

Discussion Paper Series, No.26

Research Center for Innovation Management,

Ritsumeikan University

ドイツ自動車産業の開発・生産・サービス各領域に おける先駆的事例報告

立教大学経済学部 助教
菊池 航

立命館大学大学院経営管理研究科 准教授
佐伯靖雄

2015 年 9 月



立命館大学イノベーション・マネジメント研究センター
Research Center for Innovation Management, Ritsumeikan Univ.

〒567-8570 大阪府茨木市岩倉町 2-150
2-150 Iwakura-cho, Ibaraki, Osaka 567-8570 Japan
<http://www.ritsumei.ac.jp/acd/re/ssrc/org/imrc.html>

- ※ 本ディスカッションペーパー中、意見にかかる部分は著者によるものであり、立命館大学イノベーション・マネジメント研究センターの見解を示すものではない。
- ※ 引用・複写の際には著者の了解を得ること。

はじめに

本稿の目的は、2015年8月17日から25日までの期間に筆者らが実施した、ドイツ各地でのフィールドワークから得られた知見を集約し報告することである¹。具体的には、デュッセルドルフ及びデュースブルクなどを中心としたルール地方で展開する産学官連携形態でのEV専用カーシェアサービスの概要と課題、次にドレスデンにあるVWの高級車専用工場における少量生産システムの諸特徴、そしてライプツィヒにあるBMWのEV/PHEV工場で展開される先端生産システムの諸特徴、最後にケルンに拠点を置くTMG(Toyota Motorsport GmbH)が過去に手がけたEV事業及びモータースポーツ事業からの技術移転について報告していく。

これら4つの視察先に共通する要素は、いずれも日本の自動車産業ではほとんど見られない、ドイツ企業の（日系も含む）固有性である。日独はいずれもグローバル化した完成車メーカーを複数擁している自動車大国であり、かつ先端的な技術水準において世界トップを争うライバルでもある。しかしながらそのアプローチには明確な相違があり、それらの背景には当然ながら市場要件の違いや企業個々の戦略の違いがある。ドイツ企業の固有性をその構成要因とともに明らかにすることは、わが国自動車産業の持続的発展にとって大いに参考になることであろう。本稿の意義はここにある。

そしてもう1つ重要な意義は、4つの事例が映し出す事実からは、オープン・イノベーション戦略(Chesbrough[2003, 2006])と高い収益性とを結びつけるための示唆が得られないだろうかという点について検討してみることにある。大企業による垂直統合が事業効率を最適化してきた自動車産業の趨勢は徐々に変化しつつあり、技術面での電動化・電子化の進展、あるいはモジュラー型の開発・生産システムの導入が進んでいる(佐伯[2015])。これらのトレンドは、生産活動の分権化を推し進める。こういった変化をもたらした要因としては、グローバル化した市場への対応、すなわちそれは先進国と途上国といった単純な二分法に留まらず、それらの中でも細分化された顧客の要求に応えなければならないという今日の自動車産業に与えられた課題が挙げられる。すなわち、多様な市場要求と効率的な大量生産とをグローバル規模で最適配置するためには、外部の知識を利用し競争力に結びつけるための戦略が必要不可欠になっている。それが標準化戦略やオープン・イノベーション戦略が脚光を浴びるようになった理由である。しかしながらこれらの戦略は、高度化すればするほど各社が似通った製品の構成になってしまい、かえって固有性を喪うというコモディティ化の脅威を併せ持つことになる。このようなパラドクスを回避しオープン・イノベーションの収益化に向けた含意を導き出すことも、本稿の重要な論点なのである。

以上の視点から鑑みると、EVカーシェアの事例からは、複数の類似したサービスを提供する業者が乱立するドイツ市場において、差別化の源泉はどこにあり、それをどのように事業活動に統合していくかという示唆が得られよう。とりわけわが国はEV量産の先駆的企

¹ 執筆箇所は、第1節、第2節、おわりにかえて、を菊池が、はじめに、第3節、第4節を佐伯がそれぞれ担当した。ただし相互に草稿の確認を行っており、記述内容に関する見解は一致している。

業が存在するにもかかわらず、未だその普及には明確な道筋がつけられているとは言い難い。カーシェアのような事業形態が、あるいはEVの市場拡大の契機になるかもしれないのである。

次のVWの高級車生産の事例からは、多くの製品ラインの中で標準化と収益化とを両立するための企業戦略が見えてくる。すなわち、VWグループが進めるMQB等の標準モジュール群の組み合わせを核とした開発・生産のあり方が、どのようにして製品間の多様性を維持し同時に収益に貢献するかという点である。

BMWのEV/PHEV生産の事例からは、基幹部品のモジュール化が顕著とされるEV関連製品が追求しようとしている事業モデルの実態が明らかになる。この点は、先のVWの事例でフォーカスする点をさらに補完するものである。

最後のTMGの事例だけは日系企業である。同社はトヨタ・グループのモータースポーツ活動を担うトヨタ直系子会社である。その主要業務は各種レースに参加する車両の開発・製造である。しかしながらTMGは、数年前までEVのエンジニアリングにも参画し、実際にビジネス・パートナーをつうじてそれを事業化してきた。日本ではEVよりも明らかにハイブリッド車に注力しているトヨタであるが、欧州のエンジニアリング子会社をつうじてEVの技術開発を経験した意図と成果について見ていきたい。トヨタもまた、オープン・イノベーション戦略に関心を持っていたということである。

