

LCAを用いた北九州エコタウン事業の 環境負荷削減効果の推計

勝原 英治¹・松本 亨²・鶴田 直³

¹学生会員 北九州市立大学大学院 国際環境工学研究科 環境工学専攻 博士前期過程

(〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの1-1)

E-mail:m7650101@hibikino.ne.jp

²正会員 北九州市立大学 国際環境工学部准教授 (同上)

E-mail:matsumoto-t@env.kitakyu-u.ac.jp

³非会員 北九州市立大学大学院 国際環境工学研究科 環境工学専攻 博士後期課程 (同上)

循環型社会を目指した政策の一つに地域ゼロエミッションと環境産業振興を目指したエコタウン事業がある。その中で第一号承認となった北九州エコタウン事業は10年を迎えた。今後の更なる進展のためにもその施策効果の客観的検証が必要である。本研究ではマテリアルフロー分析(MFA)及びLCAを用いてCO₂、資源消費における環境負荷削減効果を推計した。対象企業は北九州エコタウン内に立地する17企業である。推計結果としてはCO₂削減量は年間に約180×10³t-CO₂、資源消費では鉄に換算すると110×10³t分の環境負荷削減効果があることが分かった。さらに、循環資源の搬入、再商品化製品の搬出の距離帯別の輸送過程の負荷に関する分析、環境負荷削減効果の構成項目による考察を行った。

Key Words : Kitakyushu Eco-town, LCA, resource circulation, sound material-cycle society

1. はじめに

近年、循環型社会形成のための様々な政策が実施されており、国、あるいは地域レベルにおいて大きな意味を持つ。この中で循環型社会を目指した政策の一つに、地域ゼロエミッションと環境産業振興を目指したエコタウン事業がある(平成19年度8月現在26地域承認)。現在、1997年の第1号承認(北九州市、川崎市、飯田市、岐阜県)から今年で10年を迎えた。

その施策効果の検証については、エコタウン事業を核としたまちづくりという面からも、またアジア諸国への経験移転という面からも問われている。本研究の対象である北九州エコタウン事業は第1号承認地域の1つであり、全国的にも企業立地数が最多、ある特定地域から北九州全域にエコタウン事業が拡張というような側面をもつ。このような点では成功していると言われる対象事業に、マテリアルフロー分析(MFA)及びLCAを実施しその効果を定量的に客観評価し、今後の更なる発展のための検討・提案などを目的とする。

2. 北九州エコタウン事業の評価手法

本研究では、北九州エコタウン事業の環境負荷削減効

果を定量的に評価するためにMFA, LCAを行った。研究手順としては、北九州エコタウン事業を対象とした既往研究^{1,2)}によるMFA, LCA, 企業に向けて行ったアンケート・ヒアリングデータをもとに、まずは物質収支表の作成を行った。次に物質収支表により得られたデータより、再資源化原料・再生製品・廃棄物の運搬、リサイクル工程におけるエネルギー・資源の使用、廃棄物・排水の排出、再資源化による効果、廃棄物削減効果の各項目における環境負荷をLCA手法を用いて算出した。特に、再生資源として環境負荷削減効果が大きく影響する再生製品の設定は重点的に行った。本研究で評価対象とした企業は、北九州エコタウン内に立地する17企業とし、業種内訳は表-1に示す。なお、企業データはH17年度時のものである。

表-1 評価対象のリサイクル事業

・ペットボトル	・自動車
・家電	・OA機器
・蛍光管	・紙
・食用油	・有機溶剤
・プリンタナーカートリッジ	・発泡スチロール
・医療用具リサイクル	・複合中核施設
・パチンコ台	・飲料容器(2社)
・建設混合廃棄物(2社)	

