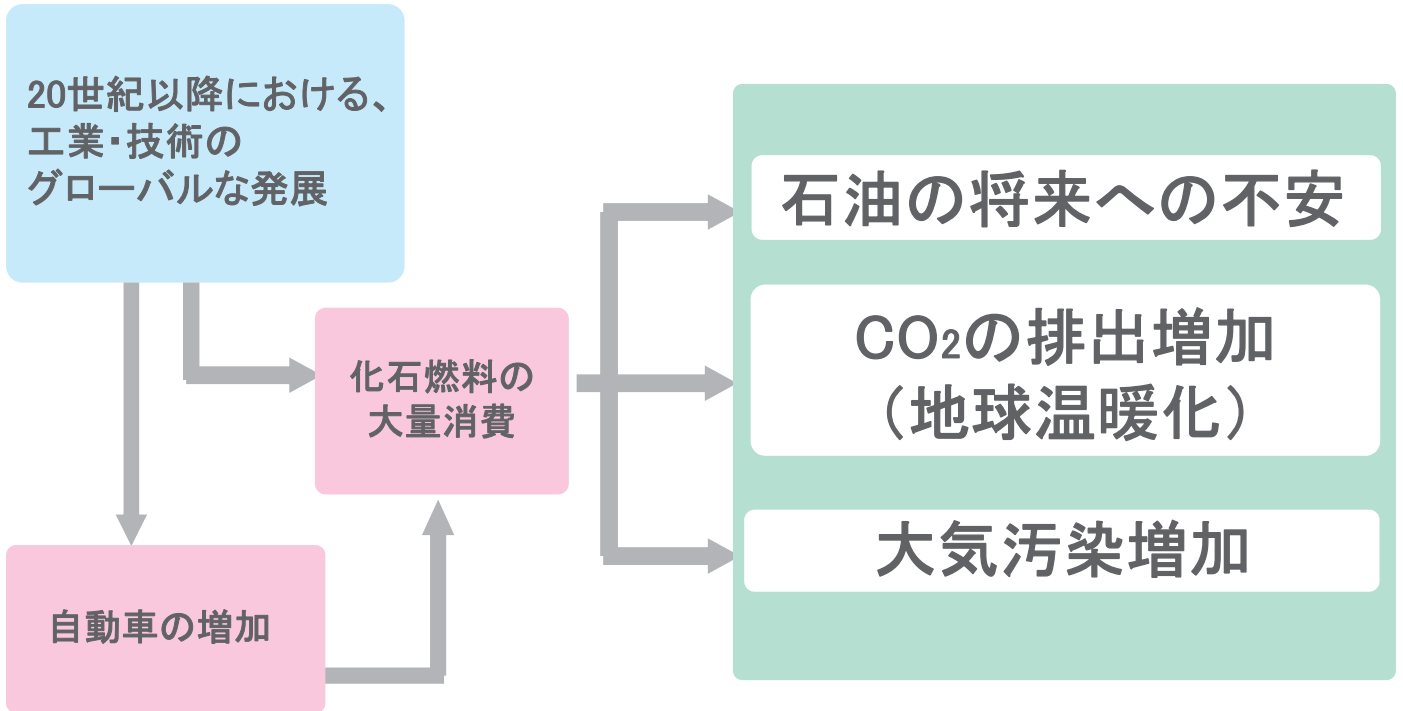


次世代自動車を実現する新車体技術

1. 次世代自動車の課題
2. ボデーの軽量化
3. 車体の空力低減
4. 次世代自動車に求められるもの

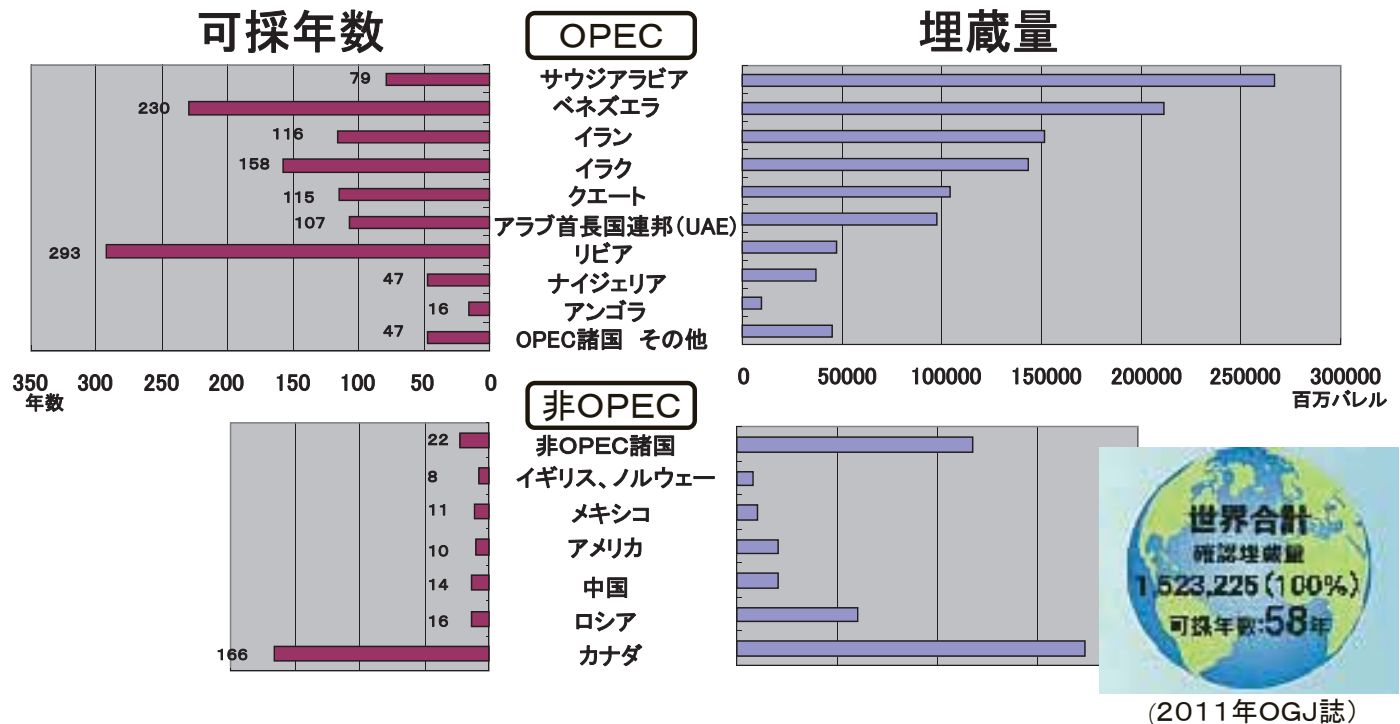
1. 次世代自動車の課題

自動車を取り巻く現状



1. 次世代自動車の課題

石油資源量



資源量は約半世紀分。むしろ価格変動や供給安定性に課題

1. 次世代自動車の課題

各国の燃費規制

モード燃費の負荷条件

	'08年	負荷状況		'12年以降	負荷状況				
		A/C	外気温		スタートモード	A/C	外気温	走行パターン	その他
米国	LA #4	OFF	25°C	LA #4	COLD	OFF	25°C		
	HighWay	OFF	25°C	HighWay	HOT	OFF	25°C	90km/h	
				US06	HOT	OFF	25°C	130km/h	
				SC03	HOT	ON	30°C		Faceモード・風量:Max、温度:Min
				Cold Co	COLD	ON	-7°C		風量(2分後):Max、温度Max
欧州 (中国)	EC	OFF	25°C	EC		OFF	25°C		
日本	10-15モード	OFF	25°C	10-15モード	HOT	OFF	25°C		
	JC-08 (一部HV)	OFF	25°C	JC-08	COLD	OFF	25°C		

A/Cオン、COLDスタートなど、実用に近い規制で省エネ強化

1. 次世代自動車の課題

各国のCO2排出量規制

欧州:CO2を一番厳しく規制

'15年CO2規制: 130g/km(17.9km/L)

(新車達成度規定:'12年-65%、'13年-75%、'14年-80%)

'21年CO2規制: 95g/km(24.2km/L)

日本:燃費規制値として定義

'15年に乗用車平均:23.5%向上('04比)

⇒CO2換算:約130g/km(16.8km/L)

'20年に乗用車平均:24.1%向上('09比)

⇒CO2換算:約115g/km(20.3km/L)

北米:燃費/CO2規制値として共存(CARB、EPA、NHTSA共同策定)

'16MY乗用車:37.8mpg(16.1km/L)、ライトトラック:28.8mpg(12.2km/L)

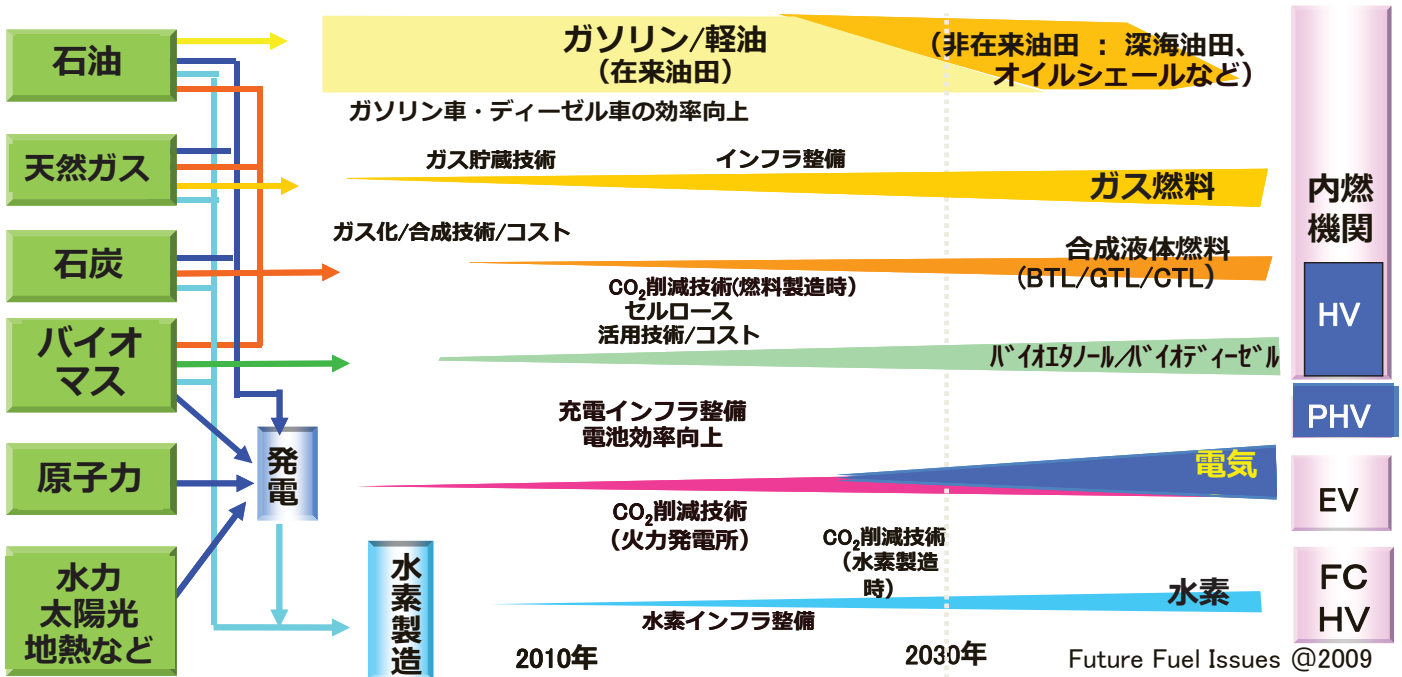
⇒CO2換算:250g/マイル(155g/km)

