

趣旨

第三期科学技術基本計画分野別推進戦略「環境分野」では5年間に重点的に取り組むべき6つの研究領域の一つとして、「化学物質リスク・安全管理研究領域」を選定しました。この領域の研究開発は「国民の安全・安心」の確保と「環境と調和する循環型の実現」という政策目標に合致するものであり、今後さらに重要になると考えられます。

総合科学技術会議では、化学物質リスク・安全管理に関する研究開発を進めている各省の連携を強め、化学物質の効用を十分に活用するリスク・安全管理を進めるべく我が国の研究開発ポテンシャルを高め、さらに持続可能な社会の実現に向けて国際的に貢献するよう、科学技術連携施策群「総合的リスク評価による化学物質の安全管理・活用のための研究開発」を設定し、本年度より活動を開始しました。

本科学技術連携施策群シンポジウムでは、各省で取り組んでいる研究課題を紹介し、各省で進めている研究開発の連携のあり方について議論を深めたいと考えております。

総合科学技術会議 科学技術連携施策群
総合的リスク評価による化学物質の安全管理・活用のための研究開発群
「総合的リスク評価による化学物質の安全管理・活用に対する各省の取り組み」
—平成19年度対象施策 成果報告会—

シンポジウム概要

会議名

「総合的リスク評価による化学物質の安全管理・活用に対する各省の取り組み」
—平成19年度対象施策 成果報告会—

日時 平成20年2月6日（水） 10:00～17:00（受付開始 9:30）

場所 日本科学未来館みらいCANホール
（東京都江東区青梅2丁目41番）

主催 内閣府

共催 文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省

参加者予定数 約300名

プログラム内容

1. 化学物質安全管理・活用連携群の役割について
2. トピックス（各省成果報告）
3. 補完的課題成果報告
4. パネルディスカッション

事務局 内閣府総合科学技術会議事務局 環境・エネルギー担当

（独）科学技術振興機構 科学技術連携施策群支援業務室化学物質の安全管理・活用担当

プログラム

- 10:00~10:10 開会挨拶 総合科学技術会議 議員 薬師寺泰蔵
1. 「化学物質安全管理・活用連携施策群の役割について」
10:10~10:30 化学物質安全管理・活用連携施策群コーディネータ・主監 安井 至
2. トピックス
10:30~10:55 「化学物質の最適管理を目指すリスク評価手法開発」
(独)産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センター 副センター長 吉田 喜久雄
10:55~11:20 「化学物質による子どもへの健康影響に関する研究」
(社)有隣厚生会 東部病院 病院長 牧野 恒久
11:20~11:45 「生態毒性簡易推計手法開発調査」
(独)国立環境研究所 環境リスク研究センター センター長 白石寛明
- 昼休み11:45~13:00
- 13:00~13:25 「生態系に対する微量化学物質による水質リスク評価手法の開発」
(独)土木研究所 水環境グループ 上席研究員 鈴木 穰
13:25~13:50 「残留性有機化学物質の挙動に関するマルチメディアモデルの開発」
(独)農業環境技術研究所 大気環境研究領域 主任研究員 西森基貴
13:50~14:15 「資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価」
(独)国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター 物質管理研究室長 野馬幸生
3. 補完的課題成果報告
14:15~14:45 補完的課題代表研究者 三宅 淳巳(横浜国立大学)
休憩:14:45~15:00
4. パネルディスカッション
15:00~16:30
司 会 総合科学技術会議 化学物質の安全管理・活用連携施策群コーディネータ 安井 至
パネリスト 厚生労働省 医薬食品局審査管理課 化学物質安全対策室 室長 山本 順二
農林水産技術会議事務局 研究開発企画官 大谷 敏郎
経済産業省製造産業局 化学物質管理課長 獅山 有邦
国土交通省 河川局 河川計画課 (調整中)
環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課長 木村 博承
内閣府 総合科学技術会議 政策統括官付参事官 青木 康展
5. 閉会挨拶
16:30~16:40 内閣府大臣官房審議官 大江田 憲治

目次

1. 化学物質の最適管理を目指すリスク評価手法開発..... 1
(独)産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センター 副センター長 吉田 喜久雄
2. 化学物質による子どもへの健康影響に関する研究..... 7
東海大学医学部産婦人科非常勤教授、(社)有隣厚生会 東部病院 病院長 牧野 恒久
3. 生態毒性簡易推計手法開発調査 生態毒性予測システム(KATE)について..... 13
(独)国立環境研究所 環境リスク研究センター センター長 白石寛明
4. 生態系に対する微量化学物質による水質リスク評価手法の開発..... 17
(独)土木研究所 水環境研究グループ 水質チーム 上席研究員 鈴木 穰
5. 残留性有機化学物質の挙動に関するマルチメディアモデルの開発..... 19
(独)農業環境技術研究所 大気環境研究領域 主任研究員 西森基貴
(独)農業環境技術研究所 有機化学物質研究領域 小原裕三
岐阜大学流域圏科学研究センター 魏永芬
6. 資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価 循環・廃棄物処理過程
における化学物質管理..... 23
(独)国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター 物質管理研究室長 野馬幸生
7. 「事業者の化学物質リスク自主管理の情報基盤」について..... 29
横浜国立大学大学院環境情報研究院 教授 三宅淳巳

化学物質の最適管理を目指すリスク評価手法開発

独立行政法人産業技術総合研究所

化学物質リスク管理研究センター 吉田喜久雄

1. はじめに

産業技術総合研究所、化学物質リスク管理センターでは、環境と調和した健全な経済産業活動と安全・安心な国民生活の実現を図るため、化学物質のリスクを総合的に評価し、リスクを適切に管理する社会システムを構築することを目的とするNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の化学物質総合評価管理プログラムの下で、平成19年度から「化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発」プロジェクト（以下、RTA手法開発プロジェクトと略す）を三菱化学テクノロジーと共同で受託し、手法開発を開始した。

NEDOの化学物質総合評価管理プログラムでは、平成13年度から6年間にわたり「化学物質のリスク評価及びリスク評価手法の開発」プロジェクトが実施され、化学物質評価研究機構、製品評価技術基盤機構及び産業技術総合研究所が以下の研究開発の遂行に携わった。

- ①有害性情報の整備と有害性評価分析
- ②暴露情報の整備と暴露評価手法の開発
- ③リスク評価、リスク評価手法の開発及び管理対策のリスク削減効果分析

以下のこのプロジェクトにおける成果は、国、地方自治体及び企業における化学物質管理の考え方をハザードベースからリスクベースにシフトすることに大きな貢献をした。

- ・153物質のヒト健康と生態への影響に関する有害性評価書の作成と公開
- ・大気、河川及び海域の濃度推定モデルの開発と公開及び開発したモデルによる環境濃度マップの作成と公開
- ・150物質のヒト健康と生態へのリスクに関する初期リスク評価書の作成と公開及びリスク評価書活用の手引きの公開
- ・リスク評価ツール（教育用ツール、暴露係数ハンドブック、リスク計算機等）の開発と公開
- ・25物質のヒト健康や生態へのリスクの詳細評価結果と排出削減対策のリスク削減効果分析を含む詳細リスク評価書の作成と公開及び開発した手法の原理、考え方の理解を深めるためのテクニカルガイダンス等の公開

しかし、身の周りで使用される化学物質の便益を有効に享受し、産業活動の維持、向上を図りつつ、一方で、化学物質によるヒト健康と生態系へのリスクを最小化するためには、排出削減対策に加えて、より小さなリスクの物質への代替化が重要である。この物質代替が適切であるか否か検討のためには、その過程で起こり得るリスクトレードオフ（対象と

するあるリスクを低減しようとする行為により、逆に意図しない新たなリスクを生じること)を定量的に解析し、被代替物質と代替物質間のリスクを定量的に比較することが必要となるが、このための手法は現時点で確立されておらず、比較は困難な状況である。さらに、被代替物質と代替物質のいずれか、あるいは両方において、リスク評価に必要な暴露情報や有害性情報がほとんどないことが想定され、P R T Rデータや有害性情報等のリスク評価に必要な情報がある程度存在する物質を主に対象とした「化学物質のリスク評価及びリスク評価手法の開発」プロジェクトで開発した評価手法をすぐに適用できない状況でもある。

以上のような状況を受けて、行政や企業における物質代替も考慮に入れた化学物質の最適な管理を促進するために、平成19年度から新たに、被代替物質と代替物質の暴露と有害性情報の欠如を補完し、定量的な物質間のヒト健康リスクの比較と生態リスクの比較を可能とするRTA手法開発プロジェクトが開始されることとなった。

本稿では、このプロジェクトで取り組む研究開発について概説する。

2. リスクトレードオフ解析手法の開発プロジェクトの概要

2-1. 設定する研究開発項目

ある化学物質が他の化学物質で代替される場合、代替物質も被代替物質と同一用途の物質群に属すると考えるのが妥当である。そこで、多様な物性やライフサイクルを有する洗剤、プラスチック添加剤、溶媒・溶剤、金属類及び家庭用製品の5つの代表的用途群の化学物質の代替を想定して、研究開発項目を設定した。

①暴露情報の欠如を補完し、暴露評価を可能とするための手法開発

合理的最大暴露(RME)を推定するにしろ、集団の暴露分布を推定するにしろ、評価物質に関する既報の屋内外での環境モニタリングデータはなく、さらにP R T Rデータもないと考えられるため、基礎的物性から環境排出量、屋内外空气中濃度、農・畜産物経由の摂取量等を推定する以下の手法を開発する。

- ・ 排出シナリオ文書(ESD)ベースの環境排出量推計手法の確立
- ・ 化学物質含有製品からヒトへの直接暴露等室内暴露評価手法の確立
- ・ 地域スケールに応じた環境動態モデルの開発
- ・ 環境媒体間移行暴露モデルの開発

②有害性情報の欠如を補完し、無毒性量等を推論するための手法と補完された有害性情報に基づいて共通指標で物質間のリスクを比較するための手法開発

既報の限定的な有害性情報から、統計科学的に、有害影響の種類とその無毒性量等を推定する手法を開発し、その影響の種類と無毒性量等を基にリスクを定量的に比較できる手法を開発する。

- ・ リスクトレードオフ解析手法の確立

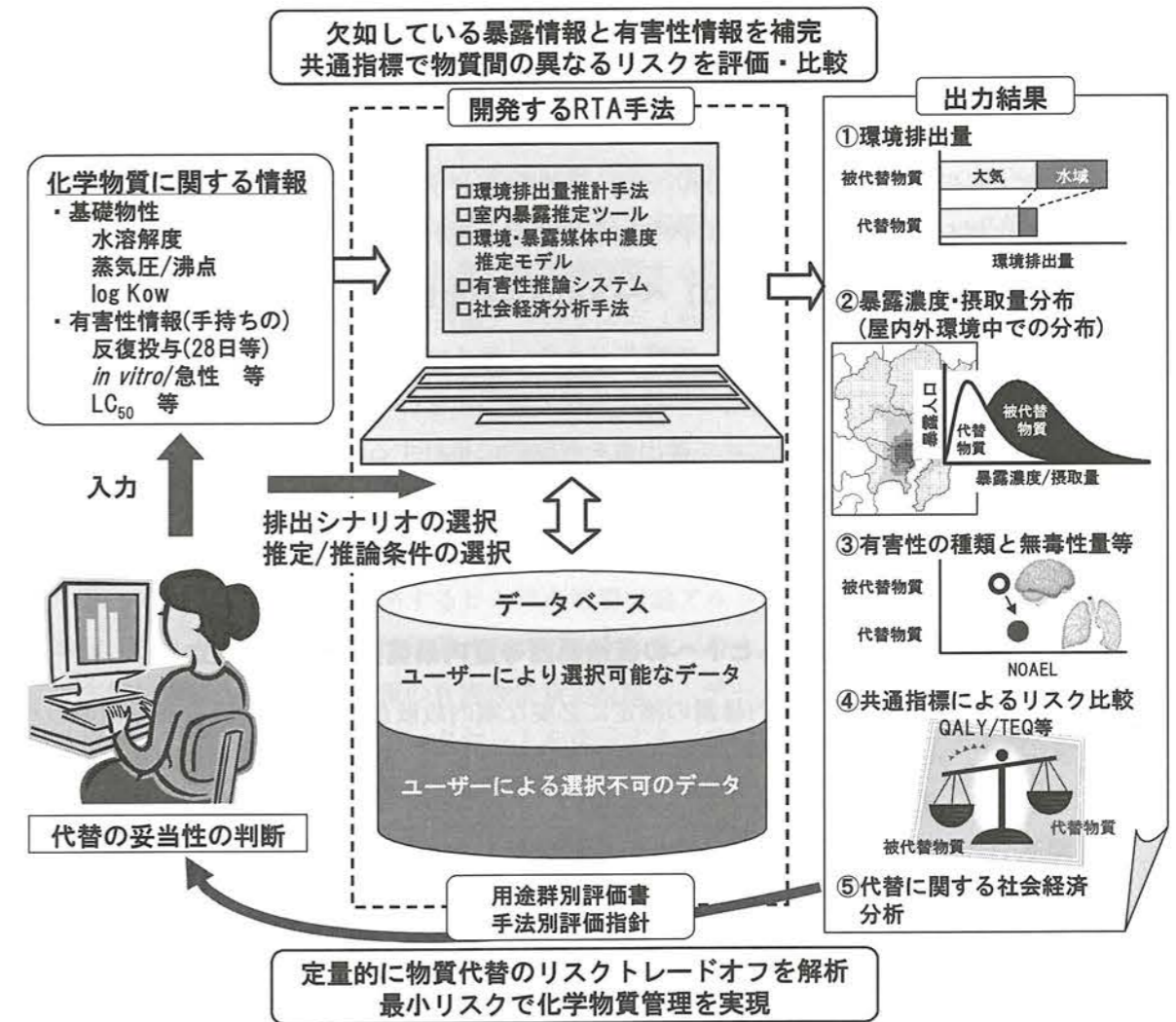
③行政と事業者によるリスクトレードオフ解析活用のための開発成果の普及活動

代表的な5つの用途群を対象に、開発した補完手法と物質間の定量的リスク比較手法

を用いて、物質代替に伴うリスクトレードオフを解析し、社会経済分析を行い、評価書として公開し、あわせて、リスクトレードオフ評価指針も公開することにより、行政による規制や事業者による自主管理に広く活用されるようにする。

