

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

2016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 調査の全体像.....	2
2 医学文献検討委員会の設置.....	7
3 医学文献の収集等.....	8
III. 結果.....	11
1 アジ化ナトリウム.....	11
2 一酸化炭素.....	14
3 黄りん.....	21
4 カルシウムシアナミド.....	24
5 シアン化水素、シアン化ナトリウム等のシアン化合物.....	28
6 二亜硫酸ナトリウム.....	36
7 二酸化硫黄.....	39
8 二酸化窒素.....	45
9 二硫化炭素.....	48
10 ヒドラジン.....	58
11 ホスゲン.....	62
12 ホスフィン.....	66
13 硫化水素.....	72
14 塩化ビニル.....	79
15 塩化メチル.....	89
16 クロロプレン.....	93
17 クロロホルム.....	96
18 四塩化炭素.....	100
19 1,2-ジクロロエタン.....	104
20 1,2-ジクロロエチレン.....	112
21 ジクロロメタン.....	116
22 臭化エチル.....	125
23 臭化メチル.....	128
24 1,1,2,2-テトラクロロエタン.....	133
25 テトラクロロエチレン（パークロロエチレン）.....	136
26 1,1,1-トリクロロエタン.....	142
27 1,1,2-トリクロロエタン.....	147

28	トリクロルエチレン.....	152
29	ノルマルヘキサン.....	163
30	1-ブロモプロパン.....	171
31	2-ブロモプロパン.....	174
32	沃化メチル.....	177
33	アクリル酸エチル.....	180
34	アクリル酸ブチル.....	184
35	アクロレイン.....	189
36	アセトン.....	193
37	イソアミルアルコール.....	199
38	エチルエーテル.....	203
39	エチレンクロルヒドリン.....	206
40	エチレングリコールモノメチルエーテル.....	210
41	2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテル.....	214
42	グルタルアルデヒド.....	217

1. 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。

以上を踏まえ、本調査研究では、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

1 調査の全体像

調査は、図 II-1 に示す流れで遂行した。8 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、2 月下旬の第 5 回検討会までの間に、表 II-1 に示す 42 の化学物質についてレビューを実施し、その結果をレビューサマリーとしてとりまとめた。

レビューサマリーの作成に際しては、適宜、医学文献検討委員会の委員による個別指導を受けるとともに、上記委員会を全 5 回開催し、収集した情報の評価・検討を行った。

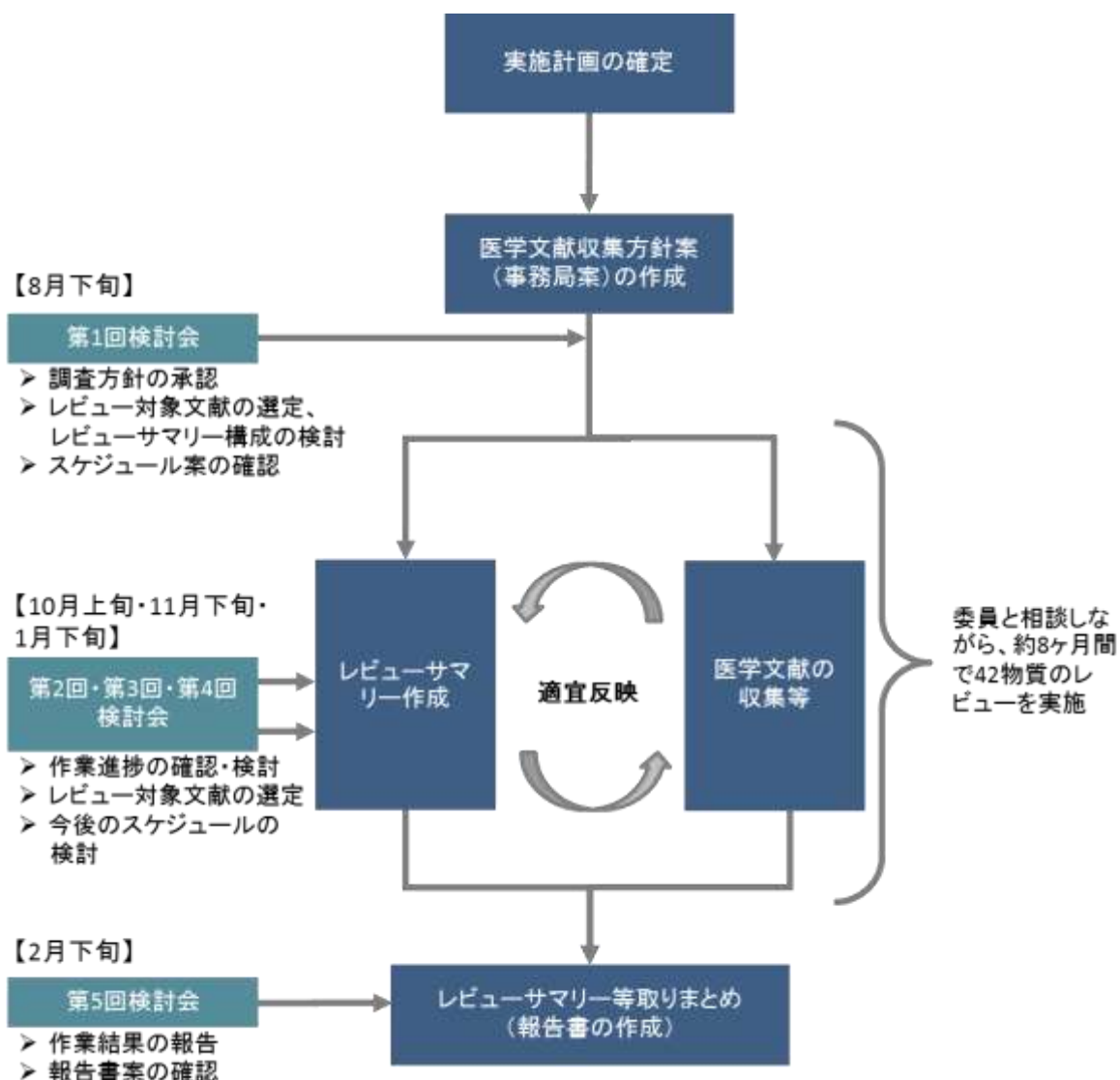


図 II-1 調査研究フロー

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	告示規定年	告示に掲げられた症例又は障害
1	アジ化ナトリウム	—	平成 25 年 (2013)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、前眼部障害、血圧降下又は気道障害
2	一酸化炭素	ATSDR (2012)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、昏睡等の意識障害、記憶減退、性格変化、失見当識、幻覚、せん妄等の精神障害又は運動失調、視覚障害、色視野障害、前庭機能障害等の神経障害
3	黄りん	—	昭和 53 年 (1978)	歯痛、皮膚障害、肝障害又は顎骨壊死
4	カルシウムシアナミド	—	昭和 53 年 (1978)	皮膚障害、前眼部障害、気道障害又は血管運動神経障害
5	シアン化水素、シアン化ナトリウム等のシアン化合物	ATSDR (2006)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、呼吸困難、呼吸停止、意識喪失又は痙攣
6	二亜硫酸ナトリウム	—	平成 25 年 (2013)	皮膚障害又は気道障害
7	二酸化硫黄	ATSDR (1998)	昭和 53 年 (1978)	前眼部障害又は気道・肺障害
8	二酸化窒素		昭和 53 年 (1978)	前眼部障害又は気道・肺障害
9	二硫化炭素	ATSDR (1996)	昭和 53 年 (1978)	せん妄、躁うつ等の精神障害、意識障害、末梢神経障害又は網膜変化を伴う脳血管障害若しくは腎障害
10	ヒドラジン	ATSDR (1997)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害、前眼部障害又は気道障害
11	ホスゲン		昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
12	ホスフィン		昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又は気道・肺障害
13	硫化水素	ATSDR (2015)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、前眼部障害、気道・肺障害又は呼吸中枢機能停止

番号	化学物質名	国際機関の最新評価	告示規定年	告示に掲げられた症例又は障害
14	塩化ビニル	ATSDR (2006)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害、中枢神経系抑制、レイノー現象、指端骨溶解又は門脈圧亢進
15	塩化メチル	ATSDR (1998)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等自覚症状、中枢神経系抑制、視覚障害、言語障害、協調運動障害等の神経障害又は肝障害
16	クロロプレン		昭和 53 年 (1978)	中枢神経系抑制、前眼部障害、気道・肺障害又は肝障害
17	クロロホルム	ATSDR (1997)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制又は肝障害
18	四塩化炭素	ATSDR (2005)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制又は肝障害
19	1, 2-ジクロロエタン (別名二塩化エチレン)	ATSDR (2001)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制、前眼部障害、気道・肺障害又は肝障害
20	1, 2-ジクロロエチレン (別名二塩化アセチレン)	ATSDR (1996)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又は中枢神経系抑制
21	ジクロロメタン	ATSDR (2000)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制、前眼部障害又は気道・肺障害
22	臭化エチル		昭和 53 年 (1978)	中枢神経系抑制又は気道・肺障害
23	臭化メチル	ATSDR (1992)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害、気道・肺障害、視覚障害、言語障害、協調運動障害、振せん等の神経障害、性格変化、せん妄、幻覚等の精神障害又は意識障害
24	1, 1, 2, 2-テトラクロロエタン (別名四塩化アセチレン)	ATSDR (2008)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制又は肝障害
25	テトラクロロエチレン (別名パークロロエチレン)	ATSDR (2015)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制、前眼部障害、気道障害又は肝障害

番号	化学物質名	国際機関の最新評価	告示規定年	告示に掲げられた症例又は障害
26	1, 1, 1-トリクロルエタン	ATSDR (2006)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制又は協調運動障害
27	1, 1, 2-トリクロルエタン	ATSDR (1989)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、前眼部障害又は気道障害
28	トリクロルエチレン	ATSDR (2014)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制、前眼部障害、気道・肺障害、視神経障害、三叉神経障害、末梢神経障害又は肝障害
29	ノルマルヘキサン	ATSDR (1999)	昭和 53 年 (1978)	末梢神経障害
30	1-ブロモプロパン		平成 25 年 (2013)	末梢神経障害
31	2-ブロモプロパン		平成 25 年 (2013)	生殖機能障害
32	沃化メチル	ATSDR (2004)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、視覚障害、言語障害、協調運動障害等の神経障害、せん妄、躁状態等の精神障害又は意識障害
33	アクリル酸エチル		平成 8 年 (1996)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害又は粘膜刺激
34	アクリル酸ブチル		平成 8 年 (1996)	皮膚障害
35	アクロレイン	ATSDR (2007)	昭和 53 年 (1978)	皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害
36	アセトン	ATSDR (1994)	昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又は中枢神経系抑制
37	イソアミルアルコール (別名イソペンチルアルコール)		昭和 53 年 (1978)	中枢神経系抑制、前眼部障害又は気道障害
38	エチルエーテル		昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又は中枢神経系抑制
39	エチレンクロルヒドリン		昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、前眼部障害、気道・肺障害、肝障害又は腎障害

番号	化学物質名	国際機関の最新評価	告示規定年	告示に掲げられた症例又は障害
40	エチレングリコールモノメチルエーテル(別名メチルセロソルブ)		昭和 53 年 (1978)	頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、造血器障害、振せん、協調運動障害、肝障害又は腎障害
41	2,3-エポキシプロピルフェニルエーテル		平成 25 年 (2013)	皮膚障害
42	グルタルアルデヒド		平成 25 年 (2013)	皮膚障害、前眼部障害又は気道障害

※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)
- 化学物質の初期リスク評価書 : 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)
- 化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート : 暫定的有害性評価シート (環境省が作成)

2 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	産業医学、分子環 境予防学、疫学	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）	

3 医学文献の収集等

(1) 文献収集の範囲

本調査では、各物質について、労働基準法施行規則別表第1の2に基づく告示¹において、化学物質等による疾病として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²。なお、がんについては別途がん原性物質又はがん原性工程における業務による疾病として扱われているため、本調査の対象外とした³。

(2) 医学文献の収集手順

国際機関による有害性評価が行われている物質については、国際機関による最新の評価書から情報を収集するとともに、文献検索データベース⁴を活用して評価書発行年以降に公表された文献の検索、収集を行った。また、国際機関による有害性評価が行われていない物質については、告示掲載年（昭和53年、平成8年、平成25年）以降に発行された文献について、文献データベースによる検索を行い、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情報を収集した。

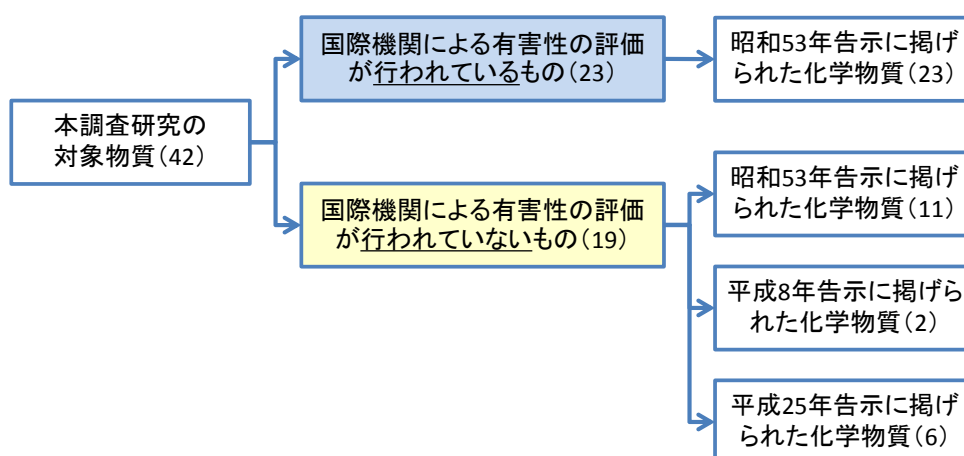


図 II-2 国際機関による有害性評価の有無（ATSDR ベース）

¹ 労働基準法施行規則（昭和二十二年厚生省令第二十三号）別表第一の二

http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/rousai/svokugyoubyou/list.html

² レビューサマリーに示した症例報告および疫学研究報告の所見は、告示に規定されている症状又は障害以外の疾病等に関する情報を抜粋して掲載しているものであり、必ずしも引用文献で取り上げられているすべての所見を掲載しているわけではない点に留意されたい。

³ 学会等の勧告値等に関しては、参考情報として国際機関による発がん性の分類結果を掲載している。

⁴ PubMed <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

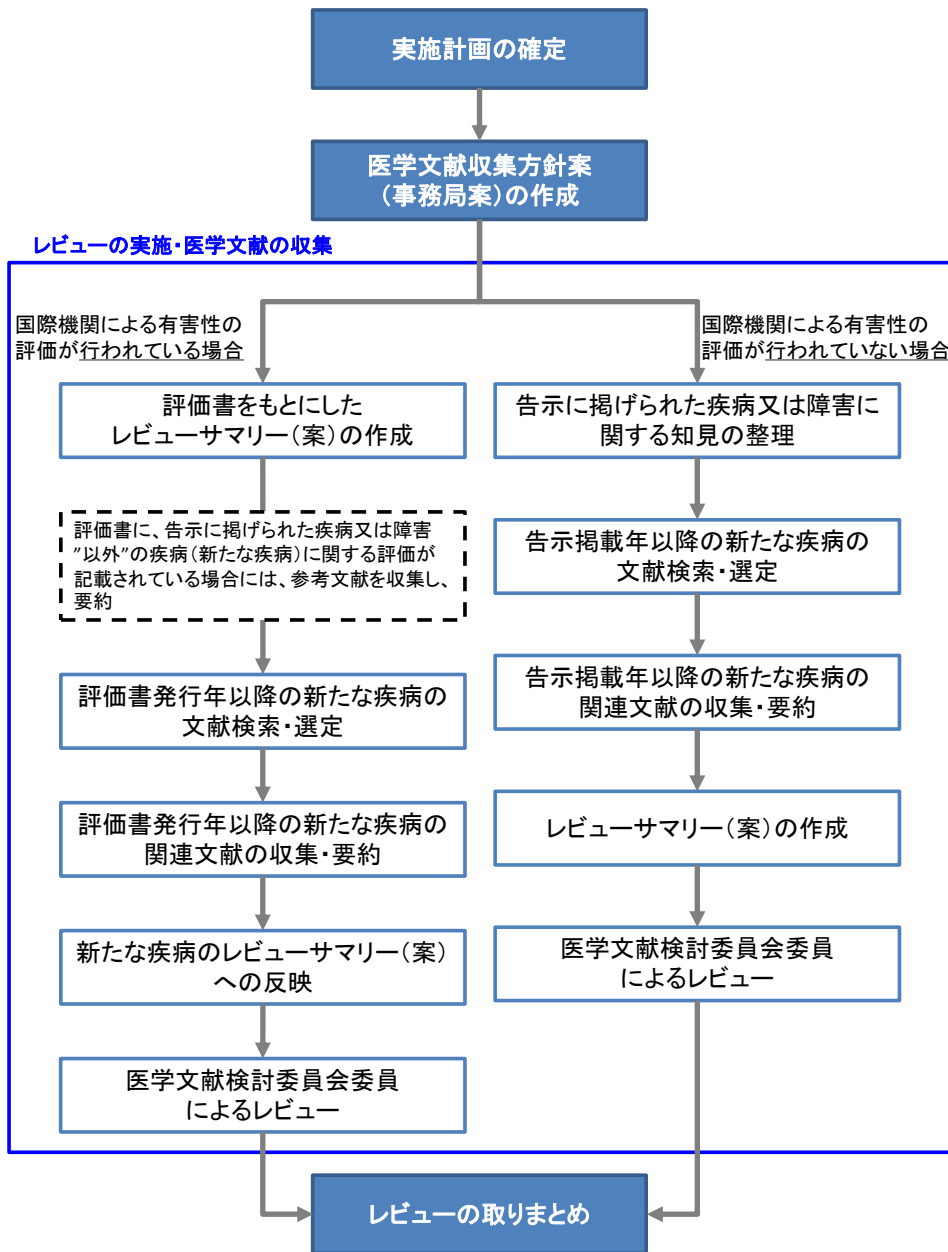


図 II-3 文献収集の手順

(3) レビューサマリーの構成

収集した情報はレビューサマリーとして物質ごとに取りまとめた。レビューサマリーの構成は以下の通りである。

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 の区分に準じた。

(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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

