

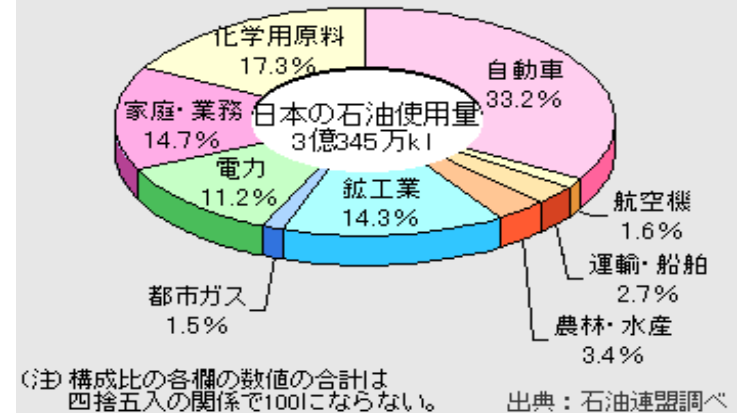
# CFRPを用いた軽量自動車の LCAと社会受容性

指導教官 高橋 淳 助教授  
吉成 仁志 助教授

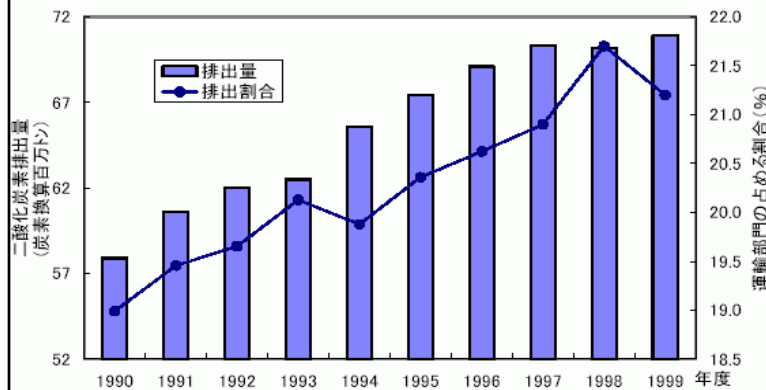
84005 手柴富美

## 日本の石油の用途の1/3は 自動車用である

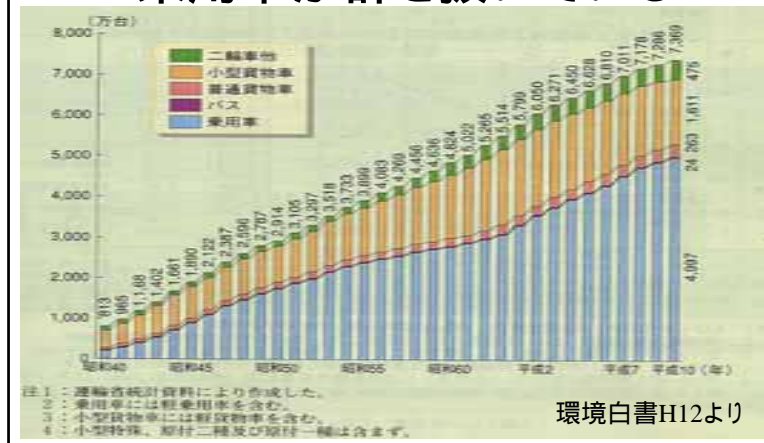
(1996年度)



## 運輸部門のCO<sub>2</sub>排出量と 排出割合は急増している



## 自動車の保有台数の増加は 乗用車が群を抜いている



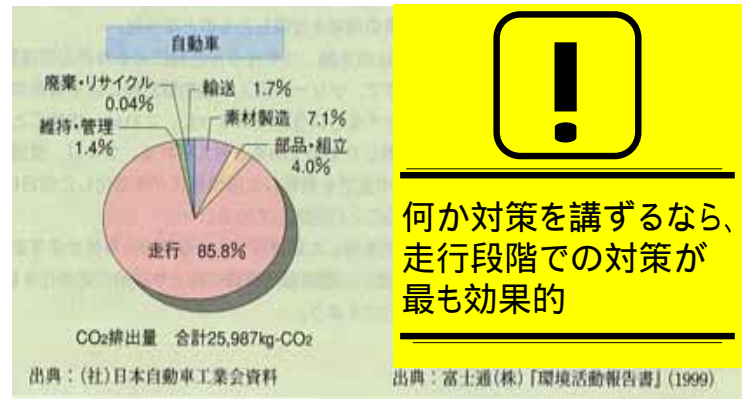
## 自動車社会

- ・経済成長の証し(先進国では約2人に1台保有)  
これから発展する国々の自動車の増加
- ・化石燃料消費の増大 CO<sub>2</sub>
- ・環境問題の深刻化

