

戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）

平成 16 年度採択研究開発課題

「循環型社会」研究領域

追跡評価報告書

平成 24 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」研究開発領域 課題の評価結果.....	4
2.1 付加価値を基礎とした環境効率指標の提案とその活用.....	4
2.2 サステイナブル・ユビキタス社会実現のための要素技術に関する研究.....	8
2.3 ボーダーレスサプライチェーンでの逆流通システムの研究.....	13

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「戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）に係る課題評価の方法等に関する達」（平成 23 年 5 月 25 日 平成 22 年達第 115 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」の研究開発領域のうち、平成 16 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 16 年度に開始された研究開発課題の追跡調査については、平成 23 年度に実施している。

評価対象となる研究開発課題は、以下の通りである。

表 1-1 「循環型社会」研究開発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 16 年度	付加価値を基礎とした環境効率指標の提案とその活用	稲葉敦 (工学院大学 工学部 環境エネルギー化学科 教授)
平成 16 年度	サステイナブル・ユビキタス社会実現のための要素技術に関する研究	高岡 美佳 (立教大学経営学部・大学院 経営学研究科 教授)
平成 16 年度	ボーダーレスサプライチェーンでの逆流通システムの研究	林 秀臣 (NPO 法人 エコデザイン推進機構 理事)

*所属については、追跡調査時のものを記載

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」の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」研究開発領域 追跡評価委員

役職	氏名	所属・役職
主査	内田 裕久	東海大学 理事 工学部原子力工学科 教授
委員	岸田 俊二	NEC 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 教授
委員	根岸 良吉	(元)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	百瀬 敏昭	環境ジャーナリスト／東海大学 講師

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16年度に開始された研究開発課題の追跡調査は、終了後3年が経過した平成23年度に実施した。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。

- (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、研究開発終了以降の事業での研究に関連する内容の発展状況、研究の社会・経済的な効果・効用・波及効果について、共同研究者への聞き取り調査もしくは、書面調査を実施。

- (5) 社会の関与者への聞き取り調査

評価対象課題について、研究成果が社会・経済的に及ぼした効果・効用や波及効果について、社会側の関与者数名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

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、「戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）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」研究開発領域 課題の評価結果

2.1 付加価値を基礎とした環境効率指標の提案とその活用

研究代表者：稲葉敦（工学院大学 工学部 環境エネルギー化学科 教授）

研究開発実施期間：平成 16 年度～平成 19 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

環境効率指標は環境負荷量当たりの企業の業績や製品の機能を示す指標として、その有効性が期待され、先進的企業において用いられるようになってきた。しかし、既存の環境効率指標は、環境負荷の集計範囲と付加価値の集計範囲が異なる可能性、あるいは対象企業の業績や製品の機能が的確に反映されていない恐れ、さらに、上記のように環境効率指標の考え方が多種多様に存在しているため、単純な環境効率同士の比較によって誤った評価につながる恐れもある。

そこで、本研究では、分子分母の評価範囲を同一に設定し、分子に付加価値を導入し、分母に各環境負荷量または日本版被害算定型環境影響評価手法を用いて統合化した環境影響を導入する環境効率指標を提示した。さらに、それらの評価を効果的に表現することが、本指標の普及を進めるために必要だと考え、その活用方法も併せて提示することを目指した。

分子の付加価値と、分母の環境負荷量について、一般的な定量の方法論が定まっていなかったことから、本研究において、その算出と活用方法について検討した。

指標の作成にあたり、社会的な各階層に基づいて、個別に指標を作成した。各階層とは、国、産業、企業、製品の4つのレベルである。この各レベルの間での関連性を確認することで、より適切な環境効率についての運用を実現できる事を目指した。

(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 稲葉敦 産業技術総合研究所 LCA 研究センター

-環境効率開発研究グループ（リーダー：稲葉敦 産業技術総合研究所 LCA 研究センター）

研究内容：環境負荷の算定および環境効率指標の算定を担当

-付加価値算定研究グループ（リーダー：水口剛 高崎経済大学 経済学部）

研究内容：付加価値の算定を担当

-環境効率活用研究グループ（リーダー：水野建樹 未踏科学技術協会）

研究内容：環境効率指標の活用方法の検討を担当

(3) 主な研究成果

(i) 企業および製品の付加価値を研究目的に沿って算出

国・産業の付加価値は国民経済計算（System of National Accounts :SNA）や産業連

関表において確立しているのに対して、企業・製品の付加価値に関しては確立した基準は存在しない。そこで、国の付加価値の合計である国内総生産（Gross Domestic Product :GDP）を基点にして、企業および製品の付加価値を研究目的に沿って算出した。それとともに、付加価値会計の考え方を考慮した。

