

ゴルフ場による水質汚濁

杉 光 英 俊

1. はじめに

通産省統計によれば、平成3年度の全国ゴルフ場数は1,671、総面積は16億5,835万平方メートル、年間延べ利用者数は9,071万人に達している。読売新聞の調査による平成3年7月1日現在でのゴルフ場総数は既設1,799箇所と若干の違いがあるが、地域別にみると北海道123箇所、兵庫県124、千葉県109、栃木94、茨城90、静岡84など全国に広がり、山口県は34箇所ですべて全国第19位である。こうした開発の動きに建設反対運動もひろがり、26道府県、48箇所が計画中止にいたっている¹⁾。公害等調整委員会が発表した1990年度年次報告によれば、公害紛争事件105件中ゴルフ場関連が27件で、約4分の1を占めている。

ゴルフ場問題において最も関心が高いのが河川や地下水の農業汚染に対する危惧である。ゴルフ場で農業が使用されるのは、芝が病害虫に弱いことと雑草の繁茂が多いことによる。わが国では芝生について現在約90種の病気が知られ、明らかにされた芝草害虫は約40種に上っている。このための農業使用量は18ホールのゴルフ場で年間1～2トン程度、これが河川に流出して水源を汚染する心配がある。

ゴルフ場問題に関しては多くの角度からの意見があるが、定性的議論が多い。特に農業の危険性については農業専門家と市民との間に甚だしい認識の隔たりがあり、「本質的に農業は毒であるから使うべきでない」という趣旨の主張²⁾と、「農業は必要なもので安全である」という主張³⁾とが対立し、問題の理解を困難にしている感がある。本稿ではゴルフ場農業による水質汚濁

が健康に影響を与える危険性を定量的に評価するという面から検討したので報告する。

2. リスクと利益

近年、行為の是非を決定する場合、行為によってもたらされるリスク(Risk:危険度)と得られるベネフィット(Benefit:利益)との評価を科学的に行うことの重要性が指摘されている⁴⁾。われわれは一定の行為を選択する場合、コストおよびその行為を選択することによってもたらされるリスクとベネフィットの比較を日常的に行っている。ここでいう利益は必ずしも経済的利潤とは限らない。快適性や精神的満足も利益の一つである。評価されたリスクが利益に比べてあまりにも大きければわれわれはその行為を中止した方がよいという理性的判断に達するであろう。社会的問題において判断が複雑になるのは、判断の主体が異なる上に、評価の尺度が立場によって異なることである。身体や健康への危険は直接的でわかりやすいが、社会や経済、自然環境など、全体的あるいは日常的に享受されるものにたいする評価は難しい。

3. 危険性評価のための基礎事項

これまでなされてきている議論の中には誤解にもとづく部分も少なくないように思われる。そこで最初に農薬の危険性を考える上で必要な基本事項を述べておきたい。

3・1 毒

少量で生命または健康に障害をもたらす化学物質を一般に毒とっている。生物共通に作用する毒と、特定の生物にのみ作用を示す毒とがある。除草剤や抗生物質など、近年の医薬品の多くはこの選択毒性を利用したものである。しかし異常に大量を摂取したり、普通でない高濃度にすればほとんど

すべての物質は健康に有害である。酒類の成分であるエタノールも100ml以上を一度に摂取すれば生命に危険がある。3～4％程度の酢酸である食用酢は10倍に薄めて飲んでも影響はないが、10倍濃くすれば少量でも危険である。しかしこれらが毒であるとは通常表現しない。その意味で農薬は毒という表現は誤解を招き易い。後述するように現在市販されている農薬の大部分は毒性のない普通物である。しかし中には毒性の強い物もあり、表1に見られるように中毒事例があることも事実であるから、注意し過ぎることはない⁵⁾。

表1 農薬中毒事故集計表

		年					元
		60	61	62	63		
死亡	散	4	3	6	1	2	
	布中 誤用	7	3	3	6	2	
中毒	散	87	53	37	33	22	
	布中 誤用	8	8	8	5	22	
合計		106	67	54	45	48	

注) 誤用とは、誤飲、誤食等を指し自他殺は含まない。

3・2 急性毒性と半数致死量

毒性には一度に大量に摂取したとき現れる急性毒性と、何年もの長期にわたって摂取した結果として現れる慢性毒性がある。いずれも病状の発現には固体差があり、統計的取扱が必要になる。図1に発症率と作用量の関係を示した。発症率を累積死亡率にとった場合、半数が死亡する作用量を半数致

