	多						4	7	9	15	17	26	17
フ	1							15					
カ	多								15	40			24
チ	2								9		35	37	53
	2										10		19
サ	多								15		12	15	31
ヒ	多												8
発生草種数		2科	3科	3科	3科	4科	9科	9科	11科	9科	11科	10科	13科
		2種	3種	3種	3種	7種	16種	16種	19種	17種	21種	18種	25種
1年草割合 (%)		0	0	0	0	0	0	6	6	6	0	0	0
2年草割合 (%)		0	0	33	33	14	44	44	39	35	48	39	48
多年草割合 (%)		100	100	67	67	86	56	50	55	59	52	61	52
帰化率 (%)		0	0	33	33	14	38	44	37	35	38	44	36

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。

表4-3 被覆および耕うん法の相違が雑草のSDRへ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター：1993～1995年6月下旬)

科名	生活環	雑草	勤込み耕起			被覆不耕起			雑草草生		
			IRT			MNT			WS		
			'93	'94	'95	'93	'94	'95	'93	'94	'95
	作付作物		100			88					
	イソバク						100				
	ライムク			100							
	コメク				100						
科	多	ヨシク	12	15	8	98	60	84	35	25	27
	多	ヒメジョオン				40			10		8
	多	アザミ	4			28	36	64			42
	多	ヒメジョオン					13	9	98	66	91
	多	ヒメジョオン	4			24	31	27	28	7	16
	2	ヒメジョオン				15		15	5		
	2	ヒメジョオン				20	52	38	70	70	81
	2	アザミ				4	16	16	14	8	8
	2	アザミ					8	8			8
	2	アザミ				9	8		25		
	2	アザミ				25	46	9	26		8
コ	多	アザミ	37	30	42	40	37	68	55	38	44
ヒメジョオン	多	ヒメジョオン	75	32	29	8	24	31	42	41	34
ア	2	アザミ		50	40		50	46			
	多	アザミ								28	24
	1	アザミ		14	15						
	1	アザミ						10			
	多	アザミ						8			13
	多	アザミ								13	
イ	多	アザミ				39	21				
	多	アザミ				11	18	10	22	58	39
	多	アザミ						17	35	40	61
	1	アザミ	11	7		3					
	1	アザミ		36	37		7	22			14
	1	アザミ						28			
	2	アザミ						20	20	31	53
	2	アザミ					29				
	2	アザミ				72		50			
ア	多	アザミ				10			4		
	2	アザミ				4					
ア	2	アザミ			23	34	40	53	35	100	69
コ	2	アザミ				44	14	8	4	22	42
ア	多	アザミ				11		7	17	16	44
ア	1	アザミ		14			15				
ア	多	アザミ	14		7	7	14		16	7	29
ア	2	アザミ						9		16	32
	2	アザミ								8	
	2	アザミ							4		
ア	多	アザミ					8	9	15	15	18
ア	1	アザミ	3								
ア	1	アザミ				3		23	4		
ア	多	アザミ				12					
ア	多	アザミ							4		
ア	多	アザミ									8
ア	多	アザミ			15						29
発生草種数			6科	6科	8科	11科	10科	11科	13科	11科	13科
			8種	8種	9種	23種	21種	26種	23種	19種	25種
1年草割合 (%)			25	50	22	9	10	12	4	0	4
2年草割合 (%)			0	13	22	39	48	46	39	37	32
多年草割合 (%)			75	38	56	52	43	42	57	63	64
掃化率 (%)			40	14	22	31	40	50	36	33	40

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、被覆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。

表4-4 被覆および耕うん法の相違が主な雑草のSDRへ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1992～1994年9月中旬)

