

環境マネジメント

(平成14年度大学院冬学期金曜2限)

- 10月11日
- イントロ
 - 講義の全体構成と趣旨
 - 社会受容性とは

環境マネジメント

(平成14年度大学院冬学期金曜2限)

2002/10/11

<http://sunshine.naoe.t.u-tokyo.ac.jp/jun/>

- 本講義の対象は、「性能向上などを目的として開発された商品やサービスが、コスト、品質、環境など、総合的に判断して、果たして社会に受け容れられるのか」という判断のための取り組みについてである。
- このような、性能、コスト、品質、環境といった、商品やサービスが社会に受け容れられるための要件は、例えば、性能や品質保証のレベルを上げればコストが上がるように、往々にして相反するものであり、トレードオフの関係にある。もちろん、このようなトレードオフの取り扱い、これまでの企業活動の中で当然行われてきたわけであるが、これまでそれは主に「何かを目的に開発したもののコストダウンと品質保証」に対してであった。

環境マネジメント

(平成14年度大学院冬学期金曜2限)

2002/10/11

- 現在の問題は、そこに新たに「環境に優しいか(環境効率が高いか)」という評価指標が入ってきている点である。
- 「環境に優しいか」という指標は、ゴミ・汚染物質をなるべく出さない、省エネ、省資源、温室効果ガスやオゾン層破壊ガスの極小化、等々、極めて多岐にわたり、それぞれがトレードオフの関係にもある。
- また環境効率は、性能、品質、コストに比べて定量化しにくいし、仮に現在のある地点でのデータや価値観で評価しても、その結果は一般に時間的空間的に普遍ではないと言う意味で不確実性の高い指標でもある(対策を立てない方が良かったということもありうる)。
- 以上のようなことから、環境を考慮した企業活動においては、従来の企業の意志決定プロセスが通用しなくなっており、多くの混乱が生じている。このことは特に、温室効果ガスを原因とする気候変動が現実のものとなり、石油高騰によるエネルギー価格の高騰が遠い将来の話ではなくなってきた1990年代から顕著になってきている。

環境マネジメント

(平成14年度大学院冬学期金曜2限)

2002/10/11

- 本講義では、このような状況下において、科学的・合理的に意志決定をするために考えられている方法論についてそれぞれ解説する。解説内容のキーワードは次のようなものである。
 - 持続可能性、公平性、ファクターX
 - 気候変動問題、地球温暖化対策、エネルギーセキュリティ
 - 循環型社会、ゼロエミッション、3R、リサイクル法、PRTR
 - ISO、ISO9000(品質管理)、ISO14000(環境管理)、LCA、DFE
 - 社会受容性評価、合意形成、情報開示、CVM、コストアセスメント、グリーン調達
 - 不確実性評価、ロス・リグレット分析、リスクアセスメント、リスクマネジメント、リスクコミュニケーション

環境マネジメント

(平成14年度大学院冬学期金曜2限)

2002/10/11

月日	テーマ	キーワード
10/11	社会受容性	合意形成、情報開示
10/18	環境マネジメント概論	
10/25	ISOマネジメントシステム	ISO9000(品質管理)、ISO14000(環境管理)、LCA、DFE
11/1	LCA	LCAの手順、車のLCA、データ収集の際の注意点
11/8	LCA	
11/15	LCA	
11/22	CVM	環境質の経済評価、環境負荷の貨幣価値化
11/29	循環型社会	ゼロエミッション、3R、リサイクル法、PRTR、ファクターX
12/6	循環型社会	
12/13	循環型社会	
12/20	リスクマネジメント	不確実性評価、ロス・リグレット分析、リスクアセスメント
1/10	リスクマネジメント	
1/17	リスクマネジメント	
1/24	予備日	

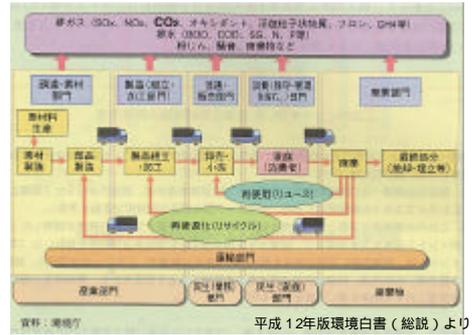
今なぜあらためて社会受容性評価が重要なのか？

- 社会受容性とは？
 - コスト、品質(保証)、環境負荷
- 今、何が問題となっているのか？
 - 既存の価値観(コスト&品質のバランス)のもとでは最適化されていた産業活動に、新たに環境負荷低減という価値観を導入する必要が生じてきた。
 - しかしながら、次のような理由から、コスト&品質&環境負荷が最適にバランスされた産業活動への転換は簡単ではない。
 - 産業活動をゼロから見直す(構造の変革)には時間とコストがかかるし、他の産業活動への影響も考慮しなければならない
 - そもそも環境負荷というものが多様かつ時間的・空間的に不確定な価値観であるがために、一つの産業活動だけをとっても理想の産業活動像が描きにくい
 - 産業活動全般を俯瞰し、最適(最短時間、最小コスト、最大効果)な構造変革のシナリオを作る必要がある(しかも今後は制度疲労も考慮に入れるべき)。
- では、今、何をすべきか。何がどこまで出来るのか。
 - 総量(統計量とその変動予測)の把握と公開 優先順位の検討
 - 理論値と不確実性の科学的追求 何のどこにどれだけ無駄があるのか
 - コスト、品質(保証)、環境負荷の貨幣価値化等によるトレードオフの検討

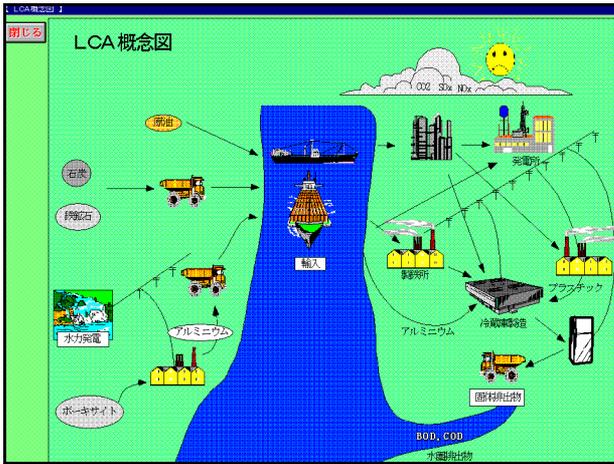
複雑・細分化する科学技術の問題点

- 現在、科学技術により**社会の様々なニーズを速やかに解決**できる体制となっているか？
 - 現在の社会ニーズ：安全な社会、快適な高齢化社会、地球温暖化対策・・・
- 科学技術の**複雑化・細分化**がそのスムーズな応用を妨げているのではない？
 - 最新の科学技術の成果を製品に取り入れる際に見られる科学技術細分化の弊害
 - 製品の仕様変更のためには極めて多くの専門家が**必要** 全部見えている人がいない
 - 最終製品の**ラガ**が**カス化**（自動車、医療機器・・・） **ヒューマンエラー、ユーザーの不安**
 - 問題解決の**グローバルな戦略が欠如**している
 - 解決すべき問題に対する**全体像を共有**していない
 - 各専門化・各省庁・各企業が問題解決のための**ビジョンを共有せず**、個別の方法論を主張
 - 個別の方法論の**全体への寄与が定量化されないこと**をあまりにもおぼろげにしていないか **LCA的方法が有効に活用できないか？**
- 情報公開により改善していくべき課題
 - 知恵の伝承
 - 失敗例も含むノウハウのデジタル化と保護
 - 技術の単純化
 - 新技術ほど安全で人に優しく（少くとも不信感を抱かさないもので）あるべき
 - 専門の枠を超えた共通となる**技術情報データベース**
 - マクロなビジョンへの各専門的アプローチの**エキスパートインタラクティブなクロスチェック** = 多くの分野の**専門家が全体目的を共有し**、問題解決に寄与できるようにする

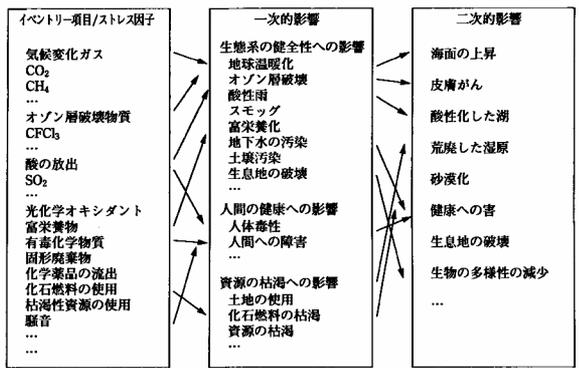
インターフェイスとしてのLCAの考え方



問題・課題は多く残されているものの、LCAの考え方は、様々な基礎素材屋、部品製造屋、組立屋、ユーザー、廃棄物処理屋、に共通の議論が可能となるインターフェイスとなりうる



LCAにおける影響分類



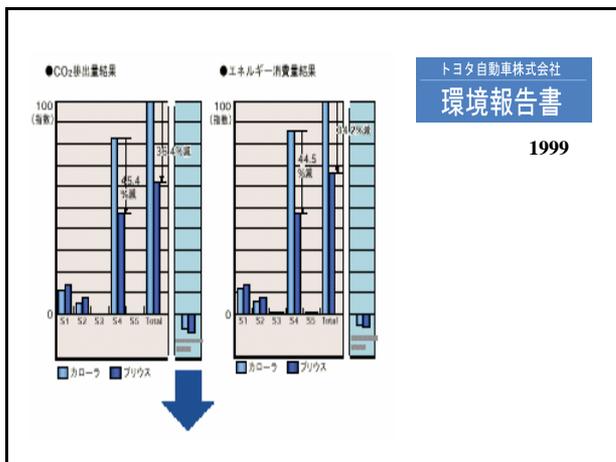
地球環境と材料、日本材料科学会編より

LCAの一般的手法

2002/10/11

- 製品およびサービスの環境負荷を「**ゆりかごから墓場まで**」考慮し評価を行う
- インベントリー分析 + インパクトアセスメント
- より環境負荷の少ない方向へ生産を移行することを検討する手法

トヨタ自動車株式会社
環境報告書
1999



ISOTC207 (環境マネジメント)

2002/10/11

- ISOC1:環境マネジメントシステム(ISO14001,4)
- ISOC2:環境監査(ISO14010-15)
- ISOC3:環境ラベル(ISO14020-25)
- ISOC4:環境パフォーマンス評価(ISO14031)
- ISOC5:ライフサイクルアセスメント(ISO14040-43)
- ISOC6:用語と定義(ISO14050)

ライフサイクルアセスメント (ISO14040シリーズ)

2002/10/11

- ISO-14040 LCAの原則・手順の規定
- ISO-14041 インベントリ分析
- ISO-14042 インパクトアセスメント
- ISO-14043 解釈
- TR-14049 インベントリ事例
- 14048 データフォーマット

・D f E は99年6月より作業開始

社会受容性から見た個別技術開発のトレードオフ (1) 技術開発の全体目的 (社会受容性)