(ii) 産業、企業、製品の環境負荷物質の排出量と資源消費量とそれらをもとにした産業・企業・製品の環境効率指標の算出

各レベル間で関連性を有した環境効率を開発するため、産業、企業、製品の環境負荷物質の排出量と資源消費量を算出した。その際には、各対象の環境・経済両側面のパフォーマンスを反映し、かつ付加価値と環境負荷量の評価範囲が揃っていることを確認する必要がある。各対象のパフォーマンスを適切に評価するために、CO₂、NO_x、SO_x、SPM、有害化学物質、資源、廃棄物を対象とした。有害化学物質は、化学物質排出移動量届出制度の対象物質を導入した。複数の環境負荷物質の排出量と資源消費量を導入する場合には、各環境負荷量を用いることも、日本版被害算定型環境影響評価手法により統合した環境影響を用いることもできるようにした。企業・製品の環境負荷量の評価範囲については産業と同様に設定した。

次に、産業・企業・製品の環境効率指標を算出した。産業レベルは、付加価値は産業連関表を用い、環境負荷量は3EID等を用いて、産業連関表の基本分類ごとに算出した。企業レベルは、公開データを用いる方法と企業の協力によりケーススタディを実施する方法によって算出した。製品レベルは、付加価値およびLCA結果が存在する製品群を対象として実施した。

さらに、各レベル間の関連性を確認できれば、基準との比較によって同一レベル内の各対象のパフォーマンスを評価できる証明となるため、企業の付加価値及び環境負荷量のそれぞれの和が、対象企業が属する産業の付加価値及び環境負荷量と等しくなるかを検討した。

(iii) 環境効率指標の活用、普及に向けての活動

本指標が企業に普及すれば、持続可能な社会へと導く上での大きな推進力となる。企業が環境効率指標を活用する場合には、自社の財務状況の優位性と環境負荷削減努力を表現できることが必要とされることから、企業の環境コミュニケーション担当者、学識経験者、マーケティング専門家、LCA専門家からなる環境効率活用研究委員会を組織し、本指標の活用可能性と発展性を検討する必要がある。実際に環境効率を算出した企業の意見を分析することによって、実務に即した活用方法の検討もおこなった。企業関係者および研究者を対象とした環境効率に関するワークショップを開催することで、多方面から活用方法に関する意見を収集した。

2.1.2 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。

本研究内容は、特に産業界のみならず金融業まで対象とした環境負荷を検討しており、研究結果も定量的に示され、独創性のある優れた研究成果を残していると言える。研究代表者を筆頭に各種審議会・研究部会等の専門家会議での活躍が顕著に認められ、成果展開を国内及び国際社会に対して積極的に図っている様子がうかがえる。また、産業・企業には環境効率の意義を訴え、それに必要な情報を積極的に開示することを求める活動も継続して展開している。

また、本研究成果をソフトウェアとして実装した「環境効率算出支援ツール」の開発・公開及びその普及活動を行い、一部企業の内部評価に利用されるなど一定の社会的な利用が認められる。

さらに、社会的な情報開示の環境が未整備である中で、消費者が製品・サービスの環境負荷に対する理解を深める一助として、研究成果を活用した環境教育への取組みも展開しており、情報発信は積極的に行われている。

しかしながら、本研究で採用された評価指標の普遍性に本質的な限界があり、さらなる発展・活用には幾つかの制約を伴っている。即ち、研究終了後にさらに加速した経済のグローバル化のため、本研究成果の適用範囲を国内のみに留めるのは適切ではなく、LCA で指標を評価する際、海外の資材調達や販売に伴う付加価値が物価水準や為替変動により正しく評価され難い、という本質的な課題が解決されていない。

加えて、個別事業・製品の付加価値については、その公開が企業秘密と抵触すること、消費者からは環境価値として受け入れられないこと（「(付加価値の合計として採用した) 価格が高ければ高いほど環境効率が高い」とする帰結が納得を得られていない）、という両方の側面から、成果の普及に対する阻害要因が認められる。

以上の指摘から、社会への研究成果の展開を十分に発揮する上で取り組むべき課題があり、進展の余地が残されていると言える。本研究者のみならず当該分野全体での一体的な活動が今後望まれる。

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。

研究期間終了後の研究展開のなかで、研究代表者をはじめとする各研究者の発言力も活用しながら、国際的により広く普及させ得る指標の開拓活動も徐々に進められている。研究代表者が環境効率の国際標準規格（ISO14045）策定を主導するなど関係筋での認知度は高く、本研究の波及効果は一定程度あったものと思われる。

また、ドイツの研究機関との研究交流体制の構築など、本研究成果に対する国際的な波及も見られる。

さらに、本研究成果をソフトウェアとして実装した「環境効率算出支援ツール」の開発・公開について、そのライセンス使用は企業など 178 にも達する成果を上げていることから、外部への波及効果が認められる。

