

(3) 建築物のLCA-LCC手法の概要

1) 日本建築学会のLCA-LCC手法

日本建築学会は、我が国のCO₂排出量の3分の1を占める建築分野に関わる学術団体という認識のもとに、1990年からLCA的手法の研究を行ってきた。1992年には、断熱材、空調機器等のフロンガス、排水・廃棄物処理に伴うメタンガスの温暖化影響を考慮したLCCO₂計算手法を提案し、その後も逐次研究成果を公表してきた。1997年12月に発表した「気候温暖化に関わる建築学会声明」では、すべての新築建物に対して、現状の標準的な設計案に比べてLCCO₂を30%削減し、耐用年数を3倍(100年)に延ばす対策を採用するとともに、既存建物に対して、運用エネルギー消費量を15%以上削減する対策を採用するなどの大胆な対策をすぐにでも実施しない限り、我が国の温室効果ガス削減目標(2008~2012年時点で、1990年比6%削減) 更にはIPCC(気候変動に関する政府間パネル)が警告する2100年までの破局シナリオを回避できないとの警告を発し、建築に関わる者の自発的行動を促した。

建築物のLCA-LCC同時計算手法は、設計者が環境負荷と経済効果を同時に把握し、環境配慮設計を支援するために開発されたもので、LCA-LCC同時計算ソフトそのものは、1999年11月に出版物「グリーン庁舎計画指針及び同解説対応計算ソフト、公共建築協会、1999.8」の付録CD-ROMで公開され、現在は、同学会のホームページからダウンロードできるようになっている(<http://www.aij.or.jp/jpn/comm/q.htm>)。

この計算ソフトは、設計者の支援を主眼としているため、構工法、設備システムなどのインベントリデータは工事实績統計分析に基づくデータベースと、検討目的に応じて、国内分/海外分、消費支出分/資本形成分などのシステム境界が選べるように分析した産業連関表利用によるデータベースが組み込まれている。また、LCC計算のための入力項目は、LCA計算のための入力項目に単位価格などを付加したものであるため、入力シートは、図5-1に示すように両者共通のシートになっている。

対象用途は、省エネルギー法で設計段階の省エネ性能計算が義務付けられている事務所、物販店舗、飲食店舗、ホテル、学校、病院、集合住宅である。エネルギー消費量、CO₂、SO_x、NO_x排出量などのインベントリ項目ごとの計算結果のほかに、図5-2に示すように、地球温暖化、オゾン層破壊、酸性化、大気汚染起因の健康障害、エネルギー資源枯渇といった環境影響項目とライフサイクルコストの計算結果が表示される。

現時点の計算ソフトは、CO₂原単位などの将来変化を見込まないのと同様に、コスト計算においても物価上昇率と借入金利率を同率として相殺され、割引率を見込まない計算となっているが、2002年秋の公表に向けて、CO₂原単位などの将来変化、価格変動、建設副産物のリサイクルと最終処分などが検討できるソフトへの改定作業が行なわれている。

入力-2シート 建築工事データ												
評価対象期間= 100年 建て替え周期= 35年			1990年消費税率= 1.03			延床面積(共通費算出用) 7741 m ²			建物評価用LCAデータベース			
工事科目・細目	更新周期年/年	修繕率%/年	廃棄片道積載率	行コード	行部門名称	1990年価格基準購入者単価(消費税3%含む)	kg-CO ₂ /千円	労務費等単価	延床面積あたり物	参考	従来	対策
1. 直接仮設	35	0										
2. 土工・地業												
2.1 土工	35	0	30	1	7122011	道路貨物輸送	35.32 円/トンキ	5.332	0	1 千円/m ³	0.81	0.8 0.8
2.2 地業	35	0	30	1	2523011	セメント製品	23.93 円/kg	7.7	0.488	30 千円/m ³	0	
	35	0	30	1	2522011p	生コン(ホルトラン)	6.886 円/kg	18.734	0.659	40 千円/m ³	0.16	0.2
	50	0	30	1	2522011b	生コン(B種高効)	6.774 円/kg	12.056	0.659	40 千円/m ³	0	0.21
3. 躯体												
3.1 コンクリート	35	0	30	1	2522011p	生コン(ホルトラン)	6.886 円/kg	18.734	0.659	40 千円/m ³	0.8	0.7
	35	0	30	1	2522011b	生コン(B種高効)	6.774 円/kg	12.056	0.659	40 千円/m ³	0	0.74
3.2 型枠	35	0	30	0.6	1611021	合板	286.968 円/kg	2.925	0.469	4 千円/m ²	1	1.1 1.16
3.3 鉄骨	35	0	30	1	2621011	普通鋼形鋼	71.09 円/kg	17.997	0.327	0.26 千円/kg	0	130 137
3.4 鉄筋	35	0	30	1	2621014	普通鋼小棒	61.325 円/kg	18.661	0.284	0.03 千円/kg	100	100 105
4. 外部仕上げ												
4.1 屋根	30	0	30	0.8	2211011	プラスチックフルン	501.285 円/kg	4.695	0.263	2 千円/m ²	0.16	0.1 0.1
	30	0	30	1	2522011p	生コン(ホルトラン)	6.886 円/kg	18.734	0.659	4 千円/m ²	0.16	0.1 0.1
	30	0	30	1	2522011b	生コン(B種高効)	6.774 円/kg	12.056	0.659	4 千円/m ²	0	0.1 0.1
(屋根)	30	0	30	0.4	2211013	プラスチック発泡品	656.98 円/kg	4.791	0.236	0.5 千円/m ²	0.16	0.1 0.1
	30	0	30	0.4	2512011	ガラス繊維・同類	410.713 円/kg	5.798	0.319	0.5 千円/m ²	0	
4.2 外壁	40	1	30	1	2531011	建設用陶磁器	266.387 円/kg	3.626	0.355	7 千円/m ²	0.42	0.5 0.53
	40	1	30	1	2521011p	セメント(ホルトラン)	13.911 円/kg	63.856	1.716	-	0.42	0.5 0.5

図 5-1 LCA-LCC同時計算のための入力シート (日本建築学会: 建物の LCA 指針 (案) 1999.11)

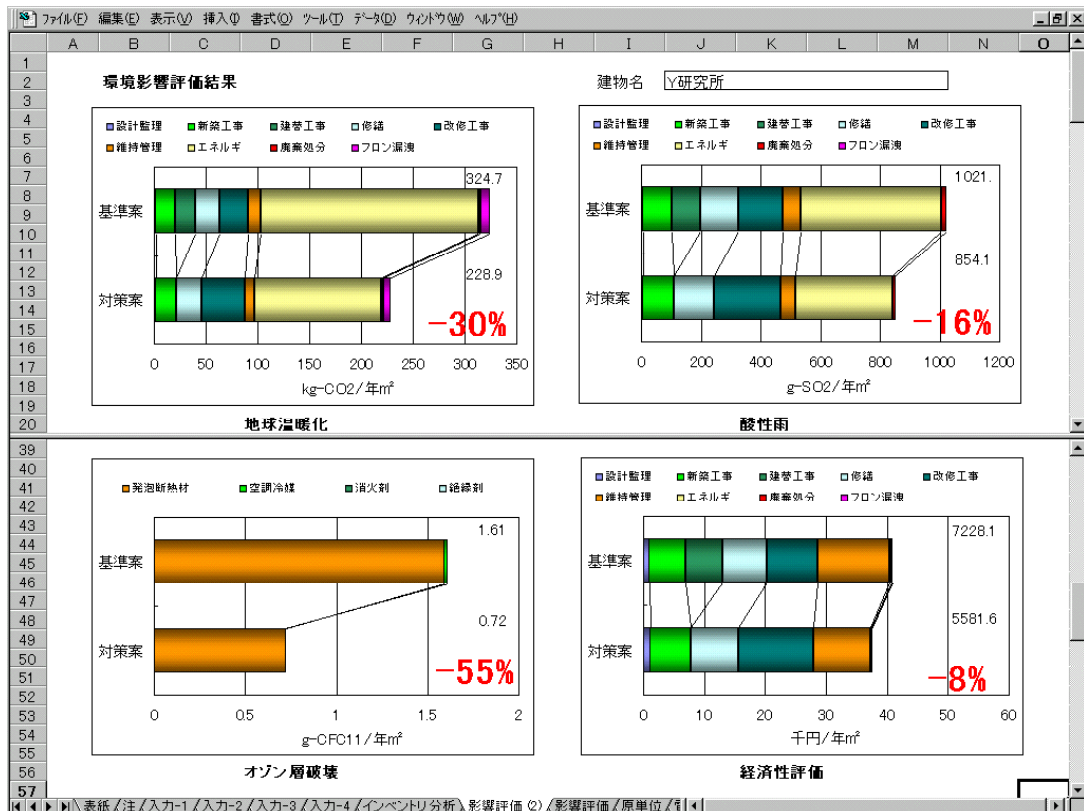


図 5-2 環境影響評価結果の出力画面 (日本建築学会: 建物の LCA 指針 (案) 1999.11)

2) 国土交通省の LCA - LCC 手法

国土交通省大臣官房官庁営繕部は、各省庁の 1400 万㎡に上の官庁施設整備を掌る部局であり、官庁施設整備における環境負荷低減指針として、「環境配慮型官庁施設(グリーン庁舎)計画指針」を 1998 年 3 月に策定した。そのための設計支援ツールとして「グリーン化技術選定シート」、「グリーン庁舎チェックシート」、「庁舎版 LCCO₂ 計算法」等の計算ソフトが 1999 年 8 月に公開されている。

庁舎版 LCCO₂ 計算法は、計画当初に設定した LCCO₂ 削減目標が達成されるかどうかを基本設計段階に確認するためのもので、日本建築学会の LCA - LCC 手法を官庁施設向けに簡略化して、出力を LCCO₂ と LCC とし、標準庁舎の規模別データベース、太陽光発電、太陽熱給湯検討メニューなどを充実させ、操作の容易性を向上させている点に特徴がある。また、グリーン化技術選定シートは、環境負荷削減目標値(例えば:LCCO₂ 30%削減)を達成するためには計画当初から工事予算を確保することが重要であることから開発されたものである。標準地に建つ 3000 ㎡クラスの庁舎をモデルとして、図 5-3 に示すように、代表的なグリーン化技術の選択によって、LCCO₂、LCC、初期 CO₂ 回収年数、初期投資回収年数、LCCO₂ 削減 1kg-C/年当りの初期投資額がどう変わるかをメニュー方式で選択しながら採用対策の費用対効果が確認できるように工夫されている。国の庁舎向けに開発した手法ではあるが、地方公共団体や民間企業でもこれらの設計支援ツールを利用するプロジェクトが増えてきている。

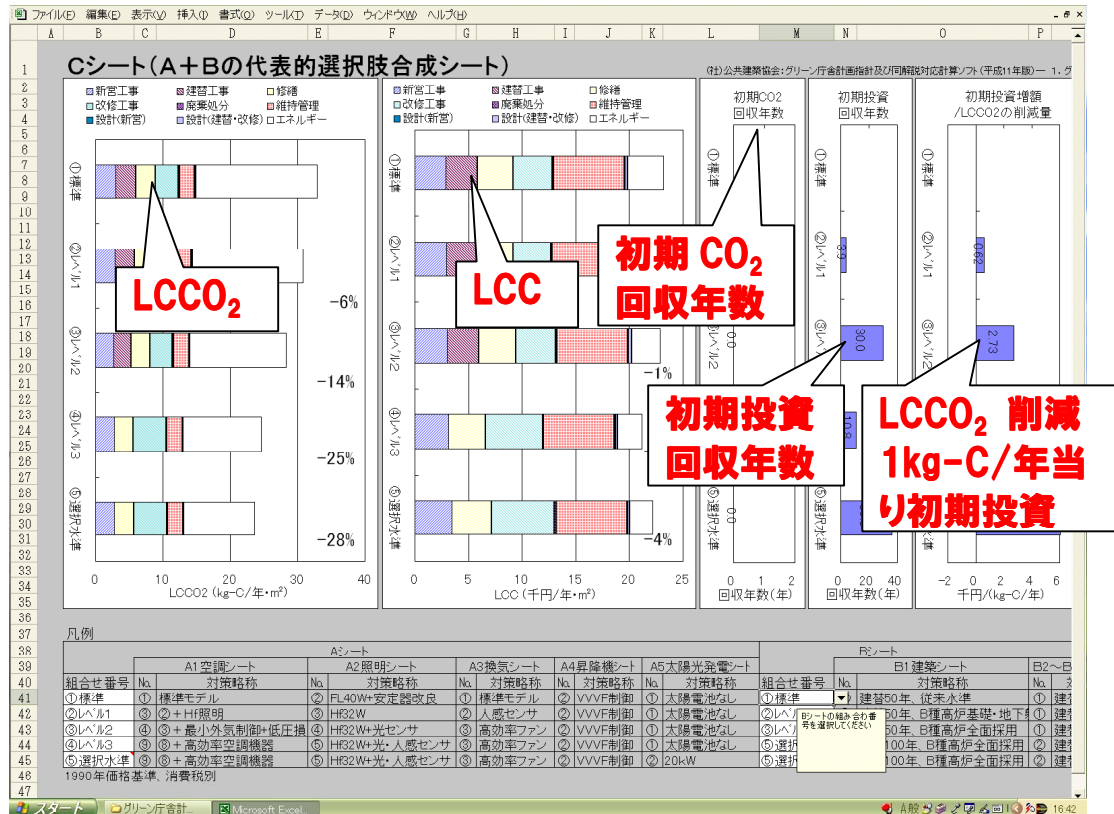


図 5-3 グリーン化技術選定シート (グリーン庁舎計画指針及び同解説対応計算ソフト、公共建築協会、)

