

業務上疾病に関する医学的知見の収集に係る 調査研究 報告書

2015 年 3 月

MRI 株式会社三菱総合研究所

人間・生活研究本部

目次

I. 背景と目的.....	1
II. 方法.....	2
1 医学文献検討委員会の設置.....	6
2 医学文献の収集等.....	7
III. 結果.....	17
1 アンモニア.....	17
2 塩酸.....	21
3 過酸化水素.....	25
4 硝酸.....	29
5 水酸化カリウム.....	32
6 水酸化ナトリウム.....	35
7 水酸化リチウム.....	38
8 弗化水素酸.....	41
9 ペルオキシ二硫酸アンモニウム.....	46
10 ペルオキシ二硫酸カリウム.....	50
11 硫酸.....	54
12 亜鉛等の金属ヒューム.....	57
13 アルキル水銀化合物.....	61
14 アンチモン及びその化合物.....	66
15 インジウム及びその化合物.....	74
16 塩化亜鉛.....	80
17 塩化白金酸及びその化合物.....	84
18 カドミウム及びその化合物.....	89
19 クロム及びその化合物.....	96
20 コバルト及びその化合物.....	110
21 四アルキル鉛化合物.....	117
22 水銀及びその化合物.....	121
23 セレン及びその化合物.....	127
24 セレン化水素.....	133
25 タリウム及びその化合物.....	136
26 鉛及びその化合物.....	142
27 ニッケル及びその化合物.....	158
28 ニッケルカルボニル.....	167

29	バナジウム及びその化合物.....	171
30	砒化水素.....	177
31	砒素及びその化合物.....	181
32	ブチル錫.....	190
33	ベリリウム及びその化合物.....	195
34	マンガン及びその化合物.....	202
35	ロジウム及びその化合物.....	211
36	塩素.....	215
37	臭素.....	219
38	弗素及びその無機化合物.....	222
39	沃素.....	228

I. 背景と目的

平成 25 年度においては、労働基準法施行規則第 35 条専門検討会（以下「35 条専」という。）の開催を経て、労働基準法施行規則別表第 1 の 2 およびこれに基づく告示の改正が行われたところであるが、35 条専報告書（平成 25 年 7 月）では、「行政当局において、引き続き、新たな化学物質による疾病について幅広く情報収集に努めることを望むものである」とされたところである。

また、第 186 回通常国会で成立した改正労働安全衛生法においては、製造禁止や個別規制の対象となっていない化学物質であっても、使用量や使用方法により労働者の健康障害の原因となりうるとの立場から、化学物質管理の在り方の見直しが行われており、現在の知見からでは想定されない疾病に対する予防の必要性が高まっている。

本調査研究は、労働基準法施行規則別表第 1 の 2 に基づく告示（以下「告示」という。）に規定されている化学物質による疾病に係る情報を整理し、また、これらの化学物質による新たな疾病の発生等について情報収集を行うことを目的とする。

II. 方法

調査は、図 II-1 に示す流れで遂行した。7 月下旬に第 1 回検討会を開催して調査方針を確定した後、3 月中旬の第 4 回検討会までの間に、表 II-1 に示す 39 の化学物質についてレビューを作成した。なお、今回は「労働基準法施行規則別表第一の二第四号 1 の厚生労働大臣が指定する単体たる化学物質及び化合物(合金を含む。)」のうち、無機の酸及びアルカリ、金属（セレン及び砒素を含む。）及びその化合物、ハロゲン及びその無機化合物を対象とした。

レビュー作成に際しては、適宜、委員の個別指導を受けるとともに、医学文献検討委員会において評価・検討を受けながら進めた。

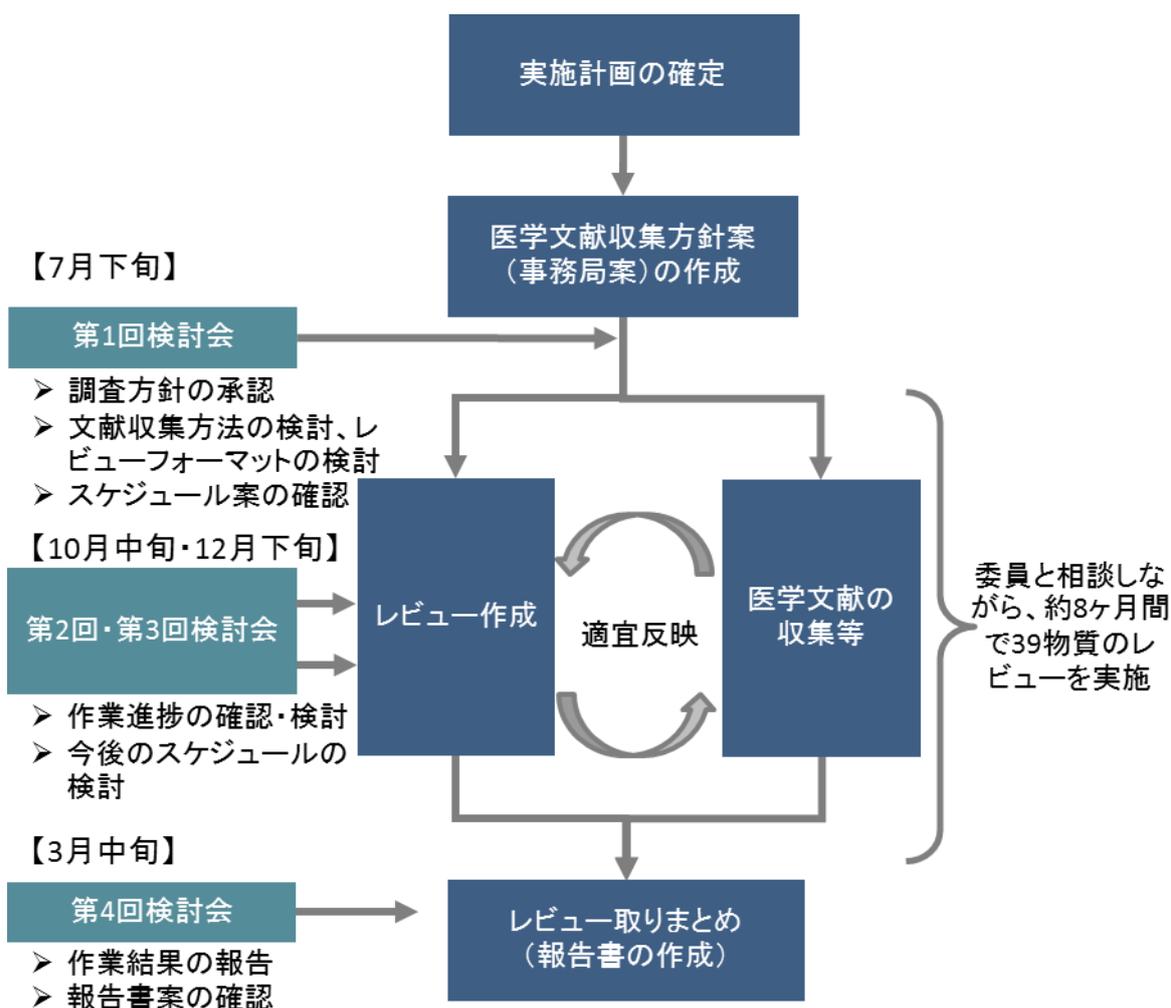


図 II-1 調査研究フロー

表 II-1 対象とする化学物質の分類

番号	化学物質名	国際機関の最新評価※	告示掲載年	告示に掲げられた症例又は障害
1	アンモニア	ATSDR (2004)	昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
2	塩酸(塩化水素を含む。)		昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害、気道・肺障害又は歯牙酸蝕
3	過酸化水素	EU (2003)	平成 25 年	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
4	硝酸		昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害、気道・肺障害又は歯牙酸蝕
5	水酸化カリウム		昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
6	水酸化ナトリウム	EU (2007)	昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
7	水酸化リチウム		昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
8	弗化水素酸(弗化水素を含む。以下同じ。)	ATSDR (2003) EU (2003)	昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
9	ペルオキシ二硫酸アンモニウム		平成 25 年	皮膚障害又は気道障害
10	ペルオキシ二硫酸カリウム		平成 25 年	皮膚障害又は気道障害
11	硫酸	ATSDR (1998)	昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害、気道・肺障害又は歯牙酸蝕
12	亜鉛等の金属ヒューム	EU (2009) 初期リスク評価書 (2008) US. EPA (2005)	昭和 53 年	金属熱
13	アルキル水銀化合物 (アルキル基がメチル基又はエチル基である物に限る。以下同じ。)		昭和 53 年	四肢末端若しくは口囲の知覚障害、視覚障害、運動失調、平衡障害、構語障害又は聴力障害
14	アンチモン及びその化合物	EU (2009) 初期リスク評価書 (2008) ATSDR (1992)	昭和 53 年	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害、前眼部障害、心筋障害又は胃腸障害
15	インジウム及びその化合物		平成 25 年	肺障害

番号	化学物質名	国際機関の最新評価※	告示掲載年	告示に掲げられた症例又は障害
16	塩化亜鉛	初期リスク評価書(2008) ATSDR(2005)	平成8年	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
17	塩化白金酸及びその化合物		平成8年	皮膚障害、前眼部障害又は気道障害
18	カドミウム及びその化合物	ATSDR(2012)	昭和53年	気道・肺障害、腎障害又は骨軟化
19	クロム及びその化合物	ATSDR(2012)	昭和53年	皮膚障害、気道・肺障害、鼻中隔穿孔又は嗅覚障害
20	コバルト及びその化合物	ATSDR(2004)	平成8年	皮膚障害又は気道・肺障害
21	四アルキル鉛化合物		昭和53年	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又はせん妄、幻覚等の精神障害
22	水銀及びその化合物(アルキル水銀化合物を除く。)	ATSDR(1999)	昭和53年	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、振せん、歩行障害等の神経障害、焦燥感、記憶減退、不眠等の精神障害、口腔粘膜障害又は腎障害
23	セレン及びその化合物(セレン化水素を除く。)	初期リスク評価書(2008) ATSDR(2003)	昭和53年	皮膚障害(爪床炎を含む。)、前眼部障害、気道・肺障害又は肝障害
24	セレン化水素	初期リスク評価書(2008) ATSDR(2003)	昭和53年	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、前眼部障害又は気道・肺障害
25	タリウム及びその化合物	US. EPA(2009) ATSDR(1992)	平成25年	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害又は末梢神経障害
26	鉛及びその化合物(四アルキル鉛化合物を除く。)	ATSDR(2007)	昭和53年	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、造血器障害、末梢神経障害又は疝痛、便秘等の胃腸障害
27	ニッケル及びその化合物(ニッケルカルボニルを除く。)	EU(2009) 初期リスク評価書(2008) ATSDR(2005)	平成25年	皮膚障害
28	ニッケルカルボニル		昭和53年	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又は気道・肺障害

番号	化学物質名	国際機関の最新評価※	告示掲載年	告示に掲げられた症例又は障害
29	バナジウム及びその化合物	ATSDR(2012)	昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
30	砒化水素	初期リスク評価書(2008) US. EPA (2003)	昭和 53 年	血色素尿、黄疸又は浴血性貧血
31	砒素及びその化合物(砒化水素を除く。)	初期リスク評価書(2008) ATSDR(2007)	昭和 53 年	皮膚障害、気道障害、鼻中隔穿孔、末梢神経障害又は肝障害
32	ブチル錫	ATSDR(2005)	昭和 53 年	皮膚障害又は肝障害
33	ベリリウム及びその化合物	ATSDR(2002) US. EPA (1998)	昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
34	マンガン及びその化合物	ATSDR(2012) 初期リスク評価書(2008)	昭和 53 年	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又は言語障害、歩行障害、振せん等の神経障害
35	ロジウム及びその化合物		平成 25 年	皮膚障害又は気道障害
36	塩素	ATSDR(2012) EU2009	昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害、気道・肺障害又は歯牙酸蝕
37	臭素		昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
38	弗素及びその無機化合物(弗化水素酸を除く。)	ATSDR(2003)	昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害、気道・肺障害又は骨硬化
39	沃素	CICADs (2009)	昭和 53 年	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害

※国際機関の最新の評価書種類

- ATSDR : TOXICOLOGICAL PROFILE (米国毒物・疾病登録局 (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry が作成)
- U.S EPA : TOXICOLOGICAL REVIEW (U.S. Environmental Protection Agency が作成)
- EU : European Union Risk Assessment Report (EU が作成)
- CICADs : Concise International Chemical Assessment Document (WHO が作成)
- 初期リスク評価書 : 化学物質の初期リスク評価書 (独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構が独立行政法人製品評価技術基盤機構、財団法人化学物質評価研究機構に委託して作成)

1 医学文献検討委員会の設置

本調査は、労働者の収集対象疾病にかかる診断・治療及び労災補償上の取り扱いについての専門的知見を得るため、当該分野の専門性等を踏まえ、以下の有識者に委員委嘱を行い、実施した。

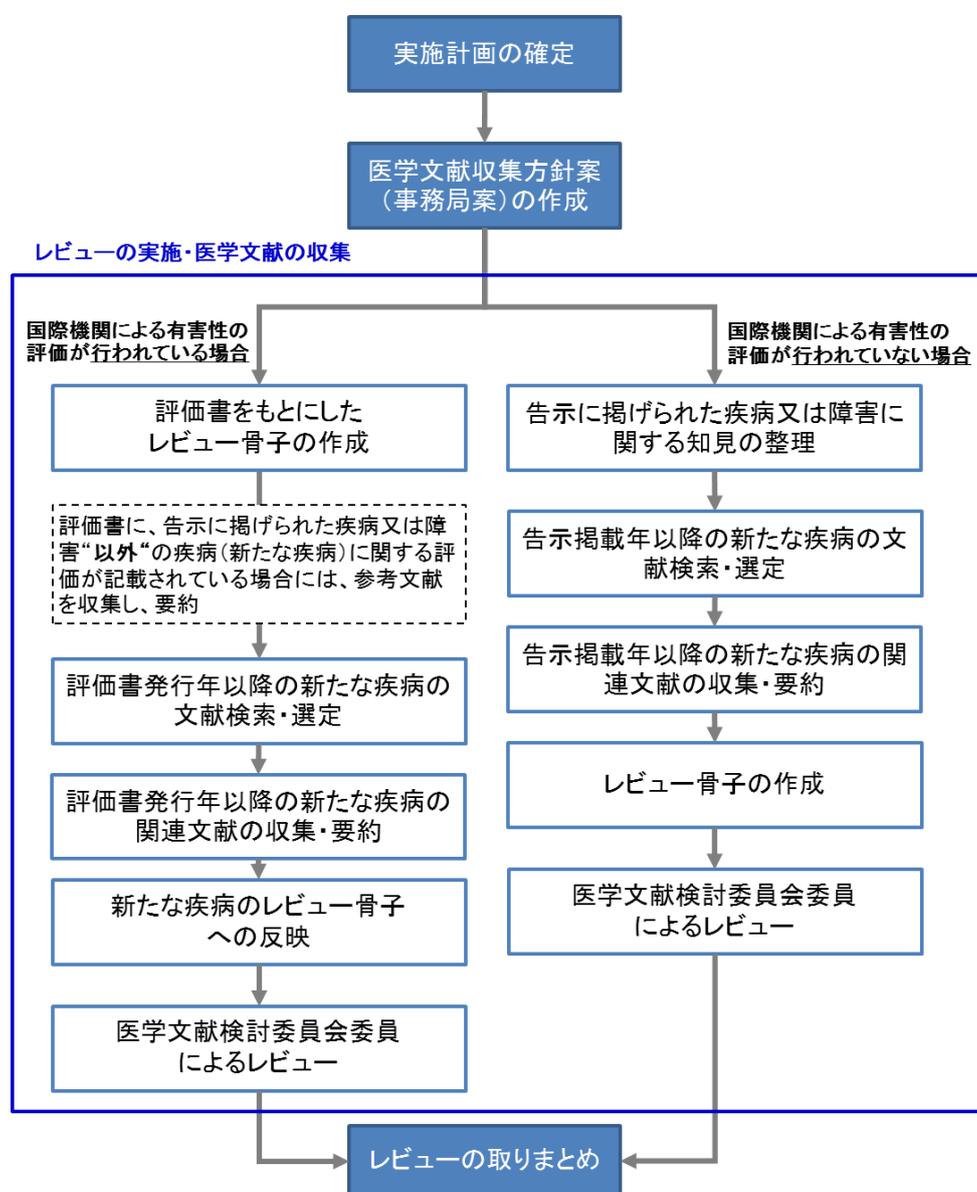
医学文献検討委員会の構成

氏名	所属	役職	専門	検討委員会での役割
清水 英佑	中央労働災害防止協会 労働衛生調査分析センター	所長	公衆衛生学、産業 医学、環境毒性	検討委員会座長 全体のとりまとめ
立道 昌幸	東海大学医学部医学科 基盤診療学系公衆衛生学	教授	病態医化学、衛生 学、公衆衛生学	文献検索、レビュー についての推敲・作 成アドバイス
角田 正史	北里大学医学部 衛生学	准 教 授	衛生学・公衆衛生 学、毒物学、産業 医学	
宮川 宗之	帝京大学医療技術学部 スポーツ医療学科	教授	衛生学（労働衛 生・産業中毒・神 経行動毒性・発達 神経毒性）	

2 医学文献の収集等

本調査研究の各対象物質を国際機関による有害性評価の有無によってグループ分けをして、それぞれのグループごとに、告示に規定されている「症状又は障害」以外の疾病に関する医学文献の収集を行った。

収集した医学文献の知見は、適宜レビューに反映されることから、調査研究全体の流れに沿って収集等を行った。この際、レビューと医学文献の収集は、「国際機関による有害性の評価が行われているか」によって作業手順が異なる。また「いつ告示に掲載されたのか」によって文献収集範囲が異なる。そこで個々の対象物質の位置づけに合わせて作業を行った。調査研究全体の流れにおける医学文献収集の手順を図 II-2 に、対象物質ごとの位置づけを整理したものを図 II-3 に示す。



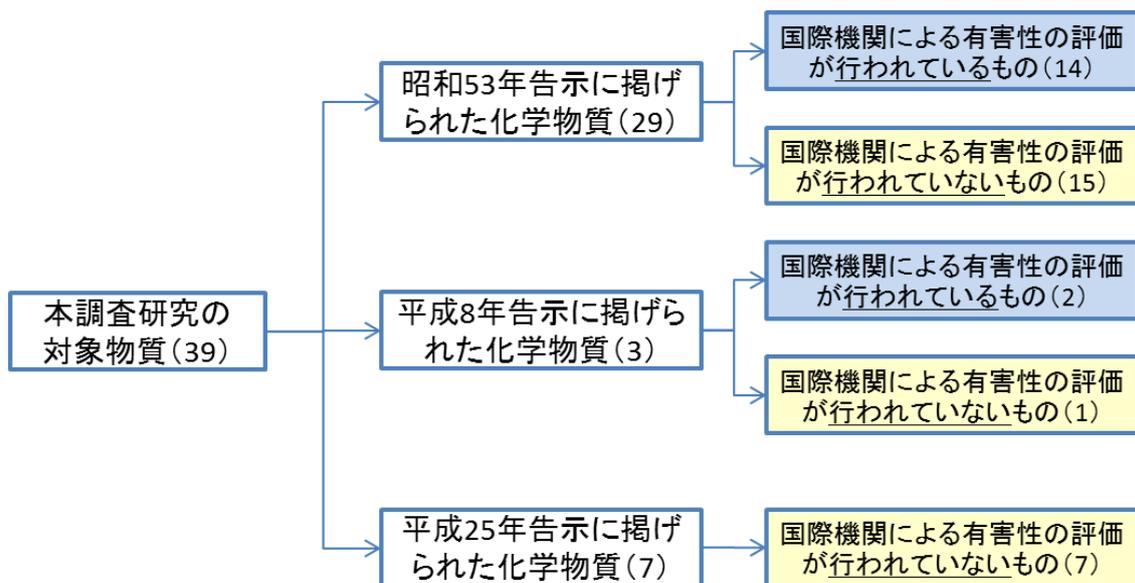


図 II-3 対象物質の位置づけの整理 (ATSDR ベース)

収集した文献は下記の書式で物質ごとに取りまとめた。

〇〇〇 (物質名) に関するレビュー

1. 物質の性状
 - (1) 物理化学的性質

当該物質の物理化学的性質の概説。金属化合物などの種類が多い物質については、代表的な物質のみを掲載した。
 - (2) 主な用途

当該物質の産業界における主な用途を記載した。
 - (3) ばく露されうる例

職業上のばく露の主な例を示すとともに、その際に見られる主要な症状や主要な疾病を記載した。
 - (4) メカニズム

当該物質にばく露された際の反応や代謝等のメカニズムを記載した。
2. 告示に掲げられた疾病又は障害

告示に掲げられた疾病や障害について記載した
3. 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

当該物質の短期ばく露、または、長期ばく露による症例報告のエビデンステーブルを掲載した。職業ばく露に基づくと思われる症例を中心に掲載することとしたが、必要に応じて、事故例や乳幼児例も掲載した。

また症状または障害の分類については ATSDR の区分を用いた。

(2) 疫学研究報告

当該物質の疫学研究報告のエビデンステーブルを掲載した。

4. 学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

各機関による当該物質の評価を掲載した。

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

日本産業衛生学会による許容濃度、生殖毒性分類、生物学的許容値等を掲載した。

当該物質の GHS 分類結果 (健康に対する有害性) を掲載した。

なお、GHS とは「化学品の分類および表示に関する世界調和システム」(The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals : GHS) のことで、化学品の危険有害性を一定の基準に従って分類し、絵表示等を用いて分かりやすく表示し、その結果をラベルや SDS (Safety Data Sheet: 化学物質等安全データシート) に反映させ、災害防止及び人の健康や環境の保護に役立てようとするものである。

GHS の日本語版への翻訳は関連省庁が共同で作業を行い、厚生労働省、経済産業省、環境省などの WEB サイト等で閲覧あるいはダウンロードできるようになっている。

学会等の勧告値について、発がん性は IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH の分類結果を掲載した。政府向け GHS 分類ガイダンスにおける、健康有害性分類ガイダンスでの発がん性分類の対応表を以下に示す¹。

表 GHS分類と他の機関における分類の対応表 (発がん性について)

GHS	IARC	産衛 学会	ACG IH	EPA 1986	EPA 1996	EPA 2005	NTP	EU	
1A	1	1	A1	A	K/L	CaH	K	1	
1B	2A	2A	A2	B1、B2		L		R	2
2	2B	2B	A3	C		S			3
分類でき ない	3		A4	D	CBD	I			
区分外	4		A5	E	NL	NL			

¹経済産業省、厚生労働省、環境省、消費者庁、消防庁、外務省、農林水産省、国土交通省「政府向け GHS 分類ガイダンス (平成 25 年度改訂版)」の P.150 より抜粋

注：EPA の分類の表記は年によって変わっているので注意が必要。

1986 年ガイドラインの略号

A : Human carcinogen

B1 : Probably human carcinogen (Limited human evidence of carcinogenicity in humans)

B2 : Probably human carcinogen (sufficient animal evidence, but inadequate human evidence for carcinogenicity)

C : Possible human carcinogen (human data are inadequate and animal data demonstrate limited evidence of carcinogenicity)

D : Not classifiable as to human carcinogenicity

E : Evidence of Non-carcinogenicity for human

1996 年ガイドライン案の略号は以下のとおり。

K : Known human carcinogens

L : Likely to produce cancer in humans

CBD : Cannot be determined

NL : Not likely to be carcinogenic in humans

2005 年ガイドラインの略号は以下のとおり。

CaH : Carcinogenic to humans

L : Likely to be carcinogenic to humans

S : Suggestive evidence of carcinogenic potential

I : Inadequate information to assess carcinogenic potential

NL : Not likely to be carcinogenic to humans

日本産業衛生学会の分類の略号は以下のとおり。

Group1: carcinogenic to humans

Group2A: probably carcinogenic to humans

Group2B: possibly carcinogenic to humans

ACGIHの分類の略号は以下のとおり。

A1: Confirmed human carcinogen

A2: Suspected human carcinogen

A3: Confirmed animal carcinogen with unknown relevance to humans

A4: Not classifiable as a human carcinogen

A5: Not suspected as a human carcinogen

米国毒性プログラム (NTP) の分類の略号は以下のとおり。

K: Known

R: Reasonably suspected

GHS 分類は、以下の危険有害性とその区分は以下のとおりである。今回の調査対象となった化学物質にて用いられやすいものには網掛けを施した。

表 II-2 危険有害性、区分、シンボル、注意喚起語、危険有害性情報早見表²

	危険有害性	危険有害性区分	シンボル	注意喚起語	危険有害性情報
1	火薬類	不安定爆発物	爆弾の爆発	危険	不安定爆発物
2	火薬類	等級 1.1	爆弾の爆発	危険	爆発物；大量爆発危険性
3	火薬類	等級 1.2	爆弾の爆発	危険	爆発物；激しい飛散危険性
4	火薬類	等級 1.3	爆弾の爆発	危険	爆発物；火災、爆風又は飛散危険性
5	火薬類	等級 1.4	爆弾の爆発	警告	火災又は飛散危険性
6	火薬類	等級 1.5	オレンジ色の地に 1.5 の数字	危険	火災時に大量爆発のおそれ
7	火薬類	等級 1.6	オレンジ色の地に 1.6 の数字		
8	可燃性・引火性ガス	1	炎	危険	極めて可燃性・引火性の高いガス
9	可燃性・引火性ガス	2		警告	可燃性・引火性ガス
10	可燃性・引火性エアゾール	1	炎	危険	極めて可燃性・引火性の高いエアゾール
11	可燃性・引火性エアゾール	2	炎	警告	可燃性・引火性エアゾール
12	支燃性・酸化性ガス	1	円上の炎	危険	発火又は火災助長のおそれ；酸化性物質
13	高圧ガス	圧縮ガス	ガスボンベ	警告	加圧ガス；熱すると爆発のおそれ
14	高圧ガス	液化ガス	ガスボンベ	警告	加圧ガス；熱すると爆発のおそれ
15	高圧ガス	深冷液化ガス	ガスボンベ	警告	深冷液化ガス；凍傷又は傷害のおそれ
16	高圧ガス	溶解ガス	ガスボンベ	警告	加圧ガス；熱すると爆発のおそれ
17	引火性液体	1	炎	危険	極めて引火性の高い液体及び蒸気
18	引火性液体	2	炎	危険	引火性の高い液体及び蒸気
19	引火性液体	3	炎	警告	引火性液体及び蒸気
20	引火性液体	4		警告	可燃性液体
21	可燃性固体	1	炎	危険	可燃性固体
22	可燃性固体	2	炎	警告	可燃性固体

² 厚生労働省職場の安全サイト、http://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/kag/ghs_class.html

	危険有害性	危険有害性区分	シンボル	注意喚起語	危険有害性情報
23	自己反応性化学 品	タイプ A	爆弾の爆発	危険	熱すると爆発のおそれ
24	自己反応性化学 品	タイプ B	爆弾の爆発 & 炎	危険	熱すると火災や爆発のおそれ
25	自己反応性化学 品	タイプ C	炎	危険	熱すると火災のおそれ
26	自己反応性化学 品	タイプ D	炎	危険	熱すると火災のおそれ
27	自己反応性化学 品	タイプ E	炎	警告	熱すると火災のおそれ
28	自己反応性化学 品	タイプ F	炎	警告	熱すると火災のおそれ
29	自己反応性化学 品	タイプ G			
30	自然発火性液体	1	炎	危険	空気に触れると自然発火
31	自然発火性固体	1	炎	危険	空気に触れると自然発火
32	自己発熱性化学 品	1	炎	危険	自己発熱、火災の可能性
33	自己発熱性化学 品	2	炎	警告	大量の場合；自己発熱、火災の可能性
34	水反応可燃性化学 品	1	炎	危険	水に触れると自然発火するおそれのある可燃性・引火性ガスを発生
35	水反応可燃性化学 品	2	炎	危険	水に触れると可燃性・引火性ガスを発生
36	水反応可燃性化学 品	3	炎	警告	水に触れると可燃性・引火性ガスを発生
37	酸化性液体	1	円上の炎	危険	火災又は爆発のおそれ；強酸化性物質
38	酸化性液体	2	円上の炎	危険	火災助長のおそれ；酸化性物質
39	酸化性液体	3	円上の炎	警告	火災助長のおそれ；酸化性物質
40	酸化性固体	1	円上の炎	危険	火災又は爆発のおそれ；強酸化性物質
41	酸化性固体	2	円上の炎	危険	火災助長のおそれ；酸化性物質
42	酸化性固体	3	円上の炎	警告	火災助長のおそれ；酸化性物質
43	有機過酸化物	タイプ A	爆弾の爆発	危険	熱すると爆発のおそれ
44	有機過酸化物	タイプ B	爆弾の爆発 & 炎	危険	熱すると火災や爆発のおそれ
45	有機過酸化物	タイプ C	炎	危険	熱すると火災のおそれ
46	有機過酸化物	タイプ D	炎	危険	熱すると火災のおそれ
47	有機過酸化物	タイプ E	炎	警告	熱すると火災のおそれ

	危険有害性	危険有害性区分	シンボル	注意喚起語	危険有害性情報
48	有機過酸化物	タイプ F	炎	警告	熱すると火災のおそれ
49	有機過酸化物	タイプ G			
50	金属腐食性物質	1	腐食性	警告	金属腐食のおそれ
51	急性毒性（経口）	1	どくろ	危険	飲み込むと生命に危険（経口）
52	急性毒性（経口）	2	どくろ	危険	飲み込むと生命に危険（経口）
53	急性毒性（経口）	3	どくろ	危険	飲み込むと有毒（経口）
54	急性毒性（経口）	4	感嘆符	警告	飲み込むと有害（経口）
55	急性毒性（経口）	5		警告	飲み込むと有害のおそれ（経口）
56	急性毒性（経皮）	1	どくろ	危険	皮膚に接触すると生命に危険（経皮）
57	急性毒性（経皮）	2	どくろ	危険	皮膚に接触すると生命に危険（経皮）
58	急性毒性（経皮）	3	どくろ	危険	皮膚に接触すると有毒（経皮）
59	急性毒性（経皮）	4	感嘆符	警告	皮膚に接触すると有害（経皮）
60	急性毒性（経皮）	5		警告	皮膚に接触すると有害のおそれ（経皮）
61	急性毒性（吸入：気体）	1	どくろ	危険	吸入すると生命に危険（気体）
62	急性毒性（吸入：気体）	2	どくろ	危険	吸入すると生命に危険（気体）
63	急性毒性（吸入：気体）	3	どくろ	危険	吸入すると有毒（気体）
64	急性毒性（吸入：気体）	4	感嘆符	警告	吸入すると有害（気体）
65	急性毒性（吸入：気体）	5		警告	吸入すると有害のおそれ（気体）
66	急性毒性（吸入：蒸気）	1	どくろ	危険	吸入すると生命に危険（蒸気）
67	急性毒性（吸入：蒸気）	2	どくろ	危険	吸入すると生命に危険（蒸気）
68	急性毒性（吸入：蒸気）	3	どくろ	危険	吸入すると有毒（蒸気）
69	急性毒性（吸入：蒸気）	4	感嘆符	警告	吸入すると有害（蒸気）
70	急性毒性（吸入：蒸気）	5		警告	吸入すると有害のおそれ（蒸気）
71	急性毒性（吸入：粉じん）	1	どくろ	危険	吸入すると生命に危険（粉じん）
72	急性毒性（吸入：粉じん）	2	どくろ	危険	吸入すると生命に危険（粉じん）

	危険有害性	危険有害性区分	シンボル	注意喚起語	危険有害性情報
73	急性毒性（吸入：粉じん）	3	どくろ	危険	吸入すると有毒（粉じん）
74	急性毒性（吸入：粉じん）	4	感嘆符	警告	吸入すると有害（粉じん）
75	急性毒性（吸入：粉じん）	5		警告	吸入すると有害のおそれ（粉じん）
76	急性毒性（吸入：ミスト）	1	どくろ	危険	吸入すると生命に危険（ミスト）
77	急性毒性（吸入：ミスト）	2	どくろ	危険	吸入すると生命に危険（ミスト）
78	急性毒性（吸入：ミスト）	3	どくろ	危険	吸入すると有毒（ミスト）
79	急性毒性（吸入：ミスト）	4	感嘆符	警告	吸入すると有害（ミスト）
80	急性毒性（吸入：ミスト）	5		警告	吸入すると有害のおそれ（ミスト）
81	皮膚腐食性・刺激性	1A	腐食性	危険	重篤な皮膚の薬傷・眼の損傷
82	皮膚腐食性・刺激性	1B	腐食性	危険	重篤な皮膚の薬傷・眼の損傷
83	皮膚腐食性・刺激性	1C	腐食性	危険	重篤な皮膚の薬傷・眼の損傷
84	皮膚腐食性・刺激性	2	感嘆符	警告	皮膚刺激
85	皮膚腐食性・刺激性	3		警告	軽度の皮膚刺激
86	眼に対する重篤な損傷・眼刺激性	1	腐食性	危険	重篤な眼の損傷
87	眼に対する重篤な損傷・眼刺激性	2A	感嘆符	警告	強い眼刺激
88	眼に対する重篤な損傷・眼刺激性	2B		警告	眼刺激
89	呼吸器感作性	1	健康有害性	危険	吸入するとアレルギー、喘息又は呼吸困難を起こすおそれ
90	皮膚感作性	1	感嘆符	警告	アレルギー性皮膚反応を起こすおそれ
91	生殖細胞変異原性	1A	健康有害性	危険	遺伝性疾患のおそれ
92	生殖細胞変異原性	1B	健康有害性	危険	遺伝性疾患のおそれ
93	生殖細胞変異原性	2	健康有害性	警告	遺伝性疾患のおそれの疑い
94	発がん性	1A	健康有害性	危険	発がんのおそれ
95	発がん性	1B	健康有害性	危険	発がんのおそれ

	危険有害性	危険有害性区分	シンボル	注意喚起語	危険有害性情報
96	発がん性	2	健康有害性	警告	発がんのおそれの疑い
97	生殖毒性	1A	健康有害性	危険	生殖能又は胎児への悪影響のおそれ
98	生殖毒性	1B	健康有害性	危険	生殖能又は胎児への悪影響のおそれ
99	生殖毒性	2	健康有害性	警告	生殖能又は胎児への悪影響のおそれの疑い
100	生殖毒性	(授乳区分)			授乳中の子に害を及ぼすおそれ
101	特定標的臓器・全身毒性(単回ばく露)	1	健康有害性	危険	臓器の障害
102	特定標的臓器・全身毒性(単回ばく露)	2	健康有害性	警告	臓器の障害のおそれ
103	特定標的臓器・全身毒性(単回ばく露)	3(気道刺激性)	感嘆符	警告	呼吸器への刺激のおそれ
104	特定標的臓器・全身毒性(単回ばく露)	3(麻酔作用)	感嘆符	警告	眠気又はめまいのおそれ
105	特定標的臓器・全身毒性(反復ばく露)	1	健康有害性	危険	長期又は反復ばく露による臓器の障害
106	特定標的臓器・全身毒性(反復ばく露)	2	健康有害性	警告	長期又は反復ばく露による臓器の障害のおそれ
107	吸引性呼吸器有害性	1	健康有害性	危険	飲み込み、気道に侵入すると生命に危険のおそれ
108	吸引性呼吸器有害性	2	健康有害性	警告	飲み込み、気道に侵入すると有害のおそれ
109	水生環境急性有害性	1	環境	警告	水生生物に非常に強い毒性
110	水生環境急性有害性	2			水生生物に毒性
111	水生環境急性有害性	3			水生生物に有害
112	水生環境慢性有害性	1	環境	警告	長期的影響により水生生物に非常に強い毒性
113	水生環境慢性有害性	2	環境		長期的影響により水生生物に毒性
114	水生環境慢性有害性	3			長期的影響により水生生物に有害
115	水生環境慢性有害性	4			長期的影響により水生生物に有害のおそれ

物質の許容濃度については、それぞれ NIOSH、OSHA、日本産業衛生学会の値を掲載した。

表 II-3 レビューで参照した許容濃度

機関名	許容濃度の説明
米国産業衛生専門家会議 ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)	Threshold Limited Values (TLV) 毎日繰り返しある物質にばく露したときほとんどの労働者に悪影響がみられないと思われる大気中の濃度 Time-Weighted Average (TWA) 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない時間加重平均濃度 Ceiling Value この値を超えてはならないという上限値 Short Term Exposure Limit (STEL) 15分間内における平均値が越えてはならない値
米国 NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health)	Recommended Exposure Limits (REL) 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値
米国 OSHA (Occupational Safety and Health Administration)	Permissible Exposure Limits (PEL) 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値
日本産業衛生学会	Occupational Exposure Limits (OEL) 労働者が1日8時間、週間40時間程度、肉体的に激しくない労働強度で有害物質にばく露される場合に、当該有害物質の平均ばく露濃度がこの数値以下であれば、ほとんどすべての労働者に健康上の悪い影響が見られないと判断される濃度

日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告(2014)で定める生殖毒性物質は、第1群、第2群、第3群に分類されている。各分類の定義は以下のとおりである。

- 第1群：ヒトに対して生殖毒性を示すことが知られている物質
- 第2群：ヒトに対しておそらく生殖毒性を示すと判断される物質
- 第3群：ヒトに対する生殖毒性の疑いがある物質

