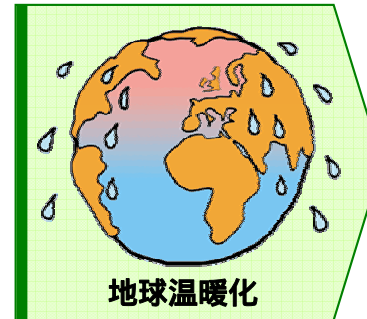


# CFRPによる軽量化乗用車の 社会受容性評価

指導教官 高橋 淳助教授 吉成仁志助教授  
環境海洋工学専攻 安全評価工学研究室  
16289 長岡 悟

## はじめに

環境



エネルギー

可採年数 45年



石油の枯渇

## 環境・エネルギー対策技術

### 新エネルギー

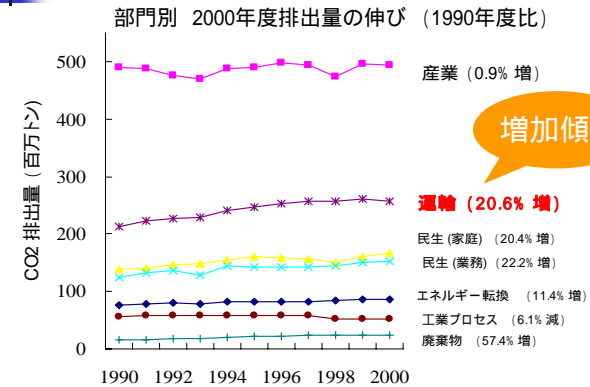
- ・太陽光発電
- ・風力発電
- ・地熱発電
- ・バイオマス

### 省エネ技術

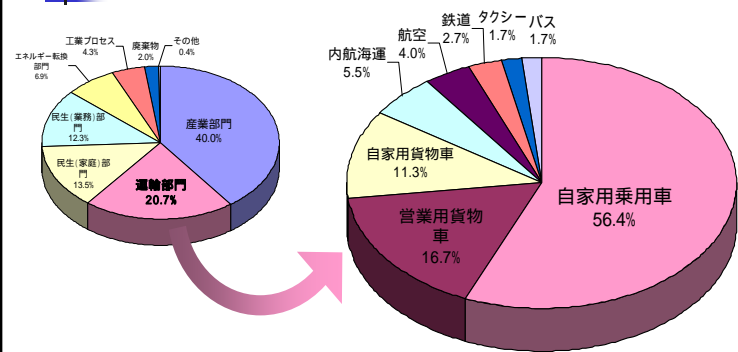
- ・民生部門での対策  
例) 家電のエネルギー効率改善
- ・運輸部門での対策  
例) 自動車の軽量化



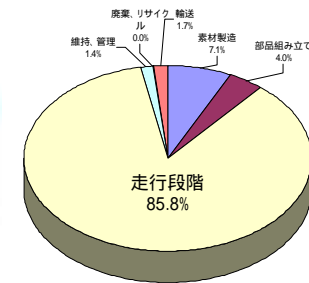
## なぜ運輸部門の対策が必要なのか？



## 自家用乗用車の割合が高い



## 走行段階での対策が必要



ライフサイクルのCO2排出量

出典：日本自動車工業会

燃費向上が有効

## CFRP車提案への流れ



## CFRPの特徴

熱硬化

熱可塑

長所

- 強い
- 軽い

短所

- 高コスト
- リサイクルしにくい
- 加工しにくい
- 成形スピードが遅い

解決

技術開発

- 低コスト
- リサイクルに優れる
- 加工しやすい
- 成形スピードが早い



例：F1



量産車

## 社会受容性

-社会が求めるもの-



## 社会が求めるもの (CFRP車)

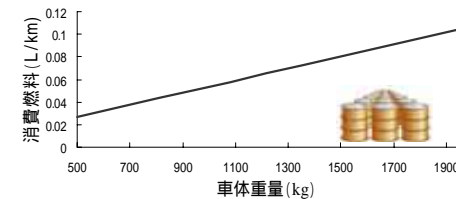
	メリット	検討項目
コスト	燃料費節約	素材コスト
品質	基本性能、快適性、意匠性、耐久性 向上	衝突安全性の低下
環境	化石資源の節約、排出ガス軽減	3R(リデュース、リユース、リサイクル)
生産ポテンシャル	—	量産車に対応できるか

