

EVワールド（米・中・韓・欧・日）総覧

元素資源、NMC正極材、新負極材、電池とEVの市場動向 2018～2030

World EV outlook 2019, Co and Li elemental resources, Cathode and Anode Materials,
Integration of Cell and Battery supply to millions EV.

【本レポートの特徴と狙い】

◆EVの関連情報とデータをベースにEVワールドを徹底分析

- ◇ EVワールド(米、中、韓、欧、日)の勝組と負組は？勝敗はあるのか？
- ◇ 米国 ZEV、中国 NEV と欧州、その中で日本の役割は？韓国の思惑は？
- ◇ Co, Li, Ni の元素資源、その供給とコスト高騰、実態は？
- ◇ 三元系 NMC 正極材、性能とコストバランス、何処に収束するか？
- ◇ 高容量負極材の進展、実用レベル、採用状況と正・負極材のバランスは？
- ◇ 電池(セル)製造の実績(GWh)、計画動向と多様化 vs. 集約化は？
- ◇ 2018 年レベルの EV の走行距離・電池容量・コストと中長期目標！
- ◇ 元素資源→正・負極材→電池→EV・PHV・・・材料から製品への流れの一貫性と凸凹隘路は？
- ◇ 全固体電池へのパラダイムシフト、TOYOTA の 2050 年に期待！

【発行要項】

- 発行：2019年1月10日
- 調査・執筆：菅原秀一
- 体裁：A4判 並製 322頁 (カラー印刷)
- ISBN：978-4-904482-56-8
- 価格：本体価格 121,000円 (税込)
本体+CD 143,000円 (税込)

= 刊行にあたって =

これまで筆者は CMC リサーチと共に「リチウムイオン電池の製造プロセス&コスト総合技術 2016」、「ZEV 規制と EV 電池テクノロジー」(2017年発行)、「全固体リチウムイオン電池の展望」(2018年発行)などの調査レポートを企画し、調査・執筆してきた。これらのレポートは、いずれも技術的な内容が主題であり、EV そのものの数量的な需要動向や、その基礎となる電池生産や企業動向については副次的であった。

2018年4Q現在において、この一年間のEV関連を取りまく状況は目まぐるしく、そしてかなり着実に進展してきていると感じられる。自動車は、その技術だけではなく、都市、国家、地球の環境問題、エネルギー経済、さらには政治とも密接な関係があることは言うまでもない。その中で今後のEVとPHVが、仮に2030年をターゲットとして考えると、現在より桁大きい1,000万台/年レベルの生産量が望まれ、それ以下では存在意義は薄れかねない状況にある。これを実現させるためには、原材料>電池>EV、PHVという流れの中で、それらを数的に定量的に捉えて考える必要がある。

EVへの全面シフトには、技術的に、原材料・資源的に、また総合的なコスト的に、種々の矛盾やアンバランスが存在する。数年後に振り返って見て、“あれはEVバブルだった”、とならないために、また日本の技術がその実現を可能にするために、情報とデータを集めて、それを踏まえた理詰めの検討が求められている。

本レポートが、“EVワールド(米、中、韓、欧、日)”と題して、諸外国の動向を横断的に取り上げたのは、もはやグローバルな対応なしには、EVの拡大はあり得ないと状況を把握しているためである。統計情報も乏しく、正確な数値情報の把握が困難な中ではあるが、各国の企業の動きを時系列で一覧する中で中長期の動きを考察した。

元素資源のコバルトとリチウムの鉱産から正極材を経て電池へ、そして最終的にEVに至るまでは、異業種の連続であり、その接点も複雑である。原材料から電池までの化学量論的な流れの把握と、業界ごとの規模の格差もあり、かなり仮定を置いた試算とはなっているが、今後の状況の変化に合わせ、再計算の余地を残してまとめた。元素資源からEVまで、範囲を広げたことで判り難い点も多々あるかもしれないが、現時点でのEV関連情報の総覧として、関係する業界の方々の参考になれば幸いである。

調査・執筆：菅原秀一／企画・編集：シーエムシー・リサーチ

【本書の構成】

- | | |
|----------------------------------|---|
| 第1章 正・負極材の基礎特性、電池への適応と研究開発の経緯 | 第7章 EV、PHVとエネルギー諸問題の整合性 |
| 第2章 正・負極材の開発と諸問題(1) 元素資源のルートと確保 | 第8章 電池(セル)と原材料、部材の算定基礎 ~2017 |
| 第3章 正・負極材の開発と諸問題(2) 実生産の規模と計画 | 第9章 (参考資料) ZEV(米国)、NEV(中国)、CO ₂ (欧州)、CO ₂ (日本)とCAFÉ |
| 第4章 電池(セル、パック)の生産と諸問題(1) 生産状況と動向 | 第10章 (終章) EVの東西・南北とパラダイムシフト、液電解質系から全固体電池へ |
| 第5章 電池(セル、パック)の生産と諸問題(2) コストダウン | |
| 第6章 EVとPHV、2017年生産実績~2030年の予測 | |

注文書

本体(冊子) 付属CD

品名	EVワールド (米、中、韓、欧、日) 総覧	定価	本体 110,000円(税込121,000円) 本体+CD 130,000円(税込143,000円)
会社名		TEL	
部課名		FAX	
お名前		E-mail	
住所	〒		