## 今後の日本と自動車社会

- ・エネルギーセキュリティの必要
- ・京都議定書批准に向けた対応
- ・自動車は有力な輸出産業
- ・省エネルギー自動車・低排出ガス車
- ・リサイクル可能性

自動車のライフサイクル(製造から廃棄まで)におけるCO<sub>2</sub>排出量の86%は、走行時に出る。



何か対策を講ずるなら、  
走行段階での対策が  
最も効果的

出典：富士通(株)「環境活動報告書」(1999)

## CFRPを用いて実現したいこと

(CFRP: carbon fiber reinforced plastics 炭素繊維強化プラスチック)

- ・自動車の燃費向上
- ・エネルギーの使用量低減
- ・CO<sub>2</sub>排出量低減
- ・廃棄物の量低減

## なぜCFRPか

- CF価格の急落
  - ・ 1999年3,000円 / kg 2002年1,400円 / kg
- 他の燃費向上手段
  - ・ 推進機構の改善(ハイブリット、燃料電池)
  - ・ 軽量化(アルミニウム、マグネシウム、プラスチック、FRP)
  - ・ 空力抵抗の改善

抜本的な燃費改善が可能となるのは燃料電池とCFRPによる車体の軽量化だけ(現段階では)

## CFRPの力学的特性

	熱延高張力鋼	冷延高張力鋼	アルミニウム	CFRP
引張強度(MPa)	540 ~ 570	340 ~ 540	550	900 ~ 1800
比重(kN/m <sup>3</sup> )	76	76	27	16
比強度(10 <sup>3</sup> m)	7.1 ~ 10.0	4.5 ~ 7.1	20	56 ~ 113
比剛性(10 <sup>6</sup> m)	2.8	2.8	2.6	4.3 ~ 8.6

CFRPの比強度・比剛性は鉄に劣らない  
既に航空機・スポーツ用具などに使用

## 本研究での考察対象

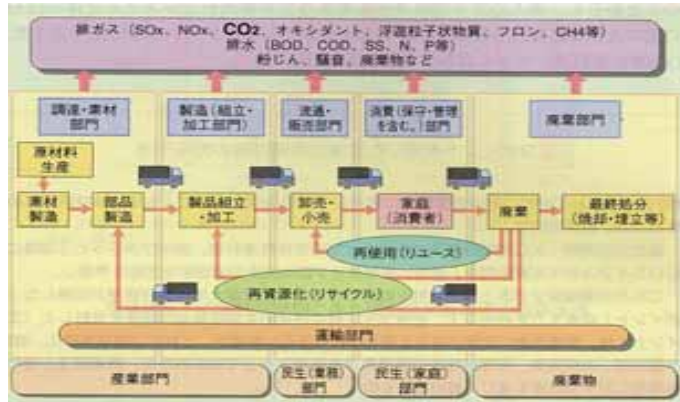
省エネルギー・CO<sub>2</sub>排出量削減の観点から、

1. 製造から10万km完走までのLCA(Life Cycle Assessment)
2. 廃車CFRPのリサイクルの定量評価

## 1. CFRP使用車の

製造から走行までのLCA

本研究で用いた手法 =  
LCA(ライフサイクルアセスメント)とは



製品の全段階での環境負荷を定量的に評価する方法である。

### CFRPの製造原単位は大きい

	エネルギー消費量 (MJ / kg)	CO <sub>2</sub> 排出 (kg / kg)	NO <sub>x</sub> 排出 (kg / kg)	SO <sub>x</sub> 排出 (kg / kg)
鉄	33.2	2.61	0.00364	0.00294
アルミ	205	11.0		
CFRP	* 450 ~ 480	30	2.0	0.07

