

循環型社会・ 廃棄物研究センター

Research Center for Material Cycles and Waste Management



独立行政法人 国立環境研究所
National Institute for Environmental Studies

はじめに

二十世紀後半に代表される大量生産、大量消費の社会は負の遺産としての大量廃棄を結果としてもたらしたとよく言われます。その問題への解の一つが“循環型社会”の形成を進めることです。廃棄物問題に対する警鐘の声がおこりはじめたのは、そう古いことではなく、1980 年前後からです。産業社会と消費社会の構造に起因する廃棄物の発生構造に対する対応策を、日本で公式に制度に盛り込むこととなったのは 1991 年の改正廃棄物処理法でした。それまでの「安定化、減量化、エネルギー利用」を基調とした廃棄物政策に、「発生回避、リサイクル」の視点を追加し、これらに高い優先性を与えたわけです。その後、1993 年に策定された環境基本法の下で定められた「環境基本計画」では、循環、共生、参加、国際的取組が基本理念とされ、このなかの循環を中心とした国の基本法として、「循環型社会形成推進基本法」が 2000 年に成立しました。そこでは、発生抑制、再使用、再生利用、熱回収、適正処分を廃棄物・リサイクル対策の基本的な優先順位と考えることが規定されています。この基本法は、物質循環を基調とした社会の形成をはかるための日本の憲法ともいえますが、その健全な展開のためには、技術的、制度的な多くの課題を克服していかなければなりません。

こうした背景の中、国立環境研究所の第 1 期中期計画期間中（2001～2005 年度）には、基本法の下に循環型社会形成推進基本計画が策定され、廃棄物の処理及び清掃に関する法律の改正法、各種リサイクル促進法が施行されるなど、制度面での整備が進みました。しかし、未だに一般廃棄物、産業廃棄物は、ともに最終処分量は減少しているものの、排出量はここ数年横ばい傾向にあり、廃棄物の発生抑制などを促進する必要性が高まっているのです。

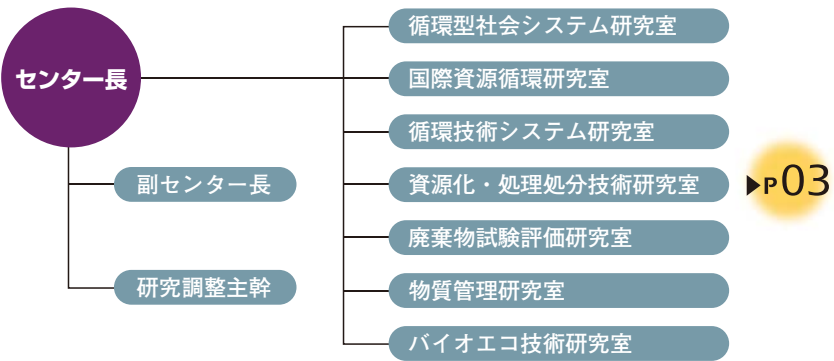
循環型社会・廃棄物研究センターの役割と目指す方向

循環型社会・廃棄物研究センター（2005 年度までは、「循環型社会形成推進・廃棄物研究センター」。以下、「循環センター」といいます。）は、2001 年 4 月に発足以来、環境保全を図りつつ、天然資源の利用と廃棄物の発生を抑制し、再利用する物質の流れを創り上げ、適正な廃棄物の管理を行うことを目標として研究を進めてきました。そして、循環型社会における適正な物質循環や廃棄物管理のあり方を提案してきました（第 1 期中期計画期間中の成果は、p.21 を参照）。

第 2 期中期計画期間（2006～2010 年度）においても、循環センターの基本的な役割は変わりません。資源採取、生

産、流通、消費、廃棄等の社会経済活動の全段階を通じて、資源やエネルギーの利用の面でより一層の効率化を図り、健全な物質循環をできる限り確保することによって、環境への負荷を少なくし、循環を基調とする社会経済システムを実現するための研究を進めます。また、このような循環型社会の実現は、我が国のみにとどまらず、国際的にも重要な課題となっていることから、国際的な研究ネットワークの構築を視野に入れた研究も推進していきます。これまでの研究成果をベースに、「循環型社会構築」をより一層志向しつつ、環境低負荷型の社会を近未来に実現するための調査・研究に全力で取り組みます。

循環型社会・廃棄物研究センター組織図



循環型社会・廃棄物研究センターの沿革

1938年 1月	国立公衆衛生院発足
1974年 3月	国立公害研究所発足
1990年 7月	国立環境研究所に改称（国立公害研究所より）
1992年 4月	国立公衆衛生院内に廃棄物工学部を新設
2001年 1月	省庁再編により、環境省発足（廃棄物行政の一元化） 国立環境研究所内に廃棄物研究部を新設 （国立公衆衛生院廃棄物工学部を移管・統合）
2001年 4月	独立行政法人国立環境研究所発足 循環型社会形成推進・廃棄物研究センターに拡充
2006年 4月	循環型社会・廃棄物研究センターに改称

中期計画：独立行政法人が、その業務運営の基本とする中期的な計画。
国立環境研究所の場合、環境大臣の定めた「中期目標」を達成するため5年間を期間として計画が策定される。

循環型社会研究プログラムの概要

国立環境研究所では、第 2 期中期計画（2006～2010 年度の 5 カ年の研究計画）において、全地球的な環境の健全性を確保し、持続可能な社会を構築するために、10 年先にあるべき環境や社会の姿及び課題を見越して、環境政策に資するため、所が集中的・融合的に取り組むべき研究課題として、4 つの「重点研究プログラム」を設定しました。その一つが、「循環型社会研究プログラム」で、当センターがその実施の中心的役割を果たします。

「循環型社会研究プログラム」は、以下の内容で構成されます。また、これらの他、主に他の所内研究ユニットが担う「関連研究プロジェクト」が設定されています。

1. 中核研究プロジェクト

重点研究プログラムの中核的研究課題として4つのプロジェクトが設定されています。これらプロジェクトにより、資源の循環利用や廃棄物の処理・処分が適切な管理のもとで行われるよう、科学技術立国を支える資源循環技術システムの開発と国際社会と調和した3R（排出抑制、再使用、再生利用）推進を支える政策手段を提案することで、近未来に実現すべき循環型社会の具体的な姿を提示し、その移行を支援します。

1. 近未来の資源循環システムと政策・マネジメント手法の設計・評価 ▶P05
2. 資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価 ▶P07
3. 廃棄物系バイオマスの Win-Win 型資源循環技術の開発 ▶P09
4. 国際資源循環を支える適正管理ネットワークと技術システムの構築 ▶P11

2. 廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究

第 1 期中期計画に引き続き、循環型社会の実現と安全・安心な廃棄物管理を確保するために、行政機関や内外の研究機関等との連携の下で、新たに発生する重大な廃棄物問題への対応や将来の循環型社会を支える可能性を持つ要素技術の開発等の予防的・長期的な視点に立った調査・研究活動を実施します。

1. 循環型社会に対応した安全・安心な適正処理・処分技術の確立 ▶P13
2. 試験評価・モニタリング手法の高度化・体系化 ▶P14
3. 液状・有機性廃棄物の適正処理技術の高度化 ▶P15
4. 廃棄物の不適正管理に伴う負の遺産対策 ▶P14

3. 基盤的な調査・研究の推進など ▶P15

廃棄アスベストのリスク管理に関する研究及び資源循環に係る基盤的技術の開発といった基盤的な調査研究、並びに資源循環・廃棄物処理に関するデータベースの作成を推進します。

研究施設・設備の概要

1. 循環・廃棄物研究棟 ▶P16

循環・廃棄物研究棟は、廃棄物の発生抑制、資源化や適正処理、リスク制御等に関する研究を総合的に推進するために、2002 年 3 月に完成した施設であり、有機性廃棄物の資源化プラント、熱処理試験プラント、埋立模擬実験プラントなどの各種プラント実験設備や、物理・化学・生物学的分析に必要な最新の分析機器等が整備されています。国立環境研究所は、本研究棟を拠点とし、循環型社会の実現を支援するための研究に積極的に取り組んでいます。

- 構造：鉄筋コンクリート3階建て
- 延床面積：約4,200m²
- 竣工：2002年3月
- 主要設備：
 - 1階：資源化プラント実験室、熱処理プラント実験室、最終処分プラント実験室 等
 - 2階：循環資源分析室、物理化学恒温実験室、微量分析室、バイオクリーンルーム 等
 - 3階：研究員居室、会議室 等

2. その他の研究施設 ▶P20

当センターの研究は、循環・廃棄物研究棟の実験室内だけで行われているわけではありません。環境研究のためには、現場に出て実際に起きている現象を観察し、信頼できるデータを得ることが必要です。例えば、最終処分場の研究を実証サイトで行ったり、液状廃棄物の修復・改善技術開発を実証施設を設けて実施しています。また、実態解明のための様々なフィールド調査や、現場でのヒアリング調査なども随時行っています。

第1期中期計画期間の主な成果 ▶P21

2005 年度までの、第 1 期中期計画期間中に実施した調査・研究のうち、主な成果について概要を紹介します。

研究室の紹介

国際資源循環研究室

国際的な物流に伴う環境汚染の輸出や環境影響の発生を防止しつつ、適正な国際資源循環システムを構築するための研究を行います。アジア地域においては、各国の廃棄物発生量と同時に、日本などから輸出された使用済製品・材料など（循環資源）の国際規模での循環利用が増加しています。中核研究プロジェクト「国際資源循環を支える適正管理ネットワークと技術システムの構築」を推進する中で、国際的な資源循環の現状や環境影響を調査し、実情を考慮した指標などの評価手法を開発するとともに、各国の政策や社会経済状況なども調査し、国際資源循環に及ぼす影響因子や課題を分析します。そして、各国の専門家などと連携しながら、アジア地域における適正管理ネットワークの設計と政策提案を行います。

循環型社会システム研究室

循環型社会の将来ビジョンの検討や、物質循環に関わる政策目標の設定、それを達成するための制度の設計などに取り組みます。また、これら研究の基盤として、経済社会の構造を総合的に把握・分析するためのシステム分析手法の開発やそのためのデータベースの構築、製品やサービスの生産・消費構造を計測・評価するための指標の開発を行います。特に、物質のフローを正確に把握してその問題点を明らかにし、そのフローに伴い発生する環境負荷の定量的な把握を行います。種々の対策を取り入れた場合の物質フローの変化や、資源消費量・環境負荷量の低減効果の検討を中心に研究を展開し、中核研究プロジェクト「近未来の資源循環システムと政策・マネジメント手法の設計・評価」の実施を支援します。

