

e) - 1 - ② 高抗張力鋼板化による軽量化

<事例 e-4> 鋼材でホワイトボディを 35%軽量にする提案

世界鉄鋼協会の自動車分科会 WAS (World Auto Steel 以下 WAS) は世界の鉄鋼メーカー17社から自動車メーカーに向けて、「次世代鋼鉄製自動車」(Future Steel Vehicle) を公表した。多くの抗張力鋼板を使用して、従来の車に比べてホワイトボディを 35% (188Kg) 軽量化できる可能性を示した。

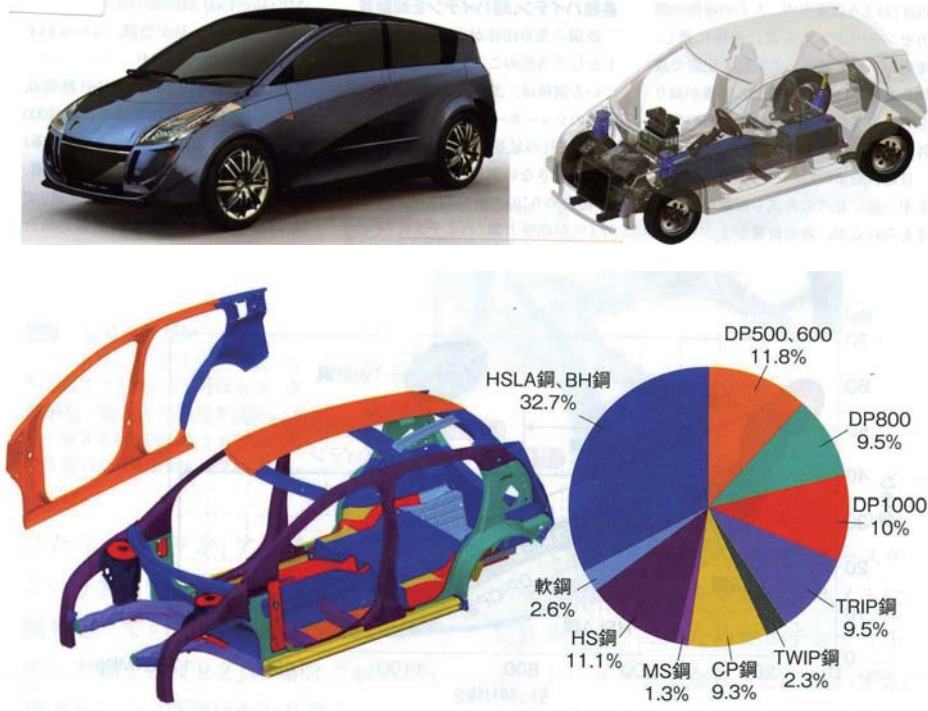


図 21 WAS 35%軽量化 Steel Body コンセプト⁽¹⁴⁾ (Automobile Technology より)

<事例 e-5> ホンダ 新型「フィット」の高抗張力鋼板使用事例

新型では 780MPa 級以上の高抗張力鋼板の使用率は 23%、フロントピラーやサイドシルは 980MPa 級、センターピラーには 1500MPa 級のホットプレスは採用されている。ホワイトボディの軽量化は 9 Kg。(トータルの軽量化は他の仕様変更を含め▲12%)

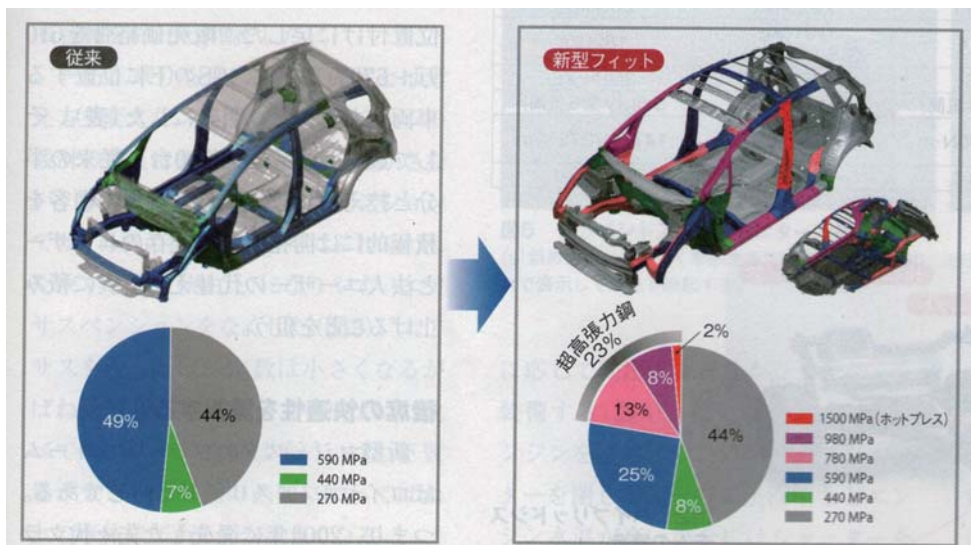


図 22 ホンダ 新型「フィット」の高抗張力鋼板の使用状況⁽¹⁵⁾ (日経 automotive Technology より)

1.次世代自動車のこれからの車両・車体の動向

<事例 e-6>2013 年発売の新型ゴルフの車体に使用された高抗張力鋼板の例

新型ゴルフには、軽量化（抗張力鋼板やテラー・ロールド・ブランク材（ロールの間隔を変えて厚みを変化させる工法を採用した）MQW 車体が採用された。

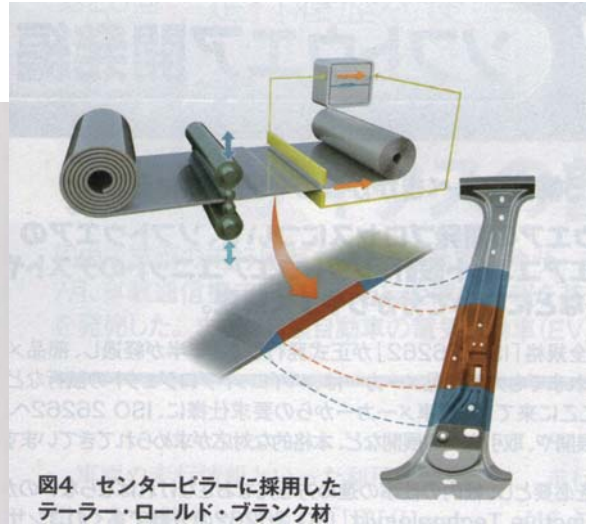


図4 センタービラーに採用したテラー・ロールド・ブランク材

図 23 新型ゴルフの軽量化車体 MQW 例⁽¹⁶⁾ (Automotive Technology2013, 9月号より)