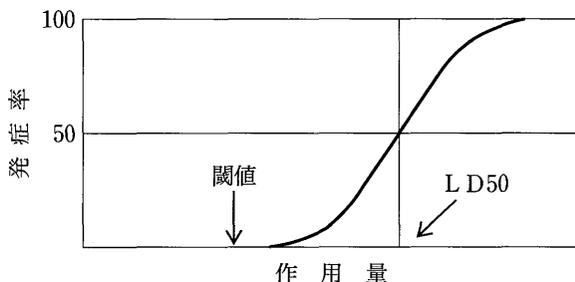


図1 発症率と作用量

死量 (50% Lethal Dose, LD50) と呼び、急性毒性の指標に用いられている。前述の酢酸の LD50 値は 3,300 mg/kg, エタノールの LD50 値は 1,400 mg/kg である⁶⁾。体重 50 kg の人が約 100 ml のエタノールを一度に飲むと 100 人中 50 人が死亡することになる。しかし 2 ml で 1 人が死亡するののかと、いとそういうことにはならない。その計算でいけばコップ一杯のビールで少なくとも 100 人中 2 人が死亡する計算になる。呼吸によって起こる吸入毒性の場合は空気中における有害物の濃度が横軸に取られる。この場合半数致死量のかわりに半数致死濃度 LC50 (Lethal Concentration) となる。数値が大きいほど毒性は低いことを意味する。閾値は発症率が 0 である最大無作用量である。これについては慢性毒性の項で説明する。

3・3 法律上の毒物・劇物

法律上で毒物という言葉は毒物および劇物取締法 (昭25法303, 改正昭60法90) に規定されている。分類の目安を表 2 に示した。経口投与による場合、体重 1 kg あたりの LD50 値が 30 mg 以下の物質を毒物、30~300 mg を劇物、それ以外を普通物に分類し、毒物の中でも特別な物質、四アルキル鉛などを特定毒物としている。なお医薬品では毒物を毒薬に、劇物を劇薬に読み替えている⁷⁾。毒物には砒素やシアン化ナトリウムがあるが、タバコに含まれるニコチンも毒物である。よく知られている劇物にはアンモニアがあり、オキシドールの成分の過酸化水素、胃の中の塩酸、多くの天然食品に含まれ

表 2 毒物・劇物の分類

分類	経口 (LD50)	経皮 (LD50)	吸入 (LC50)
普通物	毒物・劇物以外の物質		
劇物	30~300	100~1,000	200~2,000
毒物	< 30	< 100	< 200

LD50 : 半数致死量 mg/kg LC50 : 半数致死濃度 ppm

る蓆酸なども劇物に分類されている。1990年現在市販中の芝生適用農薬175種をこの基準を用いて分類したところ毒物は該当が無く、劇物26, 残り149はすべて普通物であった⁸⁾。劇物の割合が多いのは殺虫剤で、24個中普通物

は8しか登録がない。

3・4 魚毒性

魚介類に対する毒性は、コイとミジンコの2種に対する半数致死濃度 (Median Tolerance Limit ; TLM) を指標に評価されている⁹⁾。魚毒性の強さを表す分類の基準を表3に示した。Aランクは通常の使用で影響が無いもの、Bランクは一時に広範囲に使用するときは注意すべきもの、Cランクは魚介類に強い影響を及ぼすものとされる。Cランクの中で特に毒性が強いもの (コイのTLM48が0.1ppm以下で、毒性消失までに7日以上かかるもの) は魚毒性農薬として別に規制される (昭58環境庁告示45) が該当する農

表3 魚毒性分類の基準

区 分	コ イ (TLM48)	ミジンコ (TLM3)	魚 毒 性*
A	10ppm 以上	0.5ppm以上	無
B	0.5~10	<0.5	微
BS	0.5~10	<0.5	弱
C	<0.5	<0.5	強
魚毒性農薬			激

TLM48 : 体長約5cmのコイの48時間後半数致死濃度

TLM3 : ミジンコの3時間後半数致死濃度

* : 表現は筆者による

薬は現在市販されていない。芝生適用登録農薬を分類したところ全175のうちCランクが31, Bが54, BSが5, 残り85種がAランクであった。ただし殺虫剤については24のうちAランクは3種しか登録がない。

3・5 残留性

ゴルフ場に散布された農薬の移動を図2に示した。芝生に使用された農薬の一部は大気中に揮散するが、残りは芝生および土壤に吸収される。吸収された農薬の大部分は土壤粒子に吸着し、そこで次第に分解されるが、一部は雨水などによって調整池に運ばれ、一定期間後河川に合流する。これらの各段階で農薬は光や微生物の作用で分解消滅していく。図3に濃度の減少の様子を示した。最初の濃度の2分の1になる時間を半減期といい、この半減期が短いほど早く分解することを意味する。農薬の効果は薬剤濃度と接触時間