循環技術システム研究室

循環資源・廃棄物のライフサイクルを通した3R技術の総合的なシステム設計・開発・評価に関する研究を行い、循環型社会を支える資源循環の技術開発とシステムづくりに取り組みます。特に、中核研究プロジェクト「近未来の資源循環システムと政策・マネジメント手法の設計・評価」の実施を中心に、総合化されたシステムの最適化設計を心がけて、ライフサイクルアセスメント / コスト分析などを適用した評価研究を行うとともに、システム全体からみた開発目標を設定し、それに必要な要素技術等の技術開発・評価研究を行います。また、循環技術システムづくりを円滑に進めるための地域や国レベルの技術政策・マネジメントのあり方についての研究展開も図ります。

物質管理研究室

廃棄物に含まれる化学物質を良い面（資源性）と悪い面（有害性）の両側から適切に管理しながら、資源の循環利用を促進するための研究を行います。特に、中核研究プロジェクト「資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価」を支える研究を通じ、主にプラスチック、金属、再生品を対象として、利用・廃棄・循環の過程における物質の流れや挙動を資源性と有害性の両面から把握し、環境への排出、リスクや資源価値などを明らかにします。更にリサイクルの促進、製品に含まれる有害物質の規制、有用な資源の回収などの対策やシステムを評価することにより、安全で安心できるリサイクルシステムを実現します。加えて、POPs への対応を中心に、「廃棄物の不適正管理に伴う負の遺産対策」にも取り組みます。

資源化・処理処分技術研究室

廃棄物の適正な処理・処分のための技術と、資源の循環利用に資する要素技術としての再資源化技術、エネルギー回収・物質回収技術等の研究開発を行います。脱温暖化等にも資する中核研究プロジェクト「廃棄物系バイオマスの Win-Win 型資源循環技術の開発」を主に担当し、廃棄物系バイオマスからエネルギーと物質回収が高度に可能な技術開発およびシステムの設計・実証等に取り組みます。また、「循環型社会に対応した安全・安心な適正処理・処分技術の確立」を図るため、環境安全性を確保した処理施設評価、埋め立て廃棄物の質を管理する最終処分システムの研究を行います。さらに、将来を見据えた新たな基盤的技術の調査と開発も行います。

バイオエコ技術研究室

資源循環・適正処理を踏まえた液状・有機性廃棄物対策に関する研究を行います。特に、中核研究プロジェクト「資源循環・廃棄物ライフサイクルにおける Win-Win 型資源循環技術システム」、「国際資源循環を支える技術システムと適正管理ネットワークの構築」および廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究「液状・有機性廃棄物の適正処理技術の高度化」を担い、生活排水や生ごみ等のバイオマス系廃棄物の資源化・エネルギー循環利用、適正処理等のための技術開発を通じて、環境低負荷型技術システムの提案等を実施し、国内外の政策への貢献を目的とした研究を推進します。

廃棄物試験評価研究室

製品、循環資源、廃棄物および再生製品に含まれる有害化学物質や有用物質、また循環過程で発生する有害化学物質の挙動を調べるために必要な分析法の開発や、その評価方法についての研究を行います。そのため、廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究としての「試験評価・モニタリング手法の高度化・体系化」の実施を軸に、様々な分析媒体に適した前処理法や高感度機器分析での課題解決、ダイオキシン類の公定法バイオアッセイの精度管理、複数素材混合系試料を対象とした試験法開発、日常管理等に適する簡易試験方法の開発と応用、さらに土壌など廃棄物に関連する対象分野の試験法や国際的な試験法を包括整理した標準化手法の開発などの研究を行います。

中核研究プロジェクト1

近未来の資源循環システムと政策・マネジメント手法の設計・評価

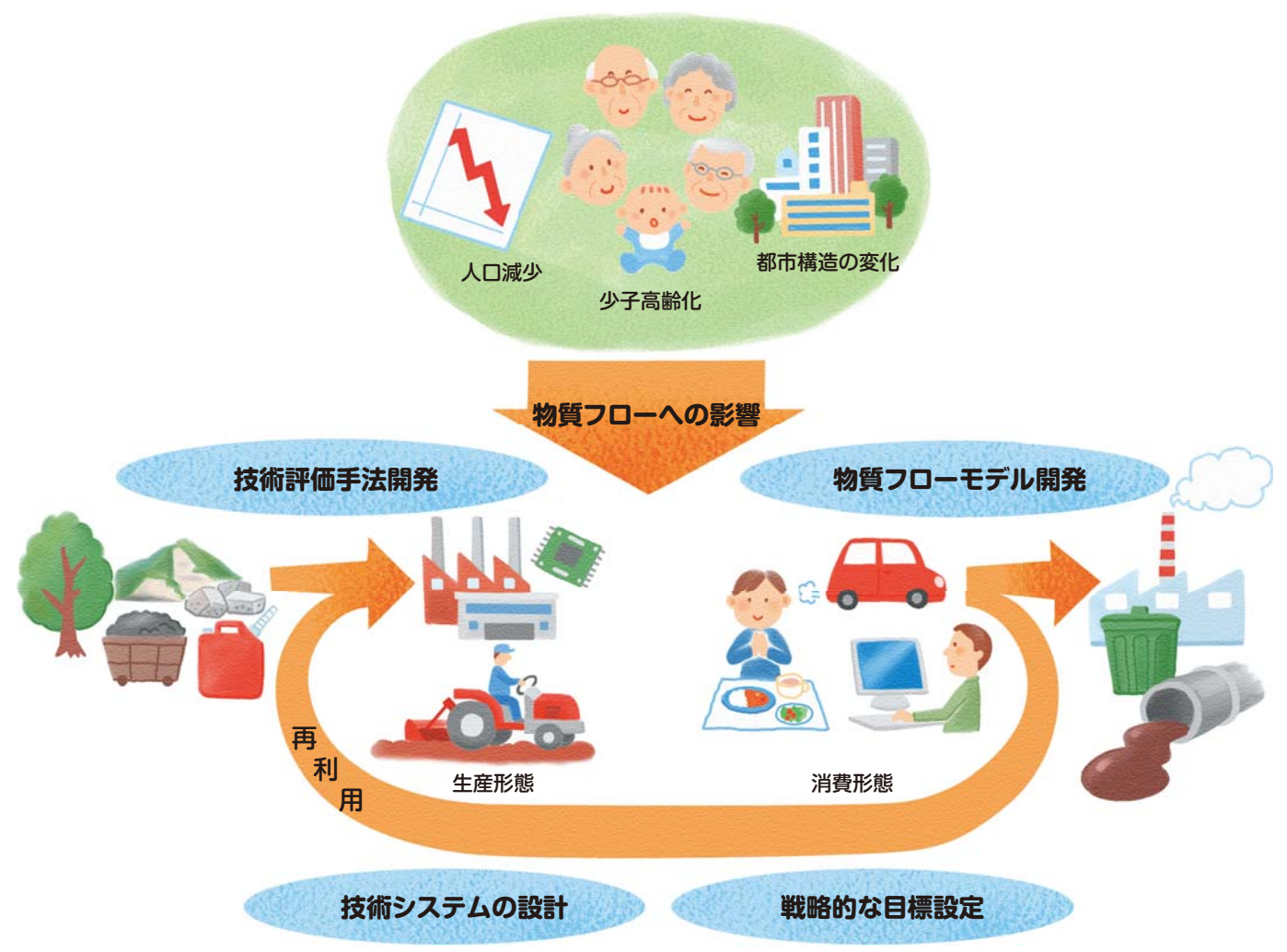
循環型社会の形成に向けた将来ビジョンとその実現のための転換シナリオ、具体的な道筋づくりが、国、地方等の様々な地域レベルで、また、市民、行政、産業等の様々な主体レベルで必要とされています。そこで本研究プロジェクトでは、10～20年後の近未来の循環型社会における技術システム・社会経済システムのビジョンを描き、戦略的な目標設定に基づく転換シナリオと具体的な道筋を提示することを目的とした研究に取り組みます。

本研究プロジェクトは三つのサブテーマで構成しています。

物質フローモデルに基づく資源利用・廃棄物等発生の将来予測と近未来ビジョンへの転換シナリオ評価

近未来における産業構造や人口ピラミッド、ライフスタイル等の変化やエネルギー、産業、医療、廃棄物等に関わる政策の動向を考慮し、これらの社会条件の変化が物質フローに及ぼす影響を表現する物質フローモデルを構築します。そして、このモデルを用いて近未来の資源利用や廃棄物等発生について予測・評価し、循環型社会に向けた戦略的な目標設定を行います。また、他のサブテーマで設計

する技術システムや政策などの近未来ビジョンとそれへの転換シナリオの効果を、このモデル等を用いて推計・評価します。以上により、転換シナリオ毎の目標の達成可能性や課題が提示され、近未来ビジョンに向けた政策の方向性を示唆する成果を提示できると考えています。



