

目次	巻頭言 1	コンクリート分野におけるLCAの課題 6
	名古屋大学 大学院環境学研究所 教授 井村 秀文	電源開発株式会社 茅ヶ崎研究所 上席研究員 石川 嘉崇
	大型ポンプの生産活動におけるLCA 2	国産天然ガスのライフサイクルインベントリ分析 10
	—サプライチェーンLCAデータベースの構築—	帝国石油株式会社 環境安全部 金田 英伯
	株式会社荏原製作所 羽田事業所 環境管理グループ	欧州IPP～「ライフサイクルベースの製品環境情報」の今後の展開 13
	小塚 浩志、江藤 康子	(社)産業環境管理協会 中庭 知重
		行事日程 15

巻頭言



名古屋大学 大学院環境学研究所 教授
井村 秀文

経済のグローバル化とLCA

今世紀に入って、BRICsと呼ばれるブラジル、ロシア、インド、中国の経済発展が目覚ましい。特に、中国のGDPはついに英仏伊を抜き、米日独に次ぐ世界第4位となった。2006年の中国の年間自動車販売台数は700万台で、日本を抜いた。それとともに、鉄、銅をはじめとする金属、石油等の資源需要が急増している。他方、今年の冬は世界的な暖冬で、東京では雪の日がなかった。北極の氷の融解が目に見える形で進行している。地球温暖化が以前の予想よりかなり速く進行する可能性がある。その大きな人口、急速な経済成長と資源消費の増大から考えて、地球環境問題解決の鍵を握るのはBRICs諸国だといってよい。

とりわけ、世界の工場としての中国の経済成長と資源・エネルギー消費、環境負荷の発生は地球環境にとって重大な意味を持っており、しかも日中の経済的つながりを考えると、われわれとしても傍観者ではおられない。最近、日本各地で金属の盗難が多発しているが、2008年北京オリンピックを間近にして建設工事ラッシュの続く中国でこれら金属が不足しているのが原因らしい。日本などの先進国で発生する廃棄物は再生可能資源でもあるわけだが、先進国内における高度なリサイクルの費用が高すぎると、安い

費用でそれが可能な途上国に流れることになる。こうして、容器包装リサイクル法の施行等によって分別収集されたPETボトルや廃プラスチック、さらには廃自動車や廃家電等も大量に中国に輸出される事態になっている。

こうした国際的な資源循環は、市場原理に従った自然な取引の結果であり、資源の効率的利用という観点からは好ましい面もある。しかし、資源ナショナリズムの視点から見ると気になることがある。電子製品などは、希少金属の貯蔵庫である。たとえ個々には微量であっても、塵も積もれば山となる。バージン資源として、これら希少金属を採掘、精錬するために要するエネルギーも甚大である。国外に流れるのを看過してよいのだろうか。

製品の環境適合性を評価するための手法として開発されたLCAであるが、国際貿易される製品の製造・使用・廃棄の全過程について、そのシステム境界をどう取り扱うかは大きな問題である。日本製の製品であっても、その部品には海外のものが多く含まれるし、製品の多くは海外輸出されて使用される。廃棄製品は製造業者によって回収される場合もあれば、そうでないものもある。途上国におけるリサイクルの実態は先進国とは大きく異なる場合もある。こうした問題を考えると、現実の経済活動との関係においてLCAにはまだ多くの検討課題があり、中国のような途上国との技術協力も不可欠である。

大型ポンプの生産活動におけるLCA

— サプライチェーンLCAデータベースの構築 —

株式会社荏原製作所 羽田事業所 環境管理グループ

小塚 浩志、江藤 康子

1. はじめに

環境負荷は、経済活動の負の結果である。経済活動は、貨幣によって表現し、環境負荷は、環境ポテンシャルで表現し、評価する。物品は、経済活動によって付加価値が付与され、価格という形で取引される。その意味において、産業連関表により環境負荷を定義し、物品の環境負荷を計算することは極めて理に適っている。しかし、産業連関表は、日本経済全体のマクロ数値であり、個々の企業で作られる物品の環境負荷を計算するには、いささかマクロ的過ぎる気がする。

物品の価格は、自社の製造コストから形成される様に、環境負荷も、各企業の環境への排出量を基に計算すべき時代になったのではないかと感じている。

このような事を背景に、自社及び調達先からなるサプライチェーンの環境負荷を把握し、製品の環境負荷を計算するためのLCAデータベースを構築することを考えた。そのためには、工場LCAと言う観点から、企業毎に、製作仕様とリンクした環境負荷原単位を算出し、物品の環境負荷を計算するためのサプライチェーン環境負荷原単位データベースを構築する必要がある。

以下に、データベースの構築、それを使用した大型ポンプの環境負荷の計算結果、工場における環境管理活動への利用及び今後の課題について報告する。

2. 原単位データベースの構築

当社羽田工場の主要製品である大型ポンプを対象に、以下の主要工程について解析した。

- (1) 羽田工場各工程（機械、組立、試験、塗装、他）
- (2) 鋳造工程
- (3) 製缶工程（大物部品及び小物部品）
- (4) 鍛造工程（大物部品及び小物部品）
- (5) 熱処理工程
- (6) 外注機械加工工程（長尺物部品、中物部品及び小物部品）
- (7) 素形材の輸送
- (8) 外注加工業者との間の輸送
- (9) 顧客への輸送

原材料及び電力・燃料・水などユーティリティの環境負荷は、バックグラウンドデータを使用し、素形材製造以降の工程を対象とした。また、完成購入品は、製品に占める割合が小さく、今回は解析の対象外とした。

調達先となる工程については、発注量の多い代表的な会社を選択し、企業規模の違いを把握するため、同じ工程について、大小異なる企業を選択した。

解析に使用したinput及びoutputデータは、各社が保有する年間の環境データ（資源・エネルギーの使用量、大気・水域への排出量、廃棄物量など）とし、可能な限り実測値としたが、化学物質、大気及び水域への排出量などは、計算値、推定値、バックグラウンドデータを用いた。

原単位算出のための指標として生産管理データ（作業時間、重量、表面積、台数）を用いた。

解析する環境ポテンシャルは温暖化ポテンシャル（GWP）、酸性化ポテンシャル（AP）、富栄養化ポテンシャル（EP）、一次エネルギー消費量、光化学オキシダントポテンシャル（POCP）、人体毒性ポテンシャル（HTP）、水圏生態系ポテンシャル（AETP）とし、積上げ法のLCAソフトであるGabi4を使用して各工程の年間環境ポテンシャルを計算した。

得られた年間環境ポテンシャルを、開発・設計、機械、組立、試験（段取）及び外注機械加工は作業時間、試験（動力）は実試験電力、塗装は表面積、物流及びその他・共通は出荷台数、鋳造、製缶、鍛造及び熱処理は各社の生産重量又は出荷重量で割り原単位とした。これにより、製作仕様（材質、重量、表面積、作業時間など）を指標としたサプライチェーンとしての環境負荷原単位データベースとした。

本プロジェクトの全体像を図1に、原単位データベースの一部を表1に示す。

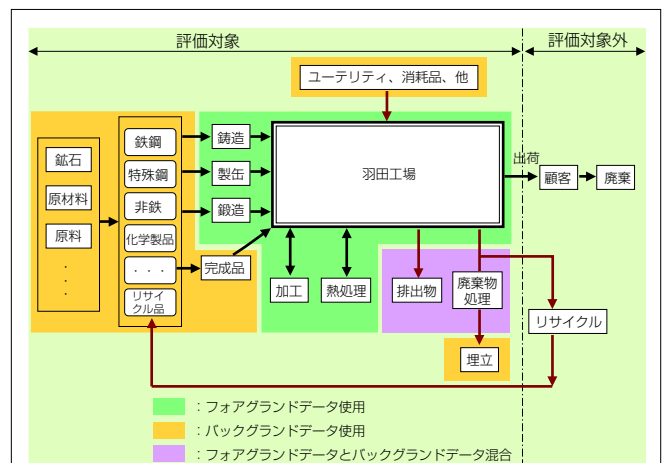


図1 大型ポンプLCA評価の全体像

	羽田工場					大物製作 作業	外注機械 加工
	設計	機械	組立	塗装	物流		
GMP100 (kg-CO ₂ /**)	404	1,495	499	403	134	497	339
AP (kg-SO ₂ /**)	0.58	2.43	0.72	0.74	0.82	0.86	0.51
EP (kg-ph/**)	0.04	0.21	0.06	0.08	0.13	0.25	0.04
POCP (kg-Et/**)	0.15	0.70	0.35	17.7	0.28	0.20	0.18
HTP (kg-DCB/**)	12.3	43.2	13.5	18.0	2.2	17.4	9.5
AETP(海水域) (t-DCB/**)	23.3	79.7	24.6	24.9	0.8	53.5	17.3
一次エネルギー消費量 (GJ/**)	9.0	32.6	10.5	9.6	1.8	9.3	7.6
原単位指標 (**=単位)	作業 時間 (100h)	作業 時間 (100h)	作業 時間 (100h)	塗装 面積 (100m ²)	出荷 台数 (台)	作業時間 (100h)	作業時間 (100h)

