



量産化を急ぐ中国のナトリウムイオン電池産業 —世界における主導権獲得に向けて先手を打つ—

2022/6

三井物産戦略研究所
技術・イノベーション情報部 コンシューマーイノベーション室
趙 健

Summary

- 現在、主流となっているリチウムイオン電池（LiB）は材料をレアメタルに依存しており、将来的な安定調達には懸念が残る。一方、ナトリウムイオン電池（NiB）は材料となる資源が豊富かつ低コストのため、次世代電池候補の一つとして注目を集める。
- 中国政府は電池の安定供給と次世代電池開発における主導権獲得を念頭に、NiB産業の発展を後押ししており、企業は早期の量産化に向けて、資本や技術面での提携を活発化させている。
- NiBはすぐにLiBに取って代わるわけではなく、電動二輪・三輪、低速EVや定置型蓄電池など、コストパフォーマンスが求められる分野から普及すると予想される。今後の見通しには不確実性が残るが、そのポテンシャルを見据え、欧米、インドでもビジネス参入の動きがある。

1. 注目を集めるナトリウムイオン電池

リチウムイオン電池（以降、LiB¹）は多くの分野で広く使われているが、材料を産出地が偏在するレアメタルに依存しているという課題がある。近年のEV販売台数増加や直近のウクライナ危機により、リチウムなどの主要原材料の価格が高騰しており、次世代電池の開発には材料調達リスク低減の重要度が高まっている。ナトリウムイオン電池（以降、NiB²）は1980年代から研究開発がなされているが、エネルギー密度³などの性能面でLiBに劣るため普及に至っていない。しかしながら前述の情勢変化を受け、地殻中に存在する量がリチウムの1,000倍以上、かつ特定の国・地域に偏在しないナトリウムを主要原料とするNiBが、次世代電池の有力候補の一つとして注目を集めるようになった。BNEF⁴は2021年末に発表した世界エネルギー貯蔵市場見通しで、NiBは2030年頃には重要な役割を果たすようになるとしている。

こうした状況下、世界中のNiB企業は現在、商業ベースでの実用化に向けた研究開発を競っており、特に中国では早期の量産化に向けた動きが加速している。本稿ではその最新動向と今後の展望について考察する。

1 Lithium ion batteryの略。

2 Na-ion batteryの略。SiB (Sodium ion battery) ともいう。

3 電池の単位質量、または単位容積当たりに取り出せるエネルギーの量。Wh/kg、Wh/Lなどの単位で示される。

4 Bloomberg New Energy Finance、エネルギーマーケットリサーチ大手。

2. ナトリウムイオン電池の主要材料、性能の特徴と想定される用途

NiBの動作原理はLiBと同じであり、電池内部で電荷を運ぶキャリアをリチウムイオンからナトリウムイオンに置き換えるため、新たな正極材料、負極材料およびその性能を引き出せる電解質の開発が必要である。一方、集電体、セパレータなどは現行のLiB向け材料が使用可能となる。各主要材料の有望な候補と特徴を図表1に示す。

図表1 ナトリウムイオン電池の主要材料候補

| ナトリウムイオン電池材料候補 | | 特徴や主なメリット・デメリット |
|----------------|---|--|
| 正極材料 | 層状酸化物(例、 Na_xMO_2 , $0 < x \leq 1$, M(遷移金属)=Mn、Fe、Cr、Ni) | 理論容量が大きい。しかし、充放電する際のナトリウムイオンの挿入・脱離により構造が不安定になりやすいため、サイクル寿命が短い。 |
| | ポリアニオン化合物(例、 NaFePO_4 、 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 等) | 高電圧かつ構造安定性が高い。しかし、層状酸化物と比べると重量エネルギー密度とイオン伝導率が低い。また、バナジウム化合物は毒性がある。 |
| | プルシアンブルー類($\text{Na}_2\text{M}[\text{M}(\text{CN})_6]_{1-y} \cdot z\text{H}_2\text{O}$, MとM'(遷移金属)=Fe、Co、Mn、Ni) | 重量エネルギー密度が高い。しかし、層状酸化物と比べると体積エネルギー密度が低く、毒性のあるシアニ化水素(HCN)発生のリスクがある。 |
| 負極材料 | ハードカーボン | 大容量かつ低コスト。しかし、充電反応電位が金属ナトリウムの析出電位に非常に近いため安全面の課題がある。より多くのナトリウムイオンを貯蔵できるようにするための研究開発が行われている。 |
| | ソフトカーボン | ハードカーボンより電圧が高いが、容量が小さいというデメリットがある。 |
| | プルシアンブルー類 | 大電流およびサイクル寿命の長さが特徴。しかし、エネルギー密度は諸候補のうち最も低い。 |
| 正極集電体 | アルミ箔 | 現行LiB向け材料が使用可能 |
| 負極集電体 | アルミ箔 | アルミはナトリウムと合金化反応しないため、LiBに使用されるコストの高い銅箔の代替として使用可能 |
| セパレータ | ポリオレフィン | 現行LiB向け材料が使用可能 |
| 電解質 | NaClO_4 、 NaPF_6 などナトリウム塩 | NaClO_4 は爆発の危険があり、 NaPF_6 は水と反応して毒性のあるフッ化水素発生リスクあり |
| 電解液 | 炭酸ジメチル(DMC)など有機溶媒 | 現行LiB向け材料が使用可能 |

