雑草群落の生態学的研究

千葉大学文理学部 沼 田 真

Makoto NUMATA: Ecological Studies on Weed Communities

雑草群落の生態学的研究について、私は今までに数回総説と問題提起を行なった。すなわち、沼田 (1954)¹⁾、沼田・荒井 (1954)²⁾、沼田 (1956, 58)³⁾、沼田 (1958)⁴⁾、沼田 (1961)⁵⁾ などにおいて、雑草および雑草群落を生態学的にはどのように扱かうべきであるかについてのべた。ここでは主に最近の研究を展望しつつ、あわせて問題のありかをさぐってみたい。

1. 耕地生態学ないし農業生態学

雑草生態学 (weed ecology) について展望を与えようとするのが本稿の目的であるが、それは応用生態学の中で、まださほど確固たる地位をしめているものとは思われない。植物系の応用生態学の中では、森林生態学 (forest ecology ないし silvics) の伝統が最も古く、ついで草地生態学 (grassland ecology, range ecology, pasture ecology など) がその基礎をかためつつある。われわれの生活に最も古くから最も密接な関係をもっていたはずの (農) 耕地の生態学 (agricultural ecology [agroecology], crop ecology, weed ecology など) は、生態学としての骨格を与えられるのが最もおそかった。わが国でもこの方面の体系的な研究はきわめて少ない。そこで、まずはじめに耕地生態学ないし農業生態学について展望したのちに雑草生態学へうつりたいと思う。

わが国で翻訳のでた Azzı (1956, 野口訳 1958⁶⁾) よれば、“農業生態学は、作物の発育ならびに収量に関し、量的 (収穫高)、質的 (生産物の品質)、および遺伝的 (種物の性質) の見地から、環境すなわち気候および土壌等の物理的特性を研究するものである”とし、またべつなところでは、“農業生態学は、耕種学、経済学ならびに遺伝学的立場から、多くの農業に関する問題の解決に必要な気象的環境を数的にあらわすものである”とものべている。そしてこの“農業生態学は、独自の活動の場面ならびに範囲をもって農業科学の分野に特殊な位置をしめていることは明らかで、自然科学者の取扱っている一般生態学とは原理、研究方法、構成などの点で全然異なっている”という。このように農業生態学を環境学的に規定し、かつ収量の経済学的側面とも結びつけて、その独自性をうたおうとする Azzı の立場は今日一般に容認され

ると思われない。先に私は、一般生態学と応用生態学との関係を論じたが (沼田 1954)⁷⁾、農業生態学は農業と一般生態学のかけ橋という位置をしめるものであり、方法論においては全く同一の生態学的基盤にたち、収量の経済性といった社会科学的性格を与えることは、生態学の立場に混乱を与えるものであらう。

この点に関して KLAGES (1942)⁸⁾ は、作物生態学 (crop ecology) は、作物とその生理学的環境との関係を明らかにするものであって、作物の生産と分布に及ぼす経済的原因はとりあげないのに対し、作物生態地理学 (ecological crop geography) は、作物の生産と分布に及ぼす生理的環境 (physiological environment) のみならず、経済的・政治的・歴史的・技術的・社会的要因などを含めた社会的環境 (social environment) をとりあげるのであるとしている。つまり KLAGES の場合は、彼なりに、自然科学としての作物生態学と、社会科学にもまたがった農学的な作物生態地理学を区別しているわけである。

ところが PAPADAKIS (1954)⁹⁾ の作物生態学になると KLAGES のそれ (作物生態地理学と区別された) として、社会経済的原因を排除し、まず一般原理を、植生とその遷移、個生態と群生態といった形で述べ、要因としては気候・土壌のほかには群落学的 (phytosocial) な要因を重視している。彼の場合は、農業地理学になってもこの方針はかわっていない (PAPADAKIS 1952, 沼田・山本訳 1962¹⁰⁾; PAPADAKIS 1960¹¹⁾)、その意味で、PAPADAKIS の仕事は、生態学のプリンシプルの農学への適用として極めて興味ふかい。彼の農業地理学 (1952) には、副題として、“気候、成長率と生育のリズム、植生、土壌、作物、農業地域”とあるが、これが彼の方針をよく示しているといえよう。

