

「エコ」の一步先の 「サステイナブル」社会へ

LCAのすすめ

2016年 1月18日
東京工科大学 工学部 機械工学科
大久保 友雅

「サステイナブル」って聞いた事ある？

WEDGE REPORT

» 著者・コラム紹介

デンバー市と提携 街ごと請け負うパナソニック

市全体のエコシステムを担う

2016年01月12日 (Tue) 土方細秩子 (ジャーナリスト)

[Tweet](#)  共有  印刷  サイズ



「サステイナブル」は今やどの業界でも「今後の開発」を語るのに必須の用語となっている。しかし個々の電子デバイス、家電などを節電機能を持つものにし、エネルギーを再生利用可能なものとし、低燃費あるいは無公害車を作り、電球をLEDに変え、と様々なアプローチはあってもそれをひとつにまとめる大きな動きはなかなか見られない。

※<http://wedge.ismedia.jp/articles/-/5859> より

今後知っていないといけないキーワードらしい！



今の工学から未来を創る工学へ

サステイナブル工学を始めよう ◆ 東京工科大学

今日の内容

- 「エコ」と「サステイナブル」
- サステイナブル工学までの道のりと持続可能性
- LCA(ライフサイクルアセスメント)
- LCAの具体例:ビンとペットボトルはどちらがサステイナブルか?
- 注意点とまとめ

「エコ」と「サステイナブル？」

デジタル大辞泉で調べてみると...

エコ(エコロジー): 自然環境保護運動。
→人間も生態系の一員であるとの視点から、人間生活と自然との調和・共存をめざす考え方。

サステイナブル: 持続可能であるさま。
→地球環境を保全しつつ**持続が可能**な産業や開発などについていう。



共通意識:
地球のために！



強調: 考えろ！
このまま続けて大丈夫か？

私も思っているけど...

サステイナブル工学とは

環境との調和、生活の質の向上、経済の活性化(繁栄)の
3つを同時に達成＝「サステイナブル社会」を実現する工学

考えるべき3つの側面

＋
サステイナブル

地球システムに対して:

エネルギー問題、資源問題、
自然保護問題

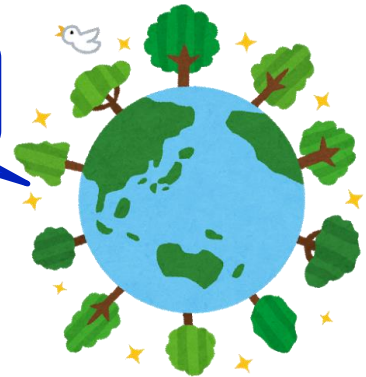
人間システムに対して:

安心・安全・利便性を提供する製品
・サービスの開発と普及

社会システムに対して:

経済を活性化し繁栄しつづけるための
社会問題

エコ



「エコ」と聞いて
あまり思い浮かべ
ないのでは？

Happy!



3つの側面を満足する工学技術の考え方と手法

サステイナブルのエコ以外の(少し極端な)例

Happy!

人間システムに対して:

安心・安全・利便性を提供する製品・サービスの開発と普及



月明かりで勉強すればエコなはず!



スムーズに動く車椅子で介護も楽に!

軽い材料・構造
安全な仕組み etc...

社会システムに対して:

経済を活性化し繁栄しつづけるための社会問題



アレも無駄!
コレも無駄!
何も使わない!



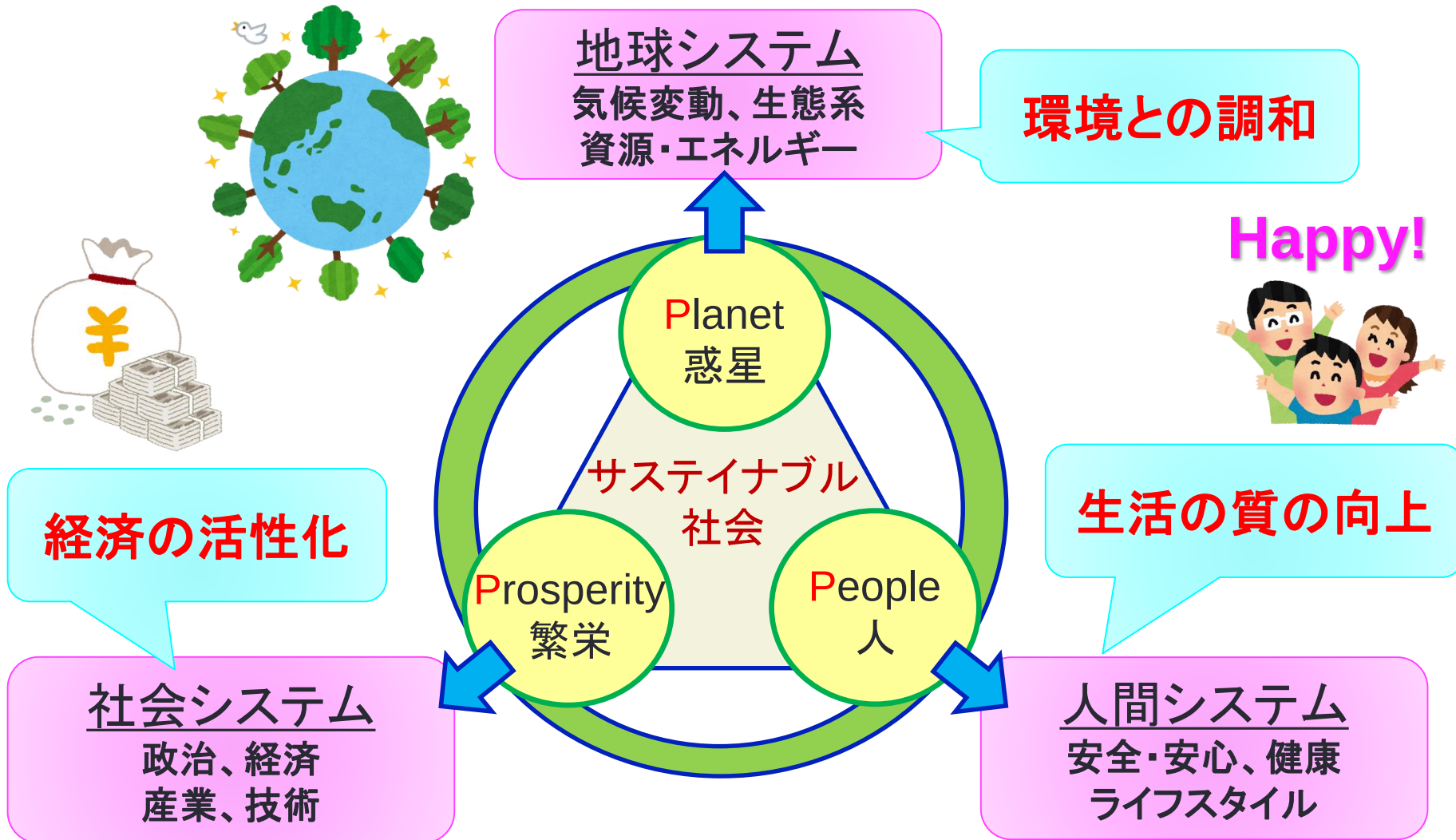
何も売れなくなった...

