

II-385 ゴルフ場で使用される農薬由来の環境リスクアセスメントに関する研究

— 水道水源流域の汚染に注目して —

三和銀行 正会員 ○平林良一

大阪大学 正会員 東海明宏、盛岡 通

1. 研究の背景

日本のゴルフ場の数は、現在造成中・計画中のものまで含めると2000ヶ所を越える。ゴルフ場の芝生の芝生には雑草防除のために除草剤、害虫の防除のために殺虫剤が、さらに芝の病害の防止に殺菌剤が散布される。これらのゴルフ場は、飲料水を供給する貯水池の集水域に開発されることが多いため、それらの農薬が人の健康をそこなう危険性がある。しかしながら、ゴルフ場の農薬散布がもたらすリスクについては踏み込んだ研究はあまりおこなわれていないのが現状である。

また、リスクアセスメントの際の不確実性には、現時点での知見を集めることで解消することはできないものを含むので、不確実性を含むことを積極的に認めたリスクアセスメントが要求されている。そこで本研究の検討課題は次の通りとした。

- ① ゴルフ場で使用される農薬由来の環境リスクアセスメントのフレームづくり
- ② リスクアセスメントの過程で不完全な情報または欠落した情報をつなげ解釈していく方法の考察・提案
- ③ ゴルフ場で使用される農薬由来の環境リスクの評価

2. 基本的枠組み

本研究で扱うような不確実性を多く含むアセスメントの過程と結果についてより広い合意が得られるように進めるために、以下の2つの手法を用いた。

- ① シナリオの概念を用いる方法… シナリオとはリスクアナリシス全体を通して設定される条件の連続かつ体系的な組合せを指す。具体的には最も生起する確率の高い場合を想定した標準ケースと、生起しうる危険な場合（＝ Probable Worse：以下PW）を想定したPWケースを設定し、それぞれのケースを組合せ対応したパラメータ値を使ってリスクの見積りの幅で不確実性の幅を表現した。
- ② 複数のモデルを用いる方法… ここでは、化学物質の曝露量を予測する過程の信頼性を高めるために2種類のモデルを用意し、それぞれの結果を比較しそれぞれの欠点を補った。

モデル化の比較的簡単な水経由の曝露について注目し、飲料水経由の曝露量は全体の1%にあたることをWHO/FAOの考え方から、その他の経路からの曝露量を類推して評価した。評価対象の農薬には、過去にゴルフ場で使用例があり、使用量、物性に関するデータが比較的そろった農薬19種類（除草剤9、殺虫剤7、殺菌剤3）を選出した。

評価対象とした農薬19種類について、環境中に進入（散布）し、環境中を移動（降雨によるたき出し→調整池→溪流→貯水池→取水）して水生生物と人に曝露される（飲料水の摂取）までの各過程をモデル化し、曝露量を予測した。人の一生の健康評価を見るためにパラメーターに年間平均値を用いた定常モデルと、短期の健康影響に注目して1年間の月ごとリスク変化をみる月間平均値を用いた速度論モデルの2種類のモデルで計算をおこなった。モデル貯水池の集水域でのゴルフ場の面積は約1割である。それぞれのモデルは、試験流域での農薬の観測結果と千葉県下の河川での農薬の長期間観測にもとづいた流出率に関する調査結果によって検証した。

また発癌性の評価では、TD₅₀で表現された発癌部位ごとのデータを「それぞれの部位ごとの独立した確率現象であり、個体としての発癌リスクとは少なくとも1つの臓器で発癌する確率で表現される」、と解釈して統合した。

さらに欠落した情報を補っていく推論の架け橋として、物性と毒性との間の関係などについて、相関分析をおこなった。例えば、図-1に示すように、水溶解度を用いて毒性を推定し既存の知見と組み合わせて水溶解度のみによってリスクを大まかに推定する方法を検討した。

3. 健康リスク見積りの評価

人の健康に対する慢性毒性の指標値は「農薬の飲料水経由の曝露は全曝露量の1%である」としたWHO/FAOに従

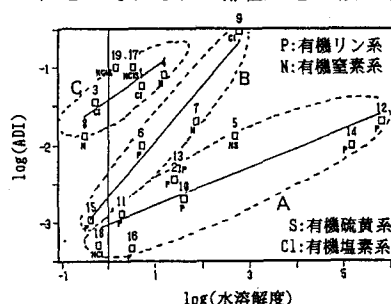


図-1 水溶解度とADIの関係

い、1日許容摂取量AD Iの1%(ADID)と水経由の曝露量(DOSE)との比 曝露量/ADIDを用いて、その値が1を超えると総曝露量がAD Iを超える可能性があるとして対策が必要なレベルであると評価した。人の発癌性に関する評価では、人口100万人当たりの生涯発癌人数で評価した。