- ニーズに対応すべく既製品に新技術を導入したり、新たに製品開発を行う際、全体としては次のような社会受容性(全体目標)を同時に満足することが必要となる。
 - コスト関連の社会受容性の例
 - 設備投資等の導入コストの極小化(生産規模と関連)
 - 製品コスト(インシヤルコスト)の極小化
 - 輸送・運搬・メンテナンス・リサイクル・廃棄を含むトータルコストの極小化
 - これまで消費者等が別途負担してきた外部費用の製品コストへの組み込み(内部化)に対する(つまり、トータルコスト極小化製品であれば製品コストが高くなっても消費者に受け入れられるようにするための)説明責任
 - 品質保証関連の社会受容性の例(メンテナンスコストとの関連)
 - パフォーマンス(基本性能、機能性)、アメニティ性(意匠、快適性)向上
 - 動可率(広義の信頼性:安全性、耐久性、修理可能性)向上
 - 環境問題対策関連の社会受容性の例
 - 地域環境問題への対応
 - 公害(土壌汚染、水質汚染、大気汚染)
 - 人体への悪影響
 - 埋立地の逼迫
 - 地球環境問題への対応
 - 資源枯渇
 - 地球温暖化 気候変動
 - オゾン層破壊
 - 酸性雨

社会受容性から見た個別技術開発のトレードオフ (2) ライフサイクルの各段階での技術開発項目

- 素材製造段階
 - 低コスト化 過剰性能を無くす、等
 - 易リサイクル化 素材の種類減、コンタミによる性能劣化抑制、等
- 素材加工・製品製造段階
 - 低コスト化 部品の一体成形、等
 - 易リサイクル化 部品点数を減らす、組立・解体が容易な設計、等
 - マテリアルリサイクルのためにはユニット化も選択肢
 - ユニット化は広義の信頼性向上にも寄与する(ユニット化 モジュール化)
- 製品使用段階
 - 広義の信頼性向上 品質(特に長期安全性・耐久性)保証精度の向上、余寿命評価・修理・補強をし易くする、等
 - 信頼性の向上は長寿命化(省資源化)にもつながる
 - 低環境負荷化 高効率化、特に輸送機器では軽量化、等
- リサイクル・廃棄段階
 - 易解体設計、余寿命評価精度向上、等
 - リユース性向上 素材種類減、易分別回収設計、加付リサイクル法開発、等
 - リサイクル性向上 素材種類減、易分別回収設計、加付リサイクル法開発、等
 - リサイクル性向上 コンタミ対策、脱塩素、等

社会受容性から見た個別技術開発のトレードオフ (3) 各技術開発項目と全体目的の整合性マップ

全体目的(質)と個別開発課題(量)	低コスト化	品質向上	低環境負荷化	リユース性向上	行灯リサイクル性向上	9-24リサイクル性向上
素材・機種の過剰性能を無くす	()	()	()	()	()	()
素材の種類減・コンタミによる性能劣化抑制	(?)	(?)	(?)	()	()	()
コンタミ対策、脱塩素	()	()	(?)	()	()	()
加付リサイクル法開発	(?)	()	(?)	()	()	()
部品の一体成形・部品点数を減らす	(?)	(?)	(?)	()	(?)	()
組立・解体が容易な設計	(?)	(?)	(?)	()	()	()
ユニット化	(?)	(?)	(?)	()	()	()
品質(特に長期安全性・耐久性・余寿命)保証精度の向上	()	()	()	()	()	()
余寿命評価・修理・補強をし易くする	()	()	()	()	()	()
高効率化、特に輸送機器では軽量化	x	(?)	(?)	(?)	(?)	(?)

備考)部分は個別開発課題の当初目的()は期待効果
 : 対応する
 : 寄与する
 : 必要が関係しない
 : 対応する
 x: 時に反する
 ?: 効果が不明(LOデータに依存)

全体目的と個別開発課題の整合性マップから、次のようなことが読みとれる。

多くの全体目的にプラスに寄与する次の項目は積極的に推進すべき

- ・ 「組立・解体が容易な設計」
- ・ 「品質（特に長期安全性・耐久性・余寿命）保証精度の向上」
- ・ 「余寿命評価・修理・補強をし易くする」

全体目的としての3R（リデュース、リユース、リサイクル）性向上や温室効果ガス低減は、他の目的達成とのトレードオフを生じる場合が普通である。

- ・ よって、例えば、リサイクル率や温室効果ガス低減率などに対して全体目標値が設定された場合、他の全体目標への負の効果が極小となる技術開発手段を注意深く選ぶ必要があるし、負の効果に制約がある場合には、技術開発の目標値が単に当初目的を達成するためよりも当然高くなる。

のいずれの場合においても、トレードオフの程度を知り、全体目標のバランス良い達成のための技術開発を選定し、費用対効果の高い開発目標を設定するためには、同じルールのもとで評価された各技術における原単位の情報、すなわちLCCデータが必要となる。

- ・ 例えば、温室効果ガス削減のために輸送機器の軽量化をはかる場合には、新たに導入する基礎素材のコストとリサイクルに関するLCCデータが重要となる。

なお、国の掲げる全体目的達成のための個別技術開発の目標値の実現が極めて困難な場合には、補助や規制により負の効果を相殺する措置がとられる（結果的に技術開発の目標値が下げられる）場合も考えられるが、このような場合の負の効果の定量化のためにも、これから開発される技術のLCCデータ（の推定）が必要となってくる。

環境マネジメント

（平成14年度大学院冬学期金曜2限）

- ・ 10月18日
- ・ 社会受容性獲得技術
 - － 情報開示
 - － トレードオフ
 - － 不確実性
 - － 合意形成

環境制約時代の社会受容性評価と社会受容性獲得技術

2002/10/18

- ・ そもそも、社会受容性獲得のためのアプローチやそのための学問体系については、後述するように参考になる考え方や取り組みはあるものの、（それぞれ社会受容性を持ち）温暖化対策などに直ちに適用可能な方法論はまだ無い。
- ・ IPCC（気候変動に関する政府間パネル；1988年設立）による第1次報告書（1990年8月）を受けたUNFCCC（国連気候変動枠組み条約）の締結（1992年6月）を機会に胎動を開始し、COP3（1997年12月）で各国における温室効果ガス削減率が明示されたことを契機に温暖化対策の社会受容性獲得のための様々な試行錯誤が活性化してきたととらえるべきと考える。

環境制約時代の社会受容性評価と社会受容性獲得技術

2002/10/18

- ・ 社会受容性獲得のための考え方は次のように整理できる。
 - － 情報の開示（ディスクロージャー）について：
 - ・ 社会受容性獲得のための公的判断の際には、第3者の求める科学的情報の正確な公開が不可欠である。
 - － トレードオフの取り扱いについて：
 - ・ 社会受容性にはコスト、安全性、環境影響などの多くの側面があり、これらを同時に検討する必要があるが、環境問題の場合、特に多くのトレードオフを持つ。
 - － 不確実性の取り扱いについて：
 - ・ 温暖化対策などの環境問題は従来の他の事業に比べて不確実性の要素が大きく、社会受容性などの意志決定のためには不確実性を前提とする意志決定方法論の確立が必要である。
 - － 合意形成活動について：
 - ・ 最終判断者を計画段階から参画させるPublicOutreachなる社会合意形成の活動がなされてあり参考にするべきである。

情報の開示（ディスクロージャー）について（1）

2002/10/18

- ・ 社会受容性獲得のための公的判断の際には、第3者の求める科学的情報の正確な公開が不可欠である。
- ・ 科学的情報（すなわち専門家による追試により再現可能なデータや方法論）自体が最初から正確かつ普遍的である必要はない。
 - － どの程度のことか現在までに明らかになっているか、さらには、現在の科学水準から考えて何をどうすれば何がいつまでに明らかになるかの見積もり、等を科学的に（すなわち第3者の専門家によるチェックが可能な形で）正確に公開するという意味である。
 - － ただし、細分化する科学技術の弊害として、最先端の環境技術に関しては、当該技術の専門家と市民の間はもちろん、専門家間においても、情報と意識（グランドデザイン）の乖離は広まる一方である。
 - － その意味で、方法論や実測データにより汎用的な科学的妥当性確保のためには、（時間はかかるものの）権威ある学会等でのジャッジを必要があるうし、（先端研究であるがための技術的ノウハウの公開判断にまつわるリスクも考えられるが）利害関係者やNGOによるクリティカルレビューやヒアリングも最終的には避けて通れない。

情報の開示（ディスクロージャー）について（2）

2002/10/18

- ・ 情報の収集と開示にあたっては、国や地域、さらには世代（現在、近未来、未来）によって受け容れられる条件が異なることに留意が必要であるため、このことに配慮したデータ収集と説明方法が必要である。
 - － 公害などの地域環境問題では、この種の情報にもとづき、地域の価値観で意志決定可能であったが、温暖化対策のような広域的・長期的な地球環境問題においては、地域間や世代間の公平性という視点が重視されるため、準備すべき情報が量的質的に増大すると共に意志決定が格段に困難となる。
 - － リスクパーセプション（リスク認知）、リスクコミュニケーションの考え方を踏襲可能である。これは、「あらゆる事象、特に科学技術には一定のリスクがあるが、それを社会が受け容れるのはメリットがあるからである」とする社会受容性の分析方法であり、リスク認知の測定方法やリスクとメリットの伝達方法に関する一連の考え方であって、ここでのノウハウを温暖化対策の場合に拡張適用することが推奨される。
- ・ メリットやリスクの試算の信頼性を向上させるためには、前提条件の変動による結果の変化を明らかにする必要がある。
 - － 例えば、同時並行的に行われている類似の温暖化対策の進捗により、メリットやリスクの時間変化が変動する（例えば、インフラや資源の融合により多くの場合効果が低減するが、場合によっては類似要素技術開発により温暖化対策効果の発現が相乗作用的に加速増大する場合もある）ことを事前にシナリオとして考慮することは現実問題として困難ではあるが、念頭に置き、相乗効果の有無を考察することは不可欠である。

情報の開示（ディスクロージャー）について（3）

2002/10/18

- （環境影響評価に限ればスタンダードとなりつつある）ISO型LCAは、多くの分野にわたる専門家によるチェック&レビューが比較的容易であり、また非専門家にも理解しやすい概念であるため、システムバウンダリーや入力データの質（不確実性、地域性、精度、時間変化の可能性、等）の表示を明確にすることにより、有用な説明ツール（インターフェース）となりうる。
- 以上のすべての項目に共通となるが、この「温暖化対策の社会受容性獲得のための情報開示」は過渡期にあるため、ケーススタディの公開とその幅広い専門家によるチェック&レビューの積み重ねが重要な時期である。また、この種のデータと方法論は社会の様々なニーズを科学技術により迅速に解決していくうえで（より正しく、より迅速に社会合意形成をはかっていくという意味で）今後益々重要性を増すことから、共通基盤的な知見に関して（その不確かさが未成熟さも含めて）、可能な範囲で、公的機関による早急な知的基盤化が望まれる。