新しい産業の創出

エネルギー産業
製造業
サービス業
etc...



私たちがめざす「サステイナブル社会」



3つのPのバランス→輝かしい未来への発展
3つのPを繋ぐのがサステイナブル工学

ここまでのまとめ

- 「サステイナブル」とは「持続可能性」のこと
- サステイナブル工学では以下の三つを考える
 - 地球システム(**P**lanet)に対して: エネルギー問題、資源問題、自然保護問題等
 - 人間(**P**eople)システムに対して: 安心・安全・利便性を提供する製品・サービスの開発と普及等
 - 社会システムに対して: 経済を活性化し繁栄(**P**rosperity)し続けるための社会問題
- 3つのPのバランスを考えてこそ、輝かしい未来への発展がある

今日の内容

- 「エコ」と「サステイナブル」
- サステイナブル工学までの道のりと持続可能性
- LCA(ライフサイクルアセスメント)
- LCAの具体例:ビンとペットボトルはどちらがサステイナブルか?
- 注意点とまとめ

サステイナブル工学までの道のり

産業革命以降の技術発展 → 経済活動の拡大 → 問題の発生・顕在化

例)

昭和中期：高度経済成長 → 日本の発展 → 四大公害病

化石燃料の大規模利用 → 世界の発展 → CO2排出
化石燃料の枯渇の問題

対策

排出物規制等公害対策

排出量の削減

燃費の向上
&
新しいエネルギーの開発

このままじゃダメだ！
持続可能性を考えよう！

持続可能性とは？

このままで大丈夫か

破綻の原因

人間が環境から資源を取り出し、
また環境へ物質を排出する速度が、
自然界が生み出し、そして処理
することができる速度より**大きい**こと



毎月稼ぐお金



毎月使うお金



借金地獄



捨てに行くゴミの量



散らけるゴミの量



ゴミ屋敷

持続可能性を保つための三つの原則

1. 「再生可能な資源」の持続可能な利用速度は、その供給源の再生速度を超えてはならない.

→ 枯渇しないように使いましょう

2. 「再生不可能な資源」の持続可能な利用速度は、再生可能な資源を持続可能なペースで利用することで代用できる速度を超えてはならない.

→ 再生可能な資源で賄えるように使いましょう

3. 「汚染物質」の持続可能な排出速度は、環境がそうした汚染物質を循環し、吸収し、無害化できる速度を超えてはならない.

→ 自浄作用以上に汚さないようにしましょう

Reduce(減らす), Reuse(再使用), Recycle(再資源化) の三つのRを考える

ここまでのまとめ

- サステイナブル工学までの道のりは「技術発展→経済活動の拡大→問題の顕在化→対策」の繰り返しから持続可能性を考えるようになった
- 持続可能性を保つための三つの原則
 - 枯渇しないように使う
 - 再生可能な資源で賄えるように使う
 - 自浄作用以上に汚さない

今日の内容

- 「エコ」と「サステイナブル」
- サステイナブル工学までの道のりと持続可能性
- LCA(ライフサイクルアセスメント)
- LCAの具体例:ビンとペットボトルはどちらがサステイナブルか?
- 注意点とまとめ

サステイナブル工学の必須アイテム： ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment, LCA)

