

# BMW i イノベーション・デイ 2013

## 目次



|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | BMW i イノベーション・デイ 2013<br>(ショート・バージョン).....  | 2  |
| 2.  | BMW i イノベーション・デイ 2013<br>(ロング・バージョン)  |    |
| 2.1 | 新たな時代の始まり – CFRP を使用した車両製造 .....  | 4  |
| 2.2 | サステイナビリティにおける一貫性: ライプツヒ工場では、CO <sub>2</sub> を<br>全く排出しない動力源を使用して BMW i3 を生産 ..... | 9  |
| 2.3 | E モビリティ: 正しい選択 .....  | 12 |
| 2.4 | CFRP の安全性と修理 .....  | 19 |

# 1. BMW i イノベーション・デイ 2013 (ショート・バージョン)



BMW グループは、本年、大量生産による電気自動車 BMW i3 を市場に投入します。このクルマは、都市環境におけるサステナブル(持続可能)な新しいモビリティとなります。BMW i3 は、初めてのプレミアム・エレクトリック・ビークルとして、これからの時代における社会的、自然環境的、経済的な挑戦を示す存在です。今までに類のない車両構造コンセプトでは、最新の軽量構造材料を使い、革新的な生産プロセスを採用します。ここでもサステナビリティというテーマが、BMW グループにとって重要な役割を果たします。BMW i3 は、サステナビリティ(持続可能性)という目標に適した初めての車両プロジェクトでした。そしてこの目標は、コストと重量の削減や、品質向上という目標と同様に徹底的に追及されています。その目標には、生産段階での環境への影響も可能な限り低く抑えることを含んでいます。そのために焦点を置いているのは、エネルギー供給や水の消費量、溶剤の排出や廃棄物処理などの面に及んでいます。

## 風力と水力によるカーボン・ファイバー生産

BMW ではすでに、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の製造と加工において環境保護と資源節約ならびに可能な限り再生可能な電力供給を行うことを最重要視しています。また BMW グループは、繊維素材の生産から繊維や複合材料のリサイクルに至るまで、全てのプロセス・ステップをコントロールしています。これについては最先端の CFRP 生産チェーンが特に明確に示しています。この生産チェーンでは、アメリカのモーゼスレイクに始まり、ドイツのヴァッカーズドルフ、ランツフートを経て、ライプツィヒの最終製造設備に到達します。例えばモーゼスレイクでは、必要な電力は環境に優しい 100 パーセント水力発電によって確保され、ライプツィヒ工場の電力は風力エネルギーによってすべて自社で生成しています。

## BMW ライプツィヒ工場: 100 パーセント風力エネルギーによる電力供給

BMW ライプツィヒ工場は、さまざまな点において比類ない存在です。生産に必要な電力は、直接現地での風力発電によって賄います。その際、工場敷地に設置された 4 つの風力発電装置が、ライプツィヒでの BMW i モデルの製造に必要な量以上の電力を供給します。CO<sub>2</sub> を排出しない(CO<sub>2</sub> フリーの)電力供給だけでなく、その他にもこの工場は記録を打ち立てています。すでに極めて高い効率性を示している BMW の生産プロセスの平均と比べても、BMW i の製造プロセスではさらに 50 パーセントのエネルギー、70 パーセントの水を削減することができました。

## CFRP の量産: 高いプロセス安全性、速いサイクル時間

BMW ライプツィヒ工場での BMW i3 の量産過程では、環境保護に関することだけが新たな基準を打ち立てているわけではありません。大規模量産自動車でのカーボン・コンポーネントの採用は類を見ません。それは従来、CFRP を広範囲に

使用するのには費用がかかりすぎ、その加工と製造は手間がかかりすぎて柔軟性に欠けるとされていたからです。しかし、10 年以上にわたる徹底的な研究と、プロセス、材料、システムおよびツールの最適化を経て、BMW グループは現在唯一の自動車メーカーとして、CFRP を大量生産に採用するために必要なノウハウを獲得しています。そのプロセスは比類ないもので、複雑な CFRP 製コンポーネントでもサイクル時間は驚くほど短くなっています。自社開発の接着方法も同様に、ボディ工場で個々の構成部品を全自動で接合することができるようになりました。

### **世界で唯一のリサイクル・コンセプト**

BMW i の開発過程で BMW グループは、ついに CFRP 製のコンポーネントおよびボディ部品、分類された製造廃棄物のための世界で唯一のリサイクル・コンセプトを量産に適した形にまで発展させました。貴重な資源を節約するため、価値の高い材料をさまざまな方法で再利用し、再び生産プロセスに送るか、または別の用途に利用します。廃棄されるエネルギー貯蔵装置についても、BMW は有効に二次利用できるように備えました。

### **E モビリティ: 正しい選択**

最大 160 キロメートルの航続距離を実現した BMW i3 は、大都市圏のユーザーのモビリティに関するニーズを満たします。充電の方法は考えられる限り簡単になっていて、自宅、職場、あるいは公共の充電スタンドで難なく充電できます。BMW i はさらに、「360° ELECTRIC」のテーマのもと、広範な製品やサービスの提供を用意しており、これによって多くのお客様のニーズに応えます。BMW i は現在、さまざまなパートナーと共同して、便利な予約システムや支払システムを含む公共の充電用インフラストラクチャーの拡充を全力で推し進めています。

### **eDrive: 信頼でき、安心でき、長持ちする**

電気系のコンポーネントの信頼性と安全性は、当然のことながら BMW グループにとっても重要な役割を果たします。BMW i3 のリチウム・イオン・バッテリーは、最低でも車両の耐用期間が来るまで使用できなければなりません。インテリジェント・バッテリー・マネジメントや自社開発の効果的な加熱／冷却システムなどで、それを可能にしています。加えて BMW i3 にはすべての BMW モデルと同様に、法的要件を超えて企業独自の高い要求を課しています。

### **整備性の高さと修理の容易さも今まで同様のレベルに**

極めて稀に起こる故障でも、不具合のあるコンポーネントを特定し、モジュールごとに、あるいはバッテリー全体を交換することができます。事故によって生じたボディの損傷も同様です。BMW i3 の修理の容易さは、車両の構想段階ですでに要求仕様の最上位に挙げられていたのです。そのため BMW は、BMW i3 のプラスチック・パネルや CFRP 製コンポーネント専用、短時間でできる修理方法を開発しました。その結果、事故時の修理費用全体が BMW 1 シリーズと同等のレベルになっています。



