

リスク評価書

No. 108 (初期)

ニッケル (金属及び合金) (NICKEL)

目次

本文	2
別添1 有害性総合評価表	13
別添2 有害性評価書	17
別添3 ばく露作業報告集計表	28
別添4 標準測定分析法	29

1 1 物理化学的性質

2 (1) 化学物質の基本情報

3 名称：ニッケル（金属）

4 別名：NICKEL

5 化学式：Ni

6 原子量：58.7

7 CAS番号：7440-02-0

8 労働安全衛生法施行令別表9（名称等を表示し、又は通知すべき危険物及び有害物）第418号

9

10 名称：ニッケル合金（主要な合金の名称と組成）

11 モネル（耐食材）：Ni 63~65%、Cu 30~32%、その他Fe、Mn等

12 ニクロム（発熱素子）：Ni 41.4~70%、Cr 15.5~50%

13 ハステロイ（耐熱・耐蝕材）：Ni 45~62%、Cr 0~22%、Mo 6.5~28%、Fe 3~19.5%、その他

14 インコネル/インコロイ（耐熱・耐蝕超合金）：

15 Ni 25.5~42%、Fe 30~46%、Cr 18.5~21.5%、その他Nb、Mo、Ti、Al等

16 ステンレス鋼(耐食・耐酸性)：Ni 6~22%、Cr 16~26%、Mn 2%、Mo 0~4%、残りFe

17 アルニコ(磁性材)：Ni 19%、Co 13%、Fe 55%、Al 10%、Cu 3.0%、その他

18 パーマロイ(磁性材)：Ni 46%、Fe 54%；Ni 78%、Mo 4%、Cu 5%、Fe 13%

19 ラネーニッケル(触媒)：Ni 50%、Al 50%

20 ※ニッケルは鉄、クロム、モリブデン、マンガン、銅、チタン、アルミニウム等、多くの金

21 属と合金を形成する。合金中のニッケル含有率は目的により大きく変わるが、本評価書で

22 は、ニッケル含有率0.1%以上で、粉塵として吸入される可能性がある場合、評価の対象と

23 することとした。なお、ニッケル化合物は、本評価書の対象外である。

24 (2) 物理的・化学的性状

外観：様々な形状をした銀色の金属固体

引火点※：データなし

比重：8.9

発火点※：データなし

沸点：2,730℃

爆発範囲※：データなし

蒸気圧※：1mmHg (1,810℃)

溶解度※：4.22E+005 mg/L:SRC(access

[換算値133Pa(1,810℃)]:HSDB(2006)

on 1 2009)

蒸気密度※：データなし

オクタン/水分配係数※：

-0.57 (EST)：SRC (access on 1 2009)

融点：1,455℃

25 ※職場のあんぜんサイトの「ニッケル」に係るモデルSDS（改訂日：2010.3.31）より

26 (3) 物理的・化学的危険性

27 ア 火災危険性：粉塵は引火性である。火災時に有毒なフェームが発生することがある。

28 イ 爆発危険性：空気中で粒子が細かく拡散して爆発性の混合気体を生じる。

29 ウ 物理的危険性：粉末や顆粒状で空気と混合すると、粉塵爆発の可能性がある。

30 エ 化学的危険性：
31 粉末状の場合、チタン粉末、過塩素酸カリウム、硝酸アンモニウムなどの酸化剤と激しく
32 反応して、火災や爆発の危険をもたらす。非酸化性の酸と徐々に反応し、酸化性の酸と急
33 速に反応する。ニッケルが関わる火災により、ニッケルカルボニルなどの有毒なガスや蒸
34 気が発生することがある。

35 (4) 製造・輸入量、用途等

36 製造・輸入量：製造 46,418 t / 輸入 35,238 t (2013年/化学工業日報社(金属ニッケル))
37 用途：特殊鋼、鍛造鋼品、合金ロール、電熱線、電気通信機器、洋白、メッキ、貨幣など
38 (ニッケル地金の90%は合金に、そのうちの2/3はステンレス鋼に用いられる)

39 製造業者：

40 メタル：エス・サイエンス

41 電気ニッケル：住友金属鉱山

42 フェロニッケル：日本冶金工業、大平洋金属、住友金属鉱山

43 酸化ニッケル：ヴァーレ・ジャパン

44 2 有害性評価の結果(別添1及び別添2参照)

45 (1) 発がん性

46 ○ ヒトに対する発がん性が疑われる

47 根拠：日本産業衛生学会(産衛 2009)では、「ヒトへのばく露で発がんが認められているの
48 は、ニッケル製錬所においてのみであり、それら発がんの大部分は20世紀前半に見
49 られ、原因物質の環境中濃度測定はほとんど行われていないと報告している。一方、
50 米国NTPによる動物への2年間の吸入ばく露実験により発がん性を認めている。これ
51 らより、ニッケル化合物(製錬粉塵)第1群：ヒトに対して発がん性があると判断で
52 ける物質、これ以外のニッケル化合物：第2群Bヒトに対しておそらく発がん性があ
53 ると判断できる物質と分類している」としている。IARCは金属ニッケル(Nickel,
54 metallic and alloys)をグループ2Bとしている。

55

56 (各評価区分)

57 IARC：2B(ヒトに対する発がんの可能性がある)(1990：設定年)

58 産衛学会：ニッケル化合物(製錬粉塵) 第1群、

59 これ以外のニッケル化合物 第2群B(2009)(産衛 2015)

60 EU CLP：粒径1mm未満 2(2008)(EU CLP)

61 NTP 13th：金属ニッケル 合理的にヒト発がん性因子であることが予測される

62 (First listed in the First Annual Report on Carcinogens (1980))

63 ニッケル化合物 ヒト発がん性因子であることが知られている

64 (First listed in the Tenth Report on Carcinogens (2002))

65 ACGIH：金属ニッケル A5、不溶性ニッケルと二硫化三ニッケル A1、

66 水溶性ニッケル A4(1998)(ACGIH 2015)

67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105

閾値の有無：判断できない

根拠：「遺伝毒性」の判断を根拠とする

発がんの定量的リスク評価：

閾値なしの場合

$$\text{ユニットリスク(UR)} = 2.4 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$$

$$\text{発がんの過剰発生リスク}(10^{-4})\text{に相当するばく露濃度} = 0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{計算式} : 10^{-4}/2.4 \times 10^{-4} = 0.42$$

労働補正（呼吸量：10/20×労働日数：240/365×労働年数：45/75 = 0.2）

労働補正後の発がんの過剰発生リスク（ 10^{-4} ）に相当するばく露濃度=2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$\begin{aligned} \text{計算式: 労働補正後の発がんの過剰発生リスク}(10^{-4})\text{に相当するばく露濃度}/0.2 &= 0.42/0.2 \\ &= 2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

閾値ありの場合

$$\text{NOAEL} = 0.1 \text{ mg Ni}/\text{m}^3$$

根拠：雌雄Wistarラット(各群 50匹)に、0、0.1、0.4、1.0 mg Ni/m³金属ニッケル粉末を1日6時間、週5日間、103週間にわたり吸入ばく露し、130週間観察したところ、対照群と比較し、雄0.4mg Ni/m³群で褐色細胞腫（良性19/50、悪性5/50、良性和悪性の合計21/50）、雌0.4mg Ni /m³群で副腎皮質腫瘍（良性和悪性の合計7/54）が認められた。

不確実係数；UF=100

根拠：種差（10）、がんの重大性（10）

$$\text{評価レベル} = 7.5 \times 10^{-4} \text{ mg Ni}/\text{m}^3$$

$$\text{計算式} : 0.1 \times 6/8 \times 1/100 = 7.5 \times 10^{-4}$$

(2) 発がん性以外の有害性

○急性毒性

致死性

ラット

経口毒性：LD₅₀ = >9000 mg Ni/kg 体重、LDLo 200 mg/kg 体重、

気管内LD₅₀：LDLo 4 mg/kg 体重

マウス

吸入毒性：LCLo 10 mg/m³ (2h)

経口毒性：LDLo 200 mg/kg 体重

ウサギ

気管内LD₅₀：LDLo 50 mg/kg 体重

健康影響

106 ・ マウス急性吸入毒性試験で細胞の免疫応答の低下、ラット気管内投与で肺間質の線維
107 化、出血、体重減少、ウサギ気管内投与で肝機能障害、体重減少、体温上昇、マウス、
108 ラット経口投与で体重減少、傾眠の報告があるが詳細は不明。

109

110 ○皮膚刺激性／腐食性：なし

111 根拠：可溶性ニッケルでは皮膚刺激性が観察されているが、不溶性ニッケルや金属ニッケ
112 ルでは皮膚刺激性は観察されていない。

113

114 ○眼に対する重篤な損傷性／刺激性：調査した範囲で報告なし

115

116 ○皮膚感作性：判断できない

117 根拠：金属ニッケルやニッケルの水溶性塩類を含む物質から溶出したニッケルが皮膚に接触
118 すると、皮膚感作が起こり、アレルギー性接触皮膚炎を誘発することがある。しかし
119 ヒトへの感作経路やばく露量の推定は困難である。

120

121 ○呼吸器感作性：調査した範囲で報告なし

122

123 ○反復投与毒性（生殖毒性／遺伝毒性／発がん性／神経毒性は別途記載）

124 （ラット、吸入ばく露、103 週間）

125 LOAEL=0.1 mg Ni /m³

126 根拠：雌雄 Wistar ラット(各群 50 匹)に、0、0.1、0.4、1.0 mg Ni/m³ 金属ニッケル粉末
127 (MMAD=1.8 μm, GSD=2.4 μm)を 1 日 6 時間、週 5 日間、103 週間にわたり吸入
128 ばく露し、130 週間観察したところ、対照群と比較し、雄 0.1 mg Ni /m³ 群で、赤血
129 球数・ヘモグロビン濃度・ヘマトクリットで平均値が 7~8%上昇し、統計学的有意
130 差を認めた。

131

132 不確実係数：100

133 根拠：LOAEL→NOAEL 変換 (10)

