NICKEL MAGAZINE

ニッケルとその用途に関する専門誌

2022 年 第 37 号 第 2 巻

持続可能性に力を与えるニッケル

ソーラーパネルを支える
耐候性鋼

集光型太陽熱発電で輝く
再生可能エネルギー

V2G－蓄電増
電気自動車が送電網に電力を
供給する方法

アブディ・イブラヒム・タワーは
ミラノの建築家 ダンテ・O・ベニーニ&
パートナーズ
により設計されました

ケーススタディ 25
アブディ・イブラヒム・タワー

イスタンブールでイタリア建築デザインの重要な例として際立っているのは、製薬会社アブディ・イブラヒム社の本社です。25階建て、高さ120メートル、21,000 m² のタワーの外装と内装の両方に、ニッケル含有ステンレス鋼が大量に使用されています。

微細な穴の開いたシートで作られた外装の垂直シールドには、316 系（UNS S31600）ステンレス鋼が採用されました。このパネルは、空調設備を隠すとともに、自然光を和らげ職場の環境を快適なものにしています。建物の南向きの壁にある傾斜した筒状の構造でつながったカーテンも316系で作られています。

建物の内部には、メインエントランスホールに3階を吹き抜いた人目を引く吊り階段があり、まるで「空中にぶら下がっている」ような印象を与えます。耐荷重性のあるチューブ状エレメントの下部を包み込む形状のサドルによって、わずか2点で接続されています。

直径 210.3 mm のチューブ、直径 12 mm のパラペットの横棒、40 mm の溶接チューブ手すりも、サテン仕上げの 316 系で製作されています。フェンス、アクセスゲート、グラフィック・アプリケーション、インテリア装飾など、細部に至るまでステンレス鋼を使用し、建物を完成させています。

出典：Centro Inox/ Inossidabile 225
http://www.centroinox.it/ Ni

論説：
持続可能性に力を与えるニッケル

ニッケルは、気候変動と戦うために私たちが切実に必要としている低炭素で再生可能なエネルギーを供給するための不可欠な役割を担っています。2050年までにネットゼロエミッション達成を目指す国際エネルギー機関のロードマップでは、さまざまな再生可能技術が電気容量に寄与することを確認しています。ほとんどすべての再生可能技術で、ステンレス鋼、電池、ニッケル合金、低合金鋼に使われているニッケルの特性が発揮されています。

出典：2050年までにネットゼロ：世界のエネルギー分野のロードマップ—国際エネルギー機関

	電気容量 (GW)					シェア(%)			CAAGR(%)	
	2019	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2050	2020-2030	2020-2050
合計容量	**7,484**	**7,795**	**14,933**	**26,384**	**33,415**	**100**	**100**	**100**	**6.7**	**5.0**
再生可能	**2,707**	**2,994**	**10,293**	**20,732**	**26,568**	**38**	**69**	**80**	**13**	**7.5**
太陽電池	603	737	4,956	10,980	14,458	9	33	43	21	10
風力	623	737	3,101	6,525	8,265	9	21	25	15	8.4
水力	1,306	1,327	1,804	2,282	2,599	17	12	8	3.1	2.3
バイオエネルギー	153	171	297	534	640	2	2	2	5.7	4.5
その内のBECCS			28	125	152		0	0	n.a.	n.a.
CSP	6	6	73	281	426	0	0	1	28	15
地熱	15	15	52	98	126	0	0	0	13	7.4
海上	1	1	11	32	55	0	0	0	34	16

本稿では、太陽光エネルギー、特に太陽光発電と集光型太陽熱発電の両方におけるニッケルを取り上げます。ロードマップでは、これらの技術は2050年までに再生可能エネルギーの重要な供給源になるとされています。

再生可能エネルギーと電気自動車というのは非常に強力なコンビです。米国環境保護庁は、2020年の米国の温室効果ガス排出量のうち、運輸部門が最も大きな割合を占めたと推定しています。EVsの魅力を高めるために、エネルギー集約型で、長持ちする電池の開発が盛んに行われています。カナダで進行中の400万マイルの走行が期待される電池の開発をレポートします。

ニッケル協会は、ニッケルを含む材料が適切に使用されるようにすることを目的としています。ステンレス鋼のタイプの違いについて知りたい方は、12ページの記事で、代替素材として、かつより安価な可能性のある素材を探す際のポイントをご紹介していますので、ご覧ください。様々な種類のステンレス鋼の特性を知ることは、より深刻なミスを防ぎ、指定された材料が持続可能であることを保証するのに役立ちます。不明な点があれば、ニッケル協会の技術問い合わせ窓口にお問い合わせください。私たちがお手伝いします。

クレア・リチャードソン
ニッケル誌　編集長

VEHICLE-TO-GRID (V2G)簡易概念図

EVsと送電網の間の双方向のエネルギーの流れ

参照：ビバウ、B.、デキナー・モウルコッチ、H. (2021)