'25MY ⇒CO2換算:163g/マイル(101g/km)

各国で段階的に規制。欧州が最も厳しく、日・米が追従

1. 次世代自動車の課題

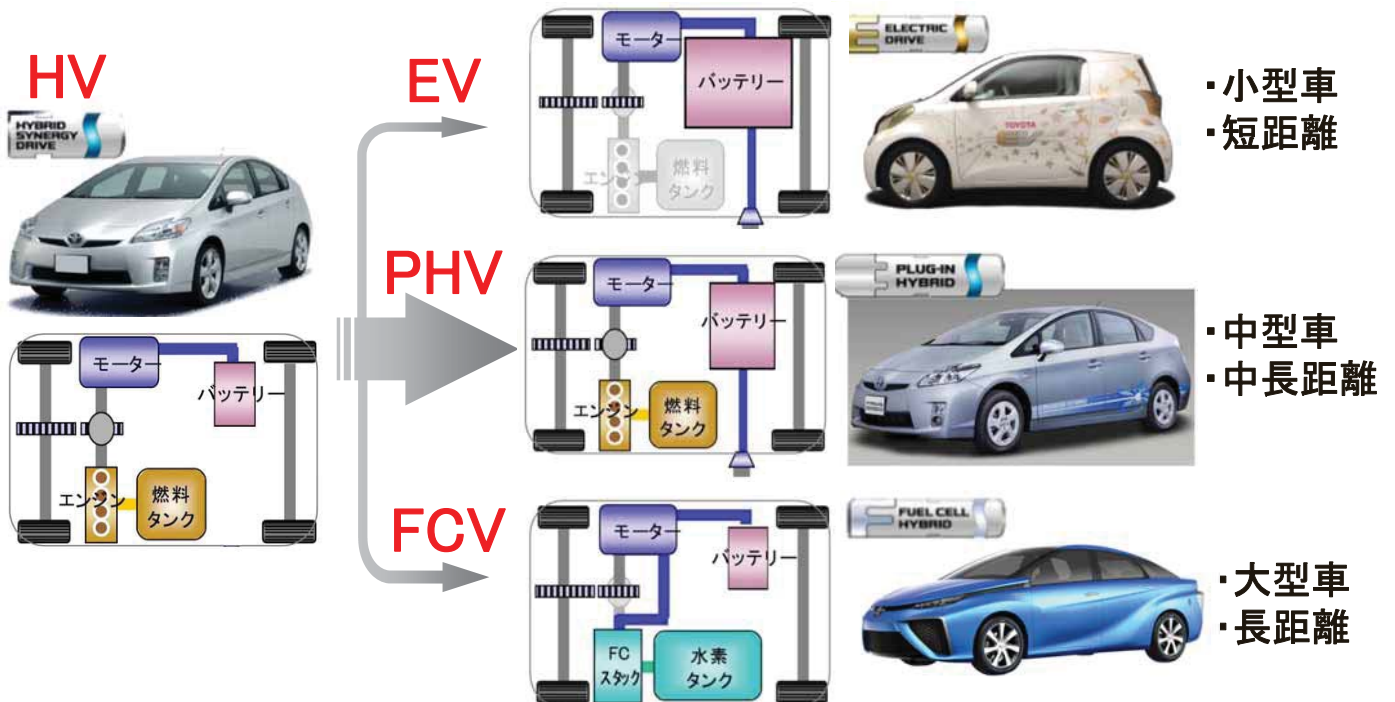
自動車用燃料、パワートレインの多様化



多角的なエネルギー、インフラ、ユニットの開発が必要

1. 次世代自動車の課題

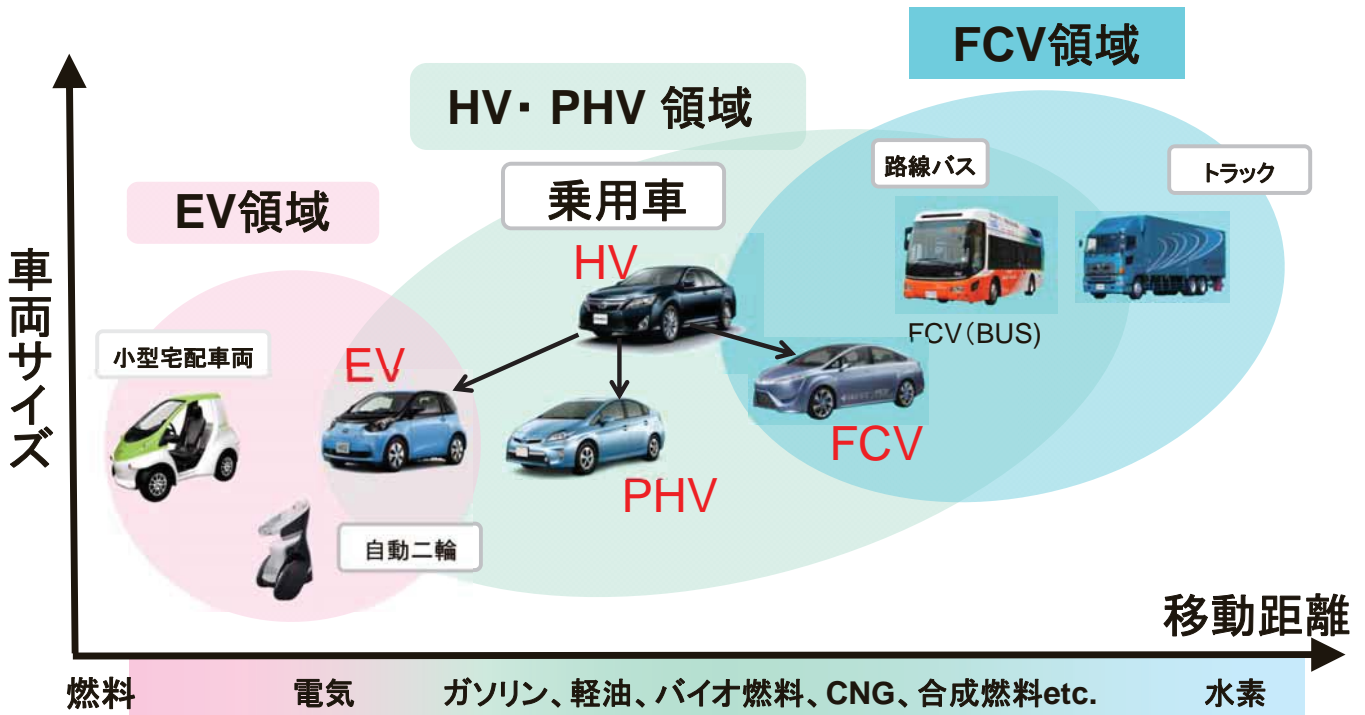
次世代環境車



省石油の基盤技術が「HV」。応用技術として「EV、PHV、FCV」

1. 次世代自動車の課題

次世代環境車の棲み分けイメージ



EV : 近距離、HV/PHV : 乗用車全般、FCV : 中長距離

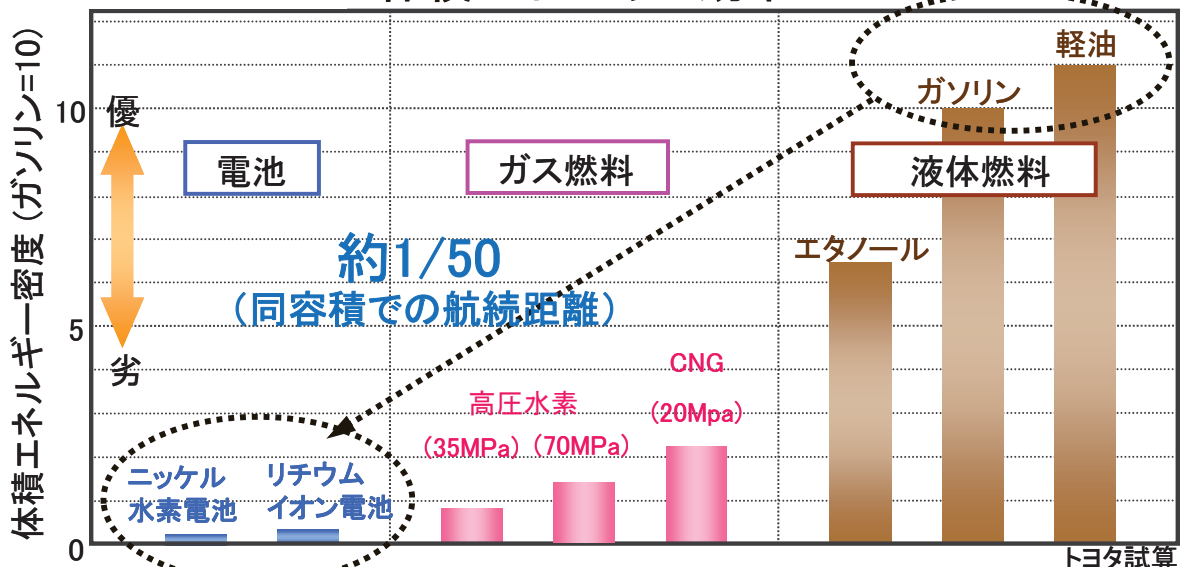
1. 次世代自動車の課題



EVの位置付け

利点 : 排出ガスゼロ、静か
課題 : 航続距離、充電時間、
インフラ整備

体積エネルギー効率



EV は、近距離用途やフリートユースに適したクルマ

1. 次世代自動車の課題

PHVの位置付け



HVとEVを融合・進化させたクルマ

利点

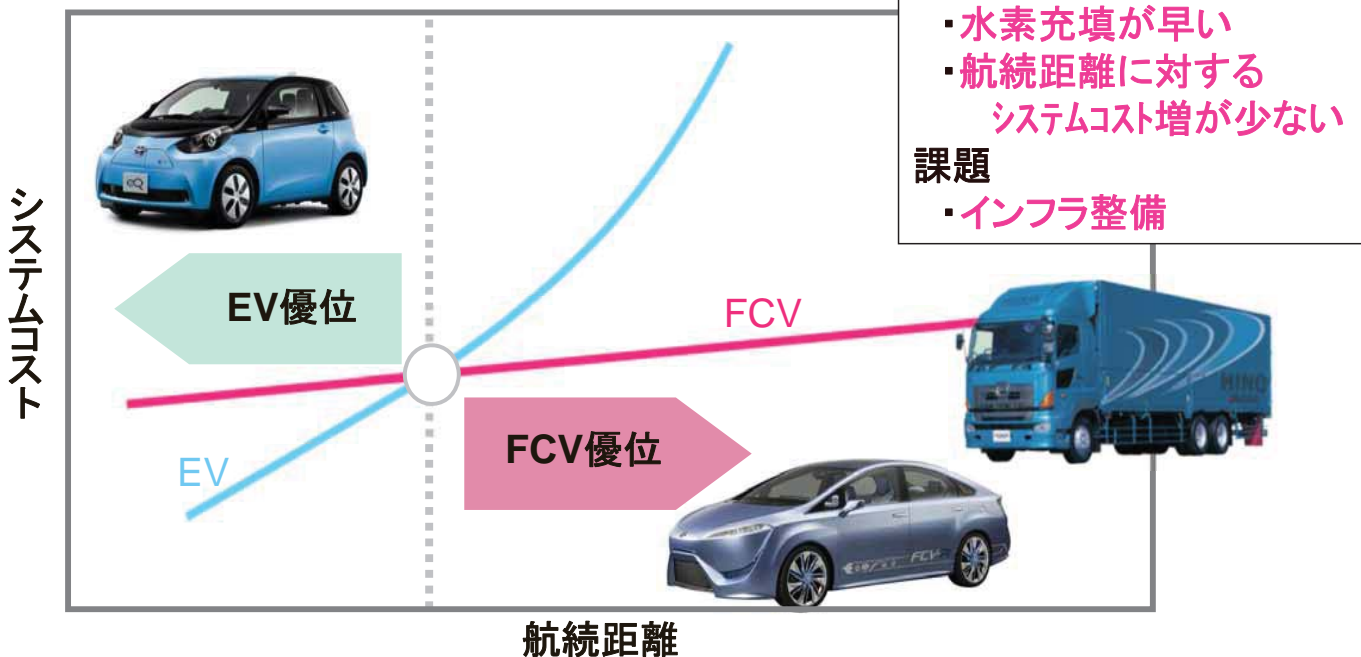
- ・近距離はEV、遠距離はHV
- ・電池切れの心配なし
- ・家庭で気軽に充電



