MAGAZIN E

ニッケルとその用途に関する専門誌

ニッケル2023年38巻3号

先頭を走るニッケル

ニッケル

充電式航空バッテリーの スタンリー・ウィッティンガム博士 とバッテリー談義

工業用純ニッケル: 優れた耐食性





ケーススタディ29 **アイオワ・イリノイ記念橋**



このアーチは、ニッケル含有 ASTM A709 HPS70WとASTM A709 HPS50W鋼を使用しており、フッ素樹脂コーティングシステムでコーティングされています。アンカーとカップリング・ナットの材質は降伏強度 116-ksiの2507系 (UNSS32750)二相ステンレス鋼で、メンテナンスの必要性を減らし、アーチの耐用年数を延ばすことができます。床システムには無被覆の耐候性鋼が使用されました。橋床板の鉄筋にもステンレス鋼が使われました。

これはアイオワとイリノイの二つの州が行った投資としては、過去最大規模のものです。10億米ドルを投じたこのプロジェクトの優先課題は?100年の寿命を持つように設計された橋を建設し、クワッドシティーズのリバーフロントを美しく一変させる象徴的なランドマークを作るということが課題でした。

元からあった双子橋は、大勢の人であるれんばかりの地域で増え続ける交通量を円滑に処理することができなくなっていました。最初の橋は1930年代に建設され、それから1959年に双子橋として再整備されました。路肩はなく、車線幅も現代の基準からすると標準以下でした。アイオワ州およびイリノイ州運輸局、エンジニアリングとインフラ設計を手がけるアルフレッド・ベネシュ・アンド・カンパニー、モジェスキ・アンド・マスターズのチームが協力して、支柱を最小限に抑えた鋼鉄製の真のアーチ形状「バスケットハンドル」を設計しました。

ゼネコンのルンダ建設株式会社が2017年に着工した橋は、2021年末に開通しました。工事中、二つの州をつなぐ交通のスムースな流れを妨げないためには緻密な段階施行と独自の建築手法が不可欠でした。二つの橋

に挟まれた状態で建設を円滑に進めるため、ルンダ社は米国中西部で橋の建設に使われた中では最も高い自立式タワークレーン (高さ400フィート)を2基持ち込みました。

高さ245フィートのバスケットハンドル型アーチを持つ橋の建設には、高品質の材料と最新の技術が必要でした。これを組み立てるため、インダストリアル・スチール・コンストラクション社は、インディアナ州ゲーリーの工場で2本のスパンそれぞれに30個の溶接したスチール製箱型セクションを製作しました。アーチ部分は、はしけやトラックに積み込まれ、クワッドシティーズに運ばれました。この2つのスパンには、合計3万5,000トン以上の構造用鋼材が使用されています。

この交通基盤プロジェクトは、全米 交通賞 (America's Transportation Awards) の最優秀賞を受賞しました.四

論説:

先頭を走るニッケル

ヴィクトル・ユーゴーはかつて、「時宜を得たアイデアほど強力なものはない」と言っ ています。バッテリー技術、特に電気の未来への移行におけるその役割は、まさに そのようなアイデアです。ニッケル協会の電池専門家であるパヴィン・アデリ博士 は、2023年7月に開催されたニッケル協会の「バッテリー・デイ」イベントでこの ように切り出しました。この催しについては、5ページに詳しく書いてあります。

「バッテリー・デイ」では、ニッケル含有電池に関する最新情報が豊富に得られ、 今回の『ニッケル』誌の編集にもインスピレーションを与えてくれました。ニッケ ル含有電池は、エネルギー貯蔵と輸送の未来を形作るものであり、ニッケルの電 池が、より環境にやさしく、よりつながりの強い世界へ向けての挑戦を推し進め ているのです。



ニッケルベースの化学物質は、 電気自動車分野のバッテリー 容量のほぼ3分の2を占めて おり、輸送用の新しい用途が 絶えず開発されています。可 能性は無限大。まさにその通 り!運輸関連のCO₂排出量の 約12%を占める航空は今、注 目を集めています。将来、バッ

テリーで動く航空機が一般的になる可能性はあるのでしょうか?本号では、航空 機の電動化を目指す上での進歩と課題について考察します。

スタンリー・ウィッティンガム博士が、1970年代からの自分とバッテリーとの歩み と、2019年にリチウムイオン電池を開発してノーベル化学賞を受賞するに至っ た幾つかのブレークスルーについて話します。彼と、彼の共同研究者であるジョ ン・グッドイナフ博士と吉野彰博士の研究は、今日のバッテリー技術の大きな基 礎となっています。

そして、私たちの解説シリーズ「なぜニッケル?」では、テーマはもちろんバッテリ 一です!