		鋤込み耕起 IRT			被覆不耕起 MNT			雑草草生 WS		
作付作物		'92	'93	'94	'92	'93	'94	'92	'93	'94
ヒメコブ		91			96					
カブタクリ			100			100				
マリゴ-ムド				85			89			
科名	生活環境	雑草								
キク	2		33	7		11	7			
	多		20	19	16	37	41	18	27	21
	多		4			21	22	20	27	8
	2					43	31	40	59	11
	多					9	18	62	93	93
	2					4		93	55	27
	2					4				
	多								4	
ユリ	多		17	38		42	49	27	57	49
ヒメギク	多	13	23	21		12	15	15	17	30
マメ	1		29			39	34			
	多					3		15	25	16
	多									
	1	81	68	87	73	63	90	54	51	68
	1		13						9	
	多					5				
	1					5				
	多							80	84	78
	多									
	多						18	70	41	35
	多								11	
	1							8	9	14
アハナ	2		13	8		11	7	50	65	49
ゴマノハグサ	1		4							
ハラ	多						7		20	
カタバミ	多		32	7		14	14	25	33	29
チヂソ	2								4	
ササユリ	多							8	10	7
トウダイグサ	1		35	17		18	31		19	24
	1			8			8			
タデ	1					4			4	8
ヒリ	多		4			7				
ラン	多								5	
オハコ	多		4						4	
カタクリ	1					4		30	33	45
ツクシ	1									8
発生草種数		2科	11科	7科	2科	11科	9科	9科	15科	12科
		2種	14種	9種	2種	20種	16種	16種	25種	19種
1年草割合	(%)	50	36	33	50	30	25	19	24	32
2年草割合	(%)	0	14	22	0	25	19	19	16	16
多年草割合	(%)	50	50	45	50	45	56	63	60	52
爛化率	(%)	0	21	22	0	30	38	44	32	37

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。



表4-5 被覆および耕うん法の相違が主な雑草のSDRへ及ぼす影響

(筑波大学農林技術センター圃場：1992～1994年12月下旬)

			鋤込み耕起			被覆不耕起			雑草草生		
			IRT			MNT			WS		
作付作物			'92	'93	'94	'92	'93	'94	'92	'93	'94
エンバク			100		100	100		100			
ライム				100			100				
コムギ					65			76			
科名	生活環	雑草									
科	多	ヨシギ	8	8		26	25	28	7	16	28
	2	ヒメカサヨシギ				20			22		
	多	ハシゴソウ				18	40	42	26	28	48
	多	セイカカワヂヂ				17			90	85	100
	多	オシロイバナ				17		8	33		18
	多	セイヨウソコバ				15	33	17	27	43	10
	2	ツバキ				15					
	2	ヒメソウ					26		30	52	48
	2	ハコグサ					19		29	32	
	2	ゲン					19	25		5	
マメ	多	ムササビ				20					9
	2	クリムツノコ		17				42			
アザミ	多	イヌハゼ				10		9			
	2	オシロイバナ							44		
	2	アザミ							13		
ゴマノハグサ	2	オシロイバナ				8		25	24	12	37
ソウ	2	オシロイバナ				8			6		
アザミ	2	オシロイバナ							46	24	47
バク	多	アザミ							11	12	10
イネ	多	アザミ					7			28	40
アザミ	2	アザミ					4	16		83	36
カタバミ	多	カタバミ					4				
セリ	多	アザミ					4				
クサ	多	カタバミ								24	
アザミ	2	カタバミ								4	10
	2	カタバミ									20
発生草種数			1科	1科	1科	5科	5科	5科	6科	8科	8科
			1種	1種	1種	11種	10種	9種	14種	14種	14種
1年草割合 (%)			0	0	0	0	0	0	0	0	0
2年草割合 (%)			0	0	100	36	40	44	57	50	43
多年草割合 (%)			100	100	0	64	60	56	43	50	57
帰化率 (%)			0	0	100	55	30	57	43	50	57

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。

表4-6 被覆および耕うん法の相違が主な雑草の草丈とSDRへ及ぼす影響

(筑波大学農林技術センター圃場：1995年6月下旬)

