

除草剤の創製研究からみた雑草学と雑草管理*

萩本 宏**

Weed science and weed management considered from the standpoint of herbicide creation study*

Hiroshi Hagimoto**

要約：雑草学と除草剤の創製研究，特に生物学的研究との関わりおよび雑草管理と除草剤の関わりについて考察した。また，わが国の除草剤の創製研究がおかれている困難な現状を企業経営の視点から考察し，雑草管理と除草剤の関係の相克から協調への転換，今後の雑草学の新しい分野としての景観や環境問題への取り組み，学会支部会への期待も併せて論じた。

キーワード：雑草学，除草剤，創製研究，生物試験，経営，景観

はじめに

米国のC. L. HamnerとH. B. Tukeyが1944年に2,4-Dで，英国のR. E. Slade, W. G. Templeman, W. A. Sextonが1945年（実際の発見は1942年末）にMCPAで選択的除草に独立に成功し，選択的有機合成除草剤時代が到来したことはあまねく知られるところである（Celia Kirby 女史が1980年に詳細な経緯を発表）。そして，2,4-Dが，戦後間もない1947年に野口弥吉博士によってわが国に紹介され，折からの危機的な食料不足のなかで官民一体の努力によって1950年から水田除草剤として普及に移された（野口1962；戸蒔1969）。それから約半世紀にわたって，雑草学と除草剤を中心とした雑草管理技術は大きく発展し，農業に多大の貢献をした。その間，わが国の農業情勢は，食生活の変化，米の生産過剰，環境保護や安全性志向の高まり，少子高齢化，財政逼迫，世界的規模での貿易拡大などによって著しく変化した。また，この間，科学技術，特に，分子生物学が驚異的な飛躍の発展を遂げた。これらは共に，雑草学と雑草管理にさまざまな影響を及ぼしている。そこで，著者は，研究者，経営者としてのささやかな経験を踏まえて雑草学と除草剤創

製研究の関わりおよび雑草管理と除草剤の関わりについて考察し，雑草学，雑草管理，除草剤の今後の方向性を論ずる。併せて除草剤創製研究についても研究管理的ならびに企業経営的観点から論ずる。

除草剤の創製研究における雑草の定義***

雑草学と雑草管理を論ずるにあたって，最初に雑草の定義を明確にしておきたい。雑草の定義には，「人間の使用する土地に発生して人類に損害を与える植物」（半澤），「人間の活動と幸福・繁栄に対して，それに逆らったり，これを妨害したりするすべての植物」（米国雑草学会）など人間の価値判断に基づく定義と「絶えず外的な干渉や生存地の干渉が加えられていないとその生活が成立，存続できないような一群の植物」（笠原）や「絶えず攪乱され，物理的環境要因の変化の明瞭な律動に欠ける，極めて不安定な環境に生活する一群の植物」（河野）などの生物学的定義が並立している（伊藤1993）。著者（萩本2001）は，農業生産だけでなく，景観や安全衛生など非生産的な価値も含めて人間生活に邪魔な植物ないしは人間が望まない場所に生育する植物，判断の時点で

* 第3回東北雑草研究会・日本雑草学会東北支部会設立記念講演会での講演内容に一部加筆

** 元日本雑草学会副会長，元武田薬品工業株式会社取締役・前アグロカンパニープレジデント
〒606-8061 京都市左京区修学院宮ノ脇町20-5

Former vice president of the Weed Science Society of Japan・Former member of the board & the ex-president of Agro Company of Takeda Chemical Industries Ltd., 20-5 Miyano-waki-cho Shugakuin, Sakyo-ku, Kyoto 606-8061, Japan

*** 講演では省略

無価値な植物を、かような状態にある作物も含めて「雑草」と呼び、これ以外に「雑草」という用語は使わないことを提案した。他方、農耕地雑草（「農草」と命名）や人里植物など生物学（生態学）的な意味での雑草を「攪乱地（適応）植物」とし、「好裸地植物」である新帰化植物と合わせて「人馴れ（あるいは人擦れ）植物」と名付けることを提案した（萩本 2001）。これによって、人為的区分による「雑草」、生態学的区分による「山野草・人里植物・農草」と「新帰化植物」、渡来歴区分による「新帰化植物」とすでに人里植物や農草の構成員になっている「史前・旧帰化植物」（伊藤一幸博士は「弥生草」と呼ぶことを提案；伊藤 2000）の3区分をそれぞれ独立した概念のもとにおくとともに、生態学的区分内の植物の組み合わせで「攪乱地植物」と「人馴れ植物」を提案した。著者は、これによって「雑草」の定義から生物学的な概念を完全に除いて、雑草管理を主な目的とした雑草学の「雑草」を明確にし、併せて、雑草の成り立ちが生物学的にも理解し易いようにした積りである。

