

「琵琶湖文献」から微量化学物質リスク研究を読む

中村正久¹⁾

要 約

琵琶湖の微量化学物質をめぐる調査研究は様々な形で長年にわたって遂行されてきた。その多くは「琵琶湖文献」に収集されており、課題ごとの分類は既に報告されている。今回、琵琶湖をめぐる微量化学物質による環境リスクという視点から包括的なレビューを行い、その情報価値について考察した報告書が作成されたので、その概要を報告する。結論から言えば、既存文献は環境リスクという側面からはその量、質とも限られており、今後の本格的な取り組みに期待が寄せられる。

1. はじめに

琵琶湖と微量化学物質をめぐる調査・研究は、それぞれの抱える課題に対応する目的で大学などの学術研究機関、企業、市民グループやNGO、行政担当部局、行政附置の調査・研究機関などによって長年にわたって行われてきた。「琵琶湖文献」（琵琶湖・環境科学研究センターの図書・文献検索システムに含まれ、琵琶湖・滋賀県関連の学術論文などが約14,000件収集されている）にはそういった調査・研究の情報が幅広く取り込まれている。横田ら（2004）は、そういった文献情報を整理し、琵琶湖の自然環境の保全や食物連鎖を通じた健康被害リスク、生物・生態系リスクを考える上で重要な点として、

- A) モニタリング情報の環境政策への反映
- B) リスク評価が受容できる社会の形成
- C) 健康リスク評価の環境リスク評価への適用
- D) 従来物質と異なった波及をみせる環境ホルモンへの対応

をあげ、その現状と課題を概観的に述べた。

その後、これらの文献を微量化学物質リスクの

評価という視点から分類・整理し、琵琶湖における化学物質の物質収支と湖内動態の把握およびリスク評価、生態系リスク評価、内湖の水質浄化機能などの課題への対応と、今後の調査・研究に向けた方向性に関する考察を含む報告書（森澤、2005）が作成された。ここでは、この報告書（以下、「森澤・川本報告書」と呼ぶ）の概要を紹介しつつ、こういった課題への今後の取り組みに向けた議論の契機となることを期待したい。

2. 対象とした文献情報と分類の方法

対象とした文献数は226件で、うち213件は「琵琶湖文献」から検索された出版年が1965年から2000年のものである。2001年以降の文献は含まれていないこと、「琵琶湖文献」に含まれていない重要な調査・研究報告もある程度存在するであろうことを考えれば、以下の分析は現状を反映するものではないが、取り組むべき課題を大筋反映しているということ是可以する。

文献は、1. 農薬、2. 養蚕試験場報告、3. 工業薬剤、4. 水道水関連、5. その他、に分類され、農薬については1-1. 野生生物への影響、

1) 滋賀大学環境総合研究センター

ヒトへの影響、1－2．野生生物中の蓄積毒性、1－3．濃度分布・減衰挙動調査、1－4．ゴルフ場からの流出、1－5．農薬問題・現状と取り組み、工業薬剤については3－1．野生生物への影響、ヒトへの影響、3－2．野生生物中の蓄積毒性、3－3．濃度分布・減衰挙動調査、3－4．内分泌かく乱物質、3－5．富栄養化・毒性植物プランクトン、水道水関連は4－1．環境中の変異原性・毒性評価、4－2．水道水源の水質汚濁、4－3．水処理と有機物・副生物、4－4．地下水汚染、4－5．水環境問題・現状と取り組み、のそれぞれ5項目に細目分類された。

