

Pesticide Safety: Bringing Peace of Mind

農薬の安全性 一食の安心につながる話

乾 公正

Kosei Inui

石原産業株式会社バイオサイエンス事業本部登録部

滋賀県草津市西渋川2-3-1

Regulatory Affairs Division, Bioscience Business Headquarters, Ishihara Sangyo Kaisha, LTD.
2-3-1, Nishishibukawa, Kusatsu, Shiga 525-0025, Japan

Summary

Pesticides for crop protection should be used under the four versions for safety; (1) crops, (2) users, (3) consumers, and (4) environment. The Food Safety Committee contributes risk assessment for human health to determine ADI (Acceptable daily intake) and ARfD (Acute reference dose) calculated from the minimal NOAELs (No observable adverse effect levels) obtained from toxicity studies and subsequent application of safety factors. The Ministry of Health, Labor and Welfare establishes MRL (Maximum residue limit) for each crop in order to prevent adverse human health from food. The Ministry of Environment conducts risk assessment on environmental preservation. Under the Agricultural

Chemicals Control Act, the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries approves the registration of pesticides for safety use and all pesticide users are required to comply with prescribed usage standards. Local governments regularly monitor the level of pesticide residues by market and environmental surveys. The members of the Japan Crop Protection Association cooperate as lecturers on Agro-chemical Safety Training Seminars for pesticide users held by local governments. Food safety and environmental preservation are guaranteed within the risk analysis framework consisting of risk assessment, risk management, and risk communication. Introducing this system brings peace of mind to consumers.

1. はじめに

山野を気ままに歩くことが好きな私にとって、五月晴れの映える水田や秋に首を垂れた稲穂は日本の美しい原風景と感じる。しかし現実には、わが国の耕作面積は年を追うごとに減少し、農業就業者は高齢化を伴いつつ30年前の半数以下となっている¹⁾。わが国の食料自給率はカロリーベースで40%に達しておらず、半分以上を輸入食品に依存している。農業現場では省力化・効率化がますます求められ、使いやすく活性の高い安全で環境負荷の少ない農薬の開発が望まれている。70億を超えてなお増加する世界人口を支えるために肥料や農薬は欠かせない。現在、日本では有効成分として約600種類、商品として4,500品目ほどの農薬が登録されている²⁾。これらは人が食べる農作物、ならびに肉、乳製品、卵などを得るための飼料用作物にも使用される。国民の大半は、食料の安定供給に農薬が欠かせないことを理解し受け入れている。一方で、住居近くの農薬使用や農薬の残留

した農作物を食べると健康を害するのではないかと、野生の生き物たちが次々と消えてゆくのは農薬のせいではないかと不安に思われる方もあろうかと思う。内閣府食品安全委員会が2017年(平成29)に行った食の安全に関するアンケート調査では、病原微生物による食中毒や放射線、遺伝子組み換え作物などとともに、半数近い回答者が農薬に対する不安を選択している³⁾。現実には品質の保証された農薬を適正に用いれば健康被害や環境への負荷は起こり得ないシステムが構築され、農作物や環境中の農薬監視体制も整っている。農薬に関するリスク分析(図1)の枠組みからとらえてみると、リスク評価とリスク管理は適正に行われている一方で、リスクコミュニケーションの輪の中で消費者はともすればネガティブな情報にウェイトを置きがちになる。そこで、まずは農薬の歴史や意義・定義を概説したのち、農薬の安全性に関する話題を提供し、これをコミュニケーションの一助としたい。

