

中国における 新エネルギー自動車の 技術開発の現状と動向



まえがき

中国政府は自動車産業、特に新エネルギー自動車（以下NEV：New Energy Vehicle）産業の発展に注力するため、2012年から2020年までにわたる産業育成計画である「省エネと新エネルギー自動車産業育成計画（2012～2020年）」を2012年に策定した。2015年までにバッテリー駆動電気自動車（BEV）と混合動力電気自動車（PHEV）を累計で50万台生産・販売し、さらに2020年までにBEVとPHEVの年間生産能力を200万台とし、累計での生産・販売台数500万台を達成するという、新エネルギー自動車（NEV）産業を育成しようという意欲的な計画である。

さらに2017年4月に発表した「自動車産業中期発展計画」では、2020年の国内自動車市場規模を3,000万台と予測し、その内新エネルギー自動車を200万台と想定、さらに2025年には市場規模3,500万台の予測に対して、新エネルギー自動車を700万台（シェア20%）にまで拡大するという計画も発表している。この発展計画では、「自動車大国」と現在の中国を位置付けているものの、コアとなる技術やブランド力などで、まだまだ先進国に追いついておらず、今後10年をかけてコア技術、部品供給、ブランド力、新業態の創出、自動車の輸出、環境保護などの面での水準を向上させ、中国を「自動車強国」にするという目標を掲げている。特に新エネルギー自動車分野においては、世界トップ10にランクインする新エネルギー自動車メーカーを数社育成するという目標を掲げている。

一方、2019年5月中国の李克強総理が日本を訪問した際、北海道苫小牧市のトヨタ自動車北海道の工場を視察したことが、今回の方針転換に関係があるとみられる。李総理は、トヨタ自動車の水素燃料電池自動車「MIRAI」に興味を示し、帰国後、国内の水素燃料電池産業を発展させるため、国務院の一部の行政部門から構成される「水素燃料電池連合小組」を設置した。中国メディア・華爾街見聞(wallstreetcn)は2018年11月の報道で、「2018年は、中国水素燃料電池元年だ」とした。したがって、今後の中国の新エネルギー自動車の発展戦略と技術ロードマップは、中国の自動車業界及び市場への影響がきわめて大きい影響を与えるものと思われ、これをとりまく政策、市場の現状と技術開発、発展等の動向を把握することは重要である。本調査報告書は主として次のような着眼点について重点的に調査し、とりまとめている。

a) 中国の自動車産業戦略とエネルギー発展戦略と現状

中国工程院陳清泉院士と国家電力投資集団中央研究院李連栄院長のハイクラスの専門家の執筆により、中国の自動車産業戦略とエネルギー戦略を解説。

b) 自動車規制と補助金政策の転換

近年、新エネルギー自動車の生産・販売および普及に向けた施策推進のため、中国政府は新エネルギー自動車の補助金政策を発表しているが、電気自動車の技術発展と新たな技術革新、イノベーションによる発展を促進するための政策の更新も頻繁に行われている。本部分では、中国政府の新エネルギー自動車に対する補助金政策の制定や更新の理由と背景を解説。

c) 日本の専門家から見た中国の新エネルギー自動車政策の特徴と業界の将来展望について解説。

d) 中国におけるEV車のリチウム電池（材料及び全固体電池技術を含む）製造と開発の最新の現状と動向を解説。

- e) 中国における新エネルギー自動車の製造技術、充電技術および軽量化技術に関する研究開発の状況を紹介し、更に開発中の新しい技術の重点を解説。
- f) 最近、中国が打ち出した水素エネルギー戦略を踏まえ、特に中国の水素エネルギーと水素燃料電池に関する最近の研究動向を紹介。
- g) 最近、自動運転技術が世界的に脚光を浴びており、中国でも自動運転関連の研究開発に力が入られている。本報告書では、中国における特定応用シーンでの自動運転技術の開発動向を紹介。

本報告書は以下の日中両国の各方面の専門家がそれぞれの専門分野の最新の状況と展望について執筆したものをとりまとめたものである。

巨	東英	一般社団法人日中科学技術文化センター理事長、埼玉工業大学教授・副学長
陳	清泉	中国工程院 院士
李	連栄	中国国家電力投資集団中央研究院 院長
趙	英	中国社会科学院工業經濟研究所 研究員
高山	勇一	自動車産業研究者（元現代文化研究所常務取締役）
中川	恒彦	株式会社日中自動車社会研究所 代表（元日産自動車）
和田憲一郎		株式会社日本電動化研究所 代表取締役 （元三菱自動車i-MiEVプロジェクトマネージャー）
陳	勇	河北工業大学 教授
呉	輝	北京伊維炭科管理諮詢有限公司 総経理
郭	営軍	香河昆崙化学製品有限公司 CEO
黄	永和	中国汽車技術研究センター（CATARC）中国汽車戦略・政策研究センター長
楊	家騏	中国汽車技術研究センター（CATARC）研究員
劉	正	瀋陽工業大学教授
張	逸竹	常熟中源汽車有限公司 総経理
柴	茂栄	埼玉工業大学 特任教授
梅	武中	国家電力投資集団中央研究院上席研究員
李	海文	九州大学 准教授
呉	保寧	埼玉工業大学 客員研究員
潘	之傑	浙江大学 教授

（執筆者所属・肩書は2020年3月当時のもの）

目次

第一章 中国新エネルギー自動車（NEV）の産業戦略	1
一. 背景	1
二. 中国の新エネルギー自動車産業の現状	1
2.1 新エネルギー自動車産業を世界の経済成長の牽引力に	1
2.2 新エネルギー自動車の新しい開発段階へ	2
2.3 新エネルギー自動車開発の特徴：融合とオープンイノベーション	2
三. 新エネルギー自動車関連政策	3
四. 新エネルギー自動車開発の目標	5
第二章 中国のエネルギー発展戦略と現状	6
一. 中国のエネルギー発展状況	6
1.1 エネルギー消費の概況	6
1.2 エネルギー供給の概要	6
1.3 エネルギー技術の発展	8
1.4 中国のエネルギー管理体制の構築	8
1.5 中国の実践経験	8
1.6 中国と世界主要国のエネルギー発展状況の比較	9
二. 中国のエネルギー発展の目標	9
2.1 ハイレベルな質的発展	10
2.2 生態文明の構築	10
2.3 世界的なエネルギー危機と地球温暖化への対応	10
2.4 グローバル・ガバナンス体制の最適化	11
三. 中国のエネルギー発展の戦略と取り組み	11
3.1 エネルギー消費のエコシステムの再構築	11
3.2 エネルギー供給構造の調整	11
3.3 エネルギー技術革新の強化	12
3.4 全面的な国際的協力の強化	12
四. 交通運輸セクターにおける動力の発展方向	13
4.1 交通運輸セクターの動力の現状	13
4.2 交通運輸セクターの動力の発展動向	13
4.3 燃料電池の発展見通し	15
第三章 中国における新エネルギー自動車政策と実施状況	16
一. 新エネルギー自動車産業推進の歴史的背景	16

二. 新エネルギー自動車の準備・立ち上げ段階の産業政策（2000年-2008年）	18
(一) 主要な産業政策	18
(二) 政策の評価	19
三. 新エネルギー自動車の市場導入期の産業政策（2009年-2013年）	20
(一) 主要な産業政策	20
(二) 政策の評価	23
四. 新エネルギー自動車の大規模市場導入期の産業政策（2014年～現在）	25
(一) 主要な産業政策	26
(二) 政策の評価	32
五. 中国新エネルギー自動車産業政策の展望	33
(一) 中国の新エネルギー自動車産業政策の総合的評価	33
(二) 展望	34
第四章 中国新エネルギー自動車市場の現状・特徴と発展可能性	36
一. 中国新エネルギー自動車市場の推移と特徴	36
1.1 世界における中国新エネルギー自動車市場の位置づけとその背景	36
1.2 中国の新エネルギー自動車市場の特徴	37
1.3 主要メーカーの新エネルギー自動車生産・販売の現状	39
二. 外資系メーカーの中国での事業展開	41
2.1 中国における日欧米系メーカーの新エネルギー自動車モデル投入計画	41
2.2 中国企業との提携関係	44
三. 中国新エネルギー自動車市場発展の可能性	45
3.1 消費者動向、EVへの評価	45
3.2 政府の産業政策の影響	46
3.3 供給面の影響	47
3.4 EV市場の見通し	47
第五章 中国の電気自動車（EV）市場の特徴と将来展望	
一 多省庁による横の連携の背景について	48
一. はじめに	48
二. 中国の基本政策	48
2.1 投資による成長からイノベーションによる成長への転換	48
2.2 イノベーション（「創新」）は技術発展のキーワード	48
2.3 中国製造2025	49
2.4 中国の人材教育プログラム	50
2.5 まとめ	51
三. パワーバッテリーのリサイクル・リユース政策	51
3.1 新エネルギー自動車発展政策の背景	51
3.2 新エネルギー自動車普及とバッテリー鉱物資源	52
3.3 新エネルギー自動車政策におけるリサイクル・リユースに関わる要求	52

3.4	まとめ	56
四.	ライフサイクルアセスメント（LCA：Life Cycle Assessment）の規制化	56
4.1	概要	56
4.2	ライフサイクルアセスメントとは	57
4.3	ライフサイクルアセスメント導入の目的	58
4.4	規制化検討の内容	58
4.5	まとめ	58
五.	インテグレーター、トップレベルデザイン	
	ー中国の変化のスピードと推進力を支えるもの	59
5.1	インテグレーター、トップレベルデザインとは	59
5.2	まとめ	60
第六章	中国の急速充電インフラの動向	62
一.	はじめに	62
二.	中国自動車産業の動向	62
2.1	現状	62
2.2	新エネルギー自動車の動向	63
2.3	新エネルギー関連政策	64
2.4	新エネルギー自動車に関する国家標準	65
2.5	補助金	65
2.6	ライドシェアによる影響	66
2.7	新型コロナウイルス感染症の影響	67
三.	充電インフラの動向	67
3.1	現状	67
3.2	充電インフラに関する政策	68
3.3	標準化	68
3.4	中国の主なEV用急速充電器メーカー	69
3.5	EV用急速充電器の設置台数	69
3.6	EV用急速充電時の充電料金	70
3.7	EV用急速充電器の設置場所	70
3.8	日本自動車研究所（JARI）との急速充電に関する共同研究	70
3.9	超急速充電（スーパーチャージ）	71
四.	おわりに	73
第七章	中国の自動車用バッテリー開発の現状と動向	75
一.	中国の自動車用パワーバッテリーの関連政策	75
(一)	国家政策	75
(二)	地方政策	76
二.	中国の自動車用パワーバッテリー技術の現状	77

(一) 中国の自動車用パワーバッテリー技術ロードマップ	77
(二) 各大手企業の自動車用パワーバッテリーの技術発展の方向	77
三. 中国の自動車用パワーバッテリー市場規模	78
(一) 中国の自動車用パワーバッテリーの設備容量	78
(二) 競争構造の分析	78
(三) 発展の方向性	79
四. リチウム電池産業に関する研究	80
(一) 正極材料	80
(二) 負極材料	82
(三) 電池用隔膜	83
(四) 電解液	85
五. 次世代の自動車用パワーバッテリー	86
(一) 燃料電池	86
(二) 固体電池	87
第八章 中国の電気自動車の変速機の現状と発展動向	90
一. 電気自動車のトランスミッションの現状	90
1.1 中国の電気自動車市場の状況	90
1.2 電気駆動トランスミッションの技術的特性と要件	91
二. 中国の電気自動車多段トランスミッションの現状	92
2.1 シェフラー（中国）有限公司	92
2.2 格特拉克（江西）傳動有限公司	93
2.3 寧波捷龍動力科技有限公司	93
2.4 上海中科深江電動車有限公司	94
三. 中国の大学における電気自動車の伝送研究状況	94
3.1 清華大学	94
3.2 北京航空航天大学	95
3.3 河北工業大学	96
四. 電気自動車用多段自動トランスミッションの開発動向	98
五. 電気自動車の伝送技術の開発動向：	99
第九章 中国の新エネルギーバスの現状と発展動向	100
一. はじめに	100
二. 中国の新エネルギーバスをめぐる主な政策	100
2.1 普及使用目標	100
2.2 購入に対する補助政策	101
2.3 運営に対する補助	101
2.4 税収優遇	101
三. 中国新エネルギーバス市場	102
3.1 中国新エネルギーバス市場の発展状況	102

3.2 中国新エネルギーバスの主なメーカー	103
四. 中国新エネルギーバス技術ロードマップと技術レベル	103
4.1 中国新エネルギーバスの主な技術ロードマップ	103
4.2 中国新エネルギーバスの技術レベル	105
五. 中国の新エネルギーバス産業の発展動向分析	106
第十章 中国の新エネルギー自動車の軽量化研究の現状と動向	107
一. はじめに	107
二. 中国の新エネルギー自動車と軽量化の成長ドライバー	108
1. ポリシー駆動	108
2. 市場志向	109
三. 中国の新エネルギー自動車向け軽量化技術の研究状況	110
1. 国内の主要な研究開発プロジェクトの概要	110
2. 軽量化技術の研究状況	111
四. 中国における新エネルギー自動車の軽量化の応用状況	114
1. マグネシウム合金による軽量化	114
2. アルミニウム合金による軽量化	116
3. カーボンファイバーによる軽量化	117
4. 高強度鋼による軽量化	121
五. 中国の新エネルギー自動車軽量化の開発動向と対策	123
1. インセンティブポリシーと対応の変更	124
2. より開かれた市場からの激しい競争	126
3. 複数材料の混合応用	132
六. まとめ	138
第十一章 中国新エネルギー自動車の製造技術に関する現状と発展動向	139
一. 高強度鋼	140
二. アルミニウム合金	141
三. マグネシウム合金	143
四. 炭素繊維複合材料	144
五. 先進的な製造プロセス	145
六. まとめ	145
第十二章 中国の水素エネルギーと水素燃料電池における研究開発状況と動向	147
一. 中国の水素エネルギーの研究開発状況	147
1.1 水素の製造	147
1.2 水素の貯蔵と輸送	149
1.3 水素ステーションの開発利用状況	150
1.4 水素安全利用等の研究の開発状況	151

二. 中国における水素燃料電池の研究開発状況と動向	153
2.1 触媒	153
2.2 プロトン交換膜	154
2.3 ガス拡散層	155
2.4 膜電極アセンブリ	156
2.5 バイポーラプレート	157
2.6 スタック統合	158
2.7 システム統合	159
2.8 試験方法と基準	160
三. 結論	161
第十三章 中国新エネルギー自動車の将来可能性	162
一. 100%電気自動車における中国の将来の可能性	162
<「富路」産業の概要>	163
二. 燃料電池車における中国の将来の可能性	164
<億華通の概要>	164
<重塑公司の技術概要>	166
<佛山市および雲浮水素プロジェクトの概要>	166
<国鴻水素エネルギーの概要>	169
<浦江特殊ガスの概要>	169
<舜華新エネルギーシステムの概要>	170
三. スマートコネクテッドカーにおける中国の将来の可能性	171
<産業界の調整>	171
<政府の指導>	172
第十四章 中国におけるICV・シェアリング電気自動車の研究開発の現状と発展動向	175
一. 中国のICV・シェアリング電気自動車の開発背景	176
二. 中国のICV・シェアリング電気自動車の市場需要と応用シーンの探索	177
三. 中国のICV・シェアリング電気自動車の特定シーン自動運転試験場	179
四. 中国のICV・シェアリング電気自動車の未来	181
総 括	183

第一章 中国新エネルギー自動車（NEV）の産業戦略

陳 清泉 中国工程院院士
巨 東英 日中科学技術文化センター理事長
埼玉工業大学教授・副学長

一. 背景

新エネルギー自動車の研究開発への注力は、中国が自動車大国から自動車強国へ移行する際には避けては通れない道であり、気候変動に対処し、グリーン発展を促進するための戦略的手段である。2012年に中国国務院が『省エネルギーおよび新エネルギー自動車産業育成計画（2012-2020年）』を発表してから、中国は100%電気駆動型の技術ロードマップを定め、新エネルギー自動車産業の研究開発においては数々の世界的な成果を達成し、世界の自動車産業の変革における重要なリーダー役になった。現在、世界規模でエマージングテクノロジー（新興技術）が振興したことが新産業革命の幕開けとなり、自動車がエネルギー技術、輸送技術、情報通信技術などの領域と融合したことで技術革新が加速している。自動車製品、物流の輸送モード、エネルギー消費構造、社会実装の大きな変化を促進する新エネルギー自動車業界は、かつてない状況に直面している。

二. 中国の新エネルギー自動車産業の現状

2.1 新エネルギー自動車産業を世界の経済成長の牽引力に

自動車産業において、「電動化」「網聯化（コネクティッド化）¹」「知能化」「共有化」は業界のトレンドになりつつある。新エネルギー自動車は、新エネルギー、新素材、IoT（モノのインターネット）、ビッグデータ、人工知能などのさまざまな革新的なテクノロジーを統合し、自動車が純粋な輸送ツールからスマートモバイル端末、エネルギー貯蔵ユニット、デジタルスペースへの変革を促進すると共に、エネルギー技術、輸送技術、情報通信技術も推進させるようになった。さらに、通信インフラの整備により、エネルギー消費構造の最適化、交通システムの高度化、誠実な運用を促進し、清潔で美しい世界と人間の運命共同体を

構築することは大きな意義がある。近年、主要国はそれぞれに自国の自動車産業を支援する政策や戦略を打ち出し、多国籍自動車企業も新エネルギー自動車の研究開発投資を増やし、産業配置を調整した。新エネルギー自動車は、世界の自動車産業の変革と発展の主な方向性となり、将来の世界経済の継続的な成長を促進するための重要なエンジンになると言えよう。

自動車のトレンドとして「新四つの近代化」についてはさまざまな意見があったが、現在では、「電動化」「網聯化（コネクティッド化）」「知能化」「共有化」は自動車産業では共有するようになった。一般に、自動車の「新四つの近代化」の内容は相互に関連し、そのシナジー効果が期待される。たとえば、電動化は知能化に基盤を提供し、網聯化（コネクティッド化）は共有化に便利な条件を作り出す。これら四つの転換のうち1つだけが発生した場合、自動車産業にはある程度の影響を与えるものの、決してそれほど大きな影響はない。

まず、自動車の電動化によって自動車製造参入の障壁が引き下げられ、既存のプレイヤーが蓄積した競争優位性は無力化し、新規参入企業でも既存企業と同じスタートラインに立つことができる。

知能化においても同じことが言える。この点に関して、筆者は新規参入企業と既存企業間の技術的蓄積の差は小さいと考えている。スマートカーは自動車製造企業の仕事であってはならないという先入観があったため、既存の自動車製造企業はこれまで知能化に関する技術にあまり注目していなかった。

次に、コネクティッド化と共有化においては、新規自動車企業と既存自動車企業間の技術的格差はさらに小さい。「新四つの近代化」において上述の特徴が多いほど、既存企業の競争優位性が弱いと言えよう。さらに、既存の企業は規模が大きく、戦略の方向転換が困難で、新事業スタートま

¹ 中国語では「網聯化」と表現され、インターネットに常時接続する自動車のトレンドを意味する。こうした自動車はコネクティッドカーとも呼ばれる。

での時間が長いと、新規参入企業にチャンスが譲りかねない。

2.2 新エネルギー自動車の新しい開発段階へ

中国の新エネルギー自動車産業は、長年にわたる努力の結果、技術レベルが大幅に向上し、産業体系が構築され、競争力も大幅に向上するまでに至った。中国の新エネルギー自動車の生産台数、販売台数、保有台数において4年連続で世界第1位となった。同時に、研究開発の勢いが強く、共有アプリケーション市場が創出され、業界は重複して収束させる開発の新しい段階に入った。一方で、市場競争の熾烈化、研究開発の勢いを変える緊急の必要性、コア技術の不足、品質保証システムの完備、産業エコシステムの構築などの新しい課題に直面した。こうした大きな転換期における機会をつかみ、優良なリソースを統合し、インフラ及び情報通信分野の優位性を最大限に発揮し、産業のコンピテンスを獲得し、高水準で持続発展可能な新エネルギー自動車の開発を促進しなければならない。

消費者が今日必要としているのは、どのような製品とサービスであろうか。彼らは「シンプル」を好み、FMCG²であろうと関連のサービスであろうと、ワンクリックで問題を解決できる最善の製品とサービスを期待している。新世代の消費者は、企業から与えられた製品やサービスを利用するのではなく、消費者が必要とする製品やサービスを提供して欲しいと感じている。新世代の消費者は企業に対してより高い要件を求めているため、企業はこの問題を解決せざるを得ない。したがって、自動車製造企業は製品開発の段階で以下のような市場分析を行っている。

第一に、ビジネスモデルとしては、製品をある一か所に展示して消費者の来店を待つのではなく、消費者とのエコシステムを構築する。例えば、今までの自動車4Sショップは、製造メーカーと消費者の間に介在し自動車の販売（Sales）、部品提供（Sparepart）、アフターサービス（Service）と情報サーベイ（Surey）などの総合サービスを提供する重要な役割を果たしてきた。しかし、現在では4Sショップの存在は徐々に新しいニーズに答えられなくなりつつある。例えば、愛馳自動車（ALWAYS社、新規自動車製造企業の一例）は4Sショップを設置せず、消費者と直接向き合う、つまり「愛馳自動車4Sショップ対消費者」

ではなく「愛馳自動車対消費者」とした、まったく別のビジネスモデルを構築した。このフレームワークに基づいた「フレンドサークル」を徐々に構築し、愛馳自動車を中心にさまざまなサービスを提供するチームを結成する。いわゆる、愛馳自動車を中核とするエコシステムが形成させた。

第二に、情報の非対称性を解消する。かつては自動車販売の過程で情報の非対称が生じがちで、情報の非対称の存在が仲介業者の高い収益の源泉でもあった。しかし、今の消費者はインターネットがもたらしたフラット社会に生活し、従来より莫大な情報を簡単に入手可能になったことにより、仲介業者の中間マージンが減少している。自動車産業はまた、自動車価格を明確にした環境を消費者に提供しなければならない。

第三に、自動車を常時インターネットに接続させる。今日の消費者はいつでも、どこでもインターネットにアクセスしたいというニーズがある。たとえば、多くの中国人は携帯電話から離れると不安を生じがちである。1～2時間程度でさえオフラインになると、多くの人は不安を感じる。そのため、将来、自動車製品も常時インターネットに接続させる必要がある。

第四に、極めて便利なサービスを提供する。新世代の消費者は改革開放後の良い環境で育ち、インターネットの「先住民」であり、便利な生活に長い間慣れている。彼らにとって、時間をかけて製品の使用方法を学ぶことは非現実的である。ビッグデータやAI技術の活用により個人の好みに合わせたコンテンツの提供サービスが進化している中で、若い世代はすでに労力をかけず、システムから推奨されたコンテンツを消費する習慣となっている。現時点では、自動車産業はまだこのレベルに達していないものの、新世代の消費者のニーズを真剣に考える際、最終的にはこのレベルの製品とサービスを提供する必要がある。

2.3 新エネルギー自動車開発の特徴：融合とオープンイノベーション

自動車産業において、自動車の動力源、生産方式及び消費モデルが大きく変わろうとしている。新エネルギー自動車産業エコシステムは、部品メーカー、自動車メーカー（R & D、組み立て生産を担う）、マーケティングサービス会社間の「直線型関係」から、自動車メーカー、エネルギー企業、物流・輸送企業、情報通信企業を含む多分野

² Fast Moving Consumer Goods の略で、消費者向けの低価格の製品（日用消費財）のことを指す。

協業の特徴を持つ「ネットワーク型エコシステム」へと徐々に進化するものを指す。各企業は互いの強みを活かしながら Win-Win 関係を構築すると共に、国内外のリソースを取り入れ、異分野融合とオープンイノベーションを起こすのが新エネルギー自動車産業の特徴である。新エネルギー自動車産業はこうした特徴で成長の原動力を提供し、市場も活性化し、相互依存・共同成長という新型協業関係を形成する。

自動車製造企業は強みを活かしながらも、弱みを克服しなければならない。ここで言及した強みと弱みの判断基準は企業の自己評価ではなく、消費者による評価である。中国市場の自動車販売量減少の原因を消費者の立場から考えるべきである。一部の専門家は経済状況による購買力低下で説明しようとしているが、筆者は、構造的な問題だと認識し、供給が真の需要からずれていると考えている。

現在の自動車市場は、自動車購入者の高齢化現象という理解し難い傾向が生じている。そもそも、今の若い世代は（ひとりっ子世代）社会に入り、親の世代より高い給料を得て、自動車市場の増加分の主要な消費者層になるはずにもかかわらず、実際には、高齢の消費者が自動車を買って替えて、若い消費者は新車を購入していない。その結果、新しい自動車市場の創出ができなかった。

新世代の消費者にとって自動車の意味はシニア世代とはまったく異なっており、自動車を自分の社会的ステータスにしていない。また、自動車を移動のツールだけではなく、自分のライフスタイルに合わせた「面白さ」も求めている。具体的に言えば、自動車はインターネットに接続し、格好よく、スマートな製品で、メーカーが提供するサービスはわかりやすく、シンプルでなければならない。実際のところでは、既存の自動車製品やサービスの大部分が彼らのニーズに答えておらず、新世代の消費者が自動車を購入する意欲は低下しているのである。

三. 新エネルギー自動車関連政策

中国の新エネルギー自動車関連政策については、第3章で詳しく説明する。ここでは、新エネルギー自動車関連政策の基本方向を整理する。

基本方針一：市場による資源配分

新エネルギー自動車産業の創出・推進に当たって、資源の配分における市場の役割を果たさな

ければならない。企業と政府の役割分担として、企業は技術的ロードマップの選択や生産資源の配分における主体であり、政府は標準と規制の策定、品質と安全の監督、市場秩序の維持、低炭素消費習慣の醸成、良好な産業環境を提供する。

産業の変革に直面して、それぞれの企業は異なる能力とリソースにより異なる強みを有する。既存の自動車製造企業と比較して、新規参入の自動車製造企業はレガシー資産がなく、身軽に動き出せ、これからの事業展開にフォーカスすれば良いというメリットがある。インターネット企業のバックグラウンドを持つこれらの新規企業は、ネットワーク機能は愛馳自動車（ALWAYS）のような既存企業よりも強いかもしれないが、自動車製造能力においてはまだ愛馳自動車（ALWAYS）に追いつけていない。

産業変革の機会を真に捉えるためには、まずキチンとした自動車を生産し、次に欠かすことのできない新しい技術の要素を加える必要がある。既存企業は長年にわたって蓄積してきた自動車製造技術の利点があり、新しい技術となる知能化と網聯化の技術導入において、更に注力する必要がある。一方、インターネット企業を出身とする新規企業は、まず自動車製造能力を構築しなければならない。一方で、新しい技術の導入において新規企業には一定の優位性があるかもしれない。したがって、企業のタイプごとに独自の強みを最大限に活用すると同時に、弱みを克服する必要がある。最終的に成功するかどうかは、企業のビジョンとどれだけのリソースを投入するかによる。

以下は、新エネルギー自動車市場の創出を述べる。まず、自動車市場の全体的な成長は、新エネルギー自動車市場の成長と同一のものではない。2019年の自動車市場全体の状況について、自動車販売台数は1月から10月にかけて連続して減少しているが、100%電気自動車を中心とした新エネルギー自動車は、前年と比べて増加した。その意味は、市場構成における観点から新エネルギー自動車に注力する新規企業にとってより有利である。8月に入ってから新エネルギー自動車の販売台数も前年同期を下回り、減少率は2桁となった。その背景には国の自動車汚染物排出基準が第5版から第6版への移行に伴い、新エネルギー自動車への補助金減少などの短期的な要因があった。つまり、補助金減額前に駆け込み需要であった。

また、補助金の減額により、新エネルギー自動

車の消費構造は大いに変化しつつある。その中で、最も影響されたのは A00 型³の 100% 電気自動車である。自動車市場全体を見れば、軽自動車の需要はそもそも弱く、以前の A00 型電気自動車の販売実績が新エネルギー自動車政策や補助金のおかげであることは示されている。現在、自動車市場は一般的に、A 型自動車（ホイールベースが 2.5-2.7 メートル）が最も売れている。新エネルギー自動車の補助金が完全に撤廃された後、市場の需要は自然な状態に戻るであろう。

つまり、新エネルギー自動車は継続的に自動車市場成長の原動力でありながら、他方では、徐々に政策の影響は弱まり、市場によって資源配分されるようになる。そして、自動車市場の全体的な需要と同様に、A 型の新エネルギー自動車売れるモデルになるであろう。今後数年間は中国市場のニーズに応えられる新エネルギー自動車製品は、売上高が期待されるであろう。

基本方針二：イノベーションの創出

中国はイノベーション駆動型の発展戦略指導の下で、企業を主体にし、市場のニーズに合わせた産・学・研・用連携⁴を中核とするナショナル・イノベーション・システムを構築することによって、基盤技術・要素技術の研究開発を行い、産業競争力の向上、新しいビジネスモデルの構築、イノベーション環境の完備及び新産業創出に向けたエコシステムの構築に努めている。

過去 2 年間で新規自動車企業は、主に二つの課題を抱えている。まず、クルマ造りの部分（ハードウェア）がしっかりしていないという点である。そして、航続距離、充電の利便性、バッテリーの安全性、電磁妨害、電磁波の人体に対する影響、自動車間通信の安全性など、電動化、知能化、および網聯化（コネクティッドカー）によってもたらされる一連の新しい課題など、技術的なブレークスルーががうまくできていないという点である。これらは、「新四つの近代化」に伴う新しい課題であり、ある意味でイノベーションの創出ために、避けては通れない道である。

したがって、企業はイノベーションによって社会の本来の痛点（pain point）を解決するだけでなく、イノベーションのプロセスに現れた新たな課題も解決する必要がある。たとえば、充電の利

便性は業界全体が抱える課題であり、自動車製造企業が完全に解決することはできない。そのため、実際の状況に合わせて柔軟に対応しなければならない。例えば、充電設備の状況は地域によって大きく異なるため、充電インフラを備えた地域で先に電気自動車を推進することが重要である。同時に、充電の利便性を向上させるため、充電設備を普及する一連の試みに努める。また、自動車間通信ネットワークのセキュリティを重視し、消費者がハッカーに攻撃される危険性を低減する必要がある。

もちろん、新しい課題はいつもイノベーションの創出の過程には伴うものである。特に知能化に関しては、多くの自動車製造企業がある程度の技術を蓄積しているが、自動車の真の知能化を実現するにはまだ道遠い。実際、自動車産業にとって、将来の自動車の知能化は模索しながらの継続的なイノベーションである。

新規企業はイノベーション創出に向けて主に 2 つの課題を抱えている。1 つは、既存の自動車製造企業の技術的ノウハウを十分に把握しておらず、自動車製造がうまくできていない。もう一つは、「新四つの近代化」による問題を、効果的に解決していない。新しい製品は初期段階で常に不備があり、問題解決のための開発には時間がかかる。現段階で最善を尽くすよう努力する必要があるが、少なくとも航続距離やネットワークセキュリティなどの一連の問題については、ある程度企業は対応できると考えている。

基本方針三：調整しながらの推進

新エネルギー自動車を推進するために、自動車製造技術、エネルギー技術、輸送・物流技術、情報通信技術の融合を目指して、技術の研究開発、標準の策定、技術の社会的実装、およびインフラを建設しなければならない。そのため、政府部門間の横の連携およびサプライチェーンの構築に基づいて、中国の総動員体制および超大規模な市場の優位性を生かし、競争力の高い新エネルギー自動車産業を創出することが可能である。

新エネルギー自動車の推進にあたり、科学技術の進歩によって描かれるビジョンを消費者に共有する必要がある。典型例としては、Apple 元会長の故ジョブズ氏が見た未来は消費者の立場および

³ ドイツ自動車の分類基準で、ホイールベースが 2～2.3 メートルの自動車を指す。

⁴ 日本では、産学連携や産学官連携に馴染みがあるが、中国では企業、大学、国公立研究機関、消費者（産・学・研・用）の連携を中核とするナショナル・イノベーション・システムが構築されている。

科学技術のトレンドに関する深い理解から生まれた。誰もがジョブズと同じ才能を持っているわけではないが、多くの消費者を巻き込んで、共に技術による変革を観察し、共に今後のニーズを考えるものである。

将来的に以下の要素技術は自動車のU X（ユーザエクスペリエンス）に直接影響を与えると考えられている。1つ目は5G通信技術、2つ目は自動運転技術、3つ目は電気駆動技術であり、2025年頃の自動車市場に重要な影響を与える要素技術となるであろう。もちろん、これらの要素技術は「新四つの近代化」から切り離されていない。たとえば、5G通信技術は網聯化（コネクティッド）と、自動運転技術は知能化と、電気駆動技術は電動化と関連している。また、カーシェアリングのような新しいビジネスモデルも生まれる。将来的には、これらの要素技術はそれぞれに消費者の需要に影響を与えると共に、その共同作用で市場の方向性を変えていくかもしれない。

このことから、今後の自動車消費需要は「二極化」と考えられる。一部の消費者のニーズはカスタマイズされた自動車製品である。自動車製造企業は、ビッグデータ解析とスマート製造システムに基づいてカスタマイズされた製品を消費者に提供する。たとえば、愛馳自動車のあるスマートファクトリでは、消費者の個々のニーズに合わせて生産している。フレキシブル生産ラインの配備は、消費者の個人化需要に備えるためである。一方、製品の標準化も進む。例えば、シェアリングカーである。これは個人消費品ではなく、自宅と駅の間を繋ぐ公共交通の手段になるかもしれない。こういった交通手段に対して標準化が求められる。

基本方針四：オープンイノベーション

オープン、融合、Win-Winの関係を構築するという指導方針の下で、自動車産業の改革タイムテーブルと技術ロードマップを発表し、対外開放の向上、国際協力の深化、中国企業の国際化、ガバナンスのスタンダード化およびグローバルサプライチェーンへの参加を推進する。

新エネルギー自動車を推進する上で、下記の共通認識を持たなければならない。

まずは、消費者は神様であり、消費の選択が企業の成功の鍵となる。企業は心だけではなり立たず、消費者の立場に立ち、消費者の需要を満足させなければならない。

新エネルギー自動車企業は既存自動車企業の味

方で、既存の企業を代替する存在ではなく、既存企業と共に自動車産業の成長を推進するニューパワーである。

政府は産業とビジネスの監督者であり、新エネルギー自動車製造企業の支援者でもある。政府は本当の意味でエンジェル投資家であり、スタートアップの推進により、自動車産業の「新四つの近代化」への変革と発展を促進している。また、政府はイノベーション創出に向けた環境を整え、新エネルギー自動車産業へ新規参入を促す規制緩和を行い、イノベーション創出の機会をより多く提供している。同時に、市場に販売された製品に高い基準を設定し、厳密に監督と検査を行い、いわゆる「低い参入障壁と高い製品基準」という二本柱で推進している。最終的には、短期利益を求める企業が淘汰され、長期戦略を持ち、産業の成長に資する企業が生き残るであろう。

四. 新エネルギー自動車開発の目標

中国の新エネルギー自動車は、15年間に渡って開発されてきたコアな技術を持ち、現在はずでに国際的な主導的レベルに達しており、高いブランド力と国際競争力を構築している。中国では、100%電気自動車が主流になり、燃料電池自動車の商業化が期待されている。また、公共交通機関の電動化も進んでおり、高度な自動運転技術が搭載されるコネクティッドカーも普及しつつある。中国の新エネルギー自動車は省エネ、二酸化炭素の排出削減、交通システムの効率化に貢献したことで、新エネルギー自動車強国の仲間入りを果たした。

2025年までの目標として、新エネルギー自動車市場の競争力を大幅に向上させ、ハイパワーバッテリー、駆動モーター、車載オペレーティングシステムなどの主要な技術のブレークスルーを実現する。また、新エネルギー自動車は新車販売の約25%を占め、スマートコネクテッドカーの販売は前年の売り上げの30%に達成させる。さらに、スマートコネクテッドカーを、特定の区域で自動運転（レベル4）に到達させ、商業運用を期待する。

参考資料：

・中国国务院（2012）、『省エネルギーおよび新エネルギー自動車産業発展計画2012-2020年』、URL：http://www.gov.cn/zwgk/2012-07/09/content_2179032.htm（2019年12月3日）

第二章 中国のエネルギー発展戦略と現状

李 連栄 中国国家電力投資集団中央研究院院長

一. 中国のエネルギー発展状況

中国は世界最大のエネルギー消費国および生産国であり、2018年のエネルギー消費量は世界の1/4近くになった。近年、経済の発展に伴い、中国のエネルギー消費と生産量も増加の一途をたどっている。このような中、中国政府は気候変動に対応して国内での対策行動を強化していくことを世界に向けて約束し、「パリ協定」を真剣に履行し、化石燃料の使用を削減するとともに、風力、太陽光発電などの非化石エネルギーのシェア拡大と、エネルギー効率向上のために数多くの取り組みを行い、顕著な効果を挙げている。

1.1 エネルギー消費の概況

2018年、中国の公的統計によると、中国の総エネルギー消費量は標準炭換算で46.4億tである。British Petroleum社の統計によれば、中国の一次エネルギー総消費量は石油換算で32億7,350万tで、世界の23.6%を占め、世界最大のエネルギー消費国となっている。

エネルギー構成を見ると、石炭の総消費量は39億t、全エネルギー消費量の59%を占め、非化石エネルギーと天然ガスの消費量の割合はそれぞれ14.3%と7.8%、年間の天然ガス消費量は2,808億m³、石油消費量は約6億1,000万tで、18.8%となっている。

2018年、中国の全社会電力消費は約6.8兆kWhで、最終エネルギー消費に占める電力の割合は約25.5%となった。電力供給構造は依然として石炭火力がメインとなっており、2018年の石炭火力の設備容量は電力全体の53%、発電量は63.7%である。国土の資源賦存要素の影響から、石炭火力発電は、今後も中国の電源供給のベースとなるであろう。

全体の傾向としては、石炭総消費量は年々減少しており、2018年の石炭消費量は2012年に比べて9.5ポイント減少した。2018年に、クリーンエネルギー（非化石エネルギー及び天然ガスを含む）消費量の割合は引き続き増加し、一次エネルギー総消費における割合は2012年から7.7ポイント増加した。非化石エネルギーと天然ガスがエネルギー消費成長の主要素となっている。近年、中国はエネルギー効率向上に多くの実効ある取り組みを行っており、石炭火力を例にとれば、負荷率の影響を考慮しない場合、石炭火力の発電効率は基本的に日本と同レベルであり、全体としてドイツやアメリカより優れている。

1.2 エネルギー供給の概要

2018年、中国の総エネルギー生産量は標準炭換算で37.7億tであった。電力設備容量は約19億kwで、年間発電量は7兆kWhを超えている。

図1 中国のエネルギー消費構造

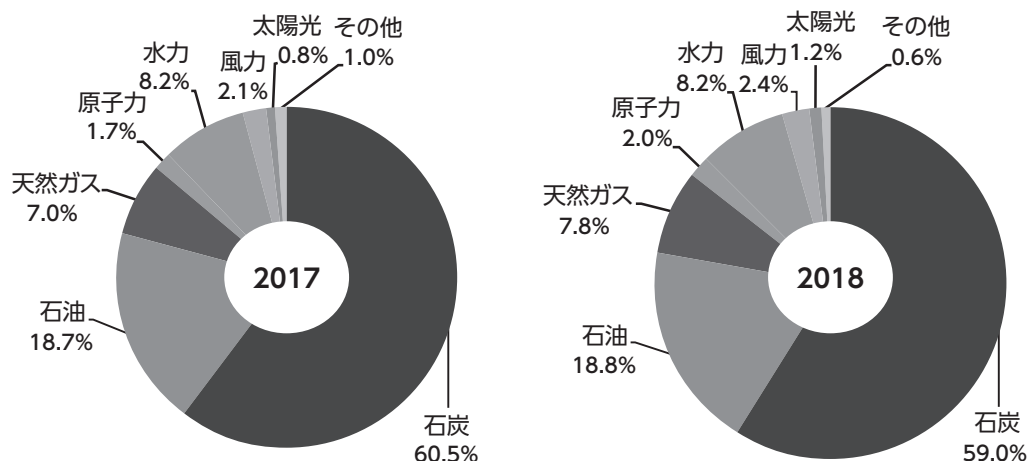


図2 2018年の中国のエネルギー生産構造（左図）と電力設備構造（右図）

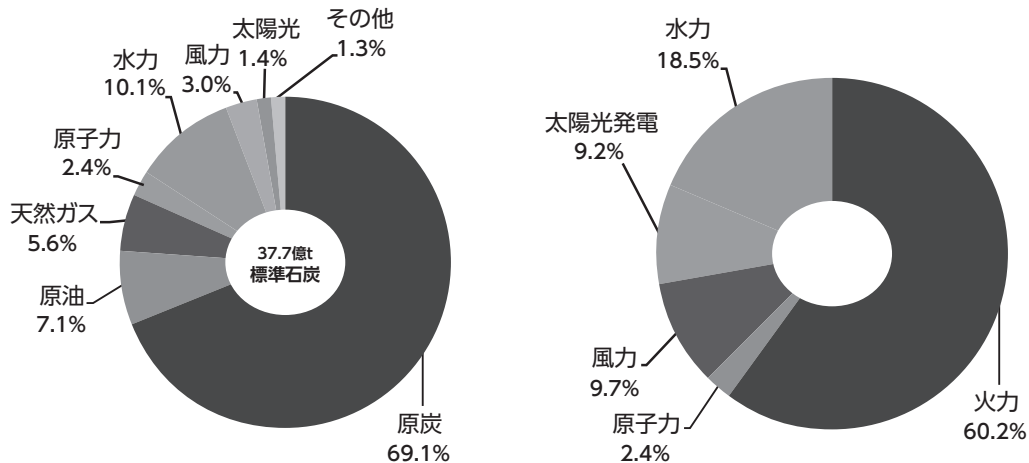


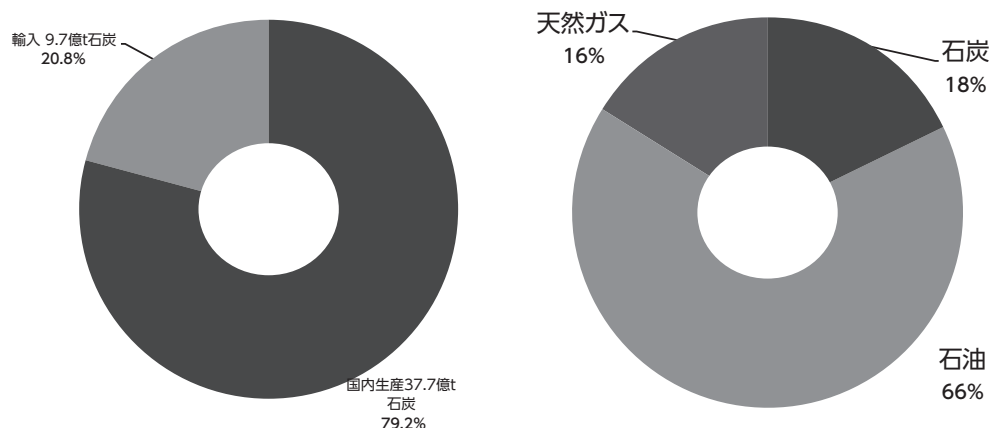
図3 2018年の中国のエネルギー生産、変換能力、および前年比成長（減少）率



全体構造と発展動向から見れば、原炭と原油の供給は概ね安定しており、天然ガスの生産量は比較的急速な増加を見せ、風力や太陽光発電などの新エネルギー発電設備容量は大幅に増加している。再生可能エネルギーの設備容量は全電力設備容量の1/3を超え、発電量は全発電量の26.7%を占めており、クリーン化の傾向は顕著である。

日本と比較して、中国のエネルギー対外依存度は高くなく、約80%を自給自足でまかなっている。発展動向を見ると、原油と天然ガスの輸入量の増加が比較的急速である。2018年に、全世界のLNG輸入は2600万t増加し、中国はその約50%を占めている。

図4 2018年の中国のエネルギー供給源（左図）と輸入構造（右図）



1.3 エネルギー技術の発展

中国は初歩的にシェールガス、タイトオイル等の探査・開発の主要設備・技術を掌握している。超々臨界圧石炭火力発電技術（USC）は広く使用されており、稼働中の設備数は世界一である。陸上風力発電技術は世界の先進レベルに達し、洋上風力発電技術の難関突破研究と実験は着実に進んでおり、太陽光発電は大規模に進められ、太陽熱発電技術の実証は順調に進展、セルロシックエタノールの主要技術においては重要なブレイクスルーが達成された。水素エネルギー、エネルギー貯蔵、エネルギーインターネット、分散型エネルギー等の技術分野では絶えず新たなブレイクスルーが生み出されており、ブレイクスルーの多点化と実用化加速が顕著である。エネルギーシステムはよりスマート化、ネットワーク化に向かい、エネルギー利用方式はより柔軟になりつつある。中国では AP1000、EPR 技術による世界初の原子炉が系統連携運転を始め、「華龍一号」第3世代原子力エネルギー技術によるモデルプロジェクトが着工した。高温ガス（原子）炉技術の商業運転モデル発電所建設は順調であり、Nuclear level のデジタル運転制御システムの自主開発も実現した。近年、水素エネルギーがエネルギー技術分野の一大ホットスポットとなる中で、中国の水素エネルギー技術も急速に発展している。2019年には、水素エネルギーのインフラ整備が中国政府工作报告に盛り込まれ、十数省、三十数都市・地域が水素エネルギー計画を策定し、水素エネルギー分野に関わる企業は数千社に上っている。

1.4 中国のエネルギー管理体制の構築

エネルギー管理体制において、中国のエネルギー法制度の枠組みはほぼ形成され、エネルギー立法は種類も包括的で、立法レベルも多様であり、規制内容は包括的かつ広範であり、各種のエネルギーおよびエネルギーに関連する各分野をカバーしている。エネルギー管理体系、エネルギー管理監督システムの構築は段階的な成果を挙げた。2013年以降、中国国家能源局は「放管服」（権限委譲・規制緩和、管理改革とサービス向上）の改革を積極的に推進し、進んで行政の簡素化と権限譲渡を行った結果、エネルギー産業の管理方式は根本的な変化を遂げた。エネルギー監督管理システムとメカニズムの革新と改善に焦点を当て、中国の実情に合った、秩序ある管理、効果的な監督を特色とする新しいエネルギー産業管理モデルが

基本的に形成された。市場化レベルの継続的な進展に伴い、エネルギーの管理と監督はより社会化管理監督をメインとし、経済化監督をサブとする方向に変革が進み、供給能力と効率が向上した。エネルギー市場体系、価格メカニズム、流通体制についてはそれぞれ異なる程度の市場化の試みを行い、石炭は既に率先して市場化を実現している。電力市場は十数年の改革と実践を経て、発電部門では国有及び国有マジョリティの株式企業が圧倒的多数を占め、競争態勢も多元化が見られる。

1.5 中国の実践経験

エネルギー構造は低炭素化とクリーン化の効果が顕著。

2018年末、中国のクリーンエネルギーの設備容量は7億kWを超え、世界のクリーンエネルギーの総設備容量の30%を占めた。中でも水力発電、風力発電、太陽光発電の設備容量はいずれも世界一となった。石炭の総消費量は年々減少し、シェアは59%で、2012年から9.5%減少した。一方、非化石エネルギー消費の割合は14.3%に増加した。末端エネルギー消費に占める電気エネルギーの割合は増え続けており、2018年には25.5%に達した。

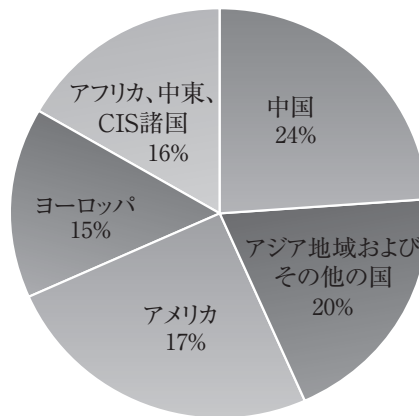
エネルギー技術革新は重要な進展を遂げている。

前述のように、中国はすでに多くのエネルギー技術の研究開発を実施しており、多くの段階的な研究結果を達成している。市場規模は大きく、新技術の実証運用が速く、研究開発から大規模実用化までの周期が短いため、コストダウンが速い。近年、中国はエネルギー産業のクラウドコンピューティング、ビッグデータ、インターネット、人工知能との深い統合を積極的に促進し、エネルギーの利用方式もより柔軟になっている。

エネルギーの生態環境実証は良い成果を上げている。

各地の実情に合わせ、多様な再生可能エネルギーによる相互補完をはかるとともに、科学的手法を通じて生態環境の回復を積極的に探求している。例えば太陽光発電の普及においては、一部の大型企業が「生態環境の脆弱な地域における生態系機能の回復と再構築」を優先課題としている。建設した太陽光発電場は一部の地表のエネルギー配分を変え、地域の生態環境にプラスの影響を与えている。風速を大幅に弱め、空気中の湿度を増加させ、土壌の温度差を調節し、土壌の養分を高め、植生の被覆率が徐々に増加している。

図5 世界のエネルギー消費量の割合



1.6 中国と世界主要国のエネルギー発展状況の比較

2019年に公表されたBP社の世界エネルギー統計年鑑によると、全世界の年間エネルギー消費量は138億6500万tの石油相当量で、中国は32億7350万tの石油相当量を消費しており（中国香港と台湾地区を除く）、23.6%のシェアを占め、アメリカ州全体に相当する。第2位のアメリカは石油換算で23億60万tで、16.6%である。アジア太平洋地域では、日本は中国とインドの次であり、年間4億5410万t、3.3%である。

1人当たりのエネルギー消費量では、2018年の中国の1人当たりのエネルギー消費は96.9GJであり、世界平均の76GJをやや上回り、北半球の同緯度にある米国よりはるかに低い。2018年の米国人1人当たりの平均エネルギー消費量は294.8GJ、ドイツ、フランス等のヨーロッパの主要国の1人あたり消費量は150～200GJの間に分布している。

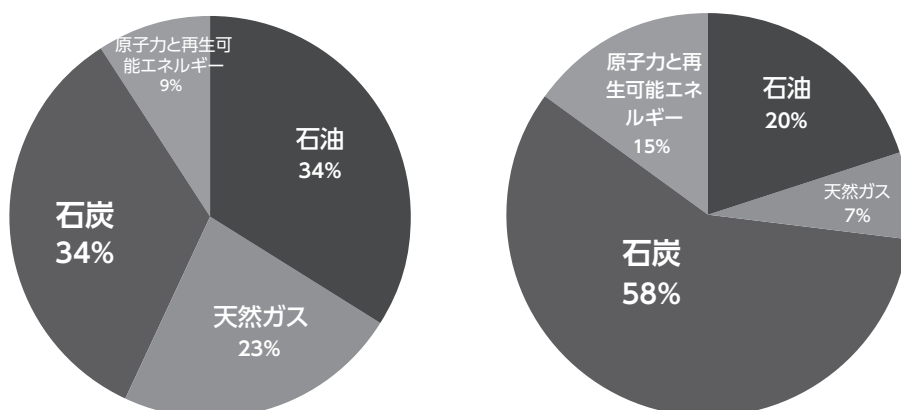
一次エネルギー消費構造から見ると、世界では石油と天然ガスが中心であり、両者の総消費量は

全体の60%近くであるが、中国は石炭中心である。近年、中国の石炭消費量は年々減少しているが、2018年の統計では、中国の石炭消費量は依然として58%を超えている。これは中国の資源賦存状況ときわめて大きな関係がある。

二. 中国のエネルギー発展の目標

近年、エネルギー市場、エネルギー技術や主要国のエネルギー戦略の急速な発展と綿密な調整に伴い、エネルギーポリティクスは百年来未曾有の大変革の重要な変数となっている。IEA国際エネルギー機関は、グリーン再生可能エネルギーが今後25年間で最も急速に成長し、エネルギー新規増加分の40%を占めるようになることを予測している。地球温暖化を背景に、パリ協定は気温上昇を摂氏2度以内に抑える目標を掲げ、炭素排出基準を厳しくしている。世界の先進国、新興国、そして一部の発展途上の小国も、クリーンエネルギーを積極的に開発し、温室効果ガス削減を強化している。エネルギー技術革新では、多くの技術が急速に進化しており、複数のブレークポイント、

図6 世界のエネルギー消費構成（左図）中国の一次エネルギー消費構成（右図）



実用化の加速、広範な影響などといった新たな特色が現れている。新エネルギーと従来の化石エネルギーの転換点が既に到来している。新たなエネルギー技術は、まさに過去にない速度で従来型エネルギー技術に取って代わりつつあり、今後のエネルギー発展と人類の生産・ライフスタイルに大きな影響を与えるとともに、新たな産業革命をもたらす可能性がある。

変局に直面して、中国は「4つの革命と1つの協力」という新しいエネルギー安全保障戦略を提起した。

- ・エネルギー消費革命を推進し、不合理なエネルギー消費を抑制する。
- ・エネルギー供給革命を推進し、多元的な供給体系を確立する。
- ・エネルギー技術革命を推進し、産業のレベルアップを牽引する。
- ・エネルギー体制革命を推進し、エネルギー発展の高速レーンを開通する。
- ・全方位の国際協力を強化し、オープンな条件下でエネルギー安全保障を実現する。

中国のエネルギー開発戦略は、国のマクロ的発展戦略の必須要素となっている。

2.1 ハイレベルな質的發展

エネルギーは国民経済の生命線である。中国では建国から70年の間、マクロ経済の改革と発展がエネルギー需要の大幅な増加をもたらし、エネルギー産業は飛躍的な発展を遂げ、中国は世界最大のエネルギー生産国・消費国となった。近年、中国経済は高度成長段階からハイレベルな質的發展段階に移行し、品質第一、効率優先を核心に、「クリーン、低炭素、安全・高効率」の現代エネルギーシステム構築を明確に提起した。

新たな時代のニーズに応えるために、エネルギー発展の理念は総量拡大から品質と効率の向上に転換し、エネルギー革命によりエネルギーのハイレベルな質的發展を達成するとともに、経済のハイレベルな質的成長を支える必要がある。エネルギー革命がもたらした、環境に優しく、安定した、経済的で便利なクリーンエネルギーは経済構造の転換とレベルアップを促し、エネルギー発展の不均衡・不足の問題を解決する。エネルギー革命と産業革命は一对で共存しており、新たなエネルギー産業を生み出し、エネルギーニーズを満たしながら、戦略的新産業を育成し、新たな経済の成長ポイントを形成する。エネルギー革命は、国

民のより良い生活を志向するニーズに応え、人々にエネルギーの質的向上によってもたらされる利益を享受させることになるだろう。

2.2 生態文明の構築

生態環境は人類の生存と発展の基盤であり、生態環境の変化は文明の興亡や交代に直接的な影響を与える。1978年の改革・開放以来、中国経済は大きな成果を上げたが、同時に一定の生態環境問題ももたらした。今日、中国は生態文明構築をかつてないほど重要な位置に置いている。

生態環境問題の本質は成長方式とライフスタイルの問題である。現在、世界のCO2排出の75%はエネルギーの生産と消費に起因しており、エネルギー産業は生態文明構築の主戦場なのである。中国は世界第2位の経済国であり、最大のエネルギー消費国、最大の炭素排出国である。エネルギーの生産と消費の急速な増加により、資源不足、環境汚染、生態系の悪化などの問題が更に激化しており、グリーン発展方式を加速させ、エネルギー構造を調整し、クリーンエネルギー産業を発展させなければならない。節約を旨とし、適切で、環境に優しい低炭素型のライフスタイルを提唱し、奢侈・浪費や不合理な消費に反対し、美しい中国の建設を全中国人の自覚的行動に転化させなければならない。エネルギー革命の重要な内容は、エネルギー生産のクリーン化、エネルギー消費の節約化であり、人と自然の調和のとれた発展を実現することである。これは中国の環境保護と持続可能な発展の実現のための内在的必要なのである。

2.3 世界的なエネルギー危機と地球温暖化への対応

クリーンエネルギーの供給を主とする新しいエネルギーシステムの構築は、世界のエネルギー転換と発展の主流である。世界の地政学的な不安定によって引き起こされている世界的なエネルギー危機に対処するために、世界のエネルギー技術革新と産業変革は新たな活動期に入り、クリーンエネルギーと再生可能エネルギーが各国の開発の重点となっている。同時に、低炭素でクリーンなエネルギーの開発は、地球規模の生態環境の悪化に対処するための国際的な共通認識でもある。

エネルギー革命を進め、エネルギーのクリーン・低炭素への発展を実現することは、エネルギー危機と地球温暖化に対処するための効果的な手段である。人類の運命共同体構築の責任感に基づいて、

中国は国際社会に向けて次のような約束をした。

- ・環境配慮を徹底し、国際協力を強化し、地球を守っていく。
- ・温室効果ガスの排出削減を徹底し、炭素排出は世界に先んじ2030年にピークアウトする。

これらの約束を果たすため、中国は最も厳しい生態保護制度を実施し、石炭等の従来型エネルギーを強く制限し、クリーンで低炭素のエネルギーを積極的に開発し、世界のエネルギーセキュリティと生態環境を守っていくこととしている。

2.4 グローバル・ガバナンス体制の最適化

世界のエネルギーガバナンスの体制はいま、大きな調整と変革の時代を迎えており、エネルギー市場、エネルギー技術、エネルギーの地政学的環境には大きな変化が起こりつつある。地政学的環境はますます複雑になり、不安定性と不確実性の要素は明らかに増加している。グリーンエネルギー技術におけるイノベーションが加速する中、グリーンエネルギーの推進はグローバルガバナンスの最重要分野となっている。

エネルギー需要と技術革新の世界で最も活発な市場として、中国は戦略的な見地からエネルギー革命を推進し、世界の新たなエネルギー構造転換に深く参画し、またこれをリードしている。中国は多くの国際的な場において、グリーン、低炭素のグローバルエネルギーガバナンス体制の共同構築、グリーン開発協力の共同推進等、重要な主張を全面的に述べ、世界のエネルギー構造転換促進のために中国の知恵（China's Wisdom）と中国のプラン（China's Plan）を提供した。グローバル化、特に「一帯一路（Belt and Road）」イニシアチブの実施により、エネルギー分野での相互融通が全面的に強化され、エネルギー設備、技術、標準およびサービスを核心とする中国の国際的進出はスピードアップし続けている。

三. 中国のエネルギー発展の戦略と取り組み

「4つの革命と1つの協力」という新しいエネルギー安全保障戦略は、中国のエネルギー発展の基本方法論であり、「クリーン・低炭素、安全・高効率」は、中国のエネルギー発展の基本的な方向である。これを指針として、中国はエネルギー革命の体系や布石を徐々に改善し、エネルギーの健全で持続可能な発展を順序よく推進している。

3.1 エネルギー消費のエコシステムの再構築

中国のエネルギー開発は、総量の拡大から品質と効率の向上に転換し、省エネ、グリーン、効率向上の3つの面が重点である。省エネルギーと効率向上による炭素排出削減への貢献度は40%に達することが期待され、これはエネルギー圧力と排出圧力を共に低減する「ダブルコントロール」の要である。省エネルギー優先の方針を徹底し、エネルギー変換効率、利用効率、製品の省エネルギー効率を着実に向上させ、省エネ型の生産と消費システムの構築に努め、経済成長方式とライフスタイルの転換を促し、省エネ型国家と節約型社会の構築を加速する必要がある。

エネルギー消費の「電化」度を積極的に向上させる。エネルギーのグリーン開発を加速し、環境に優しいエネルギー消費のエコシステムを構築する。すなわち、電気の末端エネルギーとしての「ゼロ・エミッション」の特色を最大限に発揮させ、生態環境に優しい特性と利点を最大限に活用し、農業、工業、交通輸送、家庭暖房などの末端エネルギー消費における電気利用の広さと深さを継続的に拡大する。

スマートエネルギーの積極的発展をはかる。エネルギー革命の全面的推進は、単に供給を増やし、利用効率を向上させるだけではなく、全面的な革命を起こし、エネルギー供給と消費方式を再構築し、オープンな思考とイノベーションにより全く新しいエネルギーフローシステムを確立し、バリューチェーンを再定義して、インフラストラクチャーのスマート化、生産と消費の相互関係な関係、情報流通の徹底化などが必要である。長い目で見れば、スマートエネルギーはテクノロジーの範疇を超えて、非常に強い融合能力を備えた産業エコシステムとなるだろう。それは従来型のエネルギーの産業構造、市場環境、ビジネスモデル、技術体系と管理メカニズムを覆し、モバイル決済のように、社会に巨大な変化をもたらすことになる。

3.2 エネルギー供給構造の調整

中国の国土面積は1,000万km²に近く、海域は約300万km²であり、区域によって資源の賦存状況は異なっているため、それぞれの地域がその実情に合わせて多元的な発展を図るのに適している。今後、中国は石炭の構造転換と発展を継続し、非在来型の石油・天然ガスの大規模開発のレベルを高めるとともに、非化石エネルギーを積極的に開発

し、輸送ネットワークと備蓄システムを整備し、エネルギー供給構造を最適化し安全で持続可能なエネルギー供給システムを形成していく。

石炭は中国の主要なエネルギー源であり、また重要な工業原料であり、中国経済社会の急速な発展を支えてきたが、今後も長く重要な役割を果たすことだろう。石炭の構造転換と発展を成し遂げることは、中国のエネルギーの構造転換と発展の立脚点であり、第一の課題である。中国は稼働中の石炭火力発電設備のアップグレード改造を速め、新規着工の大型ユニットには超々臨界圧発電方式（USC）等の最先端発電技術を採用、高効率、超低排出の石炭火力発電所を建設し、石炭火力発電所からの主要な汚染物質排出は基本的に天然ガス火力発電所のレベルと同等にし、世界で最もクリーンな石炭火力発電体系を構築する。

エネルギーの増加する需要は主にクリーンエネルギーに依存し、風力エネルギーや太陽光エネルギーなどの再生可能エネルギーを積極的に開発し、天然ガスの国内供給を大幅に増やす。クリーンエネルギー資源が豊富な地域では、大規模な統合型クリーンエネルギー基地を建設し、また分散型エネルギーを開発する。広域・大範囲での各種エネルギーの相互補完と共存により、新エネルギーの消費問題を有効解決し、資源配分の最適化により高効率な利用を実現する。西北地域、長江流域、新疆地域等の区域では、いくつか大規模・統合型クリーンエネルギー基地の計画・建設が進んでいる。また、中国は天然ガスの国内供給能力を積極的に強化し、四川、新疆等の地域で低コストの大規模開発を実施する。

中国は、水素エネルギーによるエネルギー体系への編入を検討している。水素エネルギーはゼロカーボン、グリーンなクリーンエネルギーであり、安全で環境を守り、高エネルギー密度、高い変換効率、幅広いソースと用途という特性を備えており、開発から利用に至るまでの全プロセスでゼロエミッションとゼロ汚染を達成できる。エネルギー体系中に水素エネルギーを組み込むことで、中国はエネルギー面で直面する問題をある程度緩和することができる。水素エネルギーは、再生可能エネルギーを利用して得られ、長期間保存が可能である。水素エネルギーによるエネルギー体系への組み込みにより、大規模の一次クリーンエネルギーの消費利用問題を解決でき、化石エネルギーの輸入依存度を減らし、中国のエネルギー戦略の安全性を改善することが可能となる。水素エ

ネルギーは、燃料電池を介して電気エネルギーと熱エネルギーに変換することができ、将来の分散型発電、コジェネレーション、新エネルギー自動車等の分野におけるエネルギー供給と貯蔵のメインストリームの一つである。

3.3 エネルギー技術革新の強化

近年、中国はエネルギー技術革新を重視し、グリーンかつ低炭素を重点攻略方向として、重要な科学技術分野を選択し、一部は実用化・普及、実験、パイロットなどを経て集中的難関突破という基本路線の下、技術革新、ビジネスモデル革新と産業革新をそれぞれ推進し、技術的優位性を経済的優位性に転化させ、エネルギー技術と関連産業のグレードアップの新成長ポイントを育成することとしている。

先進で高効率の省エネルギー技術を普及するシステムの省エネルギーをベースに、効率的なエネルギー利用を方向として、高効率の省エネルギー技術を工業、建築、交通などの各分野に広く活用する。高度な省エネルギー技術の広範囲の普及により、中国のエネルギー利用効率は顕著に向上するだろう。

クリーン低炭素のエネルギーの開発・利用技術を実用化し普及する。非化石エネルギーの開発と設備製造技術、化石エネルギーのクリーンな開発利用技術の実用化と普及を加速する。風力エネルギーや太陽エネルギーの開発などの再生可能エネルギー利用技術のアップグレードと研究開発の継続、先進的な原子力エネルギー技術の研究と実用化、石炭のクリーンな開発と利用技術の研究と実用化、石油と天然ガスの開発と利用技術の研究と実用化、スマートエネルギー技術の研究と実用化、水素エネルギーやエネルギー貯蔵、先進的送電網等の新興エネルギー技術の研究と実用化、といったことを含む。また同時に、中国は未来に目を向け、グラフェン、超伝導、高温岩体（HDR）などのエネルギー技術に関する一連の基礎研究を行っている。先進的なエネルギー技術の研究と継続的な実用化がなされれば、中国はこのエネルギー革命において多くの技術におけるリーディングポジションを獲得する機会を得ることができよう。

3.4 全面的な国際的協力の強化

エネルギー開発において、中国は開放と包摂を原則としてきた。将来的には、長期的な視点を持

ち、全体的ビジョンを立て、多角的な協力を行い、Win-Winの協力関係を図りながら、エネルギーの広範な分野にわたり、多層的で、全産業チェーンにおける協力を強化し、中国と世界を結ぶエネルギー協力ネットワークを構築し、エネルギー協力における利益と運命の共同体の構築を目指す。このような発展の発想は、中国が提起するグローバルな運命共同体のイニシアティブにも合致する。

具体的には次のような取り組みがある。エネルギーの国際協力の範囲、ルート、方式を積極的に拡大し、エネルギーの「国外進出」と「国内導入」のレベルを向上させる。「一帯一路（Belt and Road）」エネルギーイニシアティブを積極的に具体化し、国際的なエネルギー協力を深め、互惠・Win-Winで、オープンかつ包摂な、公平で秩序ある新たなエネルギーガバナンス体系の確立を進め、世界のエネルギーの革新と発展、調和のとれた発展、グリーンな発展を促進し、各国の人々がその恩恵を受けるようにする。グローバルなエネルギーガバナンスのメカニズムを構築し、エネルギー、外交、財政と税制、対外貿易、金融等の共同保障メカニズムを確立、世界のエネルギー資源の開発へ積極的に参加し、海外エネルギー基地の建設を引き続き強化し、エネルギー貿易を多元化し、エネルギーの国際取引と技術提携を拡大する。外交と軍の構築を強化し、国際的なエネルギーの多国間および二国間協力メカニズムを深化させ、世界をリードする石油・ガス輸送船団を構築し、海外のエネルギー基地の安全と海上のエネルギー輸送レーンの安全性を効果的に保障する。

四. 交通運輸セクターにおける動力の発展方向

4.1 交通運輸セクターの動力の現状

現在、交通運輸のセクターでは、石油燃料は依然として支配的地位にある。発電分野でのさまざまなエネルギーの激しい競争と異なり、長期間にわたり、石油は中国の交通運輸セクターで絶対的優位にあり、これは世界各国の状況と同じである。

中国の公式統計によると、1990年から2010年までの間、交通運輸セクターにおける石油のシェアは95%以上を維持していた。2015年は交通運輸セクターのエネルギー消費の94%が石油であり、その他のエネルギーは僅か6%ほどであった。近年、再生可能エネルギーのシェアはある程度の増加を見せ、また今後も増加傾向にあるものの、まだ石油と肩を並べるほどではない。2020年時

点では、石油は交通運輸セクターのエネルギー消費の中で、なお90%以上のシェアを維持すると考えられ、その支配的地位は容易には揺らぐことはないだろう。

4.2 交通運輸セクターの動力の発展動向

環境保護の圧力と新エネルギー技術の進歩により、世界各国が石油燃料車の販売を禁止する政策を導入し始めている。2016年に、オランダ労働党は、2025年からオランダでの伝統的なガソリン車とディーゼル車の販売を禁止し、2025年以降すべての新車を新エネルギー自動車とすることを確保する提案を行った。ドイツ上院では多数票によって2030年以降従来型内燃機自動車の販売を禁ずる提案を採択し、2030年以降はゼロエミッション車のみ公道での走行を許可するとした。2017年7月に、フランスとイギリスは、2040年からガソリン車とディーゼル車を完全に禁止すると発表した。このように欧州諸国は石油燃料車の販売禁止に関する意思表示とプラン提示型の決議を行っているが、実施レベルでの参考になる情報は少なく、果たして各国が既に立法行為を行っているのかどうかについては大いに疑問が残る。例えばドイツでは緑の党のみが2030年に石油燃料車の販売禁止を主張しているだけであり、またドイツ連邦議会上院が通過した決議の法的効果は大きくなく、立法段階での更なる裏付け情報はない。欧州諸国の複雑な立法、駆け引きと実施のプロセスを考慮すれば、石油燃料車の販売禁止の情報の真実性は、さらに調査と分析が必要だろう。しかし全体からいえば、電動化とクリーン化は未来の交通発展の大きな方向である。中国工業・情報化部は既に、中国は従来型のエネルギー自動車の生産と販売停止のタイムテーブル策定に関わる研究に着手したことを明確にしている。関連政策が近い将来に公表されることが期待される。

ガソリン燃料は、交通セクターで最もシェアが高く、代表的なものである。一方、2015年以降中国の新エネルギー自動車の販売は急成長し、2018年には販売台数が100万台を突破した。過去数年間における中国の政策的傾斜により、リチウムイオン電池駆動の電気自動車は急成長し、ずっと市場の主流となってきた。

2018年で、中国の新エネルギー自動車（NEV）の産業政策に変化が現れた。2019年12月に、工業・情報化部は「新エネルギー自動車産業発展計画（2021-2035年）」に関するパブリック・コメント

表1 世界各国（地区／都市）における石油燃料自動車販売禁止の計画一覧

「販売禁止」地域	提出時間	提出方式	実施時間	禁止範囲
ノルウェー	2016 年	国家計画	2025 年	ガソリン車 ディーゼル車
オランダ	2016 年	議案	2030 年	ガソリン乗用車 ディーゼル乗用車
パリ、マドリード、アテネ、 メキシコシティ	2016 年	市場行動署名プロトコル	2025 年	ガソリン車
ドイツ	2016 年	議案	2030 年	内燃機関車
フランス	2017 年	高官の口頭発表	2040 年	ガソリン車 ディーゼル車
スコットランド	2017 年	政府文書	2032 年	ガソリン車 ディーゼル車
インド	2017 年	高官の口頭発表	2030 年	ガソリン車 ディーゼル車
台湾	2017 年	政府行動計画	2040 年	ガソリン車 ディーゼル車
イギリス	2017 年	高官の口頭発表	2040 年	ガソリン車 ディーゼル車
	2018 年	交通部戦略		
カリフォルニア	2018 年	政令	2029 年	オイル燃料バス
アイルランド	2018 年	高官の口頭発表	2030 年	ガソリン車 ディーゼル車
イスラエル	2018 年	高官の口頭発表	2030 年	輸入のガソリン乗用車、 ディーゼル乗用車
ローマ	2018 年	高官の口頭発表	2024 年	ディーゼル乗用車
中国（海南）	2018 年	政府の計画	2030 年	ガソリン車 ディーゼル車

表2 2015 年 -2018 年中国の新エネルギー自動車の販売台数

	2015	2016	2017	2018
新エネルギー自動車（万台）	33.11	50.69	77.7	125.6
純粋な電気自動車（万台）	24.75	40.84	65.2	98.4
プラグインハイブリッド自動車（万台）	8.36	9.84	12.5	27.2
燃料電池車自動車（万台）	10	629	1272	1527

を募集し、今後15年間の中国の新エネルギー自動車の発展方向を明確に示した。

計画によると、2025年には、中国の新車販売台数に占める新エネルギー自動車は約25%、スマート・コネクティッドカーは30%になり、高度な自動運転のスマート・コネクティッドカーは限定的区域や特定の場面で商業的運行に導入されるという。

計画では、「三縦三横」の研究開発体制を明確にしたことにより100%電気自動車 BEV、プラグインハイブリッド車 PHEV、燃料電池車 FCEV を「三縦」とし、完成車技術のイノベーションのチェーンを構築すると示されている。また、パワーバッテリーとマネジメントシステム（BMS）、駆動系エレクトロニクスとパワーエレクトロニク

ス、コネクティッド化とスマート化技術を「三横」と位置づけ、キー部品の技術の供給体系の構築を図ることとした。2025年までに、100%電気動乗用車の新車の平均消費電力は12.0kWh/100km 迄に抑え、プラグインハイブリッド乗用車（レンジエクステンダー車を含む）の新車の平均燃料消費量は2.0L/100km にまで抑制する。同時に、水素燃料の貯蔵と輸送の経済性を重点的に改善し、水素補給インフラの整備を進めると提案している。

総じて、2030年までに交通分野における動力システムのクリーン化は、主に純電動によって解決されるということになる。この段階で、水素エネルギーを動力源とする燃料電池が実用化され、技術は徐々に成熟し、コストは大幅に低下する。2030年以降、純電動車 BEV と燃料電池車 FCEV

は並存し、相互に補完し合い、交通分野のさまざまな活用場面で多くのソリューションを提供するだろう。

4.3 燃料電池の発展見通し

現在、中国の燃料電池自動車 FCEV 産業は全体としてパイロット実証段階にあり、規模はまだまだ小さい。中国自動車工程技術協会のデータによれば、2018年の中国の燃料電池車販売はわずか1,527台であり、すべて商用車であった。2019年第1四半期では273台となっている。過去4年間の振り返ると、100%電気自動車 BEV の急成長に比べて、燃料電池車の発展は相当スローペースであった。2018年末時点で中国の燃料電池車の総保有台数はわずか3,428台で、しかも主なモデルは路線バスと貨物輸送車であった。燃料電池スタックのエネルギー密度の低さとコスト高の制約を受けて、現在中国の燃料電池乗用車分野の開発は相当遅れており、主流の乗用車メーカーはまだ実用レベルの燃料電池乗用車を発表できていない。

中国の水素エネルギーインフラの整備は比較的遅れているが、マクロ的にみれば、インフラと水素エネルギー資源は産業発展制約の主要因ではない。中国の既存および潜在的な水素エネルギー資源は非常に豊富であり、現段階では化学工場(コークス製造)の副産物の水素で国内の水素エネルギー需要は満たすことができる。また長期的に見ても、中国の豊富な新エネルギー、水力発電およ

び石炭資源いずれにも大規模水素製造の条件が備わっており、燃料電池車産業の必要量保障の観点からはさして大きな障害は存在しない。ただ水素補給設備でいえば、現段階ではまだ投資と運用コストが高いものの、もし燃料電池自動車産業が大量生産を実現できれば、水素ステーションの運用上の難題は一気に解決されるであろう。また中国には多数のガソリンスタンドのリソースがあり、ガソリンと水素の両方を補給するよう改造が可能である。

今後の燃料電池自動車産業の発展の鍵は、コストの急速な削減と主要技術の成熟を達成できるかどうかにある。前述のように、水素エネルギーの急速な発展と燃料電池の大規模普及を制約するさまざまなボトルネックは、水素エネルギー産業の継続的な発展と技術の継続的な成熟によって徐々に解決されると期待される。業界の一部の専門家の判断と予想によれば、水素エネルギーおよび燃料電池産業は2025年前後に発展の転換点を迎え、急速な発展期に入り、2030年から2035年までの間に大規模な普及を実現し、リチウムイオン電池の動力と相互補完する可能性がある。水素エネルギーは従来の石油燃料の理想的な代替品となり、水素エネルギーと燃料電池産業の迅速な発展と技術のたゆまぬ成熟により、石油燃料を歴史の舞台から次第にフェードアウトさせるための条件を整えることになるだろう。

第三章 中国における新エネルギー自動車政策と実施状況

趙 英 中国社会科学院工業経済研究所 研究員

21世紀に入ってから、中国では新エネルギー自動車（NEV）が急速に発展しており、現在、規模と生産量において世界一となっている¹。中国の新エネルギー自動車事業が急速に進むことができたのは、中国政府が打ち出した完全でセットとなる一連の産業政策と密接に関連している。

今世紀初頭から2019年まで、中国の中央政府及び地方政府は新エネルギー自動車の推進にかかる科学技術研究、生産製造、市場参入、消費環境などにおいて多くの産業政策を実施してきた。技術基準も含めばおよそ300件余りとなるが、ここでは詳細な紹介は省略する。本稿は中国政府による新エネルギー自動車産業政策の変化・発展を分析し、中央政府が打ち出した新エネルギー自動車開発における重要なマイル・ストーンとなる政策に焦点を当てている。主に重要な科学技術政策、財政政策、消費政策、インフラ政策に注目する。中央政府が公布したその他の付帯政策および地方政府が公布した関連政策については、関連する論述の中で言及する。

新エネルギー自動車の開発における中国中央政府の関心は主に100%電気自動車（BEV）、プラグインハイブリッド自動車（PHEV）、水素燃料電池自動車（FCV）に集中しており、プリウスのようなハイブリッド車はそれほど重視していなかった。本稿が論述する新エネルギー自動車産業の政策は、主に100%電気自動車、プラグインハイブリッド車、水素燃料電池車を指す。

一. 新エネルギー自動車産業推進の歴史的背景

WTO加盟後、中国の自動車市場は躍進の時代に入った。家庭用乗用車需要の急速な増大につれて、自動車の生産規模が拡大し、合併自動車企業が中国の自動車産業において顕著な地位を占める中でも、中国の自動車業界や公衆はますます自主開発を重要視するようになった。しかし、自動車分野における自主開発は範囲が幅広く、先進国の

自動車企業とのギャップが大きいことから、中国の自動車産業の有識者らは、新エネルギー自動車の技術革新を通じて先進国とのギャップを縮め、更に追い越すことを目標としている²。

2001年9月に、科学技術部の主催で、実現可能性に関する調査検討会議が開催され、「科学技術第10次5カ年計画」期間の「国家863計画電動汽車重大専項（電気自動車重大特別事業）」が可決された。会議に出席した専門家らは、さまざまな当代最新のハイテクを統合して台頭する100%電気自動車やハイブリッド車、特に水素をエネルギーとする燃料電池自動車が世界の自動車産業において革命を起こしていると見ている。電気自動車、特に次世代自動車のレベルを代表する燃料電池自動車は国内外でまだ産業化の準備段階にある。先進工業国では、従来型の自動車産業は生産規模や社会インフラ投資が巨大になり、発展の慣性も大きくなっている。これはある意味ではその次世代自動車の開発を妨げる社会的コストとなる一方、中国にとっては貴重な時間を稼ぐことになり得るのである。

「科学技術第10次5カ年計画」期間の国家「863」計画「電気自動車重大特別事業」の首席科学者（当時）万鋼氏は、電気自動車という新しい分野では、中国と外国とは近いスタートラインに立ち、技術レベルと産業化のギャップが比較的小さく、従来型の内燃機関自動車では中国が外国の先進レベルに20年ほど遅れていると言え、電気自動車ではその差はわずか4～5年ほどであると指摘した。中国の自動車産業の飛躍的發展を促進する戦略的な取り組みとして、次世代自動車を積極的に開発し、その産業化を実現させれば、世界の自動車産業の新しい競争において優位に立ち、中国の自動車産業の国際競争力を向上させることができる。

徐冠華科学技術部長（当時）は、中国は電気自動車事業を行うために、緊迫感や奮闘する意気込

¹ 中国自動車工業協会が発表したデータによる。2018年で中国の新エネルギー自動車販売量が125.6万台となり、ハイブリッド車を含まないで世界1位を占める。

² 当時、ドイツの自動車企業アウディから帰国したばかりの万鋼を始めとする自動車業界の技術研究者が中心となり呼びかけていた。

みを持たなければならないし、往年「兩彈一星（原子爆、弾道ミサイル、人工衛星）」を研究開発し成功させた精神をもって取り組まなければならない、と語った。これは、中国の自動車産業の発展にとって重要な戦略的意義を持つ「電気自動車重大特別事業」が正式に立ち上げられたことを示している³。

陳清泰元国務院発展研究センター（DRC）副主任は、「中国はガソリン車やディーゼル車に関しては60年もかけて技術の導入や吸収などで追いかけてきたが、技術面においてもブランド面においてもずっと主導権を獲得していない。しかし、技術の軌道が移行するとき、それぞれの国や企業の間差はそれほど大きくない」と語った⁴。

「2002年中国工業発展報告書」は次のように述べている。21世紀の世界の自動車工業競争の勝敗を決める中核技術である燃料電池車の研究開発において、政府が支える研究開発を見ると、中国の自動車工業は先進国とほぼ同じレベルにある。産業化における競争ロードをうまく把握できれば、中国の自動車工業は後発優位性を十分に生かして、パワーユニットの研究開発においてブレークスルーを実現することが可能である⁵。

中国では自動車産業の急速な発展に伴い、エネルギー安全保障の問題もますます顕著になっている。2004年、中国の原油の対外依存度は40%を超

えた。原油の輸入が50%を超えると、国家の経済安全保障には大きな潜在的危険があると見なすことができる⁶。いま中国は世界最大の原油輸入国となっている。2018年末現在、中国の自動車保有台数は千人あたり170台で、石油の対外依存度は70%を超えている。自動車保有台数は年々増加する一方で、国内原油生産量はほぼ横ばい状態で、需要増加分への対応はほとんどすべて輸入に依存している。（図1を参照）

2019年に中国は一人当たりGDPが1万米ドルを超えており、自動車保有台数がまだ増え続けている。欧米は基本的に千人あたり700～800台で、国土面積の小さい日本は千人あたり600台で、韓国は千人あたり約440台で安定している。一人当たりGDPの増加に伴い、中国の自動車保有台数の増加余地はまだ大きい。しかし、この大きな増加量に対するエネルギーはすべて原油に依存すると、供給源や安全保障、環境容量においても、その負担に耐えることは困難である。エネルギー構造つまりは中国の経済安全保障の状況を改善するということは、中国の政府や学界、産業界のコンセンサスになっている。

中国では経済の発展加速や工業の発展加速に伴い、環境保護の問題もますます深刻になっている。国民も政府も環境問題についてますます強い関心

図1 中国と米国との原油輸入比較（黒線は中国のデータ）



³ 新華社報道、2001年9月29日、北京。

⁴ 新浪網、2019年12月25日。

⁵ 中国社会科学院工業経済研究所「中国工業発展報告書2002」、经济管理出版社、2002年。

⁶ 趙英など「大国の道——21世初頭の中国の経済安全保障」、雲南人民出版社、2006年。

を持っている。増加している自動車の排ガスは政府および国民が注目する重点の一つになっている。新エネルギー自動車は、排ガスの減少、ないし「ゼロエミッション」(水素燃料電池車)やグリーン・コミューティングを実現させることができ、次第にガソリン車やディーゼル車を代替し、パリ協定でのコミットメントを果たすための重要な取り組みであり、中国が「青空を守る戦い」に勝利するための重要な道筋でもある。

中国では自動車産業の発展に伴い、自動車産業の経済に対する牽引力がかつてないほど高まっている。経済をけん引する視点から、政府は自動車産業を非常に重視し、新エネルギー自動車の発展がもたらす経済成長に大きな期待を寄せている。2001年9月に、李健科学技術部ハイテク・新技術司長(当時)は次のように述べた。「従来の自動車から電気自動車への転換は、自動車産業の技術変革を大いに推進し、伝統的な自動車産業の情報化と近代化を促進して、関連産業ないし国民経済全体に対する影響も重視しなくてはならない。推算によると、伝統的な自動車産業の生産額が1ポイント増加するごとに、2ポイント以上のGDPの成長をけん引することができるが、電気自動車による牽引効果は2～3倍も大きくなる。」⁷。

世界経済危機が勃発し、経済が右肩下がり傾向を示し、中国中央政府が景気後退を抑制するためのマクロ政策を発表したとき、自動車産業は重要なポジションにあった。経済発展を安定させるために、2009年3月に中央政府は「自動車産業の調整・振興計画」を発表し、新エネルギー自動車の大規模な市場進出の幕を開けた。

中国経済規模の拡大と中国企業の国際競争力の向上につれて、中国はますます厳しい外圧に直面しており、中国政府は市場をさらに開放するよう求められている。同時に、中国自身の改革開放も徐々に市場を開放することを求めている。これに伴い、対応する自動車工業の産業政策も調整を余儀なくされる。

21世紀初頭における中国政府による新エネルギー自動車産業政策は、上記のような背景で次々と発表され、充実し、進化してきたのである。

二. 新エネルギー自動車の下準備・立ち上げ段階の産業政策(2000年-2008年)

中国では新エネルギー自動車産業の下準備・立ち上げは1990年代後半から21世紀初頭にかけて

始めた。中央政府は一連の科学技術政策(すなわち産業技術政策)により、新エネルギー自動車の研究開発始動を試みていた。中国政府の関連部門の中で、科学技術部はより大きな役割を果たしてきた。この段階における産業政策も主に技術開発に重点が置かれていた。

(一) 主要な産業政策

(1) 関連科学技術政策を継続的に発表、新エネルギー自動車の研究開発における難関突破をサポートする。2001年9月、電気自動車の研究開発は科学技術部の「科学技術第10次5カ年計画」期間の国家「863」計画の重大特別事業に組み入れられた。2001年に、中国政府は「863」計画の電気自動車重大特別事業を立ち上げ、20億元あまりを投資して新エネルギー自動車開発の「三縦三横」の布石を打った。いわゆる「三縦三横」とは、政府が100%電気自動車、ハイブリッド車、水素燃料電池自動車という3種類の電気自動車の研究開発を支援し、この3種類の電気自動車を「三縦」とし、マルチ電源連係システム、駆動制御システム、電池制御システムを「三横」とすることを指している。これをもって「三縦三横」に重点を置く研究開発の布石を打ち、将来の新エネルギー自動車技術の基幹骨格を構成する。

「科学技術第10次5カ年計画」以来、政府は新エネルギー自動車の研究開発に対する支援政策を策定した。国家科学技術サポート計画は「国家中長期科学技術発展計画綱要(2006年-2020年)」を実施するために立てられた科学技術イノベーション発展計画である。新エネルギー自動車はこの計画の重点研究特別事業の一つである。「新エネルギー自動車」のパイロット特別事業は毎年約6つの技術的方向において20のプロジェクトを実施し、10億元余りファンディングされ、駆動用バッテリーやモーター駆動、電気自動車のインテリジェント化、燃料電池駆動システム、ハイブリッド駆動システム、100%電動システムなどにおいてイノベーションを実現する。

「第11次5カ年計画」期間中に、企業、大学、研究機関を含む432の組織からなる中国新エネルギー自動車連合研究開発体系が形成された。5年間で新たに15の新エネルギー自動車国家重点実験室・研究開発センターと、48の電気自動車研究開発プラットフォームが設立された。59項目の新エネルギー自動車技術標準が定められ、2011

⁷ 新浪網、2019年9月。

件の特許を取得し、新エネルギー自動車産業化のために良好な基盤を固めた。

(2) 2004年5月、国家发展改革委员会は改正「自動車産業発展政策」を公布し、省エネ・環境、持続的発展可能な自動車技術を重点的に発展させるよう求めた。その第9条では、国はアルコール燃料、天然ガス、混合燃料、水素燃料など新しい自動車用燃料の研究開発を支援し、自動車メーカーによる新燃料自動車の開発・生産を奨励するとしている⁸。

(3) 2005年、中央政府は自動車産業の構造最適化、クリーン自動車・電気自動車開発の促進に関する政策・措置を公布して、電気自動車保有台数の自動車全体に占める割合を2010年に5～10%、2030年に50%以上とする発展目標を明確にした。この目標を達成するため、国家「863」計画の省エネ・新エネルギー自動車重大特別事業では北京、武漢、天津、株洲、威海、杭州の6都市が電気自動車モデル都市に指定された。