## 2. BMW i イノベーション・デイ 2013 (ロング・バージョン)

### 2.1 新たな時代の始まり – CFRP を使用した車両製造

電気自動車の場合、車両全体で徹底した軽量構造にすることが極めて重要です。それは、航続距離を左右する決定的な要素として、バッテリー容量のほかにも車両重量が影響するからです。特に都市部では、制動と加速の状態は頻繁に切り替わります。加速時に電気モーターが移動させなければならない質量が小さくなるので、クルマが軽ければ軽くなるほど航続距離は長くなります。また車重を軽くすることは、航続距離の延長だけでなく、エネルギー消費量を抑え、ドライビング・ダイナミクスの向上にも貢献し、さらに搭載するバッテリーも小型化できます。

#### CFRP 製造の工業化

電気系のコンポーネントの過大な重量を相殺するため、BMW i は車両全体で徹底した軽量構造とし、革新的な軽量材料を採用しています。もちろん、車両コンセプトおよび車両生産についても、最初から全く新たに定義しました。ライフ・モジュールと呼ぶ BMW i3 のパッセンジャー・セルには、主に炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を使用しています。これほどの規模の耐衝撃性軽量ハイテク素材を採用したクルマは、量産車では類を見ません。従来は CFRP を広範囲に使用すると費用がかかりすぎ、その加工と製造にも手間がかかりすぎて、柔軟性に欠けるとされていたからです。しかし、BMW はこの素材の潜在的な可能性を早期に認識していました。そして、10 年以上にわたる徹底的な研究と、プロセス、材料、システムおよびツールの最適化の作業を経た現在、BMW グループは自動車メーカーではただ一社、CFRP の大量生産に必要な工業化に関するノウハウを持つに至りました。現在、その生産プロセスがいかに成熟したものであるかは、とりわけプロセス安全性、速いサイクル時間、製造した CFRP 製コンポーネントの高い品質レベルに現れています。

アルミニウムや炭素繊維などの軽量構造材料は、製造時にスチールなどよりも高いエネルギーを消費します。そのため、BMW は製造と加工において、資源の節約とできる限り CO<sub>2</sub> を排出しない電力供給を重視しています。また、特にエネルギーおよび水の消費、排水処理、溶剤の排出や廃棄物については注意を払っており、節約は新しい生産コンセプトの直接的な結果なのです。BMW グループは、合併企業として提携した SGL Automotive Carbon Fibers (ACF) 社と共に、繊維の生産から繊維および複合素材のリサイクルに至るまで、全プロセス・ステップの「所有者」として、その産業において独自の立場を築いています(2.4 章を参照)。

#### モーゼスレイク: 水力発電による炭素繊維製造

アメリカのモーゼスレイクにある SGL ACF 社では、先駆的な材料であるポリアクリロニトリルの熱可塑性樹脂性繊維から炭素繊維(カーボン・ファイバー)を製造しています。そのために、繊維のすべての成分は複雑な多段階プロセスを経て気体

に分離され、安定したグラファイト構造のほぼ混じり気のない炭素繊維だけが残るまでにします。これはわずか 7 マイクロメートル(0.007 ミリメートル)の細さの繊維です。ちなみに、人間の髪の毛は約 50 マイクロメートルの太さです。続いて、自動車部門で使用するために、この 1 本 1 本のフィラメントを約 50,000 本まとめられて「ロービング(粗糸)」にするか、「ヘビー・トウ(太い束)」にするかして、次の加工へ回すために巻き取ります。この太さの繊維の束は、自動車以外では風力発電用の大型ローター・ブレードなどに使用しています。

モーゼスレイクでの炭素繊維製造では、すでに生産用のエネルギーはすべて再生可能なエネルギーとなっており、現地での水力から発電しているため、CO<sub>2</sub>を全く排出していません(100% CO<sub>2</sub>フリー)。アメリカのワシントン州にあるこの最先端の工場は、エネルギー効率面でも基準を打ち立てています。従来の CFRP 生産に比べて、CO<sub>2e</sub>(地球温暖化係数)を約 50 パーセント削減しています。計画通り 2013 年末にライプツィヒから BMW i3 を出荷できるように、この超軽量ハイテク繊維はすでに 2011 年末から生産を開始しています。現在、それぞれ年間 1,500 トンの生産能力を持つ 2 つの生産ラインが稼働しています。その結果、この施設は現在すでに世界で生産される CFRP の約 10 パーセントを供給しています。

親会社である BMW グループおよび SGL グループの両社は、これまでに約 1 億米ドルをこのモーゼスレイクの製造施設に投資し、80 の新しい職場を生み出しました。

#### **ヴァッカーズドルフ:繊維生地への加工**

合併企業の第 2 の拠点であるヴァッカーズドルフ・イノベーション・パークでは、モーゼスレイクで生産された繊維の束を、工業規模で軽量の繊維生地加工します。織物の場合とは異なり、この生地は繊維は互いに交差したり織り込んだりするのではなく、平面上に並べて配置します。織物の構造にすると繊維が曲げられてしまうため、炭素繊維自体の優れた特性が一部損なわれてしまいますが、この生地の繊維配置ならば、後に構成部品に加工したときにも最適な特性を保証します。

2 千万ユーロを投資して約 100 箇所の新たな職場を創出したことで、ヴァッカーズドルフの生産拠点では、現在すでに年間数千トンの炭素繊維生地を製造できます。これらの生地は、ランツフトとライプツィヒにある BMW 工場での CFRP 製構成部品や CFRP 製コンポーネントを製造するための材料になります。

#### **ランツフト:CFRP 製コンポーネントへの加工**

ヴァッカーズドルフから届けられる炭素繊維生地は、ランツフトとライプツィヒにあるプレス工場での CFRP 製ボディ部品に加工します。ランツフトでは、BMW グループのスペシャリストたちがこの 10 年の間に CFRP 製構成部品の製造プロセスをさらに発展させ、自動化させることに成功しました。そのため、現在では高いプロセス安全性を獲得し、経済的にも、また品質的にも価値の高い方法での量産

が可能になっています。ランツフトでは、かなり以前から工業化された CFRP 生産設備で BMW の M3 と M6 のルーフ、M6 のバンパー・サポートを製造しています。

2012 年 3 月に 4 千万ユーロの投資、および約 100 名の従業員によってカーボン・ファイバー生産を開始したランツフトの生産拠点は、CFRP 製コンポーネントの重要なイノベーションおよび生産センターと見なされています。革新的な軽量構造材料の加工を行うための高い技術的ノウハウを維持するため、ランツフトでは社内の後継者作りにも目を向けています。そのために研修員の数は増員され、年間 40 名の若い社員が研修員になります。

