

【報文】

食と農薬 - 食べる健康リスクについて考える -
Foods and Pesticides - Considering Health Risk of Eating

梅津憲治

大塚化学株式会社 (東京農業大学総合研究所)

Kenji UMETSU

Otsuka Chemical Company Ltd.

(Nodai Research Center, Tokyo University of Agriculture)

要旨: 一般に消費者は食品に残留する農薬を最大の健康リスクと捉える傾向にある一方で、食べ物に含まれる天然化学物質は天然故に安全と信じている。本稿では、田畑に散布された後に農産物や加工食品に残留する農薬と、それらの中に同時に存在する天然化学物質の健康リスクについて科学的事実に基づいて検証する。農薬の場合、実験動物を用いた各種の毒性試験が実施され、その結果に基づいて人が一生涯摂り続けても毒性による影響が出ない一日摂取許容量 (ADI) が定められる。さらに、当該農薬の農産物からの摂取量が ADI 以下になるように作物別に残留基準が設定される。各種機関の残留分析データによれば、基準を超えて農薬が農産物に残留する割合は 0.01~0.03% であり、残留農薬による健康リスクは極めて低いと思われる。一方、作物中に元来存在する、あるいは食品の保存、調理、摂食の過程で産生する天然化学物質に由来する中毒事件が頻発している。また、日々摂り続けた場合に長期毒性を発現する天然化学物質の存在も知られている。我々は、天然化学物質の健康リスクにより注意を払うべきであろう。

キーワード: 残留農薬、健康リスク、安全性評価、一日摂取許容量、残留基準

Abstract: In general, consumers tend to believe that pesticide residues in foods are greatest health risk. On the other hand, less attention has been paid to the naturally-occurring toxic substances in crop plants and foods. In this paper, scientific findings are provided in order to make a risk assessment of pesticides residues, as well as naturally-occurring substances. In a case of pesticide, the dose level which demonstrates no effect to the experimental animals even after life-time feeding is determined on the basis of toxicological studies, followed by the determination of acceptable daily intake (ADI) in human. On the basis of ADI, maximum residue levels (MRLs) in crops are determined. The residue data taken by Governmental organizations indicate that the rate of pesticide residue exceeding MRL in agricultural products was only 0.01 -0.03%, indicating health risk arising from pesticide residues is very small. On the other hand, many food poisoning incidents occur every year arising from toxins intrinsically existing in foods, or formed during storage, cooking and feeding process. The natural products which cause long term toxicity are also known. We should pay more attention to potential health risk arising from natural products existing in crops and foods.

Key words: Pesticide residues, Health risk, Toxicological evaluation, Acceptable daily intake, Maximum residue levels

1. はじめに

農薬が農業の生産性を安定的に向上させるうえで極めて重要な役割を果たしていることは周知の事実であるが、社会的には農薬の安全性が最大の関心事となっている。消費者の間では農薬は怖いもの、農薬は毒性が強く、人々の健康に取って極めてリスクが高い、食品や飲料水に残留する農薬が人の健康に悪影響を及ぼしている、さらに環境にも悪影響を及ぼしているというイメージが定着しているように思われる。そのため、「食品や農産物の安全・安心」というキャッチフレーズがマスコミに頻繁に登場する。

さて、消費者が農薬そのものや農薬が微量といえども残留する可能性がある食品（農産物、加工食品、魚介類、肉類、飲料等の食品全般：「農産物や加工食品等」と呼ぶ）を安全であると認識するためには、まず科学的視点に立脚した農薬自体や農産物および加工食品等に残留する農薬の毒性試験を実施し、その結果に基づいた健康リスクに関する検証が必要である。そのうえで、検証結果を正確にかつ分かりやすく消費者へ伝え、消費者が正しく理解し納得するという過程が必須である。ところが、現実には農薬あるいは残留農薬と人や環境との係わりについて、消費者やマスコミ関係者の間で事実の正確な把握と認識がないままに、農薬の健康に対するリスクのみが声高に叫ばれている。マスコミの農薬報道には、「農薬は毒であり、悪である。農産物や加工食品等に残留する農薬は人の健康に悪影響を及ぼしているに違いない」といった短絡的で科学的事実に基づかない、客観性に欠けたものも少なくなく、結果として、消費者の不安感を煽る場合が多い。

一方、消費者が日ごろ食している食品に含まれる天然物については、天然、自然由来ということで無条件に安全であると信じ込んでいる。日頃天然もの、自然食品、あるいは健康食品だから安全、農薬を使用せずに栽培した野菜だから安全という言葉をよく耳にする。しかしながら、果たして、「天然物は無条件に安全である」、「天然、自然は良いもの」、「天然物については健康リスクが無い」というイメージは、科学的かつ客観的にみて正しいと言えるのであろうか。

本稿では、環境影響などを含め農薬が有する多面的な側面のうち、主に人の健康とのかかわりに焦点を当て、農薬、特に農産物や加工食品等に残留する農薬の健康リスクに関する科学的事実に基づいた検証結果について述べたい。さらに、天然物の健康リスクについても、農薬あるいは残留農薬と対比しながら科学的事実に基づいて検証したい。なお、本稿は拙著「農薬と人の健康—その安全性を考える」と「農薬と食：安全と安心—農薬の安全性を科学として考える—」、および日本農薬学会誌に掲載された農薬の安全性に関する解説記事やQ&Aの内容に、最新の知見を加味して執筆したものである（梅津, 1998；梅津, 2003；梅津, 2006；梅津, 2008；梅津憲, 2011）。

2. 農薬の概要

2-1. 農薬によると称される健康被害に関する今日的な話題

最近、農薬あるいは残留農薬が原因と疑われる食中毒事件や残留農薬による食品汚染の話題が頻発している。2008年に発生した中国産冷凍ギョーザによる食中毒事件は典型的事例であろう。事件の顛末は「中国から輸入された冷凍ギョーザを食べた3家族10人が食中毒を発症した。警察当局は、食べ残しのギョーザと嘔吐物から数千ppm以上の非常に高い濃度の有機リン剤、メタミドホスを検出した。日本の警察当局は当初から、中国の工場で意図的に加えられたものと推測していたが、中国側は出荷後に日本で加えられたと主張していた。後になって、中国側が中国人の犯人を逮捕した」というものである。事件の経緯から明らかなように、本食中毒事件は、作物に散布された有機リン農薬の残留によるものではなく、意図的に高濃度に添加されたメタミドホスという毒物により引き起こされたものである。ちなみに、メタミドホスは我が国では農薬登録が無いので、農薬に該当せず、使用もされていない。通常、作物に散布さ

れたメタミドホスの収穫時の作物残留濃度は高くても数 ppm に過ぎず、食材の一部に農産物を使用するにすぎないギョーザによる重度の食中毒があり得ないことは、事件発生時点で科学的にみて明らかであった。それにも関わらず、農産物などに残留する農薬の健康リスクに市民の関心が集中し、残留農薬の怖さという印象が国民に定着してしまった。

2008年には、さらに事故米などの食品汚染の話題も続いた。その顛末は「基準値を超える農薬やカビ毒で汚染された事故米を大阪の米粉加工業者が食用に不正転売していた。事故米は基準値を超えるカビ毒アフラトキシンや殺虫剤メタミドホスで汚染されており、九州の焼酎メーカー4社が買い取った。一部はせんべいなどの米菓に加工された恐れもある。消費者の健康被害が心配される。」といったものである。

これらの頻発する一連の事件では、事実が誤認され、いたずらに健康リスクと恐怖が流布され、社会的混乱が増長されている。残留農薬や天然毒物が基準を超えて、すなわち法令に違反して検出されたとの報道がなされると、消費者は、「口にした場合の(急性)中毒が懸念される。病気になるのではないか?」と恐怖心に苛まされる。しかしながら、ここで、「残留農薬、化学物質あるいは天然毒物の残留あるいは含有量に関する基準とは何か」を理解する必要がある。これらの基準は、基準値を超える当該物質を数ヶ月、1年、一生涯といった長期間にわたり摂取し続けた場合に、何らかの慢性的な健康障害例えば、体重の減少、特定の酵素の活性低下などが出るという基準であり、基準値を超える当該物質を摂取した場合に、直ちに急性の中毒症状が発症するという基準ではない。したがって、一回や二回あるいは数回にわたり少々基準を超える化学物質などを摂取しただけでは健康障害は起こらない。すなわち健康リスクは低いと考えるのが妥当である。消費者は、基準の意味を理解できずに必要以上に健康リスクを心配している。残留基準や含有量に関する基準と慢性毒性影響あるいは急性毒性影響との関係に関する説明の欠如がこのような混乱をもたらしている。

2-2. 農薬の定義と歴史

農薬による健康リスクを考える上で、先ず農薬とは何なのか、何のために開発され、使用されているのか。その定義や歴史・変遷について知る必要がある。

農薬は法律上また学術上、農薬取締法で規定されている殺虫・殺菌・除草・生育調節活性などを有する薬剤で、薬効・薬害・毒性・環境影響等の膨大な試験を実施し、厳密な審査を受けて合格し、国の登録を取得した薬剤である。フェロモン剤、生物農薬(有用昆虫、有用微生物等)、ゴルフ場で使用される薬剤も農薬に含まれる。そのため、農薬登録を有しない薬剤は農薬ではない。例えば、一般家庭、畜舎等で蚊、ハエ、ゴキブリ、シロアリなどの駆除に用いられる農薬と同じ有効成分を含む薬剤であっても農薬とはみなされない。また、収穫後の作物に農薬と同じ成分が使用されるポストハーベストの場合にも、当該薬剤は原則農薬とみなされず、食品添加物の扱いを受け食品衛生法の規制の対象となる。そして、農薬の定義並びに農薬取締法の趣旨に基づけば、農薬登録のある薬剤、即ち農薬については、厳密な安全性評価試験が実施されており、登録範囲内で使用される限り安全性が保証される。一方、農薬登録を有しない薬剤、すなわち天然物、植物抽出物、漢方農薬、無機物等などの農薬の代替資材、無登録農薬などについては、厳密な安全性評価試験が実施されておらず安全か否か不明であり、安全性の保証がない。このように、社会の農薬に対する思い込みと科学的なリスク評価結果との間で大きな乖離があるのが実情である。

さて、人類が農業を始めたのは約1万年前とされるが、人類はそれ以来今日まで絶えず病害虫や雑草の被害に悩まされ続けてきた。これといった病害虫防除や雑草防除の術を持たなかった時代には、被害が起こらないようにひたすら神仏に悪虫や悪疫の退散を祈る以外になす術がなかった。江戸時代中期以降に全盛を迎えた集団呪法である「虫送り」はその典型的事例である。効果のほどは確かではないが、健康リスクは全くなかったものと思われる。一方、我が国の歴史上で実用的な病害虫防除法が登場したのは江戸時代の寛文年間である。1670年(寛文

10年)に鯨油や菜種油を水稻のウンカ類の防除に使用したのが農薬の始まりと思われる。油を水田に注いで水面に油の皮膜を作り、その上に害虫を払い落とし、害虫の気門をふさいで窒息死させるという当時としては画期的な害虫防除法であった。このような気門封鎖剤は現在も人に対する安全性の高い農薬として使用されている。ちなみに、有機合成農薬を中心とした本格的な高性能の農薬が登場するのは、第二次世界大戦後である。

2-3. 農薬に対する社会の認識

本項では消費者や市民が農薬に対しどのような認識を持ち、農薬の(潜在的)危険性や安全性をどのように捉えているかについて考察してみたい。農業の生産性を安定的に向上させるうえで重要な役割を果たしている農薬に対する人々の関心事は、その安全性または健康リスクと思われる。少々古い話ではあるが、農薬に対する社会の認識を理解するうえで格好の一文を高橋暁正著「自然食は安全か」の中にみる事ができるので以下に引用する(高橋, 1989)。