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。

III. 結果

1 アジ化ナトリウム

1.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

アジ化ナトリウムは常温常圧下で無色無臭の固体であり、衝撃や重金属と反応によって高い爆発性を有するアジ化物を生成する。アジ化ナトリウムの物理化学的性質を表 III-1 に示す。

表 III-1 アジ化ナトリウムの物理化学的性質

分子量：65.02	比重：1.845	融点：300 °C (分解)	沸点：－
CAS No.：26628-22-8	溶解性 (対水溶解度)：408 g/l L (20 °C)		

(2) 主な用途

アジ化ナトリウムは爆薬原料、有機合成原料、検出用試薬、防腐剤等として広く利用されている。自動車用エアバッグや航空機の緊急脱出用シュートの起爆剤としても用いられるが、日本国内においては環境負荷物質低減のため、1999年度末より非アジ化ガス発生剤へと切り替えられている。なお、アジ化ナトリウムは1999年より毒物及び劇物取締法によって毒物に指定されている。

(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, 1990) によれば、アジ化ナトリウムに対して職業的にばく露する可能性がある労働者の70%以上は医療サービス従事者であった。なお、日本国内においても、医薬品製造業において試薬用緩衝液の調整作業中にばく露した事例が報告されている。

アジ化ナトリウムにばく露した際の具体的な症状としては、眼および上気道への刺激に加えて、心血管系、中枢神経系への影響が挙げられる。中枢神経系への影響としては、ばく露直後から頭痛、中枢神経抑制、昏睡、不安、胸部不快感、血圧低下、不整脈、心電図異常、悪心、嘔吐、失神等を生じることがある。高濃度では致死的な痙攣を引き起こし、脳や心筋壁の腫脹による死亡例もある⁵。

(4) メカニズム

アジ化ナトリウムは、経口、吸入、経皮の各経路から体内に吸収され、細胞内のミトコンドリアに存在するシトクロム c オキシダーゼを阻害し、細胞呼吸を抑制することで毒性を発揮すると考えられている⁶。

⁵ アジド類 (アジ化ナトリウム等) Azides による中毒 (公益財団法人日本中毒情報センター 1998年8月12日)

⁶ 薬学用語解説 アジ化ナトリウム (公益社団法人日本薬学会 2009年1月16日改訂)

1.2 告示に掲げられた疾病又は障害

アジ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（以下、「告示」という。）（平成25年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、前眼部障害、血圧降下又は気道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

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、アジ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。

(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、アジ化ナトリウムへのばく露による疫学研究報告に関する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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

ACGIH、NIOSH、OSHA では、経皮吸収による皮膚刺激作用の防止、心血管系疾患のリスク低減の観点から、アジ化ナトリウムの大気中濃度に対して基準値を勧告している。

表 III-2 各機関による発がん性評価

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 ⁷	評価物質名称	Sodium azide
	評価ランク	A4（人における発がん性が分類できていない物質）

⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-3 アジ化ナトリウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ⁸	Ceiling 0.29 mg/m ³ Ceiling 0.11 ppm	アジ化ナトリウムとして アジ化水素酸蒸気として
NIOSH ⁹	REL ¹⁰	Ceiling 0.3 mg/m ³ Ceiling 0.1 ppm	アジ化ナトリウムとして アジ化水素として
OSHA ¹¹	PEL ¹²	Ceiling 0.3 mg/m ³ Ceiling 0.1 ppm	アジ化ナトリウムとして アジ化水素として

(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アジ化ナトリウムに対して許容濃度を勧告していない。

表 III-4 日本産業衛生学会によるアジ化ナトリウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹³		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
アジ化ナトリウム [26628-22-8]	—	—	—	—	—	—	—

表 III-5 アジ化ナトリウムの 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
			アジ化ナトリウム
1	急性 毒性	経口	区分 2
		経皮	区分 1
		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
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		×
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（心血管系、肺、中枢神経系、全身毒性）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 1（中枢神経系、心血管系、肺）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：平成 22.2.19

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

⁸ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

⁹ National Institute for Occupational Safety and Health

¹⁰ 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

¹¹ Occupational Safety and Health Administration

¹² 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

¹³ Occupational Exposure Limits

2 一酸化炭素

2.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

一酸化炭素は、無味無臭で無色の非刺激性の気体である。空気とよく混合し、爆発性混合物を生成しやすい性質を有する。一酸化炭素の物理化学的性質を表 III-6 に示す。

表 III-6 一酸化炭素の物理化学的性質

分子量：28.0	比重：0.97	融点：-205℃	沸点：-191℃
CAS No.：630-08-0	溶解性（対水溶解度）：2.3 ml/100 ml（20℃）		

(2) 主な用途

一酸化炭素は主に金属カルボニル、メタノール、アンモニア原料や冶金（ニッケルのモンド法）、有機合成（フィッシャー・トロプシュ法）に使用されている。工業的用途の場合、窒素や水素との混合物のまま使用されることが多い。

(3) ばく露され得る例

国立医薬品食品衛生研究所の急性ばく露ガイドライン濃度¹⁴では、一酸化炭素への職業性ばく露の可能性のある作業として、鉄鋼業における高炉の操業中や、事業所、地下道、坑道などの閉鎖的な空間でのガソリンまたはプロパンを動力源とするフォークリフトやチェーンソーなどの機械の使用などが挙げられている。最近では建設業でのばく露事例が多いとする報告もある。厚生労働省の職場のあんぜんサイトでは、業務用厨房施設におけるばく露も多く報告されている。

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（2012）では、一酸化炭素を吸入ばく露した場合、錯乱、めまい、頭痛、吐き気、意識喪失、脱力感などの症状を呈することが報告されている。また、生殖能や胎児への影響があることが報告されている。さらに、長期または反復吸入ばく露により、心臓や血液の障害が生じる可能性もある。

(4) メカニズム

公益財団法人日本中毒情報センターの中毒情報では、ヘモグロビンをはじめとするヘムタンパク質と一酸化炭素との結合による低酸素性障害が、細胞・組織に対する急性毒性の中心的な機序であるとしている。また、独立行政法人労働者健康福祉機構の CO（一酸化炭素）中毒情報では、急性期には心臓と肺が障害を受け、心肺機能の低下を招くこと、一方、脳の特に白質では遅れて障害が生じ、この障害の一部が不可逆的となって脳の神経生理学的な後遺症が残るとしている。

¹⁴ 急性曝露ガイドライン濃度（AEGL）とは国立医薬品食品衛生研究所が提供する化学物質の安全性に関する情報を取りまとめたシートのこと。

2.2 告示に掲げられた疾病又は障害

一酸化炭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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、昏睡等の意識障害、記憶減退、性格変化、失見当識、幻覚、せん妄等の精神障害又は運動失調、視覚障害、色視野障害、前庭機能障害等の神経障害が掲げられている。

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

ATSDR のリスク評価書（2012）では、一酸化炭素の急性ばく露による横紋筋融解症の症例が報告されている。大気汚染による一酸化炭素へのばく露では、胎児への影響に関する報告もあるが、妊娠中の女性への職業性ばく露による報告事例は少なく（本調査で把握できたのは2事例）、いずれも胎児への影響は見られないとする報告であった。

また、ATSDR のリスク評価書公表年以降に報告された症例報告としては、一酸化炭素中毒で死亡した男性の剖検の結果、一酸化炭素ばく露が原因と疑われるくも膜下出血の症状が認められたとの報告があった。

表 III-7 一酸化炭素(CO)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	その他の疾病等	横紋筋融解症	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪7～8分 	<ul style="list-style-type: none"> ▪CO ▪血中の COHb レベル 16% 	消防学校の生徒（25歳男性）が煙の充満した部屋での訓練中にばく露	Herman, 1998
2	循環器系の疾病等	イタリアの32歳男性のくも膜下出血	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪急性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪CO ▪血中 COHb レベル 30% 	一酸化炭素中毒 ※職業ばく露ではない	De-Giorgio et al. 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、ATSDR のリスク評価書では職業性の一酸化炭素へのばく露による疫学研究報告はなかった。一方、大気汚染等環境ばく露による健康影響に関する疫学研究は多数報告されている。

また、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においても、職業ばく露による健康影響は報告されていない。一方、環境ばく露による健康影響については、心不全リスクの上昇や眼瞼炎の悪化のほか、妊婦へのばく露による胎児への影響（発育遅延、低出生体重、早産、神経発達遅延）に関する報告があった。参考までに、環境ばく露による健康影響の知見を表 III-8 に示す。

表 III-8 一酸化炭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(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	後ろ向きコホート研究	フロリダ州ヒルズボロウ郡の新生児145,445人(1998年-2007年に生まれた、単生児)	<ul style="list-style-type: none"> 妊娠月齢発育遅延 (OR 1.11, 95% CI: 1.05-1.17) 早産 (OR 1.23, 95% CI: 1.10-1.37) 	<ul style="list-style-type: none"> 妊婦への吸入ばく露 妊娠期間 	<ul style="list-style-type: none"> PM, Pb, CO, O₃, SO₂, NO₂ の混合ばく露 CO は EPA 基準値以下 (平均 0.90ppm) 	日常生活でのばく露(大気汚染)	Mainolfi et al. 2013
2	症例対照研究	ブラジル、サンパウロの皮膚筋炎患者の子ども20人と、健康な対照群の子ども56人	<ul style="list-style-type: none"> 妊娠中のCOばく露は子どもの若年性皮膚筋炎発症リスクを有意に高める (OR12.21, 95% CI:1.28-15.96) 	<ul style="list-style-type: none"> 妊婦への吸入ばく露 妊娠期間 	<ul style="list-style-type: none"> CO, O₃, SO₂, NO₂ 妊娠第3トリメスターでのCO濃度 3.2-5.4ppm 	日常生活でのばく露(大気汚染)	Orione et al. 2014.
3	症例対照研究	グアテマラ、マヤ族のテマスカル(蒸し風呂)利用者32人と、対照群の非利用者9人	<ul style="list-style-type: none"> 尿変異原性のリスクが1.74倍上昇 (P<0.05) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 11-98分(15歳以上の成人) 	<ul style="list-style-type: none"> 呼気中の平均CO濃度 55.9ppm 	蒸し風呂利用中のばく露	Long et al. 2014.
4	後ろ向きコホート研究	韓国のAjou大学病院で過去62か月間に一酸化炭素中毒と診断された患者626人	626人中19人がCO誘発性心筋炎を発症(心エコー異常、駆出率の低下(36.3±13.5%))	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 急性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> CO濃度については記載なし 	一酸化炭素中毒	Jung et al. 2014
5	後ろ向きコホート研究	イングランド北西部で2004年-2008年に生まれた子ども203,562人	<ul style="list-style-type: none"> 妊婦へのばく露による胎児発育遅延(早産・出生体重には影響しない) 妊娠第2トリメスターでの胎児発達遅延 (OR1.21 95% CI: 1.02-1.42) 	<ul style="list-style-type: none"> 妊婦への吸入ばく露 妊娠期間 	<ul style="list-style-type: none"> PM₁₀, PM_{2.5}, CO, NO₂, NO_x CO平均濃度 0.61mg/m³ (0.23-1.25, SD 0.26 mg/m³) 	日常生活でのばく露(大気汚染)	Hannam et al. 2014
6	症例対照研究	ペルーの低出生体重児101名と、低出生体重児ではない小児(対照群)101名	<ul style="list-style-type: none"> バイオマス燃料の使用により低出生体重児のリスクが上昇 (OR4.53, 95%CI: 1.33-15.49) 	<ul style="list-style-type: none"> 妊婦への吸入ばく露 妊娠期間 	<ul style="list-style-type: none"> CO平均濃度 4.8ppm 	台所でバイオマス燃料を使用した際のばく露	Yucra et al. 2014
7	メタアナリシス	大気汚染と心不全による入院率・死亡率との関連性に関する35文献に対するメタアナリシス	<ul style="list-style-type: none"> 心不全による入院または死亡は、COばく露濃度の上昇と関連(1ppm上昇するとリスクが3.52%増加(95% CI: 2.52-4.54)) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> CO, O₃, SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} CO濃度(中央値) 1.1 (0.9-1.6) ppm 	日常生活でのばく露(大気汚染)	Shah 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	
8	症例対照研究	アメリカ、カリフォルニア州サン・ホアキン渓谷で生まれた子ども：症例（神経管欠損）215人、対照849人	<ul style="list-style-type: none"> CO 高濃度ばく露群（CO濃度0.72-1.37ppm）で神経管欠損のリスクが上昇（OR1.87, 95% CI: 1.11-3.16） 	<ul style="list-style-type: none"> 妊婦への吸入ばく露 妊娠期間 	<ul style="list-style-type: none"> CO, O₃, NO, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} CO ばく露レベル（ppm）： <ul style="list-style-type: none"> 0.13 - 0.39 0.40 - 0.52 0.53 - 0.71 0.72 - 1.37 	日常生活でのばく露（大気汚染）	Padula et al. 2013
9	ケースコントロール研究	カナダのエドモントンおよびモントリオールで非特異的腹痛のため救急外来を訪れた患者（それぞれ95,173人、25,852人）	<ul style="list-style-type: none"> CO ばく露濃度上昇により15-24歳での非特異的腹痛リスクが上昇 エドモントン：OR1.04, 95% CI: 1.02-1.06 モントリオール：OR1.11, 95% CI: 1.05-1.17 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 急性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> CO, O₃, SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} 平均CO濃度 エドモントン：0.5 ppm モントリオール：0.7 ppm 	日常生活でのばく露（大気汚染）	Kaplan et al. 2012
10	ケースコントロール研究	イラン、テヘランの急性冠動脈症候群で入院している患者250名 症例期：急性冠動脈症候群発症前24時間 対照期：発症1週間前	<ul style="list-style-type: none"> 急性冠動脈症候群を発症する一日前のCOばく露レベルと発症リスクは有意に関連（OR1.18, 95% CI: 1.03-1.34） 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> CO, PM₁₀ 症例期間（発症前24時間）のCO平均濃度：3.79 (SD 2.37) ppm 対照期間（発症1週間前）のCO平均濃度：3.14 (SD 2.29) ppm 	日常生活でのばく露（大気汚染）	Qorbani et al. 2012
11	メタアナリシス	早産・低出生体重と大気汚染との関連性に関する62文献に対するメタアナリシス	<ul style="list-style-type: none"> 妊婦へのばく露による低出生体重、早産 低出生体重 OR1.07 (95% CI: 1.02-1.12) 早産 OR1.04 (95% CI: 1.02-1.06) 	<ul style="list-style-type: none"> 妊婦への吸入ばく露 妊娠期間 	<ul style="list-style-type: none"> CO, NO₂, PM_{2.5}, PM₁₀ 他 CO濃度：0.5 ppm~4.6 ppm 	日常生活でのばく露（大気汚染）	Stieb et al. 2012
12	コホート研究	ブラジル、サンパウロで眼科を受診している患者200人	<ul style="list-style-type: none"> 眼瞼炎の悪化 CO濃度が1.1 ppm上昇すると1日あたりの眼瞼炎患者が6.6症例増加する（P=0.034） 	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 慢性的なばく露（追跡期間は6ヶ月間） 	<ul style="list-style-type: none"> CO, NO₂, PM₁₀ CO平均濃度1.6 ppm (city), 3.1 ppm (local) 	日常生活でのばく露（大気汚染）	Malerbi et al. 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	
13	後ろ向きコホート研究	グアテマラの RESPIRE コホート研究 (2004 年) および CRECER 研究 (2010 年) に参加していた母子各 39 名	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 妊娠第 3 トリメスターでの CO ばく露は、子どもの神経発達遅延に有意に関連 ▪ 視空間認能力 (P<0.05)、短期記憶 (P<0.05)、長期記憶 (P<0.05)、微細運動能力 (P<0.01) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 妊婦への吸入ばく露 ▪ 慢性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 妊娠第 3 トリメスターでの CO 平均濃度 3.8ppm (0.6-12.5ppm) 	日常生活でのばく露 (木材燃焼炎に含まれる CO の吸入)	Dix-Coope r et al. 2012

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-9 各機関による発がん性評価

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 ¹⁵	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-10 一酸化炭素の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ¹⁶	TWA ¹⁷ 25 ppm	—
NIOSH ¹⁸	REL ¹⁹	TWA 35 ppm (40 mg/m ³)	—
OSHA ²⁰	PEL ²¹	TWA 50 ppm	—

¹⁵ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

¹⁶ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

¹⁷ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

¹⁸ National Institute for Occupational Safety and Health

¹⁹ 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

²⁰ Occupational Safety and Health Administration

²¹ 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（2015年度）では、一酸化炭素は、生殖毒性物質の第1群として分類されている。

表 III-11 日本産業衛生学会による一酸化炭素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²²		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
一酸化炭素 [630-08-0]	50	57	—	—	—	—	'71

