

# 現代社会における農薬の役割およびその開発に関する現状について

## —— ジェネリック品の流通実態等も踏まえた現状分析 ——

北村 恭朗

独)農林水産消費安全技術センター 農薬検査部

食糧なくして人間は生存することができない。現在 70 億を超える地球上の人類は、生存に必要な食糧のほとんどを農業に依存している。地球上の人口は産業革命前後から顕著に増加し始めたが、20 世紀後半から始まった急激な人口の増加は人口爆発と形容されるほど甚だしい。この急激に増大している人口を、1940 年代後半から世界各地で展開された農業の近代化が、単位面積あたりの収穫量を大幅に向上させていることにより支えている。近代化された農業（以下、近代農業）は、農地に肥料や農薬等の資材を大量投入することによって成り立つ。奇しくも 1940 年前後に幕を開けた近代的化学合成農薬の発展が近代農業による食糧増産を現在まで可能とさせている。農薬を有効に利用していくには、常に新しい有効成分の開発が求められる。新規有効成分の開発には、莫大な資金と高度な技術力を必要とするため、新規有効成分を開発できるメーカーは、米国、日本および欧州の数カ国の企業にほぼ限定される。農薬は、農業生産のみでなく公衆衛生の維持・向上にも必要不可欠である。これは、蚊が媒介する伝染病が DDT の使用によって大きく抑制された事例からだけでも明らかである。現代社会において必要不可欠な農薬であるが、本質的に生物活性が高い化合物であることから、人畜や環境へ負の影響を与える事態も生じ得る。特に発展途上国（以下、途上国）では農薬の管理規制制度の実効性が乏しく、先進国では考えられない事故が発生している。このような国の一部では、安全性や効果が十分に確認されていないジェネリック品および模倣品や密輸品等違法農薬が日常的に流通・使用されている現実がある。これらは、我々の日常から想像し難い現実であるが、国際社会共通の課題として解決策を模索し続ける必要がある。

Keywords：近代農業，化学合成農薬，公衆衛生，ジェネリック品，模倣品，違法農薬

### 緒 言

食糧は、人間の生存のために必要不可欠な物資であり、食糧の確保はいつの時代にも最優先の課題である。農耕の発達以降人類の食糧は農業に大きく委ねられている。地球上の人口は産業革命前後から顕著に増加し始めた。20 世紀に入ってから人口増加は著しく 1950 年には約 25 億人であった人口が、僅か 50 年後の 2000 年には 2 倍以上増加し 60 億人を超えた。この急激な人口増加は今後も続く予測されており、出生率の低下が続くという(出生率中位) シナリオの下でも、世界人口は 2050 年には 93 億人になり、21 世紀末までには 100 億人を超えると推計されている<sup>1)</sup>。一方、地球上の収穫面積（農耕地）の総面積は 1970 年以降ほぼ一定で増加していない。言い換えれば、

1 人当たりの農耕地の面積は年々減少の一途を辿っている。このような状況下で必要とされる量の食糧供給が維持されているのは、農業の近代化による単位面積当たりの農作物の収量の増加による。近代農業は、農業用施設および栽培技術の発達、農業用機械の開発・利用、多収性を持つように改良された品種の導入、単一作物の大規模栽培とともに、化学肥料および農薬等の農業用資材を外部から農地に投入することにより成り立っている。20 世紀中盤以降の途上国を含む全世界への近代農業の展開は、増え続ける人口を支えるために食糧生産量を迅速かつ大幅に向上させる必要があったことから考えると、合理的なものであったと言える。農薬は近代農業において必要不可欠な資材であり、近代農業は、農薬なくして成り立たない。しかし、農薬は高い生物活性を持つという特

性から、使用者の健康被害や環境汚染、さらに食品へ高濃度に残留した場合には消費者の健康に悪影響を与える可能性があるなど、メリットのみでなく人畜・環境へ負の影響を与える危険性も有している。そのため、農薬はその開発段階から多種多様な安全確保のための研究が徹底的に行われている。化学合成農薬は現代化学の粋を集めて創製されるもので、その開発には莫大な資金と技術力が必要とされる。農薬は農作物の生産、収穫物の維持管理のみでなく、公衆衛生の改善・向上にも不可欠なものである。病気を媒介する昆虫の制御一つを考えてもその便益は計り知れない。一方、経済・人的資源において困窮状態にある途上国における農薬管理は実効性が低く、先進国では考えられない農薬の取り扱いによる事故が多発している状況にある。

新規に開発された有効成分は、知的財産であり特許制度により保護されるが、保護期間が切れると第三者にも当該技術の利用が認められる。近年、保護期間が切れた有効成分を用いて第三者が製造するジェネリック品の使用量が拡大してきている。また、知的所有権に係る法整備が進んでいない国では、模倣品（コピー品）の製造・流通が容易に行われている。農薬管理の実効性が低い国では、これら模倣品を含む違法農薬が蔓延している実態が散見される。

本調査研究では、農薬の概念等を整理した上で、合成化学農薬の開発に関する現在の世界的状況や現代社会における農薬の便益および問題点、途上国における農薬事故発生の背景、製造・使用が拡大しているジェネリック品や模倣品等の製造・流通の実態等について文献および現地調査により収集した情報の分析・論考を行った。

## 1. 農薬の開発

### 1.1. 農薬の定義

一般的に殺虫剤、殺菌剤、除草剤、殺そ剤、植物成長調整剤等、農作物に害を与える（あるいは競合する）病虫害等から農作物を保護あるいは農作物の生育をコントロールするための薬剤を農薬と呼ぶ。農薬の定義は国により異なるが、本稿における農薬の定義はFAO（国連食糧農業機関）の「農薬管理に関する国際行動規範(International Code of Conduct on Pesticide Management) 2013」による定義、すなわち、「農薬 (Pesticide)