トレードオフの取り扱いについて

2002/10/18

- 社会受容性にはコスト、安全性、環境影響などの多くの側面があり、これらを同時に検討する必要があるが、温暖化対策の場合、特に多くのトレードオフを持つ。
- トレードオフを取捨選択するための重み付けには、価格化による統合化（仮想市場法（CVM:ContingentValuationMethod）、コンジョイント分析、等）の研究があるが、学問的にも経験論的にも未確立の分野である。
 - 主として銀行家による投資判断に用いられてきた古典的なリスク（コスト）-ベネフィット分析の中でCVMはある程度の経験と実績があるが、温暖化対策に適用するためには（考え方の土台としては有用ではあるものの）方法論的には未だ不十分と考えられる。
 - ISO型LCAではエネルギー原単位や入出力物質の原単位計算は科学的になされるようになってきたが、その結果を用いて一時的影響評価（地球温暖化、オゾン層破壊、酸性雨、人体毒性、資源枯渇、等）や二次的影響評価（海面上昇、皮膚ガン、砂漠化、生物多様性減少、等）、さらには異なる製品やサービスの比較のために単一指標による統合化の研究が進められている。そしてここでも、単一指標化に際して環境の貨幣価値化の考え方が検討されており、参考になる。
- 現在のISO型LCAは環境影響評価のみを対象とするLCEA（LifeCycleEnvironmentalAssessment）であるが、トレードオフの検討に適したフォーマットを提供できる優れたツールであることから、これにコスト（LCCA:LifeCycleCostAssessment）や安全性（すなわち、品質保証技術やリスク管理手法）LCB（LifeCycleBenefit）へ及ぼす影響も加味したトレードオフの統合評価の試みがなされている。

不確実性の取り扱いについて

2002/10/18

- 温暖化対策は従来の他の事業に比べて不確実性の要素が大きく、社会受容性などの意志決定のためには不確実性を前提とする意志決定方法論の確立が必要である。
- 省エネ、新エネ等の温暖化対策は脱化石資源というエネルギーセキュリティと同じ方向を向いている場合が多く、仮に地球温暖化が緊急の課題でなくなった場合にも有効な対策（すなわちノーリグレット対策）となるが、CO2固定・有効利用技術はCO2の大気への排出量削減に特化したいわゆるリグレット対策であるため、ロス・リグレット分析に基づくミニマムリグレット戦略の考え方が有効と考えられる。
 - ミニマムリグレット戦略におけるポイントは、リスクに対する社会受容性の見積もりであり、上述のCVMやコンジョイント分析によるリスク回避に対する支払い意志額の推定などが有効と考えられる。
- 技術や温暖化対策効果についても不確実性があるが、前述のLCAにおいて、入力データの不確実性がインパクト分析結果に及ぼす影響の感度解析などがなされており、参考になる。

環境マネジメント

（平成14年度大学院冬学期金曜2限）

- 11月1日
- 環境マネジメント概論
 - 企業の環境格付け
 - 環境リスク
 - 環境報告書

環境マネジメントの現状

2002/11/1

- 企業における環境マネジメントの現状
 - 環境格付け
 - 環境報告書
- 環境関連の社会状況の変化
 - グリーン調達、etc.
- 国際マネジメント規格
 - ISO9000
 - ISO14000
 - グローバルスタンダードの評価

環境格付け（1）

2002/11/1

- 金融機関による「環境格付け」の高い企業とは？
 - 自社にとっての直接・間接の著しい環境負荷や環境リスクが何であるのかを経営層が把握しているか
 - それらの環境負荷やリスクを削減・回避するための仕組みを構築・運用しているか
 - さらには将来直面する可能性のある環境リスクに伴う偶発債務の回避・削減を行っている企業
- 環境リスクの例：
 - 環境保全対策を怠ったことによる地域住民からのクレームや訴訟
 - 環境配慮型をアピールした同業他社が市場で競争優位に立つ
 - 取引先企業がグリーン調達の一環として環境配慮型企業を優先

環境格付け（２）

2002/11/1

- エコロジカスクリーニングとは
 - 財務分析を主とした従来からのエコノミックスクリーニング（時価総額、企業規模、事業内容、財務評価、株価評価など）とは別に環境分析を主とした投資対象企業の評価・ランキングプロセスをエコロジカスクリーニングと呼ぶ
- エコロジカスクリーニングの手順
 - スクリーニング
 - アンケートやインタビューによる環境評価指標項目の有無の確認
 - スコアリング
 - 環境報告書などから環境情報の内容を詳細に分析・点数化
 - レーティング
 - 業種格差を無くすために、上記点数に業種ごとの係数を掛ける操作

環境報告書

2002/11/1

- 企業の環境コミュニケーションツールである
 - 環境報告書は企業が環境情報を積極的に開示する手段の中心
 - 外部公表用の環境会計も環境報告書に記載される場合が多い
 - 当初（1990年前後）は環境への取り組みをアピールする広報環境格付けの専門家にも評価される高度な内容へシフトしている
第三者審査により信頼性を高めていく傾向
- 環境報告書ガイドライン（2001年2月、環境省）
 - 世界で約50のガイドライン
GRI（GlobalReportingInitiative、1997年～）ガイドライン
全世界で適用可能な持続可能性報告書の作成ガイドライン
- 環境会計ガイドライン（2002年3月、環境省）
 - 環境会計の公表用フォーマットを提示

ISOTC207（環境マネジメント）

2002/11/1

- ◎SC1：環境マネジメントシステム（EMS）（ISO14001,4）
- ◎SC2：環境監査（ISO14010-15）
- ◎SC3：環境ラベル（ISO14020-25）
- ◎SC4：環境パフォーマンス評価（ISO14031）
- ◎SC5：ライフサイクルアセスメント（ISO14040-43）
- ◎SC6：用語と定義（ISO14050）

SC3:環境ラベル(ISO14020-25)

2002/11/1

	特徴	内容
タイプI (ISO14024) 第三者認証	第三者認証による 環境ラベル	<ul style="list-style-type: none"> ● 第三者実施機関によって運営 ● 製品分類と判定基準を実施機関が決める ● 事業者の申請に応じて審査して、マーク使用を認める
タイプII (ISO14021) 自己宣言	事業者の自己宣言 による環境主張	<ul style="list-style-type: none"> ● 製品における環境改善を市場に対して主張する ● 宣伝広告にも適用される ● 第三者による判断は入らない
タイプIII (ISO14025) 環境情報表示	製品の環境負荷の 定量的データの表示	<ul style="list-style-type: none"> ● 合格・不合格の判断はしない ● 定量的データのみ表示 ● 判断は購買者に任される

グリーン調達

2002/11/1

- 一般にグリーン調達とは、大口消費者としての企業や自治体が、環境負荷が小さい商品やサービスを購入・調達することを指す。日本におけるグリーン調達の法律制定の動きとしては、2001年度から本格施行された「国等による環境物品の調達の推進等に関する法律（グリーン購入促進法）」が挙げられる。そこでは、国や地方公共団体において環境調和型製品の調達方針作成と、それに基づいた調達の推進が義務化されている。更に、環境調和型製品に関する情報の提供として製品メーカー、環境ラベル情報提供団体、国などによる環境ラベルの適切な情報提供がうたわれている。グリーン調達が企業にも本格的に浸透した場合、外部からの調達品を用いて製品やサービスを提供する企業では、おのずと環境への負荷が少ないものが選択されるようになることが期待される。例えば、組み立て機械製品を製造する企業では、環境ラベルのような形で提供される情報を利用して、環境負荷の小さい部品や素材が選択されるようになることが期待される。とりわけ、外部からの調達品が製品内で大きな割合を占めるような場合には、グリーン調達は製品の環境負荷低減に対して有効な方法となり得る。
- 一方、グリーン調達に対して、一般の消費者がその種の製品を購入することはグリーン購入と呼ばれる。日本においては96年に設立されたグリーン購入ネットワークによって、グリーン購入を進める上で欠かせない基本原則作りや推奨製品のガイドラインの作成、企画広報活動などが行われている。
- 参考HP
 - <http://www.env.go.jp/policy/hozen/green/g-low/index.html>
 - グリーン購入ネットワークのHP：<http://eco.goo.ne.jp/gpn/index.html>

クリーナー・プロダクション

2002/11/1

- クリーナー・プロダクションは、UNEP（国連環境計画）がこれを推進しており、10数年の活動の歴史を持っている。UNEPの定義によると、クリーナー・プロダクションは、全体の効率を増大し、かつ人や環境へのリスクを低減するためのプロセス、製品及びサービスに対する環境側面の予防的な戦略を継続的に適用することである。また、対象とするプロセスは産業を問わないとしている。更に、製品に対しては、その全ライフサイクルに渡る環境、健康及び安全側面のインパクトを減らすことを目的としている。
- DfE（エコデザイン）と比較した場合には、クリーナー・プロダクションの方が、環境負荷を低減するための生産プロセスの改善に重点を置いているという認識が一般的である。
- 参考HP
 - UNEPクリーナー・プロダクションのHP：
<http://www.unepie.org/pc/cp/home.htm>

DfX (DesignforX)

2002/11/1

- DfXは、“X”の部分に製品競争力を高めるための何らかの視点をおいた製品設計・開発手法の総称である。例えば、DFM (DesignforManufacturing、製造性設計)、DfA (DesignforAssembly、組立性設計)、DFV (DesignforVariety、多品種設計) などがある。その研究開発は北米地域を中心に70年代には既に始まっていた。DfXは、設計以外の段階、つまり製造、配送、使用、保全、廃棄などの段階における任意のパフォーマンスを向上させるメカニズムを設計段階において製品に実装する作業ということが出来る。従って、DfX手法の例は数限りなくあり得るし、実際に今後も新たなものが現れる可能性が十分ある。これは、製造業において設計者に依存する部分が大きいという状況と表裏一体であるとも考えられる。
- DfEもDfXの一例であるが、DfE自身も何らかの環境側面に焦点を当てた製品設計・開発手法の総称となっていることが多い。例えば、DfDA (DesignforDisassembly、解体性設計) 及びDfR (DesignforRecycling、リサイクル設計) などが含まれる。

チェックリストと製品アセスメント

2002/11/1

- 環境側面を考慮した製品設計・開発を実践する際に設計者などが注意すべき観点と方向性を記したものをここでは(DfE)チェックリストと呼んではいる。チェックリストが実際の企業で利用される段階としては、設計段階や試作段階の場合がある。
- エコデザインを推進するためにオランダで企業の指導に実際に使用されている製品のチェックリストの項目の分類を一例として以下に示す。
 - 低環境影響素材の選択
 - 素材使用の低減
 - 生産技術の最適化
 - 配送システムの最適化
 - 使用中の環境影響の低減
 - 製品寿命の最適化
 - 寿命終了時のシステムの最適化
- 実際にはこれらの各分類の下に数個程度の項目が設けられている。例えば、分類1には「有害有毒性のない素材」や「再生可能素材の選択」などが含まれている。
- リストに含まれる各項目に対して点数付けを行って、設計対象に対するある種の評価(通常製品アセスメントと呼ばれる)に利用することもしばしばあるが、一般にリストの構成と点数付けを通じて評価結果に恣意性が入ることは避けられない。

