

早稲田大学大学院 環境・エネルギー研究科

# 博士論文概要書

## 論文題目

Environmental improvement methods for Printing  
Service by utilizing multilateral LCA approaches

印刷サービスにおけるLCAを活用した  
環境配慮手法の構築に関する研究

氏 名	申 請 者	
	SHIMIZU	Hirokazu
	清水	宏和

研究科・研究指導  
(課程内のみ)

環境・エネルギー研究科 永田勝也研究室

2012 年 2 月

ライフサイクル・コンセプトに基づく研究は各分野において世界的にも先進的な事例を数多く見ることができるが、印刷関連業界はその将来における必要性を十分に認識できず、業界団体による先導的な取り組みも進展することがなかった。印刷サービスは広く社会生活において重要な役割を果たしてきており、早急な対応が求められてきていたが着手すらできない状態が続いていた。

近年の印刷業界は大小入り乱れての価格競争により弱体化する傾向にあるが、一方で価格や品質といったこれまでの評価軸に加えて環境配慮が新しい訴求ポイントになるケースが見受けられるようになってきた。既存の曖昧な定性評価ではなく、数値的な裏付けのある定量評価が厳しく求められる傾向が散見されるようになってきた。そこで、印刷物製造を中心に環境影響評価を実施するために、LCA を活用した環境配慮手法の開発・構築を推進すべく、“印刷サービス LCA”として体系化を目指すこととなった。

本研究は、 $LCCO_2$  に限定しない幅広い環境影響評価が可能な LCA 統合化指標までを包括する“印刷サービス LCA”を構築し、諸外国での取り組み事例などを参考にしながら、東南アジアをはじめとする新興国への移行及び現地化を対象とする。“印刷サービス LCA”を環境影響評価のツールとして利活用しながら、エコデザインを印刷サービスの設計に根付かせることが最終目的となる。

本論文は 8 章から構成されている。

第 1 章では主に本研究の背景・目的を明確にする。現在の印刷業界では価格が主たる競争軸であるが、新しい打ち手である環境配慮提案を中軸とした印刷サービスの高度化を推進していく必要がある。今まで印刷業界で標準化されてこなかった定量評価手法について、印刷サービス LCA のなかでも  $CO_2$  排出量をベースとする  $LCCO_2$  から、全方向の環境影響領域を取り扱う LCA 統合化指標までについて、国内外向けに体系化することの必要性について述べている。

第 2 章では、海外の主要 47 カ国をアジア・北米・欧州・中東/アフリカの 4 地域に分類し、会社数・従業員数・売上の 3 項目における 2～3 年の推移を比較することで、世界の先進国・新興国の動向を把握する。印刷業のみならず、同産業に深い関わりを持つパルプ・紙・紙加工品製造業についても印刷業と同様に比較調査を実施する。国内市場についても同じ尺度で調査を行い、過去 7 年間の会社数・従業員数・売上の経年比較によるマイナス要因分析を実施する。

第 3 章では、大豆油インキや再生紙の裏付けなき推奨に依る定性評価手法ではなく、LCA 手法を導入した定量評価手法により“印刷サービス LCA”として環境負荷の見える化を体系化する。印刷サービス LCA による算定結果は製品自体の改善のみならず、環境負荷低減への非直接的な貢献となるカーボン・オフセットやカーボンフットプリントにも利用することで、製品及びサービスの低炭素化を推進することもできる。又、環境特性のみならず、経済特性の評価も並

行して実施することで，環境負荷とコストという 2 つの異なる視点から製品及びサービスを検証することが可能となることを具体例により示す．

第 4 章では，日本と欧州を中心に開発された 5 種類（永田研究室の ELP を中心に，産業総合技術研究所の LIME・オランダの Eco Indicator・スイスの EP・スウェーデンの EPA など）の LCA 統合化指標を用いて，包装系印刷サービスにおいてアナログに依らなければならないという制約条件下，即ち紙の使用回避は困難であるという状況での評価手法の検討を実施する．各種 LCA 統合化指標の各インパクトカテゴリーへの重み付けを精査し，地球温暖化・資源消費・エネルギー枯渇の何れかの評価が全体の評価に影響を及ぼしすぎることのないようにバランスよく評価している評価手法を選択する．その結果として，廃棄物問題を中軸としながらも幅広い分野にわたり評価のできる ELP を最良の評価手法として選択し，LCCO<sub>2</sub> 偏重ではない印刷サービス向けの LCA 統合化指標を確立することができた．