## CFRP車の社会受容性評価

- 1 CFRP車導入のメリット
- 2 問題点とその改善策
- 3 CFRP車の市場参入可能性

## 燃料費の節約 - 軽量化による燃費の向上 -

◆ 10・15モード消費燃料



軽量化率 (%)	0	10	20	30	40
車体重量 (kg)	1350	1215	1080	945	810
消費燃料(L/100km)	7.2	6.5	5.8	5.1	4.3

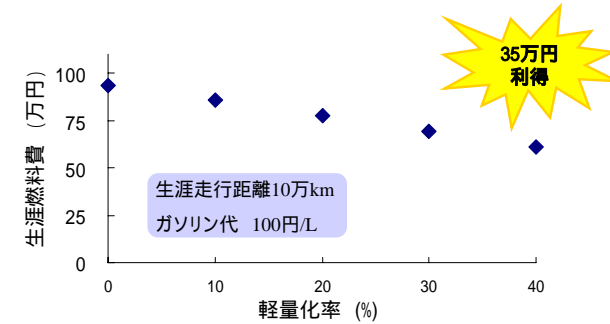
## 実走行燃費

10・15モード燃費と実走行燃費の回帰式

$$\text{実走行燃費} = 2.1165 + 0.6222 * 10.15 \text{ モード燃費}$$

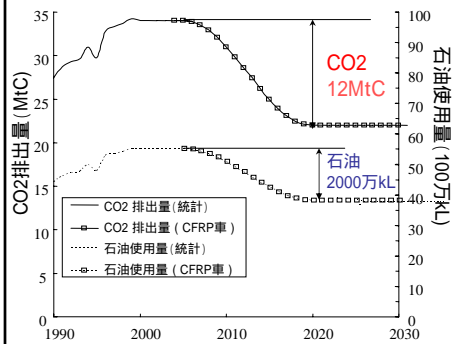
軽量化率 (%)	0	10	20	30	40
車体重量 (kg)	1350	1215	1080	945	810
10・15モード燃費 (L/100km)	7.2	6.5	5.8	5.1	4.3
実走行燃費 (L/100km)	9.3	8.6	7.8	7.0	6.1

## 燃料費の節約



→ 軽量化による一番のメリット

## CO2排出量・石油使用量削減



CO2削減ポテンシャル

12MtC  
(日本の総排出量の4%)

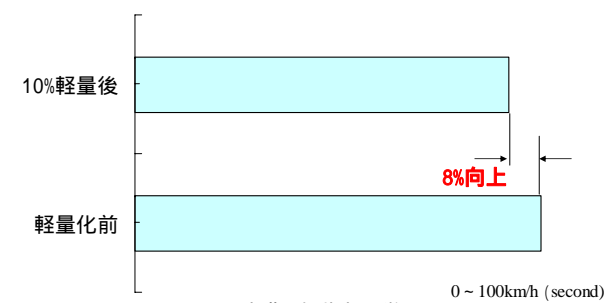
石油削減量ポテンシャル

2000万kL  
(日本の年間使用量の7%)

出典: 関子、修士論文、2002 東大

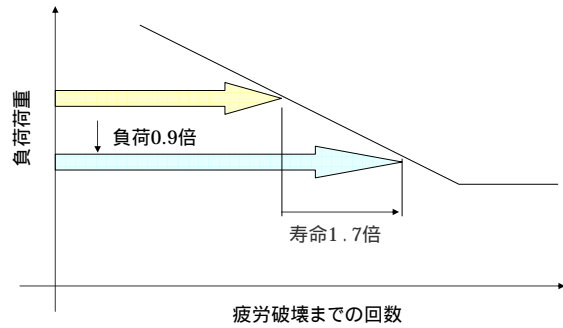
## 運動性能の向上

発射加速性能



出典: 自動車工学

## 耐久性の向上



出典:自動車工学

## その他のメリット

- ◇意匠性、快適性の向上  
個性的で広い車内空間の実現
- ◇一体成形による部品点数の削減  
メンテナンスの簡略化
- ◇構造物への負荷低減  
橋梁や道路などの負荷が低減