ISO/TR14062

2002/11/1

- 国際標準化機構(ISO)では環境適合設計(DfE)の標準化をWGで検討しており、平成14年4月か5月にはTR14062として発行される予定です。正式にはEnvironmentalmanagement Integratingenvironmentalaspectstintoproduct designanddevelopment (環境マネジメント・環境側面を製品開発に組み込むための指針)という規格名称で技術報告(TR)としての位置づけになっています。目次の大項目は次のとおりです。
 1. 適用範囲(Scope)
 2. 参考文献(References)
 3. 定義(definition)
 4. 目標と潜在的利益(Goalsandpotentialbenefits)
 5. 戦略的考え方(Strategicconsideration)
 6. マネジメントの考え方(Managementconsideration)
 7. 製品の考え方(Productconsideration)
 8. 製品設計と開発プロセス(Productdesignanddevelopmentprocess)
 9. AnnexABibliography
- 3. 定義ではDfEの定義ではなく、ここで使われる用語の定義です。例えば、Product、designanddevelopment、life-cycle、supplychainなどです。
- 5. から8. までにはLCAの基本思想が貫かれているが、製品開発の評価方法には色々あることを紹介し、LCAに絞った表現にはなっていません。また、我が国が主張した環境マネジメントの中という枠はめられています。

インバースマニュファクチャリング(1)

2002/11/1

- インバースマニュファクチャリングは、製品を製造販売する動脈系だけでなく、リサイクルやリユースといった静脈系も含めた生産活動、つまり持続可能な社会を実現するための循環生産というコンセプトである。吉川弘之(日本学会会議会長)が10年ほど前に提唱したこの考えは、産官学の共同研究へと発展し、1996年12月には(財)製造科学技術センター内に「インバースマニュファクチャリング・フォーラム」が組織された。フォーラムには大学、国立研究所、自治体、製造業36社が参加している。
- インバースマニュファクチャリング社会では、「製品の販売」から「顧客が求めるサービスの提供」へと製造業の役割も変化する。少ない資源で効率よくサービスを提供し、顧客満足度を高めるためには、製品のライフサイクルを最適化する必要がある。前述のフォーラムではライフサイクルのオプションとして、特に部品のリユースや製品のアップグレードの可能性について研究活動を実施している。これはなるべく付加価値の高いレベルで再利用することが、循環のループを小さなものにし、大きな環境改善効果が得られるためである。

インバースマニュファクチャリング(2)

2002/11/1

- インバースマニュファクチャリングの例としては、富士写真フィルムのレンズ付きフィルムや富士ゼロックス、リコーの複写機がある。回収された製品には、まだ部分として寿命を十分に残しているものがある。回収された製品は部品レベルに分解され、洗浄・修理・検査の工程を経て、リユース部品として再び製品の組立ラインに投入される。ただし、現在の製品でも部品リユースが行われているわけではない。これは、従来の製品が売切りの形態で販売され、使用後は廃棄される前提でつくられているためである。今後、部品リユースを促進するためには、製品設計において工夫するだけでなく、生産、販売、使用、保守、回収、再生産というライフサイクルプロセスをどうつくるのか(ライフサイクル設計)、また、使用状況や履歴を把握するためのマネジメント(ライフサイクル管理)も必要とされる。
- 参考文献
 - 「インバースマニュファクチャリング～ライフサイクル戦略への挑戦～」梅田 靖著、工業調査会、1998。
 - 「逆工場～見てきた製造業これからの10年～」吉川弘之+IM研究会 編著、日刊工業新聞社、1999。
 - <http://www.mstc.or.jp/inverse/main.htm>

ゼロエミッション

2002/11/1

- ゼロエミッションは、ある生産プロセスで商品価値のある製品とならなかった未利用物質を別の生産プロセスの原材料として循環利用すれば、いわゆる「廃棄物ゼロ」が実現できると国連大学が1995年に提唱した生産システムの理念である。基本的な考え方が、迫田らにより、以下のように整理されている。
 - 「廃棄物」という概念を払拭し、同じ物でもそれらを「未利用物質」(あるいは「未利用物」、「未利用素材」など)ととらえる。現状においては、主として経済的に成り立たないが故に廃棄されるものも、物質として見れば十分に他の生産の原材料になる可能性を有している。廃棄されるべきものは何もなく、たまたま未利用のままになっているという理解である。
 - 次に、その未利用物質を排出源とは異なる業種において原材料とするという物質のフロー、すなわち産業ネットワークがなくてはならない。この産業ネットワークは自然生態系のような円滑な物質循環をめざして、思いつきでなく合理的な根拠に基づいて設計されなくてはならないであろう。
 - そして、このような業種を越えた未利用物質・原材料という物質循環を可能にするために、「ゼロエミッション技術」とも言うべき物質交換技術が介在しなくてはならない。この技術は、いわゆる最新のテクノロジーを駆使した技術である必要は必ずしもなく、従来からの技術やそれらを改良したものであっても構わない。このような技術の必要性は新しい産業を創生することにもつながる。
- 参考HP：<http://envchem.iis.u-tokyo.ac.jp/ZeroEm/>

DfR (DesignforRecycling)

2002/11/1

- DfR (リサイクル性設計) は製品のEOL (EndofLife、寿命終了) 時におけるリサイクル性を向上させるための製品設計・開発手法です。一般にリサイクルの手順は大よそ次のようになっています。
 - まず、再利用部品、有害物質及び非常に硬い部品などを除去するための分解を行います。
 - それらを除去した後に、手作業での分解・分別から破碎、更には材料種による選別へと進みます。
 - 材料種という意味での純度 (たとえば鉄の割合) が十分上がったものを再生用原料としてリサイクルに利用します。よって、リサイクルのパフォーマンスを上げるためには、構造上の工夫による分解性の向上と破碎・選別による材料回収を効率的にする材料選択が主な方策となります。
- よってDfRは主に、分解性を評価し、それを高める手法と材料に開するデータベースを利用して材料選択を支援する手法に分けられます。前者においては分解工程のコスト、得られる再利用部品による利益、リサイクルによるコストなどが評価対象となる要因です。分解性評価を実装した商用の計算機ソフトウェアも存在します。

QFD (QualityFunctionDeployment、品質機能展開)

2002/11/1

- QFDはユーザの製品に対する要求 (顧客の世界) を品質特性 (技術者の世界) に変換し、顧客を満足させる品質を確保するための方法です。具体的には品質表と呼ばれるマトリクスを使って、各部品の品質、機能更に工程の要素にいたるまで目的手段の系列でステップごとに系統的に展開します。日本で1960年代に開発され、自動車や電機機器などの設計開発に適用例が多くあります。日本のみならず欧米でも広く利用されています。QFDの手順は通常、次の4つのプロセスで構成されます。
 - 1) 品質展開: 顧客の要求品質を対象の設計品質等と関連付けます。
 - 2) 技術展開: 設計品質を機能を通じて機構と関連付けます。
 - 3) コスト展開: 目標原価から機構や部品のコストを検討します。
 - 4) 信頼性展開: 「ネガティブな面の品質」について展開します。
- QFDは以下の3点において特徴的です。
 - 顧客要求を製品設計に反映させる
 - 製品開発参加者の意志統一を図る
 - 製造段階でボトルネックとなる技術を抽出する
- これらの特徴は自由度が大きい製品開発の初期段階で実施されて効果を発揮します。
- 上記の特徴を継承し、環境への配慮を環境品質と捉え、QFDの品質展開及び技術展開に相当する部分に対して環境側面を取り込む手法がQFDE(QFDforEnvironment)です。

環境マネジメント

(平成14年度大学院冬学期金曜2限)

- 11月8日
- 国際マネジメントシステム規格
 - 国際標準
 - 産業技術戦略
 - ISO9000 (品質管理)
 - ISO14000 (環境管理)

国際標準化の歴史的背景

2002/11/8

- 冷戦終結後、世界市場の一体化
 - ボーダレス・エコノミー、グローバルゼーション、メガコンベンション
 - 国際的なルール・規格としての「国際標準」が重要な役割
 - 標準を制するものが市場を制する
- キャッチアップをお家芸としていた日本
 - 他人の作った標準を上手に使えば良いという風潮があった
 - 戦後の急速な経済成長を成し遂げた成功体験 (過信、知的怠慢)
 - 異文化との交渉や英語が不得意というバックグラウンドもこれを助長
 - ISO9000s (1987年発行) で手痛いダメージ
 - 工場や事業者が一定水準の品質のものを作る能力があることの認定
 - 品質管理に自信を持っていた日本は無関心であった
 - しかし国際取引のためには (ISO9000取得が入札条件とされるなど)、英国式の品質管理手順を踏まなければならなくなった
 - 検査に余分なコスト、製品の仕様変更
 - 利害関係者により作られるルール作りに参加する必要性がようやく認識
 - 規格作成段階からタッチしていなければ、行間が読めず開発競争・市場参入に後れる

標準化戦争アラカルト

2002/11/8

- 標準を制するものが市場を制する
 - 勝者が市場を総取り & 巨額のロイヤリティ収入
 - 技術開発戦略以上に標準化戦略が重要となってきた
- ビデオ方式 : VHS 対 ベータ (1970年代後半~)
- パソコン用 : ウィンドウズ、ペンティアム (1995年~)
- デファクト標準 (事実上の標準)
 - 市場における企業間の競争の結果として決定される標準
- デジュール標準 (公的な標準)
 - ISO規格、JIS規格など、公的機関で作成される標準
- 認証をとっても実際の品質向上に役に立たない場合も多い
 - しかし取らなければ入札に参加できないなどのリスクのほうが大きい
 - 特許戦略をとっていた米国も、国際標準化戦略の欧州にデファクト標準で対抗
 - 国家産業戦略として規格策定参入と認証取得コスト軽減すべき

戦後日本の高度成長の分析 (1945.8.14~)

2002/11/8

- 戦後30年の驚異的な経済成長 (年平均約10%)
 - 成長の効果: 国民全体の所得の増大、貧困・失業・無知・不衛生・精神的墮落から多くの人を救済
 - 成長のコスト: 公害、自然・文化財・人間の健康が損なわれる。
 - 実際は、1965年を境に、公害は減少し、自然環境は改善されている。
- 高度成長型の日本経済 (1)
 - 産業構造 = 重化学工業化: 鉄鋼・産業機械・造船・セメント・建設などの、投資需要向け産業が肥大化
 - 経済成長率が低下し、投資需要が低減すると、これらの産業にはかなりの過剰施設が恒久化する恐れがある。
 - 輸出と公共投資に逃げることに限界がある。
 - 財政: 税収のほとんどが法人や個人の所得に課される直接税。
 - 経済成長期には税収が伸びるので、社会福祉の充実と公共事業の拡大を (同時に) 進めることができた。
 - 1976年を境に、赤字国債の発行・都道府県の赤字。
 - 「経済停滞 (不況) 期には、財政支出を拡大して需要を創造し、景気を振興すべき」 (ケインズ経済学) 赤字国債の累積
 - ヨーロッパ諸国に多い間接税や付加価値税に比重のある税制であれば、景気による税収の影響度は小さい。

戦後日本の高度成長の分析 (1945.8.14 ~)