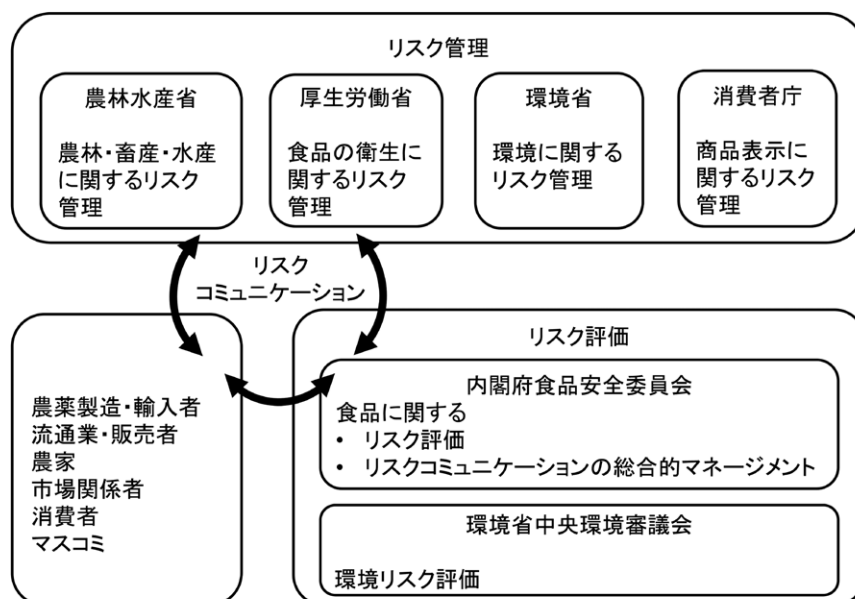


図1. 農業に関するリスク分析

2. 農薬の歴史

数百万年前、人類共通の祖先はアフリカ東部の熱帯雨林から乾燥した地溝帯の大地に降り立った。見るからに華奢で不安定なその生き物は大地を踏み締め、やがて背筋を伸ばし、飢えに抗い狩猟・採取を行いつつ大陸や島伝いに拡散していった。そのような二足歩行動物から進化した我々人類の祖先がやがて西アジアで小麦、長江流域ではコメの原種に出会い、自らの手でそれらを栽培し量産するという画期的な技術革新、すなわち農業を始めたのはせいぜい一万年前といわれている。以来、人類は農耕を中心とした集団、すなわち国づくりにしのぎをけずるとともに、貴重な農作物を喰い荒らす病害虫や雑草との闘いに明け暮れる宿命を負うこととなった。古代の文献によると、すでにギリシアやローマではワインや様々な植物の煮汁による種子消毒、柑橘の絞りかす（リモネン）、火山で採取される硫黄の燻蒸など今日でも実効面からうなずける病害虫の防除もあれば、中世ヨーロッパの聖職者が畑を荒らすコガネムシや野ネズミを破門宣言したというエピソードまで記録されている。本邦も平安時代初期に編纂された古語拾遺に天敵や天然物による忌避の記述があり、桃山時代にはトリカブトや樟脳、ミョウバンなどを調合した家伝殺虫散が発明されていた。また江戸時代には、田面水に鯨油や菜種油の被膜を張り、イネからたたき落としたウンカの気門を閉塞する防除法

が推奨された。西洋で産業革命が興るころ、より効果の良い防除法として青酸、亜ヒ酸、硫酸ニコチン、石灰硫黄、ボルドー液（硫酸銅＋石灰）、デリス根（ロテノン）、除虫菊（ピレスリン）の粉末など、天然物の加工品やその混合物が用いられるようになり、これらは後の合成農薬発展の土壌となる。第二次世界大戦前後になると、スイスでDDT（ジクロロジフェニルトリクロロエタン）、フランスでBHC（ベンゼンヘキサクロリド）、ドイツでパラチオン、アメリカでディルドリンといった有機塩素系や有機リン系の殺虫剤、イギリスで除草剤の2,4-D（2,4-ジクロロフェノキシ酢酸）などが相次いで発明され、有機合成農薬の時代の幕が上がる。第二次大戦後、深刻な食料不足に陥ったわが国は、これらを海外より導入し、化学肥料の導入とともに食料増産に努めた。以来、先進国を中心に新たな農薬が次々に発明され、食料の安定生産や農作業の省力化に多大な貢献を果たしている。ただし病害虫側も黙って手をこまねいておらず、世代交代の速さを利用し抵抗性を身につけてゆくため、農薬を使う人間とのいたちごっこは今なお続いている。

3. 農薬の意義

農薬の役割は、言わずもがな病害虫や雑草の被害から農作物を護ることであり、品質の良い農産物を安定して

収穫するうえでなくてはならない農業用資材である。もし農薬を使用しなかったら、水稻は24%、ばれいしょは22%、リンゴは97%が減収し、ほうれんそうに至っては全く収穫できないと試算されている⁴⁾。

また、農耕地の区画整備や大型機械導入とともに農薬は防除に要する労力の節減に貢献しており、例えば水稻作の除草に投入された平均労働時間（10アールあたり）は、1949年（昭和24）は51時間であったが、1970年（昭和45）は13時間、1980年（昭和55）は5.9時間、1990年（平成2）は2.4時間、2010年（平成22）には1.4時間と除草剤の普及に伴い大きく削減された⁵⁾。そしてその分の就労時間を他業種にシフトすることで戦後の経済成長に少なからず寄与した。

さらに意外と知られていないのが、農薬を用いたカビ毒による食中毒リスクの削減である。出穂期に長雨にあった穀類はカビが増殖しやすい。カビ毒は腹痛などをおこす食中毒の原因となるのみならず、発がん性や催奇形性、神経毒性など様々な有害作用を示すものが多々知られている。殺菌剤によるカビの防除は公衆衛生上、重要な意義がある。いもち病は稲の重要な病害のひとつで、カビの一種であるイネいもち病菌が感染し発病すると、大幅な減収と共に食味の低下を招く。いもち病の防除には、春日大社の土壌放線菌から発見されたカスガマイシンや、食用キノコのマツカサシメジに含まれる殺菌成分から発明されたストロビリン系殺菌剤が用いられており、自然界の微生物同士のせめぎあいを人間が利用していることはとても興味深い。

4. 農薬の定義

前述の通り、我々の平素の食生活に農薬は少なからず貢献している。一方で環境中に投下する化学物質であるがゆえ、ルールなく自由に使用してよいというものではない。農薬には①農作物、②使用者、③消費者、④環境といった四つのビジョンでの安全性が求められる。そのために、行政、農薬製造者、販売者、使用者の連携のもとで規則を遵守する社会体制が構築されている。

わが国では1948年（昭和23）におおもととなる農薬取締法⁶⁾が定められ、今日まで幾度かの改正を受けつつも、その目的を述べる第一条「この法律は、農薬について登録の制度を設け、販売及び使用の規制等を行うことにより、農薬の安全性その他の品質及びその安全かつ適

