

ニッケル

物質名	ニッケル		
CAS 番号	7440-02-0	構造式	Ni
PRTR 政令番号	1-308		

用途⁽¹⁾

ニッケルは、銀白色で、腐食しにくく、展延性に富む金属です。ステンレス鋼やニッケル含有特殊鋼の原料に使われるほか、耐熱鋼、磁石鋼、耐酸合金などさまざまなニッケル合金の製造に使われ、ニッケル-水素電池の電極や触媒などにも使用されます。また、純粋な金属ニッケルは、硬貨、家具や実験器具などの製造に使われたり、メッキに使われています。

環境中での動き⁽¹⁾

環境中へ排出されたニッケル及びニッケル化合物で水に溶けにくいものは、土壤に吸着されたり、一部は浮遊微粒子となり、地下水や河川によって海へ運ばれたりします。

また、ニッケルは土壤中や鉱石、大気中など、自然界に広く存在しています。地殻の表層部には重量比で 0.01%程度存在し、クラーク数で 24 番目に多い元素です。大気中へは、風による土壤からの巻上げと火山活動、植物からの放出などによってもたらされるとされています。

暴露量の評価

■ 排出量の推移

PRTRにおける川崎市内での届出排出量と届出外排出量集計値及び大気環境濃度の実測年平均値の推移を下図に示しました。川崎市では大気への排出量は届出外排出量が多くを占めていましたが、平成24年度以降、届出排出量及び届出外排出量ともに非常に少量で推移しています。また、実測年平均値は平成19年度以降、南部（池上、大師）の方がやや高い傾向を保ちながら横ばいで推移しています。

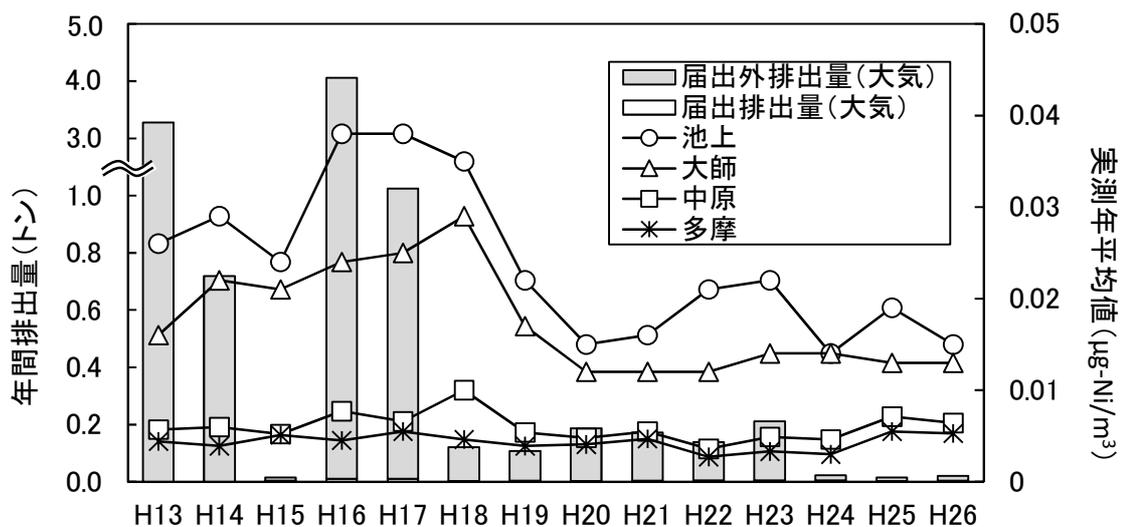


図 ニッケル及びニッケル化合物の排出量と大気環境濃度実測年平均値の推移

■ 排出量

暴露評価には、平成 26 年度の PRTR データを使用しました。平成 26 年度の PRTR データによると、川崎市において大気中への届出排出量はニッケルとして 0.3kg、ニッケル化合物として 3.2 kg⁽²⁾、大気中への届出外排出量はニッケルとして 0.7 kg、ニッケル化合物として 27kg⁽³⁾と見積もられています。また、神奈川県及び近隣の東京都、千葉県において、ニッケル及びニッケル化合物は 1 年間で次に示すとおり排出されたと見積もられています⁽²⁾。

表 ニッケル及びニッケル化合物の神奈川県及び近隣自治体の
大気中への PRTR 届出・届出外排出量（平成 26 年度）

	届出排出量		届出外排出量	
	ニッケル	ニッケル化合物	ニッケル	ニッケル化合物
神奈川県	4 kg	260 kg	4 kg	170 kg
東京都	0 kg	0 kg	0 kg	300 kg
千葉県	6 kg	39 kg	0 kg	74 kg

※大気中への届出外排出量については、化学物質ファクトシートにおける「届出外排出量の媒体別排出量」の推計方法を基に PRTR データから推計しています。

なお、平成 22 年度の PRTR データにおいて、環境中へのニッケル及びニッケル化合物の排出量は日本全国で約 660 トンであり、すべてが非鉄金属製造業や鉄鋼業などの中小を含む事業所のほか下水処理施設などから排出されたものです。事業所内において埋立処分されたほか、河川や海などへ排出されたり、大気中へも排出されました。⁽¹⁾