とは、病虫害（"Pest"）のこと。定義は次のとおり：農作物、樹木、農林水産物又は農地・周辺環境を害する虫、菌、雑草その他動植物又はウイルスの総称であり、人や動物に直接的、あるいは病原微生物を媒介するなど間接的に衛生上の害をおよぼす害虫や動物）の駆除、撲滅、制御あるいは植物の生育を調節することを目的とした、化学的又は生物に由来した成分物質あるいは混合物のことである。」を準用する。ただし、家畜等動物用医薬品専用剤は通常獣医師の管理下にあり、その管理制度・管理担当当局の性格が大きく異なっているため、本稿では対象としない。

### 1.2. 農薬の歴史

近代的化学合成農薬の歴史は、1938年にスイスのパウル・ヘルマン・ミュラー（染料メーカーであったガイギー社の技師）が DDT（ジクロロジフェニルトリクロロエタン）に強力な殺虫作用があることを発見したことに始まる。農薬は一般に使用目的から次の(1)~(9)のように分類される。

- (1) 殺虫剤：農作物を加害する害虫および衛生害虫を防除する薬剤
- (2) 殺菌剤：農作物を加害する病気を防除する薬剤
- (3) 殺虫・殺菌剤：農作物の害虫、病気を同時に防除する薬剤
- (4) 除草剤：雑草を防除する薬剤
- (5) 殺そ剤：農作物を加害するノネズミなどを防除する薬剤
- (6) 植物成長調整剤：農作物の生育を促進あるいは抑制する薬剤
- (7) 誘引剤：主として害虫をにおいなどで誘き寄せる薬剤
- (8) 忌避剤：農作物を加害する哺乳動物や鳥類を忌避させる薬剤
- (9) 展着剤：ほかの農薬と混合して用い、その農薬の付着性を高める薬剤

農薬は生物活性を持つ有効成分（Active Ingredient: AI）に界面活性剤等の補助成分（Inert ingredient）を添加し、最終製品である製剤に加工され流通・使用される。製剤化の技術は、有効成分の作用を効果的に引き出すとともに薬害を軽減させる等重要な役割を担っている。製剤には粒剤、粉剤、液剤、水和剤等様々な形態がある。近

年は、マイクロカプセル剤（高分子膜で有効成分を被覆した微粒子で、分解や揮発による消失を抑えて持続性を保つとともに、膜質や厚さの調整により有効成分の放出を制御する機能を持つ）やフロアブル剤（有効成分の微粒子を水に分散させた粘稠な液状の製剤。水により希釈した際の希釈液における有効成分の懸濁性は水和剤より優れる）等が開発される等製剤化の技術進歩も著しい。

既に述べたように近代的な化学合成農薬は、1938年の DDT の殺虫作用の発見から始まったが、農薬自体の歴史は古く、我が国では 1670 年にウンカ駆除に鯨油が用いられたのが最初の農薬使用だと言われている。欧米では 1700 年代に除虫菊の粉で作物を害虫から守れることがすでに知られており、1800 年代後半にはフランスで発明・発見された石灰硫黄合剤やボルドー液が作物保護に利用されるようになった。これらは明治期になってひ酸鉛などとともに農薬として日本へ導入された。

近代化学合成農薬を語る際、忘れてならないのが、パラチオン（ジエチルパラニトロフェニルチオホスフェイト、製品名：ホリドール）という殺虫剤である。この農薬は 1944 年にドイツのバイエル社で開発された有機リン系殺虫剤のひとつである。この物質は化学兵器の開発中に生まれたとも言われ、強力な神経毒作用を持つ。日本でもかつては広範に使用されていたが、死亡に至る中毒事故や当該農薬を使った殺人事件が多発したことから、日本では、1971 年（昭和 46 年）に農薬としての使用が禁止された。

### 1.3. 農薬の開発

新規有効成分の開発には、高い技術力に加えて非常に長い年月と多額の費用を要する。有望な新規化合物の発見から、製品として市場に出すまでに一般的に 10 年以上の年月と探索研究（合成、生物活性検定等）や安全性試験等に要する費用として 100 億円から 250 億円程度の開発費（間接経費を含む）がかかると言われている<sup>2)</sup>。

1975 年頃は年間に農薬スクリーニングのために世界で 20 万以上の化合物が合成され、その中から農薬として製品化される確率は平均して 1 万分の 1 から 2 万分の 1 と報告されていたが、その後、農薬に求められる条件が年を追うごとに厳しくなり、現在では、その確率は 5 万分の 1 以下

に下がっていると言われている<sup>3)</sup>。

### 1.4. 農薬産業の現状

2005 年における世界の農薬市場の規模は約 350 億 US ドルとの報告がある<sup>4)</sup>。2006 年における世界の医薬品市場の規模が 6051 億 US ドルであることから、世界的に見ると農薬市場の規模は医薬品市場の約 17 分の 1 である<sup>6)</sup>。また、メーカー別の売り上げシェアを比較すると、欧米の大規模化学品メーカー 6 社だけで世界市場の 70% 以上を占めており、農薬業界では大メーカーによる寡占化が進んでいる（表 1）。これは、農薬の開発に莫大な予算と高度な技術力が必要なことに鑑みれば当然と言える。

表 1. 売り上げ上位 9 社の市場シェア(2012 年)<sup>5)</sup>

順位	会社名	売り上げ (million US\$)	シェア (%)
1	シンジェンタ	10785	20
2	バイエル	9539	18
3	ビーエーエスエフ	6014	11
4	ダウ	5022	9
5	モンサント	3994	7
6	デュボン	3173	6
7	マクテシム	2649	5
8	ニューファム	2201	4
9	住友化学	1905	4
10	その他	8450	16
	合計	53732	100

農薬市場の規模を地域別に見ると、2003 年のデータでは南北アメリカ、西ヨーロッパ、日本で全体の約 80% を占めている（図 3）。一方、世界の農用地面積に占めるアフリカおよび旧ソビエト連邦の割合は、1999 年のデータではそれぞれ 13%、14%（図 4）であり、農耕地単位面積当たりの農薬使用量は国、地域により大きく異なっている。