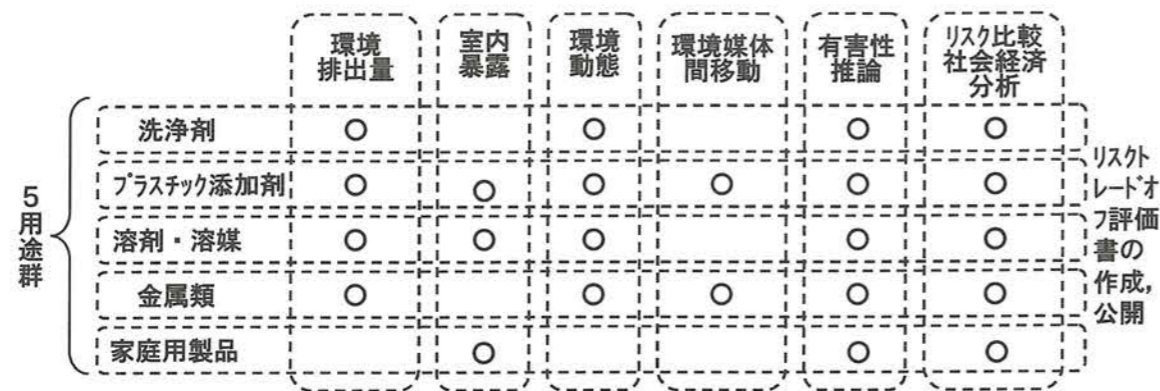
- ・ 5つの用途群の「用途群別リスクトレードオフ評価書」の作成

RTA手法開発プロジェクトで開発する手法を用いてのリスクトレードオフ解析全体のイメージを以下の図に示す。



2-2. 研究開発項目の実施内容

RTA手法開発プロジェクトでは、以下に示すように、欠如している暴露と有害性情報の補完、リスク比較及び物質代替の社会経済分析に係る研究開発を縦糸とし、5つの用途群を横糸として、各用途群に適した手法を開発、公開するとともに、それらを用いたリスクトレードオフ解析結果とまとめ、用途群別のリスクトレードオフ評価書として公開する。



各評価手法に関わる評価指針の作成、公開

平成19年度から21年度においては、洗浄剤とプラスチック添加剤の2つの用途群での物質代替を対象にして、以下の内容で研究開発を遂行する。

(1) 排出シナリオ文書（ESD）ベースの環境排出量推計手法の確立

2用途群を対象に、環境排出への寄与が大きいライフサイクル段階や工程を特定するとともに、ライフサイクル諸段階での排出係数の類型化を行う。これらの排出係数を基礎的な物性や工程の特性と関連づけて排出量を理論的に推計する手法を導出する。さらに、導出した手法を用いて、洗浄剤とプラスチック添加剤の環境排出量を推計する。

導出した個別の排出量推定式を排出シナリオ毎に排出シナリオ文書（ESD）としてまとめ、公開する。

(2) 化学物質含有製品からヒトへの直接暴露等室内暴露評価手法の確立

ボックスモデルによる室内暴露の推定に必要な室内放散量、壁面での吸脱着係数等のパラメータについて、プラスチック添加剤等を対象として、既報文献データを収集・整理するとともに、チャンバー実験でデータを補い、これらのパラメータを物質の用途及び物性と関連づけて推定式を導出する。また、住環境や人の生活・行動パターン等に関するアンケート調査を実施し、代表値を決定してデータベース化する。

導出した室内放散量等の推定式とデータベース化した生活場データを搭載し、家庭、職場、学校等での室内濃度分布を推定する室内暴露推定ツールのプロトタイプを構築する。

(3) 地域スケールに応じた環境動態モデルの開発

大気中での種々の反応と沈着の過程をモデル化し、三次元オイラー型の気象・拡散モデルに組み込むことにより、揮発性有機化学物質から光化学反応により二次生成するオゾンやアルデヒド類の大気中濃度分布を推定できる大気モデルを構築する。

また、「化学物質のリスク評価及びリスク評価手法の開発」プロジェクトで開発した河川モデル（AIST-SHANEL）の適用河川を拡大し、日本全国の1級河川の濃度を推定可能とするとともに、では、海洋生物への生物蓄積過程をモデル化し、海域モデル（AIST-RAM）に組み込み、東京湾での海洋生物への生物蓄積を推定可能とする。

(4) 環境媒体間移行暴露モデルの開発

農・畜産物中の化学物質濃度と農・畜産物経由の化学物質摂取量を地域特異的に推定する環境媒体間移行暴露モデルを開発するため、モデルで使用する地域特性パラメータのデータベースを地理情報システム上に構築し、地域特性パラメータの代表値や確率密度関数を都道府県別に決定する。

さらに、これらの値や関数を使用可能な土壌、植物及び家畜の各媒体間移行モデルを構築し、既報の流通データ等に基づいて大都市圏の一般住民の化学物質摂取量の分布を推定する環境媒体間移行暴露モデルのプロトタイプを構築する。

(5) リスクトレードオフ解析手法の確立

ヒト健康影響については、既報の動物試験や疫学情報の結果と有害影響の機序等に関する専門家の既知見を収集・整理する。これらの有害性情報にデータマイニング等の統計学的手法を適用するとともに、影響の機序等に関する既知見を組み合わせる統計モデル化し、ヒト健康影響評価のための推論アルゴリズム（ある物質で得られている動物試験等の結果を入力情報として、ヒト健康影響の種類と無毒性量等を確率的に推論する）のプロトタイプを作成する。

また、物質間のヒト健康リスクを比較するため、化学物質暴露で生じる得る主要なヒト健康影響の種類を既往の疫学調査や人口動態統計等を基に整理し、主要なヒト健康影響の種類ごとにその重篤度を毒性等価係数や生活の質（QOL）の値を決定する。

2つの用途群の物質に開発するヒト健康影響推論アルゴリズムを適用し、暴露情報と合わせ、リスクの大きさを毒性等量や質調整生存年数（QALY）の尺度で算出する。

生態影響についても、既報の有害性情報を収集し、データベース化し、欠如した有害性情報を推定するための基本データセットを作成する。この基本データセットをもとに、データマイニング、統計的外挿モデルや非線形モデル等のデータ解析手法により欠如した有害性情報を補完する有害影響推定手法プロトタイプを開発する。

また、物質間の生態リスクを比較するため、種の感受性分布解析や個体群存続影響解析に適した生物種とリスク比較に適する指標を検討し、決定する。

2つの用途群の物質に、開発する有害影響推定手法と種の感受性分布解析や個体群存続影響解析を適用し、暴露情報と合わせ、リスクの大きさを共通指標で算出する。

(6) 5つの用途群の「用途群別リスクトレードオフ評価書」の作成

2用途群を対象に、被代替物質と代替物質の暴露と有害性の情報を上記の手法を用いて補完しつつ、リスクを比較するとともに、物質代替の社会経済分析を行い、リスクトレードオフ評価書を作成し、公開する。

また、2用途群のリスクトレードオフ解析のために開発する暴露解析と費用推算の手法に関する評価指針を作成する。

3. おわりに

リスクトレードオフに関しては、米国での農薬の代替に伴うリスク相殺（同じ種類の有害影響が同じ集団に生じる）とリスク代替（異なる種類の有害影響が同じ集団に生じる）等を考察した事例や飲料水の塩素処理での発がんリスクと感染症リスクのリスク代替を考察した事例等、いくつかの解析が行われている（Graham & Wiener 著、菅原監訳 リスク対リスク、昭和堂）。しかし、上記のRTA手法開発プロジェクトで対象とする、ある用途の化学物質を同一用途の他の物質に代替する際に生じるリスクトレードオフに焦点を当てた解析は、現状ではほとんど実施されてない。

PRTR対象化学物質の物質代替の状況については、PRTR届出事業所を対象に実施した平成15年度のアンケート調査によれば、対象事業所の約22%で物質代替が行われ、化管法対象外の物質への代替の回答が最も多い（中央環境審議会環境保健部会化学物質環境対策小委員会、産業構造審議会化学・バイオ部会化学物質政策基本問題小委員会化学物質管理制度検討ワーキンググループ合同会合中間取りまとめ）。そして、これらの物質代替は、ユーザーや業界団体等からの要請と事業者自らの環境への取り組み等が主な理由となっている。RTA手法開発プロジェクトで開発し、公開する手法は、要請や自主的取り組みによる化管法対象外の物質への代替を考える際に、限定的に存在する情報を基に適切な意思決定を支援できると考えられる。

RTA手法開発プロジェクトは始まったばかりであるが、リスクトレードオフを解析する手法の開発に際しては、業界団体等とも十分に議論しながら開発を進め、信頼されるRTA手法を行政機関や事業者提供させていただきたい。

化学物質による子どもへの健康影響に関する研究

東海大学医学部産婦人科非常勤教授

(社)有隣厚生会東部病院院長 牧野 恒久

次代を担う胎児・子どもは化学物質の暴露に対して脆弱な集団である。本講演ではこれらの物質の信頼しうる真の暴露量や暴露量に基づいた健康評価法の開発についての研究成果を報告する。

1. 化学物質暴露量測定法の開発

胎児、子どもに対する化学物質の真の暴露量を入手するためには信頼すべき測定法の存在が不可欠である。これまで環境中に存在する無数の化学物質の中から、子どもの健康障害との関連を窺わせるいくつかの物質を絞り込むことに成功したが、ヒト組織中の濃度分布、暴露量を解析するに足るそれぞれの物質に対する信頼すべき測定法が存在せず、本研究は各測定法の開発からのスタートとなった。胎児、子どもの生体試料とは、母体血、臍帯血、羊水、母乳、尿、胎脂、毛髪などその種類は多岐にわたり、それぞれに測定感度と特異性に優れた測定法を開発せねばならない。本研究では開発する測定法がいわゆる測定法ガイドラインになるべく精度管理や再現性の面からも検討した。

1-1. 測定物質の絞り込み

測定法開発と同時に進行させた生体暴露化学物質の予備的測定から以下の物質を測定解析対象物質とした。

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| (A) ビスフェノールA (BPA) | (E) 有機フッ素系化合物 |
| (B) フタル酸エステル | (F) ピレスロイド系農薬 |
| (C) ノニルフェノール (NP) | (G) 有機リン系農薬 |
| (D) ポリ臭素化ジフェニールエーテル (PBDEs) | (H) ニコチン、コチニン |

ビスフェノールAはポリカーボネートに代表される樹脂原料であり過去には年間約30万トンの国内生産が記録されている。フタル酸エステルはプラスチックの可塑剤として塩ビ、シート、電線の被覆材料などに多用されている。同じく年間約30万トンの国内生産が報告された年度もあり、体内では多くの代謝産物に分解され、催奇形性や雄性生殖器への異常作用が報告されている。ノニルフェノールはアルキルフェノールとして総称される一群の化学物質でとくにC9のノニルフェノールは早くから内分泌かく乱化学物質として注目されてきた。本物質は界面活性剤、フェノール樹脂としてその多くが用いられ年間国内生産量が2万トンを超えた年度もある。ポリ臭素化ジフェニールエーテルは合成樹脂の

難燃材として電子機器に多量に使用され、環境汚染物質にも指定されている。近年、北欧でヒト母乳中での増加が報告されている。わが国では1980年以降年間数万トンのPBDEsを消費しているが健康、とくに子どもに対する報告はない。有機フッ素系化合物はパーフルオロ化合物として代表され、繊維の撥水剤、消火剤、界面活性剤と多用され、野生動物、魚類への汚染は以前から報告されてきた。生体内では難分解性で血液に特異的に蓄積され血中半減期はPFOSで8年、PFOAで4年と極めて長いことが特徴的である。すでに甲状腺機能かく乱作用、催奇形性などが報告されているが、ヒトでの臍帯血、母乳を通じての胎児、新生児への汚染、影響はその詳細が不明である。ピレスロイド系農薬は家庭で使用される殺虫剤の90%を占め、有機リン系農薬は世界で最も多く使用される農薬で殺虫剤としての使用は全農薬の50%以上を占める。後者の中のクロルピリホスは以前から神経系や脳の発達に影響を及ぼすことが報告され、メキシコの農業地帯では子どもたちの体力低下、記憶力低下、協調性の低下などが報告されている。しかしながら母胎への暴露とその影響の詳細は検討されていない。ニコチン、コチニンを含め検討対象としてこれらの化学物質の社会的、医学的意義は少なくない。

