

# SKYACTIV 開発と今後の展望

2015年10月24日 マツダ株式会社

人見 光夫

## Before SKYACTIV(酷評)

- ハイブリッドも電気自動車もない環境技術に後れを取ったマツダ
- 内燃機関を重視する 持たざる者の遠吠え

## After SKYACTIV(賞賛)

- なぜハイブリッドや電気自動車でなく内燃機関なのか？
- なぜ過給ダウンサイジングをしないのか？
- なぜ今頃ディーゼルをやろうとしたのか？
- なぜ他社も大勢のエンジニアがやっているのにマツダができたのか？

## **SKYACTIV 開発までの経緯**

### **技術革新**

#### **内燃機関の究極へのステップ**

SKYACTIV ガソリン

SKYACTIV ディーゼル

Next Step

### **排気量に対する考察**

### **燃費に対する考察**

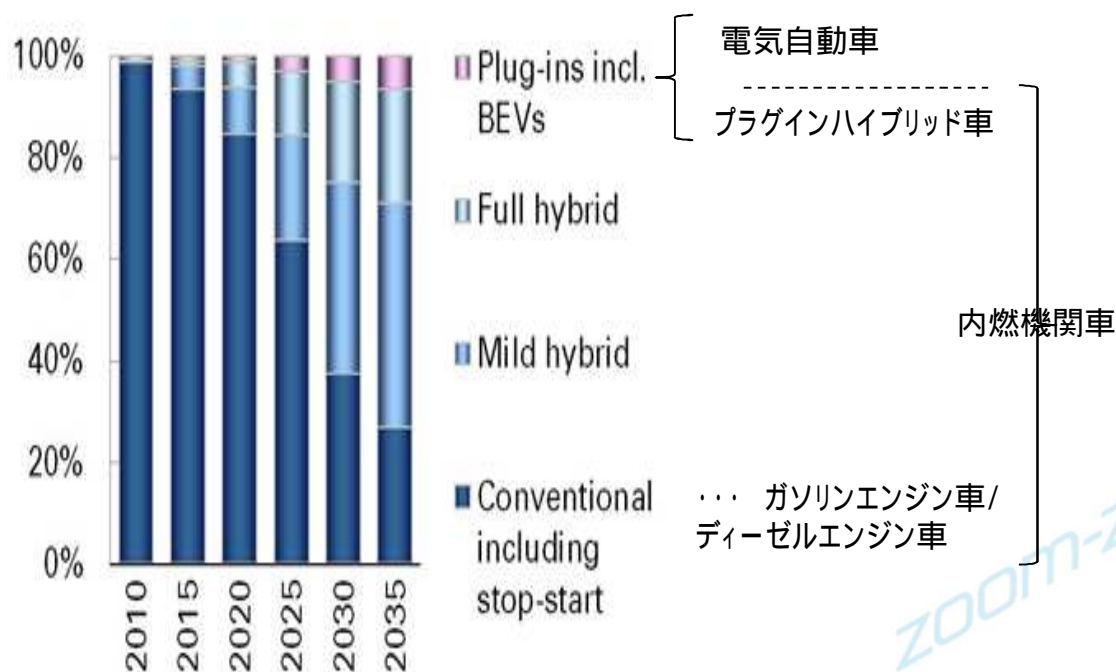
### **電気自動車に対する考察**

# SKYACTIV開発までの経緯

## なぜハイブリッドや電気自動車でなく内燃機関なのか？

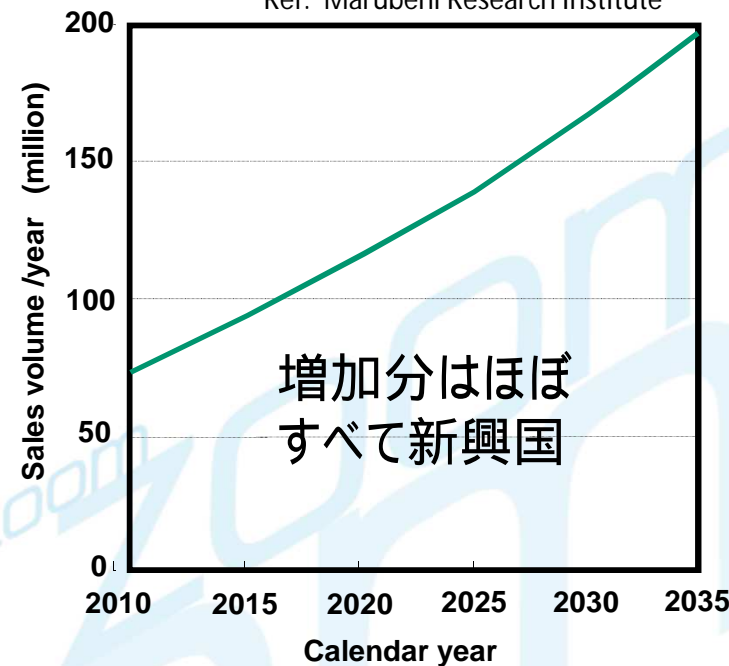
### 外部の動力源ミックスの将来予測(2035年)： BP Energy Outlook 2035 (2014年版)

Vehicle sales by type



自動車年間販売台数予測

Ref. Marubeni Research Institute



今後増加する車のパワーソースの殆どが内燃機関  
内燃機関の改善無くして環境への貢献などあり得ない

# SKYACTIV開発までの経緯

## なぜハイブリッドや電気自動車でなく内燃機関なのか？

### 2008年の発電エネルギー



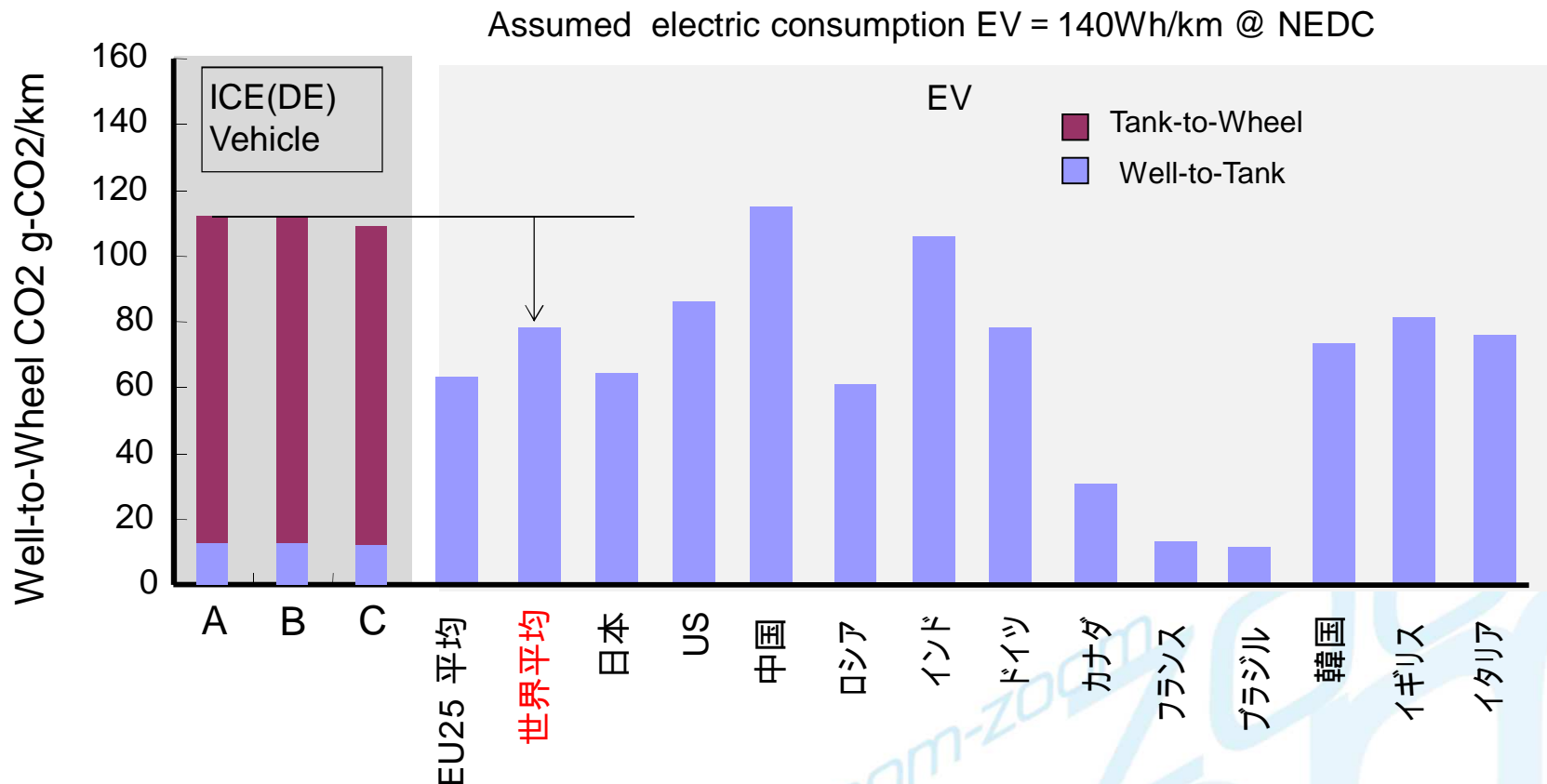
発電のためのエネルギーは大半の国でCO2を発生する火力が主力

# SKYACTIV開発までの経緯

## なぜハイブリッドや電気自動車でなく内燃機関なのか？

### EVのCO<sub>2</sub>低減効果はどの程度か？

EV W-T CO<sub>2</sub>: 電力中央研究所(2010)の発電ライフサイクルCO<sub>2</sub>から各国電力構成比率を元に算出



内燃機関で電気自動車並みにする余地は十分ある

給電に30分待てるか？前に1 - 2台待っていたら

給電スタンドを経営するか？ 30分で数百円

ガソリンタンクが7-10Lで満タンの車を買うか？

真夏、真冬に渋滞したら冷暖房を切る？

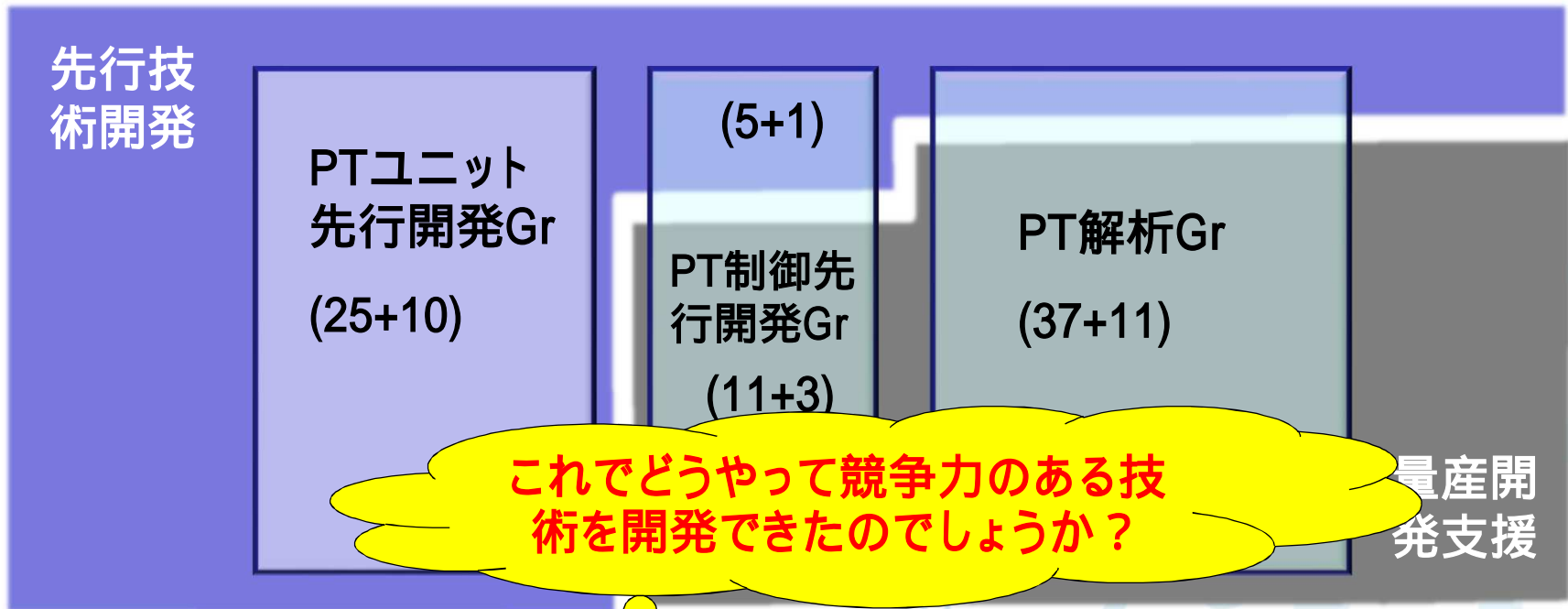
近距離通勤者としての選択肢とか、遠出はしない、などで電気自動車が好きな人に提供するのはいいいが環境改善の決め手という風潮には？

環境改善に大幅に貢献するというなら増えたときどうなるかを見ないと見誤るのでは？

# SKYACTIV開発までの経緯

バブル崩壊後 1990年半ば～2003年頃 (Fordによる救済～早期退職)

マツダパワートレインの先行技術開発部隊；30名程度



大手メーカーはガソリン、ディーゼルで1000人以上 (HEVは除く)



# SKYACTIV開発までの経緯

## 各社さまざまな技術開発

(HEV, リーンバーン、過給ダウンサイジング、気筒休止、各種可変動弁技術、…)

マツダはすべてに対応することはできない

# SKYACTIV開発までの経緯

## 制約の解除 = 選択と集中

商品や技術の選択（やるが多すぎるからどれかやめる）というよりも先に仕事の対象となる課題を集約できないかを考える

### 主要共通課題の選択と集中



# SKYACTIV開発までの経緯

CO2規制などが迫っているが、生き残りが先決 将来を考える人がいない

## 実現したかったこと

技術開発 = 人が少なくても的を射た画期的な技術の開発

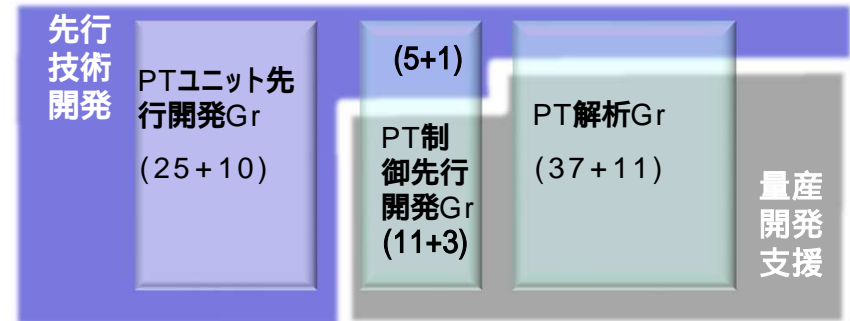
商品開発 = 効率化して人を先行開発に回す



# SKYACTIV開発までの経緯

## 主要共通課題の選択と集中

Bowlingの一番ピン



## 新技術開発

他社がやっていることのどれかを選ぶ？

新技術開発； 究極の姿とそこに至るroadmapを描く

本日はここだけ説明

## 商品開発

品質改善、コスト低減、性能改善、ジョイントプログラム、・・・ 従来の作ってテストしては改善というやり方で続けるか？

プロセス；CAEを駆使した開発（実機による試行錯誤に頼らない開発）

## 進むべき方向を定め焦点を絞った技術開発

例えば燃費改善技術はエンジニアの数だけあるのか？

リーンバーン

Heavy EGR

ミラーサイクル、  
アトキンソン

過給ダウンサイ  
ジング

気筒休止

リフト可変動  
弁系

可変圧縮比

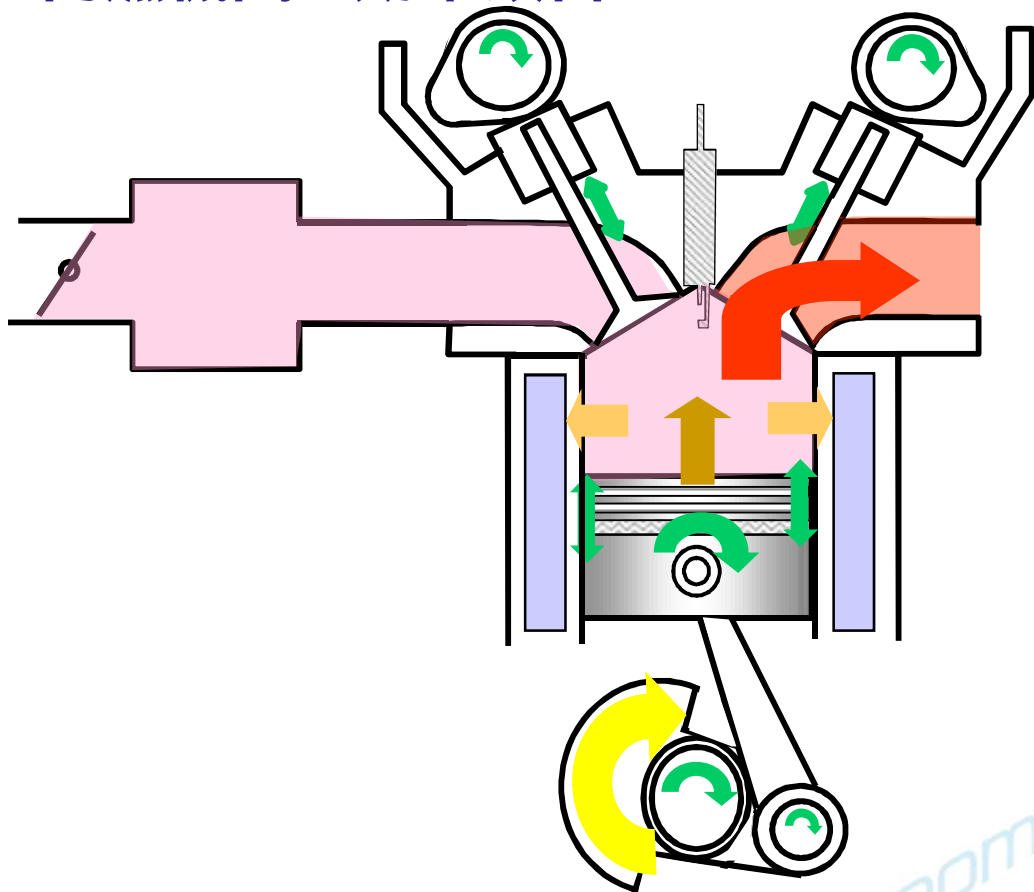
.....

同じことを異なる手段でやっているだけでは？

先行開発エンジニアとしての虚しさ解消にも...

