

化学物質の世界

化学製品は我々の生活の中心にある。産業界はそれらの生産と使用によって利益を得るし、消費者は化学物質から派生する材料を含有する或いは化学物質そのものを含有する製品から利益を受ける。

被雇用者はそれらの製造と使用に依存した給料によって利益を受ける。安全な化学製品が有害なものにとって代われれば、環境のためにもなる。

同時に、職業的に或いは消費者用製品により化学物質に暴露される人々は、その暴露が彼ら自身あるいは彼らがそのなかで住む環境に重大なリスクをもたらす閾値より下であることを知りたがるものである。この心配を正当化するに十分な歴史が存在する。

あらゆる種類のコストとあらゆる種類の利益とのバランスを見つけることは永続的な課題である。それをかなえるには、理解が必要である。そして理解には、データと知識が必要である。それが、本号及び将来のニッケル誌において、ニッケル化学製品（ニッケル使用の 10%未満であったとしても）により多くの注意を払うことになるであろう理由なのである。

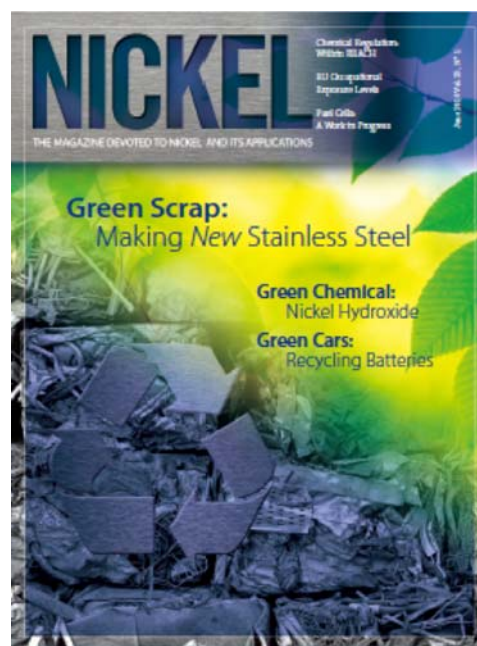
我々は、それらは何であるか、どこで使用されるか、ライフサイクルを通してどのように管理されるか、そして如何に規制されるかを説明する。

この新しい方向は、「ニッケルを知る」と称する新しい連載記事として掲載されている。ここでの最初の記事は、世界が持続可能な輸送を持つためにはますます重要性を増す多くの電池化学の基礎化学品である水酸化ニッケル $\text{Ni}(\text{OH})_2$ についてである。本号の他のところで、ハイブリッド車や電気自動車の電池（水酸化ニッケルを含有）が使用の最後の所でどのように管理されているかについての記事を見つけるであろう (p 14)。

化学製品の規制はそれ自体で成長産業であり、過去十年は、欧州連合に先導されて、規制のやり方に対する急進的な変更への動きがあった。EU の REACH の法制化は現在実施され、世界中の政府の化学物質管理へのとりかかり方に影響している。9 ページでは、REACH の文脈中のニッケル化学物質に関してなされている進展についての最新情報が、また 11 ページでは、EU での職業暴露限界値のレビューについての現状報告が記載されている。

もちろん、我々は、ニッケル含有材料がどのように建築やエンジニアリングで差別をつけているかについてのニュースも常に提供するつもりだが、本号でもそれは継続している。しかし、今や化学品の世界であり、ニッケル誌の拡大する範囲はその現実を反映している。

Stephanie Dunn
Editor, Nickel Magazine



ステンレス鋼を「掘る」 ステンレス鋼スクラップの重要な役割を探す

ステンレス鋼はまず製品であり、有用な一生の後、しばしば何十年という単位であるが、それは資源となる。このことはすべての種類のステンレス鋼について真実であるが、特に全ステンレス鋼の55—60%を占めるニッケル含有品について当てはまる。

耐用年数を経たステンレス鋼を「単なる」スクラップと考えるのは間違いである。新しいニッケル含有ステンレス鋼製品—費用効果があり、環境に安全でエネルギー効率のよい製品—を作る最良の方法は、ニッケル含有ステンレス鋼から始めることである。これは、スクラップのステンレス鋼は鉄鋼メーカーにとって一番最初で最も良い資源であるということである。

■スクラップの価値

スクラップが求められているかどうかはその価格に反映される：経済情勢及び地理的条件次第でステンレス鋼スクラップ中のニッケル価格はLMEのニッケル価格に近づき得る。2009年には時折、スクラップ中のニッケルと金属ニッケルの価格差は5%より小さくなった。米国では、その差が完全になくなった：スクラップ中のニッケルは、ニッケル精錬所でニッケル鉱石から作られた「バージン」ニッケルと同じ価値を有した。

一次製造業がなければ、スクラップはありえない。最初はずべてのステンレス鋼はバージンの合金成分から作られた。これは、約1世紀前で人々が原料のリサイクルされた成分に関心を抱くようになるずっと前であった。しかしながら、調査会社SMRの最近の報告によれば、外部からのスクラップの割合は、2008年では世界平均で43%に上昇した(グラフ参照)。(この割合はステンレス鋼の工場に持ち込まれたスクラップのみを考慮しており、内部で発生したものは除く。) さらに、ステンレス鋼スクラップの大手処理業者の一つであるドイツのKarlsruheにあるCronimetは世界で6番目のニッケル供給業者に成長している。同社はスクラップに含まれるニッケルを約80,000トン供給している。

■スクラップの場所

天然資源と同様に、社会に蓄積されているスクラップ資源は均一に分布していない。ステンレス鋼を含有する耐用年数を経た製品は、歴史の古い経済先進国においてより多く集中して見つかる。高度なステンレス鋼の使用の歴史がなく、現在ステンレス鋼を生産している国ではスクラップ資源は比較的乏しい。不均衡な分布の結果、しばしばスクラップの獲得競争が起こり、世界の異なる場所の間でニッケル含有スクラップの重要な流れが存在する。