\* なお、CFRPの製造原単位は将来半分程度にまでなる可能性がある。

普通乗用車のどの部分の鉄をCFRPで代替したらよいか。

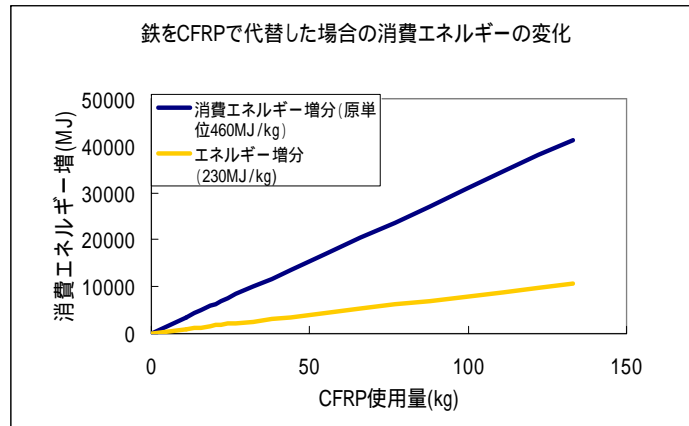
屋根、ボンネット	比較的強度は いらぬ
ドア、フロア	強度が必要
シャーシ	耐熱性、対振性、 強度・剛性が必要

\* 自動車重量の約71%は鉄である。

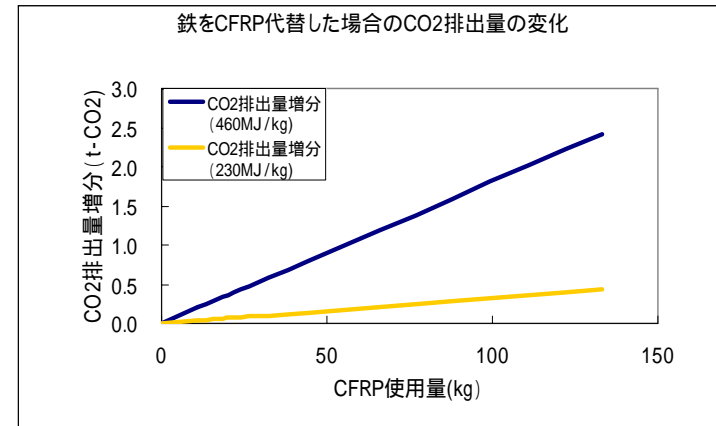
### 実際行ったLCAの計算の例: 普通乗用車の鉄をCFRPで代替した場合の素材製造データの増加分

代替される鉄 (kg)	CFRP (kg)	エネルギー増 (MJ)	CO <sub>2</sub> 増 (t)	NO <sub>x</sub> 増 (kg)	SO <sub>x</sub> 増 (kg)
0	0	0	0	0	0
50	11	+ 3400	+ 0.19927	+21.818	+ 0.623
100	22	+ 6800	+ 0.39855	+43.636	+ 1.246
200	44	+ 13600	+ 0.79709	+87.272	+ 2.492
300	66	+ 20400	+ 1.19560	+130.908	+ 3.738
400	88	+ 27200	+ 1.59418	+174.544	+ 4.984
500	111	+ 34460	+ 2.02273	+220.180	+ 6.300
600	133	+ 41260	+ 2.42127	+263.816	+ 7.546

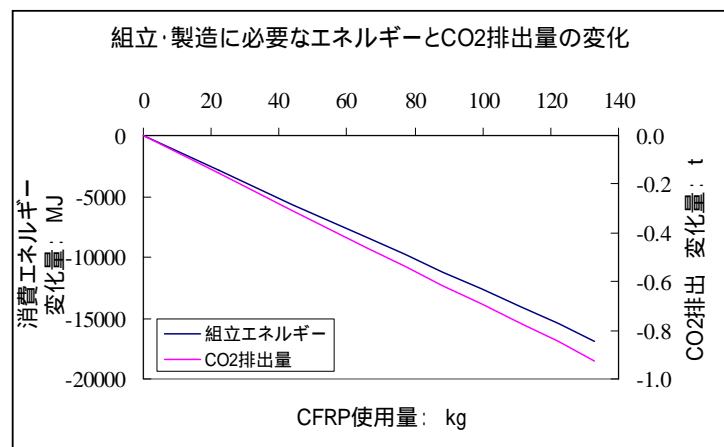
## 普通乗用車の鉄をCFRPで代替したときの 素材製造時の消費エネルギーの変化



