



JOGMEC カレント・トピックス

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

EV 電池および電池材料(Ni, Co, Li)の市場動向

—Battery Materials 2019 参加報告—

〈金属企画部調査課 新藤徹・柴原理沙 報告〉

はじめに

2019年4月10日から12日にかけて、中国・上海においてFastmarkets社主催Battery Materials 2019が開催され、鉱山会社・自動車会社・電池会社・リサーチ会社等から約180名（登録ベース）が参加した。同カンファレンスが電池材料をテーマとして開催されるのは2018年に続き2回目となる。

4月10日は「Pre-conference day: Battery Chemicals」と題し、リチウムイオン電池（LIB）の正極材動向、LIBの次世代電池となる全固体電池技術の最新動向等に関する講演やパネルディスカッションがあった。4月11日から12日にかけてはニッケル・リチウム・コバルト・銅・グラファイトといったLIBの正極材や負極材原料の需給・市場動向に関する講演やパネルディスカッションがあった。

本稿では、LIB正極材および全固体電池に関する動向、ニッケル・リチウム・コバルト市場・需給に関する主な講演やパネルディスカッションの概要を紹介し、電池や電池原料市場の今後を考察する。



写真1. Battery Materials 2019 会場



写真2. パネルディスカッションの様子

1. LIB 正極材動向

4月10日のPre-conference dayではLIBを始めとする電池の生産状況や正極材動向、全固体電池等に関する講演があった。中国政府による電気自動車（EV）補助金減額政策の影響で航続距離の長いEVへの補助金は減額、航続距離の短いEVへの補助金は撤廃される^{*}。航続距離の長いEVへの補助金は継続することから、正極材のトレンドとしてはLMO（マンガン酸リチウム）やLFP（リン酸鉄）等から航続距離の長いEV電池の原料となる高ニッケルのNMC（ニッケル・マンガン・コバルトの三元系）やNCA（ニッケル系）へのシフトが進むとみられる一方、バス等のEVに対してはLFPも有用であるとの見方が示された。以下、正極材動向に関する講演の概要を紹介する。

※ 中国政府は3月26日にEVに対する新たな補助金政策を発表。これまでは航続距離150km以上のEVが補助金支給の対象であったが、2020年以降は250km以上のEVが対象となる。尚、補助金額は航続距離に応じて250～400kmのEVは34,000～45,000元から一律18,000元に、400km以上のEVは50,000元から25,000元に半減される（いずれも1台当たりの補助金額）。

1.1. 講演：Today's lithium-ion battery chemistries

<講演者：Xiaobai Liu氏（Roskill社）>

2018年10月までの時点で中国において使われたLIBの正極材別の割合はNMC61%、LFP37%、LMO1%、その他1%だった。NMC/NCAはEVやPHEVで、LFPはE-busや近距離移動用乗用車等で用いられる。中国ではNMC811（ニッケル：マンガン：コバルト＝8：1：1）が占める割合は10%以下である。NMCのデメリットはコストが高くつく点にある。また、NCAのデメリットは湿気に弱い点であり、湿気が多い環境でオーバーヒートする可能性がある。

NMCについては高ニッケル（低コバルト）の正極材になるにつれてコストは下がる。NMC111とNMC811では811の方が42%コストは下がる。NMC622とNMC811では811の方が20%コストは低い。

表1. 正極材ごとのバッテリーコスト比較（US\$、40kWhのバッテリーとした場合）

NCA	LMO	LFP	NMC111	NMC523	NMC622	NMC811
5,400	2,680	2,560	8,200	6,440	6,000	4,760

（出典：Roskill社講演資料を基に筆者作成）

中国では2020年にEVメーカーに対する補助金が半減する。その影響で低コストで寿命が長く、安全性にも優れるLFPが再び市場で成長する可能性が高い。

高エネルギー密度実現のために正極材の高ニッケル化は進むが、必ずしもすべてのEVに対して非常に高い性能が求められる訳ではないため、LMOやLFPも無視できない程度のマーケットシェアを占める。製造コストによって正極材の構成は選択される。