(1) 測定法の確立

ビスフェノールAに対しては内部標準物質にBPA-d16を用い選択的イオン検出法(SIM)でLC/MS/MS上で測定し、定量感度0.5pbpの鋭敏な測定法を開発した。アルキルフェノールについては内部標準物質にNP-d5を用いLC/MS上でelectrosprayイオン化法により測定し、定量限界5pbpの新しい測定法を開発した。フタル酸エステルとくにジエステルヘキシルフタル酸(DEHP)については内部標準物質にDEHP-d4を使用しGC/MS上で展開し、フタル酸エステル類のピーク面積を内部標準のピーク面積で除した数値と標準溶液のそれと比較して定量する測定法を開発し定量限界10pbpを得た。以上の結果は政策提言として2005年3月31日厚生労働省医薬食品局化学物質安全対策室の「内分泌かく乱化学物質の健康影響に関する検討会」に「内分泌かく乱化学物質の現状と今後の取り組み」と題して中間報告追補その2を提出した。本報告書第1章第2節の採取・分析法において、われわれの構築したこれら分析法は食品、生体試料、実験動物飼育飼料に含まれる内分泌かく乱化学物質分析ガイドラインとして掲載された。ポリ臭素化ジフェニールエーテルの測定にはNISTから提供を受けた標準参照試料(SRM2585)を使用、同位体希釈法を利用したGC/MSによる測定法を開発した。有機フッ素系化合物(パーフルオロ化合物、PFCs)についてはオンライン固相抽出-高速液体クロマトグラフィー(LC)/タンデム質量分析法(MS/MS)からなる測定システムを構築することに成功した。ピレスロイド系農薬については共通する代謝産物3-phenoxybenzoic acid(3-PBA)をターゲットとするLC/MS/MS高感度分析法を、有機リン系農薬についてはジアルキルリン酸類を指標に同じくLC/MS/MS高感度迅速分析法を開発した。ニコチン、コチニンについては親水性相互作用クロマトグラフィー/質量分析法による血中両物質を同時に測定し、定量限界値1.0ng/ml(ニコチン)、

0.4ng/ml(コチニン)の高感度分析法を開発した。フタル酸エステル類については新たに5種類のモノエステル化合物についてLC/MS/MS法で分析し得ることを見いだした。

2. 胎児・子どもに対する化学物質暴露量の分析結果

化学物質のヒトへの暴露量測定に際して上記のそれぞれの物質に対する測定法開発を成しえて後、実際の測定との間にいくつかの課題が存在する。真に信頼すべきヒトへの化学物質の暴露量はこれらの課題を解決した後に得られるべきである。

2-1. 暴露量測定前に検討すべき項目

(1) 一連のヒト試料分析には倫理面の配慮がなされなければならない。本研究では東海大学医学部付属病院における倫理委員会(IRB)の審査を経て、十分なインフォームドコンセントが得られた症例から提供された試料のみを測定対象とした。

(2) 試料採取の条件は一定であることが必須である。特に測定感度が鋭敏な分析方法では試料採取に用いる器具からの影響は無視できない。本研究では採取器具からの影響を最少にする器具を開発した。

(3) 測定法確立後の恒常的な精度管理は不可欠である。測定値は定期的にダブルチェックし、バックグラウンド値にも注意する。本研究では各府県の衛生試験所などとの協力で同一試料の二重測定など精度管理に努めた。

(4) 化学物質の生体内での代謝、半減期の検討は重要な測定前の項目である。多くの化学物質が生体内で速やかに多くの代謝産物に分解される。同時に血中から速やかに消失する物質も少なくない。どの物質をいつ測定するかは暴露量の評価に直結する。

(5) 抗原-抗体反応を利用する免疫学的測定法と質量分析法では得られる測定値に差が生じる。特に前者ではその絶対値が大きくなる可能性が多い。本研究は測定サンプルのピークを視認しうる質量分析法を採用した。

2-2. 化学物質暴露量の実際

上記の検討の後得られた化学物質の生体内分布濃度は真に信頼しうる暴露量と解される。

(1) ビスフェノールAの健常人(n=37)尿中排泄量は平均1μg/dayとなり、EUの暫定TDI 500μg/dayの約500分の1であった。血中のカットオフ値を0.5ng/mlとして妊婦(n=86)血中のビスフェノールAを測定するとわずか1例(1.2%)のみ陽性であり、臍帯血中では検出されなかった。

(2) ジエチルヘキシルフタル酸(DEHP)の血中カットオフ値を10ng/mlとすると、妊婦(n=79)血中で4例(5.1%)、臍帯血中(n=46)で1例(2.1%)が陽性であった。胎脂からはきわめて高濃度(3,590-92,100ng/gm)のDEHPが検出された。胎脂は妊娠6ヶ月以降胎児体表上に形成されることから、胎脂中のDEHPの濃度は妊娠後期の母体および胎児のDEHP暴露履歴を反映している可能性が示唆された。フタル酸モノエステルについては12組の母子について抱合型のモノエステルを含め測定検討し

た。その結果、全ての母体血中、臍帯血中からフタル酸モノブチル (MBP)、フタル酸モノエチルヘキシル (MEHP) を検出した。母体血中の MBP および MEHP の中央値は 13.9 および 3.1 ng/ml であった。一方、臍帯血中の MBP および MEHP の中央値は 12.7 および 2.2 ng/ml であった。これらの濃度は母体および胎児で同程度であることから母体血中の MBP および MEHP は胎盤を通過して胎児に達していることが推察された。母乳中 (n=11) のものエステル類の濃度を検討すると全ての母乳から MBP (中央値: 2.6 ng/ml) と MEHP (中央値: 27.9 ng/ml) が検出された。

(3) ノニルフェノール (NP) は血中のカットオフ値を 5 ng/ml とした場合、母体血中 (n=78) で 6 例 (7.7%)、臍帯血中 (n=48) で 4 例 (5.1%)、尿中 (n=16) では 12 例 (75%) の陽性であった。

(4) ポリ臭素化ジフェニールエーテル (PBDEs) については、子供の生活空間 (床上 30-50 cm, 幼児) が大人のそれと異なることを勘案していわゆるハウスダストの分析を施行した。

その結果、これら試料中からは難燃剤 PBDEs の一種であるデカブROMジフェニールエーテル (デカ BDE) が比較的高濃度 (平均約 740 ng/g) に検出され、ハイハイ、呼吸、おしゃぶり等からの一連のハウスダストの取り込みにより乳幼児は日常、多量のデカ BDE に暴露されていることが示唆された。いま乳幼児の体重を 5 kg、一日のハウスダストの取り込み量を 0.1 ng と仮定すると、このハウスダスト取り込みに伴うデカ PDE の一日摂取量は体重 1 kg あたり約 15 ng と試算される。この値は米国環境保護庁が提案している一日許容摂取量の参照値 (体重 1 kg あたり 10,000 ng) の約千分の一であり直ちに健康への悪影響が懸念されるレベルではないが、PBDEs の慢性毒性や他の化学物質との複合的暴露影響については不明の点も多い。

(5) 有機フッ素系化合物 (PFCs) についてはパーフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)、パーフルオロヘキサンスルホン酸 (PFHxS)、パーフルオロオクタン酸 (PFOA)、パーフルオロノナン酸 (PFNA) などについて、PFCs が生活物質に多用されていることからハウスダストについて暴露源として検討した。その結果、全てのハウスダスト (n=20) から PFOS が 1.5-41.0 ng/g のレベルで検出された。また本邦ではじめて母乳中 (n=10) の PFCs を検討すると全ての検体から PFOS および PFOA が検出されたことから母体や生活環境からの PFCs の暴露が確認された。

(6) ピレスロイド系農薬の代謝分解物質である 3-PBA は、尿中で、遊離型は検出されず、抱合型の中央値は 0.58 ng/ml であった。有機リン系農薬クロロホスピスの暴露量は尿中で 0.2-0.5 ng/ml のレベルで検出された。

(7) タバコ煙によるヒト妊婦の暴露実態の推量を目的として母体血中、臍帯血中のニコチン、コチニンを母児同一試料で分析した。母体血中 (n=51) では 15 例 (29%) にコチニンが 0.4-177.2 ng/ml のレベルで検出された。臍帯血 (n=11) では 1 例コチニンが検出されたがペアとなる母体血からもコチニンが検出されたことから臍帯血を

介した胎児へのコチニン暴露が明らかになった。

3. 新しい健康評価法の開発

恒常的な精度管理に基づいた化学物質の測定により、ヒト生体内のこれら物質の真の暴露量情報が入手されつつある。一方これまでの化学物質による健康影響についての評価方法は動物試験、あるいは in vitro での培養細胞に対して行われてきたが検討されてきた化学物質の量はいわゆる pharmacological dose であり、暴露量の範囲内で検討しうる鋭敏で特異性を有する評価方法は内外に極めて少ない。本研究ではこれらの状況を勘案して、ヒトの暴露量内でも充分評価しうる新しい評価方法としてエピジェネティクス (epigenetics) 評価法を開発した。

3-1. エピジェネティクスとは

ゲノム・レベルに作用して、DNA の塩基配列に変異、欠失、組み換えなどを生じさせる物質を変異原性化合物と呼び、発ガンリスク因子の一つと見なされ厳重な取り扱い下に置かれる。一方、エピジェネティクスとは「細胞世代を超えて継続する、DNA の変異を伴わない、遺伝子機能を研究する学問分野」である。生体を構成する様々な機能を有する細胞は発生学上 1 個の受精卵から分化し、細胞機能は異なっても同一の遺伝子情報 (DNA) を保持している。細胞機能の違いは専ら一連の DNA 上 (epi-) の変化、具体的にはシトシンのメチル化あるいは脱メチル化、ヒストンのアセチル化あるいは脱アセチル化などの on-off 制御機構によると考えられる。このエピ変異原性を検討することは単なる細胞機能の違いを視るだけでは、疾患発症、創薬に関しての薬物効果や治療効果、腫瘍発生などのメカニズムを評価しうる可能性を有している。化学物質の変異原性を検査する方法はすでに確立しているが、エピ変異原性を評価する方法は確立していない。本研究では化学物質がヒト暴露量の範囲内でエピ変異原性を有するか否かを評価しうる方法を確立することを目的とした。

3-2. エピジェネティクス評価法の開発

エピジェネティクス制御の中心は DNA メチル化とヒストン修飾によるクロマチン構造の変化である。本研究では、この変化を捉えるためにマウスの ES 細胞を浮遊培養、胚様体を分化誘導した系を確立し、暴露量範囲内の化学物質を作用させ DNA メチル化プロファイル変化の有無を、RT-PCR 法によるエピジェネティクス関連酵素の発現、細胞形態の変化、Restriction Landmark Genomic Scanning (RLGS) 法によるゲノムワイドな DNA メチル化の変化として捉えうる方法を確立した。

3-3. エピジェネティクス評価法からみた化学物質の暴露影響

予備の評価物質として、生命発生の最も初期の段階で暴露するジメチルスルフォキシド (DMSO) を取り上げた。本物質は脂溶性物質の可溶化剤として使用される他に、配偶子 (精子、卵子)、接合子 (受精卵) を凍結保存する際に氷晶による細胞の機械的損傷を防

ぐ凍結保護剤として汎用されてきた。検討の結果、DMSOは常用の低濃度（0.2%）の範囲内でDNAメチル化プロファイル変化を誘導することが判明した。今後、再生医療におけるES細胞、各種幹細胞などの樹立株の凍結保存の際に注意すべき事項を提供したことになる。

本研究の化学物質による生体暴露の検討から少なくとも25種の化学物質が胎児の体内に存在することが確認された。これら物質全てについて暴露量、暴露量の10倍量、暴露量の10分の1の量でのエピジェネティクス評価を行った。その結果、暴露量の範囲内で、有機リン系農薬の体内分解産物の一部、コチニン、水銀は上記ES細胞のヘテロクロマチン形成に抑制的に、セレン、S-421は促進的に作用し、かつこれらの変化は不可逆的であった。

今後、胎児期、小児・乳幼児期に暴露する各化合物については、ヘテロクロマチン形成への影響を主体とする一次評価、ゲノム全域のDNAメチル化解析による二次評価を通して総合的に評価しうる道を拓く事が可能と思われる。

生態毒性簡易推計手法開発調査

生態毒性予測システム（KATE）について

独立行政法人 国立環境研究所 環境リスク研究センター長 白石寛明

1. はじめに

多種類の化学物質が製造・使用されているなかで、個々の化学物質のリスク評価は精力的になされているものの、用いるデータの不足などさまざまな制約からすべての物質のリスク評価がなされた物質の数には限りがある。全ての化学物質を人の健康や環境への影響を最小化する方法で生産・消費するというWSSD2020年目標を達成するには、動物実験など試験によらない何らかの影響評価手法の導入が必要である。この中で構造活性相関（(Quantitative) Structure-Activity Relationship: (Q)SAR）への化学物質のリスク評価・管理への適用ニーズは高く、第二次環境基本計画での化学物質対策での重点的取組事項で、「化学物質の構造から有害性などの性状を定量的に予測するQSAR（定量的構造活性相関）や化学物質の環境中における分布や人への暴露量を予測する暴露予測モデルなどを活用したリスク評価手法、化学物質を用いた製品のライフサイクル・アセスメント（LCA）などの研究開発を推進する」とされたことに引き続き、第三次環境基本計画においても「構造活性相関等の簡易・迅速な化学物質の安全性評価手法を開発し、人の健康及び生態系に与える影響について科学的知見に基づき評価を行い、適切な管理を促進します。」とされている。OECDにおいても(Q)SARのバリデーションのためのガイダンスドキュメントの作成や、この概念に基づいたツールボックスの作成がなされており、(Q)SAR開発を先導的に進めようとしている。我が国においては、平成16年4月1日より、化学物質の動植物への影響に着目した審査・規制の導入等を内容とした「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）」改正法（改正化審法という）が施行されている。化審法においては、既存化学物質の安全性点検を効率的に進めるため、NEDO事業により分解性と蓄積性の化審法でのエンドポイントの予測をターゲットとした構造活性相関（SAR）手法によるフォールス・ネガティブの少ない推定法の開発が進められている。ここでは、生態毒性のうち化審法のエンドポイントを予測する定量的構造活性相関(QSAR)手法の検討と公開のためのシステム開発を実施しているのでその概要を報告する。