それから、スクラップ中のニッケルと一次ニッケルの価格差は成長が穏やかでステンレスの使用の歴史が長い地域で最大となろう。しかし、その差が万が一大きくなるようなことがあれば、スクラップの確保が限定されている地域のステンレス鋼生産者にとってそれは今まで以上に魅力的となり、そうした地域へのスクラップの流れは増大するであろう。

2008年 ステンレス鋼スクラップ(全種類)の貿易(抜粋)			
単位：1000メトリックトン			
輸出元	輸出先		
	米国/メキシコ/カナダ	ヨーロッパ	アジア
米国/メキシコ/カナダ	155	152	1117
ヨーロッパ	1.5	1877	548
アジア	1.5	23	695

※ISSF(国際ステンレス協会—<http://www.worldstainless.org>)提供の統計に基づく。数字は概数。

上記の表は、ステンレス鋼の消費も生産も急速に増大しているアジアへステンレス鋼スクラップが大量に流れていることを示している。

■スクラップの将来

ニッケル含有ステンレス鋼はその特性が高く評価されている。ニッケル誌は毎号で強度、耐食性の強化、耐久性、延性、美しさ—期待され、達成されている性能に関する例を提供している。ニッケル含有ステンレス鋼は厳しい状況での使用と、もっと一般的には長期間の使用のために作られている。この材料の必要性は増加する一方であり、従ってスクラップの需要も同様である。

ステンレス鋼の平均耐用年数は、控えめに見積もって15年から20年であるが、一部のスクラップはそれよりもっと早く利用可能となるであろう(例えば、使用済み触媒、バッテリー、及び自動車のスクラップ)。また、もっとずっと遅くなるものもあるだろう。例えば、ニューヨークのクライスラービルディングのステンレス鋼は80年経過しており、取り換えの計画はない。これは、使用量が増加している時はまさしく「新規」ニッケル含有ステンレス鋼の必要性は今後も増え続けることを意味している。スクラップとして利用されるニッケル含有ステンレス鋼の量は増えるであろう。これはスクラップ出の「新規」ステンレス鋼もまた増加するということである。

鉱山からのニッケルは常に必要とされるであろう。今日、社会の廃棄物から「掘り出される」ニッケルは絶対に必要であり、また相対的重要性はますます大きくなり得る。

リサイクル含有量 環境受容性を測るものさし?

2008年はステンレス鋼の平均リサイクル含有量は43%であった。なぜ伸びなかったのか理由はわからなかった。結局、新しいステンレス鋼製品のリサイクルされた含有量はこれらの「グリーンさ」を測るには十分でないものさしであるということがわかる。例えば、製紙業界は、使用済み紙製品の63%以上がリサイクルされると誇らしく言う。残りは埋め立てられるか焼却される。対照的に、ステンレス鋼はほとんど全量がリサイクルされ、埋め立てられるのはほとんどない。

ニッケルとニッケル合金の市場需要は増加し続ける一方、ステンレス鋼の耐用年数は通常長いので、利用可能なスクラップは制限される。言い換えれば、2008年の43%というリサイクル含有率は利用できるスクラップの供給量と同じ量である。ステンレス鋼は、その耐久性、耐食性、靱性、その他の特性により非常に長い期間使い続けることを可能にするが、そのためリサイクル用にはずっと利用できない。これらの材料は年数が経ち、何十年と経過するにつれて徐々に利用可能になるだけなので、ステンレス鋼のリサイクル含有量は、持続可能性への真の貢献度を測るにはこれからもずっと役に立たないものさしのままであろう。

用途 — ステンレス鋼のドーム

オリンピックを飾る：バンクーバー・オリンピックで集う所はニッケル含有ステンレス鋼製のツイン・ドーム

2010年バンクーバー・オリンピックの目立つ開催場所の一つは、今までに運動競技の行事を催したことがない。しかしながら、ここのGE Plazaの煌くステンレス鋼のドームは、最近の冬季大会の集会場所となった再設計のRobson Square屋外アイススケート・リンクの注目的であった。

そのドームフレームガラスがはめ込まれている管状の三角形リブを持った一対の18x12mの楕円形構造は、巨大な亀の甲のようにリンク表面の両端の上に吊下げられていて、日光を反射し、夜のイベントではスポットライトを投げ入れる。

「それは正に芸術品だ。」とそのドームを建てた一世紀程の歴史を持つBritish Columbiaにある会社George Third & Son Ltd.のプロジェクト・マネージャーであるZiggy Welschは言う。George Thirdは数々の重構造用鋼の新構築法を提供している。つまり、Welschが話すように「デズニー・ワールドのスタジアムに通じる螺旋階段から乗り物にいたるまでのあらゆるもの」を手掛けている。3百万カナダドルのドームは304(UNS S30400)ステンレス鋼で建築されている。直径305ミリメートルで厚さ13ミリメートルのパイプが周縁を構築するために使われた。10ミリメートルの厚さを持つ直径150ミリメートルのパイプのネットワークによって、ドームの形状を作り出す凹面リブが形成された。

建設には、リブの複雑な構成体の裁断を実施するために、三次元コンピューター・モデリングを必要とした。Welschが指摘しているように、「どの部分も多少違っており、控え目に言っても複雑形状のものが沢山ある。」。304の構成部材を溶接するのは特に難しかったと付け加えて言う。「軟鋼よりねじれしやすいので、より配慮が必要である。」

ドームはそれぞれ約32トンの重さで、平床式のトラックでバンクーバーのダウンタウンから目的地まで運ぶことができるように4つに分けて組み立てる必要があった。現場でぴったり組み合わせるように、二つのドームはBurnaby市のGeorge Third & Sonの工場ですべて組み立てられた。

バンクーバーにある二つの会社、Epic Metalworks Inc.とEbco Metal Finishing LPが表面を仕上げた。Epic社は建築用の金属加工を専門としており、組み立てる前に構成部材に艶消し仕上げを施した。この仕上げにより建設業者は複雑なアングル材の取り扱いを容易に行うことができ、ドームが組み立てられた後で引っかき傷を除去し、溶接部分を磨くために必要となる研磨作業が少なくて済んだ。