III. 結果

1 アンモニア

1.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

アンモニアは常温常圧では無色の気体であり、特有の強い刺激臭を持つ。水によく溶けるため水溶液として使用されることも多い物質である。

アンモニアの物理化学的性質を表 III-1 に示す。

表 III-1 アンモニアの物理化学的性質

分子量：17.03	比重：0.59 (1/25℃)	融点：-77.7℃	沸点：-33.4℃
CAS No.:7664-41-7	溶解性 (対水溶解度)： 5.2 g/L (20 ℃)		

(2) 主な用途

アンモニアは主に半導体工業用、肥料・化学繊維・無機薬品・医薬品等の製造原料、冷凍冷媒等、工業用に広く使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局 (以下 ATSDR とする) は、アンモニアに対する職業性ばく露の可能性がある産業として、アンモニアの合成、製剤、加工、輸送、使用に関わる産業を挙げており、具体的には、アンモニアを含む肥料を使用している農業従事者、アンモニアを含むクリーニング製品を大量に扱う業務、家畜舎内等の大量の動物が密集した環境での業務等の職業性ばく露の可能性を指摘している。

アンモニアにばく露した際、一般的には空気中濃度の上昇に伴って不快な臭気や刺激を感じ、高濃度のばく露では、結膜・角膜の障害、呼吸器の炎症等を生じることには注意が必要とされている。さらに、慢性呼吸困難に加え、収縮性肺機能障害、閉塞性肺疾患等の症状を呈したとする症例報告も見られる。

(4) メカニズム

アンモニアは水溶性が高く、眼や皮膚、粘膜中の水分に容易に溶解して水酸化アンモニウムとなる。産生された水酸化アンモニウムは、その塩基性によって細胞膜中の脂質をけん化して細胞を破壊することで、組織の壊死を引き起こす。さらに、細胞中から水分を奪うことによって炎症反応を引き起こし、周囲の組織に対しても障害を与えられていると考えられている。

1.2 告示に掲げられた疾病又は障害

アンモニアへの職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に

基づく告示（以下、「告示」という。）（昭和 53 年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

1.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、短期ばく露による症例報告として、四肢痙攣などの神経系への影響、嘔吐、流涎、嚥下障害などの消化器系への影響が報告されていた。なお、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

表 III-2 アンモニアのばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	神経系の疾病等	四肢痙攣	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 約 5 分 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 高濃度の無水アンモニアガス ▪ ばく露濃度に関する情報は記載なし 	アンモニアガスを冷媒として使用する冷蔵室内での作業	White, 1971
2	神経系の疾病等	脳障害、筋力低下、眼のかすみ、深部腱反射消失	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 45 分以上 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 液体アンモニア蒸気 ▪ 2,000 ~ 2,500 ppm (推定値) 	石油化学産業の工場における液化アンモニアの漏出	4 文献 (George, 2000; Hatton, 1979; Latenser & Lucktong, 2000; White, 1971) ※ばく露条件には George, 2000 の例を記載。
3	消化器系の疾病等	嘔吐、流涎、嚥下障害	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 経口ばく露 ▪ ばく露時間不明 (記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 水酸化アンモonium ▪ 15% (アンモニアカプセル中濃度) 	幼少児による家庭用救急箱内のアンモニアカプセルの誤飲	2 文献 (Lopez, 1988; Rosenbaum, 1998) ※ばく露条件には Rosenbaum, 1998 の例を記載。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、アンモニアへのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

1.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-3 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Hydrogen peroxide
	評価ランク	3: ヒトに対する発がん性について分類できない
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-4 アンモニアの基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ³	25 ppm	—
OSHA ⁴	PEL ⁵	TWA 50 ppm	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-5 日本産業衛生学会によるアンモニアの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁶		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
アンモニア [7664-41-7]	25	17	—	—	—	—	'79

³ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

⁴ Occupational Safety and Health Administration

⁵ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

⁶ Occupational Exposure Limits

表 III-6 アンモニアの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		アンモニア	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	区分4
		吸入：蒸気	—
		吸入：粉じん、ミスト	—
2	皮膚腐食性／刺激性	区分1	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分1 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分1（呼吸器系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分2（肺）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H22.2.19

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

2 塩酸

2.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

塩酸は塩化水素の水溶液である。無色透明で刺激臭を有し、強い酸性を示す。また、各種金属を腐食し、発生した水素ガスが空気と混合することで爆発を生じることがある。一方、塩化水素は常温常圧で無色から黄色の気体であり、腐食性と咽るような刺激臭を有する。

塩酸および塩化水素の物理化学的性質を表 III-7、表 III-8 に示す。

表 III-7 塩酸の物理化学的性質

分子量：36.46	比重：1.00 (20/20 °C)	融点：-62.3 °C (20.3% 塩酸)	沸点：108.6 °C (20.2% 塩酸)
CAS No.：7647-01-0	溶解性（対水溶解度）：自由に混和。		

表 III-8 塩化水素の物理化学的性質

分子量：36.46	比重：1.268	融点：-114.2 °C	沸点：-84.9 °C (760 mmHg)
CAS No.：7647-01-0	溶解性（対水溶解度）：82.3 g/100 mL (0 °C)		

(2) 主な用途

塩酸および塩化水素は、主に化学合成原料として医薬品や染料中間体、無機塩化物、可塑剤原料、塩化ビニル等の合成樹脂等の製造等に用いられるほか、強酸性を利用して、油井における酸処理、鉱石の還元、金属採取・洗浄、実験試薬、排水の中和、食品製造等に利用されている。

(3) ばく露され得る例

国際がん研究機関では、塩酸および塩化水素にばく露する可能性がある作業として、金属の洗浄または酸を添加する際の作業、オフセット印刷所、繊維工業、研究所における作業等を挙げている。また、米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査（National Occupational Exposure Survey）によれば、塩酸に対する職業性ばく露の可能性がある産業は医療機関、化学物質およびその周辺の製品製造等での業務等であった。なお、日本産業衛生学会の許容濃度の暫定値の提案理由では、溶融亜鉛メッキ工場、繊維製造プラント、電池製造プラント、製鋼工場等での職業性ばく露に加えて、塩化水素が発生している火災等における消防士のばく露の可能性も指摘されている。

塩酸および塩化水素にばく露した際の具体的な症状としては、眼、皮膚、気道に対する刺激性、腐食性が挙げられる。咳嗽、咽頭痛、胸痛等、皮膚に付着した場合には刺激と発赤、眼に入った場合には結膜炎等の症状が見られる。重症の場合には呼吸困難や窒息、肺水腫、皮膚の壊死、視野狭窄、失明等が起こる可能性もある。

(4) メカニズム

塩酸および塩化水素の毒性は電離によって生じる水素イオンを原因として引き起こされると考えられている。具体的には、水素イオンが組織表面のタンパク質と結合することで、組織タンパクが脱水され、組織を凝固壊死させる。また、水素イオンによって細胞内 pH が変化することで、細胞内の酵素活性を低下させ、細胞死を招くことが知られている。

2.2 告示に掲げられた疾病又は障害

塩酸（塩化水素を含む）への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害、前眼部障害、気道・肺障害又は歯牙酸蝕が掲げられている。

2.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害として、発熱が見られたことが報告されている。ただし、ばく露時の従事作業の内容からは、塩化水素の単独ばく露ではなく、金属ヒュームの吸入も伴うと考えられる。

表 III-9 塩酸のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	自覚症状関係	<ul style="list-style-type: none"> 40℃の熱 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 1日の作業終了後 	<ul style="list-style-type: none"> 塩化水素を含む塗料 溶接時、気中の塩化水素濃度100ppm以上 	<ul style="list-style-type: none"> 新たに塗料を塗布した塗装鋼の不活性ガスによる溶接（MIG溶接） 	Sjogren B, 1991
2	自覚症状関係	<ul style="list-style-type: none"> 発熱 呼吸困難 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 約2分 	<ul style="list-style-type: none"> 塩化水素を含む塗料 溶接時、気中の塩化水素濃度100ppm以上 	<ul style="list-style-type: none"> 塗料を塗布後にスプライス溶接 	Sjogren B, 1991

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、塩酸および塩化水素に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

2.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関（ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など）

ACGIH では、呼吸器への刺激性に基づいて、急性刺激および毒性の最小化を目的とした基準値を勧告している。

表 III-10 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Hydrochloric acid
	評価ランク	3
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	Hydrochloric acid
	評価ランク	A4

表 III-11 塩酸の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	Ceiling value 2 ppm (2003)	—
NIOSH	REL ⁷	Ceiling value 5 ppm	—
OSHA ⁸	PEL ⁹	Ceiling value 5 ppm	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

眼、鼻、呼吸器等への刺激性を対象として、1963年に塩化水素の許容濃度として5 ppmが提案された。その後、急性の影響を考慮し、2014年に許容濃度の見直しが提案されている。

表 III-12 日本産業衛生学会による塩酸の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁰		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
塩化水素 [7647-01-0]	最大 2	最大 3.0	—	—	—	—	'14

⁷ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

⁸ Occupational Safety and Health Administration

⁹ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹⁰ Occupational Exposure Limits

表 III-13 塩化水素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化水素	
1	急性毒性	経口	区分 3
		経皮	—
		吸入：ガス	区分 3
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 2
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：—	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（歯、呼吸器系）	
10	吸引性呼吸器有害性	—	

分類実施日：H22.2.19

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

3 過酸化水素

3.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

過酸化水素は無色の液体であり、20℃で気化する。過酸化水素は、強力な酸化剤・還元剤であり、可燃性物質や還元性物質と激しく反応する。

過酸化水素の物理化学的性質を表 III-14 に示す。

表 III-14 過酸化水素の物理化学的性質

分子量：	比重： 1.4 (90%)	融点： -11℃ (90%)	沸点： 141℃ (90%)
CAS No.: 7722-84-1	溶解性 (対水溶解度)： 混和する		

(2) 主な用途

過酸化水素は、漂白剤（紙、パルプ、天然繊維）、工業薬品（酸化剤および可塑剤、ゴム薬品、公害処理剤などの酸化剤）、医薬品（酸化剤、殺菌剤）、その他漂白剤などの用途に広く利用されている。

(3) ばく露され得る例

EU のリスク評価書では、過酸化水素に対する職業性ばく露の可能性のある産業として、過酸化水素やその他化学物質の製造業、輸送業、紙・パルプ・繊維製造業、食品加工業などが挙げられている。具体的には、様々な化学物質の製造（過ホウ酸ナトリウムや過炭酸ナトリウム、エポキシ化大豆油、ヒドロキノン、ヒドラジン、有機過酸化物、過酢酸、カプロラクトン、脂肪酸など）、パルプ・繊維の漂白、金属エッチング、化学機械の表面洗浄、金属半導体チップの洗浄などの作業で用いられているとしている。

過酸化水素にばく露した際、吸入した場合は、頭痛、咳、めまい、頭痛、吐き気、息切れ、皮膚に付着した場合は、白斑、発赤、皮膚熱傷、痛み、眼に入った場合は、発赤、痛み、かすみ眼、重度の熱傷、飲み込んだ場合は咽頭痛、腹痛、腹部膨満、吐き気、嘔吐などを発症することが報告されている。

(4) メカニズム

EU のリスク評価書では、過酸化水素は高い取り込み速度で吸収表面を通過し、近接する組織および血管に入り、そこで分解されて酸素気泡を遊離させるとしている。また、生体系では、過酸化水素は鉄触媒反応を経てヒドロキシルラジカルを生じ、過酸化水素の細胞毒性は、ヒドロキシルラジカルの生成に大きく依存していると考えられるとしている。

また、職業的ばく露に該当すると考えられる過酸化水素の吸入や皮膚接触に関しては、呼吸器や皮膚、眼などの局所での作用以外での毒性は認められないとしている。

3.2 告示に掲げられた疾病又は障害

過酸化水素への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（平成25年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

3.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

EUのリスク評価書では、過酸化水素の長期ばく露の症例が報告されており、頭痛や嗅覚系への影響、毛髪の脱色などが報告されていた。また、同リスク評価書公表年以降の症例報告としては、過酸化水素ガスの短期的ばく露により急性視神経炎を発症した症例報告があった。

表 III-15 過酸化水素のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	自覚症状関係	頭痛	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 3年間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 過酸化水素ガス ▪ 11.3 mg/m³ (機械が1.5時間に排出する過酸化水素ガス量) 	フルーツジュースのパッケージング機会を用いた作業、機械が過酸化水素ガスを排出	Riihimäki, 2002
2	神経系の疾病等	一時的な嗅覚障害	同上	同上	同上	Riihimäki, 2002
3	神経系の疾病等	視神経炎	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 15分間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 過酸化水素 ▪ 濃度不明 (記載なし) 	51歳の宝石職人が過酸化水素入りのボトルを破損	Domac FM, 2007
4	その他	毛髪の脱色	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 3年間、2日/週 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 過酸化水素ガス ▪ 機械周辺 : 41mg/m³ ▪ フロア : 12mg/m³ 	機械による牛乳のパッケージング作業	3文献 (Kaelin,1998 ; CEFIC, 1996b; Riihimäki, 2002) ※EUリスク評価書2003より引用 ※ばく露条件には Kaelin,1998の例を記載。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、過酸化水素へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

3.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関（ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など）

表 III-16 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Hydrogen peroxide
	評価ランク	3: ヒトに対する発がん性について分類できない
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	Hydrogen peroxide
	評価ランク	A3: 動物実験では発がん性が確認されているが、人との関連は不明な物質

表 III-17 過酸化水素の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ¹¹	TWA 1 ppm (1.4 mg/m ³)	—
OSHA ¹²	PEL ¹³	TWA 1 ppm (1.4 mg/m ³)	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-18 日本産業衛生学会による過酸化水素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
過酸化水素 [7722-84-1]	—	—	—	—	—	—	—

¹¹ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

¹² Occupational Safety and Health Administration

¹³ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹⁴ Occupational Exposure Limits

表 III-19 過酸化水素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		過酸化水素	
1	急性毒性	経口	区分 4
		経皮	区分 5
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分 3
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器・中枢神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（肺） 区分 2（血液）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.6.20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

4 硝酸

4.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

硝酸は常温常圧で無色から黄色の液体であり、強い酸性を示す。また、常温でも刺激性の蒸気を発生し、空気中の水蒸気によって白く発煙する等、水や金属等の物質と激しく反応し、爆発的に蒸気が発生するため、注意を要する。

硝酸の物理化学的性質を表 III-20 に示す。

表 III-20 硝酸の物理化学的性質

分子量：63.0	比重：1.4	融点：-41.5 °C	沸点：121 °C
CAS No.:7697-37-2	溶解性（対水溶解度）：90.0 g/L (25 °C)		

(2) 主な用途

硝酸は金属洗浄やエッチング、貴金属溶解用、セルロース工業、ニトロ化合物等の有機合成等に用いられ、特に主要な用途は硝酸系化成肥料の製造原料である。

(3) ばく露され得る例

米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査（National Occupational Exposure Survey）によれば、硝酸に対する職業性ばく露の可能性のある産業は、金属製品の製造・組立、医療機関、電気・電子機器産業等での業務等であった。なお、日本国内においては、化学薬品工場やパルプ工場における漏出事故、金属錆取り剤やステンレス防錆剤等による金属表面処理作業時にばく露した事例が報告されている。

硝酸にばく露した際の具体的な症状としては、眼、皮膚、気道に対する刺激性、腐食性が挙げられる。咳嗽、咽頭痛、鼻漏等、皮膚に付着した場合には刺激と発赤、眼に入った場合には結膜炎等の症状が見られる。重症の場合には呼吸困難や上気道閉塞による窒息、皮膚の壊死、視野狭窄、失明等が起こる可能性もある。

(4) メカニズム

硝酸の毒性は電離によって生じる水素イオンを原因として引き起こされると考えられている。具体的には、水素イオンが組織表面のタンパク質に含まれる水と結合することで、組織タンパクが脱水され、組織を凝固壊死させる。また、水素イオンによって細胞内 pH が変化することで、細胞内の酵素活性を低下させ、細胞死を招くことが知られている。

4.2 告示に掲げられた疾病又は障害

硝酸への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害、前眼部障害、気道・肺障害又は歯牙酸蝕が掲げられている。

4.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、硝酸への短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった¹⁵。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、硝酸へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

4.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では眼および上気道への刺激、歯牙酸蝕の防止を目的として基準値を勧告している。

表 III-21 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

¹⁵ 「Nitric Acid」というキーワードにて文献検索を行ったところ、文献ヒット数は177件であった（検索日2014/9/30）。ただし、環境中の硝酸塩に関する文献が主であり、アブストラクトに基づく選定から硝酸の職業性ばく露に関すると考えられる文献が6件抽出（3件はロシア語で収集不可）されたが、告示外の疾病又は障害に関する情報は得られなかった。

表 III-22 硝酸の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 2 ppm (5.2 mg/m ³) (1966) STEL 4 ppm (10 mg/m ³) (1976)	—
NIOSH	REL ¹⁶	TWA 2 ppm (5 mg/m ³) STEL 4 ppm (10 mg/m ³)	—
OSHA ¹⁷	PEL ¹⁸	TWA 2 ppm (5 mg/m ³)	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、硝酸の慢性ばく露を受ける作業者について注意されている症状として慢性気管支炎および歯牙酸蝕を挙げ、1963年に許容濃度 10 ppm を設定した後、1982年に 2 ppm への改訂を提案している。

表 III-23 日本産業衛生学会による硝酸の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
硝酸 [7697-37-2]	2	5.2	—	—	—	—	'82

表 III-24 硝酸の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			硝酸
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 2
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 1A
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 1
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（呼吸器系）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（歯、呼吸器系）
10	吸引力呼吸器有害性		区分 1

分類実施日：H18.6.20

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

¹⁶ Recommended Exposure Limits：1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

¹⁷ Occupational Safety and Health Administration

¹⁸ Permissible Exposure Limits：1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹⁹ Occupational Exposure Limits

5 水酸化カリウム

5.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

水酸化カリウムは、常温常圧で白色の固体（結晶）である。潮解性を有し、湿気や水と接触することで熱を発生する。また、水によく溶解し、水溶液は強塩基性を示す。

水酸化カリウムの物理化学的性質を表 III-25 に示す。

表 III-25 水酸化カリウムの物理化学的性質

分子量：56.1	比重：2.04	融点：380 °C	沸点：1327 °C (760 mmHg)
CAS No.：1310-58-3	溶解性（対水溶解度）：110 g / 100 mL (25 °C)		

(2) 主な用途

水酸化カリウムは液体石鹼の製造、木材の媒染剤、洗浄剤、電気メッキ、二酸化炭素の吸収剤等、化学合成や金属加工等において幅広く使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査（National Occupational Exposure Survey）によれば、水酸化カリウムに対する職業性ばく露の可能性のある産業は食品および周辺製品の製造、印刷・出版業、電子制御を伴わない機械操作等であった。また、日本産業衛生学会の許容濃度提案理由書では、作業工程上、固体を取り扱う際の粉じんの飛散と溶液の遠心分離、電解等に際してのミストの飛散による職業性ばく露の可能性が挙げられている。

水酸化カリウムにばく露した際の具体的な症状としては、眼、皮膚および気道に対する刺激性、腐食性、また経口摂取による口腔、咽喉、食道への腐食性が挙げられる。

(4) メカニズム

水酸化カリウムの毒性は電離によって生じる水酸化物イオンを原因として引き起こされる。具体的には、水酸化物イオンの脂質けん化作用による組織の融解性壊死、細胞内 pH の変化による組織傷害作用、水との混合によって発生する反応熱による熱損傷等が毒性メカニズムと考えられている。

5.2 告示に掲げられた疾病又は障害

水酸化カリウムへの職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

5.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、水酸化カリウムへの短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった²⁰。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、水酸化カリウムへのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

5.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関（ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など）

ACGIH では、粉じんやミストのばく露による眼、呼吸器への刺激および組織傷害性の観点から、水酸化ナトリウムの基準値に基づいて、水酸化カリウムの基準値を勧告している。

表 III-26 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-27 水酸化カリウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	Ceiling value 2 mg/m ³ (1974)	—
NIOSH	REL ²¹	Ceiling value 2 mg/m ³	—
OSHA ²²	PEL ²³	—	—

²⁰ 「Potassium hydroxide」というキーワードにて文献検索を行ったところ、文献ヒット数は26件であった(検索日2014/9/30)。さらに、アブストラクトに基づいて文献の選定を行ったところ、主な文献は農薬・化学肥料としての環境影響や生化学的試験に関するものであり、告示に掲げられていない疾病又は障害に関する文献は得られなかった。

²¹ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

²² Occupational Safety and Health Administration

²³ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、皮膚、粘膜に対する強塩基作用に着目し、粉じんまたはミストの吸入による上部気道の刺激と組織障害性から、ACGIHの基準値を参考に許容濃度を提案している。

表 III-28 日本産業衛生学会による水酸化カリウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
水酸化カリウム [1310-58-3]	—	2	—	—	—	—	'78

表 III-29 水酸化カリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			水酸化カリウム
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2		皮膚腐食性／刺激性	区分 1B
3		眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1
4		呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：—
5		生殖細胞変異原性	—
6		発がん性	×
7		生殖毒性	×
8		標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器系）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×
10		吸引性呼吸器有害性	区分 1

分類実施日：H18.5.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

²⁴ Occupational Exposure Limits

6 水酸化ナトリウム

6.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

水酸化ナトリウムは白色で、様々な形状をとる潮解性の固体である。水酸化ナトリウムは強アルカリ性物質であり、水中でナトリウムイオンと水酸化イオンに分離する。水酸化ナトリウムは、一般的に、50%の水溶液として生成され、水溶液は強い発熱性を持つ。水酸化ナトリウムの物理化学的性質を表 III-30 に示す。

表 III-30 水酸化ナトリウムの物理化学的性質

分子量：40.0	比重：2.1 g/cm ³ (20℃)	融点：318℃	沸点：1,388℃
CAS No.: 1310-73-2	溶解性 (対水溶解度)：109 g/100 ml (20℃)		

(2) 主な用途

EU のリスク評価書では、水酸化ナトリウムは主に、化学物質製造で pH を調整するための加工助剤として用いられているとしている。また、ボーキサイトのアルミニウムへの溶解処理に用いられ、食品工場でのボトルの洗浄、家庭のオープン洗浄などに用いられているとの報告がある。

(3) ばく露され得る例

EU のリスク評価書では、水酸化ナトリウムに対する職業性ばく露の可能性のある産業として、有機・無機化合物の製造、紙・パルプの製造、アルミニウム・メタルの製造、食品製造、水処理、繊維業などの産業を挙げている。

水酸化ナトリウムにばく露した際、吸入ばく露の場合は、灼熱感、咽頭痛、咳、息苦しさ、息切れ、経皮ばく露の場合は、発赤、痛み、重度の熱傷、水疱、経口ばく露の場合は、灼熱感、腹痛、ショック／虚脱等を生じることに注意が必要とされている。さらに、肺気腫などの症状を呈したとする報告も見られる。

(4) メカニズム

EU のリスク評価書では、水酸化ナトリウムのばく露により、血液の pH が上昇する可能性があるとしているが、血液の pH は恒常性を維持するために狭い範囲で制御さるとしている。従って、ヒトが低濃度の水酸化ナトリウムに経皮ばく露されたとしても、イオンの吸収が少ないために水酸化ナトリウムの取り込みは比較的少なく、血中の pH を変化させるほどとは考えられないとしている。

6.2 告示に掲げられた疾病又は障害

水酸化ナトリウムへの職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第 1

の2に基づく告示(昭和53年)では、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

6.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

EU のリスク評価書では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、水酸化ナトリウムへの短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった。また、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。²⁵

(2) 疫学研究報告

EU のリスク評価書では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、水酸化ナトリウムへのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。また、同リスク評価書公表年以降の疫学研究に関する情報は得られなかった。

6.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-31 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-32 水酸化ナトリウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ²⁶	C 2 mg/m ³	—
OSHA ²⁷	PEL ²⁸	TWA 2 mg/m ³	—

²⁵ 「Sodium Hydroxide」 and 「Occupat」 or 「Occupational Expose」 で文献検索を行ったところ、文献ヒット数は45件であった。(検索日 2014/9/24) さらにアブストラクトに基づいて文献の選定を行ったところ、告示に掲げられていない疾病または障害に関する文献はなかった。

²⁶ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

²⁷ Occupational Safety and Health Administration

²⁸ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-33 日本産業衛生学会による水酸化ナトリウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²⁹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
水酸化ナトリウム [7664-41-7]	—	2 最大許容 濃度	—	—	—	—	'78

表 III-34 過酸化水素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			過酸化水素
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	×
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 1
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 1
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 1
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：—
5	生殖細胞変異原性		—
6	発がん性		×
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（呼吸器）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		×
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H22.2.19

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

²⁹ Occupational Exposure Limits

7 水酸化リチウム

7.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

水酸化リチウムは、常温常圧で無色～白色の固体（結晶）であり、潮解性を有する。また、加熱によって分解し、有毒なヒュームを生じる。水溶液は強塩基であり、酸と激しく反応する。

水酸化リチウムの物理化学的性質を表 III-35 に示す。

表 III-35 水酸化リチウムの物理化学的性質

分子量：23.95	比重：2.54	融点：450-471 °C	沸点：924 °C（分解）
CAS No.：1310-65-2	溶解性（対水溶解度）：12.8 g / 100 mL（20 °C）		

(2) 主な用途

水酸化リチウムは主に、グリース原料、電池、電解液原料、写真現像液、炭酸ガス吸収剤に広く使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査（National Occupational Exposure Survey）によれば、水酸化リチウムに対する職業性ばく露の可能性のある産業は建設業、繊維産業、印刷・出版業、修理サービス等であった。

水酸化リチウムにばく露した際の具体的な症状としては、眼、皮膚および気道に対する刺激性、また経口摂取による刺激性が挙げられる。吸入した場合には、眼や気道に影響が現れたのち、肺水腫を引き起こすこともある。

(4) メカニズム

日本産業衛生学会による許容濃度等の提案理由書では、水酸化リチウムの全身毒性は他のリチウム化合物に類似するとされており、生体の電解質のバランス変化が示唆されている。ただし、経気道からの吸収による毒性は高濃度の条件下で初めて見られ、実際には強塩基性による接触部位の局所的な直接刺激作用、組織障害性が毒性の主な要因であると指摘している。

7.2 告示に掲げられた疾病又は障害

水酸化リチウムへの職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

7.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、水酸化リチウムへの短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった³⁰。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、水酸化リチウムへのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。なお、日本産業衛生学会においても水酸化リチウムのヒトへの影響に関する文献は非常に少ないとしている。

7.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関（ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など）

国外機関において水酸化リチウムに対する基準値は設定されていない。

表 III-36 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-37 水酸化リチウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	—	—
NIOSH	REL ³¹	—	—
OSHA ³²	PEL ³³	—	—

³⁰ 「lithium hydroxide」というキーワードにて文献検索を行ったところ、文献ヒット数は127件であった（検索日2014/9/30）。さらに、アブストラクトに基づいて文献の選定を行ったところ、物理化学、または有機化学に関する文献がほとんどであり、告示に掲げられた症状についての動物実験の文献がわずかに見られた。

³¹ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

³² Occupational Safety and Health Administration

³³ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、粘膜刺激性による気道刺激症状の観点から、ACGIH における水酸化リチウムの基準値、および日本産業衛生学会における水酸化ナトリウム、水酸化カリウムの許容濃度を参考として水酸化リチウムの許容濃度を設定している。

また GHS 分類では、水酸化リチウムに関するデータはないが、リチウムが催奇形性を示すことを示唆する報告があることから、水酸化リチウムの生殖毒性を区分 1A に分類している。

表 III-38 日本産業衛生学会による水酸化リチウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			経皮	気道	
水酸化リチウム [1310-65-2]	—	1	—	—	—	—	'09

表 III-39 水酸化リチウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果 水酸化リチウム
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 3
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 1
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 1
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		区分 1A
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（気道）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		×
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H22.3.16

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

³⁴ Occupational Exposure Limits

8 弗化水素酸

8.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

弗化水素酸は刺激臭のある無色の気体であり、水溶液は無色の発煙性の液体である。水溶液は強酸であり、多くの化合物と激しく反応し、火災および爆発の危険がある。また、金属、ガラス、ある種のプラスチックおよびゴムを侵す。

弗化水素酸の物理化学的性質を表 III-40 に示す。

表 III-40 弗化水素酸の物理化学的性質

分子量：20.0	比重：1.15-1.18 g/cm ³	融点：-83.57°C	沸点：19.51°C
CAS No.:7664-39-3	溶解性（対水溶解度）：719.8 g/L (20 °C)		

(2) 主な用途

弗化水素酸は、ステンレスの洗浄、ガラスエッチング、金属の被覆、特殊金属の抽出および石英の透明化に使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（U.S. ATSDR）のリスク評価書では、弗化水素酸に対する職業性ばく露の可能性のある産業として、鋳業および農業、ガラスエッチング、アルミニウム製錬での業務等を挙げている。

弗化水素酸にばく露した際は、皮膚や粘膜に付着すると強い痛みを伴う腐食を起こし、気体や蒸気の吸入により肺水腫を起こすことがある。また、低カルシウム血症を引き起こすことがあり、許容濃度を超えると死に至ることが報告されている。さらに、長期的なばく露により骨への弗素沈着を引き起こすことが示唆されている。

(4) メカニズム

弗化水素は透過性が高く、他の酸に比べて組織の深部まで浸透する。この際、腐食作用により化学損傷を生じる。また、細胞内に浸透し、遊離した弗素イオンがカルシウムやマグネシウムと結合することまたは直接的に作用することで全身毒性を示すことが知られている。

8.2 告示に掲げられた疾病又は障害

弗化水素酸への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（平成53年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

8.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、弗化水素酸のばく露による症例報告として、内分泌・代謝関係の疾病、骨格系の疾病等などへの影響が報告されている。なお、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

表 III-41 弗化水素酸のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	内分泌・代謝関係の疾病等、骨格系の疾患等	SGOT、SGPTの上昇、筋肉の壊死、一時的な肝臓へのダメージ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 経皮ばく露、吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 弗化水素酸と硫酸の混合物 ▪ 硫酸 70-80%、弗化水素酸 10% (作業中に扱っていた液体の濃度) 	修理作業が終了し防護服と防護マスクを外した4名の作業者の顔に弗化水素酸と硫酸の混合物が飛散、ガスにもばく露された。 一人は数滴ついたのみで軽傷だったが、一人は事故発生から数時間後に死亡。二人は入院した。	Braun, 1984
2	尿路系の疾患等	無尿	同上	同上	同上	Braun, 1984

(2) 疫学研究報告

ATSDR のリスク評価書では、弗化水素酸へのばく露による疫学研究として、自覚症状関係や神経系、消化器系などへの影響が報告されている。但し、これらの報告は、ガラス工場や石油工場から漏出した弗化水素酸が近隣の住民に与える影響を調査したものであり、労働者を対象としたものではない。なお、同リスク評価書公表年以降の疫学研究に関する情報は得られなかった。

表 III-42 弗化水素酸のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	症例対照研究	ガラス工場の近隣(1/4マイルから5マイル以内)に住む白人51名(男性20名、女性31名) コントロール58名	工場の近隣に住む者では、コントロールに比べて、関節炎、筋細動、頭痛、知覚障害、腹部膨張などの割合が高い。 関節炎： 住民83.1% コントロール8.6% 筋細動： 住民39.6% コントロール13.8% 頭痛： 住民64.3% コントロール31.0% 知覚障害： 住民39.8% コントロール15.5% 腹部膨張： 住民30.4% コントロール5.2% ※住民とコントロールで20%以上の差が見られたものを掲載	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 弗化水素 ▪ 濃度不明(記載なし) 	鉄や鋼鉄のエナメル加工や陶器の艶出し加工を行うガラス工場から弗化水素酸が揮発。	Waldbott, 1979
2	観察研究	石油工場の近隣の住民10,811名	インタビュー調査を実施した結果、嘔吐感、嘔吐、下痢を訴える者の割合が高かった。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 約2時間でタンクは減圧、タンク内のほとんどの弗化水素が漏出 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 弗化水素 ▪ 濃度不明(記載なし) 	テキサスの石油精製工場での弗化水素の漏出。弗化水素のアルキレーションヒーターがクレーンリフトから落ちて弗化水素が漏出。	Dayal, 1992

8.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-43 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—

評価機関	評価内容	
	評価ランク	—

表 III-44 弗化水素酸の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ³⁵	TWA 3 ppm (2.5 mg/m ³) C 6 ppm (5 mg/m ³) [15-minutes]	—
OSHA ³⁶	PEL ³⁷	TWA 3 ppm	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-45 日本産業衛生学会による弗化水素酸の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³⁸		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
弗化水素酸 [7664-39-3]	3	2.5	—	—	—	—	'00

³⁵ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

³⁶ Occupational Safety and Health Administration

³⁷ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

³⁸ Occupational Exposure Limits

表 III-46 弗化水素酸の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		弗化水素酸	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分 3
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	区分 1	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器・臓器）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（骨・歯・下垂体・甲状腺・腎臓・神経系・肝臓・精巣・気管支）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.3.23

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

9 ペルオキシ二硫酸アンモニウム

9.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ペルオキシ二硫酸アンモニウムは常温常圧で無色の結晶または白色の粉末であり、弱い刺激臭を有する。強力な酸化剤であり、可燃性物質や還元性物質と激しく反応する。また、水に溶けやすく、水溶液は中程度の酸性を示す。

ペルオキシ二硫酸アンモニウムの物理化学的性質を表 III-47 に示す。

表 III-47 ペルオキシ二硫酸アンモニウムの物理化学的性質

分子量：228.2	比重：1.98	融点：120 °C (分解)	沸点：分解
CAS No.：7727-54-0	溶解性 (対水溶解度)：58.2 g/100 mL (20 °C)		

(2) 主な用途

ペルオキシ二硫酸アンモニウムは、ヘアブリーチ製品中の酸化剤、漂白剤、樹脂重合剤、金属表面処理剤、食品添加物等として広く使用されている。

(3) ばく露され得る例

OECD の初期評価プロファイルによれば、ペルオキシ二硫酸アンモニウムへの職業性ばく露は、ヘアブリーチ製品の使用中や重合反応等の原料として使用する化学工場等において起こるとされている。また、食品添加物として使用するパン製造工場等における職業性ばく露も報告されている。なお、米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査 (National Occupational Exposure Survey) によれば、ペルオキシ二硫酸アンモニウムに対する職業性ばく露の可能性のある産業は、食品および周辺製品の製造、紙および紙類の製造、化学物質および近縁製品の製造等であった。

ペルオキシ二硫酸アンモニウムにばく露した際の具体的な症状としては、眼、皮膚および気道に対する刺激性が挙げられる。目に入った場合は発赤や痛み、皮膚に付着した場合は発赤や灼熱感、痛み等、吸入した場合は咳、咽頭痛、喘息等を生じる。

(4) メカニズム

ペルオキシ二硫酸アンモニウムは、皮膚刺激性の他、アレルギー誘発性物質であるヒスタミンの放出促進作用、多核性白血球の活性化作用を有することが示唆されており、付着した局所においてアレルギー様の反応を生じることで毒性を示すと考えられている。

9.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ペルオキシ二硫酸アンモニウムへの職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示 (平成25年) では、皮膚障害又は気道障害が掲げられている。

9.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ペルオキシ二硫酸アンモニウムへのばく露による症例報告として、息切れ等の呼吸器系の疾病等が報告されている。ただし、気道障害としての息切れである可能性もあること、また複数の感作性物質にばく露しており、ペルオキシ二硫酸アンモニウムの単独ばく露でないことに留意する必要がある。

表 III-48 ペルオキシ二硫酸アンモニウムのばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	呼吸器系の疾病等	<ul style="list-style-type: none"> 息切れ 	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 吸入ばく露 ばく露時間不明 (記載なし、美容師歴は3年) 	<ul style="list-style-type: none"> ペルオキシ二硫酸アンモニウムを含むヘアケア用品 (その他、p-フェニレンジアミン、p-トルイレンジアミンを含む) 濃度不明 (記載なし) 	元々は美容師として従事していたが、業務中に皮膚炎の発症が見られたため、同一店舗内での事務職に配置換えされて勤務	Borelli S, 1999

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ペルオキシ二硫酸アンモニウムへのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

9.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関（ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など）

ACGIH では、過硫酸塩濃度として、ペルオキシ二硫酸アンモニウムの基準値を勧告している。

表 III-49 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-50 ペルオキシ二硫酸アンモニウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.1 mg/m ³	(過硫酸塩として)
NIOSH	REL ³⁹	—	—
OSHA ⁴⁰	PEL ⁴¹	—	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、ペルオキシ二硫酸アンモニウムに対して許容濃度を設定していない。

表 III-51 日本産業衛生学会によるペルオキシ二硫酸アンモニウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁴²		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
ペルオキシ二硫酸アンモニウム [7727-54-0]	—	—	—	—	—	—	—

³⁹ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

⁴⁰ Occupational Safety and Health Administration

⁴¹ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

⁴² Occupational Exposure Limits

表 III-52 ペルオキシ二硫酸アンモニウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		ペルオキシ二硫酸アンモニウム	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	—
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 3（気道刺激性）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3.31

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

10 ペルオキシ二硫酸カリウム

10.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ペルオキシ二硫酸カリウムは常温常圧で無色から白色の結晶であり、臭いは無臭である。強力な酸化剤であり、可燃性物質や還元性物質と激しく反応する。また、水に溶けやすく、水溶液は中程度の酸性を示す。

ペルオキシ二硫酸カリウムの物理化学的性質を表 III-53 に示す。

表 III-53 ペルオキシ二硫酸カリウムの物理化学的性質

分子量：270.3	比重：2.48	融点：100 °C（分解）	沸点：-
CAS No.：7727-21-1	溶解性（対水溶解度）：5.2 g/100 mL（20 °C）		