■ 大気環境濃度

川崎市が平成 27 年度に実施した環境モニタリング調査結果によると、市内の大気環境濃度の年間平均値（実測年平均値）は以下の表のとおりです。併せて、平成 26 年度の PRTR データに基づいて川崎市が予測した、市内の大気環境濃度の予測最大値を示します。実測濃度がニッケルとニッケル化合物が含有するニッケルとの和として得られることから、暴露量の評価にあたっては、ニッケル及びニッケル化合物の排出量の双方を予測濃度算出に使用しています。

表 ニッケル及びニッケル化合物の大気環境濃度の実測最大値（平成 27 年度）と
予測最大値（平成 26 年度）比較

地域区分	実測年平均値	予測最大値
臨海部	0.012 µg/m ³	0.00052 µg/m ³
内陸部	0.0031 µg/m ³	0.00034 µg/m ³
丘陵部	0.0020 µg/m ³	0.00025 µg/m ³

なお、環境省が公表している平成 27 年度「有害大気汚染物質モニタリング調査」の調査結果によると、全国 285 か所における大気中のニッケル及びニッケル化合物濃度は、0.00013～0.053 µg/m³となっています⁽⁴⁾。

■ リスク評価で用いる暴露量

ニッケル及びニッケル化合物の実測年平均値と予測最大値を比較した場合、全ての地域において、実測年平均値が予測最大値よりも高い値になっていました。従って、安全側の評価をする観点も含め、リスク評価で用いる暴露濃度としては実測濃度を採用することとしました。

毒性と体内への吸収と排出⁽¹⁾

■ 毒性

ニッケル及びニッケル化合物の毒性は、金属ニッケルと化合物では異なり、また化合物の種類

によっても異なります。

ニッケル化合物は、細菌を用いた変異原性の試験では陰性を示したと報告されていますが、ほ乳類の培養細胞を用いた試験のなかでは突然変異の例などの報告もあります。発がん性については、これまでにニッケル化合物に起因した人に対する発がん性が確認されたのは、ニッケル精錬所においてのみで、作業者に呼吸器のがんが報告されています。これは、高濃度のニッケル酸化物と二硫化三ニッケルを含んだ精錬粉じんを取り込んだことによると考えられています。また、水溶性のニッケル化合物は、他のニッケル化合物と相互作用を起こし、発がん性を高める可能性があると考えられています。一方、金属ニッケルについては人のがんに関与する証拠はみつかりません。

このようにニッケルは化学形態によって発がん性の評価が異なりますが、国際がん研究機関（IARC）では、ニッケル化合物を一つのグループとして評価してグループ 1（人に対して発がん性がある）に、金属ニッケルをグループ 2B（人に対して発がん性があるかもしれない）に分類しています。わが国では、環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図る観点から、精錬所における過去のデータに基づいてニッケル化合物の有害大気汚染物質の指針値が設定されています。

また、ラットに硫酸ニッケルを 2 年間、餌に混ぜて与えた実験では、臓器重量の変化が認められ、この実験から求められる口から取り込んだ場合の NOAEL（無毒性量）は、体重 1 kg 当たり 1 日 5 mg でした（7）8）。この実験結果から、世界保健機関（WHO）は TDI（耐容一日摂取量）を体重 1 kg 当たり 1 日 0.005 mg（旧版）と算出しており、これに基づいて水道水質管理目標値（暫定値）が設定されています。

ニッケルカルボニルをラットやハムスターに吸入させた実験では、生まれた子に奇形が報告されています。

■ 体内への吸収と排出

人がニッケル及びニッケル化合物を体内に取り込む可能性があるのは、食物や飲み水、呼吸によると考えられます。なかでも食物からの取り込み量が大部分を占めていると考えられ、人は毎日、食物から平均 0.12 mg を摂取しているとされています。体内に取り込まれた場合は腸で吸収され、尿や汗などに含まれて排せつされます。また、吸収されなかったニッケル及びニッケル化合物は、便に含まれて排せつされます。

有害性の評価、環境リスクの評価

ニッケル化合物については有害大気汚染物質の指針値が設定されていることから、本書においてはニッケル単体について、有害性及び環境リスクの評価を行いました。

■ 発がん性以外の有害性指標を用いた評価

○ 有害性の評価

ニッケルの吸入暴露による発がん性以外の健康リスクの評価は、NITE&CERI で実施されており、リスクの評価に使用する有害性指標が設定されています。

環境省ではニッケルの吸入暴露による人の健康リスク評価は実施していないため、リスクの評価には、NITE&CERI の「化学物質の初期環境リスク評価書」における LOAEL 換算値を用いることとしました。

○ 環境リスクの評価

NITE&CERI の初期リスク評価書でのリスク判定⁶⁾においては、MOE と不確実係数積を比べることでリスクを判定します。川崎市では、MOE が不確実係数積以下の時はレベル 1、MOE が不確実係数積より大きければレベル 3 と判定することにしました。