1. EVカーシェアの調査記録

持続可能な社会を実現するため、温室効果ガスの排出量をいかに減らすかという課題は、周知の通り、重要な課題である。そして、その解決策の一つは、人々が日常的に利用している自家用乗用車の排出量を減らすことであり、カーシェアは具体的な解決方法の一つである。ドイツは、カーシェアサービスにおいて先進的であり、借りた場所に返すというステーションベース型のサービスや、返却する場所を自由に選ぶことのできるフリーフロート型のサービスの実態が指摘されてきた²。ここでは、EVのカーシェアサービスを行っているRUHR AUTOの事例を中心に、ドイツにおけるカーシェアサービスの実態を紹介することとしたい。

EVは、購入者の立場に立つと、価格が高過ぎるために購入することが難しい。そのため、一度もEVを体験したことがない消費者は少なくない。RUHR AUTOは、少ない費用でEVをシェアするという方法を提案し、EVの魅力に気付いてもらい、EVを普及させることをひとつのビジネスの目的としている。RUHR AUTOは、プロジェクトリーダー、共同経営者、広報などを行なうスタッフ、洗車なども行なうエンジニアで構成される。なお、EVを供給する会社からの人員派遣は行われていない。上述したようにカーシェアサービ

² ドイツのカーシェアリングについては、内田（2014）に詳しい。本調査を実施するにあたり、大いに参考になった。ただし、筆者らがヒアリング調査したRUHR AUTOについては触れられていない。以下、EVのカーシェアリングに関する情報は、主に、RUHR AUTOのプロジェクトリーダーからの聞き取り調査（2015年8月18日）に基づいている。

スには、ステーションベース型のサービスとフリーフロート型のサービスが存在するが、RUHR AUTO は、2012 年にプロジェクトを開始し、ステーションサービス型のサービスを実施してきた。フリーフロート型のサービスには大量の自動車が必要であり、RUHR AUTO は、ルール地方をエリアとするステーションベース型の小さなプロジェクトからスタートすることを選んだ。RUHR AUTO が既存のステーションベース型の企業と異なる点は、EV のみを提供していることである。これまで約 2,100 人にサービスを提供してきた。

顧客がRUHR AUTOのサービスを利用する場合、まず登録者となって登録料を支払う。その後、実際に利用した時間や移動距離に応じて料金を支払う必要がある。料金体系は、利用した車種によって異なっており、顧客が選択しうる車種は多様である（表1）。他の車種と比べて料金は高くなるが、テスラのモデルSやフィスカー・カルマといった高級車を利用することも可能である。日本の自動車メーカーという点では、日産のリーフやe-NV200、三菱のアウトランダーPHEVを利用できる。最も人気のある車種は、BMW i3であるという。

EV普及への貢献という社会的な意義の高さが一つの理由となり、RUHR AUTOに対しては、政府による二年間の資金的な支援も行われてきた。ただし、事業の継続性に必要な収益力はやや低いようである。その一つの理由が、上述したように多様な車種を揃えておくために費用がかかるからである。EVの魅力を知ってもらうためとはいえ、多様な車種を確保しながらカーシェアリングをビジネスとして実行することの難しさを窺い知ることができる。ただし、一部の車種については自動車メーカーから無償で提供を受けているという。一部の自動車メーカーは、EVの走行データを収集することにメリットを感じており、この場合、RUHR AUTOは、無償でEVを利用する代わりに、走行データを提供している。

表 1. RUHR AUTO の料金体系

	Std.-Preis Tag 8:00 - 20:00 h	Std.-Preis Nacht 20:00 - 8:00 h	Tagespreis	Wochenpreis	Kilometer-
Renault Twizy	1,95	1,95	24,00	120,00	0,05
Nissan Leaf	4,90	4,90	45,00	225,00	0,10
Nissan e-NV200	4,90	4,90	45,00	225,00	0,10
Smart Fortwo	4,90	4,90	45,00	225,00	0,10
Renault ZOE	4,90	4,90	45,00	225,00	0,10
BWM i3	4,90	3,50	49,00	245,00	0,20
Opel Ampera	4,90	3,50	49,00	245,00	0,20
Mitsubishi Outlander	4,90	3,50	49,00	245,00	0,20
VW Golf GTE	4,90	3,50	49,00	245,00	0,20
Kia Soul EV	4,90	3,50	49,00	245,00	0,20
Tesla Model S	-	-	220,00	1540,00	0,48
Fisker Karma	-	-	220,00	1540,00	0,48

出所) RUHR AUTO の HP (<http://www.ruhrautoe.de/standardtarife/>)

注) 単位はユーロ。Tagespreis は一日、Wochenpreis は一週間利用した場合の料金である。

筆者らは、実際に、デュースブルク＝エッセン大学に設置してある日産のリーフを利用する機会を得た。RUHR AUTOは、同大学を拠点としたプロジェクトであり、プロジェクトリーダーは同大学の自動車リサーチ・センターの研究者でもある。そのため、同大学の学