正な使用の確保を図り、もって農業生産の安定と国民の健康の保護に資するとともに、国民の生活環境の保全に寄与することを目的とする。」は本稿の趣旨を端的に表現するものである。続く条文には、農作物を害する菌（カビ）、線虫、植物ダニ、昆虫、ねずみその他の動植物又はウイルスを病害虫と呼ぶこととし、その防除に用いる殺菌剤、殺虫剤、除草剤、展着剤、植物成長調整剤、天敵を農薬とみなすことと定めている。ここでいう農作物とは「人が栽培している植物の総称」であって、山林や芝、観賞用に栽培する樹木、街路樹、草花も含まれる。つまり田畑や林業だけではなくガーデニングや家庭菜園まで関わる身近な法規でもある。

巷に流通する殺虫剤や除草剤には、人家や畜舎等の衛生害虫に用いられるもの、農作物のない駐車場や墓地用の雑草枯死に使われるものなど、農薬取締法上の農薬として扱われない商品もある。たとえ農薬と同じ有効成分が含まれているとしても、医薬部外品や非農耕地用除草剤は、農作物や残留農薬を介した安全性等が必ずしも保証されていない。従って行政や関係団体はこれらの誤使用を避けるため、これらを明確に区分して販売するよう指導している。ところが、巷のホームセンターやドラッグストアで同じコーナー、同じ陳列棚で混然一体とした販売風景をしばしば見かけることがある。農薬の容器を手にとっていただくと、農薬の容器には「農林水産省登録 第〇〇〇〇〇号」と書かれた番号が記載されている（図2a）。これは農薬を登録する際に安全性を評価するため数多くの試験を行い、審査にパスしたものだけに付されるものである。使用者は容器に記載されている詳細な使用方法（図2b）を熟知し、それに従って使用しなければならない。いわば農作物が患者さん、使用者がドクターといった図式と理解していただきたい。実際、〇〇取締法という物々しい名称は見かけ倒しではなく、違反した場合「三年以下の懲役若しくは百万円以下の罰金に処し、又はこれを併科する（個人の場合）。」と厳しい罰則のあることも肝に銘じておかなければならない。農薬でないものには登録番号はなく、当然のごとく農作物に用いることはできない。これは日本で無登録の農薬を海外から個人輸入した場合も同じである。

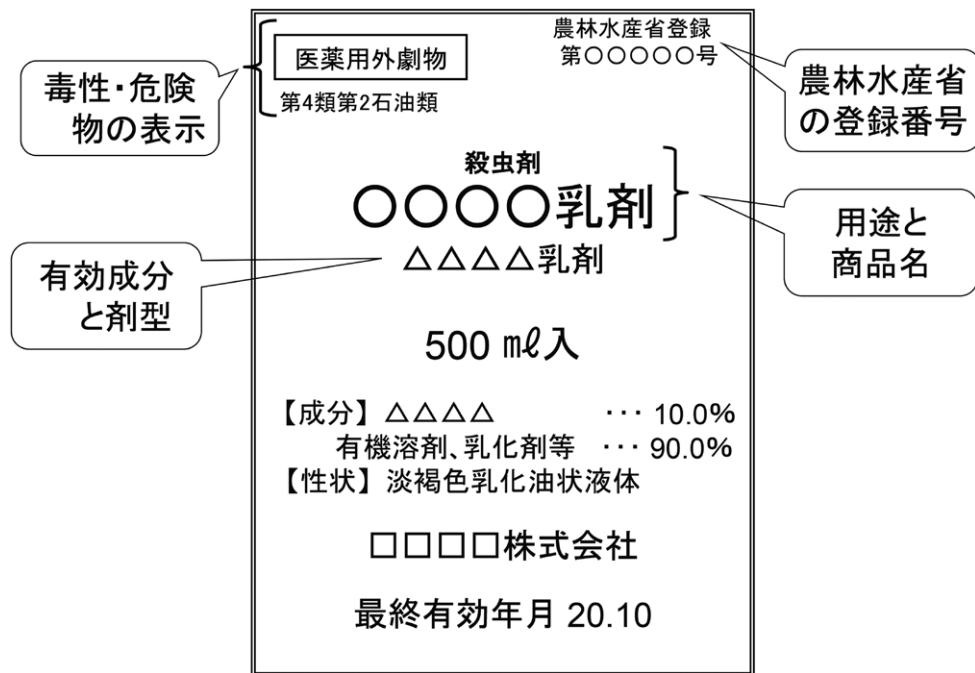


図2a. 農薬の容器ラベルの記載例(表)
農薬工業会の図を参考に作成

【適用害虫と使用方法】

作物名	適用害虫名	希釈 倍数 (倍)	10アール 当たり 使用液量(ℓ)	使用 時期	本剤の 使用 回数	〇〇〇を 含む農薬の 総使用回数	使用 方法
トマト	アブラムシ類	1000～ 2000	100～300	前日	3回	3回	散布
ミニトマト				3日	2回	2回	
キャベツ	アオムシ コナガ ヨトウムシ	1000～ 1500		7日	3回	3回	
非結球 あぶらな科 葉菜類				14日	2回	2回	

⚠【効果・薬害等の注意】

- 定植直後に使用しない。(薬害)