400万マイル電池は、停車中のEVsを送電網の電源として利用する可能性を開くものです。11ページの「400万マイル電池でさらに広がる可能性」をご覧ください。

目次

02 **ケーススタディ25号**
アブディ・イブラヒム・タワー

03 **社説**
持続可能性に力を与えるニッケル

04 **ニッケルの注目話題**

06 **耐候性鋼**
太陽光発電用架台

08 **集光型太陽熱発電**
再生可能エネルギー

11 **4百万マイル電池**
V2G–蓄電像

12 **ニッケル合金の選択**
同族の中で

14 **技術的Q&A**

15 **新刊案内**
最新版INCOガイド、NiCrMo合金を用いた壁紙ライニング、GHG排出量の求め方

15 **ステンレス鋼種の詳細**

16 **オレゴン・ドラゴン・ベンチ**
革新的3Dプリンティング

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

Dr. Hudson Bates（会長）
Clare Richardson（編集発行人）
communications@nickelinstitute.org

寄稿者：Parvin Adeli、Parul Chhabra、Gary Coates、Richard Matheson、Geir Moe, Kim Oakes、Philip Song、Benoît Van Hecke、Odette Ziezold

デザイン： Constructive Communications

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

印刷：ヘイズ・プリント・グループ社カナダ、再生紙を使用

ストック画像著作権：表紙：ISTOCK©XIJIAN
5ページ：SHUTTERSTOCK RICH T PHOTO
6ページ：ISTOCK©JIANG SUYING、
9ページ：ISTOCK©SIMONKR

NICKEL NOTABLES
ニッケル・ニュース

葉が渇く？

アメリカ化学会

作物が水を必要としていることを、手遅れになる前に知るにはどうしたらよいのでしょうか。ブラジルの研究者たちは、ニッケルを細かいジグザグ模様に蒸着させた植物の葉用のウェアラブルセンサーを作り、水の損失をより早く検知できるようにしました。ACS Applied Materials & Interfaces誌によると、研究チームは温室内の生きている植物にこの金属電極を貼り付けました。この装置は無線でスマートフォンのアプリ及びウェブサイトとデータを共有し、シンプルで高速な機械学習技術によって、これらのデータを損失水分の割合に変換することに成功しました。屋内で信頼性が実証されたこの装置は、今度は、植物に水を与えるタイミングを判断するテストが屋外で行われますが、資源の節約や収穫量の増加が期待されます。

しつこく抽出！

鉱山の尾鉱からニッケルやコバルトなどの鉱物を抽出する新しいバイオリーチング技術が話題を呼んでいます。カナダのトロントに本社を置くBacTech Environmental Corp.は、グレーター・サドベリー地域にある7500万～1億トンの尾鉱が堆積しているオンタリオ州北部にパイロットプラントを設置しました。BacTech社のCEOロス・オアー氏によれば、通常は廃棄物である尾鉱の岩石を大きなステンレス製のタンクに入れ、6日間かけてバクテリアが岩石から有価金属を分離し「文字通り攻撃する」のです。電気自動車用電池の需要が高まり、ニッケルやコバルトなどの鉱物の価格が上がったことで、このプロセスがより現実的なものになりました。また各タンクが独立して稼働するので容易にスケールアップできます。

ロス・オアー

燃料電池の進化

炭素でコーティングされたニッケルは、貴金属をまったく使わない水素燃料電池を実現するための答えであることが分かっています。ウィスコンシン大学マディソン校、コーネル大学、武漢大学の研究チームは、窒素ドープカーボンからなる2ナノメートルのシェルを持つニッケルベースの電極触媒を設計しました。これは、Ni@CNxアノードとCo-Mnスピネルカソードを組み合わせて200mW/cm^{2}以上のピーク電力密度を記録した画期的なものです。Ni@CNxは、CNx層による耐酸化性の向上により、ニッケルナノ粒子触媒と比較して、優れた耐久性を示しました。研究チームによると、「この燃料電池は、一酸化炭素を除去するための特別な装置が不要で、精製度の低い水素を使用できるため、さらにコストを削減できる 」ということです。

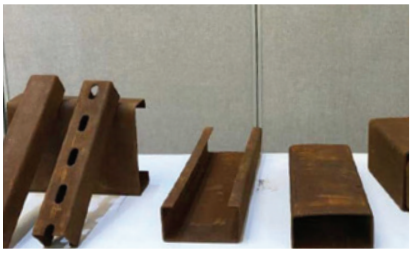
ちっちゃい名札

和田精密歯研株式会社

日本の義歯メーカーである和田精密歯研株式会社は、入れ歯に所有者の「名札」を取り付け、災害時の身元確認に役立てるサービスを開始しました。入れ歯の内側に貼られたニッケルクロム合金の小さなプレートに、その人の名前と入れ歯を提供した歯科医院につながる二次元コードが刻まれています。その上に樹脂コーティングを施し、快適さを高めています。2011年の東日本大震災をきっかけに進化した、シンプルなアイデアです。スマートフォンなどで読み取り、表示された14桁の数字を和田精密に照会します。この着想が軌道に乗れば、競合する義歯メーカーにも開放し、全国的な社会インフラに発展させることを目指しています。

© GNEE (TIANJIN) MULTINATIONAL TRADE CO.,LTD HTTP://M.CHINACORTEN.COM/

耐候性鋼に日が当たる時



太陽光発電用架台用の耐候性鋼の部品

太陽エネルギーという新しい作物を生み出すソーラーファームが、世界中の野原で開花しています。ソーラーパネルで構成される太陽光発電（PV）システムは、再生可能エネルギー技術の中で、急速に最も認知度の高い技術になりつつあります。一般的な太陽光発電パネルはソーラーグレードの結晶シリコン層で構成されており、ガラス層で保護され、合金フレームで一体化されています。ニッケルは、太陽光発電システムの太陽エネルギーの利用において直接的な役割を果たすことはありませんが、間接的な形で、太陽光を最適に取り込むために太陽電池パネルを太陽に向けて支える構造体として、その存在が重要である場合があります。