除草剤の創製研究過程

著者は、除草剤の創製研究の過程を、その過程ごとに要求される研究者の能力も勘案して5段階に区分している。すなわち、除草剤候補化合物の芽（先導化合物）の発見を目的とし、serendipityを引き寄せる運と勘が必要な探索研究段階、先導化合物の最適化による候補化合物の選抜を目的とし、将来性を見抜く眼力が必要な選抜研究段階、目標管理のもとで候補化合物の適用条件を策定し、有効成分と製剤の工業的生産方法を開発するために着実性を要する開発研究段階、大規模展示圃試験、試験生産、試験販売を通じて性能、安全性、利便性、コストなどの面で使用者や販売者の意見を取り入れ、かつ製品を認知させながら実用に耐える製品に仕上げるために現実的な対応が要求される普及研究段階、製品寿命と製品価値の最大化のために飽くなき執着心で適用拡大、新製剤開発、製品・製法・使用法改良、情報蓄積などに取り組む改良研究段階の5段階である。もとより各段階は、相互に移行的・重複的であり、その遂行にはいずれの能力も多かれ少なかれ必要である。除草剤の研究には膨大な時間と費用を要することが、フローチャート（萩本 1987）を示して訴求されるのは開発ならびに普及研究段階であるが、この段階に到達できれば非常に幸運である。探索研究と選抜研究は、いつ芽が出るか、いつ候補化合物が発見できるか、それまでにいくらの投資が必要かは全く分からない。それどころか、医薬では、放棄された化合物が、他社によって先導化合物として活用され、巨大な製品になった例があり（森田 2000）、農業でもそれらしき製品がある。したがって、創製研究の勝負は、探

索研究と選抜研究、特に前者にあるというのが著者の持論である。

除草剤創製研究と雑草学の関わり

除草剤用だけでなく様々な目的で作られた化合物、さらには、天然物を1つでも多く、速く検定する仕事は、非科学的かつ定型的で研究の名に値しないと軽蔑されがちである。そして、除草剤の化学構造を植物生理学的知見に求めて論理的な思考のもとにデザインすべきであるという意見は、大学や基礎研究機関ではしばしば聞かれる。さらに、さまざまな作用機構をもつ除草剤をみて、「植物のもつ機構を見事に利用して薬剤が開発されていることを知り、驚嘆している」という言葉になるが（酒井 1998）、話は全く逆で、除草剤の発明が先にあり、その研究の結果として多彩な作用機構が解明されてきた。医薬では、ヒトという生物と若干の病原性微生物に対して医学、薬学を中心に莫大な研究資源が投入されているが、その医薬ですら出会い頭の創薬はまだ多く、論理的な創薬は緒に着いたばかりである。除草剤のように標的雑草の種類が多く、各々の生理機構の解明が極めて不十分な状況にあっては論理的な創製研究は容易ではない。他方、雑草の各論的な生理機構が分からなくても、植物に共通の生理機構、例えば光合成機構（米山 1991）、植物ホルモン受容体、細胞の微細構造、各種合成酵素の活性中心の構造、ゲノム情報などが分子レベルで解明されると、選択性機構は、別途、種差を当てにして、生理機構に対応した先導化合物の探索が可能になる。したがって、著者は、探索研究で期待すべきは雑草学ではなく、植物生理学であると考えている。

除草剤の作用機構としては、細胞分裂・伸長（auxin作用の攪乱、微小管形成阻害）、エネルギー産生（酸化的リン酸化阻害、電子伝達阻害）、光合成（電子伝達阻害）、色素合成（protox阻害、carotene生合成阻害）、アミノ酸合成（EPSPS阻害、GS阻害、ALS阻害）、脂肪酸合成（ACCase阻害）、細胞壁合成（cellulose生合成阻害）など多彩な作用点が見つかっている。そしてDCMUや2,4-Dが試薬であるように、除草剤によって基礎的な研究が進む例もみられる。また、除草剤の選択性機構の解明は、物質吸収・移行機構の解明、代謝系の発見、除草剤受容部位の植物間差の発見などをもたらして植物の比較生理学的研究を促すことにもなり、すでに多くの成果があがっている。基礎植物学の分野では、類縁関係のない植物の比較生理学的研究が行われる必然性はあまりない。さらに、植物生態系への除草剤の影響、植物の適応と変異、除草剤抵抗性などの問題は、植物の様々な異物への対応手段を解明し得る興味ある研究課題であり、植物毒理学（松中 1976）として新領域の確立にも繋がる。

加えて、近年、社会的にも種々の論議を醸している除草剤耐性作物は、自生による難防除雑草化や耐性遺伝子の雑草への拡散など雑草学に新しい課題を提起するものである。

なお、除草剤の作用・選択性機構は、知的好奇心の発露に好適で、必ず答えがあり、その上、国際性が高いので大学の研究課題に取り上げられることが多いが、本来は、作用特性の説明、安全性の確認、新しい除草剤の創製などのためにその除草剤を発明した企業にとって不可欠の仕事のはずであり、半ば義務であると考え。大学の研究者に望むのは、作用・選択性機構のありきたりの研究ではなく、前述の植物生理学者の発言を正夢にするような研究である。