出所 Science Direct 掲載論文「Exploits, advances and challenges benefiting beyond Li-ion battery technologies」(<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.153261>, 2022年4月26日アクセス)、CIC energi GUNE「Achievements and challenges of sodium-ion battery materials」(<https://cicenergigune.com/en/blog/achievements-challenges-sodium-ion-battery-materials>, 2022年4月26日アクセス)、Faradion Limited社ウェブサイトを基に三井物産戦略研究所作成

正極材料には複数の候補があり、高容量の層状酸化物、安定性の高いポリアニオン化合物とエネルギー密度の高いプルシアンブルー類の3種類が最も有望視されている。負極材料については、ナトリウムイオンのサイズがリチウムイオンより大きく、LiBの負極に使われるグラファイトには挿入できないため、新規開発する必要がある。炭素系(ハードカーボン、ソフトカーボン)やプルシアンブルー類などの候補のうち、ハードカーボンは大容量・低コストという点で、多くのNiB企業が採用している。NiBの電極材料に適応する新規電解質の開発については、現在は NaClO_4 と NaPF_6 が性能面から最も有望だが、水性電解液や全固体電解質など、より安全性の高い材料の開発も行われている。

上記のNiB材料に使われるナトリウム、金属や炭素材料などは資源が豊富で調達しやすいため、材料コストはLiBと比べると30~40%下回ると予想される。

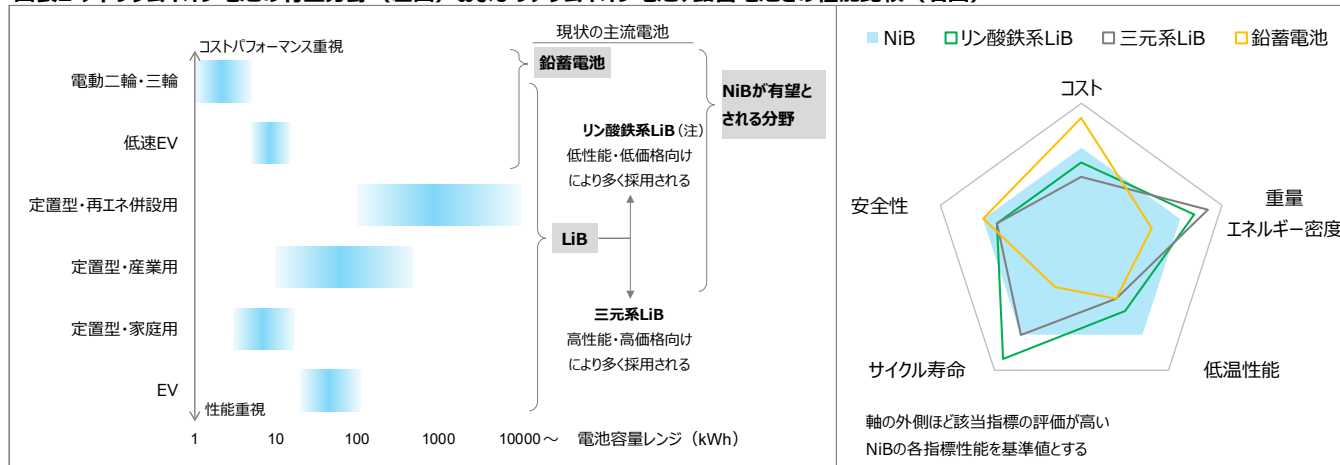
NiBは低温環境での性能と充電速度が優れている一方、エネルギー密度が低いなど、長所と短所を持ち合わせている。図表2に示す通り、高い性能が求められるEV向け用途などでは、当面LiBに取って代わることはなく、コストパフォーマンスが求められる電動二輪・三輪、低速EV⁵、定置型蓄電池⁶向けに普及すると予