ニッケル誌の本号の焦点はバッテリーということになるでしょうが、ニッケル含有 材料の他の用途も忘れてはなりません。素晴らしい「サーモン・アイ」のことを知 りたければ、裏表紙をご覧ください。これは、持続可能な海の幸を世界にもたら す方法の推進と情報を与えるためのプロジェクトなのです。

時宜を得たもう一つのアイデアです。

クレア・リチャードソン ニッケル誌編集長



ジョン・グッドイナフ 吉野彰



スタンリー・ウィッティンガム

ジョン・グッドイナフ博士、吉野彰博 士、スタンリー・ウィッティンガム博 士は、リチウムイオン電池開発の功 績により、2019年のノーベル化学賞 を受賞しました。

目次

- 02 **ケーススタディ29** アイオワーイリノイ記念橋
- 03論説先頭を走るニッケル
- 04 ニッケルの注目話題
- 06 **電動航空機** 離陸間近か?
- 09 EV用固体電池
- 10 **バッテリー談議** スタンリー・ウィッティンガム博士 にインタビュー
- 13 **ニッケルベース合金** 工業用純ニッケル
- 14 技術に関するQ&A
- 15 **なぜニッケル?**
- 15 **UNS詳細**
- 16 **サーモンの目** 水上設置

Nickel magazine はニッケル協会が発行しています www.nickelinstitute.org

ハドソン・ベイツ博士(社長) クレア・リチャードソン(編集長) communications@nickelinstitute.org

寄稿者: Parvin Adeli, Gary Coates, Richard Matheson, Colin Mackay, Geir Moe, Kim Oakes, Odette Ziezold

デザイン: コンストラクティヴ・コミュニケーションズ

記載事項は読者に対する一般情報としてまとめられたもので、これに基づく具体的適用もしくは判断根拠とすることにつきましては専門的意見を聞いてください。記載事項は技術的に正確であるとされていますが、ニッケル協会、その会員、職員及びコンサルタントはこれら事項の一般的あるいは特定目的の適用についての適合性について保証するものではなく、記載に関するあらゆる責任・責務を負うものではありません。

ISSN 0829-8351

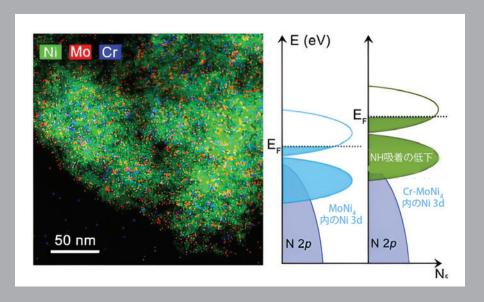
Hayes Print Groupによりカナダで再生紙に印刷

ストック画像クレジット: 表紙:iStock©Just_Super 13分 Shutterstock©Lakeview Images



水素電池のヘルパー

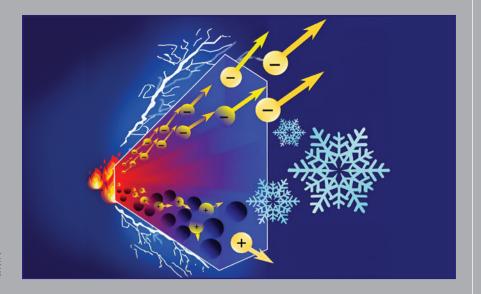
これは、水素燃料電池をよりクリーンで費用対効果が高く、効率的なものにするための重要な一歩です。中国科学技術大学 (USTC) の研究チームは、アンモニア (NH_3) 毒性に強いニッケルベースの陰イオン交換膜燃料電池 (AEMFC) アノード触媒を開発しました。白金担持カーボン (Pt/C) 触媒は、性能劣化を引き起こすアンモニア被毒に弱いことが実証されています。研究チームは、この問題に取り組むにあたり、効率的な水素酸化触媒であるモリブデン・ニッケル合金 ($MoNi_4$) に、ニッケルサイト周辺の電子を濃縮してクロムをドープすることでアンモニアの吸着を大幅に弱めることができました。研究結果は米国化学会誌に掲載されました。



黄金に輝く発見

ウィーン工科大学の物理学者たちが、熱を電気エネルギーに効率的に変換す るために使用できるニッケル-金合金の優れた熱電特性を発見しました。従来 の半導体を凌駕するこれらの金属のユニークな組み合わせにより、高い導電 性と大きなゼーベック係数が得られます。磁性金属であるニッケルと貴金属で ある金を混ぜることで、電子特性を根本的に変えることができました。ニッケ ルを約10%添加すると、金の黄色っぽい色が消えると同時に、熱電性能が急 速に向上します。

ニッケル原子の特殊な電子特性により、正電荷は負電荷よりも強く散乱され、 その結果、高い熱電電圧を生み出すために必要なアンバランスが生じました。 この研究の筆頭著者であるファビアン・ガルムローディ氏は、「同じ形状と一定 の温度勾配で見ると、既知のどの材料よりも何倍もの電力を発生させることが できます」と説明しています。高電力密度は、将来的に大規模分野で日常的に 応用できる可能性があり、熱電用途のための他の有望で費用対効果の高い金 属合金の扉を開くことになります。

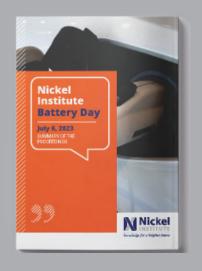


ビタミンCは

あることが証明されました。バーミン ン酸が価値の低い電極材料(マンガン ルギー消費量が少なく、有害化学物質

強力なプレゼンテーション

2023年7月、ニッケル協会は、ニッケル含有バッテリー技術の進歩に関する見 識と専門知識を共有するために、電池界の聡明な頭脳を集めました。ノーベ ル化学賞受賞者のスタンリー・ウィッティンガム教授や、ダルハウジー大学の NSERC/テスラ・カナダ・アライアンス助成金主任研究者のジェフ・ダーン博士 を含む8人の専門家が講演し、ニッケル含有電池技術について探求し、新たな 用途について議論し、リサイクルの役割について検討しました。「バッテリー・ デイ」の概要報告書は、ニッケル協会のウェブサイトから入手できます。 次回の ニッケル協会「バッテリー・デイ」は2024年6月6日に予定されています。 www.nickelinstitute.org



電動航空機 離陸間近か?