2002/11/8

- 高度成長型の日本経済 (2)
 - 企業経営: 他人資本 (借入金) で規模の拡大を急いできた。
 - 借入金は金利がかかるため、低成長時代になり、換算率が低下すると、コストの上昇につながり、長期的には物価上昇を招く。
 - 労使慣行: 終身雇用 (+ 天下り先給定) 制と年功序列型賃金体系 = 従業員の企業に対する忠誠心の源泉
 - 生産の効率と製品の品質向上 企業の成長・発展 自己の収入と社会的地位の向上
 - 日本企業の技術革新や立地条件変化に対応する能力を著しく高めている。
 - 企業内労働組合 労使の対立緩和 = 労働争議による非効率を大いに防止
 - ピラミッド型年齢構成 企業の人員負担を軽減 国際競争力強化
 - 企業の発展拡大期 (+ 人口構成比 (1947-1950年生まれの団塊の世代) + 豊富な農村からの労働力) ピラミッド型年齢構成が保てた
 - 高度成長期には、すぐに来るであろう景気回復期に備えて、不況時であっても過剰雇用を抱える方が得策であった。
 - 1949年 (ドッジ・ライン不況) 大量の人員整理 / 労働争議 1950-1953年 (朝鮮戦争) 従業員再募集 1953-1954年 (不況) 人員整理 (神武景気) 人手不足 / 集団就職 / 縁故募集 昭和30年代 (本格的な高度成長期) 終身雇用制度の定着
 - 高度成長の終焉 日本型労使慣行の行き詰まり 欧米型の流動性労働市場と応酬賃金体系への接近
 - 欧米のように不況時に解雇をしない日本では、失業率は増えないが、出資受注や輸出輸出に走り、対外経済摩擦の原因になる。

戦後日本経済の高度成長の基本要因

(1) 「キャッチ・アップ効果」

2002/11/8

- 立ち遅れたハードウェアが、先行しているソフトウェアにキャッチ・アップするための効果
 - 戦後の奇跡の経済成長国 = 西ドイツ・イタリア・日本 = 敗戦国 (戦争の被害が甚大であった国)
 - 戦時経済下で立ち遅れたのは、工業施設・輸送機関・住宅、すなわちハードウェア
 - 教育水準・技能・組織力・経営技術、すなわちソフトウェアはそれほど失われていなかった
 - 大量の投資によりこのギャップが埋められる過程が高度経済成長
 - 発展途上国に巨額の資本投資をしても、容易に経済が成長しないのは、ソフトウェアがついていけないため

戦後日本経済の高度成長の基本要因

(2) 「無資源国の有利性」

2002/11/8

- 戦後の世界経済: 自由貿易と (天然資源や農作物などの) 一次産品の供給過剰傾向
- 日本はどこからでも最も安価な工業原材料や燃料を輸入できた。
- 1946-1960年のアラビア湾沿岸地域における石油の発見により、戦後は世界的に石油が供給過剰となり、価格が低下。
 - 石油使用分野の拡大、化学製品やエネルギーの低価格化 合成化学製品の普及による、綿花・羊毛の供給過剰 綿花から小麦へ、羊から牛へという作物転換を通じて、農産物全体を供給過剰に さらに石油から作られる化学肥料・農薬の普及により、農業生産性の飛躍的向上
 - 大容量火力発電による、電力コストの低下 製造に電力を使う製品 (アルミニウムなど) の低価格化 競争商品 (アルミ) に対する錐や銅などの低価格化
- 国内に巨大な産油量を持つアメリカは、自国の油田保護のために、関税を課して安価な中東石油の流入を押さえねばならなかった。イギリスや西ドイツは、国内の石炭産業を守るために、安価で便利な石油の使用を抑制せざるを得なかった。フランスは旧植民地のアルジェリアとの長期契約により中東石油の2倍の価格の石油を使った。
- 資源の乏しい日本において、鉄鋼業・石油化学・造船業のような資源集約型産業が盛んになった。
- ただし、これらの過剰供給を前提としているという弱点が表面化してきている。
 - 経済的安全保障の欠如 = 保険をかけていない国際商売 (低コストだがハイリスク)
 - 保険をかけているはずの米国が、必要以上に中東問題に介入する理由も石油政策にあるようだ。
 - 石油価格は1973-1974年の石油ショック時に4倍になり、1979年のイラン革命 (パーレビ前国王の近代化政策 vs ホメイニ革命政権) 時に2倍になっている。イラン革命により (急速な近代化の限界により、ドル獲得のモチベーションが消失したことが証明されたため)、回教徒の石油売り惜しみの可能性が顕在化した。
 - 冷戦終結後の石油価格の安定は、中東諸国の軍備増強と関連するかもしれない。

米国の産業技術戦略 (1)

2002/11/8

- 15年前、日米の経済状態は正反対であり、米国は、自らの問題点と対応策を、日本をも参考にしてつと鋭意検討・対策実施する状況であった。
 - 1970年代、圧倒的な技術力・経済力を誇っていた米国は、70年代に入り、ベトナム戦争泥沼化、麻薬等の社会問題、日欧の経済力・技術力向上等により、その地位を脅かされるようになった。
 - 米国には連邦政府が民間活動には関わらないことをよしとする国風があり、また、民間企業も圧倒的な技術力と巨大な国内市場の上で、海外の競争者に充分な注意を払っていないかった。
 - そのため、ハイテク製品の輸入拡大や競争力低下を認識せざるを得ない事態に直面した米国の官民は、まず、「原因は何で」「対策は何か」の究明、すなわち「どのような対策・政策をとればよいのか」との検討を開始した。
 - そして、対策として行うべき産業技術政策の大枠は1988年までに議論・認識され、1989年以降これが「具体的な手段や計画として明確化」され、産業技術政策が強力に推進された。
 - ただし「連邦政府は民間活動にどこまで関わるべきか」についての議論はクリアに決着したわけではない。

米国の産業技術戦略 (2)

2002/11/8

- 伝統的には、政府はなるべく産業の活動には関与しないものであったが、1980年代になって変わった
- 1980年に日本の自動車生産台数がアメリカを超えて世界一になり、1983年には日本の半導体の世界シェアもアメリカを超えて世界一になったため、アメリカが日本との技術競争力に非常に危機感を抱いた
- 1980年代からアメリカは日本の産学官連携のやり方を非常に研究した
- 1980年: 技術移転法 (国の研究成果を積極的に民間に移転するための法律)
- 1980年: 国家共同研究法 (企業の研究組合を作ること促進する法律)
- 1980年代中 - 後半から冷戦構造の緩和により、米国の技術、特に軍需技術が、米国産業を中心として民間に流れ出した (その代表例がインターネット)
- 1980年代を境に日米の経済的な好不調が逆転したのは、産学官連携のあり方を米国が施策に組み込んだことによるのではないかと

米国の産業技術戦略 (3)

2002/11/8

- 技術革新のための国家戦略 (1979年)
 - 特許法の改正等
- 先端技術における国際競争力: 米国の決断 (1983年)
 - ((&(現在の米国の技術革新力 (研究開発および製品化能力) は内的弱点に対しても、外国からの危害行為にも無防備である。
- 大統領産業競争力委員会報告: グローバルな競争 (ヤングレポート, 1985年)
 - 研究・開発・製造関係の促進、資本資源 (研究投資の促進)、人的資源、国際貿易
- 競争力の危機: 新しい現実と直面して (ニューヤングレポート, 1987年)
- 米国の革新に向けての商業的挑戦 (第3ヤングレポート, 1988年)
- 米国の技術政策 (1990年)
 - 大統領競争力委員会報告 (1991年) 副題「米国の技術開発を支援する国家重要技術政策における競争力の確立方法について」
 - 技術: 経済成長のエンジン (1992年) 副題「米国のための国家技術政策」
 - 民主党クリントン / ゴア正副大統領候補の選挙戦用技術政策
 - 経済成長のための技術 (1993年) 副題「経済力強化のための新たな方向」
 - 就任直後のクリントン大統領が選定先のシリコンバレーで公表したイニシアチブであり、新政権の今後4年間の技術政策の枠組み
 - 米国下院による「技術政策ビジョン」(1998年) 未来を開く、新しい科学技術政策に向かつて

環境マネジメント

(平成14年度大学院冬学期金曜2限)

- 11月15日

国際規格の意義

2002/11/8

- 自由な貿易のための障害の除去
 - すなわち非関税障壁(関税以外の貿易障害)の一つとして、国ごとによって異なる規格・許認可制度が目玉された
- GATT(関税貿易一般協定)最終交渉:ウルグアイ・第8ラウンド交渉(94年)
 - WTO(世界貿易機構)の設立(95年~)と体系的な紛争解決手続きの導入
 - TBT協定(貿易の技術的生産に関する協定、95年1月発効)
 - 加盟国は国家規格をISOなどの国際規格に原則として合わせる事
 - 日米ではこれを重要視していなかったことが後に多くの問題を残した
 - アジアのJIS離れ...
 - 産業保護のためのアンチダンピング、補助金、セーフガード措置等の明確化
 - 日本ではコメの市場開放
 - サービス、知的財産権などの新分野へのルールの導入
- ISO(International Organization for Standardization)
 - スイス、ジュネーブに事務局、1947年発足
 - 加盟128カ国、電気分野を除く工業全般を対象に国際規格を作成・発行
 - 電気分野=IEC(International Electrotechnical Commission)

マネジメントシステムにおけるPDCAサイクル

2002/11/8

- 品質管理や環境管理体制に関するマニュアルを揃えても、それをチェックして見直す継続的な改善システムが必要である。ISOのマネジメントシステムではPDCAサイクルの重要性を強調している。
- Policy(方針) : 方針・方向性の表明
 - Plan(計画) : 対象範囲の明確化、評価と目標設定
 - Do(実施・運用) : 実行計画の具現化と運用
 - Check(点検) : 監視、測定、記録、是正、改善
 - Action(見直し) : PPDCのレビュー、次へPへの展開
- 国際マネジメントシステム規格の例
 - ISO9001 : 品質
 - ISO14001 : 環境
 - ISO/IEC17799 : 情報セキュリティ
 - OHSAS18001 : 労働安全衛生

ISOTC207(環境マネジメントシステム)-14000s主要規格の開発状況

2002/11/8

- SC1:環境マネジメントシステム
 - ISO14001:仕様及び利用の手引き (96.09.01発行)
 - ISO14004:原則、システム及び支援技法の一般指針 (96.09.01発行)
- SC2:環境監査の指針
 - ISO14010:一般原則 (96.10.01発行)
 - ISO14011:監査手順・環境マネジメントシステムの監査 (96.10.01発行)
 - ISO14012:環境監査員のための資格基準 (96.10.01発行)
- SC3:環境ラベル及び宣言
 - ISO14020:一般原則 (98.08.01発行、00.09.15発行)
 - ISO14021:タイプ環境ラベル表示-自己宣言による環境主張 (99.09.15発行)
 - ISO14024:タイプ環境ラベル表示-原則及び手続 (99.04.01発行)
 - TR14025:タイプ環境ラベル表示-環境宣言 (00.03.15発行)
- SC4:環境パフォーマンス評価
 - ISO14031:指針 (99.11.15発行)
 - TR14032:評価事例集 (99.11.15発行)
- SC5:ライフサイクルアセスメント
 - ISO14040:原則及び枠組み (97.06.15発行)
 - ISO14041:目的及び調査範囲の設定並びにインベントリ分析 (98.10.01発行)
 - ISO14042:ライフサイクル影響評価 (00.03.01発行)
 - ISO14043:ライフサイクル解釈 (00.03.01発行)
 - TR14047:ライフサイクル影響評価適用事例 (DTR)
 - TR14049:目的及び調査範囲の設定並びにインベントリ分析適用事例 (00.03.15発行)
- SC6:用語と定義 (ISO14050)
- 環境適合設計(DFE) (DTR14062)

EMSとISO14001(枝廣氏の解説記事より)