同じように生態学的プリンシプルの農学への適用を企図した仕事としては、たとえばすでに一般生態学者としても十分高く評価されている KNAPP (1949¹²⁾; 1954, 沼田真・吉田治訳 1962¹³⁾、TÜXEN¹⁴⁾、AICHINGER¹⁵⁾、ELLENBERG (1952)¹⁶⁾ ら中欧系の学者のものがある。彼らの仕事を大きく概括すると、ELLENBERG の標題にあるように指標 (Zeiger) という考えにつきる。雑草群落を構成する種の特性を利用して農耕地の立地条件を判定し、適

地適作の指標とし、収量をも推定するといった考え方である。雑草としての種の特性を大きくとりあげた生態学者の研究には、HAMEL et DANSEREAU (1949)¹⁷⁾のごときものもある。

また長くアフリカにいて農業や林業の基礎としての生態学的研究をつづけてきた PHILLIPS (1959)¹⁸⁾の農業生態学は、ガーナのエンクルマ首相の序文にもあるように“生態学——私は生態学を、あらゆる生命形態の、それら相互の、またその環境との相互作用の研究にあると理解しているのであるが——は、農学者のためだけのものではない。生態学は農夫、行政官、政治家に対しても導きの光を与えるにちがいない”といった期待のされ方をしているのであるが、彼の書物は自然科学としての農業生態学を、アフリカにおける植生とその遷移を気候と土壌にもとづいて理解し、極相と生物気候区の認識を農業発展の基礎としようとしたものである。

われわれも、以上のような生態学出身の人達の行き方を支持するのであるが、要するに耕地生態学を技術学ないし経営学的な農学そのものと等置しないで、臨床 (Klinik) としての農学に対して、基礎 (Grund) としての一般生態学、そのかけ橋である診断学 (Diagnostik) としての耕地生態学という位置づけをしたいと思う。

2. 雑草生態学

雑草生態学は必ずしも耕地生態学ないし農業生態学のみに所属するものではないが、耕地生態学を一応以上のように位置づけた上で雑草生態学を展望してみよう。

植物生態学は今日極めて多くの分野を含むに至っているが、これを“個体の生態学と群落の生態学とに大別される”とみ、前者は“生理的に取扱う個体生態学”で、後者は“植物集団の分類・発達と、その数的統計を処理する植物社会学”であるとする意見 (郡場1953)¹⁹⁾は今日でもかなり強い。しかし、生物集団の基本的単位である個体も、生態学では“集団の中の個”として、具体的な生活の中での位置づけが考えられているところから、私は生態学を二大別するなら、むしろ集団学 (あるいは社会学 sociology) と群集学 (cenology) とにわけた方がよいと思う。環境学をべつにわけてもよいが、socio-logical あるいは cenological なレベルでの生物の生活の法則が探究されている以上、当然、それぞれのレベルでの環境がとりあげられているので、少なくとも環境学＝個生態学といった形でとりあげ方は望ましくない。以上の見地から雑草生態学を展望してみると、次のようになる。

a. Weed sociology いわゆる雑草の個体群 (ある

いは個体) および種についての生態学的研究がこの分野に属する。雑草の種子とその発芽、成長、季節現象、繁殖、生活型など、種の特性についての、個生態というより種生態の研究がその一部をなす。近藤・笠原 (1936ほか)²⁰⁾、SALISBURY (1942)²¹⁾、KNAPP (1954)¹³⁾、荒井 (1961)²²⁾などの仕事はこの線にそったものといえよう。その他、イギリス生態学会のシンポジウム論集として HARPER (1960)²³⁾の編集した“雑草の生態”は、雑草の分類、進化、休眠、種子散布、干渉と競争、個生態などにわたって広汎な論議を展開している。これらの研究もほぼ weed sociology というべきものである。