除草剤創製研究の基本コンセプトと 生物試験の経営的構築

除草剤が市場に受け容れられるためには、既存の雑草管理手段に対して何らかの優位性をもつことが必須である。そして除草剤の創製に多額の費用と年月がかかる以上、除草性化合物を見つけてから用途を考えるのではなく、事業経営のなかで必要とする除草剤のコンセプトを、その用途、性能・性質、安全性、利便性、流通経路、原価などについてあらかじめ定めておくことが不可欠である。一旦決めたコンセプトでも、長い研究期間のなかで、市場の変化や競合品をみながら修正することはあっても、予定の水準に満たない化合物やそれを合成した研究者に妥協して水準を引き下げると「安物創りの銭失い」で、企業の命取りになる。時には研究所長自身が候補化合物の発見を焦るのでこの罫にはまり、その所長が定年退職した後になって時間と研究費を散々費やした候補化合物は馬脚を現して研究中止になる。したがって研究方針の修正は、経営全般に関わる重大事項との認識が必要であり、「研究を中止できるのが一人前の研究所長である」というのはけだし至言である。理想の製品水準は、かつての paraquat, thiobencarb, bensulfuron-methyl のように新市場を創るか、既存品を駆逐して独占的な地位を築くものであるが、これは必然的に high risk, high return である。他方、リスクを避けて比較優位の製品を目指すのも一つの行き方である。優位に立つ対象としては、性能、安全性、利便性、デザイン、納期、価格などがある。しかし今日の熾烈な競争市場にあっては少々の優位性は、low risk, low return を乗り越えて、no return になりかねない。研究者の能力、研究の予算と期限、さらには営業力なども勘案して現実的な製品水準を設定するにしても、10年以上も先の上市を考えると相当高い目標を掲げる必要がある。そして先導化合物をいかにして案出するかが創製研究の最大の難関であるが、どのような天才的発見、

独創的な発明にも手本があることを忘れてはならない。若い研究者達が、「独創的な製品を創りたいので自由に研究させろ」と言うことがあっても、よほど人をよくみて許さないと人まね以下のものしかできない。有機合成除草剤の独創性をどのようにみるかであるが、その源流は、前述のごとく、2,4-D と MCPA にあり、どの除草剤もこの範疇から逃れることはできない。さらに、これらの源は、生長生理学の始めまで遡る。結局、手本にごく近い製品は模倣であり、手本から遥かに離れている製品は独創性が高いということになる。すなわち、独創性は手本からの距離といえなくもない。手本は生体の機能から天然物、先人の合成した化合物、既存の除草剤はもとより化合物とは全く関係のない想像的、幻想的なものであり得る（萩本 1987）。ここは、勝負の勘が鋭いとか運が強いといわれる人間、換言すれば論理性が希薄で秀才としての評価は低いが serendipity の招き上手な、往々にして組織になじまない厄介な研究者の働き場である。

創製研究において雑草学が役立つのは、生物試験である。創製研究での生物試験は、生理活性物質を発見し、合成研究に指針を与え、性能と安全性のより高い化合物を探し出し、想定した製品になり得る化合物を選抜する操作である。生物試験法は、通常は技術的視点から論じられるが、製品戦略の一貫であり、さらには経営戦略の課題である。生物試験は、対象作物・雑草と先導化合物発見の方法論を基本にして対象地域の環境条件（気象、土壌、耕種条件）と競合品の2つの条件を負荷した形で構築されるものとする。研究者が、「どのような除草活性も見逃さない生物試験法を確立した」と言うのに時たま出会うが、正確には「既存の全ての除草性化合物が活性を示す生物試験法を確立した」のであり、未来の化合物に対してまで保証されるものではない。このいわゆる「万能試験法」なるものは、一般に、単細胞植物や培養細胞・組織、さらには *in vitro* で生化学反応系を用いて、ともかく生理活性物質を発見して化合物ライブラリーを充実し、必要時に備えるとか先導化合物のデザインに対応した特定の生化学反応の阻害剤を探すような探索研究段階では大いに活用できる。しかしこの方法を候補化合物の選抜段階まで引きずるのは、研究方針の欠落であり、悪くすると「効くはずの化合物を合成したのに効かないのは生物試験法が悪い」、「すべての活性化合物に効くはずの生物試験法を用いているのに効かないのは化合物が悪い」と責任の擦り合いになりかねない。生物試験に強い方向性を打ち出すことは、他の分野に使える化合物を見逃すのではなく、積極的に捨てるか、または探索研究段階で保留することである。

生物試験と雑草学の関わり

除草剤の生物試験と雑草学の関わりが深まるのは、選抜研究段階からである。そして対象とする作物・雑草群落の、環境条件も含めた特徴の把握とその特徴を組み込んだ試験法の確立が課題となる。除草剤の創製研究が実を結ぶのは、候補化合物の発見から7～8年、研究費を回収できるのは、少なくとも数十年先である。その時点での雑草管理のありようを競合他社の研究動向も含めて推察することは、変動の激しい今日では極めてむづかしいが、それでもなお目標とする地域、作物、雑草、環境について、雑草学上の知見の活用や現地調査に基づいて、農業や社会の情勢の変化をも勘案しながら仮定を積み上げてでも予測を立てないと研究に着手できない。したがって研究課題とその遂行方針の決定は、経営における一大リスクである。