134 評価レベル：7.5×10⁻⁴ mg Ni/m³

135 計算式：0.1mgNi/m³ (LOAEL) ×6/8 (時間補正)×1/100 = 7.5×10⁻⁴ mgNi/m³

136

137 ○生殖毒性：判断できない

138 根拠：ヒトの症例報告や疫学研究による生殖毒性を明確に示した研究はみあたらない。
139 また、動物実験による生殖毒性試験の報告はみあたらない。よって、生殖毒性を判断
140 する十分な情報がない。

141

142 ○遺伝毒性：判断できない

143 根拠：ヒト末梢血リンパ球を用いた染色体異常試験で、金属ニッケル粉末は染色体異常の増
144 加を示さなかったとの報告があるが、遺伝毒性を判断する十分な情報がない。

145

146 生殖細胞変異原性：調査した範囲で報告なし

147

148 ○神経毒性：調査した範囲で報告なし

149 (3) 許容濃度等

150 (以下、化合物関係の記述(斜字部分)は参考。)

151 ACGIH TLV-TWA :

152 金属ニッケル $1.5\text{mg}/\text{m}^3$ (2001年設定) (ACGIH 2015)

153 不溶性ニッケル $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 、水溶性ニッケル $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 、

154 二硫化三ニッケル $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 0.1ppm ($0.5\text{mg}/\text{m}^3$) (2014年設定)

155 根拠：吸引力性粒子に対する職業ばく露の許容濃度 TLV-TWA として、金属ニッケルで 1.5
156 mg/m^3 、不溶性ニッケル $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 、二硫化三ニッケル $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 、水溶性ニッケル
157 は $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ を勧告する。この値は、実験動物で報告された肺がん、鼻腔がんや肺
158 の炎症性変化が生じる可能性を最小とすることを意図したものである。金属ニッ
159 ケルは、A5「ヒトに対する発がん性があるとは考えにくい物質」、不溶性ニッケル
160 と二硫化三ニッケルは、A1「ヒトに対する発がん性が確認された物質」、水溶性ニッケ
161 ルは A4「データ不足等により、ヒトに対する発がん性については評価できない物質」
162 と分類されている。Skin、SEN、TLV-STEL を勧告するに足る十分なデータはな
163 い。

164

165 日本産業衛生学会：

166 ニッケル 許容濃度 $1\text{mg}/\text{m}^3$ (1967)、気道感作性第2群、皮膚感作性第1群、生殖
167 毒性 第3群(2014)

168 ニッケル化合物(製錬粉塵*)評価値；(2009年提案)(産衛 2015)

169 10^{-3} 過剰発がん生涯リスクレベル $10\mu\text{g Ni}/\text{m}^3$

170 10^{-4} 過剰発がん生涯リスクレベル $1\mu\text{g Ni}/\text{m}^3$ 0.5ppm ($2.5\text{mg}/\text{m}^3$) (2012年提案)

171 *：実際のヒトの発がんは製錬職場以外では見られていないため限定)

172 : 製錬粉塵職場以外での許容濃度(吸入性粒子) (2009年提案)(産衛 2015)

173 水溶性ニッケル化合物 $0.01\text{mg Ni}/\text{m}^3$

174 水溶性以外のニッケル化合物 $0.1\text{mg Ni}/\text{m}^3$

175 気道感作性第2群、皮膚感作性第1群、生殖毒性 第3群(2014)

176 根拠：ニッケルの毒性として問題になるのは発がん性であり、ヒトのデータでは、2種類
177 以上のニッケル化合物(特に水溶性と難溶性のニッケル)が混在した製錬粉塵にばく
178 露されると肺と鼻腔がんが起りやすくなるが、既存データから混合化合物中の
179 単独要素の発がんリスクを決定することは困難である。従って、無機ニッケル化
180 合物では製錬粉塵に限定して発がん性が疑われるとし、過剰発がん生涯リスクレ
181 ベルを設定することが妥当と考えられる。それ以外のニッケル化合物について
182 は、ヒトでの非がん毒性に関する有用なデータがないため、動物実験結果を外挿
183 して許容濃度を定めることとする。

184 最も質の高い動物実験データは米国 NTP による一連の吸入ばく露研究であり、

185 これらの試験で得られたラットでの肺の慢性炎症・線維化、気管支リンパ節のリ
186 ンパ過形成、鼻部嗅上皮の炎症と委縮をエンドポイントとした LOAEL を算定に
187 用いる。水溶性ニッケル化合物では硫酸ニッケルを代表として、2 年間の吸入性
188 粒子ばく露試験で得られた NOAEL がばく露 0.027 mg Ni/m^3 であることより、
189 UF 2.5 で除し、 0.0108 mg Ni/m^3 が導かれる。また水溶性以外のニッケル化合物
190 (不溶性および難溶性化合物)については酸化ニッケルを代表として、LOAEL が
191 0.5 mg Ni/m^3 であることより、UF 5(LOAEL から NOAEL の外挿 2 ×ヒトへ
192 の外挿 2.5)とし、 0.1 mg Ni/m^3 が導かれる。これらより許容濃度として、水溶性
193 ニッケル化合物では 0.01 mg Ni/m^3 、水溶性以外のニッケル化合物では 0.1 mg
194 Ni/m^3 を勧告する。

195

196 DFG MAK : 設定なし (MAK 2013)

197 根拠 : MAK 委員会は既存の研究より発がん性に対する NOAEL を導き得ないとし、現
198 在はニッケルに対する許容濃度を設定していない。発がん性はカテゴリ-1 (発が
199 んリスクがあると推測できる物質) としている。

200 NIOSH REL : 0.015 mg/m^3

201 (4) 評価値

202 ○一次評価値 : なし

203 ヒトに対する発がん性が疑われるが、遺伝毒性は判断できない。生涯過剰発がん 1×10^{-4} レ
204 ベルに相当するばく露濃度が設定できない。

205 ※一次評価値 : 労働者が勤労生涯を通じて週 40 時間、当該物質にばく露した場合に、
206 それ以下のばく露については健康障害に係るリスクは低いと判断する濃度。

207

208 ○二次評価値 : 1.5 mg/m^3

209 米国産業衛生専門家会議 (ACGIH) が勧告している TLV-TWA を二次評価値とした。

210 ※二次評価値 : 労働者が勤労生涯を通じて当該物質にばく露した場合にも、当該ばく露
211 に起因して労働者が健康に悪影響を受けることはないであろうと推測される濃度で、
212 これを超える場合はリスク低減措置が必要。「リスク評価の手法」に基づき、原則とし
213 て日本産業衛生学会の許容濃度又は ACGIH のばく露限界値を採用している。

214 3 ばく露実態評価

215 (1) 有害物ばく露作業報告の提出状況

216 ニッケル (金属及び合金) の有害物ばく露作業報告については、概要下表のとおり提出があ
217 った (詳細は別添 3)。なお、主な用途は「他の製剤等の原料として使用」、「表面処理又は防錆
218 を目的とした使用」、「その他」、「触媒又は添加剤として使用」、「対象物の製造」等であった。
219 主な作業の種類は、「計量、配合、注入、投入又は小分けの作業」、「鑄造、溶融又は湯出しの作
220 業」、「めっき等の表面処理の作業」等であった。

報告数 407事業場 計906件

年間製造・取扱量	～500kg未満	19%
	500kg～1t未満	14%
	1t～10t未満	30%
	10t～100t未満	19%
	100t～1000t未満	11%
	1000t～	7%
作業1回当たり製造・取扱量 (単位kg又はL)	～1未満	18%
	1～1000未満	71%
	1000～	10%
1日当たり 作業時間	～15分未満	21%
	15分～30分未満	12%
	30分～1時間未満	14%
	1時間～3時間未満	23%
	3時間～5時間未満	12%
	5時間～	19%
発散抑制措置	密閉化設備	9%
	局所排気装置	56%
	プッシュプル	1%
	全体換気装置	23%

221

222 (2) ばく露実態調査結果

223 有害物ばく露作業報告のあった407事業場のうち8事業場(平成28年度7事業場、平成30
224 年度1事業場*)を選定し、ばく露実態調査を実施した。

225 対象事業場においては、製造・取扱作業に従事する26人について個人ばく露測定を行うと
226 ともに、28地点についてスポット測定、4単位事業場について作業環境測定のア測定を実施
227 した。個人ばく露測定結果については、ガイドラインに基づき、8時間加重平均濃度(8時間
228 TWA)を算定した。

229 (※平成29年度化学物質のリスク評価検討会報告書における中間報告により、当該時点までの
230 調査結果からはリスクは低いと考えられるが、ヒューム等の発生が見込まれる溶接作業に関
231 するデータの不足が指摘され、追加的にばく露実態調査を実施した。)

232 ○測定分析法(詳細な測定分析法は別添4に添付)

- 233 ・サンプリング: 石英繊維ろ紙を用いて捕集
- 234 ・分析法: 誘導結合プラズマ発光分光分析法(ICP-OES)

235 ○対象事業場における作業の概要

236 平成28年度に実施したばく露実態調査の対象事業場におけるニッケルの主な用途は「他
237 の製剤等の原料として使用」であり、その他に「対象物の製造」があった。

238 ニッケルのばく露の可能性のある主な作業(その1回当たり作業時間)は、「ガウジング」
239 (3時間)、「砥石研磨機を用いた棒鋼の研削作業」(7時間)、「グラインダーによる研磨、溶
240 接による肉盛り」(7時間)等であった。

241 また、作業環境に関しては、調査した作業は全て屋内で行われており、ばく露防止対策と
 242 しては、調査対象とした 36 作業中 27 作業で局所排気装置が設置されており、35 作業で呼
 243 吸用保護具が使用されていた。

244 以上に加え、平成 29 年度化学物質のリスク評価検討会報告書（中間報告）の指摘を受け
 245 て、「その他」に該当するニッケル合金を用いた自動溶接及び肉盛り溶接後のハンドグライ
 246 ンダーによる研磨の作業を調査対象とした。当該作業は屋内で行われており、局所排気装置
 247 の設置はなく、呼吸用保護具が使用されていた。