表 III-12 一酸化炭素の 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 一酸化炭素
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	区分 3
		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		—
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（吸入：循環器、神経）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 2（吸入：心臓、血液）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

²² Occupational Exposure Limits

3 黄りん

3.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

黄りん（別名：白りん、四リン）は常温常圧下で白～淡黄色のロウ状固体である。空气中に放置すると自発的に発火燃焼するため、水中で保存する。黄りんの物理化学的性質を表 III-13 に示す。

表 III-13 黄りんの物理化学的性質

分子量：123.9	比重：1.83（20℃）	融点：44℃	沸点：280℃
CAS No.：12185-10-3	溶解性（対水溶解度）：不溶		

(2) 主な用途

黄りんは、リンそのものの形態として軍事用の焼夷剤、発煙剤、殺鼠剤として利用されているが、主な用途は乾式リン酸、赤リン、リン化合物（塩化リン、硫化リン等）の原料である。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）の評価書（1997）では、黄りんに対する職業性ばく露の例として、黄りんが原料として使用されているマッチや花火等の火薬類、農薬、軍需製品の製造工場における作業者のばく露を挙げている。日本国内においても化学工場における作業者のばく露事例が報告されている。なお、日本では労働安全衛生法により黄りんマッチの製造が禁止されている。

ばく露した際の具体的な症状としては、黄りんは眼、皮膚、気道に対する刺激性を有し、急性症状として胸部灼熱感、咳、息苦しさ、息切れ、咽頭痛、皮膚や眼の発赤、熱傷、痛み、水泡、視力喪失等を挙げ。また、慢性的なばく露による特徴的な症状として顎骨壊疽が知られている²³。

(4) メカニズム

黄りんは、細胞内の粗面小胞体を傷害し、ポリリポソームの会合を阻害することにより、特にリポタンパク質の生合成を阻害するほか、細胞内の核やミトコンドリアを傷害することで細胞毒性を発揮すると考えられている。ただし、毒性の本体が黄りん自身であるか、あるいは黄りんの代謝物であるかは不明である。また、動物実験では、黄りんが骨細胞の骨代謝を阻害し、長骨の成長に影響することが知られており、ヒトにおいても同様のメカニズムが示唆されている²⁴。

²³ A Toxicological Profile for White Phosphorus (Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) 1997年9月)

²⁴ A Toxicological Profile for White Phosphorus (Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) 1997年9月)

3.2 告示に掲げられた疾病又は障害

黄りん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、歯痛、皮膚障害、肝障害又は顎骨壊死が掲げられている。

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

告示に掲げられていない疾病又は障害として、黄りんへの短期・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、黄りんへのばく露による疫学研究報告に関する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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

ACGIH、NIOSH、OSHAでは、急性中毒を防止する観点から、黄りんの大気中濃度に対して基準値を勧告している。ただし、ACGIHは基準値についてヒトへの影響を完全に防止できる濃度ではないとしている。

表 III-14 各機関による発がん性評価

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	White phosphorus
	評価ランク	D（ヒト発がん性が分類できない物質）
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 ²⁵	評価物質名称	-
	評価ランク	-

²⁵ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-15 黄りんの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²⁶	TWA ²⁷ 0.1 mg/m ³	
NIOSH ²⁸	REL ²⁹	TWA 0.1 mg/m ³	
OSHA ³⁰	PEL ³¹	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、参考とすべき国内の文献に乏しいことから、1964年に各国の許容濃度と国内における化学工場の実情を勘案して許容濃度を勧告している。1988年に見直しの提案がされたものの、従前の値を変更する根拠がなく、基準値は変更されなかった。

表 III-16 日本産業衛生学会による黄りんの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³²		経皮 摂取	発がん 性	感作性		提案 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
黄りん [7723-14-0]	—	0.1	—	—	—	—	'88

表 III-17 黄りんの 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
			黄りん
1	急性 毒性	経口	区分 1
		経皮	区分 1
		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		×
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（肝、腎、消化器、血液、中枢神経）、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、血液）
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)

²⁶ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

²⁷ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

²⁸ National Institute for Occupational Safety and Health

²⁹ 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

³⁰ Occupational Safety and Health Administration

³¹ 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

³² Occupational Exposure Limits

4 カルシウムシアナミド

4.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

カルシウムシアナミドは、無色の結晶もしくは粉である。水の影響下で分解し、シアナミド、アンモニア、水酸化カルシウム、アセチレンを生じ、火災や爆発の危険をもたらす。多くの金属を侵して引火性気体、爆発性気体を生じる。カルシウムシアナミドの物理化学的性質を表 III-18 に示す。

表 III-18 カルシウムシアナミドの物理化学的性質

分子量：80.1	比重：－	融点：1,340℃	沸点：－
CAS No.：156-62-7	溶解性（対水溶解度）： 1.93×10^5 mg/L（25℃、推定値）		

(2) 主な用途

カルシウムシアナミドは、肥料（単肥、配合肥料、化成肥料、速成堆肥用）、農薬（殺虫、殺菌、除草及び植物の病虫害予防用）として用いられるほか、工業原料としてはメラミン、チオ尿素、ジシアンジアミド、グアニル尿素、グアニジンなどの有機合成原料として使われている。

(3) ばく露され得る例

NIOSH の労働安全衛生ガイドライン（1995）では、カルシウムシアナミドへの職業性ばく露の可能性のある作業として、鋼鉄の窒化や脱硫、ジシアンジアミドやカルシウムシアン化合物の製造（原料として使用）、肥料の使用、窒素製品の製造、アルコール依存症の治療に対する薬としての使用、枯葉剤・除草剤・農薬としての使用などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードによると、カルシウムシアナミドに短期ばく露した際、眼、気道を重度に刺激することが知られている。また、カルシウムシアナミドや類似物質のシアナミドは抗酒作用があることが知られている。

(4) メカニズム

カルシウムシアナミドを経口摂取した場合、体内で分解しシアナミドを生成する。このシアナミドは、抗酒作用があり、アセトアルデヒド脱水素酵素を阻害することでエタノール代謝を抑制しアセトアルデヒドを蓄積することが知られている³³。

³³ 平成 23 年度報告毒物劇物指定のための有害性情報の収集・評価 物質名：シアナミド（国立医薬品食品衛生研究所安全情報部 平成 24 年 3 月）

4.2 告示に掲げられた疾病又は障害

カルシウムシアナミド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、気道障害又は血管運動神経障害が掲げられている。

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

環境省の化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート（2011）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、カルシウムシアナミドへの短期・長期ばく露による症例報告に関する情報はなかった。

また、暫定的有害性評価シート公表年以降に報告された症例報告としては、職業ばく露ではないが、嫌酒薬として処方されたカルシウムシアナミドを服用した際に、副作用として肝障害が引き起こされた症例に関する報告があった。

表 III-19 カルシウムシアナミド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	倦怠感、黄疸、そう痒性の発疹、細静脈周囲の胆汁うっ滞、軽度の肝胆道の損傷	<ul style="list-style-type: none"> ■経口ばく露 ■服薬期間に関する記載なし 	■カルシウムシアナミド：120mg/日	アルコール摂取量が80～100g/日の23歳の男性が処方されたカルシウムシアナミドを服用	Verge et al. 2006
2	消化器系の疾病等	血清トランスアミナーゼ値の上昇（AST/ALT比1.05）	<ul style="list-style-type: none"> ■経口ばく露 ■25週間服薬 	■カルシウムシアナミド：75mg/日	アルコール摂取量が110g/日の39歳男性が嫌酒薬として処方されたカルシウムシアナミドを服用	Verge et al. 2006
3	消化器系の疾病等	黄疸、肝細胞障害、劇症型肝炎	<ul style="list-style-type: none"> ■経口ばく露 ■75日間服薬 	■カルシウムシアナミド：75mg/日	42歳の女性が処方されたカルシウムシアナミドを服用（服用時は禁酒後45日が経過）	Verge et al. 2006

(2) 疫学研究報告

環境省の化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート（2011）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、カルシウムシアナミドへのばく露による疫学研究報告に関する情報はなかった。また、暫定的有害性評価シート公表年以降についても疫学研究報告に関する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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-20 各機関による発がん性評価

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 ³⁴	評価物質名称	—
	評価ランク	A4 : 人における発がん性が分類できていない物質 (2006)

表 III-21 カルシウムシアナミドの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ³⁵	TWA ³⁶ 0.5 mg/m ³	
NIOSH ³⁷	REL ³⁸	TWA 0.5 mg/m ³	—
OSHA ³⁹	PEL ⁴⁰	—	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-22 日本産業衛生学会によるカルシウムシアナミドの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁴¹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
カルシウムシアナミド [156-62-7]	—	—	—	—	—	—	—

³⁴ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

³⁵ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

³⁶ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

³⁷ National Institute for Occupational Safety and Health

³⁸ 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

³⁹ Occupational Safety and Health Administration

⁴⁰ 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

⁴¹ Occupational Exposure Limits

表 III-23 カルシウムシアナミドの 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	
		カルシウムシアナミド	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	区分 5
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	×
		吸入：粉じん、ミスト	区分 5
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	×	
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（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：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

5 シアン化水素、シアン化ナトリウム等のシアン化合物

5.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

シアン化合物として、シアン化水素、シアン化ナトリウムの他、シアン化カリウム、シアン化カルシ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。

シアン化水素は、特徴的な臭気をもつ、無色の気体あるいは液体である。空気とよく混合し、爆発性混合物を生成しやすい性質を有する。

シアン化ナトリウムは、特徴的な臭気をもつ、白色で吸湿性の結晶性の粉末である。酸と接触すると急速に、水や二酸化炭素と接触すると徐々に分解してシアン化水素を生じる。

シアン化カリウムは、特徴的な臭気をもつ、吸湿性の粉末もしくは様々な形態の固体である。酸と接触すると急速に、水や二酸化炭素と接触すると徐々に分解してシアン化水素を生じる。

シアン化カルシウムは、特徴的な臭気をもつ、無色の結晶または白色の粉末である。350℃以上に加熱すると分解し、有毒なフェーム（窒素酸化物、シアン化水素など）を生じる。水や二酸化炭素、酸、酸性塩と激しく反応し、火災や爆発の危険をもたらす。

シアン化水素、シアン化ナトリウム等のシアン化合物の物理化学的性質を表 III-24～表 III-27 に示す。

表 III-24 シアン化水素の物理化学的性質

分子量：27.03	比重：(水=1)：0.69(液体)	融点：-13℃	沸点：26℃
CAS No.：74-90-8	溶解性：水に混和する		

表 III-25 シアン化ナトリウムの物理化学的性質

分子量：49.01	比重：1.6 g/cm ³	融点：1,340℃	沸点：1496℃
CAS No.：143-33-9	溶解性（対水溶解度）：58 g/100 ml (20℃)		

表 III-26 シアン化カリウムの物理化学的性質

分子量：65.1	比重：1.52 g/cm ³	融点：634℃	沸点：1625℃
CAS No.：151-50-8	溶解性（対水溶解度）：71.6 g/100 ml		

表 III-27 シアン化カルシウムの物理化学的性質

分子量：92.1	比重：1.8 g/cm ³	融点：350℃以下で分解	沸点：-
CAS No.：592-01-8	溶解性（対水溶解度）：水と反応する		

(2) 主な用途

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2008）では、シアン化水素の主な用途として、農薬原料、アクリロニトリル、アクリル酸樹脂、乳酸、その他の有機合成原料、蛍光染料原料、殺そ剤原料などを挙げている。また、シアン化ナトリウムの主な用途として、DL-メチオニン原料、電気メッキ、農薬原料、シアノ酢酸原料、顔料原料、その他合成原料などを挙げている。その他の無機シアン化合物の主な用途として、メッキや化学分析を挙げている。

(3) ばく露され得る例

化学物質の初期リスク評価書（2008）では、シアン化合物への職業性ばく露の可能性がある産業として、化学工業、繊維工業、下水道業などを挙げている。

シアン化水素にばく露した際、短期ばく露による影響として、眼や気道への刺激、細胞呼吸への影響による痙攣や意識喪失などが知られており、死に至ることもある。長期または反復ばく露による影響として、甲状腺に影響を与えることが知られている。

シアン化ナトリウム、シアン化カリウムにばく露した際もシアン化水素とほぼ同様の症状が見られるが、眼、気道の他に皮膚に対して重度の刺激性を有することが知られている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードによると、シアン化カルシウムに短期ばく露した際、眼や皮膚、気道への刺激、細胞内酸素代謝への影響による発作や意識喪失が起り、死に至ることもある。また、長期または反復の皮膚への接触により皮膚炎を引き起こすことが知られている。

(4) メカニズム

公益財団法人日本中毒情報センターでは、シアン及びシアン化物では、シアンイオン（ CN^- ）が細胞内ミトコンドリアの呼吸鎖にあるシトクロムオキシダーゼの Fe^{3+} に結合して安定な化合物を生成し、細胞の ATP 産生を阻害することで急性毒性が生じるとしている。

5.2 告示に掲げられた疾病又は障害

シアン化水素、シアン化ナトリウム等のシアン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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、呼吸困難、呼吸停止、意識喪失又は痙攣が掲げられている。

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

化学物質の初期リスク評価書（2008）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、シアン化水素、シアン化ナトリウム等のシアン化合物への短期・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。

一方、化学物質の初期リスク評価書公表年以降に報告された症例報告としては、金属めっき工場で作業中に5%シアン化ナトリウム液が眼に入り、角膜浮腫やデスメ膜剥離等を発症したとの報告があった。また、筍の酢漬け工場において、筍から発生したシアン化水素を吸引した従業員が代謝性アシドーシスとなり、死亡に至ったとの報告があった。その他、職業ばく露ではないが、自殺企図によりシアン化合物を含む宝飾品クリーナーを服用して低血圧や代謝性アシドーシスを発症した症例についての報告もあった。

表 III-28 シアン化水素、シアン化ナトリウム等のシアン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	眼・付属器の疾病等	角膜浮腫、デスメ膜剥離、虹彩炎、水晶体混濁	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 急性ばく露 	5%シアン化ナトリウム	19歳男性が金属めっき工場で作業中にばく露	Zhang et al. 2012
2	循環器系の疾病等	虚脱、低血圧、代謝性アシドーシス	<ul style="list-style-type: none"> 経口ばく露 急性ばく露 	シアン化合物(宝飾品クリーナー) 血中シアン濃度 5.6~289.5 μ/mL	モン族系アメリカ人が自殺を企図し宝飾品クリーナーを服用	Garlich et al. 2012
3	循環器系の疾病等	心停止、代謝性アシドーシス	<ul style="list-style-type: none"> 経口ばく露 急性ばく露 	シアン化水素 血中シアン濃度 2.66-3.30 μ/mL	タイの筍酢漬け工場で大量の筍から発されたシアン化水素を吸引	Sang-A-Gad et al. 2011

(2) 疫学研究報告

化学物質の初期リスク評価書(2008)では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、味覚や嗅覚の変化、睡眠障害、眼への刺激、手足感覚の異常、体重減少、記憶力、視覚能力、視覚学習能力、精神運動能力の低下などが報告されている。

また、化学物質の初期リスク評価書公表年以降に報告された疫学研究報告では、職業ばく露に関連する情報は得られなかった。職業ばく露以外では、自殺企図によりシアン化カリウムを服用した患者に神経性機能障害および代謝性アシドーシスが認められたとの報告のほか、キャッサバに含まれるシアン化合物の摂取によるコンゾ病の発症に関する報告があった。

表 III-29 シアン化水素、シアン化ナトリウム等のシアン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	エジプトにある3工場の電気メッキ担当部門の男性労働者36人(ばく露群)と非ばく露群20人	ばく露群での頻度の高い症状は次のとおりであった。 <ul style="list-style-type: none"> 頭痛 81% 衰弱 78% 味覚と嗅覚の変化 78% めまい 56% のどの刺激 44% 嘔吐 44% 努力性呼吸 44% ばく露群の8%に眼の遠近機能調節機能低下、流涎、神経不安が見られ、非ばく露群にはこれらの症状は見られなかった。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 5~10年間 	シアン化銅 3%、シアン化ナトリウム 3%、炭酸ナトリウム 1%のメッキ槽で作業 呼吸域でのシアン化合物イオン濃度 A工場 10.4 ppm、B工場 6.4 ppm、C工場 8.1ppm	電気メッキ作業従事中にばく露	El Ghawabi et al., 1975