## 2. CFRP車の問題点と改善策

- コスト  
鉄鋼部品と同等の価格を目指す
- CFの生産ポテンシャルの有無  
量産車に対応できる生産能力があるのか？
- 衝突安全性の低下  
トレードオフ問題として解決策を提案

## CFRP部品価格の目標値

現在のCF価格 2000-3000円/kg **自動車への大量採用** → 1400円/kg(見込み)

目標値: 1000円/kg


鉄鋼部品100kg = CFRP部品45kg  
450円/kg



CF 1400円/kg + 樹脂 200円/kg + 成形 200円 = CFRP 1000円/kg

目標達成厳しい！

## 自動車リサイクル

ヨーロッパ:リサイクル率95%(サーマル  10%まで)(2015年)



鉄鋼などのカスケードリサイクルでは車以外の用途があるのかわからない

 クローズドリサイクルを考える

## リサイクル材の利用により低コスト化

バージン材とリサイクル材を混ぜる

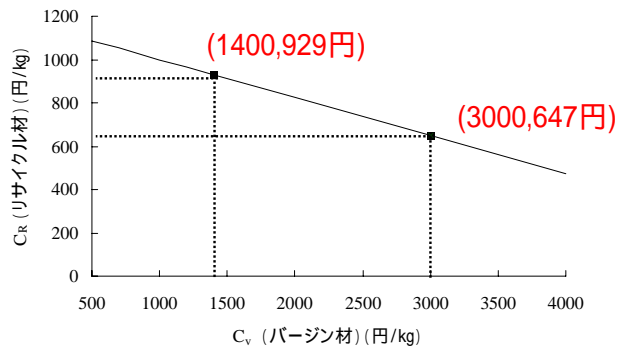
バージン材  $C_V$ 円/kg 15% + リサイクル材  $C_R$ 円/kg 85%


リサイクル材を利用した場合の目標値:

$$45(0.15C_V + 0.85C_R) = 100C_{ST}$$

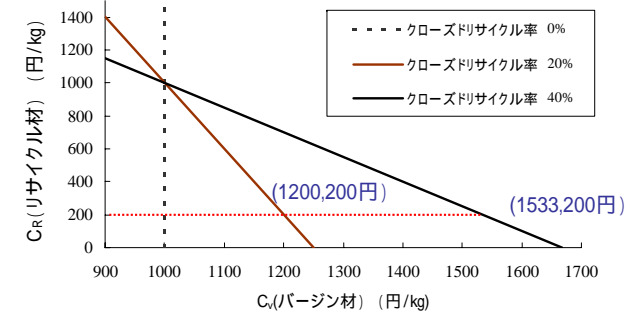



## CFRP部品の目標値(リサイクル材利用)

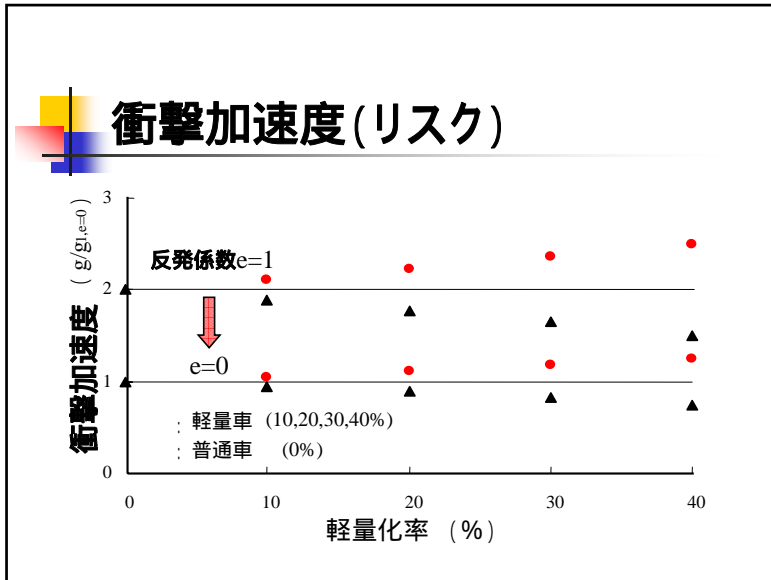
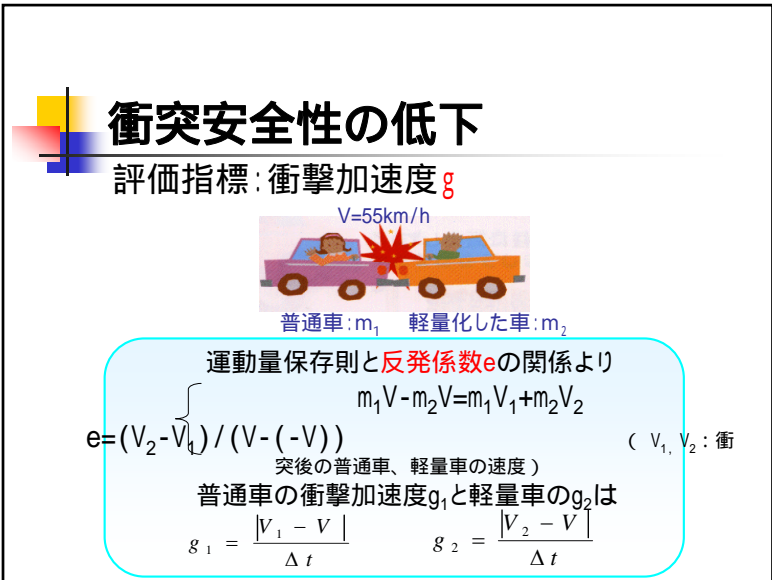
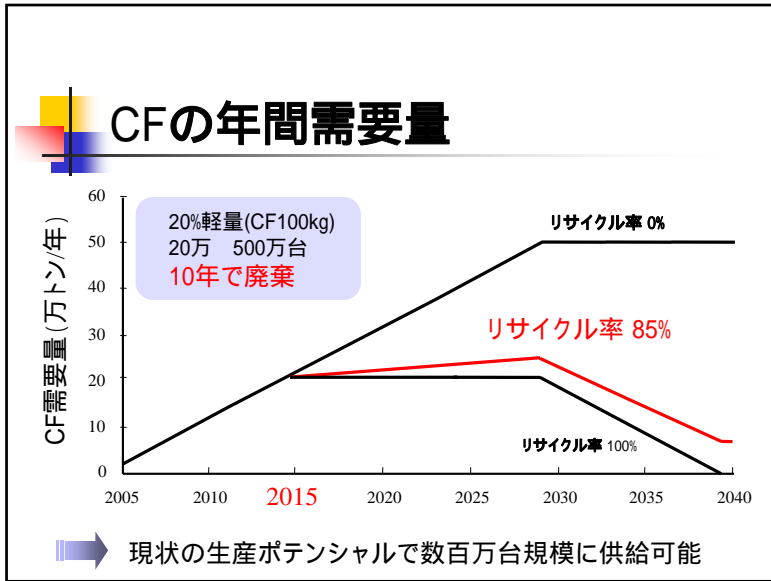
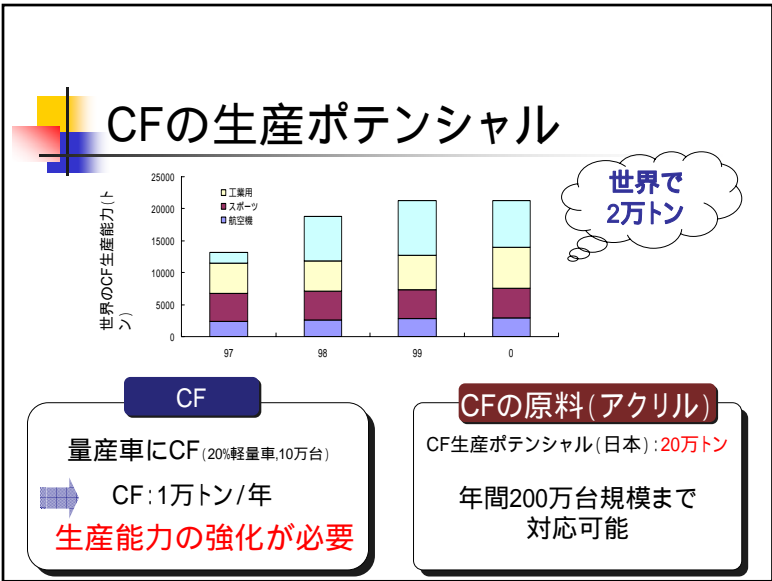