ソーラーパネルの架台材料は、強度、靭性、耐腐食性が重要な特性となります。太陽電池の設計寿命である30年程度を実現するだけの耐久性があり、メンテナンスコストが少なく、環境問題を起こさないものでなければなりません。

従来、太陽光発電用架台はアルミニウムや溶融亜鉛メッキ鋼板、時にはステンレス鋼で作られていましたが、近年、中国では耐候性鋼（COR-TEN® 鋼と呼ばれることが多い）が選択されるようになってきました。

素材－長所と短所

中国では、太陽光発電用架台の約50％が溶融亜鉛メッキ鋼板、40％がアルミニウムで作られています。少量ですが、ステンレス鋼やガラス繊維強化プラスチックもあります。溶融亜鉛メッキ鋼板に比べ、アルミは引張強度が比較的低く、耐食性は良いのですが、高コストです。また、アルミは耐食性を高めるために表面処理が必要です。通常は、風力荷重が小さく、あまりメンテナンスがされない住宅用太陽光発電パネルに使用されます。

亜鉛メッキ鋼板は高い強度があることから、通常は風力荷重の大きな地域で使用されます。耐食性を高めるためには溶融亜鉛メッキが必要ですが、定期的なメンテナンスが必要で、環境面でも懸念があります。

また、ステンレス鋼は強度や耐食性に優れ太陽光発電の架台に適していますが、コストが高くなるため、あまり多くは採用されていません。

最近、耐候性鋼は中国のいくつかの注目されている太陽光発電で使用されており、他の地域でも有望視されています。これはCr、Cu、Niを少量添加しており、表面に酸化被膜を形成し、スポーリング（錆の剥離による金属損失）に強い高強度鋼です。一般的な炭素鋼に比べ耐候性に優れ、塗装や亜鉛メッキなどの保護膜を必要としません。耐候性鋼はアルミや亜鉛メッキ鋼板に比べ、コストが低く、メンテナンスが不要です。

中国の太陽光発電用架台の新規格であるNB/T 10642-2021では、推奨材料の一つとして耐候性鋼が規定されています。耐候性鋼に含まれるニッケルの量は0.1～0.65%程度と少ないものの、今後数十年間に建てられるソーラーパネルの数を考えると、ニッケルの総トン数はかなり多くなる可能性があります。この比較的少量のニッケルは、太陽光発電の架台用途で耐候性鋼の耐食性を高めるために不可欠です。

バリューチェーン全体を通じて、耐候性鋼の利点に対する認識は高まっており、製鉄所、設計機関、エンジニアリング会社によるマーケティング活動が活発化しています。

中国の第14次5カ年計画では、カーボンニュートラルとカーボンピークの目標達成のためのクリーンエネルギー戦略として、新材料や革新的な応用が奨励されています。太陽光発電の架台に使われる耐候性鋼は、そのような有効な技術の一つであることが証明されています。また、建築・建設の二酸化炭素排出総量は中国の最優先対策分野であるため、耐候性鋼やニッケルが果たすべき役割も大きくなっています。 Ni

© GNEE (TIANJIN) MULTINATIONAL TRADE CO.,LTD HTTP://M.CHINACORTEN.COM/

架台は、地上設置用の杭、脚、柱、梁、レール、クランプなどの組立治具で構成されています。

集光型太陽熱発電
再生可能エネルギー

米国エネルギー省エネルギー効率・再生可能エネルギー局

パラボラ・トラフ方式は、流体で満たされた受光管に日射を集光する反射板を用い、約100倍に集光します。

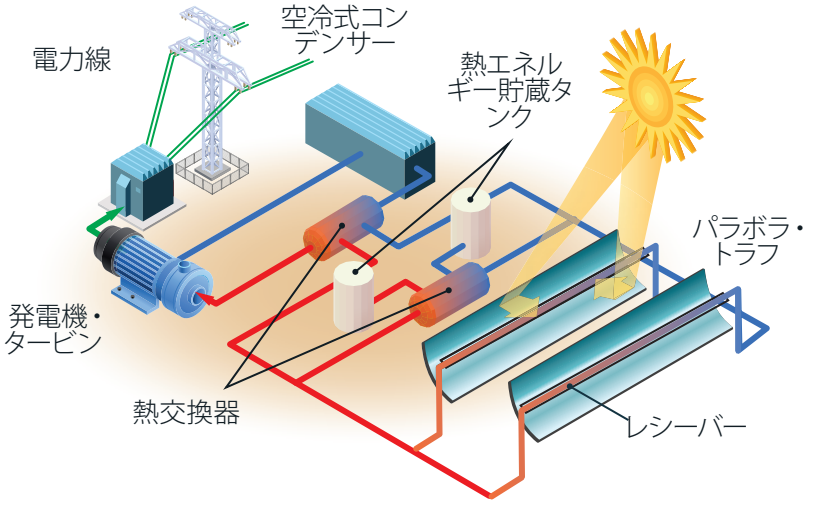
合成油を使用した従来型パラボラ・トラフ設備

気候変動を抑制するためには、エネルギー関連のCO_2排出量を削減することが極めて重要で、その削減を実現するための主な推進力は、再生可能エネルギーとエネルギー効率化です。集光型太陽熱発電（CSP）は、近い将来、飛躍的に普及することが予想される再生可能エネルギー技術の一つです。この技術が競合に打ち勝つためには、競争力のあるコストでエネルギーを供給する必要があります。