電池のエネルギー密度は負極材料によっても左右される。現在最も多く用いられる負極材はカーボン（アモルファス状）/グラファイト（結晶）を用いたものであるが、シリコンや錫をブレンドしたものが開発途上にある。また、全固体電池では負極材に金属リチウムが使われる予定で、これによってエネルギー密度は50%以上向上する。中国では負極材の原料としてグラファイト

(天然黒鉛) が主流であり、今後もカーボンよりグラファイトが主流というトレンドは継続するとみられる。

2. 全固体電池

LIB の次世代電池として注目される全固体電池をテーマとした講演・パネルディスカッションがそれぞれ 1 件あった。講演者・パネリストによると全固体電池の商業化・普及の時期については 2025 年とするのもやや楽観的であるとの見方が多かった。以下、全固体電池に関する講演・パネルディスカッションの概要を紹介する。

2.1. 講演 : Solid state lithium batteries are (part of) the future?

<講演者 : Emily Hersh 氏 (DCDB Group 社) >

全固体電池は現行の LIB と比較してパッケージが小さいこと、高いエネルギー密度、優れた安全性等理論上はメリットが多い。現在は研究段階であるため、如何にサプライチェーンに乗せるかが重要である。

大手の自動車・電池メーカーは全固体電池の開発に少なからず参入している。全固体電池における最大の課題は技術面の確立であり、原料の供給面はそれほど大きな問題ではない。

全固体電池は、ドローンや軍用から家電などの民生用、その後 EV という順番で普及していく。EV 向けに必要なとされる電池容量は大きいため、容量の大きい全固体電池を開発できるかどうかは課題である。全固体電池にはグラファイトは必要なく、負極材には金属リチウムが重要である。金属リチウムの生産量は現状それほど多くはない。

2.2. パネルディスカッション : Solid-state batteries and powering the future

<モデレーター : Ken Hoffman 氏 (McKinsey & Company 社)

パネリスト : Emilio Bunel 氏 (Cathoric University of Chile) , Emily Hersh 氏 (DCDB Group 社) , Dan Blondal 氏 (Nano One 社) , Hu Liuquan 氏 (Hunan Changyuan Lico 社) >

Dan Blondal 氏 (Nano One 社)

全固体電池の利点は安全性、薄さおよびエネルギー密度の高さである。課題となるのは、正極材・負極材と固体電解質の界面の技術をどう確立するかである。全固体電池の正極材は LFP、NMC、NCA の材料と同じである。コスト効率性を維持しつつ大量生産できるかどうかは課題である。

Emily Hersh 氏 (DCDB Group 社)

全固体電池は技術的にうまくいったとしても、投資家やコミュニティからの期待感があるかは疑問である。全固体電池は現状アカデミックなアプローチの方が大きく、商業化に対する期待感が薄いように感じる。また、薄い金属リチウムを製造できるかどうかは負極材生産の課題である。

3. ニッケル

ニッケルについては、将来的な需給の展望に注目が集まった。特に、LIB 向けのニッケル需要増加を意識したインドネシアにおける HPAL プロジェクト（酸化鉍から Class1 ニッケルを生産）の動向への注目度が高く、同国におけるそれらのプロジェクトの進捗がニッケルの需給バランス全体に大きな影響を与えることが喧伝された。また、LIB 向けニッケル需要の増加から、鉍山会社と硫酸ニッケルや電池・自動車メーカー等との協力体制構築といった新たな動きが目立つようになったというコメントも複数みられ、LIB 向け需要の拡大がニッケルのサプライチェーン全体に変革を生じうるとの印象を受けた。

