

資料3 政策対応型調査・研究の平成13～17年度研究成果の概要

1. 循環型社会形成推進・廃棄物管理に関する調査・研究

・循環型社会への転換策の支援のための評価手法開発と基盤システム整備に関する研究

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
1) 産業連 関表と連 動したマ テリアル フロー分 析手法の 確立	産業連関表と連動したマテリアルフロー分析手法を確立し、循環資源関連部門を含め数十程度に分割した経済部門ごとに主要資源の消費と環境負荷に係る物的勘定表を延べ10項目程度について作成することにより、環境負荷低減効果把握のための情報基盤を整備する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 環境負荷低減効果把握のための情報基盤では、以前から構築してきたエネルギー消費量、CO₂・大気汚染物質排出量(3項目)に加え、廃棄物排出・処分量、水質汚濁物質(3項目)排出量(以上、計10項目)について、統合中分類(約100部門)別の推計を行い、外部提供準備を進めた。また、金額・物量併記の産業連関分析モデルを設計、および、マテリアルフローの把握に基づく「循環の指標」を提案し、実証分析とともに提示した。 ・ マテリアルフロー分析に基づく循環の指標に関する一連の研究成果については、政府の循環型社会形成推進基本計画の数値目標策定に活用され、その後の計画の点検にも活用されている。また、持続可能な開発のための科学技術に関するG8行動計画に位置づけられた資源物質フロー研究に活用され、とくにこれに基づくOECD(経済協力開発機構)の作業計画に大きく貢献した。
2) ライフ サイクル 的視点を 考慮した 資源循環 促進策の 評価	ライフサイクルアセスメント(LCA)の考え方を適用して、循環資源の利用促進による環境負荷の低減効果を定量的・総合的に評価する手法を開発する。また、この手法を用いて、企業、消費者、	<ul style="list-style-type: none"> ・ 循環資源の利用促進による環境負荷の低減効果を定量的・総合的に評価するLCA手法を開発・提示することができた。具体的には、廃棄物・リサイクル分野におけるLCAのレビューを行い、LCA実施上の留意点や当該分野に特有の手法を提示するとともに、一般廃棄物の収集運搬モデルを開発することができた。次に、容器包装リサイクル法におけるその他プラスチック製容器包装のマテリアルリサイクル、サーマルリサイクル、および木くずの様々なリサイクル手法を対象としてLCA研究を行った。数種類のマテリアルリサイクル・ケミカルリサイクル技術を事例として、化石資源消費量、CO₂排出量、大気汚染物質排出量、埋立処分量等の環境負荷低減効果

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	<p>政府等の各主体の行動促進策に係る5種類程度のシナリオについて、廃棄物処分量など主要な10項目程度の環境負荷の低減効果を評価する。</p>	<p>を比較・評価した結果からは、その他プラスチック製容器包装のケミカルリサイクルは焼却発電の場合と比べてプラスチック製容器包装1kgあたり2kg前後のCO₂削減効果があること、ケミカルリサイクルの種類によって削減される資源量が異なることなどを示すことができた。また、その他プラスチック製容器包装のサーマルリサイクルについては、塩化ビニルの選別が課題であり、この点が解決されれば、ケミカルリサイクルと同程度のCO₂削減効果が見込まれることなどを示した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・このようなプラスチックサイクル技術に関するLCA等の研究成果は、中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会でのヒアリングで提示し、「循環型社会の形成に向けた市町村の一般廃棄物処理の在り方について」の検討に活用された。また、この成果は、容器包装リサイクル法の制度改正にあたって、再商品化手法の見直しのための知見として活用された。 ・また、循環資源の利用促進に向けて、個別リサイクル法の制度評価やリサイクル法に共通する課題抽出、アジアを中心とした国際リサイクルに関する情報収集と研究を進めてきた。このうち、リサイクル法の制度評価に関しては、「家電リサイクル法の実態効力の評価」という報告書にまとめられ（平成17年度末に刊行・公表済み）、18年度から本格的に開始される中央環境審議会・産業構造審議会での法の見直し議論に利用されることが期待される。このリサイクル法の評価の枠組みは、物質フロー、金銭フロー、関係主体の行動変化、リサイクルシステム外の事象の4つを計測し、問題指摘に着目して評価を行うもので、その評価結果からは、再商品化率の達成は順調であるが、低額化への競争不足であること、量販店における安易な買い取り等が懸念されること、使用済み家電四品目の発生抑制効果は大きくなかったこと、品目拡大にあたって約3kg/台以下の製品を追加することは避けた方がよいこと、不法投棄が増加するかどうかは製品特性や回収ルートにも大きく依存していることなどが示された。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
3) 循環システムの地域適合性診断手法の構築	地域の産業基盤、物質・エネルギー需給、循環資源・廃棄物に係る施設立地等に関する情報を、地理情報システム等の情報技術を活用して統合的に分析する手法を開発する。これを用いて、地域に適合した資源循環システムの高度化を図るための統合型地域循環診断システムを関係主体と協力して開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域における環境・経済・社会的な資源循環の適正さを統合的に分析・評価する循環度指標を提示し、地域特性とそこから生ずる循環資源に適した循環の範囲と物流拠点を計画する統合型地域循環診断として、企業等の行動促進策にかかる異なるシナリオ間での環境負荷低減効果を比較・評価した。また、研究を通じて得られた課題から、今後のデータの整備の必要性を示した。 ・ 本研究で構築した産業廃棄物データベースは、事例対象地域とした埼玉県において、「第五次埼玉県廃棄物処理基本計画」等の政策立案に活用された。
4) リサイクル製品の安全性評価及び有効利用	廃棄物を原料としたリサイクル材料あるいは製品の安全性の評価方法について研究する。都市ごみ溶融スラグと焼却灰を対象として、リサイクル製品の用途ごとに環境中利用条件を想定した新たな溶出試験方法を確立し、国際的調和も考慮して公定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建設資材などのリサイクル製品の安全性評価手法について、用途を踏まえた試験法を取りまとめ、公定法あるいはJISなどにおける標準化のための基礎資料として提供した。 ・ 溶融スラグの有効利用促進のための試験系開発及び安全管理プログラム構築などの研究成果は、「スラグ類の化学物質試験方法」がJIS K 0058-1及び0058-2として経産省により規格化され、「一般廃棄物、下水汚泥等の道路用溶融スラグ骨材」の安全品質規格についても2006年度当初には規格化される見込みである。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	法、I S OあるいはJ I Sなどにおける標準化のための基礎資料を提供する。	