2009年11月にリンクはスケータに解放された。夏にはコンサートやその他の催し物に使用されることになろう。Plazaの床が周囲の道路より下にあるのに対して、ドームは道路と同じレベルで、毎日、町の汚れにさらされる。ドームを支えるステンレス鋼構造はメンテナンスが少なくて済み、Welschが「荘厳な」と評する外観を呈している。

George Third & Sonはバンクーバー・オリンピックで他に二か所—Whistlerのスキージャンプ台とRichmondのオーバルスピードスケートリンクに携わったが、最も注目を集めたのはドームであった。それらは、隣接する国際メディアセンターのTVレポーターたちのお気に入りの背景であった。同様に、Plazaは生演奏や式典の中心となった。

「オリンピックの期間中、通りには毎晩20~30万人の人出があった。」とWelschはいう。「Plazaはそうした人々が集いたいと思った中心の場所であった。」

用途 — シャンペン バー

少し上品に：艶消しのニッケル板がロンドンの Westfield ショッピングセンターのシャンペンバーに上品さとぬくもりをもたらす

ニッケルは、エネルギー生産から携帯電話まで多種多様な用途に使うことができるが、裕福な買い物客に彼らのブランド品のバッグを置き、疲れた足を休め、一杯のシャンペンを楽しみたい気持ちにさせることは、ニッケルの極めてまれな用途の一つに違いない。

ロンドンの西にある高級な Westfield ショッピングセンター(ヨーロッパで最大の屋内ショッピングセンターの一つ)のシャンペンバーは顧客を魅了することに大きな成功を収めている。1930年代以来最も深刻な英国の景気後退の最中(2008年10月)に開業したにもかかわらず、最初の一年間に100,000杯以上のシャンペンが飲まれた。その驚くべきバーは、洒落たショッピングセンターの高級品を扱う三角地区であるヴィレッジに位置している。そこではまた、グッチ、プラダ、ティファニーといったプレミアムブランド品が、ニッケルのきらりと光る仕上げを誇っているガラス張りの店頭から顧客を誘惑している。

買い物客は、シャンペンバーの優しく輝く金色の外観と目を見張るような彫刻の姿に惹きつけられずにはいられない。バーのカウンターのトップと下部の玉縁飾りと35の椅子の金属部分の大部分にニッケルめっきを施してあるのだが、バーの正面全体が艶消しのニッケル板でできていることを知って買い物客は驚くかもしれない。

Billy Pither は、名だたる建築事務所の Hiscox Parlade と共同でそのバーを設計し造った会社の Interbar Ltd. の常務である。ニッケルが選ばれ理由について彼は説明している。「Westfield のデザイン基準では、我々がそのバーを作るためにステンレス鋼あるいはクラシックなカクテルバーのクロムを使用できないことが明記されていた。彼らはニッケルの魅力的な外観と感触からニッケルを主張した。ニッケルの色はステンレス鋼より暖かい感じで、バーとして望ましい雰囲気によりふさわしい。」

厳密な仕様のバーのユニークな楕円形のカウンターを設計した建築家の Renshaw Hiscox は、ニッケルでデザインするという考えを気に入った。「我々はもっと多くのニッケルを使いたかった。」と彼は言う。「ニッケルは外観を古風な仕上げに見せる。ニッケルは良質の素材、シャンペンバーのすべてであり、バーが輝く素材である。ニッケルは高級な最終仕上げには申し分がない。」

Interbar にとって、ニッケルでバーを作るのは初めてであった。「我々は銅、真ちゅう、ステンレス鋼をよく使う。艶消しのニッケルは、半分光沢があり快適なので選ばれた。」と Pither は言う。ニッケルはまた丈夫で耐食性がある。それは見た目にも美しいが、同時に(湿った布でふくこととは別に)多くのクリーニングあるいは研磨を必要としないのでバーを機能的なものにする。「もしバーが銅、真ちゅう、ブロンズでできていたら、定期的に研磨が必要であろう。」と Pither は指摘する。

バー全体は、ニッケル板を大きさに合わせて切断し木材に取り付ける前は、木製であった。縁の周りの玉飾りは、カウンターの層の間のニッケルめっきした真ちゅうでできている。「我々は、真ちゅうを折り曲げてバーの外形全体を形にし、それからニッケルめっきを施した。」と Pither は説明する。カウンターはフランスの釉をかけた溶岩セラミックスである Pyrolave でできているが、トップと下側のカウンターの間の層は皮革で覆われている。

バーの周りに固定された調和するツールは、ベースがクロムメッキの状態で引き渡された標準的なイタリア製ツールである。「我々はクロムを取り除き、それからベース、心棒、足掛け、背もたれの飾りびょうとその他の目に見える金属部分にニッケルめっきを施した。」と Pither は言う。「それは難しい作業ではなかった。」

しかしながら、ニッケルでシャンペンバーを作るにはいくつか障害があった。「我々にはニッケル板を探すという難しい仕事があった。」と Pither は認める。ニッケルは最終的にはニッケル協会を通じて、英国の TW Metals の一部である Philip Cornes & Co. から調達された。Pither によれば、ニッケル板は、「ほとんど鉛のように」柔らかく湾曲する傾向があるので加工は簡単ではなかった。「ニッケル板を正しい大きさに切断するために、職人たちはニッケル板を立てるより水平に保たねばならず、平らに保つために材木でサンドイッチ

チ状にはさむ必要があった。もしニッケル板が湾曲しすぎると、曲がったままになるであろうから、職人達は極めてやさしく作業をしなければならなかった。」

ニッケル板の接触によるアレルギー性皮膚炎が問題となる可能性があるが、この用途ではバーの製作あるいは最終用途においても問題とならない。現場では、引っ掻き傷がつかないようにニッケル板には青い保護プラスチックがかぶせてあり、従って作業者のニッケルへの接触は明らかに限られていた。バーのお客さんについては、ニッケル板が使用されている場所はどこも長時間の皮膚接触がある場所はない。

人々のシャンペンバーへの反応はどんなものか。「それは大成功であり、誰もが気に入っている。」と Pither は言う。人々は Westfield のその場所を歩いて、彼らの真正面にバーを見つけ、そこで腰をおろし、一杯のシャンペンを飲む。バーはとても素敵に見えるので人々をひきつける。我々はこのシャンペンバーを誇りに思う—私はニッケルの大ファンであり、再びそれを喜んで使うであろう。」

