

# 自動車部品リビルト工程の分析とGHG排出量削減効果の算出 —スタータ、オルタネータ、コンプレッサの事例—



山田樹\*1, 早川明宏\*2, 藤田光伸\*2, 井上全人\*3, 森孝男\*4, 山田周歩\*4

\*1富山県立大学 大学院工学研究科, \*2株式会社NGP, \*3明治大学 理工学部, \*4富山県立大学 工学部

## 1. 緒言

- 持続可能な社会実現に向けて、地球環境への悪影響を減らすことが必要
  - GHG(Green House Gas)排出量、資源の使用量、廃棄物の量の削減
  - ✓ 今あるものを繰り返し使う、長期間使用することが重要
- 自動車業界では、リサイクル部品の活用が持続可能な社会の実現に向けて貢献できる

### リサイクル部品

使用済み自動車から取り出した部品を適正に処理をし、再商品化したもの

#### リユース部品

- 取り出した部品に分解等の手を加えない
- 目視、テスター等による点検
- 清掃・美化を施し商品化

#### リビルト部品

- 取り出した部品に分解
- 摩耗・劣化した部品を新品と交換
- 再度組立後、品質チェック後商品化

- リサイクル部品活用による環境負荷の削減効果が不明瞭

## 2. GHG排出量削減効果の算出方法

- GHG排出量削減効果の算出方法

$$X = A - (B + C)$$

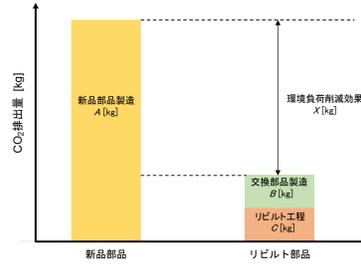
- GHG排出量(環境負荷)の算出方法

換算CO<sub>2</sub>排出量により評価

$$\text{換算CO}_2\text{排出量} = \sum(\text{GWP} \times \text{各種GHG排出量})$$

各種GHG排出量 = 排出原単位 × 活動量

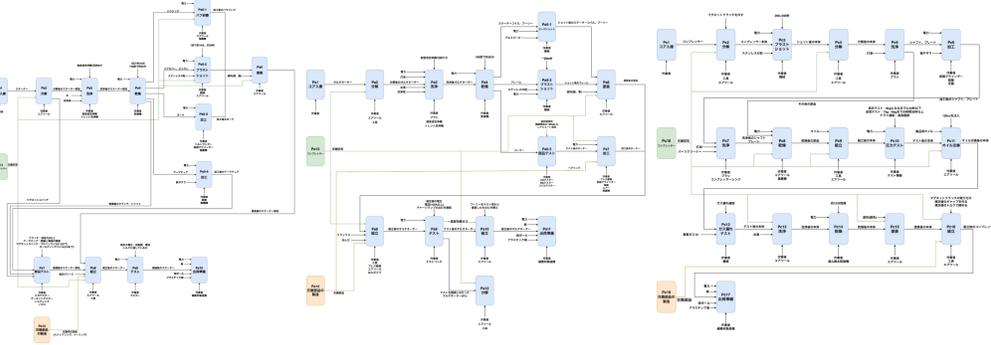
✓ IDEAv3.1.0の排出原単位を使用(日本国内データ)



- リビルト部品輸送時・使用時のGHG排出量は、新品部品輸送時・使用時と同等と仮定

## 3. リビルト部品生産プロセスの調査・モデル化

- スタータ、オルタネータ、コンプレッサの各リビルトプロセスに要する時間、使用器具、使用材料の調査を実施
- モデリング手法であるIDEF0の記述ルールを用いてリビルト部品の生産工程をモデル化
- 各プロセスで使用される設備、投入される資源の種類、作業基準の見える化



### スタータのリビルト工程

| 工程 | 材料      | 月間購入量 | 換算値      | 一台当たりの使用量 | 単位 | IDEA製品コード    | CO <sub>2</sub> 排出量[kg-CO <sub>2</sub> e] |
|----|---------|-------|----------|-----------|----|--------------|---|
| 洗浄 | 超音波洗浄液  | 16L   | 1kg/L    | 3.81E-03  | kg | 16422500pJPN | 2.19E-03                                  |
| 洗浄 | トレント洗浄液 | 80L   | 1kg/L    | 4.86E-02  | kg | 16422500pJPN | 2.79E-02                                  |
| 塗料 | 塗料(シンナ) | 0.7缶  | 13.9kg/缶 | 1.79E-03  | kg | 16441700pJPN | 3.16E-03                                  |
| 塗料 | 塗料(銀)   | 30L   | 1.3kg/L  | 9.29E-03  | kg | 16441420pJPN | 3.51E-02                                  |