<トピックス>経済産業省委託の「新構造材料技術研究組合 (ISMA)」が始動

経産省が委託した新構造材料技術研究組合が本格始動

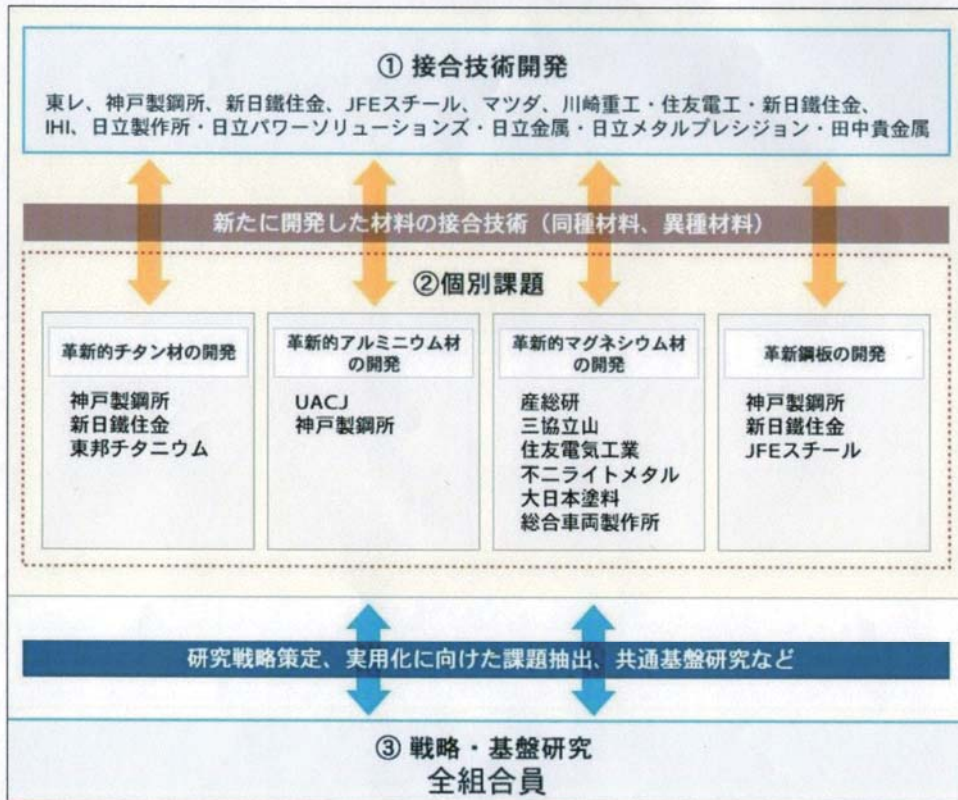


図 24 革新的新構造材料等の開発プロジェクトのテーマと担当⁽¹⁷⁾

2013 年 12 月 6 日に、19 企業、1 独立法人の参画による組合。経産省が「革新的新構造材料等技術開発」プロジェクトの研究開発の委託先として組織されたもの。テーマは自動車などの輸送機器を抜本的に軽量

化する目的で、1) 鋼材などの主要構造材料を高強度化し部材の大幅な軽量化を図ること。2) 各種用構造材料同士を接合する課題の解決。3) 今後炭素繊維と炭素繊維強化樹脂 (CFRP) などの高強度化をテーマにする可能性もあると言う。2013～2022 年度の 10 年間をかけるプロジェクトで総額 240 億円 (2013 年度 23 億 5000 万円) の投資。

<事例 e-7>サスペンションも樹脂化、ZF 社試作 EV で

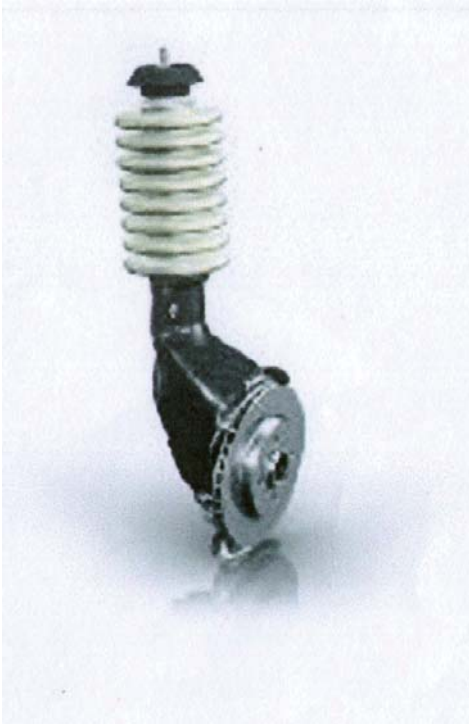


図 25 ZF 社の樹脂サスペンション⁽¹⁸⁾
(日経ビジネス IT 情報(Tech-on より))

2013 年夏、ドイツの ZF 社は EV 用の駆動機構を搭載したスズキの車輛の 1 台に CFRP 製のアップライト (ストラットとナックルを一体にしたもの) を採用した。炭素繊維をクロスに編んでアップライトの形に組み上げ、ポリアミド樹脂を射出成形している。

▲16%の重量軽減。

またリアサスペンションのスタビライザーを GFRP (ガラス繊維強化樹脂) 製。

<事例 e-8>車体構造の合理化設計による軽量化 (スズキ 15～20%)

第 43 回東京モーターショーにおいて、次世代プラットフォームの技術概要を紹介した。それによれば車体の骨組みについて力の伝達を形状やつなぎ方を合理化することにより 15～20%の軽量化を図った。

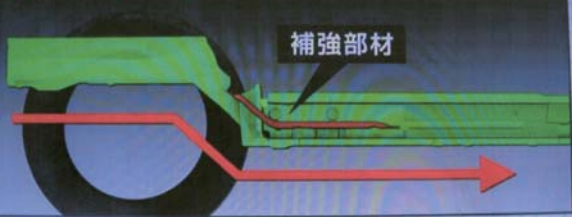
1.次世代自動車のこれからの車両・車体の動向

高剛性や安全性を確保しながら、先進の環境性能と走行性能を生み出す。
次世代軽量プラットフォーム
 Ensures rigidity and safety while giving birth to advanced environmental and driving performance
 Next-generation lightweight platform



低燃費に不可欠な軽量化を徹底追求。
 Thorough measures to reduce weight, which is essential to improving fuel economy
 スズキはこれまで燃費の改善に直接関係する軽量化技術を進化させてきました。そして技術を引き上げて低燃費と軽快な走りを実現する次世代軽量プラットフォームを開発、これから誕生するスズキのクルマに次々と展開していきます。
 Suzuki has long been working to evolve weight reduction technologies, which are directly related to achieving better fuel economy. Now we have developed the next-generation lightweight platform by further advancing our technologies to achieve both improved fuel economy and a pleasant driving experience. Suzuki vehicles to be released in the future will gradually adopt this new platform.

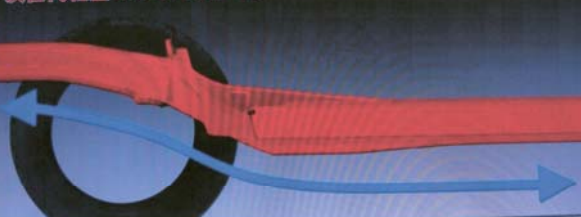
従来型プラットフォーム



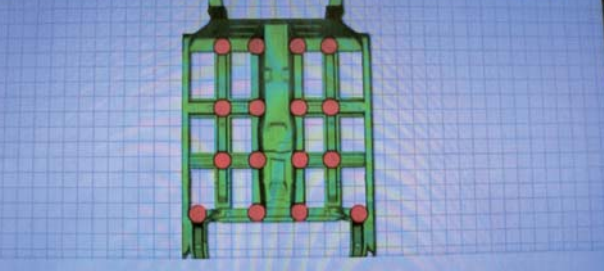
補強部材

折れ曲がった形だと、曲がらないようにするために補強が必要です。

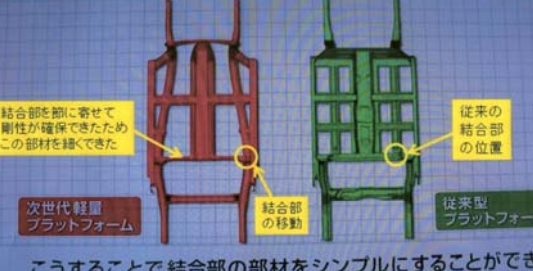
次世代軽量プラットフォーム



折れ曲がらない形にすれば、補強がなくてもさらに強い構造になります。



クルマには部材が集まる固い部分がたくさんあります。



結合部を節に寄せて剛性が確保できたためこの部材を細くできた

従来の結合部の位置

次世代軽量プラットフォーム

結合部の移動

従来型プラットフォーム

こうすることで結合部の部材をシンプルにすることができ、軽量化を図ることができました。

図 26 スズキの次世代プラットフォーム⁽¹⁹⁾

e)－1－③ その他の新素材、複合材、設計の工夫など

<事例 e-9>比強度が鉄鋼の2～5倍のPP（新素材）

2010年4月の日経ビジネスのPC情報（Tech-On）によれば広島大学大学院総合科学研究科で下記の特性を持つPP（ポリプロピレン）シートが開発された。

<材料特性のポイント>

特 性	
引張り強さ	230MPa 通常PPの7倍以上
比強度	鉄鋼の2～5倍 アルミの6倍
耐熱強度	176℃（通常PPより50度高い）
その他	混ぜ物一切ない（リサイクル性ポテンシャル大） 弾力性高い（折りたたんで力を除くと元に戻る） 透明度が高くガラスの代替の期待あり