(4) 2005年6月、国家发展改革委员会は電気自動車重大科学技術特別事業モデル都市交流シンポジウムを開催した。「国家中長期科学技術発展計画綱要（2006年-2020年）」において、低エネルギー消費・新エネルギー自動車と「水素エネルギー・燃料電池技術」はそれぞれ優先主題と最先端技術に挙げられた。

(5) 2006年12月、「第11次5カ年計画」期間の国家「863」計画の省エネ・新エネルギー自動車重大特別事業全体専門家グループが正式に設立された。専門家グループは新エネルギー自動車技術ロードマップや科学技術難関突破に関するコンサルティングやアドバイスをを行った。

(6) 2007年11月、「新能源汽车生産準入管理規則（新エネルギー自動車生産参入管理規則）」が正式に実施された。初めて新エネルギー自動車の概念と範囲が確定され、各種の新エネルギー自動車の生産統一基準が定められた。

この規則は新エネルギー自動車について次のように定義している。新エネルギー自動車とは、非在来型の自動車用燃料を動力源に用いて（または在来型自動車用燃料を使い、新型車載駆動ユニットを用いる）、自動車の動力制御・駆動における先端技術を統合して構成された、技術の原理が先進で、新技術・新構造を有する自動車を指すものである。ハイブリッド車、100%電気自動車（ソーラーカーを含む）、燃料電池電気自動車、水素エンジン車、高性能エネルギー貯蔵装置やジメチルエーテル DME

などをエネルギーに用いる自動車などを含む。

この規則の公布は中国の新エネルギー自動車発展史において象徴的な意義がある。これにより、新エネルギー自動車は技術の下準備・難関突破期を終え、産業化導入に向かって進み始めたのである。

(7) 2007年12月に、国家发展改革委员会は「産業構造調整指導目録（2007年版）」を公布し、新エネルギー自動車および関連技術の先進的な部品の項目を明確にした。新エネルギー自動車は国家发展改革委员会の「奨励産業目録」に盛り込まれた。これは経済発展の重要な分野として、新エネルギー自動車が中央政府の経済発展・規制システムにおいて重要な位置を占めることを意味する。

「産業構造調整指導目録（2007年版）」の中で注目されているのは、「産業構造調整指導目録（2005年版）」で奨励類にあった「先進的な乗用車用ディーゼルエンジンの開発・製造」という項目が削除され、国家发展改革委员会がもはやディーゼル車の推進を奨励しないことが明らかにされている、ということである。「産業構造調整指導目録（2007年版）」では、圧縮天然ガス、水素燃料、バイオ燃料、合成燃料、ジメチルエーテル燃料、ハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車といった新エネルギー自動車の完成車、燃料電池、及び電極触媒、電極、複合膜、双極板などバッテリーの重要材料、プロトン交換膜など重要部品の開発・製造は国の奨励対象となり、奨励政策を享受している。これは新エネルギー自動車に対する中央政府の関心はすでに産業の具体的な発展という深いところまで及んでいることを表している。ただ、この時点では新エネルギー自動車開発の重点は明確にされていない。

（二）政策の評価

この段階では、政府の産業政策は主に科学技術の難関突破において具現されており、新エネルギー自動車の重要技術や核心的な部品の研究開発へのサポートに集中していた。政府に支えられる下で、中国の新エネルギー自動車は基礎技術の難関突破や研究製造において大きな進展を得て、自主開発した100%電気自動車、ハイブリッド車、燃料電池自動車という3種類の完成車製品が相次ぎ世に問うた。その研究の方向性には当時世界で流行していたほぼすべての新エネルギー・ソリューションを包括した。

主な自動車メーカー各社は新エネルギー自動車

⁸ 国家发展改革委员会「自動車産業発展政策」、2004年。

製品の自主開発を始めた。大型バスの新エネルギー自動車の研究開発における進展がより顕著であった。中国は2005年に自主開発した100%電気自動車とハイブリッド車の実証運行を始めた。また燃料電池車の性能に関するプロトタイプが開発された。2008年の北京オリンピックでは、科学技術部は国内の関係自動車メーカーを組織して、オリンピックに各種の省エネ・新エネルギー自動車を約500台提供し、中国における新エネルギー自動車の実証運転を開始させた。実証運転に使われた新エネルギー自動車は主に大型バスであった。

科学技術部主導の新エネルギー自動車研究開発段階では、その技術路線と研究開発の重点から見れば水素燃料電池車の開発に傾斜していることを指摘しておく必要がある。

中国の自動車業界と科学技術界は一般的に、この段階において、中国の自動車産業は新エネルギー自動車の製品研究開発においては先進国の自動車産業とほぼ同じレベルにあるが、産業化においては約10年遅れている（特に日本と比較して）。新エネルギー自動車の研究開発進展と同時に、産業化の加速を求める声も徐々に高まっている。

「新エネルギー自動車生産参入管理規則」や「産業構造調整指導目録（2007年版）」などの政策の実施にしたがって、中国政府の新エネルギー自動車産業政策は科学技術研究開発重点から産業化・市場化に移行し始めた。

三. 新エネルギー自動車の市場導入期の産業政策（2009年-2013年）

この段階における新エネルギー自動車産業政策は世界金融危機への対応をきっかけに、研究開発を重点とすることから産業化・商業化初期の導入政策に転換し始めた。また、新エネルギー自動車の技術研究の難関突破と応用重点も水素燃料電池車からプラグイン電気自動車に転換し始めた。100%電気駆動を新エネルギー自動車の発展と自動車産業の移行の主な戦略的方向性としていた⁹。政策制定の主導権は国家发展改革委員会や財政部などの部門に移行したが、「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」など、一部の政策は国の最上層部により決定されたのである。

（一）主要な産業政策

（1）「自動車産業調整・振興計画（2009年－

2011年）」は2009年1月14日に、温家宝国务院総理の主宰の下で開かれた国务院常务会议において審議し原則的に可決されたもので、世界金融危機勃発後最初に国务院を通過した計画の一つである。「国際金融危機の影響に対応し、成長の確保、内需の拡大、構造の調整という中共中央・国务院による総括的要望を実現し、自動車消費の安定、構造調整の加速、自主的イノベーション能力の強化、産業アップグレードの促進、我が国の自動車産業の継続的かつ健全で安定的な発展を促進するために、特に本計画を制定し、自動車産業の総合的対応措置のアクション・プランとする。」¹⁰。

「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」は最初に新エネルギー自動車戦略の実施を提起し、新エネルギー自動車の産業化の促進を明確に提起した。そして「100%電気自動車やプラグインハイブリッド車及び関連重要部品の産業化を推進することと、新エネルギー自動車の専用エンジンと駆動モジュール（モーター、バッテリー、管理システムなど）の最適化設計技術や規模的生産プロセス、コスト制御技術を掌握すること、駆動モジュール生産システムを構築し、10億アンペアアワー（Ah）の車用高性能シングルセル・トラクション・バッテリーの生産能力を形成すること、普通ハイブリッド車や新燃料自動車の専用部品を発展させることなどを新エネルギー自動車の発展重点としている。

「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」で掲げられた発展目標は電気自動車の大規模生産を実現することである。既存の生産能力を向上させ、100%電気自動車や充電式ハイブリッド車、普通ハイブリッド車などを50万台生産する能力を形成し、乗用車全体に占める新エネルギー自動車のシェアを5%前後とし、主な自動車メーカーは認定された新エネルギー自動車製品を有すべきこととした。

「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」は、国家省エネ・新エネルギー自動車モデル事業を立ち上げ、中央財政からの補助金支給により、大都市・中都市によるハイブリッド車や100%電気自動車、燃料電池車など省エネ・新エネルギー自動車のモデル事業や普及拡大をサポートする。県（中国の省・自治区・直轄市の下の行政区画）級以上の都市の人民政府は計画を立てて、優先的に公共交通機関やタクシー、公務、環境衛生、郵政、空港などにおいて新エネルギー自動車の使用を普

⁹ 「省エネ・新エネ自動車産業発展計画（2012年－2020年）」、国家发展改革委員会サイトより。

¹⁰ 「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」、国家发展改革委員会サイトより。

及させるべきである。電気自動車の高速充電ネットワークを構築し、駐車場など公共の場所における公衆充電施設の建設を加速させる、としている。

「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」では充電スタンドの整備を重要視している。計画では、「産業開発の初期段階では、モデル都市での充電施設の整備に重点を置いていた。モデル都市は、土地利用の集約化、建設施工の標準化、消費者需要の満足という原則に従って、都市総合交通輸送体系計画や都市建設関連業種計画の中に充電施設整備を組み入れ、建設規模や立地分布を科学的に確定し、適切に時代を先取りする整備を進め、個人や共用駐車スペースにおける分散型普通充電などの充電技術を積極的に試行する。パイロット事業の経験を締めくくることにより、地域の実際状況と新エネルギー自動車の特徴にふさわしい充電施設の発展方向性を確定する。充電施設の主要技術に関する研究を展開する。充電施設の設計、建設、運行管理の規準および関連技術基準の制定を加速し、充電施設のネットワーク接続、監視、計測、課金装置・技術の研究開発を行い、自動車とインターネットと融合の技術の研究と応用を展開し、新エネルギー自動車モバイル・エネルギー貯蔵ユニットとして電力網との間でエネルギーと情報の双方向の相互作用を実現する仕組みを探索する。ビジネスモデルを探索する。パイロット都市では政府による投資を強化し、民間資金の参入を積極的に引き寄せ、現地における電力供給や土地資源の状況に応じて普通充電スタンドや公衆急速充電スタンドなどの施設を建設する。」こうして充電スタンドの発展について商業化で操作性が良いという計画意見を出している。新エネルギー自動車の運行になくてもはならないインフラの構築がスタートした。

「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」の公布と実施は、新エネルギー自動車発展の歴史における重要なマイル・ストーンであり、中央政府が戦略的新興産業として新エネルギー自動車を重視し発展させようとしており、新エネルギー自動車の産業化・市場化へ進行の序幕が開かれたということを示している。ただ、「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」公布・実施後、中国の新エネルギー自動車開発の技術路線や重点はすでに100%電気自動車に移行したことを指摘しておく必要がある。その後のパイロットも100%電気自動車を巡って行われたのである。これは新エネルギー自動車の発展過程における大きな変化である。

(2) 財政部と科学技術部は2009年1月に、「関

於開展節能与新能源汽车示范推广试点工作的通知（省エネ・新エネルギー自動車のモデル・普及パイロット事業に関する通知）」を共同発表した。北京、上海、重慶、長春、大連、杭州、済南、武漢、深圳、合肥、長沙、昆明、南昌といった13の都市で省エネ・新エネルギー自動車のモデル事業や普及拡大にかかるパイロット事業を行うことにより、モデル都市が公共交通機関やタクシー、公務、環境衛生、郵便などの公共サービス分野において率先して新エネルギー自動車の使用を普及させるよう奨励する。財政部と科学技術部は2009年2月に、「節能与新能源汽车示范推广财政补助资金管理暂行办法（省エネ・新エネルギー自動車のモデル事業や普及拡大に対する財政補助資金管理に関する暂行办法）」を公布し、財政補助金の具体的執行標準について次のように規定している。公共サービス用乗用車とハイブリッド軽商用車に対する補助金は最低4,000元、最大50,000元とし、燃料電池乗用車と軽商用車に対する補助金は最大250,000元とする、という。

2009年12月に、温家宝国务院総理の主宰の下で国务院常务会议が開かれた。2010年に省エネ・新エネルギー自動車のモデル事業や普及拡大のパイロット都市を13から20に拡大する。また5つの都市を選定して個人による新エネルギー自動車購入に対する補助金支給の実験を行い、その補助幅と基準は公共サービス分野による新エネルギー自動車購入に対する補助方法に準ずると定めた。2010年に、財政部と科学技術部、工業・情報化部、国家発展改革委員会の4部門は「關於擴大公共服務領域節能与新能源汽车示范推广有关工作的通知（公共サービス分野における省エネ・新エネルギー自動車のモデル事業や普及にかかる関連事業の拡大に関する通知）」を公布し、パイロット都市を13から20に拡大した。

上記の政策公布は政府が新エネルギー自動車に対して財政と課税の面から政策的に大きく推進していることを示している。

(3) 2010年6月、財政部と科学技術部、工業・情報化部、国家発展改革委員会は「關於開展私人購買新能源汽车補貼試点的通知（個人による新エネルギー自動車購入に対する補助金支給のパイロットに関する通知）」を発表し、個人による新エネルギー自動車購入に対する補助金支給について規定し説明した。上海、長春、深圳、杭州、合肥といった5つの都市で個人による新エネルギー自動車購入に対する補助金支給パイロットを行う

ことを確定した。この通知は、政府が個人による新エネルギー自動車購入を奨励して、新エネルギー自動車の個人消費者市場への進出を加速し始めたことを示している。

(4) 2010年4月に、工業・情報化部は電気自動車の「国家標準」を公布し、新エネルギー自動車の産業化と大規模な発展、新エネルギー自動車の発展に対する政府の有効な監督管理のために、有利な条件を作り出した。

(5) 2010年8月18日に、国务院国有資産監督管理委員会の推進により中央企業電気自動車産業連盟が設立された。この連盟を通して、中央企業のリソース統合、電気自動車産業の全体的な発展を促進するオープン・テクノロジー・プラットフォームの構築、同時に産業技術標準の統一、電気自動車の新技術・新製品・新プラン・新車種の共同開発、技術的成果の共有を行う。

(6) 2010年10月10日、国务院は「關於加快培育和發展戰略性新興產業的決定（戰略的新興產業的育成と發展の促進に関する決定）」を公布し、明確に新エネルギー自動車を戰略的新興產業の範囲に入れた。「決定」は、戰略的新興產業の特徴に応じ、中国の国家状況や科学技術、産業基盤に基づき、現段階では省エネ・環境保護、次世代情報技術、バイオ、ハイエンド機器製造、新エネルギー、新材料、新エネルギー自動車などを重点的に育成し發展させることとしている。

(7) 2011年3月、「国民经济と社会發展第12次五カ年計画綱要」が公布された。新エネルギー自動車を戰略的新興產業の1つとしてとり挙げ、プラグインハイブリッド車や100%電気自動車、燃料電池車の技術とモデル事業を重点的に發展させ、産業化応用を推進することを掲げている。2011年7月に公布された「国家『十二・五』科学・技術發展計画」は、100%電気駆動技術轉換戰略の全面的実施、新エネルギー自動車の科技産業化事業の実施、「三縱三橫」という研究開発布石の堅持、完成車システム技術成果の産業化・大規模化にかかるモデル事業の加速、インフラ構築の強化、産業技術標準体系と検査・試験システムの確立を掲げている。

(8) 2011年2月25日、第11期全国人民代表大会常任委員会第19回會議で「中華人民共和國車船税法」が可決された。同日、胡錦濤国家主席は第43号主席令に署名しこれを公布した。同法は2012年1月1日から実施された。「車船税法」第4条では、「エネルギーを節約し、新しいエネル

ギーを使用する車・船舶に対して、車船税を減額または免除することができる」と規定している。引き続き2012年3月に、財政部と税務総局、工業・情報化部は「關於節約能源使用新能源車船可減免車船税政策通知（エネルギー節約や新エネルギー使用の車・船舶に対する車船税減免政策に関する通知）」を公布し、2012年1月1日から省エネ自動車に対して車船税の徴収を半減、新エネ自動車に対して車船税の徴収を免除すると決めた。2015年10月現在、公告で目録を3回更新している。

(9) 2012年に、「省エネ・新エネルギー自動車産業發展計画」が公布された。

「省エネ・新エネルギー自動車産業發展計画」では、100%電気駆動を新エネルギー自動車産業發展と自動車工業移行の主な戰略的方向として、目下100%電気自動車とプラグインハイブリッド車の産業化を重点的に推進し、非プラグインハイブリッド車や内燃機関自動車の普及を拡大し、中国自動車産業全体の技術レベルを向上させるということを明確に掲げている。

「省エネ・新エネルギー自動車産業發展計画」で掲げられた新エネルギー自動車發展の主な目標は次のとおり。産業化は大きな進展を得ている。2015年までに100%電気自動車とプラグインハイブリッド車の累積生産・販売台数は50万台に達する。2020年までに100%自動車とプラグインハイブリッド車の生産能力は200万台に達し、累計生産・販売台数は500万台を超える。燃料電池車や自動車用水素エネルギー産業は世界と同期して發展する。

燃費著しく改善する。2015年までにその年に生産された乗用車の平均燃料消費量は6.9リットル/100キロメートルに減少、省エネ型乗用車の燃料消費量は5.9リットル/100キロメートルに減少させる。2020年までにその年に生産された乗用車の平均燃料消費量は5.0リットル/100キロメートルに減少、省エネ型乗用車の燃料消費量は4.5リットル/100キロメートルに減少させる。

技術レベルが大幅に向上する。新エネルギー自動車やトラクションバッテリー、主要部品は全体的に世界先進レベルに達し、ハイブリッド、先進的な内燃機関、高効率のトランスミッション、自動車エレクトロニクス、軽量材料など、自動車省エネのための主要技術を掌握し、競争力の高い省エネ・新エネルギー自動車企業群を形成する。

組み合わせで統合する能力が明らかに強化される。主要部品の技術レベルと生産規模は基本的に国内市場の需要を満たす。充電施設の建設は新エ

新エネルギー自動車の生産・販売の規模に対応し、主要地域内または都市間での新エネルギー自動車運行ニーズを満たす。

管理制度を充実させる。省エネ・新エネルギー自動車の企業や製品に関する効果的な管理制度を確立し、マーケティングやアフターサービス、バッテリーリサイクルにかかる体系を構築し、サポートポリシーを補完し、比較的完全な技術標準と管理規準を形成する。

中国政府には新エネルギー自動車政策の策定に関わる部門が多く、「省エネ・新エネルギー自動車産業発展計画（2012年－2020年）」では、工業・情報化部がリーダーとして、国家発展改革委員会、科学技術部、財政部も参画する、省エネ・新エネルギー自動車産業発展にかかる部委（省庁）間調整メカニズムを確立し、組織指導と統合調整を強化し、総合的にさまざまな措置を取り、作業の合力を形成して、省エネ・新エネルギー自動車産業の発展を加速させる。関係各部門はそれぞれ職能と分担に応じてその部門の業務計画と関連政策措置を制定し、計画が決めた各項目の目標や任務を達成する。

「省エネ・新エネルギー自動車産業発展計画」は、中国政府が初めて出した新エネルギー自動車の発展に対する計画であり、「自動車産業調整・振興計画」を基にして、更に全面的に新エネルギー自動車の発展を加速させるものである。

(10) 2012年、政府は新エネルギー自動車に対し

て車船税を免除または半減した。同年に国家税務総局と交通運輸部は「関於城市公共交通企業購置公共汽電車輛免徵車輛購置稅的通知（都市部公共交通機関運営企業による路線バス・トロリーバス購入に対する車両購置税（自動車取得税）の免除に関する通知）」を所管部署に発出し、その恩恵が新エネルギー自動車に及んでいる。免税政策に補助金政策を加えて、政府の新エネルギー自動車に対するサポートはかつてなく力強いものとなっている。

(11) 2012年、財政部は「新エネルギー自動車産業技術イノベーション財政奨励資金管理暫行弁法」を所管部署に発出した。

(12) 2012年3月27日、科学技術部は「電気自動車科技發展『十二・五』特別事業計画」を公布した。（表1参照。）

(二) 政策の評価

この段階では、「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」、「戦略的新興産業の育成と発展の促進に関する決定」、「省エネ・新エネルギー自動車産業発展計画」などの文書により推進されて、中国の新エネルギー自動車産業は徐々に産業化・商業化への進行を開始し、市場導入期に入り、研究開発段階で遭遇しなかった多くの問題に直面し、より多くの政策論議を引き起こした。

この段階での政策論議は主に、①新エネルギー自動車の購入者に財政補助金を支給すべきか否か、

表1 「第12次5カ年計画」における電気自動車の重点技術方向

研究分野	研究方向		任務番号	任務内容
主要部品 技術	バッテリー と 燃料電池	トラクション バッテリー	1	高出力トラクションバッテリーシステム産業化技術研究開発
			2	エネルギータイプとエネルギー / パワーバランスのリチウムイオン トラクションバッテリー技術に関する研究
			3	新しいリチウムイオン電池の開発
			4	新しいシステムトラクションバッテリー技術研究
		燃料 電池	5	実証試験向け燃料電池システムの開発
			6	技術的突破向け次世代燃料電池システムの開発
	自動車用モーター		7	ハイブリッド産業化のニーズを満たすモーターおよびエンジンアセン ブリを開発する
			8	100%電気自動車のニーズを満たすモーターを開発する
			9	次世代の純粋な電気駆動システムの主要技術の突破
	電子制御		10	ハイブリッド電気自動車産業化のための電子制御技術の開発
			11	100%電気自動車の大規模商業化実証のための電気制御技術の開発
			12	次世代 100%電気駆動車の電子制御技術の突破を打ち破る
完成車統合 技術	ハイブリッド車		13	ハイブリッド電気自動車の産業化技術に関する研究
	100%電気自動車	14	小型 100%電気自動車の主要産業化技術に関する研究	
		15	100%電気商用車の産業化技術に関する研究	
		16	プラグインハイブリッド電気自動車の産業化技術に関する研究	
		17	次世代 100%電気自動車の電力システム技術プラットフォーム	
	燃料電池自動車		18	燃料電池自動車および電力システムプラットフォーム技術の研究開発

研究分野	研究方向	任務番号	任務内容
共通プラットフォーム技術	標準、テスト、データプラットフォーム	19	電気自動車の関連技術基準に関する研究
		20	電気自動車の試験・評価技術に関する研究
		21	電気自動車のデータ収集とデータベースソフトウェアおよびハードウェア開発
	エネルギー供給インフラプラットフォーム	22	充電・電池交換システムの企画・設計および主要機器の研究開発
		23	高度なインテリジェント充電・電池交換のため主要技術の研究と実証
		24	水素製造、水素貯蔵、水素入れのため主要な技術機器の研究と実証
	アプリケーション開発と統合デモ	25	実証と技術検証のため、電気自動車の産業チェーン製品の適用と開発
		26	電気自動車とインフラストラクチャーの応用技術研究と実証
		27	実証・産業化に基づくサービス支援プラットフォームの構築と実証
		28	電気自動車の商業化モードに関する議論と主要技術および支援政策に関する研究
		29	電気自動車技術評価と最先端技術にかかる国際科学技術協力

出典：中国科学技術部「電気自動車科技発展『十二・五』特別事業計画」、2012年3月27日、科技部公式サイトより。

②原動力はトヨタプリウスのようなハイブリッドか、100%電気か、燃料電池かそれともレンジエクステンダーか、③新エネルギー自動車の使用は主に充電モードにするか、バッテリー交換モードにするか、④充電方法はACモードかDCモードかなどを巡って行われた。これらの論議は中国の新エネルギー自動車産業化と商業化の初期において多くの新しい問題に直面していたことと、政策における見解の相違もあったことを反映している。

2011年7月16日、温家宝総理は雑誌『求是』に『科学技術事業の諸問題』の一文を寄稿した。文中、温総理は新エネルギー自動車発展の中で、議論に値する重大問題として、「戦略的新興産業の政策は、我々は西側先進国とほぼ同時に実施している。この点、チャンスは捉えている。しかし進展状況を見れば、問題は突出している。1つは無秩序な発展であり、一部の地方政府は大風呂敷を広げるのに熱心で、重複投資、重複建設が行われていること。2つには核心技術の欠如であり、多くの分野でまだ外国の技術を追いかけ、模倣する段階にとどまっていること。3つに縦割りの分割が、科学技術のリソースを分散させ、産学共同研究が成り立っていないことである。それは一部の分野または製品、技術路線、発展方向等がまだ十分明確になっていないことに現れている。新エネルギー自動車を例に挙げれば、発展方向や最終目標は何か、現在重点的に発展を図っているハイブリッド車や電動車が最終的な製品なのかも決してまだ明らかになっていないわけではない。ハイブリッド車にはようやく進展があるが、技術的には先進国との間にまだ大きな格差がある。電気自動車の開発はスタートしたばかりだが、全体としてはまだ初

級レベルでの探索と外国技術の模倣の段階であり、主な設備と素材はみな輸入依存である。新エネルギー自動車の発展にあたって、次にどのような課題を集中的に解決すべきか、技術路線の問題、核心的技術の問題、投資の問題、政策支援の問題など、速やかに明確にしていかなければならない¹¹。

温家宝首相の文章は、「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」の実施後、中国の新エネルギー自動車の産業化・商業化が進むにつれて、産業政策の調整と補完が急務になっていることを表している。

温家宝首相の指示に基づき、関連機関と政府部門は新エネルギー自動車の発展戦略、発展目標、発展方針をさらに明確にした。著者が関連議論に参加してみたところ、新エネルギー自動車開発の戦略的目標と技術ロードマップは適切に修正され、ハイブリッド車は発展方向の一つとして認められたが、主な開発方向とはなっていない。十分な議論に基づいて、「省エネ・新エネルギー自動車産業発展計画」が公布され、中国の新エネルギー自動車産業の中期発展方向とロードマップが明らかにされた。サポート政策も「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」よりさらに緻密で具体的になったのである。

「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」、「戦略的新興産業の育成と発展の促進に関する決定」、「省エネ・新エネルギー自動車産業発展計画」などの政策文書による指導の下で、この段階において、中国新エネルギー自動車産業の発展政策の重点は、実質的に電気自動車（主に100%電気自動車）に移行した。

「自動車産業調整・振興計画」の中の電気自動

¹¹ 温家宝「科学技術事業の諸問題」、2011年7月、『求是』雑誌第14期。

車の推進に関する政策に刺激されて、電気自動車の産業化は明らかに加速した。2009年にすでに34社企業の91の完成車製品は少量生産ができるようになり、一部の地域で商業化のデモンストレーション運行を始めた。運行に投入された車両は累計500台超となり、運行距離は1,500万キロメートルを超えた。ただし、BYDなど少数の企業のみが量産車種を出していた¹²。

新エネルギー自動車にかかるインフラ建設が開始された。国家电网有限公司が27の都市で電気自動車充電ステーションの建設を開始した。2010年末現在、北京、天津、西安など27の都市で75カ所の電気自動車充電ステーションと6,029カ所の充電スタンドを設置しパイロットを行っている。

主要自動車メーカーは新エネルギー自動車の研究開発のために、いくつかの産業連盟を結成した。例えば、国内自動車メーカー上位10社からなる新エネルギー自動車開発のための「T10」産業連盟。同済大学、清華大学、武漢理工大学、重慶大学といった4つの大学と、中国科学院大連理化学研究所など3つの研究機関、中国第一汽車集团公司（FAW Group）など完成車及び部品メーカー12社は燃料電池車技術イノベーション戦略連盟を組んだ。

政府は自主的研究開発に対する支援を強化している。国家発展改革委員会は新エネルギー自動車にかかわる電気駆動システムやエンジンコアコンポーネント、高度省エネルギーモーター及び制御技術、代替燃料自動車などに関する「国家地方連合工程実験室」の設立を承認した。

国内主要自動車企業はすべて新エネルギー自動車の開発と産業化のペースを加速させた。この期間中に34社の91の完成車製品は少量生産ができるようになった。

SAIC、一汽、東風、長安、奇瑞、吉利、JACなど各社は自主的な知的財産権がある新しいエネルギー車を開発した。奇瑞、BYD、BAIC Fotonなどは少量生産もできるようになった。多国籍企業は新エネルギー自動車開発における中国自動車企業の実力に注目するようになった。たとえば、メルセデスベンツがBYDと提携したのは、BYDがバッテリーに関し強い研究開発能力を持っているからである。

2011年末現在、中国では自動車新製品として公告された省エネ・新エネルギー自動車は合計

208モデルあり、うち73モデルはハイブリッド車で、126モデルは100%電気自動車で、9モデルは燃料電池車である。ところが、公告された208モデルの実際生産台数は10,000台未満であり、そのほとんどが実証試験中である。2001年に「863計画」電気自動車重大特別事業がスタートしてから、2011年に全国で導入された新エネルギー自動車は13,000台あまりのみである。2010年末現在、国指定パイロット都市で導入された新エネルギーバスは6,000台超となった一方、個人が購入した新エネルギー自動車は1,000台未満であった。なぜ個人消費者は購入意欲が乏しいか、その主な理由は、新エネルギー自動車を使用される環境に大きな欠陥があり（例えば充電スタンドの普及）、コストパフォーマンスは従来車と比べることが難しい。「自動車産業調整・振興計画」で掲げられた量的目標は達成されておらず、新エネルギー自動車の商業化の進みは遅れている。

中国の新エネルギー自動車産業の国際競争力を見ると、2013年の世界新エネルギー自動車産業発の上位5カ国（米国、日本、ドイツ、韓国、中国）を比較して、中国の新エネルギー自動車産業国際競争力総合指数は第5位にある¹³。

「自動車産業調整・振興計画（2009年－2011年）」、「戦略的新興産業の育成と発展の促進に関する決定」、「省エネ・新エネルギー自動車産業発展計画」などの文書で出された関連政策は、新エネルギー自動車の産業化・商業化の促進には明らかに力不足で、効果が表れていない。新エネルギー自動車の産業化・商業化においてより確実に有力な産業政策を導入することが急務となっている。

四. 新エネルギー自動車の大規模市場導入期の産業政策（2014年～現在）

この段階の産業政策は主に、新エネルギー自動車の産業化・商業化の大規模な推進、新エネルギー自動車の研究製造、生産、消費、リサイクルなどの部分を網羅して考慮しており、産業チェーン全体をカバーする系統的な産業政策が形成されている。国務院「關於加快新能源汽车推广应用指导意见（新エネルギー自動車の普及拡大・応用の促進に関する指導意見）」など、この段階の主な政策は国家指導者自ら参画の下で策定されたものである。この段階の産業政策には明らかな系統性・包括性がみられる。

¹² 「自動車産経新聞」2009年36期。

¹³ 中国自動車技術研究センター、日産（中国）投資有限公司、東風汽車有限公司「中国の新エネルギー自動車産業発展報告書」（2019年版）、社会科学文献出版社、12ページ。

(一) 主要な産業政策

(1) 2014年7月に、国務院は「關於加快新能源汽车推广应用指导意见（新エネルギー自動車の普及拡大・応用の促進に関する指導意見）」を公表した。2014年初めに、馬凱国務院副首相が電気自動車の普及拡大について一歩踏み込んだ調査研究を行った。国家発展改革委員会、工業・情報化部、財政部などの主導の下で、電気自動車の産業化・市場化の促進に関する一連の重要な政策が出された。そのうち最も重要なのは2014年7月に国務院「關於加快新能源汽车推广应用指导意见」(以下「意見」という)が発表されたことである。この重要文書の発表により、新エネルギー自動車の産業化・市場化を推進する具体的なタイムテーブルとロードマップが確定された。8月の初めに、財政部は車両購置税の徴収を免除する政策を発表し、9月1日から条件に適合する新エネルギー自動車に対し車両購置税を免除する。また8月末に、工業・情報化部は車両購置税免除対象車種リスト(第1弾))を公表した。

「意見」は充電施設用地政策と電気使用価格政策の改善を求めている。2014年7月末に、国家発展改革委員会は電気自動車の電気使用価格政策を公布した。電気自動車の充電は家庭用電気料金を適用し、電気消費コストは石油の10分の1ほどである。

「意見」は系統的に新エネルギー自動車の発展促進に関する具体的な政策措置を示している。それは以下のとおりである。

新エネルギー自動車の普及拡大に関する補助金政策を改善する。消費者が要件を満たしている100%電気自動車やプラグイン(レンジエクステンダーを含む)ハイブリッド車、燃料電池車を購入する場合、これに対して補助金を支給する。新エネルギー自動車の普及拡大の規模が大きく、関連インフラの整備が進んでいる都市または企業に対し、中央財政から資金を用意して奨励する。奨励金は充電施設の建設などに用いる。関係部門は2016年から2020年までの新エネルギー自動車の普及拡大・応用に対する財政支援政策の検討を急ぎ、2014年末までに社会に発表し、企業や市場の見通しの安定化をはかる。

都市路線バス用石油製品の価格にかかる補助金政策を改革し改善する。都市路線バス業界は新エネルギー自動車の普及拡大の優先分野である。都市路線バス用燃油に対する補助金を徐々に減らし、新エネルギー路線バスの運行に対する補助金

を増やすことにより、補助金の枠と新エネルギー路線バスの普及拡大目標の達成状況とを結び付けて、新エネルギー路線バスの応用を奨励し燃料油を使う路線バスの増加を制限する仕組みを作り上げ、新エネルギー路線バスによる燃料油を使う路線バスの代替を加速させる。

新エネルギー自動車に対する税制優遇措置。2014年9月1日から2017年12月31日まで、100%電気自動車やプラグイン(レンジエクステンダーを含む)ハイブリッド車、燃料電池車に対して車両購置税を免除する。「中華人民共和国車船税法」及びその実施条例をさらに確実に実施し、省エネ・新エネルギー自動車に対する車船税優遇政策を研究して補完し、車船税の減免作業を徹底する。自動車消費税政策を引き続きしっかり実施し、新エネルギー自動車の消費奨励の税政策の効果を発揮させる。

新エネルギー自動車に対する金融サービスシステムを完備させる。銀行業金融機関が商業持続可能な原則に基づき、新エネルギー自動車業界の特徴に応じる与信管理と貸付審査の制度を確立し、新たな金融商品を創出し、新エネルギー自動車の生産、経営、消費といった各部分での融資需要を満たすよう奨励する。適格の企業が上場して債券を発行することにより資金調達チャネルを拡大することをサポートする。自動車金融企業が金融債券を発行し、信用資産の証券化、個人による新エネルギー自動車購入の資金源を増やすことを奨励する。

新エネルギー自動車企業の参入政策を策定する。新規の新エネルギー自動車製造企業による投資プロジェクトに対するオープンで透明で高度操作可能な参入条件を研究し導入することで、新エネルギー自動車の研究開発・生産への民間資本や技術革新能力ある企業の参入をサポートする。

企業の平均燃費管理システムを確立する。自動車企業の平均燃料消費量に基づくポイント取引と賞罰のルールを制定し実施する。企業の平均燃料消費量を評価する際に新エネルギー自動車を優遇する。新エネルギー自動車の開発、生産、販売を奨励する。

差別化した新エネルギー自動車の交通管理政策を実施する。交通渋滞を緩和するために自動車の購入と運転を制限する措置を取っている関連地域は、新エネルギー自動車に対し優遇措置と利便性を提供すべきである。新エネルギー自動車を独立分類項目とする登録を行い、新エネルギー自動車にかかる税収や保険の分類管理を

便利にする。自動車運行許可証に新エネルギー自動車の類型を記載して、法執行機関による管理における効果的な識別と区分がしやすくなるようにする。道路交通に対する技術的監視システムを改善し、ナンバープレートの自動的識別システムにより新エネルギー自動車の通行に便宜を図る。

「意見」は新エネルギー自動車の市場化の促進に大きな影響を与えた。その後の一連の関連支援政策はすべて「意見」に基づいて策定されたのである。「意見」で提起された消費者への財政的補助金支給政策は特に影響が大きかった。

「關於加快新能源汽车推广应用指导意见」の公布は中国における新エネルギー自動車の大規模な市場拡大の序幕となり、2014年は中国における新エネルギー自動車元年となった。2014年一年に中国全体で新エネルギー自動車生産は計83,900台に達した。これは過去5年間累計の4倍にも相当する。2014年に中国は世界で2番目に大きい電気乗用車市場となった。2014年に導入された新エネルギー路線バスは約36,000台で、世界最多である。

工業・情報化部は2016年にウェブサイトで新エネルギー自動車補助金清算状況を公示して以来、すでに連続6回公表している。6回の清算で、2015年、2016年、2017年の3年間に販売された705,200台の新エネルギー自動車に対して中央財政から補助金が合計642億元支給されている。未清算の2018年と2019年の新エネルギー自動車補助金を加えれば、中国の新エネルギー自動車に対する中央財政補助金は1,000億元を超えると推定される。

地方政府の政策も2014年を電気乗用車元年にした要因となっていることも指摘しておく必要がある。自動車購入の制限、交通渋滞の緩和、汚染削減のために、北京、広州、上海などの主要都市は次々と購入制限の政策を出した。これらの都市で従来車を購入する場合、抽選に参加する必要がある、待ち時間が長い。ところが、これらの都市は政策を出して、電気自動車を購入するならば、電気自動車のために用意した番号の抽選に参加でき、購入しやすくすることで、多くの人が新エネルギー自動車を購入せざるを得ない状況を整えた。

「關於加快新能源汽车推广应用指导意见」の発表は、政府による全力的なサポートの下で新エネルギー自動車が大規模な市場拡大段階に入ったことを意味する。新エネルギー自動車の発展に対

する市場と消費者の影響は徐々に現れている。

(2) 2014年7月に、國務院機關事務管理局と財政部、科学技術部、工業・情報化部、国家發展改革委員会は「政府機關及公共機構購買新能源汽車实施方案（政府機關及び公共機構による新エネルギー自動車購入の実施計画）」を策定した¹⁴。本計画は、政府機関と公的機構が自動車の購入する場合、新エネルギー自動車を優先的に選択すること、機密通信、固定ルートでの法執行・見回り、通勤などに配備された車両の更新にあたって新エネルギー自動車を使用すべきこと、環境衛生、郵便、観光、公共交通機関などより多くの分野とより広い用途での新エネルギー自動車の購入と使用を奨励することを持ち出した。

本計画は以下のように要求した。2014年から2016年にかけて、中央国家機関及び財政部、科学技術部、工業・情報化部、国家發展改革委員会で登録されている新エネルギー自動車普及拡大・応用都市の政府機関や公的機構が購入した新エネルギー自動車の当年配備更新総量に占める割合を30%以上とし、以降年々増加させる。上記の政府機関および公的機構のほか、各省・自治区・直轄市の政府機関および公的機構が購入した新エネルギー自動車の当年配備更新総量に占める割合は2014年には10%以上（北京・天津・河北、揚子江デルタ、珠江デルタなど微小粒子状物質の管理任務が重い地域の政府機関および公的機構による購入割合は15%以上）に、2015年には20%以上に、2016年には30%以上とし、以降年々増加させる。

これは政府が公共調達政策を梃子に新エネルギー自動車産業の市場を動かすための強力な政策措置である。

(3) 2014年8月初、財政部は車両購置税を免除する政策を公布した。9月1日から条件を満たす新エネルギー自動車に対し車両購置税を免除する。8月末に、工業・情報化部は車両購置税免除対象車種リスト（第1弾）を公表した。政府補助金を享受するすべての電気自動車は工業・情報化部の審査を受けて、車両購置税免除対象車種リストに登録されなければならない。

(4) 2014年、国家發展改革委員会は「關於電動汽車用電價格政策有關問題的通知（電気自動車電気料金政策関連問題に関する通知）」を公布した。この通知は電気自動車の充電・バッテリー交換施設の電気使用に対し助成的な電気料金政策を実施し、以下のように規定している。

¹⁴ 中央政府ポータルサイト：www.gov.cn 2014-07-13

企業経営の電力網に直接接続している集中式充電・バッテリー交換施設の電気料金は大規模産業用電力の価格を執行する。2020年までに暫定的に基本料金を免除する。

他の充電施設はその設置される場所に依じて分類目録電気料金を適用する。その中で、住居者家庭住宅、住居者住宅団地、住居者電気料金を適用する非住居者ユーザーに設置された充電施設の電力使用は総合メーターユーザー向け電気料金を適用する。政党・政府機関、企業その他組織、共用駐車場に設置された充電施設は「一般商工業その他」の電気料金を適用する。

電気自動車の充電やバッテリー交換施設はピークシフト電気料金を適用する。電気自動車が一泊時間帯で充電することを奨励する。電力システムの利用効率を改善し、充電コストを削減する。

(5) 2015年5月、国務院は「中国製造2025(Made in China 2025)」を公布した。この計画は新エネルギー自動車を突破して発展させる重要な分野としている。「省エネ・新エネルギー自動車について。電気自動車、燃料電池車の開発を引き続きサポートする。自動車の低炭素化、情報化、インテリジェント化の中核技術を掌握する。トラクションバッテリー、駆動モーター、高効率の内燃機関、先進なトランスミッション、軽量化材料、インテリジェント制御などの中核技術の事業化・産業化の能力を向上する。主要部品から完成車までの完全な工業体系とイノベーション体系を形成させる。自主品牌の省エネ・新エネルギー自動車が国際先進レベルに合致するよう推進する。」

(6) 2015年6月に、国家発展改革委員会と工業・情報化部は「新建純電動乗用車企業管理規定(100%電気乗用車の新規企業の管理に関する規定)」を公布した。規定は、新規企業は100%電気自動車の生産を推奨し、いかなる内燃機関で駆動する自動車製品を生産してはならないと明確に規定している。

この規定は新エネルギー自動車企業の建設について以下のように決めている。「新規企業の投資主体は『政府核准投資項目管理弁法』の関係要求に基づいて投資事業申請報告書を作成し、また国家発展改革委員会に申請企業の会社概要や基礎的能力、プロトタイプ試作に関する説明および証明資料を提供しなければならない。」

新企業設立の投資主体は以下の基本的条件を備えなければならない。

中国国内で登録しており、事業投資にふさわし

い自己資金規模と資金調達能力を有すること。

コンセプトデザインやシステム・構造の設計からプロトタイプ車の開発、テスト、モデル確定まで、100%電気乗用車に関する完全な研究開発履歴を有すること。専門的な研究開発チームと完成車のフォワードR&D能力を有し、車両制御システム、トラクションバッテリーシステム、完成車の集成と軽量化における中核技術及び対応する試験検証能力を掌握しており、100%電気乗用車に関する自主知的財産権とライセンス取得した関係発明特許を有すること。

完成車の試作能力を有し、車体やシャシーの製造、トラクションバッテリーシステムの統合、完成車のアッセンブリーなど主要な試作プロセスと装置を含め、完全な100%電気乗用車プロトタイプ試作条件を備えていること。

自社で試作した同じタイプの100%電気乗用車プロトタイプ数は15台以上ではなければならない。提出したプロトタイプは国家認定の試験機関による検査を受けて、自動車国家標準と電気自動車関連標準に適合していることを前提として、安全性、信頼性、加速性能、完成車軽量化、経済性などにおいて決められた技術要件を満たしていること。

以前の自動車産業参入規定に比べて、この規定は他の業界の企業に参入の門戸を開いたといえる。中国自動車産業におけるいわゆる「自動車製造新興勢力」が、2015年以降大挙して新エネルギー自動車分野に参入している。

(7) 2015年10月、国務院弁公庁は「關於加快電動汽車充電基礎設施建設的指導意見(電気自動車充電インフラ構築の促進に関する指導意見)」(以下「意見」という)を公布した。

「意見」は、2020年までに500万台を超える電気自動車の充電ニーズを満たすために、適度に時代を先取りして、自動車と充電設備とが相まって進んでいるスマートで効率的な充電インフラシステムを作り上げることを明確にしている。

「意見」は、充電インフラ構築特別事業計画の設計と指導を強化すること、各地域は充電インフラ構築特別事業計画の関連内容を都市部・農村部計画の中に組み入れること、原則として新築住宅付帯駐車スペース、大型公共建築物付帯駐車場、社会的共用駐車場または充電施設設置予定の駐車スペースの割合はそれぞれ100%、10%、10%とし、電気自動車2,000台ごとに少なくとも1カ所の公衆充電ステーションが設置されていることを求めている。

「意見」はまた、充電施設の標準・規準の補完、

充電インテリジェントサービスプラットフォームの構築、相互接続促進メカニズムの確立、関連するグリッドアクセスサービスの提供、充電サービスビジネスモデルの革新、関連する標準・規準の制定・改訂・補完、「インターネットプラス充電インフラ」の力強い推進、電気自動車とスマートグリッドとのエネルギーと情報の双方向の相互作用の促進、国家電気自動車充電インフラ促進連盟の結成、充電施設関連グリッドの構築・改修プロジェクトを各地域の配電網特別事業計画に組み入れること、充電サービス企業による充電インフラにかかるビジネス協力モデルの創出を奨励することを求めている。

「意見」の公布は、新エネルギー自動車に対する中国政府の関心は完成車の研究開発から技術研究開発と新エネルギー自動車使用環境の改善との両立に移行していることを示している。新エネルギー自動車インフラ整備促進の政策は徐々に強化されている。

(8) 2016年1月1日、財政部は一部の商品の輸出入関税を調整した。新エネルギー自動車関連の高速電気機関車用トラクションコンバーター、100%電気自動車またはハイブリッド車用モーターコントローラー、100%電気自動車またはプラグインハイブリッド車用リチウムイオン電池セル、100%電気自動車またはプラグインハイブリッド車用リチウムイオン電池システム、100%電気自動車またはハイブリッド車用モーター制御アセンブリ、およびその他の自動車部品の関税はそれぞれ3%（最恵国は10%）、4%（最恵国は10%）、8%（最恵国は12%）、10%（最恵国は12%）と4%（最恵国は7%）に下げられた。上記の新エネルギー自動車部品に対する関税の低減は国内新エネルギー自動車企業のコストを大幅に削減した。

(9) 2017年4月6日に、工業・情報化部、国家発展改革委員会、科学技術部は「自動車産業中長期発展計画」(以下「計画」という)を共同発表した¹⁵。

「計画」は、まず自動車産業が新しい技術革新と産業革命を推進する重要な力であり、製造強国建設の重要な支えであり、国民経済の重要な柱であることを確定した。

「計画」は次のよう提起している。中国の新エネルギー自動車とインテリジェントコネクテッドカーはチャンス在先取り、飛躍的発展の突破口になることが望まれる。目下、中国の新エネルギー自動車の技術レベルは大幅に向上し、産業規模は

急速に拡大し、産業チェーンは日に日に完備されている。自動車のインテリジェンス化やインターネット化をサポートする情報技術産業の実力は強化されつつ、インターネット産業は世界において一定の優位性を占めており、情報通信分野における技術と標準の国際的発言権は大いに強くなっている。北斗GPSシステムはグローバルネットワーキングを実現させようとしている。

「計画」の目標は、10年間の継続的な努力の結果、世界の自動車強国への仲間入りを目指すことである。

主要技術で大きなブレイクスルーを起こす。産業革新システムを継続的に改善し、企業の革新能力を大幅に強化する。動力システム、高度な伝送システム、自動車エレクトロニクスなどの省エネ技術を世界の先進レベルに比肩させ、トラクションバッテリーや駆動モーターなどの主要中核技術を世界をリードするレベルに引き上げる。2020年には、いくつかの新エネルギー自動車企業が世界トップ10にランクインし、インテリジェントコネクテッドカーを世界と同時に発展させる。2025年までに、新エネルギー自動車の基幹企業の世界的な影響力と市場シェアをさらに拡大し、インテリジェントコネクテッドカーを世界のトップにランクインさせる。

産業チェーン全体を安全かつ制御可能とする。自動車用センサーや車載用チップなど高度な自動車エレクトロニクス及び軽量化新材料、ハイエンド製造装置といった弱点を補完し、国際競争力のある部品サプライヤーを育成して、部品から完成車までの完全な産業システムを形成する。2020年までに、規模が1,000億元を超える自動車部品企業グループがいくつか形成し、一部の主要中核技術において強い国際競争優位性を獲得する。2025年までに、世界トップ10に入るいくつかの自動車部品企業グループを形成させる。

中国ブランド自動車の全面的な発展。中国ブランド自動車製品の品質を大幅に向上し、ブランド認知度や製品の評判、国際的な影響力を大幅に強化し、国際競争力の強い企業とブランドを形成させる。グローバルな産業分業やバリューチェーンに占める地位は大幅に上昇する。新エネルギー自動車分野においてグローバルなイノベーションリーダーシップを獲得する。2020年までに、いくつかの世界的に有名な自動車ブランドを作り上げる。商用車の安全性能を大幅に改善する。2025年までに、いくつかの中国ブランド自動車企業の生産台

¹⁵ 新浪網、2017年4月8日。

数と販売台数を世界トップ10にランクインさせる。

新しい産業のエコシステムを基本的に形成する。研究開発の設計、製造、物流配送、マーケティング、顧客サービスの一体化したスマート化転換を完了させ、人間と車と環境施設とのスマートな相互接続やデータの共有を実現し、自動車と次世代の情報技術、スマート交通、エネルギー、環境保護などが融合して発展する新しいスマートエコシステムを形成する。2020年までに、インテリジェントレベルは著しく向上し、バリューチェーンに占める自動車アフターマーケットとサービス業の割合を45%以上に引き上げる。2025年までに、重点分野は完全にスマート化を実現し、バリューチェーンに占めるアフターマーケットとサービス業の割合を55%以上にする。

この計画の特徴は、中国が工業強国・自動車強国になる道程における新エネルギー自動車の発展の位置づけを強調していること、グローバルな新技術革命の推進に応じて、スマート化とネットワーク化とを関連付けて考えていること、産業チェーン全体の安全で制御可能を強調していることである。この計画は中央政府が新エネルギー自動車の産業化プロセスに基づいて系統的で政策的に考えたものである。

(10) 2017年10月に、工信部は「乗用車企業平均燃料消耗量と新能源汽车積分併行管理弁法（乗用車企業の平均燃料消費量と新エネルギー自動車ポイントとの並行管理弁法）」(以下「弁法」という)を公布した。ダブルポイント管理弁法は2018年4月1日から実施した。

「弁法」は、新エネルギー乗用車とは新しい動力システムを使用し、完全にまたは主に新エネルギーを原動力とする乗用車を指す。プラグインハイブリッド（レンジエクステンダーを含む）乗用車、100%電気乗用車、燃料電池乗用車などを含んでいる、と規定している。

従来型エネルギー乗用車とは、新エネルギー乗用車以外のガソリンやディーゼルまたは気体燃料を燃焼することができる乗用車（非プラグインハイブリッド乗用車を含む）を指す。

「弁法」は次のように確定している。乗用車企業には、中華人民共和国国内の乗用車メーカーと輸入乗用車のサプライヤーを含む。国内乗用車メーカーとは工業・情報化部から参入認可を受け、また強制製品認証を取得した乗用車企業を指す。輸入乗用車サプライヤーとは中華人民共和国以外から乗用車を輸入して中国国内で販売する、強

制製品認証を取得した企業を指し、海外乗用車メーカーからライセンスを受けた輸入乗用車サプライヤーと、ライセンスを受けていない輸入乗用車サプライヤーを含む。

工業・情報化部は燃料消費量と新エネルギー自動車ポイントの管理プラットフォームを構築し、企業の平均燃料消費量と新エネルギー自動車ポイントの公示、譲渡、取引などを統合して推進する業務を行う。「弁法」は乗用車企業の平均燃料消費量と新エネルギー自動車ポイントの計算方法について詳しく説明している。

「弁法」の公布は、政策的なインセンティブを通して自動車企業による新エネルギー自動車の開発と生産を加速させることを目的としている。同時に、財政補助金支給停止後の新エネルギー自動車市場へサポートを行うものである。

(11) 2017年に中国自動車技術研究センターが制定した「EV-TEST（電気自動車評価）管理規則」が正式に使用された。これは、新エネルギー自動車の産業化が大規模生産の段階に入り、新エネルギー自動車の製品開発や試験がすでに産業化プロセスに入っていることを意味する。

(12) 2018年2月、「新能源汽车動力蓄電池回收利用管理暫行弁法（新エネルギー自動車用トラクションバッテリーのリサイクルの管理に関する暫定措置）」(以下「弁法」という)が公布された。この「弁法」は工業・情報化部、科学技術部、環境保護部、交通運輸部、商務部、国家質量監督検査検疫総局、能源局によって共同で策定されたものである。新エネルギー自動車用トラクションバッテリーのリサイクルの管理の強化、業界の発展の規準化、資源の総合的利用の推進、環境と人間の健康の保護、安全性の確保、新エネルギー自動車産業の持続可能で健全な発展を促進することを目的としている。

「弁法」は、拡張生産者責任制度を確実に実施すること、自動車メーカーがトラクションバッテリーを回収する主体的な責任を負うよう求めること、関連企業もトラクションバッテリーリサイクルの各部分において対応する責任を果たすべきことを指摘している。

「弁法」の第10条では、自動車企業は新エネルギー自動車の販売者に依頼してトレーサビリティシステムを通じて新エネルギー自動車とその所有者のトレーサビリティ情報を記録すべきである。また自動車のユーザーマニュアルにバッテリー回収の要求と関連手続などの情報を明記すべきであ

ると求めている。

「弁法」はまた、段階的な利用とリサイクルを奨励すること、トラクションバッテリーのリサイクルのイノベーションを推進すること、自動車メーカーはさまざまな方法をとって、新エネルギー自動車の所有者に便利で迅速なリサイクルサービスを提供すること、買い戻し、古い電池の新しい電池への交換、補助金支給などの措置により、所有者の使用済みバッテリーを引き渡す意欲を高めること、と規定している。

「新能源汽车動力蓄電池回收利用管理暫行弁法」の公布に伴って、中国政府の新エネルギー自動車産業政策は研究開発、生産、販売、古い製品のリサイクルといった部分から新エネルギー自動車の産業チェーンを全面的にカバーした。これは、新エネルギー自動車の商業化が日に日に成熟しており、新エネルギー自動車産業に対する政府のサポートがますます完全になっていることを示している。

(13) 2019年3月、交通部は通知を発出し、2020年末までに、中国の重点地域の直轄市、省都都市、計画単列都市の市街化区域の路線バスはすべて新エネルギー自動車に交換することを求めている¹⁶。

この通知は、政府部門の行政規制により、大都市での路線バスの新エネルギー化プロセスを効果的で大幅に促進し、新エネルギーバスの市場を拡大した。上記の目標に従って、将来中国の路線バスは完全に電氣化が実現する。同時に従来のオイルを燃料とする路線バスは多く淘汰される。2017年には中国の路線バス保有台数は約65万台である。うち新エネルギーバスは27万台で、保有台数入替率は35.9%になる。全体的にみると、市場潜在力が大きく、新エネルギーバス増加の市場容量はおそらく100万台を超えると予想される。

(14) 2019年12月3日、工業・情報化部は「新エネルギー自動車産業発展計画（2021年－2035年）」（パブリックコメント用ドラフト）を公布した¹⁷。これは今後15年間の中国の新エネルギー自動車の発展のために発展戦略、方向性、研究開発重点、技術ロードマップを示すもの。

「新エネルギー自動車産業発展計画（2021年－2035年）」（パブリックコメント用ドラフト）は以下のように提案している。

中国の新エネルギー自動車は、市場競争の激化、発展モーメント転換の緊急必要性、中核技術の供給不足、産業エコシステムの不健全等、新たな情勢

や問題に直面している。戦略機会を先取してつかみ、良好な勢いを固め、インフラや情報通信などの分野での優位性を十分に生かし、産業の核心的競争力を継続的に高めて、新エネルギー自動車産業の高品質で持続可能な発展を促進しなければならない。

市場による主導。資源配分における市場の決定的な役割を十分に発揮し、技術ロードマップの選択や製品生産能力の配置などにおける企業の主体的地位を強化する。政府の主な仕事は法規や基準を制定することと、市場秩序を維持することである。自動車セクターを開放するためのタイムテーブルとロードマップを確定し、国際市場への進出と融合を加速する。

2025年までに、新エネルギー自動車は競争力を大幅に向上させ、販売台数を自動車全体の20%に高める。条件付き自動運転インテリジェントコネクテッドカーのシェアは30%とし、高度自動運転スマートコネクテッドカーは限定地区内で商業化運用を実現させ。新しい乗用車の平均燃料消費量は4.0L/100kmまで低減され、新エネルギー乗用車の平均電力消費量は11.0kWh/100kmまで削減する。

2030年までに、新エネルギー自動車は市場での競争優位性を形成し、販売台数のシェアが当年自動車全体の40%となる。条件付き自動運転インテリジェントコネクテッドカーは販売台数のシェアが70%となる。高度自動運転インテリジェントコネクテッドカーは高速道路で広く導入され、一部の都市の道路で大規模に導入される。新車のエネルギー消費は世界先進レベルに達する。

計画は、融合発展を強調している。新エネルギー自動車とエネルギーとの融合発展を推進し、新エネルギー自動車と電力網との双方向の相互作用を強化する。新エネルギー自動車と再生可能エネルギーとの融合発展を促進する。新エネルギー自動車と交通との融合発展を推進し、一体化インテリジェントコモューティングを促進する。新エネルギー自動車と情報通信との融合発展を推進し、相互接続と情報交換を強化する。

計画は「三縦三横」を改めて定義した。「三縦三横」の研究開発局面が形成し、100%電気自動車、プラグインハイブリッド車、燃料電池車を「三縦」とし、トラクションバッテリーと管理システム、駆動モーターとパワーエレクトロニクス、ネットワーク化とインテリジェント化技術を「三横」とする。

¹⁶ 2019年3月7日、国際新エネルギーネットワーク。

¹⁷ Baidu.com。2019年12月10日。

計画は燃料電池車の発展を非常に重視し以下のように提起している。燃料電池システムに関する技術研究の難関を突破する。水素燃料供給保証システムの構築を順序に進める。水素燃料の貯蔵と輸送の経済性を改善する。地域の状況に応じて工業からの副生水素の利用や再生可能エネルギーで水素を生産する技術を応用する。先進的で適用可能な水素貯蔵材料の産業化を加速させる。高圧気体、低温液体および固体といったさまざまな形の貯蔵・輸送技術の実証応用を実施し、水素輸送パイプラインの建設を探索し、水素燃料貯蔵・輸送のコストを徐々に削減する。水素インフラの整備を推進する。既存の場所と施設を利用した石油、ガス、水素、電気の包括的供給サービスをサポートする。水素補給インフラ構築の案件形成、審査・承認、建設、検収、運営開始などを管理する規準を補完し、水素インフラの安全管理を強化し、水素補給インフラの安全基準と検査認定能力を高める。自動車用高圧水素貯蔵装置の標準と試験システムを整備する。

(15) 2020年2月10日、工業・情報化部は「工業和信息化部關於修改新能源汽車生產企業及產品準入管理規定的決定（新エネルギー自動車メーカーと製品の参入にかかる管理規定の改正に関する工業・情報化部の決定）」（パブリックコメント用ドラフト）を公布した。この文書の中核は、これまでの新エネルギー自動車メーカーと製品の参入の要件を、「設計開発能力」を有することから「技術保証能力」を有することに変更したことである。これは中国の新エネルギー企業で基本的に大量生産ができていることに応じて、工業・情報化部が変更を行ったもので、実際に新エネルギー自動車企業の参入基準を引き上げた。

（二）政策の評価

この段階では、国务院「關於加快新能源汽車推广应用の指導意見」や「關於加快電動汽車充電基礎設施建設的指導意見」などの文書の公布にした

がって、中国の新エネルギー自動車の産業化・市場化が急速に進んでいる。新エネルギー自動車の市場環境は急速に改善されている。中国の新エネルギー自動車産業の技術レベルは大幅に向上し、産業体系は日に日に完全なものになり、企業の競争力は大幅に強化した。生産販売台数や保有台数は4年連続で世界1位になっており、電気化は世界で上位に位置する。

この段階での政府の産業政策は、新エネルギー自動車の市場参入の奨励に着目のみならず、消費、使用、リサイクルなどからも産業チェーン全体に配慮している。

政府による強力な政策サポートの下で、この段階の中国の新エネルギー自動車は規模やレベル、消費などにおいて全面的に発展を加速させていた。2018年に世界の新エネルギー自動車販売台数は200万台を超え、そのうち中国の新エネルギー自動車販売台数は125万6千台となり、61%の割合を占め、4年連続で世界1位になった。

トラクションバッテリー産業は2018年に搭載容量が568億9,000万Whを超え、生産能力は世界1位となった。中国はトラクションバッテリーの世界最大の使用市場となった。2016年の世界トップ10のバッテリーメーカーのうち7社が中国企業である。規模でみると、中国のトラクションバッテリーメーカーである寧徳時代（CATL）がすでに世界最大となっている。中国の自動車用バッテリー企業は基本的にバッテリー原材料、バッテリーセルの研究開発、製造の中核技術を掌握しており、そのレベルは国際基準に匹敵する。モーター技術の進歩は世界に同期しているが、いくつかの主要部品は依然輸入する必要がある¹⁸。

駆動モーター技術は統合化に向かって加速して発展しており、自動車規格レベルのIGBT デバイスは完成車への組み合わせが実現している。

2018年末時点で、中国において公衆充電スタンドは合計331,000基となり、個人用充電スタンドは合計477,000基となり、各種の充電スタンドの総数

表2 2017年-2018年の中国の新エネルギー自動車の生産・販売台数（万台・%）

車種	生産台数			販売台数		
	2017	2018	前年比増加	2017	2018	前年比増加
100%電気自動車	66.47	98.6	47.9	65.07	98.4	50.8
プラグインハイブリッド車	12.8	28.3	122	12.5	27.1	118
燃料電池車	0.13	0.15	15.4	0.13	0.15	15.4
合計	79.4	127	59.9	77.7	125.6	61.7

出典：「China Automotive Industry Yearbook（2019）」、p.296。

は808,000基となっている。車と充電スタンドとの比は3.7:1で、世界で1位を占めている¹⁹。

米国、日本、ドイツ、韓国、中国という5カ国と比較すると、中国の新エネルギー自動車産業の国際競争力総合指数は3位であり、ドイツと韓国を抜いている²⁰。

新エネルギー自動車は徐々に個人消費の分野に入っている。2018年に、個人が購入した新エネルギー自動車は56万台で、新エネルギー自動車の消費量の54%を占めた²¹。

この段階において、中国政府による新エネルギー自動車産業政策は効果が明らかである。中国の新エネルギー自動車の産業化・商業化を大きく加速させた。また研究開発、製造、使用、リサイクルなど、産業チェーン全体から産業の成長を促進した。ところが、次のような問題も存在する。

第一、初期段階において政府による財政的補助の規模が大きかったため、新エネルギー自動車企業としての登録ラッシュが起こった。ただ、その中の一部のいわゆる「新興勢力」の企業には真の研究開発、生産能力がなく、その結果、地方政府の盲目的事業申請の中、機に乗じて不正「レントシーキング」を働く企業が見られた。

第二、新エネルギー自動車に対して地方政府は中央政府による補助金枠を基に、同額の助成金を支給するが、一部の地方政府が地元企業のみを補助対象とすることで、市場の歪みをもたらした。本来完成車製造の実力のないメーカーが組み立てだけで補助金を詐取する事態も起こった。2016年4月から2017年4月まで、国内の新エネルギー自動車企業が補助金詐取していることが続々暴露された。政府に支えられて行われた業界審査の結果、発表によれば規則違反や詐取の総額は92億元にもなった。

第三、中央政府は実際に100%電気自動車を新エネルギー自動車発展の技術ロードマップとして確定し、さまざまな方面から推進を図ることとした。ただし、将来の新エネルギー自動車の主流となる技術ロードマップが何かはまだ不明である。このような状況で、単に100%電気自動車の発展にのみ偏りすぎると、将来技術ロードマップの誤

りによりリスクが生じるのではないかと、他の技術ロードマップを疎かにしたため落伍してしまうことになるのではないかと、これは直視すべき戦略的な問題である。2019年以降、政府は新エネルギー自動車の発展において「技術的中立」を保つべきということが徐々に専門家の一致する意見となってきた。水素燃料電池車の技術ロードマップは、再び政府および企業に重視されることとなったのである。

最後に、新エネルギー自動車のバッテリーリサイクル政策は実際の運用において大きな問題を抱えている。元々のアイデアは新エネルギー自動車のバッテリーパックの「段階別回収利用」であったが、いま多くのメーカーが直接分解・利用する方法をとっており、中古バッテリーの「二次市場での利用」はまだ十分に展開されていない。これは新エネルギー自動車が政府による補助金支援のない状況の中で市場に参入することを困難にしている²²。

五. 中国新エネルギー自動車産業政策の展望

(一) 中国の新エネルギー自動車産業政策の総合的評価

(1) 新エネルギー自動車産業政策は中国のマクロ経済発展戦略の重要な構成要素である。20年近くもの間、産業政策によって中国の新エネルギー自動車の発展を継続的に推進してきたことは、中国政府が新エネルギー自動車の発展を中国経済発展をけん引し、産業のアップグレードを促進し、国家経済の安全を保障するための重要な戦略的措置と位置づけていることを示すものであり、また中国政府の経済発展のマクロ戦略思考を反映している。

20年近くもの間、中国政府は発展の節目に応じて新エネルギー自動車産業政策の重点を適宜転換し、既存の新エネルギー自動車産業政策に変更を加えた。これは中国が基本的に市場経済国になった後、政府としていかに介入し、新興産業を育成すべきかを示す手法と道筋を反映している。

(2) 政府は新エネルギー自動車発展の第一の推進力となっている。中国の新エネルギー自動車産業の発展モデルは基本的に「政府－企業－市場」

¹⁸ 中国自動車工業協会レポート「中国の新エネルギー自動車の発展と政策」、2018年。

¹⁹ 「中国自動車産業年鑑」2019年版。

²⁰ 中国自動車技術研究センター、日産（中国）投資有限公司、東風汽車有限公司「中国新エネルギー自動車産業発展報告書」（2019年版）、社会科学文献出版社、5ページ、12ページ。

²¹ 中国自動車技術研究センター、日産（中国）投資有限公司、東風汽車有限公司「中国新エネルギー自動車産業発展報告書」（2019年版）、社会科学文献出版社7ページ。

²² バッテリーが半減期に入った時に、新エネルギー自動車の消費者はバッテリーを全部交換する問題に直面し、コストが大きい。同時にプラグインハイブリッド車も中古市場で残存価額がゼロになる問題に直面することになる。

という形である。つまり政府は新エネルギー自動車の技術研究開発と市場投入を積極的に支援し、自動車関連企業の自主的研究開発を促し、量産化と市場投入を実現させる。適切なタイミングで市場メカニズムに任せ、政府は徐々に退出する、または補助的な立場になる。

政府は新興産業発展の第一原動力として、産業の成長を迅速に促進し、適時に産業発展の市場環境を形成させることができる。ところが、政府はまた大きな失敗のリスクも負っている。新エネルギー自動車に対する中国政府の財政的補助金が「下り坂」になるに伴い、新エネルギー自動車の成長は急激に低下し、業界全体が赤字の状態になったことこそ、その証左である²³。

(3) 産業技術政策と産業育成政策は新エネルギー自動車産業政策の中核である。20年近くの間で中国政府が実施した新エネルギー自動車産業政策を振り返ると、産業技術政策と産業育成政策が新エネルギー自動車産業政策の中核であることがわかる。

技術の研究開発とイノベーションは新エネルギー自動車台頭の基礎である。自動車産業の革命性とイノベーション成果の共有は、準公共財の特性と明らかな外部的特性を備えている。イノベーションのプロセスは複雑で不確実性があるため、仮に明らかな市場メカニズムの機能不全が起きた場合、企業のイノベーションへ意欲の低下と、技術リソースの配分の非効率を招いた。イノベーションにおける市場の機能不全を克服し、金融リスクを回避するためには、政府による合理的な介入が必要である。産業の勃興初期や、製品の産業化・商業化の初期には、産業技術政策は重要なポジションにある。政府は基礎研究への投資を増やし、共有技術への投資を誘導し、新エネルギー自動車の中核技術の研究の基礎を固めねばならない。

大規模な産業化・商業化の段階で、政府は財政補助金や減税免税などの政策的サポートにより、消費市場の形成をリードして消費環境を改善させる。政府の補助金により市場消費をリードすることであって、企業に直接投資するのではない。生産能力の構築は建国以来中国政府の産業政策の大きな転換である。中国政府の財政補助金政策の形態も次第に世界のルールと整合しつつある。

(4) 新エネルギー自動車の発展は自動車産業の

技術革命であるため、中国政府の新エネルギー自動車の産業政策は明らかなシステム化の特徴がある。系統的な産業政策は産業の成長を強力的に推進した一方で、政府の過度な関与や細かすぎる問題をきたした。たとえば、技術の選択に対する政府の過度な関与は、新エネルギー自動車についての他の技術ロードマップの検討に影響を与えている。

(5) 新エネルギー自動車産業政策の策定と実施は各方面の利益や意見を持続的に調整する漸進的なプロセスである。このプロセスにおいて、政府は企業や研究機関、仲介機関と協力して、実際のプロセスで遭遇する問題に応じて産業政策を持続的に調整し変更する。たとえば、バッテリーテクノロジーに対するサポート政策がBYDの意見を受け入れたことで、硫酸鉄リチウムイオンバッテリーが新エネルギー自動車のバッテリーテクノロジーのオプションになった。

(6) 中国政府の新エネルギー自動車産業政策は世界と整合しつつある。中国政府は新エネルギー自動車産業の政策を策定するにあたって、WTOの関連規定など、国際ルールを十分に考慮し、先進国の既存政策を参考にし、関連する産業政策を策定している。たとえば、新エネルギー自動車の研究開発に対する財政的支援や、製品販売に対する税制上の優遇措置、財政補助金などは、米国政府の「2007年エネルギー自立・安全保障法」にみられる²⁴。日本政府がトヨタのプリウス登場の際に与えた財政的補助金と税制上の優遇措置に対しても、中国政府は十分に注意を払っていたのである。

(二) 展望

(1) 中国政府は新エネルギー自動車に対して引き続き政策的支援を行うが、支援の範囲と力の入れ方は徐々に縮小され、市場メカニズムの役割が更に強調されていく。新エネルギー自動車は戦略的意義があるため、中国政府はまた相応する産業政策を策定して支援を行う。ところが、新エネルギー自動車の発展は産業発育期を過ぎており、市場メカニズムの役割を発揮させるべきである、という考えは現在のコンセンサスとなっている。現在、中国政府は市場参入や技術選択において柔軟性を持つようになり、参入制限を減らし（外資に対しても）、ほかの技術ロードマップに対しても寛容な姿勢を取っている。（例えば、燃料電池車の開

²³ 2019年に、財政補助金の「下り坂」幅は50%以上となり、中国の新エネルギー自動車の販売台数は120万6千台で、前年比3.5%減、初めてマイナス成長となった。2020年1月13日に中国自動車工業会の陳士華次席事務局長が「21世紀ビジネス Herald」の記者のインタビューを受ける時に語った。

²⁴ (米国) David Sandro 編「プラグインカーの未来」、中国語版、49ページ、131ページ、2011年、CITIC 出版社。

発は引き続き財政補助金の支給が受けられる等。)

(2) **中国政府の新エネルギー自動車産業政策は産業チェーン全体の安全性と制御可能性をさらに強化する。**中米貿易摩擦勃発後、中国政府は重要な産業の主要技術と主要部品の制御可能性と安全性を非常に重視している。中国政府は、「我が国の自動車産業が大きいが強くないという問題は依然突出しており、主要な中核技術の掌握不足や、産業チェーンにおける弱点の存在、イノベーション体系の更なる充実の必要性といったところに顕著に現れている²⁵⁾」と認めている。したがって、新エネルギー自動車分野では、中国政府は必然的に主要技術や主要部品の自主的開発を更に重視する。

(3) **新エネルギー自動車の消費政策と市場政策が新たな焦点に。**財政的補助金のない中でいかに従来の石油燃料車と競争するかは、中国の新エネルギー自動車が直面する課題である。政府がどのように消費者に新エネルギー自動車の消費を促す政策を策定し、また使用環境を改善し、新エネルギー自動車の発展を支えていくかは極めて重要である。

他の技術ロードマップの新エネルギー自動車も真に産業化できるか否かは政府の判断とサポート次第である。例えば、水素ステーションの建設についての政府の支援なくして、水素燃料電池車の市場参入は不可能である。

(4) **政府の財政補助金廃止後、省エネルギー、排出削減、税制上の優遇措置などの政策により新エネルギー自動車の持続可能な発展を支えることは必然的選択である。**「乗用車企業平均燃料消耗量与新能源汽车積分併行管理弁法」などの政策はこの方面の試みである。

政府補助金削減後の継続政策として、関係部門はさらにダブルポイント政策を充実させている。ダブルポイント政策は自動車メーカーに燃料消費排出量の規制目標を設定し、メーカーがより多くの新エネルギー自動車の販売、または他のメーカーから新エネルギーポイントを購入することで燃料消費ポイントを相殺するよう促すものであり、新エネルギー自動車の発展促進に効果がある。

(5) **プラグイン電気自動車の技術と普及利用が徐々に成熟する（実際の普及状況から見れば、100%電気自動車は少なくとも都市公共交通分野では揺るぎない地位を獲得）に伴い、政府は他の技術ロードマップの新エネルギー自動車により多くの注意を払い、政策的支援を行う。**現行の政策を見れば、水素燃料電池車はおそらく政府の政策

支援の重点となるだろう。

Reference :

- 1 中国自動車技術研究センター、日産（中国）投資有限公司、東風汽車有限公司「中国新エネルギー自動車産業発展報告書」（2018年版）、（2019年版）、社会科学文献出版社。
- 2 趙英「偉大な国への道：21世紀初頭の中国の経済安全保障」、雲南人民出版社、2006年。
- 3 中国自動車工業協会「中国自動車工業史」（1991年-2010年）、機械工業出版社、2014年。
- 4 金碚編集「新しい産業経済学」、经济管理出版社、2005年。
- 5 中国自動車技術研究センター、中国自動車工業協会「中国自動車工業年鑑」（2018年版）、（2019年版）、中国自動車工業年鑑出版社
- 6 中国自動車技術研究センター有限公司政策研究センター編「新エネルギー自動車産業・自動車税政策白書」（2017年年版）。
- 7 中国自動車工程学会、トヨタ自動車株式会社「中国自動車技術発展報告書」（2014年-2015年）、北京理工大学出版社、2015年。
- 8 Automotive Blue Book Task Force : "China Automotive Industry Development Report" (2018)、(2019)、Social Science Literature Press。
- 9 趙英編「中国の産業政策の変動趨勢に関する実証研究」（2000年-2010年）、经济管理出版社、2012年。
- 10 「中国自動車新聞」（2019年-2020年）、中国自動車新聞社。
- 11 中国社会科学院工業経済研究所編「中国産業発展報告書」（2000年-2019年）、经济管理出版社。
- 12 中国自動車工業協会レポート「中国の新エネルギー自動車の発展と政策」（2018年）。
- 13 温家宝「科学技術事業の諸問題」、2011年7月、『求是』雑誌第14期。
- 14 「省エネ・新エネルギー自動車産業発展計画」（2012年-2020年）、国家発展改革委員会のウェブサイト。
- 15 中国科学技術部「電気自動車科技発展『十二・五』専項規画」、2012年3月27日、科学技術部のウェブサイト。
- 16 「自動車産業中長期発展計画」、科学技術部のウェブサイト、2017年4月6日。
- 17 （米国）David Sandro 編「プラグインカーの未来」、中国語版、2011年、CITIC 出版社。

²⁵⁾「自動車産業中長期発展計画」、科学技術部のウェブサイト、2017年4月6日。

第四章 中国新エネルギー自動車市場の現状・特徴と発展可能性

高山 勇一 自動車産業研究者
(元現代文化研究所常務取締役中国研究室長)

一. 中国新エネルギー自動車市場の推移と特徴

1.1 世界における中国新エネルギー自動車市場の位置づけとその背景

1.1.1 世界販売台数の推移

EV 専門サイト EV-volumes.com によると、2018 年の世界全体での電動車（EV + PHV の乗用車、米国・カナダの小型トラック、欧州・中国の小型商用車を含む）の販売台数は前年比 66% 増で 210 万台を上回った。全自動車に占める電動車の割合は 2018 年平均で 2.2%、2018 年末では 3.8% となった。電動車内での構成比は、電気自動車（EV）が 69%、プラグインハイブリッド車（PHV）が 31% となっており、EV の構成比は中国での増加や Tesla の Model-3 販売を反映して 2017 年比 3 ポイント上昇した。国別販売台数では、2014 年までは米国がトップで、2015 年から中国で新エネルギー自動車への政府補助金が交付されたことから販売

が増加し、以降中国がトップになっている¹。

中国での新エネルギー自動車販売台数は、2010 年時点では約 500 台に過ぎず、2013 年までは 2 万台以下だった。2014 年に 7 万台に増加し、2015 年から政府補助金の支給開始により急拡大に至った。2018 年は 126 万台に増加したが、2019 年は減少に転じた。2010 年から 2019 年までの新エネルギー自動車累計販売台数は約 420 万台で、うち EV が約 340 万台で全体の 8 割、PHV は約 80 万台である。

中国の新エネルギー自動車の保有台数は、2019 年 6 月時点で 344 万台で、自動車全体の保有台数 2.5 億台に占める割合は 1.37% となっている²。

1.1.2 2019 年の販売状況

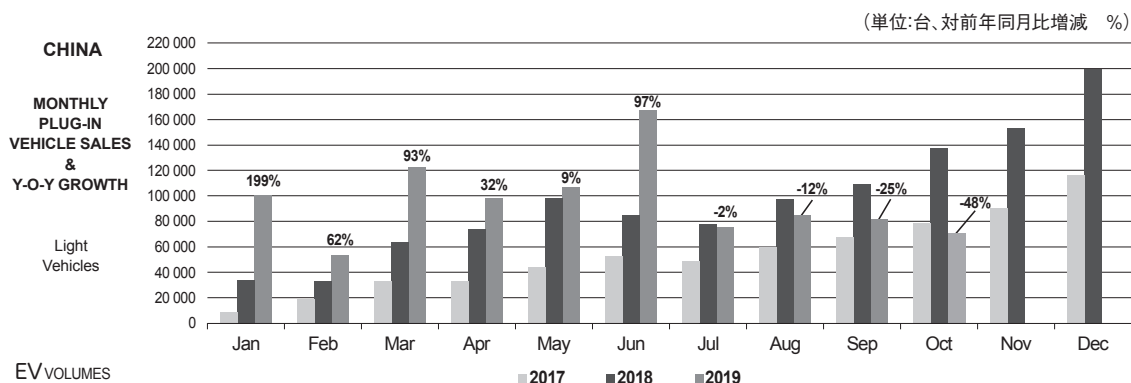
世界全体の電動車販売台数は 2019 年に大きな変動が見られた。2019 年 1 ～ 6 月の累計販売台

表 1 中国の新エネルギー自動車販売台数推移

(単位: 万台、%)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
販売台数	0.05	0.62	1.28	1.76	7.47	33.11	50.7	77.7	126	120.6
市場占有率	0.01 以下	0.03	0.07	0.08	0.32	1.35	1.82	2.69	4.45	4.68

図 1 中国の新エネルギー自動車販売台数の月別推移ー 2019 年ー



(出典) EV-volumes.com「China EV sales 2019 Jan-Oct」2019年12月5日

¹ EV-volumes.com「Global EV sales 2018」より

² 中国公安部の統計データ。中国汽車技術研究中心・日産（中国）投資有限公司・東風汽車有限公司が主編の「中国新能源汽车産業発展報告（2019）」130 頁より

表2 新エネルギー自動車乗用車に関する補助基準

(単位：元)

項目	2018年発表		2019年発表	
	航続距離 (Km)	交付基準額	航続距離 (Km)	交付基準額
EVの乗用車	150以上200未満	15,000	対象外	対象外
	200以上250未満	24,000	対象外	対象外
	250以上300未満	34,000	250以上400未満	18,000
	300以上400未満	45,000		
	400以上	50,000	400以上	25,000
PHVの乗用車	50以上	22,000	52以上	10,000

(出典) 財務部などの通知よりジェトロ作成

数は113.4万台で前年同期比46%増、また1月から6月までの月別推移をみると前年同月比16%から97%の大幅増加となった。しかし、同年7月には中国での販売減が大きく影響し、世界販売台数は4%増に落ち込んだ³。

中国では新エネルギー自動車販売台数が2019年7月に前年同月比2%減と初めて減少に転じ、月を追って減少幅を拡大させ10月には同48%減となった。

中国汽車工業協会の統計によると、中国の新エネルギー自動車生産台数は2019年通年で前年比2.3%減の124.2万台、販売台数は前年比4.0%減の120.6万台である。このうち、EVの生産台数は前年比3.4%増の102.0万台、販売台数が前年比1.2%減の97.2万台。PHVの生産台数は同22.5%減の22.0万台、販売台数は同14.5%減の23.2万台。燃料電池車の生産台数は同85.5%増の2,833台、販売台数は同79.2%増の2,737台だった。

EVやPHVの販売台数の減少には、新エネルギー自動車への政府補助金の中止、減額が大きく影響した。

1.1.3 中国政府の新エネルギー自動車への補助金政策の変更

中国政府は2019年3月26日、新エネルギー自動車の生産メーカーに対する補助基準の改定を公布し、即日実施した。2019年6月25日までを経過期間とし、その翌日から新エネルギー自動車（公共バスと燃料電池車は除外）に対する補助金を削減し、地方政府による補助金も完全撤廃するというもの。

基準改定の主な内容として、EV乗用車については、航続距離が250キロメートル未満の車両を補助金支給の対象外とした（2018年は150キロ未満が、2017年までは100キロ未満が対象外）。これにより、従来は得られた1万5,000元（150以上200キロ未満の車両）、2万4,000元（200以上250キロ未満の車両）の補助金がなくなった。

補助金支給対象車両についても、航続距離に基づきそれぞれ1万6,000元（約5割強）、2万7,000元（約6割）、2万5,000元（5割）減額された。PHV乗用車への交付基準額は、2018年は2万2,000元だったが、1万2,000元減額された。

1.2 中国の新エネルギー自動車市場の特徴

1.2.1 車種別市場の特徴⁴

自動車出荷合格証統計によると、2018年の新エネルギー自動車生産台数121万台のうち、乗用車は約100万台で全体の83%を占め、バスは9.8万台で8%、その他（トラックなど）は約11万台で9%と、乗用車の割合が圧倒的に大きい。2018年の販売台数は、中国汽車工業協会の統計によると126万台で、うち乗用車は105.3万台で全体の84%を占めており、2016年の構成比66%から大きく上昇し、新エネルギー自動車市場の発展を牽引している。新エネルギー自動車乗用車販売台数のうち、EVは75万台（構成比71%）、PHVは25.4万台（同24%）となっている。

1.2.2 EV、PHV乗用車のクラス別市場の特徴 2018年のクラス（セグメント）⁵別販売台数で

³ EV-volumes.com「Global EV sales 2019 H1」のデータより

⁴ 中国汽車技術研究中心・日産（中国）投資有限公司・東風汽車有限公司が主編の「中国新能源汽车産業発展報告（2019）」市場編より

⁵ 中国の乗用車クラス区分＝A00クラス：軸距2～2.2メートル、エンジン排気量1,000cc以下、A0クラス：軸距2.2～2.3メートル、エンジン排気量1,000cc～1,300cc；cc以上、Aクラス：軸距2.3～2.45メートル、エンジン排気量1,300cc～1,600cc、Bクラス：軸距2.45～2.6メートル、エンジン排気量1,600cc～2,400cc、Cクラス：軸距2.6～2.8メートル、エンジン排気量2,400cc～3,000cc、Dクラス：軸距2.8メートル以上、エンジン排気量3,000cc以上。

表3 中国でのEV クラス別販売台数

(単位：台)

	2017 年		2018 年	
	販売台数	構成比	販売台数	構成比
A00	na	na	282,299	41%
A0	na	na	57,531	8%
A	279,050	61%	162,790	24%
B	20,222	4%	2,478	0%
C	47,291	10%	na	na
D	31,818	7%	na	na
E	22,918	5%	na	na
SUV	24,349	5%	149,237	22%
その他	34,491	7%	30,057	4%
合計	460,139	100%	684,392	100%

(出典) 2017 年はマークラインズでのデータ、2018 年は「中国新能源汽车産業発展報告 (2019)」の機動車保険データ

表4 PHV クラス別販売台数

	2018 年	
	販売台数 (台)	構成比
A	85,558	45%
B	13,653	7%
C	11,940	6%
D+E	na	na
SUV	79,999	42%
合計	191,150	100%

(出典) 機動車保険データ

は、EV は小型車（ガソリン車の場合は、排気量 1,300cc 以下 A00、A0、A クラス）が 50 万台で 7 割を占め、SUV は 15 万台で約 2 割だった（自動車保険⁶の統計）。2017 年の別統計（マークラインズのデータ）でも、A クラスが 28 万台、構成比 61% で小型車が市場の中心だった。同データでは、B クラス（中型セダン）が 2 万台で同 4 %、

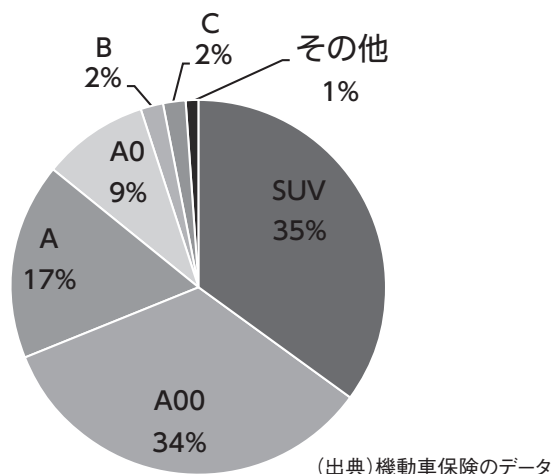
C クラス（高級セダン）4.7 万台で同 10%、D + E クラス（豪華セダン）が 5.4 万台で同 12% と上級クラスにも一定の市場があることが分かる。

PHV の 2018 年の市場は、A クラスの小型セダン（販売台数 8.6 万台）へのモデル投入が進み、人気の SUV（同 8 万台）と合わせシェア 87% を占めた。B クラスの中型セダン、C クラスの高級セダンのシェアは合計で 13% と一定の規模にある（自動車保険の統計）。

1.2.3 購入者別市場の特徴⁷

自動車保険のデータによると、2018 年の新エネルギー自動車販売台数のうち、個人購入が全体の 54%（約 56 万台）、法人購入は 46%（約 48 万台）であった。2016 年は、個人購入が 30%、法人での購入が 68% であり、個人購入が増加している。乗用車に限ると 2018 年の個人購入比率は 63% だった。

図2 個人購入の新エネルギー自動車乗用車のクラス分布



⁶ 「自動車保険」を中国の法令では「機動車保険」と表記している。

⁷ 「中国新能源汽车産業発展報告 (2019)」市場編 pp146-152 から引用

個人のエネルギー自動車乗用車のクラス別販売台数は、小型車が33.6万台で、内訳は A00 クラスが19.6万台、A クラスが9万台、A0クラスが5万台、B・Cクラスは各々1.2万台。高級モデルを含む SUV は20万台であった。

法人へのエネルギー自動車販売台数は、タクシー・レンタカーが35%、企業・事業所が33%で7割弱を占めた。都市交通（市内路線バス）は18%、トラック等の営業車両は8%、環境衛生・工事類は5%、道路旅客輸送（長距離バス）は0.6%と、バスでの旅客輸送やトラックでの物流用途などは少ない。

タクシー・レンタカー向けのエネルギー自動車乗用車販売は16万台で、うち小型車が8割超を占めており、A クラスが10万台超で構成比62%、A00クラスが3万台で同19%、A0クラスが1%で、中型車のBクラスは1%と少ない。また、SUV は比較的多く6%だった。

1.2.4 地域別市場の特徴

自動車保険の統計によると、2018年の地域別のエネルギー自動車販売台数は、ガソリン車購入規制のない都市は60.3万台で構成比59%、ガソリン車購入規制都市は42.7万台で同41%となっており、二線、三線都市などガソリン車購入制限措置のない都市で購入ポテンシャルが高まっている。ガソリン車購入規制市区は北京市、上海市、広州市、深圳市、貴陽市、杭州市、天津市、海南省の8カ所である。

個人のエネルギー自動車乗用車販売台数は、

上位10省合計で約44万台と全国の約8割を占めており、広東省が8万台超、山東省が7万台超、次いで上海市、北京市が約5万台、その他の省は2～3万台規模となっている。