1-1. 生態毒性をエンドポイントとした既存 QSAR

生態毒性の構造活性相関モデルを検討するにあたり、均一なデータセットとして環境省生態影響試験結果の魚類（メダカ）272物質、甲殻類（オオミジンコ）346物質（平成7年～17年度、限度試験を除く）、ならびにEPA Fathead Minnowデータベースの魚類（ファットヘッドミノー）580物質を用いることとした。エンドポイントは魚類で96時間半数致死濃度、甲殻類は48時間半数遊泳阻害濃度である。このエンドポイントを予測する既存

モデルはいくつか知られており、本データを用いた予測性能の評価を実施した。評価は実測値と各モデルによる予測値との相関解析により傾き、切片、決定係数を計算した。

(1) ECOSAR

ECOSAR は米国 EPA で開発され、部分構造等によるクラス分類、主に LogP との単相関による予測を行うもので、米国 EPA より無料で公開されている。ECOSAR の決定係数は魚類で 0.70、甲殻類で 0.45 であった。ECOSAR では、魚類 400 物質（予測可能な物質数）を 24 クラスに分類しており、そのうち、該当物質が 5 物質以上で解析可能なクラスが 11 クラスあった。Aromatic Amines、Metahcrylates、Neutral Organics などは比較的、実測値と予測値が一致した。甲殻類では 146 物質を 18 クラスに分類し、そのうち、該当物質が 5 物質以上で解析可能なクラスが 5 クラスであった。Neutral Organics は比較的、実測値と予測値が一致した。

(2) TIMES

Times は Univ. of Burgas 大学で開発され、17 種の生物種への生態急性毒性を予測するモデルであり、作用機序を考慮したクラス分類、クラス毎に一つまたは複数の記述子（量子化学パラメータ）を用いた多変量モデルに基づく予測を行う。計算に使用した interspecies モデルでは、複数のエンドポイントを同じ回帰式で切片の値のみを換えて計算する。Times での結果は、決定係数は魚類で 0.44、甲殻類で 0.32 であり、比較的悪い結果であったが、強い毒性を示すが作用機序の不明であるクラスに対して、最も毒性の低い麻酔作用の QSAR 式で代用している点を考慮する必要がある。

表 1 ECOSAR と TIMES の概要

プログラム	クラス分類	クラス数	記述子
ECOSAR	部分構造による	魚類 52, 甲殻類 42	KowWin, 実測値
TIMES	作用機序による	魚類 7, 甲殻類 3	LogBCFtox Q_Unsaturated_alcohols_C DONOR_DLC_Aldehydes_O

1-2. 生態毒性予測システム (KATE) の開発

毒性と物質の性状の関係を全体として見ると、魚類および甲殻類の急性毒性値 ($\log(1/\text{毒性 (モル濃度)})$) は図 1 に示すように脂溶性の指標である水-オクタノール分配係数 (LogP) に良い相関があることが知られている。図 1 の下辺を構成する物質群は麻酔作用による毒性を示すものであり、上方にお分散する物質は麻酔作用以外の毒性を有するものと仮定し、特徴的な部分構造の有無による化合物のクラス分類と、クラス毎の LogP と毒性値の単回帰式導出の検討課題としてモデル構築を実施した。特定の部分構造の抽出、抽出されたクラスに属する化合物に含まれる部分構造と LogP の範囲を算出するための基盤システムとして、インターネッ

ト (WEB 版) とスタンドアローン (PC 版) での提供を目標に挙げた。

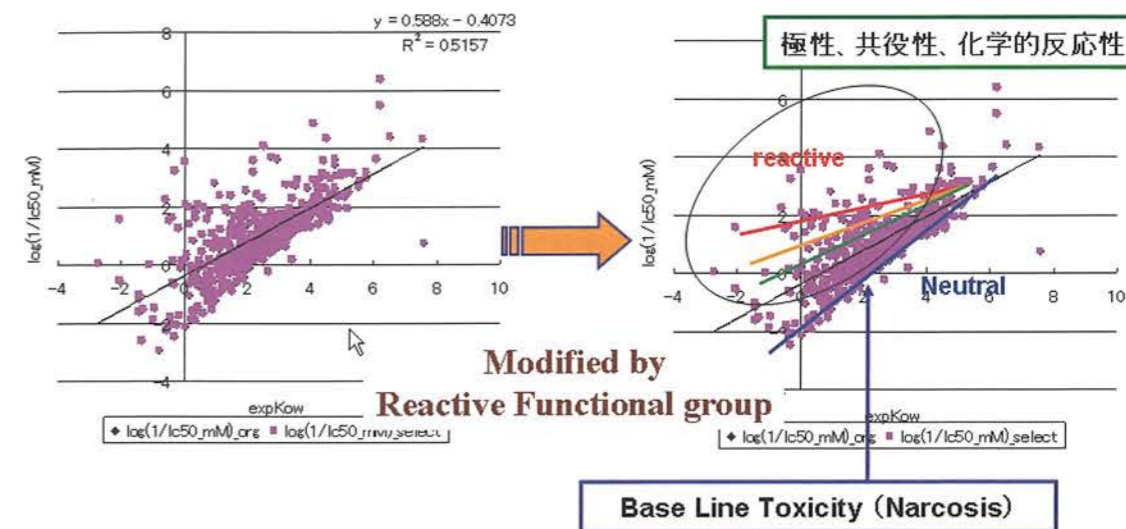


図 1. A) 魚類 96 h LC50 と水-オクタノール分配係数 (実測値) との関係, B) KATE モデルの構築方針

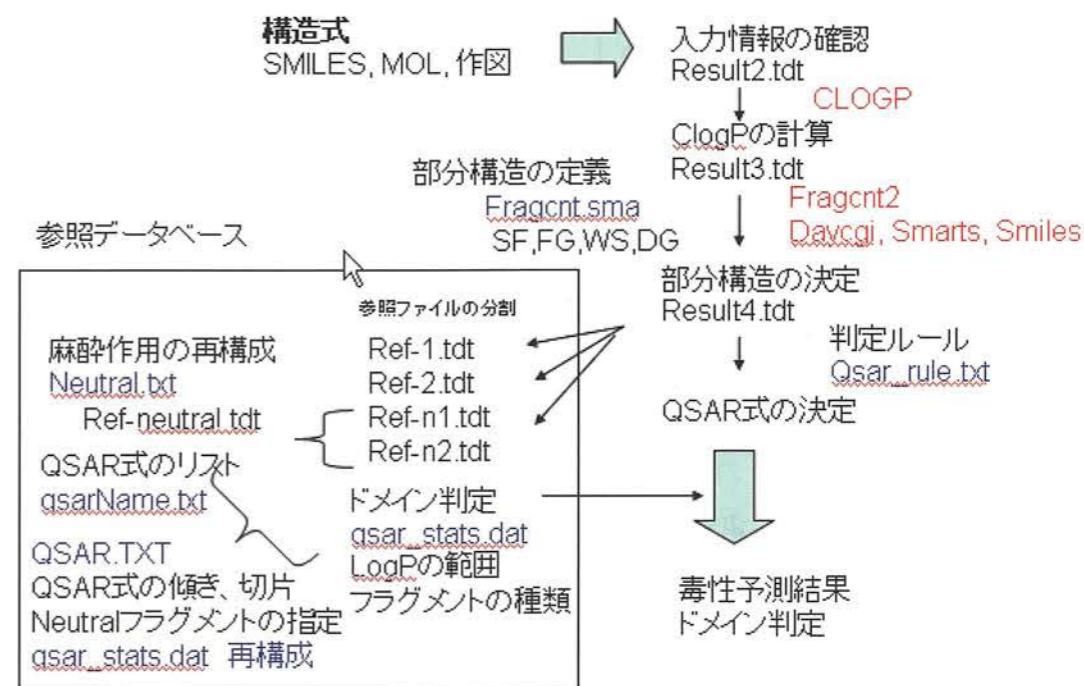
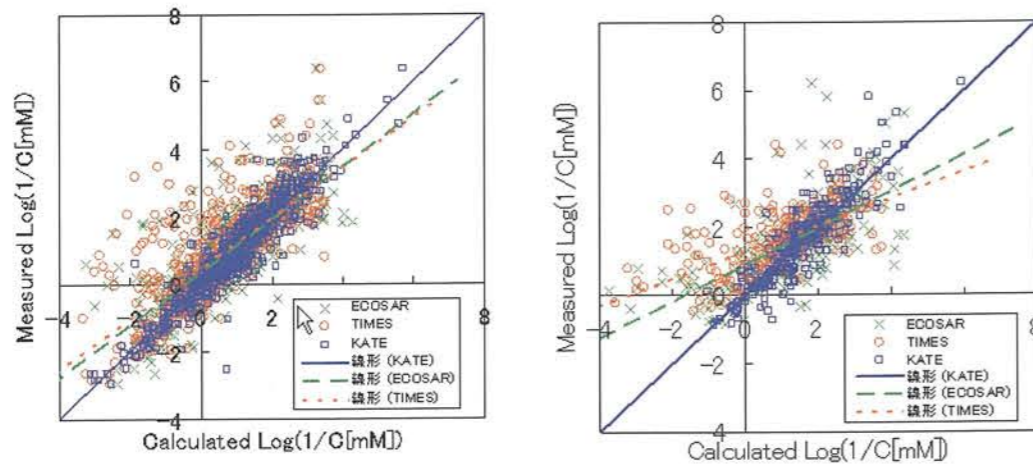


図 2 KATE (Web 版) におけるアルゴリズム

Web版では、構造解析のプラットフォームに米国 daylight 社の市販ツールを利用し、図2の部分構造の定義を作成した。すなわち、毒性分類（基本SF：129種類、修飾FQ：46種類）、LogP（フラグメントFG：259種類、補正FC：378種類）、（生分解性BD：84種類）、水溶解度（補正WS：31種類）である。システムでは、これら部分構造に水-オクタノール分配係数（N_LogP: KowWinのパラメータ）、水溶解度（N_logPから予測：WSKOWのパラメータ）、生分解性（BioWin5のMITI線形のパラメータとBioWin6のMITI非線形のパラメータ）を暫定的に与えており、これらの特性も予測できるシステムとなっている。毒性予測は図3に示すように、基本SFと修飾FQ構造の組み合わせと順位付けを記載したルール（QSAR_Rule.TXT）に基づきクラス分類される。参照化学物質をバッチ処理することにより、ルールに基づき自律的にQSARシステムが更新される。この際、麻酔作用に係るルールは、SFやFQで指定される以外の物質という定義を避けるため、SFやFQを用いて決定されたクラスを再構成（Neutral.txt）することで定義している。例えば、魚類でのアルコールは、アルコールとNeutral Organicsの2つのクラスに分類されることになる。なお、本システムは近日中の公開を予定している。



QSARモデル	魚類		甲殻類	
	決定係数	RMSE	決定係数	RMSE
ECOSAR	0.63	0.79	0.45	0.84
TIMES	0.58	0.84	0.40	0.88
KATE	0.86	0.48	0.79	0.53

図3 KATE, ECOSR, TIMESによる予測値と実測値の比較（左：魚類、右：甲殻類）

2. まとめ

以上のように、KATEのクラス分類はエキスパートの判断に依存する部分が多く、今後とも分類のための部分構造や分類ルールに改善の余地がある。LogPとの相関性に乏しく、かつ、強い毒性を示すクラスに対する予測性能を向上させる必要があり、このための理論的な検討も必要である。また、QSARモデルの構築に活用できる試験データの効率的な収集も今後の課題であろう。

生態系に対する微量化学物質による水質リスクの評価手法の開発

独立行政法人土木研究所 水環境研究グループ 水質チーム
鈴木 穰

1. はじめに

人間社会から水環境に排出され、微量ではあるが水生生態系に影響を与えている可能性のある化学物質として、医薬品類が挙げられます。医薬品類は、主に家庭で使用されたのち尿尿とともに下水道や浄化槽に排出され、何らかの処理を経た後に最終的に水環境に到達します。近年、これら医薬品類の水環境中での存在についての報告がなされ、水生生物等への影響が懸念されています。

このため、医薬品類の水環境中での実態を把握し、挙動を明らかにするとともに、水生生物への影響を評価する手法が求められています。

本研究では、水環境中で観測された医薬品類の実態に対応して、それらの医薬品類が水生生態系へ与える影響を、甲殻類・藻類・細菌等を用いたバイオアッセイ手法により評価するとともに、実際の水環境における濃度変動等の影響を勘案して、水質リスク評価手法を開発することを目的としています。

