

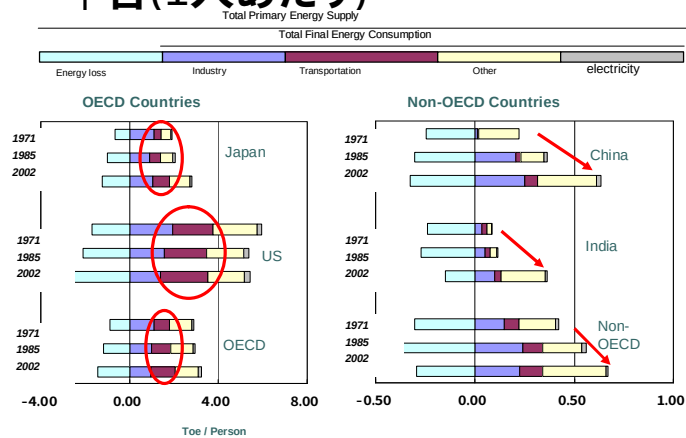
超軽量電気自動車による 運輸部門の省エネルギー 効果

指導教員 高橋 淳 助教授
東京大学工学部システム創成学科
環境・エネルギーシステムコース
50747 菅 康博

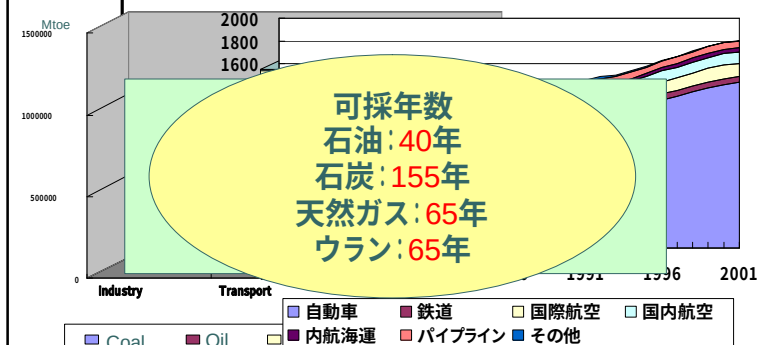
発表構成

- 研究背景
- 超軽量電気自動車の提案
- 超軽量電気自動車の省エネルギー効果
- 経済性評価(乗用車)
- 結論

各国エネルギー消費部門別割合(1人あたり)



運輸部門エネルギー消費



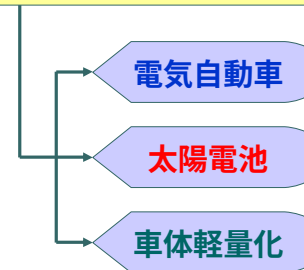
- 運輸部門の石油依存率は特に高い
- 運輸部門エネルギー消費における自動車の割合は87%

