

農薬は毒物である
- 農薬による環境汚染と農家・消費者の健康 -
Pesticides are Toxic Substance

安藤 満
ANDO Mitsuru

はじめに

2006年1月現在、中国産キャベツに許容濃度を超える農薬クロルピリフォスが検出され、市場での回収が始まっている。先に中国産ほうれん草でもクロルピリフォスやディルドリン汚染で検出され輸入停止が起こったことがある。同じ中国の香港では、このような農薬に汚染された野菜を「毒菜」と呼んで、食品の生産と流通に監視の目を広げている。農薬の高濃度混入は農業生産現場での安全管理体制が整わない限り、将来も無くならない非常に困難な課題である。

農薬は現代文明社会を支える上で無くてはならない化学物質として、20世紀半ば以降世界中で遍く使用されてきている。よほどの注意を払って無農薬食品を選定しない限り、我々が日常口にする食品の中で農薬に曝されていない物は皆無に近い。農薬はその開発理念の中に、殺病害虫や除草の概念として生物毒性を内包している。我々人間も進化の過程で、遺伝子DNAや酵素蛋白に見られるように、生物としての共通の素材より成り立っている。農薬のヒトへの毒性は、ある意味で当然予想されることである。では何故そんなにまでして多量の農薬を使用するのであろうか。その答えは巨大化した人口を養うためと、市場経済化による世界的食糧の輸出競争にある。

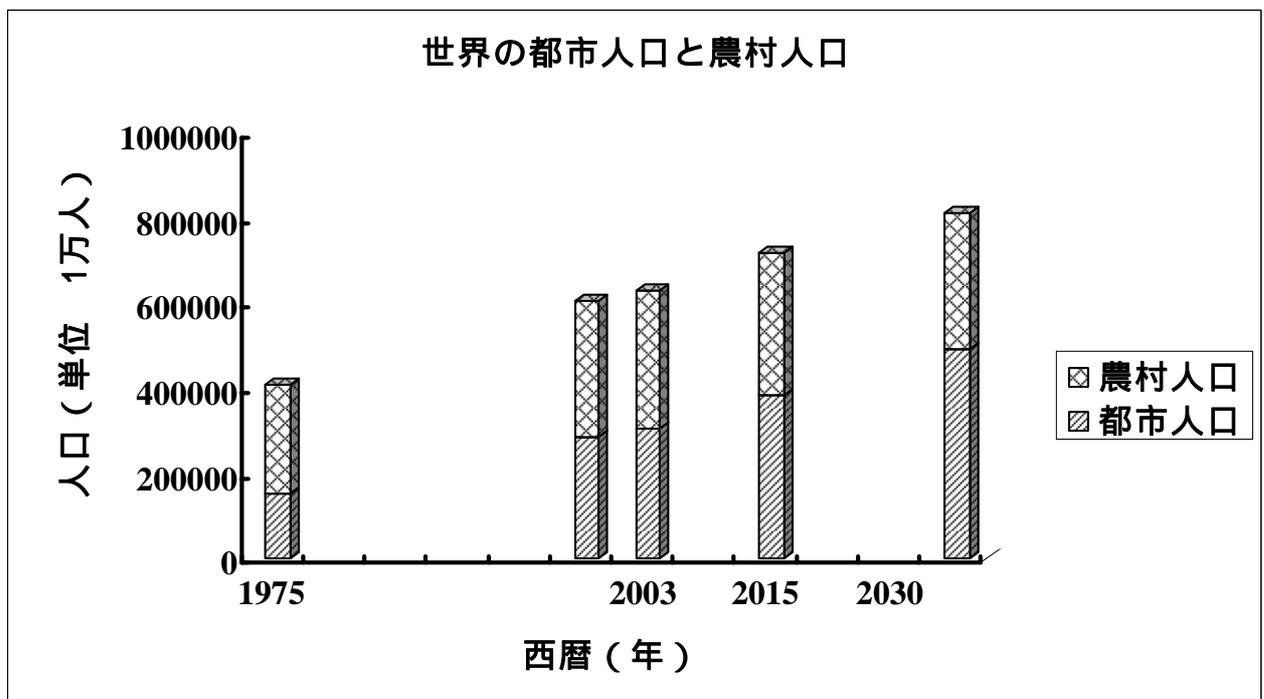
国連の世界人口推計によると、世界人口は、1950年の25億人から40億人余増え、2006年現在65億人を数え、その約80%は開発途上国に居住しているとされている。今後人口はさらに増え続け、2025年には世界人口は中位推計で83億人を数え、しかも85%は開発途上国に居住すると予想されている。人類のこのような膨張に地球生態系が耐えることができるかについて、気候変化やオイルピークにみられる厳しい現実と深い懸念が起こっている。人間の技術展開の一面としての食糧の増産・農業の近代化と、それを支える合成化学肥料・合成農薬についても、環境汚染、食品汚染、人体汚染の深刻さを踏まえて議論されていく必要がある。

先進国においては産業革命以後の250年間は、初期の都市貧困市民層の形成とスラム化に始まり、徐々に経済の発展による生活向上へと進んできた。その一方で、利潤のみを思考する経済活動によって環境、自然生態系、健康への影響が予測を超えて深刻化してきた時期でもある。多くの途上国においては、今まさにこの時期を経過しつつある。食糧の増産、環境衛生設備の普及、予防医学と医療の発達に基づく人口の急増等、社会の発展を支えた物質的背景は、地球の遺産といえる地下資源、特に石油・石炭・天然ガスの化石燃料である。

人間活動による化石燃料の消費と合成化学物質による環境と人体への影響として最も深刻なものは、農業を含む生産過程、エネルギー消費、流通、廃棄過程において発生する環境汚染である。今日に至るまで環境の一次汚染と食物連鎖を通じた二次汚染が、世界規模で引き起こされている。これら環境汚染の典型事例として、焼却過程で発生するダイオキシン汚染、内分泌攪乱化学物質

汚染、農薬汚染が世界各地で問題となっている。深刻な環境汚染の多くは、発生源が局所的に集中しているため、環境に対する社会的意識の成熟につれ、健康被害抑制のための予防対策が実施されつつある。

人間活動による環境と社会への影響としては、経済成長に伴う都市と農村の格差が際だっている。エネルギーと資源循環において、産業革命以前までは都市と農村は比較的バランスを保ちながら展開してきたが、経済の急発展によりエネルギー消費と環境汚染の著しい都市と、生活状況と健康条件の厳しい農村が、世界各地で出現している。国連統計による農村から都市への人口移動（都市化）は、今後とも止まることなく進行し、2006年頃に都市人口と農村人口の逆転が起こり、世界人口の半数以上が都市に居住するようになると予想されている。先進国において1950年代より減り続けている農村人口は、途上国においても2020年以降急速に減少すると指摘されている。その一方で2003年46都市であった人口500万以上の巨大都市が、2015年には61都市になると予想されている。このような都市化は先進国においては途上国において加速しつつあり、途上国の巨大都市は2003年33都市、2015年には45都市になると予想されている。この急速な都市化は大気汚染や水質汚染に代表される都市環境の破綻をもたらしている。都市と農村の経済発展のテンポは極端に異なり、近代化と豊かさを代表する大都市に対して、前近代的で貧しさを残す農村が好対照を為している。このため近年の人口の急増は同時に、農村社会の生活基盤の低下による離村と、都市への過度の人口集中の側面をもっている。将来の都市と農村の共生のあり方は、都市集中によるエネルギーの過剰消費と環境汚染の悪化を防止していく上からも重要な課題と考えられる。



現在さまざまな環境問題に対して、市民、地方自治体、政府、国連機関、NGOが、地域と世界に跨る環境汚染に対する取り組みを進めている。広範な人為的環境汚染は現在の世代のみでな

く、未来の世代にまで負荷を背負わせてゆくため、どのような影響に結び付くのかを確定し、人への影響を最低限に抑える最適な対策をとる必要がある。

食糧生産と農薬の現状

世界の農業生産は農薬・化学肥料の大量投入や機械化といった急激な技術革新にもかかわらず、1960年以來40年間多少の変動を含みながらも、年率2% - 3%の増加に留まっている。この間の人口増加は、年率1% - 2%のため、辛うじて人口増加を補ってきている。しかし食の豊かさを求める心情から、食肉生産に使用される穀物が増え続けているため、現代文明社会で飢餓人口が無くなる期待は薄れつつある。同時に進行する急速な世界人口の増加と南北の経済格差の拡大により、現在顕在化しているアフリカとアジアの一部における食糧危機が継続すると予想されている。一方日本においては主に価格の安さを目的に、中国やアメリカ合衆国をはじめとして、世界中から食料が押し寄せている。

本来日本食は生食するため、食品衛生を第一に考えた食糧の生産が必須であると考えられる。家畜用飼料も含め現在輸入されている大部分の農産物は、生物的汚染や化学的汚染についてチェックされておらず、このため狂牛病、ペロ毒素産生大腸菌O-157、寄生虫の広がり心配される状況である。これまで述べてきたように、人口圧力により人類の生存状況が悪化の一途をたどっているため、食糧生産自体も安全性より市場性を優先することになる。化学物質や市場経済化により食糧の生産環境がより悪化した際に、それを新たな化学物質や科学技術で修復しようとする悪循環に入りつつあるといえる。本来、日本の国民のための食糧生産は、安全性に配慮しつつ変化に富んだ農耕地と多彩な気候の下で育つ品種改良された多収穫品種を栽培し、農薬や化学物質依存から抜け出し耕作していく必要がある。

人口の急増、過放牧、農地の表土流失、過度の灌漑による塩析析出、森林伐採、大気汚染、酸性雨、気候変動等の多要因により、世界規模で耕地の砂漠化、干ばつ、洪水等の人為的起源に端を発した自然災害が多発している。このため健康と安全に配慮した食糧の生産が必要であると考えられる一方、限られた耕作面積と多彩な気候下で多収穫品種を栽培して行くため、化学物質や農薬を用いず耕作するのはかなりの困難が伴う。しかしながら世界的に食品の安全に対する志向は強く、アメリカ合衆国やECをはじめ先進国においては、既に生態系の保全と食品の安全性追求のため有機農業法が施行されており、日本においても未だ不十分さを抱えながらではあるが取り組みが進められている。

現在我々が日常摂取する食品は、単作大規模生産や輸入農産物が中心であり、食品衛生法に基づく農薬残留基準は217農薬について基準が設けられているが、しばしば残留基準を超える農薬残留量が見いだされる事例が報告されている。このような状況を改善していくためには、現在の農作物生産や流通システムを含む全面的な再検討が欠かせない。消費者運動にみられるように、農薬残留のない安全な食品供給を生産段階から追求する努力が必要である。また生産に携わる側も、「農薬には本来毒性がある」との認識を持ち、農薬の省力効果だけを考えるのではなく、自然環境下と作物内における農薬の分解を考慮し、安全な農作物生産--環境や健康に配慮した「安