### **ライブツィヒ: 可変製法による独自の材料製造**

新たに建設されたライブツィヒのプレス工場では、CFRP の最先端テクノロジーを車両製造に利用できます。BMW はこの大量生産用に作られた設備で、独自の炭素繊維複合材料を製造しています。CFRP 製品の製造方法、つまり CFRP 製部品の構成(組成)や強度、形状は、設計仕様に応じて、プレス工場内での製造過程でいつでも個別に変更したり調整したりすることができます。ヴァッカーズドルフから届いたあらかじめ裁断加工された炭素繊維生地は、まずプリフォーム・プロセスと呼ばれる工程で、後に加工すべき形状にあらかじめ成形されます。その際は、加熱式のツールでラミネート・パッケージに安定した立体的形状を与えます。その後、それらの予備成形されたプリフォーム・ブランクのいくつかを組み合わせ、大型の構成部品に加工します。このようにすることで、アルミニウムや鋼板では実現することが難しかった大型のボディ部品などを製造することができます。仕上げと予備成形の後、次に行われるプロセス・ステップは、RTM(**Resin Transfer Moulding**=レジン・トランスファー・モールドディング)加工と呼ぶ高圧下での樹脂成形法です。航空宇宙産業や船舶、風力発電用タービンの構造で知られる RTM 樹脂注入法の場合、プリフォーム・ブランクに高圧をかけた状態で液状の樹脂を注入します。繊維に樹脂が結合した後に硬化すると、この材料は剛性を得ることができ、傑出した特性を発揮します。

### **工業的規模での CFRP 生産の開始**

最大 4,500 トンの保持力を利用できるこのプレス工場では、樹脂が完全に硬化剤と結合し硬化するまでを、自社開発によって厳密に規定された時間、圧力、温度の各パラメータに従って行います。樹脂の硬化プロセスは通常、CFRP プレス工程の後に続いて行われますが、この特殊な BMW 独自の製造方法のおかげで、別の炉内で行わなければならない時間のかかる硬化プロセスを省くことができます。CFRP のために特別に設計されたこの新しいプレス工場は、従来の鋼板製造施設とは大きく異なります。基本的に無駄のない投資構造により、その生産に特化した投資を行っています。そのため、例えば従来型の製法における陰極浸漬塗装によるペイントショップを廃止することができ、建設費を大幅に削減できました。この製造方法は先駆的なものであり、莫大な時間を節約し、大型の CFRP 製複合部品の工業化を初めて現実的にしました。この方法では、10 分単位で成形部品をプレス工場から出荷することが可能になります。

BMW i3 のライフ・モジュールでは、サイド・ドア・フレーム全体などの複雑なコンポーネントでも、多くの構成要素を組み込んだ状態でこの施設を離れます。そのときには、すでに最高の製品品質、完璧な機能性、さらに非常に高い精密性を備えています。その後に行わなければならない作業は、構成部品の輪郭の細部の裁断や、まだ開けていない開口部の加工といった精密作業だけです。その際、各部品は特殊なウォーター・ジェット切断システムで加工した後、サンドブラストをかけて次の加工のために接着面の前処理を行います。従来の鋼板製サイド・フレームの場合、CFRP 製成形部品とは異なり、内側でも外側でも、次々と構成部品を組み付けなければなりません。通常の鋼板構造は基本的により多くのボディ部品を必要とするため、構造部分に限定したとしても BMW i3 のライフドライブ・モジュールよりも重くなります。

### **新しい精密ツールを使用した革命的なボディ製造**

ライプツィヒの新しいプレス工場で新たに製造された CFRP 製複合部品やランツフートのプレス工場から届けられる CFRP 製部品は、新しいボディ製造施設で接合します。ここでは、従来の鋼板構造に比べて 3 分の 1 に減った約 150 個の部品から、BMW i3 のライフ・モジュールの基本形状を作成します。ボルトやリベットの加工による煩わしい騒音や溶接時の火花もなく、100 パーセント自動化された最先端の接着技術のみで製造します。これは BMW だけが持つ技術です。さらに、BMW が開発した他に類のない接合プロセスでは、個々の構成部品が接触することなく互いに 1.5 ミリメートルの接着ギャップで接合され、接着工程の後に最適な強度が保証されるようにしています。新開発の製造プロセスでは、ライフ・モジュールのすべての接合部品が常に互いに同じ間隔を保ち、同量の接着剤を供給されます。この優れた精度によってのみ、個々の CFRP 製部品間で完璧な応力の伝達が行え、大量生産での最高の品質基準を保証できます。全体として、車両 1 台あたりで正確に設定された接着距離は、幅 20 ミリメートルで長さ 160 メートルにわたっています。

### **瞬間接着剤で時間も節約**

現在、CFRP 製ボディ・セル(パッセンジャー・セル)は、レース仕様の特別な車両や少量生産の特殊なスポーツ・カー用としてのみ製造されています。少量生産の場合、製造にかかるコストはあまり重要ではありません。そのため、接着剤を硬化させるための時間に 1 日以上かける場合もあります。BMW i3 のような量産向けの場合、この時間を最短にするため、BMW は硬化プロセスを大幅に速めました。

その結果、現在では新開発の接着剤を構成部品に塗布した後、硬化が始まる前に 90 秒間だけ処理時間があります。そして 1 時間半後には固着しています。この特性は、従来の接着プロセスの 10 分の 1 の時間に相当します。この硬化時間をさらに 10 分以内まで短縮するために、BMW は追加の熱処理プロセスを開発しました。この場合、接着する CFRP 製部品の特定の接着箇所を追加で加熱し、硬化に要する時間を 32 分の 1 に短縮します。

### **最終組立が始まる 6 日前までカラー・コンセプトを選択可能**

ライプツィヒで製造された高強度 CFRP 製パッセンジャー・セル(ライフ・モジュール)は、ボディ製造施設から新しい組立施設に送られ、そこでアルミニウム製ドライブ・モジュールと接合されます。ディンゴルフィンから届けられる基本のドライブ・モジュールは、ライプツィヒで完成されてから、ボルトと接着剤という接合方法を利用して、分離しないようライフ・モジュールに接合します。その後で初めて、内側となる CFRP 製ライフ・モジュール・セルに最終的に外側となるプラスチック製ハウジングを取り付けます。複数のパートで構成される外側の塗装部分(アウター・スキン)には、主に熱可塑性射出成形プラスチックを使用しています。この素材は従来の車両製造でも使用しています(フロント／リヤ・エプロン、サイド・シルなど)。着色されたプラスチック成形部品は最終組立の際、内側のライフ・モジュール・セルに目立たないように特殊なマウントを使用してボルトで固定されます。

### **BMW i の CFRP の再利用:クローズド・ループ方式**

BMW i の開発過程で BMW グループは、CFRP 製構成部品やボディ部品、分類された製造廃棄物のための世界で唯一のリサイクル・コンセプトを考案し、量産に適した形に発展させました。生産現場からや事故車／古くなった廃棄車両からも価値の高い材料をさまざまな方法で自動車製造に再利用し、再び生産プロセスに送るか、または別の用途に使用します。