表 5 新PP素材の特性

<製造実現のポイント>

融点以下に冷やしたPPの融液に圧力をかけて潰す。それによりPPの結晶化度をほぼ100%にした。従来のPPの非晶率は50%以上と高くこれが強度、耐熱性などの特性を劣ったものにしてきた。液体の融液を引っ張りながら結晶させれば高分子鎖の配向が揃って結晶化度を上げられると推測し実現の手段として左右に細長い溝の中に融液を入れて瞬間的に圧力を加えて潰した。圧力を加えると融液内に左右に激流が生じて高分子鎖が高結晶化する。（以上日経Tech-Onより）

<事例 e-10>鉄鋼の80%軽量化アルミ樹脂複合材（神戸製鋼）

2010年5月の日経ビジネスのPC情報（Tech-On）によれば神戸製鋼所が冷間プレス可能な「アルミ樹脂複合材」を開発している。

<材料特性のポイント>

構造——0.15mmの板厚のアルミ板2枚でPP系の樹脂を挟むサンドイッチ構造。冷間プレス後に樹脂を加熱発泡させる。発泡後成形可能。

軽量化——同じ曲げ剛性の板材ならば質量は鋼板の20%、アルミ板の40%軽量化可能

加工性——アルミと同等

コスト——鋼板とアルミ板の間くらい。

課題——現状ではボルト締結に工夫が必要。溶接は不可。

鋼板の20%の質量で同じ曲げ剛性がえられるアルミ樹脂合板材

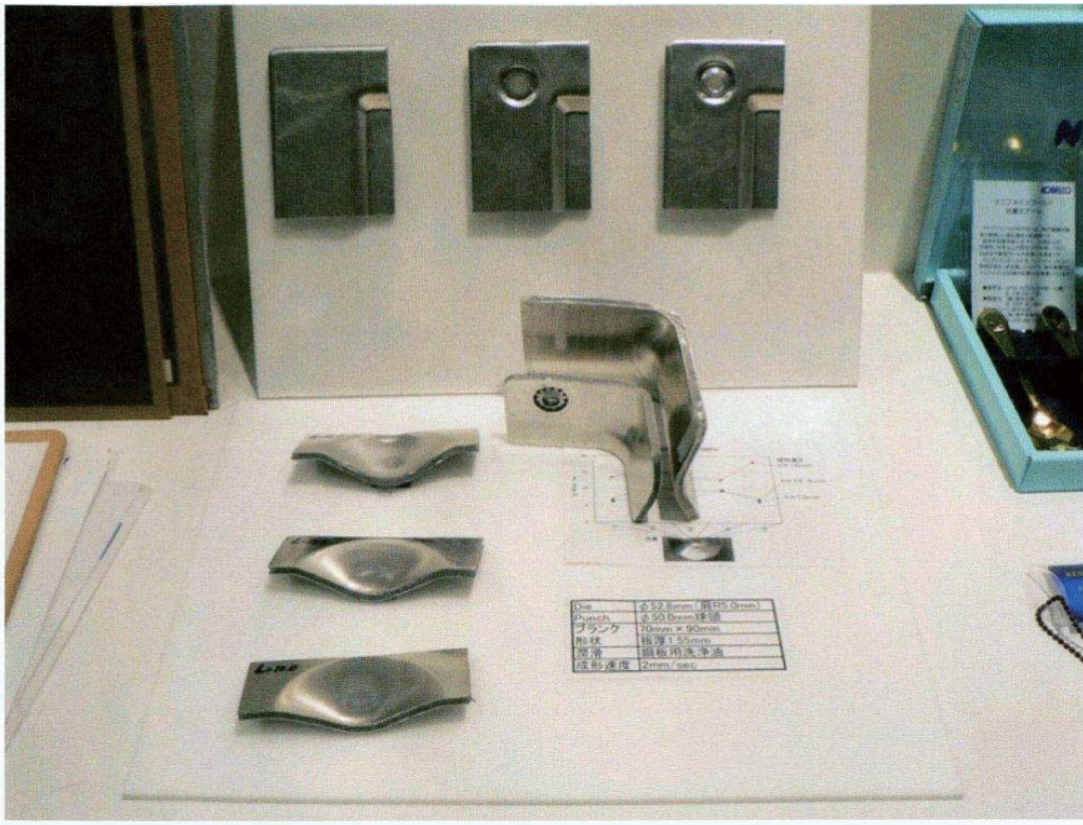


図 27 アルミ樹脂複合材（神戸製鋼）⁽²⁰⁾（日経ビジネスIT情報（Tech-On）より）

<事例 e-11>大成プラス社のアルミと樹脂の積層複合材

2010年6月の日経ビジネス情報（Tech-On）によると、アルミニウム合金版とGF RTP（ガラスファイバー強化サーモプラスチック）を交互に積層した複合材を開発した。

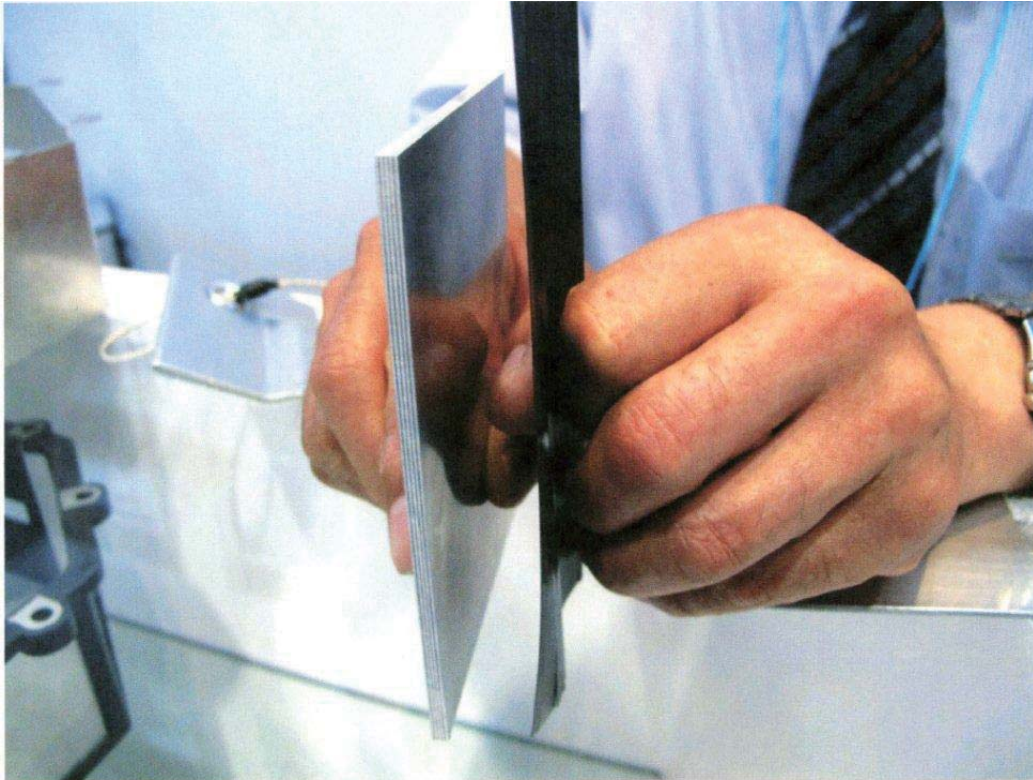
<材料特性のポイント>

特徴

軽量化——鋼板と同等強度の場合 鋼板の 1/4 の質量

加工——真空熱プレスで短時間の加工可。板の曲げ加工も可

樹脂——素材は熱可塑性のナイロン。高温になる部品には不適 ほかにも CFRP（エポキシ樹脂）もあるがそれは①加工時間が掛かる。②板の曲げ加工が出来ない。
ナイロンより融点の高い PPS（ポリフェニレンサルファイド）樹脂も開発中



図・アルミニウム合金とGF RTPを積層した複合材(左)

図 28 アルミと樹脂の積層複合素材⁽²¹⁾ (日経ビジネス IT 情報 (Tech-On) より)