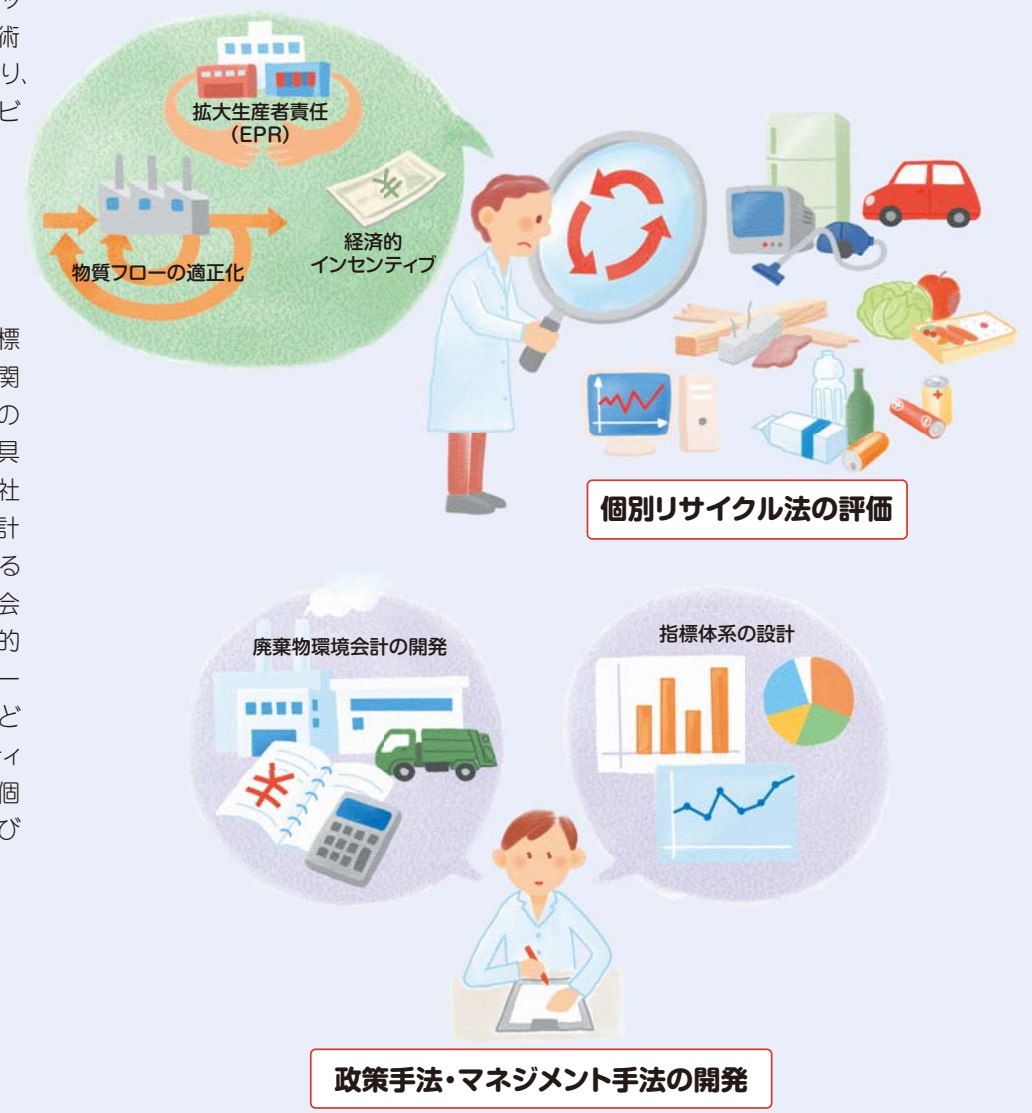
近未来の循環型社会における技術システムの設計と評価

近未来において問題になると考えられるバイオマスや枯渇性の金属資源を含む廃棄物などを対象として、様々な空間スケールをもつ地域特性に応じた資源循環技術システムの設計と評価を行います。評価手法としては、ライフサイクルアセスメント (LCA) / ライフサイクルコスト分析 (LCC) 等を用いて、環境負荷とコストについて評価を行います。一方、個別リサイクル法等の下で今後の見直しが必要とされている容器包装プラスチックや家電、各種情報機器などの3R 技術システムの評価を行います。以上により、近未来の資源循環技術システムのビジョンを提示する予定です。

循環型社会の形成に資する政策手法・マネジメント手法の設計・開発と評価

循環型社会の理念や設定された目標などを考慮し、廃棄物・リサイクルに関わる政策手法・マネジメント手法などの設計・開発と有効性評価を行います。具体的には、国と自治体において循環型社会の進捗度を計測し、循環・廃棄物計画の策定やそのマネジメントを支援するための指標体系の設計や廃棄物環境会計手法の開発を行います。また、統合的循環・廃棄物政策に向けて、物質フローの適正化、拡大生産者責任 (EPR) などの責任・役割分担、経済的インセンティブ付与、他制度の比較といった視点で個別リサイクル法などの制度の効果ならび

に有効性を評価します。以上により、国による次期循環基本計画や自治体による循環施策・施設整備計画策定、今後の望ましい廃棄物・リサイクル法制度の方向性提示に貢献できると考えています。



中核研究プロジェクト2

資源性・有害性をもつ物質の循環管理方策の立案と評価

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、有害物質を含む製品（廃棄物）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ための研究も重要です。本研究プロジェクトでは、資源の循環利用や廃棄物の処理・処分が適切に行われるよう、物質の利用・廃棄・循環過程における挙動、環境へのリスク、資源価値を明らかにし、リサイクルの促進や製品に含まれる有害物質の規制、有用な資源の回収などの施策を実施する効果について、資源性・有害性の両面から科学的に評価します。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を対象とし、以下の3テーマを中心に研究を進めます。

プラスチックリサイクル・廃棄過程における化学物質管理方策の検討

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し、代替物質との得失評価を行います。また、対象物質についての分析法を確立し、物性、毒性評価などの基礎研究と実際の調査に基づいて、制御、管理すべきリスクについて見極めます。そして、ライフサイクル的視点等も考慮して、物質の有用性と有害性の両面からみた有効性のある物質管理方策を提案します。

資源性・有害性を有する金属類のリサイクル・廃棄過程の管理方策の検討

有害性金属の環境排出量や資源性金属の回収可能性を定量化し、廃棄物からの金属回収方策を提示します。複合素材・製品中の金属量把握に必要な分析方法を確立し、素材・製品中の存在量情報を集積し、廃棄物過程を含む金属類の詳細な物質フローを作成します。また、有害性金属のリサイクル・廃棄過程における環境排出とその低減方策や再生製品の品質への影響などを確認し、リサイクル適合性の判断情報を提示します。資源性金属に対しては、自動車、電子電気機器類、OA機器、電池、基板、触媒等の素材・製品毎に資源回収性を検討し、コスト比較を行います。これらにより金属類の資源回収率の増加及び有害性低減の両立を目指した管理方策を提示します。

再生製品の環境安全品質管理手法の確立

廃棄物からつくられた再生製品の安全品質管理試験方法を規格として提案するとともに、安全品質レベルの設定手法を確立し、ガイドライン化を行います。対象としては、特に量的に多い建設資材系再生製品に着目し、使用時における水系汚染事象を想定して研究を進めます。具体的には、再生製品の水系汚染によるリスクを表す数種類の特性評価試験を確立・規格化し、さらに、汚染物質の発生・移動に関する数値モデルを組み合わせることで、リスクの大きさに基づいた評価の枠組みを構築します。さらに現場スケールの実証実験を行って、評価方法の有効性を確認の上、安全品質レベル設定手法のガイドラインを提示します。



プロジェクト3

廃棄物系バイオマスのWin-Win型資源循環技術の開発

廃棄物の処理・処分および資源化に対し、従来、技術の果たしてきた役割は大変大きく、今後の循環型社会の形成や科学技術立国を進める上でますます重要です。しかし、より一層資源循環に資する技術、喫緊の課題である脱温暖化へも貢献できる技術が求められています。そこで、本中核プロジェクトでは、廃棄物の中で多くの量を占め、あまり利用されていない場合も多い廃棄物系バイオマスにねらいを定め、廃棄物対策と脱温暖化等とにWin-Win型で寄与できる資源循環技術の開発を目指します。

具体的に対象とするのは、エネルギー源としての燃料物質を回収する技術システム、有用なマテリアルを回収・利用する技術システム、より上流側の動脈プロセスを上手に利用する循環システム等です。これらは三つのサブテーマを構成し、第一、第二は要素技術開発、第三はシステム開発主体の研究です。

■ エネルギー循環利用技術システム

廃棄物系バイオマスを低含水物と高含水物の二つに分けて研究を進めます。

主に低含水物の廃棄物系バイオマスを対象に、地域レベルでのエネルギー循環利用システムの要素技術として、触媒等を活用した熱分解ガス化 - 改質プロセスがより低温で効率よく機能する技術システムを開発します。これによって水素、一酸化炭素およびメタンといった有効なエネルギー源となり得るガス成分を作り出し、燃料電池や他の発電システムなどで活用することで、廃棄物の適正処理と同時に脱温暖化等への寄与（Win-Win型適用）もねらいます。また、ガス製造とは別に、液体燃料（バイオフェュエル）製造技術に関して、燃料変換技術および分離精製技術の両者において高効率の省エネルギー・省資源化手法を開発する研究を行います。さらに、開発技術の実証試験から、バイオフェュエルの循環利用システムを構築することも目指します。

一方、生ごみや畜産廃棄物等の高含水物については、地域レベルでの適用を目指し、微生物反応応用型水素・メタン発酵システムおよび付随する高度水処理システムについて最適な要素技術開発を行います。バイオマスを発酵プロセスに受け入れる基準の作成、発酵プロセスの操作条件・資源化マニュアルを確立し、さらに経済性およびライフサイクルアセスメント等を踏まえた炭素循環型システムの開発を行います。これによって地域リサイクルネットワークの構築を図ることを目指します。

■ マテリアル回収利用技術システム

研究を大きく二つのテーマで進めます。一つは、食品廃棄物を対象にこれまでのコンポスト化、バイオガス化、炭化等の資源循環技術を一層進め、バイオマスを飼料と生分解プラスチックとして循環利用する新しい技術システム（C,N,P元素のカスケード利用型ゼロエミッションシステム）の研究開発を行います。具体的には事業系生ごみを対象として特定乳酸菌による乳酸発酵を行い、ろ液からのL-乳酸回収技術、各種生分解性プラスチック製品の開発、養鶏等への利用をはかる残さの全量飼料化技術を開発します。実際に鶏の飼養実験を通じて飼料の品質評価と鶏体への影響評価等を行った上で、地域においてモデル実証実験を行い、ビジネスモデルへの展開を図ります。

次に、液状の有機性廃棄物に含まれるリン資源を対象にした吸着脱リン法、鉄電解脱リン法等によるリンの回収・資源化技術システムの開発および污泥減容化プロセス等との組み合わせによる最適システム化の設計・構築のための研究開発です。特に、対象システムの高度・効率化、コンパクト化を図るとともに、回収・精製技術システムの実用化を目的として、処理スケールや液状廃棄物特性、回収リン等の流通・市場性、利活用特性等を踏まえた品質管理方策の確立を図り、地域分散型モデル地域での特性解析に基づく総合的な技術システム構築を目指して研究を行います。