このような種生態 (specific or species ecology) からさらにすすんで個体群生態 (population ecology) の研究としては、自己間引の点からみた雑草の特性、とくに栽培植物とのちがいにふれた (LYSENKO 1945)²⁴⁾研究、密度効果としての $\frac{3}{2}$ 乗則 (依田1957)²⁵⁾などをあげることができるであろう。すなわち LYSSENKO によれば、栽培植物とは反対に、“野生の植物が過度に密に発芽すると、自己間引の方法で自分の数を調整し、それぞれの個体はたがいに邪魔しあったり圧迫しあったりしないで、同時に全空間をその種でもって占領してしまう。この空間にその種の競争相手であるような他の植物がはいることを許さないのである”。とのべている。また、 $\frac{3}{2}$ 乗則は同種群落 (個体群) の被度が 100% に達した場合、重量 (ω) と密度 (ρ) の間に $\log \omega = -\frac{3}{2} \log \rho + \text{const}$ の関係のあることをいう。前記の HARPER (1960)²³⁾のいう plant demography (植物員数学——人間の場合の人口学に相当する) のごときもこれに類するものであろう。

b. Weed cenology 一般的な雑草群落 (weed community) の研究として非常に多く行なわれてきたのは、農耕跡地とか休閑地での雑草群落の発達を扱ったもので、古くは BRENCHLEY (1920)²⁶⁾あたりから、その後継者の WARINGTON (1958)²⁷⁾などの著名な仕事がある。一方、放棄農耕地の多いアメリカなどではこうした研究はとくにさかんで、BONCK and PENFOUND (1945)²⁸⁾、KEEVER (1954)²⁹⁾、RICE (1954)³⁰⁾、PENFOUND and RICE (1957)³¹⁾、QUARTERMAN (1957)³²⁾などたくさんあり、これをとくに一般の二次遷移や立地条件との関連で考察したものに、PAVLYCHENKO (1943)³³⁾、ODUM (1954)³⁴⁾、EVANS and DAHL (1955)³⁵⁾、BLISS and LINN (1955)³⁶⁾などがある。Curtis (1959)³⁷⁾などは、ウィスコンシン州の“植生誌”において、Weed communities の章をもうけ、一般生態学的見地から要領よく扱っている。フランスでよくいわれる果樹園あとの遷移 (GIROT et

BAILLAUD 1956)⁵⁸⁾ のごときも同じ系列のものである。われわれも、耕地雑草群落の構造と遷移という立場から畑地(沼田1947)⁵⁹⁾、水田(沼田1952)⁴⁰⁾、NUMATA 1953⁴¹⁾、裸地圃(沼田・山井 1955⁴²⁾、沼田 1956⁴³⁾、沼田・鈴木 1958)⁴⁴⁾ などでの群落の動態を追及し、同様の見地から人工草地(沼田・依田 1957)⁴⁵⁾ や、放牧地・採草地(沼田 1960⁴⁶⁾、1961 a⁴⁷⁾、b⁴⁸⁾)について、二次遷移の実態を明らかにし、かつ遷移の進行を遷移度によって量的に測定することをこころみた。笠原(1961)⁴⁹⁾ の最近の研究にも裸地圃の雑草群落の動態に関する研究が多くふくまれている。

ところで農学分野でもっとも要望されているのは、一般的な雑草群落ではなく、耕地、草地、林地、園地(庭園、花壇など)などでの crop-weed community とした雑草群落の研究である。それも農学分野では weed control、なかでも薬剤防除に主力がそそがれているが、生態学的研究はそれらの基礎を明らかにしようとしている。すなわち薬剤防除にしても雑草の弱点をおさえて、薬剤のもっともきくやり方が必要であるし、またその後の作物-雑草関係を適確にとらえられねばならない。そのための手段として諸種の群落学的解析が行なわれているのである。