一方、国土交通省が所掌する 1400 万㎡に上る官庁施設の半数は、30 年前に建設され、省エネ対策も充分ではない。京都議定書の温室効果ガス削減目標をクリアするためには、新しく建替える官庁施設の対策だけでは手遅れとなり、これから改修時期を迎える既存官庁施設の対策が急務となっている。このような背景から「グリーン庁舎計画指針」に続く第 2 弾として、「官庁施設の環境配慮診断・改修計画指針(グリーン診断・改修計画指針)」が 2000 年 12 月に策定され、その解説と計算ソフトが「グリーン診断・改修計画指針及び同解説、CD-ROM 付」として 2001 年 3 月に公開された。計算ソフトには、延床面積が 3000 ㎡と 15000 ㎡の標準庁舎について、札幌、仙台、東京、鹿児島 の 4 地点の LCCO₂ と LCC の検討結果がデータベース化され、メニュー方式で費用対効果が検討できるソフトも用意されている。このソフトは企業が建築関連の環境設備投資を行う際の概略検討にも流用し得る。

以上のような設計ツールを発展させ、環境会計の視点を導入し、費用対効果分析を取り入れ、LCCO₂ 以外の環境負荷指標も加味した総合的な環境性能評価・表示手法の検討が、更に第 3 弾の検討として、2001～2002 年度に実施されている。その手法を基に官庁施設の環境ラベリング手法を確立し、アカウントビリティの向上を図ることとしている。

(4) 建築資材の LCA-LCC 手法

建築材料の選定に限定した LCA-LCC 手法として著名なものが、米国商務省基準・技術研究所 (NIST: National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce) が開発した BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) である。現在の最新版は 2000 年 6 月に発表された BEES2.0 であり、ホームページ (<http://www.bfrl.nist.gov/oa/software/bees.html>) から無料でダウンロードできる。

BEES2.0 は、建築構造材料、外装材料、内装材料、断熱材料、舗装材料など、約 60 種類の建築材料を対象として、環境面と経済面から総合評価を行い、適切な材料選択を支援するためのソフトウェアである。

LCA のための機能単位は、期間 50 年間(途中で補修、更新などがある)、面積 1ft²(0.09 ㎡) 当たりと定義されている。考慮される環境影響項目は、図 5-4 に示すように、地球温暖化、酸性雨、富栄養化、資源枯渇、室内空気質、固形廃棄物、スモッグ、オゾン層減少、生態毒性、人体毒性であり、フランスのエコピラン社の LCA データが引用されている。正規化された環境影響項目ごとの値から潜在的な総合環境影響を算出するための重み係数としては、自分で決める、米国環境保護庁 (EPA: U.S. Environmental Protection Agency) の提案値、ハーバード大学の研究グループの提案値、すべての重み、のいずれかを選択できる。

一方、経済性評価は、初期コストと将来コスト(補修費、更新費、廃棄処分費、断熱材の評価の場合は冷暖房費も)のデータベースが組み込まれている。将来コストは割引率によって現在価値に割り引かれ、初期コストに合算されて、LCC が算出される。

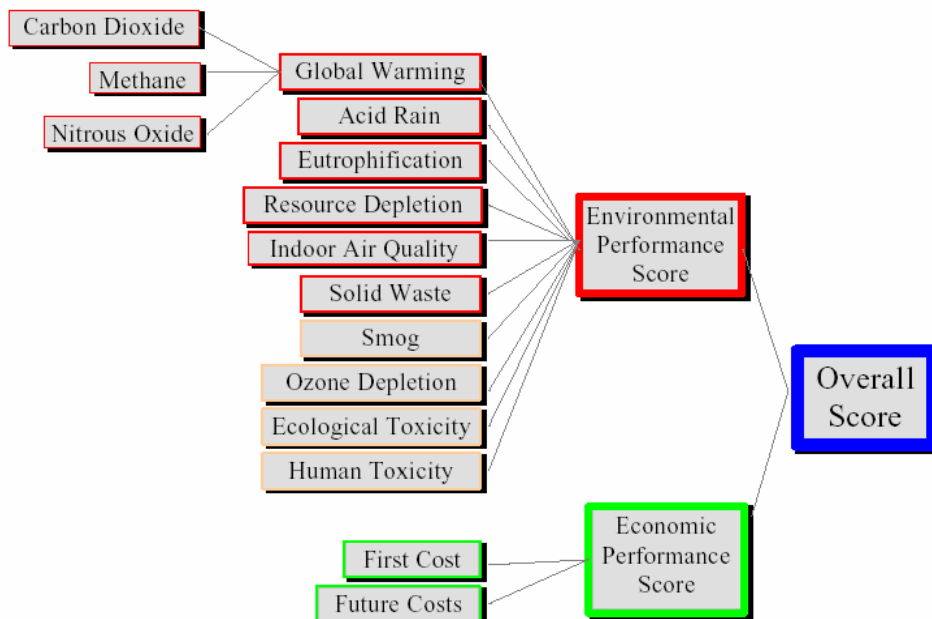


図 5-4 BEES2.0 における環境性能と経済性能による総合評価の概要

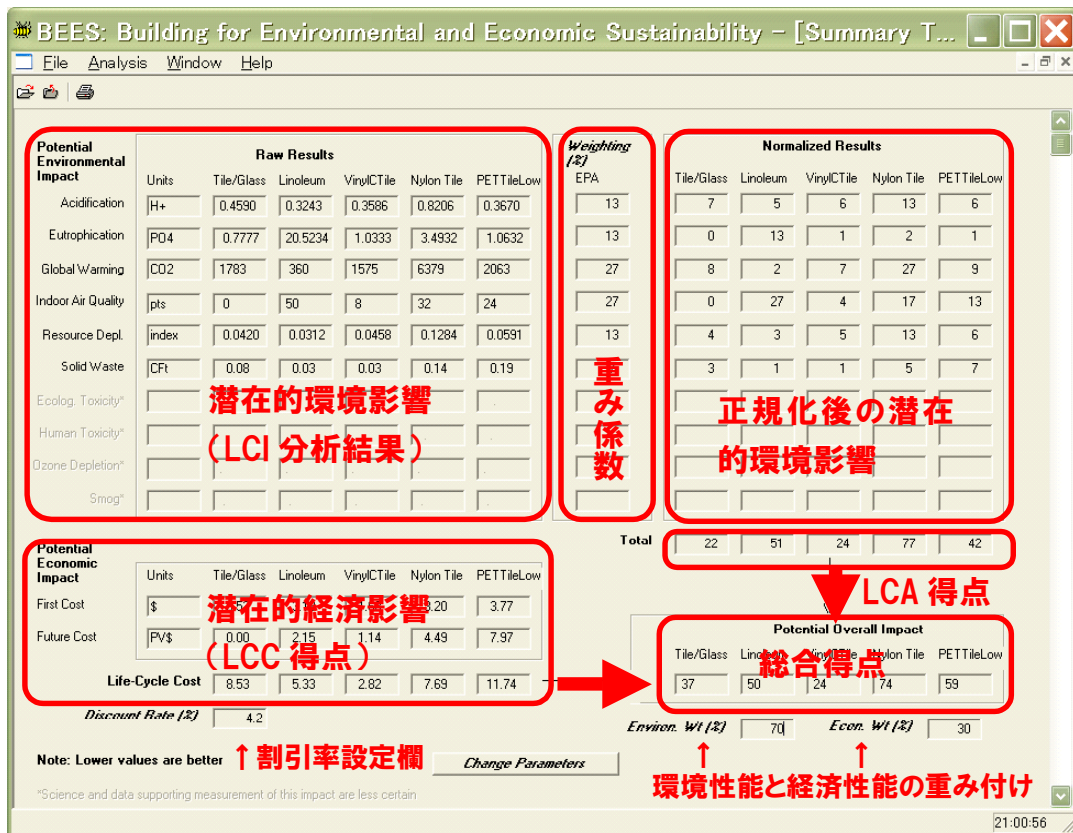


図 5-5 BBES2.0 の総合評価結果の概要表（室内床仕上材料の比較検討例）

総合得点は、環境性能得点（LCA 得点）と経済性能（LCC 得点）との相対的な重みを設定することによって算出される。数字が小さいほど、環境性能と経済性能の両面から望ましい選択肢であることを示す。

図 5-5 に、5 種類の床仕上材料（再生ガラス原料磁器質タイル、リノリウム、ビニルタイル、ナイロンカーペットタイル、再生ペット原料タイルカーペット+低 VOC 接着剤）を比較した時の総合評価結果の概要表を示す。日本語の注記は、前節で説明した計算の流れを改めて示したものである。また、図 5-6 に示すように、棒グラフによる分かりやすい表示もできるようになっている。

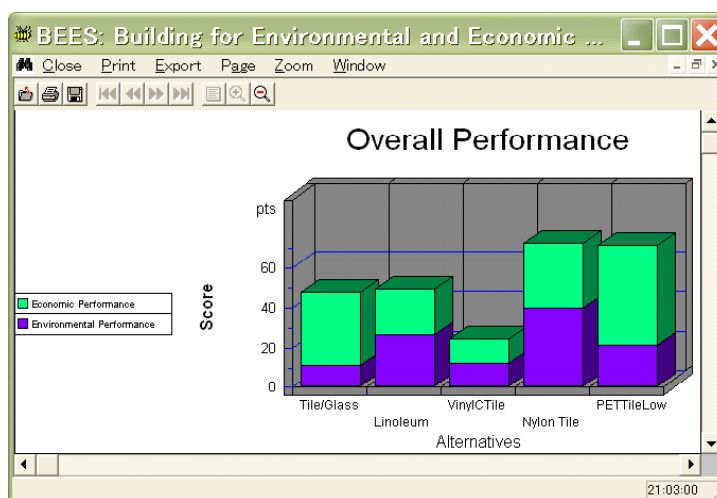


図 5-6 BBES2.0 の総合性能のグラフ表示例

5.2.4 企業の環境活動の評価としての環境効率 - リコーの事例

LCA の概念は、ISO に定義された製品及びサービスの環境側面の評価だけでなく、企業や産業の環境活動の評価に発展させることが可能である。

企業の環境マネジメントシステムは ISO 14001 に、またその結果である環境パフォーマンス指標は ISO 14030 に記述されている。環境パフォーマンス指標として測定される事業所への投入物質にその上流のインベントリデータを付加し、さらに事業所で生産される製品の使用・廃棄の段階のインベントリデータを付加することで、事業所の活動に関するインベントリ分析を実施することが可能である。この手法は、複数の事業所を総合した企業のインベントリ分析にも適用できる。

現在でも、企業全体のライフサイクルにおける環境負荷を定量化し、環境報告書に記載している企業がある。さらに、アサヒビール(<http://www.asahibeer.co.jp/eco/index.htm>)¹⁾ やリコー (<http://www.ricoh.co.jp/ecology>) は、環境負荷を企業の自主的判断により重み付けし単一指標に換算して、企業全体の付加価値（総利益）と比較することが行われてい

る。企業の活動を金銭的付加価値で表した環境効率と見ることができる。

図 5-7 にリコーが算定している環境改善指数と環境負荷利益指数の概念を示す。

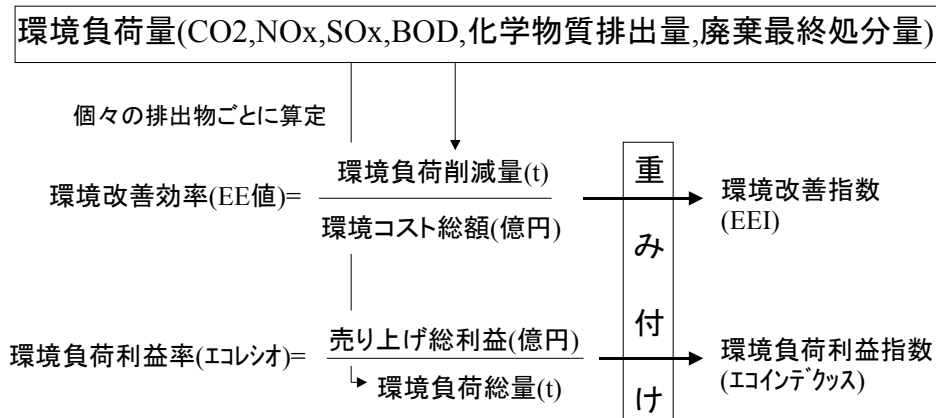


図 5-7 リコーの環境改善指数と環境負荷利益指数の概念

企業全体での CO₂、NO_x、SO_x、BOD、化学物質、最終処分廃棄物量を測定し、それらの前年度からの削減量を環境コストの総額で除した値をそれぞれの排出物の環境改善効率 (EE 値) と呼んでいる。これらを企業独自の手法で重み付けした指標が企業全体での環境改善指数 (EEI) である。これは、環境対策の費用対効果を現すものと見ることができる。一方、その年の売上げ総利益を個々の排出物の総量で除したものが環境負荷利益率 (エコレシオ) である。これも同様の重み付け手法により、企業全体の環境負荷利益指数 (エコインデックス) に統合化されている。