表1 原単位データ (一部)

3. 製品の環境負荷 (1200VZM計算例)

サプライチェーン環境負荷原単位データを用いて、1200mm縦軸斜流ポンプについて、見積用製品仕様 (ケーシング: FC250、インペラ: SCS13、他) を使用して環境負荷を算出した結果を図2に示す。

大型ポンプのような受注生産品であっても、製作仕様を指標とした原単位データを整えておく事により、コスト計算用資料を使用し、容易に環境負荷が計算でき、製品価格と同時に環境負荷を計算できる点が大きな特長がある。このような方法により見積書の提出時に顧客に環境負荷データも提示し、より環境負荷の少ない製品の提案をする事が出来る。

また、材質別原単位を整備すれば、工程別原単位と組み合わせ、種々の製品の環境負荷が計算可能となる。

図3は、鋳造品と製缶品の出荷重量1t当たりの環境負荷を示す。

この様に、製作仕様を指標とした原単位として整備する事で、同じサプライチェーンで製作されるポンプ以外の製品についても、容易に環境負荷が計算でき、適用範囲が広がる。

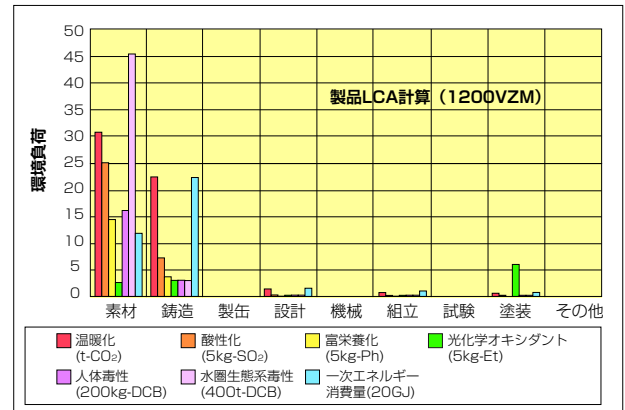


図2 製品の環境負荷 (1200mmVZM)

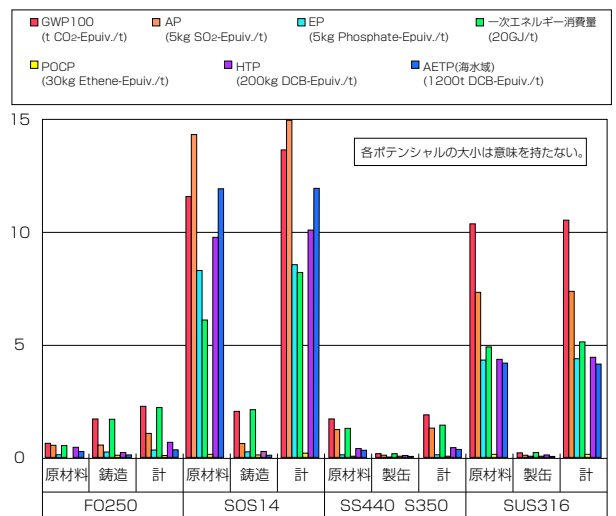


図3 鋳造品と製缶品の1t当たりの環境負荷

4. 各工程の環境負荷と工程改善

大型ポンプを製作する一連の工程における出荷重量当たりの環境負荷を図4に示す。

製造工程全体の中で、鋳造工程での溶解電力に起因

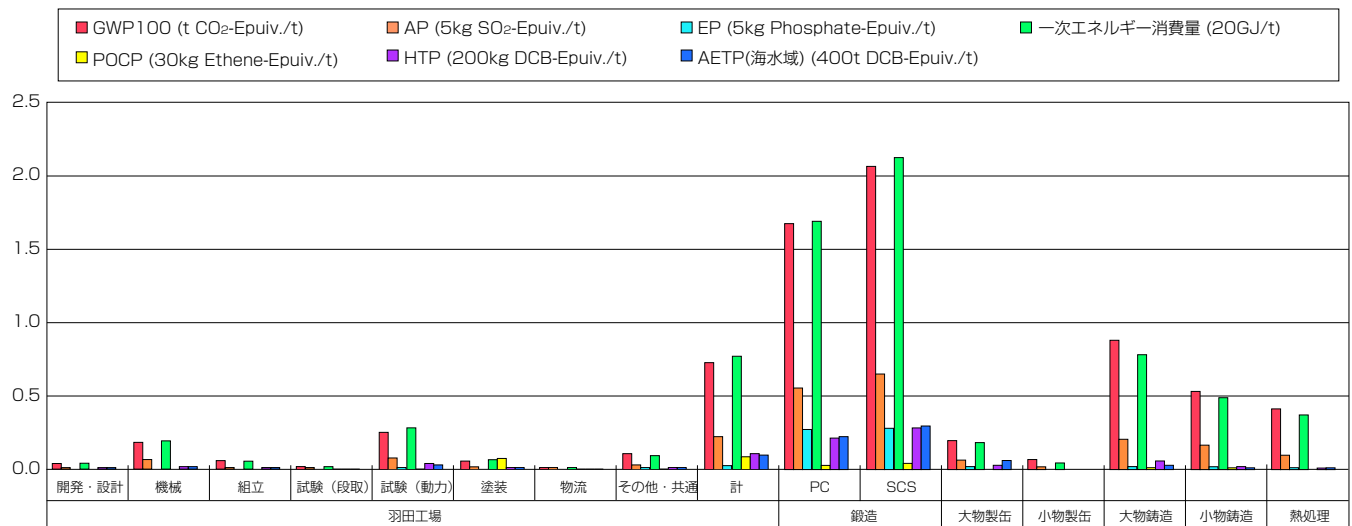


図4 各工程の生産重量1トン当たりの環境負荷

事例

するGWP及び一次エネルギー消費量、鍛造及び熱処理工程での加熱用燃料に起因するGWP及び一次エネルギー消費量が大きい事が判る。更に、他の工程においても、他社、他工程との定量的な比較により、課題が把握でき、環境管理活動を推進するための有効な資料となる。

以下に、その例を示す。

4.1 工場規模の比較

製缶、鍛造及び機械工程の200人・時間（凡そ作業員1人の1ヶ月の作業量）当たりの環境負荷を図5に示す。

この結果、工場規模が大きいほど、エネルギーの使用に伴う環境影響が大きい事が判る。この原因としては、保有する機械・設備の大小の差異、稼働率の差異、エネルギー消費設備の余裕の大小、建物、照明など固定設備の大小などが考えられる。

この様に、各企業の持つ環境及び生産データを基に解析する事により、産業連関表では解析できない企業規模の違いに

よる環境負荷の違いが把握できた事は、本方法の成果である。グリーン調達面からも、製品・部品の大きさに適した規模の工場で作成する事の重要性が判る。

4.2 大型ポンプ生産工場各工程の環境負荷

大型ポンプ生産工場である羽田工場各工程の環境負荷を図6に示す。

機械及び試験工程（動力）は、電力使用に起因するGWP及び一次エネルギー消費量が大きい。何れも発電による間接排出である。塗装工程では塗料、溶剤及び洗浄剤に含有するVOCに起因するPOCPが認められる。POCPは塗装作業による直接排出が62%を占め、その他は塗料製造時及び発電による間接排出である。又、設計など事務所における業務も組立など現場作業と同程度の環境負荷を発生していることが判る。

