

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。

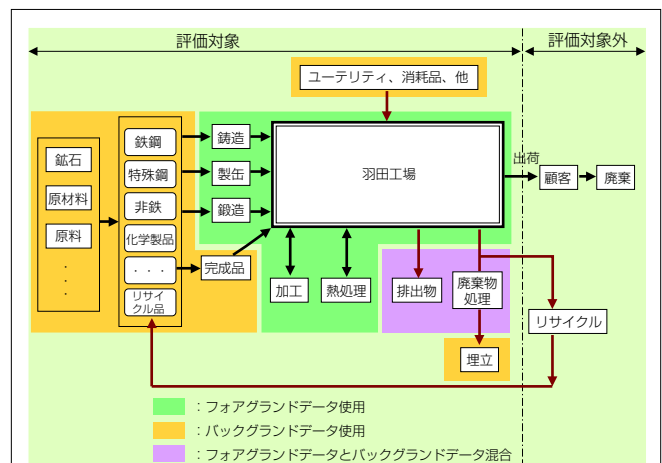


図1 大型ポンプLCA評価の全体像

	羽田工場					大物製缶作業	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。

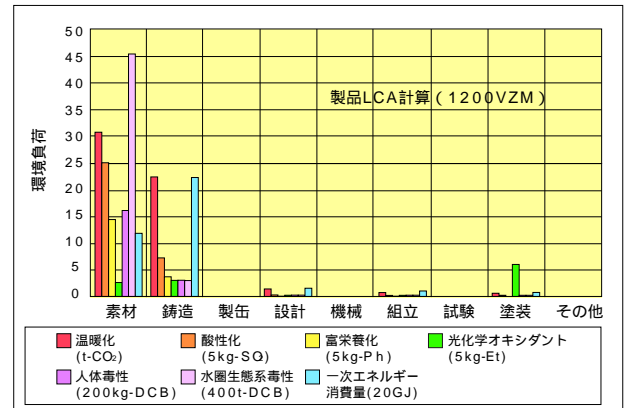


図2 製品の環境負荷 (1200mmVZM)