### オルタネータのリビルト工程

| 工程    | 使用器具        | 消費電力[kW] | 使用時間(s) | 消費電力量[kWh] | CO <sub>2</sub> 排出量[kg-CO <sub>2</sub> e] |
|-------|-------------|----------|---------|------------|---|
| エアツール | エアコンプレッサー   | 7.9      |         | 3.81E-01   | 2.20E-01                                  |
| 洗浄    | 超音波洗浄機      | 3.9      | 300     | 3.25E-01   | 1.88E-01                                  |
| 洗浄    | トレント洗浄機(空気) | 2        | 265     | 1.47E-01   | 8.51E-02                                  |
| テスト   | テスター        | 10.39    | 11      | 3.17E-02   | 1.83E-02                                  |

## 4. 新品部品製造時のGHG排出量

- スタータ、オルタネータ各6種類、コンプレッサ7種類の分解を行った。
- 各構成要素の重量、材料、加工方法を記録
- これらの情報と排出源単位より新品部品製造時のGHG排出量を算出



分解



普通車用コンプレッサの分解写真

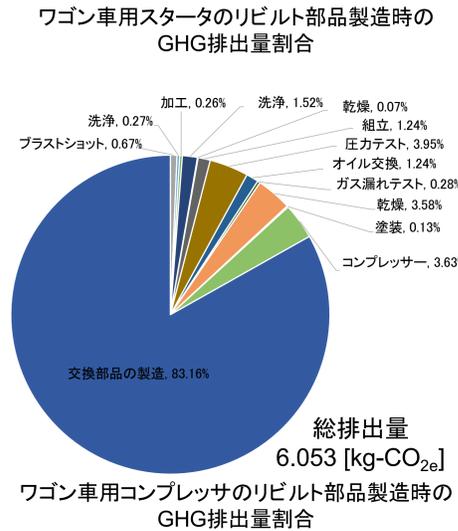
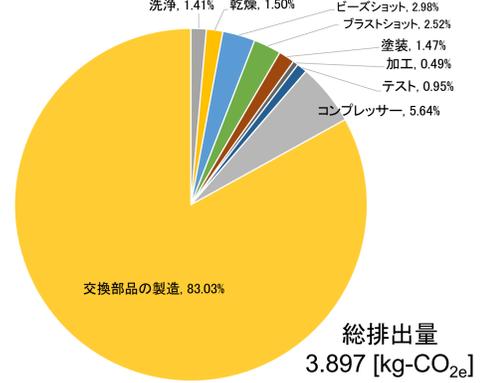
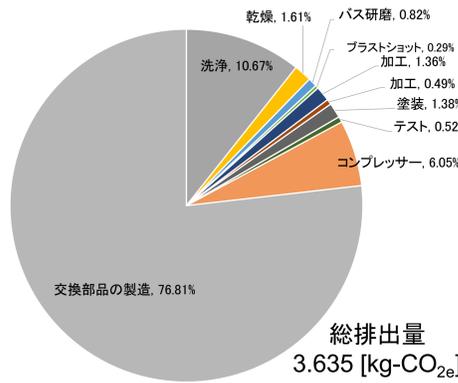
### 普通車用コンプレッサの部品情報

| 構成部品          | 重量[kg]  | 素材     | CO <sub>2</sub> 排出量[kg-CO <sub>2</sub> e] |
|---------------|---------|--------|---|
| 旋回スクロール       | 0.33817 | アルミニウム | 0.804                                     |
| 回転スクロール       | 0.83300 | アルミニウム | 1.980                                     |
| シリンダ取付用ボルト(大) | 0.07160 | スチール   | 0.162                                     |
| アーマチュア        | 0.21780 | スチール   | 0.336                                     |
| ロータ           | 0.50254 | スチール   | 0.603                                     |
| フィールドコイル      | 0.37274 | スチール   | 0.575                                     |

