

2013年度 卒業研究題目

3. LCAのインパクト評価

卒業研究題目 説明会

2013年4月17日

東京大学工学部 都市工学科
都市環境工学コース

都市資源管理(森口)研究室

2013年4月17日

都市資源管理(森口)研究室

2

LCIA手法の選択

Life Cycle Impact Assessment
ライフサイクル影響評価



本題目の問題意識

- LCA実施者は, LCIA手法の中から **どれを選択すべき?**
 - それぞれのアプローチには長所と短所があることを十分に理解した上で手法を選択するためには, **体系的(かつ批判的)なレビュー**が必要!!



- 世界における **様々なLCIA手法** をレビュー・比較検討して ...
 - それぞれの手法の特徴と **長所・短所** を明らかにした上で ...
 - **特性化** については, **地域依存性** や **時間依存性** に ...
 - **重み付け** については, **利害関係者** に焦点を当てる。
 - 評価手順や係数の比較とは異なる **新たな視点** で LCIA手法を捉える。

卒業研究題目

3. LCAのインパクト評価

- a. **地域依存性** を考慮した **水質汚濁** の特性化
 - 従来のLCIAでは 研究が十分に進んでいなかった **環境影響の地域依存性** に着目し, **富栄養化** など水質汚濁の **地域依存的な特性化係数** を開発する。
- b. **時間依存性** を考慮した **資源枯渇** の特性化
 -
- c. **利害関係者** を考慮した影響領域の **重み付け**
 -

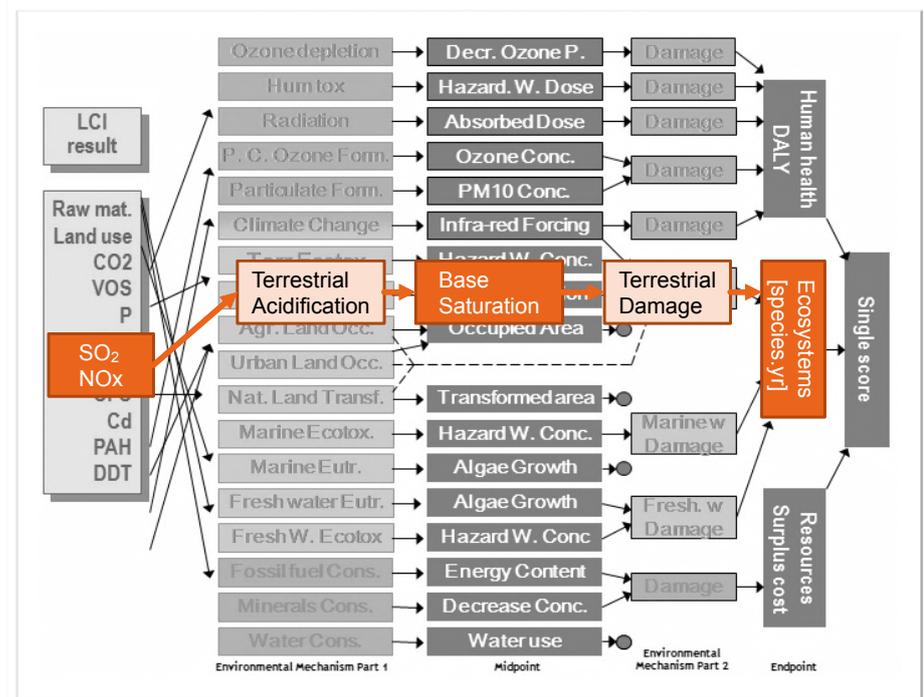
LCIA手法の選択



酸性化 @ ReCiPe 2008

➢ ReCiPe (HP)

- ミッドポイント 影響領域
 - 陸域酸性化
- [kg SO₂ eq]
- ↓
- エンドポイント 影響領域
 - 生態系多様性への被害
- [種・年]