⚠【安全使用上の注意】

- 散布の際は、農薬用マスクを着用する。
- 魚類に影響を及ぼすおそれがある。使用時は注意。

図2b. 農薬の容器ラベルの記載例(裏)
農薬工業会の図を参考に作成

5. 有害性評価

農薬を開発したメーカーは、農薬取締法の下で登録申請を行う場合、様々な試験成績を農林水産省に提出する(表1)。一見して様々な分野にまたがる膨大な試験データが求められていることを理解いただけると思う。

ヒトの健康影響は二つのシナリオで検証される。まず一つめは、農薬使用者の労働衛生の観点から、短期に大

量ばく露を受ける場合を想定した経口・経皮・吸入ルートによる急性毒性や皮膚・眼刺激性、皮膚感作性(アレルギー)の試験を行う。農薬の使用に伴い、使用者自身あるいは、農耕地に隣接する住宅地や公園・街路樹における農薬使用が住民とのトラブルの種になることがある。そのような状況も考えて、これら短期試験成績から安全使用のための注意事項が策定され、使用者にわかりやすいよう農薬容器のラベルに記載されている。

表1. 農薬登録に求められる試験

薬効	適用病害虫又は適用農作物等に対する薬効、農薬の作用性	
薬害	適用農作物に対する薬害、茶の残臭、たばこの喫味	
動物代謝	動物(ラット)	
毒性	急性	経口・経皮・吸入(ラット、マウス)
	刺激・アレルギー性	皮膚・眼(ウサギ、培養細胞、摘出臓器)、皮膚感受性(モルモット、マウス)
	神経毒性	急性・亜急性(ラット)、発達神経毒性(ラット)、急性・亜急性遅発性(ニワトリ)
	亜急性	経口(ラット、イヌ)、経皮(ラット)
	慢性	経口(ラット、イヌ)
	発がん性	経口(ラット、マウス)
	繁殖・催奇形性	繁殖(ラット)、催奇形性(ラット、ウサギ)
	変異原性	復帰突然変異(細菌)、染色体異常(哺乳類培養細胞)、小核・遺伝子突然変異(マウス、ラット等)
	解毒方法又は救命処置方法	摘出臓器、各種実験動物
残留	保存安定性、植物代謝、家畜代謝、作物残留、家畜残留、加工調理、後作残留、生物濃縮性	
環境動態	土壌中動態、土壌残留、土壌吸着、水中動態	
残留性	作物、家畜	
環境毒性	生活環境動植物(鳥類、魚類、甲殻類、藻類、水草等)、節足動物(ミツバチ、カイコ等)	
物理化学性	融点、沸点、密度、蒸気圧、色調・形状、臭気、スペクトル、水溶解度、n-オクタノール/水分配係数、加水分解性、水中光分解性、解離乗数、熱安定性、不純物混入	

そして二つめが、日々の食生活から残留農薬を介して長期間摂取する可能性を想定した動物実験である。医薬品は認可前にヒトに対する臨床試験が必ず行われるのに対し、農薬の場合は人体を対象とした試験は求められない。そこで主役となるのはラット、マウス、ウサギ、イヌなど遺伝背景の確かな動物種である。試験系の設計は医薬品と基本的に同じであるが、ドクターの薬匙で裁量される医薬品と異なり、農薬は非意図的に暴露される可能性を想定して、慢性ばく露や発がん性の有無を確認する生涯ばく露、妊娠期間中の胎児への影響や生殖機能を確認するため世代間を跨いだばく露といったさまざまな場面を想定した毒性試験がフルパッケージで求められる。これらの試験は統計学的検査で意義の保証される十分な個体数を一群とし、無処置対照群、低用量群、中用量群、高用量群と段階的に設定した上で、ヒトで予想される残留農薬の主なばく露経路である経口ルートで投与する。試験期間中、動物たちの症状を毎日観察し、定期的に体重測定、血液検査、生化学検査、眼検査、尿検査などを行うところは我々の健康診断と似ていなくもない。試験の最終段階に安楽死の処置を経て肉眼的に詳細に観察したのち主な内臓の重量を測定、そして全身の臓器や組織を顕微鏡で詳細に観察し、異常の有無を記

録する。最長のラットを用いる発がん性試験となると投与期間だけで2年間、その後の顕微鏡検査と報告書作成も含めるとおよそ3年の期間にもなる。顕微鏡を用いる病理組織学的所見は病理担当者の主観と経験に基づく記述データである。従って、世界共通の診断基準⁷⁾を用いなければならない。これについては本誌に寄稿いただいている大石裕司先生や岩田聖先生の詳細な説明を参照いただきたい。検査対象は造血器、循環器、消化器、呼吸器、泌尿器、神経系、運動器系や皮膚、内分泌系や免疫器系と全身にわたり、詳細にチェックされる。繁殖毒性試験は親、子、孫に至る生殖機能への影響や子供の発達を検査する。催奇形性試験では胎児の外表、内臓、骨格を個体ごとに詳細に観察する。動物実験で何らかの影響がみられた場合、それが投与した農薬によるものかどうかの判断は、無処置対照群と比較することで行う。その際、用いた実験動物の遺伝的背景も重要で、背景データと呼ばれる自然発症性病変との比較も考慮しなければならない。そのため、毒性発現のメカニズム (Mode of Action) や有害性の発現経路 (Adverse Outcome Pathway) を考慮した評価が行われる⁸⁾。例えば実験動物にしか起こり得ないメカニズムの有害事象はヒトのリスク評価に外挿されない。従って、柔軟な発想、豊かな