企業独自の手法による環境影響の単一指標化と、それを活用した対費用効果及び環境効率の算出は、その解釈が困難であり社会的混乱をきたすという指摘もある。しかし、企業の環境主張は個々に異なり、それらは主張に基づいて作成されている。作成する企業にとっては、生産する製品の選択、環境投資の順位付けなどに反映される重大な意思決定の表明である。企業の積極的な環境活動を高く評価し、公表される指標に含まれている主張を分析し判断する能力を、政府や自治体を含めた消費者が身に付けることが必要であると思われる。

5.2.5 製品の環境効率 - BASF社の事例

(1) エコ分析ツールの開発目的と基本的な考え方

BASF社(ドイツの化学品製造会社)のEco-Efficiencyのツールは、LCAをベースに開発したものであり、その目的は、経済と環境を同時に分析するツールを開発することである。それにはLCI分析結果が経営陣に理解し難いこと、LCAでは経済性が考慮されていないことが背景にあった。考慮する指標は、5要素(資源、エネルギー、大気系、排水系、土壌系放出物)+2要素(潜在的毒性、潜在的风险及び誤用)に着目しており、ライフサイクル的な視点を導入し、下流まで考慮して消費者を指導する必要性を説いている点が独創的と考えられる。

(2) エコ効率分析ツールと企業のスタンス

持続可能な発展は、企業の発展につながり、企業の発展は、経済、環境、社会という柱に支えられている。それゆえエコ効率分析ツールは、それらへの影響を全体的に把握可能であることが望ましく、経済と環境まで表現できる分析法であるべきである。しかしながら、BASF社のエコ効率分析法は社会への影響もある程度分析できるが完全ではないと述べている。

(3) エコ効率分析ツールの公開とその応用について

開発当初、BASF社の社内的な長期経営計画の視点からの分析ツールとして位置付けられ、公表は予定されていなかった。しかし、開発を進める過程で、自社内の工程はもとより下流のメーカー(産業)のを知ることが重要との認識が深まり、また分析結果をマーケティング促進に活用することが可能との評価が出てきたため、公開に至った経緯がある。製品開発、競合製品との比較、長期計画、マーケティングチャンスの把握、マーケティング促進等に応用できる。また、下流のメーカーとの共同プロジェクトも可能になった。

(BASF社は、エコ効率分析法で既に100プロジェクト以上の分析を実施している。)

(4) 評価指標について

考慮している指標は、5要素(資源、エネルギー、大気系、排水系、土壌系放出物)+2要素(潜在的毒性、潜在的风险及び誤用)である。潜在的毒性はMAK(Maximale Arbeitsplatz-Konzentration)値(作業員が1日8時間作業をして化学物質に曝露されても健康を害さない作業雰囲気中の化学物質(ガス、蒸気、微粒子)の最大濃度)を使用しており発ガン性、遺伝子毒性、生殖毒性、感染作用、皮膚呼吸を考慮している。また、誤用は0~3の4段階評価で評価している。

重み付けは、重要度係数、社会的係数を用いて実施できるものとなっている。例えば、

重要度係数は、国全体の CO₂、NO_x 排出量と、ある製品のライフサイクルにおける CO₂、NO_x 排出量の比率から計算する。冷蔵庫を評価するときには CO₂ 排出量よりフロン排出量の重み付けが大きくなることもある。一方、社会的係数は、製品の対象となる国や地域の人々がどのように環境問題を考えているかをアンケート調査で決めるため、対象地域や時代によって変わり、製品によって変わることはない。図 5-8 に BASF 社が基本的に使用している社会的係数による重み付け係数を図示した。

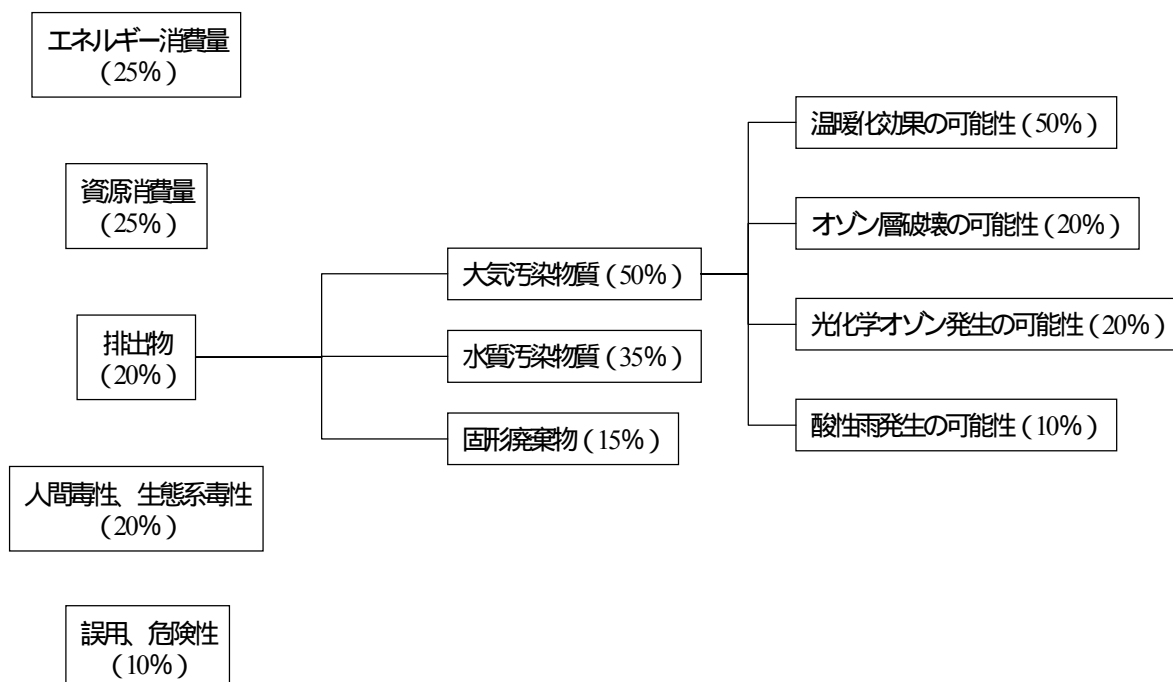


図 5-8 BASF 社が採用している重み付け係数

(5) 分析事例

1) 新製品ネオポールと従来製品との比較

ある共同住宅に透熱性値が 0.29W/m²K になるような複合断熱システムを BASF 社が開発した新製品ネオポール、BASF 社の従来製品スチロポール、他社製品(市場占有率 10%)の鉱物繊維を比較した事例を紹介する。図 5-9 は、各製品の環境負荷(資源消費量、エネルギー消費量、排出(大気、水圏、固体) 毒性物質、リスク)の最大値を 1 として図示している。それをエコフィンガープリント(図中真ん中)と呼んでいる。図 5-10 は、縦軸に正規化した環境負荷ポイント(図 5-9 右側の値)を、横軸には消費者の金銭的負担を図示している。右上の方に行くとエコ効率が良いことになる。つまり、消費者の金銭的負担が少なく、環境負荷が少ないものが、エコ効率が良いこととなっている。なお、円の大きさはドイツ国内のマーケット流通量となっている。

BASF 社のエコ効率分析は、前提条件を変えて、どのファクターが結果にどの程度の影響を及ぼすかについて、リアルタイムで確認、議論ができるようにコンピュータ上で比較

できるように構築されている。また、ビジュアル的に対策の影響が分かるように工夫されており、感度分析は以下のようなことを実施し、結果を得ている。

- ・ スチロポールのペンタン使用量を少なくすることで、スチロポールの環境負荷は減少できる
- ・ 最新発砲プラントの建設により、スチロポールの環境負荷が低減できる
- ・ ネオポールの密度を減少させると負荷が減少する
- ・ 鉱物繊維の環境負荷をネオポールと同じにするためには、密度を 95kg/m³ から 55kg/m³ にしなければならない
- ・ 焼却施設の発電効率の向上に対する環境負荷の低減が確認された

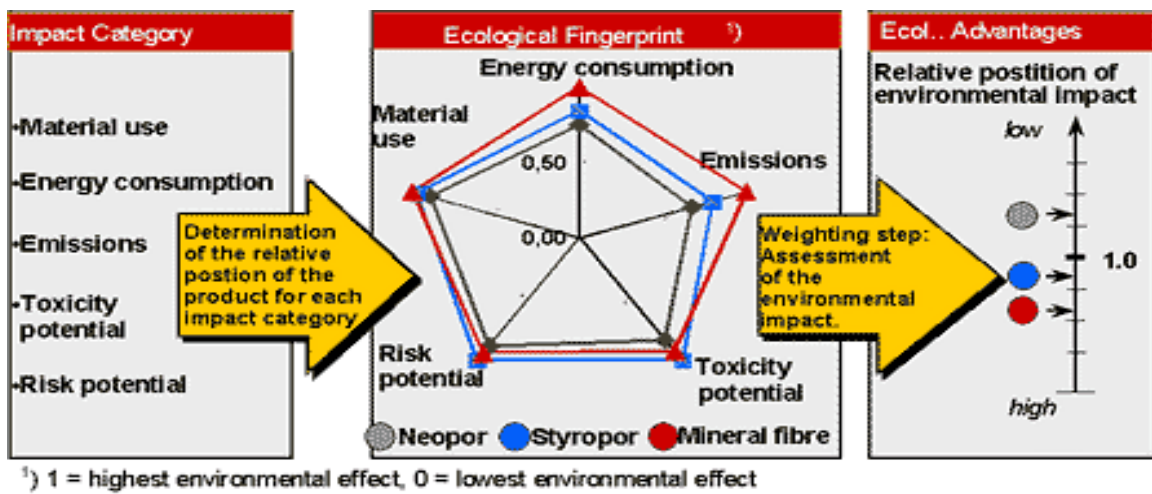


図 5-9 エコフィンガープリント (BASF 社ホームページより抜粋)

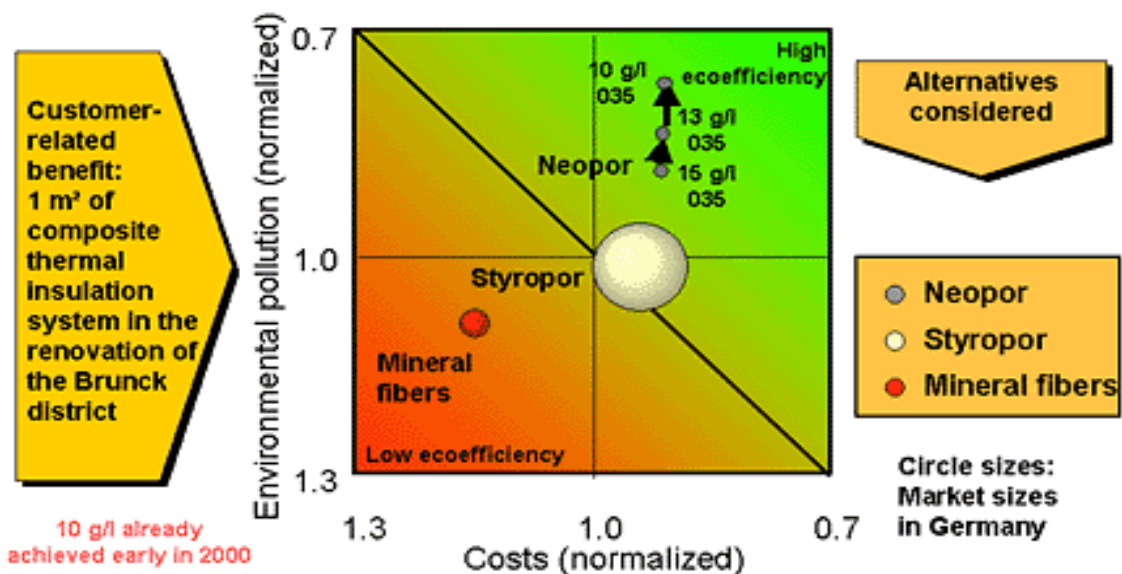
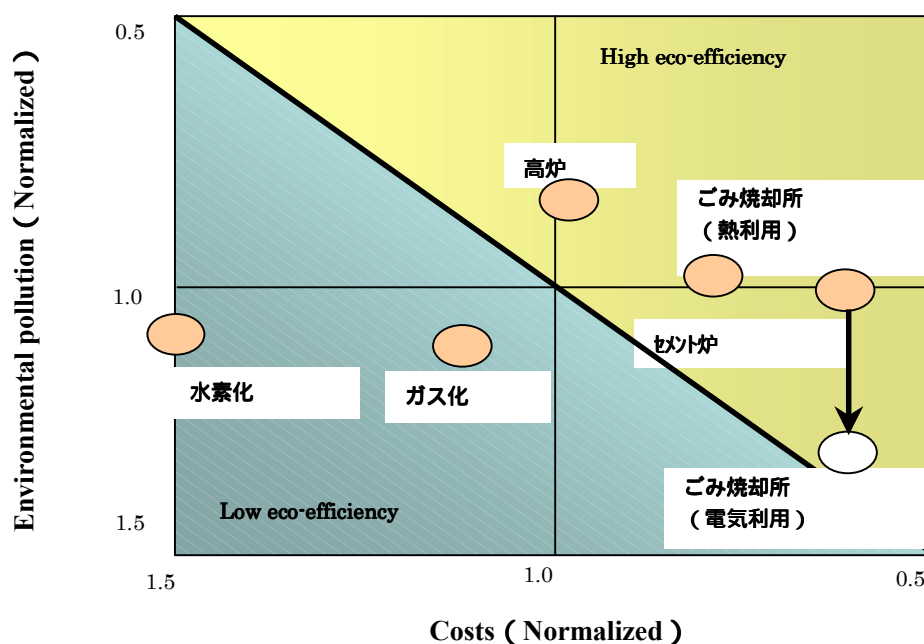