※メルマガ登録会員は10%割引・・・ 会員登録済 会員登録する(会員にはメルマガ(無料)を送付)

お申込み・お問い合わせ

編集発行
株シーエムシー・リサーチ
101-0054
東京都千代田区神田錦町2-7
東和錦町ビル3F
TEL: 03(3293)7053
FAX: 03(3291)5789
URL: <https://cmcre.com>
E-mail: re@cmcre.com

第1章 正・負極材の基礎特性、電池への適応と研究開発の経緯

正・負極材の物理・化学の変遷と電極板とセル製造への諸問題を扱う。最近、正負極材は充放電特性の向上のみならず、合成方法の変化に伴って粒子形態（モルフォロジー）が変わって来ている。この問題を解決しないと、ラボで優秀な特性の正負極材も実用にはならない。またリチウムイオン電池（セル）の電気化学や理論容量も説明に加えた。

第2章 正・負極材の開発と諸問題 (1) 元素資源のルートと確保

元素資源（Co、Ni、Li）と正負極材の技術事項と共に、世界的な資源確保や市場の競争状態を数字で一覧できる様にまとめた。“元素資源”のメインは稀少元素のCoと資源が限定されているLiである。金属精錬と金属地金の相場と、正極材の化学原料としての前駆体、Co硫酸塩とNi硫酸塩では、量的スケールや化学純度が大きく異なる。これらを踏まえて元素資源の所要量をEV(万台)、電池(GWh)との対比で試算した。EV生産が大きくなると、生産全体の時間的な、空間的な整合性が懸念される。ここではEV100万台から1000万台のモデルに考察した。

第3章 正・負極材の開発と諸問題 (2) 実生産規模と計画

リチウムイオン電池（セル）の創生以来、正極材の容量性能アップとコストダウンは常に開発のターゲットであった。小型の民生用途はコバルト酸リチウムLCOも可能であるが、EV用途は過酷な使用環境、安全性、コストの面から、LCOに替わる正極材が求められている。

NMCxyz三元系でコバルト比率を下げてどこまで容量とサイクル特性を維持できるかは、資源確保と国家間の競合まで巻き込んだ状況である。中韓欧日の多くのメーカーが正負極材の生産計画をアナウンスしているが、ここでは公表数字を一覧し、各社の計画を時系列で示し今後の動向を考察する。

第4章 電池（セル、パック）の生産と諸問題 (1) 生産状況と動向

EVの生産台数に応じた、リチウムイオン電池（セル、パック）の生産ができるのか。公的統計が整備されている日本以外は、正確な数字情報の把握は極めて難しい。GWh単位の数値を時系列で国や企業別に整理して、正極材とEVの間をつなぐ電池の問題を考察した。

特に中国の生産状況と、米国のTESLAモーター社への供給状況は、虚実・混沌とした感もあり、技術やコストの議論以前の問題が多い。一方の欧州有力自動車メーカーの電池調達動向も、前進と後退が合い混じったアクションがみられ、そこに韓国メーカーが入り込む構図になっている。

第5章 電池（セル、パック）の生産と諸問題 (2) コストダウン

EV普及の最大のネックは電池のコストである。最近、元素資源のCoのコストがクローズアップされているのは、LFPやLMOではEVの走行距離~600kmが確保できないことが共通認識となり、Coを含むNMC多元系正極材のコストダウンが、強く求められている。コスト問題は原料だけではなく、他の部材や製造工程費、工場の稼働率、不良品率など、多くの課題を抱えたままである。総合的なコストダウン=合理性の追求のポイントを考察した。

第6章 EVとPHV、2017（実績）~2030の予測

ZEV=EVとPHVの実績は100万台/年のオーダーに達しているが、IEAのGlobal EV stockが環境改善の有効性を予測している台数とは桁違いの乖離ある。ZEVあるいはNEV（中国）の目的は地域の気環境の改善にある。EVは手段であって目的では無いが、それが逆転して捉えられ、メーカー間あるいは国家間の競争になっている。日本の自動車メーカーは、EVとPHVでも着実な実績を背景に、技術的なポテンシャルを活かすチャンスを狙っている。トヨタ自動車の動向が鍵であり、この間の情報も整理して紹介した。

第7章 EV、PHVとエネルギー諸問題の整合性

ガソリン車の石油エネルギー体系から、EVの発電電力への移行は、環境問題の改善への期待があるが、一方で、道路インフラまで含む合理性と経済性と整合性が課題である。地球温暖化とCO₂抑制が、タテマエとホンネで先が見えないことと軌を一にするとも見える。この矛盾をEVの機電（メカトロ）システムでクリアすること、我が国の得意とする技術分野であり、その一端を紹介した。