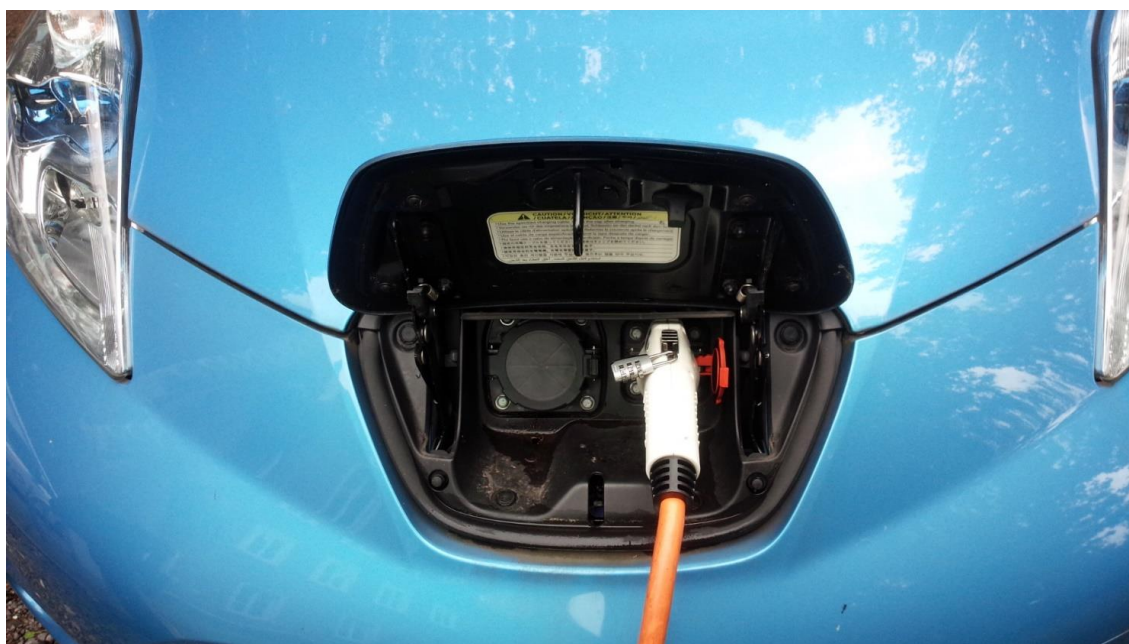
生に対して、リーフが割安な価格でサービスが提供されている。なお、顧客全体のうち同大学の学生が占める割合は二割程度であるという。キャンパスのそばにリーフが設置され、学生の利用を促進していた（図1）。

図1. デュースブルク＝エッセン大学のリーフ



出所）筆者撮影

図2. デュースブルク＝エッセン大学のリーフ



出所）筆者撮影

実際に利用して感じたのは、EVカーシェアサービスを使用するためには様々な不便があるということである。まず、EVを利用するためには何重にもかけられているロックを解除する必要があり、使用するために必要な手続きはやや煩雑である。例えば、充電コネクタにもダイヤル式の鍵がかけられていた（図2）。電子機器の操作に慣れていない高齢者層にとって、このサービスを利用することは難しいように思えた。また、当日は雨が降っていたため濡れた充電ケーブルを触ることで手が汚れてしまうこと、走行する前に車内にケーブルをしまうことも不便であった。他にも、リーフの車体の左側には大きな擦り傷があり、車体はきれいな状態ではなかった。一日の利用で40～50ユーロという料金も、レンタカーと比べれば安いかもしれないが、もし週五日の通勤に利用するとして月二十二日の出勤に利用すれば、一ヶ月で880～1,100ユーロとなり、必ずしも安いとは言えない料金であろう。

図 3. ベルリンの Car2go



出所）筆者撮影

しかし、ドイツにおいてEVのシェアがある程度行われていたことも事実である。筆者らはベルリンでもフィールドワークを実施したが、数多くのEVが駐車されており、フリーフロート型のCar2go（図3）、DriveNow（図4）、multicity（図5）を頻繁に見かけた³。なおそれぞれの運営会社は、Car2goがDaimler、DriveNowがBMW、multicityがCitroenと、自動車メーカーが関係している⁴。ベルリンでは、成年女性が実際に使用する瞬間も見ることができ、この女性に関しては、利用の仕方が分からずに困っている様子はなく、EVカーシェア

³ 筆者らがケルンやデュッセルドルフも訪れた際にも、フリーフロート型のカーシェアサービスのEVが走行しているところをたびたび確認できた。

⁴ 内田（2014）, p.26.

サービスの利用に慣れているようであった。また、Sバーンのポツダム広場駅付近の交差点で15分程度の定点観測を行ったところ、走行している5台のEVを確認できた。

図 4. ベルリンの DriveNow



出所) 筆者撮影

図 5. ベルリンの multicity



出所) 筆者撮影

RUHR AUTOは、今後、フリーフロート型のサービスを計画中であるという。フリーフロート型のサービスは、自由にEVの返却する場所を選べるため、顧客にとって利便性が高い。ただし、顧客の返却先が一部の地域に集中すれば、EVが置かれている場所に偏りが出てしまう可能性もある。この点についてはRUHR AUTOに限定される課題ではないが、特定の地域を出発する人しか利用できないという状況がもたらされた場合への対応は重要な問題のひとつであると考えられる。費用をかけてEVを再配置するのか、あるいは、顧客の選択の結果として受け入れるのか。後者の場合、結果として発生するEVの配置場所の偏りによっては、特定の地域における企業間競争が激化する可能性もあるし、カーシェアリングサービス企業の地域的な棲み分けを促す可能性もあると考えられる。

2. VWドレスデン工場の調査記録

次に、VWのドレスデン工場について説明したい⁵。基本情報は次の通りである。

見学先：組立工程

生產品目：Phaeton, Bentley

生産台数：約10台/day（調査時点）

総投資額：186million ユーロ

敷地面積：83,000m²

生産面積：55,000m²

図6. ドレスデン工場外観



出所）筆者撮影

⁵ 筆者らは2015年8月20日に同工場を訪問した。本節の記述は、主に、そのときの調査メモに基づいている。なお、工場見学は午前10時から11時30分まで行われた。また、適宜、VWが出版した『Die Gläserne Manufaktur: The Fascination of Automobile Assembly』を参照している。