● ● ● 発表構成

- 研究背景
- **超軽量電気自動車の提案**
- 超軽量電気自動車の省エネルギー効果
- 経済性評価(乗用車)
- 結論

● ● ● 自動車の省エネルギー技術

太陽電池搭載超軽量電気自動車



● ● ● 自動車の省エネルギー技術①

○ 動力源形式の変更

→ **ガソリン以外の燃料を使用**

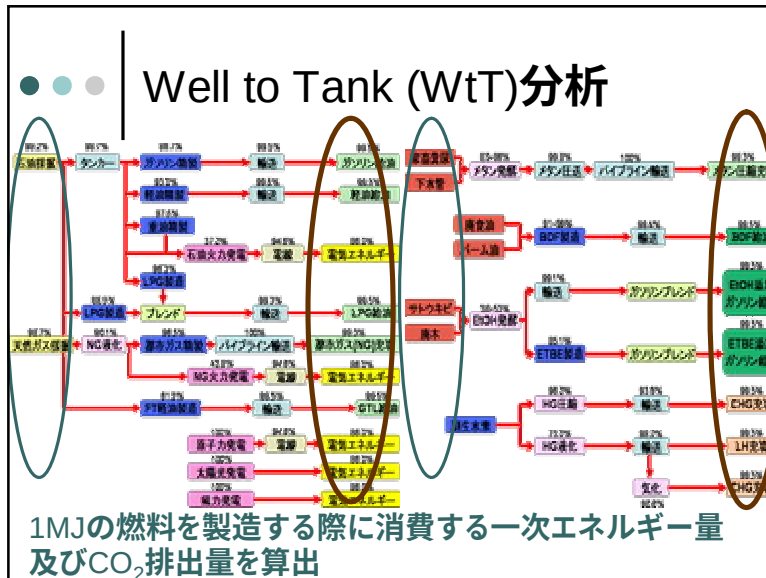
- 電気自動車
- ハイブリッド電気自動車
- 燃料電池自動車
- 天然ガス(LNG)自動車
- 液化石油ガス(LPG)自動車
- バイオ燃料自動車

● ● ● なぜ電気自動車か？ 電気自動車の省エネルギー性

○ WtW (Well to Wheel)分析

燃料の採掘から走行による消費までの流れの中でのエネルギー消費量及びCO₂排出量を評価するもの。

燃料の採掘から変換・貯蔵までの流れ(WtT: Well to Tank)と貯蔵から走行時までの流れ(TtW: Tank to Wheel)に分けて考える。



Well to Wheel (WtW) 分析

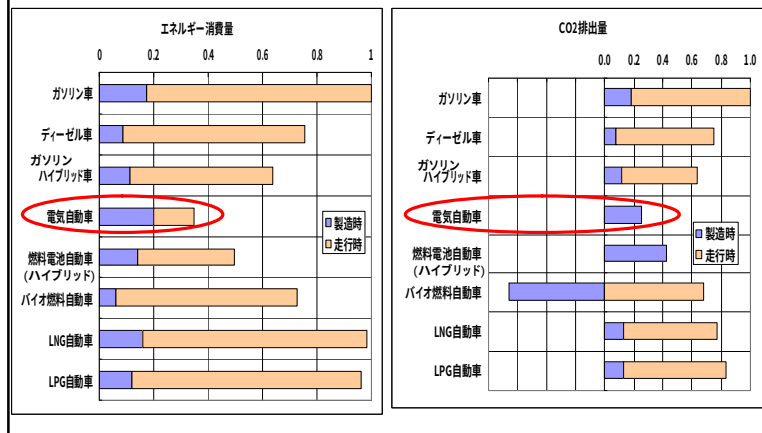
○ Tank to Wheel (TtW) 分析

種々の車両の車両効率のこと。1km走行する際に必要なエネルギー量(燃料ベース)及びCO₂排出量を算出する。ただし、今回の計算では、車体重量はすべて同じとする。

○ Well to Wheel (WtW) 分析

WtT分析とTtW分析を掛け合わせ、1km走行する際に消費する一次エネルギー量及びCO₂排出量を算出する。

WtW分析比較(ガソリン車=1)



電気自動車の利点

○ 低環境負荷

○ 多様なエネルギー源

- ・(石油)火力発電
- ・(石炭)火力発電
- ・(天然ガス)火力発電
- ・原子力発電
- ・太陽光発電
- ・風力発電 ...等

→石油供給危機にも対応可能

自動車の省エネルギー技術② 電気エネルギー源分析

項目	合計 (MJ/MJ)	CO ₂ 排出量 (g-CO ₂ /MJ)
日本MIX発電	2.35	122.0
火力発電	3.36	216.8
原子力発電	1.23	0
太陽光発電	1.16	0
風力発電	1.16	0
ガソリン	1.21	16.1