『無農薬野菜』の落とし穴

当時、DDTは万能の殺虫剤と考えられていたから、それは下水溝にも野菜畑にも、果樹園にも、いたるところにばら撒かれていた。私たちが、レイチェル・カーソンの名著『沈黙の春』を通じて、その白い粉が地下水によって遠くに運ばれ、花も咲かず、鳥も鳴かない沈黙の春をつくる恐ろしい薬であることを知ったのは、我が国が高度経済成長にさしかかっていた1964年のことであった。マスコミ、消費者リーダーたちはいっせいにその危険性を攻撃し、人々の目は農家の人たちが散布装置を背に野菜畑で農薬を散布している姿をうとましいもののように眺め、食卓にのぼる野菜のおひたしに、先程路傍で目にした農薬散布の光景が二重映しになる時期があった。無農薬野菜を求める市民の声は巷にあふれ、無農薬のもとで栽培したいいわゆる無農薬野菜を特別の付加価値をもって供給するグループ、生協、宗教団体などが現われるようになった」

以上は、40年ほど前における農薬に対する社会の認識と反応を的確に言い表したものであるが、状況は現在もあまり変わっていない。日常的にマスコミを通じて農薬の危険性、農産物や加工食品等に微量存在する残留農薬の人に対する健康リスクを強調する報道がなされている。それらの報道は科学的事実に基づかないか、あるいは事実の誤認・誇張のケースが多く、科学的根拠や毒性試験データに基づいた議論はあまり行われていないのが実情であり、一般消費者の間では「有機栽培あるいは無農薬栽培(現在は『農薬未使用栽培』という用語が使用される)の野菜は安全」、「食品中に微量存在する残留農薬は人の健康に良くない」、「農薬は怖いもの」という硬直したイメージが定着していると思われる。

事実、中央調査社が2007年8月に実施した「食の安全」に関する全国意識調査(無作為に選んだ全国の20歳以上の男女個人を対象に個別面接聴取法で行い、1,286人から回答を得た。不安を感じる対象を3つまで挙げる事が出来る)の結果によれば、「食品の安全性に不安を感じることは」との問いに対し、生産地・原産地の62.1%、保存料・着色料などの食品添加物の57.3%に次いで(残留)農薬が57.3%となっている。人々は現在でも依然として食品添加物や残留農薬に脅威を感じて常に注意を払っている。一方、回答者が11,649名に上る食の安全に関する調査(図1)によれば、2011年3月の東日本大震災と巨大津波による原発事故以降は、放射能汚染が残留農薬や食品添加物とともに最大の脅威を感じる事項として登場した(マイボイスコム株式会社, 2013)。

ここで、人々が放射能汚染とともに最大の健康リスクと考えている農薬が、事実として一般の合成化学物質や自然界にごく普通に存在する天然化学物質と比較して、どれほどに毒性が強いものか検証してみたい。表1には代表的な農薬原体と我われの身の回りに存在する化学物質の急性経口毒性(口から摂取した場合の毒性)を示した。表中にあるLD₅₀とは50%致死薬量のこと、動物にある物質を与えた場合にその半数が死亡する薬量で、体重1キログラム当りの薬物のリグラム数で表わされる。したがって数値が小さければ小さい程、毒性が強いことを

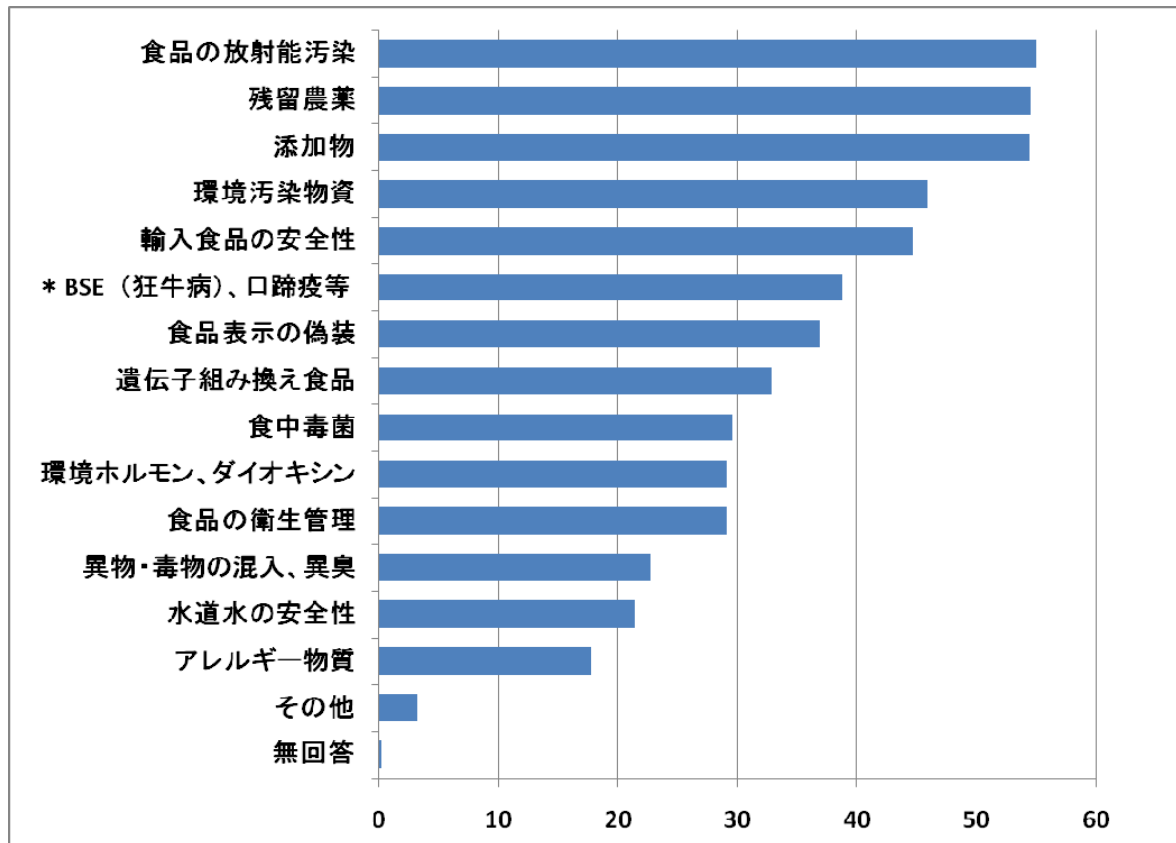


図1 食の安全に関する調査、「不安を感じている事柄」(複数回答可)

* BSE (狂牛病)、口蹄疫、鳥インフルエンザなど家畜の疫病

** 回答者数: 11,649名、調査時期: 2012年6月1日~6月5日

(出典: マイボイスコム株式会社のインターネット調査のデータを基に作成)

意味する。表に示したように、農薬にはLD₅₀値が24mgのEPNから1万mg以上のフルトラニルまで様々なものがあるが、ボツリヌス菌毒素などの天然毒素と比べはるかに急性毒性が低い。また、タバコに含まれるニコチンおよびトウガラシの辛味成分であるカプサイシンのLD₅₀は、それぞれ50~60mg、60~75mgであり、農薬の多くは人々が日々摂取しているニコチンやカプサイシンより毒性が低いと言える。食塩にもLD₅₀があり、3,000mgである。その食塩よりも毒性の低い農薬も少なくない。

以上のように、農薬はすべて毒性が強く危険という印象や我われの身の回りに存在する一般化学物質や天然化学物質に比べ、農薬は毒性が強いという印象は射していない。人が作り出した人工的なものであるか否か、あるいは天然由来であるか否かを問わず、化学物質それぞれについて個々に毒性を検討したうえで、その健康リスクを議論すべきである。

ところで、我が国においては年間約30万人ががんで亡くなり、死亡原因の第一位を占めている。社会一般の風潮として農薬ががんの原因と危惧される場合が多い。そこで、図2にはがんの原因についての主婦とがんの疫学者(科学者)の考え方の違いを示した(黒木, 1990)。

主婦は食品添加物(43%)とともに農薬(24%)をがんの原因と考え、普通の食べ物(0%)はがんとは関係がないと考えている。一方、科学者は疫学的調査結果に基づき、農薬(0%)をがんの原因とは考えておらず、日々人々が何気なく飲食している普通の食べ物(35%)にがんの原因が潜んでいると判断している。ちなみに、主婦も科学者もタバコは、がんの主要な原因と考えている。後ほど他の根拠も示すが、消費者の心配とは裏腹に食事を通じて人が毎日微量摂取している農薬は、がんの原因とは無縁と考えられる。

表 1 代表的な農薬原体と我々の身の回りに存在する化学物質の急性経口毒性

物質名	LD ₅₀ (50%致死量、mg/kg)
ボツリヌス菌毒素	マウス 0.0000032
破傷風菌毒素	マウス 0.000017
テトロドトキシン (フグ毒)	マウス 0.01
α-アマニチン (テングダケ毒)	マウス 0.3
EPN (殺虫剤)	マウス 24
メソミル (")	ラット 50
ダイアジノン (")	ラット 250
MEP (")	ラット 330
カルタップ (")	ラット 380 ~ 390
ピレトリン (")	マウス 800
アセフェート (")	ラット 945
ブプロフェジン (")	ラット 2,198
イソプロチオラン (殺菌剤)	ラット 1,190
ベノミル (")	ラット >5,000
フルトラニル (")	ラット >10,000
青酸カリ (化学物質)	ラット 10
アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (界面活性剤)	ラット 2,000
アフラトキシン (穀類・豆類に生えるカビ毒)	ラット 7
パツリン (リンゴ果汁生えるカビ毒)	ラット 15
ニコチン (タバコの一成分)	ラット 50 ~ 60
ガプサイシン (トウガラシの辛味成分)	ラット 60 ~ 75
カフェイン (医薬品、茶の一成分)	ラット 174 ~ 210
アスピリン (医薬品)	ラット 1,000
食塩 (調味料)	ラット 3,000
砂糖 (甘味料)	ラット 29,700
エチルアルコール (酒)	ラット 7,000

(出典：梅津憲治, 2003)

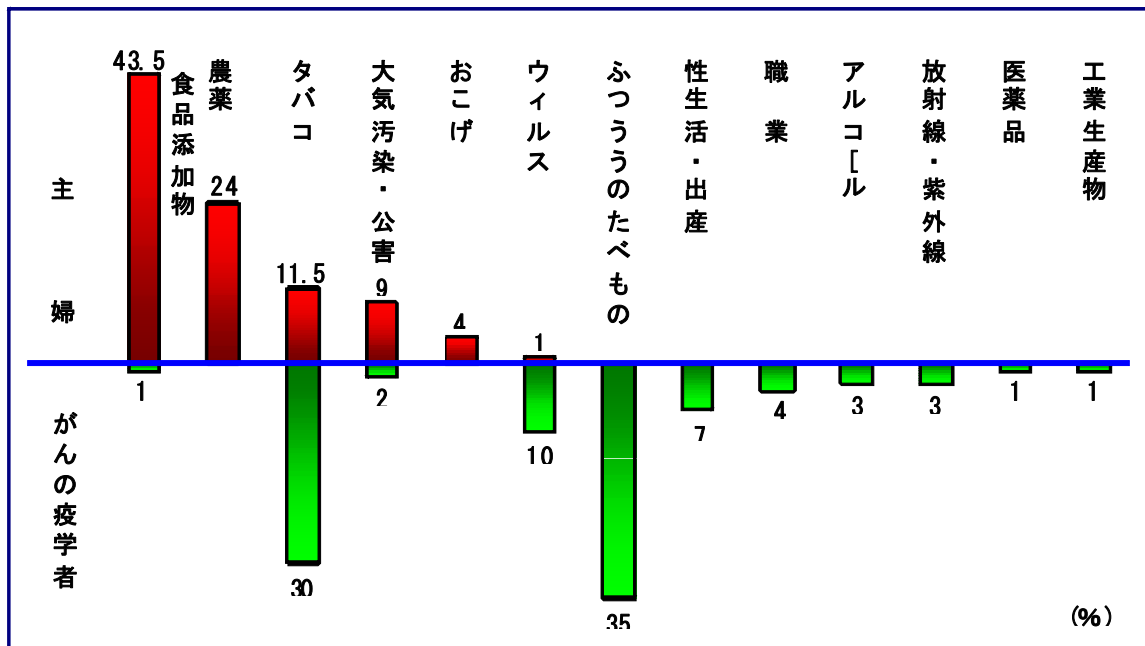


図 2 がんの原因についての主婦とがんの疫学者の考え方の違い

(出典：黒木, 1990)