A00クラスの購入比率が高いのは5省・市で、广西壮族自治区、江西省が8割強、河北省、河南省が6割から7割、天津市が約5割である。広東省、上海市、北京市は、車型がより大きく上級のA、B、Cクラスが中心で、山東省はA、B、Cクラスの割合がA00よりもやや多い。

1.3 主要メーカーのエネルギー自動車生産・販売の現状

1.3.1 EV 市場での特徴

2018年時点でEV メーカーは80社近くあるといわれ、販売台数合計は約77万台、うちトップ10社の販売台数合計は61万台と8割を占めた。2019年の販売台数合計は84万台で、トップ10社のシェアは7割以上となっている。

2019年の販売台数が10万台を超えているメーカーは比亞迪（BYD）のみで、北京汽車股份が9.7万台でこれに続いている。吉利汽車、江淮汽車、北汽新能源が5～6万台レベル、奇瑞汽車、広州汽車（含む新能源）、長城汽車、重慶長安汽車、上海汽車が3～4万台レベル、一汽轎車、海馬（鄭州）汽車、江鈴汽車が1～2万台レベル。それ以外の60数社は、1,000台から100台以下の小規模メーカーである。

2019年に前年比で販売台数を大きく増加させた中国メーカーは、BYD、北京汽車股份、広州

表5 上位中国メーカーのEV販売台数

（単位：万台）

メーカー	2019年	前年比	シェア	メーカー	2018年	シェア
比亞迪(BYD)	14.7	133%	18%	北汽新能源	11.1	14%
北京汽車股份	9.7	230%	12%	比亞迪(BYD)	10.3	13%
吉利汽車	6.0	104%	7%	江淮汽車	6.4	8%
江淮汽車	5.4	85%	6%	奇瑞汽車	6.7	9%
北汽新能源	5.1	46%	6%	吉利汽車	5.8	8%
奇瑞汽車	4.8	72%	6%	華泰汽車	5.0	6%
広州汽車・新能源	4.0	4万倍	5%	江鈴汽車	4.4	6%
長城汽車	3.9	748%	5%	北京汽車股份	4.2	6%
重慶長安汽車	3.1	119%	4%	上海汽車	3.4	4%
上海汽車	3.3	98%	4%	重慶長安汽車	2.6	3%
一汽轎車	2.2	640%	3%	衆泰汽車	2.7	3%
海馬(鄭州)汽車	1.8	170%	2%	海馬(鄭州)汽車	1.1	1%
江鈴汽車	1.3	30%	2%	長城汽車	0.5	1%
衆泰汽車	0.2	7%	0%	一汽轎車	0.4	0%
その他	17.9	147%	21%	その他	12.2	16%
合計	83.6	109%	100%	合計	76.6	100%

（出典）マークラインズ「メーカー別新エネルギー車販売台数データ」から作成

表6 EV 投入モデル数

メーカー	2019 年	2018 年
比亞迪 (BYD)	11	5
北京汽車股份	6	6
吉利汽車	4	4
江淮汽車	9	8
北汽新能源	6	4
奇瑞汽車	7	8
広州汽車・新能源	3	0
長城汽車	2	2
重慶長安汽車	6	5
上海汽車	5	7
一汽轎車	6	3
海馬 (鄭州) 汽車	3	3
江鈴汽車	5	5
衆泰汽車	3	5

(出典) マークラインズ 統計から作成

汽車、長城汽車、一汽轎車などだが、2019年の新エネルギー自動車への政府補助金政策変更に対応したモデルを投入したことが功を奏したといえる。

航続距離が長いモデルの投入に遅れたメーカーでは、大手でも2019年下期の販売を減少させている。新興EVメーカーでは華泰汽車や衆泰汽車のように新しいモデルの投入ができず、大幅な販売減になったところも多い。

このほか、地方政府による支援やタクシーやライドシェアビジネスなどとの繋がりの強さが、販売を支えたメーカーも多い。一方、外国メーカー

による中国でのEVモデルの投入は、2019年から本格化し始めた。2019年の販売台数が外資系のうち最も多かったのはTeslaで4.3万台（全て輸入車）。現地生産車では、GMが2.9万台（うち上海GM五菱が2.6万台）、ベンツが2.5万台、日産が1.3万台、VW + Audiが1.1万台などで、その他メーカーによるEV市場への参入はまだ少ない。

1.3.2 PHV 市場での特徴

自動車出荷合格証統計によると、2018年にPHVを生産する乗用車メーカーは約22社、うち12社が外資系合弁メーカー、10社が中国企業である。生産台数は外資系合弁メーカーが4.7万台（シェア19%）、中国メーカーが20.7万台（同81%）⁸で、BYDと上海汽車集団の2強が市場の7割を占めていた。この状況が2019年に大きく変化した。PHV販売台数総数は前年比約15%減の22.5万台となる中、中国メーカーのシェアは5割強に低下し、外資系メーカーがシェア4割強と台頭した。

BYDはシェア32%で引き続き首位をキープしているが、販売台数は前年比4割減となり、また、上海汽車、吉利汽車などの有力メーカーも大きく販売を減少させた。これに対して、外資系合弁メーカーの多くは販売台数が増加し、華晨BMW、上海VWは各々シェアを14%に上昇させ、2位、3位となった。そのほか、トヨタ、ボルボ、現代自動車、ホンダなども販売台数を増加させた。外

表7 上位メーカーのPHV販売台数

(単位: 万台)				は外資系		
<2019年>				<2018年>		
メーカー	台数	前年比	シェア	メーカー	台数	シェア
比亞迪(BYD)	7.2	58%	32%	比亞迪(BYD)	12.4	47%
華晨BMW	3.2	151%	14%	上海汽車乗用車	5.9	22%
上海VW	3.2	760%	14%	華晨BMW	2.1	8%
上海汽車乗用車	2.7	46%	12%	吉利汽車	2.1	8%
吉利汽車	1.8	83%	8%	広州汽車	1.2	5%
トヨタ	1.7	*	7%	広汽乗用車	1.1	4%
ボルボ	1.6	266%	7%	ボルボ	0.6	2%
現代自動車	0.23	284%	1%	上海VW	0.4	2%
東風悦達起亜	0.22	58%	1%	上海GM	0.4	1%
広州汽車	0.20	16%	1%	その他	0.2	1%
広州ホンダ	0.15	1547%	1%	合計	26.5	100%
その他	0.5	221%	2%			
合計	22.6	85%	100%			

*トヨタは2018年の販売実績なし (出典) マークラインズ メーカー別新エネルギー車販売台数データから作成

⁸『中国新能源汽车産業発展報告(2019)』中国汽车技術研究中心ほか142頁

表8 外資系メーカーの2020年代前半の新エネルギー自動車投入計画

メーカー	投入モデル数	メーカー	投入モデル数
VW	2020年：新エネルギー自動車 30 2025年：新エネルギー自動車 40 (2019年はEV 1、PHV 3)	Tesla	2020年：現地生産EV 2モデル追加 (2019年は輸入車のEV 3)
BMW	2020年：EV 4、PHV 9 2022年：MINIブランドEVを1つ投入 (2019年はEV 4、PHV3)	日産	2020年以降：EV 8(新たに開発) (2019年は、EV 6)
Daimler	2020～22年：EV 5、PHV 1 (2019年はEV 2)	トヨタ	2020年代前半：新エネルギー自動車 10以上 うち2020年にEV 4、PHV 1、 2025年までにEV 3追加 (2019年はEV 2、PHV 2)
GM	2019～2023年：新エネルギー自動車 9以上 (2019年はEV 1、PHV2)	ホンダ	2025年迄に：新エネルギー自動車 20以上 うち2020年にEV 1、PHV 3 (2019年はEV 2、PHV 1)
フォード	2022年：新エネルギー自動車 10以上 (2019年はEV 2、PHV1)		

(出典) 各社発表、報道などから作成。2019年はマークラインズのモデル別販売台数統計から作成

資系はそのブランド力を活かし、上級、高級クラス(C、D、Eクラス)で攻勢をかけている。

二. 外資系メーカーの中国での事業展開

2.1 中国における日米欧系メーカーの新エネルギー自動車モデル投入計画⁹

日米欧自動車メーカーは、2020年代前半に積極的な新エネルギー自動車投入を計画している。

- ・VWはAudiを含めたグループ全体で、2025年までに40車種の新エネルギー自動車を投入するとし、2025年に新エネルギー自動車の世界販売台数の半分の150万台を中国で販売する計画である。
- ・BMWは2020年にEVを4モデル、PHVを9モデル新たに投入する。2022年には更にミニクラスのEVを1モデル追加する。
- ・ダイムラーは、既にEVを2モデル投入し、2022年までに新たに6モデルを投入する計画である。
- ・Teslaは、現状の投入モデル数は2つと少ないものの、販売台数では突出している。2020年に新たに3モデルを上海ギガファクトリーで生産・販売する。
- ・GM、フォードは2022年、2023年までにそれぞれ10程度のモデル投入を計画している。
- ・日産はEV投入で先行しており、今後も8モデルを追加する計画である。
- ・トヨタは、2019年時点でEVを2モデル(合弁パートナーの開発)、PHVを2モデル(トヨタ開発)投入しており、2020年代前半までに新エネルギー自動車を10モデル以上追加する計画。現時点では、EVを7モデル、PHVを

- 1モデル投入することが明らかになっている。
- ・ホンダは、2025年までに新エネルギー自動車を20モデル以上投入する計画。このうち、2020年にEVを1モデル、PHVを3モデル投入する。

2.1.1 VWグループ

2020年には中国でVW、Audi、Seatなど全ブランドを合わせて30車種の新エネルギー自動車を投入し、40万台以上を販売、そのうち50%を現地生産する計画。2025年には40車種の新エネルギー自動車を中国で生産し150万台を販売、更に2028年までにグループ全体の電動化車両の世界生産目標である2,200万台の半分以上となる1160万台を中国で生産する計画である。

< VWブランド >

中国で現地生産する新エネルギー自動車を3段階で投入する計画である。

第1段階は、既存車種のプラットフォームを使用したPHV。

第2段階は、既存車種のプラットフォームを使用したEV。これらは既に実施。

第3段階は、本国で開発した電動車専用プラットフォーム(MEB)を使用したEV¹⁰。

2020年10月に上汽VWの安亭工場(上海市)と一汽VWの佛山工場(広東省)でMEBのEVを量産開始する計画で、両工場の年産能力は各々30万台としている。最初のモデルはゴルフクラスのID3.クロスオーバーで、航続距離はバッテリー容量別に330～550kmとなる。

また、2023年までに10のID.バッテリーEV

⁹ 本節では、各メーカーの発表やAutomotive Newsなど内外の各種報道やレポート等を参照した。

¹⁰ マークラインズのレポート「VWグループ(上):SUVのラインアップを拡大、中国で新エネルギー自動車攻勢」2019.11.19

モデル（MEB）を導入予定である¹¹。

2019年以降に新たに投入される主なモデルは次の通り。

2020年3月には、コンパクトSUVのEV「ID.4」を発表し、2020年中に欧州、中国、米国で発売する計画¹²である。2025年迄に、ID.4を含むMEBモデルを中国で最大15モデル生産予定という。

< Audi ブランド >

2021年までに中国で9車種以上の電動モデルを投入し、その半分以上がEVとみられている。そして2025年までに中国で販売するすべての製品を電動化するとしている¹⁰。

2.1.2 BMW

2019年6月、世界で2023年までに電動車を25モデル、うちEV13モデルを投入と発表した。中国では華晨BMWを通じて、2020年末までに6つの新エネルギー自動車モデルを新たに投入することを明らかにした。MINIブランドは、合弁会社の

光東汽車（Spotlight Automotive Limited）が2020年に工場建設に着手し、2022年に竣工予定である。

2.1.3 Daimler

メルセデス・ベンツが2017年に公表したグローバル電動化戦略によると、2022年までにすべてのポートフォリオを電動化し、少なくとも10車種のEVを含む50車種以上の電動車を投入する計画である。2025年までに世界販売台数に占めるEVの割合を25%にするとし、さらにDaimlerは、SmartブランドをEVに一本化することを明らかにしている。

中国では、2016年にEクラスなどのPHV、2017年に小型車ブランドSmartのEVを輸入車で投入した。2019年以降の新エネルギー自動車投入計画は以下の通り。

2.1.4 GM

2017年10月に発表した電動化戦略では、米国で2023年までに少なくとも20車種の新EVモデ

VW ブランド

EV（販売開始年）	PHV（販売開始年）
上汽 VW：e-Lavida（2019）、ID. ROOMZZ（MEBのSUV）を（2021年） 一汽 VW：e-Golf、e-Bora（2019）、ID. 3ハッチバック（MEB）（2021年） 江淮 VW：新ブランド SOL E20X 販売（SUV、2019年）。MEBプラットフォームのE20X（2022年）。SEATとEV専用プラットフォーム開発へ 上汽 Skoda：VISION iV クロスオーバー（MEB）（2022年末までに）	上汽 VW：途観 L（Tiguan L）クロスオーバー、全新帕萨特（NMS）（新Passat）セダン（2018）など

Audi ブランド

EV（販売開始年）	PHV（販売開始年）
一汽 VW：最初のEVとして輸入車のQ2L e-tron クロスオーバー SUV 及び Audi e-tron 輸入（2019年）。両モデルを長春工場で生産開始予定（2020年）	一汽 VW：現地生産の拡張 A6L セダン、輸入の Q7 SUV（2019年）。Q5 クロスオーバー、A7 スポーツバック、A8 セダンを追加輸入（2019年末予定）など

BMW

EV（販売開始年）	PHV（販売開始年）
華晨 BMW：之諾 1E（2017年）、新型 SUV の iX3（2020 年下期）。2025 年迄に燃料電池車の投入 光東汽車（長城汽車との合弁）：MINI ブランド（工場の生産能力 16 万台、販売予定は 2022 年）	華晨 BMW：530 3.0L、X1 4WD（2018）。之諾（Zinoro）60H（2019）。5 Series のアップグレード版、新型 X5、特別限定車 i8 Ultimate Sophisto Editio（各々 2020 年 Q1）。i3、X1（時期未定）。X2 の生産計画あり

Daimler

EV（販売開始年）	PHV（販売開始年）
北京 Benz：新型 SUV の EQC400（2019年）、セダンの EQB（2021 年） 騰勢新能源（BYD との合弁会社）：騰勢（Denza）500（2018年）、新型騰勢（Denza）X（2019年） 智馬達汽車（吉利汽車との合弁会社 Smart Automobile）：次期モデルの Smart EV（2022 年計画）	騰勢新能源：騰勢（Denza）X SUV（2020 年）

¹¹ Automotive News China 2019年11月7日「Audi to launch more than 9 electrified models by 2021」

¹² フォルクスワーゲン ID.3、電気自動車ニュース 2020年3月7日

GM

EV (販売開始年)	PHV (販売開始年)
上海 GM : Buick K228EV (2018年)、Buick Velite 6 (2019年、市街地での航続距離は301km) 上汽通用五菱 : 宝骏 (Baojun) E100 (2019年)	上海 GM : Buick Velite 5 (2018年)、Cadillac CT6 (2018年)

ル導入を目指すとした。同年11月には2021年に複数の車種セグメント向けに新たに設計したEVプラットフォームの投入を発表し、また、高級モデルのCadillacブランドについても、2030年までに殆どの車種を電動モデルにするとした。

中国については、2018年6月に電動化ロードマップの発表を行った。2016年から2020年までの間に中国市場に10の電動車モデルを投入し、2021年から2023年までの間に更に10モデルの追加を目指すとしている。上海GMでは、2019年から2023年までのモデル投入において、中国製の新型PHVとEVが合わせて9モデル以上になるとしているが、詳細は明らかでない。

2.1.5 フォード

2018年1月、中国で2022年までに16車種のEVを含む、少なくとも40車種の電動車を揃える計画を発表した。2019年4月には、「Ford China 2.0」の変換設計図を発表し、今後3年間で中国向けにカスタマイズされた30以上の新しいフォードブランド及びリンカーンブランド車を発売し、そのうち10モデル以上が電動車になるとした。

2.1.6 Tesla

米国から高級多目的スポーツ車(SUV)のModel X、高級セダンModel S及び量産車のセダンModel 3を輸入販売していたが、2019年12月から上海ギガファクトリーでModel 3の量産を開始し、週産能力1,000台以上の体制を確立する計画である。PHVの投入計画はない。

2.1.7 日産

2018年3月、2022年度までにEVや独自のハイブリッド(HV)技術「eパワー」搭載車をグローバルで年間100万台販売する計画を発表した。新たに開発するEV 8車種のうち、2車種を中国の合弁会社の独自ブランド啓辰(Venucia)に加え、残り6車種はSUVとした。中国では、EVと「eパワー」HVが2025年までに35%~40%になるとみている¹³。2022年度までに日本や欧州、中国などで中小型車含めHVを5車種以上投入し、EVと並ぶ環境車の柱に育てる¹⁴。

PHVや燃料電池車(FCV)は「ポートフォリオの一貫ではあるがメリットが大きい。我々の電動化戦略の中心ではない」(フィリップ・クラ

フォード

EV (販売開始年)	PHV
Ford 中国 : 第1弾としてSUVの領界(Territory) EV (江鈴汽車の小藍分公司で生産。2019年下半年に販売予定)。電動SUV マスティング・Mach-E を2022年に投入見込み。 長安 Ford : コンパクトクロスオーバー・蒙迪欧・到勝 (Mondeo Zhisheng) (2019年予定) 衆泰 Ford (衆泰汽車との新エネルギー自動車合弁会社) : 小型EV 乗用車 (2019年予定)	長安 Ford : 新蒙迪欧 (Mondeo) (2019年)

Tesla

輸入車 : 購入セダンModel S、高級SUVのModel X (2018年、2019年) 上海ギガファクトリー : Model 3、SUVのModel Y (Model Xの半値と発表) (いずれも2020年)
--

日産

東風日産乗用車 : 初のEV 新軒逸 (New Sylphy) (2018年) 東風日産 : 啓辰・晨風 (Venucia e30) EV、啓辰 (Venucia) T60 EV、啓辰 (Venucia) D60 EV (各々2019年) 鄭州日産 : 帥客 (Succes) EV、銳騏 (Rich) EV (それぞれ2018年) 易捷特新能源 (ルノー・日産アライアンス、東風汽車の合弁) : SUVのKwid EV (2019年予定)

¹³ 日産自動車による2018年3月23日の記者説明会

¹⁴ 日本経済新聞2020年3月6日

ン CPLO 談) として年間100万台の目標には含まないという。中国の3拠点でのEV生産・販売は前頁の表の通り。

なお、Venuciaは東風日産の傘下ブランドから独立し、東風啓辰汽車のブランドとなった。

このほか、2019年11月の上海モーターショーにおいて、Infinitiブランドではスポーツセダンコンセプトの「Qs Inspiration」を展示し、次世代の電動スポーツセダンモデルを示した。

2.1.8 トヨタ

2019年6月、EV、ハイブリッド車(HV)、PHV、燃料電池車(FCV)などの電動車の年間世界販売台数について、2030年に550万台以上(うちHV、PHVで450万台以上、EV、FCVで100万台以上)としていた2017年12月時点での目標を、2025年に5年程度前倒しすると発表した。中国では、2020年に自社開発の量産型EVを本格導入し、2020年代前半には10車種以上の電動車をラインアップすることを明らかにした¹⁵。2019年に中国で販売している新エネルギー自動車は、EVが2モデル、PHVが2モデルで、2020年には新たにEVを3モデル投入する計画である。

また、2020年3月には、天津市に第一汽車と共同でEVやPHVなどの環境対応車を生産する新工場を建設する計画が報じられた。投資額は約1,300億円規模で、年産能力は20万台とみられる。2020年代前半の稼働を目指し、年内に詳細を詰める。广汽トヨタでも年20万台程度の新工場棟

を建設し、生産能力を増強する方針¹⁶である。

2.1.9 ホンダ

2030年の世界販売台数のうちEV/FCVが15%、HV/PHEVが50%、ICE(内燃機関自動車)は35%を目標にしている。2018年時点のホンダの世界販売台数に占める電動車比率は7%程度で、中国では、2025年までに20以上の電動車モデル(含むHV)を投入する計画である。

また、2019年にホンダ初の量産EV「Honda e」(Bセグメント)が欧州で販売された。航続距離は200km以上と発表されており、電池の搭載量を少なくして価格も抑えた「シティ通勤用(都市内の短距離移動向け車両)」という位置づけである。2021年以降に中国でも生産される予定である。このほか、2019年に発表したEV専用プラットフォームでは、航続距離が500Km以上に伸ばされ、車格もC～Dセグメントに拡大された¹⁷。

ただし、各社の積極的な新エネルギー自動車車種投入計画は、2020年初からの新型コロナウイルスの蔓延やそれに伴う経済活動の低下、消費の減退などにより後ずれする可能性もあるだろう。

2.2 中国企業との提携関係

日米欧自動車メーカーによる、新エネルギー自動車生産の新合弁企業設立や技術提携が活発化している。新エネルギー自動車の生産能力拡大を目指すためのものだが、中国政府の外資規制緩和方針を受けたものでもある。中国政府は、自動車生

トヨタ

EV (販売開始年)	PHV (販売開始年)
广汽トヨタ: ix4 (2018年)、iA5 EV (2019年) = 広州汽車が開発 一汽トヨタ: 一汽の開発したEVも投入する計画 2020年に姉妹車のC-HRとIZOAベースのEV、レクサスベースのEVのUX300eを投入する計画(2020年) BYDとの電気自動車開発の合弁会社: EVのセダン、SUV、クロスオーバーを開発し、2025年までにトヨタブランドで販売する計画	广汽トヨタ: Levin (2019年) 一汽トヨタ: New Corolla (2019年)

ホンダ

EV (販売開始年)	PHV (販売開始年)
广汽本田: new compact「理念EV-1」(2018年) 東風本田: NX-V SUV (2019年予定)、DE1 SUV (2019年予定) 2020年後半に、ホンダブランドの2つの電動モデル(EVとPHV)を展開する予定。2021年には、ホンダ初の量産EV Honda eも生産予定。	广汽本田: 世鋭(Shirui) SUV (2018年) 東風本田: VE-1 SUV (2019年)、Clarity セダン (2020年予定)

¹⁵ トヨタ自動車による2019年6月7日の電動車両戦略の説明会

¹⁶ 日本経済新聞2020年2月29日、Automotive News China2020年3月2日

¹⁷ 日経ビジネス2019年8月28日『ついにホンダも発売 各社のEVが似るワケ』鶴原吉郎オートインサイト代表

産における外国企業の出資規制を2022年までに全面撤廃する方針で、規制撤廃後は過半出資や単独出資での市場参入が可能となる。また、合弁会社の設立は原則2社までとする現行の規制を2022年に撤廃するという。

こうした中、VWは新エネルギー自動車を生産する3社目の合弁会社（江淮VW）設立に動き、中国政府はEV事業に限り3社目の合弁会社設立を認めるとの方針を公表した。その後、フォード、BMW、ダイムラー、日産・ルノー、トヨタが新たな合弁EVメーカーを設立（含む合意）した。

もうひとつの背景に「乗用車企業平均燃費と新エネルギー自動車のクレジット同時管理方法」の実施がある。中国で乗用車を生産（または輸入）する企業に対し、一定割合で新エネルギー自動車の生産（または輸入）を義務付けており、達成できないメーカーは中国メーカーから新エネルギー自動車クレジットを購入しなければならない。このため、クレジット獲得に向けてEV製造で実績のある中国メーカーとの提携が進められている。

2.2.1 VW グループ

2016年9月に中国政府から江淮VWでのEV生産が承認され、2019年に初の量産モデルとなるコンパクトSUV「SOL（思皓）E20X」を発売。今後、研究開発センターを設置しSEATと共同で小型EVの独自のプラットフォームを開発する。

2.2.2 Ford

現在、長安フォードでEVとPHVを生産中だが、中堅メーカーの衆泰汽車（Zotyte）と新たな合弁会社衆泰フォード（Zotye Ford）を2018年に設立。自主ブランドEVの研究開発、製造及び販売を行い、年産能力は10万台の計画である。

2.2.3 Daimler

2020年1月に中国で3社目の合弁会社となる智馬達汽車（Smart Automobile）を吉利集団と設立すると発表。次期SmartのEVを共同開発する。電動車専用工場を建設し、2022年に生産開始予定で、製品は世界市場に投入する計画である。

現在、北京汽車との合弁会社ではEV（SUV）を、BYDとの合弁会社の勢新能源汽车ではEVを生産している。2019年12月には北京汽車と共に建設した北京のバッテリー工場が生産開始し、北京ベッツのEQCやEQBのほか、北汽新能源にバッテリーを供給すると発表した。

2.2.4 BMW

華晨汽車との合弁会社華晨BMWでPHVとEVを生産。2018年7月に長城汽車との合弁会社の光束汽車（Spotlight Automotive）を設立し、2022年からMINIのEVを生産する。

2.2.5 日産

東風日産、鄭州日産でEVを生産中。これに加えて、日産・ルノーと東風汽車集団の3社でEVを共同開発する合弁会社の易捷特新能源汽车（eGT New Energy Automobile）を設立し、2019年下期にRenault City K-ZE（雷諾e諾）発売を計画している。

2.2.6 トヨタ

広州トヨタ、一汽トヨタでPHV、EVを生産中。2019年にBYDとEVの研究開発合弁について合意し、2020年に新会社を設立する。また、2019年には中国EVスタートアップの奇点汽車と提携。トヨタは奇点汽車に電動化技術を提供（トヨタ「eQ」の設計利用ライセンス）し、見返りとして新エネルギー自動車規制をクリアするために必要なクレジット（生産枠）の余剰分を優先的に購入できる契約を締結した。

前述のように、日米欧メーカーは共に、EVに重点を置きつつPHVについても投入を強化しようとしている。EVでは、多くのメーカーが本国でEV専用プラットフォームを開発し、それを使ったEVの生産を中国でも進めようとしている。生産拠点拡充のため、新たなEV乗用車合弁会社の設立や既存合弁メーカーでのEV専用工場の建設を進めている。

このほか、燃料電池車（FCV）では、トヨタが燃料電池（FC）車向け部品の供給で、北汽福田汽車、第一汽車・金竜聯合汽車、海格客車の3社と2019年に提携、契約した。3社とも商用車メーカーで水素バスを開発している。

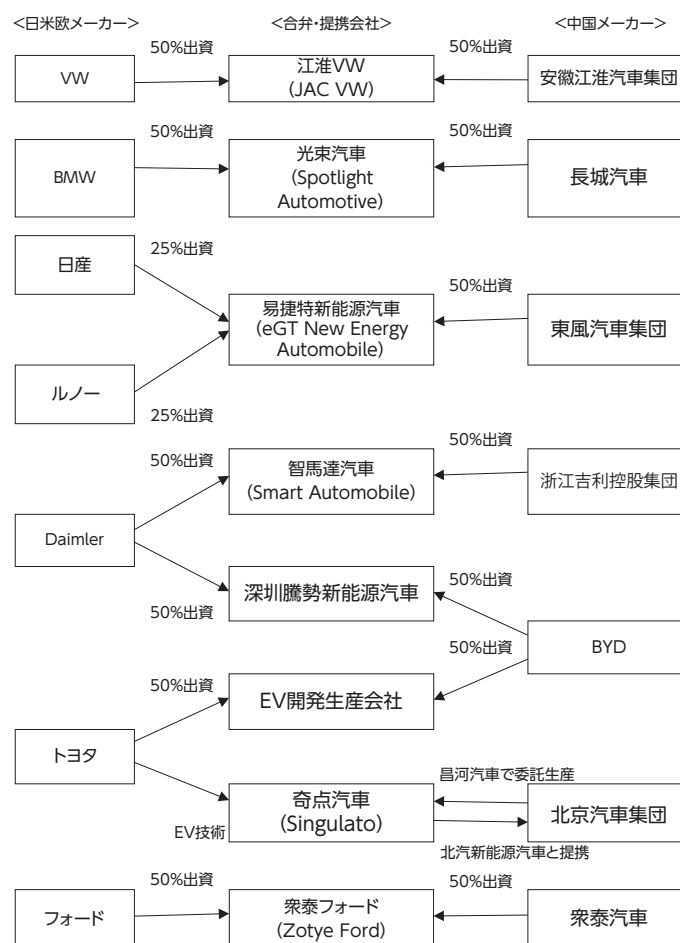
三. 中国新エネルギー自動車市場発展の可能性

3.1 消費者動向、EVへの評価

中国の自動車販売台数に占める新エネルギー自動車販売台数の割合は、補助金が無かった2014年の0.3%から2018年には4.5%に増加した。EVは高価格や性能、品質などの問題がネックとなっているため、政府補助金がなければこのような発展は難しかったと思われる。

新エネルギー自動車の購入者は、初期の法人機

図3 日米欧メーカーの新エネルギー自動車に特化した中国メーカーとの主な提携



(出典) マークラインズのレポート「中国の新エネルギー自動車相関図」2019年7月12日や各社発表を元に作成

関中心から近年は個人が増加しており、発展の方向へと進んでいる。ただ、実態は自動車メーカー、部品メーカー、自動車販売店、自治体などによる買い支えがあるとの見方もあり、不透明さが残る。

とはいえ、大都市では上級モデルが選好されてきており、地方都市ではなお小型車を求める段階にある。ユーザーに対する各種調査によると、安全面（火災など）の心配は残るものの、静粛性や加速性能などでEVは高い評価を得ている。今後は、一般消費者が受け入れられる価格と高い技術が備わった商品が求められてくるものと考えられる。

3.2 政府の産業政策の影響

新エネルギー自動車への補助金政策は、2020年末に完全に廃止される予定である。しかし、2019年の補助金中止、削減に伴い、新エネルギー自動車市場は大きな減少をみたため、2020年1月には工業・情報化部（MIIT）の苗部長から、補助金政策を検討、評価しての打ち切り問題は

「まだ議論中」であるが、今後の削減は当初の計画よりも「漸進的だろう」との発言があった¹⁸。

補助金が延長されれば市場は下支えされるが、EV産業の真の発展のためには、何をターゲットに、いつまでどのような補助を続けることが良いかが問われてくるだろう。

また、2020年2月に工業・情報化部から発表された「新エネルギー自動車生産行及び製品参入管理規定」の改訂に関する意見募集稿では、新エネルギー自動車の生産企業に対して主要部品サプライヤーから車両出荷までの製品のトレーサビリティ体系の確立などが求められている。

中期的には、製品に強みがなく、資金力のない、経営・管理能力に劣るEVメーカーが淘汰され、業界の姿が大きく変化することが予想される。

なお、中国がCO₂削減（燃費改善）目標の達成を、普及が必ずしも確実でないEV、PHVだけで進められるかどうかについても課題となるだろう。欧州では、ディーゼル車中止の代替として

¹⁸ Automotive News China 2020年1月24日「As EV sales tumble, Beijing mulls extending subsidies」

HV（とくにマイルドHV¹⁹）の普及が進んでいる。中国では、ディーゼル乗用車がなく事情は異なるが、価格面で優位なHVの役割も大きいといえる。

3.3 供給面の影響

3.3.1 中型車以上の供給拡大の効果

中国メーカーは、小型車を中心としたモデル投入に強みを持っているが、政府補助金が航続距離250Km以下のEVは対象外となったため、航続距離が長いEVモデルやPHVの増加が進むことになるだろう。

2019年から2020年代前半には、日米欧メーカーからの中型・上級・高級のセダンやSUVが続々と投入される。EVはCクラスへの投入が圧倒的に多く、次いでDクラス、Eクラスが多い。一部のメーカーはA、Bクラスもカバーしている。PHVは、Cクラスが最も多いが、D、E + Fクラスも比較的多く、A、Bクラスへの投入は見られない。

こうしたことから、これまでAクラスが中心であった中国新エネルギー自動車市場に変化が起ることが予想される。中国メーカーと外資系合弁メーカーとの競合や棲み分け、協力などが高まることで中国での製品の進化が進み、ユーザーにとっては選択肢が広がることになるだろう。

3.3.2 車両価格は下がるか

現状では、政府補助金無しにEVで利益を出せるメーカーは無いと思われる。リチウムイオン電池のコスト高やEVの量産が進まないことなどが原因である。

リチウムイオン電池の価格は過去10年間で半減したといわれている。予測の多くは、EVが今後5年以内にガソリン車と同等の価格を実現できるとみているが、2019年に発表されたマサチューセッツ工科大学（MIT）エネルギー・イニシアティブの報告書は、リチウムイオン電池に依存している限り、EVメーカーの希望小売価格をガソリン車

並に引き下げることはできず、ガソリン車との生涯コストの差をなくすのにと10年にかかる見込みだ²⁰、としている。理由は、リチウムやコバルトなどの原材料費によって決まるリチウムイオン電池価格の値下げが限界に近づいていることだという。もし、リチウムイオン電池の価格が現在のレベルで下げ止まった場合、新エネルギー自動車市場の発展は大きく阻害されることになるだろう。

また、中国メーカー、外資系メーカーは共に、中国でのリチウムイオン電池を寧徳時代新能源科技（CATL）やBYDから供給される（あるいは供給される予定）ため、両社による寡占体制が進めば電池価格が下がりにくくなり、市場拡大の足を引っばる事にもなりかねない。

3.4 EV市場の見通し

英国の市場調査会社IHSマークイットが2018年に予想したEV・PHVの世界販売台数は2023年に約700万台で、その過半数が中国で販売されるという。理由は、中国政府による新エネルギー自動車向け補助金や、自動車メーカーへの一定比率での新エネルギー自動車販売義務付けにあった。しかし、2019年の補助金の大幅カットにともなう販売の減少をみて、調査会社やシンクタンクの予測値が下方方向に変わってきたようである²¹。

長期的には自動車の電動化の流れに大きな変化はない。第一線都市におけるガソリン車の保有台数は既に受容能力の限度一杯に近づいており、新エネルギー自動車への代替が更に進むとみられているが、普及のスピードについては定かでない。工業・情報化部が2019年12月に発表した「新エネルギー自動車産業発展計画」（2021 - 2035年）の意見募集稿では、2025年までに新車販売台数に占める新エネルギー自動車の比率を25%前後に引き上げるとしているが、現状の121万台、約5%からの引き上げは容易ではない。

（以上は、2020年3月中旬時点での記述）

表9 外資系メーカーによる新モデル投入数（2019年～2020年代前半）

	A	B	C	D	E、F
EV	5 モデル	3	26	10	5
PHV	0 モデル	0	13	8	9

（出典）メーカー各社の発表、報道等から作成

¹⁹ マイルドHVはモーターが48ボルトの規格で欧州メーカーが現在開発に力を入れている。燃費改善の効果は1割程度だが、コストがフルHVの1/4から1/3以下との見方も。

²⁰ MIT Technology Review 2019年12月11日

²¹ 自動車ジャーナリスト牧野茂雄氏のレポート“Webサイト Motor Fan Tec 2019/12/27”から引用

第五章 中国の電気自動車（EV）市場の特徴と将来展望 — 多省庁による横の連携の背景について —

中川 恒彦 株式会社日中自動車社会研究所代表（元日産自動車）

一. はじめに

中国では、新エネルギー自動車の普及発展政策の発表と実施が功を奏し、現在では新エネルギー自動車の生産・販売台数ともに、世界のリーダーになっている。

新エネルギー自動車とは以下の3つを指すものである。

- ・電気自動車（EV）
- ・プラグインハイブリッド車（PHV）
- ・水素燃料車（FCV）

ここでは、新エネルギー自動車を軸に、中国の基本政策（「中国製造2025年」他）の特徴、EVの駆動用バッテリーリサイクル・リユースの実態、さらにライフサイクルアセスメント（LCA）の規制化の動きに触れ、中国の変化のスピードと推進力についての考察を行うこととしたい。

二. 中国の基本政策

2.1 投資による成長からイノベーションによる成長への転換

2014年11月9日、習近平国家主席は北京で開催された APEC 会議の開幕式にて、「永続的な開発とアジア太平洋の夢の構築」という演題で基調講演を行った。

この講演の中で、中国経済の「新常态」（New Normal）について、次の3つの特徴を挙げている。

- ①高速成長から中高速成長への転換。
- ②経済構造の継続的な最適化・レベルアップ。
- ③経済成長のエンジンの「投資主導型」から「イノベーション主導型」への転換。

ポイントは、イノベーション主導による成長を明確に宣言したことであり、これが契機となって、以降中国で発表され、実施される政策・方針はイノベーション主導がキーワードになった。

2.2 イノベーション（「創新」）は技術発展のキーワード

中国で策定・実施される政策文書、方針等を概観すると、その多くに「創新」（イノベーション）の用語が多用されており、特に技術開発・発展に関わる政策文書については、きわめて頻繁に「創新」（イノベーション）が使われている。

2009年、中国は自動車生産台数で世界一となり、文字通り「自動車大国」の地位についた。ただこれは量的見地からの評価に過ぎず、弱点を克服し、技術と製品のレベルを向上するとともに、市場での地位を高めるべく、政府は自動車「大国」から自動車「強国」への転換を大方針として打ち出した。

この自動車「強国」の定義では、創新（イノベーション）はトップに掲げられている。

図1 APEC 会議の開幕式の様子



「永続的な開発とアジア太平洋の夢の構築」

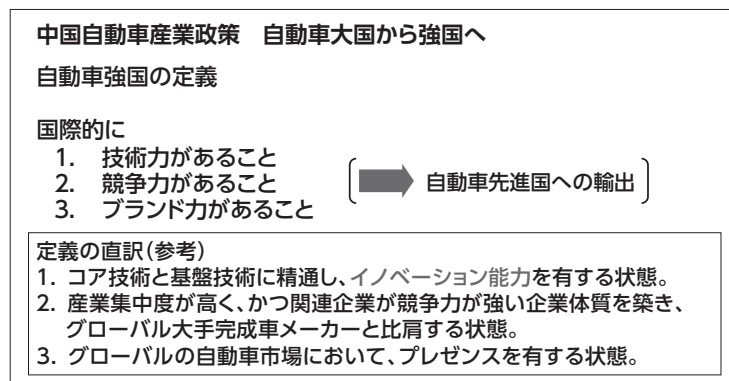
2014年11月9日 習近平国家主席講演 APEC@北京

中国経済新常态

3つの特長

1. 高速成長から中高速成長に転換すること。
2. 経済構造を継続的に最適化・レベルアップすること。
3. 経済成長のエンジンを「投資主導型」から「イノベーション主導型」に転換すること。

図2 中国の自動車強国の定義



自動車強国の定義

- ①コア技術と基盤技術に精通し、イノベーション能力を有する状態。
- ②産業集中度が高く、かつ関連企業の競争力が強い企業体質を築き、グローバルの大手完成車メーカーと比肩する状態。
- ③グローバルの自動車市場において、プレゼンスを有する状態。

2.3 中国製造2025

「中国製造2025年」とは、2015年5月に中国政府が発表した、中国における今後10年間の製造業発展のロードマップである。

その計画は、具体的かつ明確なものであり、「五つの基本方針」と「四つの基本原則」に則って、2049年までに達成すべき戦略目標を3段階で示している。

第1段階は、2025年までに「世界の製造強国

の仲間入り」を実現する。第2段階では2035年までに中国の製造業のレベルを、世界の製造強国中の中位にまで位置づける。そして第3段階では、2045年を目標年に世界の「製造強国のトップ」になるというものである。

2049年は、中国人民共和国の建国100周年である、この時点で、中国はどうあるべきか、どのようになっているかならなければならないか、目標を設定し、そのためには、いつまでにどのようなようになっていなければならないのか、を決めていく、つまりバックキャストイングの手法で2025年、2035年、2045年の目標を定めている。

「五つの基本方針」では、イノベーション駆動／品質優先／グリーン（環境保全型）発展／構造の最適化／人材本位を掲げている。

「四つの基本原則」とは、「市場主導・政府誘導」、「現実立脚・長期視野」、「全体推進・重点突破」、「自主発展・協力開放」である。政府による誘導、リー

図3 中国製造2025 政策

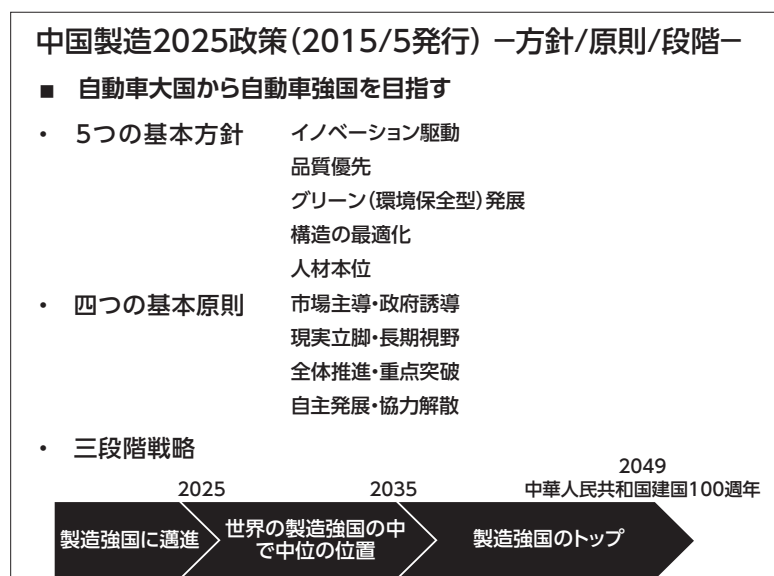


図4 中国製造2025 政策 戦略と重点分野

中国製造2025政策 —戦略と重点分野—

九つの戦略任務

- ・製造業のイノベーション能力の向上
- ・情報化と工業化の高度な融合の推進
- ・工業の基礎能力の強化
- ・品質とブランド強化
- ・グリーン(環境保全型)製造の全面的推進
- ・重点分野の飛躍的發展の推進
- ・製造業の構造調整の推進
- ・サービス型製造と生産関連サービス業の推進
- ・製造業の国際化レベルの向上

十の重点分野

- ・次世代情報技術(半導体、次世代通信規格[5G])
- ・高度なデジタル制御の工作機械とロボット
- ・航空・宇宙設備(大型航空機、無人宇宙飛行)
- ・海洋エンジニアリング設備とハイテク船舶
- ・先進的な軌道交通設備
- ・省エネ・新エネ車
- ・電力設備(大型水力発電、原子力発電)
- ・農業機械(大型トラクター)
- ・新材料(超伝導素材、ナノ素材)
- ・バイオ医薬・高性能医療機器

ドは中国の政策手法の大きな特徴の一つである。また、上述のバックカスティングの考え方は、まさに「四つの基本原則」の中の「現実立脚・長期視野」に則った手法であると言えよう。

さらに、製造強国に向けた戦略目標の実現に向け「中国製造2025年」では「九つの戦略任務」と「十の重点分野」を定めている。

図4に示すように、新エネルギー自動車は、戦略任務の一つである「重点分野の飛躍的發展の推進」の中の「十の重点分野」の一つとして挙げられていることが分かる。

この政策体系を読み解けば、新エネルギー自動車を軸にした中国の政策は、

- ・「創新」(イノベーション)によって新エネルギー自動車を発展させていくこと
- ・新エネルギー自動車を発展させていくことによって製造強国になること

と言うこともできよう。

2015年にこの「中国製造2025」により、新エネルギー自動車の分野においても、イノベーションによる発展を目指すと言った中国であるが、その後、どうなったのか。典型的な例として寧徳時代新能源科技股份有限公司(CATL: Contemporary Amperex Technology Co., Ltd.)というバッテリーメーカーがあるだろう。

CATLは2011年に設立された新興企業であるが、急成長を遂げ、バッテリー生産量でいえば、2017年にはパナソニックを抜き、世界一のメーカーになっている。

2.4 中国の人材教育プログラム

中国政府は、科学技術の水準を上げ、先進国レベルへとキャッチアップするための政策として、

1980年代には国外への留学(派遣)制度を発足させている。ただ、この中で留学生達が中国本国に戻らず、修了・卒業後も現地に留まり進学や就職を選択してしまい、結果として優秀な人材の海外流出という結果を招いたため、1990年代以降、政府により大規模な高度人材の呼び戻し政策が打ち出された。

主なものは

- ・1994年 中国科学院海外人材呼び戻しプロジェクト「百人計画」
- ・1994年 海外留学生、あるいは海外で仕事に従事している中国人材の帰国を奨励するための優遇政策「留学人員創業園」
- ・1996年 海外にいる留学経験者の中国国内での学術交流等の短期帰国を支援する「春暉計画」
- ・1998年 国内外の優秀な学者を中国の高等教育機関に招致する長江学者奨励計画
- ・2008年 あらかじめ選抜した優秀な人材を海外に送り込む「千人計画」

などがある。これらの政策で帰国奨励制度と受け入れ態勢が充実していった。

2013年10月には、習近平国家主席が欧米同学会(欧州アメリカ同窓会)創立100周年記念式典で「支持留学、鼓励回国、来去自由、发挥作用」(留学をサポートし、帰国を奨励し、自由に行き来し、役割を果たす)という留学方針を発表した。

また2014年12月に開かれた全国留学生工作会议では、留学経験者の起業を促進することが決定されている。

これは、上述の習近平国家主席の2014年11月9日 APEC 会議での、イノベーションによる発展を宣言した直後であり、国としての政策の連続性が見て取れる。

上記のような政策を積み重ねてきた結果、海外に留学してから帰国し、中国の経済発展を支えてきた「海亀（「海帰」の同音）族」と呼ばれる人材は300万人を超えている。このような実態を見ると、イノベーションによる発展を宣言した、あるいは宣言できた裏には、長期にわたる人材育成計画があった、と言えよう。

ただこのことは、プラスの面だけでなく、マイナスの面ももたらしている。その一つが、米中の貿易摩擦である。中国の留学・呼び戻し政策は、アメリカから見れば、優秀な最先端の（特許）技術を持った人材の国外への流出にほかならないからである。

更に言うなら、上記の「中国製造2025年」は、結果として米中の貿易摩擦を生みだした政策とも言えるが、中国は、更にそれ以上米国を刺激しないようにするために、新エネルギー自動車に関わる政策として、「中国製造2025年」に置き換わるものとして、「新エネルギー自動車産業発展計画（2021～2035年）」の編成を進めている。

注記

本項目（中国の人材教育プログラム）については一部

- ・ 北京研究連絡センター 内堀大地氏 「就職と興味」（2018年4月11日公開）
- ・ 技術移転に中国「海亀族」の影 米中対立の根は深い 菅原 透 日経ビジネス副編集長 2018年12月11日より引用

2.5 まとめ

中国は、2014年、イノベーションによる発展を宣言した。その後に発表される技術発展に関わる政策はイノベーションがキーワードになっており、新エネルギー自動車については、中国は、世界のリーダーとなっている。

これらを実現させるために、中国は長い間の教育政策（留学及び呼び戻し政策）を実施してきており、極めて計画的に進められてきた結果、ということができよう。

三. パワーバッテリーのリサイクル・リユース政策

3.1 新エネルギー自動車発展政策の背景

中国が新エネルギー自動車を重点的に発展させることになった背景としては、主に二つあげることができる。

①エネルギーセキュリティ

中国の原油の輸入比率は年々上がりつづけ、2000年代から50%を超え、現時点では70%を超えている。エネルギー安全保障の観点からは、高すぎる対外依存は決して好ましいものではなく、たとえ少しでも輸入比率を下げる必要があり、そのためには、石油を使わない電気自動車（EV）の普及が必要となってくるのである。

②世界をリードできる可能性

中国の技術水準では、伝統的な内燃機関（ガソリン／ディーゼルエンジン車）については、世界のグローバル水準には追いつくことはできない。しかし、（比較的構造の簡単な）新エネルギー自動車（EV）であれば、世界レベルに追いつける

図5 中国の石油消費量

中国石油消費 輸入割合が年々増加

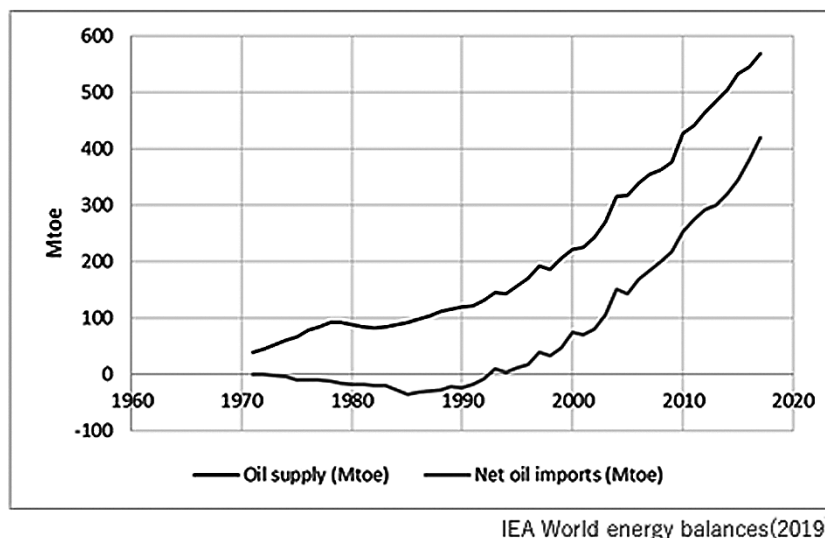
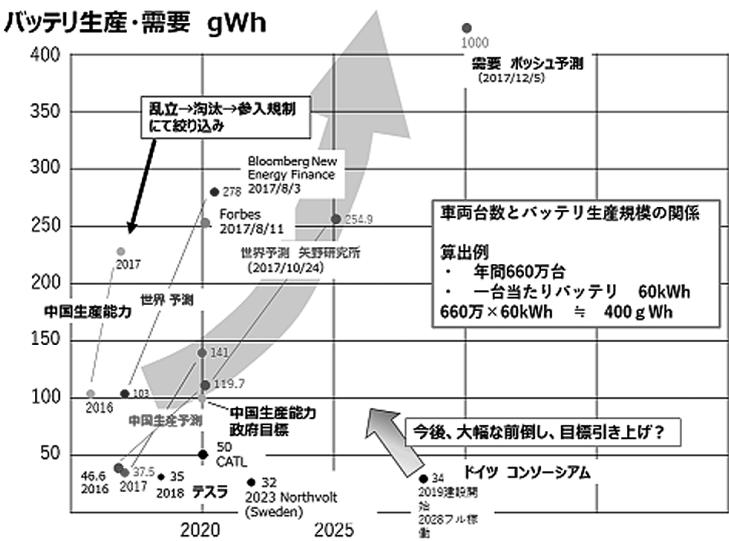


図6 自動車会社、シンクタンクなどの公開資料を基に筆者作成



だけでなく、世界をリードできる可能性もある。

3.2 新エネルギー自動車普及とバッテリー鉱物資源

2012年に「省エネと新エネルギー自動車産業育成計画（2012～2020年）」が発表され、中国は本格的に新エネルギー自動車の普及を目指す態勢に入った。この計画の中で、2015年までにEVとPHVを累計で50万台生産・販売し、さらに2020年までにEVとPHVの年間生産能力を200万台とし、累計での生産・販売台数500万台を達成する、という目標値を掲げている。

このような普及計画は、中国だけでなく、世界各国でも発表されている。

新エネルギー自動車の普及に伴い、当然、パワーバッテリーの生産規模も拡大していくことになる。世

界の自動車メーカー、バッテリーメーカーの発表する目標値をプロットしていくと、2025年頃からバッテリー生産・需要が急激に増加することが分かる。

バッテリー生産の増加により、鉱物資源（リチウム、コバルト、ニッケルなど）が将来枯渇し、安定供給ができなくなる可能性がある。算出の仕方にもよるが、例えば、コバルト資源はほんの数年後にはショートする、という報告も見られる。

このような問題の解決策の一つが、新エネルギー自動車・バッテリーのリサイクル・リユースを進めることである。

3.3 新エネルギー自動車政策におけるリサイクル・リユースに関わる要求

図7に、主な新エネルギー自動車に関わる政策を時系列順にまとめた。

図7 新エネルギー自動車のリサイクル・リユースについての政策

新エネルギー自動車のリサイクル・リユースに関わる政策など

	政府	政策	リサイクル・リユースに関わる要求
2009年7月1日施行	工業情報化部	新エネルギー自動車参入管理制度	バッテリー等の回収、リサイクルの仕組み、機能要求
2012年7月	国务院	省エネ・新エネルギー自動車産業発展計画(2012年～2020年)	・ 動力バッテリーリサイクル管理弁法を制定 ・ カスケード利用及び回収管理体系を構築 ・ 各関係者の責任、権利及び義務明確化
2016年12月25日発行	国务院	拡大生産者責任制度推進法案	EV駆動用バッテリーのリサイクルシステムの構築
2017年1月16日発行	工業情報化部	新エネルギー自動車参入管理制度改定	RTM(Real Time Monitor)強制装着
2018年2月26日発行	7省庁共同	新エネルギー自動車パワーバッテリー回収・再利用管理暫定実施法	
2018年7月25日発行	7省庁共同	新エネルギー自動車パワーバッテリーリサイクル試行に関する通達	17地区 中国鉄塔
2018年11月1日		中国鉄塔、一汽、東風、BYDなど新エネルギー自動車メーカー11社と合意書を締結	パワーバッテリーの回収体制の構築、カスケード利用の推進などで協力

図8 新エネルギー自動車参入管理制度

新エネルギー自動車参入管理制度（2009年7月1日施行）

項目	内容
対象車両	中国で生産する車両(輸入車は対象外)
新エネルギー自動車の定義	ハイブリッド自動車 純電動自動車(太陽エネルギー電池自動車を含む) 燃料電池電動自動車(FCEV)、水素エンジン自動車 その他新エネルギー自動車(高効率エネルギー貯蔵器、DMEなど)
技術の成熟度に応じた管理方式	①初期 ②発展期 ③成熟期
参入に必要な機能	生産 品質管理システム(ハード、ソフト)
	開発 車載のエネルギーシステム、駆動系、制御系の中で少なくとも一つのコア技術を有すること
	アフターサービス 通常の修理サービス、クレーム対応、完成車と部品(バッテリー等)の回収、リサイクルの仕組み、機能
特許知財についての要求	製品が他人の知的財産権を侵害していないこと 把握するコア技術に対して知的所有権をもつこと

これら新エネルギー自動車の発展に関わる政策の特徴は、すべての政策にリサイクル・リユースについての対応が要求されている、ことである。

2009年7月1日に施行された「新エネルギー自動車参入管理制度」は、EVを製造し、販売する会社が、本来備えていなければならない能力、開発力、生産能力、販売・アフターサービスなどの能力について、それらを具体的に定義し、参入する企業に対して適合・順守を求めたものである。裏を返せば、この制度の施行前には、そのような本来当然必要とされる能力を持たないメーカーの業界参入が相次いだ、ということである。

当時、EV普及発展の方針に則り、数多くのメーカーがEVを市場に送り込んだ。その中には、ゴルフカートに屋根とドアを付けたような粗悪な

EVも見られた。

中国政府としては、このようなEVを正式に登録できる制度がないこともあり、当局はこのような粗悪なEVを市場から排除するために、企業に適用する政策として参入管理制度を制定した。

本制度の主な内容は、EV生産企業に対して開発能力・機能を有することを求めるものから始まり、アフターサービスの機能を有することなどといった要求であるが、このアフターサービス機能のなかに、完成車と部品（バッテリーなど）の回収・リサイクルの仕組み／機能を持つことも求められている。なお、この制度制定時点では、新エネルギー自動車の定義としてはハイブリッド車（HV）も含まれていた。

また、新エネルギー自動車発展政策には直接関

図9 EV車の外見



図 10 拡大生産者管理制度推進法案

拡大生産者責任制度推進法案

- * 2016年12月25日
- * 国務院発行

年度	目標		重点仕事	保証措置
	リサイクル率	再生材料利用率		
2020年	40%		BEV動力バッテリーのリサイクルシステムを構築	新エネルギー自動車駆動用バッテリーリサイクル暫定弁法を作成する
2025年	50%	20%		

係しないが、2016年12月25日に国務院より発布された「生産者責任延伸制度」(拡大生産者責任制度)の政策(『生産者責任延伸制度推行方案』)の中で、EVの駆動用バッテリーのリサイクルシステム構築も求められている。

中国においても拡大生産者責任(EPR: extended producer responsibility)の概念が法制化され、企業に対して、“売ったらそれで終わり”ではなく、後始末をきっちりとしなければならない、という制度体系の整備が進んでいる。

本制度中、重点的任務のひとつとして、EVのパワーバッテリーについて以下のように求めている。

「電気自動車のパワーバッテリーリサイクルシステムを確立する。電気自動車およびパワーバッテリー製造企業は、使用済みバッテリーのリサイクルネットワークの確立、アフターサービスネットワークを活用した使用済みバッテリーのリサイクル、統計およびリサイクル情報の公開、および使用済みバッテリーの規範的なリサイクルと安全な処置を保証する責任を負う。パワーバッテリーメーカーは、製品のコーディングを実施し、完全なライフサイクルトレーサビリティシステムを確立しなければならない。(後略)」

2017年7月1日、新エネルギー自動車参入管

理制度*が改定された。これは2009年の実施以来、8年ぶりである。

(*『新能源汽车生产企业及产品准入管理规定』、2016年10月20日工業和信息化部決定、2017年7月1日施行。旧『管理規則』(2009年6月17日公布)は同時廃止。)

ここでのトピックスはRTM(Real Time Monitor)の強制装着である。市場で走り回る新エネルギー自動車が、いつ、どこを走り、どこで充電をしているのかをリアルタイムでデータとして集積するシステムが立ち上がり、すべての新エネルギー自動車にRTMの装着が要求されたものである。なおこの要求は既販車についても適用されることとなっている。

いつ、どのような充電を行ったのかという情報(データ)がなぜ必要となるかであるが、充電履歴は、効率の良いリユースバッテリーを作るためにきわめて重要な情報であるからである。中国政府はこのことを理解しており、新しい新エネルギー自動車参入管理制度に織り込んだのである。

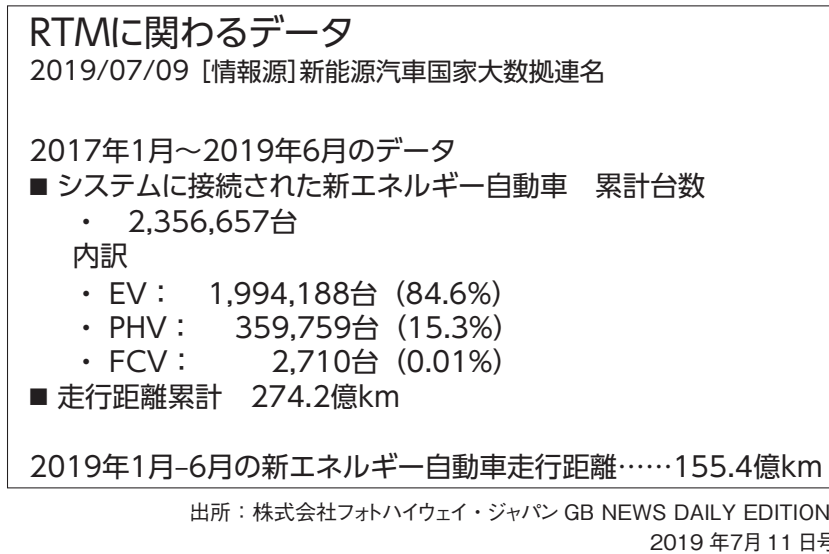
因みに日本では日産自動車が販売しているEVリーフがある。日産は、独自にグローバルデータセンターを立ち上げ、リーフのコネクトを始めているが、同社の場合はユーザーが同意したときのみコネクトしている。個人情報の保護が優先され

図 11 新エネルギー自動車の参入規則

工業和信息化部 新エネルギー自動車 参入規則 2017年1月16日

項目	内 容		
適用	中国で生産される新エネルギー自動車の製造メーカーとその新エネルギー自動車(PHEV、EV、FCV)		
要点 (2009年7月との比較)	開発能力	要件追加	OEMは新エネルギー自動車の開発・生産技術を習得していなければならない
	RTM (リアルタイムモニター)	詳細規定追加	- 全ての新エネルギー自動車はRTMを装備すること。既販車も含む。 - 企業の監視プラットフォームを構築すること。 - 企業の管理プラットフォームは、地方・国の公共プラットフォームと連結させること。
	アフターサービス	追加	OEMはバッテリーリサイクルを含むアフターサービスの機能、体制を備えていること。
	記録・報告 Annual reports	追加	- バッテリーの回収、廃棄を含む運行およびメンテナンスを追跡するため、各新エネルギー自動車の製品の全ライフサイクルの記録を作成すること。 - 年間レポートを提出すること。
実施日	新型車：2017年7月1日 既存車：2018年1月1日		

図 12 新エネルギー自動車の RTM システム接続状況



る日本では、このような配慮がなされている。この点は、中国と日本の国情の大きな違いと言えよう。

2019年7月のデータによれば、中国全体でRTMシステムに接続された新エネルギー自動車の累計台数は235万台を超えている。内訳を図12に示す。

昨年の新エネルギー自動車の販売台数を考慮すると、2020年3月の時点で接続された新エネルギー自動車は300万台を超えていることになる。これは膨大なビッグデータである。これらのデータは、今後例えば公共充電器の最適配置や、将来

のスマートシティの検討などにも活用されていくことが予想される。

改定された新エネルギー自動車参入管理制度がすべての車に適用されたのは、2018年1月1日からであるが、これを受けて、2018年8月1日、新エネルギー自動車のバッテリーリサイクル・リユースについて自動車会社、バッテリー会社の責任について明確に示した政策『新能源汽车动力电池回收利用暂行办法』が発表された。工業信息化部（＝日本の経済産業省に相当）はじめ、科技部、環境保護部、交通運輸部、商務部、質検総局、能源局の7政府部門による共同公布である。

図 13 新エネルギー自動車のバッテリー回収及び再利用法

新エネルギー自動車用パワーバッテリー回収・再利用管理暫定実施法

■ 7省庁共同発表

発行：2018年2月26日

工業信息化部、科学技術部、環境保護部、交通運輸部、商務部、国家品質監督検査検疫総局、能源局

■ 施行：2018年8月1日

項目	要求内容
バッテリーメーカーに対する要求	有害物質を材料として用いる場合は、国家標準の定める要件に従うこと。
	再生材料の使用率を可能な限り高めること。
	使用済みバッテリーの解体や保存に関する情報を自動車メーカーに提供すること。
	国家標準の要件に則った個別の管理番号をバッテリーに付与すること。
自動車メーカーに対する要求	解体・保管された使用済みバッテリーについて、種類や含まれる有害物質や回収措置、解体・保管の状況などについて積極的に情報公開すること。
	新エネ車と搭載されたバッテリーの個体番号の突き合わせ情報を記録すること。
	メンテナンスサービス網を確立すること。
	バッテリーのメンテナンスや交換に関する情報を公開すること。
双方に対する要求	トレーサビリティシステムに、個々の車両やバッテリーに関する必要な情報を登録すること。 生産過程で乗じる廃棄物(不使用バッテリーなど)を回収サービスネットワークまたは総合利用企業に引き継ぐこと。

図 14 新エネルギー自動車のバッテリー回収及び再利用法の通達

**新エネルギー自動車用パワーバッテリー回収・再利用試行業務
についての通達（工信部など7部門） 2018年7月25日**

- 中国各地から提出された新エネルギー自動車用パワーバッテリー回収・再利用試行業務計画を審査し、京津冀地区、山西省、上海市、広西チワン族自治区、中国鉄塔股份有限公司などを認定。
- 認定を受けた地区や企業に対し
 1. 試行業務指導チームの設立
 2. 各試行区間での協力
 3. バッテリー回収体系の構築
 4. 新ビジネスモデルの模索
 5. 支援政策の制定
 6. 周知活動
 など、試行業務を完遂すると同時に、試行完了後に工信部(MIIT)に対し必要な報告を行うことを要求。
- 今回認定を受けたのは、**1地区、2市、12省1、1自治区、1社(中国鉄塔)**の計17試行区(試行企業)

また、2018年7月25日、新エネルギー自動車のバッテリーリユース・リサイクルをスムーズに、確実に進めるための通達が発行されている。

この通達も、工業情報化部など7政府部門により共同で発表されているものである。

一言で言えば、中国の特定の地域（16か所）を指定して、バッテリーリユース・リサイクル活動を先行して進めていく、というものであるが、この中で一社、中国鉄塔（CHINA-TOWER）という企業が指定されている。

中国鉄塔は、2015年に中国政府が主導し、中国移动、中国聯通、中国電信という国有の3大通信事業者が保有していた基地局関連資産を統合して設立された企業である。この通達に則り、携帯電話基地局の電源として、従来使われていた鉛酸バッテリーはEVのリユースバッテリーに置き換えられ、2019年8月までに30万基地局で4GWhのリユースバッテリーが使われている。

4GWhを30万で割ると、一つの基地局におよそ13KWhのバッテリーが使われていることになる。（参考数値として、日産自動車のEVリーフの初期型のバッテリーは24KWh）

中国鉄塔の基地局は中国全体では197万局あり、これらがすべてEVのリユースバッテリーを使うとすると、1,000万台の新エネルギー自動車のバッテリーを消化できる、という試算がある。

「新エネルギー自動車参入管理制度」は、2020年2月10日、改訂版のドラフト*が発表され、パブリックコメントを求めている。更に時代の流れに沿った改訂がなされようとしている。

（*『工業信息化部關於修改新能源汽車生產企業及產品

準入管理規定的決定（徵求意見稿）』）

3.4 まとめ

中国は、新エネルギー自動車の普及促進を考える初期段階から、既に駆動用バッテリーのリサイクル・リユースを視野に入れて政策を推進している。計画的に中国鉄塔 CHINA-TOWER という会社を設立し、携帯電話の基地局でリユースバッテリーが使えるように国家政策を矛盾なく、無駄なく打ち出し、実施に移してきている。

その視野の先には、循環型経済の構築が姿を見せると言えよう。

四. ライフサイクルアセスメント（LCA：Life Cycle Assessment）の規制化

4.1 概要

2018年、中国では一部の中央政府機関の組織改編が行われ、環境に関わる省庁も再編された。それまで国家発展改革委員会の管轄であった気候変動政策を司る部署が、そのまま環境保護部に移管され、新たに生態環境部（MEE：Ministry of Ecology and Environment）が発足した。

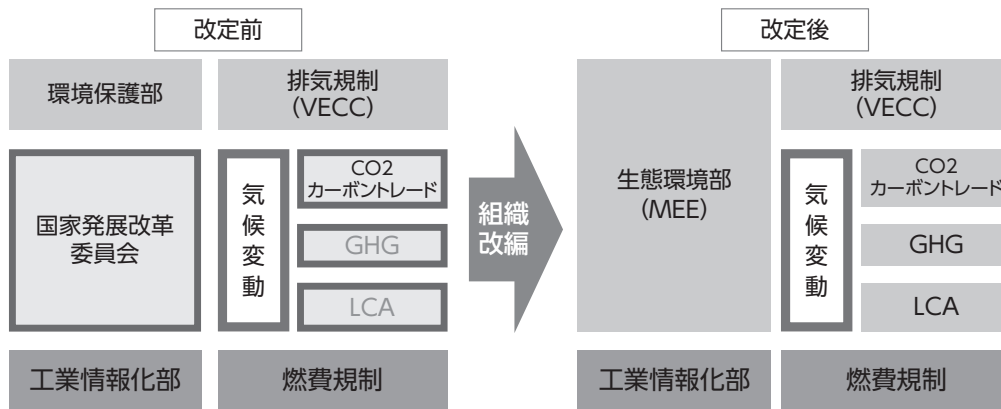
これを契機に、生態環境部の中で、気候変動を担当する部署が中心になって、自動車についてのライフサイクルアセスメント（LCA：Life Cycle Assessment）の規制化の検討が始まった。規制の中身の具体的な検討は、中国自動車技術研究中心（CATARC：China Automobile Technology and Research Center）が担当している。

図 15 中国における環境管理組織の改編

中国 環境に関わる組織改編（2018年）

生態環境部 (Ministry of Ecology and Environment)

自動車に関わる規制 (排気、GHG、LCAなど) の検討は、生態環境部 (MEE) 主導に。



4.2 ライフサイクルアセスメントとは

ライフサイクルアセスメントとは、ある製品・サービスのライフサイクル全体（資源採取—原料生産—製品生産—流通・消費・使用—廃棄・リサイクル）又はその特定段階における環境負荷を定量的に評価する手法である。

図 17 は、機能が同じ製品 A と B に関連する CO₂ 排出量を、ライフサイクルアセスメントを用

いて比較した例である。消費・使用段階のみに着目すると製品 B の方が A より CO₂ 排出量が少ないが（自動車で言えば、製品 B のほうが燃費が良い）、ライフサイクル全体を通してみると、逆に製品 A の方が CO₂ 排出量が少なくなる。

ライフサイクルアセスメントは、製品・サービスのライフサイクル全体での環境負荷を明らかにすることにより、より環境に配慮した製品・サー

図 16 製品のライフサイクル

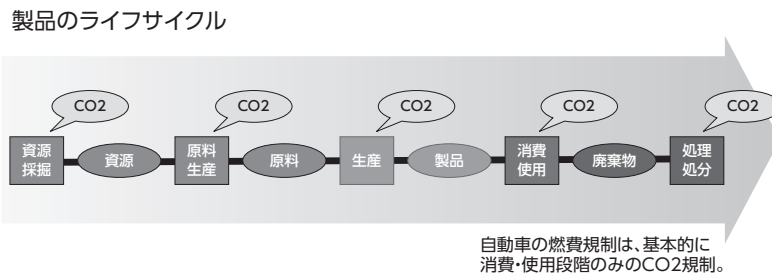
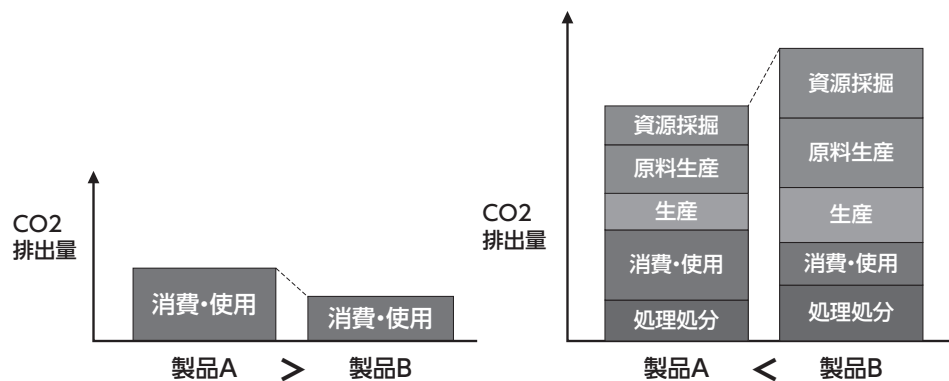


図 17 製品の CO₂ 排出量の比較



製品に関する CO₂ 排出量の比較 (例)
(左：消費・使用工程での排出、右：ライフサイクルでの排出)

ビスを検討するための有用なデータを提供するものである。

例えば、資源採掘、原料生産段階での CO₂ 排出量は、原材料にリサイクル品を使うことによって CO₂ 排出量を下げることができる。従って、ライフサイクルアセスメントが規制化される、あるいは企業間競争のツールになっている場合は、リサイクル品の使用促進につながると考えられる。

また、循環型経済（CE：Circular Economy）の構築について、中国でも検討されているが、循環型経済とは、「経済活動における資源消費への依存度を減らし、資源を再利用し、廃棄物の流れをさらなる生産のための投入資材に変えるシステム」と言い替えることができる。すなわち、ライフサイクルアセスメントは、循環型経済実現のための重要なファクターなのである。

4.3 ライフサイクルアセスメント導入の目的

(1) 内燃機関車、新エネルギー自動車の環境性能を平等に評価するため

中国では、新エネルギー自動車の普及政策（例えば新エネルギー自動車の税制優遇や燃費規制上の EV の優遇など）が実施されているが、これらの政策は不公平である、という意見が存在する。

例えば、EV は、走行時には CO₂ を排出しないが、中国では電気は石炭による発電が主であるため、発電時の CO₂ 発生を考慮すると、EV の燃費規制上の扱いが「燃費値ゼロ」というのは不公平だ、という意見である。

このような状況について、2019年 8 月 31 日、2019 中国自動車産業発展（TEDA）国際フォーラム（CATARC：中国自動車技術研究所 ほか共同主催）にて、中国工程院院士の楊裕生氏の発言がある。同氏の主張は

- ・「謳い文句ほどの環境性能が得られなかったり、割高だったり、製品寿命が短かったりといった課題を抱えた新エネルギー自動車を、国が過剰に優遇していることで、（市場競争にさらされることで得られる成長機会が失われるなど）不幸な結果を呼んでいる」
- ・ライフサイクルアセスメントにて評価をすると
 - ①長距離走行の可能な EV（大容量バッテリーを搭載）は、CO₂ 削減の効果が無い。
 - ②PHV は、充電せずにガソリンだけで走行するケースが多く、偽の省エネ車である。
 - ③燃料電池車は、現状ではエネルギー削減、排出量削減は難しい。

④小型（A セグメント）の EV（小容量バッテリー搭載）は CO₂ 削減の効果がある。

⑤レンジエクステンダー EV は非常に効果がある。というものである。

すなわち、ライフサイクルアセスメントを規制化し、内燃機関車、新エネルギー自動車を平等に評価するシステムを作り上げ、その上でライフサイクルでの CO₂ 削減に注力すべきである、という主張である。

（注記：本項目は、株式会社 フォトハイウェイ・ジャパン GB NEWS DAILY EDITION 2019 年 9 月 6 日号 より一部引用。）

(2) 技術先進国、環境先進国を目指し、国力を維持、向上させるため

次に、LCA 導入により技術、環境先進国として国力を増強すべきとの主張として、主に以下の 3 点が挙げられる。

- ①中国は 2030 年までの CO₂ ピークアウトを目標にしているが、これを達成させるためにライフサイクルアセスメントを導入し、達成促進を図る。
- ②ライフサイクルアセスメントを導入することにより、中国製造の新エネルギー自動車のグローバルな競争力を身につけ、経済発展、国力維持 / 増強につなげる。
- ③循環型経済の早期の実現。

4.4 規制化検討の内容

ライフサイクルアセスメントの検討内容については、非公開のため詳細は不明であるが、しかし、上述のライフサイクルアセスメント導入の背景などから推測することは可能である。

例えば、CO₂ 排出の算定範囲は、図 18 に示すように、原材料の取得段階、生産段階、使用段階、リサイクル段階を含めたフルライフサイクルを算定の範囲に織り込まれることになるだろう。

使用段階では EV の場合は、その電気が何で発電されたのか、ガソリンの場合は原油採掘から精製、ガソリンステーションまで、つまり WTT (Well to Tank) についても考慮されることになる。

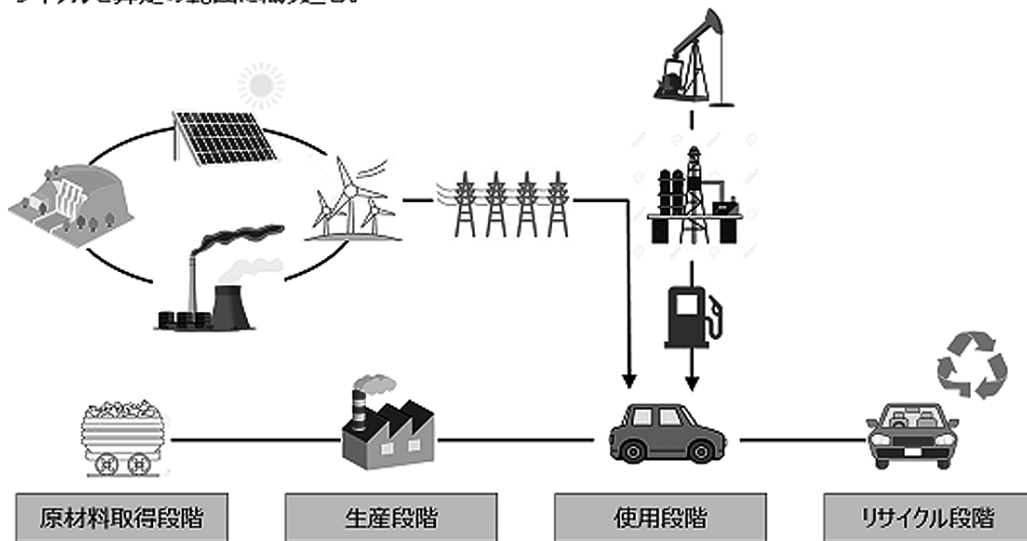
なお、2025 年までに規制化するという情報もあり、これが事実であれば、EU よりも早い導入になると言える。

4.5 まとめ

ライフサイクルアセスメントは、真の環境対応車（エコカー）とは何かを明らかにするものである。ライフサイクルアセスメントは、水素燃料電

図 18 CO₂ 排出の算定範囲CO₂排出の算定範囲

原材料の取得段階、生産段階、使用段階及びリサイクル段階を含めた自動車フルライフサイクルを算定の範囲に織り込む。



池車も含めた新エネルギー自動車と従来からある内燃機関車を同じ土俵で比較することになるため、結果的に、環境性能の競争が起こり、技術水準が上がり、産業全体の競争力が増していくことになる。これこそが、中国が最終的に目指していることと言えよう。

また、EU よりも先行して規制化するという目標で進められている。循環型経済の構築にも大きく影響するライフサイクルアセスメントについて先頭を切ることによって、世界の環境に関わる基準を中国がリードする、という狙いがあるものと思われる。

五. インテグレーター、トップレベルデザイン —中国の変化のスピードと推進力を支えるもの

5.1 インテグレーター、トップレベルデザインとは

ここまで述べてきたことをまとめれば、中国は国家として条件が整った段階で、イノベーションによる成長を目指すことを宣言した。

国家としての条件には、人材だけでなく、「起業をポジティブに捉え、失敗にも寛容な文化」も重要な条件の一つである。中国では起業して成功するのは18万社に1社というデータもあるが、「イノベーションし続ける」ためには、このような文化・風土も必要である。

イノベーション駆動の具体的な政策として「中国製造2025年」が発表された。また、新エネルギー

自動車の領域については、「中国製造2025年」に置き換わるものとして検討されている「新エネルギー自動車産業発展計画（2021～2035年）」でもイノベーションが重要なキーワードになっている。公表されたドラフト版には、数えると、「創新」（イノベーション）という言葉が19か所に頻出する。

何年もの長い時間をかけて、教育を基礎とし、イノベーション駆動につなげているのであるが、ここには国家としての視点に立ち、ビジョンを検討し、実行に持っていくことができる人材、組織が間違いなく存在していると言えよう。

新エネルギー自動車普及政策には、必ずリサイクル・リユースの要求があることはすでに述べた通りである。

ここでは、

- ・リユースバッテリーが何年か後に大量に市場に回ることを
- ・その受け入れ先として携帯電話の基地局を束ね、集中管理をする会社をあらかじめ設立し、大規模に使わせることを

を考え、実行した人と組織が存在している筈である。リアルタイムモニターの強制装着要求も、将来のスマートシティ建設を視野に入れてのことである。

ライフサイクルアセスメントについても同じことが言えよう。2030年の CO₂ ピークアウト実現のために何をすべきかを考え、自動車のライフサイクルアセスメントの導入を決め、規制の内容を

検討し、実行に移していくことが必要だ、と考えた人、組織が存在する筈である。更にその人、組織は、事前に政府省庁の大幅な改編も成し遂げているのである。

IT用語でインテグレーターという言葉がある。インテグレーションは、日本語では「融合」という言葉に近い意味がある。

今まで述べた事例では

- ・教育、イノベーション、技術発展、国家目標を融合
- ・新エネルギー自動車のリユースバッテリー、携帯電話の基地局を融合
- ・CO₂削減目標、ライフサイクルアセスメント、循環型経済を融合

と表現することができる。

つまり、中国には、場面ごとに隅々まで見渡しているインテグレーターが存在していると言える。

2018年7月26日、筆者は、あるシンクタンクのキーマンA氏と交流をした。A氏は、トップレベルデザインという言葉を使った。中国語では「頂層設計」である。

A氏の発言をまとめると

- ・政府リードで「自動車革命をリードするトップレベルデザイン」の研究を開始。
- ・データ化・スマート化・インテリジェント化が伝統的な産業にどのような影響を及ぼすのか、の研究が必要。
- ・自動車革命の方向は、電動化、智能化、ネット

化、シェア化であり、車とエネルギー、交通、都市、通信・インフラ、環境を最適コーディネートしていかなければならない。

・そのためには、横断的、総合的な研究が必要。

その後、2018年11月25日、北京にて開催された第12回日中省エネルギー・環境総合フォーラムの循環経済分科会にて、天津市静海区人民政府静海区委員会常務委員・常務副区長 劉峰氏は、「循環経済を発展させる天津市静海区の取り組み」というタイトルでプレゼンを行った。そのプレゼン資料にはまさに「頂層設計」という言葉が使われていた。資料の日本語訳では、「トップ設計がリード」となっているが、従来の組織、役割にとらわれず、トップレベルデザインによって全てが決定・実行されていく、ということである。

さらに、第24回日中民商事法セミナー（2019年11月7日）（主催 公益財団法人国際民商事法センター及び国家発展改革委員会）にて、中国国家情報センター 単志広主任が、「中国スマートシティの発展と情勢展望について」というタイトルで講演を行った。この中で、スマートシティの設計原則は「縦割りと横割りの分割からトップレベルデザイン（頂層設計）への方向転換」が必要だ、と説明されており、天津市の「循環経済の取り組み」と全く同じ主張が展開されている。

5.2 まとめ

中国には、大きなスケールで、隅々まで見渡せ

図19 循環経済を発展させる天津市静海区の取り組み

「トップレベルデザイン」頂層設計（顶层设计）

（一）借鉴先进经验，顶层设计领先
（一）先進な経験を借り、トップ設計がリード

按照备忘录中“北九州市协助天津市制定天津市子牙工业园总体规划和实施方案”设定事项，经过两国专家的论证修改。2008年，《天津子牙循环经济产业区总体规划（2008-2020年）》完成编制。天津市人民政府以津政函（2009）126号文件批准并实施。

覚書の検討項目である「北九州市は天津市に協力して天津市子牙工業園のグランドデザインと実施案」について、両国の専門家検討し、修正した。2008年、「天津子牙循環経済産業区グランドデザイン（2008 - 2020年）」が作成された。天津市人民政府は、津政函【2009】の126号書類として承認し、実施した。



天津市人民政府

津政函（2009）126号

天津市子牙循环经济产业区总体规划
（2008—2020年）

天津市静海区人民政府 静海区委員会常務委員・常務副区長 劉峰氏のプレゼン資料より。
トップレベルデザイン（頂層設計）という言葉が使われている。

るスーパーインテグレーターとでも言える人・組織が存在し、循環型経済の構築やスマートシティ建設などのようなビッグ・プロジェクトを推進している、と言える。

現在、100年に一度の自動車革命が起きていると言われている。この大革命はCASE(Connected (コネクティッド)、Autonomous/Automated (自動化)、Shared (シェアリング)、Electric (電動化))で表わされるように、一つ一つが独立しているのではなく、相互に影響しながら、つながっていることが特徴である。この自動車革命を推進するためには、まさにトップレベルデザインが必要とされる。

新エネルギー自動車はCASEの主役の一つである。将来、トップレベルデザインによって、新エネルギー自動車の新たな政策が検討され、発表されるものと考えられる。

すでに上述した2018年2月26日に公布された「新エネルギー自動車用パワーバッテリー回収・再利用管理暫定実施方法」は、7省庁（工業情報化部、科学技術部、環境保護部、交通运输部、商務部、国家品質監督検閲検疫総局、能源局）の共

同発表である。

リユースバッテリーの受け入れ先として中国鉄塔が指定された通達（2018年7月25日発表）も、この7省庁が共同で公布している。

また、2020年2月、「スマートカーイノベーション開発戦略」という政策が発表されている。これは、国家発展改革委員会がリーダーとなって、11の政府機関の共同で公布されている。

トップレベルデザインがリードする大規模プロジェクト、あるいはそれに準ずる規模の大きいプロジェクトに関わる国家政策は、いくつもの省庁が共同で公布する、という形がとられている。縦割りと横割りの分割からトップレベルデザインへの方向転換を、現行の組織、仕組みで進めていくためには、このようなやり方が必要となるからであろう。

新エネルギー自動車の開発普及を核とする新たな自動車革命の到来にあたり、中国では、スーパーインテグレーターによるトップレベルデザインがリードする関連政策の検討と実施が進められている。

第六章 中国の急速充電インフラの動向

和田 憲一郎 株式会社日本電動化研究所 代表取締役
(元三菱自動車 i-MiEV プロジェクトマネージャー)

一. はじめに

近年、自動車産業に大きな変調が起きている。一つは、ガソリン車・ディーゼル車から電気自動車（以下 EV）など、新エネルギー自動車への移行にある。自動車が生まれて約140年、これまで例を見なかった大転換が起きつつある。また、もう一つの変化は、購入から利活用へと使い方の変化である。これまでのように自動車を購入して活用するのではなく、シェアリングして活用する方法が拡大してきた。その先には、自動車のみならず鉄道、バス、タクシーなど移動体全てを含めて、シームレスに移動ができるサービス、つまり MaaS（Mobility as a Service）が欧州を発祥として生まれてきた。そして、2020年に入り、突然起こってきた新型コロナウイルス騒動である。これら3つの動きに対して、新エネルギー車両と、その両輪ともいわれる充電インフラ、特に急速充電インフラはどのような影響を及ぼすのであろうか、筆者の考えを述べたい。

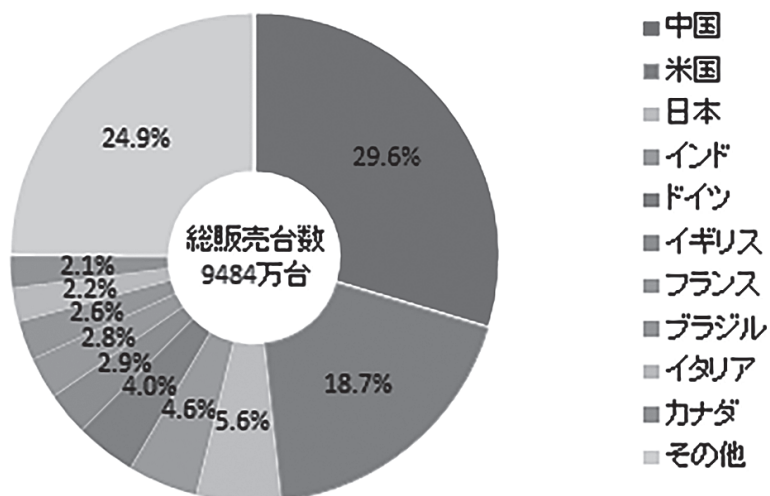
二. 中国自動車産業の動向

2.1 現状

最初に世界の自動車市場の動向について押さえておきたい。OICA（国際自動車工業連合会）によれば、2018年の世界の自動車販売台数は約9,480万台であった。2017年に比べ約2%減少した。では2019年はどうであろうか。世界販売第一位の中国と第二位の米国が減少したことにより、世界の総販売台数はさらに減少に転じた。

特に、自動車販売台数で世界最大である中国は、2018年に2,808万台であったが、2019年は2,577万台となり、約9.2%の減少となった。母数が大きいに、約230万台の減少は産業界にとって大きな痛手となる。原因は、米中の経済摩擦の影響などにより、ユーザーの将来への不安や購入意欲が減退したこと、さらにユーザーの考え方が購入から利活用へと使い方の変化がある。ライドシェアリングの拡大である。中国では、滴滴出行（DiDi）などのライドシェアが普及し、必ずしもクルマを所有しなくても、使いたいときにライドシェアを呼ぶことで目的を済ませることが可能な

図1 世界の自動車販売台数とシェア（2018年）



2019年も中国、米国の減少により総販売台数は減少

出典：OICA（国際自動車工業連合会）のデータを基に筆者作成

図2 変調を起こす中国市場(1)