われわれ(沼田・荒井 1954²⁾、沼田 1956³⁾) もかつてそうした見地からの論議を行ない、一方、除草期、播種期、播種密度などによって、作物対雑草の力関係がかわり、雑草害の出方が非常にことなることを問題にした(沼田・新山 1953³⁰⁾、新山・沼田 1962⁵¹⁾)。

古くは CLEMENTS ら(1929)⁵²⁾ が、植物における競争は特殊の例をのぞいては struggle ではなくて competition であるとし、それが養分、水、光と温度のうばいあいといった形のものであること、またそれらが発芽の時期をことにし、あるいは遷移の進行途上での侵入の場合のような heterochronous な競争と、一方 synchronous な競争とにわけられることなどをのべた。BLEASDALE (1956)⁵³⁾ とか MANN and BARNES (1945~)⁵⁴⁾、笠原(1961)⁵⁵⁾ らの仕事はこうした競争のメカニズムを量的に定式化しようとしたものであるし、種間の相互作用を植物体(とくに根)から排出される物質をとおして理解しようとする、いわゆるアレロパシー(MOLISCH 1937⁵⁶⁾ OSWALD 1949⁵⁷⁾、BONNER 1950⁵⁸⁾、KNAPP 1954⁵⁹⁾ GRÜMMER 1955⁵⁹⁾、MARTIN and RADEMACHER 1960⁶⁰⁾) の仕事も一つの顕著な方向である。

以上のほか、WHYTE (1940)⁶¹⁾ の編した論文集には、最近も一部で注目されている、いわゆる biological control (主に昆虫による雑草防除) がとりあげられてい

るが、生態学的には興味ふかい。また先にのべた指標植物の見地にたった ELLENBERG (1952)¹⁶⁾ とか、同じ系列にたって群落分類の立場からの MIYAWAKI (1960)⁶²⁾ の仕事なども注目してよいであろう。

3. 雑草群落の生態学的研究

以上のべたような研究動向をたどっている雑草生態学ではあるが、ここに改めて雑草生態学の体系に思いをいたし、若干の問題点をひろってみたいと思う。

I. 作物-雑草系の環境

生態学的環境解析において重要な3つの点については私は度々のべているが(沼田 1961)⁶³⁾、要点は、1)生物の反応をとおして環境をはかる、2)レベルに応じてきている要因を明らかにする、3)環境作用とともに環境形成(変革)作用に注目することである。

たとえば、わが国での気候帯と植生帯との関係はしばしば論議されているが、そこでいう植生帯には極相が用いられており、雑草群落のように遷移の初期段階のものが従来いわれている大気候的な区分とどう関係するかはあまり明確ではない。北海道の雑草フロラが本州以南とちがうことは時々指摘されているが、フロラのちがいのみならず、共通種であっても生育リズムのちがいによって地域性をつかむことが可能であろう。

さらに環境のレベルを下げて、中気候的、あるいは小気候的に、雑草群落に対する環境作用と、その環境形成作用を明確にする必要がある。もちろんこれは気候だけでなく、土壌条件についても、全く同様のことがいえる。

また生物の反応をとおして環境をはかるという考えは indicator, phytometer, life-form などの方法に通ずるものであるが、これについては、従来農学でよく用いられた特定の種による指標 (floristic indicator—清水 1960)⁶⁴⁾ よりも、一般的には群落を指標とする (vegetational indicator) 方がよく、それも生活型(休眠型、繁殖型、生育型など)の組みあわせによる群落型による方がよいことを私はかつて述べた(沼田 1947)³⁵⁾。雑草は元来その発生上、環境条件の広い巾に適応したものである。特定の種を指標とするには不向きな面が多いからである。

II. 相互作用 (coaction)

相互作用は、種内 (intraspecific) の相互作用と、種間 (interspecific) のそれにわけられる。種内相互作用は個体群 (population) レベルの現象であるが、個体群の成長法則としての密度効果や種内競争、雑草個体群成立過程における自然間引、自然補充現象を通じての種内