NITE&CERI の「初期リスク評価書」では、呼吸によってニッケルを取り込んだ場合について、

ラットが13週間暴露(6時間/日、5日/週)することで得られた、肺の相対・絶対重量の容量依存的増加、肺胞タンパク症、肺肉芽腫性炎症、血中ニッケル濃度の増加等を指標としたLOAELを1 mg/m³としています⁽⁵⁾。これを暴露状況で換算し、ヒト体重1kgあたりの1日摂取量として、**LOAELの換算値を0.13 mg/kg/日(130 μg/kg/日)**としています。

計算式

$$\text{LOAELの換算値} = 1 \text{ (mg/m}^3\text{)} \times 0.26 \text{ (m}^3\text{/日呼吸量)} \times 6 \text{ (時間)} / 24 \text{ (時間)} \\ \times 5 \text{ (日)} / 7 \text{ (日)} \times 1.0 \text{ (吸収率)} / 0.35 \text{ (kg 体重)} \\ = 0.13 \text{ (mg/kg/日)}$$

(ラットの平均1日呼吸量: 0.26 m³/日、ラットの平均体重: 0.35 kg)

地域別の実測年平均値から、ヒトの体重1kgあたりの1日推定摂取量を求めると、**臨海部0.0048μg/kg/日、内陸部0.0012μg/kg/日、丘陵部0.0008μg/kg/日**となります。(ニッケル及びニッケル化合物が含有するニッケルの和)

計算式

$$\text{ヒトの体重1kgあたりの1日推定摂取量 (}\mu\text{g/kg/日)} \\ = \text{大気環境濃度 (}\mu\text{g/m}^3\text{)} \times 20 \text{ (m}^3\text{/人/日)} \div 50 \text{ (kg/人)}$$

(ヒトの平均1日呼吸量: 20 m³/人/日、ヒトの平均体重: 50 kg/人)

以上から、LOAELの換算値をヒト体重1kgあたりの1日推定吸入摂取量で除してMOEを求めると、**臨海部27,000、内陸部110,000、丘陵部160,000**となります。

計算式

$$\text{MOE} = \text{LOAELの換算値}[\mu\text{g/kg/日}] / \text{ヒト体重1kgあたりの1日推定吸入摂取量}[\mu\text{g/kg/日}]$$

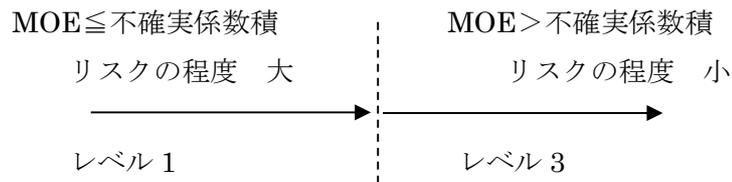
一方、NITE&CERIの「初期リスク評価書」では、不確実係数を動物と人の種差についての不確実性で10、個人差についての不確実性で10、LOAELを用いたことによる不確実性で10、試験期間についての不確実性で5としており、これらの係数を掛けて**不確実係数積を5,000**としています。

臨海部、内陸部及び丘陵部についてそれぞれMOEと不確実係数積を比較すると、臨海部、内陸部、丘陵部の全ての地域でレベル3と判定されました。ニッケルとニッケル化合物が含有するニッケルとの和である実測濃度により行った環境リスク評価において、すべての地域でレベル3であるため、ニッケル単体においても全ての地域でレベル3であると考えられます。

○ 川崎市の環境リスク評価結果

地域区分	暴露量 (実測年平均値)	MOE	不確実定数積	判定
臨海部(川崎区の住居地域)	0.012 μg/m ³	27,000	5,000	レベル3
内陸部(幸区、中原区、高津区)	0.0031 μg/m ³	110,000	5,000	レベル3
丘陵部(宮前区、多摩区、麻生区)	0.0020 μg/m ³	160,000	5,000	レベル3

判定基準



【参考】

○ NITE&CERIの環境リスク評価結果⁽⁵⁾

NITE&CERIの「化学物質の初期リスク評価書 Ver.1.0 No.69」では、ニッケルの大気中濃度 (0.040 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:測定値)を用いて、ヒトの体重1 kg あたりの1日推定摂取量を0.016 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$ (吸入経路)と推定し、この値をすべて金属ニッケルと仮定してリスク評価を行っています。

ラットに金属粉末 (平均粒径 1.2 μm) を13週間吸入暴露した試験で得られたLOAEL換算値0.13 mg/kg/日とヒトの1日推定摂取量を用いて暴露マージン (MOE) を算出した結果、吸入経路のMOEは8,100であり、リスク評価に用いた毒性試験データに関する不確実係数積5,000より大きく、「金属ニッケルは現時点ではヒト健康に悪影響を及ぼすことはない」と判断しています。

出典

- (1) 化学物質ファクトシート (環境省)
- (2) 平成26年度PRTRデータ (環境省)
- (3) かながわPRTR情報室 (神奈川県環境科学センター)
- (4) 有害大気汚染物質モニタリング調査 (環境省)
- (5) 初期リスク評価書 (NITE&CERI)