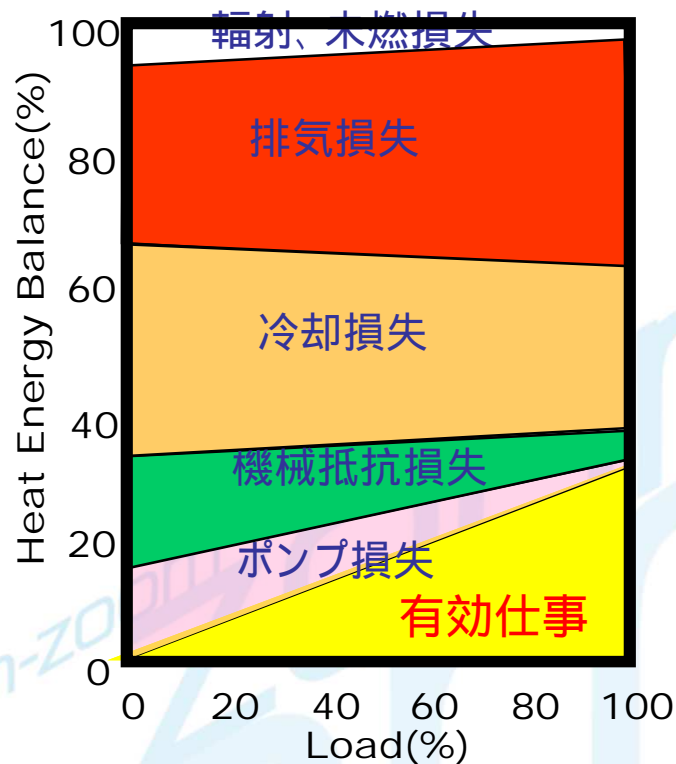
# SKYACTIV開発までの経緯

## 内燃機関の効率改善



## 内燃機関の各種損失

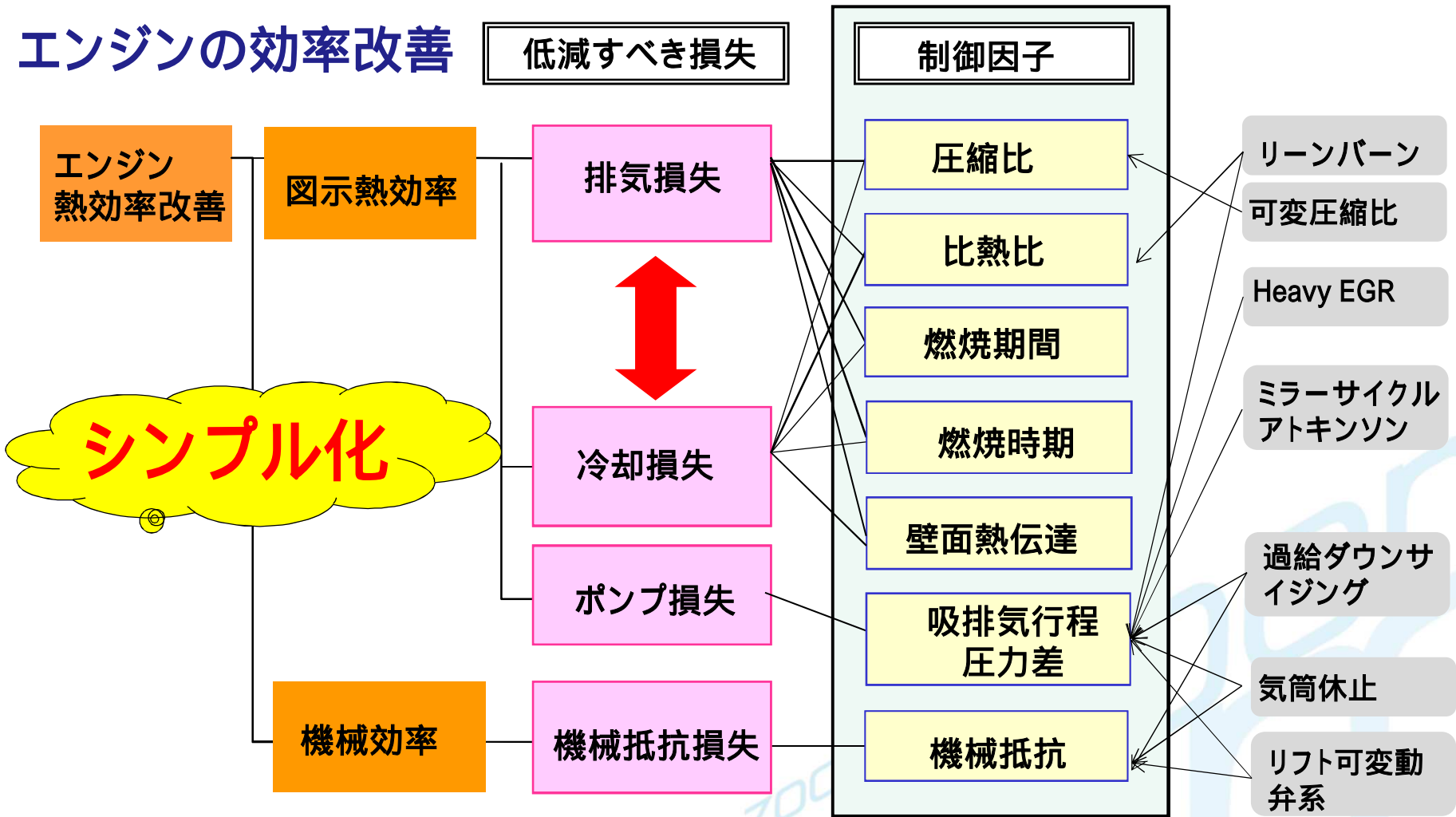
Heat Energy Balance vs Load



内燃機関の効率改善 = 排気損失、冷却損失、ポンプ損失、機械抵抗損失低減

# SKYACTIV開発までの経緯

## エンジンの効率改善

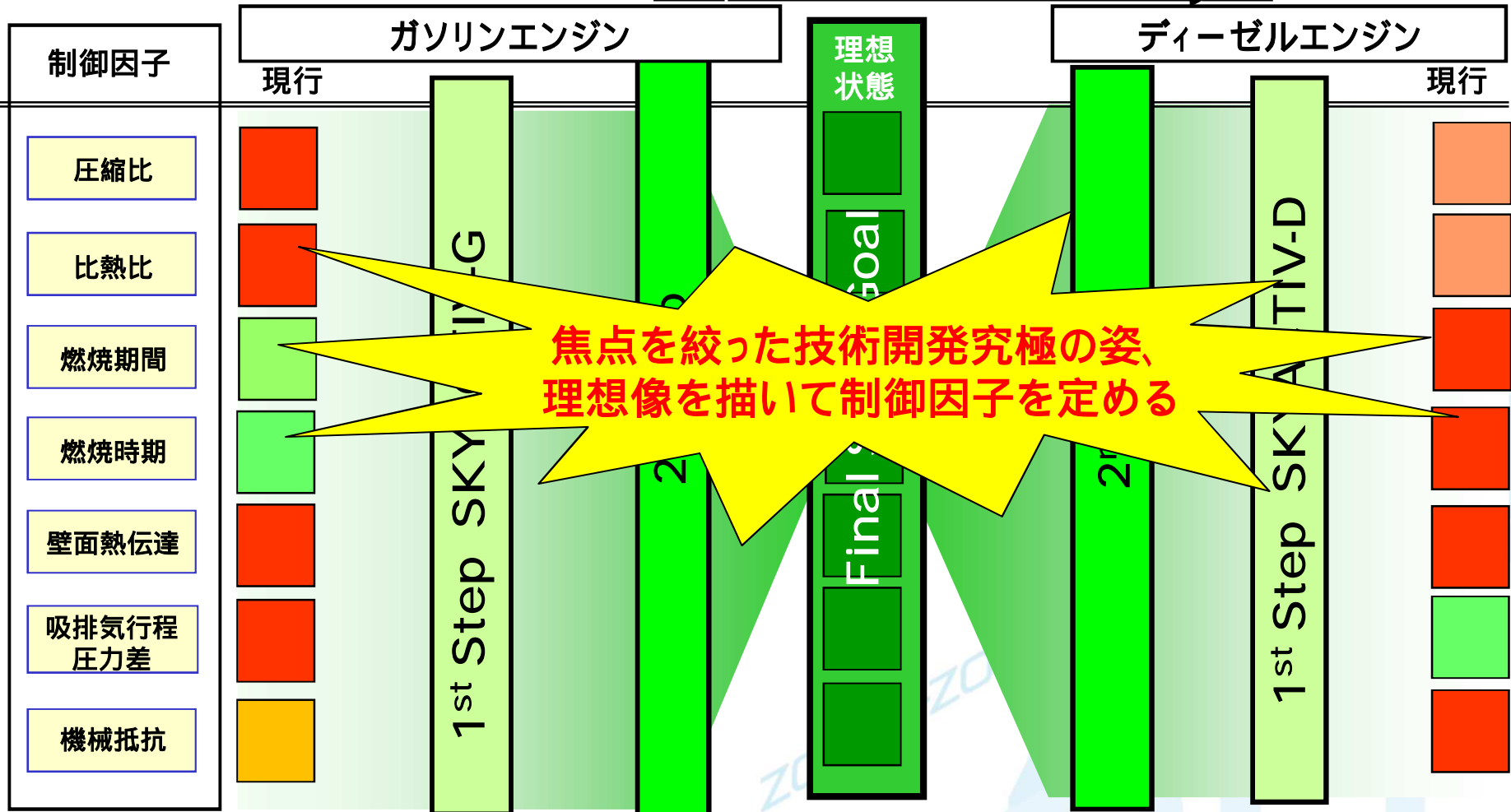


効率改善 = 制御可能な因子を理想に近づけていく取り組み

# SKYACTIV開発までの経緯

## 内燃機関進化Vision

■ 遠い 理想からの距離 ■ 近い



焦点を絞った技術開発究極の姿、  
 理想像を描いて制御因子を定める

他社も気にならない

人員が少なくても迷い無し



SKYACTIV *開発までの経緯*

*技術革新*

*内燃機関の究極へのステップ*

SKYACTIV *ガソリン*

SKYACTIV *ディーゼル*

Next Step

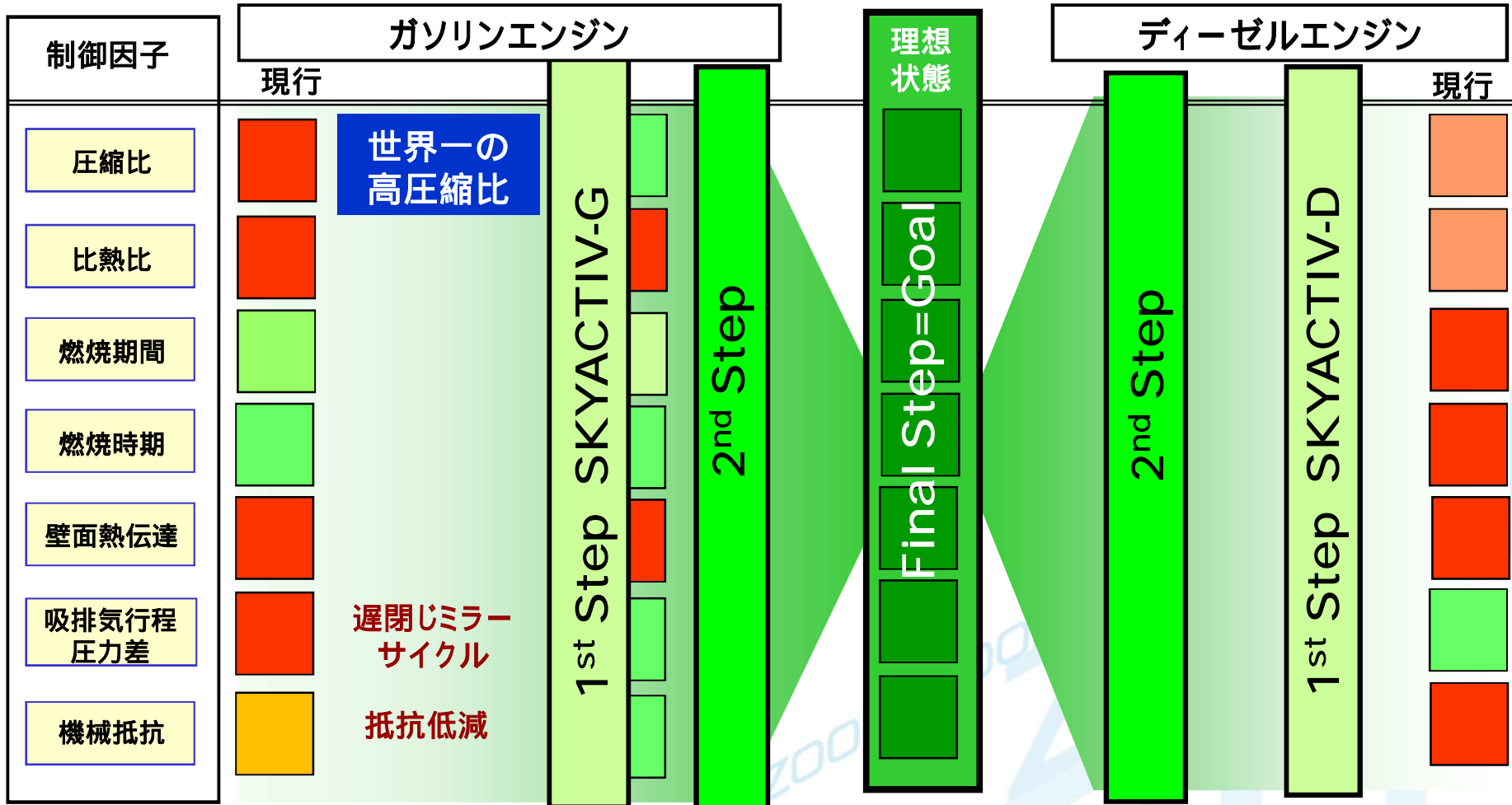
*排気量に対する考察*

*燃費に対する考察*

*電気自動車に対する考察*

## 内燃機関進化Vision

■ 遠い 理想からの距離 ■ 近い



世界一の高圧縮比

## なぜ高圧縮比化は進んでいないのか

ノッキング（異常燃焼）が出やすい

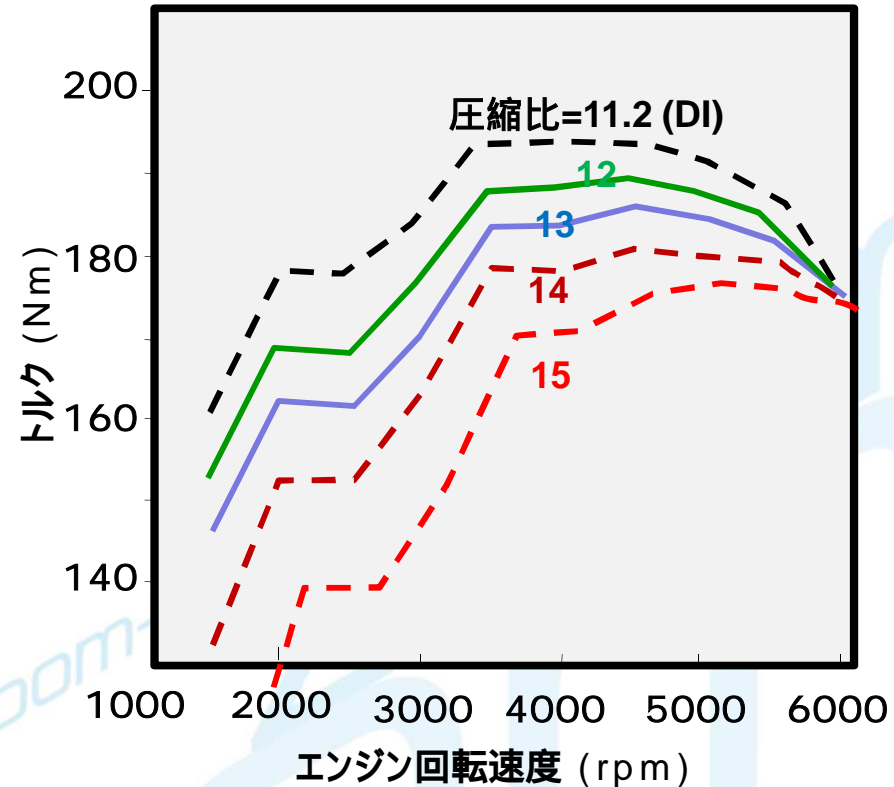


高速域で出るとこうなる

ノッキングを避けるために点火時期を  
ピストンがかなり下がるまで遅らせる

### 常識

高圧縮比ほど大きく点火時期を遅  
らせないといけない 圧縮比14,15だと  
回復不能のトルク低下は不可避



誰も圧縮比14、15の世界を見てみようもしない

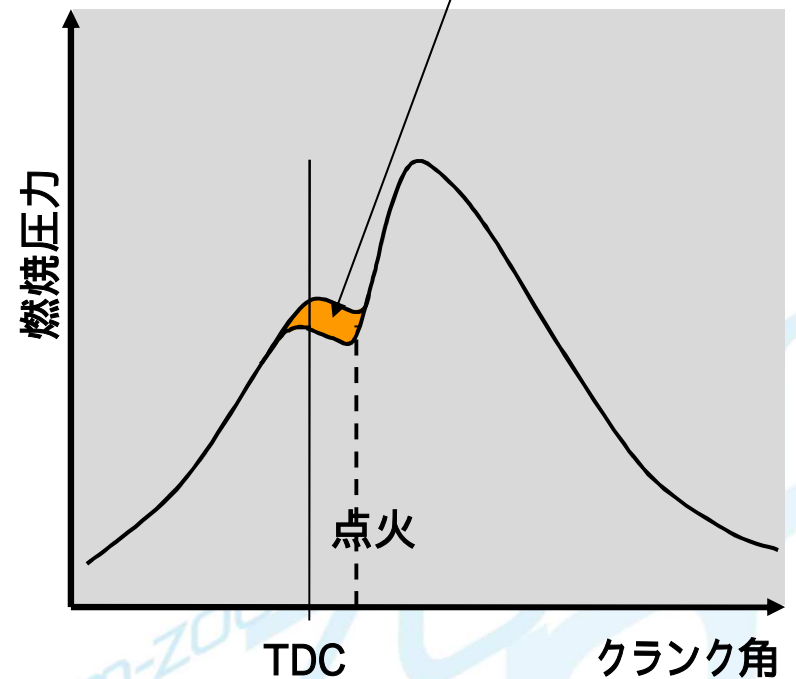
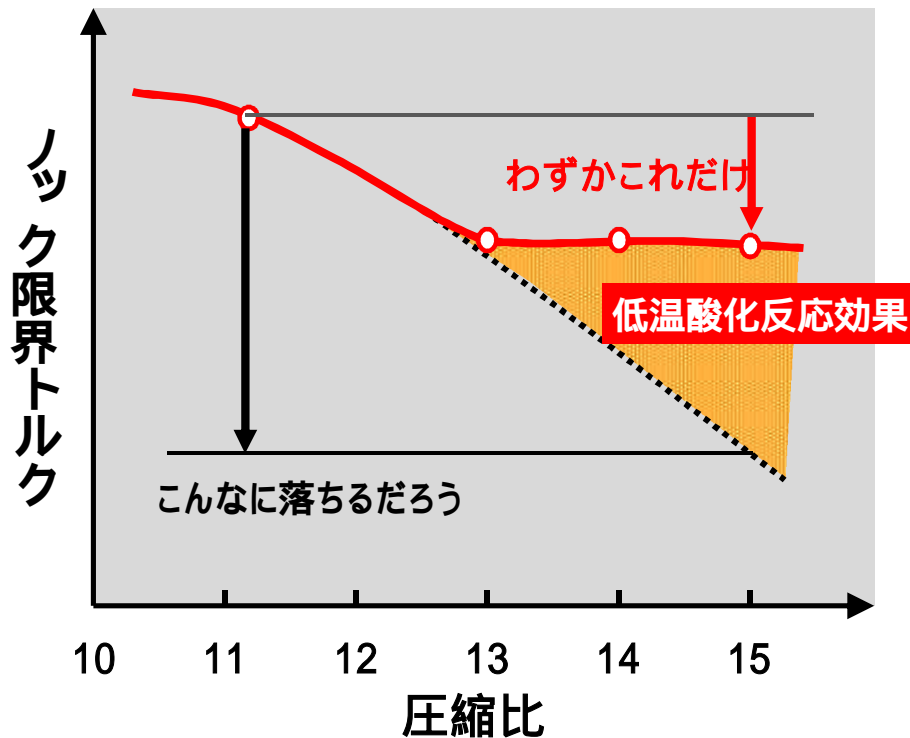
## 思い切って高圧縮比化すると？

探る時は大きく振ってみる！！

1500rpm WOT A/F=13.0

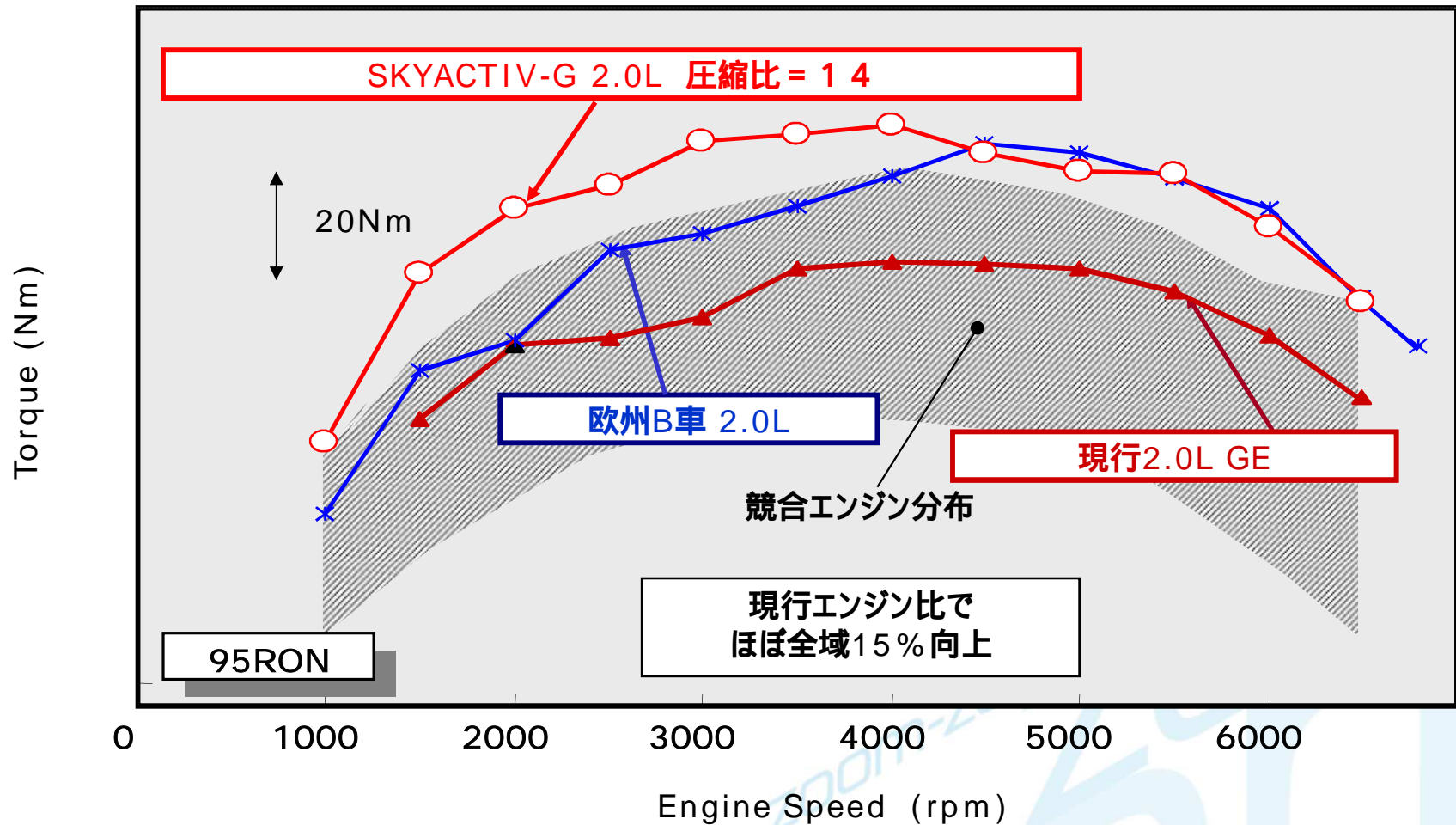
Ig.T=Knock Limit

何故か？ 低温酸化反応



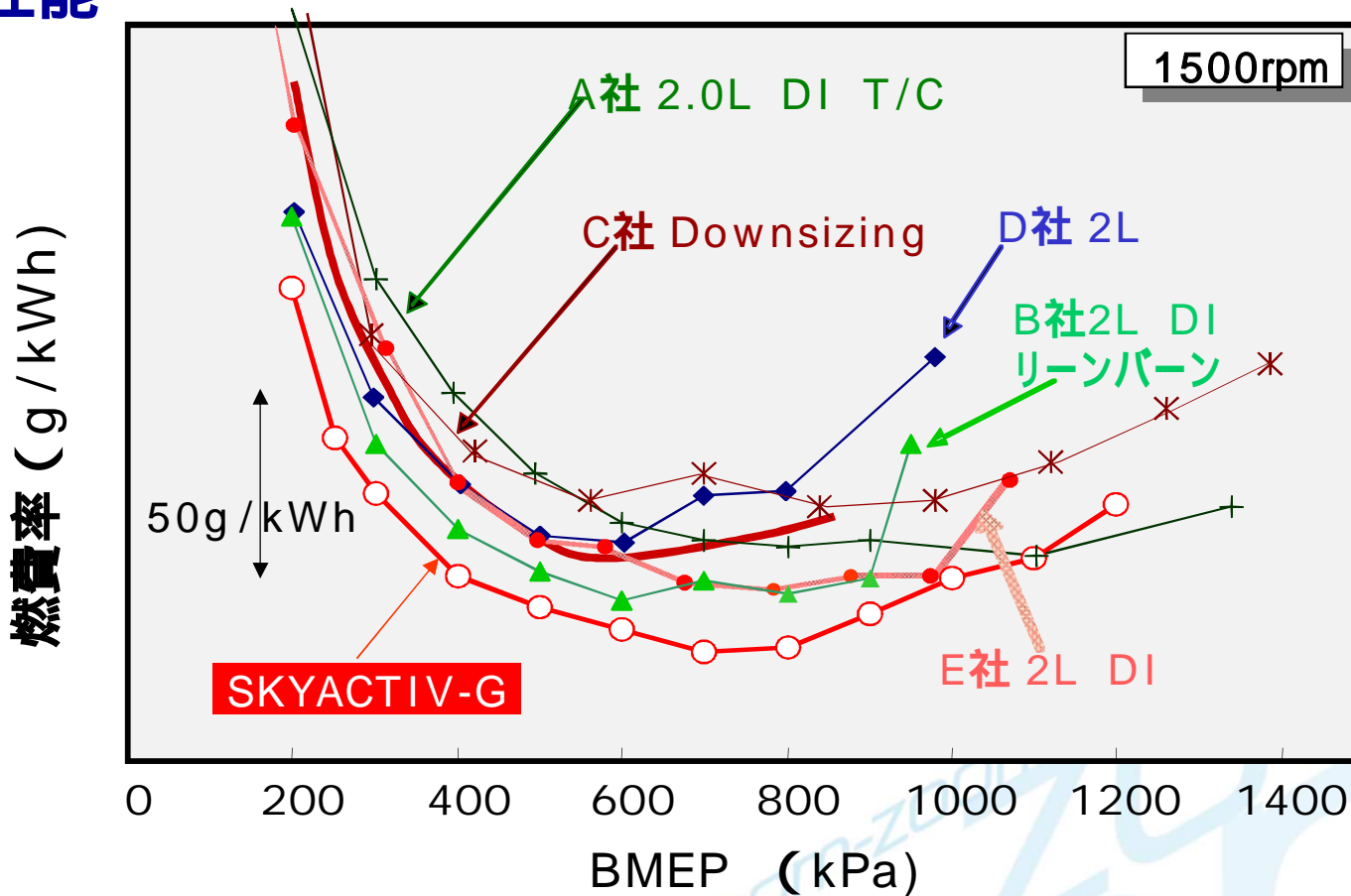
創造という行為におけるボトルネックは常識に支配されているところにある  
そこで成果のレベルは決まる