- スタータ
  - 構成材料は、鉄、アルミニウム、銅、プラスチック、その他の順で構成
  - 摩耗したカーボンブラシによる汚れが顕著
- オルタネータ
  - 構成材料はスタータと同様に、鉄、アルミニウム、銅、プラスチック、その他の順で構成
  - 内部よりも外側のケース部分に汚れが目立った
- コンプレッサ
  - 構成材料は、鉄とアルミがほぼ半々の割合
  - ペーン式、旋回式、斜板式の3種類の圧縮機構があることを確認

## 5. リビルト部品製造時のGHG排出量

- リビルト部品製造工程の各工程におけるインベントリデータと環境負荷原単位より、GHG排出量の算出を行った。
- 軽自動車、普通車、ワゴン車、トラック用のものを算出



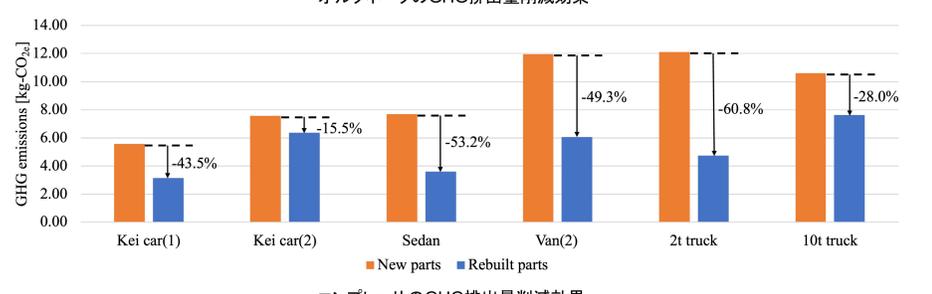
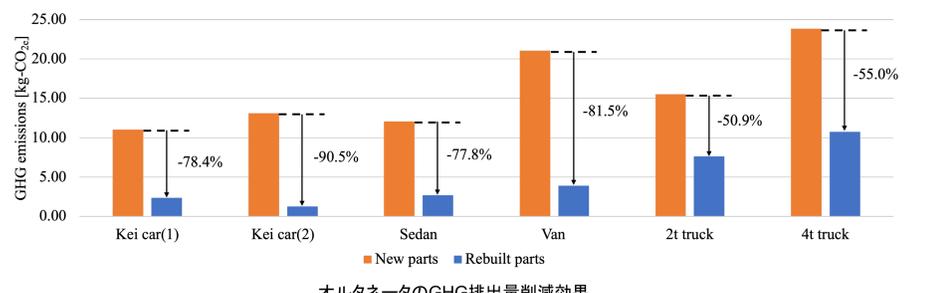
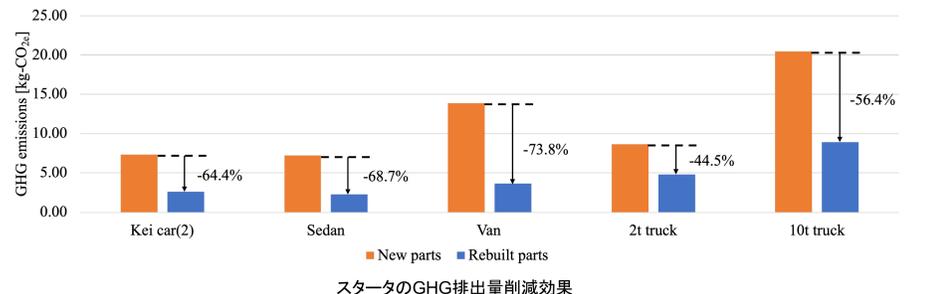
- 各部品において、交換部品製造時のGHG排出量割合が49%から93%と非常に高く、次にエアツール用のコンプレッサの割合が高い

交換部品製造、エアツール用のコンプレッサ以外における特徴

- スタータ
  - 洗浄の工程が高い
    - カーボンブラシによる汚れが多く、洗浄に要する時間が長い
- オルタネータ
  - プラストショットやビーズショットの工程が高い
    - 原単位の高い金属ビーズを使用
- コンプレッサ
  - 遠心分離脱水、圧力テスト工程が高い
    - 使用する機器の消費電力が高い、かつ、使用時間が長い