Pipistrel Velis Electro:世界初の 全電動航空機の型式証明を取得、 環境的持続可能な航空業を目指す 上での重要な一里塚

欧州連合航空安全局

温室効果ガス排出量削減の戦いでは、ほとんど全ての輸送手段が化石燃料を 動力とする乗り物に代わるものを模索し、実際に採用しています。バッテリー 駆動は特に道路運送車輛において大きな役割を果たしています。今までは航 空業界はこうした変化にやや抵抗を示していました。しかしながら、航空業界 はすでに輸送関連排出量の約12%を占めています。コロナ収束後、航空輸送 の需要は旅客、貨物ともに再び急速に増加しています。削減措置をとらなけれ ば排出量はおそらく増加すると見られます。従って航空業界に対し、代替エネ ルギーの使用により環境への負荷を削減するよう圧力が増しているのは分か ります。

思いきったデザイン変更が必要

今まで、当業界は水素燃料や持続可 能な航空燃料などのオプションの可 能性を探ることを優先してきました。 これはある程度、業界の現状を反映 したものとも言えます、即ち; 航空業 界は既に確固たるものとなっている 上に;OEMメーカーが従来のジェット 燃料使用の航空エンジンに適合する 機体を製造する一方、航空エンジンメ ーカーは最新の機体に適合する動力 装置を製造しています。電気動力装 置に変換するには旅客用機体の根本 的なデザイン変更が必要になります が、これには多額の費用と時間を要し ます。

もう一つの問題として、電池はその重 量に見合うだけの十分なエネルギー 密度がないと見られて来ました。これ

しても重量が減らないことから特に 難点とされています。しかしながらこ れはいささか誤解を招く説明といえま す;電気動力は航空の他の多くの面 で軽量化につながるからです。

概念実証の提示

では、航空業界でバッテリー駆 動の役割はあるのでしょうか? 答えは明らかにイエスです。実 際、軽飛行機の分野では電気動 力はすでに現実になっています; 単発の二人乗り軽飛行機である Pipistrel Velis Electro は 2020 年か ら欧州で運航許可が出ています。従 来の軽飛行機と見た目はほとんど変 わらず、高性能の2基の電池で最大 50分間の飛行が可能です(故障した 場合でも1基で飛行可能です)。初め ての本格的な電動航空機の認証だけ はジェット燃料と異なり、動力を消費ではゲームチェンジャーにはならない

かもしれませんが、重要な概念実証にはなっていると言えます。電池を動力源とする航空機が稼働可能であり実際に運航している事は議論の余地がありません。これは新たな開発への励みとなっています。

理想的な次のステップとしては電池のエネルギー密度を高めることです;結果として航続距離が伸び性能が向上するということです。この分野におけるニッケルの役割がさらに高まると見られます。現在、ニッケルは従来からの航空機で多くの用途があり、特にジェットタービンでは超合金として優れた高温強度、耐食性及び熱安定性を発揮しています。今後の航空分野では、ニッケルの電池エネルギー密度を高める能力が主要な役割になるでしょう。

大幅な進展

既に就航中あるいは開発中の電動航空機に搭載されている電池の大多数は、高比エネルギーを得るため高ニッケル含有化学物質を使用しています。高比エネルギー電池にはニッケル

は通常コバルト及びマンガンと組み合わせるか「NCM」、あるいはコバルト及びアルミと組み合わせて「NCA」、使用されます。これらの金属が正極の遷移金属層全体に分布していると、一緒に作用して性能が向上します。メーカー各社はニッケル量を増やすことで重量を大幅に増加させずに電池の蓄電容量を高め、総エネルギー密度を向上させるということが分かってきました。航空機用の電池動力の実用性が証明されたので、この開発は更に大きな進展につながると思われます。

航空用電池の安全性は基本的な問題です。初期のボーイング787型機「ドリームライナー」は従来の動力(石油燃料)機種ですが、機内電源に使用していたリチウム電池の熱暴走による火災に悩まされていました。これは地上でも深刻な問題ですが、飛行中は更に大きな問題となります。業界としてもこうした懸念を認識し、航空機に使用される認証済みの電池は熱暴走に対する耐性がある事を示さなければならないようになっています。万

今後ニッケルは電気エネルギー密度を増加させることが主たる役割になる事でしょう。

Joby JAS4-1スペック

機種: ティルトローター電動垂直離着陸機

座席数:パイロット+乗客4名 最大離陸重量:4.800ポンド

全長: 21 フィート 翼幅: 39 フィート

最大巡航高度:15,000 フィート

最大巡行速度:170ノット

(200マイル/時)