生産品目であるPhaetonは、2002年3月6日のジュネーブモーターショーにおいて初公開されたフォルクスワーゲンの高級セダンである。発売当初の最低価格は56,200ユーロであった⁶。Bentleyは、VWグループのブランドポートフォリオの高級化を推進するために買収したものであり、2002年9月から主にイギリスのクルー工場で生産されている⁷。調査時点では、一日約10台（Phaeton8台、Bentley2台）、月20日稼働として計算すると月産200台程度の工場であった。工場を囲む壁がないため、透明なガラス張りの工場は街から眺めることができる（図6、図7）。1999年7月に礎石が置かれ、2002年6月に一台目のPhaetonが受け渡されてから、この工場は主にPhaetonを生産してきた。従業員数は、最大で800人程度であった。

図7. ドレスデン工場入口



出所）筆者撮影

工場は組立工程のみであり、鋳造、鍛造、プレス、機械加工、塗装は行わない。組立に要する部品は、二畳ほどの巨大な部品箱に入れられて工場地下から作業場にリフトで上げられる。そして、白い作業着に白い手袋を身に着けた作業者が、工場の床を滑らすように部品箱を移動させ、部品を組み付けていく。この部品箱には、組立に必要な部品が揃えられており、SPS（セットパーツサプライ）に近い状態が実現されていた。ドレスデン工場は床にも特徴があり、木材にすることで、作業者の負担を軽減するとともに、見た目を美しくしており、さらに、床全体がコンベアになっていた。

⁶ Volkswagen Aktiengesellschaft, Corporate History Department [2015], p.208.

⁷ 同上, p.197.

組立に必要な部品がドレスデン工場に運ばれてくる経路であるが、まず、ドレスデンのフリードリッヒシュタットにある物流センターまで車か鉄道によって輸送され、その後、ドレスデンに張り巡らされた路面電車であるトラムの線路を活用して、工場まで運ばれる。大型トラックを走らせたり、新たな線路を作ったりはしないという点で、ドレスデンの交通網に悪影響を与えない、街の特徴を活かした自動車の製造が実現されている。

組立工程以外を行わない理由のひとつは、高級車を購入した人々を迎えるため、清潔で美しく、静かな工場であることを目指しているからである。Phaetonの主なターゲットである中国の顧客がどのくらい直接受け取りに来るかはわからなかったが、ドイツの顧客については80%以上が直接受け取りに来るという。彼らは、工場に併設された豪華な部屋で、Phaetonが手作業で丁寧に組み立てられるのを待つ。品質をチェックするための250メートルのテストトラックは、地下に設置されている。

さらに、この工場の特異な点は、レストランが併設され、クラシック音楽のコンサートなども開催される場所であるということである。VWは、この点について、自動車に限らず、人々に対して、職人技と創造力によって生み出される傑作に対する情熱を生み出したいと主張している。ドレスデン工場は、当初からマーケティングツールとして設計されており、一般利用も念頭に置いた見せる場として位置付けられている。

ドレスデンの工場は、販売までを視野に入れて設計された生産拠点としても、興味深い事例である⁸。顧客は、街に溶け込んだガラス張りの工場ですばやく製造された車を受け取り、歴史的な建築の建ち並ぶドレスデンで余暇を過ごしてから、新車を運転して自宅へ帰る。VWが高級車の販売で提供しているのは一連の体験であり、これによって、顧客とブランドの結びつきを強いものにすることが目指されている。

3. BMWライブツィヒ工場の調査記録

(1) ライブツィヒ工場概要

次に、BMWのライブツィヒ工場の調査記録についてである⁹。同工場は2005年に竣工し、1シリーズや2シリーズといった同社の中でも小型モデルを製造してきた。敷地面積は210万㎡、従業員数は調査時点では4,700名である（※BMWウェブサイトでは6,000人以上との表記もあり）。また2013年からは、同社初のEV製品であるi3並びにPHEVのi8の生産が始まった¹⁰。i3、i8ともにアッパー・ボディはCFRP（炭素繊維強化樹脂）製であり、一般的なモノ

⁸ ドイツ企業はこのような生産と納車を同じ場所で行う仕掛けを得意としている。たとえば、VW本社のあるヴォルフスブルクの工場に併設されたアウトシュタット（2015年8月23日に訪問）や、ほかにもBMWのミュンヘン本社工場隣にあるBMW Weltにも同様の施設がある。

⁹ 筆者らは2015年8月21日に同工場を訪問した。本節の記述はそのときの調査メモに基づく。なお工場見学は午前8時半から11時過ぎまで3時間近くにわたった。筆者（佐伯）は2012年夏にアウディのインゴルシュタット工場を見学したことがあるが、ここでも2時間半近くの見学時間が取られていた。日本国内の自動車工場の見学時間は60分程度（ガイドムービーの視聴含む）が多いが、ドイツの自動車工場の見学時間は概して長いのが特徴である。案内人の説明は丁寧かつ詳細であり、また各工程での見学滞在時間が長く取られているため、じっくりと現場観察することができる。

¹⁰ i3には100%電気で動くピュアEVモデルと、発電のための小型エンジンを搭載したREEV（レンジエ

コック構造ではなく、もっぱらトラックで採用されるボディ・オン・フレームに近い構造になっている。したがって同社では、iシリーズの量産にあたり専用設備を導入した。同工場のタクトタイムは、ガソリン車が76秒、i3が140から150秒である。以下の記録は、主にi3とi8の製造に関するものである。