具体的な目標が決まると、雑草特性に関する情報の入手と繁殖器官の採取・保存法や栽培方法を確立する必要性に迫られ、雑草学の助けを借りることになる。そして、雑草学から十分な情報が得られない時は、次のノビエとホタルイの例が示すように自ら問題を解決しなければならぬが、これは、そのまま雑草学への貢献になる。ノビエの例であるが、著者らは、1971年に試験用の食用ヒエをタイヌビエに替えようとして、ヒエ類の学名が分類学者によってかなり異なっているのに困惑した。そこで、藪野友三郎博士にヒエ属の分類について講義して頂き、併せてイヌビエ、ヒメイヌビエ、タイヌビエ（C型とF型）、ヒメタイヌビエを同定して頂いた経緯がある。さらに、この重要性を考えて、第3回雑草防除夏期研究会で「ヒエ属の分類と分布」（藪野1972）の演題で講演して頂いた。これを契機にこの分類法が雑草学関係者に急速に普及し、タイヌビエは*Echinochloa oryzicola* Vasing.と記載されるようになった。他方、当時、宮原益次博士（1965）は、すでにノビエをケイヌビエ、ヒメイヌビエ、タイヌビエ（*E. Crus-galli* Beauv. var. *oryzicola* Ohwi）、ヒメタイヌビエとするのが妥当な分類としており、雑草研究に素性の明らかな植物を供試するという意識が希薄な当時であっては珍しいことである。

次にホタルイの例であるが、1973年に岩崎桂三博士が採取してきた「ホタルイ」を観察したところ、変異があまりに大きいことに驚愕し、ノビエを教訓にして大井次郎博士に同定を依頼した。その結果、それはホタルイ、イヌホタルイ、タイワンヤマイの混在であるうえに、水田に生育するのはほとんどがイヌホタルイで、タイワンヤマイは少なく、ホタルイは休耕田などに稀にみられるが、耕作水田には皆無との結論を得た（岩崎ら1975；1977）。なお、水田のホタルイは、イヌホタルイとタイワンヤマイであることは、全く独立に須藤孝久氏（1975）

によっても明らかにされた。著者は、卒論研究で、土中に埋もれた松毬から発生する2種類のきのこ、マツカサキノコモドキとニセマツカサシメジを1種類（当時の図鑑にはマツカサツエタケとして1種のみ記載）として扱う失敗の経験があり、種の同定には慎重であったのが幸いした（萩本2002）。

雑草の個生態や生育条件を草種ごとに詳細に記述したモノグラフは、見当たらず、試験用の繁殖器官の大量かつ効率的な栽培方法、保存方法、休眠覚醒方法などの具体的な記載もあまり多くないので（陽川ら1981；細辻1985）、種々の文献から役に立つ記載を集めてまとめ上げる必要がある。なお、非売品の出版物に極めて有用な知見がある（宮原1991；芝山ら1994；伊藤ら1999）。これらの知見は、伊藤操子博士（1999）が、その著書の贈呈挨拶文に「いみじくも述べているように「論文としては表現しにくい重要な観察結果」で、通常は陽の目を見ることなく、いずれ研究者と運命を共にしかねないものである。

探索あるいは選抜試験では年間に千から万単位の数の化合物が試験されるので、試験管、小型フラスコ、小型ポットなどが使われるが、化合物の精選が進み、数が絞り込まれるにしたがって試験規模は次第に拡大され、環境条件は複雑になり、最後には1化合物が商品として農家の圃場にたどり着く。この規模拡大と複雑化は、生物学的要因も含めた環境条件の漸増的付加によるものである。生物試験には前述の研究段階と生体レベルの階層性があり、両者は一体化して試験規模に反映し、*in vitro*のレベルから小・中・大型ポット、コンクリートポット、ミニ・中・大規模圃場に順次拡大する。それぞれの試験規模で対象とする作用性は、分子レベルから細胞下、細胞・組織、器官、個体、群落のレベルまで、さらに雑草管理の究極の目標である収益のレベルまで達するので、レベルごとに除草作用を雑草と作物で、最終段階では野生生物や微生物までも含めて把握する必要がある。除草剤の作用機構として認知される最初の生化学反応は、雑草の死や損傷の引き金であるが、個々の生体レベルが受ける影響は、これだけでは説明できない。創製研究では、生体の各レベルにおける作用性は無論のこと、その作用性の生体レベル間の相互関係を把握して、作物の収量まで一貫して説明できるようにすることが、除草剤の使用条件策定と効力不足や薬害発現への対処に重要である。

創製研究にとっての作用特性の意義

著者は、「作用特性」が誰の造語か知らないが、1950年代には、すでに使われている。この用語は、除草剤の実用的な性質を表現する含蓄に富んだ表現であると思う。しかし作用特性そのものの論文は、著者の知る限りでは