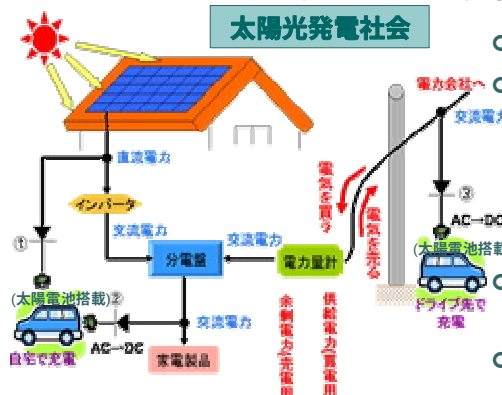
○ 現在の家庭電源はエネルギー消費もCO₂排出量も膨大

→原子力発電、太陽光発電、風力発電による電気の利用が望ましい

→用途が電気自動車の場合、太陽光発電の利用が有効

自動車の省エネルギー技術② 太陽光発電

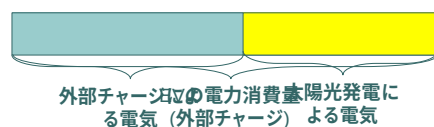
○ パネルさえあれば発電可能→多様な供給法



- 誰でも利用可能
- 走りながらも発電可能
→送電ロスがない
- 家庭でも発電可能
- 充電設備の建設も容易

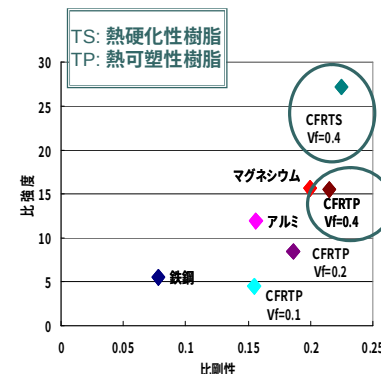
太陽光発電効果

- 太陽電池パネルで、1年間に発電可能な電気エネルギーはパネル面積当たり約900MJ/m²である。(変換効率20%とする)
- 太陽電池パネルを搭載した場合、単位距離を走行する際に、搭載前のEVが消費する電気エネルギーの一部を太陽光発電による電気によって負担し、残りを外部チャージ(家庭用電源)で負担すると考える。