酸性化 @ ReCiPe 2008

- x : acidifying substance
- j : forest area in which x is deposited

50 × 50 km² of receptor areas

TAP: Terrestrial Acidification Potential

- FF (Fate Factor) of substance x relative to SO_2

$$TAP(x) = \frac{FF(x)}{FF(SO_2)} \quad [\text{kg } SO_2 \text{ eq}]$$



- FF : product of the atmospheric and soil parts of the fate factors

$$FF(x) = \sum_j A_j^F \cdot FF_j^{atm}(x) \cdot FF_j^{soil} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{yr} / \text{kg}]$$

- Δ deposition in forest area j
- due to Δ emission of substance x from Europe
- Δ base saturation due to
- Δ deposition in forest area j

$$FF_j^{atm}(x) = \frac{dDEP_j}{dM(x)} = \frac{T_{Europe \rightarrow j}(x)}{\quad} \quad [\text{eq} / \text{ha} / \text{kg}]$$

$$FF_j^{soil} = \frac{dBS_j}{dDEP_j} \quad [\text{ha} \cdot \text{yr} / \text{eq}]$$

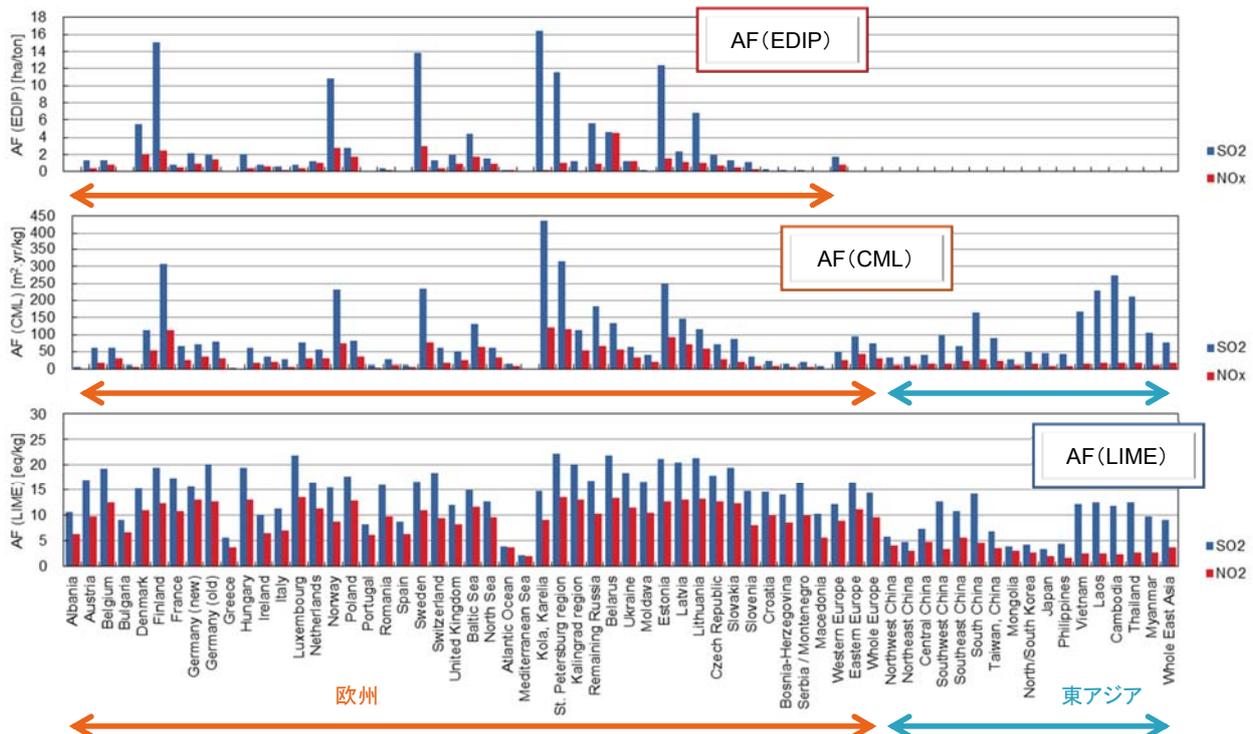
- and weighted by the size of forest area j .