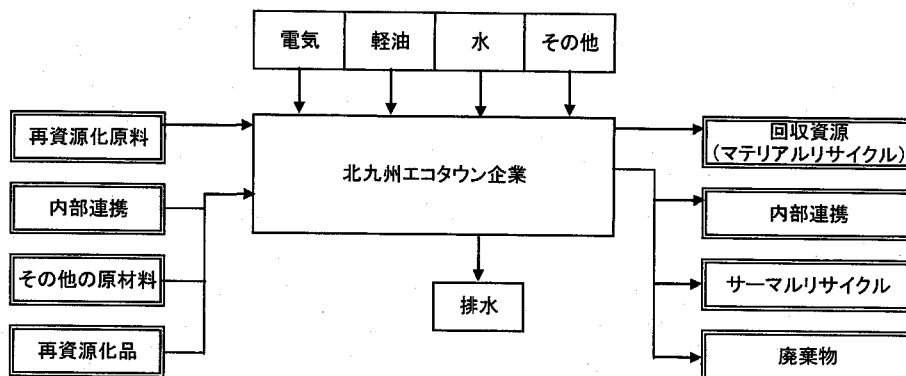


図-1 各企業の物質収支概略図

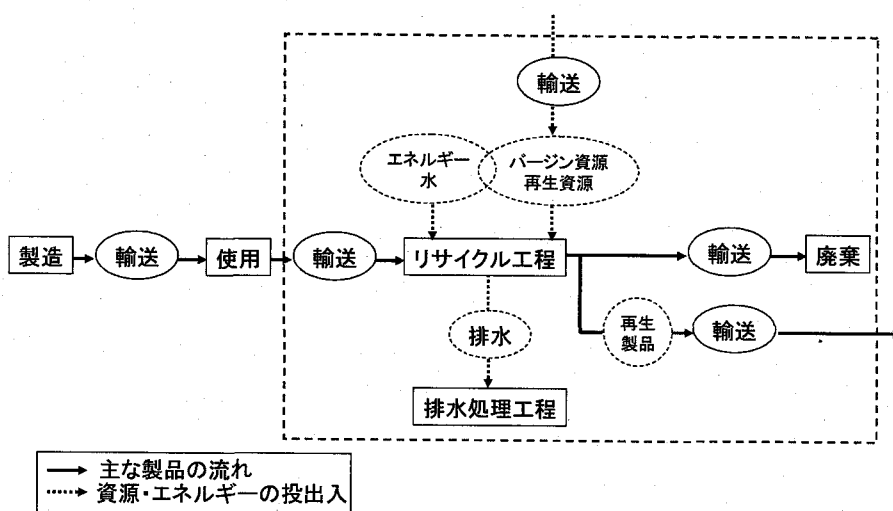


図-2 LCAのシステムバウンダリ

(1) 対象事業の物質フロー調査・分析

物質収支は各社ごとに作成し、得られた結果を集計することで、分析を行う。分析項目をは図-1に示すとおりとし、インプットとして再資源化原料、バージン資源、エネルギーなどの投入、アウトプットとして再生製品、廃棄物・排水の排出というような構成になっている。なお、搬入、排出時の物質ごとの輸送場所（地域）についても、可能な限り詳細に把握した。

(2) 対象事業のLCAの実施手法

a) 本研究におけるLCAの実施概要

本研究におけるLCAを用いた評価は前述で求めたデータを用いて算出した。また、物質フロー調査・分析により得られたデータとは別に、再資源化原料・再生製品・

廃棄物の運搬方法、エコタウンから搬出後の再生製品の使用方法、廃棄物の処理方法などLCAを行う際に必要な情報についても詳細に調査した。以上より得られたデータと表-2の実施概要にあるようなインベントリ分析の原単位、評価指標などを用いてLCAを行った。図-2は本研究の分析におけるLCAのシステムバウンダリ(境界)である。なお、本図の破線部内が評価対象範囲であり、リサイクル工程の部分が、対象となった北九州エコタウンに立地する各企業における処理工程である。