集光型太陽熱発電（CSP）は、鏡を使って太陽光を反射、集光して集熱器に当て、そこで集めた太陽エネルギーを熱伝導流体に移します。これを、最終用途への熱供給、すなわち、従来型の蒸気タービンによる発電に利用しています。CSP 技術と熱エネルギー貯蔵（TES）を組み合わせることで、太陽が出ない日や日の出前、日没後にも継続的に電力を供給することが可能になります。TESを搭載していない初期のCSP システムを第一世代と呼び、現在設置されているTES設置のCSPシステムを第二世代と呼んでいます。

集光型太陽熱発電とニッケル

CSP プラントで発電するために必要な高い動作温度は、直達日射量の多い地域でなければ維持できません。現在、CSP にはパラボラ・トラフ型とセントラル・タワー型の２種類の技術があります。ニッケル系ステンレス鋼やニッケル基合金は、高温や溶融塩の腐食に耐え、砂漠の厳しい気候の中でも風や浸食に強く、また加工しやすいため、これ



米国立再生可能エネルギー研究所(NREL)/システム・アドバイザー・モデル(SAM)

らの技術に重要な役割を担っています。

パラボラ・トラフ型は、流体で満たされた受光管に日射を集光する反射板を用い、約 100 倍に集光します。こうして回収された熱エネルギーで蒸気を発生させ、タービンを回して発電機を駆動させます。熱媒体には、合成油や溶融塩が使われます。熱交換器で、水を蒸気に変えてタービンを回します。パラボラ・トラフは、熱媒体の性質にもよりますが、393℃ から 550℃ (739 ° F から 1,022 ° F)もの温度で作動します。集熱管は、選択吸収膜と呼 ばれる特殊な被膜をコーティングした耐熱性のあるニッケル系ステンレス鋼管と、その外側をホウケイ酸ガラス管で真空断熱封入した二重管構造になっています。ニッケル系ステンレス鋼の利点の一つは、コーティング材の凝着に不可欠な精密研磨仕上げを施すことが容易であることです。また、砂漠では激しい温度差があり、結露して腐食の危険性があること、さらに使用温度が高いことがあり、こうした条件にもステンレス鋼は十分適応します。

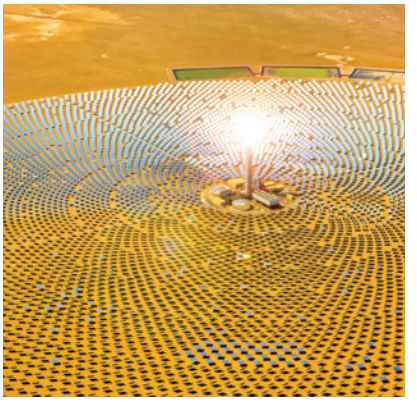
セントラル・タワー型は、セントラルレシーバーとヘリオスタットを組み合わせた技術です。ヘリオスタット装置とはコンピューター制御の反射鏡で、太陽を2軸で追尾し、タワーの最頂部にあるセントラルレシーバーに太陽エネルギーを集中させます。そこで流体を加熱し、蒸気を発生させて発電機を駆動します。集熱管は、機械的耐性、高温での使用と低温でのアイドリング (夜間) というサイクル、25 年から 35 年の耐用年数など、多くの過酷な要件に直面します。現在、この条件を満たせるのはニッケル合金のみです。この用途では、ニッケル基のAlloy 625 (UNS N06625) (約 61% ニッケル) が基本的に使用されていますが、代替品としてはAlloy 800 HT (N08811) (30-34% ニッケル)、Alloy 230 (N06230) (47-65% ニッケル)が考えられます。

セントラル・タワー型太陽熱発電所の動作原理

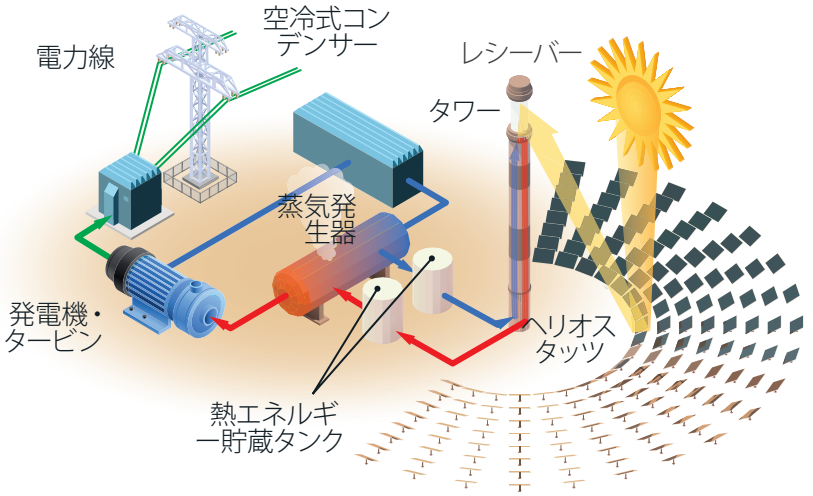
この技術では、熱媒体として溶融塩を使用することができます。塩は常温で液体である物質よりもエネルギーを多く保持します。溶融塩を利用することで、蓄電設備を組み込むことが容易かつ効率的になり、24 時間発電が可能になります。また、溶融塩の取り扱いも、水平配置主体のトラフ方式に比べ、垂直配置のセントラル・タワー方式が容易になります。現在導入されているセントラル・タワー方式は、高温 (565℃) と低温 (290℃) の溶融塩貯蔵装置を備えています。高温と腐食に耐えるため、前者はニッケル系ステンレス鋼、後者は炭素鋼を素材としています。