## 6. リビルト部品使用によるGHG排出量削減効果

- スタータ、オルタネータ、コンプレッサの新品部品製造時とリビルト部品製造時のGHG排出量の比較を行い、削減効果を算出。
- スタータでは44%から73%、オルタネータでは50%から90%、コンプレッサでは15%から60%の削減効果を確認。



## 7. 結言

- スタータ、オルタネータ、コンプレッサを対象にリビルト部品使用によるGHG排出量削減効果を算出。
- スタータは平均61.6%、オルタネータは平均72.4%、コンプレッサは平均41.7%の削減効果を確認した。
- 今後の課題
  - 車両の情報からGHG排出量削減効果の推定を可能とするモデル式の開発。
  - 調査部品数、部品種類の増加。

# 自動車部品リビルト工程の分析と GHG 排出量削減効果の算出 — スタータ, オルタネータ, コンプレッサの事例 —

山田樹<sup>\*1</sup>, 早川明宏<sup>\*2</sup>, 藤田光伸<sup>\*2</sup>, 井上全人<sup>\*3</sup>, 森孝男<sup>\*4</sup>, 山田周歩<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup> 富山県立大学 大学院工学研究科, <sup>\*2</sup> 株式会社 NGP, <sup>\*3</sup> 明治大学 理工学部, <sup>\*4</sup> 富山県立大学 工学部

## 1. 緒言

持続可能な社会の実現に向けて, 地球環境への悪影響を減らしていくことが重要である. そのためには, GHG (Green House Gas) 排出量や資源の使用量, 廃棄物の量を削減していくことが必要になる. ゆえに, 今あるものを繰り返し使用する, 長期間使用することが重要となる. 自動車業界ではリサイクル部品の活用が持続可能な社会の実現に貢献することができる. また, 半導体不足などによる新車の供給遅延に起因する下取り車, 中古部品の元となる使用済み車の不足により, 今ある部品を再生して生産するリビルト部品の需要が高まっている<sup>1)</sup>. 本研究はスタータ, オルタネータ, コンプレッサのリビルトプロセスを調査, 分析し, リビルト部品製造時の環境負荷およびリビルト部品使用時の環境負荷削減効果の算出を目的とする.

## 2. GHG 排出量削減効果の算出方法

本研究では, リビルト部品利用による環境負荷削減効果を換算 CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果として定義する. 図 1 に CO<sub>2</sub> 削減効果の考え方を示す. 換算 CO<sub>2</sub> 排出量の算出方法を式 (1) に示す. また, 各種 GHG 排出量は式 (2) に示す通りに算出する.

$$\text{換算CO}_2\text{排出量} = \sum (\text{GWP} \times \text{各種 GHG 排出量}) \quad (1)$$

$$\text{各種 GHG 排出量} = \text{排出原単位} \times \text{活動量} \quad (2)$$

これらを用いてリビルト部品の生産工程で発生する CO<sub>2</sub> 排出量  $C$  と, 交換部品製造時の CO<sub>2</sub> 排出量  $B$  を求める. さらに, 式 (3) に示すように, 新品部品製造時 CO<sub>2</sub> 排出量  $A$  から  $B$  と  $C$  の和を減算することにより, CO<sub>2</sub> 削減量  $X$  を求める.

$$X = A - (B + C) \quad (3)$$

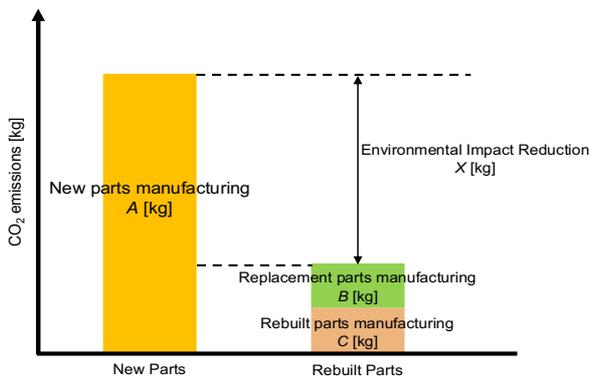


Fig.1 Conceptual Diagram of CO<sub>2</sub> Emission Reduction

## 3. リビルト生産プロセスモデルの化

リビルト部品製造工程の調査を行い, モデリング手法である IDEF0<sup>2)</sup> の記述ルールを用いてリビルト部品の生産工程をモデル化した. 図 2 に IDEF0 の基本単位を示す. また, 図 3 に一例としてリビルトスタータのプロセスモデルの一部を示す. このようにプロセスをモデル化し, 各プロセス

で使用される設備, 投入される資源の種類, 作業基準の見える化を行う. これをもとにリビルト部品製造各工程のインベントリデータを収集し, 排出される GHG 排出量の算出を行う.