ただ、近年の日本企業における環境効率指標の採用が足踏み（減少）傾向にあり、その要因が景気低迷の影響による経営重点の変化もさることながら、企業が指標算出の困難さに比較してその有効性に限界を感じているとも推察され、研究成果の指標評価手法としての重要性は認められているものの、社会の中での影響や波及効果は十分とは言えない。こうした外部環境の情勢に対しては、研究者の努力だけでは難しい部分もあるが、優れた成果を社会に波及させるためにも、情勢に適宜対応した推進活動を継続することが肝要である。

2.1.4 総合評価

本研究は、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、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、社会技術研究開発の進展並びに社会への実装に対し一定の貢献度を有するものと評価する。

付加価値を環境負荷で割ることにより算出される評価指標は、昔から提案・評価され、2.1.2項にて指摘した本質的な限界も当初から認識されていたことでもあるが、国際企業においては企業価値（株価×発行株数）と同時並行で追究し得る環境に関する経営目標として受け入れやすいものであった。しかし、環境活動と無関係に経営の様態や経済要因で大きく変動する付加価値を直接反映する指標は、元々環境のパフォーマンスだけを反映していないという意味で、自己評価以外の目的では広く普及し難い問題を抱えており、上述の本質的課題に向き合う取組みが今後望まれる。

さらに、本指標は同一製品や同一産業内の企業間比較には有効であるが、指標の単純な採用が産業間の（あるいは国家間の）比較には必ずしも有効と言えない。この環境効率指標上では、CO₂排出の多い産業即ちエネルギー多消費産業ほど劣位となり、優位な企業は金融業に限らずなべて第三次産業となる。その結果は一国の適正な産業配置とは相容れないことになってしまう。困難な問題であるが、これを克服する実際に即した研究の途を模索されたい。

加えて、温室効果ガス（CO₂）排出のみに着目した環境負荷レベルの評価は、十分とは言えない。本研究では一方で、多種類の環境負荷物質や資源消費まで含めての LIME 手法による定量化の研究も試みている。データ収集の難しさや統合方法の妥当性を巡っては、なお相当に検討の余地があるが、この方向を推進すべきであろう。

なお、本研究では、「付加価値＝分子／環境負荷＝分母」と定義された環境効率指標が適用されているが、一方でこの分子と分母を逆に配置する定義方法も一般に存在する。両者は逆数関係であるから同様の帰結という見方はあるが、環境効率指標の活用は環境負荷の絶対的低減という循環型社会の目指すところに位置付けるならば、本指標の普及の観点からいずれの定義方法がより適切か、改めて当該分野全体での議論が望まれる。

以上のように、本研究のテーマを巡ってはなお当該分野全体で解決すべき大きな課題があり、当該分野の研究者の精力的な活動と同時に、これを支援する国・公的機関が一体となって取り組む体制・仕組作りが今後重要となる。

2.2 サステイナブル・ユビキタス社会実現のための要素技術に関する研究

研究代表者：高岡 美佳（立教大学経営学部・大学院経営学研究科 教授）

研究開発実施期間：平成 16 年度～平成 19 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

「サステイナブル（持続的）な社会の形成」に関して、生活者の行動を購買・消費行動シーンに限ってみると、小売店の店頭で環境配慮製品や社会配慮製品は売れていない。その理由としては、いくつかの要因が考えられるが、これは生活者の当該製品に対する関心の低さ・配慮意識の低さのみが原因ではなく、適切な「情報」提供（適切な時点・場所において、適切なツールによって、適切な内容の情報を提供する）がなされていないのが、その一因ではないかとの仮説に立って、このプロジェクトを発足させた。

消費者の情報授受後の行動変化にまで踏み込んで、ユビキタス技術・サービスの環境適合性、および社会適合性を評価するという点に、本研究の独創性と新規性があると考えられる。

(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 高岡 美佳 立教大学経営学部・大学院経営学研究科 准教授