経験と最新科学の視点が毒性専門家に求められる。このようにして実験動物で認められた異常が、ヒトの健康リスク評価に外挿されるか否かが判断される。

これら一連の毒性試験は医薬品と同じく、GLP (Good Laboratory Practices) に合格した施設で教育訓練を受けた専門家がテストガイドラインと呼ばれる世界共通の手法に従って行われる。最終産物である報告書は、誤記載やねつ造がないことの信頼性を保証されて完成する。試験で生じた生データや重要な試料は試験終了後、登録が保持されている間は厳重に保管され、理由なく廃棄してはならない。昨今は動物愛護の社会的な高まりに伴い、動物数の削減、苦痛の削減、培養細胞などを用いた代替試験も推奨される。動物を用いる実験は事前に組織内部の倫理委員会の審査にパスして初めて実施が許可される。

6. ばく露量からの視点

農作物に散布された農薬は、作物表面や地上で雨や太陽光などの影響を受け徐々に減衰する。作物内に浸透もしくは根から吸収された場合も、細胞内で代謝、分解を受けるが、ごく微量に残留することもある。このため、食品を食べたヒトの健康に影響が生じないよう、すべての作物について残留基準値 (MRL: Maximal Residue Limit) を決定する。そのために作物を用いた植物代謝試験や作物残留試験、家畜代謝試験が必要となる。

残留基準値は農作物の植物学的な分類だけではなく、身近なネギを例にとると、通常のネギ、ワケギとアサツキに分けられる。トウモロコシでは、未成熟トウモロコシ (スイートコーンなど)、トウモロコシの子実、若い時点で摘果したヤングコーン、飼料用トウモロコシ、というようにさらに細かく異なった作物分類として扱われる。それは、品種や生長段階、あるいは可食部分によって残留量が異なることや、消費者の食べる量 (フードファクター) が異なるためである。そこで農薬の容器には適用作物ごとに使用方法が事細かく明記されている (図2b)。

保健所は国産農作物の流通段階で抜き打ちの収去検査を行い、輸入品については空港や港の水際で輸入食品監視指導計画に基づいてモニタリング検査が行われる。厚生労働省によると2015年度 (平成27) に実施された国産品と輸入品あわせ約300万件のうち、基準値超過は

231件 (国産品は44件) であった⁹⁾。農林水産省が農薬使用者を対象とした調査を行ったところ、希釈濃度や適用作物の誤用、散布時の飛散、散布器具の洗浄不足などが基準値超過の主な原因であった¹⁰⁾。さらに、昨今は生産者団体や消費者団体が行う自主検査も加わり、官民を通じたモニタリング体制が構築されている。残留基準値を超えた作物は食品衛生法上、食品とはみなされず市場から撤去されるため、この体制が整っている現在、残留農薬による健康障害は報告されていない。2007年 (平成19) から2008年 (平成20) にかけて世間を震撼させた中国産冷凍餃子による中毒は農薬残留によるレベルをはるかに超えた濃度の有機リン系殺虫剤が検出され、捜査の結果、意図的にこれが混入された事件であることが判明した。

7. リスク管理

残留農薬による健康リスク評価は食品安全基本法の下で、短期ばく露と生涯ばく露の二つの側面から評価される。前者は妊婦や幼児などを対象として、一日以内にある特定の農作物を大量に食べる場合を想定しており、主に急性神経毒性試験や催奇形性試験の結果が適用される。とくに妊娠期間中は胎児の器官が形成される過程で標的が次々と変化するため、この視点での評価は重要である。後者の評価には90日 (亜急性) から1年 (慢性) までの反復経口投与毒性試験や生涯ばく露の発がん性試験、多世代にわたる繁殖毒性試験や催奇形性試験等の結果が用いられる。第5章で述べたようなさまざまな毒性試験をおこなった結果、有害な影響が一切認められない用量を無毒性量 (NOAEL: No Observed Adverse Effect Level) とする。最終的にすべての反復経口投与毒性試験から得られた無毒性量を一斉に並べ、そのなかから最も低い値を対象に、安全係数100を除する。この計算値を、短期ばく露評価の場合は急性参照用量 (ARfD: Acute Reference Dose)、生涯ばく露を想定した場合は一日摂取許容量 (ADI: Acceptable Daily Intake) と呼び、体重1 kgあたりのmg単位で表される (図3)。安全係数100の根拠は、ヒトの方が実験動物より10倍感受性が高いと仮定した種差、ヒトとヒトの感受性の違いを10倍とした個人差を掛け合わせた10×10のデフォルト値である。データ不足や不確定な要素が残る場合はさらに最大10倍までの追加安全係数が課される