PHVは、安心して走行可能。HVにつぐ次世代環境車の柱

1. 次世代自動車の課題

FCVの位置付け



利点

- ・排出ガスゼロ、静か
- ・水素充填が早い
- ・航続距離に対するシステムコスト増が少ない

課題

- ・インフラ整備

FCVは、乗用車から大型車まで長距離走れる次世代環境車

1. 次世代自動車の課題

「TOYOTA FCV CONCEPT」

2013年 東京モーターショー出展

エネルギーの多様化

- ・水素は多様な一次エネルギーから製造可能

ゼロエミッション

- ・走行中のCO₂排出ゼロ



走りの楽しさ

- ・モーター駆動ならではの滑らかな走りと静粛性

使い勝手の良さ

- ・航続距離(約700km)
JC08モード 社内測定値
- ・水素充填時間(約3分)
- ・氷点下始動性(-30°C)

非常時電源供給能力大

- ・供給能力は、EVの4~5倍以上
(一般家庭では1週間以上)

1. 次世代自動車の課題

FCVの課題

水素ステーション整備が必要で、**3つの課題解決が必要**

水素ステーションの整備

2015年

“社会実証”
4大都市圏を中心
高速道路
ステーション100ヶ所



2025年

“普及初期”
47県庁所在地網羅
ステーション1,000ヶ所



2030年~

“本格商用期”
全国水素ネットの構築
ステーション5,000ヶ所



COCN「燃料電池自動車・水素供給インフラ整備普及プロジェクト」
提言をベースにトヨタ作成

ステーションの技術開発



コンテナ型低コストステーション例(独・リンデ社)

規制見直し

‘10年12月「規制の再点検に係る工程表」が公表された

- ・材質基準
- ・耐圧基準
- ・蓄圧タンク構造
- ・ステーション併設
- ・定期検査方法
- ・セルフ化 など

1. 次世代自動車の課題

課題のまとめ

トヨタ基本スタンス

省エネルギー技術

燃料多様化への対応

エコカーは普及してこそ
環境へ貢献

車体の関するテーマ

- ・走行抵抗の低減
「軽量化」、「空力」
- ・ユニット多様化に
呼応した車体開発
- ・車両コストの低減

1. 次世代自動車の課題

2. ボデーの軽量化

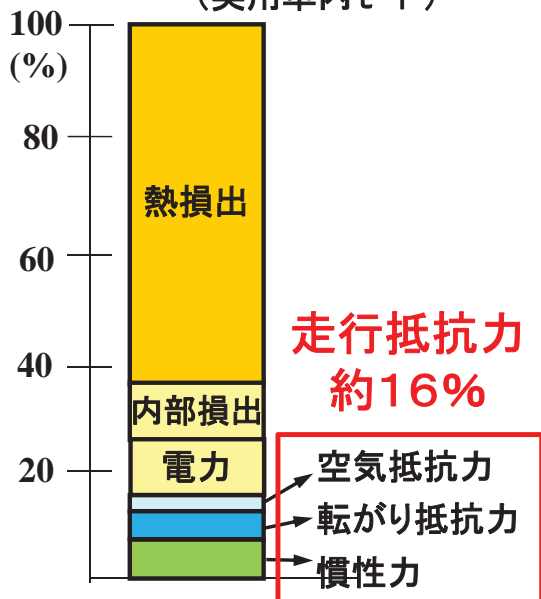
3. 車体の空力低減

4. 次世代自動車に求められるもの

2. ボデーの軽量化

省エネに対する質量、空力の位置付け

1) 消費エネルギー内訳 (実用車内モード)

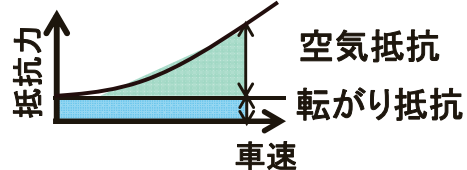


2) 走行抵抗

慣性力 + 転がり抵抗 + 空気抵抗
 $\propto \alpha \cdot M$ $\propto \mu \cdot M$ $\propto C_d \cdot A \cdot V^2$
質量 質量 空力

(ご参考)

・空気抵抗 : 転がり抵抗 \doteq 3 : 1 (100km/h)



・燃費寄与

燃費1% \doteq 75kg \doteq Cd値0.015

車体(質量、空力)の寄与は大きい。空力は速度依存が高い

2. ボデーの軽量化

軽量化のステップ

① 車両企画

・パッケージ、質量バランス

② 主要性能の目標設定

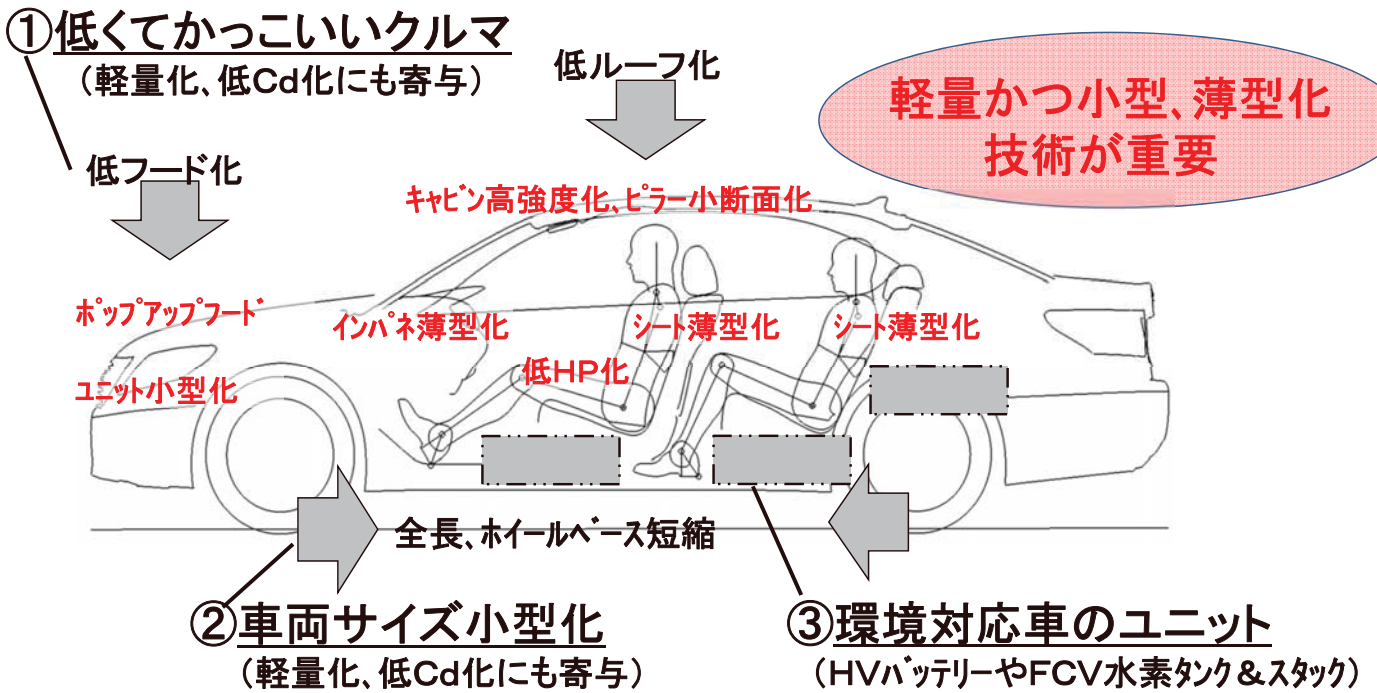
・衝突安全(キャビン強度、 \dots)
・走りの質感(ボデー剛性、 \dots)

③ シェル軽量化

・素性の良い骨格構造
・ハイテン、アルミ、樹脂の活用
・あらゆる接合技術

2. ボデーの軽量化

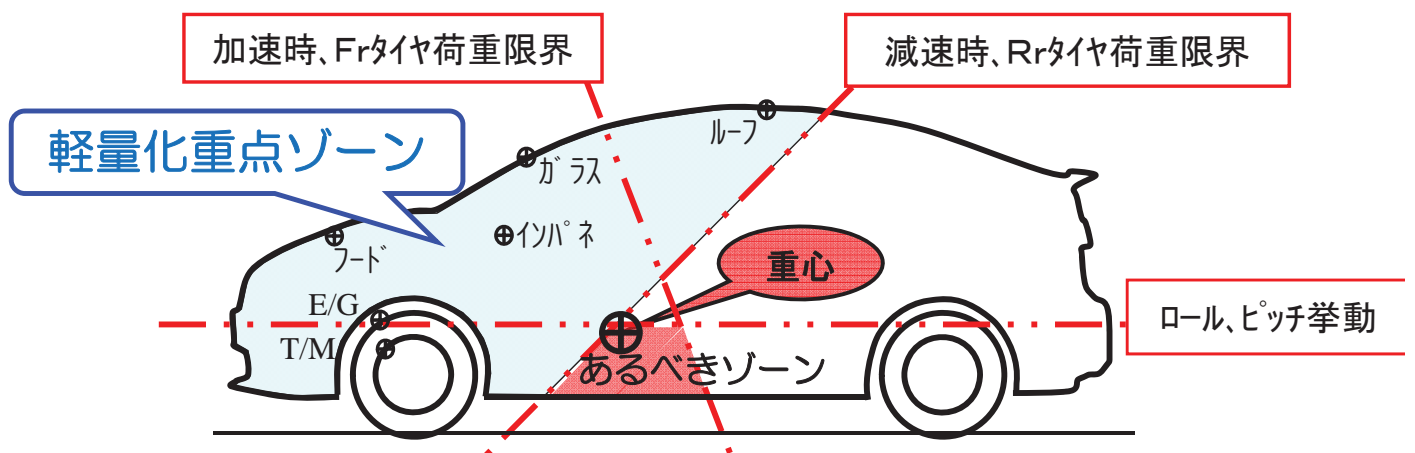
車両企画(パッケージ)



パッケージは車両サイズ、ユニット搭載で一段と厳しい状況

2. ボデーの軽量化

車両企画(質量バランス)



慣性諸元を考慮し、フロント、アッパー廻りの軽量化が特に重要

2. ボデーの軽量化

軽量化のステップ

① 車両企画

- ・パッケージ、質量バランス

② 主要性能の目標設定

- ・衝突安全(キャビン強度、)
- ・走りの質感(ボデー剛性、)

③ シェル軽量化

- ・素性の良い骨格構造
- ・ハイテン、アルミ、樹脂の活用
- ・あらゆる接合技術

2. ボデーの軽量化

衝突安全(各国法規のトレンド)