具体的にはリサイクル工程におけるエネルギー・資源の使用や廃棄物・排水の排出等による環境負荷を算出した。また、比較対照システムを設定することにより、従来廃棄されていた物をリサイクルすることによる廃棄工程の削減効果及びリサイクル製品によるバージン資源の代替効果を算出することにより評価対象企業の環境負荷

表-2 LCAの実施概要

対象	北九州エコタウン立地企業17社
インベントリ分析の原単位	建築のLCA、JEMAI-LCA、文献資料 環境情報科学センター提供データ
評価指標	CO ₂ 、エネルギー、NO _x 、SO _x 、資源消費
システムバウンダリ	図-2を参照
評価対象時期	マテリアルフローの月間データをもとに年間推計
フォアグラウンドデータ(リサイクルプロセス)	①ヒアリング、②不明データは業界平均値を利用
バックグラウンドデータ(輸送、廃棄プロセス)	③バランス調整を行い物質収支表を完成
バックグラウンドデータ(リサイクルの代替効果)	①ヒアリング ①リサイクルの代替効果を設定(物質、量) ②原単位を乗じた後、控除

削減効果を把握した。

b) CO₂における評価

近年の環境問題で最も大きく取り上げられる指標として温室効果ガスであるCO₂が挙げられる。そのため北九州エコタウン事業を定量的に評価するため、LCCO₂評価手法を用いた。この結果より環境負荷削減効果として、CO₂削減量を定量的に把握した。

c) 資源消費における評価

従来、循環型社会では資源の有効利用が目的とされている。このため、CO₂だけではなく、資源消費も含めた評価も重要と考えたため、本研究ではこの原単位を採用した。本研究ではCO₂でのライフサイクル評価と共に「資源消費」を評価指標として評価を行った。資源消費の算出式は以下で示される。

$$\text{資源消費} = \sum (\text{材料重量} \times \text{資源枯渇性特性化係数})$$

資源枯渇性特性化係数とは鉄1トンの消費相当に匹敵する資源消費を表す特性化係数として重み付けされたものである。以上より鉄何トン相当の資源使用に匹敵するかが定量評価できる。

3. 評価結果

(1) 循環資源の搬入、再商品化製品の搬出の距離別輸送過程の環境負荷

物質フローの分析により、循環資源の搬入量は年間に約252,000t、再商品化製品の搬出量は約210,000tに及んだ。サーマルリサイクルの燃料として約34,000tが使用されている。距離別輸送過程の負荷分布としても図-3、図-4に表されるような結果となった。図-3から読み取れる結果として、搬入には北九州市内のみならず、福岡県、九州圏内からが多くを占めている。しかし、図-4を見ると、殆どのものは北九州市内に搬出されてい

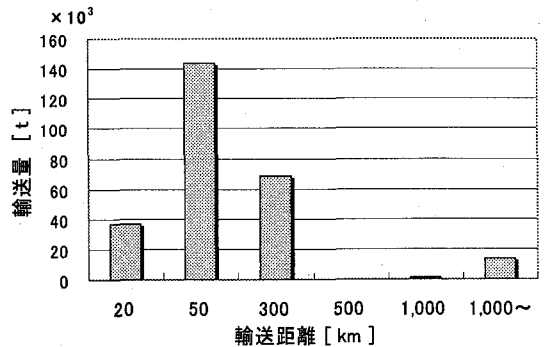


図-3 距離別輸送過程の負荷分布(搬入)

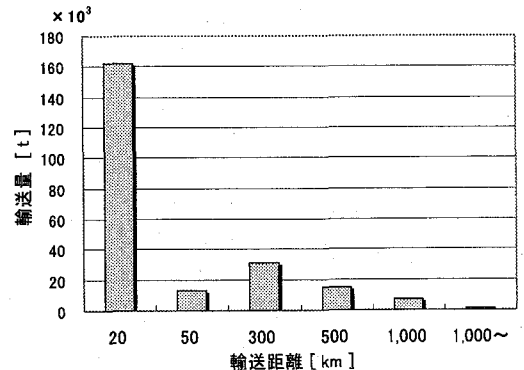


図-4 距離別輸送過程の負荷分布(搬出)