密度調節⁴⁴⁾、分布調節 (分布型や分布様式の変動)⁴⁴⁾、アレロパシーのうちでは自家中毒の現象 (autotoxic allelopathy)⁵⁸⁾ が問題になろう。要するに雑草の population dynamics について、まだはっきりしない点がたくさんあるのである。

一方、共同体レベルの現象としての種間相互作用は、雑草の実際の生活をとりあげるにあたって最も重要であるが、種間の結合関係をマクロにとらえる群落分類なりフロラの類似度、それをより細かく統計学的な種間相関としてあらわし、さらに雑草群落の分散構造を解析するといった方向 (NUMATA 1961)⁶⁵⁾、地上部の階層構造をいわゆる生産構造によって解析し (荒井 1956)⁶⁶⁾、またひいては地上部、地下部での競争やすみわけ (沼田 1955⁶⁷⁾、沼田・依田 1957)⁴⁵⁾、除草労力と関連して除草効果を明確にし (川廷 1962)⁶⁸⁾、場合によっては作物と耕地雑草との協同的關係 (新山・沼田 1962)⁵¹⁾ を明らかにするなどの方向がある。

ここでとくに注目すべきは、雑草群落の母胎としての種子集団と芽生え群落であって、雑草防除には埋土種子の防除もふくまれているはずであるが、まだ関心はさほど高くない。雑草群落成立の母胎というまでもなく、埋土ならびに侵入種子集団である。ところが埋土種子集団の量は莫大であり、その一部がある年の雑草群落の出発点となる (荒井ら 1959)⁶⁹⁾、沼田ら 1961)⁷⁰⁾。しかもその芽生え群落が、雑草同志または作物対雑草の相互作用を行ないつつ雑草群落として発達するのである (沼田 1961)⁹⁾。とくに種間相互作用においては、ことなつた種という歴史的背景をことにした存在が複雑にからみあって、現在という時点での共同体レベルの生活が展開されるので、種内関係のようにすっきりした解析をゆるさない面がある。種生態の研究は、こうした面に関しても重要である。

Ⅲ. 作物—雑草系の遷移と進化

一般に植物群落は、内部的には種間、生活型間の相互作用、外部的には環境との間の相互作用をとおして発達し、平衡を保ち、崩壊するといったプロセスをくりかえす。作物—雑草系の遷移においても同様である。このさいの種の出現交替の順序性、それらの組みあわせ、遷移段階ないし遷移度 (degree of succession)⁴⁸⁾ の増大 (あるいは減少) をとらえ、そのメカニズムを明らかにすることが必要である。こうした遷移の要因としては気候・土壌との間の action (環境作用)、reaction (環境形成作用)、植物の種間競争、病害虫・放牧動物・人間などの働きをあげることができる。

耕地においては除草剤の使用が年々さかんになるし、

草地でも火入れ、刈払い、耕起、施肥、追播といった手段で造成維持が行なわれているし、造成された草地では放牧・採草が行なわれる。このような条件下での雑草の侵入・優占の過程は、pyric (火による)、anthropeic (人為による)、biotic (牛の放牧などによる) succession などとよばれているが、これらを広義の biotic succession として考えてよいであろう。これら biotic factor の種々相と遷移段階を明確につかむことが、雑草群落を考察するにあたっての重要な基礎となるであろう。

また雑草群落成立のメカニズムを考える場合に、人里植物が問題になる。植物の中で、人のいきがかかった場所に入りこむ、人間活動とタイアップした植物としての人里植物 (ruderal plant) が、雑草 (とくに耕地、草地の雑草) との共通性をもっている。広義の人里植物には、狭義の人里植物のほか、耕地雑草、帰化植物などをふくむ。人里植物はオオバコ、クサイなどのようにふみつけに強く、再生力大なものであるが、帰化植物は、散布力、繁殖力 (種子生産、発芽率、残存率、栄養繁殖)、光発芽の性質などが強く、初期成長がはやく、二次遷移の先駆種 (pioneer species) となる。耕地のごときは常に立地が攪乱されるため二次遷移の出発点にもどるので、先駆種の繁茂の好条件となる。草地では、過放牧によって裸地化するのが、ちょうど同じような条件をみたし、ふみつけに強い人里植物が繁茂する。こうした諸点に関しても雑草となるものの種生態学的研究が必要となる。