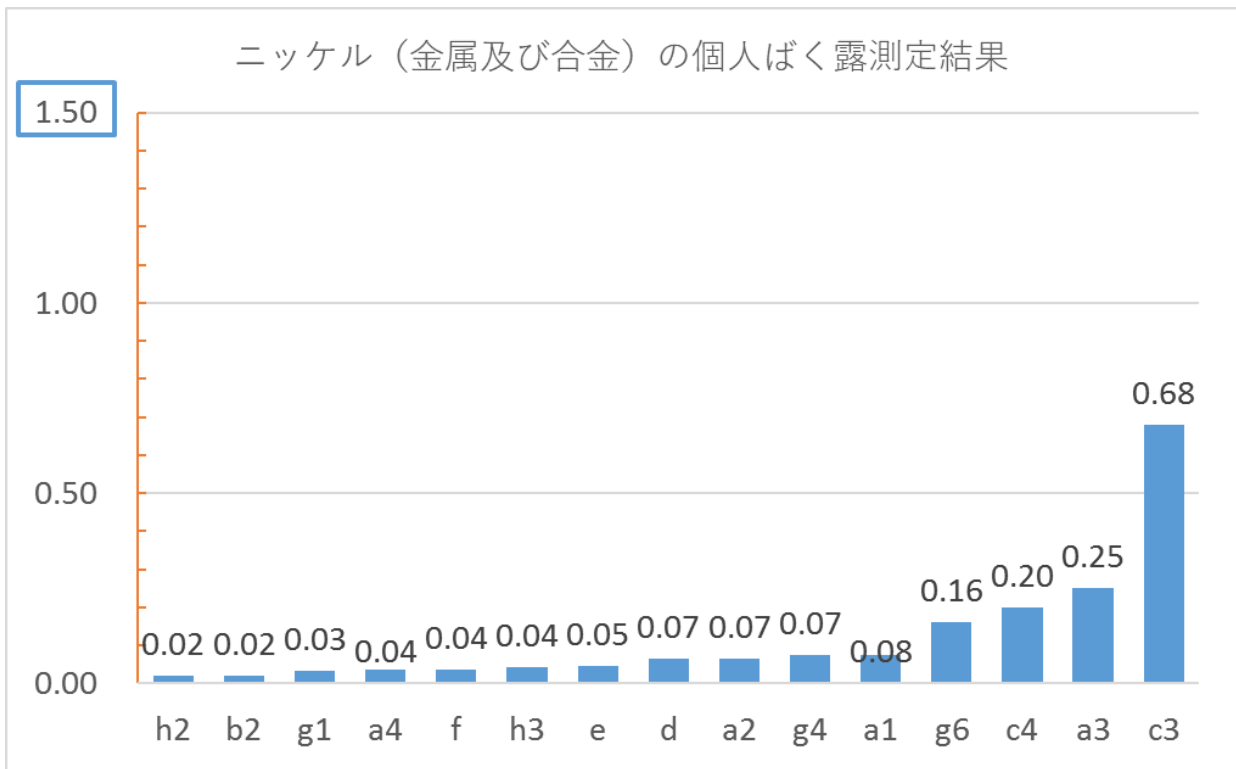
248 ○測定結果

249 測定は、26 人の労働者に対し実施し、当該 26 データを評価データとして採用した。

250 個人ばく露測定の結果から、8 時間 TWA の最大値は、ガウジングの作業中に測定された
 251 0.680 mg/m³であった（平成 30 年度に追加でばく露実態調査を行った溶接等の作業におけ
 252 る 8 時間 TWA の最大値は 0.043 mg/m³であった。）。また、ガイドラインに従い、対数変換
 253 データで区間推定上側限界値（信頼率 90%、上側 5%）は 0.51 mg/m³となった。

254 以上より、ばく露最大値は、ばく露評価ガイドラインの規定（区間推定上側限界値又はば
 255 く露最大値の高い方を最大値とする。）に準拠し、8 時間 TWA の最大値の 0.680 mg/m³とな
 256 り、二次評価値に比べて低い TWA 値を示した。

257 また、スポット測定の実測データの最大値は、平成 30 年度に追加でばく露実態調査を行
 258 った溶接等の作業における 0.192 mg/m³であった。



259

260

表：ばく露の可能性のある作業

被測定者	ばく露の可能性のある作業（測定中の実施時間）
c3	ガウジング（3時間）
a3	砥石研磨機3を用いた棒鋼の研削作業（7時間）

c4	仕上げ作業（7時間） グラインダーによる研磨、溶接による肉盛り
g6	グラインダー研磨（約340分）
a1	砥石研磨機1を用いた棒鋼の研削作業（7.5時間）
g4	切断（約120分）
a2	砥石研磨機2を用いた棒鋼の研削作業（6時間）
d	安定化ニッケル触媒包装8 kg×13缶（約30分） フレイクニッケル触媒包装300 kg/フレコンバック（約50分）
e	混合攪拌機の羽や釜の淵上の原料をヘラで落とし込む作業（1分）
h3	自動肉盛り溶接、グラインダー研磨（460分）
f	電気駆動式手持ちグラインダーによる鋼板開先面の研磨作業（3時間） エア駆動式手持ちグラインダーによる鋼板穴の研磨作業（3時間）
a4	砥石研磨機4を用いた棒鋼の研削作業（7時間）
g1	ニッケル秤量・投入・溶解（約390）
b2	ニッケルマグネシウム秤量（約10分）
h2	自動肉盛り溶接、グラインダー研磨（460分）
g5	MIG溶接（約240分）
h1	自動肉盛り溶接、グラインダー研磨（460分）
g3	鋳込み（約90分）
b1	ニッケル投入1.5トン（約4分）
c1	原料の溶解（4時間）、ノロ取り、攪拌作業あり
g2	鋳造（約320分）
c2	鋳込み（40分）
b3	ニッケル投入230 kg篩い混合袋詰め（約50分）、ニッケル投入50 kg篩い混合（約43分）
b5	投入20回（約100分）
b4	充填率測定6回（約24分）
b6	フラックス粉砕・袋詰め・計量（約3時間）

261

表：最大ばく露濃度の推定

有効測定データ数	N = 26
コルモゴロフ・スミルノフ検定 （対数正規分布に適合する）	P 値 >=0.10
測定データの最大値（TWA 値）	0.68 mg/m ³
対数変換データで区間推定上側限界値 （信頼率 90%、上側 5%）	0.51 mg/m ³
対数正規分布に適合するため対数変換上位 10 データで区間推定上側限界値は算出しない	
二次評価値	1.5 mg/m ³

262 4 リスクの判定及び今後の対応

263 以上のおり、ニッケル（金属及び合金）の製造・取扱事業場においては、最大ばく露量（8時
264 間 TWA の最大値）0.68 mg/m³は二次評価値 1.5 mg/m³を下回っており、経気道からのばく露の
265 リスクは低いと思われる。また、本物質について、日本産業衛生学会又は ACGIH において経皮

266 吸収の勧告はなされていない。

267 本物質は、労働安全衛生法に基づくラベル表示及び SDS 交付、並びにリスクアセスメントの
268 義務対象物質となっている。本物質の製造・取扱作業に労働者等を従事させる事業者は、本物質
269 がヒトに対する発がん性が疑われる物質であるほか、反復投与毒性がある物質であることを踏ま
270 えてリスクアセスメントを実施し、自主的なリスク管理を行うことが必要である。

表：ばく露実態調査集計表

	対象事業場数 (※1)	個人ばく露測定結果 [mg/m ³]				スポット測定結果 [mg/m ³]			作業環境測定結果 (A測定準拠) [mg/m ³]		
		測定数	平均(※1)	8時間TWA 平均(※2)	最大(※3)	単位 作業場所数	平均(※4)	最大(※3)	単位 作業場所数	平均(※5)	最大(※3)
1 ばく露作業報告対象物の製造	1	4	0.123	0.107	0.250	4	0.035	0.093			
2 ばく露作業報告対象物を含有する製剤その他の物の製造を目的とした原料としての使用	6	19	0.088	0.072	0.680	21	0.023	0.130	3	0.017	0.870
12 その他	1	3	0.028	0.025	0.043	3	0.047	0.192	1	0.003	0.009
計	8	26	0.087	0.072	0.680	28	0.027	0.192	4	0.014	0.870

集計上の注：定量下限未満の値及び個々の測定値は測定時の採気量（測定時間×流速）により有効桁数が異なるが、集計にはこの値を用いて小数点以下3桁で処理した（1以上は有効数字3桁）

※1：測定値の幾何平均値

※2：8時間TWAの幾何平均値

※3：個人ばく露測定結果においては8時間TWAの、それ以外については測定値の、最大値を表す

※4：短時間作業を作業時間を通じて測定した値の単位作業場所ごとの算術平均を代表値とし、その幾何平均

※5：単位作業ごとの幾何平均を代表値とし、その幾何平均

※6：同一事業場で複数の作業を行っている場合があるので、対象事業場数とばく露実態調査を行った事業場数は一致しない。

別添1：有害性総合評価表

272 物質名：ニッケル（金属および合金）

有害性の種類	評価結果
ア 急性毒性	<p><u>致死性</u></p> <p><u>ラット</u> 吸入毒性：LC₅₀ = 調査した範囲内で情報はない 経口毒性：LD₅₀ = >9000 mg Ni/kg 体重</p> <p><u>マウス</u> 吸入毒性：LCL₀ 10 mg/m³ (2h) 経口毒性：LDL₀ 200 mg/kg 体重</p> <p><u>健康影響</u> ・マウス急性吸入毒性試験で細胞の免疫応答の低下、ラット気管内投与で肺間質の線維化、出血、体重減少、ウサギ気管内投与で肝機能障害、体重減少、体温上昇、マウス、ラット経口投与で体重減少、傾眠の報告があるが詳細は不明。</p>
イ 刺激性/ 腐食性	<p>皮膚刺激性/腐食性：なし</p> <p>根拠：可溶性ニッケルでは皮膚刺激性が観察されているが、不溶性ニッケルや金属ニッケルでは皮膚刺激性は観察されていない。</p> <p>眼に対する重篤な損傷性/刺激性：調査した範囲で報告なし</p>
ウ 感作性	<p>皮膚感作性：判断できない</p> <p>根拠：金属ニッケルやニッケルの水溶性塩類を含む物質から溶出したニッケルが皮膚に接触すると、皮膚感作が起こり、アレルギー性接触皮膚炎を誘発することがある。しかしヒトへの感作経路やばく露量の推定は困難である。</p> <p>呼吸器感作性：調査した範囲で報告なし</p>
エ 反復投与毒性(生殖毒性/ 遺伝毒性/発がん性/神経毒性は別途記載)	<p>反復投与毒性：</p> <p>金属ニッケルLOAEL=0.1 mg Ni /m³(ラット、吸入、103週間試験)</p> <p>根拠：雌雄Wistarラット(各群 50匹)に、0、0.1、0.4、1.0 mg Ni/m³金属ニッケル粉末(MMAD=1.8 μm, GSD=2.4 μm)を1日6時間、週5日間、103週間にわたり吸入ばく露し、130週間観察したところ、対照群と比較し、雄0.1 mg Ni /m³群で、赤血球数・ヘモグロビン濃度・ヘマトクリットで平均値が7～8%上昇し、統計学的有意差を認めた。LOAELとして0.1 mg Ni/m³が示された。</p> <p>不確実係数 UF = 100</p> <p>根拠：種差(10)、LOAELからNOAELへの変換 (10)</p>