二次電池そのもののパラダイムシフトも、特に日本が先導する全固体電池の可能性で期待されているので、その概要を紹介した。

第8章 電池と原材料、部材の算定基礎 ~2017

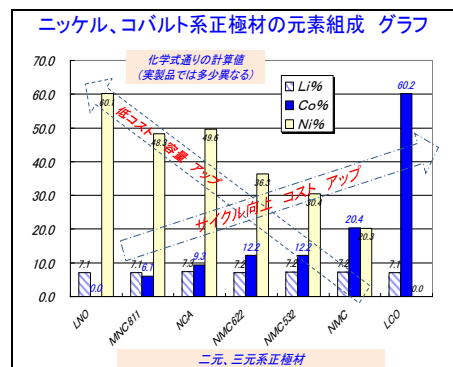
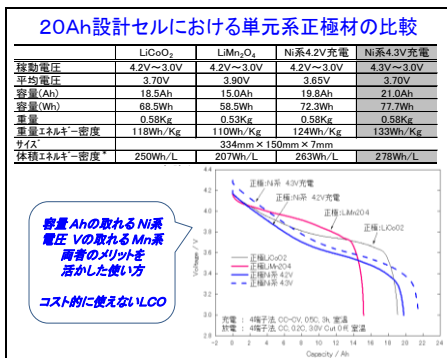
EVの需要拡大を背景に原材料の試算と市場規模の基礎データを扱った。原材料のセパレータ、集電箔と電解液・質の比率とコストは重要であり、EV台数と電池GWhとの対応でこれらの所要量を試算した。その中で現在の液系電解液電池の限界も伺える。各材料の機能は残しながら余分な体積や重量は極力削除したい。

第9章 ZEV（米国）、NEV（中国）、CO₂（欧州）、CO₂（日本）とCAFE

EV化の当面の目標はZEVなど規制への対応であり、これら概要を一覧する。

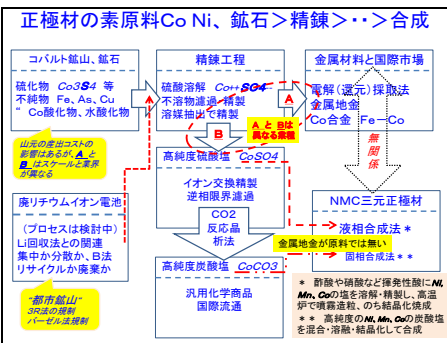
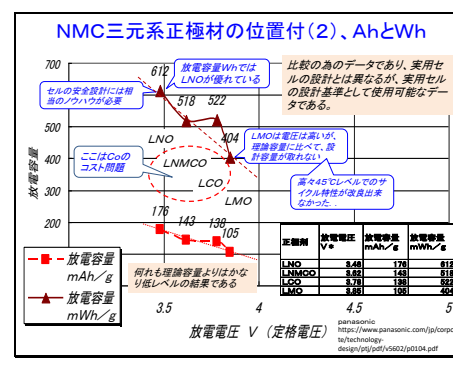
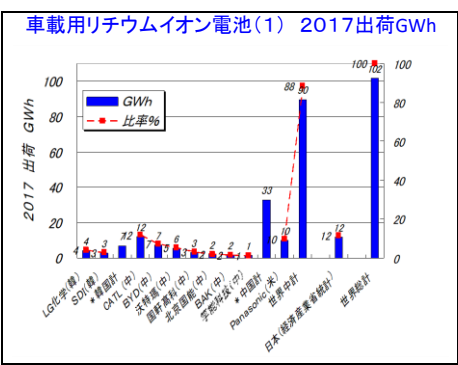
第10章 EVの東西・南北とパラダイムシフト、液電解質系から全固体電池へ

【内容見本】



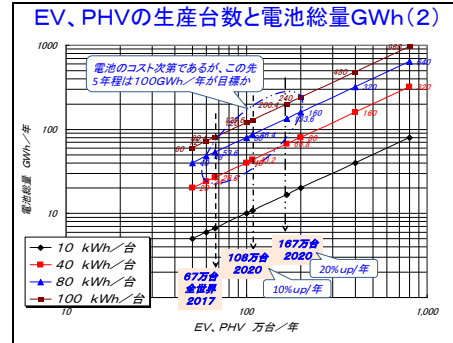
正極材の参入企業、増設計画その他

年	LMO	LFP	LNO	LCO	NCA	NMC	NMCxyz	LM	SV系	前駆体*
2014	国内4社	SudeH 他6社	国内4社	COMET						
2015										
2016										
2017										
2018										
2019										
2020										
2021										
2022										
2023										
2024										



負極材の参入企業、増設計画その他

年	天然黒鉛	人造黒鉛	メタ黒鉛	新黒鉛	LTO	シリコン系	その他
2014							
2015							
2016							
2017							
2018							
2019							
2020							
2021							
2022							
2023							
2024							



第1章 正・負極材の基礎特性、電池への適応と研究開発の経緯
(リチウムイオン電池の現状と性能向上)

1.1 リチウムイオン電池の基本 3 特性(エネルギー、パワーとサイクル)

- 1-1 リチウムイオン電池における正極と負極、主役と脇役
- 1-2 正極材の容量とセルの比容量モデル
- 1-3 エネルギー、パワーと正極材の容量(1)
- 1-4 エネルギー、パワーと正極材の容量(2)
- 1-5 エネルギー、パワーと正極材の容量(3)
- 1-6 サイクル特性と温度、改良 sp-LMO 正極系の例
- 1-7 開発段階のサイクルデータ(コイン型ハーフセル)