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	後ろ向きコホート研究	米国の銀再生工場のヒスパニック系男性労働者 36 人 (19-62 歳、平均 33.5 歳) 職種に応じて低ばく露群 (7 人)、中ばく露群 (13 人)、高ばく露群 (16 人) に分類	<ul style="list-style-type: none"> ■眼の刺激性、衰弱、めまい、頭痛、睡眠障害、耳鳴り、手足感覚異常、悪心、嘔吐、呼吸困難、胸痛、動悸、体重減少を有する人の割合がばく露濃度に比例して増加。 	<ul style="list-style-type: none"> ■吸入ばく露 (半数以上の人がシアン化合物を含む液体に直接接触、22%の人が飲食物から摂取) 	<ul style="list-style-type: none"> ■シアン化合物 ■ばく露濃度は未測定 (但し、工場閉鎖後の環境濃度は平均時間加重濃度で 15ppm) 	銀再生工場での作業中にばく露	Blanc et al., 1985
3	コホート研究	インドの表面焼入れ及び電気メッキ工場でのフェームとシアン化合物にばく露された労働者 111 人 (ばく露群) と非ばく露群 30 人	<ul style="list-style-type: none"> ■ばく露群の 31.5% に記憶力、視覚能力、視覚学習能力、精神運動能力の低下が見られ、12.6% に頭痛/頭重、めまい、流涙、眼の痒み、眼のうっ血、舌苔の増加が見られた。 	<ul style="list-style-type: none"> ■吸入ばく露 ■5~19 年間 	<ul style="list-style-type: none"> ■シアン化合物 ■ばく露濃度不明 (記載なし) 	表面焼入れ及び電気メッキ工場での作業に従事	Chandra et al., 1988
4	観察研究 (カルテレビュー)	1988 年~2008 年にシアン中毒でポルトガルの S.Joao EPE 病院に入院した患者 9 人	<ul style="list-style-type: none"> ■9 人中 5 人が重度の神経性機能障害 (GCS スコア 3~7) および代謝性アシドーシスを発症していた。 	<ul style="list-style-type: none"> ■経口ばく露 ■急性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ■シアン化カリウム ■濃度不明 (記載なし) 	自殺企図により勤務先の宝飾品または繊維製品工場で使用していたシアン化カリウムを服用	Coentrao et al., 2011
5	横断研究	コンゴ民主共和国における 2003 年および 2005 年のフィールド調査により痙攣性不全対麻痺の疑いのあると判断された 61 人	<ul style="list-style-type: none"> ■61 人中 41 人がキヤッサバ⁴²に由来するコンゾ病 (痙攣性不全対麻痺) を有していた (有病期間: 平均 16 年) 	<ul style="list-style-type: none"> ■経口ばく露 ■慢性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ■シアン化合物 ■コンゾ病患者の自宅にあったキヤッサバに含まれるシアン濃度: 中央値 20ppm (5 ~ 300ppm) 	生または処理不十分なキヤッサバの摂取	Chabwine et al., 2011
6	レビュー	モザンビークのコンゾ病に関する論文に対するレビュー	<ul style="list-style-type: none"> ■キヤッサバに由来するコンゾ病は 1981 年に 1100 症例以上、1992-1993 年で 600 症例以上、2005 年で 100 症例以上発生。 	<ul style="list-style-type: none"> ■経口ばく露 ■慢性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ■シアン化合物 ■血中チオシアン酸塩濃 329 ± 8 μmol/l (1981 年時点) 	処理不十分なキヤッサバの摂取	Cliff et al., 2011

⁴² トウダイグサ目トウダイグサ科イモノキ属の熱帯低木。芋はタピオカの原料となる。苦味種はシアン化合物を外皮に多く含む。

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-30 シアン化水素、シアン化ナトリウム等のシアン化合物の各機関による発がん性評価

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	Hydrogen Cyanide and Cyanide Salts
	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 ⁴³	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-31 シアン化水素の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ⁴⁴	4.7ppm	皮膚、2003
NIOSH ⁴⁵	REL ⁴⁶	ST ⁴⁷ 4.7 ppm (5 mg/m ³)	皮膚
OSHA ⁴⁸	PEL ⁴⁹	TWA ⁵⁰ 10 ppm (11 mg/m ³)	皮膚

表 III-32 シアン化ナトリウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	5mg/m ³	皮膚、2003
NIOSH	REL	C ⁵¹ 5 mg/m ³ (4.7 ppm)	10 分、シアン化水素を除くシアン化合物として
OSHA	PEL	TWA 5 mg/m ³	同上

表 III-33 シアン化カリウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	5mg/m ³	皮膚、2003
NIOSH	REL	C 5 mg/m ³ (4.7 ppm)	10 分、シアン化水素を除くシアン化合物として
OSHA	PEL	TWA 5 mg/m ³	同上

⁴³ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

⁴⁴ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

⁴⁵ National Institute for Occupational Safety and Health

⁴⁶ 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

⁴⁷ Short-Term Exposure Limit : 8 時間 TWA が TLV-TWA 内にあっても、1 日の作業のどの時間においても、超えてはならない 15 分間 TWA

⁴⁸ Occupational Safety and Health Administration

⁴⁹ 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

⁵⁰ Time-Weighted Average : 1 日 8 時間、1 週 40 時間の時間荷重平均濃度

⁵¹ Ceiling limit:天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

表 III-34 シアン化カルシウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	5mg/m ³	皮膚、2007
NIOSH	REL ⁵²	C 5 mg/m ³ (4.7 ppm)	10分、シアン化水素を除くシアン化合物として
OSHA ⁵³	PEL ⁵⁴	TWA 5 mg/m ³	同上

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-35 日本産業衛生学会によるシアン化水素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
シアン化水素 [74-90-8]	5	5.5	皮	—	—	—	90'

表 III-36 日本産業衛生学会によるシアン化ナトリウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
シアン化ナトリウム [143-33-9]	—	5	皮	—	—	—	01'

表 III-37 日本産業衛生学会によるシアン化カリウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
シアン化カリウム [151-50-8]	—	5	皮	—	—	—	01'

表 III-38 日本産業衛生学会によるシアン化カルシウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
シアン化カルシウム [592-01-8]	—	5	皮	—	—	—	01'

⁵² 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

⁵³ Occupational Safety and Health Administration

⁵⁴ 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-39 シアン化水素の 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	
		シアン化水素	
1	急性 毒性	経口	区分 1
		経皮	区分 1
		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	区分 2A-2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	×	
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（中枢神経系、呼吸器、心臓）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（中枢神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-40 シアン化ナトリウムの 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	
		シアン化ナトリウム	
1	急性 毒性	経口	区分 2
		経皮	区分 1
		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-2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	×	
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（中枢神経系、精巣、腎臓、副腎、脾臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-41 シアン化カリウムの 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	
		シアン化カリウム	
1	急性 毒性	経口	区分 2
		経皮	区分 1
		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-2B	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	×	
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（中枢神経系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（甲状腺、腎臓、肝臓、脾臓、 中枢神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-42 シアン化カルシウムの 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	
		シアン化カルシウム	
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	区分 2	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	×	
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（中枢神経系、心血管系）、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（中枢神経系、甲状腺）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 22 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

6 二亜硫酸ナトリウム

6.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

二亜硫酸ナトリウム（別名：メタ重亜硫酸ナトリウム、ピロ亜硫酸二ナトリウム）は腐敗臭を有する白色の結晶または粉末である。強い還元性を有し、酸化剤や強酸との接触によって激しく反応する。二亜硫酸ナトリウムの物理化学的性質を表 III-43 に示す。

表 III-43 二亜硫酸ナトリウムの物理化学的性質

分子量：190.11	比重：1.48 (15 °C)	融点：150 °C (分解)	沸点：－
CAS No.：7681-57-4	溶解性 (対水溶解度)：470 g/l L (0 °C)		

(2) 主な用途

二亜硫酸ナトリウムは、食品添加物として食品中の保存剤や酸化防止剤に使用される他、製革剤、漂白剤、写真用還元剤、化粧品原料等に広く利用されている。

(3) ばく露され得る例

OECD の初期評価プロファイル (2001) によれば、二亜硫酸ナトリウムへの職業性ばく露は、その幅広い用途から多岐にわたる産業で起こりうるが、中でも二亜硫酸ナトリウムを製造、処理、貯蔵する施設においてばく露する可能性が高く、特に保存容器の移動時が最もばく露の危険性があるとされている。その他、具体的な職業として、洗濯業者や写真技師の職業性ばく露事例が報告されている。

二亜硫酸ナトリウムにばく露した際の具体的な症状としては、眼および上気道への刺激による眼の発赤・痛み、咳、喘鳴、喘息様症状がある。その他、皮膚の痒み、浮腫等を引き起こすことが知られている⁵⁵。

(4) メカニズム

二亜硫酸ナトリウム等の亜硫酸塩は細胞内で酸化されることでフリーラジカルを生じ、DNA やタンパク質を傷害することで細胞毒性を示すと考えられている⁵⁶。

6.2 告示に掲げられた疾病又は障害

二亜硫酸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（以下、「告示」という。）（平成 25 年）では、皮膚障害又は気道障害が掲げられている。

⁵⁵ OECD SIDS Initial Assessment Report for 13th SIAM (Disodium disulphite) (OECD 2001年9月)

⁵⁶ OECD SIDS Initial Assessment Report for 13th SIAM (Disodium disulphite) (OECD 2001年9月)

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

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、二亜硫酸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。

(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、二亜硫酸ナトリウムへのばく露による疫学研究報告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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

ACGIH および NIOSH では、皮膚および上気道刺激を予防する観点から、二亜硫酸ナトリウムの大気中濃度に対して基準値を勧告している。

表 III-44 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Metabisulfites
	評価ランク	グループ 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 ⁵⁷	評価物質名称	Sodium Metabisulfite
	評価ランク	A4（人における発がん性が分類できていない物質）

表 III-45 二亜硫酸ナトリウムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ⁵⁸	TWA ⁵⁹ 5 mg/m ³	—
NIOSH ⁶⁰	REL ⁶¹	TWA 5 mg/m ³	—
OSHA ⁶²	PEL ⁶³	—	—

⁵⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

⁵⁸ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

⁵⁹ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

⁶⁰ National Institute for Occupational Safety and Health

⁶¹ 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

⁶² Occupational Safety and Health Administration

⁶³ 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二亜硫酸ナトリウムに対して許容濃度を勧告していない。

表 III-46 日本産業衛生学会による二亜硫酸ナトリウムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁶⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
二亜硫酸ナトリウム [7681-57-4]	—	—	—	—	—	—	—

表 III-47 二亜硫酸ナトリウムの 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
			二亜硫酸ナトリウム
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	×
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	区分 1（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 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：H18.2.10

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

⁶⁴ Occupational Exposure Limits

7 二酸化硫黄

7.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

二酸化硫黄は、刺激臭を有する無色の気体又は圧縮液化ガスである。水溶液は中程度の強さの酸である。二酸化硫黄の物理化学的性質を表 III-48 に示す。

表 III-48 二酸化硫黄の物理化学的性質

分子量：64.1	比重：1.4 (-10°C、液体)	融点：-75.5°C	沸点：-10°C
CAS No.：7446-09-5	溶解性（対水溶解度）：8.5 ml/100 ml (25°C)		

(2) 主な用途

二酸化硫黄は、その酸としての機能により、還元剤、酸化剤、触媒として用いられており、その多くは硫酸の製造やパルプ・製紙業の中間体として利用されている。その他、食品加工業における穀物の燻蒸剤、防腐剤、漂白剤及び浸漬薬品、石油産業における触媒または抽出溶媒、鋳業での硫化鋳物の浮遊選鋳における抑制剤、漂白剤の生産における中間体として使われている。

(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（1998）では、二酸化硫黄に関する職業性ばく露の可能性のある産業として、化学工業、パルプ・製糸業、食品加工業、石油産業、鋳業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードによると、二酸化硫黄への短期ばく露の影響として眼や気道への刺激が知られているほか、圧縮液化ガスに触れた場合は凍傷を引き起こすことが知られている。また、長期または反復の吸入により、喘息を引き起こすことがある。

(4) メカニズム

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（1998）では、コリン作動性および非コリン作動性の両メカニズムにより、迷走神経反射を介して気管支収縮や呼吸抑制が引き起こされるが、これらのメカニズムと喘息との関係は明らかになっていないとしている。一方、気管支収縮の化学的なメカニズムに関する報告はあり、二酸化硫黄が水に溶けることで生じる亜硫酸水素イオンと亜硫酸イオンの割合が、pH と化学反応性を変化させ、これが気管支収縮を引き起こすことが示唆されている。

7.2 告示に掲げられた疾病又は障害

二酸化硫黄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、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

ATSDR のリスク評価書（1998）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、二酸化硫黄への短期・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、ATSDR のリスク評価書（1998）公表年以降についても、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として、ATSDR のリスク評価書（1998）では、血中のメトヘモグロビン濃度の増加や、リンパ球における染色体異常の頻度の増加などが報告されている。

一方、ATSDR のリスク評価書（1998）公表年以降の疫学研究報告としては、職業ばく露によるものではないが、大気汚染によるばく露の影響として虚血性脳卒中による死亡リスクが高まるとの報告のほか、妊婦へのばく露による早産や胎児への影響（発達障害、奇形等）が示唆されている。

表 III-49 二酸化硫黄（SO₂）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	ほうき製造工場の労働者に面接し、ばく露程度を判断してグループ分け ばく露群： 血液サンプル 56 人分(冬)、45 人分(夏) 非ばく露群： 血液サンプル 43 人分	ばく露群(冬の血液サンプル)では、非ばく露群に比べて、血中メトヘモグロビン濃度が有意に高かった。(p<0.01) 夏の血液サンプルでも同様に、ばく露群で血中メトヘモグロビン濃度が有意に高かった。(p<0.05)。	<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"> ▪SO₂ ▪工場全体の冬の濃度は平均 45.7mg/m³ (17.1-149.4 mg/m³)、夏は 0-0.75 mg/m³ (夏の平均濃度の記載なし) ▪ばく露群の尿中の硫黄濃度は、冬 21.2 μmol/L、夏 19.3 μmol/L、非ばく露群は 16.7 μmol/L 	ほうき製造工場でのほうきもろこし(イネ科の植物)の漂白作業中にばく露。	Savic, 1987
2	横断研究	ばく露群：肥料工場労働者 42 人 非ばく露群：42 人 対象集団から血液サンプルを採取	ばく露群では、非ばく露群に比べて、リンパ球の染色体異常の頻度が有意に高かった(p<0.01)。 ばく露群では、非ばく露群に比べて平均有糸分裂指標(Mitotic index)、姉妹染色分体交換の頻度が有意に高かった(いずれも p<0.05)。	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪0~20 年(0-5 年 8 名、6-10 年 14 人、11-25 年 11 人、16-20 年 9 人) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪SO₂ ▪平均濃度は 41.7 mg/m³ 	肥料工場での作業中にばく露	Yadav, 1996

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	横断研究	ばく露群：中国北部の硫酸工場労働者：40人 非ばく露群：学生および大学職員 42人	末梢血のサンプルを採取し、染色体異常と姉妹染色分体交換の頻度を分析。ばく露群では、非ばく露群に比べて、分裂中期のリンパ球1,000個当たりの染色体異常の頻度、及びリンパ球1個当たりの姉妹染色分体交換（1人あたり60個のリンパ球を観察したその平均）の頻度が有意に高かった（いずれも $p<0.01$ ）。	■吸入ばく露 ■5年以下16人、6-10年11人、11年以上13人	■SO ₂ ■0.34-41.7 mg/m ³	硫酸工場勤務	Meng, 1990a
4	横断研究	ばく露群：中国北部の硫酸工場労働者：40人 非ばく露群：学生および大学職員 42人 ※No.3と同様の集団	末梢血のサンプルを採取し、小核を伴うリンパ球の出現頻度を分析。ばく露群では、非ばく露群に比べて、小核を伴うリンパ球の出現頻度が有意に高かった（ $p<0.01$ ）。	■吸入ばく露 ■5年以下16人、6-10年11人、11年以上13人 ※No.3と同様	■SO ₂ ■0.34-41.7 mg/m ³ ※No.3と同様	硫酸工場勤務 ※No.3と同様	Meng, 1990b
5	横断研究	スウェーデン北部の亜硫酸塩パルプ工場労働者19人 SO ₂ ばく露：7人 塩素ばく露：6人 ほこりばく露：6人 対照群：健康な男性15人	末梢血のサンプルを採取し、リンパ球の染色体異常の頻度を分析。SO ₂ へのばく露群では、染色体異常の頻度が非ばく露群に比べて、有意に高かった（ $p<0.01$ ）。	■吸入ばく露 ■15年以上	■SO ₂ ■ばく露濃度不明（記載なし）	パルプの煮沸と硫酸の取り扱い部署の作業中にSO ₂ にばく露。	Nordenson, 1980
6	前向きコホート研究	台湾の11都市に住む妊婦533名	妊娠初期～生後12か月齢における二酸化硫黄へのばく露が多いほど、生後18か月齢における微細運動能力の発達が低下する（ $p<0.05$ ）。	■吸入ばく露 ■妊娠期間	■SO ₂ ■平均3.63-6.31ppb	環境からのばく露（大気汚染）	Lin, 2014
7	症例対照研究	台湾の2001-2007年生まれの新生児1,510,064名 1,687名の四肢欠陥（多指症、合指症、四肢矮小化）症例に対し1:10でコントロールをペアマッチング	妊娠9-12週において、SO ₂ ばく露量が1ppb増加すると、先天的な四肢矮小化リスクが有意に上昇。（OR=1.024, 95% CI: 1.000-1.048）	■吸入ばく露 ■妊娠期間	■SO ₂ ■症例群平均5.23±4.56ppb ■コントロール群平均5.17±4.67ppb	環境からのばく露（大気汚染）	Lin, 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	
8	地域相関研究	1991年1月-1997年12月の7年間の韓国ソウル市内の脳卒中による死亡症例を調査 虚血性脳卒中：7,137名 出血性脳卒中：11,868名	SO ₂ ばく露濃度が四分位間上昇すると虚血性脳梗塞による死亡の相対リスクが上昇。 (RR=1.04, 95% CI: 1.01 - 1.08)	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪発症当日のばく露濃度について分析 	<ul style="list-style-type: none"> ▪SO₂ ▪平均21.8ppb 	環境からのばく露（大気汚染）	Hong, 2002
9	後ろ向きコホート研究	1998年-2007年にアメリカフロリダ州ヒルズボロウで出産した145,445組の妊婦と新生児について調査	妊娠期における大気汚染物質へのばく露によって、早産(OR=1.23: 95%CI: 1.10-1.37)、胎児の成長不良(OR=1.11: 95% CI: 1.05-1.17)のリスクが有意に高まる。特に妊娠中期におけるばく露が関与。	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪妊娠期間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪SO₂ 単独ではなく大気汚染物質 (PM2.5、Pb、CO、O₃、SO₂、NO₂) の影響を合わせて評価 ▪1991年～1997年の平均SO₂濃度21.8ppb 	環境からのばく露（大気汚染）	Mainolfi, 2013