ることが分かる。つまり、北九州エコタウンは北九州市に有用な資源を多くもたらしているのである。

(2) LCCO₂の分析結果

次に、北九州エコタウン立地企業のLCCO₂の結果について述べる。表-3、図-5に示すように各事業に対してLCAを用いることにより環境負荷削減効果を算出した。その結果、年間のCO₂削減量は約180×10³t-CO₂となった。これは北九州市の一年間におけるCO₂発生量の約1.2%、北九州市の産業部門の1.9%に相当することが分かった。(H14年度 北九州市データより比較) この結果から北九州エコタウンの立地の意義があると考えられる。

(3) 資源消費における分析結果

前述ではCO₂での算出効果を求めたが、ここでは資源消費におけるLCAの結果を分析する。表-4、表-5は資源枯渇性特性化係数を用いた資源消費の算出結果である。資源消費は対象品目を鉄を基準1としてどのくらい消費しているかを表すものである。よって、算出結果は鉄が年間に何トン分の消費削減効果、若しくは消費を行ったかを示す。これによると、マテリアルリサイクルの項目では年間に約125×10³の効果、サーマルリサイクルでは約2,800の効果、そして廃棄物処理削減では約4,300の効果があることが分かった。次に、負荷効果としては投入エネルギーにおいては約24×10³の負荷、輸送過程では約1,800の負荷があることが分かった。総計としては約110×10³であった。これは北九州エコタウンは年間に鉄110,000t分の資源消費削減効果があるということである。ここでも、一つの産業集積エリアの成果としては大きな意義を持つことが分かった。

表-3 立地企業におけるLCIの分析結果

ライフサイクルステージ	Energy	CO2	SOX	NOX
	GJ	t-CO2	kg-SO2	kg-NO2
運搬	129,708	8,546	12,491	56,647
リサイクル工程	194,665	13,424	18,068	35,540
廃棄物処理	18,778	1,075	1,025	1,628
リサイクルによる効果	-2,593,363	-203,230	-322,306	-485,407
合計	-2,250,212	-180,185	-290,722	-391,593

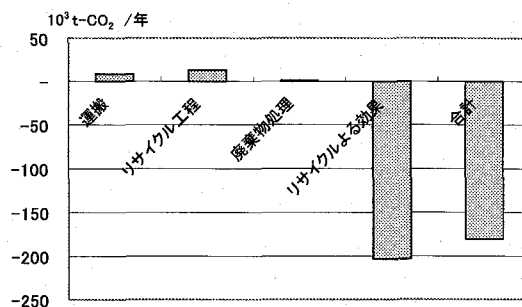


図-5 インベントリ分析による環境負荷削減効果(CO₂)

表-4 資源枯渇性特性化係数を用いた資源消費の算出結果（環境負荷削減効果）

環境負荷削減効果	総合物質量	単位	算出結果
再生資源化(マテリアルリサイクル)	252,004.68	t/年	126,214.08
サーマルリサイクル	33,518.58	t/年	2,818.52
廃棄物処理削減	252,004.68	t/年	4,281.10

表-5 資源枯渇性特性化係数を用いた資源消費の算出結果（負荷効果）

負荷効果	総合物質量	単位	算出結果
投入エネルギー		kWh, l, m ³ , t/年	23,549.21
投入原材料(バージン原材料)	7,596.57	t/年	1.01
廃棄物処理負荷	14,052.97	t/年	238.34
輸送過程での負荷	2,845,175.40 (軽油使用量)	l/年	1,672.96
資源消費の総計			108,222.09