1.2 正極材の特性と選択(1) 単元系、多元系

- 1-8 各種製品正極材の放電容量(1)
- 1-9 各種製品正極材の放電容量(2)
- 1-10 20Ah セルにおける単元系正極材の比較(1)
- 1-11 20Ah セルにおける単元系正極材の比較(2)
- 1-12 単元系正極材の特性(1) ~2010 完成
- 1-13 正極材の特性(2)、2017 二次電池展
- 1-14 正極材の理論容量と実用容量
- 1-15 汎用正極活物質の純・理論値(1 単元系)
- 1-16 正極活物質の純・理論値(2 多元系) グラフ
- 1-17 多元系正極材 2000 年代 Wh データ(1)
- 1-18 多元系正極材 2000 年代 Wh データ(2) 実験と理論比較
- 1-19 NMC 正極材の位置付(1) 開始段階
- 1-20 NMC 正極材の位置付(2)、Ah と Wh

1.3 正極材の特性と選択(2) 研究から実用へのシミュレーション

- 1-21 正極材の容量と放電電圧アップのスキーム 次世代スキーム
- 1-22 高容量正極材の探索と評価の過程(解説)
- 1-23 正極材(実用と開発系)の理論容量と実用容量
- 1-24 ポリアニオン系正極材の特性と比較 2015 研究、56th 電池討論会
- 1-25 $Li > 1.2$ リチウム過剰系 単元、二、三元系
- 1-26 正極材の化学組成(58th 電池討論会)
- 1-27 ラボデータからシミュレーション(1) $Li_{1.3}Ni_{0.4}Mn_{0.6}O_2$ Air
- 1-28 ラボデータからシミュレーション(2) $Li_{1.3}Ni_{0.4}Mn_{0.6}O_2$ N_2
- 1-29 ラボデータからシミュレーション(3) 硫黄系正極の放電
- 1-30 実用電池へのシミュレーション(結果) 58th 電池討論会 正極データまとめ
- 1-31 使えない正極材
- 1-32 新規正極材(材)の研究から実用化まで

1.4 多元系正極材の化学組成(湿式合成とモルフォロジー)

- 1-33 正極活物質の化学組成の変化
- 1-34 ゼルーゲル法+噴霧熱分解法の合成
- 1-35 正極、負極材の化学組成と放電容量
- 1-36 噴霧造粒・焼成系の正極活物質と同電極板
- 1-37 LNMO 5V 系正極の放電特性(模式図)
- 1-38 NMC 三元系正極材のモルフォロジー
- 1-39 LNMO 三元系電極の表面状態
- 1-40 NMC 系正極材の化学データ(2012)
- 1-41 正極材(工業製品)の粒径と比表面積
- 1-42 NCA 正極材 190mAh/g 製品の改良事例
- 1-43 NMC 三元系正極材の粒子と電極板
- 1-44 VGCF(気相成長炭素繊維)の分散

1.5 新規負極材の特性と選択(セルの基盤としての役割)

- 1-45 負極材の理論容量とセルの端子電圧
- 1-46 炭素系負極の模式図
- 1-47 炭素系負極のモルフォロジーと比重
- 1-48 炭素系負極の不(非)可逆容量(1)
- 1-49 実用炭素系負極の放電と不可逆容量 2017 二次電池展各社発表
- 1-50 負極炭素系の不可逆容量と比表面積
- 1-51 100Wh セル(正極+負極)重量 正負 1:1 単純モデル試算

1.6 電極板の製造における正極材の課題(アルカリ性と塗工への適合)

- 1-52 高容量系正極材の特性(定性)1
- 1-53 正極材の製品(納入)仕様書例 理化学値
- 1-54 塗工スラリーの粘度と固形分モデル
- 1-55 電極板の塗工>乾燥の効率モデル

1.7 正極材の実用電池としての課題(材料コストと用途分野)

- 1-56 正極材、単価と性能(硫黄系を含む概念図)
- 1-57 正極材のコスト試算(A、理論容量ベース)
- 1-58 正極材のコスト試算、5V 系と硫黄系(B、Ah)

- 1-59 正極材のコスト試算、5V 系と硫黄系(C、Ah,Wh)

1.8 (参考)正極材のファラデー則と拡大

- 1-60 多元系正極材 2000 年代初期のデータ
- 1-61 比喩(1)電池の中味電子・電圧と容器正極材
- 1-62 比喩(2)電池の中味 up 電子と容器 down 正極材
- 1-63 汎用正極活物質の純・理論値(1 単、多元系) グラフ
- 1-64 正極活物質の純・理論値(2 多元系)
- 1-65 正極の電気化学的原理・作用機序

1.9 (参考)NMC正極材の特許問題

- 1-66 BASF社の特許出願
- 1-67 NMCの特許問題(1)
- 1-68 NMCの特許問題(2)
- 1-69 NMCの特許問題(3)
- 1-70 NMCの特許問題(4)
- 1-71 NMCの特許問題(5)
- 1-72 NMCの特許問題(6)