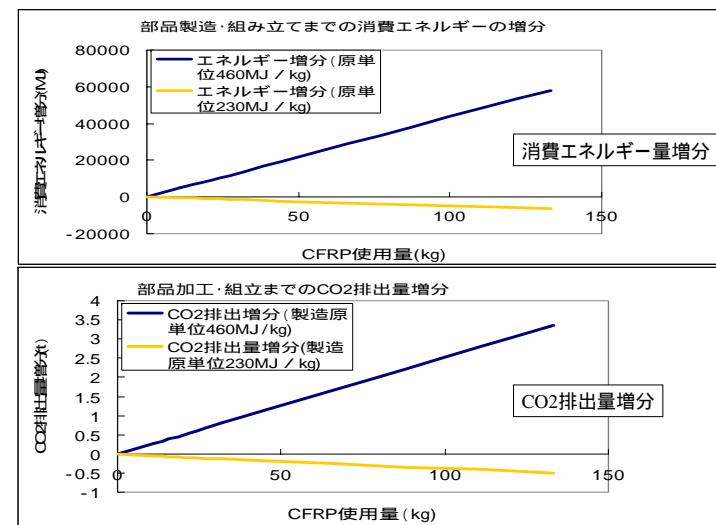
## 普通乗用車の鉄をCFRPで代替したときの 素材製造時のCO<sub>2</sub>排出量の変化



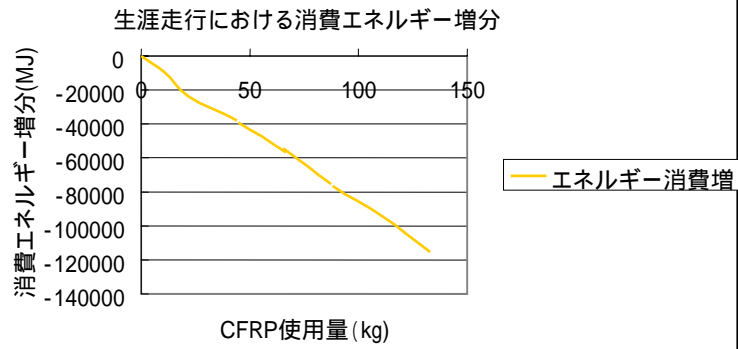
## 組立・車両製造に必要なエネルギー量、 CO<sub>2</sub>排出量の変化分



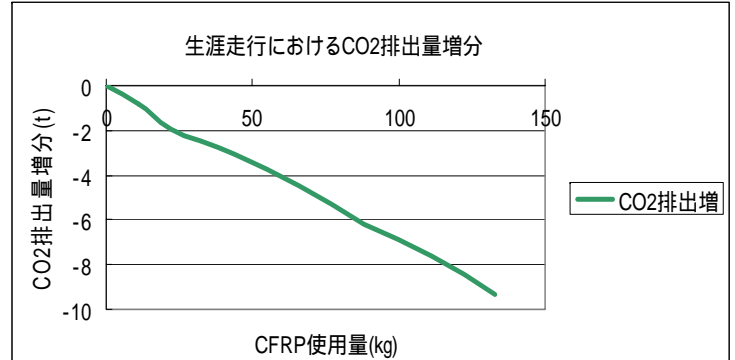
## 素材製造 + 組立の消費エネルギー量とCO<sub>2</sub>排出量の増加分