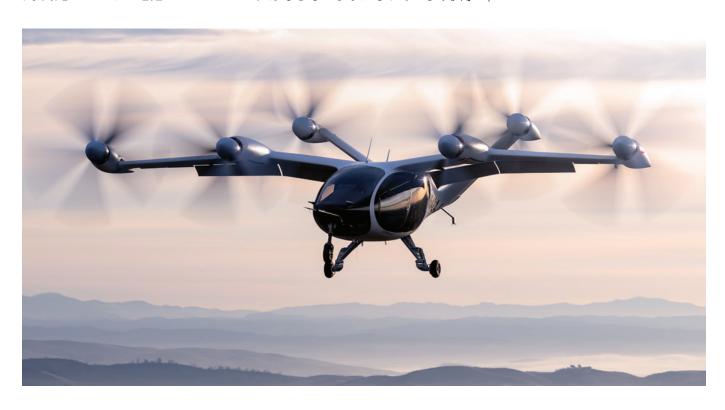
航続距離:150イルまで

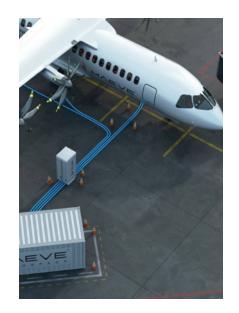
(130海里)

推進力:電気モーター6基、主翼に4基、V字尾翼に2基。モーターには二重冗長インバーター、可変プロペラ制御、ナセル傾斜及び

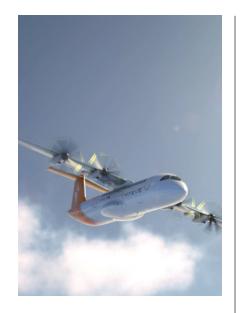
電力/エネルギー貯蔵:リチウムイオン電池4パック

-jobyaviation.com









一火災が発生した場合でも、それを封 じ込め、他の電池あるいは機体そのも のに広がらないよう示さねばなりませ ん。更にこれに伴う考えられるリスク を大量の可燃性の高い航空燃料を搭 載するリスクと比較検討する必要が あります。

より軽量、より静かそしてより信頼性が 高い

航空機用のバッテリーやニッケルの 市場潜在性に関しては、単に既存の 航空機への適用という観点からだけ でなく、より広い視野で見ることが重 要です。従来からある旅客機は、通 常2基のますます大きく、重く、やかま しくなっている動力装置に頼っている ため設計面で膨大な制約がある上に、 空港という大きなインフラが必要なこ ともあり、その配備が決まるまでには 長い時間がかかります。それにも拘ら ず近々こうした旅客機がフェーズアウ トする可能性はありません; 電池はま だ代替とはなり得ません。

しかしながら他の状況では代替が可 能です。電気エンジンはより軽量、静 かで可動部品が少ないため信頼性が 高く、サイズに関係なく重量出力比は 比較的安定しています。この結果、よ り大きなエンジンではなく、より多く のエンジンを機体の必要個所に設置 することが可能になります。これは電 動垂直離着陸機(eVTOL) が現実のも のとなりつつあるのを意味します。ほ とんど無音で動くエンジンは、エアタ クシー、宅配サービス及び緊急サービ スなど、さまざまな用途の可能性を開 くものです。

エアバスやボーイングなど既存の 主要企業に加えて、多くの新興 メーカーも市場参入を狙っていま す。その中には、乗客数が44~50人 の Maeve や、9 人乗りの Eviation な どがあり、航続距離 250-330 海里の 短距離旅客機の製造を目指してい ます。運航寿命中に前者は30トン後 者は9トンのニッケルを各々使用し ます。更に、米国のJoby Aviationや Archer Aviation、そしてドイツのメー カーの Lilium なども、Velis の製造元 である Pipistrel と同様に、エアタクシ ーの開発に取り組んでいます。

電池の市場規模の予測は、主に航空 機や電池の数量など、さまざまな要 因に左右されます。いずれにしても、 排出量削減目標達成へのプレッシャ 一が高まり、航空輸送の需要が増大し ていることから見て、ニッケルにとって のチャンスは大きなものになると思わ れます。 Ni

Maeve 01 は世界初の定員 44 人以 上の電動航空機で、持続可能で環境 に優しい空の旅の新たなスタンダー ドを定めました。充電時間はわずか 35分で、Maeve 電気航空機は迅速 かつ効率的な運航を可能にします。

- Maeve Aerospace B.V.

EV用固体電池を目指して競争

ニッケルリッチな正極を持つ固体電池 (SSB) は、近年非常に注目を集めており、 その関心は高まり続けています。従来のリチウムイオン電池と全固体電池の最 も大きな違いは、電解質が液体から固体に変わったことです。可燃性の有機液 体の代わりに固体電解質を使用する固体電池の大きなセールスポイントは安 全性です。さらに、固体電池では、リチウムイオン電池で使用されるグラファイ ト負極の10倍の比エネルギーを持つリチウム金属負極を使用できるため、より 高いエネルギー密度を提供できます。

電極材料の選択は、自動車用電池セ ルのエネルギー密度に直接的な影響 を与えます。従来のリチウムイオン電 池(LIB)では、正極がリチウム金属 酸化物、電解質が有機液体というの が一般的な構成要素で、典型的な負 極材料としてはグラファイトが使われ ています。しかし、理論上のエネルギー 密度という観点からは、最も望ましい 負極材料はリチウム金属です。金属リ チウムは軽量で、すべての元素の中で 最も電位が低いという利点があります。 つまり、より多くのエネルギーを蓄える ことができるのです。