<事例 e-12> 京都大学と京都市産業技術研究所の開発した繊維強化 PP 複合樹脂

ポリプロピレン原料にセルロースナノファイバーを加えた複合材料に小臨界状態の CO₂ を混合して金型内で過熱成形する。

京都大など、セルロースナノファイバー強化PP樹脂を微細発泡化によって高剛性化

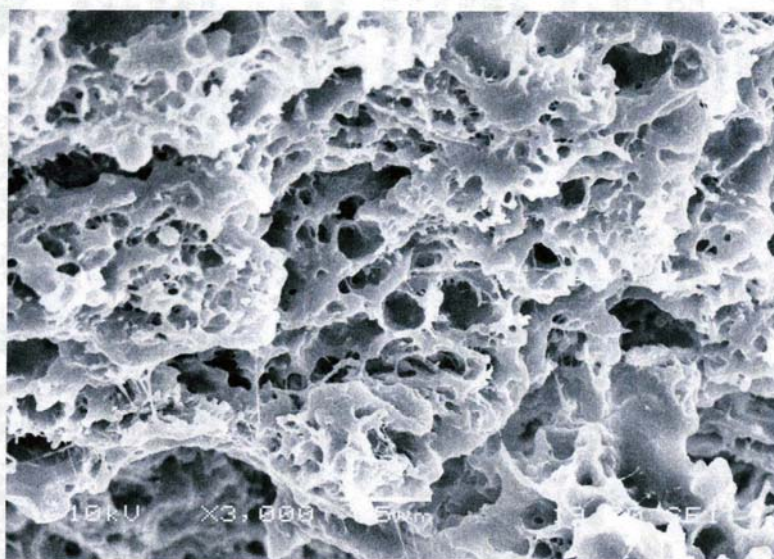


図 29 セルロースナノファイバー30%質量添加した PP 複合材⁽²²⁾ (日経ビジネス IT 情報 (Tech-On) より)

1.次世代自動車のこれからの車両・車体の動向

弾性率	約 1.6 倍	
曲げ強度	約 1.5 倍	
重量	ほぼ不変 (▲2.2%)	<実験データ>

<事例 e-13>ハニカム型のエンボスによる 30%の軽量化 (設計の工夫)

プレス加工の深井製作所 (足利市) 2010 年 9 月に発売されたスズキの「スイフト」の遮熱版に採用した、薄板のアルミニウム合金にハニカム形状のエンボス加工を施すことにより、剛性同等で板厚を▲30%にした。ハニカム形状の凹凸が入ったローラで板を挟みローラを回して加工する。ハニカム形状に特徴がある。100Kg 級ハイテン樹脂の加工も可能。

平成 25 年度地球温暖化防止活動環境大臣賞「技術開発・製品化部門」を受賞した。

図2 三菱自動車「アウトランダー」用のエンボス板。上が4輪駆動用



図3 三菱自動車「アウトランダーPHEV」用のエンボス板



図4 スズキ「スイフト」用のエンボス板

【人とくるま展】「スイフト」採用のエンボス加工薄板に家電業界も注目?---深井製作所



図 30 深井製作所のエンボス加工薄板軽量化⁽²³⁾ (日経ビジネス IT 情報 (Tech-On) より)

<事例 e-14> レーザー溶接でスポットの代替（設計の工夫・フランジ分軽量化）

ドイツの Trumpf（トランプフ）社が鋼板同士を繋ぐ手法としてプレスによる板取の形状工夫とレーザー溶接によりスポット溶接時のフランジ部をなくし軽量化を提案している。

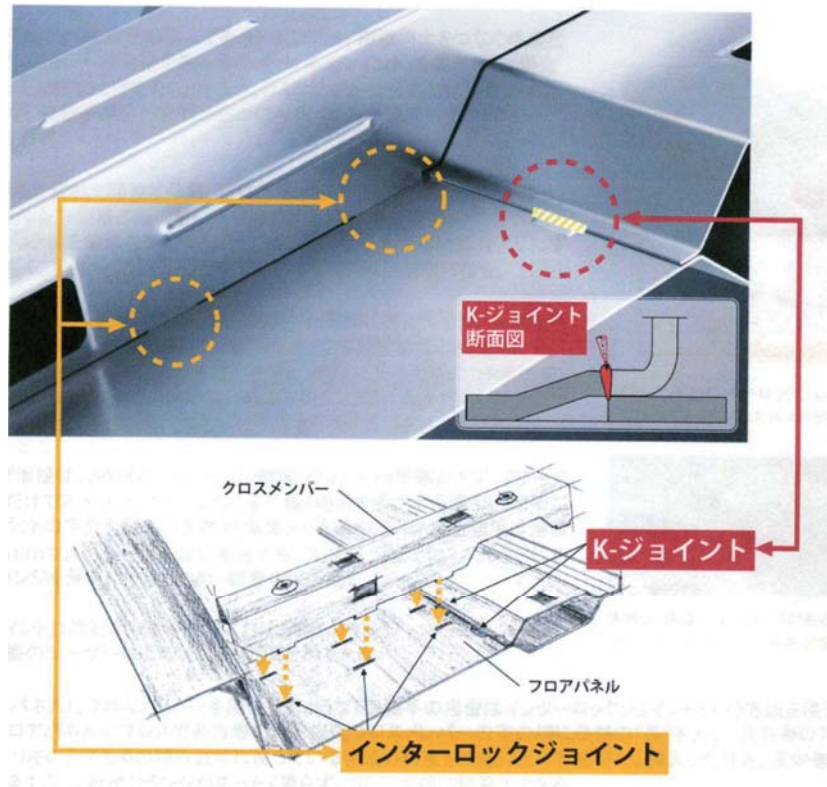


図 31 スポット溶接のフランジ不要化レーザー溶接⁽²⁴⁾（日経ビジネス IT 情報（Tech-On）より）

<事例 e-15> コイルばねの素線径を変化させて軽量化 15%（設計の工夫）

ニッパツがコイルばねの素線径を一定でなく変化させて応力を極限まで使えるばねを開発した。それにより図 12 のコイルばねでは 3.07Kg を 2.6 Kg に軽量化した。

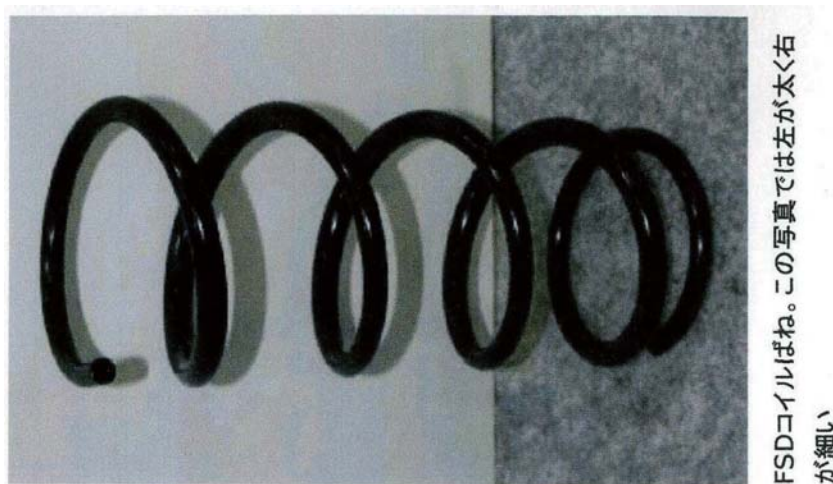
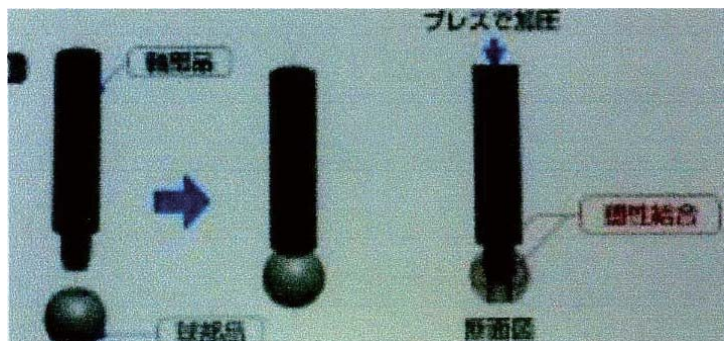


図 32 ばねの素線径を変化させて軽量化⁽²⁵⁾（日経ビジネス IT 情報（Tech-On）より）

<事例 e-16>硬度の違う金属部品の接合（設計の工夫）

京浜精密工業は硬度の違う2種の棒状の金属を塑性変形で結合する技術を開発した。高炭素クロム鋼 SUJ 材の球状の部品に穴をあけて、炭素鋼 S45C 材の軸側の先端を段付にしてその穴に差し込んでプレス機で加圧する。柔らかい軸側材料が塑性流動して圧接する。両者のビッカース硬さ (HV) が 1.5 倍以上の差があれば接合可という。



