

研究課題名 = 最終処分場管理における化学物質リスクの早期警戒システムの構築

研究期間 (西暦) = 2001-2003

研究代表者 = 山田正人(独立行政法人国立環境研究所)

共同研究者 = 井上雄三、酒井伸一、大迫政浩、安原昭夫、毛利紫乃 (以上 独立行政法人国立環境研究所)、木苗直秀 (静岡県立大学)、小野芳朗 (岡山大学)、楠井隆史 (富山県立大学短期大学)、岡村秀雄 (神戸大学)、国本学 (北里大学)、迫田章義 (東京大学)、貫上佳則 (大阪市立大学)、松藤康司 (福岡大学)

研究目的 =

化学物質汚染への住民の不安感により、最終処分場等の廃棄物管理施設の設置や運営が困難になっている。住民の安心を得るためには、モニタリングの分析項目数や頻度を増やさざるを得ず、これが維持管理費用を高騰させている。予防原則に基づいた包括的、迅速かつ費用負担の少ないリスクポテンシャルの把握とそれに応じた合理的な対策立案が希求されている。そのためには、優先的に管理すべき「場」と「化学物質群」の選択、予測不能なリスクへの対応、対策発動の判断基準の設定、ならびにリスクコミュニケーションのための最終処分場に対応した合理的な物差しが求められる。本研究は最終処分場における精緻かつ合理的なリスク管理を目指し、(1) 優先管理すべき化学物質の順位付表 (プライオリティリスト) を作成、(2) 生化学・生物試験を現場監視に適合させ、指標の総合性と不確実性に配慮し、対象環境や施設特性等に対応した試験の最適な組みあわせ (テストバッテリー) と結果の提示手法 (スコアリング) を検討、(3) 予防的かつ合理的な対策発動の基準値 (アクションレベル) を設定することにより、「早期警戒システム」の構築を目指した。

研究方法と成果 =

< 統計解析による優先化学物質の選定手法の確立 >

RCRA Waste Minimization List of Persistent, Bioaccumulative and Toxic chemicals の手法を参考に、「循環・廃棄物分野における化学物質プライオリティリスト」のプロトタイプを作成し、対象物質の再検討と、環境中での存在 (Environmental Presence) 基準の改良、量 / 普及 (Quantity/Prevalence) 基準、および社会的関心度 (Public or Government Concern) 基準の改良を行った。日本におけるプライオリティリストの作成のため、PRTR 法施行により発表された報告データを Quantity/Prevalence に導入した。また国発表データにおける重金属データの不足による評価のバイアスを改善するため、地方公共団体で実施された大気、水質、底質における重金属類の分析状況をまとめてデータベース化し、プライオリティリストを改訂した。結果として、リストの上位にこれまで下位にあった重金属類がランクされた。

< 浸出水中の化学成分の分析と存在形態 >

埋立物や浸出水水質の履歴等が明らかである 6 処分場より、浸出水 (処理施設原水) 9 試料、処理水 7 試料について化学分析 (一般水質、無機元素・イオン類、吸着型全有機ハロゲン (AOX)・フェノール・フタル酸エステル・有機酸) を行った。無機成分はほぼ全体像が把握された。浸出水ではアルカリ金属ならびにアルカリ土類金属が主成分であり、有害金属類の濃度は極めて低い。有機成分では全有機炭素 (TOC) が 100mg/L 以上を示したが、詳細成分分析でうち 1~数% を把握した。個別成分としては 1,4-ジオキサン、ノニルフェノール、ビスフェノール

A、ジクロロフェノール、1,4-ジクロロベンゼン等が常時検出されたが、生物試験結果と対比するためには、例えばハロゲン化合物や窒素化合物等、化学特性を総体として把握する分析手法開発が必要と考えられた。また、重金属等の個別物質の計測値から毒性影響全体の推定は困難であったが、浸出水では腐植物質との錯体として存在し、錯生成能が金属種によって異なることが明らかとなり、毒性発現へ影響が示唆された。

#### <急性毒性試験>

ヒト培養細胞、両生類初期胚、魚類、藻類、甲殻類の生物個体、また海洋性細菌を使用した急性毒性試験は、ろ過操作のみで浸出水試料に適用可能であり、浸出水における生態毒性と水処理におけるその低減効果が評価できた。毒性と化学パラメーターとの相関分析から毒性原因物質を推定した結果、浸出水では生態毒性の原因物質を高濃度塩類ならびにアンモニア態窒素で説明できる事例もあったが、多くの試料では検出された化学物質の濃度のみで生態毒性を説明することは困難であった。すなわち、生物試験の未知物質に対応した包括的な毒性検出法としての有効性、ならびに複数生物試験（すなわちバッテリー）の適用の必要性が確認された。