．循環・廃棄物技術の高度化

(1) 廃棄物の循環資源化技術、適正処理・処分技術及びシステムに関する研究

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
1)循環・廃棄過程における環境負荷の低減技術開発	循環型社会における循環資源製造技術や廃棄物処理技術の適合性評価手法を開発する。具体的には、都市ごみ焼却技術、都市ごみ燃料(R D F)製造技術およびガス化溶融技術について、微量汚染物質や炭酸ガス排出特性、費用などを評価パラメータとした総合評価手法を提案する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 目標のうち焼却技術及び新規の熱的廃棄物処理プロセスであるガス化溶融技術に重点を置き、ダイオキシン類等の微量汚染物質に関する生成特性把握に基づく施設評価パラメータの提示、排ガス中有機ハロゲン総量を発生源指標とする管理手法の提示、吸着剤の材料特性と性能特性との関係に基づく汚染物質排出抑制の効率化方策の提示、さらに有機臭素化合物の基礎的挙動パラメータの精密測定による測定とデータベース化を行った。また炭酸ガス排出特性等を加えて焼却/ガス化溶融施設詳細調査と住民意識調査にもとづく施設の総合的な評価手法要件に関する成果を得た。さらに、今後重要性の高まる資源化技術の開発に取り組み、触媒適用ガス化 - 改質の基礎研究について、主要な廃棄物からの効率的な水素製造要件の明確化と水素製造量目標の達成等に関し成果を得た。 ・ 焼却排ガス中ダイオキシン類管理のための発生源での有機ハロゲン化合物総量モニタリング手法は、民間企業により一般廃棄物焼却施設における排ガス中ダイオキシン類の測定管理に適用されている。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
2) 資源化 技術・シス テムの開 発	有機性廃棄物の資源化技術として、乳酸化、炭化、および飼料化などの炭素回収技術、ならびにアンモニア回収技術を取り上げ、それらの資源化システムの地域適用を試みる。また地域における有機性廃棄物の排出構造やリサイクル製品の需要構造を明らかにし、資源化システムの評価を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 有機性廃棄物の資源化システム設計のために食品廃棄物および農業系廃棄物の組成データベースおよび細分類事業種別の雇用者一人当たりの排出組成データベースを作成した。資源化技術では、特に乳酸化に飼料化を付加した炭素回収を中心に実証実験を行い、ゼロエミッション型資源回収システムを構築した。さらにMAPによるアンモニア回収実証実験により、実排水での処理・回収が可能になるアンモニア回収技術までを開発した。また回収された有用物質の安全性を確認した。 ・ 有機性廃棄物の資源化システム構築のための業種別発生量および組成データベースは、環境省「生ごみ等の3R・処理に関する検討会」の資料として利用された。
3) 最終処 分場容量 増加技術 の開発と 適地選定 手法の確 立	埋立廃棄物の中間処理技術等を援用した質的な改善、覆土材や覆土施工技術の改良、ならびに遮水技術システムの見直しにより、埋立地容量の増加が可能な新しいシステムを提案する。とくに、既存埋立地の掘削 - 選別 - 資源回収による埋立地寿命延長技術システムを開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存処分場の再生を中心に容量増加技術システムの要件を明らかにするとともに、再生事業の評価ツールおよび環境汚染防止技術選定手法を提案した。また、海面最終処分場の適正立地のための環境負荷に関する評価手法及びその低減技術および安定化促進技術について、実施設でその効果を明らかにした。 ・ 最終処分場の維持管理評価や再生事業評価に関する研究成果は、環境省「最終処分場に係る基準のあり方検討会報告書」に引用され、今後の最終処分場のあり方の方針に貢献した。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
4) 最 終 処 分 場 安 定 化 促 進 ・ リ ス ク 削 減 技 術 の 開 発 と 評 価 手 法 の 確 立	<p>廃棄物最終処分場の閉鎖ならびに廃止を判定する安定化の程度を地温、内部貯留水、埋立地ガス、浸出水等より非破壊で診断する指標と現場での緊急点検や長期監視に対応した計測法を開発する。これらの診断に基づき、必要な安定化促進技術ならびに不適正処分場の修復法を開発・評価する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特に不適正処分場の修復として安定型最終処分場における高濃度硫化水素発生メカニズムとその対策を提示した。既存最終処分場の安定化促進技術として、浸出水の循環及び通気法による最適な配管設計や通水・通気量及び分解量評価法を開発するとともに、廃棄物最終処分場の安定化の程度を、地温、内部貯留水、埋立地ガス、浸出水等により非破壊で診断する指標と現場での緊急点検や長期監視に対応した計測法を開発・構築した。さらに、最終処分場からの温暖化ガス排出量推定法の提案と排出制御技術の提案を行った。 ・ 最終処分場からの温室効果ガス発生量評価に関する研究成果は、I P C C “ THE IPCC 2006 GUIDELINES FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES, Volume 5: Waste Sector ” に引用された。また、安定型処分場における高濃度硫化水素の発生機構ならびに発生防止に関する研究成果は、環境省において埋立基準の見直しに活用され、最終処分場搬入規制に関する通達事項として検討されている。