しかし、この数値は適法に流通している農薬に関するものであり、違法に製造・流通しているいわゆる違法農薬については公式な統計では補足できず末端における実際の農薬使用状況を正確に表しているわけではない。このことは、農薬管理に関する問題をさらに複雑にしている。

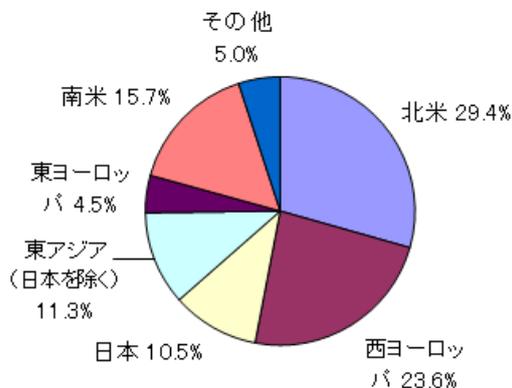


図3. 2003年における農業市場の地域別分布<sup>7)</sup>

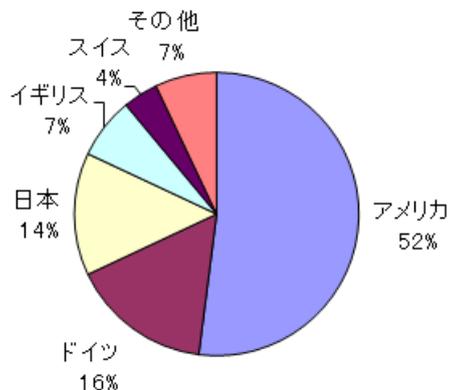


図5. 1978年から2000年までに米国特許商標庁に登録された農業および周辺分野の登録件数<sup>9)</sup>

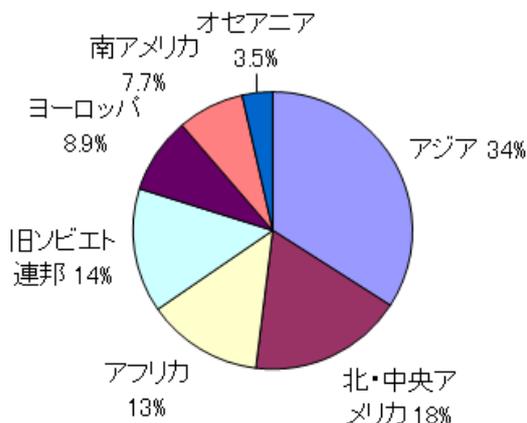


図4. 1999年度における世界の耕地面積の分布<sup>8)</sup>

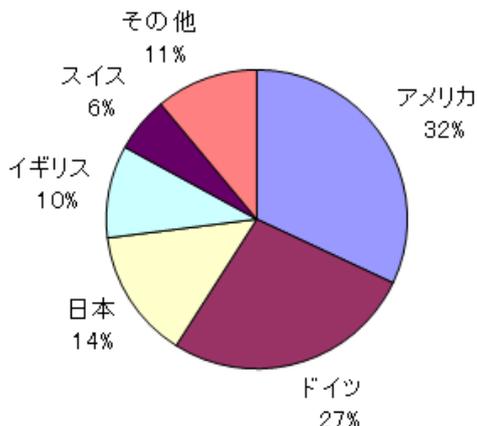


図6. 1978年から2000年までに欧州特許庁に提出された農業および周辺分野の出願件数<sup>9)</sup>

化学合成農薬の開発には高い技術力と資金力が必要であり、先進国を拠点とする大規模化学品メーカー以外では新規の化学合成農薬を開発することはほぼ不可能である。1978年から2000年までの間に米国特許商標庁および欧州特許庁に登録された農薬およびその周辺分野の特許の出願人の国別構成は図5および図6のとおりである。農薬に関する特許の出願人は、米国特許当局および欧州特許当局ともにアメリカ、ドイツ、日本、イギリス、スイスの5ヶ国で全体の約9割を占めている。このことは、先進国の中においても新規の化学合成農薬の開発能力を有している国は限られていることを示している。

また、農薬の用途別販売割合をみると除草剤の割合が最も多く、販売量の約50%を占めている(図7)。

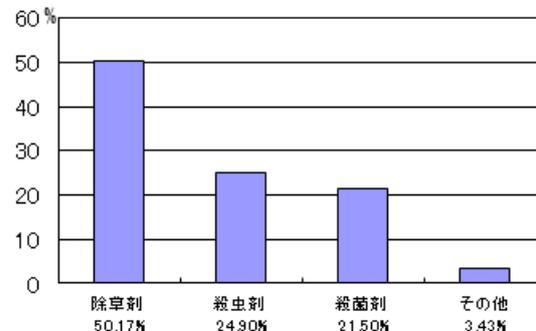


図7. 2003年における世界の農薬の用途別販売割合<sup>7)</sup>

## 2. 農薬の便益と問題点

### 2.1. 農薬の役割

農薬の役割を要約すると次の4点に集約できる。

- (1) 病気や害虫、雑草から農作物を守る
- (2) 農作物の品質の改良／保持
- (3) 農作業の軽減
- (4) 公衆衛生の向上

#### 1) 病気や害虫、雑草から農作物を守る

近代農業では大面積で同一作物を連作することから、病害虫による大規模な被害が発生しやすい。また雑草により作物の生育が阻害されることも大きな減収要因となる。「病気や害虫、雑草から農作物を守る」ことは、農薬の最も大きな役割である。農薬を使用しないで作物を栽培した場合の収穫減収率について、日本植物防疫協会で行われた試験によると、「モモ」などは減収率が最大100%に達するとの結果が得られている(表2)。これは、農薬を使わずに作物を栽培した場合、生産者が収穫量減少および品質低下により最悪の場合無収入になる可能性があることを示している。