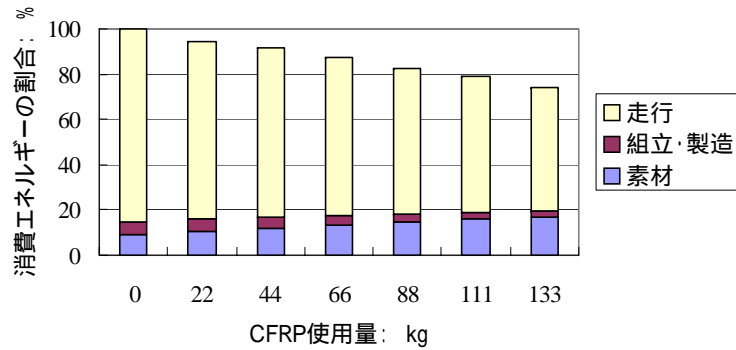
## 燃費向上により生涯走行(10万km)での消費エネルギー量は減少



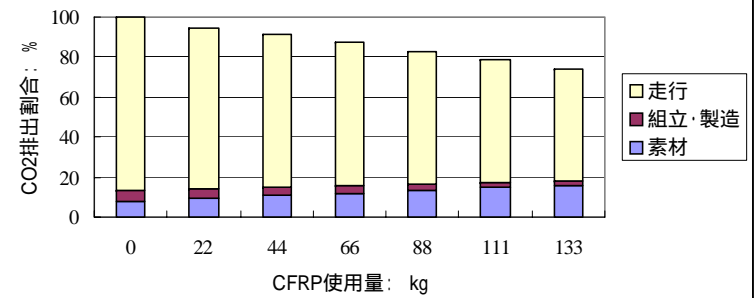
## 燃費向上により生涯走行(10万km)でのCO2排出量も減少

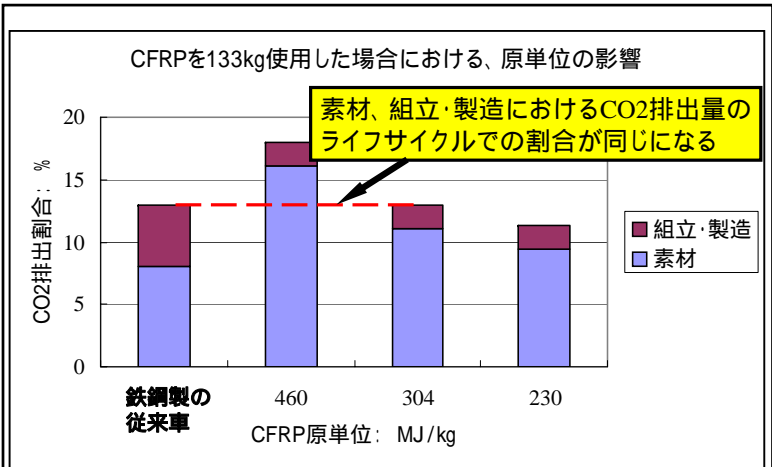
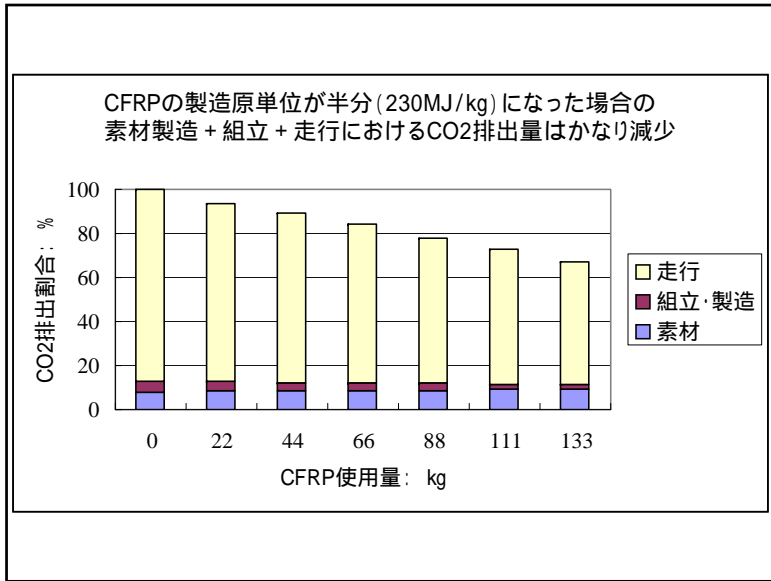
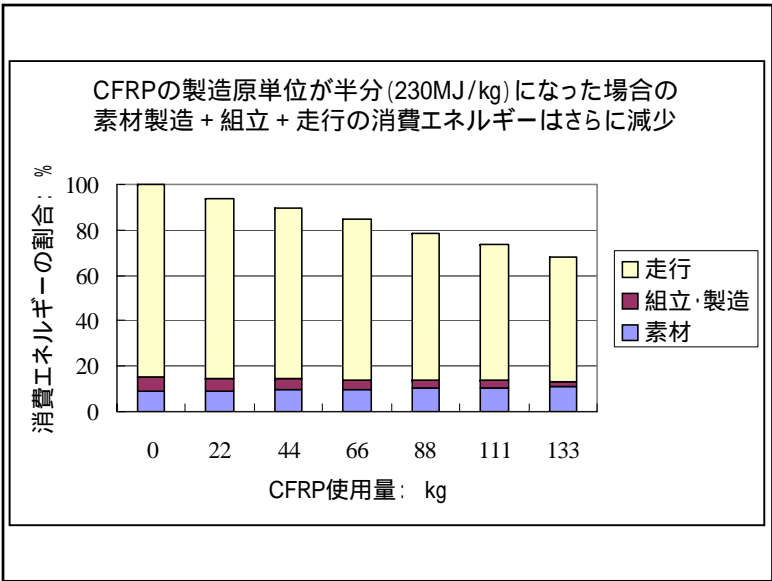