2. 水環境中における医薬品類の実態

2-1. 下水道への流入および下水処理過程における除去

解熱鎮痛剤は、流入下水中に数百 ng/L の濃度レベルで検出されており、物質によって異なりますが、ある程度の処理を受けて、50~200ng/L ほどの濃度で放流されています。イブプロフェン（Ibuprofen）が比較的良好に除去されているのに対し、その他の物質については、概して大きな除去率は得られていません。

薬用石鹸などに殺菌剤として使用されているトリクロサン（Triclosan）は、流入下水中に数百 ng/L ほど検出されていますが、下水処理過程で90%程度と比較的良好に除去されています。

抗生物質については、日本においては数百 ng/L ほどの濃度で下水処理場に流入し、下水処理過程で約半分の除去を受けた後、放流されています。海外における流入下水中濃度には幅が見られ、国による抗生物質の使用状況を反映していると考えられます。

2-2. 水環境中における医薬品類の濃度

(1) 比較的大きな流域を持つ河川

本川、支川、および、本川に隣接する下水処理場を対象とした調査において、検出された医薬品類の濃度は、下水処理水、支川、本川の順に大きい値でした。しかし、カフェイン（caffeine）など、河川水の方が下水処理水よりも高濃度である物質も見られました。

本川および支川の濃度は、解熱鎮痛剤については定量下限値以下であり、抗生物質につ

いては数～数十 ng/L の濃度でした。検出された抗生物質のうち、一部には、動物用に用いられたと推察されるものもありました。

カフェインなどについて河川負荷量の流下方向変化を求めると、流域人口の変化との相関性が認められました。

(2) 小河川における流域特性の影響

排水処理施設の整備状況が異なる複数の小河川において、下水道（処理水は域外放流）の整備状況と小河川の医薬品類濃度の関係を調べたところ、下水道普及率が低い小河川において医薬品類濃度が高い傾向が見られました。

3. 医薬品類の水生物への影響評価

水環境中で検出された医薬品類のうち 11 種について、細菌や藻類など以下の 5 種類の生物を用いたバイオアッセイによって、生物影響を調べました。

[1]細菌：供試生物として海洋性発光細菌 (*Vibrio Fischeri*) を使用する試験システムを用い、50%発光阻害濃度 (EC₅₀) を算出。[2]藻類：供試生物として緑藻類の *Pseudokirchneriella subcapitata* を用い、96 時間曝露による生長阻害率から、半数阻害濃度 (EC₅₀) と無影響濃度 (NOEC) を算出。[3]甲殻類：供試生物としてオオミジンコ (*Daphnia magna*) を使用し、半数阻害濃度 (EC₅₀) を算出。[4]両生類：供試生物としてアフリカツメガエル (*Xenopus laevis*) の胚を用い、96 時間曝露による半数致死濃度 (LC₅₀) を算出。[5]原生動物：供試生物として繊毛虫の *Tetrahymena pyriformis* を用い、96 時間曝露による増殖阻害率から、半数阻害濃度 (EC₅₀) を算出。

その結果、解熱鎮痛剤、昆虫忌避薬、鎮痒剤、抗てんかん薬は、藻類増殖に関して阻害を示しましたが、無影響濃度 (NOEC) は 0.5～2 mg/L 範囲であり、影響の程度は大きくはありませんでした。また、これらの医薬品類は、その他の生物には強い阻害を与えませんでした。

これに対して、クラリスロマイシンとアジスロマイシンの抗生物質は、藻類増殖を強く阻害し、無影響濃度 (NOEC) は 5 μg/L ほどと低い値でした。しかしながら、これらの抗生物質も、他のバイオアッセイにおいては明確な影響はみられませんでした。

一方、トリクロサンは、全ての生物に対して毒性を示し、影響の強さは藻類>原生動物>甲殻類>細菌>両生類の順となっていました。

医薬品類の生物影響濃度を、下水道普及率の低い小河川の医薬品類濃度と比較しました。無影響濃度 (NOEC) の得られている藻類阻害試験結果を用い、アセスメント係数 100 を適用することにより、予測無影響濃度 (PNEC) を求め、小河川の環境中濃度 (MEC) に対して MEC/PNEC 比を計算しました。この結果、トリクロサン、クラリスロマイシン、アジスロマイシンにおいて、MEC/PNEC 比が 1 を超過し、「詳細な評価を行う候補」に該当するという結果が得られました。

残留性有機化学物質の挙動に関するマルチメディアモデルの開発

農業環境技術研究所大気環境研究領域 西森基貴
農業環境技術研究所有機化学物質研究領域 小原裕三
岐阜大学流域圏科学研究センター 魏永芬

1. はじめに

残留性有機汚染物質 (POPs) が使用地域から遠い北極域でも検出されるなど、地球規模の環境汚染が問題となっている中で、このような有害化学物質の持つ長距離移動性や環境中残留性などの新たな視点からのリスクを評価し、またその適切な管理を行うために、直接測定 (モニタリング) は最も確実な方法である。しかしながら多種多様な化学物質に対し、時空間的な変動の大きい測定を高密度・高頻度で行うことは現実的には困難であり、数値モデリングによる動態シミュレーションは、有効な評価手段とされている。日本では未だモニタリングを重視する傾向が強いが、欧米ではモデリングが行政施策立案にも用いられるのが一般的である。

実際にアジア域起源の農薬や POPs に関する広域の環境動態研究は不十分であり、わが国に対しても多種多様な物質に対するスクリーニングレベル評価が可能な動態予測モデルを構築することが求められている。経済開発協力機構 (OECD) の報告によれば、環境挙動の既知な物質についてある地域の特定媒体における濃度分布を予測するためには拡散モデルが有効であるが、環境媒体間の分配傾向が未知な物質の動態予測やスクリーニング、分類化およびリスクアセスメントに使用するためには、媒体間の移動や媒体中での消長、および移動媒体による移流プロセスを持つ、フガシティ理論に基づいた「マルチメディアモデル (MMM)」 (例えば Mackay, 2001) の利用が有効である。

これまで主に欧米諸国で開発されてきた全球規模の MMM (例えば Wania and Mackay, 1999) では、農耕地を取り扱わないかまたは畑地のみのモデルであったため、水田が主要な土地利用を占める日本などアジアモンスーン地域へ適用することができなかった。また、主に非極性物質である現在のストックホルム条約指定 POPs を対象としており、極性物質が多い農薬としての化学物質を対象としていないという問題があった。さらに既存モデルでは、海洋水中における化学物質の塩析効果 (Xie et al., 1997) を含んでおらず、全球規模の長距離移動性の評価に疑問が残る。そしてこれまで、既存モデルのほとんどが全球規模でも南北方向のみを考慮しており、化学物質の東西方向の全球動態まで考慮したモデルは、MacLeod et al. (2005) や鈴木ほか (2007) などごく最近のものに限られているのが現状である。そこで著者らはこれまで、化学物質の塩析効果を含みつつ東西一様で南北方向のみの動態を考慮した MMM を開発し (Nishimori et al., 2006)、さらにそれを東西方向も含めた形で拡張してきた (Nishimori et al., 2007) が、本稿ではそれらをまとめ、日本において実際に使用された農薬の長期間の環境中動態のモデル評価結果を示す。

2. モデルの構造と実験設定

我々が開発したモデル NIEAS-MMM Global は、上層大気・下層大気、非農耕地・森林・畑地農耕地・水田、陸水・陸水底質および海洋の9媒体からなる緯度15° 経度30° を1グリッドとした、フガシティ理論に基づく全球モデルである(図1: Nishimori et al., 2007)。

OECDなどでPOPsの指定に関して標準ツールとして用いられているMMM(Bennett et al., 2000)は、定常状態のみの計算を行っているのに対し、本モデルは非定常状態の計算に対応しており、物質の実際の放出量および気温や風などの自然環境の季節変化に対応していることが特徴である。本モデルはまた水田を扱っているため、物質の放出量も作物の成長過程に応じた季節変化を評価することが可能である。評価対象物質は、日本において過去に使用され正確な出荷記録のある農薬の中で、現在POPsとして指定されている化合物、および今後指定が想定されるものを含めたDDT、ヘキサクロロヘキサン(HCH類)、ヘプタクロル(HPCLs)およびドリン剤(Drins)の有機塩素系殺虫剤である。環境中への放出量は、実際の出荷量(有効成分量)データを用い、1970年代半ばに農薬登録が失効した後は環境中への放出は無いとして、出荷記録のある1947年から現在まで約60年間にわたって計算を行った。

3. 日本で使用された農薬の動態

まず放出源の日本域における各物質の水田土壌中濃度の経年変化(図2)によると、いずれの農薬も、その濃度は1970年頃の出荷停止時をピークに、その後は緩やかな減少を続けている。濃度減少期において、Seike et al. (2007)の実測値と比較した結果、ドリン剤の濃度がやや過大評価であるほかはおおむね一致している。この濃度推移の傾向(図2)は、土壌中の反応消失速度を物質の濃度低下に依存して小さくすることで再現できた。すなわち現実の土壌においても、低濃度の場合にはこれら農薬の半減期は長くなっていることを示している。そしてこの知見を基に、日本で使用されたHCH類の全球動態を再計算した結果のうち、放出源の日本域、およびそこから北方のグリッドにおける海洋水中の濃度(ng/L)の経

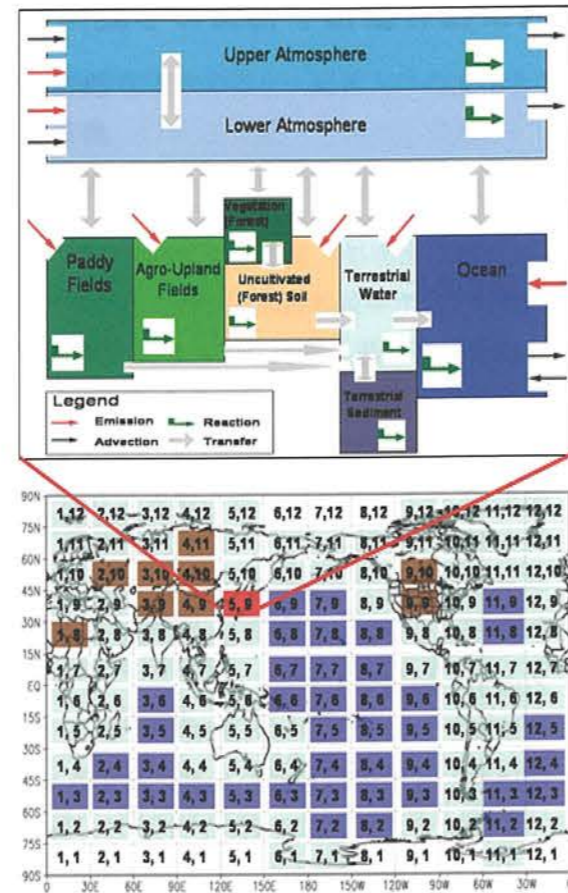


図1 NIEAS-MMM-globalのアウトライン。
12*12=144の領域のうち、赤は排出源の日本域を示す。他に青(茶・白)色は海洋(陸域・雪氷)のみの領域を示す。

年変化を対数で示す(図3)。これによると、1955年代半ば頃までは、物質が放出された日本域およびオホーツク海における海洋中濃度が高いものの、その後はポーフォート海などの極域の海で高濃度となった。日本海およびオホーツク海に比べて、ポーフォート海やベーリング海における濃度低下速度が緩やかであるのは、海洋が相対的に低温のためと推察される。

HCH類の濃度の農薬としての出荷は1968年がピークであり、1971年には農薬としての登録が失効している。北方の海域では、濃度のピークは日本での出荷のピークより遅れ、その傾向は北に置くほど大きい。HCH類の海中濃度の空間分布について時間を追って見ていくと、HCH類は排出源である日本付近より黒潮に運ばれてオホーツク海および日本の東方海上に広がるほか、その一部はさらにベーリング海峡を通過して北極海にも達している。つまり日本で使用されたHCH類は、当初の予想以上に広範囲に達していることが示唆された。なおDDTやドリン系農薬を用いた同様のモデル計算では、このように放出された物質が広範囲に輸送され、長期間残留することはなかった。これはHCH類が、他の農薬に比べて比較的揮発性と水溶性が高いためである。

4. 問題点と今後の課題

北極域における化学物質の正確な動態評価のためには、雪氷圏における物質の挙動をモデル化することが重要であり(Stocker et al., 2007)、この点においてさらにモデルの改良を進めていく必要がある。またこのシミュレーションでは、中国など日本周辺領域での排出を考慮していないため、大気中の物質濃度が実測よりも小さい可能性がある。従って、地球上での全排出源を対象とした同時シミュレーション結果との比較も必要である。