 リサイクル材を利用すれば鉄鋼部品と同等可能

## クローズドリサイクル(20,40%)



 クローズドリサイクルの達成率がカギ



## 衝突安全性低下の解決策

◇ 衝撃吸収特性を生かした技術開発  
(反発係数を限りなく0に近づける)

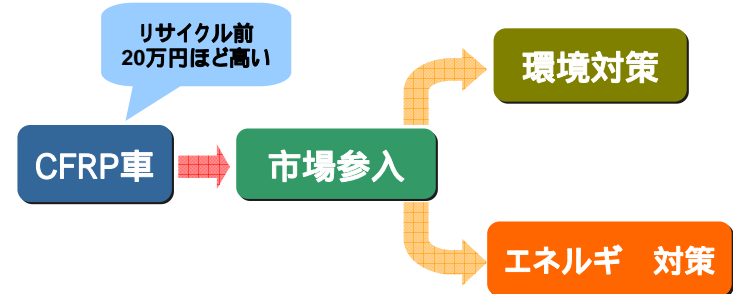


◇ 軽量化した(20%軽量なら270kg)一部分をエアバックやABS等の安全装置を搭載し、安全率を高める



◇ 重量車から軽量化を行い、質量差によるリスクを軽減する

## 3.CFRP車の市場参入可能性



## 検討の流れ

### 車種選好モデル

・排気量・装  
備  
料費用  
・税金・燃



どの要素をどれだけ重視するのか?

### CFRP車

・20万高い  
・燃費がよい

CFRP車の需要量(シェア)を予測

## 車種選好モデルの構築

3つの価格帯に区切り、各排気量帯ごとの車種選好モデルを決定

(A) 80万以上200万未満

(B) 200万以上300万未満

(C) 300万以上400万未満

現行車のシェア: 80-200万 56.0%, 200-300万 27.4%, 300-400万 12.7%

### ロジットシェア関数

価格帯Iにおける排気量クラスkの自動車のシェア

$$S_{k,I} = \exp(f_{k,I}) / \sum_{k=1}^n \exp(f_{k,I})$$

効用項 $f_{k,I}$

$$f_{k,I} = \alpha_I \ln(ED_{k,I}) + \beta_I \ln(OPT_{k,I}) + \gamma_I \ln(COST_{k,I})$$

$ED_{k,I}$ : 排気量,  $OPT_{k,I}$ : 装備,  $COST_{k,I}$ : 年間費用



## 説明変数

消費者が車を買う際に重視すること

### 排気量

排気量が高い 乗り心地が良い。

### 装備の評価値

同一価格で排気量の異なる車が存在 低い排気量の車ほど装備が充実  
各排気量帯の平均価格を求めた。  
各価格帯の中心価格から で求めた値を減算した。

### 年間費用

自動車税 + 自動車重量税 + 燃料費

## 回帰分析の結果

$$f_{k,l} = \alpha_l \ln(ED_{k,l}) + \beta_l \ln(OPT_{k,l}) + \gamma_l \ln(COST_{k,l})$$