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
安全法規	日本	前突 側突 後突								
		その他		歩行者保護 歩行者保護						
	米国	前突 側突 後突		CMVSS (米への) FMVSS						
		その他	FMVSS21	FMVSS1						
	欧州	前突 側突 後突		電気要 ポール試						
		その他		歩行者保護 歩行者保護						
	中国	前突 側突 後突								
		その他								
	他									
				インド ODB(新型) 韓国 歩行者						

■ 決定
▨ 予定

先進国
新形態、新ダミー等で、
より実安全を考慮した
安全性能向上の動き

新興国
安全対応が加速

法規、アセスメントが段階的に強化。対応に質量アップが伴う

2. ボデーの軽量化

衝突安全(アセスメントのトレンド)

			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
安全系アセスメント	日本	前突 側突 後突									
		その他									
	米国	前突 側突 後突	微小ラップ 単独評価	微小ラップ TSP追加							
		その他									
	欧州	前突 側突 後突	要件強化 II								
		その他		Rr10オプ							
	中国	前突 側突 後突		CNCAP新総合評価 速度アップ、RrAF05							
		その他									
	他			A-NCAP Euroハーモ							

先進国
新形態、新ダミー等で、
より実安全を考慮した
安全性能向上の動き

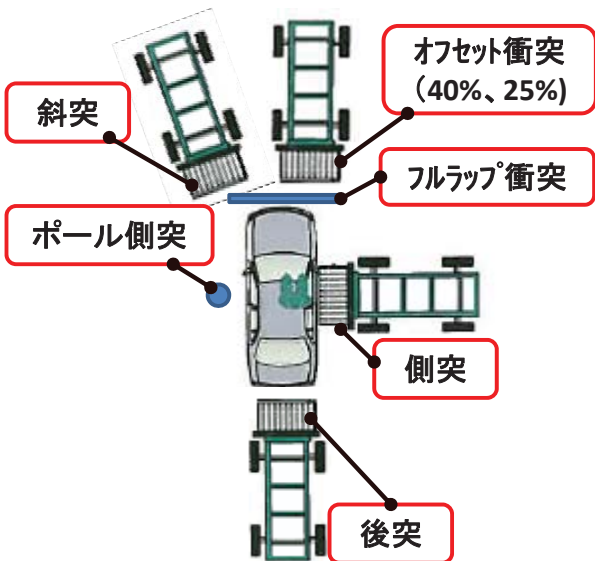
新興国
安全対応が加速

法規、アセスメントが段階的に強化。対応に質量アップが伴う

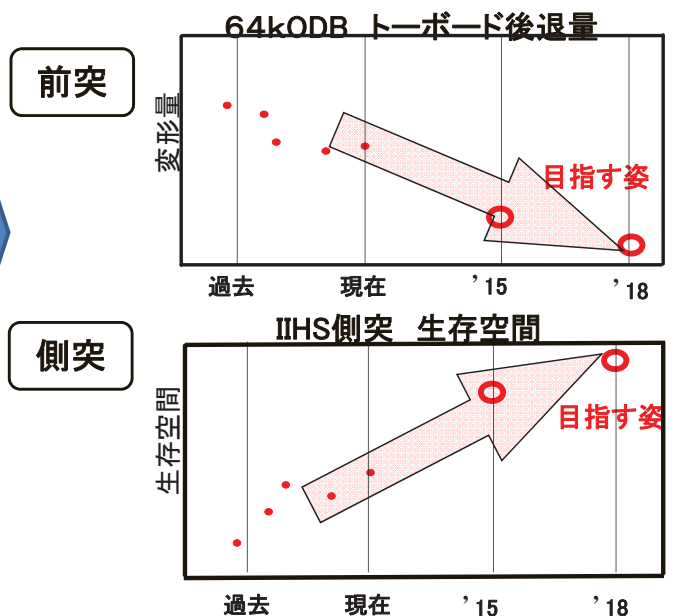
2. ボデーの軽量化

衝突安全(実安全:変形させないキャビン)

法規、アセス形態



目指す姿



市場事故を考慮し、更なるキャビン高強度化が必要(質量アップ)

2. ボデーの軽量化

走りの特性(ボデーの位置付け)

走る楽しさとは

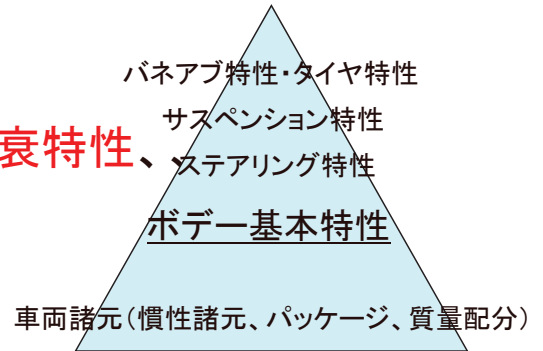
人馬一体、ドライバーの意のままに！
操作、外乱に対して車両が余分な動きをしない！

必要特性

機械特性(ボデー、シャーシ、...)と身体感受性(視覚、触覚、...)

「ボデー素性」向上

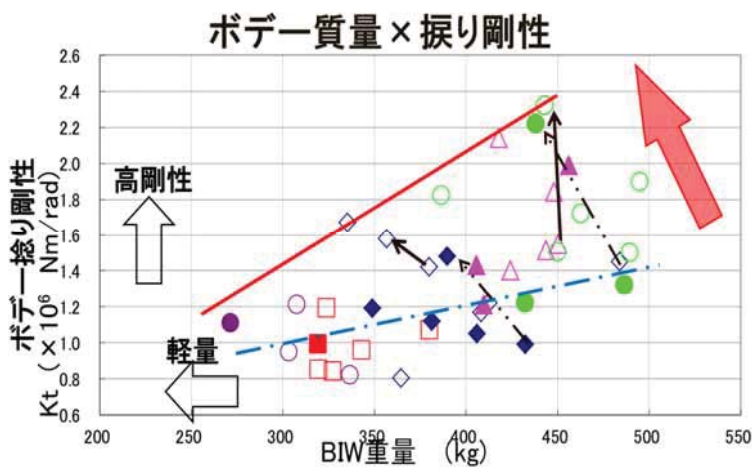
例えば **剛性、振動特性、減衰特性**、ステアリング特性



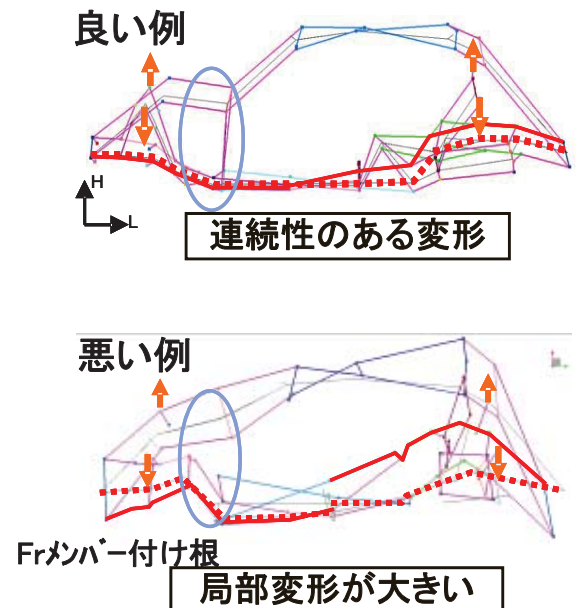
2. ボデーの軽量化

走りの特性(ボデー剛性)

ボデー振り剛性



捻り入力時の変形モード



ボデー全体の振り剛性や局部剛性向上が必要(質量アップ)

2. ボデーの軽量化

軽量化のステップ

①車両企画

- ・パッケージ、質量バランス

②主要性能の目標設定

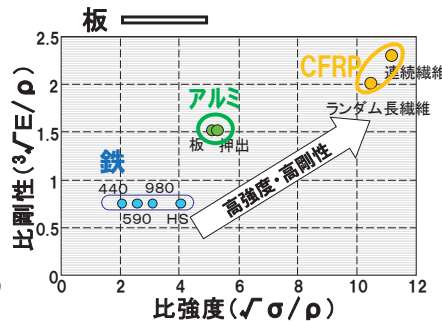
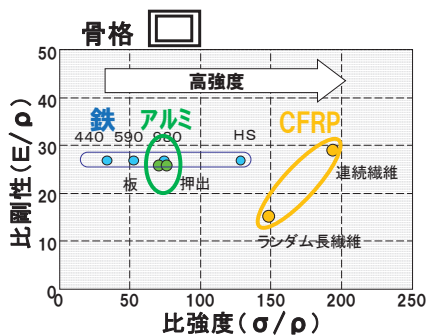
- ・衝突安全(キャビン強度、)
- ・走りの質感(ボデー剛性、)

③シェル軽量化

- ・素性の良い骨格構造
- ・ハイテン、アルミ、樹脂の活用
- ・あらゆる接合技術

2. ボデーの軽量化

ハイテン・アルミ・CFRPの材料特性

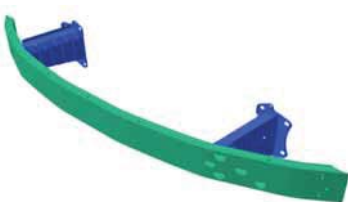


材料物性による軽量化効果

部材	鉄	アルミ	CFRP
骨格	強度	△~○	◎
	剛性	○	△
	EA	○	△
パネル	強度	○	◎
	剛性	△	◎

アルミ・CFRPの工法による利点

押出(閉じ断面)



ダイキャスト(リブ、肉厚可変)



樹脂、FRP(リブ、肉厚可変)



物性・工法の利点を活かし、材料置換以上の嬉しさ出しが必要

2. ボデーの軽量化

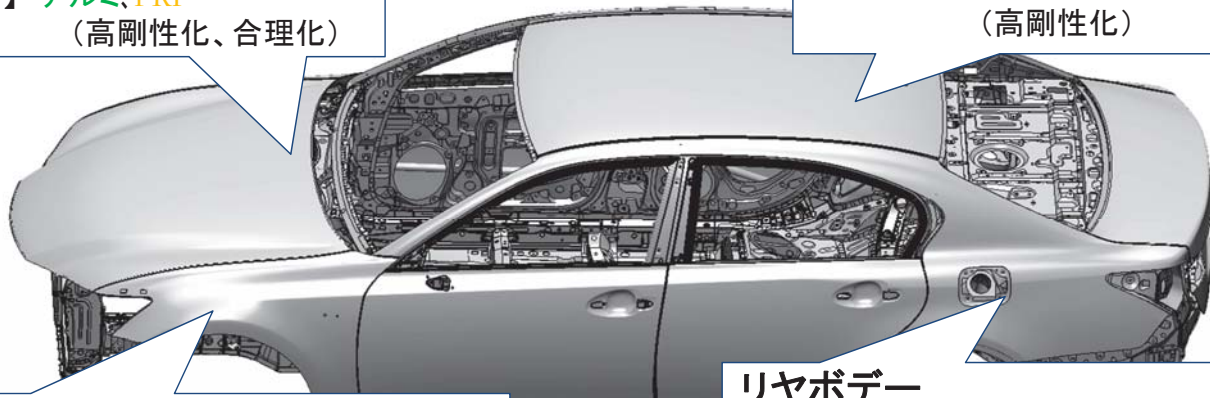
ボデーの適材適所

フタ物、外板

【アウタ】 **アルミ**、**PP樹脂**
(塗装品質、意匠性)
【インナ】 **アルミ**、**FRP**
(高剛性化、合理化)

キャビン

【骨格】 **超ハイテン**、**CFRP**
(衝突変形させない)
【パネル】 **ハイテン**、**アルミ**
(高剛性化)



