

リサイクル CFRP を対象とした環境影響評価

伊坪徳宏 研究室

1662058 前田 孝美

1. 背景

2015 年 サークュラーエコノミーパッケージでは、紙やプラスチック、金属など複数の材料の再生率の目標値が設定され、その実現に向けたビジネス創出に向けた活動が行われている。

アクセンチュアによる 2015 年 11 月の調査によればサーキュラーエコノミーのビジネスモデルによる経済効果は 2030 年までに約 4.5 兆ドルを上回ると報告された。¹⁾

軽量で強度の高い CFRP は、将来生産量はさらに増加することが図 1 からわかる。すでに CFRP を対象とした CO₂ やリサイクル技術の評価例はあるが、日本の技術に基づいておらず、かつ、資源消費に対する影響評価はない。

2. 研究目的

本研究では、CFRP のリサイクルなし・ありを対象とし、対象物の環境影響についてライフサイクルの視点に基づき、気候変動及び資源消費に着目し評価することを目的とする。

3. 研究方法

3.1 評価対象製品

Andréa Oliveira Nunes(2018)²⁾にあったインベントリデータを参照して CFRP のリサイクルなし・ありの 2 つのプロセスについて評価を行う。評価対象は、長繊維 CFRP 1 kg と短繊維 CFRP 1 kg の計 2 kg とした。

3.2 評価範囲

本研究では、新品の CFRP とリサイクル CF を使用したリサイクル CFRP を評価対象とした。図 1、図 2 にシステム境界を示した。影響領域は、気候変動と資源消費を対象とした。

以下に、本研究におけるシナリオを 2 つ示す。

シナリオ① リサイクルなしの CFRP

シナリオ② リサイクルありの CFRP

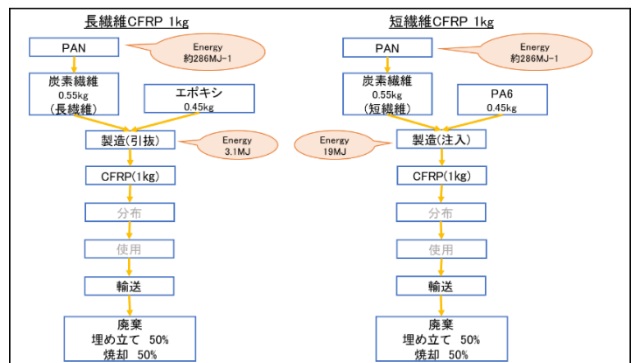


図 1 システム境界

(長繊維使用 1 kg CFRP と短繊維使用 1 kg CFRP)

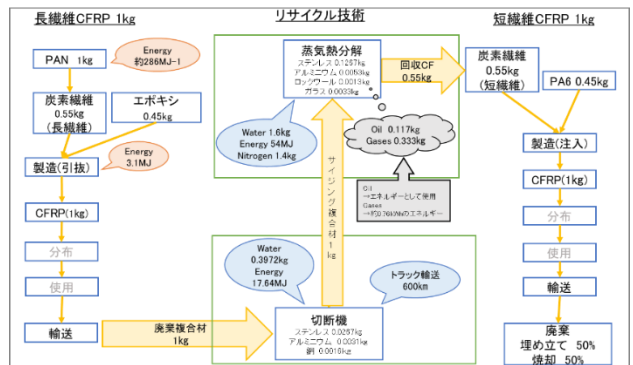


図 2 システム境界

(長繊維 CFRP とリサイクル短繊維 CFRP)

3.3 算定方法

本研究における算定式を以下に示す。

$$\text{インベントリ} = \sum (\text{活動量} \times \text{原単位}) \quad (\text{式 1})$$

$$\text{特性化} = \sum (\text{インベントリ} \times \text{特性化係数}) \quad (\text{式 2})$$

$$\text{統合化} = \sum (\text{インベントリ} \times \text{統合化係数}) \quad (\text{式 3})$$

活動量に関しては、文献 1 にあった数値を参照とする。式 1 のインベントリ原単位は、IDEA ver2 を使用。式 2、3 の特性化及び統合化には LIME2) を用いた。

4. 結果

4.1 特性化

リサイクルなし、ありの2つのシナリオの比較結果を図4、図5に示す。図4の気候変動では、シナリオ①が②より影響が大きい結果となった。シナリオ②はシナリオ①に対し、約30%の削減効果が見られた。長繊維 CFRP はシナリオ①②ともに共通するプロセスである。シナリオ②では、長繊維 CFRP をリサイクルすることによって短い炭素繊維を取り出すことができる。そのため、リサイクル CFRP では短い炭素繊維の製造工程はリサイクルプロセスの負荷が追加される一方で、新規に生産する工程を回避することができる。CFRP の内訳で大きく寄与するのが炭素繊維であり 4.23E+01 kg-CO₂である。蒸気熱分解と切断工程の工程による CO₂排出量はおよそ 12 kg程度であり、炭素繊維を新規に生産するよりも大きく削減することが可能になる。