野田健児博士(1964)によるものだけである。野田博士は、作用特性を、土壌を基盤とした除草剤の行動(物理・化学的作用)と作物・雑草を対象とする除草剤の作用性(生物学的作用)に関連する事柄として把握している。著者は、作用特性は、生物学的特性に限らず、物理・化学的特性も含めて除草剤の薬効・薬害の発現に関わる潜在的性質を示す用語であると理解している。そして、除草剤の適用場面と適用条件は、作用特性に基づいてはじめて策定できる。荒井正雄博士(1965)は、作用特性と作物群落と雑草群落の特性を、ある環境条件下で効果、薬害、競争(雑草害)として発現する関係としてとらえ、「耕地における除草剤利用の機構」として見事な図を提示している。著者は、この図に敬意を表して「荒井のtrinity」と呼んでいるが、究極の除草剤は、trinityからの超越にあると考えている。すなわち、除草剤の開発競争とは、薬効・薬害が群落特性と環境変動の影響を極力受けない作用特性をもつ、いわば万能除草剤の創製競争である。他方、雑草学の主目的である雑草管理の研究は、荒井のtrinityを駆使して作物薬害と人畜・環境への影響を極力排除しながら除草効果を最大化するための技術構築である。すなわち、除草剤と雑草学は、発展を相互に依存しながら前者は雑草管理技術の無力化を究極の目的とし、後者は除草剤を雑草管理技術に確実に取り込もうとする協調と相克の関係にある(萩本1987)。

除草剤創製研究の現状と米国型経営における 農業企業の将来

わが国の雑草管理の発展を、水田を例にみると、人力除草から2,4-Dの導入による一年生非イネ科雑草防除に始まり、ヒエ類防除、水棲動物に対する安全性対策、哺乳類に対する慢性毒性・発癌性などの毒性対策、施用適期幅の拡大、多年生雑草防除、施用方法の省力化と多くの課題を官民一体で次々に見事に解決してきたが、近年は一発処理剤へ収斂してしまった感がある。これは、雑草の診断と雑草害の予測によって適正な管理を行うという雑草管理の理念とは裏腹に、多くの企業が混合剤によって万能除草剤を創る方向に製品開発を進めたことに一因がある。また、農家の雑草管理の技術水準とそれに対応した画一的な除草剤の性能の評価基準にも原因があると考えられる。結局、雑草学と除草剤の相克の熟れの果てといえなくもない。その結果、精密な試験でしか差別できない性能をもち、名前すら覚えられない多くの製品が、耕作面積が慢性的に減少する水田に向けて、複数の流通経路から殺到し、農家の製品の選択肢を価格一辺倒に向かわせている。これを企業側からみると、創製研究は発明効率が極めて低いうえに、上市までに不確定の長い年

月がかかり、上市後のフォローまで含めて巨額の資金を費やすところへ、減反と減農薬による市場の縮小、競争に伴う製品寿命の短縮化と価格低下などが加わり、研究開発投資の回収は、著しく困難になっている。さらに他社原体との混合剤化は、有効成分数が増えるほど利益率低下を招くのが普通である。そして他社原体の製剤販売は、原体企業と流通機構の狭間で固定費無視の経営に陥るだけでなく、遂には原体企業の直販によって経営危機を招くことになる。著者は、この事態を早くから予測し、強い危機感をもって創製研究の基本理念の構築と研究施設の充実に努め、自社品比率の向上による利益志向への転換と海外市場の拡大を図ったので、導入品の引揚には耐えることができたが、国内の売上高は停滞を余儀なくされた。

バブル崩壊後、わが国の企業は、グローバル化のなかで存立の根本理念が問われており、「会社は株主のもの」との再認識のもとに株主利益の最大化が叫ばれている。株式持合いの解消、外国人株主の増加、2001年10月から始まった日本版401Kが、この流れに拍車をかけるのは必定である。したがって、企業は、否応なく経営資源の得意分野への集中や有望分野への転進による株主資本利益率の向上、株主配当の増大、株価の上昇などの株主重視の経営を進めなければ、株式市場が企業の撤退を促す事態になる。わが国の農業企業も、創製研究の効率化による自社品比率の向上に加え、企業合同も視野に入れた構造改革で経営効率を飛躍的に高めないと痩せ細った日本市場さえもウインブルドン化して、巨大農業企業数社の専用コートになるのは必至であり、大多数の日本企業はその狭間で特許切れ品拾いをして細々と生き残るか消えてしまう運命にあると憂慮せざるを得ない。

除草剤企業と農家の採算性の向上策

農業企業が生き残るための最大の課題は創造性の高い、国際的に通用する、売上高の大きな除草剤を効率よく上市することに尽きるが、併せてsulfonylurea剤にみられるように、先駆者として多数の誘導体製品を重層化することによって研究・生産コストを徹底的に効率化するとともに生産拠点と販売網の世界的な構築を図ることである。すなわち、除草活性をもつ新規な化学骨格の発見能力の涵養と日本を一ローカル市場と見る発想の転換が不可欠である。

欧米のグローバルプレーヤーは、1950～1960年代に世界に通用する製品開発とその販売網の構築に成功した企業である。しかし、このような農業企業ですら医薬企業の熾烈な競争による世界的再編のあおりをもちに受けて、経営効率が医薬事業よりも劣るために分離分割され、それらが互いに合併を重ねて巨大化し続けている。わが