(日経ビジネス IT(Tech-On より))

図 33 20%の軽量化接合（材料費加工費も低減）⁽²⁶⁾

<事例 e-17>15%軽量化したボールジョイント（設計の工夫）

武蔵精密工業は軽自動車、コンパクトカー向けのボールジョイントを径を 20mm⇒18mm に小径化して従来比 15%の軽量化をした。ボールとシートの重圧面積を維持し、揺動角を維持するためボールの首下径を細くすると共に加工時に硬化させている。

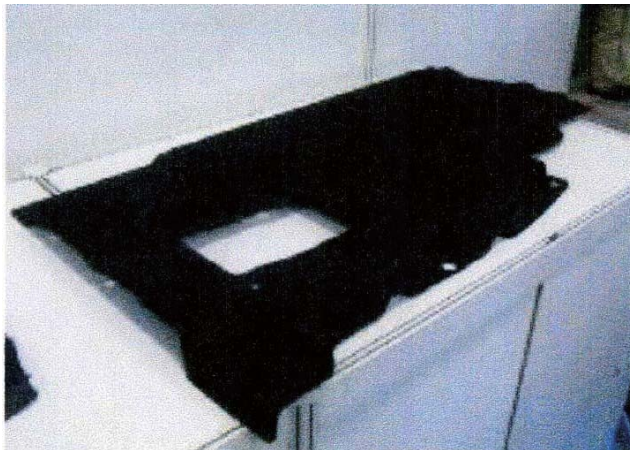


(日経ビジネス IT (Tech-On より))

図 34 15%の軽量化ボールジョイント⁽²⁷⁾

<事例 e-18>30~40%軽量化した自動車用吸音アンダーカバー（複合素材）

クオドラント・プラスチック・コンポジット・ジャパンはガラス長繊維とポリプロピレン(PP)からなる複合材発泡シートの上を PP 製不織布で挟んだ 3 層構造。原反シートを熱プレス加工するときガラス繊維が起毛して中空部ができる。通常ガラス繊維強化 PP 製品に対して 30~40%軽い。BMW や Daimler、トヨタに採用されている。



(日経ビジネス IT(Tech-On より))

図 35 30~40%軽量の吸音アンダーカバー⁽²⁸⁾

<e-19>樹脂と鋼板のハイブリッドバンパー・レインフォース (軽量化目標 40%)

豊田鉄鋼は 1.0mm の亜鉛鋼板を熱間プレスして 1500MPa の引張強さにして使う。これを型に入れガラス強化ポリプロピレン (50%) をインサート成形する。従来 5Kg のレインフォースを 3Kg にする。

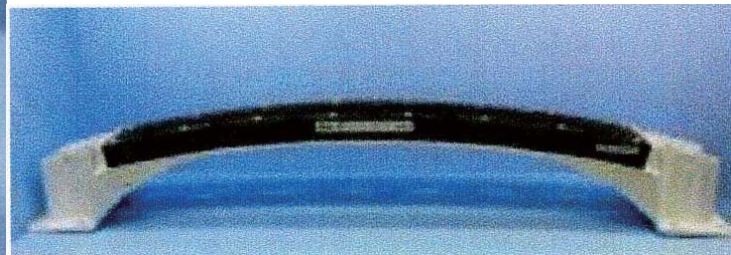
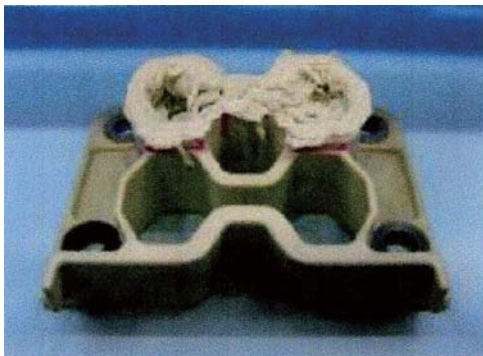


図 36 樹脂と鋼板のハイブリッドバンパー⁽²⁹⁾ (日経ビジネス IT(Tech-On より))

<e-20>軽量化 50%の燃料タンク配管 (樹脂化)

豊田合成は従来鋼管+ゴムホースの燃料配管を樹脂配管にして重量を 2Kg ⇒1Kg 以下とした。蛇腹の有り無しを部位で使い分ける。材料は 5 層の樹脂タンクと同じ。外層ポリマー、接着剤、バリヤ層、接着剤、内層ポリマーの構造。鋼管の場合は石はねプロテクターが必要だったが、樹脂の場合は外層にポリエチレン (PE) を使うので不要となる。ヴィッツ、iQ、ラクティス、アクアに採用されている。



図 37 軽量化 50%の燃料タンク配管⁽³⁰⁾ (日経ビジネス IT(Tech-On より))

<e-21> ガラスより 70%軽い薄肉透明樹脂成形機を開発

宇部興産機械はガラス用途に使う樹脂グレージングを成形する機械を開発した。金型（キャビティ）を回転させる機構「Cav-Change」と型締め多段制御技術「ダイプレスト」を組み合わせた。前者が連続2色成形の機能を果たし、樹脂グレージングを構成する黒色の枠と透明部を分けて射出成形する。クリア材を射出した直後の溶融状態でプレスして薄くする。肉厚は1.4mm 物理的性質は不明。



(日経ビジネス IT(Tech-

On より)

図 38 ガラスより 70%軽い薄肉透明樹脂⁽³¹⁾

<e-22> 砂糖きびの搾りかすを使った繊維強化PP材 20%軽量（新素材）

小島プレス工業とグループ企業の内浜化成は廃棄処分されている砂糖きびの搾りかすからパガス繊維をとりだし、PPの強化材に利用して強度と耐熱性を高めた。タルク強化材に対し10%アップ、20%軽く、コストは20%安い。



(日経ビジネス IT(Tech-On より)

図 39 砂糖きびの搾りかすを使った強化PP⁽³²⁾

<e-23> デンソー、30%薄肉化したコンデンサーを開発（設計の工夫）

デンソーはチューブ幅を16mm⇒11mmに30%強薄くし、インナーフィンの密度を上げ冷媒とコンデンサーの伝熱面積を20%拡大した。コンデンサーと空気の熱伝達を大きくするためフィンのルーバー枚数を単位面積当たり30%増大した。「GIS(Global Inner-fin Condenser)」と呼んでいる。