3. 農薬の開発と安全性評価試験・残留農薬基準設定の仕組み

3-1. 農薬の開発と安全性評価試験

人々が農薬や残留農薬を健康リスクの最大の要因と認識する理由の一つとして、人や環境に対する安全性を確保するための膨大な試験が実施されて初めて農薬が誕生するという事実が、人々に知られていないことが挙げられる。

図3には、新しい農薬が誕生するまでの過程を示した。通常、何らかの形で農薬になり得る化学物質のデザイン・合成から農薬の研究開発が開始される。合成された化合物は農薬になり得るかを確かめるため殺虫、殺菌、除草などの活性のスクリーニング・生物試験に供される。さらには、最終的には圃場試験、公的研究機関における薬効・薬害試験へと進む。同時に、分析法を確立したうえで、実験動物を用いた毒性試験や環境への影響試験、製剤に関する試験などが行われる。全てのデータを揃えたうえで農薬登録を申請し、国の専門家による厳密な審査を経て農薬登録を取得して製造・販売が開始される。通常、農薬候補化合物が選抜されてから登録・上市まで約10年の歳月と100億円になんなんとする膨大な経費を要する。

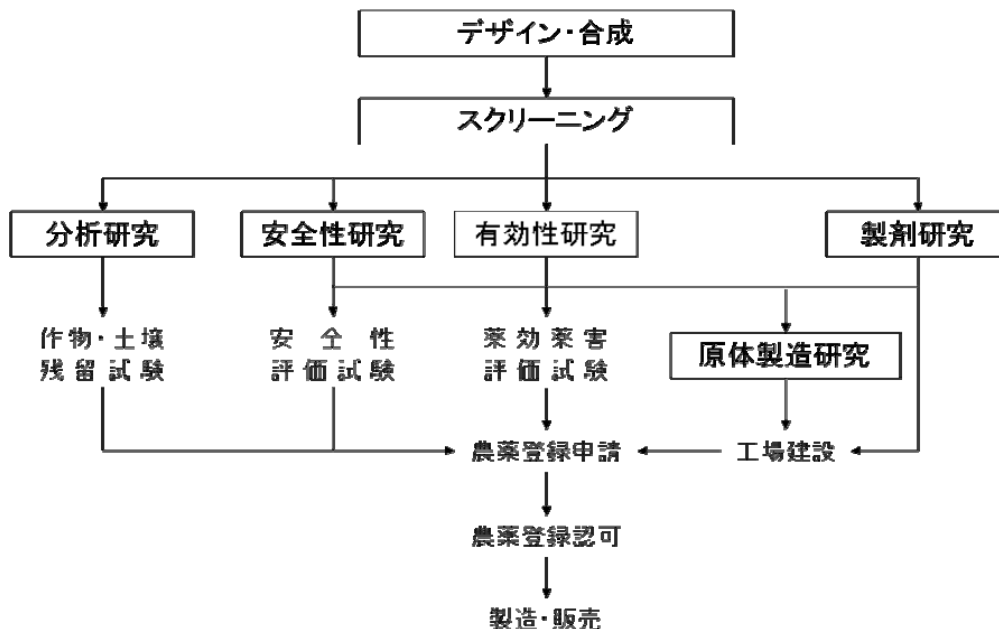


図3 新しい農薬が誕生するまでの過程

このような手順で開発される農薬の安全性評価試験は、農薬が影響を及ぼす対象を考慮して、以下の3つに大別される。一つ目は、農薬の製造・流通に従事する者や農民などの農薬散布作業に従事する者に対する健康影響を対象にした試験である。各種試験の概要は後述するが、急性毒性、刺激性、感作性、神経毒性、短期(亜急性)毒性、催奇形性、遺伝毒性(変異原性)、生体機能影響試験などが実施される。二つ目は残留農薬に関する試験であり、微量の農薬を農産物などを通じ摂取する可能性のある消費者への健康影響を対象にした試験である。長期毒性、発がん性、繁殖毒性、催奇形性、遺伝毒性、代謝・分解に関する試験などが実施される。これらの試験結果、特に長期毒性試験結果に基づき人が日々摂取しても毒性影響が発現しない量(摂取許容量)が設定され、次いで作物における農薬の残留基準が設定される。残留基準の設定方法の詳細は後述するが、残留基準は慢性的な長期毒性に関するものであり、農産物などに微量に残留する農薬による急性毒性の発症に関する基準ではないことに留意する必要がある。三つ目は、直接人の健康と関連しない環境保全に係る試験である。水質汚濁性、作物残留性、土壌残留性、野生生物や生態系に対する影響などを評価する試験が実施される。

表2にはマウス、ラット、ウサギなどを用いて実施される安全性を確保するための毒性試験の項目を示した。前述した急性毒性、短期毒性、長期毒性、生殖毒性、遺伝毒性などに関する様々な試験で23種以上が挙げられる。細分化すれば試験数はさらに多くなる。

表2 農薬の毒性試験の種類

急性毒性	長期毒性（慢性毒性）
(1) 経口毒性試験（ラット、マウス）	(14) 1年間反復経口投与試験（ラット、イヌ）
(2) 経皮毒性試験（ラット）	(15) 発がん性試験（ラット、マウス）
(3) 吸入毒性試験（ラット）	生殖毒性
(4) 眼刺激性試験（ウサギ）	(16) 2世代繁殖毒性試験（ラット）
(5) 皮膚刺激性試験（ウサギ）	(17) 催奇形性試験（ラット、ウサギ）
(6) 皮膚感作性試験（モルモット）	遺伝毒性
(7) 急性神経毒性試験（ラット）	(18) 復帰変異原性試験（細菌）
(8) 急性遅発性神経毒性試験（ニワトリ）	(19) 染色体異常試験（ほ乳類培養細胞）
短期毒性（亜急性毒性）	(20) 小核試験（ラット、マウス）
(9) 90日間反復経口投与試験（ラット、マウス、イヌ）	特殊毒性
(10) 21日間反復経皮毒性試験（ラット）	(21) 生体機能影響試験（ラット、マウス、イヌ、モルモット）
(11) 90日間反復吸入毒性試験（ラット）	(22) 解毒・治療に関する試験（ラット、犬）
(12) 反復経口投与神経毒性試験（ラット）	動物代謝試験
(13) 28日間反復経口投与遅発性神経毒性試験（ニワトリ）	(23) 動物体内運命に関する試験（ラット）

（出典：「梅津憲治, 2003」を一部改変）

さらに、表3には、農薬の代謝・分解や残留に関する試験項目を示した。ありとあらゆる事態を想定した試験が実施される。

表3 農薬の代謝・分解並びに残留性試験の種類

1. 植物代謝試験 適用を受ける植物群から、試験に用いる作物を選択
2. 土壌代謝試験 好氣的湛水土壌中運命試験, 好氣的および嫌氣的土壌中運命試験
3. 水中運命試験 加水分解運命試験*, 水中光分解試験*
4. 残留分析法の確立 全ての適用作物, および2種類以上の土壌
5. 作物残留試験 適用を受ける全ての農作物について, 2例以上
6. 土壌残留試験 容器内試験, ほ場試験(各2例以上)、後作物残留性試験
7. 水質汚濁性試験

（出典：梅津憲治, 2003）

図4には、これらの安全性評価試験の流れを比較的最近（2002年4月）に登録が得られた殺菌剤オキスポコナゾールフマル酸塩を例にとって示した（株式会社エス・ディー・エスバイオテック研究部他, 2003）。

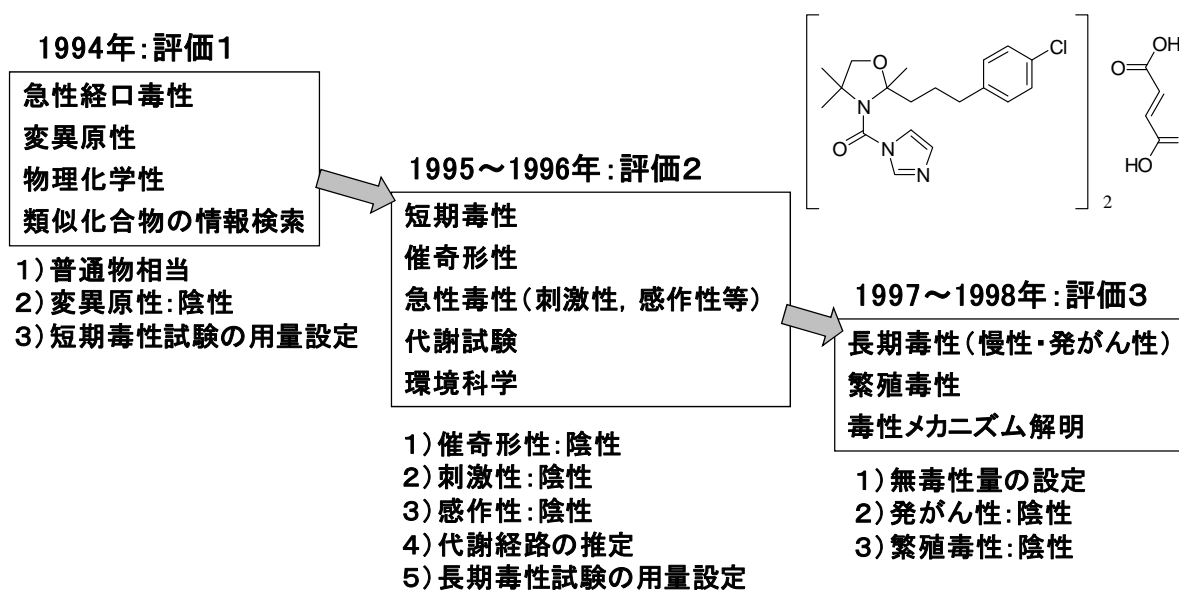


図4 殺菌剤オキスポコナゾールフマル酸塩の安全性評価試験の流れ
(出典: 梅津憲治, 2003)

1994年に第一段階の評価が行われた。急性経口毒性試験や変異原性試験（微生物を用いて潜在的発がん性を予測する予備的な試験）などが実施され、当該化合物が普通物に相当すること、変異原性がないことなどが判明し、直ちに第二段階の評価試験（1995～1996年）に移行した。その結果、子供に奇形が出来るか否かを表す催奇形性、目や皮膚の刺激性、感作性などは認められなかった。また、動物、植物、土壤中などにおける代謝物を同定し、それらの化合物について評価1段階と同様の試験を実施し、特に問題の無いことを確認した。環境に対する影響を評価する試験においても、特に問題は認められなかった。

さらに、これらのデータと最長で90日間にわたり餌に被検物質を混ぜて動物に与えて影響を調べる短期毒性試験のデータを加味し、次に実施する長期毒性試験（動物に一生涯にわたり（最長でラットで2年間、マウスで18ヶ月間）毎日被検物質を与え続けて、毒性影響を調べる試験）の用量を設定し、第三段階の試験として長期毒性試験（1997～1998）を開始した。マウスおよびラットを用いた試験において発がん性や特に問題となる影響は認められなかった。繁殖毒性も認められなかった。動物に一生涯与え続けても何らの毒性影響が出ない無毒性量も設定された。