またこうした雑草が成立するにあたっては、雑草の生活をとおしての、crop-weed community の構成員としての、生活型の進化 (沼田 1957⁷¹⁾、1958⁷²⁾、1960⁷³⁾) を十分考慮しなければならない。従来、進化といえば系統的進化が主に考えられているが、生活者としての雑草がもっている対作物あるいは対雑草の種々の特性を理解する上で、系統的進化とは必ずしも並行しない生態的進化がとりあげられねばならない。アマ雑草や水田雑草にみられる、いわゆる作物擬態のごときもその一部をなすものである。

以上あげたいいくつかの問題点に関しては、研究の蓄積が十分でなく、ある場合にはほとんど分っていない面もあるので、わが国の今後の雑草生態学の進展にあたっては、このような点にも考慮されることが望ましい。

文 献

- 1) 沼田真：生態学からみた雑草問題。2, 4-D の研究 第 3 号：3-5 (1954)。
- 2) 沼田真・荒井正雄：農業における雑草の諸問題—主に生態学の立場から。生物科学 5(4)：170-177 (1954)。
- 3) 沼田真：雑草の生態。自然 4 月号：36-44 (1956)。沼田真：生態学の立場。古今書院 (1958)。

- 4) 沼田真：耕地雑草の生活。戸刈義次・杉頼夫編：雑草防除の新技術：13-23, 富民社 (1958)。
- 5) 沼田真：作物と雑草—生態学の立場から。これからの農業・園芸の課題：75-77 (1961)。
- 6) AZZI, G.: Agricultural Ecology, London (1956). 野口弥吉訳：農業生態学, 朝倉書店 (1959)。
- 7) 沼田真：応用生態学のあり方。生物科学 **6** (4): 188-190 (1954)。
- 8) KLAGES, H. W.: Ecological Crop Geography. New York, (1942)。
- 9) PAPADAKIS, J.: Ecologia de los Cultivos I, II, Buenos Aires (1954)。
- 10) PAPADAKIS, J.: Agricultural Geography of the World. Buenos Aires (1952). 沼田真・山本進訳：世界農業地理, 古今書院 (1962)。
- 11) PAPADAKIS, J.: Geografia Agricola, Barcelona (1960)。
- 12) KNAPP, R.: Angewandte Pflanzensoziologie. Stuttgart (1949)。
- 13) KNAPP, R.: Experimentelle Soziologie der höheren Pflanzen. Stuttgart (1954). 沼田真・吉田治訳：実験生態学, 古今書院 (1962)。
- 14) TÜXEN, R. の編集する Angewandte Pflanzensoziologie や Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft 所収の論文。
- 15) AICHINGER, E. の編集する Angewandte Pflanzensoziologie 所収の論文。
- 16) ELLENBERG, H.: Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie. Bd. I. Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. Stuttgart (1952)。
- 17) HAMEL, A. et P. DANSEAU: L'aspect écologique du problème des mauvaises herbes. Bull. Serv. Biogeogr. No. 5: 1-46 (1949)。
- 18) PHILLIPS, J.: Agriculture and Ecology in Africa. London (1959)。
- 19) 郡場寛：植物生理生態, 養賢堂 (1953)。
- 20) 近藤万太郎・笠原安夫：雑草種子の発芽の研究 (I), 農学研究 **32**: 357-397 (1936) ほか。
- 21) SALISBURY, E. J.: The Reproductive Capacity of Plants. London (1942)。
- 22) 荒井正雄：水田裏作雑草の生態学的研究。関東東山農試研究報告 No. 19 (1961)。
- 23) HARPER, J. L. ed.: The Biology of Weeds. Oxford (1960)。
- 24) ルイセンコ, 亀井健三訳：自然淘汰と種内競争 (吉岡金市編：農業生物学と農業技術)。理論社 (1953)。
- 25) 依田恭二：群落の密度調節に関する 3/2 乗則, 第 4 回日本生態学会講演要旨: 17 (1957)—沼田真編：植物生態学: 181-182, 古今書院 (1959)。
- 26) BRENCHEY, W. E.: Weeds of Farm Lands. London (1920)。
- 27) WARINGTON, K.: Changes in the weed flora on broadbalk permanent wheat field during the period 1930-1955. J. Ecol. **46**: 101-113 (1958)。
- 28) BONCK, J. and W. T. PENFONUD: Plant succession on abandoned farm land in the vicinity of New Orleans, Louisiana. Amer. Midl. Nat. **33** (2): 520-529 (1945)。
- 29) KEEVER, C.: A new dominant in the first year of old field succession in northwestern South Carolina. Bull. Ecol. Soc. Amer. **35** (3): 70 (1954)。
- 30) RICE, E. C.: Some factors affecting succession in abandoned farm lands in central Oklahoma. Ecol. **35** (3): 70 (1954)。
- 31) PENFOUND, W. T. and E. C. RICE: Plant population changes in a native prairie plowed annually over a five-year period. Ecol. **38** (1): 148-150 (1957)。
- 32) QUARTERMAN, E.: Early succession on abandoned cropland in the central Basin of Tennessee. Ecol. **38** (2): 300-308 (1957)。