#### <水生生物によるバイオマーカー試験>

浸出水に曝露させたヒメダカによる CYP1A 活性測定およびピテロジェニン誘導試験を行い、CYP1A 活性とピテロジェニン誘導に関連する化学物質を調べ、との重回帰分析より、優先監視物質を検索した。ムラサキイガイの致死およびバイオマーカー試験では、急性毒性、DNA 損傷性、血球細胞の貪食能による免疫毒性でという各指標の独立性が示された。

#### <魚類ならびに細菌を用いた遺伝子毒性試験>

金魚による小核試験（末梢血、鰓）、コメット試験（末梢血）では、予備急性毒性試験に基づき各試料を段階的に希釈して曝露した。処理による毒性の減少傾向と、両パラメータの独立性がしめされた。試験管内遺伝子毒性試験では試料の固相抽出が慣例であるが、包括、迅速ならびに簡易化を行うため、マイクロプレートを使用した *umu* 試験菌体濃縮手法と試料の減圧濃縮を用い、10 倍程度の原水濃縮試料で対照の最大 1.5 倍程度の応答曲線が検出された。埋立模型槽を用いて、廃棄物の種類および埋立条件による変異原物質（Ames 試験）の生成要因について検討した。焼却残渣主体の埋立処分では、有機物含有量と変異原性が正の相関傾向にあること、毒性の発現は好気性代謝と関係があること、毒性の強さでは嫌気性埋立と準好気性埋立の差はほとんどないが、出現は準好気性埋立が嫌気性埋立に比べて早いこと、浸出水の生物的酸化処理施設において変異原物質の生成と分解が生じていることが明らかになり、トータルでは酸化分解過程で変異原物質が分解されることが示唆された。

#### <スコアリングとバッテリーの構築によるアクションレベルの設定と普及への検討>

異なる生物種ならびにエンドポイントを有する生物試験法アウトプットの相互比較のため、統計学的な毒性応答が得られる希釈率または陽性反応の信頼限界に基づいて、毒性の強度を 3 段階にスコアリングし、埋立廃棄物の種類や埋立年数等によって発現する浸出水毒性を整理した。生ごみ等が混合埋立される処分場の浸出水では、ブロードな毒性カテゴリーで 2 以上のスコアが得られたが、焼却残さ等が主体の処分場では高スコアは遺伝子毒性や植物毒性等に限られていた。また、埋立後の年数が長い処分場では全体としてスコアが小さかった。処理水では浸出水と比較してスコアが低下していたが、その程度はカテゴリーならびに施設構成により異なっていた。各遺伝子毒性試験間、また急性毒性と内分泌攪乱性の間ではスコアにほとんど相関が見られなかった。これは用いた試験系の指標としての独立性を示すものであり、包括的な監視のためには、遺伝子毒性・急性毒性・生体内酵素誘導能など、エンドポイントに応じたカテゴリー分けを行い、各カテゴリーから使用目的、試験の難易度、

簡便性やコスト、浸出水の水質特性に対する適性を考慮して試験を選択し、バッテリーを構築することが必要であることを示した。

バイオアッセイバッテリーの選択から、アクションレベルを設定する手法について検討した。例えば、浸出水処理施設の維持管理を想定すると、処理後に十分にスコアが低下しない毒性カテゴリーに対応した試験法をバッテリーとして選択し、スコアが低下するアッセイ数と程度が、モニタリングの継続や施設改善等のアクションレベルに対応するものと考えられた。

これら成果を用いた早期警戒システムの運用マニュアルの作成に向け、処分場管理者等に対して意識調査を行い、生物試験法の必要性また実用化に向けた制度・技術的な課題を抽出した。生物試験法には特に水処理施設の評価、リスクコミュニケーションへの活用が期待されていた。また、課題として、利用者に解りやすい結果の表記法と手法の標準化が挙げられた。

**[備 考]** 研究代表者：山田正人、分担研究機関：静岡県立大学、岡山大学、東京大学、富山県立大学、北里大学、神戸大学、大阪市立大学、福岡大学、協力研究機関：東京高専、埼玉県環境科学国際センター、千葉県環境研究センター、栃木県保健環境センター、東京都環境科学研究所、神戸市環境局