(2) 主な用途

ペルオキシ二硫酸カリウムは、ヘアブリーチ製品中の酸化剤、漂白剤、樹脂重合剤、金属表面処理剤、食品添加物、分析用試薬等として広く使用されている。

(3) ばく露され得る例

OECD の初期評価プロファイルによれば、ペルオキシ二硫酸カリウムへの職業性ばく露は、ヘアブリーチ製品の使用中や重合反応等の原料として使用する化学工場等において起こるとされている。また、製紙工場や水質試験室の作業員において職業性ばく露の報告が見られる。なお、米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査（National Occupational Exposure Survey）によれば、ペルオキシ二硫酸カリウムに対する職業性ばく露の可能性のある産業は、石油・ガス採掘、化学物質および近縁製品の製造、繊維工業、印刷・出版業等であった。

ペルオキシ二硫酸カリウムにばく露した際の具体的な症状としては、眼、皮膚および気道に対する刺激性が挙げられる。目に入った場合は発赤や痛み、皮膚に付着した場合は発赤や痛み等、吸入した場合は咽頭痛、喘息等を生じる。

(4) メカニズム

ペルオキシ二硫酸カリウムは、皮膚刺激性の他、アレルギー誘発性物質であるヒスタミンの放出促進作用、多核性白血球の活性化作用を有することが示唆されており、付着した局所においてアレルギー様の反応を生じることで毒性を示すと考えられている。

10.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ペルオキシ二硫酸カリウムへの職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（平成25年）では、皮膚障害又は気道障害が掲げられている。

10.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ペルオキシ二硫酸カリウムへのばく露による症例報告として、息切れ、胸痛、呼吸困難等の呼吸器系の疾病等が報告されている。ただし、息切れや呼吸困難は気道障害によるものである可能性もある。

表 III-54 ペルオキシ二硫酸カリウムのばく露による
告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	呼吸器系の疾病等	<ul style="list-style-type: none"> •息切れ •胸痛 •呼吸困難 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 経皮ばく露 ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 過硫酸塩(ペルオキシ二硫酸カリウムを含む)を含むヘアブリーチ剤 ▪ 濃度不明(記載なし) 	美容師としての業務中にヘアブリーチ剤を使用	Perra, F.M,1992

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ペルオキシ二硫酸カリウムへのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

10.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国際機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、過硫酸塩濃度として、ペルオキシ二硫酸カリウムの基準値を勧告している。

表 III-55 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-56 ペルオキシ二硫酸カリウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.1 mg/m ³	(過硫酸塩として)
NIOSH	REL ⁴³	-	-
OSHA ⁴⁴	PEL ⁴⁵	-	-

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

日本産業衛生学会では、ペルオキシ二硫酸カリウムに対して許容濃度を設定していない。

表 III-57 日本産業衛生学会によるペルオキシ二硫酸アンモニウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁴⁶		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
ペルオキシ二硫酸カリウム [7727-21-1]	-	-	-	-	-	-	-

⁴³ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

⁴⁴ Occupational Safety and Health Administration

⁴⁵ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

⁴⁶ Occupational Exposure Limits

表 III-58 ペルオキシ二硫酸カリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		ペルオキシ二硫酸カリウム	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	—
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	—
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 3（気道刺激性）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3.31

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

11 硫酸

11.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

硫酸は、無臭・無色の吸湿性液体である。強力な酸化剤であり、可燃性物質や還元性物質と激しく反応する。また、強酸であり、塩基と激しく反応し、多くの普通金属に対して腐食性を示す。

硫酸の物理化学的性質を表 III-59 に示す。

表 III-59 硫酸の物理化学的性質

分子量：98.1	比重：1.84	融点：10℃	沸点：340℃
CAS No.:7664-93-9	溶解性（対水溶解度）：1000g/L（25℃）		

(2) 主な用途

硫酸の利用範囲は広く、肥料・農薬・殺虫剤、紙、電線、ステンレス製品、トタン板、コンクリート、内装材、タイヤ、鉄板、塗装剤、潤滑油、バッテリー、プラスチック、化学繊維、染料、など、さまざまな分野で直接的・間接的に利用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、硫酸に対する職業性ばく露の可能性のある産業として、化学物資の製造業や金属メッキ業、石鹼・農薬・鉛蓄電池の製造業、印刷・出版業などを挙げている。

硫酸にばく露した際、眼や皮膚、気道に対して強い腐食性を示すことが知られている。硫酸のエアロゾルを吸入すると、肺水腫を引き起こすという症例報告もある。また、硫酸のエアロゾルの長期・反復ばく露により、肺が冒されたり、歯牙酸蝕の危険性があることが報告されている。

(4) メカニズム

ATSDR のリスク評価書では、硫酸は、細胞内外の pH を変化させ、pH が細胞の成長・分化等に与える影響に関与し、疾病又は障害を発生させるとしている。例えば、硫酸が気道内膜の pH に影響を与えることにより、気道内膜における組織内への水素化物イオンの浸透を妨げ、気道・肺障害系の疾病又は障害を引き起こすとしている。

11.2 告示に掲げられた疾病又は障害

硫酸への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第 1 の 2 に基づく告示（昭和 53 年）では、皮膚障害、前眼部障害、気道・肺障害又は歯牙酸蝕が掲げられている。

11.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、硫酸への短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった。また、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。⁴⁷

(2) 疫学研究報告

ATSDR のリスク評価書では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、硫酸へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。また、同リスク評価書公表年以降の疫学研究に関する情報は得られなかった。

11.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-60 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Acid mists, strong inorganic
	評価ランク	1: ヒトに対して発がん性を示す
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	Strong Inorganic Acid Mists Containing Sulfuric Acid
	評価ランク	K: ヒト発がん性があることが知られている物質
ACGIH	評価物質名称	無機強酸ミスト中に含まれる硫酸
	評価ランク	A2 (人における発がん性が疑われるもの)

表 III-61 硫酸の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ⁴⁸	TWA 1 mg/m ³	—
OSHA ⁴⁹	PEL ⁵⁰	TWA 1 mg/m ³	—

⁴⁷ 「sulfuric acid」 and 「Occupat」 or 「Occupational Expose」 で文献検索を行ったところ、文献ヒット数は 90 件であった。(検索日 2014/9/24) さらにアブストラクトに基づいて文献の選定を行ったところ、告示に掲げられていない疾病または障害に関する文献はなかった。

⁴⁸ Recommended Exposure Limits : 1 日 10 時間、週 40 時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

⁴⁹ Occupational Safety and Health Administration

⁵⁰ Permissible Exposure Limits : 1 日 8 時間、週 40 時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-62 日本産業衛生学会による硫酸の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁵¹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
硫酸 [7664-93-9]	—	1 最大許 容濃度	—	—	—	—	'79

表 III-63 硫酸の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			硫酸
1	急性 毒性	経口	区分 5
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 2
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 1A-1C
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 1
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：—
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		—
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（呼吸器系）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（呼吸器系）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.6.20

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

⁵¹ Occupational Exposure Limits

12 亜鉛等の金属ヒューム

12.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

金属ヒュームとは、一般に溶解した金属が蒸発する際に生じるもので、蒸発した（もとは固体の）物質が空气中で凝縮され再び微粒子となったものであり、溶接によるものは特に溶接ヒュームと呼ばれることもある。溶接ヒュームは JIS Z 3001-1：2013 溶接用語-第一部：一般において、「溶接又は切断時の熱によって蒸発した物質が冷却されて固体の微粒子となったもの」と定義されている。

日本産業衛生学会では、許容濃度等の勧告（2014）の中に酸化亜鉛ヒュームを位置づけているが、許容濃度は検討中となっている。ここでは、亜鉛等の金属ヒュームとして酸化亜鉛ヒュームを対象に整理を行う。酸化亜鉛の物理化学的性質は、表 III-64 に示すとおりである。

表 III-64 酸化亜鉛の物理化学的性質

分子量：200.6	比重：5.607 (20/4℃)	融点：1,975℃	沸点：昇華
CAS No.：1314-13-2	溶解性（対水溶解度）：1.6mg/L 水（29℃）		

なお、米国の国立労働安全衛生研究所（以下、NIOSH）では、カドミウム、マンガ、バナジウム、銅、コバルト、鉄、マグネシウム、アルミニウム、ロジウム、塩化亜鉛について、ヒュームとしての許容濃度を設けている。また、NIOSH の行った職業性ばく露調査（NOES）では、上記およびその酸化物に加えてシリカ、錫、鉛、ニッケル、ナトリウムの酸化物について、ヒュームとしてのばく露を報告している。

(2) 主な用途

金属ヒュームは、通常特定の用途のために製造しているものではなく、精錬やメッキといった処理に伴い副生成物として生じるものである。

(3) ばく露され得る例

金属ヒュームによるばく露は、溶接、はんだ付け、メッキ、精錬時の蒸気等によって生じる。

NIOSH の行った職業性ばく露調査（NOES）によると、職業性ばく露の可能性のある業務として、金属製品工業、製品の移送、鋳業等が示されている。

金属ヒュームにばく露すると、金属熱と呼ばれる急性の症状が生じる。具体的には、発熱、悪寒、疲労、筋肉痛および呼吸困難などの風邪に似た症状を呈するが、24～48 時間程度で改善する。ただし、ばく露した際に肺炎や肺水腫、気管支炎などを発症することがあり、慢性化することがある。また、ばく露した金属の中毒症状を呈することがある。

(4) メカニズム

金属熱のメカニズムについては不明な点が多く、その全ては説明されていない。製品評価技術基盤機構の初期リスク評価書によれば、酸化亜鉛のヒュームの職業ばく露により、血中及び尿中亜鉛の濃度が増加するという報告から、肺での吸収があると推察されるが、詳細なデータはないとしている。

一方、米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、金属熱の発症メカニズムについて、レイジアナ州医学会のジャーナルによる報告を引用している。本ジャーナルでは、金属熱の病因としてサイトカインによる免疫反応の惹起が考えられるとしている。また、酸化亜鉛ヒュームに吸入ばく露した場合、気道を介して粒子が好中球に捕獲されることで、細胞への酸化性障害を生じると示唆している。

12.2 告示に掲げられた疾病又は障害

亜鉛等の金属ヒュームへの職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、金属熱（金属の蒸気を吸入して発熱が起こった状態をいい、悪寒、発熱のほかには頭痛、悪心、嘔吐、口腔内の金属味、のどの渇き、胸骨下部痛、筋と関節の痛み等のインフルエンザ様症状）が掲げられている。

12.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

亜鉛等の金属ヒュームへのばく露による短期・長期ばく露による症例報告として、個別の金属に固有の毒性によるものは除外し、金属ヒュームに共通な疾病・障害等に関する症例報告を調査したが、金属熱に関する報告のみであり、ATSDR のリスク評価書では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関する情報は得られなかった。また、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。⁵²

(2) 疫学研究報告

亜鉛等の金属ヒュームへのばく露による疫学研究報告として、個別の金属に固有の毒性によるものは除外し、金属ヒュームに共通な疾病・障害等に関する症例報告を調査したが、金属熱に関する報告のみであり、ATSDR のリスク評価書では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関する情報は得られなかった。また、同リスク評価書公表年以降の疫学研究に関する情報は得られなかった。

⁵² 「Metals」 and 「fume」 and 「Occupat」 or 「Occupational Expose」 で文献検索を行ったところ、文献ヒット数は109件であった。（検索日2014/9/24）さらにアブストラクトに基づいて文献の選定を行ったところ、ほとんど金属熱に関する報告であり、告示に掲げられていない疾病または障害に関する文献はなかった。

12.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-65 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-66 亜鉛等の金属ヒュームの基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ⁵³	—	—
OSHA ⁵⁴	PEL ⁵⁵	—	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

日本産業衛生学会では、許容濃度等の勧告の中に酸化亜鉛ヒュームを位置づけているが、規制値は検討中としている。

表 III-67 日本産業衛生学会による酸化亜鉛ヒュームの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁵⁶		経皮 摂取	発がん 性	感作		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	経皮	
酸化亜鉛ヒューム [1314-13-2]	検討中	検討中	—	—	—	—	'69

⁵³ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

⁵⁴ Occupational Safety and Health Administration

⁵⁵ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

⁵⁶ Occupational Exposure Limits

表 III-68 酸化亜鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		酸化亜鉛	
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	—
2	皮膚腐食性／刺激性	—	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	—	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：—	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1(肺、全身毒性)	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

13 アルキル水銀化合物

13.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

アルキル水銀化合物とは水銀にアルキル基が結合した有機水銀化合物の総称であり、代表的なアルキル水銀化合物にはアルキル基としてメチル基あるいはエチル基が結合したジメチル水銀、塩化メチル水銀、およびジエチル水銀が挙げられる。ここでは、これらの物質を対象として整理を行う。

ジメチル水銀は常温常圧で甘い特有の臭いを有する無色の液体であり、蒸気圧が高く、また燃焼すると分解し、有毒な気体を生じる。

塩化メチル水銀は常温常圧で特異臭を有する白色の固体（結晶）である。

ジエチル水銀は常温常圧で無色の液体であり、ハシバミ様の甘い臭いを有する。光のばく露により分解し、また強酸や強酸化剤との接触や混合によって激しく反応する。

アルキル水銀化合物の物理化学的性質を表 III-69~表 III-71 に示す。

表 III-69 ジメチル水銀の物理化学的性質

分子量：230.7	比重：3.17 (25 °C)	融点：-43 °C	沸点：92 °C (740mmHg)
CAS No.：593-74-8	溶解性（対水溶解度）：8860 mg/L (25 °C) (推定値)		

表 III-70 塩化メチル水銀の物理化学的性質

分子量：250.1	比重：4.06 (25 °C)	融点：170 °C	沸点：-
CAS No.：115-09-3	溶解性（対水溶解度）：< 0.1 mg/mL (21 °C)		

表 III-71 ジエチル水銀の物理化学的性質

分子量：258.7	比重：2.43 (20 °C)	融点：< 25 °C	沸点：159 °C
CAS No.：627-44-1	溶解性（対水溶解度）：不溶		

(2) 主な用途

アルキル水銀化合物は防菌、防カビ、防腐等の作用を有するため、1960年代頃までは工業薬品や農薬として使用されてきたが、現在は水銀を含む農薬の使用は禁止されている。

現在は主に試薬としてのみ使用され、特にジメチル水銀は核磁気共鳴装置や質量分析装置の標準分析試薬として使用されている。

(3) ばく露され得る例

東京都健康安全研究センターによれば、アルキル水銀化合物が工業薬品や農薬として使用されていた際には取扱い作業による吸入に伴う中毒事例が多く見られた。現在では、米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査（National Occupational Exposure Survey）によれば、アルキル水銀化合物に対する職業性ばく露の可能性のある産業として医療機関での業務等を挙げている。

アルキル水銀化合物にばく露した際の具体的な症状としては、知覚障害、運動失調、歩行障害、難聴、言語障害、視野狭窄、四肢の麻痺等の中樞神経系に関する症状、いわゆるハンター・ラッセル症候群（水俣病）の症状が挙げられる。

(4) メカニズム

東京都健康安全研究センターによれば、水銀とタンパク質の結合が毒性の本態であり、水銀が組織や細胞のタンパク質と結合し、タンパク変性による腐食作用を示すとしている。また、細胞内の酵素やグルタチオンと反応し、細胞機能を阻害することで毒性を示す。

なお、アルキル水銀化合物は脂溶性が高く、細胞膜透過性が大きいため、全身の臓器間における分布差が少なく、特に血液脳関門を容易に透過し、脳に移行して毒性を発揮する。

13.2 告示に掲げられた疾病又は障害

アルキル水銀化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、四肢末端もしくは口囲の知覚障害、視覚障害、運動失調、平衡障害、構語障害又は聴力障害が掲げられている。

13.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病または障害として、神経障害によって最終的には死亡した症例報告において、下痢や腹部不快感等の消化器系の疾病や気管支肺炎等の呼吸器系の疾病が見られたことが報告されている。

表 III-72 アルキル水銀化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害（症例報告）

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	消化器系の疾病等	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吐き気 ▪ 下痢 ▪ 腹部の不快感 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入および経皮ばく露 ▪ ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ジメチル水銀 ▪ 濃度不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 実験中に誤って手袋を着用した手に滴下 	Nierenberg DW,1998
2	呼吸器系の疾病等	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 気管支肺炎 	同上	同上	同上	Nierenberg DW,1998

(2) 疫学研究報告

歯科用アマルガムとしてアルキル水銀化合物にばく露する可能性が示唆されている歯科専門職においてメチル水銀へのばく露と血圧上昇に関連性が見られたとする報告等、アルキル水銀化合物へのばく露と心血管系疾患との関連について疫学研究が報告されている。

表 III-73 アルキル水銀化合物のばく露による疫学研究報告(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	観察研究	ミシガン歯科医師会の歯科専門職(歯科医師、歯科衛生士、歯科助手) 284名	<ul style="list-style-type: none"> 毛髪中メチル水銀濃度 (0.02-5.18 µg/g, 平均 0.45 µg/g) と血圧(収縮期、拡張期)に相関が見られた。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入および経口ばく露 ばく露時間は不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> 歯科用アマルガム 約 0.09 µg/g /kg bw/day 	<ul style="list-style-type: none"> 歯科用アマルガムを使用する歯科診療 	Goodrich J.M. et al, (2013) 他4文献

13.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、中枢神経系に対する影響について、ばく露時の毒性から作業者を保護することを目的として基準値を勧告している。

表 III-74 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Methylmercury compounds
	評価ランク	2B
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-75 アルキル水銀化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.01 mg/m ³ (1971) STEL 0.03 mg/m ³ (1976)	水銀として
NIOSH	REL ⁵⁷	—	—
OSHA ⁵⁸	PEL ⁵⁹	—	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

国内では、アルキル水銀化合物の職業ばく露に関する基準として、労働安全衛生法に基づく管

⁵⁷ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

⁵⁸ Occupational Safety and Health Administration

⁵⁹ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

理濃度⁶⁰が設定されているが、日本産業衛生学会ではアルキル水銀化合物について許容濃度を設定していない。

また、GHS 分類結果については、ジメチル水銀、ジエチル水銀に対して GHS 分類が示されている。

表 III-76 日本産業衛生学会によるアルキル水銀化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁶¹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			経皮	気道	
—	—	—	—	—	—	—	—

表 III-77 ジメチル水銀の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			ジメチル水銀
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		区分 2
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（中枢神経系）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（神経系）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H21.3.27

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

⁶⁰ 0.01 mg/m³（水銀として、アルキル水銀化合物（アルキル基がメチル基またはエチル基であるものに限る））

⁶¹ Occupational Exposure Limits

表 III-78 ジエチル水銀の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		ジエチル水銀	
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分 1
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.3.23

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

14 アンチモン及びその化合物

14.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

アンチモンの化合物としては、五酸化二アンチモン、酒石酸アンチモニルカリウム、三塩化アンチモン、三酸化二アンチモン、三硫化アンチモン、水酸化アンチモン（別名：スチビン）などがある。ここでは、これらの物質を対象として整理を行う。

アンチモンは常温常圧では銀～白色で光沢のある固体（塊状）または暗灰色の固体（粉末）である。粉末や顆粒状で空気と混合することで粉じん爆発の可能性がある、燃焼すると有毒なヒュームを生成する。また、酸化剤、酸、ハロゲン、金属粉末と激しく反応し、火災や爆発の危険がある。酸と接触した際に有毒なガスを生じることがある。

五酸化二アンチモンは常温常圧では黄色の固体である。

酒石酸アンチモニルカリウムは常温常圧では無色の固体である。

三塩化アンチモンは常温常圧では刺激臭を伴う無色の吸湿性の固体（結晶）である。加熱すると分解し、有毒なヒュームを生じる。水と反応し、熱、塩化水素、オキシ塩化アンチモンを生じる。また、水の存在下では多くの金属を侵す。

三酸化二アンチモンは常温常圧では白色の固体（結晶性粉末）であり、加熱により分解し、有毒なヒュームを生じる。三硫化アンチモンは常温常圧では黒または黄赤色の固体である。

スチビンは常温常圧では刺激臭を伴う無色の圧縮ガスである。空気より重く、地面あるいは床に沿って移動することがある。また、遠距離引火の可能性を持つ。室温では徐々に、200℃付近では急速に分解し、金属アンチモンや水素を生じる。また、塩素などと激しく反応し、火災および爆発の危険をもたらす。

アンチモン及びその化合物の物理化学的性質を表 III-79～表 III-97 に示す。

表 III-79 アンチモンの物理化学的性質

分子量：121.8	比重：6.68 (1/25℃)	融点：630℃	沸点：1440℃
CAS No.：7440-36-0	溶解性（対水溶解度）：-		

表 III-80 五酸化二アンチモンの物理化学的性質

分子量：323.5	比重：3.78 (1/25℃)	融点：-	沸点：-
CAS No.：1314-60-9	溶解性（対水溶解度）：-		

表 III-81 酒石酸アンチモニルカリウムの物理化学的性質

分子量：333.93	比重：2.6 (1/25℃)	融点：-	沸点：-
CAS No.：28300-74-5	溶解性（対水溶解度）：83 g/L (20℃)		

表 III-82 三塩化アンチモンの物理化学的性質

分子量：228.1	比重：3.14 (1/25℃)	融点：73.4℃	沸点：223.5℃
CAS No.：10025-91-9	溶解性（対水溶解度）：100 g/L (25℃)		

表 III-83 三酸化二アンチモンの物理化学的性質

分子量：291.5	比重：5.2-5.67 (1/25℃)	融点：655	沸点：1425
CAS No.：1309-64-4	溶解性（対水溶解度）：-		

表 III-84 三硫化アンチモンの物理化学的性質

分子量：339.69	比重：4.562 (1/25℃)	融点：550℃	沸点：-
CAS No.：1345-04-6	溶解性（対水溶解度）：1.75 mg/L (18℃)		

表 III-85 水素化アンチモン（別名：スチビン）の物理化学的性質

分子量：124.8	比重：-	融点：-88℃	沸点：-18.4℃
CAS No.：7803-52-3	溶解性（対水溶解度）：4.1 g/L (0℃)		

(2) 主な用途

アンチモンは主に、鉛およびその他の金属との合金、鉛蓄電池の電極、はんだ、ベアリングの軸受けおよびベアリング、半導体材料への添加剤等に使用されている。また、熱電素子として、アンチモン化アルミニウム、アンチモン化ガリウム、アンチモン化インジウムが使用されている。

三酸化アンチモンは、プラスチック、繊維、紙の難燃助剤、接着剤、染料等に用いられている。

その他に酒石酸ナトリウムアンチモニウム等の有機アンチモン化合物がビルハルツ吸虫病の治療に用いられている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、アンチモンに対する職業性ばく露の可能性のある産業として、鉱業および農業、化学工業を挙げており、具体的には、蓄電池製造、合金製造、リサイクルおよび精製を目的とした製錬、ゴム、ガラス、プラスチックの塗装等での業務等の職業性ばく露の可能性を指摘している。

具体的な症状として、眼、皮膚、気道に対して刺激性または腐食性を示し、皮膚炎やじん肺、肺水腫を生じることがある。これらの症状は遅れて現れることがあるため、医学的な経過観察を必要とする。三酸化二アンチモンについては動物実験により人への生殖・発生毒性を引き起こすことが示唆されている。また、スチビンは血液に影響を与え、溶血することがある。

(4) メカニズム

アンチモンは消化管からゆっくりと吸収され、アンチモン化合物の多くは消化管を刺激する。また、アンチモンは、細胞内の酵素や補助因子と反応することで毒性を発現することが知られている。

14.2 告示に掲げられた疾病又は障害

アンチモン及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐などの自覚症状、皮膚障害、前眼部障害、心筋障害又は胃腸障害が掲げられている。

14.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ATSDR のリスク評価書ではアンチモン及びその化合物による症例報告はなかった。また、同リスク評価書公表年以降の症例報告としては、アンチモンの長期ばく露によりじん肺症を発症したという症例報告があった。

表 III-86 アンチモンのばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	呼吸器系の疾患等	じん肺症	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 3年間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ アンチモン ▪ 濃度不明（記載なし） 	アンチモン鉱山に3年間勤務し、じん肺症を発症した43歳男性についての症例報告	Kefel M, 2012

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関しては、ATSDR のリスク評価書では、じん肺や肺への影響などが報告されている。また、同リスク評価書公表年以降の疫学研究報告では、アンチモンの長期ばく露によりじん肺症その他肺障害による死亡率が上昇したとの報告があった。

表 III-87 アンチモン及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	横断研究	硫化アンチモン鉱石を用いたアンチモン製錬工場の労働者 69 人	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 鼻炎 (20%) ▪ 咽頭炎 (11%) ▪ 気管炎 (10%) ▪ 鼻孔中隔穿孔 (8.5%) ▪ 咽頭炎 (8%) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ アンチモン ▪ 10.07-11.81 mgSb/m³ 	硫化アンチモン鉱石を用いたアンチモン製錬	Renes, 1953
2	横断研究	三酸化二アンチモンを製造する労働者 28 人 (25-61 歳、ばく露期間 1-15 年)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ じん肺 (28 人中 3 人にじん肺が観察) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 1-15 年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 三酸化二アンチモン ▪ 0.081-138mg Sb/m³ (作業区域のアンチモン空気中濃度) 	三酸化二アンチモン製造	Cooper, 1968
3	横断研究	アンチモン製錬工場の労働者でじん肺を罹患した 51 人 (31-54 歳、平均 45.2 歳; 勤続年数 9-31 年、平均 17.9 年)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 肺拡張 ▪ 軽度の気道抵抗 ▪ 気管支痙攣 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 9-31 年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 酸化アンチモン ▪ 17-86mg/m³ (粉じん濃度) 	アンチモン製錬	Potkonjak and Pavlovich, 1983

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
4	コホート	テキサス州のアンチモン製錬工 1014 人(白人男性 91 名、ヒスパニック男性 923 名。1937-1971 年に雇われ最低 3 ヶ月以上勤務した者)	<ul style="list-style-type: none"> じん肺症その他肺障害による死亡リスクが上昇 (SMR:1.22,90 %CI:0.80-1.80) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 長期ばく露 (最低3ヶ月以上) 	<ul style="list-style-type: none"> アンチモン 濃度不明 (記載なし) 	アンチモン製錬	Schnorr TM, 1995

14.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-88 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Antimony trioxide; Antimony trisulfide
	評価ランク	2B, 3
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	Antimony trioxide
	評価ランク	2
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-89 アンチモン及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ⁶²	TWA 0.5 mg/m ³	アンチモンとして
OSHA ⁶³	PEL ⁶⁴	TWA 0.5 mg/m ³	アンチモンとして

⁶² Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

⁶³ Occupational Safety and Health Administration

⁶⁴ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-90 日本産業衛生学会によるアンチモン及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁶⁵		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
アンチモンおよびアンチ モン化合物 (Sb としてスチビンを除く) [7440-36-0]	—	0.1	—	—	—	—	'13

表 III-91 アンチモンの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果 アンチモン
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		×
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 2 (呼吸器)
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.4.20

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

⁶⁵ Occupational Exposure Limits

表 III-92 五酸化ニアンチモンの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		五酸化ニアンチモン	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.4.20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-93 酒石酸アンチモニルカリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		酒石酸アンチモニルカリウム	
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 3	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1 (呼吸器系)	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1 (肺、心血管系) 区分 2 (肝臓)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.8.22

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-94 三塩化アンチモンの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		三塩化アンチモン	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 2 (呼吸器)	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.4.20

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-95 三酸化ニアンチモンの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		三酸化ニアンチモン	
1	急性 毒性	経口	区分 5
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	—	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	区分 1B	
7	生殖毒性	—	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 2 (呼吸器)	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1 (呼吸器)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 24 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-96 三硫化アンチモンの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		三硫化アンチモン	
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	—
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	—
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（心血管系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H22.2.19

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-97 スチビン GHS の分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		スチビン	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	×
		吸入：蒸気	—
		吸入：粉じん、ミスト	—
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（腎臓、呼吸器、血液）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	—	

分類実施日：H18.4.20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

15 インジウム及びその化合物

15.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

インジウムは、常温・常圧下、水に不溶の銀色～白色の金属である。粉末や顆粒状で空気と混合した場合、粉じん爆発を起こす危険性があり、また強酸、強酸化剤、硫黄とも高い反応性を有する。

インジウムの化合物としては、酸化インジウム、塩化インジウム、リン化インジウム、硝酸インジウム、水酸化インジウム、硫酸インジウム等が知られている。ここでは、これらの物質を対象として整理を行う。

酸化インジウム(III)は、常温常圧で白色から淡黄色の固体(結晶性粉末)であり、酸化インジウム(II)も結晶では得られていないが、気相において存在が確認されている。

塩化インジウムは、常温常圧で吸湿性を有する帯黄色の固体(結晶)または白色の固体(粉末)であり、加熱すると分解し、有毒かつ腐食性を有するヒュームを生じる。

さらに、リン化インジウムは、常温常圧で金属光沢を有する固体(結晶)、硝酸インジウムは常温常圧で無色の固体(結晶)、水酸化インジウムは常温常圧で白色の固体(粉末)、硫酸インジウムは常温常圧で無色の粉末である。

また、酸化インジウム(III)と酸化錫を約9:1から8:2の割合で混合し、焼結したのとしてインジウム・錫酸化物(ITO)がある。インジウム・錫酸化物は黄色から灰色または青色の固体(粉末)であり、水に不要である。

インジウム及びその化合物の物理化学的性質を表 III-98~表 III-104 に示す。

表 III-98 インジウムの物理化学的性質

分子量：114.82	比重：7.3 (20℃)	融点：155℃	沸点：2000℃
CAS No.：7440-74-6	溶解性(対水溶解度)：不溶		

表 III-99 酸化インジウム(III)の物理化学的性質

分子量：277.63	比重：7.179	融点：2000℃	沸点：—
CAS No.：1312-43-2	溶解性(対水溶解度)：不溶		

表 III-100 塩化インジウムの物理化学的性質

分子量：221.2	比重：4	融点：583℃	沸点：600℃(昇華)
CAS No.：10026-82-8	溶解性(対水溶解度)：可溶		

表 III-101 リン化インジウムの物理化学的性質

分子量：145.8	比重：4.787	融点：1062℃	沸点：—
CAS No.：22398-80-7	溶解性(対水溶解度)：不溶		

表 III-102 硝酸インジウムの物理化学的性質

分子量：300.83	比重：-	融点：100℃(分解)	沸点：—
CAS No.：13770-61-1	溶解性(対水溶解度)：可溶		

表 III-103 水酸化インジウムの物理化学的性質

分子量：165.84	比重：4.4	融点：－	沸点：－
CAS No.：20661-21-6	溶解性（対水溶解度）：－		

表 III-104 硫酸インジウムの物理化学的性質

分子量：517.82	比重：3.44	融点：600 °C（分解）	沸点：－
CAS No.：13464-82-9	溶解性（対水溶解度）：117 g/ 100g（20 °C）		

(2) 主な用途

インジウムの需要量のうち、約 95%は薄型ディスプレイ用透明導電膜製造用セラミックス（酸化インジウムと酸化錫を混合し高温高压で焼結した高密度セラミックス、ITO）に使用され、残りの 5%はリン化インジウム等の光デバイス用化合物半導体、低融点ヒューズ、はんだ、蓄電池添加物、歯科用合金等に使用されている。また、塩化インジウムは骨髄の造血機能診断に使用する放射性医薬品となっている。

(3) ばく露され得る例

日本産業衛生学会による許容濃度等の提案理由書では、薄型ディスプレイ用透明導電膜製造用セラミックスの研磨作業や液晶薄膜材料の製造に従事する労働者のばく露事例が挙げられている。また、米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査（National Occupational Exposure Survey）によれば、インジウム及びその化合物に対する職業性ばく露の可能性がある産業は工業製品およびその周辺製品の製造、運搬、電子製品の製造での業務等であった。

インジウム及びその化合物にばく露した際の具体的な症状としては、乾性咳嗽や気道閉塞、呼吸困難、間質性肺炎等の気道や肺等の呼吸器に対する障害が挙げられる。

(4) メカニズム

生体に吸収されたインジウムは臓器中に沈着し、炎症反応を惹起することで毒性を示すと考えられているが、現時点で毒性メカニズムの詳細は不明である。

15.2 告示に掲げられた疾病又は障害

インジウム及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第 1 の 2 に基づく告示（昭和 53 年）では、肺障害が掲げられている。

15.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、インジウム及びその化合物への短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった⁶⁶。

⁶⁶ 「Indium」というキーワードにて文献検索を行ったところ、文献ヒット数は 170 件であった（検索日 2014/10/2）。さらに、

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、インジウム及びその化合物へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。なお、日本産業衛生学会による許容濃度等の提案理由書においてもインジウム及びその化合物のヒト健康影響情報について現時点では限定されているとしている。

15.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関（ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など）

国外機関について、ACGIH ではインジウムとして基準値を設定しているが、日本産業衛生学会による許容濃度等の提案理由書において、近年のヒト健康影響情報を考慮していないと指摘されている。

表 III-105 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Indium phosphide
	評価ランク	2A
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	Indium phosphide
	評価ランク	1B
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-106 インジウム及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.1 mg/m ³ (1969)	インジウムとして
NIOSH	REL ⁶⁷	TWA 0.1 mg/m ³	インジウムとして
OSHA ⁶⁸	PEL ⁶⁹	—	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、インジウム及びその化合物について、呼吸器毒性の観点から、産業職場における症例報告と動物実験から得られた毒性情報に基づいて許容濃度を提案しているが、情

アブストラクトに基づいて文献の選定を行ったところ、材料科学に関する文献が主であり、細胞毒性やヒトの肺障害に関する文献が見られたが、告示に掲げられていない疾病又は障害に関する文献は見られなかった。

⁶⁷ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

⁶⁸ Occupational Safety and Health Administration

⁶⁹ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

報が不足していることに留意が必要であるとしている。

表 III-107 日本産業衛生学会によるインジウム及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁷⁰		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			経皮	気道	
インジウム及び その化合物 [7440-74-6]	3µg/L	—	—	2A	—	—	'07

表 III-108 インジウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果 インジウム
1	急性 毒性	経口	区分 5
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		×
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（肺、骨格、消化管）
10	吸引性呼吸器有害性		—

分類実施日：H18 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

⁷⁰ Occupational Exposure Limits

表 III-109 酸化インジウム (III) の GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目		分類結果	
		酸化インジウム (III)	
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	×	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 1 (肺、骨格、消化管)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.4.20

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-110 塩化インジウムの GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化インジウム	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	区分 1 (肺)	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H24 年

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-111 リン化インジウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		リン化インジウム	
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1B	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器系、造血系） 区分 2（肝臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H22.3.16

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

16 塩化亜鉛

16.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

塩化亜鉛は常温常圧で白色固体であり、燃焼や爆発、酸化を起こさないが、潮解性を示す。また、酸およびエタノール・アセトンに可溶である。水溶液は中程度の強さの酸である。

塩化亜鉛の物理化学的性質を表 III-112 に示す。

表 III-112 塩化亜鉛の物理化学的性質

分子量：136.3	比重：2.907 (1/25℃)	融点：290℃	沸点：732℃
CAS No.:7646-85-7	溶解性 (対水溶解度)：4320 g/L (25 °C)		

(2) 主な用途

塩化亜鉛は、主に熔融亜鉛メッキのフラックス剤として用いられている。その他、防腐剤やはんだの融剤、マンガン乾電池の電解液にも使用されている。また、医薬品、染料、農薬などの合成原料、活性炭、塩化ビニルモノマー製造触媒、汚水処理、金属石鹼、ゴムの加硫、オイルの精製などにも使用される。

(3) ばく露され得る例

EU のリスク評価書では、塩化亜鉛に対する職業的ばく露の可能性のある産業として、塩化亜鉛の製造を挙げている。

塩化亜鉛にばく露した際の症状として、浅呼吸、のどの痛み、肺炎を含む気道の急性炎症、チアノーゼ、咳、痰、胸部の痛みや締め付け感、吐き気、嘔吐、肺水腫および肺線維症、急性呼吸不全が報告されている。また、角膜の浮腫や永久的な損傷も報告されている。さらに、長期的なばく露により肺および肝臓への障害が示唆されている。

(4) メカニズム

生体に対して毒性を示すメカニズムとして、亜鉛は口腔や消化器の粘膜を直接刺激することが知られている。また、過剰な亜鉛の取込は生体内金属の代謝系を変化させるほか、血清タンパク質を変性させ、肝臓の酵素活性に影響することが考えられている。

16.2 告示に掲げられた疾病又は障害

塩化亜鉛への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（平成8年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

16.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、塩化亜鉛のばく露による症例として、眼・付属器の疾病等や消化器系の疾病等、意識障害関係の疾病等、循環器系の疾病等などが報告されている。なお、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

表 III-113 塩化亜鉛のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	眼・付属器の疾病等	閉塞隅角緑内障、角膜基質の浮腫、デスメ膜の皺	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 眼に対するばく露 ▪ ばく露時間不明(評価書に記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 塩化亜鉛 ▪ 高濃度 	眼に濃縮塩化アンモニウム溶液のスプレーが入った 2 例に関する症例報告	Houle and Grant, 1973 ※ATSDR リスク評価書 2009 より引用
2	消化器系の疾病等、意識障害関係の疾病等、精神関係の疾病等	急性膀胱炎症状(低カルシウム血症・高アミラーゼ血症)、昏睡・精神錯乱	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 経口ばく露 ▪ ばく露から 4 時間後に通院 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 塩化亜鉛/塩化アンモニウム ▪ 患者が誤飲した塩化亜鉛溶液の濃度は不明だが、約 3 オンスを誤飲。 ▪ 患者の血清中の亜鉛濃度 146 μ dl (通常のヒトでは 50-90 μ dl) 	24 歳男性による塩化亜鉛溶液(はんだ付け用フラックス)の誤飲事故に関する症例報告	Chobanian, 1981