2002/11/8

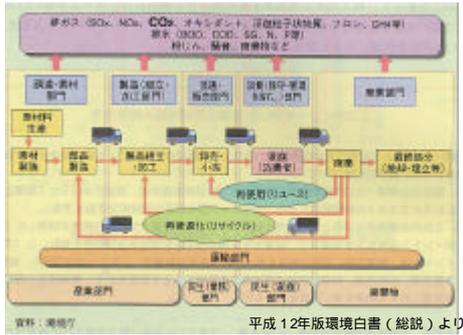
- 環境マネジメントシステム(EMS)
 - 「環境」を切り口に、ある事業や事業所をマネジメントするためのシステム
 - PDCA(計画 実行 チェック 見直し 次の計画)を「環境」の側面に用い、企業の環境負荷(悪影響)を継続的に減らすための仕組み
- ISO14001=EMSの国際規格
 - 「こうやってEMSを構築するのが、効率的・効果的ですよ」という指針
 - それに沿ってEMSを構築し、規格通りであることを監査(有料)で確認してもらおうと「ISO14001認証取得」
- 特に中小企業がEMSを構築すると、環境負荷を下げるだけでなく、そのプロセスで「体質強化」「業務システムの確立」「コスト削減」「社員の意識・やる気向上」に大きく役立ち、企業の競争力強化につながる事が多い
 - ISO14001を参考にEMSを作ると効率的
 - ただし、ISO14001に沿ってEMSを作っても、認証は必須ではない
 - 認証費用をかけずに、考え方だけを取り入れるだけでも十分に効果的
 - 企業の環境負荷は、主に「資源やエネルギーの消費」と「廃棄物の排出」なので、EMSを通じて企業の環境負荷を下げる活動は「資源・エネルギー・廃棄物の削減」となり「コスト削減」活動となる

ISO14001と環境活動評価プログラム(枝廣氏の解説記事より)

2002/11/8

- 環境影響評価の欠点は時間と人がかかること
 - ISO14001認証取得には平均して1年-1年半かかる
- 環境省の環境活動評価プログラム
 - 「すぐに行動を始めたい」「時間や人手は最小限でやりたい」という企業や組織向け
 - ISO14001で求めている「環境側面の特定」「文書管理」「内部監査」が無い
 - ISO14001認証取得には30万円かかるが、このプログラムは30万円
 - ステップ1「環境への負荷の自己チェック」
 - 「二酸化炭素排出量」や「産業廃棄物」の現状把握(必須項目)
 - 「資源利用量(水、紙など)」「大気汚染物質排出量(NOX)」「水質汚濁物質排出量(CODなど)」「化学物質の排出量・移動量」等(選択項目)
 - 環境負荷の測定や計算方法はプログラムに載っていて自己チェックできる
 - ステップ2「環境保全の取り組みの自己チェック」
 - 「二酸化炭素などの排出を抑制するための取り組み」「廃棄物抑制、リサイクル」「輸送に伴う環境負荷の低減」など
 - ステップ3「環境行動計画の作成」
 - ステップ4、2で把握した問題と取り組みの現状に基づいて、目標を設定し、達成のための行動計画を立てる
 - ステップ4「環境行動計画の実施と見直し」
 - ステップ3で立てた環境行動計画に沿って、具体的な取り組みを進める
 - その結果を見直ししながら、継続的に環境負荷を低減していく

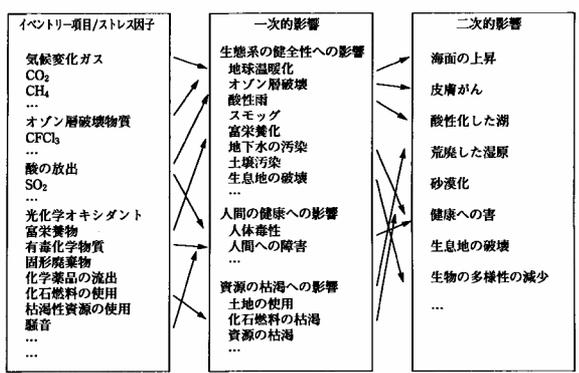
インターフェイスとしての L C A 的考え方



平成12年版環境白書(総説)より

問題・課題は多く残されているものの、LCA的考え方は、様々な基礎素材屋、部品製造屋、組立屋、ユーザー、廃棄物処理屋、に共通の議論が可能となるインターフェイスとなりうる

L C A における影響分類



地球環境と材料、日本材料科学会編より

WhatIsLCA

JIS Q 14040

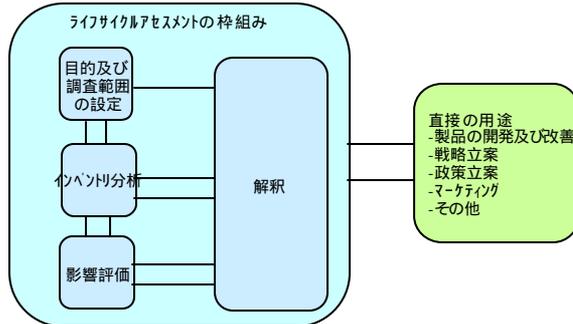


図1 LCAの構成段階

ライフサイクルアセスメント(LCA) - 1

2002/11/1

- ライフサイクルアセスメント(Life Cycle Assessment: LCA)は、製品やサービスの環境への影響を評価する手法である。対象とする製品を生み出す資源の採掘から素材製造、生産だけでなく、製品の使用・廃棄段階まで、ライフサイクル全体(ゆりかごから墓場まで)での資源消費量や排出物量を計算し(インベントリ分析)、その環境への影響を評価する(影響評価)。
- 1997年にLCAの「原則および枠組み」が国際標準規格(ISO14040)として発行され、11月に日本工業規格(JISQ14040)となった。
- ISO14040では、LCAを「サービスを含む製品に付随して生じる影響をより良く理解し、軽減するために開発された1つの技法」とであると、実施する際の
 1. 「目的と調査範囲の設定」
 2. 「インベントリ分析」
 3. 「影響評価」
 4. 「結果の解釈」
 という4つのステップが明確にされている。それぞれのステップに関する詳細な方法が順次規格化されている。

ライフサイクルアセスメント(LCA) - 2

2002/11/1

(i) 目的と調査範囲の設定

- このステップでは、対象とする工業製品やサービスを定め、LCAを実施する目的を明確にする。例えば、「冷蔵庫の地球温暖化に対する影響」を評価することを定め、その目的に合致した軽量すべき排出物と、それを収集する範囲を定める。
- LCAで評価する対象は、本来は、その製品の「機能」である。例えば、「冷蔵庫」であれば「庫内のものを冷やす」機能である。したがって、機種異なる冷蔵庫を比較する場合には、同じ容積・同じ耐用年数など「機能」を同一にして比較することが求められる。

ライフサイクルアセスメント(LCA) - 3

2002/11/1

(ii) インベントリ分析(LCI)

- インベントリ分析は、LCA実施の目的に合致するように設定された調査の範囲(製品システム)全体での資源消費量や排出物量を算定するステップである。
- インベントリ分析では、まず対象とする製品の製造・使用・廃棄に直接係わるデータを収集し、次に、製品に使用される素材の製造や、使用段階で消費される電気を発電する時の排出物量などを調査し、これらを結合する。
- インベントリ分析では、1つのプロセスで2種以上の製品が得られる場合に、排出物量や資源の消費量を製品ごとに配分することが必要となる。一般には、製品の重量比で配分するが、市場価値が大きく異なる製品が生産される場合には、生産金額で配分されることがある。配分方法は、インベントリ分析の結果を大きく左右することがある。ISO14040では、実施の方法を明確に記述することを強く求めている。

ライフサイクルアセスメント (L C A) - 4

2002/11/1

(iii) 影響評価

- LCAでの影響評価は、一般的に、分類化、特性化、統合評価の3つの部分から成る。
 - 分類化では、資源消費や排出物を「地球温暖化」など予想される環境影響の種類に基づいた影響カテゴリに振り分ける。
 - 特性化では、排出物量と物質ごとに決定される特性化係数を掛け合わせ、その総和を「カテゴリインデキータ」として指標化する。
 - 特性化係数は、例えば二酸化炭素を基準とした地球温暖化指数のように、対象とする物質が影響カテゴリに対して与える潜在的影響を基準物質に対して相対的に評価した係数である。
- ISO14040では、分類化・特性化までを影響評価の必須要素とし、対象製品のカテゴリインデキータと対象地域全体の排出物量が示すカテゴリインデキータを比較する正規化 (Normalization) や、カテゴリ間の重み付けは付加的要素 (optionalelements) と位置づけている。特に、同一種他社製品を比較評価する場合は、環境カテゴリ間を重み付けすることは禁止されている。
- しかし、環境カテゴリ相互のトレードオフを克服し、製品の環境調和性を総合的に判断するためには、環境カテゴリ間の重み付けを実施しなければならないという観点がある。環境影響の統合化手法は、現在世界的に議論されている研究課題である。

ライフサイクルアセスメント (L C A) - 5

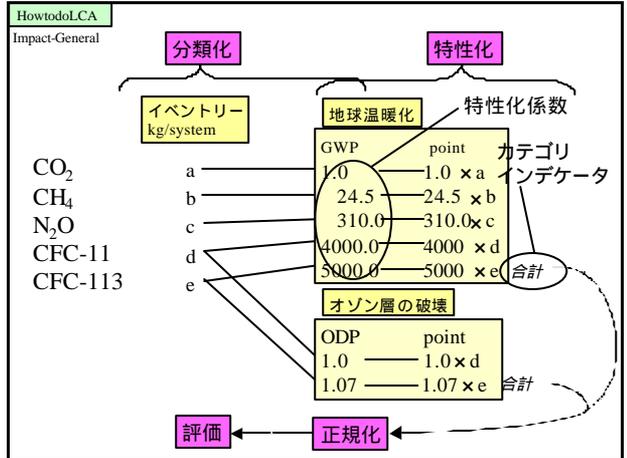
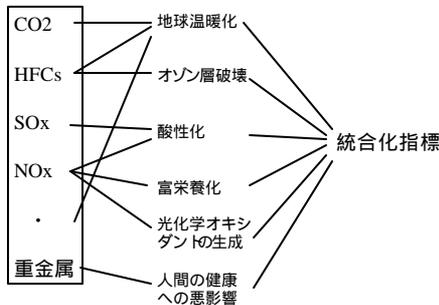
2002/11/1

(iv) 解釈

- LCAでは、実施した調査の範囲の相違、インベントリ分析におけるシステム境界の定義や配分方法、及び影響評価における特性化係数の選択によって、異なる結果が導かれる可能性がある。これらの実施方法による結果への影響が「解釈」で考察される。
- ISO14040に示された製品・サービスの評価方法としてのLCAは既に産業界での実務の段階に達し、先進的企業が自社製品のLCAでの評価結果を環境報告書へ記載するようになってきている。更に、LCAの結果を製品に添付するタイプIIIラベルがSO/TR/14025となり、先進的な数社が先行的に施行し公開している。
- 2001年4月から、いわゆる「グリーン購入法」が施行された。現在は例えば情報用紙では古紙混入率等の判断基準が示され、それを満たす製品が指定されているが、将来はタイプIIIラベルのように、LCAの結果を判断基準とする方向になってゆくと思われる。