全性の高い農薬」を「安全に散布し少なく使う」という農薬使用のあり方が必要とされる。この意味でも、国家間の様々な障壁と世界貿易機関（WTO）の制約により、農薬使用の実態が不明な輸入食品の安全性をめぐる議論が、国民の安全志向の進展につれ、今後とも大きな問題となると予想される。

「低毒性農薬が多くなった」と語られるときの「低毒性」は急性毒性だけに通じる呼び方であり、亜急性・慢性毒性まで考慮すると「低毒性」とは呼べない。農薬は生理活性物質の常として、本質的に副作用や毒性を現す可能性が強く、常に環境と健康への影響を吟味し、最新の毒性学の研究手法を適用し、今後とも安全性とリスクを把握していく必要があると考えられる。

（参照 USEPA <http://cfpub.epa.gov/oppref/rereg/status.cfm?show=rereg>）

有害化学物質汚染

技術革新の華々しい今日、現在人類による多数の化学物質の大規模な生産や人為的発生にとともに、生物毒性のある各種の化学物質が環境中に常在する状況が生じている。このため、さまざまな生物種の生存にとって危機的状況も生まれ、この現状が継続すると人類の生存にとっても危険な状態になりつつある。現状は多数の化学物質への人の慢性的暴露が避けられず、その状況が今後ますます進行することが予想される。これら化学物質の中で地球規模の汚染を引き起こし、人に対する発ガン性がはっきりしている有機塩素系化合物だけでも、農薬の DDT、BHC、ディルドリンに始まり、ヘキサクロルベンゼン、熱媒体やトランスに利用された PCB、IC工場やドライクリーニングで用いられ深刻な環境汚染を起こしている塩化エチレン、除草剤に不純物質として含まれ、現在焼却場等での生成が起こり周辺環境の汚染が危惧されている猛毒のダイオキシン、ダイベンゾフランと数多く存在する。

ダイオキシン汚染

増大する一方の一般廃棄物や産業廃棄物は、工場、会社や家庭で廃棄される大量のプラスチックと塩化物を含む。ダイオキシンは、一般焼却場や産業廃棄物焼却場で焼却される際に、比較的低温での焼却（800 以下での焼却）や高温での飛灰捕集（300 以上での焼却飛灰の捕集）の際に生成する。その生成の際には、まず塩素系プラスチックとくに塩化ビニール（もしくはプラスチック類や紙類と数%~10%の食塩）から、銅、鉄、飛灰の触媒下でダイオキシンが、デノボ（de novo：新しく）合成されると予想されている。数%~10%の食塩が混在する一般廃棄物は滅多にないため、ダイオキシン発生防止には、塩素系プラスチックを分別する（ないしはプラスチック類を分別する）ことが必要である。また不完全燃焼するとダイオキシン生成量が急増するため、800 以上の高温で完全燃焼させる必要がある。ダイオキシン生成防止のためには、

- （1）塩素系プラスチックとくに塩化ビニールを燃焼させない
- （2）800 以上の高温、1000~1200 で燃焼させる
- （3）完全燃焼させ、不完全燃焼させない
- （4）飛灰粉塵の捕集を低温（200 以下）で効率よく行う

(5) 銅や鉄等の金属成分を除く

等が考えられる。この中で最も現実的なものは、塩素系プラスチックの製造を減らし、塩素を含まない他の製品に変更していくことである。当面は塩化ビニールなどの塩素系プラスチックの分別収集を徹底し、別途処理していく必要がある。

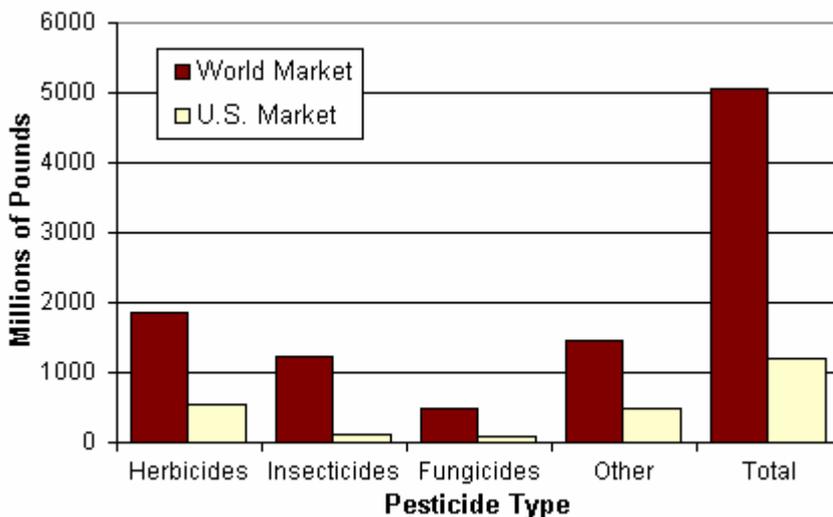
ゴミ焼却に関しては、最近ダイオキシンの生成を防止するより進んだ焼却システムも実用化されつつある。しかしその建設には数百億という多額の費用を必要とし、燃焼には膨大なエネルギーを必要とするため、地方自治体の財政を圧迫します。生活環境の保全、有機農業の促進、ゴミ焼却時のエネルギー消費抑制の面からは、分別収集の徹底とゴミの減量化、コンポスト化は最も優れた方法と考えられる。

農薬による環境汚染・食品汚染

安定した農業生産と省力化の追求は、世界各地における殺虫剤・殺菌剤・除草剤等の合成農薬と合成化学肥料の使用の急増をもたらしている。合成化学肥料については、2004年の国連食糧農業機関（FAO）の統計で、世界全体で既に1億4千万トンを超えている（14168万トン）とされている。使用の多い国は、中国の3960万トン、アメリカ合衆国の1934万トン、インドの1612万トンで、開発途上国における合成化学肥料の使用量が急増している。

図に示すように、合成農薬については、アメリカ合衆国環境保護庁（USEPA）の調査では、2000年に世界中で使用された総量は243万トンに達している。内訳は、除草剤88.2万トン（36%）、殺虫剤61.5万トン（25%）、殺菌剤23.4万トン（29%）、薰蒸剤や殺鼠剤その他69.7万トン（29%）となっている。1999年は229万トンの使用量であるが、農薬の内訳は2000年とほぼ一致している。このように膨大な量使用される農薬は、散布域から河川、大気、土壌とともに周囲に汚染を広げ、広域汚染を引き起こす。現在全世界あらゆる所、大西洋や太平洋の洋上の大気にも農薬が検出されている。

図1 アメリカ合衆国環境保護庁（USEPA）の調査による世界と米国の農薬使用量(2000年)

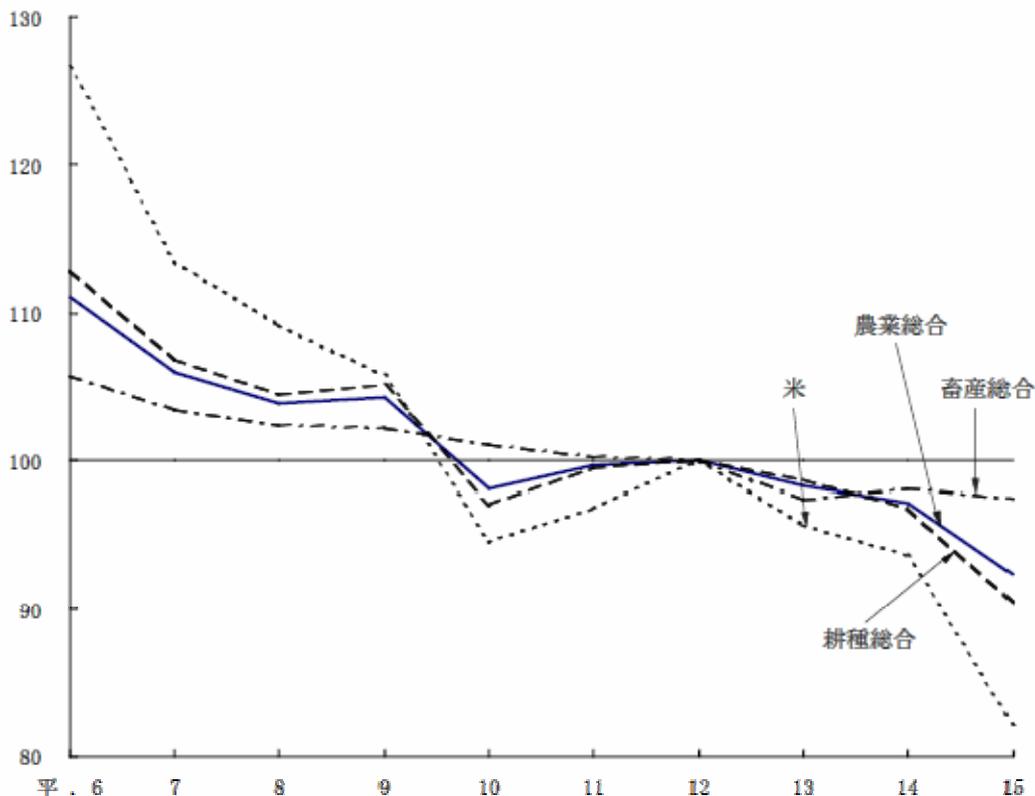


このように膨大に使用される農薬は、散布域からの飛散や拡散によって広域汚染を引き起こしている。全世界あらゆる所、大西洋や太平洋の洋上の大気、南極域においても農薬が検出されている。空中散布等の広域散布が汎用されたために、農薬による環境汚染は地球規模に広がっていったものと考えられる。農薬の地球全域の汚染が、自然生態系にどのような影響を与えているのか、現在国際的に重大な関心が払われている。残留性有機農薬 (POP) は、この意味で代表的環境汚染物質としてモニタリングされている。モニタリングにより汚染の拡大を防ぐことは可能であるが、現在存在する汚染を無くすことは出来ないため、新たな対応が必要とされる。

アメリカ合衆国において、代表的 POP である DDT の使用が禁止されてから 16 年になるが、五大湖周辺においては新たな DDT 汚染が起こっていることが判明した。その発生源はマラリア防除に DDT を現在も使っている中央アメリカと推定されるが、散布された農薬が大気中を何千キロと移動し、全く散布を行っていない国を汚染していることになる。

農薬散布の実態

図2 農業生産指数の推移 (平成12年=100)



(農林水産省資料)