第2章 正・負極材の開発と諸問題(1) 元素資源のルートと確保

2.1 既存単元系とNMC等の二元、三元系正極材の現状比較

- 2-1 正極材の遷移元素
- 2-2 単元 LFP $LiFePO_4$
- 2-3 単元 LCO $LiCoO_2$
- 2-4 単元 LNO $LiNiO_2$
- 2-5 単元 LMO $LiMn_2O_4$
- 2-6 比較 NMC $Li(Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3})O_2$
- 2-7 比較 NCA $LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O_2$
- 2-8 汎用正極材の Wh 理論容量とリチウム当量
- 2-9 LCO 単元系正極材のリチウム当量、理論と実用(1)
- 2-10 LCO 単元系正極材のコバルト当量、理論と実用(2)
- 2-11 NMC 三元系正極材のリチウム当量、理論と実用(3)
- 2-12 NMC 三元系正極材のコバルト当量、理論と実用(4)
- 2-13 Li、Co 当量(g/Ah)まとめ(1)
- 2-14 Li、Co 当量(g/Ah)まとめ(2)

2.2 NMC 三元系正極材におけるコバルトとニッケルの組成

- 2-15 NCA 二元系の組成と mAh/g 容量(グラフ)
- 2-16 NCA 二元系の組成と mAh/g 容量(データ)
- 2-17 ニッケル、コバルト系正極材の元素組成グラフ
- 2-18 ニッケル、コバルト系正極材の元素組成 数値

2.3 元素資源 鉱産、化学合成とコスト

- 2-19 正極材のコスト構成(製造原価、販売単価)
- 2-20 NMC 三元、NCA 二元正極材の合成方法と素原料コスト
- 2-21 正極材の素原料 Co Ni、鋳石>精錬>...>合成
- 2-22 金属(地金)のロンドン市場価格と変化
- 2-23 NMC 三元の素原料(炭酸塩)コストの算定基礎
- 2-24 NMC 三元正極材の素原料コストパターン(グラフ1)
- 2-25 NMC 三元の素原料コストパターン(グラフ2)
- 2-26 NMC 三元正極材コスト試算、素材コスト積算 2016-2018
- 2-27 単元系正極材コスト比較、素材コスト積算 2017

2.4 EV 台数と元素資源の所要量

- 2-28 元素資源 $千トン < B. 電池 GWh > C. EV 万台$ (1) 全体図 A
- 2-29 GWh あたり Li と Co の所要量(実際値)

2.5 各種負極材の性能と展開(炭素、チタン系シリコン系)

- 2-30 炭素系負極の模式図
- 2-31 高容量負極材の化学式と理論容量
- 2-32 負極材の理論容量(1) mAh/g、mAh/cm³
- 2-33 負極材の理論容量(2) mAh/g、mAh/(cm³ 空隙率 35%)
- 2-34 高容量負極材(事例 1) SiO/炭素複合負極(ULSION)
- 2-35 高容量負極材(事例 2) 金属シリコン

2.6 元素資源>前駆体>正極材>電池>EV 時・空間のミスマッチ

- 2-36 A. 元素資源 $千トン < B. 電池 GWh > C. EV 万台$ (1) 全体図 B
- 2-37 元素資源 $千トン < 電池 GWh > EV 万台$ (2) 拡大図
- 2-38 多様性(1) 元素資源(活物質)から正負極材まで
- 2-39 多様性(2) 電池(セル、パックとシステム)から

- EV まで
- 2-40 EV、電池と素原料その合理性はどちらも正しい

2.7 (計算表)正極材の Co、Li 当量の計算過程と数値表

- 2-41 汎用正極材の Wh 理論容量とリチウム当量
- 2-42 正極材の理論容量(Faraday 則 1)
- 2-43 正極材の理論容量(Faraday 則 2)とパラメータ
- 2-44 計算の課程 1、Faraday と Coulomb
- 2-45 計算の課程 2、正極と負極材の理論容量

2.8 (計算表)元素資源のコスト試算過程表

- 2-46 NMC 二、三の素原料(炭酸塩)コスト、算定基礎
- 2-47 NMC 三元系正極材の素原料コストパターン(計算 1)
- 2-48 NMC 三の素原料コストパターン(計算 3(A))
- 2-49 NMC 三の素原料コストパターン(計算 4(B))
- 2-50 NMC 三元正極材コスト試算、素材コスト積算 2016-2018

第3章 正・負極材の開発と諸問題(2) 実生産の規模と計画

3.1 正極材の参入企業、生産規模と今後の計画(日米欧、中国韓国ほか)

- 3-1 正極材の参入企業、増産計画その他
- 3-2 正極材の工場立地と生産計画(1) 2016~2020
- 3-3 自動車触媒*大手メーカー、UMICORE J Matthey
- 3-4 正極材の工場立地と生産計画(2) 2016~2020

3.2 正極用コバルト前駆体の生産計画と国際的な企業連携

- 3-5 ニッケル、コバルト系正極材の前駆体所要量グラフ
- 3-6 ニッケル、コバルト系正極材の前駆体所要量数値データ
- 3-7 Ni、Co 系正極材の前駆体製造能力(トン/年)

3.3 正極材の選択 600Wh/kg の壁

- 3-8 EV 用 LNO および NMCxyz の相対コスト JM 社
- 3-9 正極材の容量 Ah と Wh、LCO を例として
- 3-10 正極材の容量 Ah と Wh、NMC を例として
- 3-11 正極材の容量 Ah と Wh、LNO を例として