■中国自動車販売は2019年に2577万台となり、対前年比にて-9.2%減。2年連続低下。



社会となってきた。

もう一つは、2020年初頭から発生した新型コロナウイルス感染症の動きである。最近では中国から日本、韓国、イタリア、さらには50ヶ国を超える地域にまで拡大している。では中国の2020年自動車販売台数はどうであろうか。筆者の予想では、最悪で1,500万台、良くて2,000万台ではないかと推察する。2,500万台から2,000万台への変化は、日本市場が1年でなくなるほどのインパクトである。大幅減少の理由として、交通の要衝である武漢が封城されており、生産・物流の面で全く動く気配がないことがある。また中国ではリモートワークなど在宅勤務をしている方も多いようであるが、こと自動車産業に至っては、部品製造、自動車製造、自動車輸送など、人手に頼ることが多く、リモートワークでは対応できない。その際に最も恐れるのは、封城を開放したことにより、人々が北京、上海、重慶などに移動す

ることで、第二の武漢となることである。

また、部品メーカー、自動車メーカーが生産を再開したとしても、感染地域の自動車メーカーは、内外装品への消毒など、これまでにない作業が必要となる。さらに今回の件で消費者マインドが冷え込んでいることも考えられる。つまり、今日より明日、明日より明後日が明るいと思えば、新型自動車を購入しようとする考えかもしれない。しかし、明日の仕事がどうなるか判らないと思えば、いくら自動車メーカーが生産しようにも市場とマッチしない。2002年末に発生した重症急性呼吸器症候群（SARS）は、収束宣言まで約8ヶ月要した。今回はそれ以上の期間を要すると思われる。

2.2 新エネルギー自動車の動向

上述の環境下で、新エネルギー自動車は2015年より急激に進展してきた。2018年には126万台にまで達したが、2019年は4%減の約120万台に

図3 変調を起こす中国市場(2)

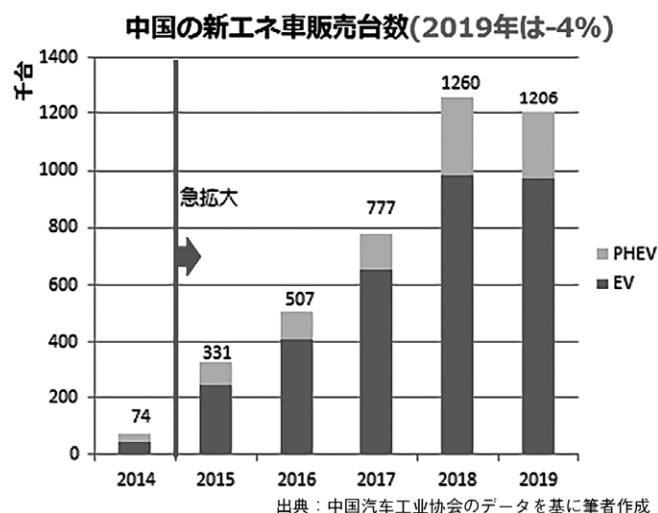
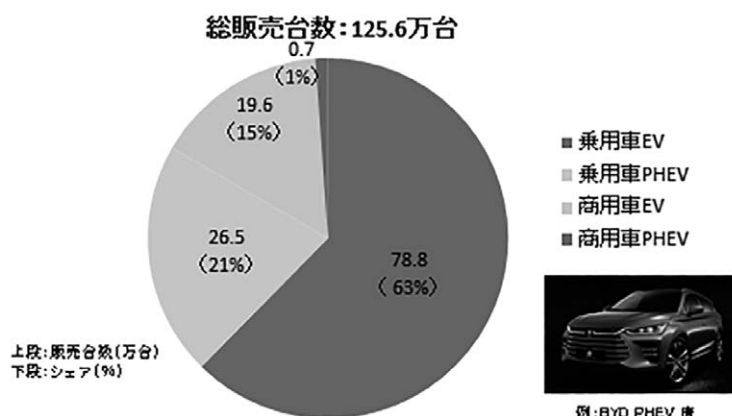


図4 中国における新エネルギー自動車の販売内訳（2018年）



乗用車PHEV比率は、2018年に21%へと急拡大

出典：中国汽车工业协会

減少した。欧米では、新エネルギー自動車の中でプラグインハイブリッド（PHEV）がEVに比べて多い傾向があるが、中国ではむしろEVの販売台数が多い。またそれ以外の特徴として、商用車EVが多いことが挙げられる。これは各都市にて普及する市内循環バスとしてEVバスの採用が増えていることも要因となっている。

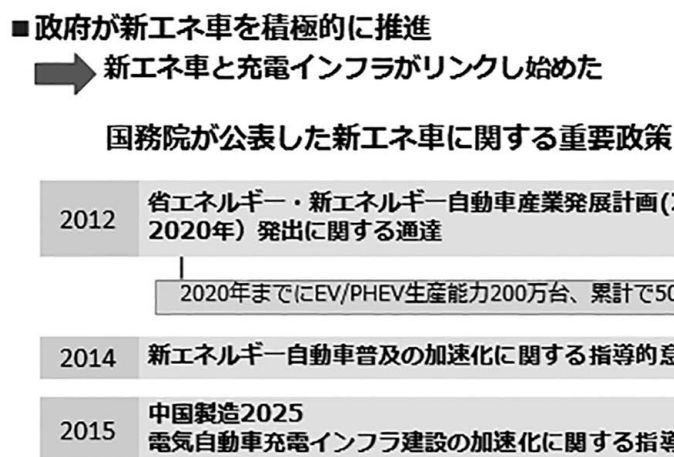
2.3 新エネルギー関連政策

なぜ2015年から新エネルギー自動車が増えたのであろうか。筆者は新エネルギーに関連して、2つ政策が効果を発揮したと考える。一つは、2012年に発表された「省エネルギー・新エネルギー自動車産業発展計画（2012～2020年）」である。その中で、2020年での生産能力を200万台、累計で500万台を達成することが明記された。さらに、2014年には、「新エネルギー自動車普及

の加速化に関する指導的意見」が提案された。また2015年には「中国製造2025」とともに、「電気自動車充電インフラ建設の加速化に関する指導的意見」が公表され、電気自動車と充電インフラの両輪がリンクする体制が整ったと考える。

それ以外にも、米国のZEV規制にならって、中国でも新エネルギー自動車規制が2019年から実施された。これは中国にて販売するガソリン車の比率に準じて、2019年にて10%、2020年にて12%のクレジット獲得が必要となる政策である。新エネルギー自動車規制実施により、大手自動車メーカーは、新エネルギー自動車を自ら製造するか、もしくは他社からクレジットを購入するかを迫られることとなった。なお、新エネルギー自動車規制にて、2021年～2023年の修正案が公表されたが、パブリックコメントを募集し、現在その内容を検討中である。

図5 中国新エネルギー自動車伸展の要因



出典：日本電動化研究所

図6 中国新エネルギー自動車規制（2019年～2020年）

- ・規制対象 年間生産台数が3万台以上の自動車メーカー
- ・導入時期 2019年から正式実施
- ・計算台数 生産・輸入台数
- ・目標 ICEの生産台数に対し以下のクレジット獲得が必要
2019年：10%、2020年：12%
- ・計算方法 自動車メーカーは、NEVによるクレジット獲得もしくは他社からのクレジット購入が必要。

区分	クレジット算出方法
EV	$0.012 \times R$ (EV航続距離100km以上の場合) + 0.8 但しMAX5クレジット 車両重量に基づき電費が基準未達の場合は0.5倍、かつ他社にクレジット売却不可、基準を大幅に上回る場合は同1.2倍
PHEV	2クレジット (EV走行距離50km以上の場合) EV走行距離、電費が基準未達の場合は0.5倍、かつクレジット売却不可
FCV	$0.16 \times \text{システム定格出力(kW)}$ (航続距離300km以上) 定格出力が基準未達の場合0.5倍、かつクレジット売却不可

出典：工業・信息化部資料を基に筆者作成

2.4 新エネルギー自動車に関する国家標準

電気自動車分野における中国の最初の3つの必須国家標準、GB「電気自動車の安全要件」、GB「電気自動車のリチウムイオン電池の安全要件」、GB「電気バスの安全要件」は、2018年6月に全国電気自動車標準化技術委員会の電気自動車小委員会にて採択された。

それ以外に、電動車両駆動用モーター電磁両用性、電気自動車低速ビーブ音、燃料電池自動車の

水素排出試験法、電気自動車の高電圧および高電流ハーネスおよびコネクタの技術要件、電気自動車のエネルギー消費効率制限、及び燃料電池電気自動車水素充填口第1号修正などがリリースされた。

2.5 補助金

新エネルギー自動車は、これまでも国および地方により補助金が供与され、それによって価格競争力を保ってきた。補助金には中央政府から出す

表1 新エネルギー自動車に関連する国家標準規格（2018年）

番号	標準番号	標準名	改訂	批准日付	実施日付
1	GB/T 36282-2018	電気自動車の駆動モーターシステムの電磁適合性要件とテスト方法	√	2018.6.7	2019.1.1
2	GB/T 37153-2018	電気自動車低速ブロンプトーン	√	2018.12.28	2019.7.1
3	GB/T 37154-2018	燃料電池電気自動車の水素排出試験方法	√	2018.12.28	2019.7.1
4	GB/T 37133-2018	電気自動車用の高電圧大電流ハーネスおよびコネクタの技術要件	√	2018.12.28	2019.7.1
5	GB/T 36980-2018	電気自動車のエネルギー消費率制限	√	2018.12.28	2019.7.1
6	GB/T 26779-2011	燃料電池電気自動車の水素の注入口（第1号修正）	√	2018.12.28	2019.7.1

出典：工業・信息化部

表2 新エネルギー自動車の補助金政策（2019年）

インデックス			2018年政策	2019年政策
100%電気自動車	走行距離 (工況法, km)	150≤R < 200	1.5万元	/
		200≤R < 250	2.4万元	
		250≤R < 300	3.4万元	1.8万元
		300≤R < 400	4.5万元	
		R≥400	5万元	
	バッテリーシステムのエネルギー密度 (Wh/kg)	105～120	0.6倍	/
		120～125	1倍	
		125～140		0.8
		140～160		1.1倍
		≥160	1.2倍	1

インデックス				2018年政策	2019年政策
100%電気自動車	車両のエネルギー消費量が現在のしきい値に比較	2018年のエネルギー消費条件を満たす		0.5倍	/
		5%～10%		1倍	
		10%～20%			
		20%～25%			
		25%～35%		1.1倍	
		35%以上			
	単位電池電量			1200円 /kWh	550円 /kWh
プラグインハイブリッド	電気駆動で50～80kmの走行距離	B状態で燃料消費量と標準制限の比率	65%～60%	1.1万円	/
			60%～55%	2.2万円	0.5
			55%以下		1万円
		電気駆動で80km以上の走行距離	A状態で100キロメートルの消費電力		2018年の100%電気乗用車のエネルギー消費条件

出典：財政部 工業・信息化部

場合と、地方政府から出す場合がある。これまで新エネルギー自動車の販売台数も順調に増加したことから、2020年には補助金の打ち切りを予定していた。しかし、2019年の新エネルギー自動車の国内販売台数が初めて前年実績を下回り、新エネルギー自動車の政府目標の達成が難しくなったことから、補助金の継続に方針を転換する方向で検討している。地方政府の補助金についても同様である。

2.6 ライドシェアによる影響

購入から利活用へと使い方の変化が起きている。カーシェアリング、ライドシェアリングなどであるが、特にライドシェアリングの進展が著しい。米国ではUBERが代表例であり、中国では滴滴出行（DiDi）が大きなシェアを占めている。こ

のようなライドシェアが拡大する中で、それらを扱う企業は、これまでのように自動車メーカーからクルマを購入して契約ドライバーに貸すだけでなく、自らの使用形態に適した自動車をプラットフォームとして開発しようとする動きが出てきた。

代表例は滴滴出行（DiDi）の洪流联盟（Dアライアンス）である。ライドシェア大手の滴滴出行（DiDi）は、2018年4月に31企業とともに「洪流联盟（Dアライアンス）」を設立した。今後プラットフォームを構築して、2030年までに1,000万台の滴滴出行（DiDi）仕様による共有新エネルギー自動車を開発する方針を明らかにしている。これまで自動車メーカーから自動車を購入していたが、今後は自社にて仕様を決定し、既存の自動車メーカーに生産委託するなど、全く異なる動きが出てきている。

図7 滴滴出行が主導する洪流联盟（Dアライアンス）

■2018年4月滴滴出行は31企業とともに「洪流联盟」を設立。今後、プラットフォームを構築し、2030年までに1000万台の滴滴出行仕様による共有新エネ車を開発する。

「洪流联盟」参加企業：



出典：滴滴出行

2.7 新型コロナウイルス感染症の影響

中国武漢にて発生した新型コロナウイルス感染症の影響により、中国における自動車メーカー、部品メーカー、電気・電子機器メーカー、さらには車両運搬の物流まで大きな影響を受けている。交通の要衝である武漢が封城され、サプライチェーンが寸断されているためである。北の地域など、武漢からかなり離れた場所では、徐々に生産が復活しているが、上海、重慶、広州など武漢と直接の繋がりがあるところは、再開したくても兵站が続かない状況にある。

幸い、武漢以外の地域では、感染者が次第に減少しており、当面は武漢での代替えなど、別の方法を探る動きが活発化するであろう。懸念は長期のサプライチェーン寸断による中小の自動車メーカーや部品メーカーの資金繰りである。各企業がどのようにして生き残るのか、まさに正念場に

立っているといえる。

三. 充電インフラの動向

3.1 現状

中国では、自動車の普及促進策に遅れること約3年、2015年に「電気自動車充電インフラ建設の加速化に関する指導的意見」が公表され、充電インフラの普及への方針が明確となった。内容的には、普通充電と急速充電の両方をあわせて普及する計画である。中国を沿岸部（加速発展エリア）、中央部（模範推進エリア）、西部（積極推進エリア）と3つに分けて、2020年までに、それぞれに設置目標を立てて進める形を取っている。なお、具体的には各地域の目標を、省、市、県単位にブレークダウンし、きめ細かにフォローする体制のようだ。さらに、国家能源局ではなぜ充電インフラが必要なのか、その内包する問題点を洗い出している。

図8 充電インフラの地域別目標

2015年 国家发展改革委员会および国家能源局は、「電気自動車の充電インフラの発展に関するガイドライン」を公表。

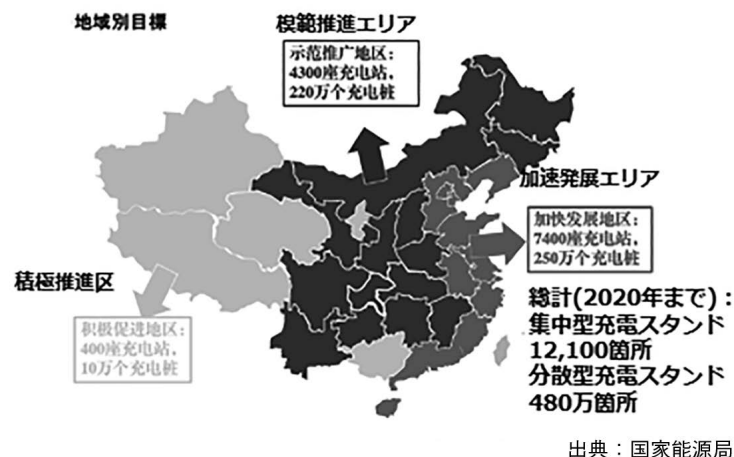


図9 充電インフラの発展に存在する問題

- 電気自動車およびその充電技術の不確実性が大きい
- 充電インフラと電気自動車の発展の歩調が合わない
- 充電インフラの建設難度がやや高い
- 充電サービスの成熟したビジネスモデルが未だ形成されていない
- 充電インフラの基準・規範体系を整備する必要がある
- 関連サポート政策について、依然として強化する必要がある

出典：国家能源局

3.2 充電インフラに関する政策

充電インフラ拡充のためには複数の政策が実施されている。「国務院青空防衛作戦に勝利するための3カ年行動計画の発行に関する通達」([2018]第22号発行)では、輸送構造を積極的に調整し、グリーン交通システムを発展させ、新エネルギー自動車の使用を推し進め、物流パーク、産業パーク、工業団地、大型ショッピングセンター、農家による卸売市場などの物流流通エリアに集中充電スタンド、急速充電スタンドを建設するように指摘している。

また、「新エネルギー自動車の充電能力を高めるための行動計画」(エネルギーの開発及び改革[2018] No. 1698)では、3年以内に充電技術のレベルの向上、充電施設(製品)の品質向上、充電施設製品の品質を改善し、充電標準システムの改善を加速化、充電施設配置の完全最適化、充電ネットワークの相互接続と相互運用能力を大幅強化、充電運営サービスの品質を迅速にグレードアップさせ、充電インフラ整備の開発環境と産業構造のさらなる最適化を目指している。

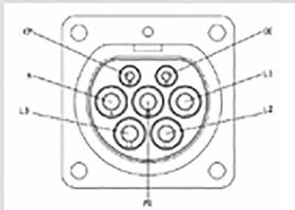
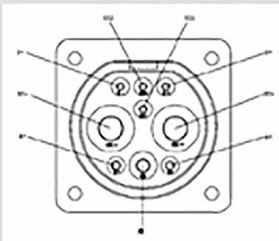
「新エネルギー自動車の使用促進のための金融補助金政策のさらなる改善に関する通知」(財建[2019] No. 138)は、新エネルギー自動車の地方補助金を廃止し、充電(水素化)インフラ整備の「ショートボード」建設及び運用サービスなどに切り替えるとした。

3.3 標準化

車両用の充電器を普及させるためには、車両と充電器側との相互互換性(インターオペラビリティ)が重要となる。そのため、中国政府は普通充電、急速充電とも規格標準化を進めている。普通充電は、中国では交流240Vであるため、欧州地域とほぼ同等であり、ドイツのメネケス社が開発したプラグ形状に準拠し、中国の推奨国家標準であるGB/T 20234.2として規定している。なお、当該標準はIEC 62196-2として承認された。

また急速充電器については、構造や仕様は日本発の急速充電方式であるCHAdeMO方式と類似の方式を採用した。中国の推奨国家標準であるGB/T 20234.3として規定されており、IECにてIEC 61851-23として承認されている。なお、急速充電の国際標準化には中国以外に、日本発であるCHAdeMO方式、米国のCCS 1(US-COMBO)方式、それにドイツを中心とする欧州のCCS 2(EU-COMBO)の4方式があり、いずれもIECにて国際標準として認可されている。特徴的な違いは、CHAdeMO方式とGB/Tは通信方式としてCAN方式を採用しているが、CCS 1およびCCS 2はPLCを採用している。なお、IECはあくまで安全基準を満たすかどうかの審査であり、どの地域にどのような基準の製品を使用していくかは、市場に委ねる形を取る。

図10 中国の充電インフラ規格

	普通充電規格	急速充電規格
中国規格	GB/T 20234.2	GB/T 20234.3
最高電圧	250V/440V (交流電源)	750V (直流電源)
定格電流	10,16,32,63A (交流電源)	125/250A (直流電源)
車両側のアウトレット形状	7ピン 	9ピン 

出典：日本電動化研究所が情報整理

図 11 急速充電の国際標準情勢

■ 2014年4月に発行されたIEC規格では、下記4つの技術が全て承認。

	CHAdeMO (日本)	GB/T (中国)	US-COMBO CCS1(米国)	EU-COMBO CCS2(欧州)
コネクタ				
車両 インレット				
通信 プロトコル	CAN		PLC	

出典：チャデモ協議会

図 12 中国の主な急速充電器メーカー



出典：筆者により各HPを基に整理

3.4 中国の主な EV 用急速充電器メーカー

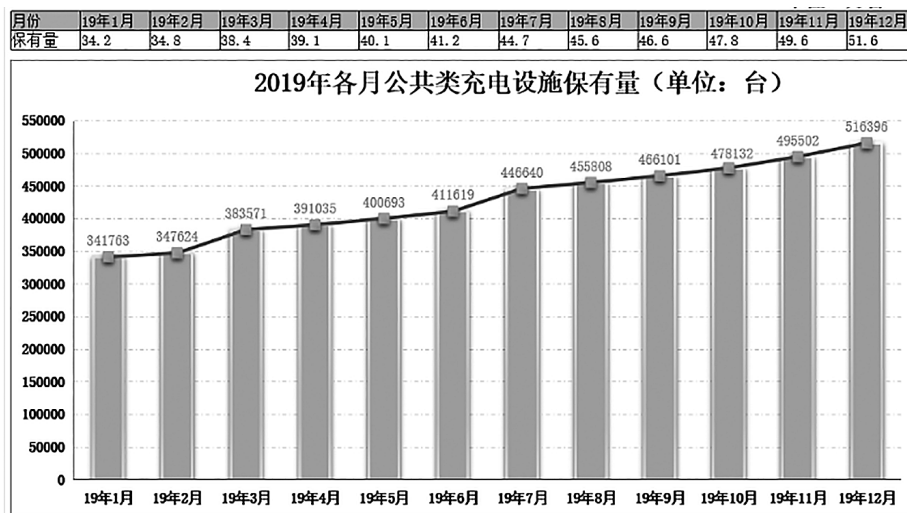
新エネルギー自動車普及するに従い、急速充電器を製造するメーカーも増加している。現時点では主なメーカーだけでも20社以上にのぼる。また普通充電器を製造するメーカーはさらに多く、乱立の様相を見せている。

3.5 EV 用急速充電器の設置台数

中国では急速充電器のみの設置数を公表してお

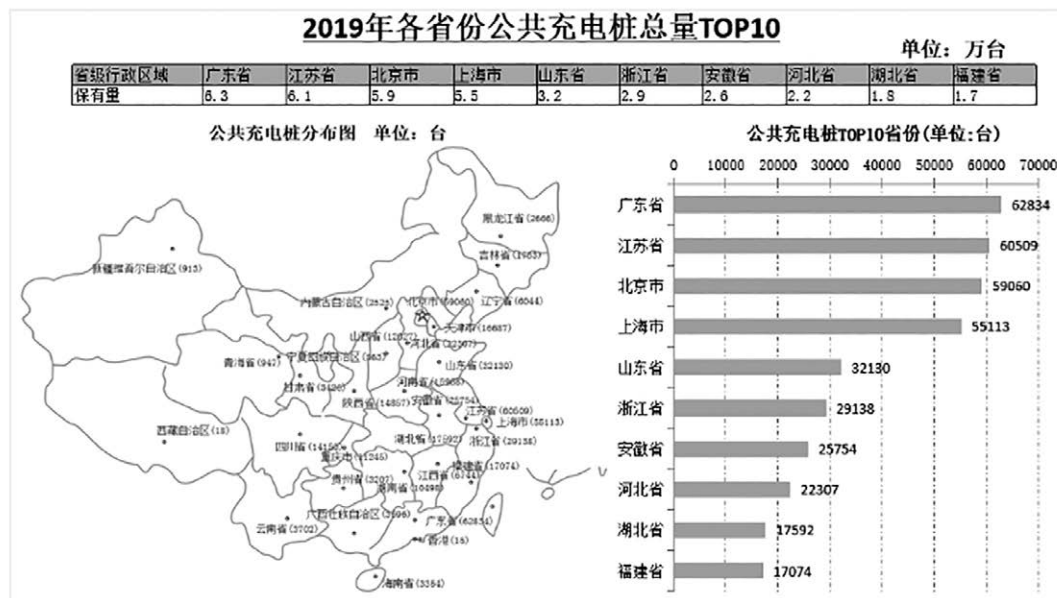
らず、公共充電器として発表している。中国電動汽車充電基础设施促進联盟（EVCIPA）によれば、2019年12月末の時点で、公共充電器は516,396基、内訳は交流充電器301,238基、直流充電器214,670基、交直流一体型充電器488基となっている。また設置地域別では、広東省、江蘇省、北京市、上海市などが多く設置されている。

図 13 公共充電器の設置台数推移



出典：EVCIPA

図 14 公共充電器の地域毎の設置台数



出典：EVCIPA

3.6 EV用急速充電時の充電料金

中国自動車技術研究センター（CATARC）によれば、急速充電器の費用徴収方式は普通充電と似通っており、通常は「電気代＋サービス料」である。電気代は各地の電気料金政策により決まり、0.6元（/kwh）以上。各運営会社によりサービス料は異なるが、通常は0.8～1.2元（/kwh）の間である。

3.7 EV用急速充電器の設置場所

中国自動車技術研究センター（CATARC）によれば、急速充電器をどこに設置するかは企業が自主的に決めることができるが、前提としては国

や地方政府の土地利用計画と安全基準等の方面の要求を満たしていることが条件となる。要するに「政府が誘導し、民間が決める」方針である。

3.8 日本自動車研究所（JARI）との急速充電に関する共同研究

中国国家発展改革委員会、中国国家エネルギー局と日本の経済産業省の支持のもと、中国自動車技術研究センター（CATARC）と日本自動車研究所（JARI）は上記覚書に共に署名し、充電インフラ整備および運営モデル、電気自動車と充電インフラの互換性などの分野で共同研究を行った。期間は2015年初から2016年末までの約2年間。

図 15 日中共同研究の体制

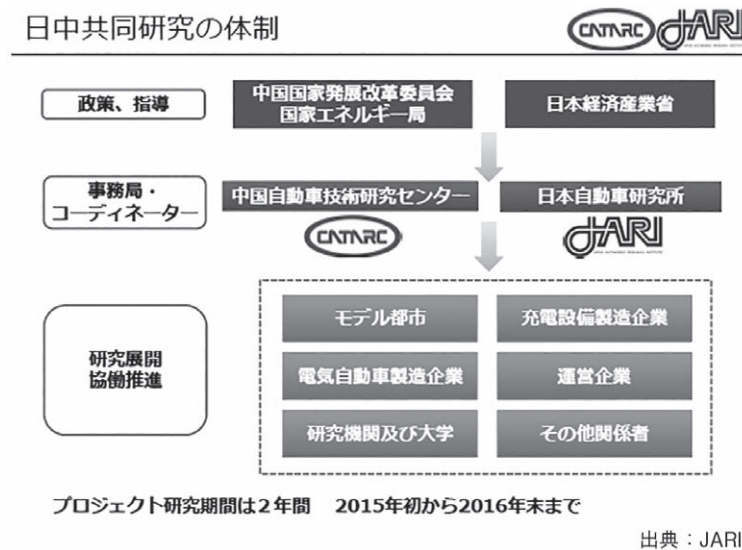


図 16 共同研究実施内容と成果

■ 日中共同研究の主要内容と成果は以下の通り

充電インフラ整備に関する研究	EVと充電器の互換性研究
- 日本の充電インフラ整備および運営モデル紹介 - 中国の主なモデル都市の充電モデル調査研究 - 主要ビジネスモデルの実例分析 - 適合するビジネスモデル方案と政策提案提出	- CATARC天津にてACとDC充電の互換性確認試験実施 - 共同で試験結果の分析と総括を実施 - 中国の充電標準意見募集稿の討論会へ試験結果反映事項提出

出典：JARI

成果として、充電インフラに関しては日中相互のビジネスモデル分析と適合する方案を抽出することができた。また互換性（インターオペラビリティ）に関して、CATARCにて互換性確認試験を実施するとともに、試験結果と対応を充電標準意見募集事務局に対し、提案事項として提出した。

3.9 超急速充電（スーパーチャージ）

これまでは急速充電器について述べてきたが、近年、大容量の電池を搭載した車両が多くなるにつれ、これまでの急速充電では時間を要することから、さらなる大容量の電流を流すことの出来る、いわゆる超急速充電の要望が出てきた。

このため、日中共同研究として超急速充電を開発することとなった。経緯は次のとおりである。当初、日中間の共同研究であったが、その後、第3国への普及拡大に向けての対象アイテムとなり、

その第一弾としてインドが選定されたものである。

2018年8月28日チャデモと中国電力企業連合会で2020年の規格制定に向け覚書締結・2018年10月26日日本政府と中国政府による第3国への普及拡大に向けた覚書が締結・2019年2月27日日本政府とインド政府間にて、インドにおける急速充電器普及への協力について覚書が締結。

超急速充電に関しては、日中間にて協議した結果、ネーミングを「ChaoJi（チャオジ。中国語で“超级”）」と呼ぶことで統一し、開発を進めている。対象となる車両は、EVバス、トラックに加え、作業車、AGV、電動船舶、それに近年話題の空飛ぶクルマも視野に入れている。スペック的には、ChaoJiは最大900Kw（1500V×600A）となる。

CHAdemo協議会によれば、超急速充電器のガン形状はこれまでのCHAdemoもしくは中国のGB/Tよりも小型化されている。まだ試作品

図 17 超高出力（ChaoJi）急速充電（400kW+）の適用範囲拡大

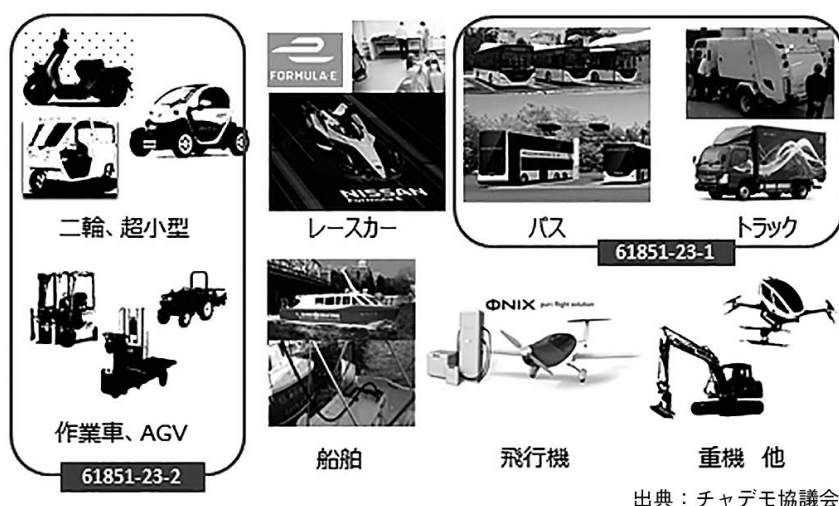


図 18 超高出力（ChaoJi）充電ロードマップ

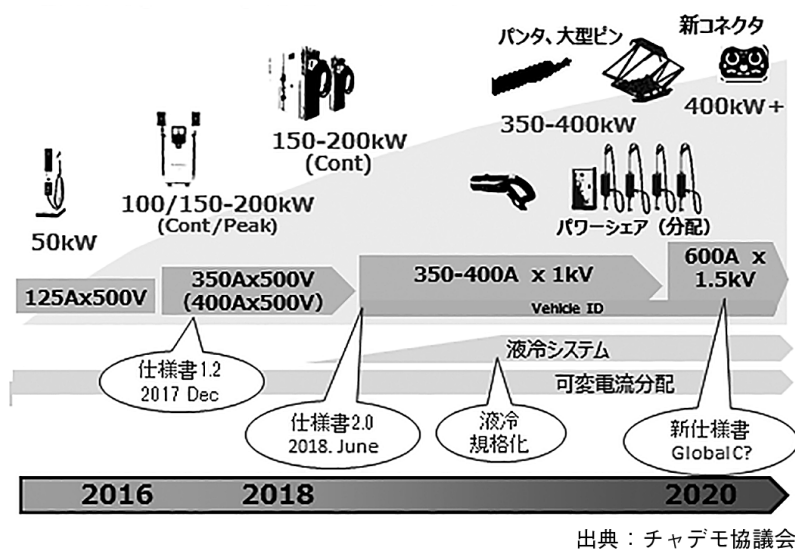


図 19 超高出力 急速充電のスペック

* According to the latest standards, including drafts

Spec.	ChaoJi	GB/T	CHAdeMO	CCS	Tesla
Max. power	1500V x 600A = 900kW	950V x 250A = 237.5kW	1000V x 400A = 400kW	1000V x 400A = 400kW	410V x 330A = 135kW
Number of control pilots	2	0	3 (2+1)	1	1
Communication	CAN (SAE J1939)	CAN (SAE J1939)	CAN (ISO 11898)	PLC (ISO 15118)	CAN (SAE J2412)
12V power supply to EV	No	Optional (A+/-)	Yes (d1)	No	No
V2L/H/G/V	Unknown	Under development	Yes	Under development	No
Coupler lock	Inlet	Connector	Connector	Inlet	Inlet
Availability	PRC	PRC, India	Global	EU, US, South Korea, Australia	Global (Type 2 for EU)
Related standards	IEC 61851-23-1, 23-2 (planned)	IEC 61851-23-1	IEC 61851-23-1, 23-2, IEEE 2030.1	IEC 61851-23-1, SAE J1772	None
Notes	Liquid-cooled cable under development	Liquid-cooled cable not available	Liquid-cooled cable under development	Liquid-cooled cable under development	Liquid-cooled cable discontinued

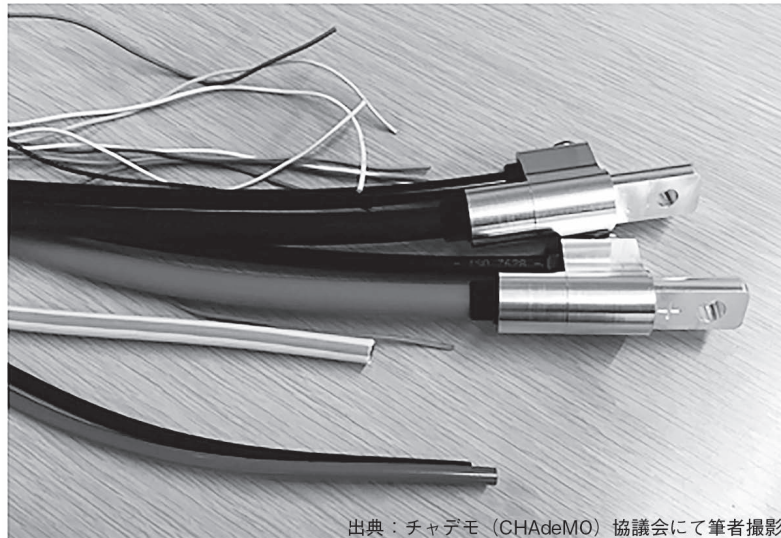
出典：チャデモ協議会

図 20 ChaoJi ガン形状(1)



出典：チャデモ（CHAdeMO）協議会にて筆者撮影

図 21 ChaoJi ガン形状(2)



出典：チャデモ（CHAdeMO）協議会にて筆者撮影

の段階であるが、小型化できた要因は、ケーブルの中を液冷として、ガンのピンとなる部分を冷却できたことにある。また、これまで急速充電器のガン側にロック機構を持っていたが、これを車体側に移したことから、ガン形状を小さくすることができた。ガンの挿入口より後ろ部分が膨らんでいるのは、ここまで液冷が循環されているからである。ケーブルに関しては、写真下側に赤色と黒色の2本のチューブが見えるが、これが液冷用のチューブとなっている。

CHAdeMO 協議会によれば、ChaoJi の仕様書は2020年末までに日中で発行予定であり、市場への投入時期は2022年頃、特に中国から出現すると予想する。また、ChaoJi は日中共同規格であるが、日中以外の他陣営とも規格に対して会議

体を開催しており、日中共同版と、国際会議版が設定されている。国際会議版には欧米の CCS（Combined Charging System）陣営や Tesla や GM も加わり、ほぼワールドワイドな陣営となっている。

世界統一規格となるかは未定であるが、少なくとも世界の主要な自動車メーカーや急速充電器メーカーはこれを作る技術力を持つことになり、世界統一規格に一步近づいたと言える。

四. おわりに

冒頭でも述べたように、新エネルギー自動車と充電インフラは両輪の関係にある。日本はクルマが先で、その後に充電インフラが追いかける構造となったが、欧州では網目状に充電インフラを最

初に設置し、その後クルマを投入するなど、充電インフラが先、クルマが後の方式を採用しているところが多い。それに対して、中国は新エネルギー自動車の開発が遅れたこともあり、新エネルギーを発売後に、やはり充電インフラの整備が必要と考え、約3年遅れて充実を図った。現在では、充電インフラに関して世界で最も充実した国と言える。

充電インフラにも、普通充電と急速充電があり、日本のように東京など大都市を除けば、一軒家が多ければ自宅に普通充電設備を設置することが可能であるが、マンションが多い中国では、地下駐車場等に普通充電器を設置するなど、工夫が必要となる。このため、今後も充電ステーションと呼ばれる公共の充電施設の拡充が続くのではないだろうか。

また、急速充電器に関しては、日本発のCHAdeMO方式と類似のGB/Tを採用してきたが、市場における相互互換性（インターオペラビリティ）を充実させるため、日本自動車研究所と共同研究を実施し、そのレベルを高めてきた。最近、新エネルギー自動車の電池大容量化に伴い、超急速充電器（ChaoJi）と呼ばれる方式を日中共同にて開発している。仕様書発行は2020年末までを予定しており、市場投入は2022年頃、特に中国からの投入されるのではと聞く。この方式は欧州、米国にも参加を呼びかけており、世界統一規格となる可能性を秘めている。今後も、新エネルギー自動車および充電インフラは成長分野であり、どのように発展するのか注視していきたい。

第七章 中国の自動車用バッテリー開発の現状と動向

呉 輝 北京伊維炭科管理諮詢有限公司總經理
郭 營軍 香河崑崙化学製品有限公司CEO

一. 中国の自動車用パワーバッテリーの関連政策 (一) 国家政策

2009年は中国の新エネルギー自動車発展の元年である。2009年から、中国は新エネルギー自動車産業の発展促進のため、一連の政策を次々と掲げたことによって、自動車用パワーバッテリー産業を含む産業チェーン全体の急速な発展がもたらされた。国レベルでは、国務院・財政部・工信

部・科技部・発改委（国家發展改革委員会）・商務部・交通部と環境保護部が主導し、需要促進・企業発展支援・産業規模拡大・技術導入・環境保護などの面から、新エネルギー自動車と自動車用パワーバッテリーに関する政策と規定を制定した。これらの政策と規定は自動車用パワーバッテリーの健全な発展を促進した。

表1 中国の新エネルギー自動車産業政策

	公布機関	政 策 名	内 容
2009.02	財政部、科技部	《關於開展節能与新能源自動車示範推广試点工作的通知》	省エネ自動車および新エネルギー自動車への補助政策
2012.06	国務院	《節能与新能源自動車産業發展規劃（2012～2020年）》	電気駆動新エネルギー自動車の開発と自動車産業の変革の方向性示唆
2013.09	財政部、科技部、工信部、発改委	《關於繼續開展新能源自動車推广応用工作的通知》	都市を中心に新エネルギー自動車の普及、消費者に新エネルギー自動車の購入補助
2014.07	国務院	《關於加快新能源自動車推广応用的指導意見》	電気駆動新エネルギー自動車の開発戦略
2015.04	財政部、科技部、工信部、発改委	《關於2016～2020年新能源自動車推广応用財政支持政策的通知》	補助金の期間を定義し、補助金政策が撤回される時期を明示
2015.05	国務院	《中国製造2025》	主な開発分野として「省エネと新エネルギー自動車」を提案
2016.11	工信部	《自動車動力電池行業規範条件》(2017年) 徵求意見稿	生産仕様、生産能力、技術要件等に関して、自動車用パワーバッテリー企業に基準を提供
2016.12	国務院	《關於印發‘十三五’国家戰略性新興産業發展規劃的通知》	産業化されたりチウムイオン電池のエネルギー密度に基準を明示
2017.03	工信部、発改委、科技部、財政部	《促進自動車電力電池産業發展行動方案》	自動車用パワーバッテリー産業の発展方向性指摘。既存製品の性能品質と安全性を改善し、生産コストを削減
2017.04	工信部、発改委、科技部	《自動車産業中長期發展規劃》	2020年までに、自動車用パワーバッテリーイノベーションセンターの建設を完了し、自動車用パワーバッテリーアップグレードプロジェクトを実施し、自動車用パワーバッテリーの革新実現を加速
2017.07	工信部	《重点新材料首批次応用示範指導目錄》	目録に高性能リチウムイオン電池隔膜、ニッケルコバルトマンガン酸リチウム三元系材料、陰極材料、高純度結晶六フッ化リン酸リチウム材料などを増加
2017.08	国家標準化委員会	GB/T34014-2017《自動車動力電池編碼規則》 GB/T34015-2017《自動車用動力電池回收利用一余能檢測》 GB/T34013-2017《電動自動車用動力蓄電池產品規格尺寸》 GB/T33598-2017《自動車用動力電池回收利用拆解規範》	自動車用パワーバッテリーの4つの規範を公表し、自動車用パワーバッテリーリサイクルの分野のより健全な国家標準を構築
2018.01	工信部、科技部、環保部、交通部、商務部、質檢总局、能源局	《新能源自動車動力電池回收利用管理暫行弁法》	拡大生産者責任制を実施、自動車用パワーバッテリーの効果的な使用と環境保護、安全な処置を確保

	公布機関	政 策 名	内 容
2018.02	工信部、発改委、科技部、財政部	《關於調整完善新能源自動車推广应用財政補貼政策的通知》	自動車用パワーバッテリー技術の発展によって、自動車用パワーバッテリーシステムのエネルギー密度要件を強化
2018.04	中汽協	《自動車動力蓄電池和氢燃料電池行業白名单暫行管理弁法》	企業の生産水準に明確な評価制度と淘汰メカニズムを備え、燃料電池への支持を強化
2018.07	工信部	《乗用車企業平均燃料消費量 and 新能源自動車積分並行管理弁法》	自動車企業へのポイント化管理は燃料自動車と新エネルギー自動車を区別
2019.01	工信部	《リチウムイオン電池行業規範条件（2018年本）》和《リチウムイオン電池行業規範公告管理暫行弁法（2018年本）》	リチウムイオン電池製造企業の生産経営条件を標準化し、企業の単体チェックを要求
2019.02	発改委	《鼓励外商投資産業目錄（徵求意見稿）》	目録にあるパワーバッテリー、燃料電池、スマートカーなど主要コンポーネントへの投資を増加
2019.03	市場監管理総局	《家用自動車產品の修理、更換、退貨責任規定（修訂徵求意見稿）》	自動車の車載電池と駆動モーターを三包 ¹ に編入
2019.06	工信部、発改委、科技部、財政部	《關於進一步完善新能源自動車推广应用財政補貼政策的通知》	技術指標の閾値を引き上げ、補助金の基準を引き下げて、優勝劣敗を促進
2019.12	工信部	《新能源自動車中長期規劃2021～2035》（徵求意見稿）	2025年まで、新エネルギー自動車販売数を新車販売総数の25%に引上げる予定。また、新エネルギー自動車計画に、固体電池と燃料電池などのハイテク電池を追加
2019.12	工信部	《新能源自動車废旧動力蓄電池综合利用行業規範条件（2019年本）》和《新能源自動車废旧動力蓄電池综合利用行業規範公告管理暫行弁法（2019年本）》	バッテリー综合利用企業の監督と管理を強化し、業界標準と管理を強化

出所：EVTank、伊維智庫、2020.01より筆者作成

（二） 地方政策

各省及び各都市は国の政策に基づいて、現地の発展状況に相応しい新エネルギー自動車および自

動車用パワーバッテリーの関連政策・規準を策定し、現地の新エネルギー自動車産業の発展を促す。

表2 中国の各省市の新エネルギー自動車産業政策

省市	時間	政 策 名 称	内 容
北京市	2018.02	《北京市推广应用新能源自動車管理弁法》	新エネルギー自動車の購入と使用を奨励し、国と地方の割合に応じて地方自治体の財政的補助金を付与
	2018.07	《關於調整完善北京市新能源自動車推广应用財政補助政策的通知》	100%電気自動車の市級財政補助を廃止し、燃料電池自動車などの新型電池自動車に対して引き続き市級財政補助を手配し、燃料電池などの新型動力電池の発展方向を明確化する
上海市	2009.12	《關於促進上海新能源自動車産業發起的若干政策規定》	電気自動車を主なターゲットとし、「バッテリー、モーター、電子制御」の主要コンポーネントを突破口とし、燃料電池車をサポート
	2018.02	《上海市鼓励購買和使用新能源自動車實施弁法》	補助条件を満たした100%電気自動車およびプラグインハイブリッド自動車に自治体の財政補助金を付与
	2018.07	《上海清潔空氣行動計劃（2018～2022年）》	バスおよび公務用（社用）車における新エネルギー自動車への車種交換、充電パイルなどの設備の建設に関する政策
武汉市	2018.02	《武漢市新能源自動車推广应用地方財政補貼金實施細則》	補助対象を消費者へ拡大、ホイールベースを主な基準とした地方自治体補助金基準を策定
広東省	2018.01	《關於做好広東省新能源自動車推广应用地方財政補貼工作的通知》	補助対象、製品、補助額、および基準に関する規定
	2018.07	《広東省人民政府關於加快新能源自動車産業創新發展的意见》	新設公共駐車場と新しい路上有料駐車スペースは、全駐車スペースの30%以上に充電パイル設置を義務付け

¹ 三包とは、「包修・包換・包退」の総称で、一定期間内の「修理・交換・返品」を意味する。中国の製品品質法で規定されており、販売者の損害賠償責任に関する規定である。

省市	時間	政策名称	内 容
広州市	2018.07	《広州市推广新能源自動車発展的若干意見》	新エネルギー自動車専用ナンバープレートの完全使用と、新エネルギー自動車の駐車料金と通行料の減免政策
海南省	2019.11	《關於大力推广应用新能源自動車促進生態省建設的实施意見》	充電インフラストラクチャの建設を加速し、公共分野での新エネルギー自動車の応用を拡大
安徽省	2017.08	《支持新能源自動車産業創新發展和推广應用若干政策》	各種新エネルギー自動車関連研究開発プロジェクトに対する財政的補助金

出所：EVTank、伊維智库、2020.01より筆者作成

二. 中国の自動車用パワーバッテリー技術の現状

(一) 中国の自動車用パワーバッテリー技術ロードマップ

『省エネおよび新エネルギー自動車技術ロードマップ』は、中国の新エネルギー自動車開発技術の方向性を定めている。その中、新エネルギー自動車のパワーバッテリーの技術発展目標は、高い安全性、高いエネルギー密度、長寿命、低コストを目標とし、バッテリー材料の研究開発を中核に、エネルギー型およびエネルギー効率を両立したパワーバッテリー製品を重点とした。先進的な製造技術設備のもと、遠近結合し、新型リチウムイオン電池とその他の新型電池の研究開発と産業化を同時に推進する。

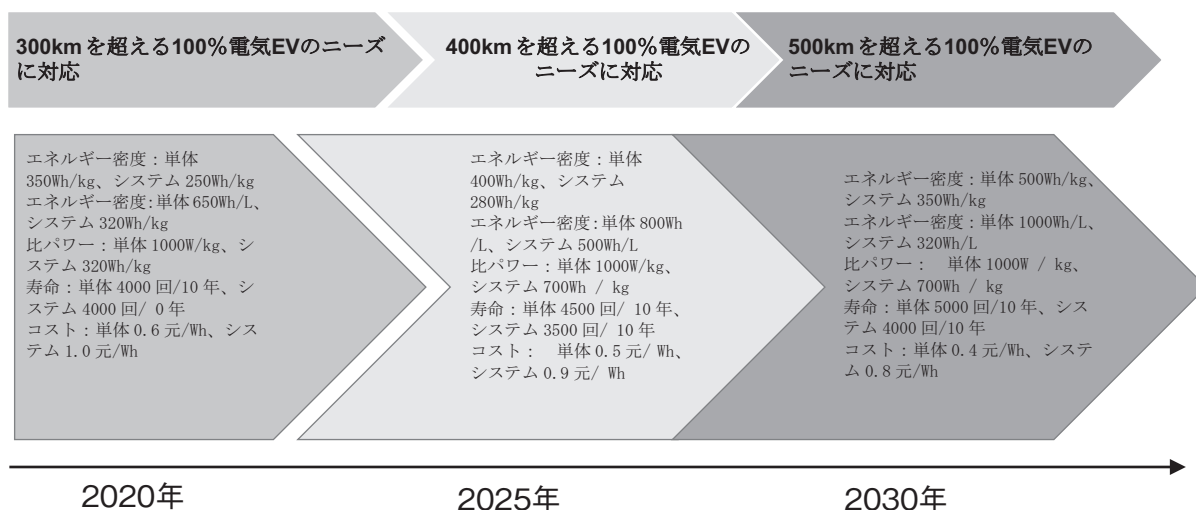
短期的には、既存のバッテリーの性能向上に焦点を当て、新エネルギー自動車技術の急速な発展を支える。中期的には、新型バッテリーの開発を中心に置き、コアテクノロジーの確立を実現する。長期的目標として、新型バッテリーの産業化を実現する。エネルギー密度の向上は、自動車用パワーバッテリーテクノロジー研究開発が目指す主な方向である。2020年、2025年、2030年までに、自

動車用パワーバッテリーの単体エネルギー密度がそれぞれ350Wh/kg、400Wh/kg、500Wh/kgに達することを目標とする。

(二) 各大手企業の自動車用パワーバッテリーの技術発展の方向

現在、国内のリン酸鉄リチウム電池の単体エネルギー密度は140～160Wh/kgの範囲に達し、通常の三元系電池の単体エネルギー密度は200Wh/kgに達しているが、自動車用パワーバッテリーロードマップが定めた単体エネルギー密度350Wh/kgとシステム密度260Wh/kgという2020年目標にはまだ隔たりがある。高ニッケル三元系電池は、エネルギー密度改善の主要な方向となり、NCM811とNCAの単体エネルギー密度は、将来350Wh/kgに達すると予想される。しかし、Packエネルギー密度の目標達成にはまだ長い道のりがある。バッテリーのコストに関しては、現在の三元系電池の平均価格は約1.05元/Whであり、リン酸鉄リチウム電池の平均価格は約1元/Whである。三元系電池の価格は政策目標を少し上回っている。

図1 中国自動車用パワーバッテリー技術ロードマップ



出所：『省エネと新エネルギー自動車技術ロードマップ』、伊維智库、2020.01より筆者作成

表3 中国の自動車用パワーバッテリー性能指標状況

性能指標	完成情況
単体のエネルギー密度	未達成。2018年末、中国の大量生産された自動車用パワーバッテリー単体のエネルギー密度は265Wh/kgに達した。2019年に天津力神が開発したNCA三元系高エネルギー密度リチウム電池のエネルギー密度は303Wh/kgに達した。
Pack エネルギー密度	隔たりが大きい。2019年の「新エネルギー自動車推進応用推薦自動車種目録」の統計によると、現在のPack エネルギー密度のほとんどは140～160Wh/kgであり、帝豪 JHC7002BEV41 100%電気自動車の数値が最も高く、Pack エネルギー密度は182.44Wh/kgである。
温度特性	基準クリア。CATLの公式サイトによると、同社のバッテリーコアは-30°Cから60°Cの環境で、各機能が安定している。
充電倍率	基準クリア。CATLの公式サイトによると、同社開発の43Ah三元系パワーバッテリーの最大充電倍率は4Cである。
サイクル寿命	基準クリア、寿命は予想以上。CATLの公式サイトによると、同社開発の長寿命バッテリー単体は15,000回充電可能で、耐用年数最長15年。

出所：EVTank、伊維智库、2020.01より筆者作成

三. 中国の自動車用パワーバッテリー市場規模

(一) 中国の自動車用パワーバッテリーの設備容量

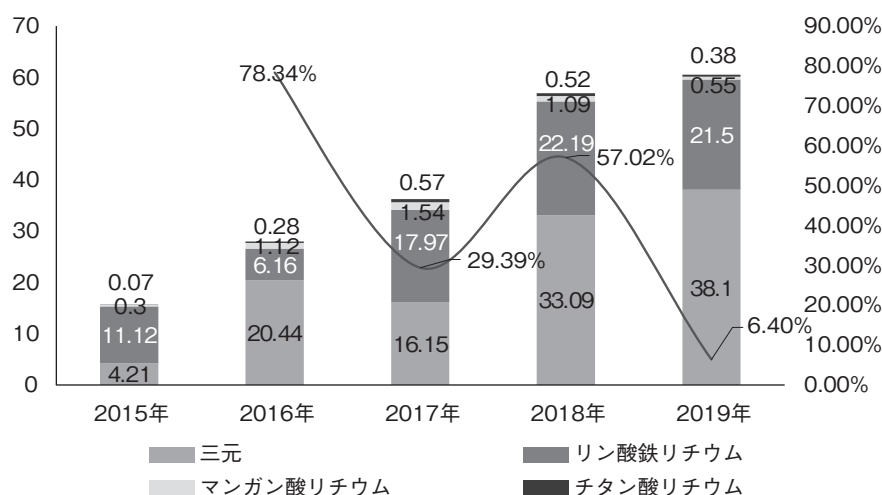
近年、新エネルギー自動車の販売が急増し、中国の自動車用パワーバッテリー産業の発展は勢いを増し、出荷量は年々増加している。2018年の中国の自動車用パワーバッテリーの設備容量は前年比57%増加し、56.9GWhに達した。2019年の自動車用パワーバッテリーの設備容量は60.53GWhに達し、前年比6.4%増加した。そのうち、三元系パワーバッテリーの設備容量は38.1GWhで、シェアは上昇を継続。リン酸鉄リチウム電池の設備容量は21.5GWhであり、市場シェアは三元系バッテリーに奪われた。2019年は中国の新エネルギー自動車市場が政策主導から市場化へ変換した年であり、自動車用パワーバッ

テリーの設備容量の成長率は鈍化した。ただ中長期的には、新エネルギー自動車の開発は大勢の赴くところで、自動車用パワーバッテリーの需要は、今後も急速に成長し続けることが予測される。

(二) 競争構造の分析

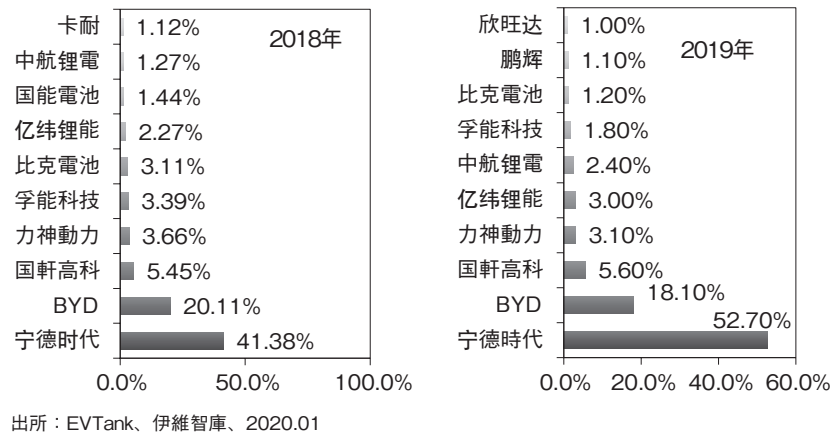
市場シェアから見ると、中国の自動車用パワーバッテリーの「一超多強」の構造は安定である。寧徳時代は三元系、リン酸鉄リチウム電池分野において先頭に立ち、比亞迪（BYD）、国軒はその後に続き、業界の三強の地位は確固不動である。2018年の寧徳時代の市場シェアは41.38%で、2019年も安定した成長を維持し、市場シェアは52.7%に上昇した。BYDの2018年の市場シェアは20.1%で、2019年の市場シェアは18.1%に減少した。合肥国軒の2018年の市場シェアは5.5%、

図2 2015～2019年中国の各種車両電源バッテリー設備容量：Gwh



出所：EVTank、伊維智库、2020.01

図3 2018年と2019年 自動車用パワーバッテリー企業の市場シェア



2019年の11か月の市場シェアは5.6%に小さく上昇した。また、顧客構造の最適化により、中航鋰電の出荷量が増加した。鵬輝能源と欣旺達がトップ10に割り込んだ。一方、比克電池は返済問題に直面し、自動車事業を大幅に縮小し、出荷量が急激に減少した。

2019年、業界上位10社の合計市場シェアは90%に達した。寧徳時代の市場シェアは増加し続く。業界の集中度はさらに向上する傾向がある。国内の自動車用パワーバッテリー企業全体の競争はより激しくなり、ランキングの下位にある規模効果がない企業は淘汰されるリスクに直面している。

(三) 発展の方向性

1. 自動車用パワーバッテリー設備容量の継続増加

新エネルギー自動車産業における補助金政策の段階的な撤廃により、市場は政策主導から市場主

導に移行し、ダブルポイントなどの非財政補助金政策は引き続き中国の新エネルギー自動車市場の急速な発展を促進する。中国の新エネルギー自動車の生産量は、2020年に160万台、2025年に600万台に達すると推定されている。

新エネルギー自動車の生産量増加と自動車用パワーバッテリーの設備容量の増加により、中国の自動車用パワーバッテリーの設備容量は増加し続け、2020年に82.67GWh、2025年に394.23 GWhに達すると推定されている。

2. 安全性・低コスト・長寿命・高エネルギー密度という業界の技術発展傾向

『新エネルギー自動車産業発展計画（2021-2035）』は2025年に新エネルギー自動車販売数が新車販売総数の25%ぐらいになるとしており、自動車用パワーバッテリーの発展可能性は大き

図4 2020～2025年中国の新エネルギー自動車生産予測（単位：万台）

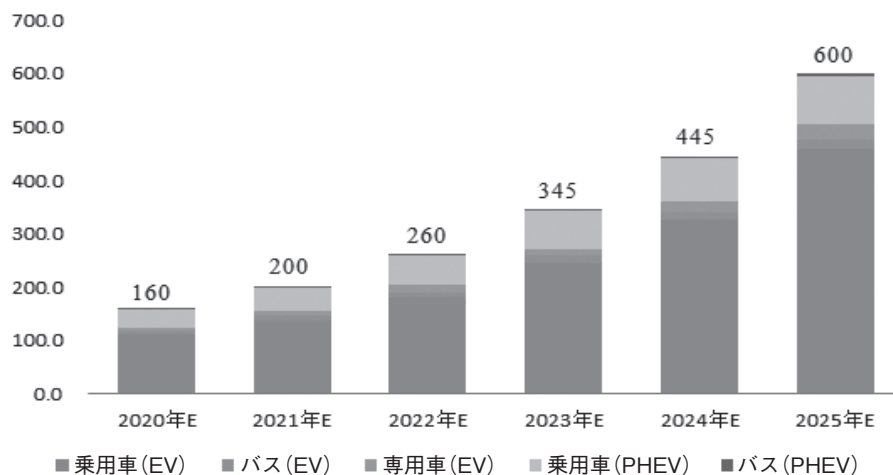
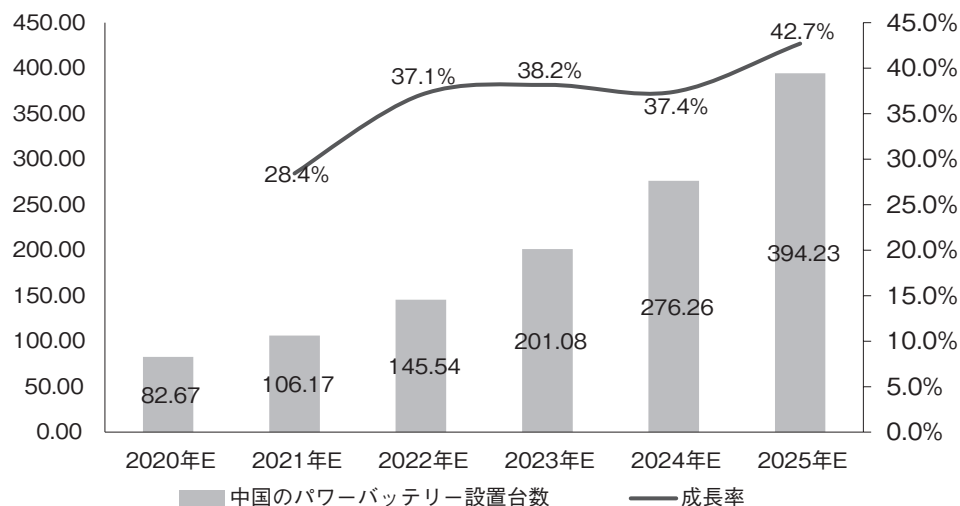


図5 中国の車両電力バッテリー容量の予測（単位：GWh）



出所：EVTank、伊維智庫、2020.01

い。また、同計画では、自動車用パワーバッテリー技術のブレークスルーのためには、正負極材料、電解液、隔膜などのコア技術を研究展開する必要があること、高安全性・低コスト・長寿命・高エネルギー密度の自動車用パワーバッテリー技術の現在の弱点を克服すること、固体パワーバッテリーと燃料電池の研究開発と産業化を加速させること、としている。

3. 多くの自動車用パワーバッテリー企業の淘汰と先導企業の国際進出

補助金政策の段階的な撤廃に伴い、自動車用パワーバッテリー製品の価格は厳しい圧力を受け、中国国内の自動車用パワーバッテリー企業が生き残れるかどうかは深刻な問題である。業界の集中度はさらに進み、多数の企業が淘汰される可能性がある。一方、外資系のパワーバッテリーブランドの参入により、中国の自動車用パワーバッテリー企業は激しい国際市場競争に巻き込まれる。短期的には中国国内の自主開発ブランドはより厳しい競争環境に直面することになるが、同時にこのことが産業のハイレベルな質的发展を促すことが期待される。

4. 補助金ゼロ時代、自動車用パワーバッテリー企業の利益率は徐々に低下

2021年の補助金政策の導入により、中国の新エネルギー自動車産業は正式に補助金なしの時代に入る。OEMはより厳格なコスト管理を行い、パワーバッテリーの価格を下げる余地があり、パ

ワーバッテリー企業の利益率は徐々に低下する。経営上の圧力増加は、品質向上、コスト削減、効率向上につながり、産業の急速な発展を促進する。

四. リチウム電池産業に関する研究

(一) 正極材料

1. 出荷量

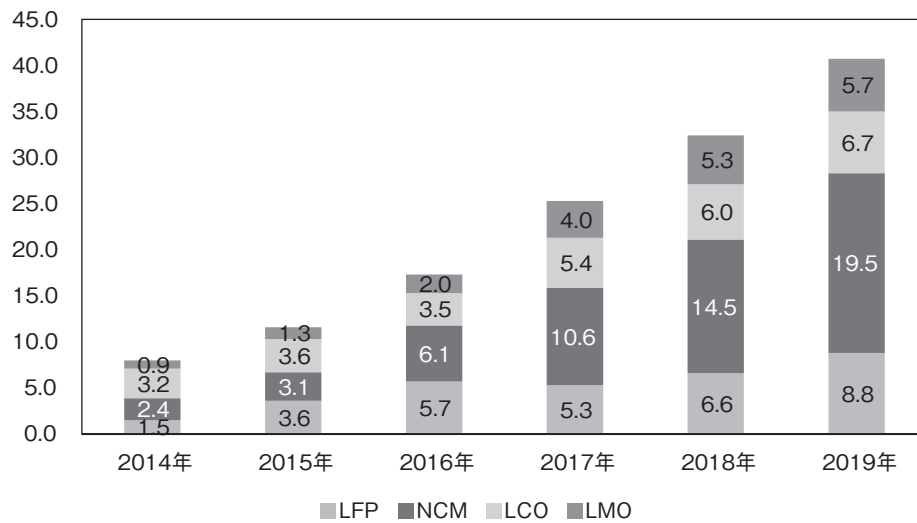
近年、中国の新エネルギー自動車市場は急速な発展を続けており、バッテリーの正極材料の需要は大きく、市場が巨大である。EVTankの調査データによると、2018年の正極材料の総出荷量は32.4万トンであり、2019年の総出荷量は40.7万トンである。現在、リン酸鉄リチウム、三元系、コバルト酸リチウム、マンガン酸リチウムは正極材料の主流であり、政策補助金の減少につれて、市場は次第に安定するようになった。今後、正極材料市場の総出荷量は増加し続け、三元系材料の市場余地は他の正極材料より大きい。

2. 競争状況

現在、中国の正極材料産業の集中度は徐々に高まっており、厦門鎢業、天津巴莫、徳方納米、容百鋰電、長遠鋰科と振華新材がそれぞれ10%以上の市場シェアを占めている。2019年の中国正極市場全体のCR3とCR5は、それぞれ41%と62%となる。三元系正極材料も市場動向に従い、当昇科技、杉杉株式、容百科技、長遠鋰科、天津巴莫、振華新材などは、NCM三元系材料の分野での優位性を形成し始めた。

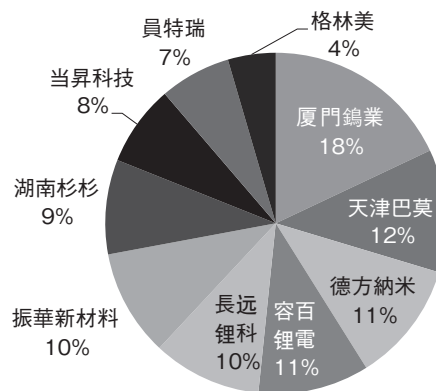
正極材料産業の発展に伴い、正極材料のリー

図6 2014～2019年中国の正極材料の出荷量（単位：万トン）



出所：EVTank、伊維智庫、2020.01

図7 2019年中国の正極材料の市場シェア



出所：EVTank、伊維智庫、2020.01

ディング企業は国際的な主流取引先のサプライチェーンをさらに強化している。CATL、LG、BYD、パナソニックなどの大手企業のコアサプライチェーンに参入できたのは、少数の実力のある企業に集中している。実力のある正極材料企業は、自社の川上・川下の産業チェーンの協力配置を強化し、原材料の供給と製品の生産販売を確保している。

3. 開発動向

(1) 三元系材料は依然として主導的地位を占める：国内のリン酸鉄リチウム正極材料は、生産能力・技術・価格・品質の面で世界をリードしているが、現在の技術は発展の限界にきている。高ニッケル化、高压化、リチウムリッチ化は将来の正極材料の発展方向となり、NCM、NCA、電圧マン

ガン酸ニッケル、リチウムリッチ酸化物固溶体材料、およびその他の新しい材料はそれにあたる。現段階で中国は主に NCM523 から NCM622 や NCM811 へ進化する段階にある。業界の主導企業となる CATL と BYD は将来主に NCM スクエアを主な技術方向とする。当昇科技、杉杉株式、容百科技、長遠鋰科、天津巴莫と振華新材などの企業は既に NCM622、NCM811 の正極材料を発売したが、NCA は技術的障壁が高いため国内ではまだ量産していない。短期間内では、中国の正極材料は NCM 三元系正極材料を主とする。

(2) 業界の集中度がさらに高まる：現在、中国の正極材料はローエンドの生産力が過剰で、ハイエンドの生産力が不足する構造的な生産能力過剰状況である。補助金政策の撤廃に伴い、国内の正極材料産業の競争が激しくなり、産業全体の粗利

益率がより低下し、業界で競争力の強い企業に市場が集まり、細分化された材料企業の市場集中がさらに高まり、品質優位と生産能力の規模効果を備えた企業は、リーディング企業に集中する。

(3) 正極材料の価格はさらに圧力を受ける：価格に関しては、2017年から2019年にかけて、正極材料の価格は下がり続けており、LCO（60%）の平均価格は約23万元/トン、NCM（532を基準とする）の平均価格は14万元/トン、LFPの平均価格は4.4万元/トン、LMO価格は基本的に3.3万元/トンを維持している。三元系正極材料の技術の導入により、コストが抑制され、価格がさらに下がる。LFPは技術が比較的簡単なため、将来生産能力過剰になり、価格と利益はさらに圧縮されることになろう。

(二) 負極材料

1. 出荷量

中国は巨大な負極材料市場を有しており、パ

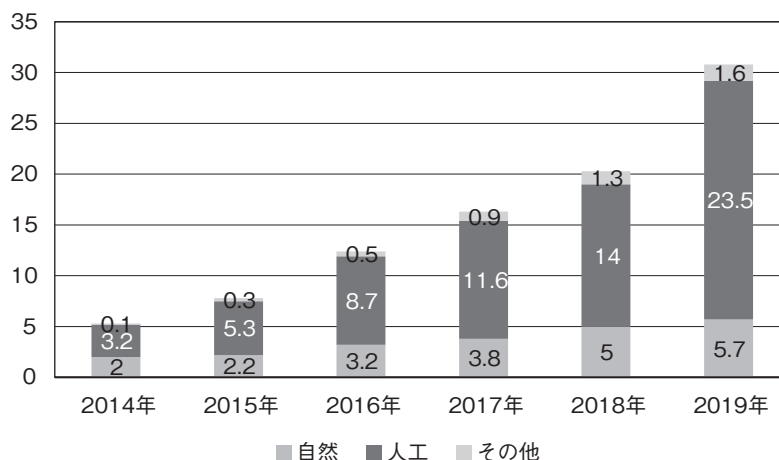
ワーバッテリーの成長に伴い、出荷量は上昇し続けている。2018年の国内負極材料の総出荷量は203,000トン、2019年の負極材料の総出荷量は308,000トンとなる。現在、黒鉛材料が負極の主流であり、シリコンカーボン負極が研究開発の焦点である。黒鉛材料は市場シェアの90%以上を占め、その中で人工黒鉛は性能が優れていたため、広く使用され、2019年の市場シェアは76.2%に達した。

中国企業が天然と人工黒鉛の技術導入を実現したことにより、中国企業の市場シェアは2000年の4%から2018年の66%に上昇し、現在、中国企業は既に負極材料の国産品代替を達成し、グローバルな供給プロセスを加速している。

2. 競合状況

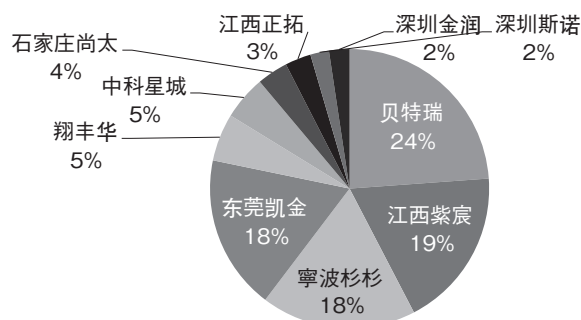
中国の負極材料のリーディング企業は世界的な競争力を持っている。国内構造から見ると、リーディング効果は明白で、市場集中度が高い。2019年、国内の負極材料産業のCR4は79%に達し、

図8 2014～2019年中国負極材料の出荷（単位：万トン）



出所：EVTank、伊維智库、2020.01

図9 2019年中国の負極材料の市場シェア



出所：EVTank、伊維智库、2020.01

貝特瑞、江西紫宸、杉杉株式と東莞凱金はすでに先頭に立ち、世界トップ4のサプライヤーのうち3社は中国企業で、中国企業の競争優位は明らかである。

現段階では、人工黒鉛の技術は複雑で、生産プロセスの障壁が高いため、国内企業には技術的競争上の優位性がある。貝特瑞が生産した負極材料は人工黒鉛負極、シリコンカーボン複合負極と新型負極材料など多くのタイプがあり、ナノ造孔技術や新しい成形技術などの先進的な技術を持っている。江西紫宸は二次造粒で独自の技術を備え、高品質のGシリーズ製品を開発した。杉杉株式はFSN 1製品を開発し、国内の人工黒鉛負極産業を世界トップレベルにした。

3. 発展の方向性

(1) **人工黒鉛が中国の主要な技術トレンド**：現在、自動車用パワーバッテリーに使用される負極材料は、主に人工黒鉛、天然黒鉛などがあり、中でも黒鉛系負極材料は国内の90%以上の市場シェアを占めている。また、人工黒鉛はサイクル寿命が長く、安全性に優れ、パワーバッテリーとソフトパックバッテリーに適し、普及率は70%を超えている。

新エネルギー自動車のパワーバッテリーのエネルギー密度と性能要件が高まるにつれて、人工黒鉛負極の普及率は増加し続け、2025年までに80%を超えると予想される。国内の負極材料の技術的方向は人工黒鉛を主とし、アモルファスカーボン材料とシリコンカーボン材料が研究開発の焦点となっている。アモルファスカーボンとシリコ

ンカーボンベースの材料を改善し、生産プロセスを最適化し、容量を拡大し、クーロン効率とサイクル性能を高め、そして徐々にコストを削減する。

(2) **負極産業のトップ4構造**：リチウム電池の負極材料産業は集中度が高く、国内での優位性が明らかであり、貝特瑞、江西紫宸、杉杉株式と東莞凱金は上位4位にランクされ、市場の集中はさらに高まると予想されている。現在の補助金政策低下の圧力に迫られ、長期的なコスト競争力を確保するために、負極の先導企業は産業チェーンを拡大し始め、黒鉛化生産能力を強め、コストを制御し、長期的な競争力を維持しようとしている。

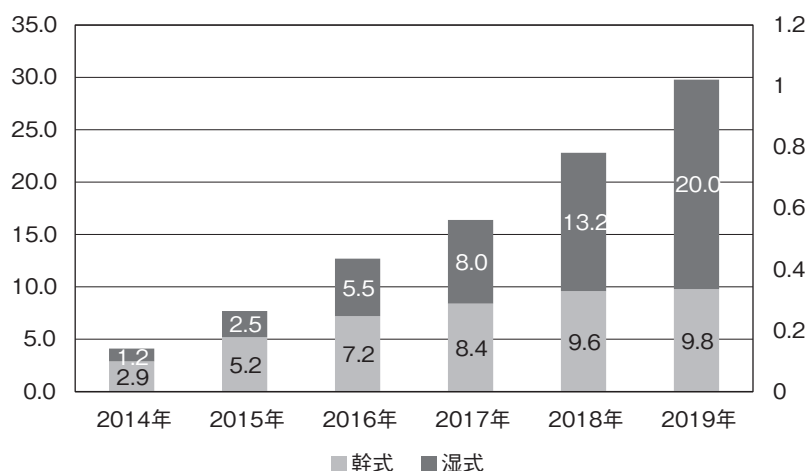
(3) **価格の下落傾向が継続**：黒鉛負極原料は国内代替を実現し、生産能力が大幅に上昇し、価格が急激に下落したため、負極材料の価格も低下した。将来的には負極材料に小幅の減少があると予想されるが、ハイエンド負極材料、特に新型シリコンカーボン負極材料の価格は比較的安定する。

(三) 電池用隔膜

1. 出荷量

リチウム電池の応用範囲が拡大するにつれて、川下のリチウム電池産業の規模は著しい成長を遂げ、隔膜産業全体の急成長を後押ししている。中国でのリチウム電池隔膜の産業化は2007年に始まり、2010年に国内企業が生産ラインを大量配置し始め、2013年に生産能力が徐々に拡大し、国内隔膜が輸入品に代替し始めた。また、価格の優位性と製品品質の改善により、国内のリチウム電池隔膜は徐々に海外市場に参入した。2014年には、国内で製造された隔膜が日韓企業へ大量に

図10 2014～2019年中国の隔膜生産量（単位：億平方メートル）



出所：EVTank、伊維智庫、2020.01

輸出され始めた。同時に、新エネルギー自動車の生産と販売の急速な増加により、中国のリチウム電池隔膜産業は盛んな発展を遂げた。2018年に、産業の補助金減少の圧力の下でも、隔膜の出荷量は22.8億平方メートルで、39%増加し、4つの主要材料の中で最も成長率が速い。2019年、ダイヤフラムの出荷量は31億平方メートルで、30.7%増加した。新エネルギー自動車業界が市場化するにつれて、中国市場は引き続き発展の勢いを維持している。

近年、新エネルギー自動車のエネルギー密度要件に対する要求が次第に高まるにつれ、多くの自動車用パワーバッテリーメーカーは三元正極材料を使い、湿式+コーティングが徐々に主流になっている。EVTankの調査統計によると、中国のリチウム電池ウェットフィルム隔膜の出荷の割合は、2015年の30%から2019年の70%に増加した。

2. 競争状況

リチウム電池隔膜業界は、強い資産、高い技術的障壁および規模効果の特徴があり、業界全体は強者が常に強い傾向を呈している。上海恩捷、星源材質などの大手企業は、2019年の市場シェアをそれぞれ36.3%と15.4%に増やした。2019年に恩捷株式が蘇州捷力を買収した後、両者は計46.5%の市場シェアを持ち、業界の集中をさらに促進した。また、グローバル的にみると、星源材質や上海恩捷はLG化学など海外取引先の割合が高く、コスト優位で世界的に中国産による代替が進み続けている。

3. 開発動向

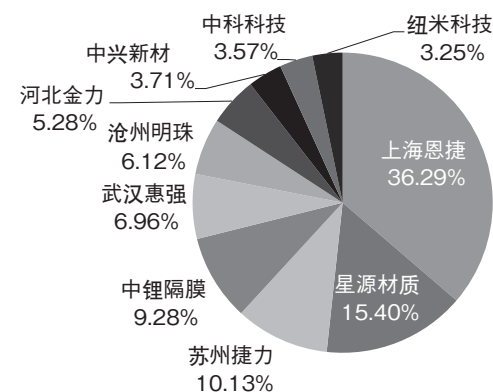
(1) **湿式隔膜が市場の主流を維持**：補助金政策がエネルギー密度の向上を促進し、三元電池は急

速に成長した。湿式法隔膜は、性能と安全性の点で乾式法を超えた顕著な優位性があり、パワーバッテリーの高エネルギー密度の発展傾向に適応できる。ダイヤフラム製品は、ますます薄型化と細孔の整合性向上へと発展している。湿式ダイヤフラムの優位性は顕著で、シェアは更に大きく向上する可能性がある。

(2) **新しいコーティング材料と基材が登場**：隔膜コーティング技術が成熟するにつれ、乾式や湿式法で製造された隔膜コーティングセラミック、ベーマイト、硫酸バリウム、アラミドおよびその他の材料をコーティングした後に、上記の高温耐性コーティングをした隔膜は、充放電プロセス中に大面積の発熱が発生した後も隔膜の完全性を維持することができ、耐熱性問題を十分に解決することができる。リチウム電池隔膜は、コーティング材料によって、安全性能を大幅に改善する。ベースフィルム材料に関しては、隔膜の安全性を向上させるために、隔膜をコーティングした上で、ポリイミド (PI)、ポリエチレンテレフタレート (PET)、メタアラミド (PMIA)、ポリイミドフッ化ビニル (PVDF)、ポリパラフェニレンベンゾジアゾール (PBO) などの合成材料から不織布の新しい隔膜基材を製造することは、現在の基材開発の重要な方向である。

(3) **将来の産業市場の集中度はさらに進展**：上海恩捷が蘇州捷力を買収した後、業界のリーディング位置付けを確立し、競争環境は引き続き最適化され、現在の価格低下は大幅に鈍化した。また、グローバルな観点から見ると、星源材質、上海恩捷の取引先はLG化学等の海外企業の割合が高く、コスト優位で世界中で中国産による代替を実現し続け、長期的な成長余地は大きい。

図11 2019年中国隔膜産業の市場シェア



出所：EVTank、伊維智庫、2020.01

(四) 電解液

中国の2019年の総電解液出荷量は198,000トンに達し、前年比30.3%増加した。EVTankはその成長の主な理由は、「(1) 自動車用パワーバッテリーの国内需要の増加によるもの、(2) 新宙邦、国泰華榮、天賜材料などに代表される企業の日韓のバッテリー企業への輸出増加、(3) 電動自転車および電動機械用バッテリーの出荷増加」と分析した。

1. 競合状況

電力用、消費用とエネルギー貯蔵用の電解液の要件はわずかに異なるが、技術の共通性が強く、リーディング企業の製品シェアが均衡し、中国の電解液市場の構造は基本的に安定している。

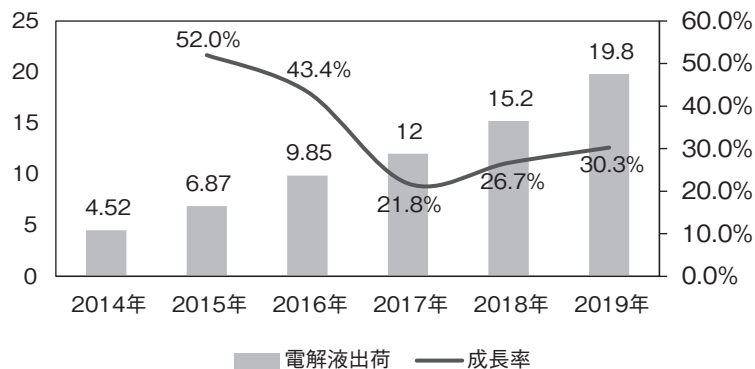
その中でも、天賜材料はサプライチェーンを完備し、強力なコスト管理と優れたカスタマイズ機能で安定した顧客を獲得し、業界をリードする地

位は堅固である。新宙邦、国泰華榮、天賜材料等の電解液企業はLG、パナソニック、村田製作所などの海外電池企業の取引先として、販売量の増加が顕著である。珠海賽緯、汕頭金光、崑崙化学などの企業の市場シェアも徐々に増加している。

2. 発展の方向性

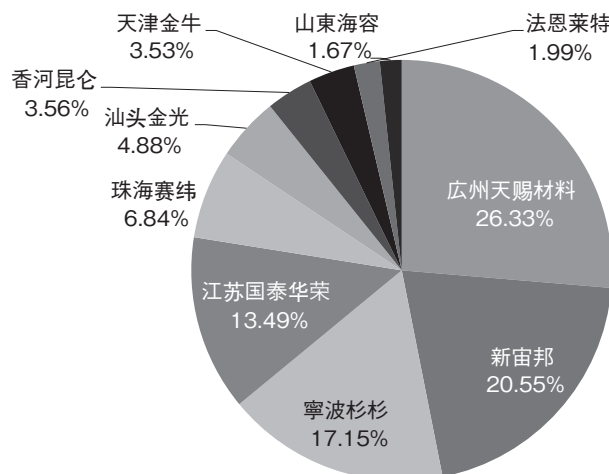
(1) 高ニッケル三元電池の急速な発展により、将来の電解液は、高パワー型、広温度型、安全性、長サイクル型、高エネルギー密度型の方向に発展：電解液のコア添加剤により、電解液の新製品開発が加速し、4.8Vなどの高電圧コバルト酸リチウム電極液、新型正負極添加剤、新型電解質などの開発と応用などがさらに増加する。固体電池技術が注目を集めており、ポリマー、硫化物、酸化物固体電解質の発展も将来の研究開発の焦点となる。

図12 2014～2019年中国の電解液の出荷と成長率（単位：万トン）



出所：EVTank、伊維智庫、2020.01

図13 2019年の中国の電解液出荷量上位10社



出所：EVTank、伊維智庫、2020.01

(2) 企業間の競争は、規模とサプライチェーンの相乗効果が勝負：電解液企業のコスト管理は規模効果が重要で、天賜材料、新宙邦と杉杉株式は、規模効果が強く、業界主導的地位を引き続き維持する。海外のサプライチェーンに参入するにつれて、収益性がさらに強化される。また、業界のリーディング企業は、溶媒、添加剤、新しいリチウム塩などの展開により、電解液チェーンの垂直方向の延長を増やし、サプライチェーン間の相乗効果を形成する。

(3) 電解液価格は下降傾向が持続：電解液の主なコスト要因はリチウム塩や溶媒などの材料にあったため、リチウム塩や溶媒などの原材料の価格が変動すると、電解液の価格も変動する。電解液価格の下落は企業のマージンの下落につながり、企業間の競争は規模効果に左右される。

五. 次世代の自動車用パワーバッテリー

(一) 燃料電池

(1) 燃料電池産業政策

中国政府は、水素エネルギーと燃料電池技術の促進と応用を非常に重視：「国家中長期科学和技术発展綱要（2006～2020）」は、効率的な水素製造、水素輸送、水素貯蔵及び燃料電池の基礎技術の研究に焦点を当てることを提案する。2019年12月、工信部は、「新エネルギー自動車中期および長期計画2021～2035」を発表し、燃料電池および固

体電池技術の発展と加速を明確した。

市場補助金政策に関しては、2017年から2020年にかけて新エネルギー自動車の補助金が徐々に減少することを発表する際、燃料電池車の補助金は変わらないことが強調された。しかし、水素ステーションの建設に関しては、2015年の水素ステーションの建設補助金の期限が切れた後に断層が現れ、その後国家レベルでは水素ステーション補助金政策が公布されていない。

(2) 国内の燃料電池産業化が直面する問題

中国の燃料電池スタックとコアコンポーネントの生産技術は、海外の先進技術と比較して大きな差：世界の燃料電池スタックの主要サプライヤーは2つのレベルに分けられ、第一レベルはトヨタ、ホンダ、ヒュンダイなどの大手乗用車メーカーで、スタック電力が100kWを超える燃料電池自動車用に自給しており、対外販売していない。現在、国内燃料電池リアクターの産業化電力密度（乗用車）は既に1.8kW/Lに達し、実験室は3.1kW/Lに達した。乗用車システムの耐用時間数は一般に5,000時間に達し、商用車は10,000時間に達し、零下30度の低温起動能力を備えている。膜電極、金属バイポーラ板、触媒などの主要なコンポーネントの国産率はまだ低い。

水素産業の課題：現在、中国は化石燃料水素生産、工業副生製水素を中心に、電解水製水素やメタノール製水素などの高度な水素生産方法の開発

表4 中国の燃料電池産業関連の政策

国家	時間	主な方針と内容
中国	2006	国家中長期科学和技术発展綱要（2006～2020）：経済的で効率的な水素貯蔵および輸送技術、燃料電池の基礎の主要コンポーネントの製造とスタック統合技術、燃料電池発電と自動車用パワーシステム統合技術に焦点を当て、水素エネルギーと燃料電池の技術規範と基準を形成。
	2014	「關於新能源自動車充電設施建設奨励通知」は、国家の技術基準を満たし、毎日の水素化能力が200kg以上の新型燃料電池車の水素化ステーションに400万元を奨励。
	2015	「中国製造 2025」：1. 主要な材料とコンポーネントの国産化、2. 燃料電池とスタックの性能の改善、3. 燃料電池車の運転規模が1,000台を達成する。
	2016	工信部が策定した「節能与新能源自動車技術ロードマップ」は、2020年に5,000台の燃料電池車、2025年に50,000台を達成すると提案。
	2016	「中国水素産業基礎設施發展藍皮書（2016）」は、中国の水素エネルギー産業インフラの發展ロードマップと技術ロードマップを提案した。2020年までに、水素エネルギーの産額は3,000億を達し、100ヶ所以上の水素ステーション建設する。2030年には、水素エネルギーの産額は10,000億元を超え、1,000ヶ所以上水素ステーション建設。
	2017	《能源發展“十三五”規劃》：水素と燃料電池に焦点。
	2018	《關於調整完善新能源自動車推广应用財政補貼政策的通知》燃料電池車の補助金は変更せず、燃料電池乗用車は燃料電池システムの定格出力に応じて補助金を支給し、燃料電池バスと特殊車両は定額方式で補助。
	2019	《ディーゼル貨車污染治理攻坚战行動規劃》：新エネルギー物流配送車両の応用を促進する。各地の燃料電池トラックの実証作業実施と実証水素ステーション建設の展開を奨励。

出所：EVTank、伊維智庫、2020.01より筆者作成

に基づく水素生産システムを形成しているが、生産コストはまだ高止まりしている。また、水素の貯蔵と輸送のコストも高く、高圧気体水素貯蔵が広く使われており、コストが高いほか、特殊な低温容器が必要で、液化中に大量のエネルギー損失が発生し、相応の標準システムも欠けている。そのため、現在液体水素はまだコストを問わない、消費量の大きい航空、軍用分野でしか使われていない。

(3) 中国の燃料電池自動車産業の現状

近年、新エネルギー自動車政策の強力な支援により、中国の燃料電池車も大きく進歩し、自動車生産量と燃料電池の設備容量は飛躍的に成長した。2019年、中国の燃料電池車の販売台数は前年比79%増の2,737台に達し、燃料電池システムの設備容量は140MWに達した。2019年の燃料電池車の売上5位は、上海申龍自動車、中通客車、上汽大通、佛山飛馳、宇通客車で、そのうち55.8%が専用車で、44.2%が大型乗用車である。