## 1st Step ガソリン 出力性能



世間の賞賛ポイント； 高圧縮比で低中速トルク大幅向上

## 燃費性能



競合他社を凌ぐ効率

SKYACTIV *開発までの経緯*

*技術革新*

*内燃機関の究極へのステップ*

SKYACTIV *ガソリン*

SKYACTIV *ディーゼル*

Next Step

*排気量に対する考察*

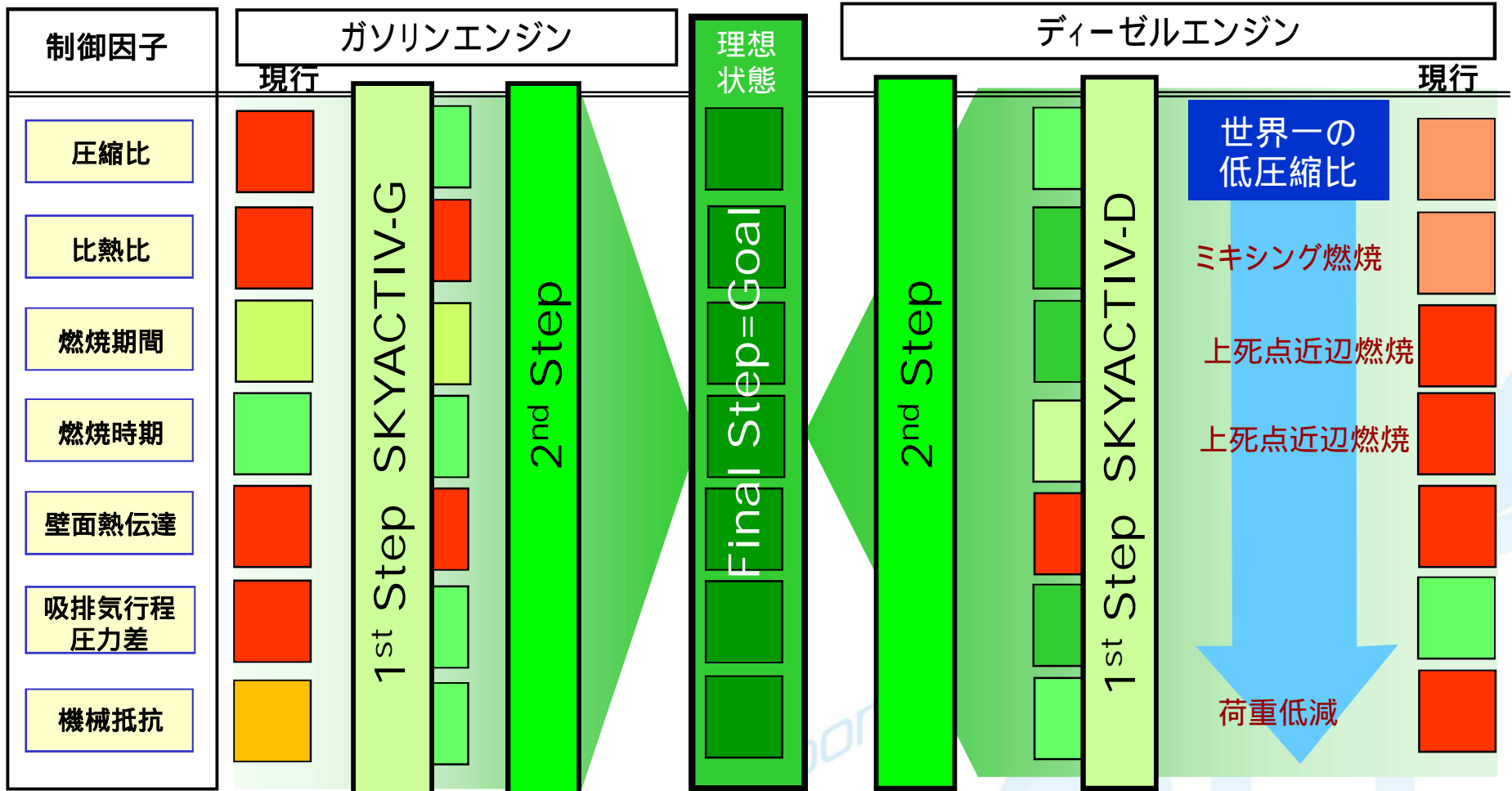
*燃費に対する考察*

*電気自動車に対する考察*

なぜ今頃ディーゼルをやろうとしたのかの回答

## 内燃機関進化Vision

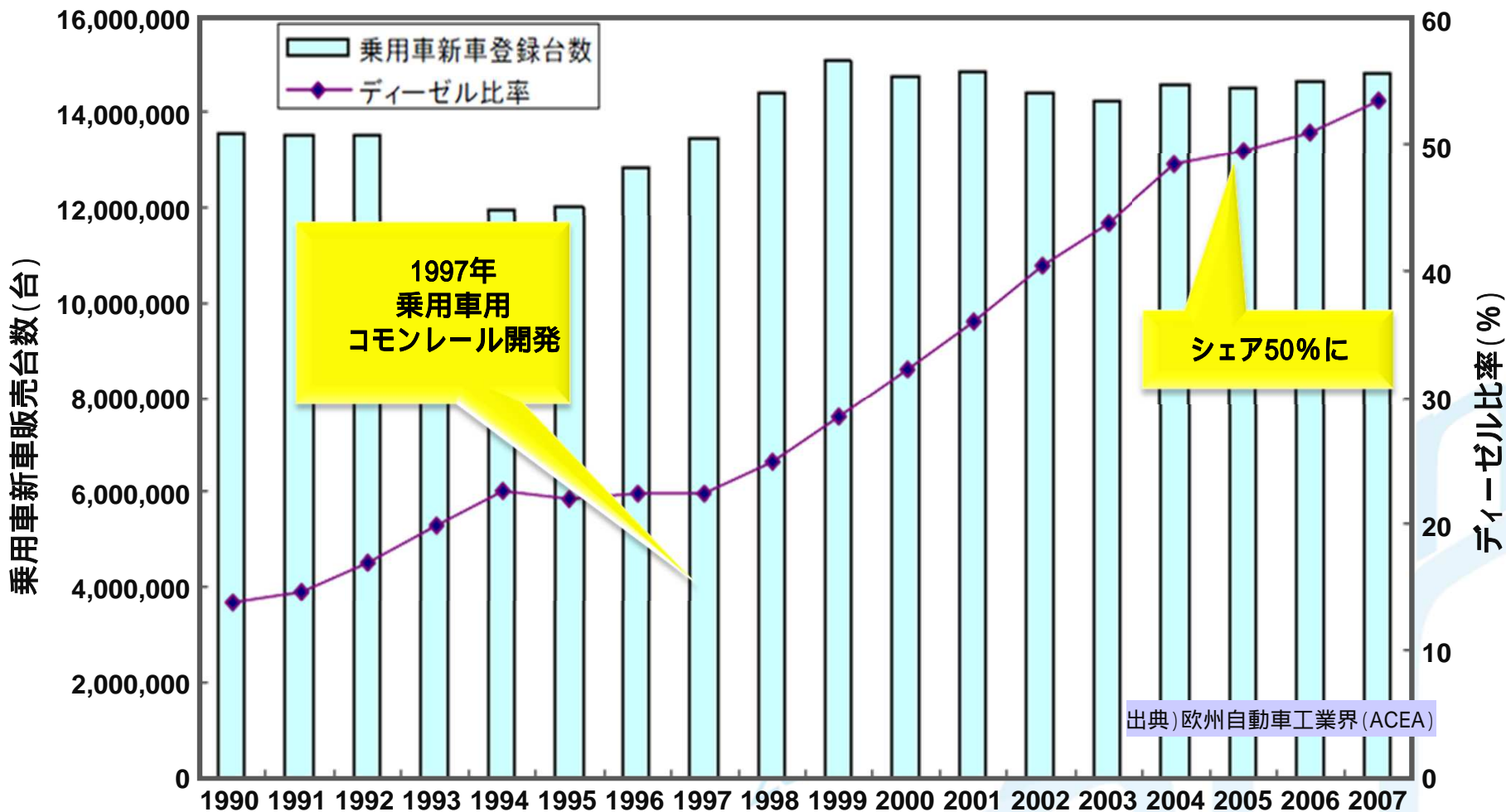
■ 遠い 理想からの距離 ■ 近い



世界一の低圧縮比



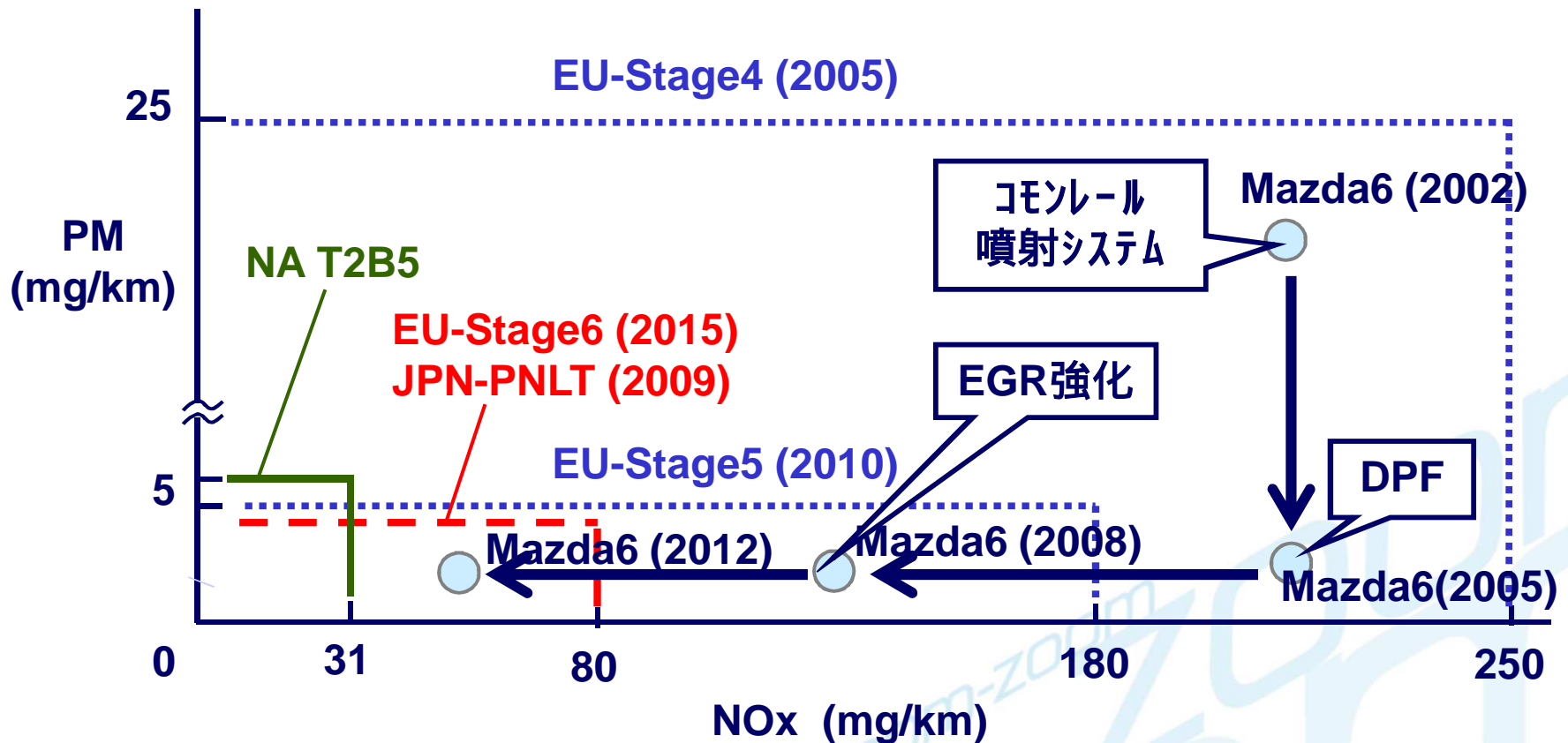
## ヨーロッパの乗用車新車登録台数とディーゼル比率



欧州ではシェア50%超

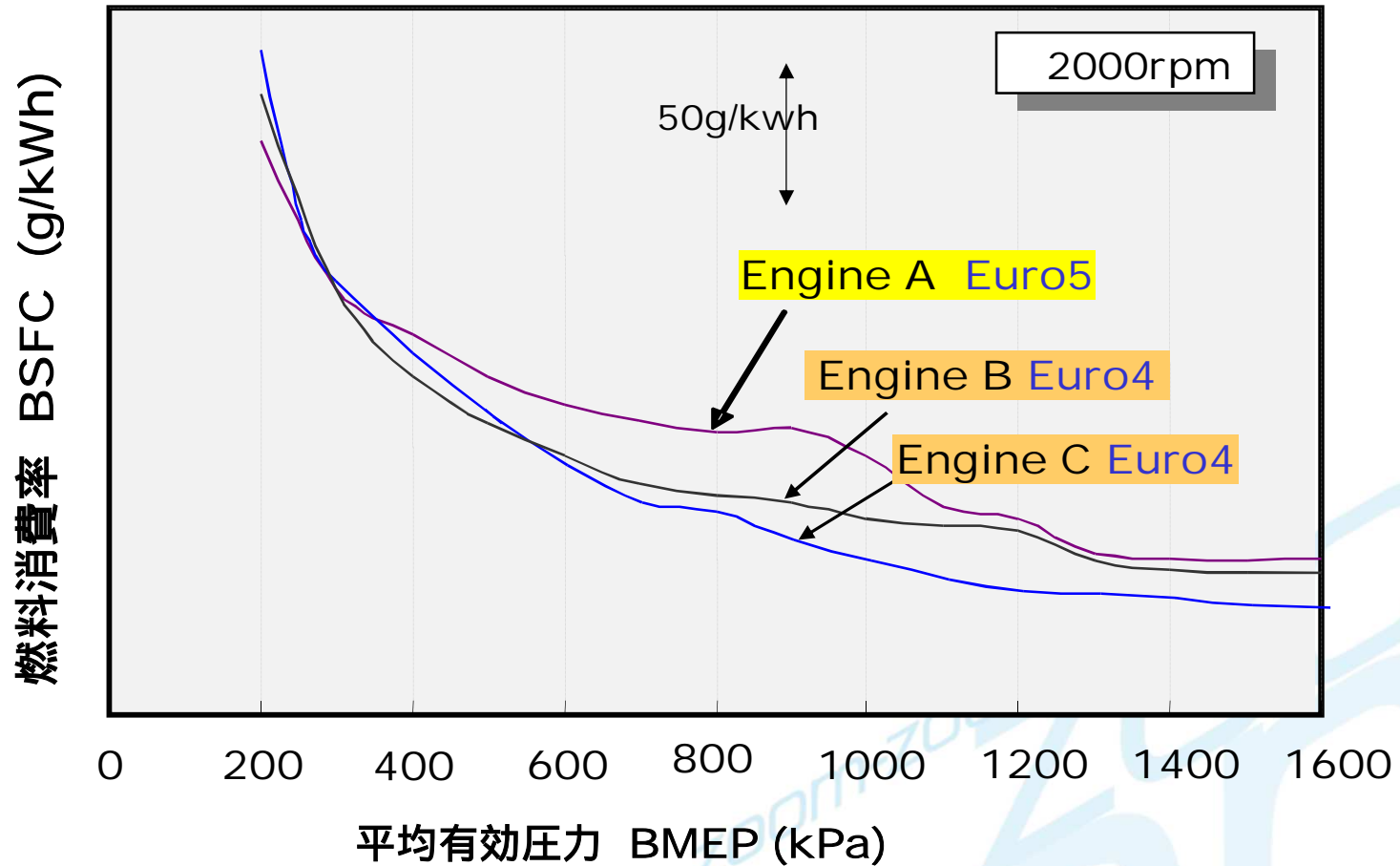
良く走り、燃費がいいから

問題; 排ガス規制強化のたびにコストが上がる



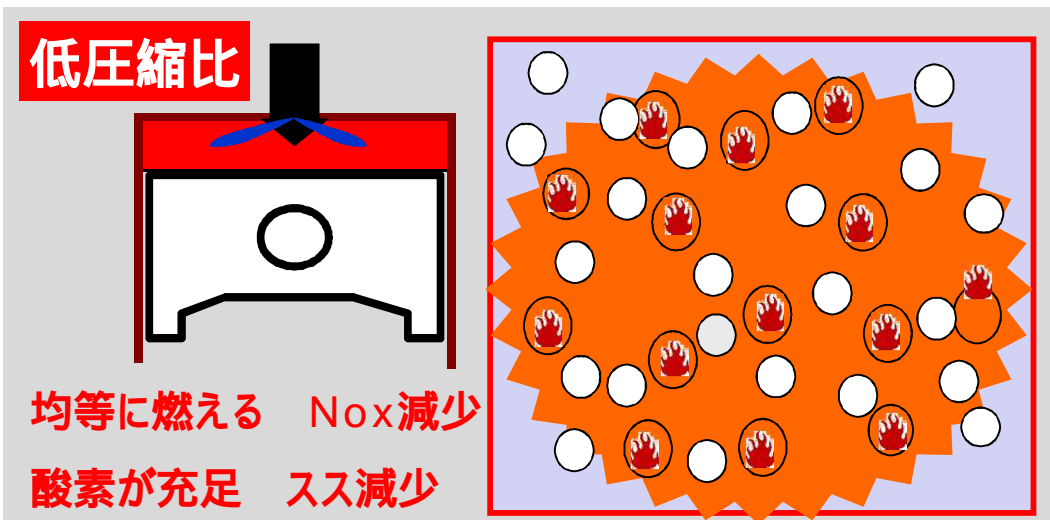
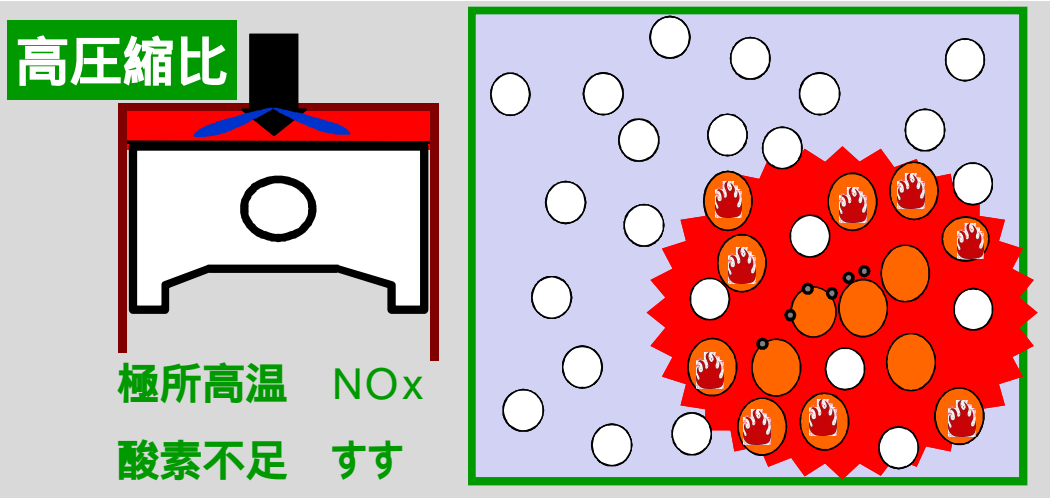
排ガス規制強化のたびに高コスト化

## 問題；排ガス規制強化のたびに燃費を犠牲にしてきた



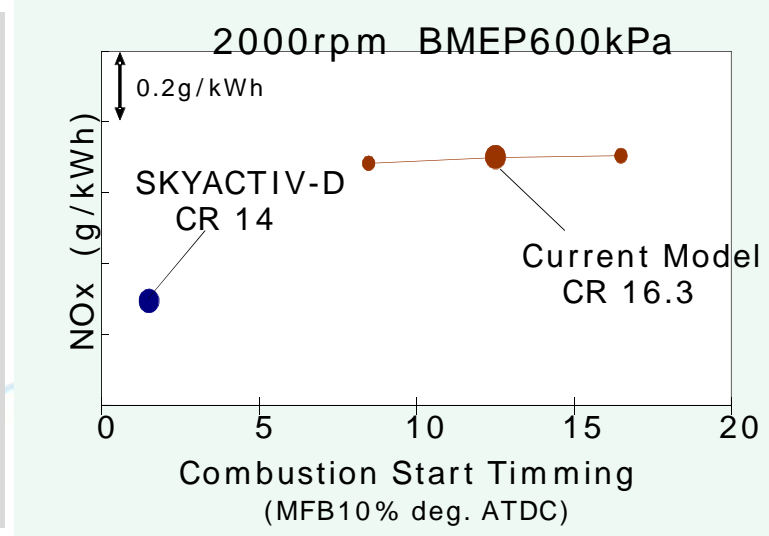
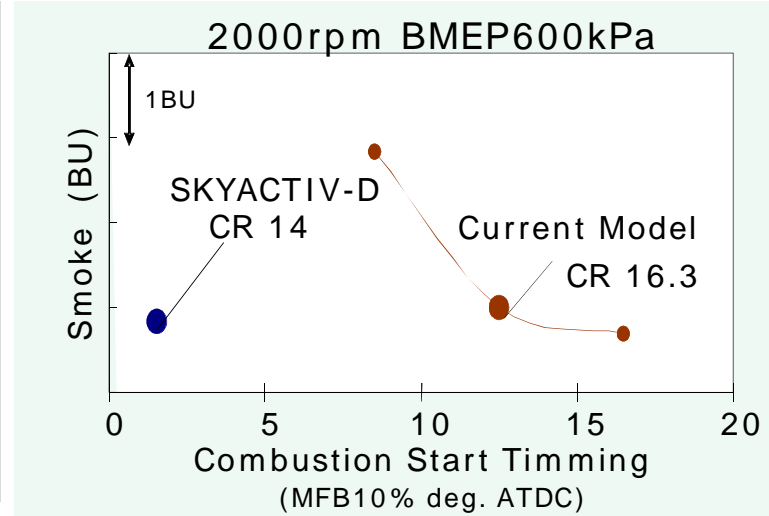
コストが上がりながらエンジン自体の燃費は悪化