ライフサイクルステージ		Energy	CO2	SOX	NOX
		MJ	kg-CO2	g-SO2	g-NO2
運搬	収集運搬	63.84%	64.85%	64.85%	64.65%
	再生製品運搬	35.29%	34.47%	34.47%	34.47%
	廃棄物運搬	0.88%	0.89%	0.89%	0.89%
	小計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
リサイクル工程	天然資源の使用による環境負荷	5.25%	4.04%	4.27%	3.12%
	リサイクル時のエネルギー使用	94.75%	95.96%	95.73%	96.88%
	小計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	リサイクルによる効果				
リサイクルによる効果	再資源化による効果	85.05%	65.79%	94.08%	93.40%
	廃棄物処理の削減による効果	14.95%	10.56%	5.92%	6.60%
	フィードストック分		23.66%		
	小計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
廃棄物処理	廃棄物	92.68%	92.27%	87.58%	88.77%
	排水	7.32%	7.73%	12.42%	11.23%
	小計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

図-6 インベントリ分析によるプロセス別の環境負荷割合

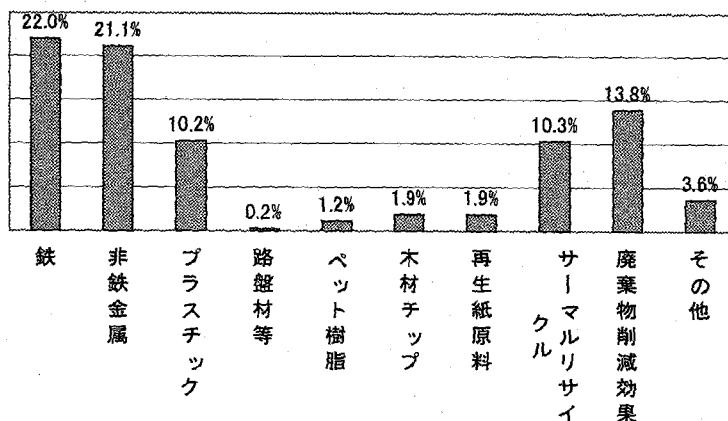


図-7 リサイクルによる代替効果（物質別）

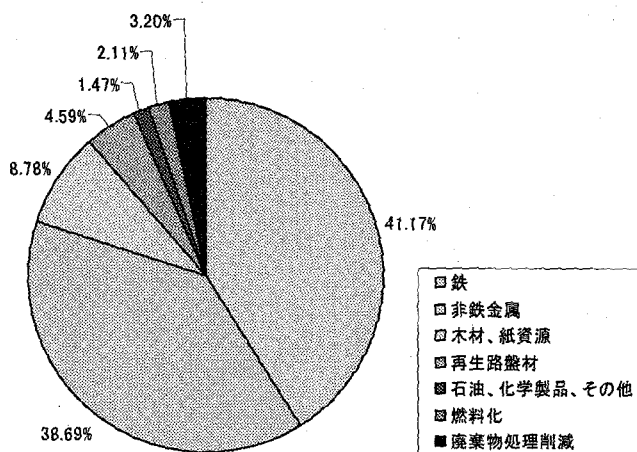


図-8 資源消費指標による代替効果の割合

4. 評価結果からの考察

(1) インベントリ分析による環境負荷の寄与度

本研究ではライフサイクルステージ別に環境負荷、削減効果を求めた。図-6ではその結果における全体の占有割合を示したものである。ここから分かるようにライフサイクルステージ毎の各効果は運搬部門以外は、ほぼ偏った結果となっている。ここから運搬部門をさらに詳細分析し収集運搬部門に注目した。ここでは他の部門と異なり、大きな占有は示していない。そのため、この部分を改善重視項目と考えた。従来静脈産業関連では収集運搬部門には課題が挙げられており、本研究でもその結果を見ることとなった。改善案としては、エコタウン企業間における共同輸送の実施、港を用いたリサイクルポートの活用が考えられる。