この様に、工程別環境データを解析する事により、環境上の課題が定量的に把握され、環境管理システムのレベルアップを図る上でもLCAは有効である。

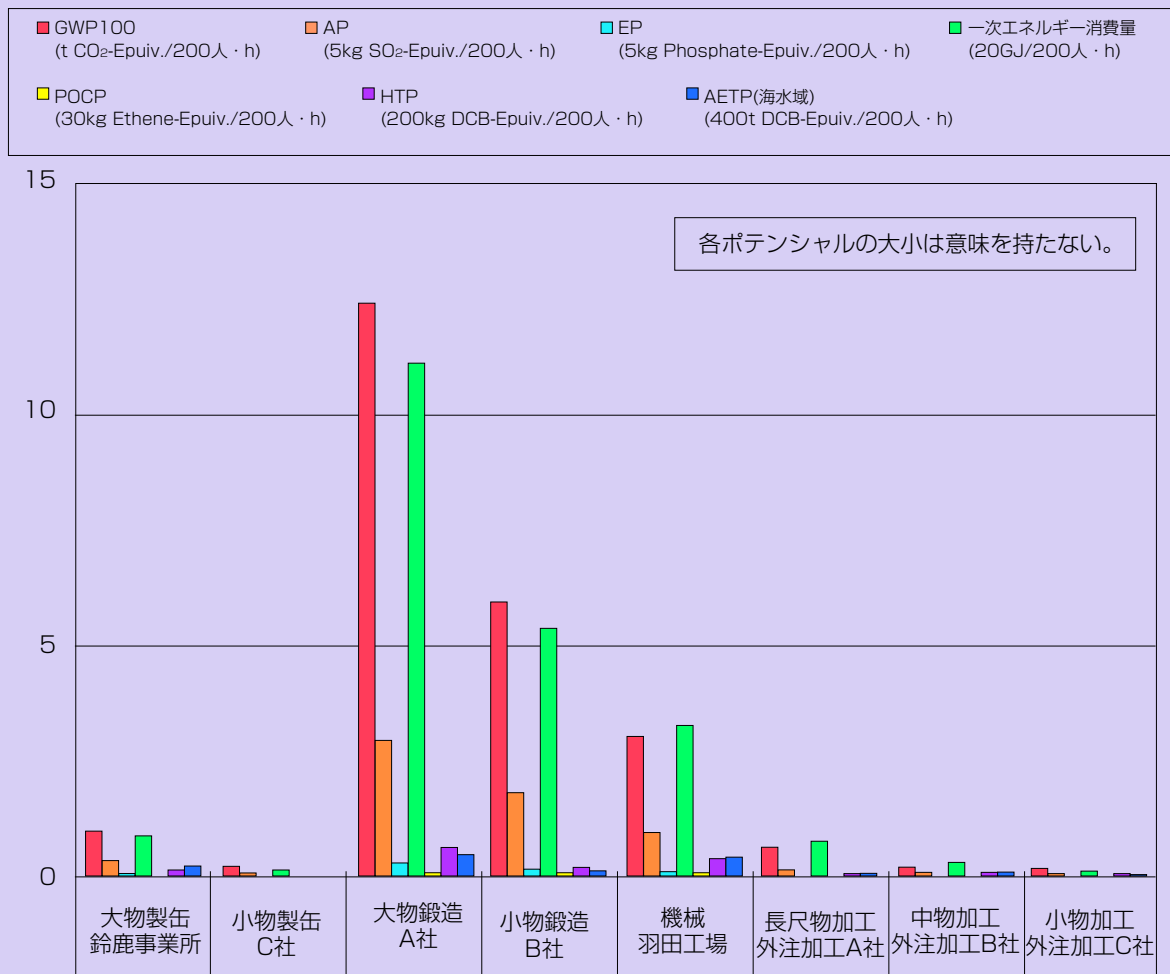


図5 各社工程の200人・時間当たりの環境負荷

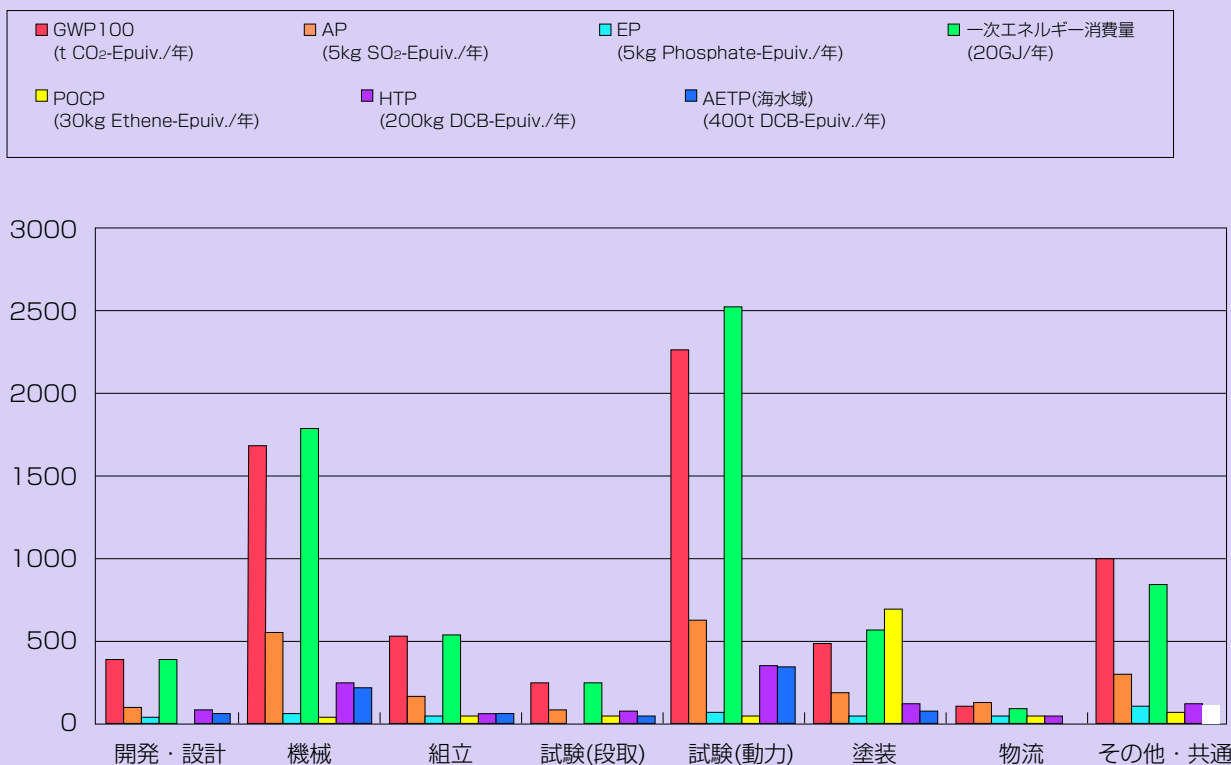


図6 羽田工場各工程の環境負荷

5. まとめ

サプライチェーンのLCA原単位を把握する方法により以下の事が判った。

- (1) 製品LCA計算が容易となり、環境負荷が、コストと同時に算出され、より環境負荷の少ない製品の提案が、定量的に行なえる。
- (2) 同じサプライチェーンで製作される種々の製品の環境負荷が計算でき、汎用性が高い。
- (3) 環境管理活動が定量的になり、活動の成果が数値化できる。
- (4) 大きな工場は、小さな工場と比べて作業時間当たり及び生産重量当たりの環境負荷が大きく、工場規模が大きい程、環境に配慮した活動が求められる。
- (5) 鋳造、鍛造など素材の環境負荷が大きく、製品の軽量化は環境負荷の低減に大きく寄与できる。
- (6) ステンレスなど合金鋼は、耐食性など電気化学的性質が極めて優れているが、環境負荷は大きく、適切な使用が求められる。
- (7) 製缶品は、鋳造品と比べて製造時の環境負荷が低減できる。

6. おわりに

本プロジェクトでは、当社羽田工場の大型ポンプ製造に関連する工程について、協力会社の協力を得て、環境データ及び生産管理データを提供戴き、サプライチェーンとしての環境負荷原単位をデータベース化した。

自動車産業やIT・家電産業では、セットメーカをピラミッドの頂点とし、サプライチェーンが形成されている。

しかし、産業機械では、多数の独立した素形材メーカ、部品メーカから調達する事が多く、特定のサプライチェーンが形成されている訳でない。このため、一社でカバー出来る範囲は限定的であり、完成購入品なども解析されていない。この様な事から、産業機械メーカ各社が協力し、その成果を公開・共有化する事により、精度の高いデータベースの構築とLCA技術のレベルアップを図ることが望まれる。また、環境管理活動を推進する一つのツールとして、LCAデータを用いることは、有効であると確信している。諸兄のご意見を賜りたい。

7. 謝辞

本プロジェクトのために、データをご提供頂いた協力会社及び解析を行って頂いたPE-Asia社に感謝致します。

コンクリート分野におけるLCAの課題

電源開発株式会社 茅ヶ崎研究所 上席研究員

石川 嘉崇

1. はじめに (コンクリートのライフサイクル)

私は、コンクリートについての研究者の一人であるが、臆目にも、コンクリート分野における環境問題への取り組みは、他分野に比べて進んでいるということは難しい。コンクリート・セメント産業は基幹産業でありそれなりの合理化と環境対策は進んでいるものの、本質的な問題を抱えているように思う。

本稿では、コンクリートの分野の特徴、ライフサイクル、マテリアルフローを考えてみることにより、コンクリート分野におけるLCAを行う上での課題を考えてみたいと思う。

コンクリートは非常に身近な材料であるが、なぜこれほど使われるのであろうか？

コンクリートは、強度、耐久性に優れている。任意の形状にできるため、設計上の自由度が大きい。鉄筋や繊維などと複合した材料を作ることができる（鉄筋と複合したものがいわゆる鉄筋コンクリートである。コンクリートは圧縮力には強いが、引張り力には弱い。引張り力に対しては、引張り力に強い材料で補強してやる必要がある。その材料が一般的に鉄筋である。）。材料が手に入りやすく経済面でも有利である。以上の理由から、構造物の重要な建設材料として多量に使用されているのである。コンクリートは、どのように作られて廃棄・リサイクルされるのであろうか？