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、塩化亜鉛へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

16.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-114 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-115 塩化亜鉛の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ⁷¹	TWA 1 mg/m ³ ST 2 mg/m ³	—
OSHA ⁷²	PEL ⁷³	TWA 1 g/m ³	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-116 日本産業衛生学会による塩化亜鉛の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁷⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			経皮	気道	
塩化亜鉛 [7646-85-7]	—	—	—	—	—	—	—

⁷¹ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

⁷² Occupational Safety and Health Administration

⁷³ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

⁷⁴ Occupational Exposure Limits

表 III-117 塩化亜鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化亜鉛	
1	急性毒性	経口	区分 4
		経皮	区分 2
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 1-5
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器系・肝・脾）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（肺・肝）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

17 塩化白金酸及びその化合物

17.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

塩化白金酸は白金錯体の一種であり、白金を王水、または塩素の沸騰により濃縮した塩酸に温浸することで生成する。白金の酸化状態によって、塩化白金酸（テトラクロロ白金（II）酸）と塩化第二白金酸（ヘキサクロロ白金（IV）酸）がある。

また、塩化白金酸の化合物として、白金にナトリウムイオン、カリウムイオン、アンモニウムイオン等が配位した、塩化白金酸カリウム錯塩（テトラクロロ白金（II）酸カリウム）、塩化白金酸アンモニウム錯塩（テトラクロロ白金（II）酸アンモニウム）、塩化第二白金酸ナトリウム錯塩（ヘキサクロロ白金（IV）酸ナトリウム）、塩化第二白金酸カリウム錯塩（ヘキサクロロ白金（IV）酸カリウム）、塩化第二白金酸アンモニウム錯塩（ヘキサクロロ白金（IV）酸アンモニウム）が知られている。

塩化白金酸とその化合物の性状は、塩化白金酸カリウム錯塩は常温常圧で赤～赤褐色の結晶、塩化第二白金酸は常温常圧で赤茶色の固体、塩化第二白金酸ナトリウム錯塩は常温常圧で黄色の結晶、塩化第二白金酸アンモニウム錯塩は常温常圧で橙赤色～黄色の粉末である。塩化白金酸、塩化白金酸アンモニウム錯塩、塩化第二白金酸カリウム錯塩についての情報は得られなかった。

塩化白金酸及びその化合物の物理化学的性質を表 III-118～表 III-121 に示す。

表 III-118 塩化白金酸カリウム錯塩の物理化学的性質

分子量：415.09	比重：3.4	融点：250 °C（分解）	沸点：-
CAS No.：10025-99-7	溶解性（対水溶解度）：0.9 g/100 g（16 °C）		

表 III-119 塩化第二白金酸の物理化学的性質

分子量：409.82	比重：2.4	融点：60 °C	沸点：-
CAS No.：16941-12-1	溶解性（対水溶解度）：易溶		

表 III-120 塩化第二白金酸ナトリウム錯塩の物理化学的性質

分子量：453.78	比重：2.5	融点：110 °C	沸点：-
CAS No.：16923-58-3	溶解性（対水溶解度）：53 g/100 g（16 °C）		

表 III-121 塩化第二白金酸アンモニウム錯塩の物理化学的性質

分子量：443.88	比重：3.1	融点：380 °C（分解）	沸点：-
CAS No.：16919-58-7	溶解性（対水溶解度）：0.5 g/100 g（20 °C）		

(2) 主な用途

塩化白金酸及びその化合物は、実験室、電気工業、ガラス産業、歯科技工等において広く使用されており、具体的には光沢剤、白金触媒、エッチング剤、顕微鏡試料の固定剤、スポンジ状白金の製造原料等として用いられる。

(3) ばく露され得る例

米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査（National Occupational Exposure Survey）によれば、塩化白金酸に対する職業性ばく露の可能性のある産業は化学およびその近縁製品の製造、医療機関等での業務等であった。なお、日本産業衛生学会による白金についての許容濃度等の提案理由書では、白金化合物または錯体へのばく露事例として、白金精錬工場や白金酸素センサー製造の事例が挙げられている。

塩化白金酸及びその化合物にばく露した際の具体的な症状としては、皮膚の蕁麻疹、接触皮膚炎、くしゃみ、息切れ等の他、チアノーゼから重症の喘息に至る呼吸障害が挙げられる。

(4) メカニズム

WHOによる白金についての環境保健クライテリアによれば、白金塩化合物の一部、特に塩化白金酸ナトリウム錯塩、塩化白金酸カリウム錯塩、塩化第二白金酸、塩化第二白金酸カリウム錯塩、塩化第二白金酸アンモニウム錯塩等は感作性物質であり、白金塩類過敏症の原因となることを指摘している。具体的なメカニズムとしては、白金塩類のうち、比較的分子量の小さい白金錯体は血清タンパク質と結合するハプテンとして作用し、IgE抗体を生成することでアレルギー反応を惹起すると考えられている。

17.2 告示に掲げられた疾病又は障害

塩化白金酸及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（平成8年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気道障害が掲げられている。

17.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、塩化白金酸及びその化合物への短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった⁷⁵。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、塩化白金酸及びその化合物へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

⁷⁵ 「Chloroplatinic acid」または「Chloroplatinate」というキーワードにて文献検索を行ったところ、文献ヒット数は46件であった（検索日2014/10/2）。さらに、アブストラクトに基づいて文献の選定を行ったところ、物理化学や材料科学に関する文献が主であり、白金過敏症に関するレビューが1件見られたが、告示に掲げられていない疾病又は障害に関する文献はなかった。

17.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、喘息の観点から、感作性の最小化を目的として、白金の可溶性塩について基準値を勧告している。

表 III-122 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-123 塩化白金酸及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	0.002 mg/m ³ (1970)	可溶性白金塩について 白金として
NIOSH	REL ⁷⁶	—	—
OSHA ⁷⁷	PEL ⁷⁸	—	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

日本産業衛生学会では、塩化白金酸について許容濃度の設定は行われていない。

表 III-124 日本産業衛生学会による塩化白金酸及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁷⁹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			経皮	気道	
—	—	—	—	—	—	—	—

⁷⁶ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

⁷⁷ Occupational Safety and Health Administration

⁷⁸ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

⁷⁹ Occupational Exposure Limits

表 III-125 塩化白金酸の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化白金酸	
1	急性毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H22.2.19

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-126 塩化第二白金酸ナトリウム錯塩の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化第二白金酸ナトリウム錯塩	
1	急性毒性	経口	区分 2
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	—	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1A 皮膚感作性：区分 1A	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 3（気道刺激性）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H23 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-127 塩化第二白金酸アンモニウム錯塩の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化第二白金酸アンモニウム錯塩	
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	—	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1A 皮膚感作性：区分 1A	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H23 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

18 カドミウム及びその化合物

18.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

カドミウムの化合物としては、炭酸カドミウム、塩化カドミウム、酸化カドミウム、硫酸カドミウム、硫化カドミウムがある。ここでは、これら物質を対象として整理を行う。

カドミウムは常温常圧では青白色の軟らかい金属塊状物あるいは灰色の粉末であり、展性がある。80℃にばく露すると脆くなり、湿った空気にばく露すると変色する。酸と反応して引火性・爆発性の水素ガスを生成する。また、粉末や顆粒状で空気と混合すると粉じん爆発の可能性が、酸化剤、窒化水素、亜鉛、セレン、テルルと反応して火災爆発の危険性がある。

炭酸カドミウムは常温常圧では白色の固体（粉末）である。

塩化カドミウムは常温常圧では無色の固体（結晶）であり、無臭で吸湿性を持つ。加熱すると分解し、非常に有毒なヒュームを生じる。また、強力な酸化剤と反応し、有毒なヒュームを生成する。

酸化カドミウムは常温常圧では茶色の固体（結晶または非晶質粉末）であり、無臭である。加熱するとマグネシウムと激しく反応し、火災と爆発の危険性がある。

硫酸カドミウムは常温常圧では白色の固体（結晶）である。加熱すると分解し、有毒なヒュームを生じる。

硫化カドミウムは常温常圧では淡黄色または橙色の固体（結晶）あるいは黄色～茶色の粉末である。燃焼すると分解し、有毒なヒュームを生じる。また、酸と反応し、有毒なガスを生成する。

カドミウム及びその化合物の物理化学的性質を表 III-128～表 III-133 に示す。

表 III-128 カドミウムの物理化学的性質

分子量：112.4	比重：8.65 (1/25℃)	融点：321℃	沸点：765℃
CAS No.：7440-43-9	溶解性（対水溶解度）：水に不溶		

表 III-129 炭酸カドミウムの物理化学的性質

分子量：172.42	比重：4.26 (1/25℃)	融点：-℃	沸点：357℃ (分解)
CAS No.：513-78-0	溶解性（対水溶解度）：水に不溶		

表 III-130 塩化カドミウムの物理化学的性質

分子量：183.3	比重：4.05 (1/25℃)	融点：568℃	沸点：960℃
CAS No.：10108-64-2	溶解性（対水溶解度）：1400 g/L (20℃)		

表 III-131 酸化カドミウムの物理化学的性質

分子量：128.4	比重：8.15 (1/25℃)	融点：320.9℃	沸点：1559℃
CAS No.：1306-19-0	溶解性（対水溶解度）：水に不溶		

表 III-132 硫酸カドミウムの物理化学的性質

分子量：208.5	比重：4.691 (1/25℃)	融点：1000℃	沸点：-
CAS No.：10124-36-4	溶解性（対水溶解度）：755 g/L (0℃)		

表 III-133 硫化カドミウムの物理化学的性質

分子量：144.5	比重：4.50-4.52 (1/25℃)	融点：1750℃	沸点：-
CAS No.：1306-23-6	溶解性（対水溶解度）：1.3 mg/L (18℃)		

(2) 主な用途

カドミウムは主に、電池、プラスチック、セラミックおよびガラスの顔料、塩化ビニルの安定剤、鉄および非鉄金属の被覆に使用されている。また、カドミウム塩は殺菌剤に含まれていることがある。

塩化カドミウムは、写真、コピー、染色、更紗、真空管工業、顔料工業、潤滑剤、氷核剤、工業用ミラー等に使用されている。

また、カラーコピー用トナーに硫酸カドミウムとセレン化カドミウムの混合物、ソーラー発電セルおよび半導体に硫酸カドミウムとテルル化カドミウムが用いられている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、カドミウムに対する職業性ばく露の可能性のある産業として、合金産業、電池産業、ろう付け、被覆、メッキ、電子部品産業、塗料産業およびその使用等 30 項目での業務等の職業性ばく露の可能性を指摘している。

具体的な症状として、眼、皮膚、気道を刺激し、重度のばく露では肺水腫を引き起こし、死に至る可能性が示唆されている。また、これらの影響は遅れて現れることがあるため、医学的な経過観察を必要とする。長期のばく露により、肺の障害の他、腎臓障害や組織損傷を生じることがあり、人に対する発がん性が示唆されている。また、硫酸カドミウム及び硫化カドミウムについては上記症状に加えて骨への影響があり、骨粗鬆症を生じる可能性がある。

(4) メカニズム

ヒトでは、主に消化管と呼吸器を介してカドミウムが体内に吸収される。また、体内に吸収されたカドミウムは、全身の臓器に運ばれる。標的臓器である腎臓に運ばれ、腎臓中のカドミウム濃度が過剰になり、メタロチオネイン（MT：システインを含む低分子量の金属結合タンパク質、生体中においてカドミウム等の金属と結合する）により解毒できないと腎臓障害が発症すると考えられている。

18.2 告示に掲げられた疾病又は障害

カドミウム及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、気道・肺障害、腎障害又は骨軟化が掲げられている。

18.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、カドミウム及びその化合物へのばく露による症例として、肝障害が報告されている。

表 III-134 カドミウム及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	消化器系の疾病等	著しい肝臓へのダメージ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 経口ばく露 ▪ ばく露時間不明 (評価書に記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ カドミウム ▪ 高濃度 	17歳の少女による事故、ばく露30時間後に死亡。	2文献 (Buckler, 1986; Wisniewska-Knypl, 1971) ※ATSDR リスク評価書 2012 より引用 ※ばく露条件には Buckler, 1986 の例を記載。

(2) 疫学研究報告

ATSDR のリスク評価書では、カドミウム及びその化合物へのばく露による疫学研究として、循環器系、筋肉系、歯牙などへの影響を報告している。また、同リスク評価書公表年以降に実施されたメタアナリシスでは、職業的にカドミウムに長期ばく露している労働者では、収縮期・拡張期血圧の上昇がみられるとともに、高血圧の有病率の増加にも影響していることが示唆されている。

表 III-135 カドミウム及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	横断研究	カドミウムにばく露した労働者 42名と対照とする労働者 77名	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ヘモグロビン濃度の低下 ▪ 血中の血球容積の減少 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 25年以上 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ カドミウム ▪ 濃度不明 ▪ 作業環境でのばく露 	カドミウムに関する作業	3文献 (Bernard, 1979; Friberg, 1950; Kagamimori, 1986) ※ATSDR リスク評価書 2012 より引用 ※ばく露条件には Bernard, 1979 の例を記載。
2	観察研究	金属精錬工場の労働者 65名 (男性 47名・女性 18名、平均年齢は 35.3歳)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 歯の変色 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 勤続年数は 0.4 ~ 21.8年 (平均 7.8年) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ カドミウム ▪ 0.004 ~ 0.187mg/m³ 	カドミウムの精製も行う金属精錬工場における作業	2文献 (Friberg, 1950; Liu, 1985) ※ATSDR リスク評価書 2012 より引用 ※ばく露条件には Liu, 1985 の例を記載。

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献																																	
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等																																		
3	メタアナリシス	ポーランド、中国、スペイン、米国の職業的にカドミウムにばく露している労働者（症例） <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>症例</th> <th>対照</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>17</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>362</td> <td>526</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>40</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>45</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>53</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>31</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>		症例	対照	1	17	19	2	362	526	3	40	40	4	45	32	5	53	52	6	31	10	<ul style="list-style-type: none"> 収縮期・拡張期血圧が有意に上昇（収縮期：SMD=2.325, P=0.001、拡張期：SMD=1.548, P=0.016） 高血圧の有病率が上昇（OR=1.814, P=0.039） 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 長期ばく露（症例の平均勤続期間：12.5～19年（6文献中3件で記載なし）） 	<ul style="list-style-type: none"> カドミウム 症例における平均カドミウム濃度 <table border="1"> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2.98 ± 3.29 μg/l</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12.5 ± 7.3 μg/g</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2.5 ± 2.00 μg/g クレアチニン</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>7.9 ± 2.0 μg/l</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1.32 ± 0.37 μg/l</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>n.a.</td> </tr> </tbody> </table>	1	2.98 ± 3.29 μg/l	2	12.5 ± 7.3 μg/g	3	2.5 ± 2.00 μg/g クレアチニン	4	7.9 ± 2.0 μg/l	5	1.32 ± 0.37 μg/l	6	n.a.	鉄鋼業従事者、ニッケルカドミウム電池工場従事者他	Caciari T, 2013
	症例	対照																																						
1	17	19																																						
2	362	526																																						
3	40	40																																						
4	45	32																																						
5	53	52																																						
6	31	10																																						
1	2.98 ± 3.29 μg/l																																							
2	12.5 ± 7.3 μg/g																																							
3	2.5 ± 2.00 μg/g クレアチニン																																							
4	7.9 ± 2.0 μg/l																																							
5	1.32 ± 0.37 μg/l																																							
6	n.a.																																							

18.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関（ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など）

表 III-136 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Cadmium and cadmium compounds
	評価ランク	1
EPA	評価物質名称	Cadmium
	評価ランク	B1
EU	評価物質名称	Cadmium(non-pyrophoric); cadmium chloride; cadmium oxide(non-pyrophoric); cadmium sulphate; cadmium sulphide
	評価ランク	1B
NTP	評価物質名称	Cadmium and Cadmium Compounds
	評価ランク	K
ACGIH	評価物質名称	カドミウム, カドミウム化合物
	評価ランク	A2

表 III-137 カドミウム及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ⁸⁰	Ca	カドミウムとして
OSHA ⁸¹	PEL ⁸²	TWA 0.005 mg/m ³	カドミウムとして

⁸⁰ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

⁸¹ Occupational Safety and Health Administration

⁸² Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告（2014年度）では、カドミウム及びその化合物は、生殖毒性物質の第1群として分類されている。

表 III-138 日本産業衛生学会によるカドミウム及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁸³		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
カドミウム及びカドミウム化合物 [7440-43-9]	—	0.05	—	1	—	—	'76

表 III-139 カドミウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			カドミウム
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 1
2		皮膚腐食性／刺激性	×
3		眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×
4		呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5		生殖細胞変異原性	区分 2
6		発がん性	区分 1A
7		生殖毒性	区分 2
8		標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（肺、呼吸器）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（腎臓、肺、血液、骨、呼吸器）
10		吸引性呼吸器有害性	×

分類実施日：H18.3.23

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-140 炭酸カドミウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			炭酸カドミウム
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2		皮膚腐食性／刺激性	×
3		眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×
4		呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5		生殖細胞変異原性	×
6		発がん性	区分 1A
7		生殖毒性	×
8		標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×
10		吸引性呼吸器有害性	×

⁸³ Occupational Exposure Limits

分類実施日：H18.5.24

(×：分類できない、－：分類対象外または区分外)

表 III-141 塩化カドミウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化カドミウム	
1	急性毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	－
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 1B	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1 (呼吸器、肝臓、精巣)	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1 (呼吸器、骨、肝臓、腎臓、血液系、心臓)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.5.24

(×：分類できない、－：分類対象外または区分外)

表 III-142 酸化カドミウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		酸化カドミウム	
1	急性毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	－
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 1
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1 (呼吸器、消化器系)	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1 (呼吸器、腎臓、骨、心血管系)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

※分類実施日：H22.2.19

(×：分類できない、－：分類対象外または区分外)

表 III-143 硫酸カドミウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		硫酸カドミウム	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1 (骨、呼吸器)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H22.2.19

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-144 硫化カドミウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		硫化カドミウム	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A-2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 2 (精巣)	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1 (腎臓、呼吸器)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H22.2.19

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

19 クロム及びその化合物

19.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

クロムの化合物として、塩化クロム(III)無水物、酸化クロム(III)、重クロム酸アンモニウム、クロム酸カルシウム、三酸化クロム、クロム酸カリウム、重クロム酸カリウム、クロム酸ナトリウム、クロム酸ストロンチウム、クロム酸亜鉛、重クロム酸ナトリウムなどが知られている。ここではこれら物質を対象として整理を行う。

クロムは常温常圧では灰色の固体(粉末)であり、粉末や顆粒状で空気と混合すると粉じん爆発の可能性がある。多くの有機・無機化合物と接触すると反応することがあり、火災や爆発の危険性がある。

クロムの化合物の性状は以下のとおりである。

塩化クロム(III)無水物は常温常圧では紫色の固体(結晶)、酸化クロム(III)は常温常圧では淡～濃緑色の固体(粉末)である。

重クロム酸アンモニウムは常温常圧では橙～赤色の固体(結晶)である。加熱すると爆発することがある。

クロム酸カルシウムは常温常圧では黄色の固体である。

三酸化クロムは常温常圧では無臭の暗赤色の固体(結晶、薄片、顆粒状粉末)であり、潮解性を持つ。強力な酸化剤で、可燃性物質や還元性物質と激しく反応し、火災や爆発の危険性がある。

クロム酸カリウムは常温常圧では黄色の固体であり、無臭である。

重クロム酸カリウムは常温常圧では橙～赤色の固体(結晶)である。強力な酸化剤であり、可燃性物質や還元性物質と反応する。

クロム酸ナトリウムは常温常圧では黄色の結晶であり、吸湿性を持つ。強力な酸化剤であり、可燃性物質や還元性物質と反応する。

クロム酸ストロンチウムは常温常圧では黄色の固体(結晶性粉末)である。強力な酸化剤で、可燃性物質や還元性物質と反応する。

クロム酸亜鉛は常温常圧では黄色の固体(結晶性粉末)である。強酸化剤であり、還元剤や有機化合物と激しく反応する。

重クロム酸ナトリウムは常温常圧では赤～橙色の固体(結晶)であり、吸湿性を持つ。強酸化剤であり、可燃性物質や還元性物質と反応する。

クロム及びその化合物の物理化学的性質を表 III-145～表 III-157 に示す。

表 III-145 クロムの物理化学的性質

分子量：52	比重：7.14 (20℃)	融点：1903±10℃	沸点：2642℃
CAS No.：7440-47-3	溶解性(対水溶解度)：水に不溶		

表 III-146 塩化クロム(III)無水物の物理化学的性質

分子量：158.4	比重：2.87 (25℃)	融点：1150℃	沸点：1300℃(分解)
CAS No.：10025-73-7	溶解性(対水溶解度)：水に不溶		

表 III-147 酸化クロム (III) の物理化学的性質

分子量 : 152	比重 : 5.22	融点 : 2435°C	沸点 : 4000°C
CAS No. : 1308-38-9	溶解性 (対水溶解度) : 水に不溶		

表 III-148 重クロム酸アンモニウムの物理化学的性質

分子量 : 252.1	比重 : 2.155 (25/4°C)	融点 : 約 180°C	沸点 : -
CAS No. : 7789-09-5	溶解性 (対水溶解度) : 26.67% w/w (20 °C)		

表 III-149 クロム酸カルシウムの物理化学的性質

分子量 : 156.07	比重 : 2.89 (1/25°C)	融点 : -	沸点 : -
CAS No. : 13765-19-0	溶解性 (対水溶解度) : 2.23 g/100mL (20 °C)		

表 III-150 三酸化クロムの物理化学的性質

分子量 : 100	比重 : 2.7 (1/25°C)	融点 : 197°C	沸点 : 250°C (分解)
CAS No. : 1333-82-0	溶解性 (対水溶解度) : 6.17 g/L (0 °C)		

表 III-151 クロム酸カリウムの物理化学的性質

分子量 : 194.19	比重 : 2.73 (18°C)	融点 : 975°C	沸点 : -
CAS No. : 7789-00-6	溶解性 (対水溶解度) : 629 g/L (20 °C)		

表 III-152 重クロム酸カリウムの物理化学的性質

分子量 : 294.2	比重 : 2.676 (25/4°C)	融点 : 398°C	沸点 : 約 500°C
CAS No. : 7778-50-9	溶解性 (対水溶解度) : 0.043 g/L (0 °C)		

表 III-153 クロム酸ナトリウムの物理化学的性質

分子量 : 162	比重 : 2.72 (1/25°C)	融点 : 792°C	沸点 : -
CAS No. : 7775-11-3	溶解性 (対水溶解度) : 8.76 g/100g (25 °C)		

表 III-154 重クロム酸ナトリウム二水和物の物理化学的性質

分子量 : 298.0	比重 : 2.350 (1/25°C)	融点 : 100°C	沸点 : 400°C
CAS No. : 7789-12-0	溶解性 (対水溶解度) : 易溶		

表 III-155 クロム酸ストロンチウムの物理化学的性質

分子量 : 203.6	比重 : 3.9 (1/25°C)	融点 : -	沸点 : -
CAS No. : 7789-06-2	溶解性 (対水溶解度) : 12 g/L (15 °C)		

表 III-156 クロム酸亜鉛の物理化学的性質

分子量 : 181.4	比重 : 3.4 (1/25°C)	融点 : -	沸点 : -
CAS No. : 13530-65-9	溶解性 (対水溶解度) : 水に不溶		

表 III-157 重クロム酸ナトリウムの物理化学的性質

分子量 : 262	比重 : 2.348 (1/25°C)	融点 : 356.7°C	沸点 : 400°C
CAS No. : 10588-01-9	溶解性 (対水溶解度) : 2380 g/L (0 °C)		

(2) 主な用途

クロムは主に、冶金、耐火材、化学工業において、ステンレス素材、顔料、木の防腐剤、トナー、磁性テープ、サプリメント等に使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、クロムによる職業性ばく露の可能性のある産業として、クロマイトの製造、ステンレスの製造および溶接、クロムメッキ、フェロクロム製造およびクロム顔料の製造、比較のなめし等での業務等を挙げている。

クロム及びその化合物へのばく露による具体的な症状として、眼、皮膚、気道に対する刺激および腐食性が知られている。重クロム酸アンモニウム、重クロム酸カリウム、クロム酸ナトリウム、重クロム酸ナトリウムについては、腎臓および肝臓に影響を与え、組織損傷を生じることがあると報告されている。

長期ばく露により、上記の症状に加えて肺の線維症、鼻中隔穿孔を生じることがあり、人に対する発がん性、生殖・発生毒性も指摘されている。さらに、クロム酸鉛およびクロム酸亜鉛について、血液、骨髄、中枢神経系への影響が示唆されている。

(4) メカニズム

クロムの毒性は価数や化合物によって差がある。三価のクロムは人体に不可欠な物質であるが、六価の酸化化合物は毒性を持つ。六価の酸化化合物の一つである六価クロムにばく露すると、クロム酸中毒を発症する。不溶性の六価クロムは、ほとんど吸収されないため低毒性であるが、可溶性の六価数クロムの毒性は高い。溶解度の高い化合物は吸収されやすく重篤化しやすいことが知られている。

ATSDR のリスク評価書では、六価のクロムは細胞内で三価、四価、五価のクロムに還元され、かつ四価、五価、六価のクロムはフリーラジカルによる細胞に対する強い酸化作用を持つため、六価のクロムは三価のクロムよりも強い毒性を持つとしている。また、DNA へのダメージは三、四、五価のクロムのフリーラジカルにより起こされ、DNA 構造および機能にダメージを与えたとされている。

19.2 告示に掲げられた疾病又は障害

クロム及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害、気道・肺障害、鼻中隔穿孔又は嗅覚障害が掲げられている。

19.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、クロム及びその化合物へのばく露による症例として、肝臓などへ

の影響を報告している。なお、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

表 III-158 クロム及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	消化器系の疾病等	黄疸、ビリルビンの増加、血清乳酸デヒドロゲナーゼの増加	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 経口ばく露（ピペット等で液体を吸い上げる際に誤ってばく露） ▪ 1日に2時間、8年間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 三酸化クロム ▪ 三酸化クロムを含む液体 300g/L (pH0.5) 	病歴がなく、8年間一日に2時間の換気のないメッキ部屋でクロムメッキの作業に従事していた30歳の男性	Fristedt, 1965
2	自覚症状関係	めまい、頭痛、衰弱	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明（評価書に記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 三酸化クロム ▪ 濃度不明（評価書に記載なし） 	クロムタンク上における作業の際の排気によるばく露	Lieberman, 1941 ※ATSDR リスク評価書 2012より引用

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、クロム及びその化合物へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。同リスク評価書公表年以降の疫学研究報告としては、三価クロムに長期ばく露した人々では呼吸器系疾患や皮膚疾患だけでなく、消化器系の症状の有病率が高かったとの報告があった。

表 III-159 クロム及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	横断研究	23-60 歳のパキスタンの皮なめし工場付近に住居する 100 名と同工場から離れた所に居住する 100 名(それぞれ無作為抽出)	ばく露群では、対照群に比べ、血中クロム濃度、酸化ストレスマーカー (SOD、MDA) レベル、DNA ダメージレベルが有意に高く (P<0.05)、酸化ストレスマーカー GSH レベルは有意に低かった (P<0.05)。血中クロム濃度と酸化ストレスマーカー、DNA ダメージレベルとの間には有意な相関が認められた。ばく露群は対照群に比べ有意に有病率が高く (P<0.05)、特に呼吸器系の疾患、糖尿病、消化器系の症状、皮膚疾患の有病率が高かった。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 慢性的なばく露 (ばく露群の平均居住期間 : 男性 27.49±14.01 年、女性 24.87±10.15 年) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 三価クロム ▪ ばく露群の平均血中クロム濃度 : 男性 147.75 ± 2.26 μg/L、女性 157.59 ± 29.20μg/L 	皮なめし工場付近に住居	Khan, 2012

19.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、金属および二価、三価のクロム化合物について、肺疾患およびその他の有害な影響を最小化させることを目的に、基準値を勧告している。また、水溶性六価クロム化合物について、肝臓へのダメージ、腎臓への影響、気管支への刺激の十分な低減を目的として基準値を勧告している。

非水溶性六価クロムについて、ばく露による発がん性リスクに対するデータから、十分なマージンを考慮して基準値を勧告している。

クロマイト処理およびクロム酸顔料について、クロム化合物を伴うこれらのプロセスにおける発がん性リスクへの注意喚起から基準値を勧告している。

クロム酸鉛について、過剰なばく露による発がん性リスクの最小化を目的として、基準値を勧告している。

表 III-160 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Chromium, metallic; Chromium(III) compounds; Chromium(VI) compounds
	評価ランク	3; 3; 1
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	Ammonium dichromate; calcium chromate; chromium(VI) trioxide; lead chromate; potassium chromate; potassium dichromate; sodium chromate; strontium chromate; sodium dichromate
	評価ランク	1B; 1B; 1A; 1B; 1B; 1B; 1B; 1B; 1B;
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	六価クロム化合物; クロム酸鉛; クロム酸亜鉛; クロム酸ストロンチウム; クロム酸カルシウム
	評価ランク	A1; A2; A1; A2; A2

表 III-161 クロムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TVL	TWA 0.5 mg/m ³	金属クロム、二価のクロム、三価のクロムについて、クロムとして
		TWA 0.05 mg/m ³	水溶性六価クロム、非水溶性六価クロム、クロマイト鉱物の処理について、クロムとして
		TWA 0.01 mg/m ³	クロム酸亜鉛、クロム酸亜鉛カリウム、ジシクロクイエローについて、クロムとして
		TWA 0.012	クロム酸鉛について、クロムとして
NIOSH	REL ⁸⁴	TWA 0.5 mg/m ³	-
OSHA ⁸⁵	PEL ⁸⁶	TWA 1 mg/m ³	水溶液ではないクロムも同様

表 III-162 三酸化クロムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.05 mg/m ³	水溶性六価クロム、非水溶性六価クロム、クロマイト鉱物の処理について、クロムとして
NIOSH	REL ⁸⁷	Ca TWA 0.0002 mg/m ³	—
OSHA ⁸⁸	PEL ⁸⁹	TWA 0.005 mg/m ³	—

⁸⁴ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

⁸⁵ Occupational Safety and Health Administration

⁸⁶ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

⁸⁷ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

⁸⁸ Occupational Safety and Health Administration

⁸⁹ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、作業環境中のばく露についての報告をもとに許容濃度を提案しているが、クロム化合物については化学形によって作用が異なることから個別に許容濃度を示されることが望ましいとしている。日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告（2014年度）では、クロム及びその化合物は、生殖毒性物質の第3群として分類されている。

表 III-163 日本産業衛生学会によるクロム及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁹⁰		経皮 摂取	発がん 性	感作		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
クロム及びクロム化合物 (Crとして) [7440-47-3]	—	—	—	—	2	1	'89
金属クロム	—	0.5	—	—	—	—	—
3価クロム化合物	—	0.5	—	—	—	—	—
6価クロム化合物	—	0.05	—	—	—	—	—
ある種の 6価クロム化合物	—	0.01	—	1	—	—	—

⁹⁰ Occupational Exposure Limits

表 III-164 クロムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		クロム	
1	急性毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 2 (全身毒性) 区分 3 (気道刺激性)	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.5.24

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-165 塩化クロム (III) 無水物の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化クロム (III) 無水物	
1	急性毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.5.24

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-166 酸化クロム (III) の GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目		分類結果	
		酸化クロム (III)	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	×	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.5.24

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-167 重クロム酸アンモニウムの GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目		分類結果	
		重クロム酸アンモニウム	
1	急性 毒性	経口	区分 2
		経皮	区分 4
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 2
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	区分 1 (呼吸器系、腎臓、肝臓)	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 1 (呼吸器系、腎臓、肝臓)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.8.22

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-168 クロム酸カルシウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			クロム酸カルシウム
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1
5	生殖細胞変異原性		区分 2
6	発がん性		区分 1A
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		×
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		×
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.5.24

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-169 三酸化クロムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			三酸化クロム
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 1A-1C
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 1
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1
5	生殖細胞変異原性		区分 2
6	発がん性		区分 1A
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		×
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1(呼吸器)
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.5.24

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-170 クロム酸鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		クロム酸鉛	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（造血系、血液系、腎臓、神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（造血系、血液系、腎臓、神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.3.23

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-171 クロム酸カリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		クロム酸カリウム	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.5.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-172 重クロム酸カリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		重クロム酸カリウム	
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	区分 4
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 2
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	区分 1B	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 1B	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（腎臓、中枢神経系、肝臓、血液系、呼吸器、心臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（肝臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.5.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-173 クロム酸ナトリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		クロム酸ナトリウム	
1	急性 毒性	経口	区分 2
		経皮	区分 4
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 2
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器、腎臓、肝臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器、腎臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H20.2.22

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-174 クロム酸ストロンチウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			クロム酸ストロンチウム
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 1
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		区分 1A
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		×
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		×
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.5.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-175 クロム酸亜鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			クロム酸亜鉛
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		区分 1A
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		×
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		×
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.5.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-176 重クロム酸ナトリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		重クロム酸ナトリウム	
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	区分 3
		吸入：ガス	－
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 2
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	－	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1 (呼吸器系、肝臓、腎臓)	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1 (呼吸器系、腎臓)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H23.1.31

(×：分類できない、－：分類対象外または区分外)

20 コバルト及びその化合物

20.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

コバルトの化合物として、塩化コバルト(II)、硝酸コバルト(II)六水和物、酸化コバルト(II)、硫酸コバルトなどが知られている。ここでは、これら物質を対象として整理を行う。

コバルトは常温常圧では銀～灰色の固体(粉末)であり、空気と混合すると粉じん爆発の可能性がある。微細片は、空気あるいはアセチレンに触れると自然発火することがある。また、強力な酸化剤と反応し、火災や爆発を起こす危険性がある。

コバルトとその化合物の性状は以下のとおりである。

塩化コバルト(II)は常温常圧では淡青色の固体(粉末)で、吸湿性を持ち、空気や湿気にばく露するとピンクになる。酸化剤と反応し、火災や爆発を起こす危険性がある。

硝酸コバルト(II)六水和物は常温常圧では赤色の固体(結晶)で、加熱すると分解し、有毒な気体を生じる。また、可燃性物質と反応し、火災を生じる危険性がある。

酸化コバルト(II)は常温常圧では黒～緑色の固体(結晶あるいは粉末)である。

硫酸コバルトは常温常圧では薄紫～紺色の固体(結晶)である。735℃まで加熱すると分解し、有害なヒュームを生じる。また、粉じんの状態で強力な酸化剤と反応した際、火災や爆発を生じる危険性がある。

コバルト及びその化合物の物理化学的性質を表 III-177～表 III-181 に示す。

表 III-177 コバルトの物理化学的性質

分子量：58.9	比重：8.92 (1/25℃)	融点：1493℃	沸点：約 3100℃
CAS No.：7440-48-4	溶解性(対水溶解度)：－		

表 III-178 塩化コバルト(II)の物理化学的性質

分子量：129.8	比重：3.367 (1/25℃)	融点：735℃	沸点：1049℃
CAS No.：7646-79-9	溶解性(対水溶解度)：440 g/L (7℃)		

表 III-179 硝酸コバルト(II)六水和物の物理化学的性質

分子量：291.03	比重：1.87 (25/4℃)	融点：55℃	沸点：74℃で分解
CAS No.：10026-22-9	溶解性(対水溶解度)：979 g/L (21.1℃)		

表 III-180 酸化コバルト(II)の物理化学的性質

分子量：74.9	比重：5.7-6.7 (1/25℃)	融点：約 1935℃	沸点：－
CAS No.：1307-96-6	溶解性(対水溶解度)：－		

表 III-181 硫酸コバルト(II)の物理化学的性質

分子量：155	比重：3.71 (25/4℃)	融点：735℃	沸点：－
CAS No.：10124-43-3	溶解性(対水溶解度)：362 g/L (20℃)		

(2) 主な用途

安全衛生情報センターの製品安全データシートによれば、コバルトは磁性材料、特殊鋼、超硬工具、触媒、合金、メッキの原料、乾燥剤に用いられている。また、塩化コバルト (II) は乾燥ゲルの湿度インジケータに、硝酸コバルト (II) 六水和物はコバルト系触媒の原料として用いられている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局 (以下 ATSDR とする) のリスク評価書では、コバルトに対する職業性ばく露の可能性のある産業として、重金属工業を挙げており、溶接や粉碎等による作業環境でのばく露の可能性を指摘している。

コバルトとその化合物へのばく露による具体的な症状として、眼、皮膚、気道を刺激することが知られており、コバルトカルボニルにおいては重度に刺激し、肺水腫を起こす可能性が示唆されている。また、酸化コバルト (II) においては喘息様反応を起こす可能性が示唆されており、症状の発生まで遅れて現れることがあるため、医学的な経過観察を必要とする。長期のばく露により、上記の症状に加え人に対する発がん性を持つ可能性が示唆されている。さらに、塩化コバルト (II)、硝酸コバルト (II) 六水和物、硫酸コバルト (II) については生殖・発生毒性および奇形を起こす可能性があるとして報告されている。