-研究総括グループ（担当組織：立教大学 経営学部・大学院経営学研究科）

研究内容：基礎調査、消費行動ナビゲーションの仮説設定、サステイナブル・ユビキタス社会実現のシナリオと政策提言の作成・公開を担当

-消費者行動研究グループ（担当組織：武蔵工業大学大学院 環境情報学研究科 &立教大学 経営学部・大学院経営学研究科 流通経済研究所）

研究内容：消費者行動調査・研究を担当

-循環型社会性アセスメントグループ（担当組織：日本電信電話株式会社 NTT環境エネルギー研究所）

研究内容：循環型社会性アセスメントを担当

-“Eat-Navi”グループ（担当組織：株式会社日立製作所 トータルソリューション事業部）

研究内容：“Eat-Navi”グループ 食品購入時におけるエコ・健康・安心ナビゲーションシステムの研究開発および実証実験を担当

-交通情報による消費者行動アセスメントグループ（担当組織：富士通株式会社 環境本部 環境技術推進統括部）

研究内容：交通情報授受による消費者行動変化調査を担当

-生活行動支援モデル研究グループ（担当組織：株式会社 小田急エージェンシー 情報調査室）

研究内容：調査設計、実施店舗のコーディネート、実証実験実施を担当

(3) 主な研究成果

(i) ユビキタス技術・サービスによる情報授受と生活者行動変化の分析

2回の食品及び交通についての消費者へのアンケート調査を中心に、ユビキタス技術・サービスによる情報提供に対するニーズの有無、環境・健康等の情報授受による行動変化などを解析した。その結果、環境に関する情報は、消費者の購買意思決定因として重視されていないということが分かった。消費者にいかに関外的情報探索行動をとらせるか、いかに環境情報に気づかせるか、更にその環境情報をいかに消費者の購買行動に結びつけるか、という購買行動の変容に関する研究を行う必要があることが分かった。

(ii) ユビキタス技術・サービスの環境影響・社会影響の評価技術の開発

ユビキタス技術の普及によって実現した「ユビキタス社会」を定量的に評価するための指標として「社会うるおい指標」を提案した。本指標は「環境、安全、健康、快適、経済、幸福」という6項目で、ユビキタスサービスを評価するものであり、ケーススタディの結果、この指標を用いてユビキタスサービスを定量的に評価することが可能である事が分かった。また、上記6項目の統合化のための「重み付け係数」を得るため、インターネットを利用した調査も実施した。

(iii) 環境改善効果の高い生活行動ナビゲーションシステムの開発とその実証

2回の消費者行動調査の結果や、各グループによる基礎調査の成果を踏まえて、食品の購買決定時・消費時、および交通サービスの購買決定時における消費者を対象とする次の3つのナビゲーション開発実験を実施した。(1)小売店頭での食品購買決定時における消費者の属性と嗜好性にあわせた情報提供し、食品購買行動をサステイナブルな方向へ誘導するシステム。(2)JR浜松町駅ー東京ビッグサイト間移動における、携帯電話による消費者への交通情報(環境・安全・健康)提供システムによる交通サービス決定調査。(3)冷蔵庫内食品在庫管理情報がメニュー決定時、食品消費・廃棄時にどのような影響を与えるかの実験調査。以上の実験の結果から①サステイナブル情報(環境・安全・健康)はそれ単体の提供では、消費者の行動を大きく変えることは難しい、②しかしながら、消費者の属性や嗜好性をもとにナビ因子を決定し、情報の組み合わせを工夫すること、消費者が欲するタイミングでユビキタスに情報を提供すること、で、生活者を持続的なライフスタイルに誘導するためのナビゲーションの効果がでる可能性が高い、③一部の情報については、ナビゲーション対象者の年齢が高くなるにつれて、情報の適合度があがる、が判明した。

(iv) サステイナブル・ユビキタス社会実現のシナリオと政策提言の作成

「ユビキタス技術・サービス」という生活者にとっての利便性向上を目的とした技術・サービスを対象とし、そのサービスによって生活者が得る効用と環境効率・社会効率とが、ともに増大するような生活モデルを提示し、生活者の欲求に反しない実現性の高いサステイナブル・ユビキタス社会形成のシナリオとしてシンポジウムやホームページ上で提案した。

またサステイナブル・ユビキタス社会実現を加速するための政策として下記を提言し

た。①サステイナブル・ナビゲーション実現の為には(CO2 排出量等の)サステイナブル情報のデータベース構築支援が必要。②社会問題軽減への貢献を定量化できる「社会うるおい指標」の標準化を図ること③循環型社会に資する事象の定点測定等を「社会うるおい指標」を用いて国レベルでのモニタリングを実施すること④このモニタリング結果を、政策やエコファンド等の民間市場評価システムへ反映すること。

2.2.2 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。

ICT 技術を用いて消費者行動に対する測定・モニター・案内を行い、トータルとして正しい認識を持つ対環境行動を促すことを目的にした、先駆的な研究である。こうした「消費者への環境情報ナビゲーション」の取組みは社会的要請が大きく重要であり、行われた実証的な研究成果は今後の参考になる。多くの人々に重要性を認識してもらう意味では大きな寄与があったと評価できる。実際の展開はまだ試行錯誤の段階とみられるものの、いくつかの具体的な実施例へと発展しているのは朗報であり、難しい問題のそれぞれの一角を突き崩しているとの印象があって、好ましい。

本研究は、総合的な研究計画を構築し、各研究グループの独立性と共同研究としての共通性を保ちながら遂行されたものであり、このような行動様式はプロジェクト終了後も研究グループ間での連繋が確実に確保されているように見受けられ、研究グループ構成員の意識の在り方が適切であったと言える。