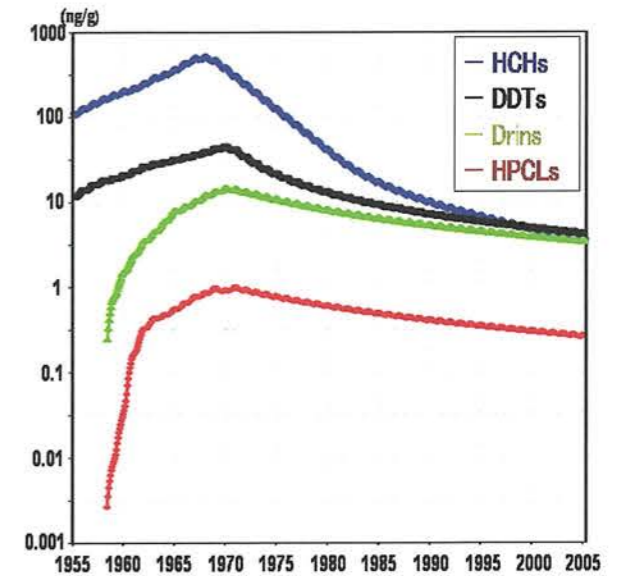


図2 本モデルを用いた計算での、日本で過去に使われた農薬の日本の水田土壌中濃度(ng/g)の時間変化

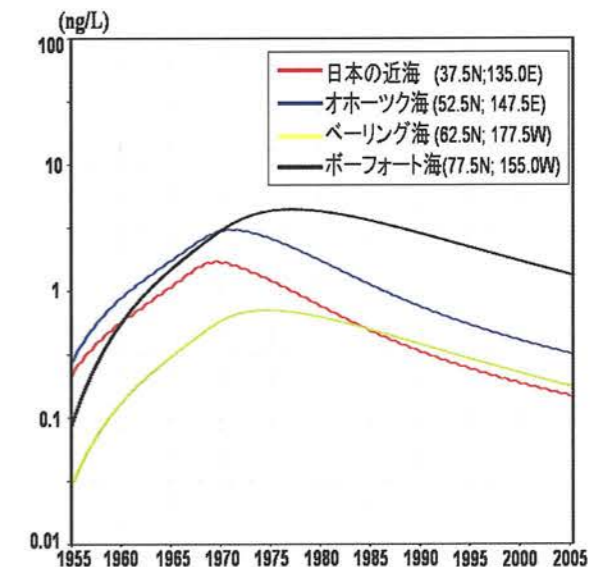


図3 日本で使用されたHCHの出荷記録を基にしたシミュレーションによる物質の海洋水中の濃度(ng/L)の経年変化

謝辞

本研究は、農林水産省農林水産技術会議の委託プロジェクト「農林水産生態系における有害化学物質の総合管理技術の開発」の中で行われているものである。

参考文献

- Bennett, D. H., T. E. McKone and W. E. Kastenberg (2000): Evaluating multimedia chemical persistence: classification and regression tree analysis. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19, 810-819.
- Mackay, D. (2001): *Multimedia Environmental Models. The fugacity approach. Second Edition.* Lewis Publ., 261p.
- MacLeod, M., W. I. Riley and T. E. McKone (2005): Assessing the influence of climate variability on atmospheric concentrations of polychlorinated biphenyls using a global-scale mass balance model (BETR-Global). *Environmental Science and Technology*, 39, 6749-6756.
- Nishimori, M., Y. F. Wei and Y. Kobara (2006): Simulation of the effects of salting-out in the meridional transportation of pesticides and POPs by a new fugacity-based multimedia environmental fate model. *Organohalogen Compounds* 68, 1151-1154.
- Nishimori, M., Y. F. Wei and Y. Kobara (2007): Simulating the deposition and zonal/meridional long-range transport of legacy pesticides in Japan by a new fugacity-based multimedia environmental fate model. *Organohalogen Compounds*, 69, 1461-1464.
- Stocker, J., F. Wegmann, M. Scheringer and K. Hungerbuehler, (2007): Effects of snow and polar ice on the deposition and long-range transport of current-use pesticides and other organic pollutants. *Organohalogen Compounds*, 69, 324-327.
- Seike, N., H. Eun and T. Otani, (2007): Temporal change in organochlorine pesticides contamination in Japanese paddy soils. *Organohalogen Compounds*, 69, 28-31.
- 鈴木規之・今泉圭隆・桜井健郎・田邊潔・柴田康行・白石寛明(2007): グローバル多媒体モデルによる PCB の地球規模動態と東アジア地域の寄与に関する考察. 第 16 回環境化学討論会講演要旨集, 188-189.
- Wania, F. and D. Mackay (1999): A global distribution model for persistent organic chemicals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 115, 1390-1399.
- Wania, F. and D. Mackay (1996): Tracking the distribution of persistent organic pollutants. *Ambio*, 30, 390A-396A.
- Xie, W.-H., W.-Y. Shiu and D. Mackay (1997): A review of the effect of salts on the solubility of organic compounds in seawater. *Marine Environmental Research*, 44, 429-444.

資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価

循環・廃棄物処理過程における化学物質管理

(独) 国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター 野馬幸生

1. はじめに

国立環境研究所では、資源採取から製品使用後の廃棄、リサイクルに至る全段階を通じて、資源やエネルギー利用、環境負荷を少なくし、循環を基調とする社会経済システムを実現するため、「循環型社会研究」を重点研究の一つとしています。その中で、「資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価」研究を行っています。

多種多様な化学物質から構成される製品は、使用された後に資源として再利用されるか、廃棄物として処理・処分されますが、循環型社会では、できる限り廃棄物を減らしたうえで、廃棄物を循環資源として再利用・再生利用することが求められています。その実現のためには、有害物質を含む廃製品の不適切な再利用やリサイクル過程での新たな環境汚染も極力回避しなければなりません。そのため各種廃棄物について、再生・再利用可能か、あるいは循環利用に適切かどうかを見極める必要があります。また循環過程での安全性確認を行いながら、資源を有効に循環利用することが重要です。そのため、本研究では、廃棄物の適正管理及び、使用済み製品・資源の循環的利用が有害性と資源性（有用性）の両面を見据えた新たな物質管理手法の下に行われることを目指し、特に個別リサイクル法や国際資源循環で注目される主要な物質群として、プラスチック、金属、再生品を対象とし、三つのサブテーマで研究を進めています。図1にプロジェクトの全体図を示します。

サブテーマ1はプラスチックリサイクル過程における管理方策の検討で、プラスチック製品に含まれる臭素系難燃剤、添加剤など本来有用物質として使用される化学物質の有害性にも着目し、そのプロセス挙動と制御方策を明らかにすることにより、プラスチック資源の循環利用の促進、有害物質に

図1 資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価



「資源の循環的利用を促進」「資源回収・適正処理の高度化を支援」「国民の安全・安心への要求に応える」

よるリスクの低減、各種リサイクル法への方向性提示などを行ってまいります。サブテーマ2として、金属類のリサイクル過程での管理方策の検討で、水銀、鉛、カドミなど有害金属と資源となる希少性金属を対象としています。プロセスデータの取得、インベントリ作成などから有害性、代替性、回収性、資源性の評価を行います。サブテーマ3として、再生製品の環境安全品質を確保するために、主に建築系資材を対象として、試験法の規格化、安全品質レベルの設定手法などを検討し、管理手法を提示してまいります。

2. 研究成果

ここでは、サブテーマ1のプラスチックリサイクル・廃棄過程における管理方策として、プラスチックのライフサイクルにおける各ステージで調査を行った化学物質管理の例を報告します(図2)。

2-1. 製品中に含有される化学物質のモニタリング

化学産業のグローバル化に伴い製品に含まれる形で有害化学物質が国内へ流入する懸念が増大しているため、主に輸入製品中に含有される臭素系難燃剤の測定を行いました(表1)。安価な輸入プラ製品から1000~6700mg/kgのポリ臭素化ジフェニルエーテル(PBDE)が検出されました。難燃効果のためには10%程度を添加することから、使用済み製品からの再生により非意図的に混入したものと考

えられます。また、国内廃電気・電子機器製品に含有されるPBDEの測定を行いました(表2)。輸入製品に対するチェックや使用済み製品の循環利用のチェックなどが製品の有害物質管理に必要と考えられます。

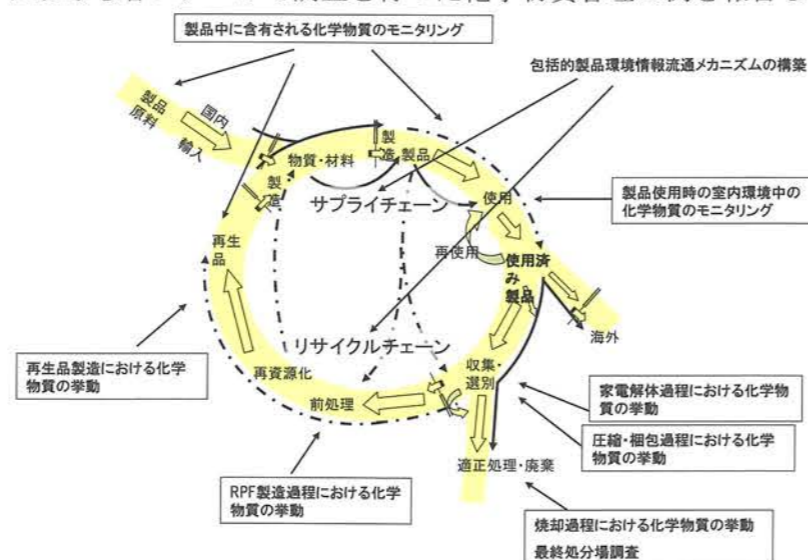


図2 プラスチックのライフサイクルと化学物質管理

表1 ビデオテープから検出された難燃剤濃度(mg/kg)

生産国	PBDEs	TBBPA	HBCD	DeBDEthane	T-Br	Sb
日本	0.54	0.0030	<0.03	<0.07	<10	<10
中国	6700	340	15	na	4400	1700
中国	2400	280	30	190	2500	1100
韓国	1600	34	1.1	na	1500	650
韓国	1300	46	1.6	260	1600	780
韓国	1000	9.5	0.31	na	610	270

表2 難燃製品中PBDEsおよびPBDD/Fs濃度(mg/kg)

	n	PBDEs		PBDD/Fs	
		濃度	範囲	濃度	範囲
テレビ					
フロントカバー	5	30,000	(0.76~150,000)	0.17	(0.00041~0.72)
バックカバー	9	57,000	(1.5~130,000)	7.2	(0.00056~44)
基板	5	4,500	(2.4~22,000)	0.76	(0.051~1.4)
プリンター	1	100		0.16	
洗濯機	1	57		0.0036	

2-2. 製品使用時の室内環境中の化学物質のモニタリング

製品使用過程での化学物質の挙動解明を目的として、一般住宅の室内空気やダストに含まれる臭素系難燃剤他有機ハロゲン化合物の調査を行いました(表3)。調査対象とした多くの物質は空気よりもダストへ吸着しやすい傾向がありました。室内で使用されている難燃製品の影響でトリプロモフェノール(TBP)などは外気より室内空気濃度が上昇し、またダスト中にはヘキサブロモシクロデカン(HBCD)が高濃度で存在することが明らかになりました。

表3 住宅調査における製品使用時の室内環境

	House A					House B				
	Outdoor air	Exhaust	Indoor air (1F)	Indoor air (2F)	Dust	Outdoor air	Exhaust	Indoor air (1F)	Indoor air (2F)	Dust
	pg/m ³ (at 20 °C)					pg/m ³ (at 20 °C)				
PCDDs	1		0.49	0.55	450	1.9	0.71	1.2	5.1	150
PCDFs	3	1.6	1.3	1.3	99	4.4	1.6	5.2	37	300
PCDD/DFs	4.1	2.2	1.8	1.8	550	6.2	2.3	6.5	42	450
DL-PCBs	12	4.7	6.2	27	1700	11	48	19	26	1500
Total	16	6.9	8	29	2300	17	50	25	68	2000
WHO-TEQ(1998)										
PCDDs	0.014	0.0098	0.0046	0.0059	0.75	0.022	0.0056	0.023	0.16	0.14
PCDFs	0.051	0.029	0.022	0.023	0.16	0.073	0.029	0.12	0.72	0.46
PCDD/DFs	0.066	0.039	0.027	0.029	0.91	0.096	0.034	0.14	0.88	0.6
DL-PCBs	0.0054	0.0023	0.0028	0.0053	0.28	0.0051	0.009	0.0061	0.016	0.26
Total	0.071	0.041	0.03	0.034	1.2	0.1	0.043	0.15	0.89	0.86
PBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	40	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	N.D.
PBDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1400	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	680
PBDD/DFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1500	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	680
	pg/m ³ (at 20 °C)					ng/g				
PCBs	240	410	880	1500	22	730	1500	730	1300	15
PCP	19	19	39	13	47	20	22	19	25	2.7
PBDEs	25	46	17	39	730	19	17	55	33	240
TBBPA	7.1	4.9	8	10	520	9.5	15	20	12	490
HBCD	15	96	280	160	13000	13	11	10	6.7	140
TBPs	73	240	690	220	30	49	670	430	280	15

2-3. リサイクル過程における化学物質の挙動

廃プラスチックリサイクル過程における化学物質挙動の実態把握及び排出制御方策の検討のため、解体過程、破砕過程、圧縮過程、プラスチック/紙固化燃料(RPF)製造過程、再生品製造過程などの各ステージで調査を行っています。また、実施調査に先立ち予備試験として室内実験を行いました。

(1) 樹脂から発生・揮発する化学物質の定性

プラスチックリサイクル施設調査において測定対象とする物質選定の予備実験として、室内実験により、ポリオレフィン樹脂(HDPE、LDPE、PP)、PS樹脂(汎用PS、HIPS)、PVC樹脂、PA6樹脂、ABS樹脂、ウレタン樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂を加熱し、発生する化学物質を検索、測定した結果の例を図3に示します。樹脂原材料や分解物、各種添加剤など多くの物質が加熱温度や樹脂の種類に依存して検出されました。