## 現段階のCFRP製造原単位(460MJ/kg)でも 素材製造 + 組立 + 走行の消費エネルギーは減少

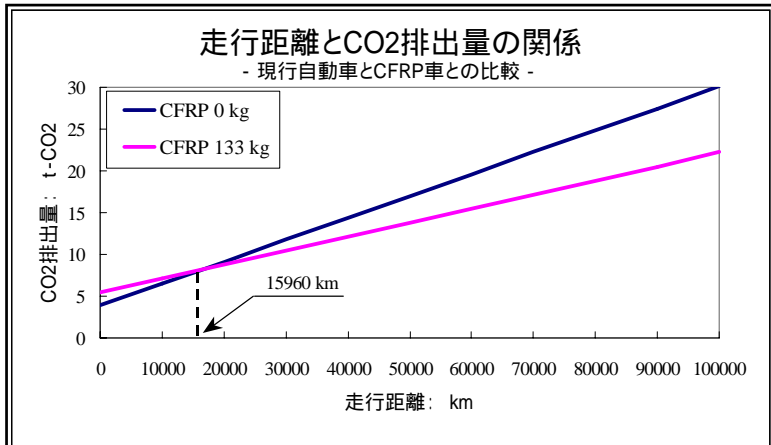


## 現段階のCFRP製造原単位(460MJ/kg)でも 素材製造 + 組立 + 走行におけるCO2排出量は減少





製造時に出るCO2は、CFRPの原単位が  
304MJ/kgになれば、現在と変わらない  
将来的には230MJ/kgになる可能性があるのでCO2は問題なし



乗れば乗るほど、地球にやさしい

## 2. 廃車CFRPのリサイクル

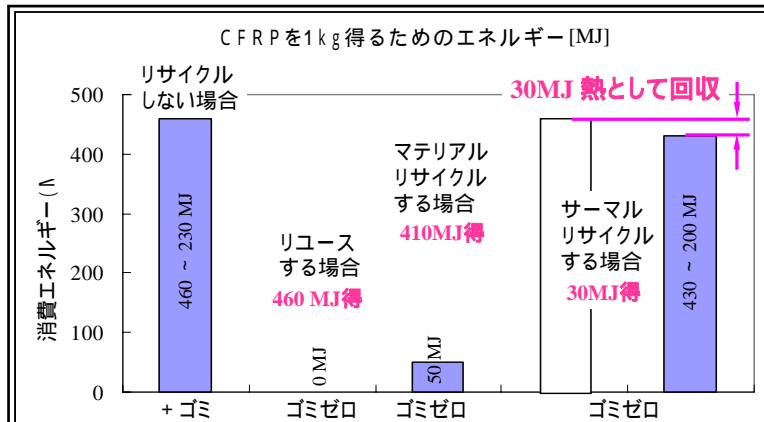
### 廃車CFRPのリサイクル方法

- ・ケミカルリサイクル  
製鉄の還元剤、熱分解して燃料油を取る
- ・リユース  
CFRPは耐用年数が高い(何十年)ので
- ・マテリアルリサイクル  
樹脂再生する
- ・サーマルリサイクル  
焼却して熱を回収する 備蓄燃料化