(4) メカニズム

国際化学物質安全性計画 (IPCS) の評価書によれば、コバルトの毒性はオキシダントおよびフリーラジカルによって引き起こされ、DNA 損傷などを起こすとされており、また、可溶性コバルトは無機カルシウムチャンネルを遮断することが証明されているとしている。

20.2 告示に掲げられた疾病又は障害

コバルト及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示 (平成8年) では、皮膚障害又は気道・肺障害が掲げられている。

20.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、コバルト及びその化合物のばく露による症例として、循環器系、眼・付属器、神経系の疾病などが報告されている。同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

表 III-182 コバルト及びその化合物のばく露による
告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	循環器系の疾病	コバルトへのばく露が心臓病発症に影響を与えた可能性がある	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 4年間 	<ul style="list-style-type: none"> コバルト 高濃度 患者の心臓、肺、肝臓、脾臓の腎臓コバルト濃度(湿重量)はそれぞれ、37、17、34、19、29 μg/100ml 	41歳の男性の金属業従事者、入院3日後に死亡	Barborik and Dusek, 1972
2	眼・付属器の疾病等、神経系の疾病等	視神経萎縮、神経性難聴	<ul style="list-style-type: none"> ばく露経路不明(記載なし) 20か月間週50時間勤務 	<ul style="list-style-type: none"> コバルト 患者の血中のコバルト濃度 234 μg/ml 	7か月間めまいや難聴が続く48歳の際の男性で傷患部にコバルト粉末をばく露	Meecham and Humphery, 1991

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関しては、ATSDR のリスク評価書では記憶力や視覚能力への影響が報告されていた。同リスク評価書公表年以降の疫学研究報告としては、循環器系への影響が示唆されているほか、建設業従事者において塩化コバルトをアレルゲンとした接触性アレルギー症状の有病率が高いとの報告があった。

表 III-183 コバルト及びその化合物のばく露による
告示に掲げられていない疾病又は障害(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	症例対照研究	タングステンカーバイドとコバルトと双方の粉じん及び自動車用の有機溶剤のミストを含む重金属にばく露された労働者12名と対照群26名(ばく露群と性別・年齢・人種の構成が同様となるようにした)	ウエクスラー記憶検査法を用いて記憶力を測定した結果、ばく露群では、対象群に比べて、言語記憶力(P<0.001)と視覚能力(P<0.05)が有意に低かった。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露時間不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> コバルト 濃度不明(記載なし) 	重金属産業の労働者	Jordan, 1990

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
2	横断研究	フィンランドのコバルト工場に勤務しコバルトにばく露している男性からなるばく露群 203 名と、非ばく露群 94 名	高ばく露群では、等容性弛緩時間 (IVRT) が長い傾向が見られた。高ばく露群では、拡張早期急速流入期血流波形の減速時間 (DT) の延長が認められた。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露群の平均ばく露期間：15.0 (11.6) 年 (最低 1 年以上) 	<ul style="list-style-type: none"> コバルト ばく露群の平均ばく露濃度：0.40 (0.47) mg-y 	コバルト工場に勤務	Linna A, 2004
3	横断研究	ブラジルサンパウロ州において 2000 年から 2005 年の間に接触性アレルギーと診断された男性 169 名	建設業従事者 83 名のうち、30.2%で塩化コバルトに対してアレルギー陽性反応を示した。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露時間不明 (記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> 塩化コバルト 濃度不明 (記載なし) 	建設業従事	Macedo MS, 2007
4	症例対照研究	1992年から2000年に接触性アレルギーと診断されたドイツおよびオーストリアの患者 74,147 名	建設業従事者とそれ以外の人々を比較すると、塩化コバルトをアレルギーとする接触性アレルギーの有病率が有意に高かった (P<0.01)	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露時間不明 (記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> 塩化コバルト 濃度不明 (記載なし) 	建設業従事	Uter W, 2004

20.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、動物実験より得られた知見をもとに、金属コバルトの基準値を勧告している。

表 III-184 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Cobalt metal with tungsten carbide; Cobalt and cobalt compounds; Cobalt metal without tungsten carbide
	評価ランク	2A; 2B; 2B
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	cobalt acetate; cobalt carbonate; cobalt dichloride; cobalt sulfate
	評価ランク	1B
NTP	評価物質名称	Cobalt sulfate
	評価ランク	R
ACGIH	評価物質名称	コバルト; コバルト化合物
	評価ランク	A3

表 III-185 コバルト及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.05 mg/m ³	Co として
NIOSH	REL ⁹¹	TWA 0.05 mg/m ³	—
OSHA ⁹²	PEL ⁹³	TWA 0.1 mg/m ³	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、労働者における肺疾患の報告をもとに許容濃度を提案している。

表 III-186 日本産業衛生学会によるコバルト及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁹⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
コバルト及びその化合物 (Co として) [7440-48-4]	—	0.05	—	2B	1	1	'92

表 III-187 コバルトの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			コバルト
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		区分 2
7	生殖毒性		区分 2
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 3 (気道刺激性)
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1 (呼吸器)
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.5.24

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

⁹¹ Recommended Exposure Limits：1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

⁹² Occupational Safety and Health Administration

⁹³ Permissible Exposure Limits：1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

⁹⁴ Occupational Exposure Limits

表 III-188 塩化コバルト (II) の GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目			分類結果
			塩化コバルト (II)
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	—
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	区分 1 (全身毒性)	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 1 (肺、神経系、甲状腺) 区分 2 (血液、心筋、生殖器)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3.27

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-189 硝酸コバルト (II) 六水和物の GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目			分類結果
			硝酸コバルト (II) 六水和物
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	×	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 1 (呼吸器系、心臓)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H22.2.19

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-190 酸化コバルト (II) の GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目			分類結果
			酸化コバルト (II)
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	区分 1 (肝臓) 区分 2 (心臓)	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.5.24

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-191 硫酸コバルト (II) の GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目			分類結果
			硫酸コバルト (II)
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	×	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 1 (心臓、呼吸器系)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H22.2.19

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

21 四アルキル鉛化合物

21.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

四アルキル鉛化合物とはアルキル基が 4 個結合した鉛化合物の総称であり、代表的な四アルキル鉛化合物として、四メチル鉛および四エチル鉛が挙げられる。ここでは、これらの物質を対象として整理を行う。

四メチル鉛は、常温常圧で無色の液体であり、特徴的な臭気を有する。蒸気は空気より重く、90℃以上の加熱で爆発することがある。

四エチル鉛は、常温常圧で無色の粘稠液体であり、特徴的な臭気を有する。蒸気は空気より重く、加熱によって分解する。

四アルキル鉛化合物の物理化学的性質を表 III-192、表 III-193 に示す。

表 III-192 四メチル鉛の物理化学的性質

分子量：267.4	比重：1.995	融点：-27.5℃	沸点：110℃
CAS No.：75-75-4	溶解性（対水溶解度）：－		

表 III-193 四エチル鉛の物理化学的性質

分子量：323.45	比重：1.7	融点：-136.8℃	沸点：110℃（分解）
CAS No.：78-00-2	溶解性（対水溶解度）：－		

(2) 主な用途

四アルキル鉛化合物は、エンジンのノッキング防止を目的としたガソリンの添加剤として広く使用される他、四エチル鉛が水道管や缶詰の溶接、銃弾や錘の素材、家庭用塗料等に使用されてきた。しかし、現在は、四アルキル鉛およびこれを含有する製剤は毒物および劇物取締法において用途が規制されており、石油精製業者によるガソリンへの混入のみが認められている。このため、自動車用ガソリンへの混入が禁止されている日本においては、事実上の用途は航空ガソリン用ノッキング防止剤としてのみである。

(3) ばく露され得る例

米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査（National Occupational Exposure Survey）によれば、四アルキル鉛に対する職業性ばく露の可能性のある産業は砕石、石炭採掘、石油およびガス抽出、空輸等での業務等であった。

四アルキル鉛化合物にばく露した際の具体的な症状としては、中枢神経系への影響、さらには意識の喪失や脳障害が挙げられる。高濃度の場合には死に至ることもある。また、症状が遅れて現れることがあるため、医学的な経過観察が必要とされる。なお、四エチル鉛については、加えて長期的なばく露により、生殖・発生毒性を示す可能性も示唆されている。

(4) メカニズム

鉛の毒性については、詳細は未だ不明な点も多いが、鉛イオンが細胞内のカルシウムイオンと置き換わることにより、細胞のカルシウム依存性応答に異常をきたすことで毒性を発揮するとされている。特に四アルキル鉛は、生体内で毒性の強い三アルキル鉛に変換され、いずれも脂溶性が高く、血液脳関門を容易に通過するため、中枢神経に作用して神経を変性させることで、中枢神経症状や精神症状を生じると考えられている。

21.2 告示に掲げられた疾病又は障害

四アルキル鉛への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又はせん妄、幻覚などの精神障害が掲げられている。

21.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、四アルキル鉛化合物への短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった⁹⁵。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、四アルキル鉛化合物へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

⁹⁵ 「tetraalkyl lead」というキーワードにて文献検索を行ったところ、文献ヒット数は6件であった（検索日2014/10/2）。さらに、アブストラクトに基づいて文献の選定を行ったところ、全て環境中のアルキル鉛化合物に関する文献であった。

21.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国際機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

国際機関について、ACGIH では鉛として基準値を設定している。

表 III-194 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Lead compounds, organic
	評価ランク	3
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	Lead
	評価ランク	A3
	評価物質名称	Tetraethyl lead, as Pb
	評価ランク	A4

表 III-195 四アルキル鉛化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.1mg/m ³ Skin (2010)	鉛として
NIOSH	REL ⁹⁶	TWA 0.075 mg/m ³ Skin	四メチル鉛
OSHA ⁹⁷	PEL ⁹⁸	TWA 0.075 mg/m ³ Skin	四メチル鉛

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

日本産業衛生学会では、中枢神経症状の観点から許容濃度を設定している。

表 III-196 日本産業衛生学会による四アルキル鉛化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁹⁹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			経皮	気道	
四メチル鉛 (Pb として) [75-75-4]	—	0.075	皮	—	—	—	'05
四エチル鉛 (Pb として) [78-00-2]	—	0.075	皮	—	—	—	'10

⁹⁶ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

⁹⁷ Occupational Safety and Health Administration

⁹⁸ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

⁹⁹ Occupational Exposure Limits

表 III-197 四メチル鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			四メチル鉛
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分 2
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（神経系）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（神経系、肝臓）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.3.23

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-198 四エチル鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			四エチル鉛
1	急性 毒性	経口	区分 2
		経皮	区分 3
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分 1
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		—
6	発がん性		×
7	生殖毒性		区分 2
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（中枢神経系）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（神経系、肝臓）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H23.1.31

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

22 水銀及びその化合物

22.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

水銀の化合物としては、塩化水銀 (II)、塩化水銀 (I)、酢酸水銀 (II)、硫酸水銀 (II) などが知られている。ここでは、これら無機水銀を対象として整理を行う。なお、メチル水銀やエチル水銀等については、本報告書の「13.アルキル水銀化合物」で整理を行っている。

水銀は、常温常圧では銀白色の流動性液状重金属であり、無臭の物質である。加熱すると有毒なヒュームを生じる性質を持つ。アンモニア、ハロゲンと激しく反応することから、火災や爆発の危険性がある。また、アルミニウムをはじめとする多くの金属を侵しアマルガムを生成する。

水銀の化合物の性状は以下のとおりである。

塩化水銀 (II) は常温常圧では白色の固体（結晶または粉末）である。加熱すると分解して有毒なヒュームを生じる。塩化水銀 (I) は常温常圧では白色の固体（結晶性粉末）であり、光の影響で徐々に分解する性質を持ち、分解すると塩化水銀 (II) や水銀を生じる。酢酸水銀 (II) は常温常圧では白色の固体（結晶または結晶性粉末）であり、光の影響下で加熱すると分解する性質を持ち、多くの金属を侵す。

水銀及びその化合物の物理化学的性質を表 III-199～表 III-203 に示す。

表 III-199 水銀の物理化学的性質

分子量：200.6	比重：13.534 (25℃)	融点：-38.87℃	沸点：356.72℃
CAS No.：7439-97-6	溶解性（対水溶解度）：0.28 μmol/L (25℃)		

表 III-200 塩化水銀 (II) の物理化学的性質

分子量：271.5	比重：5.6 (20℃)	融点：277℃	沸点：302℃
CAS No.：7487-94-7	溶解性（対水溶解度）：69 g/L (20℃)		

表 III-201 塩化水銀 (I) の物理化学的性質

分子量：472.09	比重：7.15	融点：400℃	沸点：—
CAS No.：10112-91-1	溶解性（対水溶解度）：—		

表 III-202 酢酸水銀 (II) の物理化学的性質

分子量：318.7	比重：3.28	融点：179℃(分解)	沸点：—
CAS No.：1600-27-7	溶解性（対水溶解度）：250 g/L (10℃)		

表 III-203 硫酸水銀 (II) の物理化学的性質

分子量：296.7	比重：6.47	融点：450℃	沸点：—
CAS No.：7783-35-9	溶解性（対水溶解度）：—		

(2) 主な用途

水銀に関する水俣条約の国内対応検討委員会では、水銀の利用用途として、歯科用アマルガム、計測機器、塩素アルカリ工業、照明機器、零細小規模金採掘（ASGM）、電池、電気機器、塩化ビニルモノマー製造などを挙げている。

また、米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、水銀は主に、工業的な配線基板およびスイッチ、計測および制御装置、虫歯の治療、電灯、アルカリ電池、高分子触媒、インク、接着剤、コーティング材、防かび剤等に使用されているとしている。

(3) ばく露され得る例

ATSDR のリスク評価書では、水銀に対する職業性ばく露の可能性のある業務として、辰砂の採鉱および処理、蛍光灯の製造、塗装業、環境または生物サンプルの分析等を挙げている。

水銀及びその化合物へのばく露による具体的な症状として、眼、皮膚、気道の刺激または腐食性、腎臓への影響などが知られている。腎臓への影響は遅れて現れることがあるため、医学的な経過観察が必要とされている。長期的なばく露により、上記の症状に加え、中枢神経系、末梢神経系への影響や、運動失調、記憶障害、疲労、筋力低下、言語障害などを生じることもある。水銀及びその化合物は、人で生殖・発生毒性を引き起こす可能性があることが示唆されている。

(4) メカニズム

国際化学物質安全性計画（IPCS）の評価書によれば、水銀元素と無機水銀それぞれのメカニズムを説明している。水銀元素は親油性であるため、体内にくまなく分布するとしており、吸入されると血液に溶解し、血中では赤血球で二価の形態に酸化されるとしている。水銀元素は親油性が高いことから、容易に血液-脳および胎盤関門を通過し、神経系の障害を生じるとしている。一方、無機水銀は脂溶性が低いため、水銀元素と比較して血液-脳および血液-胎盤関門を通過する二価の無機水銀の量は非常に少ないが、無機水銀は水銀元素に比べて肝臓と腎臓に容易に蓄積するとしている。

22.2 告示に掲げられた疾病又は障害

水銀およびその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、振せん、歩行障害等の神経障害、焦燥感、記憶減退、不眠等の精神障害、口腔粘膜障害又は腎障害が掲げられている。

22.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、水銀及びその化合物へのばく露による短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった。また、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。¹⁰⁰

(2) 疫学研究報告

ATSDR のリスク評価書では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、水銀及びその化合物へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。また、同リスク評価書公表年以降の疫学研究に関する情報は得られなかった。

22.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、水銀蒸気について、水銀中毒についての知見をもとに、安全性のマージンを置いた基準値を勧告している。また、アリルおよび無機水銀について、水銀の吸収による知見をもとに基準値を勧告している。

表 III-204 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Mercury and inorganic mercury compounds
	評価ランク	3
EPA	評価物質名称	Mercury, elemental; Mercury chloride
	評価ランク	D; C
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	水銀; 塩化水銀 (I) ; 塩化水銀 (II) ; 酢酸水銀 (II)
	評価ランク	A4

¹⁰⁰ {「Mercury」 or 「Mercury Compounds」 not 「Alkylmercury compounds」} and 「Occupat」 or 「Occupational Expose」で文献検索を行ったところ、文献ヒット数は43件であった。(検索日 2014/9/28) さらにアブストラクトに基づいて文献の選定を行ったところ、告示に掲げられていない疾病または障害に関する文献はなかった。

表 III-205 水銀及び無機水銀化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.05 mg/m ³	水銀蒸気
	TLV	TWA 0.01 mg/m ³	アシル水銀、無機水銀
NIOSH	REL ¹⁰¹	Vapor TWA 0.05 mg/m ³ [skin] Other C 0.1 mg/m ³ [skin]	—
OSHA ¹⁰²	PEL ¹⁰³	TWA 0.1 mg/m ³	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、国際会議や ACGIH による勧告および労働者についての知見などから、許容濃度を提案している。日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告（2014 年度）では、水銀蒸気を含む無機水銀は、生殖毒性物質の第 2 群として分類されている。

表 III-206 日本産業衛生学会による水銀の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁰⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	経皮	
水銀蒸気 [7439-97-6]	—	0.025	—	—	—	—	'98

表 III-207 水銀の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			水銀
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分 1
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 2
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 2
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：区分 1
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		区分 1A
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（呼吸器系、心血管系、腎臓、 肝臓、中枢神経系）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（神経系、心血管系、血液、肝 臓、歯肉）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H23 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

¹⁰¹ Recommended Exposure Limits：1 日 10 時間、週 40 時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹⁰² Occupational Safety and Health Administration

¹⁰³ Permissible Exposure Limits：1 日 8 時間、週 40 時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹⁰⁴ Occupational Exposure Limits

表 III-208 塩化水銀 (II) の GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化水銀 (II)	
1	急性毒性	経口	区分 2
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	区分 1B	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	区分 1 (腎臓、消化管、肝臓、心血管系、呼吸器、神経系)	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 1 (神経系、腎臓、呼吸器、心血管系、消化管)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H23 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-209 塩化水銀 (I) の GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化水銀 (I)	
1	急性毒性	経口	区分 3
		経皮	区分 4
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2A	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A-2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	区分 1 (腎臓) 区分 3 (気道刺激性)	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 1 (腎臓、神経系、消化管)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.2.10

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-210 酢酸水銀 (II) の GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目			分類結果
			酢酸水銀 (II)
1	急性 毒性	経口	区分 2
		経皮	区分 3
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	区分 2 (腎臓、呼吸器)	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 1 (腎臓) 区分 2 (神経系)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.2.10

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-211 硫酸水銀 (II) の GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目			分類結果
			硫酸水銀 (II)
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	区分 3
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	区分 1 (腎臓)	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 1 (腎臓)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

23 セレン及びその化合物

23.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

セレンの化合物として、セレン酸、亜セレン酸、亜セレン酸ナトリウム、二酸化セレンなどが知られている。ここでは、これら物質を対象として整理を行う。

セレンは常温常圧では灰色の固体であり、加熱すると有毒なヒュームを生じる。非晶形の場合、50℃で水と反応し、引火性・爆発性のガスや亜セレン酸を生じる。

セレンの化合物の性状は以下のとおりである。

セレン酸は常温常圧では白色の固体（結晶）である。

亜セレン酸は常温常圧では無色の結晶であり、吸湿性を持つ。加熱すると分解し、有毒なヒュームを生じる。

亜セレン酸ナトリウムは常温常圧ではさまざまな形状の固体であり、高温面や炎に触れると分解して、有害なガスを生成する。

二酸化セレンは常温常圧では光沢のある白色の固体（結晶あるいは粉末）であり、帯黄緑色の蒸気には刺激臭がある。加熱すると分解し有毒なヒュームを生じる。また、水の存在下で多くの金属を侵す。

セレン及びその化合物の物理化学的性質を表 III-212～表 III-216 に示す。

表 III-212 セレンの物理化学的性質

分子量：79	比重：4.28	融点：200℃	沸点：685℃
CAS No.:7782-49-2	溶解性（対水溶解度）：－		

表 III-213 セレン酸の物理化学的性質

分子量：144.97	比重：2.951（15℃）	融点：58℃	沸点：260℃
CAS No.:7783-08-6	溶解性（対水溶解度）：13000 g/L（30℃）		

表 III-214 亜セレン酸の物理化学的性質

分子量：129	比重：3.004（15/4℃）	融点：70℃（分解）	沸点：－
CAS No.:7783-00-8	溶解性（対水溶解度）：1670 g/L（20℃）		

表 III-215 亜セレン酸ナトリウムの物理化学的性質

分子量：172.9	比重：3.1	融点：350℃	沸点：710℃（分解）
CAS No.:10102-18-8	溶解性（対水溶解度）：850 mg/L（20℃）		

表 III-216 二酸化セレンの物理化学的性質

分子量：110.96	比重：3.954（15/15℃）	融点：340℃	沸点：－
CAS No.:7446-08-4	溶解性（対水溶解度）：400 g/L（20℃）		

(2) 主な用途

セレンは主に、半導体、光電子素子、ガラスの色止め、プラスチックなどの顔料、防かび剤、悪性腫瘍の治療等に使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、セレン及びその化合物について、重機のメカニック、塗装業、サービスステーションのメカニック、医療サービス従事者、金属工業または食品およびその近縁製品の機器オペレーター、管理人、清掃の業務等における職業性ばく露の可能性を指摘している。

セレン及びその化合物へのばく露による具体的な症状として、眼、皮膚、気道への刺激、亜セレン酸、二酸化セレン、三酸化セレンについては吸入すると肺水腫を引き起こすことがあることが知られている。また、亜セレン酸にナトリウムは肝臓、心臓に影響を与えることがあり、金属セレンと共に胃腸や神経系に影響を与えることが知られている。

(4) メカニズム

ATSDR のリスク評価書では、セレンは人体に必須の要素であり、欠乏または過剰で人体に影響を示すとしているが、過剰の際の生体に対する毒性についてのメカニズムについてはほとんど判明していないとしている。

23.2 告示に掲げられた疾病又は障害

セレン及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害(爪床炎を含む。)、前眼部障害、気道・肺障害又は肝障害が掲げられている。

23.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、セレン及びその化合物へのばく露による症例として、消化器系の疾病が報告されている。なお、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

表 III-217 セレン及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	消化器系の疾病等	腹痛	<ul style="list-style-type: none">吸入ばく露ばく露時間不明（評価書に記載なし）	<ul style="list-style-type: none">セレンまたは二酸化セレン濃度不明（評価書に記載なし）	セレン精留工場での作業時にばく露	Glover, 1967 ※ATSDR リスク評価書 2003 より引用

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ATSDR のリスク評価書では、セレン及びその化合物へのばく露による疫学研究報告はなかった。同リスク評価書公表年以降の疫学研究報告としては、血中セレン濃度と聴力との間に回帰の関係があるとの報告もある。

表 III-218 セレン及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	症例対照	台湾の労働者健診において、聴覚閾値が 25dB 以上上昇したケース群 121 名と、通常 (25dB 未満) のコントロール群 173 名	2 群間の相関はなかったが、全員の血中セレン濃度と聴覚閾値の混合回帰モデルに相関が認められた (p=0.033)。	ばく露経路・ばく露時間は不明 (調査しているが論文に記載なし)	不明平均セレン濃度 (ケース群 : 228.80 μ g/L, コントロール群 : 236.66 μ g/L)	記載なし (全体の 64.6% が騒音ばく露あり)	1 文献 (Chuang HY; 2007)

23.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、眼および上気道への影響の最小化と全身毒性への予防を目的として、基準値を勧告している。

表 III-219 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Selenium and selenium compounds
	評価ランク	3
EPA	評価物質名称	Selenium and compounds; Selenious acid; Selenium sulfide
	評価ランク	D; D; B2
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	Selenium sulfide
	評価ランク	R
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-220 セレン及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.2 mg/m ³	セレン
NIOSH	REL ¹⁰⁵	TWA 0.2 mg/m ³	—
OSHA ¹⁰⁶	PEL ¹⁰⁷	TWA 0.2 mg/m ³	—

¹⁰⁵ Recommended Exposure Limits : 1 日 10 時間、週 40 時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹⁰⁶ Occupational Safety and Health Administration

¹⁰⁷ Permissible Exposure Limits : 1 日 8 時間、週 40 時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、金属味、眼および上気道に対する刺激を予防するとともに、セレン中毒の兆候であるニンニク臭の発生を考慮して許容濃度を提案している。

表 III-221 日本産業衛生学会によるセレン及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁰⁸		経皮 摂取	発がん 性	感作		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	経皮	
セレン及びセレン化合物 [7782-49-2]	—	0.1	—	—	—	—	'00

表 III-222 セレンのGHS分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			セレン
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		—
7	生殖毒性		区分2
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分1（神経系、呼吸器）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分1（神経系、呼吸器、肝臓）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.6.20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

¹⁰⁸ Occupational Exposure Limits

表 III-223 セレン酸の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		セレン酸	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（神経系、呼吸器、肝臓、筋肉、 腎臓、心臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.6.20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-224 亜セレン酸の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		亜セレン酸	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（神経系） 区分 2（呼吸器、肝臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.6.20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-225 亜セレン酸ナトリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		亜セレン酸ナトリウム	
1	急性毒性	経口	区分 2
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 2（呼吸器系、肝臓、心臓、神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 2（中枢神経系、血液、腎臓、肝臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.6.20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-226 二酸化セレンの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		二酸化セレン	
1	急性毒性	経口	区分 2
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A-2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（心臓、中枢神経系、心臓、神経系） 区分 2（呼吸器）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器、肝臓） 区分 2（腎臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.6.20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

24 セレン化水素

24.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

セレン化水素は、無色の圧縮液化ガスであり、特徴的な臭気を持つ。セレン化水素の気体は空気より重く、地面あるいは床に沿って移動することもある。

セレン化水素の物理化学的性質を表 III-227 に示す。

表 III-227 セレン化水素の物理化学的性質

分子量：80.98	比重：2.12 (-42/4℃)	融点：-65.73℃	沸点：-41.3℃
CAS No.:7783-07-5	溶解性（対水溶解度）：5720g/L (22.5℃)		

(2) 主な用途

セレン化水素は、主に整流器や乾式複写機の感光ドラム、ガラス、ゴム合成の化学薬品、触媒、ヒトの栄養補助食品、ふけ防止シャンプー、顔料の原材料として広く使用されている。

(3) ばく露され得る例

製品評価技術基盤機構の初期リスク評価書では、セレン化水素に対する職業性ばく露の可能性のある産業として、セレン整流器やガラス製造業などを挙げている。

セレン化水素にばく露した際、一般的には、吸入した場合は、灼熱感、咳、息苦しさ、吐き気、咽頭痛、脱力感、眼に入った場合は、発赤、痛みを生じることに注意が必要とされている。また、長期ばく露により慢性気管支炎の症例報告や、肝臓への影響が見られたとする報告もある。

(4) メカニズム

食品安全委員会の清涼飲料水評価書（セレン）では、セレンはヒトの必須元素であり、体内に吸収されたセレン化水素はセレノシステインを経て、セレノプロテインに取り込まれ、哺乳類の体内で抗酸化作用等の重要な役割を果たしており、摂取量が過剰となるとヒトの健康に影響が生じるとしている。

24.2 告示に掲げられた疾病又は障害

セレン化水素への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

24.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、セレン化水素への短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、セレン化水素へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

24.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-228 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-229 セレン化水素の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ¹⁰⁹	TWA 0.05 ppm	—
OSHA ¹¹⁰	PEL ¹¹¹	TWA 0.05ppm	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-230 日本産業衛生学会によるセレン化水素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹¹²		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
セレン化水素 [7783-07-5]	0.05	0.17	—	—	—	—	'63

表 III-231 セレン化水素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			セレン化水素
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	×
		吸入：蒸気	—
		吸入：粉じん、ミスト	—
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A-2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器、心臓、血液系、肝臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器） 区分 2（神経系）	
10	吸引力呼吸器有害性	—	

分類実施日：H18.6.20

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

¹⁰⁹ Recommended Exposure Limits：1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹¹⁰ Occupational Safety and Health Administration

¹¹¹ Permissible Exposure Limits：1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹¹² Occupational Exposure Limits

25 タリウム及びその化合物

25.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

タリウム化合物は、沃素、臭素、酸素、弗素、硫酸、蟻酸、マロン酸および硝酸等との化合物であって、形状としては単結晶が一般的で、その他に溶液のものがある。具体的には、酢酸タリウム、硝酸タリウム、硫酸タリウムなどがある。ここではこれら化合物を対象として整理を行う。

タリウムは帯青白色の柔らかい不溶性の重金属である。空気にばく露すると灰色になり、強酸と反応する。また、室温で弗素やその他のハロゲンと反応する。酢酸タリウムは無臭で白色の固体である。

タリウムの化合物については、酢酸タリウムは無臭で白色の固体、硝酸タリウムは無臭で白色の固体である。硫酸タリウムは無臭で白色または無色の固体であり、加熱すると分解し、タリウムや硫黄酸化物を含む非常に有毒なヒュームを生じる。

タリウム及びその化合物の物理化学的性質を表 III-232～表 III-235 に示す。

表 III-232 タリウムの物理化学的性質

分子量：204.4	比重：11.85 (1/25°C)	融点：303.5°C	沸点：1457°C
CAS No.：7440-28-0	溶解性（対水溶解度）： 不溶		

表 III-233 酢酸タリウムの物理化学的性質

分子量：263.43	比重：3.765 (137/4°C)	融点：131°C	沸点：-
CAS No.：563-68-8	溶解性（対水溶解度）： 水に可溶		

表 III-234 硝酸タリウムの物理化学的性質

分子量：266.39	比重：5.556 (21/4°C)	融点：206°C	沸点：450°C（分解）
CAS No.：10102-45-1	溶解性（対水溶解度）： 39.1～95.5 g/L		

表 III-235 硫酸タリウムの物理化学的性質

分子量：504.8	比重：6.77 (1/25°C)	融点：632°C	沸点：-
CAS No.：7446-18-6	溶解性（対水溶解度）： 48.7 g/L (15 °C)		

(2) 主な用途

タリウムは主に、銀、鉛および水銀等との各種合金の原料、半導体工業、心筋シンチグラム、工業用高屈折光学ガラス等に使用されている。タリウムの化合物については、硫酸タリウムは、半導体工業、低範囲温度計、光学系、光電子セルおよび金属タリウムから他のタリウム化合物への中間体として利用されている。酢酸タリウムは、鉍物の分離に使用されている。硝酸タリウムは、低融点ガラス、フォトセル、花火および有機合成の酸化剤に使用されている。酸化タリウムは、工業用高屈折光学ガラス、人工宝石に使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、タリウム及びその化合物に対する職業性ばく露の可能性のある産業として、精錬所、発電所、セメント工場および他の工業で使用するタリウム合金またはタリウム化合物の生産を挙げており、具体的には、タリウム化合物、タリウムを含有する鉍物、石灰石またはセメントの移送およびそれらの作業場所での業務等の職業性ばく露の可能性を指摘している。

タリウム及びその化合物にばく露された際の具体的な症状として、胃腸、神経系、腎臓、心血管系に影響を与えることがあり、脱毛や爪萎縮を引き起こすことがあるとされている。また、経口摂取で死に至ることがある。これらの影響は遅れて現れることがあるため、医学的な経過観察が必要であるとされている。

この他に、長期的なばく露により授乳を介した生殖・発生毒性を引き起こす可能性があるとして示唆されている。

(4) メカニズム

タリウムは多くの臓器で進行性病変を起こしうる蓄積性毒物と考えられており、その健康影響は神経系において最も重篤化すると考えられている。(財)日本中毒情報センターの提供する医師向け中毒情報によれば、タリウムはカリウムと置き換わり、細胞毒として作用することが知られている。また、ケラチンのメルカプト基架橋結合を遮断するとされている。

25.2 告示に掲げられた疾病又は障害

タリウム及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（平成8年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害又は末梢神経障害が掲げられている。

25.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、タリウム及びその化合物へのばく露による症例として、神経系の

疾病又は障害が報告されている。なお、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

表 III-236 タリウム及びその化合物のばく露による
告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	神経系の疾患等	感覚異常、つま先と指のしびれ、灼熱感、筋肉のけいれん	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 5-44年間 	<ul style="list-style-type: none"> タリウム 濃度不明（評価書に記載なし） 	セメント工場での長期ばく露	Ludolph,1986 ※ATSDR リスク評価書 1992 より引用

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ATSDR のリスク評価書ではタリウム及びその化合物へのばく露による疫学研究報告はなかった。同リスク評価書公表年以降の疫学研究では、鉛製造業従事者に対するタリウムによる腎臓への影響が示唆されている。

表 25-12 タリウムのばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	横断研究	鉛製造業に携わる、あるいは携わっていた韓国人労働者 684名	<ul style="list-style-type: none"> 腎障害(重回帰分析により、尿中タリウム濃度と血清中クレアチニン濃度、eGFR とに有意な関連性が認められた) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 長期ばく露（平均勤続年数：(現在勤務中) 13.4年、(過去勤務) 15.9年) 	<ul style="list-style-type: none"> タリウム 平均尿中タリウム濃度：0.36 μg/gクレアチニン 	鉛製造業に携わる労働者	Shelley R, 2012

25.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-237 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	Thallium acetate, Thallium nitrate, Thallium oxide, Thallium(I) sulfate, Thallium carbonate
	評価ランク	Inadequate information to assess carcinogenic potential: 発がん性評価には情報が不十分な物質
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-238 タリウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ¹¹³	TWA 0.1 mg/m ³ [skin]	タリウムとして
OSHA ¹¹⁴	PEL ¹¹⁵	TWA 0.1 mg/m ³ [skin]	タリウムとして

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

日本産業衛生学会による許容濃度については、いずれの物質も記載がなかった。

表 III-239 日本産業衛生学会によるタリウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹¹⁶		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
タリウム [7440-28-0]	—	—	—	—	—	—	—

¹¹³ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹¹⁴ Occupational Safety and Health Administration

¹¹⁵ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹¹⁶ Occupational Exposure Limits

表 III-240 タリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		タリウム	
1	急性毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 1B	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（消化器系、神経系、皮膚（付属器））	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（循環器系、脳・神経系、皮膚（付属器））	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.6.20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-241 酢酸タリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		酢酸タリウム	
1	急性毒性	経口	区分 2
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（神経系） 区分 2（毛（脱毛症））	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（神経系） 区分 2（毛（脱毛症））	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：2007/3/15

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-242 硝酸タリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		硝酸タリウム	
1	急性毒性	経口	区分 2
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（神経系、呼吸器、心血管系） 区分 2（腎臓、肝臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（神経系、皮膚、精巣） 区分 2（心臓血管系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.9.20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-243 硫酸タリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		硫酸タリウム	
1	急性毒性	経口	区分 2
		経皮	区分 3
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A-2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（神経系、呼吸器、心血管系、 皮膚）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（皮膚、神経系、精巣）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.10.23

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

26 鉛及びその化合物

26.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

鉛の化合物として、酢酸鉛、アジ化鉛、臭化鉛、塩化鉛、クロム酸鉛、ヨウ化鉛、硝酸鉛、酸化鉛、リン酸鉛、トリニトロレゾルシン酸鉛、硫酸鉛、硫化鉛、炭酸鉛などが知られている。ここでは、これら物質を対象として整理を行う。

鉛は常温常圧では帯青白色あるいは銀灰色の固体であり、空気にばく露すると変色する。粉末や顆粒状で空気と混合すると、粉じん爆発の可能性がある。また、加熱により有毒なヒュームを生じる。酸素が存在すると、純水、弱有機酸により侵される。

鉛とその化合物の性状は以下のとおりである。

酢酸鉛は常温常圧では無色または白色の固体（結晶あるいは粉末）であり、加熱、燃焼により分解し、有毒で腐食性のヒュームを生じる。

アジ化鉛は常温常圧では白色の固体（結晶あるいは粉末）、臭化鉛は常温常圧では白色の固体（結晶性粉末）、塩化鉛は常温常圧では白色の固体である。

クロム酸鉛は常温常圧では黄色～橙黄色の固体（結晶性粉末）であり、加熱すると分解し、有毒なヒュームを生じる。また、多くの物質と激しく反応するため、火災や爆発の危険性がある

ヨウ化鉛、硝酸鉛は常温常圧では白色または無色の固体（結晶）であり、加熱すると分解し、有毒なヒュームを生じる。

酸化鉛は常温常圧では赤～黄色の固体（結晶）であり、アルミニウム粉末と激しく反応する。また、加熱すると有毒なヒュームを生じる。

リン酸鉛は常温常圧では白色の固体、トリニトロレゾルシン酸鉛は常温常圧では橙黄色の固体（結晶）、硫酸鉛は常温常圧では白色の固体、硫化鉛は常温常圧では黒、青または銀色の固体である。

炭酸鉛は常温常圧では無色の固体（結晶）であり、加熱すると分解し、有毒なヒュームを生じる。また、弗素と激しく反応し、火災の危険性を持つ。

鉛及びその化合物の物理化学的性質を表 III-244~表 III-257 に示す。

表 III-244 鉛の物理化学的性質

分子量：207.2	比重：11.34	融点：327.5℃	沸点：1740℃
CAS No.：7439-92-1	溶解性（対水溶解度）：水に不溶		

表 III-245 酢酸鉛の物理化学的性質

分子量：325.3	比重：3.3	融点：280℃	沸点：－
CAS No.：301-04-2	溶解性（対水溶解度）：44 g/100mL (20℃)		

表 III-246 アジ化鉛の物理化学的性質

分子量：291.25	比重：4.7	融点：約350℃	沸点：－
CAS No.：13424-46-9	溶解性（対水溶解度）：0.023 g/100g (18℃)		