我々の食生活の中身については、食の安心と国の自立の面から様々な議論が盛んであるが、残念なことであるが 60%は輸入食品が占めている。今から約 40 年余り前 1965 年の食糧

自給率は、供給熱量ベースで73%であった。それ以後自給率は下がり続け、1999年には40%まで下がり、現在もその状況が続いている。1999年7月制定された農水省の「食料・農業・農村基本計画」では、2000年3月決定された旧計画で2012年度に自給率45%達成を目指した。しかし達成が困難な状況であったため、2005年3月決定された新計画では2015年度の自給率45%達成を目指している。わずかに+5%の自給率増加であり簡単に達成できる目標の様であるが、旧計画では事実上達成できなかった数値であり、その達成は容易ではない。近年の国内農業生産について問題としては、農業生産全体の段階的低下が顕著である。（図2参照：農林水産省資料）

日本の農村社会においては、若齢者の離村が進み高齢化の進展が都市部より速いため、地域の行事、家屋の安全維持、田畑・森林の管理に多大の努力が必要となっている。就農者の高齢化は、耕作放棄農地の増加を生み、日本の農村の原風景が失われる危険性が増している。多くの篤志者が農村社会の維持のために献身的活動を続けており、農村環境の維持が図られているが、農村環境保全のためには、住民と自治体、政府が一体となった取り組みが必要となっている。

就農者の高齢化は、体力面からも農作業における省力化を加速させるため、農薬・肥料の大量投入、機械化といった石油依存による農産物生産体制に依存し易い現状がある。図3に示すように、高付加価値の作物生産のため、野菜、果実、花卉栽培のハウス農業が日本各地において行われている。

図3 野菜のハウス栽培における動力噴霧器（左図）とフローダスト散布器を用いた農薬散布の光景



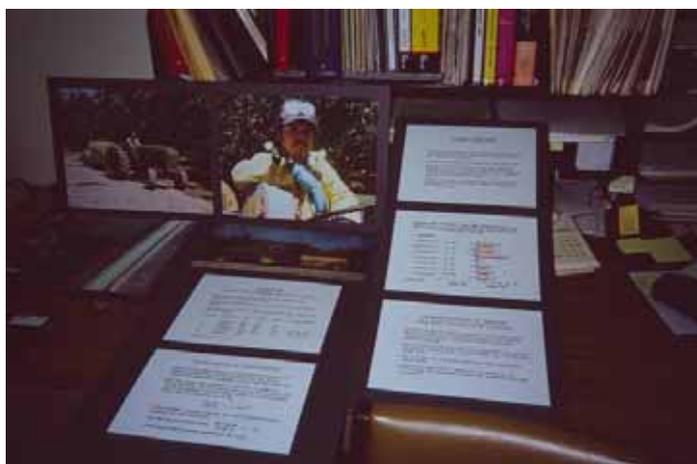
一方、果樹園、水田、畑における通常の農薬散布においても、近年の散布頻度の増大に対応して大型散布車利用やフローダスト剤の屋外散布のように、農薬散布の機械化・省力化が進行しつつある（図4参照）。このような拡散し易い地上散布の際も、散布された農薬は周辺家屋内に侵入する一方、拡散によって広範な環境汚染を引き起こし、最終的にはヒトの長期間慢性暴露を引き起こす原因となる。

図4 果樹園（左図）と野菜畑（右図）における大型スプレイヤーを用いた農薬散布の光景



さらに日本ではヘリコプターやラジコンヘリを用いた空中散布は、主に松喰い虫の防除や水田の病害虫防除のため行われているが、農薬散布後の飛散等ともなう一般大気中の農薬汚染が危惧されている。実際に散布地区周辺の住宅地域において、一般大気が散布後もかなりの時間農薬微粒子によって汚染されているのが観測される。勿論アメリカ合衆国においても飛行機による農薬の空中散布や大型スプレイヤーによる散布は普通に行われている。（図5参照）

図5 アメリカ合衆国における空中散布用飛行場（左図）と大型スプレイヤー散布光景の写真（右図）



現在多種類の合成農薬の大規模な散布ともない、生物毒性のある農薬が環境中に常在する状況が生じている。この為、農薬に敏感なトンボ等の昆虫やカエル等の両生類、それらを捕食する鳥類においては、種の生存が脅かされる危機的状況も生まれている。レッドデータブックにリストされている絶滅種や絶滅危惧種の多くが、このような農薬散布の現状によって生じている。野生生物の絶滅の先には、人類（ホモ・サピエンス）の生存の危機が存在する。現在、散布者は無論のこと消費者も、多数の農薬への経気道、経口及び経皮などを通じた慢性暴露が避けられない事態になりつつあり、この状況は改善する兆しが見られない。後述するように、多くの農薬への

人の暴露の実態とそのリスクの評価についての毒性学的究明は未解決のまま残されている。散布域からの飛散や拡散によって広域汚染を引き起こし、広範な環境中において検出される残留農薬の影響は、その多くが未説明のままである。

農薬に直接曝される農家の就農者の高齢化は、解毒能の低下と耐性の脆弱化した暴露人口の増加を示している。しかし就農者の高齢化は全国的に進展しており、経済的にも健康面からも若者が農業に夢を持ってない現実

表1 富山県における高齢化した就農人口（女性が多く、65歳以上が63.0%を占める）：北陸農政局資料

		(3) 農業就業人口 (15歳以上)				(実数:人 比率:%)			
		計	男女別		年齢別				
			男	女	15~29歳	30~59歳	60歳以上	65歳以上	
実数	平.15	43 750	16 990	26 760	3 410	6 660	33 680	27 580	
	平.14	44 970	17 430	27 540	3 630	6 980	34 380	27 980	
対前年増減率		△ 2.7	△ 2.5	△ 2.8	△ 6.1	△ 4.6	△ 2.0	△ 1.4	
構成比	平.15	100.0	38.8	61.2	7.8	15.2	77.0	63.0	
	平.14	100.0	38.8	61.2	8.1	15.5	76.5	62.2	

を反映している。就農者の高齢化は特に地方において著しく、富山県においては2003年には65歳以上の高齢農業者が全体の63%を占めるに至っており、危険性の高い農薬散布は無論のこと、農業生産活動全体の維持が益々厳しくなりつつある（表1参照：北陸農政局資料）。

日本農業の現状と将来展望

一般的に農業は自然環境に大きく依存しているため、山地と丘陵地が73%を占める日本においては、陸水域等を除いた残り25%を占める台地や低地を、工業用地・住宅地と農地が競っている。狭い田畑で集約的農業を迫られる日本農業の制約の一端はこの自然条件から来ている。この制約のため広大な田畑で灌漑農業を行うアメリカ合衆国型農業は無論のこと、平坦かつ広い田畑を使用する北欧型の農業形態も困難と考えられる。広い扇状地に恵まれた富山県においてさえも欧米型農業は困難で、日本型の農業形態を模索するしかない。現農政は「支援の集中化・重点化による大規模農業を目指す」方向であるが、実は主要な農業の担い手である「中高年の離職者・女性に魅力のある小規模農業・集落営農を目指す」方向が正解ではないかと考えられる。

食糧自給率は1965年（昭和40年）供給熱量ベース73%であったものが、1999年（平成10年）以降2003年まで40%の状況が続いている。「食糧・農業・農村基本法」に基づき2005年3月制定された新「食料・農業・農村基本計画」では、2015年度の自給率45%を目指している。簡単に達成できる目標の様であるが、2000年3月決定された旧計画で達成できなかった数値であり、自給率向上の達成は容易ではない。

幸いにも会社に勤務した経験のある離職者の一部の就農意識は高いものが有り、先ほど述べた「中高年の離職者・女性に魅力のある小規模農業・集落営農を目指す」方向が、農村の活気を甦らせる可能性がある。「食料・農業・農村基本法」に基づき農水省が進めている政策は、専ら農

業を営む者（大規模な専業農家）への集中支援が骨子である。基本法第五条で農村振興を説いているが、農村の大部分を占める兼業・小規模農家の切捨ては、集落の崩壊を導くことになる。現実には兼業・小規模農家では、就農者の61%を占め農業の主要な担い手となっている主婦層も含め、有機農法の拡大や地産地消を目指し、認証制を利用した農産物の安全性強化や加工による付加価値の増加による農業利益確保の取り組みを強めている。安価な輸入農産物との市場競争の故に、農業所得の一層の低収益化が懸念される現在、農業と農村集落の担い手を積極的に支援する時期に来ていると考えられる。

狂牛病と海綿状脳症

アメリカ合衆国におけるBSE（狂牛病）の発生とアメリカ産輸入牛肉の危険部位管理のずさんさに見られるように、現在我々の食の60%を賄う輸入食品ではあるが、その安全性に対する不安が強い。輸入食品の管理は基本的に相手国任せになるため、厳密な信頼関係を築いていない場合は危険な食品が市場に出回ることとなる。病原体である異常プリオン蛋白は多くの哺乳類に対して海綿状脳症を引き起こす。牛の場合はBSE（狂牛病：牛海綿状脳症）、人の場合クロイツフェルト・ヤコブ病（CJD）がその疾病である。輸入食品は厳密な食品管理が行われない場合は悲劇を生むこととなる。（表2参照）

表2 ヒト海綿状脳症の原因とリスク因子としての狂牛病由来の牛肉

クロイツフェルト・ヤコブ病（CJD）：厚生労働省統計
病原体：異常プリオン蛋白
発生：1）孤発性（85～95%）：感染性は証明できない事例。発生率100万人に1例
2）家族性（遺伝性）（5～10%）：プリオン遺伝子変異により発症
3）医原性（5%以下）：病気の治療行為により発症
・硬膜移植（110例）：人硬膜を移植したために感染し発症
・ヒト由来下垂体ホルモン、特に成長ホルモン（130例）：ホルモン剤投与による発症
・角膜移植（3例）・脳外科手術（6例）
4） 変異型クロイツフェルト・ヤコブ病（vCJD）
BSEからの感染（英国で2001年10月までに107例発症）：1996年までハンバーガーに脳組織を加える事が許容されていたためか、20代の若年に頻発した。
潜伏期：2～30年
症状：痴呆、精神症状、小脳症状等
予後：不治、進行性 発症後平均して18ヶ月で死亡する。