国内のスタックメーカーは3つに分類：大規模のものは「バラード系」で、バラード技術を導入し、合併事業による生産ラインを構築し、バラード反応器コンポーネントを購入して生産を行う。バラード系は主に国内商用車と物流車両を供給する。代表企業は広東国鴻、大洋電機、濰柴動力などがある。億華通は産学研の連携を通じて、自主的な研究開発と共に、海外の先進技術を導入して、イノベーションを実現し、中国の燃料電池の最大メーカーの一つになった。自主開発の代表企業は新源動力、上海神力、明天水素能などがある。大学と協力し、産学共同研究を行い国家の関連プロジェクトを引き受け、長年の技術蓄積を経て、一

定の生産能力を形成した。

(4) 燃料電池産業の発展傾向

燃料電池スタックのコスト削減は、依然として産業発展の焦点：現在の技術的条件では、プロトン交換膜やガス拡散層などの処理コスト主導のコンポーネントは、生産規模の増大によりコストを下げるができるが、バイポーラプレートと触媒は原材料コストが高騰したため、規模によるコスト削減が困難である。そのため、技術の転換を通じて、低コストのソリューションの模索が必要である。中国の電気スタックの電力密度は3.0kW/L以上に向上し、乗用車の寿命は10,000時間を超え、商用車の寿命は30,000時間に達し、零下40度の起動能力を備えている。

スタックとそのコンポーネントの国産化が加速：現在、乗用車に使用される金属バイポーラ板、膜電極、プロトン交換膜、触媒、カーボンペーパーの国内生産能力は低く、市場は外国企業に支配されている。研究開発への投資増加に伴い、将来的に外国のスタックとそのコンポーネントの生産技術の技術との差が縮小し、国産代替が加速する。

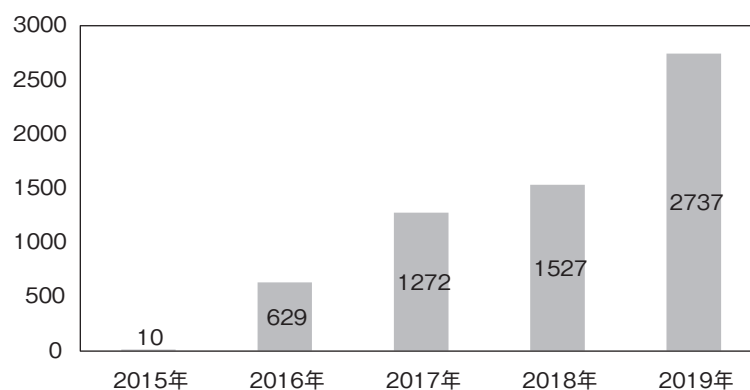
水素のコストはさらに削減：電解水による水素製造技術が成熟しており、液体水素の貯蔵および輸送の技術が改善され、水素燃料電池車の水素のコストが大幅に縮小する。

(二) 固体電池

(1) 固体電池の技術方向

現在、固体電池には、硫化物固体電解質、酸化物固体電解質、固体ポリマーなど、多くの技術システムがある。中国で採用されている主な技術ルートは、清陶能源、寧徳時代などに代表される

図14 2019年の中国の燃料電池車販売（単位：台）



出所：EVTank、伊維智庫、2020.01

表5 固体出電池の利点

利 点	内 容
高 安 全 性 能	無機固体電解質材料は、不燃性、非腐食性、不揮発性で、液漏れの問題がない。ポリマー固体電解質は、可燃性溶媒を含む液体電解質に比べて、安全性が大幅に向上。
高エネルギー密度	固体リチウム電池の負極は金属リチウムを使用する場合、電池のエネルギー密度は300～400Wh/kg以上であり、電気化学的安定性ウィンドウは5V以上に達する。
長いサイクル寿命	液体電解質の充放電中のSEIフィルムの連続的な形成と成長の問題と、リチウム樹枝状結晶が隔膜を突き刺す問題を回避することで、リチウム金属電池のサイクルと寿命を改善することが期待される。
広い動作温度範囲	最高動作温度は300℃に達する。
生 産 性 の 向 上	包装液は不要で、直列に重ねた配置と双極機構が可能で、バッテリーパック内の無効なスペースを減らし、生産効率を向上。
柔 軟 性	パッケージは簡単で安全であり、将来的にはスマートなウェアラブルおよび埋め込み型医療機器に適用可能。

出所：EVTank、伊維智庫、2020.01より筆者作成

表6 固体電池の欠点と解決対策

欠 点	解 決 策
固体電解質材料の低イオン伝導性	固体電解質を設計および改善し、より多くの元素を導入し、各元素の性能とを最大限に活用。
固体電解質と電極の間の界面抵抗は大きく、界面の適合性は低い	安定した導電性バッファ層の導入により、空間電荷効果を排除または弱め、界面が深くなり、界面抵抗が減少。
高い生産コスト	エネルギー密度と寿命を促進してコストパフォーマンスを向上させ、大規模生産による生産コスト削減を実現
体積エネルギー密度を再度改善する必要がある	緻密な薄層電解質技術を用いて、高圧実密度で化合物正極に埋め込み、金属リチウム負極を使用
充放電プロセス中の材料の体積膨張と収縮による界面分離	複合電極、柔軟、アモルファス、ゲル界面

出所：EVTank、伊維智庫、2020.01より筆者作成

固体高分子電解質および硫化物固体電解質の製造技術である。鑄造成形や隔膜調製で製造された全固体電解質膜は、従来のリチウム電池の液体電解液材料を代替し、安全性とエネルギー密度が高い全固体リチウム電池を実現した。

(2) 固体電池の産業化が直面している問題

従来のリチウムイオン電池と比較して、固体リチウム電池は、高い安全性能、高エネルギー密度、長寿命、広い動作温度範囲、高い生産効率、柔軟性などの利点がある。

全固体リチウム電池は多くの面で明らかな利点を示すが、高い生産コスト、固体電解質の低伝導性、電解質、電極インターフェースインピーダンス、貧弱なインターフェース互換性、エネルギー密度を再度改善する必要があり、固体電池技術の工業化を大きく制約する。

(3) 中国の固体電池企業の研究開発と産業化

現在、中国の固体電池技術は小規模生産しか実

現していない。その中で、清陶能源、贛鋒鋳業、台湾輝能が代表的であり、多くの企業はまだ研究開発段階にある。寧徳時代、比亞迪BYD、万向等の企業も固体電池の分野に参入している。

(4) 将来の固体バッテリーの傾向

ゲル電池技術がさらに成熟：充放電中に材料が体積膨張と収縮し、界面が分離しやすいなどの問題を効果的に解決するほか、凝縮状態のバッテリーのサイクル寿命が長くなり、コストがさらに低下し、歩留まりが改善され、量産が期待される。

金属固体電池が研究の焦点に：主にリチウム硫黄電池に応用されるが、リチウム電池システムは、電極材料と電解質の固液界面から電極材料と固体電解質の固液界面に転換する。固体と固体の間には濡れ性がなく、その界面はより高い接触抵抗を形成しやすいため、バッテリーのサイクル性は悪化し、充電は速くならない。リチウム硫黄電池の生産環境は真空で、酸素と混合すると爆発し、機

表7 主要な国内の固体電池会社のレイアウト

企 業	ソリッドステートバッテリー業界のレイアウト
清陶能源	2018年11月末に、最初の産業化した製品は、年間生産能力が1億ワット時の、高安全性が高倍率の固体リチウム電池である。現在、1日あたり10,000個のバッテリーコアを生産できる。単体のエネルギー密度は430Wh/kgに達し、量産段階で300Wh/kg以上に達する。
寧徳時代	主な研究開発方向は硫化物電解質である。正極コーティングを用いた正極材料と固体電解質の界面反応問題を解決し、界面抵抗をホットプレス方式によって低減される。 現在、325mAhの容量を持つポリマーリチウム金属固体電池は、300Wh/kgのエネルギー密度を持ち、300サイクルで容量保持率82%を達成できる。
贛鋒鋳業	2018年3月、贛鋒鋳業は、固体電池に対して、広範な試験作業を行っており、2018年12月に第一世代の固体リチウム電池の生産ラインを建設する予定である。2019年12月に3億元の固体リチウム電池の販売を完成し、第二世代の固体リチウム電池の技術を成熟化させ、第三世代の固体リチウム電池の研究可能性を公表した。 2018年6月、同社の第一世代固体リチウム電池の単体容量は10Ahに達し、240Wh/kgを超えるエネルギー密度を持ち、1,000サイクル後の容量維持率は90%以上で、電池単体は5C倍率の充放電能力を備える。現在、バッテリー研究製品は既に第三者機関の安全テストに合格した。
万向	固体電池の分野では、外部投資と内部研究開発を両立した方式で固体電池会社のSolid Powerと固体電解質に焦点を当てたアメリカのイオン材料会社Ionic Materialsに投資と同時に固体電池の内部研究開発も行う。 2019年末には、エネルギー密度とライフサイクルに優れた固体電池製品のサンプルを発売し、今後10年以内に世界をリードする製品を発売する予定。
比亞迪 BYDBYD	2018年1月、比亞迪BYDは固体電池プロジェクトの商業化を積極的に推進し、研究開発の次の重点として固体電池を取り上げ、関連製品の産業化を積極的に推進すると表明した。
国軒高科	2018年2月、国際的な一流自動車ブランドと協力する製品要件に応じて、米国と日本とそれぞれ次世代の自動車用パワーバッテリー生産技術プロセスと生産設備を開発しており、関連製品は半固体バッテリー技術を使用する。固体電解質を含む川上の主要原料の研究開発と産業化に関心。
台湾輝能	現在、固体リチウムセラミックバッテリーは既に量産出荷されており、携帯電話部品、ウェアラブルデバイスなどの分野で使用できる。また、新エネルギー自動車用の固体バッテリーの開発も成功した。2019年1月、輝能は1億5,000万米ドルのDラウンド融資を完了し、主な投資先はソフトバンクチャイナ（SBCVC）である。

出所：EVTank、伊維智庫、2020.01より筆者作成

器産業に大きな課題をもたらす。

全固体リチウム電池は従来のリチウム電池に代替し、将来の電池技術の方向性の1つに：全固体電池は多くの国内外の研究機関と企業が研究開発

を行っているが、固体電解質材料、インターフェース性能の最適化、電極材料の選択、コストと技術には依然として大きな課題があり、実験から量産までの道のりはまだ長い。

第八章 中国の電気自動車の変速機の現状と発展動向

陳 勇 河北工業大学教授

一、電気自動車のトランスミッションの現状

1.1 中国の電気自動車市場の状況

中国政府は、電気自動車市場の健全な発展を促進するために、新エネルギー自動車に対する補助金の支給基準を引き上げる一方で、補助金の額を段階的に減らし、2020年には新エネルギー自動車の補助金を完全に廃止するとしている。その代わりに、「乗用車企業平均燃費管理クレジット管理弁法（CAFC）と新エネルギー自動車クレジット管理弁法」を実施する。政策と市場の影響を受け、2019年の新エネルギー自動車の生産高は前年比2.3%の減少の124.2万台であり、近年初の生産高の減少を示した。その内、100%電気自動車の生産高は前年比3.4%の増加の102万台であり、プラグインハイブリッド車の生産高は前年比22.5%の減少の22万台であった。

ダブルクレジット政策と市場需要に応えるため、中国の自動車メーカーは商品の投入と技術開発を加速させている。2019年、北京汽車グループのECシリーズ、「EC 3」「EC 5」が中国での販売台数1位、国内最大の電気自動車メーカーであるBYD 汽車は、高性能SUV「唐 EV」でEV販売台数が2位であり、市場で一定の知名度を得た。また、小型車の「宝骏の新エネルギー電気自動車」も中国では販売台数3位と知名度が高い。

中国の独立ブランドの自動車メーカーの北京汽車、上海汽車集団、安徽 JAC 汽車、吉利、長城、長安などは長年にわたって電気自動車、ハイブ

リッド車、さらには燃料電池システムの研究開発をしており、多くのモデルを市場に投入し、好結果を得ている。例えばコンパクトモデルでは、「比如廣汽 Aion S」、「上汽荣威 Ei 5」、「吉利帝豪 EV」、「几何 A」、「長城欧拉」などが好調である。さらに、蔚来汽車、威馬汽車、小鹏汽車に代表される新興自動車メーカーも、比如蔚来 ES 6 および ES 8、威馬 EX 5、小鹏 G 3 などの量産モデルをリリースし、激しい市場競争を開始した。

さらに、海外ブランドは中国市場に参入するために、中国の独立ブランドとの合弁会社を設立することなど、中国での電気自動車事業を強化している。その中で、フォードと衆泰、フォルクスワーゲンと安徽、BMW と長城汽車は電気自動車の合弁会社を設立した。テスラは、中国政府が新エネルギー自動車分野での外国投資制限を解除したことを機に、上海に100%出資の子会社を設立し「モデル 3」の現地生産を達成するために現地工場の建設を進めている。

中国市場における100%電気自動車の主要モデルを調査した所、表8.1に示すように、航続距離は250km から510km、バッテリー容量は30kWh から84kWh、バッテリー充電速度は0.5時間で約80%の充電が可能であり、こちらは横並びである。これらの車種は、小型車、コンパクトカー、SUV である。一部の高性能電気自動車にはデュアルモーターが装備されており、前後輪には電気駆動システムが搭載されている。新しく開発された蔚来 ES 6、威馬 EX 5、および小鹏 G 3 の航続距離は500km～600km に近づいてる。ただし、これらの100%電気自動車のトランスミッションは単発トランスミッションとマッチしており、単発減速機にはまだ制限がある。

動力性：単一速度比の設計、低速加速度、高速巡航速度などの性能要件、および登坂能力は考慮できず、高速で運転する場合、特に速度が80km/h 以上の場合、パワー加速性能が弱く、ドライバーの主観的な感覚に影響を与える。

経済性：モーターの高効率作動範囲は制限されており、減速機は、駆動モーターのフル作動状態

図1 中国新エネルギー自動車生産高

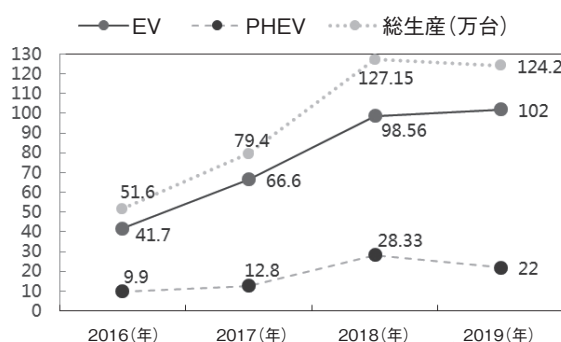


表1 中国の主要な独立ブランドの電気自動車

モデル	モーター出力/トルク	バッテリー容量	トランスミッション	最大航続距離
北京汽車 EC3	前輪駆動 45kW/150N・m	30.66kWh	単発	301km/低速充電 8h/急速充電0.6h
北京汽車 EU5	前輪駆動 160kW/300N・m	60.2kWh	単発	501km/低速充電 9h/急速充電0.5h
BYD 元 EV	前輪駆動 70kW/180N・m	53.22kWh	単発	410km/低速充電 8h/急速充電0.5h
BYD 秦 EV	前輪駆動 100kW/180N・m	53.1kWh	単発	421km/急速充電 0.5h
BYD 唐 EV	四輪駆動 180kW/330N・m	82.8kWh	単発	500km/低速充電 8/急速充電0.5h
宝駿新エネルギー	前輪駆動 29kW/110N・m	24kWh	単発	250km/低速充電11.5h
奇瑞 eQ	前輪駆動 30kW/120N・m	35kWh	単発	301km/低速充電 7h/急速充電0.5h
廣汽 Aion S	前輪駆動 135kW/300N・m	58.8kWh	単発	510km/低速充電 9.5h/急速充電0.57h
荣威 Ei5	前輪駆動 85kW/255N・m	52.5kWh	単発	420km/低速充電 8.5h/急速充電0.67h
欧拉 R1	前輪駆動 35kW/125N・m	33kWh	単発	351km/低速充電 10h/急速充電0.67h
帝豪 EV500	前輪駆動 120kW/250N・m	62kWh	単発	500km/低速充電 9h/急速充電0.5h
長安逸動 EV	前輪駆動 100kW/245N・m	52.56kWh	単発	405km/急速充電0.5h
JACiEV6E	前輪駆動 155kW/165N・m	34.9kWh	単発	310km/低速充電 9h/急速充電0.67h
威馬 EX5	前輪駆動 160kW/315N・m	69kWh	単発	520km/低速充電 11.2h/急速充電0.58h
小鹏 G3	前輪駆動 145kW/300N・m	66.5kWh	単発	520km/ 急速充電0.5h
几何 A	前輪駆動 120kW/250N・m	61.9kWh	単発	500km/低速充電 11h/急速充電0.55h
蔚来 ES6	四輪駆動 160kW/305N・m 240kW/420N・m	84kWh	単発	510km/ 低速充電 12h/急速充電0.8h

では高効率運転ができず航続距離が短くなる。自動車の消費電力は高速では大幅に増加し、単一速度比は平均的なブレーキエネルギーフィードバック効果をもたらす。

安全性：高速で追い越した場合、走行加速度を効果的に改善できず、走行の安全性が低下し、ほとんどの減速機には従来の燃料車のP変速パーキング機能がない。

信頼性：モーターが高速で動作しているとき、モーターの熱管理、NVH、および気密性に大きな課題がある。減速機が高速で動作しているときは、歯車加工技術、ベアリング寿命、摩擦・摩耗潤滑にも高い要件がある。

現在の電気自動車には一般に1次減速機が装備

されているが、技術ルートの継続的な開発と製品応用の綿密な研究により、電気自動車のトランスミッション、減速機は主に高速化、マルチギア化、統合化の方向で開発されている。

1.2 電気駆動トランスミッションの技術的特性と要件

電気駆動伝達技術は、電気モーター使用して電気エネルギーを機械エネルギーに変換し、伝達機構を通じて車両を駆動させる。電気駆動システムは、モーター、伝達機構、制御装置、およびバッテリーで構成されている。電源の変更により、新エネルギー自動車の仕事と省エネの効率をより改善するために、伝送システムは従来の自動車の伝

送システムに基づいて部分的な変更あるいは、完全な変更が行われた。トランスミッションに加え、新エネルギー自動車の複数の動力源に適した減速機、トランスミッション、差動トランスミッション、モーターカップリングトランスミッション、ダイレクトモータートランスミッションなど、さまざまな新しいトランスミッション方法がある。システム要件：

- (1) 駆動モーターは高効率で、1次減速機は一部のモデルに適応できる

駆動モーターの高効率領域の効率は95%以上に達する可能性があり、低効率領域の効率も70%に達する可能性がある。そのため、効率フィールドでの駆動モーターの効率の変化はエンジンの効率変化ほど明白ではなく、高効率領域の割合はエンジンのそれよりもはるかに大きくなる。加速、登坂、騒音、および最高速度が高くない条件下では、電気自動車はモーター特性曲線を合理的に設計し、減速機を特定の速度比に一致させることにより、電力性能の要件を満たすことができる。

- (2) 多段トランスミッションにより、駆動モーターが効率的に動作する

トランスミッションを追加することにより、モーターを弱め、界磁制御領域で動作するようにできる。また、車両が加速を開始するとすぐに高効率領域に入り、モーターが高効率領域でほとんどの時間動作できるようになり、車両システムの効率が向上する。低速で大きなトルクの動作電流は、モーターとコントローラーユニットの寿命を延ばし、結果的にコストを削減する。

製品の特徴：

- (1) ギアの数はいくつか少ない：エンジンの出力と燃費を改善するために、従来の自動車用トランスミッションギアには5～9段のギアがあるが、モーターの優れた速度調整特性により、電気自動車のギアは一般に4段のギアを超えないのが一般的である。その場合、構造が複雑になり、伝送効率が低下する。
- (2) NVH (Noise, Vibration, Harshness)：電気自動車は、モーターの回転数がエンジンよりも遥かに小さいため、従来のトランスミッションよりも高い騒音対策が必要である。
- (3) 各ギアの高い疲労寿命要件：駆動モーターの高速化により、入力側のギアとベアリングの疲労寿命は従来のトランスミッションよりも長くなる。
- (4) クラッチの知能変速技術：クラッチをキャン

セルし、モーターのアクティブな速度調整技術により、インテリジェントな同期変速を実現できる。

二. 中国の電気自動車多段トランスミッションの現状

現在市販されている100%電気自動車の大半は変速比を変えず、動力伝達用の単独変速減速機を使用している。一次変速減速機の一次変速比は、高速走行、低速走行、加速追い越し、坂道走行、制動エネルギー回収、航続距離などの運転条件に応じた最適な性能要求を満たすことが困難であるため、国内のOEMやサプライヤーは、2速・多速トランスミッションの開発・実用化に着手した。

2.1 シェフラー（中国）有限公司

シェフラー48Vの電気駆動車軸の解決方法

シェフラーが開発した48Vブリッジはピーク出力12kwの費用対策効果が高いハイブリット、1つのモーター、2段遊星歯車、電気機械式ギアトランスミッション構成などで構成されている。モーターと変速アクチュエータのパワーエレクトロニクスは、電動アスクルドライブに統合されている。2速ギアトランスミッションの採用により、1速で20km/hまでの電動で発進が可能である。発進及び停止状態が頻繁に行われる道路状況での使用に加え、自動駐車などの一部の自動運転機能にも電動運転を拡張できる。2速では、ブーストとエネルギー回収を実現できる。モデルによっては、電気巡航（定速速度）が最大約70km/hで走行可能である。モーターと2速トランスミッションを備えたシェフラー48Vブリッジは、最大15%の燃料節約を実現している。これは長城汽車にも採用されている。

遊星歯車の達成可能な最大速度比は、太陽歯車のピッチ径とリング歯車の直径の比によって制限される。シェフラーは、可能な限り小さい太陽歯車と、ハウジングに簡単に設置できる革新的なリング歯車を使用することで最大速度比を達成した。第1ギアと第2ギアの歯数は同数であり、両遊星歯車はハウジングに固定された同じリングギアと噛み合っている。

ローギアでは、モーターによって発電された動力は、第1遊星歯車の太陽歯車を介して遊星フレームに伝達される。同時に、第1段の遊星歯車の遊星フレームは、第2段の遊星歯車の太陽歯車に接続される。最終出力は、2段目の遊星歯車の

図2 シェフラーの2速電気駆動車軸ソリューション

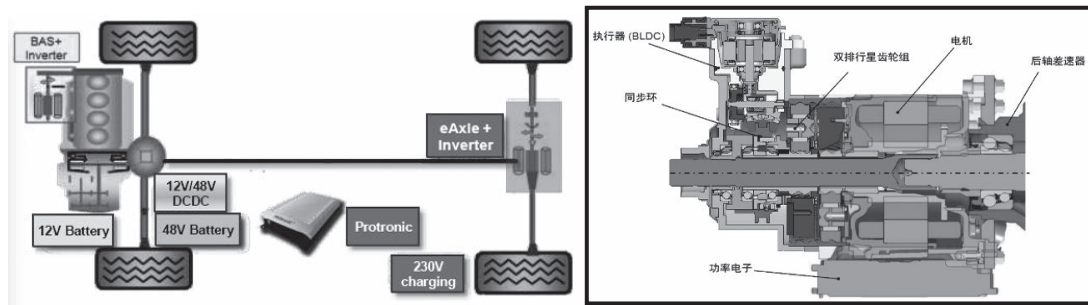
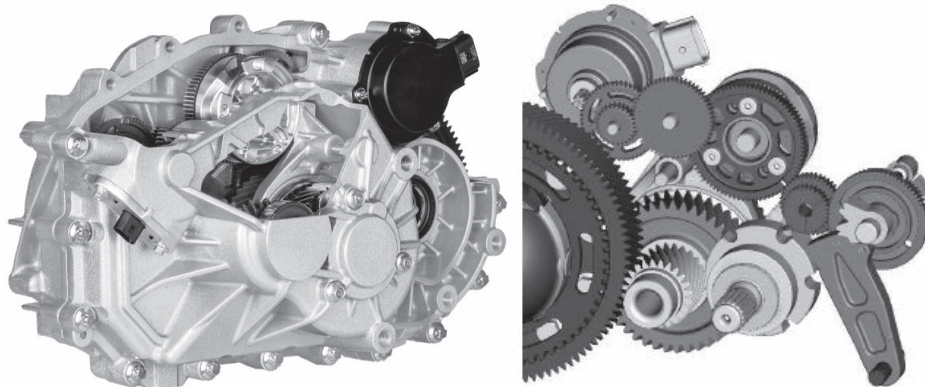


図3 2eDT200 トランスミッション



遊星フレームから出力される。遊星フレームと遊星歯車の中間軸のロックは、変速アクチュエータと同期リングによって実現される。

セカンドギアでは、1段目の遊星歯車の遊星フレームが中間軸に直接接続されている。したがって、第1段の遊星歯車のみが動力伝達に関与し、第2列の遊星歯車は空転状態となる。

2.2 格特拉克（江西）傳動有限公司

格特拉克の2eDT200電気駆動システムユニットは、中型およびハイブリッド車向けに開発された。単一速度のギアボックスと比較して、2速度設計はより高い加速とより高い最高速度を実現している。また、回転数比の向上により、モータの動作範囲を拡大して最適な効率を得ることができ、大幅な省電力化している。さらに、速度比の増加により、モーターの最高効率の動作範囲を拡大でき、大幅な省電力の利点を示している。

2eDT200は、最大出力90kWの水冷モーターを採用しておりし、2つの定速比のトランスミッションデザインは非常にコンパクトである。モーターとトランスミッションはモジュール式の部品である。モーターの動力は、2段平歯車とディファレンシャルを介して2つのハーフシャフトに伝達

表2 2eDT 技術的パラメータ

項 目	パラメータ
サ イ ズ	462×299×245mm
速 比	12.06/8.61
入 力 ト ル ク	210Nm
中 心 距 離	188mm
重 量	25Kg (无油)
変 速 方 法	シンクロメッシュ
駐車システム	電子駐車 (入力軸)

される。電気機械式アクチュエーターとシンクロナイザーを使用し、2つの速度の間で電子制御の変速を実現する。トランスミッションには、電気機械式パーキングロック（入力軸に配置）もある。コンパクトな設計により、さまざまな車両プラットフォームに簡単に組み込むことが出来る。100%電気駆動に加えて、ブーストモードとエネルギー回収機能も可能であり、駆動モーターの出力は55kW～90kW（300～400V）に拡張できる。

2.3 寧波捷龍動力科技有限公司

低速発進・加速・登坂時に多くの電力を消費する電気自動車の単発減速機の問題点を解決するために、丘陵地や山間部の都市や混雑した都市での

走行距離を大幅に短縮し、バッテリーの利用率(放電方法、モーター動力)の向上、バッテリー寿命の延長、モーターコストの削減、走行性能の向上(低速発進、重負荷、登坂、高速走行を考慮)を実現するために、寧波は2速機械式自動トランスミッションを提案している。伝統的な機械式トランスミッションの実績ある技術をベースにトランスミッションのコストを考慮し、パワーの向上、高速性能の最適化、優れた変速品質の実現を出発点に、中国市場向けの2速トランスミッションを開発している。1速減速機を搭載した同型と比較して、加速性能は9.5%向上(水平路面)、最高登坂速度は13.1%向上(15km/h)、最高速度は28.7%とスペックが向上している。搭載対象：康迪K17A、明泉EM3。

2.4 上海中科深江電動車有限公司

中科深江が開発した2速オートマチックトランスミッションは、機械式トランスミッション構造と電気駆動システム用に設計されたトランスミッションメカニズムを採用しており、シンプルな構造、高い伝導トランスミッション効率、優れたNVH性能を特徴としている。筐体は軽量設計とコンパクトな構造を採用しており、電子制御アクチュエーターを使用して電子制御シンクロナイ

ザーの変速を実現し電子制御駐車システムを採用している。駆動モーターはスプラインを備えた2速オートマチックトランスミッションに直接接続され、クラッチコン部品は排除され、インテリジェント変速技術が変速を実現するために採用されている。この開発した2速オートマチックトランスミッションは多くの発明特許を取得している。

三. 中国の大学における電気自動車の伝送研究状況

3.1 清華大学

清華大学では、遊星歯車装置、ダイヤフラムスプリングクラッチ、ドラムブレーキで構成される、

表4 中科深江2速トランスミッションのパラメータ

項目	パラメータ
入力トルク	230Nm
入力速度	9000rpm
速比	9.07/5.51
変速時間	≤0.8s
伝送効率	≥96.5%
ノイズ	83dB@4000rpm
耐用距離	20万Km
重量	≤30Kg
サイズ	342×389×486mm

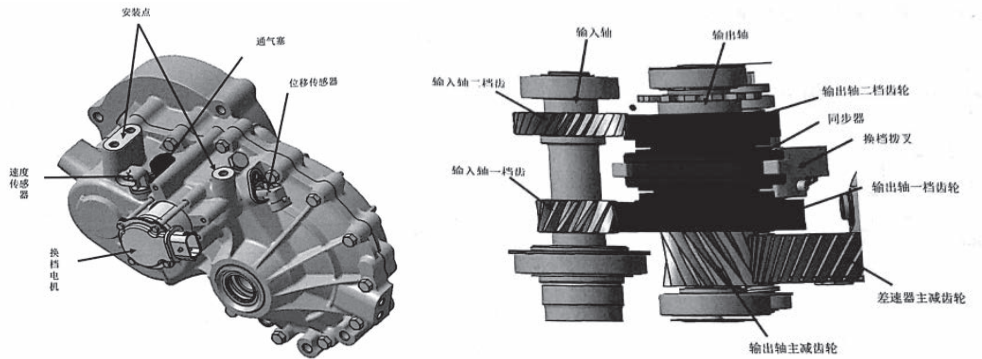
図5 中科深江2速AMTオートマチックトランスミッション



表3 寧波捷龍2速トランスミッションのパラメータ

項目	2速機械式トランスミッション変速器	
サイズ	420×250×260mm	457×284×285mm
ローギア比	12.04/6.3	11.43、5.9
入力トルク	140Nm	250Nm
入力速度	11000rpm	11000rpm
重量	18Kg	25Kg
変速方法	シンクロメッシュ	シンクロメッシュ
駐車システム	駐車なし	駐車なし

図4 寧波捷龍2速トランスミッション



単一の遊星歯車システムを備えた動力保持式の2速機械式自動トランスミッションを提案している。選択したターゲット車両モデルのパラメータを分析し、トランスミッションシステムのビークルダイナミクスモデルを構築し、適切な新しいトランスミッション速度比を選択し、設計計画を完成させ、プロトタイプトランスミッション機能を開発している。新しいトランスミッションのさまざまな試験要件に対して、トランスミッションリング内にトランスミッションハードウェアを構築し、設計されたトランスミッションの基本機能を検証するためのリアルタイム試験を行うためのリアルタイム試験台を設置している。

清華大学の研究チームは、電気自動車の駆動モーターの速度変速特性に基づいて、直接接続されたモーター伝送システムの変速プロセスのモデリングおよび制御方法を提案した。変速過程のダイナミクスをモデル化するためにポアソン回復係数衝突モデルを導入し、ハイブリッドシステム理論を適用して連成系状態の連続運動と離散ジャンプ過程のハイブリッドオートマトンモデルを確立し、最適な相対速度（ブラケットとジョイントリング）と変速力を求めるための数値シミュレーションを行った。

図6 単列遊星歯車式2速オートマチックトランスミッション

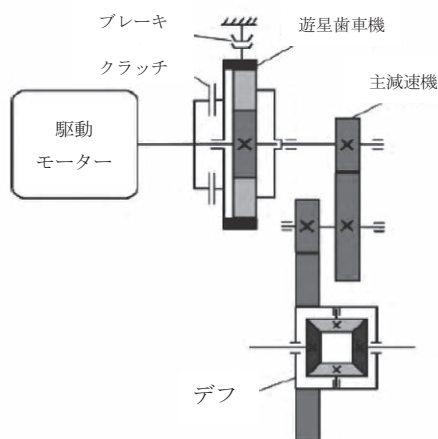
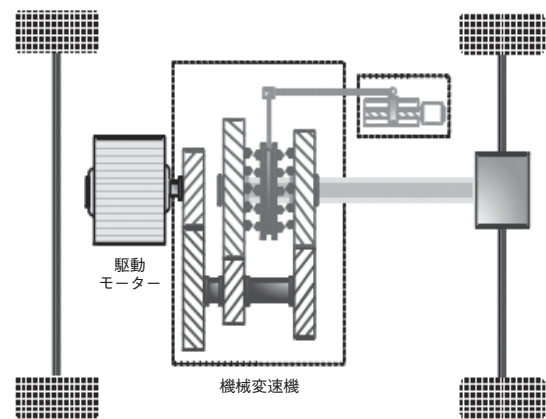


表5 パラメータ

	ローギア	セカンドギア
クラッチ	分離	接合
ブレーキ	接合	分離
伝達比	2.745	1

図7 モータートランスミッション直結システム構造



3.2 北京航空航天大学

北京航空航天大学のチームは、湿式クラッチ技術に基づいた電気自動車用の2速自動トランスミッション（2DET）を提案している。トランスミッション構は、変速方式として平行軸2段減速ギアと2つの摩擦クラッチを使用しておりシンプルな構造、コンパクトで低コストという特徴を持っている。1番目のギアの速度比は9.185、2番目のギアの速度比は5.609である。

変速が途中で途切れてしまう問題を解決するために、湿式デュアルクラッチパワー変速技術を採用している。コンパクトな構造と搭載性などの多要素要件を満たすために、4つのスキームの固定軸ギアトランスミッションと24のスキームの遊星ギアトランスミッションを比較し、最終的に、対称ウェットデュアルクラッチ固定シャフトギアトランスミッション配置を選択している。トランスミッションのNVHおよび電力性能を改善するために、最大上昇、最大速度、加速時間100km、消費電力100km、疲労強度の安全係数などを含む16の制約とともに、17の最大最適化目標と7つの最小最適化目標が提案されており、条件に基づいて多目的機能確立し、トランスミッションの最適な設計パラメータを導入している。

以下は、トランスミッションの構造の立体模式図と断面図である。

油圧装置は一体型の油圧バルブプレートを採用し、全体の構造はバルブプレートで構成され、各油圧コンポーネントはバルブプレートに一体化されている。内部オイル回路はパンチングによって構築され、プロセス穴はエンドプラグで塞がれている。サンドイッチタイプの油圧バルブプレートと比較して、複数の油圧コンポーネントの統合と

図8 トランスミッションの三次元模式図と断面図

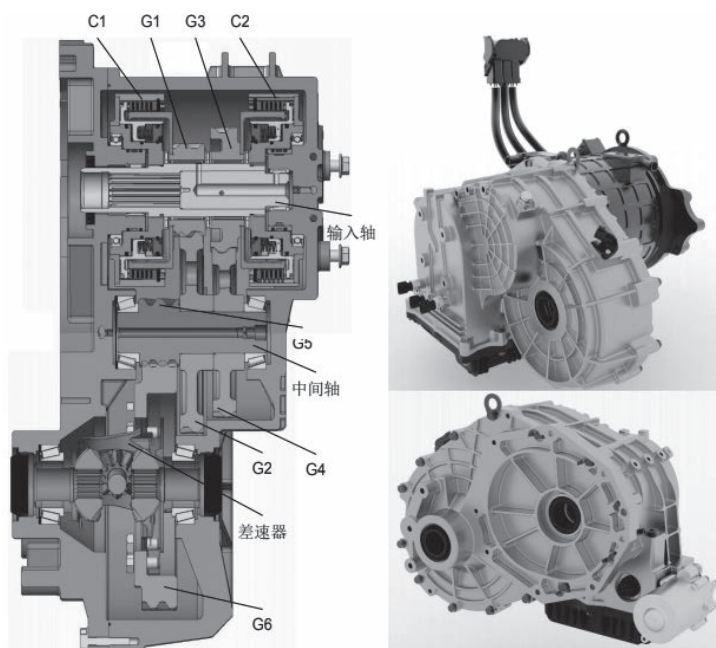
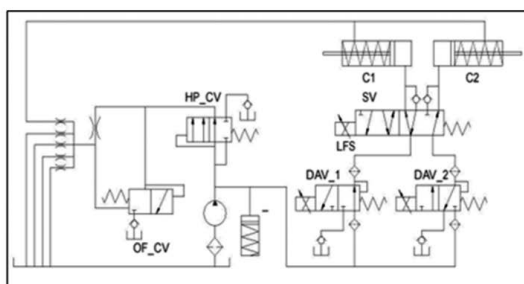


図9 トランスミッション油圧システムの設計図



OF_CV：流量制御弁 HP_CV：主油圧調整弁 D_A：アキュムレータ DAV_1：常高電磁弁
DAV_2：常低電磁弁 LFS：電磁式安全弁 SV：機械式安全弁 C1/C2：クラッチ

オイル回路通信が容易である。複数の油圧コンポーネントに適合する複雑な油圧制御システムの機能が実現され、漏れが少なく、耐油性が低く、作業効率が高く、制御精度が高く、コンパクトな構造と省スペース化を実現した。ローギアを備えたトランスミッションの油圧制御システムでテスト済みである。設計図は以下の通りである。

全電子制御システムは3つの部分に分けられる。

- (1) 主に変速選択と安全制御を担当するクラッチ変速制御サブシステム；変速戦略は動的変速加重経済変速戦略を使用
- (2) 油圧の供給システムフローの調整などを行う圧力調整および流量制御システム
- (3) 冷却および潤滑システム等

現在、トランスミッションはAプロトタイプと

その予備テストを完了しており、ターゲットモデルは北汽EU260、ターゲットモーターは大洋260Nmである。運転テスト及び変速制御効果は良好であり、次の開発計画に入る準備ができている。

3.3 河北工業大学

電気自動車の2速オートマチックトランスミッション（略して2ETS）は平行シャフト構造を採用しており、開発内容はギアトランスミッションシステム、ディファレンシャルシステム、電子パーキングシステム、シンクロナイザー変速システム、デュアルモーターアクチュエータシステム、TCU、ソフトウェア制御システムなど2ETSは、高速車両の要件を満たしながら、登坂と低速での加速の要件を考慮するために開発されている。

図10 2 ETS 自動トランスミッション

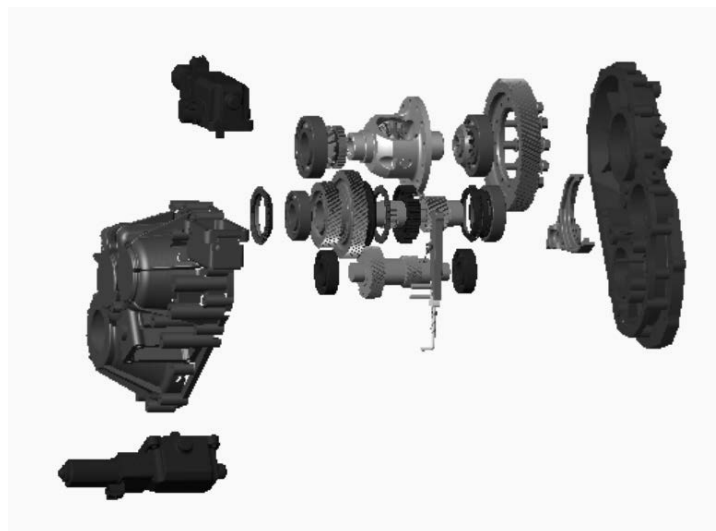


表6 河北工業大学2ETS パラメータ

項 目	技術パラメータ
入 力 ト ル ク	250Nm/280Nm (強化)
駆 動 方 法	前輪駆動
ギ ア	2 挡
速 度 比	1 挡：11.71 2 挡：4.66
変 速 速 度	アップ変速：70km/h ダウン変速：45km/h
重 量	≤33 kg
外 形 寸 法	全体的レイアウト要件を満たす
伝 送 効 率	≥96%
操 作 シ ス テ ム	電子制御

モーターの動作領域は速度比によって調整されるため、ほとんどの場合、モーターは高効率ゾーンで動作する。これにより、車両システムの効率が向上し、モーターとコントローラーのコストが削減される。

電気駆動システムはクラッチ部品を排除し、モーターが始動段階で大きなトルクを出力する条件下でも、迅速かつスムーズに始動できる。ギアボックスの内部差動装置は、左右のハーフシャフトに直接動力を出力できる。全体の配置はコンパクトでスペースを節約する。さらに、クラッチの取り外しにより、モーターの出力軸とギアボックスの入力軸がスプライン接続され、変速中のモーターの速度を積極的に調整して、変速の影響を減らし、変速速度を上げることができる。アクセルペダルの開度と車速をパラメーター、パワーと経済性を考慮した変速制御戦略が設定されている2

速自動トランスミッションのトランスミッションコースモデルを確立し、異なる作業条件下でのトランスミッションエラーと歯面応力分布をシミュレートして計算している。計算結果に基づき、歯の形状パラメータは、伝達誤差を減らし、歯の表面応力分布を最適化を目標とした。その結果、「トランスミッションハウジングギアシャフト」のリジッドフレキシブルカップリングモデルが確立された。トランスミッションモデル解析と振動加速計算、およびギア変更前後のさまざまな結果の比較により、最適なギア変更パラメーターが取得され、トランスミッションのNVH性能を向上させる。低速の安全な駐車、信頼性の高いセルフロック、異常な駐車回避の安全要件を満たすために、ラチェット、爪、スライダー、プッシュロッド、ガイドピン、および圧力ブロックで構成される駐車システムを設計し、モーターでアクチュエーターを駆動して、入駐車の出入り動作を行う。

電子制御システム開発技術は、車両の最高のギア選択機能、変速プロセスの自動制御、運転者の誤操作回避および警告機能、起動自己学習制御機能、故障モードリンプ機能、およびリターダー自動制御機能を満たす必要がある。上記の機能を満たすことに加えて、電気自動車モーターのアクティブな速度調整の特性に応じて、動力伝達システムの統合制御、クラッチレス変速制御機能、モード切り替え調整制御機能、ハイブリッド動力システムの最適ギア計算などの機能が追加される。

2 ETS 設計の最大入力トルク 280Nm、設計速度比 4～12、機械全体の重量は 33kg を超えず、効率 は 96% を超え、航続距離は 5 % 以上増加し、

最大モーター速度は約15%低下し、100%電気自動車のパワートレインを効果的に改善している。現在、特許、図面、デジタルモデル、ソフトウェア、およびプロトタイプテストが作成されており、次のステップは車両に搭載することである。

四. 電気自動車用多段自動トランスミッションの開発動向

電気自動車は、従来の自動トランスミッション産業にとってチャンスであり、業界のすべての関係者に関心の高い話題である。現在、市場に出回っている100%電気乗用車の大部分は、速度比変換なしの動力伝達にシングルレジュースーを使用している。シングルレジュースーの単一の速度比により、高速運転、低速運転、加速追い越し、ランプ運転、制動エネルギー回収、航続距離などのさまざまな運転条件下で最適な性能要件を満たすことは困難である。したがって、多速度トランスミッションの開発は、電気自動車の性能を向上させる重要な手段となっている。

国内外で量産・開発されているトランスミッションの種類は、機械式自動トランスミッション (AMT)、デュアルクラッチ式自動トランスミッション (DCT)、遊星歯車式自動トランスミッション (AT)、無段トランスミッション (CVT) をベースとした二段トランスミッションの再設計であり、いずれも、機械式自動トランスミッション (AMT)、デュアルクラッチ式自動トランスミッション (DCT)、遊星歯車式自動トランスミッション (AT)、無段トランスミッション (CVT) をベースとした二段トランスミッションである。国内外の企業や大学の研究では、AMT 型の2速オートマチックトランスミッションと DCT 型の2速オートマチックトランスミッションが同等であり、AT 型の2速オートマチックトランスミッションと CVT 型の2速オートマチックトランスミッションが占める割合は少ない。AMT 構造に基づく2速オートマチックトランスミッションは、駆動モーターの出力軸に直接接続され、クラッチがキャンセルされ、駆動モーターの速度調整特性を使用して変速が行われる。機械式トランスミッションの低コスト、高効率、高安定性の利点を組み合わせることで、このタイプの2速トランスミッションはメーカーや大学で好まれている。ただし、変速の快適性、変速ショック、および変速コントロールに関して、特定の技術的な課題がある。DCT 構造に基づいた2速オートマチック

トランスミッションは、パワー、経済性、快適性のバランスがよく、中断のないパワー変速を実現でき、変速ショックが小さいという利点がある。したがって、2速 DCT オートマチックトランスミッションも求められている。しかし、大きなトルクに耐えるクラッチの能力と構造の小型化に関しては改善の余地がある。伝統的 CVT は、負荷トルクが制限され、加速が弱く、AT 効率が低く、ギア比が小さいため、これら2つのタイプを使用する2速オートマチックトランスミッションは少なくなっている。

マルチギアは、電気自動車の開発において避けられないトレンドである。電気自動車に2速または3速のオートマチックトランスミッションを装備すると、モーターの特性をより有効に活用できるだけでなく、モーターのトルク要求を低減し、重量を減らし、コストを削減し、さらに重要なことは、燃費が8%から10%改善することである。電気自動車の起動時の加速性能は非常に優れているが、約100kmの速度で中高速セクションで再加速すると、応答速度が非常に遅くなる。将来、100%電気自動車の人気は一般的になり、多速度自動トランスミッションを搭載した電気自動車は将来の技術動向である。トランスミッションのタイプに関係なく、将来の開発の中核は低炭素、高効率、低コストであり、このマルチテクノロジーのルートは各研究機関は互いに競合しており、競合の開発動向は疑う余地がない。技術的なルートを選択する際には、各トランスミッションタイプと適切な車両モデルの長所と短所を十分に考慮する必要がある。したがって、電気自動車の次の開発には多段自動トランスミッションが必要であり、電気乗用車の場合、最も費用対効果の高いのは2速自動トランスミッションである。

統合された電気駆動システムは、新エネルギー自動車技術の継続的な開発により、部品の統合は、将来の電気駆動システムの開発のトレンドでもある。統合設計により、一方では OEM の組み立てを削減し、製品の認定率を向上させ、設置およびメンテナンスの効率を向上させることができ、一方で、ワイヤリングハーネスなどのコンポーネントを削減して、軽量化とコスト削減も実現できる。また、「モーター+リダクション/トランスミッション+モーターコントローラー」のスリーインワンソリューションは、現在の電気駆動システム開発の主流ソリューションとなっている。

五. 電気自動車の伝送技術の開発動向：

- (1) マルチギア自動トランスミッションは、新エネルギー自動車のパワーを向上させ走行範囲を拡大し、電気駆動システムアセンブリの性能を最適化し、重量とコストを削減し、モーターとトランスミッションの最大速度要件を削減し、生産および処理コストを削減する。一次減速機では、新エネルギー自動車の性能を継続的に改善するという消費者の要求を満たすことは難しく、電気自動車は多段自動トランスミッションを採用する傾向にある。
- (2) モーターの動作速度を上げ、モーターの体積と質量を減らし、フィードバックブレーキの範囲を広げることで、適切なトランスミッションシステムと制御戦略を使用し、フィードバックブレーキの許容範囲を広げて、より多くの動作条件に適応し、電気自動車の駆動モーターの走行距離を延ばし、作業効率を改善すると、必然的に駆動モーターの最大動作速度が増加させる。次に、一致する減速ギアトランスミッション製品もその最高速度要件を満たす必要がある

ため、電気自動車トランスミッションの高速化は、駆動モーターの開発のトレンドにもなる。

- (3) 一体化とは、トランスミッション、モーター、モーターコントローラーの統合を指す。100%電気自動車およびハイブリッド車のアプリケーションニーズであり、車両構造をよりコンパクトに、より良く、より信頼性が高く、制御しやすくし、コストを効果的に削減するために、車両の動力およびトランスミッションシステムはモジュール化され、個別の構造からエンジンモーターおよびトランスミッションに統合されている。開発の方向性には、主にハイブリッドパワートレイン（エンジン+モーター+ギアボックス）および電気機械式カップリングドライブアセンブリ（モーター+ギアボックス）が含まれる。モジュラーパワーカップリングシステムと電気機械式カップリングトランスミッションシステムの統合設計と統合管理制御は、モーターと車両のパワーおよびトランスミッションシステムの開発方向である。

第九章 中国の新エネルギーバスの現状と発展動向

黄 永和 中国自動車技術研究中心（CATARC）中国自動車戦略・政策研究中心主任
楊 家騏 中国自動車技術研究中心中国自動車戦略・政策研究中心研究員

一. はじめに

2009年、中国政府は新エネルギー自動車モデル事業に着手、事業所による新エネルギー自動車購入に対する補助金交付、特に都市部の公共交通をその重点とした。その後十数年、政府は新エネルギー自動車、中でもバスの普及支援の政策体系を構築し、そのもとで新エネルギーバス（以降「新エネバス」と略）の製造コストが大幅に下がり、技術レベルも顕著な向上を見せるとともに、一定の規模以上の新エネバスメーカーが複数頭角を現した。今や中国は世界最大の新エネバスの製造基地であり、普及が進む市場となっている。都市交通分野では省エネルギーと二酸化炭素排出削減で大きな成果を上げている。本稿では政策、市場、製品等の面から、中国の新エネバスの発展状況を概観するとともに、今後の発展方向についても予測、分析を行い、諸氏の参考に供したい。

二. 中国の新エネルギーバスをめぐる主な政策

2019年末迄に採られた中国新エネバス関連の政策には普及使用、購入補助金、運営補助金、税制優遇等があるが、全体としてすでに比較的整った新エネルギーバス普及の政策支援体系が出来上がり、新エネバスの市場成長の鍵ともいえるべき効果が表れている。

2.1 普及使用目標

2012年以降、政府は数多くの政策文書において、新エネルギー都市交通自動車の普及使用を加速させると明確に求めている。2012年、国務院は「省エネ・新エネ自動車産業発展計画（2012～2020）」において、大中型都市で公共サービス分野の新エネ自動車普及モデル範囲の拡大を打ち出した。2013年、国務院が公布した「大気汚染防止行動計画」は、公共交通、環境衛生等の業界と政府機関は新エネ自動車を率先して使用するように提起した。2014年、国務院弁公庁が公布した「新エネ自動車普及利用を加速することについての国務院辦公庁の指導意見」では、新エネ自動車の普及利用都市では、都市公共交通等の分野での新規または更新車両における新エネ自動車の比率は30%を下回ってはならないとした。2018年、国務院は「青空防衛戦3年行動計画」で更に2020年末までに重点地域都市の区部の公共交通分野において、新エネ自動車またはクリーンエネルギー自動車の使用率を80%としなければならないと定めた。2020年末迄の重点地域の主な都市公共交通はすべて新エネ自動車に入れ替えなければならない（表1参照）。

表1 新エネバス関連政策と普及目標・要求

発表年度	名 称	主 な 内 容
2012	《省エネ・新エネ自動車産業発展計画（2012～2020年）》	大・中都市における公共サービスセクタでの新エネ自動車モデル普及範囲を拡大。
2013	《大気汚染防止行動計画》	路線バス、環境衛生等の業界と政府機関において新エネ自動車を率先使用。北京、上海、広州等の都市で毎年新規増加・更新の路線バス車両の新エネ・クリーンエネ車比率を60%以上とする。
2014	《新エネ自動車普及使用加速の指導意見》	新エネ自動車普及使用対象都市での新增、更新車両中の新エネ自動車の割合は30%を下回らないこと。
2018	《青空防衛戦3年行動計画》	2020年末迄に重点地域の都市の区部の路線バス等新エネ自動車・クリーンエネルギー自動車の使用割合を80%に到達。 2020年末迄に重点地区の直轄市、省都、計画単列都市の区部の公共交通車を全て新エネ自動車に交換。

資料出所：中国政府ウェブサイト CATARC 政策研究センター

2.2 購入に対する補助政策

2009年以来、中国政府は企業に新エネバスの普及利用のため購入補助金による支援を実施、その後対象となる車両タイプを細分化、完成車、動力電池の技術レベルを引き上げ、補助金基準も徐々に引き下げを行った。購入補助金政策は次のような内容特徴がある。(1)車両総長：当初の10m以上から、6mおよびそれ以上に対象を拡大し、現在はすべてのサイズの都市路線バスを含めている。(2)技術レベル：メーカーに対し単位当たりの積載エネルギー消費量の引き下げを要求（省エネレベルが高いほどハイレベル）、航続距離の延長、動力電池システムのエネルギー密度向上、車両の使用状況と安全面重視、(3)補助金根拠：車両総長により補助金を差別化。総長が長いほど補助金額も増加。(4)補助金基準：動力電池のコスト下降、技術レベル向上等を考慮し、毎年補助金のレベルを引き下げる。2019年における中国政府の採った購入補助金政策の概要は表2の通りである。

なお、燃料電池バスに対しては、中国は定額補助金と技術パラメータを加える方式で補助を行い、かつ燃料電池システムの定格の30kwを下回らないこと、航続距離は300kmを下回らないこととしている（表3参照）。

このほか、新エネバスの使用促進のため、政府は2万キロの走行実績をもって初めて購入補助金の中央政府への申請を受け付けるとした。同時に、中国の各地方政府も新エネバスに対して地方購入補助金を設定した。但し通常中央の個車補助基準の50%以下である。

2.3 運営に対する補助

新エネ路線バスの運営を強化するため、年間運行距離が3万キロ以上、または月間運行距離が2500キロ以上の省エネ・新エネ路線バスに対して年間運転補助金を交付している。補助基準は車両長、動力タイプにより差別化している（表4参照）。

2.4 税収優遇

政府は都市路線バスに対して購入税と車船税の優遇政策を採っている。購入税については、2012年1月1日から2020年12月31日まで、都市公共交通事業所が購入する新エネ路線バスの車両購入税の徴収を免除する。そのほか、2018年に「車両購置税法」を公布し、都市公共交通事業者が購入する電動路線バス車両は車両購入税の徴収を免除しており、本法は2019年7月1日から実施し

表2 2019年中国新エネバス購入補助金基準

車両類型	補助基準 (元 / kWh)	補助調整係数			中央財政補助上限（万元）		
					6 < L ≤ 8m	8 < L ≤ 10m	L > 10m
普通充電型電動バス	500	単位積載量エネルギー消費量 (Wh/km·kg)			2.5	5.5	9
		0.19(含) - 0.17	0.17(含) - 0.15	0.15 及以下			
		0.8	0.9	1			
急速充電型電動バス	900	急速充電比率			2	4	6.5
		3 ~ 5C(含)	5 ~ 15C(含)	15C 以上			
		0.8	0.9	1			
プラグインハイブリッド (レンジエクステンダー含む) バス	600	燃費節約レベル			1	2	3.8
		60 ~ 65%(含)	65 ~ 70%(含)	70% 以上			
		0.8	0.9	1			

■補助金額 = Min {車両帯電量 × 単位電気量補助基準；補助上限値} × 調整係数（含：単位積載量エネルギー消費量係数、急速充電倍率係数、燃費節約率係数）

資料出所：中国政府ウェブサイト CATARC 政策研究センター

表3 2019年燃料電池バス購入補助金基準

車両ランク		燃料電池システムの定格と駆動モーターの定格比		
軽型	大中型	0.3(含) - 0.4	0.4(含) - 0.5	0.5 以上
24	40	0.8	0.9	1

資料出所：中国政府ウェブサイト CATARC 政策研究センター

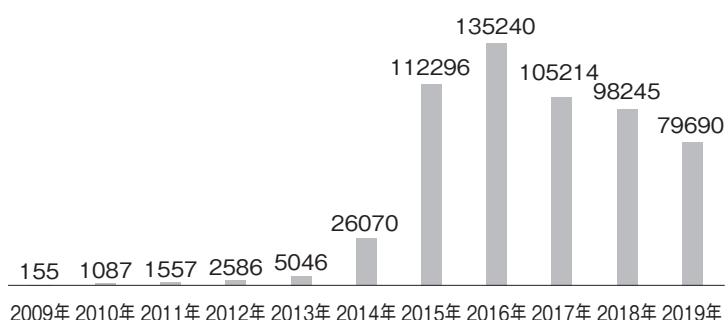
表4 省エネ・新エネ路線バス運営補助基準

単位：万元/台/年

車両タイプ	車両長 L (メートル)		
	$6 \leq L < 8$	$8 \leq L < 10$	$L \geq 10$
電動路線バス	4	6	8
プラグインハイブリッド (含レンジエクステンダー) 路線バス	2	3	4
燃料電池路線バス	6		
スーパーキャパシタ、非プラグインハイブリッド路線バス	2		

資料出所：中国政府ウェブサイト CATARC 政策研究センター

図1 2009～2019年新エネバス生産台数



資料出所：CATARC 政策研究センター

ている。車船税は「車船税法」により、各地方政府はそれぞれの実情を踏まえ、都市公共交通を担う車船に対して定期的な減税、免税措置を取ることができる。

三. 中国新エネルギーバス市場

2009年以降、中国の新エネバス市場は誕生、成長、安定の3つの発展段階を経て来た。この過程で、新エネバスの技術は急速に向上し、市場も徐々にリーディング企業に集中し、実際の異なる使用場面に応じて多くの技術路線が形成された。

3.1 中国新エネルギーバス市場の発展状況

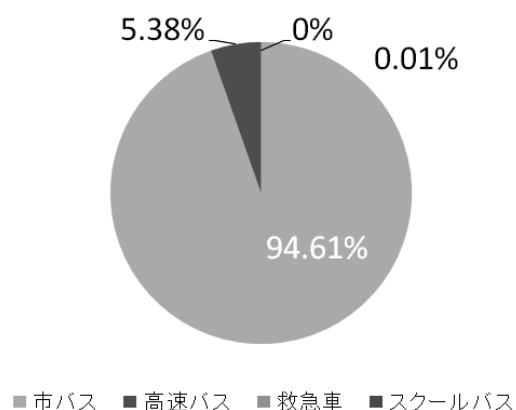
2009～2013年、中国新エネバス市場は発展を始めたが、製品価格が高く、製品としてもまだ未成熟であったため、市場は模索段階であった。そのため、2013年の累計販売台数はわずか1.04万台に止まった。2014年以降、製品コストの下降、技術レベルの向上と運営使用経験の積み上げで、新エネバス市場は高速成長段階に入り、年間生産台数は2014年の2.6万台から2016年には13.5万台にまで急成長した。2017年から、新エネバス市場は安定期に入り、年間生産台数は基本的に8～10万台前後のレベルを維持している(図1参照)。

中国の新エネバスの使用分野は都市の路線バ

ス、中長距離バス等の分野である。中でも都市内公共交通(路線バス)は新エネバスの主な使用分野で、全新エネバス中94.6%を占めており、残りの少数が中長距離バスの分野で5.38%となっている。救急車、スクールバスなど特定の分野での新エネバスの普及は立ち遅れている(図1参照)。現在のところ、都市路線バスは全体で68万台、うち新エネ路線バスが37万台で、全体の約54%となっている。

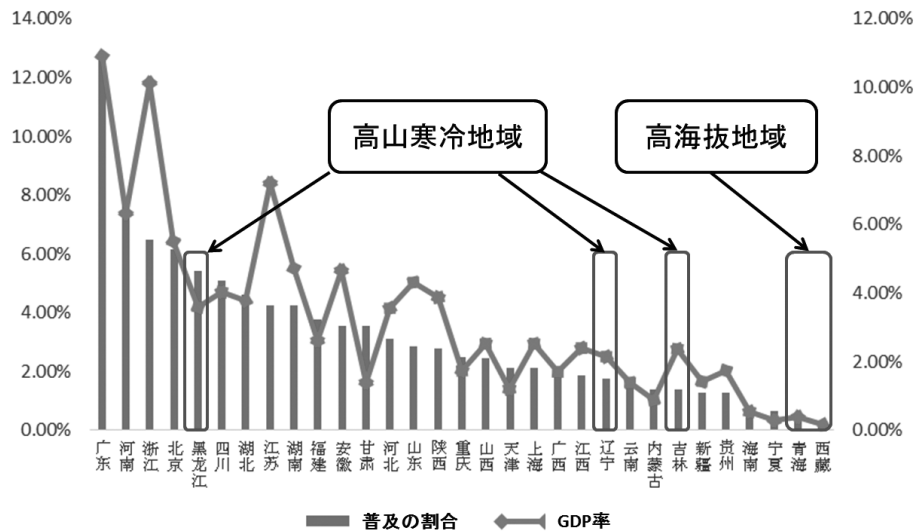
中国新エネバスの普及は明らかな地域的な差異

図2 中国での新エネルギーバスの分野別保有割合



資料出所：CATARC 政策研究センター

図3 2019年中国新エネバスの地域別普及状況



資料出所：CATARC 政策研究センター

表5 2019年中国新エネバス主要メーカーと市場シェア

順位	企業名称	2019年 生産量(万台)	市場シェア
1	鄭州宇通客車株式会社	2.15	27%
2	中通客車ホールディングス株式会社	0.68	8%
3	湖南中車時代電動汽車株式会社	0.63	8%
4	BYD 汽車工業有限公司	0.42	5%
5	北汽福田汽車株式会社	0.38	5%
6	金龍聯合汽車工業（蘇州）有限公司	0.35	4%
7	廈門金龍旅行車有限公司	0.33	4%
8	廈門金龍聯合汽車工業有限公司	0.30	4%
9	南京金龍客車製造有限公司	0.30	4%
10	安徽安凱汽車株式会社	0.25	4%
その他75社		2.18	27%
合計		7.97	

資料出所：CATARC 政策研究センター

がある。沿海及び中部の経済的に発展している省では比較的普及している一方で、西部地域や寒冷地区での普及は少数に止まっている。これには各地の財政力、経済発展レベル（GDP）、環境対策圧力、自然環境条件等の要素が関連している（図3参照）。

3.2 中国新エネルギーバスの主なメーカー

不完全な統計によれば、2019年の中国新エネバスメーカーは85社で、主要メーカーには宇通客車、中通客車、湖南中車などがあり、上位10社で全国の総生産台数の73%を占めている。残りの75社を全部合わせても僅か27%となっている（表5参照）。

四. 中国新エネルギーバス技術ロードマップと技術レベル

4.1 中国新エネルギーバスの主な技術ロードマップ

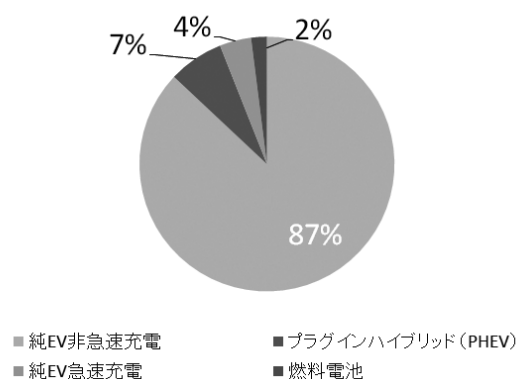
中国新エネバスが主として採用している技術には、100%電動普通充電、100%電動急速充電、プラグインハイブリッド、燃料電池等がある。その中で、100%電動普通充電製品が市場における主流の技術路線となっており、2019年には約87%の市場シェアを占め、100%電動急速充電、プラグインハイブリッド、燃料電池はそれぞれ4%、7%、2%の市場シェアであった（図4参照）。

(1) 100%電動普通充電バス：宇通、中通、湖南中車等の主要メーカーの主力製品はいずれも100%電動普通充電技術を採用し、マンガン酸

リチウムまたはリン酸鉄リチウム電池を装備しており、平均的な航続距離は400kmに達している。2019年、100%電動普通充電型新エネバスの生産台数は6.97万台、市場シェアは87%となっている（表6参照）。

(2) 100%電動急速充電：中国で急速充電技術を

図4 2019年中国動力タイプ別新エネバス生産量



資料出所：CATARC 政策研究センター

表6 2019年100%電動普通充電型バスの主なメーカーとシェア

順位	企業名称	生産量(万台)	シェア
1	鄭州宇通客車株式会社	2.06	30%
2	中通客車ホールディングス株式会社	0.65	9%
3	湖南中車時代電動汽車株式会社	0.52	7%
4	BYD 汽車工業有限公司	0.42	6%
5	金龍聯合汽車工業（蘇州）有限公司	0.29	4%
6	廈門金龍旅行車有限公司	0.29	4%
7	南京金龍客車製造有限公司	0.29	4%
8	安徽安凱汽車株式会社	0.25	4%
9	廈門金龍聯合汽車工業有限公司	0.23	3%
10	東莞中汽宏遠汽車有限公司	0.21	3%
その他70社		1.75	25%
合計		6.97	

資料出所：CATARC 政策研究センター

表7 2019年急速充電型バスの主要メーカーとシェア

順位	企業名称	生産量(台)	シェア	特徴
1	北汽福田汽車株式会社	1254	36.78%	チタン酸リチウム
2	成都広通汽車有限公司	1064	31.21%	チタン酸リチウム
3	天津広通汽車有限公司	728	21.36%	チタン酸リチウム
4	珠海広通汽車有限公司	122	3.58%	チタン酸リチウム
5	石家荘中博汽車有限公司	114	3.34%	チタン酸リチウム
6	蘭州広通新エネルギー汽車有限公司	100	2.93%	チタン酸リチウム
7	上海申沃客車有限公司	27	0.79%	スーパーキャパシタ
合計		3409		

資料出所：CATARC 政策研究センター

アは2%である（表9参照）。

4.2 中国新エネルギーバスの技術レベル

近未来、市場規模の急拡大に伴い、新エネバスの市場競争も激しさを増している。中国の新エネバスメーカー各社は研究開発に力を入れ、新技術の採用を加速し、新エネバスの技術レベルは急速に向上している。

- (1) 航続距離の急拡大：動力電池技術の進歩で、新エネバスの動力電池システムの蓄電容量が急速に拡大し、一度の充電での平均航続距離が2015年の150kmから2019年には400km、年間

平均60kmずつ向上し、路線バス企業の使用ニーズをほぼ満たすまでになった（図5参照）。

- (2) 電力消費量の減少：動力電池のマネジメント技術の進歩と、軽量化技術の採用により、純電動バスの100km走行あたりの電気消費量は持続的に減少し、2015年の100km平均53.4kwhから2019年には50.5kwhと、年平均0.7kwhずつ減少している（図6参照）。
- (3) 燃費レベルの安定的向上：エネルギー管理レベルの向上に伴い、プラグインハイブリッドバスの平均燃費レベルも安定的に向上し、2015年の30.5%から2019年には60%まで向上した

表8 2019年プラグインハイブリッドバス主要メーカーとシェア

順位	企業名称	生産量(台)	シェア
1	北汽福田汽車株式有限公司	1204	23.16%
2	中車時代電動汽車株式有限公司	1018	19.58%
3	鄭州宇通客車株式有限公司	720	13.85%
4	廈門金龍聯合汽車工業有限公司	696	13.39%
5	金龍聯合汽車工業（蘇州）有限公司	551	10.60%
その他8社		1010	19.43%
合計		5199	

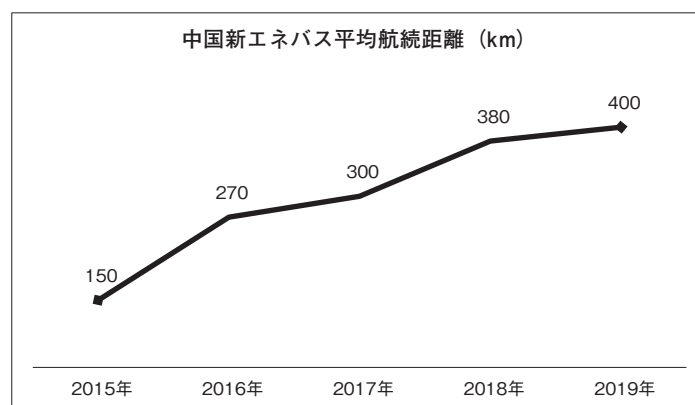
資料出所：CATARC 政策研究センター

表9 2019年燃料電池バスの主要メーカーとシェア

順位	企業名称	生産量(台)	シェア
1	上汽大通汽車有限公司	307	22.91%
2	鄭州宇通客車株式有限公司	232	17.31%
3	佛山市飛馳汽車製造有限公司	189	14.10%
4	廈門金龍旅行車有限公司	121	9.03%
5	上海申龍客車有限公司	92	6.87%
その他12社		399	29.78%
合計		1340	

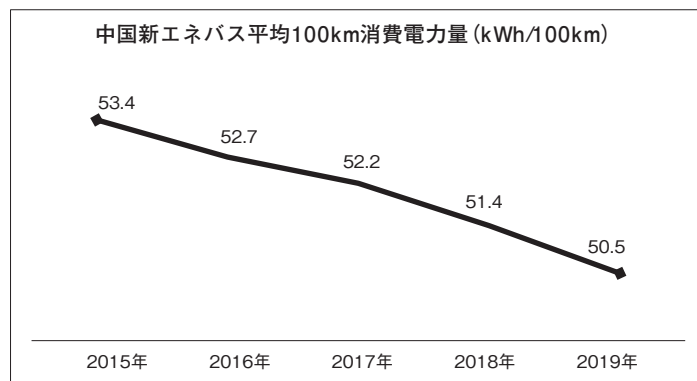
資料出所：CATARC 政策研究センター

図5 中国新エネバスの平均航続距離の推移



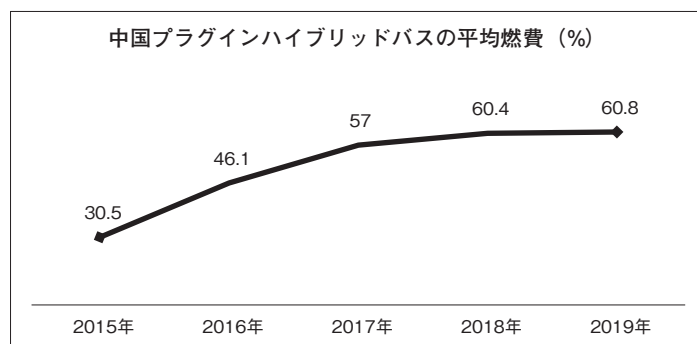
資料出所：CATARC 政策研究センター

図6 中国新エネバスの100kmあたりの消費電力量



資料出所：CATARC 政策研究センター

図7 中国プラグインハイブリッドバスの平均燃費



資料出所：CATARC 政策研究センター

(図7 参照)。

五. 中国の新エネルギーバス産業の発展動向分析

十数年間の発展の中で、中国新エネバスの技術水準は明らかに向上し、比較的大規模の市場を形成し、業界の発展環境もますます整い、今後さらに発展するための基礎と条件ができています。今後、中国政府は新エネバスの普及利用にさらに力を入れ、新エネバスはバス市場全体でのシェアをさらに向上させるだろう。新エネバス産業は今後も良好な成長の勢いを保ち続けるだろう。中国は世界で路線バスの電動化率がもっとも高い国となるだろうとしている。

それは、1つには中国政府が今後も比較的大きな政策的支援を継続していくことがある。現在実際の普及状況は政府の目標にはなお届いておらず、今後中国政府は総合的な補助金と税収の優遇策をとり、充電インフラを整備し、運行データの管理監督強化等一連の政策措置を講じ、バス業界を引き続き電動化向上の方向に導いていくことに

なるだろう。

2つには新エネバスの市場シェアがさらに拡大する。実用分野から見れば、都市内の路線バス分野の電動化比率は既に比較的高いため、新エネ都市公共交通車両市場は低成長または安定的な状態を保持していく一方、保有量が大きく、電動化比率がまだ低い中長距離バス分野が今後の新エネバス市場の成長の中心となるだろう。技術面から見れば、100%電動普通充電タイプがなお市場での利用の主力となるが、燃料電池バスが技術レベル向上、コスト低減の中で、シェアを次第に上げてくるだろう。

3つ目としては産業の勢力地図が更に優勢な企業への集中が進むと考えられる。新エネバス市場の成熟に伴い、市場の全体需要は基本的に落ち着き、宇通、BYD等の企業は引き続き業界のリーダー的存在にあり、規模の比較的小さなバスメーカーは今よりもさらに激烈な競争・淘汰に晒され、業界全体としてさらに優勢な企業への集積が進むことになろう。

第十章

中国の新エネルギー自動車の
軽量化研究の現状と動向

劉 正 瀋陽工業大学 教授

一. はじめに

世界的な工業化のさらなる加速と人口の継続的な増加により、世界中の国々はますます深刻なエネルギー危機と大気汚染の問題に直面している。中国は特に深刻であり、資源の不足、温暖化、生態系の破壊、種の絶え間ない絶滅はすべて、国の将来の生存に対する警鐘を鳴らしている。中国環境保護部が発行した中国自動車環境管理年次報告書（2017）によると、中国は8年連続で世界最大の自動車生産販売国となり、2018年の輸入石油4億トンの80%は燃料自動車から排気ガスとなって、中国の重要な大気汚染源となっている。また、排気ガス中の80%以上の一酸化炭素と炭化水素、90%以上の窒素酸化物など、微粒子状物質と光化学スモッグは環境汚染の重要な原因である。中国の燃料自動車の所有が継続的に増加するにつれて、その公害防止の緊急性はますます顕著になる。このため、自動車の駆動エネルギーとして新しいクリーンエネルギーを見つける必要がある。明らかに、排気ガスを出さない新エネルギー自動車を積極的に推進することによってのみ、高エネルギー消費と燃料車に起因する深刻な環境汚染の問題を完全に解決することができる。特に中国の場合、2019年の発電量は679.142億キロワット時に達し、自動車用パワーバッテリーの世界最大のメーカーのグループも存在するため、電気自動車

の開発について心配する必要がある。

さらに、中国にとって、新エネルギー自動車のプロモーションには、より重要な戦略的重要性の別の層があって、中国の燃料自動車技術は比較的遅れているため、海外の対応するハイエンド技術のしきい値はすでに非常に高くなっている。多くの燃料エンジン技術および自動車製造技術は、自動車業界の他の先進国の手できっかりと管理されている。相対的に言えば、新エネルギー自動車はまだ新しいが、これまでのところ、世界の国々の違いはそれほど大きくなく、各国はほぼ同じ出発点にあり、これが中国の自動車産業の台頭の機会と希望である。特に、改革と発展以来、中国経済は急速に発展しており、その強力な経済力は新エネルギー自動車会社の発展を支援し、急速に成長させることができる。燃料車が新エネルギー自動車に変わるノードでは、中国は追い越しを完全に達成する可能性が高い。

2016年、国家製造業電力建設戦略諮問委員会と産業情報技術部の委託を受けて、中国自動車工学会は500人を超える専門家を組織し、今後15年間の中国の自動車産業技術の開発に関するロードマップを研究および編集した。全体的な目標は、2030年までであり、自動車産業の総炭素排出量が2028年にピークに達し、「2030ピーク」コミットメントを先取りするとともに、新エネルギー自動

表1 自動車軽量化計画

中国の自動車軽量化開発目標			
	2020 年	2025 年	2030 年
車両の重量	2015 年より 15%軽量	2015 年より 20%軽量	2015 年より 35%軽量
高張力鋼	600Mpa を超える強度の AHSS 鋼のアプリケーションは 50%に達す	第三世代車の適用率は車の品質の 30%に達す	2000Mpa 以上の鋼が特定の割合に使用される
アルミ合金	アルミ使用量は 190kg/ 台	アルミ使用量が 25%に達する	アルミ使用量が 35%に達する
マグネシウム合金	マグネシウム使用量は 19kg/ 台	マグネシウム使用量は 25kg/ 台	マグネシウム使用量は 45kg/ 台
炭素繊維強化複合材料	一定量の炭素繊維を使用しており、コストは 2015 年より 50%安い	炭素繊維の使用は車の重量の 2%を占め、コストは前の段階より 50%低くなる	カーボンファイバーの使用は車の重量の 5%を占め、コストは前の段階より 50%低い

図1 中国の新エネルギー自動車所有の前年比成長

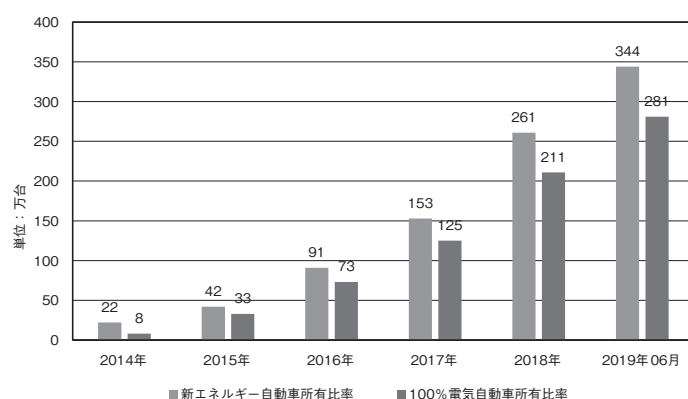
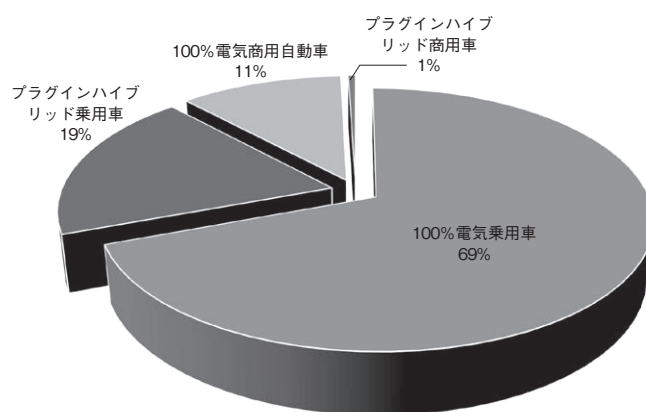


図2 2019年の新エネルギー自動車のディーラー



車とインテリジェントコネクテッド車が主なブレークスルーとなって、エネルギー出力がシステムの最適化とアップグレードの焦点となる。先進的な製造や軽量化などの一般的な技術サポートを通じて、自動車産業は二酸化炭素の削減、情報化、インテリジェンス化、高品質化のために完全に推進される。

普通の自動車と比較して、航続距離は常に新エネルギー自動車の市場競争力の最も重要な指標の1つである。関連する研究では、新エネルギー自動車の重量が100kg減るごとに、走行距離が10%～11%増加し、バッテリーコストが20%減少し、1日あたりの損失コストが20%減少することが示される。現在、100%電気自動車の活動範囲を拡大するため、バッテリーパックの重量は容量とともに増加し、通常は数百キログラムに達し、追加された重量は車両の電力の一部を消費しているので、どのように車にもっと積載すると同時に、バッテリーの他の部分の重量を減らすかは、克服するのが難しい問題になっている。明らかに、軽量化は新エネルギー自動車の開発にとってさら

に重要である。2017年11月に中国政府が発表した「省エネと新エネルギー自動車技術ロードマップ」によると、自動車の軽量化技術は今後の重要な目標の1つであり、中国は軽量化の詳細な開発要件と計画を示している。2020年までに、車両重量は2015年と比較して10%削減され、600MPa以上の強度のAHSSは50%に達する。アルミニウムの量は190kg、マグネシウムの量は15kg、炭素繊維自動車の割合を5%にする。表1に自動車軽量化計画を示す。

二. 中国の新エネルギー自動車と軽量化の成長ドライバー

1. ポリシー駆動

2013年9月17日に、国により、消費者が2013年から2015年に新エネルギー自動車を購入するための補助金が導入された。100%電気乗用車の購入は1台あたり最大60,000元の補助金を享受でき、プラグインハイブリッド乗用車（拡張プログラムを含む）の購入は1台あたり35,000元の補助金を享受できる。また、燃料電池乗用車を購入す

表2 電気乗用車の推進と適用のための補助金基準（2017）（10,000 元 / 台）

車両タイプ	電気駆動距離 R (km)					
100%電気乗用車	150≤R < 200	200≤R < 250	250≤R < 300	300≤R < 400	R≥400	R≥50
	1.5	2.4	3.4	4.5	5	—
プラグインハイブリッド乗用車	—					2.2
補助金額＝走行距離補助金基準×電池システムエネルギー密度調整システム×車両エネルギー消費調整係数。 単位バッテリー電力補助金の上限は 1200 円 /kWh を超えない						

表3 2019 年上半期と 6 月の異なるレベルの新エネルギー自動車の販売実績

型番	2019 年 6 月上	6 月の比例	6 月の前月比	1－6 月上	1－6 月比例
100%電気自動車（EV）					
A00	27804	25%	58%	120654	26%
A0	19414	17%	61%	77912	17%
A	63828	56%	50%	243754	54%
B	1530	4%	－ 48%	6370	1%
C	435	1%	－ 59%	6881	2%
EV 合計	113011	85%	48%	455571	79%
プラグインハイブリッド（PHEV）					
A0	648	3%	101.7%	706	1%
A	11233	55%	－ 1%	62145	52%
B	6043	29%	－ 6%	45616	38%
C	2593	13%	－ 10%	11023	9%
PHEV 合計	20517	15%	－ 1%	119490	21%
合計	133528	100%	38%	575061	100%

ると、1 台あたり 20 万円の補助金を受け取ることができる。車を買うとき、消費者は販売価格から補助金を差し引いた後の金額で購入できる。また、地方自治体も一定の割合で補助金を提供する。それ以来、国や地方の新エネルギー自動車への補助金は年々減少しているが、2019 年前半の時点で、中国の新エネルギー自動車は急速に成長しており（図 1 を参照）、グローバルになっている。新エネルギー自動車の生産と販売の最大の国となったのには、中国政府による一連の政策の推進と支援と密接に関係している。

図 2 に示すように、急成長中の新エネルギー自動車の中で、100%電気乗用車、100%電気商用車、およびプラグインハイブリッド乗用車の売上が最も高くなっている。

統計によると、過去 10 年間で中央政府と地方政府は新エネルギー自動車に 2,000～3,000 億元の補助金を提供しており、これらの補助金政策では、100%電気乗用車とプラグインハイブリッド乗用車の走行距離が設定される。軽量化は電気乗用車の走行範囲を大幅に拡大できる（表 2 を参照）。したがって、これは電気乗用車の軽量化に対する

間接的な要件にも匹敵する。

2. 市場志向

電気自動車の場合、小型化は軽量化の最も直接的な方法である。中国市場では、製品レベルの販売パフォーマンスの観点から、100%電気自動車であろうとプラグインハイブリッドであろうと、小型化された A クラスの自動車は、表 3 に示すように 50%を超える。

小型化された電気自動車は安価で、軽量のボディを持ち、起動、停止、回転が容易で、電力を節約し、都市交通の混雑した環境での運転に非常に適する（表 4 を参照）。特に、航続距離は都市車両のニーズを十分に満たすことができる（表 5 を参照）。

過去には、ほとんどの家族は 1 台の車しか持っていない場合、マルチシナリオ車両のニーズを満たすために、機能要件は包括的である。既存の車両に基づいて 2 台目の車を購入する家族の場合、毎日の移動のために自宅にいる女性に任せるか、単に経済的な通勤車用にするか、無制限に増やす必要はない。この場合、2 台目は電気自動車を選

表4 小型電気自動車の航続能力の比較 (km)

比較内容	2019 型 小蚂蚁 4 座	欧拉 R12019 型 351km 版	BYDe12019 型
補助金後の価格 (万元)	7.58	7.68	7.29
工業情報化部 走行距離 (km)	301	351	305
バッテリー容量	35	33	32.2
バッテリー 80%まで 充電 (時間)	0.5	0.67	1.5
急速充電 (時間)	5 - 7	9.5/10	/
モーターのパワー (kw)	30	35	45
モーターのトルク (Nm)	120	125	110
0-50km/h 加速 (s)	6	5.6	5.9
最大速度 (km/h)	100	102	101

表5 中国の主要5都市の活動範囲 (km)

順位	市	都市の活動範囲
1	北京	31.7
2	上海	30.8
3	深セン	30.5
4	仏山	29.8
5	広州	29.3

択する方が適切である。

三. 中国の新エネルギー自動車向けの軽量化技術の研究状況

1. 国内の主要な研究開発プロジェクトの概要

現在、国内の OEM は従来の自動車設計コンセプトを使用して電気自動車の構造を開発しているが、軽量素材や新技術の適用においても外国企業に大きく遅れをとっている。比出力はまだ比較的小さい。これらから、中国自動車技術協会（「中国自動車協会」と呼ばれる）は、SAIC、JAC、BAIC、奇瑞自動車、中国自動車研究所、吉林大学、およびその他の自動車および関連産業と共同で「電気自動車」への注力を宣言した。重慶長安汽車有限公司（「長安汽車」）が主導する構造的軽量共通的な「主要技術」および「軽量100%電気自動車の統合開発技術」プロジェクトの研究と応用は、2016年の最初のバッチに正式にリストされた。「新エネルギー自動車」パイロットプロジェクトの主要な研究開発計画は、中央政府から5,000万

元と1億2,000万元の特別な財政支援を受ける。支援期間は2016年1月から2020年12月まで五年間の実施期間である。

(1) 電気自動車の一般的な軽量構造のための主要技術の研究と応用

①研究内容：電気自動車用軽量材料（複合材料（複合材料へのグラフェンの添加）、アルミニウム合金、マグネシウム合金、高強度鋼）の性能評価、成形プロセス、部品の軽量構造設計に関する基礎研究、炭素繊維に関する研究複合材料のインターフェースとコンポーネントの異方性設計手法、新しい統合された材料構造性能設計手法の研究、マルチマテリアル接結数学モデルと疲労設計技術の研究、包括的な評価モデルと典型的なコンポーネントと車両軽量の評価に関する研究システムがある。

②評価指標：典型的なコンポーネントの軽量の基本データベースと軽量の評価モデルを確立し、15以上の関連する標準と仕様を完成させ、少なくとも2台の車両で高強度鋼と軽合金を体系的に

適用し、少なくとも1つの炭素繊維材料を達成する車の体系が応用されている（サポート期間：2016年1月から2020年12月まで）。

③プロジェクトの実施：このプロジェクトの軽量化共通キーテクノロジーは、プロジェクト参加ユニットのターゲットモデルで最初に使用され、これらの企業の他のモデルにも適用され、参加大学および科学研究ユニットを通じて業界で推進される。

(2) 軽量の100%電気自動車向けの統合開発技術

①研究内容：新素材および構造形態における荷重分布および構造最適化技術の研究を実施し、車両用炭素繊維の低コストの原材料およびプロセス技術の研究を実施し、炭素繊維強化複合車体およびアルミニウム合金電池フレームの統合設計技術を突破さまざまな軽量素材とさまざまな高度な成形プロセスの統合アプリケーション、軽量の新エネルギー自動車のテスト検証と評価などのコア技術を習得し、軽量の100%電気自動車を開発した。

②評価指標：従来の鉄骨構造の同じサイズと同じ構成と比較して、100%電気自動車の重量は30%以上削減され、最高速度は $\geq 150\text{km/h}$ であり、安全性はC-NCAP 5つ星の要件を満たした。

③プロジェクトの実施：カーボンファイバーボディを備えた100%電気自動車の負荷分散と構造最適化、車両用の低コストカーボンファイバー原料と準備技術、カーボンファイバーボディとアルミニウム合金フレームの統合設計、軽量材料成形プロセスとアセンブリ技術、カーボンファイバー車のボディの100%電気自動車のテスト評価、炭素繊維のボディの100%電気自動車の統合された車両統合およびその他の6つのコンテンツがある。

中国自動車産業協会が実施するプロジェクトは、電気自動車の軽量化データベースと技術基準、および関連する評価システムも確立し、業界全体で電気自動車製品の研究開発にサービスを提供し、政府と企業による科学的意思決定を強力にサポートすると報告される。

上記の2つのプロジェクト「電気自動車の一般的な軽量構造のためのキーテクノロジーの研究と応用」と「軽量100%電気自動車の統合開発テクノロジー」に加えて、第13次5か年計画期間中の国内の多くのプロジェクトには、新しいエネルギー車の軽量化技術も含まれている。内容は、上記の2つのプロジェクトほど明確ではないが、新エネルギー自動車の主要な特別プロジェクトにす

ぎない。

2. 軽量化技術の研究状況

(1) 軽量化構造設計

①並列はんだ接合の最適化：はんだ接合の2つ以上の列のフランジは、はんだ接合の単一の列のフランジよりも広くする必要がある。したがって、シミュレーション解析を使用して、はんだ接合のレイアウトと数を最適化し、車体の重量を減らす。

