

公共関与の郊外型商業開発への地域性を考慮したLCAの適用*

Application of Regional LCA for Development to Suburban Commercial District of Public Intervention*

栗島英明**・瀬戸山春輝***・玄地 裕****

By Hideaki KURISHIMA**・Haruki SETOYAMA***・Yutaka GENCHI**

1. はじめに

近年日本では、郊外型の商業開発が進められている。大規模な商業開発は、大規模小売店舗立地法によって、交通計画や廃棄物・騒音といった周辺的生活環境への配慮がされているものの、商業活動に伴って生じるCO₂などを原因とする地球温暖化などの地球環境影響についてはほとんど考慮されてこなかった。特に、郊外型商業開発の特徴は、ローコストで低層の大型建築物と広大な平置き駐車場であり、施設のエネルギー効率の悪さや自家用車による来客を引き起こしている。こうした問題を捉える手法としてライフサイクルアセスメント(LCA)の考え方が有効であると考えられる。

LCAはISO14040で国際規格化されており、主として工業製品に対して適用されてきたが、近年では建設分野にも拡大されてきた。個々の建築物については、日本建築学会¹⁾が建築物のLCA計算ソフト・データベースを整備した。土木分野においては、井村編²⁾がインフラのLCAに関する枠組みと数多くの事例についてまとめた。また、加藤³⁾は、建設構造物のライフサイクルインベントリ(LCI)分析について、その課題や各種インベントリデータベースの比較を行った。LCI分析の次の段階であるライフサイクル影響評価(LCIA)については、林ほか⁴⁾が公共交通システムや都市構造改変などを問題比較型の統合化指標である「環境への優しさ指数(EFP)」で行った。

これら従来の研究で指摘されているように、建築物(土木構造物・建築物)は、大量生産される一般製品とは異なり、いわゆる一品生産である。また土木工事は、場所の条件(地形・地質・植生など)によって、工事量に差が生じ、建設機械の使用量等が異なってくる。建築物の運用にあたっては、その地域の気象条件などにエネルギー消費が影響される。そして、今回対象とした郊外型商

*キーワード：LCA、郊外型商業開発、地域性

**正員、理博、(独)産業技術総合研究所 ライフサイクルアセスメント研究センター(茨城県つくば市小野川16-1、h-kurishima@aist.go.jp)

***非会員、工修、東急建設株式会社 建築エンジニアリング部(東京都渋谷区渋谷1-16-14、setoyama.haruki@tokyu-cnst.co.jp)

****非会員、工博、(独)産業技術総合研究所 ライフサイクルアセスメント研究センター(y.genchi@aist.go.jp)

業施設の場合、周辺の交通環境によって来客の交通手段が変化し、商業環境によって商圈が変化する。以上のことから、開発計画に対するLCAを実施する際には、従来の製品に対するLCAにおいてほとんど無視されてきた地域性を考慮することが必要となる。

そこで、本研究では、地方自治体が地域の活性化を目指して郊外型の商業施設を誘致する計画案を事例として、郊外型商業開発の地域性を考慮したLCAによる評価を実施した。

2. 検討した事例

検討する事例は、三重県多気郡多気町で計画されている「クリスタルタウン」事業である。多気町は松阪市の南郊に位置し、長らく人口減少を続けていたが、1995年の大規模液晶ディスプレイ工場の立地を機に増加に転じた。当該事業は、工場立地を機に高まった都市的ニーズを満たすための、町が主導する大規模物販施設の誘致を中心とした商業開発計画である。調査時点では計画の詳細は決定していなかったため、表1のような計画試案を作成し、検討を行った。

評価対象は、クリスタルタウンの土地造成、道路建設、物販施設および集合住宅の建設、建物の20年間のエネルギー・水消費(ユーティリティ)および廃棄物・排水処理、物販施設への来客の自動車利用とした。LCI分析では、環境排出物質として、CO₂・NO_x・SO_x・ばいじん・N₂O・CH₄・COD・T-N・T-Pを、資源消費として、石炭・石油・天然ガス・石灰石を評価物質とした。LCIAでは、日本版被害算定型環境影響評価手法(Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling:LIME)⁵⁾を用いた。