図 5-10 複合断熱システムのエコ効率分析図 (BASF 社ホームページより抜粋)

2) エコ効率分析の廃棄・廃プラスチック製品リサイクル分野での応用(活用)

(Eco-Efficiencyによる廃プラスチックのリサイクルシステム解析事例)

BASF社が廃プラスチックの処理・処分についてEco-Efficiencyによる解析を行った結果を示す。図5-11は、廃プラスチックを高炉、水素化、ガス化、発電所(電気・水蒸気)、セメント炉の5つの選択枝に分け、その環境性、経済性を示したものである。



5-11 混合プラスチックのリサイクル事例のエコ効率分析図

経済性はセメント炉、ごみ焼却(熱利用)に利があるが、環境性に難点があり、総合評価では高炉が優位を保っていることが分かる。ごみ発電を実施した場合、経済性は余り変わらないが、環境性はむしろ悪化することが分かる。

(6) まとめ

BASF社のエコ効率分析方法は経済的な観点の分析が出来る様になっていて、オリジナル性は高い。しかしながら、経済価値と環境負荷が一對一に対応しており、コストの影響が非常に強く出てくる分析方法になっている。生産コストが大量生産によって下がるだけでエコ効率が向上してしまうことが生じてしまう。一般的に環境効率といわれている手法とは異なっていて、正規化したコストと環境負荷の積が小さい方が高効率となる。

5.2.6 AIChE (アメリカ化学工学会) の TCA (トータルコストアセスメント)

(1) 経緯と目的

AIChE の TCA プロジェクトは、AIChE の CWRT (廃棄物削減技術センター) の支援の下で、多国籍企業 10 社がチームを結成し、実施された。このプロジェクトの目的は、経営上の意思決定に役立つ実務的な方法論の開発である。チームを結成した 10 社は化学・薬品メーカーだが、他業界にも利用可能な方法論・ツールの開発を目指した。チーム内での検討及びテスト利用を経て、2000 年初めには、手作業ベースの資料「トータルコストアセスメントの方法論:内部経営意思決定ツール」を公表した。なお、電子的ツール TCAce™ も開発しているが、こちらは当面スポンサー企業限りとして、公開はしていない。この TCA の方法論・ツールが利用される場合としては、製品や工程の設計者が新製品や新工程を開発する時、エンジニアが環境プロジェクトの事前評価を行うとき、経営管理者やアナリストが製品戦略や事業戦略を立案するときなどが想定されている。

上記の公表資料では、TCA について以下のように述べている。「これまで様々な団体が TCA を研究・定義してきたが、それらは一様ではなく、TCA の定義については混乱がある。本プロジェクトでは、10 社から成る共同作業グループが TCA を定義した。それは、『環境及び環境に関連する人間の健康のコストの情報を発見・計算・分析・利用』である。このように TCA を定義すると、経営上の意思決定に関わるすべての内部・外部コストが含まれる。TCA は、企業内部の経済的インセンティブと企業外部からの圧力という両方の理由によって、1990 年代に登場した。」

TCA が必要とされる背景として、1992 年の地球サミット以降、企業の間には、地球環境へのインパクトを低減しつつ事業活動を持続可能な形で行う必要性への認識が高まったことが指摘されている。これを実現するには、環境へのインパクトが発生する前に、最小のコストで、これを回避あるいは低減することが求められる。環境へのインパクトという問題を、企業内の共通言語である「金額」という単位で表現することで、経営意思決定に利用しやすくするツールが TCA なのである。

以下では、上記の資料に基づき、この TCA の方法論の概要を紹介する。

(2) TCA が対象とするコスト

この TCA ツールが対象とするコストには、以下の 5 種類がある。

<タイプ 1: 直接コスト>

資本的投資や、労務費、原材料費、廃棄物処理費などの直接コスト。

<タイプ 2: 間接コスト>

製品や工程に直接賦課されないコスト。この中には、製造間接費の中に埋没し、十分な注意が払われていない、いわゆる「隠れたコスト」が含まれる。

<タイプ 3: 偶発コスト>

将来発生する可能性があるコスト。法規制違反による罰金、土壌汚染浄化・人的健康被害等による損害賠償などが含まれる。

<タイプ4：内部の無形コスト>

企業が負担しているコスト（内部コスト）だが、測定が難しいもの。消費者の支持、従業員のモラル、労働組合との関係、企業イメージ、地域社会との関係などが含まれる。

<タイプ5：外部コスト>

企業が直接は負担せず、社会が負担しているコスト。汚染物質排出による環境悪化などが含まれる。

この5種類のコストのうち、タイプ1と2については、企業が独自に会計システムからデータをとることが想定されている。TCAはタイプ3・4・5の方に重点をおき、金額を算出するためのデータベースを提供している。

タイプ3・4・5のコストについては、その内訳やデータ出典をまとめた表があるので、表5-7～5-9として掲載する。タイプ3のコストについては、EPA（環境保護庁）が作成したデータベースを利用している部分が多いが、タイプ4・タイプ5の方は既存のデータベースがなく、公表文献等からデータを集め、独自に構築している。

表 5-7 タイプ3コスト要約

タイプ3コスト	データ出典
法規遵守	EPAのBPDs（基本・目的文書）・BIDs（背景情報文書）、EPAがNE&HAPs（有害大気汚染物質の全国排出基準）のために作成したEIAs（経済的インパクト分析）
民事・刑事の罰金・科料	EPAのIDEA（執行分析のための統合データ）データベース
汚染修復コスト	連邦修復技術ラウンドテーブルのホームページ（141の修復プロジェクト事例）、汚染物質・修復技術・プロジェクト全体のコストに関するデータ
損害賠償・懲罰的罰金	公表文献より、個々に報告された不法行為に対して支払われた賠償額の計算
天然資源の損傷	公表文献より、個々に報告されたNRD（天然資源の損傷）に係わる支払い金額を計算
敷地外の汚染に関するPRP（潜在的責任当事者）負債	EPAのCERCLISデータベース
産業プロセス・リスク	EPAのARIP（事故的排出情報プログラム）データベース、及び生産停止期間（企業固有の数値、つまり生産を1日停止した時のコスト）

表 5-8 タイプ4 コスト要約

タイプ4 コスト	データの情報源
スタッフ（生産性・モラル、定着率、労働組合交渉時間）	1)公表文献より、特定業種における労働災害コスト（従業員の直接コスト、生産性低下のコスト、採用・訓練のコストを含み得る） 2)公表文献より、給与の乗数（従業員の死亡・疾病のコスト等）
市場占有率（取引先の意識、一般市民の意識、消費者の意識）	1)公表文献より、環境的評判や「グリーン企業」の方針の市場価値 2)公表文献より、環境事故に伴う市場占有率の低下 3)公表文献より、マイナス報道の市場占有率への影響
操業許可	地域社会・規制当局・納入業者との関係を考慮
関係：投資家	1)公表文献より、環境的評判や「グリーン企業」の方針の株価への影響 2)公表文献より、環境事故に伴う株価の低下 3)公表文献より、マイナス報道の株価への影響
関係：貸し手	信用格付への環境事故の影響についてのデータ
関係：地域社会	広報プログラムの費用・便益。操業許可と重複。
関係：規制当局	新しい規制のコスト。操業許可と重複。

表 5-9 タイプ5 コスト要約

タイプ5	データ出典
大気への汚染物質放出	1)温室効果ガス1トン当たりコスト 2)大気への排出による疾病・死亡の1事例当たりコスト 3)地球温暖化の社会的コストについての公表文献
表層水への汚染物質放出	1)漁業圏・漁業資源の損失のコスト（公表文献を利用） 2)環境保全のための水の輸送のコスト
地下水・深井戸への汚染物質放出	1)淡水利用のコスト（地域固有） 2)塩分除去のコスト
土地への汚染物質放出	1)レクリエーション利用の土地あるいは土地保全について、支払意志額に関する公表文献 2)未開発の土地の保全の費用・便益
生息環境へのインパクト：地域社会、湿地、野生生物保護区	1)湿地・生息圏・種の保存のコストに関する公表データ 2)湿地の社会的便益の金額評価 3)天然の生息圏の保存や特定の種の保護について、支払意志額に関する公表文献
バリュー・チェーン・インパクト	今回の TCA では金額評価されない
製品の健康へのインパクト	今回の TCA では金額評価されない

（3）TCAのステップ

TCA は以下のステップから成る。

<ステップ1：目標を定義し範囲を検討する>

まずは、評価対象となるプロジェクトあるいは意思決定が何かを書き出してみる。その

プロジェクトに影響を与えるような目標あるいは制約条件を明らかにする。この時には多様な分野からの参加者を集めたチームで実施するよう推奨されている。

<ステップ2：分析の方向性を整理する>

ステップ1で明らかにされた目標や制約条件を再び検討し、分析の方向性を整理する。特定のインパクトに焦点を当てたり、ライフサイクル段階の一部を対象としたりして、インパクトの大きなもののみを分析対象に含めることが推奨される。このプロセスには企業の価値観が反映される。

<ステップ3：潜在的なリスクを洗い出す>

代替案あるいはプロジェクトの各々について、リスクを洗い出す。これもステップ1と同様、多様な分野からの参加者を集めたチームの議論によって行うことが推奨されている。洗い出されたリスクに関連するタイプ1-5のコストが次のステップで計算される。

<ステップ4：財務分析を行う>

タイプ1-5の各コストを算出する。タイプ3・4・5のコストについては、TCAツールのデータベースを利用して、金額を算出する。

<ステップ5：影響評価を行う>

電子ツールの場合は、ここで様々な統計的テクニックを用いて、不確実性分析などを行う。手作業の場合には、ここで行うことはコスト合計の算出だが、テスト利用の結果、単に総計を出すよりも、タイプ1・2・3のコストの小計、これにタイプ4を加えた小計など、幾つか区切って算出する方が役に立つことが分かったという。

<ステップ6：結果を記録する>

これまでに採用された仮説や得られた結果を記録する。現時点では金額評価できなかったものの重要なインパクトが発生する可能性があると分かっているインパクトカテゴリーについて記録しておくことも重要である。

<ステップ7：通常の意味決定ループにフィードバックする>

TCAは一つの要素に過ぎず、TCAが通常の意味決定プロセスを代替するわけではない。この最後のステップにおいて、TCAの結果を通常の意味決定プロセスにフィードバックすることで、TCAは役割を終えるのである。

(4) モデル事例

具体的な利用方法を説明するため、付属資料3として、モデル事例が掲げられている。これは架空の事例であり、廃棄物1(液体有害廃棄物：敷地内焼却)と廃棄物2(水成スラッジ：敷地外埋立)という2種類の廃棄物の流れについて、研究開発資金の配分決定にTCAを利用するとしている。廃棄物削減目標は既に会社が決めているという前提で、その目標を達成するために、どちらにどれだけ研究資金を投じるべきかを決めるのである。タイプ1と2のコストについては、どちらも廃棄物1の方が廃棄物2より高いという設定になっている。