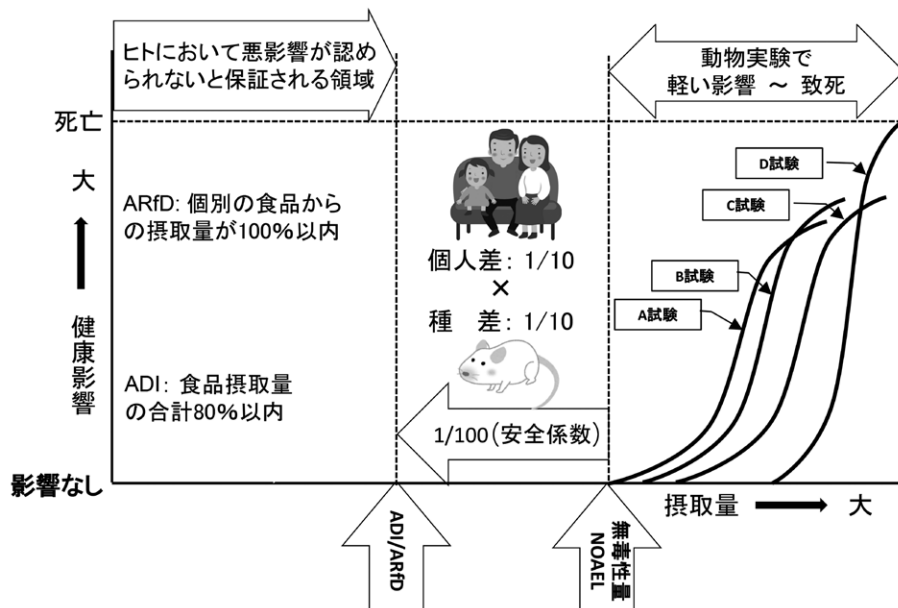


図3. 毒性試験結果と各規制値の関係
食品安全委員会の図を参考に作成

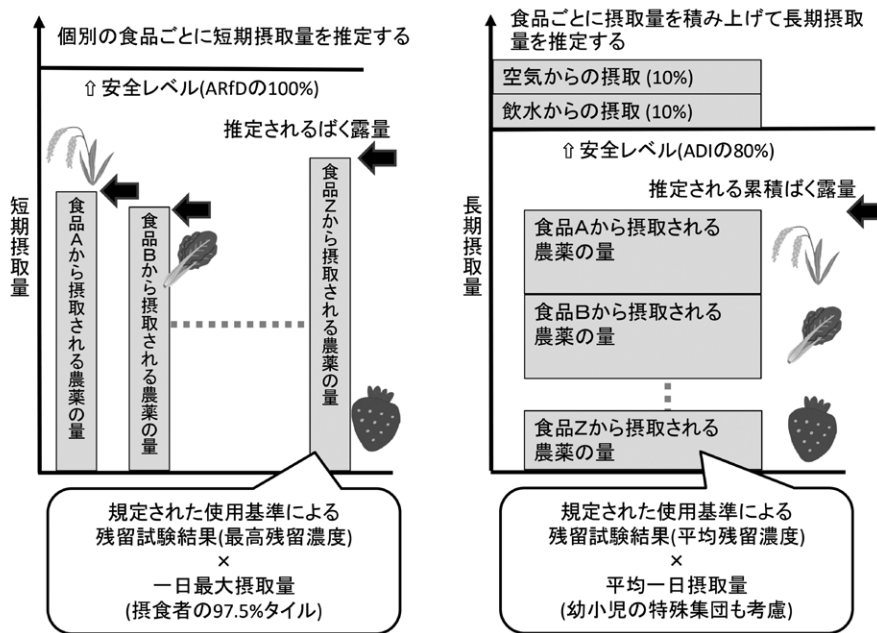


図4. 短期と長期のばく露評価
厚生労働省の図を参考に作成

こともある。つまり、動物実験で有害な影響が認められない用量から1/100～1/1,000の安全域が設定される。農薬の使用が適正であれば食品衛生法で定められた残留基準値以下となり、消費者の摂取量はADIを超えることはない。

名古屋市立大学医学部の行った実証実験によると、肝臓発がんの感受性を高めたラットを用いて農薬20種類

をADI値の濃度となるよう一つの餌に混ぜて与えたところ悪影響はみられなかったが、ADIの100倍を与えた場合は前がん病変が増えた。このことから1/100というデフォルト値の設定によるリスク管理体制は、複数の農薬ばく露を受けても安全であることを保証していると解釈される¹¹⁾。

続いて厚生労働省が算出した作物ごとの摂食量から、

全ての作物中に残留しうる農薬の推定摂取量を算出し、短期ばく露の場合はARfDの100%まで、生涯ばく露の場合はADIの80%を超えないよう、作物ごとに残留基準値が設定される（図4）。ADIの残り20%は飲水と空気中からのばく露を想定している。農薬が適正に使用された農作物を摂取すれば、短期ばく露あるいは生涯ばく露の両面から安全レベルを超えることはない。

SNSなどでときおり「海外に比べ日本は農薬の使用量が多く、残留基準も高く設定されている」といった意見を見かけることがある。残留基準値はそれぞれの国や地域の事情に基づいて定めている。なぜなら、それぞれの国の気候風土や病害虫の種類、さらには食文化の違いなどにより、農薬の使用方法や作物の可食部位が異なる。また有害性評価の場面でも動物実験で認められた変化の毒性学的意義について地域間に差のみられることもある。結果として、設定される基準値が異なる場合もしばしば見受けられるが、個別に比較すると日本が一概に甘いという認識は誤解である。