第三世代に向けて

2030 年までに、G20 諸国の CSP プラントの LCOE (均等化発電原価) 値は、2018 年の推定 13.2 セント/kWh から 8.6 USセント/kWhへと 35% 減少すると考えられます。第一世代から第



集光型太陽熱発電 (CSP) は、鏡を使って太陽光を反射・集光して受光器に当て、太陽エネルギーを集めて伝熱流体に移動させます。



セントラル・タワー技術は、500℃ から 1,000℃ (932 ° F～1,832 ° F) の高温に上昇させることができ、トラフ式に比べ、高い効率を達成することができます。

米国立再生可能エネルギー研究所(NREL)/システム・アドバイザー・モデル(SAM)

アラブ首長国連邦のモハメド・ビン・ラシッド・アル・マクトゥーム・ソーラーパークの第一ヌール拡張部では、トラフ部分のレシーバーチューブに約800kg Ni/MW、中央タワーレシーバーと溶融塩タンクに1,300 kg Ni/MW以上のニッケルが使用されています。

ドバイ・エネルギー・水資源局（DEWA）

二世代への移行により、LCOEは21セント/kWhから9セント/kWhに減少することができており、その間ニッケルの使用量は増加しています。5 USセント/kWhは、米国エネルギー省が定義した、太陽エネルギー発電が従来のエネルギー源に対して競争力を持つようになるコストポイントです。

CSPサブシステムの資本コスト、エネルギー効率、および統合の範囲を分析した結果、最初の2世代のCSP技術は、5セント/kWhのLCOE目標を達成する可能性は低いことがわかりました。現在、研究開発段階にある第3世代は、この目標を目指しています。キーとなるのは、パワーサイクルの効率化ですが、これは温度を上げることで最大化できます。第3世代CSPの研究で現在重点的に検討が進んでいるのは、飽和状態のCO_2を発電サイクルに供給するというものです。そのため、費用対効果の高いシステム・コンセプトを策定するためには、熱媒体、TES、集熱器の最高温度のすべてを同じように高くする必要があります。

このように効率を上げるために温度や応力を上げていくことになり、これはニッケル合金の比類なき特性なしには実現しそうにありません。高耐性合金素材無しでは効率の向上は望めないようです。また、二酸化炭素排出量の多いエネルギー源のLCOEが、二酸化炭素税によってどの程度負担を強いられるか（CSPは負担する必要がない）ということも、このエネルギーにとってはプラス・サイドに作用することになります。また、実験段階にあるこれらの第3世代システムの性能を正確に評価できるようになるには、まだ二、三年はかかると思われます。これらのことから、ニッケルは今後何年も輝き続け、気候変動を抑制するという貴重な役割を果たし続けることになります。 Ni

「しかし、最近のCSP設備への投資は、2050年までに予測される容量目標を達成するには不十分です。研究開発を支援し、CSPの第2世代の貯蔵能力と柔軟性を認識し、コストを削減し、産業規模を拡大する努力が必要です」―CSPに関する国際エネルギー機関(IEA)追跡レポート-2021年11月より抜粋

400万マイル電池で蓄電余力増大
電気自動車が送電網に電力を供給する方法

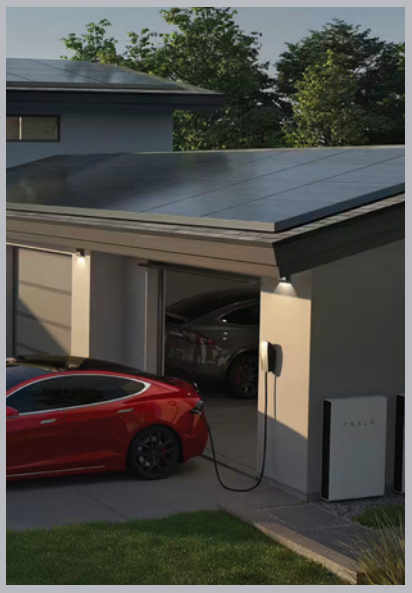
超長寿命のリチウムイオン電池の飛躍的進歩は、スマート充電技術によって電気自動車(EV)のバッテリーから電力網に電力を戻すというV2Gアプリケーションにとって大きなニュースとなります。この双方向の流れにより、太陽光や風力エネルギーをEVのバッテリーに蓄え、需要に応じて送電網に放出することが可能になります。

このたび、世界的に著名な電池科学者であり、カナダ自然科学・工学研究会議(NSERC)/テスラ・カナダ(Tesla Canada)工業研究所の会長でもあるJeff Dahn教授が率いるカナダのダルハウジー大学の研究チームが、400万マイル（約600万km）の超長寿命電池を開発・実証しました。この「百万マイル」電池という言葉は、Dahn教授が2019年に電気化学系の国際学術論文誌のJES（Journal of the Electrochemical Society）にオープンアクセス発表した論文で、「このタイプの電池は、電気自動車に160万km（100万マイル）以上電力を供給でき、グリッド・ストレージ用途としての耐用年数は短くとも20年は保持できるはずだ」と結んだときに初めて使われました。