(2) LCCO₂におけるリサイクルの資源代替効果の割合

次に、LCIで求めた結果の中から、環境負荷削減効果に寄与しているリサイクルによる効果の部分を注目する。ここでは、この効果の主要構成品目を分類した。結果は図-7のリサイクルによる代替効果の構成を参照。ここから分かることは、効果の大きな要因は鉄や非鉄金属による環境負荷削減効果が大きいということである。北九州市が全国の都市に比べ素材型産業が多いという立地条件が挙げられる。他には金属系のリサイクルの環境負荷削減効果が大きいということも考えられる。

その他にはサーマルリサイクルへの利用等エネルギーへの変換による効果、そして廃棄物削減効果も大きな構成要因となっていることが分かった。

(3) 資源消費指標からみたエコタウン事業の評価

最も大きな効果を算出しているマテリアルリサイクルの中で大きな要因を占めるのは $LCCO_2$ の結果と同様に鉄や非鉄金属である。鉄や非鉄金属はエコタウンへの搬入物質の約37%となっており、この点からも金属素材が大きな割合を占める。 $LCCO_2$ での分析と異なる部分としては投入エネルギーの寄与の大きさである。 CO_2 での負荷を見ても高いことは確かであるが、資源消費で見るとより一層大きな影響を持つ。これは、リサイクルをすることは物質資源の循環としては有用であるが、その半面、このようなリサイクル工程に伴う投入エネルギーに関しては大きな負荷を生じることを表している。

次に図-8に示すのは最も効果が高かったマテリアルリサイクルの算出効果の割合を示したものである。前述に示した北九州エコタウンが搬入する資源の全重量の約37%が鉄・非鉄金属である。しかし、マテリアルリサイクル、サーマルリサイクル、廃棄物処理削減効果の全分析項目の効果で鉄・非鉄金属を見ると、約80%もの効果があることが分かった。

5. おわりに

本研究ではMFAやLCAにおける北九州エコタウン事業の客観的定量評価を行った。LCAにおいては CO_2 での評価だけでなく、資源枯渇性特性化係数を用いた資源消費の点からも行った。これらの分析により、北九州エコタウン事業の環境負荷削減効果があることが分かり、その立地の意義を示すことが出来た。今後の発展としてはエコタウン内の相互連携の強化の提案や共同輸送によるシナリ

オ分析、時系列分析による経年評価、エコタウンの体系的な評価システムの構築などが挙げられる。

謝辞：本研究を進めるにあたりご協力して下さいの方々、情報提供して頂いた北九州エコタウンの企業の方々にここで改めて謝意を表します。

参考文献

- 1) 松本 亨, 鶴田 直, 柴田 学: マテリアルフロー分析と LCA による北九州エコタウン事業の評価, 環境情報科学論文集, pp.157-162, 2005.
- 2) 坂口寿志, 乙間末廣, 松本 亨, 左 健: 北九州エコタウンにおける相互連携調査とマテリアルフロー分析, 平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.943-944, 2006.
- 3) 日本建築学会LCA指針策定小委員会 2003.02.01
- 4) JEMAI(社団法人 産業管理協会) LCAデータベース
- 5) 社団法人環境情報科学センター 資源枯渇性特性化係数 (2007年度版)

ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL BURDEN REDUCTION EFFECT BY USING LCA IN KITAKYUSHU ECO-TOWN

Eiji KATSUHARA, Toru MATSUMOTO and Tadashi TSURUTA

Eco-Town project, aiming to zero emission and promotion of environmental industry, was one of the policies for the creation of a recycling society. As the first Eco-Town approved by Japanese government, Kitakyushu Eco-Town has developed 10 years and will make further progress in the future, therefore it is necessary to make objective assessment for the effect of this policy. In this research, Material flow analysis and Life cycle analysis were used for estimating reduction effect on CO_2 and resource consumption in 17 enterprises located in Kitakyushu Eco-Town. The result shows that in Kitakyushu Eco-town about 180×10^3 t- CO_2 , 110×10^3 of resource consumption were reduced per year. In addition to this, the environment burdens of transportation of carry-in recyclable resource and carry-out of recycled products according to distance range were analyzed. Finally, the constitution of environment burden reduction effect was discussed.