表2. 農薬を使わない場合の減収率<sup>10)</sup>

作物名 (調査事例数)	減収率(%)			減益率(%) 平均
	最小値	最大値	平均	
イネ(14)	0	100	24	30
小麦(4)	18	56	36	66
ダイズ(8)	7	49	30	34
リンゴ(8)	90	100	97	99
モモ(4)	37	100	70	80
キャベツ(20)	10	100	67	69
ダイコン(12)	4	100	39	60
キュウリ(5)	11	88	61	60
トマト(7)	14	93	36	37
ジャガイモ(2)	22	44	33	43
ナス(2)	21	75	48	50

(日本植物防疫協会調査 1990年～2006年)

世界全体では、理想的な栽培が行われた場合に想定される最大収穫農産物量に対して、収穫前(pre-harvest)に26～40%の農産物が病害虫や雑草によって失われている。農薬による防除を行わない場合には、損失はこの2倍に達する可能性があると考えられている。さらに、収穫後(post-harvest)の

農産物も病害虫により20%程度の損失が生じている<sup>9)</sup>。作物の損失を金額ベースでみると、アジアが145.2billion USドルで世界全体の約60%を占めている(図8)。また、損失率ではアフリカが最も高い(図9)。

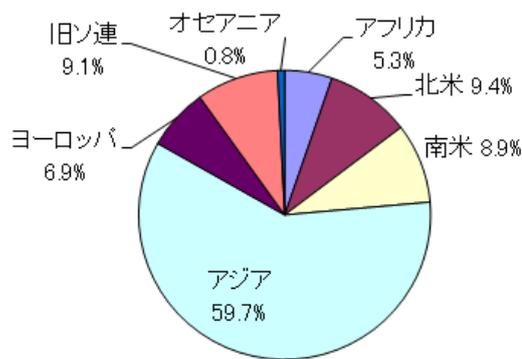


図8. 病害虫および雑草による作物の損失割合<sup>11)</sup>

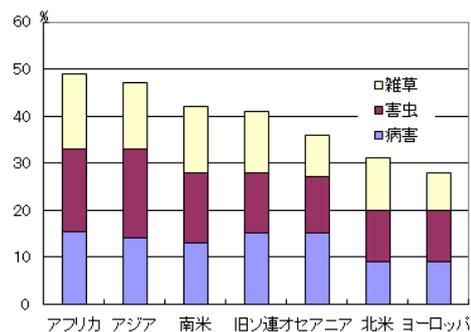


図9. 病害虫および雑草による農作物の損失率<sup>11)</sup>

#### 2) 農作物の品質の改良／保持

「農作物の品質の改良／保持」については、植物ホルモンを利用して種なしの果実を栽培することが代表的な事例としてあげられる。その他にも、このカテゴリに入る農薬の使用目的として、①温州みかんで発生する果皮と果肉が分離する「浮皮」を防止するため、②収穫後の果実の軟化を長期間防止するため、③リンゴなど果実の摘果をするため、④トマトやなす等の着果を良くし果実を肥大させるため、⑤果実の落果を防止するため、⑥リンゴ等の着色成熟促進のため等、様々な用途に用いるものが開発・利用されている。

#### 3) 農作業の軽減

「農作業の軽減」はいつの世にあっても農業従

事者から切望されていると思われるが、その要望に対する除草剤の貢献は多大である。例えば、日本における水稲栽培での除草にかかる時間は1949年では10アール当たり約50時間を要したが、2012年では約1.4時間と約97%の軽減が達成されている(図10)。これには除草剤の使用の拡大とともに、防除対象となる雑草の種類の拡大、効果が長期間持続する等の機能が追加・強化された新規除草剤の開発が大きく寄与している。近年の遺伝子操作技術の発達により、除草剤耐性作物が開発され、畑作においても除草に要する労働力が大幅に軽減された作物の栽培が広がりつつある。日本の水田で除草剤を使用せずに全て人の手で除草を行った場合、除草剤を使用した場合に比べ約9000億円労賃が増えることになるとの試算がある。これは、試算当時(1988年)の米の総生産額の30%を超える金額である。全国約200万ヘクタールの水田を全て人力で除草するためには、1日8時間労働として延べ1.2億人×日の労力が必要であり、2ヶ月(60日)で全て処理すると仮定すると、1日当たり全国で200万人(1ヘクタール当たり、約60日×人とする)の人が炎天のもと草取りをする必要がある。農業就業人口が300万人を下回る現在、日本全土で除草剤を全く使わない米作りは不可能と言える<sup>12)</sup>。

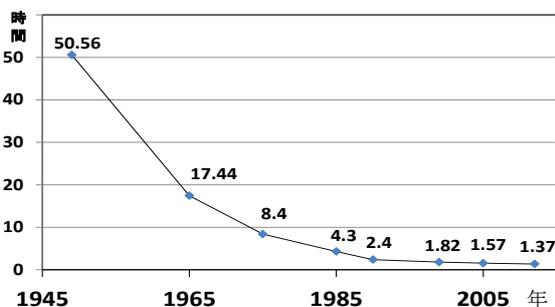


図10. 水稲作における除草剤利用による労力の軽減(10アールあたりの除草労働時間)<sup>13)</sup>

#### 4) 公衆衛生の向上

「公衆衛生の向上」も農薬(殺虫剤)が担っている大きな役割の一つである。世界には昆虫を媒体として伝染する病気が数多く存在する。その代表例が特定の蚊により媒介されるマラリアやデング熱である。さらにハエやシラミ等公衆衛生面から好ましくない昆虫等が数多く存在するが、化学合成農薬の発達によりこれらの病気や衛生害

虫の被害は激減した。例えばスリランカでは1948年から1962年までDDTの定期散布を行ったことにより、それまで年間約280万人にまで達していたマラリア患者の数を1963年には17人にまで減少させることに成功した<sup>14)</sup>。また、イタリアでは1947年からマラリア根絶を目的としてDDTが使用され、1970年にWTO(世界保健機関)は、イタリアからのマラリア根絶を宣言している<sup>15)</sup>。日本においても第二次世界大戦後にシラミ症が蔓延したが、徹底したDDT等によるシラミの駆除を行い公衆衛生の大幅な改善を達成した経験をもつ<sup>16)</sup>。