科名	生活環	種名	鋤込み耕起		被覆不耕起		多被覆耕起		多被覆不耕起		クローバ草生		雑草草生	
			IRT		MNT		MMRT		MMNT		CS		WS	
			草丈 (cm)	SDR	草丈 (cm)	SDR	草丈 (cm)	SDR	草丈 (cm)	SDR	草丈 (cm)	SDR	草丈 (cm)	SDR
物	多年	ヨモギ	12	8	43	84	12	17	40	47	44	48	22	27
	多年	ハジメヨモギ			63	64			52	48	65	67	53	42
	2年	ヒメジョオン			25	38			12	7	61	61	101	81
	多年	ヒメオドリコソウ			17	27			30	50	26	18	14	16
	多年	ヒメカアヲガサソウ			29	9					79	73	74	91
コ	多年	ツバキ	13	42	18	68					24	50	19	44
マ	2年	ツバキ	9	40	24	60	3	23	12	37	46	70		
	多年	ムラサキツメクサ							52	10	69	96	65	13
体	1年	メシバ	4	40	5	25	9	37	3	38	2	32	4	17
	2年	ライムキ			117	50	96	48	155	71				
	多年	チヂミ			36	10	44	11			57	62	39	39
	1年	チヂミ					7	40	8	15				
	多年	チヂミ											24	61
体	2年	コシキ	65	100	80	100	74	100	86	85				
ヒメオ	多年	ヒメオ	19	29	35	31					34	51	21	34
アハナ	2年	アハナ	5	23	88	53	11	42	78	57	78	82	82	69
アハナ	2年	アハナ			22	9					25	48	17	32
ゴマノハ	2年	ゴマノハ			8	8					17	8	31	42
バラ	多年	バラ			4	7	6	8	8	8	14	16	22	44
総出現種数			8科 9種		11科 26種		9科 12種		8科 17種		12科 19種		13科 25種	
雑草地上部乾物重			3±1		65±9		1±0		33±8		368±40		243±15	
コムギ地上部乾物重 (kg / 10a)			110±21		182±27		234±29		324±22					

IRT；鋤込み耕起区，MNT；被覆不耕起区，MMRT；多被覆耕起区，MMNT多被覆不耕起区，CS；クローバ草生，WS；雑草草生。

SDR（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、被度および頻度の最高値に対する相対値を求め、

次の式で表わした。SDR=(草丈相対値+被度相対値+頻度相対値)/3。空欄は雑草が出現しなかったことを示す。

アンダーライン：前年秋に播種したもの。

地上部乾物重の値：各数値は平均値±S.E.。またCS区の雑草乾物重にはクローバ類の乾物重も含む。

表4-7 被覆および耕うん法の相違が主な雑草のSDRへ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1992～1994年)

科名	生活環	種名	鋤込み耕起			被覆不耕起			雑草草生			
			IRT			MNT			WS			
			'92	'93	'94	'92	'93	'94	'92	'93	'94	
5月 下旬	多年	ヨシキ		4		15	37	55	17	28	26	
		ヒメジョオン			7	17	20	36	17	12	12	
	多年	ヒメジョオン				30	25	44	100	88	71	
	多年	セイヨウカサネ				13	8	23	48	90	66	
	2年	ヒメジョオン					23	43	36	64	50	
	2年	ハコグサ				13	8	15	47	17	8	
	多年	ツバキ	42	43	41	13	45	47	75	47	58	
ヒメジョオン	多年	ヒメジョオン	12	25	27		8	25	44	50	42	
アザミ	2年	アザミ					21	25	75	9	92	
9月 中旬	多年	ヨシキ		20	19	16	37	41	18	27	21	
		ヒメジョオン					43	31	40	59	11	
		セイヨウカサネ				8	9	18	62	93	93	
	多年	ツバキ		17	38		42	49	27	57	49	
	ヒメジョオン	多年	ヒメジョオン	13	23	21		12	15	15	17	30
	アザミ	1年	アザミ		29			39	34			
	アザミ	2年	アザミ		13	8		11	7	50	65	49
	トウモロコシ	1年	トウモロコシ		35	17		18	31		19	24
	イネ	1年	イネ	81	68	87	73	63	90	54	51	68
	多年	イネ							80	84	78	
12月 下旬	多年	ヨシキ	8	8		26	25	28	7	16	28	
		ヒメジョオン				18	40	42	26	28	48	
		セイヨウカサネ				15	33	17	27	43	10	
	アザミ	2年	アザミ		17			42				
	アザミ	2年	アザミ					4	16		83	36
	ゴマノハグサ	2年	ゴマノハグサ				8		25	24	12	37
	アザミ	2年	アザミ							46	24	47

