

連載 日本の農薬産業技術史(7) 最終回

—農薬のルーツと歴史、過去・現在・未来—

独立行政法人 国立科学博物館
産業技術史資料情報センター 元主任調査員

大田 博樹 (おおた ひろき)

はじめに

これまで6回にわたって農薬産業の歴史を述べてきた。その間に、パラダイムシフトと言える大きな変革が4回にわたって起こり、現在に至っていることを説明した。戦後の混乱期に海外から導入された有機合成農薬は、未曾有の食糧危機を短期間で救ったという光の側面の一方で、哺乳動物に対する毒性が強いものが一部あったこと、および作物、環境に長期的に残留する、あるいは有用生物に対する影響が強いものがあったという影の側面があったのも事実であり大きな社会問題になった。これに対しては国の規制が強化され、順次新しいものに置き換わっていった結果、現在では適正に使用すれば農薬の安全性に問題はないと言える。しかしいったん押された負の烙印は容易に消すことができずに誤解の要因ともなっている。

農業環境について言えば、戦後の農地改革以降、小作から解放されたものの、家業から脱皮できずに改革が遅れ、70年を経過した現在でも産業としての発展ができているとはいえない状況にある。

農薬産業については、戦後に大きく成長した日本企業は、欧米巨大企業に伍して数多くの高性能薬剤を発明し、日本のみならず世界で活躍するまでになった。この競争力は今後も維持できるであろうか。

本稿では最終回として、社会認識としての農薬の安全、安心について、次いで今後の農業環境について、さらには日本企業の競争力の源泉について考察と展望を私見として述べる。

VI 考察と展望

1 社会認識—安全と安心—

農薬に対するネガティブな反応がマスメディアを通じて度々報道される。一部の一般消費者は“農薬は毒である。したがって、食品に残留するのは心配だ。無農薬の

野菜が欲しい”と考えているようだ。

現在使用されている農薬については、農業生産者が農薬を取り扱うとき、そして農薬が処理された作物を食品として一般消費者が口にするときの安全性は十分確保されていると言える。事実、年間数百万件に上る食品の残留農薬の検査結果からも問題はないと結論されている。しかし、他の化学物質と同様に農薬は薬であると同時に毒でもある。医薬でも睡眠薬を多量に飲めば命にかかわるし、風邪薬でもまれにアレルギーを起こす可能性があるなどの注意書きがついている。ただ、医薬は自分の意志で飲むけれども、農薬は食品中に残っているものを意図せずに摂取するという点に違いがあり、不安感の一因となっていると考えられる。これを解消するにはリスクの程度が問題にならないほどに小さいということをていねいに説明する必要がある。

農薬に対して不安を感じるもう一つの理由は過去に実際おこったことに対する恐怖感あるいは不安感によるものであろう。急性毒性の強いパラチオンなどによる中毒事故、あるいは水俣病、イタイイタイ病などの公害が社会問題となり、化学物質に対するアレルギー的反応が尾を引いている。

さらに言うならば、化学物質全般に対する誤解がある。日常口にする食品（ビタミン類、香辛料等多様な化学物質が入っている）は安全なものと考えて安心する一方で、もともと食べ物に入っていない添加物、残留する農薬は、その量にかかわらず毒であるという認識である。天然、合成にかかわらず化学物質はその量次第で毒でもあり、薬でもあるというケースがある。

天然に存在する化学物質には、農薬とはくらべものにならないほど強い毒性のものが多数ある。また、農薬で行われている厳しい安全性の検討がなされていないものが無限に存在する。無農薬野菜を購入することは個人の好みであり、天然のものは安全であるという“神話”を信ずることを否定するものではないが、この野菜の中に

は農薬類似の成分が残留農薬の一万倍も多く含まれているという事実はあまり理解されていないようだ。

もう一つの理由はマスメディアあるいは学校教育の対応に問題があることである。マスメディアは市民が興味を持つこと、すなわち、事件性があり、人々が平穏を乱されて恐怖を感じるような話題を中心に報道する。農薬に関して言えば、上述の誤解に関する報道はまず出てこない。公共的なメディアでさえ、この食品は農薬を使っていないから安全であるなどの表現でたびたび情報発信している現状がある。いったんでき上がってしまった農薬に対する誤解をなくすのは、不安感という個人個人の感情にかかわることゆえに難しい問題であり、時間がかかる。学校教育の場においてさえも、化学物質の危険性について、この不安感を助長することはあっても安全性のリスクに関する正しい教育が行われていない。ていねいな説明を尽くしてこの不安を取り除く努力が急務であろう。