図8. BMWライプツィヒ工場のエントランス風景



注) 工場入口の頭上をボディが流れているが、これは、直接・間接を問わず全従業員に「我々は車を作っているのだ」と認識させるためだとの説明があった。

出所) 筆者撮影

(2) 工程別の諸特徴

ボディ (CFRP) 成形工程

通常、自動車のボディは鋼板のプレスによって形作られる。前述のとおりiシリーズはボディに鋼板は使用せず、軽量化のためにCFRPを使用する。ボディ重量は約126kgであり、鋼板のそれと比して約半分ですむ。ただし強度は鋼板相当である。難点は加工が難しいこと、高コストだということであるが、BMWという高付加価値ブランドだからこそ、これら新素材採用のコスト増を価格に転嫁することができるのだろう。CFRPは樹脂に炭素繊維を織り交ぜたものであるが、繊維1本は髪の毛よりも細いものである。このCFRP素材は、2015年より東レが供給している。

成形工程は、RTM(Resin Transfer Molding)と呼ばれ、エポキシ、レジン等を混ぜて布地を織るようにして約100℃で成形するものである。50から80センチ四方の生地を金型に敷き詰

クステンダー) のモデルとがある。他方の i8 は PHEV 専用モデルである。

め、加熱・加圧することでボディ各部が成形されていく。このとき高圧でのプレスが必要になるため、6,000トンの成形機が使用されている。トン数だけを見ると、鋼板用のトランスファ・マシン並の性能が要求されていることになる。成形では端材が発生するが、これらの一部は再利用される。iシリーズの成形工場には鋼板をプレスする工程がないため、床面にオイルが飛散することなく大変清潔であった。

同様にドア部分もCFRPで74秒かけて成形される。iシリーズのドアにはFlexible Plastic Body Shellと呼ばれる仕上げが施され、樹脂材料でありながらも傷がつきにくいのが特徴である。実際、展示されたサンプルを引っ掻いてみたり叩いてみたりしたが、目に見える破損は起こらなかった。

これらの成形工程は全般的に見て自動化率が高く、作業者は機械操作（オン／オフ）と樹脂材料のセットと取り外しのみを行う。例外的だったのは、バンパー等の大物成形品のコーティング工程である。作業者がバンパーを1つずつ治具にセットして薬剤を塗布し、その後グラインダーのようなもので磨いていた。作業ステーションにはかなりの音量で音楽が流れており、作業スピードもさして速いわけではない。作業者一人あたりの移動距離は相対的に長く、正味作業時間比率はあまり高い印象を受けた。

溶接工程（※ボディ構造化工程）

CFRP成形でボディ形状が構築されるため、iシリーズに限ると溶接工程は存在しない。その代わり、RTMで成形されたボディ各部は接着剤を使ってサブ組立され、徐々に完成形へと近づいていく。その作業は160台のロボットが担う。説明では100名程度のオペレータがいるそうだが、工場内はがらんとした印象であり人気はきわめて少なかった。

塗装工程

今回の見学には含まれていなかった。表示によれば、SNOW CLEANING, FILLER COATING, CLEAR COAT, BASE COAT, FINISH MATERIALS, CLEAR COAT, GRIND STONESの各工程を経て塗装が完了することである。

総組立工程

作業者の大半はここに従事している。まずi3の組立についてである。自動化率はわずか5%であり、大半が人の手による作業である点はガソリン車と同じである。組立ラインは一直線に配置されており、効率的である。車両同士の間隔は非常に狭く設定されている。特徴的だったのは、ラインの進行方向と車体の向きが逆だということである。車体はリヤハッチ側を前に向けてラインを進む。CFRPボディということもあり、組立ラインを流れるi3のW/B（ホワイト・ボディ）はガソリン車のそれと較べて短く（フェンダー部のフレームが存在しない）、組立工程に入った段階ではルーフも取り付けられていない。またメインの組立ラインを横切るように通路（踏切と信号が設置されている）があることもあり、コンベ

アは常時稼働しているわけではない。一定の間隔で次の工程までボディが移送されるのみであり、作業全体が同期化しているわけではない。

組立工程はメインのラインとサブ組立ラインとで構成されている。サブ組立工程には、たとえばルーフとボディの接着、クォーター・ガラスの取付、インパネassyの組み付けなどがある。メインとサブのライン双方に言えることだが、ライン脇の部品棚はかなり高く、いかに大柄なドイツ人とはいえ周囲を見渡すことができるようにはなっていないようだった。

前述のとおり、iシリーズはアッパー・ボディ（CFRP製）とアンダー・ボディ（駆動機構を含むシャシー部）とで構成され、同社では前者のことをLIFE-MODULE、後者のことをDRIVE-TRAINと呼んでいる。EV製品の基幹部品であるモータassyとバッテリーassyは、DRIVE-TRAIN専用の組立ラインでシャシーに組み付けられる。基幹部品はいずれも重量物であるため、クレーンで吊ってシャシーに取り付けられていた。LIFE-MODULEとDRIVE-TRAINとは総組立の後半で合体するが、この工程のことをEngageと呼んでいる¹¹。この工程は全て自動化されている。ガソリン車と異なるのは、iシリーズの場合ボディ側がシャシーに向かって降りてくることである（ガソリン車は逆にシャシー側がボディに持ち上げられる）。組み付けは全長7km、重量3kgにも及ぶ接着剤とボルト締結によってなされる。

なおPHEVのi8は別の組立ラインで生産されている。i3とは異なり、同モデルはPHEVであるため小型のエンジンを搭載する必要があるため、混流生産にはなっていない。自動化率はわずか1%であり、ほぼ全工程が人の手による作業となる。また、移動組立ラインではなく定置組立であるのも特徴である。同モデルの販売台数はまだ少ないため、これでも十分に合うのであろう。