リサイクル・プロセスでは、「ドライ」状態、つまり樹脂加工されていない材料による炭素繊維リサイクルと、「ウェット」状態、つまりすでに樹脂加工された(樹脂が混在する)プラスチックを使用する複合材料リサイクルとで区別します。生産中に発生したドライ状態の炭素の切れ端は、価値の高いフリース状の生地にも再処理して、再利用するために製造サイクルに投入することができます。今日すでに、BMW i3 で使用する炭素繊維量の約 10 パーセントがリサイクルされた材料を使用しています。このプロセスは、自動車業界でも世界に類のないものです。

複合材料のリサイクル、つまり、樹脂が混ざった炭素繊維の処理の場合は、まず工業的に他のプラスチックと混ざった状態から CFRP を分離して、熱分解設備などで処理します。樹脂分解の処理熱は、損傷のない炭素繊維を分離するのに使用します。その後、これらの繊維を構成部品の製造時に使用することができるため、新しい繊維の必要量が減少します。例えば、リヤ・シート・シェルはリサイクルされた炭素繊維で製造されます。これは BMW 品質基準を 100 パーセント満たし、従来のグラスファイバー製マット構造の場合よりも 30 パーセントも軽量になっています。リサイクルされる CFRP や炭素繊維は細かくされるか、短繊維にカットして、自動車業界以外でも多くの分野で再利用します。例えば、テキスタイル業界やエレクトロニクス業界(コントロール・ユニット用のハウジング材料)で 사용할ことができます。「CFRP の二次繊維」の使用は、サステイナブルな材料サイクルの要素でもあります。これにより資源を節約し、将来にわたり使用可能にするために原材料を確保します。



## 2.2 サステナビリティにおける一貫性： ライプツィヒ工場では、CO<sub>2</sub>を全く排出しない 動力源を使用して BMW i3 を生産



BMW ライプツィヒ工場の拡充は予定通りに進んでいます。電気自動車 BMW i3 の生産は、CO<sub>2</sub>フリーの電力を使用して 2013 年秋に始まります。2014 年の初めには、電気モーターと内燃式エンジンを搭載したプラグイン・ハイブリッド・スポーツ・カー BMW i8 の生産も開始します。

BMW i モデルの生産は、環境保護に関する新たな基準を確立します。すでに高効率を誇る BMW の生産の平均と比べても、エネルギー消費量で約 50 パーセント、水の消費量は 70 パーセントも削減できるのです。ライプツィヒ工場では、BMW i モデルの生産に使用する電力を 100 パーセント再生可能な動力源を利用し、すべて風力発電で賄います。

現地での生産に直接電力を供給するため自動車メーカーが工場敷地内に風力発電装置を設置するのは、ドイツでは初めての例となります。各 2.5 メガワットの出力を発生する 4 つの風力タービンの建設作業は春には完了します。ここで得られる電力は、ライプツィヒ工場での BMW i モデルの今後の生産に必要な電力すべてを賄えます。

### ライプツィヒ工場の生産に必要な量以上の電力を風力発電で生成

Nordex N100/2500 型の 4 基の風力発電装置の年間発電量は約 26 GWh で、将来的に BMW i モデルの生産に必要な量以上の電力を供給します。年間で最大 2 GWh の余剰電力を見込んでおり、余剰分はライプツィヒ工場の他の場所で使用します。風力発電装置のオペレーターは、風力エネルギー・プロジェクトの開発におけるドイツのリーディング・カンパニーである wpd AG (風力発電開発・事業会社、本社:ブレーメン) です。BMW ライプツィヒ工場は、工場敷地内で直接使用するための生成電力の買い取りについて、wpd 社と長期契約を結びました。

2013 年の BMW i3 の市場導入をスムーズかつ確実にするため、拡張されたライプツィヒの工場敷地には、ニュー・モデルのためにさらに新しいカーボン・プレス工場、プラスチック部品製造施設、ボディ製造施設、また組立／物流施設が用意されています。その合計投資額は 4 億ユーロに達しています。

### バリュー・チェーン全体にわたる持続可能性

BMW i に関しては、サステナビリティ(持続可能性)というテーマが当初から大きな役割を果たしており、バリュー・チェーン全体に広がっています。そのため、BMW i3 に関しても最初の車両プロジェクトとして、すでに早期構想段階でサステナビリティの義務的な目標を設定しました。この目標は、仕入れから開発、生産を経て販売に至るまで広がっており、この全体にわたる目標を達成しています。

地球温暖化係数の他にも、環境関連の影響する分野や社会的な持続可能性に関する目標も設定しました。開発、生産、リサイクルのプロセスでは、サプライヤー・ネットワークからのソリューションも組み合わせられて、多くの革新的な個別的措置によってこれを達成します。その結果、BMW i はサステナビリティにおいても新たな基準を確立しています。

### **BMW i3 の模範的な環境バランス**

車両全体の環境バランスは、使用段階の状態までを見ることが重要です。その場合、軽量構造であることがエネルギー節約のポテンシャルに大きく影響を及ぼします。それは、製造コスト(バッテリー、CFRP 軽量構造)においては、従来の材料を使用するのに比べてエネルギー面で不利だとわかっているにも関わらず、軽量構造の BMW i3 を日々使用することでエネルギー効率を高める処置としてみなすことができます。結果として、製造時にエネルギー・コストが高くても、使用段階の早期においてすでにエネルギー節約効果によって相殺されるのです。

### **目標は CO<sub>2</sub> フリーの生産**

BMW グループは最初から、製造時のエネルギー消費と、その結果として生じる CO<sub>2</sub> 排出量をコントロールしています。BMW i3 は、この努力の成果をはっきりと明示しています。ヨーロッパの電力状況(EU-25 電力ミックス)を想定したとして、電気自動車 BMW i3 の生産およびライフ・サイクル全体にわたる地球温暖化係数(CO<sub>2e</sub>)は、同クラスの高効率内燃エンジン搭載車に比べて最低でも 3 分の 1 は小さくなります。走行のためのエネルギーを風力や水力などの再生可能エネルギー源から得られれば、さらに地球温暖化係数を 50 パーセント以上も改善させることができます。

### **BMW i が自動車製造を変革する**

BMW i モデル・ファミリーの生産は、革新的な材料の使用、資源の節約、E モビリティの工業化に関することのみで基準を確立するものではありません。生産コンセプトも革新的なものとなっています。ライフドライブ・モジュールを含む車両アーキテクチャーとライフ・モジュールのカーボン・ファイバー製パッセンジャー・セルは、プレス工場と塗装工場に従来必要であった生産プロセスを省いた革新的な生産プロセスを実現しています。製造方法もまた類のないものであり、従来の方法に代わってハイテク接着技術を採用しています。