これを実現したのは、単結晶$LiNi_{0.5}Mn_{0.3}Co_{0.2}O_2$(NMC532)/グラファイト電池で、2017年10月に試験を開始し、現在も室温環境で稼働しており、1C:1Cレートでの劣化は～5%のみで、4年半の連続サイクルを実現しています。Dahn教授とその研究チームは、2022年のJES論文で、上限カットオフ電圧（UCV）の影響についても実証し、「NMC811/グラファイト電池は、4.06 VのUCVで作動させた場合、極めて大きな寿命の伸びをみるだろう、最適なグラファイト電極が選択された場合、20–30 °Cで数十年単位の寿命の伸びが達成可能である」と、また、3.8Vにバランス充電したNMC 532電池は、「LFP（リン酸鉄リチウムイオン）電池と比較して、クーロン効率が良く、容量低下が少なく、エネルギー密度が高く、25℃で100年に近い寿命が得られると予測される」と報告しました。

「電気自動車用電池は800サイクル（放電深度100%）で十分だが、V2Gの場合、駐車時に充放電するので、1万サイクル以上に耐えることが必要となる」とDahn教授は言います。

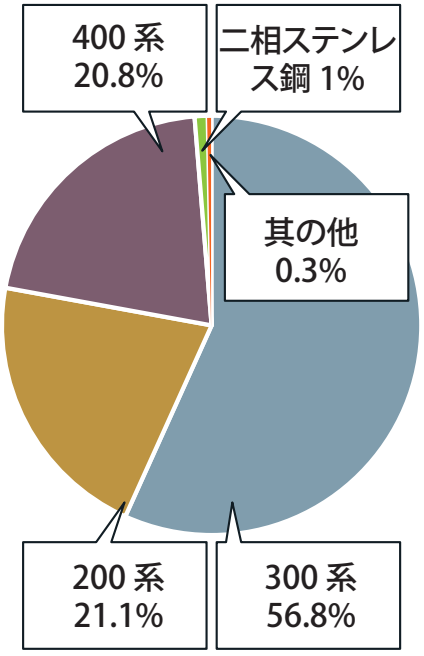
大局的に見て、長期的な目標は、電気自動車を何百万キロも走らせることではなく、V2Gアプリケーションで一日の大半は駐車している電気自動車用電池を太陽光や風力エネルギーの蓄電受け皿に活用できる電池として使用することです。 Ni



テスラ

「自動車から送電網へ…V2G」とは、駐車中の電気自動車に搭載された電池を利用して余剰電力を取り込み、蓄電し、送電網にその電力を供給することです。再生可能エネルギーは、太陽の光や風の強さによって発電量が左右されるため、送電網の管理はより複雑になります。V2Gは、再生可能エネルギーを最大限に活用し、変動をよりよく管理するためのソリューションの一つです。それを可能にするのは、「スマートチャージ」や「百万マイル」電池のような技術的なブレークスルーに委ねられているのです。

ニッケル合金の選択
同族内での選択が重要



出典　ワールド ステンレス

各ステンレス鋼族別生産量比率（2021年）

どうすれば製品を改良できるかまたは同品質の製品をより安く作れるか？設計技術者から製造責任者、購入者まですべての人がこの問題を意識しています。この問題は企業が競合他社より一歩先んじるために考慮すべき重要な事項です。製品がステンレス鋼の場合、仕様作成者は、異なる合金、つまりより廉価なものを検討するかもしれません。多くの場合、それは異なるステンレス鋼族の合金を検討することになります。

それでは、ある用途について異なる合金族に変えることを検討する際、どんなことを考慮すべきでしょうか？

二相ステンレス鋼族

二相ステンレス鋼族（オーステナイトーフェライト系）はオーステナイト系またはフェライト系に比較し、耐性及び抗張力がはるかに優れ、従ってこの強みを生かしてタンクまたは圧力容器の肉厚を減らせることは大変興味深いことです。延性は劣ります、それでも一般論としては十分な延性があります。しかしながら成形性が重要な場合、強度は弱点にもなり得ます。

溶接も難題ですがそれは作業が難しいというよりは、溶接職人が遥かに慣れているオーステナイト系合金とは違いがあるということです。また様々な亜族、例えば低ニッケル二相鋼、標準二相ステンレス鋼、スーパー二相ステンレス鋼などの溶接は更に大きな違いがあり、それを考慮に入れる必要があります。

また、二相ステンレス合金には動作温度にある程度制約があるため対象とする用途の運転温度も重要です。フェライト相は極低温ではもろくなり、さほど高温ではない270℃でも有害なミクロ組織の変化が起こり得ます。更なる難題は、各亜族には多数の異なる合金があり、大きさや形状が異なる機材一式を手当てする場合に問題となります。近年の窒素合金化された二相ステンレス鋼の出現以来、そのマーケットシェアは大幅に拡大すると見込まれていましたが、ここ 10 年はその使用法が複雑なため僅か 1% 前後で推移しています。

200系

200 系ステンレス鋼は完全なオーステナイトであり 70 年以上前から存在しています。マンガンの含有が高く従ってニッケル分を低く抑えられますが完全にゼロにはできません。今日の 200 系の生産は大部分が低クロム合金で、通常 16% から低いもので 12% のものが占めてきました。これと比較すると、クロム含有が最低 17.5% の 304 系合金の方がより強い耐食性が得られます。

耐食性がさほど必要でない場合 200

PLYMOUTH TUBE CO.