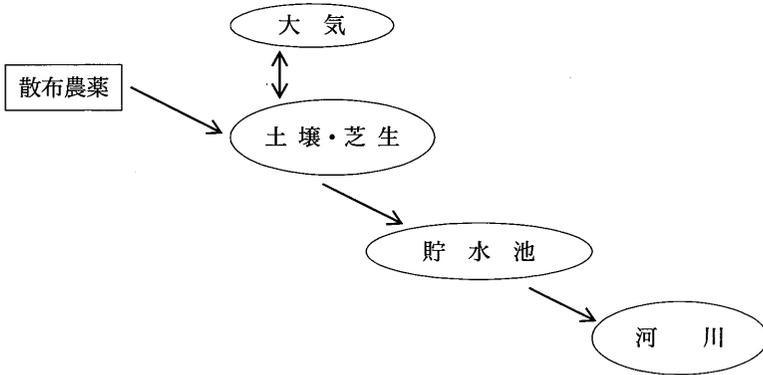


図2 農薬の移動

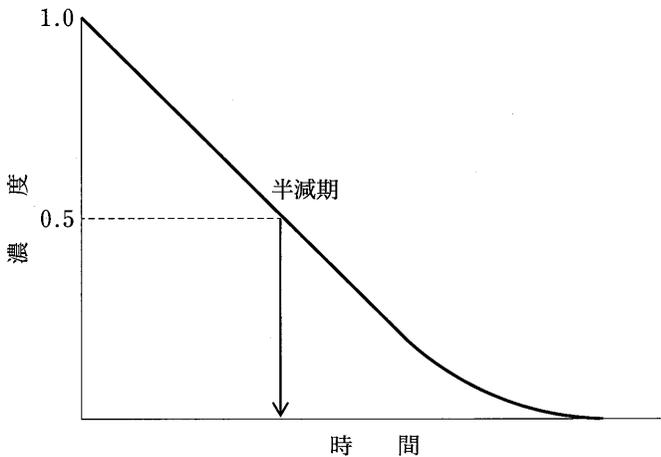


図3 農薬の分解

に比例するから、分解が早すぎると効果が不安定になり、遅すぎると、土壌や農作物に残留して問題が生じる。河川に長期に残留すると水中のプランクトンや水生植物にわずかずつ蓄積され、それを魚が摂取することによって、結果的に魚の体内に有害物が濃縮される。いわゆる生物濃縮と呼ばれる現象である。このような魚を摂取することによって結果的にヒトが多量の有害物を取り込む危険性が考えられる。このため半減期が長い DDT や BHC など

は現在では使用が許されないようになっている。すでに使われていないものを含めて各種農薬の半減期を表4に示した¹⁰⁾。

表4 各種農薬の土壤中における半減期

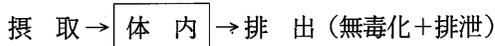
薬 剤	畑 地 状 態	湛 水 状 態
【殺 虫 剤】		
γ - B H C	10カ月, >30日	10~20日
D D T	14カ月, >45日	7~45日
ディルドリン	12カ月, 10カ月	>3カ月
ダイアジノン	11~112日, 25日	6~7日, 10日
トリクロロホン (DEP)	4日, <1日	3~4日
フェニトロチオン (MEP)	8~30日, 12~28日	4~6日, <10日
イソキサチオン	18~20日, 15~42日	
カルバリル (NAC)	3日, 8日, 30日	3~42日, 20~40日
B P M C	20~40日	約50日
【殺 菌 剤】		
クロタロニル (TPN)	7~30日	
キャプタン	4~5日, <1日, 5日	
エクロメゾール	15日	
ヒドロキシイソキサゾール	13~29日, 4~200日	
チウラム (TMTD)	<1日	
エクロメゾール	15日	
クロルフェナミジン	25日, 60日	
ダイホルタン	<1日	
【除 草 剤】		
シマジン (CAT)	47日, 130±46日, 90日	
ナプロパミド		45日
オキサジアゾン	75日, 92~103日	10~17日, 75日
2, 4 - D	10日, 10~35日	30~40日
ダイムロン	49日	
ジフェナミド	33~84日, 60~70日	
ブタクロール	11日	8日, 25~30日

3・6 慢性毒性

散布された農薬が直ちに分解消失してしまうのであれば、危険性としては急性毒性のみを考えればよいが、何らかの理由で環境中に継続して存在する場合には慢性毒性が問題になる。微量成分を長期にわたって摂取する場合の危険度は一般に次のように表される。

危険度 $\sim k$ (摂取濃度 $-a$) \times 摂取時間 a : 閾値 k : 定数

閾値 (Threshold Value) は摂取してもその影響が現れない最大無作用量である。閾値がある理由は、生体に修復機能があることと、取り込まれた化学物質の一部は分解したり、無毒化されたりして体外に排出されるからである。



簡単のため環境中の微量の有害物を同じ速度で体内に取り込む場合を考える。横軸に環境中の有害物濃度を取り、縦軸に摂取速度と排出速度をとれ

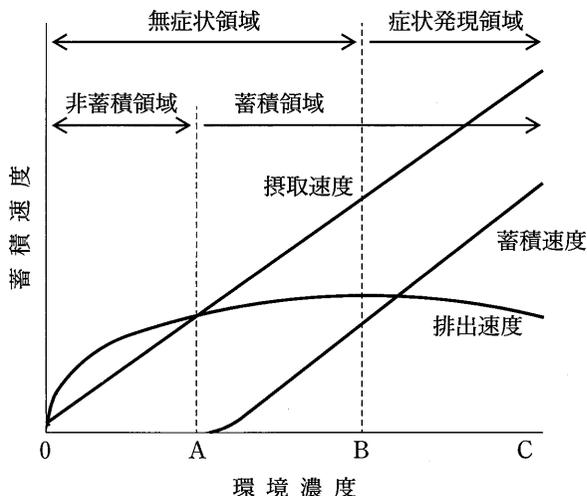


図4 微量成分の生体蓄積

ば、図4のようになる。すなわち、濃度が低いときは体内に取り込まれる速度よりも排出速度が大きく、影響が現れない。環境濃度が高く、摂取速度 $>$ 排出速度の範囲では有害物は時間とともに次第に蓄積される。しかし蓄積速度が小さいと、自然寿命が終わる前までに閾値に達しないこともあり、この場合症状は見られないことになる。