- 33) PAVLYCHENKO, T. K.: Plant succession and weed control. Agr. Inst. Rev. March (1943)。
- 34) ODUM, E. P.: Organic production and turnover in old field succession on the Savannah River area. Bull. Ecol. Soc. Amer. **35** (3): 71 (1954)。
- 35) EVANS, F. C. and E. DAHL: The vegetational structure of an abandoned field in south-eastern Michigan and its relation to environmental factors. Ecol. **36** (4): 685-705 (1955)。
- 36) BLISS, L. C. and R. M. LINN: Bryophyte communities associated with old field succession in the N. C. Piedmont. Bryologist **58** (2): 120-131 (1955)。
- 37) CURTIS, J. T. The Vegetation of Wisconsin. U. Wis. Press (1959)。
- 38) GIROT, J. et L. BAILLAUD: Observation sur l'évolution des friches de vignes à Besançon. Ann. Sci. Univ. Besançon. Bot. **8**: 89-100 (1956)。
- 39) 沼田真：植物群落の類型—植物群落の構造に関する研究 IV。生態学研究 **12** (1/2): 42-48 (1947)。
- 40) 沼田真：群落型の季節的変動。科学 **22** (4): 152 (1952)。
- 41) NUMATA, M.: The time series analysis of seasonal variation of vegetation types. 千大文理紀要 **1** (3): 194-202 (1953)。
- 42) 沼田真・山井広：雑草群落の形成過程—第二次遷移の初期段階の解析 (I)。日生態会報 **4** (4): 166-171 (1955)。
- 43) 沼田真：同(II), 日生態会報 **6** (2): 62-66, **6** (3): 89-93 (1956)。
- 44) 沼田真・鈴木啓祐：植物群落の形成過程に関する実験 (I)—二次遷移の初期段階の解析 (III)。日生態誌 **8** (2): 68-75 (1958)。
- 45) 沼田真・依田恭二：人工草地の群落構造と遷移, I。日草地研会誌 **3** (1/2): 4-11 (1957)。
- 46) 沼田真：草地診断基準に関する研究, I。(1960)。
- 47) 沼田真：同, II。(1961)。
- 48) 沼田真：生態遷移における問題点—とくに二次遷移と遷移診断について。生物科学 **13** (4): 146-152 (1961)。
- 49) 笠原安夫：耕地雑草群落に関する実験的研究, 農学研究 **48** (1): 1-32, (3): 129-178 (1961)。
- 50) 沼田真・新山恒雄：作物と雑草との競争, I。とくにオカボの除草期について。植物生態会報 **3**: 8-13 (1953)。
- 51) 新山恒雄・沼田真：作物と雑草との競争, II。オカボの播種期と雑草害の関係。日生態会報 **12** (3): 94-100 (1962)。
- 52) CLEMENTS, F. E., J. E. WEAVER, and H. C. HANSON: Plant Competition. An Analysis of Community Functions. Carnegie Inst. Wash. (1929)。
- 53) BLEASDALE, J. K. A.: Interspecific competition in higher plants. Nature **178**: 150-151 (1956)。
- 54) MANN, H. H. and T. W. BARNES: The competition between barley and certain weeds under controlled conditions. I-V. Ann. Appl. Biol. **32** (1): 15-22 (1945), **34** (2): 252-266 (1947), **36** (2): 275-281 (1949), **37** (2): 139-148 (1950), **39** (1): 111-119 (1952)。
- 55) 笠原安夫：作物と雑草との競争に関する実験的研究。農学研究 **48** (4): 199-236, **49** (1): 9-47 (1961)。
- 56) MOLISCH, H.: Der Einfluss einer Pflanze auf die Andere, Allelopathie. Jena (1937)。
- 57) OSVALD, H.: Root exudates and seed germination. Ann. Roy. Agr. Coll. Sweden **16**: 789-796 (1949)。
- 58) BONNER, J.: The role of toxic substance in the interrelations of higher plants. Bot. Rev. **16**: 51-65 (1950)。
- 59) GRÜMMER, G.: Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen-Allelopathie. Jena (1955)。
- 60) MARTIN, P. and B. RADEMACHER: Studies on the mutual influences of weeds and crops. The Biology of Weeds: 143-152 (1960)。
- 61) WHITE, R. O. ed.: The Control of Weeds. Aberystwyth (1940)。
- 62) MIYAWAKI, A.: Pflanzensoziologische Untersuchungen über Reisfeldvegetation auf den Japanischen Inseln mit vergleichender Betrachtung Mitteleuropas. Vegetatio **9**: 346-402 (1960)。
- 63) 沼田真：植物の生態研究法。微生物の生態: 1-19 (1961)。