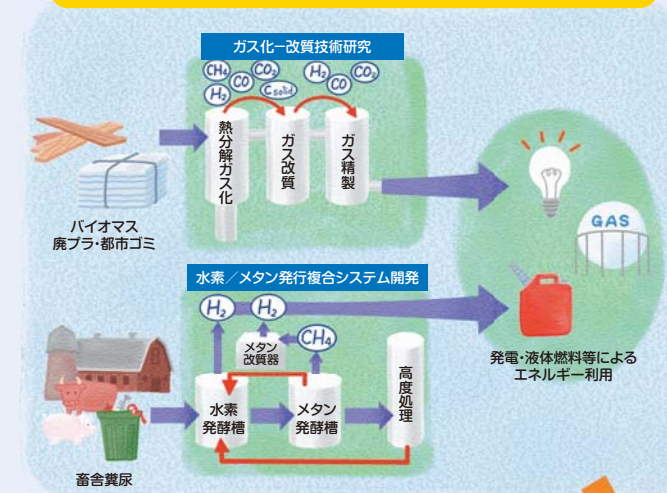
動脈 - 静脈プロセス間連携 / 一体化資源循環システム

廃棄物系バイオマスを化石燃料代替として新たに投入する上で、これまで多くの廃棄物や副産物を受け入れ、資源循環システムの一役を担ってきた鉄鋼、セメント、電力事業等の素材・エネルギー産業といった基幹的な動脈プロセスにおける動脈 - 静脈連携システムを設計し、

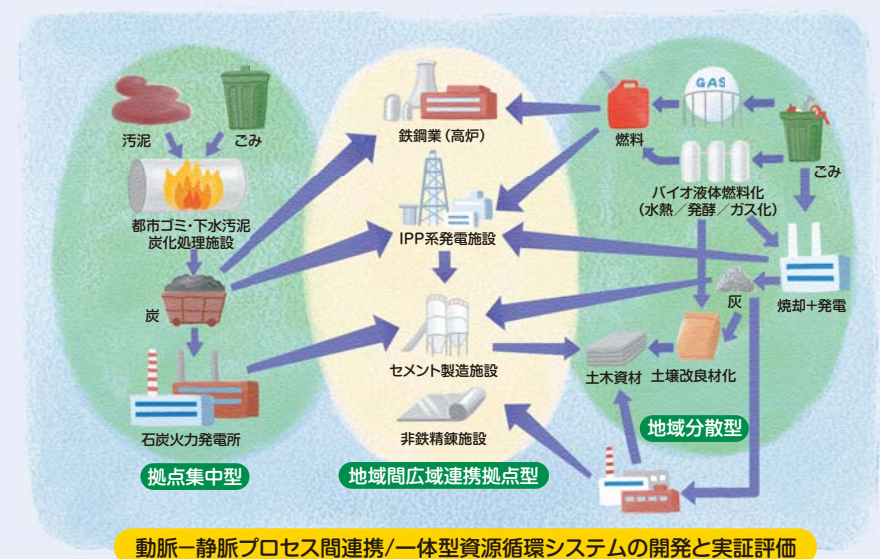
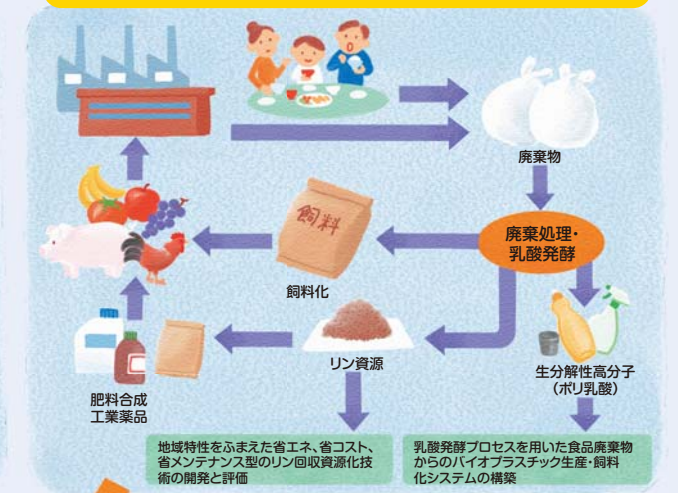
実証までを目指して研究を行います。具体的には、地域の廃棄物系バイオマスの賦存量を把握し、地域条件に応じた合理的なシステム設計を行います。また、水熱反応等を利用した質転換技術の開発、動脈プロセス内の妨害物質等の挙動把握および制御条件の確立等に関する

研究を行います。エネルギー・マテリアル回収を行う前記要素技術開発の成果を含めて、最終的にはモデル地域におけるシステム設計および実証試験を行い、事業展開の可能性の評価までをターゲットとします。

炭素サイクル型エネルギー循環利用技術システムの開発と評価



潜在資源活用型マテリアル回収利用技術システムの開発と評価



動脈 - 静脈プロセス間連携 / 一体型資源循環システムの開発と実証評価

中核研究プロジェクト4

国際資源循環を支える適正管理ネットワークと技術システムの構築

日本では廃棄物として扱われてきた使用済製品や材料などが他のアジア地域では資源として有用に扱われることが最近多くなっており、国際規模で取引される循環資源の量が増加しています。一方、循環資源の利用残さも含め、経済成長に伴いアジア各国での廃棄物発生量も増加傾向にあります。

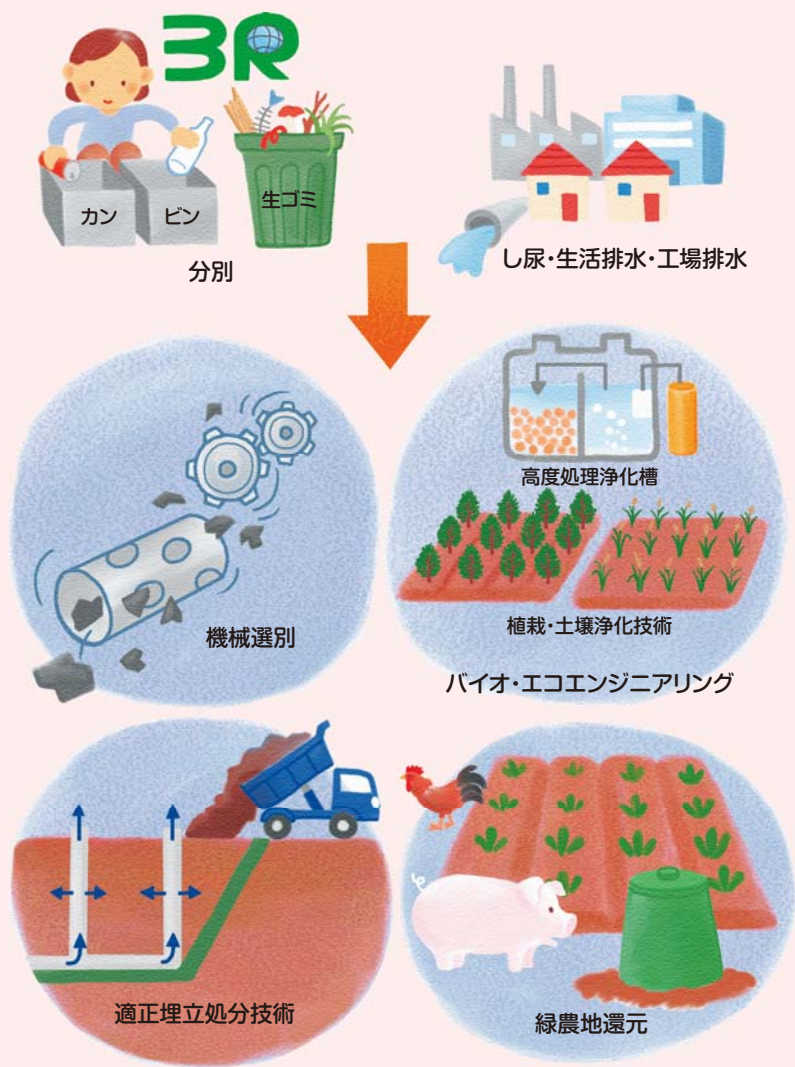
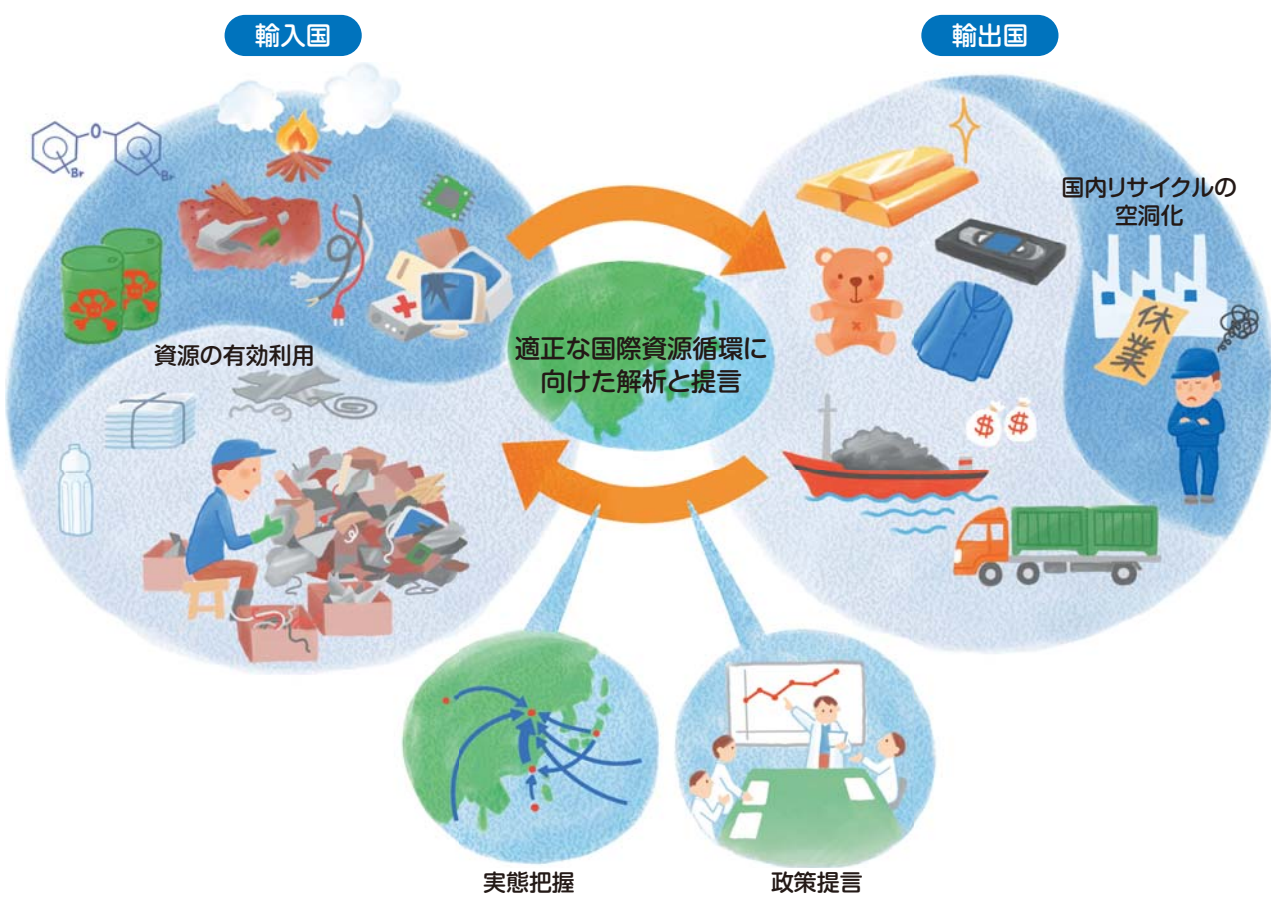
本研究プロジェクトでは、アジア地域での資源循環の適正な促進に貢献するために、途上国を中心とする各国での資源循環や廃棄物処理に関する現状を把握するとともに、国際資源循環システムの解析を行います。また、技術的側面からの対応として、廃棄物の適正処理と温暖化対策を両立する途上国に適合した技術システムの開発と評価を行います。以上を総合して、アジア地域における資源循環の適正な促進に資するような、適正管