以下、ニッケル市場予測に関する講演とパネルディスカッションの概要を紹介する。

3.1. 講演：Nickel market outlook

<講演者：Jim Lennon 氏（Macquarie Capital（Europe）社）>

3.1.1 ニッケル価格・在庫動向

2016 年以降ニッケル価格は上昇傾向にあるが、値動きは激しい。ニッケル在庫はアジアの LME 倉庫から欧州の LME 倉庫以外の場所に移されたが、これは主に銀行やトレーダーによる動きとみられる。バッテリー向けの需要増加を見込んだ動きでもあり、また、欧州の方がプレミアムが高くつくことを反映した動きともいえる。

3.1.2 需要動向（ステンレス・バッテリー）

ニッケルの主用途であるステンレスの生産量は年々増加傾向にあり、300 系ステンレス（ニッケル含有量 8%）の生産量も増加傾向にある。300 系がステンレス生産量全体に占める割合は 57%前後で推移している。地域別では中国でステンレス生産量が年 25%拡大しているほか、欧州でも生産量が増加している。

中国のステンレス生産最大手・青山集団は 2017 年にインドネシアでステンレス工場を立ち上げ、同社のステンレス輸出量は 2018 年に 2,000 千 t 弱となった。インドネシアでは他国と比べて半分程度のコストでステンレス生産が可能である。インドネシアから台湾・欧州・米国へのステンレス輸出割合が増加している（図 1）。一方、中国政府は 2019 年 3 月に国内のステンレス産業を保護する目的でインドネシアから中国に輸出されるステンレスに対して 20.2%の関税を課す方針を表明した。

バッテリー向けのニッケル需要が急速に成長するのは確実であり、今後 10 年間で 1,300 千 t の追加供給が必要となる。EV1 台あたりのニッケル使用量は現状の 20kg から 2025 年までに 40~50kg

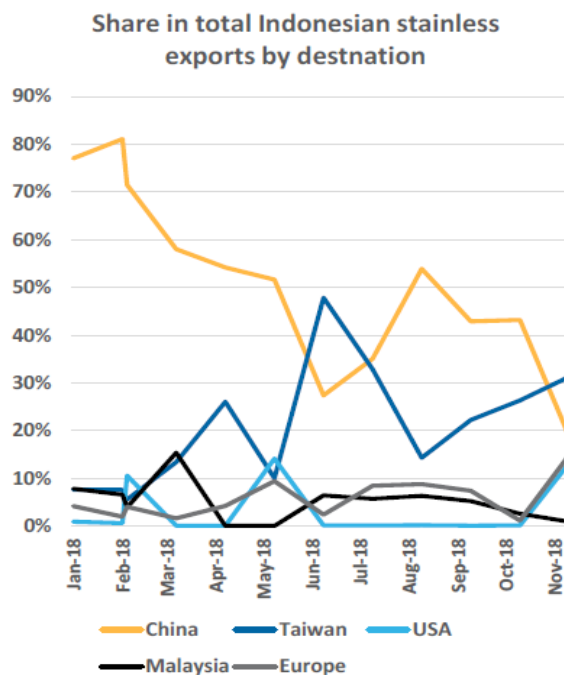


図 1. インドネシアのステンレス輸出割合国別推移
(引用：Jim Lennon 氏講演資料)

まで増加する可能性があるが、正極材の NMC811 がどの程度普及するか次第である。2025 年までにバッテリー向け需要は急速に成長するが、元々の量がステンレス向けと比べると少ない。ニッケル需要にとっては引き続きステンレスが最大の成長セクターである。

3.1.3 プライマリーニッケル供給動向

供給の増加はインドネシアにおけるラテライト鉱石由来のニッケル銑鉄（NPI）の生産量増加がメインである。過去 3 年間で NPI 以外の生産量は 127 千 t 減少した。NPI 生産とスクラップ供給の増加により、ステンレスに用いられる Class1 ニッケルの使用量は年間 11% 減少するとみられる。これによって 300 千 t の Class1 ニッケルがバッテリー向け硫酸ニッケルの製造に利用可能となる。