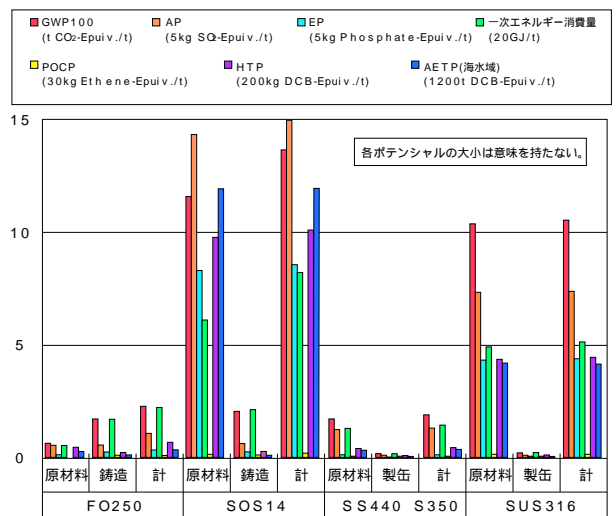


図3 鋳造品と製缶品の1t当たりの環境負荷

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

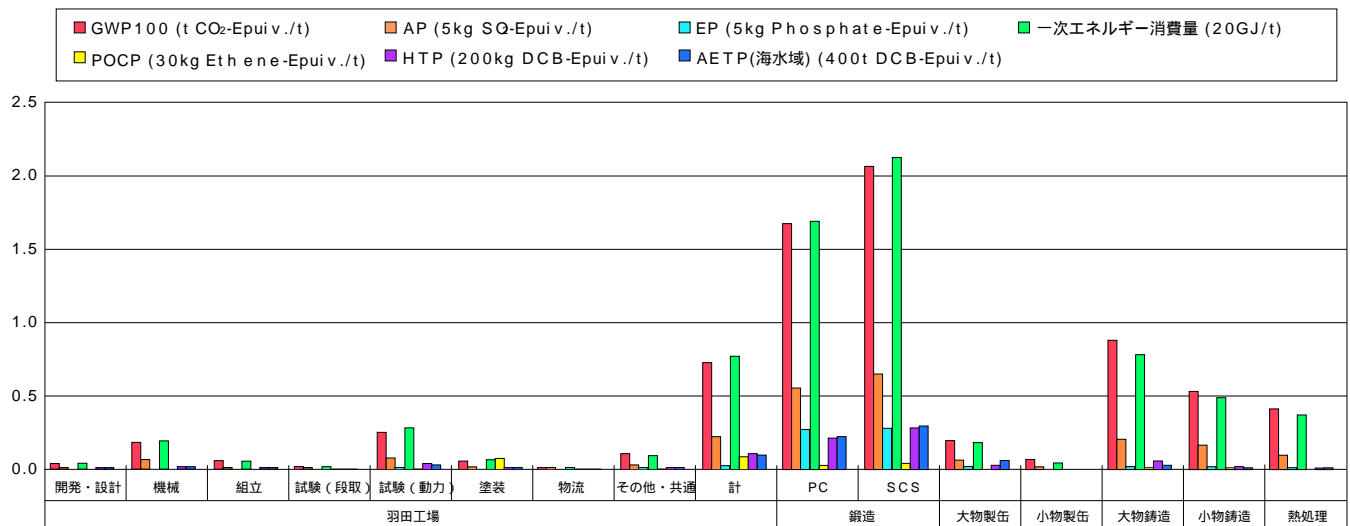


図4 各工程の生産重量1トン当たりの環境負荷

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（凡そ作業者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製作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多い。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。