リチウム金属は非常に反応性が高く、 液体の電解液と組み合わされた場合 には、極めて重大な安全性の問題が生 じることになります。リチウムイオン電 池とは異なり、全固体電池は液体電 解質(+セパレータ)が固体層に置き 換えられるため、リチウム金属と一体 化するためのプラットフォームが用意 されています。この硬い層が漏れを防 ぎ、不要な構造の形成を抑えます。さら に、固体電解質は液体電解質に比べ 熱安定性が高いのも特徴です。これ は、固体電池がより幅広い用途を提

供し、さらに安全性も向上できるという ことを意味します。また、固体電池には、 電解液充填といったコストのかかるセ ル製造工程を省くことができるという 利点もあります。

どちらのタイプの電池でも、正極は 正極活物質と導電剤(炭素添加剤な ど)、場合によってはバインダー(ポリ マー系)で構成されています。したがっ て、固体電池では、リチウム金属負極と ニッケルリッチ正極を組み合わせるこ とで、高い実用容量を得ることができ ます。高容量ニッケルリッチ正極は固 体電池を補完する働きをします。また、 安全性が高いということは、超ニッケ ルリッチな正極を実装することで、非 常に高いエネルギー密度を持つバッテ リーも提供できることを意味します。

固体電池には興奮するような利点があ りますが、まだ克服されていない技術 的な課題もあります。

固体電池を搭載したEVが市場に広く 採用されるにはまだ道半ばですが、十 分に勝機はあります。

ニッケルリッチ固体電池は、走行距離 の不安を解消し、電気自動車への移行 を容易にする可能性を秘めています。NI 複数の企業が電気自動車に実用的



バッテリチャットー スタンリーウィッティンガム博士へのイ ンタビュー



スタンリー・ウィッティンガム博士は、ノーベル化学賞受賞者であり、200以上の論文を主要な学術誌に発表し、16件の特許を持つ、多作にして有能な科学者としての地位を国内外で確立しています。

スタンリー・ウィッティンガム博士は、ニューヨーク州立大学の著名な化学の教授であり、リチウムイオン電池の開発につながる先駆的な研究により、2019年にノーベル化学賞を授与されました。ニッケル協会の電池専門家であるパヴィン・アデリ博士が、同博士の長い電池研究の経歴と今後の展望について話を聞くために、取材を行いました。

Q:あなたのバッテリー研究の道のりを 教えていただけますか? なぜバッテリ ーのキャリアを選び、そしてそれを続 けてこられたのでしょうか?

1970年代において、注目を浴びていたのは電気自動車、電子機器、電話などの用途のバックアップ用蓄電池であり、大規模なグリッド蓄電ではありませんでした。私はその当時、エクソンで働いておりましたが、同社の志向は石油企業というよりもむしろエネルギー企業であることでした。同社は内燃機関車 (ICE) の研究を継続する一方で、電気自動車の研究にも力を注ぎたいと考えていました。

Q: リチウムイオンが母材にインターカレート (吸蔵) されることの発見がエネルギー情勢にとって重要だと気づいたのはいつですか?

早くから気づいていました。なぜなら 私たちの最初の論文がサイエンス誌 に発表されたからで、サイエンス誌に 論文を載せることは容易ではありませ ん。私たちが取り組んだ特定の材料 は、分子レベルでリチウムイオンを吸 蔵できる空間を有する二硫化チタン でした。エクソンは小型電池をいくつ かの用途に向けて製造しましたが、 価格の低下とともにエクソンは興味を 失い、結局はソニーにライセンスを提 供しました。その後、ソニーはすべて の電子機器用に充電式リチウムイオン バッテリーを開発しました。現在、こ のタイプの電池のほとんどは、ニッケ ル80%、マンガン 10%、コバルト10% で構成されています。

Q: ノーベル賞の受賞は遅すぎたと思いますか?

それについては色々な人からコメントがありました。同時に受賞したジョン・グッドイナフ博士は、ノーベル賞の受賞者として最年長でした。彼の存命中に受賞出来たのは喜ばしい出来事でした。

Q: リチウムイオン電池の開発プロセス で直面した主な課題についてお聞か せください。

最大の課題だったのは私たちがすべての発明を手がけたことでした。電池に関するすべての知的財産はアメリカまたはイギリスに帰属していますが、その後、ヨーロッパ人やアメリカ人は製造方法を学ぶために資金を投資し

たくなかったため、全てがアジアに移 転してしまいました。私たちが現在直 面している最大の問題は、米国内にお いて材料、熟練した人材、製造施設の サプライチェーンが存在しないことで す。

つい最近のことですが、公的支援とし てはニューヨーク州政府から助成金 として、古い IBM の建物にプロトタイ プ施設を建設するために1億1300万 ドル、また労働力のトレーニング に1200万ドルの資金を受け取りまし た。これが北アメリカで欠けていたも のなのです。

Q:Niリッチ正極材料におけるNbコー ティング/置換の影響についての研究 に取り組んでおられますが、Nbによる 改良は、バッテリー全体の性能にどの ような影響を与えるのでしょうか?