DDTは、その難分解性や高い生物濃縮性等から1970年代には多くの国で使用禁止となった。スリランカでも1964年に使用が禁止された。しかし、DDTの使用禁止後マラリア患者数の急激な増加が生じ、WHOは2006年9月に“マラリアをなくすために、有機塩素系の殺虫剤DDTの室内残留噴霧を推奨する”というアナウンスを出すに至った。人や環境へのリスク以上に殺虫剤使用によるマラリアの封じ込めがより重要と判断された事例である。以上のように、公衆衛生改善の視点からも農薬は人類の福祉に大きく貢献している。

## 2.2. 農薬規制の変遷と途上国の状況

農産物の確保や公衆衛生の改善等重要な役割を担っている農薬であるが、農薬に反対するNGO(Non-Governmental Organizations)も世界中に数多く存在している。米国に本拠を持つPesticide Action Network(PAN)は90ヶ国以上で活発な反農薬運動を行っている世界最大の反農薬NGOである。これらのNGOは、農薬の規制強化を求めるロビー活動を精力的に行っており、各国の規制当局に少なからぬ影響を与えた事例も存在している。

化学合成農薬の創生期には急性毒性が高い有機リン系の殺虫剤が多く使われ中毒事故が多発した。その代表的なものが前述(1.2)したパラチオンによる中毒事故である。当該化合物は1944年にドイツにおいて合成されたが、第二次世界大戦終了後、連合国側がその特許を接收し、殺虫剤として広く使用されるようになった。この化合物は殺虫活性が高く特に日本では稲のニカメイチュウ、果樹のシンクイムシ類の防除に広範囲に使用された(日本での農薬登録期間は1952年1月

～1971年2月). しかし, パラチオンは人の半数致死量(LD<sub>50</sub>)が13mg/kgと人への毒性も非常に強い化合物であり, WHOの農薬危険度分類において最も危険な農薬のクラスであるClass I a (Extremely hazardous)に分類されている<sup>17)</sup>. パラチオンは使用中の中毒事故が多発したこともあり, 現在では多くの国で使用が禁止されている(日本では, パラチオンは毒物および劇物取締法により特定毒物に指定され, 特別に許可を受けた特定毒物研究者以外の取り扱いが禁じられている). 今日, 先進国においては急性毒性(1回あるいは24時間以内の複数回投与(曝露)によって生ずる悪影響)の高い化合物の登録農薬に占める割合は, 過去に比べ大幅に減少している.

農薬を誤飲などで直接大量に摂取したら害が生ずる場合があることは容易に想像できるが, 農薬は残留という形で間接的にヒトや生態系に負の影響を与えることがある. このことを警告したことで有名な書籍『沈黙の春』は, 1962年に米国のレイチェル・カーソンによって上梓された. この本は, 自然界で分解しにくい化合物を農薬として広く使用すると, 環境中で蓄積しヒトや環境・生態系等に思わぬ悪影響が発生する可能性があることを指摘しており, それまで考慮されなかった生物濃縮性, 慢性毒性(少量であっても長期間摂取することにより生ずる悪影響)や環境生態系に対する農薬の負の影響を告発する革新的な内容であった. たとえ少量でも摂取し続けることにより毒性が発現することや分解性が低い化合物は食物連鎖により生物濃縮が起こり食物連鎖の上位に位置する生物に悪影響を与える可能性があるとの観点は画期的なもので, 1970年に米国で環境保護庁(USEPA)が発足するきっかけとなった. 日本においても同様の理由で, 1971年には農薬取締法の大改正が行われ, 同時に環境庁が設立され, 本格的な残留農薬および農薬の環境影響に関する規制が始まった. 終戦とともに日本に持ち込まれ, 公衆衛生の改善と農業生産に大きく貢献したDDTやBHC(ベンゼンヘキサクロライド)も日本での使用が1971年に禁止された. 歴史を振り返ると, 効果的な規制制度および執行体制を確立する能力を備えていた国々では1970年代前半に農薬規制の大規模な強化が成されている.

日本における農薬中毒による死亡事故件数は, 昭和30年代では年間平均で40件を超えていた

が, 規制の強化と共に大きく減少している(表3). これは規制の強化により農薬使用者の安全確保が大きく改善できた証左である.

表3. 日本における農薬中毒事故の発生状況<sup>18)</sup>

年次	死亡( )内は散布中	中毒( )内は散布中
昭和32年～35年平均	45	681
昭和36年～40年平均	38(20)	322(296)
昭和41年～45年平均	39(15)	276(252)
昭和46年～50年平均	21(4)	233(216)
昭和51年～55年平均	17(6)	158(147)
昭和56年～60年平均	12(3)	68(59)
昭和61年～平成2年平均	6(3)	54(45)
平成3年～7年平均	4(1)	20(13)
平成8年	2(0)	66(60)
平成9年	4(0)	43(29)
平成10年	3(1)	50(44)
平成11年	0(0)	57(41)
平成12年	0(0)	42(30)
平成13年	2(1)	144(132)
平成14年	2(0)	56(48)
平成15年	6(1)	28(25)
平成16年	2(1)	54(39)
平成17年	6(0)	38(26)
平成18年	6(1)	28(11)
平成19年	0(0)	35(26)

昭和32年～昭和50年は厚生省薬務局監視指導課, 昭和51年以降は農林水産省農産園芸局植物防疫課の調査による(自他殺は含まない)

しかし, 世界を見渡すと農薬による中毒事故は未だ深刻な状態である. FAOおよびWHOによれば, 世界で毎年, 100～500万件の重篤な農薬中毒が発生し, その結果, 数十万人が死亡していると推定されている<sup>19)20)</sup>. FAOはさらに, 途上国の農薬使用量は世界の農薬製造量の約25%に過ぎないにもかかわらず, 世界中で発生する農薬による死亡事故の99%は途上国で起こっていると指摘している.