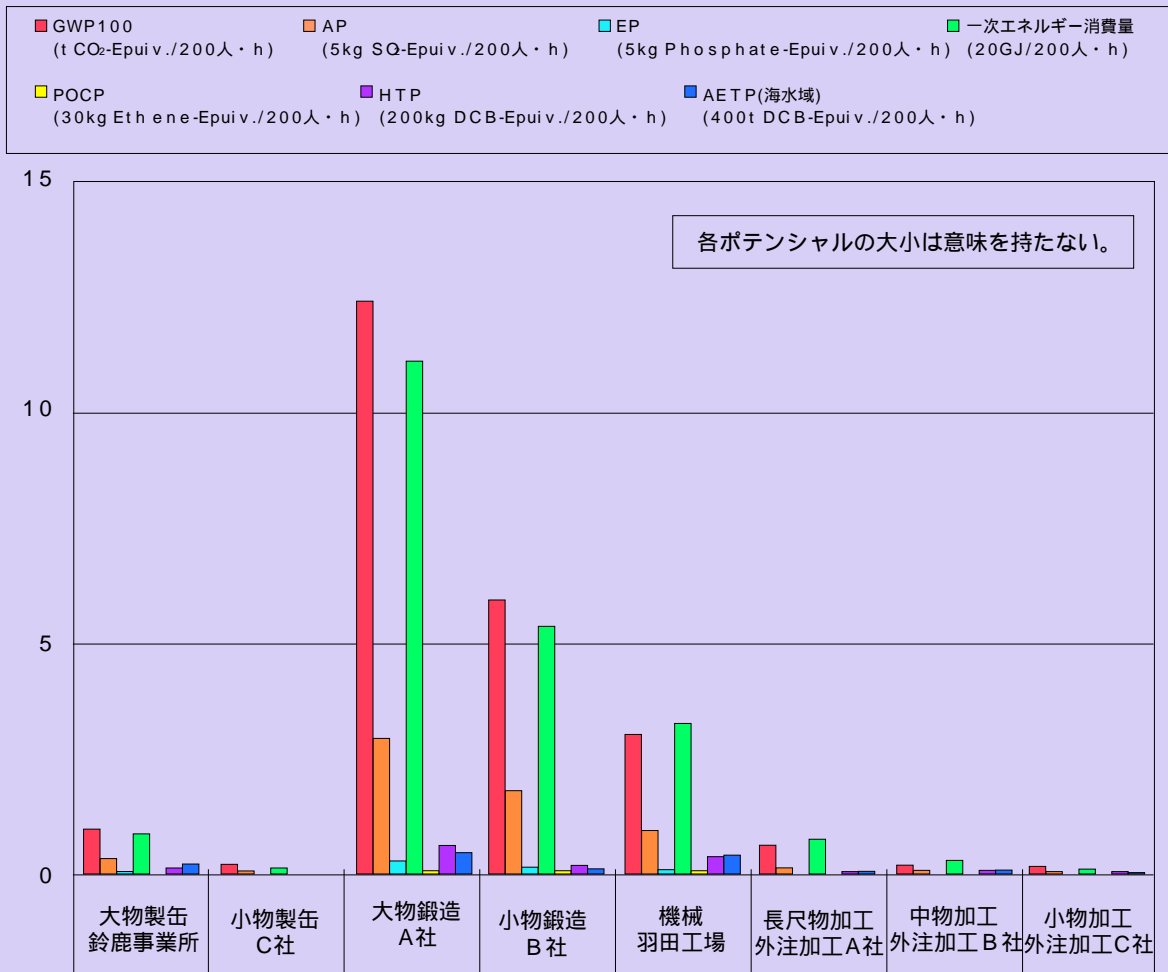


図5 各社工程の200人・時間当たりの環境負荷

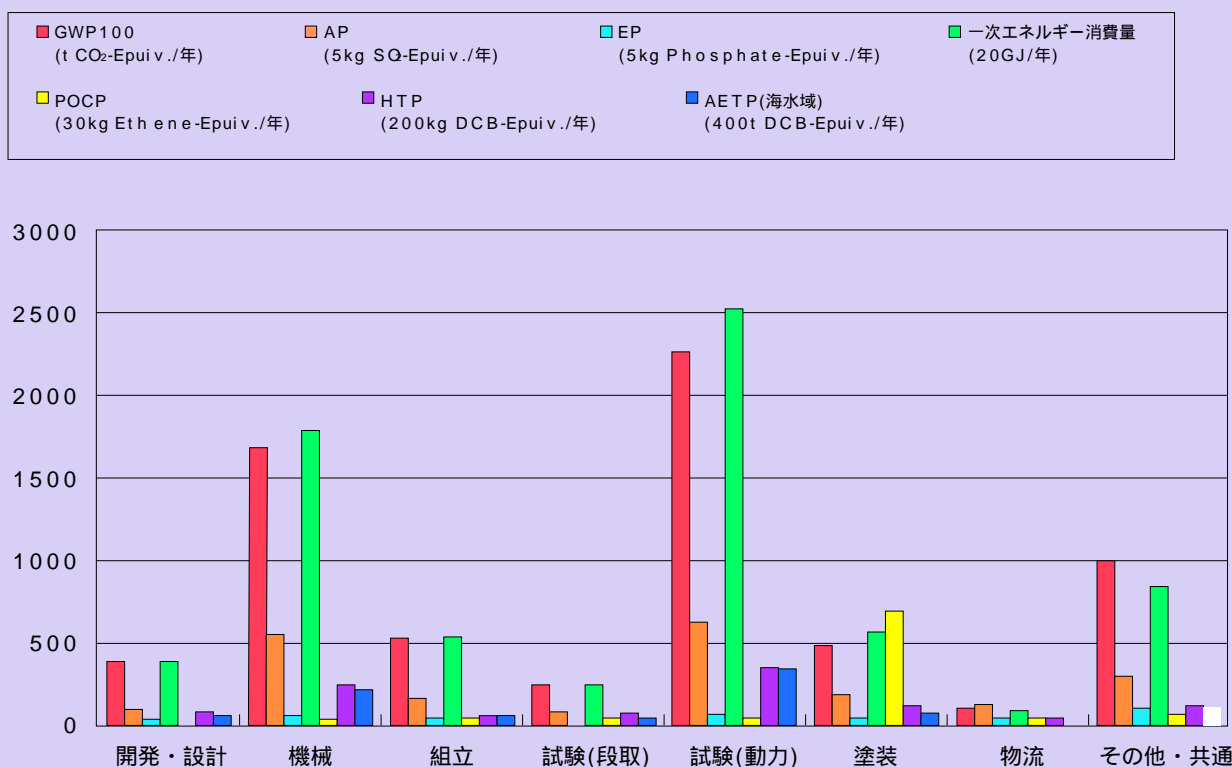


図6 羽田工場各工程の環境負荷

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、鍛造など素形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。このような事から、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。