国の企業は、今から彼らをキャッチアップするのがあるいはローカル企業として日本市場で生き残るのか、世界のニッチでやっていくのか、さらには別の道を探るのか速やかな決断と行動が求められている。その一方で、企業は、今日を生きねばならないから創製研究の加速、既存品の新用途開拓、新剤型開発、外部との共同研究・共同開発、原料の共通化、原材料仕入先の選択、製造設備の共通化、製造の社外委託など新製品上市とコスト削減に総力をあげて利益を確保せねばならない。

他方、農家についてみると、除草剤価格には敏感であっても、農業収益を最大化するという経営的視点からの除草剤の選択肢は低いように思われる。混合剤は、わが国の小規模かつ兼業農業、特に水稲作では利便性が高いので全盛を極めている。企業も、単剤は、売れないので注力しない。今後も混合剤が引き続き大きな割合を占めるにしても、3種、4種混合の重装備された除草剤の画一的な使用から雑草の発生状況や栽培規模、労働事情、最終収益を考慮した除草剤の選択や庭先混合を可能にする柔軟な体制への転換とそのための啓蒙が重要であると考える。これによって、農家は、有効成分の浪費や他の雑草の生育ステージとの関係で実質的には意味のないノビエの葉期競争に乗せられるなどの高コスト体質からの脱却と環境への影響の回避を図ることができるものと考えられる。そのためには雑草害の予察的診断や雑草許容限界量の設定が不可欠で、それは唱えられて久しいが、今日に至るまで農家自らが活用できる状況になっているようには思えない。無論、除草剤の合理的使用は、非科学的、情緒的な世論迎合型の減農薬・無農薬栽培ではなく、雑草学、農薬学、毒性学などに裏打ちされた、産業としての収益重視の農業を可能にするものでなければならない。すなわち雑草管理と除草剤の相克の関係を協調の関係に転換することが重要である。かような思考は、企業や流通にとっては売上が減るので歓迎されないが、混合剤の品目と混合成分の削減を通じて研究開発費、生産コスト、普及宣伝費を減らすことができ、利益率の向上につながると思われる。

わが国の農業情勢を反映して、農業関連産業はいずれも不振を極めているが、除草剤の需要が促進される要因があるとすれば、雑草管理思考の転換、農産物需給の逼迫による減反緩和、新規問題雑草や除草剤抵抗性雑草の発生、作付けの大規模な転換、水稲直販・不耕起栽培、栽培区画の超大型化など栽培方法の変化、新規安全性問題の生起などが考えられる。これらは、反面、既存の製品が売れなくなる事態にもなりかねず、諸刃の刃であるが、創製研究の閉塞状況を打破し、雑草管理の研究を活性化する起爆剤となることは確かである。

雑草学と雑草学会への期待

雑草学会の前身の雑草防除研究会が設立された1960年代のわが国では、農業は、米の生産増加と需要の減少で既に生産過剰のきざしがみえていたが、高度経済成長によって農業労働力が不足し始めた時期で、雑草防除や除草剤は前途洋々の感があり、農業企業も殺虫剤と殺菌剤に次いで第三の柱として除草剤・生長調節剤に取り組んだ時代である。それから40年間、雑草学は大きく発展し、その活用の主たる場面である農耕地の雑草管理技術も化学除草を中心に飛躍的な発展を遂げ、遺伝子組み換え作物まで話題になっている。しかし、産業としての農業は、それを取り巻く社会情勢の大変化のなかで凋落を続け、その現場や農業関連事業の研究技術者は減り続ける厳しい現実があり、技術の成熟とあいまって雑草学と雑草学会に様々な影を落としている(千坂2001)。

わが国の雑草学をこの数年間の学会誌「雑草研究」からみると、雑草生物学と除草剤の作用性・作用機構に関する報告が中心的な位置を占めており、農業の現場での雑草管理に関する報告は少ない。日本雑草学会は、大学の研究者の占める割合が他の学会に比較して著しく低いと推察されるが、それでも報告の半分以上を大学が占め、国立研究機関と企業がそれぞれ十数%、地方の研究機関が数%を占めている状況であるから、学会誌の内容はその反映である。わが国の多くの大学は、農業に直接の責任を負わないというのに、発明や考案は業績を上げにくいし、アカデミズムの世界ではあまり尊ばれないから、研究対象にならず、もっぱら説明的研究が行われており、役に立つことが少ないのは当然である。企業の研究所に永年いて痛切に感じたことは、発明は説明よりもはるかにむづかしいが、説明は発明よりもはるかに高く評価されるということである。したがって企業の研究者でも説明的な研究をしたがる。しかし、著者は、大学の研究に目先の実用を求めることには反対であり、連鎖反動的な発展をもたらす奥の深い基盤研究ないしは基礎研究を強く期待している。選択性除草剤という革命的技術の起源が、Julius SachsやCharles Darwinの生長現象の研究に端を発したオーキシンの研究にあることを思い起こせばなおさらである。戦前、農林省の某農事試験場長は、木原均先生(ゲノム説の展開やコムギの祖先の発見で有名な遺伝学者)を農学部で染色体の研究をしていると聞いて批判し、試験場を辞めた後に先生が発明した3倍性種なし西瓜の種を販売する会社の顧問になったという笑い話を紹介しておきたい。