5 LSEV (Low Speed EV) とも呼ばれる。一般的に時速60km以下、満充電の航続距離が100km以下の超小型EVを指す。

6 緊急時電源、電力の一次的な貯蔵などの目的で、住宅、産業施設や再生可能エネルギー発電所などに設置される蓄電池。

想される。これらの分野で既に多く使用されている鉛蓄電池、リン酸鉄系LiBと比較すると、NiBは鉛蓄電池と比べてコスト以外の指標は大きく上回り、リン酸鉄系LiBと比べるとエネルギー密度が劣るものの低温環境での性能やコスト面では優れているため、今後、競合する可能性が高い。

図表2 ナトリウムイオン電池の有望分野（左図）およびリチウムイオン電池、鉛蓄電池との性能比較（右図）



注：リン酸鉄系LiBとは、リン酸鉄（LiFePO₄）を正極材料とするリチウムイオン電池。三元系LiBとは、NMC（ニッケル、マンガン、コバルトを主成分とする化合物）を正極材料とするリチウムイオン電池。

出所：Science Direct 掲載論文「Exploits, advances and challenges benefiting beyond Li-ion battery technologies」(https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.153261、2022年4月26日アクセス)、Deloitte「China Lithium Industry Deloitte POV 2.0: “Battery of the Time”」(https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/strategy/deloitte_cn_lithium_pov_%202_en_20220406.pdf、2022年4月28日アクセス)、Faradion Limited社ウェブサイト公開情報を基に三井物産戦略研究所作成

現在、世界のNiB企業各社の主要材料、製品性能、想定用途と量産計画を図表3に示す。高いエネルギー密度を実現する英Faradion社やサイクル寿命の長さを追求する米Natron Energy社など、各社は複数の材料候補があるなか、自社製品の想定用途に合わせて独自技術を開発している。量産化計画については、2023年までに初代製品を発売することを発表したCATLをはじめとする中国企業は、軒並み2020年代前半という欧米企業と比べて早期を予定しており、中国における量産化の動きが加速することが鮮明になった。

図表3 主要ナトリウムイオン電池メーカーの製品詳細、想定用途と量産計画

| 会社 | 国 | 正極材料 | 負極材料 | セルエネルギー密度 (Wh/kg) | 充放電サイクル寿 | 作動温度範囲 | 想定用途 | 量産計画 (注2) |
|-------------------------------|------|---------------------|-----------|-------------------|----------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| Faradion Limited(注1) | 英国 | 層状酸化物 | ハードカーボン | 155 | 3000回 | -20℃～60℃ | 低速EV、定置型蓄電池 | インドでギガファクトリー計画あり |
| Natron Energy | 米国 | プルシアンブルー類 | プルシアンブルー類 | 20～30 | 50000回 | -20℃～40℃ | データセンター・通信向け定置型蓄電池、産業用車両 | 2023年 0.6GW/年 |
| HiNa Battery Technology(中科海納) | 中国 | 層状酸化物 | ソフトカーボン | 145 | 4500回 | -40℃～80℃ | 電動二輪、低速EV、定置型蓄電池 | 2022年 1GWh/年 長期 5GWh/年 |
| CATL | 中国 | プルシアンブルー類 | ハードカーボン | 160 | 不明 | -20℃～不明 | EV、定置型蓄電池 | 2023年 |
| Tiamat Energy | フランス | ポリアニオン化合物 | ハードカーボン | 90～120 | 5000回 | 不明 | スクーターなどモビリティ、定置型蓄電池 | 2030年 6GWh/年 |
| Li-Fun Technology (立方新能源) | 中国 | 層状酸化物 | ハードカーボン | 140 | 4000回 | -20℃～不明 | 低速EV、EVバス、家庭用定置型蓄電池 | 2023年 |
| 日本電気硝子 | 日本 | 結晶化ガラス | 結晶化ガラス | 不明 | 不明 | -60℃～120℃ | 車載用や定置型蓄電池 | 2025年 |
| ZOOLNASM (江蘇衆納能源科技) | 中国 | ポリアニオン化合物 | ハードカーボン | 不明 | 不明 | 不明 | 電動二輪、低速EV、フォークリフト、定置型蓄電池 | 2023年 |
| Natrium Energy (納創新能源) | 中国 | 層状酸化物、ポリアニオン化合物も開発中 | ハードカーボン | 130～160 | 5000回 | -40℃～80℃ | 定置型蓄電池、電動二輪・三輪、低速EV | 2022年 正・負極材8万トン/年 |