以上のように各種の安全性評価試験の結果を総合的に評価し、当該候補化合物について人の健康や環境に対する安全性が十分に確保出来ると判断された場合にのみ、当該化合物を次の登録作業の段階へ進める。たとえ当該化合物が薬効的に優れていても、毒性や環境中での挙動の面において農薬として相応しくないデータが得られた場合には、その時点でその候補化合物の開発を中止するのが、一般的である。当該化合物の場合、毒性面で何らの問題となる影響が認められなかったことから、最終的な開発作業に入り、その後登録を取得した。

なお、農薬以外の一般化学物質については、これほどの厳密な試験は行われていない。また、天然物については、安全であるという思い込みがあるためか、このような試験自体、例外を除くと、ほとんど実施されていない。農薬においては一般化学物質や天然化学物質に比べ、はるかに厳密かつ膨大な安全性評価試験が実施されていると言える。

3-2. 残留農薬基準設定の仕組み

農薬になり得る化合物のデザイン・合成に始まる一連の農薬の開発過程は、最終的に農薬として登録されることで完結する。農薬には国が定める登録制度があり、開発作業をすべて終了した農薬であっても、登録されるまでは販売あるいは使用することはできない。農薬の登録は農薬取締法に基づいて行われるが、この登録過程には農林水産省、厚生労働省、環境省、内閣府食品安全委員会や新設された消費者庁がそれぞれの役割で関わっている。登録の申請にあたっては、農薬の製造者または輸入業者が品質を確保するための資料に加え、膨大な量の資料、即ち薬効に加えて作物に対する薬害や人の健康への影響などに係わる各種の試験、さらには各種の環境への影響に関する試験および作物や土壌への残留試験などの成績を提出し審査を受ける。

図5には、国による農薬の安全性評価の過程、人に対する一日摂取許容量および作物残留基準などの設定方法について示した。まず、長期毒性試験の結果から「動物に一生涯与え続けても何らの影響を及ぼさない最大の薬量、すなわち無毒性量を求める。この無毒性量に、動物と

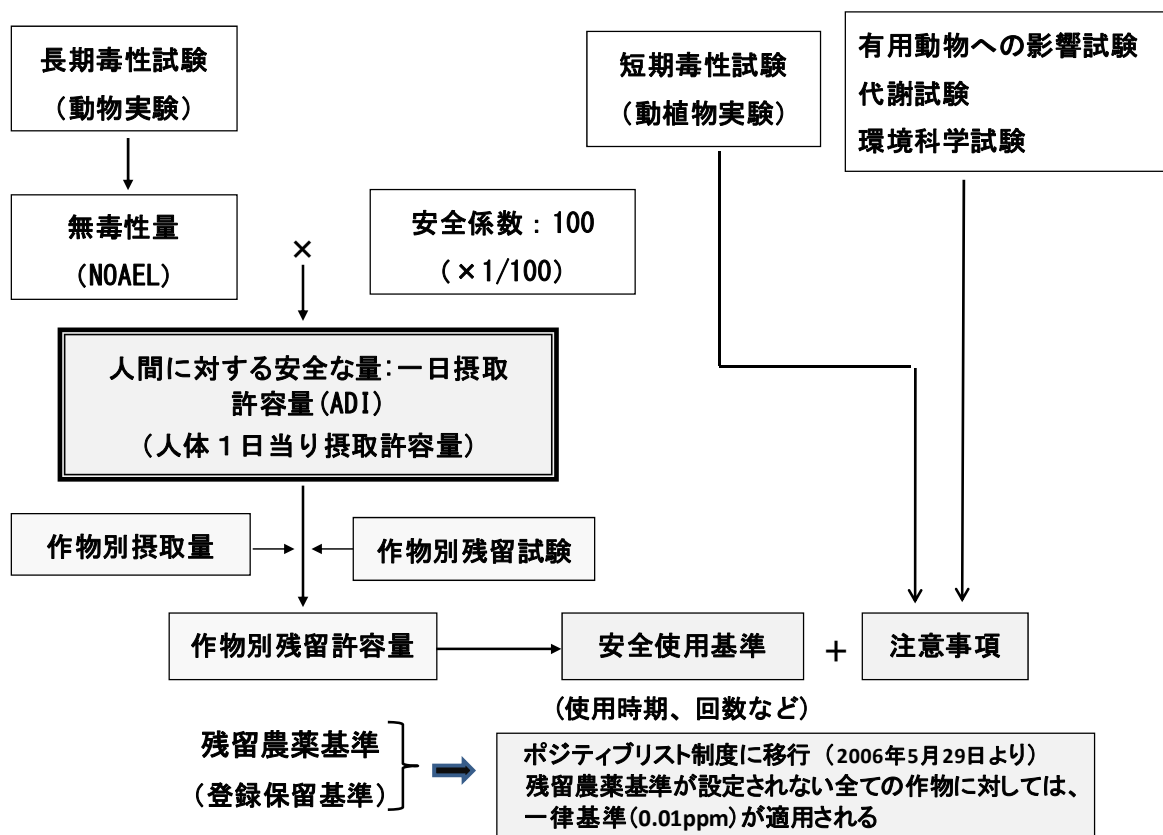


図5 農薬の安全性評価・審査の流れ：一日摂取許容量、残留農薬基準の設定
(出典：「梅津憲治, 2003」を改変)

人との種差や個体差を考慮して、安全係数の 1/100 を掛け、得られた値が「人間に対する安全な量」、すなわち「一日摂取許容量」(mg/kg 体重/日)で表示する。英語では Acceptable Daily Intake であり、略して ADI と呼ばれる。この ADI に人の平均体重を乗じた値が人体 1 日 当り 摂取 許 容 量 となる。ADI 以下であれば、一生涯にわたり取り続けても何らの健康影響も出ない。この ADI に作物別摂取量、すなわち日本人が穀類、野菜、果樹などの作物を毎日どの位摂取しているかに関するデータと登録を申請する際に提出した作物別の農薬残留データを加味し、当該農薬の作物からの摂取量の合計が ADI 以下になるように残留に関する基準、すなわち作物別残留許容量が決定される。作物別残留許容量に関する基準として、登録保留基準と残留農薬

基準が存在する。登録保留基準、すなわち食品中の残留農薬が基準を超えると判断された場合にその農薬の登録が保留される基準は、2003年以前には農薬取締法に基づき農薬登録時に設定されていた。残留農薬基準の方は、登録保留基準設定の後に食品衛生法に基づき食用作物における許容される農薬の残留上限値として設定されていた。このように農薬残留に関する基準が2本立てになっていたが、現在は農薬登録と同時に残留農薬基準が設定され、その値がそのまま登録保留基準として準用される仕組みに変更された。

以上のような、安全性データの評価を経て、ADIと作物残留基準が設定されたうえで農薬登録が得られる。無論、データに不備あるいは問題がある場合には登録は却下される。農薬登録と同時に、使用時期や使用回数などに関する安全使用基準や作業者が農薬の曝露を避けるためのマスク、手袋、メガネ、長袖シャツ等の着用などに関する使用上の注意事項が決定される。なお、2006年より農薬の残留に関するポジティブリスト制度が導入された（後述）が、ここに示した新規農薬の評価並びに登録手順に変更は無い。

図6には、最近登録となった農薬の登録申請時に提出した書類の写真を示した。左がデータ一式、右が提出書類、データの総量で5cmから9cmのファイルが25冊以上となった。一つのファイルについて、審査のために12~18冊と要求されるために、データの総量はダンボール箱40個であった。農水省の農薬検査部門へはトラックで運び込むことになる。農薬の安全性評価試験とリスク評価が如何に厳密に、かつ大規模に行なわれているかを感覚的に理解する一助となろう。

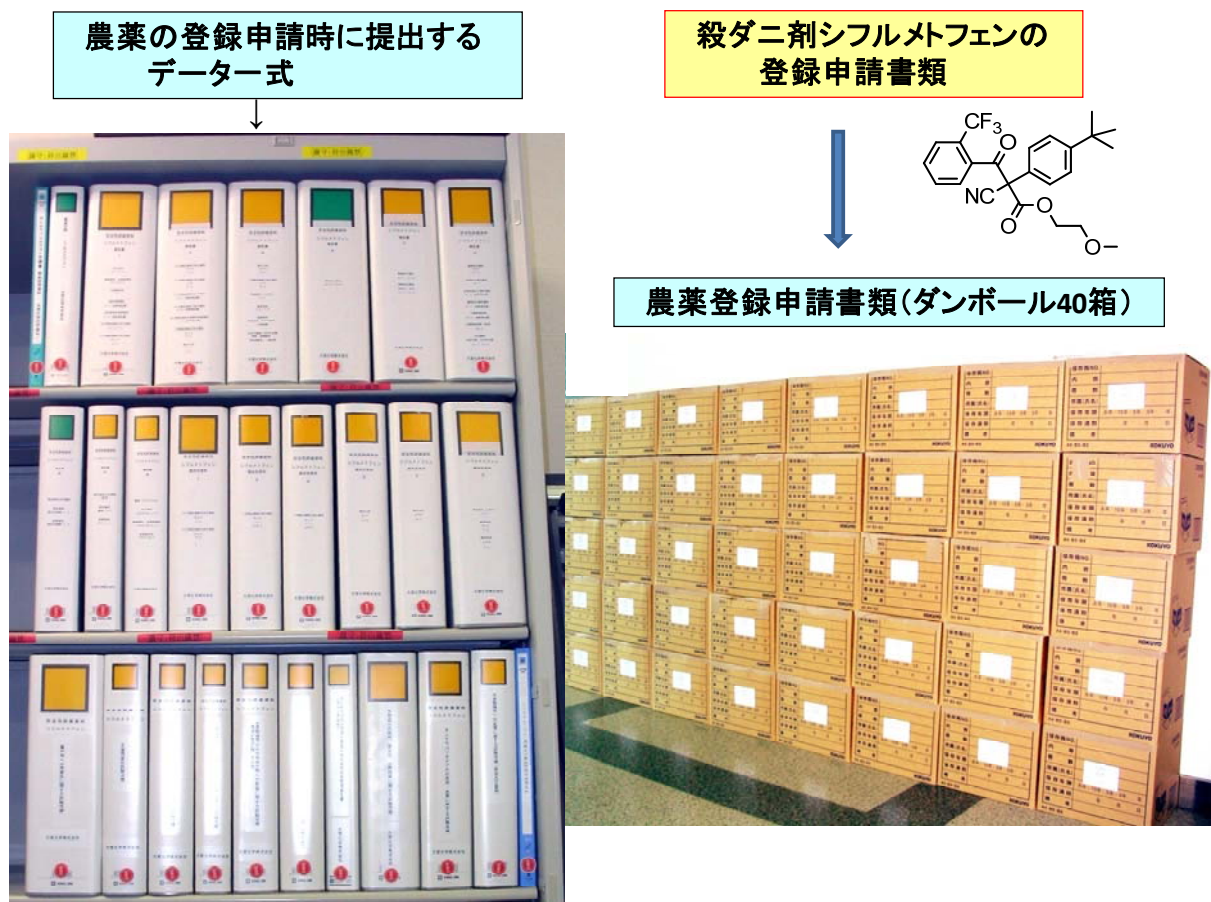


図6 最近登録となった農薬に関する登録申請時に提出した書類一式
(出典：大塚化学株式会社アグリテクノ事業部)

3-3. 残留農薬に関するポジティブリスト制度

ポジティブリスト制度とは、それまで設定されていた農薬、飼料添加物および動物用医薬品の残留基準を見直し、基準が設定されていない農薬等が含まれる食品の流通をも規制する制度であり、2003年に食品衛生法が改正されて2006年5月末より施行された。当時、我が国では農産物や加工食品等に残留する農薬に起因する健康被害は現実には発生していなかったが、残留農薬への漫然とした懸念の広がりや、外国産農産物の輸入増大にともない、残留基準が設定され国内で使用されている農薬のみならず、世界中で使用されている「全ての農薬と作物の組み合わせ」に対して残留基準を設定すべきであるという考え方の広がりに対応する措置であった。すなわち、食品衛生法に基づく残留農薬基準が設定されていない農薬が『一定量』を超えて残留する食品の販売等を原則禁止する制度である。