(2) 液状廃棄物の環境低負荷・資源循環型環境改善技術システムの開発に関する研究

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
1)リン除去・回収型高度処理浄化槽、消毒等維持管理技術システムの開発	窒素、リン除去・回収型高度処理浄化槽、消毒等維持管理技術システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 目標のうち特に、窒素、リン除去・回収型技術システムに重点をおいて研究を実施し、リン除去・回収のための吸着脱リン担体を導入した窒素除去可能な高度処理浄化槽の基盤システムを開発すると同時に、枯渇化資源としてのリンの内外収支に関する循環フローを示し、その面的整備のための基盤の構築を図った。 ・ 窒素、リン除去・回収型技術システム開発研究の成果等は、茨城県霞ヶ浦流域の窒素・リン除去型浄化槽の補助制度構築およびBOD、窒素除去型の後段に付加する脱リン装置として茨城県の認定に採用されるとともに、浄化槽法改正において窒素、リンを処理水基準に導入する上での重要な課題として環境省に利用された。
2)システム管理技術の簡易容易化手法の開発	浄化システム管理技術の簡易容易化手法の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高度処理浄化槽等の浄化システム管理技術としての微生物モニタリングおよび浄化機能向上化の簡易容易化手法の基盤確立に目途をつけることができた。特に、BOD $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 以下、窒素 $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 以下、リン $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 以下の性能を可能とするために必要な、分子生物学的手法等を用いた微生物の個体群動態解析に基づく次世代型の高度処理浄化槽設計方法、および維持管理方法の基盤を構築した。
3)途上国の国情に適した浄化システム技術の開発	開発途上国の国情に適した浄化システム技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 資源循環化と浄化能力を合わせ持つラグーンや湿地、土壌を活用した生態工学システムの適正化・両立化を図るために、微生物機能解析や反応プロセスなどに基づいた適正設計、適正操作を確立し、中国、東南アジアでの適正面的整備のための基盤の構築を図ることができた。 ・ バイオ・エコエンジニアリングを基調とした研究・技術国際支援に関する研究成果として、JICAの「太湖水環境修復モデルプロジェクト」において中国で適用可能な分散型浄化システムおよび生態工学浄化システムの技術開発並びにそれを起点とした水環境修復のための中国国家プロジェクト創りに利用されたことは重要な成果といえる。また、高度処理浄化槽、植生土壌浄化法