REACH

化学物質管理新時代への準備

2010 年 11 月 30 日までに、通常 REACH (Registration Evaluation and Authorization of Chemicals 化学物質の登録、評価、認可の頭文字語) と言及される EU 法の下、金属ニッケルを含み全てのニッケル化合物 (年間 1000 トンを超える) は登録されなければならない。

この期限日に備えるため、ニッケル協会とその会員会社は、早くも 2006 年に実施業務計画を立ち上げ、3 つのコンソーシアムの構築に成功した。以下の表に示したように、リスク評価済み物質、その他のニッケル化合物、複合ニッケル材料のそれぞれにコンソーシアムが一つある。

The Nickel Consortia	
Consortium 1	
リスク評価済み物質	金属ニッケル, 塩化ニッケル, 硫酸ニッケル, 硝酸ニッケル
Consortium 2	
その他ニッケル化合物	塩基性炭酸ニッケル, 酸化ニッケル, 水酸化ニッケル, スルファミン酸ニッケル, 酢酸ニッケル, 硫化ニッケル, 亜硫化ニッケル
Consortium 3	
複合ニッケル材料	フェロニッケル (特別調剤), ニッケル・マット (中間体), ...

コンソーシアが公式に開始された 2007 年 1 月、それらは REACH プロセスの最も重要な位置にあった。仕事はそれ以降ずっと労働集約的 (5 人のフルタイムと等価) でコストがかかった (予算: 6 百万ユーロ)。

■コンソーシアの組織

REACH コンソーシアの範囲は、予備登録のガイダンス、データ共用、ニッケル及びニッケル化合物の分類、登録一式書類の準備、それら一式書類の評価に及ぶ。

コンソーシアの会員には二通りある。正規会員資格は、ニッケル及びニッケル化合物の輸入者並びに EU 生産者と欧州に輸出している非 EU 生産者を対象としている。もう一つの資格、準会員は、EU の重要川下ユーザーの代表たちに割り当てられている。これは、一式文書の登録準備中のサプライチェーンを通しての情報共有とコミュニケーションの重要性を認識した上でのことである。現在、少なくとも一つのコンソーシアムに 49 の会社が入っている。

2007- 2010 年に展開された 2006 年の業務計画は、影響評価、暴露評価、リスク判定、分類、物理-化学的性質、コミュニケーション、プログラム管理、報告手順 (特に、IUCLID ; International Uniform Chemical Information Database と CSR ; Chemical Safety Report) を網羅している。

■早期登録戦略

2009 年、ニッケル REACH コンソーシアは早期登録戦略を整備し、金属ニッケルと硫酸ニッケルに関する一式文書を早急に推進した。REACH に先立つ 10 年間に亘るリスク評価の (検討) があつたおかげで、この二つの化学品についてのかなりのデータと豊富な科学文献や化学品安全性報告書が既に利用可能であった。これら二つの化学品の早期登録の完了という結果によって、コンソーシアは、同程度の仔細な規制に関する歴史を持たない化学品の集中した登録へ早く進んでいくことが可能となった。

2010 年 3 月、金属ニッケルと硫酸ニッケルの一式文書が成功裏に登録された。ニッケルとニッケル含有物質の全ての生産者、輸入者及び川下ユーザーの大きな業績である。

この登録業務によって得られた経験は、関係する会員会社及びステンレス鋼、合金、めっき、触媒産業などの川下ユーザーにとって価値あるものであった。また、早期登録によって、ニッケル協会と全会員は、IUCLID 5.2 ソフトや REACH-IT システムなどの義務的な情報技術ツールに慣れ親しむことにもなった。

■ 効率的成功のための工程管理

登録一式文書の完成というのは、REACH 下でのデータ共有義務と同様、資源集約的である。幸いにもニッケル REACH コンソーシアは、共同提出の取り纏めを支援したり、データ共有によって動物実験を最少化して REACH の目標を遵守するための様々なツールを開発してきた。

動物実験を最少化することを確実にするために、REACH 当局は物質情報交換フォーラム (SIEF ; Substance Information Exchange Forum) を作った。SIEF 会員が登録に要求されるデータにアクセスする方法はいくつかある。適切なコンソーシアに加入するというのもあるし、Letter of Access 或いは License to Use を獲得する方法もある。ただし、最初にデータを開発したものはそのためにコストがかかっているの、すべて費用を払ってということである。このように、データ作りのコストはそれを使用する者全てに分担される。

加えて、ニッケル REACH コンソーシアのウェブ・サイト (19 ページ参照) や “SIEF Flash” のようなコミュニケーション・ツールが使える。これらは金属ニッケルとニッケル化合物を予備登録した約 5000 の会社に関連があるものである。登録期限が近づくに従い劇的に変化すると思われるが、2010 年 5 月時点でこれら会社の 10%未達が活動している。2010 年 11 月までに登録が必要な会社は、2010 年 9 月 1 日以前にニッケル REACH コンソーシアに連絡を取ることを勧める。その日以降は、情報にタイムリーなアクセスを保証することは難しい。

■ 登録で終わりではない

ニッケル業界の主な焦点は無論、登録段階であった。しかし、REACH は現在進行中の化学物質管理体制であり、登録で工程は終了ではないし、また、11 月が唯一の期限ではない。

異なる化学物質には異なる登録の予定表 (2013 年或いは 2018 年) があり、したがって物質情報共用に関係する活動は停止しない。また、新規加入者 (生産者と輸入者) はそれらの製品を登録し、かつ現存データを使用しなければならない。登録一式文書で当局に提出された情報は最新のものを維持しなければならない。どのような新用途、新研究、全ての新データは更新登録一式文書にできるだけ早く反映されなければならない。

登録一式文書は、また、分類に関する新情報を与える。状況により、加盟国或いは業界は、欧州化学庁 (ECHA ; European Chemicals Agency) に、調和のとれた分類と表示の提案を具申することができる。これが、ニッケル協会に、ニッケルおよびニッケル化合物の改正した分類を提案する仕組みを与えている。