コンクリートのライフサイクル (材料 → コンクリートの製

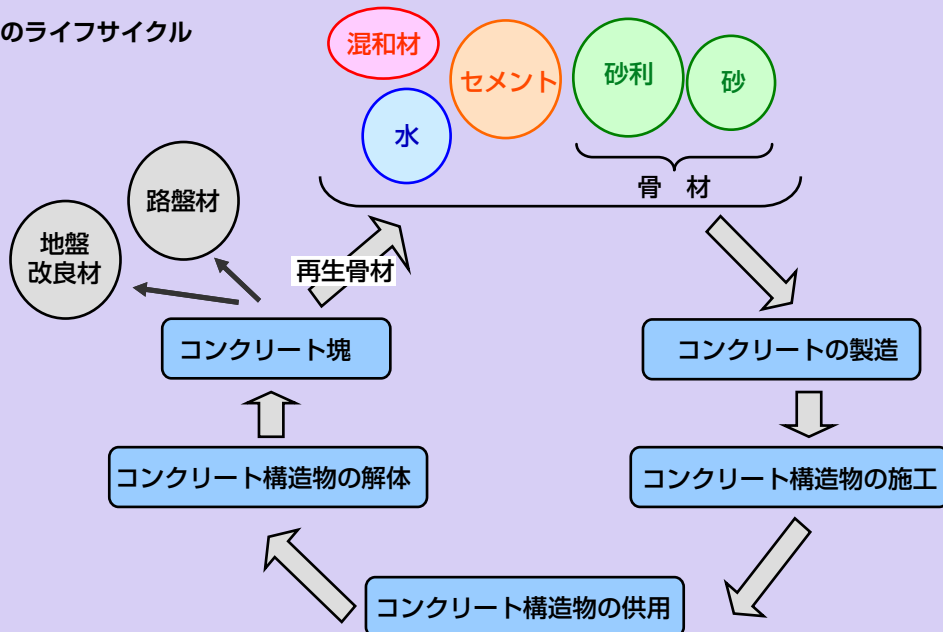
造 → コンクリート構造物の施工 → コンクリート構造物の供用 → コンクリート構造物の解体 → 廃棄・リサイクル) は、図1に示すようなものである。

コンクリートは材料としては、セメント、骨材（砂利、砂）、混和材（高炉スラグ、フライアッシュ）、水等で成り立っている。材料構成としては、単純なもののように見え簡単に入手できるように思える。しかし、材料の種類についても近年非常に多様になってきている。骨材を例として見れば、良質な細骨材（砂）が西日本では採取が困難となってきていること、各種スラグ類などが利用されるよう規準類が整備され実際使用されていることなどである。

製造の段階では、大型工事では工事現場に専用の製造プラントが設置されるが、ほとんどの場合市中の生コンクリートプラントで製造され建設工事現場に運搬される。生コンクリートプラントでの製造上の管理は厳密に行われているが、他の工業製品などと比較すると製品（コンクリート）の性能のばらつきは小さいものとは言えない。また、生コンクリートと生という文字がついているとおり、製造から時間が経過するとコンクリートは固まってしまうので製造プラントから工事現場までの運搬距離は制限される。

コンクリートの施工に関しては、ポンプ圧送技術等の進歩により大幅な省力化が図られているが、施工段階の手際の良し悪しがコンクリートの性能を決める上では重要な要素である。

図1 コンクリートのライフサイクル



事例

施工後は、コンクリート構造物として使用される。この供用期間中においては、補修などが生じることを除けば、LCA的にはあまり変化がないものとされている。コンクリート構造物供用期間は、対象となる構造物にもよるが30～60年程度が一般的であり、これは一概に本質的なコンクリートの寿命というよりは日本の社会的な建築物の立替サイクルに因っているものと思われる。

コンクリート構造物の解体段階では、大きなエネルギーを必要とし、解体されたコンクリート廃材の再利用が大きな問題となっている。

2. コンクリートのマテリアルフロー

1. に続いて、ライフサイクルの中でコンクリートのマテリアルフローを調べてみることにする。表1に示すようにCO2排出量等からの環境影響負荷は、材料・製造と解体の段階が大きいことがわかる¹⁾。ここでは、マテリアルフローの観点から、材料・製造、解体（廃棄・再利用）の2つのステージを取り上げてみる。

2.1 材料・製造

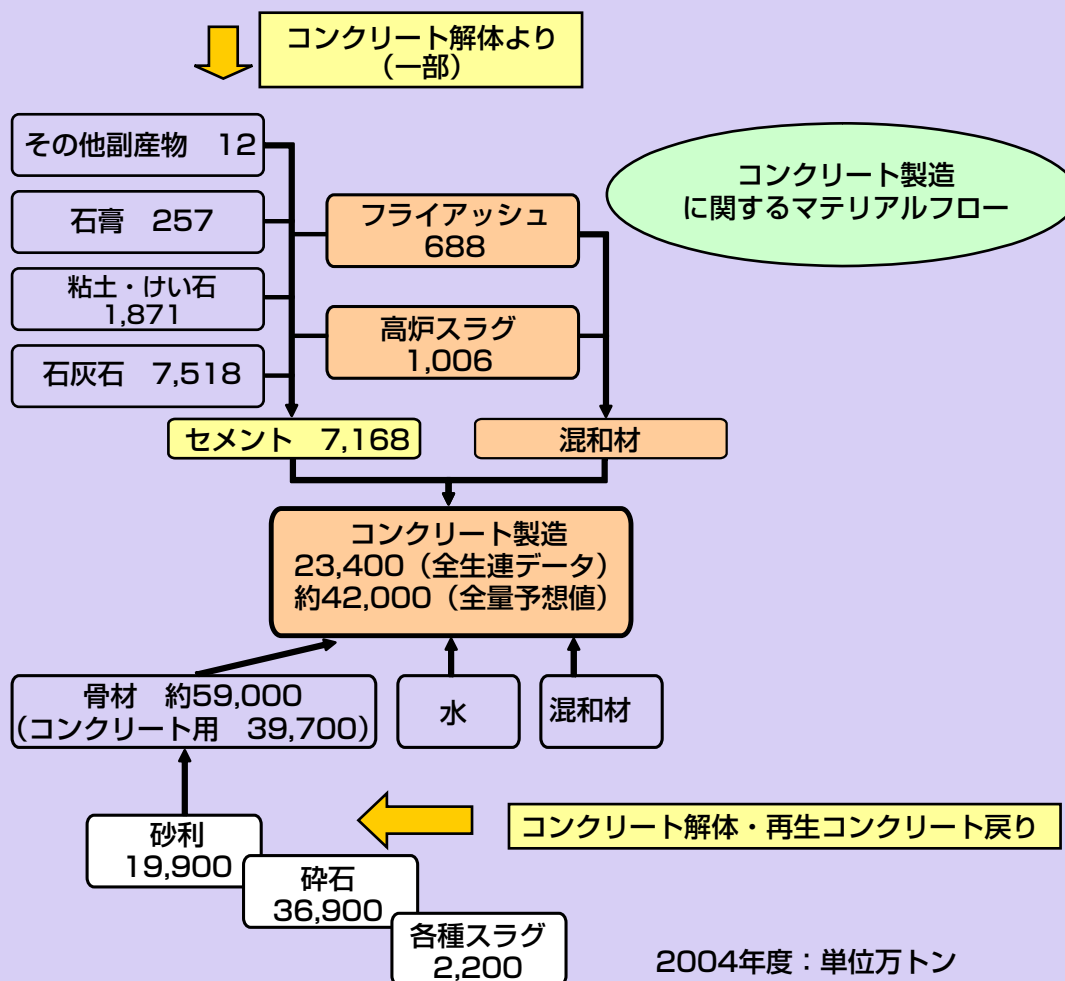
コンクリートの製造として材料段階からの評価を図2に示す。コンクリート製造の範囲は生コンプラントでの製品発送までと定義する。統計値は、2004年度の値を基準としている。

(1) セメント：セメントは、通常石灰石（約80%）、粘土（約20%）、鉄滓、けい石、石膏を高温で焼成して生産される。セメントの生産量は、1996年度をピークとして年々減少し、2004年度には7,168万t（国内販売量は、5,674万t）であった。

セメント生産に用いた原料として石灰石が7,518万t、粘土・けい石・石膏他が2,335万t消費された。また、高炉スラグやフライアッシュ、脱硫石膏、およびその他の廃棄物・副産物はセメント原料および燃料として、2,878万t使用された²⁾。近年、都市ごみなどのセメント原料への利用や燃料への利用も活発化しており、代替原料の利用割合はさらに増加する傾向にある。

(2) 混和材：混和材（高炉スラグ、フライアッシュ）の使用方法として、混合セメントを製造するものだけでなく、コン

図2 コンクリート構造物の製造に関するマテリアルフロー（万t）



事例

クリート用の混和材として、生コンプラントでセメントと混合して使用する場合が考えられる。その場合を推定すると、高炉スラグが約83万t、フライアッシュが約10万t利用されたと推定される³⁾⁴⁾。

(3) 骨材：骨材の需要量としては、コンクリート用骨材として、39,700万t、道路・道床用骨材として、19,300万t合わせて59,000万tが利用された⁵⁾。