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
		等の研究成果は、日中韓三カ国環境大臣会合で合意された「淡水(湖沼)汚染防止プロジェクト」の三カ国共通のガイドラインに反映された。
4) バイオ・エコエンジニアリングと物理化学処理を組み合わせた技術システムの開発及び地域特性に応じた環境改善システムの最適整備手法の開発	バイオ・エコエンジニアリングと物理化学処理を組み合わせた技術システムの開発及び地域特性に応じた環境改善システムの最適整備手法の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 畜舎廃棄物等を対象としたバイオマスからの水素・メタン等のエネルギー利用化において、環境省の燃料電池活用戦略検討会資料でも重要性の指摘されているエネルギー回収やリン等の再資源化のための水素・メタン2段階発酵やマイクロバブルなどの物理化学的処理と生物処理の組合せによるシステム化技術を開発した。有害藻類増殖潜在能試験法の改良を行い、各種処理水による有害藻類増殖特性の解析を行なうことで、バイオ・エコエンジニアリングの面的整備による生活排水等の液状廃棄物処理対策への効果解析を行い、バイオ・エコエンジニアリング導入のための基盤の構築を図った。

・資源循環・廃棄物管理システムに対応した総合リスク制御手法の開発に関する研究

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
1) バイオアッセイによる循環資源・廃棄物の包括モニタリング	<p>循環資源や廃棄物、土壌、排水、排ガスなどに含有される重金属類やPCBなどの有害物質を、バイオアッセイ法により包括的に、かつ簡易に検出する測定監視手法を開発する。また、ダイオキシン類縁化合物把握にむけたバイオアッセイ手法の適用と未知物質の探索を行うことにより、循環廃棄過程における塩素化ダイオキシン類以外の制御対象物質群候補をスクリーニングする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 組換え細胞を用いたAhレセプター結合アッセイは環境、廃棄物試料について、十分な検出感度（1 pg-TEQ/g以下の定量下限値）繰り返し精度が確保できることが分かった。廃棄物処分場浸出水評価における生物試験手法の組み合わせ（バイオアッセイバッテリー）の利用法として、保全対象、評価エンドポイントを整理した生物試験マップならびに毒性の3段階スコアリング結果のチャートを作成し、個別の処分場の浸出水の毒性カテゴリー分けを行った。 ・ Ahレセプター結合細胞系バイオアッセイは、ダイオキシン類対策特別措置法において、廃棄物焼却排ガスなどのダイオキシン類の測定の一部に生物検定法として採用された。
2) 有機臭素化合物の発生と制御	<p>有機臭素化合物を緊急の検討対象物質とし、その主たる発生源、環境移動経路をフィールド研究から確認し、その制御手法を検討する。とくに臭素化・塩素化ダイオキシン類</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ GC/MSを用いた臭素化ダイオキシン類、ポリプロモジフェニルエーテル等の分析方法の確立、燃焼過程、破砕過程、埋立処分過程などの循環・廃棄過程と、難燃製品の製造加工、使用過程における排出調査の実施と暫定的な排出インベントリーの提示を行った。環境動態予測等に活用可能な臭素化合物の物性データの実測・推算値の提示や、リスク同定におけるバイオアッセイ法の有効性の確認、廃テレビ等の一部製品を対象とした有機臭素化合物の長期的管理方策の検討に必要な時系列的な物質フローモデルの構築を行った。

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
	は分析手法が確立されていないため、現行の塩素化ダイオキシン類の公定法と同等の精度を持つ測定分析手法を確立する。	<ul style="list-style-type: none"> 得られた成果のうち、ポリプロモフェノール類の物理化学パラメータは、国際化学物質安全性計画（I P C S : The International Programme on Chemical Safety）の国際簡潔評価文書（C I C A D : Concise International Chemical Assessment Document）6 6 に引用され、環境動態の評価にも利用された。
3)循環資源・廃棄物中有機成分の包括分析システム構築	循環資源や廃棄物に含まれる物質の多くは不揮発性物質および不安定物質と考えられるが、現在の分析手法では把握できないものも多い。そこで、L C / M S による系統的分析システムを完成させ、廃棄物埋立地浸出水中の不揮発性物質を分析する。とくに浸出水の処理過程で生成する有害物質に着目し、その同定と定量を試みる。	<ul style="list-style-type: none"> 不揮発性有機汚染成分 L C / M S 分析法は、多ハロゲン化物をはじめリスクが大きいと考えられる物質に重点を置いて開発を進め、暴露量把握に利用可能な方法を開発した。また、(1) 廃棄物、循環資源、土壌、底質のすべての溶出液および廃棄物埋立地浸出水のすべてを対象とし、(2) 不揮発性有機汚染物質を系統的に分析する方法を開発し、(3) 開発した分析法による廃棄物埋立地浸出水中への適用性を実証した。このことによって、直接人や環境に影響を及ぼすおそれのある形態の循環資源、廃棄物関連試料について、L C / M S による不揮発性有機汚染成分の系統分析が可能となり、本研究の目的を達成した。 L C / M S の分析手法として得られた研究成果は、噴霧グロー放電イオン化(S G D I)法について、いくつかの特許権を国内外で取得するとともに、未知化学物質検索法として開発されたプログラム(MsMsFilter)は、国環研ホームページ上からフリーソフトウェアとして公開された。
4)循環資源・廃棄物中ダイオキシン	廃棄物および関連試料中に含まれる有機塩素系化合物（P C B、ダイオキシン類など）を高効率で抽出、無害化する	<ul style="list-style-type: none"> P C B 分解技術としては、廃 P C B 分解の脱塩素化メカニズムが明らかになった。特に国が行う保管 P C B 処理事業に採用された金属ナトリウム分解法、触媒分解法、水熱分解法などの分解メカニズムを解明することができ、またダイオキシン毒性等量も低下することを確認した。さらに、解体現場室内大気中の P C B 簡易迅速法を開発、P C B 含浸物の試験マニュアルを作成するなど

