

社会技術研究開発事業
平成13年度～平成15年度採択課題
追跡評価報告書
「循環型社会」研究領域

平成23年3月
独立行政法人科学技術振興機構
社会技術研究開発センター

目次

1. 評価の概要	1
1.1 追跡評価の背景と目的	1
1.2 評価対象	1
1.3 評価委員会の設置	2
1.4 評価の方法	3
2. 「循環型社会」研究領域課題の評価結果	5
2.1 都市と農村の連携を通じた有機物循環システムの再生.....	5
2.2 マテリアルリース社会システム構築のための総合研究.....	9
2.3 環境格付け指標・格付け手法・情報公開方法の開発.....	13
2.4 都市・地域構造に適合した資源循環型社会システムの構築.....	17
2.5 循環型社会における問題物質群の環境対応処理技術と社会的解決.....	21
2.6 市民参加による循環型社会の創生に関する研究.....	25
2.7 既存都市・近郊自然の循環型再生大阪モデル.....	29
2.8 サステナビリティ指標としての物質・材料フロー.....	33
2.9 いわて発循環型流域経済圏の構築に関する研究.....	37
3. 追跡評価を踏まえた総合的見解・まとめ	41
3.1 「循環型社会」研究領域の課題全体に対する見解.....	41

参考資料

参考：検討経緯

1. 評価の概要

1.1 追跡評価の背景と目的

社会技術研究開発センターでは、科学技術振興機構の「社会技術研究開発事業に係る課題評価の方法等に関する達」(平成22年6月23日 平成22年達第105号)に基づき、社会技術研究開発事業の研究開発課題に対して事前・中間・事後に実施する評価に加え、「研究開発終了後一定期間を経過した後、副次的効果を含めて研究開発成果の発展状況や活用状況等を明らかにし、事業及び事業の運営の改善等に資することを目的」として、追跡評価を実施することとした。

1.2 評価対象

ここでは、平成13年度に発足した「循環型社会」研究領域のうち、平成13、14、15年度に開始された研究開発課題を対象に追跡評価を行うこととした。

追跡評価を行うにあたり、平成13、14、15年度に開始された研究開発課題の追跡調査を、各々終了後3年を経過した平成19、20、21年度に実施している。

以下に領域における評価対象となる研究開発課題を整理する。

表 1-1 「循環型社会」研究領域の評価対象研究開発課題

採択年度	研究開発課題	研究代表者 (所属・役職)
平成13年度	都市と農村の連携を通じた有機物循環システムの再生	植田 和弘 (京都大学大学院経済学研究科 教授)
平成13年度	マテリアルリース社会システム構築のための総合研究	原田 幸明 (独立行政法人物質・材料研究機構 エコマテリアル研究センター長)
平成13年度	環境格付け指標・格付け手法・情報公開方法の開発	福島 哲郎 (株式会社日本環境認証機構 顧問)
平成14年度	都市・地域構造に適合した資源循環型社会システムの構築	梅澤 修 (横浜国立大学大学院工学研究院 助教授)
平成14年度	循環型社会における問題物質群の環境対応処理技術と社会的解決	前田 正史 (東京大学生産技術研究所 教授)
平成14年度	市民参加による循環型社会の創生に関する研究	柳下 正治 (上智大学大学院 地球環境学研究科 教授)
平成15年度	既存都市・近郊自然の循環型再生大阪モデル	池上 俊郎 (京都市立芸術大学 教授、NPO 法人エコデザインネットワーク 理事長)
平成15年度	サステナビリティ指標としての物質・材料フロー	長坂 徹也 (東北大学大学院 環境科学研究科 教授)
平成15年度	いわて発循環型流域経済圏の構築に関する研究	両角 和夫 (東北大学農学研究科 教授)

1.3 評価委員会の設置

追跡評価は、社会技術研究開発センターが、「循環型社会」研究領域の専門家により構成される追跡評価委員会を設置して実施された。

追跡評価委員会の構成員は下表に示す通りである。

表 1-2 「循環型社会」研究領域 追跡評価委員

役職	氏名	現職
主査	内田 裕久	東海大学 理事 大学院総合理工学研究科・工学部原子力工学科 教授 国際教育センター所長
委員	岸田 俊二	株式会社日本電気特許技術情報センター 情報ソリューション 事業部 主席調査役
委員	木村 茂行	社団法人未踏科学技術協会 理事長
委員	月橋 文孝	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 基盤科学研究系物質 系専攻 教授
委員	根岸 良吉	財団法人神奈川産業振興センター 事業化支援部 新事業展開 支援課 コーディネータ
委員	水谷 広	日本大学大学院 生物資源科学研究科 生物環境科学専攻 教授
委員	百瀬 敏昭	環境ジャーナリスト／東海大学 講師 (元 東洋経済新報社 論説委員・環境報告書賞委員長)

1.4 評価の方法

1.4.1. 追跡調査

追跡調査を行うにあたり、追跡評価の基礎資料とすることを目的とし、平成13、14、15年度に開始された研究開発課題の追跡調査は、各々終了後3年が経過した平成19、20、21年度に実施された。研究開発課題ごとに研究開発終了時点から現在に至るまでの状況を中心に以下の手順により実施した。

- (1) 基礎データの把握と確認（研究実施終了報告書、研究課題別事後評価結果等）
- (2) 一般公開データの収集（論文、書籍、報道、シンポジウム、学協会大会など）
- (3) 研究代表者への聞き取り調査

評価対象課題について、研究開発終了以降の展開状況、社会・経済的に与えた効果・効用や波及効果等、各課題の研究代表者への聞き取り調査を実施。（一部、書面により調査したケースもある）。

- (4) 共同研究者への聞き取りもしくは書面調査

評価対象課題について、事業での研究に関連する内容のその後の発展状況、研究の社会・経済的な効果・効用・波及効果の現状について共同研究者へ事業の聞き取り調査ないしは書面調査を実施。

- (5) 社会への関与者への聞き取り調査

評価対象課題について、ステークホルダーである社会の関与者への聞き取り調査を実施。

- (6) 追跡調査結果のまとめ（報告書の作成）

1.4.2. 追跡評価

追跡調査は研究開発終了後3年を経過したものから順次実施されているため、評価時点では、過去のものほどその後の波及実績の累積が増加することが想定される。この調査時期の違いによる評価結果への影響を防ぎ、評価の公平性を担保するとの観点から、追跡評価は追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況等を評価することとし、追跡調査結果に基づき評価を実施した。また、評価に際しては各評価委員の評価結果を集約し、委員会の合意を以て評価結果としている。

1.4.3. 追跡評価の項目

追跡評価にあたっては、「社会技術研究開発事業に係る課題評価の方法等に関する達」に基づき、以下のように評価項目を定めた。

- (1) 研究開発成果の発展・活用状況

研究期間終了後、研究開発等の活動が継続され、成果が発展しているか、研究開発成果が社会において活用されているか、について評価を行った。

なお、研究開発成果の直接的な社会への貢献の状況に加え、学術的な貢献、教育・人材育成への貢献、政策・施策への貢献、成果の外部への発信状況の視点も加味し、評価することとした。

(2) 科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果

研究開発成果が社会にもたらした具体的な効果・効用、あるいは第三者による成果の発展や活用を含む波及効果、について評価を行った。

2. 「循環型社会」研究領域課題の評価結果

2.1 都市と農村の連携を通じた有機物循環システムの再生

研究代表者：植田 和弘（京都大学大学院経済学研究科 教授）

研究開発実施期間：平成13年度～平成16年度

*所属については、追跡調査時のものを記載

2.1.1 研究開発課題の概要

(1) 目的

本研究では、「有機物循環を通じた農業とのつながりを強調した都市と農村の連携」を新たな社会システムを構築するための一つの方向性と考え、都市と農村の有機物循環を通じた連携について、社会が目指すべき方向と行動指針を明示し、包括的な提言を行うことを目的とした。

(2) 研究体制（共同研究グループ／サブテーマ及びそのリーダー）

研究代表者：植田 和弘（京都大学 教授）

経済・社会システム研究グループ

リーダー：植田 和弘（京都大学 教授）

技術・社会システム研究グループ

リーダー：内藤 正明（佛教大学 教授）

(3) 主な研究開発成果

- (i) 先進事例の分析と評価：山形県長井市のレインボープランのシステムの持続性の要因を分析し、都市側ではなく農村側が主導していることなどを見出した。
- (ii) 有機野菜に対する消費者選好分析：鮮度、産地、ラベル（認証）、価格の4要素それぞれに3段階または4段階の水準を設定し、鮮度と産地の購買影響が強いこと、品質属性を示すラベル（認証）は売価に15%程度の影響があることなどを明らかにした。
- (iii) 食品廃棄物発生量の分析：きゅうり、にんじん、なす、レタスの4品目について、廃棄率は数%～30%を超えるが、客の接触回数や乱暴な扱いはほとんど関係がないこと、レタスのような結球性野菜は、フードチェーン全体で廃棄率の削減を検討する必要があることなどを明らかにした。
- (iv) 有機物循環の評価システム：ライフサイクルアセスメント、マテリアルフロー分析、エコリュックサック、エコロジカルフットプリントなど、8種類の評価手法について長所と短所を整理した。有機物循環に特有の評価側面として、持続性と安定性など、社会側面の評価が必要なことを指摘した。
- (iv) マクロ影響を考慮した有機物循環の今後の展開：環境制度面の制約がなければ循環形成が必ずしも社会全体の環境負荷の軽減に寄与しないこと、環境制度面の制約があると循環形成で経済負担が軽減されることなどが示された。

2.1.2 研究開発成果の発展・活用状況

成果を基にした活動が発展的に継続され、社会への活用が図られており、今後の貢献が見込まれるため、本研究では、一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

共同研究者の上山静一氏は、研究開発期間中イオンリテール株式会社において、環境負荷を低減する観点から「地産地消」を好ましいシステムと考え、経済的に成り立つ条件を抽出するため、ほうれん草を対象とした実証実験を行い、一定金額の範囲であれば消費者は環境負担を受容すること、第三者による認証が必要なこと、消費者の年齢階層による受容性の違いがあること、などの結果が得られた。研究開発期間終了後、同社では本研究で実証実験を行った店舗において、平成19年1月より、大手スーパーとしては初めて、レジ袋の有料化をスタートした。追跡調査実施時点においては、レジ袋無料配布廃止活動が全国に広がり、同社だけでもおよそ120都市、330店舗で実施されている。平成20年には1000店舗にする目標であり、レジ袋の削減は計画通り進捗している。

都市と農村を軸として、具体的な生産物の流通から循環システムを見出そうとしている姿勢が見受けられた。また、流通量の多いイオンリテール株式会社を実験場所を選んだことは、分析評価のアウトカムの信頼性を高める点で評価できる。フードチェーンのレジ袋無料配布停止に見る波及効果は全国的に及んでおり、環境配慮型のフードチェーンの意欲を誘い、レジ袋の削減という現在定着しつつある課題に対し、先進的な成果を上げていると認められる。ただし、その一方で、レジ袋の有料化が仮に全国に行き渡ったとしても、都市と農村の連携を通じた有機物循環にどれほどの寄与があるのだろうかとの意見も出され、企業として環境負荷低減に具体的に寄与できる概念を提示できたものの、更なる具体的方策を提示すべきとの指摘もあった。

また、有機物循環システムの研究は、研究代表者が主催する有機物循環研究会で関連研究が進められ、「有機物循環論」の書籍の刊行準備が進められている。同書では、有機物の物質フローを安定させ、環境負荷を低減する循環構造の到達点を示し、そのために必要とされる対策が示されており、具体的な対策を実施するには地域、国、世界といった多階層のレベルでの対応が必要で、その包括的手段としての「重層的な有機物循環ガバナンス」のあり方の概念を提案している。

有機物循環を実効あるものにするためには、地域のみならず、国、究極には地球規模での循環が重要であるが、それに対して「重層的なガバナンス」の概念を提起している点は評価できる。

なお、研究開発期間終了後も研究代表者および共同研究者が14件の助成を獲得して研究活動を進めており、英文論文13件、和文論文約120件、書籍・報告書等約40件が発表されており、新聞報道等も400件を超えている。