## 低圧縮比化の効能



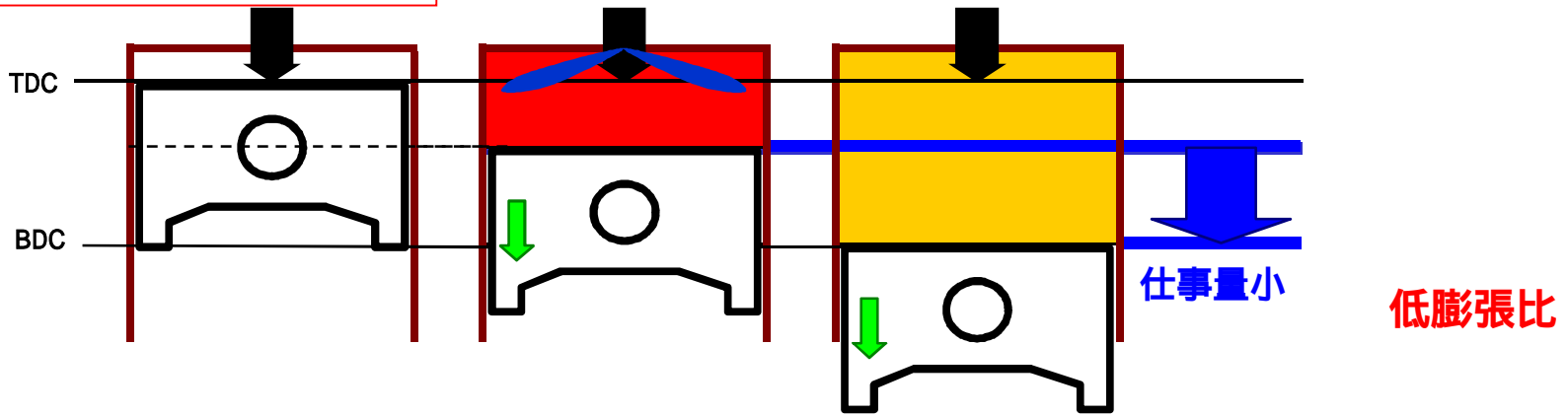
○ 酸素    ● 燃料分子    ● 煤

低圧縮比 = 燃料がよく混ざるまで着火させない

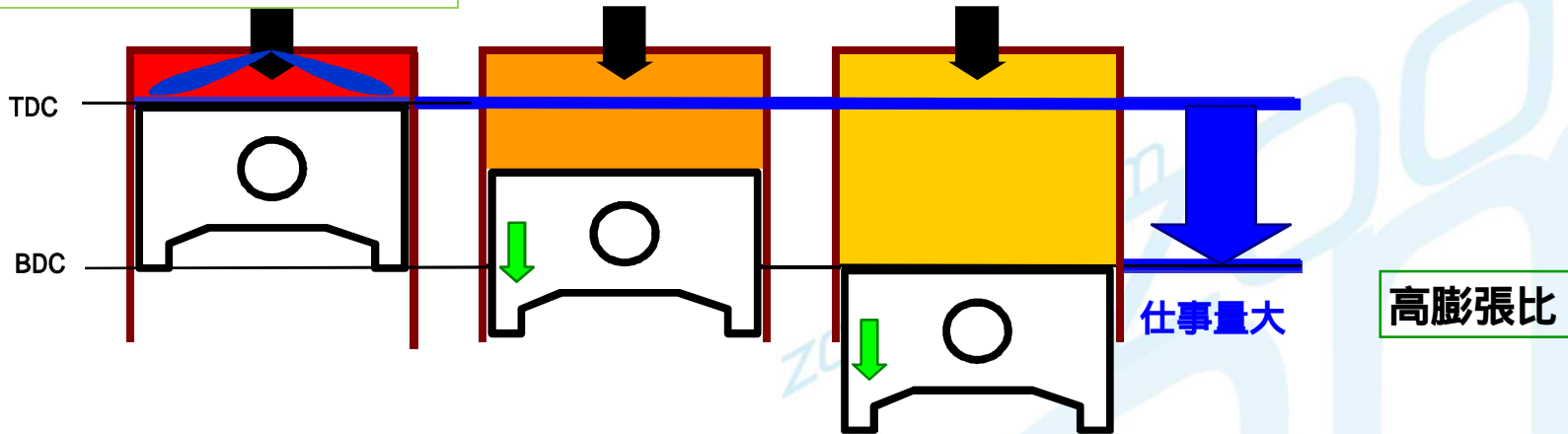


## 低圧縮比高膨張比燃焼

高圧縮比(従来DE)

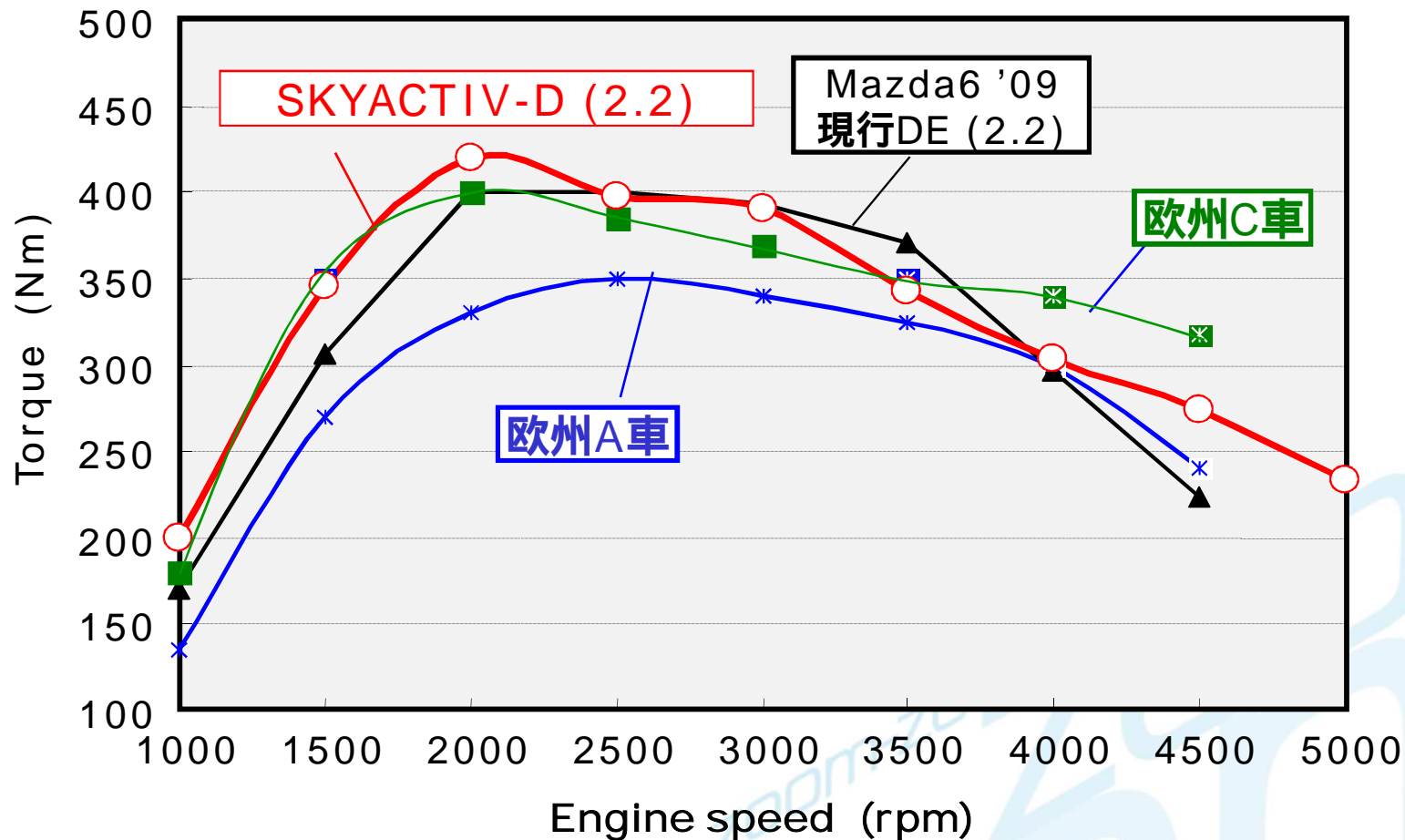


低圧縮比(SKYACTIV-D)



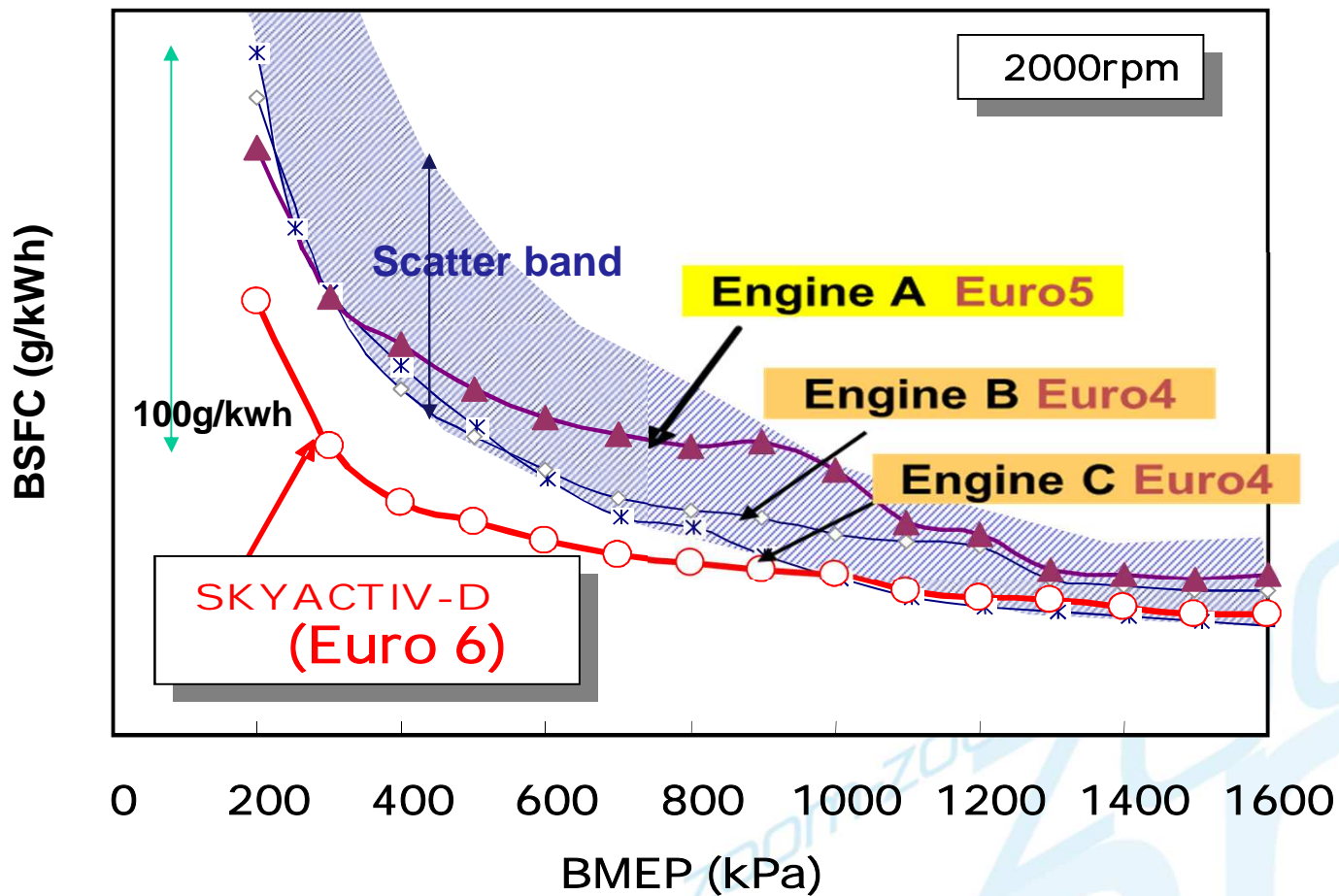
低圧縮比 NOx、煤低減 & 低燃費

## 出力性能



4Lガソリン並みトルク  
ガソリン並みの回転速度 5200rpm

## 燃費率(BSFC)



より厳しい排ガス規制を燃費の犠牲最小限で達成

# SKYACTIV-D

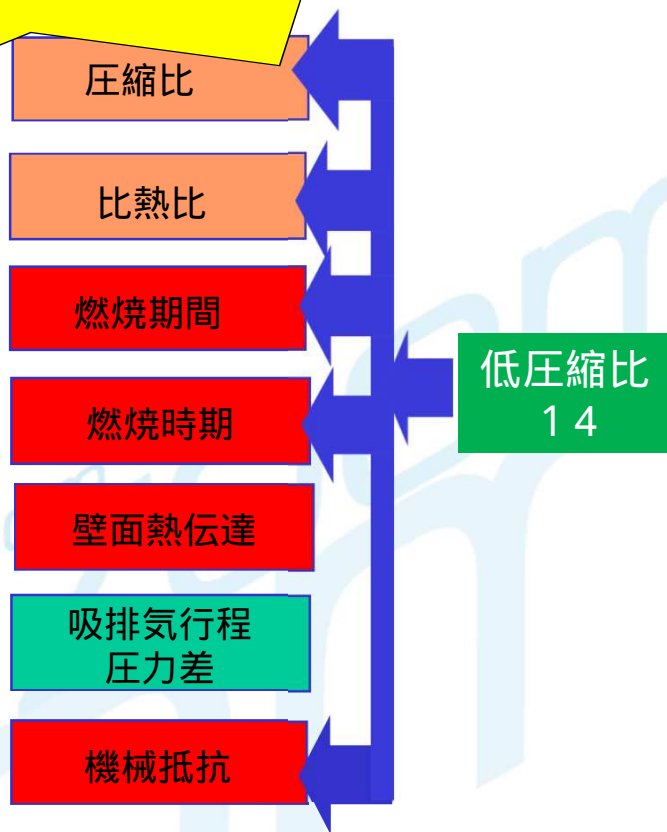
世界一の代

低圧縮比がBowlingの一番ピン  
燃料と空気を混ぜるとい行程が全ての  
制約だった

混合時間が稼げるのでN  
圧力が低くても出力が出る



- 比熱比の高い燃焼で燃費改善、
- 上死点で燃やせる = 燃焼時期最適
- 上死点ですべて燃やせるから燃焼期間も短い
- 燃焼室内最高圧力が下がるので回転系の必要剛性が下がり抵抗低減
- 高価なNOx後処理不要





# なぜ他社も大勢のエンジニアがやっているのにマツダができたのか？に対する返答



制御因子は7つしかない 究極まで行くRoadmap

# 結果は？

## SKYACTIV技術搭載車の評価(米国)

MY 2012-2014 Manufacturer Adjusted Fuel Economy and Adjusted CO<sub>2</sub> Emissions

Manufacturer	MY 2012 Final		MY 2013 Final				MY 2014 Preliminary	
	Fuel Economy (MPG)	CO <sub>2</sub> Emissions (g/mi)	Fuel Economy (MPG)	Change from MY 2011 (MPG)	CO <sub>2</sub> Emissions (g/mi)	Change from MY 2011 (g/mi)	Fuel Economy (MPG)	CO <sub>2</sub> Emissions (g/mi)
Mazda	27.1	328	28.1	+1.0	316	-12	28.8	309
Honda	26.6	334	27.4	+0.8	324	-10	27.6	322
Subaru	25.2	352	26.7	+1.5	332	-20	27.5	324
Nissan	24.1	369	26.2	+2.1	339	-30	26.8	332
VW	25.5	355	25.7	+0.2	353	-2	26.7	340
Toyota	25.6	347	25.1	-0.5	354	+7	25.8	344
BMW	23.7	377	24.5	+0.8	363	-14	26.0	344
Diamler	21.1	426	22.4	+1.3	399	-27	22.8	393
Ford	22.8	390	22.2	-0.6	400	+10	23.4	380
GM	21.7	410	22.0	+0.3	404	-6	22.0	404
Chrysler-Fiat	20.1	442	20.9	+0.8	425	-17	21.1	420
All	23.6	376	24.1	+0.5	369	-7	24.2	367

マツダはEPAが最も燃費の優れたクルマ群を提供している会社として2年連続認定

EPAの大きな信頼を獲得

エンジニアリング会社、サプライヤー、同業他社なども急接近

# 結果は？

VEHICLE	2015 CHEVROLET TRAX LT AWD	FIAT 500X EASY AWD	HONDA HR-V EX-L AWD	2015 JEEP RENEGADE LATITUDE 4x4	2015 KIA SOUL +	MAZDA CX-3 TOURING AWD
BASE PRICE	\$24,820	\$25,100	\$26,720	\$24,290	\$19,515	\$24,090
PRICE AS TESTED	\$25,540	\$29,100	\$26,720	\$26,360	\$24,750	\$25,500
<b>POWERTRAIN</b>						
ENGINE	turbocharged DOHC 16-valve inline-4 83 cu in (1364 cc)	SOHC 16-valve inline-4 144 cu in (2360 cc)	SOHC 16-valve inline-4 110 cu in (1799 cc)	SOHC 16-valve inline-4 144 cu in (2360 cc)	DOHC 16-valve inline-4 122 cu in (1999 cc)	DOHC 16-valve Atkinson-capable inline-4 122 cu in (1998 cc)
POWER HP @ RPM	138 @ 4900	180 @ 6400	141 @ 6500	180 @ 6400	164 @ 6200	146 @ 6000
TORQUE LB-FT @ RPM	148 @ 1850	175 @ 3900	127 @ 4300	175 @ 3900	151 @ 4000	145 @ 2800
REDLINE/FUEL CUTOFF	6500/6500 rpm	6500/6500 rpm	6750/6750 rpm	6750/6500 rpm	6800/6500 rpm	6800/6800 rpm
LB PER HP	23.6	18.7	22.0	18.9	18.8	20.1
DRIVELINE	6-speed automatic all	9-speed automatic all	CVT all	9-speed automatic all	6-speed automatic all	6-speed automatic all
<b>C/D TEST RESULTS</b>						
<b>ACCELERATION</b>						
0-30 MPH	3.2 sec	3.0 sec	3.7 sec	3.1 sec	2.9 sec	2.8 sec
0-60 MPH	9.8 sec	8.7 sec	9.3 sec	9.1 sec	8.5 sec	8.1 sec
0-100 MPH	36.6 sec	28.0 sec	29.1 sec	32.9 sec	26.5 sec	23.8 sec
0-110 MPH	-	40.3 sec	45.6 sec	-	-	32.5 sec
1/4-MILE @ MPH	17.5 sec @ 79	16.8 sec @ 82	17.4 sec @ 82	17.0 sec @ 81	16.7 sec @ 84	16.3 sec @ 86
<b>ROLLING START</b>						
5-60 MPH	10.3 sec	9.0 sec	9.8 sec	9.9 sec	8.6 sec	8.3 sec
TOP GEAR, 30-50 MPH	5.1 sec	4.6 sec	4.8 sec	4.8 sec	4.0 sec	3.9 sec
TOP GEAR, 50-70 MPH	7.0 sec	6.1 sec	6.7 sec	6.6 sec	6.1 sec	5.7 sec
TOP SPEED	115 mph (drag ltd)	120 mph (gov ltd)	117 mph (drag ltd)	114 mph (drag ltd)	116 mph (drag ltd)	120 mph (drag ltd)
<b>FUEL ECONOMY</b>						
EPA CITY/HWY	24/31 mpg	21/30 mpg	27/32 mpg	21/29 mpg	23/31 mpg	27/32 mpg
C/D 300-MILE TRIP	23 mpg	24 mpg	26 mpg	25 mpg	25 mpg	28 mpg