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-50 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Sulfur dioxide (Vol. 54 ; 1992)
	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 ⁶⁵	評価物質名称	—
	評価ランク	A4 : 人における発がん性が分類できていない物質 (ACGIH 2006)

表 III-51 二酸化硫黄の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ⁶⁶	TWA ⁶⁷ 2 ppm ST ⁶⁸ 5 ppm	
NIOSH ⁶⁹	REL ⁷⁰	TWA 2 ppm (5 mg/m ³) ST 5 ppm (13 mg/m ³)	—
OSHA ⁷¹	PEL ⁷²	TWA 5 ppm (13 mg/m ³)	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-52 日本産業衛生学会による二酸化硫黄の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁷³		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
二酸化硫黄 [7446-09-5]	検討中	検討中	—	—	—	—	'61

⁶⁵ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

⁶⁶ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

⁶⁷ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

⁶⁸ Short-Term Exposure Limit : 8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

⁶⁹ National Institute for Occupational Safety and Health

⁷⁰ 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

⁷¹ Occupational Safety and Health Administration

⁷² 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

⁷³ Occupational Exposure Limits

表 III-53 二酸化硫黄の 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	
		二酸化硫黄	
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	—
		吸入：ガス	区分 3
		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	×	
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（呼吸器系）	
10	吸引性呼吸器有害性	—	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

8 二酸化窒素

8.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

二酸化窒素は、常温常圧下で黄色の液体または赤褐色の気体であり、刺激臭を有する。水には難溶性であるが、徐々に水分と反応して強酸である硝酸、亜硝酸を生成する。二酸化窒素の物理化学的性質を表 III-54 に示す。

表 III-54 二酸化窒素の物理化学的性質

分子量：46.0	比重：1.45	融点：-11.2℃	沸点：21.2℃
CAS No.：10102-44-0	溶解性（対水溶解度）：反応		

(2) 主な用途

二酸化窒素は化学工業において硝酸の原料および合成中間体に、また酸化剤として金属製品の酸洗浄や防錆処理等に利用されている。

(3) ばく露され得る例

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）は、二酸化窒素に対して職業的にばく露する可能性のある労働者として、硝酸等を製造する化学工場の労働者や金属溶接作業の従事者を挙げている。日本国内においても、化学工場における漏出事故の事例や金属の酸処理および防錆処理中の吸入事故が多く報告されている。

二酸化窒素の主なばく露経路は吸入ばく露であり、数時間の潜伏期間を経て咳や呼吸困難を生じる。比較的軽度のばく露であっても症状が沈静化するまでに数時間を要することもある。重度のばく露では、さらに胸痛、チアノーゼに続き、肺水腫を生じる。低酸素血症や呼吸性アシドーシス、動脈性低血圧を併発し、死亡に至る場合もある⁷⁴。

(4) メカニズム

二酸化窒素は、気道から吸収された後、粘膜上の水分と反応して徐々に強酸である硝酸、亜硝酸を生成し、生成した硝酸、亜硝酸が生体組織を直接的に傷害することで毒性を発揮する。さらに、細胞障害性のフリーラジカルを生成し、タンパク質や脂質の過酸化、細胞膜を障害することで細胞毒性を発揮することも示唆されている。また、生成した亜硝酸は細胞中の金属と反応して亜硝酸塩を生成し、生成した亜硝酸塩は容易に血中に吸収された後、ヘモグロビンを酸化し、グアニル酸シクラーゼを活性化させることで血管拡張作用を示すことも知られている⁷⁵。

⁷⁴ 公益財団法人日本中毒情報センター 医師向け中毒情報 二酸化窒素（公益財団法人 日本中毒情報センター 2001年1月）

⁷⁵ 公益財団法人日本中毒情報センター 医師向け中毒情報 二酸化窒素（公益財団法人 日本中毒情報センター 2001年1月）

8.2 告示に掲げられた疾病又は障害

二酸化窒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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、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

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、二酸化窒素への短期・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、二酸化窒素へのばく露による疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

ACGIHでは、軽度の気道障害を予防する観点から、2012年に二酸化窒素の気中濃度に対して基準値の見直しを実施し、時間荷重平均として0.2 ppmを勧告している。

表 III-55 各機関による発がん性評価

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 ⁷⁶	評価物質名称	Nitrogen dioxide
	評価ランク	A4（人における発がん性が分類できていない物質）

⁷⁶ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-56 二酸化窒素の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ⁷⁷	TWA ⁷⁸ 0.2 ppm (0.38 mg/m ³)	
NIOSH ⁷⁹	REL ⁸⁰	STEL ⁸¹ 1 ppm (1.8 mg/m ³)	—
OSHA ⁸²	PEL ⁸³	STEL 1 ppm (1.8 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二酸化窒素に対して1961年に許容濃度を提案しているが、依然として検討中である。

表 III-57 日本産業衛生学会による二酸化窒素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁸⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作性		提案 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
二酸化窒素 [10102-44-0]	検討中	検討中	—	—	—	—	'61

表 III-58 二酸化窒素の 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 二酸化窒素
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 2
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	×
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）、区分 3（麻酔作用）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（肺、免疫系）
10	吸引性呼吸器有害性	—

分類実施日：H25.7

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

⁷⁷ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

⁷⁸ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

⁷⁹ National Institute for Occupational Safety and Health

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 Short-Term Exposure Limit：8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

⁸² Occupational Safety and Health Administration

⁸³ 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

⁸⁴ Occupational Exposure Limits

9 二硫化炭素

9.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

二硫化炭素は、特徴的な臭気のある、無色透明の液体である。引火性並びに揮発性が極めて高く、室温で気化する。二硫化炭素の物理化学的性質を表 III-59 に示す。

表 III-59 二硫化炭素の物理化学的性質

分子量：76.1	比重：1.26	融点：-111℃	沸点：46℃
CAS No.：75-15-0	溶解性（対水溶解度）：0.2 g/100 ml（20℃）		

(2) 主な用途

二硫化炭素は主に溶剤（ビスコース繊維、セロハン）及びゴム加硫促進剤、農薬・医薬品の合成原料として用いられている。また、その他の用途として、医薬品原料、浮遊選鉱剤⁸⁵などがある。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2005）では、職業性ばく露の可能性のある産業として、パルプ・紙・紙加工品製造業、繊維工業、化学工業、プラスチック製品製造業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、二硫化炭素への短期ばく露による影響として、眼や皮膚、気道への刺激や、中枢神経系への影響を挙げている。また、反復または長期のばく露の影響として、皮膚炎を引き起こすことや、心血管系や神経系に影響を与えて、冠動脈性心疾患、重度の神経行動学的症状、多発性神経炎、精神病を生じることを挙げている。

(4) メカニズム

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、体内に吸収された二硫化炭素は、その脂溶性から脳や肝臓のような脂肪に富んだ器官や組織に分布し代謝される。また、二硫化炭素は生体分子との結合や種々の必須金属に対するキレート作用により毒性を生ずるとしている。

9.2 告示に掲げられた疾病又は障害

二硫化炭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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、せん妄、躁うつ等の精神障害、意識障害、末梢神経障害又は網膜変化を伴う脳血管障害若しくは腎障害が掲げられている。

⁸⁵ 浮遊選鉱剤：各種鉱物の粉粒の混合物を、それぞれの鉱物の粉粒の集まりに分離するのに用いられるもの。

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

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、二硫化炭素による長期ばく露の症例として、オリブ橋小脳萎縮症が報告されていた。

一方、化学物質の初期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-60 二硫化炭素(CS₂)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	オリブ橋小脳萎縮症	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 25歳～59歳の期間 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ 紡績部屋の濃度 20ppm (31~62mg/ m³) 	紡績作業中にばく露	Frumkin, 1998

(2) 疫学研究報告

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、二硫化炭素による疫学研究報告として、頭痛やめまい、吐き気、嘔吐などの自覚症状、のどや眼への刺激、肺のうっ血、肺活量の低下、高血圧症、血管性疾患、虚血性心疾患、月経障害、動脈硬化症心臓疾患、男性の性欲減退などの報告があった。

また、化学物質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、二硫化炭素へのばく露により冠動脈疾患による死亡率や高血圧リスクが高まるとの報告のほか、二硫化炭素中毒と心電図異常との関連性が示唆されていた。その他、二硫化炭素にばく露によりメタボリックシンドロームや男性の生殖機能障害の有病率が高まるとの報告があった。また、農薬としての二硫化炭素と四塩化炭素との合剤の使用により、アレルギー性喘息の発症リスクが高まるとの報告もあった。

表 III-61 二硫化炭素(CS₂)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	CS ₂ が鉄道タンク車から漏れてばく露した27人	<ul style="list-style-type: none"> 頭痛やめまい 59%、吐き気 52%、のど、唇や肌の焼けるような痛み 40%が見られた。 また、ばく露してから9日後に動脈血中の酸素分圧 (pO₂: partial pressure of O₂) の増加が見られた。(p=0.02) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 短時間 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ 20ppm (CS₂が漏れたタンク車から別のタンク車に移している際の測定値) 	二硫化炭素が鉄道タンク車から漏れたため、27人(主に警察官や消防隊員)がばく露	Spyker, 1982

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	インドのレーヨン工場の労働者 123 人 (男性 53 人、女性 70 人)	<ul style="list-style-type: none"> めまい 78%、失神 39%、頭痛 45%、震え 11%、不快感 13%、眼のかすみ 23%、筋力低下 37%、吐き気 50%、腹痛 75%、下痢 15%、咳 59%、呼吸困難 63%、咽頭刺激 56%が見られた。 45%が 6 週間後も頭痛、腹痛、筋力の低下、呼吸困難、目への刺激を感じており、51%に肺のうっ血がみられ、11%が高血圧、X 線では、47 件の間質性傷害、12 件で肺炎がみられた。(統計的解析はなし) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 短時間 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ 紡績部門：24-84mg/ m³ CS₂ 部門：最大 10 mg/ m³ 紡績バス spin bath：最大 4 mg/ m³ ビスコース部門：346 mg/ m³ 	インドのレーヨン工場で酸性廃液が蒸気として放出され、11 人が死亡、123 人が体調不良を訴えた	Kamat, 1994
3	コホート研究	ばく露群：ビスコースレーヨン工場の男性労働者 343 人 非ばく露群：製紙工場の男性労働者 343 人 上記の集団を 15 年間追跡	<ul style="list-style-type: none"> 血管性疾患による死亡はばく露群 63%、対照群 48% とばく露群の方が高かった。 心血管性と脳血管性の疾患による死亡は非ばく露群に比べばく露群の方が 1.6 倍高かった。(p=0.05) 虚血性心疾患での死亡率は全国平均を 100 とすると、対照群では 79、ばく露群は 130 であった。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 平均年数 11 年 (5 年以上) 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ レーヨン工場での空気中の二硫化炭素濃度は 1965 年では平均約 90mg/ m³ だが、1972 年以降 30mg/ m³ に軽減 	ビスコースレーヨン工場での作業中にばく露	Nurminen, 1985
4	横断研究	ばく露群：ビスコースレーヨン工場の紡績作業員の女性 183 人とその乳幼児 対照群：同工場の最終工程の作業員の女性 197 人とその乳幼児	<ul style="list-style-type: none"> ばく露群では、183 人中 82 例 (44.8%) に月経障害が発症しており、非ばく露群の 197 人中 49 例 (24.9%) に比べて月経障害の割合が有意に高かった。(p<0.001) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 平均 1 日 8 時間シフト、ばく露群では 36.6%が 1-3 年、63.4%が 3 年以上勤務 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ 紡績作業部屋の気中の CS₂ 濃度は 37-56mg/m³ 	ビスコースレーヨン工場の女性労働者が紡績作業中にばく露	Cai, 1981

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	後ろ向きコホート研究	ばく露群：ビスコースレーヨン工場の男性労働者と近くの紡績工場の男性労働者の計630人をばく露頻度に応じて5グループに分類 いずれのグループも平均38.1歳-39歳	■非ばく露群に比べ、10年以上の重度のばく露群では、腎疾患、高血圧疾患に罹患率が有意に高かった。(いずれもp<0.001)	■吸入ばく露 ■ばく露頻度に応じて次のとおり分類 ■被ばく露群(綿紡績作業員・事務員) ■10年未満/10年以上の軽度のばく露群(ビスコース製造者、最終作業員メンテナンス作業員) ■10年未満/10年以上の重度のばく露群(レーヨン紡績作業員、切断作業員、最初の洗浄作業員)	■CS ₂ ■ばく露濃度不明(記載なし) ばく露頻度でグループ分け	最も高頻度でばく露された作業員は、レーヨン紡績作業、切断作業、最初の洗浄作業に従事	Sakurai, 1982
6	コホート研究	ビスコースレーヨン工場の45歳-64歳の男性労働者1,664人を作業内容によって6つのグループに分類 (No.5の研究のフォローアップ)	■ばく露群のうち最もばく露頻度の高い紡績作業員では、CS ₂ に少量ばく露または非ばく露群と比べて、虚血性心疾患による死亡数が期待死亡数に比べて有意に高かった。(p<0.001)	■吸入ばく露 ■作業内容に応じて次のとおり分類 管理作業員 事務作業員 紡績作業員 ビスコース作業員 フィッター 他の作業員	■CS ₂ ■ばく露濃度不明(記載なし)	紡績作業中にばく露	Sweetnam, 1987
7	後ろ向きコホート研究	ばく露群：上海のビスコースレーヨン工場の労働者265人 非ばく露群：製紙工場の女性労働者291人(ばく露群と年齢を一致)	■ばく露群は対照群と比べて、月経異常(月経不順、月経血量異常など)となる割合が高かった。(ばく露群：35.9%・非ばく露群18.2%、RR=2.0、p<0.01)	■吸入ばく露 ■ばく露群では1-4年勤務が39.4%、5-9年勤務が33.3%、10年以上勤務が27.3%	■CS ₂ ■工場の大気中の平均濃度1.7-14.8mg/m ³	上海のビスコースレーヨン工場での作業時にばく露	Zhou, 1988
8	コホート研究	No.9に参加した男性労働者のうち、1998-99年のフォローアップ調査への参加者(フォローアップ率89.9%) ばく露群：259人(平均35.6歳) 元ばく露群：133人(平均36.8歳) 非ばく露群：352人(平均35.9歳)	■ばく露群では虚血性疾患が多くみられ、特に紡績と精製工程での作業員ではOR=2.1、95%CI:1.1-4.0、尿中TTCA濃度の高いグループでは、OR=3.9、95%CI:1.8-8.7であった。	■吸入ばく露 ■平均ばく露時間は19.3年	■CS ₂ ■工場の大気中の平均濃度は5.0ppm ■尿中TTCAは1.6mg/gクレアチニン	紡績と精製工程での作業中にばく露	Takebayashi, 2003

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	
9	横断研究	ばく露群：レーヨン工場勤務の労働者131人(平均38.1歳) 非ばく露群：ナイロン工場勤務労働者167人(平均34.3歳)	<ul style="list-style-type: none"> ばく露群では、非ばく露群に比べて、かすみ目、記憶障害、めまい、不眠と疲労の割合が有意に高かった。(いずれも $p < 0.001$) 	<ul style="list-style-type: none"> 高ばく露群：平均勤続年数14.1年、中ばく露群12.1年、低ばく露群11.8年、非ばく露群では8.6年 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ 工場の大気中の濃度は20ppm以下 	レーヨン工場での作業中にばく露	Putz-Anderson, 1983
10	横断研究	ばく露群：ビスコースレーヨン工場勤務の白人男性労働者(平均年齢34歳) 非ばく露群：金属工場、プラスチック工場、でんぷん加工工場の白人男性労働者76人(平均年齢33.5歳)	<ul style="list-style-type: none"> ばく露群では、非ばく露群に比べて、アポリポrotein A1とBが有意に高かった。(いずれも $p = 0.0001$) また、ばく露群では、非ばく露群に比べて、HDL-コレステロール/アポリポrotein A1、LDL-コレステロール/アポリポrotein Bが有意に低かった。(いずれも $p = 0.0001$) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 1年以上 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ 工場の大気中の濃度4-112mg/m³ 	ビスコースレーヨン工場での作業中にばく露	Vanhoorne, 1992
11	後ろ向きコホート研究	4つのレーヨン工場で1957年~1979年まで勤務していた10,418人の米国の白人男性 ばく露群：4,448人 非ばく露群：3,311人	<ul style="list-style-type: none"> ばく露群のうち、15~24年間ばく露していたグループでは、有意ではないものの、動脈硬化性心臓疾患でSMR=166、95%CI 139-199であった。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 1年以上 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ 職業より予想されるばく露量により、非ばく露、低度、中程度、重度、不定の5つに分類 	アメリカのレーヨン工場での作業中にばく露	MacMahon, 1988
12	コホート研究	ばく露群：2つの工場のビスコース繊維製造作業員251人 非ばく露群：同じ工場勤務のCS ₂ にばく露していない124人	<ul style="list-style-type: none"> ばく露群では非ばく露群に比べて心血管疾患による死亡率が高かった。 また、高濃度ばく露群では、非ばく露群に比べて心筋梗塞の罹患率が有意に高かった。($p = 0.01$) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 10年 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ 初期の空気中のCS₂濃度50mg/m³ ピーク時は150mg/m³だったが、その後30mg/m³まで減少 	紡績作業中にばく露	Balcarova, 1991
13	後ろ向きコホート研究	オランダのビスコース繊維工場勤務の男性労働者3,322人を対象 ばく露群：1,434人(連続的ばく露群(672人)と断続的ばく露群(762人)に分類) 非ばく露群：1,888人	<ul style="list-style-type: none"> ばく露群では非ばく露群に比べて、循環器系疾患のSMRが高く、SMR=115.7、95%CI 100.5-132.7であった。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 1947年から1980年の間で6ヶ月以上勤務 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ 推定平均濃度22mg/m³ 	ビスコース繊維工場での作業中にばく露	Swaen, 1994