理ネットワークと技術システムを構築していきます。例えば、国際資源循環の現状や環境影響を考慮した資源循環の評価手法の開発、アジアの数都市における環境低負荷型技術システムの提案やクリーン開発メカニズム（CDM）事業化の方法の提示などを行うものです。

本研究プロジェクトは、以下の3つのサブテーマで構成されます。

アジア地域における資源循環システムの解析と評価手法開発による適正管理ネットワークの設計・評価

国際資源循環の現状把握と整理を行いながら、背景要因も含めた総合的な解析を行います。また、汚染性・資源性・経済性という三つの側面を意識して、国際資源循環の評価手法を開発します。具体的には、国際資源循環の適正な促進のために、関係する規制や需給・コストなどの要因を分析するとともに、資源循環に伴って生じる現在および潜在的な環境影響を把握し、指標化を含めた国際資源循環の評価手法を開発します。最終的には、これらの研究成果を踏まえて、アジア地域における資源循環の適正管理ネットワークの設計・評価や、関連政策の提案を行います。



アジア諸国における資源循環過程での環境影響把握

E-waste（電気電子機器廃棄物）などが資源として循環利用（リサイクル）される過程における残留性有機汚染物質（POPs）や水銀などの無機汚染物質による環境汚染の発生状況の把握を試みます。現地のフィールド調査や海外研究者との共同研究により、土壌などの試料の採取・測定分析・毒性評価・モニタリング方法を検討し、アジア諸国での環境影響把握に適した調査方法を検討します。これによって、資源循環に起因する環境影響の概略を把握するとともに、排出係数（インベントリ）の作成や対応策の検討を試みます。

途上国における適正処理・温暖化対策両立型技術システムの開発・評価

固形廃棄物に対する技術的対応として、有機物及び有害物の埋立回避のため、地域の状況に適合した排出源分別型の都市ごみ収集システム、また、機械選別等の補完処理技術の導入スキームを提示します。さらに、CDM 事業化に向け、埋立地からの温室効果ガス排出量の観測・評価法を高度化し、準好気性埋立工法等の対策技術導入効果の予測モデルを設計します。

液状廃棄物に対する技術的対応としては、特に中国を対象として、我が国との汚水性状の違い、未利用バイオマスの性

状の違い、リサイクルシステムの未熟度等に注目します。そして、液状廃棄物の資源循環を考慮した途上国適合型のバイオエコシステムを設計・開発し、現地での適用可能性を評価します。これにより、温室効果ガスの低減と、汚水処理の高度化や処理に伴って発生する汚泥や植物残さ等のバイオマスのリサイクルが両立する技術システムを確立し、その普及のための政策誘導を図ります。

廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究

循環型社会に対応した 安全・安心な 適正処理・処分技術の確立

私たちが循環型社会を築き上げるためには、3Rの実行は欠かせません。しかし、安全と安心を得られるように廃棄物を処理・処分することも忘れてはなりません。

日本で家庭などから排出されるごみの80%は世界に誇れる高度な熱的処理技術（発電設備を付帯した焼却やガス化溶融など）で処理されています。これら処理施設が、運転時の安全性、環境負荷量、回収資源の品質、経済性などの観点から十分な性能を発揮できるよう、維持管理手法を開発することが本研究テーマの1つの目標です。

一方、どんなに3Rを推進したとしても廃棄物はなくなりません。最後に残っ

た廃棄物は埋立処分をしなければなりません。最終処分のあり方を「土に戻る、または土にできるごみだけを最後に埋める」に改め、これを実現する技術システムを構築することがもう1つの目標です。私たちは以上の前提に立って、新しい3つの最終処分場の類型を考えます。

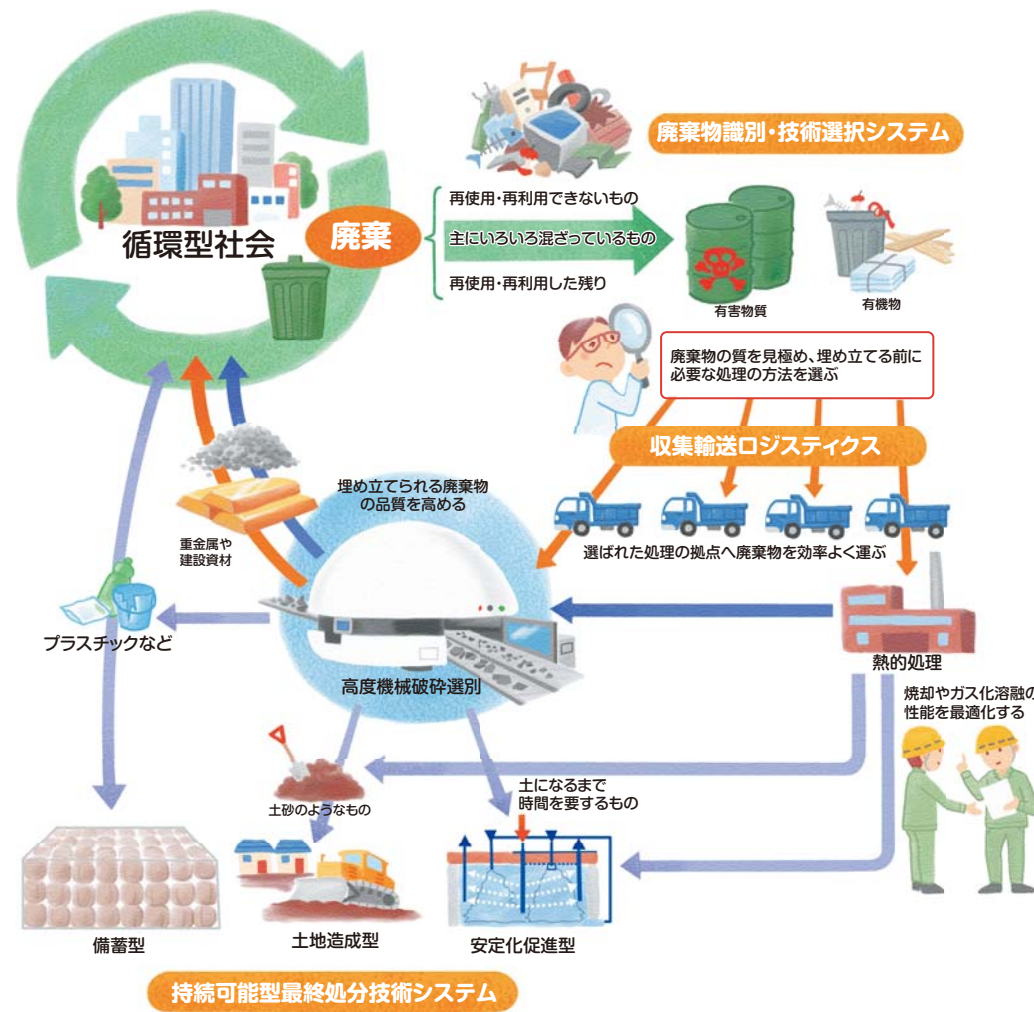
①備蓄型：大量に廃棄され、その時点では価値が低い循環資源を安全に保管する埋立地

②土地造成型：土砂に近い廃棄物を埋め早期に制限のない跡地利用を行うことができる埋立地

③安定化促進型：一定期間後の跡地利用のため安定化を促進する技術を導入した埋立地

廃棄物を上記類型に合う品質とするため、有害物質などの含有量で廃棄物を分類し必要な処理技術を選択する検査と情報管理システム、多様で分散した発生源から同種の廃棄物を集める物流（ロジスティクス）計画、さらに、破碎・選別等の高度な埋立前処理技術の開発を行います。また、処分場自体が安全と安心を得るための立地選定、構造、監視、浸出水処理、品質管理等の最終処分技術体系の開発と、基本となる廃棄物の安定化メカニズムの解明を行います。