60%のニッケルは大気中で安定し ており、うまく機能することがわかっ ています。ただし、ニッケルの含有率 が80%に達すると、空気中での安 定性が損なわれます。これにより、 バッテリー電解液との反応性が高ま るため、容量がかなり早く低下してし まうので、雰囲気をより厳密に制御 する必要があります。そこで、価数元 素の添加により80%のニッケルの 安定化に着手しました。その中で、 ニオブが最も効果的であることを発 見しました。1%のニオブを添加し た90% Ni (NMC9055) では、数百 サイクルに亙って安定した性能を維持 しました。それ以上の添加は不要で す。ニオブはこれらの正極粒子のク ラックを防止し、数百のサイクルにわ たって容量の損失がないことが観察 されました。これらの結果は、私たち が2022年に発表したオープンアクセ ス論文「ニッケルリッチ層状正極材 料のニオブ・コーティング/置換による 電気化学的特性評価とミクロ組織進 展しに詳細が掲載されています。

Q:この研究の次のステップは何です か?

温度条件下での挙動を調査し、サイク ル数を800~1000 に増やせるかど うか検証します。これは、電気自動車 (EVs) 向けにより大型のセルを製造 するということです。理論的には、高 ニッケル正極におけるエネルギー密 度は 1,000 Wh/kgに達するはずです が、実際にはセルのエネルギー密度 は250 Wh/kgであり、理論値のわず か25% にとどまっています。我々の目 標は、500 Wh/kg まで上げて、エネ ルギー密度を倍増させることです。同 時に現在、米国陸軍の資金提供によ り、高温および低温でのニオブ・コー ティングされた NMC の挙動も研究し ています。

0: ビンガムトン校でこれを実現するた めのインフラは整っていますか?

私たちの所属する大学には、アメリカ の大学としては数少ないドライルー ムとパウチ型セルの製造施設があり ます。私たちは「バッテリー500」とい う、国立研究所や学術機関から成る 大規模なコンソーシアムの一員として 協力しており、密接な連携を保ってい ます。今後、さらなるスケールアップを 目指しています。

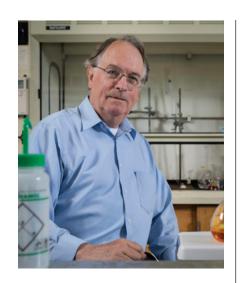
Q:正極に関する説明がありましたが、 電解質も同様に重要であると理解して います。異なる電解質がニッケル・リッ チな正極に与える影響に関する最近の 研究についてお話いただけますか?

バッテリー500プロジェクトでは、グ ラファイト負極を排除し、代わりに純 粋なリチウム金属を採用しています。 これはリチウムイオンで現在使われて いる炭酸塩電解質では、うまく沈着し ません。そこで、私たちは新しい電解 質を開発しました。これは嘗てのエク ソン電解質をベースにしています。新 しい電解質は、新しい塩である LiFSI を含有する有機エーテルで構成され ています。エーテルから沈着したリチ ウムは、カーボネートよりもはるかに優 れています。

私たちはこれらのシステムがどれだ この研究の次のステップでは、様々な け安定しているかを調査してきまし



シアトル北部に拠点を置くエビエイ ション(Eviation)社は、垂直離着陸 (VTOL) ではなく、標準の離着陸 機能を備えた航空機の設計に取り 組んでいます。



目標はより高いニッケル含有率を達成することですが、どこまで高くすれば高すぎるということになるのかが問題です。

た。これらはリチウムや高ニッケルと 反応するのでしょうか?そこで、熱安 定性の研究に着手しました。バッテリ - 500の主な目標は、現在、システム 全体の安定性を調査し、望まない副 反応とそれらを排除する方法を理解 することです。

安定性の研究は、1年ほど前に開始され、2023年に最初の論文「リチウムメタルバッテリーにおける、高ニッケル層状正極の優れた構造安定性を伴う長寿命化の実現 (Enabling Long Cycling with Excellent Structure Stability for High-Nickel Layered Cathodes in Lithium Metal Batteries)」を発表しました。

Q:ニオブドープされたNMC材料の商業化の道筋はどのようになりますか?

私の疑念は、すでに誰かがそれに注目しており、それがまだ私たちには明かされていないのではないかということです。そういう人たちが商品化を望めば、ライセンスについて私たちに相談に来るでしょう。すべての詳細は先ほど言った出版物に記載されています。

Q: 最近のアメリカの 2 つの新興企業が、高ニッケル正極材料 (Ni>90%) の

規模拡大に取り組んでいます。 貴方の 見解はいかがでしょうか?

過去10年間、商業用電池の主流は % Ni、% Co、% Mn から始まり、次第 に 60% Niに進化してきました。テスラ はその中でも EV で高ニッケルの NCA を導入し、初期は 85% Ni でスタートしており、現在は 90% Ni に到達しています。最近では NMCA [ニッケル-マンガン-コバルト-アルミニウム酸化物] に焦点が当てられています。目標はより高いニッケル含有率を実現することですが、どこまで高くすれば高すぎるということになるのかが問題です。

Q:EVだけでなく、ニッケル電池が持続 可能な未来に貢献できるさまざまな 用途について、どのようにお考えです か?