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	
14	横断研究	ばく露群は：ビスコースレーヨン作業者の男性 116 人 (平均 26.8 歳) 対照群：CS ₂ にばく露していない男性労働者 79 人 (平均 22 歳)	ばく露群では、非ばく露群に比べて性欲減退の割合が高かった。 (p=0.005)	吸入ばく露 ばく露群の平均ばく露時間は 4.5 年	CS ₂ 30mg/m ³ 以上を高濃度ばく露群、 30mg/m ³ 未満を低濃度ばく露群とした。	ビスコースレーヨン作業中のばく露	Vanhoorne, 1992
15	横断研究	ビスコースレーヨン工場勤務で神経精神症状を伴う多発性神経障害の 10 人の男性患者 (平均 44.5 歳 (41-49 歳))	頭痛 (8 人)、悪夢 (6 人)、不眠 (4 人)、記憶障害 (6 人)、疲労 (6 人)、聴覚障害 (1 人)、拒食症 (5 人)、性欲減退 (2 人)、脳卒中 (2 人)、震え (1 人)、不明瞭発語 (1 人)、筋肉の麻痺 (6 人)、筋力低下 (9 人)、四肢の麻痺 (8 人)、情緒不安 (3 人)、高コレステロール血症 (4 人) と高トリグリセリド血症 (3 人) と洞徐脈 (1 人) がみられた。 (統計的解析はなし)	吸入ばく露 平均ばく露時間は 15.7 年 (4-23 年)	CS ₂ 繊維裁断作業場の 8 時間加重平均は 40-67ppm	裁断作業または紡績作業中にばく露	Huang, 1996
16	コホート研究	1946 年～2006 年間にニューヨーク州の化学物質の製造プラントで 1 日以上勤務した 1874 人 (うち 1739 人が男性)	シフト制で働きかつ 90 日以上のかく露があった者において、冠動脈疾患による死亡率が全米の死亡率に比べ有意に高かった (標準化死亡比 SMR : 1.36、95% CI:1.03-1.76、人種・年齢・西暦調整済み)	吸入ばく露 ばく露時間： 1 年未満 : 587 人 (31%) ～5 年未満 : 265 人 (14%) ～10 年未満 : 122 人 (7%) 10 年以上 : 285 人 (15%)	CS ₂ 濃度不明 (記載なし)	化学薬品製造工場での勤務	Carreon, 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	
17	横断研究	繊維工場で働く中国人男性 ばく露群 80 人 非ばく露群 49 人	<ul style="list-style-type: none"> ▪ばく露群では非ばく露群に比べ男性の生殖機能障害の割合が有意に増加 ($p<0.001$)。 ▪ばく露群では非ばく露群に比べ性交渉 (sexual encounters) の回数、長さが有意に減少 ($p<0.001$)。 ▪ばく露群では非ばく露群に比べ、有意な精液量の減少、液化時間の延長、完全な先体膜を有する精子割合の低下、精子の生存率および濃度の低下、精子の奇形割合の増加が見られた ($p<0.01$)。 ▪多項ロジスティック回帰分析の結果、年齢と仕事の種類が生殖機能障害に影響を及ぼすことが示唆された ($p<0.01$)。 	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪ばく露期間平均 15.3 年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪CS₂ ▪綿パルプ部門での平均空气中濃度 10.9 mg/m³ 	製糸または綿パルプを扱う部門での作業	Ma,2010
18	横断研究	1993 年～1997 年に Agricultural Health Survey に参加した男性農家 19704 人	<ul style="list-style-type: none"> ▪CS₂ と四塩化炭素との合剤 (80/20 mix) の使用と、20 歳以降のアレルギー性喘息の発症に関連が認められた (OR:2.15, 95%CI:1.23-3.76) ▪農薬使用歴 (農薬使用期間等) は喘息の発症に関連しないが、高濃度の農薬へのばく露歴が喘息発症リスクを高めることが示唆された (OR:1.98,95%CI:1.30-2.99)。 	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪アレルギー性喘息を有する人 (127 人) の農薬使用期間 5 年未満: 9% ～10 年未満: 6% ～20 年未満: 28% ～30 年未満: 38% 30 年以上: 20% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪CS₂ と四塩化炭素の合剤 ▪濃度不明 (記載なし) ※自記式アンケートにより過去に農薬に対する高濃度ばく露歴の有無を尋ねている。 	農薬の使用	Hoppin, 2009

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	
19	横断研究	Agricultural Health Survey の 3 フェーズに参加した男性農家のうち無作為に選ばれた 34～94 歳の男性 678 人 (95%が白人)	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ と四塩化炭素との合剤使用歴のある人では、ミネソタ州の男性 (対照) に比べ、良性単クローン性γグロブリン血症の有病率は対照群に比べて有意に高かった。(OR:3.9,95%CI: 1.5-10.0) 	<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"> CS₂ と四塩化炭の合剤 濃度不明 (記載なし) 	農薬の使用	Landgren, 2009
20	症例対照研究	症例: ビスコースレーヨン工場の韓国人労働者で二硫化炭素中毒患者 170 人 対照: 第 3 回韓国健康栄養調査への参加者から無作為抽出した対象者 170 人	<ul style="list-style-type: none"> 対照に比べ、症例ではメタボリックシンドロームの調整 (※) 有病率が 1.57 倍高かった。(95%CI: 1.25-1.98) ※性、年齢、教育、婚姻、飲酒、喫煙で調整 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 症例の勤続年数: 1.6～28.8 年 (中央値 13.1 年) 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ 症例のばく露濃度: 1.6～187.8ppm 年 (中央値 39.6ppm-年) 	ビスコースレーヨン工場での勤務	Jhun, 2009
21	症例対照研究	症例: ビスコースレーヨン工場を退職した韓国人労働者で二硫化炭素中毒歴のある者 198 人 対照: 健診の受診者から性・年齢でマッチングして無作為抽出した対象者 198 人	<ul style="list-style-type: none"> 多重ロジスティック回帰分析により、二硫化炭素中毒と心電図異常に関連が見られた。(OR:1.603,95%CI: 1.008-2.549) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 症例の勤続年数: 1.6～30.3 年 (中央値 13.0 年) 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ 症例のばく露濃度: 0.1～6.6ppm (中央値 3.8ppm) 	ビスコースレーヨン工場での勤務	Jhun, 2009
22	横断研究	台湾のビスコースレーヨン工場の男性労働者 251 人 (ばく露群) と管理事務員 226 人 (非ばく露群)	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群に比べばく露群では高血圧の有病率が有意に高かった (それぞれ 7.1%, 43.4%, p<0.001) 二硫化炭素のばく露量と高血圧リスクに用量反応性が見られた。 ばく露群での高血圧リスク OR:7.6, 95%CI:4.0-14.1 ばく露量 343～468 年・ppm 群の高血圧リスク OR:15.1, 95%CI:5.6-40.2 ばく露群のうち二硫化炭素の製造に携わる人の高血圧リスク OR:14.1, 95%CI:5.9-33.5 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露群の平均勤続年数: 18.8 年 	<ul style="list-style-type: none"> CS₂ ばく露量 58 年・ppm 以下: 50 人 58-220 年・ppm: 50 人 221-342 年・ppm: 50 人 343～468 年・ppm: 46 人 469 年・ppm 以上: 55 人 	ビスコースレーヨン工場での勤務 (二硫化炭素の製造、ビスコースの製造、フィラメントスピニング、オペレーションの監督)	Chang, 2007

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-62 各機関による発がん性評価

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 ⁸⁶	評価物質名称	—
	評価ランク	A4：人における発がん性が分類できていない物質

表 III-63 二硫化炭素の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ⁸⁷	TWA ⁸⁸ 1 ppm	皮膚
NIOSH ⁸⁹	REL ⁹⁰	TWA 1 ppm (3 mg/m ³) ST ⁹¹ 10 ppm (30 mg/m ³)	皮膚
OSHA ⁹²	PEL ⁹³	TWA 20 ppm C ⁹⁴ 30 ppm 100 ppm	30-minute maximum peak

(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 (2015 年度) では、二硫化炭素は、生殖毒性物質の第 1 群として分類されている。

表 III-64 日本産業衛生学会による二硫化炭素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁹⁵		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
二硫化炭素 [75-15-0]	1	3.13	皮	—	—	—	'15

⁸⁶ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

⁸⁷ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

⁸⁸ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

⁸⁹ National Institute for Occupational Safety and Health

⁹⁰ 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

⁹¹ Short-Term Exposure Limit：8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

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 Ceiling REL：天井値

⁹⁵ Occupational Exposure Limits

表 III-65 二硫化炭素の 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	
		二硫化炭素	
1	急性 毒性	経口	区分 5
		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	×	
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	×	
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（中枢神経系）、区分 2（心臓）、 区分 3（麻酔作用、気道刺激性）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（中枢神経系、心血管系、腎臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	区分 2	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

10 ヒドラジン

10.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ヒドラジンは、刺激臭のある、無色、発煙性、油状かつ吸湿性の液体である。ヒドラジンの物理化学的性質を表 III-66 に示す。

表 III-66 ヒドラジンの物理化学的性質

分子量：32.1	比重：1.01	融点：2℃	沸点：114℃
CAS No.：302-01-2	溶解性（対水溶解度）：混和する		

(2) 主な用途

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2005）によると、ヒドラジンは、無水物としてはロケット燃料に使用される。一般的な流通品はヒドラジン一水和物（ヒドラジン水和物）であり、用途として、プラスチック発泡剤の原料、ボイラー給水の脱酸素剤、pH 調整剤、水処理剤（金属回収、廃水処理等）、医薬品・農薬・工業用薬品の合成原料、エアバック用起爆剤などが挙げられている。

(3) ばく露され得る例

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、ヒドラジンへの職業性ばく露の可能性のある産業として、電気業、一般廃棄物処理業、化学工業、繊維工業、機械修理業、輸送用機械器具製造業、石油製品・石炭製品製造業、窯業・土砂製品製造業、木材・木製品製造業を挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、ヒドラジンの短期ばく露による影響として、眼、皮膚、気道に対する腐食性を挙げている。また、吸入した場合肺水腫を引き起こすことがあるほか、肝臓および中枢神経系に影響を与えることも知られている。長期または反復ばく露による影響としては、接触により皮膚感作を引き起こすことや、肝臓、腎臓、中枢神経系への影響が挙げられている。ヒトで発がん性を示す可能性も示唆されている。

(4) メカニズム

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（1997）では、ヒドラジンのヒトに関する代謝メカニズムは明らかとなっていないとしている。最新の評価書である化学物質の初期リスク評価書（2005）においてもヒドラジンの毒性メカニズムに関する記載はなかった。

10.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ヒドラジン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害、前眼部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

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ヒドラジンへの短期・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、化学物質の初期リスク評価書公表年以降に報告された症例報告としては、燃料の漏洩事故によるヒドラジンへのばく露によって高トランスアミナーゼ血症の症例についての報告があった。

表 III-67 ヒドラジ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	消化器系の疾病等	高トランスアミナーゼ血症（軽度の肝毒性） ・ALT 値 ばく露日：126 3日後：180 6日後：237（最高値） 12日後：204 28日後：42	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪約 10 分 	<ul style="list-style-type: none"> ▪70%ヒドラジン水溶液 	ジェット機格納庫での燃料（70%ヒドラジン水溶液）の漏洩事故でヒドラジン蒸気を吸入し、高トランスアミナーゼ血症を発症した 31 歳男性についての症例報告	Kao et al, 2007

(2) 疫学研究報告

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ヒドラジンへのばく露に関する疫学研究報告に関する情報は得られなかった。また、化学物質の初期リスク評価書公表年以降の疫学研究報告に関する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) 国外機関 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-68 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Hydrazine (Vol. 4, Sup 7, 71 ; 1999)
	評価ランク	2B: ヒトに対して発がん性を示す可能性がある
EPA	評価物質名称	Hydrazine/Hydrazine sulfate
	評価ランク	B2 (Probable human carcinogen - based on sufficient evidence of carcinogenicity in animals): 動物での十分な証拠に基づいて、おそらくヒト発がん性物質
EU	評価物質名称	Hydrazine
	評価ランク	1B: ヒトに対しておそらく発がん性がある物質
NTP	評価物質名称	Hydrazine and Hydrazine Sulfate
	評価ランク	R: ヒト発がん性があると合理的に予測される物質
ACGIH ⁹⁶	評価物質名称	Hydrazine
	評価ランク	A3 : 動物発がん性物質

表 III-69 ヒドラジンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ⁹⁷	TWA 0.01 ppm	皮膚
NIOSH ⁹⁸	REL ⁹⁹	Ca C 0.03 ppm (0.04 mg/m ³)	2 時間
OSHA ¹⁰⁰	PEL ¹⁰¹	TWA 1 ppm (1.3 mg/m ³)	皮膚

(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 (2015 年度) では、ヒドラジンは、皮膚に対する感作性物質の第 1 群に分類されている。

表 III-70 日本産業衛生学会によるヒドラジンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁰²		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
ヒドラジンおよびヒドラジン-水和物 [302-01-2 / 7803-57-8]	0.1	0.13 および 0.21	皮	2B	—	1	'98

⁹⁶ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

⁹⁷ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

⁹⁸ National Institute for Occupational Safety and Health

⁹⁹ 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

¹⁰⁰ Occupational Safety and Health Administration

¹⁰¹ 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

¹⁰² Occupational Exposure Limits

表 III-71 ヒドラジンの 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	
		ヒドラジン	
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	区分 2
		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） 区分 1（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（神経系、肝臓）、区分 3（麻酔作用）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（肝臓、呼吸器、腎臓、副腎）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

11 ホスゲン

11.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ホスゲン（別名：塩化カルボニル、塩化炭酸、カルボニルクロライド）は、特徴的な臭気のある無色の圧縮液化気体である。ホスゲンの物理化学的性質を表 III-72 に示す。

表 III-72 ホスゲンの物理化学的性質

分子量：98.9	比重：1.4	融点：-128℃	沸点：8℃
CAS No.：75-44-5	溶解性（対水溶解度）：1.3g/100mL、20℃		

(2) 主な用途

ホスゲンは、主にポリウレタン製造業において、ポリウレタンフォームに使用する高分子イソシアネートを製造するために使われており、ポリカーボネート製造業やカルバメートとそれに関連する農薬、染料、香水、医薬品の製造においても使われている。工業的用途のためのホスゲンの大部分は、活性炭触媒を使用して一酸化炭素と塩素ガスとの反応によって現場で作られる。

(3) ばく露され得る例

ホスゲンへの職業性ばく露の可能性のある産業として、ポリウレタン製造業のほか、ポリカーボネート製造業やカルバメートとそれに関連する農薬、染料、香水、医薬、イソシアネートの製造業が挙げられる。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードによると、ホスゲンに短期ばく露した場合、目・鼻・喉の刺激、肺の障害、肺水腫を生じ、高濃度ばく露では死に至る場合もある。また、ホスゲンの液体に触れた場合は凍傷を起こす。長期または反復ばく露による影響として、肺が侵されることがあり、機能障害や感染に対する抵抗力低下をきたすことがある。

(4) メカニズム

環境省の化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート（2004）では、ホスゲンは吸入されると細気管支や肺胞に侵入し、加水分解されて塩酸を生じ、この塩酸が肺充血や肺水腫、肺炎を引き起こすとしている。また、経済産業省の化学物質安全性（ハザード）評価シート（2002）では、ホスゲンは生体内でタンパク質をアシル化することが知られており、肺障害には塩酸の他に生体成分のアシル化反応も関与する可能性があるとしている。

11.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ホスゲン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害、前眼部障害又は気道・肺障害が掲げられている。

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

環境省の化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート（2004）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ホスゲンの短期・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、暫定的有害性評価シート公表年以降についても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

環境省の化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート（2004）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ホスゲンへのばく露に関する疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

一方、暫定的有害性評価シート公表年以降に報告された疫学研究報告としては、化学兵器解体時や回収中における、ホスゲンと三塩化水素との混合ばく露による遺伝毒性の発現が報告されていた。

表 III-73 ホスゲ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(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	ベルギー軍の白人男性 ばく露群①17名 ばく露群②24名 非ばく露群 19名 ※末梢血リンパ球を用いて遺伝毒性を分析	ばく露群①では、非ばく露群に比べ、姉妹染色分体交換 (SCE, $p<0.05$) と high frequency cells (HFC, $p<0.001$) の出現頻度が有意に上昇。 ばく露群②では、非ばく露群に比べ、微小核 ($p<0.05$)、SCE ($p<0.01$)、HFC ($p<0.05$) の出現頻度が有意に上昇。	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪平均ばく露日数：ばく露群① 65.5 ± 31.9 日 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ホスゲンと三塩化水素の混合ばく露 ばく露群① ホスゲン濃度 6.8 mg/m^3 三塩化水素 $158 \mu\text{g/m}^3$ ばく露群② ホスゲン濃度 記載なし 	ばく露群①：化学兵器解体工場でのばく露 ばく露群②：野外での兵器回収作業中の偶然的ばく露	Mateuca et al.2010