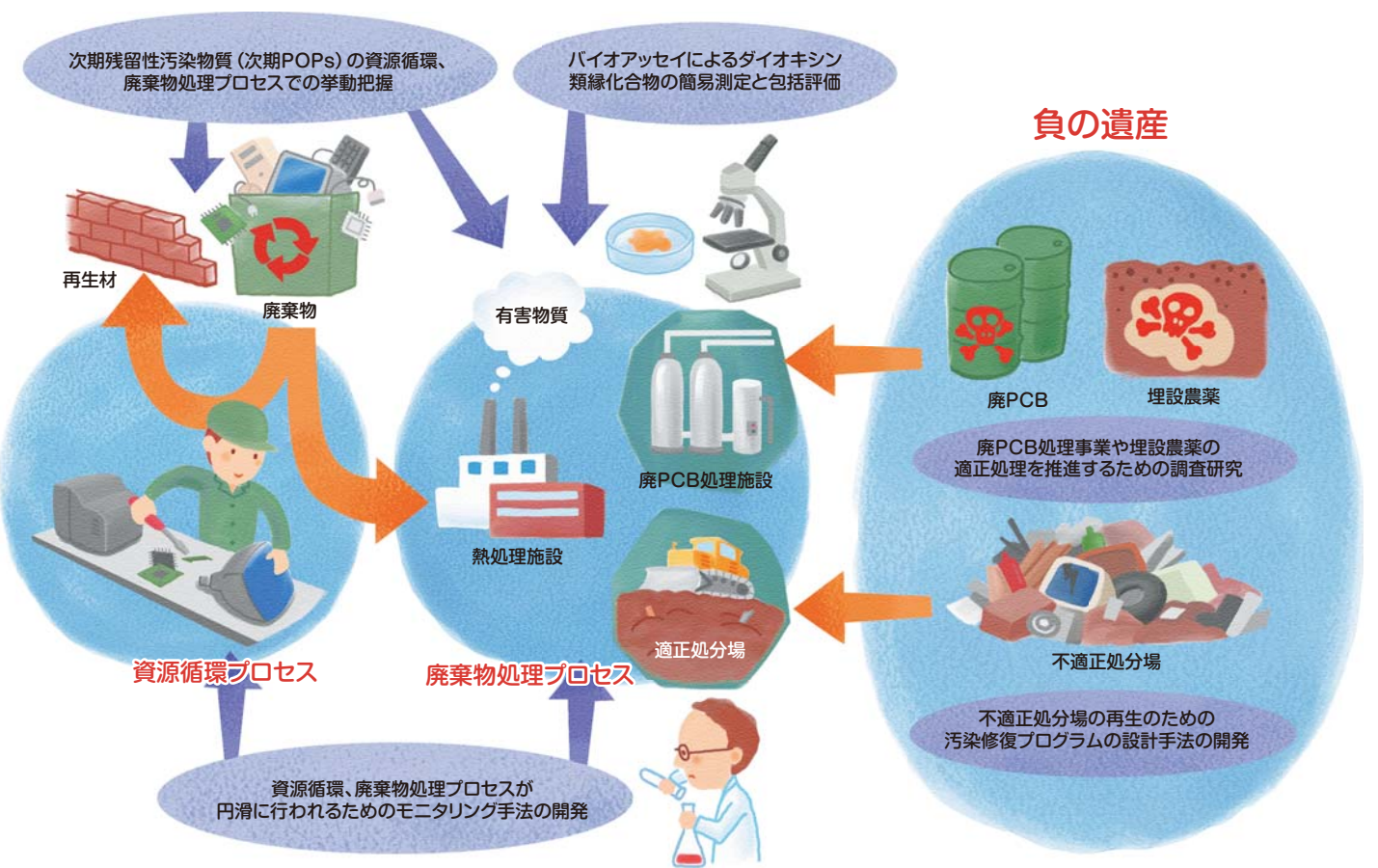
以上の技術システムを築き、制度に反映させ、社会の安全と安心を築くことへの貢献が私たちの使命です。



試験評価・モニタリング手法の 高度化・体系化

私たちの社会では、生活を豊かにするために多種・多様な化学物質が開発され、使用されてきました。これらの化学物質は製品として使用された後に循環資源として再利用されるか、あるいは廃棄物として処理されます。循環型社会では、廃棄物を減らし、循環資源として再利用することが求められていますが、それに伴う有害物質は管理されねばなりません。有害物質の管理・制御を目標とした重点的な研究テーマ（中核研究プロジェクト2）と共に、次のような有害物質の試験評価・モニタリング法に関する基盤的な研究を行います。

- ①残留性汚染物質（POPs）として今後留意すべき物質の挙動把握
 - ②資源化や廃棄物処理の過程、再生品の安全性を日常的にモニタリングするための簡易試験法の開発、
 - ③バイオアッセイによるダイオキシン類縁化合物の簡易測定と包括評価
- このような研究を通じて、使用場面に応じて有害な物質を的確に判別するための試験評価法を提示します。



廃棄物の不適正管理に伴う 負の遺産対策

過去に使用された化学物質でこれまで適切に処理されなかったもの（廃ポリ塩化ビフェニル（廃PCB）や埋設農薬）、あるいは法律や科学的な知見が十分でなかった時代に造成された処分場（不適正処分場）などのいわゆる「負の遺産」は、安心・安全な廃棄物管理を実現する上で一日も早く適正な処理を行うことが求められています。

本研究テーマでは、①すでに始まりつつある廃PCB処理事業フォローアップ、②廃農薬の適正処理のための調査、③環境リスクを踏まえた不適正処分場の汚染修復プログラムを設計する手法の開発、などの研究を通じて、負の遺産の「清算」を支援します。

廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究

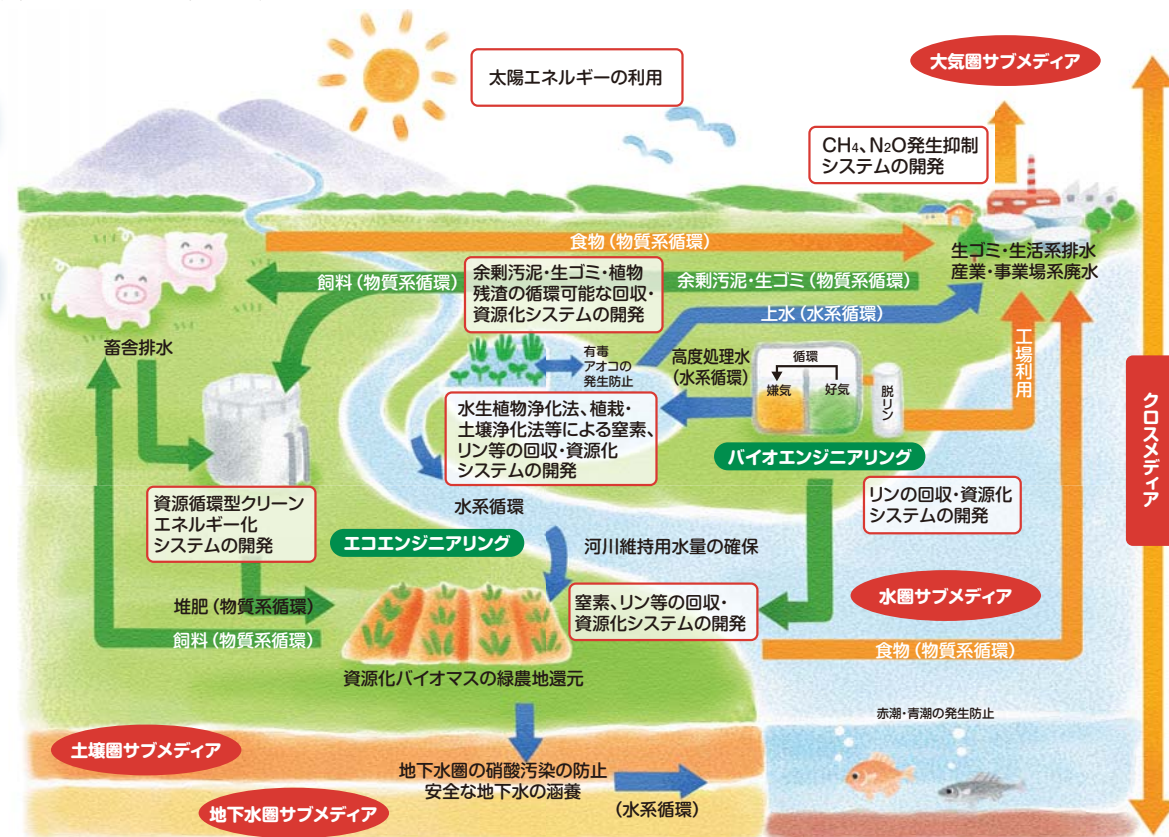
液状・有機性廃棄物の 適正処理技術の高度化

循環型社会の構築を進める上では、日々の生活・産業活動等に伴って発生する液状・有機性廃棄物を高度・適正に処理し、環境への汚濁負荷を極力削減することが不可欠です。

そのため、生活排水や事業場排水およびこれらの処理過程で発生する汚泥等の液状・有機性廃棄物に対して、効率的かつ高度な処理手法を確立する研究を実施します。特に、し尿、生活雑排水、ディスポーザ排水等を対象とし、既設の単独 / 合併処理浄化槽を、処理技術の

性能向上、維持管理の容易化、感染性微生物によるリスクの低減等の観点から踏まえて高度処理化するためのシステム改変技術や新たな高度処理浄化槽技術開発の研究を行います。また、大学、地方公設試験研究機関、民間等との産官学連携に基づく共同研究を活用して、浄化槽等の生物処理工学や植栽・土壌浄化技術等の生態工学、生ごみ処理資源化システム等について、ラボスケールや実際の処理装置を用いて、除去機構や処理水のオアコ増殖等に対する生態影響等

を含めた解析評価を実施します。さらに、これらの処理システムの性能評価における分子生物学的解析、微生物リスク等を踏まえた適正評価手法、温室効果ガス発生抑制や栄養塩類除去機能付加等における環境改善効果の評価手法を開発し、地域に応じた液状・有機性廃棄物のリサイクル技術システムおよび技術・評価マニュアルの構築を目指して研究を行います。



基盤的な調査・研究の推進など

廃棄アスベストの無害化処理技術の評価方法などに関する研究を実施し、廃棄アスベストの適正処理や管理に資する科学的知見を明らかにします。また、将来の循環型社会を支えるために廃棄物

中に含まれる希少性資源など、有用物質の新しい回収技術の開発を進めます。さらに、資源循環・廃棄物分野における技術開発情報やニーズ情報をとりまとめた技術データベースのほか、廃棄物処理・リ

サイクル部門の物質フロー、有機性循環資源の組成やスラグなどの再生製品の組成等のデータベースを作成し、公開します。

循環・廃棄物研究棟の紹介

1F

資源化プラント実験室

廃棄物を再資源化し、有効利用していくための技術やシステムの開発・評価を行う実験室です。生ごみから有用物質(発酵飼料および生分解性プラスチック類の原料となる乳酸)をゼロエミッション型で回収する技術を開発するための乳酸発酵・回収装置、メタン発酵バイオガス化装置等の高濃度窒素含有排水中からリン酸マグネシウムアンモニウム(MAP)

を用いてアンモニアを回収する技術を開発するためのアンモニア吸収・回収装置などが設置されています。廃棄物から有用な物質を回収したり、再資源化したりするために必要な要素技術やプロセス、操作条件等について研究し、廃棄物資源化技術やシステムの実用化、高度化を図ります。