重量軽減量放熱特性等は不明。

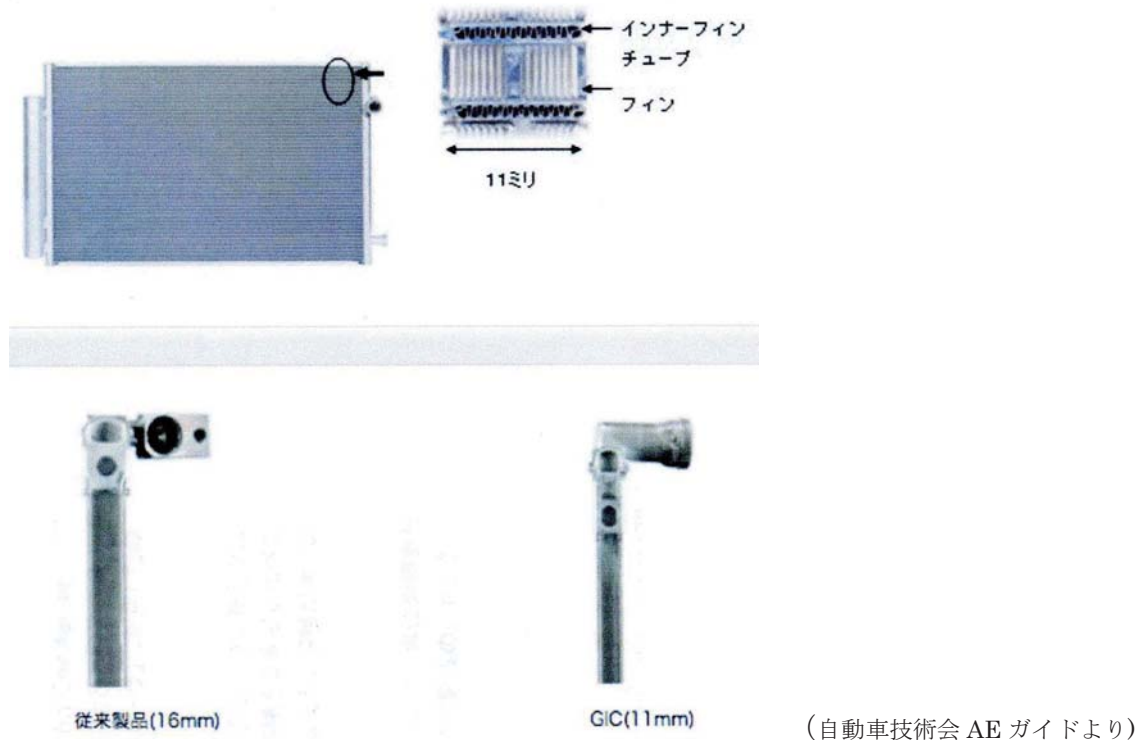


図 40 11mm 圧の薄肉コンデンサーの開発⁽³³⁾

f) 小型化（統合化・モジュール）

1997年頃から日本では自動車のモジュール化の検討が始まった。発端は車両組立ラインの合理化の一環として組立の部分コンポーネント化（モジュール化）をアウトソーシングする発想で、組立の労務費の削減が目的で欧州が先行して始めた。日本ではそれに付加して一部開発のアウトソーシングも意図した活動が付加され、より大きな原価低減が意図されたものとなった。シート類は元々その形態で実施されていたが、フロントエンド（ラジエータ、ランプ、バンパーなど）、コクピット（インスツルメントパネル、インスツルメントクロスメンバー、エアコン室内パーツ、オーディオ類、メータ、ハンドルなど）、ドア、ルーフトリムなど多岐に亘る部品がモジュール化された。

その中で部品の統合化や構造の合理化なども大幅に進展し、初期の合理化によるコストダウンだけでなく、車両組立の品質向上、難作業の廃止、フィッティングパーツの現象など非常に大きな効果が実現した。この変革は次世代自動車においても継続進展するものと考えられる。

<事例 f-1> コックピットモジュール

コックピットモジュールの構造

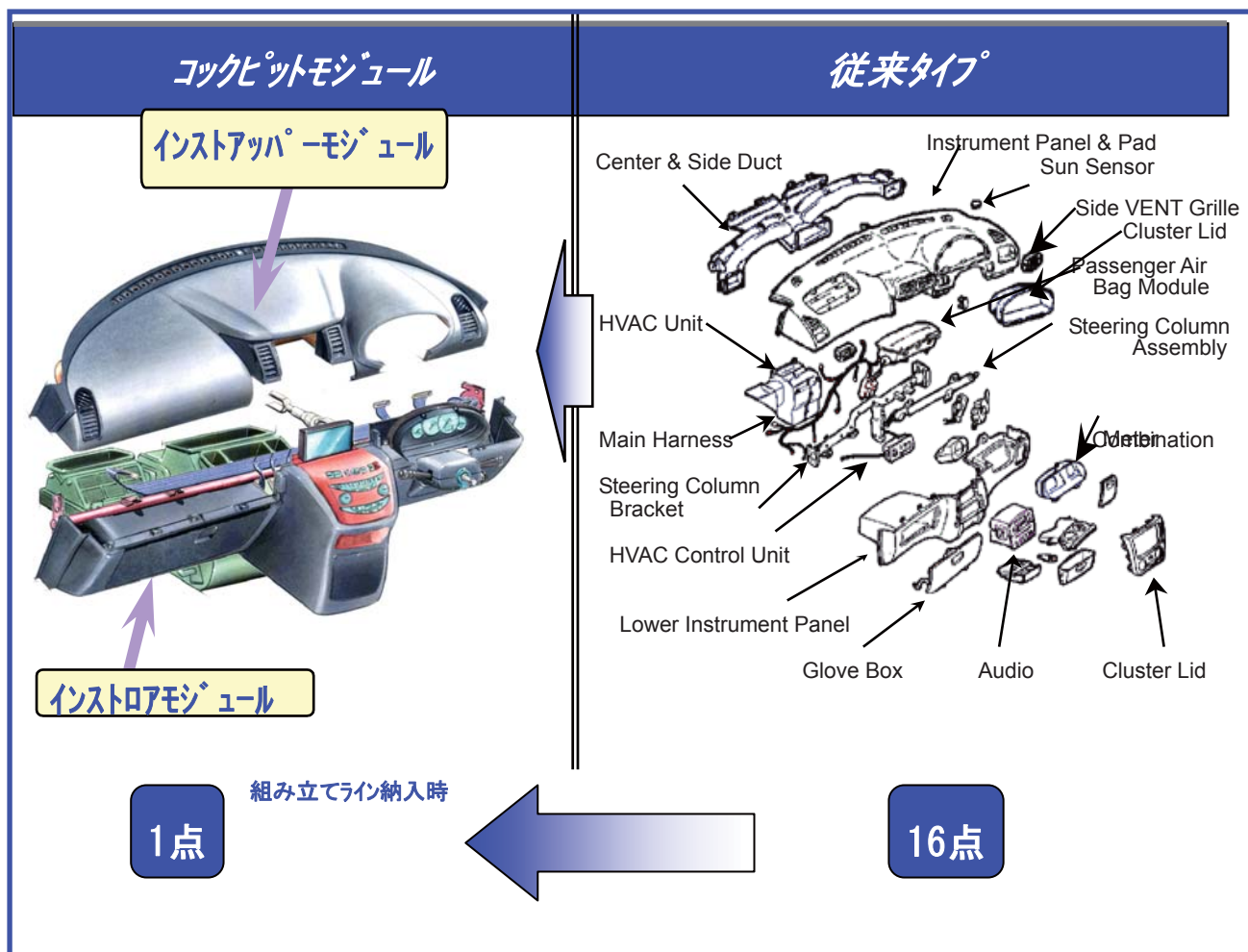


図 41 コックピットモジュール

16点の部品をラインサイドには1点にサブアッセンブリーした形態で収める。

* CPM (コックピットモジュール) 化の効果

- ①CPM 化の部品としてのコスト効果 - - ▲25%
- ②CPM の納入不良率の低減 - - ▲90% (1000ppm 以下)
- ③CPM の工程不良率の低減 - - ▲65%
- ④重量低減 - - ▲20%
- ⑤部品点数の低減 - - ▲30%
- ⑥締結点数の低減 - - ▲50%