	<p>評価レベル = $7.5 \times 10^{-4} \text{ mg Ni/m}^3$ 計算式： $0.1 \times 6/8 \times 1/100 = 7.5 \times 10^{-4}$</p>
オ 生殖毒性	<p>生殖毒性：判断できない 根拠：ヒトの症例報告や疫学研究による生殖毒性を明確に示した研究はみあたらない。また、動物実験による生殖毒性試験の報告はみあたらない。よって、生殖毒性を判断する十分な情報がない。</p>
カ 遺伝毒性	<p>遺伝毒性：判断できない 根拠：ヒト末梢血リンパ球を用いた染色体異常試験で、金属ニッケル粉末は染色体異常の増加を示さなかったとの報告があるが、遺伝毒性を判断する十分な情報がない。</p> <p>生殖細胞変異原性：調査した範囲で報告なし</p>
キ 発がん性	<p>発がん性：ヒトに対する発がん性が疑われる 根拠：日本産業衛生学会(産衛 2009)では、「ヒトへのばく露で発がんが認められているのは、ニッケル製錬所においてのみであり、それら発がんの大部分は20 世紀前半に見られ、原因物質の環境中濃度測定はほとんど行われていないと報告している。一方、米国NTP による動物への2年間の吸入ばく露実験により発がん性を認めている。これらより、ニッケル化合物(製錬粉塵)第1群：ヒトに対して発がん性があると判断できる物質、これ以外のニッケル化合物：第2群Bヒトに対しておそらく発がん性があると判断できる物質と分類している」としている。IARCは金属ニッケルをグループ2Bとしている。</p> <p>閾値の有無：判断できない 根拠：遺伝毒性で判断できないため</p> <p><u>閾値ありの場合</u> 金属ニッケル NOAEL=0.1 mg Ni/m^3 根拠：雌雄Wistarラット(各群 50匹)に、0、0.1、0.4、1.0 mg Ni/m^3金属ニッケル粉末を1 日6 時間、週5 日間、103週間にわたり吸入ばく露し、130週間観察したところ、対照群と比較し、雄0.4mg Ni/m^3群で褐色細胞腫(良性19/50、悪性5/50、良性と悪性の合計21/50)、雌0.4mg Ni/m^3群で副腎皮質腫瘍(良性と悪性の合計7/54)が認められた。</p> <p>不確実係数 UF = 100 根拠：種差(10)、がんの重大性に基づく不確実係数(10)</p> <p>評価レベル = $7.5 \times 10^{-4} \text{ mg Ni/m}^3$ 計算式： $0.1 \times 6/8 \times 1/100 = 7.5 \times 10^{-4}$</p>

	<p><u>閾値なしの場合</u> ユニットリスク(UR) = $2.4 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$</p> <p>発がんの過剰発生リスク($10^{-4}$)に相当するばく露濃度 = $0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 計算式: $10^{-4}/2.4 \times 10^{-4} = 0.42$</p> <p>この値を基に労働補正 (呼吸量: $10/20 \times$ 労働日数: $240/365 \times$ 労働年数: $45/75 = 0.2$) を行う。 労働補正後の発がんの過剰発生リスク (10^{-4}) に相当するばく露濃度 = $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 計算式: 労働補正後の発がんの過剰発生リスク (10^{-4}) に相当するばく露濃度 / $0.2 = 0.42/0.2 = 2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$</p>
ク 神経毒性	調査した範囲では、情報は得られていない。
ケ 許容濃度の設定	<p>ACGIH TLV-TWA: 金属ニッケル $1.5 \text{mg}/\text{m}^3$ (2001年設定) (ACGIH 2015) 不溶性ニッケル $0.2 \text{mg}/\text{m}^3$ 水溶性ニッケル $0.1 \text{mg}/\text{m}^3$ 二硫化三ニッケル $0.1 \text{mg}/\text{m}^3$</p> <p>根拠: 吸引性粒子に対する職業ばく露の許容濃度 TLV-TWA として、金属ニッケルで $1.5 \text{mg}/\text{m}^3$、不溶性ニッケル $0.2 \text{mg}/\text{m}^3$、二硫化三ニッケル $0.1 \text{mg}/\text{m}^3$、水溶性ニッケルは $0.1 \text{mg}/\text{m}^3$ を勧告する。この値は、実験動物で報告された肺がん、鼻腔がんや肺の炎症性変化が生じる可能性を最小とすることを意図したものである。金属ニッケルは、A5「ヒトに対する発がん性があるとは考えにくい物質」、不溶性ニッケルと二硫化三ニッケルは、A1「ヒトに対する発がん性が確認された物質」、水溶性ニッケルは A4「データ不足等により、ヒトに対する発がん性については評価できない物質」と分類されている。Skin、SEN、TLV-STEL を勧告するに足る十分なデータはない。</p> <p>日本産業衛生学会: ニッケル 許容濃度 $1 \text{mg}/\text{m}^3$ (1967)、 気道感作性第2群、皮膚感作性第1群、生殖毒性 第3群(2014) ニッケル化合物(製錬粉塵*)評価値; (2009年提案)(産衛 2015) 10^{-3} 過剰発がん生涯リスクレベル $10 \mu\text{g Ni}/\text{m}^3$ 10^{-4} の過剰発がん生涯リスクレベル $1 \mu\text{g Ni}/\text{m}^3$ *: 実際のヒトの発がんは製錬職場以外では見られていないため限定製錬粉塵職場以外での許容濃度(吸入性粒子); (2009年提案)(産衛 2015) 水溶性ニッケル化合物 $0.01 \text{mg Ni}/\text{m}^3$ 水溶性以外のニッケル化合物 $0.1 \text{mg Ni}/\text{m}^3$ 気道感作性第2群、皮膚感作性第1群、生殖毒性 第3群(2014)</p> <p>根拠: ニッケルの毒性として問題になるのは発がん性であり、ヒトのデータ</p>

	<p>では、2種類以上のニッケル化合物(特に水溶性と難溶性のニッケル)が混在した製錬粉塵にばく露されると肺と鼻腔がんが起りやすくなるが、既存データから混合化合物中の単独要素の発がんリスクを決定することは困難である。従って、無機ニッケル化合物では製錬粉塵に限定して発がん性が疑われるとし、過剰発がん生涯リスクレベルを設定することが妥当と考えられる。それ以外のニッケル化合物については、ヒトでの非がん毒性に関する有用なデータがないため、動物実験結果を外挿して許容濃度を定めることとする。</p> <p>最も質の高い動物実験データは米国NTPによる一連の吸入ばく露研究であり、これらの試験で得られたラットでの肺の慢性炎症・線維化、気管支リンパ節のリンパ過形成、鼻部嗅上皮の炎症と委縮をエンドポイントとしたLOAELを算定に用いる。水溶性ニッケル化合物では硫酸ニッケルを代表として、2年間の吸入性粒子ばく露試験で得られたNOAELがばく露0.027 mg Ni/m³であることより、UF 2.5で除し、0.0108 mg Ni/m³が導かれる。また水溶性以外のニッケル化合物(不溶性および難溶性化合物)については酸化ニッケルを代表として、LOAELが0.5 mg Ni/m³であることより、UF 5(LOAELからNOAELの外挿2×ヒトへの外挿2.5)とし、0.1 mg Ni/m³が導かれる。これらより許容濃度として、水溶性ニッケル化合物では0.01 mg Ni/m³、水溶性以外のニッケル化合物では0.1 mg Ni/m³を勧告する。</p> <p>DFG MAK : 設定なし (MAK 2013)</p> <p>根拠 : MAK 委員会は既存の研究より発がん性に対するNOAELを導き得ないとし、現在はニッケルに対する許容濃度を設定していない。発がん性はカテゴリー1(発がんリスクがあると推測できる物質)としている。</p> <p>NIOSH REL : 0.015mg/m³</p>
--	--

別添2：有害性評価書

274

275 物質名：ニッケル（金属および合金）

276

277 1. 化学物質の同定情報（ICSC 2001）

278 名 称：ニッケル(金属)

279 別 名：NICKEL

280 化 学 式：Ni

281 原 子 量：58.7

282 CAS番号：7440-02-0

283 労働安全衛生法施行令別表9(名称を通知すべき有害物)第418号

284

285 名 称：ニッケル合金(主要な合金の名称と組成)