一方、文献が取り扱った個別の化学物質（農薬、金属、その他化学物質）をめぐる調査・研究について、それが対象とした生物（ヒトか生物か）、および環境リスク評価・管理の一般的なプロセスの段階（a. 環境への侵入、b. 環境媒体中濃度、c. 環境媒体間移動、d. 環境媒体中分解、e. 環境から流出、のそれぞれについて経路を細目に分類）について文献に取り上げられた頻度の解析を行っている。ちなみに、「農薬」については環境媒体である「琵琶湖中」および「出荷」に対応する化学物質の数と研究頻度が高く（「入荷」も多いが「出荷」程ではない）、また野生生物中の「毒性」に関するものも比較的幅広く調査研究されていることが明らかになった。他方、「金属」については、「琵琶湖中」、「入・出荷」とともに、「湖内蓄積量」、「湖への流入量」、「植物への蓄積量」をめぐる研究が数多くの金属種について行われていることが分かった。また、データが比較的豊富にあると考えられた農薬のイソプロチオランとダイアジノン、砒素、PCBについて、全てのデータ項目（a. 環境への侵入、b. 環境媒体中濃度、c. 環境媒体間移動、d. 環境媒体中分解、e. 環境から流出、のそれぞれとその細目分類）の、データ取得年・地点数・対象生物種数の情報と、それらの掲載文献情報を記した一覧表を作成して下記の課題の検討に供している。

3. 琵琶湖における化学物質リスク研究をめぐる課題

3.1 浮き彫りとなった課題

「森澤・川本報告書」は、上記の情報整理を通して以下の考察をしている。

- 1) 琵琶湖における化学物質について、湖水中濃度と流入・流出河川水中濃度の関係や、湖や河川の魚介類中蓄積との関連を調査した研究は、特に農薬と金属類については多数の物質に対して存在した。しかしそれ以外の化学物質については、このような環境媒体間や生物との間の移行関係が調べられている例はあまりなかった。
- 2) 農薬類についても、湖水と流入・流出河川水以外の大気・底質・土壌などの環境媒体への移行や分布を含めて扱っている研究はなく、また物質の種類に関わらず、湖水中濃度が調査されていてもその水平方向・垂直方向の湖内分布まで明らかにされている例はほとんどなかった。
- 3) 湖水の調査は、琵琶湖・淀川水系調査の内の1地点としてなされている例が多く、琵琶湖における化学物質の動態や収支の“全容”を明らかにする試みに関しての現状は、研究成果がまだまだ少ない。
- 4) 調査により測定された濃度で水中・生物中に存在する化学物質により、ヒトや野生生物にどの程度のリスクがあるのか定量的に描き出した例も見受けられなかった。

また、これまで琵琶湖は琵琶湖淀川水系における下流への飲料水源としての水質に着目したものを除けば、「琵琶湖周辺という地域に特定しての化学物質リスクに関しては、その評価構造の全容はもとより、琵琶湖内や集水域における環境中濃度や挙動といったものについても化学物質の全動態が追跡できるほどの研究データの蓄積がある物質はこれまでは無かった。琵琶湖や集水域の汚染源・経路や汚染物質の環境負荷量、琵琶湖に流入後の湖内での化学物質動態、その琵琶湖を水源とする水道水の飲用や琵琶湖産水産物の摂取による

ヒトの曝露量推定、リスク推定までの一連を、物質を限定してでも明らかにする試みが今後必要であると思われる。」としている。この点に関しては、前出の「微量化学物質の情報の整理」（横田・木村・中村、2004）の、「A）モニタリング情報について」に関連して「（近年、微量化学物質数が著しく増加し）琵琶湖のモニタリング活動が以前と比べて格段と困難さを増しただけでなく、そのモニタリング情報が発生源管理へとストレートに結びついていないという問題を抱えている。」と指摘したが、それと同義である。「森澤・川本報告書」は、琵琶湖産水産物を対象に汚染程度をモニタリングし、基準をクリアしていれば問題は無いという発想は、住民の関与という面から問題があるとしている。それは、住民が化学物質のリスクの受け手であると同時に、リスクの源、化学物質汚染源でもあるからで、琵琶湖および流域の化学物質の流れを明らかにし、情報を公開して住民を啓発することの重要性を指摘している。また、化学物質リスクへの啓発において、ヒトの健康に与えるリスクのみでなく、生態系リスクも考慮に入れる気運を高める必要性について、ラムサール条約の登録湿地として国際的に認められた貴重な生態系へのリスクの軽減の取り組みが、琵琶湖のグローバル・アセット（地球の財産）としての価値を高めることになるとしている。