商標 Sea-cure® のスーパーフェライトステンレス鋼 (UNS S44660) 製チューブバンドル（管束）、米国戦略的石油備蓄の岩塩ドームからの原油を冷却するのに使われます。

系が使用されます。200 系合金は冷間形成中に早く加工硬化しますが、長期間経過後に冷間割れをおこすことがあります。加工硬化率を下げるため、しばしば銅がこれらの合金に添加されます。従って低クロム 200 系合金を選ぶ場合には、十分な耐食性及び適切な加工特性がある様に十分留意する必要があります。

フェライト系ステンレス鋼

フェライト系ステンレス鋼はその独特の特性が発見された 110 年以上前から利用されています。このステンレス鋼族のクロム含有量は定義上の絶対最小値である 10.5% から 30% 近くまでの幅があります。板厚によってまた特に溶接時には極端な粒子成長は問題になるため、最も多く使用されるのは板厚 4mm 以下です。二相ステンレス鋼同様に、フェライト相は低温および高温両面の使用に制約があります。

多くの仕様作成者がフェライト系族をまず検討するのは、ニッケル分を含まないかあるいはごく少量しか含まないため、コストが安いことです。しかしながら製造コストは一般的にオーステナイト系合金より高く、板厚の制約、稼働時における温度変化への対応力、溶接性などから使用の伸びは制限されてきました。

実際、2010 年以来フェライト系ステンレス鋼族の鋼材総生産に占める割合は約 30% 減少しました。如何なる素材の変更を検討するにせよ、各素材の特性が製造及び最終用途にも影響があることを理解することが重要です。

しかしながら、多くの適した用途もあります、例えば薄肉熱交換管ではフェライト系の低い熱膨張率およびやや高い熱伝導率は有用です。同族内であれ異なる族であれほかのステンレス鋼合金への変更を検討している場合、ニッケル協会はオンライン Technical Service を通じてそれぞれの用途についてのガイダンスを提供できます。www.inquiries.nickelinstitute.org

ジョンセン ウルトラダクト

この真空容器のように様々な形状、多様な板厚、及びよく研磨された面のある溶接機器の製造には 300 系のオーステナイトステンレス鋼がもっとも適しています。

専門家に聞く
技術サポートに寄せられる【よくある質問】

Geir Moeは専門技術士であり、ニッケル協会の技術サポート・サービスの責任者です。同氏は世界各地に配属された素材の専門家らと共に、技術的アドバイスを求めるニッケル含有材料のエンドユーザーや仕様を設定する方々のサポートをしています。同氏の専門家チームは、ステンレス鋼、ニッケル合金、ニッケルメッキなどの幅広い用途に関する技術的なアドバイスを無料で提供し、ニッケルを安心してご利用いただけるよう努めています。

Q *質問：ステンレス鋼の耐孔食性等価数(PREN)のことを聞いたことはありますが、材料選別に際してどのように利用すれば良いのでしょうか？*

A PRENは様々なステンレス鋼の組成の違いにより孔食が生じる事に対する抵抗力のランク付けをする計算式です。実際の孔食試験と様々なステンレス鋼族の組成の違いを関連付ける多くの計算式があります。次の計算式がニッケル含有ステンレス鋼について最も広く知られたものと考えられます。

PREN = %Cr + 3.3%Mo + 16%N

この計算式のみで特定の環境下で使用するステンレス鋼の選別をするべきではありません。しかしながらある素材が孔食を起こしてしまった場合に、より孔食抵抗力の高いステンレス鋼合金を見極めるのには利用できます。

全てのステンレス鋼はクロム、モリブデン及び窒素含有率についての最小値及び最大値が規定されています、従って個々の実際のPRENは実際の組成によります。例えば、下記表にASTM A240に基づく様々なニッケル含有ステンレス鋼のクロム、モリブデン、及び窒素の最小値最大値並びにそれに基いて計算されたPRENの最小値最大値が表示されています。

強調すべき点はPRENは合金の比較によく使われますが、これは組成のみに基づくものであり、孔食に影響のある他の要素は考慮されていません。他の要素としては水分による不均質または偏析、表面の粗さ、あるいは介在物の量などがあります。

操業実績から見るとPRENが40以上のステンレス鋼は海水に抵抗力がある事が示されています。従ってPRENは生産された素材のPRENが40を超えていることを品質保証する指標として利用できます。実際、ASTM A240ニッケル含有スーパー二相ステンレス鋼Type 2507はPRENの最小値41を規定しています。

PRENに関する更に詳しい情報は当協会の発行物 *Guidelines for the use of stainless steel and nickel-containing alloys in water (11003).* をご参照ください。 Ni

	クロム%	モリブデン%	窒素%	ニッケル%	PREN (ミニマックス)
タイプ 304L	17.5–19.5	–	–	8.0–12.0	17.5–19.5
タイプ 316L	16.0–18.0	2.00–3.00	–	10.0–14.0	22.6–27.9
タイプ 2205	22.0–23.0	3.0–3.5	0.14–0.20	4.5–6.5	34.1–37.8
タイプ 2507	24.0–26.0	3.0–5.0	0.24–0.32	6.0–8.0	37.3–47.6
S31254	19.5–20.5	6.0–6.5	0.18–0.25	17.5–18.5	42.2–46.0

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/

Twitterでフォローしてください
@NickelInstitute

LinkedInでつながって下さい
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
www.youtube.com/user/NickelInstitute