$$\text{➢ } A_j^F \quad [\text{m}^2]$$

地域包括的

$$\sum_i \frac{E_i(x)}{\sum_i E_i(x)} \cdot t_{i \rightarrow j}(x)$$

地域依存的な酸性化係数



卒業研究題目

3. LCAのインパクト評価

a. 地域依存性を考慮した水質汚濁の特性化



b. 時間依存性を考慮した資源枯渇の特性化

- 従来のLCIAにおける資源枯渇の特性化を比較した上で、**耐久消費財のライフサイクル**のように、資源の採取と回収(リサイクル)の間に**タイムラグ**が存在する評価対象への適用について検討する。

c. 利害関係者を考慮した影響領域の重み付け



鉱物資源 @ ReCiPe 2008

➤ ReCiPe (HP)

ミッドポイント 影響領域

- 鉱物資源
枯渇

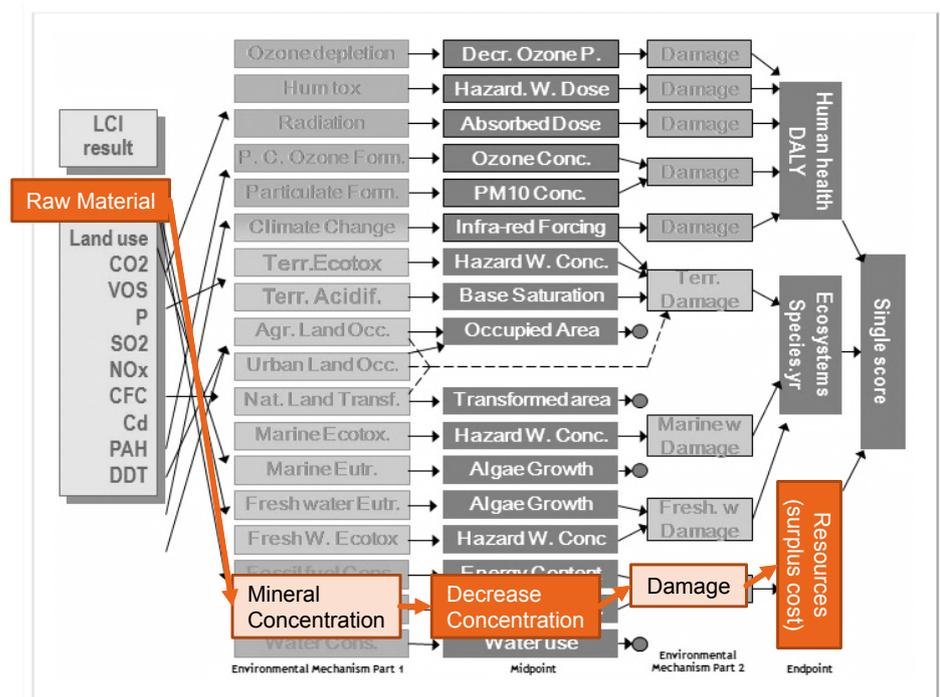
➤ [kg Fe eq]



エンドポイント 影響領域

- 資源利用
可能性

➤ [米ドル]



鉍物資源 @ ReCiPe 2008

$$CF_c = \sum_t \left(MCI_c \cdot P_c \cdot \frac{1}{(1+r)^t} \right)$$

per kg extraction

- CF_c : characterisation factor for mineral resource depletion [\$/kg]
- MCI_c : marginal cost increase due to extracting commodity c [(\$/kg)/kg]
- P_c : produced amount of commodity c [kg/yr]
- r : discount rate (3%)

➤ Goedkoop *et al.* (2013), ReCiPe (HP)