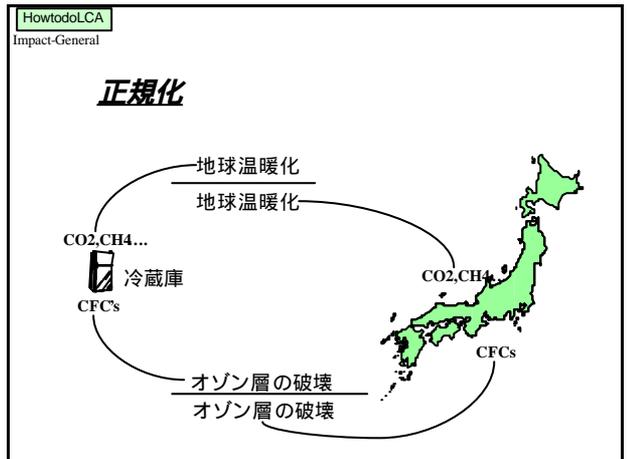
インパクトアセスメント

分類 特定化 統合化



統合化は必要か？

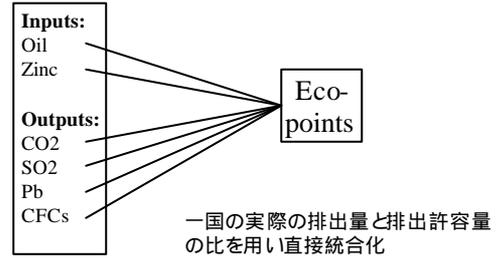
- 迅速な判断を下すため
- トレードオフの克服
- 日本の消費者に「環境調和型製品」とは何かをわかりやすい形で示すため
- 他の指標への適用 例 ; エコラベル



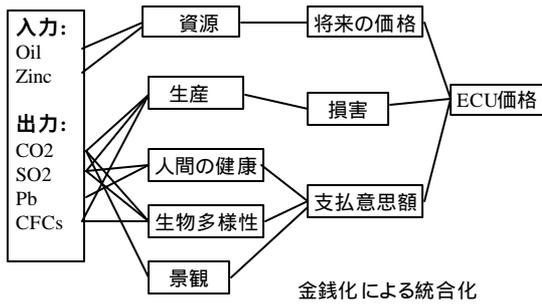
統合化手法の例

- EPS (スウェーデン)
- エコポイント(スイス)
- エコインディケータ95/98 (オランダ)

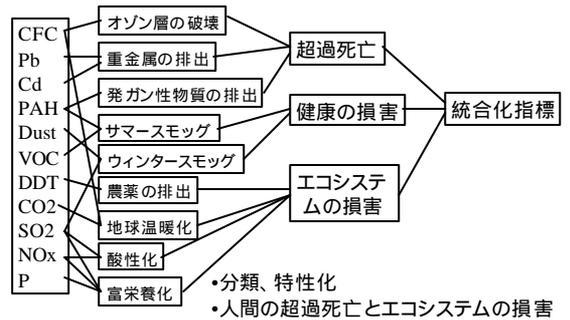
エコポイントによる統合化の概念



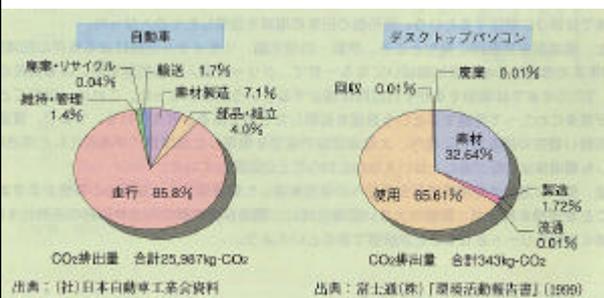
EPS法による統合化の概念



エコインディケータ95による統合化の概念



製品のライフサイクルでのCO2排出量の例



平成12年版環境白書(総説)より

LCAの視点と注意点(1)

例えば、地球温暖化対策(温室効果ガス削減)を目的として、各種基礎素材を輸送機器の軽量化に適用するという問題を考える。

- なかでも、強度・耐久性・軽量性などにおいて高い性能を持ちながら、現在、そのコストとリサイクル性に関する社会受容性から、実用化に足跡が見られる樹脂ならびに樹脂系複合材料(FRP)に着目し、基礎素材のベストミックスについて考察する。
- コストとリサイクル性に関する今後の技術開発目標をLCAの考え方に基いてどのように設定すべきか?
- 設定すべき開発目標の精度を上げ、現実の判断材料とするために必要となる基礎素材のインベントリーデータと精度は?

LC A的視点と注意点(2)

- この種の判断のために、これまでに、
 - 主として銀行家によるコスト・ベネフィット評価
 - LC A研究者による実際問題に適用可能な方法論の検討・普及
 - 各種業界によるLC Iデータの収集・公開の努力が積み重ねられてきている
- しかし、第三者への説明責任を果たしながら様々な意志決定ができる状況に至っているとは言い難い。
- なぜか？
- 汎用的な方法論やデータ収集の成熟を待つ基礎段階から、これら(特にLC Iデータ)が不十分な状態においても様々な判断を助けるツールとすべき応用段階に入っているのではないか
 - 根拠ある推定データを用る
 - 計算結果の不確かさや変動の可能性を分析・併記する
 - 不確実性のもとでの意志決定ツールの開発
- そのための意識の変革とガイドラインの早期策定が必要ではないか。

LC A的視点と注意点(3)

パブリックデータベースがあれば十分なのか？

- LC Aの際に、オーソライズされたインベントリーデータが無い場合計算不能であるという言い訳があるが、森羅万象に対応可能となるパブリックデータベースの完成を待って結論を先送りするのはそもそもナンセンスである。
- 仮にこの種のパブリックデータベースができたとしても、そのデータは技術革新やエネルギー需給構造の変化などにより、また地域、時間、計算、測定の前提条件によっても変化する可能性がある。
- 今後開発する技術や製品を競合物と比較するに至っては、単なるパブリックデータの使用だけでは、有意な判断は通常不可能である。
- よって、現在はもちろん今後も、この種の判断の際には、データの質の表示(計算、測定、推定の前提条件、現時点での確度、時間変化の可能性、等)と不確かさ解析(入力インベントリーデータの不確かさが結果の不確かさに及ぼす影響、等)を併用してLC Aの結果を第三者に示す以外に客観性のある議論はできない。

インベントリーデータ推定のすずめとパブリックデータベースのあり方

- 以上のようなことから、次の作業手順が考えられる。
 - まず目的とするLC Aに必要なインベントリーデータは推定してLC Aを行う。
 - ただし、推定結果の無責任な垂れ流しは有害無益
 - 入力データの不確実性等を検討してLC Aの結果の質を吟味する。
 - 当初目的とした判断に必要な精度のインベントリーデータを収集する。
- 最初の推定においては、燃焼熱などの化学反応ベースの理論値や、政府、業界の各種統計量(ならびにそれらの構造変化予測)などの活用程度のもので十分かと考える。
 - 理論値はおもしろいほど合わないが、その理由を考えると改善の可能性が・・・
 - 統計量からの推定結果は結構良く合う
- 安易に、現存するパブリックデータや他者の推定データなどを結果だけ流用することは、改善要因を見落としたり、対象物との比較の際に整合性を損なうなどのリスクもあり、むしろ危険と考えるべきである。
- 結果の有意性を考察する際には、いずれにせよインベントリーデータの質の議論が必要となる
- パブリックデータベースには、データの質に関する記述が求められ、理論値や別の統計量から推定された原単位との差異の考察が可能となっていけば、単なる参照値としてではなく、真のバックグラウンドデータとして社会に受け入れられ、世の多くの物事をLC A的(すなわち科学的・合理的)に解決してゆく努力を大幅に低減するという意味で、極めて有用なものとなるであろう。

ケーススタディのあり方

- インベントリーデータの質が議論されていないLC A事例は説得力がなければかりか、将来の類似の解析にも活用困難である。
- ケーススタディの際には、データをどう推定・検証し、結果の有意性を保証していったかのプロセスを残さなければ、将来の解析や方法論の構築にとって価値を有さないとと言える。
- このようなケーススタディの積み重ねから、インベントリーデータ推定に関する現実的なルールや真のパブリックバックグラウンドデータベースが構築されることを期待したい。

超軽量CFRP車のLC A

- 輸送機器のエネルギー消費とCO₂排出は、一般に走行中が支配的
 - 自家用乗用車(86%)、貨物用自動車(90%以上)、新幹線(97%)



LC Aをやらなくても、燃費向上が省エネと温暖化対策に効果的であることは明白。

ではなぜ多くの努力を投入してCFRPのLC Iデータを収集するのか？

- 素材産業としての化学物質管理と川下側への説明責任の一貫として
- (素材レベルでの)行程改善指針策定の基礎データとして

原単位をより効率的に低下させるには？ リサイクルの効果は？

超軽量CFRP車のLC A

- CF、CFRPの原単位は1999年業界データが収集された(化学経済研究所による)

- CFRPで鉄を代替して軽量化すると
 - ライフサイクルの消費エネルギーと排出CO₂が減少
 - 〔走行時の消費エネルギー(排出CO₂)の減少分〕 > 〔製造時の増加分〕
- CFRPをリサイクルすることにより
 - ライフサイクルの消費エネルギーと排出CO₂がさらに減少
 - 自動車リサイクル法が無かったとしても、CFRPはリサイクルすべきである

注意点

- 生産量の変化、生産の合理化等によりCF、CFRPの原単位は今後半減する可能性もあるため、現在のデータを用いた計算結果の吟味には注意を要する
 - 往々にして結果の数値のみが一歩きするもの。
 - 特に新素材・新技術では、その誤った利用は大変危険。
- 超軽量車など、2010~2030年の効果を議論する際には、自然エネルギーの導入など一次エネルギーのバランスの変化によって原単位が変化する可能性にも注意
 - そもそも、原単位を盲目的に変えていくのが生産の合理化であり、2010~2030年にはその手段として自然エネルギーの活用が現実のものとなる

CFRPの原単位（現状のデータから言えること）

- 今後の生産形態の変化を想定すると、現在のCF、CFRPの原単位が将来にわたって不変であるとは思えないが、現段階でのデータ（推定値も含む）は次の通りである。

材料	製造エネルギー (MJ/kg)	排出CO2 (kg/kg)	備考
PAN系CF	230~478	15~29.7	理論値-業界平均値
樹脂	20~80	2.0~5.0	今後の変化は小さいと考える
エポキシ	(76.0)	(4.75)	
不飽和ポリエステル	(62.8)	(5.00)	
フェノール	(32.9)	(2.39)	
ポリアミド	(24.4)	(2.00)	
成形方法	4~20	0.2~1.1	新技術の出現や、今後の合理化も想定されるが、原単位としては全体への寄与度が小さい
ルドレアップ	(19.2)	(1.06)	
スプレッド	(14.9)	(0.80)	
RTM	(12.8)	(0.43)	
オートプレス	(11.8)	(0.38)	
ホットプレス	(10.1)	(0.36)	
フラットダイカク	(3.5)	(0.19)	
CFRP簡易推定値	130~400	8.7~24.5	CF重量比50-75%とした
CFプリプレグ			
CF-EP	230~405	14~24.8	
CF-PI	210~398	14~24.9	