フロントボデー

【骨格】 **ハイテン**、**アルミ**、**CFRP**
(衝突吸収、高剛性化、合理化)

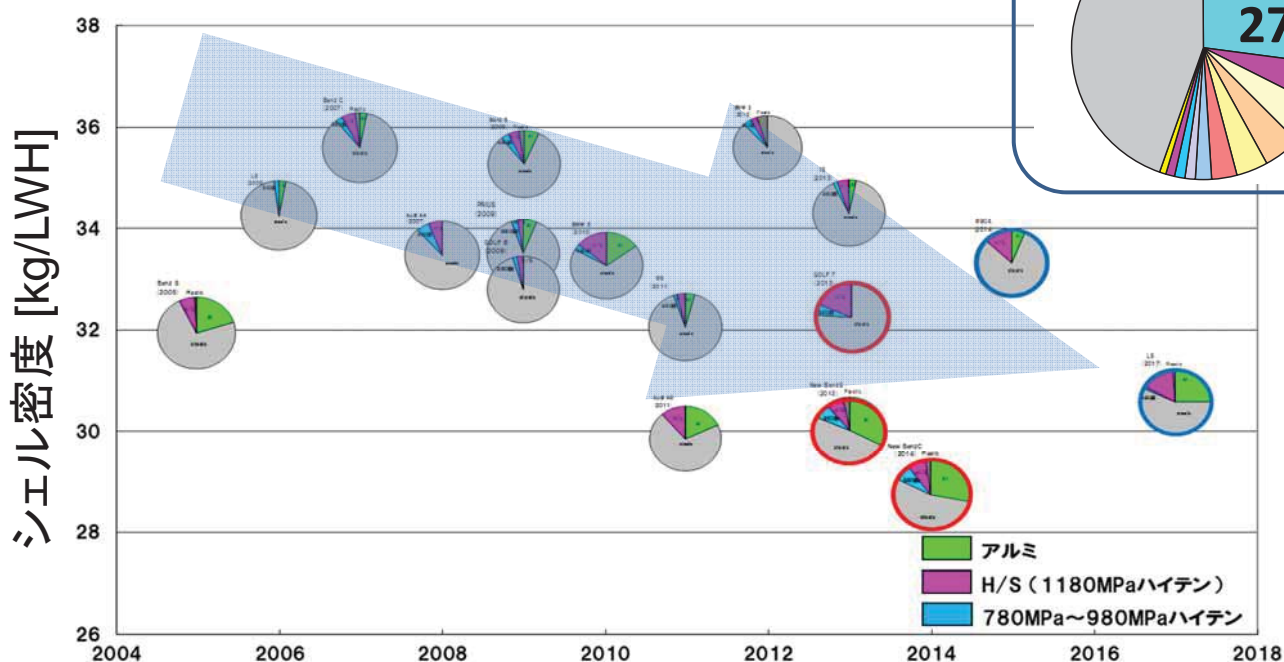
リヤボデー

【骨格】 **ハイテン**、**アルミ**
(衝突吸収、高剛性化、合理化)
【パネル】 **アルミ**(軽量化)

部位の要求性能に応じて材料・工法を効果的に適用

2. ボデーの軽量化

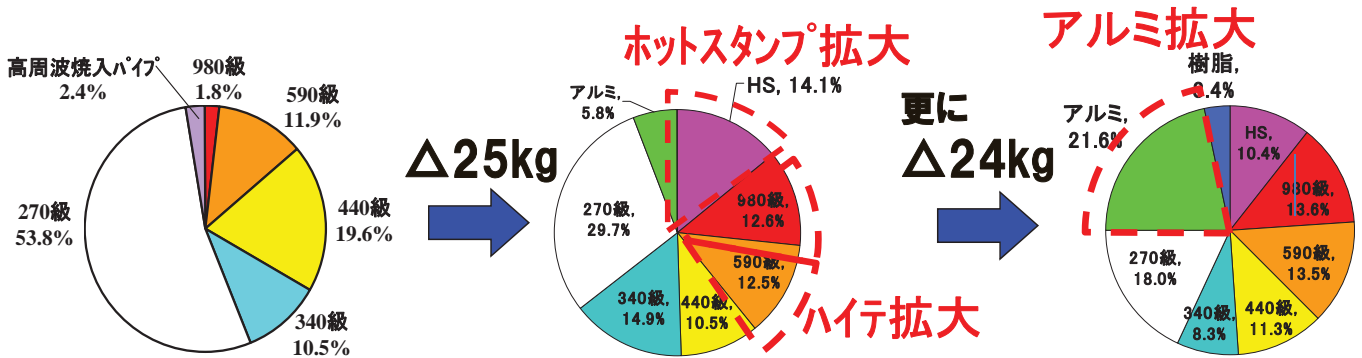
ハイテン、アルミの採用状況



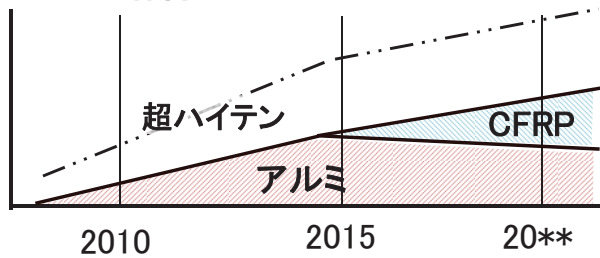
シェルの質量比率は高く、マルチ材料による軽量化が加速

2. ボデーの軽量化

ハイテン、アルミの採用シナリオ(試算例)



シェルの材料イメージ

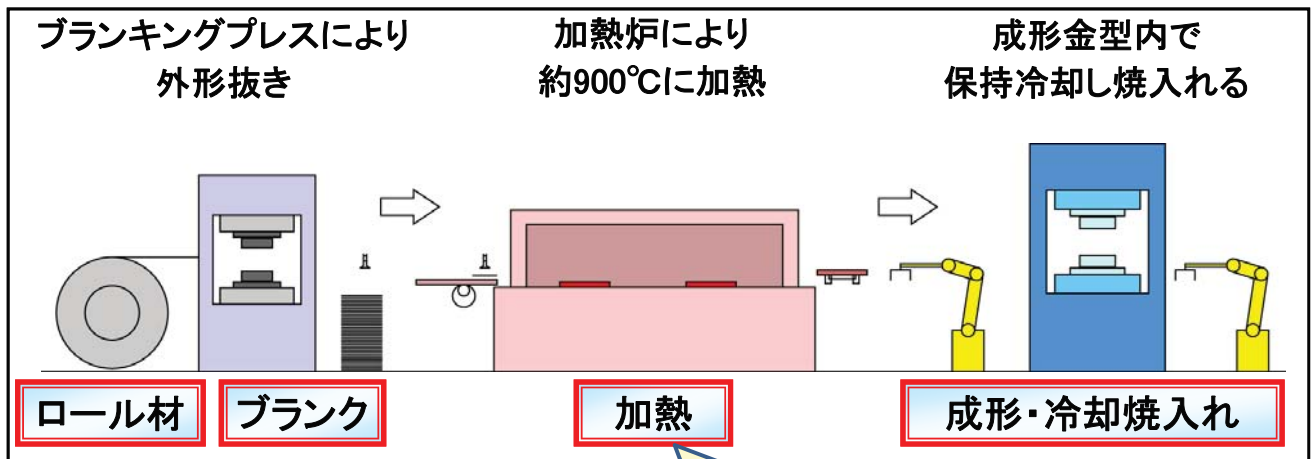


まずは超ハイテン化、加えてアルミ化、FRPを活用していく

2. ボデーの軽量化

ホットスタンプ工程

鋼板を900°C前後に加熱し、プレス成形。
金型内で保持冷却して1500MPa級に高強度化



炉加熱式や通電加熱式

2. ボデーの軽量化

樹脂外板の採用状況

国内

2001年 ステージア



2005年 プレマシー



2006年 アイ



欧州

2005年 A-Class



2005年 Clio III



2006年 C4 Picasso



国内はハットア、欧州はフェンダー等にも拡大。意匠性向上も狙い

2. ボデーの軽量化

樹脂外板の採用例(カローラフィールダー)

弊社でも採用。構造合理化、軽量化効果大きい

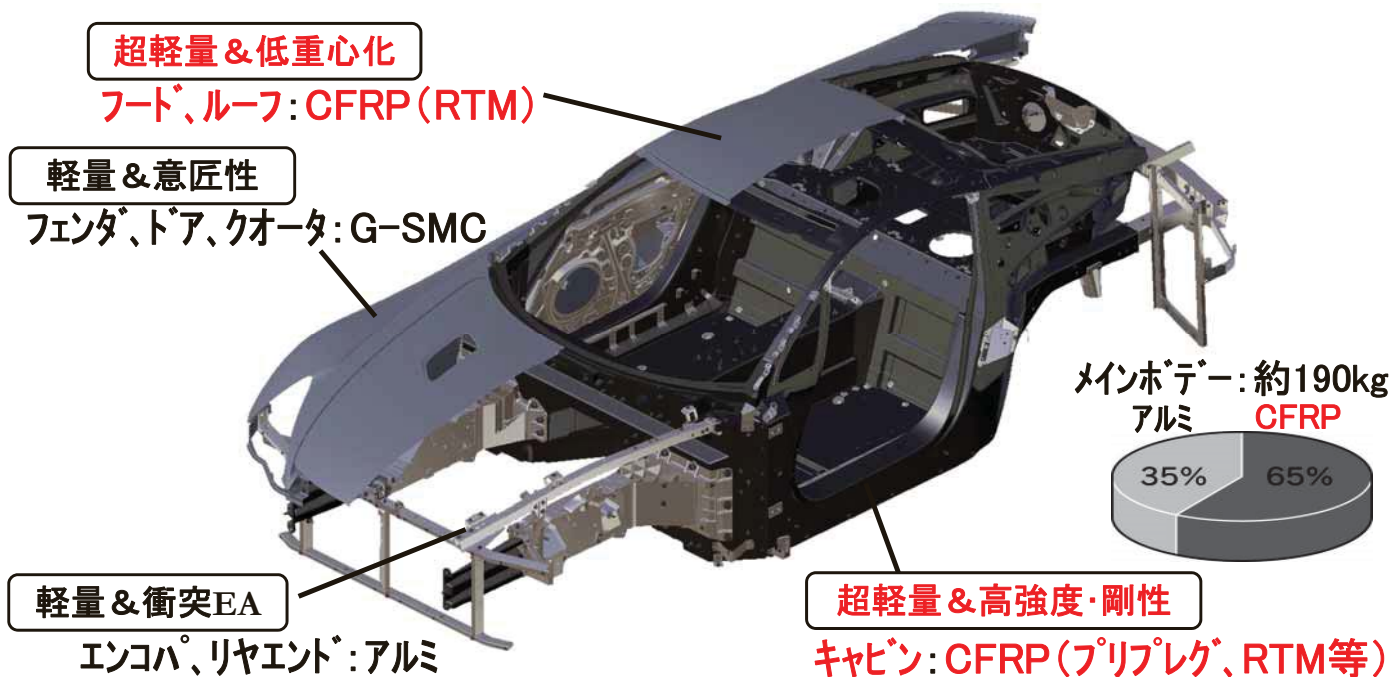


TSOPアウター・インナー + 鉄R/F ⇒ 軽量化 約2.5kg
(TSOP: 高流動、低線膨張、低温塗装可)

2. ボデーの軽量化

CFRP活用技術(レクサスLFA)