また、消費者の求める快適・安全などを定量化する手法として開発した「社会うるおい指標」の具体的な活用と精度・信頼性向上への取組みにも進展が見られる。これは多要素・多面的な評価項目の統合的な指標であるため、普遍的な訴求力を持つかはどうかは今後の展開を待たねばならないものの、関心・問題提起的には有益であろう。特に、ネガティブな項目を発見してそれを除去・改善するような利用法は、確実に社会の快適性向上に貢献するものと期待される。

さらに、消費行動面をサポートする「ホームネットワーク」的情報ネットワークの構築に関する取組みについても、まだ未確立な分野ながら有益と考えられる。

一方、ICT は強力な技術であるが、サステイナブル社会の実現に有効に寄与させるためには緻密な背景構築が不可欠であり、本研究においても単独成果に基づく発展・活用は難しく、他の視点も含めた相互乗り入れの形での発展・活用が実態と見受けられる。

また、本研究は大学と企業との産学連携体制で取組まれたものであったにもかかわらず、その後の発展は企業側で単独に進められている印象であり、これに比較して大学側の寄与があまり目立たないのは残念である。各研究グループの要素研究成果がその後の幾つかのプロジェクトで継承して取り組まれているが、社会の中で企業・消費者にその成果が普及するには、学会だけでなく社会への普及・情報発信の努力が一層必要である。

さらには、「製品サービスの CO2 排出量が消費者行動に与える影響は小さい」とする本研究の

実験結果に対し、その普遍性は高くないように思われ、その点では今後の発展・活用に限界があると言わざるを得ない。即ち、近年において補助金等によるエコカーや省エネ家電・太陽発電・燃料電池に対する大きな消費行動が生まれたが、エコ製品の購入が必ずしも消費者のネットの経済的メリットに繋がらないことを考慮すると、むしろ消費者の環境意識は相当高いことが実証されたとも解釈される。従って、上述の実験結果は、消費者への選択対象になった製品の環境性能のインパクトが、消費者にとってあまり大きく感じられなかったためではないか、とも考えられ、当該関連研究の一層の深耕が待たれるところである。

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

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追跡調査時点ではあまり認められず、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。

研究成果の講演や学術書などによる発表実績は有しているものの、社会の中で具体的な波及が認められる活用例は少なく、本研究の特徴であった産学連携の基本形態も十分に機能していない印象がある。

また、ICT 技術の応用という側面での科学技術の波及効果は、特に本研究において注目すべきものはない。

環境影響・社会影響評価技術の効果を6要素に基づく指標にまとめた「社会うるおい指標」は、国際的な共同研究も始められており、国際間での差異と共通性を視野に入れることの意義も大きいと考えられるが、単純ではない社会技術を単純化する試みであり、現時点で直ちに成功とみるのは困難である。

「環境コミュニケーションと購買行動」や「消費者の購買行動の行動心理学的アプローチ」等の大学間連携・産学連携による共同研究の展開も、環境情報の提供が消費者行動にどのような変化を生むか解明する研究に踏み込む意義は大きいだが、消費者の生活背景のみならず性格的・心理的にも多様かつ一様でない行動パターンの分析は一筋縄ではなく困難を伴うものであり、やはり同様に現時点で波及効果が十分示されているとは認め難い。

ICT を活用した消費者への環境情報の提供を「エコ実験村」に適用した事例も、大きな波及効果が期待される取り組みであるが、まだ端緒に就いたばかりであり、その検証には至っていない段階である。

以上のように、本研究は先駆的な考え方に基づくものであるため、現段階では具体的な効果・効用・波及効果が見られるかどうか、またそれがプラスに働くかどうか、という点についてはなお未確定であるが、ICT を活用した環境マインドへの取り組みは今後も重要な案件となることは間違いないと思われ、その途上にあるといえよう。

2.2.4 総合評価

本研究は、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、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、社会技術研究開発の進展並びに社会への実

装に対し一定の貢献度を有するものと評価する。

「生活行動ナビゲーションシステム」の普及・進化は、スマートフォンやタブレットコンピューターの急速な浸透と、平成23年の東日本大震災に伴う原発事故による放射能汚染に対する食品のトレーサビリティ情報の必要等の両面から、より希求され、促進されることだろう。

消費者行動研究・実験の取組みについては、これに留まらず、一般市民を社会環境整備に誘導する教育システムの構築に資する取組みへの拡張が求められる。

正しい情報が市民一般に伝達されているか、同時に市民の情報理解力量の程度が一般的にどの程度か、という点を把握し向上を図ることも重要な課題として存在しているはずであり、それには市民一般の環境問題に対する理解力を深め、同時にあるべき消費行動様式への転換の促進を試みる社会的活動が、循環型社会形成に必要な条件となろう。