表4-8 深度による大形土壌動物の個体数の変化  
 (筑波大学農林技術センター圃場: 1993, 1995年)

	個 体 数 /m <sup>2</sup>						
	肉食性		雑食性		腐食性		その他
	死 類	ムカデ 類	甲虫類	ワリ類	ワラジムシ 類	ミミズ 類	
93年5月上旬							
植物残渣	20	0	0	12	4	0	12
0~1cm	48	0	0	24	24	4	8
1~2cm	4	0	0	0	4	0	4
2~3cm	0	0	0	0	0	0	0
3~4cm	0	0	0	0	0	0	0
95年1月上旬							
植物残渣	0	0	96	520	0	76	4
0~1cm	80	5	156	4	96	508	16
1~2cm	4	0	20	0	40	48	0
2~3cm	4	1	8	0	0	0	0
3~4cm	0	0	0	0	0	0	0

1993年は被覆不耕起(MNT)区, 1995年は多被覆不耕起(MMNT)区を調査した。

表4-9 被覆および耕うん法の相違が主な大形土壌動物の個体数へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1993～1994年)

		個 体 数 / m <sup>2</sup>							
		肉 食 性		雑 食 性		腐 食 性			
		死類	幼体類	甲虫類	ワジ類	ワジ類	ワジ類	ミミズ類	その他
93年5月									
鋤込み耕起	IRT	0	0	0	0	0	0	0	0
被覆不耕起	MNT	24±9	0	0	20±7	0	9±3	0	11
93年7月									
鋤込み耕起	IRT	0	0	0	19±15	0	0	0	0
被覆不耕起	MNT	23±5	2±1	23±3	69±17	3±2	0	7±3	7±5
93年9月									
鋤込み耕起	IRT	4±2	0	5±5	24±14	0	0	0	0
被覆不耕起	MNT	80±31	7±3	35±9	180±95	12±5	9±1	3±1	16±7
93年12月									
鋤込み耕起	IRT	0	0	0	0	0	0	0	3±1
被覆不耕起	MNT	120±6	3±1	24±10	7±4	6±1	0	27±3	55±7
94年5月									
鋤込み耕起	IRT	5±5	0	0	1±1	0	0	0	0
被覆不耕起	MNT	55±9	7±2	53±5	317±61	8±3	29±19	1±1	172±23
94年7月									
鋤込み耕起	IRT	1±1	0	0	9±4	0	0	0	0
被覆不耕起	MNT	94±21	2±1	21±8	197±42	6±2	20±6	1±1	24±9

地表下1cm部分の土壌を供試した。MNTは地表の被覆物も含む。  
各数値は平均値±S.E.

表4-10 被覆および耕うん法の相違が主な大形土壌動物の個体数へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1994～1995年)

