

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 9 月 26 日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870810

研究課題名(和文)アジア圏における安全・安心な資源循環システムの構築

研究課題名(英文) Discussion on building a safety resource recycling system in Asia

研究代表者

胡 浩 (HU, HAO)

早稲田大学・理工学術院・客員次席研究員

研究者番号：00570152

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は大連国家生態工業モデル園と連携し、日本静脈産業の海外展開に必要な相手国での社会システムや政策の実態調査を行った。未利用資源の固形燃料化技術と古紙プレス機の導入を具体例として取り上げ、それぞれのビジネスモデルの構築を通して新たな循環システム構築のモデリング方法論の検討を行った。また地域性や時代の変化、国際間認識の違いを反映可能なLCA・LCCを包含したBAS(Best Available System)手法の高度化を行い、検討ケースの評価を行った。さらに安全安心な国際資源循環システムの実現に向けて大連モデル園を対象に事故事例DBや安全設計解析手法等のリスクマネジメント手法の提案を行った。

研究成果の概要(英文)：This research was performed in the cooperation of Dalian National Demonstration District of Ecological Industry. An actual condition survey of a society and policy system in a partner country necessary to overseas development of Japanese venous industry was performed. We took the introduction of the RPF (Refused Paper & Plastic Fuel) and wastepaper press machine for instance. We developed these business model in order to discuss the modeling method of a new international resource recycling system. We developed a BAS (Best Available System) method to evaluate a new recycling system and did an evaluation test. In order to make a safety international resource recycling system, we proposed a risk management system based on the accidents' DB and Safety Design Analysis Technique to Dalian National Demonstration District of Ecological Industry.

研究分野：リサイクル工学

キーワード：資源循環 LCA 固形燃料化 古紙 安全安心 海外展開

1. 研究開始当初の背景

近年、国際的に資源循環型社会の高度化に向けて、環境負荷と経済性、安全・安心、低炭素社会との整合性の観点から合理性のある社会システムの構築が求められている。具体的には、エコタウンやリサイクルポート等を核とした国際資源循環システムの構築に関する議論が活発となっている。安全・安心の観点からそれに対応したトレーサビリティ等の技術・システムの開発や法体系の整備等の必要性が指摘されている。また、資源セキュリティの観点から、中国では2010年より5年以内に30の都市鉱産モデル基地を建設する政策も出されている。さらに、低炭素社会への変革が求められているなかで、資源循環システムの高度化による温室効果ガス削減効果の定量化等の環境負荷評価の方法論の整備も重要な課題となりつつある。一方、こうした国際的な資源循環型社会の構築にあたっては、各国の企業(メーカー、リサイクラー)、自治体、行政等の共創的な連携が必要不可欠である。そのためには、LCA(Life Cycle Assessment)やLCC(Life Cycle Costing)、MFC(Material Cost Flow Accounting)等に代表されるようなシステムの効果測定や各主体のインセンティブを確保するための定量評価手法の開発が極めて重要となる。

国際資源循環に関して、日中両国においても研究調査が行われている。日本では、中国を対象とした調査は多いが、あくまでも相手国内での現状調査と課題の抽出・提言にとどまっている場合が多い。一方、中国では中国の視点からの調査・分析となり、廃棄物資源の受入国としてコスト面での収益分析および環境面でのリスク分析等が行われている。しかし、国際資源循環全体を対象とした環境負荷・経済性の両面でのマネジメント手法に関する研究がほとんどなされていない。また相手国内のエコタウンを軸とする国際資源循環に関するシステムモデルの構築や、安全安心対応策に関する研究等、具現化したシステムモデルの構築が欠けているといえる。