製品等が発生させる環境への負荷を、そのライフサイクル全体にわたって定量的、客観的に評価する手法

「つくる」「使う」「捨てる」
「運ぶ」のにどれだけ
環境負荷がかかるか？

資源採掘

材料の製造

製品の生産

ライフ
サイクル

製品の使用

使用終了

リサイクル

再使用

焼却

埋立

環境影響評価の標準的な
ツールでサステイナブル工学
への拡張と応用に大きな期待

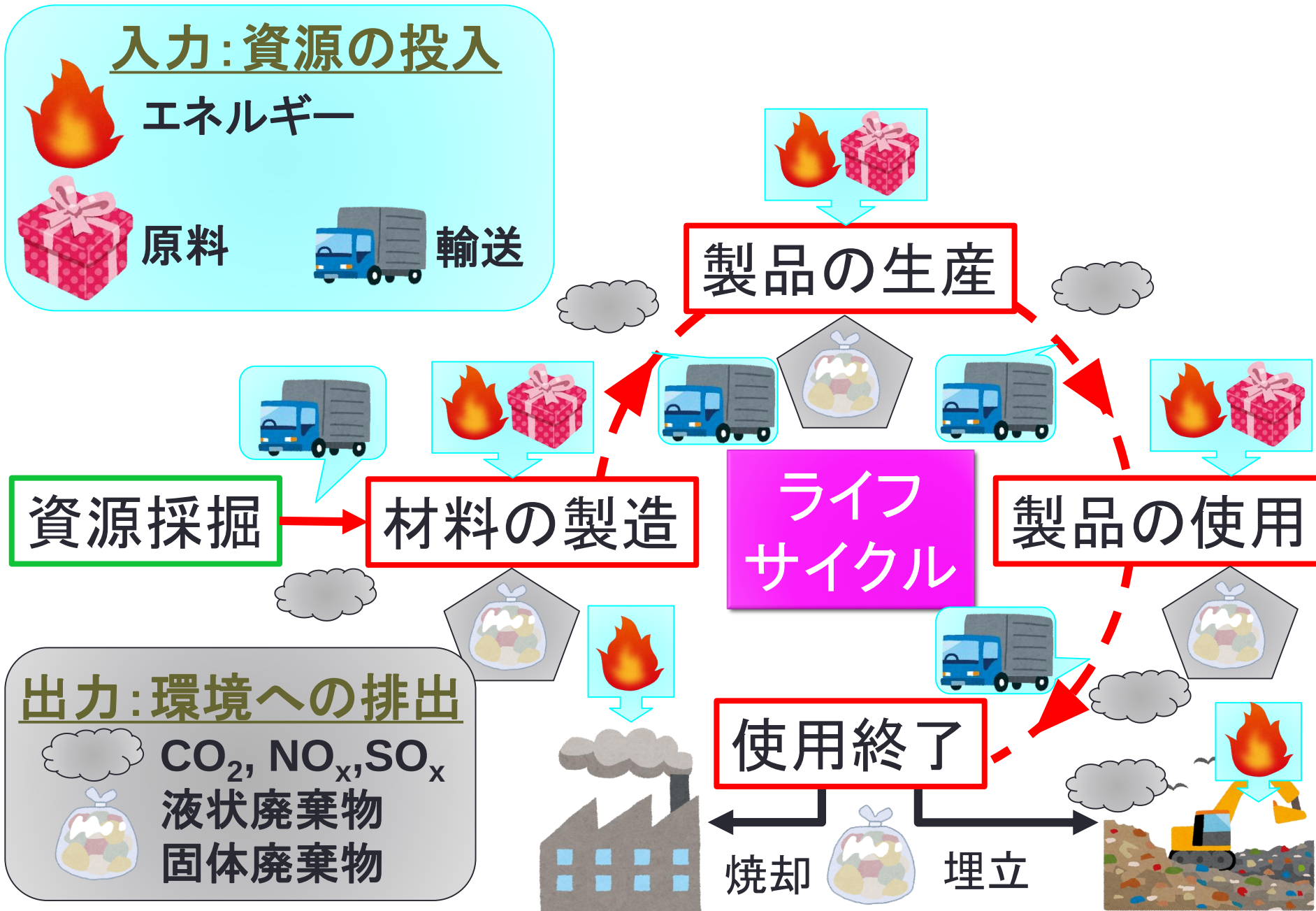


LCAの歴史

※「LCA概論」(2007)より

1969年	「飲料容器に関する環境影響評価」(コカコーラ米国) ⇒ リターナブルビンと使い捨てPETボトルの比較
1984年	「包装材料のエコバランス報告書」(スイス連邦内務省環境局)
1989年	「SETAC(欧州)」設立⇒以後、欧州のLCA研究を牽引
1990年	「エコベース包装材料」(欧州プラスチック製造協会環境部)
1991 ~	「LCA実施手法とマニュアル」(SETAC、ライデン大学)
1992年	「プラスチック製品のLCA」(プラスチック処理促進協会)
1993年	「ISO/TC207/SC5」発足⇒国際標準化活動開始
1994年	「第1回エコバランス国際会議」⇒日本のLCAスタート
1995年	「LCA日本フォーラム」発足
1996年	「International Journal of LCA」創刊
1997年	「ISO14040(LCAの原則及び枠組み)」発行
1998~	「LCA国家プロジェクト」I 期(~2002年) ⇒手法、データベースの開発
2001年	「産業技術総合研究所LCAセンター」発足
2003~	「LCA国家プロジェクト」II 期 (~2005年)
2004年	「日本LCA学会」発足

LCAの計算: 製品ライフサイクルへの入力と出力



LCAツールを用いて製品設計を支援 (by CES EduPack 2015)