(4) 混和剤：混和剤については、添加量は非常に微量であり、出荷実績等のデータは開示されていない。

(5) 水：使用している水については、工業用水、上水、回収水のいずれかであり（セメントの約45～60%程度）、総使用量や内訳に関するデータは開示されていない。

(6) コンクリート：全国生コンクリート工業組合連合会で開示されているデータによれば、2004年の出荷実績は10,628万m³となっており²⁾、約23,400万tに相当すると考えられる。ただし、この値には連合会に属していない生コン工場や2次製品工場の分が含まれていないものと考えられる。単位セメント量はコンクリートの重量の13%程度と言われているため、国内販売セメント量5,674万tから推定すると、42,000万t程度のコンクリートが使用されていたことになる。

表1 コンクリートのライフサイクル各工程が占める環境負荷割合

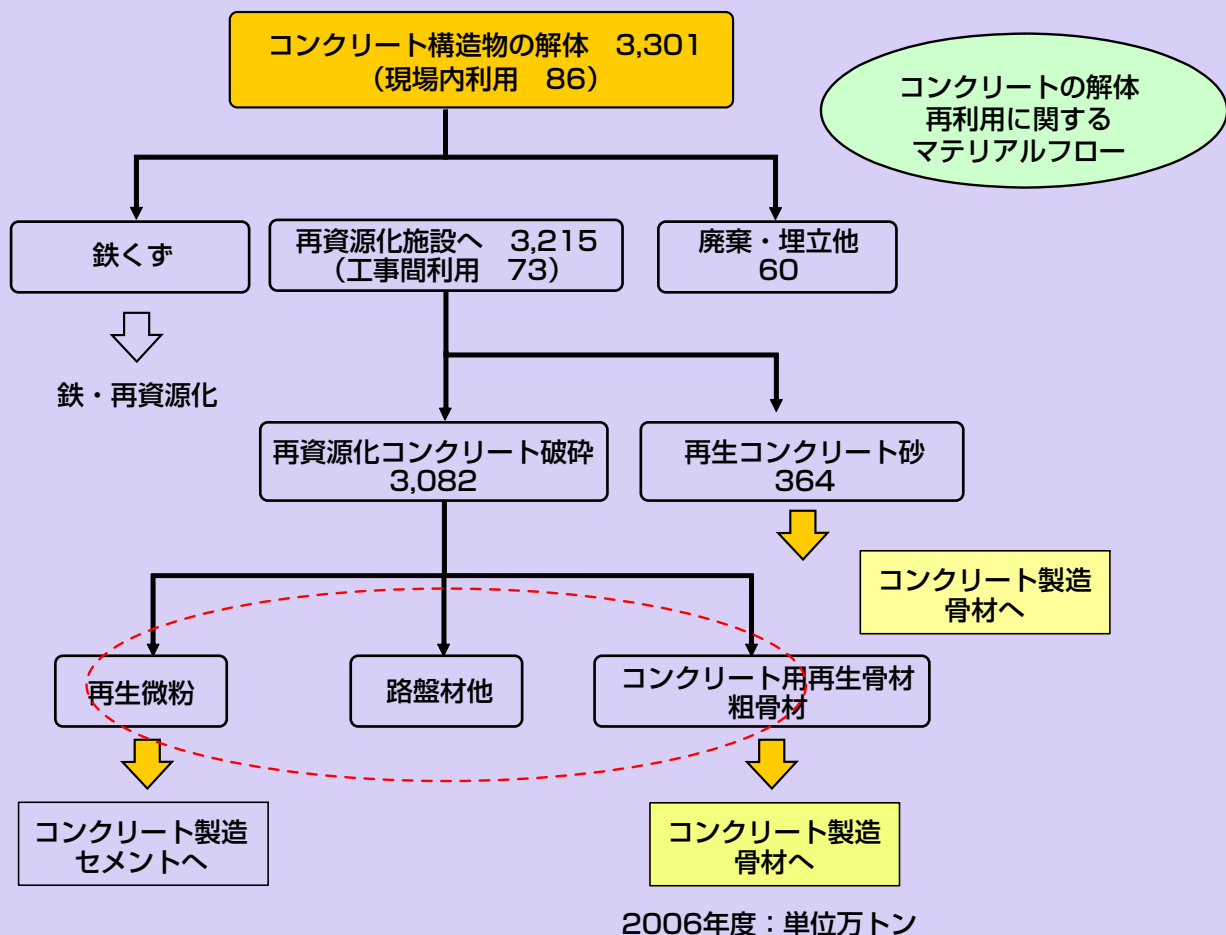
工 程	CO ₂ 排出量 (%)	SO _x 排出量 (%)	NO _x 排出量 (%)	ばいじん排出量 (%)
材料	84.9	63.2	40.6	27.9
施工	4.9	9.5	16.0	19.2
解体	5.3	14.9	28.7	31.4
廃棄リサイクル	1.2	1.9	1.6	2.1
輸送	3.6	10.5	13.1	19.4

2.2 解体・廃棄・再利用

コンクリートは製造された後、コンクリート構造物として施工され、供用（使用に供すること）の期間をへて、最終的には解体・処分される。コンクリート構造物の解体・廃棄・再利用の統計値からのフローを、図3に示す。統計値は、2006年度の値を基準としている。

(1) コンクリート廃材：コンクリート構造物の解体によるコンクリート廃材は、2006年の最新データでは3,301万t発生し、そのうち約98%が再資源化または工事間利用され、60万tは埋め立て処分された⁶⁾。なお、この98%というリサイクル率は全国平均であり、5年前の前回調査と比較して

図3 コンクリート構造物の解体・再利用に関するマテリアルフロー（万t）



2006年度調査では、都市部も地方も再資源化率はあまり変わらない結果となってきている。図中の赤点線部については、統計値等がなく推定となるが、コンクリート廃材のうち再資源化されたもののほとんどは、路盤材用の再生砕石であった。ごく一部は、再生コンクリート砂や再生コンクリート粗骨材、セメント原料代替として利用されたが、現状ではその量は非常に少ないものといえる。

(2) 鉄くず：鉄筋コンクリート構造物の解体時に発生する鉄くずは、コンクリート廃材の発生量に比例して発生すると考えられるが、その統計的数量は不明である。コンクリート構造物は、一般的には鉄筋コンクリート構造物である。鉄筋については、国土交通省総合政策局の資料によれば（（社）日本鉄鋼連盟の資料からの推計）、2003年度の建設工事向けの小型棒鋼の実績は1,070万t程度である⁷⁾。コンクリート中の鉄筋は最終的には解体・処分の段階でスクラップとして回収されリサイクルすることが可能である。

3. コンクリート分野におけるLCAの特徴と課題

以上の統計値等を基にして、コンクリート分野でのLCAの特徴と課題について述べてみたい。

1) 建設活動による総資材に占めるコンクリート用材料（特にセメント、骨材（砂利、砂））の割合は、非常に大きいものである（建設用資材の約90%といわれている）。そのために、コンクリート分野におけるLCAを考えることは建設産業のLCAを考える上では非常に重要な意味を持つものといえる。コンクリート産業においては、材料としてインプット（材料・製造）とアウトプット（解体・廃棄・リサイクル）が閉じた系をなせば理想的であるが、現状ではアウトプット側からインプット側に戻すサイクルを組むことは非常に難しい。

2) コンクリートの製造に用いられる材料（セメント、骨材（砂利、砂）、混和材）のCO₂排出量の原単位の比較の観点からは、表1に示したように、砂利、砂については4億tとその量は膨大であるが、CO₂排出量の原単位が小さいため、コンクリートの構成材料の中では、コンクリート製造の総CO₂排出量に与えるインパクトは小さい。ただし、採取そのものに関わるCO₂排出量の原単位が小さいからといって、現状の山・海等からの大量の天然骨材採取による周辺自然环境に対する影響評価ができていないわけではないので、今後これらの影響を考慮して評価していかななくてはならない。

3) コンクリートの材料製造段階においては、他産業からのかなり多量の廃棄物を受け入れていることがわかる。このような廃棄物はコンクリートの製造に用いられなければ、埋め立て処分等をしなければならないものである。このような部分をLCA評価上にどう適切に見込んでいくことができるかが

今後の課題である。

4) ライフサイクルにおける全体環境影響負荷の低減手法としては、コンクリート材料の質向上（コンクリートの高強度・高耐久化）を行い、コンクリート構造物としての供用期間延長を実現する方法も有効な手法であると考えられる。ただし、現実にはスケルトンの長寿命化だけではなく、実際の建築構造物の設備・住環境などを含めた総合的な延命化、時代のニーズに合わせた建築構造物の設備・住環境の再構築性を同時に実現していく必要がある。

4. おわりに

本稿では、コンクリート分野についてのLCA上の課題を取り上げてみた。物量から見ても、コンクリート・セメント産業は、他産業までを巻き込んだ非常に大きなインパクトを持つ産業であることがわかる。本稿で考察したように、コンクリート産業においては、材料としてインプット（材料・製造）とアウトプット（解体・廃棄・リサイクル）が閉じた系をなせば理想的であるが、現状ではアウトプット側からインプット側に戻すことはかなり難しい。環境負荷を低減するための基本的原則は、よく知られているようにバランスのとれた「物質の循環」であり、非再生資源の利用を出来るだけ抑制し、リサイクル可能なシステムの構築を目標としなければならない。