(3) 小活

BMWの最新鋭設備がふんだんに導入されたライプツィヒ工場の特徴は、プレス-溶接-塗装-組立-検査という典型的な自動車工場の工程編成ではなく、成形-塗装-組立-検査になっていることである。鋼板のプレス工程並びに溶接工程がないため、工場は全般的に静かでありかつ作業環境が清潔に保たれている。これはiシリーズがCFRP製のアッパー・ボディを採用しているからである。自動車製品の構造が変化すれば、製造工程も大きく変容するということである。また、i3をはじめCFRP製のアッパー・ボディの構造体化がもたらした接着剤によってなされるのも鋼板でボディを作り上げるガソリン車工場との大きな違いであった。

一方で、本稿冒頭で述べた標準化と固有性、効率性と収益化の両立という点については、BMWの事例を見るかぎり、巷間言われているほどEVという製品の標準化が進んでいるとは言いがたくなることが明らかになった。iシリーズはバッテリー・セルこそサムスン電子から調達しているが、モジュール組立はBMWが内製しており（ハイエッジ[2014]）、モータもまた内製である。そしてまた、生産ラインも専用化されており、CFRP製ボディを採用するなど独自性

¹¹ 他のドイツ企業では Marriage と呼ぶこともある。

と先進性が高い。したがってBMWのEV生産のあり方は、今のところオープン・イノベーションからはほど遠いと評価できよう。製品エンジニアリング、工程エンジニアリングのいずれにおいても、少なくとも他のガソリン車とも共有できる水準での標準化は達成されていないのである。

しかしながら将来の収益化という点においては、BMWのiシリーズには明るい見通しを立てることができそうである。なぜなら、今後EVの生産量・販売量が増加し、製品・工程双方のエンジニアリングにおいて標準化が進み規模の経済、範囲の経済のメリットが享受できるようになったとき、同社EV製品の損益分岐点は著しく下がることが予測できるからである。そのとき、BMWブランドとして価格への転嫁（プライス・ダウン）幅を最適化すれば収益性は著しく向上する。そしてそこで得られた潤沢なキャッシュにより、EV製品のイノベーションに追加投資することができる。現在のBMWは、ガソリン車で的高级車ブランドから得られた資金をiシリーズという初期投資の極めて高い領域に重点投下し、エンジニアリング上の優位性構築とiシリーズとしての新しいブランド化に努めている。事業ポートフォリオ上の資金配分がうまく機能しているということである。

4. TMG(Toyota Motorsport GmbH)のヒアリング記録

(1) 企業の概要

TMGはケルン市郊外にあり、トヨタ・グループのモータースポーツ事業を中心に活動しているトヨタ直系の子会社である¹²。同社は、ラリードライバーのオベ・アンダーソン氏が1979年に設立した会社が母体であり、TTE(Toyota Team Europe)としてWRC(World Rally Championship)に参戦してきた。その後1993年にトヨタの完全子会社となり、現在の社名へと変更した。TMGとしてはWRCのみならず、F1、FIA世界耐久選手権など世界の名だたるモータースポーツ・カテゴリに参戦してきた。

同社のビジネス領域としては、次の3点を挙げることができる。第1に、モータースポーツ事業である。第2に、（日本の）トヨタ向けR&Dである。そして第3に、第三者向けのエンジニアリング関連事業である。第3のビジネスは、同社がレース車両開発のために導入してきた数多くの、そして特殊なもの（風洞設備等）を含む試験設備を使用した委託設計及び試験業務のことである¹³。

(2) TMGのEV向けエンジニアリング（2010年-2012年）

¹² 本節の記述は、2015年8月24日におこなった同社へのヒアリング調査にもとづく。同社では、3名の経営幹部、1名の電気・電子エンジニアの方々にインタビューすることができた。ヒアリング並びに草稿ご確認の面でご協力頂いたことを記して感謝申し上げる。

¹³ 欧州市場においてトヨタ本体の事業と競合する完成車メーカーからの受注こそ避けているものの、モータースポーツ活動での競合企業には門戸を開いており、たとえば風洞設備の貸し出しが行われている。

TMGでは2010年から2012年という短い期間ながら、EV関連の技術開発に取り組んだ経緯がある¹⁴。この時期にはトヨタがF1から撤退していたこともあり、同社は存亡の危機に晒されていたため新事業に着手する必要があったのである¹⁵。そして2010年にはFiat PandaのコンバージョンEV¹⁶を開発している。その後、同社が開発・製作した試作車両をもとに、EVベンチャーのe-Wolf社（資本関係はない）が「e-Wolf」ブランドにて販売車両を生産し販売してきた。

コンバージョンEVの製造にあたっては、日米欧の先進国のサプライヤーのみならず、中国やインドのベンチャーからも部品を調達した。また基幹部品であるバッテリーについては、ドイツのLi-Tec Battery GmbH（現在はダイムラー傘下）から購入していた。

図9. TMG社屋



出所）筆者撮影

トヨタ系のTMGがあえてドイツでEV事業に参画することには、当初は一定の合理性があった。なぜなら、ドイツ政府は2020年までに100万台のEVを普及させるという数値目標を掲げてきたからである。そのためドイツ政府は、EV普及に向けた各種の助成金を用意したり、産業界に対してEV/PHEVの導入を推奨してきたりといった施策を採ってきた。しかし周知のとおりこれらの数値目標は未だ達成の見込みが確保できていない。

TMGがエンジニアリングを請け負ったe-Wolfは、2012年にEV事業から撤退した。その要因としては次のようなものが挙げられる。第1に、想定していたほどバッテリーの価格が下が