<インプット項目>

- 使用材料の明細
- 製造プロセス
- 輸送手段と距離
- 使用時のシナリオ
- 使用後の処理方法

<対象製品>

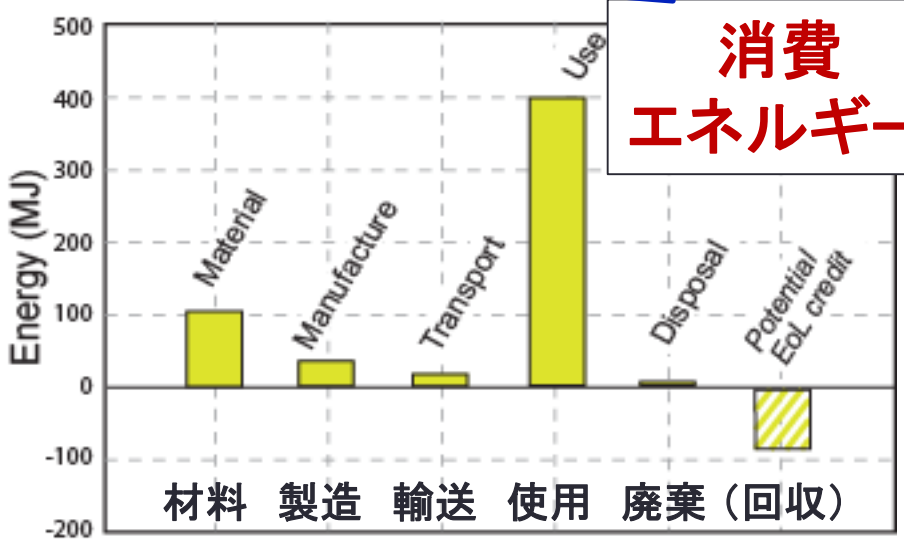


<エコデータベース>

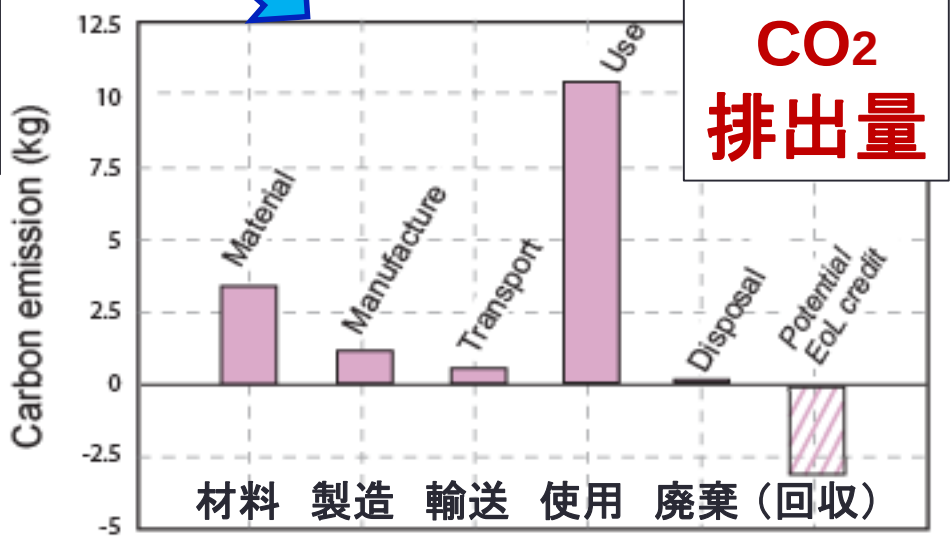
- 材料の含有エネルギー
- 製造時の消費エネルギー
- CO2 排出係数
- 輸送時の消費エネルギー
- リサイクル / 焼却

LCAツール

消費 エネルギー

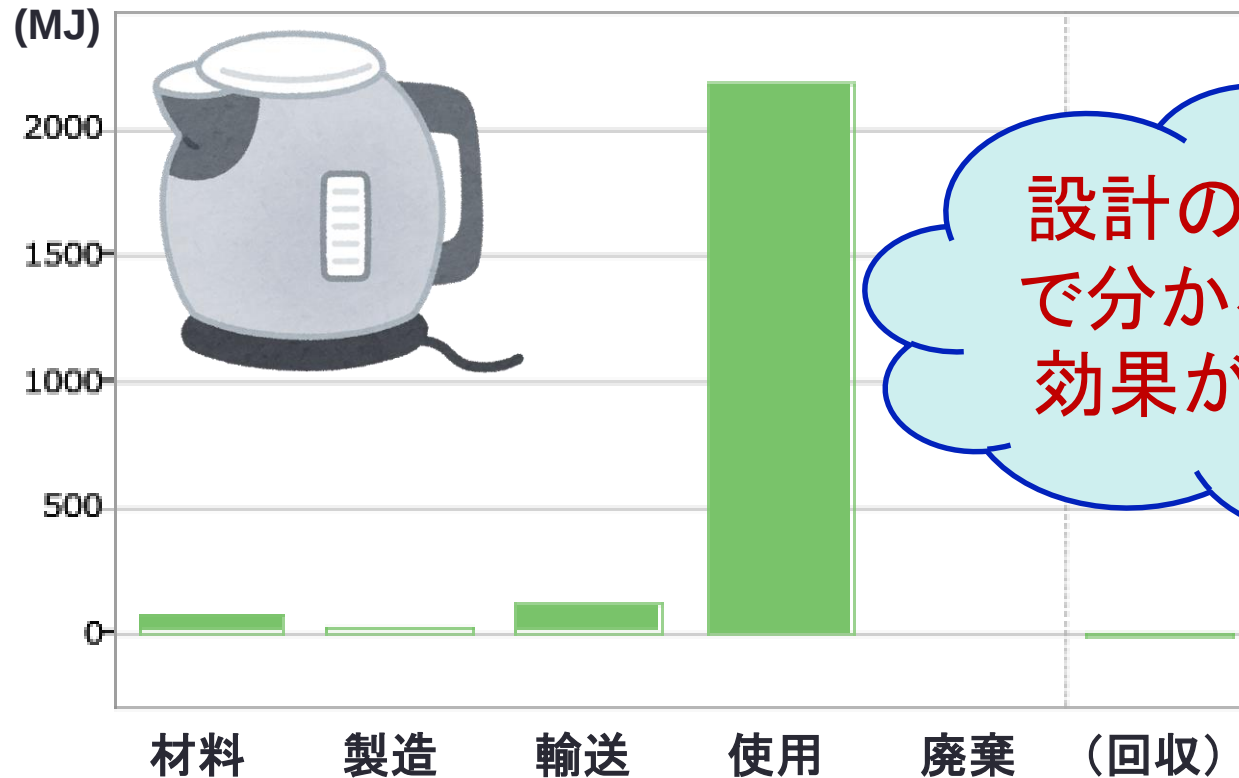


CO2 排出量



例) 電気ポットのLCA (ライフサイクルエネルギー)