■ 評価

ニッケル REACH コンソーシアの仕事には既に一式文書の評価は含まれている。ECHA の主催のもとで 2 種類の評価がなされている : すなわち、一式文書評価 (試験提案の審査と遵法調査を含む) と物質評価である。幾つかのニッケル化合物評価は、ニッケル業界にとって重要で挑戦的なステップになりうるので、適切な配慮と資源が要求される。

ニッケル業界とニッケル協会は、登録及び登録後の責務を継続して実行していく。ニッケルとニッケル含有化学物質の安全で信頼できる使用、再使用、リサイクルおよび廃棄は、彼らのその実行に依存している。

■ 情報源

ありすぎると言ってもいいほどの情報源がある。REACH は新しく複雑なプロセスで数万の化学物質に適用されつつある。業界及び取締側双方にとっての学習曲線は、尋常でなく挑戦的で高価であった。インターネットは REACH に関する豊富な情報源であり、ガイダンスである。以下にこの記事に関係するキーになるリンクを 2 ~ 3 示す。

KEY LINKS	
Nickel REACH consortia	http://www.nickelconsortia.org
REACH-IT	http://echa.europa.eu/reach/software/reach-it_en.asp
SIEF	http://echa.europa.eu/sief/pre-SIEF_en.asp
ECHA	http://echa.europa.eu

欧州連合における職業暴露限界

ニッケル業界は規制当局のレビュー・プロセスに如何に貢献しうるか

化学物質は理由があって存在し使用される。同時に、そのハザードは認識されなければならない。環境、労働者、消費者に対するリスクは受容される程度に低減されなければならない。そのようなリスクは何であるかという決定は、どのようなシナリオにおいても難しい過程であり、新しいデータをもって再解釈することに常に開かれている。

このような中で、2009年5月、化学物質にたいする欧州連合の職業暴露限界に関する科学委員会(Scientific Committee for Occupational Exposure Limits (SCOEL))が、呼吸器系発がん性および毒性に基づいて、ニッケルおよびその化合物にたいして、 0.01 mg Ni/m^3 (吸引性(inhalable)エアロゾル・フラクシオン)なる単一の指針的職業暴露限界の勧告をした。この値はまた潜在的生殖影響に対して予防的であることも考慮されている。

欧州連合で現在施行中のニッケル OEL 値は、可溶性ニッケル化合物にたいする 0.01 mg Ni/m^3 から不溶性ニッケル化合物にたいする 1 mg Ni/m^3 までの範囲がある。

産業界は SCOEL が採った一般的なアプローチには賛成するものの、SCOEL 提案値は粒度差異の問題を考慮に入れていないし、種々のニッケル化合物間の差異も考慮していない。これらの因子を考慮に入れれば、特定化合物について、ヒトの健康にまだ十分に保護的である数倍高い(すなわち、より非制限的)限界値を確立できる IOEL に至ることになる。

IOEL 値は科学をベースにしたものである。それは社会経済的及び技術的可能性の因子を考慮していないし、そのようなことは想定されていない。EU レベルで確立された IOEL 値をもつどの化学物質にたいしても、加盟国は、その IOEL 値を基にしてその国の暴露限界を定めなければならない。このような関係において、可能であれば、ヒトの健康を十分に保護し、同時に達成可能で実施可能であることを最もバランスよく反映する暴露限界値に到達すべく、各国の法的枠組みに合わせて社会経済的考慮がなされる。

ニッケル協会の貢献

ニッケル協会は、加盟国それぞれで新しく提案され、そして最終的に採択されたニッケル及びその化合物の OEL が、過度に慎重ではなく、作業者の健康を十分に保護することが確実にできるように技術レベルでも社会経済レベルでも関与している。ニッケル協会の科学部門であるニッケル生産者環境研究協会(NIPERA)は科学的 OEL 導入の規制段階でコメントした。

加えて、ニッケル協会は、技術的可能性の検討を開始しており、第三者による社会経済分析も行われる。これによって、ニッケルおよびその化合物を使用する産業に対する設定されうる SCOEL IOEL 値のビジネスへの影響が評価される。検討の最終結果は各国 OEL 設定当局にも共有されよう。

EU のニッケル製造者と使用者の職業的暴露データは、現在、収集中である。様々なニッケル使用部門との協議会は 2010 年 8 月に見込まれている。影響評価研究は 2010 年 10 月に完了しよう。最終検討結果はニッケル協会によって組織されたワークショップでニッケル関連産業に公開される。

燃料電池 発展過程にある仕事

燃料電池は、環境への影響が少ないこととエネルギー効率の可能性ゆえに、長期にわたり関心を引いてきた。不幸にも、技術上の問題と高コストがこの実現の可能性を妨げていた。コスト面では、伝統的に白金を触媒として使用することが直に関係していた。過去10年間、研究者と事業家はコストをかなり下げ、燃料電池の信頼性を高めてきた。金属および酸化物としてのニッケルの使用がこれらの努力の重要な部分であった。数々の種類の燃料電池があるが、全てにつき水素或いは水素リッチ化合物を発電用の燃料として使用している。ある種の燃料電池は効率よく使用することが可能な熱も発生する。

ニッケルと燃料電池は常に密接な関連があった。1838年から実験されてきたような電池につき、”燃料電池”という言葉が19世紀末に造り出したのは、Ludwig Mond (1839-1909)と助手のCharles Langerであった。Mondの燃料電池は白金を触媒とし、産業用石炭ガスと空気を使用した。Mondは、今日でもニッケルを精製するために依然使用されているカルボニルニッケルを中間化学物質として使用する高純度ニッケルの製造プロセスの開発を続けた。彼がこのプロセスを商業化するために創立した会社 the Mond Nickel Company は、今日、Vale グループの一員である。

多種の燃料電池があるが、ほとんど何らかの形でニッケルを使用している。研究者は、効率と信頼性を維持或いは改善しつつ、全体のコストを下げようと努力している。例えば、Colorado School of Mines は、水素源としてメタノールを使うプロトン交換膜 (PEM) 燃料電池で、白金-ニッケル合金触媒では純白金よりも性能は倍に改善されることを見出した。しかし、PEM 電池がコスト効率で良いものになるためには、より良い触媒を見つけなければならない。