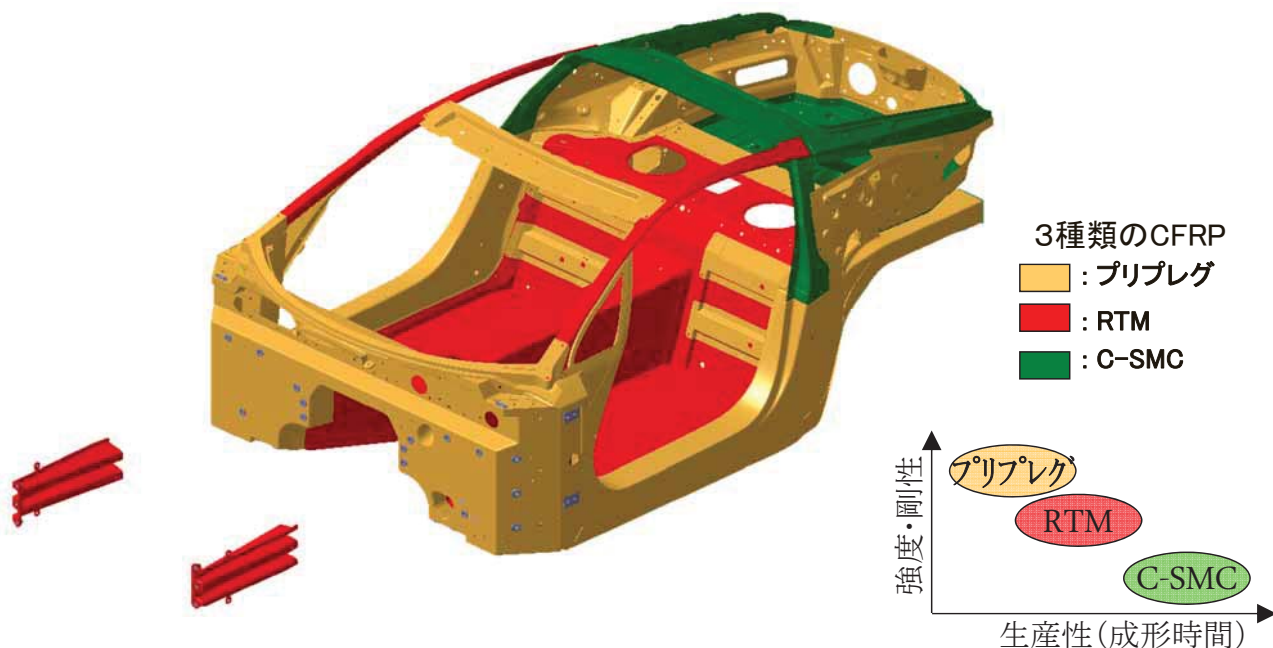
アルミ、FRPを適材適所に活用し、高い性能を超軽量で実現



2. ボデーの軽量化

CFRP活用技術(レクサスLFA)

各部材の必要性能に合わせたCFRP成形法を選択



2. ボデーの軽量化

CFRP活用技術(レクサスLFA)

「日本独創」の織物技術などで 性能・生産性を向上

●大型RTM成形



●三次元織り技術

縦糸
(高EA)



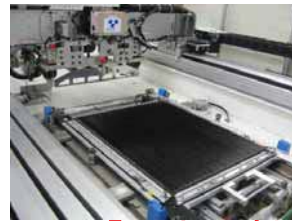
クラッシュボックス

閉じ断面
(強度・剛性)



ルーフレールR/F

●ハイサイクル成形



「日本独創」(組み紐技術)

2. ボデーの軽量化

CFRP活用技術(将来予測について)

- ・生産性: CFRP(熱可塑化)で成形時間が大幅短縮
⇒量産車体構造への活用
- ・繊維市場: 現状は大半が工業系、残りは航空機や一部の自動車
⇒総量増加、其れに伴い一般車両への拡大
- ・製品コスト: 現状は大変高い
⇒繊維の生産量増&特性適正化、製品構造改革で下げる
- ・リサイクル: 現状は熱回収(実態は不明確)
⇒分別・分離技術、再利用技術の開発が必要

など

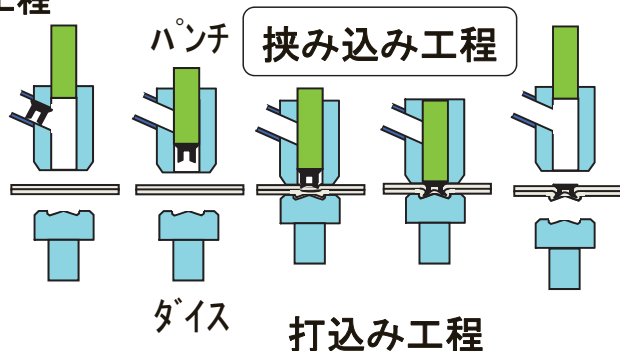
課題は多いがポテンシャル高く、将来に向けた基盤技術確立が必要

2. ボデーの軽量化

新接合技術 (2) SPR (セルフピアスリベット)

<SPRの特徴>

- ・リベットとダイスで板を挟み込んで接合
- ・下穴不要
- ・1工程



<メリット>

- ・接合ピッチ不問
- ・異材接合可能(アルミ×鉄)
- ・接合強度が高い

<デメリット>

- ・加圧力高く、Cガン大型化
30~60kN程度でスポットの10倍以上
- ・板組み毎のリベット×ダイス組合せ
→設備増

<BMC>

- ・アルミ×アルミ : '94 Audi A8~, '02Jager XJ, Range Rover
- ・アルミ×鉄 : '98 Benz CL~



リベット(鋼製)



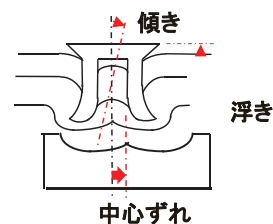
接合後の断面

2. ボデーの軽量化

新接合技術 (2) SPR (セルフピアスリベット)

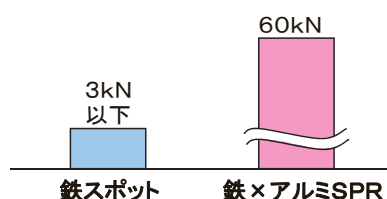
<主な課題と対応>

- 高硬度リベット(Hv480程度)による遅れ破壊
⇒遅れ破壊感受性検討、対応策検討
- 打鋌バラつき(傾き、中心ずれ、浮き)での強度低下
⇒工程能力把握後、バラつき状態強度把握



- 加圧力高く、Cガン大型化

加圧力:鉄スポットの10倍以上



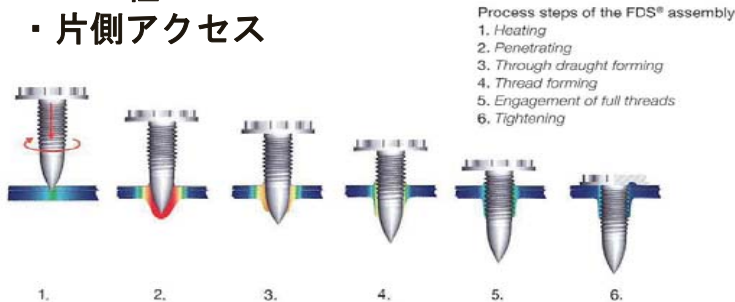
SPR用Cガン形状

2. ボデーの軽量化

新接合技術 (3) FDS (Flow Drill Screws)

<FDSの特徴>

- ・スクリーを高速回転させながら押付け、摩擦熱で穴あけ、溶かして接合
- ・下穴不要
- ・1工程
- ・片側アクセス



<メリット>

- ・接合ピッチ不問
- ・異材接合可能(アルミ×鉄)
- ・片側アクセス
- ・低加圧力で設備がコンパクト
スポット3kNに対し1.8kN程度
- ・様々な板組みに1本のスクリーで対応可能

<デメリット>

- ・スクリー頭部、端部が出っ張る
- ・ハイテン(600MPa以上)対応不可

<BMC>

- ・アルミ×アルミ、
アルミ×鉄: '06 Audi TT~
Audi R8、A8でも使用



スクリー(鋼製)



接合後の断面

2. ボデーの軽量化

ボデー軽量化のまとめ

- ・軽量化は、性能向上や次世代ユニットによる質量増を踏まえ、大幅な取組みが必要
- ・原価アップを抑制する「素性の良い構造」、
「鉄の使い切り」。加えて「アルミ、樹脂」の活用
- ・マルチマテリアル化に対する接合技術が肝
- ・企画、設計、生産技術、製造、調達など
多くの領域が連携して推進することが必要

1. 次世代自動車の課題
2. ボデーの軽量化
- 3. 車体の空力低減**
4. 次世代自動車に求められるもの

3. 車体の空力低減

①いろいろな物体の空力

②車体における空力

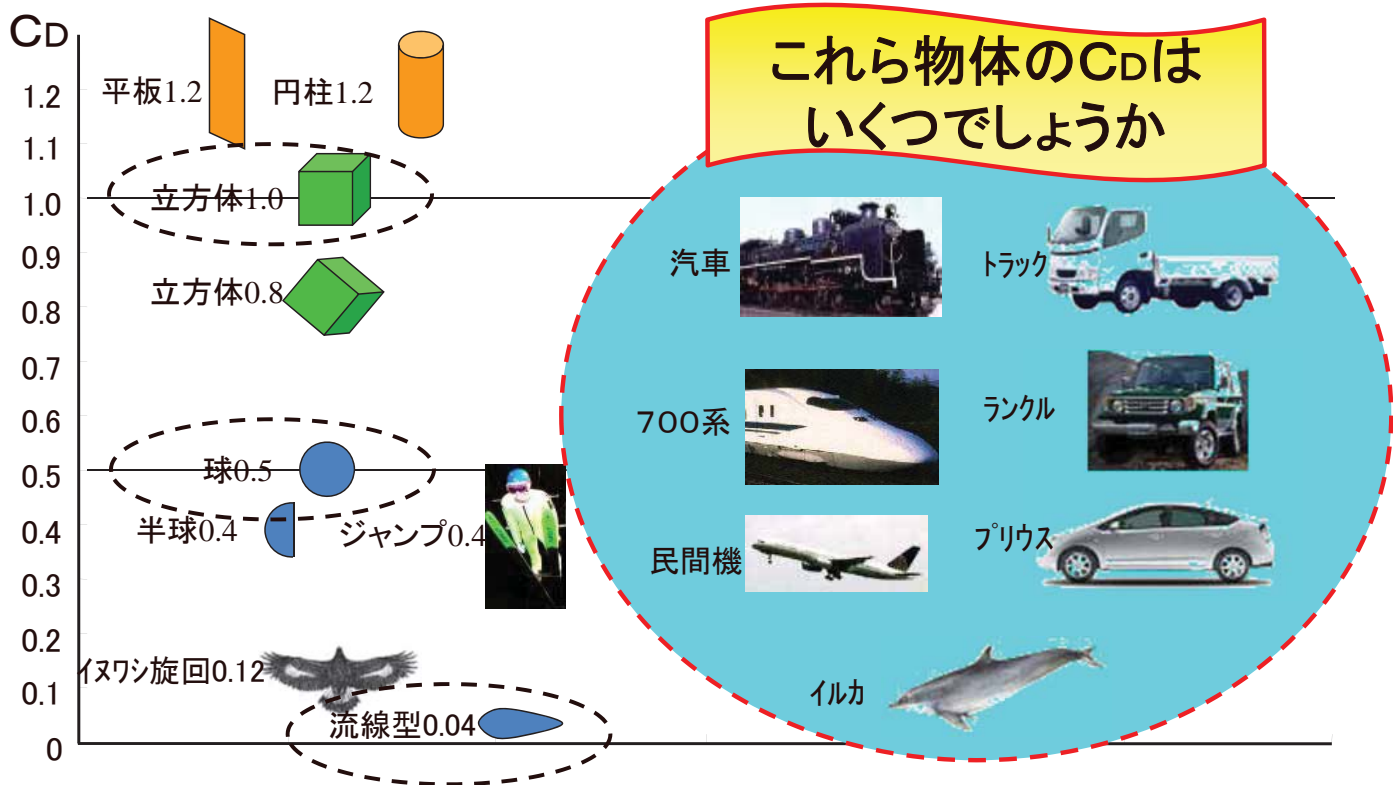
- ・車体各部の内訳
- ・低減ステップ
- ・過去の事例(プリウス α 、レクサスLS)