この廃棄物 1 と 2 の両方について、潜在的なリスクの洗い出しが行われる（廃棄物 2 の場合を表 5-10 に示す。これに基づきタイプ 3・4・5 のコストが算出されるが、タイプ 5 のコストは他のコストと性質的に異なるため、タイプ 1-4 のコストのみが総括表にまとめられている（表 5-11・表 5-12）。これらのコストは TCA ツールのデータベースを用いて計算されたとのことである。タイプ 5 コストについては、大気への排出に関する外部コストを比較した表が掲げられている（表 5-13）。タイプ 5 コストは、単位当たりコストの評価額に幅があるため、算定された金額にもかなり幅がある。このタイプ 5 コストを考慮するか否か、考慮する場合、どの金額を採用するか等は、企業の判断に委ねられる。

このモデル事例では、研究開発資金の実際の配分について 1 つの結論を示しているわけではない。タイプ 1・2 のコストだけを見ると、コストが高い廃棄物 1 の方に研究開発資金を投じるのが合理的と判断されるが、TCA を用いることにより、コストの分析そして意思決定が変わり得ることを示しているのである。

表 5-10 廃棄物 2（水成スラッジ：敷地外埋立）の代替案

シナリオ	内容	仮定	確率	コストの種類
1	将来の廃棄コストが増加。3 年目に 50% 上昇。（当年 220 万ドル、3 年後 1000 万ドル）	3 年目には 50% の確率で資金流出額が 1100 万ドルに上昇	不確実	タイプ 3 環境法遵守コスト タイプ 1・2 コスト見積りにも影響する
2	輸送中の災難により有害物質が流失	民事の罰金と修復コストが該当。高い場合は 81 万ドル。小さな流失には 70% に削減。	不確実。毎年 5% の確率で流失が発生すると仮定。	タイプ 3 修復・罰金
		地域社会へのインパクトに関して年間 5 万ドルの追加的罰金	不確実。毎年 5% の確率で流失が発生すると仮定。	タイプ 3 地域社会へのインパクト、人的健康
3	破産した輸送業者が一部分を遠隔地に不法投棄していたと 3 年目に判明	これに関するすべての損害賠償は最大 1 億ドル。更に長期化のおそれがあるため 5 年間で割引。	5 年間に 10% の確率で一度限りの発生を仮定。	タイプ 3 修復及び民事罰金
4	ラベル・マニフェストに関して RCRA の罰金	1% の確率で 10 万ドルの罰金が 1 年目のみ発生と仮定。	1 年目のみ。その後は永久に是正されると仮定	タイプ 3 民事罰金
5	Sara タイトル 3 の公表警告によって、当社が数年間、敷地外の有害廃棄物の	シミュレーションされた生産性の低下は、3 年目に工場の基準給与に対す	確実。Sara タイトル 3 の結果は毎年正しく報告され、公	タイプ 4 スタッフのモラル・生産性

	発生率が高いことが示される。この結果、従業員のモラル・生産性が低下する。	る労働コストの5%増加、5000万ドルと推定	表されるので。	
6	植林に向けられる土地の外部コスト	廃棄物埋立ちは年間1エーカーの森林破壊に寄与すると仮定。	確実。毎年。	タイプ5 土地の消失

表 5-11 廃棄物 1 (液体有害廃棄物：敷地内焼却) の TCA の結果 (単位：百万ドル)

コストの種類	1年目	2年目	3年目	現在価値計
タイプ1・2	4.0	3.57	3.2	10.77
タイプ3				
シナリオ1新規制導入	--	1.07	0.94	2.01
シナリオ2法規違反	--	0.027	0.012	0.039
シナリオ3廃棄物減少	--	--	0.24	0.24
タイプ4				
シナリオ2顧客と関係	--	--	0.24	0.24
合計	4.0	4.67	4.63	13.30

表 5-12 廃棄物 2 (水成スラッジ：敷地外埋立) の TCA の結果 (単位：百万ドル)

コストの種類	1年目	2年目	3年目	現在価値計
タイプ1・2	3.0	2.68	2.4	8.08
タイプ3				
シナリオ1価格上昇	--	--	0.44	0.044
シナリオ2修復	0.012	0.011	0.010	0.033
シナリオ2罰金	0.003	0.002	0.002	0.007
シナリオ3不法投棄	--	--	7.12	7.12
シナリオ4 RCRA 罰金	0.00001	--	--	0.001
タイプ4				
シナリオ5従業員モラル			2.0	2.0
合計	3.02	2.69	11.97	17.68

表 5-13 外部コストの比較（大気への排出）

物質	焼却（廃棄物 1）			トラック輸送（廃棄物 2）		
	数量	単位	コスト	数量	単位	コスト
CO	7.23	ト	\$1.60-\$17.21	2.02	ト	\$.44-\$4.81
CO ₂ （化石燃料）	18,500	ト	\$0-\$60,125	239	ト	\$0-\$776.75
CO ₂ （化石燃料以外）	2,310	ト	\$0-7,507.50	57.2	ト	\$0-\$185.90
メタン	227	Kg	\$0-229	38	ト	\$0-\$38,285
N ₂ O	664	Lbs	\$0-22.70	.0579	Lbs	無視できる
NO _x	43.3	ト	\$519.60-\$120,027.60	2.05	ト	\$24.60-\$5,682.60
SO ₂	36,364	Kg	\$363-\$242,000	582	Kg	\$5.82-\$3,871.46
Ni	17.7	Lb	\$27-\$9.33	.0352	Lb	\$0-\$0.02
ホルムアルデヒド	7.39	G	無視できる	.197	G	無視できる
ダイオキシン	8.46	Ug	\$.04-\$0.75	.235	Ug	無視できる
Cr	30.6	Lb	\$20.29-\$806.31	.00186	Lb	無視できる
Hg	184	G	無視できる	.244	G	無視できる
Pb	790	G	\$.33-\$3.21	1.31	G	無視できる
Be	771	G	\$.24-\$9.31	.0516	G	無視できる
合計	\$905-\$430,758			\$31-\$48,807		

5.2.7 David Hunkeler（EPFL: Ecole Polytechnique Federale de Lausanne）による環境効率性について

David Hunkeler, “Return on Environment Addressing the Need for Normalization and Validation in Ecometrics”, LCM 2001 Copenhagen (2001)

（1）環境効率指標開発の背景

持続的発展の実現に向けた進展度を確実に把握・管理するためには、測定・評価基準（Metrics）が必要である。持続的発展には、個人・社会・環境・世代間責任など様々な価値基準が存在しており、それらを同時に満たすことはできない。そのため、個人や行政、公益団体、非政治団体、企業、産業団体の優先度を明らかにするための指標セットの開発が、国及び国際機関での指標と同様に求められている。

過去 30 年間に渡り、地域、国、大陸レベルの人間活動や技術、製品などの影響を説明するためにミクロ的環境測定基準（micro-ecometrics）が開発されてきた。これには、DfE 及び環境効率指標と同様に、ライフサイクルにおけるエネルギー消費、省資源化、廃棄物削減などが含まれる。しかし、サービスによる影響や製品の有用性に対する測定・評価基準は欠如していた。また、世界的又はマクロ的な環境測定基準（macro-ecometrics）についても定義付けが行われ、年平均気温や大気構成・濃度、海水準などの項目が含まれている。全球的現象を測定するためのミクロ的環境測定基準の有効性については、ライフサイクルインパクトアセスメントを通じて確立されてきた。しかし、ミクロ的・マクロ的環境測定基準の関連性や、それらの持続可能性指標としての有効性、持続的発展指標としての主観

性については、広く検討されてこなかった。

(2) 指標の標準化と確認

製品のリスクや環境影響を測定する様々な手法は、ある製品が使用される人口規模や地域などの状況に応じて限定されてしまう。このために、製品、企業、国を超えた環境影響の比較は困難である。そのため、資源生産性 (resource productivity) と環境効率 (eco-efficiency) に基づく国際的な環境評価基準 (universal environmental metrics) の開発に力を入れる必要がある。また、別のアプローチとして、環境影響と経済の価格体系との相似性に着目した指標の手法開発も考えられる。それには、製品間、企業間の比較を可能とする「単位販売価格当たり」や「単位環境影響当たり」といった標準化手法がある。

(3) 環境効率指標の算出手法：Return on Environment (ROE)

$$\text{ROE} (\%) = \frac{\text{Life Cycle Cost} / \text{Selling Price}}{\text{Scaled Impact Assessment}} \times 100$$

ROEの開発目的はLCAの結果を補完する客観的指標として開発、試用されてきた。ROEの使用データ及び算出手法の特徴は、分子には単位販売価格当たりのライフサイクルコスト、分母には環境影響評価値を用いており、2重の標準化を行っていることである。ライフサイクルコストは、そのデータの出典が同じインベントリデータに基づいている場合、資源採取、輸送、製造、使用及び廃棄段階における経済的費用から構成される。ただし、農業や漁業といった助成金が多い産業では価格メカニズムに偏りがあるため、助成金を連結した販売価格を用いるべきである。ROEの特徴及び効果は、全く異なる特性を持つ製品の既存データを用いることで、評価結果の製品間比較を可能にする。また、ライフサイクルコストと環境影響評価の一方しか判明していない場合でも、いずれか一方の比較を行うことが可能である。ROEは、企業的意思決定にLCAをより適合させることを意図した、計測可能なライフサイクル指標といえる。そのため、ROEはLCAの予備的な評価手法といえる。ROEは、専門家や企業における製品開発チームに対して、製品に関する十分なデータが揃っているか、コストや影響が過大評価又は過少評価されていないかを検証するためのガイドラインとなる。さらに、ROEは、製造における明確かつ主観的なエネルギー消費量や廃棄物発生量といった具体的な指標よりも有利な点がある。そのため、ROEは、環境負荷の改善度を報告するための体系的な指標として、あるいは相対的な環境評価のための指標として、活用することができる。

LCAについては、その利点にもかかわらず、多様な製品に対する同一のLCAが不可能であること、主観性を含んでいることなどから、他の産業分野におけるLCAの統合は行われてきていない。LCAを企業的意思決定に役立つツールにするためには、次のような条件を満たした客観的指標へと発展させる必要がある。

第三者の研究者が作成する計測可能体系的なライフサイクルデータに基づくこと
 生産ラインを超えて表現するために標準化するように、調整が可能であること
 環境、技術、市場に基づく情報を統合すること
 ROE の概念は、これらの条件を満たしていると思われる。

(4) ROE の算出事例

下の表 5-14・5-15 は様々な製品などの ROE の算出結果を要約したものである。

表 5-14 多様な製品の ROE

	ライフサイクルコスト (\$/単位)	販売価格 (\$/単位)	影響評価値	ROE(%)
有機ペンキのスプレーによって黒く塗られたオフィスの壁	0.026	0.0258	64	1.6
溶剤はリサイクルする有機ペンキのスプレーによって黒く塗られたオフィスの壁	0.035	0.0250	93	1.5
溶剤と沈殿物をリサイクルする有機ペンキのスプレーによって黒く塗られたオフィスの壁	0.026	0.0258	71	1.4
蛍光灯	12.30	2.01	40	15
低水銀ランプ	14.60	2.41	31	20
超低水銀ランプ	16.20	2.89	22	26

表 5-15 自動車前段階組立における ROE の事例 (影響分野として潜在的地球温暖化を使用)

自動車前段階組立の物質	ライフサイクルコスト (DM/単位)	GWP	影響評価値 (1 - 100)	ROE(%)
マグネシウム	52	142	94	1.8
ガラスファイバーのポリアマイド	48	40	26	6.2
浅繊維のポリプロピレン	37	19	12	10.3

高い ROE 値は、単位環境影響当たりのライフサイクルコストが高いことを示している。これは、対象としているシステムが、環境への負荷に対する経済的な還元が高いことを意味している。そのため、単位コスト当たりの環境負荷の大きい (ROE 値の低い) 競合製品に対し、高いコストを選択する企業の財政的決定は重要なものとなる。そのため、ROE 値の高い製品の代わりに ROE 値の低い製品を“システム”が代用していることが望ましくなっている。また、関連企業の併合によってライフサイクルコストを内部化することは、高い ROE 値を実現することになり、企業の持続可能な経営方針と一致することになる。さらに、高い ROE 値は、ジョイントベンチャーや国際化とも一致する。

さらに ROE は、ライフサイクルコスト評価あるいはインパクト評価において誤りがあるかを評価することを可能にする。例えば、標準偏差を上回る、又は下回る 2 つの ROE は、LCI や LCC がそれぞれ過小評価されることを意味する。それゆえ、ROE の二重の標準化は、コスト評価と環境影響評価のおおよその有効性を確かめることを意味している。