EV 以外の用途では、ドローン向けのバッテリーが挙げられます。さらには、捜索救助や緊急時の人員輸送などが論理的な進展として考えられます。航空宇宙分野などでも応用が期待されます。

シアトル北部に本拠地を置くエビエイション(Eviation)社は、垂直離着陸(VTOL)とは対照的に、標準の離着陸機能を備えた航空機の設計に取り組んでいます。

スタンリー・ウィッティンガム博士は、オックスフォード大学で化学の学士号と博士号を取得し、同大学ニューカレッジの名誉フェローでもあります。彼は1971年にベータアルミナに関する研究で電気化学協会の若手著者賞を受賞して以来、リチウム電池分野に深く関わっています。1972年にエクソン社に入社し、バッテリー反応におけるインターカレーションの重要性を発見し、これがエクソンエンタープライズ社によって製造された初の商業用リチウム二次電池を生み出しました。エクソンでの16年間の経験を経て、1988年に学術界に復帰、ニューヨーク州立大学ビンガムトン校で材料化学のプログラムを立ち上げました。ノーベル化学賞を受賞し、一流の学術誌に200以上の論文を発表し、16件の特許を持つウィッティンガム博士は、国内外で多作な科学者として高い評価を受けています。

工業用純ニッケル

ニッケルは多種のニッケル含有合金のベースになっていますが、単体としての ニッケルはどうなのでしょう?工業用純ニッケル(C.P.) について私たちは何を知っ ているでしょうか?

工業用純ニッケル(C.P.)(最低 99.0%) にはニッケル 200 (UNS N02200)及び ニッケル 201 (NO2201)の 2 品種があ ります。ニッケル201は炭素含有が低 く、315°C (600°F)以上で操業する場 合には黒鉛形成による脆化を防ぐため 使用が指定されています。

工業用純ニッケルは耐食性があり、幾 つかの化学処理用途で役に立ちます。 特に優れた特徴は、苛性ソーダ(水酸 化ナトリウム) やその他アルカリに対 する耐性です。苛性ソーダ中では工業 用純二ッケルは溶融状態まであらゆる 濃度において優れた耐性を発揮しま す。50%以下の濃度では、沸騰溶液中 でも腐食程度は無視できるほどわずか です。工業用純二ッケルは苛性腐食に 耐えると同時に、不適切な金属汚染を 防ぎます。工業用純ニッケルは苛性ソ ーダ生産において広く利用されています。ケルも重要な工業素材です。

苛性蒸発器や晶析装置、熱交換器の U字管及び塩分離装置などです。

その苛性ソーダは多くの重要産業で使 用されています、例えばアルミの生産 に使用されるボーキサイトからアルミナ の抽出;紙の生産における木材からの パルプ製造;油脂の石鹸化やレーヨン など人工繊維の製造などです。

また工業用純ニッケルは高温の乾燥 塩素ガスに対する優れた耐性を備 えています。 ニッケル 201 の使用上限 温度は約540°C(1000°F)です。工 業用純ニッケルは塩素生産工程の 250-500°C(480-930°F)の範囲にお ける反応器、コイル、撹拌器及び配管 に使用されています。

ニッケルは多種のニッケル含有合金の ベースになっていますが工業用純ニッ Ni



				強度、以上、MPa (ksi) (焼鈍後)	
品種	UNS	Ni%	C%	降伏強度	引張強度
Nickel 200	N02200	99.0 min	0.15 max	100 (15)	380 (55)
Nickel 201	N02201	99.0 min	0.02 max	80 (12)	345 (50)



専門家に聞く 技術サポートに寄せられる 【よくある質問】

オンライン版ニッケル誌 WWW.NICKELINSTITUTE.ORG ニッケル誌の無料購読とウェブサイト掲載のお知ら せを希望する場合: www.nickelinstitute.org ニッケル誌を7カ国語でウェブサイトに掲載 www.nickelinstitute.org/library/ ニッケル誌のバックナンバーの検索:2009年7月号 以降のニッケル誌を掲載(英語版のみ) www.nickelinstitute.org/library/ Xでフォローしてください \mathbb{X} @NickelInstitute LinkedInでつながって下さい linl ニッケル協会のページをご覧ください ニッケル協会You Tube チャンネルで ニッケル関連のビデオが見られます

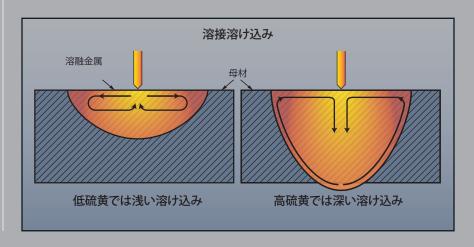
質問:ある顧客が医薬品の用途に適した316Lチューブで、より高い硫黄含 有率 (0.005-0.017%) を要望しています。しかし溶接後にドロスが生じます。 なぜ高い硫黄分が必要なのでしょう?また溶接中のドロスの発生を防ぐため にはどのような対策が考えられるでしょうか。 回答:硫黄はニッケル含有ステンレス 製薬業界が推奨する溶接方法である

鋼にとって複雑な成分です。ほとんど の場合好ましくはありません。硫黄は オーステナイト系の溶接でセンターラ イン割れを生じさせます。硫黄の含有 は塩素による孔食(局部腐食)の温 床で、見苦しい表面欠陥を生むこと がありますが特にステンレス鋼が研 磨される場合は外観上も好ましくあ りません。従って、ステンレス鋼メーカ ーは硫黄含有量を0.001%あるいはそ れ以下にできるだけ減らすべく大変な 努力をしてきました。しかしながら硫 黄は界面活性剤であり溶融プールの 流れに大きな影響を与えます。