3. 2 具体的な取り組みに向けて

「森澤・川本報告書」は、3. 1に掲げた課題への対応に向けて実施する必要があると思われる具体的項目として、①琵琶湖における化学物質の物質収支と湖内動態の把握およびリスク評価、②生態系リスク評価、③内湖の水質浄化機能、の3点をあげて以下の考察している。

①の「琵琶湖における化学物質の物質収支と湖内動態の把握およびリスク評価」については、

- (a) 琵琶湖や集水域の汚染源・経路や汚染物質の環境負荷量、琵琶湖に流入後の湖内での化学物質動態、その琵琶湖を水源とする水道水の飲用や琵琶湖産水産物の摂取による

ヒトの曝露量推定、リスク推定までの一連を明らかにする試み、をいくつか物質を特定して実施する。

- (b) 候補物質としては、比較的広範な汚染が既に知られており、非意図的生成物質で、高感度分析法も確立されており、化学物質リスク低減のための施策の効果を実証できる指標物質としても重要なダイオキシン、滋賀県におけるPRTRデータ集計結果から排出量が多く、水系汚染の可能性が高く、かつ県が行う定期的な公共用水域水質調査の対象ともなっている塩化メチレン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、および琵琶湖における野生生物中の蓄積量が既に調査されている数少ない物質であるPCBがあげられる。
- (c) それらの物質の動態を追跡するには、化学物質の環境中での一連の動きを再現できる数理モデルの構築が必要である。

とした。数理モデルによるシミュレーションについては、住民自身あるいは事業所が排出した化学物質の湖水や流域環境中での動きをについて、住民にも理解しやすい形で視覚的に表現することによって効果的な対策に結びつけることが可能であろうとして、ミシガン湖の化学物質の物質収支を記述・予測する数学モデル、Lake Michigan Mass Balance Modelにも言及している。

②の「生態系リスク評価」については、

- (a) 琵琶湖産水産物がヒトに摂取されることによる健康リスクの問題、
- (b) 環境中に生息する野生生物への生態系リスクの問題

に本格的に取り組む重要性を指摘している。とくに、実験室で得られた半数致死濃度程度の毒性情報にとどまることなく、実環境としての琵琶湖に存在する化学物質が及ぼす生態系リスクの定量的評価の重要性を指摘し、「蓄積量に関しては、複数の農薬、PCBを始め調査対象生物はほとんどにおいて魚類または貝類であり、PCBについてのみ、魚を食する鳥類の調査事例があった。魚貝類の蓄

積量調査は、水産資源を介したヒトへのリスクという意味合いが強く、唯一鳥類へのPCBの蓄積量調査のみが、生態系リスクを念頭においていると考えられる。」と指摘した。新たに追求すべき生態系リスクの指標生物として、「他の魚種（アユ、ゲンゴロウブナ）に比べて濃度が高いホンモロコや、固有種のセタシジミがリスク評価対象生物の候補となり得る」のではないかとしている。

③ の「内湖の水質浄化機能」については、

- (a) 化学物質汚染の浄化や消長に関しては、水田流域からの除草剤の流出や内湖での浄化効果や内湖における農薬の蓄積と消長に関する研究が若干存在する程度で、内湖の水質浄化に関してもまた、化学物質に関する研究は水質汚濁に比べると研究成果の蓄積が少ない、
- (b) 上記の研究に関しても、対象とした内湖は限られており内湖の水の化学的特質は、内湖ごとに大きく異なっていることから、対象とする内湖を増やして、また対象物質の範囲も広げてさらに検討が必要であると考えられる、
としている。

一方、上述の指摘を待つまでも無く、ここ数年の間に新しい調査・研究が展開し、その成果も一部出始めてもいることも事実であり、また、指摘とは全く異なった見解・考察も十分あり得る。問題は、こういった様々な見解について、自由闊達な議論をするほど情報が行き交っておらず、議論の場も存在していないことである。