治 療：対症療法しかない

予 防：伝播性海綿状脳症に嚴重な警戒が必要とされる。

畜産哺乳類のプリオン病発生国の神経組織の摂食はさける（特に牛の脳、脊髄、眼、回腸部）

感染経路： 1）牛海綿状脳症（BSE）罹患牛の経口摂取
2）患者からの輸血
3）患者からの硬膜移植（頭蓋内感染）

潜伏期間：8～10年

発生（2005年1月13日現在）：167例

イギリス 153例、フランス 9例、

ヨーロッパ以外のアメリカ、カナダ発生例 - 英国滞在歴有り

日本の症例も1989年英国滞在（1989年11月以前滞在は感染のリス

クあり）

このため1989年以前にイギリス・フランス特にイギリス滞在者からの輸血はリスクがあるとされている。

以前日本では食品汚染は大きな問題であったが、環境衛生や食品衛生の発達がそのような微生物汚染を急減させたと思われていたが、近年の食品の汚染問題が頻発しつつある。雪印乳業による細菌汚染による食中毒事件は、被害者が1万3千人を超える程大規模なものであった。

腸管出血性大腸菌の病原性大腸菌O157による食中毒は、1982年アメリカ合衆国においてハンバーガーを原因とした集団発生から注目されるようになった。日本では起こり難いと考えられていたが、1990年関東地域の幼稚園の井戸水から汚染が広がり、2名の園児が死亡した。1996年に入ると西日本を中心に大発生し、感染者数が1万人を超え（有症者9,451名、無症者669名）入院患者数1,810名、死者12名を出す大惨事となった。1997年も入院患者715名を出し、死者も3名に上っている。近年では2000年患者3,647名（うち7名死亡）、2001年患者4,3336名（うち5名死亡）、2002年患者3,185名（うち5名死亡）と、毎年数千名の感染発生が報告され数名の死亡も報告されているため、嚴重な警戒が必要である。牛や豚が保菌状態で生息する場合も多く、疾病予防のために本来は食肉に対する厳格な衛生検査が欠かせないが、望むべくもない現状から食肉製品の75以上の高温の加熱処理が必須である。

狂牛病（牛海綿状脳症）についての経緯では、1986年以降イギリスにおいて牛に狂牛病が大発生し、その原因として1982年スタンレー・プルシナー（S. Prusiner）によってプリオン蛋白が突き止められていた。狂牛病は、スクレイピーに感染していた羊の内蔵のプリオンが牛に感染して広がったものである。感染力の強い人の変異型クロイツフェルト・ヤコブ病は、BSE由来の異常プリオン蛋白の感染によると考えられており、プリオンが種を越えて人にも感染することが明確になった。このためイギリスでは、400万頭の牛の焼

却処分が行われた。なおクロイツフェルト・ヤコブ病に関しては、脳硬膜移植を受けた日本人に多発し、医原病としての問題も出ている。

さらに旧来型のコレラや赤痢等の消化器系伝染病による食品汚染も頻発し、1989年は近年最悪の95名のコレラ患者が発生している。このうち60名は輸入食品がコレラ菌に汚染されていたため発病している。今後輸入食品の異常プリオン汚染や微生物汚染に対する警戒を強めることとともに、有害化学物質特に農薬による汚染を避ける努力も必要とされている。

農薬のポストハーベスト（収穫後）処理

輸入農産物は長い輸送距離の間、病虫害の攻撃に曝される恐れがある。当然のことながら貯蔵や輸送段階での農薬使用（ポストハーベスト処理）が行われることになる。以下ポストハーベスト処理の実態について調査した結果について記載する。

アメリカ合衆国の日本向け農産物輸出産業は、合衆国の農村経済を支える重要な産業である。カリフォルニア州の果実の選果場では日本への輸出に向け果実を、日本の農産物の集荷場より大規模な機械を用いて集荷作業と選別作業を行っている。この選果作業のため農村で働く多くの労働者（その多くは女性）に労働の場を提供している。農民は輸出業者との契約に沿って栽培するため、アメリカ合衆国の農業と農村には、生産の段階から一貫して輸出戦略が生きている。このように選果された輸出用果実は、選果場の一角にある薫蒸チャンバーと呼ばれる薫蒸用の部屋で、ポストハーベスト処理される。

ポストハーベスト処理を行う薫蒸チャンバーは、コンテナほどの大きさから講堂ほどの大規模なものまである。さらに簡易シールド型の処理も行われている。以前は薫蒸には発ガン物質である二臭化エチレン（EDB）を使用していたが、現在は臭化メチル（MB）が輸出用や貯蔵中農産物のポストハーベスト処理のための薫蒸に使用されている。日本向け果実のオレンジ、ネクタリン、チェリー、グレープフルーツ、レモン等が、主にMBでポストハーベスト処理されている。

ポストハーベスト処理は病虫害防除の観点から、主に日本のような貿易相手国の要望に沿って行われており、チェリーやオレンジのような農産物の場合、国内向けには処理が行われず日本向けだけが処理される場合も多い。アメリカ合衆国では国内において農薬反対の市民運動が活発化しており、発ガン性が指摘されている農薬等は勿論、ポストハーベスト処理そのものを実施しない方向にある。ポストハーベスト処理に際しては農産物への残留を最小限に抑えるため、モニタリング室において処理濃度や処理時間について専門の処理業者が管理している。また州の食料農業省の検査官が適時訪れては、ポストハーベスト処理に関する調査票に記入し、適正処理についての評価項目毎に厳重なチェックを行っている。

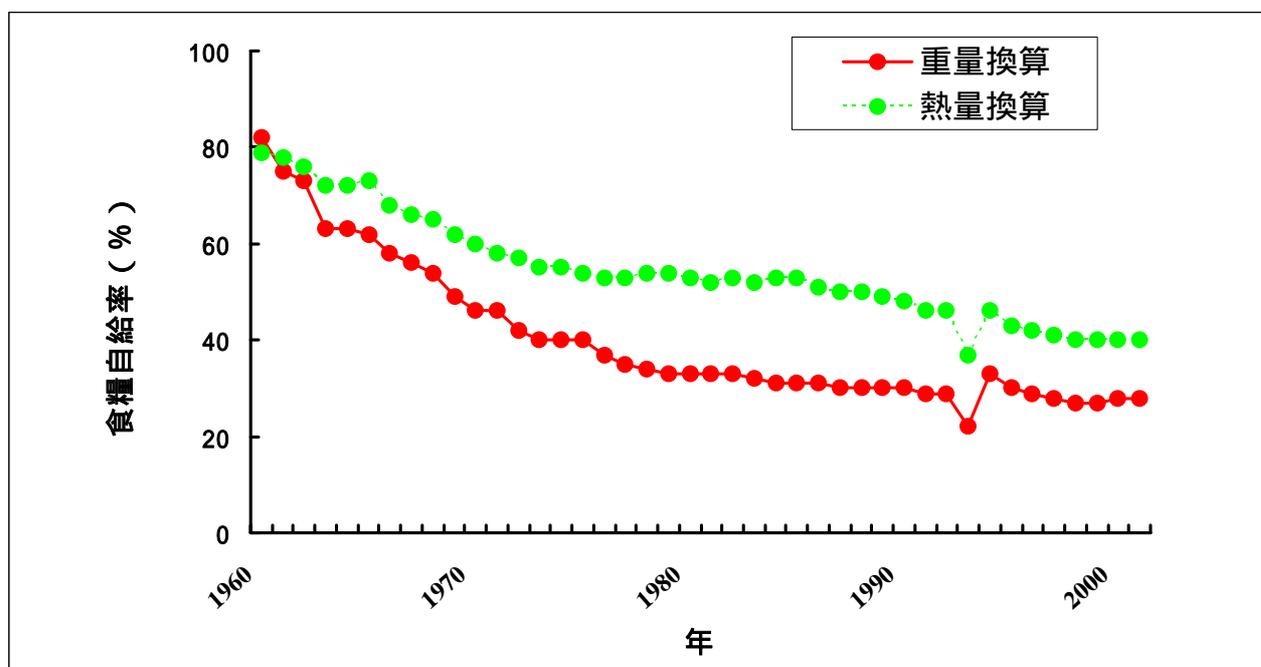
ポストハーベスト処理を行うのは、パッケージハウスと呼ばれる規模の大きな集荷業者である。その農産物取扱量はサンキストやデールのような日本においても著名な国際的アグリビジネスの業者から、比較的規模の小さな業者まで種々ある。このようなパッケージ

ハウスには薫蒸事業の免許証を持ったポストハーベスト専門の処理作業者が出入りし、州の検査官の監視下に処理を行っている。

輸入農産物とポストハーベスト処理

容器に詰められポストハーベスト処理された農産物は、輸出先（日本の場合は” for Japan ”）が明記され、コンテナに詰められた後コンテナ船で日本の港へと運ばれる。国際空港からはコンテナを貨物機に載せ、日本の成田国際空港等へ輸出される。世界中で日本のように安易に外国に食糧を依存し続ける国は、都市国家を除くと存在しない。図6の年次的推移のように日本の食糧自給率は急激に減少して、2001年現在総量ベースで28%、カロリーベースで40%にまで下がっている。（図6参照農林水産省統計）

図6 日本の食糧自給率の年次推移（1999年度以降は熱量換算で40%）



今や日本の日本国内の消費量の大部分を輸入農産物が占める小麦、とうもろこし、大豆、蕎麦といった穀物も輸入に際してポストハーベスト処理されている。2003年度の穀物の自給率は、主食用穀物自給率は60%あるが、飼料用を含む穀物全体の受給率は27%にまで減少している。日本に輸出される穀物は、まず輸出国の貯蔵倉庫において害虫防除のためマラソンやレルダン等の有機リン剤で処理される。さらに港では、錠剤状のリン化アルミニウム等の薫蒸剤をコンテナ中に吊し、船で輸送しながらも殺虫・殺菌のためポストハーベスト処理を行う。

輸入農産物の多くは、このようにポストハーベスト処理して日本に運ばれ、一部の穀物は港で国内産表示の袋に詰め替えられて、全国各地に運ばれていく。このように輸入農産

物は、度重なるポストハーベスト処理や収穫直前の農薬散布による高濃度の農薬残留の問題が深刻である。さらに輸送中や貯蔵中の食品としての劣化が問題となる。当然輸送中や貯蔵中にカビや微生物で汚染され、繁殖したカビや細菌により変質したり、変色したりする。深刻な事例では、カビ(アスペルギルス・フラブス)による強毒性カビ毒のアフラトキシン B1 による汚染が起こる。アフラトキシン B1 は、極低い濃度の汚染で肝臓ガンを引き起こす非常に強い発ガン物質である。日本ではアスペルギルス・フラブスがあまり生育していないため汚染は少ないが、外国では生育している地域が広いため、輸入農産物のアフラトキシン B1 汚染が頻繁に起こることになる。