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
類やP C B等の分解技術開発	手法を開発する。また、こうした技術開発をふまえ、ダイオキシン類や重金属類などの有害物質の種類と量を追跡評価する物質フロー解析を行い、システムとしての制御方を提言する。	<p>廃P C B実処理システムへの制御方を提言した。ダイオキシン類、デカブロモジフェニルエーテル、P C N、有機スズ等種々の残留性汚染物質に対しては、水熱分解や光分解による分解機構を明らかにした。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ P C B含浸物の試験法に関する研究成果は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に基づく公定法として採用された。また、P C B分解技術のメカニズム解明および開発に関する研究成果は、バーゼル条約のP O P s 廃棄物ガイドライン策定に活用された。

2. 化学物質環境リスクに関する調査・研究

サブ テーマ	研究成果目標	研究 成 果 の 概 要
空間的・時間的変動を考慮した曝露評価手法の開発	環境侵入量の推定手法や環境挙動モデルを開発し、空間的・時間的変動を考慮した曝露評価手法を開発するとともに、これらと体内動態モデルなどを統合した評価システムを構築する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 多媒体モデル (M u S E M) を開発し、物性や排出量などの基礎情報を収録したデータベースと連携させ、環境濃度予測システムとして完成させ、実測値との比較検証を行なった。河川と内湾について化学物質の特性に配慮したモデルを開発した。河川モデルでは実環境への対応を目的として多摩川と鶴見川のモデル化を行い、さらに全国の河道構造データベースと連携させ、環境濃度予測システムとして完成させた。内湾モデルでは、東京湾を対象海域としてモデルを構築した。物質動態モデルの改良を行うと共に、ビスフェノールやノニルフェノール、蛍光増白剤の実測値を用いてモデルの検証を行った。 ・ 空間的変動を考慮した曝露評価を実施するために、地理情報統合システム上で曝露に関連する諸情報の空間分布を取り扱う手法の開発を実施した。(1) 地理情報諸要素を、グリッド、流域、行政界、農業集落等のポリゴン単位の国内で利用可能なデータ構造単位上に規格化する方法の開発とデータ整備 (2) 地理空間上の化学物質動態を G I S (地理情報システム) 上で取り扱う G I S 多媒体モデルと、河道構造データベース及び気象データ等の関連データの整備により、曝露の空間分布と変動の解析を可能にした (G - C I E M S) 。 ・ また、時間的変動の評価手法開発についてダイオキシン類及び P O P s 農薬成分の経年的インベントリの作成を行い、人の乳児・小児、大人を対象とした P B P K モデルを構築し、母乳由来の P O P s の摂取による乳児・小児での体内濃度と大人との関係を比較し、成長に伴う長期曝露による蓄積量の変化を推定した。 ・ 生態影響については、観測値のある湖沼を対象に、湖内流動や物質の移流拡散、生態系のダイナミクス、水 - 底質相互作用などを考慮した垂直二次元モデルを開発した。4年間に及ぶダム湖の水質実測データを用いてモデルの検証を行い、湖内の物質群の挙動を再現し、水生生態系の時間的変動を長期にわたり評価することが可能であることを確認した。 ・ 上記のモデルの内、M u S E M は、環境省の初期リスク評価の分配予測に、河川モデルは、環境省の環