そのため、基準の存在しない全ての農薬と作物の組み合わせについて、国内外で科学的な根拠に基づいて定められている基準等を参考に暫定基準が設定された。科学的な根拠に基づいて定められている基準とは、国際基準であるコーデックス基準、当時、約350農薬について国内の農薬取締法に基づいて設定されていた農薬登録保留基準、米国、EU、カナダ等の先進国で設定されていた信頼性が高いと判断される海外基準などである。それ以外の外国では使用されているが国内で農薬として登録されていないなどの理由により基準が存在しなかった農薬に対しては、0.01ppmという一律基準が、科学的見地から人の健康にまず影響がないだろうとみなされる程度に十分に低い『一定量』として適用された。

新制度導入前のネガティブリスト制度では、超えてはならない農薬の残留リストに無い農薬、例えば、日本では使われておらず、海外のみで使われている農薬などの残留は規制出来なかった。一方、ポジティブリスト化後は、残留する可能性がある全ての農薬と作物の組合せに関して残留基準が設定され、規制されるようになった。

4. 作物への農薬残留の実態と人の健康に対するリスク

4-1. 農産物や加工食品等における農薬の残留実態

本項では、先に述べた農薬の残留基準と対比しながら、農薬残留の実態について検証してみたい。農産物や加工食品等への農薬の残留モニタリングは、目的や趣旨を異にするものの厚生労働省の検防所等、農林水産省の農林水産消費安全技術センター、地方公共団体の保健所等の検査機関、さらには生活共同組合、全農、農協、民間企業（自主検査）などで広範囲に行われており、公表された結果を見る限り、残留検査結果に大きな差異は認められない。表4には、コープネット商品検査センターが比較的最近（2000年3月から2001年3月）に67種の農薬について実施した残留農薬検査結果を示した（宇津木他，2001）。2,4-Dやカルベンダジムのように検出率が4%を超える農薬もあるが、多くの農薬で検出率が1%以下であり、平均検出率は0.93%であった。また、残留農薬基準あるいは登録保留基準を超える品目はそれぞれわずか4品目であった。

また表5には、2012年10月に厚生労働省が公表したポジティブリスト制度導入前後の2005年度と2006年度の農産物中の残留農薬検査結果を示した（厚生労働省，2013a）。2005年度の総検体数は約347万件に上り、農薬が検出された検体数は約7千件で0.20%、そのうち基準値を超えたものは僅か59件で0.0070%に過ぎなかった。一方、ポジティブリスト制度が導入された2006年度においては農薬検出数が増加し、基準値を超えた数は2005年度の59件から417件と大幅に増加した。しかしながら、大幅増とはいえ、基準値を超えた割合は、国産品で0.003%、輸入品で0.014%で合計では全検査数の0.012%に過ぎず、厚生労働省の発表に際しても「農産物および加工食品において農薬が検出された割合、基準値を超えた割合のいずれも極めて低いことから、我が国で流通している食品における農薬の残留レベルは低いものと考えられる」とのコメントが付けられていた。

表4 コープネット商品検査センターによる残留農薬検査結果

農薬名	用途	検体数	検出数	検出濃度 (ppm)	検出率 (%)	農薬名	用途	検体数	検出数	検出濃度 (ppm)	検出率 (%)
2,4-D	除草剤	67	5	0.01-0.02	7.46	ピリダフェンチオン	殺虫剤	610	4	0.02-0.10	0.66
カルベンダジム	殺菌剤	44	2	0.07-0.16	4.55	フサライド	殺虫剤	610	4	0.01-0.04	0.66
チオファネートメチル	殺菌剤	44	2	0.16-0.38	4.55	フェノチオカルブ	殺虫剤	610	4	0.22-1.73	0.66
メチダチオン	殺虫剤	610	24	0.01-0.80	3.93	EPN	殺虫剤	610	3	0.23-1.49	0.49
ジコホール	殺虫剤	610	21	0.01-2.25	3.44	フルバリネート	殺虫剤	610	3	0.12-0.04	0.49
クロルピリホス	殺虫剤	610	21	0.01-0.45	3.44	アクリナトリン	殺虫剤	610	3	0.01-0.56	0.49
イプロジオン	殺菌剤	610	20	0.02-1.09	3.28	シペルメトリン	殺虫剤	610	3	0.05-0.14	0.49
プロシミドン	殺虫剤	610	18	0.01-0.34	2.95	トリアジメノール	殺虫剤	610	3	0.01-0.04	0.49
クロルフェナビル	殺虫剤	610	17	0.01-0.44	2.78	フェンバレレート	殺虫剤	610	3	0.02-0.72	0.49
メソミル	殺虫剤	54	1	0.03	1.85	プロチオホス	殺虫剤	610	3	0.02-0.05	0.49
TPN	殺虫剤	610	10	0.01-0.31	1.64	エスフェンバレレート	殺虫剤	610	2	0.03-0.05	0.33
フルジオキシニル	殺虫剤	610	10	0.02-0.17	1.64	テプフェンピラド	殺虫剤	610	2	0.02-0.05	0.33
アゾキシストロビン	殺虫剤	610	9	0.02-0.42	1.48	トラロメトリン	殺虫剤	610	2	0.03-0.16	0.33
クロルピリホスメチル	殺虫剤	610	9	0.01-0.14	1.48	トリフルラリン	殺虫剤	610	2	0.05-0.09	0.33
ジエトフェンカルブ	殺虫剤	610	9	0.01-0.14	1.48	トルクロホスメチル	殺菌剤	610	2	0.04-0.37	0.33
ピテルタノール	殺菌剤	610	9	0.01-0.32	1.48	パラチオン	殺虫剤	610	2	0.02-0.03	0.33
フルフェノックスロン	殺ダニ剤	610	9	0.01-0.21	1.48	ピリダベン	殺虫剤	610	2	0.04-0.13	0.33
フェニトロチオン	殺虫剤	610	8	0.02-1.21	1.31	ペンディメタリン	除草剤	610	2	0.01-0.03	0.33
キナルホス	殺虫剤	610	7	0.01-0.84	1.15	クロルフェンピホス	殺虫剤	610	2	0.01-0.02	0.33
キャプタン	殺虫剤	610	6	0.03-0.26	0.98	ピリミホスメチル	殺虫剤	610	2	0.02-0.05	0.33
ミクロブタニル	殺虫剤	610	6	0.01-0.12	0.98	ホスチアゼート	殺虫剤	610	2	0.02-0.04	0.33
トリフルミゾール	殺虫剤	610	6	0.01-0.47	0.98	DDT	殺虫剤	610	1	0.01	0.16
フェントエート	殺虫剤	610	6	0.01-1.32	0.98	β-CVP	殺虫剤	610	1	0.01	0.16
フェンプロパトリン	殺虫剤	610	6	0.03-0.14	0.98	ジクロフルアニド	殺虫剤	610	1	0.03	0.16
ペルメトリン	殺虫剤	610	6	0.03-0.56	0.98	シフルトリン	殺虫剤	610	1	0.06	0.16
エチオン	殺虫剤	610	6	0.01-0.17	0.98	ダイアジノン	殺虫剤	610	1	0.02	0.16
ポリカーバメート	殺虫剤	110	1	3.51	0.91	フェナリモル	殺虫剤	610	1	0.01	0.16
マンゼブ	殺菌剤	110	1	0.31	0.91	フェニソプロモレート	殺虫剤	610	1	0.15	0.16
クレソキシムメチル	殺虫剤	610	5	0.01-0.89	0.82	プロピコナゾール	殺菌剤	610	1	0.05	0.16
ピフェントリン	殺虫剤	610	5	0.01-0.23	0.82	テトラジホン	殺虫剤	610	1	0.03	0.16
ブプロフェジン	殺虫剤	610	5	0.02-0.16	0.82	トリアジメホン	殺菌剤	610	1	0.02	0.16
マラソン	殺虫剤	610	4	0.03-0.13	0.66	シアノホス	殺虫剤	610	1	0.19	0.16
テブコナゾール	殺虫剤	610	4	0.02-0.10	0.66	テブコナゾール	殺菌剤	610	1	0.09	0.16
ベンゾエピン	殺虫剤	610	4	0.01-0.08	0.66	合計			349		

(注)：原表には検出された作物名も記載されているが、紙面の都合上割愛した

(出典：宇津木他, 2001)

ちなみに、ポジティブリスト制度導入後の違反事例の多くは中国、ベトナム、エクアドル、ガーナなどの発展途上国からの輸入品で、2007年5月28日付け日本農業新聞記事によれば、ポジティブリスト制度導入後6ヶ月間のこれらの国々からの輸入農産物に関する違反件数は、それぞれ112、68、59、54であった。ポジティブリスト制度導入後は、これらの国で残留基準が存在している農薬でも、日本で残留基準が存在しない場合には、0.01ppmという極めて低い一律基準が適用されることになったことが違反事例増加の一因と思われる。

以上のように、農産物や加工食品等における農薬の残留率および残留量は極めて低い。前述のように残留農薬基準は、基準を超える農薬を含む食品を一生涯という長期間にわたって摂取し続けた場合に何らかの健康障害が発現するか否かという基準であるため、上述した農薬の残留実態を勘案すれば残留農薬の健康リスクは極めて低いと判断される。

表5 2005年度および2006年度の農産物中の残留農薬検査結果

(2012年10月29日 厚生労働省医薬品局食品安全部基準審査課 公表)

- ・2005年度に実施された農産物中の残留農薬検査結果をとりまとめるため、地方公共団体及び検防所(*)における検査結果を合わせて集計しました。その概要は以下のとおりです。(*)検防所における検査については、登録検査機関による通関前に実施される命令検査及び自主検査を含みます。
- ・2006年度に実施された農産物中の残留農薬検査結果をとりまとめるため、地方公共団体及び検防所における検査結果を合わせて集計しました。その概要は以下のとおりです。

2005年度		2006年度	
総検査数(件)	3,473,921	総検査数(件)	3,455,719
国産品(件)	511,825	国産品(件)	633,203
輸入品(件)	2,962,096	輸入品(件)	2,822,516
農薬検出数(件)	7,010 (0.20%)	農薬検出数(件)	9,804 (0.28%)
国産品(件)	1,778 (0.35%)	国産品(件)	2,314 (0.36%)
輸入品(件)	5,232 (0.18%)	輸入品(件)	7,490 (0.27%)
基準値を超えた数	59 (0.0070%)	基準値を超えた数	417 (0.012%)
国産品(件)	8 (0.0032%)	国産品(件)	21 (0.003%)
輸入品(件)	51 (0.0086%)	輸入品(件)	396 (0.014%)
本集計結果は2004年度の集計結果とほぼ同様の傾向を示しており、農薬が検出された割合、基準値を超えた割合のいずれも極めて低いことから、我が国で流通している農産物における残留レベルは低いものと考えられました。		2006年度にポジティブリスト制度が導入されたことから、2006年度の検査結果は2005年度と比べて検出数、基準値を超えた数とも増加しているものの、農産物における農薬が検出された割合、基準値を超えた割合のいずれも極めて低いことから、我が国で流通している食品における農薬の残留レベルは低いものと考えられます。	

(出典：厚生労働省ホームページ, 2013)

4-2. 消費者の残留農薬摂取の実態と健康リスク

表6には、厚生労働省が2013年4月に公表した2005～2010年度の日本人の農薬等の平均一日摂取量、一日摂取許容量(ADI)および対ADI比率(%)に関するデータのうち2009～2010年度の部分の抜粋データを示した(厚生労働省, 2013b)。これらの摂取量の計算は、農作物の残留量データを基に算出されている。いずれかの食品群において一度でも検出された47農薬の中の代表的20農薬においてADIに対する割合の最も高い薬剤は、メチダチオンで5.92%であった。次いで、クロルピリホス(4.97%)、EPN(3.74%)が続く。それら以外のほとんどの農薬では1%以下であった。このように、日本人の残留農薬の日々の摂取量がADIを大きく下回っていることから、国民が例え一生涯に渡って毎日摂取したとしても健康リスクはほとんど無いと言える。

