

循環型社会システムの屋久島モデルの構築

研究代表者：鈴木 基之（国際連合大学）

I 研究の全体計画

1. 研究の趣旨

大量生産・大量消費・大量廃棄に基づく資源消費型 20 世紀社会から、人間活動の持続性と安全快適性を主眼とした低環境負荷循環型社会への転換が求められている。

我が国の産業・経済構造の基本は、生産拠点の海外移転が進行しているとはいえ、工業製品を輸出して得た外貨によって、資源、エネルギー、食糧を輸入する加工貿易である。この狭い国土に多量の輸入資源・エネルギーを投入して工業製品を製造し、これらを輸出することを長年にわたって継続すれば、製品に転換されなかった未利用物質や生産工程等から排出された大量の廃棄物が国内に蓄積することは明白である。

日本の全国土面積約 37 万 km²のうち、産業活動や居住に適した平坦地は 20%強に過ぎない。この面積を基準とした人口密度、エネルギー消費量、国内総生産、さらに廃棄物発生量は西欧諸国の 3～10 倍にも達している。

この狭隘な国土で、高密度な経済活動を継続しながら人間活動を支えるためにはどのような機能が必要か、この機能をできるだけ少ない資源・エネルギーの消費と環境負荷で提供するためには、欧州追随型ではない我が国の独自の資源・エネルギー循環システムのモデル化と地域への導入が急務である。

世界自然遺産に指定された屋久島においても、名実ともに低環境負荷循環型社会の構築が求められている。地域住民との合意形成手法を提案しながら、将来にわたって人間活動の持続性を実現する物質・エネルギー循環モデルの開発とその地域への導入のための研究を行うことは、広く他地域にも導入可能な手法の確立を併せて実現するものである。すなわち、本研究では、屋久島をプロトタイプとして、地域活性化と自然環境の保全両立できる循環型社会システムの設計・導入の手法を構築する。また、これを幅広く他地域に適用することで、狭隘な資源小国日本の持続的発展に貢献する。

2. 研究の概要

1. 循環型社会システムとしての「屋久島モデル」の構築と実現のための提言

本サブテーマでは、国内外の事例調査、地理情報システム（以下 GIS と呼ぶ）を用いて屋久島環境情報ツールの

開発を行い、サブテーマ 1., 2. の成果と合わせて「サステイナブルな循環型社会システム」の先駆的事例としての「屋久島モデル」を構築する。同時に住民への意見聴取や事業説明を行い、屋久島モデル実現のための新技術や各種施策の導入や立案に関する方法論を作成し、プロジェクト終了後も屋久島におけるサステイナブルな循環型社会実現の努力が持続するための基盤を築くと同時に、屋久島モデルが他地域における同様の試みのプロトタイプとなるために世界への発信を行う。

(1) 「屋久島モデル」の構築

基礎的な研究として、循環型社会の構築について先行している地域に対して調査を行うと同時に、GIS によって屋久島の地図上に人口、事業所、植生分布等人間活動にかかわるあらゆるユニットを配置し、これらの間の物質・エネルギーフローを再現する屋久島情報ツールを構築する。この成果とサブテーマ 2., 3. の成果を合わせて屋久島モデルを構築する。

(2) 「屋久島モデル」実現のための提言

(1)の「屋久島モデル」において評価した最適な物質・エネルギーフローへ導くための、人文社会科学と自然科学から提案される技術開発や方策を提言する。調査項目、タイムテーブル、フローチャート、導入技術指針等の作成を行う。さらに、住民への事業説明会や外部の専門家を加えた現地での研究会の開催を行い、住民への循環型社会取り組みへの意識を浸透させると共に、住民からの意向を適時聴取し、住民の意見の反映を図る。

2. 資源循環システムの構築と新しい技術開発

(1) 資源・エネルギー循環システムの構築

現地における屋久島のインプット・アウトプット調査と統計情報に基づいた地域産業連関および域内物質フローの解析を行い、最終処分量および域内への資源・エネルギーインプットの最少化を指標とした地域物質・エネルギー循環モデルの設計を行う。また、エネルギー変換技術の評価に基づいて再生可能自然エネルギーを活用した多元分散型エネルギーシステムの構築を行うと共にその運用システムの開発を行う。さらに、超臨界・亜臨界水反応による未利用物質の有価物化と階層的利用システム開発を行うと共に、各再資源化技術における非意図的生成物の発生量、発生条件を検討すると共に、廃棄物中の有害元素の拡散を抑制するため検討を行い、有害物質の発生・拡散を抑制した資源循環システムの設計を行う。