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
		<p>境エコ調査におけるモデル活用事業のモデルとして、また、環境省のP R T R支援システムの一部に採用されている。</p>
<p>少ない情報による曝露評価手法の開発</p>	<p>化学物質の審査などにおける曝露評価を高精度化するため、それぞれの段階で入手可能な情報に基づき、モデルなどを活用して化学物質の曝露量を予測する手法を開発する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 少ない情報に基づく予測手法として変数選択型重回帰分析をベースとし、有機化学物質の大気濃度について、予測結果が実測値と±1オーダーの範囲に収まるモデルを開発した。多媒体モデル(MuSEM)を用い、化管法(P R T R法)の第一種指定化学物質であり、環境実測データがある物質群に対してモデルを適用し、曝露可能性に基づいた化学物質の優先順位付けを行うとともに、GIS多媒体モデルを用いたケーススタディとして、P R T R対象物質のいくつかを対象に、大気及び河川濃度の空間分布の推定を実施した。大気では実測値を用いた検証、MuSEM的アプローチとの比較を行なった。 ・ GIS河川モデルを用いケーススタディとして信濃川流域中流部を選び、実測濃度の範囲と平均値、および2つのGIS河川モデル(希釈および消長モデル)を用いて、水量変動に対応する河川水質濃度の予測を行った。消長モデルからは、観測濃度の範囲とほぼ対応する予測濃度分布が得られ、モデル予測はほぼ流域動態を再現することが示された。 ・ 魚介類の産地別の濃度変動を、人へのダイオキシン類曝露評価に反映させるための検討を行ない、産地別の魚介類実測濃度から、トータルダイエツト調査等の食事調査で測定された曝露量分布をほぼ再現できることを明らかにした。 ・ モンテカルロシミュレーション法やブートストラップ手法を用いて、不検出値を含むモニタリングデータセットから母集団の代表統計量の信頼区間を予測する手法を開発した。検体数や検出数に依存して信頼区間が変化する本手法は、よりモニタリングデータの現実に即した評価手法である。ビスフェノールAやノニルフェノールなどの実測結果を用いて妥当性を検証し、環境濃度の経年変化の傾向を解析した。 ・ 環境モニタリングデータの活用法の高度化は、OECDの環境モニタリングの活用に関する検討に付されている。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
リスク情報加工・提供方法の開発	インターネットを活用した化学物質情報伝達システムを試作、運用し、順次改良を加えていくとともに、P R T R データなどを活用して、化学物質リスクを住民が理解しやすい形で表示する手法を開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 専門家の関与の方法について、事業者説明会の参加者に対するアンケート調査を通じて、事業者の説明方法が参加者の認識に影響を及ぼすことなどを見出した。 ・ 曝露評価に用いる農薬の県別出荷量を算出するために、農薬要覧のうち出荷量に係る項目をデータベース化した。特に、P O P s 関連農薬について経年変化を算出するために成分含有率を整備し、1963年から現在までの県別出荷量の推移を推計した。さらに、各都道府県の土地利用情報も併せて整備し、単位農地面積当たりの出荷量などの推計結果を整備した。 ・ 日本で規制の対象となる農薬を中心に許容一日摂取量を収集し、評価機関ごとに整理した。食品種ごとの日本国民の平均摂取量データを基に、各農薬の理論最大一日摂取量を求め、残留農薬に対する新たな基準（一律基準）が農薬のリスク評価結果に及ぼす影響を解析した。 ・ 化学物質の一般情報や水生生物に対する生態毒性試験結果、環境濃度予測モデル、農薬情報に関するデータベースを作成・改良し、検索しやすい形で公開するとともに、公開後にも随時、化学物質分析法データベース（EnvMethod）や化学構造式、初期リスク評価を始めとするリスク評価情報を追加し、各種データベースのデータ更新を進めてきた。利用者数の増加や利用者からの要望に対応して、システムの増強や、カテゴリ分類・検索機能の追加、法制度に基づいた化学物質の分類機能の追加など、より使い易い表示システムへと改良した。また、環境モニタリング結果やP R T R データなどの地図上で表示できるG I S（地理情報システム）情報をインターネットを介して提供するシステムを構築した。 ・ 農薬を中心に許容一日摂取量の解析は、ポジティブリスト制における一律基準を設定する際に参考にされた。分析法データベースにより、環境省からのP R T R 物質の分析法の配信がなされた。
生物種別の毒性試験に基づく	生態リスク評価においては、水圏生物への毒性試験デ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既往の論文などから毒性試験結果の収集及び信頼性評価を行い、構造活性相関に用いるデータセットを作成した。さらにデータを補うため試験候補物質の選定をおこなった。収集したデータを基に、既存の構造活性相関式の適用性の検討、ニューラルネットワーク法による魚類急性毒性の構造活性相関式が作