さて、これまで述べた農産物への農薬の残留量調査は、収穫直後の農産物を対象に行われる。しかしながら、消費者は通常、農産物を洗浄し、調理を行った後に摂取する。したがって、作物中に残留する農薬が「水洗、煮る、いためる、焼く、蒸す、漬ける」という操作により、かなり減少するものと思われる。農産物中の残留農薬の洗浄・調理による減少率に関する幾つかの実験データが存在する。1例を挙げれば、イプロジオンという殺菌剤の場合、水洗で77%の減少、煮る、いためる、蒸す、漬けるでそれぞれ15、19、12、および17%の減少であった。プロシミドン(殺菌剤)の場合には、水洗、いためる、焼く、蒸すでそれぞれ48、56、66、0%

の減少率であった（日本植物防疫協会, 1989）。これらのデータは、残留農薬の相当量が洗浄・調理により除去あるいは分解され、大幅に減少することを明確に示している。したがって実際に人の口に入る残留農薬量は、収穫時の残留分析データより算出される量よりはるかに少ないことを示唆している。

表 6 いずれかの食品群において一度でも検出された 47 農薬等の平均一日摂取量 (ADI)
- 代表的 20 化合物について表示 -

農薬等の名称	平均一日摂取量 ($\mu\text{g}/\text{人}/\text{日}$)		対ADI比(%)		ADI (一日摂取許容量) ($\mu\text{g}/\text{人}/\text{日}$)
	2009年	2010年	2009年	2010年	
DDT	12.71	5.11	2.38	0.96	533
EPN	2.79		3.74		75
アセタミプリド	3.91	2.92	0.10	0.08	3,784
アセフェート	4.30	2.03	3.36	1.59	128
イマザリル	2.18	3.64	0.14	0.23	1,599
インドキシカルブ	2.50	2.72	0.90	0.98	277
グリホサート		32.11		0.08	39,975
クレソキシムメチル	3.15	2.69	0.02	0.01	19,188
クロルピリホス		2.65		4.97	53
クロルヘナピル	3.63	3.33	0.26	0.24	1,386
クロルプロファム	5.43	2.24	0.10	0.04	5,330
チアベンダゾール	1.08	3.62	0.02	0.07	5,330
ピペロニルブトキシド	2.05	2.89	0.02	0.03	10,660
ピラクロストロビン		1.75		0.10	1,812
フェンプロパトリン	4.15	3.44	0.30	0.25	1,386
フルジオクソニル	1.90		0.01		17,589
プロシモドン	4.15	3.41	0.22	0.18	1,866
マラチオン	3.25		0.02		15,990
メチダチオン	2.13	3.15	4.00	5.92	53

(注)：厚生労働省が2013年4月15日に公表した2005～2010年度の日本人の農薬等の平均一日摂取量、一日摂取許容量(ADI)、および対ADI値に関するデータのうち2009～2010年度の部分を抜粋
(出典：厚生労働省ホームページ, 2013b)

5. 天然物の安全性・有用性と残留農薬

5-1. 食品に含まれる天然化学物質とその健康リスク

これまで述べてきたように、消費者をはじめ多くの人々は、たとえ微量といえども農産物や加工食品等に農薬が残留することについて危惧の念を抱いている。一方、消費者が日ごろ食している食品に含まれる天然化学物質については、天然由来ということで無条件に安全であると認識しているが、天然化学物質についても事実はどうであるか、すなわち健康リスクを検証すべきであると思われる。その際に、残留農薬は食品を通じ天然由来の化学物質に上乘せする形で摂取されるので、作物の栽培に農薬を使用せずに農産物への農薬の残留をゼロにすべきとの考え方も存在することを念頭におく必要がある。しかしながら、現実には人の生存に必要な食糧を十分量確保するために、作物栽培における農薬の使用は不可欠であり、農薬の農産物などの食品への残留は避けがたい。ただし、前述したように使用された個々の農薬の残留物が農産

物から検出される割合は 0.3%以下と極めて低く、残留量も少ない。さらに、残留農薬については各種の毒性試験結果に基づいたリスク評価がなされ、その安全性が確保されている。このように農薬の食品への残留頻度が極めて低く健康リスク評価もなされている。このことを踏まえ、食品中に同時に存在する天然化学物質の毒性影響については、天然化学物質そのものに焦点を当ててその存在量や毒性について検討するのが適切と思われる。

まず、少々古いデータであるが、キャベツに含まれている 49 種の天然の化学物質とその代謝物に関する報告について述べる (Ames, 1990)。グルコシレート類、インドール類、イソチオシアネート類、アルコール類、ケトン類、フェノール類などで、名前を聞いただけで毒性が強いのではと感じられるシアン誘導体も 9 種類が含まれている。実際には、これらの天然化学物質の毒性は明らかにされていない。そこで、表 7 に食品に含まれる天然物でその毒性が報告されているものを示した (Freudenthal et. al., 1993)。左の覧には食品中に存在する天然物、中央の覧にはそれらの毒物がどのような食品に含まれるかが示されている。右の覧には、それらの毒物によりどのような病気、疾病が引き起こされるかが示されている。アフラトキシン、パツリン、トマチン、ソラニンなどは各種のがん、腎障害、神経系への悪影響を引き起こすことが知られている。

表 7 食品に含まれる天然毒物の例

毒物名	含有する食品	発現する病気
アフラトキシン	とうもろこし 小麦、豆、ピーナッツ、 穀類、ミルク	肝がん、肝変性
パツリン	りんご、りんご製品	肺および脳の浮腫 腎障害、がん
ステリグマトシステチン	とうもろこし 大豆、小麦、ピーナッツ、 チーズ	肝がん
T-2トキシン	穀粒、とうもろこし	内出血、皮膚疾患、 神経病
オクラトキシン A	穀粒、とうもろこし	腎障害、先天性欠損症 (奇形)
ヒドラジン類	マッシュルーム	肝癌、肺がん、胃がん
トマチン	トマト	心拍異常、血液疾患、死
ソラニン	ジャガイモ	神経系への影響、死

(出典 : Freudenthal et. al., 1993)

これらの天然毒物の中で、ソラニンはジャガイモに含まれる。ジャガイモは 500 年前に南アメリカからヨーロッパに導入されたが、当時のジャガイモには多くのソラニンが含まれていたため、食べる前にすりつぶして水洗いをして毒物を取り除く必要があった。アイルランドやイギリスで開発された新品種はソラニン含量が低く、処理なしで食べることができるようになり、現在に至っている。ところでジャガイモに光を当てると、葉緑素とソラニンが生成する。欧米や日本で皮が緑色になったジャガイモを食べたことに起因する中毒事故が時折報告される。このジャガイモの食の経緯は、人類の食糧確保の歴史が、食べ物から毒性のある天然化学物質を取り除く、あるいはその含量を減らす試み、努力の歴史であったことを如実に物語っている。「天然」、「自然」は決して常に人に優しくした訳ではない。「天然物」であるから、即、「安全である」とは決して言えない。

表 8 には、米国の著名な科学雑誌である *Proc. Natl. Acad. Sci.* に掲載された食品中の天然化学物質の発がん性に関するデータの一部を代表的事例としてを示した (Ames, 1990)。表より明らかのように、何らかの理由により発がん性試験が実施された天然化学物質のうち、メトキ

シソラレン、シニグリン、アリルイソチオシアネート、リモネンなどの発がん性物質が、パセリ、セロリ、キャベツ、からし、オレンジジュースなど日頃、我々が飲食している多くの作物や食品中に、数 ppm オーダーから多いもので数万 ppm のオーダーで含まれている。田畑に散布された農薬の作物中における残留量と比較して、際立って多い含有量である。消費者は知らず知らずのうちに、食事を通じ発がん物質を摂取していることになる。この事実も、「天然物」すなわち「安全」とは言えないことを示している。

表8 食品中の天然化学物質の発がん性

植物性食品	動物での発がん物質	濃度 (ppm)
パセリ	5-, 8-メトキシシソラレン	14
セルリー	"	0.8
セルリー(新栽培変種)	"	6.2
セルリー(ストレス付与)	"	25
マッシュルーム(市販)	p-ヒドラジノ安息香酸	11
マッシュルーム	グルタミル-p-ヒドラジノ安息香酸	42
キャベツ	シニグリン	35 - 590
カリフラワー	(アリルイソチオシアネート)	12 - 66
芽キャベツ	"	110 - 1,560
芥子(褐色)	"	16,000 - 72,000
オレンジ・ジュース	リモネン	31
胡椒(黒)	"	8,000
バシル	エストロゴール	3,800
ナツメグ	サフロール	3,000
胡椒(黒)	"	100
パイナップル	アクリル酸エチル	0.07
バシル	酢酸ベンジル	82
ジャスミン茶	"	230
リンゴ、空豆、梨、さくらんぼ	カフェ酸	50 - 200
コーヒー(焙煎)、葡萄、なす	"	
あんず、プラム	クロロゲン酸	50 - 500
コーヒー(焙煎豆)	"	>1,000
りんご、桃、梨、あんず	ネオクロロゲン酸	50 - 500
アブリコット、ブロッコリー	(カフェ酸)	

(出典：Ames, 1990)

5-2. 天然化学物質の安全性評価

多種多様な天然化学物質に関して有益な薬理作用については詳細に調べられているが、農薬や食品添加物について実施されているような実験動物を用いた厳密かつ詳細な安全性評価試験は、一部の例外を除き最近までほとんど行われていなかった。天然物は安全であるという思い込みが一因と思われる。最近になり天然物の負の側面として毒性影響が認識されるようになり、天然物についても詳細な毒性試験が実施されるようになった。

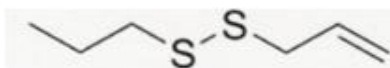
相楽総一は、「アカネ色素使用禁止が明示する天然食品添加物『安全神話』の崩壊」という記事の中で、「国立医薬品食品衛生研究所の試験により、アカネ色素(アカネ科に属するセイヨウアカネの根っこを粉末にした食品添加物)がラットの腎臓の採尿管に発がん性を有することが

明らかとなった。食の安全、自然食ブームのなか、合成添加物は危険で天然物は安全という、ある種の『神話』が生まれた。しかし、天然は必ずしも安全ではないのだ」との指摘を行っている（相楽、2004）。

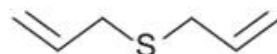
更年期障害や糖尿病の改善に効果があり骨粗しょう症に対しても有効と言われて、もてはやされている大豆イソフラボンについては、一方で有害性を示唆する報告も出されている。そのため、食品安全委員会は2005年12月に「大豆イソフラボンを含む特定保健用食品の安全性評価の基本的な考え方」を取りまとめ、公表した。それによれば、1日当たりの大豆イソフラボンの摂取目安量の上限値を70~75mgとし、そのうち、サプリメントや特定保健食品などで摂取する量は1日当たり30mgまでが望ましいとしている。この摂取目安量設定の基礎になったのが、日本人の食経験に基づく大豆イソフラボンの一日摂取目安量（64~76mg/日）と、ヒト臨床研究であった。ヒト臨床研究においては、閉経後の女性が150mg/日を5年間、含有錠剤として摂取した。その結果、子宮内膜増殖が有意に高く発症した。このデータを根拠に、個人差等を考慮し、約1/2量である75mg/日を上限摂取目安量とした（寺尾、2006；井藤、2006）。特定保健用食品としての大豆イソフラボンの「一日上乗せ摂取量」の上限値（30mg/日）の設定に関しては、閉経前女性を対象とした摂取試験で57.3mg/日の上乗せ摂取で影響がみられたため、個人差等を考慮し、約1/2量の30mgを一日上乗せ摂取量として設定した（寺尾、2006；井藤、2006）。ちなみに、イソフラボンの目安摂取量の設定においては、安全係数として農薬や食品添加物の場合に通常用いる1/10ではなく、1/2を掛けている。うがった見方をすれば、1/10を掛けてしまうと、イソフラボンを含む大豆を健康上有害であるがゆえに食べてはいけないということになり、これまでの長年の我われ日本人の食経験と矛盾する結果になりかねないと思われる。