çSÅ@éñÅ@ñ°Å@èÃ	äJç` Äii ñëiçü`ëyÄj	äJÅ@ç Å@èÍÅ@èà	éÅç é"/ÉzÅ[ÉÄÉyÅ[ÉW
ëÉ21ãÖä-ã'çHãwöAçãüãããÖ	2007iN4ãé24i`Ä`25i`	i`ñ{ãwëpãÖãççui Å@iããü	i`ñ{ãwëpãÖãççuiãýçHãwãÉããöizãwãcããããÖ http://www.jsme.or.jp/env/
5th International Conference: LCA in Foods	2007iN4ãé25i`Ä`26i`	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	2007iN4ãé25i`Ä`27i`	Hanoi, Vietnam.	APRSCP http://www.7aprscp.com/
International Symposium on Electronics and the Environment	2007iN5ãé7i`Ä`10i`	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-	2007iN5ãé7i`Ä`10i`	Porto, Portugal	SETAC http://www.setaceumeeting.org/ porto/home/home.htm
14th CIRP International Conference on Life Cycle EngineeringÅ@	2007iN5ãé20i`Ä`24i`	ëÄãÖicëÄãwÄiããüÄj	ëÄãÖicëÄãw http://cirp-lce2007.jspe.or.jp/
ÉÇÉÍÉãÉMÄ[ÄÉéëã äwãÖãçãÜi ñãÖ	2007iN6ãé11i`Ä`13i`	ã'ÉmñÄÉpÉXÉgÉãÉãÄiããüÄj	ÉÇÉÍÉãÉMÄ[ÄÉéëã äwãÖ http://www.jsr.gr.jp/
ISIE Conference 2007	2007iN6ãé17i`Ä`20i`	Toronto, Canada	ISIE http://www.is4ie.org/
Eco-Efficiency for Sustainability - 3rd International Workshop: "Foundations for trade-offs in practical decision making"	2007iN6ãé21i`	Toronto, Canada	http://www.eco-efficiency-conf.org/
ëÉ17ãÖä-ã'çHãwëççãÉVÉiÉiÉWÉÉÉÄ2007	2007iN7ãé19i`Ä`20i`	ëÄç,ésóßëÄãwÄ@éñ{ÉLÉÉÉiÉpÉX	ëñ{ã@ãBãwãÖ http://www.jsme.or.jp/0707190c.htm
ëÉ16ãÖi`ñ{ÉÇÉÍÉãÉMÄ[ãwãÖëÄãÖ	2007iN8ãé2i`Ä`3i` Äi2007iN3ãé30i`ÄjÄ@	ã,ëBëÄãwÄ@ÏçÉÉLÉÉÉiÉpÉX	i`ñ{ÉÇÉÍÉãÉMÄ[ãwãÖ http://www.jie.or.jp/Ä@
2007 ASME International Design Engineering Technical Conferences	2007iN9ãé4i`Ä`7i`	Las Vegas, USA	ASME https://www.asmeconferences.org/ IDETC07/index.cfm
International Life Cycle Assessment & Management 2007	2007iN10ãé1i`Ä`5i`	Portland, USA	American Center for Life Cycle Assessment http://www.lcacenter.org/future-inlca.html
Sustainable Innovation 07	2007iN10ãé29i`Ä`30i`	Surrey, UK	Centre for Sustainable Design http://www.cfsd.org.uk/
ëçãÉÉÇÉÍÉãÉMÄ[ãÖãçÉçÄ[É]ëÄãÖ	2007iN11ãé11Ä`15i`	Rome, Italy	World Energy Council http://www.rome2007.it/
SETAC North America 28th Annual Meeting -Urban Environmental Issues: Impacts on Ecological Systems -	2007iN11ãé11i`Ä`15i` Äi2007iN6ãé15i`Äj	Milwaukee, Wisconsin, USA	SETAC http://milwaukee.setac.org/home.aspÄ@
ëÉ18ãÖiã,ï@ãwãÖãçãÜi ñãÖ	2007iN11ãé19i`Ä`21i`	Ç-Ç ÇÇçççãÖãçéi	ïã,ï@ãwãÖ http://www.jswe.gr.jp/
SETAC Europe LCA Case Study Symposium -LCA of Energy - Energy in LCA -	2007iN12ãé3i`Ä`4i` Äi2007iN6ãé15i`Äj	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