(5) まとめ

ライフサイクルコスト評価と定量的な環境影響評価の比較は、明白で簡潔な意思決定過程における厳密な LCA の有用性を提供している。それゆえ ROE のアプローチは、単一な環境測定基準や環境指標よりも優位性がある。ゆりかごから墓場までのコスト評価や環境影響評価の両方を含む付加的なケースは、改善するような進歩における統計値であり、企業評価における部門の価格と収入の比率と類似した ROE 価値により、工業部門や製品サブカテゴリ評価を確実にする。これにより ROE は、少ない収集データの正当性を検証することが出来るので、簡易な LCA を導くための公平な手段の提供を可能にする。

5.3 ライフサイクルコストイングの方法

5.3.1 製品のライフサイクルの意味

製品開発においては「ライフサイクル」は、製品の企画・設計・製造・販売・廃棄を意味する。企画・設計の段階から製品の使用・廃棄を考慮する行動をライフサイクル評価と呼ぶことがある。これは、ISO (TR) 14062 で議論されている環境適合設計 (DfE: Design for Environment) の概念に近い。

一方、製品の環境影響評価手法である LCA では、製品に使用される素材の製造やその上流にある資源の採掘、及び製品製造の下流にある使用・廃棄の段階を考慮することを「ライフサイクル」と呼ぶ。

後者に経済的視点を加えることを「ライフサイクルコストイング」と定義する。

5.3.2 ライフサイクルコストイングの目的

企業の製品企画に際して、製品の価格を決定するのに製品製造を通じて掛かるコストを算定することが行われている。これには素材、エネルギー、固定費、環境対策費等が計上されており、通常これらのコストは企業内部でクロードしている。これをここでは、**企業コスト**と呼ぶ。また、循環型社会においては、企業内部のコストにとどまらず、資源の採掘、素材の製造、使用、廃棄まで含めた製品のライフサイクルを通じたコストも考慮して製品を製造することが今後重要となろう。製品のライフサイクルを考慮したコストを、ここでは**ライフサイクルコスト**と呼ぶ。

一方、ライフサイクルで見た場合、素材製造の段階、製品製造時、製品使用時、及び廃棄時の環境への排出があり、これらは何らかの形で社会が負担しなければならないコストとなる。これをここでは、**社会的コスト**と呼ぶ。

製品のライフサイクルコストを算出する具体的な手法について検討することを目的とする。ここで検討する手法は、同一性能・機能を持つ代替製品と比較する際に、ライフサイクルコストの削減に対する投資効果の評価を行なう有効なツールとなることが期待される。

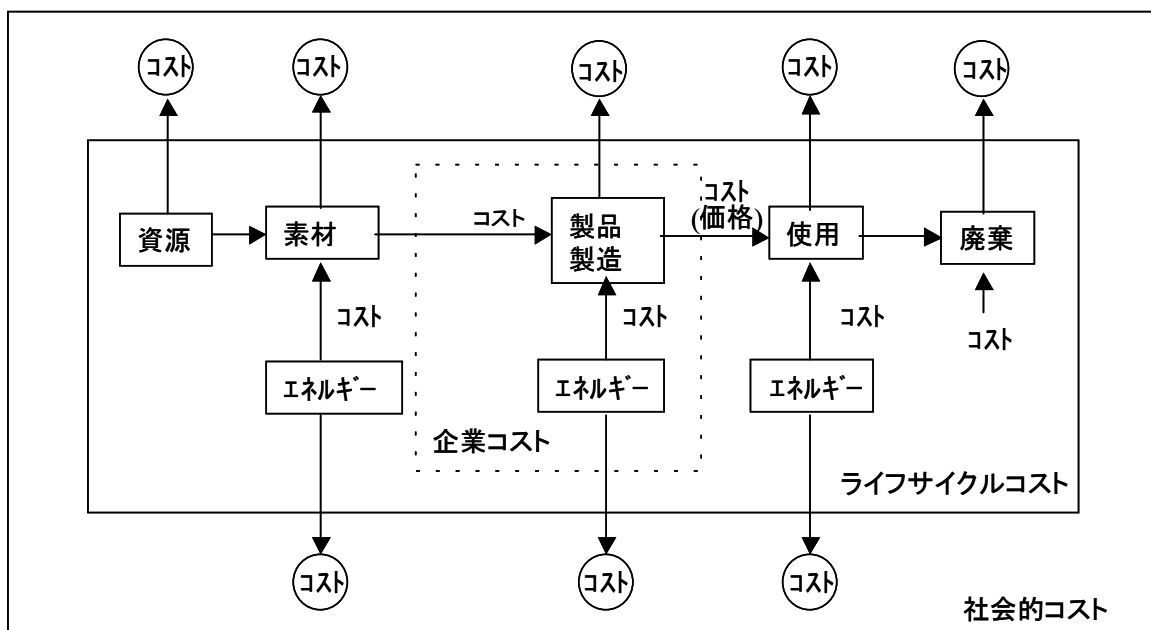


図 5-15 ライフサイクルコストの概念

5.3.3 ライフサイクルコストの具体的な方法

上述のライフサイクルコストの定義に従えば、製品製造に使用される素材の製造及びその上流にある資源採掘に要する費用を算出することが望ましい。しかし、製品製造の企業にとって、これらを算定することは非常に困難である。また、製品製造の企業が購入する素材の「価格」は、それより上流のコストが集計されたものであると見ることができる。

そこで、製品製造の工程を主体とし、それより下流にある使用・廃棄の段階を考慮したコストを「ライフサイクルコスト」と呼び、それを算定することを「ライフサイクルコスト」と呼ぶことにする。この概念は、従来「トータルコスト」と呼ばれている概念と一致する。

製品の製造コストは企業の財務会計データにより算定する。企業が購入する素材の価格はここに含まれ、LCA の物量データに価格を乗ずることにより材料費が算定される。複数の製品を生産する企業では、製品製造に係わる費用をそれぞれの製品に配分する製品原価計算の手法が必要となる。製品の使用及び廃棄の段階のコストは、それぞれの段階での

消費（財）の消費量に価格を乗じることにより算定される。製品の寿命が長く、使用・廃棄と時間的な隔たりが大きい時には、割引率の考え方を導入する必要がある。

さらに、社会コストは LCA によって算定される排出物による環境インパクトを貨幣価値に換算することにより算定される。

図 5-16 に上述したライフサイクルコストの実施方法の概念図を示す。社会コストの算出については、CO₂ の場合を例として示した。排出物による環境影響を推定する被害算定型の環境影響評価手法の開発と、被害を経済的価値に換算する手法開発が必要である。

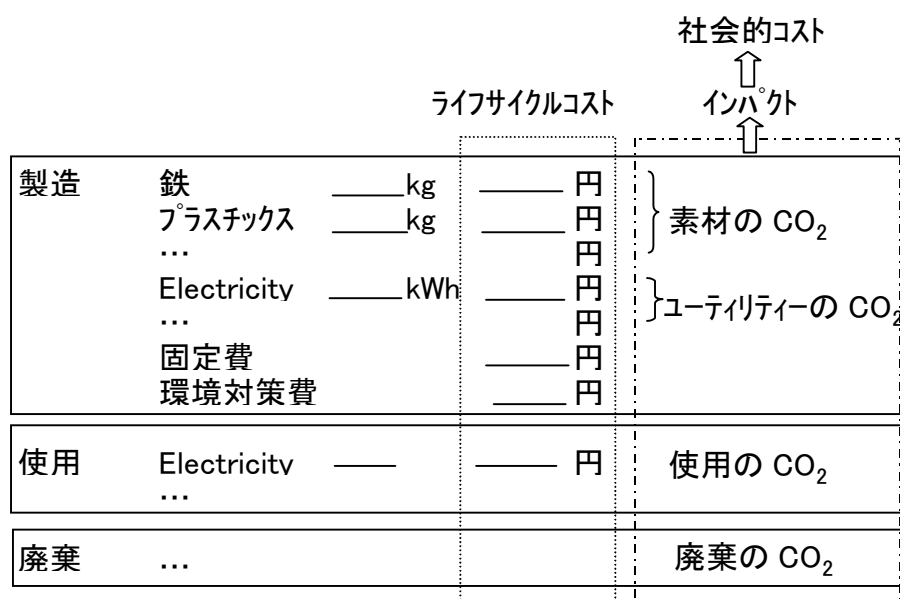


図 5-16 LCC の実施方法の概念

5.3.4 製造段階の企業コストの記述方法

ここでは単一の製品を生産するメーカーを想定している。したがって、製品間の配分や副製品の扱いは考察外である。

製造企業にとって、この製造段階のコストは、既に製造原価計算システムとして企業内で日々、測定・記述されているものである。原材料や、製造段階で用いるエネルギー・ユーティリティ（燃料、電力、ガス、水道）は、それぞれ、仕入額をそのまま用いればよい。原材料であれば材料費関係の費目を、エネルギー・ユーティリティであれば経費（間接費）関係の費目となる。どちらも、損益計算書では「売上原価」の構成要素となる。

一般的に、インプット資源は環境負荷を背負っている（環境リュックサック）ので、購入によってその負荷が購入企業側に伝わる。図 5-16 のインパクトの算定は、このインプットとしての環境リュックサックと、企業内の活動で新たに追加された、アウトプットとしての環境負荷を両方、含むことになる。この図ではインパクトとしては CO₂ のみが考慮さ

れているが、他の環境インパクトへも拡張することができる。

インプット購入価額(取得原価)が100%、環境コストであるかどうか、すなわちLCA・LCCの考察対象とすべきかどうかは議論の余地がある。例えば、持続可能型農業で生産された農林水産物は、それ自体、生産に伴う環境負荷(環境リュックサック)を伴わないはずであるから、インプット面では考察対象外である。もちろん、自社で取り扱う際に廃棄物という形でアウトプット面では環境負荷を発生させる可能性はある。しかし、元来、持続可能型の農林水産物であれば、局所的なヘドロ堆積や悪臭、衛生面・アメニティー面の被害などもあるが、廃棄部分をどのような形で放置してもいずれは分解されて大気圏・水圏に還って行くので、アウトプット面でも理論上は環境負荷ゼロとなる場合がある。(ただし負荷総量がゼロのものも表に上げることが可能であり、究極のグリーン購入として逆に社会にアピールする可能性はある。)

これに対して、金属や化石燃料といった地下資源は、採掘によって埋蔵量がだんだん枯渇し、さらにその利用後はリサイクル・再利用されない限り、廃棄物として地表に拡散・集積するばかりの、一方向的な資源動態を示す。このような資源にこそ、LCA・LCC的発想で臨み、問題点の把握と改善に努めるべきものと思われる。

次に、メーカーが与える環境負荷は、製造段階だけではなく、販売過程、管理活動によっても生起する。本社業務・オフィス活動などである。これらの活動の会計記録は、製造原価計算システムとは切り離されて計算されており、損益計算書では「販売費・一般管理費」の中で算定されている。通常、会計実践や会計理論では、こうした販売管理活動のコストは、製造原価・売上原価には含めないで、企業の稼ぎ出した粗利益(売上総利益) [= 売上高 - 売上原価] から支出されて行くもの、と考えている。