小学生100人以上が中毒を起こし, 28人が死亡した2005年のフィリピン国での事故は途上国で起こる農薬中毒事故の典型的な事例と言える. この事故は2005年3月にフィリピン国ボホール島マビニ町で発生した. 中毒症状を起こした全ての小学生は小学校の付近の店で販売したキャッサバ粉を原料としたお菓子を食べていた<sup>21)</sup>. フィリピン調査当局は, お菓子を調理した露天商の家の

フライパンの残留物および死亡した小学生2名の血液と胃の内容物から有機リン系農薬であるクマホス（ホロチオ酸 O-(3-クロロ-4-メチル-2-オキソ-2H-1-ベンゾピラン-7-イル)O,O-ジエチル）を検出した。露天商の家には小麦粉を入れていた容器とよく似た容器に当該農薬が入っており、小麦粉と間違った可能性があるとしている<sup>22)</sup>。なお、クマホスは農業用以外にも衛生害虫の駆除にも使用される殺虫剤で、日本では登録されていない。

著者は、フィリピンおよびカンボジアでの実態調査を行った際に、農薬の販売や宣伝広告が当局に管理されることなく不法に行われている現場を多く目撃した。カンボジアではソフトドリンク等の瓶に小分けされたラベル表示のない農薬が路肩のスタンドで販売されている事例が報告されている<sup>23)</sup>。これらは、農薬管理がほとんど機能していないことを示しており、途上国における農薬事故のほとんどはこのような脆弱な規制実態と住民の農薬に関する知識不足が相まって発生していると考えられる。

### 2.3. 農薬と医薬品の相違点および特許切れ有効成分製剤（ジェネリック品）

農薬も医薬品も基本的に生物に対して活性を有している化学物質という点で同じであるが、両者は経済性と有害事象（副作用）の許容範囲という観点で大きく異なっている。医薬品はその薬理作用で病気の治癒、症状の軽快、救命等を目的としており、その使用により得られる効果が一番重要で、副作用に関しては一定の許容範囲を持っている。また、救命に直接関与するような場合には、経済性も度外視されることがある。一方、農薬の場合は費用対効果が第一義的に求められる。さらに、農薬では有害事象（薬害や環境汚染等）の発生は基本的に許容されない。

1.4 で述べたように農薬等ファインケミストリー領域での新規有効成分は、ほぼその全てが先進国の限られた企業により発明・開発される。新規に発明・開発された有効成分は特許制度により保護され、特許保有者に一定期間独占的な使用权が与えられるが、特許制度による保護期間が終了すると、第三者にもその技術の利用が認められるようになる。この保護期間が切れた有効成分（特許フリーとも呼ぶ）を用いて第三者が製造する医薬品又は農薬をジェネリック品と呼ぶ。ジェネリッ

ク品は発明・開発に要する莫大なコストが必要ないことから安価で供給され、価格競争力でオリジナル品を大きく上回る。そのため、途上国でのジェネリック農薬の使用比率は先進国に比べ格段に高い。例えば中国で使用されている農薬の75%はジェネリック農薬である。一方、日本では、ジェネリック農薬にも厳しい規制が行われており、いわゆるジェネリック農薬の登録・流通は極限られている。ジェネリック農薬は有効成分である化合物こそオリジナル品と同一であるが、オリジナル品とは合成法や合成に用いるプラントの性能等が異なるため合成時に生成する不純物の種類や量が異なる他、製剤処方（有効成分の効果を発揮させるために添加する補助成分の種類と量のこと。オリジナル品の製剤処方は高度な企業秘密のため非開示とすることが認められている。）も異なっているため、効果的な規制が行われていない国においては、安全性や効果が十分に確認されないままジェネリック品が流通・使用されており、潜在的な問題が拡大している。

ジェネリック農薬メーカーの地域別数を表4に示す。中国とインドだけで上位100社の60%以上を占めており、両国がジェネリック農薬製造大国であることがわかる。また、売上額でジェネリック農薬メーカーを概観すると1位のマグテシム（Makhteshim-Agan）社と2位のニューファム（Nufarm）社の売り上げが群を抜いている（表5）。

マグテシム社とニューファム社はジェネリック農薬メーカーでありながら新薬開発メーカーと伍して農薬の売り上げの上位10位にトップテンに名を連ねている（表1）。マグテシム社はイスラエル、ニューファム社はオーストラリアの企業である。イスラエルとオーストラリアはいずれもOECD加盟国であり、生産技術等で途上国のメーカーに対し優位性を持っていると考えられる。また、両社は欧米等先進国でも厳しい規則をクリアしてジェネリック品を正規登録し先進国で事業を行っている。マグテシム社およびニューファム社の売り上げと中国やインドのジェネリック農薬メーカーの売り上げを比較すると、中国およびインドのジェネリック農薬メーカーは、数は多いが1社あたりの売り上げは小さく、そのほとんどが中小規模の企業であることがわかる。企業の規模が小さいということは、製品の適正使用の普及や事故発生時のアフターケア等（いわゆるスチュ

ワードシップ活動)を実施する能力および資金的余力が不足していることを意味している。

表 4. ジェネリック農薬会社の地域別数 (売り上げ上位 100 社)<sup>24)</sup>

地域	会社数
China	41
India	20
Europe (incl. Turkey and Israel)	19
South-east Asia (incl. Australia)	9
South America	7
North America	4
合計	100