表 III-247 臭化鉛の物理化学的性質

分子量：367.04	比重：6.6	融点：371°C	沸点：892°C
CAS No.：10031-22-8	溶解性（対水溶解度）：－		

表 III-248 塩化鉛の物理化学的性質

分子量：278.11	比重：5.85	融点：501°C	沸点：950°C
CAS No.：7758-95-4	溶解性（対水溶解度）：9.9 g/L (20 °C)		

表 III-249 クロム酸鉛の物理化学的性質

分子量：323.2	比重：6.12	融点：844°C	沸点：(分解)
CAS No.：7758-97-6	溶解性（対水溶解度）：0.2 mg/L		

表 III-250 ヨウ化鉛の物理化学的性質

分子量：461.01	比重：6.16	融点：402°C	沸点：872°C (分解)
CAS No.：10101-63-0	溶解性（対水溶解度）：0.63 g/L		

表 III-251 硝酸鉛の物理化学的性質

分子量：331.2	比重：4.53	融点：470°C	沸点：－
CAS No.：10099-74-8	溶解性（対水溶解度）：565 g/L (20 °C)		

表 III-252 酸化鉛の物理化学的性質

分子量：223.2	比重：9.53	融点：888°C	沸点：－
CAS No.：1317-36-8	溶解性（対水溶解度）：17 mg/L (20 °C)		

表 III-253 リン酸鉛の物理化学的性質

分子量：811.54	比重：6.9	融点：1014°C	沸点：－
CAS No.：7446-27-7	溶解性（対水溶解度）：0.14 mg/L (20 °C)		

表 III-254 トリニトロレゾルシン鉛の物理化学的性質

分子量：450.29	比重：1.5	融点：95-100°C	沸点：－
CAS No.：15245-44-0	溶解性（対水溶解度）：ほとんど溶けない		

表 III-255 硫酸鉛の物理化学的性質

分子量：303.26	比重：6.2	融点：1170°C	沸点：－
CAS No.：7446-14-2	溶解性（対水溶解度）：42.5 mg/L (25 °C)		

表 III-256 硫化鉛の物理化学的性質

分子量：239.27	比重：7.75-7.59	融点：1114°C	沸点：1281°C (昇華)
CAS No.：1314-87-0	溶解性（対水溶解度）：124.4 mg/L (20 °C)		

表 III-257 炭酸鉛の物理化学的性質

分子量：267.2	比重：6.6	融点：315°C(分解)	沸点：－
CAS No.：598-63-0	溶解性（対水溶解度）：1.1 mg/L (20 °C)		

(2) 主な用途

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、鉛は主に、バッテリー、ベアリング、真鍮および青銅のはんだ、エックス線防護用素材、ケーブルカバー、ノイズコントロール素材、耐薬品素材、ガラスやセラミック等の顔料等に使用されているとしている。化合物ごとの主な用途は以下のとおりである。

表 III-258 鉛の化合物の利用用途

化合物	用途
酢酸鉛	繊維製品の染料、防水加工剤、ニス、鉛乾燥剤、クロム顔料、シアン化法、殺虫剤、防汚塗料、毛髪染料、分析試薬
アジ化鉛	爆薬の起爆剤
臭化鉛	光重合触媒、防火性プラスチックの無機充填剤、溶接用フラックス
塩化鉛	クロム塩の前処理剤、クロム酸鉛の顔料、分析試薬
クロム酸鉛	工業用塗料の顔料、合成ゴム、プラスチック、セラミックコーティング
ヨウ化鉛	ブロンズ処理、印刷、写真
硝酸鉛	鉛円、更紗の染色や印刷の色止め剤、マッチ、染料工場の酸化剤、写真の感光薬、爆薬、エッチング・リトグラフィー
酸化鉛	蓄電池、セラミックセメント、ガラス、陶器・釉薬、クロム顔料、石油精製、ニス、塗料、エナメル、金属鉱物の分析、鉛丹の製造、セメント、耐酸性合成、マッチ、合成ゴムの促進剤
リン酸鉛	プラスチックの安定剤
硫酸鉛	蓄電池、塗料、セラミック、顔料、高温安定性を要するビニル化合物
硫化鉛	セラミック、赤外線放射検出器、セミコンダクタ、セラミック陶器、鉛の原材料

(3) ばく露され得る例

ATSDR のリスク評価書では、鉛及びその化合物に対する職業性ばく露の可能性のある産業として、鉛の精錬、バッテリー製造工場、鉄の精錬または切断の操作、ゴム、プラスチック製品の製造、塗装業等での業務等を指摘している。

鉛及びその化合物へのばく露による具体的な症状として、長期的なばく露による血液、骨髄、中枢神経系、末梢神経系、腎臓に対する影響がある。また、クロム酸鉛は短期ばく露により気道を刺激し、硝酸塩は眼、皮膚、気道を刺激する。酢酸鉛は、短期ばく露で上記の症状に加え、眼への刺激および腎臓障害を生じることがある。また、これらの影響は遅れて現れることがあるため、医学的な経過観察を必要とする。

(4) メカニズム

環境保健クライテリア（EHC）によれば、鉛は、造血組織においてヘモグロビン合成を減少させ、PbB 濃度 $1.92 \mu \text{mol/l}$ ($40 \mu \text{g/dl}$) 以上の小児では貧血が認められるとしている。また ATSDR のリスク評価書では、鉛の循環器系への影響として、鉛の酸化による酸化性ストレスにより血管

弛緩作用のある硝酸塩濃度の減少が考えられ、神経系には複数のメカニズムで影響を及ぼし、特にカルシウムとの競合がその一つにあたるとしている。

26.2 告示に掲げられた疾病又は障害

鉛及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐などの自覚症状、造血器障害、末梢神経障害又は疝痛、便秘などの胃腸障害が掲げられている。

26.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ATSDR のリスク評価書では鉛及びその化合物へのばく露による症例報告はなかった。

また、ATSDR のリスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ATSDR のリスク評価書では鉛及びその化合物へのばく露による疫学研究報告はなかった。

ATSDR のリスク評価書公表年以降に報告された疫学研究報告としては、鉛による腎機能や肝機能低下、心血管系への影響、生殖機能の低下、神経系への影響を示唆する研究結果が報告されている。

表 III-259 鉛及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	横断研究	ナイジェリアにおいて職業的に鉛にばく露しているばく露群 53 人 (30.9 ± 7.7 歳) と非ばく露群 42 人 (30.1 ± 1.2 歳)	ばく露群では非ばく露群に比べ、血しょう中クレアチニン、Na、Cl、および尿素濃度が有意に高かった (P<0.05、尿素は P<0.01)。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 慢性的なばく露 (平均ばく露期間：自動車整備士 10.1 ± 4.8 年、バッテリー修理工 10.7 ± 7.7 年、ガソリンスタンド店員 5.1 ± 3.9 年) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 鉛 ▪ ばく露群の血しょう中鉛濃度：18.5 ± 3.5-69.7 ± 13.2 mg/L 	自動車整備士、バッテリー修理工、ガソリンスタンド店員	Onuegbu AJ et al.:2011

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
2	コホート研究	韓国において職業的に鉛にばく露している、あるいは過去にばく露していた 537 人	一定期間中の血中および骨組織中鉛濃度と、尿中腎障害マーカー濃度との関係性を評価。 血中及び頸骨鉛濃度は腎機能の変化に有意に影響し、男性では血中鉛の濃度が減少した群で、血清クレアチニンが減少し、クレアチンクリアランスが上昇した。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 現役者の鉛作業員は平均 42.0 (SD9.3)年 ▪ 過去に鉛作業員をしていた人々では平均 8.8 (SD6.3)年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 鉛 ▪ 対象者の平均血中及び頸骨鉛濃度はそれぞれ 31.1(SD14.4) μ g/dL、35.0(SD37.8) μ g/g 	鉛を取り扱う施設に勤務	Weaver VM et al. :2009
3	症例対照研究	スウェーデンの末期の腎不全を発症した 118 人(症例)と、性、年齢、地域、採血時期でマッチさせた対照 378 人	血中鉛濃度は末期腎不全発症リスク上昇に関係していた (OR1.54,CI1.18-2.00)。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ばく露経路不明(記載なし) ▪ 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 鉛 ▪ 末期腎不全発症群の血中鉛濃度の平均値は 76 μ g/L 	詳細不明(記載なし)	Sommar JN et al. :2013
4	横断研究	上海において職業的に鉛にばく露している電池工場労働者 155 人からなるばく露群と、非ばく露群 36 人	非ばく露群に比べばく露群では血中の腎機能障害・骨代謝関連バイオマーカー (NAG, BALP, BGP, HYP)濃度が有意に高かった (P<0.05)。また、鉛へのばく露(血中鉛濃度)と NAG, ALB, BALP, BGP, HYP 濃度には線形相関が認められた (P<0.01)。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 鉛 ▪ ばく露群の平均血中鉛濃度は 20.22 (6.72~65.76) μ g/dL 	蓄電池製造工場勤務	Sun Y et al. :2008
5	横断研究	インドにおいて職業的に鉛にばく露しているばく露群 95 人(バッテリー製造工(n=30), シルバージュエリー製造工(n=30), スプレー塗装工(n=35))と年齢でマッチさせた非ばく露群 35 人	肝機能マーカー (SGOT(AST), SGPT(ALT)) がスプレー塗装工においてのみ有意に上昇した (p<0.001)。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 慢性的なばく露 (6 時間/日、2-20 年間) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 鉛 ▪ スプレー塗装工の血中鉛濃度は 22.32±8.87 (7.5-45.7) μg/dL 	バッテリー製造、シルバージュエリー製造、スプレー塗装	Patil Aj et al. :2007

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
6	横断研究	職業的に鉛にばく露しているばく露群145人(血清中鉛濃度により、高ばく露群88名と低ばく露群57名に分割)と対照群36名	対照群に比べ、低ばく露群、高ばく露群では有意に白血球数、コリンエステラーゼ値が高かった (P<0.001)。対照群に比べ、高ばく露群では血清中MDA濃度が有意に高かった (P<0.001)。対照群に比べ、高ばく露群では肝臓の右葉のサイズが有意に大きかった。(P<0.001)	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 (ばく露群の平均勤続年数: 17.42年) 	鉛 <ul style="list-style-type: none"> 血中鉛濃度は高ばく露群で 35-60 μg/dl、低ばく露群で 20-35 μg/dl 	鉛-亜鉛加工工場勤務	Kasperczyk A et al.:2013
7	コホート研究	職業的に鉛化合物にばく露しているばく露群83人と非ばく露群43人	SCORE リスクチャートを用いた分析では、ばく露群では非ばく露群に比べ、10年以内に致死的な心血管系疾患を発症するリスクが有意に高かった (P<0.05)。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 (ばく露群の平均勤続年数: 29.91年) 	鉛化合物 <ul style="list-style-type: none"> ばく露群の血中鉛濃度は 253.15\pm102.88μg/dl(-1) 	金属精錬部門勤務	Poręba R et al.:2012
8	症例対照研究	動脈性高血圧と診断された105人(職業的に鉛にばく露しているばく露群53人、非ばく露群52人)	ばく露群では非ばく露群よりも左室拡張異常と診断されることが有意に多かった (P<0.05)。ばく露群では動脈コンプライアンスが非ばく露群よりも有意に低かった (P<0.05)。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 (ばく露群の平均勤続年数: 25.33年、最低5年以上ばく露) 	鉛化合物 <ul style="list-style-type: none"> ばく露群血中鉛濃度は 252.81 \pm 54.15μg/dl(-1) 	鉛化合物にばく露される職業	Poręba R et al.:2011
9	横断研究	職業的に鉛にばく露しているばく露群33人と非ばく露群39人	血圧と頸動脈の構造変化を評価した結果、対照群に比べばく露群では有意に平均収縮期血圧 (P=0.011)、平均拡張期血圧 (P=0.013)、IMT (P=0.009) が有意に高かった。男性では、対照群に比べばく露群ではアテローム性動脈硬化プラーク保有率が有意に高かった (P=0.014)。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 (ばく露群の平均勤続年数: 26.11 \pm 7.47年) 	鉛 <ul style="list-style-type: none"> ばく露群の平均血中鉛濃度は 239.64 \pm 163.13μg/L 	銅鑄造工場勤務、金属製錬工場勤務	Poręba R et al.:2011
10	横断研究	職業的に鉛にばく露しているばく露群312人と、非ばく露群329人	ばく露群では非ばく露群に比べ、PR間隔が有意に短く (P=0.032)、QT間隔が有意に長かった (P<0.001)。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 	鉛 <ul style="list-style-type: none"> ばく露群の血中鉛濃度は 26.05 (SD13.98) μg/dl(-1) 	鉛酸蓄電池工場勤務	Chen CC et al.:2013

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
11	横断研究	韓国において職業的に鉛にばく露している労働者 13,043 人と非ばく露群 2,000 人	非ばく露群に比べ、ばく露群では血圧上昇および心疾患リスクが 4.9~12.8 倍に上昇した。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 (平均勤続年数: 5.8 ± 6.2 年) 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛 平均血中濃度は 6.08 (SD2.53) $\mu\text{g dl}^{-1}$) 	鉛工場勤務	Kim KR et al. :2008
12	横断研究	インドにおいて職業的に鉛にばく露している男性労働者(ばく露群)と非ばく露群	ばく露群では有意な精子の運動性低下、精子数減少、精子の構造異常、精子頭部の DNA の異常、副生殖腺の機能異常が認められた (P<0.001)。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛 濃度不明(要約に記載なし) 	塗装工場労働者	Naha N et al. :2007 (※要約のみ)
13	メタアナリシス	(49 の研究を対象とした) 職業的に化学物質(農薬、重金属、有機溶剤等)にばく露している男女	鉛へのばく露によって妊娠までの期間 (TTP) の有意な延長が見られた。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛を含む化学物質 	鉛蓄電池工場勤務等	Snijder Ca et al. :2012
14	横断研究	ポーランドにおいて職業的に鉛あるいは亜鉛にばく露している男性労働者 63 人と非ばく露群 14 名	高ばく露群では、非ばく露群および低ばく露群に比べ有意に精子運動能低下が見られた (それぞれ P=0.034, P=0.048)。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 (平均勤続年数: 高ばく露群 13.9 ± 1.6 年、低ばく露群 13.1 ± 1.5 年) 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛及び酸化鉛ヒューム 高ばく露群の血中鉛濃度: 40-81 $\mu\text{g dl}^{-1}$、中程度ばく露群の血中鉛濃度: 25-40 $\mu\text{g dl}^{-1}$) 	鉛-亜鉛加工工場勤務	Kasperczyk A et al. :2008
15	観察研究	台湾において職業的に鉛にばく露している男性 181 人(低ばく露群 21 人、中ばく露群 129 人、高ばく露群 31 人)	血中蓄積鉛濃度 (ICL, TWICL (ICL を全労働者の合計時間で重みづけした値) が高いほど血清中 inhibin B 濃度が上昇する。 ICL vs. inhibin B (p=0.003), TICL vs. inhibin B (p=0.008)。	<ul style="list-style-type: none"> 慢性的なばく露 (平均勤続年数: 低ばく露群 12.8 年、中ばく露群 17.4 年、高ばく露群 15.9 年) 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛 血中鉛濃度により 3 群に分類 (低: 10 $\mu\text{g/dl}$ 以下、中 10-40 $\mu\text{g/dl}$:、高: 40 $\mu\text{g/dl}$ 以上) 	鉛酸蓄電池工場勤務	Hsieh SJ et al. :2009
16	観察研究	病院公衆衛生従事者、店舗従業員、タクシー運転手、自動車整備士、林業従事者	血中鉛濃度が >0.483 $\mu\text{mol/L}$ (10 $\mu\text{g/dL}$) の労働者で頻繁な筋肉痛が認められた。	<ul style="list-style-type: none"> 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛 血中鉛濃度 >0.483 $\mu\text{mol/L}$ (10 $\mu\text{g/dL}$) 	病院公衆衛生従事者、店舗従業員、タクシー運転手、自動車整備士、林業従事者	Gharaibeh MY et al. :2014 (※要約のみ)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
17	観察研究	イランにおいて職業的に鉛にばく露している108人(男性、平均年齢 37±7.8歳)	血中鉛濃度と、拡張期血圧 (P=0.04)、血清トリグリセリド (P=0.043)、HDL (P=0.012)、好塩基性斑点 (P=0.048) との有意な相関がみられた。	ばく露年数は平均 9.8±6年	鉛 血中鉛濃度：520.5±323.3 μg/L	タイル工場勤務	Balali-Mood M et al.:2010
18	横断研究	中国において職業的に鉛にばく露している15人からなる鉛ばく露群と、年齢、性、勤務年数、教育レベル、喫煙・飲酒習慣、経済状況でマッチングした非ばく露群19人	ばく露群では非ばく露群よりも有意に脳の海馬容積が小さくなっていった (P<0.01)。	吸入ばく露 慢性的なばく露 (ばく露群の平均勤続年数：16.60 ± 8.54年)	鉛 鉛製錬場における空気中鉛ヒューム濃度：0.43mg/m ⁽³⁾ 空気中鉛塵濃度：0.44 mg/m ⁽³⁾ 鉛電池工場における空気中鉛ヒューム濃度：0.10mg/m ⁽³⁾ 空気中鉛塵濃度：1.06 mg/m ⁽³⁾	鉛製錬場あるいは鉛電池工場に勤務	Jiang YM et al.:2008
19	症例対照研究	台湾の労働者で聴覚障害がある症例群121名と対照群173名	年齢、血中鉛濃度と聴力レベルとの間に有意な関連性が認められた (P<0.001)。	慢性的なばく露 (平均勤続年数：症例 17.4年、対照 10.9年)	鉛 対照群の血中鉛濃度は107.2 μg/L、対照群は38.9 μg/L	台湾の工場労働者	Chuang HY et al.:2007

26.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、鉛の無機化合物およびヒュームについて、1968年のアムステルダムで行われた国際小委員会会議による勧告およびヒトのばく露についての報告をもとに基準値を勧告している。また、クロム酸鉛について、鉛による健康影響を最小化することを目的として基準値を勧告している。

表 III-260 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Lead; Lead compounds, inorganic; Lead compounds, organic
	評価ランク	2B; 2A; 3
EPA	評価物質名称	Lead and compounds (inorganic)
	評価ランク	B2
EU	評価物質名称	Lead chromate
	評価ランク	1B
NTP	評価物質名称	Lead and Lead Compounds
	評価ランク	R
ACGIH	評価物質名称	鉛; 鉛化合物
	評価ランク	A3

表 III-261 鉛及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.15 mg/m ³	鉛および鉛化合物として
NIOSH	REL ¹¹⁷	TWA (8 hour) 0.05 mg/m ³	鉛および鉛化合物として
OSHA ¹¹⁸	PEL ¹¹⁹	TWA 0.05 mg/m ³	鉛および鉛化合物として

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、1961年に恕限度研究委員会によって提案された許容濃度を継続して提案しているが、近年の研究と情報を参照し、引き続きの検討を要するとされている。日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告（2014年度）では、鉛及びその化合物は、生殖毒性物質の第1群として分類されている。

表 III-262 日本産業衛生学会による鉛及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹²⁰		経皮 摂取	発がん 性	感作		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	経皮	
鉛および鉛化合物 (Pbとして) [7439-92-1]	—	0.1	—	2B	—	—	'82

¹¹⁷ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹¹⁸ Occupational Safety and Health Administration

¹¹⁹ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹²⁰ Occupational Exposure Limits

表 III-263 鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		鉛	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（造血系、腎臓、中枢神経系、末梢神経系、心血管系、免疫系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H17.8.1

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-264 酢酸鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		酢酸鉛	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A-2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（血液系、腎臓、神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（血液系、腎臓、神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-265 アジ化鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		アジ化鉛	
1	急性毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1B	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（中枢神経系、血液、腎臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（中枢神経系、血液、腎臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H20.2.22

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-266 塩化鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化鉛	
1	急性毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（血液系、腎臓、神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（血液系、腎臓、神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-267 クロム酸鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		クロム酸鉛	
1	急性毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（造血系、血液系、腎臓、神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（造血系、血液系、腎臓、神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.3.23

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-268 ヨウ化鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		ヨウ化鉛	
1	急性毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（血液系、腎臓、神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（血液系、腎臓、神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-269 硝酸鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		硝酸鉛	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A-2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（血液系、腎臓、神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（血液系、腎臓、神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-270 酸化鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		酸化鉛	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 3	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 2（血液系、神経系、腎臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-271 リン酸鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		リン酸鉛	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（腎臓、消化器、脳神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（血液系、腎臓、神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3.27

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-272 トリニトロレゾルシン酸鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		トリニトロレゾルシン酸鉛	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1B	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（中枢神経系、血液、腎臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（中枢神経系、血液、腎臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H20.2.22

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-273 硫酸鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		硫酸鉛	
1	急性毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1B	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（腎臓、神経系、消化器系、血液系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（腎臓、血液系、心血管系、神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H23 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-274 硫化鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		硫化鉛	
1	急性毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	区分 2	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（血液系、腎臓、神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（血液系、腎臓、神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-275 炭酸鉛の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		炭酸鉛	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	区分 1B	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（中枢神経系、血液系、腎臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（中枢神経系、血液、腎臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：2007/3/15

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

27 ニッケル及びその化合物

27.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ニッケルの化合物として、塩化ニッケル、酸化ニッケル、硝酸ニッケル、硫化ニッケル、硫酸ニッケルなどが知られている。ここでは、これらの物質を対象に整理を行う。

ニッケルは常温常圧では銀色の固体（金属）であり、粉末や顆粒状で空気と混合すると、粉じん爆発の危険性がある。また、粉末状の場合、酸化剤と激しく反応するため、火災や爆発の危険性が生じる。ニッケルが関わる火災において、ニッケルカルボニルなどの有毒なガスや蒸気が発生することがある。

塩化ニッケルは常温常圧ではゴールドンイエローの固体、硝酸ニッケルは常温常圧では緑色の固体である。

酸化ニッケルは常温常圧では緑色～黒色の固体（結晶性粉末）である。沃素や硫化水素と激しく反応し、火災や爆発を生じる危険性がある。

硫化ニッケルは常温常圧では淡黄色を帯びた青銅色の固体（塊状物）である。高温で加熱すると分解し、硫黄酸化物を生じる。

硫酸ニッケルは常温常圧では黄色～緑色の固体（結晶）である。加熱すると分解して、有毒なヒュームを生じる。

ニッケル及びその化合物の物理化学的性質を表 III-276～表 III-281 に示す。

表 III-276 ニッケルの物理化学的性質

分子量：58.7	比重：8.908	融点：1453℃	沸点：2732℃
CAS No.：7440-02-0	溶解性（対水溶解度）：水に不溶		

表 III-277 塩化ニッケルの物理化学的性質

分子量：129.6	比重：3.51	融点：－	沸点：973℃（昇華）
CAS No.：7718-54-9	溶解性（対水溶解度）：642 g/L（20℃）		

表 III-278 酸化ニッケルの物理化学的性質

分子量：74.7	比重：6.72	融点：1955℃	沸点：－
CAS No.：1313-99-1	溶解性（対水溶解度）：1.1 mg/L（20℃）		

表 III-279 硝酸ニッケルの物理化学的性質

分子量：182.72	比重：－	融点：－	沸点：－
CAS No.：13138-45-9	溶解性（対水溶解度）：942 g/L（20℃）		

表 III-280 硫化ニッケルの物理化学的性質

分子量：240.19	比重：5.87	融点：787℃	沸点：－
CAS No.：12035-72-2	溶解性（対水溶解度）：冷水に不溶		

表 III-281 硫酸ニッケルの物理化学的性質

分子量：154.8	比重：4.01	融点：840°C(分解)	沸点：－
CAS No.：7786-81-4	溶解性（対水溶解度）：293 g/L (0 °C)		

(2) 主な用途

ニッケルは主に、銅-ニッケル合金として工業用鉛管、船舶機器、石油化学製品、熱交換器、ポンプ、電気溶接、貨幣に、ニッケル-クロム合金として発熱体に、または、ステンレスとして各種材料に広く使用されている。また、ニッケル塩は電気メッキ、セラミック、顔料および触媒、電池として使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、ニッケル及びその化合物について、ニッケルの採掘および精錬、合金の製造、電気メッキ、ニッカド電池の製造、ニッケル触媒およびニッケル塩の製造での業務等における職業性ばく露の可能性を指摘している。

ニッケル及びその化合物へのばく露による具体的な症状として、皮膚に対する刺激や、感作が知られている。また、長期のばく露または金属ヒュームの吸入により肺炎や喘息、肺の疾患を引き起こすことがある。また、人に対する発がん性が示唆されている。

(4) メカニズム

環境保健クライテリアでは、ニッケル及びその化合物は、経皮吸収については量的には無視し得るが、接触性過敏症の病因としては重要であるとしている。発がん性に対しては、直近の報告ではエピジェネティクスの破綻が関与する可能性が示唆されている。

27.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ニッケル及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（平成25年）では、皮膚障害が掲げられている。

27.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、ニッケル及びその化合物へのばく露による症例として、消化器系の疾病又等が報告されている。但し、本事例は、ホウ酸摂取時と同様の症状であるため、ニッケルによる中毒症状かは不明としている。また、同リスク評価書公表年以降の症例報告として、呼吸器関連の疾病等が報告されている。

表 III-282 ニッケル及びその化合物のばく露による
告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	消化器系の疾病等	腹部疝痛 下痢 嘔吐	<ul style="list-style-type: none"> 経口ばく露 ばく露時間は不明(評価書に記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> 硫酸ニッケル、塩化ニッケル、ホウ酸など 7.1-35.7mg/kg 	水飲み器からのニッケル化合物に汚染された水の摂取	Sunderman, 1988 ※ATSDR リスク評価書 2005 より引用
2	呼吸器系の疾病等	成人性呼吸速迫症候群	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ニッケル 患者の尿中のニッケル濃度は780μL(非ばく露のヒトの場合は10μL以下) 	38歳の男性、タービン軸受にニッケルをスプレーする金属アーク作業に従事	Phillips JI, 2010

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ATSDR のリスク評価書ではニッケル及びその化合物へのばく露による疫学研究報告はなかった。同リスク評価書公表年以降の疫学研究報告としては、ニッケルの長期ばく露視床下部-下垂体-副腎系や肝機能に影響を与える可能性があるという報告がある。

表 III-283 ニッケル及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	観察研究	イタリアの屋外業務を伴う男性警察官 274 名	尿中ニッケル濃度と血中テストステロン値との間に有意な負の相関が認められた(p<0.01)。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 平均従事期間は 14.06 年(交通管理)-19.2 年(その他の屋外作業) 	<ul style="list-style-type: none"> 大気中ニッケルばく露濃度平均 交通管理: 178.4(ng/m³) 機動隊: 113.2(ng/m³) バイク隊とその他作業者の測定値はなし 	交通管理、機動隊、バイク隊、その他屋外作業	Sancini A, 2014

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
2	症例対照研究	エジプトの同じ都市で働いているニッケルメッキ業従業員 25 名（電池販売、修理）と非ニッケル非ばく露従業員 30 名	ばく露群と非ばく露群との肝機能のうち、ALT と AST について有意差が見られた ($p < 0.01$)。 ばく露群 ALT : 幾何平均 101.2(IU/L)、標準偏差 6.5 AST : 幾何平均 84.4(IU/L)、標準偏差 5.7 非ばく露群 ALT : 幾何平均 30.1(IU/L)、標準偏差 0.6 AST : 幾何平均 21.4(IU/L)、標準偏差 0.3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ばく露経路不明（記載なし） ▪ 慢性的なばく露（平均 13.4 年） 	尿中ニッケルレベル(平均 14.9mg/g 尿中クレアチニン濃度)	ニッケルメッキを扱う作業	El-Shafei HM,2011
3	介入研究	6 名の熟練溶接工	溶接作業後の血中ニッケル濃度は、3 時間後、6 時間後、24 時間後で有意に上昇していた（※p 値の明示なし）。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 短期ばく露 	ニッケル濃度不明（3 時間程度の溶接作業を異なる 3 日間かけて 3 回実施）	溶接作業（換気システムのある溶接ブースで保護ヘルメットを着用して実施）	Brand P, 2010

27.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、気管支がんの発生に対するリスクの研究をもとに、基準値を勧告している。

表 III-284 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Nickel, metallic and alloys; Nickel compounds
	評価ランク	2B; 1
EPA	評価物質名称	Nickel subsulfide
	評価ランク	A
EU	評価物質名称	Nickel; nickel powder; nickel di(acetate); diammonium nickel; Bis(sulfate) nickel; carbonic acid,nickel(2+) salt; nickel dichloride; Nickel dicyanide; nickel monoxides; nickel dinitrate; trinickel disulfide; nickel subsulfide; nickel bis(sulfamidate); nickel sulfamate; nickel sulfate
	評価ランク	2; 2; 1A; 1A
NTP	評価物質名称	Nickel (Metallic) (See Nickel Compounds and Metallic Nickel)
	評価ランク	R
ACGIH	評価物質名称	ニッケル; 炭酸ニッケル; 酸化ニッケル; 硫化ニッケル; 硫酸ニッケル
	評価ランク	A5; A1; A1; A1; A1

表 III-285 ニッケル及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	1 mg/m ³	ニッケル金属
	TLV	1 mg/m ³	ニッケルの不溶性化合物
	TLV	0.1 mg/m ³	ニッケルの可溶性化合物
NIOSH	REL ¹²¹	Ca TWA 0.015 mg/m ³	ニッケルおよびニッケル化合物として
		Ca TWA 0.001 ppm (0.007 mg/m ³)	炭酸ニッケル
OSHA ¹²²	PEL ¹²³	TWA 1 mg/m ³	ニッケルおよびニッケル化合物として
		TWA 0.001 ppm (0.007 mg/m ³)	炭酸ニッケル

¹²¹ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹²² Occupational Safety and Health Administration

¹²³ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、硫酸ニッケルを代表とする研究をもとに許容濃度を提案しているが、現行技術で困難なニッケル化合物を同定する技術や新たな知見が得られた場合、再評価を行うものとしている。日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告（2014年度）では、クロム及びその化合物は、生殖毒性物質の第3群として分類されている。

表 III-286 日本産業衛生学会によるニッケル及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹²⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
ニッケル [7440-03-0]	—	1	—	—	2	1	'67
ニッケル化合物(総粉じん)(Niとして)	1	1	—	2B	—	—	'11
ニッケル化合物, 水溶性	—	0.01	—	—	—	—	'11
ニッケル化合物, 水溶性でないもの	—	0.1	—	—	—	—	'11
ニッケル精錬粉じん	2	2	—	1	—	—	'11

表 III-287 ニッケルの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			ニッケル
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分1 皮膚感作性：区分1	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分2	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分1（呼吸器、腎臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分1（呼吸器）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.7.24

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

¹²⁴ Occupational Exposure Limits

表 III-288 塩化ニッケルの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		塩化ニッケル	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 1B	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 2（神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 2（肺、中枢神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3.27

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-289 酸化ニッケルの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		酸化ニッケル	
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3.27

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-290 硝酸ニッケルの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		硝酸ニッケル	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3.27

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-291 硫化ニッケルの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		硫化ニッケル	
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H22.2.19

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-292 硫酸ニッケルの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		硫酸ニッケル	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器、雄性生殖器）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3.27

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

28 ニッケルカルボニル

28.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ニッケルカルボニルはニッケルの一酸化炭素錯体であり、常温常圧下、特徴的な臭気を有する無色の揮発性液体あるいは気体として存在する。空气中で速やかに分解し、有毒な一酸化炭素を生じる。

ニッケルカルボニルの物理化学的性質を表 III-293 に示す。

表 III-293 ニッケルカルボニルの物理化学的性質

分子量：170.7	比重：1.318 (17 °C)	融点：-19.3 °C	沸点：43 °C
CAS No.：13463-39-3	溶解性 (対水溶解度)：不溶		

(2) 主な用途

ニッケルカルボニルは主にニッケル精錬における反応剤や有機合成触媒として使用されている。

(3) ばく露され得る例

国際がん研究機関では、ニッケル製造による職業性ばく露の可能性を指摘している。また、米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査 (National Occupational Exposure Survey) によれば、ニッケルカルボニルに対する職業性ばく露の可能性のある産業は石油・石炭製品の製造での業務等であった。一方で、米国環境保護庁によれば、空气中で速やかに金属ニッケルに分解されるため、ニッケルカルボニル自体にばく露する可能性は低いとされている。

ニッケルカルボニルにばく露した際の具体的な症状としては、気道刺激性に加え、蒸気の吸入により、肺組織の損傷、肺水腫等を生じる。さらに、中枢神経系に影響を与え、死に至る可能性もあることが指摘されている。

(4) メカニズム

米国環境保護庁ではニッケルカルボニルの毒性メカニズムは不明であるとしているが、生体分子と反応することで細胞や組織に障害を与えること、生体内で分解して生成する金属ニッケルと一酸化炭素が毒性を発揮すること等が毒性メカニズムの可能性として示唆されている。

28.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ニッケルカルボニルへの職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示 (昭和53年) では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又は気道・肺障害が掲

げられている。

28.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ニッケルカルボニルへのばく露による症例報告として、精神関係、神経系の疾病等や動悸、胸部の痛み等の循環器系の疾病、消化器系の疾病、内分泌・代謝関係の疾病等が報告されている。

表 III-294 ニッケルカルボニルのばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	精神関係の疾病等	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 不眠 ▪ 神経不安 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 30分~2時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ニッケルカルボニル ▪ 気中 50 mg/m³以上 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 装置からの漏出 ▪ 原料との接触 ▪ 装置の検査または修理時 等 	Shi ZC, 1986
2	神経系の疾病等	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 眼のかすみ ▪ 麻痺 	同上	同上	同上	Shi ZC, 1986
3	循環器系の疾病等	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 動悸 ▪ 胸の締め付けと痛み 	同上	同上	同上	Shi ZC, 1986
4	消化器系の疾病等	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 食欲不振 ▪ 腹痛 	同上	同上	同上	Shi ZC, 1986
5	内分泌・代謝関係の疾病等	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 発熱 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 30分~2時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ニッケルカルボニル ▪ 気中 50 mg/m³以上 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 装置からの漏出 ▪ 原料との接触 ▪ 装置の検査または修理時 ▪ 廃品処理工場における作業 等 	2 文献 (Shi ZC, 1986; Seet RC, 2005)

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ニッケルカルボニルへのばく露による疫学研究報告についての情報は得られなかった。

28.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、ニッケルカルボニルの分解によって生成する金属ニッケルの感作性による慢性および急性中毒、また金属ニッケルの発がん性に着目した許容濃度として基準値を勧告している。

表 III-295 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Nickel compounds

評価機関	評価内容	
	評価ランク	1
EPA	評価物質名称	Nickel carbonyl
	評価ランク	B2
EU	評価物質名称	Tetracarbonylnickel; nickel tetracarbonyl
	評価ランク	2
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-296 ニッケルカルボニルの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.05 ppm (0.12 mg/m ³) (1979)	ニッケルとして
NIOSH	REL ¹²⁵	Ca TWA 0.001 ppm (0.007 mg/m ³)	—
OSHA ¹²⁶	PEL ¹²⁷	TWA 0.001 ppm (0.007 mg/m ³)	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、急性肺臓炎を防止する観点から許容濃度を提案している。

表 III-297 日本産業衛生学会によるニッケルカルボニルの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹²⁸		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			経皮	気道	
ニッケルカルボニル [13463-39-3]	0.001	0.007	—	—	—	—	'66

¹²⁵ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹²⁶ Occupational Safety and Health Administration

¹²⁷ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹²⁸ Occupational Exposure Limits

表 III-298 ニッケルカルボニルの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		ニッケルカルボニル	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分 1
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（中枢神経系、肝臓、呼吸器、 腎臓、副腎、心臓、脾臓、膵臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.3.23

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

29 バナジウム及びその化合物

29.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

バナジウムの化合物として、五酸化バナジウム、メタバナジン酸ナトリウム、メタバナジン酸アンモニウムなどが知られている。ここでは、これら物質を対象として整理を行う。

バナジウムは常温常圧では明るい灰色あるいは白色の固体である。

バナジウムの化合物の性状は以下のとおりである。

五酸化バナジウムは常温常圧では黄色～赤色の固体であり、加熱すると有毒なヒュームを生じる性質を持つ。メタバナジン酸ナトリウムは常温常圧では無色あるいは薄緑色の固体、メタバナジン酸アンモニウムは常温常圧では白色あるいは薄い黄色の固体である。

バナジウム及びその化合物の物理化学的性質を表 III-299～表 III-302 に示す。

表 III-299 バナジウムの物理化学的性質

分子量：50.9415	比重：6.11	融点：1910℃	沸点：3407℃
CAS No.：7440-62-2	溶解性（対水溶解度）：不溶		

表 III-300 五酸化バナジウムの物理化学的性質

分子量：181.9	比重：3.357	融点：690℃	沸点：1750℃（分解）
CAS No.：1314-62-1	溶解性（対水溶解度）：8 g/L		

表 III-301 メタバナジン酸ナトリウムの物理化学的性質

分子量：121.83	比重：-	融点：630℃	沸点：-
CAS No.：13718-26-8	溶解性（対水溶解度）：21 g/100g（25℃）		

表 III-302 メタバナジン酸アンモニウムの物理化学的性質

分子量：116.98	比重：2.326	融点：200℃	沸点：-
CAS No.：7803-55-6	溶解性（対水溶解度）：水にわずかに可溶		

(2) 主な用途

バナジウムは主に、防さび剤、ばね、高速度工具鋼に広く使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、バナジウムに対して食品およびサプリメントによるばく露の可能性を示しているが、職業的ばく露についての記述は確認できなかった。