環境負荷低減
航続距離増加

自動車の省エネルギー技術③ 車体の軽量化

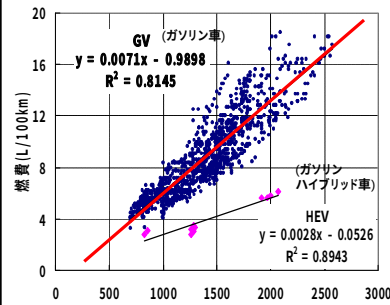


- 比強度・比剛性に優れたCFRP(炭素繊維強化プラスチック)を車体に適用
↓
○ 鉄鋼と同じ強度・剛性の自動車を小さい重量で作ることができる。

電気自動車の軽量化効果

車体の軽量化

→燃費がよくなる

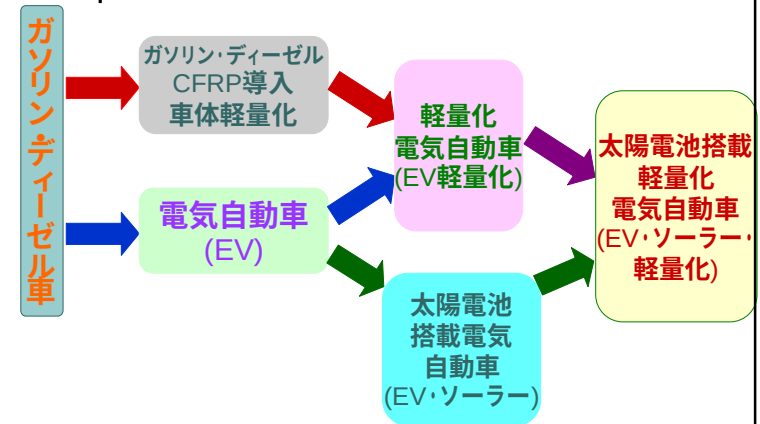


→単位距離を走行するのに必要なエネルギー消費量が減少する

航続距離アップ

同じ容量の電池を搭載した場合、軽量化前より一回の充電で走行できる距離が増加する

省エネルギー自動車の導入

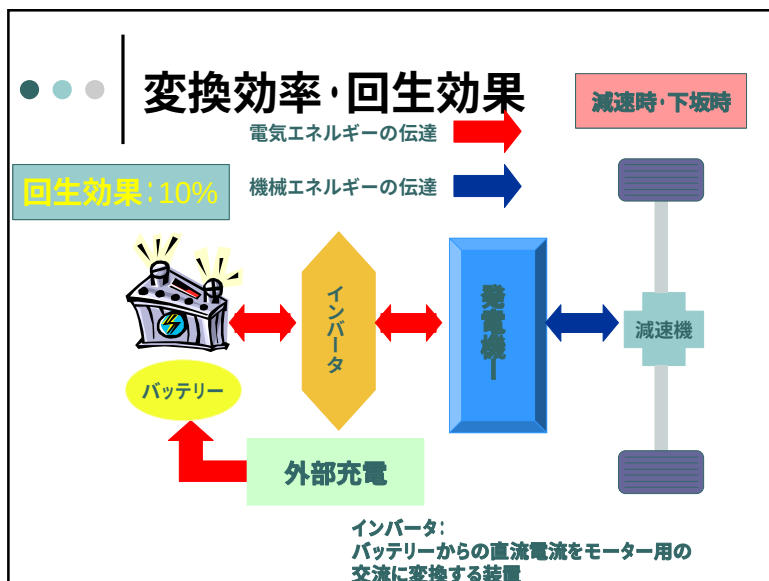


発表構成

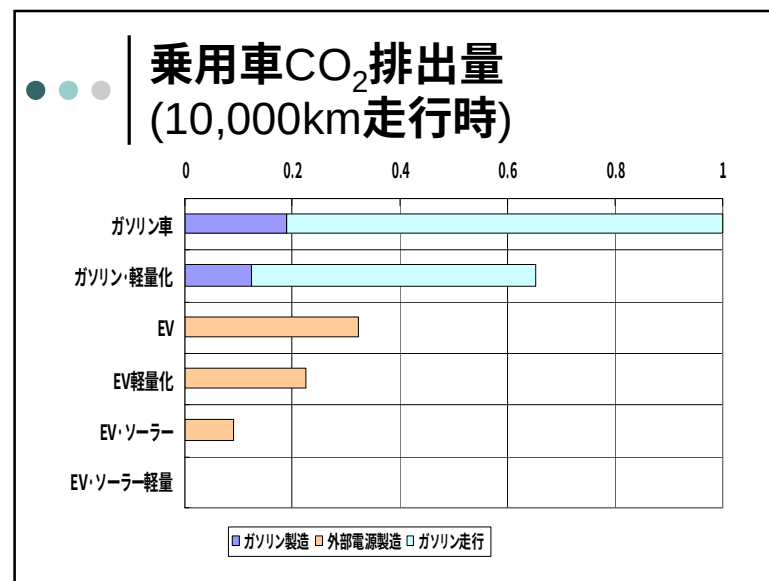
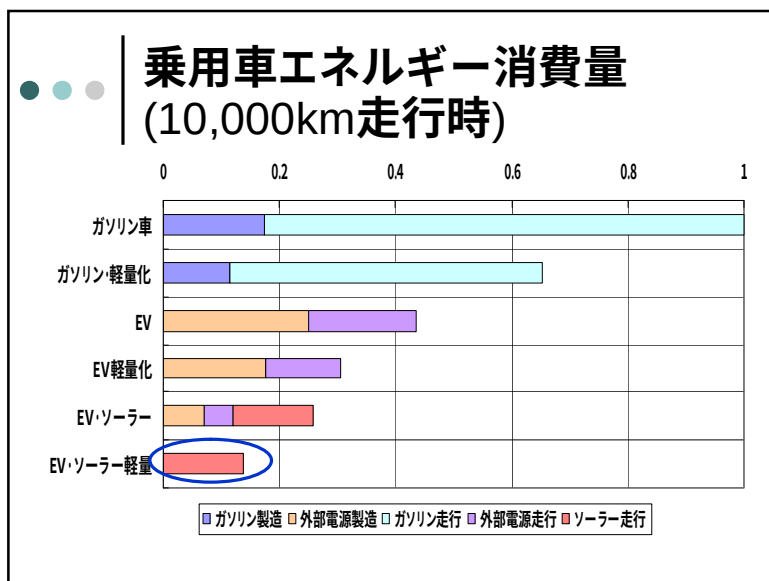
- 研究背景
- 超軽量電気自動車の提案
- 超軽量電気自動車の省エネルギー効果**
- 経済性評価(乗用車)
- 結論