¹⁴ それ以前にも、2007年からF1車両向けに運動エネルギー回生システムの開発に着手していた。

¹⁵ ただし実際の意思決定はトヨタが行ったとのことである。

¹⁶ 通常のガソリン車をベースとした改造EVのことである。

らなかったことである。同社が調達先としていたLi-Tecは結果としてバッテリー・セルの技術開発並びに量産化（製造コストの高いドイツでの生産）の面において韓国企業に敗退した。ダイムラーのSMARTブランドEVにはLi-Tec製バッテリーが使われていたが、のちにコスト競争で敗れLG製に置き換えられた。第2に、政府の重点投資先がEVベンチャー支援からインフラ助成へと移ってしまったことである。これは第1の点とも関係するが、ドイツ政府はある意味国策としてドイツ企業のバッテリー事業を含むEV関連事業を応援してきたが、それが頓挫してしまったことで、助成対象をユーザーではなくインフラ事業者にシフトしたのである¹⁷。これによりEVの価格訴求力は一段と減退してしまった。そして（当時のEVベンチャーに共通する要因として）第3に、事業拡大にともないバッテリー等の基幹部品を効率的に調達する規模の経済を追求する必要性に迫られてきたからである。また事業規模を大きくしていくためには、購買・調達機能の拡充が求められる。同時に管理コストも上昇する。こういった要因は規模が小さく、経営管理体制が相対的に不十分なEVベンチャーには事業継続上の大きな課題になったのである。

以上のような諸要因のみならず、EV製品にはガソリン車とは異なるさまざまな課題が山積しているという。そもそもドイツをはじめ欧州自動車市場の主流はEVでもハイブリッド車でもなく、ましてガソリン車ですらない。ディーゼル車が市場の半分程度を占める特殊な条件がある。しかもドイツの電気料金はあまり安くはないため、そもそもEVのランニング・コストは思ったほど廉価ではないのである。あえてEVに適しているのはどこかといえば、それは2拠点間の往復といった使用ができる商用車市場である。しかしこの市場規模は乗用車のそれと較べると決して大きなものではない。その点、ハイブリッド車は全方位的に使用できるため、まだこちらの方が普及の見通しはある。結局のところ、主流のディーゼル車以上の付加価値を現在のEVは提供できなかったのである。

それ以外にも、たとえば交通事故のときにEVの火災にはどのような消火活動が有効なのか、化学薬品がもたらす怪我にはどのような治療が適しているのかといったアクシデントに対する備えが不十分であること、また保険会社にとって不確実性が非常に高い製品であることなどの問題も依然として残ったままである。以上のような点からも、EVとガソリン車とは、エンジニアリング面のみならず社会的な面から見ても、似て非なる存在だということに気づかされる。

(3) TMGの技術移転

¹⁷ ただし 2015 年 9 月時点では、まだドイツ政府は数値目標を取り下げているわけではない。またたとえば DHL を傘下に持つドイツ・ポストなどは今後年間 4,000 台ほどの規模で配達車両を EV に切り替えると見られている。しかしながらその場合もドイツ・ポストは EV にディーゼル車両相当の価格を要求していると見られ、実現性という点では疑問符が残る。またインフラ助成の側面も決して順調とは言えない。なぜならひと言でインフラといっても、EV 充電設備は固定式のものとイギリスで試験中の非接触式充電レーン方式のものとがあり、かつ高速充電規格も統一されていないからである。標準仕様が決まっていなくて十分な数が整備されず、それがまた EV とインフラ双方の普及を遅らせている原因になっているのである。

ところでTMGでは、前述のEV関連の開発・試作だけではなく、エンジニアリング専門企業としてさまざまな技術開発で存立基盤を見出している。同社はWRCに始まり、多種多様なレースに参戦しているが、「どうすれば勝てるのか」を突き詰めていくと、多様性の中であっても抽象的かつ本質的な車作りが見えてくるとのことである。モータースポーツは、「レギュレーションに合致していること」「他車よりも速いこと」「壊れないこと」の3つの要件さえ満たすことができれば成功する。これらの点は数値化しやすく、したがって目標が明確になる。逆に市販量販車の方が、さまざまなユーザーの使用条件並びに数値化しづらい主観的な要素（「乗っていて気持ちいい」といった感覚的側面など）といった検討項目が多く複雑にならざるをえない。数値化できる項目は、現在自動車産業で急速に導入が進みつつあるMBD(Model Based Development)とも相性がいい。TMGの現在の強みは、このMBDを最大限活用した超短納期開発のノウハウを持つことにある。そしてまた、極限状況に置かれるレース車両開発で培われた、解決策がなくとも解決してしまう開発のあり方がこの強みを支持しているのである。このようなフレキシビリティの高い開発を成し遂げられる背景には、同社が保有するさまざまな試作機能がある。同社には（量産向きではないものの）鋳物以外の全ての工程を内製できる能力がある。この「何でも屋」的な試作機能とMBDのノウハウとが、同社にとってトヨタ本社にも技術移転しうる最大の強みなのである。

おわりにかえて

最後に、冒頭で述べたように、オープン・イノベーション戦略や標準化戦略の高度化とコモディティ化の脅威の同時進行という状況において、自動車メーカーがいかに収益を実現するかという観点から、各章で明らかにされた事実について若干の考察を行なうこととしたい。