① 屋久島をモデルとした循環型社会構築を推進する情報データベースの構築と多元分散型エネルギーシステムを共

役する地域物質循環システムの設計

屋久島における産業連関解析と循環型社会構築を推進する情報データベースを構築すると共に、多元分散型エネルギーシステムを共役する地域物質循環システムを設計する。すなわち、屋久島をケーススタディーとして、物質・エネルギーのインプット・アウトプット調査を行い、その結果に基づいて、物量に基づく地域産業連関解析と各種原単位決定の手法を確立する共に、地域ゼロエミッション化のための情報データベースの構築とITを利用した相互情報交換を行う。また、地域物質循環システムを設計するために、物質・エネルギー循環システムの設計手法を開発し、プロトタイプモデルを提案する。

② 超臨界・亜臨界面水反応による未利用物質の有価物化と階層的利用システムの開発

未利用物質を地域物質フローの解析結果から抽出し、超臨界・亜臨界面水による特異な反応を利用して、天然起源の再生可能未利用資源から有価物を生成し、これを階層的に有効利用する再資源化技術の地域物質循環への導入の可能性を評価すると共に、屋久島への導入を目指したケーススタディーを行う。

③ 自然エネルギー変換技術を導入した地域エネルギーシステムの最適化

各種自然エネルギーの電力への変換ポテンシャルと水力、木質系廃棄物などのエネルギー供給ポテンシャルの評価を行い、再生可能な自然エネルギーと廃棄物からのエネルギーを対象として地域エネルギーの最適化を行う。これらの利用可能なエネルギーと地域でのエネルギー消費構造の特性に基づいて、小規模分散型エネルギーシステムの可能性を検討すると共に、地域エネルギー統合モデルを構築し、島内各地域でのローカルなエネルギー供給システムの設計とその最適化を目指す。

④ 非意図的生成物質の発生および有害元素の拡散を抑制した資源循環システムの設計

島内で発生する廃棄物に含まれる有害元素の含有量を明らかにすると共に、廃棄物を炭化処理、超臨界・亜臨界面水処理等により再資源化する際に発生する非意図的生成物の毒性について、廃棄物の種類と再資源化の方法との関係、再資源化処理条件との関係を明らかにする。また、再資源化された資源を使用する際に環境中に拡散する恐れがある非意図的生成物の毒性を評価し、バージン原材料または本来の資源を使用する際と比較してリスクを評価する。以上の成果を基にして、廃棄物の特性に応じた再資源化技術を適用することによって、非意図的生成物の発生および有害元素の拡散を抑制可能な資源循環システムを設計する。

(2) 資源の有効活用と廃棄物のリサイクル化のための技術開発

長寿命を有する希少植物種の増殖技術ならびに利用技術を開発する。また、屋久島に存在する利用度の低い廃棄物

を含むあらゆるバイオマス資源の有用成分から機能性食品ならびに医薬品を開発すると共に、複合廃棄物由来のバイオマス・エネルギーのガス燃料化ならびに高純度メタンガス化技術、各種のエネルギー変換技術を導入し、燃料電池(水素電池)の創生を目指す。さらに、複合廃棄物を活用したメタン発酵残さ物の炭化技術、重油代替材としての家庭用廃食油のクリーンなエネルギー化、創生された炭化物の活用技術の開発を行う。

以上により、地域の自然と共生しながら環境に優しい高付加価値物質を生産し、地域経済の活性化を目指すと共に、起業化を狙った技術開発を行う。

① 長寿命希少植物種の増殖ならびにその利用技術

長寿命のヤクスギ等の挿木による増殖技術を確立し、精密万能試験機などを用いて強度的諸性質を評価する。また、優れた性質を有するヤクスギ材料の特性を生かした利用技術を確立する。最終的には、高耐久住宅への部材供給が可能な長寿命大径材育成林業を目指す。

② バイオマス資源の有効成分抽出と有効活用

各種の資源由来物について加熱水蒸気を利用して精油等の抽出を行う。また、熱分解物の回収および加熱残さの資源化を行うと共に、植物資源中のヘミセルロースからキシロオリゴ糖を生産し、加圧熱水分解技術を確立し、機能性食品素材への活用、吸着性能の高い素材を開発する。

③ 有機系廃棄物の環境浄化システムの開発と発生エネルギーの高度利用

有機系廃棄物を資源として乾式および湿式メタン発酵技術によってバイオガスを発生させる。バイオガスを水蒸気改質器を介して水素リッチガスに変換し、固体高分子型燃料電池による発電と周辺技術の確立を図る。廃水電気分解処理により発生する水素ガスの燃料化技術の開発を行う。