### 鉄とCFRPのリサイクル原単位

	消費エネルギー(MJ / kg)	発熱量(MJ / kg)	CO <sub>2</sub> (g / kg)	NO <sub>2</sub> (g / kg)	SO <sub>2</sub> (g / kg)
鉄のリサイクル	16.91		1028.8	1.286	1.815
CFRPリユース	0		0	0	0
CFRPマテリアルリサイクル	50		3333.3	222.2	7.7
CFRPサーマルリサイクル		33.484	1172.1	0	0

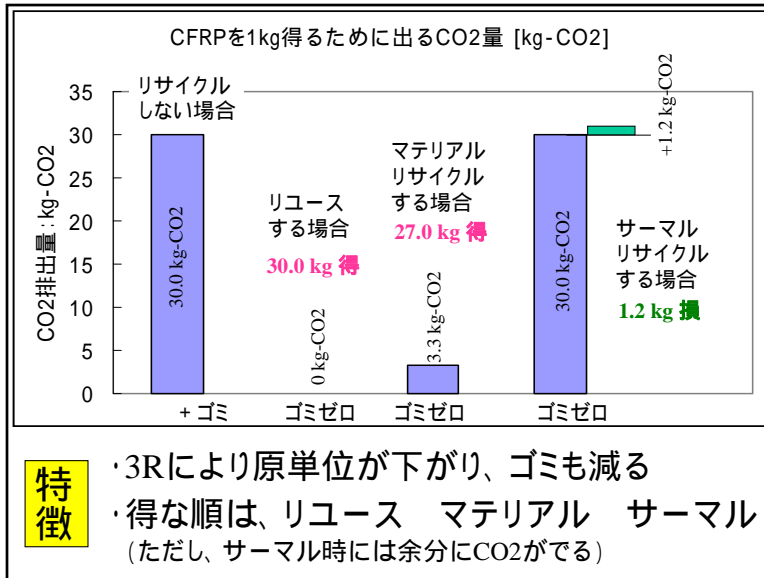
\*リユースの時の消費エネルギーはほぼゼロと見てよい。



**特徴**

- ・3Rにより原単位が下がり、ゴミも減る
- ・得な順は、リユース マテリアル サーマル





- ### L C Aの結果
- CFRP自体の原単位は大きいですが、自動車の鋼をCFRPで代替して燃費を向上させると、走行段階での削減効果が非常に大きいため、ライフサイクルにおいて省エネルギーとCO2削減効果がある。
    - 16,000km走ると製造時の増加分が相殺される。
    - メンテナンス等を適切に行い、車に長く乗ることが地球に優しい。
  - CFRPの製造原単位が大きいので、より小さな環境負荷でCFRPを得るには、廃車のCFRPをリユース、リサイクルすればよい。
    - CFRPは自動車リサイクル法が無くても3Rすべき。
    - 廃車CFRPは備蓄燃料になり得る。

- ### CFRP車の社会受容性
- コストの社会受容性：あり
    - CFが1400円/kg以下になる可能性があり、車体価格の上昇なしに軽量化可能。
    - 燃費向上によりガソリン代が大幅に節約できる。
      - ・ 現在の生涯ガソリン代 (100万円) × 軽量化率 = 節約分
    - CFRPの高耐久性 メンテナンスコストが安い、中古車が高く売れる。
  - 品質・安全性：あり
    - 鉄鋼やアルミニウムより少量でも、剛性の面では問題なし。
    - 衝突時に受ける被害の増大を防ぐため、大型車に導入するなどの工夫をするとよい。
    - 成型に自由度ありユーザーの要望に応えやすい。
  - 省エネルギー・CO2排出量削減効果：あり
    - 地球温暖化を遅らせられる。エネルギー資源を大幅に節約できる。
  - リサイクル：すると原単位が小さくなる
    - リサイクルが低エネルギー、低CO2でできる。
    - 最終処分場を逼迫させない。