4. 微量化学物質リスクに関する市民の素朴な疑問にどう答えるか

一方、微量化学物質リスクに関する市民の素朴な疑問に十分答えられていないという問題は深刻である。2004年4月より6月にかけて旧琵琶湖研究所が「琵琶湖と集水域」と題するCDを配布する際に付随的に行ったアンケート調査では、研究の要望が最も多かった領域の一つに微量化学物質問題があげられた（中村・宮永、2005）。表1には

アンケートの自由記述一覧を示すが、化学物質が引き起こす問題の発生メカニズム、問題の実態、対策（リスク・マネジメント）への、素朴だが強い懸念・関心や疑問が読み取れる。3. で述べた具体的な取り組みの必要性は、こういった市民の期待に応えることを意識したものであるが、「森澤・川本報告書」は更に行政の役割として、

- (a) 滋賀県内の関連部局、国や周辺自治体、大学、研究所、博物館、高校や中学校の理科クラブ、NGO／NPO、企業や市民・消費者団体等に蓄積され、今回の調査対象からは漏れている情報やデータの所在の確認と、リスク評価・リスク管理に用いることを明確に意識した、利用・参照可能な形への整備の必要性、
- (b) 琵琶湖・淀川水系の研究所群との連携を生かした、環境モニタリングやバイオアッセイの導入等、相互の連携、作業の連携と分担など効率的な対応に踏み出す必要性、

に言及している。その形態はともあれ、市民の関心を強く反映した仕組みづくりが望まれているのは事実であろう。また、環境リスク管理を機能させるためには、行政附置の研究機関には、

- (a) 自然科学的、社会・人文科学的基礎研究に加えて、それらの成果を統合し、環境リスク情報を発信し、リスクの下での生活のあり方をリードし得る部門の創設が求められていること、
- (b) その分野には、伝統的な基礎研究の枠組みや方法にとらわれることなく、市民の安全と安心、福祉に貢献する新しい領域を開拓することが期待されること、
- (c) 対象物質や環境そのものの長期変動を持続的に監視する調査研究を行うことに限界がある大学の学術的研究成果を有機的に統合し、人的ネットワークや情報網など研究体制の裾野を広げ新たな展望を切り開くこと、
の重要性に言及している。

5. おわりに

再び冒頭で述べた、琵琶湖の自然環境の保全や食物連鎖を通じた健康被害リスク、生物・生態系リスクを考える上で重要と指摘した4点（横田・木村・中村、2004）

- A) モニタリング情報の環境政策への反映
- B) リスク評価が受容できる社会の形成
- C) 健康リスク評価の環境リスク評価への適用
- D) 従来物質と異なった波及をみせる環境ホルモンへの対応

を振り返ってみる。

1点目の「モニタリング情報の環境政策への反映」については、モニタリング情報を発生源管理にストレートに反映させたくても管理の根拠を合理的に示すのは難しいこと、また食物連鎖を通して生物に蓄積するプロセスなどについて必ずしも十分に解明されていないことを意味する。また、

化学物質の使用抑制につながるモニタリング情報の社会的還元も大きな課題である。

2点目の「リスク評価を受容できる社会の形成」であるが、この点に関しては、たとえ琵琶湖に関するモニタリング調査の体制が飛躍的に充実し、それで得られる情報がさらに充実したとしても、その意味を的確に反映させて微量化学物質の使用を社会的に規制する考え方や枠組みが浸透するには相当な努力が必要であり、一定のリスクを受容しつつもその科学的評価をベースに健康影響リスクや生態影響リスクを管理していく社会システムが構築されるのか、構築される必要があるとすればどんな努力が必要なのかという問題をはらんでいる。

3点目は、健康リスク評価の枠組みを環境リスク評価に適用する上での課題であるが、微量化学物質のリスクは、①ヒトが被る場合、②環境が被る場合、③生態系全体が被る場合のいずれについ