消費エネルギー



設計の初期段階
で分かることほど
効果大きい！

分析結果
から何が
わかる？

- 使用時の省エネがポイント
- 材料を変更してもあまり大きな影響はない？
- 容器の断熱性能を改善して使用時の熱効率を向上

ここまでのまとめ

- ライフサイクルアセスメント(LCA)とは、製品等が発生させる環境への負荷を、そのライフサイクル全体にわたって定量的、客観的に評価する手法
- 実は1969年頃から既に考えられていた
- LCAではエネルギー・原料・輸送などの資源を入力とし、廃棄物や廃棄ガスなど環境への排出を出力する
- 電気ポットでのLCAの例を示した

今日の内容

- 「エコ」と「サステイナブル」
- サステイナブル工学までの道のりと持続可能性
- LCA(ライフサイクルアセスメント)
- LCAの具体例:ビンとペットボトルはどちらがサステイナブルか？
- 注意点とまとめ

例) ガラス瓶とペットボトルとを比べてみよう



Reuse (再使用)
洗って何度も使う



洗うだけだし
エコっぽい!?



Recycle (再資源化)
再びペットボトル等になる
には色々な工程が必要



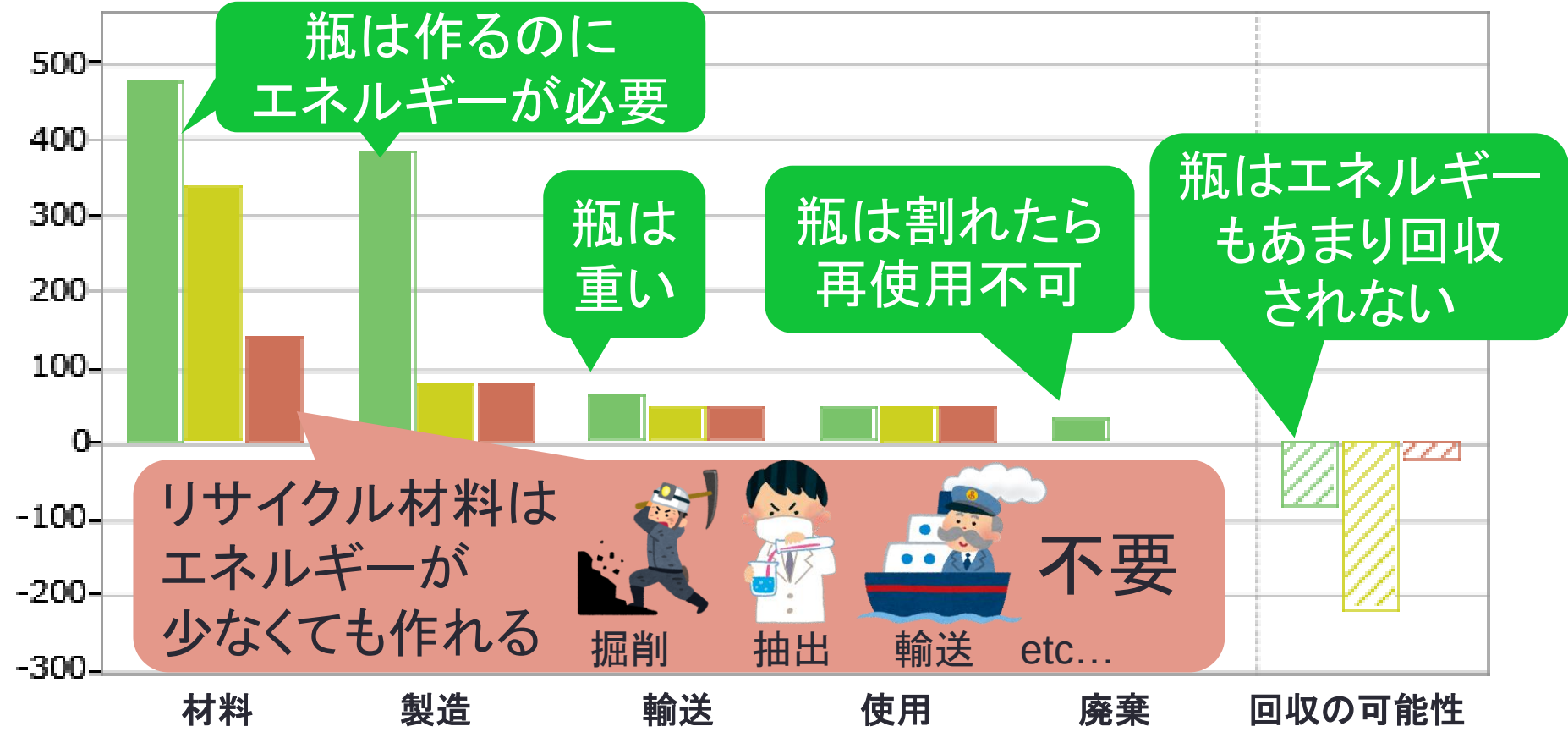
様々な
工程が
必要で

瓶よりはエコっぽく無い!?

LCAで具体的に比較してみよう!