現在計画・開発段階にあるインドネシアの HPAL プロジェクトは計 200 千 t 以上の生産規模が見込まれるが、短期的に実現可能性が高いのは青山集団等による Morowali におけるプロジェクト（中国 GEM 社や中国 CATL 社、阪和興業株式会社も参画する PT QMB を指す）である。

供給不足は継続するが、2018 年は前年より不足幅が縮小する。インドネシアにおける HPAL プロジェクトが予定通り立ち上がらなければ、2021 年以降、ニッケルは深刻な供給不足となる。

NPI を転換して硫酸ニッケルを製造する可能性については、理論的・技術的には「NPI→マット→硫酸ニッケル」という生産フローが可能であるが、NPI からマットへの転換コストが高額な点を考慮すると普及は難しい。

3.2. パネルディスカッション：Nickel panel：The future of battery grade nickel

＜モデレーター：Clive M Whittington 氏（C.M. Whittington & Associates 社）

パネリスト：Jim Lennon 氏（Macquarie Capital (Europe) 社），Mark Selby 氏（RNC Minerals 社），Alex Khodov 氏（Norilsk Nickel 社），Ken Hoffman 氏（McKinsey Basic Materials Institute (BMI) 社），Zong Shaoxing（MCC RAMU New Energy Technology 社）＞

ニッケルに関するパネルディスカッションでは、硫酸ニッケル生産動向やインドネシアにおける HPAL プロジェクトの動向へのコメントが複数見られた。以下、パネリストによる主なコメントを紹介する。

Alex Khodov 氏（Norilsk Nickel 社）

Norilsk 社がフィンランド・Harjavalta 製錬所で生産する硫酸ニッケルは世界で最も良い品質である。プレミアム金額は需給の動向に左右されるが、品質が重要となる。品質の悪い硫酸ニッケルは市場で売れなくなっている。Norilsk 社は BASF 社（独・化学メーカー）と協力関係を締結し、ニッケル 300 千 t を車載電池向けに供給する。（上流から下流まで）統合されたプロジェクトを通じて鉱山会社が化学メーカーとの協業を考える必要性が出てくるようになった。

Jim Lennon 氏（Macquarie Capital (Europe) 社）

鉱山会社にとって硫酸ニッケルのプレミアム金額の高さは硫酸ニッケル製造の大きなインセンティブとなる。BHP の Nickel West の動きもこれによるものである。HPAL は初期投資が巨額だが、中国企業による HPAL は中国系のエンジニアリング企業を起用することで従来のプロジェクトと比べて CAPEX が 6 分の 1 程度に抑えられる。インドネシアにおけるニッケル中間原料生産は伝統的なプロセスとは異なるもので、鉱山開発と処理を切り分けている。

Zong Shaoxing 氏 (MCC RAMU New Energy Technology 社)

これまでHPALプロジェクトは11件あったが、成功したのは4件のみである。鉱山から正極材の前駆体まで生産するプロジェクトのうち、PNGのRamuプロジェクトは成功した。同プロジェクトではMHP (mixed hydroxide precipitate: 混合水酸化物) から前駆体を製造する。

また、HPALプロジェクトの尾鉱処理については以下のコメントがあった。

Zong Shaoxing 氏 (MCC RAMU New Energy Technology 社)

PNGでは尾鉱を深海へ放出している鉱山もある。海底等に対する影響はない。深海へ放出できる場所を見つけるためには環境負荷評価が必要である。

Alex Khodov 氏 (Norilsk Nickel 社)

インドネシアにおいて計画されているHPALプロジェクトの内、Morowaliは深海への放出に適した場所ではないと理解している。深海への放出に必要な海底深度は1,000m以上であるべきところ、深度250m程となっている。

4. コバルト

コバルトについては、市場や需給動向の講演・パネルディスカッションがあった。LIB正極材のNMC811への移行により、省コバルト化への注目が集まる一方、中国企業が硫酸コバルトの生産量を増加させていることもあり、今後の価格・需給・新規/拡張プロジェクトの動向への言及が多かった。以下、コバルト市場予測に関する2つの講演概要を紹介する。

4.1. 講演: Cobalt market overview - Where to from here?