この意味からは、今後マテリアルフローをアウトプット側からインプット側に繋げられる技術の開発が切に期待される。また、今後はコンクリート・セメント産業のLCAを、他産業の生産活動と連動して評価することでこれらの課題を解決する可能性を見出せるのではないかと考えている。

参考文献

- 1) (社)土木学会：コンクリートの環境負荷（その2）コンクリート技術シリーズ62,(2004.9)
- 2) セメント協会：セメントハンドブック,(2005)
- 3) 鉄鋼スラグ協会：鉄鋼スラグ統計年報,(2006)
- 4) 石炭総合利用センター：全国石炭灰実態調査報告書,(2006)
- 5) 経済産業省・住宅産業窯業建材課推計
- 6) 国土交通省：平成17年度建設副産物実態調査,(2006)
- 7) 平成16年度主要建設資材需要見通し：国土交通省総合政策局建設振興課,(2004)
- 8) 石川嘉崇：コンクリート材料のLCA評価、第1回LCA学会講演会、講演論文集、pp.145-146,(2005)
- 9) 石川嘉崇：コンクリート材料のLCA評価（その2）、第2回LCA学会講演会、講演論文集、pp.200-201,(2007)

国産天然ガスのライフサイクルインベントリ分析

帝国石油株式会社 環境安全部

金田 英伯

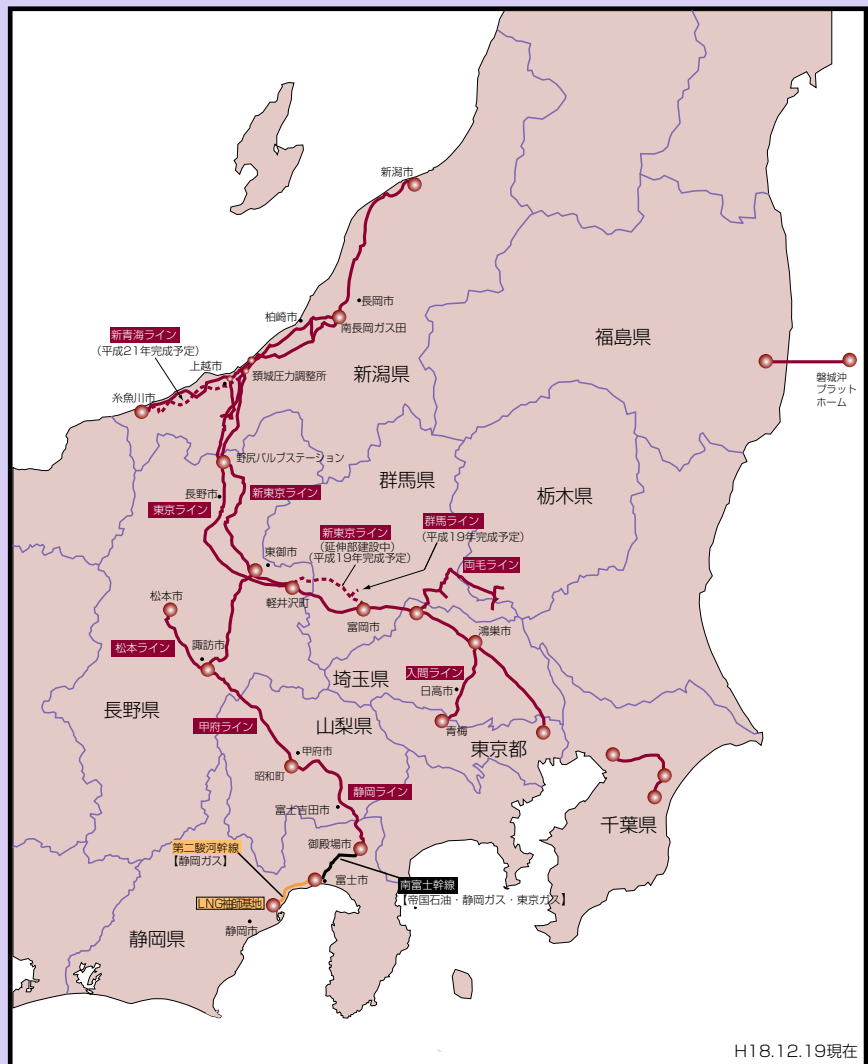
1. 環境負荷の少ない天然ガス

天然ガスは、石炭、石油に比べ燃焼時のSOx、NOx発生量が少ないことから環境負荷が少ないエネルギーとして脚光を浴びている。特に、重油、灯油から天然ガスへ燃料転換すれば、CO₂排出量を約3割削減することができ、地球温暖化対策としても有効である。また、石油は99%以上を海外からの輸入に頼っているのに比して、天然ガスに関しては国内自給率が4～5%はある。弊社の主力である長岡市郊外にある南長岡ガス田からは、パイプラインによる輸送により、新潟県から長野県、北関東に供給しているがこれらの地域での国内天然ガスの自給率は高い。(図1；2006年末現在)

LCAの分野では、エネルギー関連は基本となるものでありながら、海外からの輸入に頼っているためかLCAを実施した

ものは余り多くはない。その中で1999年にエネルギー経済研究所が、各化石燃料(石炭・石油・LNG・LPG)を対象にCO₂排出量のLCI分析調査を行っている。この中で、LNGについては東南アジア4カ国とアラスカからの輸入を前提に分析を行ったが、その結果、液化プロセスと船舶による輸送に多くのエネルギーが割かれていることが分かっている。前述のパイプラインで供給している南長岡の天然ガスはこれらの環境負荷がさらに少ないと見られる。そこで2002年に、弊社では前年の操業データに基づいたCO₂排出量のLCI分析を産業総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センターと共同で実施した。以下に、対象とした具体的な資機材、投入エネルギーについて触れ、その結果及びその後のCO₂排出量の削減対策について述べたい。

図1 天然ガスパイプライン



H18.12.19現在

2. 目的と適用の範囲

2002年当時に行ったLCI分析の目的として、次の2点を掲げた。

- ①エネルギーシステムの検討に必要な基礎データとして国産天然ガスのデータを整備する。
- ②天然ガスの探査、開発、生産、輸送の各プロセスでの地球温暖化への影響を精査し、排出実態を把握し、プロセス改善の設定に役立てる。

適用の範囲としては、1 MJあたりの天然ガスを機能単位としてCO₂、メタンのGHG(地球温暖化ガス)の排出量を対象とした。調査は2001年の1月～12月のデータを対象とした。

3. LCI分析の対象とした投入エネルギー、資機材、設備

天然ガスの採掘は、探査活動を実施し、有望なガス田を探り当て試掘を行う。その結果経済的に成立すると判断されたガス田に対しては、必要に応じたガス処理プラント建設し、パイプラインの敷設を行なった上で、天然ガスの輸送を供給先まで行うこととなる。各段階における投入エネルギー、資機材、設備の詳細について以下に述べる。

①探査段階

当該ガス田発見のきっかけとなった1979年の基礎物理探査「長岡平野地震探鉱」に投入されたダイナマイトを対象とした。他にも、地震探査車の燃料等も考えられるが、記録が残っていないことと軽微であることから無視することとした。

②掘削段階

この南長岡地区においては、1976～2001年に失敗廃坑井を含み36坑井を掘削している。その他に坑井のメンテナンス作業(油井管の交換作業など)として6坑井分、さらに可採量を増やすためのMHF作業に供した4坑井を対象とした。資機材としては、発電機燃料の軽油、掘削用泥水に使用した調泥材、セメント等を挙げ、耐久設備として、掘削リグ、ビット、パイプ類(掘管、ケーシング)、ポンプなどを挙げた。後者については、鉄塊として算定したが、各々の耐用年数を勘案し南長岡地区使用割合を算定している。また、試ガス時に燃焼させた未処理ガスもCO₂放出として計算した。

③生産段階

南長岡ガス田には2つのガス処理プラントがあり、ガスと油との分離及び天然ガス中の水分、CO₂を除去する処理を行っている。水分、CO₂はパイプライン腐食を防止するためとガスの熱量調整のために除去されている。LCI分析においては、設備面として2つのプラントの他、坑井基地、管理事務所の建設時に投入された鉄、ステンレス、セメント、アスファルトを計算した。また、年間の使用エネルギーとし

て、電気・ガス・上水を計算した。いずれも、天然ガスと原油との熱量比で按分し、天然ガスの寄与分を算定した。

前述のCO₂は約6%含有しており、分離し大気中に放出しているが、この排出ガス中にはメタンも含まれているので、ガス分析値からメタン排出量も算定している。なお、プラントでは生産した天然ガスを燃料にガスタービン発電させ、プラント電力に利用しているが、重複を避けるため、使用燃料起源のCO₂のみを考慮している。