注1：2021年末、インド 最大のコンглоメイトReliance Industries Ltdの完全子会社Reliance New Energy Solar LtdがFaradion Limitedの100%株を取得

注2：1 GWh = 1,000 MWh = 1,000,000 kWh、1 GW = 1,000 MW = 1,000,000 kW

出所：各社ウェブサイト公開情報、CIC energi GUNE「Achievements and challenges of sodium-ion battery materials」(https://cicenergigune.com/en/blog/achievements-challenges-sodium-ion-battery-materials、2022年4月26日アクセス) を基に三井物産戦略研究所作成

3. ナトリウムイオン電池産業を後押しする中国

3-1. ナトリウムイオン電池に着目する理由

中国企業によるNiB量産化加速の背景には、電池の安定供給と電池産業での主導権維持を狙いとする政府の施策がある。

2060年のネットゼロ達成を目指す中国には、大量の再生エネルギー導入やモビリティ部門の電化に向けて、低コストかつ安定供給が可能な二次電池が必要である。しかし、LiBの主要材料であるリチウムの国内生産量は世界全体の9%しかなく、レアメタルに依存しない二次電池開発が重要となる。

NiBの製造にはLiB製造装置の一部が流用可能なため、量産化のハードルが低いと考えられている。中国が量産化および商業ベースに載せることで先行した場合、サプライチェーンの形成、ノウハウの取得や技術のデファクトスタンダード形成などを通じてNiB産業の主導権を握るかもしれない。

3-2. ナトリウムイオン電池産業の発展を後押しする政策を相次いで発表

2021年8月に中国人民政治協商会議⁷で出されたNiB産業の発展を加速させる提案に対する工業情報化部⁸の公式回答（図表4）は、技術開発、実証・実装への展開、基準整備およびビジネスモデル形成支援などを網羅しており、電池業界はそれを政府のNiB産業発展を後押しするシグナルと受け止めた。後に技術開発や大規模実証事業などの具体的な計画が順次発表され、着実に実施段階へと移行し始めている。

図表4 2021年以降に中国政府が発表した主なナトリウムイオン電池関連の政策

| | 政策名など | 主要内容 |
|----------|--|--|
| 2021年7月 | 国家発展改革委員会国家能源局 新型エネルギー貯蔵発展の推進を加速に関する指導意見 | NiBの規模化実証やデモ事業を加速 |
| 2021年8月 | 工業と信息化部 政治協商会議第十三回全国委員会第四回会議第4815号提案への回答 | <ol style="list-style-type: none"> 2025年まで、NiBを国主導の技術開発計画の対象に組み入れ、その大規模化・低コスト化と性能向上を図り、産業の高品質な発展を図る 研究開発成果の実装を支援。再生可能エネルギー発電所、モビリティ、通信基地局などを中心に、NiBの実装と全面的な商用化を推進する 適切なタイミングでNiB関連基準の作成を推進する 初期段階でNiB市場に進出する企業や製品について、技術開発と商業モデルの形成を支援する |
| 2021年12月 | 第十四・五エネルギー分野科技创新計画 | 次世代エネルギー貯蔵技術の一つとして、NiBの研究開発を注力分野に指定 |
| 2022年3月 | 第十四・五新型エネルギー貯蔵発展実施方案 | 2025年まで、ストレージ技術の多様化を図るべく、NiBのコア技術、関連設備とシステムの研究を加速させ、技術デモンストレーションを実施 |
| 2022年3月 | 「エネルギー貯蔵とスマートグリッド技術」分野の国家重点事業応募ガイドライン（パブコム版） | 2025年まで、「100MWh級NiBエネルギー貯蔵システム」を開発し、産業用途など大規模エネルギー貯蔵実証を実施し、下記目標の達成を目指す 技術目標：セルエネルギー密度150Wh/kg以上、-40℃の容量保持率80%以上、サイクル寿命10,000回以上、セルコスト0.3元(約6円)/Whなど |