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-74 各機関による発がん性評価

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	Phosgene
	評価ランク	2005; 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 ¹⁰³	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-75 ホスゲンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ¹⁰⁴	TWA 0.1 ppm	ACGIH 2013
NIOSH ¹⁰⁵	REL ¹⁰⁶	TWA 0.1 ppm (0.4 mg/m ³)	15 分
		C 0.2 ppm (0.8 mg/m ³)	
OSHA ¹⁰⁷	PEL ¹⁰⁸	TWA 0.1 ppm (0.4 mg/m ³)	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-76 日本産業衛生学会によるホスゲンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁰⁹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
ホスゲン [75-44-5]	0.1	0.4	—	—	—	—	'69

¹⁰³ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

¹⁰⁴ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

¹⁰⁵ National Institute for Occupational Safety and Health

¹⁰⁶ 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

¹⁰⁷ Occupational Safety and Health Administration

¹⁰⁸ 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

¹⁰⁹ Occupational Exposure Limits

表 III-77 ホスゲンの 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	
		ホスゲン	
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 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	×	
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）	
10	吸引性呼吸器有害性	—	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

12 ホスフィン

12.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ホスフィン（日本語名：リン化水素）は、純粋であれば無臭、無色の気体である。工業製品のホスフィンには魚やニンニクのような悪臭がする。引火性、爆発性があり、常温で自然発火する。ホスフィンの物理化学的性質を表 III-78 に示す。

表 III-78 ホスフィンの物理化学的性質

分子量：34.0	比重：0.8	融点：-133℃	沸点：-87.7℃
CAS No.：7803-51-2	溶解性（対水溶解度）：26 ml/100 ml（17℃）（非常に溶けにくい）		

(2) 主な用途

ホスフィンは主に半導体製造における不純物の注入用ガス、穀物の燻蒸剤（殺虫・殺鼠）に使用されている。

(3) ばく露され得る例

国際化学物質安全性計画（以下 IPCS とする）の評価書（1998）では、ホスフィンに関する職業性ばく露の可能性のある作業として、ホスフィンとリン化合物の製造、溶接・冶金・半導体などホスフィンを放出しうる作業、燻蒸・有害生物駆除作業、運転手や船員など輸送作業を挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードによると、ホスフィンに短期ばく露した場合、気道への重度の刺激や肺水腫を生じることがある。また、窒息、呼吸困難、頭痛、めまい、吐き気、下痢、胸痛、息切れ、不整脈、痙攣、意識喪失などの症状が報告されている。その他、中枢神経系、心血管系、心臓、胃腸管、肝臓及び腎臓に影響を与え、機能障害を起こすことがある。

(4) メカニズム

社団法人日本くん蒸技術協会の「燻化アルミニウム剤による倉庫くん蒸の実際と危害防止対策」によると、ホスフィンによる中毒症状は有機リン剤の中毒症状とほぼ共通しており、人体に吸収されると血液中にある酵素アセチルコリンエステラーゼと結合し、その作用を抑制する結果、中毒を起こすとされている。

12.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ホスフィン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、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。

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

米国環境保護庁（以下 EPA とする）のリスク評価書（2003）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ホスフィンへの短期・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。

一方、EPA のリスク評価書公表年以降に報告された症例報告としては、リン化アルミニウム燻蒸剤製造工場に勤務する男性が作業中にホスフィンガスにばく露し、息切れやめまいの他に胸痛や見当識障害、低血圧等の症状を示したとの報告があった。その他、職業ばく露ではないが、殺鼠剤や燻蒸剤から発生したホスフィンガスへのばく露による胸痛、意識消失、見当識障害、低血圧、心筋障害、ブルガダ症候群等に関する報告があった。

表 III-79 ホスフィ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	意識障害関係の疾病等、神経系の疾病等、循環器系の疾患等	胸腹部痛、意識消失、痙攣、代謝性アシドーシス、ブルガダ症候群、急性多臓器不全	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪急性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪殺鼠剤のリン化アルミニウムから発生したホスフィンガス ▪700ppm 	フランスからエジプトに向う貨物船に乗っていた電気工（56歳男性）他12名の船員	Loddé, 2015
2	精神関係の疾病等	胸痛、見当識障害、低血圧・徐脈	<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"> ▪ホスフィンガス ▪濃度不明（記載なし） 	リン化アルミニウム燻蒸剤製造工場に14年間勤務している42歳の男性	Sudakin, 2005
3	精神関係の疾病等、循環器系の疾病等	見当識障害、低血圧、心筋障害	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪3日間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ホスフィンガス ▪濃度不明（記載なし） 	45歳女性と息子（7歳）、娘（11歳）が殺虫剤を撒いた家でばく露	Elabbassi, 2014
4	神経系の疾病等	末梢神経障害（左手、両足の感覚性ニューロパシー）	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪30-60分 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ホスフィンガス ▪最大242ppm 	52歳女性がホッパートレーラーの荷台（密室）でばく露	Brautbar, Howard, 2002
5	消化器系の疾病等	胸部圧迫感、白血球減少症、徐脈、右脚ブロック	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪急性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ホスフィンガス ▪濃度不明（記載なし） 	49歳男性がリン化アルミニウム燻蒸剤15個を家の中に撒いた際にばく露	Ntelios, 2013
6	循環器系の疾病等	血清トロポニンレベルの上昇を伴う心不全	<ul style="list-style-type: none"> ▪経口ばく露 ▪急性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> ▪リン化アルミニウム56%含有500mgタブレット10錠 	自殺を企図した19歳男性がリン化アルミニウム剤を経口摂取（胃液との接触でホスフィンガスが発生）	Jadhav, 2012

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	
7	循環器系の疾病等	上腹部痛、代謝性アシドーシス、低血圧、高血糖	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 10時間 	<ul style="list-style-type: none"> リン化アルミニウム剤 20錠 濃度不明(記載なし) 	35歳女性と娘(18歳)、息子(6歳)がリン化アルミニウム剤入りの米袋を置いた寝室で寝ている際にばく露	Shadnia, 2008
8	循環器系の疾病等	心内膜下心筋梗塞	<ul style="list-style-type: none"> 経口ばく露 急性ばく露 	リン化アルミニウム剤 1錠 (3g)	自殺を企図した16歳男性がリン化アルミニウム剤を経口摂取	Kaushik, 2007

(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、EPA のリスク評価書 (2003) では、燻蒸消毒作業中のばく露によるしびれや知覚障害、黄疸、振せんなどの症状が報告されている。

また、EPA 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、農薬としてホスフィン燻蒸剤を使用している親から生まれた子どもに中枢神経の異常や神経行動学的異常が認められたとの報告があった。その他、リン化アルミニウム中毒による死亡と高血糖との関連性が指摘されているほか、急性ばく露による心臓毒性や神経毒性に関する報告があった。

表 III-80 ホスフィ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(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	ホスフィンにばく露した作業員 22 名 (平均年齢 48 歳 24-60 歳)	<ul style="list-style-type: none"> 13.6%にしびれの症状が見られた。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 平均 11.1 年間 (0.5-29 年間) 	<ul style="list-style-type: none"> ホスフィン 作業環境中の濃度 0.17-2.11ppm 	リン化アルミニウムによる燻蒸消毒作業中にばく露	Misra, 1988
2	横断研究	穀物貨物船でホスフィンにばく露した船員 31 名	<ul style="list-style-type: none"> 59%に知覚障害、52%に黄疸、31%に振せんの症状が見られた。 	<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"> ホスフィン デッキ上の濃度 20-30ppm (最も高濃度の箇所の場合) 	穀物貨物船での燻蒸消毒作業中にばく露	Wilson, 1980
3	横断研究	アメリカミネソタ州で農薬を使用している親 (536 人) の子供 (1532 人)	<ul style="list-style-type: none"> ホスフィン燻蒸剤を使用している親から生まれた子ども (14 名) は、使用していない親から生まれた子どもに比べ、中枢神経の先天性異常や神経行動学的異常 (自閉症、ADD/ADHD) を有する割合が高かった (OR=2.5, 95% CI: 1.22-5.05) 	<ul style="list-style-type: none"> 親に対する吸入ばく露による胎児への影響 親へのばく露時間不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ホスフィン (他の農薬と併用も含む) 濃度不明(記載なし) 	詳細不明(記載なし)	Garry, 2002

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	横断研究	リン化アルミニウム剤の経口摂取、または、発生したホスフィンガスの吸入による中毒で病院に運ばれた45人	<ul style="list-style-type: none"> 生存者(13人)の血糖値(143.4±13.7 mg/dL)に比べ、死亡者(32人)の血糖値(222.6±20 mg/dL)が有意に高かった(P=0.021)。 死亡者の71.9%、生存者の30.8%に高血糖(140 mg/dL以上)が見られた。性、年齢、摂取用量、pH、HCO₃濃度で調整した高血糖のオッズ比は5.7(95%CI: 1.4-23.4)だった。 	<ul style="list-style-type: none"> 経口ばく露または吸入ばく露 3.2±0.4時間 	<ul style="list-style-type: none"> リン化アルミニウム剤の摂取用量の分布は以下の通り。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>mg</th> <th>患者%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>420</td><td>2</td></tr> <tr><td>554</td><td>2</td></tr> <tr><td>840</td><td>13</td></tr> <tr><td>1680</td><td>44</td></tr> <tr><td>2520</td><td>2</td></tr> <tr><td>3360</td><td>18</td></tr> <tr><td>5040</td><td>9</td></tr> </tbody> </table>	mg	患者%	420	2	554	2	840	13	1680	44	2520	2	3360	18	5040	9	リン化アルミニウム剤の経口摂取、または、発生したホスフィンガスの吸入	Mehrpour, 2008
mg	患者%																						
420	2																						
554	2																						
840	13																						
1680	44																						
2520	2																						
3360	18																						
5040	9																						
5	横断研究	<p>ばく露群：リン化アルミニウム中毒で入院した患者21名</p> <p>非ばく露群①：ショック症状で入院した患者22名</p> <p>非ばく露群②：健康な成人32名</p>	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群①②に比べ、ばく露群ではミトコンドリア複合体I, II, IVの活性が有意に減少(p<0.001)。 非ばく露群①に比べ、ばく露群では脂質過酸化、タンパク質カルボニル化が有意に増加(p<0.001)。 	<ul style="list-style-type: none"> 経口ばく露 平均3.88時間 	<ul style="list-style-type: none"> リン化アルミニウム剤 平均5.5g(1.5-15g) 	自殺を企図したリン化アルミニウム剤の経口摂取	Anand, 2013																
6	レビュー	1990年～2011年に公表されたホスフィン中毒に関する論文のシステマティックレビュー	<ul style="list-style-type: none"> 心臓毒性(心不全、低血圧、うっ血、心内膜下梗塞、心膜炎、浮腫による心筋の分離等)。 神経毒性(知覚障害、脱力、末梢神経障害)。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露または経口ばく露 急性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> 詳細不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> 詳細不明(記載なし) 	Mehrpour, 2012																
7	レビュー	ホスフィン中毒に関する論文のシステマティックレビュー	<ul style="list-style-type: none"> 心臓毒性(循環不全、不整脈、低血圧)。 神経毒性(知覚障害、振せん、脱力、末梢神経障害)。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露または経口ばく露 急性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> 詳細不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> 詳細不明(記載なし) 	Anand, 2011																

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-81 各機関による発がん性評価

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	Phosphine
	評価ランク	D (Not classifiable as to human carcinogenicity): ヒト発がん性が分類できない物質
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 ¹¹⁰	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-82 ホスフィンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ¹¹¹	TWA ¹¹² 0.3 ppm, 0.42 mg/m ³ STEL ¹¹³ 1.4 mg/m ³	2012
NIOSH ¹¹⁴	REL ¹¹⁵	TWA 0.3 ppm (0.4 mg/m ³) STEL 1 ppm (1 mg/m ³)	—
OSHA ¹¹⁶	PEL ¹¹⁷	TWA 0.3 ppm (0.4 mg/m ³)	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-83 日本産業衛生学会によるホスフィンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹¹⁸		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
ホスフィン [7803-51-2]	0.3	0.42	—	—	—	—	'98

¹¹⁰ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

¹¹¹ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

¹¹² Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

¹¹³ Short-Term Exposure Limit : 8時間TWAがTLV-TWA内であっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

¹¹⁴ National Institute for Occupational Safety and Health

¹¹⁵ 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

¹¹⁶ Occupational Safety and Health Administration

¹¹⁷ 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

¹¹⁸ Occupational Exposure Limits

表 III-84 ホスフィンの 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	
		ホスフィン	
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	×	
4	呼吸器感作性又は皮膚感作性	×	
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、呼吸器系、肝臓、消化管、心血管系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	—	
10	吸引性呼吸器有害性	—	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

13 硫化水素

13.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

硫化水素は、腐敗した卵の様な特徴的な臭気を有する無色の圧縮液化ガスである。加熱すると激しく燃焼し、爆発することもある。硫化水素の物理化学的性質を表 III-85 に示す。

表 III-85 硫化水素の物理化学的性質

分子量：34.1	比重：1.19（気体）	融点：-85℃	沸点：-60℃
CAS No.：7783-06-4	溶解性（対水溶解度）：0.5 g/100 ml（20℃）		

(2) 主な用途

硫化水素は、分析試験に用いる金属沈殿剤や、金属の精製、各種工業薬品、農薬、医薬品の製造、夜光・蛍光染料、エレクトロルミネッセンス、フォトコンダクター製造、溶剤製造、皮革処理に用いる脱毛剤などに利用されている。

(3) ばく露され得る例

硫化水素に対する職業性ばく露の可能性として、石油、天然ガス、土壌、下水、排水処理施設の排水槽などから発生するガス、温泉中のガス、ビスコースレーヨン製造やなめし皮工程などでの化学反応の副産物などが挙げられている¹¹⁹。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードによると、硫化水素にばく露された際、急性影響として眼や気道の粘膜の炎症と刺激作用が生じ、高濃度の吸入ばく露では肺水腫、呼吸中枢麻痺、意識消失、死亡が起こる。低濃度長期ばく露の影響は明らかになっていないが、中枢神経系への影響がある可能性が指摘されている。

(4) メカニズム

公益財団法人日本中毒情報センターの中毒情報では、硫化水素は、ミトコンドリア内のクロームオキシダーゼの Fe (3+) と結合し、酵素を阻害することで細胞呼吸を障害し、低酸素症、中枢神経系細胞の直接障害を引き起こすとされている。水に溶けやすいため比較的低濃度で眼、気道、皮膚粘膜を刺激し、高濃度ではただちに中枢抑制、呼吸抑制を引き起こす。また、高濃度では、頸動脈洞刺激による反射性の窒息、呼吸中枢の過剰刺激のための無呼吸による窒息が起こるとされている。

13.2 告示に掲げられた疾病又は障害

硫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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、前眼

¹¹⁹ 産業衛生学雑誌（43巻，2001）

部障害、気道・肺障害又は呼吸中枢機能停止が掲げられている。

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

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（2015）では、短期ばく露による症例報告として、血圧上昇や洞頻脈などの循環器系の疾病等や、意識障害関係の疾病等、皮膚の疾病等、記憶力の低下や運動機能の低下などの精神関係の疾病等や神経系の疾病等が報告されている。

一方、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。

表 III-86 硫化水素(H₂S)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	循環器系の疾病等	血圧上昇 ばく露直後は150/100mmHg、ばく露から数時間後120/80mmHg	▪吸入ばく露 ▪ばく露時間不明 (記載なし)	▪H ₂ S ▪ばく露濃度不明 (記載なし)	27歳の男性が皮剥ぎ作業中にH ₂ Sの液体をドラムに加えた際にばく露	Audeau, 1985
2	循環器系の疾病等	血圧上昇 150/100mmHg (ばく露から3日間)	▪吸入ばく露 ▪ばく露時間不明 (記載なし)	▪H ₂ S ▪ばく露濃度不明 (記載なし)	36歳の男性が皮剥ぎ作業中にばく露	Audeau, 1985
3	循環器系の疾病等	血圧上昇 150/100mmHg	▪吸入ばく露 ▪ばく露時間不明 (記載なし)	▪H ₂ S ▪ばく露濃度不明 (記載なし)	No.2の作業者を救出する際にばく露	Audeau, 1985
4	循環器系の疾病等	洞頻脈	▪吸入ばく露 ▪ばく露時間不明 (記載なし)	▪H ₂ S ▪ばく露濃度不明 (記載なし)	34歳の化学工業で働く男性が作業中にばく露	Ravizza, 1982
5	循環器系の疾病等	血行動態不安定	▪吸入ばく露 ▪ばく露時間不明 (記載なし)	▪H ₂ S ▪ばく露濃度不明 (記載なし)	農場で牛がタンクを倒したことにより助けに駆け付けた近隣の理容師41歳男性がばく露	Osbern, 1981
6	循環器系の疾病等	洞頻脈	▪吸入ばく露 ▪ばく露時間不明 (記載なし)	▪H ₂ S ▪ばく露濃度不明 (記載なし)	45歳の男性がH ₂ S O ₄ を用いて病院の部屋の排水トラップを清掃する際にばく露	Peters, 1981
7	循環器系の疾病等	上室性頻拍症	▪吸入ばく露 ▪ばく露時間不明 (記載なし)	▪H ₂ S ▪ばく露濃度不明 (記載なし)	47歳の男性がトラックの積み荷であるH ₂ Sを廃棄している際にばく露	Stine, 1976
8	神経系の疾病等、精神関係の疾病等	記憶力、運動機能の低下、脳委縮症	▪吸入ばく露 ▪ばく露時間不明 (記載なし)	▪H ₂ S ▪200ppm	31歳の造船所に勤務する男性が石油掘削プラットフォームの点検時にカバーを開けた際にばく露	Tvedt, 1991