286 モネル(耐食材)：Ni 63~65 %、Cu 30~32 %、その他Fe、Mn等

287 ニクロム(発熱素子)：Ni 41.4~70 %、Cr 15.5~50 %

288 ハステロイ(耐熱・耐蝕材)：

289 Ni 45~62 %、Cr 0~22 %、Mo 6.5~28 %、Fe 3~19.5 %、その他

290 インコネル/インコロイ(耐熱・耐蝕超合金)：

291 Ni 25.5~42 %、Fe 30~46 %、Cr 18.5~21.5 %、その他Nb、Mo、Ti、Al等

292 ステンレス鋼(耐食・耐酸性)：

293 Ni 6~22 %、Cr 16~26 %、Mn 2 %、Mo 0~4 %、残りFe

294 アルニコ(磁性材)：Ni 19 %、Co 13 %、Fe 55 %、Al 10 %、Cu 3.0 %、その他

295 パーマロイ(磁性材)：

296 Ni 46 %、Fe 54 %；Ni 78 %、Mo 4 %、Cu 5 %、Fe 13 %

297 ラネーニッケル(触媒)：Ni 50 %、Al 50 %

298

299 ニッケルは鉄、クロム、モリブデン、マンガン、銅、チタン、アルミニウム等、多
300 くの金属と合金を形成する。合金中のニッケル含有率は目的により大きく変わるが、
301 本評価書では、ニッケル含有率0.1 %以上で、粉塵として吸入される可能性がある場
302 合、評価の対象とすることとした。なお、ニッケル化合物は、本評価書の対象外であ
303 る。

304

305 2. 物理化学的情報

306 (1) 物理化学的性状(金属ニッケル) (ICSC 2001)

外観：様々な形状をした銀色の金属固体。

比重：8.9

沸 点：2,730 °C

融 点：1,455 °C

溶解性(水)：溶けない

307

308 (2) 物理的・化学的危険性 (金属ニッケル) (ICSC 2001)

- 309 ア 火災危険性 : 粉塵は引火性である。火災時に有毒なフュームが発生することがあ
310 る。
- 311 イ 爆発危険性 : 空気中で粒子が細かく拡散して爆発性の混合気体を生じる。
- 312 ウ 物理的危険性 : 粉末や顆粒状で空気と混合すると、粉塵爆発の可能性がある。
- 313 エ 化学的危険性 : 粉末状の場合、チタン粉末、過塩素酸カリウム、硝酸アンモニウム
314 などの酸化剤と激しく反応して、火災や爆発の危険をもたらす。非
315 酸化性の酸と徐々に反応し、酸化性の酸と急速に反応する。ニッケ
316 ルが関わる火災により、ニッケルカルボニルなどの有毒なガスや蒸
317 気が発生することがある。
- 318

319 3. 生産・輸入量／使用量／用途 (化工日 2015)

320 生産量 (金属ニッケル) : 46,418 t (2013年)

321 輸入量 (金属ニッケル) : 35,238 t (2013年)

322 用途 : 特殊鋼、鋳鍛鋼品、合金ロール、電熱線、電気通信機器、洋白、メッキ、貨幣な
323 ど

324 (ニッケル地金の90%は合金に、そのうちの2/3はステンレス鋼に用いられる)

325 製造業者 : メタル : エス・サイエンス

326 電気ニッケル : 住友金属鉱山

327 フェロニッケル : 日本冶金工業、大平洋金属、住友金属鉱山

328 酸化ニッケル : ヴァーレ・ジャパン

329

330 4. 健康影響

331 【体内動態 (吸収・分布・代謝・排泄)】

332 〈吸収〉

333 吸入ばく露

- 334 ・ ラットに平均粒径 $1.2\ \mu\text{m}$ のニッケル微粒子を13週間吸入ばく露した結果、ニッケル微粒子は
335 肺に蓄積した。吸収されたニッケル微粒子は、ばく露なしで90日間の回復期間中にゆっくり
336 除去され、ニッケルの肺負荷の低下、血中濃度の増加がみられた。ラットにニッケル粉末 1
337 mg/m^3 を13週間吸入ばく露した試験に基づいて、肺および胃腸からの吸収は最大6%と計算さ
338 れている。空気動学的直径 $5\ \mu\text{m}$ 以上(非呼吸性分画)のニッケル粒子は、主として粘膜繊毛の
339 作用により気道から除かれ、胃腸に移行し、経口投与での吸収速度で吸収されることから、気
340 道からの吸収は無視できると考えられる (SIDS 2008)。

341 経口投与

- 342 ・ ラットに金属ニッケルを5%澱粉/生理食塩水溶液として強制経口投与した場合、ニッケルの吸
343 収はおよそ0.09%であり、水溶性ニッケル化合物の吸収の1/100に低下した。ヒトでのデータ
344 はないが、ラットでの試験から金属ニッケルの経口摂取による吸収は、絶食下で0.3%、その
345 他の場合は0.05%と考えられる (SIDS 2008)。

346 経皮投与

- 347 ・ ヒト *in vivo* 試験で、金属ニッケルのおよそ0.2%が角質層に留まったことから、皮膚接触によ
348 る金属ニッケルの吸収率は0.2%と考えられる (SIDS 2008)。

349

350 (参考)

351 ニッケル化合物

352 〈吸収〉

353 ・ 実験動物による、空気動学的直径5 μm以下(呼吸性分画)の硫酸ニッケル、塩化ニッケル
354 の吸入ばく露での吸収率は97-99 %と高い (SIDS 2008)。

355 ・ ヒトでは、硫酸ニッケルの飲水投与により、絶食下では27 %、非絶食下では1~5 %が吸
356 収された (SIDS 2008)。

357

358 〈分布〉

359 ・ 血中ではニッケルイオンは、1) アルブミンとの複合体、2) ニッケル-金属タンパク(ニッケロプ
360 ラスミン)との複合体、3) ろ過性物質として存在し、速やかに全身に分配される。ヒト血清で
361 は、ニッケルの 40 %がろ過性物質として、34 %がアルブミンと結合、26 %がニッケロプラス
362 ミンと結合して存在する。吸収されたニッケルは一般に 1 ppm 以下で全身に分配されるが、腎
363 臓、肝臓および肺で高い。ニッケル化合物のヒト職業ばく露、動物吸入ばく露では、一般に、
364 ニッケルは肺に沈着する傾向がある。ラットへの炭酸ニッケルあるいはニッケル金属触媒の混
365 餌投与、マウスへの塩化ニッケルの腹腔内投与では、ニッケルは胎盤通過が認められた (SIDS
366 2008)。

367 〈排泄〉

368 ・ 吸収されたニッケルは、ばく露経路に係わらず尿中に排泄される。ヒトでの尿中排泄の半減期
369 は 17-29 時間と報告されている。摂取したニッケルの大部分は、消化管での吸収が比較的低い
370 ため糞に排泄される。ヒトでは、飲水より経口摂取した水溶性ニッケル化合物は、絶食下では
371 20~30 %が、食物と一緒に、あるいは食事直後に摂取した場合は 1~5 %が尿中に排泄される。
372 吸収されたニッケルの一部は、毛、唾液、汗、涙、乳中等、他の経路から排泄され得る。吸入
373 により気道に沈着したニッケル微粒子は、肺からの吸収あるいは粘膜繊毛作用によって除去さ
374 れる。肺組織に蓄積した金属ニッケル微粒子の排出半減期は 30~60 日と見積もられる。排出
375 はニッケル微粒子の溶解、血中への吸収および血中からの排出に依存する (SIDS 2008)。

376

377 (1) 実験動物に対する毒性

378 ア 急性毒性

379 致死性

380 実験動物に対するニッケルの急性毒性試験結果を以下にまとめる(SIDS 2008) (RTECS
381 2009) (NTP 1994)。

382

	マウス	ラット	ウサギ
吸入、LC ₅₀	LCLo 10 mg/m ³ (2h)	情報なし	情報なし
経口、LD ₅₀	情報なし LDLo 200 mg/kg 体重	金属ニッケル >9,000 mg Ni/kg 体重 LDLo 200 mg/kg 体重	情報なし
経皮、LD ₅₀	情報なし	情報なし	情報なし
気管内LD ₅₀	情報なし	LDLo 4 mg/kg 体重	50 mg/kg 体重

383

384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424

健康影響

- マウス急性吸入毒性試験で細胞の免疫応答の低下、ラット気管内投与で肺間質の線維化、出血、体重減少、ウサギ気管内投与で肝機能障害、体重減少、体温上昇、マウス、ラット経口投与で体重減少、傾眠の報告があるが詳細は不明(RTECS 2009)。

イ 刺激性および腐食性

- 可溶性ニッケルでは、皮膚刺激性を観察しているが、不溶性ニッケルや金属ニッケルでは皮膚刺激性を観察しない(SIDS 2008)。

ウ 感作性

- ニッケル塩については 1989 年までに 25 報の動物実験による皮膚感作性の報告がある(MAK 2008)が、ニッケル(金属および合金)については調査した範囲で情報は得られなかった。

エ 反復投与毒性 (生殖毒性、遺伝毒性、発がん性、神経毒性は別途記載)

吸入ばく露

- 雌雄 Wistar ラット(各群 50 匹)に、0, 0.1, 0.4, 1.0 mg Ni/m³ 金属ニッケル粉末(MMAD=1.8 μm, GSD=2.4 μm)を 1 日 6 時間、週 5 日間、103 週間にわたり吸入ばく露し、130 週間観察したところ、対照群と比較し、雄 0.1 mg Ni/m³ 群で、赤血球数・ヘモグロビン濃度・ヘマトクリットで平均値が 7-8% 上昇し、統計学的有意差を認めた。LOAEL として 0.1 mg Ni/m³ が示された(A.R. Oller et al 2008) (IARC 2012)。
- 0.13 mg/m³ の金属ニッケル粉塵を 1 日 6 時間、週 5 日間、4 ヶ月および 8 ヶ月間にわたりウサギにばく露したところ、肺胞洗浄液中のリン脂質の産生増加が見られた(産衛 2009)。
- 雌 C57B1 マウス 20 匹に 15mg/m³ 純度 99%、粒径 4μm 以下の金属ニッケル粉末を、1 日 6 時間、週に 4~5 日を 21 週間、吸入ばく露した。肺腫瘍は観察されなかった。対照群は置かなかった(Hueper 1958) (IARC 1990)。
- 雌雄各 50 匹 Wistar ラットと雌 60 匹 Bethesda black ラットを 15 mg/m³ 純度 99%、粒径 4 μm 以下の金属ニッケル粉末を、1 日 6 時間、週に 4~5 日を 21 週間、吸入ばく露し 84 週間観察した。両系統の合計 50 匹で組織学的検査が行われ、15 匹のラットの肺で、異常な多中心性の腺腫様肺胞病変と終末気管支上皮層の異型増殖が認められた。著者は腺腫様肺胞病変を良性腫瘍としている。対照群は置かれていなかった (Hueper 1958) (IARC 1990、1976)。