②ローカル拡張：部品自体の局所的な剛性またはモードの問題を解決するために、部品の全体的な厚さを増やすことは避けられる。一般に、補強リブの形状と位置を最適化し、補強板を局所的に追加する方法を使用することで解決できる。

③軽量化穴の最適化設計：軽量化穴の設計により、軽量化の目的を達成するために不要な質量が除去される。部品を統合してその数を減らすことは、軽量部品を実現するための効果的な方法である。一部のモデルの部品の数が400から75に削減され、重量が約30%削減された。コンポーネント間の接結が減少するため、車体の剛性が強化され、軽量化の目的が達成され、同時に車体の快適性が向上する。

④構造最適化設計：ボディ構造の観点から見ると、軽量化は主にボディ全体のトポロジー最適化設計とサイズと形状の最適化によって実現される。トポロジー最適化設計では、連続した反復により特定の空間内の材料の分布と接結を再計画し、身体全体の冗長な部分を削除し、一部の部分を細くしてくり抜いてマクロを完成させる。トポロジー最適化は、数学的計算手法と有限要素解析の効果的な組み合わせである。サイズと形状の最適化は、ボディ構造パラメーターと材料分布を決定するという前提の下で実行される。主に、各トラス構造の断面積、幾何学的サイズ、ノード位置を求める。優れたソリューションであり、車体の最小重量は、基本的な剛性要件を確保するという前提の下で達成される。サイズ最適化は、数学モデルに基づく最適なソリューションであり、トポロジー最適化のさらなる改善および改善として使用できる。

(2) 新素材の応用

①高強度鋼：世界鉄鋼協会の定義によれば、AHSSは引張強度が $500\text{MPa} \sim 1,500\text{MPa}$ （降伏強度は $280\text{MPa} \sim 1,200\text{MPa}$ ）の鋼材を示す。この鋼材は高強度であるだけでなく、高速衝撃変形にも耐えることができ、優れたエネルギー吸収性

により、安全性の向上に非常に重要な役割を果たしている。高強度鋼板素材は、強度、可塑性、耐衝撃性、リサイクル、低コストで包括的な利点を持っている。構造設計では、より薄い鋼板を使用して同じ強度を実現し、鋼板の厚さを0.05、0.10、0.15mm減らすと、重量を6%、12%、18%減らすことができるため、高強度鋼板の割合従来のスチールがより高価な場合、重量を減らすと実際のコストは同じになるが、車体の重要な構造部品には高強度スチールが唯一の選択肢である。したがって、エネルギーと変形抵抗は、安全性を判断する上で最も重要な側面であるが、重要なのはボンネットではなく、インナーコアの安全パーツであり、主にA/B/Cピラー、フロントおよびリアバンパー（およびエネルギー吸収ボックス）、フロントサイドメンバ、シルビーム、ドアコリジョンビーム、ルーフ縦材が含まれる。これらのコンポーネントの材料性能は、車両の安全性能を直接決定する。小型の100%電気自動車は中国の都市で非常に人気があるが、コストの影響を受け、特に大型車と衝突する場合、これらのモデルは安全性が低いことがよくある。しかしながら、優れた安全性能のために高強度鋼を大規模に使用すると小型車の安全性が大幅に向上し、衝突時の安全性が向上する。

②アルミニウム合金：非常に優れた比強度と比剛性を持つアルミニウム合金は、軽量車両をさらに開発するための良い方法である。アルミニウムの強度と剛性はスチールよりもはるかに小さいが、この欠陥はフレーム構造の設計とより厚いプレートの使用によって補うことができる。アルミニウム使用後のボディスペースフレーム構造の品質は47%低下した。この形状により、ボディのねじれおよび曲げ抵抗が13%程度増加している。現在、加工技術とコストの制約を受け、アルミニウム材料は主にエンジン、ドア、内外フード、その他のコンポーネントに使用されており、車体製造で試される。さまざまな自動車メーカーや多くの学者による研究のホットな問題は、アルミニウム合金板の劣った成形および溶接性能を根本的に解決し、安定した信頼できる成形プロセスを得る方法である。しかし、アルミニウム合金には多くの種類があり、さまざまな種類のアルミニウム合金の性能は非常に異なるため、多くの新エネルギー自動車会社(90%以上)は電気自動車のボディスケルトンに対してアルミニウム合金を用いた開発を試みている。

③マグネシウム合金：マグネシウムの密度は約1.8g/cm³で、これは鋼鉄の1/5とアルミニウムの2/3である。比較すると、マグネシウム合金の比強度（質量に対する強度の比）は最高である；比剛性（質量に対する剛性の比）はエンジニアリングプラスチックよりもはるかに高く、アルミニウム合金と鋼に近い。マグネシウムおよびマグネシウム合金は、アルミニウム合金および鋼よりも低密度、軽量、比強度という利点があるが、高温疲労特性が低く、耐クリープ性が弱いいため、自動車での用途が制限される。中国にはマグネシウムの埋蔵量が多いが、マグネシウム合金の生産と成形への研究投資を増やし、中国の産業上の優位性に変える必要がある。

④エンジニアリングプラスチック：慣習的に内部部品、外部部品および機能部品（他の構造部品）に分けられる。現在、エンジニアリングプラスチックの用途は、室内装飾から部品やコンポーネントに拡大する傾向があり、「スチールをプラスチックに置き換える」ことも軽量の選択肢である。エンジニアリングプラスチックとその複合材料は、部品の質量を約40%削減するだけでなく、生産コストを約40%削減することができ、現在最も重要な自動車用軽量材料である。自動車用エンジニアリングプラスチック部品市場に関する限り、外国の先進地域と比較して、自動車用プラスチックはすでにプラスチックの総消費量の7~11%を占めており、中国のシェアは1%未満である。これは、中国が依然として自動車用プラスチックアクセサリの市場を積極的に拡大する必要があることを示す。

⑤炭素繊維複合材料：炭素繊維複合材料は、現在、最も重要な自動車用複合材料であり、低密度、耐食性、高比強度、高比剛性という特徴を持ち、主に自動車の車体やシャーシなどの自動車の構造部品に使用され、車の重量は大幅に削減される。しかし、炭素繊維の高い生産コストは、自動車産業での用途とプロモーションを制限する主な理由の1つである。現在、新エネルギー自動車は国および地方の助成金を享受しており、炭素繊維複合材料がハイエンドの100%電気乗用車で使用される稀な機会を提供している。

(3) 軽量化プロセス

①レーザーテーラードプレート：コンポーネントの材料特性の異なる要件を満たすために、異なる材料、異なる厚さ、異なるコーティングの複数の鋼を統合プレートに溶接する。また、同じ材料

の同じ厚さの材料を溶接し、一緒にパンチして材料利用率を向上させることもできる。従来のスポット溶接プロセスの製品と比較して、レーザーテラー溶接プレートの最も重要な利点は、部品数と材料消費量を削減し、車両全体の重量を削減し、組み立てプロセスを簡素化し、ますます広く使用されていることである。現在、テラー溶接パネルによって製造される自動車部品には、主にフロントおよびリアドアインナーパネル、フロントおよびリアサイドメンバ、サイドパネル、フロアパネル、ドア内の A、B、C ピラー、ホイールカバー、テールドアインナーパネルが含まれている。

②ハイドロフォーミング技術：密閉された金型にチューブまたはプレート状の材料を入れてから、流体媒体（水、油など）をパイプまたはプレートの内部空洞と金型の空洞に入れ、液圧を上げ、常温でワークピースを変形させ、膨張させ、圧縮と3段階の成形、そして最終的に必要な部品の形状の成形方法になる。ハイドロフォーミング法を使用して製造された部品は、スプリングバックが少なく、成形後の精度が高いため、後続の処理およびアセンブリのコストを節約できる。同時に、ハイドロフォーミング加工法を使用すると、いくつかのパーツの組み合わせに分割する必要がある元のパーツを単一のパーツに置き換えることができる。これにより、パーツの組み合わせの作業が軽減され、車体の剛性が向上するため、軽量化とコスト削減が実現されている。典型的なハイドロフォーミング自動車部品は、T ジョイント、エンジンマウント、排気システム、リアアクスルコンポーネント、およびさまざまな構造コンポーネントである。

③ガス熱成形技術：主に、鋼、アルミニウム合金、マグネシウム合金、特に高強度鋼管部品などの金属パイプおよびプレートの成形に適用できる。ハイドロフォーミングと比較して、ガス熱成形に必要な成形圧力はハイドロフォーミングの1/30に過ぎない。材料成形性能の向上により、より複雑な形状を製造できる；同時に、設備投資とエネルギー消費がはるかに低くなる。上記の利点により、ガス熱成形は、ボディおよびシャーシコンポーネントの新世代成形プロセスになる。

④熱成形技術：ホットスタンプのために鋼板をオーステナイト温度範囲（約900℃）に加熱すると同時に、ダイ内でスタンプされた部品を急速に冷却（焼き入れ）し、引張強度が1,400MPa 以上

の部品を製造できる。ホットプレス技術の利点には、部品の厚さを適切に減らし、部品の重量を効果的に減らし、軽量化を実現できる高強度と優れた延性、高い寸法精度、プレス機のトン数の削減、車両全体の衝突性能を改善できる。

(4) 接結技術

接結技術も軽量化の重要な技術の1つであり、接結構造の性能、重量、加工技術、安全性に関連する。従来の接結技術には、主に抵抗スポット溶接と MIG/MAG 溶接が含まれるが、複数の材料の軽量化設計、レーザー溶接、リベット留め、セルフピアスリベット留めなどの新しい接結技術、複合接結が徐々に開発される。

①機械的接結技術：圧接、リベット、セルフピアスリベット、折り畳みを含む。抵抗スポット溶接の代わりに機械的接結技術を使用した接結方法は、さまざまな材料の組み合わせまたはサンドイッチ材料に使用でき、低投資、加熱なし、前処理および処理なしの利点がある。

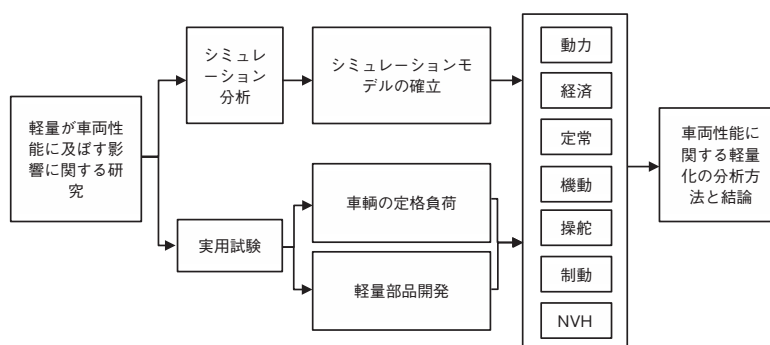
②接着剤接結技術：点接触の代わりに表面接触を採用している。スポット溶接およびリベットと比較して、接結の剛性と強度が改善され、応力集中が軽減され、シーリングが改善され、湿気や汚れの侵入が減少し、合理的なジョイント設計によりエネルギーを十分に吸収できる。振動と騒音を減らすため。接着剤接結の利点は、ジャガー XJ220、フォード AIV、ローバー ECV3、ロータスエリーゼ、ホンダ NSX など、ほとんどの自動車メーカーが生産する多くの製品で証明される。

③複合接結技術：リベット接合、スポット溶接接合、レーザー溶接 MIG などの2つの接結方法を組み合わせて使用される接結技術を示す。複合接結の主な利点は、さまざまな接結方法の利点が補完的であり、ジョイントが高いねじり剛性と疲労強度、優れたシール性能を持ち、車両の NVH を改善できることである。

(5) 軽量化評価

軽量化評価の主な目的は、車両の軽量化プロジェクトの実装を予測および測定することである。モデル開発の開始時にターゲットモデルの軽量化インデックスを定義すると、モデルの軽量化レベルと省エネ効果を効果的に促進できる。大量生産後、同様のモデルの軽量化レベルを対応する手段で比較することも、自動車の改良とその後の開発の基礎を築くことができる。現在の評価方法には、軽量化係数法、軽量化体密度法、軽量化体構造利用係数法、軽量化効果評価係数法などがある。中国自動車工学会

図3 BAICNewEnergy が提案した軽量の評価作業のアイデア



(自動車軽量化技術革新戦略同盟)、中国科学技術大学、CITICMetalsCo., Ltd.、吉利汽車未来技術研究部、東風汽車公司技術センター、奇瑞汽車有限公司、自動車技術研究所、中国一汽 GroupCo., Ltd. の R & D 本社などはこれについて詳細な調査を実施し、軽量乗用車の品質設定インデックス機能など、中国モデルの新しい軽量評価方法を提案した。図3はBAICNewEnergyによって提案した軽量評価作業のアイデアである。

明らかに、軽量化の初期設計であろうと、工業化前の考慮事項であろうと、どの材料、どの製造プロセス、どの車体構造を使用するかは、まず車両全体を考慮し、安全性を確保することを前提に選択する必要がある車両の軽量化という目標を達成するために、最も軽量で最小の材料、最もコンパクトな構造、最も効率的なプロセスを使用している。省エネと排出削減の深化と、新しいエネルギー自動車に対する国のサポートの増加により、軽量化の研究対象としての完全な車の使用がより注目される。車両の性能（緑石の品質、安全性、

電力、経済性、快適性など）を軽量化評価指標に組み込むには、包括的で統一された合理的な軽量化評価方法と標準を確立するための継続的な調査が必要である。

四. 中国における新エネルギー自動車の軽量化の応用状況

1. マグネシウム合金による軽量化

マグネシウム合金は現在、エンジニアリング用途で最も軽い金属構造材料である。マグネシウム合金はアルミニウム合金よりも33%、スチールより77%軽いため、一般的な構造用金属材料の中で最も軽い材料であり、車両に使用されるマグネシウム合金は始動慣性を大幅に減らし、燃料消費を節約し、環境汚染を低減する。事実、マグネシウム合金が車両重量を減らす重要な選択肢である。

Roewe750燃料電池乗用車をプラットフォームとして使用することで、マグネシウム合金を新エネルギー乗用車に適用するためのSAICの新エネ

図4 荣威 750 燃料電池乗用車の合金部品

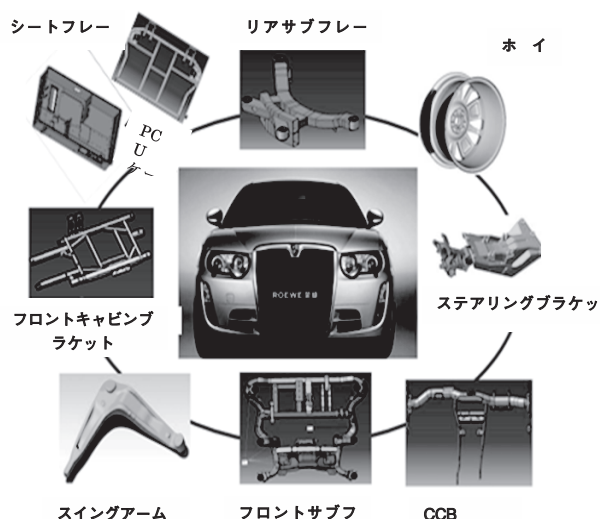
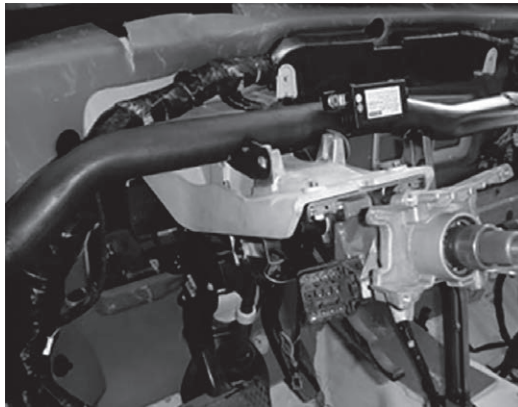


図5 荣威750 燃料電池乗用車の合金製ステアリングブラケット



ルギービジネスユニットの中国での初期の調査では、車両全体を再構築するためのさまざまな軽量化技術を採用した。プロトタイプと比較して、重量は7%~10%削減される。このうち、図4に示すように、インストルメントパネルスケルトン(CCB)、助手席および後部座席のスケルトン、フロントサブフレーム、リアサブフレーム、リム、フロントキャビンブラケットなど、10個のマグネシウム合金部品が開発された。図5は、Roewe750燃料電池乗用車の合金製ステアリングブラケットである。

2017年9月、山東省科学院新材料研究所と臨沂宜興電動車両有限公司は、図6に示すように、バスの車体フレーム（シャーシを除く）に軽量マグネシウム合金を使用した、全マグネシウム製の車体フレーム電動乗用車の実証車両を共同で開発した。車体骨格全体に使用されるマグネシウム合金材料は約226kgのみである。鉄骨材料と比較して、車体骨格は約780kgの重量減少があり、これは70%以上である。アルミニウム合金材料と比較すると、車体骨格の重量損失は約110kg、つまり30%以上である。車両の運転中、電力消費は

343Wh/km（エアコンと7人の乗客を含む）である。アルミニウム製の電気バスと比較して、航続距離は255キロメートルから270キロメートル（約5%）に拡大され、制動距離は約27%短縮される。車外の騒音は約7%減少し、車内の騒音は約13%程度を減少している。2017年10月18日（第5回）省エネルギーおよび新エネルギー自動車功労展では、福建昆布が製造し、銀龍新エネルギーがカスタマイズした12メートルのマグネシウム合金バスが展示された。

説明によれば、過去に「技術的なボトルネックと製造コストに制限されていたため、世界中のどの企業も合金ホイールの大量生産を達成できませんでした。2017年8月14日、ドイツのクック技術とスイスのABB ロボットインテリジェント自動生産ラインの導入により、德威コーポレーションは世界初の350,000合金自動車ホイールの年次生産ラインとなった。その後、德威の合金自動車ホイールは、米国自動車品質検査センター、米国SAEの包括的な実験レビュー、動的曲げ疲労、動的半径方向疲労、衝撃試験などの試験に合格した。関連する米国の法律および規制の要件を完全

図6 マグネシウム合金製ボディフレームを搭載した電気バスのデモカー



図7 德威股份与 THMagnesium の引受契約調印式



に満たしており、米国市場に参入する資格を持っている。現在、德威はテスラからカスタマイズされた図面を受け取っている。同社は中国でマグネシウムホイールの前後押出鍛造プロセスに関する唯一の特許を取得する。ホイールは2分未満で鍛造できる。現在、Tesla Model S には中国製のマグネシウムホイールが装備されており、フィールドでテストされる。」さらに、德威は THMagnesium と20億元の引受契約を締結した（図7を参照）調印式で、TH マグネシウムの社長であるスティーブは次のように述べた。「業界で誰も合金ホイールを商品化しておらず、德威が最初であり、年間100万の合金自動車ホイールの生産が完了すると、合金ホイールのグローバルリーダーになり、合金加工の拠点になる。」

2. アルミニウム合金による軽量化

小蚂蚁 eQ1 の販売台数は2017年に36,000台を超え、2018年には小蚂蚁300および小蚂蚁400と

して発売された。図8に示すように、国内のアルミニウムボディワークの中で、小蚂蚁 eQ1 はより古典的なモデルである。この計算は、小蚂蚁 eQ1 の体重係数 L が $125 / (15948 \times 3.1) \times 1000 = 2.5$ であることを示す。この係数は、車体フレームの軽量係数で、フレームにはフロントビームとリアビーム、フロントエンドモジュールが含まれる。

小蚂蚁が「主張する」アルミニウム製のボディは3R-BODY リング構造であり、実際には穴を開けない。剛性とモーダル観点から、小蚂蚁 eQ1 は、図9に示すように、以前のモデルよりも29%高いねじり剛性と31%高い曲げ剛性を備える。

図10に示すように、小蚂蚁の eQ1 ボディプロファイルの断面は、軽量効果を実現するために特に最適化および薄化される。図11は、A ピラーとシルの位置の構造最適化を示す。前世代のモデルと比較して、小蚂蚁 eQ1 の軽量係数は36%減少し、白身の骨格は39%程度の減少があった。

小蚂蚁 eQ1 の全アルミニウムボディは主に

図8 eQ1 のスケルトン構造



図9 eQ 1 ボディフレームのパフォーマンス比較

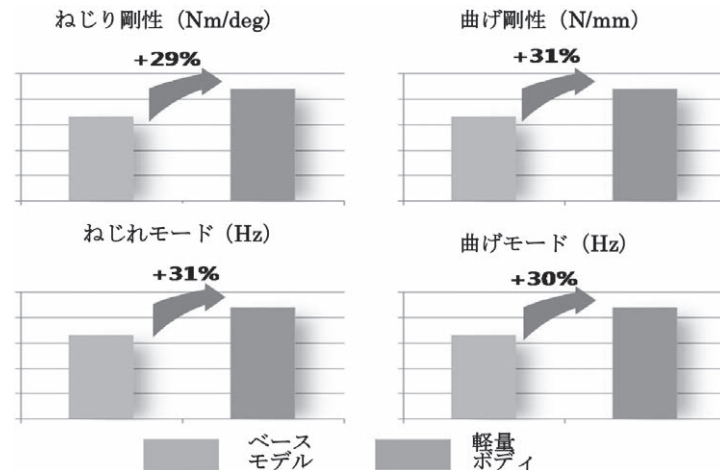
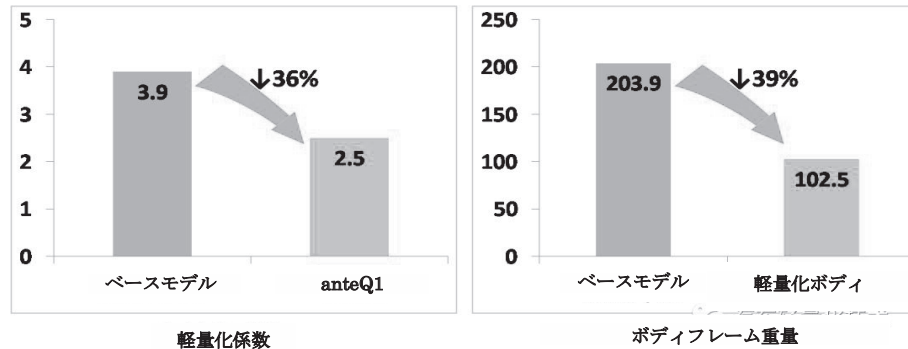


図10 小蚂蚁 eQ 1 ボディの軽量化効果の比較



MIG 溶接（アーク溶接）とプルリベットであり、レーザー溶接、リベット接結なし、SPR および接着がある。主な接結技術を図12に示す。アルミニウム合金ボディの溶接ラインはSタイプのレイアウトを採用しており、ライン全体が恒温恒湿ボディ、メインスペルステーション、CMT、自動アーク溶接、ターニングステーション、防爆研削などのプロセスで構成される。

これらの接結技術は、アルミニウム合金の接結の問題を解決し、ボディの強度を大幅に向上させるだけでなく、車両が外部衝撃を受けたときに使用されるため、このようにボディの疲労強度と静的締結力を高めレーザー溶接された、リベットで接結されていない物体は、より長くより厳しい衝突に耐えることができる。

2015年1月の北京国際道路輸送、都市バスおよび部品展示会で、図13に示すように、黄海と遼寧グループが共同開発した全アルミニウム製ボディ DD6129EV18 がデビューした。このモデルは全アルミニウム製のボディと完全な耐荷重構造を使用しているため、長さ12メートルのボディの縁石重量はわずか12トンと半分である。一般

的なスチールボディと比較すると、重量は約1トン削減され、重量削減率は30%以上である。

黄海 DD6129EV18 全アルミニウムボディの100%電気バス。車両フレーム全体は6シリーズアルミニウム合金で溶接され、スキンは5シリーズアルミニウムプレートで事前に張られて接着され、軽量、高強度、耐食性、強い衝撃吸収性の利点がある。新エネルギー自動車として、一般的な鉄鋼ボディに比べて、走行距離が長く、軽量化率が30%以上という特徴がある。従来の12メートルの100%電気バスとは異なり、黄海 DD6129EV18 の全体形状は合理化される傾向がある。上部の合理化されたスポイラーは、全体形状をより目立たせるだけでなく、風抵抗係数を減らす役割も果たしている。エアコンは隠れており、全体的な効果は高いである。車のインテリアは、広々としたインテリアと約80人の最大乗客定員を備えた低エントリー構造である。

3. カーボンファイバーによる軽量化

高価格のため、炭素繊維複合材料は中国の新エネルギー自動車ではほとんど使用されていない。

図 11 eQ 1 ボディの A ピラープロファイルの薄型化設計と構造最適化

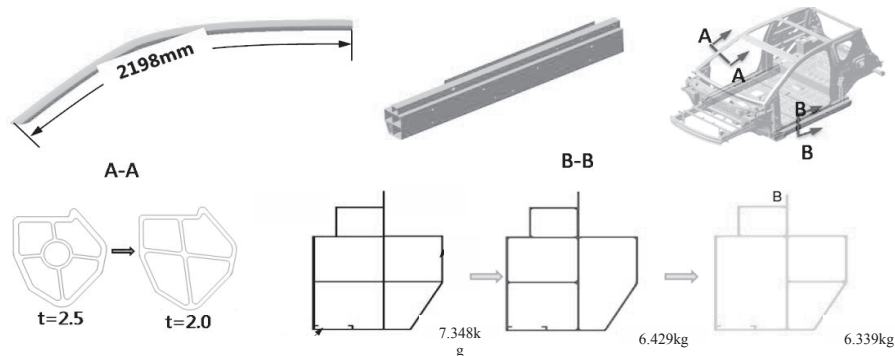


図 12 eQ 1 車体の接結プロセス

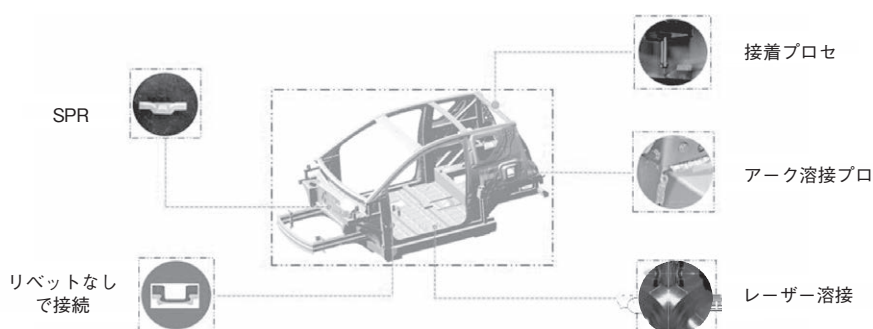


図 13 黄海と遼寧忠旺が共同開発した DD6129EV18 全アルミニウム製ボディ



ただし、2018年12月15日、上海オリエンタルスポーツセンターの2018NIO デイ シーンで、蔚来 Automobile は、図14に示すように、2 番目の生産モデル蔚来 ES6を正式にリリースした。ES6の最大のハイライトとして、100キロメートルの加速にかかる時間は4.7秒、100キロメートルの制動距離は33.9メートル、車両のねじれ度は4,930N・m/degであり、包括的な条件の航続距離は510kmである。蔚来 ES6補助金の価格は358,000元から始まるが、最初の記念版は6,000に限定され、価格は498,000元で、2019年6月より前に販売が開始される。ボリュームは150,000ユニット

に達すると予想され、市場容量は5年以内に650,000ユニットに達する。

ES8とES6はどちらも、フロントとリアのデュアルモーター駆動4輪駆動モードを使用している。ES8は、最大出力650馬力とゼロ加速度4.4秒のメインパフォーマンスを備えたフロントとリアのデュアル非同期誘導モーターを使用している。ES6モデルは、100メートルあたり4.7秒間加速するフロント永久磁石同期モーターとリア非同期誘導モーター（パフォーマンスバージョン/最初のリリースバージョン）に変更される。最も目を引くのは、ES6は蔚来が独自に開発した全アルミニ

図 14 蔚来 ES 6 モデル



ウムのボディ構造も使用しているが、今回はES2がアルミニウムボディに約2平方メートルのカーボンファイバーボードを追加したことである（図15を参照）。これにより、アルミニウム合金+炭素繊維複合体構造を使用するクラスで唯一のモデルになる。NIOのグローバルテストにより、カーボンファイバーの背面フローリングを使用すると、車体全体のねじり剛性が高くなり、受動的な安全性能が向上し、全体的な耐久性が大幅に向上することが証明される。「適切な材料を適切な場所で使用する」という設計上の選択に従って、カーボンファイバー製のリアフロアは、アルミニウム合金よりも30%軽量の全アルミニウム製ボディに埋め込まれている。同じ体積の高強度スチールと比較して、重量はわずかにスチール構造の1/5である。

ES8のように車両全体の強度を確保するために、白のボディ（図16を参照）は3シリーズ、5シリーズ、6シリーズ、7シリーズのアルミニウムの組み合わせを使用している。その中で、3シリーズ合金は、真空高圧ダイカストアルミニウム合金であり、高強度と高寸法精度の特性を持ち、

複雑な構造を形成でき、軽量設計を促進する。6シリーズのプレートは、主に乗員の安全を確保するために屋根、床、フロントキャビンに配置され、押出アルミニウム合金（押出プロファイル）は主に6シリーズと7シリーズである。その中で、7シリーズの押出プロファイルは、主にメインのフロントサイドメンバとリアサイドメンバ、フロントエネルギー吸収ボックス、その他の部品、合計6個で使用される。製造では、SPRセルフピアスリベット、FDSホットメルトセルフタッピングリベット、CMT冷金属移行アーク溶接、RSWアルミニウムスポット溶接、接着構造用接着剤、レーザーレーザー溶接、モノボルト高強度コア引きリベットなど、さまざまな接結プロセスが使用される。

蔚来ES6のカーボンファイバーボードは、カントニューヨーロッパオートモーティブライトウェイトデザインセンターとNIOによって共同で設計され、カントニューヨーロッパコンポジットマテリアルズ研究開発センターはサンプル開発サービスを提供し、カントコンポジットはバッチで供給された。

一般的な板金部品と比較して、炭素繊維材料で作られた車体カバー部品は、性能の面で大きな利点がある。特に、炭素繊維材料は、車両の軽量化を支援するために、スチールよりも50%軽く、アルミニウムよりも30%軽いである。安全性の面では、炭素繊維材料は大量の衝撃エネルギーを吸収できるだけでなく、金属よりも熱および熱膨張係数が小さいため、極端な天候に適す。カントグループが作成した炭素繊維軽量産業プラットフォームは、ほぼ60のOEMとの交換と協力を行っており、設計、研究開発、試作から量産までの全体的な炭素繊維軽量ソリューションを顧客に

図 15 蔚来 ES 6 のシャーシのリアアクスル上のカーボンファイバーボード

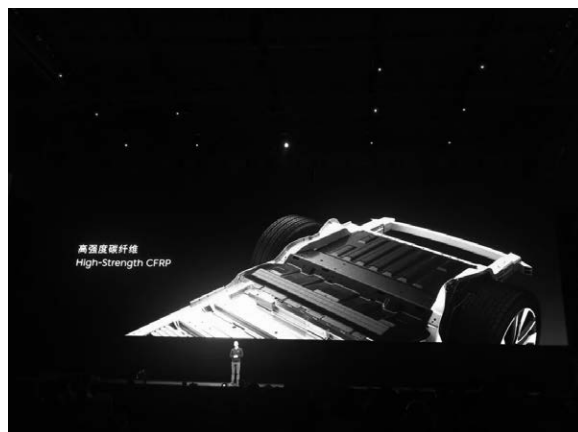


図 16 蔚来 ES 6 の全アルミニウム合金ボディ

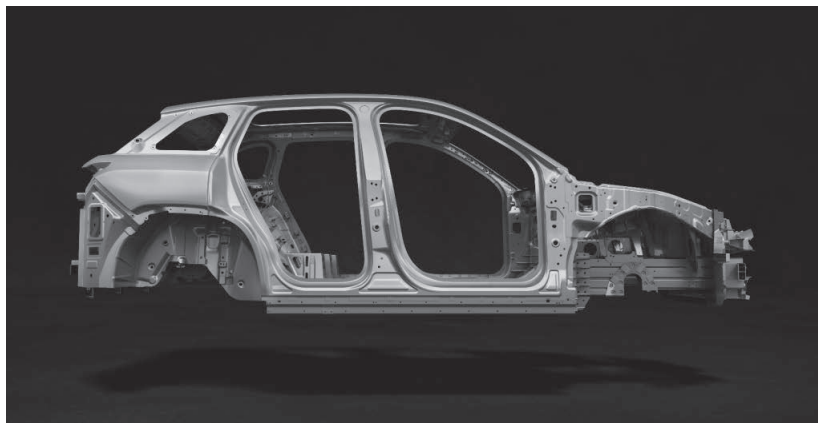


図 17 北汽 NewEnergy の ARCFOX- 1、上半身は康得复材が開発した炭素繊維コンポーネント



図 18 カーボンファイバーフロントフード付きの BAICBJ80 ジープ



提供する。フード、フェンダー、トランクリッド、複数のモデルのドアなどのボディカバーが完成する。トップカバー、サイドシル、サイドシル、ミドルアイル、ボディインホワイト、シート、バッテリーボックス、シャーシ、その他のボディ構造自動車会社を含む。BAIC グループ、蔚来、SAIC グループ、長安自動車、吉利汽車、長城汽車、

威馬自動車など図17および18は、ARCFOX-1（上半身は康得复材が開発したカーボンファイバーコンポーネントである）およびカーボンファイバーフロントカバーを装備した BAICBJ80 ジープである。

さらに、2017年の上海国際自動車ショーでは、図19に示すように、QorosAutomobiles はブース

図 19 フルカーボンファイバーボディデザインの观致超電気自動車 MODELK-EV



図 20 蔚来フルカーボンファイバースーパーカー EP 9



で壮大な新車発売イベントを開催し、フルカーボンファイバーボディのモデル K-EV 超電気自動車を世界に紹介した。超軽量カーボンファイバー素材は、このスーパー電気自動車に軽量でありながら非常に強力なボディ、優れた低エネルギー消費、より高い安全性を提供する。

蔚来 Automobile のブースでは、図20に示すように、完全なカーボンファイバーボディ構造を持つインテリジェントな100%電気スーパーカー EP9が展示された。この超電動スポーツカーの加速時間は0～200km/hで7.1秒、最高速度は313km/hである。その優れたパフォーマンスのために、軽量カーボンファイバーボディは重要な基盤を提供する。

カントのブースでは、図21に示すように、オールカーボンファイバースポーツカー(図22を参照)と、カントニューリーディングヨーロッパオートモーティブライトウェイトデザインセンターによって設計された多数の軽量カーボンファイバー

自動車部品が展示された。

ただし、現在の材料には、同じように重量材料が30倍、材料が15倍であるという点がある。さらに、この材料は、環境圧力に対して非常に大きな力を発揮する。

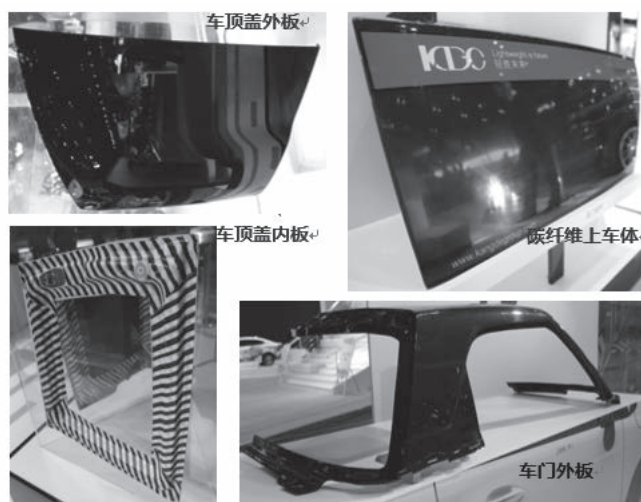
4. 高強度鋼による軽量化

新エネルギー自動車では、鉄鋼が現在最も使用されている材料の1つであり、この使用状況は一定期間変化しない。ただし、通常の鉄鋼と比較して、新エネルギー自動車は軽量の利点を備えた高強度鋼と超高強度鋼を使用するようになる。高強度鋼は、自動車の軽量化に効果的な手段と考えられる。高強度鋼は、その性能をさらに改善するために通常の鋼に基づいており、軽量化を達成し、安全性の影響を改善することができ、自動車のシャーシのビーム強化プレート、サスペンションブラケットおよびその他のコンポーネントで広く使用されていることが知られている。

図 21 KDO ヨーロッパ車軽量設計センターが設計した全炭素繊維カー



図 22 康得新欧洲研发中心で開発された大軽量化自動車部品



例として BAIC ニューエナジー EX3 を取り上げると、この車は A0 クラスの 100% 電動クロスボーダー SUV であり、C-NCAP の 5 つ星衝突基準の最新バージョンに基づいて設計される。柱などの鋼材の強度は 1,500Mpa を超え、1 平方センチメートルあたり 13 トンの圧力に耐えることができる。前面保護では、前面衝突ビームが衝撃や事故に最も敏感な最初の接触面であり、高度なロール成形技術を採用し、より複雑な B セクションを持ち、剛性と曲げ強度が高い。衝突時に乗員が負傷するのを効果的に防ぐことができる。サイドプロテクションでは、EX3 サイドドアに 2 つの超高強度衝突ビームが組み込まれているため、車両はケージ構造になり、側面衝突からの衝撃力に完全に耐えることができ、事故の際に衝突エネルギーを合理的に分解することができ、それにより乗員の安全を確保できる。図 23 は、天津の天津自動車研究所が実施した、BAICNewEnergy

EX3 の 3 つの電気システムの車体構造強度、乗員保護能力、および安全性の調査に焦点を当てた、世界初の 3 車両二重衝突試験である。

BAICNewEnergyEX3 (図 24 を参照) には 5 つのバージョンがあり、価格は 123,900 ~ 163,900 元である。最大 96.7% のエネルギー効率と最大出力 160kw/300N・M の永久磁石同期モーターを搭載する。さらに、61.3kwh の三元リチウム電池が使用されており、これは低速充電バッテリー断熱技術に適合する。緑石重量は 1,600kg、NEDC 航続距離は 500 ~ 630km、加速時間は 100 キロメートル、7.9 秒、45 分で 30% から 80% への急速充電ができる。

2019 年 6 月 28 日に、宝骏 E100 が全国的に公式に発売され、智行バージョンと智享バージョンの合計 2 つの構成があり、公式のガイダンス価格は 49,800 ~ 59,800 元である。今回リストされた宝骏 E100 は、外観、構成、インテリジェントな運転

図 23 BAICNewEnergyEX 3 の 3 台の車両の衝突試験



図 24 BAICNewEnergy の最新リリースされた EX 3 モデル



の点で非常に優れており、電子ハンドブレーキやスペースなどの多くの設計および技術の追加において同じレベルで多くのユニークな設計を達成する。宝骏 E100 は、スマートよりも小型の 2 人乗りミニチュア電気自動車で、「セカンドファミリーカー」として位置付けられ、主に家に燃料車を持ち、それを補うことを目的する。

宝骏 E100 の最大の特徴は、小さいながらも安全レベルが非常に高いことで、中国自動車技術研究センターが発表した 2018EV-TEST 電気自動車評価で 5 つ星評価を獲得した。安全性ランキングと電力消費指数ランキングのダブルランクの結果を得た。宝骏 E100 のバッテリーの安全性は非常に高く、バッテリーサプライヤーは宁德时代と卡耐であり、世界的に有名なバッテリーの研究開発メーカーである。バッテリーは高温および低温に耐性があり、IP67 防水である。宝骏 E100 のパワーバッテリーパックは車体の中央に配置され、パワーバッテリーパックの周囲には高強度鋼と超高強度鋼が使用される。高強度鋼はリアビームに使

用される(図25を参照)。衝撃により圧迫されても、フロントシートは衝撃を受けず、変形しない。さらに、宝骏 E100 バッテリーは IP67 の防塵および防水定格を備えており、アクティブな安全保護、絶縁不良アラーム、および短絡保護を備えている。宝骏 E100 は安全性の面で同クラスで唯一のものであり、ボディは 42.9% の割合で超高強度鋼と高強度鋼を使用する。これは、軽量化、制御性、および航続距離の効果的な拡大に資するだけではない。全アルミニウム素材は、より強い剛性と優れた衝突安全性能を備えているため、ドライバーと乗客の保護も向上する。乗員室とバッテリー室にはフレームとケージ構造が採用されており、衝突時の乗員の安全を効果的に保護できる。

電力に関しては、宝骏 E100 には、最大出力 29 キロワット、最大トルク 110Nm、縁石重量 750～830kg、最大速度 100km/h のモーターが装備される。バッテリーパックの容量は 24kWh に増加し、包括的な範囲は 250 キロメートルに増加した。宝骏 E100 は、3 つの主な利点を持ち、便利な駐車スペース、低エネルギー消費、安価なメンテナンス、どこにでも駐車でき、どこでも歩くことができる。1,600mm のホイールベースは簡単に向きを変えることができ、回転半径は 4 メートル未満である。220V の電源を使用すると、バッテリー充電を完了できる。

五. 中国の新エネルギー自動車軽量化の開発動向と対策

2001 年に中国で電気自動車の「863」計画が正式に開始されて以来、業界は 3 つの開発段階を経験した。戦略計画期間 (2001～2008)、導入期間 (2009～2015)、および成長期間 (2016～現在)

図 25 SAIC-GM- 五菱の新しくリストされた宝骏 E100



である。2010年の中国の新エネルギー自動車の販売台数はわずか8,159台であったが、2018年の販売台数は12億5,600万台に達し、9年間の複合成長率は87.5%であった。2018年には、世界中で合計2,001万台の新エネルギー乗用車が販売され、そのうち105万3千台は中国市場にあり、他の国の合計を上回った。普及率の観点から見ると、2018年の中国の新エネルギー自動車の販売台数は125万6千台に達し、全自動車販売の約4.5%を占めている。2019年6月の時点で、中国の新エネルギー自動車の所有権は約344万台であったが、従来の燃料自動車は2億5,000万台に達し、新エネルギー自動車の急速な発展にもかかわらず、所有率は1.4%未満である。一方では、中国の新エネルギー自動車には十分な成長余地があることを示し、他方では、従来の燃料車と比較して大きなギャップがあることも示す。

1. インセンティブポリシーと対応の変更

中国の戦略的新興産業の1つとして、政府は新エネルギー自動車産業の発展を非常に重視する。

2009年に省エネおよび新エネルギー自動車の実証および促進パイロット都市が導入されて以来、政府は包括的なインセンティブ政策を導入する。生産リンクの二重ポイント、消費リンクの財政的補助金、税額控除、使用リンクの無制限の購入、運営側の充電割引などは、新エネルギー自動車のライフサイクル全体をほぼカバーする。しかし、2019年後半からこれらのインセンティブポリシーは大幅に変更され、新エネルギー自動車の軽量化プロセスに必然的に影響を与える。

(1) 新エネルギー自動車の軽量化に対する助成金による加速的な低下の影響

関連する研究では、新エネルギー自動車の重量が100kg減るごとに、走行距離が10%~11%増加し、バッテリーコストが20%減少し、1日あたりの損失コストが20%減少することが示される。たとえば、Tesla Model X100Dは、オールアルミ製ボディなどの軽量化技術を採用する。これにより、縁石の重量が以前のものに比べて半トン削減され、航続距離が100km以上改善される。軽量化技術がなければ、テスラの走行距離はそれほ

図 26 走行距離補助金基準による中国の100%電気乗用車の変化

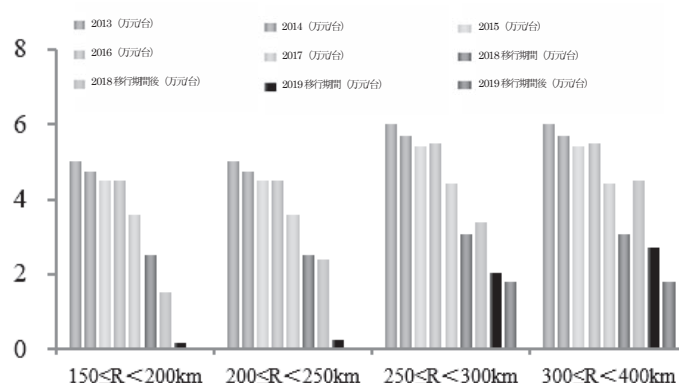
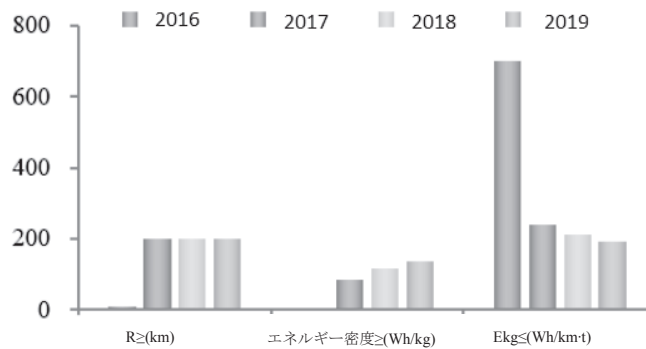


図 27 近年の中国の 100%電気バスの補助金基準の変化



ど長くはないと考えられる。対照的に、中国では、新エネルギー自動車を軽量化するプロセスは、主に節電と燃費向上のための新エネルギー自動車に対するあらゆるレベルの中国政府の直接補助金によるものである。

図 26 と図 27 は、それぞれ産業情報技術省とエバーグランデ研究所による長年にわたる 100% 電気乗用車と乗用車の補助金の変化の統計である。実際、2013 年以降、産業情報技術省は、他の省庁および委員会とともに、新エネルギー自動車の購入補助金に関する 6 つの通知を発行し、市場を導くために金融補助金の基準を 4 回調整し、減少は徐々に増加する。150 ≤ R < 250 km の 100% 電気乗用車を例にとると、2013 年と比較して、2014 年、2015 年、2016 年、2017 年、2018 年、2019 年のマイレージ補助金基準は 5%、10%、10%、28%、52~70%、100%、2020 年以降に完全に撤退すると言われる。

(2) 新エネルギー自動車の軽量化に対するダブルポイントポリシーの影響

2017 年 6 月 13 日に、産業情報技術省は、「乗用車会社の平均燃料消費量と新エネルギー自動車クレジットの並行管理措置（協議案）」、将来の燃料消費ポイント（CAFC）、および新エネルギーポイント（NEV）を発行した並列管理、つまりダブルポイントポリシーが実装される。「ダブルポイント」とは、平均燃料消費ポイント（CAFC ポイント）および新エネルギーポイント（ZEV ポイント）を指す。平均燃料消費ポイントは、会社の平均燃料消費量と実際の値の差と乗用車の生産または輸入量の積である。実際の値がコンプライアンス値より低い場合、企業はプラスのポイントを生じ、実際の値がコンプライアンス値より高い場合、マイナスのポイントを生じている。このポリシーを設計する主な目的は、2020 年以

降の新エネルギー自動車業界の発展を継続する方法を検討することである。中国の新エネルギー自動車の補助金政策がキャンセルされた場合、主な目的は、従来の車を使用して新エネルギー自動車の開発をフィードバックすることである。

ダブルポイントポリシーは、2018 年 4 月 1 日に正式に実施されるが、2018 年の評価基準には含まれていない。これらの自動車メーカーには、1 年間の緩衝期間が与えられる。2019 年と 2020 年の新しいエネルギーポイント比率要件は、それぞれ 10% と 12% である。2021 年、2022 年、および 2023 年には、新エネルギー自動車の信用比率の要件はそれぞれ 14%、16%、および 18% である。2024 年以降、新エネルギー自動車の信用比率の要件は産業情報技術省によって個別に発表される。その中でも、燃料消費ポイントは、キャリーオーバー、関連会社間の移転、または新エネルギー自動車ポイントとの控除を通じて達成できる。新エネルギー自動車のポイントはより厳しく、より多くの新エネルギー自動車を生産することに加えて、彼らは要件を満たすために他のメーカーからしかポイントを買うことができない。新エネルギー自動車会社がプラスの ZEV ポイントを獲得できるかどうか、プラスの ZEV ポイントを販売できるかがリポートの鍵となる。心配なのは、新エネルギー自動車分野の新勢力が将来参入する前に、電気自動車補助金政策が終了し、販売可能な ZEV ポイントがないことである。しかし、中国の自動車会社からの新エネルギークレジットに対する国の需要は年々増加しており、直接補助金の影響をある程度を追加している。これは、将来の新エネルギー自動車産業の発展に対する国の姿勢も反映する。

現在の新エネルギー乗用車モデルポイントの計算方法に基づいて、デュアルポイントポリシーは

表6 新エネルギー乗用車モデルポイントの現在の計算方法

車種タイプ	標準車ポイント	備考
100%電気乗用車	$0.012 \times R + 0.8$	1. Rは電気自動車の走行可能距離 (km) である。 2. Pは燃料電池システムの定格電力 (kW) である。 3. 標準車の最大ポイントは5である。 4. 車両ポイントの計算結果は、小数点第2位を四捨五入する。
プラグインハイブリッド乗用車	2	
燃料電池乗用車	$0.16 \times P$	

表7 新エネルギー乗用車モデルのポイント計算のドラフト

車種タイプ	標準車ポイント	備考
100%電気乗用車	$0.006 \times R + 0.4$	1. Rは電気自動車の走行可能距離 (km) である。 2. Pは燃料電池システムの定格電力 (kW) である。 3. 100%電気乗用車の航続距離が150km未満の場合、標準ポイントは5点である。 4. 100%電気自動車の標準ポイントの上限は3点であり、燃料電池車の標準ポイントの上限は6点である。 5. 車両ポイントの計算結果は、小数点第2位を四捨五入する。
プラグインハイブリッド乗用車	1.6	
燃料電池乗用車	$0.08 \times P$	

軽量化車両の開発に有利である。従来の燃料自動車会社に加えて、高いCAFCポイントを獲得するために、生産される燃料車両の軽量化に最善レベルを尽くしている。自転車の燃料消費量を100キロメートル削減するために、100%電気乗用車会社の新エネルギー自動車ポイントは走行距離に直接関連し(表5-1を参照)、走行距離の増加はバッテリーのエネルギー密度に依存するだけではない、車両全体の軽量レベルにも依存している。心配なのは、新エネルギー乗用車モデルの将来のZEVポイントの計算方法に関する協議案で、新エネルギー自動車のZEVポイントの計算に大きな変更があったことである。元の計算式では、100%電気自動車は最大5ポイントを累積できるため、走行距離は350kmになるが、このドラフトでは、100%電気自動車の最高累積ポイントは3.4ポイントで、走行距離はわずか500kmになる。さらに、ポイントの計算でマイレージ係数が倍になる。

表6と表7の比較からわかるように、ポイントの換算指数の調整の背景の下で、国は、新エネルギー自動車のZEVポイントに対する巡航距離の影響を意図的に削減した。このため、一部の専門家は、自動車の燃費とエネルギー消費量は明らかに正の相関関係にあると批判する。燃費が長いほど、自動車のエネルギー消費量も飛躍的に増加し、新エネルギー自動車のエネルギー保存と排出削減

の重要性に違反する。これは明らかに、新エネルギー自動車の燃費に直接関係する軽量化の開発に対するマイナスの影響でもあり、国レベルでの新エネルギー自動車の声が十分に大きくないことを示す。

2. より開かれた市場からの激しい競争

(1) 中国の独立ブランドの主要なパターン

ChinaMachineCenterの認証統計によると、2019年の国内新エネルギー乗用車の売上トップ10はすべて従来の自動車ブランドであり、ランキングは比亚迪、上汽、北汽、吉利、长安、江淮、长城、奇瑞、广汽、华晨であった(図28)。2019年の新エネルギー乗用車市場のトップ3、トップ5、トップ10の市場シェアは、それぞれ48.1%、63.6%、87.2%であった。

新エネルギー乗用車メーカーは、その背景に応じて、伝統的な独立系ブランド、自動車製造の新勢力、外国ブランドの3つのグループに分けることができる。現在、自動車製造の新興企業はまだ大量生産の初期段階にあり、蔚来、小鹏、威马、理想などの数社のみが量産出荷を達成するが、その販売は20,000を超えていない。株式と補助金に関する以前の制限の影響を受け、外資系の新エネルギー自動車会社は遅く立ち上げられ、現在は主にフォルクスワーゲンとJAC、BMWと長城、メルセデスベンツ、BYDなどの合併事業を通じ

図 28 2019 年の中国の新エネルギー乗用車市場シェアの上位 10 社

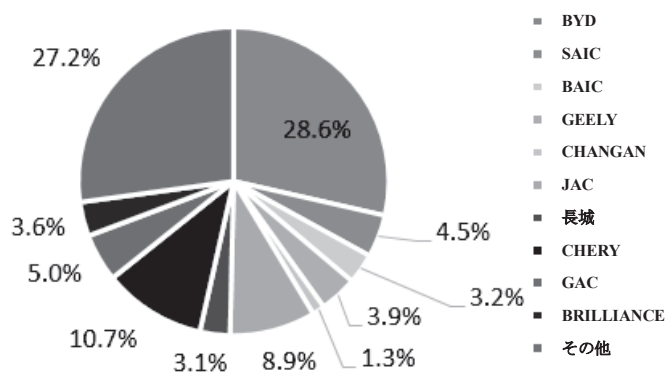
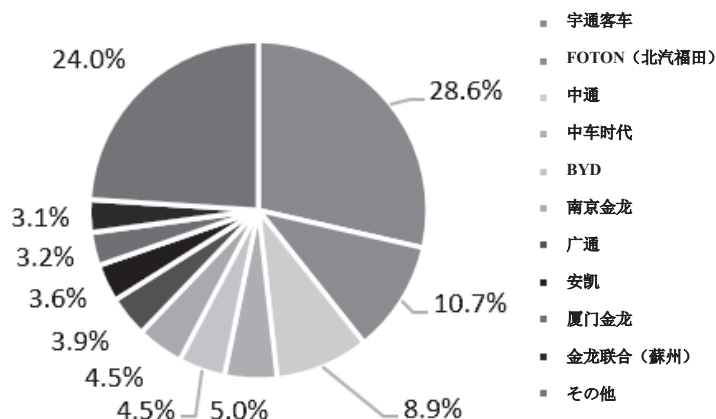


図 29 2019 年の中国の新エネルギーバス市場シェアの上位 10 社



て現地市場に参入する。

図 29 に示すように、主に既存の市場の主要なブランド効果、特にシェアが 2017 年の 17.6% から 2019 年の 28.6% に増加した宇通バスにより、新エネルギーバス市場の集中は増加する。さらに、一部のメーカーの主要な市場シェアの変化は、地域の交換サイクルに関連しており、たとえば、BAICFoton の市場シェアは 2017 年に 5.9%、2018 年に 2.0%、2019 年上半期に 10.7% である。

新エネルギー自動車に関しては、独立ブランドの台頭により、ブランドイメージが向上しただけでなく、外国のブランドとある程度直接対面できるようになる。2018 年、新しい自動車メーカーの WeiLai は ES8 を発売した。これは、かつて月に 3,000 台以上の車両を販売し、ライバルの TeslaMODELX をも超えた。これまでのところ、中国の国内新エネルギー自動車市場は依然として独立ブランドの絶対的に有利であると言える。蔚来 ES8 は、中型および大型 SUV (サイズは BMWX5 と同じ)、AudiQ7 (およ

TeslaMODELX 同等モデル、縁石重量 2,460kg、フロントモーター 240kW、420Nm、リアモーター 240kW、420Nm に属する 100% 電気自動車である。バッテリー 70kWh、総合動作範囲 355km (データはわずかに悪く、車のサイズと重量は以下の構造を参照されたい。バッテリーを車の後部まで延長できること、バッテリーパックのエネルギー密度を上げることができている。)、100メートル加速 4.4 秒の蔚来 ES8 モデルは、全アルミニウムボディ構造を採用する。96.4% のアルミニウム合金使用率により、この車は、世界で最も重要な力伝達経路と耐荷重部分を含む、世界の量産車の全アルミニウムボディの中で最も高いアルミニウム含有量を備えたモデルになっている。

一般的なスタンピングパーツのスプライシングボディとはまったく異なり、中央に 2 つのシルビーム、フロントに 2 つのフロント縦ビーム、バックに 2 つのリア縦ビーム、4 つの鋳物で接結された 6 つのビームを備えたすべてアルミニウム合金ボディを採用する。フロントとリアのサブフレー

図 30 蔚来 ES 8 モデルとその全アルミニウム合金ボディ

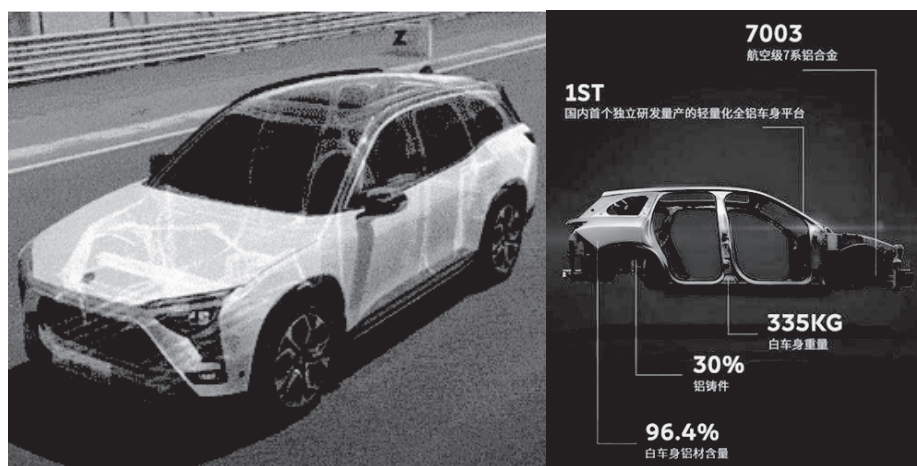
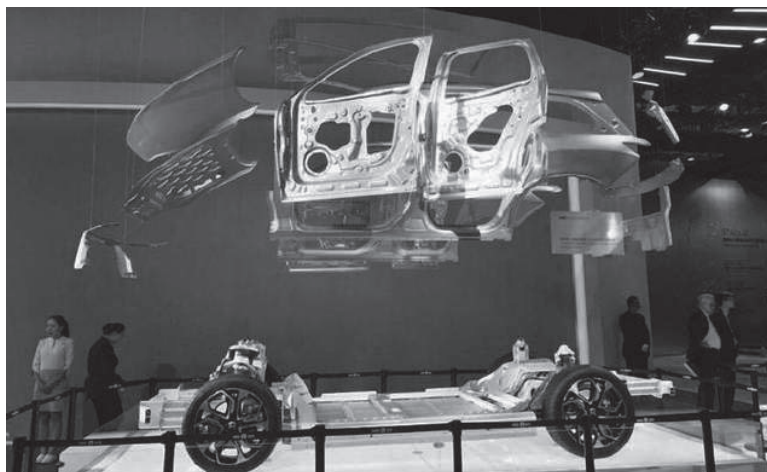


図 31 蔚来 ES 8 全アルミニウム合金本体のサスペンションのねじり剛性試験



ムはサスペンションと電気駆動システムをサポートし、サスペンションブラケットを使用してサスペンションの支点をサポートし、ビームをいくつか追加してからバッテリーを取り付ける。さらに、そのサスペンションとサブフレームも鋳造アルミニウム部品であり、ボディに加えて、蔚来 ES8 のシャーシ、サスペンション、ホイール、ブレーキシステム、バッテリーパックシェルはすべてアルミニウム合金である。図 30 に示すように、このような巨大なボディのホワイトボディの重量はわずか 335kg である。図 31 は、蔚来 ES8 の全アルミニウム合金でサスペンションのねじり剛性試験である。

蔚来 ES8 のインストルメントパネルのスケルトンは、それぞれ 1,600 トンと 3,200 トンのダイカストマシンを使用する万丰镁瑞丁会社製のマグネシウム合金インストルメントパネルブラケットとフロントエンドモジュールフレームを採用する。前部および後部の補助フレームはアルミニウム合

金ダイカスト+押出しで作られており、重量はそれぞれ 19.3 および 38.4kg である。

減量係数は、減量を評価するために業界で一般的に受け入れられている指標であり、白体の減量係数が小さいほど、エネルギー吸収指数の単位あたりの重量コストが低くなる。

三者間パフォーマンスから得られたデータ：

$$L = \frac{m}{C_T \cdot A} \times 1000$$

その中で、L は体重減少係数、m は白身のフレームワーク（4 つのドアと 2 つのカバーを除く）、kg、CT はフロントガラスと補助フレームを含む塗装された本体の静的ねじり剛性、N・m/deg；A は、ホイールベースとホイールベースによって決定される白身の投影面積 m² である。計算によると、蔚来 ES8 ボディインホワイトの軽量指数は 2.02 であり、これは自動車の軽量化に関してはすでに比較的高いレベルに達する。

(2) 外国の新エネルギー自動車会社の参加による
激しい競争

外国の新エネルギー自動車会社は、外国の合弁会社と個人事業主から来ている。従来、中国で設立された自動車合弁会社は、規制により、外国企業の株式の最大50%、中国企業の最小50%を所有しており、国内の自動車会社の発展に有利であり、外国企業に投資を強制するものである。実際、この方針は実際に国内の自動車会社の急速な発展を可能にした。

2018年6月、国家開発改革委員会と商務省は共同で「外国投資の入国のための特別管理措置(ネガティブリスト)(2018年版)」を発行し、2018年7月28日から、特殊車両および新エネルギー自動車への外国投資の制限が解除されると述べた。この方針は、中国に工場を建設する外国の新エネルギー自動車会社の熱意を大いに刺激した。テスラを例にとると、2018年7月、テスラのヘッドマスクが直接中国に行き、上海林港と100%電気自動車プロジェクト投資契約に署名し、テスラスーパーファクトリーで年間50万台の100%電気自動車を生産した。

テスラを除いて、新しいエネルギー源を展開する外国ブランドの動きは非常に明白になった。ホンダは2019年に中国で新エネルギー製品を完全に展開し始めた。最近、100%電気自動車モデルのGACHondaConceptVE-1が発売されたが、「2車戦略」のもう1つの東風ホンダの100%電気自動車X-NVとして発売される。実際、以前2018年に、ホンダは2025年までに中国で20万台以上の電動モデルを発売するという中期目標を提案した。

フォルクスワーゲンを例にとると、2020年に国内生産の30万台の新エネルギー自動車の目標を達成するために、2019年に国内生産された朗逸、宝来、高尔夫の3台のコンパクトセダンEVは前例のない強さを備えている。2020年までに、フォルクスワーゲンブランドは中国市場で新エネルギー自動車マトリックスの10モデルを発売する予定である。新エネルギー技術をリードしてきたトヨタは、2020年にトヨタが自社開発した量産EVモデルを初めて導入し、2025年までに中国のすべてのトヨタモデルに電気自動車を搭載し、2030年までに達成する予定新しいエネルギーモデル(100%電気モデルとハイブリッドモデルを含む)の販売は、100%燃料モデルよりも大きくなっている。さらに、ヒュンダイ、PSA、フォード、GM、ルノー、メルセデス、BMW、アウディなどが、新エネルギー自動車計画をすでに提案する。中国のいくつかのブランドのレイアウトを表8に示す。

外国のブランドが入ってくると、独立したブランドの製品ラインが確実に影響を受ける。一部の専門家は、過去に補助金の助けを借りて独立したブランドが新しいエネルギーを生み出したと考えているが、BYDなどの比較的新しいエネルギー技術に加えて、他の独立したブランドも「サンディアン」などのコアテクノロジーを開発する。強い競争力はないが、一部の専門家は、これは必ずしも負の影響ではないと考えていて、これは新エネルギー自動車市場自体の量が現在非常に少ないためである。これも一種のプロモーションであり、その中核技術はバッテリーのエネルギー密度と軽

表8 中国におけるいくつかの外国ブランドのレイアウト

上汽大众	上海安亭工場改造	9万台	2019年
上汽大众 / 上汽奥迪	上海安亭新エネルギー工場	30万台	2020年
一汽大众	青島工場	10万台	2019年
上汽大众 / 一汽奥迪	仏山工場二期	30万台	2020年
一汽トヨタ	天津泰达工場改造	12万台	2019年
广汽トヨタ	広州第二工場	20万台	2020年
广汽トヨタ	広州工場改造	12万台	2019年
广汽ホンダ	工場改造	5万台	2019年
广汽ホンダ	新工場	12万台	2020年
東風ホンダ	工場改造	5万台	2019年
東風ホンダ	新工場	12万台	2020年
上汽通用	武漢工場改造	15万台	2020年
北京 BENZ	一期	15万台	2019年
华晨 BMW	大東工場改造	4万台	2020年

図 32 フォルクスワーゲンゴルフモデルとアルミニウム合金ボディの軽量効果



量技術であるが、問題は、一部の伝統的な外国自動車会社と比較して（図32を参照）、軽量技術にはまだ大きなギャップがある。

外国ブランドは新エネルギー自動車戦略を次々と立ち上げたが、同国はまた、より市場指向の競争環境を提供する。数日前に開催された国務院の幹部会議は、自動車の外国投資政策を最適化し、国内および外国の自動車メーカーが生産する新エネルギー自動車と同じ市場アクセス待遇を享受することを保証する必要があることを明確に述べた。同時に、中国の外資系自動車会社がポイントを移行できるように、「ダブルポイント」管理方法を修正することも提案した。これはまた、2020年以降、独立したブランドと外国ブランドの間のより積極的な競争が避けられなくなることを意味している。予測によれば、将来的には、中流階級の家族は合併会社と輸入ブランドを好み、自動車購入の予算は主に15万から40万元の間であり、エネルギータイプはプラグインハイブリッドモデルを好むと予想される。一部のアナリストは、競争環境では、高レベルモデルの供給が急速に増加しているため、新エネルギー自動車市場の「供給サイド」と「消費量のアップグレード」が非常に

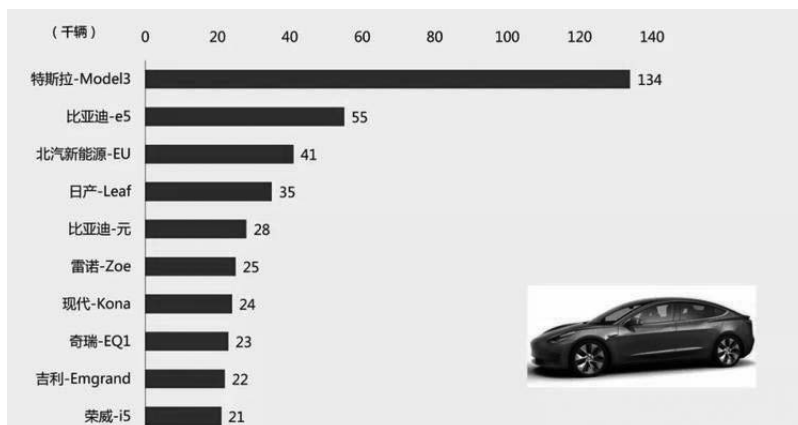
重要であると考えている。特に購入が制限されている大都市で欠けているのは、車を購入する能力ではなく、車を購入する資格と高品質の新しいエネルギーモデルの選択である。

(3) テスラの「ナマズ」または「サメ」効果

図33に示すように、テスラモデル3は世界の100%電気自動車の販売ランキングで、米国と中国で卓越したパフォーマンスを示したため、販売リストのトップに躍り出た（2019年上半期にテスラは中国で21,829台を販売した）。図10-33、BYDe5とBAICNewEnergyEUは2位で、トップ3にランクされる。2019年1月7日からテスラの上海スーパーファクトリーの建設が開始され、10月15日に試運転段階に入り、12月30日にテスラの国内モデル3の最初のバッチが納入された。ここには、以前は中国人によって「チャイナスピード」と呼ばれていたシーンがあり、これは中国の新エネルギー企業に前例のない「ナマズ効果」を発揮する。

公開情報によると、上海テスラ工場の最初の1日あたりの生産能力は280台であり、今後も拡大していく予定であった。テスラスーパーファクトリーは、研究開発、製造、販売の各機能を統合し

図 33 2019 年前半の世界の 100%電気自動車の TOP10 売上高



ており、完成して稼働した後、年間生産能力は50万台の電気自動車に達している。中国製のベースモデル3の価格が355,800元から323,800元（基本的な運転支援機能を含む）、約9%引き下げられると言われている。さらに、国家政策により、モデル3全体が購入免税政策と2,475万元の新エネルギー補助金を享受できる。国内のModel3標準バッテリー寿命のアップグレードされたモデルを例にとると、車の元の価格は355,800元で、価格引き下げと補助金を計算後、現在の最終価格は299,905元である。これは中国市場に非常に大きな影響を与える。

モデル3ボディは、図34に示すように、主に4つの材料で構成される：アルミニウム、低炭素鋼、高強度鋼、超高強度鋼。軽量、安全性、コストの観点から、モデル3はボディレール、Aピラー、Bピラー、ルーフレール、フロアビームに超高強度鋼を使用する。明らかに、ボディフレームの強度を確保し、車両を改善している。モデル3は、正面衝突や側面衝突を扱う場合などの受動的安全性により、衝撃エネルギーに抵抗して、客室の居住空間を確保できる。車の前部は、一般的な後端の衝突を防ぐために高強度鋼で作られている。また、図35に示すように、前面の縦方向の衝突ビームの両側にある円弧状の超高強度鋼構造のセクションもあり、25%オフセットなどの小さな重複する表面衝突事故に対処するために使用できる。車のサイドフェンダーとリアフェンダーは、低炭素鋼で作られており、強度が低く、硬度が低いため、図36に示すように、小さな事故が発生した場合に修理する方が便利である。

国産モデル3の部品はわずか30%しか占めていないことがわかる。Teslaが国内サプライチェーンを採用した後、27%～34%の価格引き下げを維持する必要がある。国内の新エネルギー自動車に対するテスラの課題に直面して、一部の

専門家はモデル3がセダンシリーズに属し、国内の蔚来ES6および蔚来ES8は都市SUVシリーズであり、ある程度差別化された競争上の優位性があると考えられる。

(4) 自動車部品メーカーが普及を加速

過去10年間で、中国の自動車軽量化技術は、新エネルギー自動車と同期して開発する機会を与えられてきた。高強度鋼、アルミニウム合金、マグネシウム合金、炭素繊維、その他の材料製造および部品製造会社は、新エネルギー自動車への浸透を加速する。自動車会社の前向きで同期的な開発に参加するこれらの会社の研究開発部門は、新エネルギー自動車と新モデルの技術的要件に基づいて、新製品を直接開発する。

新エネルギー自動車の高強度鋼の用途では、中国宝鋼は中国の自動車用シート市場で絶対的なリーダーになり、第1、第2、第3世代の高強度鋼を大量生産できる中国最大かつ世界トップの鉄鋼会社である。現在、新エネルギー自動車の上流企業である宝鋼は、すでに新エネルギー自動車の高強度鋼用途を活用しており、2019年の超高強度鋼の販売は45万トンに近く、国内市場シェアは60%に近かった。

アルミニウム合金の用途では、中国は、産業用アルミニウム押出製品の世界第2位およびアジア最大の製造業者に発展し、グリーン建設、輸送、機械設備、電力工学などの分野に広く使用されている。現在、軽量化開発は沃尔沃、奇瑞、比亚迪、长城华冠、华晨客车、一汽客车、宇通、黄海客车、中植新能源客车、厦门金旅、深圳五洲龙などと協力する。メーカーは、新エネルギーの全アルミニウム電気自動車と乗用車を共同開発するための技術協力を開始した。

マグネシウム合金用途に関して、軽量のマグネシウム合金材料のさらなる加工の世界的リーダーである中国万峰青威は、マグネシウム合金部品の

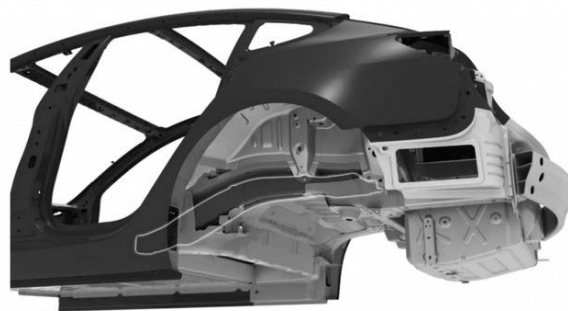
図34 モデル3ハイブリッドホワイトボディ構造



図 35 Model 3 の端部構造の材料組成



図 36 Model 3 の端部構造の材料組成



開発、設計、生産および市場拡大に従事するプラットフォームとして、万豊マグネシウムレディングおよび威海マグネシウムを使用する。そして輸送、防衛、その他の産業への製品応用を促進する能力を持っている。同社の軽量マグネシウム合金事業の生産拠点は英国、メキシコ、米国、カナダ、中国にあり、6つの工場を持ち、ボルシェ、アウディ、テスラ、メルセデスベンツ、BMW、ボルボ、ランドローバー、トヨタなどの世界のトップ自動車ブランドに高品質の製品を供給する。軽量マグネシウム合金製品の販売ネットワークは主要なグローバル市場をカバーする。なお、製品にはインストルメントパネルのスケルトン、パワートレイン部品、フロントエンドキャリア、ブラケット、リアリフトドアインナーパネル、ステアリングホイール、シート、その他の自動車部品が含まれる。

炭素繊維用途に関しては、中国康德新集団は最先端の技術、最大規模、最も完全な産業チェーンを有しており、新エネルギー自動車用途向けに多くの製品を開発し、将来の開発のための優れた技術的予備力を確立する。蔚来モデルでのみアプリケーションに満足することはない。

過去に、革新と変化を求めている新エネルギー自動車は、高強度鋼、アルミニウム合金、マグネシウム合金、炭素繊維などの軽量アプリケーション

に多くの機会をもたらし、車両全体との同期開発の経験を蓄積してきました。将来的には、エネルギー車の技術進歩により、この過去の傾向はさらに強化されるであろう。実際、新エネルギー自動車会社は軽量部品メーカー間の技術競争のプラットフォームになっている。同じ自動車でコストから技術までの複数の材料の競争は、間違いなく革新の機会を提供する。

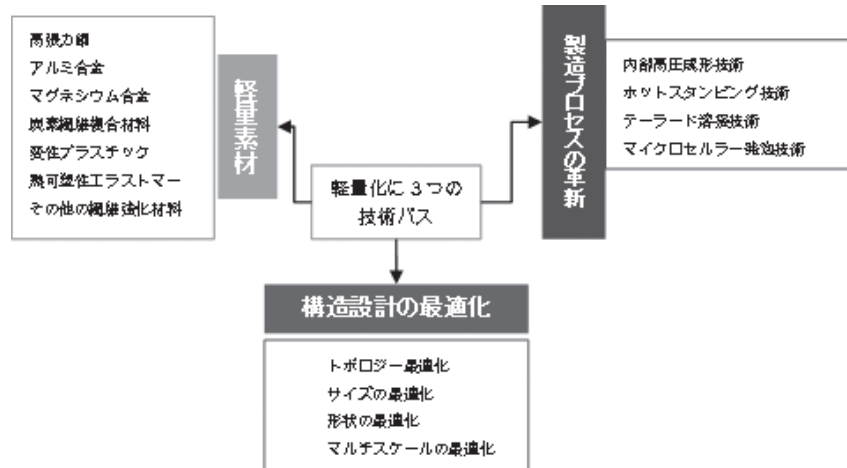
3. 複数材料の混合応用

国の政策の積極的な支援により、中国の新エネルギー自動車の軽量化技術は、従来の燃料自動車よりもはるかに高い受け入れレベルを持ち、先進的な外国の軽量化技術から学んだ。ソリューションであるため、構造、材料、プロセスの3つの側面から軽量化できる（図37を参照）。特定の境界条件の下で、特定の寿命と信頼性の要件を満たしながら、構造自体の重量を最小限に抑えることができ、満足できるモデルを設計する。

(1) 構造設計

コンピューター支援のエンジニアリングシミュレーションツールである CAE は、ボディと部品の設計においてますます重要な役割を果たし、研究開発サイクルを短縮し、軽量化効果を向上させることができる。実際、軽量構造設計は、元の構

図 37 自動車の軽量化を実現する主な技術的アプローチ



造の概念モデルに基づいて、材料の分布（多くの場合、複数材料システム）をより合理化し、力に関係しない材料を削除している。現在一般的に使用されているのは、トポロジー最適化ソリューションである。

ボディを例にとると、ボディ最適化の最終目標は、安全性、取り扱い、耐久性、騒音低減、車両性能の統合、および車両アーキテクチャの統合のすべての側面を同時に満たす必要のあるバランスの取れた効率的なボディ構造を作成することである。以前は、自動車のエンジニアは、手動の図面、以前の経験、および成形設計仕様データに基づいて判断、調整、修正を行っていたが、車の構造とさまざまな力の複雑さのため、単純な計算でそれらを取得することは困難であった。

科学技術の発展により、高度なコンピューター支援エンジニアリングシミュレーションツール CAE は、シミュレーションを可能とした。コンピューターは多くの計算と反復を実行できる。車両部品の強度をチェックし、衝突プロセスをシミュレートし、深海の静寂をチェックし、シミュレーションのためにコンピューターを入力し、継続的に反復して現実に非常に近いシミュレーション結果を見つけ、設計者がシミュレーションを支

援する。さまざまな最適化設計を実行して、最適なソリューションを見つける。図 38 は、ボディインホワイトパーツのトポジ最適化の概略図で、最初に設計領域を決定し、次に最適化を繰り返す必要があり、最後に最適化の結果が改善される。

ゼネラルモーターズのシボレーマイルイバオ XL のボディ開発を例にとると、CAE コンピューターは 1,000 万 CPU 時間を超えて動作し、これは 1140 年の CPU 動作に相当する。最終的に、重量は最大 48kg 削減され、同時に、車両全体のねじり剛性、および静音性能とハンドリング性能が総合的に改善された。

コンピューター支援設計なしでは、シボレー XL のボディはそのような最適化効果を持たないことがわかる。コンピューターによって行われたこのような巨大な設計と最適化の作業に応じて、シボレー XL は当時軽量の自動車車体のモデルになった。シボレー XL は、ボディ測定値の増加とホイールベースの増加により、従来モデルと比較して 120kg 軽量化され、同時にボディ剛性と静音性能は低下せず、燃費とハンドリングも大幅に改善された。これにより、アメリカの自動車に対する人々の印象が変わった。

図 38 ホワイトボディのコンピューター支援設計

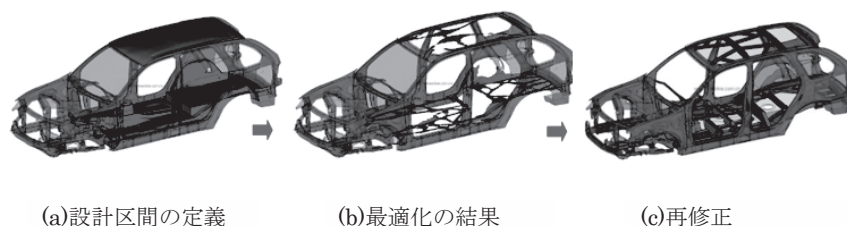
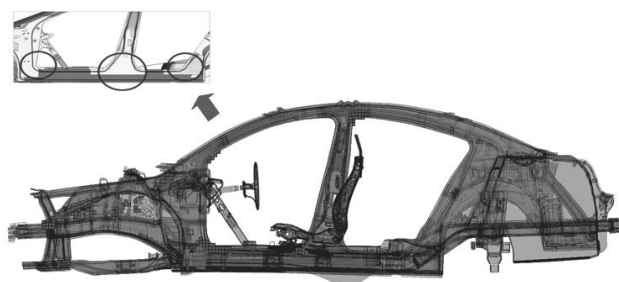


図 39 ホワイトボディのコンピューター支援設計



さらに、コンピューターは車体の静的な状況をシミュレートできるだけでなく、衝突状態での車体崩壊の詳細もシミュレートできる。CAE ソフトウェアを使用して、非線形有限要素解析を実行し、衝突結果を非常に正確にシミュレートできる。従来の力学で計算することは不可能である。図 39 に示すように、CAE トポロジー最適化ツールを通過した後、コンピューターから与えられた最適化の提案に従って、図のターゲット領域に改善と強化が加えられる。

明らかに、最適化の前は、動力伝達に起因するステアリングコラムとシートフレームの振動、およびフレーム構造の不安定性は、肉眼では容易に識別できない不安定な要因である。コンピューターシミュレーションで 1,000 倍に拡大した後は非常に明白である。

(2) 複数材料の混合応用

1995 年には、32 の多国籍製鉄会社が共同で「超軽量鋼製車体 (ULSAB)」というコンセプトを提案した。これまで、高強度鋼は自動車の車体に大規模に使用されてきた。しかし、ますます厳しくなるエネルギーと環境の課題に直面して、自動車の排出規制はより厳しくなり、全鋼製ボディの軽量化の余地は非常に限られている。自動車産業の軽量化要件を高強度鋼だけで満たすことは困難である。

このため、先進の自動車技術を備えた国、ドイツのアウディ A8 は、完全にアルミニウム製のボディを備えた世界初の量産車になった。オールアルミニウムボディの軽量化効果は非常に重要であるが、その安全性は低下している。この目的のために、新しいアウディ A8 (D4) は、全アルミニウムボディ構造を放棄し、アルミニウム / スチールハイブリッドボディを採用し、B ピラーを高強度の熱間成形スチールに置き換えた。図 40 に示す剛性。アウディ A8 (D4) の全アルミニウムボディ構造からアルミニウム / スチールハイブリッド構造への移行は、複数材料の混合が自動車技術の発展において避けられない傾向であることをさらに示す。

現在、自動車の軽量化のコストと効果を総合的に考慮しており、アルミニウム合金などの軽金属材料を主流の低コストのオールスチール車体に導入し、高強度鋼と軽金属のそれぞれの性能上の利点を十分に発揮し、軽量化することにより、複数の材料が混合されると同時に、それは自動車車体設計のためのより多くの選択肢を提供する。そして、それはこの段階で軽量自動車車体のための避けられない選択になった。車両全体の軽量分析から、アルミニウム / スチールハイブリッドボディ構造の利点がより明確になり、マグネシウム合金製ステアリングホイールスケルトン、インストル

図 40 Audi A 8 (D 4) のマルチマテリアル混合比

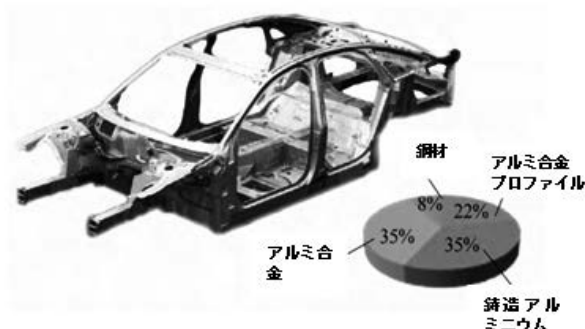


図 41 LITE の自社開発の超小型電気自動車 LITE



メントパネルバリュースケルトン、シートスケルトンの利点が明確になる。一部のハウジングパーツ、ブラケット、ホイール、衝撃吸収タワーなど過去において、アルミニウム合金とマグネシウム合金は互いに競合する。

実際、中国の新エネルギー自動車の後発者として、多くのモデルは先進的な外国の経験を完全に取り入れており、複数の材料の混合使用も中国の将来の軽量化技術開発のトレンドになる。BAIC NewEnergy が独自に開発した超小型電気自動車の LITE モデルを例として取り上げている（図 41 を参照）。これは、アルミニウム合金フレームボディと複合アウターカバーデザインを使用する。ボディワークに関して、ホワイトボディ（図 42 を参照）の重量は 208.1kg（4 つのドアと 2 つのカバー＋バンパー＋サブフレームなどのすべてのボディアクセサリーを含む、塗装なし）、ホワイトボディの重量軽減係数は 2.97、静的ねじり剛性は 6,375.6Nm/° である車の場合、全体のサイズは 2,695mm × 1,676mm × 1,445mm である。接結方法は、リベット締め、ボルト締め、MIG 溶接、MAG 溶接、接着などのプロセスを使用している。リベット、ロック、プレスなど、さまざまなアルミニウム合金の混合接結を実現するためのリベットの適用がある。

これらのプロセスと材料に加えて、重量を最小限にするための多くの詳細な技術がある。従来のスチールチューブビームと比較して重量を 30% 以上削減するマグネシウム合金インストルメントパネルチューブビームの使用を含む。新しく開発されたアルミニウム合金フロントコントロールアームは、重量を 2kg 程度で削減している。耐食性に優れているため、複合バッテリーの上部ケースを使用して、バッテリーのエネルギー密度

をさらに高め、小質量と大容量を実現する。鋼に関しては、ノースイースタン大学が開発した 2 GPa を超える引張強度を持つホットスタンプおよび成形された超高強度鋼の新しい鋼種が使用される。LITE の材料分布を図 43 に示す。

これからの軽量化技術は以下の研究動向がある

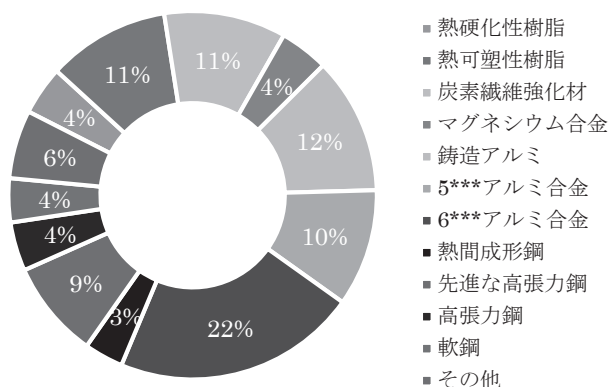
- 1) アルミニウム合金フレームタイプの軽量化ボディ：さまざまなアルミニウム成形プロセスを統合し、スチールボディと比較して 30% 以上の軽量化を実現する。
- 2) カーボンファイバー統合設計：構造的収容能力と美しい外観のニーズの両方；PHC エンジンカバーには吸音性と断熱性、優れた歩行者保護効果がある。
- 3) マグネシウム複合スケルトン：AZ91 マグネシウム合金バンドパイプ成形とマグネシウム合金のパネルビームを開発する。AM50 マグネシウム合金ダイカスト一体成形を行う。
- 4) 完全なプラスチック製アウターカバー：明らかな軽量化効果、射出成形、高い設計自由度を実現する。

現在、国内の冷間圧延された自動車用シート材料のトン当たりのコストは 5,000～9,000 元であり、アルミニウム合金のトン当たりの材料コストは約 45,000 元と高く、炭素繊維材料のコストはさらに高く、トン当たり約 800,000 元程度である。その成形廃棄率が高いため、多くのローエンドモデルはカーボンファイバーの使用が禁止される。そのため、アルミニウム合金や炭素繊維などの新素材を車体の主要構造として使用するモデルは、基本的に 40 万台以上販売されており、鑄造されたアルミニウム部品は、エンジンハウジング、サスペンションアーム、サブフレームなどのシャーシお

図 42 BAICNewEnergy が独自に開発した超小型電気自動車のライトボディ



図 43 BAICNewEnergy の超小型電気自動車の LITE 材料の分布



よび電源システムコンポーネントの初期に存在した。モデルの開発コストの割合が小さいため、市場で使用されており、モデルにはさまざまなレベルが装備される。異なる密度、異なる性能、異なるコストの材料を混合することは、将来、新エネルギー自動車の重量を増加させるだけでなく、安全性を確保する必然的な技術開発のトレンドになることがわかる。

(3) 新しいプロセスに基づく軽量化

軽量化は、自動車の省エネと排出削減の重要な手段として、世界中の国々から大きな注目を集めている。コスト、性能、および重量削減効果を考慮すると、マルチマテリアルハイブリッドボディデザインの使用は、将来最も重要な重量削減方法になった。しかし、異種材料の物理的特性は大きく異なり、従来の抵抗スポット溶接技術を使用して信頼性の高い接結を達成することは困難であり、軽量の複数材料混合体のアセンブリは大きな課題に直面する。