固体酸化物燃料電池 (SOFCs) は、多種の炭化水素燃料が使用可能であるけれども、高温でのみ操業可能である。カナダの Waterloo 大学で実施された研究では、この課題を充たすためにニッケルがどのように使われつつあるかを実証している。この大学の化学工学科の Eric Croiset 准教授は、「我々の研究では、中間温度 [600-750°C] 固体酸化物燃料電池の開発を行っている。特別関心があるのは、炭化水素燃料の直接使用下での耐コーキング性のあるセリア基電解質を持つニッケル基負極である。」と説明している。

実際、このような燃料は内部 (つまり、SOFC 中で) 改質される。なぜならば、この電極触媒であるニッケルは、また、メタンのような炭化水素燃料を水素と一酸化炭素に転換する改質反応の優れた触媒でもあるからである。内部改質によって、全体のプロセスを簡素化し、より効率が上がる可能性を持つ。

しかしながら、ニッケルは、炭素析出 (コーキング) しがちである。これは性能低下、さらに SOFC の恒久的損傷を引き起こしうる。Waterloo の研究チームは少量のマグネシウム添加をニッケルのシンタリングを削減するために行っているが、これは電池の安定性を高めるだけでなくコーキング性向を低下させる。研究は、小さい実験室規模の SOFC 作製をし、その試験、特性決定をしていく実験的段階である。(反応工学的) モデリングも、とりわけ、ニッケル基負極上の水素と一酸化炭素の電気化学酸化反応機構の同定につき、研究中である。Waterloo 大学は、7 大学、2 政府研究機関、12 の産業界のパートナーで構成する the Solid Oxide Fuel Cells Canada Strategic Research Network の一員である。

もし、Ludwig Mond が今日存命だとしても、彼は、ニッケルと燃料電池が非常に密接に関係していることをみて驚きはしないであろう。

用途 — バッテリーのリサイクル

リサイクル：ハイブリッドカー用の電池

従来のガソリンによる内燃エンジン車は、おなじみの鉛蓄電池を搭載している。この蓄電池はエンジンのスタートに必要な爆発的なパワーを出すように設計されており、エンジンが動いている間に充電される。エンジンが動いていない時、ラジオ、照明、窓などの電源となる。米国における鉛蓄電池は唯一最もリサイクルされている消費財であり、近年では鉛蓄電池の90%以上がリサイクルされている。

トヨタのプリウス、ホンダのシビック、フォードのエスケープといったハイブリッドカーは、内燃エンジン車と同様の理由で従来の鉛蓄電池を使用しているが、駆動力用の電気モーターと充電式のディープサイクルバッテリーも備えている。この2つ目のバッテリーは電気モーターに駆動力を与える。それ故、相当な電気エネルギーを蓄えることができないなければならない。電力系管理システムがガソリンエンジンを助ける。エンジンが待機状態あるいは一貫して低速で動いている時、バッテリーが全面的に車に動力を供給することができ、その間は燃料消費が減少する。駆動系管理システムは、車を動かすために永久にバッテリーあるいは内燃エンジンあるいはこの両方の使用を最適化する。

充電式ニッケル水素 (NiMH) 電池は最近のハイブリッドカーの大部分に使用されており、性能面や環境面で大きな恩恵をもたらしている。これらには、従来の鉛蓄電池より高いエネルギー密度と長い耐用年数がある。NiMH 電池はまたより小さく、より軽く、そのためハイブリッドカーの燃料はより節約される。

NiMH 電池が比較的小さいことは、原料の持続可能性の見通しの点からさらなる経済上及び環境上の恩恵をもたらす。ドイツの öko Institute (応用生態学協会)によれば、トヨタのプリウスの NiMH 電池はニッケル含有量 23%、スチール 36%、プラスチック 18%、電解液 9%、レアアース金属 7%、コバルト 4%、その他の金属 2%、及び PTFE 1%である。

öko Institute は、NiMH 電池のライフサイクルとハイブリッド電気自動車における使用を調査した：主として予想されたガソリンの節約の他に、重要なリサイクル面の利益があった。その調査は、ハイブリッド電気自動車は燃料消費節減で地球温暖化係数 (GWP) を 29.6% を引き下げると結論している。

電池業界は、自動車推進用の安全な充電式リチウムイオン電池の開発のため、自動車業界と共同で大規模な研究開発の波に乗っている。コスト、重量、信頼性、長寿命という理由で高電圧電池がハイブリッドカーと完全電気自動車の成功の鍵である。すべての完全電気自動車の場合、その電池が充電が必要となるまでの走行可能な距離を決定する。電池需要見通しでは、種々の形のリチウムイオン電池がハイブリッドカーと電気自動車ですます用いられるだろう。リチウム電池はエネルギー対重量比、ゼロメモリー効果、使用中でない時のチャージ損失を抑える点で優れた性質を持っている。リチウムイオン電池はエネルギー含有量が一定の場合、他の種類の電池より小さく、軽く、しかもより大きなパワーが持続する。高強度のケースや適切な換気といったその他の様々な方法で、電池が理想的な温度で機能することが確保される。リチウムイオン電池中の正極はニッケル—コバルト—アルミの混合あるいはマンガン—ニッケル—コバルトの混合のいずれかである。正極のタイプに関係なく、ニッケルの含有量は電池の重量の約 2—6% である。

NiMH 電池もリチウムイオン電池もリサイクルが可能である。ベルギーの Umicore Battery Recycling (UBR) は、賞をとった廃棄物ゼロと閉ループ電池リサイクルプロセスにより世界でこのような電池の主要リサイクル業者である。同社のプロセスは、耐用年数を経た電池を新しい電池製造用の二次原料に変えて、NiMH 電池とリチウムイオン電池、電池パックの安全なリサイクルを目指している。