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
く生態リスク評価手法の高度化	ータを収集し、生物種毎に解析することによって、個別生物に対する毒性に基づく生態リスク評価手法の高度化を図り、化学物質の審査や水質モニタリングへの適用を目指して、化学物質動態モデルと組み合わせた生態リスク評価モデルを構築する。	<p>成された。多変量解析手法による構造活性相関式の導出のためのパラメータが抽出された。ミジンコ、藻類への拡大も行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生態毒性試験法分野では、(1)ウキクサ生長阻害試験の標準試験手順のとりまとめと国内ラボ3機関のリングテストを実施、(2)着色性物質の藻類試験法の実施と化審法下での試験手順の検討、(3)土壌の生態影響試験法；ミミズの急性・繁殖試験およびトビムシ繁殖試験の有効性検討に着手した。新たに改訂もしくは新規提案されたOECDテストガイドラインに対して独自の検討と試験結果に基づく修正提案を行った。 ・海水域での化学物質の生態影響の評価に用いる試験法を検討するため、既存手法および既存毒性値データの解析を行った。現状では成分既知の人工海水の利用について急性毒性値の比較を行った。さらに藻類、海産ミジンコを用いてOECDテストガイドラインが試験環境条件の修正で試験が可能であることを示した。 ・生態毒性値を用いて生物個体群への影響を評価するために、ロジスティック型曲線に従って増殖する生物種の平均絶滅時間を拡散方程式から導かれる内的自然増加率、環境収容力および環境変動のパラメータを与えることで推定した。魚類2種（メダカ、ファットヘッドミノー）に対する化学物質の影響を推定したところ、急性毒性値(LC50)がさほど高くない化学物質でも、繁殖力を相応に下げた場合には種の絶滅リスクは大幅に上昇することが示された。 ・化学物質動態モデルと組み合わせた生態リスク評価モデル構築のため、湖沼について湖内流動や物質の移流拡散、生態系のダイナミクス、水-底質相互作用などを考慮した垂直二次元モデルを開発した。4年間に及ぶダム湖の水質実測データを用いてモデルの検証を行い、湖内の物質群の挙動を再現し、水生生態系の変動を長期に亘り評価することが可能であることを確認した。(課題1より再掲) ・ユスリカの試験法が化審法の試験法に採用されている。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
		<ul style="list-style-type: none"> 化学構造と急性慢性比（ACR）の関係が明らかとなったミジンコ類に対するアミン類のACRの解析は化審法での生態毒性クライテリアに反映されている。 構築されたQSAR式をもとに化審法における魚毒性予測システムの開発が進行している。
感受性要因の解明とそれを考慮した健康リスク管理手法の開発 リスク管理へのバイオアッセイ手法の活用	健康リスク評価においては、ヒトの化学物質感受性に係る要因を主要な数種類の遺伝子多型情報を基に解析し、それを踏まえた安全係数の設定方法など、より高度な化学物質健康影響評価手法の開発を進める。また、化学物質の有害性を作用メカニズムに基づいた評価する試験法を開発し、実用化に向けてその簡便化、標	<ul style="list-style-type: none"> 化学物質の中でも、数千万の慢性中毒患者がいると報告されているヒ素を取り上げ、まず、中国における慢性ヒ素中毒発症地域住民の尿中ヒ素代謝物（無機ヒ素、モノメチルアルソン酸、ジメチルアルシン酸）の定性・定量分析を行い、わが国とは違いジメチルアルソン酸が多いこと、人によってメチル化の程度が3倍程、高まることなどを見いだした。ヒ素のメチル化率において個人差があることから、ヒ素の代謝について詳細な検討を加えるとともに、培養細胞を用いて環境中に見られる三価と五価の無機ヒ素、ならびに無機ヒ素の代謝物の細胞内取込み量と毒性の評価を行った。ヒ素メチル化酵素であるヒトリコンビナントCyt19を作製して無機ヒ素のメチル化を調べたところ、無機ヒ素がまずグルタチオンによる抱合を受け、その後にCyt19によりメチル化されると推測された。また、各ヒ素化合物の細胞毒性の違いは、細胞内への取込み量の差異により説明されることも明らかとなった。ヒ素に対する感受性を支配する遺伝的要因を探ることを目的として、わが国でインフォームドコンセントが得られた集団より採取した血液からDNAを抽出し、ヒ素の代謝において中心的役割を果たしていると考えられるヒ素メチル化酵素の一塩基多型頻度を調べた結果、多型が認められた。 薬物代謝酵素活性の欠損は発がん物質に対する感受性を増加することが知られているが、感受性がどの程度増加するか定量的に評価されていない。第 相薬物代謝酵素や抗酸化たんぱく質の遺伝子発現に必須の転写因子であるNrf2を遺伝子工学の手法により欠損したマウス（Nrf2-KOマウス）では、第 相薬物代謝酵素のレベルが著しく低下している。Nrf2-KOマウスの変異原物質・ベンゾ[a]ピレンへの感受性を野生型と比較したところ、突然変異頻度は2倍上昇した。第 相薬物代謝酵素の欠損によりB[a]Pへの感受性が2倍程度上昇することが明らかになった。in vivo 変異原性から発がん