表 5. 世界のジェネリック農薬会社 (売り上げ上位 30 社)<sup>25)</sup>

会社名	国	年間売り上げ (百万US\$)	年度
1 Makhteshim-Agan	Israel	1581	2006
2 Nufarm	Australia	1253	2006
3 Cheminova	Denmark	680	2006
4 Sipcam-Oxon	Italy	378	2005
5 United Phosphorus	India	350	2006
6 Cerexagri	US	270	不明
7 Agripec	Brazil	198	不明
8 Isagro	Italy	196	2006
9 Amvac	US	194	2006
10 Red Sun	China	153	2005
11 Xinan Chemical	China	138	2005
12 Rallis	India	133	2006
13 Sanonda	China	120	2005
14 Taminco	Belgium	119	2006
15 Meghmani Organics	India	105	2007
16 Huaxing Chemical	China	100	不明
17 Rotam	Hong Kong	100	不明
18 Excel Crop Care	India	93	2007
19 Jiangshan Agrochemical	China	90	不明
20 AH Marks	UK	84	不明
21 Nagarjuna	India	80	2006
22 Sabero Organics	India	75	不明
23 Indofil	India	70	不明
24 Jiangsu Suhua Group	China	70	不明
25 Shenghua Biok	China	70	不明
26 Changxing Zhongshan	China	60	不明
27 Jingma Chemicals	China	60	不明
28 Punjab Chemicals	India	60	2006
29 Shandong Qiaochang Chemical	China	60	不明
30 IQV	Spain	58	2004

## 2.4. 模倣品と違法農薬

近年まで途上国では他の法令と同様に特許関連の法令についての整備が進んでおらず、先進国では知的財産として保護される新規の有効成分が、途上国の多くでは法律により保護されないという状態であった(現在でも知的所有権の貿易関連の側面に関する協定 (Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights : TRIPs 協定)にとらわれない世界貿易機関 (World Trade Organization : WTO) 非加盟国では特許法の整備が進んでおらず同様の状態が続いていると思われる.)。そのため模倣品の製造は規制できず見逃されてきた。例えば、中国と並んで数多くのジェネリック農薬メーカーが存在するインドでは 2005 年まで農薬や医薬品を特許制度の対象としていなかった。インドにおいては、2005 年に特許法が改正され農薬も特許制度の対象となった<sup>26)</sup>。これは 1995 年に発効した TRIPs 協定に基づき途上国に物質特許制度を導入する義務が発生したことによる(後発発展途上国の TRIPs 協定履行義務は 2006 年であった。)<sup>27)</sup>。このように特許制度による規制が不十分だったことから、多くの途上国では特許制度による保護期間が終了し、特許フリーとなった有効成分を用いるジェネリック品ではなく、本来先進国ならば特許制度で保護されるはずの有効成分を使用した模倣品(コピー品)の製造・流通も違法ではない状態であった。

特許制度が整備されれば模倣品の製造・流通は違法となるが、取り締まりの実効性が確保されていない途上国では特許制度が整備された後も、数多くの模倣品が製造・流通している。例えば、ジェットロ上海センターによる『農薬業界における展示会を利用した模倣品抑止活動に関する調査報告書, 2009 年』によれば、中国では「ジェネリック品や模倣品のラベルにオリジナル品の商標/商号を無断で使用したり、オリジナル品のラベルそのものを偽造(デットコピー)・貼付し、販売する事例が依然として続いている。」と報告されている。そして、「これらの表示を詐称した商品には、有効成分量がゼロのもの、また、表示成分とは異なる有効成分が含まれているもの、正しい有効成分でも表示値を大きく下回る量しか含まれていないものもあり、オリジナル品への、多大な経済的損失を含めて、悪影響が及んでいる。」旨

が記されている。これらは中国の法令、農業管理条例、産品質量法、商標法、反不正競争防止法、工業産品生産許可証管理条例などいくつもの規制に違反する違法品である。しかしながら、ジェットロ上海センターによる違法農業に関する報告書である『模倣品表示巧妙化の傾向と分析に関する報告書、2010年』では、「世界経済のグローバル化に伴い、模倣品は世界規模で流通するようになっている。」と記載されているように状況は改善されていない。違法農業についてより理解するため、適法農業であるための条件を明確化すると、適法農業とは、当該国の農業登録制度により審査され当局の登録許可証（それに値するものを含む）を取得しているものであって、製剤処方や有効成分含有量等の品質およびラベル等の表示および容器に誤謬がないものと言える。よって、この条件を一つでも満たさないものは、全て違法農業ということになる。

途上国における違法農業の有り様は先進国の常識では窺い知れない。農業登録制度が適正に機能していない途上国では使用される農業のうち違法農業が大半を占めるような国もある。例えば、ブラジル国の新聞ヴェアロール紙の2008年12月8日付けの記事では、ブラジル中西部で農業の密輸マフィアが跋扈していることを報じている<sup>28)</sup>。当該記事によれば、「マフィアは海運会社や飛行機、私営空港を所有する大組織で、税関職員を贈賄で買収するのは日常茶飯事であり、農業のほかにも麻薬や武器の密輸も行っている。密輸される農業はほとんど中国で製造されたジェネリック農業で、品質は定かでないが非常に廉価である。密輸農業の販売は犯罪であるとともに、品質の保証がなく環境や人体へ悪影響を与える可能性がある。中西部の農業は10%が正規の輸入品で、90%が密輸されたものである。店頭に並ぶのは10%のオリジナル品だが、売り渡されるのは密輸品である。正規ルートの農業を包装した袋には、当局のスタンプが押し当てられ、使用後の空袋は、当局への返還が義務付けられているが、高価で売れるため、そのルールは守られない。」と報道されている。農業管理制度を考える際、多くの途上国ではこのように違法農業が密輸マフィア等により大規模に密輸される等の不法行為が広く行われている現実があることを踏まえる必要がある。