3.4 負極材の原料事情と生産上の制約

- 3-12 二次電池展 TOKYO、炭素系負極
- 3-13 負極材の参入企業、増設計画その他
- 3-14 負極材の原料、製造と業界
- 3-15 製鉄化学系の負極材(等方性)

3.5 正・負極材の市場参入と生産基盤

- 3-16 リチウムイオン電池材料の市場参入
- 3-17 電池材料別の諸事情、生産基盤と採算(1)
- 3-18 電池材料別の諸事情、生産基盤と採算(2)
- 3-19 電池材料の市場、拡大と新規参入
- 3-20 リチウムイオン電池材料の市場参入

第4章 電池(セル、パック)の生産と諸問題(1) 生産状況と動向

4.1 2017-2018 世界の EV 台数基礎データ

- 4-1 EV と PHV の世界販売台数、車種別
- 4-2 EV と PHV の世界販売台数、車種別グラフ
- 4-3 EV と PHV の世界販売台数、車種別数値
- 4-4 中国の新エネ車(EV)実績と計画

4.2 EV 台数と電池の総生産 GWh の相関モデル

- 4-5 EV、PHV の生産台数と電池総量 GWh(1)
- 4-6 EV、PHV の生産台数と電池総量 GWh(2)
- 4-7 EV、PHV の生産台数と電池総量 GWh

4.3 EV 用電池(セル)の生産状況と計画(1) 世界と日本のメーカー

- 4-8 車載用リチウムイオン電池(1) 2017 出荷 GWh
- 4-9 車載用リチウムイオン電池 2017 出荷
- 4-10 経済産業省統計、車載用リチウムイオン電池平成 29 年
- 4-11 車載用リチウムイオン電池(2) 2017 出荷 GWh
- 4-12 車載用リチウムイオン電池生産、日本企業
- 4-13 角槽(固体収納)型リチウムイオン電池
- 4-14 円筒型 TESLA、Panasonic
- 4-15 東芝 SCiB セル角槽型(左)、ENAX(株)ラミネート 2015

4.4 EV 用電池(セル)の生産状況と計画(2) 中国と韓国メーカー

- 4-16 中国政府認定のエコカー用電池製造企業
- 4-17 車載用電池生産、中国と海外企業

4.5 電池の調達から EV 生産までの流れ

- 4-18 電池(セル、パックとシステム)から EV までの多様性
- 4-19 EV、PHV と HV 生産、電池の調達と関連事項

- 4-20 EV、PHVとHV生産、電池の調達と流れ
- 4-21 EV用リチウムイオン電池の外形・形状
- 4-22 NISSAN/ EV LEAF フラット型 自然冷却
- 4-23 函体収納セル、空冷 TOYOTA PHV
- 4-24 BYD e6 フラット型セル
- 4-25 TESLA Model-S 円筒セル、水冷
- 4-26 BMW i3 2016/09
- 4.6 中国市場における電池の諸問題と各国のアクション**
 - 4-27 中国(国内立地大手)リチウムイオン電池生産能力
 - 4-28 中国立地(大手)EV用電池生産能力発表(2)
 - 4-29 Panasonic 社の中国(大連)工場
- 4.7 車載用リチウムイオン電池(セル)のマップ ～2018年**
 - 4-30 車載用リチウムイオン電池(セル)のマップ ～2018
 - 4-31 全体表 Z EV用電池製造 時系列ソート
 - 4-32 全体表 Z EV用電池製造 国別ソート
- 4.8 第4章の参考データ(1)～(5) 日本の電池統計資料**
 - 4-33 (参考 1)リチウムイオン電池国内総生産、電池工業会 BAJ
 - 4-34 (参考 2)日本のリチウムイオン電池、生産と輸出入
 - 4-35 (参考 3)リチウムイオン電池の統計値(データ)
 - 4-36 (参考 4)リチウムイオン電池の統計値(データ)
 - 4-37 (参考 5)リチウムイオン電池(セル)、輸出入パターン
 - 4-38 (参考 6) ガソリン車>EV>FCV
 - 4-39 (参考 7) 電動系自動車の蓄/発電容量と走行距離