なお、昨年(2014年)3月に「農薬と食の安全・信頼」が梅津憲治博士によって著され、日本植物防疫協会から刊行された(梅津, 2014)。Q&Aを含めて農薬の安全性に関する詳細な解説がなされているのでここで紹介しておく。

2 農業環境一進まない構造改革、しかし今後は一

戦後の農地改革によって、小作の解放がなされ、600万戸の自作農が誕生した。また農業協同組合法が制定され、農協による農産物の販売、流通、営農指導、そして病害虫の防除等技術普及の成果が上がっている。

しかし、農業は家単位の家業として、零細かつ兼業化がすすみ、高齢化が進んだ。さらには農村地帯を政権基盤とする族議員、農水官僚、そして農協組織の存在は、農家を補助金(この40年間で約7.6兆円が投じられた)などで保護することはあっても構造改革すなわち農業の競争力を高めるための大規模化などの施策が立ち遅れた。今後、農地の規模拡大が進んでいけば、欧米のように農薬散布を専門業者に任せるとすることも選択肢の一つとなろう。

WTO(国際貿易機関)、FTA(自由貿易協定)、あるいはTPP(環太平洋戦略的経済連携協定)による自由化への圧力が増している。農林水産省は遅ればせながら2011年(平成23年)に第6次産業化法を成立させ、生産、加工、流通・販売を一体化させて強化するという取り組みを始めた。地場産品の直売、学校給食、農家民宿、そして特産品の輸出等をバックアップする動きである。これに加えて優良農地を拡大することあるいは集落営農のような大規模化の動き、植物工場に代表される施設園芸

の拡大等は今後大きく伸びることが期待される。

このように日本の農業を取り巻く環境は厳しい現実がある。しかし、生き残る道はある。その根底には、鮮度がよくて、安全性も問題なく、美味しい食品を多少高価であっても購入するという所得水準の高い国産志向の消費者が厳然として存在することである。このような高品質の農産物は輸出にも耐えられるだけの競争力を持っており、まさに農業産品の *made in Japan* というブランド化である。今後は、この分野を拡大していくとともに、農業生産者にとって魅力のある所得水準が得られるようなダイナミックな構造改革が必要であろう。なお、浜田虔一による「農業産業の技術革新と農業経営」(浜田, 2004)、木村茂光による「日本における農業の歴史」(木村, 2010)、そして生源寺眞一による「日本農業の真実」(生源寺, 2011)を参考文献としてここに紹介しておく。

3 日本の農業産業一現状と今後一

農業産業は戦後の農業の回復に連動して大きく発展してきた。その間に力をつけた日本企業は研究開発投資の成果が出て、欧米の大企業と互角以上に成果を出し続けてきた。長期にわたった景気低迷によって、1990年代の後半から農薬の出荷金額は漸減してきたが現在は横ばいで安定している状況にある。ここでは、農業産業の構造変化の状況と日本企業がなぜ欧米の大企業と対等以上の競争力を有してきたかについて考察する。

(1) 農業産業の構造変換

新農薬の開発効率が年々低下している。新規剤の候補の発明が難しくなってきたこと、および安全性評価と環境影響評価に要する開発経費が増大したことの二つが理由である。合成した化合物の数万分の1しか商品化ができず、結果として新剤の開発経費は一剤当たりで30億円から50億円かかる。この研究開発投資を支えられるだけの事業規模がまず必要だが、多岐にわたる研究機能をすべて自前で持つことが難しくなっている。海外の大手企業は合従連衡を繰り返し、今では新農薬の研究開発に携わっているのはほぼ5社に絞られた。一方日本では、90年代以降にM&Aが進んだものの、現在でも17社がそれぞれの会社規模に応じて新規農薬の探索研究を行っている。大学との連携、他社との共同開発、アウトソーシング等の合理化の傾向は今後も続くであろう。

ここで生物農薬の増加について述べる。2010年時点で60種類が農薬登録を受けている。有機栽培、減農薬の進展から今後も徐々に増加すると思われるが、今のところ出荷額は22億円と、農薬全体の0.6%に過ぎない。生物農薬は環境負荷が小さい、残留毒性の心配がない、

あるいは抵抗性が発達しにくいなどの利点があるが、日本のように複数の病害虫が同時に発生する状況下では防除が難しい、効果が安定しない、価格が高い、そして保存がきかないなどの理由で普及が進んでいないのが実情である。