③直近の取組み

- ・計測技術、シミュレーション技術

3. 車体の空力低減

いろいろな物体の空力Cd



3. 車体の空力低減

①いろいろな物体の空力

②車体における空力

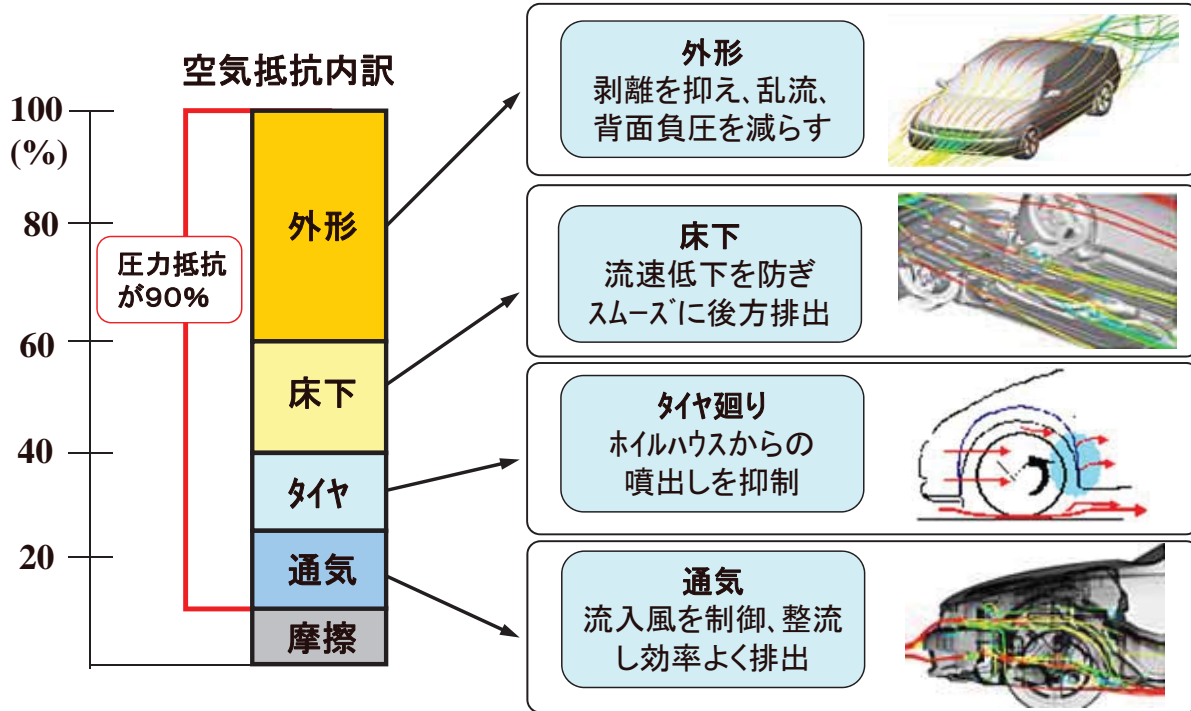
- ・車体各部の内訳
- ・低減ステップ
- ・過去の事例(プリウスα、レクサスLS)

③直近の取組み

- ・計測技術、シミュレーション技術

3. 車体の空力低減

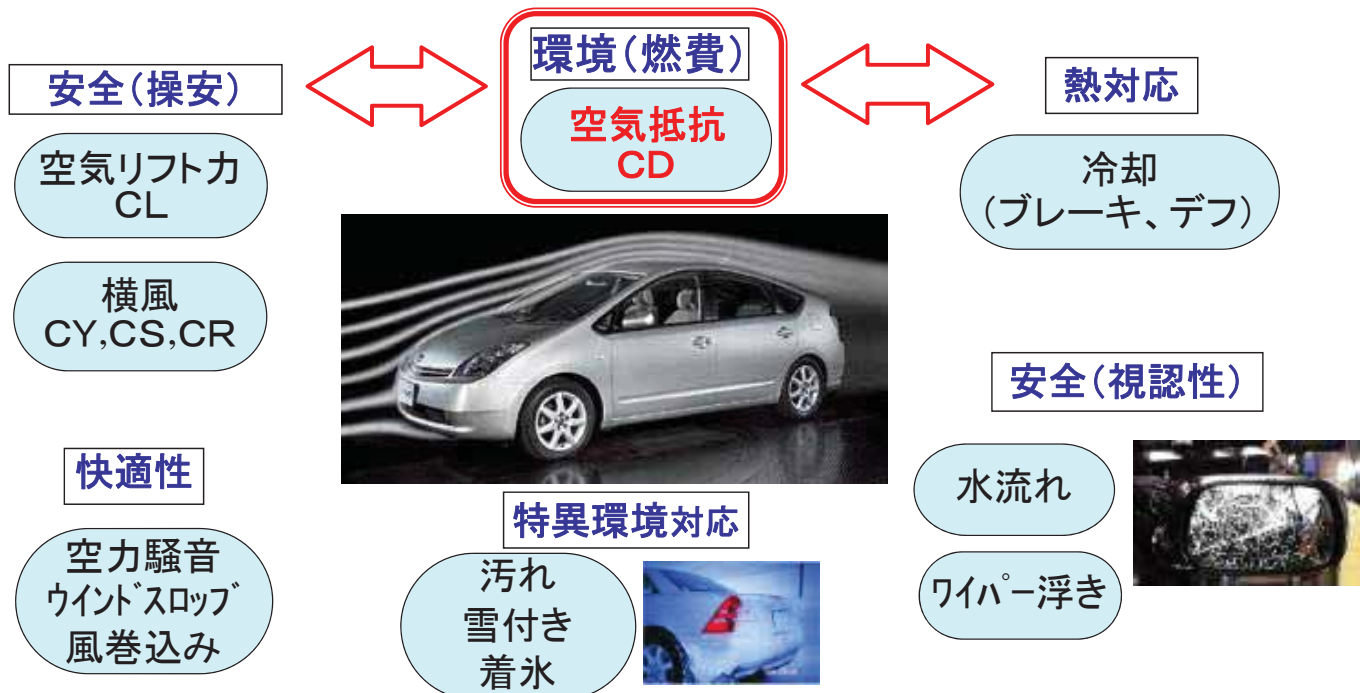
車体における空気力(内訳)



空気抵抗の殆どが圧力抵抗。外形以外の寄与も大きい

3. 車体の空力低減

車体における空気力(影響する性能)



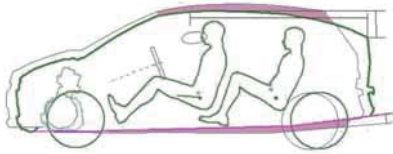
空気力は様々な性能に影響。背反することも多い

3. 車体の空力低減

車体における空気力(CD低減ステップ)