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
	準化を試みる。	<p>性を予測する数理モデルを用いて解析した結果、第 相薬物代謝酵素の欠損による突然変異頻度上昇により、がん発症の時期が正常より早まることが予測された。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ヒ素の感受性に関する研究を通じて収集した知見が、茨城県神栖町における有機ヒ素汚染による健康影響を検討する際に活用されるとともに、ヒ素のメチル化代謝機構に関してはH18年1月の Chem. Res. Toxicol. の総説にも最も信頼できるメカニズムとして紹介される運びとなった。
リスク管理へのバイオアッセイ手法の活用	<p>バイオアッセイ手法の実用化に向けて求められる条件を明らかにして、既存バイオアッセイ手法の比較・評価を行い、実用化が可能と判断される手法を選び出す。また、バイオアッセイ指標と生体影響との定量的な関係を明らかにする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ディーゼル排気をモデルとして、<i>in vivo</i> 変異原性から、発癌性を予測する手法の開発を進めた。ディーゼル排気の曝露期間に依存して遺伝子導入動物 (g p t マウス) 肺中の突然変異頻度の増加が観察され、ディーゼル排気の変異原性が証明された。ディーゼル排気粒子 (D E P) の気管内投与による変異原性評価を試みたところ、D E P、D E P 抽出物ともに投与量に依存して、突然変異頻度は増加した。D E P と D E P 抽出物の比変異原性 (単位重量あたりの突然変異頻度) の比較から、ディーゼル排気の変異原性が、D E P ・ D E P 抽出物の気管内投与で評価できることが示唆された。さらに、マウスにディーゼル排気を曝露することより、精巢の突然変異頻度が増加することを示した。 ・変異原物質検出用遺伝子導入ゼブラフィッシュを用いた変異原物質のバイオアッセイ手法の活用として、胚に誘導された突然変異の成魚への残存割合を定量的に明らかにし、変異原物質の次世代影響を解析した。ゼブラフィッシュ胚に変異原物質としてM N N Gを曝露したが、胚と成魚の突然変異頻度は同じレベルであり、胚期に発生した突然変異は成長過程で修正されず、成魚に残存することが明らかとなった。また、遺伝子導入ゼブラフィッシュと遺伝子マウスを用いて標的遺伝子上の突然変異スペクトルを比較したところ、両者のスペクトルは非常によく一致したが、大腸菌とは全く異なっていた。遺伝子導入ゼブラフィッシュを用いても健康リスク評価に必要な <i>in vivo</i> 変異原性の知見が得られることが示唆された。 ・肺など幾つかの標的臓器では、化学物質を曝露した実験動物(マウスやゼブラフィッシュなど)の <i>in vivo</i>

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
		<p>変異原性と発がん性の間により相関性があることを見出した。<i>In vivo</i> 変異原性の強さから発がん性の予測が可能であることが示された。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ エームス法を中心とした環境省の変異原性の環境モニタリングの見直しに際し、本研究のアッセイ法の知見を含めた検討がなされた。
複合曝露による健康リスク評価手法の開発	化学物質の複合曝露がもたらす相互作用の内容について検討を加えるとともに、大気を中心として相加性を仮定した複合曝露リスク評価指標の開発を目指す。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大気中の化学物質による複合曝露の状況を考察し、健康影響のエンドポイントとして発がんを取り上げ、複合曝露による発がんリスクの評価を試みた。P R T Rデータにおいて排出量の多い物質を中心に発がんユニットリスクを算出し、有害大気汚染物質モニタリング調査結果のデータと合わせ、相加性を仮定して複合発がんリスクを算出した。都道府県別のリスク分布図を作成し、リスクを分かりやすく表示した。 ・ 同様に飲用水中の発がんリスクについて、上水道原水及び浄水の水道水質データベースのデータを用いて試算を行った。化学物質間の相互作用については、ベンゼンを例として毒性作用機構を考慮して吸入による発がんリスクの修飾に関する検討を行ったが、実際の環境中では相互作用は無視できる程度であると考えられた。 ・ 閾値のある毒性に関する複合曝露影響のリスク評価について、同一の作用機構を持つ複数の化学物質群として有機リン系農薬を例に検討した。U S E P Aの方法に準拠して評価を進めているところであるが、同時に、農薬の複合曝露評価の第一段階として、食品による経口曝露を想定し、農産物、食品などから検出される残留農薬を調べた。 ・ ダイオキシン類の複合曝露影響を評価するにはT E F (toxicity equivalent factor)が用いられるが、各同族体の人と実験動物の間の感受性や体内動態の違いを考慮した値とはなっていない。この問題を解決するために、代表的なダイオキシン同族体の臓器中濃度を予測するP B P Kモデルを人について構築した。また、ダイオキシン投与による影響のマーカーであるラット肝臓前癌病変（結節）の形成能を各同族体間で比較し、結節形成を指標として、同族体間の毒性の相対強度を比較した。

サブ テーマ	研究成果目標	研 究 成 果 の 概 要
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 大気中の化学物質による複合曝露の評価で得られた知見より、有害大気汚染物質の環境指針値の設定に必要なユニットリスクを算定し、評価文書に採用されつつある。