省エネルギーシステムのWtW分析

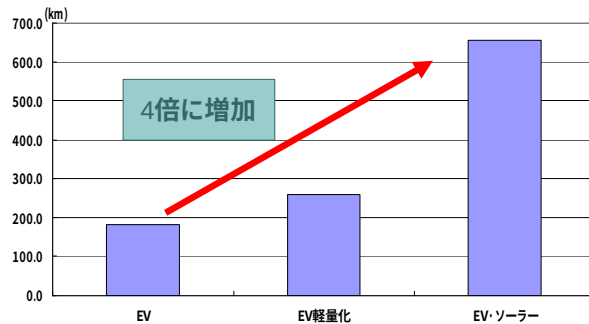
- 6種類のシステムを乗用車・バス・トラックに導入した時の省エネルギー・環境負荷低減効果を、WtW分析で比較する。
- 現行車の燃費・エネルギー変換効率をもとに、**単位距離を走行するのに必要な運動エネルギー量**を計算する。
- 軽量化自動車については、**運動エネルギー量が車両総重量に比例**するとして考える。
- 電気自動車については、電気エネルギーから運動エネルギーへの変換効率や回生効果を考慮して、**必要な電気エネルギー量**を計算する。



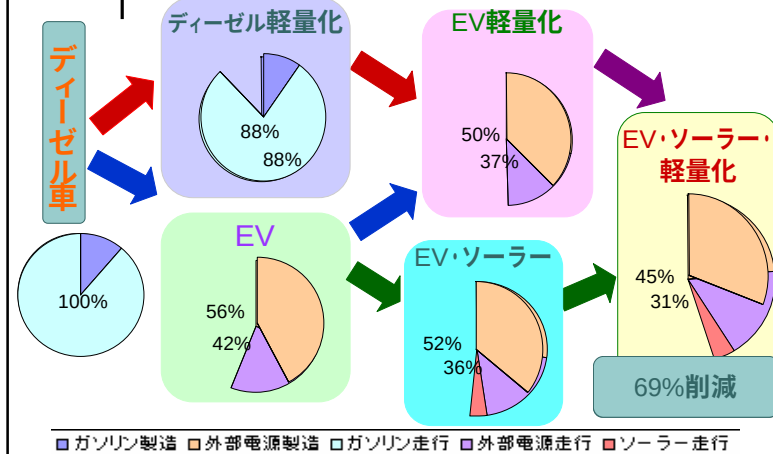
</



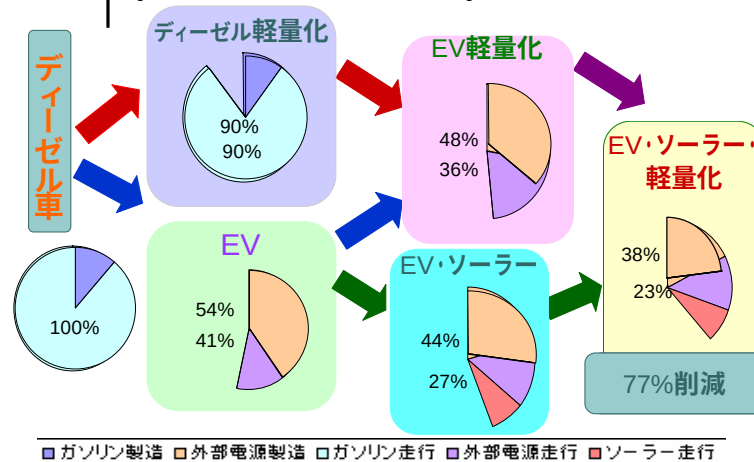
乗用車一充電走行距離比較



バスCO₂排出量消費量 (年間39,000km走行)