表1 検討した計画試案

種別	面積(延床)	備考
物販施設	19,000m ²	
集合住宅	2,700m ²	RC3階
駐車場	51,800m ²	約1,500台
緑地等	37,400m ²	残存緑地、公園含む
開発面積	102,000m ²	

表2 環境負荷算出に用いたデータの出典

段階	項目	部門	出典
建築	建築資材環境負荷原単位	家庭・商業	日本建築学会(2003) ¹⁾ 、南齋ほか(2002) ⁶⁾ 、瀬戸山ほか(2005) ⁷⁾
	建築物環境負荷原単位	家庭・商業	同上
運用	エネルギー使用量	家庭	住環境計画研究所(2003) ⁸⁾
	水使用量・排水量	商業	日本エネルギー経済研究所(2003) ⁹⁾
		家庭	三重県「水道事業概要」
	廃棄物量	商業	日本ビルエネルギー総合管理技術協会(2003) ¹⁰⁾
		家庭	多気町実績データ
		商業	羽原ほか(2002) ¹¹⁾
エネルギー環境負荷原単位	家庭・商業	産業技術総合研究所LCA研究センター内部データ	
廃棄物処理負荷原単位	家庭・商業	多気町、三重県環境保全事業団 実績データ	
排水処理負荷原単位	家庭・商業	日本環境整備教育センター(2002) ¹²⁾ 、三重県下水道公社、松阪地区広域衛生組合 実績データ	

3. ベースラインの設定

従来の建設分野におけるLCAの多くは、事業の実施を所与として当初の計画案を検討のベースラインとすることが多かった。しかし、今回のように地方自治体が主導する開発事業を扱う場合、事業実施の可否を検討するためのwith-withoutでの比較がまず重要と考える。

そこで、ベースラインをクリスタルタウン整備以前(つまり現状)の多気町内の民生部門(家庭部門・商業部門)から生じる年間の環境影響量として、クリスタルタウン整備後の環境影響との比較を行うこととした。具体的には、町内の家庭・商業部門の年間エネルギー・水消費および廃棄物・排水処理、家庭部門の購買目的の自動車利用、年間の建物の建築から生じる環境影響を対象とした。

ただし、購買目的の自動車の利用量は交通センサスのデータから求めた。また、建物の建築は、家庭部門は「平成14・15年度建築年次区分による家屋に関する調べ」から得た実績データから、商業部門は町内の商業施設面積の1/50が毎年更新されると仮定して推計を行った。なお、その他算出に用いたデータは表2に示す。

LCI分析の結果を表3に示す。また、LIMEIによる統合化の結果、家庭部門の環境影響は6,979万円/年、商業部門は708万円/年と見積もられた。

表3 多気町における民生部門からの環境負荷量

排出物質	単位:kg/年		計
	家庭部門	商業部門	
石炭	1.86E+06	3.46E+05	2.21E+06
天然ガス	2.27E+06	4.13E+05	2.68E+06
原油	2.76E+06	1.70E+05	2.93E+06
石灰石	6.90E+05	3.81E+04	7.28E+05
CO ₂	2.36E+07	2.69E+06	2.63E+07
CH ₄	3.31E+03	2.05E+02	3.51E+03
ばいじん	1.12E+03	9.18E+01	1.21E+03
N ₂ O	9.66E+02	1.45E+02	1.11E+03
NO _x	2.27E+04	1.90E+03	2.46E+04
SO _x	7.85E+03	6.58E+02	8.50E+03
COD	3.69E+04	1.69E+02	3.70E+04
T-N	1.51E+04	1.88E+02	1.53E+04
T-P	3.41E+03	1.39E+01	3.42E+03

4. クリスタルタウンのLCA

(1)インベントリ分析

先述のように土地造成や道路建設は、事業用地の地形や地質等に影響されるため、計画試案に従って実際に土地造成・道路建設図面(造成計画図、舗装計画図、土量計算図、運土計画図など)を作成し、工種ごとの使用量を積算した。その後、各工種について標準歩掛に基づいて、資材・建設機械の使用量を求めた。求めた資材量に日本建築学会¹⁾・南齋ほか⁶⁾および瀬戸山ほか⁷⁾の環境負荷原単位を、建設機械の使用量に「第2次排出ガス対策型」建設機械の基準値および聞き取りから作成した環境負荷原単位を乗じて環境負荷量を求めた。