2. 研究の目的

本研究は中国の都市鉱産モデル基地である大連国家生態工業モデル園と連携し、日本静脈産業の海外展開に必要な相手国での社会システムや政策実情を把握し、ビジネスモデルの構築を通して、新たな循環システムを構築する際のモデリング方法論の一般化を図る。また地域性や時代の変化、国際間の認識の違いを反映可能なLCA・LCCを包含したBAS(Best Available System)評価手法を開発し、検討ケースの評価・実証を行う。さらに安全安心な国際資源循環システムの実現に向けて、大連生態園をモデルに事故事例DBの導入や安全設計解析手法等のリスクマネジメント手法の開発を通して、アジア圏における安全安心な資源循環システムモデルの構築を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、まず、文献・書籍、各種機関のウェブサイト等から得られる情報をもとに、文献調査を行う。つぎに、文献の概要情報や示唆をもとに、海外調査の対象を選定し、調査すべき事項を整理し、海外への現地調査を行う。そして、調査の結果をもとに、研究分析、開発等を行う。

また、本研究は中国大連市に進出する第一線の企業と連携し、実際のFS事業に参画している。現地行政や企業と協議の現場でリアルな情報収集できているのが本研究の特長であると考えられる。

4. 研究成果

(1) 中国大連国家生態工業モデル園を拠点とした静脈産業海外展開の方法論の検討

新たな資源循環システムを構築する際には、技術的な側面(技術・システムの導入の制約要件、既存インフラの活用等)、地域性、政策的な側面等の問題解決を図る必要がある。本研究は、未利用資源の固形燃料化技術と古紙プレス機の導入を具体例として取り上げ、実際に大連に進出する第一線の企業と連携し、FS事業に参画し、協議の現場で情報収集を行った。それぞれのビジネスモデルの構築を通して、新たな循環システムを構築する際のモデリング方法論を現地商習慣、技術面、制度面、環境面において検討を行った。

大連庄河市における未利用資源の固形燃料化事業

中国においては、エネルギーの需要および廃棄物の適正処理の両面から未利用資源の燃料化事業が進められ、日本の破碎、成形等技術から工場の運営管理まで一貫した技術へのニーズが高まっている。日本ではRPF設備の製造、工場の安定操業等、世界に誇る技術とノウハウを有していることから、中国市場へのさらなる進出が期待される。このような状況を踏まえ、中国大連庄河市政府と連携し、中国の都市鉱産モデル基地である大連国家生態工業モデル園において劣化廃プラ、紙くず等及び生活ゴミ中の廃プラ同等品といった資源を原料とした再生固形燃料(RPF)を製造・販売する事業の構築を試みる。

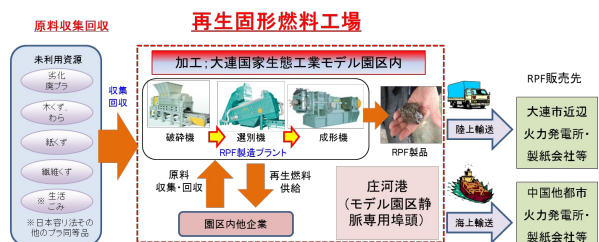


図1 未利用資源の固形燃料化事業の概要

大連庄河市に現地調査を行った結果、現地の生活ごみ埋立処分場の周辺住民への異臭問題等の問題があり、2010年に整備された埋立処分場が稼働できなくなり、困っている。当事業ではこれら生活ごみに含まれる廃プラスチック等を選別し、再生固形燃料(RPF)の原料として生活ごみ埋立処理場の負担を軽減する。また、この地域はトウモロコシの生産地で秋になるとトウモロコシわらが多量に発生する。以前は、燃焼処理をしていたが、PM2.5 発生の要因となり、規制され処理に困っている状況である。これらトウモロコシわらについても再生固形燃料(RPF)の原料となる。

本事業の処理量を 100t/D として、うち、廃プラスチックが 40t/D、トウモロコシわらが 60t/D とする。

本事業は、現地の生活ごみの処理および政策の実態と照り合わせ、a) 行政の生活ごみ埋立処分場の費用削減分に相当する廃棄物処理費、および b) 近隣の火力発電所に石炭代替燃料としての販売費、の 2 つの収入源とするビジネスモデルを開発した。