SKYACTIV *開発までの経緯*

*技術革新*

*内燃機関の究極へのステップ*

SKYACTIV *ガソリン*

SKYACTIV *ディーゼル*

**Next Step**

*排気量に対する考察*

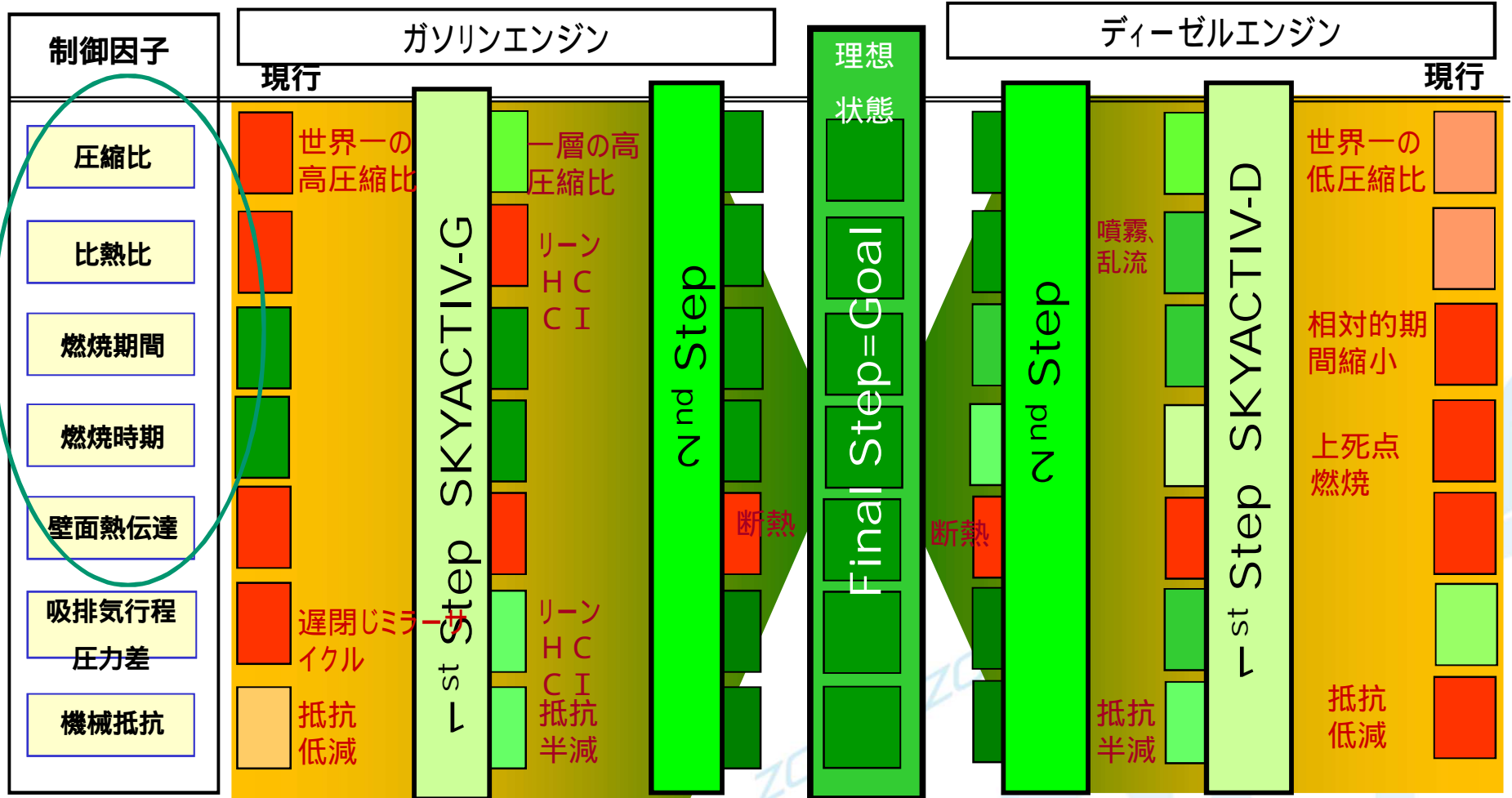
*燃費に対する考察*

*電気自動車に対する考察*

# 熱効率改善Next Step

## 内燃機関進化Vision

理想からの距離  
■ 遠い ■ 近い

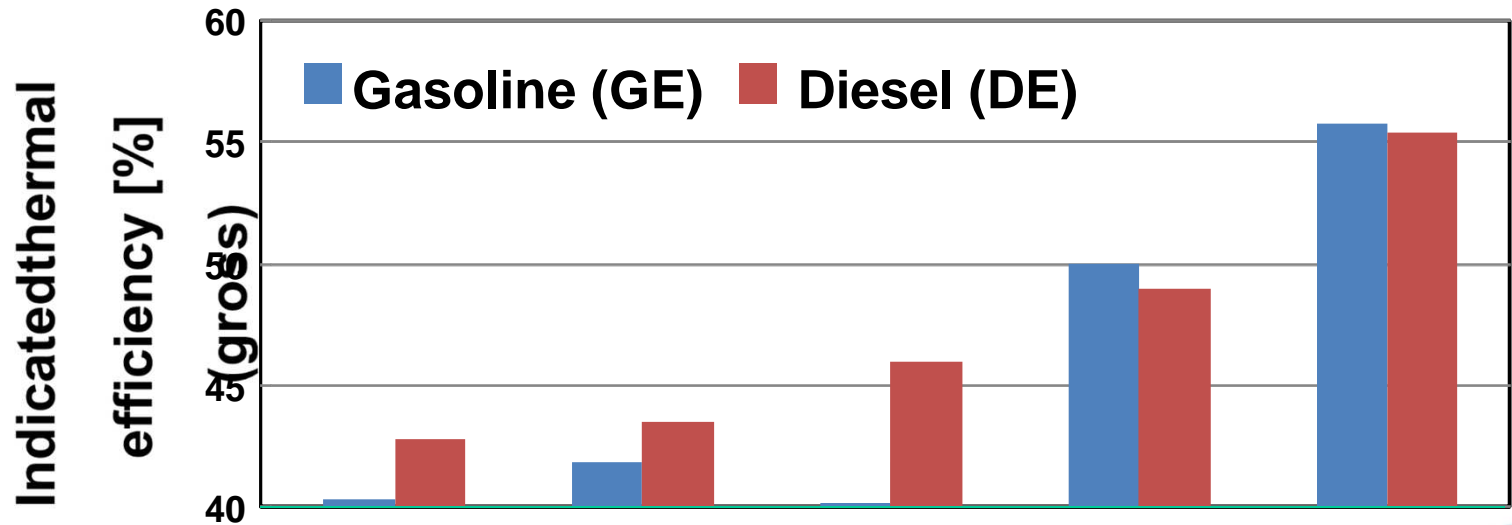


ガソリンもディーゼルも同じ方向へ向かう

# 熱効率改善Next Step

## 効率改善ステップ° (軽負荷)

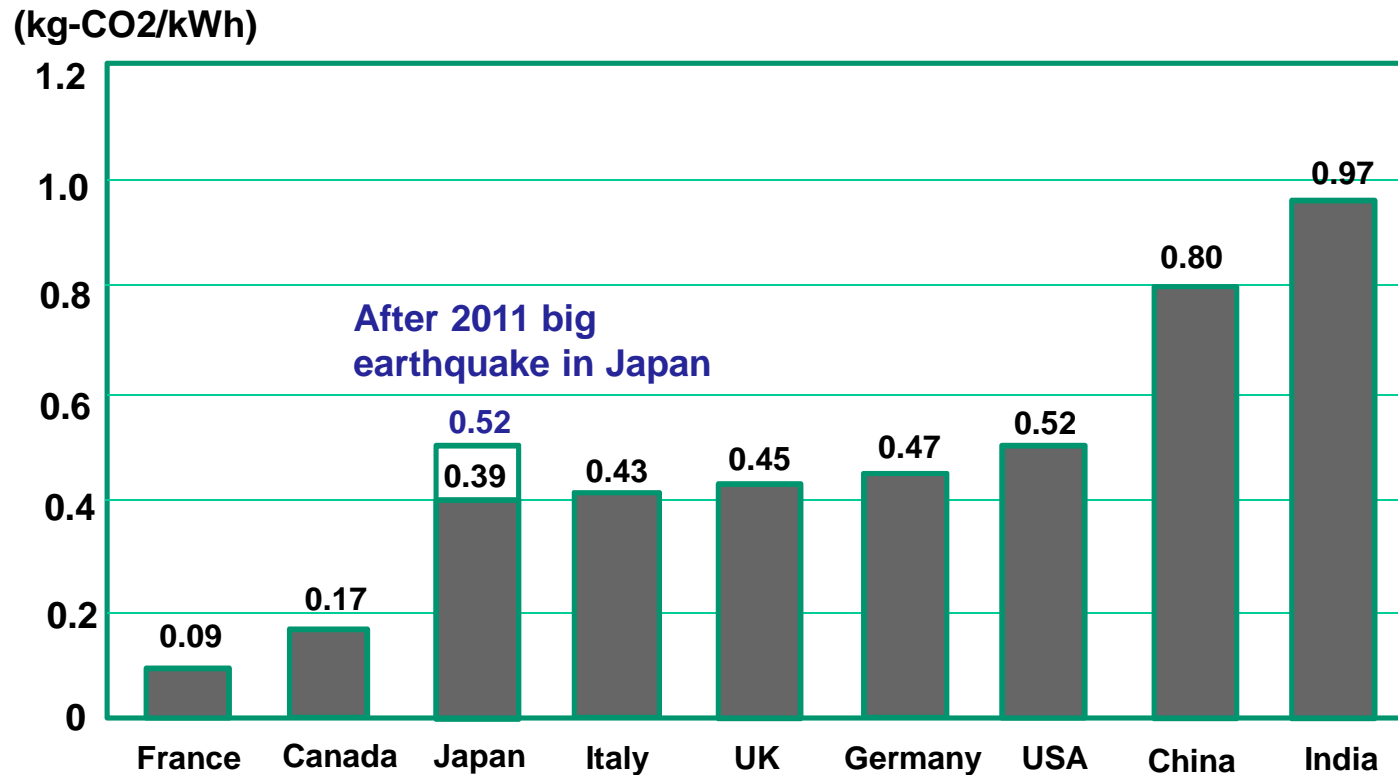
Light load: 2000rpm – IMEP290kPa



燃焼期間	GE: 75deg DE: 40deg	30deg	←	←	←
比熱比	GE: $\lambda=1$ Homogeneous DE: $\lambda=2.8$ Stratified	←	←	$\lambda=2.8$ Homogeneous	$\lambda=4$ ←
圧縮比	GE: 14 DE: 14	←	s	←	20 30
壁への熱伝達	GE: Base DE: Base	←	←	←	← 0.5*GE
吸気弁閉時期	GE: 93deg ABDC DE: 36deg ABDC	←	←	←	← ←

軽負荷での効率改善余地は ディーゼル ; 約 30%、ガソリン ; 約40%

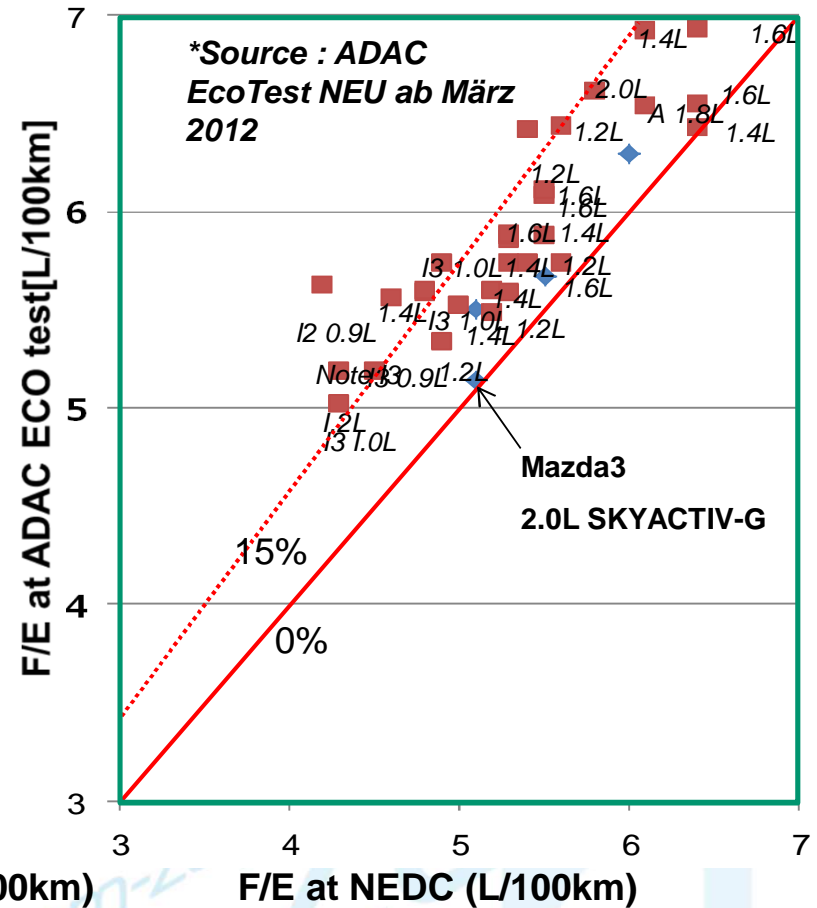
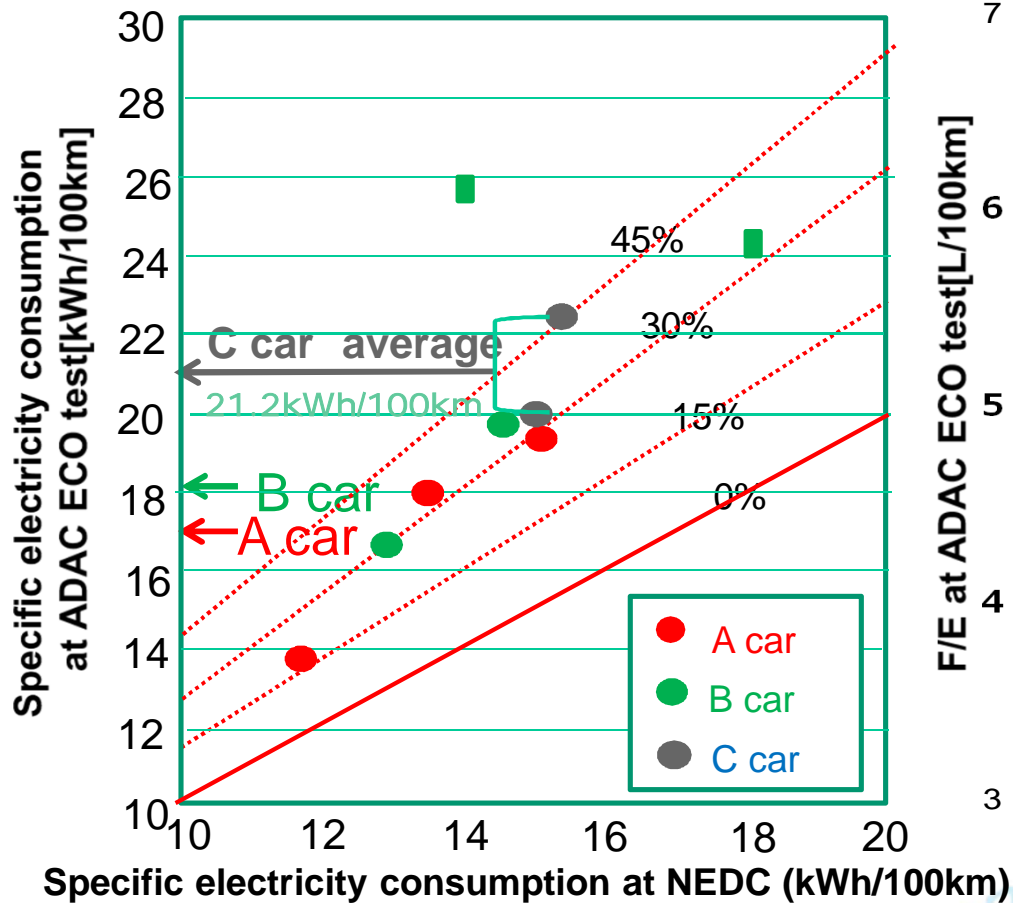
## 発電時CO<sub>2</sub>原単位



世界平均を0.5kg-CO<sub>2</sub>/kWhと仮定して検討を進める。

# 熱効率改善Next Step

## 内燃機関車の実用燃費改善ターゲット



**モード燃費で比較すると実態とかけ離れる**

Cカー-EVの実用電力消費： 21.2kWh/100km.

Cカー-SKYACTIV搭載車の実用燃費： 5.2L/100km



## 内燃機関車の実用燃費改善ターゲット

Cカー-EVの実用電力消費: 21.2kWh/100km.

CO<sub>2</sub>換算すると0.5kgCO<sub>2</sub>/kwhだから $0.5 \times 21.2 = 10.6$ kg-CO<sub>2</sub>/100km

Li-ion電池のLCAを考慮すると $10.6 + 1 = 11.6$ kg-CO<sub>2</sub>/100km

Cカー-SKYACTIV搭載車の実用燃費: 5.2L/100km

CO<sub>2</sub>にすると **14.8**kg-CO<sub>2</sub>/100km

内燃機関の14.8kgを10.6~11.6kgにすれば電気自動車にCO<sub>2</sub>で並べる

$(10.6 \sim 11.6) / 14.8 = 22-28\%$

内燃機関で 実用燃費を25%程度改善すれば今の発電方法ならCO<sub>2</sub>はあまり変わらない

# 熱効率改善Next Step

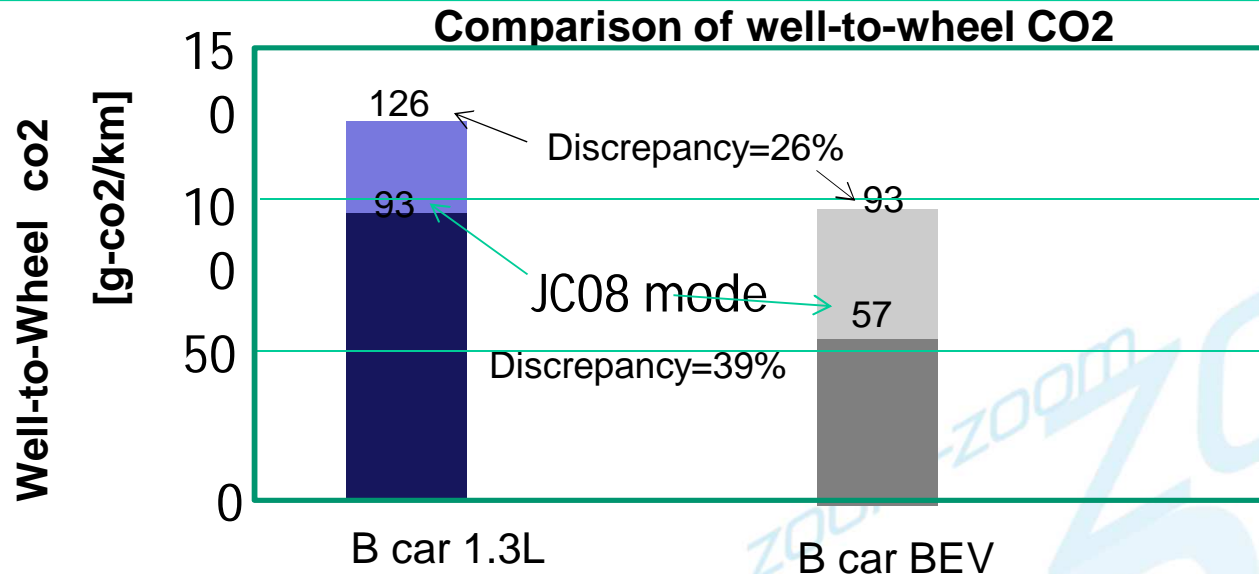
## Real-world CO2 emissions (In Japan)

**Evaluation condition: Weighted average of results of below 3 tests, considering Japanese ambient temperature distribution in a year**

1. JC08 Hot ambient temperature 25 air conditioner 25 AUTO
2. JC08 Hot ambient temperature 37 air conditioner 25 AUTO
3. JC08 Cold ambient temperature -7 air conditioner 25 AUTO

Average energy consumption

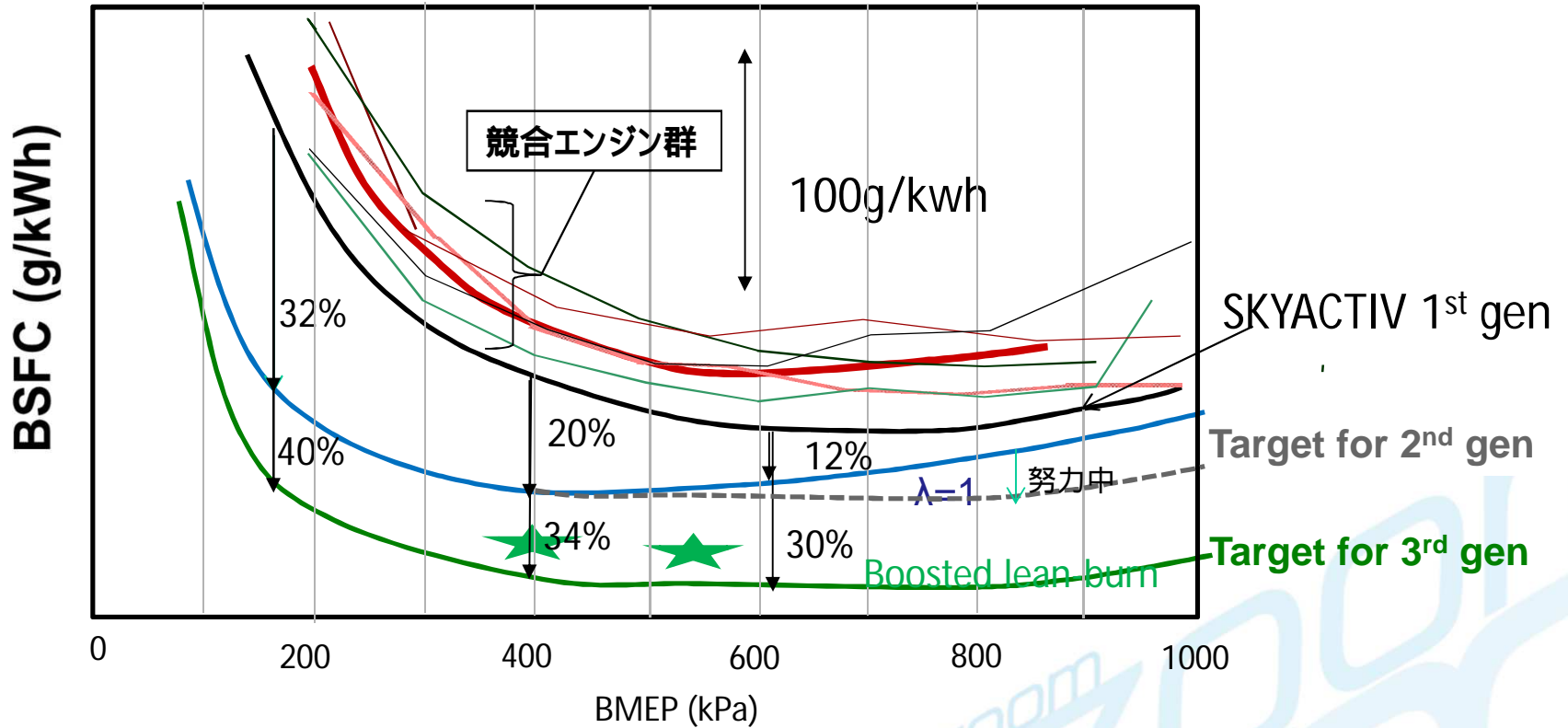
$$= \text{JC08H 25} - ((\text{JC08H 25} - \text{JC08H 37}) * 0.2 + (\text{JC08H 25} - \text{JC08C -7}) * 0.3) / 4$$



Fuel economy of internal combustion engines needs to be reduced by approx. 26%  $((126-93)/126=0.26)$  to attain the EV-level CO2 emissions.

# 熱効率改善Next Step

## 正味熱効率

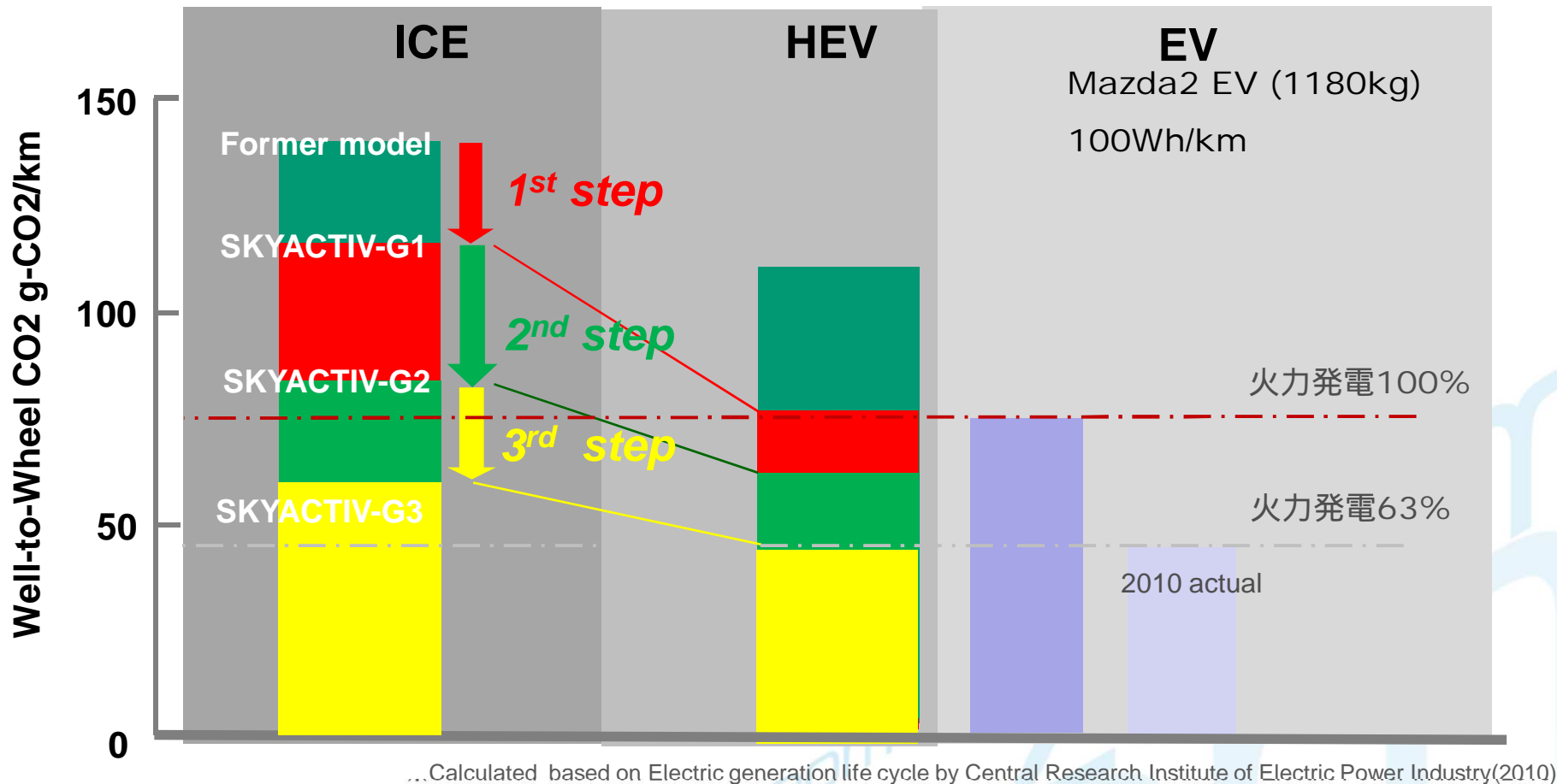


EV並みCO<sub>2</sub>にするための目標 Mazda 3 5.2L/100km 3.8L-4.2L/100km  
約25%の燃料消費低減が必要

実用域で25%の燃料消費低減でEVレベルのCO<sub>2</sub>という目標は達成可能

## 内燃機関のCO2削減レベル

Case study Mazda2 JC08  
(including vehicle improvement)