現在の接結技術は、機械的接結、溶接、接着の

3つのプロセスに分けることができる。Chery の 100% 電気自動車小蚂蚁 eQ1 ボディの接結プロセスは、3つのプロセスすべてを使用する。

機械的接結プロセスには入熱がないため、熱による接結による界面の脆性や接合部の軟化などの問題を効果的に回避でき、自動車の車体製造に広く使用される。その中でも、機械的に接結されたリベットレスリベットとセルフピアスリベット (SPR) は、自動車車体製造で最も広く使用されている 2つのプロセスである。機械的接結技術は、超高強度鋼と低伸び材料間の信頼できる接結を達成するのが困難である。抵抗加熱、誘導加熱、摩擦熱発生などの熱支援方法により材料を事前またはリアルタイムで軟化することは、変形しにくい材料のリベット性を改善する効果的な方法である。リベット溶接法は、異種材料の複雑な接結問題を同じ材料の単純な溶接問題に変換できる。異種材料接結技術の開発の新しい方向であるが、高コストと低効率の欠点に直面する必要がある。

低コストの異種材料を接結する唯一の方法は、

溶融付けである。溶接プロセスの鍵は、熱を正確に制御することにより、異種材料の界面での接合面の幅と金属間化合物の厚さを制御することである。摩擦攪拌スポット溶接および超音波溶接に代表される固相溶接プロセスは、低入熱であり、異種材料を接結する際の硬質および脆性相の制御可能なインターフェースを備えている。基材の熱軟化性やその他の利点は低く、異種材料の接結には大きな利点がある。ただし、摩擦攪拌スポット溶接には長いプロセスサイクルが必要であり、プロセスの大規模な使用に影響する。超音波溶接中、現在の溶接点は既存の溶接点を破壊し、自動車車体の連続溶接の要件を満たすことができない。バックフィル摩擦攪拌スポット溶接およびニードルレス摩擦攪拌スポット溶接は、異種材料の固相溶接プロセス開発の新しい方向である。

接着接合プロセスは、異種材料の接結における接合部の電気化学的腐食を解決する重要な方法であるが、100%接着接合部の剥離強度は非常に低く、異種材料の接結では、プレート間の熱膨張係数の違いにより凝固変形と脱ガムが発生している。問題は、単独では使用できない。他の接合プロセスとの接着接合は、接合部の応力集中を軽減し、接合部の性能を大幅に向上させ、腐食の問題を解決することができる。

さらに、実際の自動車設計では、不均一な荷重に耐えるために同じ厚さのプレートを使用すると、車両の重量が増加すると同時に、大量の廃棄物が発生することがわかる。そのため、可変断面形成プロセス技術は、軽量車両の手段としても使用できる。現在、可変断面成形を実現するために使用されるプロセス技術には、主に3種類がある。1つは、プレハブシート技術としても知られているレーザーテラード溶接プレート (TWB)、もう1つは、プレハブシート技術に基づいた柔軟な圧延生産技術によって得られる連続可変切断であ

る。パネル (TRB)、パイプハイドロフォーミング技術と連続可変断面技術に基づく中空連続可変断面鋼管 (TRT) である。その中で、TRB 技術はより難しく、従来の圧延加工方法の縦圧延プロセスに似ているが、最大の違いは、圧延プロセス中にロールのピッチをリアルタイムで調整および変更できるため、圧延シートが制御方向には、事前にカスタマイズされた可変断面形状がある。明らかに、可変断面成形技術は、車両の軽量性、安全性、および構造自体のベアリング適合性を大幅に改善した。

自動車の一部の鋼の溶接構造部品については、マグネシウム合金ダイカスト法を使用して複数の部品を統合し、構造最適化により軽量化を実現できる。より成功した部品は、ハンドルスケルトン、シートスケルトン、インストルメントパネルスケルトンである。

カーシートのスケルトンを例として取り上げる (図44を参照)。シートベースと背もたれの元のスケルトンは、複数の変形の溶接構造である。シートベースと背もたれのスケルトンは、マグネシウム合金の特性に従って設計される。一体型ダイカストを採用しており、溶接は不要である。鋼の骨格構造からマグネシウム合金の骨格構造への変換は、2つの材料間の単純な置き換えであるだけでなく、骨格構造の設計と新しい成形プロセスの選択も伴うことがわかる。

要約すると、新エネルギー自動車の軽量化と安全性に対する需要、車両と車体構造の設計技術、複数材料の混合とそれらに対応する接結技術、および単一コンポーネントの可変断面形成技術と複数コンポーネントの統合ダイカスト技術に基づいてこれは、将来の主要な技術的アプローチおよび開発の方向になる。

図44 スチールからマグネシウム合金シートフレームへの構造変化



六. まとめ

過去10年間、政府の重点的支援と支援の下で、中国新エネルギーの自動車産業は急速に拡大し、数量化技術も大幅な進歩を遂げた。絶えず、二分政策も待望の朗読、宝馬等合同企業、テスラ等外資企業は中国市場に進出し、中国新エネルギー企業はすでに一つの時代を起動した。中国新エネルギー企業は市場を得られるかどうかを考慮し、発展の中には新エネルギー源が一つの重要な戦略として考えている。また、中国自動車の激しい争いでは劣悪な状態が必然的に発生するが、長期的に見ると、自動車のエネルギー消費と排気的环境汚染も政府が重視している事情である。また、中国の人口も多く、電気自動車保有量が増加すると、充電関連のインフラ整備や電池の安全性なども課題である。したがって、巨大な市場が目の前にあり、中国の新しいエネルギー源である自動車企業は、主力の新しい能力を身につけている。格差と優位性、差別化と多種類化された市場による激烈な競合により全世界にも一席を占有すると思われる。

第十一章 中国新エネルギー自動車の製造技術に関する現状と発展動向

張 逸竹 常熟中源汽車有限公司 総経理

中国政府の「中国製造2025」の政策目標とガイドラインによると、2049年までに中国の自動車産業と関連産業は協調的に発展し、技術の変化と革新に対応し、強力な自動車製造国の目標を実現し、経済的および社会的発展に貢献することを目標に定めている。その為に政府、協会、OEM、サプライヤー、および研究機関では多くの開発と実践が行われてきた。

自動車の軽量化研究と実践は、自動車技術の低炭素化、情報化、インテリジェント開発の世界的な潮流中で、将来の中国製造業の重要な製品として、自動車製造工学と技術の分野で大きな発展を遂げてきた。

自動車の軽量化は斬新で完備な概念で、自動車本来の走行安全性、耐久性、剛性、快適性を維持しつつ、開発コストの増加を伴わずに、自動車の軽量化を図るコンセプトである。自動車軽量化とは、設計、材料、製造工程などの先端技術を統合したもので、自動車の性能向上、軽量化、構造最適化、適正価格の4つの側面を兼ね備えたシステム工学でもある。従来の内燃機関車では、車両重量が10%減少するとともに、燃費が6%～8%減少し、排出ガスが4%減少、制動距離が2～7m短くなることがテスト結果として出ており、同時に、車の軽量化は車の比出力を直接増加させ、車の出力性能を改善させる。

新エネルギー自動車の場合、電力システムの重量、運転効率、バッテリーエネルギー消費量、安全性などの要素を考慮すると、車両重量が100kg減るとともに、電気自動車の航続距離を6%～11%増加させ、日常損耗を20%減少させる。したがって、軽量化は、新エネルギー自動車の安全性、経済性、耐久性、剛性、快適性を向上させる重要な技術でもある。

100%電気自動車や他の新エネルギー自動車は主にバッテリーのエネルギー密度がガソリンなどの従来の燃料よりもはるかに小さいため、現在の新エネルギー自動車の航続距離は多くのユーザーのニーズを満たすには不十分である。航続距離の問題を解消し、ユーザーエクスペリエンスを向上

させるために、実行可能な対策は、バッテリーパックの増加、バッテリー容量の増加、軽量素材の使用などがある。その中でも、電池技術は電気自動車の航続性能を決める重要な技術の1つであり、電池技術に加えて、電気自動車の重量も航続距離能力を制限する要因の1つである。一方では、車両の軽量化により、より多くのバッテリーを搭載する事ができ、航続機能を改善することができる。

新エネルギー自動車の製造の分野では、電池バッテリーパックの重量が過大で、「電気自動車のエネルギー消費率の制限」などの国家技術基準を満たすために、バッテリー寿命を最大化するために高度な軽量ソリューションを採用する必要がある。したがって、OEMは主に軽量素材と軽量構造の組み合わせを採用し、自動車部品工場は様々な高度な製造プロセスを採用する。車両全体の軽量設計では、軽量化だけでなく、高出力、低ノイズ、低振動、優れた操作性、高い信頼性などの重要な指標を考慮する必要がある。

自動車の軽量化は、車両全体の総コストをコントロールした上で全体の設計目標を達成する必要がある。したがって、コストを抑える為に、規模効果の実現によって、新しい軽量材料とその加工と製造技術の生産コストは企業の収益性に満たされ、コスト、品質と納期の要求に応えられるようになる。現在、新エネルギー自動車製造の分野では、環境保護と省エネルギーのニーズに応じて、軽量の主な材料は炭素繊維、アルミニウム合金、マグネシウム合金、チタン合金、エンジニアリングプラスチック、複合材料、高強度鋼であり、これらの材料の用途は主にボディの素材である。現在の材料コストと製造プロセスの製造コストを考慮すると、高強度鋼とアルミニウム合金の2種類の材料は、新エネルギー自動車製造の軽量化を実現し、『電気自動車のエネルギー消費率の制限』の技術基準を満たしている。

新エネルギー自動車の軽量化は、ボディの軽量化（主要OEMによって実装）、電気システムの軽量化（主に電源システムのサプライヤーおよびOEMによって推進）、およびシャーシの軽量化

(主要コアレベルのサプライヤーからの供給) の3つのカテゴリに分類できる。性能を確保しつつ軽量化素材を使用することで軽量化を図り、省エネと環境保護を実現することを目的としている。政策目標に関して、中国政府は、2025 年までに新しい乗用車の平均燃料消費量は 4 L/100km に達し、新しい商用車の燃料消費量は先進国レベル、新エネルギー自動車の販売は総売上の 15% 以上、そして、2030 年の新乗用車の平均燃料消費量は 3.2L/100km に達することを目標としている。これは新しい商用車の燃料消費量は国際的なトップレベルに沿っており、新エネルギー自動車の売上は総売上の 40% 以上を占めるようにしている。

上記の目標を達成するために、中国の伝統的な OEM と新興の自動車メーカーは、構造最適化設計、軽量材料の適用、先進的な製造プロセスの3つの主要分野で多くの研究と実践を行いつつある。

次の節では、従来の内燃機関搭載モデルだけでなく、従来の自動車企業の新エネルギーセグメントの軽量化と高度な製造プロセスの分野における中国の主流自動車企業（新エネルギー自動車メーカーを含む）の技術状況と開発動向、新エネルギー自動車メーカーによる新エネルギー自動車の開発と製造における今後 5～10 年の動向に焦点を当てて解説を行う。軽量化技術は、自動車製造エンジニアリングおよび技術の重要な開発方向であり、超高強度鋼（UHSS）、特に高度な高強度鋼（AHSS）、第3世代自動車鋼、アルミニウム合金技術、鋼 - アルミニウムのハイブリッドボディ溶接技術、マグネシウム合金技術、炭素繊維複合材料技術の軽量化技術は徐々に量産および産業用途に入ってきている。

一. 高強度鋼

高強度鋼はすでに業界全体に普及しており、高強度鋼冷間成形技術と高度な高強度鋼熱間成形製造技術と製品は、基本的アルミニウムとマグネシウム合金と比較して、衝突性能と製造コストの面で明らかな利点がある。これに基づいて、車台を軽量化するためのコストを大幅に増加させない。現在、ボディ軽量化・安全性・コスト削減は中国自動車製造技術の面研究方向のため、最終的に自動車における高強度鋼の重量割合は一般に 50% 以上に達するだろう。

先進高強度鋼の分野では、コールドプレス加工が全国的に普及しており、引張強度が 590～980MPa 以上の製品は、材料の国産化、製品自主開発、現地工場の金型製造を基本的に実現した。同時に、1200-1400MPa のコールドプレス加工の高強度鋼の研究開発と製品応用は、多くの企業の研究の課題となっている。

超高強度鋼の分野では、現在の段階では、引張成形強度が 1500MPa を超える製品の開発と応用は、主に熱間成形技術に依存する。中国では 150 を超える熱間成形ラインが稼働しており、世界のどの国よりもはるかに進んでいる。形成された製品は、A ピラー、B ピラー、ストリンガー、ビーム、シル、フロントバンパー、リアバンパー、ドアバンパー、センターコンソール、フロントベゼルなどのキーおよびキー製品の熱成形を実現し、車種によって 60 を超える熱間成形部品を車両全体に広範囲に実装している。同時に、2000MPa 以上の引張強度を持つボロン鋼材料、局所軟化、パッチプレート、超高強度補修インサートなどの新技術の開発も進んでいる。OEM メーカー、鋼板メーカー、部品メーカー、設備メーカーなどの共同努力により、安全性向上、軽量化、モジュール化された生産技術の向上、低コストの製造技術が業界全体のトレンドになっている。

表 1 省エネおよび新エネルギー自動車の軽量技術ロードマップ

項目	2020 年	2025 年	2030 年
車両重量	2015 年比から 10%減	2015 年比から 20%減	2015 年比から 35%減
高強度鋼の応用	強度 600MPa 以上の AHSS を 50%使用	第三世代の自動車鋼は車体全体の重量の 30%を使用	2000MPa 以上の高強度鋼を適量使用
アルミニウム合金の量	190kg	250kg 以上	350kg 以上
マグネシウム・マグネシウム合金の量	15kg	25kg	45kg
炭素繊維強化複合材料の量	適量使用、使用コストは 2015 年比よりも 50%削減	使用率を車体重量の 2%、コストは 2020 年比より 50%削減	使用率を車体重量の 5%、コストは 2025 年より 50%削減

熱間成形技術はヨーロッパで始まり、2015 年以前生産ラインは主に欧州企業の供給に依存しており、現在、東アジアにおける加熱炉、熱間成形プレス、高速レーザー切断機、自動溶接技術の発展と成熟に伴い、韓国と中国の現地生産ラインのインテグレーターはかなりの中国市場シェアを占めており、生産ラインの固定設備投資の大幅な削減（50%近く、生産ラインの種類ごとの価格は欧州のサプライヤーの1/3に達している）により、欧州の設備サプライヤーへの大きな押し出し効果を形成している。熱間成形スタンピング製品のボロン鋼（BORON STEEL）は、中国の鉄鋼サプライヤーが、ベア（非コーティング）製品の分野では絶対的な市場優位性を形成している。ヨーロッパのメーカー（Arcelor）のアルミニウムシリコンコーティング技術の特許保護期間の終わりにつれ、宝鋼を代表とするローカルスチールサプライヤーが主導し、アルミニウムシリコンコーティングされたホロン鋼材の開発が完了した為、大規模な代替応用とコスト下落は勢いに逆らえない。

材料のローカライズ、生産ラインのローカライ

ズ、および製品の大規模な適用により、超高強度の熱成形製品のサポートコストは、2010 年代初期の35～40 元/kg から約20 元/kg の価格帯に急速に低下した。そして、15 元/kg の元値に低落し始め、この傾向は客に中国の自動車会社、特に新しい自動車製造会社を刺激し、新しいエネルギーモデルで熱成形製品の適用範囲と開発範囲を拡大し、好循環形成している。

二. アルミニウム合金

アルミニウム合金は、鋼と比較して、高強度と耐食性の利点があり、従来の鋼材料と比較して、アルミニウム合金製の自動車部品は重量を30%～50%削減できる。マグネシウム合金、炭素繊維および他の材料と比較してもアルミニウム合金はより手頃な価格であり、プロセスは比較的成熟しており、生産効率は比較的高い、今も広く使用されている軽量素材である。

現在、自動車用アルミニウム合金は、主に鋳造アルミニウム、鍛造アルミニウム、アルミニウムシート、アルミニウムプロファイルである。急速凝固アルミニウム合金、粉末冶金アルミニウム合

図1 自動車で使用されているアルミニウムの中国、欧州およびアメリカの比較（単位：kg）

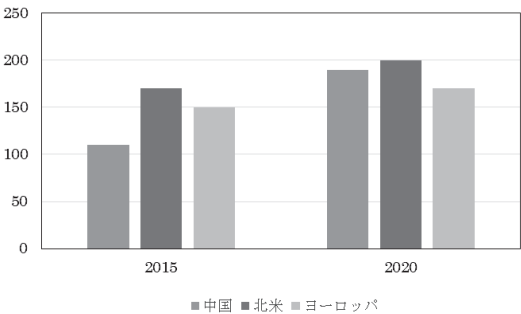


表2 中国政府のアルミニウム合金ボディの政策目標

	2020 年	2025 年	2026 年～
車両内のアルミニウム合金の割合	15%	20%	30%
アルミニウム合金板金プレス製造技術の実現可能率	50%	100%	
アルミニウム合金の溶接技術（アルミニウム+アルミニウム、アルミニウム+鋼、アルミニウム+マグネシウム）	鋼+アルミニウム、アルミニウム+マグネシウムシーム溶接、スポット溶接に適した接合強度制御技術を開発 接合部疲労強度が抵抗スポット溶接の50%を超える	鋼+アルミニウム、アルミニウム+アルミニウム、アルミニウム+マグネシウムの効率的な溶接を実現する新技術 接合部の疲労強度は、抵抗スポット溶接の2倍 コストは、抵抗スポット溶接のコストに近いが、わずかに低い	鋼+アルミニウム、アルミニウム+アルミニウム、アルミニウム+マグネシウムを溶接するための新技術 接合部疲労強度は、抵抗スポット溶接の2倍以上 コストは、抵抗スポット溶接のコストに近いが、わずかに低い

金、超塑性アルミニウム合金、アルミニウムベースの複合材料、発泡アルミニウム材料などの新しい材料の開発と適用により、自動車におけるアルミニウム合金の適用範囲は将来更に拡大する。

現在、中国産の自動車用アルミニウム合金では、鋳造アルミニウムが最も重要な部分を占めて、大多数の従来のモデルで使用されており、アルミニウムの約80%を占め、主に駆動システム部品、ハウジング部品、シャーシの数十種類の製造に使用されているパーツである。なかでも、鍛造アルミニウムは機械的特性が優れており、鍛造アルミニウムホイール、ラテラルステアリングフォーク、その他の自動車製品などに徐々に採用され始めている。

新エネルギー自動車の製造分野では、3つの電気システムの開発と製造、特にバッテリーハウジング、モーターハウジング、シャーシステアリングとサスペンション、その他のコンポーネントで、鋳造、鍛造、押出プロファイルが広く使用されている。さらに、車両全体の軽量化の鍵は、ボディアセンブリの軽量化である。前世紀の終わりから、アルミニウムプレートとアルミニウムプロファイルは、ボディフードの外側パネル、フロントフェンダー、トッパカバー、荷物カバー、バンパー、キャビンの床構造、熱交換器、さらにはアルミ製ボディそして後にドアにも使用されてきた。

自動車ボディアルミニウム合金シートは主に2000系合金、5000系合金および6000系合金である。現在、アウディ、キャデラック、シェリージャガーランドローバーなどの中国高級車は全て軽量化の目標を達成するために多数のアルミニウム合金プレートを採用しており、その中でもジャガーXFLとXELモデルの車両全体のアルミニウム合金消費量は75%の高レベルに達し、新エネルギー自動車の新しい勢力である蔚来（NIO）汽車のES8およびES6モデルは94%の新しいベンチマークレベルに達している。

アルミニウム合金の多数の用途を制限する主要因は次のとおりである。

アルミニウムの性能と技術の改善と改善が必要であると同時に、高価格対策が必須要因であり、アルミニウム合金板の価格は25～35元/kgで、鋼板材料の4～5倍である。そのプレスと接続（溶接）の生産プロセスの比較的高い難易度と生産設備への高い投資により、新車製造業界の大手企業を除き、業界全体でアルミニウム合金材料の普遍的な適用を達成することは困難である。

アルミ合金板材の分野では、これまで、ノベルス（NOVELIS）と神戸製鉄所は、5シリーズおよび6シリーズ以上のアルミ板本体市場をほぼ独占し、特に特許および海外モデル認証を通じて、ボディカバー用の6シリーズ以上のアルミニウム合金板の高級用途市場を独占してきた。

ただし、中国の自動車メーカー（特に例えば吉利、奇瑞、広汽、長安和蔚来（NIO）等の従来の自動車メーカーの新エネルギーセクター）と、南西アルミニウム、忠旺、中国鋁などの積極的な推進により、この分野における中国のアルミニウム合金材料企業の大規模な投資は、徐々に5000系アルミニウム合金シートのアプリケーションを中国のサプライヤーにシフトし始め、6000系以上のハイエンド材料のサプライチェーン最適化も徐々に促進されている。その結果、元々高コストであったアルミニウム合金材料は、基本的に2025年頃にローカライズされる予定である。この傾向は、車両用途におけるアルミニウム合金材料の幅と深さを大幅に加速し、大きな社会的利益及び経済的利益をもたらす。

アルミニウム合金溶接の分野では、主に2種類に分けられる：

- ・物理的溶接：クリンチング、ソリッドリベット、SPR、セルフピアスリベット、フロードリルねじ、FDS、およびタックリベットを含む）およびその他のプロセス。
- ・フュージョン溶着：アルミニウムスポット溶接、冷間金属移行溶接（CMT）、レーザー溶接、レーザーアークハイブリッド溶接、摩擦攪拌溶接（FSW）および摩擦スポットジョイント（FSJ）。

リベット留めプロセスを除き、上記の2種類のアルミニウム合金溶接プロセスは欧米企業に独占されたため、様々な生産標準部品（リベット、SPRおよびFDSねじなど）、ゴム製品を伴うプロセス技術標準および機器標準も、技術仕様を備えた海外のサプライヤーによる事実上の技術的閾値を形成する。その中でも、特に、BOLLHOFF、TUCKER、HENROB、EMHART、TRUMPF、FRONIUS、TOXなどの外国の機器会社は、上記の2～3のプロセス、機器、標準部品、技術標準に関する業界独占を達成し、機器と生産ラインへの投資を引き起こした。全体的コストは高いままであり、生産コストと製造コストを効果的に制御することは困難である。これは、新エネルギー自動車会社での関連プロセスの広範な適用を大幅に制限している。

同時に、アフターメンテナンスの面では、アルミニウム合金部品の修理の根本的な欠陥がある。アルミニウムボディの修理サービスを提供できる修理工場は稀である。一般的なスクラッチ傷や事故車両の組み立ては、交換組み立て方法を使用するため、アフターサービスのコストを増やすだけでなく、メンテナンス期間も長くなる。

要約すると、材料の高コスト化+製造プロセスの高難易度化+生産設備の市場独占特性およびアフターセールス市場の修理不可能な特性により、アルミニウム合金製品は新エネルギーモデルの大規模大量生産に使用されなかった。

これまでのところ、蔚来（NIO）の新エネルギー自動車製造用のアルミニウム合金の大規模な使用に加えて、奇瑞汽車、広州汽車、長安自動車、吉利汽車、およびその他の従来のエネルギー部門の伝統的なエネルギー会社のみが、新しいモデルの試験開発および少量のためのアルミニウム合金の小規模な適用を試みていた。生産力が市場に投入され、一部の新しいエネルギーモデルでは、軽量化とコスト管理のバランスを取るために、鋼とアルミニウムのハイブリッドボディ開発計画が採用された。

三. マグネシウム合金

現在、マグネシウムは産業用途では最も軽い金属であり、マグネシウム比強度と剛性が高く、マグネシウム資源が非常に豊富であるため、マグネシウム合金は最も有望な自動車用軽量材料として認識される。軽量化効果は最大70%でより顕著であるが、マグネシウムの化学的性質は活発であり、不安定な品質、高価格、腐食耐性が低いなどの好ましくない要因があり、自動車への大規模な適用を制限されている。しかし、2015年には、中国の自動車で使用されるマグネシウムの量はわずか1.5kgに対し欧州で使用されるマグネシウムの量は14kgに達し、今後、成長の余地がある。

マグネシウム合金に関する研究を経て、中国は一部のモデルでダイキャストマグネシウム合金のギアボックス、ハウジング、ステアリングホイールの骨格を採用した。近年、自動車へのマグネシウム鋳物の適用は増加を続けており、ステアリングホイールの骨格、トランスミッションボックスボディ、クラッチハウジング、エンジンバルブカバー、シリンダーヘッド、シート骨格、インストルメントパネル、インテークマニホールド、ホイール、ドアフレームなど、60種類以上のマグネシウム合金部品が自動車に適用されている。これら

図2 自動車で使用されているマグネシウムの量、欧州、アメリカ、日本との比較

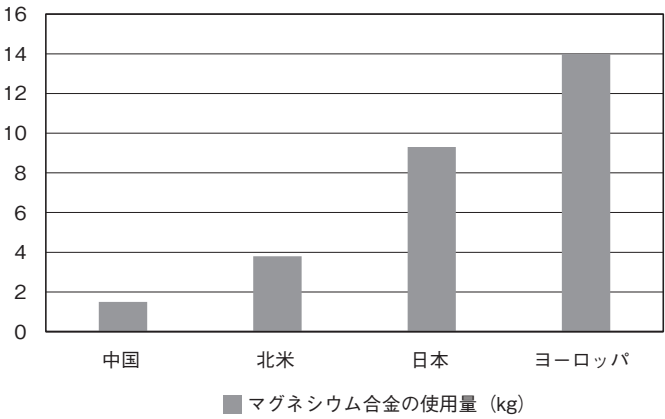


表3 中国のマグネシウム合金ボディの政策目標

	2020 年	2025 年	2026 年～
車両質量における マグネシウム合金の割合	1.2%以上	2 %以上	4 %以上
プレス技術			ボディマグネシウム合金シート 技術の達成率 10%
溶接技術		アルミニウム+マグネシウム、 マグネシウム+マグネシウムの 新技術のブレークスルー	アルミニウム+マグネシウム、 マグネシウム+マグネシウム溶 接の信頼性が高く効率的な新技 術の形成

のほとんどは鋳造によって製造される。

同時に、マグネシウム合金は明らかな異方性、張力と圧縮の非対称性、ひずみ速度感度などを示したため、マグネシウム合金の構造設計の技術的な複雑さが増す。特に、鍛造マグネシウム合金は、従来の低炭素鋼よりも靱性が低く、構造に衝撃が加わると脆性破壊を起こしやすい。

マグネシウム合金の特殊な機械的特性は、自動車部品へのマグネシウム合金の使用する際の大きな課題である。マグネシウム合金製品の開発、機械的特性の研究、および新エネルギー自動車製品への幅広い応用が、今後の研究開発の焦点となっている。

四. 炭素繊維複合材料

現在、中国の炭素繊維複合材料市場は主にスポーツとレジャーの用途に集中しており、航空宇宙および産業分野への応用はまだ開発段階にある。中国政府は、国家重点基礎研究開発計画に高性能炭素繊維複合材料を盛り込んでいる。炭素繊維複合材料は、低密度、高強度、耐食性などの優れた特性を有している。炭素繊維複合材料の密度は低く、アルミニウムより30%軽く、鋼鉄より50%軽い。引張強度は鋼鉄の7～9倍である。炭素繊維は鉄骨構造を置き換えることで、40%～60%の軽量化を達成できる。一方、炭素繊維複合材料は統合することが容易であり、特殊な成形および接着プロセスはスタンピングおよび溶接プロセスに取って代わることができるため、部品数を減らすことができる。また、衝撃吸収性能は金属材料の5倍あり、衝突安全性と衝撃吸収性能を改善でき、将来の自動車材料の主な開発方向である。しかし、中国の自動車用炭素繊維複合材料研究は始まったばかりであり、まだ技術の調査と蓄積の段階にあり、原料の高コストと低処理効率は、炭素繊維複合材料の促進と応用を依然として妨げている。今後は炭素繊維製造技術の進歩とスケール効果の増大により、技術的およびコストの壁を打ち破り、業界の変革点を切り開くことが期待される。炭素繊維が高価格であるため、その使用範囲

は大幅に制限されている。中国の T300-T800 グレードの炭素繊維は80-350 元 /kg であり、アルミニウム合金よりもはるかに高い。したがって価格の閾値を下げることによって炭素繊維の使用量を広げることができる。

2005 年以来、日本と米国は炭素繊維の中国への輸出を厳しく管理してきたため、中国は炭素繊維製造の分野で莫大な人的・物的資源を投資した。現在、中国の高性能炭素繊維は徐々に外国の封鎖を打ち破り、T300 および T700 炭素繊維製品は軍事および民間分野で大規模に投入し始めた。

中国の炭素繊維の準備プロセスにおけるいくつかの一般的な機器とプロセスの互換性、対応する特別な機器の設計と技術変換に必要な基礎研究支援の欠如、特別な機器の製造レベルとシステム統合能力は比較的低く、主流化の導入と模倣は包括的な炭素繊維インジケータの調整と制御性は高くなく、中国の炭素繊維のコストは効果的に解決されておらず、炭素繊維の工業化の発展に影響を与えている。

長年の政府の支援と会社の努力のを通じ、第3、4段階の燃料消費量制限の圧力の下で中国の自動車企業が、積極的に解決策を模索しており、一部の企業は T300 および T700 炭素繊維製品を大規模に生産している。すでに自動車製品に関しては需要には基本的に対応することができる。生産技術の成熟と新製品の導入と量により、スケール効果を達成した後、コストはさらに削減され、自動車、特に新エネルギー自動車の分野で大規模に使用されることが期待される。

現在、バッテリーパックのエネルギー密度を上げる速度は、マイレージ不安の問題を完全に軽減するにはまだ十分ではなく、また、価格を短期間で大幅に下げることが困難である。上海汽車、長城、奇瑞、北京汽車、比亞迪、寧徳時代新能源科技、蔚來 (NIO)、賽麟などの新エネルギー自動車製造会社を含む多くの自動車工場と部品サプライヤーは、将来の自動車への炭素繊維複合材料の応用に関する研究を積極的に行っている。

表 4 炭素繊維強化複合部品製造技術に対する中国の政策目標 -2015 年基準

	2020 年	2025 年	2030 年
車両重量	25%減	30%減	40%減
歩留まり	90%	95%	99%
炭素繊維コスト (1 kg あたり)	100 元	70 元	50 元
生成サイクルタイム	3 分 / 件	2 分 / 件	1 分 / 件

五. 先進的な製造プロセス

高強度鋼、アルミニウムマグネシウム合金、プラスチック、複合材料などの多数の軽量材料と構造溶接が車両の軽量化を実現すると同時に、それに応じる製造プロセスも応用されるようになった。先に紹介した広く使われている熱間プレス成形工程のほか、主に新エネルギーモデルのボディ構造接続に適用される接着・溶接工程に中国の様々な新エネルギー開発企業から注目されている。BMW「i3」やテスラなどの製造プロセスへの研究をベースに、新型車種のパイロット生産に一部の新しい製造プロセスを応用されている。

一方、高圧内空洞油圧成形、レーザー溶接、レーザー接合などのいくつかの新しい成形および接合プロセスも、自動車構造の質を大幅に下げる可能性がある。例えば、一部のモデルのサブフレームは、元々プレスおよび溶接技術によって生産されたものを高圧内空洞油圧成形技術を用いて、5～6部品を1部品にすることで総重量は30%以上削減され、軽量化を実現する。その結果、高圧内部空洞油圧成形やレーザー溶接などの高度な技術が広く使用されており、自動車の軽量化技術の重要な一部となっている。

自動車の軽量化におけるレーザー溶接の成功例は、板金のレーザー溶接である。つまり、様々な厚さ、材料、強度、プレス特性、および異なる表面処理条件のブランキング部品と一緒に溶接されて大型のインナープレートタイプの部品をプレスするための表面仕上げができるこのスプライシングボードブランキングピースの使用は、合理的なプレス部品の強度を得て質を下げただけでなく、部品と金型数を減らし、寸法精度を改善し、構造の剛性と強度を改善する。したがって、設計と開発サイクルを短縮し、材料の無駄を減らす。様々なレベル、厚さ、および性能の鋼板を最も合理的に使用することで、ボディ重量とコストが削減できる。

現在、中国の主流メーカーはレーザー溶接技術を採用している。溶接板で作られた構造には、車体のサイドフレーム、ドアインナーパネル、フロントガラス窓フレーム、ホイールカバーパネル、フロアパネル、中間ピラーなどが含まれるが、車両の衝突性能と耐食性は向上する。

自動車製造におけるレーザー溶接の別の重要な用途は、車体フレームのレーザー溶接である。自動車の車体部品の従来の溶接方法は、スポット溶接であり、これは断続的な溶接であるが、レーザー

溶接は連続的な溶接であり、スポット溶接の断続的な溶接よりも負荷をよりよく伝達し、車体の剛性と強度を向上させる。同時に、レーザー溶接技術を使用すると、ボディのプレス加工の重なり合うエッジの幅が小さくなり、鋼板の使用量が減少し、ボディの質を大幅に低下させる車体プレス部品のラップ幅が減少する。

新エネルギー自動車市場が成熟し成長し続けているため、中国市場はまだ炭素繊維材料の大量使用や、全アルミニウム製車体を受け入れることができていない。安全性、軽量化効果、総製造コストの関係をバランスよく総合的に検討するため、鋼・アルミニウムハイブリッドボディは、この段階および近い将来における新エネルギー自動車開発の主流になるであろう。

広州汽車は、さまざまな鋼・アルミニウムハイブリッドボディの開発に成功している。蔚来(NIO)が計画した3番目のモデルは、以前の2つのモデルの純アルミニウムボディ構造も放棄し、鋼・アルミニウムハイブリッドの方向への開発投資を増やしている。奇瑞、上汽、吉利、長安、上汽通用、五菱などの主流の中国自動車メーカーは、鋼・アルミニウムのハイブリッドボディの分野で新しいモデルの試作と開発を実施している。そのため、2020年末から2021年にかけて、鋼・アルミニウムのハイブリッドボディ構造を使用した多数の新しいエネルギーモデルが、コストパフォーマンスとレンジパフォーマンスの向上とともに市場に投入されると予想される。

六. まとめ

中国に新エネルギー自動車産業は10年以上前から台頭してきており、新エネルギー自動車技術開発などの分野で多くの議論や調査を経験しており、まだ多企業リードの競争段階にある。製造業分野では国家産業政策と軽量化技術ロードマップの明確化に基づいて、構造最適化設計、さまざまな軽量新素材の使用、高度な製造プロセスの導入は、さまざまな企業のコンセンサスと努力方向性になる。

構造最適化設計の観点：CAEなどのコンピュータ支援設計技術が車両部品および構造設計で一般的に使用されているため、サイズの最適化、形状の最適化、およびトポロジーの最適化が車両の軽量化に推奨される方法になり、車会社によって広く使用されている。構造は車両全体の重量を減らすために最適化されており、それにより

車両全体の究極の軽量化を達成し、車両のパワー、快適性、動作安定性を最適化する。

材料研究の観点：単一の材料では自動車構造の軽量要件を最大限に満たすことは難しいため、複数の材料の混合構造の設計理論、方法、および対応するプロセスの研究、異なる部分で異なる材料を使用し、さまざまな材料の利点を最大限に活用し、材料の選択とコンポーネントの機能の最適な組み合わせを実現できる。この種のマルチマテリアル統合設計理論と方法は、自動車の軽量化技術の研究ホットスポットになることが予測される。

製造プロセスに関して、アルミニウム・マグネシウム合金材料のプレスプロセス、新材料の接着、結合プロセス、油圧成形及びレーザー溶接がより広く使用されている。

また、部品の軽量化にも重点を置く。現在、自動車の軽量化技術の研究はボディ構造を中心に行われており、構成部品の総質量は車両総質量の約3/4を占めており、軽量化の可能性は大きい。特に、三電システム、車軸、サスペンションなどの基幹部品の軽量化研究は、OEMとシステムアッセンブリーサプライヤーの共同作業のもとで、今後さらに注目されることになる。

要するに、さまざまな軽量技術が互いに補完し、軽量方法の利点を十分に発揮し、自動車材料の選択、構造設計、プロセス設計の体系的かつ統合された方法を研究する。つまり、軽量技術の体系化と統合が中国の自動車産業、特に新エネルギー自動車企業の軽量化技術の発展の方向性となる。

しかし、中国の新エネルギー自動車産業が大きな進歩を遂げたとしても、材料やプロセス、あるいは設計最適化方法において、中国はまだ軽量化の分野で独自の主要な理論的革新を持っていないことを深く掘り下げて見つけることができる。この段階では、中国の新エネルギー産業全体は、世界の新エネルギー技術の大国の技術を導入し、消

化する段階にある。

この大きな欠点は、軽量材料プロセス計画および生産ライン投資の分野で明らかである。材料選択、工程ルート計画、製品性能検証、品質検証などのさまざまな細分化された分野では、各分野で海外の技術開拓者や独占企業の制約を受けることが非常に顕著である。その結果、中国の新エネルギー自動車の価格性能比を迅速かつ効果的に改善することができず、2025年の製造業大国目標達成の足を引っ張っている。

中国で自動車の軽量化研究が始まってから10年以上が経過したが、新エネルギー自動車の台頭により、先進国に追いつきつつある。軽量化の進展は、自動車の電動化、省エネ、排出ガス削減、性能向上などの複数の要求に後押しされており、その中でも新エネルギー自動車セグメント市場が最初の突破口になると予想される。

中国市場は広大であり、一方で、外国の先進国と比較して、中国の軽量化技術は遅れて始まり、平均的な車両質量は重い。そのため、外国の軽量材料と性能比較とすることで中国にはまだまだ多くの発展の余地がある。一方で政策推進の恩恵を受けて、中国の新エネルギー自動車産業の急速な発展は軽量化の需要を促進し、自動車会社が軽量化の方向に着実に前進することを促している。

同時に、軽量化技術は、全体的な新エネルギー自動車技術の開発を促進する。電気自動車の軽量化は、それを達成するために複数の部門の調整と協力を必要とする複雑なシステムプロジェクトであり、自動車生産企業の各部門は、関連する技術レベルを向上させてさまざまなタスクを正常に完了させる必要がある。電気自動車メーカーにとって、電気自動車の軽量技術を掌握することは、将来の電気自動車市場で積極的な地位を占めることと同等であり、他社よりも競争力を持つこととなる。

第十二章

中国の水素エネルギーと水素燃料電池における研究開発状況と動向

柴 茂栄 埼玉工業大学教授
梅 武 中国国家電力投資集団
李 海文 九州大学准教授

第十二章

一. 中国の水素エネルギーの研究開発状況

新しいエネルギーの中で、水素エネルギーは二次エネルギーとして、幅広い資源、再生可能、大きな密度、無公害という利点がある。また、高効率、清潔、環境保護で世界各国から高く評価される。世界の環境問題、特に地球温暖化問題がますます深刻になり、エネルギーの節約と化学物質排出量の削減、二酸化炭素排出量の削減に伴い、ゼロエネルギー資源としての水素エネルギーは徐々にエネルギーと環境の問題を解決する新しい方法になった。そして、徐々にグローバルな将来のエネルギー技術の変革とエネルギー産業の競争の重要な分野になる。

現在、中国の水素エネルギー産業は、北京・上海・広州を中心に北京・天津・河北省、揚子江デルタ、珠江デルタという3つの水素エネルギー産業の地域を形成している。その中で、上海、江蘇、浙江および山東に代表される最も広範な水素エネルギー分布を持つ東部地域は、中国での燃料電池車の開発と実証の最も早い地域である。統計によると、北京、上海、広東、江蘇、山東の企業が最も集中しており、国全体の水素生産量の約66%を占めている。

近年、水素エネルギーは中国のエネルギー開発戦略に組み込まれており、エネルギー消費構造の最適化とエネルギー供給安全確保のための中国の戦略的選択となる。国家は、水素エネルギー産業の発展を促進するために、いくつかの重要な計画と実施方針を次々に策定しており、水素エネルギーと燃料電池技術の開発は主要な課題としてリストされている。「国家中長期科学技術開発計画（2006-2020）綱要」から「エネルギー開発戦略行動計画（2014-2020）」、「エネルギー技術イノベーション行動計画（2016-2030）」および「『十三・五』国家科学技術イノベーション計画」、「戦略的新興産業向けの主要製品およびサービスのガイダンスカタログ」まで、技術ルート、開発目標および財政的補助金などから、水素エネルギーと水素燃料

電池車へのサポートを強化するのである。2019年、浙江省、山東省、江蘇省、海南省、安徽省を含む18の省が水素エネルギー産業の支援政策を発表した。

市場においては、この2年以来国内の水素エネルギー産業はホットな産業となりつつある。中央企業を含む多数の企業と資金が参入し、産業エネルギー部門は少なくとも12社の中央企業が、水素生産、水素燃料電池の研究開発、水素燃料ステーション及び最終製品の燃料電池車といった水素エネルギー事業に関与している。中国の新エネルギー自動車産業チェーンの建設は準備段階に入っており、水素エネルギー車産業は工業化の条件を持ち始める。車両性能、耐用年数、環境適応性などにおいては従来の車に匹敵できる。水素エネルギー技術が次第に成熟し、大規模な水素生産が進展するにつれて、水素燃料電池自動車の製造コストと使用コストは低下し続け、競争力は高まっている。すべての地域で水素燃料供給インフラの建設に注力しており、水素燃料補給ステーションの建設が加速しており、急速な成長傾向を示している。

産業チェーンから見ると、水素エネルギーの主な産業チェーンには、上流の水素製造、貯蔵、輸送など、及び下流の水素燃料補給ステーションや水素エネルギー燃料電池の応用などが含まれる。現在、中国は水素エネルギーインフラストラクチャと燃料電池関連のコア技術の一部を掌握しており、ある程度の産業設備機器と燃料電池自動車完成車の生産能力を持っている。

1.1 水素の製造

水素は工業用ガスとして長い歴史を持っている。主な生産方法は、化石燃料からの水素生産、工業生産からの水素副産、および電解水からの水素生産である。バイオマスからの直接水素製造や光分解水からの水素製造など、他の技術ルートは収率が低く、まだ実験および開発段階にあり、水素製造のレベルにはまだ達していない。現在世界

で主流の生産方法は、化石エネルギーからの水素生産である。そのプロセスは成熟しており、さまざまな規格や仕様は完璧である。中国は主に石炭からと産業副産物として水素を生産している。この点で、このテクノロジーは先進国にそれほど遅れておらず、ある程度の産業上の利点がある。2018年に中国の水素生産量は約2,100万トンで、世界の総生産量の30%以上を占めている。換算された発熱量は、中国の最終エネルギー消費量の2.7%を占め、そのうち石炭から水素は1000万トンで、産業副産物の水素は800万トンである。現在、中国の水素の平均年間需要は約2200万トンであり、その大部分は石油精製、化学生産、鉄鋼冶金の分野で工業用ガスとして使用される。水素エネルギー市場の発展に伴い、中国の年間平均水素需要は、2030年と2050年にそれぞれ3500万トンと6000万トンに達すると予想される。2050年で換算される発熱量は、最終エネルギー全体の10%を占める。水素燃料電池自動車は、一般的な工業用ガスよりもはるかに水素の要件が高く、硫化物や一酸化炭素などの不純物ガスの含有量を浄化して大幅に削減する必要があるということを指摘しておく必要がある。

化石燃料からの水素製造は、主に天然ガスと石炭を使用する。中国では天然ガスが不足しているため、天然ガスからの水素の生産量が少なく、価格競争力も強くないである。中国は石炭資源が豊富で、その原材料コストが低い。石炭から水素を製造するコストは8-10元/kgである。石炭によって生成される1キログラムの水素には、5.5~11キログラムの二酸化炭素が伴い、これは「グレー水素」と呼ばれる。脱硫などの浄化のコストと、低炭素化が求める二酸化炭素回収および貯蔵技術(CCS)のコストを考慮すると、水素製造のコストは15~20元/kgである(CCSにより炭素排出を回避した水素は、「ブルー水素」と呼ばれる)。国家能源集団と中国石化集団は、石炭から水素を製造する中国のリーディングカンパニーであり、それぞれ数百万トン/年の水素製造能力を備えている(数千万台の燃料電池乗用車の水素消費量に相当)。

産業副産物の水素には、主に塩素アルカリ副産物水素、コークス炉ガスによる水素生産、軽質炭化水素分解による水素生産が含まれる。石炭からの水素製造と比較して、水素精製はそれほど難しくなく、副生ガスのコストと精製のコストを考慮した後、水素製造の総合コストは10~20元/

kgである。現在、国内の塩素アルカリ工場で発生する副生水素の約30%が直接排出されており、理論的には100万台以上の燃料電池乗用車に供給することができる。この分野の主な企業は、濱化股份、衛星石化、東華能源、美錦能源である。

電解水からの水素生成は、電気化学反応により電気エネルギーを化学エネルギーに変換することで、水を構成要素である水素と酸素に分解する。これは、水力、風力、太陽光発電などの再生可能エネルギーから水素を生成する主な手段である。電解水による水素製造技術には、プロセスが簡単で水素純度が高いという利点がある。再生可能エネルギーから水素を製造する場合、プロセス全体で二酸化炭素は生成されていない。生成された水素はグリーン水素と呼ばれている。具体的な技術ルートが主に3つあって、アルカリ法、固体高分子膜法(SPE)、実験室研究開発の状態での固体酸化オブジェクトモード(SOE)である。現在、アルカリ機器のコストは比較的に低く、国内の単一水素生産能力は600~1000立方メートル/時間に達している。SPE法で使用される貴金属触媒などの原材料は高価であり、機器のコストは比較的高くなるが、応答速度が速く、幅広い変動負荷、高効率、機器サイズが小さく、他の方法よりも再生可能エネルギーからの水素製造に適している。中国では単一ユニットの最大水素生産能力は1時間あたり50立方メートルである。現在の電力価格0.4-0.6元/kWhで計算すると、アルカリ電解水により生成される水素のコストは約30-45元/kgであり、石炭からの水素生産および副産物としての水素生産よりも高くなっている。現在、水素の生産コストの80%以上を電気のコストが占めており、電気料金的大幅な引き下げにより、電解水製造技術の競争力が大幅に向上する。0.2元/kWhの電力価格では、水素生産のコストは20元/kgを下回ると予想される。これは石炭から水素を生産するコストに相当する。現在、毎年約1,000億キロワット時の再生可能エネルギーが廃棄されている。水力発電は、水を電気分解して約200万トンの水素を生成するために使用できる。主な企業は、中国船舶重工集团公司七一八所、天津大陸製氢、蘇州競立、中電豊業、山東賽克塞斯、淳華氢能、大連物化所などがある。近年、国家電投集団のような大規模なエネルギー中央企業も、水素の電解水製造の分野で積極的に展開し始めている。

現在、中国の水素エネルギー市場はまだ初期段

階にある。全体として、水素の供給は十分である。低価格の石炭ベースの水素と産業副産物の水素は、市場での水素供給の主要な技術であり、水素燃料電池車の用途には、水素品質の良い産業副産物の水素がより適しているかもしれない。中国の総水素生産量の中で電解水によって生産される水素の割合は比較的低いが、水素（グリーン水素）を生産するための再生可能エネルギーの使用はまだ規模を形成していない。長期的には、化石エネルギーから再生可能エネルギーへの移行は避けられない傾向である。電解水素製造技術は主流の水素製造技術になると期待されている。中国は広大な国であり、さまざまな地域の資源賦存、技術経済、環境保護を考慮すると、地域ごとに異なる水素製造技術ルートが選択されることが予想される。中国における再生可能エネルギーの賦存と近年の急速な発展を考慮すると、水素エネルギーは大規模な再生可能エネルギー貯蔵技術として機能し、徐々に中国の国家主流エネルギーシステムに参入し、国家のエネルギー安全保障を支える重要な柱になると予想される。電解水技術の進歩と中国のエネルギー政策の支援により、中国ではグリーン水素の割合が急速に増加すると予想される。再生可能エネルギー電解水素生産の規模は、2030年に1,800万トン、2050年に4,000万トンに達し、最大の水素生産方法になると推定されている。

1.2 水素の貯蔵と輸送

水素エネルギー産業チェーンにおける重要な部分として、安全で効率的かつ経済的な水素貯蔵および輸送技術も、水素エネルギー産業の健全かつ急速な発展のための重要な技術である。水素の貯蔵と輸送は、気体、液体、固体の3つのモードで実現できる。

水素の気体輸送は通常圧縮水素であり、パイプまたは長いチューブトレーラーを介して水素源からユーザーに輸送される。パイプライン水素輸送の初期投資と建設コストは比較的高く、その輸送コストは水素の利用率の影響も受ける。これは大規模で短距離のポイントツーポイント輸送に適している。長いチューブトレーラーはヘッドとチューブバンドルトレーラーで構成されている。チューブバンドルは通常、直径約0.5m、長さ約10mの9本のスチールシリンダーで構成されている。シリンダーの設計された作動圧力はほとんど20MPaで、国内最高仕様は45MPaである。一般的に使用されるロングチューブトレーラーは、

技術的に成熟しており、仕様が完全で、水素燃料補給ステーションに入れられる水素は、基本的にロングチューブトレーラーによって輸送される。この方法は、輸送距離が短くスループットが低いユーザーに適しているが、水素の体積エネルギー密度が低いため、水素輸送の効率を改善する必要がある。

水素のガス貯蔵には、主に高圧ガスボンベが使用される。高圧ガスシリンダーは、4つのタイプに分けられる。全金属スチールシリンダー（タイプI）、金属ライナーファイバー巻きシリンダー（タイプII）、金属ライナーカーボンファイバー完全巻きシリンダー（タイプIII）、非金属ライナーカーボンファイバーフル巻き取りシリンダー（タイプIV）である。タイプIおよびタイプIIのガスシリンダーは、それ自体が比較的重いため、搭載水素供給の大量水素貯蔵密度の要件を満たすことは困難である。したがって、アルミニウム合金ライナー付きのタイプIIIガスボンベは、中国の高圧水素ボンベの分野における主な開発方向である。現在、中国は対応する標準 GB/T35544-2017「カーボン圧縮水素アルミニウム合金ライナー炭素繊維完全巻きシリンダー」を公布し、実施しており、35 MPa および70 MPa の高圧水素貯蔵ボトルに適用できる。高圧ガス水素貯蔵は、シンプルな構造、圧縮水素製造の低エネルギー消費、高速な充填および排出などで多くの注目を集めており、現在、絶対的な地位を占める水素貯蔵方法である。高圧水素貯蔵容器は、高圧、高純度の水素環境で長く使用されてきましたが、通常、高圧水素脆性により材料の可塑性が低下し、亀裂伝播速度が加速され、耐久性が低下する。したがって、高圧水素貯蔵容器の場合、容器の安全性を確保するために、材料と高圧水素の適合性および容器の使用性能を検討する必要がある。

水素の液体貯蔵と輸送は、液体水素または液体水素化物によって実現できる。液体水素の純度は高く、その貯蔵密度は70.8kg/m³と高く、これは20MPa水素の密度の約4.9倍である。したがって、水素が液化した後、液体水素タンクトラックを使用すると、輸送効率が向上する。測定計算によると、ロングチューブトレーラーは300キロメートル以内の輸送ではコスト優位性があり、400キロメートルを超える中長距離輸送では液体水素はコストの優位性がある。中国の液体水素は主に航空宇宙に使用されている。これに対応して、稼働中の水素液化装置は航空宇宙の打ち上げ場所の近傍

に配置され、それらの機器は海外から輸入されている。現在、燃料電池自動車業界を中心に民間の液体水素技術の調査が行われている。水素液化の過程では、圧縮、冷却、膨張の一連のプロセスで大量のエネルギーが消費されるため、LNG 受入基地の冷熱を利用したり、磁気冷凍技術を開発したりして、水素の液化効率を向上させることが特に重要である。液体水素貯蔵タンクには高い断熱要件があり、二重壁構造を採用している。タンクの内壁と外壁の間の真空を維持することに加えて、熱伝達を減らすために炭素繊維と薄いアルミ箔の多層を配置する必要がある。それでも、液体水素化による蒸発損失は避けられないため、液体水素貯蔵タンクに安全弁を取り付けて、貯蔵タンク内の圧力が安全な作業範囲内にあることを確認する必要がある。

有機液体による水素貯蔵は、特定のアルカン、アルケン、アルキンまたは芳香族のアンモニアとメタノールによって水素を貯蔵する。アルカンおよびアルケン、アルキンまたは芳香族炭化水素の H_2 は、可逆反応により水素化および脱水素化できる。有機液体水素は、水素貯蔵密度が高く、輸送に便利であり、原則としてガソリンと同じ温度と圧力で貯蔵および輸送ができ、既存のガソリン輸送方法とガソリンスタンドの構造を直接使用できるという利点がある。しかし、脱水素化プロセスにはエネルギーが必要であり、炭素析出の不活性化、ガス不純物、脱水素化触媒の性能とコストといった問題はまだ研究されておらず、研究開発段階にある。さらに、水素の貯蔵媒体としての液体水素化物には一般的に、(1)熱力学的安定性が高い、(2)脱水素速度が遅い、(3)不純物ガスの放出、(4)触媒中毒、(5)パート 培地は室温で固体である、という問題がある。

水素の固体貯蔵と輸送は主に、物理吸着材料、金属水素化物、配位水素化物という3つのカテゴリに集中している。物理吸着水素貯蔵材料には、ナノカーボン材料、金属有機フレームワーク材料(MOF)、およびゼオライトが含まれる。液体窒素温度付近での水素貯蔵容量は5~7 wt%にもなるが、室温での容量は通常2 wt%未満である。材料には、AB 5 型希土類合金、AB 2 型ラーベス相合金、AB 型チタン系合金、Mg ベースの合金、V ベースの固溶体型合金というシリーズの合金材料が含まれる。水素化アルミニウム、水素化ホウ素、水素化窒素などは一般に水素含有量が高い(> 5 wt%) が、水素の吸収/脱着反応はより高い

温度でしか実行できない。水素分子の状態で保存された高圧水素または液体水素とは異なり、水素原子と金属または共有結合を形成する金属水素化物または配位水素化物は、水素と水素の間の距離をさらに短縮して高密度の貯蔵を実現できる。たとえば、中国の北京非鉄金属総合研究所は、従来の金属水素化物に基づいた低圧合金水素貯蔵システムを開発し、最近燃料電池バスで実証された。低圧合金水素貯蔵システムは、5 MPa の作動圧力、8.4 kg の有効水素貯蔵容量、および380 L の容量(35 MPa 高圧水素タンクの容量の1/3に相当)を備える。このシステムは、35MPa 高圧水素よりも高密度で安全な固体水素貯蔵ソリューションを提供する。

要約すると、水素の気体、液体、固体、および有機の4つ貯蔵および輸送方法にはそれぞれ独自の利点があり、具体的な応用シーンと密接に組み合わせる必要がある。主要技術のブレークスルーを加速し、原料の水素貯蔵および輸送機器への完全なローカライズを実現する。

1.3 水素ステーションの開発利用状況

中国国内の水素ステーションは、水素が現場で生産されるかどうかに基づいて、外部供給の水素ステーションとオンサイト製造の水素ステーションに分けられる。外部供給の水素ステーションには水素製造装置がなく、水素は長いチューブトレーラー、液体水素タンカーまたはパイプラインを介して水素ステーションに輸送された後、所内で圧縮、貯蔵、充填を行う。外部供給の水素ステーションはシステムがシンプルで、メンテナンスが容易で、設備投資が比較的低いが、輸送半径と水素輸送の頻度によって制限され、長距離輸送と大量の水素補給ではコストが高くなる。オンサイト製造の水素ステーションは、その中に水素製造システムを備えており、水素を製造した後、精製や圧縮をへて貯蔵し、貯蔵タンクから補給する。ステーションでの水素生産には、天然ガス水素生産、メタノール改質水素生産、電解水水素生産が含まれ、ステーションでの水素生産は高い水素輸送コストを節約できる。現在、ステーションの水素製造のほとんどは、水電解水素製造装置を使用している。これは、オフピーク電力や再生可能エネルギーを使用して水素を生成できる。これは、電力負荷の平準化と廃棄電力の有効利用に役立っている。オンサイト製造の水素補給ステーションは、地域の条件に適合しており、輸送条件に制限され

ず、水素源の信頼性が高く、規模が大きくしても小さくしても可能で、電力源が適切であれば、水素製造のコストもあまり高くなく、適用範囲が広い。

以前、中国国家水素エネルギー標準委員会によって公布された青書「中国水素インフラ」は、2030年までに、中国では1,000カ所の水素ステーションが建設され、水素燃料電池車が100万台になる、と明確に述べた。将来、水素エネルギーおよび燃料電池産業の急速な発展により、黄金の開発期が到来する。2019年に関して、中国政府は水素エネルギーに関する10を超える政策文書を連続して公布し、全国の17の省の22の都市および地域は相次ぐ水素エネルギーに関する地方政策を公布した。たとえば、2019年3月に、潍坊市政府は「自動車水素ステーションの計画、建設、運用および管理において良い仕事をするための意見」に原則的に同意した。8月に、河北省発展改革委員会と他の10の部門が共同で「河北省の水素エネルギー産業の発展を促進するための実施意見書」を公布した。洛陽市は9月に、「洛陽市における新エネルギー自動車の推進と応用をさらに促進するための実施計画」を発表し、水素ステーションの建設に対して河南省財政奨励基金の30%に相当する金額で奨励すると提案した。10月に、武漢市政府常務会は、「新エネルギー自動車産業の発展を促進するためのいくつかの政策に関する通知（見直し案）」を審議・可決し、水素ステーションの新設にある程度の建設補助金を支給することを明確にした。12月に、中石化広東石油公司是「水素ステーションおよび石油水素複合ステーションの建設基準」を策定し公布した。これは業界で最初の水素ステーション建設にかかる企業標準であり、プロセスルート、機器の選択、建物の構造、安全性制御、防火、環境保護など16の部分の建設基準と管理仕様を含んでおり、水素ステーションの立地計画、建設投資と運用、安全管理、有資格者雇用などプロセス全体をカバーしている。これらの地方の計画と政策の公布は、国内の地域的水素供給ネットワークの構築を助長し、地域での水素エネルギー産業の育成を促進する。

現在、中国の水素ステーションは以下の問題に直面している。

（一）コストの問題。まず、現在、中国の燃料電池車の運行台数は比較的少なく、燃料電池車は実用化段階に入っておらず、水素ステーション建

設への推進力は不十分である。第二に、水素ステーションのコア機器の研究開発に携わる国内企業が少なく、技術が未熟であるため、ステーションの建設に必要な主要部品を輸入する必要があり、建設コストが高くなる。

（二）保管および輸送の技術的問題。上海を例にとると、駅藍水素補給所は上海化学工業区の水素源に近接しているためパイプライン化されていることを除いて、残りの水素補給所は道路輸送用の魚雷トラックで輸送される。貯蔵および輸送方法は単一で非効率的である。

（三）セキュリティの問題。水素は、他の従来型エネルギーとの相違する可燃性、爆発性および漏れの特性があるため、水素の使用はまだ普及しておらず、ユーザーの心理的受容には大きな問題がある。同時に、水素ステーションに関わる高圧水素輸送基準および燃料電池車の水素補給圧力の問題に対しても良い解決策はない。

現在、中国は水素エネルギーを国家エネルギー構造の重要な部分とし、燃料電池を自動車産業発展の主流としている。水素ステーションの建設は、水素燃料電池車の開発を制限する重要な要素の1つになっている。水素ステーションのインフラ建設をさらに強化して、中国の水素エネルギーの健全な発展を促進する必要がある。この段階で、中国の大規模な水素インフラ施設の開発ロードマップと実施計画は徐々に展開され、最初的高速道路用または小規模な水素燃料補給ネットワークから、より大きなネットワークとより広いエリアに徐々に拡大している。水素ステーションは局所的な商業化ブレイクスルーに適しており、政府や産業、技術、企業などから総合的にみれば、中国の水素ステーション建設は急速な発展の段階に入ることが期待できる。

1.4 水素安全利用等の研究開発状況

水素は可燃性や爆発性があり、燃焼範囲が広い（4%～75%）、発火エネルギーが低く、拡散係数が大きく、材料の機械的特性が劣化しやすい。水素の生成、貯蔵、輸送、補給、使用といった水素産業チェーンのあらゆる部分で、潜在的な漏れと爆発の危険が存在している。したがって、水素の安全性は、水素エネルギーの応用と大規模な商業化の重要な要素の1つである。多くの国は水素エネルギーの産業化プロセスにおいて主導権と優位を占めるために、水素の安全性に関する研究を行う専門の研究機関を設立している。国際的には、

水素安全性の開発を促進するために国際水素安全協会 (IA-Hysafe) も設立された。水素エネルギー産業の急速かつ健全な発展を確保するために、中国国内の関連機関も水素安全の分野で多くの研究活動を行っており、例えば浙江大学は水素安全研究実験室を設立し、急速な充電温度上昇、車載水素貯蔵シリンダーの耐火性、水素リスク評価などの分野で体系的な研究を行っており、重要な成果も挙げている。

(一) 水素の燃焼と爆発

水素は燃焼範囲が広く、発火エネルギーが低いため、漏れた直後に着火すると、水素ジェット火災と呼ばれるジェット炎を形成する。中国の研究者は、Open FOAM プラットフォームに、ラージエディシミュレーションアイデアに基づいた DOM 放射計算モデルを組み込んで、水素亜音速ジェット火災の火炎長に影響する要因に関する基礎研究を行っている。多くの学者が水素ジェット火災のシミュレーション研究を実施しているが、全体的に言えば、関連する燃焼モデルと熱放射モデルは未熟であり、シミュレーション結果にはある程度の不確実性がある。高圧水素が漏れた後、着火源なしで自然発火が起こるが、現時点では、水素の自己着火のメカニズムに関する決定的な結論はない。中国の研究者は、実験と理論解析法を使用して、高圧水素漏れ衝撃波の伝播特性、自然発火メカニズム、および拡散着火のメカニズムに基づく自然発火の開発ルールを体系的に研究した。

(二) 水素と金属材料の適合性

水素環境で使用される金属材料には、水素との良好な適合性が必要である。金属材料の水素脆化は、水素によって引き起こされる材料の脆化現象であり、材料の可塑性と靱性の低下につながる。材料が割れたり脆くなったりして、水素漏れなどの安全上の問題をおこす。世界中の多くの研究者が、4130クロムモリブデン低合金鋼、300シリーズオーステナイトステンレス鋼、6061アルミニウム合金、API 5L X42-X80パイプラインスチールなどの材料に対して、高圧水素環境下で互換性テストを実施し、高圧水素推進装置の材料を選択するための基本的なデータを提供する。米国、日本、韓国、ドイツと比較して、中国の水素脆化研究は遅れて始まったが、最も早く成長している。「973」プロジェクトなどの継続的な支援により、浙江大学は、高圧水素環境での金属材料の試験

データを使用して、中国初の製金属材料および高圧水素環境適合性データベースを確立した。同時に、独自の特許技術を使用して、中国初の140MPa 高圧水素環境耐久性試験装置を開発した。またこれに基づいて、さらに世界初の140MPa 高速開放高温低温高圧水素脆性試験装置を開発し、中国の金属材料と水素の適合性に関する研究のために強力なハードウェアサポートを提供した。

(三) 水素安全基準

水素の使用における一般的な安全性の問題を目指して、中国は「GJB 5064-2004水電解による水素製造の安全要件」、「GJB 5405-2005液体水素安全応用ガイドライン」、および「GB 4962-2008水素安全技術規則」、「GB/T 29729-2013水素システムの安全性に関する基準」を公布した。近年、また水素エネルギー施設の開発動向に応じて、「GB/T 31139-2014モバイル水素化施設安全技術仕様」や「GB/T 34584-2017水素燃料補給ステーションの安全技術仕様」などの業界規準を公布し、新情勢下における水素安全基準フレームワークを徐々に完備させた。

政府の高い関心と継続的な資本流入は、中国の水素エネルギーの開発に前例のない機会を提供しており、中国の水素安全性研究も近年急速な発展を遂げている。将来的には、水素の安全性に関する国内研究の方向性は、次の分野になる。

- (1) 系統的に水素の漏れ、拡散、燃焼、爆発に関する試験や研究を実施し、水素リスク評価に必要なモデルの確立と検証に十分な基本データを提供する。金属や非金属材料の水素脆化耐性のデータベースを補完し、高圧水素軸受コンポーネントの材料選択、設計と製造、安全性評価および標準制定に根拠を提供する。
- (2) 水素エネルギーインフラ運用の安全技術に関する研究を強化する。水素システムの包括的なリスク評価手法を構築する。水素の製造準備、貯蔵、輸送、水素ステーションの建設に対して、水素エネルギーインフラサービスネットワークの主要な危険源を識別する方法を形成する。リスクの定量的計算と評価の指標体系を構築する。同時に効果的な事故軽減方法と緊急時の安全対応メカニズムを確立し、水素燃料電池車の商業化発展をサポートする。
- (3) 中国の水素安全品質システム（基準、測定、適合性評価などを含む）をさらに補完し、水素

エネルギー産業チェーンの各部分における安全な運用をサポートする。同時に、第三者の公正なステータスを持つ水素安全性試験研究センターを設立し、水素エネルギー機器の安全試験能力を向上させ、水素エネルギー製品の安全検査と認証、水素含有コンテナの設計と製造、水素安全仕様基準、水素エネルギー設備の定量的リスク評価、および輸入水素エネルギー製品の安全試験に対する技術サポートを提供する。

中国の水素安全性研究は遅れて始まったが、国の支援により、数多くの科学研究者はさまざまな水素安全性研究を強化しており、水素安全性研究はより多くの技術的進歩を遂げることができ、水素安全性システムはより完全になることで、水素エネルギーの推進と燃料電池車の普及のために安全保障を提供する。

二. 中国における水素燃料電池の研究開発状況と動向

「十・五」計画（第10次5カ年計画）以来、中国は水素燃料電池技術を、新エネルギー自動車の「三縦三横」戦略における重要な「一縦」とし、大学、研究機関、企業の共同研究開発システムを構築した。「十一・五計画」および「十二・五計画」期間中、中国は比較的完全な水素燃料電池技術チェーンを確立し、自動車産業へのアクセスを徐々に完成させた。「十三・五計画」がスタートして、中国の国内新エネルギー産業の活発な発展に伴い、新エネルギー自動車の開発が大きな注目を集め、投資のブームを引き起こした。同時に、政府の力強い指導のもと、「国家創新駆動發展戰略綱要」、「十三・五」国家科技創新計画、「十三・五」国家戰略新興産業開發計画、「十三・五」運輸領域科技創新專項計画、「中国製造2025」、「自動車産業中長期發展計画」などのトップレベルの計画は、水素エネルギーと燃料電池技術の開発を重点任務としている。いま中国は、水素エネルギーと燃料電池の関連研究が実り始まっており、水素エネルギーのインフラと燃料電池に関するいくつかのコア技術を有し、多くの高レベルの製造会社が出現した。

現在、中国国内で3つの水素燃料電池ホットスポットが形成している。すなわち珠江デルタ（広州・香港・マカオ）、揚子江デルタ（江蘇省・浙江省・上海市）、渤海湾（北京・天津・河北省、遼寧省、山東省）である。中国の新エネルギー自動車産業チェーンの建設は準備段階に入ってお

り、水素エネルギーと燃料電池に関する研究も少しずつ成果を出して、一部の水素エネルギーインフラストラクチャと燃料電池関連のコアテクノロジーを持っており、ある程度の産業機器と燃料電池車の生産能力を備えている。2019年12月現在、中国国内では登録済みの燃料電池車の台数は4,100台に達し、深センでは600台以上が登録を待っている。国内の燃料電池車は約5,500台で、そのほとんどが商用車で、乗用車はわずか50台で、車種モデルは上汽荣威が生産する950FCである。

燃料電池システムは燃料電池スタックと補助システム（BOP）で構成される。そのうち、燃料電池スタックは主に、触媒、プロトン交換膜、ガス拡散層、膜電極アセンブリ、バイポーラプレートなどの主要コンポーネントで構成される。さらに対応するスタックアセンブリテクノロジーと補助システムで組み合わせて統合する。主要な材料とコンポーネントの性能は、燃料電池スタックの全体的な性能を大きく左右する。いま、中国を含む国々は、新素材を特徴とする応用基礎研究と、制御および製造技術の特徴とする主要技術のブレークスルーをより重視している。各国は実証を続けていると同時に、新材料の研究、燃料電池制御技術の改善、大規模製造技術の開発を通じて、燃料電池の性能や寿命を改善し、コストを削減するための基本的な方法を見つけたいと考えている。

2.1 触媒

現在、水素燃料電池はまだPtベースの触媒を使用しており、その性能とコストは商品化を制限する重要な要素の1つになっている。したがって、Ptが少なく、活性が高く、安定性が高いPtベースの触媒の開発は、中国のPEMFC技術触媒の分野における研究の焦点である。近年、多くの中国企業または科学研究機関は、Ptベースの触媒の構造の最適化と改善、新しいカーボンサポートの開発による電極内のPtの負荷の削減を通して、Ptの利用率を高める。またそれにより燃料電池におけるPtベースの触媒の活性と安定性をさらに改善している。

（一）Pt/C触媒

カーボン材料（Vulcan XC-72などの市販のカーボンブラック）を担体として使用し、Ptを担体表面に均一に分散させてPt/C触媒を形成する。Ptの粒子サイズと表面構造は、触媒の活性と触

媒の利用に大きな影響を与える。表面積の活性は触媒の粒子サイズの増加とともに増加し、質量活性は粒子サイズが3～5 nm のときに最適であると考えられる。同時に、Pt の負荷はカソードの触媒活性に重要な影響を及ぼす。典型的な PEMFC 電極触媒は40 wt%以上の Pt 含有量を必要とする。現在、独自に開発した国内の Pt/C 触媒の大量生産技術は、いくつかのブレイクスルーを達成している。大量生産された Pt/C 触媒には、主に20～80 wt%のさまざまな仕様が含まれており、高活性、高安定性、低コストなどの利点がある。あわせて Pt/C 触媒の年間生産能力は100キログラムのレベルに達し、コスト価格は数年前に比べて20% -30%削減され、その性能は世界の先進的な触媒の性能に近くなった。

(二) PtM 合金触媒

触媒の酸素還元活性は多くの要因の影響を受けている。純粋な Pt の場合、d バンドの中心がフェルミレベルに近い場合、OHads などの中間生成物は Pt の表面に強力な吸着能力を持ち、中毒により触媒活性サイトが減少する。現在、一般的な方法は、d バンドの中心がシフトするように他の金属原子をドーピングすることにより、触媒の Pt の原子距離を変更し、それにより触媒の活性を改善することである。Pt 合金触媒の研究では、主に合金元素 Ru、Cr、Co、Ni、Cu、Mn、Pd、Sn および Pt で構成される二成分または多成分合金触媒が含まれる。現在、中国科学院大連化学物理研究所が製造した Pt 3 Pd/C 合金触媒は、新源動力会社が生産する燃料電池エンジンに適用されている。中国はまた、白金合金触媒の大量生産も急速に進行している。しかし、世界の先進的な触媒のレベルにはまだある程度のギャップがある。

(三) コアシェル構造の Pt ベースの触媒

コアシェル構造の Pt ベースの触媒の特徴は、その活性成分 Pt がシェルに分布し、コアが主に遷移金属 (Co、Ni、Cu、Mn など) または合金で構成されるということである。安価な遷移金属でコア Pt を代替することで、Pt の利用率を効果的に改善し、触媒で使用する Pt の量を減らすことができる。また合金化または格子応力により表面の Pt 原子の d バンドの中心をシフトし、触媒材料の表面と、酸素を含む中間体の結合力を改善することができる。またこれにより、触媒の

ORR 触媒活性が向上する。上海交通大学機械動力学部燃料電池研究所の章俊良教授主導の研究グループは、単分散球形の高活性 Pd_xNi_{1-x} @ Pt/C コアシェルナノ触媒の調製に成功した。燃料電池の寿命を損なうことなく、燃料電池で使用するプラチナの量を大幅に削減できる。中国では、コアシェル構造の Pt ベース触媒の活性と安定性に関する多くの実験室値は米国エネルギー省が決めた技術目標に達しているが、コアシェル Pt ベース触媒の合成プロセスが複雑で、構造と性能との一致性が低く、調製コストが高いといった問題により、大規模な商業的応用は制限されている。したがって、プロセスが簡単、構造と性能の一致性が良好、コストが低いバッチ調製の方法を開発することは、コアシェル構造の Pt ベースの触媒の研究方向である。

近年、中国の水素燃料電池技術は全体として大きな進歩を遂げたが、触媒の大量生産技術はまだ成熟しておらず、バッチ化の安定性には依然として問題がある。これは中国の水素燃料電池産業の自主的で制御可能な発展をひどく制限している。高活性、高安定性の触媒や低白金電極などに関する中国の技術レベルは国際的に商業化製品に達しているが、ほとんどが実験室とサンプル段階にとどまっており、まだ大量生産技術を形成していない。したがって、触媒の微細構造の改善、Pt の負荷の軽減、触媒活性と安定性への配慮、Pt 分散が高い新しいカーボン担体の開発、Pt ベースの触媒の調製方法の最適化、特に低コストの Pt ベース触媒のバッチ調製プロセスの開発は、PEMFC 主要材料である触媒の研究方向となる。

2.2 プロトン交換膜

中国のパールフルオロスルホン酸プロトン交換膜とそのパールフルオロスルホン酸樹脂の開発は、「第7次5カ年計画」期間中に開始された。化学工業部（当時）と中国科学院は、パールフルオロイオン膜の研究グループを組織し、パールフルオロイオン膜のサンプルを試作したが、完全な産業への応用には至らなかった。山東東岳グループは、「第11次5カ年計画」から「第12次5カ年計画」までの期間に、科学技術部と山東省の支援を受けてパールフルオロスルホン酸樹脂の量産を達成した。現在、樹脂の性能指標は基本的に国際同類製品の先進レベルに達している。パールフルオロスルホン酸樹脂の量産能力を持つ国内企業には、浙江巨化集団も含まれている。浙江巨化集団に所属する国

立フッ素材料工学技術センターが開発したパーフルオロスルホン酸樹脂は、スルホン酸塩当量 1-1.3mg/mol の主流の工業用樹脂の需要をカバーしている。上海三愛富新有限会社と中国科学院上海有機化学研究所もパーフルオロスルホン酸樹脂を開発する能力を備えている。

中国国内では多孔質ポリテトラフルオロエチレン強化複合プロトン交換膜の研究開発と産業推進に携わっているのは、山東山岳集団、武漢理工大学、中国科学院大連化学物理研究所がある。山東山岳集団が開発した DF260 複合膜は、厚さが 15μm、電気伝導率が 0.06-0.07S/cm、気体透過性が 2 mA/cm² 近く、OCV 条件下で 600 時間以上の耐久性、および 6000 時間の膜操作時間を持っている。武漢理工大学は、高強度ポリテトラフルオロエチレン繊維ネットワーク (ePTFE、繊維径 100-300nm、孔径 2-5 μm) を強化フェーズに、弾塑性介在物理論の Eshelby 法を使用し、メソ応力計算法を組み合わせることでその補強しきい値 (約 17.5%、パーフルオロスルホン酸樹脂のスルホン酸塩当量によって異なる) を取得し、負圧複合技術を使用して ePTFE のパーフルオロスルホン酸樹脂の充填度を制御し、完全に充填された ePTFE 強化複合プロトン交換膜を調製した。ポリテトラフルオロエチレン繊維ネットワークがパーフルオロスルホン酸樹脂の構造変形を抑制するため、含水量が変化すると、膨潤応力が 2.3~3.1 MPa から 0.5MPa 未満に低下する。同時に、パーフルオロスルホン酸膜の調製プロセスの特徴と組み合わせ、Na⁺ イオンを使用して樹脂の欠陥のあるカルボン酸をイオン化し、低い熱安定性で -SO₃H 官能基を保護する。膜の一時的な高温処理により、欠陥グループの含有量が大幅に減少する。開発された複合イオン交換膜は「863」計画の重大特別事業や重点プロジェクトにおいて、中国の自動車用 25-90kW 燃料電池システム、熱電併給高温燃料電池システム、および kW グレードの基地局バックアップ電源システムに初めて国産プロトン交換膜を装備することを実現させた。ただし、国産プロトン交換膜は国際のプロトン交換膜電気伝導率 ≥ 気伝導率 ≥、気体透過性 ≤ 気体透過性 ≤ を最初にという指標および産業需要にはまだある程度の差がある。

現在、中国国内の主流のプロトン交換膜は、パーフルオロスルホン酸ポリマー樹脂を原料として調製されており、パーフルオロスルホン酸樹脂は、主にテトラフルオロエチレンとパーフルオロビニ

ルエーテルの共重合によって調製されている。過去数十年の間で、米国のデュポンの Nafion シリーズ膜、ベルギー Solvay S.A. の Aquivion 膜、ダウケミカルの XUS-B204 膜、旭硝子の Flemion 膜、旭化成の Aciplex 膜など、国内外に多くのプロトン膜製品シリーズがあった。カソード水のより迅速な逆浸透により膜が完全に水和した状態にあることで、電気伝導率が増大して燃料電池の性能が大幅に向上する、ということから、プロトン交換膜燃料電池に使用されるプロトン膜の厚さは、数百ミクロンから数十ミクロンに減少しており、将来的には 10 ミクロン未満に低下する傾向にある。ただし、プロトン交換膜は、長期間使用すると機械的損傷や化学的劣化が現れる。車両の運転条件下では、運転圧力、乾燥湿度、温度などの運転条件の動的な変化がこの減衰を悪化させる可能性がある。そのため、耐久性を向上させるために、この段階の市販の PEMFC プロトン膜はすべて改良された複合強化膜構造を使用している。均一な膜樹脂と有機または無機化合物は、プロトン交換膜の性能を強化するために使用される。つまり、プロトン伝導の確保または最適化をしながら、膜の強度が解決できる。

2.3 ガス拡散層

ガス拡散層 (GDL) はベース層と微孔質層で構成されている。ベース層の材料はほとんどが多孔質カーボンペーパーまたはカーボンクロスであり、微孔質層は通常導電性カーボンブラックと疎水剤で構成される。中国国内の GDL カーボンペーパー基材は、主に輸入に依存しているため、長いリードタイムや輸入製品の高コストなどの問題につながるため、GDL のローカライズは特に重要である。したがって、低コストでバルクの高性能ガス拡散層の開発は、中国国内のガス拡散層の研究開発の主なタスクである。

GDL のコストに関して、プロトン交換膜燃料電池の主要技術材料の 1 つとして、GDL は燃料電池スタック全体の総コストの約 5 % を占めている。技術的には、現在、拡散層カーボンペーパー技術は外国独占状態にあり、主要なサプライヤーは日本、カナダ、ドイツに集中している。日本は大きなシェアを占めている。GDL 基材である東レカーボンペーパー (TGP-060) の輸入価格は 1 平方メートルあたり約 300 ドルであるが、東麗 TGP-060 カーボンペーパー自覆微孔質層を使用した国産 GDL の価格は 1 平方メートルあたり約

500ドルである。国内では、上海河森電気有限会社、武漢理工新能源有限会社、昆山桑萊特新能源科技有限会社は、外国のGDLの代理店であることに加えて、自主的にGDLを開発したが、コストは高くなる。安泰環境工程技术有限会社は、科学技術部の新エネルギー自動車の主要なサブプロジェクトとして、高仕様の燃料電池スタックの研究開発に着手しているため、水素燃料電池の主要材料であるガス拡散層と金属バイポーラプレートの開発イノベーションや商業化を推進する。米国エネルギー省のデータによると、2017年には、GDLの大規模生産が大幅なコスト削減をもたらし、100,000セットのプロトン交換膜燃料電池システムの生産コストは50ドル/kWで、そのうちガス拡散層が9%を占める。500,000セットのプロトン交換膜燃料電池システムの生産コストは45ドル/kWで、そのうちガス拡散層が6%を占めるため、GDLの大規模生産が将来の重要な開発方向になる。

大量生産に関しては、主にカーボンペーパーの研究開発に現れており、学校の方は主に中南大学、武漢理工大学、北京化学工科大学に集中している。しかし、研究時間が短く、技術的な問題はまだ克服されていない。たとえば、黒鉛化プロセスには2000ロセ以上の高温が必要であるが、国内ではまだ高温炉技術を有していない。また企業においては、上海河森電気会社は少量のカーボンペーパー製品を生産している。台湾カーボンエネルギーテクノロジー社はいくつかのカーボンペーパー製品を生産しており、その価格も比較的安いである。江蘇天鳥会社は主に炭素繊維布を生産しているが、大量生産には至られない。

2.4 膜電極アセンブリ

膜電極アセンブリはプロトン交換膜燃料電池(PEMFC)のコアコンポーネントであり、主にプロトン交換膜(PEM)、PEMの両側にコーティングされたカソード触媒層とアノード触媒層、および両側のガス拡散層で構成される。触媒層は膜電極の電気化学反応部位であるため、膜電極の性能が燃料電池スタックの性能を直接決定する。

性能に関しては、国内の膜電極の性能はまだ実用化レベルに達しておらず、電力密度、耐久性、Pt負荷においては劣位にあり、膜電極の性能評価は不完全である。国産膜電極の代表的な企業である武漢理工大学新エネルギー有限会社が製造する膜電極は、製品出力密度が最大1 W/cm²で、

Pt用量は最少0.3 mg/cm²などで、国際レベルに近い性能を持ち、基本的にUS DOEが出した2020 MEAパフォーマンスインデックスの要件を満たしているが、プラチナの負荷にはまだある程度のギャップがある。ほかには国内で自主研究開発を行っている代表的な企業はまた蘇州擎動、広州鴻基などがあり、製品の性能をさらに改善する必要がある。

膜電極のコストと耐久性は、膜電極製品の産業化プロセスにおける主要な課題である。膜電極の高コストは、主に貴金属プラチナ触媒の高価格が原因である。現在、国内の膜電極の白金の量は約1 g/kWであり、これは米国DOE基準よりもはるかに高い(白金消費量は2020年に0.125 g/kW未満)。したがって、超低白金または非白金膜電極の開発は将来の燃料電池分野の研究重点となる。主に2つの方向がある。1つは、触媒自体から白金合金触媒または非白金触媒を開発することである。もう1つは、白金の利用効率を改善し、白金の量を減らすために、規則膜電極構造を構築することである。ただし、非白金触媒は活性が低く、寿命が短く、燃料電池車には使用できない。規則膜電極は3M製品の最高の性能を持ち、プラチナの量は0.118 mg/cm²に減らすことができるが、その耐久性は現在自動車用の基準を満たしていない。白金合金触媒で作られた膜電極製品が主流であり、現在、日本と韓国はそれらを燃料電池車の生産に使用することに成功している。

膜電極の耐久性は燃料電池スタックの寿命を直接決定し、長寿命の膜電極の開発は燃料電池産業にとって非常に重要である。現在、膜電極アセンブリの減衰には、主にプロトン交換膜の劣化/触媒担体の腐食/白金の溶解または凝集、ガス拡散層の老化などの問題がある。さらに、触媒層表面の平坦性と炭素繊維の使用も、膜に機械的損傷を引き起こす可能性がある。これらの要因の影響を受けて、国内外の関連研究は主に材料から始まり、高安定性の白金ベースの触媒、耐腐食性触媒担体、新世代の規則膜電極アセンブリを開発している。国内の代表的な会社である武漢理工新エネルギーと蘇州擎動、国家電投はずっとこの方面の研究を行っており、一方では触媒から始め、一方では膜電極の準備プロセスを最適化する。

膜電極の産業化に関しては、中国での長年の開発を経て、膜電極の製造プロセスは、GDE、CCM、規則膜電極調製技術といった3世代の発展を辿った。GDEおよびCCM膜電極調製技術

の触媒層の細孔（チャンネル）は無秩序構造であり、プロトン、電子、ガスの透過に阻害が発生しがちで、膜電極の電気化学反応分極および濃度分極などの問題を引き起こす。規則膜電極調製技術は、これらの問題を解決し、効率的な多相伝送チャンネルを構築し、白金の負荷を軽減できる。現在、CCM メソッドは MEA の産業調製の主流のメソッドであり、一部の企業は GDE メソッドを使用している。現在、中国の膜電極の生産は初歩的な産業化能力を持っており、性能も生産能力も初歩的に商業化のニーズを満たすことができるが、生産技術と設備の面では世界の先進レベルに比べればまだ差が大きい。現在、外国の膜電極サプライヤや、トヨタやホンダなどの乗用車会社は、異なる程度の膜電極バッチ調製用の自動化生産ラインをすでに有しており、年間生産能力は数千から一万平方メートルである。膜電極の生産は主に CCM 技術を採用し、主に湿式コーティング法を採用している。従来のコーティング法は主にブレードコーティングまたはドラムコーティングに重点を置き、連続的なロールツーロール生産のための高度な膜電極バッチ調製技術が実現している。中国では、バッチ生産プロセスの開発、生産ライン技術の自動化、品質管理を強化する必要がある。現在、武漢理工新エネルギー、蘇州擎動、鴻基創能などの数社のみが膜電極のバッチ生産ラインを構築している。多くの企業は依然として実験室での調製と手作業での生産に限定されており、生産効率は低く、同時に、電極表面の欠陥や不均一な触媒分布などの問題を引き起こしやすい。

武漢理工新エネルギー社は、中国で最大の MEA メーカーであり、年間 100 万個の生産能力がある。その製品は国際市場および国内市場に供給されている。広州鴻基は、100,000 平方メートル / 年の膜電極生産ラインを建設中で、2020 年に生産が開始される予定である。蘇州擎動科技のロールツーロールダイレクトコーティング生産ラインが稼働しており、年間 100 万個の膜電極を生産する予定である。

国家電投氢能会社は、セットとなる触媒、プロトン膜、GDL ガス拡散層および膜電極の自主的な生産技術とプロセスを完成させ、2019 年に触媒、プロトン膜、GDL、および膜電極のパイロットプラントの建設を相次ぐ開始した。まもなくバッチ製品が市場に導入されると予想される。

2.5 バイポーラプレート

バイポーラプレートはプロトン交換膜燃料電池の重要なコンポーネントの 1 つであり、その質量はスタックの質量の 70%~80% を占め、コストは約 30%~40% を占める。バイポーラ板は、主に燃料電池内の酸化剤と還元剤を分離し、生成された水をスムーズに排出し、スタック内の電池セルを分離し、電流を収集して伝送する役割を果たす。PEMFC におけるバイポーラプレートの重要な役割に基づいて、バイポーラプレートとして使用される材料は以下のように求められている。電池の出力の向上のため接触抵抗とバルク抵抗が低いこと、電解質と良好な化学的適合性があること、優れたコンパクト性、水素と酸素の不透過性を維持しながら水素と酸素の通路を提供すること、材料は調製しやすく、質量が軽いこと、バイポーラプレートは主に高圧下で処理されるため、十分な強度があること、である、したがって、高い導電性、高い気密性、優れた機械的特性、優れた耐食性、低コストの材料を選択してバイポーラプレートを調製することが、PEMFC の性能を向上させ、PEMFC の商業化プロセスを促進する鍵となる。バイポーラプレートには主に、グラファイト、金属、複合材料の 3 つのタイプがある。

(一) 黒鉛バイポーラプレート

黒鉛材料は、中国で以前から開発と利用に使用されていたバイポーラプレート材料で、優れた耐食性、電気化学的安定性、高い電気伝導性、熱伝導性という利点がある。現在、グラファイト双極板が国内で生産されており、上海弘楓、上海弘竣、嘉裕碳素、華熔科技などの国内企業は大量生産している。その中で、上海弘楓 300 万枚以上のグラファイトバイポーラプレートを出荷し、ヨーロッパと米国にも輸出している。同社が研究開発したバイポーラプレートの修正プロセスと成形プロセスは、現在のシングルセル 2.0mm が 1.4mm まで実現している。弘竣は、含浸プロセスにより、グラファイトバイポーラプレートの多孔性を 95% 以上削減した。嘉裕炭素は、グラファイトバイポーラプレートの自動生産ラインを導入して、生産サイクルを短縮し、コストを削減する。華熔科技は技術のブレークスルーを行い、グラファイトバイポーラプレートの曲げ強度を従来の 60MPa から約 100MPa に強化し、ブラギングプロセスの漏れ防止を元の 0.5mm の安全値から 0.3mm の安全値に高めた。現在、中国の黒鉛バイポーラプレート