前述の「有機物循環論」という書籍名での刊行は未だないものの、研究開発期間終了以降も、『持続可能な地域のデザイン』（平成17年刊）への結実等、研究代表者を始めとする本研究担当者による活発な成果発表が行われており、社会的な情報発信はよく行われたと評価される。

本研究が主題とした「有機物循環を通じた農業とのつながりを強調した都市と農村の連携」は、現代の根本的課題の一つであり、本研究の成果は一つの回答を与えようとするものである。地域

内での農産物の流通・消費の実証研究を行うとともに、地域を越えた循環システムの可能性を追求して、社会的側面や制度面でのサポートの必要性を強調している点は重要であると指摘されており、環境と経済の両立という大きな命題に関して、今後の循環型社会の発展に繋がる種々の目新しい成果を創出したといえよう。

その一方で、消費者行動の分析、地産地消を成立させる経済的条件、有機廃棄物の有効利用などの個別については進めたものの、「都市と農村の連携を通じた有機物循環システム」を再生するという目的には達しておらず、いまだに部分的なものに留まっており、本研究の成果との脈絡も整理されていないとの指摘もあり、研究開発成果の発展・活用が不十分ではないか、との意見も出された。

2.1.3 科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果

本研究は、効果・効用もしくは波及効果と考えられる第三者または社会に対する影響が認められ、一定の効果・効用及び波及効果をもたらされていると評価する。

共同研究者・上山静一氏によれば、イオンリテール株式会社において実証で示された結果がもたらした影響は大きく、同社は平成20年3月に温暖化防止宣言を行い、CO₂ 排出量を平成18年度の370万トンから、平成24年までに30%の185万トンを削減することを明らかにした。総量削減目標を出した企業とは同社が最初とのことである。この中で、顧客との協働による取り組みの象徴となっているのがレジ袋配布の停止であり、平成24年の削減目標に対しては、レジ袋削減に1400店舗の参加が必要であり、約10万トンの削減寄与になると推計されている。

ただし、「二酸化炭素の削減」が、「都市と農村の連携による有機物循環システム」とどういう関係があるかは自明ではないとの指摘もあった。

また、京都市では、生ごみの循環システムを環境政策の重要な柱に位置づけ、「生ごみ等の分別収集による新たなエネルギー生成モデル実験」¹として、2200世帯をモデル地域とした「生ごみ等の分別収集モデル実験」と、約200世帯をモデル地域とした「コミュニティ型堆肥化モデル実験」を平成20年10月より1年間実施することを発表した。イオンリテール株式会社における成果との脈絡、連携が見えにくいとの指摘はあるものの、本研究の成果は、京都市の生ごみの循環システムの政策的展開に直接的な影響を与えるなどの効果も生んでいることが認められる。

2.1.4 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果を総合的に判断し、本研究は一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

共同研究者の上山静一氏は、イオンリテール株式会社において、平成19年1月より、大手スーパーとしては初めて、本研究で実証実験を行った店舗でのレジ袋の有料化をスタートした。追

¹ モデル実験の詳細は http://www.city.kyoto.lg.jp/kankyo/soshiki/5-5-0-0-0_13.html

跡調査実施時点においては、レジ袋無料配布廃止活動が全国に広がり、同社だけでもおよそ120都市、330店舗で実施されている。平成20年には1000店舗にする目標であり、レジ袋の削減は計画通り進捗している。

流通量の多いイオンリテール株式会社を実験場所に選んだことが、分析評価のアウトカムの信頼性を高めたともいえる。フードチェーンのレジ袋無料配布停止に見る波及効果は全国的に及んでおり、環境配慮型のフードチェーンの意欲を誘い、レジ袋の削減が定着しつつあることは、先進的な成果と評価できる。

また、有機物循環システムの研究は、研究代表者が主催する有機物循環研究会で関連研究が進められ、「有機物循環論」の書籍の刊行準備が進められている。同書では、有機物の物質フローを安定させ、環境負荷を低減する循環構造の到達点を示し、そのために必要とされる対策が示されており、具体的な対策を実施するには地域、国、世界といった多階層のレベルでの対応が必要で、その包括的手段としての「重層的な有機物循環ガバナンス」のあり方の概念を提案している。

イオンリテール株式会社という大手スーパーをプラットフォームとしながら、アウトカムが少なく、各成果間の関連性、連携は明確ではなく、最終的な成果の効果・効用及び波及効果としては不十分ではないか、との指摘もあり、さらに展開するためにはどのような行動が必要なのか、提言だけではなく社会における行動方針についても社会に示すなど、研究開発成果の発展を期待したいとの意見もあった。

本研究のテーマである有機物循環は、今後も継続的に考えていかねばならない重要な課題であり、食品資源の循環に着目し、取り組みを進めた点は評価できる。日本でも、江戸時代には物質循環が成立していた点を鑑みると、いかに現代風にアレンジしていくかと言う視点も不可欠である。そういった視点から、有機物循環システムをいかにして現代社会に組み込むかを考えるために、研究の最終のまとめとして、農民の有識者との個人的交流を図り、事業化への経路を探ることも、本研究の役割であるといった指摘がなされた。

2.2 マテリアルリース社会システム構築のための総合研究

研究代表者：原田幸明（独立行政法人物質・材料研究機構 材料ラボ長）

研究開発実施期間：平成13年度～平成16年度

*所属については、追跡調査時のものを記載

2.2.1 研究開発課題の概要

(1) 目的

マテリアルリースとは、素材の生産者が再資源化の責任を担う概念で、使用者と所有者のリース関係ではなく、社会全体で資源を循環させるリースを意味する。希少金属資源の分野ではすでに資源化再利用が経済行為として成り立っており、現実的なシステムと考えられる。

本研究では、マテリアルリース社会の成立基盤を、「経済」「システム」「技術」の3側面から総合的に分析することにより、マテリアルリース社会のあり方、効果、実現への課題とシナリオを明確にし、マテリアルリース社会のグランドデザインを構築することを目的とした。

(2) 研究体制（共同研究グループ／サブテーマ及びそのリーダー）

研究代表者：原田幸明（独立行政法人物質・材料研究機構 材料ラボ長）

総括グループ：マテリアルリース社会のグランドデザイン

リーダー：原田幸明（独立行政法人物質・材料研究機構 材料ラボ長）

技術グループ：素材産業の再生技術の現状とマテリアルリース技術

リーダー：中村 崇（東北大学 教授）

システムグループ：マテリアルリースの社会システムの設計と資源生産性の向上

リーダー：盛岡 通（大阪大学 教授）

経済グループ：マテリアルリース経済の実現可能性

リーダー：細田 衛士（慶應義塾大学 教授）

(3) 主な研究開発成果

- (i) 資源の採掘・移動に伴う総天然資源量を示す TMR（関与物質総量）を用いて、マテリアルリースによる資源利用率の削減効果を定量的に示し、資源生産性の向上の可能性を示した。解体・分離か素材業との連携すること、インセンティブを与えることが成立要件である。
- (ii) 具体化のための技術として、システム支援技術（易解体技術、部品寿命認識技術、部品寿命制御技術など）、評価技術、リサイクル化技術について、基本的な論点を整理し、開発要件を抽出した。また自動車用鉛バッテリーのリサイクル事例をデポジット制、リース制、リサイクルチケット制を比較検討し、回収費用を含めたデポジット制を提案した。
- (iii) マテリアルリースを、素材の耐久性や寿命の観点から下記の4類型に分類した。
- (iv) 経済学的アプローチとして、使用済み自動車、FRP 小型船舶、使用済み電機・電子機器の効率的な資源循環を検討した。自動車の代表的な素材については静脈経済を表現できる理論モデルを構築した。

2.2.2 研究開発成果の発展・活用状況

成果が、社会実験等を通じて発展するとともに社会に活用され、貢献が認められており、本研究は十分な研究開発成果の発展活用があると評価する。

物質循環を、使用者と所有者間のリースではなく、社会全体で資源を循環させるリースとして、極めて先駆的な「マテリアルリース」という概念を打ち出しており、新規な発想である。マテリアルリースによる資源利用率の改善効果を定量的に示して、所有型の廃棄物処理によるリサイクルでは、マテリアルフロー上不利なことを明らかにしえた成果は大きい。国内への影響も絶大であり、研究開発期間終了後も「都市鉱山」の概念を含め、かなりの発展があると評価できる。また、素材の耐久性と寿命の観点からマテリアルリースを4類型に分類し、類型毎にそれが成立する社会・経済的条件の整理を行い、循環型社会における素材の動き、流れを具体的に見やすくした点についても認められる。

研究開発期間終了以降も、研究代表者らによって社会的に注目された2つの発表が行われている。第一は、これまでの金属使用量と経済成長の関連の解析をもとに、成長過程にあり、これから大幅な金属の使用が予想されるBRICs諸国を中心に、2050年までの累積金属使用量の予測を行った結果、2050年までに多くの種類の金属が現有の埋蔵量では賄いきれなくなり、中には埋蔵量の数倍の使用量が予想される金属もあることを示したことである。第二は、国内に蓄積され、リサイクルの対象となる金属の量を算定したところ、その量は世界有数の資源国に匹敵する規模になっていることを明らかにしたことである。本手法により、都市には大量の資源が存在していることが明らかとなっており、本手法の活用をさらに広めるべきであるとの指摘があった。

また、マテリアルリースに関連して、プロセス間リンクによる廃棄物処理に関する技術、飛灰中の重金属のリサイクルシステム、難処理廃棄物のリサイクルについて継続して研究されている。

金属を含有している廃棄物資源の有効利用の取り組みは、共同研究者の中村崇教授を代表とし、東北大学多元物質科学研究所内に平成18年3月に設立されたRtoS (Reserve to Stock) 研究会などで、社会システム、経済性の問題を踏まえて進められている。その中で、一つの技術的課題の解決の可能性を示すものとして「人工鉱石化リサイクル」の方向性が示された。これは、不要になった製品の中の有価金属を直接取り出すのではなく、抽出・製錬の阻害要因となる他の混在物を低減させることで、金やレアメタルなど目的とされる有価金属の濃度を高め、次の抽出・製錬段階の原料とし、抽出・製錬段階での製錬炉や設備の負荷を大幅に減らすことで、リサイクルにかかる一つの技術的障壁を低減できるものとされている。また、中村教授は循環型社会形成の本質的な考え方として、都市鉱山から具体的に資源回収を行う「人工鉱床」を提唱している。これはRtoS研究会から提案されたものであり、具体化した取り組みとして、秋田県大館市で廃小型電子機器からレアメタルを回収する「こでんプロジェクト」が、平成18年12月より開始されている。

資源制約が厳しくなる状況が数値的に示されている中で、一部の資源について資源回収の具体的な技術とシステムの開発にも取り組んでおり特に、資源の偏在やその奪い合い等で供給不安が

世界的に拡大していく中で、わが国では貴金属・希少金属の累積使用量が増して、都市鉱山＝人工鉱床の重要性が現実的になっていることを、定量的に示した意義は少なくない。良好な（環境負荷の少ない）抽出・精錬を行うためには、混在物を少なくする事前のコントロールが必要なことが示されている点も評価できる。

ただし、マテリアルリース社会のグランドデザインを構築し、社会に実装するという点では、更なる発展が望まれるという意見も出された。

なお、本研究開発期間終了後も研究代表者および共同研究者が科研費中心に40件弱の助成を獲得して研究活動を進めており、英文論文・会議録等76件、和文論文等約170件、書籍・報告書等約35件が発表されており、新聞報道等も約440件が取り上げられている。研究開発期間終了後も、担当者による当該領域での研究成果の発表がきわめて旺盛であり、情報発信もよく行われている。また、国際論文による発表は少なく、海外での展開の不十分さが見える反面、国際会議の発表などがあり、徐々に知名度が上がっているため、継続的な展開が期待できる。

2.2.3 科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果

社会の特定の範囲以上で効果・効用もしくは波及効果が認められており、十分な効果・効用もしくは波及効果がもたらされていると評価する。

世界的に資源制約が高まる中、特に自動車や電気・電子機器などの高度なものづくりに不可欠なレアメタルについては、供給国の偏在性が高く、輸出制限の動きも見られることから、供給リスク感が高まっている。こうした状況の中、平成20年1月に、経済産業省産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会基本政策ワーキンググループにおいて、「世界最高水準の省資源社会の実現に向けて～グリーン化を基軸とする次世代ものづくりの促進～」報告書がまとめられた。省資源化社会に向けた戦略の中でも、「グリーンな次世代モノづくり」戦略と「都市鉱山・レアメタル」戦略は、本研究の示唆を受けた内容であるとされている。