バナジウム及びその化合物へのばく露による具体的な症状としては、眼、皮膚、気道への刺激、高濃度の吸入による肺水腫、気管支炎、気管支痙攣が知られている。これらの症状は遅れて現れることがあるため、医学的な経過観察を必要とするとされている。

(4) メカニズム

ATSDR のリスク評価書では、バナジウムは、いくつかのプロ繊維形成誘導性成長因子とケモカインをコード化している mRNA の発現を増加させるとしている。また、炎症性細胞と肺細胞のアポトーシスは、(過酸化水素が主とみられる) 活性酸素種の生成の結果誘導されると考えられるとしている。また、五酸化バナジウムは、ムチン生産を誘発するとされている。

29.2 告示に掲げられた疾病又は障害

バナジウム及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

29.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、バナジウム及びその化合物へのばく露による症例報告に関する情報は得られなかった。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ATSDR のリスク評価書ではバナジウム及びその化合物へのばく露による疫学研究報告はなかった。同リスク評価書公表年以降の疫学研究報告としては、バナジウムの長期ばく露が神経行動学的な影響を与える可能性があるとの報告もある。

表 III-303 バナジウム及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	横断研究	中国の金属工場でバナジウム鋼加工作業に従事している工場労働者 463 名と、同工場内で同加工作業に従事していない労働者 250 名	WHO の神経行動試験 (NCTB) の結果、バナジウムばく露群は非ばく露群に対して、抑うつ・落ち込み、活動意欲の低下、疲労などの項目で、有意であった ($p<0.05$)。事象関連電位(P300)試験では潜時が有意に長く、計数エラーが有意に高かった ($p<0.05$)。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 慢性的なばく露(最低1年以上従事) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ バナジウムスモーク平均濃度 ばく露群 : 0.216mg/m³ ▪ 非ばく露群 : 0.013mg/m³ 	バナジウム鋼の加工	Li H, 2013

29.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、五酸化バナジウムについて、ダストおよびヒュームによる上気道の刺激、肺の疾患、全身のバナジウム中毒の最小化を目的として、基準値を勧告している。

表 III-304 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Vanadium pentoxide
	評価ランク	2B
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	五酸化バナジウム
	評価ランク	A3

表 III-305 バナジウム及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.05 mg/m ³	五酸化バナジウム
NIOSH	REL ¹²⁹	C 0.02 mg/m ³ [15-minute]	ダスト、金属バナジウムおよびバナジウムカーバイドを除く-
		C 0.05 mg/m ³ [15-minute]	ヒューム、金属バナジウムおよびバナジウムカーバイドを除く
OSHA ¹³⁰	PEL ¹³¹	C 0.5 mg/m ³	ダスト
		C 0.1 mg/m ³	ヒューム

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、五酸化バナジウムについて、人による実験結果から、呼吸器症状の低減が期待される濃度として許容濃度を提案している。日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告（2014年度）では、バナジウム及びその化合物は、生殖毒性物質の第2群として分類されている。

表 III-306 日本産業衛生学会によるバナジウム及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹³²		経皮 摂取	発がん 性	感作		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	経皮	
五酸化バナジウム [1314-62-1]	—	0.05	—	—	—	—	'03

¹²⁹ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹³⁰ Occupational Safety and Health Administration

¹³¹ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹³² Occupational Exposure Limits

表 III-307 五酸化バナジウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			五酸化バナジウム
1	急性 毒性	経口	区分 2
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 4
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 2A
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		区分 1B
6	発がん性		区分 2
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（呼吸器系、肝臓、腎臓）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（呼吸器系） 区分 2（肝臓）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.3.23

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-308 メタバナジン酸ナトリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			メタバナジン酸ナトリウム
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 2
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		区分 2
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（呼吸器系、神経系）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（呼吸器系）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H23.3.15

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-309 メタバナジン酸アンモニウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		メタバナジン酸アンモニウム	
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	—
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 4
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 1B	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H23.3.15

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

30 砒化水素

30.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

砒化水素は常温常圧では無色の気体であり、ニンニクに似た特徴的な臭気をもつ。空気より重く、地面あるいは床に沿って移動することがある。また、加熱、光や湿気の影響により分解し、有毒な砒素ヒュームを生じる。強力な酸化剤と反応すると爆発の危険性がある。加えて、衝撃、摩擦または振動を加えると、爆発的に分解することがある。砒化水素はアルシンとも呼ばれる。

砒化水素の物理化学的性質を表 III-310 に示す。

表 III-310 砒化水素の物理化学的性質

分子量：77.9	比重：-	融点：-117℃	沸点：-62.5℃
CAS No.:7784-42-1	溶解性（対水溶解度）：0.28 g/L (20 °C)		

(2) 主な用途

砒化水素は主に半導体の製造原料として使用されている。

(3) ばく露され得る例

製品評価技術基盤機構の初期リスク評価書では、砒素に対する職業性ばく露の可能性のある産業として、鋳物の非鉄精錬、砒素製品の製造、木の防腐剤、ガラスの製造、殺虫剤にかかわる業務を挙げている。

砒化水素にばく露された際の症状として、皮膚の赤色斑や黄疸、血球の破壊による溶血性貧血、腎不全を生じることが報告されている。また、砒化水素へのばく露によって、時に死に至る可能性があることをも報告されている。これらの影響は遅れて現れることがあり、医学的な経過観察の必要が示唆されている。また、貧血の程度がばく露の期間に比例しているという報告がある。

(4) メカニズム

ヒトおよび動物における砒化水素の毒性のメカニズムおよび作用様式は詳しく調べられていない。酸化ストレス特に、スルフヒドリル基の反応を介したメカニズムを示唆する報告が多い。砒化水素中毒による腎不全は、遊離ヘモグロビンや分解生成物の影響によると一般に考えられているが、砒化水素は腎臓の糸球体および尿細管に直接毒作用を及ぼすことが証明されている。

30.2 告示に掲げられた疾病又は障害

砒化水素への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、血色素尿、黄疸又は溶血性貧血が掲げられている。

30.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

製品評価技術基盤機構の初期リスク評価書では、砒化水素へのばく露による症例として、中枢神経系・末梢神経系への影響や腎臓への影響があるとしている。また、同リスク評価書公表年以降の症例報告では、金属溶錬従事者に対する砒化水素ばく露による急性腎障害の症例が報告されている。

表 III-311 砒化水素のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	神経系の疾患等	錯乱、見当識障害、知覚異常、手足の灼熱感、四肢の筋無力	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 砒化水素 ▪ 濃度不明（記載なし） 	貨物船舶のシリンダーからの漏えい	Wilkinson, 1975
2	神経系の疾患等	多発神経炎、軽度の精神器質性症候群（psycho-organic syndrome）	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ばく露経路、時間ともに不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 砒化水素 ▪ 濃度不明（記載なし） 	労働者であるが、詳細は不明。急性砒化水素中毒後に発生した症状。	Frank, 1976 ※CICADs リスク評価書 2002 より引用
3	尿路系の疾患等	急性腎障害	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 2時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 砒化水素 ▪ 濃度不明（記載なし） 	金属溶錬工場で働く3名の労働者に関する症例報告 硫酸を用いた金属残留物の除去作業	Lee JY, 2013

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、砒化水素へのばく露による疫学研究報告はなかった。

30.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-312 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Arsenic and inorganic arsenic compounds
	評価ランク	1
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	砒素および砒素化合物
	評価ランク	A1

表 III-313 砒化水素の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ¹³³	Ca C 0.002 mg/m ³ [15-minute]	—
OSHA ¹³⁴	PEL ¹³⁵	TWA 0.05 ppm (0.2 mg/m ³)	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-314 日本産業衛生学会による砒化水素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹³⁶		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
砒化水素 [7784-42-1]	—	—	—	—	—	—	—

¹³³ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹³⁴ Occupational Safety and Health Administration

¹³⁵ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹³⁶ Occupational Exposure Limits

表 III-315 砒化水素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		砒化水素	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	区分 1
		吸入：蒸気	—
		吸入：粉じん、ミスト	—
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	—	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器系・神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器系・腎臓・嗅覚器） 区分 2（歯）	
10	吸引性呼吸器有害性	—	

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

31 砒素及びその化合物

31.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

砒素の化合物として、砒酸、三酸化砒素、五酸化砒素などが知られている。ここでは、これら無機砒素化合物を対象として整理を行う。

砒素は常温常圧では脆い灰色の金属用外観の固体（結晶）である。加熱すると有毒なヒュームを生じる。また、強酸化剤およびハロゲンと激しく反応し、火災や爆発の原因となる。還元剤と反応し、有毒で引火性の砒化水素を生じる。

砒素の化合物の性状は以下のとおりである。

砒酸は常温常圧で無色の粘稠な液体であり、吸湿性を持つ強力な酸化剤である。加熱により有毒で腐食性のヒュームを生じる。また、金属を侵し砒化水素を生成する。

三酸化砒素は常温常圧では白色または透明な固体（塊状あるいは結晶性粉末）である。水溶液は弱酸であり、還元剤と反応し、砒化水素のガスを生じることがある。

五酸化砒素は常温常圧では白色の固体（粉末）であり、吸湿性を持つ。加熱により有毒なヒュームおよび酸素を生じる。また、還元剤と反応し、砒化水素のガスを生じる。水や湿気の下で多くの金属を侵す性質を持つ。

砒素およびその無機化合物の物理化学的性質を表 III-316～表 III-319 に示す。

表 III-316 砒素の物理化学的性質

分子量：74.92	比重：5.778 (1/25℃)	融点：>615℃ (昇華)	沸点：－
CAS No.: 7440-38-2	溶解性（対水溶解度）：水に不溶		

表 III-317 砒酸の物理化学的性質

分子量：141.94	比重：2.2 (1/25℃)	融点：35℃	沸点：－
CAS No.: 7778-39-4	溶解性（対水溶解度）：590 g/L		

表 III-318 三酸化二砒素の物理化学的性質

分子量：197.84	比重：3.865-4.15 (1/25℃)	融点：274-313℃	沸点：460℃
CAS No.: 1327-53-3	溶解性（対水溶解度）：17 g/L (16℃)		

表 III-319 五酸化二砒素の物理化学的性質

分子量：229.84	比重：4.32 (1/25℃)	融点：約300℃ (分解)	沸点：－
CAS No.: 1303-28-2	溶解性（対水溶解度）：2300 g/L (20℃)		

(2) 主な用途

製品評価技術基盤機構の化学物質の初期リスク評価書によれば、金属砒素は、主に化合物半導体の合成用として用いられている。高純度（99.9999%以上）のものは化合物半導体の合成用に利用され、純度が99.999%のものは半導体ガラスの合成用に、普通純度のものは銅や鉛に添加され

て、銅合金の張力改善や鉛蓄電池の改質に用いられている。その他、赤外線透過ガラスなどに用いられている。

また、三酸化二砒素は、金属砒素の原料であり、液晶ガラスや鉛ガラス製造時の清澄剤として用いられている他、限定的に急性前骨髄球性白血病等の治療薬として使用されている。五酸化二砒素は、現在、国内では製造されていない。

(3) ばく露され得る例

ATSDR のリスク評価書では、砒素に対する職業性ばく露の可能性のある産業として、鉍物の非鉄精錬、砒素製品の製造、木の防腐剤、ガラスの製造、殺虫剤にかかわる業務を挙げている。

砒素及びその化合物へのばく露による具体的な症状として、経口ばく露では、口腔、食道などの粘膜刺激症状、急性胃腸症候群の発症が知られており、重篤な場合は著明な腹痛、激しい嘔吐、吐血、水様性下痢をきたし、死亡に至る場合もある。吸入ばく露では、高濃度の場合呼吸器への刺激性と腐食性のため、肺水腫をきたして死亡することもある。また、肝臓への影響および末梢神経系への影響があることも報告されている。長期的なばく露により、色素沈着および角化症、また、上記症状が遅延して生じるとされている。

(4) メカニズム

国際化学物質安全性計画（IPCS）の評価書によれば、砒素及びその化合物の毒性のメカニズムについては、砒化水素と同様であるとしている。

31.2 告示に掲げられた疾病又は障害

砒素及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害、気道障害、鼻中隔穿孔、末梢神経障害又は肝障害が掲げられている。

31.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

製品評価技術基盤機構の初期リスク評価書では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、砒素及びその化合物へのばく露による短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関する疫学研究報告として、製品評価技術基盤機構の初期リスク評価書では、虚血性心疾患や、心臓障害、動脈硬化、脳血管障害、など、循環器系の疾病等との関係が報告されている。但し、報告によって結果は異なっており、No.1、No.2、No.8のようにばく露群では循環器系の疾病のSMRが1以下で砒素及びその化合物にばく露した方が

SMR が小さい場合もあれば、No.3、No.4、No.5、No.6、No.7、No.10 のように、ばく露した方が SMR が高い場合もある。また、ばく露群では収縮期血圧が高い傾向が見られたとする報告もあった。

表 III-320 砒素及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	コホート研究	日本、佐賀銅精錬所作業員 839 名	心臓障害：SMR 0.47：死亡者 7 人／期待値 14.9 人	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 砒素 ▪ 濃度不明（記載なし） 	銅精錬所での作業に従事	Tokudome & Kuratsune, 1976
2	コホート研究	米国農業プラント作業員 611 名	全循環器系障害：SMR 0.80 (95%CI 0.65-0.98)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明（評価書に記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 砒素 ▪ 濃度不明（評価書に記載なし） 	農業プラントでの作業に従事	Sobel, 1988 ※化学物質の初期リスク評価書 2008 より引用
3	コホート研究	米国男性 2,802 人 1940-1964 年に Tacoma 製錬所で 1 年以上従事人口動態統計は 1941-1986 年まで追跡（虚血性心疾患に関しては 1960～1986 年の死亡を計算。期待値はワシントン州の死亡率から算出）	虚血系心疾患の SMR は 1.15 (P<0.01, 95%CI の記載はなし) 累積ばく露量ごとの虚血性心疾患による SMR は、累積ばく露量と弱い関連あり。 < 0.75: SMR1.08 0.75- : SMR1.03 2.0- : SMR1.07 4.0- : SMR1.22 8.0- : SMR1.28 20- : SMR1.32 45- : SMR0.90 (がんに関する論文のため、95%CI の記載はなし)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 砒素 ▪ 累積ばく露量（労働衛生データと尿中の砒素濃度の外挿から推定） 	製錬所での作業に従事	Enterline, 1995

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
4	コホート研究	米国男性 2,802 人 1940-1964 年に Tacoma 製錬所で 1 年以上従事人口動態統計は 1940-1976 年まで追跡、計 73,000 人年観察 ばく露対象は内部のばく露が 0.75(mg/L)・年未満の者	健康労働者効果（健康な労働者を雇用する効果、健康な労働者が生き残る効果など）の補正のために、各累積ばく露水準の集団の SMR を内部標準（累積ばく露 0.75(mg/L)・年未満、これは健康な労働者を雇用するバイアスに対して）の SMR とし比較、かつ時間間隔（10 年、20 年タイムラグを置いて、その後のみ比較）及び労働の状態（60 歳未満で働いていなかったか、60 歳以上で働いていなかったか）で補正した。 その結果、累積ばく露量ごとの虚血性心疾患の SMR について、8 以上の群に 10 年のタイムラグ及び労働状態の補正で有意な高値 10 年タイムラグ及び労働状態補正 < 0.75 : 1.0 0.75-1.999 : 1.1 (95%CI 0.75-1.6) 2.0-3.999 : 1.3 (95%CI 0.91-1.9) 4.0-7.999 : 1.3 (95%CI 0.88-1.9) 8.0-19.999 : 2.0 (95%CI 1.4-3.0) >20 : 1.7 (95%CI 1.1-2.7) タイムラグを 20 年とした場合でも 8.0-19.999 : 1.7 (95%CI 1.2-2.5) が有意	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 砒素 ▪ 累積ばく露量 <p>< 0.75 0.75-1.999 2.0-3.999 4.0-7.999 8.0-19.999 >20 (mg/L)・年</p>	製錬所での作業に従事	Hertz-Picciotto, 2000

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
5	コホート研究	米国 1957 年以前に 1 年以上 Anaconda 製錬所に従事した白人男性 8,104 人 比較対象は米国人口	動脈硬化と冠状動脈性心臓障害：SMR 1.05 (95%CI 0.99-1.10) 脳血管障害：SMR 1.03 (95%CI 0.93-1.15) 但し、50 年以上のばく露群に限ると動脈硬化と冠状動脈性心臓障害：SMR 1.15 (95%CI 1.08-1.22) 脳血管障害：SMR 1.12 (95%CI 1.00-1.27)	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露時間不明 	<ul style="list-style-type: none"> 砒素 濃度不明 	製錬所での作業に従事	Lubin,2000
6	コホート研究	スウェーデン Ronnskar 製錬所で 1928-1967 年に 3 か月以上従事した男性 3,916 名、人口動態統計は 1981 年まで追跡	虚血性心疾患：SMR 1.07 (95%CI 0.97-1.17) 脳血管障害：SMR 1.06 (95%CI 0.88-1.26)	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露時間不明（評価書に記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> 砒素 ばく露群における累積ばく露量 < 0.25 0.25-15 15-100 ≥ 100 (mg/m³)・年 	製錬所での作業に従事	Jarup,1989 ※化学物質の初期リスク評価書 2008 より引用
7	コホート研究	オーストラリア西部の金鉱採掘者 1,974 名と炭鉱採掘者 213 名を 13-14 年間追跡	炭鉱採掘者 213 名については、虚血性心疾患の SMR が 1.2 であった。 虚血性心疾患：SMR 1.2（実績値 19、期待値 16.2）	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> 砒素 濃度不明（記載なし） 	金鉱採掘作業に従事	Armstrong, 1979
8	コホート研究	フランス金鉱の精製所作業者 1,330 名	循環器系障害：SMR 0.54 (95%CI 0.39-0.73)	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> 砒素、ラドン、シリカゲル 労働環境中の砒素の濃度は 183 ~ 505 μgAs/g 	フランス金鉱の精製所での作業に従事	Simonato, 1994
9	横断研究	デンマークで砒素を含む製品を扱い砒素にばく露した労働者 40 名（うち血液サンプルを採取した者 32 名） 非露対照群 26 名	ばく露群では対照群に比べて収縮期血圧が高い傾向が見られた。 対照群： 中央値 117mmHg (105.0~153.0 mmHg) ばく露群： 中央値 125mmHg (100.0~158.0 mmHg) p=0.023	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> 砒素 平均尿中砒素濃度 (μmol/mol クレアチニン) ばく露群：35.9 対照群 14.5 	剥製師、庭の垣根製作者、週末コテージ建築者、含浸木材、含浸電極、新家屋建築者	Jensen & Hansen, 1998

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
10	コホート研究	製錬所で1946年-1996年に3年以上務めた労働者男性 2422 名 比較対象は、米国人人口または郡の人口、または内部のばく露なしとばく露群の比較	労働者群全体に関して、郡人口との比較で脳血管疾患の SMR1.07 (95%CI 0.83-1.36)、有意性なし。虚血性心疾患の SMR0.80 (95%CI 0.70-0.90) 有意に低い。但し脳血管疾患に関して、郡人口との比で、砒素のばく露の濃度及び期間から累積ばく露を算出し、累積ばく露別に郡人口に対する SMR 検討すると 0.414-0.721 の SMR が有意に高い。 ばく露なし：SMR0.93 (95%CI 0.67-1.25) <0.046：SMR1.02 (95%CI 0.37-2.22) 0.046-0.413：SMR1.55 (95%CI 0.57-3.37) <u>0.414-0.721：SMR 4.04</u> (95%CI 1.62-8.32) 0.722+：SMR1.22 (95%CI 0.45-2.65) ばく露なしに対して各累積ばく露群の脳血管疾患死亡の相対危険度 RR を算出すると 0.414-0.721 の RR が有意に高い。 ばく露なし：RR1.00 <0.046：RR1.08 (95%CI 0.46-2.52) 0.046-0.413：RR 1.46 (95%CI 0.62-3.46) <u>0.414-0.721：RR 3.70</u> (95%CI 1.65-8.30) 0.722+：SMR1.33 (95%CI 0.56-3.13)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 砒素 ▪ 濃度不明 	精錬所での作業に従事	Marsh, GM, 2009

CI：信頼区間、SMR：標準化死亡比

31.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、データが不足しているものの毒性を生じない濃度を基準として基準値を勧告している。また、三酸化砒素について、発がん性の評価を勧告している。

表 III-321 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Arsenic and inorganic arsenic compounds
	評価ランク	1
EPA	評価物質名称	Arsenic, inorganic
	評価ランク	A
EU	評価物質名称	Diarsenic trioxide; arsenic trioxide, diarsenic pentaoxide; arsenic pentoxide; arsenic oxide
	評価ランク	1A
NTP	評価物質名称	Arsenic Compounds, Inorganic
	評価ランク	K
ACGIH	評価物質名称	砒素及びその化合物
	評価ランク	A1

表 III-322 砒素及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.2 mg/m ³	砒素とその可溶性化合物
NIOSH	REL ¹³⁷	Ca C 0.002 mg/m ³ [15-minute]	砒素として
OSHA ¹³⁸	PEL ¹³⁹	TWA 0.010 mg/m ³	砒素として

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

日本産業衛生学会では、発がん性の評価を主として評価し、提案している。日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告 (2014 年度) では、砒素及びその化合物は、生殖毒性物質の第 1 群として分類されている。

表 III-323 日本産業衛生学会による砒素及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁴⁰		経皮 摂取	発がん 性	感作		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	経皮	
砒素 [7440-38-2]	—	—	—	1	—	—	'00

¹³⁷ Recommended Exposure Limits : 1 日 10 時間、週 40 時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹³⁸ Occupational Safety and Health Administration

¹³⁹ Permissible Exposure Limits : 1 日 8 時間、週 40 時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹⁴⁰ Occupational Exposure Limits

表 III-324 砒素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		砒素	
1	急性毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	×	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3.27

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-325 砒酸の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		砒酸	
1	急性毒性	経口	区分 2
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（消化管、循環器、神経、血液系、呼吸器、皮膚、腎臓、骨髄、肝臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器、皮膚、肝臓、心血管系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3.27

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-326 三酸化二砒素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		三酸化二砒素	
1	急性毒性	経口	区分 2
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A-2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 1A	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（消化管、心臓、骨格筋、呼吸器）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（中枢神経系、末梢神経系、免疫系、呼吸器、肝臓、腎臓、皮膚、血管）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.3.23

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-327 五酸化二砒素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		五酸化二砒素	
1	急性毒性	経口	区分 2
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（消化管、循環器、神経、血液系、呼吸器、皮膚、腎臓、骨髄、肝臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器、皮膚、肝臓、心血管系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H21.3.27

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

32 ブチル錫

32.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ブチル錫に含まれる代表的な化合物として、塩化ブチル錫、ジブチル錫オキシド、塩化トリブチル錫、トリブチル錫オキシドなどがある。ここでは、これら4物質を対象として整理を行う。

塩化ジブチル錫は、白色結晶である。ジブチル錫オキシドは白色の粉末であり、空気と混合すると粉じん爆発の可能性がある。また、乾燥状態で静電気を帯びることがある。燃焼により、有毒なヒュームを生じる。塩化トリブチル錫は黄色の液体である。トリブチル錫オキシドは常温常圧では無色透明の液体であり、燃焼することで有毒なヒュームを生じる。

それぞれの物質の物理化学的性質を表 III-328～表 III-331 に示す。

表 III-328 塩化ジブチル錫の物理化学的性質

分子量：303.83	比重：1.36 (1/50℃)	融点：42℃	沸点：135℃
CAS No.：683-18-1	溶解性（対水溶解度）：92 mg/L (20℃)		

表 III-329 ジブチル錫オキシドの物理化学的性質

分子量：248.9	比重：1.6 (1/25℃)	融点：210℃で分解	沸点：-
CAS No.：818-08-6	溶解性（対水溶解度）：0.000673 g/L		

表 III-330 塩化トリブチル錫の物理化学的性質

分子量：325	比重：1.2 (1/25℃)	融点：-15℃	沸点：171-173℃
CAS No.：1461-22-9	溶解性（対水溶解度）：冷水に不溶		

表 III-331 トリブチル錫オキシドの物理化学的性質

分子量：596.07	比重：1.17 (1/25℃)	融点：-45℃	沸点：173℃
CAS No.：56-35-9	溶解性（対水溶解度）：溶けにくい		

(2) 主な用途

有機錫化合物は、三有機置換錫は工場の殺虫剤、農薬、木の防腐剤、船舶の塗料に使用されている。但し、先進諸国においては、船舶の塗料としての利用は禁止されており、その他の国でも船舶の塗料としての利用の禁止が進みつつある。また、二有機置換錫は塩化ビニルの安定剤、ポリウレタンフォーム、エステル化触媒に使用されている。一有機置換錫は塩化ビニルの安定剤の他ガラス加工に使用されている。

具体例として、ジブチル錫は塩化ビニルの安定剤、冷却装置の殺菌、発電所の冷却塔、パルプ製紙工場、醸造所、皮革加工、織物工場等で使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、ブチル錫に対する職業性ばく露の可能性のある業務の記述は無いが、家庭用のポリウレタン、プラスチックポリマー、シリコンコート材を使用する接着剤等の製品に ppm 範囲で含有されると指摘されている。

ブチル錫にばく露された際の具体的な症状として、皮膚へのばく露により水疱を伴う重度の接触性皮膚炎を生じたとの報告がある。また、長期的なばく露により免疫系への障害が生じることが示唆されている。

32.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ブチル錫への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第 1 の 2 に基づく告示（昭和 53 年）では、皮膚障害又は肝障害が掲げられている。

32.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、ブチル錫へのばく露による症例として、呼吸器系、胃腸系、眼などへの影響を報告している。但し、患者が業務従事者ではない症例や 1950 年代と古い報告の症例となっている。なお、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

表 III-332 ブチル錫のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	呼吸器系の疾患等	のどの痛み、鼻孔の炎症、喘鳴	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 塗料塗布後 24 時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ トリブチル錫オキシド ▪ 濃度不明（評価書に記載なし） 	家屋に防かび剤として塗料を塗布（業務従事者ではない）	Wax and Dockstader, 1995 ※ATSDR リスク評価書 2005 より引用
2	自覚症状関係	嘔吐感および嘔吐	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 塗料塗布後 24 時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ トリブチル錫オキシド ▪ 濃度不明（評価書に記載なし） 	家屋に防かび剤として塗料を塗布（業務従事者ではない）	Wax and Dockstader, 1995 ※ATSDR リスク評価書 2005 より引用
3	眼・付属器の疾病等	流涙、結膜炎	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 経皮ばく露 ▪ ばく露時間は不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ トリブチル化合物 ▪ 濃度不明（記載なし） 	作業者が防護眼鏡を使用していない状況での飛散	Lyle, 1958

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ブチル錫へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

32.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-333 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	Tributyltin oxide (TBTO)
	評価ランク	D:ヒト発がん性を決定できない物質
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	酸化トリブチル錫
	評価ランク	A4 : ヒトに対する発がん性物質として分類できない

表 III-334 ブチル錫の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ¹⁴¹	TWA 0.1 mg/m ³	有機錫化合物としての基準値
OSHA ¹⁴²	PEL ¹⁴³	TWA 0.1 mg/m ³	有機錫化合物としての基準値

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

日本産業衛生学会による許容濃度については、いずれの物質も記載がなかった。GHS 分類結果については、分類結果が提示されているジブチル錫オキシド、塩化トリブチル錫、トリブチル錫オキシドを整理した。

表 III-335 日本産業衛生学会によるブチル錫の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁴⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
ブチル錫	—	—	—	—	—	—	—

¹⁴¹ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹⁴² Occupational Safety and Health Administration

¹⁴³ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹⁴⁴ Occupational Exposure Limits

表 III-336 ジブチル錫オキシドの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			ジブチル錫オキシド
1	急性 毒性	経口	区分 2
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 3
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 2A
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		区分 2
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		×
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（肝臓・腎臓）
10	吸引性呼吸器有害性		—

分類実施日：H18.5.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-337 塩化トリブチル錫の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			塩化トリブチル錫
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 2
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 2A
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 2（肝臓・腎臓）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		×
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.6.20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-338 トリブチル錫オキシドの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		トリブチル錫オキシド	
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	区分 3
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 2
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	—	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 3（気道刺激性）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（免疫系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：2007/2/20

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

33 ベリリウム及びその化合物

33.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ベリリウムの化合物としては、弗化ベリリウム、水酸化ベリリウム、酸化ベリリウムなどがある。ここでは、これらの物質を対象として整理を行う。

ベリリウムは常温常圧では灰色～白色の固体であり、粉末・顆粒状で空気と混合されると粉じん爆発を起こす危険性がある。また、強酸・強塩基と反応することで引火性・爆発性のガスを生成する。

弗化ベリリウムは常温常圧では無色の固体（塊状）であり、強酸と反応する性質を持つ。水酸化ベリリウムは常温常圧では白色の固体（結晶または粉末）である。酸化ベリリウムは常温常圧では白色の固体（結晶または粉末）であり、加熱すると有毒なヒュームを生じる。

ベリリウム及びその化合物の物理化学的性質を表 III-339～表 III-342 に示す。

表 III-339 ベリリウムの物理化学的性質

分子量：9	比重：1.8477 (1/25℃)	融点：1287℃	沸点：2500℃
CAS No.：7440-41-7	溶解性（対水溶解度）：水に不溶		

表 III-340 弗化ベリリウムの物理化学的性質

分子量：47	比重：1.986 (24/4℃)	融点：555℃	沸点：1160℃
CAS No.：7787-49-7	溶解性（対水溶解度）：すべて溶ける		

表 III-341 水酸化ベリリウムの物理化学的性質

分子量：43.03	比重：1.92 (1/25℃)	融点：138℃ (分解)	沸点：-
CAS No.：13327-32-7	溶解性（対水溶解度）：ごくわずかに溶ける		

表 III-342 酸化ベリリウムの物理化学的性質

分子量：25	比重：3.01 (1/25℃)	融点：2530℃	沸点：約 3000℃.
CAS No.：1304-56-9	溶解性（対水溶解度）：0.02 mg/L (30℃)		

(2) 主な用途

ベリリウムは主に合金の硬化剤として利用され、その代表的なものにベリリウム銅合金がある。熱的安定性および熱伝導率の高さ、金属としては比較的低い密度などの物性を利用して、航空機やミサイル、宇宙船、通信衛星などの軍事産業や航空宇宙産業において構造部材として用いられる。また、ベリリウムは低密度かつ原子量が小さいため、X線やその他電離放射線に対して透過性を示す。その特性を利用して、X線装置や粒子物理学の試験におけるX線透過窓として用いられる。ベリリウムは緑柱石などの鉱物から産出され、これらの鉱物はアクアマリンやエメラルドなどの宝石にも用いられる。

酸化ベリリウムは、ハイテクセラミックス、ヒートシンク、電気絶縁材、電子レンジ、ジャイ

ロスコープ、軍用車両の装甲、ロケットノズル、熱電対管、レーザー発振器、高密度電子回路、自動車のイグニッション、対レーダー兵器に使用されている。

表 III-343 ベリリウム及びその化合物の用途

ベリリウムの主応用製品とリサイクル	
金属ベリリウム	X線窓（医療・計測・分析）
	原子炉：中性子減速材、制御棒他
	航空・宇宙・軍需等の構造部品
	音響スピーカー（高音域）
ベリリウム銅合金	電子機器：コネクタ、ソケット、スイッチ、リレー、マイクロモーター他
	高速レーザースキャナー
	医療機器：ペースメーカー他
	防爆安全工具
	プラスチック、ガラス、金属金型
	海底光ケーブル中継器構造材
ベリリウムアルミニウム合金	航空・宇宙（衛星）部品
酸化ベリリウム	放熱板（Cu-W等）添加剤
	電子レンジ、極超短波通信機器
	高密度電子回路基板

出典：JOGMEC 鉱物資源マテリアルフロー2010

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、ベリリウム及びその化合物に対する職業性ばく露の可能性がある産業として、ベリリウムを直接扱う工場、車両機械工場での業務等の職業性ばく露の可能性を指摘している。また、WHO では、主として、ベリリウム鉱石類・金属ベリリウム・ベリリウム含有合金類・ベリリウム酸化物の処理工程においてばく露の可能性があるとしている。

ベリリウム及びその化合物にばく露された際の具体的な症状として、死に至ることもある化学性肺炎および急性ベリリウム疾患が報告されており、また、長期間のばく露は慢性ベリリウム疾患が生じることがあるとされている。

(4) メカニズム

ベリリウムばく露は、主に気中の粒子を吸入することによって起こり、その疾患としては、鼻咽頭炎・気管支炎といった化学性肺炎を生じさせる急性ベリリウム疾患と、数週間から20年以上の潜伏期を有し、長期間にわたり進行して重篤化する慢性ベリリウム疾患（Chronic Beryllium Disease; CBD）がある。

33.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ベリリウム及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

33.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、ベリリウム及びその化合物へのばく露による症例として、呼吸器系への影響があるとしているが、これらの影響は慢性ベリリウム症に起因する症状であるとされている。なお、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

表 III-344 ベリリウム及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	呼吸器系への影響	肺の肉芽腫	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露時間は不明（評価書に記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ベリリウム 濃度不明（評価書に記載なし） 	慢性ベリリウム症患者についての経過観察	4文献 (Rossman,1988; Saltini,1989,1990; Williams and Kelland,1986) ※ATSDR リスク評価書 2002 より引用 ※ばく露条件には Rossman,1988 の例を記載。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ATSDR のリスク評価書ではベリリウム及びその化合物へのばく露による疫学研究報告はなかった。同リスク評価書公表年以降の疫学研究報告としては、ベリリウムのばく露によりベリリウム過敏症発症リスクが高まるとの報告が複数あった。

表 III-345 ベリリウム及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	コホート研究	職業的にベリリウムにばく露しているアメリカの労働者 264 名	<ul style="list-style-type: none"> 平均ばく露濃度が高い群ほどベリリウム過敏症有病率が高い (P<0.05) 蓄積ばく露濃度が高い群ほど慢性ベリリウム症有病率が高い (P<0.05) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 平均在職期間：20.9ヶ月 	<ul style="list-style-type: none"> ベリリウム 平均ばく露量：<0.10~16.26 (µg/m3) 	ベリリウム機械加工、ベリリウム合金融解・铸造等	Schuler CR, 2012

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
2	コホート研究	アメリカの核兵器工場に勤務した経験のある人 1004 名	<ul style="list-style-type: none"> 研究対象者の 2.3% がベリリウム過敏症であった。 直接ばく露群はバックグラウンドレベルのばく露群に比べベリリウム過敏症発症リスクが上昇した。 OR=3.83 95% CI: 1.04-14.03 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 平均ばく露期間: 134 ヶ月 	<ul style="list-style-type: none"> ベリリウム 濃度不明 (記載なし) 	核兵器工場勤務	Mikulski MA, 2011
3	横断研究	ベリリウム機械加工施設で働く労働者 3831 名	<ul style="list-style-type: none"> ベリリウム過敏症および慢性ベリリウム症の労働者は、年間 $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上のベリリウムにばく露されており、うち 9 割の労働者では年間 $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上のベリリウムにばく露されていた。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ベリリウム 施設環境中のベリリウム濃度: 1995 年以前: $0.82-8.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1996-1999 年: $0.23-1.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2000-2005 年: $0.16-0.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 	ベリリウム機械加工施設勤務	Madl AK, 2007

33.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-346 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Beryllium and beryllium compounds
	評価ランク	1
EPA	評価物質名称	Beryllium and compounds
	評価ランク	B1
EU	評価物質名称	Beryllium, Beryllium oxide
	評価ランク	1B
NTP	評価物質名称	Beryllium and Beryllium Compounds
	評価ランク	K
ACGIH	評価物質名称	ベリリウム、ベリリウム化合物
	評価ランク	A1

表 III-347 ベリリウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ¹⁴⁵	Ca C 0.0005 mg/m ³	ベリリウムとして
OSHA ¹⁴⁶	PEL ¹⁴⁷	TWA 0.002 mg/m ³ C 0.005 mg/m ³ (30 minutes) With a maximum peak of 0.025 mg/m ³	ベリリウムとして

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-348 日本産業衛生学会によるベリリウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁴⁸		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
ベリリウムおよびベリリウム化合物 (Be として) [7440-41-7]	—	0.002	—	2A	1	2	'63

表 III-349 ベリリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			ベリリウム
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：区分 1
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		区分 1A
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（呼吸器）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（呼吸器）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.3.23

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

¹⁴⁵ Recommended Exposure Limits：1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹⁴⁶ Occupational Safety and Health Administration

¹⁴⁷ Permissible Exposure Limits：1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹⁴⁸ Occupational Exposure Limits

表 III-350 弗化ベリリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		弗化ベリリウム	
1	急性毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：区分 1	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 3（気道刺激性）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器、腎臓、副腎、肝臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	区分 2	

分類実施日：H18.8.22

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-351 水酸化ベリリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		水酸化ベリリウム	
1	急性毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	×	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.8.22

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-352 酸化ベリリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		酸化ベリリウム	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 2	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	区分 1A	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器、血液系）	
10	吸引性呼吸器有害性	区分 2	

分類実施日：H18.8.22

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

34 マンガン及びその化合物

34.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

マンガンの化合物として、硫酸マンガン (II) 二酸化マンガン、過マンガン酸カリウム、炭酸マンガン (II)、2-メチルシクロペンタジエニルトリカルボニルマンガンなどが知られている。ここでは、これら物質を対象として整理を行う。

マンガンは常温常圧では灰～白色の固体（粉末）であり、粉末や顆粒状で空気と混合すると粉じん爆発を起こす危険性がある。水と徐々に、水蒸気や酸と急速に反応し、引火性・爆発性の気体を生成するため、火災や爆発を生じる危険性がある。