有毒物質である砒素 As は河川水に平均 $1.7\text{mg}/\ell$ 、一般の食品にも平均

0.5mg/kgが含まれており、中毒量は5-50mg、致死量100-300mgである¹¹⁾。一般に成人は一日2ℓの水を必要とするから、単純に計算すれば、河川水を十数日飲み続けると中毒病状が現れ、数カ月では中毒死することになる。水道水中の砒素は0.05mg/ℓ以下とされているが、それでも数年たてば致死量に達する濃度である。もちろん実際はこのような心配はなく、完全に取り除けば逆に脾臓肥大や毛髪成長不良などの欠乏症を招く¹²⁾。

3・7 ADI

閾値は定義上は発症率0の量であるが、発ガン性試験のように普通濃度では症状の発現までに何十年もかかる場合、実際の濃度よりはるかに高い濃度で実験が行われる。この場合低濃度の様子ははっきりしないが、念のため閾値は無いとし、数学的モデルを用いて発症率が限りなく0に近い 10^{-6} ~ 10^{-8} となる量、実質的安全量（Virtually Safe Dose；VSD）が計算される。閾値またはVSDが決定できれば、一生摂りつづけるとして、一日当たりどの位までは安全かの計算ができる。念のために得られた数値にさらに100分の1または300分の1の安全係数をかけたものが一日摂取許容量（Acceptable Daily Intake；ADI）と呼ばれる数値である。WHO（世界保健機関）とFAO（国連食糧農業機関）の合同食品規格委員会残留農薬規格部会で定められ、体重当たりのmg数、mg/kgで与えられている。

3・8 農薬と安全性

過去、農薬がなかった時代の大飢饉が害虫の大発生、農作物の伝染病によって起こってきた歴史をふりかえるまでもなく、21世紀の爆発的人口増加に、安価で安全な食糧を安定して供給しつづけるためには農薬、肥料、農業技術の改良が欠かせないのは明らかである。もちろん食糧が足りても農薬で病気になるのでは意味がない。農薬の安全性は農薬取締法（昭23法律82，改正昭59法律23）によって規定されている。農薬とは農作物等（樹木および農林産物等）を害する病虫害の防除に用いられる薬剤および天敵、農作物等の生理機能の増進または抑制に用いられる薬剤とされている。この法律ははじめ農薬の品質を保証するために設けられたが、その後安全性の確保を主眼と

するものとなり、葉効、葉害、毒性、残留性など最大18項目の試験、3年ごとの見直しが規定されている。登録が認められた農薬を一般に登録農薬といい、登録がない薬剤は農薬としての販売ができず、農産物には使えない。前にも述べたように登録された農薬には全く危険が無いということではない。しかし使用法を守れば安全という条件付きであるのは一般の化学薬品や医薬品も同じである。現在農薬に課されている試験項目を表5に示した。急性毒

表5 農薬の安全性試験項目

急性経口毒性	亜急性経口毒性	繁殖試験
急性経皮毒性	亜急性経皮毒性	催奇形性試験
急性吸入毒性	亜急性吸入毒性	変異原性試験
眼一次刺激性	亜急性神経毒性	
皮膚一次刺激性		生体内運命
皮膚感作性	慢性毒性	生体機能影響試験
急性遅発性神経毒性	発ガン性	

性は経口、吸入、経皮による半数致死量のほか、皮膚のかぶれや、眼への刺激をみる刺激性実験、アレルギー症状がでないかをみる感作性試験などからなる。亜急性毒性は、数カ月間程度の摂取で現れる毒性である。遺伝子に突然変異をおこさせる変異原性、発ガン性、催奇形性のほか、生殖能および数世代の生存発育に及ぼす繁殖毒性、薬物の生体内分布や、神経系、呼吸循環系、骨格筋、血液等への影響も試験項目に含まれている。

4. 安全基準

機械器具、建築物、自動車、食品など一定の安全性を確保するために種々の安全規格、安全基準が設けられている。どれも絶対的なものではないし、必ずしも最高のものでもない。このことは多くの事例が示している。安全基準を100%守っていたとしても、絶対に落ちない飛行機もないし、絶対に沈まない船もない。現時点で信頼性が高く、かつ現実的な安全の尺度であるというにすぎない。水の安全性についてどのような基準があるか概説する。

4・1 水道水の安全性

健康に障害を与えない安全な水として水道水がある。水道水も有害物を全く含まない水というわけではない。水道法（昭32法律177，改正平3法律79）は含まれる有害物の濃度を一定限度（基準値）以下におさえることを定めている。表6に現行の水質基準を示した。これが水質に関する安全性のもとの基準になるものである。なお水道水には遊離塩素を0.1ppm以上含有しなければならないことが定められている（第22条，昭32厚令45）。塩素は第1次世界大戦では毒ガスとして用いられた毒性の強い物質である。この場合は塩素の毒性より伝染病の危険性を防止することの利益が大きいという選択がなされていることにほかならない。最近水の汚染が進むにつれて塩素の添加量が増し，トリハロメタンなどの発ガン性物質が副生するようになって塩素を用いないオゾン消毒にかわりつつある¹³⁾。しかし一定量の塩素が加えられることは今までとかわらない。