## モードCO2でも追いつける

が充電した電気はCO2ゼロとカウントされる欧州や燃費優遇係数を7倍もかけるアメリカ、日本も法律によって勝ち目はなくなっている

目標にするなら世間が一番だと言っているものにチャレンジ

最初のSKYACTIVはハイブリッド

2世代、3世代を通じて内燃機関としての目標は電気自動車

そしてこの効率改善ポテンシャルをただのエコだけになんか使いません

SKYACTIV 開発までの経緯

技術革新

内燃機関の究極へのステップ

SKYACTIV ガソリン

SKYACTIV ディーゼル

Next Step

排気量に対する考察

燃費に対する考察

電気自動車に対する考察

なぜ過給ダウン  
サイジングをしないのか？に対する  
回答

## 世界の主流は過給ダウンサイジング

従来よりも排気量を大きく落とし、出力性能低下分は過給で補う

小さな排気量で抵抗を落すことで燃費を良くする

## マツダは排気量は落とさず無過給のまま高圧縮比化

試練

一般人は大会社を信じる 新興国は欧米に従う

税金等は昔の理屈がいつまでも変わらず残る

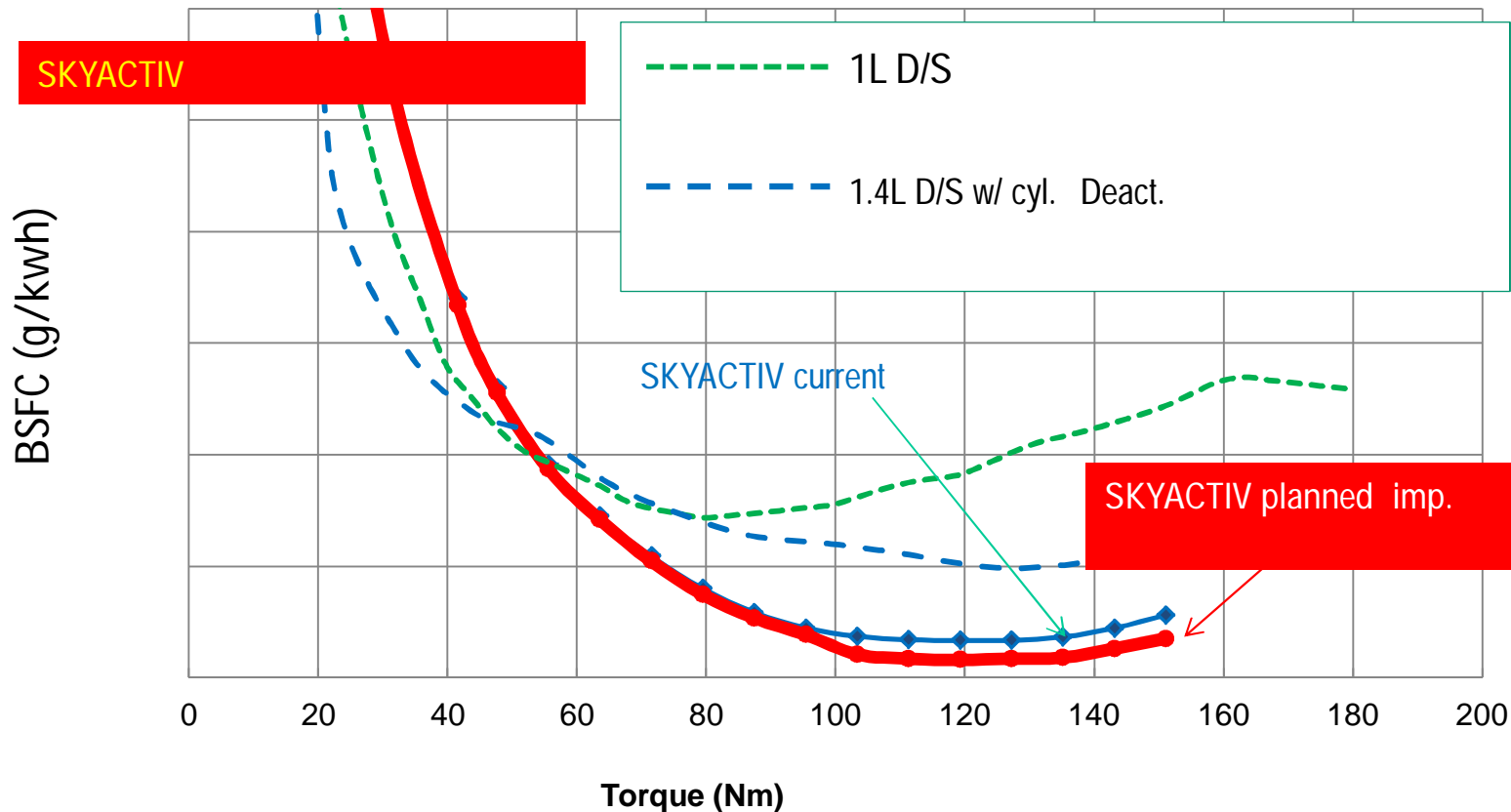
排気量大きいほど税金は高い(贅沢で燃費も悪い) 新興国も同じ

しかし我々はお客様を裏切らない道を選ぶ

# 排気量に対する考察

## 2L SKYACTIV と 1L、1.4L 過給ダウンサイジングとの対比

1500rpm 95RON



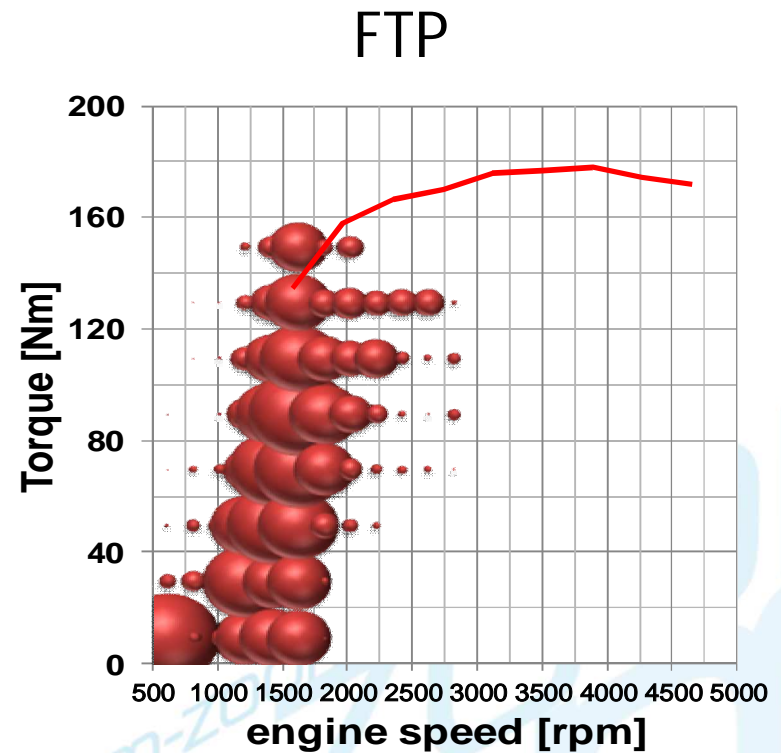
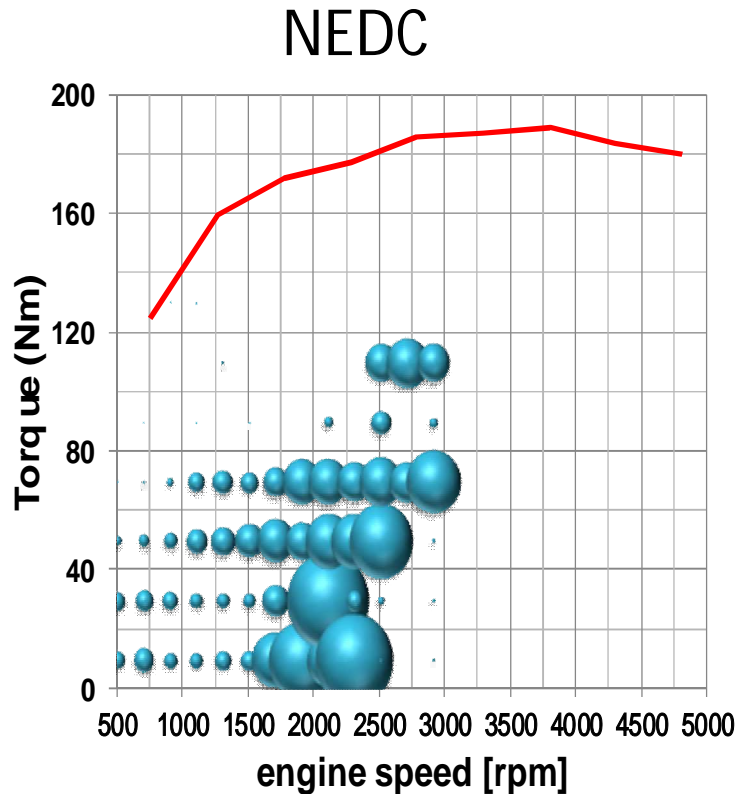
3気筒 1 L や4気筒 1.4 L 過給ダウンサイジングは軽負荷のみ2L SKYACTIVに勝る



# 排気量に対する考察

過給ダウンサイジングはヨーロッパから

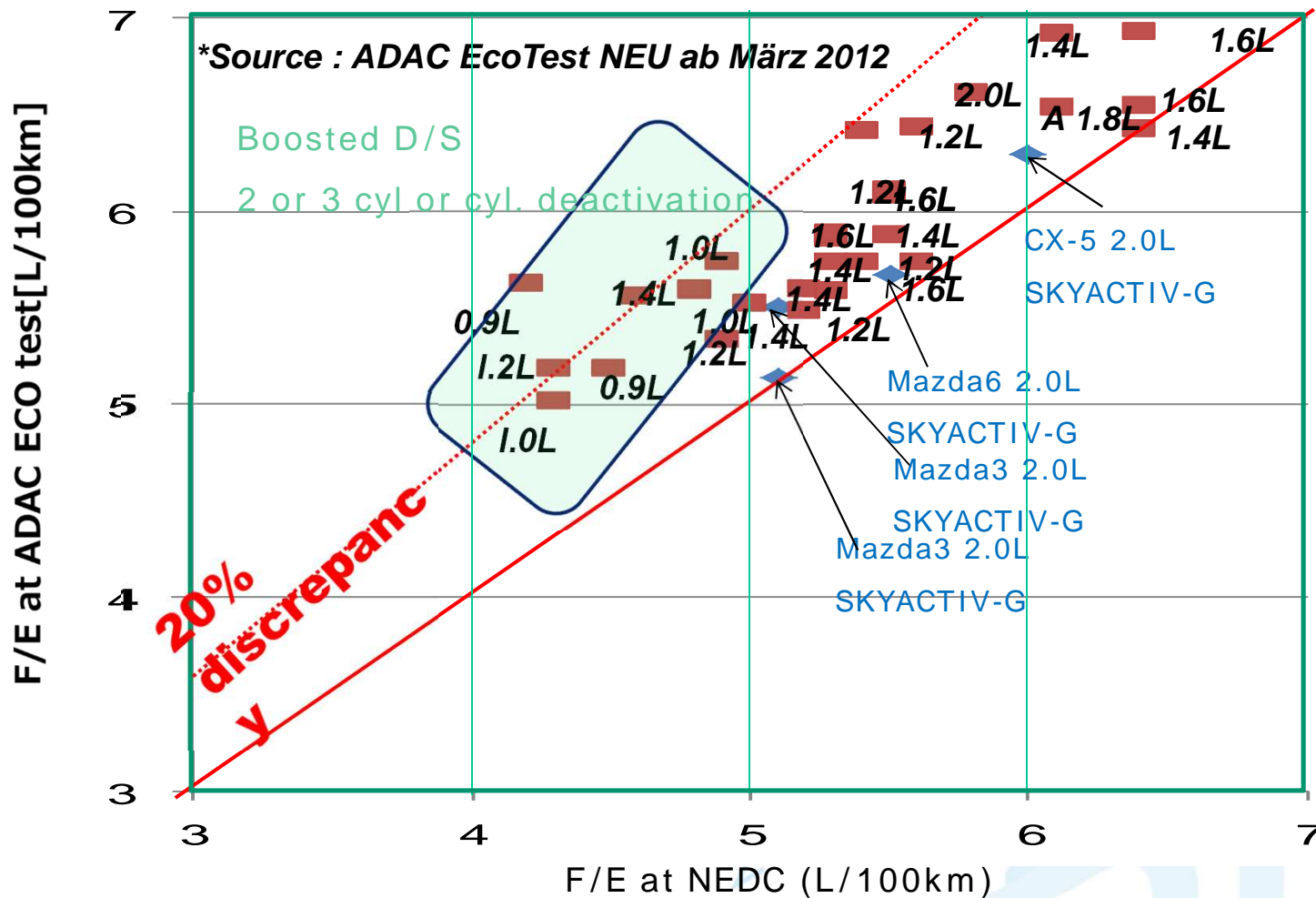
## 燃料消費量分布



MT主体の欧州NEDC燃費には都合が良い

# 排気量に対する考察

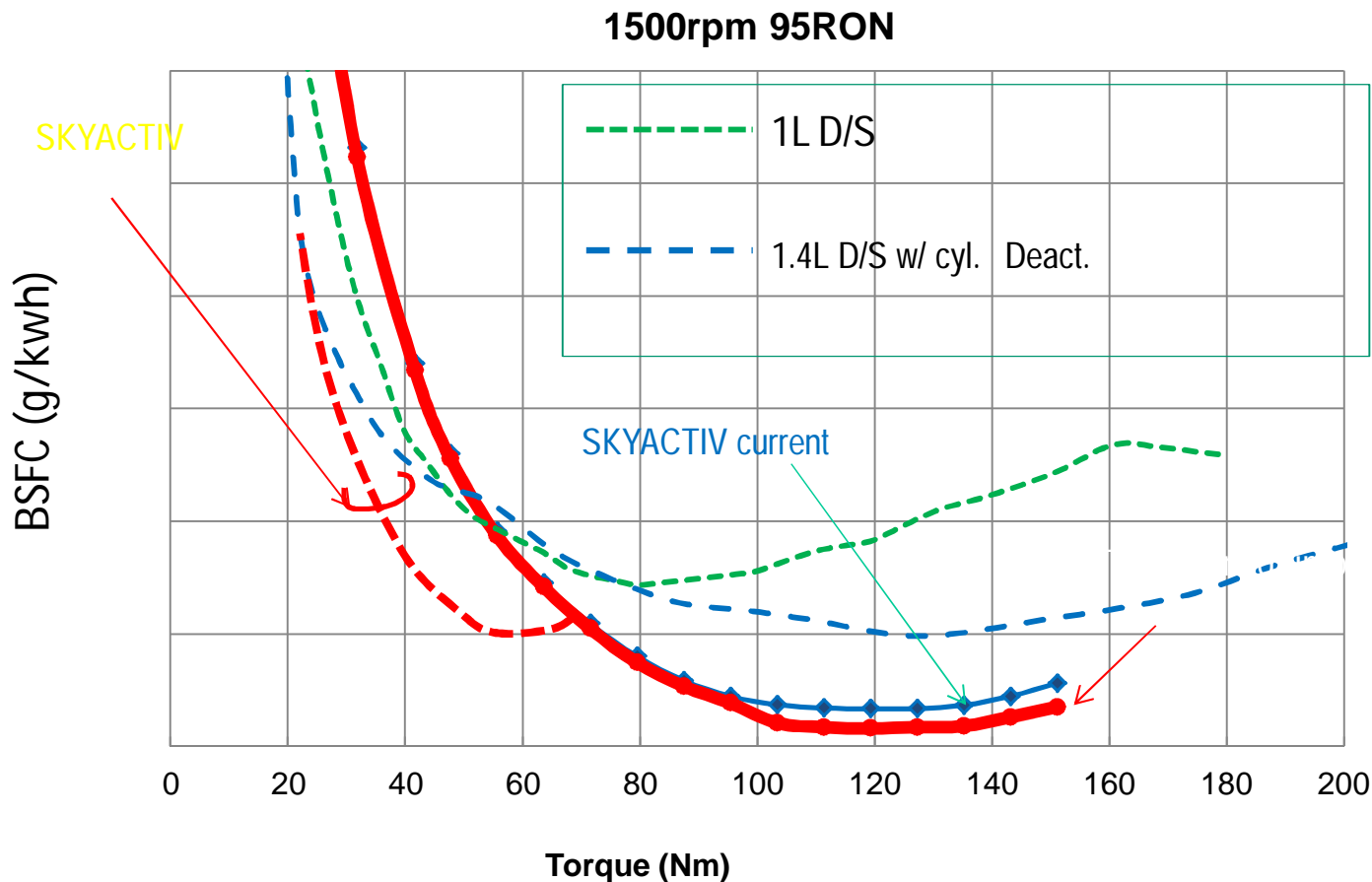
## 実用燃費



SKYACTIV エンジン は過給ダウンサイジングよりモード燃費は不利でも実用燃費は優れている

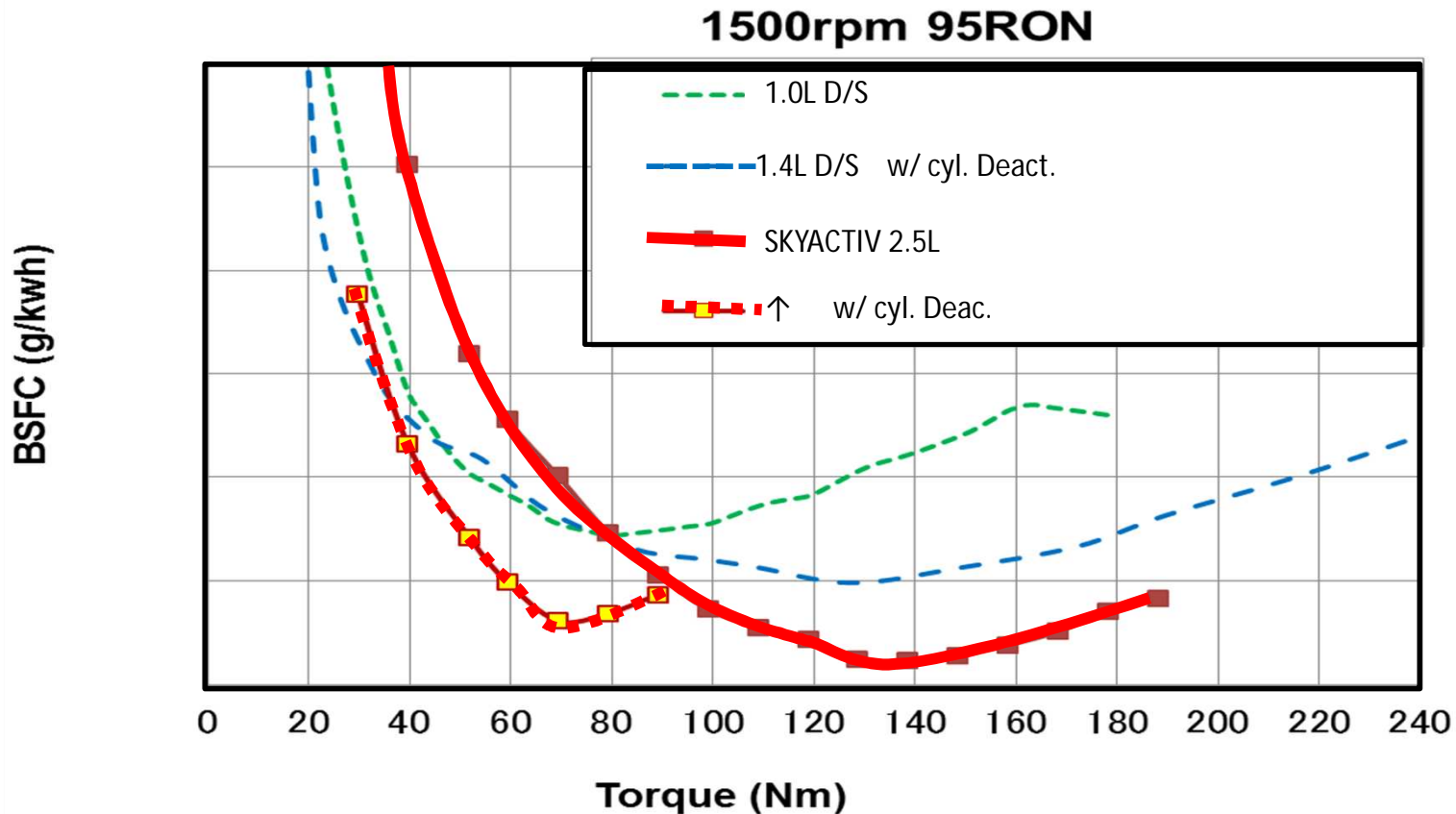
# 排気量に対する考察

## 2L SKYACTIV と 1L、1.4L 過給ダウンサイジングとの対比



2L SKYACTIV で3気筒 1 L や4気筒 1.4 L 過給ダウンサイジング  
に全運転領域で勝てる

## 2.5L SKYACTIV と 1L、1.4L 過給ダウンサイジングとの対比



2.5L SKYACTIV でもほぼ同様の効果

# 排気量に対する考察

## コスト

Base engine  
(Direct Injection)



Boosted D/S



Turbocharger

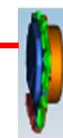
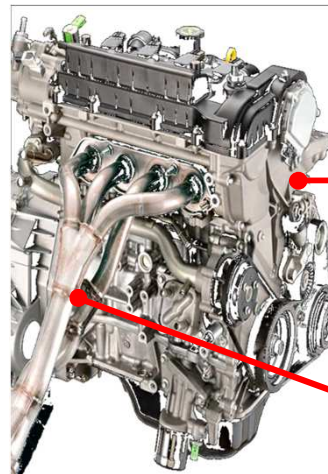