経口投与

- ラットに 0、100、1,000、2,500 ppm (0、5、50、125 mg Ni/kg bw)の金属ニッケルを餌に混ぜ 2 年間経口投与したところ、1,000 ppm 以上で対照群に比べ、有意な体重減少を認めた(産衛 2009)。

オ 生殖毒性

- 調査した範囲内では報告は得られていない。

425

426 カ 遺伝毒性

- 427 ・ ヒト末梢血リンパ球を用いた染色体異常試験で、金属ニッケル粉末は染色体異常の増加
- 428 を示さなかった (NITE 2008) (MAK 2006)。

429

430 ニッケル(金属)

試験方法		使用細胞種・動物種	結果
<i>In vitro</i>	染色体異常試験	ヒト末梢血リンパ球	—

431 - : 陰性 + : 陽性

432

433 キ 発がん性

434 吸入ばく露

- 435 ・ 金属ニッケル粉末を雌 Wistar ラットに週 1 回、0.9 mg/匹を 10 週間または 0.3 mg/匹を
- 436 20 週間気管内注入し、2.5 年観察したところ、各々32 匹中 8 匹(7 匹は悪性、1 匹は混
- 437 合)、39 匹中 10 匹(9 匹は悪性、1 匹は腺腫)に肺の腫瘍を観察した。合計すると、腺腫
- 438 1 匹、腺がん 4 匹、扁平上皮がん 12 匹、混合腫瘍 1 匹であった。(Pott et al 1987) (IARC
- 439 1990) (MAK 2006) (産衛 2009)。

- 440 ・ 雌雄 Wistar ラット(各群 50 匹)に、0, 0.1, 0.4, 1.0 mg Ni/m³ 金属ニッケル粉末
- 441 (MMAD=1.8 μm, GSD=2.4 μm)を 1 日 6 時間、週 5 日間、103 週間にわたり吸入ばく
- 442 露し、130 週間観察したところ、対照群と比較し、雄 0.4 mg Ni/m³ 群で 褐色細胞腫(良
- 443 性 19/50, 悪性 5/50、良性と悪性の合計 21/50)、雌 0.4 mg Ni/m³ 群で 副腎皮質腫瘍(良
- 444 性と悪性の合計 7/54)が認められた。肺腫瘍の有意な増加は観察されなかった (A.R. Oller
- 445 et al 2008) (IARC 2012)。

446

447 経口投与/経皮投与/その他の経路等

- 448 ・ 雌Wistarラット50匹に1回あたり7.5mg(純度不明)の金属ニッケル粉末を週 1 回、10週間
- 449 にわたり腹腔内注入した。46匹に肉腫、中皮腫、がんなどの腫瘍が腹腔内に生じた(Pott
- 450 et al. 1987) (IARC 1990) (産衛2009) (IARC 2012)。

451

452

453 ク 神経毒性

- 454 ・ 調査した範囲では、報告は得られていない。

455

456 ケ その他の試験

- 457 ・ シリアンハムスター胎児培養細胞を用いた細胞形質転換試験で、金属ニッケル粉末(平均
- 458 粒径 4~5 μm、5、10、20 μg/mL) は用量に依存した形質転換細胞の増加(20 μg Ni/mL
- 459 で 3%) を示した (NITE 2008) (MAK 2006)。

460

461 (2) ヒトへの影響(疫学調査および事例)

462 ア 急性毒性

- 463 ・ 調査した範囲内では、報告は得られていない。

464

465

イ 刺激性および腐食性

466

- ・ ニッケル電気分解槽のエアロゾルにばく露する作業者の眼に対する刺激は良く知られているが、ニッケルに起因するというより酸を含んでいるためと考えられる。その他、ニッケル製錬やニッケルメッキ作業者に鼻炎、副鼻腔炎、鼻中隔穿孔、鼻粘膜異形成の症例報告がある（産衛 2009）。

470

471

ウ 感作性

472

- ・ 金属ニッケルやニッケルの水溶性塩類を含む物質から溶出したニッケルが皮膚に接触すると、皮膚感作が起り、アレルギー性接触皮膚炎を誘発することがある。アレルギー性接触皮膚炎はニッケルに過敏な者で非職業性のばく露の結果見られることが多く、ニッケルめっきされたピアスや腕時計のバンドなどが主な原因となる。しかしヒトへの感作経路やばく露量の推定は困難である（産衛 2009）。

473

474

475

476

477

- ・ ニッケル粉塵やヒュームにばく露する作業者に見られるがん以外の呼吸器影響として、気管支喘息や肺線維症の症例報告があるが、ニッケル単独ばく露の症例数は非常に少なく、因果関係を特定するには不十分である（産衛 2009）。

478

479

480

481

482

483

484

485

- ・ ニッケルへの皮膚感作は、皮膚が直接ニッケルを含有する製品に接していて、ニッケルイオンが溶出する場合に起り得る。ニッケルの皮膚浸透は汗、溶剤、洗剤、非開放(手袋着用等による)等多くの因子により助長される。ニッケルの経皮ばく露による吸収量のデータはない。湿度の高い状況では金属ニッケルからのニッケルの溶出を促進する。一方、乾燥していて清潔な作業では、たとえニッケル対象物に接触していても皮膚炎はほとんど引き起こさない（ニッケル協会）。

486

487

エ 反復ばく露毒性（生殖毒性、遺伝毒性、発がん性、神経毒性は別途記載）

488

- ・ ニッケル酸化物や金属ニッケルの 0.04 mg/m^3 以上の濃度に長期ばく露されている作業業者では、呼吸器疾患で死亡する確率が高いといわれている（産衛 2009）。

489

490

491

オ 生殖毒性

492

- ・ ヒトの症例報告や疫学研究による生殖毒性を明確に示した研究はみあたらない。（産衛 2014）。

493

494

495

496

497

498

499

- ・ ロシア北極圏のニッケル製錬所での湿式冶金の作業業者による横断研究を実施し、ニッケルにばく露された女性作業者と対照とした建設作業と比較して、流産率や出生児の奇形発現率が高率であったという報告がある。この報告に対して、ATSDR (2005)の評価では、交絡要因として、重量物の持上げや熱性ストレス、対照群の選択根拠の欠如、高濃度の塩素ばく露、喫煙、飲酒、併発疾患など多数あり、ニッケルばく露による生殖毒性の適切な評価が妨げられていると報告している(産衛 2014)。

500

501

502

503

504

- ・ ロシアでの妊娠早期に水溶性ニッケルにばく露された女性の出産記録による 2 万人規模の後ろ向きコホート研究で、先天異常のある児を出産した女性のオッズ比は $0.81(95\% \text{ CL} = 0.52 - 1.26)$ 、停留精巣のオッズ比は $0.76(95\% \text{ CL} = 0.40 - 1.47)$ 、胎内発育遅延児(身長・体重)を出産した女性のオッズ比は $0.84(95\% \text{ CL} = 0.75 - 0.93)$ 、自然流産のオッズ比は $1.14(95\% \text{ CL} = 0.76 - 1.21)$ 、筋骨格異常と診断された新生児出産のオッズ比は

505 0.96(95%CL = 0.95 · 1.37)と報告されており、いずれも水溶性ニッケルにばく露された
506 女性に生殖毒性の有意な増加は認められなかった(産衛 2014)。

507

508 カ 遺伝毒性

509 ・ 鼻腔がんが報告された Outokumpu 製錬所 (フィンランド) で、作業者の口腔粘膜上皮
510 細胞の小核細胞割合を調べたところ、対照群との間に有意差はなかった(産衛 2009)。

511

512 キ 発がん性

513 ・ 英国の疫学者 Richard Doll を座長とする「ヒトにおけるニッケルの発がん作用に関する
514 国際委員会」(International Committee on Nickel Carcinogenesis in Man、1990 ; 以
515 下 Doll 委員会)では、ヒトへのニッケルばく露影響に関する既存の疫学調査を詳細に検
516 討し、欧米諸国の 10 事業所からのコホートを選んで作業工程別のニッケル粉塵の化学
517 形態とばく露濃度を推定した。ニッケル取り扱い職場でこれまで発がんが確認されてい
518 るのは、ニッケル製錬所においてのみであり、それら発がんの大部分は 20 世紀前半に見
519 られ、原因物質の環境中濃度測定はほとんど行われておらず、ニッケル化学形態別のばく
520 露に関する情報もない。Doll 委員会は、現在の作業工程における測定値と過去の工程に
521 ついての記述から、個人ごとの化学形態別ばく露量を独自に推計したが、作業者の工程間
522 の移動もあり、誤分類がかなり混在している可能性がある。加えて喫煙習慣やその他の交
523 絡因子に関する情報の欠如がある (産衛 2009)。

524 ・ 金属ニッケルのみにはばく露された米国 Oak Ridge Gaseous Diffusion Plant 作業者の追
525 跡調査によると、1 mg Ni/m³ 以下の濃度のばく露で呼吸器がんが増加する証拠はなく、
526 英国やノルウェーなど他製錬所のコホートでも、金属ニッケルばく露量と呼吸器がんの
527 間に関連は認められなかった。Doll 報告書以後に行われたカナダでのコホート調査にお
528 いても、金属ニッケルのみにはばく露した作業者 718 名のばく露濃度とがんによる死亡率
529 との間に有意な関連は見られない(産衛 2009) (IARC 2012)。

530 ・ 米国の高ニッケル合金(high nickel alloys)製造業における 1998 年の報告では、金属ニッ
531 ケルとニッケル酸化物の両方(濃度範囲 0.006–1.5 mg Ni/m³)にはばく露された作業者
532 31,000 人の肺がんリスクは、全米集団に比べ 13 %高かったが、居住地域に関連する非
533 職業性因子の調整のためニッケル作業者の居住・就業地域に限定した地方対照群と比べ
534 ると、肺がん死亡率に有意差は認められなかった(MAK 2006)(産衛 2009)(IARC 2012)。