空中散布による広域汚染

広域汚染を起こす主要な原因の一つが、農薬の空中散布であるが、アメリカ合衆国では、先に示したように複葉機を用いた空中散布が中心である。日本ではヘリコプターを用いた空中散布が行われている。空中散布の時期は、主に松喰い虫の防除が6月、7月行われ、水田の病害虫防除が7月、8月に行われている。夏の時期で農薬が蒸発し吸入しやすい上に、皆軽装で作業しているため、農薬の吸入と皮膚からの吸収が危惧される。

農薬の空中散布時は、散布域のみではなく周辺地域へ農薬が拡散していくため、生活環境の一般大気中の農薬汚染が心配される。実際に散布地区周辺の住宅地域における調査では、早朝の散布終了後散布域から離れた住宅地の一般大気は、日中かなりの長い時間に渡り農薬粒子により汚染されている。地上散布の際も環境に配慮しない不注意な小規模散布や散布車を用いた大規模散布の際に、散布された農薬に通行中の人々が被爆したり、近隣の家屋内に農薬が侵入したりする。このように様々な理由による農薬の拡散により広範な環境が汚染され、人間を含む生物が長期間慢性的に農薬に暴露され被害を被ることになる。

地球規模の農薬汚染

産業革命は技術革新を飛躍的に進め、石油・石炭をエネルギーや資源として湯水のように使い、近代文明を築いてきた。当然の結果として、無数の化学物質の大量生産、大量消費、大量廃棄にともない、生物毒性のある多数の化学物質が環境中に常在する状況が生じている。

このため、多くの干潟、海洋、陸域において、自然の生態系を構成する様々な生物種の生存にとって危機的状況が生まれている。この現状が改善せず継続する状況になると、人類の生存にとっても危機的になると予想される。現在環境中に残留する多数の化学物質への経気道、経口及び経皮などを通じた人の慢性的接触が避けられない事態になりつつあり、この状況は今後ますます進行することが予想される。その一方、化学物質への人の暴露の実態とその健康への危険性(リスク)の評価についての毒性学的究明は未解決の部分が多い。散布域からの飛散や拡散によって広域汚染を引き起こし、広範な環境中において検出される農薬はその典型的な事例である。

現在行われているような大量な合成農薬の使用は、第二次世界大戦の中でマラリア予防のためのハマダラカ（Anopheles 属のカ）の防除やノミ・ダニ等の衛生害虫防除用に始まった。当時既に DDT や BHC（国際的には HCH と称す）等の農薬が野外において大規模に使用され、また人や家屋内への散布が頻繁に行われた。マラリアは人類の歴史が始まって以来今日に至るまで熱帯・亜熱帯地方で最大の伝染病の一つである。WHO の報告によると 2002 年現在、実に 4 千 2 百万人を超える重症のマラリア患者が発生し、112 万人の死亡が起こっていると推定している。マラリアが蔓延している国の生活は困難を極めており、蔓延している地域への旅行の際には、十分な注意が必要といえる。DDT はこの意味で数億の生命を救ったといえる。その他多くの害虫に対しても DDT は有効で、ノミやダニ等の家屋内衛生害虫の防除にも多用され、戦後の一時期、日本でも DDT を頭や背中に直接散布した。また DDT は残効性のある殺虫剤として農薬用にも広範に使用された。

DDT は 1873 年に合成されたが、1939 年に DDT の殺虫効果を見いだしたのはミュラー (Paul Muller) である。DDT はマラリア予防等に果たした役割が非常に大きかったために、その殺虫効果を最初に見いだしたミュラーは、1948 年ノーベル賞を授けられている。その後新しい農薬が次々と合成され農薬万能時代が出現した。

難分解性農薬 (POP) による環境汚染

安定した農業生産と省力化の追求は、殺虫剤・殺菌剤・除草剤等の合成農薬の使用の急増をもたらしました。DDT や BHC 等、環境中において難分解性の難分解性農薬は先進工業国においてさえ、戦後 20 数年に渡り使用されてきました。発展途上国においても工業化の進行にともない暫時合成農薬の使用が増大してきました。これら難分解性農薬は残効性があるため、現在でもなお熱帯地方で汎用されており、その使用は全世界に広がっている。

DDT は先ほど述べたように、熱帯・亜熱帯地方のマラリア防除においては現在もなくしてはならない農薬です。最近の調査によると、DDT の使用が 1972 年禁止されてから 30 年になるアメリカ五大湖周辺において、新たな DDT 汚染が現在でも起こっている。ことが判明している。その発生源は DDT を使っている。中央アメリカと推定されている。散布された農薬が大気中を何千キロと移動し、全く散布を行っていない国を汚染していることとなります。DDT や BHC が使用されている。インドで行われた調査では、都市大気中に高濃度の DDT や BHC が検出され、住民はその中で生活している実態が明らかになっている。さらに大気中の DDT や BHC の汚染は遠くインド洋からアラビア海まで広がっている。環大西洋において行われた調査でも、DDT、BHC、HCB、クロルデン等の難分解性農薬 (POP) と総称される農薬が全域において検出されている。同様な汚染状況の報告はユーラシア大陸、地中海、太平洋等で行われており、その影響を含め世界各地において調査研究が進められている。

生物濃縮機構による汚染の広がり

地球規模の環境汚染へと広がった難分解性農薬の汚染は、さまざまな生物濃縮機構を通じて最終的には高次の生物の汚染へと引き継がれていく。生物濃縮機構は個体差と種差の大きな過程で、実際の野生生物や人を対象にした調査以外に予測するのはかなり困難である。実験的には生物の農薬摂取量と農薬代謝能を測定し、理論式を適用しながら蓄積量を予測する。実際の野生生物や人の摂食過程と環境（水・大気・土壌）を通じた農薬の取り込み量は、時々刻々変化し暴露量把握は非常な困難さを持っている。

農家の農薬使用状況も様々で、農薬を全く使用しない無農薬・有機栽培農家から、省農薬農家、普通量の農薬を使用している大多数の慣行農業の農家、時には使用の禁止された農薬を使用して社会問題になる農家まで存在する。このような現状のため、野菜や果実中の農薬含量には大きな差が出てくる。

さらにヒトの身体に備わった解毒機構が農薬を始め環境汚染物質を分解し、毒性発現を予防する。この解毒機構は男女差が著しい一方、年齢差も顕著で、日々の食生活や健康状態に依存した個人差も大きく、この意味で農薬への感受性は個人毎に異なる。個人毎に農薬の代謝排泄速度も異なるため、毒性が強く現れる人は、農薬の許容濃度以下でも毒性が発現するという評価の難しい問題がある。

農薬過敏症の広がり

極微量の化学物質や農薬によるアレルギーの発現が今問題とされている。動物実験では影響検出の困難な極低濃度の農薬に、アレルギー症状を示す超高感受性者の問題である。アレルギー分野では以前から指摘されていたが、実験的に証明することが非常に難しい分野で、その人の遺伝的背景と成長経過における暴露経験の双方が問題となるためである。

遺伝的背景は一卵性双生児の兄弟姉妹の人を除いて、誰一人同じ人はいない。成長過程を含めると、ほとんど同じ経験を持つ人はいなくなる。このため遺伝的背景と成長過程の双方が影響するアレルギーの問題は、予測が非常に困難となる。動物を用いて実験的に証明する場合も、高感受性の遺伝的特性を持った動物を使用し、比較的高濃度の化学物質により影響を検出している。現実の濃度域で影響検出するのは、動物の個体数が多くなり過ぎるため検証困難となる。例えばある化学物質に千人に一人の人が超高感受性を持っている場合、検証するには一万人以上の人を対象にした検証が必要であるが、動物をそのような数使い実験するのは、動物倫理の上からも事実上不可能である。

このように感受性まで含めて、化学物質の毒性発現の個人差を予測することは、非常に困難である。この超高感受性の現象が現れる本質は現在の未解明であるが、遺伝的背景に加え、個人毎の化学物質への暴露経歴が、身体に長期間記憶されている可能性を示している。

自然、野生生物と農薬 - 野生生物種の生存への脅威

生物が分解することの難しい難分解性農薬を中心に、農薬汚染は国境を越えて地球規模に広がっている。人跡未踏の場所を含む全世界あらゆる所、大西洋や太平洋の洋上の大気にもDDTが検出されている。空中散布等の広域散布が汎用されたために、これら農薬による環境汚染は国境を超えて地球的規模に広がっていったと考えられる。

環境汚染を起こした農薬は、自然界に生息する様々な野生生物の生存を脅かし始めている。自然界は多様な生命のネットワークで構成されているため、ネットワークの一部が消滅すると連鎖的に大きな影響が見られるようになる。野生状態では2003年10月絶滅した日本のトキ科のトキ（野生絶滅種）や、湿地の消失につれ近い将来絶滅の危険性が高いとされる国際保護鳥のトキ科のクロツラヘラサギ（希少種）は、その典型的な例である。絶滅の原因は、環境の変化や病気と様々であるが、最近では農薬等の化学物質と人為的な生物の移入が原因となっている。生物種が絶滅することは、将来の地球における生物進化の芽を絶つことになると予想されている。

知的生命として生物種の保護法を知っている人間が、大規模な生物種絶滅を行っている現状は、許されない。多数の絶滅種や絶滅危惧種が、レッドデータブックにレッドリストとして記載されている。日本においても、ほ乳類のオキナワオオコウモリやエゾオオカミは絶滅し、ツシマヤマネコやニホンカワウソは絶滅危惧種ⅠAとされている。鳥類ではトキは野生絶滅であるが、キタタキは既に絶滅し、コウノトリやカンムリワシも絶滅危惧種ⅠAになっている。淡水魚のクニマスは絶滅し、各地のサンショウウオの仲間は、絶滅か絶滅危惧種とされている。

生存環境の消失に加え、農薬の過剰使用と広域汚染、越境汚染、さらに地球規模汚染が、野生生物や絶滅危惧種の生存にどのように係わっているのか、長期の影響予測を行う必要がある。

一般大気と水の農薬汚染

農薬の広域汚染の影響はどのように現れるか、低毒性農薬の空中散布による被害事例を検討した。空中散布される農薬フサライド（ラブサイド）は、動物への毒性が低く（ラット、マウスLD₅₀:10,000mg/kg以上）魚毒性も比較的低い（鯉のLC₅₀:320ppm以上）農薬とされている。しかし空中散布が行われた際に、養鯉業者が被害を訴えた。空中散布の際、業者に事前に十分連絡をしないなど、多くの問題を抱えた空中散布であった。農薬は低毒性でも魚毒性があり、養殖場域を散布域から除外する予防処置が必要であるが、実際は養鯉池にも散布された。