④ 有機質系廃棄物によるメタン発酵残さの炭化システム開発と用途開発ならびに廃食油の燃料化

複合廃棄物由来のメタン発酵残さの農業用コンポストへの活用技術の検討に加え、これらを原料とした炭化技術を確立する。製造された炭化物の性能を明らかにすると共に、これを原料とする各種の資材(工業用資材、建築資材、農業用資材等)の製造技術を確立する。また、廃食油の資源化としてメチルエステルの変換技術を構築し、化石燃料代替エネルギー源としてのディーゼル機関および噴霧燃焼機器の燃料として使用する技術を開発する。一方で、これらの有機質廃棄物の資源化による製造技術を確立すると共に、起業化の可能性についても検討する。

3. 経済社会システムのあり方

(1) 「循環型経済社会システム」の形成

環境経済学、地域経済論、地域社会論などの理論や分析手法を総合的に活用する。また、循環型社会及び屋久島についての関連文献・関係資料および先進事例の収集・解析を行うと共に、行政・団体・企業・住民及び観光客に対す

る各種アンケート、面接調査、実態調査を行う。以上により、循環型社会の理念の確立及び生産、流通、消費の改変を踏まえた「循環型経済社会システム」のあり方および実現のために必要な条件について検討・提案を行う。

① 地域経済循環および産業連関に関する調査研究

屋久島の産業連関状態を分析し、経済動態の現状について調査すると共に、文献調査・海外現地調査を実施し、屋久島に循環型社会を構築するための課題を抽出する。また、屋久島における金融制度の現状調査と循環型社会を実現するために必要となる金融制度を含めた資金提供メカニズム・サービス交換システム（地域通過を含む）について調査する。さらに、他グループの研究成果について、具体的な導入可能性について検討する。

② 行政、企業の役割及び地域住民・観光客の価値観、行動様式についての調査研究

1) 屋久島に関わる主体の価値観と行動様式の調査研究

行政・企業・住民・観光客などの屋久島をとりまく各ステークホルダーの行動様式について調査研究を行う。このために、ヒアリング調査、アンケート調査を実施する。

2) 人間活動による環境破壊要因の調査研究

屋久島における人の行動パターンの把握のための GPS を活用した行動追跡システム及びデータ集積システムを研究開発し、自然環境及びその破壊要因把握調査を行う。最終的には、これらのデータをもとにした環境シミュレーションの研究・開発を行う。

(2) 循環型経済社会形成のための合意形成支援システムの提案と評価

「循環型経済社会」形成に必要な政策・計画決定のための社会的合意形成を支援するシステムの提案と評価を行うために、実証的研究に基づく、地域における信頼醸成の促

進・阻害要因の特定、ITを活用した会議方法論の開発、および GIS を用いた合意形成のための情報提供技術の開発を行う。

① 社会的対話に向けた信頼関係の醸成に関する研究

文献調査およびアンケート調査を踏まえ、他の地域における紛争事例等を調査することにより、廃棄物処理システムの導入やゼロエミッションを志向した計画の策定プロセスにおける専門家・行政・関連主体間の信頼関係に関する概念モデルを構築し、仮説を設定する。信頼関係の醸成に関する仮説をもとに、屋久島における信頼関係を左右する可能性のある要因群について調査する。循環型経済社会形成にむけた信頼関係醸成の促進・阻害要因を特定し、信頼関係醸成の方法論を提案する。

② 社会的合意形成のための IT を活用した会議手法の開発

海外における IT を活用した合意形成支援システムを調査する。調査を踏まえて実験室での集団実験方法を採用して様々な会議手法の有効性を検証する。

③ 合意形成の場における GIS を用いた情報提供技術の開発

実際の合意形成の場における地理情報システム（GIS）を用いた空間情報の有効な提供方法について提案を行う。このために、まず、屋久島に関するあらゆる空間情報データを統合したデータベースを構築し、コンピュータの仮想空間上に屋久島を再現する。次に循環型社会形成をゴールとした複数の代替案を設定し、選択した評価項目のレイヤーを重ね合わせてシミュレーションを行う。この際に、例えば、参加者を数組に分け、組ごとにレイヤーの重ね合わせ方や提示する順番、評価項目の種類等を変えて、これにより各組が示した反応の差異を抽出する。

3. 年次計画

研究項目	13年度	14年度	15年度
1. 循環型社会システムとしての「屋久島モデル」の構築と実現のための提言			
(1) 「屋久島モデル」の構築		国内調査・海外調査	
		屋久島情報ツールの開発	
(2) 「屋久島モデル」実現のための提言		屋久島モデルの構築	
		方法論の構築	
2. 資源循環システムの構築と新しい技術開発			
(1) 資源・エネルギー循環システムの構築			
① 屋久島をモデルとした循環型社会構築を推進する情報データベースの構築と多元分散型エネルギーシステムを共役する地域物質循環システムの設計		情報データベースの構築と公開	
		地域物質循環システムの設計	
② 超臨界・亜臨界水反応による未利用物質の有価物化と階層的利用システムの開発		未利用物質の選定	
		インベントリーデータベースの構築	
		エネルギー消費と生産物収率の評価	
		インターフェイスの設計	