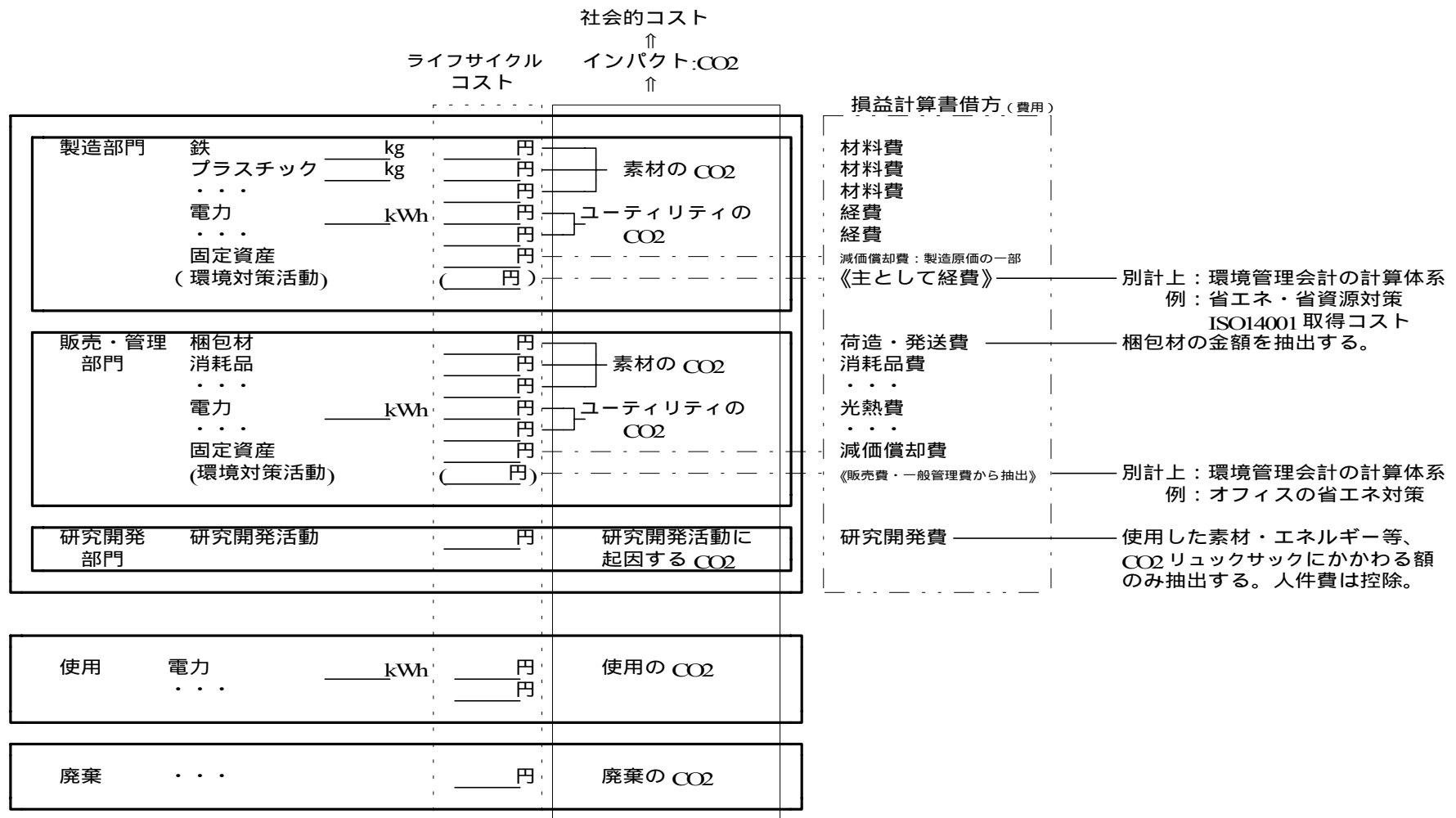


図 5-17 LCC と損益計算書との関係：概念図

しかし、販売管理活動に起因する環境負荷も、メーカー全体の環境負荷の一部であるから、これを LCA・LCC では考慮に入れなければならない。これは、製造段階の次の段階として、販売活動、管理活動として把握される。この場合、損益計算書で記述される販売費・一般管理費の中に紛れ込んでいる、物質・エネルギーの購入額を抜き出して記述しなければならない。このことは環境会計の計算における課題の一つでもあり、手計算を脱して自動的に算定できるソフトの開発などが期待されている。ごく簡単な例として、荷造・発送に関わる梱包材を図では例示した。実際にはこういった仕分け作業にはかなりの労力と時間が掛かるものと思われる。

図 5-17 における固定費や環境対策費も同様に、製造段階とそれ以外の企業活動段階とに分けて考察する必要がある。製造段階での固定費とは、工場建屋や機械設備に代表されるコストである。これらは期間損益計算では減価償却費として算定されて製造原価の一部になっている。これらは、建物建設時、機械製造時の環境リュックサックを背負って取得されるが、そのリュックサックの記述については建設会社、機械納入業者の協力がなければ正確なところは難しい。

機械設備の除却、工場建物の解体など、何年かに一度発生する事象はどのように考慮すべきであろうか。このような場合、通常は大量の廃棄物が発生し、かつ除却・解体に伴うエネルギーも大きいであろう。会計的に考えた場合、これらコストも当然、製造活動に必要な経費であるから、製造原価に配分すべきである、と考えることもできる。しかし、現行会計制度では、このような大掛かりな事業は臨時損益を発生させる取引として「特別損益計算」の枠で算定されている。すなわち、耐用年数の過ぎた建物や機械設備は、残存価額（スクラップバリュー）のまま使用されるか、ゼロ円として帳簿外資産となるが、除却の際に、その残存価額に対して損失なり利益を出す、とのとらえ方である。こうした除却・解体に伴う環境負荷は、本来製造活動に関わる負荷ではあるが、建物や機械の使用期間にわたって配分すべき負荷であるのか、そうでないのか。また、もしあらかじめ配分するとしたら、環境負荷の配分だけでなく、現行会計での減価償却費に更に、解体・除却コストまで配分して、環境負荷の配分と金額の配分とを対応させるべきなのかどうか。この問題については、まだ明確な方向性は定まっていないし、環境会計での議論も未だしである。

販売・管理部門に関わる減価償却費も上記と同じく、背負ってくる CO₂ インパクトは LCC と関わらせるが、除却の際の廃棄アウトプットをどのように扱うかはまだまだ考察の余地が大きい。

また、環境対策費については二重計算とならなければならないような注意が必要である。この図 5-17 では、二重計上となっていてあえて計上してあるが、それは環境管理会計システムとの連携を意図したアナウンス効果を狙ったものであり、実際にライフサイクルコストを計算する場合は二重計算部分を控除しなければならない。例えば、グリーン購入した素材や資源であれば、これは既に材料費や消耗品費で計上されているので、この図 5-17 では環境対策費との二重計上になる可能性があり、その分は LCC の計算では控除する。（環境管理会

計では、一般の素材・消耗品との差額を「環境コスト」として認識することもある。)そのほか、例えば新鋭の省エネ型機器の取得の場合では、図 5-17 では固定資産として既に計上されているので、環境対策費との二重計上の可能性があり、その分は LCC から控除する。(環境管理会計の計算体系では、省エネ機能分についての差額計算・按分計算が必要な場合がある。)

また、省エネ省資源活動に掛かった経費は、その効果はエネルギー購入額・素材仕入額の減少として現れるが、購入・仕入額そのものを見ただけでは省エネ省資源の効果があったかどうかは全く分からない。このような効率性に関しては、損益計算書では算定されないのので、それとは別の環境管理会計システムで捕捉する必要がある。

このようなことから、製造部門・段階での環境対策費は、多くは既存の勘定科目に吸収されるであろう。それ以外に考えられるのは環境マネジメント関係の費用などである。ISO 14001 など、環境マネジメント関係の費用も環境対策費として計上されるが、これを LCC ではどのように考えるのか。環境マネジメントは製造段階の管理活動であるから、当然、LCC の範囲内と考えられる。会計処理では補助部門費などとなるが、LCC では物質的な面のみ考慮するとすれば、ISO 14001 に関わる人件費部分は除外し、それ以外の部分を算定し、LCC の一部とすることになる。

販売・管理活動での環境対策費も、素材・エネルギー等、物質に関する額を抽出して LCC に含めるものと考えますが、ここでも上記同様、既存の勘定科目に多くは吸収されるであろう。「販売・管理部門の環境対策を進めるための環境マネジメント」の費用も、管理費の科目に二重計上されるので、LCC では控除する。

このほか、上記の記述の流れでは、労務費・人件費はすべて LCC から除外する、としてきたが、そもそも環境対策の多くは人手に関わるものであるし、そうした人手を掛けることによって CO₂ 発生削減が図れるわけであるから、インパクトの結果・効率性の判断ではこうした労務費・人件費との関係・比率を見る、という発想があってもよいはずである。環境マネジメントの効果を見るわけであるから、その素材やエネルギー部分だけを勘案しても不十分であろう。そうであれば、製造原価の中の労務費もインパクトに関わるものとして算入すればよいし、環境マネジメントの費用も人件費部分を含めて全額、LCC の一部としてインパクトに関わらせばよい。しかし現状ではこの問題も議論の余地が大きい。

そのほか、研究開発費も LCC の加算対象になると考えられるが、これも CO₂ インパクトに関わる部分のみ、計算対象とする。なお、環境対策としての研究開発であれば、その部分のみ環境管理会計の計算対象になるが、ここでは、研究開発活動そのものもたらす環境インパクトは何か、という視点で臨むので、研究開発費全体が LCC に含まれる可能性がある。ただし、人件費部分を含むか含まないかは、前述のように議論の余地がある。

以上、現行の会計制度との共通性を前提に議論を進めてきたが、これは、企業内で複数の会計システムをできるだけ認めない立場からの発想である。環境管理会計システムを既存の財務会計・管理会計システムから独立させても、いずれは両者の対比が問題となり、

更には損益計算への取り込みが問題となろう。しかし、現在まだ環境管理会計も始まったばかりであり、ましてや LCC は更に新しい領域である。したがって、LCC を実践する場面では、取りあえず現行の会計制度や、自社内の既存会計システムとは離れて、実践に取り組むことでよいと思われる。

むしろ、そのような取り組み方で、逆に会計制度や会計システムの問題点、不備が浮かび上がってくるかも知れない。その結果、会計制度・法制が改正される可能性もないではない。環境保全に全面的に取り組むことが求められる昨今、環境破壊を助長したり無視するような会計制度であれば、早急に改正すべきものだからである。

5.3.5 ケーススタディ

上記に示した LCC の簡単な例として、冷蔵庫を対象として、特に冷媒として特定フロン(CFC - 11, - 12)を使用した場合と、オゾン層保護のため代替フロン(HFC134a, HCFC - 22)に転換した場合とで比較を行った(出典:伊坪、稲葉投稿予定、及び Itsubo, N.; Inaba, A.: Total Cost Accounting Including External Cost of Product Life Cycle – Case Study for Electric Appliance, 1st Int. Conf. on Life Cycle Management, Copenhagen, Aug. 27-29 (2001))。今回の評価は TCA の試算目的で実施されたものあり、特定企業の内部意思決定や外部公表を目的としたものではない。TCA はライフサイクルコストと社会コストで構成されるが、前者の算定に LCC、後者の算定に LCIA の統合化手法を利用した。以下それぞれの算定方法について簡単に説明する。

(1) ライフサイクルコストニング

LCC を実施するに当たって、調査範囲の設定を行うとともに、使用される原材料名とその使用量に関する情報が必要となる。これらは LCA を行う上での基礎情報と共通するので、これまでに実施された LCA のケーススタディ(新エネルギー・産業技術総合開発機構、委託先産業環境管理協会:エネルギー使用合理化手法国際協力調査、平成7年3月)を参考に設定した。調査範囲は資源採取、材料生産、製品製造、流通、使用、処理・廃棄とした。次にこれらのプロセスにおいて投入される原材料名とその消費量に関する情報を得た。次いでここで挙げられた原材料の単価に関する情報を収集した。製品製造までは、対象製品に利用される部材を抽出するとともに、これらの単価について既存統計資料を基に推定し、各部材の購入費を算定した。価格変動があることを考慮して、最近2年間における毎月の平均価格から単価の代表値を求めるとともに、最大・最小値も得た。価格推移に関する情報を得ることができない材料等については、工業統計表より年間の取引額等を参考に代表値のみを求めた。使用段階においては購入電力分のコストを算定する。電力量の単価は現状における1世帯当たりの1月分の電力量消費(298kWh)(従量電灯B電力量料金)から代表値(20.58円/kWh)を得た。冷蔵庫のような長期使用目的の製品の場合は、

割引率を考慮するか否かによって結果が大きく異なる可能性がある。通常は割引率を導入して現在価値で表すものと考えられるが、環境負荷の算定を行う LCA ではこのような考えは定着していない。そこでここでは年率 5%の割引を行った場合と行わない場合の 2 種類で試算した。回収・処理は家電リサイクル法の施行に伴い、運送と処理の費用は消費者が負担することとなっている。