これらによって、従業員にとっての作業も大幅に楽になっています。この新しい車両構造によって、作業環境はより人間工学に基づいたものにでき、組立作業は大幅に静かな環境で実施されるようになります。その上、生産施設内には自然光も取り入れられています。

### **サステイナブルな建築計画のための「LEED ゴールド・スタンダード」**

世界的に定評あるアメリカのグリーンビルディング協議会 (Green Building Council) は、すでに、ライプツィヒに新しく建てられたこの建造物について、持続可能な設計が施された建築物であることを証明する「LEED ゴールド認証」 (Leadership in Energy and Environmental Design=エネルギーと環境設計におけるリーダーシップ) を与えました。

施設内のエネルギー消費量は、技術的な措置を講じて大幅に削減することができました。インテリジェント・ベンチレーション・コントロール (高度情報化された換気制御) を利用して、生産施設内では一日に何度も、施設内の天井に設けられた天窗や側面の窓を通じて施設内の空気を完全に入れ替えます。自然風による換気によってボディ製造施設や組立施設に臭気や埃が溜まることが減り、生産の熱で暖まっているプレス工場は必要に応じて冷却されます。この換気システム全体は、追加のベンチレーターやエア・コンディショナーを必要としません。加えて、施設の天井に設置されたストリップ・ライトの白いフィルムが太陽光を反射するため、人工的な照明の使用量も減ります。ライプツィヒのこの新しい建造物は、環境保護の観点においても自動車産業に基準を確立します。



## 2.3 E モビリティ: 正しい選択



BMW i3 のエネルギー源は、特別に開発された高性能リチウム・イオン・バッテリーです。このバッテリーは 8 個のモジュールと 96 個のセルを備え、最適に保護された状態でアンダーフロアにコンパクトに組み込まれています。このエネルギー貯蔵装置は出力、航続距離、重量、耐久性が最適なバランスになるように、開発過程で絶えず最適化が施されました。この蓄電池の耐久性も、車両の耐用期間が尽きるまで持続します。日常的な条件において、BMW i3 はバッテリーをフル充電にした状態で、コンセントから再充電することなく最大 160 キロメートルの距離を走行できます。BMW i3 は主に市街地域で自宅と仕事場の往復用の足として使用することを想定していますが、MINI E での実験が示すように地方での走行にも適しています。そして 10 ヶ国、1,000 名を超えるテスト・ユーザーによって MINI E および BMW ActiveE での合計 2 千万キロメートル以上の距離にわたる走行を評価した結果、明確な事実が浮かび上がりました。それは、日常的な走行において、その約 90 パーセントは平均距離が約 45 キロメートルであるということです。そのため、BMW i3 をフル充電した状態であれば、大都市圏のユーザーの日常のニーズを十分に満たすことができるのです。もちろん、より大きなバッテリーを搭載すれば航続距離を延ばすことはできますが、現時点ではまだ重量も費用もかさみ、運動性能は低下することになります。

### バッテリーの充電: 自宅、仕事場、外出先でも充電可能

BMW i3 の充電はとても簡単で、現時点でもすでに多くの人々が E モビリティを日常で快適に使用できる状態になっています。自宅に設けた充電場所（一般的なコンセントや BMW i ウォールボックス）から、最短 6 時間で BMW i3 のバッテリーをフル充電できるからです。最新の公共用高速充電装置を使用すると、30 分でバッテリー容量の 80 パーセントが充電できます。これなら、追加で 120 キロメートル分のエネルギーを充電するのに、昼休みや町中での買い物の間に十分できる計算です。

### 360° ELECTRIC

BMW i3 を最適に使用できるようにするため、BMW i は広範な製品およびサービスの提供を用意しており、これによってクルマ自体だけでなく、様々なお客様の要望に応えます。360° ELECTRIC の総合パッケージにより、日常での E モビリティのメリットを確実、快適かつ柔軟に体験することができます。常にお客様自身が、利用したいと思うサービスの提供を決定します。360° ELECTRIC のポートフォリオは 4 つの柱に基づいていて、基本的に自宅での充電、公共の充電ステーションでの充電、モビリティの確保、航続距離制限を克服するための革新的なモビリティ・コンセプトへの統合といった分野を含んでいます。

### ホーム・チャージング: 自宅で快適に充電

自宅にガレージや個人の駐車スペースを持つお客様のために、BMW i はカスタマイズ可能なソリューションを提供します。これにより自宅での充電を安全かつ快

適に、極めて迅速に実施できます。そのために BMW i は 2013 年 1 月、シュナイダー・エレクトリック社およびモビリティ・ハウス (TMH) 社と広範なパートナーシップを結びました。この協力の目的は、BMW i3 の市場導入時に自宅ガレージでの快適な充電を可能にするため、お客様にとって便利で効率的な充電設備を提供することです。この取決めには、自宅への設置の際の現場点検、充電ステーション (BMW i ウォールボックス) の納入・組立などの作業、またメンテナンスや相談受付、その他のサービスが含まれています。

BMW i はさらに、再生可能なエネルギー源からの電力利用を支援しており、厳選されたパートナーと協力してさまざまなグリーン電力製品を選択できるようにしています。BMW AG と Naturstrom AG 社の間の戦略的協力で、ドイツのお客様は今後、BMW i3 の走行に使用できるグリーン電力パッケージを入手することができます。Naturstrom AG 社は 100 パーセント再生可能なエネルギー (風力比率が非常に高い) から電力を供給するので、完全に CO<sub>2</sub> フリーでの電気自動車の走行を実現します。また、例えばお客様がソーラー・パネル付きのカーポートの設置を決定されたときには、BMW i がサポートします。

#### **将来の展望: 非接触誘導充電**

充電ケーブルやウォールボックスを使用した充電が標準化されていく間に、BMW グループはすでに今後のために考えられる手段の開発にも取り組んでいます。その一例が、ケーブルやプラグの接続なしに充電できる誘導充電です。この技術は、電気自動車を地面に置いた充電プレートの上に停車させ、非接触の状態で電磁誘導によってエネルギーを伝達します。理論的に考えられるのは、自宅ガレージに設置するソリューションですが、いずれは路上や公共駐車場の地面にプレートを埋め込むことで、公共の場所でも提供できるようになるかもしれません。

BMW i3 の開発初期は、車両に搭載可能な充電ユニットが大きすぎて重く、航続距離が不必要に減少しました。しかし時を経て、BMW グループの研究者たちは車載型充電プレートの寸法と重量を 10 分の 1 に減らすことに成功しました。最先端の共振器技術の採用により、大幅に小型化され、効率性も安全性も高いシステムを実現できるようになりました。誘導充電技術をさまざまなメーカーの車両に使用できるようにするためには、可能な限り世界中で通用する基準が必要です。BMW グループはそのために、他のドイツのメーカーと共にドイツ電気技術委員会 (DKE) および電気・電子及び情報技術協会 (VDE) の枠内で公式のワークグループを作り、国際レベルでもさまざまなメーカーと連絡を取っています。