構造変化のもう一つは遺伝子組み換え作物（GMO）の登場である。米国ではダイズ、トウモロコシはほぼ100%がGMOとなっている。この場合グリホサート（ラウンドアップ）あるいはグルホシネート（バスタ）といった非選択制の除草剤に耐性を持つ作物（Roundup Ready）を栽培して、畑に発生する雑草はグリホサートのみを用いて防除するというものである。収量が増えるとともに不耕起栽培が可能となるなどのメリットがあるので急速に普及した。しかし、このメリットは種苗、農業業者と農業生産者に基本的に限られ、消費者にとってのメリットは感じられず、むしろ不安感だけが残る、日本では消費者が受け付けられない、というのが現状である。

最近このラウンドアップに耐性を獲得した雑草が問題となってきた。単一の薬剤のみに頼ることを避けて、作用機構の異なる複数の薬剤を使用するなどの対策が必要であろう。このように農業産業は大きく転換してきているが、生産現場から一貫して求められているのは高性能な新規剤の登場である。

（2）日本企業は今後も生き残る一条件は新規剤の継続的な創出—

欧米の大企業と比べて事業規模がけた違いに小さい日本企業がこれまでのところ健闘してきた理由は何であろうか。また、この競争力は今後も続くのであろうか。

1) 地の利

日本企業は日本の農業を知っている。結果として開発を効果的、かつ効率的に行うことにかけては日本企業が圧倒的に有利である。海外企業は、観念的には理解ができて、新規剤の候補化合物を自力で開発するとすると本国の方針も反映させる必要があるなどハンディキャップがあると思われる。

探索段階では目標設定とそれに合致した生物スクリーニング方法を取り入れることが重要である。例えばいもち病について言えば、シャーレ試験では抗菌力がないが、実場面では効果を示すという剤を探索するときには実際のイネに病気を発生させて防除効果を検定することが必要である。このようなきめ細かいスクリーニング系を作ることが成功の鍵となる。また、開発段階に入ってから、東西で気候条件、病害虫、雑草の発生状況が大きく異なっており、地域の特質に応じた処理方法、製剤開発、混合剤開発が求められる。いもち病の防除はその

典型であり、種子消毒、散布剤、田面処理等の多様な防除方法を駆使することが求められる。除草剤については一発処理を可能とする混合剤を、ジャンボ剤など省力化された製剤として開発する必要がある。この点に地元企業は強みを発揮する。

2) 小型農業でも開発

仮にそれほど大きくない市場に適合する剤が見いだされたときでも、日本企業ならば開発ができる、という特徴があろう。海外の大手企業は、開発剤のさらなる投資判断をするときに厳密な市場調査を行い、現在価値を計算して将来回収が可能かどうかを判断する。開発費用は海外の場合は国の数が多くなり、日本だけで開発するよりも割高となり、100億円かかるとも言われている。一方日本企業の場合は、国内市場だけを考えたときには予想される売り上げが少なくとも開発が可能となる。開発経費はざっと見積もっても候補化合物が特定されてからの開発経費（直接経費）に限っていえば15億円程度ではないだろうか。一つの例が殺ダニ剤である。殺ダニ剤は抵抗性がつきやすく、常に新しい剤が求められている分野である。このため剤の寿命が比較的短く、その分投資の回収が厳しくなる。日本企業が殺ダニ剤を数多く開発することができた要因の一つであろう。

海外企業が開発をあきらめた候補剤でも、その権利を取得して日本市場で開発させたという例もあり、ある意味で棲み分けができていないのではないだろうか。

3) 一つの発明が二つになる

日本企業に限らず農業会社は、常に潤沢な開発候補剤の品ぞろえ（製品パイプライン）を求めている。医薬と同様に、開発の要する期間が長いのでパイプラインの中身が、企業の今後の経営状況の大きな指標となり、株価にも影響を及ぼす。

有望な開発候補剤を見いだしたときは、その剤をてこ（レバレッジ）にして、海外メーカーに海外の開発権利を与え、その代わりに相手会社が保有する候補剤の日本での開発権を取得するということが可能なケースがある。得意なことは相手会社に任せる、というウィンウィンの関係である。もちろん自力で全世界に打って出るという選択肢もあるが、この場合、開発投資が膨大になることと海外開発であるが故の難しさを克服する必要がある。日本企業の場合は、コンサルタントを活用したり、海外企業と組んで開発するケースが多い。

