

LCA により導かれる CFRP 適用分野におけるリサイクルの必要性

The necessity of recycling in the field of CFRP through LCA

学籍番号 80838 桐原 貴大

指導教員 高橋 淳

(平成 22 年 2 月 3 日提出)

Keywords: リサイクル, LCA, CFRP, 軽量化自動車, 風力発電

1. 序論

近年, 地球温暖化による環境問題は深刻さを増しており, 世界全体として 2050 年までに CO₂ 排出量を半減させることが共通目標となりつつある. 日本も世界情勢に従う形で 2020 年までに CO₂ を 1990 年比で 25%削減するという目標を掲げたものの, 2008 年時点での CO₂ 排出量は 1990 年比で増加しているため, 日本の CO₂ 排出量削減戦略として効果の即効性が重要になる.

CO₂ 排出量を削減させる方法は様々あるが, 本研究では, 限られた時間の中で優れた効果を発揮する方法として既存材料を新規材料 CFRP に置き換えることに着目した. しかしながら, 新規材料は特に黎明期において製造時の環境負荷が既存材料よりも大きくなる傾向にあるため, CFRP 導入による影響を定量評価する必要がある. 本研究では運輸(自動車)分野と風力発電分野を対象に CFRP を導入した場合の環境負荷評価を行い, そこからリサイクルの必要性を説く.

2. 動力源毎の自動車の環境負荷

2.1 軽量化前の動力源毎 LCA

まず, 動力源毎に LCA を行い, 各動力形式がもたらす自動車の環境負荷を計算した. それに加えて海外由来バイオ燃料を導入した場合の結果が Fig. 1 である.

Fig. 1 より, ライフサイクルでは走行時の環境負荷が大きいこと, また動力源別では電化が進むにつれて環境負荷が小さくなっていくことがわかる. PHEV と EV を比較すると, 電池容量が異なるにもかかわらず CO₂ 排出量がほぼ等しくなっている. つまり消費者の手が届きやすい PHEV の環境負荷が EV にも劣らない事が示された.

2.2 軽量化後の動力源毎 LCA

Fig. 2 は先の動力源に対し, 構造部材・内外装, シャーシ部分に使われている鉄鋼を曲げ剛性が等しくなるように Vf=0.2 のフレッシュ CF/PP で代替した場合の環境負荷を表しており, さらにそれらをリサイクル CF/PP で代替した場合の各動力源における LCA を併記したものである.

まず, Fig.1 と Fig.2 により, 技術のコストや難易度を度外視すれば, バイオ燃料を用いて CO₂ 排出量の削減を図るよりも, EV や PHEV などの

電動化の効果が大きいことがわかり, また, 即効性の観点からは CFRP による軽量化の効果や CFRP をリサイクルする効果が大きいことが読み取れる.

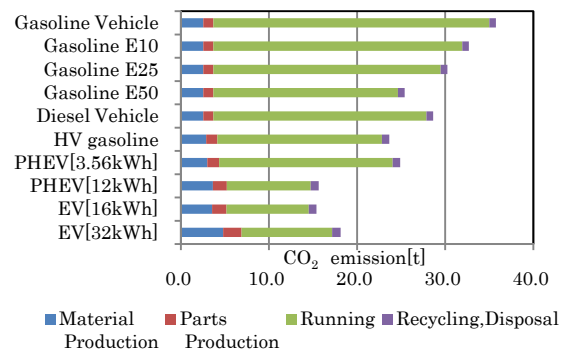


Fig. 1 LCA of various types of cars.

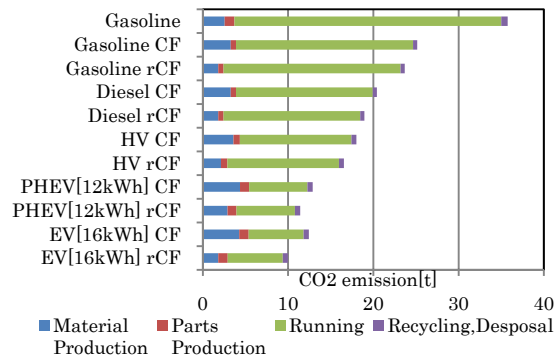


Fig. 2 Life cycle CO₂ emission of various types of vehicles.

3. 風車ブレード大型化による環境負荷

風車を大型化することで風車ブレードに風が当たる面積が増加し, 得られるエネルギー量が増加する. さらに, 地表付近よりも上空の方が風速は速いため, 風車の大型化は良い風況をもつ地域をさらに有効利用できることに繋がる. 日本のように風力発電に適した風況をもつ地域に限られている国では風力発電システムの大型化によって単位面積当たりでの発電量を増大させることが必要になる.