UBR プロセスの利点

- ・ 充電式電池、電池パック及びその他の投入材料は前処理を全くせずに炉に投入される。従って、作業者のリスクは最小となる。
- ・ ダイオキシンやフランの発生を除去するように設計されたガス洗浄工程
- ・ 建設用あるいはコンクリートの骨材に適したクリーンなスラグができるよう十分に管理された熔融状態。
- ・ 純度の高いコバルトとニッケルを生産する精製装置。コバルトは次に新しいリチウム電池の生産に使用されるコバルト酸リチウム LiCoO_2 に変えることができる。

この技術は世界の注目を集めてきた。2004 年、UBR はその革新的な環境技術が認められて、European

Environmental Press (EEP) の金賞を受賞した。この賞は、EEP が Pollutec と European Federation of Associations of Environmental Professionals と共同で主催されたものである。2008年、UBR は、Dow Jones と Mountain Clean Tech により最も革新的な企業に選ばれ、また、フランスの NPO 同盟 (Alliances) によりその環境業績が認められた。2009年、Industrie Technisch Management と NPO の Sirris が UBR をベストイノベーションに推薦した。

UBR はベルギーに中心となる電池リサイクル処理施設を持ち、世界に電池リサイクルのための引き渡し場所のネットワークがある。このシステムが集荷を容易にし、効率のよいリサイクルを可能にしている。EU バッテリー指令は、電池はすべてリサイクルしなければならない、また、リサイクル効率はアウトフローの認定されたリサイクルされた原料／インフローの廃電池原料で定義される重量比で少なくとも50%に達していなければならないと定めている。EU の全加盟国は EU バッテリー指令を国内法に移行しなければならない。

NiMH を搭載しているハイブリッドカーは最近販売されるようになったばかりであり、電池の寿命が約10年と予想されるので、現在のリサイクル用 NiMH の供給量は限られている。しかし、UBR は、100~200万個の電池の耐用年数が来る6年~10年で増大する NiMH 電池のリサイクル需要に対応できる態勢は整うという。その準備として、2,500万ユーロが年間能力7,000トンのリサイクル工場に投資された。

現在、UBR がリサイクルしているすべてのリチウムイオン電池はラップトップ型パソコン、携帯電話、動力工具からのものである。ハイブリッドカーや電気自動車のリチウムイオン電池のリサイクルが始まれば、いくつかの大陸にあるリサイクル処理設備は拡張されるであろう。現段階では、だれも次世代のハイブリッドカーと電気自動車の需要がどのくらい伸びるか予測できない。

EC バッテリー指令はすべての自動車会社に自動車一台の部品すべてのリサイクル方法を示すよう求めている。EC 指令の要請に基づき、UBR は、NiMH とリチウムイオン電池の適切なリサイクル効率に関し、多くの自動車会社と話し合っている。確かなことがひとつある：UBR のリサイクルプロセスは今後何年にもわたりハイブリッドカーや電気自動車の持続可能性を促進させるであろう。

ニッケルを知る：水酸化ニッケル Ni(OH)₂ 重要な電池技術を可能にする

現代世界はより優れた効率、より低い排出、材料の集中度のより少ない使用を目指して努力をしている。同時に、産業は従来以上に化学物質に依存している。したがって、世界は化学物質管理の革命の過程にあるというのは、多分、驚くことではない。

REACH(化学物質の登録、評価、認可と制限)として知られている欧州連合の法律は、個々の国々¹や大きくは世界全体²に影響を与えている。

これらの化学物質のほとんどのものは使用者には知られていないものである。化学物質に関しての責任がある公務員にとっては、それらは単に化学組成や分類についてのみ知られているだけである。何であるかということでは知られているが、なぜそれらは使用されるかということでは知られていない。その知識のギャップを埋めるために、ニッケル誌は水酸化ニッケル Ni(OH)₂とその類似物質を手始めとして、ニッケル物質に関する一連の記事を記載していく。

エネルギーは、文明発展への熱望に不可欠であるということに加えて、持続可能性の鍵である。非常に大規模な資本の展開、敷設網への貢献、そして環境と健康への影響は化石燃料、原子力、水力エネルギーに関連している。しかし、変化が広まっている：小規模なレベルで、工具、通信、娯楽 には、ますますより小さな空間により多くのパワーを詰め込むようなエネルギー貯蔵が求められている。

種々の異なる用途に供する電池を最適化する種々の製品が開発されるので、エネルギー貯蔵と電池化学分野では常に投資、革新、競争がある：高速充電、高速放電、定電圧、高電圧、容積エネルギー密度、化学的安定性、低自己放電率、多再充電回数性能、信頼性その他の基準。しかしながら、多くの重要なケースでは、ニッケルの電気化学的性質と、白金や関連金属の化学物質と比較するとニッケルは相対的に豊富であるという利点を活かして、基本構成要素は水酸化ニッケルである。

水酸化ニッケルは欧州や北米でも生産されるが、大半はアジアで生産され、そこでの非常に大きな生産増も報告されている。電池の基本構成成分としては不溶性の緑色結晶である(すなわち、必要な電気その他の特性を達成するために変換される、或いは、他の化学物質が添加される前)。製造には数種の経路がある。全て高純度金属ニッケル(通常は電気ニッケル)が要求され、主要製造プロセスはニッケル(II)塩溶液から水酸化アルカリによって沈澱させる。最終製品は安全容器で電池製造会社に出荷される。

■先進電池技術

ニッケル金属水素化物(Ni-MH)とニッケル-リチウム(Ni-Li)：「ハイブリッド」技術は、おおよそ定義からも過渡的な段階ではあるが、競争が高まってきている中で、現実、Ni-MHは主要電池技術であり、現在この技術の主要ユーザーはトヨタである。この日本の自動車メーカーは既に1.8百万台のプリウス(現在第三世代)を路上に走行させており、各車は10キロのニッケルを水酸化ニッケルの形で含有する電池パックを積んでいる。技術は高度の信頼性を持つと報じられており、各電池パックは車と同じ寿命があると見込まれ、プリウス電池の補修部品市場は存在しない。

その技術は変化が期待され取って代わる技術は視野に入ってきている。しかし、それらの多くもまた水酸化ニッケルに依存している。例えば、トヨタとパナソニックによって開発されるニッケル-リチウム電池は単位体積当たり3倍のエネルギーを出すことが見込まれている。現状の初期設計は複雑で大量生産には課題が残っているが、その化学は確立されている³。