#### **パブリック・チャージング: 外出先での充電**

自宅や仕事場で BMW i3 を充電できなくても、360° ELECTRIC はさらに別の手段を用意してあります。駐車場の経営者様や公共の充電ステーション提供者様と協力して、BMW i はお客様に公共で利用できる充電用インフラストラクチャーへの道をご用意します。それに関し BMW i は、パートナーと共同でスマートフォンおよびナビゲーション・システムとのネットワーク化をサポートし、ユーザーが利用可能な充電ステーションの表示や、ChargeNow カードを使った簡単かつ明快な支

払い処理を可能にします。ChargeNow カードは、各種充電スタンドへのボーダレスなアクセスと、キャッシュレスの支払いを可能にするものです。ChargeNow カードは、BMW i のすべての市場で公共エリアの充電用インフラストラクチャーの供給者をできる限り多くとりまとめ、お客様がカード 1 枚でさまざまな供給者の充電スタンドを利用でき、その請求は BMW i から一括してお届けするものです。

現在、ドイツだけでも各種の支払いおよびサービス・コンセプトを設定している公共充電設備の供給者が 70 以上あり、この状況は調整が必要です。ChargeNow カードは BMW i の独自の製品であり、現在すでにお客様にとってインテリジェントな手段としてご利用いただけます。その課題は、関与するすべてのパートナーと一緒に包括的なサービスをさらに提供拡大することです。

公共の充電用インフラストラクチャーのネットワーク化に関する最新の例では、少し前に発表された HUBJECT GmbH のソリューション・ポートフォリオがあります。この会社は BMW グループ、ボッシュ社、ダイムラー社、EnBW 社、RWE 社、ジーメンス社との合併企業です。この会社は、E モビリティ・サービスの供給者がそのサービスに e ローミングと呼ばれるサービスを追加できるようにします。電気自動車のドライバーがこれを通じて 1 つの供給者と契約をすると、欧州でネットワークされた既存の全ての公共充電ポイントへのアクセス権を受け取ります。BMW i のお客様は、このサービスを ChargeNow カードで利用できます。それにより将来、電気自動車の充電はキャッシュ・ディスペンサーで現金を引き出すのと同じくらい簡単になります。充電スタンドへのアクセスは規格化された QR コードで行い、スマートフォンのバーコード・スキャン機能とアプリを使用して充電プロセスを開始したり終了したりできます。

### **まもなく現実に: ミュンヘンからライプツィヒまで電気のみで走行**

ドイツ連邦に支援を受け、ABB 社、ドイツ鉄道 (Deutsche Bahn)、EIGHT、RWE 社、バンベルク大学、ミュンヘン連邦軍大学、ドレスデン工科大学、そして BMW グループの共同プロジェクトの中で、ミュンヘンの BMW ワールドに電気自動車用の高速充電ステーションを設置し、今夏頃にはオープンする予定です。ここではユーザーにコンバインド・チャージング・システム (CCS: 通称コンボ) と呼ばれるシステムによる充電ポイントを 2 か所提供します。ヨーロッパの自動車メーカーは、CCS を共通規格にすることで合意しています。CCS は既存の交流充電の他に直流による超高速充電を可能にし、他メーカーの電気自動車にも適応しており、もちろんニューBMW i3 にも適応しています。

新しい充電ステーションができることで、例えば地下鉄のオリンピアパーク駅のすぐ近くに電気自動車、公共の近距離交通、電動自転車のための接続点が生まれます。

他の促進プロジェクトの一環として、BMW グループ、ジーメンス社、E.ON 社によるコンソーシアムが、アウトバーン A9 に沿って高速充電スタンドを設置します。これにより 2014 年の初め以降、充電のために短時間停車するだけで、ミュンヘン

からベルリンまでを電気のみで走行することが可能になります。それだけに留まらず、他の企業の同様の計画では、ミュンヘンからザルツブルク、さらにウィーンを越えてブラチスラヴァ(スロバキア)までの充電ネットワークを予定しており、それによって国境を越えた高速充電スタンド・ネットワークの基礎が築かれます。

これらの例が示しているのは、公共で利用できる充電用インフラストラクチャーはすでに増え続けていて、現在まだ主として自宅や仕事場で使用しているだけの充電設備は、今後徐々に改良されるということです。こうして電気自動車のユーザーは、さらに有効な柔軟性および可能性を獲得し、長距離でも問題なく走行することができますようになります。この件に関して、BMW グループの行った大規模なフィールド・テストは興味深い結果を示しています。それは、ユーザーが自分の充電設備の他に公共の充電設備が確保できた場合、MINI E の走行距離の最大 90 パーセントをこれらによって賄えたということです。この場合の公共充電設備の利用比率は、平均して 10 パーセント未満でした。

### **フレキシブルなモビリティ: 代替手段を巧みに利用**

BMW i3 では航続距離が足りないとき、お客様は補足的なモビリティ・モジュールを利用することができます。これを使うと、例えば内燃式のエンジンまたはハイブリッド・ドライブを搭載する BMW モデルを一時的に利用し、かなりの長距離をドライブすることができます。そのためには 360° ELECTRIC を通じてそれぞれの年間割当てを追加することができます。また、BMW i のお客様は DriveNow カー・シェアリング・サービスを利用することもできます。

電気のみで走行できる BMW i3 の特質に焦点を当てるとすれば、例えば 160 キロメートル以上の長い距離を走行することの多いお客様のためのオプションとして、レンジ・エクステンダーによって BMW i3 の航続距離を約 300 キロメートルに延長することができます。

### **アシスタンス・サービス**

BMW i3 が日常の足としていつでも確実に機能するように、バッテリーやその他の電気システムは走行中も常時モニターされています。めったにない故障の場合でも、BMW サービス・モバイルまたはワークショップで診断して不具合のあるコンポーネントを特定することができます。

しかし実際にバッテリーが損傷してしまった場合、BMW i は BMW i3 と同時に導入する自動車業界で初の完全モジュール式で修理可能な高電圧バッテリーが役に立ちます。もちろん、あらゆる故障が必ずしもアセンブリ交換につながるわけではありません。BMW i の正規ディーラーでモジュールごとに交換することで故障に対処することもできます。設計を工夫し、さらに交換部品戦略と連携させることにより、長期的なプロダクト・アクセプタンス、ランニング・コストの低減、保証費用の低減に大きく貢献します。このコンセプトは、資源の節約やサステナビリティ戦略にとっても極めて大きな貢献をします。