マンガンの化合物の性状は以下のとおりである。

硫酸マンガン (II) は常温常圧では淡い赤色の固体、炭酸マンガン (II) は常温常圧ではピンク色の固体（結晶）である。

二酸化マンガンは常温常圧では黒～茶色の固体（粉末）である。二酸化マンガン強力な酸化剤であり、可燃性物質や還元性物質と激しく反応し、火災や爆発を生じる危険性がある。553℃以上に加熱すると分解して、酸化マンガンおよび酸素を生じ、火災の危険性を増大させる。

過マンガン酸カリウム常温常圧では暗紫色の固体（結晶）である。加熱すると分解して、有毒な気体と刺激性のヒュームを生じる。強力な酸化剤であり、可燃性物質や還元性物質と、または金属粉末と激しく反応し、火災および爆発を生じる危険性がある。

2-メチルシクロペンタジエニルトリカルボニルマンガンは常温常圧では濃橙色の液体であり、特徴的な臭気を有する。燃焼すると有毒で刺激性のフェームを生成する。また、光の影響下で分解する。

マンガンとその化合物の物理化学的性質を表 III-353～表 III-358 に示す。

表 III-353 マンガンの物理化学的性質

分子量：54.9	比重：7.47 (20℃)	融点：1244℃	沸点：2095℃
CAS No.：7439-96-5	溶解性（対水溶解度）：徐々に溶解		

表 III-354 塩化マンガン (II) の物理化学的性質

分子量：125.85	比重：2.977 (25/4℃)	融点：650℃	沸点：1190℃
CAS No.：7773-01-5	溶解性（対水溶解度）：723 g/L		

表 III-355 硫酸マンガン (II) の物理化学的性質

分子量：151	比重：3.25	融点：700℃	沸点：850℃
CAS No.：7785-87-7	溶解性（対水溶解度）：520 g/L (5℃)		

表 III-356 二酸化マンガンの物理化学的性質

分子量：86.9	比重：5.026 (20℃)	融点：535℃	沸点：-
CAS No.：1313-13-9	溶解性（対水溶解度）：-		

表 III-357 過マンガン酸カリウムの物理化学的性質

分子量：158	比重：2.7	融点：240°C(分解)	沸点：-
CAS No.：7722-64-7	溶解性（対水溶解度）：64 g/L (20 °C)		

表 III-358 炭酸マンガンの物理化学的性質

分子量：114.95	比重：3.7	融点：>200°C(分解)	沸点：-
CAS No.：598-62-9	溶解性（対水溶解度）：-		

表 III-359 2-メチルシクロペンタジエニルトリカルボニルマンガンの物理化学的性質

分子量：218.1	比重：1.3942 (4/20°C)	融点：1.5°C	沸点：233°C
CAS No.：12108-13-3	溶解性（対水溶解度）：70 ppm (25 °C)		

(2) 主な用途

マンガンは主に、金属マンガンとして炭素鋼、ステンレス鋼等に使用されている。

マンガン化合物として、二酸化マンガンは乾電池、マッチ、花火、磁器およびガラス接着素材、他のマンガン化合物のスタート物質に、塩化マンガンは有機化合物の塩素化や乾電池に使用されている。また、硫化マンガンは肥料、サプリメント、釉薬、ニス、防かび剤に使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書では、マンガン及びその化合物に対する職業性ばく露の可能性のある産業として、フェロマンガンの採鉱、鉄鋼業、乾電池の製造、溶接工業を挙げている。

マンガン及びその化合物へのばく露による具体的症状として、長期的ばく露による肺、中枢神経系への影響による、気管支炎、肺炎、神経障害、マンガン中毒などが挙げられている。また、動物実験の結果、人に対して生殖・発生毒性を引き起こす可能性が示唆されている。

過マンガン酸カリウムについては、短期のばく露により眼、皮膚、気道に対して腐食性を示し、粉じんの吸入により肺水腫を引き起こすことが知られている。また、これらの影響は遅れて現れることがあるため、医学的な経過観察が必要とされる。2-メチルシクロペンタジエニルトリカルボニルマンガンの場合は、眼、皮膚を刺激し、中枢神経系、腎臓、肝臓、肺に影響を与え、高濃度の場合死に至る可能性が示唆されている。

(4) メカニズム

ATSDR のリスク評価書では、マンガンの中枢神経系に対する毒性のメカニズムは明確にされていないとしている。マンガンの神経毒性については、摂取後のマンガンの酸化に伴う細胞内の酸化状態の変化と考えられているが、一部にはその仮説に当てはまらない場合があるとしている。マンガンとカルシウムが競合関係にあり、脳では、マンガンはミトコンドリアに優先的に蓄積されるとしている。また、マンガンがミトコンドリアの ATP 生成を阻害するという報告もある。また、マンガンと鉄も競合関係にあると考えられているが、生化学的なメカニズムは不明であるとしている。

34.2 告示に掲げられた疾病又は障害

マンガン及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又は言語障害、歩行障害、振せん等の神経障害が掲げられている。

34.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では、マンガン及びその化合物へのばく露による症例として、呼吸器系への影響があるとしている。

表 III-360 マンガン及びその化合物のばく露による
告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	呼吸器系の疾病等	肺中の局所的な浮腫、肺炎に伴う咳、気管支炎など	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明（評価書に記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 二酸化マンガン、三酸化マンガン ▪ 濃度不明（評価書に記載なし） 	フェロマンガ工場における作業	3文献 （Abdel-Hamid,1990; Kagamimori,1973; WHO 1987） ※ATSDR リスク評価書 2012 より引用 ※ばく露条件には Abdel-Hamid,1990 の例を記載。
2	呼吸器系の疾病等	咳、痰、心悸亢進、呼吸困難など	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ マンガン ▪ 濃度不明（記載なし） 	マンガン鉱山における作業環境的なばく露	尾瀬ら, 1985

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ATSDR のリスク評価書ではマンガン及びその化合物へのばく露による疫学研究報告として、呼吸器系や中枢神経系、循環器系などに影響を与える可能性があるとしている。

同リスク評価書公表年以降の疫学研究報告としては、マンガンの長期ばく露が呼吸器系や中枢神経系に影響を与える可能性があるとの報告もある。

表 III-361 マンガン及びその化合物のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	横断研究	造船所で勤務する溶接作業のある労働者 209 名と溶接作業のない労働者 109 名	8時間労働の前後で呼吸器機能を測定した結果、溶接作業群の換気無しの群では、換気ありの群に比べて肺のトランスファー係数の減少割合が有意に低かった。(P < 0.01)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 8 時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ マンガン ▪ 溶接作業場からサンプリングしたマンガンのガス・微粒子の濃度 $0.140 \pm 0.162 \text{ mg/m}^3$ 	溶接作業に従事	Akbar-Khanzadeh, 1993
2	横断研究	酸化マンガンおよびマンガン塩の製造プラントに勤務する男性(平均勤務年数 34.3 年、平均ばく露年数 7.1 年)の労働者 141 名とコントロール 104 名	血中・尿中のマンガン濃度を測定、さらに精神運動検査を実施。マンガンばく露群では、コントロール群に比べて単純反応時間(視覚)、短期聴覚言語記憶容量が有意に低く、手の震えの発生が有意に高かった。(評価書には p 値の記載なし)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 酸化マンガン、マンガン塩 ▪ 濃度不明(評価書に記載なし) 	酸化マンガンおよびマンガン塩の製造プラントでの作業に従事	Roels, 1987 ※ATSDR リスク評価書 2012 より引用
3	横断研究	職業的にマンガンのばく露しているばく露群 819 名と非ばく露群 293 名	Montreal Cognitive Assessment (MoCA) を実施。各群の MoCA スコアは以下のとおりであり、ばく露のレベルと MoCA に有意な相関がみられた。(p<0.05) コントロール 25.62 ± 0.25 高ばく露群 21.33 ± 0.32 中間ばく露群 23.22 ± 0.30 低ばく露群 23.57 ± 0.23	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ マンガン ▪ 累積濃度 高ばく露群: $10 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{年}$以上 中間ばく露群: $5.0 \sim 10.0 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{年}$未満 低ばく露群: $5.0 \text{ mg/m}^3 \cdot \text{年}$未満 	具体的な従事作業は不明	Zou Y, 2014
4	横断研究	職業的にマンガンのばく露しているばく露群 40 名と非ばく露群 26 名	Voxel-Based Morphometry (VBM) により脳容積を計測。ばく露群では非ばく露群に比べ、脳容積が有意に少ない傾向が見られた。(p<0.05)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ マンガンを含む溶接ヒューム ▪ 血中のマンガン濃度 ばく露群: $1.55 \pm 0.46 \mu\text{dL}$ 非ばく露群: $1.14 \pm 0.31 \mu\text{dL}$ 	溶接作業(主にガス金属アーク溶接)に従事	Chang Y, 2013

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
5	横断研究	職業的にマンガンを含む溶接ヒュームにばく露しているばく露群 118名と非ばく露群 37名	ばく露群のうち、従事する作業内容によっては、非ばく露群に比べて、FEV1（一秒量）、FVC（努力肺活量）が低い傾向が見られた。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 職場の空气中マンガンの濃度は 0.011 ～ 0.304mg/m³（裏溶接従事者の値） ▪ 対象者の尿中のマンガン最大濃度は 0.77 ～ 7.58μg/L 	溶接作業に従事	Hassani H, 2012

34.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH では、ダストおよび化合物について、単独で使用した際の刺激性および他の物質による健康影響を考慮して基準値を勧告している。また、メチルシクロペンタジエニルトリカルボニルマンガンについて、マンガンについての濃度を基準として基準値を勧告している。

表 III-362 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	Manganese
	評価ランク	D
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-363 マンガン及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 5 mg/m ³	マンガンのダスト・化合物
	TLV	TWA 1 mg/m ³	マンガンのヒューム
	STEL	TWA 3 mg/m ³	マンガンのヒューム
	TLV	TWA 0.2 mg/m ³	メチルシクロペンタジエニルマンガントリカルボニル
NIOSH	REL ¹⁴⁹	TWA 1 mg/m ³ 、ST 3 mg/m ³	マンガン化合物およびヒューム
		TWA 1 mg/m ³	四酸化三マンガン、
OSHA ¹⁵⁰	PEL ¹⁵¹	C 5 mg/m ³	マンガン化合物およびヒューム

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

日本産業衛生学会では、免疫毒性についての報告をもとに、神経毒性の生じる最も低い濃度から許容濃度を提案している。日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告 (2014 年度) では、マンガン及びその化合物は、生殖毒性物質の第 2 群として分類されている。

¹⁴⁹ Recommended Exposure Limits : 1 日 10 時間、週 40 時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹⁵⁰ Occupational Safety and Health Administration

¹⁵¹ Permissible Exposure Limits : 1 日 8 時間、週 40 時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

表 III-364 日本産業衛生学会によるマンガン及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁵²		経皮 摂取	発がん 性	感作		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	経皮	
マンガン及びマンガン化合物(Mnとして、有機マンガン化合物を除く) [7439-96-5]	—	0.2	—	—	—	—	'08

表 III-365 マンガンの GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目			分類結果
			マンガン
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 3
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 2B
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		—
7	生殖毒性		区分 1B
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)		区分 1 (呼吸器)
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)		区分 1 (呼吸器、神経系)
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.8.22

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-366 硫酸マンガン (II) の GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目			分類結果
			硫酸マンガン (II)
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		区分 2
6	発がん性		×
7	生殖毒性		区分 2
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)		区分 1 (呼吸器)
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)		区分 1 (呼吸器、神経系)
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.7.24

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

¹⁵² Occupational Exposure Limits

表 III-367 二酸化マンガンの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			二酸化マンガ
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（呼吸器）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（呼吸器、神経系、心血管系）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-368 過マンガン酸カリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			過マンガン酸カリウム
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 1A-1C
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 1
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		区分 2
6	発がん性		×
7	生殖毒性		区分 2
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（呼吸器）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（呼吸器、神経系）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-369 炭酸マンガンの GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目		分類結果	
		炭酸マンガンの (II)	
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	×	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	区分 1 (呼吸器)	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 1 (呼吸器、神経系)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.7.24

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

表 III-370 2-メチルシクロペンタジエニルトリカルボニルマンガンの GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目		分類結果	
		2-メチルシクロペンタジエニルトリカルボニルマンガンの	
1	急性 毒性	経口	区分 2
		経皮	区分 3
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分 1
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 3	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	—	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	—	
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)	区分 1 (肺) 区分 3 (麻酔作用)	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 2 (肝臓、腎臓)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.6.20

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

35 ロジウム及びその化合物

35.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ロジウムは、常温常圧で銀白色の硬く展性を有する金属である。水や全ての酸に不溶であり、微細な粉末とすると王水や濃硫酸にわずかに溶ける。触媒能を有し、多くの有機化合物、無機化合物と反応し、火災および爆発を生じる危険性がある。

ロジウムの化合物は、水溶性のロジウム化合物として塩化ロジウム三水和物、塩化ロジウムナトリウム、塩化ロジウムヘキサアミン等、不溶性のロジウム化合物として酸化ロジウム、硫化ロジウム、無水塩化ロジウム等が知られている。ここでは、これらの物質を対象として整理を行う。

塩化ロジウム三水和物は、常温常圧で赤色の固体であり、吸湿性を有する。

酸化ロジウムは、常温常圧で灰黒色の粉末であり、水やアルコール、酸に不溶である。1150℃以上の高温では酸素とロジウムに分解する。

無水塩化ロジウムは常温常圧で黒色の固体である。なお、塩化ロジウムナトリウム、塩化ロジウムヘキサアミン、硫化ロジウムの物理化学的性質に関する情報は得られなかった。

ロジウム及びその化合物の物理化学的性質を表 III-371、表 III-372 に示す。

表 III-371 ロジウムの物理化学的性質

分子量：102.9	比重：2.41 (20℃)	融点：1965℃	沸点：3695℃
CAS No.：7440-16-6	溶解性（対水溶解度）：不溶		

表 III-372 塩化ロジウム三水和物の物理化学的性質

分子量：263.3	比重：>1	融点：100℃（分解）	沸点：－
CAS No.：13569-65-8	溶解性（対水溶解度）：可溶		

(2) 主な用途

ロジウムの需要の多くは自動車における排ガス用触媒である。その他、合成化学繊維のブッシュ、高温溶解炉の巻き上げ、反射起表面のコーティング等に利用される。また、硝酸製造用触媒等においては触媒として白金とロジウムの合金が使用されている。

(3) ばく露され得る例

日本産業衛生学会による許容濃度等の提案理由書では、貴金属メッキ工場における触媒回収精製作業に従事する労働者や金細工職人の宝石工場の職員等によるばく露事例が挙げられている。また、米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査（National Occupational Exposure Survey）によれば、ロジウム及びその化合物に対する職業性ばく露の可能性がある産業は印刷・製本業、製造業、紙およびその近縁製品の製造、一次金属工業等での業務等であった。

ロジウム及びその化合物にばく露した際の具体的な症状としては、くしゃみ、鼻水、咳といっ

た気道症状を伴う皮膚炎が挙げられる。

(4) メカニズム

日本産業衛生学会による許容濃度等の提案理由書では、ロジウムの動物実験や職業的ばく露のデータは限られているが、特に用途の広い塩化ロジウムは皮膚感作性を有するとされている。また、職業性ばく露の事例からは、症状の見られた労働者に対してパッチテストを行ったところ、ロジウムが抗原となっていることが確認されている。

35.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ロジウム及びその化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（平成25年）では、皮膚障害又は気道障害が掲げられている。

35.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ロジウム及びその化合物への短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった¹⁵³。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ロジウム及びその化合物へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

35.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関（ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など）

国外機関において、ACGIH では、ロジウムについてのデータが不足していることから、ロジウムと同族（短周期表における VIII B 族）である白金とその化合物が毒性を有することに基づいて、基準値を設定している。

¹⁵³ 「Rhodium」と「toxicity」あるいは「health effect」というキーワードの組み合わせにて文献検索を行ったところ、文献ヒット数は9件であった（検索日2015/3/6）。さらに、アブストラクトに基づいて文献の選定を行ったところ、物理化学に関する文献、あるいは動物実験に関する文献であり、ヒトの告示に掲げられていない疾病又は障害に関する文献は見られなかった。

表 III-373 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	ロジウム：塩化ロジウム三水和物
	評価ランク	A4

表 III-374 ロジウム及びその化合物の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	(金属およびヒューム) TWA 1 mg/m ³ (1982) (可溶性ロジウム化合物) TWA 0.01 mg/m ³ (1984)	ロジウムとして
NIOSH	REL ¹⁵⁴	(金属およびヒューム) TWA 0.1 mg/m ³ (可溶性ロジウム化合物) TWA 0.001 mg/m ³	ロジウムとして
OSHA ¹⁵⁵	PEL ¹⁵⁶	(金属およびヒューム) TWA 0.1 mg/m ³ (可溶性ロジウム化合物) TWA 0.001 mg/m ³	ロジウムとして

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、アレルギー性気道症状の発生抑制が期待できる濃度として、白金の許容濃度を参考に、ロジウムの許容濃度を設定している。また、複数の作業員において皮膚感作症状についての症例報告があることから、皮膚感作性物質第 I 群を提案している。一方で、気道感作性については、ロジウムの気道感作症状に関する報告が同時に白金に対してばく露したものであることから、気道感作性物質第 II 群の判定を保留している。

¹⁵⁴ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹⁵⁵ Occupational Safety and Health Administration

¹⁵⁶ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

表 III-375 日本産業衛生学会によるロジウム及びその化合物の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁵⁷		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			経皮	気道	
ロジウム (可溶性化合物, Rh として) [7440-16-6]	—	0.001	—	—	—	2	'07

表 III-376 ロジウムの GHS 分類結果 (健康に対する有害性)

危険・有害性項目			分類結果
			ロジウム
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		×
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：区分 1 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		—
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性 (単回ばく露)		×
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)		×
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.7.27

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

¹⁵⁷ Occupational Exposure Limits

36 塩素

36.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

塩素は常温常圧で刺激臭を伴う黄緑色の気体である。不燃性だが強い酸化作用を持ち、多くの反応により爆発を生じることがある。また、空気より重い。

塩素の物理化学的性質を表 III-377 に示す。

表 III-377 塩素の物理化学的性質

分子量：70.906	比重：1.56 (-35℃)	融点：-101℃	沸点：-34℃
CAS No.:7782-50-5	溶解性 (対水溶解度)：0.7 g/100mL (20 ℃)		

(2) 主な用途

塩素は塩化ビニルの製造や無機薬品の製造、浄水、パルプおよび紙の漂白に使用されている他、冷凍材、シリコンゴム、ポリエーテル、ニス、ポリウレタン、染料等にも使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局 (U.S. ATSDR) のリスク評価書では、塩素に対する職業性ばく露として、製造施設、運搬または塩素の使用を伴う業務において低濃度のばく露が考えられ、かつそれらの業務における事故により高濃度のばく露が生じる可能性があるとして指摘している。

具体的な症状として、肺炎、肺水腫、気管支の潰瘍、肺機能の低下、喘息および喘息様症状、咳などの呼吸器系へ障害がある。また、高濃度では皮膚や目の粘膜を強く刺激する。液体塩素の場合、直接接触した部分の炎症の他、急速な気化による凍傷が生じることが注意されている。

長期的なばく露により、永続的な肺の傷害や慢性気管支炎の可能性が指摘され、咳、のどの痛み、喀血などの症例報告がある。また、歯への傷害が報告されている。

(4) メカニズム

塩素は、水と接触することで塩酸または次亜塩素酸となる強力な酸化剤である。ガスの状態で吸入すると気道内の水分と反応して塩酸および次亜塩素酸となることで障害を与えられられている。

36.2 告示に掲げられた疾病又は障害

塩素への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示 (昭和53年) では、皮膚障害、前眼部障害、気道・肺障害又は歯牙酸蝕が掲げられている。

36.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

ATSDR のリスク評価書では塩素へのばく露による症例として、過呼吸や頻脈、高血圧等が報告されている。なお、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

表 III-378 塩素のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	循環器系の疾患等	過呼吸、高血圧、頻脈	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 塩素 ▪ 濃度不明(記載なし) 	2005年に米国カリフォルニアで発生した脱線事故で漏出した塩素ガス(42-60トン)によるばく露	Van Sickle, 2009

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関する疫学研究報告として、屋内プールにおける空气中塩素濃度がスペインにおける法規制の濃度(1.5mg/m³)を超えた場合、眼や皮膚の障害の他、耳の障害が出る従業員の割合が有意に高いという結果が報告されている。

表 III-379 塩素のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	観察	スペインの屋内プールに勤務する従業員 230 名	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 眼刺激 ▪ 皮膚の乾燥および刺激 ▪ 耳の障害 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 塩素 ▪ 平均 4.3 ± 2.3mg/m(3) 	屋内プール勤務	Fernández-Luna Á, 2013

36.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-380 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-381 塩素の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ¹⁵⁸	C 0.5 ppm (1.45 mg/m ³) [15-minute]	—
OSHA ¹⁵⁹	PEL ¹⁶⁰	C 1 ppm (3 mg/m ³)	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-382 日本産業衛生学会による塩素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁶¹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
塩素 [7782-50-5]	0.5	1.5	—	—	—	—	'99

¹⁵⁸ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹⁵⁹ Occupational Safety and Health Administration

¹⁶⁰ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹⁶¹ Occupational Exposure Limits

表 III-383 塩素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		塩素	
1	急性毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	区分 2
		吸入：蒸気	—
		吸入：粉じん、ミスト	—
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	—	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（呼吸器系・神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器系・腎臓・嗅覚器） 区分 2（歯）	
10	吸引性呼吸器有害性	—	

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

37 臭素

37.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

臭素は常温常圧で赤褐色の液体であり、刺激臭を有する。揮発性が高く、容易に気化し、有毒かつ腐食性の蒸気を発生する。また、強力な酸化剤であり、金属や有機化合物、プラスチック、ゴム等を容易に侵す。

臭素の物理化学的性質を表 III-384 に示す。

表 III-384 臭素の物理化学的性質

分子量：159.8	比重：3.1	融点：-7.2 °C	沸点：58.8 °C
CAS No.：7726-95-6	溶解性（対水溶解度）：3.1 g /100 mL（20 °C）		

(2) 主な用途

臭素は主に医薬品・農薬等の製造原料、消火液、写真乳剤、酸化剤、殺菌剤、染料等として、広く使用されている。

(3) ばく露され得る例

日本国内においては、臭素配管からの漏出や臭素タンク移送中の漏出、化学実験中の飛散等が臭素に関する災害事例として報告されている。また、米国国立労働安全衛生研究所が実施している全米職業性ばく露調査（National Occupational Exposure Survey）によれば、臭素に対する職業性ばく露の可能性のある産業は精密機器および関連製品の製造等、紙およびその近縁製品の製造、電子制御を伴わない機械操作等であった。

臭素にばく露した際の具体的な症状としては、吸入により、気道刺激、咳、気管支痙攣、上気道浮腫、さらに遅延性に肺水腫等を引き起こすことが知られている。また、眼および皮膚に対して腐食性を示し、発赤、疼痛、熱傷、水泡等が見られる

(4) メカニズム

臭素は強力な酸化剤であり、皮膚や気道粘膜に対する局所的な刺激作用、組織障害性によって毒性を発揮すると考えられている。

37.2 告示に掲げられた疾病又は障害

臭素への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

37.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

臭素へのばく露による症例報告として、腹痛等の消化器系の疾病等や疼痛、精子無力症等が報告されている。

表 III-385 臭素のばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害(症例報告)

No	症状又は障害	具体的な症状	ばく露条件			参考文献
			ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	消化器系の疾病等	<ul style="list-style-type: none"> • 上腹部痛 • 胸やけ • 暖気 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間は不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 臭素 ▪ 1mLの臭素アンプルを床に落下 	化学実験中、床にこぼれた臭素を拭いたことでガスを吸入	中永,2007
2	自覚症状関係	<ul style="list-style-type: none"> • 右示指疼痛 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間は不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 臭素 ▪ 1mLの臭素アンプルを床に落下 	化学実験中、床にこぼれた臭素を拭いたことでガスを吸入	中永,2007
3	その他	<ul style="list-style-type: none"> • 精子無力症 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 50~240 min 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 臭素 ▪ 濃度不明(5000 kgの液体臭素が環境中に漏出) 	トレーラーで液体臭素を運搬中の漏出事故	Potashnik G, 1992

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、臭素へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。

37.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

ACGIH 等では、肺障害および気管支刺激の予防を目的として、基準値を勧告している。

表 III-386 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-387 臭素の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 0.1 ppm (0.66 mg/m ³) (1961) STEL 0.2 ppm (2005)	—
NIOSH	REL ¹⁶²	TWA 0.1 ppm (0.7 mg/m ³) STEL 0.3 ppm (2 mg/m ³)	—
OSHA ¹⁶³	PEL ¹⁶⁴	TWA 0.1 ppm (0.7 mg/m ³)	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会では、眼および呼吸器系に対する刺激の観点から許容濃度を提案している。

表 III-388 日本産業衛生学会による臭素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁶⁵		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
臭素 [7726-95-6]	0.1	0.65	—	—	—	—	'64

表 III-389 臭素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			臭素
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分 1
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 1
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 1
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（呼吸器系、中枢神経系）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（呼吸器系、神経系、内分泌系）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.6.20

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

¹⁶² Recommended Exposure Limits：1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹⁶³ Occupational Safety and Health Administration

¹⁶⁴ Permissible Exposure Limits：1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹⁶⁵ Occupational Exposure Limits

38 弗素及びその無機化合物

38.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

弗素の無機化合物としては、弗化ナトリウム、フルオロケイ酸、ヘキサフルオロケイ酸ナトリウムがある。ここでは、これら物質を対象として整理を行う。

弗素は常温常圧では淡黄褐色の空気より重い気体であり、特有の臭いを持つ。強力な酸化剤であり、可燃性物質や還元性物質と激しく反応する。また、水と激しく反応して、有毒で腐食性の蒸気を発生する。多くの物質と激しく反応して、火災および爆発の危険性を持つ。

弗化ナトリウムは常温常圧では白色の固体（粉末または結晶）である。高温面や炎に触れると分解して、有毒で腐食性のヒュームを生成する。また、酸と反応して有毒で腐食性のヒュームを生じる。

フルオロケイ酸は常温常圧では発煙性無色の液体であり、刺激臭を持つ。強酸であり、塩基と激しく反応し、腐食性を示す。また、ガラスや陶器を侵す。加熱により分解し、有毒なヒュームを生じる。また、水や水蒸気と反応し、有毒で腐食性のヒュームを生じる。多くの金属を侵し、引火性・爆発性の気体を生じる。

ヘキサフルオロケイ酸ナトリウムは常温常圧では無色～白色の固体（微粉末）である。加熱すると分解し、有毒で腐食性のヒュームを生じる。酸と反応し、腐食性の弗化水素を生じる。

弗素及びその無機化合物の物理化学的性質を表 III-390～表 III-393 に示す。

表 III-390 弗素の物理化学的性質

分子量：38	比重：1.5127 (-188.13℃)	融点：-219.61℃	沸点：-188.1℃
CAS No.：7782-41-4	溶解性（対水溶解度）：1.69 mg/L (25 °C)		

表 III-391 弗化ナトリウムの物理化学的性質

分子量：42	比重：2.78 (1/25℃)	融点：993℃	沸点：1704℃
CAS No.：7681-49-4	溶解性（対水溶解度）：40 g/L (15 °C)		

表 III-392 フルオロケイ酸の物理化学的性質

分子量：144.1	比重：1.0407 (17.5/17.5℃ 5%溶液)	融点：19℃ (融解する前に分解)	沸点：約 110℃
CAS No.：16961-83-4	溶解性（対水溶解度）：水に可溶		

表 III-393 ヘキサフルオロケイ酸ナトリウムの物理化学的性質

分子量：188	比重：2.7 g/cm ³	融点：448-452℃	沸点：-
CAS No.：16893-85-9	溶解性（対水溶解度）：7.6 g/L (25 °C)		

(2) 主な用途

弗素は、主にガスとして強い酸化作用を利用したウラン濃縮に使用されている。また、その他に、ポリオレフィン系容器の修理や接着剤・コーキング材の表面処理、弗素の有機化合物の製造

に使用されている。

弗化ナトリウムは、虫歯の治療、アルミ精錬、ホウロウの製造、ステンレスの酸洗浄、木の防腐剤、カゼイン接着剤、紙のコーティングなどに使用されている。

フルオロケイ酸は、広く醸造業やボトリングの滅菌、鉛の電解製錬、電気メッキなどに使用されている。

ヘキサフルオロケイ酸ナトリウムは、陶磁器のエナメル化、オパールガラスの製造、殺虫剤、殺鼠剤、羊毛の防虫処理などに使用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（U.S. ATSDR）のリスク評価書では、弗素およびその無機化合物に対する職業性ばく露の可能性のある産業についての記述は見られなかった。

弗素及びその無機化合物にばく露された際の具体的な症状として、眼、皮膚、気道に対して強い腐食性を示し、吸入すると肺水腫を起こすことがあると報告されている。また、経口摂取により低カルシウム血症、低カリウム血症を引き起こし、中枢神経系および心臓の障害を生じることが報告されている。これらの症状は遅れて現れることがあるため、経過観察の必要が示されている。長期的なばく露により、骨や歯に弗素沈着症や骨硬化症を引き起こすことが示唆されている。

38.2 告示に掲げられた疾病又は障害

弗素及びその無機化合物への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害、前眼部障害、気道・肺障害又は骨硬化が掲げられている。

38.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

告示に掲げられていない疾病又は障害としては、弗素及びその無機化合物への短期・長期ばく露による症例報告に関する情報は得られなかった。

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害に関しては、弗素及びその無機化合物へのばく露による疫学研究報告として、アルミニウム溶鋳炉の従事者において上腕痛症候群の発症リスクが上昇したとの報告があった。

表 III-394 弗素及びその無機化合物のばく露による
告示に掲げられていない疾病又は障害(疫学研究)

No	研究手法	対象集団	関係のある所見	ばく露条件			参考文献
				ばく露経路・ばく露時間	濃度・物質	ばく露時の従事作業等	
1	症例対照研究	症例:ロシアのアルミニウム溶鉱炉の労働者 903 名 対照:危険因子のばく露されていない業務従事者(エンジニア、サービス業、管理職、エコノミスト等) 151 名	上腕痛症候群発症リスクが 4.3 倍に上昇	吸入ばく露 慢性的なばく露	弗化物 ばく露濃度不明(記載なし)	アルミニウム溶鉱炉従事者	Shirokov VA, 2012

38.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-395 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-396 弗素の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ¹⁶⁶	TWA 0.1 ppm (0.2 mg/m ³)	—
OSHA ¹⁶⁷	PEL ¹⁶⁸	TWA 0.1 ppm (0.2 mg/m ³)	—

¹⁶⁶ Recommended Exposure Limits : 1日 10 時間、週 40 時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹⁶⁷ Occupational Safety and Health Administration

¹⁶⁸ Permissible Exposure Limits : 1日 8 時間、週 40 時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

表 III-397 弗化ナトリウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ¹⁶⁹	TWA 2.5 mg/m ³	他の無機、固体弗化物にも当てはまる
OSHA ¹⁷⁰	PEL ¹⁷¹	TWA 2.5 mg/m ³	

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

日本産業衛生学会による許容濃度については、いずれの物質も記載がなかった。

表 III-398 日本産業衛生学会による弗素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁷²		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
弗素 [7782-50-5]	—	—	—	—	—	—	—

表 III-399 弗素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果
			弗素
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	区分 1
		吸入：蒸気	—
		吸入：粉じん、ミスト	—
2	皮膚腐食性／刺激性		×
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 2A-2B
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		区分 2
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 1（呼吸器、脾臓、肝臓、腎臓）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（呼吸器、精巣）
10	吸引性呼吸器有害性		—

分類実施日：H18.6.20

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

¹⁶⁹ Recommended Exposure Limits：1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業員に対する推奨ばく露限界値

¹⁷⁰ Occupational Safety and Health Administration

¹⁷¹ Permissible Exposure Limits：1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業員に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹⁷² Occupational Exposure Limits

表 III-400 弗化ナトリウムの GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		弗化ナトリウム	
1	急性毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	区分 2	
6	発がん性	—	
7	生殖毒性	区分 2	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（神経系、肝臓、心臓、腎臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器、腎臓、神経系） 区分 2（心臓、歯、骨）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：H18.8.22

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-401 フルオロケイ酸の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		フルオロケイ酸	
1	急性毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 1A-1C	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 1	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 2（呼吸器系（吸入）、消化器系、中枢神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 2（歯、骨、呼吸器系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：2007/3/15

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-402 ヘキサフルオロケイ酸の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目		分類結果	
		ヘキサフルオロケイ酸	
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性	区分 3	
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性	区分 2A	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	呼吸器感作性：× 皮膚感作性：×	
5	生殖細胞変異原性	×	
6	発がん性	×	
7	生殖毒性	×	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 2（心臓） 区分 3（気道刺激性）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（骨）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：2007/3/15

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

39 沃素

39.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

沃素は常温常圧で刺激臭のある帯青黒または暗紫色の結晶であり、昇華しやすい性質を持つ。また、強力な酸化剤で可燃性物質や還元性物質と反応する。金属末やアンモニア等と反応した際に爆発する危険がある。

沃素の物理化学的性質を表 III-403 に示す。

表 III-403 沃素の物理化学的性質

分子量：253.8	比重：4.9 (1/25℃)	融点：114℃	沸点：184℃
CAS No.:7553-56-2	溶解性 (対水溶解度)：0.3 g/L (20 ℃)		

(2) 主な用途

安全衛生情報センターの製品安全データシートによれば、沃素は、有機合成の中間体及び触媒、医薬品、保健薬、殺菌剤、家畜飼料添加剤、有機化合物安定剤、染料、写真製版、農薬、希有金属の製錬、分析用試薬などに用いられているとしている。また、人工的につくられる放射性ヨウ素 131 は、診断治療、内科放射治療、薄層膜厚測定、送水管などの欠陥検査、油田の検出、化学分析のトレーサーなど生物学、医学、バイオテクノロジーの分野で利用されているとしている。

(3) ばく露され得る例

沃素に対する職業性ばく露の可能性のある産業として、医薬品や試薬の製造業や塗装業、農業などがある。また、放射性ヨウ素については、生物学や医学バイオテクノロジーの研究・開発におけるばく露や、原子力発電所に関連する職業でのばく露が想定される。

沃素へのばく露による具体的な症状としては、口渇と金属味をおぼえ、鼻炎、咽喉の刺激、咳を起こすことが知られている。さらに、高濃度でばく露すると肺浮腫を起こすことが注意されている。また、眼および皮膚を重度に刺激する。長期的なばく露により、甲状腺の疾患を起こすことが示唆されている。

(4) メカニズム

生体に対する毒性メカニズムとして、沃素は直接細胞に働いてタンパク質を凝固させる作用を有するほか、細胞の電解質バランスを変化させる。また、過剰な沃素は、甲状腺に作用し、甲状腺ホルモン産生に影響することで内分泌系を変化させることが知られている。

39.2 告示に掲げられた疾病又は障害

沃素への職業性ばく露による疾病又は障害として、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示（昭和53年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

39.3 告示に掲げられていない疾病又は障害

(1) 短期・長期ばく露による症例報告

CICADs のリスク評価書では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、沃素へのばく露による症例報告に関する情報は得られなかった。また、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。¹⁷³

(2) 疫学研究報告

CICADs のリスク評価書では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、沃素へのばく露に関する疫学研究報告についての情報は得られなかった。また、同リスク評価書公表年以降の症例報告に関する情報は得られなかった。

39.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (ILO, WHO (IARC), OECD, NIOSH, CDC, EU など)

表 III-404 各機関による評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	—
	評価ランク	—
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-405 沃素の基準値

国際機関	基準	値	備考
NIOSH	REL ¹⁷⁴	C 0.1 ppm (1 mg/m ³)	—
OSHA ¹⁷⁵	PEL ¹⁷⁶	C 0.1 ppm (1 mg/m ³)	—

¹⁷³ 「Indine」 and 「Occupat」 or 「Occupational Expose」 で文献検索を行ったところ、文献ヒット数は74件であった。(検索日2014/9/27) さらにアブストラクトに基づいて文献の選定を行ったところ、告示に掲げられていない疾病または障害に関する文献はなかった。

¹⁷⁴ Recommended Exposure Limits : 1日10時間、週40時間以上の労働に従事する作業者に対する推奨ばく露限界値

¹⁷⁵ Occupational Safety and Health Administration

¹⁷⁶ Permissible Exposure Limits : 1日8時間、週40時間の繰り返し労働において作業者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-406 日本産業衛生学会による沃素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁷⁷		経皮 摂取	発がん 性	感作		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
沃素 [7553-56-2]	0.1	1	—	—	—	2	'68

表 III-407 沃素の GHS 分類結果（健康に対する有害性）

危険・有害性項目			分類結果 沃素
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	×
2	皮膚腐食性／刺激性		区分 2
3	眼に対する重篤な損傷性／眼刺激性		区分 2A-2B
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性		呼吸器感作性：× 皮膚感作性：区分 1
5	生殖細胞変異原性		×
6	発がん性		×
7	生殖毒性		×
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）		区分 3（気道刺激性）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（甲状腺）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：H18.7.24

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

¹⁷⁷ Occupational Exposure Limits

業務上疾病に関する医学的知見の収集に係る 調査研究
報告書

2015年3月

株式会社 三菱総合研究所
人間・生活研究本部