535 ・ また、英国のニッケル合金製造工場で 5 年間以上働く 1,999 人に対する調査において、
536 全英死因と比較して各種がんの標準化死亡比に有意差はないと報告されている (産衛
537 2009) (IARC 2012)。

538

539 発がんの定量的リスク評価

540 吸入ユニットリスク

541 製錬粉塵 2.4 × 10⁻⁴ (µg/m³)⁻¹ (IRIS 1991)

542 ニッケル化合物 4 × 10⁻⁴ (µg/m³)⁻¹ (WHO/AQG-E)

543 ニッケル(およびその化合物) 2.6 × 10⁻⁴ (µg/m³)⁻¹ (CalEPA 2011)

544

545 発がん性分類

546 IARC：金属ニッケル グループ2B (1990) (IARC 2012)
547 ニッケル化合物 グループ1 (2012)
548 産衛学会：ニッケル化合物(製錬粉塵)第1群、
549 これ以外のニッケル化合物 第2群B (2009) (産衛 2015)
550 EU CLP：粒径1 mm未満 2 (2008) (EU CLP)
551 NTP 13th：金属ニッケル 合理的にヒト発がん性因子であることが予測される
552 (First listed in the First Annual Report on Carcinogens (1980))
553 ニッケル化合物 ヒト発がん性因子であることが知られている
554 (First listed in the Tenth Report on Carcinogens (2002))
555 ACGIH：金属ニッケルA5、
556 不溶性ニッケルと二硫化三ニッケル A1、
557 水溶性ニッケル A4 (1998) (ACGIH 2015)

558
559 ク 神経毒性

560 ・ 調査した範囲では、報告は得られていない。

561

562 (3) 許容濃度の設定

563 ACGIH TLV-TWA：金属ニッケル 1.5 mg/m³ (2001年設定) (ACGIH 2015)

564 不溶性ニッケル 0.2 mg/m³

565 水溶性ニッケル 0.1 mg/m³

566 二硫化三ニッケル 0.1 mg/m³

567 根拠：吸引性粒子に対する職業ばく露の許容濃度TLV-TWA として、金属ニッケルで1.5
568 mg/m³、不溶性ニッケル0.2 mg/m³、二硫化三ニッケル0.1 mg/m³、水溶性ニッケ
569 ルは0.1 mg/m³を勧告する。この値は、実験動物で報告された肺がん、鼻腔がんや
570 肺の炎症性変化が生じる可能性を最小とすることを意図したものである。金属ニ
571 ッケルは、A5「ヒトに対する発がん性があるとは考えにくい物質」、不溶性ニッ
572 ケルと二硫化三ニッケルは、A1「ヒトに対する発がん性が確認された物質」、水
573 溶性ニッケルはA4「データ不足等により、ヒトに対する発がん性については評価
574 できない物質」と分類されている。Skin、SEN、TLV-STELを勧告するに足る十
575 分なデータはない。

576

577 日本産業衛生学会：ニッケル 許容濃度1 mg/m³ (1967)、

578 気道感作性第2群、皮膚感作性第1群、生殖毒性 第3群(2014)

579 ニッケル化合物(製錬粉塵*)評価値 (2009年提案)(産衛 2015)

580 10⁻³ 過剰発がん生涯リスクレベル10μg Ni/m³

581 10⁻⁴ の過剰発がん生涯リスクレベル1μg Ni/m³

582 *：実際のヒトの発がんは製錬職場以外では見られていないため限定。

583 製錬粉塵職場以外での許容濃度(吸入性粒子) (2009年提案) (産衛2015)

584 水溶性ニッケル化合物0.01 mg Ni/m³

585 水溶性以外のニッケル化合物0.1 mg Ni/m³

586 気道感作性第2群、皮膚感作性第1群、生殖毒性 第3群(2014)

587 根拠：ニッケルの毒性として問題になるのは発がん性であり、ヒトのデータでは、2
588 種類以上のニッケル化合物（特に水溶性と難溶性のニッケル）が混在した製錬粉
589 塵にばく露されると肺と鼻腔がんが起りやすくなるが、既存データから混合化
590 合物中の単独要素の発がんリスクを決定することは困難である。従って、無機ニ
591 ッケル化合物では製錬粉塵に限定して発がん性が疑われるとし、過剰発がん生涯
592 リスクレベルを設定することが妥当と考えられる。それ以外のニッケル化合物に
593 ついては、ヒトでの非がん毒性に関する有用なデータがないため、動物実験結果
594 を外挿して許容濃度を定めることとする。

595 最も質の高い動物実験データは米国NTP による一連の吸入ばく露研究であ
596 り、これらの試験で得られたラットでの肺の慢性炎症・線維化、気管支リンパ節
597 のリンパ形成、鼻部嗅上皮の炎症と萎縮をエンドポイントとしたLOAEL を算定
598 に用いる。

599 水溶性ニッケル化合物では硫酸ニッケルを代表として、2 年間の吸入性粒子
600 ばく露試験で得られたNOAEL が0.027 mg Ni/m³であることより、UF 2.5 で除
601 し、0.0108 mg Ni/m³ が導かれる。また水溶性以外のニッケル化合物(不溶性お
602 よび難溶性化合物)については酸化ニッケルを代表として、LOAEL が0.5 mg
603 Ni/m³ であることより、UF 5(LOAEL からNOAEL の外挿2×ヒトへの外挿
604 2.5)とし、0.1 mg Ni/m³ が導かれる。

605 これらより許容濃度として、水溶性ニッケル化合物では0.01 mgNi/m³、水溶
606 性以外のニッケル化合物では0.1 mg Ni/m³を勧告する。

607

608 DFG MAK：設定なし (MAK 2015)

609 根拠：MAK 委員会は既存の研究より発がん性に対するNOAEL を導き得ないとし、
610 現在はニッケルに対する許容濃度を設定していない。発がん性はカテゴリー1
611 (発がんリスクがあると推測できる物質)としている。

612

613 NIOSH REL：0.015mg/m³ (NIOSH)

614

615 引用文献

- (ACGIH 2001) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)： TLVs and BELs with 7th Edition Documentation (CD-ROM 2015)
- (ACGIH 2015) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)： TLVs and BELs (Booklet 2015)
- (ATSDR 2005) U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry: Toxicological Profile for Nickel
- (CalEPA 2011) California EPA: “Hot Spots Unit Risk and Cancer Potency Values” (updated 2011) (http://www.oehha.ca.gov/air/hot_spots/2009/AppendixA.pdf)

- (Dunnick 1995) Dunnick JK, Elwell MR, Radovsky AE, et al. Comparative carcinogenic effects of nickel subsulfide, nickel oxide, or nickel sulfate hexahydrate chronic exposures in the lung. *Cancer Res* 1995; 55: 5251–6.
- (EU CLP) Summary of Classification and Labelling
Harmonised classification - Annex VI of Regulation (EC) No 1272/2008 (CLP Regulation) :Nickel powder
(<http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/cl-inventory/view-notification-summary/133816>)
- (EU RAR 2008) EU RAR: NICKEL (2008)
- (IARC 2012) International Agency for Research on Cancer (IARC): IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol 100C (2012)
- (ICSC 1993) International Programme on Chemical Safety (WHO/IPCS) :
International Chemical Safety Cards ICSC:0062 NICKEL:
国際化学物質安全性カード ICSC番号:0062 ニッケル
- (IPCS 1991) WHO/IPCS : Environmental Health Criteria(環境保健クライテリア)
:Nickel(<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc108.htm>)
- (IRIS 1991) U. S. Environmental Protection Agency : Integrated Risk Information System(IRIS)、Nickel refinery dust; no CASRN
<http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm>
- (MAK 2015) DFG: MAK- und BAT-Werte-Liste .(2015)
- (MAK 2006) Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG):Nickel and its compounds [MAK Value Documentation, 2006]
(<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418/topics>)
- (NIOSH) NIOSH : NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards , Nickel metal and other compounds (as Ni)
(<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0445.html>)
- (NITE 2008) 独立行政法人 製品評価技術基盤機構: 有害性評価書 Ver.1.0 No69 ニッケル
- (NTP 1994a) US DHHS, Public Health Service, National Institute of Health. National Toxicology Program Technical Report. Toxicology and carcinogenesis studies of nickel oxide in F344N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). Technical Report Series No. 451. NIH Pub. No.94-3363.
NTP, Research Triangle Park, NC, 1994.
- (NTP 1994) US DHHS, Public Health Service, National Institute of Health. National Toxicology Program Technical Report. Toxicology and carcinogenesis studies of nickel subsulfide in F344N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). Technical Report Series No. 453. NIH Pub. No.94-3369. NTP, Research Triangle Park, NC, 1994.