- 64) 清水正元：土壤反応と植物の生育。日草地研会誌 **5** (2)：78-80 (1960)。
- 65) NUMATA, M.: Statistical methodology in plant ecology. Bull. Intern. Stat. Inst. **38** (Part 4): 547-553 (1961)。
- 66) 荒井正雄・川島良一：水稻栽培における雑草害の生態的研究 I, II。日作紀 **25** (2)：115-119 (1956)。
- 67) 沼田真：竹林の群落構造と遷移。千葉大文理紀要 **1** (4)：221-231 (1955)。
- 68) 川延謹造：トラクターの利用を前提とした畑作業体系の確立に関する研究 (I)。東大農場研究報告第1号：1-163 (1962)。
- 69) 荒井正雄・千坂英雄・片岡孝義：水田裏作圃における耕種条件による雑草群落の変化，第3報。日作紀 **27** (3)：387-390 (1959)。
- 70) 沼田真・小村登志子・大木薫・林一六：遷移からみた埋土種子集団の解析。日本植物学会第26回大会講演要旨：17 (1961)。
- 71) 沼田真：生物集団の衰退に関する二三の問題—とくに植物群落の遷移と生活型の進化について。生物進化 **1**：5-14 (1953)。
- 72) 沼田真：植物の生態的な進化。遺伝 **12** (10)：54-56 (1958)。
- 73) 沼田真：植物の適応と進化—生態学の立場から。ダーウィン進化論百年記念論集：171-179 (1960)。