Intercooler & piping



Strengthened  
piston ,con-rod,  
crankshaft,  
block, head

SKYACTIV-G



Electric VCT

4-2-1 exhaust

過給機インタークーラ等の必要な過給エンジンはNAより高コスト

やるなら 1 Lにも勝つ！

しかも我々が持っている最大排気量の  
2.5Lでもコスト、走り、燃費で全部勝つ

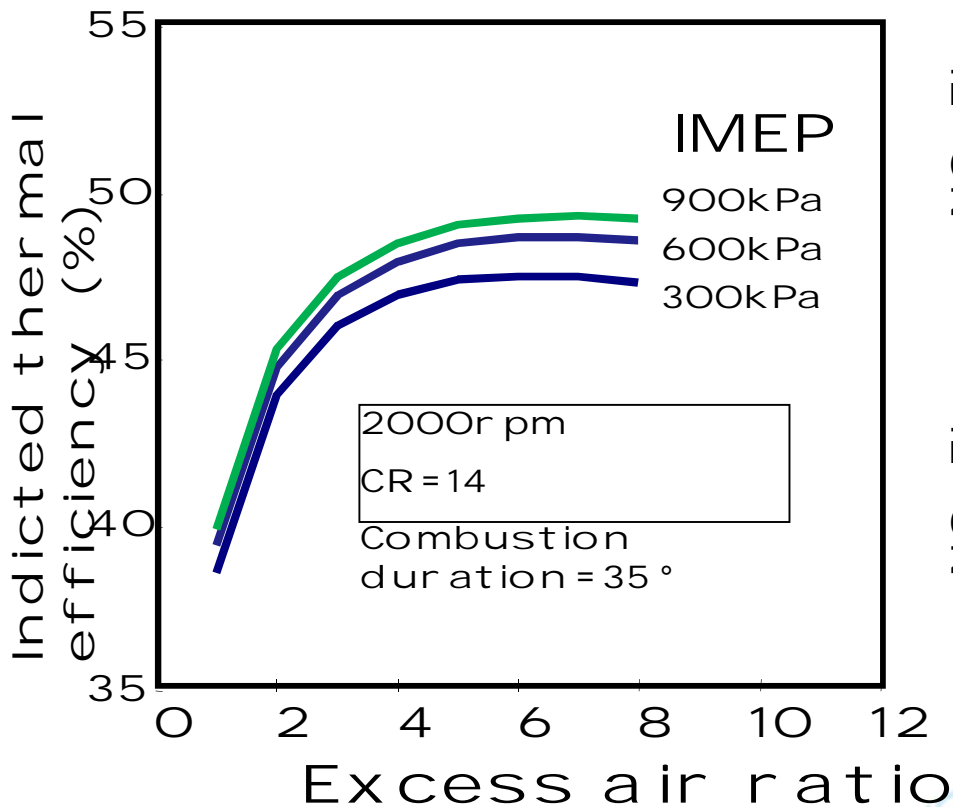
走りも良くて低コストで実燃費のいいものを  
提供

zoom-zoom

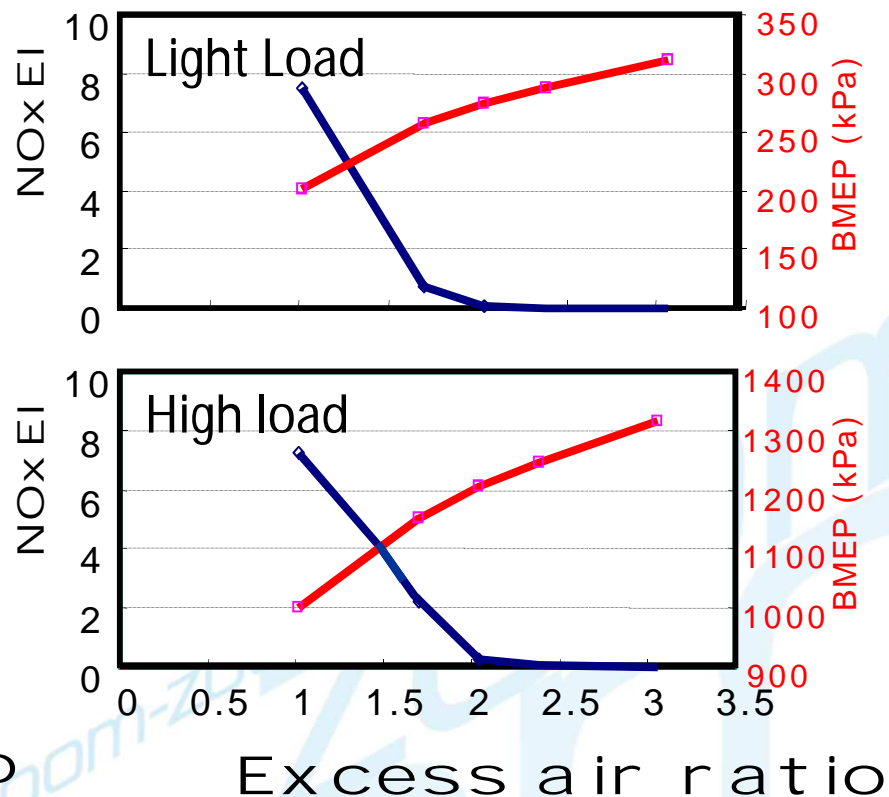
# 排気量に対する考察

## 過給とリーンバーン

Excess air ratio vs thermal efficiency



NOx vs excess air ratio

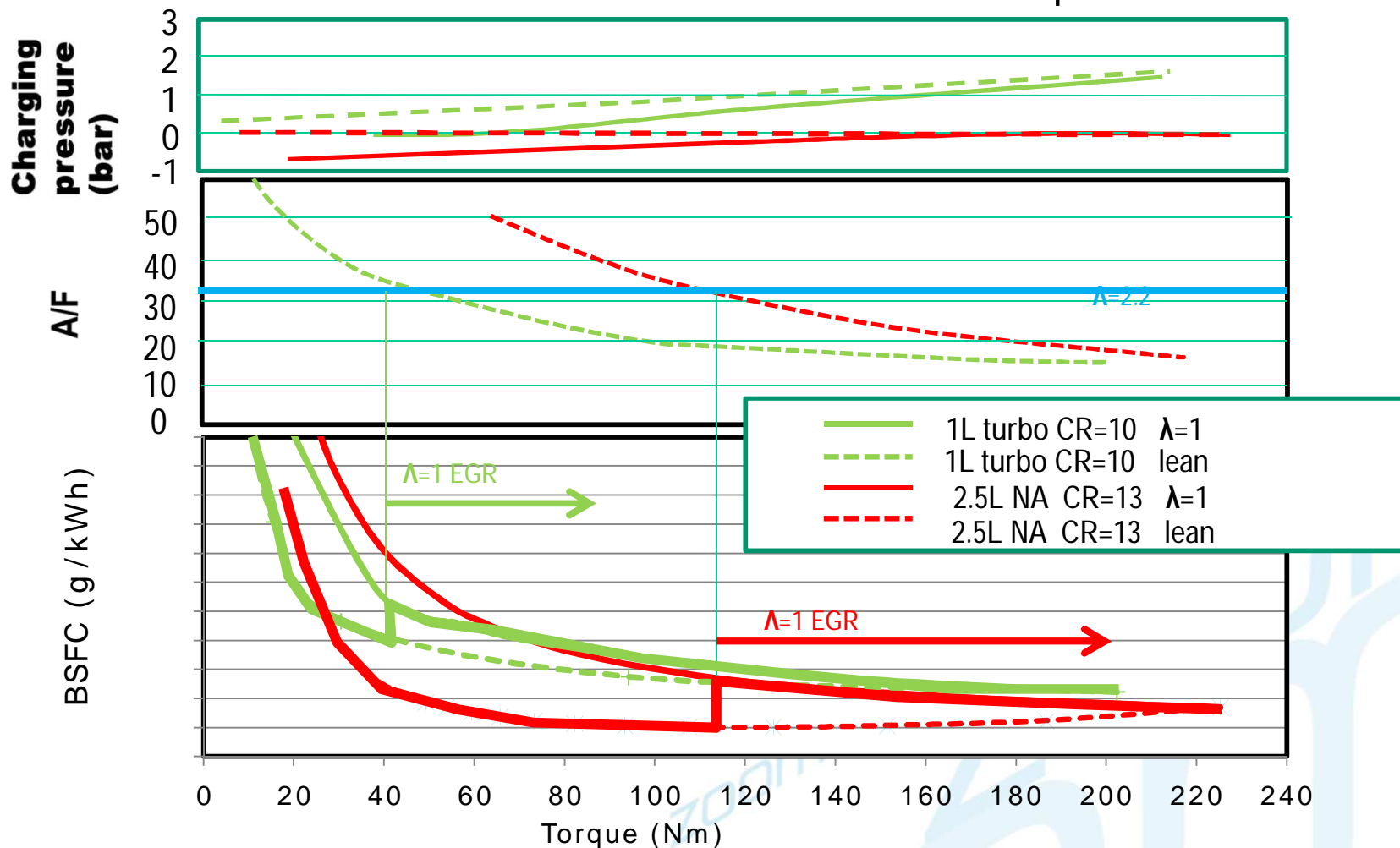


NOx 後処理無で低燃費領域拡大のためには >2.2 を広く確保したい

# 排気量に対する考察

## 排気量とリーンバーン領域

2000rpm



大排気量NAの方が過給ダウンサイジングより低燃費リーンバーンエリアが広い  
排気量はコストフリーの過給器



SKYACTIV *開発までの経緯*

*技術革新*

*内燃機関の究極へのステップ*

SKYACTIV *ガソリン*

SKYACTIV *ディーゼル*

Next Step

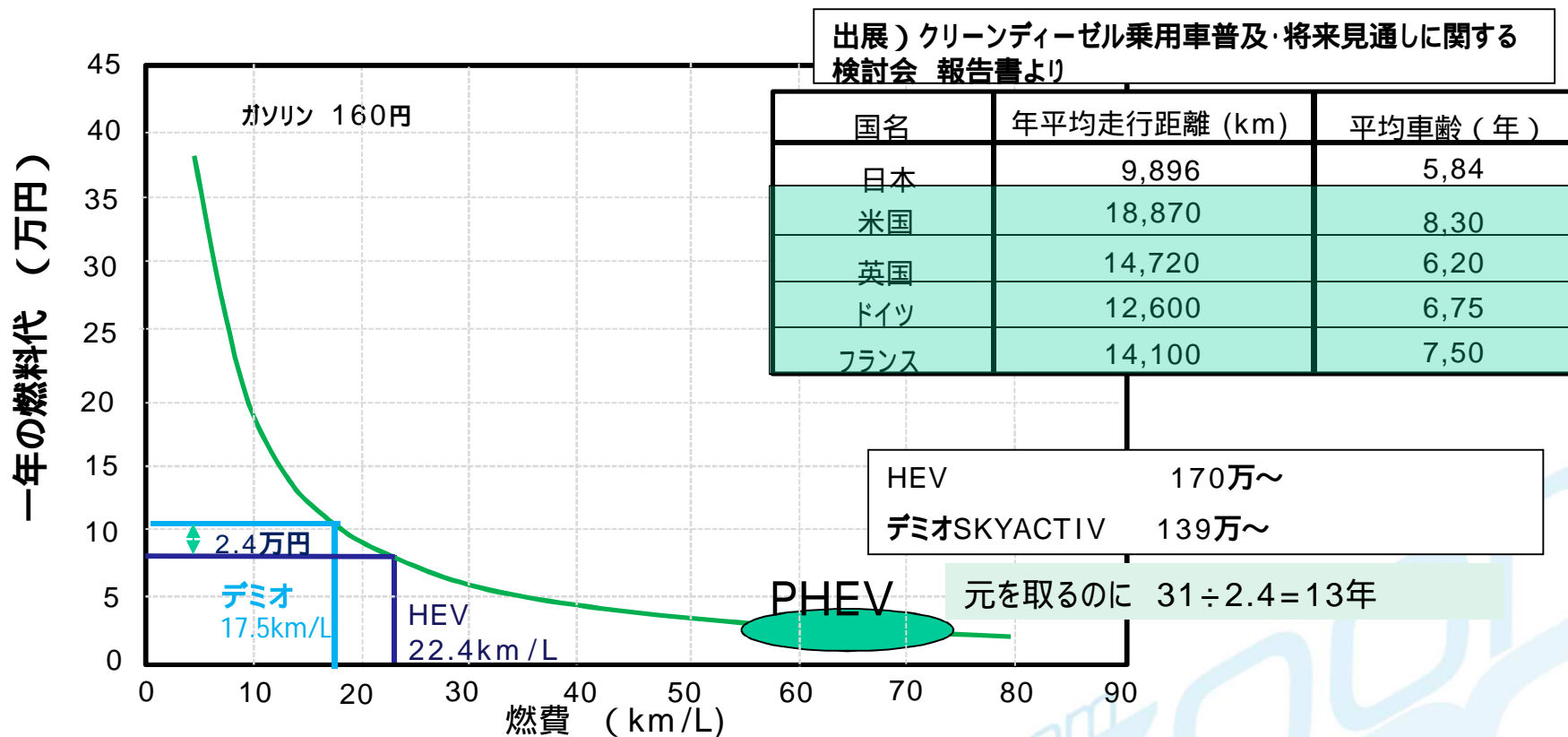
*排気量に対する考察*

*燃費に対する考察*

*電気自動車に対する考察*

# 燃費に対する考察

一年で12,000km走ると仮定したときの1年間の燃料代



非常に高価な技術を使ったエコカーは元は取れない。

マツダはエコだけの車は作りません。エコだけで効果になったら元は取れずお客様を裏切ることになるから

理想像； 走るのが楽しかった。給油してみたら燃費がいいから大助かり

zoom-zoom

SKYACTIV *開発までの経緯*

*技術革新*

*内燃機関の究極へのステップ*

SKYACTIV *ガソリン*

SKYACTIV *ディーゼル*

Next Step

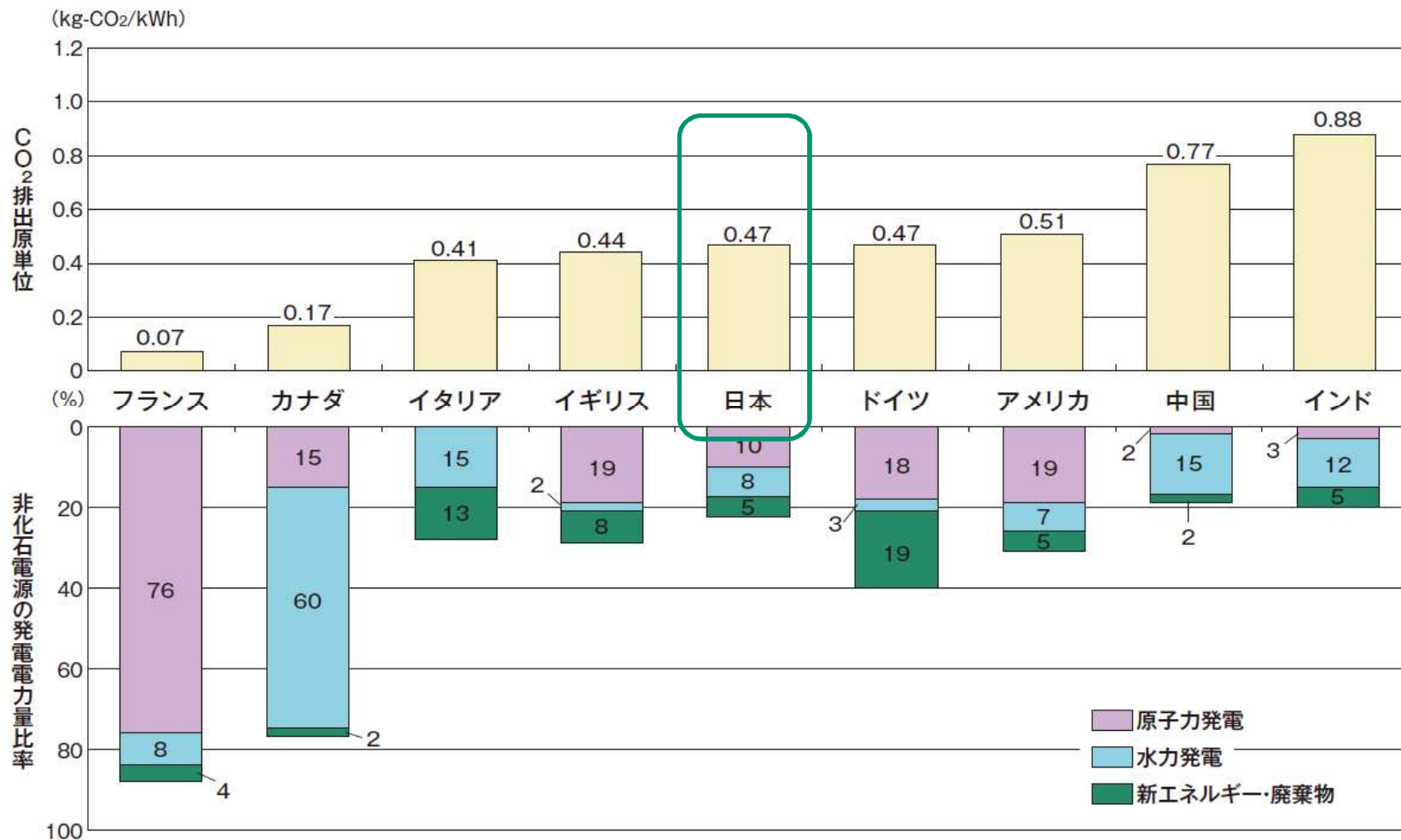
*排気量に対する考察*

*燃費に対する考察*

***電気自動車に対する考察***

# 電気自動車に対する考察

## CO2排出原単位（発電端）の各国比較

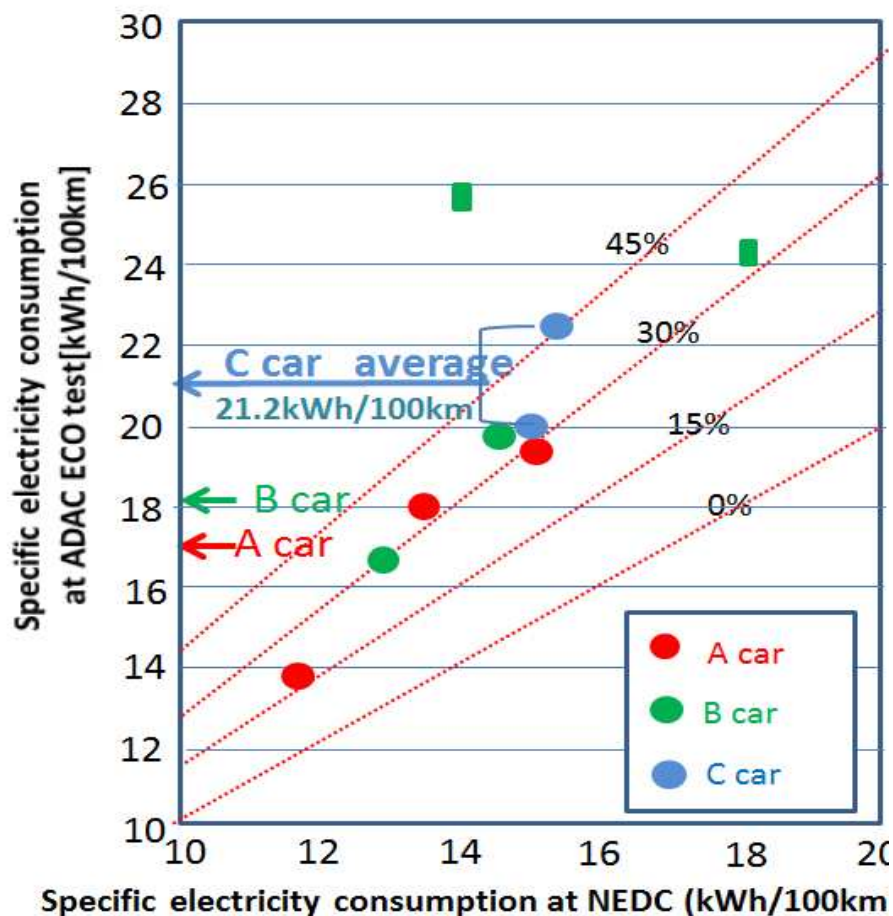


(注) 2011年の値。日本は自家用発電設備も含む。CHPプラント(熱電供給)も含む

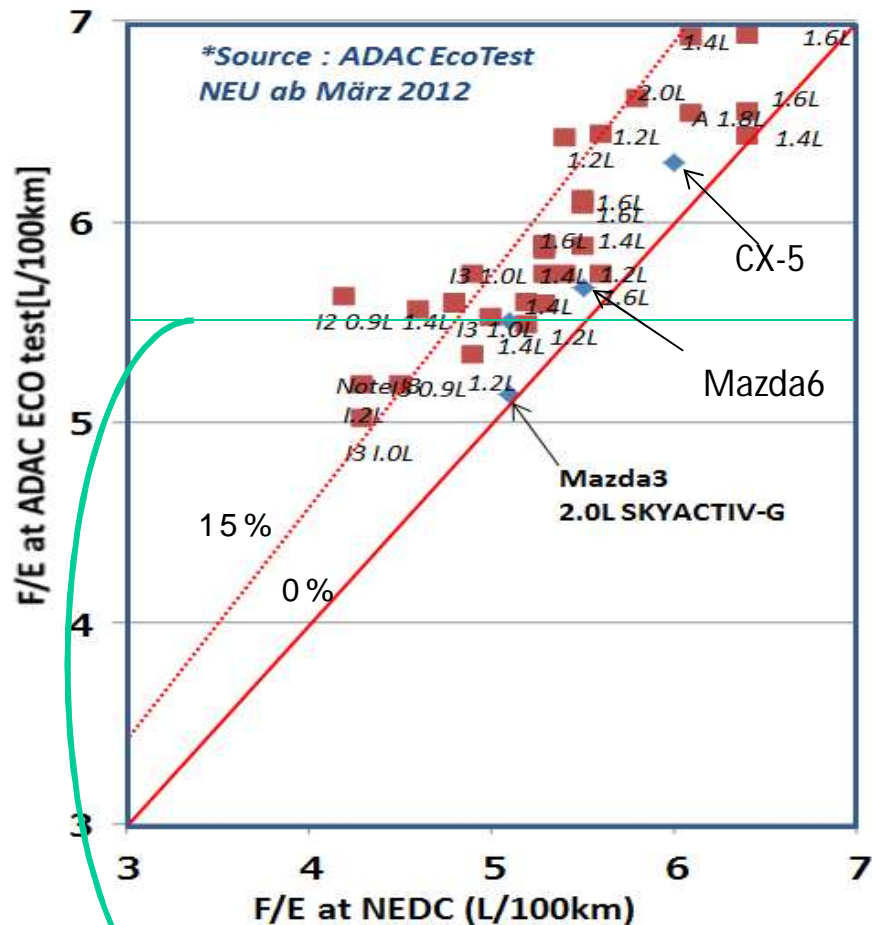
以降日本の発電原単位CO2は0.47kg-CO2/kwhを使用

# 電気自動車に対する考察

## 同カテゴリーの車を同じように走らせたときの等価な電力消費量とガソリン消費量



**CカーEV実用電費 :**  
21.2 kWh / 100km.



**Cカーガソリン平均実用燃費:**  
5.5 L / 100km とする

# 電気自動車に対する考察

欧州Cカーでの実用燃費比較から 5.5L(ガソリン)=5L(軽油)=21.2kwh(電力)

	H25年度消費量 (万kL/年)	化石燃料CO2排出量試算 (億t/年)	EV化した時の電力換算
ガソリン	5,680	1.32	2190億kwh
軽油	2,435	0.64	1032億kwh
		1.96	3222億kwh

- 送電、充電効率を考えると1割は目減りするので必要発電量は $3222 \div 0.9 = 3580$ 億kwh

CO2換算  $3580(\text{億kwh}) \times 0.47(\text{kgCO}_2/\text{kwh}) = 1.68$ 億t

内燃機関が3割改善したら $1.96 \times 0.7 = 1.37$ 億t

**今のままの発電方法なら全部電気自動車にしても内燃機関30%改善に及ばない**

- 電気自動車で意味を出すには今運輸で使用されている燃料の半分ぐらいは電気自動車で置き換え、さらにその電気はすべて再生可能エネルギーで賄うぐらいやる必要あり

- 3580億kwhの半分の1790億kwhは再生可能エネルギー発電にするとしたら

太陽光と風力の現状比率；太陽光85%，風力15% 太陽光1520億kwh，風力270億kwh

太陽光の現状稼働率13%、風力20%、

太陽光の必要発電力  $1520 \div 365 \div 24 \div 0.13 = 1$ 億3000万kw

風力の必要発電能力  $270 \div 365 \div 24 \div 0.2 = 1500$ 万kw

の発電能力増強が必要

# 電気自動車に対する考察

- 平成26年 4輪車 77,348,329台 乗用車6000万台
- 乗用車はほとんどガソリン、商用車の大きいものは軽油 軽油の方を電気に置き換えることは考えにくいからガソリンだけで半減させるには電気自動車が何台いるか  
ガソリンは6000万台で5680万kL 軽油は1700万台で2435万kL
- 軽油は同じ容量でガソリンよりCO<sub>2</sub>を10%余計に出すから両方のガソリン換算量は  
 $5680 + 2435 \times 1.1 = 8359$ 万kL これをガソリン自動車だけで半減するには  
 $4180$ 万kL減らさないといけない  $4180 \div 5680 \times 6000$ 万台 = 4400万台のEVが必要
- これらが3kwで一斉に充電したら $3\text{kw} \times 4400$ 万 = 1.32億kwの発電力必要  
一斉に充電というのは大げさか？ 7 Lで満タンの車で一日で3-4L使ったら毎日補充し  
たくないか？ 一回の充電に何時間もかかる 多くの車の充電が重なると思うべきでは？
- 今確実に稼働できるのは原子力を使って2億kw程度
- 家に帰ってみんなが充電している時は太陽光発電はない。風も吹いていない時もある。ならば、即発電可能な手段（火力）で1億kw程度の増強必要