		個 体 数 / m <sup>2</sup>							
		肉 食 性		雑 食 性		腐 食 性			
		死類	幼体類	甲虫類	ワジ類	ワジ類	ワジ類	ミミズ類	その他
94年9月									
鋤込み耕起	IRT	1±1	0	0	3±1	0	0	0	0
被覆不耕起	MNT	64±8	10±7	88±14	55±15	10±5	17±7	0	75±29
多被覆耕起	MMRT	43±15	3±1	77±15	36±8	9±4	16±6	0	69±30
多被覆不耕起	MMNT	63±13	4±1	131±5	91±15	16±4	36±22	24±16	159±36
隣接雑木林	AG	164±70	10±3	16±4	267±135	19±6	28±10	8±6	211±62
94年12月									
鋤込み耕起	IRT	0	0	0	0	0	0	0	0
被覆不耕起	MNT	140±56	0	81±16	0	0	3±1	469±215	88±23
多被覆耕起	MMRT	13±3	0	1±1	0	1±1	0	3±3	1±1
多被覆不耕起	MMNT	188±42	6±4	165±74	11±6	17±13	69±58	763±69	83±10
隣接雑木林	AG	55±15	13±1	12±6	48±29	19±1	4±4	11±11	53±12
95年5月									
鋤込み耕起	IRT	3±1	0	1±1	13±6	0	0	0	3±1
被覆不耕起	MNT	49±7	45±35	120±24	896±284	100±87	39±3	32±2	140±10
多被覆耕起	MMRT	15±4	5±3	37±12	91±42	3±2	0	3±3	32±14
多被覆不耕起	MMNT	63±7	19±5	132±13	607±94	34±9	80±21	205±106	71±5
隣接雑木林	AG	73±22	46±15	175±32	700±100	119±32	128±41	32±2	184±52
クローバ草生	CS	123±26	1±1	261±54	1067±154	4±3	57±21	47±17	147±28
雑草草生	WS	80±22	0	53±5	239±52	0	3±3	172±107	104±14

地表下1cm部分の土壌を供試した。IRT以外は地表の被覆物も含む。  
各数値は平均値±S.E.