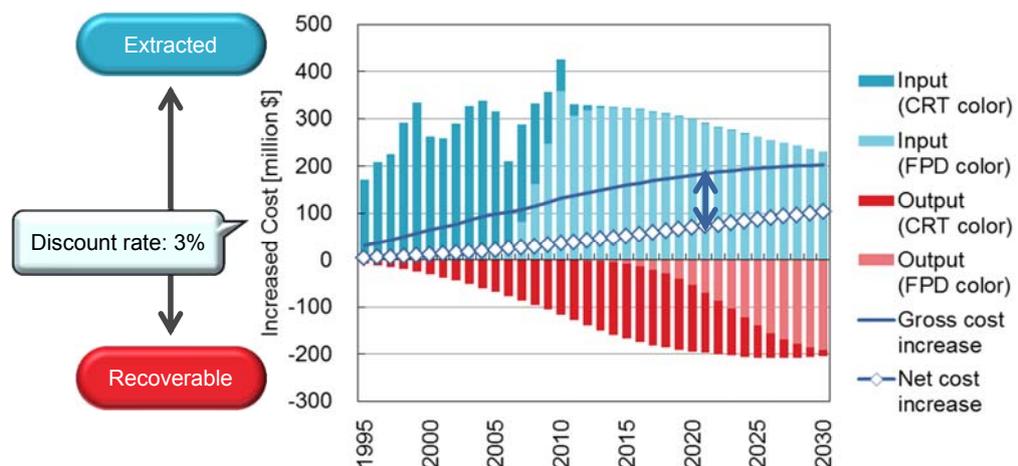
| | [\$/(kg.yr)] | [\$/kg] | | [\$/(kg.yr)] | [\$/kg] | | [\$/(kg.yr)] | [\$/kg] |
|----|--------------|---------|----|--------------|---------|----|--------------|---------|
| Al | 0.0002 | 0.006 | Cu | 0.0916 | 3.052 | Sn | 2.7270 | 90.90 |
| Fe | 0.0021 | 0.072 | Zn | 0.0048 | 0.161 | Au | 150.02 | 5,001 |
| Co | 0.0022 | 0.072 | Pd | 8.1773 | 272.6 | Pb | 0.0038 | 0.126 |
| Ni | 0.0269 | 0.896 | Ag | 0.6137 | 20.46 | | | |

➤ Not available for Sr, Sb, Ba and Bi

家電リサイクルへの適用例

テレビ(中国)

- Future cost increases caused by **extraction** are alleviated if ...
 - **recoverable substances** can be properly recovered and recycled.
- Differences between **gross and net cost increases** indicate ...
 - maximum effects of recovery on **alleviation of cost increases**.



卒業研究題目

3. LCAのインパクト評価

- a. 地域依存性を考慮した水質汚濁の特性化
 -
- b. 時間依存性を考慮した資源枯渇の特性化
 -
- c. 利害関係者を考慮した影響領域の重み付け
 - LCIAにおける影響領域の様々な重み付け手法を、利害関係者の観点から捉え、LCA実施者が選択可能な係数プロフィールとして体系化する。

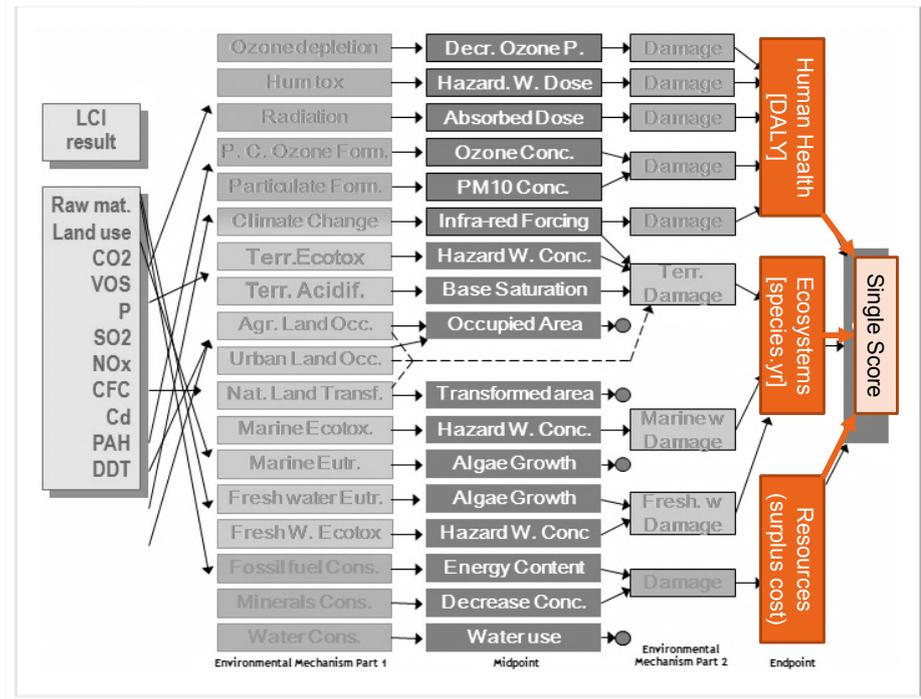
LCIA手法の選択



重み付け @ ReCiPe 2008

➢ ReCiPe (HP)