出所 中国政府公開資料を基に三井物産戦略研究所作成

7 中国人民政治協商会議とは、中国の基本政治制度の一つである中国共産党がリードする多党協力と政治協商制度に基づいた統一戦線組織である。中国共産党、各民主党派、無党派、社会团体、各少数民族と各界の代表などからなり、年一回の全体会議で国・地方の重大議題について意見の提出や協議を行う。（出典：[中華人民共和国駐日本国大使館ウェブサイト](#)を基に三井物産戦略研究所作成）

8 中国国務院主管省庁の一つであり、工業と情報産業を主管分野とする。

4. 早期の量産化を目指す中国企業

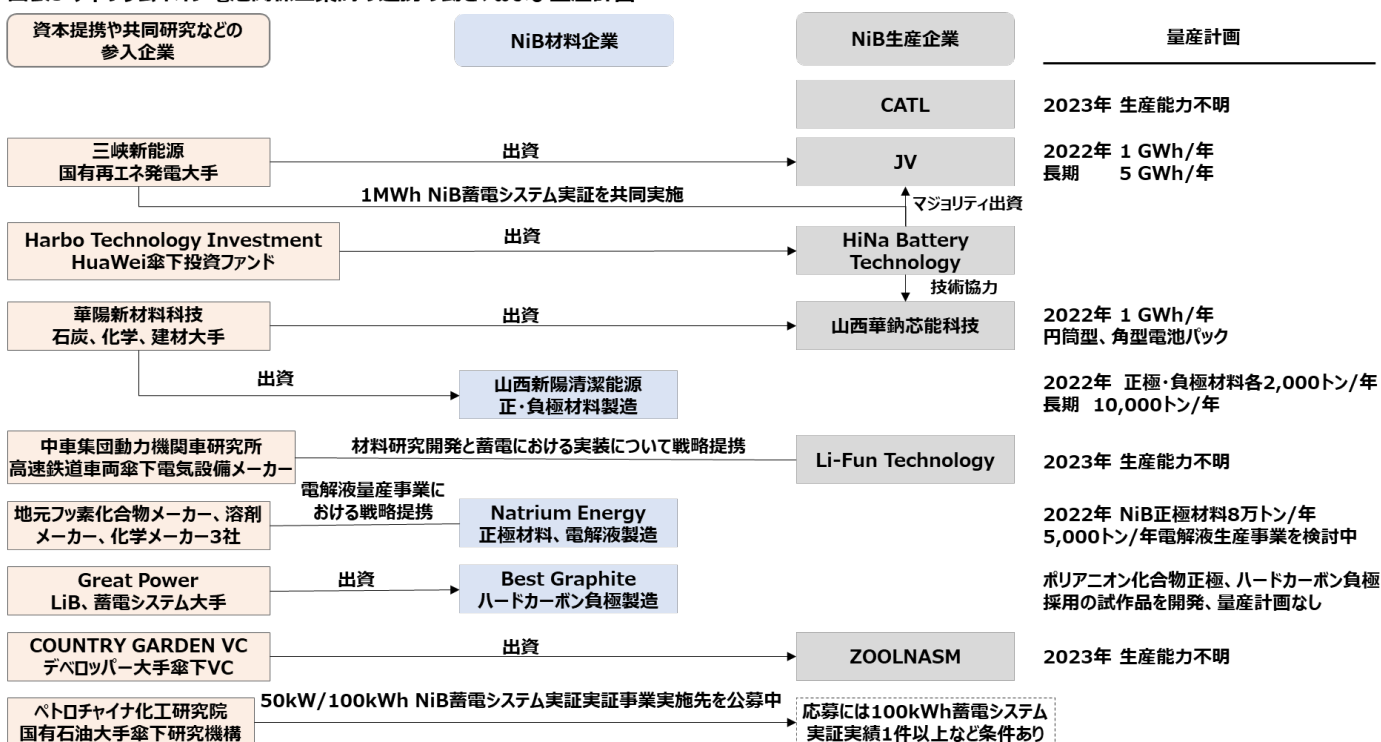
CATLを含む中国NiB企業各社では、早期の量産化実現に向けて、企業間の資本提携や技術協力の動きが活発になっている（図表5）。