4・2 水質環境の安全性

水質環境の安全性は公害対策基本法第9条にもとづいて，人の健康の保護および生活環境の保全に関し望ましい基準として告知されている（昭46環告59，改正昭61環告1）。人の健康の保護に関する環境基準を表7に示した。数値は最高値（水銀については年間平均値）で，濃度が表の値を超えないこととしている。有害物の濃度に関しては水道水質と同じである。

4・3 排水水の安全性

環境に放出される排水中の有害物質の許容限度（排水基準）は水質汚濁防止法（昭45法律138，改正平2法律38）にもとづき，総理府令（昭46総令35）によって表8のように規定されている。水質汚濁防止法は昭和45年に公共用水域の水質の安全に関する法律（昭33法律181）と工場排水等の規制に関する法律（昭33法律182）が廃止されて成立したもので，昭和47年の損害賠償に係る無過失責任規定，昭和53年の総量規制制度などの改正を経て現在に至っている。対象は一定量以上の汚濁物質を含む污水または廃液を排出する施設をもった工場や事業場の排水水におかれている。許容限度が基準値の10倍

表6 水質基準(昭和53年厚生省令第56号)

要件	事項	基準
病原生物に汚染され、または病原生物に汚染されたことを疑わせるような生物もしくは物質を含むものでないこと	硝酸性窒素 および亜硝酸性窒素 塩素イオン 有機物等(過マンガン酸カリウム消費量) 一般細菌 大腸菌群	10mg/ℓ以下であること 200mg/ℓ以下であること 10mg/ℓ以下であること 1mlの検水で形成される集落数が100以下であること 検出されないこと
シアン、水銀、その他の有毒物質を含まないこと	シアンイオン 水銀 有機リン	検出されないこと 検出されないこと 検出されないこと
銅、鉄、フッ素、フェノールその他の物質をその許容量をこえて含まないこと	銅 鉄 マンガン 亜鉛 鉛 六価クロム カドミウム ヒ素 フッ素 カルシウム、マグネシウム等(硬度) 蒸発残留物 フェノール類 陰イオン界面活性剤	1.0mg/ℓ以下であること 0.3mg/ℓ以下であること 0.3mg/ℓ以下であること 1.0mg/ℓ以下であること 0.1mg/ℓ以下であること 0.05mg/ℓ以下であること 0.01mg/ℓ以下であること 0.05mg/ℓ以下であること 0.8mg/ℓ以下であること 300mg/ℓ以下であること 500mg/ℓ以下であること フェノールとして0.005mg/ℓ以下であること 0.5mg/ℓ以下であること
異常な酸性またはアルカリ性を呈しないこと	pH値	5.8以上8.6以下であること
異常な臭味がないこと、ただし、消毒による臭味を除く	臭気 味	異常でないこと 異常でないこと
外観はほとんど無色透明であること	色度 濁度	5度以下であること 2度以下であること

注) 上記のほか、厚生省の指導通知により、総トリハロメタン(クロロホルム、プロモジクロロメタン、ジブロモクロロメタンおよびプロモホルムの合計)に係る制御目標値が0.10mg/ℓ以下(年間平均値)、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタンに係る暫定的な水質基準値がそれぞれ0.03mg/ℓ以下、0.01mg/ℓ以下、0.3mg/ℓ以下と定められている。

になっているのは放流先の河川水等で10分の1以下に希釈されることを前提にしているからで、地域の実情に応じてより厳しい限度設定も可能となっている。

表7 水質汚濁に係る環境基準（昭和46年環境庁告示第59号）

人の健康の保護に関する環境基準			
項目	基準値	項目	基準値
カドミウム	0.01 mg/ℓ 以下	ヒ素	0.05 mg/ℓ 以下
シアン	検出されないこと	総水銀	0.0005 mg/ℓ 以下
有機リン	検出されないこと	アルキル水銀	検出されないこと
鉛	0.1 mg/ℓ 以下	P C B	検出されないこと
クロム(6価)	0.05 mg/ℓ 以下		

備考1 基準値は最高値とする。ただし、総水銀に係る基準値については、年間平均値とする。

備考2 有機リンとは、パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトンおよびEPNをいう。

表8 排水基準（昭和46年総令35，平成3年改正）

有害物質	排水基準
カドミウムおよびその化合物	カドミウム 0.1 mg/ℓ
シアン化合物	シアン 1 mg/ℓ
有機化合物（パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン、EPNに限る）	1 mg/ℓ
鉛およびその化合物	鉛 1 mg/ℓ
6価クロム化合物	6価クロム 0.5 mg/ℓ
砒素およびその化合物	ヒ素 0.5 mg/ℓ
水銀およびアルキル水銀その他の水銀化合物	水銀 0.005 mg/ℓ
アルキル水銀化合物	検出されないこと
PCB	0.003 mg/ℓ
トリクロロエチレン	0.3 mg/ℓ
テトラクロロエチレン	0.1 mg/ℓ