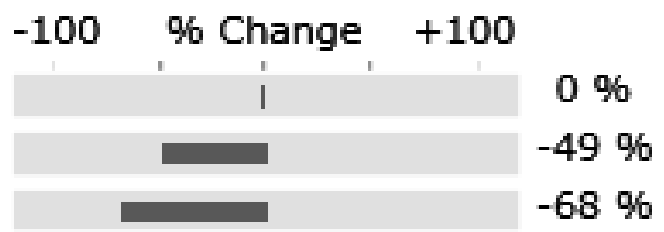
分析例:1リットル飲料水100本の消費エネルギー

ライフサイクル各段階の消費エネルギー(MJ)



<容器の種類>

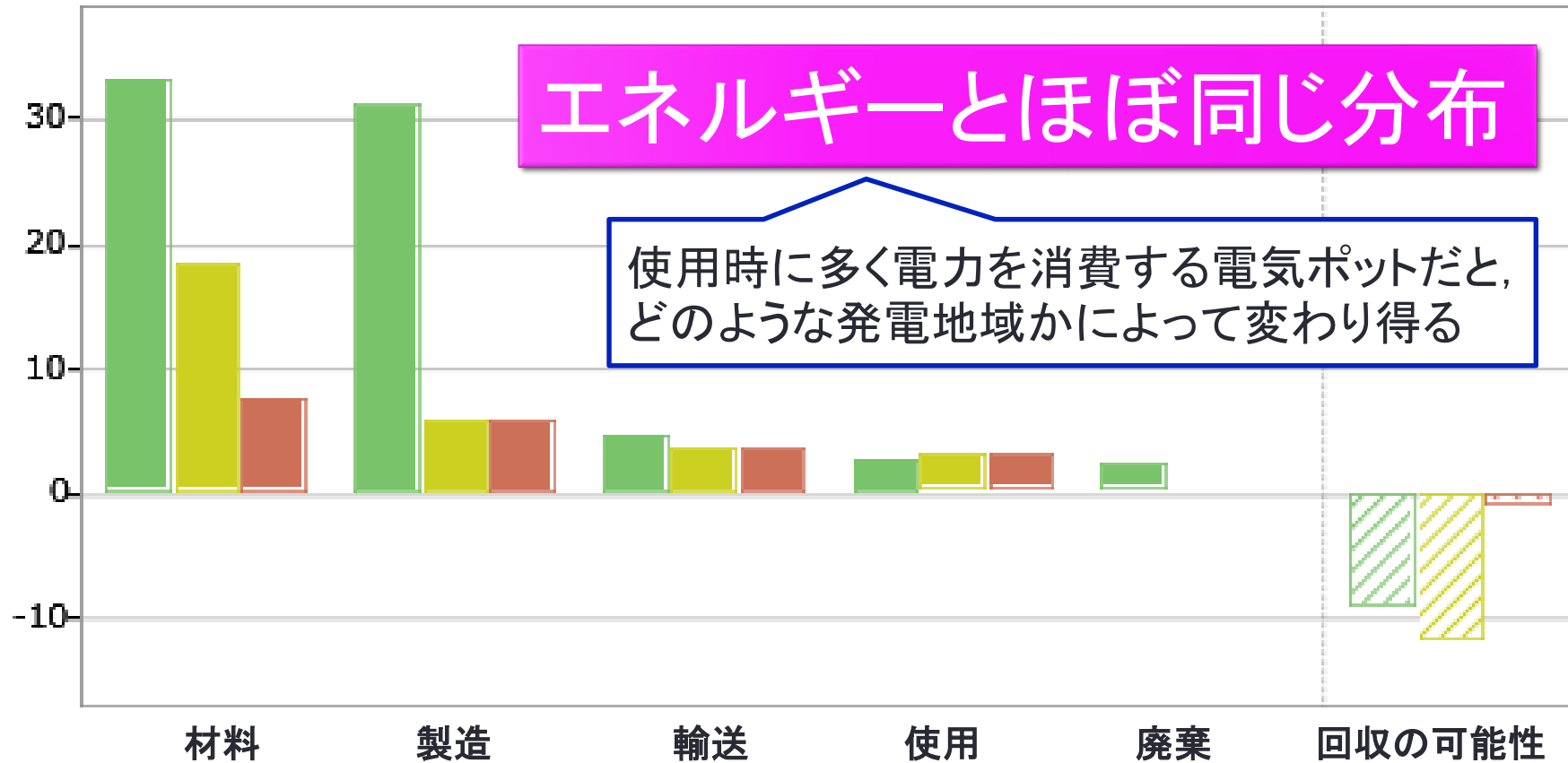
- ガラスびん
- ペットボトル
- リサイクルペットボトル



エコっぽい瓶はサステイナブルでは無い!?

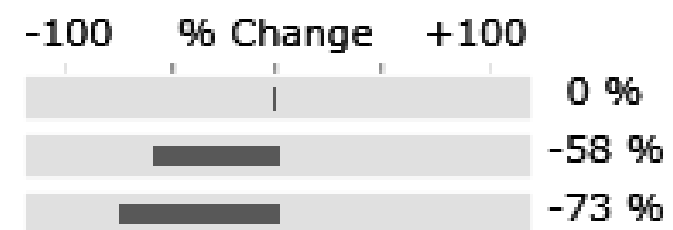
分析例：1リットル飲料水100本のCO₂排出量

ライフサイクル各段階のCO₂排出量(kg-CO₂)