## BMW 独自のバッテリー開発

BMW i3 用の高電圧バッテリーは、BMW ディンゴルフィン工場の最先端の組立ラインで製造されます。バッテリーのセルだけは他社から供給を受け、その他の部品は完全に自社開発のものを使用します。これには BMW ActiveHybrid 3 および 5、さらに BMW ActiveE などのバッテリーや、以前に自社開発したバッテリーの開発経験に基づいて、さらなる最適化を施しました。

バッテリーのモジュール構造は、それぞれ独自の安全システムを持つブロックで構成されます。エネルギー貯蔵装置を自ら製造するという決断は、ドイツ国内の拠点にとって将来にわたる安全性を確保するというだけではありません。これによってさらに BMW とお客様に対して多くのアドバンテージをもたらします。それは一方でバッテリー技術の可能性をさらに広げることを保証し、他方では BMW ならではのパフォーマンスと最大限の安全性を保証します。最終的に BMW は開発者として、そして製造者として、極めて柔軟に今後の要求やニーズに応じることができます。

## バッテリーの寿命はクルマの耐用期間が尽きるまで

リチウム・イオン・バッテリーの寿命は、さまざまな要素に左右されます。バッテリーは 2 つの要因によって劣化します。1 つは経年劣化であり、使用年数が経てば性能や電気を蓄える能力が低下します。この作用はバッテリーの温度によって大きく異なります。2 つ目は、充電と放電によって引き起こされる劣化作用です。開発者が多数のテストで得た結果は、BMW i3 に採用しているバッテリーのセルは、耐用年数に関してもサイクル安定性(充・放電の繰り返しに耐える特性)に関しても、クルマの寿命が尽きるまでという BMW の高い要求を満たしているということです。それを実現させているのは、セルの化学成分の適切な選択とインテリジェント・バッテリー・マネジメントです。これは、バッテリーを最適な使用域で(冷却や加熱によるバッテリー温度の調整など)作動させるためのものです。

## 冷媒を使用した冷却

BMW i では、高電圧バッテリーの冷却用に直接エア・コンディショナーの冷媒を使用します。この冷媒は水や空気を使った冷却方式に比べて冷却能力が高く、ファンやポンプなどの追加のコンポーネントを必要としません。そのため重量や設置スペースの節約ができます。低温時のプレコンディショニングのための加熱は、車両がウォールボックスに接続されている場合には電源から直接供給されます。

結果的に、広範囲の充電レベルにわたって安定したバッテリー出力を発揮でき、温度変動の影響をほとんど受けません。したがって、エネルギー貯蔵装置の日常的な使用に対する適性、長期安定性、寿命にとってもプラスの効果を発揮します。

さらに BMW i3 では、電装品のエネルギー消費量を抑制することも重視しています。室内のヒーターはヒート・ポンプ原理で作動し、市街地走行では従来の電気式ヒーターに比べて最大 30 パーセントの電力を節約します。内外の照明には省電力の LED を使用します。どちらの措置も、実質的に BMW i3 の航続距離に貢

献します。また、BMW i8 の場合は初めてレーザー照明を採用し、新たなエネルギー効率の段階へと踏み出します。

### **最も重要な原則は信頼性**

新技術の導入には、常に警戒すべき事柄を伴います。しかし、今年 BMW i3 が発売されるときには、ドライバーや乗員だけでなく、他の道路利用者も BMW グループの高い基準に従って開発されたこの極めて安全なクルマを心から信頼していただけるでしょう。このクルマは、あらゆる安全関連の法的要件を大きくクリアしているのです。

BMW i3 の電気システムは、従来のオンボード・ネットワークとは違ってバイポーラ（双極）仕様になっています。そのため、マイナス極はグラウンド、つまりボディに設置されているのではなく、完全に絶縁された独立したラインとして取り回されています。さらに、完全に密閉されたバッテリー・ハウジングで水の浸入を防ぎます。バッテリー・セルの化学成分を選択する際には、性能や耐久性以外にも、当然ながら自動車分野に対するセルの適性について、特に安全性に関して考慮しています。

それに加え、複雑なモニタリング・アルゴリズム、最先端のセンサー類、さらに前述の冷却システムにより、バッテリーがほぼ空になるまで放電してしまったり、過充電したり、作動中に過熱したりすることのないようにしています。ソフトウェア側とハードウェア側のカットオフ・メカニズムを含む 3 つの安全性レベルで、電気システム全体を確実に保護します。

### **サステナビリティ:車両の耐用期間が過ぎた後の二次利用**

BMW i3 のエネルギー貯蔵装置（バッテリー）は、車両の耐用期間が尽きた後でも、まだ性能や充電能力を維持しています。約 1,000 回の充電の繰り返し後にも、バッテリーはまだ定格容量の大部分を維持しています。そのため、BMW i はこうしたバッテリーを処理して二次利用に回す予定です。サステナビリティの観点から、このバッテリーは据置型のエネルギー貯蔵装置として、多くの新たな用途に利用できます。考えられる用途は、ソーラー・システムにおける太陽エネルギーの一時貯蔵装置です。これによって夜間や悪天候時にホーム・ネットワークに電力を供給するか、または BMW i3 を充電するための電力を蓄えておきます。これにより、自家発電のグリーン電力から BMW i の電力供給を実現することができます。

さらに、複数のバッテリーを相互接続することで、商業規模の電力貯蔵システムへの利用という可能性をもたらします。BMW グループの 2 つの研究センターはすでにこうしたシステムを利用しています。BMW グループ・テクノロジー・オフィス USA（カリフォルニア州マウンテン・ビュー）、そして 2013 年 1 月からは BMW コネクテッド・ドライブ・ラボ（中国、上海）でも利用しています。また、ベルリンにあるドイツ経済省の Energy Efficiency House Plus でも、地元のエネルギー供給の最適化と安定化のため、MINI E のバッテリーを使用しています。

さらに、電力網レベルでの供給安定化のため、経済的な採用シナリオとしてメガワット・レベルの容量がある大規模貯蔵装置があります。BMW i は、研究およびこの規模での応用の実現に向けて作業しています。BMW i は世界的な自動車メーカーとして、バッテリーの二次利用の分野でも、潜在性のある世界市場をカバーするための総合的な戦略を追求していきます。



## 2.4 CFRP の安全性と修理



軽量構造と安全性は、相反するものではありません。それどころか、アルミニウムとCFRPという材料の組み合わせを採用したBMW i3のライフドライブ・コンセプトは、衝突試験の成績では従来のスチール構造を部分的に上回っています。炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は、極めて軽量のボディの製造を可能にします。そしてCFRPには優れたエネルギー吸収能力があり、耐損傷性にも優れています。CFRPは、安全性を損なうことなく軽量のボディを製造できる、極めて優れた材料です。