表1 琵琶湖の環境問題に関するアンケート調査の結果：化学物質をめぐる関心事

- やってはおられると思いますが、環境ホルモンと言われている物質と琵琶湖の水質及び研究、調査
- 環境ホルモン物質、特に南湖は今でも問題は深刻化が進んでいる。
- 琵琶湖の水質保全に関連して、農薬ばかりでなく、ダイオキシン、環境ホルモンなどの実態調査も必要ではないか。（すでに実施していたら幸いです。）
- 微量化学物質、難分解性有機物などの水質への影響。
- 環境ホルモン物質は、工場排水などは、環境管理氏の登録助成を、一般污水などに対しては、物理化学的による微生物処理などの開発を行い、湖に流入するまでにシャットアウトする研究も必要と思う。
- 湖の周辺の開発が進み交通が便利になるに従い、人口の増加が考えられる。・・・生活排水・先端技術を導入した企業の進出も進むと考えられる。・・・有害化学物質による湖周辺の汚染
- 最近の新聞に、尿に含まれる女性ホルモンが魚のメス化に影響しているような記事がありましたが、下水処理にもこういったホルモンの除去を含める必要があると思います。琵琶湖に流入する水について、ダイオキシンだけでなく、あらゆる環境ホルモンの除去方法についての研究が必要ではないでしょうか。
- 計算の琵琶湖での挙動、収支、またプランクトンに及ぼす影響など。
- 琵琶湖の重要性を県民に認識させる（化学物質の抑制の必要性の認識）と高度浄化技術（社会生活の変化に伴う浄化技術）の研究開発。琵琶湖の環境測定、管理。
- 大気汚染、農業汚染、微量化学物質
- 農薬の影響（蓄積性、食物連鎖、環境ホルモンetc.）
- 下水処理水の脱P、Nについて先駆的だったり、また、潜在の脱Pについて全国に先駆けて取り組まれたことなどが非常に印象的でした。
- 農業用の農薬を含んだ水が大量に流入していると思いますが、それらの影響がないはずがないと思います。それらについての広報がほとんどありませんね。海に流れるのとは、大違いに影響があると思うのです。琵琶湖水系独自の規制や観測があっても良いと思います。
- リンの溶出に興味を持ちました。研究が進むことを期待したいです。
- 今後は、生態系に注目し、生態系に与える影響因子の抽出や微量有害化学物質の管理、リスクとベネフィットといったリスク評価からリスク・マネジメントが必要だと思います。また、非意図的に生成される物質も対象にすべきだと考えます。

でもそれぞれ難しい課題があり、専門家の分野を横断した取り組みが課題となる。

さらに4点目は、従来物質と異なった波及をみせる内分泌攪乱物質すなわち環境ホルモンへの対応についてである。一般的ナリスク評価の枠組みは、微量有害物質を対象として1990年代以前から徐々に構築されてきたが、1990年代以降に登場した環境ホルモン問題についてはリスク評価体系の再構築の議論が最終的にどこに落ち着くのかが大きな関心事である、ということになる。

上記3,4点目に関しては、「森澤・川本報告」は、諸種の情報源から引用する形で「生態毒性物質の管理に関する論点」および「農業の生態影響評価について」を紹介し、また、「5. 現在研究レベルで提唱されているヒト健康リスク評価の枠組み、実例、および課題」、および「6. 現在研究レ

ベルで提唱されている生態系リスク評価の枠組み、実例、および課題」の中で詳細な議論を展開している。

いづれにしても、微量化学物質をめぐる琵琶湖文献情報を分析した「森澤・川本報告書」は、琵琶湖に焦点を当ててこれらの課題に接近する具体的手がかりに言及したもので、琵琶湖の環境政策の今後を展望する議論の素材として重要であろう。

参考文献

森澤眞輔 (2005) : 琵琶湖における微量化学物質のリスク評価に関する研究. 平成16年度滋賀県琵琶湖研究所委託研究報告書.

横田喜一郎, 木村康二, 中村正久 (2004) : 微量化学物質に関する情報の整理. 琵琶湖研究所所報, 21.