- エンドポイント
影響領域
 - 人間健康
 - [DALY]
 - 生態系多
様性
 - [種・年]
 - 資源利用
可能性
 - [米ドル]
- ↓
- 重み付け ...?



重み付けの方法の分類

➢ 伊坪・田原・成田 (2007),
伊坪・稲葉 (2010) をもとに
著者作成

| 分類 | 方法 | 該当する手法 |
|-------|--|------------------------------------|
| 代替指標 | 簡便に評価できる指標（原材料の総使用量 など）が 環境影響を表すものと想定 ➢ 特性化など LCIAの必須要素 を含まない | MIPS / CED Ecological Footprint |
| DtT法 | 物質ごと / 環境問題ごとに 現状と目標値の 乖離 の程度から 重み付け係数を設定 ➢ 実際の環境影響 に注目していない | Ecological Scarcity EDIP 97 |
| パネル法 | 専門家や一般消費者が アンケートや議論 を通して 環境影響の価値付け ➢ 一部の回答者から得た係数の 代表性 | Eco-indicator 99 |
| 経済評価法 | [物質比較型] 環境負荷削減に 必要な費用 ➢ 環境影響の 大きさや深刻さ とは無関係 [被害算定型] WTP による経済価値額 ➢ 健康の経済的な価値付けの 倫理的側面 | ExternE 2005 EPS 2000 LIME 2 |

重み付け @ EDIP 97

環境影響 Environmental Impact の重み付け係数

- 1990年の 影響量
- ÷ 2000年 目標値

$$WF(j) = \frac{R(j)_{90}}{R(j)_{T2000}}$$

- 地域的な影響カテゴリでは 地域固有の重み付けも許容



重み付けされた環境影響 [mPET]

$$WP(j) = \frac{P(j)}{R(j)_{T2000}} \cdot \frac{1}{T}$$

政策的な目標値

| Global | | | 参照値：世界 | |
|------------------|-----|---|---|--|
| 地球温暖化 | 1.3 | ÷ | 8,700 kg-CO ₂ /人/年 | |
| オゾン層破壊 | 23 | ÷ | 0.202 kg-CFC11/人/年 | |
| Regional & Local | | | 参照値：デンマーク | |
| 酸性化 | 1.3 | ÷ | 124 kg-SO ₂ /人/年 | |
| 富栄養化 | 1.2 | ÷ | 298 kg-NO ₃ ⁻ /人/年 | |
| 人間毒性 | 2.8 | ÷ | 9.2 × 10 ⁹ m ³ -air/人/年 | |
| 有害廃棄物 | 1.1 | ÷ | 20.7 kg/人/年 | |

➢ Wenzel et al. (1997) をもとに
著者抜粋

重み付け @ Eco-indicator 99

パネル法の手続

1. アンケート調査 の設計
2. 調査票を 365人 に送付
 - スイスの LCA研究会のメンバー
3. 回収した 82人 の回答結果を分析

アンケート調査の質問

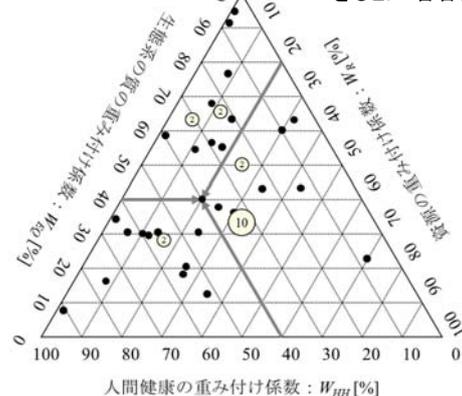
- 現状の被害レベル の簡単な説明
- 被害カテゴリの ランキング/重み付け
- 回答者の 文化的態度 の標準的質問