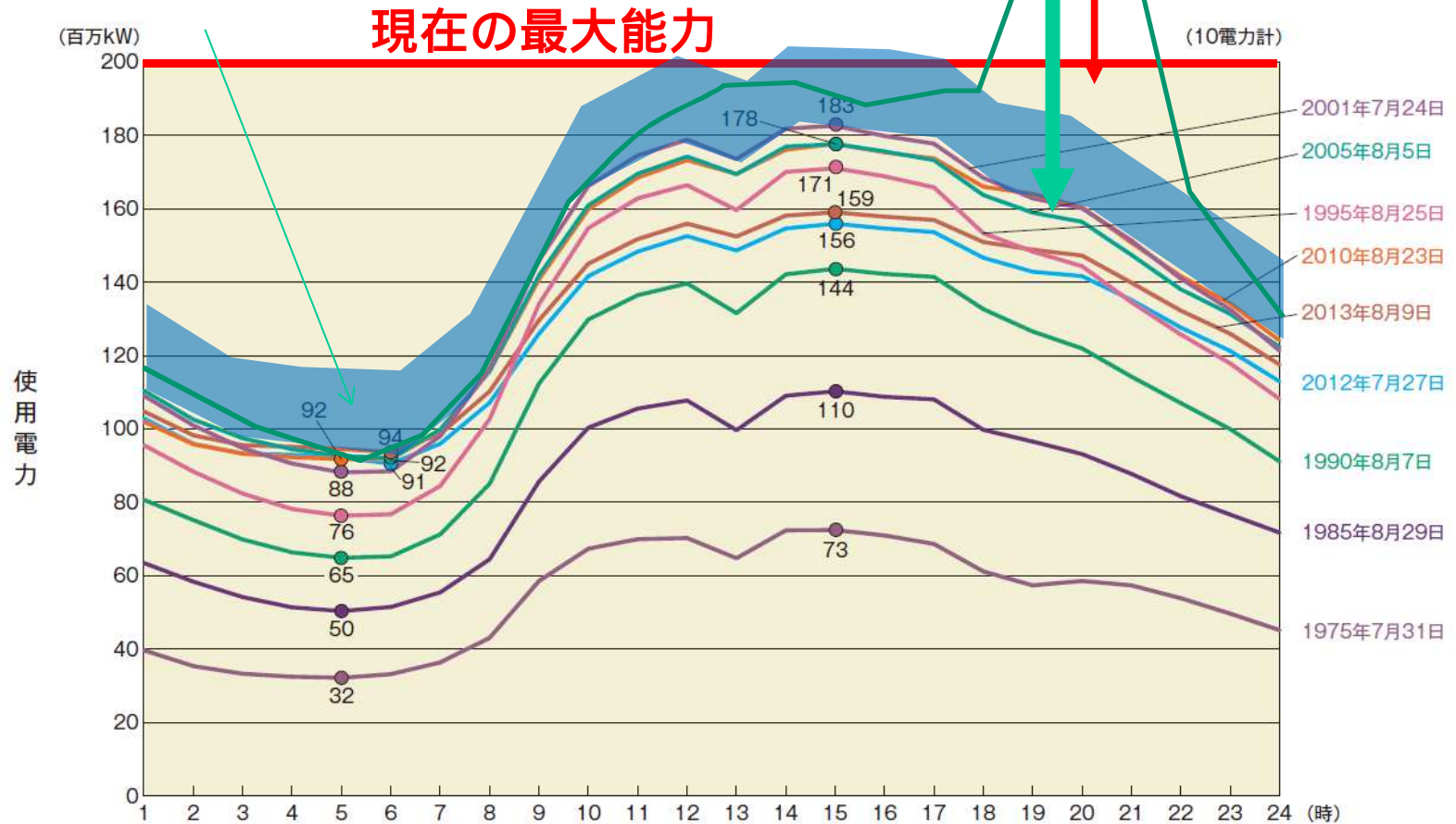


# 電気自動車に対する考察

一日の必要量を均等に充電してくればこうなる  
 一日の必要量 4.9億kwh  
 約2000万kwで24時間

充電時間が長いので多くの車の充電が重なると

この分即座に発電できる能力が必要



(注) 1975年のみ9電力計

一度に充電することなんかないと考えていいか?

台風が迫っている前日には使う予定が無くてもみんな充電するのは?

# 電気自動車に対する考察

同じCO2低減効果は達成できるか？

一斉に使われるかもしれないものを  
 コンスタントに発電できないものでまか  
 なうには莫大な投資が必要

現在発電だけで自動車以上にCO2  
 を出しているのだからそれを先ずおと  
 してからEVを考えるべき。同時進行  
 は無駄そのもの。

その間に再生可能液体燃料を開発す  
 る方が圧倒的に合理的なはず

数千万台のEV

何万か所かの急速充電器

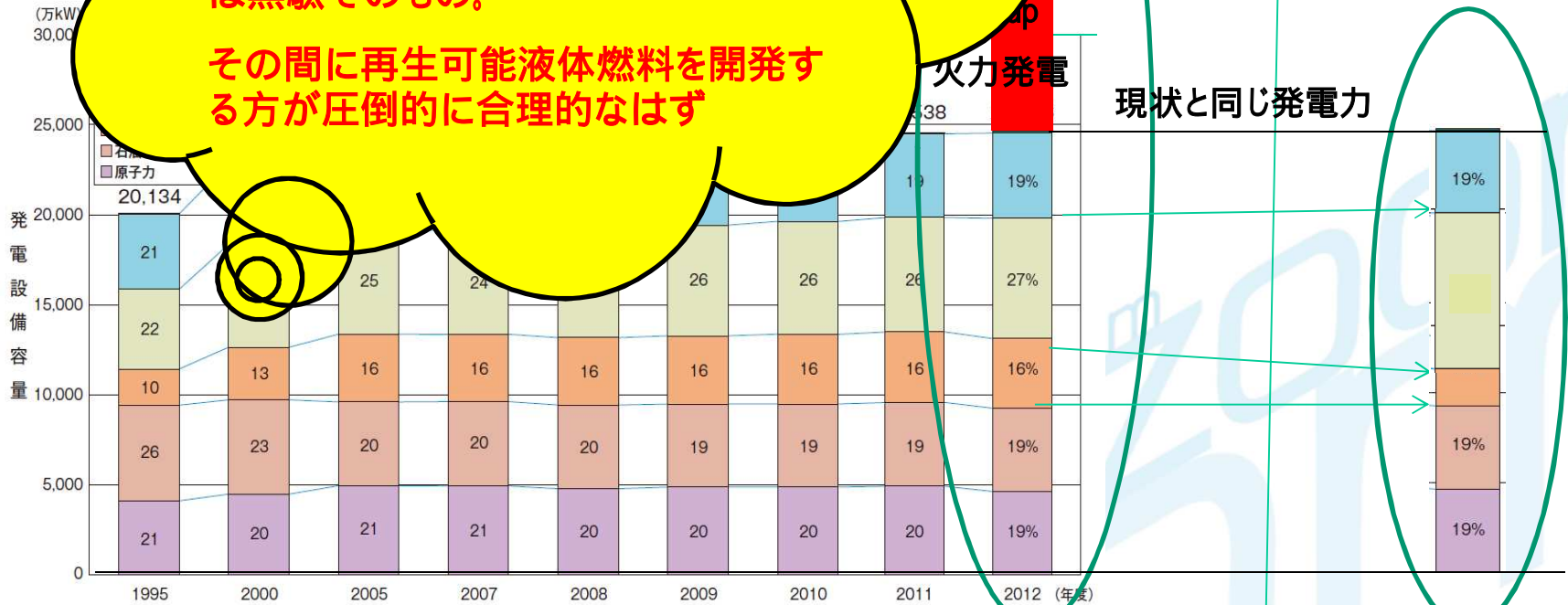
家庭用充電器数千万台

内燃機関効率30%  
 改善

石炭発電所の半分を  
 天然ガス発電へ

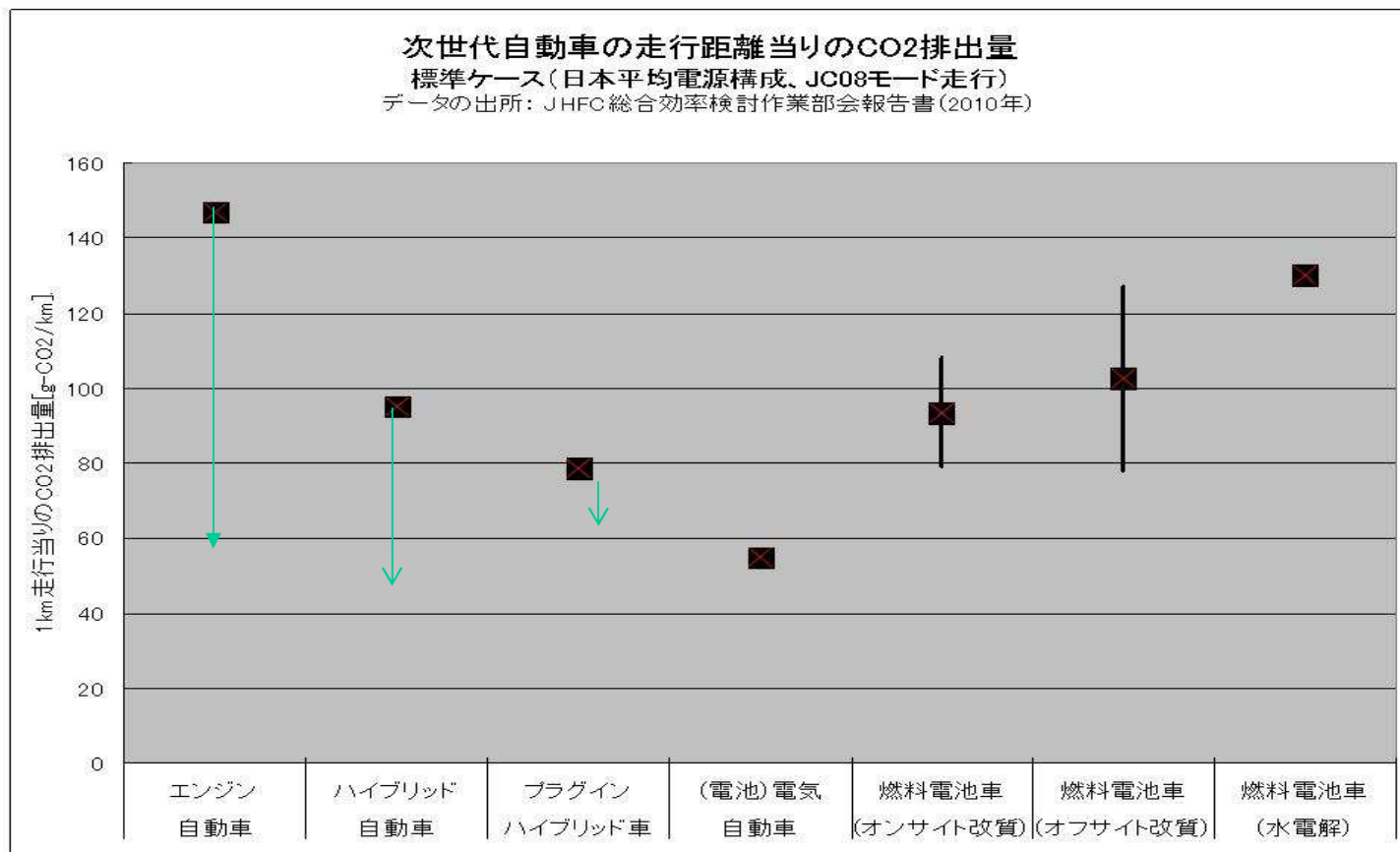
または

石炭と石油発電を天  
 然ガスに変えるだけ



現状と同じ発電力

## 次世代自動車の一般的CO2比較



古い車の悪いモード燃費と対比してみると誤る

実用燃費で内燃機関は電気に追いつく可能性はある

EVは発電側のCO2を下げるしかないがかかる社会的コストに対して効果は????

# 再生可能液体燃料の可能性

2030年の実用化に向け、微細藻類由来バイオ燃料の研究が産官学で進められている。

微細藻類由来バイオ燃料製造（筑波大学）

微細藻類を使ったCO<sub>2</sub>吸収・バイオ燃料化の研究  
（デンソー）

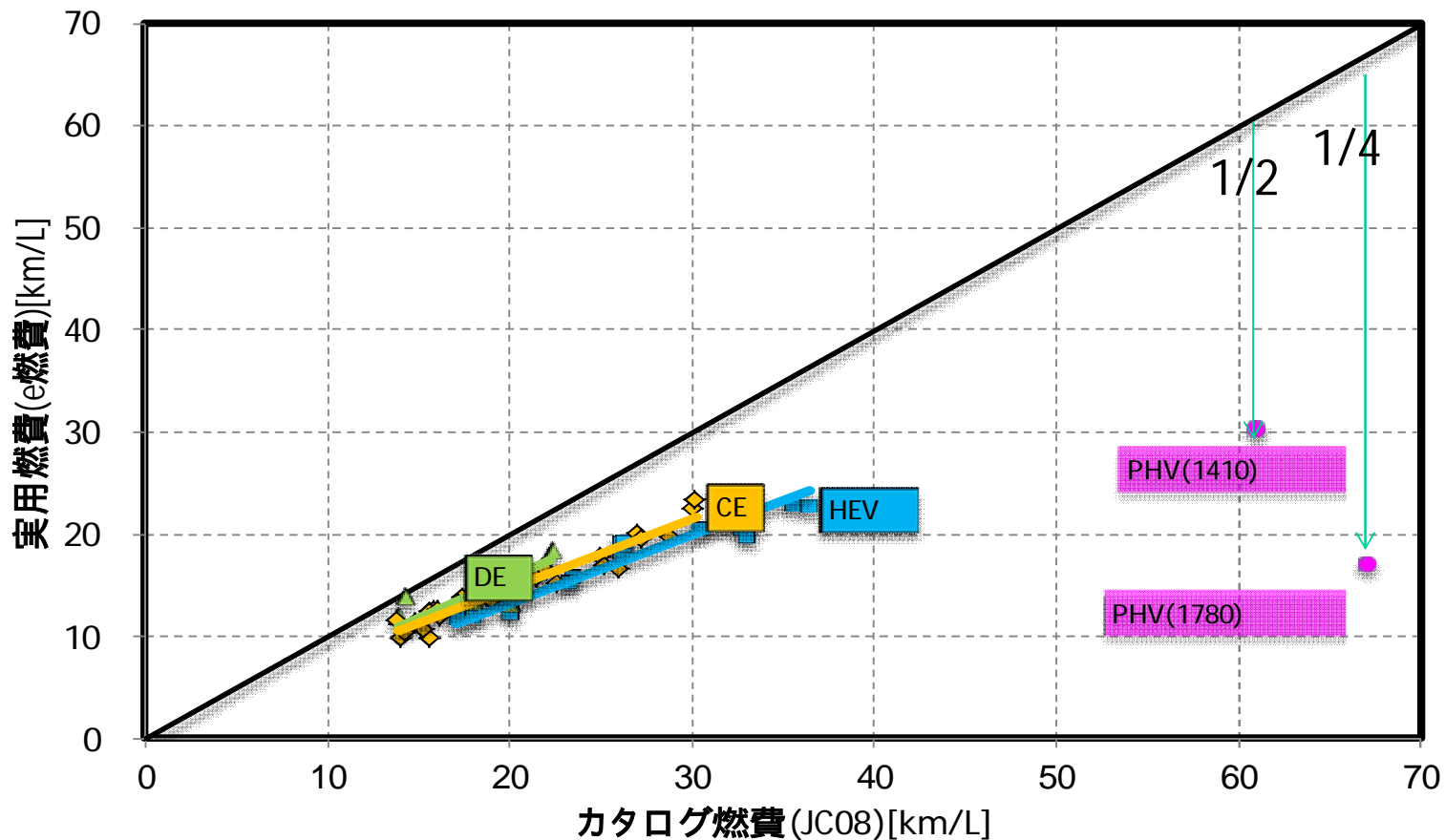
微細藻類由来バイオ燃料製造・屋外大規模培養試験  
（NEDO & IHI）

ミドリムシによるバイオディーゼル燃料の製造  
（ユーグレナ & いすず）

2017年からの実証試験に向けて、人工光合成の研究が日本の産官学で進められている。

人工光合成（パナソニック、東芝、豊田中央研究所）

# e-燃費 これが全ユーザの代表とは言わないが傾向は出ている



PHEVはどんなに電費の悪いEV走行をしても、どんなに燃費の悪いハイブリッド走行をしてもカタログ値は電池をたくさん載せたもの勝ち

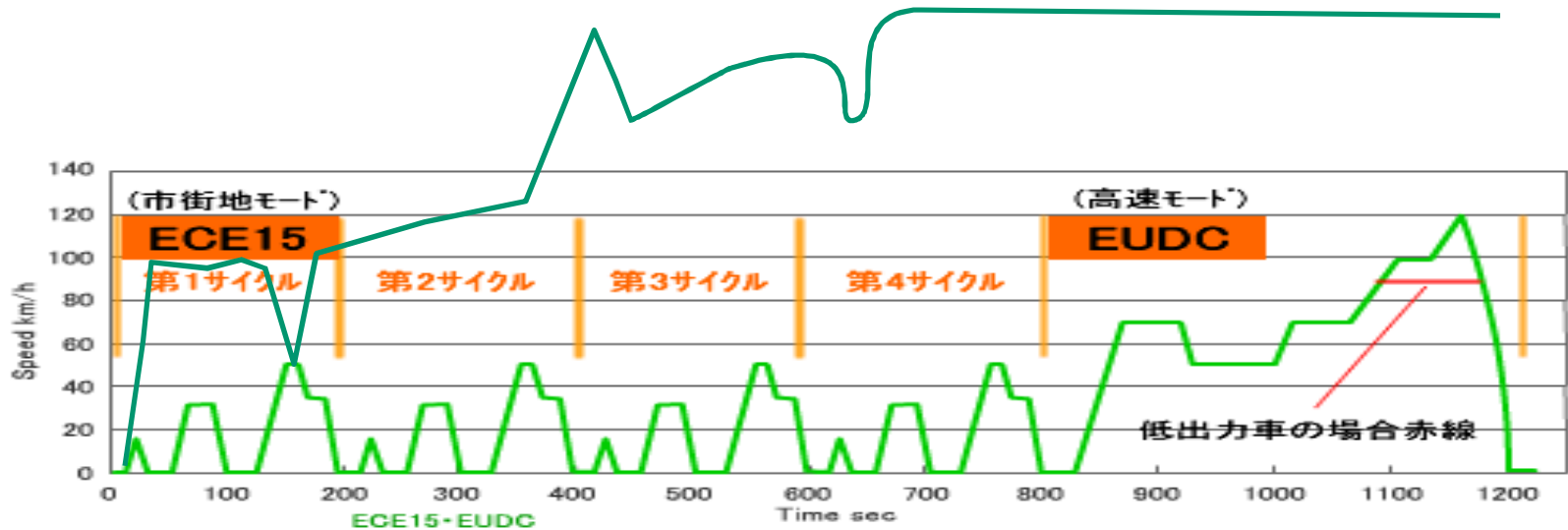
# 不正ソフトは言語道断だがこれは許される???????

【UN ECE 101 Annex8要件】	
CO2コンバイン値	$CO_2 \text{ (g/km)} = (De \text{ km} \times CO_2[A] + 25 \text{ km} \times CO_2[B]) / (De \text{ km} + 25\text{km})$ De (km) : 満SOCからNEDCを繰り返して、エンジン再始動までのEV走行距離 25 (km) : バッテリー充電間の平均距離 (固定値)
CO2[A]の算出方法	満SOCからNEDC 1回走行したCO2値 NEDC 1回でエンジン始動しない場合、 $CO_2[A] = 0 \text{ g/km}$
CO2[B]の算出方法	空SOCからNEDC 1回走行したCO2値
【Prius PHEVの試算】	
CO2コンバイン値	$49 \text{ (g/km)} = (20 \text{ km} \times 0[A] + 25 \text{ km} \times 89[B]) / (20 \text{ km} + 25\text{km})$ De (km) : 20 kmと仮定 (JC08 24kmをNEDCに換算) 25 (km) : バッテリー充電間の平均距離 (固定値)
CO2[A]の算出方法	NEDC 1回 (約11km) でエンジン始動しないと仮定、 $CO_2[A] = 0 \text{ g/km}$
CO2[B]の算出方法	空SOCからNEDC 1回走行したCO2値は、89 g/kmと仮定 (PriusHEVと同じ値)

$$49 = (20 \times 0 + 25 \times 150) / (51 + 25)$$

上の式の意味 すごい大きく重く、ハイブリッドにしてもCO2 = 150 g/kmという燃費が良くない車があったとします。(プリウスは89 g/km デミオは100 g/km 付近) モーターで法定モードを51 km走れるようなバッテリーを載せればデミオの2倍以上燃費がいい車になると法律で決めてもらえます。

# 欧州プレミアムメーカーの環境に大変良いと言ってるPHEV



$$\text{CO}_2 \text{ (g/km)} = (\text{De km} \times \text{CO}_2[\text{A}] + 25 \text{ km} \times \text{CO}_2[\text{B}]) / (\text{De km} + 25\text{km})$$

De (km) : 満SOCからNEDCを繰り返して、エンジン再始動までのEV走行距離

モーターショーでもものすごいハイパワーの車をPHEVにして環境にも優しいと宣伝

でも本当に訴えているのは、モード運転のようなおとなしい走りなんかやめてぶっ飛ばせばエンジンも最初からかかってものすごい走りが体感できますよ。実はそのためにモーターとバッテリーを載せました。面倒?充電なんかしなくてもものすごく走りますよ。

環境問題? どんなにCO2を出してもモーターとバッテリーを載せれば、例え充電なんか面倒くさいからしなくても、この車は環境にいいのだと政府のお墨付きです。どうせドイツでは充電しても大して節約にもならないし。。。。

## 長いものには巻かれるというが

- 排気量で税金を決めることに対して是非とも反対の声を上げてください。排気をきれいにし、燃費も良くするのを妨げることになるからです。
- 不正をした会社があるからということで将来の環境改善技術としてディーゼルは脱落、今後はハイブリッド、電気自動車、燃料電池の時代だという人がいるが余りにも短絡的では？それより発電時のCO2はゼロとカウントすることになぜ疑問を呈さないのでしょうか
- 某社はディーゼルで怒られたから次はEVだそうです。全く変わらない体質 恐るべき節操のなさ
- 規制逃れの制御をしたメーカーがあるから規制を厳しくするという姿勢も拙速さを感じませんか？規制の問題ではないはず。規制はあくまでも環境改善レベルの実態から判断すべき。そしてそれはどこの問題か？
- ドイツ環境相はディーゼルをやめてPHEVやEVへ移行させるそうです。自国のメーカーが不正したからみんな使うなどのこと.880万台リコール？これが全部が通常車の10倍汚染させていたなら8800万台分の汚染物質？欧州の全ディーゼル自動車分を出していたのでは。これだけで汚染を助長していたかも。先ず不正を正せ。



## SKYACTIVを開発を通じて

- デミオで30km / Lからスタートしたが、業界内で内燃機関を見直す動きが一気に広がった
- 見向きもされなかった我が社に多数の会社が注目 欧州メーカ、日本メーカ、エンジニアリング会社、サプライヤーみんなSKYACTIVを調査している
- メディア、ジャーナリスト等が電気自動車などに疑問を呈するようになった
- *世界一でないと満足できないエンジニアが増えた*
- *人の後追いをしている方が安心できる人が多かったが今は独自路線に自信を持つ人が増えた*
- *できないという人の数が減った*
- *半数はまだ懐疑的な次世代にチャレンジ中 なぜか？*

**ご清聴ありがとうございました！**