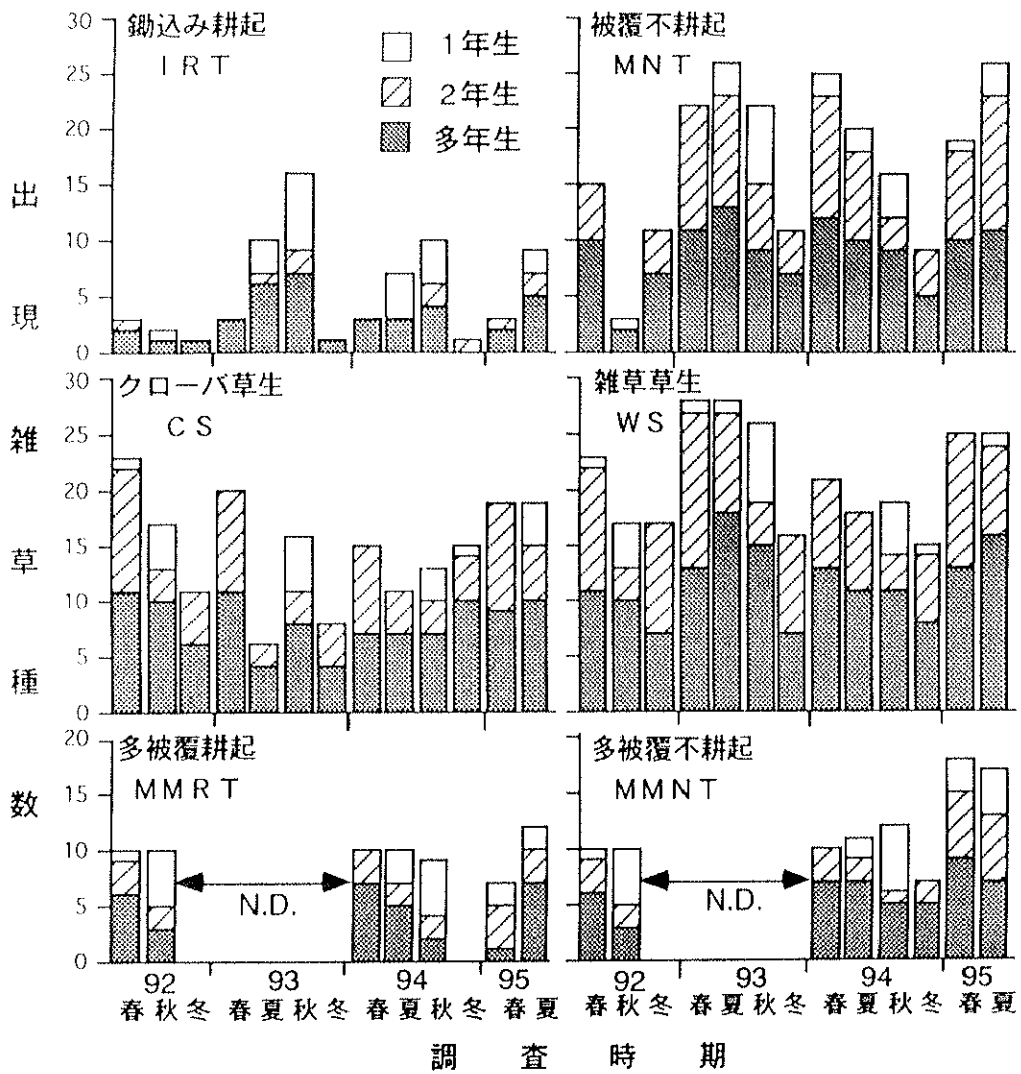


図4-1 被覆および耕うん法の相違が出現雑草種数へ及ぼす影響  
 (筑波大学農林技術センター圃場：1992～1995年)  
 N.D.；調査記録なし。

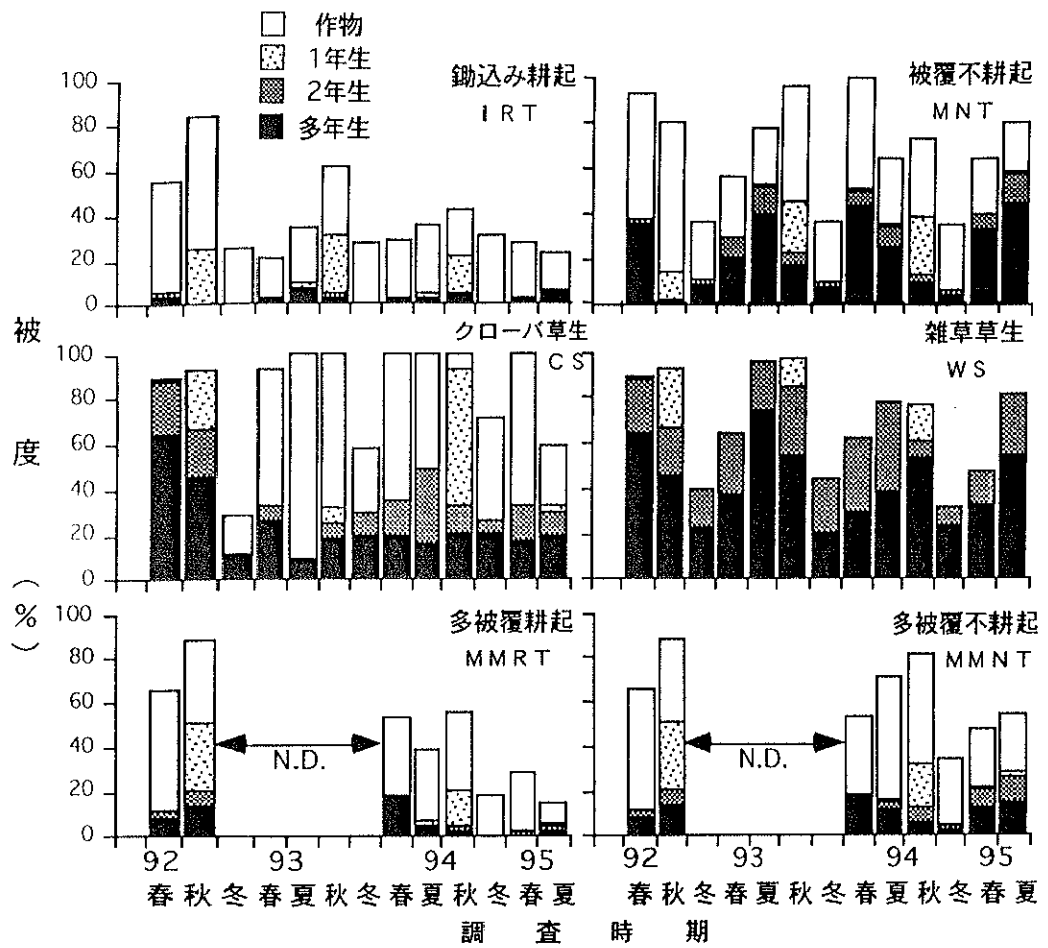