パネル法の調査結果

- 資源の重みが 他よりも有意に低い

n = 46

➢ Goedkoop (2001)
をもとに 著者作成



重み付け @ Eco-indicator 99

重み付け係数：デフォルト値

| | 平均値 (標準偏差) |
|-------|------------|
| 人間健康 | 36% (19%) |
| 生態系の質 | 43% (20%) |
| 資源 | 21% (14%) |



丸めて...

| | |
|-------|-----------|
| 人間健康 | 40% (20%) |
| 生態系の質 | 40% (20%) |
| 資源 | 20% (15%) |

➤ Goedkoop (2001) をもとに 著者作成

重み付け係数：文化的態度別

| | | | |
|------|-------|-----|----------------------------------|
| 個人主義 | 人間健康 | 55% | n = 10 |
| | 生態系の質 | 25% | |
| | 資源 | 20% | |
| 平等主義 | 人間健康 | 30% | n = 14 |
| | 生態系の質 | 50% | |
| | 資源 | 20% | |
| 階層主義 | 人間健康 | 30% | n = 5 サンプル数が非常に小さいのでデフォルト値を推奨 |
| | 生態系の質 | 40% | |
| | 資源 | 30% | |

重み付け @ LIME 2

• コンジョイント分析 Conjoint Analysis による 重み付け係数の算定

- 住民基本台帳から 無作為抽出
- 調査員による 訪問面接調査
- 全国 952サンプル を回収

日本国民の
環境思想を
代表する

• 重み付け係数 Weighting Factor

- 人間健康 1.47×10^7 円/DALY
- 社会資産 1.00×10^4 円/万円
- 生物多様性 1.42×10^{13} 円/種
- 一次生産 4.62×10^4 円/t

| 課題 | 政策1 | 政策2 | 政策3 |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 一人あたりの 寿命の損失 | 半分 (50年で1.5ヶ月) | なし (寿命の損失なし) | 現状を維持 (50年で3ヶ月縮まる) |
| 一人あたりの 社会資産の損失 | 4分の1 (50年で50万円失う) | 現状を維持 (50年で200万円失う) | 現状を維持 (50年で200万円失う) |
| 生物種の絶滅 | 半分 (50年で25種絶滅) | 新たな絶滅なし (50年間絶滅種なし) | 現状を維持 (50年で50種絶滅) |
| 植物の生長阻害 | 4分の1 (50年で日本の1.3% の森林を失う) | 半分 (50年で日本の2.5% の森林を失う) | 現状を維持 (50年で日本の5%の 森林を失う) |
| 税金の追加額 (1年・1世帯あたり) | 年間2万円追加 (50年で100万円) | 年間1万円追加 (50年で50万円) | 追加支出なし |

重み付けの主体

- **被害者** の選好に基づく

- 環境影響の **recipient**

EPS 2000

- **評価者** の意思に基づく

- 環境負荷に **responsible**

Eco-indicator 99: 三角図

IMPACT 2002+

- **専門家** の判断に基づく

- 環境問題を **birds-eye view**

Eco-indicator 99: デフォルト値

- **為政者** の目標に基づく

- 環境規制の **risk hedge**

EDIP 97

- **自国民** の思想に基づく

- 環境影響の **???**

LIME 2

卒業研究題目

どれか 1名

3. LCAのインパクト評価

- a. **地域依存性** を考慮した **水質汚濁** の特性化

- 従来のLCIAでは 研究が十分に進んでいなかった 環境影響の地域依存性に 着目し, **富栄養化** など水質汚濁の **地域依存的な特性化係数** を開発する。

- b. **時間依存性** を考慮した **資源枯渇** の特性化

- 従来のLCIAにおける 資源枯渇の特性化を比較した上で, **耐久消費財のライフサイクル** のように, 資源の採取と回収(リサイクル)の間に **タイムラグ** が存在する 評価対象への適用について検討する。

- c. **利害関係者** を考慮した影響領域の **重み付け**

- LCIAにおける 影響領域の様々な **重み付け手法** を, 利害関係者の観点から 捉え, LCA実施者が選択可能な **係数プロファイル** として体系化する。