<講演者: Lara Smith 氏 (Core Consultants 社) >

コバルト精鉱・地金価格は2018年夏をピークに下がり続けている。足元のコバルト精鉱の価格は2018年4月時点と比較して70%程低い水準となった。コバルト価格下落の主な要因としては、①中国の金融引き締めの影響によるトレードの停滞、②米中貿易摩擦の影響、③零細事業者による生産量増、④投資ファンドによる保有在庫の放出が挙げられる。コバルト供給の増加により質の悪い製品が市場に流通した。中国企業は硫酸コバルトの生産能力を拡大している(例: Hunan Jinyuan New Materials社は2019年1月に4千t/年から20千t/年に硫酸コバルトの生産能力を拡大)。

ほとんどのコバルト化合物の生産量は2018年Q3以降減少傾向となっているが、硫酸コバルトの生産量は前述のように中国企業を中心として増加傾向にある。硫酸コバルトの在庫推移は減少あるいは横ばいとなっている。今後の価格上昇のためにはほとんどのコバルト化合物でさらに20%の在庫減少、硫酸コバルトでは最大50%程度の在庫減少が必要となる。

過去にコバルト価格はDRコンゴにおける供給障害により2回高騰したことがある(1994年のDRコンゴの社会不安と2009年のDRコンゴの輸出禁止)ため、供給サイドの動向は注視が必要である。

アフリカにおいては主生産物に対するコバルトの比率が高いこと、また、アフリカと中国との

緊密な関係性（中国企業が DR コンゴから鉱石/精鉱を輸入し硫酸コバルトの生産を増加させる）を考慮すると、今後のコバルト供給は引き続きアフリカ由来がメインとなる。

4.2. 講演 : Cobalt market spotlight

<講演者 : Susan Zou 氏 (Fastmarkets 社) >

コバルト価格は2016年半ば以降、EV向け需要増加に対する期待感から上昇。2017年末からコバルト在庫は減少し、2018年4月には10年ぶりの高値を付けた。新規の供給プロジェクト開発や拡張が計画されているが（表2）、価格下落の影響で、これらのプロジェクトが予定通りに進むとは考えていない。

表2. 今後開発や再開が予定されるコバルト生産プロジェクト（一部）

鉱山	国	企業	生産能力 (t/年)	予定生産量 (t)	
				2019	2020
Big Hill (Lubumbashi)	DR コンゴ	George Forrest International SA/GTL	5,500	1,500	3,000
PE1078	DR コンゴ	Pengxin Resources	3,000	1,500	2,800
Deziwa	DR コンゴ	China NF Metals Industry	10,000	-	3,000
Sconi	豪州	Australian Mines Ltd	2,000	-	1,000

（出典：Fastmarkets 社講演資料より筆者作成）

中国におけるコバルト地金の年間生産量は2016年：7,200t、2017年：9,140t、2018年：9,200tと増加傾向にある。中国のコバルト地金は2017年Q2まで輸入が輸出を上回っていたが、2017年Q3以降は転じて輸出が輸入を上回り、その傾向が継続している。2018年Q4にはQ3と比較して中国からのコバルト地金輸出が減少した。これは、夏期には欧州勢による中国のコバルト在庫の購入が多かったものの、その後購入意欲が減退したことを反映している模様。

硫酸コバルト価格については中国政府によるEV補助金減額政策が下落を加速させる要因となったとみられる。

2019年のコバルト供給は緩やかに成長するとみられる。2020年にはDRコンゴでの大幅な増産が見込まれる（Katanga 鉱山の貯鉱場からの生産が増加）。しかしながら2025年には大幅な供給不足に転じると見込む。

コバルト需要の内バッテリー向けは約50%を占める。EVバッテリー向け以外では、5Gスマートフォンのコバルト使用量に注目が必要。充電容量の増加に伴い、コバルト使用量は4Gでは10～20g/台だったものが、5Gでは23g/台となる。2023年にはスマートフォン市場の内5Gが26%を占めるとみられ、スマートフォン向けのコバルト使用量の増加が見込まれる。2019年4月、Samsung社は初めて5Gスマートフォンの商業生産を開始した。