最も簡単にCFRPの原単位を低下させる方法 = 3R

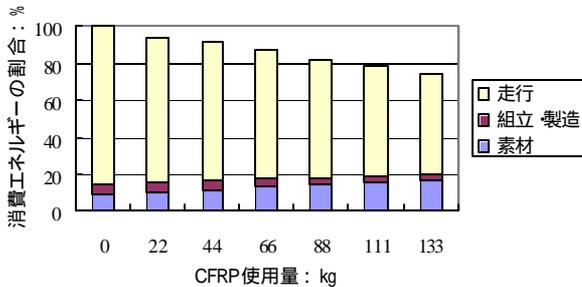
単に、製造エネルギー原単位とCO2排出原単位コストの原単位を低下させることを目的とするならば、リサイクル率を上げることが最も効果的であり、コスト・エネルギー・排出CO2原単位の低いリサイクル方法の開発が鍵となる。

	バージン材の現在の原単位	リサイクル材の原単位		50%リサイクル材使用時の原単位		
		製造エネルギー (MJ/kg)	CO2排出量 (kg/kg)	製造エネルギー (MJ/kg)	CO2排出量 (kg/kg)	製造エネルギー (MJ/kg)
鋼板（メッキ）	29	2.2	5	0.2	17	1.2
鋼材	23	1.8	3	0.2	13	1.0
アルミ（板、押出材）	205	11.0	43	2.2	124	6.6
マグネ（ダイカスト材）	165	18.0	45	2.0	105	10.0
樹脂（平均値）	68	1.7	12	0.5	40	1.1
CFRP	130	8.7	50	3.0	90	10.2
	~400	~24.5	~50	~3.0	~225	~13.8

注：
表中のCFRP以外の原単位は、ある車のLCAケーススタディに用いられた値からの引用である。この種のケーススタディには国、会社により異なる値が用いられているが、オーダーとしては概ね上表のような値が用いられている。

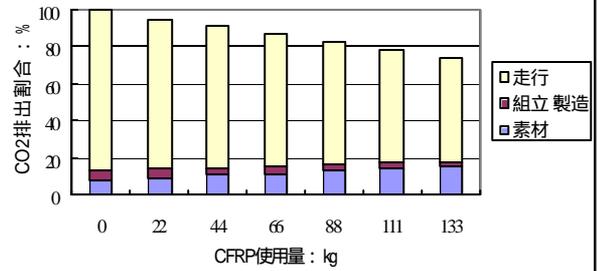
CFRP導入量によるLC消費エネルギーの変化

現段階のCFRP製造原単位(460MJ/kg)でも
素材製造+組立+走行の消費エネルギーは減少



CFRP導入量によるLC排出CO2の変化

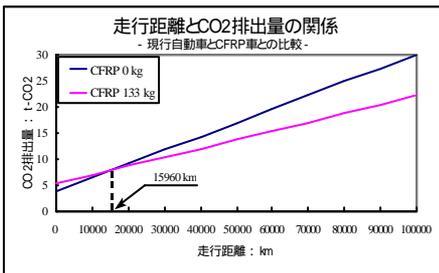
現段階のCFRP製造原単位(460MJ/kg)でも
素材製造+組立+走行におけるCO2排出量は減少



CFRP車のLCA

走行距離とCO2排出量の関係

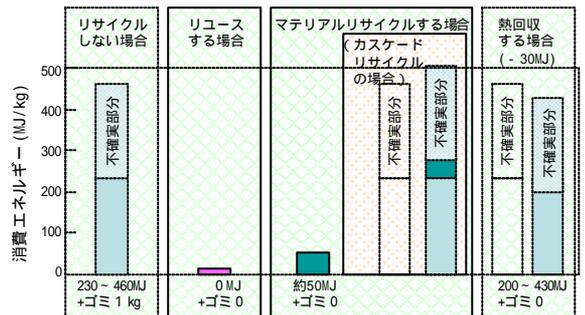
- 現行自動車とCFRP車との比較 -



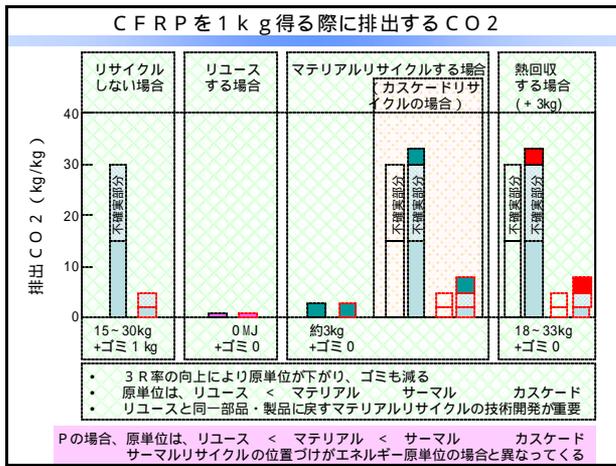
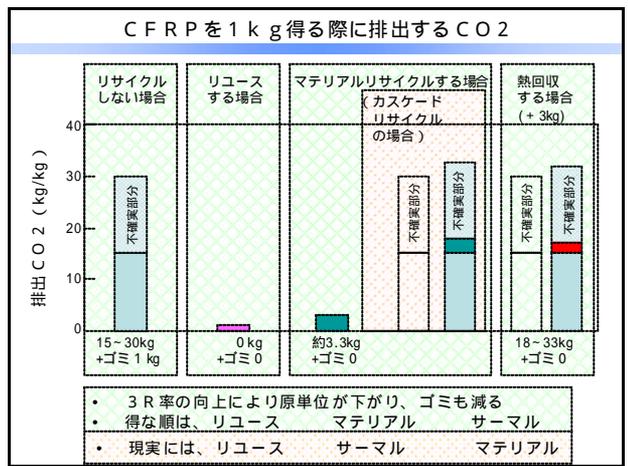
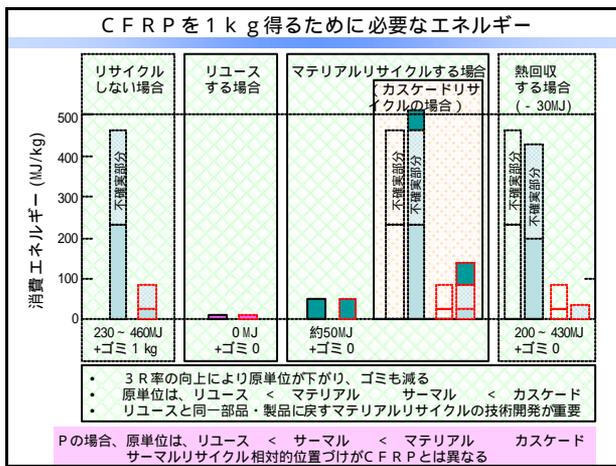
長く乗るほど地球に優しい

- CFRPの高い耐久性を活かした車の運用システムを考えるべき
- ・非破壊的余寿命評価・補修技術（材料寿命を使い切る）
 - ・ITを活用したメンテナンス（安全性・快適性の保障）
 - ・推進系・摩擦系の改善技術をバージョンアップ可能とする

CFRPを1kg得るために必要なエネルギー



- ・ 3R率の向上により原単位が下がり、ゴミも減る
- ・ 得な順は、リユース マテリアル サーマル
- ・ 現実には、リユース サーマル マテリアル



原単位からわかるCFRPとプラスチックの3Rにおける相違

- プラスチックでは
 - エネルギー原単位は、リユース < サーマル < マテリアル < カスケード
 - CO2排出原単位は、リユース < マテリアル < サーマル < カスケード
- よって、マテリアルリサイクルに固執する必要はなく、リユースできないものはサーマルリサイクルという単純なオプションも妥当となる。
- CFRPでは
 - エネルギー原単位は、リユース < マテリアル < サーマル < カスケード
 - CO2排出原単位は、リユース < マテリアル < サーマル < カスケード
- バージン材の原単位がマテリアルリサイクルの原単位と比べて非常に大きい点が、通常のプラスチックとの大きな相違点である。
- そのため、サーマルリサイクル、カスケードリサイクルを行う場合の(CFRP 1kgを得るための)原単位が、リユースや(同一部品・製品に戻す)マテリアルリサイクルの原単位よりもはるかに大きいものとなる。
- よって、3Rの中でもリユースと(同一部品・製品に戻す)マテリアルリサイクル率の向上により原単位が大幅に下がり、ゴミも減るので、この技術開発が重要となる。
- アロケーションの取り決めにもよるが、カスケードリサイクルは非常に不利となる点に注意しなければならない。
- ゴミ減量のための最終手段としては、サーマルリサイクルもやむを得ないが、ふつうのプラスチックに比べて原単位的には相当不利となる。

リサイクルと省エネのトレードオフ (プラスチックリサイクルについての基本)

- リサイクルしない場合.....【石油2、ゴミ1】
 - 1トンのプラスチックを作るのに必要な石油は約2トン
 - 原料としての石油1トン + 燃料としての石油約1トン
 - 定常状態では、1トンのプラスチックゴミを排出
- 完全リサイクル(マテリアルリサイクル)の場合.....【石油3~5、ゴミ0】
 - (劣化によりリサイクルできなくなる現象はここでは無視)
 - 1トンの廃プラが原料となる(プラスチックゴミはゼロ)
 - 廃プラ1トンからプラスチック1トンを作るためには、燃料としての石油が3~5トン必要
 - 結果的に、ゴミを出さない循環型(リサイクル)社会を目指すために、枯渇性資源を倍以上消費することになり、当然、排出CO2もそれに比例して増える(循環型社会を取るか、枯渇性資源節約&温暖化対策を取るかのトレードオフ)
- 完全リユースの場合.....【石油0、ゴミ0】
 - (劣化によりリユースできなくなる現象はここでは無視)
 - 1トンの廃プラが原料となる(プラスチックゴミはゼロ)
 - 廃プラ1トンからプラスチック1トンを得るエネルギーは極めて小さい
 - 易分解設計、非破壊的余寿命評価、等が重要な技術となる
- 完全サーマルリサイクル(熱エネルギーとしての回収)の場合.....【石油1、ゴミ0】
 - 1トンの廃プラは1トンの石油と同等のエネルギーとなる(ゴミはゼロ)
 - この熱を利用して、石油1トンからプラスチック1トンを作ることができる
 - 易分解設計、脱塩素、等によりダイオキシン発生を抑制する必要がある

基礎素材としての利用し易さ(集積度と濃度)

- 天然資源(資源として活用できるものは既に地理的に集積しているとする)
 - 地理的集積度【中~高】
 - 物理的濃度【低~中~高】
 - (大きなエネルギーが必要となる工程)
- 材料・基礎素材
 - 地理的集積度【中~高】(鉱物の探掘等、にエネルギー必要)
 - 物理的濃度【中~高】(濃縮にも大きなエネルギーが必要)
- 製品
 - 地理的集積度【低~中】(市場に分散)
 - 物理的濃度【中~低】(組立、溶接等により、純度が低下)
- ゴミ(使用済み製品)
 - 地理的集積度【中~高】(回収にエネルギーが必要)
 - 物理的濃度【低】(異種ゴミを混ぜると、純度が低下)
 - (大きなエネルギーが必要となる工程)
- 再生材料
 - 地理的集積度【中~高】
 - 物理的濃度【中~高】(分離、濃縮に大きなエネルギー)

リサイクルの技術開発目標は天然資源からの加工E