$ED_{k,l}$ : 排気量,  $OPT_{k,l}$ : 装備の評価値,  $COST_{k,l}$ : 年間費用

重回帰分析  $\alpha_l, \beta_l, \gamma_l$  を決定

	排気量	装備	年間費用	決定係数
80-200万	8.27	9.85	-3.19	0.87
200-300万	15.90	14.01	-1.45	0.88

## CFRP車(20%軽量)のシェア

$$f_{k,l} = \alpha_l \ln(ED_{k,l}) + \beta_l \ln(OPT_{k,l}) + \gamma_l \ln(COST_{k,l})$$

$ED_{k,l}$ : 排気量,  $OPT_{k,l}$ : 装備の評価値,  $COST_{k,l}$ : 年間費用

### 1. CFRP車の装備値

約20万円

CFRP  
装備値

= 現行車  
装備値

- 購入価格  
上昇分

### 2. CFRP車の年間費用

約1万6千円

約3千円

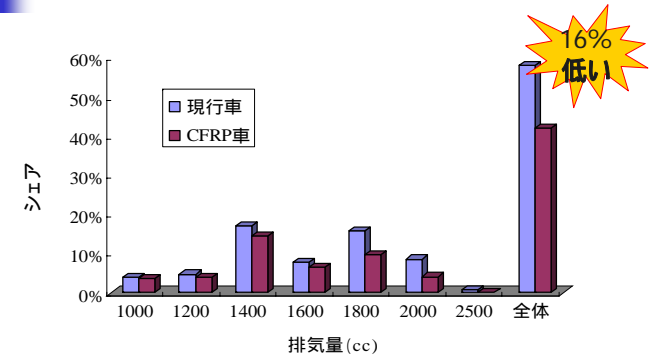
CFRP  
年間費用

= 現行車  
年間費用

- 燃料費用  
の利得

- 重量税  
の利得

## CFRP車のシェア(80 - 200万の価格帯)



現状のCFRP価格では現行車に及ばない

## グリーン税

### 現実的な公的補助

#### Case1 自動車税のグリーン化

自動車税で年間一万円の減税

#### Case2 補助金

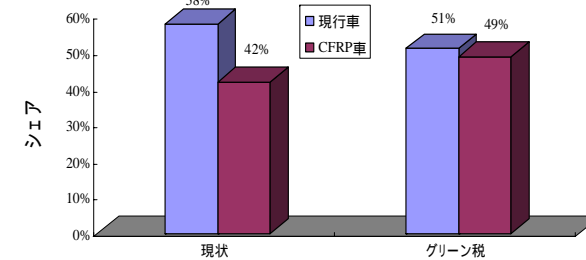
現行車との価格差の半分を補助

#### 自動車税

排気量	自動車税
-1000	29500
1001-1500	34500
1501-2000	39500
2001-2500	45000
2501-3000	51000

## 自動車税のグリーン化 (年間一万円の優遇)

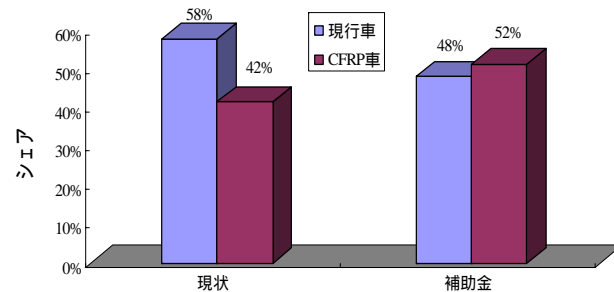
80-200万の価格帯



現行車とほぼ対等な需要量

## 補助金 (現行車との価格差の半分)

80-200万の価格帯



CFRP車の価格が10万円高くても現行車と同等の需用

## 結論

### (1) CFRP車導入のメリット

- 燃料費の利得が大きい
- 運動性能や快適性など様々な性能が向上

### (2) CFRP車導入の問題点

コストも生産ポテンシャルの問題もクローズドリサイクルがカギ

### (3) CFRP車の市場参入可能性

CFRP車の普及には税のグリーン化も有効であることが明らかになったが、税の負担の公平性、走行距離へのマイナスのインパクトもあり、慎重が議論が必要