第5章 電池(セル、パック)の生産と諸問題(2)コストダウン

- 5.1 電池(セル)のコスト解析と原材料、部材**
 - 5-1 EV用電池生産計画(新聞情報)(1 データ) 2016-2018
 - 5-2 EV用電池生産計画(新聞情報)(2 グラフ) 2016-2018
 - 5-3 EV、HEV用の電池工場試算(日本2010年～)
 - 5-4 EV用セルのコスト計算の手順(1)原材料
 - 5-5 量産セルのコスト計算の手順(2)製造コスト
 - 5-6 標準セルの重量と体積構成(モデル)
 - 5-7 セル設計と原材料のコスト事例
 - 5-8 正極材のコスト試算(A)理論容量ベース
 - 5-9 リチウムイオン電池 材料>製造>運用
 - 5-10 電極板製造の集約化
- 5.2 IEA EV 2018による電池コスト解析**
 - 5-11 IEA global_EV_outlook_2018
 - 5-12 用途別電池の価格推定、IEA2018
 - 5-13 Battery Cost IEA 2018EV USD
 - 5-14 Battery Cost IEA 2018EV JPY
- 5.3 コストダウンへの障害となる要因、原材料と工程**
 - 5-15 リチウムイオン電池の製造全工程
 - 5-16 全工程の原料、部材と工程のステップ
 - 5-17 製造設備と工程費(大型セルの製造)
 - 5-18 電池の製造工程と水分レベル(1)現工程
 - 5-19 電池の製造工程と水分レベル(2)全固体電池
 - 5-20 全固体セル vs. 液電解質セル(2)コスト試算グラフ
- 5.4 EV用電池の生産と市場金額のマグニチュード試算**
 - 5-21 EV生産、電池総量とコスト MWh/年
 - 5-22 EV年間生産台数と電池総量GWh/年(対数グラフ)
 - 5-23 EV電池のコストパラメーターと総量試算グラフ
- 5.5 関連事項(試算の仮定、過程と単位換算)**
 - 5-24 リチウムイオン電池(セル)関係の単位換算
 - 5-25 EV年間生産台数と電池総量(試算データ)
 - 5-26 EV電池の年間総コスト(試算データ)

第6章 EVとPHV、2017年生産実績～2030年の予測

- 6.1 生産台数の実績、日、米、欧と中国**
 - 6-1 2018 上期EV+PHV 販売台数(世界、車種毎)
 - 6-2 EV+PHV 2014～2020 実績と推定
 - 6-3 世界(EV+PHV)2014～2020 実績と推定
 - 6-4 中国の新エネルギー車(NEV)実績と計画
 - 6-5 中国EV 展開、時系列で見ると
 - 6-6 中国のEV 関係自動車製造企業 2018
- 6.2 IEA 予測 Global EV stock by scenario, 2017-2030**
 - 6-7 (引用)Figure 6.1・Global EV stock by scenario,

- 2017～2030
- 6-8 IEA2018EV 引用、EVとPHVの予測(1)
- 6-9 IEA2018EV 引用、EVとPHVの予測(1)グラフ
- 6-10 IEA2018EV 引用、EVとPHVの予測(2)
- 6-11 IEA2018EV 引用、EVとPHVの予測(2)データ
- 6.3 欧州自動車メーカーの選択と集中、対中国戦略**
- 6.4 北米の実績と展開、BIG4とTESLA**
 - 6-12 米国におけるリチウムイオン電池開発プロジェクト
 - 6-13 USABC 米国の電動車両用電池研究開発
 - 6-14 米カリフォルニア州における販売台数
 - 6-15 メーカー国別(EV+PHV)世界販売 2018 上期
 - 6-16 メーカー国別EV+PHV 世界販売 2018 上期
- 6.5 トヨタ自動車のEV戦略、A to Z(2050年)**
 - 6-17 トヨタ自動車の電動車両に関するアクション
 - 6-18 (参考)トヨタ自動車 環境戦略 ～電動化～

第7章 EV、PHVとエネルギー諸問題の整合性

- 7.1 電動自動車の機・電システムの構成の概要**
 - 7-1 駆動構成 EV、EV'、PHVとHV
 - 7-2 電池を中心とするEV(PHV)の電力モデル
 - 7-3 EVの二次電池、エネルギーロスと再生
- 7.2 EV、PHVの走行性能(1) 交・直電力消費率“電費”**
 - 7-4 EV、PHVの電池容量と走行距離(1、グラフ) 2017-2018
 - 7-5 EV、PHVの電池容量と走行距離(2、グラフ) 2017-2018
 - 7-6 EV、PHVの電池容量と走行距離(データ)2017-2018
 - 7-7 EV、PHV、FCVとHVの走行距離 2017(グラフ1)
 - 7-8 EV800km 走行の選択肢 vs.FCV
 - 7-9 EV、PHVの電力消費率(グラフ)
 - 7-10 EVとPHVの電力消費率(データ)
 - 7-11 電力消費率、交流蓄電と直流放電(市販車 2016～2018)
 - 7-12 EV、PHVの車輛総重量と走行性能
 - 7-13 回生充電モデルとセルの内部抵抗
 - 7-14 HVにおける回生とキャパシタの効果
 - 7-15 7.2のまとめ エネルギー(回生)パワー
- 7.3 EV、PHVの走行性能(2) 環境性能“燃費”と回生機能**
 - 7-16 EV、PHV 他 CO2発生ポジション
 - 7-17 PHVの走行データ(1、グラフ) 2016-2017
 - 7-18 PHVの走行データ(2、データ)
 - 7-19 (総合)環境性能と蓄/発電容量
 - 7-20 PHVの環境性能 g-CO2/km(グラフ)
 - 7-21 PHVの環境性能(データ)
 - 7-22 PHVの環境性能 g-CO2/km(データ)
 - 7-23 小型HVの燃費とCO2排出(グラフ)
 - 7-24 小型HVの燃費とCO2排出(データ)
- 7.4 搭載電池システムの容量、電圧と電流**
 - 7-25 セル(単電池)からモジュール、システム(組電池)へ
 - 7-26 セル(単電池)からシステム(組電池)の事例
 - 7-27 EV、PHVの搭載電池、容量と電圧
 - 7-28 EVリチウムイオン電池の主要諸元(1)
 - 7-29 EVリチウムイオン電池の主要諸元(2)
 - 7-30 エネルギー特性の低下、パワー特性の低下
 - 7-31 電極とセルの変化(劣化)模式図
 - 7-32 高電圧対応 UNECE WP29
 - 7-33 低電圧蓄電デバイスによるEVの可能性
- 7.5 EVの電源、各国の発電事情と多様性**
 - 7-34 EVの効率、(交流充電>直流放電)走行
 - 7-35 各国発電電力の電源構成 2015 OECD/IEA
 - 7-36 石油、石炭系の発電量 データ:OECD、IEA2015
 - 7-37 各国の発電量と燃料由来のCO2発生
 - 7-38 エネルギー問題と自動車の選択
 - 7-39 (資料)送電ロス(日本、中国、ロシア、インドほか)
 - 7-40 (資料)中国の石炭エネルギー(データ:IEA)
- 7.6 EV、PHVの急速充電と電池のリアクション**
 - 7-41 EV、PHVの充電所要時間(グラフ) 2017-2018
 - 7-42 LEAF EVの普通充電の例、満充電
 - 7-43 EV、PHVの充電所要時間(データ)2017-2018
 - 7-44 EV、PHVの充電、急速と普通
 - 7-45 電池のリアクション(2)、SOC変化のパターン
 - 7-46 IEC62660-1 規格 放電出力制御
 - 7-47 EV、PHV 搭載電池の急速充電レート(グラフ)
 - 7-48 EV、PHV 搭載電池の急速充電、充電レート(データ)
- 7.7 HV、PHV、EVとFCV(燃料電池車)の位置関係**