レアアース資源の払底に対する都市鉱山活用の指針は、近年ますます社会の進むべき方向を指し示しており、本研究の先見性が高く評価できる。また、経済産業省の政策への波及効果もあったと認められ、省庁の活動や一般紙の紹介を通じ、一般社会の考え方にも大きな影響を与えている。特に、実施者らの学界、マスコミにおける成果のアピールは活発であり、「都市鉱山」、「アーバンマテリアル」、「資源枯渇」などという言葉が広く社会に認識されるようになった波及効果は大きいと評価できる。

さらに、経済産業省と環境省が共同設置した「使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会」の中で、適正かつ効果的なレアメタルのリサイクルシステムの構築を目指し、秋田・茨城・福岡の3県をモデル地域として、効率的・効果的なレアメタル回収方法の検討を行うとともに、回収された使用済小型家電についてレアメタルの含有実態の把握、使用済小型家電のリサイクルに係る有害性の評価及び適正処理等についての検討を行うモデル事業が実施されることが決定し、事業化に向けた動きが具体的に進んでいる。本研究の研究代表者を始め、複数の共同研究者がこの研究会の委員を務めており、具体的な取組みに影響を与えている。

マテリアルリース社会の概念が、都市鉱山の発想に基づくレアメタルリサイクルプロジェクト、リサイクル政策という形で具体化されている。レアメタルの回収と適正処理のモデル事業が決定するなど、「都市鉱山」の具体化への取り組みに寄与した点も評価できる。

2.2.4 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果を総合的に判断し、本研究は十分な研究開発成果の発展・活用があると評価する。

研究開発期間終了以降も、研究代表者らによって社会的に注目された2つの発表が行われている。第一は、これまでの金属使用量と経済成長の関連の解析をもとに、成長過程にあり、これから大幅な金属の使用が予想されるBRICs諸国を中心に2050年までの累積金属使用量の予測を行った結果、2050年までに多くの種類の金属が現有の埋蔵量では賅いきれなくなり、中には埋蔵量の数倍の使用量が予想される金属もあることを示したことである。第二は、国内に蓄積され、リサイクルの対象となる金属の量を算定したところ、その量は世界有数の資源国に匹敵する規模になっていることを明らかにしたことである。

また、世界的に資源制約が高まる中、特に自動車や電気・電子機器などの高度なものづくりに不可欠なレアメタルについては、供給国の偏在性が高く、輸出制限の動きも見られることから、供給リスクが高まっている。こうした状況の中、平成20年1月に、経済産業省産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会基本政策ワーキンググループにおいて、「世界最高水準の省資源社会の実現に向けて～グリーン化を基軸とする次世代ものづくりの促進～」報告書がまとめられた。省資源化社会に向けた戦略の中でも、「グリーンな次世代モノづくり」戦略と「都市鉱山・レアメタル」戦略は、本研究の示唆を受けた内容であるとされている。

国際的な資源獲得競争、中国の資源外交の展開、レアメタル問題、国際資源カルテルなど、多くの資源関連の問題が続出した中で、本研究の成果が脚光を浴びる機会が重なり、一層注目度が増したのであろう。政策担当者も本研究の重要性を認めており、研究開発成果が政策提言に取りこまれ、資源リサイクルの重要性を社会的に認知させ、リサイクル事業のビジネス化の展望を開くなどの波及効果も大きい。本研究開発成果の更なる普及は、政府が国策としてこの問題に取り組んでいくことではないか、との意見も出された。

一方で、即材料化は技術面からは極めて困難ではないかとの指摘もあり、産業界の生産、製造現場の関係者の視点からも考える必要があるのではないかと、との意見もあった。

2.3 環境格付け指標・格付け手法・情報公開方法の開発

研究代表者：福島 哲郎（株式会社日本環境認証機構 顧問）

研究開発実施期間：平成13年度～平成16年度

*所属については、追跡調査時のものを記載

2.3.1 研究開発課題の概要

(1) 目的

本研究は「社会の持続的発展を可能にする企業・組織」としての評価項目を、「経営の健全性」、「環境の保全・向上」、「よき企業市民としての社会的責任」の3領域で評価し、企業・組織を啓蒙しようとするものである。

- ① 循環型社会の将来像の明確化と実現に関する課題についての提言
- ② 環境格付け結果の開示
- ③ 指標体系の明確化
- ④ 環境格付け評価方法と評価結果の表現方法の開発

(2) 研究体制（共同研究グループ／サブテーマ及びそのリーダー）

研究代表者：福島 哲郎（元 株式会社日本環境認証機構 社長）

格付け技術と機関運営研究グループ

リーダー：福島 哲郎（元 株式会社日本環境認証機構 社長）

格付け理論の研究グループ

リーダー：堀内 行蔵（法政大学 教授）

循環型社会の将来の研究グループ

リーダー：福島 哲郎（元 株式会社日本環境認証機構 社長）

(3) 主な研究開発成果

- (i) 内外の格付技術ならびに格付運営機関の研究
- (ii) 第三者機関としての格付運営機関の研究
- (iii) 環境経営格付理論および評価指標
- (iv) 定量的評価方法と格付け結果の表現方法の開発
- (v) 財務会計と環境会計のリンケージ手法の研究
- (vi) 格付け評価結果の活用可能性

地球環境問題を中心に、これまでの社会の変化や規格化・法令化の経緯を俯瞰することで循環型社会の潮流を明らかにし、社会的責任を含む環境格付けの動向などから導出される、循環型社会を含む持続可能な社会の将来像を検討した。

2.3.2 研究開発成果の発展・活用状況

成果を基にした活動が継続され、社会への活用が図られており、一定の研究開発成果の発展・

活用があると評価する。

循環型社会での企業・組織のあるべき姿を指標化し、格付けに活用して企業・組織の努力を促す提案であり、JEPIX という環境政策度優先指数日本版を開発したことは高く評価できる。社会的責任も重視するなどの欧州の考え方に近づけた評価基準や、サステナブルツリーという独自の可視化手法を開発し、著名な多くの大手企業にも数年に亘って評価を適用し、課題を改善するなど、社会実装にむけた成果・努力は多いといえよう。また、格付けの目的として、単に当該企業の存続のためだけでなく、企業の活動が循環型社会の形成に役立つものかどうかまでが視野にあるとしており、社会がこのシステムを標準的な手法として取り込むかが、本研究開発の成果として問われるとの指摘もあった。

当初は、環境経営学会の下部組織として独立した組織（環境経営格付機構）が格付けの実施主体となっていたが、その後は環境経営学会に吸収され、現在は環境経営学会が実施主体となり、継続性を維持している。運営は完全なボランティアであり、プロジェクト終了以降は地球環境基金助成金（環境再生保全機構）の助成等を受けながら、学会活動として格付を実施している。

研究開発期間終了後も、関連の学会活動（環境経営学会）を通して、企業格付けを継続している点は、関係者の努力を認めるとともに、研究成果が熟していることの表れではないか、との意見も出された。

また、平成17年度からは「持続可能な社会の実現」に焦点を当て、持続可能な社会の構築に貢献する企業理念のもとで、持続的発展を目差す経営（サステナブル経営）を追求し、評価項目・内容の見直しが行われ、「サステナブル経営格付」と名称が改められた。また、平成19年度からは、サステナブル経営の社会的広がり期待する狙いをより明確にするため、「サステナブル経営格付／経営診断」として実施されている。

プロジェクト期間中の格付け参加企業数は、84社（平成14年度）、75社（平成15年度）、64社（平成16年度）であったが、その後も引き続き格付けを受診している企業は減少傾向にある。「環境」「経営」「社会」の3分野にまたがる広範かつ膨大な評価項目（350項目以上）に対して、受診時にその対応状況についてのエビデンスを提示する必要があると、企業側にかかる労力が大きい反面、その労力に見合うだけのメリットが必ずしも明確でなく、企業側の関心をどう引き付けるかが重要な課題となっている。環境経営学会では、財務会計や株価といった経営者が重視する経営指標と評価結果を結びつけ、連動させることが重要な研究テーマとなっている。

研究開発期間終了後の普及活動は、評価側も被評価側ともにボランティアベースであること、必ずしも大きな導入メリットが得られないことなどから、やや尻すぼみ状態と感ぜられるところもあるものの、ISO14000のような半強制力をもった事業モデルと競合し、共存が容易でない環境下で、一定の社会実験的役割を果たしていることは評価すべきである。なお、ISO14000の取得においては、取得した企業・団体にとって非常に大きな負担となっていることに鑑み、このような取り組みが日常業務の中で大きな負担にならないような指標作りが重要であろう。また、JEPIXに関するプロジェクト終了以降の研究は、開発者・宮崎修行教授が所属する国際基督教大学が採択された21世紀COEプログラム『平和・安全・共生』研究教育の形成と展開（平成1

5年4月～平成20年3月)のうち、宮崎教授をコーディネータとする「企業活動による環境負荷の合理的測定のための手法開発と実用化の研究」で継続された。COEプログラムでの研究成果は、平成20年に「ICU 21世紀 COE シリーズ」(全9巻+補冊1巻)として書籍化されている。JEPIXの本格実用化に向けた検討が行われており、JEPIXの普及と実践を目指すJEPIXフォーラム(第1次～第3次)の開催、JEPIX簡易算出シートの作成(KPMGあずさサステナビリティ株式会社)、普及が促進された。

また、JEPIXに関して、企業の環境対策に対する評価が投資家の意思決定には反映されていないとの現状認識の下、環境経営学会が「グリーン資本市場委員会」を設け、環境負荷の要素を織り込んだ理論株価(グリーン株価)の算出への応用が研究されている。

なお、研究開発期間終了後も研究代表者および共同研究者が上述の21世紀COEプログラムを含め計5件の助成を獲得して研究活動を進めており、和文論文約30件、書籍・報告書等6件が発表されており、新聞報道等でも約30件が取り上げられている。

研究開発期間終了後の発展や活用の状況は、日本の企業風土の壁もあり、必ずしも順風満帆とは行っていないが、これを打破する提案と啓蒙が求められており、現状ではそのような形での発展は不十分であるものの、活動は続けられており、今後の貢献はある程度見込まれる。一方で、企業・組織を「社会の持続的発展を可能にする」という視点で評価しようという研究目的が、企業の持続的発展と社会の持続的発展との区別を曖昧に過ぎたために、どっちつかずの状態になったのではないかと、という指摘もされた。

2.3.3 科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果

本研究は、社会技術としての効用は認められるが、広く社会で実施するための体制は不十分で、社会における効果・効用及び波及効果は限定的と評価する。

格付け初年度となる平成14年度から環境格付けを受診しているTOTO株式会社へのヒアリングによれば、評価結果の信頼性については高く評価されているものの、各企業に固有の特性があるにも関わらず、全ての評価項目を満たさなければならない点や、ISOに比べて評価者のレベルにばらつきが大きい点が気になったとのことであった。社会技術としての効用は認められるものの、広く社会で実施するための体制が十分でないために、波及効果は限定的であると指摘される。ただし、そういった原因の少なくとも一部は明らかにされているのであり、再挑戦が望まれるとの意見も出された。

同社からは、格付けはあくまで各社に優先的に取り組むべき評価事項を認識させ、実践を促すことが優先されるべきではあるものの、その結果として名誉を得られるのが理想的であり、名誉の出し方を工夫してもらえるとありがたいとの意見も得られている。格付け評価を受けることが企業にとって有益であることを、どうしたらアピールできるかという点で、普及に向けて外部への発信に一段の努力が必要とされるとの指摘もある。

さらに、JEPIXフォーラム参加企業で、環境報告書やCSR報告書でJEPIXを活用している企業の例が、『共生型マネジメントのために—環境影響評価係数JEPIXの開発』の第7章で17社・3