<容器の種類>

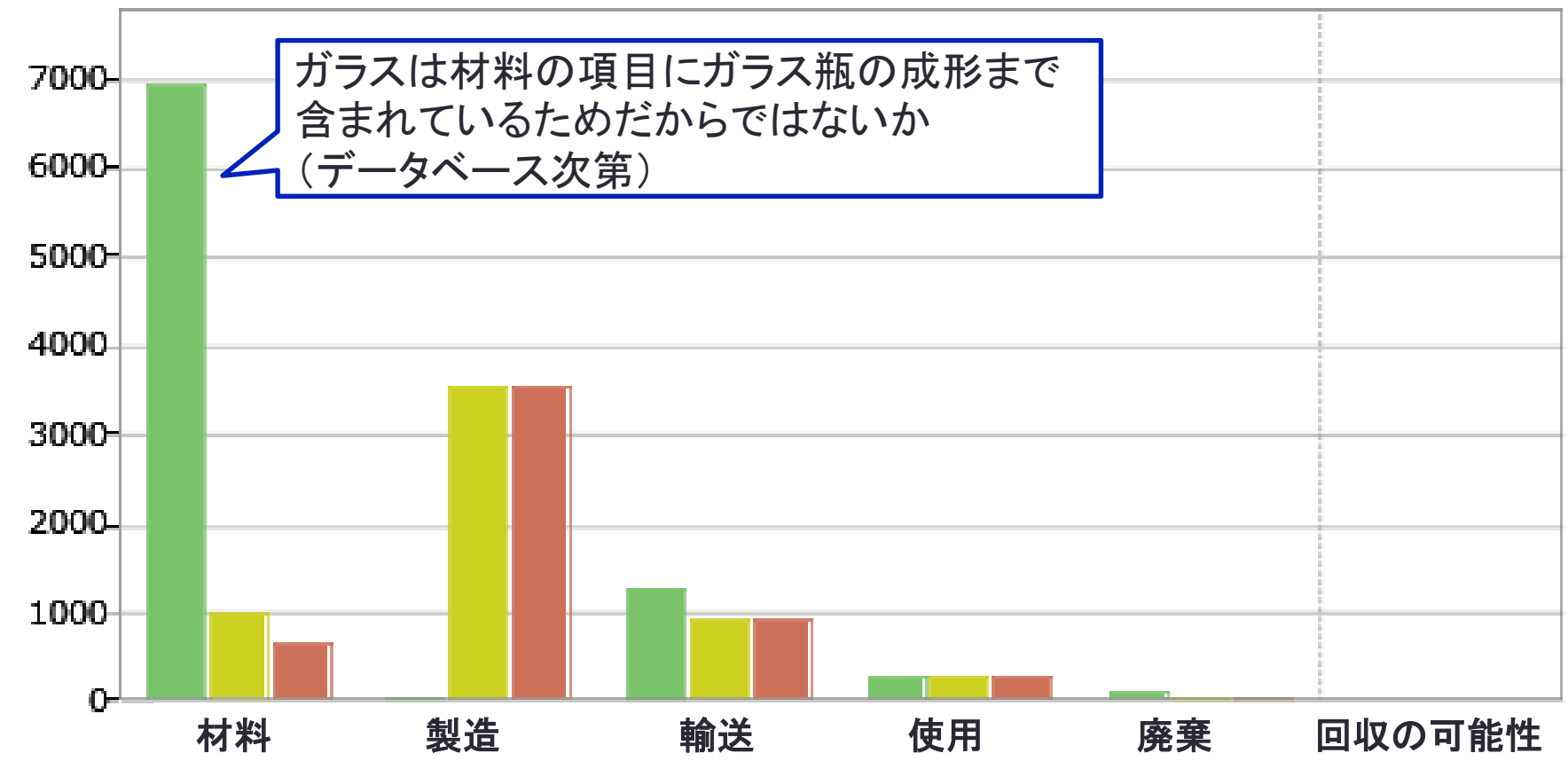
- ガラスびん
- ペットボトル
- リサイクルペットボトル



エコっぽい瓶はサステイナブルでは無い!?

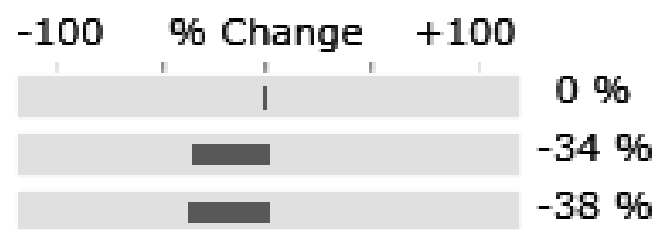
分析例:1リットル飲料水100本のコスト

ライフサイクル各段階のコスト(円)



<容器の種類>

- ガラスびん
- ペットボトル
- リサイクルペットボトル



エコっぽい瓶は実はコストも高い!?

ここまでのまとめ

- 再利用をするガラス瓶とペットボトルのリサイクルをLCAで比較した
- 一見エコのように見えるガラス瓶の再利用よりもペットボトルをリサイクルした方がサステイナブルであった.
- 更に, ガラス瓶の方がコストも高いことがわかった

今日の内容

- 「エコ」と「サステイナブル」
- サステイナブル工学までの道のりと持続可能性
- LCA(ライフサイクルアセスメント)
- LCAの具体例:ビンとペットボトルはどちらがサステイナブルか?
- 注意点とまとめ

注意点1: 具体的なデータを入力し, 条件を明示

製品の材料、製造プロセス、使用後の処理

Qty.	Component name	Material	Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life
1	Kettle body	 Polypropylene (PP)	Virgin (0%)	0.86	Polymer molding	Recycle
1	Heating element	 Nickel-chromium alloys	Virgin (0%)	0.026	Wire drawing	Recycle
1	Casing, heating element	 Stainless steel	Virgin (0%)	0.09	Rough rolling, forging	Recycle
1	Internal insulation	 Alumina	Virgin (0%)	0.03	Incl. in material value	Landfill
1	Thermostat	 Copper alloys	Virgin (0%)	0.02	Rough rolling, forging	Recycle
1	Plug body	 Phenolics	Virgin (0%)	0.037	Polymer molding	Landfill
1	Plug pins	 Brass	Virgin (0%)	0.03	Extrusion, foil rolling	Recycle
1	Cable sheath, 1 meter	 Natural rubber (NR)	Virgin (0%)	0.06	Polymer molding	Landfill
1	Cable core, 1 meter	 Copper	Virgin (0%)	0.015	Wire drawing	Recycle
1	Packaging, foam	 Rigid Polymer Foam (MD)	Virgin (0%)	0.015	Polymer molding	Landfill
1	Packaging, cardboard	 Paper and cardboard	Virgin (0%)	0.125	Incl. in material value	Recycle
1	Residual components	 Polycarbonate (PC)	Virgin (0%)	0.04	Polymer molding	Downcycle