魚毒性の試験にはコイとミジンコを用い、半数致死濃度（LC₅₀）の高い比較的安全な農薬をA類（コイでLC₅₀が10ppm以上）、比較的危険な農薬をB類（コイでLC₅₀が0.5ppmから10ppmの間）、魚毒性の強い農薬をC類（LC₅₀が0.5ppm以下）に分ける。

空中散布される農薬（商品名ラブサイドフロアブル）は魚毒性が比較的低いA類であるが、農薬原体に加え、添加物が入っているため、毒性が強くなることがある。農薬検査の際は、農薬原体については検査しているが、いろんな添加物を入れた全農薬製剤についてまで検査することは無理なため、書類審査になっている。現実には農薬製剤を散布するため、添加物を加味した農薬の

影響をみる必要がある。実際、ラブサイドとラブサイドフロアブルの毒性データが異なってきた問題になった。また農薬の水生生物への毒性の場合、半数致死濃度（ LC_{50} ）で示されるが、養鯉場では鯉の10%が死亡しても大きな被害になりため、この点も改良が必要といえる。

この空中散布による鯉の被害に際し、農薬会社は「コイに対する魚毒性について」の見解を発表している。その内容は「水深1m、面積10aの池には1000トンの水が入る。この池を（鯉の半数以上が死亡する）580ppm濃度にするには580Lのラブサイドトレポンゾル17が必要となる。云々」と述べている。

一見科学的な反論であるが、間違いといえる。実際は、「散布されたラブサイド農薬は、水溶性が低く水に混ざりにくいため、散布後池の水の表面に高濃度の農薬が存在する状況になる。」
「習性的に表面に出て泳ぐ鯉は高濃度の農薬に曝されることになるため、鯉の稚魚に被害が広がると予想される。」
「空中散布後に生存している鯉も本能的に深みに避難し、しばらく隠れて見えなくなると予想される。」
このように、散布後の農薬の影響は、発生してからの原因究明はなかなか困難になるため、予め空中散布後の農薬の環境汚染については、詳細な経過実験と、養殖魚を用いた現地での比較実験を行う必要がある。

農薬の自然生態系汚染

今まで農薬は日常の食品である農作物の安定した生産のため使用されるものであると説明されてきた。当然の結果として食品に残留した際の安全性や、人や生物に及ぼす慢性影響については、科学的かつ多面的な危険性（リスク）評価が必要となる。食糧供給の国際化の中、南北格差や食糧問題を含め、健康と農薬の関連について検討する必要がある。先に述べたように、近年食材の主流を占めつつある輸入農産物は、貯蔵中や輸送中の農薬処理（ポストハーベスト処理）が避けられず、このため農薬残留の著しい食品もあり今後早急な対応を必要としている。

自然生態系の農薬汚染を最初に警告したのは、レーチェル・カーソン（R. Carson）女史で、その著書『沈黙の春（Silent Spring）』は、農薬の大量散布による環境汚染のために春になっても鳥のさえずりが聞かれなくなり、人の健康も犯されていく実態を告発した人類生存のための警鐘の名著である。この本は全世界でベストセラーになり、農薬万能の考えを一変させた。1960年当時は農薬をキャンプや魚釣りのために水源地の水に混ぜるといった無謀なことが行われていた時代であり、この本は人類の危機を救ったのではないかとさえ言えそうである。この本がきっかけとなり、その後アメリカや日本を始めとした先進国において、環境や人体の汚染を引き起こすDDT、BHCやデルドリン等の難分解性農薬の使用が禁止された。しかし農薬による自然生態系の汚染はなかなか改善されず、むしろ悪化していく様相を呈してきつつある。

合成・天然化学物質による環境汚染

現在農薬の他に日常的に人体汚染を引き起こす有害化学物質として問題になるのは、自然界に存在する化学物質と人間が合成する化学物質である。このため農薬のリスクに加え、これらの化学物質のリスクを加味していく必要がある。化学物質は先端科学の発展にともなって急速に増加しており、近年は毎日ほぼ4千種の新しい化合物が合成され、総数は既に2100万種を越えている。現在の生活のなかでは常に新しい物質が利用され、製造工程や廃棄により環境中に放出されている。このため日本においては、特に危険性の高い物質については、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」(P R T R法)により国が管理している。ダイオキシン、ベンゼン、ホルムアルデヒドのように環境や健康への影響が危惧される化学物質は、第一種指定化学物質として登録し、排出量と移動量を届け出ることとされている。

第一種指定化学物質の排出・移動量は、2001年度においては、年間約54万トン(537,053トン)に及ぶ。排出は大気中への放出が、年間約28万トン(280,611トン)と大部分を占めている。有害廃棄物の埋め立ては、年間約2万トン(20,301トン)、公共用水への放出は、1万2千トン余(12,580トン)に及ぶ。

一方自然起源の有害物質としては、ある種の植物に含まれる種々のシアン化合物やアルカロイド、フグ毒のテトロドトキシン、カビの生成する毒素であるアフラトキシンB1・オクラトキシンA・ステリグマトシスチン等の毒物がある。このような物質が食品中に存在すると、経口摂取による食中毒として問題になる。また一部のハムなどに添加される食品添加物の亜硝酸は、生体内で二級アミンと反応し、体内でニトロソアミンという発ガン物質を生成する。

金属の中にも水銀、カドミウム、鉛等の重金属は工業的によく利用されるが、生物濃縮され易く生態系の汚染を通じて人体への高濃度蓄積を起こす。日本においてはこのような重金属によって公害病が発生し、有機水銀中毒によって第一水俣病と第二水俣病が、カドミウム中毒によってイタイイタイ病が引き起こされた。無機物による中毒としては、井戸水の汚染によるヒ素中毒やフッ素中毒、過剰の鉄やアルミニウムの摂取によっても種々の障害が引き起こされる。

大気汚染由来の有害物質としては、慢性の呼吸器障害を引き起こす二酸化硫黄や硫酸ミストを始め、ディーゼル排気ガスに多く含まれる二酸化窒素等のガス状の窒素酸化物がある。二酸化硫黄は主に気管支を傷害し、酸化窒素類は気管支から下気道に侵入し、肺実質細胞を傷害する。大気化学反応により生成するオゾンをはじめとした光化学反応生成物や吸入性の微小粒子も、経気道から侵入し呼吸器系疾患を発現する。ディーゼル車や燃焼排気ガスとして放出される吸入性粒子に含まれる多環芳香族化合物の中には、ベンゾ(a)ピレンのように肺癌のリスクの高い物質も多数存在する。燃焼に伴う排ガスを高濃度に吸入すると、肺ガンや心臓病のリスクが高くなる。勿論タバコ煙の中にもこのような多環芳香族化合物が非常に高い濃度で存在し、肺の細胞の遺伝子を修飾し、肺ガンを引き起こす。

農薬や有害化学物質は、呼吸器を通じて侵入する場合(経気道暴露)、食事や飲料水に含まれ消化管を通して体内に吸収される場合(経口暴露)、そして皮膚吸収によって体内に侵入する場合(経皮暴露)の3通りの経路がある。先にP R T R法について述べたが、

現代の工業化社会は、排気や排水処理を常に厳しくチェックしない限り、深刻な環境汚染が引き起こされ、人体は農薬以外にも多数の有害化学物質に常に曝されることとなる。

亜急性・慢性の農薬中毒事例

世界各地で農薬中毒として報告されている例の中からいくつか興味を引かれる事例を示す。これらの事例は我々の近くで何時起こっても不思議ではない事例が多い。

(1) イスラエルにおいて、1986年8人の婦人が脱力感、めまい、腹痛、下痢、過敏反応などの症状を3～4週間訴えていた中毒例がある。全員小さな農村の近所に住んでいたため、医師は当初「集団ヒステリー」を疑っている。しかし数週間後、地区の看護婦から「早朝の農薬散布後に不愉快な臭いがしていた。」という報告を受け、8人の血清コリンエステラーゼ活性を調べたところ何れも正常値を下回っていることが判明した。彼女らの家は散布域から150mしか離れておらず、主人や子供が出かけた後の時間帯に農薬散布が行われていたことが判明した。この地区では、夏の間17回、12種類の殺虫剤（コリンエステラーゼ阻害剤：有機リン剤、カーバメート剤）の空中散布が行われ、風向きも家に向いていることが多かったことが明らかになった。散布期が過ぎると、全員の訴えもなくなりコリンエステラーゼ活性も正常域に戻った。このため、農薬散布地区付近の住民が非特異的症状を訴えるときは、コリンエステラーゼ活性の検査をする必要がある。

（これら住民の毒性発現の生化学的機構としては、神経のシナプス部において放出される神経伝達物質アセチルコリンの加水分解酵素であるアセチルコリンエステラーゼの活性阻害が関与している。有機リン剤やカーバメイト剤によりアセチルコリンエステラーゼ（型）が阻害されたためにアセチルコリンが分解されず、副交感神経や運動神経の興奮状態が継続し、症状が発現したと考えられる。なお、コリンエステラーゼ（型）はアセチルコリンエステラーゼのアイソザイムで基質特異性が低く、血清や肝細胞等体内に広く分布するため、殺虫剤や神経毒の坑コリンエステラーゼ阻害剤の中毒指標として広く使用されている。）

(2) 西ドイツにおける葡萄に残留した農薬のヒ素による中毒について行われた調査では、1960年から1977年に行われた病理解剖によって、慢性ヒ素中毒にかかったワイン醸造業者163例が確認され、この66%に肺癌が発見された。ワイン醸造業者のヒ素中毒が非常に多かったため、既に1942年にはヒ素の使用が禁止されたが、癌の発生率は依然として高く増加傾向にあることが判明した。この原因は、ワイン製造業者が以前ヒ素の残留した皮付き葡萄で作った自家用のジュースを飲んでいたためと考えられている。

(3) 除草剤2,4,5-Tによる暴露については、その不純物であるダイオキシンの混入が注目されているが、2,4,5-Tそれ自体も発癌性を持っている。2,4,5-T暴露者は暴露しない人に比べ、悪性軟部組織腫瘍（肉腫）の相対リスクが3.9～6.8倍、胃ガン6.0～7.7倍、肺癌2.05倍、リンパ腫4.8倍、全癌2.3倍高くなっている。この結果は2,4,5-T暴露が、癌や異常出産の発生増加に関与していることを示唆している。スウェーデンでは、フェノキシ化合物に暴露していた肉腫患者を診察したところ、フェニキシ酸やクロロフェ

ノール剤の暴露が肉腫発生にとって6倍高いリスクがあることが判明した。PCDDやPCDFを不純物として含まないフェノキシ酸(2,4-DやMCPA)の暴露でも、肉腫や悪性リンパ腫のリスクを高めることが判明している。2,4,5-Tを含むフェノキシ系除草剤が使用されている地域の家畜は、小腸癌発生率がフェノキシ系除草剤の暴露(散布)レベルの上昇に応じて有意に増加すると報告されており、人の発癌リスク上注意が必要である。