7事例（平成15年8月時点のもの）について紹介されている。参加企業は JEPIX 手法を応用して、自社のエコ・エフィシエンシー分析や、JEPIX 指数を分析し公開している。また、経済産業省の環境報告書プラザでは、環境効率指標を開示している企業の環境報告書を検索できるが、その中でも環境負荷項目の統合化手法として JEPIX を活用している企業の例が確認できる。さらに、REGIS、SimaPro などの著名な LCA ソフトウェアに JEPIX が搭載されるようになったことが COE 最終報告書の中でも報告されている。

多くの企業が JEPIX に興味を持ち、受診しないまでも環境報告書などにこの考え方を取り入れていることは、一定以上の効果がもたらされていることを示しており、影響は小さくないと評価される。現状で活用に限界があるのであれば、今後の発展によりさらに効用が増す可能性があり、受容性のあるビジネス化に向けた早期の検討が望まれると指摘される。

2.3.4 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果を総合的に判断し、本研究は一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

当初は、環境経営学会の下部組織として独立した組織（環境経営格付機構）が格付けの実施主体となっていたが、その後は環境経営学会に吸収され、現在は環境経営学会が実施主体となり、継続性を維持している。運営は完全なボランティアであり、研究開発期間終了以降は地球環境基金助成金（環境再生保全機構）の助成等を受けながら、学会活動として格付を実施している。研究開発期間終了後も、関連の学会活動（環境経営学会）を通して、企業格付けを継続しており、関係者の努力を認めるとともに、研究成果が熟していることの表れであると評価される。

また、JEPIX フォーラム参加企業で、環境報告書や CSR 報告書で JEPIX を活用している企業の例が、『共生型マネジメントのためにー環境影響評価係数 JEPIX の開発』の第7章で17社・37事例（平成15年8月時点のもの）について紹介されている。多くの企業が JEPIX に興味を持ち、受診しないまでも環境報告書などにこの考え方を取り入れていることは、一定以上の効果がもたらされていることを示しており、影響は小さくない。

また、産業界の環境への影響については、少なからず法的にも管理義務があり、環境法規との関係も考慮に入れるべきとの意見も出された。さらに、我が国における環境意識向上に向けた取り組みとして、企業に対するインセンティブの設計や法制度の整備など、行政が主導して取り組みを進めていくことの重要性も指摘された。

2.4 都市・地域構造に適合した資源循環型社会システムの構築

研究代表者：梅澤 修

(横浜国立大学工学部 生産工学科 材料設計コース 教授)

研究開発実施期間：平成14年度～平成17年度

*所属については、追跡調査時のものを記載

2.4.1 研究開発課題の概要

(1) 目的

製造業が来るべき資源循環型社会を担うための指針は

- 動脈産業のグリーン化と静脈産業の高度化による相互の融合
- 都市近郊・地域構造に適合した資源循環
- 高品位スクラップの回収と資源化

の3項目と考える。本研究では、目的とする循環資源として排出量の多いシュレッダーダスト(ASR)、混合廃プラスチック、アルミニウムを選択し、実態を調査したうえで技術開発を行った。

(2) 研究体制(共同研究グループ/サブテーマ及びそのリーダー)

研究代表者：梅澤 修(横浜国立大学 教授)

廃棄処理システム研究グループ

リーダー：大矢 仁史(独立行政法人産業技術総合研究所 グループ長)

再資源化システム研究グループ

リーダー：吉岡 敏明(東北大学 教授)、

西村 睦(独立行政法人物質・材料研究機構)

二次合金利用システム研究グループ

リーダー：梅澤 修(横浜国立大学 教授)、熊井 真次(東京工業大学 教授)、

羽賀 俊雄(大阪工業大学 教授)

(3) 主な研究開発成果

- (i) ASRの資源化について、物理選別による鉄と銅の分離技術と、メカノケミストリによる脱塩素技術で構成される方法を提案した。
- (ii) 混合プラスチックの再資源化技術と高付加価値化について、湿式法によるPVCの脱塩素処理プロセスを開発した。
- (iii) アルミ二次合金素材を主原料として、繰り返し加工熱処理(RTMT)法と高速双ロール連続鑄造法を適用し、必要な加工性を付与した。
- (iv) アルミニウムスクラップのリサイクルについて、高速ロールキャストの開発と汎用展伸合金製造への適用、不純物の無害化、異径双ロールキャストによる展伸用アルミニウム合金板材の直接製造等を検討した。

2.4.2 研究開発成果の発展・活用状況

本研究は、成果を基にした活動が発展的に継続されているが、社会への貢献は不明で、研究開発成果の発展・活用は限定的と評価する。

アルミニウム合金の連続鋳造法については、本研究開発期間内の成果として、従来より高い生産性と急冷効果が得られる高速双ロールキャストが開発されたが、この技術については引き続き社団法人アルミニウム協会に研究部会が設置され、検討を続けている。

また、経済産業省の3Rシステム化可能性調査事業「アルミニウム展伸材スクラップから展伸材へのリサイクルの可能性調査事業」に、本研究の研究代表者・梅澤教授のほか共同研究者が参画、企業から素材の提供を受け、ロールキャストで試作した板材を企業が評価を行っている。

高速双ロール連続鋳造法による薄板製造技術の成果は軽金属学会が発行している報告書「アルミニウムの完全リサイクルシステム構築に向けて」に記されており、アルミフローや不純物パターンに応じた対策が述べられている。

追跡調査報告書では、プロジェクト終了以降の展開として、前頁の4つの成果のうち(iii)と(iv)のアルミニウム合金に関する技術開発にしか言及がないため、プロジェクト全体の発展・活用状況についての判断はしづらいと思われるが、少なくとも、アルミニウム合金の高付加価値化技術・直接鍛造方法については、研究開発期間終了後、製品化の方向に進んでいる、といえる。

全般的には、社会への実用展開は企業による評価実験に留まっている、循環型社会が成り立つための排出物・廃棄物の質と量が明確でない、材料加工技術の研究開発に集中的に予算が使用されたのでは、などの技術開発が先行し、循環型社会構築への適用方策が十分に示されておらず「都市・地域構造に適合した資源循環型社会システムの構築」という本来の研究目的を果たすに至っていない、との指摘が多くみられた。本研究で示した方向性を様々な廃棄物処理に生かす努力が求められる、との意見もあった。

なお、研究開発期間終了後、研究代表者・共同研究者は、5件の科研費、2件の振興調整費、科学技術振興機構・地域研究開発資源活用促進プログラム、経済産業省平成19年度戦略的基盤技術高度化支援事業の助成を獲得している。

また英文論文・会議録等35件、和文論文・会議録等67件を発表しており、6件の特許出願をしている。新聞報道等においても19件が取り上げられている。

2.4.3 科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果

本研究は、成果を基にした活動が発展的に継続されているが、社会への貢献は不明で、研究開発成果の発展・活用は限定的と評価する。

「繰り返し加工熱処理(RTMT)法」によるアルミ二次合金の用途として、エンジンピストンへの適用については、科学技術振興機構 地域イノベーション創出総合支援事業 重点地域研究開発推進プログラム(研究開発資源活用型)に、「高機能・低環境負荷を目指した過共晶Al-Si合金精密鍛造品の製造プロセス開発と商品化」(平成18~21年度)が採択された。梅澤教授をプロジェクトリーダー、横浜国立大学を中核研究機関として、複数の企業が参画した。本研究で得

られた要素技術を活用してアルミ二次合金によるエンジンピストンを開発し、二輪車メーカーで採用された。

産学連携によるプロジェクトにより、「繰り返し加工熱処理（RTMT）法」によるアルミ二次合金について、エンジンピストンへの適用という波及効果がある。科学技術的な成果は認められるが、社会的なビジネスモデルを構築して波及させる方策が示されていないため、その効果は限定的といえよう。

また、研究開発期間終了後の波及効果としては、高速双ロール連続鋳造法による鋳造材から板材の製造を行ったことが挙げられる。縦型ロールキャスターの着想は以前からあり、ケールアップ・実用はこれからであるが、本研究で具体的にその可能性と現実性を実証した。

アルミ業界では既存設備で板材を製造できるので、新規設備投資が必要なロールキャスターを採用しないことが課題である。自動車メーカーが、工場内スクラップの再利用を目的として、ロールキャスターを購入してパネルを製造する可能性はある。また、アルミ新地金が戦略物質になる、アルミ精錬の電力供給が逼迫して新地金が高騰するような状況になれば需要が大きく顕在化する可能性はあるものの、現状は関心をもつ企業と研究している段階である。

アルミニウムのリサイクル技術が、社会的条件から業界に実装されない理由は、本研究開発課題に取り組む以前から想定されたことであろう。個別の技術開発に見るべきものはあるが、それにとどまらず、そういった技術が社会に採用されるための条件や戦略について吟味する面もあれば、「都市・地域構造に適合した資源循環型社会システムの構築」という課題名を裏切らない視点をもてたのではないかと、といった指摘があった。

一方、将来的な希望として、平成20年以降の国内アルミ2次合金需要の減退の中で、本研究のような新規技術・設備を導入する機会も減少しているが、世界的には需要は増大しており、自動車などの軽量化に貢献し、リサイクル性に優れるアルミ（合金）の特性は、金属素材として将来いっそうの重要性を持つと考えられ、この方面での今後の研究強化、展開が期待される、との意見もあった。

2.4.4 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果を総合的に判断し、本研究は、研究開発成果の発展・活用は限定的と評価する。

追跡調査報告書を参照する限り、(i) ASR の分離・再資源化・(ii) 混合プラスチックの再資源化技術のその後の展開についてはまったく言及がないため、判断は難しいが、特筆すべき成果はなかったものと推察される。一方、アルミニウム合金に関する成果の発展・活用、波及効果については報告書記載にあるとおり、アルミニウム合金の適用は、エンジンピストンなど限定的である。しかしながら、本研究開発課題は技術が率先し社会への展開が困難であったことからどうしても評価としては低くなってしまっているものの、サステナブル社会に向けて方向性を何とか見出そうとしている部分については評価すべき、との意見もあった。また、計画段階から、課題名にあ

るような「都市・地域構造に適合した資源循環型社会システムの構築」の“都市・地域構造に適合した”という部分に対応できる研究関係者がいなかったのではないかと思われ、研究体制として当初から問題があったのではないだろうか、との指摘もあった。

また、当時の状況では難しかったのかもしれないが、このような研究の成果が出た時点で、政策的な観点からとりまとめができるような有識者などを投入する必要があるのではないか、との指摘もあった。

2.5 循環型社会における問題物質群の環境対応処理技術と社会的解決

研究代表者：前田 正史

(東京大学生産技術研究所サステイナブル材料国際研究センター 教授)

研究開発実施期間：平成14年度～平成17年度

*所属については、追跡調査時のものを記載

2.5.1 研究開発課題の概要

(1) 目的

循環型社会の生産では、製品のライフサイクルで発生する環境問題物質を社会的に容認される形で処置する必要があるが、環境に対する負荷や影響のみの評価は行われていても、処理技術を含む社会的解決を視野に入れたマテリアルフロー調査は行われていない。

本研究は、①問題物質のマテリアルフローを明確にすること、②技術的な視点から完全無害である条件の定義を確立すること、③問題物質の集積、処理、無害化、固定化に要する費用と社会的負担に関する合意形成を確立すること、の3点を目的とした。

(2) 研究体制（共同研究グループ／サブテーマ及びそのリーダー）

研究代表者：前田正史（東京大学 教授）

総括班 総括：前田正史（東京大学・教授）

技術班 総括：葛西栄輝（東北大学 教授）

システム・社会班 統括：馬場靖憲（東京大学 教授）

(3) 主な研究開発成果

(i) 問題物質の選定（13 物質）

(ii) マテリアルフロー調査

- ・ ヒ素のマテリアルフロー（国内）、水銀のマテリアルフロー（世界）
- ・ 半導体産業の金属ヒ素のマテリアルフロー（リサイクルを含む） など

(iii) 処理技術の現状調査

- ・ ヒ素の無害化技術（水、土壌、廃棄物、その他）
- ・ 水銀環境残留量と使用用途比率（1936 年以降） など

(iv) 問題物質の社会政策に関する現状調査

- ・ アメリカにおける水銀の放出・製造・環境・規制の状況
- ・ 日本の現在の PCB 処理計画 ・ 欧州の規制対象問題物質（水枠組み指令） など

(v) 有効な社会技術の提案

- ・ ヒ素問題改善策（技術対策7項目）（社会対策5項目）
- ・ カドミウム問題改善策（技術対策4項目） など

2.5.2 研究開発成果の発展・活用状況

本研究は、成果が社会実験等を通じて発展するとともに社会に活用され、貢献が認められており、十分な研究開発成果の発展活用があると評価する。

本研究開発期間終了後に、材料の設計・生産・使用・寿命を終えた材料の最終処理に関する諸問題の解決を目的として東京大学生産技術研究所に「サステイナブル材料国際研究センター」が設置された。センターでは、持続可能社会に向けた材料を開発するため、資源の使用状況について学び、産業的に重要な材料とその副産物の物質循環について検討するとともに、このための材料設計の境界条件探査、材料生産、またその処理、超長寿命の材料などの研究を行っている。