4・4 ゴルフ場農業に係る水質規制

昭和63年ごろからゴルフ場に使用される農業による水源の汚染が必配されはじめた。平成元年2月厚生省は生活環境審議会水道部会水質汚濁専門委員会に委託して農業に関する暫定水質目標値を設定し、5月には環境庁もゴルフ場排水についてこの暫定水質目標値の10倍とする指導指針値を通達した。

表9にこれらの目標値および指針値をあわせて示した。10倍の数値はこれまで排水に適用されてきたものと同じである。この場合も同様に都道府県が地域の実情に応じてより厳しい基準で指導してもよいとしている（平2環境庁通知環水土77，改正平3環水土109）。基準値でなく目標値や指針値となっ

ているのは暫定数値ということと同時に、これらの数値は目標値であって、
超えてはならないとされる限度値ではないことによる。

表 9 ゴルフ場農業に係る暫定水質基準と排水指針値

	農 業 名	水道水質 mg/l	排 水 mg/l
		目 標 値 ¹⁾	指 針 値 ²⁾
殺 虫 剤	イソキサチオン	0.008	0.08
	イソフェンホス	0.001	0.01
	クロルピリホス	0.004	0.04
	ダイアジノン	0.005	0.05
	トリクロルホン(DEP)	0.03	0.3
	フェントロチオン(MEP)	0.01	0.1
	ピリダフェンチオン	0.002	0.02
殺 菌 剤	イソプロチオラン	0.04	0.4
	イソプロジオン	0.3	3
	オキシ銅(有機銅)	0.04	0.4
	キャプタン	0.3	3
	クロロタロニル(TPN)	0.04	0.4
	チウラム(チラム)	0.006	0.06
	トルクロホスメチル	0.08	0.8
	フルトラニル	0.2	2
	エトリジアゾール	0.004	0.04
	クロロネブ	0.05	0.5
	ペンシクロン	0.04	0.4
メプロニル	0.1	1	
除 草 剤	アシュラム	0.2	2
	シマジン(CAT)	0.003	0.03
	ナプロパミド	0.03	0.3
	ブタミホス	0.004	0.04
	プロピザミド	0.008	0.08
	ベンスリド(SAP)	0.1	1
	ペンダイメタリン	0.05	0.5
	テルブカルブ(MBPMC)	0.02	0.2
	ペンフルラリン	0.08	0.8
	メコプロップ(MCPP)	0.005	0.05
メチルダイムロン	0.03	0.3	

1) 平成 2 年 5 月厚生省水道環境部長通達, 平成 3 年追加

2) 平成 2 年 7 月環境庁水質保全局通達, 平成 3 年追加

5. リスク評価と対応策

5・1 許容濃度の試算

厚生省の水質目標値算定の詳細は明らかにされていないが、水中の農薬による危険度は食品中に残留する農薬の危険度と同じように考えることができるだろう。危険度と対応策の一つのモデルとして興味深いのは、アメリカ環境庁が食品中に残留する農薬について次のような対応をしていることである¹⁴⁾。

- (1)生涯発ガン率が100分の1以上は必ず規制する。
- (2)100万分の1以下なら規制しない。
- (3)100万分の1～100分の1は個々のケースに応じて対応する。

行政として対応する危険率の下限が100万分の1のレベルにおかれている。100万分の1のリスクとは、不慮の自然災害、年間100万人に2人が死亡する落雷などによる危険率より小さく、交通事故による死亡の年間危険率の100分の1以下にあたる。図5に安全対策の程度とリスクの関係を示した。一般

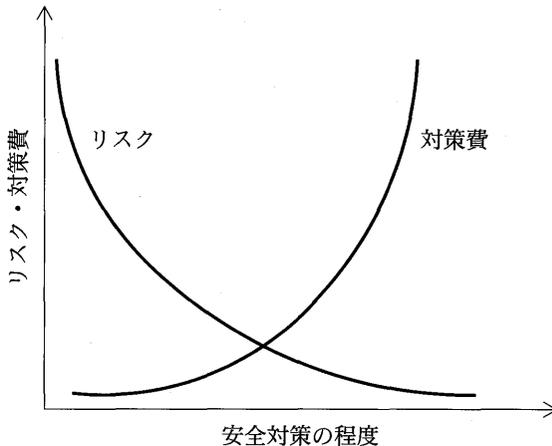


図5 リスクと安全対策費の関係

にリスクを 10^{-6} 以下に減少させるためには相当の費用負担が必要である。しかも利益を保持する限り、いくら費用をかけてもリスクを完全に0にすることはできない。走行する限り車による事故の危険性はなくなるのと同じである。

食品の安全性についての考え方も同じである。分析技術の発達にしたがって、自然界や普通の食品、ワラビ、コーヒー、焼き魚、ステーキなどにも多くの発ガン性物質や変異原性物質が存在することが明らかになってきている¹⁵⁾。これらの成分を完全に取除くことも、それらの食品の摂取をすべて禁止するわけにもいかない。100万分の1以下で行政的対応をしないという意味は、健康上のリスクをそれ以上減少させることの社会的必要性は小さいと考えていることになる。前述したADIがこの考え方に添うものである。