一方、物販施設と集合住宅の建築については、建物の詳細な仕様が不明であることから、建物延床面積に表2で示した原単位を乗じて求めた。物販施設・集合住宅の運用20年間に於ける環境負荷量についても同様に表2のデータを用いて算出した。

また今回は、物販施設への自動車を利用した来客についても検討の対象とした。物販施設への来客については、周辺の人口や商業環境が大きく影響する。今回は、商業施設の商圈推定に用いられる一般的な手法の1つであるハフモデルを用いて、来客数を推定した。具体的には、2000年国勢調査の町丁字世帯数データとクリスタルタウンと競合すると考えられる周辺の大規模小売店舗の分布・面積データ、実際道路網から求めた町丁字とクリスタルタウンとの道路距離データを用いて、ハフモデルによるクリスタルタウンの各町丁字のシェア推計を行った。その結果を図1に示す。多気町は、公共交通機関の運行が少なく、購買行動のほとんどが自家用車によってなされている。そこで、ハフモデルでクリスタルタウンのシェアとなった世帯が週に2回クリスタルタウンに自動車であ来客すると仮定し、延べ移動距離を推計した。これに、南齋らの普通乗用車1台1kmの移動を機能単位としたインベントリを乗じて、各環境負荷を算出した。

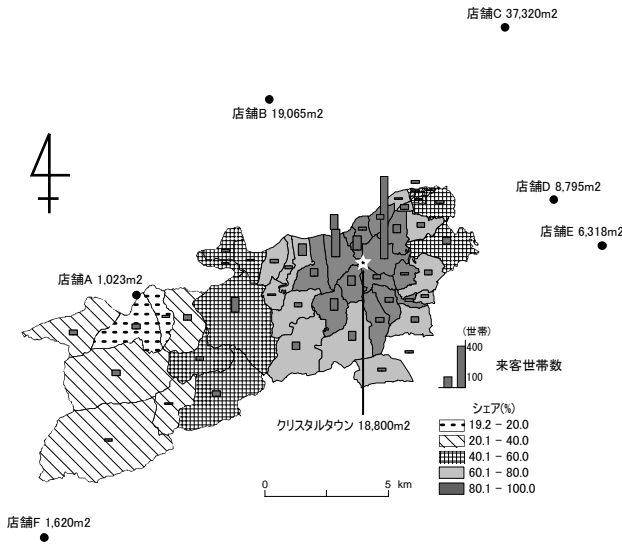


図1 ハフモデルによるクリスタルタウンの来客数推計

以上のようにして求めたLCI分析の結果を表4に示す。近年問題となっているCO₂の排出量を見ると、LC-CO₂が1.02E+08 kg-CO₂となった。年あたりに換算すると5.08E+06 kg-CO₂/年となり、ベースラインから約19.3%の増加となる。CO₂のみを考えても、地域として決して無視できない増加であるといえる。

(2)ライフサイクル影響評価

次にLCI分析の結果を利用して、LIMEを用いたLCIAを行う。ISO14040では、特性化までを必須項目とし、その後のステップは付加項目としている。特性化であるが、近年問題となっている地球温暖化について見るならば、GWP(IPCC:2001)が1.04E+08となった。他の項目については、割愛する。また、LIMEによる統合化の結果を図2に示す。

LIMEによって統合化されたライフサイクル環境影響は、約2億6900万円と見積もられた。土木工事および施設建設による影響は全体の26.1%程度であった。従来の研究では、建設段階のほとんどが資材製造に由来することを指摘されている。今回検討した計画試案は、一般的な郊外型商業施設と同様に広大な平置き駐車場を想定しているが、舗装材を再生材に変えるなどの対策が考えられる。

最も大きい割合を占めているのが、物販施設のユーティリティ(エネルギー・水消費)であり、50%以上となった。そのうち、より詳細に見ると「照明・動力」を用途とする系統電力によるものが45%以上を占めていたことから、照明等の機器効率を上昇させるなどの電力消費の削減が大きな課題と言える。