8. 生活環境動植物に対する影響

農薬は田畑や山林に投下されたのち、太陽光や微生物の作用で徐々に減衰する。とはいっても野生生物への影響を無視するわけにはいかない。水系の生態系ピラミッドを支える緑色藻類、それを食料とするミジンコ、さらにそれを捕食する魚類を用いた毒性試験が必須である。加えて鳥類やその他の指標生物を対象とした試験も行われる。これらの試験値と実測データをもとに設定される予想環境中濃度を比較し、環境生物に負荷がかからない範囲で使用されなければならない。農薬認可後は、行政が毎年、河川水中の農薬をモニタリングしている。また、産業動物であるカイコやセイヨウミツバチ、さらに病害虫を捕食するクモ類や捕食ダニ、ナナホシテントウなど天敵に対する影響も調査される。農薬の容器はこれを考慮した使用法と注意書きが記載されている。ただ皮肉なことに殺虫剤の作用機作はこれら有用昆虫と被ることも懸念されるため、一方、農業の現場において農薬の使用者は被害が起きないよう水産資源や養蚕、養蜂の業者と情報を交換するよう行政も指導している。さらに、メーカーは選択毒性の高いドラッグデザインや使用方法の開発に日々切磋琢磨している。昨今は化学農薬と天敵を同時に利用するなど、様々な病害虫防除対策を総

合的にまた経済的に用いて、ヒトの健康リスクや生態系のかく乱を最小限に抑えつつ、健全な農作物を生産するIPM（Integrated Pest Management, 総合的病害虫・雑草管理）と呼ばれる手法が推奨されている。

1962年に発行されたレーチェル・カーソンのサイレント・スプリングに取り上げられた有機塩素系殺虫剤は、安価でさまざまな害虫に有効というすぐれた特徴があった。しかし一方で、難分解性で生物濃縮しやすいため環境生物への負荷が大きく、先進国の農業分野で用いられることはなくなった。熱帯地域ではマラリアを媒介する蚊の防除に制限付きながら用いられている。また、1996年に出版されたテオ・コルボーンらによる話題の書「Our Stolen Future（邦題：奪われし未来）」では、野生生物の減少をもたらす最大の原因は外因性内分泌かく乱化学物質（いわゆる環境ホルモン）による生殖機能障害という仮説が提唱された。環境省は環境ホルモン戦略計画SPEED'98を策定し、工業用化学物質の一部にメダカに対して内分泌かく乱作用を示すことを報告している。これに続くExTEND2005、EXTEND2010、EXTEND2016では生態系の保全を目指し、農薬を含む様々な環境中化学物質の生態系に対する内分泌かく乱作用に関するプロジェクトを策定・実施している。これは文献調査から始まり、選抜されたもののなかから優先度を考慮し、まず試験管内（*in vitro*）試験、さらに動物（*in vivo*）試験といった段階的アプローチによる検証を行うもの¹²⁾である。最終的には内分泌機能を介した有害作用が認められる濃度と予想環境中濃度の比較で評価が行われる。

9. 天然物は安全で人工物は有害という妄想

生き物はすべて様々な化学物質をその生命活動に利用している。そこには一定の濃度範囲と閾値が存在する。何らかの外的要因による影響から恒常性のバランスが崩れると機能に異常が生じ、ときには生命そのものの危機となりうる。その場合、細胞内に取り込まれたものが天然であるか人工であるかといった人間の都合による区分は生命の営みにとって特段の意味をなさない。どのような物質であろうと、その物理・化学的、あるいは生化学的な特性を持つからである。これらは体内に取り込まれる際に、吸収、分布、代謝、排泄というプロセス

表2. 参考になるサイトとURL

内閣府食品安全委員会 農薬専門調査会:	https://www.fsc.go.jp/senmon/nouyaku/
農林水産省 農薬コーナー:	http://www.maff.go.jp/j/nouyaku/
厚生労働省 食品中の残留農薬:	https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/zanryu/index.html
環境省 農薬対策関係:	http://www.env.go.jp/water/noyaku.html
日本農薬学会 農薬について知ろう:	http://pssj2.jp/rikai/index.shtml
公益社団法人緑の安全推進協会:	http://www.midori-kyokai.com/
農薬工業会 教えて! 農薬Q&A:	http://www.jcpa.or.jp/

をたどる。従って「天然物は安全、人工物は有害」とは根拠のない不安が作り出した妄想に過ぎない。実は農作物自体も天然農薬 (Natural Pesticides) と呼ばれるものを産生し自らを害虫から守っている。Amesらによると、天然農薬52物質について実験動物への影響を調査したところ、27物質で発がん性が証明されているという¹³⁾。従って、農作物を食べ続ける我々は常に天然農薬と化学農薬のリスクトレードオフ関係にあり、適正に使用された化学農薬で病虫害被害のない農作物の健康リスクは天然成分同様とるに足らないのである。

現在のような化学分析技術がなかった時代、人々は様々な天然物をみずから口にし、身を張って食と薬と毒を判定してきた。中国では農耕と医薬の神である古代皇帝の神農になぞらえ「百草の滋味を嘗め、民をして辟就 (避けたり取り入れたり) する所を知らしむ。(淮南子)」と表している。貴重な経験則ではあるが、これが毒と薬の二元論を生み出す元となっているのであろう。一方、中世ヨーロッパの錬金術師パラケルススは「全てのものは毒であり、毒でないものはない。用量だけが毒かそうでないかを分けるのである」と喝破しており、これは現在においても毒性学の根本をなす真理である。