④輸送段階

設備面として、パイプライン、トラス橋、バルブステーション、供給所などの建設に投入された鉄、セメント、パイプ外装材などを対象とした。維持管理に関わる運用面では、切り直し工事(パイプラインの引替え工事)時の天然ガスの放出、パトロール業務によるガソリン・軽油消費量、電気防食での電気量、圧力調整時に大気中に放出される天然ガス(ブリードガスと呼ぶ)を算定した。パイプラインによる総販売量の88%は南長岡での生産によることから、投入エネルギー及び資機材の88%を計上した。

4. インベントリー分析結果とGHG削減対策

天然ガス1 MJ生産に伴う、GHG排出量はCO₂量として5.2gである。このうち、83%(4.4g)が生産段階での排出である。輸送が13%(0.66g)、掘削によるものが4%(0.2g)となった。探査段階での寄与はきわめて低く0.0001%(0.63×10⁻⁶g)となった。

各段階での排出内訳をみると、生産、輸送部門ではガス起源の排出が多く両者で全体の70%を占める。次いで、生産段階でのエネルギー消費による排出が、22%であった。消耗資材は全体への寄与率は0.28%である。(図2)

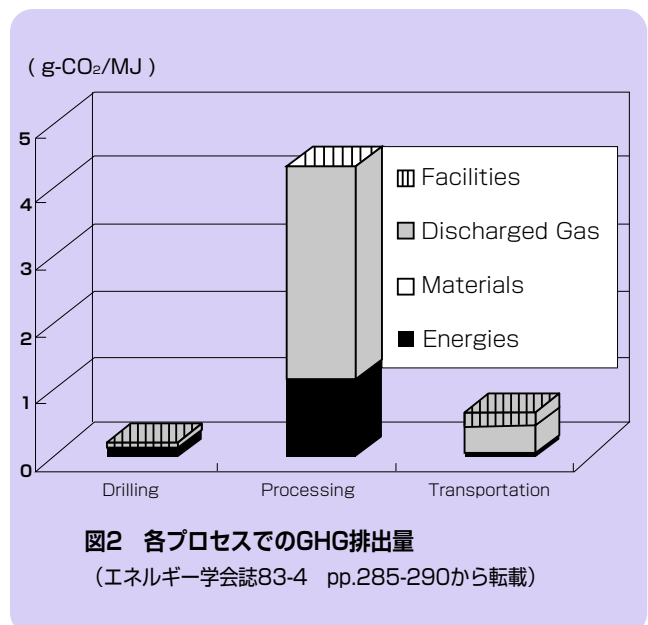


図2 各プロセスでのGHG排出量
(エネルギー学会誌83-4 pp.285-290から転載)

事例

生産段階でのガス起源の排出については、その95%が産出流体にもともと含有されるCO₂であり、残り5%がこのCO₂を分離放出する際に随伴するメタンである。CO₂は腐食性流体であるためガス処理プラントで除去する必要があり、循環アミン溶液による除去技術を採用しているが、アミン溶液に若干溶解するメタン、VOC成分（C₂以降の炭化水素）が排出されるため、その対策として、この排出ガスの燃焼装置を2002年から導入運転している。これに伴い、メタン排出量は減少している。

輸送段階での排出の大部分は、切回し工事とブリードガスからの排出である。前者の工事は、自治体・国土交通省などの行政や地権者からライン移設を要求されることがほとんどであり、その際にメタン90%の天然ガス放出を余儀なくされる。従来は供給先の利便性を優先させ高圧のまま（2～5MPa）大気放出していたが、今回のLCI分析の結果、切り回し工事による排出量を減少させるべく、工事前になるべく運用圧力を下げる努力をしており、放散ガス量の30～40%を削減している。また、ブリードガスからの排出については、各圧力調整所などでガスの自圧で圧力調整をするもので約50基あり、LCI分析当時は設備仕様記載の最大値で計算させたが、その後の実測値は1/3～1/4程度であった。さらに、ガス放出しない調整装置を数基導入したものの、費用面での制約から全面的な切替には至っていない。

5. LCI分析のもたらした効果

以上、2001年の操業データを対象にして南長岡天然ガスのLCI分析を行った。その結果、当初の目的どおり、国産天然ガスのLCI分析を行い海外から輸入するLNGに比しライフサイクルでのGHG排出量が小さいことが示せた。また、排出実態の把握を行い、生産・輸送段階での具体的なプロセス改善を行い、GHG排出量の削減役立てることができた。

さらに、社内的にもこの活動によって、営業面でも天然ガス拡販の一助になり、また生産・輸送関連の部署でもGHG排出に関する認識が高まり、上記の環境対策を積極的に行うこととなった。その後、われわれの業界団体である石油鉱業連盟の自主行動計画においてもGHG排出量削減計画を策定し、実行中である。

平成18年4月から改正温室効果ガス対策法が施行され、化石燃料の燃焼によるCO₂排出量を算定・報告する義務が生じている。その基礎的なデータとしても燃料のLCI分析は重要なものである。天然ガスを供給する企業としても、操業上の無駄な温暖化ガス放出は最小限に留めていきたい。

弊社も天然ガス・パイプラインを長野県から山梨県、静岡県に延伸し、昨年末に静岡ラインを完工した。これにより、

日本海側からは南長岡を主体とする国産天然ガス、太平洋側からはLNG気化ガスと2つのガスソースを確保することができ、供給安定性が飛躍的に向上し、将来のガス需要の伸びに対しても安定供給を継続していくことが可能となる。今後、天然ガスが果たす役割がますます大きくなっていく中、都市ガス事業者及び商業用・工業用の需要家を通じて天然ガスの一層の普及を目指す方向である。

欧州IPP～

「ライフサイクルベースの製品環境情報」の今後の展開

(社) 産業環境管理協会

中庭 知重

1.はじめに

IPP (Integrated Product Policy:包括的製品政策)はライフサイクルシンキングをベースとし、マーケットを最大限活用し、環境に優しい製品・サービスが市場で有利な立場となるよう配慮し、インセンティブを創出していくことを目指している。この製品政策が市場で有効となるためには、良質の製品環境情報(ライフサイクル情報)が必要不可欠であるとみなされている。さらに市場に変化をもたらすためには、製品環境情報それ自体の存在だけでは十分ではない。制度等の施策や活動に組み込まれて情報は機能する。しかし現状は、その可能性に関わらず、製品環境情報は環境(改善)に十分活用されていないことがEU内で指摘され始めている。

2.EUのWorking Group on Product Information

欧州委員会(EU commission)はIPPの定例ミーティング(regular meeting)で9カ国、13人の専門家から構成されるProduct Informationに関するワーキンググループ(Working Group on Product Information)を設置した(以降WGと記載)。2005年4月に第1回の会合を持ち、5回の会合を経て、最終レポートを昨年(2006年)11月に纏めた。"Making Product Information Work for the Environment"と題したレポートは興味深い内容を示している。以下にその要旨を紹介したい。

本レポートは、製品環境情報に関しEUが取るべき行動について、①「(製品環境情報の効果的活用を検討する際の)政策背景」、②市場の状況、③大局の見地からみた製品環境情報の適用、④バリア、ギャップ、チャンス述べ、最後に⑤提言をまとめ、IPPの方向性について新たな見解を出している。レポートは、政府及びステークホルダーが如何にしてライフサイクルベースの製品環境情報を、IPPの他のツールと合わせて環境改善に現実的に実効力を持たせるかについて具体的なビジョンの構築を試みるものである。またレポートは、IPPのこれまでの議論において重要とされた活動やツールを用い、実際、製品環境情報はどう役立てることが可能かを示すものである。

3.製品環境情報政策～政府のアプローチは継ぎ接ぎ。製品環境情報の全体システム再編成が必要

レポートは、「製品環境情報が環境改善に効果を発揮するような政策がとられているとはいいいない」、「製品環境情報

に関するこれまでの政府のアプローチは継ぎ接ぎにすぎない」と指摘し、「製品環境情報にはコストがかかるにも拘らず、経済的価値が見出されていない。製品環境情報に価値を置く政策がとられていないためである」と述べている。その上で、製品環境情報の持つ潜在的価値を挙げ、製品環境情報はより広範なIPPや持続可能な生産や消費に貢献できるとしている。

レポートでは、非効率な製品環境情報の流通により重要なチャンス(例えば、グリーン調達等)を逃しているとも指摘している。これは、企業が任意に提供する情報、ISO、CEN他関連規格に基づく情報等、玉石混淆の製品環境情報が市場に出回っていること、また実施がそれぞれ一部の企業・製品に限定され、社会規模でのニーズに対応できていないと分析している。したがって、効率的かつ効果的な情報活用を行うためには、一貫性があり、相互調整が充分なされた「製品環境情報の全体システム」を構築することが重要であると述べている。WGは製品環境情報がサプライチェーン上でどう展開・伝達されていくかを考慮し、多様な製品環境情報を盛り込んだ全体像を描き、効果的活用を検討しようとした。