<事例 f-2>室内搭載の空調装置の小型化（統合化）

車両の全ての部品が小型・小さいことが常に標榜されている。その一例として室内搭載の空調装置の例を示す。この例の旧タイプと新タイプの横×縦×奥行き寸法が下記の通り

	横	縦	奥行き	容量
旧タイプ	785mm	280	290	63 リットル
新タイプ	465	320	345	38 リットル

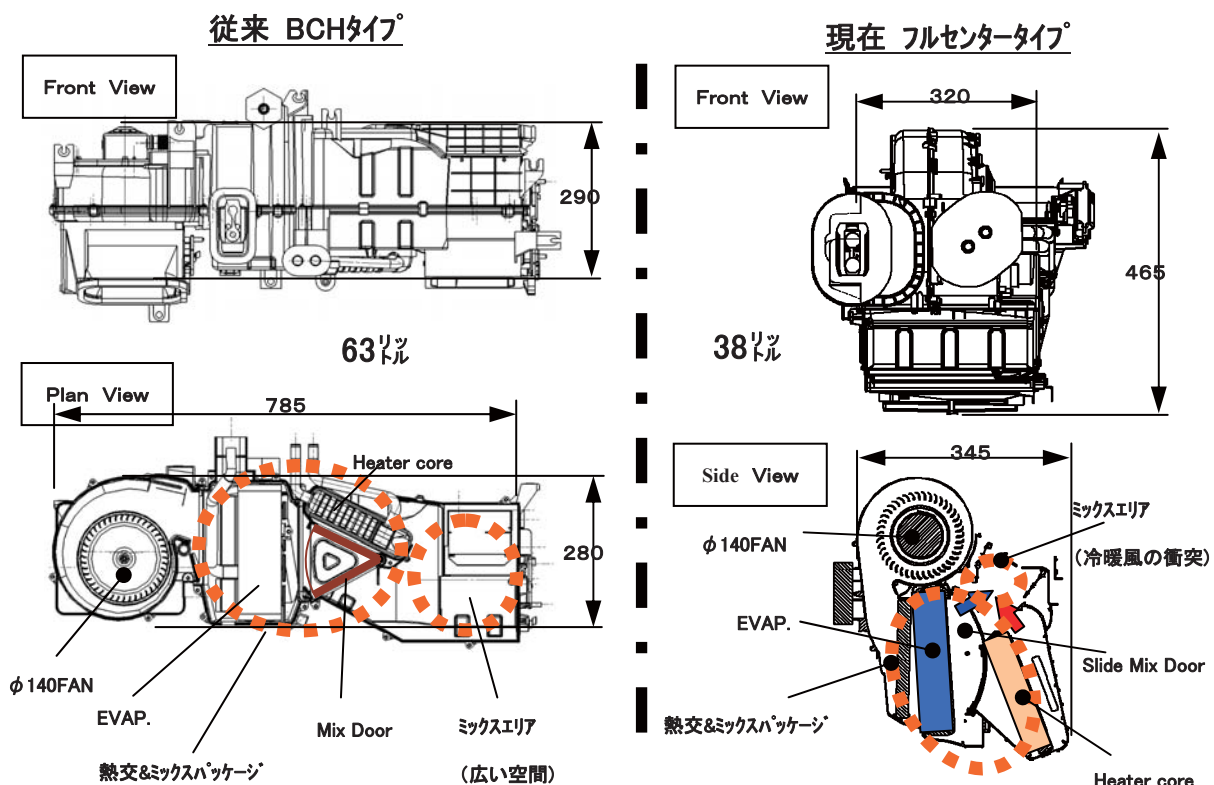


図 42 室内エアコンユニットの統合化

g) 空間の有効活用（構造上の工夫・快適空間）

本テーマも次世代自動車に限らず現世代の自動車も常に要請されることである。次世代自動車の場合ハイブリッド車はエンジンが従来通り存在するので本テーマは非常に厳しい状況にある。現状の電気自動車では2人乗りのような小型車についてはそれにあつた形態を模索している段階である。又4人乗り以上の車両はコスト上の制約が主で従来のレシプロエンジン車とほぼ同じ形態のままをしている車が多い。電気自動車の場合はエンジンがモータに置き換わり従来のエンジンルームが非常に小容量で済むので今後は「人の搭載位置、荷物室の容量・位置、電池の搭載方法など電気自動車として本来のレイアウトをどうするのか」が問われてくる。即ち次世代自動車の車両構造・それによる車両の形態・レイアウトは日進月歩の変化が必然と考えられる。

以下に現在のハイブリッド車の荷室の工夫、将来の動向を示唆する車両形態を例示する。

1.次世代自動車のこれからの車両・車体の動向

<事例 g-1>フィットハイブリッドの荷室の低床化

2010年10月に発売されたホンダのフィットハイブリッドの荷室がインサイトより20mm深くなった事(ほぼベース車両並)が日経ビジネスのC P (Tech-On) に紹介された。深く出来た理由はバッテリーとCPUを冷却する旧機構と排気口の口を前方から後方に移し、口の高さも高くして改良した。

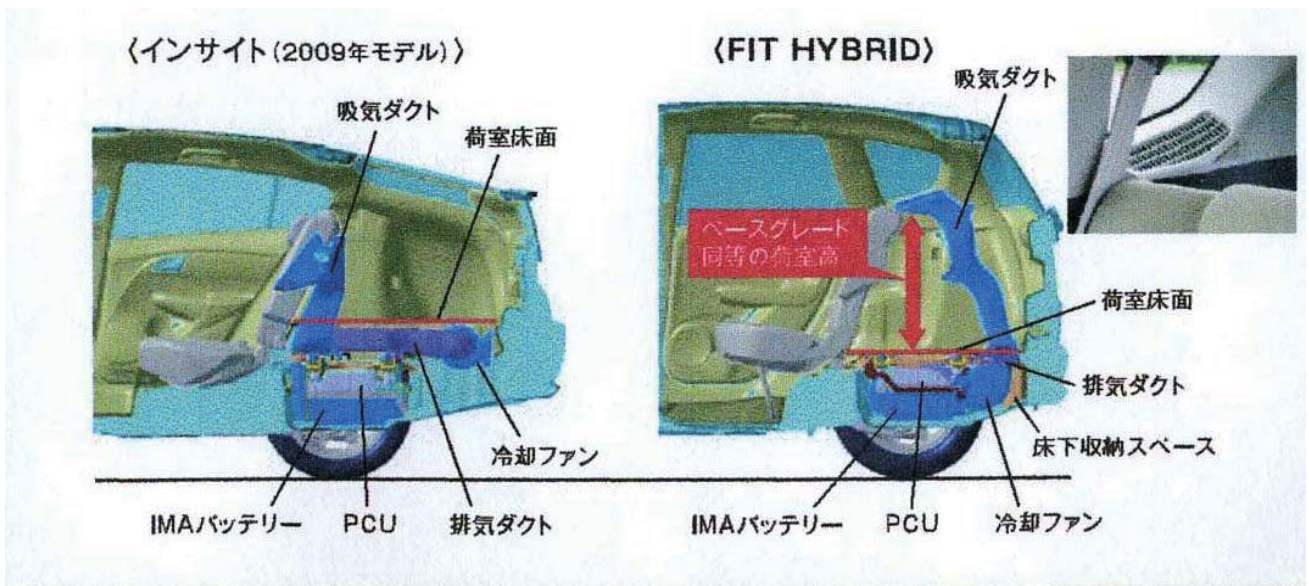


図 43 FIT ハイブリッドの荷室の拡大工夫⁽⁸⁴⁾

h)コストダウン

車両の新しいモジュール化の動き

コストダウンは製造物における永遠の課題であり、現状の車も、次世代自動車も同じである。今回は最近の話題である、車両構造上での合理化としてプラットフォームの新しいモジュール化コンセプトについてのみ言及する。

<事例 h-1>日産自動車の「日産の CMF(コモン・モジュールファミリー)」

従来のプラットフォームをサイズごとに共通に使用することを装置したモジュールではなく車両の構成をエンジンコンパートメント・コックピット・フロントアンダーボディー・リアアンダーボディーと電子部品構成の電子アーキテクチャーの 4+1 のモジュールごとにバリエーションを用意して、それらのモジュールを組み合わせることで小型車から大型車、SUV などの背高車まで共通化する構想である。