4) 小さい組織ゆえの小回りとチームワーク

海外企業と比べて規模の小さい日本企業が研究開発を行うのにはむしろ利点があるのではないだろうか。研究者の個々の能力が海外企業に比べて優っているか、そも

そも日本人は頭が良いか、という質問に対しては、“劣ってはいないだろうが敵も優秀だ。研究者の数、研究開発費ではけた違いに敵の方が勝っている”という答えになるだろう。しかし、この規模の格差を跳ね返す力の源泉は、小回りが利くチームワークではないかと考える。

個別の研究分野で見れば、有機合成の力は歴史的に見ても日本の研究の力は一級品であろう。これは歴代のノーベル化学賞を受賞した7名のうち福井、野依、鈴木、そして根岸と4名が有機合成化学の専門であることから胸を張って言える。この伝統が農薬の開発に活かされているのではないだろうか。

1990年代から、海外大手は、固相法を用いたコンビナトリアル合成、と高速大量スクリーニング (High Throughput Screening: HTS) とを組合せ、大量(数十万)の試験サンプルを短期間(数か月)に効率的に合成、評価するシステムを作りあげた。ロボットを駆使して、化合物のリード化合物の探索の効率を上げようという試みである。医薬の研究開発で始まったこの手法は農薬にも適用できることから注目を浴びることとなった。一時は探索研究におけるパラダイムシフトが起こったとまで言われたが、その後の進展で化合物ライブラリーの多様性が小さいなど課題も見えてきており、必ずしもこの手法が万能であるということにはなっていないようだ。海外大手は、資金力にものを言わせて、化合物ライブラリーの増強と、HTSに注力しているようだが、新規剤が劇的に増えたとも思えない。日本企業はこのシステムを企業の身の丈に合わせて改良して取り入れており、合成サンプルに“魂”を込めていると考える。別の言い方をすれば効率の悪い力づくの大規模な絨毯爆撃を行うという手法に対して、精度の高いライフルでピンポイントを狙う手法の違いと言えよう。

チームワークに重点を置く日本企業の研究姿勢のあり方も大きな武器となっている。農薬の開発を成し遂げるには多様なキーテクノロジーを集結した総合力が求められる。それぞれの分野の専門家が丸丸となって取り組むときの集中力が、成功の原点であろう。海外大手メーカーは巨大であるがゆえに高度に分業化されているのでこ

こに違いが出てくるのではないだろうか。

5) セレンディピティー

農薬に限らず探索研究の成功の原因は、セレンディピティー (Serendipity: 偶然の発見をもたらす力) であると言われる。しかし、たまたま見つけた、というよりは“絶対に見つけてやる”という強い信念、こだわり(執着心)をそれぞれ感じる。学会発表などで発明の経緯については謙虚に“たまたま見つかった”などと発表されることが多いが、この永続的な集中力と努力が、結果としてセレンディピティーを呼び込んでいるのだと思う。

4 展望

日本企業の競争力は今後も続くのであろうか。答えはイエスである。理由は、厳然として優良な日本市場が存在するからである。自由化の外圧が強まり、海外農産物の流入が今後も増える一方で農業の構造改革が立ち遅れているという課題はあるが、日本農業はなくなることはない。鮮度と品質が良好で、安心感のある高付加価値の農産物は輸入では置き換えることができないからである。この市場の存在と高温多湿の気候が原因で起こる病虫害の被害が大きいことを考えると農薬の重要性は今後も大きくは変わらないと言える。

ただし、市場規模で見ると、有機農業の進展や生物農薬の登場、さらには減農薬の志向などから、国内の農薬市場が今後大きく伸びることはない予想されるが、必要不可欠な生産資材であることに間違いはない。新農薬開発のハードルは安全性の評価、環境影響評価の面からますます高くなるであろうが新規剤は常に求められている。スミチオンを始めとして数多くの日本発の剤が世界商品となって活躍している。これらに続く大型剤が今後も登場し続けることを期待したい。

引 用 文 献

- 1) 浜田慶二 (2004): 農薬資材産業の展開, 第5章 農薬産業の技術革新と農薬経営, 農林統計協会, 東京, p.189 ~ 218.
- 2) 木村茂光 (2010): 日本農業史, 吉川弘文館, 東京.
- 3) 生源寺眞一 (2011): 日本農業の真実, 筑摩書房, 東京.
- 4) 梅津憲治 (2014): 農薬の食と安全・信頼 ~ Q&A から農薬と食の安全性を科学的に考える ~, 日本植物防疫協会, 東京.