2017年中国科学院物理研究所⁹から独立したHiNa Batteryは、これまで世界に先行してNiB搭載の低速EVと1MWh蓄電システムの実証実験を実施しており、最も注目されるNiBスタートアップの一つである。同社は中国再生可能エネルギー発電最大手の三峡集団とのJV事業として、1GWh/年の量産体制を2022年内に整備、稼働開始を発表したほか、通信機器大手HuaWei傘下の投資ファンドからも出資を受けている。

NiBの将来性を見据え、材料製造や活用サービスなど、二次電池と関連する企業も参入に積極的である。石炭・化学・建材大手の華陽新材料科技、中国高速鉄道車両最大手の中車集団なども技術協力や戦略提携の形で進出している。

一方、中国ではNiBの性能をさらに引き出すための電極材料・電解質の開発体制とサプライチェーンがまだ十分に整備されていないため、量産化の実現に向けてサプライチェーン企業間の共同開発や連携も進む。例えば、Natrium Energy社は地元化学メーカーらと電解液の量産に向けた戦略提携を結んでおり、LiB・蓄電システム大手のGreat Power社はハードカーボン負極のスタートアップへ出資するといった、布石を打つような動きもみられる。

図表5 ナトリウムイオン電池関係企業間の連携の動き、および量産計画



出所 各社公開情報を基に三井物産戦略研究所作成

9 中国最高レベルの科学技術学術機関および自然科学・ハイテク総合研究センター。（出典：国立研究開発法人化学技術振興機構 Science Portal China）

5. 今後の展望

5-1. NiBビジネスへの取り組みを開始する他国籍企業

量産化を急ぐ中国市場において、NiBの研究に長く取り組む先進国の企業には、材料や個別部材導入に関するビジネス機会があるだろう。独自のNiB正極材料（プルシアンブルー類）を開発したスウェーデンのAltris社は、2021年末に広州に拠点を置き、今後成長する中国市場での販路開拓を目指す。同社は2022年3月にシリーズAにて960万ユーロの資金を調達し、生産能力を2年以内に2,000トン/年（約1GWh分のNiBに相当）に拡大する予定だという。NiB向け高性能負極材料や電解質などの研究において世界をリードする日本にとっても商機となることが予想される。

中国以外の国でも、NiBの可能性に着目し、量産化に向けた動きが見られる。インド最大のコングロマリットReliance Industries Ltd傘下の企業は2021年末に英Faradion社を買収しており、国内で計画中のギガファクトリーにおいて、同社の技術を活用する予定である。米Natron Energy社は2022年5月、自動車用鉛蓄電池大手の米Clarios社とともに、2023年からNiBの量産を開始すると発表した。

5-2. 市場の見通しと今後の展望

中国でNiBの早期量産化のめどがあついても、サプライチェーンの形成、安定した品質の確保およびコストメリットの実現にはまだ時間がかかると考えられる。中国の新興産業研究機関・EVTankが発表した「中国ナトリウムイオン電池産業発展白書2022」では、電動二輪、低速EVや定置型蓄電池などNiBのターゲットになり得る市場の規模は、理論上は2026年時点で最大1,500億元（約3兆円、1人民元=20円）と試算するも、NiBシェア予想の明言を避け、本格的な普及は2025年以降になると、慎重な見解を示した。Verified Market Researchによれば、2028年の世界のNiB市場規模は年間25億ドルに達するとも予測されている。

既存のLiB市場が拡大する中で、NiB市場の見通しには不確実性があり、早期に巨大な市場になることは考えられない。しかしながら、インドや中国のように市場が大きく、モビリティの電化や再生可能エネルギーの旺盛な需要が想定される国においては、高いコストパフォーマンスを誇るNiBのポテンシャルは大きい。これらの地域での利用が進展することにより、低コスト化や適正なサプライチェーンの構築がなされれば、活用分野や地域のさらなる拡大も見込まれる。中国は、政策面での後押し、既存の電池産業基盤および巨大な国内市場の存在など、NiB産業の育成に有利な条件を多数揃えているほか、2025年までに関連技術基準の策定やビジネスモデル形成支援政策を順次導入していくなど、主導権獲得に向けて先手を打つ。今後、欧米やインドなどもNiBビジネスに注力していくなか、NiBの実用化に向けた競争はより一層の盛り上がりを見せるだろう。

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できると思われる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社及び三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社及び三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。