表 5-16 代替フロン使用時の冷蔵庫と特定フロン使用時の冷蔵庫 1 台の LCC まとめ

プロセス	名 前	使用量、消費量 ⁽³⁾		単位	単価			コスト(割引なし)		コスト(割引5%/年)		備考
		代替フロン使用	特定フロン使用		代表値	最大値	最小値	代替フロン使用	特定フロン使用	代替フロン使用	特定フロン使用	
製造	アルミシート	1.07	0.98	kg	207.8	232.8	188.2	222.3	203.6	222.3	203.6	地金として
	銅シート	3.24	3.18	kg	550.8	565.0	535.0	1,784.7	1,751.7	1,784.7	1,751.7	
	ガラス	0.24	0.24	kg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	HCFC-141b	0.69		kg	471.2	-	-	325.1		325.1	325.1	工業統計203312
	HFC-134a	0.18		kg	471.2	-	-	84.8		84.8	84.8	工業統計203312
	CFC-11		0.69	kg	471.2				325.1		325.1	工業統計203312
	CFC-12		0.18	kg	471.2				84.8		84.8	工業統計203312
	PET	0.01	0.01	kg	143.9	-	-	1.4	1.4	1.4	1.4	工業統計203726
	PP	8.66	8.55	kg	63.3	71.5	51.8	548.2	541.2	548.2	541.2	
	PUR	8.02	7.18	kg	244.4	-	-	1,959.8	1,754.5	1,959.8	1,754.5	工業統計203711
	PVC	2.20	2.20	kg	70.2	89.8	49.4	154.5	154.5	154.5	154.5	
	ABS	6.19	6.27	kg	113.7	131.7	95.2	703.7	712.8	703.7	712.8	
	PS	10.05	0.00	kg	83.0	112.3	57.8	834.2	0.0	834.2	0.0	
	冷延鋼板	12.83	12.21	kg	49.9	54.5	45.0	639.7	608.8	639.7	608.8	
	溶融メッキ鋼板	5.54	5.59	kg	82.6	-	-	456.9	461.5	456.9	461.5	工業統計265211
	電気メッキ鋼板	5.54	5.59	kg	110.7	-	-	612.5	618.5	612.5	618.5	工業統計269919
	塗装鋼板	10.82	10.31	kg	110.7	-	-	1,197.2	1,140.8	1,197.2	1,140.8	工業統計269919
	電磁鋼板	2.95	2.96	kg	110.7	-	-	326.4	327.5	326.4	327.5	工業統計269919
	ステンレス鋼板	0.56	0.24	kg	247.8	255.0	228.0	138.7	59.5	138.7	59.5	
	段ボール	6.76	6.76	kg	2.3	3.8	0.3	15.6	15.6	15.6	15.6	
	重油	1.67	1.67	kg	18.0	19.5	14.5	30.0	30.0	30.0	30.0	C重油として
	軽油	0.33	0.33	kg	21.8	26.4	19.4	7.1	7.1	7.1	7.1	
	LNG	5.46	5.46	kg	29.0	30.3	28.1	158.5	158.5	158.5	158.5	
	購入電力	70.76	70.76	kWh	20.6	-	-	1,456.2	1,456.2	1,075.6	1,456.2	
使用	購入電力	9604.80	9129.60	kWh	20.6	-	-	197,666.8	187,887.2	145,997.5	138,774.3	
回収		1	1	process	2,400.0	-	-	2,400.0	2,400.0	1,336.4	1,336.4	
廃棄		1	1	process	4,600.0	-	-	4,600.0	4,600.0	2,561.5	2,561.5	
合計								216,324.4	205,300.8	161,172.3	153,495.7	

この費用がすべての処理費を賄うことができるとはいえないが、情報が限られているためここでは回収・処理の消費者負担分を当該プロセスに必要なコストと仮定した。これらの調査結果を基に調査範囲に含まれるプロセスコストを積算することでライフサイクルコストを求めた。その結果を表 5-16 に示す。これによれば、両製品のライフサイクルコストは割引率を考慮しない場合で約 20～22 万円、考慮した場合で 15～16 万円程度であり、新旧製品間ではおよそ 5%程度新製品の方が高かった。また、全体の約 9 割の費用が使用時における電力代であったため、省エネ化がライフサイクルコストを最も効果的に削減する手段であるものと考えられる。今回の分析では、製造までの費用には冷蔵庫に使用される材料費が示されているが、生産に利用する設備費(投入と運用)、人件費は情報不足のため含まれていない。したがって今回の LCC の結果は実際の総費用より少なく算定されているものと考えられる。

(2) LCIA による社会コストの評価

LCIA による社会コストを算定するための入力データとして、LCI による環境負荷を算定する必要がある。LCI は LCA ソフトウェア JEMAI - LCA(NIRE - LCA ver.3)を利用した。LCIA は特性化や正規化等、幾つかのステップで構成される。ここでは TCA を行うという目的から経済指標による統合化を実施した。現在 LCA プロジェクト(経済省/NEDO/産環協)において、環境経済学に基づく統合化手法を構築中である。昨年度末までにダメージ関数による健康影響の被害量評価とコンジョイント分析による経済指標化に向けた手法構築に向けた検討を行っている。ここでは LCA プロジェクトにおけるこれまでの検討を通じて得られた知見を利用して、社会コストを試算した。本プロジェクトは次年度末(平成 15 年 3 月)に終了予定であり、現段階では最終成果が公表される前であるため、被害指標等の詳細は割愛する。

インベントリ分析は CH₄, CO₂, NO_x, SO_x, PM, CO, NMVOC, As, Cd, Cr, Ni, フロン類(CFC - 11, - 12, HCFC - 141b, HFC143a)を対象物質とした。これらの中から、CO₂, NO_x, SO₂, PM のインベントリ分析結果を図 5-18 に示した。どの物質についても旧製品よりも新製品が及ぼす環境負荷の方が 1 割程度大きかった。これは代替材料の冷媒としての効率や製造技術の成熟度の違いによるものと考えられる。これらの物質が関連するインパクトカテゴリとして、地球温暖化、オゾン層破壊、都市域大気汚染、有害化学物質による影響を対象にした。LCI の結果に被害量係数と統合化係数を適用して社会コストを算定した。この結果は後の TCA において示す。

ここでは、健康影響に関する被害量とそれに伴う経済的影響に限定して評価したので、そのほかの保護対象(生物多様性、社会資産、一次生産)への影響による社会コストは含まれていないことに注意する必要がある。被害量評価は、自然科学的知見に基づき健康影響の態様ごとに分類した被害件数の分析とそれに伴う損失年数の評価から構成されている。したがって、被害量評価は一般人による環境思想に基づく選好を除外して評価することが

できるので、統合化の結果に比べて信頼性は高いものと推定できる。他の評価手法（Eco-indicator'99）との比較等を通じて、被害量の算定についてはある程度整合する結果を得ている。健康被害量の経済価値換算は、CVM等の環境経済学的手法による検討がある程度進んでいるものの、まだ合意はない。今回はコンジョイント分析によるプレテストの結果から、暫定的に1,100万円/1DALY（DALY: Disability Adjusted Life Years: 障害調整生存年）として評価したが、今後の研究の進行に伴って適時修正される予定である。

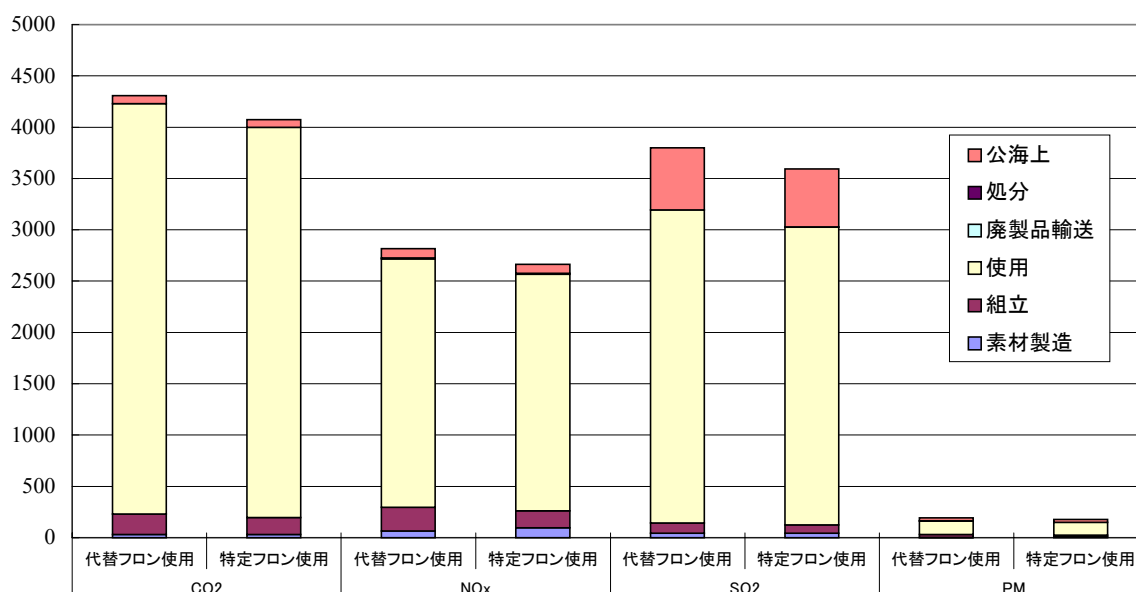


図 5-18 インベントリ分析結果(CO₂, NO_x, SO₂, PM): 縦軸: CO₂; kg/冷蔵庫1台, NO_x, SO₂, PM: g/冷蔵庫1台

(3) TCA (トータルコストアナリシス)

以上の計算結果を集約して算定した、特定フロン使用時(旧製品)と代替フロン使用時(新製品)における冷蔵庫のトータルコストを図 5-19 に示した。いずれもライフサイクルコストの方が外部コストよりも約 4 ~ 5 倍程度高かった。新製品と旧製品との間で比較すると、ライフサイクルコストは新製品の方が高いが、社会コストは旧製品の方が高かった。これは従来製品の方が製造技術の完成度が高いこと、特定フロンの環境中への放出による環境影響が大きいことが双方の要因であるといえる。今回の結果によれば、代替フロンの転換による社会コストの低減効果の方が内部コストの増加よりも大きいことが示された。また、この傾向は割引率の有無によらなかった。割引率を考慮することで、トータルコストは考慮しなかったときの約 80% になった。これはトータルコストに対して最も寄与が大きかった使用時の電力代が割り引かれた結果、低く見積もられたためである。冷蔵庫のように長期間使用する製品については、割引の考慮の有無は結果に重大な影響を及ぼし得る。

今回紹介した研究事例は内部コストの中では組立時の人件費や設備費が含まれていない。さらに、社会コストの算定では人間の健康以外の保護対象が受ける経済的影響は含まれていない。いずれも LCC や LCIA において、まだ十分に議論されていない部分であるため、今後の研究水準の向上が望まれる。

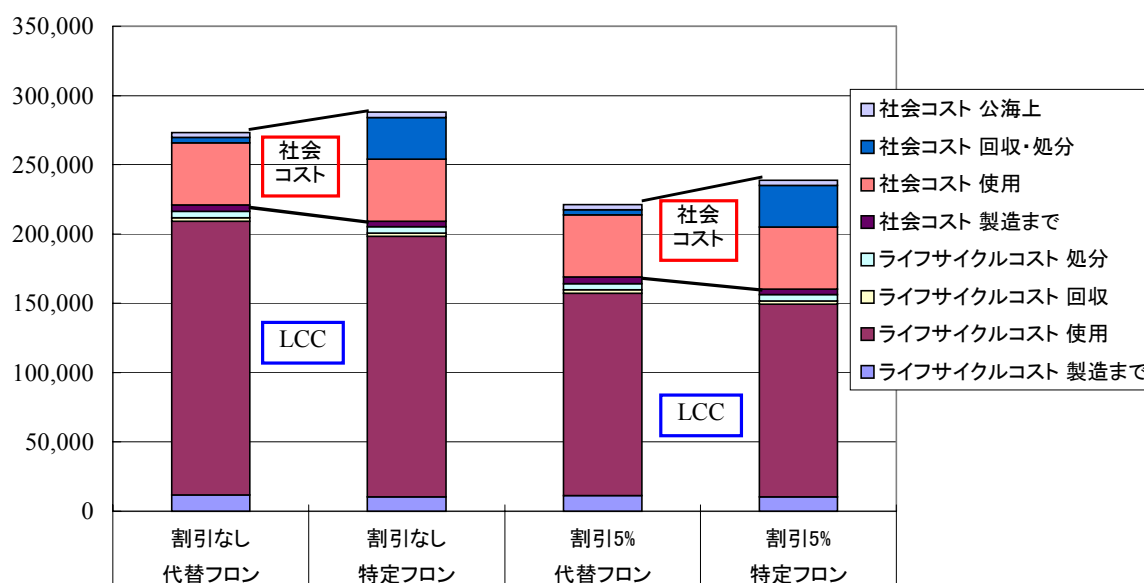


図 5-19：特定フロン使用時、代替フロン使用時におけるトータルコスト算定結果(縦軸：円/冷蔵庫 1 ライフサイクル)

5.3.6 検討課題

図 5-19 に示した LCC の実施方法は、製品が使用され、廃棄される方法が明確な最終消費財の製品に適用が可能である。換言すれば、素材産業に適用することが困難である難点を持つ。LCA の一般的な実施においても、その製品の使用方法を明確にすることが困難である素材産業は、「ゆりかごから製品製造まで」の LCA を実施することが通常となっている。

ここに示した LCC の実施手法は、企業が購入する物資の価格でその上流の費用を代表させるので、素材産業で製品製造までの LCC を実施するとすれば、その企業の製品原価計算を示していることに等しい。したがって、製品単位での環境会計の手法として活用が可能であると思われる。

5.4 今後の課題

本検討では、LCC の具体的な実施方法についての提案を行った。今後、最終消費財を生産している企業の協力を得て、製造段階の企業コストを製品に配分する製品原価計算のケーススタディを実施することが必要である。そこで得られた製造段階のデータに、使用・廃棄段階のデータを付け加え、製造・使用・廃棄を含むライフサイクルコストの具体的例示を蓄積することが必要である。

LCC を簡便に行うためには、企業が購入する素材に対して、従来のライフサイクルインベントリ分析のデータに価格を付け加えたデータベースを整備することが必要となる。

さらに、LCA のインパクト評価による社会コストの算定の具体的例示を行い、LCC と社会コストを合わせた総合的なケーススタディが実施されることが望まれる。これにより、企業の環境投資の妥当性を判断することが初めて可能になるとと思われる。