他方、農業の現場で雑草管理に取り組んでいる研究者・技術者や企業で除草剤の創製研究の立場から雑草研究に取り組んでいる研究者は、問題の解決や除草剤の発明が仕事であって論文の発表は本旨ではない。発表のた

めの論理的な結論を提示するには、本来の目的に必要な実験を付加しなければならず、その余裕がないことや機密保持、研究管理者の方針などが原因で多くのデータが発表されずにいるが、これは資産の大きな無駄であり、研究者の育成のためにも損失である。論文としてまとめにくい観察記録や実験結果であっても、その研究者のいる場でしか得られない貴重な情報を含むものが多くあるはずである。本年度より学会誌は英文誌と和文誌に分割されることになり、これに伴う問題点も指摘されているが(千坂 2001)、現場の研究成果や技術資料が和文誌に発表されることを期待したい。英文誌が美しい蝶になってわが国の田園から飛び去り、あとには和文誌が蛹の抜け殻になって枯れた雑草の上で風雨に曝されているような姿にならないように現場の研究者の奮闘をお願いしたい。また、和文誌に加えて支部会の活動とその会報の役割にも期待するところが大きい。農林水産業ほど地域依存性の強い産業はないから、各地域の特長が支部会活動に反映されることは重要である。近畿以外の支部会に出席したのは東北雑草研究会が初めてであるが、近畿支部は雑草研究に取り組む大学が多く、大学中心の雑草生物学的な研究発表が多くを占めているのに対して、東北支部会は、除草剤抵抗性雑草など東北地方が直面する課題について、大学、東北農試、地方農試の三者による発表が中心で、それぞれの支部の特性が強く現れていることに興味を覚えた。いずれにしろ、支部会の発表会を本大会の予行演習やミニチュアにしてしまうのではなく、異次元の内容を期待したい。

著者は、雑草学の取り組むべき重要な分野として、景観や環境の問題があると考え。農村地域は、擬似自然が豊富なために景観に対する配慮を欠きかねない。他方、市街地の景観の劣悪さは、先進国を一度でも訪ねれば容易に認識できることである。著者の住む京都市は、わが国の代表的な文化観光都市かつ伝統産業由来のハイテク産業都市であるが、町並みや街路は特定の地域を除いて、古典的でもなければ近代的でもなく、美しいとは言えない。京都は、千年の王城の地という威光を背に、自然景観に恵まれている(いた?)うえに、古い建築物と庭園が点在し、芸術品や伝統行事、古典文学など先人の遺産が多いから美しいと錯覚しているが、実体は自然と遺産を食いつぶしているだけである。調和を欠いた建物と無粋な電柱電線が醜さの根源であるが、道路、空き地、堤防などの雑草の問題も無視できない。最近、著者が京都の景観で注目しているものに河川がある。街の中心を流れる鴨川(賀茂川)の景色は、最近、川らしくなり、水遊びする子供や釣り人、愛鳥家が増えた。これは、流れを自然にまかせて、中州や岸辺の土砂の堆積を残し、雑草もそのままにしたので、水流に湾曲、緩急、深淺、陰影ができて、水辺移行帯的な状況が出現し、魚や鳥が棲

みよい環境になったからであると推察する。しかし、堆積した土砂には木本性植物が生え始めており、水害防止に責任をもつ行政、雑草を嫌う住民、雑草の刈り取りに反対する愛鳥家、鳥害を恐れる魚協の相互の利害対立が始まっており、雑草管理技術の確立が急がれる。また、京都は、三方を山に囲まれており、かつて赤松の多い里山で、特上の松茸を産出したが、放置されて照葉樹林に遷移するか乱開発の波にさらされている。全国で里山の再生がいられているが、里山問題は、雑草・雑木管理を抜きにしては解決しない。京都を例に挙げたが、これらの問題は全国共通である。農村地域の景観も、給油所、パチンコ店、スーパー、物流倉庫などが乱雑に建てられ、決して美しいとはいえない。良い景観をつくることは、人々に安らぎを与えると同時に、草むらへの空き缶のポイ捨てや不法投棄にみられるような不道徳をなくすことから気候の緩和、大気・水質浄化、土壌保全、野生生物保護など良好な環境をつくることに通ずる。市街地環境の雑草問題は、既に、2000年の第16回シンポジウム(京都)で取り上げられているが、農村地帯も含めて雑草学の領域を農業から景観と環境に、農学分野から工学分野に拡大することも検討する時期にあると考える。