ニッケル-鉄(Ni-Fe)：アメリカの発明家トーマス・エジソンがニッケル-鉄二次電池を開発してから百年以上経つ。それはオキシ水酸化ニッケル(III)を正極に、鉄を負極とし、電解質は水酸化カリウムを使用している。その電池化学は決して非常に印象的なものではないが、このユニットは頑丈で信頼性があり、過充電、過剰放電、ショート、熱ショック、振動などの悪条件への耐性がある。事実、耐用年数はそのような条件下で20年を超えることができる。この電池は、伝統的に、鉱山の過酷な条件下で使われてきたが、現在では、太陽熱発電や風力発電に使うことが考慮されつつある。そのような環境下で、この電池は需要は少ないが高電力充電の期間にエネルギーを蓄積し、ゼロないし低充電期間に供給網に放電するであろう。

■オキシ水酸化ニッケル (NiOOH または NiOx)

これは Duracell Power Pix やパナソニック オキシライド乾電池のような名前で販売されている新しいタイプの非充電型電池である。NiOx 電池はデジタル・カメラのような高ドレイン応用に優れており、アルカリ電池の2倍までの寿命がある。

■ニッケル-水素 (Ni-H₂)

2009年5月、ハッブル宇宙望遠鏡の最初の Ni-H₂ 電池は、19年以上の連続した稼働と、他のどのニッケル-水素電池と比較しても最多の充放電サイクルの回数の記録の後に変えられた。このタイプのものは、加圧容器(~8,300 kPa/1,200 psi)の中で化学活動が起こるので、従来型電池と燃料電池との間のハイブリッドとして見られている。ニッケル-水素電池は決して一般に使われるものにはなっていないが、依然として、高エネルギー密度、最高信頼性、長期稼働が要求される場所で使用されるであろう。すべての主要な宇宙探査や宇宙事業(国際宇宙ステーションのような)も水酸化ニッケル(II)をコアに持つニッケル-水素電池に依存する。

行事予定

中国におけるワークショップ

今年の後半に非常に評判の良い二つのニッケルワークショップがニッケル協会北京事務所の主催で開催される予定。

2010年9月：ニッケル協会による食品業のためのワークショップ

ニッケル協会北京事務所によるニッケル協会の紹介に続いて、協会のコンサルタントの Gary Coates が食品が接触する表面材料として最も一般的に使用されているステンレス鋼に関する詳細な報告。
その他のテーマ：ステンレス鋼の紹介／腐食防止／グッドデザインと加工技術／衛生基準／食品及び飲料製造における使用例

各セッションの後及び最後に質疑の時間がある。このワークショップは、食品及び飲料工場で自分たちが使用している材料について知識を深めたいと考えている人事担当者、加工業者、システムや設備の設計者、大学関係者及び技術研究者向けである。

2010年11月：ニッケル協会による設計、建築、建設のためのワークショップ

ニッケル協会のコンサルタントである Catherine Houska によるプレゼンテーション。
テーマ：ステンレス鋼と持続可能な設計／ステンレス鋼の選択、設計とメンテナンス／仕上げの種類／インテリア、エクステリア、構造用の用途

用途 — ロボバット 金属製の筋肉

ノースカロライナ州立大学の研究者たちは新世代のリモートコントロール飛行物体を作るためにニッケル—チタニウム製の形状記憶合金を使用している

もはや単なる好奇心からではなく、ニッケル—チタニウム形状合金 (SMA) は、研究レベルでは科学者たちは新しい、時には奇妙な方法でその可能性を探求し続けているが、一方、地震多発地域の橋梁 (ニッケル誌 2009 年 12 月号参照) のような工業用途に使用されている。

適切な事例：ノースカロライナ州立大学の研究者たちはロボットのコウモリの開発に SMA を使用している。これらのロボットは、彼らの操縦能力のおかげで、崩壊した建物やその他の閉ざされた場所で捜索救助機能を果たすことができるはずである。

少なくともそういう計画である。

重さが 6 グラム以下の通称「ロボバット (コウモリ)」は簡単に人の掌に収まる。骨格の関節部はニチノール (UNS N01555) でできている。ニチノールはすぐに応力変形するが、応力が取り除かれると熱処理なしで元の形を取り戻す超弾性形状記憶合金である。一方、いわゆる筋肉組織は、電流に反応する別のニッケル—チタニウム合金を利用している。

「この形状記憶合金は電気からの熱に反応する。」とプロジェクトの監督である Stefan Seelecke 准教授は説明している。「熱が人の髪の毛の太さのワイヤーに作用して、それらを金属製の筋肉のように収縮させる。収縮している間、強力な筋力ワイヤーはまた電気抵抗を変化し、この電気抵抗の測定は簡単である。スマートな金属製のワイヤーは温度が下がると元の形に戻る。

研究者たちは、このミニチュアロボットを近づくのが困難な場所で動かしたり、理想は飛ばすことができ、携帯電話のシグナルを伝えたり、その他の救助活動ができるようにしたい。

「自然界のものは非常に効率的なので、我々にはできる限り自然界をまねようと試みている。」と Seelecke 准教授は言う。「ミクロの飛行物の場合、自然界は、コウモリのような羽ばたき飛行が最も効果のある運動の方法であると教えている。」 実際には、ロボバットの関節部、筋肉組織、飛膜は本物のコウモリと同じように効率的に羽ばたき運動で飛べるように設計されている。

「ここでの主要なコンセプトはスマートな材料の使用である。」と Seelecke は言う。「我々は関節部に超弾性形状記憶合金を使用している。この材料はどんな動きも可能にするが、常に元の位置に戻る—本物のコウモリの多くの小さい骨、軟骨、腱の果たす機能がある。」

このロボバットは、実用的な用途では監視手段として役立つほか、空気力学の理解に今後も貢献するであろう。Seelecke は次のように言う：「ロボバットは、我々があらゆる変数をコントロールすることができる場所で試験をすることを可能にし、最終的には羽ばたき飛行の空気力学を理解する機会を与えてくれるであろう。」