熱処理プラント実験室

廃棄物を熱処理(焼却)する過程で起こる物質の挙動(揮散・分解・合成・凝縮・除去等)を評価するための実験室です。滞留時間を変えることができ、かつ、高温下で内部が可視化され熱処理過程が観察できる焼却炉と、各種の排ガス処理設備(消石灰による塩化水素除去、バグフィルターによるばいじん除去、活性炭による有害物質吸着除去)が設置されています。この装置を用いて、廃棄物の種類や燃焼条件(例えば酸化・還元条件)を変化させた燃焼実験を行い、熱処理過程及び排ガス処理過程における物質挙動を明らかにする研究などを行います。



循環・廃棄物研究棟の紹介

1F

最終処分プラント実験室

最終処分場内における様々な物質の挙動の解明や、安全性・安定化の評価、埋立技術やシステムの開発など行う実験室です。本実験室に設置されている埋立処分シミュレータは、実際の処分場内の環境を模擬できるよう埋立槽内の温度や降水、酸素雰囲気等をコントロールすることができます。また、直下に精密な秤が設置されており、物質収支を把握することができます。本装置を使用することにより埋立てられた廃棄物や廃棄物中に存在する微量物質の長期的な変化や溶出等の挙動を科学的に解明するための研究などを行います。



実験材料調製準備室

様々な固形廃棄物やリサイクル製品などの分析前処理として、粉碎・乾燥などを行う実験材料の調製準備室です。ごみ溶融スラグや廃プラスチックなど、硬質系から軟質系までいろいろな材質のものに対応できるとともに、粗粉碎から細粉碎まで多様な粒度への調製が可能な粉碎機が設置されています。調製された材料は、有害物質の溶出試験や熱分解特性の検討などに使われます。臭気の漏洩防止・捕集設備が完備されたスペースには、ごみの大型乾燥機が設置されており、多量の湿潤ごみを短時間で乾燥させることができます。乾燥状態のごみの組成分析や三成分（可燃分、灰分、水分）の分析、発熱量、元素組成の分析などの前処理として利用されます。

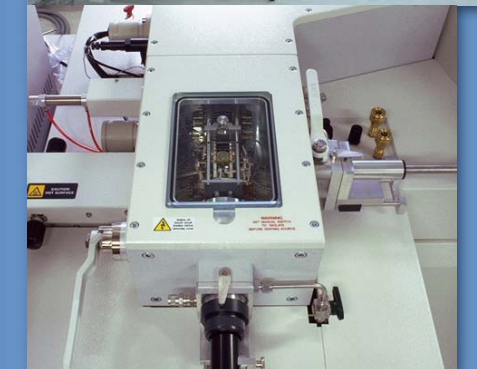


2F



循環資源分析室

循環資源を対象として、その資源的価値や有害物質等の環境への影響を機器分析によって評価するための実験室です。有機化合物の分析機器として、ガスクロマトグラフ質量分析装置、高速液体クロマトグラフ装置、フーリエ変換赤外分析装置などが設置されています。また微小部分の表面形態を観察し、同時に元素組成も測定できる検出器を装備した走査型電子顕微鏡も設置しています。この装置を用いて、溶融スラグの表面観察によって循環資源の品質評価を行ったり、アスベスト廃棄物やその熱処理物中のアスベスト繊維を観察・計数し、アスベスト廃棄物の適正処理に関する研究を行います。



GC/MS室

廃棄物や関連試料中に含まれている微量有機成分を正確に測定する分析室です。高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計(GC/MS)などが設置されています。超微量の有機成分を測定するため、試料調製の部屋も併設されており、人為的な汚染が起こらないようにするため、クリーンルームに準じた維持管理のもとで使用されています。廃棄物及び関連試料中に含まれるポリ塩化ビフェニルや臭素系難燃剤などのハロゲン化有機物、残留性有機汚染物質の微量を精度よく測定する方法の開発を行うと共に実試料の測定を行い、環境汚染防止や無害化技術開発の研究に役立てます。



物理化学恒温実験室

温度一定の条件下で実験を行うための恒温実験室で独立した4室があります。pHコントロール溶出試験器や、暴露実験用のチャンバーを設置しています。pHコントロール溶出試験器は、循環資源が一般環境中で利用される際の環境影響量を、pHに応じて把握するための前処理装置で、溶融スラグ等再生材の水系への安全性評価手法の一つとして利用します。



循環・廃棄物研究棟の紹介

研究棟紹介

バイオクリーンルーム・生物恒温実験室

廃棄物に含まれるまたは再資源化や処理の過程で生成する可能性のある様々な有害物質を、通常の化学分析等の手法を用いて日常的に監視することは容易なことではありません。そこで、化学物質の作用に対して迅速かつ包括的な応答が得られる培養細胞や微生物または生物個体を利用して有害性の監視や評価を行うバイオアッセイが注目されています。本実験室には、様々な環境に生息する水生生物を飼育することができる恒温水槽、微生物等を安全に取り扱うため外界から隔離されたクリーンルーム、多くの検体を同時に取り扱うことができる吸光・蛍光・発光対応型マイクロプレートリーダーなどの設備が設置されており、



微生物からカエルや魚などの高等生物にいたる種々の生物を用いて、廃棄物や循環資源、またそれらを再資源化・処理・処分する施設の排ガスや排水に含まれる数多くの有害化学物質を総合評価する手法の開発を進めます。

循環型社会情報室

「情報」は現代社会において重要な役割を果たしています。循環型社会の形成を支援するための的確な情報の収集・蓄積・提供と解析能力の向上のため、解析用コンピュータ、情報発信用サーバー、大型ディスプレイ装置などがここに設置されています。私たちがとりまく資源や製品、廃棄物などのモノの流れ（マテリアルフロー）に関する分析、ライフサイクルアセスメント（LCA）手法の開発、地理情報システム（GIS）やリモートセンシングなどの情報技術による循環資源・廃棄物の適正管理の支援、地域ごとの特徴を活かした効果的な循環の仕組みづくりなどの研究に活用します。また、研究成果をはじめとする当センターの活動情報をひろく内外に発信する機能も果たしています。



その他の研究施設の紹介

最終処分場の実証サイト

廃棄物を埋め立てると、廃棄物に含まれていた物質や、その分解物が浸出水やガスとなって放出されます。管理型処分場では、浸出水を処理してから一般環境へと放流しています。ガスの発生が収まり、浸出水の水質が改善されていく過程を安定化と呼んでいますが、そのメカニズムは複雑で、化学的のみならず生物学的、物理的な要因も大きく影響します。廃棄物は粒径も大きく、種類也多岐にわたるため、安定化メカニズムを解明したり、新しい技術を試したりするためには、室内実験とともに実証規模実験が必要です。そこで、実際に利用されている最終処分場に直径5m、深さ7mの実証試験装置を4基設置し、処分場の安全と安心を保障する新しい最終処分技術を開発する研究を行っています。



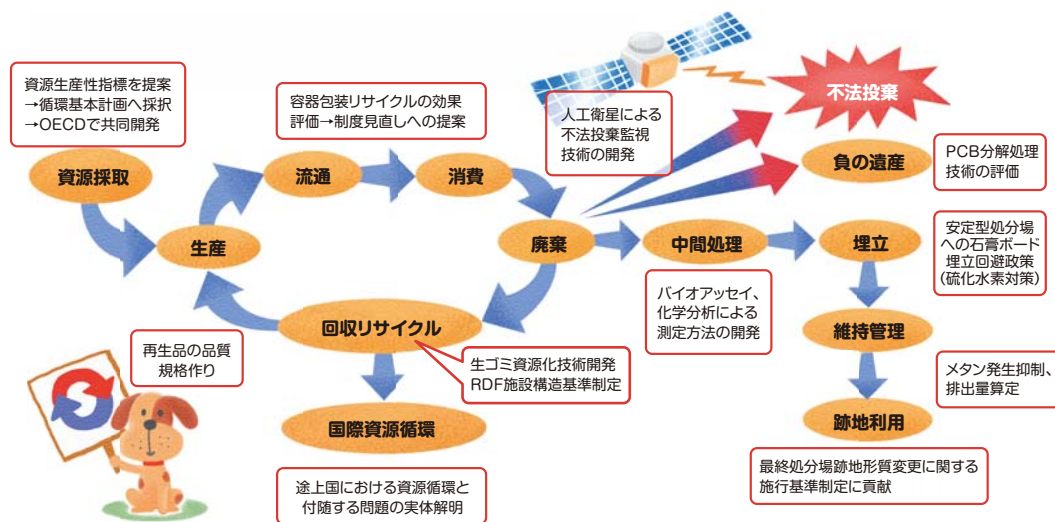
バイオ・エコエンジニアリング研究施設

国内外の環境問題の解決のための国際的研究活動の拠点となるように、この研究施設は整備されたもので、真空式下水道システムにより生活排水を実処理施設より搬送し、恒温試験室、生態工学技術実験フィールド、多目的屋外フィールド等において、し尿・生活雑排水等の液状・有機性廃棄物の資源循環型高度処理浄化槽、生ごみ等バイオマスからのエネルギー回収技術、植栽・土壌浄化技術等による生態工学技術等の開発と解析評価に関する研究を実施しています。地方公設環境研究機関、民間、大学、海外研究機関等との共同研究を実施するとともに、本研究施設を中核とした日中韓三カ国環境大臣会合（TEMU）、日中環境保護協定プロジェクト等に基づく国際共同研究が推進されており、アジア地域各国からの研修生に対する JICA-KOICA 合同研修プログラム等による技術研修・現場研修も含めた国際的な環境研究ネットワークにおいて重要な位置づけとなっています。



第1期中期計画期間(2001-2005 年度)の主な成果

循環センターの前身である「循環型社会形成推進・廃棄物研究センター」は、2001年4月に設置され、5カ年の研究計画(第1期中期計画)に沿って2005年度まで調査・研究を進めてきました。センターは、廃棄物対策という緊急な政策課題に対応するための「政策対応型研究センター」として位置付けられ、大きく分けて以下の3つの方向からのアプローチによる調査・研究を行うことで、研究成果を環境省等の政策に活かしてきました。



2 廃棄物の資源化、処理・処分技術の開発

廃棄物を有効に利用し、資源として活用するための技術開発を行いました。

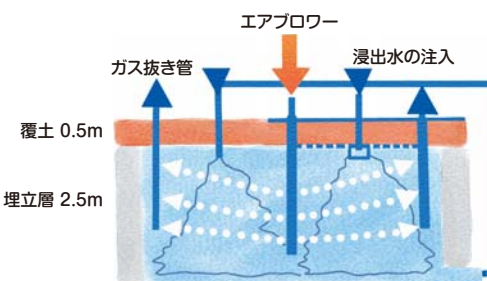
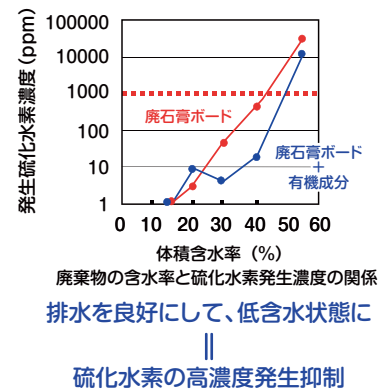
廃棄物から、燃料電池のエネルギー源となる水素を取り出す技術開発を、比較的低温で熱分解しガス化する方法と微生物発酵を利用する方法の両面から進め、地域ごとのごみの排出特性を活かしたシステムを構築することに取り組みました。

廃棄物に伴う事故などの原因究明や対応策の検討を行いました。

安定型処分場における高濃度硫化水素の発生原因を解明し、その防止対策を明らかにしました。

より安全・安心な最終処分場を目差す技術開発に取り組みました。

処分場の廃止までの時間を早めるための安定化促進技術を開発しました。



3 資源循環・廃棄物処理の安全性の制御

循環廃棄過程を中心として、化学物質の挙動や物質フローの解析、制御方策の検討を行いました。

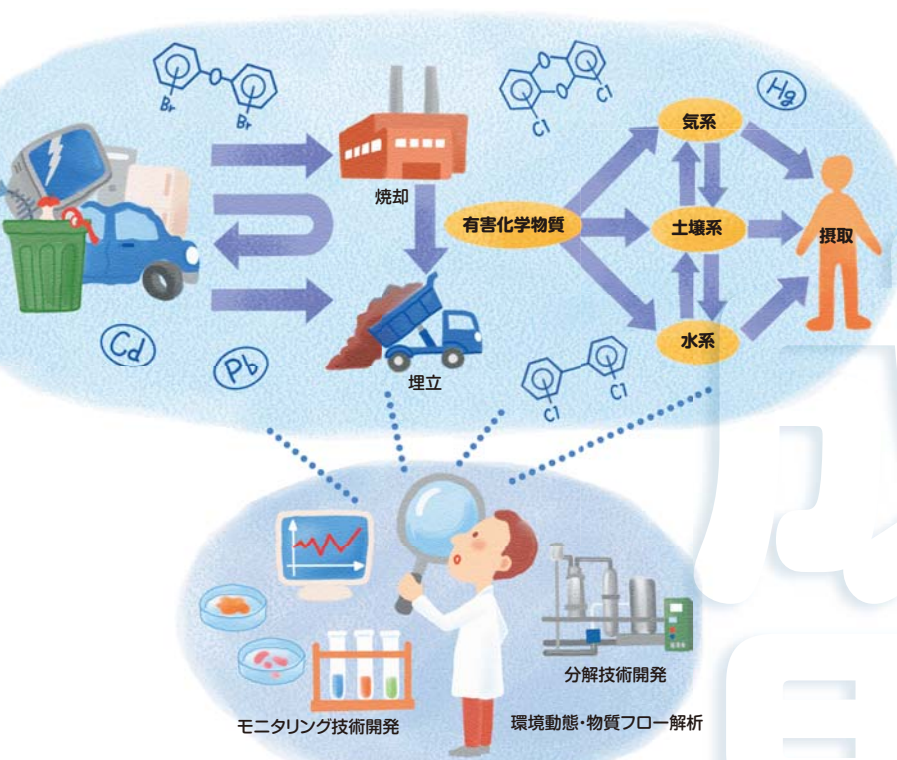
例えば、有害性が懸念される臭素系の難燃剤について、排出係数、排出量推定を行うことで、発生源や曝露(経路)を解析し、排出制御技術について検討しました。

循環資源・廃棄物の適正管理のための、モニタリング手法を開発しました。

バイオアッセイ(生物や細胞を用いて化学物質の毒性を測定する方法)手法を用いた測定法が、廃棄物焼却ガスなどに含まれるダイオキシン類を測る簡易測定法として公定法に採用されました。

有害物質を含有する循環資源や廃棄物を安全に処理するための技術開発を行いました。

廃棄処分が難しいとされてきたPCBについては、分解技術のメカニズム研究と開発を実施し、政府による処理事業の技術評価に活かされました。



1 循環型社会形成のための評価手法と基盤システムの整備

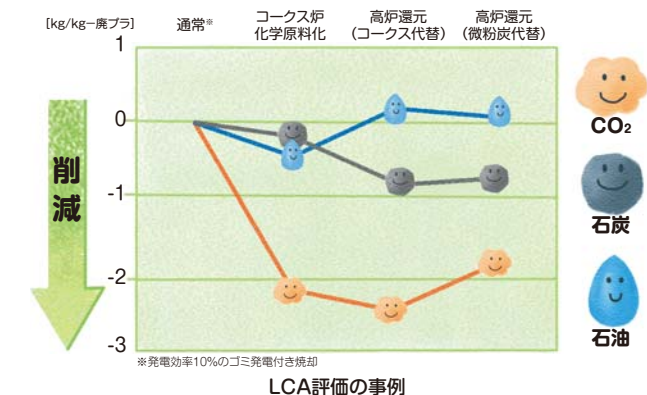
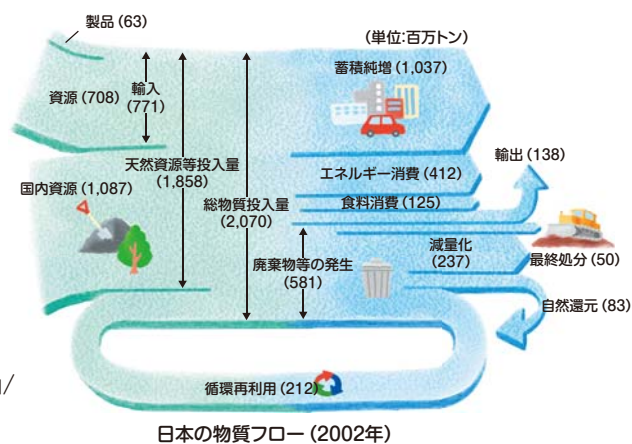
日本全体で資源・モノがどのくらい消費され、どのように利用され、廃棄されているのかを明らかにしました。

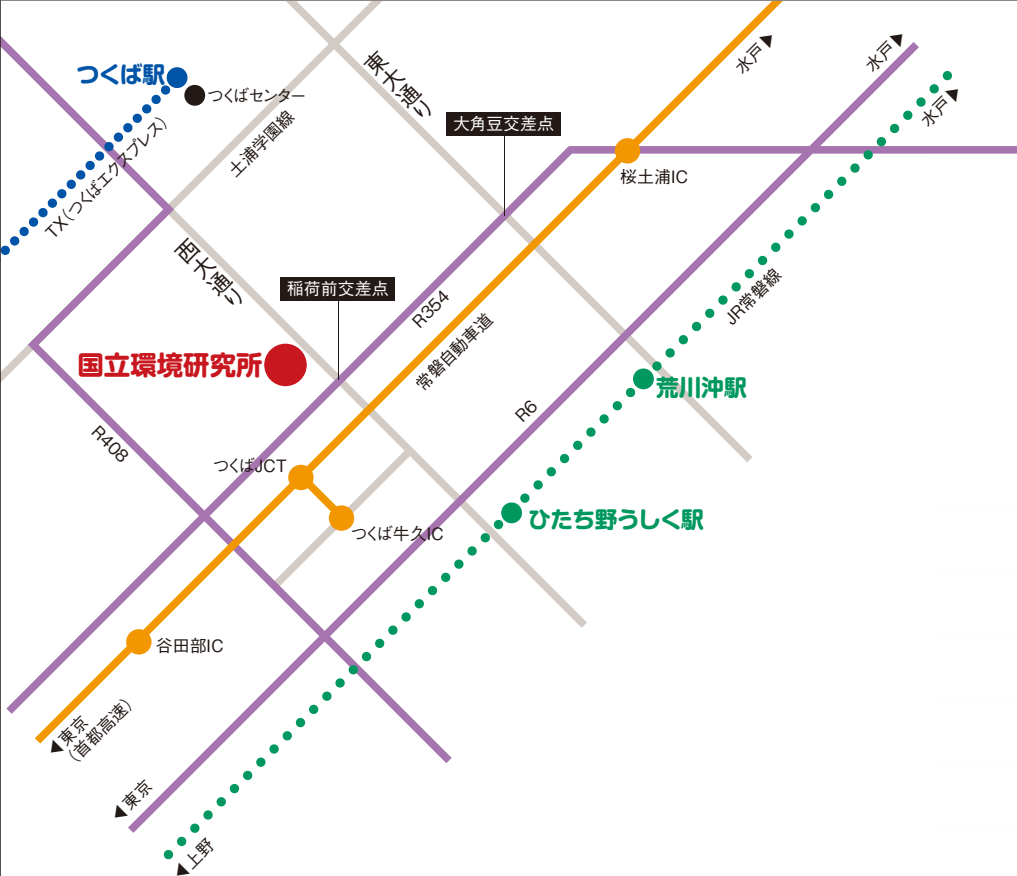
物質フロー分析やそれに基づく指標策定の研究によって、国の循環型社会形成推進基本計画における数値目標の設定に貢献しました。

循環型社会形成推進基本計画は
<http://www.env.go.jp/recycle/circul/keikaku/>

循環型社会への転換策の環境負荷を比較することで、転換策の優劣を検討しました。

例えば、プラスチック製容器包装を鉄鋼産業でリサイクルした際の環境負荷の効果を、ライフサイクルアセスメント(LCA)によって比較・評価しました。





独立行政法人 国立環境研究所
循環型社会・廃棄物研究センター

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2
Tel. 029-850-2807

■交通

- JR常磐線ひたち野うしく駅より6km バス13分
- つくばエクスプレスつくば駅より4km バス10分

<http://www-cycle.nies.go.jp/>