図 4-2 被覆および耕うん法の相違が作物と雑草の被度へ及ぼす影響  
 (筑波大学農林技術センター園場：1992～1995年)  
 N.D.；調査記録なし。

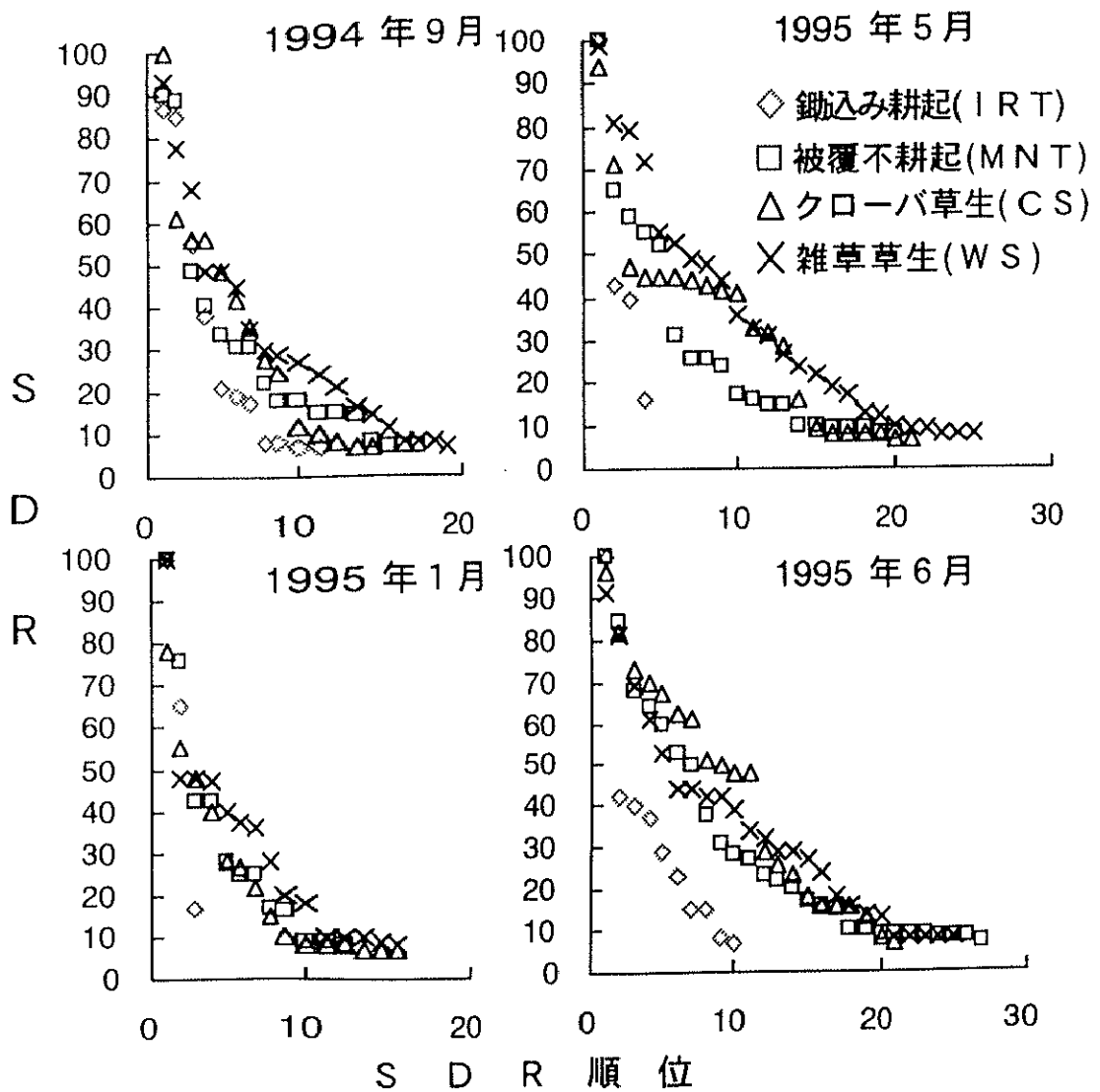


図4-3 被覆および耕うん法の相違が雑草のSDRとその順位の関係に及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター：1994～1995年)



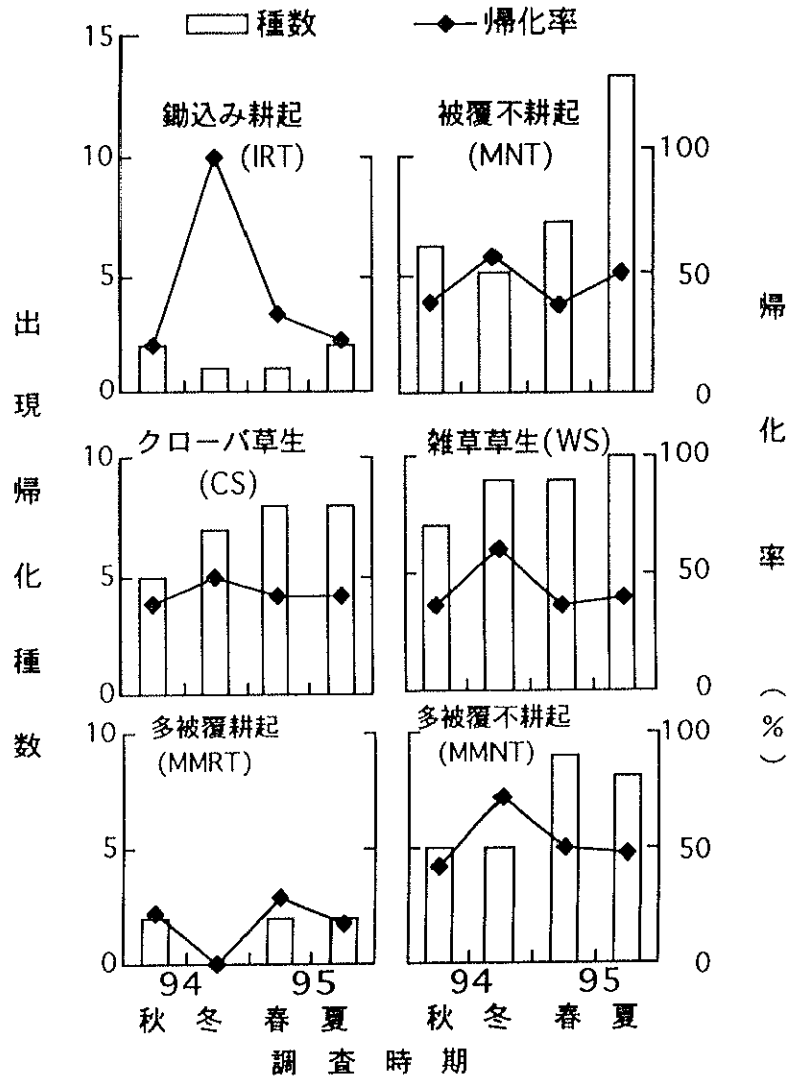


図 4-4 被覆および耕うん法の相違が帰化雑草の出現種数と帰化率へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1994~1995年)