また、国立医薬品食品衛生研究所の主任研究官を務める畝山智香子博士は著書の中で、食品そのものの安全性を食品添加物や残留農薬と同じような基準で評価したらどうなるかという興味あるシミュレーションを行っている（畝山、2009）。その幾つかを紹介する。

まず、タマネギの急性毒性を食品添加物として評価したらどうなるであろうか。タマネギは食品添加物でないため、安全性に関する評価基準を満たすデータは存在しないが、獣医学の分野ではタマネギを食べることによる中毒症例が、多くの動物で報告されている。国際獣医情報サービスによればウシ、ウマ、ヒツジ、ヤギでタマネギ中毒が報告されている。また、米国動物虐待防止協会のパンフレットによれば、ネコの場合5g/kg、イヌは15~30g/kgで中毒症状が発症する。原因物質はタマネギに含まれるアリルプロピルジスルヒドである。したがって、タ



アリルプロピルジスルヒド



硫化アリル

マネギは幅広い種類の動物に急性中毒症状を誘発し得ると言える。ヒトでもタマネギを刻むときに涙がでて困ったという経験のある方は多いと思われる。食べたときの影響ではないが、使用者への悪影響ということになる。原因物質はタマネギに含まれる硫化アリルである。ちなみに、涙が出て困るという症状は、毒性学の専門用語では「重度の眼刺激性」であり、仮に農薬として評価すれば、即、登録取り消し、回収命令が出されかねない代物である。

畝山は次に、クウェートの研究者らがタマネギを健康食品にしようとして行った毒性試験の報告 (*Journal of Ethnopharmacology*) を参考にして、タマネギの長期毒性を食品添加物として評価した際のシミュレーションを行っている。皮を剥いたタマネギを生理食塩水中ですりつぶしたものを、ラットに毎日タマネギ相当量で50mg/kgと500mg/kgを4週間にわたって経

口投与した結果、無毒性量として 50mg/kg、人に対する一日摂取許容量 (ADI) として 0.5mg/kg 体重という値が得られた。この値から体重 50kg の人が一日当たり食べられる量を算出すれば、僅か 25mg となる。消費者は、健康リスクを考えれば、タマネギをほとんど食べてはいけないという奇妙なシミュレーション結果である。

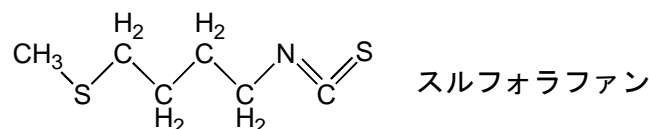
三つ目のシミュレーションは、ジャガイモに含まれる配糖体の安全性を残留農薬として評価するというものである。ジャガイモには既に述べたソラニンとともにチャコニンというアルカロイド配糖体が含まれている。これらの物質は比較的毒性が高いことが知られており、日本を含め世界中で死亡者を含む中毒例が報告されている。人の中毒事例から、致死量は 3~6mg/kg 体重、毒性がみられる量は 1~3mg/kg 体重とされている。この値から、専門的な計算方法は省略するが、摂取許容量を計算すると 8ppm 程度になる。一方、市販のジャガイモ (メークイーンと男爵) に含まれるソラニンとチャコニンの量は、皮で 190~320ppm、皮を剥いた中身で 2.7~12ppm である。残留農薬の検査は皮ごとで行うため、市販のほぼすべてのジャガイモが「基準値違反で回収」ということになる水準となってしまう。

以上のように、タマネギやジャガイモの安全性に関するシミュレーション結果は、食品自体の安全性基準が残留農薬より遥かに緩いことを示している。人のデータの場合は 1/10、動物のデータの場合は 1/100 という農薬や食品添加物と同じ安全係数を採用して規制してしまうと食べられなくなってしまう。農薬や食品添加物だけをこんなに厳しく規制することに意味があるかという疑問が湧いてくるが、逆にいえば、農薬や食品添加物の安全性はそれだけ確保されている証拠と言えよう。

5-3. 天然化学物質の抗がん作用

これまで天然に存在する毒性作用を有する化学物質について述べてきたが、これらの食品中に存在する毒性物質を直ちに恐れるのは早計と思われる。食品中にはこれらの毒性物質と同時に、抗アレルギー作用、脳卒中などの成人病抑制作用、免疫増強作用等の人の健康にとって好ましい作用を示す各種の化学物質も含まれている。がんを抑える作用を有する天然化学物質も数多く存在することが知られている。緑黄色野菜や果物の中にはβ-カロチンやビタミンAが含まれ、柑橘類の果実と緑黄色葉菜類はビタミンCの供給源である。これ以外に、ビタミンE、セレン、さらにはリモネン、オイゲノール、クマル酸などの各種の抗酸化剤などが抗がん作用を有することが知られている。

ブロッコリーにがん予防の優れた効果があることが、米国ジョーンズ・ホップキンス大学のポール・タラレー博士の研究によって明らかにされて以来、米国や日本ではブロッコリー、特にブロッコリースプラウトという発芽ブロッコリーが健康食品としてもはやされるようになった (Fahey et. al., 1997; ユー・ウエイ, 2000)。タラレー博士は、「ブロッコリーにはスルフォラファンを生成するイオウ化合物が豊富に含まれており、そのスルフォラファンに非常に優れたがん予防効果がある」ことを報告するとともに、作用メカニズムについて報告した。



以上のように、我々は日ごろ野菜や果物から発がん性を有する天然化学物質とともにがんを防ぐ作用を有する天然化学物質も摂取している。さらに、人を含め動物は常に発がん物質を摂取しているため、その進化の過程で体内にこれらの毒性物質に対する防御機能ができあがっており、発がん物質を摂取しても直ちにがんを発生させることはないと考えられる。食事が原因で発生するがんを予防するという観点からは、その食品に発がん物質が含まれているか否か、あるいは微量の農薬が残留しているか否かなどを気にせず、偏食せずにバランスの良い食事を摂ることが肝要と思われる。このことよって、微量の発がん物質とともに抗がん物質も摂取す

ることができる。

ちなみに、一般向けに編集された家庭医学書に載っている『がんを防ぐための12ヶ条＝国立がんセンターによる』によれば、がんを防ぐためには、「いろいろ豊かな食卓にして～バランスのとれた栄養をとる」、「毎日、変化のある食生活を」、「食べすぎをさげ、脂肪はひかえめに」、「酒はほどほどに」、「タバコを少なくする」、「緑黄色野菜をたっぷり～食べ物から適量のビタミンと繊維質のものを多くとる」、「焦げた部分はさける」、「カビの生えたものに注意」、「日光にあたりすぎない」などが列記されている。これまでの検証結果に照らし合わせた場合、当然のことではあるが、「残留農薬や食品添加物に注意」という項目は見当たらない。医学の専門家は、人が日々微量に摂取する可能性がある残留農薬とがんとの関係を明確に否定していると思われる。

6. 残留農薬による急性毒性発症の可能性と食中毒

6-1. 食中毒の実態と残留農薬

本項では我が国における食中毒の発生状況とその原因物質について述べる。消費者が常に心配している残留農薬や食品添加物による食中毒は発生しているのだろうか。

表9には1996年から2005年間の食中毒の発生状況を示した（一色, 2007）。1996年から2005年の10年間の食中毒の発生件数は年間1,500～3,000件で、食中毒患者数は3万人から4.5万人で推移している。そして毎年、数人が食中毒で死亡している。食中毒の原因としては、細菌とウイルスが圧倒的に多く発生件数の70～80%、患者数の90%以上を占める。細菌性食中毒においては1990年後半までは、腸炎ビブリオ、サルモネラ、黄色ブドウ球菌が原因の多くを占めたが、1995年以降は病原大腸菌、1997年以降カンピロバクター、そして2000年以降ノロウイルスが増加した。最近では腸管出血性大腸菌O-157やO-111による集団食中毒事件が多発している。

これらの食中毒のうち、野菜類およびその加工品による食中毒発生率は、全食中毒件数の2%前後で、きのこ類が含有する天然毒物による中毒事故を加えても4%前後である。野菜を原因とする食中毒事件における原因は、サルモネラ、病原大腸菌、ノロウイルスなどの病原微生物が大半を占める。原因野菜の種類としては、発酵の未熟な浅漬け、和風キムチなどが目立つ。サルモネラや大腸菌O-157は家畜由来の病原菌であり、生産段階での野菜の汚染が食中毒の主な原因と推察される（一色, 2007）。ちなみに、2006年の食中毒による死者は6名で、その原

表9 我が国における食中毒の発生件数

過去10年間*の食中毒患者数:	35,000～45,000人/年（1996～2000年） 30,000人弱/年（2001～2005年）
過去10年間*の食中毒件数:	1,500～3,000件/年
過去10年間*の食中毒による死者数:	数人/年
食中毒の原因:	細菌とウイルス（発生件数の70～80%、患者数の90%以上）
野菜類およびその加工品による食中毒発生件数:	年間2%前後（きのこ類の天然毒素を加えると4%前後）

* 1996年～2005年

（出典：「一色, 2007」のデータを基に作図）

因は細菌による者が2名（サルモネラ菌1名、ウエルシュ菌1名）、自然毒による者が4名（毒きのこ2名、毒草1名、フグ1名）と報告されている。なお、2011年にはドイツなどの欧州で発芽野菜が原因とされる大腸菌O-104による大規模な食中毒事件が発生し、2011年7月27日時点で、欧州の患者数は3,910名、死者数は46名となっている（食品安全委員会, 2013a）。

これらのデータをみる限り、我が国においては作物に残留する農薬や食品添加物に由来する食中毒は報告されていない。前述した冷凍ギョーザに意図的に加えられたメタミドホスおよび豆腐製造過程で混入した殺虫剤エンドスルファンによる中毒事件が発生しているが、いずれも作物への残留が原因ではない（食品安全委員会, 2013b）。消費者の心配とは裏腹に残留農薬による食中毒は発生していないと言えよう。

6-2. 残留農薬に関する急性参照用量

農作物や加工食品等における残留基準は、動物実験に基づいて定められる人に対する一日摂取許容量（ADI）に基づいて設定されていることを再三にわたり述べた。また、政府などによる膨大な数の残留分析結果から、基準を超える農薬が残留する農産物や加工食品等の割合は0.01~0.03%程度であり、人が残留基準を超える農薬を毎日摂り続ける可能性、および人が慢性的な毒性影響を受ける可能性は極めて小さいことを述べた。

一方、中国産冷凍ギョーザによる食中毒事件を契機に、その原因物質であったメタミドホスとアセタミプリドの2剤に、参考値として急性参照用量（ARfD: Acute Reference Dose）が設定された。ARfDとは、24時間以内に摂取した食品や水に含まれる物質が、現時点での知見から消費者に対して何らの健康リスクも示さない量である。単回投与試験での血液、免疫、神経系、肝臓や腎臓への毒性や内分泌への影響等を指標にして無毒性量を設定し、安全係数で除したものであり、体重1kgあたりの薬量（mg）で示される。要するに、一過性の摂取で健康影響があるか否かを判断する目安である。例えばメタミドホスの場合、単回投与試験でラットを用いた急性神経毒性試験を行ったところ0.7 mg/kg 体重投与群雌雄で脳および赤血球コリンエステラーゼ活性が20%以上抑制されたが、0.3mg/kg 体重では見られなかったことから無毒性量は0.3mg/kgとなり、安全係数100で除した0.003mg/kg体重/日をARfDとして算出した（畝山, 2009）。なお、国際機関であるFAO/WHO合同残留農薬専門会議（JMPR）が設定したARfDは、 $0.3 \div 25$ （安全係数）= 0.01 mg/kg体重/日である。ちなみに、ADIは0.0006 mg/kg体重/日である。ARfDとADIとでは対象とする毒性影響が異なることもあり、ARfD値はADI値と同じ値とは限らない。ちなみにメタミドホスの場合は、ARfD値はADI値の5倍以上となる。