硫黄分を0.005-0.017%の範囲とす ることは米国機械学会バイオプロセ ス装置規格で規定されており、これは

軌道ガスタングステンアーク溶接に おいて最適の溶接溶け込みを保証す るものです。硫黄は収束的な質量流 量を促進し、その結果表面の溶接の 中心への熱流を促しその後、溶接部 の中心部で下方に方向を変え、その結 果さらに深い溶接溶け込みを促進し ます。

ドロスは主として溶融プールの表面に 浮かぶ硫化物であり、溶融プールの 進行に伴い表面に蓄積されます。ドロ スは硫黄分が高いため生じ、溶接終了 時における量は管の直径が大きくな るにつれ増加します。ドロスは避けら れませんが簡単にブラシで取り除け ます。



www.youtube.com/user/NickelInstitute

ニッケルはナノワイヤからステンレス鋼合金まで様々な形で存在します。しかし如何な る特性がニッケルを日常品においても不可欠な要素としているのでしょうか?

バッテリーの中のニッケル

バッテリー

バッテリーは化学エネルギーを電気エネルギーに変換し、これによりスマー トフォン、携帯用電動工具、自動車などのデバイスに電力を供給します。デ バイスのサイズや電力要件に応じて、バッテリーには様々な化学組成、形状、 サイズがあります。バッテリーは一つ以上の電気化学セルで構成され、これ には二つの電極、すなわち負極と正極、そして電解質が含まれます。二つの 電極が電気経路で結ばれると、電子が負極から流れ出て外部デバイスにエ ネルギーを供給します。

負極(一) 電解質 セパレータ 正極(+) 黒鉛 リチウムイオン リチウム金属酸化物 電子

なぜニッケル?

リチウムイオン電池は最も広く使用され るバッテリータイプであり、様々な配合 があります。NMCはリチウム・ニッケル・ マンガン・コバルト酸化物の略で、最も一 般的な正極です。

放電中、リチウムイオン(Li+)は負極から 電解質を通して正極に移動します。NMC の正極はこれらのリチウムイオンのホス トとして機能します。また、正極では、二 ッケル、マンガン、およびコバルトイオン が電気経路を通過する電子を受け入れる ことで還元されます。この反応は逆にも 行われ、バッテリーを再充電可能にしま す。

NMCの特筆すべき特徴は、ニッケルと マンガンを巧みに組み合わせる点にあ ります。ニッケルは高い比エネルギーを 有する一方で、その安定性は低いとさ れています。これに対してマンガンは 低い比エネルギーを持ちつつも、安定 性を提供します。この二つの金属を組 み合わせることによって、互いの強み がさらに高まるのです。

本誌に記載されたニッケル含有合金およびステンレス鋼の化学的組成 (重量パーセント) UNS S31254 16♂ 1.00 以下 0.010 以下 S32750 0.030 24.0-26.0 残分 6.0-0.035 0.020 以下 0.80 1.20 3.0-5.0 0.24-



サーモンの目、思索の糧



ファサードに使用されているニッケ ル含有ステンレス鋼は、6% モリブ デン (UNS S31254) です。

- 唯一無二の浮遊体験
- 2隻の電動シャトルフェリーが訪問者をパビリオンに運びます
- 基のアンカー
- 直径26メートル
- 屋上からの330°の眺望

これはまさにユニークなプロジェクトであり、9.275 個の海水に耐えるステンレス鋼クラッディング部材が、長期にわたる海水への曝露に耐えるように作り上げられました。「サーモンの目 (Salmon Eye)」と名付けられたこの4階建てで高さ23メートルの浮遊型養殖パビリオンは、2022年9月にノルウェーのハルダンゲルフィヨルドで披露されました。この施設は単なる見事なアートインストールにとどまらず、ワールドクラスの観光・学習センターであり、また高級ダイニングレストラン「アイリス(Iris)」の本拠地でもあります。

水中に一階分のスペースがあるこの構造物の骨組みは、湾曲H形鋼でできており、鋼板で覆われています。角をとった長方形の板が、建物の湾曲した本体に取り付けられています。銀色の魚の鱗に似せてデザインされた小さなステンレス鋼の部材が、パビリオンの外面に周囲の自然を映し出しています。

この複雑な楕円形構造は、水深100メートルの深い湾の水面に浮かび、そのために耐荷重およびエンベロープ構造に特別な要件が求められています。大きなアンカーでフィヨルドの底に係留され、その重量は1,000トンで、最大5メートルの波にも耐えるように建造されま

水中に一階分のスペースがあるこの構 した。浮遊構造を安定化させるために、 造物の骨組みは、湾曲H形鋼でできて 一階部分にバラストタンクが配置されて おり、鋼板で覆われています。角をとっ います。

この見事な持続可能な建造物は、デンマークのクヴォルニング(Kvorning)デザイン社によってノルウェーのサケおよびマス養殖場イーデ・フィヨルドブルック(Eide Fjordbruk)社のために設計されたものです。

このプロジェクトは、海から持続可能 な食料を世界に供給する方法について、 人々にインスピレーションを与え、情報 を提供するために発注されました。ま さにこれこそが思索するための糧なの です。