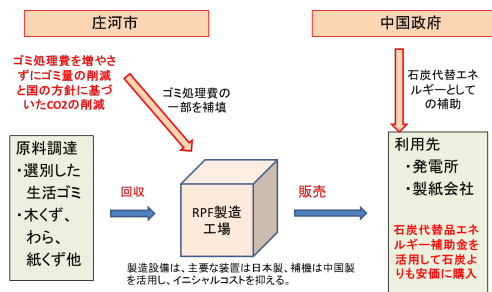


図2 ビジネスモデルの検討

大連庄河市における古紙リサイクル事業

世界最大の紙生産国の中国では、紙の使用増加が今後見込まれるが、原料古紙の回収システムは無放任の状況のため、環境負荷が高く、経済効率も悪い。大連モデル園區の整備や、行政による回収システムの建設計画が進められているなかで、大連市における古紙リサイクル事業の展開可能性を検討する。

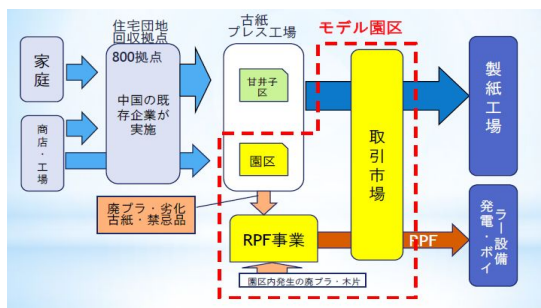


図3 古紙リサイクル事業の構想

大連庄河市に現地調査を行った結果、古紙の回収で問題となるのは、庄河市内では古紙プレス商品の需要がないということである。庄河市近郊に3つの製紙会社がありいずれも小規模である。供銷社や個人の三輪車により回収した古紙は、バラの古紙のままこれら3つの製紙会社に運ぶことになっている。受け入れる製紙会社も生産規模が小さいため、人が直接古紙溶解設備に投入している状況であり、庄河市内にはプレス工場は存在していない。仮に製紙会社が設備投資をして合理化を図ったとしてプレス古紙を導入するとなっても市内、モデル園區、製紙会社の位置関係から物流コストが掛かり、メリットがない。モデル園區は、場所としては不適切である。

現時点では、需要がないため庄河市の古紙プレス設置は難しいと考える。しかし、現状の庄河市の3つの製紙会社では、最新鋭のマシンから生産される製品に比べ品質・コスト競争力ともに劣る。沈阳に年間35万トンのマシンを設置する計画があり、予定通り稼働すれば、庄河市の製紙会社の販売先はナインドラゴンの商圏となり経営は厳しい状況になると考えられる。これらの製紙会社の動向を見極め、プレス工場の設置時期を検討したい。一方で古紙の価格は、大連市内と比べて安価であり、この価格が維持できるのであれば、十分ビジネスとして成り立つと考える。

(2) 国際資源循環システムの環境負荷・経済性の実効性評価手法の開発

国際資源循環システムの高度化を図るなかで、地域性や時代の変化、国際間の認識の違い等を評価に反映可能なBAS評価手法の構築が求められる。本研究は、国際資源循環において相手国にも適用可能なLCA手法としてELPを中国に適用する際のDB構築、カテゴリー重要度の決定方法論等の検討を行った。これにより、国際資源循環システムを検討する際に、客観的かつ定量的な指標を提示可能な手法となる。ELPとは、エネルギー枯渇、地球温暖化等、9つのインパクトカテゴリーを統合して定量評価が可能な手法である。

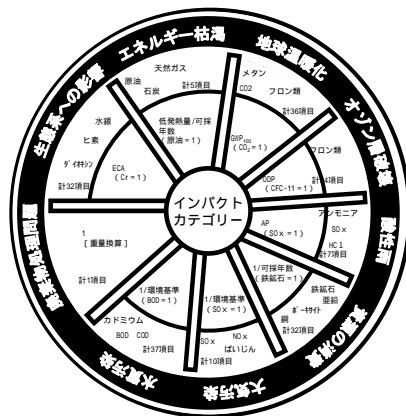


図4 ELPの概要

ELP の評価には、複数のカテゴリーを統合化する指標であるカテゴリー重要度の決定が肝心である。これまではパネル法を用いて算出してきたが、人々の環境意識が地域や時代の変化によって変わるため、アンケートの実施も困難である。こうした観点から、中国大手検索エンジンである「百度」が提示している「百度指数」を用いて、カテゴリー重要度の推定法の高度化を試みた。「百度」で一定回数検索されているワードについて、その検索頻度の推移や、検索回数の多い都市などを表示するサービスであり、キーワードの検索頻度は、そのキーワードに対する民衆の重視度を反映できると考えられる。これにより、時間と空間的な制限を解消できると考えられる。また、ELP を中国で利用するために、中国の LCI データベースの拡充を行い、中国版 ELP の高度化を図った。