(4) エジプトにおいて、14人の肝血管肉腫の患者の内の10人は年間を通じて様々な農薬に直接暴露される明確な経歴があり、その平均暴露年数は14年であった。このような農薬散布をする農民の有意な血管腫の増加は、農薬がエジプトの肝血管肉腫の発症にある程度寄与していることを示唆している。

(5) パキスタンではパンジャブ州のタラガン(Talagang)で1984年2月から9月に194人が発症し9人が死亡したエンドリン中毒の例がある。痙攣のあった18人中12人の血中からエンドリンが検出され、患者の家から集められた砂糖に0.04ppmの残留が確認された。

(6) トルコでは、1955年に大規模な殺菌剤HCBの中毒が発生し、多数の犠牲者が出た。このHCB中毒発生から20~30年後を経た1977年から1983年に204人の患者の追跡調査が行われた。その結果、患者の人には未だに神経系、皮膚、骨格系の異常が続いていることが明らかにされ、農薬中毒の後遺症の酷さが明らかになった。

(7) スウェーデンでは、農作業者に精巣癌のリスクが高いという報告を確認するため、1960年時点での農業者、他産業労働者合わせて4万人以上の追跡調査を1979年まで行った。その結果、農業者の精巣癌の相対リスクと発症率の増加は、一般対照者や全国平均値より高い傾向がみられている。

(8) 韓国で2002年に行われた調査では、農薬を使用する韓国の男性農民はガン発生率、特に胃、胆嚢、肝臓のガン発生率が、有意に高いことを示している。なかでも胆嚢ガンのリスクは極めて高いことが判明している。

アメリカ合衆国のアルディカーブ農薬中毒事件

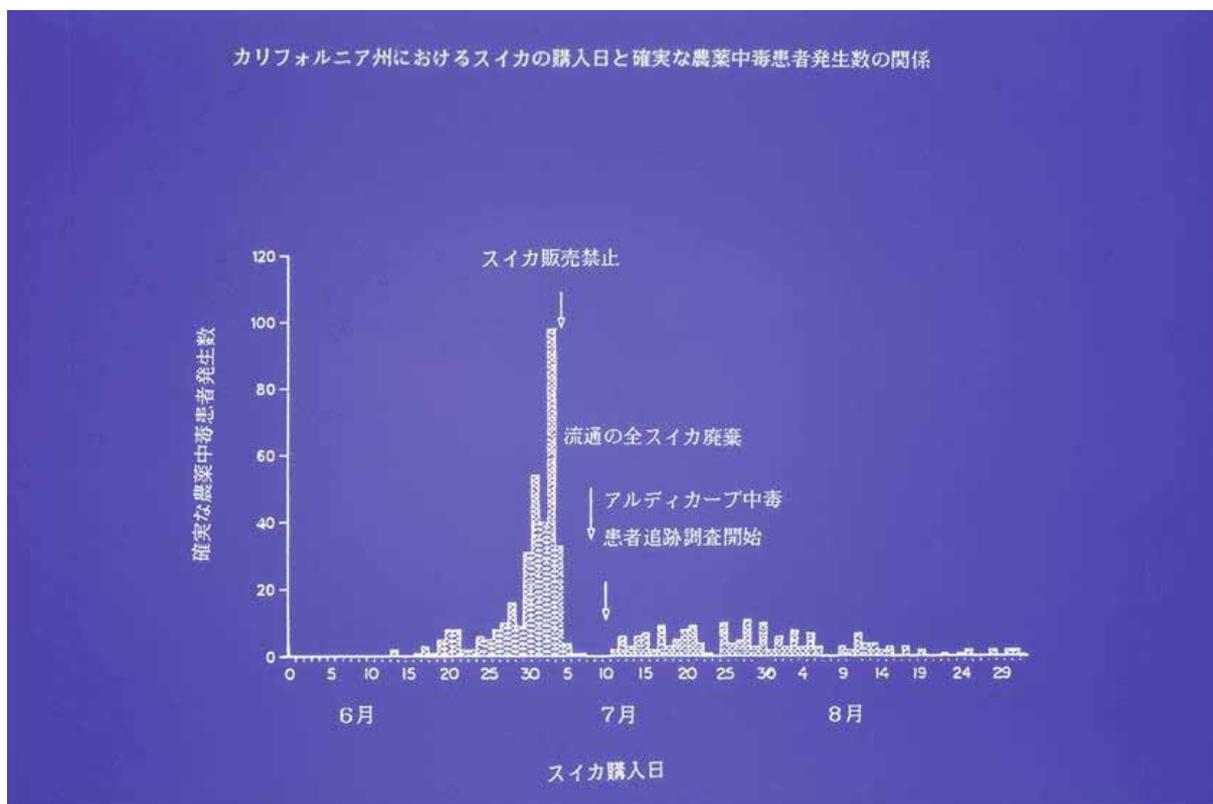
北アメリカ史上最悪のアルディカーブ農薬による中毒事件は、1985年7月4日カリフォルニア州で市販スイカによる農薬中毒が発見され、流通している全てのスイカの廃棄と同時に中毒患者の発生状況の調査が始まり明らかになった。その結果によると、中毒患者の発生は既に6月に始まり、販売禁止の処置の取られた7月4日まで急激に増加し、中毒患者の総数は1543名に上り、検死による確認はされていないものの、死者6名、死産2例が報告されている。(図7参照)

アルディカーブによる汚染は、その土壌中での半減期が1年と長いため、以前に散布した農薬の土壌残留による汚染が原因と考えられており、この事件は農作物に農薬散布を行った結果起こった集団食中毒であり、食品の農薬残留については相当厳格な検査体制と指導が必要なことを示している。

アルディカーブは以上の事例の外にも、米国のいくつかの地区で地下水から検出されてい

る。井戸水の中からアルディカーブが検出されたニューヨーク州のサホークの住民に対しは、水中のアルディカーブ濃度が7 ppb 以上の1,500 世帯余について遅発神経中毒に関する調査が行われている。調査の結果、何等かの訴えのある人と水中のアルディカーブ濃度の間には有意な正の相関があり、中毒の疑いの強い群でも正の相関がみられた。ウィスコンシン州でも1981 年以来地下水中にアルディカーブが検出されており、慢性摂取による免疫学的影響の調査によると、暴露群には細胞性免疫の有意な上昇、カンジダ抗原に対する刺激反応試験の上昇もみられ、より詳細な集団への影響評価を実施すべきであるとされている。

図7 アメリカ合衆国カリフォルニア州を中心としたアルディカーブ集団中毒事件



農薬アレルギーの広がり

アレルギー症の広がりが社会問題化し、身近にあふれる化学物質も原因の一つとして重要視されている。農薬は農家の人にとっては、農薬散布の際や農薬付着のある農作物を扱う際に、日常的に接触する化学物質の一つである。このため農薬による接触皮膚炎は、農村で多く発生している。佐久総合病院の堀内信之は、その著書「皮膚障害と農業・農村」において、農薬による皮膚障害を以下の5型に分類している。

- (1) 化学熱傷型 (強毒性農薬による皮膚組織の腐食と破壊)
- (2) 急性皮膚炎型 (農薬による刺激性皮膚炎とアレルギー性皮膚炎)
- (3) 慢性皮膚炎型 (春から秋まで継続する刺激性皮膚炎とアレルギー性皮膚炎)

(4) 日光皮膚炎(日光照射を受けて農薬散布した際に生じる光アレルギー性接触皮膚炎)

(5) その他の皮膚症状を呈する事例

最も頻度の多い事例は急性皮膚炎型で、特定の農薬に対するアレルギー反応が主体のアレルギー性皮膚炎には、特に注意が必要としている。また最近は大ゾメット剤、クロルピクリン剤やオゾン破壊物質として使用禁止される臭化メチル剤などの燻蒸剤の普及に伴い、化学熱傷型の農薬皮膚炎が増加していると報告している。

また近年注目されている農薬による皮膚アレルギーを引き起こす農薬としては、有機リン剤のDDVP、サリチオン、ダイアジノン、スミチオン、アセフェート、カーバメイト剤のメソミル、殺菌剤のダイホルタン、トリアジン、ベノミル、マンネブ、ジネブ、ダコニール、PCNB、ポリオキシシン抗生物質剤等広い範囲にわたっている。

農薬は食品を通じて身体に入るため、一般の人にとっても農薬によるアレルギーの発現が問題になる。動物実験では影響検出の困難な極低濃度の農薬に、アレルギー症状を示す場合が想定されている。先述した超高度感受性者の存在である。

堀内はその事例として、ダコニールによる接触蕁麻疹を引き起こす事例を紹介している。ダコニールを使用している時蕁麻疹症状が出て、ダコニールの使用を中止した。使用中止後2-3年した後、再度ダコニールを使用したところ、アナフィラキシーショック(全身性即時型過敏反応)を起こした事例である。その後は農薬処理された野菜に触れてもショックを起こすまでになっている。著者は「50万倍希釈という極低濃度のダコニールにも反応してアレルギー症状を起こすため、農村には安心して住めないのではないか」と案じている。このように暴露経験と遺伝的背景の双方が反映するアレルギー発症の問題は、事実上予測と予防が困難といえる。

農薬の急性毒性

農薬中毒の第一位を占める急性中毒は、圃場で散布作業中や散布直後に出現する中毒で、多量の農薬に暴露したことが原因で発生する。先に述べたように殺虫剤の生化学機構は、神経伝達物質の分解酵素を阻害し、神経に対する毒性を利用して神経系の発達した害虫を防除している。一方、人を含む動物も神経系が発達しているため、多量の殺虫剤に暴露することにより神経系の機能が麻痺することになる。

農薬の急性毒性は散布時や高濃度汚染の際に現れるが、50%有効量(ED₅₀:mg/kg体重)、50%致死量(LD₅₀:mg/kg体重)、50%致死濃度(LC₅₀:mg/kg体重)で表される。特に50%致死量は半数致死量と呼ばれ、毒性評価の上でこれまで汎用されてきたが、近年動物愛護の面から見直されつつある。半数致死量(LD₅₀:Lethal Dose 50)は動物の半数(50%)が死亡する体重kg当たりの農薬量(mg)で、数値の低い程毒性が強いことを示している。

日本の農薬の急性毒性評価を50%致死量で表すと、(1)毒物(30mg/kg以下)、(2)劇物(300mg/kg以下)、(3)普通物(300mg/kg以上)に3分類されている。国際化学物質安全性計画(IPCS)による急性毒性の評価は、(1)強毒性(5mg/kg以下)、(2)高度毒性(5-50mg/kg)、(3)中等度毒性(50-5