水生生物への影響は、農薬の水中濃度と LC_{50} に 0.1 を乗じて慢性毒性指標 MATC (Maximum allowable toxicant concentration) との比 (水中濃度/MATC) を用いて、その値が 0.1 を超えると被害を生じる可能性が相対的に高いとして対策の必要なレベルであると評価した。

発癌性の評価では、最もリスクの大きい2-4Dの場合、平均曝露でも生涯発癌率が100万人あたり0.8人となり、もし日本中の全ての市民がモデル流域と同等に汚染された水を飲料水として使用した場合日本全体で1年間で1.7人の新たな発ガン患者が発生することに等しい。これは、モニタリングの必要性がある水準と考えてよい。

一方水生生物に対する影響評価では対策の必要なレベルに達する農薬があり、月単位での推定濃度では2倍程度に高くなる場合があった。

4. リスク軽減の代替案の評価

リスクの制御断面を代替案は制御主体、制御手法の2つの断面から構成することができる。本研究では制御手法からのアプローチを中心として代替案評価をおこなった。制御手法には主に次の3種類が上げられる。

- ①代替物質の選択による制御（プロダクト制御）、②環境中の流達過程の制御（流達制御）、③計画段階での制御（立地制御）。

① 代替物質の選択による制御（制御主体：個別ゴルフ場、地方自治体、省庁）

農業はその用途が同一であれば代替性があると仮定すると、ヘンリー定数の大きい農業を選択することでリスクはほぼ回避できた。しかし現実的には水系への流出の少ない農業は大気へ配分され、大気（呼気）系のリスクを高めるので、この制御は水系経由のリスクの高い農業を排除するという形にとどめるべきである。

②環境中の流達過程の制御（制御主体：個別ゴルフ場）

調整池では、滞留時間中の吸着・分解によるリスクの低減の度合を検討した。しかしシミュレーション結果によれば、水経路のリスクの比較的大きい農業では、ほとんど濃度は低減されなかった。さらに、ゴルフ場の芝に散水するための灌がい用水として再利用するものとすれば、農業の流出率を約7%軽減できる。

③計画段階での制御（制御主体：地方自治体）

計画段階にあるゴルフ場を対象としたとき、流域面積に占めるゴルフ場面積の比率を規制することでリスクの大きさを制御できる。ゴルフ場1ヶ所当たりの流域面積を変化させてリスクの大きさを求めることで、希釈効果に対応して、流域ごとのゴルフ場の占める面積比に応じて、より望ましくない農業をスクリーニングすることもできる。

5. 結論

①環境運命予測手法を用いてゴルフ場で散布される農薬の水経路の影響予測モデルを作成し、実地に適用した。各パラメータ、モデルの不確実性には、標準ケースとPWケースの2種類のシナリオを用意することで生じうる結果の幅を押さえることで対応した。各農薬のリスクの大きさを水溶解度のみによって大まかに推定する方法と、ヘンリー定数でスクリーニングをおこなう方法を提案した。

②ゴルフ場由来の水経由の農薬のリスクは、計算結果（人の慢性毒性による、定常モデル、標準シナリオの場合の評価）によれば今すぐ被害が生じるようなレベルではないが、モニタリングの必要性のあるレベルにベンスリド、アセフェート、ディブテックス、ダコニールなどがあることが判明した。リスクの制御に対しては、計画面積の規制とより毒性の低い農薬への代替が重要である。

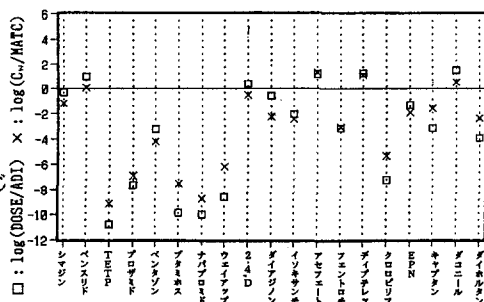


図-2 対象とした農薬のリスク評価

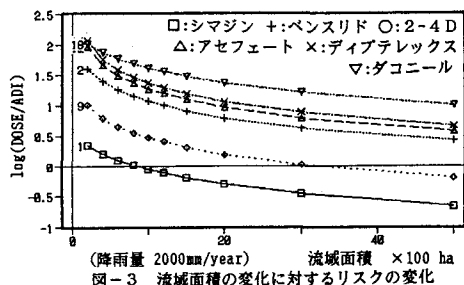


図-3 流域面積の変化に対するリスクの変化