調査対象の電気ポット

- 消費電力: 2kW
- 東南アジアで製造
- イギリスへ空輸
- 3年間使用して廃棄



輸送

- 空輸、距離 12,000 km
- 14-tトラック、距離 250 km × 2

使用

- 1日に10分
 - 1年に300日
 - 3年
- } 想定シナリオ

条件は具体的に決める必要がある

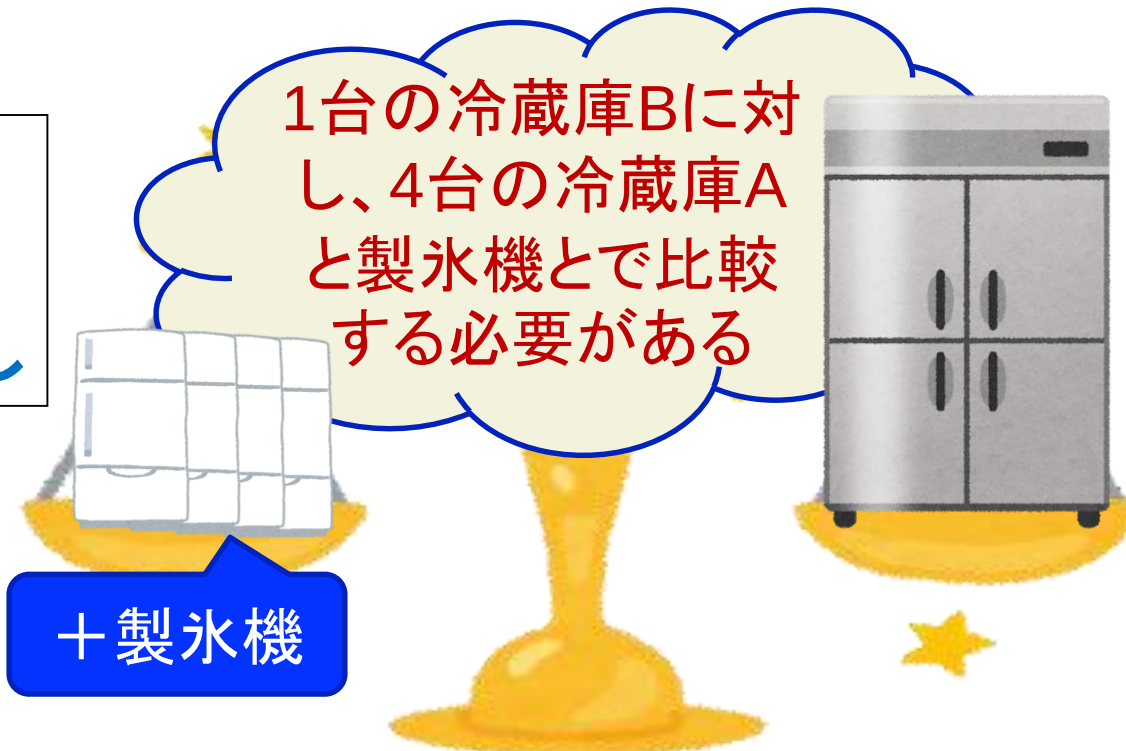
注意点2: 製品のLCA結果を比較はフェアに

- 比較対象の製品システムが同等でなければならない
 - ✓ 調査範囲がシステムを比較できるように設定されている
 - ✓ 同一の機能単位である
 - ✓ 同様の方法論で比較されている

さらに、性能、システム境界、データ品質、配分手順、インプット・アウトプットを評価する判断の基準、影響評価、等にも注意が必要

冷蔵庫A

200L
6年使用
製氷機なし

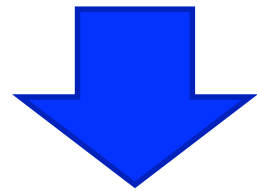


冷蔵庫B

400L
12年使用
製氷機あり

色々面倒臭そうなことも言いましたが

- 未来に向けて「サステイナブル」ということについて考えよう
- そのためには表面的なことだけではなく、その背景についても考えなければならない
- それを考えるためのツールとしてLCAを紹介



そんな「考え方」に興味を持って
もらえそうなゲームを作りましょう。

ゲーム制作に参考になりそうなURL

国際連合大学: 安井先生

<http://www.yasuienv.net/index.html>

産業環境管理協会(LCAのページ)

<http://www.jemai.or.jp/lca/index.html>

産業環境管理協会(小学生向け)

<http://www.cjc.or.jp/j-school/>

産業環境管理協会(一般向け)

<http://www.cjc.or.jp/school/>

国立環境研究所(Kids向け)

<http://www.nies.go.jp/nieskids/>

全国地球温暖化防止活動推進センター(JCCCA): 子供向け

<http://www.jccca.org/kids/>

国立環境研究所(LCAのイベントリデータ)

<http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/3eid.html>

※実際にゲームをリリースするようであればきちんとデータの出元の許可を取ってください。

ご清聴ありがとうございました



太陽光を集めてレーザーを作っています