トラックCO₂排出量消費量 (年間30,000km走行)



まとめ

- 乗用車に車体軽量化・EVを適用すると、**太陽光発電による電気のみ**で年間10,000km走行可能である。
- バス・トラックにおいては、車体軽量化・EV・太陽電池を利用することによって、消費エネルギーを**55%~65%**、CO₂排出量を**70%~80%**削減できる。
- 年間走行距離が長いほど消費エネルギーも大きく、太陽光発電の寄与度も小さくなる。したがって、太陽光発電は年間走行距離が短いほど有利にはたらく。

● ● ● 発表構成

- 研究背景
- 超軽量電気自動車の提案
- 超軽量電気自動車の省エネルギー効果
- **経済性評価(乗用車)**
- 結論

● ● ● 乗用車の経済性評価

- 燃料料金の削減によって、イニシャルコストの高さを補うことができる。
→ **イニシャルコストがどの程度だと燃料料金の削減で補うことができるのか調べる。**
- 年間10,000km走行し、10年間使用すると考える
- ガソリン代140(円/L)、電気料金昼間25(円/kWh)、夜間11(円/kWh)とする。

● ● ● 乗用車燃料料金比較(10年間)

	年間燃料消費エネルギー(MJ)			料金(10年)	
	ガソリン	外部電源	ソーラー	昼間	夜間
ガソリン	39,740	—	—	1,609,160	
ガソリン軽量化	25,910	—	—	1,048,000	
EV	—	8,900	—	618,000	272,000
EV軽量化	—	6,230	—	433,000	190,000
EVソーラー	—	2,470	6,623	172,000	75,000
EVソーラー軽量化	—	0	6,623	0	0

CFRP
電池
太陽電池

● ● ● 値段の目安

- 乗用車に導入された場合、採算がとれるためにはCFRP
→ **1,400(円/kg)以下**
- EV用電池
→ **現状(20万円/kWh)の7分の1**
- 太陽電池パネル
→ **現状の家庭用太陽電池パネル程度**

結論

- 自動車の軽量化、EV化、太陽電池の適用効果は、年間走行距離の短い乗用車に最も高く表れた。バス・トラックにおいても現在のディーゼル車と比較すると、7割近い省エネルギー・環境負荷低減効果を示した。
- しかし、導入されるにはコストという高い壁が存在し、経済的に採算がとれるようになるには、特にEV用電池の大幅なコスト低減が必要である。

END

乗用車計算結果 (年間10,000km走行)

	重量(kg)					燃料消費エネルギー(MJ)			航続距離(km)
	総重量	車両	構造部	電池	パネル	ガソリン	外部電源	ソーラー	
ガソリン車	1,430	1,320	1,000	—	—	39,740	—	—	—
ガソリン・軽量化	932	822	502	—	—	25,910	—	—	—
EV	1,660	1,550	1,000	450	—	—	8,900	—	182.0
EV軽量化	1,162	1,052	502	450	—	—	6,230	—	260.0
EV・ソーラー	1,696	1,586	1,000	450	36	—	2,470	6,623	655.9
EV・ソーラー軽量	1,235	1,125	502	487	36	—	0	6,623	—

バス計算結果

	重量(kg)					燃料消費エネルギー(MJ)			航続距離(km)
	総重量	車両	構造部	電池	パネル	軽油	外部電源	ソーラー	
軽油車	7,031	6,371	1,459	—	—	418,345	—	—	—
軽油・軽量化	6,171	5,511	599	—	—	367,175	—	—	—
EV・Li-ION電池	7,372	6,712	1,459	860	—	—	112,792	—	107.0
EV軽量化①	6,512	5,852	599	860	—	—	99,634	—	121.2
EV軽量化②	6,402	5,742	599	750	—	—	97,951	—	107.5
EV・ソーラー	7,474	6,814	1,459	860	102	—	95,637	18,716	126.2
EV・ソーラー・軽量①	6,614	5,954	599	860	102	—	82,479	18,716	146.4
EV・ソーラー・軽量②	6,504	5,844	599	750	102	—	80,796	18,716	130.3