効果・効用及び波及効果に関しては限定的と評価したが、本研究の取組みは興味深いものであり、各研究グループ間で連携して継続的な活動を期待したいところであった。この推進のためには、当該分野の研究者の精力的な活動と同時に、これを支援する国・公的機関がその可能性を示し、一体となって社会への浸透を図る必要があると考えられる。

ただ、本研究の課題名に掲げられている「サステイナブル・ユビキタス社会」という用語の持つ意味については、そもそも本研究の目標がユビキタス社会を実現するICT製品のサステイナブル化を図ることではないことは明らかであり、従ってここでの「サステイナブル」の定義が確定されておらず、また現在でも「サステイナブル・ユビキタス社会」が実現すべき未来の姿とされているのかも含め、改めて考え直す必要がある。特に「ユビキタス社会」については、一時は流行語的に流布していたが、世上聞かれなくなりつつあり、既に一般には説明なしでは通り難くなっている。「高度ICTの普及・成功の結果」という見解は正しいと思われるが、必ずしも今後もこの用語に拘っていく必要はないと思われる。

また、CO₂排出削減のみを環境改善の標的としていることにも再考の余地がある。昨今の気候変動枠組条約の締約国会議(COP)合意の実効性のなさに見られるように、世界は気候変動と温室効果ガス(CO₂)排出の関連性に、むしろ以前よりも(リオサミットやCOP3の頃よりも)緊急性を感じ取らなくなっている。例えば、環境負荷・環境汚染という観点からは、放射性物質の方がよほどの緊急性を持っている。(CO₂は温室効果ガスであることは事実で、また有限な資源である化石燃料の消費抑制という必要もあるが)地球温暖化とCO₂の因果関係の再検討に始まって「CO₂排出抑制=環境負荷低減」というワンパターンから脱する方向での研究の展開が望まれる。

2.3 ボーダーレスサプライチェーンでの逆流通システムの研究

研究代表者：林 秀臣（NPO 法人 エコデザイン推進機構 理事）

研究開発実施期間：平成 16 年度～平成 19 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

本研究では、電子機器産業が抱える国際的な環境調和問題を経済的効率も含めて解決し、生産構造と需要構造がグローバル化する時代でのリサイクルシステムの構築に向けた提案を行う事を目的とした。

(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 林 秀臣 NPO エコデザイン推進機構 理事

-総括・サプライチェーン研究グループ（実施機関：NPO エコデザイン推進機構 フランホーファーIZM（ドイツ） 富士通（株） 電子工程設計院（中国） 家用電器研究院（中国） 大連工業大学（中国） 河北工業大学（中国） 嘉興学院（中国））

研究内容：逆流通システム、ビジネスモデル、法制度を担当

-モデル化研究グループ（実施機関：大阪大学大学院工学系研究科 梅田研究室）

研究内容：統合ライフサイクル設計支援環境の構築、モジュール化設計方法論、アジア循環シミュレーションを担当

-設計リサイクル研究グループ（実施機関：NPO エコデザイン推進機構、（株）フジクラ）

研究内容：電子回路のモジュール化技術、部品の小型化技術、山本還元技術の現状調査、電球型蛍光灯のリユースモデルを担当

-接合・分離要素技術研究グループ（実施機関：東京大学大学院工学系研究科 須賀研究室（独）物質材料機構 エコマテリアル研究センター）

研究内容：接合・分離要素技術の研究を担当

(3) 主な研究成果

(i) 流通循環生産システムの提案

市場に流通した電機電子機器のリサイクル業は日本、欧州、タイ、中国の各地域で実現されていない。中国では購買力の低い購買層が多数存在しており、このような購買層に対する製品供給源としての中古機器市場がリサイクル網に深く関わっている。地球規模ではこのような中古機器購買層が多数存在し、このような中古製品の流れを前提とした逆流通システムを構築することはこれらの多数の人々をシステムの当事者として組み込む事に

なる。教育システムとの連携や、法制度を整える事は、中古品から廃棄物へのものの流れを適正化することに繋がる。また中古機器の修理、改良技術を普及させることで、地域の自立性を高めることが期待される。このように市中に流通した電機電子機器の逆流通システムを構築する事は、中古機器の適正な流通と一体化する事により実現できるとの結論を得た。またこの仕組みを構築する場合の技術的側面は、機器の長期信頼性を向上させる部品技術と接合技術、機器のエネルギー効率を改善した部品の置き換え技術、部品構造と設計の技術、使用履歴の記録と追跡技術である。これらの技術を先取りした企業の製品は世界標準として市場に浸透する可能性が高まる。

(ii) 電機電子機器に関わる有害材料規制

世界の多くの規格の制定状況及び関連を調査した。有害物を分離して処理することはリサイクルシステムの構築時に配慮しなければならない。この部分は、国と地域の工業的利害を反映して非常に捉えにくい部分である。しかし、EU規制がドライバーとなっている事は明らかである。