本研究において、環境に対する問題物質群のマテリアルフローを系統的に調査し、世界の動向と現状調査を実施し、データの公開を社会的に促進したことは、社会全体での環境対策の向上を図るうえでデータベース整備の役割を果たしている。加えて、健全なマテリアルフローの実現のために、前述した「サステイナブル材料国際研究センター」を発足させ、環境規制物質の情報とその環境対策に寄与するとともに、現在も国際的な活動を継続しており、グローバル化社会における物質循環問題を検討する組織となっていることは高く評価されている。

本研究の目的である原料から製品が出来上がる間に必ず発生する不要物を如何に回避するかの技術開発についてや、製品製造過程を中心とするマテリアルフローといえは主生産物のみを注視しがちであるものの生産過程では副産物の発生が必然でありその副産物の循環に焦点を当てた点について、先駆的であるといった本研究の目的・着眼点を評価する意見もあった。

また、研究開発期間終了後の成果としては、開発したマテリアルフローを活用したところ、小型家電のニッカド電池にはカドミウムや水銀が含まれており、それらは一般廃棄物に混入していることが判明した。小型家電を収集して安全処理するアプローチを考え、秋田県大館市の同和鉱業株式会社（現 DOWA ホールディングス株式会社）で実証実験を開始した。対象小型家電は MD、ラジカセ、携帯電話の充電器、AC アダプターなどである。一般廃棄物に混入してしまっている問題物質の処理実験を「小型家電リサイクル実験」として実施していることだけでなく、一般廃棄物に問題物質が混入しているという事実を広く世間に知らせることも、不測の被害や、事後の多大な処理費用を回避するためには重要である、と指摘された。このように社会的に認知されている問題物質マテリアルフローを明らかにし、その成果を社会実験に応用しており、社会的な波及効果は十分にあると期待できる。

研究代表者は本研究の成果をもとにして、VOC については NEDO 有害化学物質リスク削減基盤技術研究開発（平成 16～20 年度）において、排出削減支援ツールを開発した。一方、PCB については、処理処分技術の調査と適性評価を行った。平成 16 年から PCB を処理する計画が国において策定され、現在は日本環境安全事業株式会社法（平成 15 年）にもとづいて、JESCO（日本環境安全事業株式会社）が処理している。ただし、処理の方法としては、本研究で主張した高温法（焼却）ではなく高コストの化学分解法が採用されている。これらのように、選択した問題物質群の処理という限定された部分ではあるが、社会への実装が実現しているものも見られる。これは、選択した問題物質群が広く認知されたものであることも功を奏していると思われる。

なお、研究開発期間終了後、英文論文・会議録等18件、和文論文・会議録等75件、書籍報告書等5件を発表しており、8件の特許出願をしている。新聞報道等においても26件が取り上げられている。また、科研費5件を含む合計7件の助成を獲得している。

2.5.3 科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果

本研究は、成果を基にした活動が発展的に継続され、社会への活用が図られており、今後の貢献が見込まれ、一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

本研究では、環境規制物質のマテリアルフローを初めて作成し、物質の動きをある程度定量的に理解し、説明できるようになった。特に、本研究で対象としたマテリアルは、環境規制物質であるため量が少なく、以前は関係者が情報を公開したがない物質であったが、PRTR 制度が発足した直後のためデータの収集が可能になり、マテリアルフローデータを用いることで定量的に説明できるようになった。環境規制物質という重要な問題物質のフローを初めて作成し、その対象を拡大するとともに、定量的な精度も高めている。また、単に環境汚染対策だけでなく、物質の資源制約に対応するシステム構築にも役立てようとしている。平成13年4月から実施されたPRTR 制度の追い風があったとは言え、環境規制物質のマテリアルフローを作成した成果が一定の効果をもたらしているとは評価されている。その一方で、PRTR 法をはじめとする問題物質群への規制制度の整備が進んだという背景の方が、本研究に大きな影響を与えたのでは、との指摘もある。追跡調査報告書内には、本研究の結果、「データを公開してきちんと対応する姿勢が当然になった」との記載があるが、PRTR をはじめとする問題物質群への規制制度の整備が進むという背景があったことが大きいように思われる。

環境規制や環境対策には大きな費用が発生するものであり、正確なマテリアルフローデータがないと、環境対策の効果を確保できず、後から対策の追加や強化が必要になってしまう。マテリアルフローデータの把握によって初めて環境負荷物質の最終状態を確認でき、どこまで処理すれば安全か議論できるようになる。本研究開発期間終了後に、NEDO においても有機特定物質物のマテリアルフローを作る動きができたほか、経済産業省がヒ素の問題を業界と国の問題として受け止めるようになり、安定な固定法技術開発が国のプロジェクト（JOGMEC:石油天然ガス・金属鉱物資源機構）としてスタートしている。本研究開発課題の採択以前から、研究代表者はマテリアルフローデータの研究に携わっており、また、本研究の成果が環境規制・環境対策に関して、NEDO や JOGMEC にも影響を与え、研究終了後の国レベルでのマテリアルフロー調査活動の強化などの契機になったとのことである。

追跡調査報告書によると、本研究が契機となってマテリアルフローの研究者が増加したことや、環境問題について、マスメディアによる客観性の乏しい過剰反応の抑制効果を期待できること、マテリアルフローデータの確認によって、不適切なフローと処理方法を指摘できること、が挙げられている。

以上のように、「関係者が情報を公開したがない物質」の存在や、「マスメディアによる客観性の乏しい過剰反応」という社会現象の存在を、指摘したことも注目に値する。

2.5.4 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果を総合的に判断し、本研究は、一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

問題物質の様々なマテリアルフローデータを取得といった、学術的なアウトプットが多くみられるが、国際社会との連携という点で海外の研究機関との交流活動は大いに評価できる。物質循環は複数の国家間の問題であり、さらなる調査結果の公表と政策提言を期待したい。問題物質は細大漏らさず網羅的にリストアップされる必要があり、危険度の格付け、そのフロー、処理の緊要度の順位付けのリスト作成が望まれる。こういった一切をデータベース化して公開すれば、大きな社会的意義がある。循環型社会実現のための大きな要素を担っており、今後の重要性は増大するものと思われる、など、研究開発成果を高く評価し、将来の展開を期待する意見があった。

その一方で、研究開発の余地はまだ大きく、多くの研究者の参入が必要となる、研究の主要目的であった“技術的な視点から完全無害である条件の定義を確立する”という点は未達成であり、さらなる追求が望まれる、また、課題名にある「社会的解決」という観点から、今後問題物質を必要とする社会や問題物質の代替性などについて、社会システム側の構造に視点が広がることが望ましい、といった点が今後の課題として指摘された。

2.6 市民参加による循環型社会の創生に関する研究

研究代表者：柳下 正治（上智大学大学院地球環境学研究科 教授）

研究開発実施期間：平成14年度～平成17年度

*所属については、追跡調査時のものを記載

2.6.1 研究開発課題の概要

(1) 目的

本研究では、科学技術論として開発・試行されてきた「参加型会議」手法を、行政と市民との関係で市民参加が扱われてきた日本の環境政策分野に応用し、市民が社会的意思決定に主体的に参加することで、パートナーシップ型の政策形成の可能性と意義の検証を試みる。

具体的には、市民主体による政策提案を「参加型会議」手法を用いた社会実験によって行い、参加型会議を用いた市民参加・社会的合意形成の方法論を提案することを目的とした。

(2) 研究体制（共同研究グループ／サブテーマ及びそのリーダー）

研究代表者：柳下 正治（上智大学 教授）

廃棄物減量化・循環型社会政策研究グループ リーダー：柳下 正治（上智大学 教授）

廃棄物減量化・循環システム分析研究グループ リーダー：石川 雅紀（神戸大学 教授）

市民参加・合意形成手法開発研究グループ リーダー：広瀬 幸雄（名古屋大学 教授）

(3) 主な研究開発成果

本研究では、ごみ非常事態宣言（平成11年）をきっかけに市民と行政が一体となってごみ減量化に取り組み、3年間でごみ量の26%を削減、埋立て量の52%を削減した名古屋をフィールドとした。名古屋市民の全面的な協力と協働の下に、市民主体による政策提案を「参加型会議」手法を用いた社会実験により行った。具体的には名古屋の市民自らがこれまでの取組を振り返り、「名古屋が目指すべき循環型社会」を議論して社会への提案づくりを行った。この社会実験を通じて、環境分野における社会的意思決定への市民の主体的参加の可能性と意義を検証した。

2.6.2 研究開発成果の発展・活用状況

本研究は、成果を基にした活動が発展的に継続され、社会への活用が図られており、今後の貢献が見込まれ、一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

本研究開発期間終了後、名古屋市から研究代表者らに、「第4次廃棄物処理基本計画」に先立って、市民参加プロセスを本番として実施する依頼があり、「市民が創る循環型社会フォーラム実行委員会」やステークホルダー会議、市民会議参加者など有志が検討を開始した。続いて名古屋市長から「第4次一般廃棄物処理基本計画策定に係る市民参加型会議のあり方」について、正式な検討依頼が出された。名古屋市長からは提案の主旨に賛同する見解と、研究代表者が名古屋市とともに実行委員会を設立して企画・運営すること、参加型会議による提案は基本計画に生かしたいとの回答が得られた。経費は名古屋市が実行委員会に拠出することが決定し、平成14年8月

に「なごや循環型社会・しみん提案会議」実行委員会が発足した。

ごみ問題のステークホルダー会議を構成するセグメントとして8セクターを選定し、各セクターより3名、合計24名とした。会議テーマに関心が高く、参加を希望する市民が参加者となれるように公募市民セクターを設けた。各セクター1名が含まれる8名による3班の討議と、全体討議を使い分けて運営を行った。

平成19年4月の合同会議をもって、名古屋の15～20年先に目指す循環型社会像（シナリオ）をまとめるハイブリッド型会議による議論を終了した。この成果は「しみん提案」の中間報告として5月の実行委員会後に記者発表、その後最終的な「しみん提案」が平成19年9月までにまとめられた。

環境問題には、市民の文理融合型思考・行動様式が求められる。ごみ問題に対処する方策を探るために、ステークホルダーと市民が共に関与するハイブリッド会議を提案し、名古屋をベースに実施された活発な市民参加型実験は、明快な成功事例である。名古屋市と市民が生産的に、協調的に環境問題へ取り組んできた様子が明確に窺え、行政と異なる市民の価値尺度が反映される、参加者の達成感が高まるというメリットが観察されたことは大きな成果といえる。

名古屋市の依頼により、環境問題解決に市民参加プロセスを導入する本番活動が実施され、その活動は採用可能な政策提言にまで結実したことは、高く評価できる。

一方で、今後この成果を活用する場合、政策と市民との間で生じるエゴ・利権などをどのように調整すべきかという具体的な解決策は提示されていない。追跡調査時点において、他の地域、他の問題にまで広がっておらず、適用の方策については課題であるとともに、活用状況も一定範囲を出ていない。社会的な認知度を高め、研究開発成果の波及効果をもたらす方策が望まれる。

ステークホルダーと市民が共に関与するハイブリッド会議の考え方や手法は将来必ず求められるものであると考えられるものの、発展や活用には時間を要するのではないかと、といった指摘もあった。