研 究 項 目	13 年 度	14 年 度	15 年 度
③ 自然エネルギー変換技術を導入した地域エネルギーシステムの最適化	変換ポテンシャルの関数表示		
	エネルギー消費構造の解明及び多元分散型エネルギーシステムの提案		
④ 非意図的生成物質の発生および有害元素の拡散を抑制した資源循環システムの設計	廃棄物エネルギー化の検討と提言		
	廃棄物中の有害元素含有量調査		
(2) 資源の有効活用と廃棄物のリサイクル化のための技術開発	再資源化工程からの発生量調査とリスク評価		
	低リスク型資源循環システムの設計		
① 長寿命希少植物種の増殖ならびにその利用技術	希少植物の繁殖技術の開発		
	物理的・化学的性質の解明と利用技術の確立		
② バイオマス資源の有効成分抽出と有効活用	精油等の抽出		
	熱分解物の回収および加熱残さの再資源化		
③ 有機系廃棄物の環境浄化システムの開発と発生エネルギーの高度利用	キシロオリゴ糖の生産とその活用方法の開発		
	コジェネレーション化		
④ 有機質系廃棄物によるメタン発酵残さの炭化システム開発と用途開発ならびに廃食油の燃料化	固体高分子型燃料電池による発電		
	高濃度有機系廃水の浄化システムの構築		
3. 経済社会システムのあり方	水素および塩素ガスの利用方法の構築		
	メタン発酵残さのコンポスト化および炭化		
(1) 「循環型経済社会システム」の形成	炭化物の性能調査および製造技術の確立		
	経済動態の現状調査, 海外現地調査		
① 地域経済循環および産業連関に関する調査研究	地域通貨導入の適否の考察		
	資金提供メカニズムの調査		
② 行政, 企業の役割及び地域住民・観光客の価値観, 行動様式についての調査研究	ヒアリング調査		
	アンケート調査		
1) 屋久島に関わる主体の価値観と行動様式の調査研究	行動追跡システムの開発および自然環境の破壊要因把握調査		
	環境シミュレーションシステムの開発		
2) 人間活動による環境破壊要因の調査研究			
(2) 循環型経済社会形成のための合意形成支援システムの提案と評価	信頼関係に関する概念モデルの構築		
	信頼関係に影響する要因群の調査		
① 社会的対話に向けた信頼関係の醸成に関する研究	信頼関係醸成の促進・阻害要因の特定および方法論の提案		
	ワークショップ手法の開発		
② 社会的合意形成のための IT を活用した会議手法の開発	公聴会運営方法の開発		
	委員会運営方法の開発		
③ 合意形成の場における GIS を用いた情報提供技術の開発	コンピュータ仮想空間上への屋久島の再現		
	複数の代替案のシミュレーション		
	空間情報提供のプロセスの提案およびその有効性の確認		
所 要 経 費 (合 計)	259 百万円		

研 究 項 目	担 当 機 関	研究担当者
(2) 循環型経済社会形成のための合意形成支援システムの提案と評価		
① 社会的対話に向けた信頼関係の醸成に関する研究	東京工業大学	坂野 達郎
② 社会的合意形成のためのITを活用した会議手法の開発	東京工業大学	原科 幸彦
③ 合意形成の場におけるGISを用いた情報提供技術の開発	東京工業大学	梅干野 晁
4. 研究進捗管理	鹿児島大学(中核機関)	鈴木 基之

(注：◎は研究代表者，○はサブテーマ責任者)

Ⅲ 研究運営委員会

委 員	所 属	備 考
[研究実施者]		
鈴木 基之	国際連合大学	研究代表者
藤江 幸一	豊橋技術科学大学 工学部	サブテーマ責任者
藤田 晋輔	鹿児島大学 農学部	サブテーマ責任者
原科 幸彦	東京工業大学 大学院	機関代表者
松本 譲	(財)かごしま産業支援センター	サブテーマ責任者
[外部有識者]		
○井形 昭弘	(財)屋久島環境文化財団	
谷口 正次	太平洋セメント(株), 屋久島電工(株)	
平野 秀樹	農林水産省 林野庁国有林部管理課	
松尾 友矩	東洋大学 大学院	
三橋 規宏	千葉商科大学 情報科学部	

(注：○は研究運営委員長)