ADIは生涯連続して摂り続けてもリスクが 10^{-6} 以下となるような一日当たり有害物の量(mg/kg/日)である。われわれは毎日飲料水として1,200~1,500ml, 食物とともに600~700ml, 平均して一日2ℓの水を摂取している¹⁶⁾。これより、飲料水に求められる濃度上限は平均体重を50kgとして $ADI \times 50 / 2 \text{ mg/ℓ}$ となる。飲料水からくる分は全体の一割程度に抑えなければならないと考えれば、100万分の1のリスクに相当する農薬濃度はさらに小さくしなければならない。一応この濃度を許容濃度とすれば、許容濃度の試算値は次式で与えられる。

$$\text{許容濃度試算値 (mg/ℓ)} = \frac{ADI \times \text{体重 (50kg)}}{\text{一日に飲む水の量 (2ℓ)}} \times \frac{1}{10}$$

表10に上の式で計算した濃度と厚生省によって与えられている水質暫定目標値とを比較して示した。ADIの値はWHOによる値、兵庫県の農薬ガイドラインに与えられている値および、農薬残留基準(昭48環告46, 改正平3環告71)からピリダフェンチオンのADI値0.001をもとに筆者が計算したものを加えたものである。一部に不一致があるものの、推定したADI値の不確かさを考慮すれば、厚生省による目標値とよい一致を示している。すなわち現時点で目標値は100万分の1以下のリスクに対応していると考えてよいだ

表10 ゴルフ場農薬に係る水質目標の試算値

	農 薬 名	ADI mg/kg・day	試算値 mg/l	目標値 mg/l
殺 虫 剤	イソキサチオン	0.004 *	0.02	0.008
	イソフェンホス	0.001	0.005	0.001
	クロルピリホス	0.001	0.005	0.004
	ダイアジノン	0.002 w	0.01	0.005
	トリクロロン(DEP)	0.01 w	0.05	0.03
	フェニトロチオン(MEP)	0.003 w	0.02	0.01
	ピリダフェンチオン	0.001 * w	0.005	0.002
殺 菌 剤	イソプロチオラン	0.016	0.08	0.04
	イソプロジオン	0.3 w	1.5	0.3
	オキシシン銅(有機銅)	0.03 *	0.2	0.04
	キャプタン	0.1	0.5	0.3
	クロタロニル(TPN)	0.01 *	0.05	0.04
	チウラム(チラム)	0.005	0.03	0.006
	トルクロホスメチル	0.07 *	0.2	0.08
	フルトラニル	0.08	0.4	0.2
除 草 剤	ペンシクロン	0.01 *	0.05	0.04
	メプロニル	0.02 *	0.1	0.1
	アシュラム	0.007 *	0.02	0.2
	シマジン(CAT)	0.005	0.03	0.003
	ナプロパミド	0.30 w	1.5	0.03
	ブタミホス	0.0016	0.008	0.004
	プロピザミド	0.003 *	0.02	0.008
ベンスリド(SAP)	0.002 *	0.01	0.1	
ペンデイメタリン	0.007 *	0.04	0.05	

ADI値は兵庫県ゴルフ場農薬ガイドライン(平成2年)による。

W: WHO値 * : 筆者による推定値

目標値は平成2年5月厚生省水道環境部長通達値(平成3年7月追加)

ろう。

5・2 リスク評価

表11に環境庁が平成3年7月に報告した平成2年度の全国ゴルフ場1,455箇所の排水口および下流の水道取水点における農薬の検出結果(最大値)を示した。総数4万6千個の排水検体中10検体から指針値を超える3件(オキシシン銅1, 除草剤2)の農薬が検出されているが、いずれも水道取水点での濃度は目標値を下回っている(シマジン0.005mg/lが検出された地点の年間平均値は0.001mg/lである)。

表11 ゴルフ場農業に係る水質基準と実測値（平成2年度環境庁）

農 薬 名	水道取水点水質 mg/ℓ		ゴルフ場排水水質 mg/ℓ		
	目標値	最高値	指針値	最高値	検体数
イソキサチオン	0.008	0	0.08	0.0027	1,999
イソフェンホス	0.001	0	0.01	0.003	1,581
クロルピリホス	0.004	0	0.04	0.0029	1,970
ダイアジノン	0.005	0.0001	0.05	0.017	2,935
トリクロロホン(DEP)	0.03	0	0.3	0.1	1,663
フェニトロチオン(MEP)	0.01	0	0.1	0.012	3,004
ピリダフェンチオン	0.002	0.00054			
イソプロチオラン	0.04	0.0014	0.4	0.086	2,733
イソプロジオン	0.3	0	3	0.05	2,441
オキシシン銅(有機銅)	0.04	0	0.4	0.61	1,550
キヤプタン	0.3	0	3	0.7	2,625
クロタロニル(TPN)	0.04	0	0.4	0.007	2,772
チウラム(チラム)	0.006	0	0.06	0.044	2,042
トルクロホスメチル	0.08	—	0.8	0.028	1,945
フルトラニル	0.2	0.0009	2	0.073	2,529
エトリジアゾール	0.004	0			
クロロネブ	0.05	0.00007			
ペンシクロン	0.04	0.0008			
メプロニル	0.1	0			
アシュラム	0.2	0	2	0.014	2,004
シマジン(CAT)	0.003	0.005*	0.03	0.069	2,985
ナプロパミド	0.03	0	0.3	0.084	1,784
ブタミホス	0.004	0	0.04	0.006	1,735
プロピザミド	0.008	0	0.08	0.566	2,048
ベンスリド(SAP)	0.1	—	1	0.03	1,638
ペンダイメタリン	0.05	0.0003	0.5	0.092	2,033
テルブカルブ(MBPMC)	0.02	0			
ペンフルラリン	0.08	0			
メコプロップ(MCPP)	0.005	0			
メチルダイムロン	0.03	0.0029			
*年間平均値0.001mg/ℓ			合計(1,455箇所) 46,016		