研究開発期間終了後、研究代表者・共同研究者は、科学技術振興機構・社会技術研究開発センターの事業を含め、7件の助成を獲得している。また英文論文・会議録等6件、和文論文・会議録等38件を発表しており、5件の特許出願をしている。新聞報道等においても42件が取り上げられている。

2.6.3 科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果

本研究は、成果を基にした活動が発展的に継続され、社会への活用が図られており、今後の貢献が見込まれ、一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

以下の点が会議実施の意義として挙げられた。

- ・ 市民会議の参加者は普通の市民の方々だが、きちんと情報を料理し、システムチックな一定の手順を経れば、市民の価値観を反映した政策に展開できることを確認できた。
- ・ 実在の課題である名古屋市の循環型社会の社会意思形成に適用し、採用可能な政策提言に活用できた。

- ・ 市民主体による政策提案を、「参加型会議」手法を用いた社会実験として初めて実際に実施し、多くの改善点と課題を確認できたこと。多くの今後の示唆が得られた。
- ・ この社会実験を通じて、市民の主体的参加の可能性と意義を検証し、参加型会議を用いた市民参加・社会的合意形成の方法論を確立した。
- ・ 地方行政機関が、市民との対等なパートナーシップによる協働の進め方を体験し、その進め方とマネジメント手法を理解した。行政機関が市民の価値観を確認し、社会的な合意形成を導く方法を理解した。

学会や自治体の研修会などで、市民との対等なパートナーシップによる協働の事例として紹介したところ、長野県I市が環境基本計画の作成に使えないか検討し、具体化したら相談に乗って欲しいとの依頼があった。富山県T市からは、交通計画策定に適用の可能性を検討し、見解の打診があった。市民参加の形態と運営について対象地域外からも関心が寄せられている。

また、環境省の環境政策の地域展開に関する市民参加型意思形成のためのマニュアル作成に情報提供した。すでにマニュアル集に入っており、JSTの研究成果として概要が書かれている。経済産業省関連では、原子力の安全性に関する受容性PR活動に利用し、Webで紹介された。

社会の意思決定に、ハイブリッド会議が機能することを実証した点は大きな成果だが、現段階ではまだ潜在的な効果の段階である。プロセスの複雑さやマニュアルへの要望、これらを実現する高度な人材の必要性など、運営上の課題克服法も含めて確立したとはいえない。今後社会に普及する見通しは現状のままではそれほど大きくはなく、「参加型会議の最適化」についての研究が必要と考えられる。

しかし、循環型社会の構築に不可避の命題に道をつけた点が、実質的には安心感のようなものを提供し、今後の効果・効用を約束しているように思われる。住民代表として議会は本来果たすべき役割を含め、本研究が、社会の意思決定手法の高度化という視点で、環境分野での検討をさらに広げて進展することも期待したい。

さらに名古屋市においては、「しみん提案会議」、「なごや環境大学」（「まちじゅうがキャンパス」のフレーズで、制度としての大学でなく、行政、企業、市民団体などが繰り広げる市民講座）が発足、継続して活動し成果を広げている。

2.6.4 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果を総合的に判断し、本研究は、一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

若干の修正点が残されているものの、循環型社会の形成に欠かせない既存社会との接点で、ハイブリッド会議は成功した。プロジェクト後の発展や活用としては「しみん提案会議」などの活動が続けられており、平成20年度から研究代表者を中心に新プロジェクト（科学技術振興機構社会技術研究開発事業「政策形成対話促進：長期的な温室効果ガス大幅削減を事例として」）も立ち上がった。温暖化はごみの問題よりはるかに複雑であり、同様の合意形成が通じるのかが問わ

れるところである。

市民参加は循環型社会実現の鍵となる考え方であり、時間はかかるが着実に進むと思われる。また、本研究で得られた様々な知見を、時間的・空間的制約を踏まえつつ、他の地域に拡大していくとともに、今後は、廃棄物減量の課題に限られない視点を求めたいといった期待が寄せられた。一方、こういった取り組みには、より多くの市民の参加が望ましいが、そこには自ずと限度があり、背を向けたり、参加から除外されたりする市民の離反に、どう対処するか課題も残る。どこまで実行できれば、コンセンサスの形成となったのかを判定する指標や、実行のための要件の提示は重要といった問題提起もなされた。

2.7 既存都市・近郊自然の循環型再生大阪モデル

研究代表者：池上 俊郎

(京都市立芸術大学 教授、NPO 法人エコデザインネットワーク理事長)

研究開発実施期間：平成15年度～平成18年度

*所属については、追跡調査時のものを記載

2.7.1 研究開発課題の概要

(1) 目的

日本の温室効果ガス排出量は、産業部門と運輸部門が約70%、家計部門が約20%、都市と地域の日常生活部門が約10%で、日常生活による影響を軽減するには、技術的解決に加え、ライフスタイルの変革が欠かせない。本研究ではエコデザインによる循環型環境共生都市のモデルを探った。工業都市であり、大阪湾や三方を山に囲まれた地勢といった近郊自然を併せ持つ大阪を対象とし、普遍性をもった循環型都市再生アジアモデルの構築を目指した。

(2) 研究体制 (共同研究グループ/サブテーマ及びそのリーダー)

研究代表者：池上俊郎 (NPO 法人エコデザインネットワーク理事長)

研究チーム1：都市再生エコデザイン手法の確立

チーム代表：池上俊郎 (NPO 法人エコデザインネットワーク理事長)

研究チーム2：大阪モデル実証計画

チーム代表：既存都市：長谷川淳 (株式会社竹中工務店 大阪本店)

近郊自然：池上俊郎 (NPO 法人エコデザインネットワーク)

研究チーム3：環境情報収集・発信

チーム代表：諸岡弘三 (株式会社ダイフク)

研究チーム4：戦略：BY DESIGN

チーム代表：小林信之 (京都市立芸術大学 助教授)、

村田智明 (株式会社ハーズ実験デザイン研究所)

研究チーム5：達成目標：LCCO₂²現状比30%削減達成の補完、地球温暖化防止

チーム代表：山本雅洋 (株式会社大林組本店)、吉田章 (株式会社大林組東京本社)

中尾正喜 (大阪市立大学 教授)

研究チーム6：実行計画：フラットな産業構造の形成—機械仕掛けから生命体利用へ

チーム代表：田中雅人 (大阪ガス株式会社)、北宅善昭 (大阪府立大学 教授)

山田修 (大阪産業大学 教授)、鍋島靖信 (大阪府立水産試験場)

(3) 主な研究開発成果

大阪市中心部の密集既成市街地を「循環型都市再生対象地」、大阪湾岸部の未利用工業用地であ

² ライフサイクル CO₂ の略。建築物の建設から廃棄に至るまでのライフサイクルを通して排出される CO₂ の総量を計算する手法。

る埋立地と隣接する海域を「循環型自然再生対象地」とした。密集市街地のヒートアイランドに対して「COOL HABIT（低温度で住む）」、「GREEN WORK（自然とともに働く）」を提案し、自然エネルギーの最大限利用、ライフスタイルの見直しを通じたクールランド化手法を定量化し、モデルを図面化して具体的な循環型都市再生レシピを作成した。後者は、大阪湾岸部の人工的造成地で、大阪市内に約400ha、大阪府下では計約1200haの湾岸未利用地を対象に循環型自然再生レシピを作成した。また、実証のために部分的原寸プラントを作成し検証した。

2.7.2 研究開発成果の発展・活用状況

本研究は、成果を基にした活動が発展的に継続され、社会への活用が図られており、今後の貢献が見込まれ、一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

本研究は、大阪を中心に循環型社会の実証を試み、6チームを編成して実験を行った点から、取り組みへの積極的姿勢、また環境問題が多くを要素を含んでいる現実を反映していることが伺える。本研究開発期間終了とほぼ同時期の平成18年に、ヒートアイランド対策技術について産学官民が連携・協力するための組織として、任意団体「大阪ヒートアイランド対策技術コンソーシアム（HITEC）」が設立された。会員企業は46社（平成21年9月時点）に上る。研究代表者が理事として、また研究代表者が代表を努めるNPO法人エコデザインネットワークが事務局となって運営に協力しており、コンソーシアムでは5つの検討部会において関連する技術の検討が継続されており、研究開発期間終了後も活動は継続している。

また、研究開発期間終了後の発展・活用状況としては、工場型農業装置「SEASIDE FARM」については、首都圏中心部で異なるタイプの新設計画（完成は平成24年の予定）が進められていることや、中国・西安からの唐大明宮国立遺跡公園戦略基本構想についての講演依頼をうけて唐大明宮国立遺跡公園での総合的都市再編集計画と環境負荷軽減提案を行ったこと、大阪市総合計画審議会でのヒートアイランド対策協議に共同研究者が委員として関与し、本研究での成果に基づきサツマイモ栽培による緑化の効果が提示されたことなど、追跡調査によれば、各チームは研究開発終了後も積極的に活動しており成果が報告されている。しかしながら、エコデザインによる「循環型都市再生アジアモデル」の構築という視点からは、循環型社会構築への道筋が曖昧なところがあり、いまひとつ成果のまとまりが見えない。

また、各研究要素は既存のテーマに近く、個々の技術進展は認められるものの、大阪特有の条件を踏まえたトータルで定量的な効果的環境対策が得られたとまでは言い難い。研究開発成果の発展・活用の観点では、大阪市役所のフォローがあるものの、アジアモデルの展開には至っていない。精力的に講演を行っていることは認められるが、今後、実装までの具体的プロセスを示しつつ、普遍性を持った環境問題解決策を、コンソーシアムの活動を通して提示される等、今後の展開に期待したい。

本研究は、文理融合によるエコデザインの概念からの都市再生モデルの形成実現を目指した点は評価できるものの、大阪に限定した循環型都市再生モデルの構築については、提案は行われているが十分に実証化されておらず、社会的な効果は限定的といえよう。

研究開発期間終了後には、英文・和文論文23件、4件の特許、5件の意匠を出願している。新聞報道等においては10件が取り上げられている。獲得した主要な助成は15件である。

2.7.3 科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果

本研究は、効果・効用もしくは波及効果と考えられる第三者または社会に対する影響は評価時点ではほとんど認められず、社会における効果・効用及び波及効果は限定的と評価する。

前述したように、研究開発期間終了後にヒートアイランド対策技術について産学官民が連携・協力するための組織として、「大阪ヒートアイランド対策技術コンソーシアム (HITEC)」が設立されるとともに、大阪市総合計画審議会でのヒートアイランド対策協議への委員としての参画など、ヒートアイランド対策への取り組みは大阪府を中心に、本研究実施者らが主体となって活動は継続しており、本研究がきっかけとなり、波及効果として大阪のヒートアイランド取り組み支援事業へと繋がっている点は評価できる。ただし、他地域においても実用となる普遍性をもった成果が多いとは言えず、社会実装面での発展は少ないのではないかと懸念されている。しかしながら、「ヒートアイランド現象」自体は都市部にとっては深刻な問題であるため、まずは大阪をモデルとして今後も継続して問題解決に取り組むことは意義のあることであり、その解消法の一つとして下水道を活用するという発想は、条件次第では現実的な方法かもしれない、との意見もあった。

本研究では、既存都市とその近郊自然を再生するケースとして大阪を取り上げ、循環型都市再生アジアモデルの構築を目指したが、結果として、大阪固有の問題に取り組むのか、アジア共通の問題に着目するのか、どちらかにした方がまとまった成果になると指摘された。実際には問題が多様であったために力を分散せざるを得なかったものと思われる。その結果、成果の効果・効用が限定的になった憾みがある。即ち循環型社会構築に目標が絞れなかったため、インパクトが薄れた印象を受ける。また、循環型社会構築への道筋があいまいなところがあるため、その点が成果の広がりには制限となっていると想定され、残念な点である。

本研究対象地域である大阪において実証研究を行ってきた成果としてのエコデザインによる循環型社会の形成の地域モデルから、普遍性を持ったアジアモデルへの拡張適用に関しては、十分な波及効果があったとは言いがたい。今後は、アジア共通の問題の抽出や、アジア地域固有の因子等を踏まえた分析が必要と思われる。

2.7.4 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果を総合的に判断し、本研究は、研究開発成果の発展・活用は限定的と評価する。