トラック計算結果

	重量(kg)					燃料消費エネルギー(MJ)			航続距離 (km)
	総重量	車両	構造部	電池	パネル	軽油	外部電源	ソーラー	
軽油車	6,055	4,000	2,250	—	—	191,000	—	—	—
軽油・軽量化	5,432	3,377	1,627	—	—	171,380	—	—	—
EV・Li-ION電池	6,082	4,027	2,250	380	—	—	49,343	—	83.2
EV軽量化①	5,459	3,404	1,627	380	—	—	44,288	—	92.7
EV軽量化②	5,419	3,364	1,627	340	—	—	43,964	—	83.5
EV・ソーラー	6,175	4,120	2,250	380	93	—	32,989	17,108	124.4
EV・ソーラー・軽量化①	5,552	3,497	1,627	380	93	—	27,934	17,108	146.9
EV・ソーラー・軽量化②	5,512	3,457	1,627	340	93	—	27,610	17,108	133.0



バス・トラック導入時のコスト (参考)

	CFRP	EV用電池 (コスト削減率)	太陽電池パネル
中型バス	≤3,096円/kg	43%	現状家庭用太陽電池程度
中型トラック	≤857円/kg	40%	現状家庭用太陽電池程度

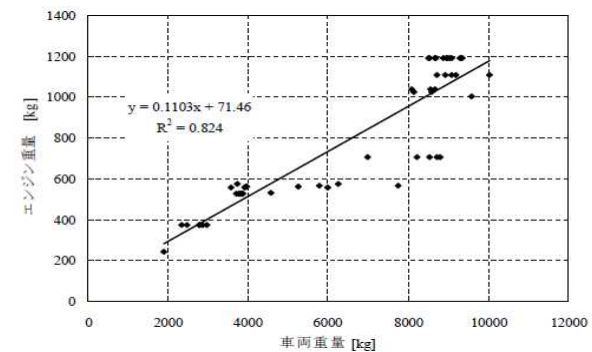


太陽光発電による電気エネルギー(参考)

- 太陽エネルギー=1,367[W/m²](宇宙空間)
- 成層圏で減少→1,000[W/m²](真夏・真昼)
- 年間平均日射量12.6[MJ/daym²]=145[W/m²]
(春夏秋冬、朝昼晩、天気を考慮した平均)
- 太陽電池パネルの発電量は日射量に比例するので、1年間に利用できる太陽エネルギーは
12.6[MJ/daym²]×365[day]=4,599[MJ/m²]
- 太陽光→電気エネルギー変換効率20%とすると、
年間に利用できる電気エネルギーは
4,599×0.2=919.8[MJ/m²]

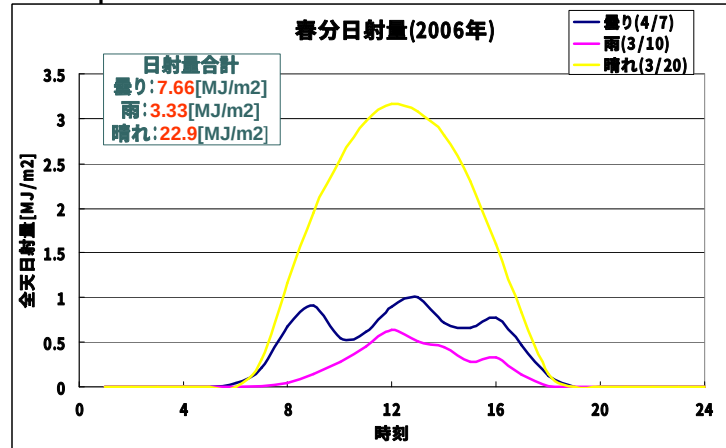


トラックの車両重量とエンジン重量の関係





一日の日射量変化 (東京)



日本の電力構成