- 7-49 xEVの環境価値、運用・運転と安全性
- 7-50 国土交通省 乗用車の燃費とCO2排出(現状)
- 7-51 給油と給電(日本)
- 7-52 自動車のエネルギーソース(黄色部分走行)
- 7-53 FCV、EV、PHV、HVとガソリン車(燃費、電費以外)
- 7.8 (資料) 現行のEV、PHVほかの主要諸元表**
 - 7-54 主要諸元(1)EV、PHV2018
 - 7-55 主要諸元(2)TESLA MODEL 3
 - 7-56 主要諸元(3)レンジ Ext. BeBMW i3
 - 7-57 主要諸元(4)小形低燃費PHV*2017 国産2社

第8章 電池(セル)と原材料、部材の算定基礎(～2017)

- 8.1 EVの予測、電池総量とコスト推定**
 - 8-1 EV、PHVとHEV用二次電池の年間所要量推定
 - 8-2 EVの比率% 2030年までの予測(1)
 - 8-3 EVの比率% 2030年までの予測(2)
 - 8-4 EV生産、電池総量とコスト MWh/年
 - 8-5 EV年間生産台数と電池総量 GWh/年(対数)
 - 8-6 EV電池の年間総コスト試算グラフ
- 8.2 電池総量GWhあたりの原材料の所要量試算**
 - 8-7 GWhあたりの正負極材その他部材所要量
 - 8-8 GWhあたり正負極材その他部材所要量(1 計算値)
 - 8-9 GWhあたり正負極材その他部材所要量(2 実際値)
 - 8-10 GWhあたりLiとCoの所要量(実際値)
- 8.3 試算の算定基礎と参考データ**
 - 8-11 仮想正極材VTCMの特性(グラフ)
 - 8-12 20Ah、74Wh セルの材料、部材の構成(3)重量%
 - 8-13 20Ah、74Wh セルの材料、部材の構成(4)体積%
 - 8-14 電極面積設計とセル特性とコスト(模式図)

第9章 参考資料 ZEV(米)、NEV(中)、CO2(欧)とCAFE規制

- 9-1 ZEV(米)とNEV(中)の比率規制と欧州CO2規制
- 9-2 中国のステップ、2017-2030
- 9-3 米国カリフォルニア州のZEV規制の§1962.1
- 9-4 米国カリフォルニア州 ARBの環境対応車の分類
- 9-5 EU域CO2排出規制(1)年次経過 新車(乗用車)
- 9-6 EU域CO2排出規制(2)車輛重量(新乗用車重量)
- 9-7 日本の乗用車の燃費とCO2排出(現状)国土交通省
- 9-8 日本の燃費基準 JC08からWLTPへ
- 9-9 排ガス規制 CAFEなどの集約方法
- 9-10 各国の自動車の“燃費”基準とCO2排出(乗用車)
- 9-11 燃費のCO2排出関係の表示と単位換算

第10章(終章) EVの東西・南北とパラダイムシフト 液電解質系から全固体電池へ

- 10-1 EVの東西・南北、この先は、. (1)3E
- 10-2 EVの東西・南北、この先は、. (2)電池とEV
- 10-3 全固体リチウムイオン・セルへの期待
- 10-4 液系電解液(質)から全固体電解質へ
- 10-5 TOYOTAの全固体電池への取り組み 2017-2018
- 10-6 二次電池の変遷 S字カーブと包絡線(1)
- 10-7 二次電池の変遷 S字カーブと包絡線(2)

参考文献