- ポリオレフィン樹脂**
 - 脂肪族炭化水素類 (アルカン類中心)
 - 脂肪族ケトン類
 - 脂肪族アルデヒド類
 - 脂肪族アルコール類
 - 脂肪酸
- PS樹脂**
 - スチレン
 - エチルベンゼン
 - スチレン二量体
 - ジフェニル化合物
 - アルキルベンゼン類
- PVC樹脂**
 - フタル酸エステル類
 - ベンゾトリアゾール類
 - 塩素化脂肪族類
 - 多環芳香族類
- PA6樹脂**
 - 脂肪族アミン類
 - 含窒素シクロ環
- ABS樹脂**
 - 脂肪族アミン類
 - 脂肪族ニトリル類
 - 芳香族アミン類
 - 芳香族ニトリル類
 - 含窒素芳香族(1-2環)
 - 芳香族イソシアネート類



図3 ウレタン樹脂から発生・揮発した化学物質

(2) 家電解体過程における化学物質の挙動

家電リサイクル施設における有機臭素化合物の排出実態調査の例で、臭素系難燃剤をケーシング(カバー)に高濃度で使用しているテレビの解体プロセスに着目して、排出係数の算定、作業環境調査により、制御方策を提案しました。作業環境中の臭素化合物濃度は一般家庭と比較して数桁高いのですが、場内の集塵対策(内部ダストの事前除去や作業環境の集塵装置設置)を実施することで総濃度や毒性等量は1桁程度落ちることが分かりました(図4)。化学組成の比較により飛散しているダストはテレビの内部に溜まったダストに由来することも明らかになりました。ダストの制御が作業環境や住環境における有機臭素化合物の曝露対策に有効であることを示しました。

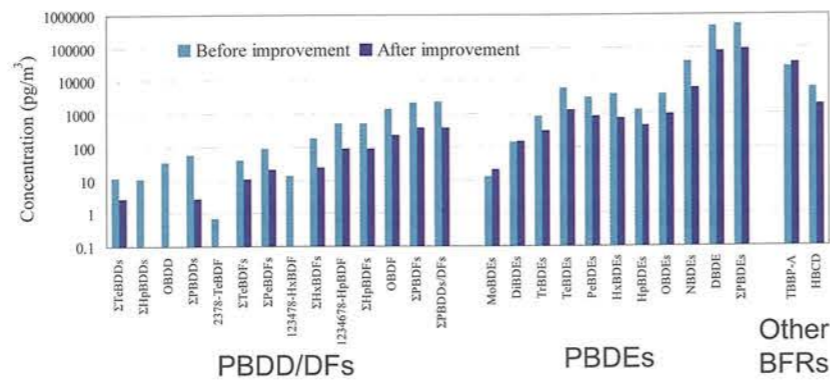


図4 家電リサイクル施設における有機臭素化合物の排出実態調査

(3) 圧縮・梱包過程における化学物質の挙動

あるリサイクルセンターにおける容器包装プラスチックごみの手選別室と圧縮・梱包機付近の作業環境中の臭素系難燃剤、リン酸エステル類、VOC類等を測定した例を表4に示します。圧縮・梱包機付近環境において、多くの物質は手選別室内環境と同じ濃度レベルでしたが、1,3-ブタジエン、エチルベンゼン、スチレンなど圧縮梱包機付近の方が高い物質もありました。水銀やヘキサクロロベンゼン(HCB)、リン酸トリメチルは粒子態には存在せず、ガス態のみに存在していました。

表4 廃プラスチックの手選別、圧縮工程における作業環境濃度

	手選別室内環境		圧縮梱包機付近環境		リン酸エステル類	手選別室内環境		圧縮梱包機付近環境	
	ガス態	粒子態	ガス態	粒子態		ガス態	粒子態	ガス態	粒子態
重金属類	μg/m³	μg/m³	μg/m³	μg/m³		ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
水銀	1.9	<0.4	1.6	<0.4	リン酸トリメチル	6.8	<4	6.6	<4
鉛		0.77		0.4	リン酸トリエチル	15	7.6	<4(1.4)	5.2
カドミウム		<0.02		<0.02	リン酸トリプロピル	<4	<4	<4	<4
クロム		0.14		0.09	リン酸トリブチル	<4	<4	<4	<4
亜鉛		2.8		1.3	リン酸トリス(2-クロロエチル)	<4	<4	<4	<4
ニッケル		0.15		0.068	リン酸トリス(2-クロロイソプロピル)a	<3	<3	<3	<3
スズ		0.064		0.053	リン酸トリス(2-クロロイソプロピル)b	<5	<5	<4	<4
銅		0.34		0.23	リン酸トリス(1,3-ジクロロ-2-プロピル)	<21	<21	<20	<20
アンチモン		0.025		0.019	リン酸トリス(ブトキシエチル)	<21	<21	<20	<20
VOC類	ppm		ppm		リン酸トリフェニル	<21	<21	<20	<20
塩化ビニルモノマー	<0.0003		<0.003		リン酸トリス(2-エチルヘキシル)	<4	<4	<4	<4
1,3-ブタジエン	0.00043		0.017		リン酸トリクレシルa	<5	<5	<4	<4
ジクロロメタン	0.0016		0.0045		リン酸トリクレシルb	<9	<9	<9	<9
アクリロニトリル	<0.0004		<0.004		リン酸トリクレシルc	<6	<6	<5	<5
クロロホルム	<0.0002		<0.002		臭素系難燃剤等	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
ベンゼン	0.0016		<0.002		ホリ臭素化ヒフェニル	0.0002	0.0007	0.0021	0.0006
1,2-ジクロロエタン	<0.0002		<0.002		ホリ臭素化シフェニルエーテル	0.022	1.6	0.0046	0.84
トリクロロエチレン	0.0003		<0.001		臭素化ダイオキシソリン(PBDD/DF)	ND	0.0022	ND	0.0006
トルエン	0.065		0.088		テトラブロビスフェニルA	0.024	0.86	(0.013)	0.05
テトラクロロエチレン	<0.0001		<0.001		ヘキサブロシロシロタン	(0.031)	2	ND	1.4
エチルベンゼン	0.0083		0.015		テカブロシフェニルエタン	0.008	0.60	(0.003)	0.29
m,p-キシレン	0.012		0.019		HCB	pg/m³	pg/m³	pg/m³	pg/m³
o-キシレン	0.0053		0.0082			120	ND	100	ND
スチレン	0.00084		0.0025						
アセトアルデヒド	0.013		0.018						
ホルムアルデヒド	0.007		<0.003						
酸化エチレン	<0.0007		<0.0007						
揮発性有機化合物	ppmC		ppmC						
	35		18						

2-4. 焼却過程における化学物質

(1) 焼却過程におけるニトロPAHの挙動

ダイオキシン類の低減化対策によりニトロ多環芳香族化合物(PAH)の生成が増大するとの指摘があったため、実焼却施設における測定調査及びテストプラントにおける燃焼実験よりダイオキシン類とニトロPAHとの関係を調べました。排ガス中のニトロPAHとダイオキシン類の間に正の相関がみられ、ダイオキシン類の排出削減対策を実施することで、ニトロPAHの排出も抑制できることが明らかとなりました(図5)。

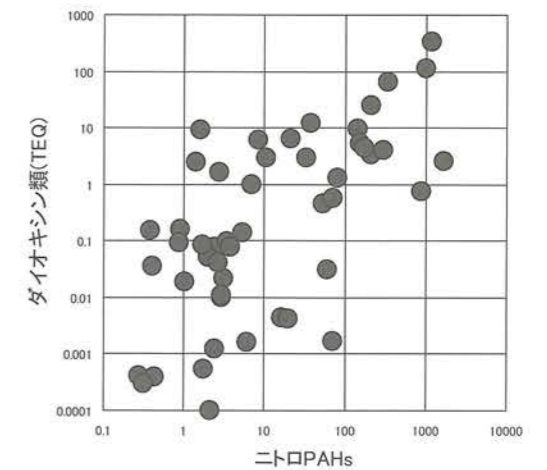


図5 廃棄物焼却炉の最終排ガスにおけるニトロPAHsとダイオキシン類との関係

(2) 化審法第一種特定化学物質焼却実験

HCB含有廃棄物あるいは2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ジ-tert-ブチルフェニール含有廃棄物の適正処理方法確立のため、テストプラントで焼却実験を行いました。

平成19年度科学技術振興調整費 「事業者の化学物質リスク自主管理の情報基盤」について

横浜国立大学大学院環境情報研究院 三宅淳巳

平成18年2月に、工業原料として使用されているテトラクロロ無水フタル酸 (TCPA) に副生物として約 1,000~2,000 ppm の HCB が含まれ、TCPA を原料として製造される顔料 (ソルベントレッド 135) が多くのプラスチックに使用されていることが判明しました。HCB を含有する TCPA 等が廃棄物として排出されることから、その適正処理方法の確立が必要となったため、テストプラントで焼却実験を行いました。分解率は 99.9985% であり、ダイオキシン類の排出基準を満たしている廃棄物焼却炉において、焼却処理が可能であることを示しました (図6)。

2-(2H-1,2,3-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4,6-ジ-tert-ブチルフェノールは、第一種特定化学物質として指定予定で、主にプラスチック樹脂用の紫外線吸収剤として、プラスチック建材、自動車部品、塗料等多岐にわたって使用されていました。分解率は 99.9999% 以上であり、ダイオキシン類の排出基準を満たしている廃棄物焼却炉において、焼却処理が可能であることを示しました。

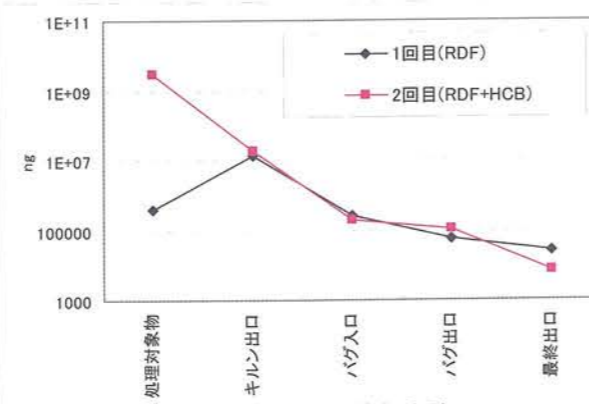


図6 HCB含有廃棄物の焼却実験

3. おわりに

循環型社会と化学物質管理を連携するための研究例として、プラスチックのライフサイクルにおける各ステージで行っている成果の一例について報告しました。有害な化学物質はできるだけ製品に使わないこと、使ったら情報を適切に管理すること、リサイクル・廃棄過程で適切に処理することが重要であることは言うまでもありませんが、サプライチェーンにとどまらず、リサイクルチェーンまで網羅した包括的製品環境情報流通メカニズムの構築が必要と考えられます。

1. 背景・目的

化学物質の多種類・大量使用に伴う環境汚染に加え、都市社会・産業構造の急激な変化、リストラや定年退職者の増加による安全技術の伝承不備、科学技術の高度化・複雑化、施設の老朽化等により、構造的な火災・爆発・漏洩事故も増加傾向にあり、化学物質に関する多様なリスクが懸念されるようになってきている。これまではフィジカルリスクと短期・長期健康リスクに関しては、国の所管官庁や自治体の担当部署が異なるため、連携したリスクの評価や管理が十分になされておらず、リスクコミュニケーションの障害となることも多かった。化学物質のフィジカルリスクと短期・長期健康リスクとを併せた総合的なリスクの考え方で管理することに関しては、GHS などの国際的な取り組みが進められるとともに、国内でも関連の委員会や産業界等からその必要性が提言されている。さらに化学物質のリスク評価の範囲をライフサイクル全体 (素材製品~使用~廃棄・リサイクル) へと広げることが、国際的にも求められている。とくにライフサイクルリスクの考え方については、国毎に整備されている統計情報も異なるため、我が国で実施可能な、評価手法の構築が必要である。

本プロジェクトでは、化学物質のフィジカルリスクおよび短期・長期健康リスクの双方に着目した、ライフサイクルにわたるトータルリスク評価に必要な情報を明確にし、さらにその情報を利用しやすいように収集できる情報統合プラットフォームを構築することを目的とする。そのために、①曝露シナリオの網羅的な調査と化学物質の性質に応じた適用方法の検討、②リスク評価のために必要な既存情報、ツールの整理、③補間すべき情報の明確化と収集を行う。さらに、ライフサイクルにわたるトータルリスク評価手法を検討し、代表的な事例とともに提示することとしている。本発表では、プロジェクトの概要とこれまでの進捗状況について紹介する。

2. 化学物質が有するトータルリスク

化学物質の有するリスクは、S (Safety)、H (Health)、E (Environment) に大別され、後二者は主に定常放出 (ordinary release) を対象としてのみ評価されてきた。トータルリスクを考える上では、化学物質の非定常 (非意図的) 放出 (accidental release) も対象とする必要があり、化学物質が事故等の非定常的起因事象によりプロセスから放出され、燃焼、爆発、漏洩および拡散した場合まで考える必要がある。特に、人の健康リスクについては、従来は主に慢性毒性についてのみ考慮されてきたが、非定常時の短期的な曝露による毒性 (急性・亜急性毒性) についても考慮する必要がある。本研究では、定常・非定常時での化学物質放出によるフィジカルリスク、人の健康リスクを併せて考慮し、化