10. リスクコミュニケーションの発展にむけて

天候や病虫害など様々な要因で収穫量が大きく左右される農作物を遠く離れた家庭の食卓まで安定供給することは、なかなかにして荷の重い要求であることは想像に難くない。しかし、消費者の立場に立つと、安全で栄養価が高くおいしい農作物がリーズナブルな価格で常に手軽に手に入ることが保証されて初めて安心ととらえる。

地方自治体は農薬使用者、たとえば農業従事者や農薬販売業者、造園業者、ゴルフ場のグリーンキーパー、家屋や公園の防除業者等を対象に、農薬に関する法規、安全性評価、安全使用の注意事項等に関する講習会を定期的に行っている。さらに、道の駅などの直売場団体にもこのような勉強会を自主的に行っている。公益社団法人緑の安全推進協会を通じ、農薬工業会の主要メンバー会社はこのような講習会・勉強会への講師派遣を無償協力している。一般向けには、内閣府食品安全委員会がe-マガジンや市民公開セミナーを通じ食の安全や安心に関する啓発を積極的に行っている。その食品安全委員会の農薬専門調査会では大学や公的研究機関に所属するエキスパートが農薬のリスク評価を行っている。このように現代の日本では産官学が一体となって食の安全・安心の啓発に取り組んでいる。

第5、6、7章で述べたように安全は科学的に担保するものである。その情報公開が社会の信頼につながり、信頼から安心は生まれるものと私は理解している。情報過多の現代社会ではともすれば見聞き読んだことが十分消化できず、世間に取り残されて不安に陥りがちである。「農薬のはてな」に対し、表2に例示したインターネットサイトは確かな答えが得られる場であり、適切な情報を取捨選択する上でも一度ご覧いただきたい。最後に、今回の話題が少しでも農薬に対する正しい理解につながれば筆者の幸甚とするところである。

引用文献

- 1) "平成29年度 食料・農業・農村白書", 農林水産省, URL: http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h29/index.html (2018年9月27日).
- 2) "日本ではどのくらいの種類の農薬があるのですか。", 農薬工業会, URL: http://www.jcpa.or.jp/qa/a4_05.html (2018年9月27日).
- 3) 平成28年度食品安全モニター課題報告「食品の安全性に関する」

- る意識等について(概要)」の結果, 内閣府食品安全委員会, URL: http://www.fsc.go.jp/monitor/monitor_report_data/28kadai-gaiyo.pdf(2018年9月27日).
- 4) 病害虫と雑草による農作物の被害, 日本植物防衛協会 URL: http://www.jpapa.or.jp/tecinfo/data/sonsitsu_2008.pdf(2018年9月27日).
- 5) "農薬に関する法律, 指導要綱, 社会的役割などについて, 農薬は農作業を軽減したと言われますが, どれくらいの軽減効果がありますか。", 農薬工業会, URL: http://www.jcpa.or.jp/sp/qa/a6_18.html(2018年9月27日).
- 6) "農薬取締法", e-Gov, URL: http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail/323AC0000000082_20181214_430AC00000000053/0?revIndex=2&lawId=323AC0000000082&openerCode=1(2018年9月27日).
- 7) "国際毒性病理用語・診断基準統一化推進委員会(INHAND)", 日本毒性病理学会, URL: <http://www.japantoxpath.org/ja/related/inhand/>(2018年9月27日).
- 8) X. Palazzi, J.E. Burkhardt, H. Caplain, V. Dellarco, P. Fant, J.R. Foster, S. Francke, P. Germann, S. Gröters, T. Harada, J. Harleman, K. Inui, W. Kaufmann, B. Lenz, H. Nagai, G. Pohlmeier-Esch, A. Schulte, M. Skydsgaard, L. Tomlinson, C.E. Wood and M. Yoshida, *Toxicol. Pathol.*, **44**, 810-824 (2016).
- 9) "平成27年度食品中の残留農薬等検査結果について", 厚生労働省, URL: <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000194458.html>(2018年9月27日).
- 10) "国内産農産物における農薬の使用状況及び残留状況調査の結果について", 農林水産省, URL: http://www.maff.go.jp/j/nouyaku/n_monitor.html(2018年9月27日).
- 11) N. Ito, K. Imaida, M. Hirose and T. Shirai, *Environ. Health Perspect.*, **106** Suppl. 6, 1331-1336(1998).
- 12) "EXTEND2016における取組み", 環境省, URL: <https://www.env.go.jp/chemi/end/extend2016.html>(2018年9月27日).
- 13) B.N. Ames, M. Profet and L.S. Gold, *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*, **87**, 7777-7781(1990).

PROFILE



乾 公正

石原産業株式会社バイオサイエンス事業本部登録部
アドバイザー
獣医師

1981年鹿児島大学農学部獣医学科卒、1983年大阪府立大学大学院博士前期課程修了。財団法人残留農薬研究所にて病理専門家や試験責任者として農薬の毒性評価に16年間従事したのち、1999年に石原産業株式会社へ移籍し現在に至る。農薬をはじめとする化学品の有害性評価が専門。日本獣医病理学専門家協会、日本毒性病理学会、日本毒性学会の認定専門家。公益社団法人緑の安全推進協会の委嘱講師として、農薬の適正使用啓発に協力。プライベートでは、自然観察を兼ねた野生動物医学研究および陶芸に時間を費やす。