の性能指標は基本的に外国のものと同等であるが、国内メーカーのほとんどはそれらを達成するために人造黒鉛機械加工を使用している。海外のほとんどはダイカストまたは膨張黒鉛成形を直接使用できる。国内の黒鉛バイポーラ板の原料は多く輸入に依存している。グラファイトの機械的特性が不十分であるため、PEMFC スタックの重量と体積につながるグラファイトバイポーラの厚さを減らすことは困難である。各製造企業にとって、グラファイトバイポーラプレートの研究の重点は、グラファイトプレートの厚さを減らし、低コストの生産方法を開発することである。

(二) 金属バイポーラプレート

黒鉛材料と比較して、金属材料は良好な電気伝導性、熱伝導性、機械加工性、コンパクトさを備えており、大量生産に適している。金属バイポーラプレートの利点はより薄いことで、PEMFC スタックの体積と質量電力密度を向上させた。たとえば、厚さ1.3mmのグラファイトバイポーラプレートの使用と比較して、華熔科技が開発した0.1mmメタルバイポーラプレートを使用すると、体積が20%減少し、質量が30%減少する。車両スペースの制限（特に乗用車）に対して、乗用車の燃料電池は高いエネルギー密度のニーズがあり、金属バイポーラプレートはグラファイトバイポーラプレートに比べて大きな利点がある。金属バイポーラプレートは、PEMFC モジュールの出力密度を大幅に向上させ、乗用車の燃料電池の分野で主流のバイポーラプレートルートになっている。現在、中国企業は、金属バイポーラ板の封止プロセスと表面改質プロセスの研究を通じて、PEMFC の金属バイポーラ板の性能と耐用年数を改善している。また、金属バイポーラ板に使用される原料は中国で生産できるようになっている。たとえば、上海佑戈、上海治臻新能源、新源動力などの企業は、車両燃料電池用の金属バイポーラプレートを開発し、電気スタックや完成車への適用を試みた。新源動力、愛德曼氢能、国家電投などの企業も2019年に金属バイポーラプレートパイロットラインの構築を開始しており、すぐに多数の製品が市場に投入されることが予想される。

(三) 複合バイポーラプレート

現在中国では、複合バイポーラプレートはまだ実験室での研究段階にあり、主に①炭素ベースの複合バイポーラプレート、②ポリマーベースの複

合バイポーラプレート、③モザイク複合バイポーラプレートを巡って研究が行われている。中でも、射出成形双極板に代表される複合双極板は最も有望な新型双極板であり、双極板のコストを大幅に削減することが望まれる。ただ、適切なポリマーを選択する方法は、燃料電池の使用要件を満たすための鍵である。金属双極板と競合するためには、ポリマーは燃料電池の作業環境下で長期間分解しないという条件を満たす必要がある。複合バイポーラプレートは、グラファイトバイポーラプレートと金属バイポーラプレートの利点を組み合わせたもので、価格が安く、製造プロセスが簡単で、一般的な品質が軽く、耐食性が優れる。しかし、導電効果と機械的特性をどのように改善するかについては、継続的な研究が必要である。

2.6 スタック統合

スタックの統合に関しては、中国の現在の技術レベルは、日本、韓国などの先進技術と比較してまだある程度のギャップがある。それは主に、スタックのシーリング構造とパッケージング構造の設計方法が不完全、スタックの信頼性は高くない、スタックの一貫性を保証することは困難である、スタックの自動化アセンブリとテスト技術が成熟していない、というところに現れている。

スタックのシーリング構造の設計に関して、現在の国内では多くバイポーラプレートのシーリング溝に既製のゴム材料シーリングリングまたはガスケットを貼り付ける方法を採用している。シーラントラインのコストが高く、接着剤の硬化時間が長く、酸性や高温環境でのシーラントラインとゴム材料の分解と劣化の問題が、シール構造の故障の原因となる可能性がある。同時に、スタックは走行中の車両の振動に耐えなければならないため、シーラントの接着不良はシールをシール溝から滑り出させ、シール不良を引き起こす。これは、長年にわたるスタック開発の経験に基づいて、トヨタやホンダなどの外国企業が設計した高度な統合シール構造や製造プロセスに比べてある程度のギャップがあり、スタックの産業化プロセスにおいて継続的に改善する必要がある。

スタックのスタック構造とパッケージ構造設計において、国内のスタックは主に、シングルセルバッテリーレイヤースタックに加えて、ねじ貫通またはスチールバーバンドリングパッケージ方法を採用しているが、大きなスタックのパッケージング負荷は正確に見積もることができず、スタック

クアセンブリプロセス中の正確な制御を行うことができない。車両スタックは、使用中に環境内の振動と衝撃の負荷を受けることが避けられなく、スタック構造は、継続的な機械的負荷に耐える必要があり、スタック構造の信頼性に対する要求が高くなっている。現在、国内のスタックパッケージングプロセスには依然として大きな不足があり、スタックの品質と信頼性は高くなく、外国のモジュール式パッケージング方法とは大きなギャップがある。

スタックの一貫性に関して、スタックの一貫性はスタックの電力密度を高めるための基本的な保証である。スタック構造の不合理な設計により、スタックの各セルの流体分布の不均一性が増加する。スタック構造の不合理な設計は、スタックの各バッテリーの流体分布の不均一性を増加させる。スタックのコンポーネントの不均一性、処理エラー、アセンブリエラー、その他の要因がアイテムごとにスタックに蓄積し、スタック操作中に局所的なフラグディング、ガス不足、局所的な過熱などの現象を引き起こし、スタックのパフォーマンスの一貫性に深刻な影響を与える。現在、外国のスタックのアセンブリの一貫性は、高出力スタックの単セルバッテリーの電圧偏差を10 mV以内に制御している。ただし、中国の自主生産したスタックコンポーネントの一貫性は相違が大きい。スタックのパッケージング技術は外国に比べて大きなギャップがあり、スタック電圧偏差は30 mVを超えている。現在、国内企業は、スタックフロー分布の一貫性、バイポーラプレート平坦性、処理精度、膜電極アセンブリの一貫性の向上、スタックプロセスの改善に取り組んでおり、アセンブリを高め、アセンブリエラーを減らし、スタックの一貫性と信頼性を向上させる。

スタックの自動化組立とテスト技術に関して、現在国内では、燃料電池スタック生産のパイロットラインは徐々に建設され、実験室研究段階の手動や半自動的な生産、組み立てモードから自動化産業化の段階へ転換している。大連新源動力、上海神力などの企業はパイロット燃料電池の試験を完了し、小バッチから工業化への移行の重要な段階にある。北京氢璞と武漢衆宇などの企業も燃料電池のプロトタイプと生産ラインを開発し、実験段階である。しかし、現在の国内の燃料電池スタックの自動化組み立てとテストは、ホンダやトヨタなどの外国燃料電池会社によるスタックの効率的で一貫性の高いテストとパッケージングに比

べて、大きなギャップがある。スタックのシーリング、パッケージング、一貫性、自動化組み立て、検査では、スタックのパフォーマンスと品質を向上させるための技術的手段を常に改善する必要がある。

国家電投集団は、2019年に全自動アセンブリ燃料電池生産パイロットラインの建設を開始した。多数の製品がまもなく市場に投入されることが予想される。

2.7 システム統合

システム統合に関しては、中国と外国の大手企業との間では技術レベルのギャップがある。主に以下のとおり。

(一) 主要コンポーネントの技術開発は、高出力、高耐久性、長寿命の実際のニーズを満たすことはできない。水素循環システムからみれば、外国の水素循環ポンプとエジェクターとを同様に重視することと違って、上汽、億華通、重塑などの国内の燃料電池エンジン会社はすべて、技術ブランドとして外国ブランドの水素循環ポンプを選択している。国内の水素循環ポンプ製品はまだ初歩的な段階にあり、高い密閉性、無給油、水蒸気腐食の影響などの技術的困難を克服しておらず、完全なテストおよび検証システムが不足している。5～18kWの原子炉に適したスクロール型水素循環ポンプを開発したのは思科渦旋科技のみであり、東風汽車との協力を計画することがある。車両の水素貯蔵システムに関して、海外の70Mpa IV ボトルの成熟した開発とは異なって、中国の車両搭載水素貯蔵ボトルは、35Mpa III ボトルの成熟した応用、70Mpa III ボトルの普及開始（科泰克）、タイプIVのボトルが欠落している、という段階にある。主に、繊維巻き取りプロセスの精度と一貫性を制御するのが難しいこと、炭素繊維と樹脂の性能が低いこと、およびタイプIV ボトルの標準規制がないことが原因である。タイプIIIの大重量と低水素貯蔵容量が自動車の走行距離要件を満たすことができないという問題を解決するために、天海などの国内の主要水素ボトルメーカーは、IV ボトルを開発し試作した。

空気供給システムに関して、遠心式空気圧縮機は、主に国内の研究開発で使用されており、スクリュタイプとルーツが共存している。国内の遠心空気圧縮機は、広いサージ境界や低速などの技術的な問題を解決していないため、圧縮機の寿命

が短く、適応出力が低く、水素燃料電池エンジンの動作面積が小さいなどの問題がある。2019年6月の時点で、国内の自主的な空気圧縮機の研究開発は、30 kW クラスの実車検証のみを完了している。広順と勢加透博の遠心式空気圧縮機は80kW クラスのシステムマッチングを実現し、寿命はわずか3000時間で、これはGarrettなどの外国ブランドの10,000時間とは大きく異なる。雪人股份のスクリーエアーコンプレッサーは80kW クラスのシステムマッチングを実現し、耐用年数は10,000時間に達するが、オイルフリーの未解決の問題は水素燃料電池の中毒、性能、寿命の低下につながる。煙台東徳実業は、トヨタの技術ルートに従ってルーツ型空気圧縮機を開発したが、製品の性能はまだ明らかではない。さらに、一般的な問題は、ノイズが商品化の大きな制約になることである。

熱管理システムに関して、トヨタの高圧水ポンプとモーター式サーモスタットソリューションは、100kW 高出力エンジンの新しい熱管理技術をリードしている。高圧水ポンプと第3世代のモーター型サーモスタットが業界の技術開発の方向になるよう推進する。国内の水ポンプ企業は、モーター、電気制御、油圧開発を独立して完成させる能力をまだ持っていないため、国内の高圧水ポンプ製品はまだ研究開発と試作段階にある。サーモスタットに関しては、現在の国内エンジン製品はすべて第2世代の電子サーモスタットまたは従来のパラフィンサーモスタット技術を使用しているため、熱管理システムと制御ラグの応答が遅くなる。この問題を解決するために、億華通はモーター型サーモスタットのマッチングおよび制御戦略の検証を既に開始している。曲阜天博などの部品会社はすでに関連するモーター式サーモスタット製品を持っているが、マッチングできる流量範囲などの情報は不明であり、実際の車両検証の完了の報告はない。

(二) システム統合度が低い

国内エンジンの低集積化の主な理由は、スタックおよびコンポーネント企業が構造設計に関するモジュール式コンセンサスを形成していないため、エンジン構造設計が制限されていることである。多くの場合、支える構造を分割して構築することで、スタックとシステム部品との組立を実現させる。部品が分散し、コンパクト性が低い。体積電力密度で測れば、商用車セクターの億華通や

重塑は、それぞれ137W/L や297W/L に達した。これらは、トヨタの640W/L やホンダの686W/L などの国際的なトップレベルに比べて差が大きい。上汽捷氢科技は600W/L に達しており、国際的なトップレベルに近い。

2.8 試験方法と基準

国際的には、米国、日本および欧州は、SAE J2615-2011「自動車燃料電池システムのテスト性能」およびSAE J2617-2011「自動車用途向けPEM 燃料電池サブシステムの試験性能」、IEC 62282-2 試験性能「燃料電池テクノロジーパート2 燃料電池モジュール」、GTR 13「水素および燃料電池に関するグローバル技術規制」など、多くの規制または基準を策定している。

燃料電池システムの性能に関して、中国の現在の標準は主にGB/T 24554-2009「燃料電池エンジン性能試験方法」である。この規格は、主に起動特性試験、定格電力試験、ピーク電力試験、動的応答特性試験、定常状態特性試験などの燃料電池システムの基本特性を調べる。GB/T 24554-2009 およびそれに対応するアメリカの標準SAE J2615-2011は、燃料電池システムのより完全な性能評価システムを提案している。

(1) 補助システムの評価

完全な車両用燃料電池システムには、燃料電池スタックに加えて多くの補助コンポーネントを含める必要がある。補助システムの消費電力は通常、燃料電池システムの5%から15%を占めるが、燃料電池システムの全体的な効率を向上させるには、補助システムの消費電力を削減することが非常に有益である。補助システムには、主に空気圧縮機、水素循環ポンプ、電気制御ユニット、加湿器が含まれ、中でも空気圧縮機の消費電力が最も高く、関連する国内研究は主に空気圧縮機の性能試験に焦点を当てている。始動停止の信頼性と耐久性のテストに関する研究はほとんどなく、燃料電池の空気圧縮機専用のテストプラットフォーム製品はほとんどない。

(2) 低温起動評価

燃料電池が作動しているときは大量の水が存在するため、コールドスタートは燃料電池の技術的難点となっている。現在の中国の国家規格では、低温コールドスタート試験は、GB/T 33979-2017「プロトン交換膜燃料電池発電システムの低温特

性の試験方法」に従って実施する。

(3) 燃料利用評価

従来の内燃機関と比較して、燃料電池の最大の利点の1つは、内燃機関よりもはるかに効率が高いことである。水素の低い発熱量を使用して燃料電池の効率を計算すると、理論上の最大値は94.5%になる。燃料効率の測定値は標準に追加されていない。したがって、燃料電池の高効率の利点を反映するために、燃料利用率を確認する必要がある。実際の試験プロセスでは、理論的な水素消費量と実際の水素消費量の比から燃料利用率を取得できる。実際の水素消費量を計算するには、原子炉内の水素量とテール排気ガス内の水素量を収集する必要があり、理論的な水素消費量はファラデーの法則に従って取得できる。

(4) 耐久性評価

現在、中国には燃料電池システムの性能と信頼性に関する国家基準があるが、耐久性試験に関して明確な要件は提示されていない。通常の使用要件を満たすために米国エネルギー省が設定した2020年の目標は5000時間である。この段階では、国内の燃料電池システムはまだこの目標からはほど遠いものであり、実験結果の大部分は数百時間であり、動作期間後の性能劣化も深刻である。自動車用の要件を満たすためには、燃料電池システムの耐久性試験が必要である。かつ走行サイクルを考慮してサイクルテストをすることができる。

三. 結論

中国のエネルギー構造は石炭を中心としており、中国の国内経済建設の急速な発展に伴い、エネルギー消費は増加し続けており、省エネルギーと化学物質排出削減の圧力が高まっている。世界中の国々は、燃料電池の輸送を促進することにより、ハイエンドの製造業の急速な発展を促進してきた。このため、水素燃料電池の開発と応用は中国にとって非常に重要である。水素エネルギーの開発は、中国の輸送エネルギー構造の転換と安全保障のための避けられない選択である。燃料電池技術の開発は、中国の製造業の技術進歩と高品質な開発を促進し、中国の製造業を従来の製造から

将来の製造およびハイエンドの製造へと変革させる。水素エネルギー産業の台頭は、中国のエネルギー転換に大きな影響を与え、中国の国家エネルギー革命が重要な突破を実現するに寄与する。当該分野産業の各部分の分布からみれば、中国の水素エネルギー産業チェーン企業は燃料電池部品とアプリケーションにより多く分布しており、水素エネルギー貯蔵と輸送および水素化インフラストラクチャーの開発は比較的弱い。2022年の冬季オリンピックを機会に、中国の燃料電池車の数は20,000台に達すると推定されている。1つの都市に10箇所の水素ステーションあり、1カ所水素ステーションは130～140台の車両に対応する、と計算してみると、ステーションごとに1日あたりの水素消費量は2トンに達し、都市ごとに1日あたりの水素消費量は20トンになる。2025年と2030年までに、中国の燃料電池車の保有量は10万台と100万台に増加すると予想され、水素ステーションの数は20カ所および50カ所に増加し、1カ所あたりのサービス車両台数は250台および400台に増加する。この計算によると、各水素ステーションの1日の水素消費量は3トンに増加し、各都市の1日の水素消費量は60トンと150トンに達した。

2016年に公布された「中国製造2025」は中国の水素燃料電池技術の将来の発展ロードを明らかにした。これは中国の水素燃料電池のマイルストーンとみなすことができ、民間資本のイノベーションコンセプトを追求するブームと、地方政府の産業アップグレードに対する熱望を引き起こした。このロードで規定された全体的な目標によれば、2020年までに、中国は特定の地域における公共サービス車両で10,000台ほどの小規模実証事業を行い、燃料電池システムの生産能力は企業1社あたり1,000セットを超える。2025年までに、都市部で自家用車および公共サービス車で100,000台ほど大規模な応用を実現し、燃料電池システムの生産能力は、企業1社あたり10,000セットを超える。2030年までに、自家用車や大型商用車で100万台ほどの販売促進が実現し、燃料電池システムの生産能力は企業1社あたり10万セットを超える。

第十三章 中国新エネルギー自動車の将来可能性

呉 保寧 埼玉工業大学客員研究員

著者は、中国の自動車産業の将来性は非常に大きいと考えているが、この大きな将来性は、従来の燃料車と新エネルギー自動車の協調開発に基づいていなければならないと考えている。新エネルギー自動車は今後の発展の方向性であることは間違いないが、長期的に考えると、従来の燃料車に完全に置き換えることは考えにくい。もちろん、従来の燃料車にも、省エネと排出削減、さらには電気変換の技術的向上という問題があるが、長い間には既存の価値を失うことは不可能である。

中国の新エネルギー自動車の将来性も同様に大きい。これは、中国社会で新技術や新分野でうまく機能してきた実利的先取りの原理に基づくところが大きい。100%電気自動車であれ、燃料電池自動車であれ、スマートグリッドに接続された自動車であれ、初期段階の政府の目標は非常に包括的な傾向があり、不明確な部分もあるが、技術革新を阻害するのではなく、技術革新の機会と場所を提供している。つまり、政策の方向性と一致しているものは合理的でなければならず、政策によって明示的に反対されていないものは実用的な価値があるかもしれない。中国には巨大な市場があるだけでなく、熱心な地方政府が多数存在し、新しいアイデアを追求する消費者やベンチャーキャピタルが無数に存在しているため、新たな発見をする力は必然的に新技術の実用分野への進出と変容を促している。

その結果、中国の新エネルギー自動車の将来性の産業基盤が徐々に確立されたのではないかとと思われる。そのため、将来的には中国は100%電気自動車、特に中小型車の分野で世界をリードすることになるだろう。燃料電池車では、中国は商用車を中心に産業化の躍進を達成する。スマートコネクテッドカーに関しては、中国では政府の指導と産業界の調整により、大規模な商業的浸透が見込まれている。

一. 100%電気自動車における中国の将来の可能性

中国は、100%電気自動車、特に中小規模の自動車部門で、世界をリードしている。特に重要なのは、中国が比亞迪（BYD）や北京汽車集団（BAIC）などのリーダーだけでなく、小型電気自動車に力を入れている上汽通用五菱汽車（SAIC-GM-WulingAutomobile）のような優秀なメーカーや、低速電気自動車のメーカーが多く存在することである。著者は低速電気自動車に注目しており、中国全土の電気自動車ユーザーとのインタビューで、多くの新規ユーザーが低速電気自動車のユーザーであり、所有者であることがわかった。低速電気自動車は、電気自動車の普及の先駆者であると言え、低速電気自動車が普及すればするほど、従来の電気自動車の開発を促進することができる。低速電気自動車は、中国の電化の消費者と潜在消費者を啓発し、電化の経験のある消費者は、低速電気自動車から従来の中小型電気自動車に生活水準を向上させた。

水清木華研究センターの「2018-2022中国低速電気自動車産業調査報告書」によると2017年、中国の低速電気自動車の生産台数は、前年の123.2万台から174.4万台に増加し、前年比41.6%増加した。今後は、2022年までに337万台に達する見込みである。

山東省と河北省は、低速電気自動車の主な生産および販売地域である。山東自動車工業協会の副会長兼事務局長の魏学勤氏は、山東省の低速電気自動車の生産能力は年間100万台に達し、販売台数は80万台に達すると著者に語った。代表的な企業には、富路車業、雷丁、時風、比徳文、漢唐、唐駿欧鈴、德瑞博と宝雅などがある。全国的には、代表的な会社には、雅迪、愛瑪、新日、比徳文、金鵬、道爵、御捷なども含まれる。

そこで著者は、山東省徳州市の福羅汽車を訪問し、会長およびゼネラルマネージャーと議論しただけでなく、主要な工場及び作業所を見学し、さらにはユーザーとの実践的な会話をするために販売店を訪問した。この会社には、プレス、溶接、

塗装、最終組立の4つの主要なプロセスがあるだけでなく、車両の数十の性能をテストするためのテストフィールドがあることにも驚かされたことや、顧客には、中高年や高齢者だけでなく、20代の若者も含まれていた。低速の電気自動車であるが、中央政府の経営思想の進化により、富路自動車産業の「富路」とハイエンドブランドの「麗馳」のモデルは、産業情報技術省から生産資格ライセンスを取得し、地方販売の唯一のローカル生産から全国販売を達成した。著者は、富路自動車産業の場合と同様に、中国の新エネルギー自動車の製造レベルが底辺で大幅に改善されたことを示していると考えている。これは、中国の新エネルギー自動車の将来の発展の可能性の原動力である。

<「富路」車業の概要>

德州富路車業有限公司は小型車の研究開発、製造、販売を統合する大規模製造企業である。その

前身は天鵬摩托車有限公司ありで、山東金田路有限公司は2000年に設立された。主に三輪キャラバンの開発と製造を行っている。「富路」車業は2006年に正式に設立された。自動車技術を使用して三輪キャラバンを製造し、75年以上の市場シェアで10年以上にわたり三輪キャラバンの市場を独占している。2014年に四輪低速電気自動車業界に参入し、四輪低速電気自動車の研究、開発、製造、販売に注力している。

同社の工業団地には、全自動自動車のスタンピング、溶接、塗装、最終組立のための4つの生産プロセスワークショップがあり、年間生産能力は低速電気自動車で20万台である。

同社は ISO/TS16949 品質管理システム、中国品質認証センター製品必須 3C 認証、中国品質認証センター ISO9001：2008 品質管理システム認証を取得し、徳州市工業化のリーディング企業、山東省ハイテク企業、山東省企業技術センターな

図1 スタンピング、溶接、塗装、最終組立の4つの生産ライン



図2 “麗馳”ブランド生産ライン



図3 “富路” ブランド



図4 “麗馳” ブランド



図5 “麗馳” ブランドストアの様子
(資料：德州富路車業有限公司 HP)



どの荣誉ある称号を獲得した。更に知的研究機関、3つの主要な技術研究機関を設立し、100人以上の中堅・上級技術者を擁し、100以上の特許、4つの発明特許を保有している。

二. 燃料電池車における中国の将来の可能性

中国の燃料電池車の全体的なレベルは、求められる技術力と資金力のレベルの高さから低迷している。上汽と同済大学では多くの初期の試みを行っており、長城汽車などのメーカーは将来的にある程度の開発が期待されている。将来的には、中国は燃料電池商用車に注力し、工業化に突破口を開くだろう。筆者は、以下の主要企業の運営管理者と交流し、現場で工場と設備を視察した結果、以下のような結論を導き出した。億華通の水素燃料電池エンジン技術と北汽福田との重点協力、改造技術がカナダ BPS (Ballard Power Systems) 社の電気炉技術を吸収し、佛山市と雲府市との重点協力 (国洪水素を含む)、浦江特気の水素製造と輸送、順化新エネルギーシステムの水素充填所建設などは大きく前進していると結論づけた。これ

らの企業の努力と技術は、燃料電池商用車の分野における中国の進出、普及、標準化を大きく前進させている。

<億華通の概要>

中国の水素エネルギー産業のパイオニアとして、北京億華通科技股份有限公司は常に水素燃料電池エンジンシステム技術の開発と工業化に力を入れており、より良い水素エネルギーソリューションを創造するために努力している。現在、水素燃料電池エンジンを核として、バイポーラプレート、電気炉、インテリジェント DC/DC、水素システム、テストベンチなどを含む垂直統合製品システムを形成している。長年にわたり培われた製品力を活かし、国家「863計画」および国連開発計画 (UNDP) GEF 実証プロジェクトで多くの主要な燃料電池プロジェクトを実施し、多くの世界クラスのイベントで燃料電池バスの実証運転に参加し、効率的で専門的なサービスチームを確立している。

同社は宇通、福田、中通、申龍、蘇州金龍、安

図6 億華通と北汽福田が共同開発した 8.5m 燃料電池バス



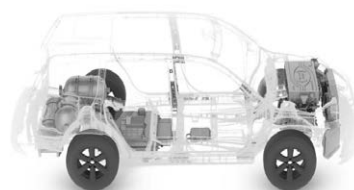
図7 億華通と北汽福田が共同開発した燃料電池物流車両

図8 億華通、トヨタ、北汽福田が共同開発した燃料電池バス
(資料元：北京億華通科技股份有限公司 HP)

凱、中植、東風、重汽、陝汽、北汽、廣汽、長安などの主流自動車会社と共同で、乗用車、物流車両、乗用車、路面電車や固定電源などの幅広い製品を共同で販売し、対象車種数、発表車種数で大幅なリードを獲得している。北京、上海、張家口、備州、鄭州、成都、蘇州などの中核都市の産業基盤に基づいて、「点、線、面」の発展モデルを採

用して、地域水素エネルギー産業のエコロジー建設を一層ずつ推進している。今後も水素燃料電池エンジンの技術革新に力を入れ、水素エネルギー産業チェーンの多くのリンクを束ねて、中国の水素燃料電池自動車産業をリードし続け、中国の水素エネルギー産業の健全な発展を推進している。

図9 燃料電池システム



<重塑公司の技術概要>

2014年の設立以来、上海重塑能源公司（「重塑科技」と呼ばれる）は、水素エネルギーと燃料電池の包括的な産業チェーンを開き、水素エネルギーと燃料電池の産業化の持続可能な開発を促進することに取り組んで来た。主な事業内容は、燃料電池システムの研究開発、製造、関連エンジニアリングサービスであり、CAVENシリーズの燃料電池エンジンは、小型、中型、大型商用車で広く使用されている。同社は全国の40社以上の自動車会社に燃料電池システム製品とエンジニアリングサービスを提供しており、顧客には解放、東風、宇通、中通などの国内一流商用車会社が含まれ、40以上の燃料電池モデルをサポートし、中国で最も開発された燃料電池モデルとサポートアプリケーションを持つ企業の1つである。現在、中国市場で商用運転されている燃料電池車の半分は、CAVENシリーズ燃料電池システム製品を搭載している。

従業員は約400人で、そのうち40%近くが研究開発チームの修士・博士号取得者である。中心となる研究開発チームは、燃料電池システム開発に

おける10～18年のバックグラウンドを持ち、完全な車両開発における豊富な経験を持っている。同社は独立した知的財産権、標準化された開発プロセスと完璧な品質検証システムを持っており、電力システムの開発において、独立したエンジニアリング設計能力と試作能力を持っている。同社には、研究開発センター、検証センター、生産拠点、電力システムサービスセンター、データビジネス専用プラットフォームを有している。広東省雲府市に自動車用燃料電池システムの大規模量産拠点を建設し、第1期は5,000台/年、増設後は20,000台/年の生産能力を持つ。

同済大学、北京理工大学との共同研究室を設立し、国内外の多くの機関と協力して燃料電池関連の研究を行っている。上海重塑能源科技有限公司は現在、工業情報技術部の指導の下、中国自動車用パワーセル産業革新同盟燃料電池支部の会長を務めており、国際水素エネルギー委員会の水素協議会のメンバーでもる。

<佛山市および雲浮水素プロジェクトの概要>

佛山市の許国の副市長は、「水素エネルギー市

図10 トヨタ自動車副社長ら、共同で製作した水素燃料電池バスの視察の様子
(資料元：上海重塑能源集团有限公司 HP)



図 11 佛山市許国副市长



長」として知られ、佛山市と雲浮市の水素エネルギープロジェクトのメインプロモーターである。

許国副市长の目標は、「水素燃料電池車を破壊的で革新的な産業として推進する」ことである。著者と副市长は対談で、中国の水素エネルギー産業の主要企業である国紅水素エネルギー、上海改重塑科技、佛山飛馳行車、国能联盛が佛山市と雲浮市に根を下ろすことができると多くの長期の会話で感じた。

水素エネルギーの開発における許国副市长の経験は「4つの的確な判断」である。1つ目は水素燃料自動車産業を一挙に認めることだ。国全体が100%電気自動車、特にテスラが人気があり、あらゆる場所で電気自動車プロジェクトを開始すると信じていました。徐国副市长は、100%電気自動車は最終的には過渡期の製品であり、曲がりなりにも追い越すためには一つのステップが必要だと考え、水素燃料電池車の開発を積極的に進めべきだとしていた。2つ目は、商用車に認可された技術パスの選択である。実際、徐国副市长がカナダと米国を訪問した時には、すでに水素燃料電池車は乗用車レベルにまで発展しており、トヨタの「MIRAI」はすでに成熟しており、メルセデス・ベンツの燃料電池 SUV モデルも登場していた。当時、徐国副市长の判断は「中国が水素燃料電池乗用車の技術で追いつくのは難しいので、まずは商用車を開発し、世界をリードする燃料電池技術と中国の商用車産業を融合させて、別の道を切り開いていこう」というものだった。3つ目は、高速鉄道モデルを用いたカナダのバラード技術パスの紹介である。バラードの水素エネルギー技術を導入するため、徐副市长は戦略「1135」を構想し、2年間でバラードの技術を導入することに成功した。4つ目は、30kW の二次革新的燃料電池システムの認定である。バラード社の技術の導入後、二次技術革新の研究開発を通じて、主に上海に頼って科学技術のプラットフォームを再構築し、ローカリゼーションを実現した。2019年、30kW

を達成し、現在は、45kW の開発を始めている。

佛山市は水素エネルギー産業の発展を促進し、3つの主要な拠点を設立した。最初の拠点は、南海区丹沢鎮にある研究開発と基幹部品製造拠点であり、燃料電池の研究開発及び生産、水素燃料電池乗用車の研究開発とを行っている。第2の拠点は佛山市高明区の中国汽車の現代水素トラムと一汽吉芳重燃料電池車の研究開発と生産拠点である。第3の拠点は佛山市の相手先雲府がある工業団地で、バラード9 SSL 生産ラインの導入により、水素充填ステーションの建設、基幹技術の研究開発と生産、水素燃料電池車の運行など、産業チェーン全体が開放されている。その過程で、広東省の研究開発機関が2つ新設された。この3つの拠点が現在、中国の第一線で活躍している。業界の評価によると、現在、佛山市と雲府市は中国の水素エネルギー産業の4つの面のギャップを埋めた。1つは水素燃料電池の大量生産のギャップを埋めている。高速鉄道モデル、カナダバラード社の電気炉生産技術の導入、二次革新の消化により、1万台の生産規模を達成し、世界最大の水素燃料電池電気炉生産ラインを建設した。第二のギャップを埋めるのは、完全な水素エネルギー産業チェーンの構築である。コア技術の現地化から完成車の生産、水素充填ステーションの建設まで、基本的には産業チェーン全体が開放されている。3つ目のギャップは、水素ステーションの行政承認制度の確立である。これまで中国では、水素充填ステーションの計画・建設に行政承認という概念がなく、徐国副市长が佛山市と雲府市で住宅建設部門を通じて主導権を握り、方針を打ち破った。四つ目のギャップは科学技術産業の支援であり、遠隔地や未開発地域で新しい柱産業を構築する方法は、科学技術支援の新しい道を切り開いた。

佛山の次のステップは、水素エネルギー産業戦略の発展を促進することである。要約すると、「レイアウトの先に、一步一步、勝つために」、以前の「1135」戦略から「1111」戦略の移行である。「1111」戦略：最初の「1」は、国家水素産業標準化イノベーション研究開発プラットフォームである。2018年3月、中国国家質量監督検査検疫総局（AQSIQ）は、第13次五カ年計画の中で佛山と雲府が中国の水素エネルギー産業イノベーション拠点の構築を主導することを正式に承認した。第一流企業は基準を作り、第二流企業はブランドを作り、第三流企業は製品を作る。水素エネルギー産業で良い仕事をするために、佛山は卓越

した高みをつかみ、一連の基準の開発をリードする必要がある。2番目の「1」は、国際的にリードする研究開発プラットフォームを作成することである。そのため、広東省政府は、曹前科学技術副大臣を研究所長に迎え、佛山に直営の重要研究所を設立するために多額の投資を行ってきた。3番目の「1」は、2019年から毎年、高レベルの中国水素産業会議を開催することである。南シナ海はすでに2回開催されているが、元のプラットフォームでは不十分であり、国家発展改革委員会や国家エネルギー管理局との間でこのプラットフォームを確立し、世界に影響力を持ち、国内でも一流の水素エネルギー産業会議となるようにすることである。4番目の「1」は、佛山が1000台以上の水素燃料電池バスを推し進めるということで、保守的な試算では2019年はもっと厳しい年になりそうであり、中国の水素燃料電池車には常に楽観的な見方をしている。佛山は2018年から2019年までの2年間で1000台の水素燃料電池バスを運行することを提案しており、水素燃料電池物流車や水素モダントラムの推進に加え、水素燃料電池車は正式に商業運転段階に入り、佛山は水素燃料電池車の都市となる。

水素燃料電池自動車産業を真に転覆的で革新的な産業にするための推進方法は、徐国副市長の大きな関心事である。徐国副市長は、現在、中国の水素燃料電池車は、従来の自動車産業を覆すほど成熟していないと考えている。水素燃料電池車をよく研究し、エネルギー革命の傾向を把握し、20年または30年の粘り強い努力を通じて真に転覆的なイノベーション産業になる。徐国副市長の判断によると、次のステップは産業統合の3つの側面に焦点を当てている。

第一には、5Gのプロモーションと組み合わせることである。5Gは中国の将来に大きくリンクされ、5Gはモノのインターネット、精密農業、

インテリジェント製造、ドローン、没入型エンターテインメントなどの持続可能な開発プロジェクトにリンクされている。3Gおよび4Gでは中国は世界をリードしており、5Gは世界の最前線にあるため、水素燃料電池車を5Gと組み合わせ、水素燃料電池車用の高付加価値製品の出現を促進する必要がある。インテリジェント交通とインテリジェント運転の開発は、電気自動車のようなものではなく、10万元で安い車のルートは実現可能ではなく、車の付加価値を向上させる必要があり、スマートカーでテスラの成功体験から学び、"インテリジェント+水素燃料電池"車の開発を加速させる、この側面は、検討と研究に値する。

第二には、新しいビジネスモデルと統合することである。水素燃料電池乗用車はカリフォルニアで比較的急速に普及しているが、先進的なビジネスモデルでは車がいくらで売れるかや生産量がいくらかということではない。中国の水素燃料電池商用車技術は基本的に成熟しており、現在の問題はそれを商業的にどのように使用し促進するかである。次のステップは2つの壁を突破することである。1つは水素燃料補給ステーションの建設と運用、もう1つは車両のプロモーションである。新しいロジスティクスと新しい小売フォーマットの研究、業界の問題点の研究、資本の有機統合、およびビジネスモデルの革新が必要である。

第三には、エコロジカルな文明の構築と融合である。物流車両は重要な方向であり、都市の特殊用途車両、特に廃棄物輸送車両、市営車両、港湾車両なども重要な方向である。物流車両の大型トラックには大きなチャンスがある。産業情報技術省と環境保護省は、大型輸送用燃料車を水素燃料電池へ改造とアップグレードに3年から5年かかると言っているが、水素燃料電池の大型トラックは、市場をつかむためにこの機会をうまく利用することができれば大きなチャンスであると考えら

図 12 佛山国雲水素工場（雲浮）産業移転工業団地



図 13 国鴻氢能水素は佛山飛佛山飛馳汽車汽車と上海重塑科技と協力して開発した燃料電池バス
(資料元：広東国鴻氢能科技有限公司 HP)



図 14 浦江特殊ガス上海化学工業工場
(資料元：上海浦江特种气体有限公司 HP)



れる。水素燃料電池路面電車も重要な方向性であり、徐国副市長は第一汽車の解放大型トラック水素燃料車プロジェクトを佛山市高明区に導入することに注力し、高明市に水素燃料の近代的な路面電車を前倒しで敷設し、2015年にはすでに路面電車のプロトタイプが登場し、2019年には中国初の水素燃料の近代的な路面電車の正式運行が佛山市で開始され、中国の水素エネルギー産業の美しい景観ルートとなっている。

<国鴻水素エネルギーの概要>

佛山市雲浮の国鴻水素エネルギー会社は2015年に設立された水素燃料電池をコア製品とするハイテク企業である。水素燃料電池を車両、ボート、ドローン、鉄道輸送、分散発電、待機電力などの分野で広く使用できるようにするため、大規模生産に取り組んでいる。水、風力、光などの中国の

膨大な再生可能エネルギーと、大量の工業用水素副生産に安全で効率的なアプリケーションソリューションを提供している。

国鴻水素エネルギー会社は、カナダのパラードおよび上海重塑科技と合弁会社を設立し、業界をリードする電気反応器とシステムモジュールを生産し、清華大学、上海交通大学、西南交通大学、北京科技大学、中国南方科技大学、上海大学、南方科技大学、中国科学院化学工程学院大連研究所などの科学研究機関と共同研究室などの形態で緊密な協力関係を形成し、水素燃料電池の市場応用と上流と下流の連携を促進し、中国国内の傑出した水素エネルギーシステムの貯蔵、輸送、利用の統合ソリューションとサービスの一つとなっている。

<浦江特種ガスの概要>

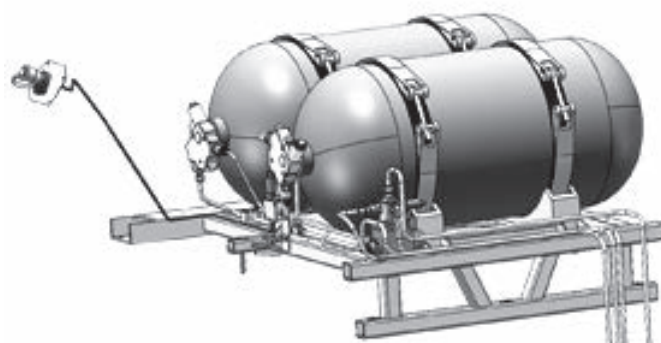
上海浦江特種ガス有限公司は、ガスの生産、研究開発、販売を専門とする企業である。1971年に上海無線第7工場の発電所として誕生して以来、水素リサイクル、ボトルガス、エネルギーガスを含む3つの主要な事業を形成してきた。

近年、浦江ガスは、水素排出ガス回収事業で一定程度の成功を収めている。元の水素排出ガスは、塩素アルカリ企業によって燃焼され、排出されており、同社は排出された水素を回収し、収益を増やし、社会の水素資源のリサイクルに貢献すると同時に、独自のマーケティングネットワークを活用して周辺地域の水素資源のコストを削減し、資源利用の効率を大幅に改善し、より広範な開発プラットフォームを得ている。上海化学工業区、杭

図 15 水素ステーション



図 16 車載水素供給システム



州杭田華、山東省寿光などでは、回収した水素資源を使用して、さまざまなグレードの水素製品を精製し、社会に販売している。また、各レベルの政府の協力を得て、このモデルを積極的に推進し、水素製造事業者と協力して水素テールガス資源の開発とリサイクルに取り組んでいる。

<舜華新エネルギーシステムの概要>

上海舜華新エネルギーシステム有限公司は水素

エネルギー技術の応用を推進することを使命として、2004年に設立され、水上海舜華新エネルギーシステムは、中国の新しい気体エネルギー総合ソリューションの国内サプライヤーになっている。上海舜華新エネルギーシステムは、長年の研究の結果、高圧水素供給と水素化のコアテクノロジーを把握し、コア製品を中心としたシステム設計と統合、技術サービスを提供する総合的なソリューション供給能力を持っており、事業分野は水素エ

図 17 エンジニアリング技術サービス

 水素ステーション 建設 1. プロセス設計 2. エンジニアリング管理 3. 設備の設置 4. 車両の配達とトレーニング	 車載酸素供給システム開発 1. システムレイアウト設計 2. 水素システムのレイアウト設計 3. パーツテスト 4. 制御システム開発	 機器開発と エンジニアリング サービス 1. 燃料電池自動車の生産許可相談 2. 水素システム製造試験装置開発 3. 水素サイクル試験システム 4. 制御システム開発	 水素ステーション の受託営業 1. 運用管理 2. 水素供給ステーションの責任者を委任する 3. オペレータートレーニング	 レンタル サービス 1. 水素設備レンタル 2. 水素を補充する認可された要員 3. 水素源の保証
--	---	---	--	--

図 18 安亭水素ステーション



エネルギー、原子力エネルギー、分散型エネルギーをカバーしている。35Mpa、45Mpa、70Mpaの圧縮水素化技術の局地化が実現し、深圳、云浮、大連、世博、上海化学工業区、新疆、新南、雄川、葫蘆島、雄眾、常熟、六安、羅定、鹽城、南海、安亭、烏海に水素燃料補給所がある。

三. スマートコネクテッドカーにおける中国の将来の可能性

中国のインテリジェントコネクテッドカーの開発は、政府の指導と業界の調整に向かっている。政府の積極的な指導と業界全体の調整を通じて、著者は中国が新エネルギー自動車の開発に基づいたインテリジェントコネクテッドカーの大規模な商業的普及の先駆けになると考えている。

中国政府が提唱しているインテリジェントコネクテッドカーは、5G技術に基づくV2Xアプローチにロードサイドでの連携を加えたインテリジェントなネットワーク化された車両である。これは自動車側（メーカー）の技術進歩だけでなく、道路側の大規模なインフラ整備も含まれており、産業界の連携や政府の指導が不可欠である。

<産業界の調整>

象徴的なイベントは、「中国インテリジェントコネクテッドカー産業イノベーションアライアンス」の設立と「GAC（北京）インテリジェントコネクテッドカー研究所」の運営である。

2017年6月12日に、中国のインテリジェントコネクテッドカー産業と技術の発展を促進するために、中国自動車工学協会と中国自動車産業協会は、産業情報技術部の支援を受けて、中国インテリジェントコネクテッドカー産業イノベーションアライアンスを設立した。産業情報技術部は同盟

の指導部であり、ミャオ・ウェイ大臣とシン・グオビン副大臣は、それぞれ運営委員会のディレクターと副ディレクターを務めている。

この提携は、中国国内企業、大学、研究機関、業界団体などの自主的なコンソーシアムであり、自動車、情報通信、輸送、その他の分野の64の統治ユニットと300を超える一般会員が参加している。同盟は合意された作業メカニズムに従って、政策的・戦略的研究、主要な共通技術の研究開発、標準と規制、試験と実証、工業化と促進、学術交流と国際協力、人材育成などを実施し、中国のインテリジェントネットワーク自動車産業の発展を促進するための重要なプラットフォームとなっている。同盟の運営は、事業会社を設立し「産学官連携」モデルで運営されている。

2018年3月19日、中国自動車工業会、中国自動車工業会、中国インテリジェントコネクテッド自動車産業イノベーションアライアンスが共同で、GAC（北京）インテリジェントコネクテッド自動車研究所の設立を開始した。登録住所は北京経済技術開発区で、登録資本金は9億元である。18の株主ユニットはすべて、自動車、スペアパーツ、情報および通信の分野における大手企業および科学研究機関である。

国汽智聯は、国内外のハイエンドプロフェッショナルを集め、主要な共通技術を打ち破り、イノベーション能力を強化し、インテリジェントコネクテッドカーの分野で国際的に競争力のある企業を育成することに取り組んでいる。業界の発展を効率的かつ効果的にリードし、サポートし続け、中国のインテリジェントコネクテッドカーとグローバルバリューチェーンにおける関連業界の地位を向上させ、国汽智聯を世界クラスの研究開発プラットフォームに発展させることを目指している。

図 19 車両産業イノベーションアライアンスの組織図

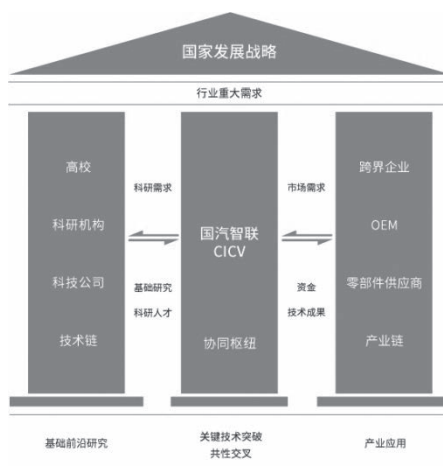
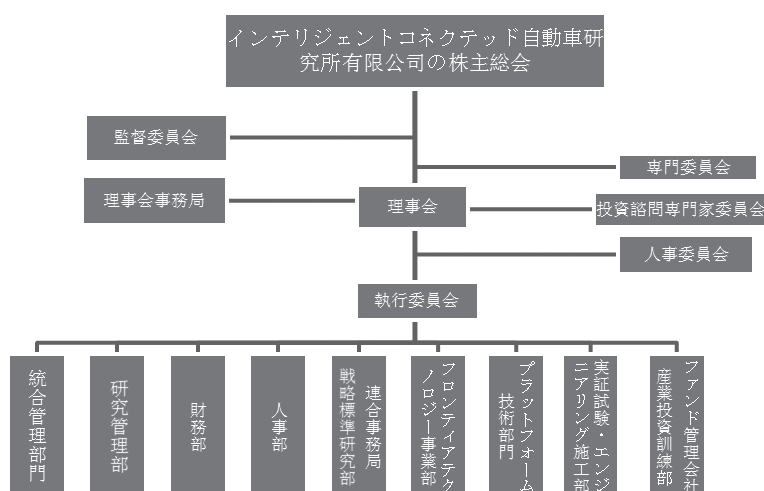


図 20 BAIC（北京）インテリジェントコネクテッド自動車研究所



＜政府の指導＞

2020年2月10日、国家發展改革委員会（NDRC）が中央ネットワーク情報室、科学技術部、産業情報技術部、公安部、財務部、資源部、住宅・都市・農村開発部、運輸部、商務部、市場監督総局と共同で発表した「知能化車両の革新的開発戦略」を公表した。

国家發展改革委員会によると、この戦略が公布された背景には、近年、知能を中心とした新たな産業変革が開花し、人類の生産方法や生活にかつてないほどの力で大きな影響を与えていることがあるという。インテリジェンスの波に後押しされ、重要な生産手段である自動車は、単純な移動手段からインテリジェントなモバイル空間やアプリケーション端末への移行を加速させている。

戦略は4つの部分に分かれる。

最初の部分は開発動向である。スマートカーが

世界の自動車産業の発展のための戦略的方向になったことを強調し、スマートカーの開発の戦略的重要性を説明し、スマートカーの開発における中国の戦略的優位性を分析する。

2番目の部分は一般的な要件である。指針となるイデオロギーは、供給側の構造改革をメインライン、中国標準のスマートカーの開発を方向、スマートカーの発電所建設の目標、および産業統合の促進を明確に定義する。全体的な計画、調整された進歩、イノベーションの推進、プラットフォームのサポート、市場でのリーダーシップ、国境を越えた統合、オープンな協力、セキュリティと制御の基本原則を順守する。スマートカー開発の戦略的ビジョンを段階的に提示する。

3番目の部分はメインタスクである。スマートカー産業チェーン全体に6つの主要なシステムを構築し、20の重要なタスクを特定する。第一に共同のオープンな技術革新システムを構築し、主

図 21 参加会社

(資料元：中国智能网联汽车产业创新联盟 HP)



要な基本技術の突破、テストおよび評価技術の改善、アプリケーションの実証パイロットの実施に焦点を当てることである。第二に業界のコア競争力の強化、新しい市場プレーヤーの開拓、産業開発パターン革新、新技術の適用の促進に焦点を当てた、国境を越えた統合産業エコシステムの構築である。第三は高度で完全なインフラストラクチャシステムを構築することである。インテリジェントな道路インフラストラクチャの構築、車両用の無線通信ネットワーク、車両用の高精度時空間参照サービス機能、道路交通の地理情報システム、ビッグデータクラウド制御インフラストラクチャプラットフォームの構築に重点を置いている。第四は法律と規制の改善、技術基準の改善、認証の促進に焦点を当てた包括的な法律と基準のシステムを構築することである。第五は車両製品管理と車両使用管理の強化に焦点を当てた、科学的で標準化された製品監視システムを構築することである。第六は包括的かつ効率的なネットワークセキュリティシステムを構築し、セキュリティ管理のリンクメカニズムの改善、ネットワークセキュリティ保護機能の改善、データセキュリティの監督と管理の強化に焦点を当てることである。

4 番目の部分は保護対策である。組織の実施を強化し、支援ポリシーを改善し、人材保証を強化し、国際協力を深め、開発環境を最適化して主要なタスクの効果的な実施を確保するためのポリシーと手段を提案する。

清華大学自動車工学科の李克強教授によると、同戦略は中国の標準的なスマートカーを構築し、スマートカー大国を実現するための戦略目標を明確に打ち出しているほか、協力的で開放的な技術革新システム、国境を越えた統合産業生態システム、先進的で完全なインフラシステム、体系的で完璧な規制基準システム、科学的で標準化された

製品規制システム、包括的で効率的なサイバーセキュリティシステムの構築など6つの重要課題を掲げ、中国のスマートカーの将来の発展のために包括的な展開と体系的な計画を立て、以下の5つの特徴を提示している。

第一に中国の優位性を強調し、中国標準のスマートカーを開発する。従来の自動車産業とは異なり、スマートカーは明らかな地域性を持っており、その発展経路は国の産業特性と関連しており、政策や規制、標準制度、インフラ、交通環境などの影響を受けている。道路交通施設、無線移動通信、北斗航法・測位、道路網地理情報などの中国の優位性に依拠し、複雑なシステムアーキテクチャインフラと先進技術の研究開発を行い、先進的で完全なインテリジェント車両インフラシステムを構築し、インテリジェント道路網施設、車両無線通信網、高精度時空サービス、車両基本地図、ビッグデータクラウド制御プラットフォームなどの観点からインフラ構築を改善することを提案している。自動車の知能化の発展趨勢に直面して、中国はまた、中国標準の知能車情報物理システムアーキテクチャを確立し、知能車を核とした様々な複雑なシステム問題を調整し、真に「人-車-ロードクラウド」の統合発展を実現する。

第二に共通技術のブレークスルーにより基礎プラットフォーム構築を推進する。技術のクロス化とともに、スマートカー産業は多くの基本的な先行技術と共通のクロス技術の課題に直面しており、関連する課題をどのように克服するかは各国のスマートカー産業が直面している共通の問題となっている。この戦略の重要性は、重要な基盤技術におけるブレークスルーの優先順位付けによって示されている。現在、中国はインテリジェントコンピューティングプラットフォーム、新型インテリジェント端末、クラウド制御プラットフォー

ム、高精度動体地図・測位、情報セキュリティなどの基本プラットフォームの開発を通じて、共通技術のブレークスルーを加速させている。上記の基本プラットフォームは、スマートカーの重要な「新しい部品」であるだけでなく、中国標準のスマートカーの重要な特徴でもある。インテリジェント自動車基盤プラットフォームの技術的なブレークスルーと応用は、異なるタイプの企業製品開発のためのクロスドメインの共通基盤モジュール、中間部品、共通プラットフォームを提供することができ、中国自動車産業の将来の発展のための基盤支援を形成し、産業の相乗効果と革新の発展を加速させることが出来る。

第三に、革新的な資源をプールし、革新的な開発プラットフォームを育成すること。スマートカーの深いクロスインダストリー統合の特徴は、イノベーションと開発のクロスインダストリーシナジーを形成する必要性を決定する。スマートカーの開発には、革新的な資源をフルに活用し、オープンな協力関係を強化し、協調的に推進することが必要である。同戦略は、新たな市場プレーヤーの形成を模索し、業界のシナジメカニズムを形成し、知能車の主要な核心技術のボトルネックを重点的に突破し、知能車の基礎試験条件と総合的なサービス能力を強化し、中国の知能車産業の発展を支援することにより、業界コンソーシアムとアライアンスの形成、知能車のイノベーションと開発プラットフォームの育成、自動車製造、情報通信、インターネットなどの分野における基幹企業間の相互協力を促進するなどの措置を提案している。

第四に、デモアプリケーションに焦点を当て、多段階のデモシステムを構築する。テスト検証とデモンストレーションのアプリケーションは、スマートカーの機能開発、技術検証、認知強化のプロセスに不可欠なリンクとなっており、技術開発と産業化のペースを効果的に加速させることが出来る。本戦略は、スマートカーの試験評価技術、特定場面での使用、特定区画内でのモビリティサービス、実証エリアの建設と評価、車両ネットワークパイロットエリアの建設を明確にし、シミュレーション試験、路上試験、特定シナリオ実証から大規模な都市レベルの総合応用までの多段

階三次元実証システムを形成し、中国のスマートカーの革新的な発展を効果的に支援している。将来的には、雄安新区や2022年北京冬季オリンピックなどの大型プロジェクトの建設を契機に、インテリジェント車両の実証運転を実施し、インテリジェント科学技術の成果を発表し、「人―車―道―クラウド」の統合システムを構築し、産業応用のペースを加速させる。

第五に、アプリケーションの課題を満たし、スマートカーの市場化を加速させる。スマートカーは業界に破壊的な変化をもたらし、車両制御の切り替えと自動運転の出現に直面して、一方では中国の法規制、標準システム、製品規制などにまだ多くの課題とギャップがあり、他方では倫理、データセキュリティなどの問題も長期的にスマートカーの発展に伴い、製品化と普及に決定的な影響を与えることになる。これらの課題に直面して、本戦略では、法規制の改善、標準制度の完成、認識と認証の促進、製品管理の強化、サイバーセキュリティシステムの構築などの観点から明確な規定を設け、発展の障害を打破し、良好な市場発展環境を育成するとともに、組織と実施、支援政策、人材保護、国際協力、発展環境などの面での保障を強化している。これらの施策の実施は、中国がスマートカーを積極的に発展させるという決意を示すものであり、スマートカーに対する人々の多くの疑問を効果的に払拭し、社会的な受容性を高め、最終的にはスマートカーの発展に有利な社会環境を構築することになるだろう。全体として、この戦略は、今後の中国のスマートカーの発展のための大規模な青写真の概要を示しており、幅広い政策範囲と強力な産業開発ガイダンスを備えている。中国の標準的なスマートカーの6つの主要なタスクは、間違いなく将来の中国のスマートカー産業の発展のための戦略ガイドになる。現在、スマートカーの激しい国際競争と、中国自動車産業の変革と高度化の躍進が強く求められている中で、今回の戦略の導入は、中国スマートカー大国建設の方向性を指摘する絶好のタイミングであり、スマートな旅行とより良い生活を求める人々の需要の高まりを継続的に満たすために、大きな意義がある。

(資料出所：国家発展・改革委員会 HP)

第十四章

中国におけるICV・シェアリング電気自動車の研究開発の現状と発展動向

潘 之傑 浙江大学 教授

100年に一度もないほどの大変革に直面して、自動車産業の電動化、インテリジェント化、コネクティビティ化、シェアリング化という「新4化」から、伝統的産業エコシステムの転換とアップグレードまで、自動車産業の新技术革命は前例のない深さと広さで行われており、逆らうことのできない大趨勢となっている。特に動力技術の電動化とインテリジェント・コネクティビティ化やシェアリング化との高度な融合は、この大変革に破壊的意義をもたらしている。

インテリジェント・コネクテッド・ビークル(ICV)とは、先進的なセンサーなどのデバイスを搭載して、人工知能などの新技术を運用し、自動運転機能を備えた、今後インテリジェントな移動空間やアプリケーション端末となる新世代の自動車を指す。ICVは通常スマートカーや自動運転車とも呼ばれている。

5G通信、ビッグデータ、クラウドコンピューティング、モノのインターネット、人工知能などの広範な応用につれて、自動車分野の新たな技術革命と産業変革が盛んに進んでおり、スマートカーは自動車の技術発展と産業の戦略的な方向性となっている。2020年2月24日に、中国国家発展・改革委員会など11の部委(省庁)共同で「スマー

トカーイノベーション発展戦略」を発表した。

中国国内の自動車産業が調整と新たな変革に直面するにあたって、専らスマートカーに対して策定された戦略は非常に広範な青写真を描いている。

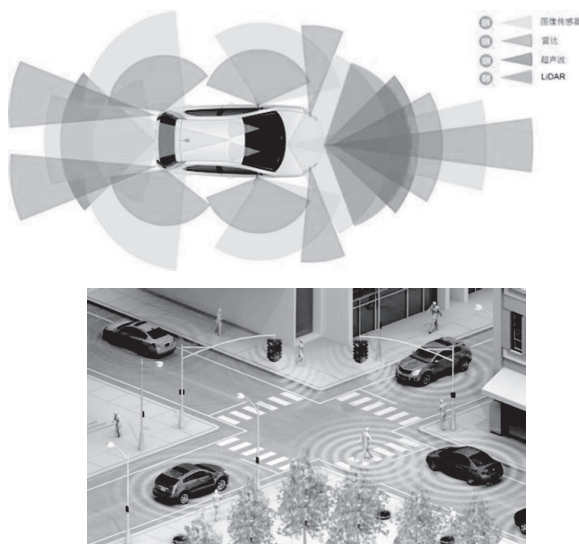
スマートカーの格付けについて、自動車の自動運転の段階に応じて、米国自動車技術者協会は5つのレベルに分類している。

レベル1は運転支援(L1)である。運転システムは車線維持または加速/減速操作のみを行い、他の運転操作は人が行う。このレベルのスマートカーは一般的に車線内での自動走行を実現できる。

レベル2は部分的自動運転(L2)である。運転システムは方向制御、加速、減速などの多くの操作を実行出来るが、他の運転操作はやはり人によって行われる。このレベルのスマートカーは一般的に、車線変更、環状交差点の走行、渋滞追従などの自動運転を実現できる。

レベル3は条件付き自動運転(L3)である。運転システムはメーカーの設計条件下ですべての操作を完了することができ、運転者は運転システムの要求に応じて適切な介入をする必要がある。このクラスのスマートカーは一般的に高速道路の自動運転を実現できる。

図1 スマートカーのセンシング、車載ハードウェア・ソフトウェアのプラットフォーム、クラウドサービスのプラットフォーム



レベル4は高度な自動運転（L4）である。つまり、運転システムはメーカーの設計条件の下ですべての操作を完了することができる。特定環境では運転システムは運転者にリクエストするが、運転者の応答がなくても、安全に操作することができる。このレベルのスマートカーは一般的に高速道路、都市道路での自動運転を実現できる。

レベル5は完全自動運転（L5）である。このレベルのスマートカーはすべての道路環境で自動運転を実現し、完全に人の運転にとって代わる。

一、中国のICV・シェアリング電気自動車の開発背景

2016年から2019年までの4年間で、インテリジェントコネクテッドカーは、胚胎的成長、急速な開発、段階的成果の獲得を経験した後、2020年初頭に新しい時代に入った。しかし、世界の伝統的な自動車産業は段階的に苦しい立場に陥っており、特に中国の自動車産業の全体的な景気後退の下振れ圧力が重なり、加えて資本の投入も後退したことにより、インテリジェントコネクテッドカーも2020年初頭に調整期に入った。

2020年2月に国家発展改革委員会など11の省庁が共同公布した「スマートカーイノベーションと開発戦略」をシンボルに、中国ではICV開発の新たな勢いが徐々に形成し、スマートカー開発の方向性が明確にされ、科学的で理性的な開発目標が掲げられ、ICV・シェアリングEV関係業界の自信が大きく高揚された。複数の分野にまたがる統合された業界として、インテリジェントコネクテッドカーはすべての部門が歩調を合わせて協力し、前進する必要がある。数年来、インテリジェントコネクテッドカーに関わる多くの業界は、実際の開発と実践的探索において、互いのリソースを集めて、協同してイノベーションすることが必要であると認識した。

中国のICV・シェアリングEV産業はエコシステムの再構築を基に構築されている。新興産業として、インテリジェントコネクテッドカーは及ぶ範囲が広く、跨る業界が多いだけでなく、社会の各層各方面にも影響している。ICV・シェアリングEVの生態系は電気自動車技術、産業チェーン、交通インフラの情報化、コネクティビティ化、インテリジェンスが含まれ、また通信施設、ネットワークセキュリティ、共有モビリティ、法的保障も含まれている。産業エコシステムの閉ループの形成は、インテリジェントコネクテッドカーの

立体化や全方位の系統的開発に役立つ。

スマートカーがもたらした新たなエコシステムと社会的なモビリティ大変革は人―車―道路―ネットワーククラウドの再構築を形成し、エコシステム全体の統一的開発の鍵である。中国の産業・大学・研究機関の各方面は高度なコンセンサスが形成されており、インテリジェントコネクテッドカーは融合力を形成し、全国での試験およびデモンストレーションゾーンの開発、シーンデータベースの構築、実際の道路での試験および試運転などを促進している。技術の進歩には時間がかかり、産業化には磨き合う必要があり、共有運用サービスはユーザーの体験フィードバックと改善が必要である。インテリジェントコネクテッドカーは時代が人間に与えたモビリティを変革する契機であり、全人類による科学技術の大変革・大応用の爆発点となっている。「科学技術研究－科学技術成果－技術製品－製品標準化－産業化」という考えに基づき、心を併せて協力し、手をつないでともに進み、スマートカーの健全で持続可能で高品質な発展を推進する。この分野における中国の強力な開発の勢いは、以下の要素に牽引される。

総合調整の強化：中央政府および地方政府の指導の下で、インテリジェントコネクテッドカー産業の発展を総合的に促進するために、種類別やレベル別のインテリジェントコネクテッドカー産業の発展に取り組む連盟が各地で設立された。部門共同や上下連動の強化、スマートカー業界の政策・計画や規準・法規などに関する総括計画など、産業開発のプロセスにおける大きな問題を協調しながら解決する。部門間および業界間の包括的なビッグデータプラットフォームの確立を促進して、インテリジェント化とコネクティビティ化をサポートする。シンクタンクプラットフォームの確立を加速し、意思決定管理のレベルを向上する。

政策ガイダンスの強化：科学研究への投資のメカニズムを革新し、スマートカーの先進技術の研究開発に投資するよう、あらゆる種類のソーシャルキャピタルに促している。重要な科学技術特別事業や新エネルギー自動車特別事業に関する特別基金は、スマートカーのコア技術の研究開発と重点プロジェクトの建設を積極的に支援する。スマートカー産業の発展を支援するための政策と措置を研究し策定して、地方におけるパイロット実証事業の展開を促進する。大学など科学研究機関が専門の研究機関を設立し、コア技術の研究開発を実施することを優先的に支援する。ハイエンド

図2 2019年8月、Pony.ai社の小馬智行はトヨタとの戦略的協力の確立



の科学技術人材へのサポートを強化し、スマートカー分野において主導者となる人材やイノベーションチームの育成や導入を加速させ、基礎的なフロンティア研究に従事するハイレベル人材や主導するイノベーション・創業チームに対し関連科学技術研究経費を支給してサポートする。

幅広い協力の促進：科学研究機関および企業による共同イノベーションセンターの設立を促進し、企業の競争力を強化するために国際的なリソースを積極的に活用する。多国籍企業のR&D機関、優れたイノベーションチーム、大学のイノベーションセンター、新興企業の地方への定着を支援する。スマートカー企業に対し、共同開発、合弁事業、合併買収などを通じて、国内外の先進技術を導入し、高度な産業協力を実現するよう奨励する。企業、大学、科学研究機関が国際的な技術研究に積極的に参加し、国際標準化作業を担うことを促進する。

良い雰囲気の醸成：ICVイノベーションプラットフォーム、試験実証地域、業界団体などが役割を果たし、影響力のあるフォーラムや大型会議を開催して、スマートカー分野における国内外の影

響力を高め、優れた人材や企業の導入を引き付ける。スマートカーのアプリケーションのデモンストレーションを窓口として活用し、スマートカーの技術とアプリケーションに対する社会一般の理解とサポートを向上させる。

二. 中国のICV・シェアリング電気自動車の市場需要と応用シーンの探索

2015年以降、中国は「創出、開放、グリーン、協同、共有」という発展理念を堅持し、ICV・シェアリングEV車の小型化、軽量化、電動化、低エネルギー消費、コネクティビティ化、インテリジェント化、シェアリング化の研究と応用に力を入れており、市場需要をさらに探索している。クラウド型管理システムに基づく秩序ある運転権と安全責任管理システムは自律運転を変更し、安全・円滑・効率的な運転を目的とした交通網の最適化を基準とし、道路状態の透明化による道路資源の秩序的で規則的な確保を前提として、「特定シーン」（定義：自動運転可能を前提に、人－車－道路－クラウドの協同を再構築することを指す。）などの概念を提案し、特定シーンにおけるコネクテッ

図3 馭勢科技の製品システム

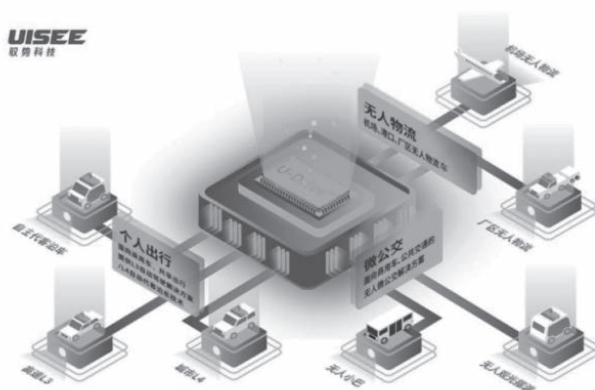


図4 駁勢科技の無人物流車両が香港国際空港で荷物輸送の様子



図5 易成の易シリーズの自動運転作業車



ド、クラウド型管理、複数の車のデジタルツイン自動運転の研究と応用を先行して展開する。このような特定シーンは小さな場面から大きな場面になり、1つの場面が複数の場面にコピーされ、複数の場面が接続されて動画を形成する。これは、スマートシティ、インテリジェント輸送、自動運転、カーシェアリングの開発プロセスに関するわれわれの理解と解釈である。これは、新種をもつ

てシステムを再構築し、破壊的な変革を起こす一つのルートである。

交通システムやスマートカー、自動運転に関する研究や応用はまさに予想されたように、道路運行安全と情報セキュリティが確保できないため、一步の進みも容易なことではなくなる。同時に継続的な資本の大規模投入に対する信頼も不足している。一方で、ますます多くの人々が限定地域や限定シーンで自動運転を実施するための実践実行的な技術に注目するようになった。中国では、限定地域や限定シーンでの自動運転に関する研究や応用の勢いがますます強くなり、中国の特色あるICV・シェアリングEV車産業を形成し、中国の特色ある市場需要と対応技術を育成し、そしてすでに港湾エリア、都市衛生清掃、ネットワークでの車両予約、無人タクシーなどにおいて実用導入しており、効果や利益をも得ている。新しいリファクタリングの考え方が高揚しており、新時代・新構造・新モビリティ・新物流に溶け込んで、高度道路交通システムやICV、自動運転に関する研究・応用が新段階に進んでいる。

図6 エコシステムの完全自動運転ソリューション

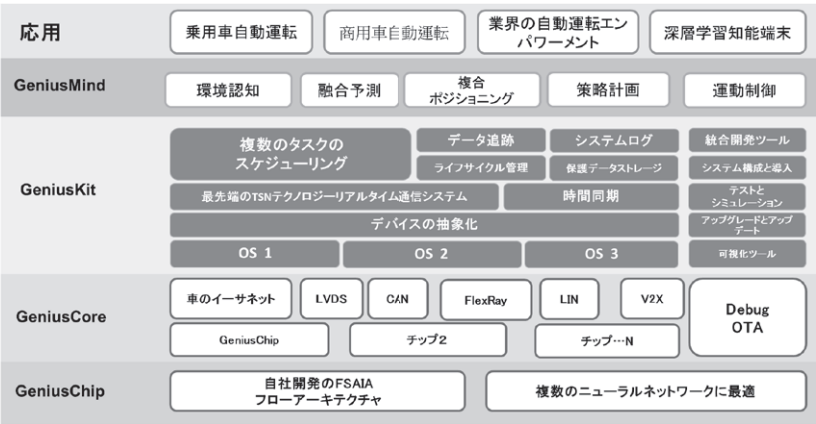


図7 雲楽の物流車両、モニタリング・パトロール車両など

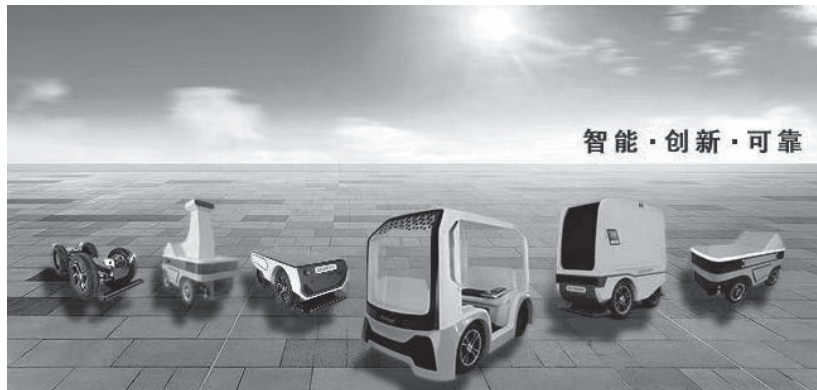


図8 応用シーンの探索：シロサイの無人車、楽雲の温度測定モニタリング・パトロール車など



実際の応用に立脚し、勢いが著しい技術発展に押されて、時代が力強いイノベーション原動力を与えてくれた。過去数年間の研究に続いて、国家の人工知能開発戦略に合わせて、人工知能、ビッグデータ、クラウドコンピューティング、高度な通信技術、高度な測位技術をコア技術とし、特に、センサーの組み合わせ技術とアルゴリズム技術に関しては、高度な自動運転主要技術とオープンなソフトウェア・ハードウェアサービスプラットフォームを開発し、そしてその応用サービスの展開を促進する。

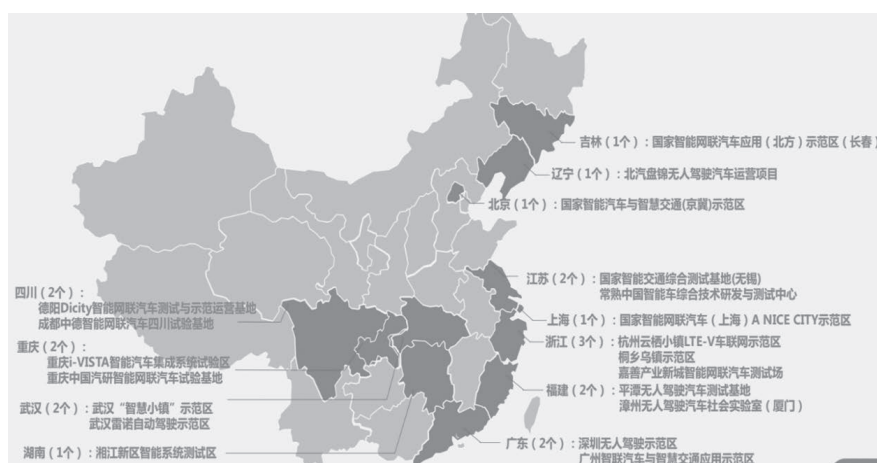
現在、馮勢科技は、コア技術である U-Drive インテリジェント・ドライビング・プラットフォームに基づく複数の無人ソリューションを独自に開発している。そのソリューションには、先進の人工知能アルゴリズム、インテリジェント・ドライビング・コントローラー、クラウド無人運転サービスプラットフォーム、インテリジェント・ドライビング・シミュレーションシステムが含まれている。また業際融合を促進し、無人マイクロ公共交通機関、無人ロジスティクス、乗用車の自動運転など多くの応用シーンで徐々に量産を実現し、無人運転の商業化の実現を検討している。易成自動運転技術と雲楽新エネルギー自動車も農業、工業、パークなどの特定シーンについて市場の需要を調査し、実践している。

三. 中国のICV・シェアリング電気自動車の特定シーン自動運転試験場

ICV 実証モデル地区の構築・発展は勢いが激しく、次々と中国の各地で花を咲かせて実を結んでいる。この2年間で、国と省が共同で推進するいくつかのインテリジェント・コネクテッドまたは自動運転モデル地区が完成したほか、一部の省と市も関係機関との協力または資本との協力を通じて、独自の産業ニーズに基づいてICV テストシーンを構築している。

中国の代表的な重慶ICV試験区では、2016年11月に国家インテリジェント自動車統合システム試験区(i-VISTA)が完成し、運用を開始した。試験実証地域の特徴に、インテリジェント・ドライビング、インテリジェント・ロードネットワーク、グリーンカー、盗難防止トラッキング、便利な駐車場、リソース共有、大規模な交通案内、交通状況のインテリジェント管理といった8つの応用分野が含まれている。中国自動車工学研究院(重慶)が主な運営機関である。これは都市シミュレーション道路試験評価および試験実証地域であり、外部に開放されており、主に都市道路を中心としている。この試験エリアは中国自動車工学研究院礼嘉園区内にあり、総面積は403畝(ムー。約26.9万㎡)である。6kmの道路テストエリアでは、直線道路、曲線道路、トンネル、斜面、橋、上り

図9 中国各地で構築・推進されている主なICV 応用モデル地区



坂下り坂、十字交差点、駐車場、ガソリンスタンド、充電ステーションなど、50余りの交通シーンテストをカバーしている。また、仮想車両と仮想歩行者が設置されている。さらに、このエリアには、スマートセンサー、衛星測位システム北斗の高精度測位、LTE-V/DSRC 車両道路などのリアルタイム通信施設も統合されている。関係機関はここで不感地帯警告、車線変更警告、歩行者警告、緊急ブレーキ、速度誘導、自動駐車、トンネル走行のテストを行える。i-VISTAの建設計画は、2019年に西部地域の特別な道路条件の90%以上をカバーすること、2020年までに中国で一流の国際的に有名な新エネルギー自動車とスマートカーの研究開発拠点と生産拠点を作り上げ、スマートカーの生産と販売の規模は50万台に達する、ということである。

もう一つの代表的な試験実証エリアは浙江省杭州市にあり、中国で初めての省と部（県と省庁）が共同で建設したICV 試験実証地域であり、路社協調技術、インテリジェント路側検知技術、5

G 技術、エッジコンピューティング能力をフルに活用し、ハザードシーン警告、連続する信号機をGreen Wave による通過、路側インテリジェント感知、高精度地図ダウンロード、5G ライブストリーミング、5G ベースの車両遠隔制御という6つの大きなシーンでの応用を重点的に実施する。

中国各地において大規模に展開された試験実証地域の建設と使用は、中国におけるICVの高度な研究開発のための優れた基盤を形成しており、顕著な特徴がある。

実証実験エリアの好条件を利用して、将来を見据えた基礎的な技術開発を実施し、共通かつ分野横断技術のブレークスルーに焦点を当て、主要な基礎技術のブレークスルーの方向性を指摘した。特に、特定シーンでの応用は、コアとなる主要な技術的成果を把握し、独自の知的財産権を所有し、イノベーションにおける業界のリーダーシップをリードする。イノベーションを活用して差別化された競争上の優位性を継続的に生み出し、有利な地位を獲得し、企業の競争上の優位性を高め、中

図10 浙江省杭州市云栖町にある車の5Gインターネット接続応用モデル地区



図 11 楽雲の5G 試験モデル地区



国の強力なITテクノロジー産業と組み合わせ、インターネット、ビッグデータ、人工知能、オペレーティングシステム、知覚融合などの後進テクノロジーの開発と工業化の強化に焦点を当てる。近年、中国の自動車産業は技術レベルで大きな成果を上げ、科学技術革新の能力を大幅に向上させ、情報技術の刷新と知能レベルの急速な発展の機会と合わせて、科学技術革新の戦略的重点を掌握し、中国独自の知的財産権と標準を持つICVを開発する。

安徽雲楽新能源自動車有限公司は、低速小型ICVの自動運転専用の5G実証地上システムも構築し、オープンプラットフォームを確立し、大規模なデモンストレーションを実現した。検出試験、車内情報、ビッグデータと人工知能、インテリジェントアルゴリズム、情報セキュリティ、インテリジェント輸送、高精度のマップとポジショニング、共有旅行、個人用旅行、コネクテッドカー、金融保険とその他のビジネスモデルなどのスマートビークルサービスエコロジーを積極的に育成している。

特定シーン試験実証地域を利用して、スマートカー試験評価システムとテスト基本データベースの確立と改善、公衆に安全で信頼できるモビリティサービスを提供するには、包括的なテスト検証プロセスが不可欠である。スマートカーの安全性は、企業や一般市民にとって大きな関心事である。スマートカーは、従来の自動車に比べて、実験室や閉鎖された試験場で機能安全性の観点から設計を検証するだけでなく、様々な複雑な道路状況下での厳しい試験を受け、人、車、道路、環境などとの知的情報交換能力、緊急時の自動処理能力、人、車、道路、クラウドとの連携能力などを検証し、洗練されたものにしなければならない。仮想シミュレーション、ソフトウェアとハードウェアを組み合わせたシミュレーション、実車ロード

テストなどの技術・検証ツールの研究開発、マルチレベルテスト・評価システムの研究開発に注力し、企業や第三者のテスト・評価機関の能力開発を推進しなければならない。これらの措置は、包括的なテストおよび評価機能の確立、スマートカーのテストおよび評価の技術仕様および関連規格の開発を促進し、車両開発のための重要なテスト技術サポートを提供することにより、スマートカーの商業化および工業化を加速させる。特に、特定シーンを対象とするICVの開発では、自律走行試験実証エリアを活用して、空港、港湾、鉱区、工業団地、観光名所、農業温室などの比較的閉鎖されたエリアや、関係省庁が設定した都市道路などの開放的なエリアでの試験走行やデモ運行の実施を行っている。将来的には、デモ運行を徐々ににより大きな実証エリアに拡張することができ、スマートカーの大規模な都市レベルの包括的なデモンストレーションが継続的に実現される。

四、中国のICV・シェアリング電気自動車の未来

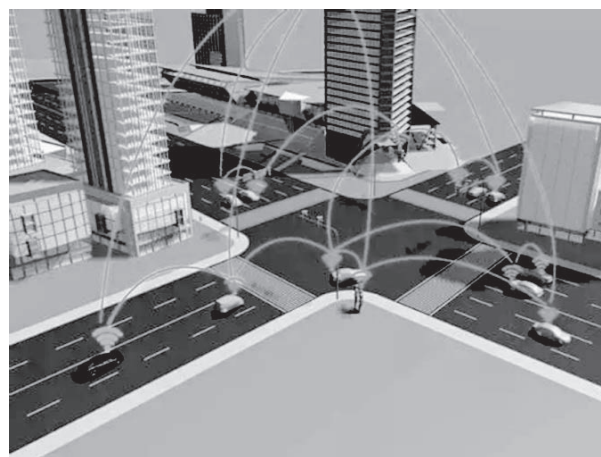
近年、業界の継続的な研究開発と製造、特に特定シーンでのICVの応用により、中国のICV・シェアリングEV車は人工知能の応用シーンに合わせて、発展が顕著で、輝かしい発展見通しがある分野となる。データによると、自動運転車が2025年までに2,000億元を超える市場を生み出す可能性があることを示していることからこの分野の発展は自明の理である。

人工知能追跡アルゴリズムの研究と応用、限られたエリアと限られた場面でのライダーとマシンビジョンに基づく高精度位置決め技術の研究と応用では、デジタルツインシミュレーション技術の研究と応用は一定の進歩を遂げた。視覚サーボベースの自動運転に関する新しい研究が行われ、視覚と強化学習が組み合わされ、道路、ルート、気象条件などをシミュレートできるシミュレー

図 12 ICV・シェアリングEV車のシミュレーションとデジタルツイン



図 13 将来のICVの交通応用シーンのイメージ



ションエンジンに基づいた仮想実験フィールドが構築されている。

将来を見据えて、新世代の人工知能の成果と5Gテクノロジーを組み合わせ、自動運転とデジタルツインのキーテクノロジー、および限られたシーンでのソフトウェアとハードウェアサービスプラットフォームのアプリケーションデモの研究を続けている。オープンプラットフォームを確立

し、実験室のオンライン拡張現実自動運転テストフィールドシステムを実現するためのオープンプラットフォームを確立する。オープンプラットフォームを確立し、スマートシティの交通手段のシェアリングでのスマート交通、スマートカー、人工知能自動運転システムの応用とサービスの再構築を完了し、大規模なデモンストレーションと産業化を実現する。

総 括

巨 東英 日中科学技術文化センター理事長
埼玉工業大学教授・副学長

最近、世界情勢は急激に変化している。とくに本調査報告の作成中の2020年の1月、新型コロナウイルス肺炎（COVID-19、以下「新型肺炎」）感染が湖北省武漢で急拡大し、中国国内にも感染が広がっていた時期であり、その後、新型肺炎の感染は更に世界各国へと広がったことは衆知の通りである。現在、世界では米国をはじめ、新型肺炎の被感染者がなおも増加の一途をたどっている国が数多く存在する厳しい状況であり、中国のみならず世界の経済社会ははじめあらゆる分野に未曾有のダメージを与えている。本調査報告は2019年12月までの発展状況を取りまとめつつ、今後の展望、予測をそれぞれの分野の専門家がとりまとめたものであり、その後急速に拡大した新型肺炎の新たな要素について分析と考察を加える余地はなかったことを、ここで断りしておかねばならない。

現在、新型肺炎の中国国内での感染拡大は落ち着きつつあるように見える。そのような中で、一時は生産活動を休止に追い込まれていた自動車産業は、関係各企業が徐々に工場再稼働に動きつつある。しかし、ディーラーの営業再開率は低い割合にとどまっている（*2020年2月28日、下記リンク記事から）。中国の乗用車市場情報联席会（CPCA）の発表のように、2月の乗用車販売台数（季節調整済み）は1日当たり7,099台となり、前年同期の販売台数3万6,361台の5分の1に落ち込んだとの調査結果もある。

（*JETRO 記事：<https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/03/e2ec52c051d38aec.html>）

販売台数の大幅な減少を受けて、自動車関連団体には政府に支援策を求める動きが出ている。中国自動車工業協会（CAAM）は2月17日に、2020年7月から実施予定の「国6」（注）の実施を遅らせることや、税制面などでの優遇措置を活用した消費喚起、大幅な減税による企業負担の軽減などを求める提言を発表した。

また、中華全国工商業聯合会自動車販売商会は2月28日、2020年の自動車販売台数が新型肺炎

の影響で前年比10%以上の減少になるとの予測を公表した。更に政府に対し、ディーラーなどに対する資金返済期限の延長を含む金融面での支援、新エネ自動車への補助金の打ち切り時期の延期などの自動車販売支援措置、「国6」の実施延期などを提言した。

しかし、こうした要請に関して、中国政府には、当初予定していた貧困脱却などへの支出に加え、新型コロナウイルス関連の対策費、地方政府から中央政府への税収移転の削減などにより、自動車市場を支援するのに十分な財源がもはやないという見方もある（「オートモーティブニュース」3月5日）新型肺炎が世界最大の自動車市場に影響を及ぼす中、今後の政府による支援策発表が注目される。

（注）中国が2020年7月1日から全国で実施予定（一部の都市は2019年7月から実施）の新しい排ガス規制基準。中国自動車工業協会（CAAM）は1月13日、2019年の新エネルギー車の販売台数を前年比4.0%減の120万6,000台と発表した。うち、電気自動車（EV）は1.2%減の97万2,000台、プラグインハイブリッド車（PHV）は14.4%減の23万2,000台といずれも減少した。一方、燃料電池車は79.2%増の2,737台と大幅に増加した。

以上は中国国内に限定して新型肺炎の影響を考察したものであり、世界における新型肺炎の影響を十分に分析・考察できていない。新型肺炎が今後拡大を続けた場合、1年で自動車産業のみならず、世界経済全体、世界のありとあらゆる分野で甚大な事態を招来しかねない。

本調査報告書の内容は、調査時のデータと執筆時点の制約から、その後急拡大した新型肺炎の影響を考察した分析と予測とはなっていない。今後、新型肺炎の状況が更に明らかになる中で、その影響を考慮した分析と予測はきわめて重要になってくるが、その結論の帰結は、世界各国が如何にして新型肺炎を有効に抑えこみつつ、経済復興を核

としたポスト・新型肺炎時代の実効ある政策・措置を打ち出せるかに大きく依存することになる。

ポスト・新型肺炎時代の経済の復興と産業の再発展は、それぞれの国の産業基盤、基礎体力に依存するところが大きい。現在の科学技術のレベルと、イノベーションに支えられた発展の速さを考慮すれば、新型肺炎さえ抑え込むことさえできれば、再び世界は高速成長の軌道に戻っていくことができると思われる。2008年～2009年のリーマンショックは世界経済に大きい打撃を与えたが、その後の発展と回復は極めて速く、スムーズであった。新型肺炎はリーマン・ショック以上のインパクトをもたらす可能性が大きく、世界は大きな変革のチャレンジを受けているが、裏を返せば、今こそあらゆる分野で、また国境を越えて、共通の目標に向かい、革新、革命的な変化に共同で取り組むチャンスを迎えているとも言える。

新エネルギー自動車の技術革新は、モビリティとしての自動車のみならず、エネルギー、交通輸

送、通信や新たな生活様式、価値観を含めた様々な分野を横断し、統合する形で世界に大きな社会革命を起こす可能性を秘めている。

新型肺炎の発生と拡大は、そのような時期に因らずとも生じた事象であるが、同様に中国、日本のみならず、人間社会、世界のあり方そのものを否応なく変革させるインパクトを持っている。

世界がこの変革を好機ととらえ、新型肺炎を有効着実にコントロールすることができれば、世界経済も一歩ずつ復興に向けて歩み始めることができるだろう。依然大きなポテンシャルを持つ中国の消費市場において、新エネルギー自動車の普及が進めば、自動車産業全体の復興と発展の原動力となることは間違いないであろうし、その他のイノベーションによる社会変革にも弾みをつけるものとなるだろう。中国がリーマン・ショック下の世界経済を下支えしたように、ポスト新型肺炎の時代にあって、再び世界経済の復興の力強い原動力となれるかどうか、新エネルギー自動車の発展と普及には、大きなチャレンジと可能性が期待される。

あとがき

本報告書は、国立研究開発法人科学技術振興機構中国総合研究・さくらサイエンスセンターが令和元年度に一般社団法人日中科学技術文化センターに委託した「中国における新エネルギー自動車の研究開発の現状と動向」の成果をまとめたものです。

[企画・総括]

- 米山 春子 (科学技術振興機構中国総合研究・さくらサイエンスセンター 副センター長)
単 谷 (科学技術振興機構中国総合研究・さくらサイエンスセンター 調査役)
小長井 敬介 (科学技術振興機構中国総合研究・さくらサイエンスセンター 主査)
周 少丹 (科学技術振興機構中国総合研究・さくらサイエンスセンター フェロー)
石川 晶 (科学技術振興機構中国総合研究・さくらサイエンスセンター フェロー)
曹 暉 (科学技術振興機構中国総合研究・さくらサイエンスセンター フェロー)

中国における新エネルギー自動車の技術開発の現状と動向

2020年8月発行

編 集 国立研究開発法人 科学技術振興機構
中国総合研究・さくらサイエンスセンター
〒102-8666
東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ
Tel. 03-5214-7556 Fax. 03-5214-8445
URL: <http://www.spc.jst.go.jp>

ISBN978-4-88890-683-8

2020 Printed in Japan