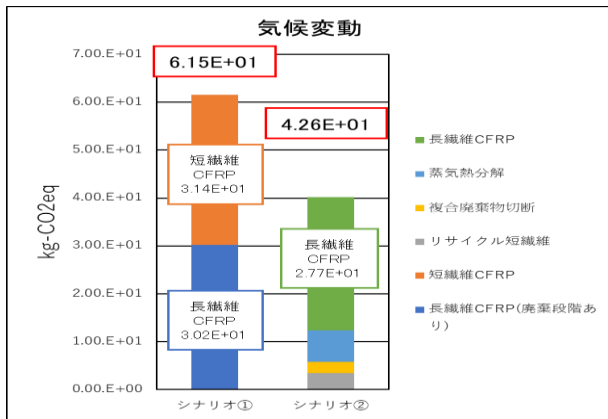


図3 リサイクルなし、ありの特性化結果 (気候変動、左：シナリオ①、右：シナリオ②)

図4の資源消費では、気候変動とは逆の結果になった。リサイクル技術である蒸気熱分解における寄与が大きい。リサイクル技術のプロセスでは、使用される機器の資源もデータに含まれている。蒸気熱分解の機器の処理能力は 1 kg/日であり、切断機の使用率も約 1%であり相対的に低く、再生装置を生産する際の金属利用による影響が大きくなった。

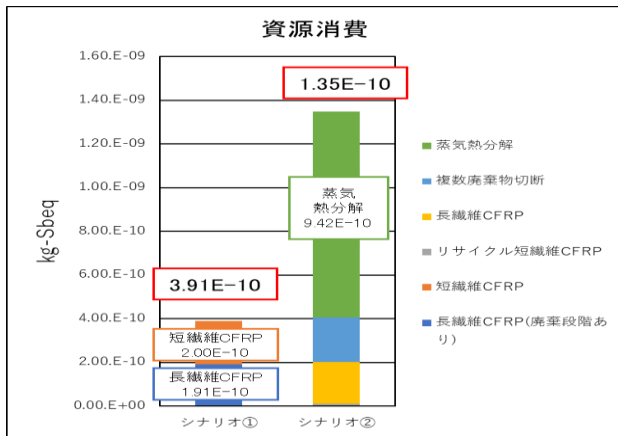


図4 リサイクルなし、あり特性化結果 (資源消費、左：シナリオ①、右シナリオ②)

4.2 統合化

統合化に着目した結果を図5で示した。シナリオ①とシナリオ②ともに気候変動の影響が大きく、リサイクルを行うことで全体の約1割の低減に寄与することがわかった。

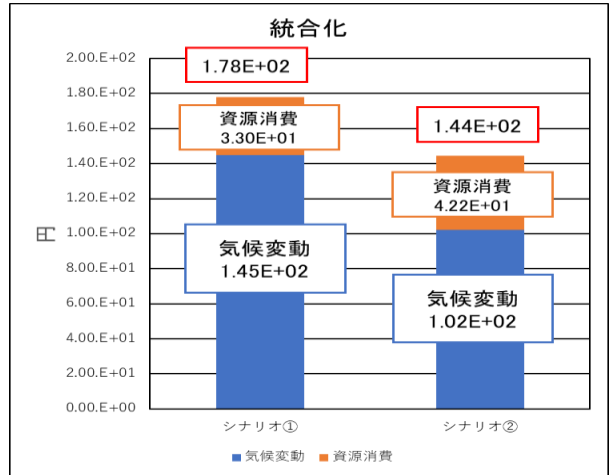


図5 リサイクルなし、ありの統合化結果 (左：シナリオ①、右：シナリオ②)

5. まとめ

本研究では、CFRPのリサイクルあり、なしを対象としたLCAを実施した。リサイクルCFRPは、炭素繊維の生産時における環境負荷発生を回避する効果が大きく、気候変動の影響を低減することがわかった。CFRPのリサイクルは複数回可能であるが再生回数による製品性能や環境負荷の変動については評価の対象となっていないためこれらを考慮した評価が求められる。

6. 参考文献

- 1) アクセンチュア サーキュラーエコノミー <https://www.accenture.com/jp-ja/insight-creating-advantage-circular-economy>
- 2) Andréa Oliveira Nunes ら、Life cycle assessment of a steam thermolysis process to recover carbon fibers from carbon fiber-reinforced polymer waste、2018 <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-017-1416-6>
- 3) LIME2 係数リストの解説 https://lca-forum.org/database/impact/pdf/LIME2expository_20100701.pdf