### ライフドライブ・モジュールは優れた安全性を提供

自動車製造において、衝突特性に関する要件は非常に厳しいものとなっています。世界の消費者保護組織や立法機関の厳しい規制に従って、多数の衝突安全基準を考慮しなければなりません。BMW i3のコンセプトを開発している間も、BMW iモデルの新しいボディおよび安全コンセプトに関して、多くの国際的な衝突試験機関と集中的にコミュニケーションを行いました。

BMW iの開発における安全性のエキスパートであるウルリッヒ博士(Dr. Ulrich Veh)は、次のように総括しています。「私たちはBMW iのモデルにおいてもBMWのレベルを保ちます。」ライフドライブ・モジュールではインテリジェントな応力配分を実現しているため、その高強度のパッセンジャー・セルは最適な乗員保護性能のための前提条件を生み出します。その構造を破壊するほどの64 km/hでのオフセット前面衝突の後でも、この極めて硬い材料は乗員を無傷で生還させるためのスペースを確保します。その際、さらなる安全性をもたらすのは、ドライブ・モジュールの前後に設けたクラッシュ・アクティブ式のアルミニウム構造部です。ボディの変形は、同等の鋼板製ボディよりも大幅に減少します。さらにCFRP製ボディの「コクーン効果」により、衝突後も確実に問題なくドアを開けることができます。

さらに消防の救助隊は、この新しい車両コンセプトに関して事故の際に救出に関する問題はないとしています。ミュンヘン消防署のトレーニングを担当しているGerhard Schmöller氏は、次のように話しています。「ミュンヘン消防署ではすでに、標準化されたカッティング試験において、事故に遭ったBMW i3から乗員を救出する場合にも、従来型の車両と同様であることを確認しました。このクルマの事故時の救出に関する開発作業は、(全く新しい車両コンセプト、広範囲にCFRPを使用しているにもかかわらず)すでに非常に高いレベルに到達しています。私たちは、乗員の安全性から目を逸らすことなく新たな自動車の歴史を作ったといえるBMWのエンジニアの決断力と配慮に感銘を受けています。」

### **アルミニウムと CFRP の組み合わせがバッテリーを安全に囲い込む**

最善の保護を与えるため、高電圧バッテリーはアルミニウム製ドライブ・モジュールのアンダーフロアに収納されています。この場所は統計的に見て、衝突エネルギーの影響を受けにくく、変形することが最も少ない位置だからです。Euro NCAP に従って 32 km/h でポールに車両側面中央を当てる側面衝突試験でも、このカーボン・ファイバー複合材料は際立ったエネルギー吸収力を示しました。ライフ・モジュールは全体的な衝撃を受け止め、変形はわずかしき見られません。これにより最適な乗員保護機能を保証します。CFRP がエネルギーを分散させた場合でも、乗員や他の道路利用者へ危険を及ぼすことはありません。

CFRP 製ライフ・モジュールの卓越した変形特性は、高電圧バッテリーにもベネフィットをもたらします。側面衝突試験では、ポールはバッテリー部分まで突き抜けることはありませんでした。採用した複合材料とライフドライブ・モジュールの間で緻密に応力配分を考慮してあるため、高電圧バッテリーはサイド・シル部分で最適に保護されます。

### **火災の場合でもリチウム・イオン・バッテリーは安全に**

BMW i モデルの開発では、安全性が重要な基準になっています。このクルマには、通常の走行時や火災事故の際に安全性を確保するさまざまなシステムや措置が実装されています。高電圧システムは、法的要件の求める以上に事故の影響を抑制できるように設計されています。高電圧バッテリーには、バッテリーから火災によるガスを確実に逃がせるように制御する装置（ベンチレーション・ユニットなど）が組み込まれています。これは、従来の車両火災に比べ、火災で発生するガスと消火用の水が環境に悪影響を及ぼすことがないようにするものです。

E モビリティに関して、有名な DEKRA\*コンピテンス・センターによる最新のテストが行われました。「私たちは発火特性、火災伝播および消火のための要件に始まり、流出する消火用水による負荷に至るまで、広範囲にわたる試験を実施しました。その総括によれば、リチウム・イオン・バッテリーを搭載した電気自動車やハイブリッド自動車が火災を起こしたときでも、従来の内燃機関搭載車と少なくとも同じレベルの安全性があります。（2012 年 10 月 29 日の DEKRA プレス・リリース）」

\*: DEKRA は安全性、環境保護および製品分析に重点を置き、世界をリードしている独立専門機関の 1 つです

このような衝突の際に最大限の安全性を提供するため、高電圧バッテリーは乗員拘束装置が作動したときに高電圧システムから切り離され、バッテリーに接続されているコンポーネントは放電します。そうすることで、感電や火災につながるおそれのあるショートをほぼ確実に防ぐことができます。

### **BMW iモデルの修理コストは優秀なレベル**

自動車保険会社による調査とBMWの事故研究によれば、今日の事故の大多数では、まず軽度の損傷が発生しています。確認されている従来型車両の全ての事故の約 90 パーセントに、外装の損傷があります。BMW i3 ではこの状況を考慮して、外皮にボルト留めやクリップ留めのプラスチック・パネル部品を使用しています。この材料は小さな衝撃ならば吸収し、金属板だったら発生するへこみが残りません。また塗装がはがれても腐食することはありません。

BMW i3 の外装部品の交換が必要な場合でも、その部分だけを素早く手頃な価格で交換できます。全体として、事故時の修理費用は BMW 1シリーズと同等の金額になっています。そのため、当初の保険等級は通常のコンパクト・カー・クラスと同じレベルになると考えられます。

### **アルミニウム部品のための「冷間」修理の方法**

生産工程で溶接されるアルミニウム構造のドライブ・モジュールは、修理時に「冷間(熱を使わない)」修理法である「接着およびリベット留め」で修理します。この方法は、すでに 2003 年から BMW ワークショップで使用され、効果をあげています。

### **CFRP 製構成部品の修理の時間を節約する方法**

ライフ・モジュールの CFRP 構造部分の修理については、車両コンセプトの開発時にすでに要求仕様の最上位にありました。例えばサイド・フレームに関して、いくつかの修理箇所を定義しました。側面衝突後、損傷したサイド・シルを交換する必要がある場合には、ワークショップは目視点検と損傷の判断の後、特許を取得したプライス工具を使ってサイド・シルの既定の修理箇所のみを切り離します。その後、必要なサイド・シル部品をぴったり合うように仕上げ、損傷した車両に取り付けます。新しい部品は、リペア・エレメントを使用して切断箇所に接着します。すべての BMW i 正規ディーラーで、外装修理を行うことができます。またライフドライブ・モジュールの製品特有の特徴に基づいて、修理センターが設置される予定であり、そこでは専門の従業員がアルミニウムまたは CFRP 構造に損傷を受けた車両の修理を行います。