空力パッケージ

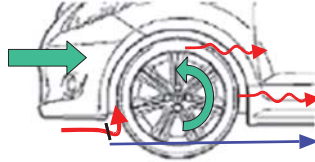
- ・ルーフ下げ、平面絞り
- ・床下切り上げ



意匠、乗員、ラゲージ
× 空カライン

空力要素技術

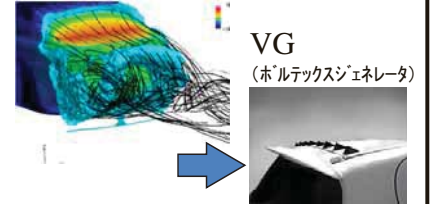
- ・タイヤ廻り整流
- ・床下廻りフラット化



整流形状、フラット化

流体力学的観点

- ・非定常、境界層変動渦の抑制



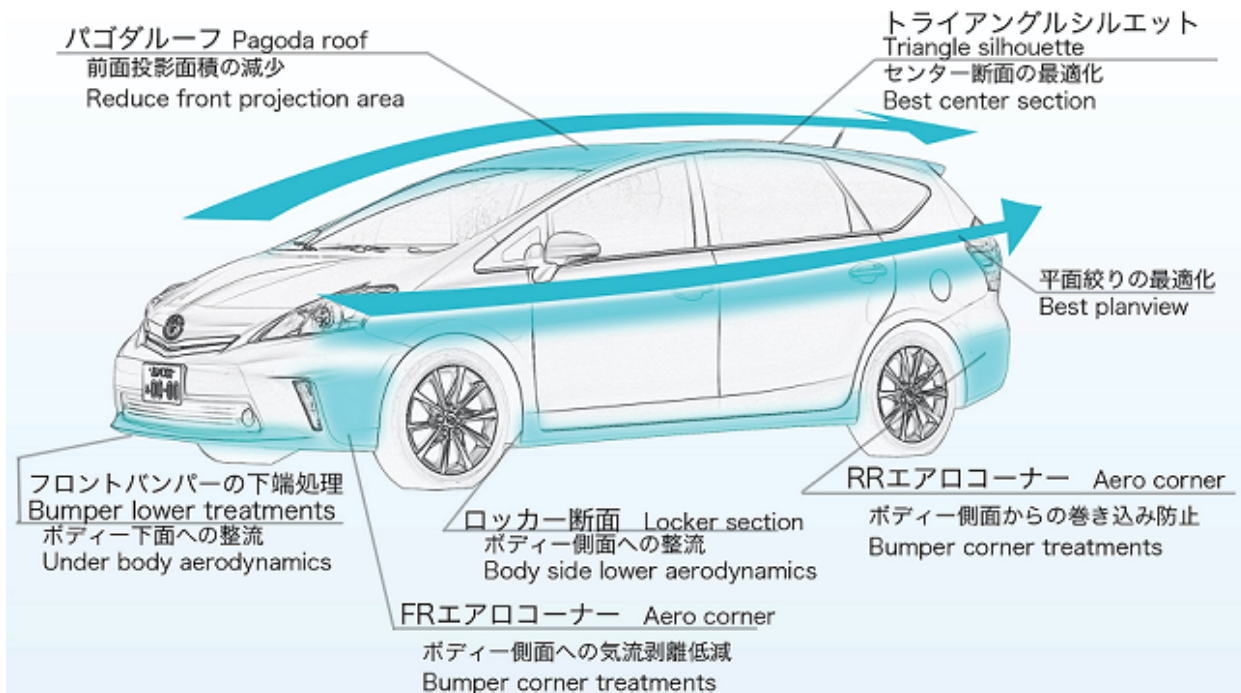
渦活用で流量・方向制御

CD

全体から各部位へ順次落とし込み。渦活用など境界層制御まで

3. 車体の空力低減

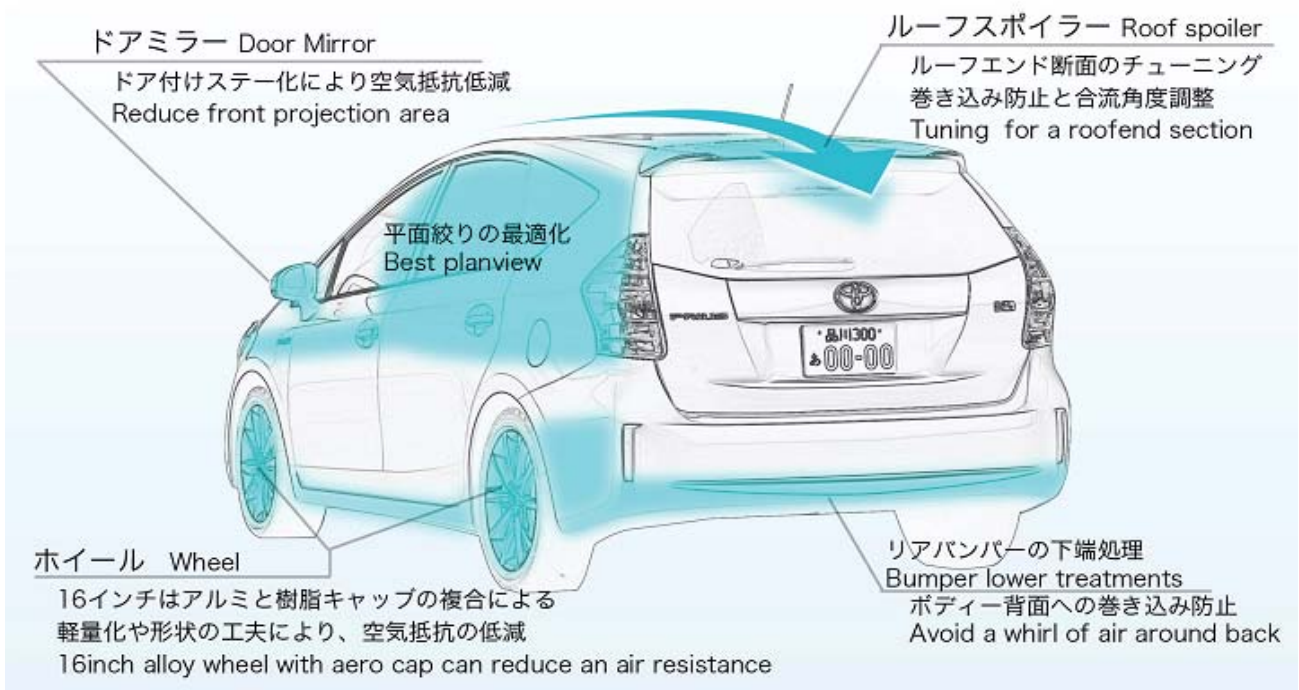
外形(プリウス α の例)



環境対応の代表車は、外形意匠に空力特性を最大限織込み

3. 車体の空力低減

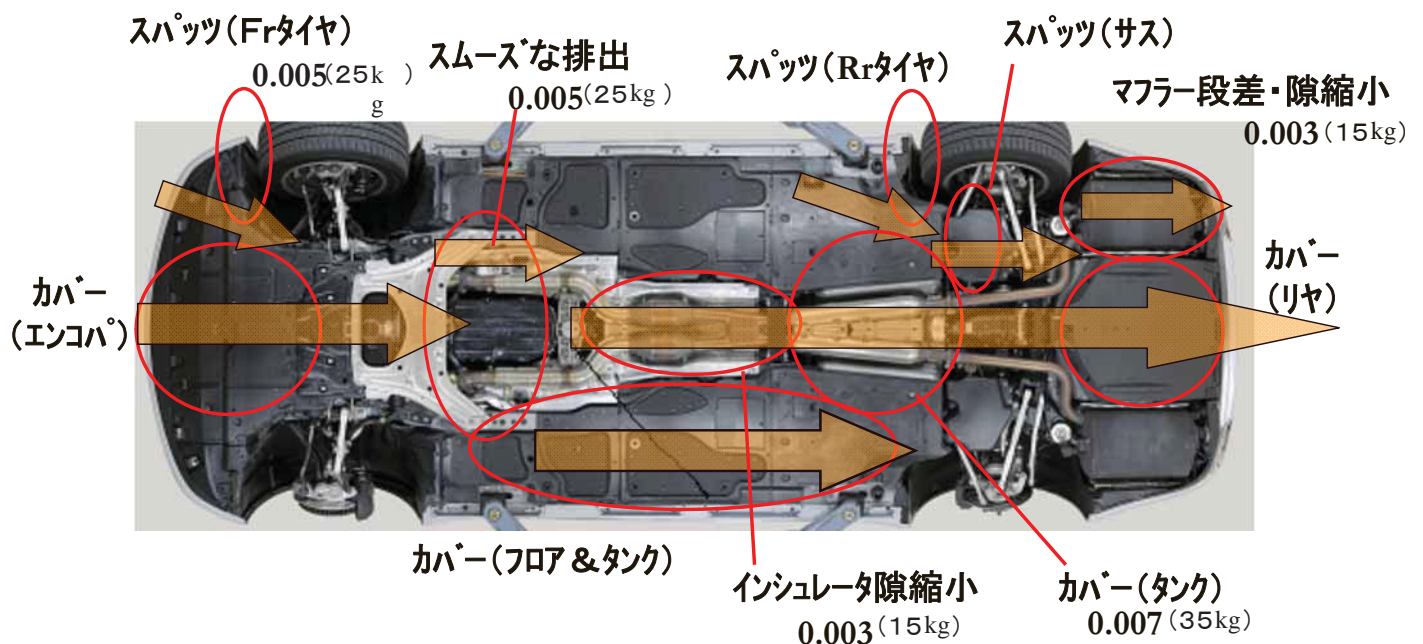
外形(プリウスαの例)



環境対応の代表車は、外形意匠に空力特性を最大限織込み

3. 車体の空力低減

床下(レクサスLSの例)



超高速対応車は、床下流れを積極的にコントロールする技術織込み

3. 車体の空力低減

①いろいろな物体の空力

②車体における空力

- ・車体各部の内訳
- ・低減ステップ
- ・過去の事例(プリウスα、レクサスLS)

③直近の取組み

- ・計測技術、シュミレーション技術

3. 車体の空力低減

直近の取組み(計測技術)

・最高速度 TOPLレベル
~250km/h

・低騒音 TOPLレベル

・実走行再現

・きれいな流れ 世界TOP
均一な流れ
圧力・流速の変動がない

吹き出し口大

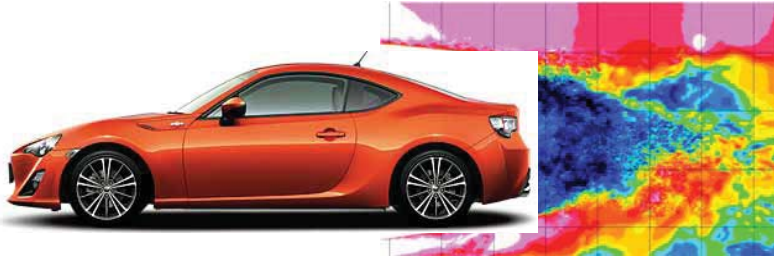
吸音バーン 低騒音ファン

各機能・性能が高次元に成立している新風洞を増強

3. 車体の空力低減

流れ変動が少ない「きれいな流れ」を実現

クルマから発生する
変動流れが評価可能



変動流れ

空気力変動を考えた
開発が可能



エアロ
スタビライジン
グフィン

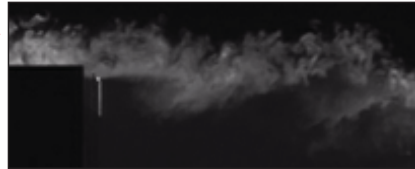
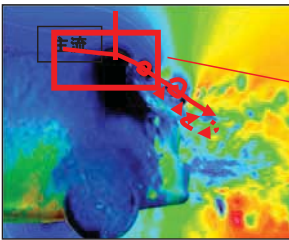


ディフューザー
+垂直フィン



スパッツ

非定常流れ計測: 高速度カメラによる渦の可視化



3. 車体の空力低減

車体の空力低減のまとめ

① ダントツの小さい空気抵抗
“カッコよくて燃費がいい”



スタイルを生かす流れコントロール

② 空力による格段の運動性能
“乗って楽しい、気持ちいい”



流れによるダンピング、強制力

③ 風切音をなくした圧倒的な静けさ “静かで心地よい”

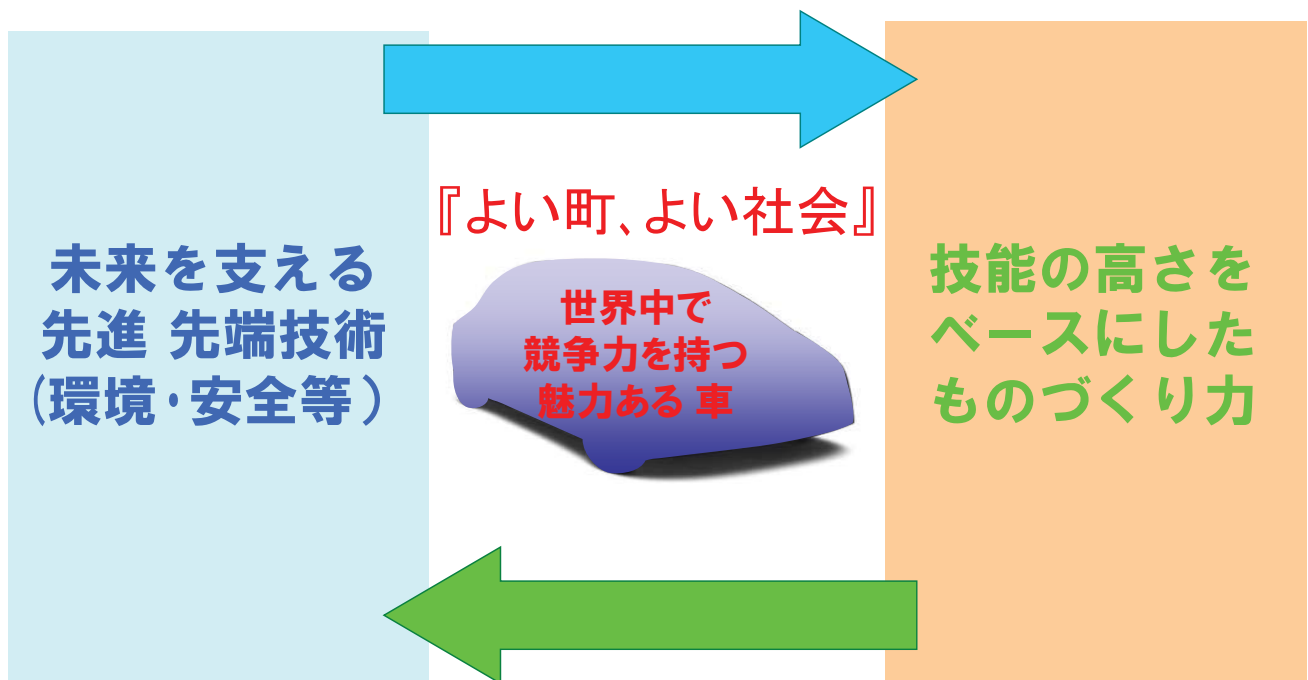


流れによるボデーからの発生音

1. 次世代自動車の課題
2. ボデーの軽量化
3. 車体の空力低減
4. 次世代自動車に求められるもの

4. 次世代自動車に求められるもの

日本ならではの競争力



先進技術と高い技能に支えられた「ものづくり力」と長期成長

- ・各国政府の環境規制は今後も厳しくなる
- ・当面続くガソリン消費に対する車体の燃費向上技術は重要
- ・燃料、パワートレイン多様化に対応した軽量化、空力低減は燃費改善のカギ
- ・環境対応は自動車会社、関係各社にとって競争の源泉