(iii) リユース・アップグレードを可能にするモジュール化設計方法論の提案

モジュール化設計手法は古くから生産性や組立性の向上を目的として様々な研究がなされてきた。本研究では、ライフサイクル・オプションごとに属性が類似する部品群を算出し、その結果に基づいて製品の幾何モデルおよび部品間接続関係を参照しながらモジュール化を行うことで、幾何的整合性を保ちつつ、かつ、リユースやアップグレードを中心とした種々のライフサイクル・オプションへの適性を高め製品ライフサイクル全体にわたる様々な要求を満足させるモジュール構造を導く手法を提案した。この手法は、一部の劣化した部品のみでの交換が可能となる分解容易性、リユース性の高い長寿命機器を市場に供給する為に有効である。

(iv) グローバル逆流通システムのモデル化とシミュレーション

ライフサイクルシミュレーションの考え方に基づき、リスクを用いたモデル化を行った。例として、デスクトップパソコンが、日本から中国（内陸部、および、沿岸部）へ流出する場合を対象とした。結果は、単純な材料リサイクルでは、経済性、環境負荷ともに国内リサイクルより劣る。製品や部品のリユースの場合は、経済性、環境負荷削減の両面で効果を出せる可能性がある。また、逆工程のプロセスが多くなるほどリスクが高まり、その対策としてトレーサビリティの確保が重要な役割を担っており、また、国内での前処理やリサイクルと組み合わせた循環方法により、トレーサビリティの確保、経済性、環境負荷削減効果がある可能性を示す事ができた。

(V) 電球型蛍光灯（CFL）のリユース化の提案

エネルギー消費を節減する手段として白熱電球からCFLへの転換がある。この利用が進むとCFL部品の電子回路が廃棄されるという問題が生じる。本研究では、電子回路のリユース性を高めることで問題を解消し、発展途上地域でも独自の流通網を構築することで、環境負荷の少ないシステムが出来ることを示した。

(VI) 先進的接合・分離技術の提案と実証

易解体・分離技術に関する公開特許からその開発の動向を調査し、今後の技術の方向性を整理した。その結果、手法として 1)機械的締結の解除、2)加熱による解体・分離、3)特定の環境下での分離、といった大きく3つに分けることができた。さらに、接合体にとって最重要である接合界面での現象の特徴から解体・分離技術を調査した。その中で液体金属脆化(LME: liquid metal embrittlement)は、通常延性のある金属が、液体金属と接触することによって延性の減少を引き起こすものである。本研究では、鉛フリーはんだで装着された基板上のチップが液体Gaを用いて分離が可能であることを実証した。このような分離技術はモジュール化された電子部品の部分的交換、再利用の面で非常に有効であり、設計の自由度も高まる。その結果、機器を長く使うシステムの構築には有効である。

2.3.2 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。

本研究における中国との国際的物質循環に関する実証的研究は、野心的なテーマ設定であったと思われ、採択期間中において全体を統合できるまとまりのある研究成果は得られていなかったが、その後の活動によって当初の想定どおり機能しなかった要因が整理されてきている。各研究グループで成果の普及・展開が図られ、相当量の興味深いデータの蓄積がなされており、研究成果をまとめるしっかりした基盤を確立している。

また、本研究の採択期間終了後も各研究者の研究発表や実践活動は活発で、論文の引用も国際的レベルで行われている。セミナー開催などにより、具体的な製品長寿命化やリユース・アップグレードを可能とする設計方法の普及、といった啓発活動も実施している。中国においては活動拠点の構築・運用、また人的ネットワークの形成も日本国内・中国内ならびに両国間で広範に展開されている。

しかしながら、上述の研究成果の基盤が十分に展開・活用されているかについては、それらを反映したカスケードリサイクルとマテリアルリサイクルを組み合わせる新たな国際的な静脈系構築への展開に対し、明快な展望・方向性が得られているとは言えない。また、その活用の現実についても十分な検討がなされているとは必ずしも言えない。本研究における阻害要因が整理された結果、実際の生産活動に先導性を提供するのではなく、かえってそれを阻止しようとする方針に向きかねないと懸念され、研究成果に基づく提言に一層の工夫が必要と考えられる。

また、各研究グループ間の連携が活発でなく、相互作用やシナジー効果が現れていない点も残念である。

中国をモデルケースとしているため地域的な問題もあり、成果の普及には時間を要すると思われる、長期的視点からの展開・活用に向けた活動が望まれる。その一環として、実際研究の成果を集約し、「単純ではない」とされる循環型社会モデルの形成理論に関する著作としてまとめ、体系的に示されることを期待したい。

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、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。

学会・大学・公的機関・企業といった内外の多様な機関から注目され、連繋作業が継続されている状況がうかがえ、そのインパクトは大きいものと評価される。日本のリサイクル・コンサルティング企業の中国進出における活動をサポートした実績からも、波及の効果は認められる。