学物質のライフサイクルにわたるトータルリスクを考えることとする。

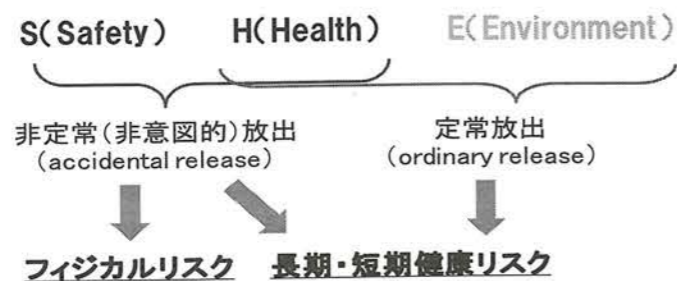


図1 本研究で考慮する化学物質トータルリスクの概念図

3. 研究実施体制について

本プロジェクトは、サブテーマ1「事故時などのフィジカルリスク情報の整備とその効率的活用」、サブテーマ2「短期・長期健康リスク情報の整理とその効率的活用」、サブテーマ3「高懸念物質のライフサイクルリスク評価に必要な情報整備と考え方の構築」で構成されている。(図2) また本プロジェクトには、化学物質のフィジカルリスクや短期・長期健康リスクのマネジメント、およびライフサイクルアセスメントを専門とする多くの人員を配置し、各サブテーマが連携しながら、化学物質のトータルリスクを最小にする適正管理の実現のために、①化学物質の曝露シナリオの網羅的な調査、②リスク評価のために必要な既存情報、ツールの整理、③補間すべき情報の明確化と収集、④ライフサイクルリスクの評価事例の作成を行っている。

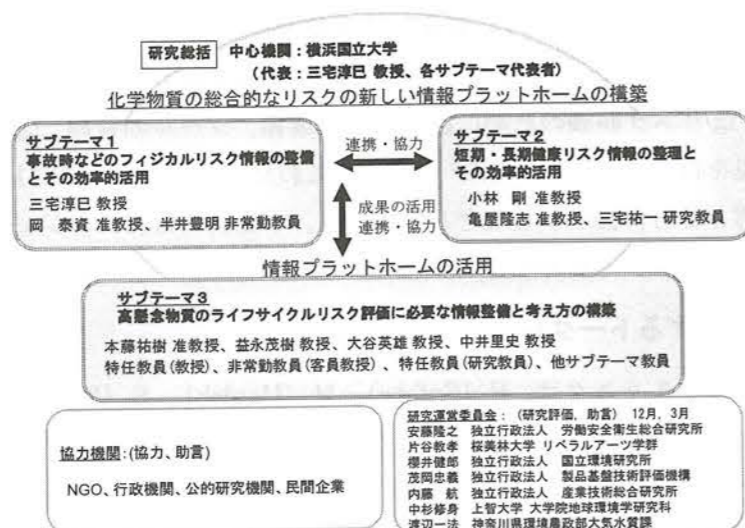


図2 研究実施体制

4. 今年度の研究進捗状況について

4-1. 事故時などのフィジカルリスク情報の整備とその効率的活用

本サブテーマ研究では、事故時などの化学物質のフィジカルリスクを想定した高フィジカルハザード物質データベースを構築するとともに、フィジカルリスクと連携した新たな情報プラットフォームとこれを活用したフィジカルリスクの評価ツールを整理・開発する。

今年度は、DIPPR、CAMEO Chemicals 等をはじめ5種類以上のフィジカルリスクに関する既存の化学物質危険性・物性情報データベースを収集・整理している。また、フィジカルリスクに関連した既存情報の整理から、ライフサイクルリスク評価を行うために重要な情報を明確化し、その情報が存在するかまた利用可能かを整理している。来年度以降は、総合化学物質管理のためにミッシングリンクとなっているフィジカルリスク情報を、毒性情報等にリンクさせるためのフェーズ合わせの検討を行う。

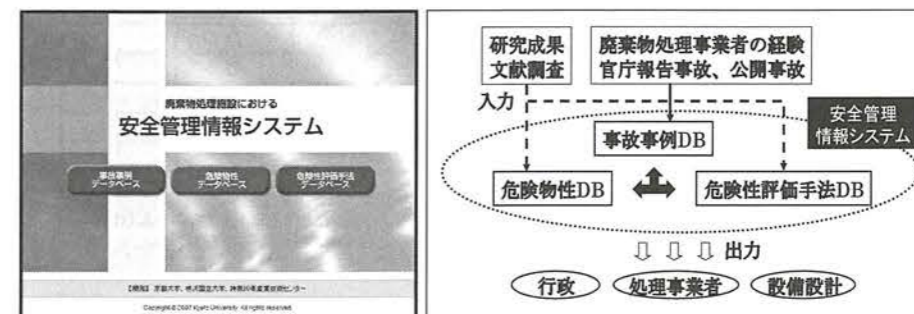


図3 先行事例の調査の例(危険性情報)

4-2. 短期・長期健康リスク情報の整理とその効率的活用

本サブテーマ研究では、化学物質の長期・短期健康リスクを想定した既存の高毒性ハザード物質データベースを整理・有効活用するとともに、不足する情報については補間し、フィジカルリスクと連携した新たな情報プラットフォームを構築するとともに、これを利用して環境管理を促進するための長期・短期健康リスク評価ツールを整理、改善、開発する。

今年度は、独立行政法人製品評価技術基盤機構(NITE)の化学物質総合情報提供システム(CHRIP)等の既存の情報プラットフォームを収集・整理し、有効活用するとともに、従来の情報データベースではミッシングリンクとなっている急性・亜急性毒性情報の収集・整理を行っている。急性・亜急性毒性情報についてGHS、AEGL(急性曝露ガイドラインレベル:US.EPA)およびAETL(急性曝露閾値レベル:EU)等では、92種類の情報源が用いられている。GHSやAEGLでは、表1に示すようにそれらの情報源について採用の優先順位が定められており、本プロジェクトでも、各機関で優先順位が高いと判定されている情報源から情報の収集・整理を行っている。情報源の採用基準は、①国際機関、主要各国の公的機関等で作成されている、②国際的に受け入れられているガイドラインに従っている、③一次資料に遡ることができ情報の確からしさを確認できる、などとされている。

また、独立行政法人産業総合研究所の詳細リスク評価書などで従来考慮されてきた曝露シナリオは、定常的な環境への排出からの曝露が主であった。化学物質トータルリスクを評価するためには、補間すべき曝露シナリオを明確化し、収集・整理する必要がある。今年度から来年度以降にかけて行う網羅的な曝露シナリオデータベースの構築では、主にサブテーマ1、2が連携して、①生産・加工時の作業員及び周辺住民への曝露、②室内使用時の住民への曝露、③廃棄・リサイクル時の作業員及び周辺住民への曝露、④火災・漏洩事故等の非定常時の作業員及び周辺住民への曝露について整理する。

表1 情報源の調査の例(有害性情報)

情報源	GHSや諸外国の急性曝露指標				物質数
	GHS優先順位	AEGL優先順位	AETLでの採用	...	
IRIS(米国環境保護庁)	1	1	○		513
毒性プロファイル(米国健康福祉省)	1	2	○		196
国際がん研究機関(IARC)	1	2	○		900
米国国家毒性プログラム(NTP)	1	2	○		196
ハザードデータ集(製品評価技術基盤機構)	1	x	x		270
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮
RTECS	2	1	○		268
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮

GHS: 化学品の分類および表示に関する世界調和システム(OECD)
 AEGL: 急性曝露ガイドラインレベル(米国環境保護庁)
 AETL: 急性曝露閾値レベル(EU)

表2 化学物質の曝露シナリオデータベースのイメージ

ライフサイクルステージ	工程	排出形態	排出媒体	環境中挙動	曝露媒体	曝露対象	曝露方法
生産	塗装	定常	-	-	直接	作業員	吸入
生産	塗装	定常	-	-	直接	作業員	経皮
生産	塗装	定常	作業環境空気	-	作業環境空気	作業員	吸入
生産	塗装	定常	作業環境空気	-	作業環境空気	作業員	経皮
生産	塗装	定常	作業環境空気	排気-拡散	発生源近傍大気	近傍住民	吸入
生産	塗装	定常	作業環境空気	排気-拡散	発生源近傍大気	近傍住民	経皮
生産	塗装	定常	作業環境空気	排気-拡散	地域大気	一般住民	吸入
生産	塗装	定常	作業環境空気	排気-拡散、分解	地域大気	一般住民	経皮
生産	塗装	定常	作業環境空気	排気-拡散、沈降	作物	一般住民	経口
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
生産	塗装	非常常(爆発)	-	-	直接	作業員	吸入
生産	塗装	非常常(爆発)	-	-	直接	作業員	経皮
生産	塗装	非常常(爆発)	作業環境空気	-	作業環境空気	作業員	吸入
生産	塗装	非常常(爆発)	作業環境空気	-	作業環境空気	作業員	経皮
生産	塗装	非常常(爆発)	作業環境空気	拡散	発生源近傍大気	近傍住民	吸入
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

4-3. 高懸念物質のライフサイクルリスク評価に必要な情報整備と考え方の構築

本サブテーマ研究では、国内外の先行事例の考え方も参考に、ライフサイクルリスクの評価に必要な情報の検討、情報の収集方法の検討等を行い、またサブテーマ1および2の研究参画者と連携するとともに、収集した情報を活用して、高リスクであることが懸念される物質を選定し、具体的な事例を検討しながらライフサイクルリスクの評価方法の考え方を構築する。本評価手法は、フィジカルリスクおよび短期・長期毒性まで考慮した、従来の研究では考慮されていないミッシングリンクを繋げる新たな取り組みであり、化学物質のトータルリスク管理のために有意義な研究成果となることが期待できる。

ライフサイクルにわたる曝露情報については限られた情報しか得られないことが想定されるため、今年度は、①どこにどのような情報が存在して入手可能であるのか、②どのような手法により推算可能であるのか等を調査、検討しはじめている。また、リスクが高く、比較的十分な情報が存在する化学物質(産総研詳細リスク評価結果等を活用し、評価済み物質等)や、身の回りで多用される製品中の化学物質(製品評価技術基盤機構等の既存データベースを活用し、塗料、プラスチック等)を評価対象物質として選定を行っているところである。今年度から来年度以降、用途、流通、廃棄等のライフサイクルにおける特徴が異なる複数物質を対象として取り組むことを想定しながら、全体が繋がったライフサイクルリスク評価の代表例を作成する。

4-4. 構築する情報プラットフォームの概略

本プロジェクトでは、各サブテーマで収集・整理できた情報から、トータルリスク評価に必要な情報を明確にし、さらにその情報を利用しやすいように収集できる情報統合プラットフォームを構築することとしている。今年度は情報プラットフォーム(図4)の概念設計を行っている。

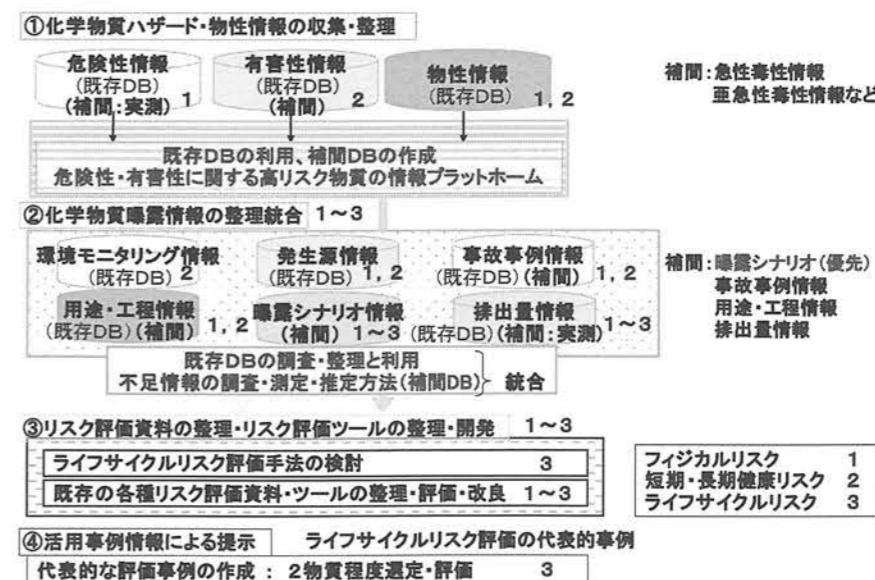


図4 化学物質トータルリスクの評価のための情報プラットフォーム

5. 今後の展望

本プロジェクトでは、高フィジカルリスク／高健康リスク情報がリンクした化学物質のトータルリスクを考えるための基盤情報となる情報プラットフォーム（健康リスクに関しては、既存DBの情報を有効活用）を構築する。次年度以降は、収集、整理した情報を活用して具体的な物質について、ライフサイクルにわたる化学物質のフィジカルリスク／健康リスクを把握・評価するためのリスクアセスメントツールを適用し、改良・開発を検討する。さらに、フィジカルリスクおよび短期・長期毒性まで考慮した、従来の研究では考慮されていないミッシングリンクを繋げた新たな化学物質のライフサイクルリスクの評価手法を提案する。