前述したようにADIから推定される値は継続して摂取することを前提にきめられているから、一時的に目標値を超えたからといって直ちに危険というわけではない。実測結果はゴルフ場農業によってもたらされる水質汚染が健康へ障害を及ぼす危険度は100万分の1以下に相当することを示している

とってよいだろう。

6. おわりに

河川や地下水に有害物質が混入する可能性を無くし、飲用水の安全性確保を求めることは当然である。今回の報告では現時点でゴルフ場農薬の危険度は100万分の1以下であろうという結論に達したが、開発問題を水質の安全面だけでとらえるべきではないことも確かである。しかし環境全体をどのような水準に維持していくかについての統一の見解はいまのところ存在しない。その地域の水域または環境に関心をもつ人々の意識で個々に決定されるのもやむを得ない面があるが、いろいろな意味で不公平さが生じることも事実である。

河川上流にある過疎地の観光開発という行為については次のような主張の対立が考えられるだろう。(1)上流地域住民の主張：過疎化した地域の活性化によって生活が安定し、健康で文化的生活が可能になる。(2)中流域住民の主張：自然環境が破壊され、通過する車による事故が増加するばかりでなく、排気ガスで大気汚染を引き起こし、施設の排水が清流や地下水を汚染する……。確かに開発によってもたらされる利益は一部住民のもので、守られる利益は全地球的である。しかしながら、疑問も無いではない。中流よりさらに下流の生活者からみれば、水源の汚染は中流域の新興都市や住居などの生活排水が原因であり、さらに下流の海に生活する人からみれば、河川全域から流入する生活排水が赤潮の原因である富栄養化をもたらしている可能性もあるのである。

ゴルフ場問題に対する行政の対応は比較的早かったといえよう。厚生省、環境庁とも暫定水質目標値を設定し、農水省も「緑の安全推進協会」を設立して農業の適正使用を推進している。山口県をはじめほとんどの自治体では独自にゴルフ場指導要綱を作成したり、排水水質を国の基準の10分の1に規制するなどの対応を進め、さらに千葉県は平成2年から新規ゴルフ場での農

葉使用そのものを禁止し、長野県は平成4年に水環境保全条例を公布した。現時点での水質汚濁の危険性は大きくないとはいえ、問題が発生した背景には無思慮な農薬使用があったことも否定できない。今後も適切な監視と指導、研究の継続が必要であることはもちろんである。地方自治体の対応事例等については次回に報告したい。

最近 EC では、個々の ADI の算出に伴う試験の困難さから、すべての農薬の残留基準を一律に 0.001 mg/l にしようとする動きがある。基準値をどこにとるかが問題であるが、一つの実際的な規制の仕方として注目される。

文 献

- 1) 読売新聞朝刊1991. 7. 24。
- 2) 加藤龍夫, 農薬と環境破壊, p. 72, 光雲社 (1990)。
- 3) 高橋晃, 農薬汚染の嘘, p. 185, ゴルフタイムス社 (1992)。
- 4) 松原純子, リスク科学入門, 東京図書 (1989); 鈴木継美・田口正編, 環境の安全性, 恒星社厚生閣 (1987)。
- 5) 全国農薬協同組合, 全国農薬安全指導者協議会編, 農薬使用ガイドブック, 全国農薬協同組合 (平成3)。
- 6) 東京連合防火協会編, 危険物データブック, 丸善 (平成2)。
- 7) 白須泰彦, 吐山豊秋, 毒性学概論, p. 8, 朝倉書店 (1991)。
- 8) 化学工業日報社編, ゴルフ場農薬ガイド, pp. (1)–(8), 化学工業日報社 (1990)。
- 9) 農林水産省農蚕園芸局植物防疫課監修, 登録農薬とその安全性, pp. 21–22, 緑の安全推進協会 (平成3)。
- 10) 化学工業日報社編, ゴルフ場農薬ガイド, p. 196, 化学工業日報社 (1990)。
- 11) 渡辺忠雄, 諸岡信一, 橋本秀夫, 菊池武昭, 食品の汚染と安全性, p. 65, 講談社 (1980)。
- 12) 浅見輝男, 茅野充男訳, 環境無機化学, p. 166, 博友社 (昭和58)。

1992年12月 杉光英俊：ゴルフ場による水質汚濁

- 13) 杉光英俊, オゾンの発生と応用, 徳山大学論叢第36号, pp. 339-381 (1991)。
- 14) 平野敏右, 安全の目盛り, p. 18, コロナ社 (1991)。
- 15) 石倉俊治, 食品と安全性, pp. 242-253, 南山堂 (1988)。
- 16) 伊勢村壽三, 水の話, p. 142, 培風館 (1991)。