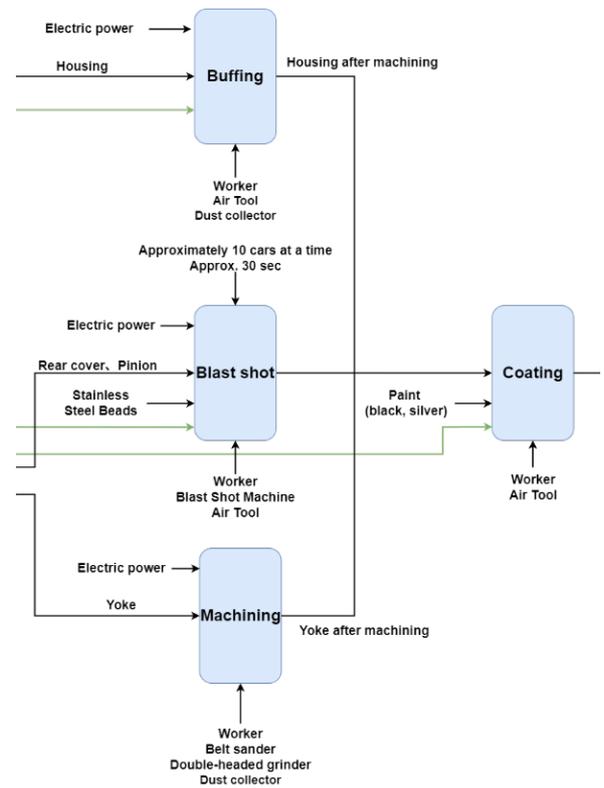
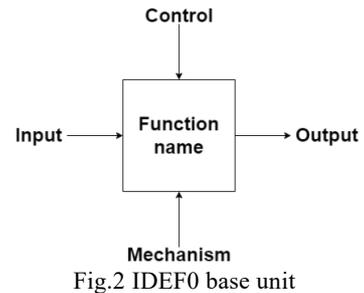


Fig.3 A part of remanufacturing process of starter

## 4. 新品部品生産による GHG 排出量

新品部品製造時の GHG 排出量を算出するにあたり, スタータ, オルタネータ, コンプレッサを各 6 種類(合計 18 個)の分解を行い, 各構成要素の重量, 材料, 加工方法の調査を行った. この情報と環境負荷原単位データベース IDEAv3.1.0 に記載されている温室効果ガス排出原単位情報<sup>3)</sup>を用いて, 新品部品製造時の GHG 排出量の算出を行った. 図 4 に各種オルタネータの新品部品製造時の GHG 排出量の推定結果を示す.

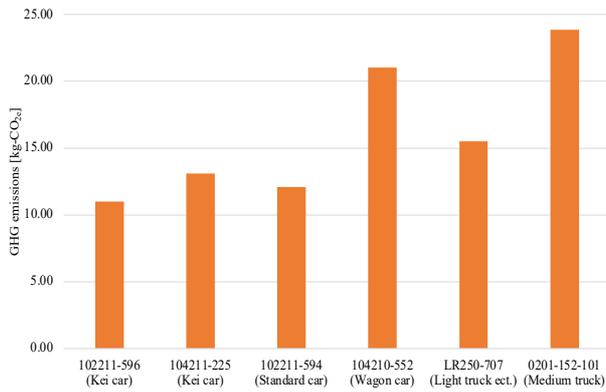


Fig.4 GHG emissions from the production of new alternator parts

### 5. リビルト部品生産による GHG 排出量

リビルト部品製造の各工程におけるインベントリデータと環境負荷原単位から、スタータ、オルタネータ、コンプレッサのリビルト部品製造時の GHG 排出量の算出を行った。図 5 にオルタネータのリビルト部品製造時の GHG 排出量を示す。また、一例として普通車に使用されているオルタネータのリビルト時のプロセス別の GHG 排出量の内訳を図 6 に示す。交換部品製造時の GHG 排出量が大部分を占めており一番多く、次に分解や組立の際に使用するエアツール用のコンプレッサ、アルミニウムビーズを使用し加工を行うビーズショットというような順で GHG 排出量の割合が高くなっていることが確認された。