著者のように農耕地、特に水田の雑草防除に集中した第二世代は、雑草学が対象を農耕地や人里など農業に関わる地域から都市、道路、鉄道、河川・湖沼にまで拡大し、さらに雑草の利用問題まで手がけると、この学に対する価値観が多様化して焦点ボケを起こし、それほど大きくない学会としてはその存在意義ないしは学会への加入の意味が薄くなることを懸念しないでもない。逆に、2001年度の大会での小集会「これでいいのか雑草学」では、非農耕地雑草の研究者から学会は役に立たないとの不満の声がかけていた。結局、雑草学が雑草管理という極めて身近な課題を対象とする応用科学であるかぎり、社会情勢やその時代に生きる人々の価値観の影響を強く受けるのは当然で、学会の存続を図るには社会情勢の変化に対応して自ら変わりながら柔軟に対処するか、雑草防除研究会設立当初への回帰を目指して対象と会員を純化するしかない。

おわりに

学問も芸術も、その発展初期は粗雑で荒々しいが、エネルギーに満ち溢れている。しかし、成熟するにつれて精緻になるが、矮小化し、停滞に陥る。そして、閉塞状況がしばらく続くと内圧が次第に高まり、ある時点で爆発を起こして新しい発展を始めるように思う。雑草学も雑草管理も除草剤も、半世紀の発展を経て第一世代が次第にこの世を去り、第二世代が引退し始めたが、これに代わる第三世代は、前世代とは異質のエネルギーを蓄え

て貰いたい。雑草学栄えて雑草管理が減びかねないこの時期にこそ、大学（雑草管理の基礎理論の確立）、試験研究機関（雑草管理の方法論の開拓）、企業（雑草管理の具体的手段の提供）が、三者一体となって、次の発展を目指して新しい歩みを進めて頂きたい、東北雑草研究会のご発展と会員諸兄弟のご活躍を大いに期待する。

引用文献

- 荒井正雄 1965. 雑草の個生態研究の意義. 雑草研究 4: 1-12.
- 千坂英雄 2001. 雑草研究の現場. 雑草研究 46: 3-4.
- 萩本 宏 1987. 雑草学と除草剤—愛と憎しみの関係. 第8回日本雑草学会シンポジウム講演要旨, pp.29-41.
- 萩本 宏 2001. 雑草の定義と雑草学の役割. 雑草研究 46: 56-59.
- 萩本 宏 2002. 松毬に生えるきのご研究における失敗と教訓, 課題. 関西菌類談話会第392回例会講演会要旨集, pp.3-5.
- 陽川昌範・李日男 1981. 深見順一ら編「農業実験法. 3. 除草剤編」. ソフトサイエンス社, 東京, pp.44-63.
- 細辻豊二(編) 1985. 最新生物検定法. 第3章 除草効力検定法. 第1節 基礎効力検定法(萩本宏). 第2節 水田除草剤検定法(草薙得一). 第3節 畑作除草剤検定法(竹内安智). 全国農村教育協会, 東京, pp.448-607.
- 伊藤一幸 2000. ヤヨイグサたち. 服部正策・伊藤一幸著「マンゲースとハルジオン」. 岩波書店, 東京, pp.70-73.
- 伊藤操子 1993. 雑草学総論. 養賢堂, 東京, pp.13-14.
- 伊藤操子・森田重貴 1999. 地下で広がる多年生雑草たち. 京都大学大学院農学研究科雑草学研究室, 京都.
- 岩崎桂三・綿島朝次 1975. ホタルイの生態と薬剤防除 I. 形態的変異とTH63粒剤の効果(講演時に題名「形態的変異」の部分「ホタルイ, イヌホタルイ及びタイワンヤマ」に訂正). 雑草研究 14(別): 70-72.
- 岩崎桂三 1985. ホタルイ類の防除に関する生理生態学的研究. 雑草研究 30: 93-106.
- Kirby, C. 1980. The Hormone Weed Killers (a short history of their discovery and development). BCPC Publications, The Lavenham Press Ltd., Suffolk.
- 松中昭一 1976. 植物毒理学入門. 東京大学出版会, 東京.
- 宮原益次 1965. ノビエの個生態. 雑草研究 4: 11-19.
- 宮原益次 1991. 水稲作雑草研究40年. IV. 試験研究の余録, pp.183-196.
- 森田 桂 2000. 新薬はこうして生まれる. 日本経済新聞社, 東京, pp.225-249.
- 野田健児 1964. 除草剤利用における作用特性の意義. 雑草研究 3: 10-19.
- 野口弥吉 1962. わが国の雑草防除研究の回顧. 雑草研究 1: 1-2.
- 酒井慎吾 1998. 古くて新しいオーキシンの生理作用に関する研究. 日本雑草学会第14回シンポジウム講演要旨, pp.61-65.
- 芝山秀次郎・森田弘彦 1994. 植物の博物誌—水田雑草編—. 武田薬品工業株式会社, 東京.
- 須藤孝久 1975. 東北地方のホタルイ類似水田雑草の種類について. 雑草研究 20: 87-88.
- 戸苅義次 1969. わが国雑草防除研究の発展. 雑草研究 9: 1-4.
- 薮野友三郎 1972. ヒエ属の分類と分布. 第3回雑草防除夏期研究会テキスト, 日本雑草学会, pp.34-38.
- 米山弘一 1991. 新しい光合成阻害型除草剤の分子デザインとその研究手法. 雑草研究 36: 17-26.