表4 クリスタルタウンのLCI分析結果

排出物質	土木工事		施設建設		ユーティリティ		廃棄物処理	排水処理	来客の自動車	計
	土地造成	道路建設	物販施設	集合住宅	物販施設	集合住宅				
石炭	8.12E+02	2.09E+03	5.77E+04	1.53E+04	8.58E+06	5.33E+05	1.18E+05	4.24E+04	5.03E+02	9.35E+06
天然ガス	6.58E+03	1.95E+04	1.55E+05	3.04E+04	1.02E+07	6.39E+05	1.43E+05	2.12E+04	7.31E+04	1.13E+07
原油	2.17E+05	3.18E+05	1.16E+06	2.17E+05	3.70E+06	6.53E+05	2.24E+05	5.08E+04	4.72E+06	1.13E+07
石灰石	9.49E+05	7.07E+05	2.59E+06	4.99E+05	8.64E+02	4.22E+02	8.77E+03	6.28E+02		4.75E+06
CO ₂	1.46E+06	1.76E+06	9.88E+06	1.74E+06	5.73E+07	4.87E+06	8.74E+06	3.46E+05	1.54E+07	1.02E+08
CH ₄			1.29E+04	1.73E+03	1.01E+03	6.27E+01	3.55E+02	7.62E+02	5.86E+02	1.74E+04
ばいじん	7.40E+02	6.28E+02	3.84E+02	8.15E+01	5.01E+02	6.25E+01	2.36E+03	1.59E+01	1.98E+02	4.97E+03
N ₂ O			3.53E+02	5.64E+01	3.48E+03	2.38E+02	3.44E+02	1.46E+02	1.87E+03	6.48E+03
NO _x	9.25E+03	6.97E+03	2.85E+04	4.78E+03	2.31E+04	1.89E+03	1.97E+04	2.30E+02	8.30E+03	1.03E+05
SO _x	1.17E+03	1.76E+03	1.49E+04	2.20E+03	7.24E+03	4.64E+02	2.94E+03	3.10E+02	5.88E+03	3.69E+04
COD								6.62E+01		6.62E+01
T-N								5.43E+01		5.43E+01
T-P								1.25E+01		1.25E+01

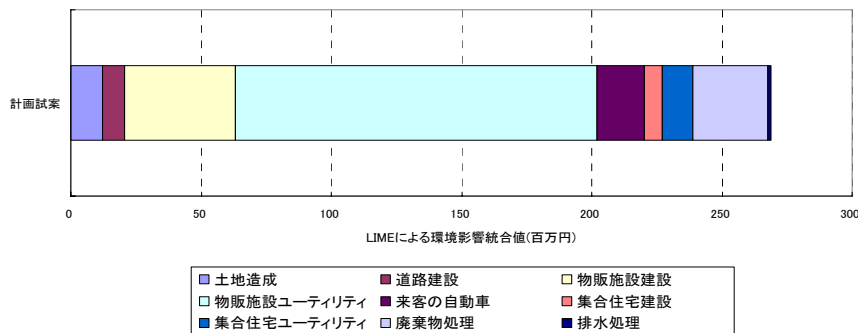


表4 クリスタルタウンのLCI分析結果

一方、廃棄物処理は10.7%となった。特に焼却処理に伴う影響が大きく、可燃ごみの減量化やリサイクルが必要である。また、郊外型商業施設の特徴とも言える自動車による来客については、6.8%程度と見積もられた。本来であれば、従来の購買先の店舗からクリスタルタウンへ購買行動が変化した際の移動量の変化を捉えるべきであり、今回のようなすべて新規に需要が生じるような想定は過大な推計となる可能性がある。しかしながら、郊外型商業施設を考える上で、来客の自動車による負荷を考慮すること自体は必要であると考えられる。

(3) ベースラインとの比較

最後にクリスタルタウンの環境影響を年あたりに換算すると約1,340万円/年となり、ベースラインより約17.5%の環境影響の増加となった。多気町という地域単位で見れば、決して無視できる増加量ではないことから、事業自体の環境負荷低減対策が望まれる。一方で、拙稿¹³⁾で指摘するように事業単体による環境影響削減対策による効果は、それほど大きくない。今回の事例のような地方自治体が主導する事業では、事業そのものだけでなくその周辺も含めた地域全体での環境対策の可能性を模索すべきである。筆者らは、クリスタルタウンの生ごみを町内の生ごみや家畜排泄物と同時に堆肥化やメタン発酵処理することをすでに提案している。今後はこうした地域性を活かした改善案についてもLCAによる検討を実施する予定である。