00mg/kg)、(4)弱毒性(500mg/kg以上)に4分類されている。このように農薬の毒性評価は、日本とIPCSで異なり、IPCSの方がより厳密な分類になっている。ここでは日本の毒性評価について記載する。

(1) 毒物；半数致死量(LD50)が、動物体重1kg当り30mg以下の農薬

以前パラチオン、TEPPという猛毒の殺虫剤があり農薬中毒事故が多発したが、1971年以降「農薬取締法」によって使用が禁止され、現在日本において散布等で使用される農薬には毒物はほとんど用いられていない。除草剤のパラコート液剤の一種、グラモキソンは呼吸器障害作用が強く、中毒時に肺繊維症による死亡率が高いため特定毒物に指定されていた。しかし農村において散布中の事故、誤飲、自他殺による中毒事例が多発し、医療施設における救命が著しく困難であったため、1987年ついに登録が抹消された。

一方、近年の農産物輸入の増加にともなうポストハーベスト処理農薬として代表的な毒物は、穀物貯蔵倉庫や船倉内の薫蒸殺虫剤として用いられる特定毒物のリン化アルミニウム剤や青酸ガス等である。

ちなみに毒物に関するアメリカ合衆国環境保護庁(USEPA)の表示は、“Danger-Poison(危険-毒物)”で、死の象徴であるドクロマークを、実際に使用する農薬の容器にラベルすることが義務づけられている。

(2) 劇物；半数致死量(LD50)が300mg/kg以下の農薬

現在よく使用されている。農薬の中にも例えばメチダチオン(スプラサイド)、DDVPやメソミル(ランネート)のように劇物に指定されている農薬もある。毒性のかなり強い農薬といえる。近年の農産物輸入にともない劇物に指定された農薬がポストハーベスト処理剤として広範に使用されている。その代表的な例は、穀物貯蔵倉庫や船倉内の薫蒸殺虫・殺菌剤として用いられている臭化メチルで、わずかに(1.1%)水に溶けるため、作物への残留が臭化米等として問題になる。臭化メチルはまた激しい皮膚障害を起こす農薬として知られている。臭化メチルは無色無臭のため、薫蒸したハウスに入って事故にあう事例が起こっている。人の場合は致命的であるが、臭気の判別能力の格段によい犬も死亡するほど予知の困難な農薬である。

クオルピクリンも貯蔵穀物の薫蒸殺虫・殺菌や土壌殺菌に広範に用いられている薫蒸剤で、その臓器毒性は強く、空气中濃度が2mg/リットルで致死に到る。ちなみに劇物についてはUSEPAではwarning(警告)表示するよう義務づけており、市販農薬はwarning表示している。

(3) 普通物；毒物及び劇物以外の毒性を示す農薬(半数致死量(LD50)が300mg/kg以上の農薬)

この表現は誤解を招き易く、普通物に指定された農薬は急性毒性は強くないが本来毒性を持っている。発がん性農薬の多くは普通物に分類されている。普通物という言い方は科学的に正しい使い方ではなく、「低毒性物質」などの表示の方がより適切と考えられる。USEPAではcaution(注意)表示するよう義務づけており、該当する農薬にはcaution表示している

農薬汚染に対する社会的対応策

農薬汚染を受けず安心して生活し、人や野生生物が農薬による様々な障害を避けていくために、最も重要な適応策としては、以下に述べる4つの方法がある。

- 1) 農薬を使用しない地域社会を形成する
- 2) 農薬に暴露しない行動と食生活をおくる
- 3) 農薬の代謝を促進する食品を摂取する
- 4) 農薬の毒性を抑制する食生活を行う

農薬散布は今やカレンダー化されており、農家は農薬カレンダーを信じ、農産物の生産をする際には、農薬カレンダーに沿って散布する。農薬を使用しない地域社会を作るのは理想的で、農薬に依存しない農業や地域社会をいかに確立するか、これからの重要な検討課題である。現状では未だ科学的手法が十分確立していない面も多く、完全な無農薬地域を形成することは困難であるが、最も望ましい適応の仕方である。農薬による環境汚染や食品汚染そのものが無くなるため、農薬による自然生態系への影響、野生生物や人の健康障害自体を心配する必要が無くなる。

農薬に暴露しない行動と食生活を送ることは、かなりの努力と困難を伴うが現状でも可能である。農薬は作物内や環境中で徐々に分解していくため、出荷の数週間前に散布時期を限定すれば農薬の作物残留はかなり減少する。農薬散布後3週間以上経過した後の収穫が、比較的安全な農薬散布の目安となる。しかし現実には農薬カレンダーに沿って農薬散布されているため、慣行農業ではとてもこの原則は守れていない。

厳しいことに日本では購入の段階においては、農薬をよく使った形の整った果実の方が高い値段で販売されている。以前アメリカ合衆国カリフォルニア州の食糧農業省の検査官に「何故日本では味ではなく形にこだわるのか？」と不思議がられた印象的な思い出がある。日本の現実としては「秀」、「優」、「良」、「普通(A、B)」に分けられ、同じように生産されても、形の良い果実は高い値段で取り引きされている。このため果実の形だけを整えるため、必要以上に農薬散布が行われている現状がある。

形を重要視する日本の消費のあり方は、少し変えていく必要がある。自然農法による農産物や無農薬の食品の利用を積極的に進める行為は、消費のあり方を変える手法の一つである。現在様々な形で無農薬の食品が出荷されているため、実生活において実行している人も増加している。

食品中に農薬が混入することを前提とし、農薬の代謝を促進する食品を摂取することは、可能であるが個人差が大きく効果の程度は不明である。農薬の代謝を促進し、障害を引き起こす前に除去してしまうような食品を摂取することがこれに当たる。代謝途上で毒性が増す(代謝活性化)機構もあり、真の効果には未知数の部分が存在する。農薬の毒性を抑制することは、急性毒性の際は対処療法があるが、慢性毒性に関しては未だ不明である。食品にはラジカル毒性に対して抗酸化作用を示す物質や、発癌を抑制する物質が存在するため、これからの科学の展開次第では、現状より望ましい食生活の確立が出来る可能性がある。

要約

議論を割愛した部分も多いが、食品や環境中農薬への暴露と急性・慢性毒性との間、また生体の代謝・解毒能と農薬毒性発現との間には密接な関連がある。これまでの議論を下記のように要約できる。

- (1) 日常摂取する食品は、単作大規模生産や輸入農産物が中心であり、安全性に配慮した生産かどうか不明である。このため報道されるように、食品衛生法に基づく残留基準や環境省告示に基づく残留基準を超える農薬汚染が食品中に見いだされる事態が頻発することになる。このような状況は早急に改善していく必要があるが、このためには環境や健康に配慮した無農薬や自然農法による農産物の利用に向けた日常的な努力が不可欠である。
- (2) 日本を含め世界中で、農薬汚染や環境汚染が進行し、農場においては、殺虫剤、除草剤、殺菌剤等の農薬が、頻繁に散布されている。現在、農薬による広域環境汚染と食品汚染による農薬暴露により、健康障害と自然生態系破壊が世界中で進行している。
- (3) 大気や自然生態系において、比較的高い濃度の難分解性農薬（POP）が検出されるため、世界的に貴重な生物種への農薬の影響、特にその繁殖への毒性（環境ホルモン作用）に強い関心が寄せられている。
- (4) 農薬の毒性には急性毒性から慢性毒性まで種々のタイプの毒性があり、最近では発癌性を初め慢性毒性の評価が重要になってきている。農薬散布者や農薬多用地区の農家の人は、様々な癌になる危険性が高いことが報告されている。健康障害を避けるためには、農薬への暴露を極力避ける一方、農薬の毒性を評価する際には、常に最新の科学的知見に基づき細心の注意を払って行う必要がある。
- (5) 農薬や環境汚染の健康への影響も、呼吸器系障害や中枢神経系の障害のような比較的特異性の高い中毒についてだけでなく、脂質過酸化障害や呼吸鎖酵素の阻害のような非特異的な毒性についての検討を行い、農薬の長期微量暴露による健康影響を詳細に検討することが欠かせない。
- (6) 農薬や環境汚染による毒性発現は代謝・解毒能との関連で決まるため、日常的な栄養摂取や健康状況によって、その毒性は著しく左右される。食事中の蛋白含量の差や脂肪摂取量の違いは農薬の毒性発現に著しく影響する。
- (7) 豊富なビタミンや有用成分を含んだ野菜や果物の摂取が、農薬中毒に対する予防上効果があることが知られている。植物には多くの生体防御系物質が含まれており、種の多様性を維持し貴重な遺伝資源を保全していくことが重要となっている。
- (8) 地球環境変化による耕地の砂漠化、干ばつ、洪水等自然災害が増える一方で、急速な人口の増加と南北の格差により、食糧需給のアンバランスと、近い将来の食糧不足が予想されている。このため石油・石炭・原子力といった有限の資源への依存を減らしながら、食糧の安定した生産が必要である。自給率の極端に低い日本においては、農村は勿論のこと家庭農園においても、持続可能な農業の活性化と推進が必要と考えられる。
- (9) 現在アメリカ合衆国やE Cをはじめ先進国においては有機農業法が施行され、汚染の

無い食糧生産が進みつつある。日本においても有機農産物の認証制度が発足したが、さらに一層積極的かつ完全な取り組みが必要とされる。

(10) 人の体内には様々な防御機構が備わっているため、適切な有用食物成分の摂取と防御機構により、生活環境に常在する農薬や化学物質の毒性発現を、ある程度抑制できる可能性がある。

(11) 農薬は本来生理活性と毒性を示す物質であり、将来に渡り常に環境と健康への影響を吟味し、無農薬や省農薬により食生活、健康、環境の安全を守っていく必要がある。

参考文献

- 1)安藤 満：よくわかる農薬汚染．合同出版(1990)
- 2)富澤長次郎、上路雅子、腰岡政二（編）：最新農薬データブック．ソフトサイエンス社(2000)
- 3)堀内信之：皮膚障害と農業・農村．創森社(2002)
- 4) 農薬ハンドブック編集委員会：農薬ハンドブック．日本植物防疫協会(2001)
- 5)若月俊一、松島松翠、安藤 満（編著）： 農薬の毒性と健康影響．公害研究センター(1989)
- 6)若月俊一、住井すゑ、安藤 満：食品汚染．労働旬報社(1989)
- 7)Wayland J. Hayes, Jr. and Edward R. Laws, Jr.: Handbook of Pesticide Toxicology. vol. 1, 2, 3. Academic Press, New York, (1991)