本研究開発期間終了とほぼ同時期の平成18年に、ヒートアイランド対策技術について産学官民が連携・協力するための組織として、「大阪ヒートアイランド対策技術コンソーシアム (HITEC)」が設立され、研究終了後も活動は継続している。また、工場型農業装置「SEASIDE FARM」については異なるタイプの新設計画（完成は平成24年の予定）が進められていることや、中国・西安

からの唐大明宮国立遺跡公園戦略基本構想についての講演依頼をうけて唐大明宮国立遺跡公園での総合的都市再編集計画と環境負荷軽減提案を行ったこと、大阪市総合計画審議会でのヒートアイランド対策協議に共同研究者が委員として関与し、本研究での成果に基づきサツマイモ栽培による緑化の効果が提示されたことなど、各チームは積極的に活動しており成果が報告されているものの、いまひとつ成果のまとまりが見えない。

以下、本研究に対しては、エコデザインという言葉を使いながらも本研究実施者らはなお大阪を中心にヒートアイランド対策で活躍されており、今後、大都市の環境問題解決策を提示できるようになることを期待するといった意見や、既存都市とその近郊自然を再生するケースとして大阪を取り上げ、循環型都市再生アジアモデルになるものとしているが、結果として、大阪固有の問題に取り組むのか、アジア共通の問題に着目するのかという点で、どっちつかずになった感がある。大阪と特定していながら、地域住民・自治体の係わりが見られないし、かといってアジア地域に固有の因子が十分に考慮されているようにも思われないうといった指摘もなされた。

2.8 サステナビリティ指標としての物質・材料フロー

研究代表者：長坂 徹也

(東北大学大学院環境科学研究科 環境創成計画学講座

ライフサイクル評価学分野 教授)

研究開発実施期間：平成15年度～平成18年度

*所属については、追跡調査時のものを記載

2.8.1 研究開発課題の概要

(1) 目的

「循環型社会形成推進基本計画」(平成15年3月閣議決定)で示された資源生産性、資源の循環利用率、最終処分量の数値目標等を達成するには、材料や製品のマテリアルフロー分析 (Material Flow Analysis : MFA) と、それらに含まれる化学物質のサブスタンスフロー分析 (Substance Flow Analysis : SFA) が必要である。MFA 研究の最も直接的なアウトカムは、資源の消費と需要の構造および国際的な物質バランスが定量化されることで、フローデータの分解能の向上により、二次資源の発掘、産業間の物質の配分と循環の構造、循環型社会への転換の可能性と課題を明確化できる。本研究では、サステナビリティ策定のための基礎データとして使うために、MFA/SFA 分析手法の高度化、表現と分析手法の確立を図ることを目的とした。

(2) 研究体制 (共同研究グループ/サブテーマ及びそのリーダー)

研究代表者：長坂徹也 (東北大学 教授)

総括研究グループ

リーダー：長坂徹也 (東北大学 教授)

MFA データ分析グループ

リーダー：井島清 (独立行政法人物質・材料研究機構)

SFA データ分析グループ

リーダー：黒田光太郎 (名古屋大学 教授)

資源・循環産業連関分析グループ リーダー：中村槇一郎 (早稲田大学 教授)

(3) 主な研究開発成果

(i) WIO-MFA モデルの開発

廃棄物フローと廃棄物処理活動を明確に示す WIO (Waste Input-Output : 廃棄物産業連関分析) を開発した。WIO-MFA モデルは、産業連関分析に加え廃棄物のフローも考慮した MFA 分析モデルで、5種類の量産金属 (鉄、アルミニウム、銅、鉛、亜鉛) とそのスクラップおよびフェロアロイ (合金鉄) 等について MFA を実施した。さらに本モデルに時間軸を与え、時間遅れで発生するリサイクルも考慮した「動学化モデル」の基礎を確立し、「動的な社会ストック量とその組成」を予測した。

(ii) 各種 MFA/SFA の実施

- ① 国内 MFA データの整備：素材製造、一次加工、製品製造、使用のように、各プロセスでの物質質量として扱うことで、同じスタイルで表し比較が容易に行えるようにした。
- ② ベースメタルおよび元素別の MFA : MFA を用いて、中国の冷鉄源蓄積状況把握のため

めの「見掛け国内鉄鋼蓄積増分量」の推計、磁気を利用して鉄鋼スラグからリンを分離回収する場合の経済影響と環境負荷低減効果の検討等を実施した。

- ③ 使用済み携帯電話のフロー分析：有害物質と希少資源に関する SFA を実施し、使用済み携帯電話の退蔵や拡散により、フロー上での追跡が不能または収支の実態把握が困難となる場合が相当あることを明らかにした。効率的な資源回収と有害物質の拡散を抑制するために、使用済み携帯電話の回収システムを整備する必要性を示した。

2.8.2 研究開発成果の発展・活用状況

本研究は、成果が社会実験等を通じて発展するとともに社会に活用され、貢献が認められており、十分な研究開発成果の発展活用があると評価する。

本研究の中で実施した使用済み携帯電話のリサイクルフロー解析において、退蔵や拡散により、物質フロー上での追跡が不能もしくは収支の実態把握が困難となる場合が相当あることが明らかとなり、SFA を行うためにはまず使用済み携帯電話の回収システムを整備する必要性が示された。それを受けて、共同研究者である中野教授は、兵庫県（農政環境部環境管理局環境整備課）や通信事業者等との連携事業として、平成21年に携帯電話回収の実証実験を行うに至った。有益な「資源回収と有害物質の拡散抑制」のために使用済み携帯電話の回収システムの整備が重要とされ、その実証実験が行われたことは評価できる。

また、NEDO の平成20年度調査研究事業として「未利用資源からのリン、カリウムの省エネルギー型回収技術開発の先導調査」が行われ、研究代表者は調査内の検討委員会の技術検討会サブリーダーとして参画している。この先導調査において、未利用資源としてのリンは下水（二次処理水、汚泥およびその焼却灰）、鉄鋼業（製鋼スラグ）に回収可能な形で存在しており、これからの回収技術確立が重要とされた。それを受けて、NEDO の平成21年度省エネルギー革新技術開発事業に「製鋼スラグの全量高炉循環化のための事前研究」（委託先：JFE スチール）が採択され、研究代表者が所属する東北大学が再委託を受けている。この事前研究は、製鋼スラグを高炉に戻し、残留鉄分の回収と高炉投入石灰の削減を意図するものである。そのためには製鋼スラグに含まれるリンを不純物として除去する必要があるとあり、本研究で提案された磁気を用いたリンの分離技術が有効な方策とされ、経済性が検討されている。

このように個々の物質について、リンの回収、携帯電話の回収など社会システムへの取り組みが検討・実験されており、社会での活用に向けた効果として認められる。

また、本研究において開発された WIO-MFA モデルについての精緻化という点においては、「廃棄物産業連関・MFA 研究会」として、東北大学、早稲田大学、国立環境研究所等を中心に学術的な検討が継続されている。モデルに適用するマテリアルの拡張やデータの更新は国立環境研究所で検討されており、本研究開発期間終了以降は金、銀、スズ、コバルト、プラチナ、パラジウムなどに適用されている。資源制約が明確になる社会状況下、WIO-MFA モデルの研究が継続されるとともに、有効性も高まっていると思われ、対象物質の拡張と精緻化が進められていることは高く評価できる。追跡調査の時点での広がりとは言いえないが、将来展開は十分なものが期待

される。今後広く社会でモデルが用いられるためには、成果の活用を図る手段の検討が望まれる。本手法を使用できる機関が限られる可能性があるため、解析結果をデータベースとして公開するような仕組みを作ることで、本研究開発成果は産業界や社会において活用できるのではないかとの、意見もあった。

研究開発期間終了後、英文論文10件、和文論文73件、書籍・報告書等を3件発表している。また、新聞報道等においては17件が取り上げられている。研究開発期間終了後、研究代表者・共同研究者は、科研費を含む10件の助成を獲得している。

2.8.3 科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果

本研究は、効果・効用もしくは波及効果と考えられる第三者または社会に対する影響が認められ、一定の効果・効用がもたらされていると評価する。

研究開発期間終了後の、平成20年には、産学官の関連事業者等が集まり、オールジャパンレベルでのリン資源リサイクルの推進について、戦略的・総合的に協議する「リン資源リサイクル推進協議会」が設立された。研究代表者は設立発起人の一人で、大阪大学の久大教授とともに重要な核となっており、国土交通省、経済産業省、農林水産省、環境省もこの協議会を支援し、4省を横断した啓蒙と協議の場が作られるに至った。下水汚泥等、家畜糞尿等、製鋼スラグ、含リン廃棄物からのリン資源の回収技術が検討課題となっており、製鋼スラグからのリン回収技術に関しては、研究代表者が実質的なリーダーとなっている。また、上記したが、NEDOの平成21年度省エネルギー革新技術開発事業に「製鋼スラグの全量高炉循環化のための事前研究」が採択され、研究代表者が所属する東北大学が再委託を受けており、リン分離の実用化検討が行われるに至っている。リン資源の枯渇が注目される背景で、製鋼スラグからのリン分離技術の実用化に向けた検討がなされるとともに、関係する複数省庁横断的な協議会が設置されるなど成果の実装にむけた拡がりを見せていることは高く評価できる。

研究開発がもたらした効果については、特にリンに関して明快であるが、WIO-MFAモデルそのものが物質循環全体を見渡すことのできる「普遍的なツール」になり得ると考えられ、大きな可能性を期待させるものであり、今後波及して効果が飛躍的に増大すると思われる。ただ、そのためには、追跡調査においても指摘されているように、時と共にパラメータの更新や、産業データの入手などの努力が求められ、それをどのように実現するか、などの課題を残しており、モデル適用の手法の改善が鍵になるかもしれない。

2.8.4 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果を総合的に判断し、本研究は、一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

有益な「資源回収と有害物質の拡散抑制」のために使用済み携帯電話の回収システムの整備が重要とされた結果、本研究開発期間終了後にその実証実験が行われるとともに、NEDOの省エネ

ルギー革新技術開発事業の中でリン分離の実用化検討が行われるに至っており、社会システムへの取り組みが検討・実験されており、社会での活用に向けた効果として認められる。またリン資源の枯渇が注目される背景で、関係する複数省庁横断的な協議会が設置されるなど成果の実装にむけた拡がりを見せている。

本研究開発課題については、短兵急な実用化を求める評価姿勢ではなく、従来手法と比べて成果の革新性と長期的なインパクトの大きさから評価するという本来のあるべき視点から鑑みると、本研究は総合的に高く評価できるとの指摘や、本研究の成果は極めて重要であり、海外への影響も含めて、大きな波及効果が期待されるが、効果は大きいものの、活用にはいくつかの障壁があり普及は予断を許さないため、モデルの利用者の立場からの利便性を備えることが望ましい、との指摘もあった。また、各種物質について MFA/SFA を行うことにより、物質循環のどこが問題であるかを具体的に示すことができるようになったことは評価できる。他方、物質・材料フローの解析を進めることによって、サステナビリティ指標をつくるということはなされておらず、課題名にある「サステナビリティ指標としての」は単なる枕詞になっている。物質に関心が集中しているが、サステナビリティ指標を謳うのであれば、エネルギーの解析もフローデータに取り組むことが望ましかった、との指摘もなされた。

2.9 いわて発循環型流域経済圏の構築に関する研究

研究代表者：両角 和夫

(東北大学大学院農学研究科 資源生物科学専攻 資源環境経済学講座 教授)

研究開発実施期間：平成15年度～平成18年度

*所属については、追跡調査時のものを記載

2.9.1 研究開発課題の概要

(1) 目的

本研究では、分水嶺から沿岸までの流域、あるいは山から海に至る複数の市町村を含む経済圏で、生活上の一定の関連を持つ地域を「循環型流域経済圏」として、自然生態系を損なうことなく、地域資源の持つポテンシャルを最大限引き出せる社会を想定している。未利用資源の総合利用を進め、地域資源のポテンシャルを最大限引き出し、エネルギーや食料の自給率向上を図り、地産地消の仕組みを構築することで、ゼロエミッションを達成することを目指している。

本研究は、岩手県の県北の葛巻町、県南の旧胆沢町（現奥州市）および住田町・陸前高田市（気仙地区）を実際の研究フィールドとして、「循環型流域経済圏」の構築・運営に必要な社会技術の開発と実証を目的とした。