波及効果は学術論文の形で見られるものが多く、成果の発信はよく行われ、高い評価を受けており、将来的にも成果の効果は期待される場所である。

ただし、前節にも既述の通り、本研究は各研究グループが独立した別次元の活動を展開しており、各研究グループの相互連携によって生まれた効果・効用・波及効果が見られない点は残念である。また、本研究の波及成果として挙げられた幾つかの実績は、本研究単独による直接的な波及成果とは考え難く、別の要因が大きく作用した結果として現れていると見なすべきである。

本研究における活動の本来の目的は、研究のみに留まらず、逆流通システムのあるべき姿の提案にあるはずであるが、この観点に基づく活動が不十分であり、波及効果が限られたものになっているのは残念である。今後、こうした点が改善され、具体的製品のライフサイクルにわたるモデル的な実践が第三者によってどう実現されるかに注目したい。

2.3.4 総合評価

本研究は、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、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、社会技術研究開発の進展並びに社会への実装に対し一定の貢献度を有するものと評価する。

ただ、本研究を構成する各サブテーマ（各研究グループ）は独立的かつ高度・高価な要素技術が多く、相互の有機的な繋がりが薄いため、総合的な動きではなく個別の成果の展開を示しているようである。それぞれがどういう形で途上国を含む国際的なものづくりと物質循環のあるべき姿に寄与しうるのか、本研究で目指した全体像を改めて明確化した上で、各研究グループ間での連携した活動が期待される。またその際、法的環境整備規制との整合、消費者行動の多様性への対応、事業性の確立、といった点をサブテーマ間の横断的な課題として掲げる必要がある。併せて理想的には、企業間で共同研究開発を遂行するグループを組織することが肝要である。このとき、事業採算性に視点が集中しがちな大手企業より、新規研究開発に研究熱心な中小企業に着目し、相応の関連技術を有する企業との連携を確立することが重要ポイントと考えられる。

また、中国における逆流通の現状をまとめたデータが本研究における成果の1つであるが、これだけを基に逆流通の在り方を議論している点で、その後の展開に重要なデータが十分に活かされていないように見える。逆流通の本来のあるべき姿を設定し、それに中国の現状をどう組み込んでゆくべきか、また他の国の場合にはどうなるのか、という着想で本研究を展望し直し、新たな活動に着手されることが望まれる。

「循環型社会」形成の目指す目的には環境負荷低減と資源節約の両面があり、この両面に配慮して最適なリサイクルを実現するのは、原料・製品の流通がボーダレスとなっている現代世界にあっては実際上容易ではない。本研究の進展によってそれが最終的に製品を受容（需要）する地域・国々の社会・経済的条件に大きく左右されることが示されている。本研究からの帰結は、利益拡大を至上命題とする資本主義的生産、即ち市場の拡大＝製品の量的拡大に依拠し廃棄物を増やす方向のモチベーションが内在している様式に対し、修正を迫るものと言える。製品の単線的なスクラップ&ビルドの供給方式では「購買力に合わせた機器」の供給に比べて「廃棄数量は数十倍以上」にもなるとの試算があり、物量を増やすことを前提とした「単純な循環型（リサイクル）社会モデル」は早晚行き詰まざるを得ない。この方向による問題解決は将来的に不可能であり、社会経済的な条件から、法制度さらに時間軸の要素を勘案した研究・モデル構築が必要なことが説かれる。こうした現代社会の情勢において、環境負荷・資源節減を最適化する機器生産・利用を「地球のシステムとしてどう構築するか」とする研究代表者の問題意識は、未来に対して示唆的である。

検討経緯

1. 追跡調査の実施

平成 16 年度採択課題については、平成 23 年度に追跡調査を実施。

追跡調査実施課題

「付加価値を基礎とした環境効率指標の提案とその活用」

「サステイナブル・ユビキタス社会実現のための要素技術に関する研究」

「ボーダーレスサプライチェーンでの逆流通システムの研究」

2. 追跡調査・評価検討委員会の実施

「循環型社会」研究開発領域」研究課題（平成 16 採択 3 課題） 追跡調査・評価検討委員会

平成 23 年 7 月 13 日

議事：1. 追跡調査・追跡評価の進め方について

議事：2. 各研究開発課題の追跡調査方法等について

3. 追跡評価委員会の実施

「循環型社会」研究開発領域」研究課題（平成 16 採択 3 課題） 追跡評価委員会 第 1 回

平成 23 年 11 月 28 日

議事：1. 個別課題の追跡調査結果報告及び討論など

「循環型社会」研究開発領域」研究課題（平成 16 採択 3 課題） 追跡評価委員会 第 2 回

平成 24 年 1 月 13 日

議事：1. 個別課題の評価結果と評価コメントについて