## おわりに

近代的化学合成農業の歴史は、1938年にDDTに強力な殺虫作用があることが発見され幕を開けた。その後、第二次世界大戦中の1944年にドイツでパラチオンが合成されたことも、化学合成農業の歴史の初期段階での大きな出来事である。1940年代から1960年代にかけて世界中で農業の近代化が進められた。農業の近代化はアメリカ型の単一作物の大規模栽培をベースとし多収性品種を同時に導入することで、反収の増加を意図していた。近代農業では、従前に比べ病害虫が発生しやすく、これらを効果的に防除できる化学合成農業の使用が不可欠であった。近代農業の導入により、緑の革命と言われた途上国を中心とした単位面積あたりの収穫量の大幅な向上が達成されたが、これは、近代的化学合成農業が発展したことにより可能であったと言える。現在、新規の有効成分の開発には100億円から250億円程度の費用がかかると言われている。さらに、農業の開発には非常に高度な技術力が必要なことを鑑みれば欧米の大規模化学品メーカーにより農業界の寡占化が進んでいるのは当然と言える。その中で売上高の上位10位に名を連ねるメーカーを持ち、米国での農業関連特許登録件数および欧州への農業関連特許出願件数がいずれも国別で第3位である日本の農業メーカーには、欧米とは異なりアジアモンスーン地帯に立地するという特色を活かし、東・東南アジアでの今後のイノベーションを先導する役割が期待される。農業は、①病害虫や雑草からの農作物の保護、②農作物の品質の改良／保持、③農作業の軽減、④公衆衛生の向上に寄与するという重要な役割を担っている現代社会において必要不可欠なものである。しかし、多くの農業は取り扱いを誤れば、人畜や環境へ大きな負の影響を与える可能性を持っていることから、常に管理制度の見直しと実効性のある規制の実施が求められる。途上国では規制制度の実効性が乏しいことが多く、その向上が求められている。価格の安さから、ジェネリック品のシェアが途上国を中心に拡大しているが、規制が不十分な国では、安全性や効果が十分に確認されていない製品が正規品（合法品）として流通・使用されている実態がある。一部の途上国では、模倣品や密輸品等の違法農業の流通・使用も今なお大きな問題であることも意識しておきたい。

農作物を加害する害虫等には農薬に対する耐性を獲得する能力が備わっているため農薬の新規有効成分の継続的な開発は非常に重要である。現在、新規有効成分の開発能力を持つ国は、一部の先進国に限られているが、寡占化が進みすぎるとその弊害が許容範囲を超えてしまう。今後、新たにイノベーションを達成する新興メーカーや新興国の台頭が必要と思われる。

農薬は適正管理が不可欠なものであることから、行政能力の低い国では、常に深刻な事故と隣り合わせの状態にある。このような状況は、グローバル化が進んだ今日では、地域的な問題に留まらず全世界的な問題に容易に結びつく。また、人類福祉の観点からも現状の改善は必須である。国際社会には、早急にこの状況を改善するための活動に真摯に取り組むことが求められていると考える。

#### 引用（参照）文献および URL

- (全 URL のリンクについての確認は、2014 年 8 月 1 日に実施)
- 1) 国連経済社会局人口部、『世界人口推計 2010 年版』, 2011
  - 2) The Cost of New Agrochemical Product Discovery, Development and Registration in 1995, 2000 and 2005-8, January 2010, Phillips McDougall
  - 3) 農薬工業会ホームページ  
<http://www.jcpa.or.jp/index.html>
  - 4) 『我が国の化学産業の現状と課題』, 2006 年, みずほコーポレート銀行
  - 5) 『化学経済 2014 年 3 月増刊号』, 2014 年, 化学工業日報
  - 6) 武田薬品工業株式会社ホームページ  
[http://www.takeda.co.jp/pdf/usr/default/ar2007j\\_09\\_24644\\_2.pdf](http://www.takeda.co.jp/pdf/usr/default/ar2007j_09_24644_2.pdf)
  - 7) Phillips McDougall Report, 2004
  - 8) FAO Statistical Databases  
<http://www.fao.org/statistics/en/>
  - 9) 日本国特許庁  
[http://www.jpo.go.jp/shiryous\\_sonota/map/kagaku22/1/1-3-1.htm](http://www.jpo.go.jp/shiryous_sonota/map/kagaku22/1/1-3-1.htm)
  - 10) 『食の安全と環境』, 2010, 日本評論社
  - 11) CropLife International, A Stocktaking Report: Crop Protection Stewardship Activities of the Plant Science Industry 2005-2011, 2011
  - 12) 『農薬とはなにか』, 1988, 日本植物防疫協会
  - 13) 農林水産省農産物生産費統計
  - 14) Elizabeth M. Whelan, National Review, Sept. 15, 2010
  - 15) The Emerging Infectious Diseases journal, Volume 7, Number 6 December 2001,
  - 16) 千葉衛研報告, 第 15 号, 1991 年
  - 17) The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2009, WHO
  - 18) 鳥取県庁ホームページ  
[http://www.pref.tottori.lg.jp/secure/418862/11%20\(69kb\).pdf](http://www.pref.tottori.lg.jp/secure/418862/11%20(69kb).pdf)
  - 19) Children face higher risks from pesticide poisoning,  
<http://www.fao.org/newsroom/en/news/2004/51018/index.html>
  - 20) Acute Pesticide Poisoning: A Major Global Health Problem. WORLD HEALTH STATISTICS QUARTERLY Vol. 43, No. 3, 1990, pages 139-44
  - 21) The Philippine Star 紙,  
<http://www.philstar.com/Article.aspx?articleId=271514>
  - 22) 大阪府立公衆衛生研究所メールマガジン, 第 19 号 2005 年 03 月 31 日発行
  - 23) Joint FAO/UNEP/WHO news release, 5 October 2004  
<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=408&ArticleID=4608&l=en>
  - 24) Agrow's Complete Guide to Generic Pesticides: Vol. I – The Companies (2007 Edition)
  - 25) Agrow's Complete Guide to Generic Pesticides: Vol. III – Business Strategies (2007 Edition)
  - 26) 日本国特許庁  
<http://www.jpo.go.jp/cgi/link.cgi?url=/shiryoutoushin/chousa/>
  - 27) 日本国特許庁  
<http://www.jpo.go.jp/shiryoutoushin/nenji/1/1-4-2.pdf>
  - 28) ブラジルの新聞 (Nikkei Shimbun)  
<http://www.nikkeishimbun.com.br/081210-21brasil.html>