- (NTP 1995) US DHHS, Public Health Service, National Institute of Health. National Toxicology Program Technical Report. Toxicology and carcinogenesis studies of nickel sulfate hexahydrate in F344N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). Technical Report Series No. 454. NIH Pub. No. 94-3370. NTP, Research Triangle Park, NC, 1995.
- (NTP 2014) National Toxicology Program (NTP:米国国家毒性プログラム):13th Report on Carcinogens Report on Carcinogens (13th)
- (RTECS 2009) US NIOSH: Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), #:QR5950000 (update2009)
- (SIDS 2008) Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) : SIDS Initial Assessment Profile Nickel (metal), Nickel Sulphate, Nickel Carbonate (2:3 basic nickelcarbonate, 1:2 basic nickel carbonate), Nickel Chloride, NickelDinitrate (<http://webnet.oecd.org/HPV/UI/handler.axd?id=9ce00cf2-296e-459f-a92e-aec0c9771a7b>)
- (WHO/AQG-E) WHO “Air Quality Guidelines for Europe : Second Edition”, (2000) (<http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>)
- (化工日 2015) 化学工業日報社 : 16615の化学商品(2015)
- (産衛 2009) 日本産業衛生学会 : 許容濃度の暫定値の提案理由、ニッケルおよびニッケル無機化合物(ニッケルカルボニルは除く)Ni : CAS No. 7440-02-0 産業衛生学雑誌 51巻(2009)
- (産衛 2014) 日本産業衛生学会 : 生殖毒性物質暫定物質(2014)の提案理由、ニッケルおよびニッケル化合物Ni : CAS No. 7440-02-0 産業衛生学雑誌 56巻(2014)
- (産衛 2015) 日本産業衛生学会 : 許容濃度等の勧告(2015年度)、産業衛生学雑誌 57巻(2015)

別添3 ニッケル(金属及び合金)のばく露作業報告集計表

作業の種類	用途											事業場数※	作業数	年間製造・取扱い量						作業1回当たりの製造・取扱い量					対象物等の物理的性状					対象物等の温度						一日当たりの作業時間						ばく露作業従事者数					発散抑制措置の状況(2つまで複数回答可)					
	① 対象物の製造	② 他の製剤等の原料として使用	③ 触媒又は添加剤として使用	④ 用 4 溶剤、希釈又は溶媒として使用	⑤ 洗浄を目的とした使用	⑥ た 6 表面処理又は防錆を目的とした使用	⑦ ンキとして使用、塗料又は印刷イ	⑧ した 8 除草、殺菌、剥離等を目的とした使用	⑨ 9 試験分析用の試薬として使用	⑩ 接着を目的とした使用	⑪ ⑪ 建材の原料として使用			⑫ ⑫ その他	① 500 kg未満	② 500 kg以上1t未満	③ 1t以上10t未満	④ 10t以上100t未満	⑤ 100t以上1000t未満	⑥ 1000t以上	① 1kg未満又は1g未満	② 1kg以上1t未満又は1g以上1kg未満	③ 1t以上又は1kg以上	① ペレット状の固体	② 結晶又は粒状の固体	③ 微細・軽量パウダー状の固体	④ 液体(緑粉、液状混合物を含む)	⑤ 気体	① 0℃未満	② 0℃以上25℃未満	③ 25℃以上50℃未満	④ 50℃以上100℃未満	⑤ 100℃以上150℃未満	⑥ 150℃以上	① 15分未満	② 15分以上30分未満	③ 30分以上1時間未満	④ 1時間以上3時間未満	⑤ 3時間以上5時間未満	⑥ 5時間以上	① 5人未満	② 5人以上10人未満	③ 10人以上20人未満	④ 20人以上	① 密閉化設備	② 局所排気装置	③ フットシュovel	④ 全体換気装置	⑤ その他			
30 印刷の作業	30		2									2	2			1	1			2			2			2																										
31 掻き落とし、剥離又は回収の作業	31	5	18	7		2						1	26	33	2	7	12	5	2	5	4	24	5	4	7	16	6		15	6	6	2	4	9	4	5	3	1	11	23	4	4	2	1	17		4	14				
32 乾燥の作業	32	2	6									7	8			1	4	2	1	7	1	1	3	4				3	2		2	1	3	1	3		5	2		1	2	4		2	2							
33 計量、配合、注入、投入又は小分けの作業	33	12	133	52		17	13					1	5	149	233	32	37	87	39	23	15	27	181	25	34	63	120	16	1	203	23	3		1	57	50	32	58	21	15	139	48	27	19	16	156	5	44	46			
34 サンプリング、分析、試験又は研究の業務	34	5	17	2		1						4	24	31	16	1	5	5	1	3	19	11	1	3	5	13	10		22	2	1		6	12	6	6	4	1	2	21	9		1	2	14		8	8				
35 充填又は袋詰め作業	35	10	19	8		1						6	34	44	4	4	10	8	13	5	3	31	10	9	12	21	2		32	10	1		6	4	1	13	8	12	25	5	9	5	6	29		12	11					
36 消毒、滅菌又は燻蒸の作業	36																																																			
37 成型、加工又は発泡の作業	37	5	51	1		2						1	9	51	69	9	11	20	15	11	3	16	48	5	10	31	24	2	2	44	22		3	4	1	2	16	6	40	20	14	15	20	9	43		24	8				
38 清掃又は廃棄物処理の作業	38	3	25	2								3	18	33	11	7	5	1	4	5	9	23	1		13	18	2		29	2		1	7	2	4	9	4	7	21	7		5	4	17		13	6					
39 接着の作業	39											4		4	4	1	3				3	1	1	3					2	2				2				2	2			2		2		2						
40 染色の作業	40																																																			
41 洗浄、払しょく、浸漬又は脱脂の作業	41	3										3	3			1	1	1			1	2	2				1		2	1				1		2			2		1		2	1								
42 吹付け塗装以外の塗装又は塗布の作業	42		2			2	2					1	6	7	3	1	1	2	2		2	5			1	6			4	2	1		2		1	2	2		3	2		2	1	2		5						
43 鑄造、溶融又は湯出しの作業	43	5	78	3								11	73	97	10	5	24	33	13	12	5	75	17	42	15	8	29	3	24	10	3		60	12	10	9	15	20	31	28	29	30	10	4	74		36	3				
44 破碎、粉砕又はふるい分けの作業	44	3	24	3								2	23	32	3	4	4	11	8	2	3	28	1	3	5	23	1	21	8	1		3	3	4	10	6	6	17	7	3	5	6	24		7	6						
45 はんだ付けの作業	45					2						2	2									2																					2		2							
46 吹付けの作業	46		1									2	3	3							2	1					1		2	1				1						3			1	3								
47 保守、点検、分解、組立又は修理の作業	47	4										5	3	8	12	6	1	3		1	1	9	3		5	2	5		5	2		5	2	1	3	2	2	2	6	3	1	2	2	8		2	1					
48 めっき等の表面処理の作業	48	1	10		1	97	1					2	72	112	21	25	40	19	7		33	70	9	40	36	9	27		1	52	28	28		3	39	3	27	23	6	14	52	13	26	21	21	82		40	1			
49 ろ過、混合、攪拌、混練又は加熱の作業	49	3	32	4			3					1	38	45	2	5	16	14	8		3	39	3	2	13	25	5	1	31	9	1	3		7	2	10	10	12	4	30	9	2	4	5	30		11	7				
50 その他	50	4	60	2		1						1	8	58	55	134	50	21	35	15	3	10	72	50	12	22	64	39	7	2	1	58	21	31	1	22	11	1	21	27	13	61	64	28	15	27	11	62	1	58	28	
合計 (%表示は全作業における割合)		65	478	84		1	125	21		2	11	10	107	407	904	19%	14%	30%	19%	11%	7%	18%	71%	10%	20%	27%	37%	14%	1%	0%	66%	17%	6%	0%	11%	21%	12%	14%	23%	12%	19%	51%	20%	16%	13%	9%	56%	1%	23%	11%		

※ 1事業場で複数の作業を行っている場合は重複してカウントしているので、実際の事業場数より多くなっている。ただし、合計欄は実事業場数。

別添4：標準測定分析法

617 物質名：ニッケル（金属及び合金）

原子組成：Ni		分子量：58.69	CASNo: 7440-02-0
許容濃度等： 日本産業衛生学会 水溶性： 0.01 mg/m ³ 不溶性： 0.1 mg/m ³ ACGIH 金属： 1 mg/m ³ 可溶性化合物：0.1 mg/m ³ 不溶性化合物：0.2 mg/m ³ 亜硫化ニッケル：0.1 mg/m ³ 有害大気汚染物質指針(環境省) ニッケル化合物：0.025 µgNi/m ³ 作業環境測定 管理濃度： 0.1 mg/m ³	比重：8.85～8.9 沸点：2,730～3,075℃ 融点：1,453～1,455℃ 水への溶解度：g/L (18～20℃) 可溶性ニッケル化合物 塩化ニッケル： 642 硝酸ニッケル： 485 硫酸ニッケル： 275 不溶性ニッケル化合物 炭酸ニッケル： 0.093 水酸化ニッケル： 0.013 硫化ニッケル： 0.004		
別名			
サンプリング		分析	
捕集ろ紙： 石英繊維ろ紙(東京ダイレック 2500 QAT-UP、φ55mm) 捕集速度：17.3 L/min(面速 19cm/s)	【1法】 混酸(6M 硝酸:4M 塩酸=1:1)20 mL 加え 90℃以上の温水中 2 時間加熱(時々攪拌)し、5%硝酸で 50 mL にメスアップ後、ICP-AES 測定 【2法】 塩酸 3 mL・硝酸 1 mL(=王水)で分解後、硝酸 6 mL 加え、140℃加温し乾固直前まで分解。 ※塩酸 3 mL、フッ化水素酸 1 mL を加え加温、加温しながら過酸化水素を滴下し加温分解。 ※からの操作を 4 回繰り返した後、5%硝酸で 50 mL にメスアップし、ICP-AES 測定		
精度			
検出下限(3σ) 1.3 µg/L 定量下限(10σ) 4.2 µg/L 定量下限 (気中濃度) 173L 採気時：0.0012 mg/m ³	分析条件 機器：ICP-AES Agilent 720 推奨測定波長：221.648 nm 内部標準：Yb (328.937) 定量法：内部標準補正法 RF パワー：1.20 kW プラズマフロー：Ar (15.0 L/min) 検量線 5 mg/L 3 mg/L 1 mg/L 0.5 mg/L 0.1 mg/L 60 µg/L 40 µg/L 20 µg/L 10 µg/L 0 µg/L (以上、ニッケルとして) 内部標準物質 イッテルビウム 1 mg/L		
適用：作業環境測定 (個人ばく露測定は、平成 18 年度のニッケル化合物の検討結果報告書を参照)			
妨害：-			
<ul style="list-style-type: none"> ・NIOSH Manual of Analytical Methods 7300 ・NIOSH Manual of Analytical Methods 7301 ・NIOSH Manual of Analytical Methods 7303 ・作業環境測定ガイドブック 4 金属類 ・中央労働災害防止協会「ニッケル化合物分析法に関する検討結果報告書」 ・中央労働災害防止協会「作業環境中ニッケル化合物の測定方法について」 			

618

作成日：平成27年2月28日