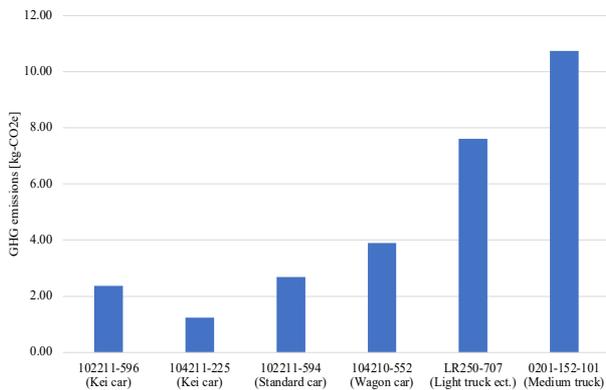


Fig.5 GHG emissions from the production of rebuilt alternator parts

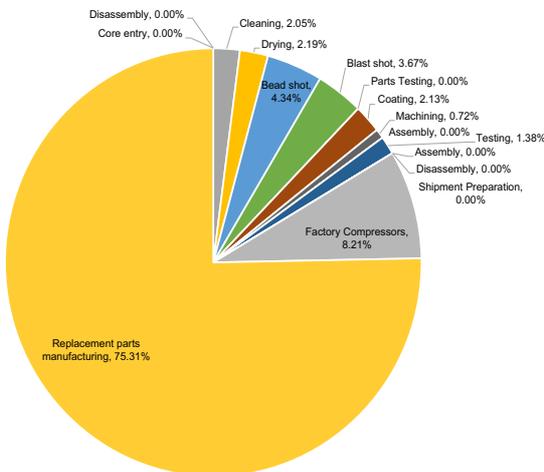


Fig.6 Percentage of GHG emissions from production of rebuilt alternator for standard-sized car by process

### 6. リビルト部品使用による削減効果

スタータ、オルタネータ、コンプレッサの新品部品製造時とリビルト部品製造時の GHG 排出量の比較を行い、削減率を導出した。図 7 にオルタネータの GHG 排出量の削減率を示す。

調査の結果、リビルトオルタネータを使用することで GHG 排出量が 51%から 91%削減されることを明らかにした。

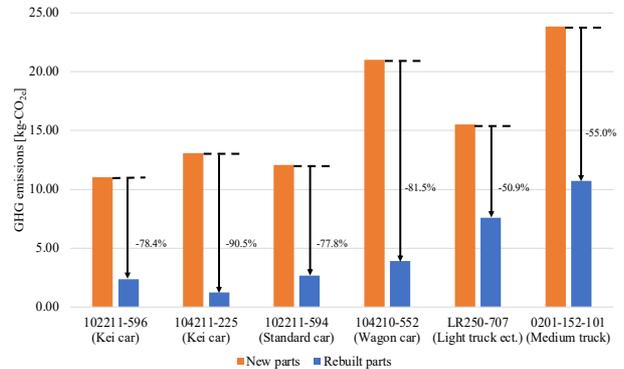


Fig.7 Reduction in GHG emissions through use of rebuilt alternators

### 7. 結言

本研究では、スタータ、オルタネータ、コンプレッサを対象にリビルト部品使用による GHG 削減効果を算出し、リビルト部品を使用することで、スタータは 44%~73%、オルタネータは 51%~91%、コンプレッサは 16%~61%の削減効果を得られることを確認した。

今後は、調査する部品の数を増やし、車両の情報から削減効果の推定を可能とするモデル式の開発が本研究の課題である。

### 参考文献

- (1) 中古部品再生「リビルト部品」に存在感 中古車人気  
が背景に - 一般社団法人 日本自動車会議所  
URL <https://www.aba-j.or.jp/info/industry/17213/>
- (2) 藤野健一, 吉田正, 服部達也, 金子鎮雄, 渾大防一平,  
1996. Idef0 による現場労務安全管理の分析と情報管理  
の方向性. 建設マネジメント研究論文集 4, 59-68.  
<https://doi.org/10.2208/procm.4.59>
- (3) LCI データベース IDEA version 3.1.0 (2021/07/15) 国立  
研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門  
IDEA ラボ