4.革新的なフレームワークアプローチに関する

推奨事項

WGは、「製品環境情報の全体システム」構築の際、欧州委員会がとるべき行動を以下の3点に集約した。

- 1) ビジョン及び枠組みの考えに関する明確な声明を出す
例：製品環境情報の役割、政府、企業、消費者、利害関係者の役割等
- 2) 具体的な施策を支援するための計画を行う
例：knowledgeベースの強化、関連・便利な情報へのアクセス、枠組みの調和、他のEU政策とのシナジーを達成するための具体的施策
- 3) 法律、規制の枠組みを改善するための提案を行う
例：公正な競争環境の市場の保証、主要な環境側面に関して規格化・比較可能性を備えた製品環境情報の使用を促す

レポートでは、上記1)～3)についてそれぞれ更に詳細な推奨行動を挙げている。ここで一例を紹介すると、3)の具体的施策としては、例えば

- ①市場の信頼性を確保し、競争を支援する良質な製品環境情

- 報に関する基準を設定する
- ②特定の製品について重要な環境情報を標準様式で要求する権限を持つ組織体を設立する
- ③良質な製品環境情報の認知を高めるための施策を国レベルで展開するよう義務化する

①について、以下の案が出された。

◆情報の品質に関する規格を設定する

-市場にはISOのエコラベルを含め多種多様な情報が存在する。法的な枠組みを置く目的は、市場のあらゆる形態の製品環境情報に最低限の情報品質を課すことである。誤解を生じるような広告を防止することも可能となる。

-法的な枠組みに対する遵守は産業界が示すものとする。この遵守は、欧州委員会が詳細に決める実務指針(practice note)に従ったことにより示される。

-欧州委員会は既存のISO規格を用いて実務指針を作成できる。この実務指針は様々なタイプの製品環境情報をすべてカバーし、柔軟性を持つべきである。

◆遵守の保証体制

-上記施策の詳細は、各国政府が定める。誤解を招きやすい広告に対処するために上記制度を活用することができる。

5. ライフサイクル情報活用提案の背景

欧州委員会、特に環境総局がライフサイクル情報を活用するための枠組み構築にこだわるのは何故であろうか。様々な要因があるが、本レポートの提案を裏付ける二つの要因が考えられる。

一つ目の要因は、多様化しすぎたライフサイクル情報の存在である。エコラベルや製品宣言、グリーン公共調達等IPPの各手法のベースともいうべきEPD(=Environmental Product Declaration)の国際規格であるISO14025が発行され、理論上、標準化されたライフサイクル情報が流通するようになった。しかし標準化は、EPD-like informationのような紛らわしいライフサイクル情報をも市場に出す結果となってしまった。この原因はISO14025を拡大解釈し、例えば、PCR(product category rule)を持たない、検証をしないなどの手続きを簡略化したものまでEPDという名称が使われているためである。

二つ目の要因は、国ごとにEPDプログラムが開発されている点である。国を超えて欧州内で製品群別にEPDの算出ルールもしくはプログラムを作る動きはほとんど見られない。(注1)当然、サプライチェーン上の異なる産業間の情報の流通性も考慮されていない。異なる様式、計算ルールをベースとしたままで効率的な製品情報の流通は望めない。

EIPRO (Environmental Impact of Products) プロジェ

クトやEuropean Platform on Life Cycle Assessmentを通じて、EUベースで、ライフサイクル上の重要な環境影響の特定、検討が行われたり、インベントリデータや手法の研究が行われたりしているが、EUレベルでの戦略的なコーディネーションはこれらの場では議論されていない。

以上が要因の一部となり、ライフサイクル情報が十分機能しておらず、EUが枠組み構築に乗り出してきているのである。

6.最後に

このようにEUレポートの分析と提案は、わが国の多様化した製品環境情報の現状收拾と活用のためにも参考になる点を描いている。現在、ライフサイクル情報は放置されたままで、どんな場面にどんな情報が活用できるか、という体系的な検討がなされていない。効率的な製品環境情報活用に向けた解決のためには、製品環境情報が提供される仕組みの包括的な見直しと改善が極めて重要になっていると言わなければならない。

(注1)ただし、建築部門についてはCEN350でEPDの様式の統一、共通PCRが検討されている。しかし既に各国にて建築関連のEPDプログラムが運用されている状況で、統一は困難ではないか、という見方も一部に出ている。

参考文献

[1] Report of the Integrated Product Policy, Working Group on Product Information

"Making Product Information Work for the Environment"

Delivered to the European Commission and the IPP Regular Meeting 15 November 2006

[2] SETAC EUROPE 13th LCA Case Study Symposium PROCEEDINGS Environmental Product Declarations (EPD)

LCAインフォメーション

行事名称	開催日 (発表申込締切)	開催場所	主催者/ホームページ
第21回環境工学連合講演会	2007年4月24日～25日	日本学術会議講堂 東京	日本学術会議土木工学・建築学委員会 http://www.jsme.or.jp/env/
5th International Conference: LCA in Foods	2007年4月25日～26日	Gothenburg, Sweden	Swedish Institute for Food and Biotechnology http://www.sik.se/archive/dokument/LCAinfoods.pdf
7th Asia Pacific Roundtable for Sustainable Consumption and Production	2007年4月25日～27日	Hanoi, Vietnam.	APRSCP http://www.7aprscp.com/
International Symposium on Electronics and the Environment	2007年5月7日～10日	Orlando, USA	IEEE http://www.regconnect.com/content/isee/
SETAC Europe 17th Annual Meeting -Multiple stressors for the environment - present and future challenges and perspectives-	2007年5月7日～10日	Porto, Portugal	SETAC http://www.setaceumeeting.org/porto/home/home.htm
14th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering	2007年5月20日～24日	早稲田大学 (東京)	早稲田大学 http://cirp-lce2007.jspe.or.jp/
エネルギー・資源学会研究発表会	2007年6月11日～13日	虎ノ門パストラル (東京)	エネルギー・資源学会 http://www.jser.gr.jp/
ISIE Conference 2007	2007年6月17日～20日	Toronto, Canada	ISIE http://www.is4ie.org/
Eco-Efficiency for Sustainability - 3rd International Workshop: "Foundations for trade-offs in practical decision making"	2007年6月21日	Toronto, Canada	http://www.eco-efficiency-conf.org/
第17回環境工学総合シンポジウム2007	2007年7月19日～20日	大阪市立大学 杉本キャンパス	日本機械学会 http://www.jsme.or.jp/0707190c.htm
第16回日本エネルギー学会大会	2007年8月2日～3日 (2007年3月30日)	九州大学 箱崎キャンパス	日本エネルギー学会 http://www.jie.or.jp/
2007 ASME International Design Engineering Technical Conferences	2007年9月4日～7日	Las Vegas, USA	ASME https://www.asmeconferences.org/IDETC07/index.cfm
International Life Cycle Assessment & Management 2007	2007年10月1日～5日	Portland, USA	American Center for Life Cycle Assessment http://www.lcacenter.org/future-inlca.html
Sustainable Innovation 07	2007年10月29日～30日	Surrey, UK	Centre for Sustainable Design http://www.cfsd.org.uk/
世界エネルギー会議ローマ大会	2007年11月11日～15日	Rome, Italy	World Energy Council http://www.rome2007.it/
SETAC North America 28th Annual Meeting -Urban Environmental Issues: Impacts on Ecological Systems -	2007年11月11日～15日 (2007年6月15日)	Milwaukee, Wisconsin, USA	SETAC http://milwaukee.setac.org/home.asp
第18回廃棄物学会研究発表会	2007年11月19日～21日	つくば国際会議場	廃棄物学会 http://www.jswme.gr.jp/
SETAC Europe LCA Case Study Symposium -LCA of Energy - Energy in LCA -	2007年12月3日～4日 (2007年6月15日)	Göteborg, Sweden	SETAC http://www.setaceumeeting.org/LCA2007/

LCAインフォメーション

●第13回SETAC欧州LCAケーススタディシンポジウム資料の御案内。

2006年12月7～8日にドイツ・シュトゥットガルトにて開催された上記シンポジウムが開催されました。

各発表者が用いた資料がホームページよりダウンロードできます。

ダウンロード先はこちら

●デンマークLCAセンター発行ニュースレターの御案内。

同センターが発行するLCAニュースレターが第30号より英語になりました。

右記URLよりダウンロードできます。 <http://www.lca-center.dk/>

投稿募集のご案内

LCA日本フォーラムニュースレターでは、会員の方々のLCAに関連する活動報告を募集しています。活動のアピール、学会・国際会議等の参加報告、日頃LCAに思うことなどを事務局 (jlca@jemai.or.jp) までご投稿ください。

<発行 LCA日本フォーラム>

〒101-0044

東京都千代田区鍛冶町2-2-1

三井住友銀行神田駅前ビル

社団法人 産業環境管理協会内

Tel.: 03-5209-7708 Fax: 03-5209-7716

E-mail: lca-project@jemai.or.jp

URL <http://www.jemai.or.jp/lcaforum>

(バックナンバーが上記URLからダウンロードできます)