まず、EVカーシェアの事例である。Citroenは単独でmulticityを実行しているが、Daimlerは、レンタカー会社であるEuropcarとのジョイントベンチャーによってCar2go、BMWは、レンタカー会社であるSixtとのジョイントベンチャーによってDriveNowというフリーフロート型のEVカーシェアリング事業を展開している。DaimlerとBMWは、自らの組織能力によってのみではなく、レンタカー会社との提携による組織能力の補完により、EVカーシェアという新規事業に挑戦している。第1節では、自動車メーカーが取り組んでいるEVカーシェアリング事業について検討した。実際にサービスを利用することで、EVカーシェアというビジネスにおいては、利用者によって車が大事に扱われないこと、セキュリティに関する手続きが煩雑になること、また、悪天候によって汚れた充電コネクタを扱う必要があることなど、様々な課題が残されていることが分かった。しかし、ドイツではEVカーシェアが一定程度普及していることも確認できた。感覚的には、日本よりも遙かに普及している印象を受けた。また、RUHR AUTOは、現在、ステーションベース型のサービスを提供しているが、今後、フリーフロート型のサービスを実施する計画を立てており、フリーフロ

ート型のEVカーシェアが拡大することについて明るい見通しを持っていたことも印象的であった。自動車メーカーに限られない多様な経営主体の取り組みによって、EVというイノベーションが普及していく可能性を感じさせられた。ただし、この点については、後述するTMGの事例と併せて考察する必要がある。

次に、VWドレスデン工場の事例である。VWは、2012年から、異なるクラスの車種を一つのプラットフォームで対応するモジュール戦略、MQB（Modularer Quer-baukasten）を推進してきた¹⁸。VWのCEOであるWinterkornは2018年までに700万台をMQBの対応車両とすることを公言しており、A0からDセグメントまで対応できるという¹⁹。ドレスデン工場が主に生産するPhaetonはFセグメントであり、少なくとも現時点においてはMQBに対応するものではなく、VWの高級化路線に位置づけられる車種である。第2節で詳しく述べたように、ドレスデン工場は、Phaetonの顧客を迎える工場として、また、コンサートに利用される等、広く一般に開かれた施設として準備されていた。ドレスデン工場は、MQBによるVWグループの製品の標準化が進められる一方で、製品の多様性を維持し、ブランド価値を高めるのに貢献していると評価できよう。

続いて、BMWライプツィヒ工場とTMGの事例であるが、詳細な考察は、既に第3節と第4節の末尾に記述されている。そこで、ここでは簡単に各節の考察を確認しておこう。BMWの事例から明らかにされたのは、しばしば強調されるほどにはEVという製品の標準化が進んでいないということである。バッテリー・モジュール組立、モータは内製であり、生産ラインも専用化されていた。少なくともBMWにおけるEVのものづくりのあり方は、オープン・イノベーションと呼べる状況にはなかった。ただし、今後、EVの生産量・販売量が増加し、標準化が進んで、規模の経済や範囲の経済が得られるようになれば、収益性が向上することが期待される。

最後に、TMGの事例である。まず、EVの普及に関連して、課題が山積していることが明らかになった。EVが交通事故を発生したときに有効な消火活動、化学薬品がもたらす怪我に適した治療などを消防士や救急隊に普及させるには、莫大なコストがかかる。また、こうした状況では、保険会社に保険商品を提供してもらえるよう説得するのも困難である。EVが普及するためには、こうした課題を乗り越えるため必要があり、そのためにかかる費用はかなり大きいと言える。第4節のファクトファインディングとして強調したいのは、トヨタが、子会社であるTMGのコンバージョンEV事業の基幹部品調達において、日米欧並びに中印のベンチャーとの取引関係を形成していたことである。TMGはコンバージョンEV事業から撤退しているが、自動車の電動化が産業構造に大きな影響を与えていることは²⁰、本調査でも確認された重要な事実である。

¹⁸ 「Part2：新興国で急成長 新型車の投入は中国から 企画・開発で現地化を徹底」、『日経 Automotive』2012年3月号，55頁。

¹⁹ 「Part2：MQBの成果待つ 重い投資負担を成長エンジンに変える」、『日経 Automotive』2015年7月号，37-39頁。

²⁰ この点についての詳しい議論は、佐伯[2015]を参照していただきたい。

本調査報告は、平成 26 年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金（基盤研究(C)）、研究課題「戦後日本における自動車流通網の形成過程に関する研究—成長産業への経営資源移転—」（研究代表者：菊池航）、並びに平成 26 年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金（若手研究(B)）、研究課題「次世代自動車の開発・生産におけるオープン・イノベーションと脱コモディティ化の両立」（研究代表者：佐伯靖雄）による助成を受けた研究の一部である。

<参考文献>

- Chesbrough, H.,[2003], *Open Innovation: The New Imperative For Creating and Profiting From Technology*, Boston: MA, Harvard Business Review Press.
- Chesbrough, H.,[2006], *Open Business Model: How to Thrive in the New Innovation Landscape*, Boston: MA, Harvard Business Review Press.
- Volkswagen, *Die Gläserne Manufaktur: The Fascination of Automobile Assembly*
- Volkswagen Aktiengesellschaft, Corporate History Department [2015], *From the Beetle to a Global Player. Volkswagen Chronicle*, Heel Verlag GmbH
- 内田晃[2014], 「ドイツにおけるカーシェアリングサービスの比較考察」『都市政策研究所 紀要』No.8, pp. 21-40.
- ハイエッジ[2014], 『次世代自動車市場2014：HV/PHV/EV Market』 同社
- 佐伯靖雄[2012], 『自動車の電動化・電子化とサプライヤー・システム：製品開発視点からの企業間関係分析』 晃洋書房
- 佐伯靖雄[2015], 『企業間分業とイノベーション・システムの組織化：日本自動車産業のサステナビリティ考察』 晃洋書房
- 日経BP 『日経Automotive Technology』 及び 『日経Automotive』 2012-2015年