(2) 研究体制（共同研究グループ／サブテーマ及びそのリーダー）

研究代表者：両角 和夫（東北大学 教授）

地域マネジメントグループ

リーダー：両角 和夫（東北大学 教授）

導入プロセスの理論モデル形成と評価グループ

リーダー：戸村 信夫

(株式会社循環社会研究所)

社会経済システムの構築グループ

リーダー：武石 礼司（富士通総研）

(3) 主な研究開発成果

(i) 岩手県の3地域では、いわて銀河系環境ネットワークと地域住民との協働により、林業では間伐材の問題、畜産業では家畜糞尿の問題、農業では転作田の問題、水産業では海の「磯焼け」の問題が抽出された。

(ii) 地域イノベーションのビジネスモデル設計と評価として、環境負荷を与えない新技術あるいは要素技術として、岩手県葛巻町ではメタンストック技術の導入、奥州市では米によるエタノール燃料の製造、気仙地域では海中林の造成についての技術開発と評価を行った。また、地域のイノベーターの調査を通じて、ビジネス化に向けた技術的課題、販売戦略面での課題を整理した。

(iii) 地域イノベーションに必要な社会経済システムの検討として、地域の社会経済システム形成に効果的と思われる地域通貨、行政の役割、住民の共同体意識の効果を調査し、多様な主体が集い、参加できる仕掛けとしてのプラットフォーム構築が重要であるとの結論を提示するとともに、本研究でのいわて銀河系環境ネットワークの一連の取り組みの

プロセスを6段階に整理し、各段階で取り組むべき検討事項をまとめ、「地域再生ガイド」の構成案として提示した。

2.9.2 研究開発成果の発展・活用状況

本研究は、成果を基にした活動が発展的に継続され、社会への活用が図られており、今後の貢献が見込まれ、一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

本研究においては、「循環型流域経済圏」という研究対象フィールドを岩手県の3地域に設定して、循環型経済圏の形成、地域イノベーションの創出、地域経済システムのあり方などを実際に検証し、バイオマス利用をはじめ、対象地域に根ざした具体的な成果が見られている。きめ細かく地域に対応して、多くの方法論を蓄積している。

研究開発期間終了後、本研究の共同研究先である株式会社循環社会研究所が、農林水産省からの委託事業として「バイオマスタウン構想策定マニュアル」(平成19年)を作成することとなり、本研究で提案した「地域再生ガイド」での検討内容が反映されるなど、成果が活用されている。また、科学技術振興機構 社会技術研究開発事業「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」研究開発領域にて、「東北の風土に根ざした地域分散型エネルギー社会の実現」を平成20年10月より実施することとなり、本研究の範囲ではなし得なかった「社会システムの構築」に向けた取り組みを行うこととなった。当初は5年間(平成25年まで)の予定であったが、「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」研究開発領域が目指す研究開発目標の趣旨から外れ、中間段階の平成21年度で終了するに至ってしまった。

以上のように、一部途中終了したものもあるが、研究開発期間終了後も活動に進展が見られ、対象地域においてさらなる展開が期待できる点は高く評価される。また、岩手という地域限定ではあるものの循環型地域再生モデルの意識を高めたことは意義があり、かつ上記のような継続的な活動を行っていることは評価できる。しかしながら、本研究における成果については、「循環型流域経済圏」の構成の一部になっていると評価はできるものの、循環型社会構築という点においては、まだまだ遠いものと思われる。発展状況も一部の地域がビジネスとして導入を考えていたようであるが、構想としての導入とは判断し難い感がある。個別の技術、個別のビジネスとしては発展活用の見込みはあっても、限定的と言わざるを得ない、との指摘もあった。また、流域経済圏の概念提言は重要な指摘ではあるものの、各研究要素はバイオマス利用を中心とした既存のものが多く、本テーマで重要な、行政と連携した社会システムづくりの展開についてはまだまだ物足りない、との指摘もなされた。

なお、研究開発期間終了後、英文論文1件、和文論文8件、報告書を1件発表している。また、新聞報道等においては約40件が取り上げられている。

2.9.3 科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果

本研究は、効果・効用もしくは波及効果と考えられる第三者または社会に対する影響が認められ、一定の効果・効用がもたらされていると評価する。

研究開発期間終了後に、本研究で提案していた、分水嶺から海まで横断する地域イノベーションのためのプラットフォームとなる組織として、森林組合、農協、漁協、関連企業など十数機関が出資する任意組合である「気仙産業研究機構」が発足し、地域イノベーション活動を継続発展させており、平成22年の時点の活動としては、炭藻礁の設置による海中林の創出、木炭ガス発電による軽トラック利用が実施されている。

また、気仙産業研究機構が地域イノベーションのプラットフォームの役割を果たすことで、森林組合と漁業組合の定期的な会合が開かれるようになるなど、これまであまり連携が重要と認識されていなかった山（林業）と海（漁業）の連携機運が高まるなど、本研究の成果をもとに、地域内での社会的波及効果が認められる。このように地域に根ざしたプロジェクトが生まれるなど更なる展開を示しているとともに、対象地域に根ざしたシーズも発掘されており、これを基にさらに技術的、政策的波及が見られることは高く評価できる。木炭発電の発電法やその用途などに見られるように、研究開発の対象になった技術は、いずれも新規性は見られないが、個別の重要性は高い。新規性が見られないにも係わらず、研究開発成果の広がりが見られることは地域のニーズに配慮した研究がこれまで余りなされていなかった、ともいえるのではないかと。

本研究は、農山漁村の抱える課題を解決すべく打ち出された手法であるため、都市部に関する問題解決に適用することは難しいであろうが、研究の対象としていた3地域の共通性などを明らかにした上で、普遍性を見出すことが他地域への波及展開が可能となると考える。

2.9.4 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果を総合的に判断し、本研究は、一定の研究開発成果の発展・活用があると評価する。

本研究においては、「循環型流域経済圏」という研究対象フィールドを岩手県の3地域に設定して、循環型経済圏の形成、地域イノベーションの創出、地域経済システムのあり方などを実際に検証し、バイオマス利用をはじめ、対象地域に根差した具体的な成果が見られている。きめ細かく地域に対応して、多くのノウハウを蓄積している。また、研究開発期間終了後、本研究の共同研究先である株式会社循環社会研究所が、農林水産省からの委託事業として「バイオマスタウン構想策定マニュアル」（平成19年）を作成することとなり、本研究で提案した「地域再生ガイド」での検討内容が反映されるなど、成果が活用されているとともに、研究開発期間終了後、研究代表者・共同研究者は、科学技術振興機構の社会技術研究開発事業を含め4件の助成を獲得しており、活動は継続している。

また、研究開発期間終了後に発足した気仙産業研究機構が地域イノベーションのプラットフォームの役割を果たすことで、森林組合と漁業組合の定期的な会合が開かれるようになるなど、これまであまり連携が重要と認識されていなかった山（林業）と海（漁業）の連携機運が高まるなど、本研究の成果をもとに、地域内での社会的波及効果が認められる。

本研究の目的である、風土に根ざした「社会システムの構築」という理想にはなお隔たりがあ

と思われるが、地域活性化をモデル化し、「気仙産業研究機構」の発足や「いわて銀河系環境ネットワーク研究会」との連携など、本研究の継続としての地道な取り組みが行われていることは評価に値する。また、本来的に循環型社会を形成し易い地域を選定し、そこでの地道な活動を進めることによって、社会技術の一つの方向性を示したことについても評価できる。ただし、今後は、地域固有のニーズを技術開発にフィードバックするルートの整備にも力を尽くすことが望まれる。

本研究における実証対象は岩手県という特定した地域であり、本研究で得られた成果は地元以外の地域に適用しようとするモデル化は難しいと思われる。しかしながら、社会技術という視点から見ると、特定の地域のみでしか通用しない限定的な技術があっても良いのではないだろうか。むしろこれまでの古い科学技術的発想では、普遍性、一般性ばかりが強調され、多様な人間環境が無視されてきていると思われる。本研究開発成果からも判るように、多様な地域独自の文化、伝統、人間環境を尊重すれば、特定の地域にしか通用しない技術があってもおかしくはなく、本研究は多様な人間環境を意識した社会技術のあり方、すなわち、エコテクノロジーの実証例としてみなすことができると考える。本研究開発成果から、地域の開発において、いかなる政策的要因が成功へと導かれるのかというスタイルを引き出せば、他の地方自治体への参考にもなると考える。

3. 追跡評価を踏まえた総合的見解・まとめ

ここでは、領域それぞれ課題全体を俯瞰した際に、領域設定に関する課題や各課題設定の考え方、成果の状況などについて、本評価委員会を通じて委員からのコメントを整理したものである。

3.1 「循環型社会」研究領域の課題全体に対する見解

「循環型社会」は、募集要項にも記載されるように、「個々の要素技術を超えて理工学的視点、社会科学的視点の両面から地球環境問題に俯瞰的に取り組む、広義の「循環型社会」についての研究を対象とする」ものである。

物質の循環を可能とする要素技術（自然科学）と、それを社会に実装するためのインフラ整備（社会科学・人文科学）が有機的に結合してこそ初めて、実現し得るものであり、このたび追跡評価を行った平成13年度～15年度に採択された9課題の中には、研究開発課題名には“循環型社会”という大きな視点を掲げつつも、個別技術の開発に重点が置かれ、内容が伴わないと評される課題も幾つか見られた。最近では、研究内容を反映した研究開発課題名となるよう、応募内容については、社会技術研究開発センターにおいて研究開発課題名や内容の修正を採択時に行っているとのことである。

「循環型社会」の構築には、様々な課題の克服が求められるため、開発が3年間では要素技術などの研究から社会実装まで到達することは極めて難しい点は否めない。研究開発期間終了後に継続して社会への実装に向けて尽力されているものも見られるが、結果として、部分的な社会実装に留まっているもの、特定地域における循環型社会の構築には成功したものの、一般化や他地域への展開が見られないものも多く見られた。どのように他地域へ展開・波及させていくのかについては、一般社会がそれらに価値を見出すとともに個々人が新しく見出された解決方法を取り入れて実践する過程を経るものであり、一足飛びにその段階へと進むわけではない。そういう意味では、より行政等の関与が必要になってくることは明らかであり、どのような政策的要因が取り組みを成功に導くのかを明らかにすること、またそれを横展開していくための活動をどのように実施するかが重要になってくると思われる。従い、個別要素・個別技術として特定の地域で適用可能な技術があっても良いが、循環型社会実現を目指すうえでは、調査対象地域での循環型社会構築の成功要因や仕組みを明確にすることで、その枠組みを他の地域で活用することが可能となると考える。

検討経緯

1. 追跡調査の実施

平成13年度採択課題については、平成19年度～20年度（平成20年3月1日～平成20年10月31日）に追跡調査を実施。

追跡調査実施課題

「都市と農村の連携を通じた有機物循環システムの再生」

「マテリアルリース社会システム構築のための総合研究」

「環境格付け指標・格付け手法・情報公開方法の開発」

平成14年度採択課題については、平成20年度～21年度（平成20年11月1日～平成21年9月30日）に追跡調査を実施。

追跡調査実施課題

「都市・地域構造に適合した資源循環型社会システムの構築」

「循環型社会における問題物質群の環境対応処理技術と社会的解決」

「市民参加による循環型社会の創生に関する研究」

平成15年度採択課題については、平成21年度（平成21年9月1日～平成22年3月31日）に追跡調査を実施。

追跡調査実施課題

「既存都市・近郊自然の循環型再生大阪モデル」

「サステナビリティ指標としての物質・材料フロー」

「いわて発循環型流域経済圏の構築に関する研究」

2. 追跡評価委員会の実施

「循環型社会」研究領域（平成13～15採択9課題） 追跡評価委員会 第1回

平成22年10月29日

議事：1. 追跡評価の方針、進め方について

議事：2. 個別課題の概要と成果について

「循環型社会」研究領域（平成13～15採択9課題） 追跡評価委員会 第2回

平成22年12月6日

議事：1. 評価結果のとりまとめの方針、進め方について

議事：2. 個別課題の評価結果と評価コメントについて

議事：3. 総合討論