5. リチウム

リチウムに関してもニッケルやコバルト同様、市場動向に関する講演・パネルディスカッションがあったほか、プロジェクト紹介の講演が複数あった。リチウムはかん水・スポジューメン（鋳石）由来の両方について新規プロジェクトが計画されているが、中国市場のリチウム価格が下落したことを受けてプロジェクトが予定通り立ち上がらない可能性への言及があった。

講演：Lithium market spotlight

＜講演者：Vicky Zhao 氏（Fastmarkets 社）、Carrie Shi 氏（Fastmarkets 社）＞

中国市場のリチウム価格が世界のリチウム価格をリードしている。世界のリチウム化合物生産量は 2017 年には約 230 千 t 程であったが、2018 年には約 25% 増加し 300 千 t 近くまで増えた（数量はいずれも LCE 換算値）。生産量を国別にみると中国が 62%、チリが 27%、アルゼンチンが 10% となっている。原料別ではかん水由来が 50%、スポジューメン由来が 45%。

2019 年から 2020 年にかけて複数の新規プロジェクトの計画があり、また、2022 年以降はさらに 20 件以上の新規プロジェクトが予定されているが、価格低迷のためにプロジェクトが予定通り立ち上がらない可能性がある。

EV 市場の成長に伴ってリチウムの需要も増加するが、米中両国による EV 補助金減額政策はリチウム需要の成長に影響する可能性がある。リチウムは 2023 年以降供給不足に転じる見込み。リチウム価格は需給バランスが供給不足となる 2023 年以降大きく上昇すると予測。

おわりに

Battery Materials 2019 では、特に中国における LIB 正極材や電池材料の動向について中国企業・中国以外の企業による多くのコメントや議論があり、様々な視点から今後の動向に関する見解を聞くことができた。

中国政府による EV 補助金減額政策に関して、航続距離の長さがメリットとなっている高ニッケル系正極材の製造意欲はこれまでと比較すると減退する可能性もあるが、航続距離の長い EV に対する補助金は減額するも継続することを考慮すると、高ニッケル化は止まらない流れであると考えられる。しかし、中国政府による EV 補助金減額政策の影響や NMC811 正極材生産の安定性の課題や費用対効果を考慮すると、LFP や LMO も一定の需要があるとのコメントが複数の講演者よりみられた点は注目すべきである。正極材動向の今後の予測、特に高ニッケル正極材（NMC）への本格的な移行のタイミングを正確に見通すことは困難であるが、今後の中国政府・企業の動きを通してバッテリー正極材の動向を注視していきたい。

なお、全固体電池の普及時期については 2025 年とするのも楽観的であるとの見方が示されたことから、LIB に続く次世代電池の普及にはまだ時間を要すると思われる。

ニッケルについては、特にバッテリーグレードのニッケルの供給不足が懸念される。インドネシアで計画されている HPAL プロジェクトの成功如何でニッケルの需給バランスは大きく変化するとみられることから、これらのプロジェクトの進捗状況については特に注視が必要である。

2018 年はリチウムおよびコバルトの価格が大幅に下落するなど、市場は大きく動いた。価格や在庫動向、需要動向は中長期的な供給に大きなインパクトを与えるため、EV 電池材料の足元の市

場・需給動向を注視しつつ、中長期的な展望について引き続き有意義な情報収集・提供に努めていきたい。

おことわり:本レポートの内容は、必ずしも独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構としての見解を示すものではありません。正確な情報をお届けするよう最大限の努力を行ってはおりますが、本レポートの内容に誤りのある可能性もあります。本レポートに基づきとられた行動の帰結につき、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構及びレポート執筆者は何らの責めを負いかねます。なお、本資料の図表類等を引用等する場合には、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構資料からの引用である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。