さらに、開発した中国版 ELP を用いて、大連庄河市における未利用資源の固形燃料化事業の評価を行い、中国版 ELP の有効性の検証を行った。LCC による評価の結果と合わせて、図 5 に示す。これにより、埋立、焼却発電、RPF 化と比較し、RDF 化のほうが環境負荷、経済性の両面から優位性が確認できた。

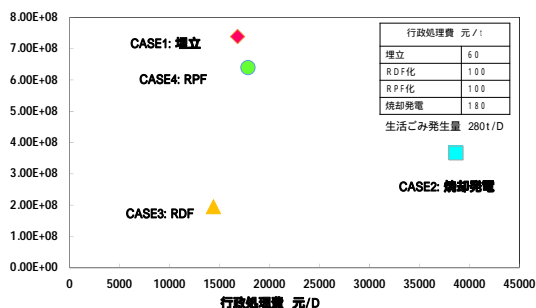


図 5 未利用資源の固形燃料化事業の BAS 評価

(3) 中国大連国家生態工業モデル園における安全・安心な静脈システムの検討

国際資源循環において、各種リサイクル施設が集積しているエコタウン（大連国家生態工業モデル園）が中核的な役割を担っている。日本の経験では静脈産業における事故指数が他産業より高く、安全・安心の確保が求められている。そこで本研究は、現在まで日本で開発してきた安全設計解析手法、リスクマネジメント手法および先進 ICT を活用した事故情報収集システム等の安全安心システムを大連国家生態工業モデル園区に提案(図 6)を行った。

最後に、「国際資源循環」は長期的な研究テーマであり、今後、進出事業の展開に伴い、継続的に企業と産学連携で共同研究を行っていく所存である。

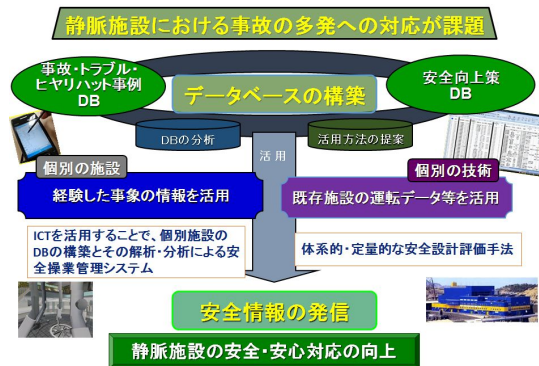


図 6 事故・トラブル事例 DB を活用した安全安心システムの提案

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

Hao HU, Keisuke SHINOHARA, Hiroshi ONODA, Katsuya NAGATA, Discussion on Building a Waste Paper Recycling System in Dalian China, Proceedings of the IWE 2014, International Workshop on Environment & Engineering, No.222, 2014.11

[学会発表](計 2 件)

郭奕賢、胡浩、小野田弘士、静脈産業の技術移転における問題点の把握とその対応策に関する研究～中国大連庄河市をモデルとした生活ごみ RDF 化事業のライフサイクル評価～、環境アセスメント学会 2014 年度第 13 回大会、2014.9

劉師懿、胡浩、小野田弘士、カテゴリー重要度の推定法の高度化と中国における環境負荷総合化指標の開発に関する研究、環境アセスメント学会 2014 年度第 13 回大会、2014.9

6. 研究組織

(1) 研究代表者

胡 浩 (HU Hao)

早稲田大学環境総合研究センター・客員次席研究員

研究者番号：00570152

(2) 連携研究者

小野田 弘士 (ONODA Hiroshi)

早稲田大学大学院環境エネルギー研究科・准教授

研究者番号：40454102

永田 勝也 (NAGATA Katsuya)

早稲田大学大学院環境エネルギー研究科・教授

研究者番号：10063778