消費者が残留基準を超える農薬を含む食品を一生涯食べ続ける可能性は極めて低いが、散布者が作物に過って極めて高濃度の農薬を散布した事故などに際し、多食者が平均残留値の中の最高残留個体を、たまたま食べる場合も想定されることから、今後、ARfDも食品の健康リスクに関する重要な指標になると思われる。

7. 農薬や化学物質のリスクコミュニケーション

食べる健康リスクを考えるに際し、消費者が食品中に存在する残留農薬や天然化学物質の健康リスクを正しく認識することが極めて重要である。図7には、農薬のリスク評価、リスク管理、およびリスクコミュニケーションの関係を示した。

農薬について種々のデータ・情報に基づきそのリスクを判定するのが、リスク評価である。ある農薬が安全であるか否かは毒性の強さといった物質の固有の性質だけでなく、その物質への曝露量と曝露時間で決まる。そこで、食品のリスク評価では食品中に潜在的に危害因子が存在しているとの前提で、定められた条件下で人間に及ぼす有害な作用とその強度を科学的知見に基づき評価する。リスク評価で判明したリスクを受け入れるべきか、低減化を図るべきかを検討するのがリスク管理である。ゼロリスク（絶対安全）はあり得ない。農薬の場合は、農薬取締法、食品衛生法、環境基本法等に基づき残留農薬の基準が定められる。新しい知見が得ら

ればそれに基づいて再検討され、3年毎に見直して再登録が行われる。リスクについての正確な情報を一般に広く提供し、相互理解を深めるのがリスクコミュニケーションである。

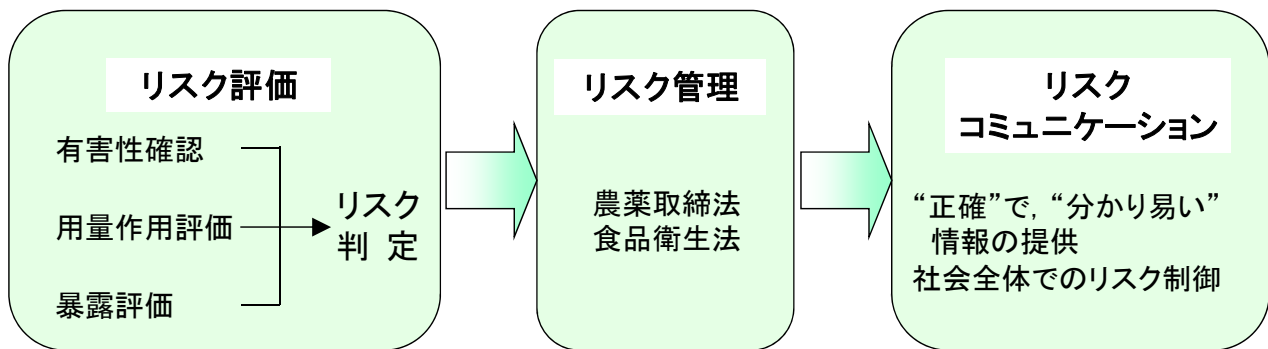


図7 農薬のリスク評価、リスク管理、リスクコミュニケーションの関係
(出典：梅津, 2008)

消費者の不安は、多くの場合、正確な情報の不足に起因している。科学的な安全性と消費者の心理的な安心の乖離を埋めて社会全体でリスクを制御していくためには、わかりやすい情報を十分に提供して理解を深めていくことが望まれる。とはいえ、リスクコミュニケーションは容易ではない。Dow ChemicalのR. H. Strang博士は第3回環太平洋農薬科学会議における基調講演で、「① マスコミは、センセーショナルな見出しを付けて、効果的に人々を恐怖に落とし入れるキャンペーンを撒き散らす上で重要な役割を果たしている、② 国際食品情報協議会の調査によれば、ジャーナリストが食物、栄養物、および食品の安全性について正しく伝えている割合は6%に過ぎない、③ CDC（米国疾病予防管理センター）やFDA（米国食品医薬品局）などの名声の高い科学をベースとした機関のインターネットサイトを見れば、バランスの良い情報が提供されているが、大衆の興味を引くには程遠い」と述べている。日本でも残念ながら状況は類似している。マスコミを通じて正しい情報が伝わることについては期待薄の状況が生じているので、消費者の立場に立てば農薬に関する正しい情報を入手するのが容易ではない。

表10には米国から入手した「リスクコミュニケーションに関する逸話」を示した。米国アイダホ州の高校生が秋の科学祭りで、一等賞を獲得した話である。原文が英語であるので、適宜、日本語訳を表中に記入した。この高校生は、「大量の発汗と嘔吐を引き起こすかもしれない」、「酸性雨の主成分である」、「気体状態で重度のやけどを引き起こすことがある」、「誤って吸入した場合、死亡を引き起こすことがある」、「末期がん患者の腫瘍中に存在する」などの性質を有するジハイドロジェンモノオキシドという化学物質を禁止すべきか否か50人に尋ねた。その結果、43名がはい、6名が解らないと答え、1名のみが禁止する必要なし（正解）と答えたという内容である。ジハイドロジェンモノオキシドはカタカナ（原文では英語）で書いてあるが水素が2個、酸素が1個という物質、すなわち、 H_2O 、水である。表中に記載されている7項目の性質は、いずれも水の性質に間違いはない。ちなみに、タイトル、“How gullible are we?”を日本語に訳すと、「我々はいかにだまされ易いか」で、高校生は科学的に正しい表現を用いて、多くの人をだましたということによって一等賞を獲得した。水さえも説明の仕方や報道の仕方によっては、人の健康に取って極めてリスクが高いとうけ取られかねない。

この逸話は、リスクコミュニケーションの難しさ、意図的な先入観を持った報道の恐ろしさを如実に示している。農薬や天然化学物質あるいは食に関する報道においても、「結論、先にありき」でこのようなリスクコミュニケーション手法が取られことがないことを切に望む。

表 10 リスクコミュニケーションに関する逸話

"How Gullible Are We?"	
<p>A student at Eagle Rock Junior High won first prize at the Greater Idaho Falls Science Fair, April 26 (2003). He was attempting to show how conditioned we have become to alarmists practicing junk science and spreading fear of everything in our environment. In his project he urged people to sign a petition demanding strict control or total elimination of the chemical "dihydrogenmonoxide."</p>	<p>化学物質:ジハイドロジェンモノオキシドの使用を規制あるいは禁止すべきか?</p>
<p>And for plenty of good reasons, since:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. it can cause excessive sweating and vomiting (大量の発汗と嘔吐を引き起こすかもしれない) 2. it is a major component in acid rain (酸性雨の主成分である) 3. it can cause severe burns in its gaseous state (気体状態で重度のやけどを引き起こすことがある) 4. accidental inhalation can kill you (誤って吸入した場合、死亡を引き起こすことがある) 5. it contributes to erosion (浸食の原因となる) 6. it decreases effectiveness of automobile brakes (自動車のブレーキの効きを悪くする) 7. it has been found in tumors of terminal cancer patients (末期がん患者の腫瘍中に存在する) 	
<p>He asked 50 people if they supported a ban of the chemical. Forty-three (43) said yes, Six (6) were undecided,</p>	<p>50名にこの物質を禁止すべきか否か尋ねたところ: 43名がはい、6名が解らないと答えた。1名のみが正解(禁止する必要なし)であった。</p>
<p>and only one (1) knew that the chemical was water.</p>	
<p>The title of his prize winning project was, "How Gullible Are We?"</p>	

(出典: シンジェンタジャパン株式会社より入手した資料を基に作表)

参考文献:

1. Ames B. N., Profet M., and Gold L.S., (1990) Dietary pesticides (99.99% all natural), *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 87, 7777-7781
2. Fahey J. W., Zhang Y., and Talalay P., (1997) Broccoli sprouts: an exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 94, 10367-10372
3. 一色賢司 (2007) 生食分化と安全性の確保, FFI ジャーナル 212 (8), 619-621
4. 井藤秀喜 (2006) 大豆イソフラボンの安全性評価の考え方と問題点, 「第 4 回食品安全フォーラム」講演要旨, 13-23
5. 宇津木義雄, 大村慎, 佐野徹, 名取規雄 (2001) コープネットの残留農薬検査と有機農産物をめざした取り組み, 「第 24 回農薬残留分析研究会」講演要旨 18~26
6. 畝山智香子 (2009) ほんとうの「食の安全」を考える ゼロリスクという幻想, 化学同人
7. 梅津憲治 (1998) 農薬と人の健康-その安全性を考える-, 日本植物防疫協会
8. 梅津憲治 (2003) 農薬と食: 安全と安心-農薬の安全性を科学として考える-, ソフトサイエンス社
9. 梅津憲治 (2006) 『農薬とは』その安全性を考える 農薬 Q&A - 農薬の安全性に関する疑問に答える-, 日本農薬学会誌, 31, 206-218
10. 梅津憲治 (2008) 農薬に関する消費者との対話: 安全性を如何に説明するか, 日本農薬学会誌, 33, 209-218
11. 梅津憲治 (2011) “農薬が危ない!”と誰が言っているの? - 如何にして人々の農薬に対す

- る意識を変えるか—, 日本農薬学会誌、36, 308-311
12. B.N. Ames (1990) 環境と食品中の発癌物質 癌を防ぐために, フレーザー研究所の午餐会での講演記録, p.10
 13. 株式会社エス・ディー・エスバイオテック研究部、大塚化学株式会社農薬肥料開発部 (2003) 殺菌剤オキシポコナゾール フマル酸塩の毒性試験の概要, 農薬時報別冊, 第 555 号, 2-6
 14. 黒木登志夫 (1990) 人はなぜ癌になるか?, 暮らしの手帳, 25 (4, 5), p.102
 15. 厚生労働省ホームページ (2013a) 食品中の残留農薬検査結果の公表について (平成 17~18), <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/zanryu2/121029-1.html> (2013 年 10 月 14 日閲覧)
 16. 厚生労働省ホームページ (2013b) 「食品中の残留農薬等の一日摂取量調査結果の公表について」, <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/zanryu2/130415-1.html> (2013 年 7 月 3 日閲覧)
 17. 相楽総一 (2004) 食卓に忍び寄る魔の手「アカネ色素」使用禁止が明示する天然食品添加物“安全神話”の崩壊, 財界展望、2004 年 12 月号, 112~116
 18. 食品安全委員会 (2013a) ドイツ等における腸管出血性大腸菌による食中毒の発生について, www.fsc.go.jp/sonota/germany_daicyo.pdf (2013 年 11 月 14 日閲覧)
 19. 食品安全委員会 (2013b) ハザード概要シート(案), www.fsc.go.jp/sonota/hazard/noyaku_2.pdf (2013 年 10 月 15 日閲覧)
 20. 高橋暁正 (1989) 自然食は安全か, 農文協
 21. 日本植物防疫協会 (2013) 農薬概説, p.130
 22. Freudenthal R. I., and Freudenthal S. L., (1993) FOOD, Facts and Fictions, 宮本純之訳「食べ物の安全性—その虚構と真実」, 環境と農薬科学研究会 (事務局: 日本植物防疫協会)
 23. 寺尾充男 (2006) 食品安全委員会からの 3 年間を振り返って, 「第 4 回食品安全フォーラム」講演要旨, 1-12
 24. マイボイスコム株式会社 (2013) 食の安全に関する調査—第 4 回 (インターネットによる調査、2012 年 6 月), <http://www.myvoice.co.jp/biz/surveys/16707/> (2013 年 11 月 9 日閲覧)
 25. ユー・ウェイ (2000), Broccoli sprouts, September 2000, Vol. 3, 49-56