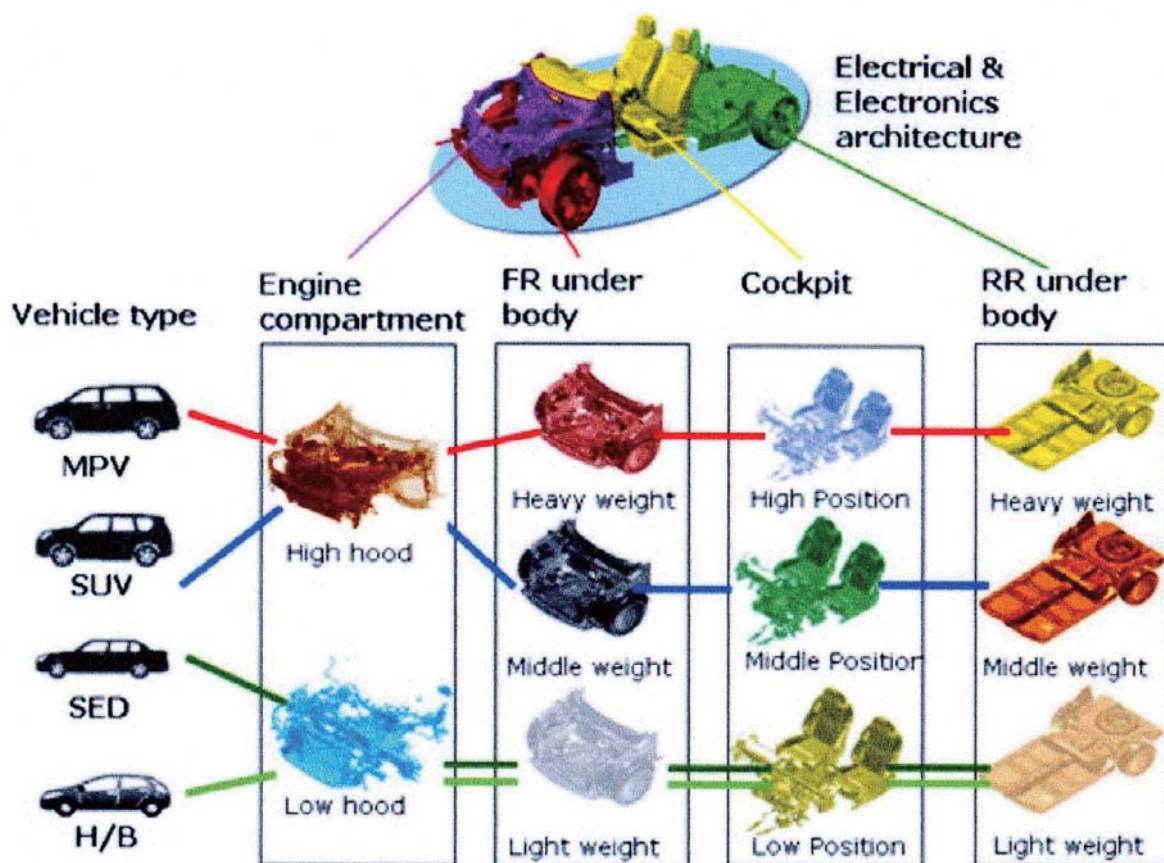


図 44 日産の CMF コンセプト (日産自動車ホームページより)

<事例 h-2>VW 社の[MQB (横置きエンジン車用モジュールマトリックス)]

VW は最近発表した「新型ゴルフ」から横置きエンジン化と共に、モジュール「MQB」プラットフォームを採用した。その一例が下記の如くインスツルパネルの取り付け BRKT を車種ごとから全車共通にしている。MQB プラットフォームはVWの小型車「ポロ」から中型セダン「パサート」グループ傘下のアウディ、シュコダ、セアトの車種、車型としてのセダン、ハッチバック、バン、

1.次世代自動車のこれからの車両・車体の動向

SUV まで対応し、2016 年までに 400 万台、2018 までに、40 種以上生産予定。

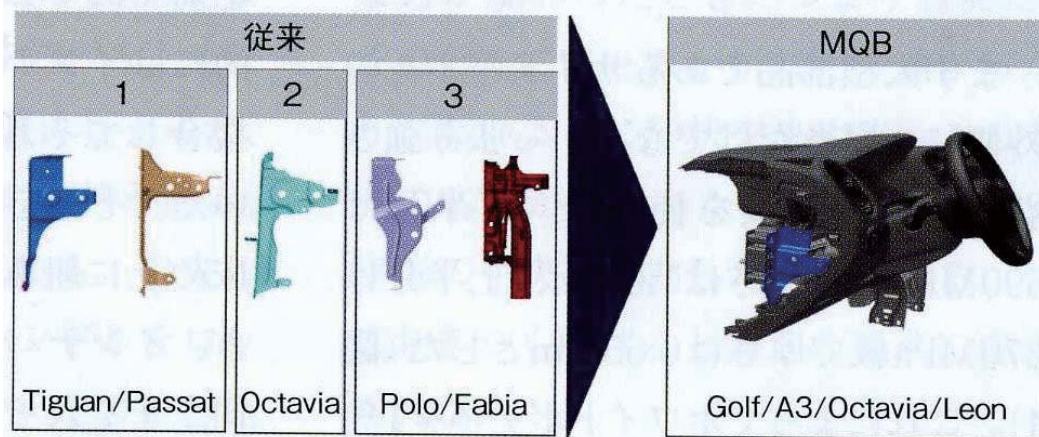


図 45 VW の MQB のモジュール コンセプト例⁽³⁵⁾ (Automotive Technology より)
 新型ゴルフには、軽量化（抗張力鋼板やテーラ・ロールド・ブランク材（ロールの間隔を変えて厚みを変化させる工法を採用した）MQW 車体が採用された。



図 46 新型ゴルフの軽量化車体 MQW 例⁽¹⁶⁾ (Automotive Technology2013, 9月号より)

MQB プラットフォームの他に、エンジン縦置きプラットフォームの **MLB**、（プレミアムカー向け）スポーツタイプ対象の **MSB** がある。



図 47 VW の 3 つのプラットフォームの概念⁽³⁶⁾ (日経ビジネス 2013.12.23 より)

＜事例 h-3＞トヨタは「TOYOTA New Global Architecture (TNGA)」

「ヴィッツ」「オーリス」「カムリ」の3種のプラットフォームを2014年から共通化する。

このようにカーメーカーの組み立て方法が根本的に変わるということは、組み立て設備や治具に何らかの変化が生ずることを意味するので新しい仕事が発生することが期待できる。TNCAではモジュール化が進むと思われる。

＜事例 h-4＞＜参考＞ホンダの最近の車体組み立て方法

2011年の東京モーターショーで車体組み立て方法が原価低減の観点でパネルにて紹介されていたが、下記の如く車体のインナー部品のみで先にアッセンブリーして、その後、外側の部品を組み付ける方式である。

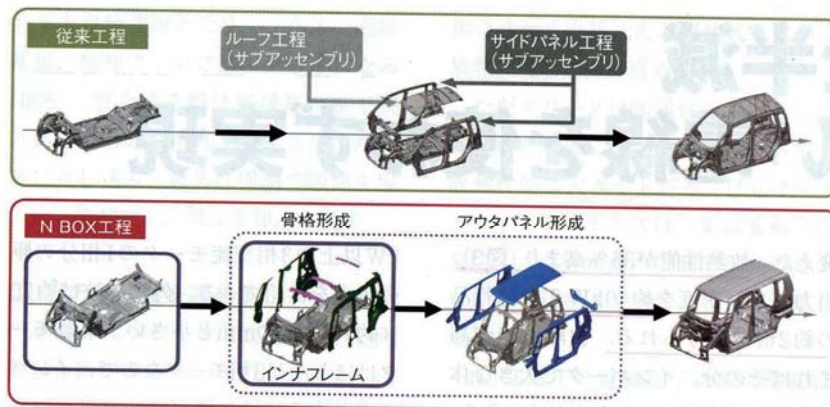


図4 車体の造り方
インナだけで箱にしよう



図5 各部の結合法の変化
ボルト結合やMIG結合を、スポット結合にできた。

図48 ホンダの合理化車体組み立て方式⁽³⁷⁾ (日経 Automotive Technology より)

＜事例 h-5＞ EV 向けニクロム線ヒータの開発 コスト▲50%

カルソニックカンセイは従来 EV には PTC (Positive Temperature Coefficient) を使用しているが、ニクロム線を使ったヒータを開発してコストを半減する。ニクロム線には発熱の抑制機能がないので不凍液の温度が上がりすぎないために3重のフェールセーフを設定した。



(日経ビジネス IT(Tech-On より)

図49 ニクロム線を用いた廉価 EV 用ヒータ⁽³⁸⁾

＜事例 h-6＞ メタリック原着ウェルドライン成形で▲30%原低

旭電気工業は樹脂の流動解析と金型構造の工夫で一般的な射出成形法に近い成形でウェルドをなくした。材料はミクロン単位の金属フレークを着色成分として含むポリプロピレンを使い塗装レス。



(日経ビジネス IT(Tech-On より))

図 50 ウェルドラインが出ない工夫で塗装レス原低⁽³⁹⁾

＜事例 h-7＞ 厚板ワークを1回のプレスで打ち抜く後工程レス加工

大宮日進(丹後市)は板厚 4.5mm~12.0mm の金属板を通常冷間鍛造で加工されているものをプレスで加工する。専用金型(内製)とサーボプレス機で加工。ファインブランキングと同等の精度で加工が可能



(日経ビジネス IT(Tech-On より))

図 51 プレスで厚板を加工、後工程なし⁽⁴⁰⁾

＜事例 h-8＞ 3次元熱間曲げ焼入れの量産技術確立で原低

住友金属、住友鋼管、住友金属プラントの3社は題記の量産技術を確立した。3次元熱間曲げ焼入れ設備はさまざまな鋼管(丸管、角管、異型管など)を局部的に過熱して加工し、直後に焼入れを行う連続プロセスである。型を用いずに複雑な形状のハイテン管を加工することができる。1470MPa以上のハイテン鋼管が可能となり、原価低減に寄与する。