第 5 章では，包装系及び情報系印刷サービスにおいて，LCA 統合化指標による評価手法をどのように実践で活用できるのか，実在するケースにより検証を行う．包装系印刷サービスでは，LCCO<sub>2</sub> と ELP による 2 つの評価軸からの環境負荷算定を実施し，その主たる影響要因を特定する．LCCO<sub>2</sub> では紙の影響が第一に挙げられるが，ELP では廃棄物として最終的に埋め立てられることが環境負荷の主因となる．包装物では紙の使用量を極端に減らすことは構造設計の観点から困難を極めることが予想されるので，LCCO<sub>2</sub> ではなく ELP の算定結果をベースとしながら製品の改善案を提案した．その改善案は，新聞や雑誌のように資源ごみとして廃棄しやすくするために易解体性パッケージとして再設計することで，リサイクル性を向上させて環境負荷を低減させるという内容である．上記取り組みの結果として，紙の軽量化を図りながらも，構造設計の変更により耐荷重強度を向上させ，易解体性についても実現するというパッケージの開発に成功した．情報系印刷サービスでは，現在注目されている電子書籍（電子メディア）について，紙に印刷された書籍（紙メディア）との LCCO<sub>2</sub> のみによる比較を行った．具体的なケーススタディとして，米国の代表的な書籍を電子メディアでは iPad を活用した場合，紙メディアはアナログとしての本として利用した場合を LCCO<sub>2</sub> にて評価した．感度分析として，iPad の使用頻度を変更した場合（iPad 製造負荷の一日あたりの負荷が変化）と，小規模サーバー室の空調の負荷率を変更した場合（サーバー室の最大負荷である空調電力使用量が変化）を変動要因として評価を実施した．評価結果として，iPad の使用頻度によっては負荷が低いと想定されていた電子メディアが紙メディアよりも負荷が高くなる場合があることが確認できた．

第 6 章では，日本において確立された LCCO<sub>2</sub> と ELP を柱とする印刷サービス

LCA を，タイ王国のチュラルンコン大学との共同研究を通じて現地化を図り，その過程のなかで大学教科書のカーボンフットプリントの取得と大学に併設される印刷工場のカーボンフットプリント事業所としての認証取得に至るまでの経緯について示す．実際の大学教科書の  $LCCO_2$  では，日本では一般的な生産方法とタイ王国の生産方法による比較や，電気などのユーティリティの排出原単位の相違による比較を実施した．次に，タイ王国でもパイロットプロジェクトが推し進められているカーボンフットプリントの認知度について大学キャンパスの学生及び教職員 100 名を対象にアンケート調査を行い，その結果を基にカーボンフットプリントの周知に関する提案を実施した．カーボンフットプリントに用いられる  $LCCO_2$  による評価では，タイ印刷業界で問題視されているその他の環境問題について正確な評価ができないことから，ELP の現地化についても研究対象とされた．ELP のカテゴリー重要度を決定するために，学生・主婦・印刷業者の 3 グループ別の重み付けをアンケート調査から取りまとめ，タイ王国で収集できる基礎データからタイ王国版の ELP として完成させた．ELP はその他の統合化指標とは異なり，当該国の基礎データを整備して，又当該国の人々のインパクトカテゴリーに対する重み付けを反映させることで，他の LCA 統合化指標よりも現地化が容易であることが最大の利点であると理解された．

第 7 章では，新興国での事例から視座を転じ，欧州の先進国における事例について調査を行う．まず，欧州では GHG プロトコルを組織活動の環境影響評価の基本として考えていることから，この考え方に則した形で作成されている欧州印刷連合会の 13 の算定推奨項目について検証を行う．欧州における基本的な計算方法としては，事業所の年間総負荷から特定のジョブに紙使用量をベースに配分を行う按分方式が主流であり，そのメリットとしては 1 年間に投入又は排出する項目全てを算定対象としやすいということが挙げられる．実在の中小印刷会社の年間投入/排出データから按分方式にて算定した場合と，日本で一般的に行われている積み上げ方式との生産ロット別の感度分析を実施することで，按分方式と積み上げ方式との差異についての検証を実施する．LCA 統合化指標である ELP についても，事業所の年間総負荷から  $CO_2$  排出量と同様の算定を行い，製品ではなく事業活動の ELP として環境負荷の確定を行った．慢性的な人材不足に悩む中小印刷会社での活用を模索したが，積み上げ方式とは大きく評価が変わることから，積極的な活用には慎重を期する必要性があることを確認することができた．

第 8 章では，本研究の結論と今後の展望について記載する．カーボンフットプリント向けの  $LCCO_2$  と，ELP による LCA 統合化指標を中核とする印刷サービス LCA により，エコザインを進化させることのできる環境配慮について総括を行う．