新刊案内

再生されたINCO社出版物 当初INCO社から出版されニッケル協会が保持してきた22の重要な技術書が再生され再出版されました。手引きのデジタル側面が改善されすべての出版物が検索可能になりました。当初の出版物はその分野の専門家によって書かれておりその情報は今日でも正に有効です。

この質の高い技術情報はニッケル含有素材を扱う者に自信を付けさせ、幅広い用途にその利点を取り込む事を可能にします。この情報は仕様作成者、溶接工、製作者、及びエンジニアにとって価値があります。

ニッケル・クロム・モリブデン合金の壁紙シートライニング(11020) は、新たにアップデートされた第2版であり電力業界の排ガス脱硫装置やその他の化学工程機器の設計者にとり有用な出版物です。これは設計上の考慮事項や計画、溶接への準備、溶接工程及び溶接後の洗浄について触れています。

温室効果ガス排出の測定方法 ニッケル協会はニッケル生産者が温室効果ガス排出量の計算をする手引きを出版しています。この手引きはニッケル生産に係わる複雑さを考察するもので、業界全体に当てはまる科学的に堅牢で信頼性の高いデータの作成に貢献します。

この手引きは温室効果ガス排出量の数値化と公表する際の基本方針、要件及び方法を明示するものですが、対象はニッケル地金生産工程及びその製品から店舗まで (cradle-to-gate) のカーボンフットプリント及び川上の生産物、例えばニッケル鉱山産出の鉱石、選鉱されたニッケル精鉱、またラテライト、酸化鉱両方から一次生産されるニッケルの中間製品が対象です。

ニッケル生産者、その顧客及びその他のステークホルダーはこの手引きを実践することでClass 1 ニッケルの生産が気候変動に与える影響を計算することができます。

全ての出版物はニッケル協会のウエブサイトから無料でダウンロードできます。www.nickelinstitute.org Ni

UNS番号別詳細

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)

ステンレス鋼種	アルミ	ホウ素	炭素	カルシウム	クロム	銅	鉄	マンガン	モリブデン	窒素	ニオブ	ニッケル	燐	硫黄	シリカ	チタン	タングステン	其の他
N06230 9頁	0.20-0.50	0.015 max	0.05 0.15	5.0 max	20.0 24.0	-	3.0 max	0.30 1.00	1.0 3.0	-	-	bal	0.03 max	0.015 max	0.25 0.75	-	13.0 15.0	-
N06625 9頁	0.40 max	-	0.10 max	-	20.0-23.0	-	5.0 max	0.50 max	8.0-10.0	-	3.15 4.15	bal	0.015 max	0.015 max	0.50 max	0.040 max	-	-
N08811 9頁	0.15 0.60	-	0.06-0.10	-	19.0-23.0	0.75 max	39.5 min	1.5 max	-	-	-	30.0 35.0	0.045 max	0.015 max	1.0 max	0.15-0.60		Al+Ti 0.85-1.20
S31600 2頁	-	-	0.08 max	-	16.0-18.0	-	bal	2.00 max	2.00-3.00	-	-	10.0-14.0	0.045 max	0.030 max	1.00 max	-	-	-
S39209 16頁	-	-	0.03 max	-	21.5-23.5	-	bal	0.5-2.0	2.5-3.5	0.08 0.20	-	7.0-9.0	0.03 max	0.03 max	0.90 max	-	-	-
S44660 13頁	-	-	0.030 max	-	25.0-28.0	-	bal	1.00 max	3.00-4.00	0.040 max	-	1.00-3.50	0.040 max	0.030 max	1.00 max	-	-	Nb+Ti

オレゴンドラゴンベンチ

ヨリス ラーマン

デザイナーであるヨリス・ラーマンは革新的な 3D ロボットプリンターを使用しループを形作るように見える複雑で互いにかみ合う形を作り出すことができました。ステンレス鋼製のベンチの寸法は 10 m x 3 m x 2.5 m です。

世界初の 3D プリンターを使用した金属製橋をアムステルダムに設置した MX3D 社は最新の建設プロジェクトを公開しました：それは従来の技術革新の限界を超える 3D プリンターで作られた金属製ベンチです。オレゴンドラゴンベンチと名付けられたこの彫刻の如き作品はナイキの技術革新センターたるグローバル本社のあるオレゴン州ビーバートン市のレブロンジェームスビルの前に設置されました。

このベンチは金属の 3D プリンテイングに使用されるニッケル含有ステンレス鋼である 2209 (UNS S39209)タイプの二相ステンレス鋼でプリントされていて、オランダのデザイナーのヨリス・ラーマン氏は傾斜構造を統合し、全重量の軽減を図りながら安定性も確保しました。彼はトポロジー（形態）最適化により最も荷重の高い個所を明らかにし、必須の個所のみに材料を配置しました。

この感銘的なドラゴンベンチの製作のためラーマン氏は彼独自の 3D プリントロボット(the MX3D)を開発しましたがこれは空中で溶融金属線を引きだし、成形します。特製のロボットアームは金属をその方向性を問わずまた支持構造なしに溶け合わせます（金属はステンレス鋼、アルミ、銅あるいは青銅などです）。MX3D のロボットプリント方式は使用する材料を最小限に抑えながら形や肌触りの幅を広げられます。

オレゴンドラゴンベンチはラーマン氏が 3D プリンティングの技術革新を通じて製作活動を弛まなく探求している事を表すものです。

Ni