3.1 CFRP 製ブレードによるブレード長の伸長

風車ブレードに加わる力で主要なものとして

風による風荷重と自重による死荷重がある。既存のGFRP製ブレードをCFRP製ブレードで置き換えれば自重による影響が少なくなるため、ブレード長を伸ばすことが可能になる。風車ブレードの状態として片持ち梁、且つ線形で根元から細くなる中空長方形断面の梁を想定し、「ブレード長 l : ブレード幅 $b=1:0.1$ 」, 「ブレード幅 b :ブレード高さ $h=1:0.25$ 」を仮定した時のブレード長と V_f の関係を Fig. 3 に示した。

鉄鋼製の梁やGFRP製の梁と比して、CFRP製のもはブレード長を大きく伸長させることができる。近年、欧州を筆頭に風車の大型化に対する要求が厳しく、CFRP製のブレードはその要求に応えることができることを示している。

3.2 風力発電システムにおけるLCA

Fig. 4 は風力発電システム出力毎のLCA結果である(300kWの値は電力中央研究所の値[2])。CFRP製のブレードでは原単位が下がっているものの、製造段階での環境負荷が既存風車と比して大きい。リサイクルCFを投入した場合には原単位も大きく改善され、既存風車と比してCFRP製風車を製造することのメリットが示された。

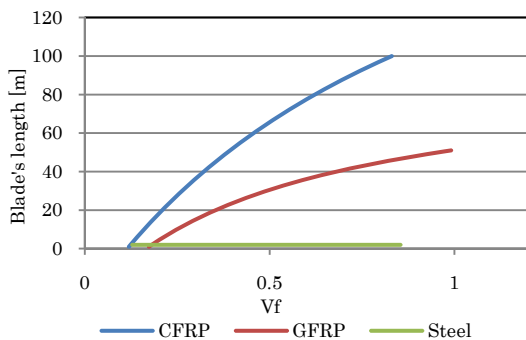


Fig.3 Relationship between V_f and blade's length.

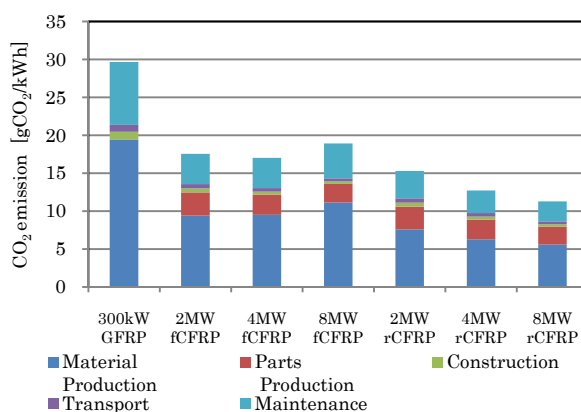


Fig.4 Comparison of different power wind turbines.

4. CFRP 廃棄物の国内ポテンシャル量

4.1 航空機の CFRP 廃棄物ポテンシャル

B787 は重量の半分に複合材が用いられており、約 35t が CFRP により構成される。日本における 2009 年から 2028 年の間の新造旅客機および貨物

機は約 570 機と予測され、そのうち大型機は 100 機を占める[1]。それら航空機が 2050 年までに退役を迎えるとすれば、大型機ほど複合材の利用が増える現状を踏まえて CFRP 廃棄物の 2050 年までの累積ポテンシャルは 3,500t~20,000t である。

4.2 自動車の CFRP 廃棄物ポテンシャル

本研究では既存ガソリン車 1 台に対し、約 230kg の CFRP を利用している。CFRP 軽量車が 2010 年から市場投入され、日本国内における TOYOTA プリウス販売台数と同じ速度で市場に出回ると仮定したとき、2050 年までの累積ポテンシャルは~850,000t となる。

4.3 風車の CFRP 廃棄物ポテンシャル

本研究での 8MW 級風車は 1 基につき CFRP を約 110t 使用している。2030 年までの風力発電導入目標が 2000 万 kW なので、2010 年以降全ての風車を 8MW 級 CFRP 製風車で製造した場合、2050 年までの累積ポテンシャル量は~250,000t となる。

4.4 廃棄物ポテンシャル量の考察

廃棄物のポテンシャル量から、航空機用 CFRP では、退役を迎えた航空機由来の廃棄物は量が少ないため、テニスラケットや PC などと同様にまとめて低グレードにカスケードする方が現実的と思われる。一方、インプラントゴミはコスト競争力に繋がるため、これらを再利用すると同時に、廃棄量自体を低減させる必要性が生じる。自動車用 CFRP では市場ゴミの量の多さから処分場の容量不足が懸念され、かつ廃棄される絶対量が多いため、リサイクル材を自動車分野の中で消費する形の高性能リサイクル材の開発が不可欠となる。風力発電用 CFRP では、フレッシュ材を用いて大型風車を製造し、そこから得られるリサイクル材を用いて超大型風車を製造することが有効である。

5. 結論

LCA を行うことで、航空機・自動車・風力発電分野における即効的環境負荷低減技術としての CFRP による軽量化の有効性と同時に、CFRP のリサイクルがさらなる環境負荷の低減に有効であることを定量的に明らかにした。なお、リサイクルはインプラントゴミの有効活用による素材コスト低減と市場ゴミから製品を作ることによる廃棄物処分場問題解決にも寄与するが、そのためには不連続炭素繊維から高性能な成形品を製造する技術が重要となり、フレッシュ材の段階から炭素繊維が再利用しやすい樹脂の選定や繊維形態の採用などの工夫も重要となる。

参考文献

- [1] エアバス社 プレスリリース 20091202.(2009.12)
- [2] 電力中央研究所報告 「ライフサイクル CO₂ 排出量による発電技術の評価」, (2000.5)