5. まとめと課題

本研究では、三重県多気町のクリスタルタウン事業を事例に郊外型商業開発への地域性を考慮したLCAの適用について検討を行った。

まず、地方自治体が主導する開発事業の評価においては、事業のwith-withoutを比較する必要があることから、評価のベースラインを現状の町内の民生部門の活動による環境影響とし、その推計を行った。次に、事業の環境影響の推計を行った。用地の条件に工事量が左右される土木工事については実際に計画図面を作成して、工事量の推計を行った。また、郊外型商業施設の特徴である自動車による来客については、周辺の商業環境や道路環境、人口分布を考慮したハフモデルを利用して推計を行った。LIMEによって統合化された環境影響の内訳から、物販施設のユーティリティ、建設段階、廃棄物処理の改善が必要なことを指摘した。ベースラインと比較すると、2割増の増加となり、事業自体での改善のほか、他の主体との連携も視野に入れるべきである。

最後に課題について触れる。第一に、ベースラインの推計において、東海地方の家計調査のデータ等の統計デ

ータを元に分析を行ったが、これは多気町の地域性を考慮したとは正確にはいえない。多気町における実際のエネルギー消費量のデータなどが望まれる。第二に、地域に影響を与えるような評価物質や扱うべきプロセスのインベントリデータがまだまだ不足している。これと関連する部分としては、マクロな評価手法であるLIMEが果たして開発事業の評価に適当なのかについてもさらなる議論が必要である。第三に、現状では環境影響の2割増の増加をもたらす当該事業がどのような便益をもたらすのかについて定量化がなされていない。便益の定量化がなければ、環境影響のみを定量化しても意思決定にはつながらない。今後は以上の課題についても取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) (社)日本建築学会：建物のLCA指針—環境適合設計・環境ラベリング・環境会計への応用に向けて、日本建築学会，2003.
- 2) 井村秀文編著：建設のLCA，オーム社，2001.
- 3) 加藤博和：建設構造物のLCI分析，LCAの実務(稲葉 敦監修)，産業環境管理協会，pp28-42，2005.
- 4) 林 良嗣，加藤博和，大浦雅幸，北野恭央，喜代永さち子：都市空間構造改変施策に伴う各種環境負荷のライフサイクル評価システム，環境システム研究論文集，vol.28，pp.55-62，2000.
- 5) 伊坪徳宏・稲葉敦編著：ライフサイクル環境影響評価手法LIME—LCA、環境会計、環境効率のための評価手法・データベース，(社)産業環境管理協会，2005.
- 6) 南齋規介・森口祐一・東野 達：産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)—LCAのインベントリデータとして—，(独)国立環境研究所，2002.
- 7) 瀬戸山春輝・栗島英明：産業連関表による原単位を用いたライフサイクル環境影響評価の試み，2005年日本建築学会大会 学術講演梗概集(環境工学I)，pp1063-64，2005.
- 8) (株)住環境計画研究所：家庭用エネルギー統計年報2002年版，(株)住環境計画研究所，2003.
- 9) (財)日本エネルギー経済研究所：民生部門エネルギー消費実態調査(総括編)，(財)日本エネルギー経済研究所，2003.
- 10) (社)日本ビルエネルギー総合管理技術協会：平成14年度版建築物エネルギー消費量調査報告書，(社)日本ビルエネルギー総合管理技術協会，2003.
- 11) 羽原浩史，松藤敏彦，田中信壽：事業系ごみ量と組成の事業所種類別発生・循環流れ推計法に関する研究，廃棄物学会論文誌，13(5)，pp.315-324，2002.
- 12) (財)日本環境整備教育センター：浄化槽のライフサイクルアセスメントに関する報告書，(財)日本環境整備教育センター，2002.
- 13) 栗島英明・瀬戸山春輝・井原智彦・玄地 裕：LCAを援用した地域施策の環境配慮に関する考察，環境情報科学論文集，19，pp.491-496，2005.