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	
9	皮膚の疾病等	顔面皮膚剥離	<ul style="list-style-type: none"> ▪経皮ばく露、吸入ばく露 ▪1分程度 	<ul style="list-style-type: none"> ▪H₂S ▪ばく露濃度不明(記載なし) 	46歳の汚水処理施設で働く男性がタンクを開けた際にばく露	Tvedt, 1991
10	神経系の疾病等、精神関係の疾病等	記憶力の低下、嗅覚の低下(ばく露から7年後)	<ul style="list-style-type: none"> ▪経皮ばく露、吸入ばく露 ▪1分程度 	<ul style="list-style-type: none"> ▪H₂S ▪ばく露濃度不明(記載なし) 	46歳の汚水処理施設で働く男性がタンクを開けた際にばく露	Tvedt, 1991
11	神経系の疾病等、精神関係の疾病等	認知能力の低下、運動機能の低下	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪5～10分 	<ul style="list-style-type: none"> ▪H₂S ▪ばく露濃度不明(記載なし) 	31歳の農業従事者が豚の肥料ポンプを扱っている際にばく露	Tvedt, 1991
12	神経系の疾病等、精神関係の疾病等	運動機能、記憶力の低下(ばく露から2年後)	<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"> ▪H₂S ▪ばく露濃度不明(記載なし) 	59歳のニシンオイルプラントに勤務する男性が、荷下ろし作業中にばく露	Tvedt, 1991
13	神経系の疾病等、精神関係の疾病等	記憶力の低下(ばく露から4.5年後)	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪10分程度 	<ul style="list-style-type: none"> ▪H₂S ▪ばく露濃度不明(記載なし) 	53歳のニシンオイルプラントに勤務する男性がNo.12の男性を救出する際にばく露	Tvedt, 1991
14	神経系の疾病等、精神関係の疾病等	記憶力の低下(ばく露から8年後)	<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"> ▪H₂S ▪ばく露濃度不明(記載なし) 	30歳の皮なめし工場に勤務する男性がタンク内での作業中にばく露	Tvedt, 1991
15	神経系の疾病等、精神関係の疾病等	錐体外路徴候、記憶力・計画/実行能力の低下	<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"> ▪H₂S ▪ばく露濃度は特定できなかったとの記載あり 	27歳の建設作業員の男性が下水道の建設中にばく露ばく露後の影響を3年半にわたって追跡調査	Schneider, 1998

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害として、ATSDRのリスク評価書(2015)では、記憶力の低下や集中力の欠如などの神経系の疾病又は精神関係の疾病等のほか、自然流産が報告されている。

また、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、天然ガス加工プラント従事中のばく露による血中メトヘモグロビン濃度の上昇およびスルホヘモグロビン濃度の低下が報告されている。

表 III-87 硫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(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	1982 - 1983 年に H ₂ S にばく露した経験のある男性労働者 250 名	<ul style="list-style-type: none"> ■意識喪失：54.0% ■平衡障害：21.6% ■下肢の筋力低下：7.6% ■徐脈：4.0% ■チアノーゼ：1.2% ■喀血：0.4% 	<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"> ■H₂S ■ばく露濃度不明(記載なし) 	ガスプラントや石油掘削での作業に従事	Arnold, 1985
2	横断研究	H ₂ S にばく露した下水メンテナンス作業者 33 名と、H ₂ S にばく露するリスクのない労働者 30 名	<p><u>アンケート調査</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ばく露群では記憶力の低下と答える割合が有意に多かった。(p<0.01) ■ばく露群では集中力が欠如したと答える割合が有意に多かった。(p<0.01) <p><u>神経生理学的テスト</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ばく露群では、単純反応時間と P300latency が有意に高かった。(いずれも p<0.001) <p><u>神経心理学的テスト</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ばく露群では、論理的記憶力、発話流暢性、MMSE (ミニメンタルステート検査) は、有意に低かった。(いずれも p<0.001) 	<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"> ■H₂S ■マンホール内： ■8.8 ~ 10.5ppm ■下水道入口： ■5~6.6ppm) 	下水の面メンテナンス作業に従事	Farahat, 2010

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	横断研究	1974年-1977年に自然流産の経験がある女性121名と自然流産の経験がある女性を妻に持つ男性98名	<ul style="list-style-type: none"> 化学製造工程に関わる作業に従事している男性では、その妻が自然流産する割合(28.6%)が男性全体の割合(8.8%)に比べて有意に高い(p<0.01)。 繊維工業で勤務している女性は、自然流産する割合が、女性全体の割合に比べて高い傾向にある。(p<0.10) 繊維工業で勤務している男性は、その妻が自然流産する割合が、男性全体の割合に比べて高い傾向にある。(p<0.05) 	<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"> H₂S 5~15 μg/m³ 	技術/科学/アート関係、事務、営業、交通/通信、製造業、サービス業などに従事	Hemminki, 1982
4	コホート研究	1973年-1993年の間に1回以上妊娠経験のある中国の女性労働者2,853名 ばく露群:1,620名 非ばく露群:1,233名 (複数の化学物質を対象、ばく露の有無は業種と聞き取り調査から把握)	<ul style="list-style-type: none"> H₂Sにばく露した女性では、ばく露群全体に比べて自然流産の割合が高い傾向にある。 H₂Sにばく露した女性:12.3% (OR=2.3, 95%CI:1.2-4.4) 全体:7.8% (OR=2.7, 95%CI:1.8-3.9) 	<ul style="list-style-type: none"> ばく露時間不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> H₂S ばく露濃度不明(記載なし) 	石油精製や化学製造などの作業に従事	Xu, 1998
5	横断研究	イランで硫化水素に職業的にばく露している110名と非ばく露群110名	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群に比べ、ばく露群では血中メトヘモグロビン濃度が有意に高く、スルホヘモグロビン濃度が有意に低い(P<0.001) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 1-30年 	<ul style="list-style-type: none"> H₂S 0-90 ppb 	天然ガス加工プラント従事中のばく露	Saeedi et al, 2015

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-88 各機関による発がん性評価

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	Hydrogen sulfide
	評価ランク	Data are inadequate for an assessment of human carcinogenic potential: ヒト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 ¹²⁰	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-89 硫化水素の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACCIH	TLV ¹²¹	TWA ¹²² 10 ppm (14 mg/m ³) STEL ¹²³ 15 ppm (21 mg/m ³)	
NIOSH ¹²⁴	REL ¹²⁵	C ¹²⁶ 10 ppm (15 mg/m ³)	10minute
OSHA ¹²⁷	PEL ¹²⁸	C 20 ppm; P 50 ppm	10minute

(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硫化水素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹²⁹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
硫化水素 [7783-06-4]	5	7	—	—	—	—	'01

¹²⁰ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

¹²¹ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

¹²² Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

¹²³ Short-Term Exposure Limit : 8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

¹²⁴ National Institute for Occupational Safety and Health

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者に対する推奨ばく露限界値

¹²⁶ Ceiling limit : 天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

¹²⁷ Occupational Safety and Health Administration

¹²⁸ 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

¹²⁹ Occupational Exposure Limits

表 III-91 硫化水素の 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	
		硫化水素	
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	×	
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 1（中枢神経系、心臓血管系、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	×	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

14 塩化ビニル

14.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

塩化ビニル（別名：クロロエチレン）は、特徴的な臭気を有する無色の気体又は圧縮液化ガスである。引火性が極めて高い。特定の状況下で過酸化物を生成して爆発的に重合することがある。燃焼により分解し、有毒で腐食性のヒューム（塩化水素、ホスゲン等）を生じる。塩化ビニルの物理化学的性質を表 III-92 に示す。

表 III-92 塩化ビニルの物理化学的性質

分子量：62.5	比重：0.9（液体）	融点：-154℃	沸点：-13℃
CAS No.：75-01-4	溶解性（対水溶解度）：水に不溶		

(2) 主な用途

塩化ビニルは、そのほとんどが塩化ビニル樹脂等の合成樹脂製造用原料として用いられている。塩化ビニルの加工品は、上下水道用のパイプ、電線被覆、窓枠・壁紙等の建材、繊維製品、各種雑貨、農業用フィルム、医療用器材、生鮮食品の包装材などとして広く使用されている。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2005）では、塩化ビニルに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、化学工業、プラスチック製品製造業、一般機械器具製造業、輸送用機械器具製造業、倉庫業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードによると、塩化ビニルによる短期ばく露の影響として、眼への刺激や、圧縮液化ガスにさらされた場合に凍傷を引き起こすこと、また中枢神経系に影響を与えることが知られている。長期または反復ばく露の影響としては、肝臓、脾臓、血液、末梢血管、指の組織や骨に影響を与えることが知られており、ヒトで発がん性を示すことも知られている。

(4) メカニズム

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（2006）では、塩化ビニルによる非腫瘍性の毒性メカニズムについては十分に解明されていないとされている。塩化ビニルの中間代謝物（クロロエチレンオキシドやクロロアセトアルデヒド等）が IgG などの免疫グロブリンに結合することで免疫反応を誘導することが示唆されているほか、これら中間代謝物が DNA や RNA、また肝臓のタンパク質に結合することで肝毒性を発現すると考えられている。

14.2 告示に掲げられた疾病又は障害

塩化ビ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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害、中枢神経系抑制、レイノー現象、指端骨溶解又は門脈圧亢進が掲げられている。

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

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2005）では、塩化ビニルへのばく露による症例として、血管炎、腎炎、静脈血栓症、狭心症、不整脈、心筋梗塞などの報告があった。

一方、化学物質の初期リスク評価書（2005）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-93 塩化ビ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	循環器系の疾病等	全身性血管炎、ごく小さなはっきりした斑と小さな紫斑	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪7年（1日のうち5時間を反応器の中で作業） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪塩化ビニル ▪100ppm以上（1980年後半の職場で計測された値、最高値・平均値等の記載なし） 	塩化ビニル工場で働く36歳のオートクレーブ労働者	Magnavita, 1986
2	内分泌・代謝関係の疾病等、循環器系の疾病等	グルコース耐性障害、慢性腎盂腎炎、左足の静脈血栓症、狭心症、不整脈、心筋梗塞	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪14年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪塩化ビニル ▪ばく露濃度不明（記載なし） 	塩化ビニルの重合ユニットにオートクレーブ管理者として8年間勤務し、濡れたポリマー懸濁液の噴霧乾燥作業の管理者として5年間勤務。（不調を感じて病院に来たのは54歳の時）	Lelbach, 1996

(2) 疫学研究報告

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2005）では、塩化ビニルによるばく露の疫学研究報告として、肝機能の障害や肝機能指標の異常、肺や胸部への影響、妊婦への影響、循環器系への影響を示唆する報告があった。

一方、化学物質の初期リスク評価書（2005）公表年以降の疫学研究報告としては、塩化ビニルの漏出事故の処理にあたった救助隊員を対象とした横断研究により、より長時間塩化ビニルにばく露されていた群では、頭痛、気道障害、目の刺激や痛みのリスクが高まることが示唆された。また、塩化ビニルのばく露と肝硬変や脂肪肝との関連性について示唆する報告もあった。

表 III-94 塩化ビ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(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	ポリ塩化ビニル工場勤務で、常に肝機能検査で異常を示している男性労働者 13 人。平均年齢は 28.6 歳 (19-55 歳)	13 人中 12 人で、塩化ビニルにより誘発される肝臓機能不全が見られた。	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪平均ばく露期間は 5.1 年 (1-13 年) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪塩化ビニル ▪1971-1982 年の濃度は 1-21ppm、1982 年以降は 1ppm 以下 	塩化ビニルポリマー工場勤務中にばく露	Ho, 1991
2	横断研究	ポリ塩化ビニル製造工場男性作業員 37 人、平均年齢 40 歳 2 か月 (26-59 歳)	異常な手の冷え (20 人)、知覚異常 (16 人)、握力の低下 (15 人)、足の冷え (16 人)、骨の痛み (20 人)、筋肉の痛み (15 人)、呼吸困難 (17 人)、性欲減退 (13 人)、重度の疲労 (22 人)	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪平均ばく露期間は 2 年 8 か月 (9 か月 ~5.5 年) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪塩化ビニル ▪ばく露濃度不明 (記載なし) 	ポリ塩化ビニル製造作業中にばく露。	Walker, 1976
3	横断研究	イギリスの塩化ビニル製造作業員 58 人	慢性可溶性抗原抗体複合体障害 (21 人) このうち 10 人中 9 人に循環性免疫複合体が見られた。	<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"> ▪塩化ビニル、ポリ塩化ビニル ▪ばく露濃度不明 (記載なし) 	塩化ビニル製造工場での作業中にばく露。	Ward, 1976

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	後ろ向きコホート研究	<p>米国の塩化ビニル関連37工場の男性労働者 10,173 人 (1942 年~1982 年に勤務、白人 97%) の死亡率と、米国の推定死亡率を比較。</p> <p>塩化ビニル/ポリ塩化ビニルへのばく露状況により、コホートを以下のとおり区分</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪塩化ビニルのみを製造する労働者：1,214 人 ▪ポリ塩化ビニルのみを製造する労働者：6,848 人 ▪塩化ビニルとポリ塩化ビニル両方を製造する労働者：935 人 ▪ホモポリマーとコポリマーを製造する労働者：1,176 人 <p>▪さらに、ばく露期間により、以下の3区分に分類</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪10年未満 (876 人) ▪10-20年 (466 人) ▪20年以上 (194 人) <p>また、最初のばく露時の年齢によって、以下の3区分にも分類</p> <p>25歳未満、25-34歳、35歳以上</p>	<p>コホート全体で、閉塞性肺疾患を含む肺気腫による死亡リスクが有意に上昇した。(SMR=179.6, p<0.01)</p> <p>また、ばく露期間が10年未満のグループと、最初のばく露時の年齢が35歳以上のグループでは、閉塞性肺疾患を含む肺気腫による死亡リスクが有意に上昇した。(それぞれ SMR = 208.9, SMR=200.7, p<0.01)</p> <p>ポリ塩化ビニルへのばく露群では、閉塞性肺疾患を含む肺気腫による死亡リスクが上昇した。(SMR=163.4, p<0.05) (塩化ビニルは SMR=82.6) 但し、95%CI 値の記載はない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪平均 16 年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪塩化ビニル、ポリ塩化ビニル ▪ばく露濃度不明 (記載なし) 	<p>塩化ビニル製造工場での作業中にばく露</p>	Wong, 1991

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	<p>高濃度ばく露工場の労働者：塩化ビニルからポリ塩化ビニルを重合する工場に勤務する 290 人（塩化ビニルとポリ塩化ビニルのダストにばく露）</p> <p>中濃度ばく露工場の労働者：ポリ塩化ビニル製造の一部の過程を扱う工場に勤務する 250 人（塩化ビニル、ポリ塩化ビニルの他、コポリマー（酢酸ビニル、ポリ塩化ビニリデン、アクリロニトリルなど）にもばく露</p> <p>低濃度ばく露工場の労働者：比較的低濃度ばく露の工場に勤務する 445 人</p>	<p>高濃度ばく露の工場での労働者は、ばく露期間が、10～20年及び20年以上のグループで、胸部エックス線検査（肺活量検査などを含む）での異常の割合が有意に（カイニ乗検定による）高かった。</p> <p>胸部エックス線検査で異常を示したのは 290 人のうち 66 人であり、ばく露期間ごとの異常の割合は以下のとおり。</p> <p>2 年未満：14.6% 2-5 年：18.2% 5-10 年：14.8% 10-20 年：33.3% 20 年以上：30.0%</p>	<p>吸入ばく露</p> <p>高濃度ばく露群におけるばく露時間は以下のとおり。</p> <p>2 年未満：48 人 2-5 年：66 人 5-10 年：54 人 10-20 年：81 人 20 年以上：41 人</p>	<p>塩化ビニル、ポリ塩化ビニル、コポリマー</p> <p>ばく露濃度は勤務工場や作業工程で判断</p>	<p>塩化ビニル製造工場での作業中にばく露。高濃度ばく露群は、反応器の洗浄中にばく露。</p>	Lilis, 1976
6	横断研究	<p>ポリ塩化ビニルばく露群：731 人（平均年齢 37.7 歳）</p> <p>塩化ビニルばく露群 485 人（平均年齢 35.7 歳）</p>	<p>ポリ塩化ビニルばく露群のうち、20 人（1.6%）が塵肺症を発症。</p>	<p>吸入ばく露</p> <p>全体の平均ばく露期間は 6.1 年、塵肺症患者のばく露期間は 11.6 年</p>	<p>ポリ塩化ビニル、塩化ビニル</p> <p>乾燥、混合部門では採取したサンプルの 60% でポリ塩化ビニルダストの濃度は 10mg/m³ 以上、重合部門は 10mg/m³ 以下</p>	<p>ポリ塩化ビニル製造工場での作業中にばく露。</p>	Mastrangelo, 1979
7	後ろ向きコホート研究	<p>ばく露群：塩化ビニル、ポリ塩化ビニルの製造工場に勤務する 105 名（うち男性 68 人、平均年齢 38.6 歳） 20-60 歳）</p> <p>非ばく露群：ばく露群と年齢・性別をマッチさせた 105 人</p>	<p>ばく露群では、高血圧症の 5 年累積罹患率が非ばく露群と比べて有意に高かった。（p<0.05）。</p> <p>ばく露群の高血圧症の相対危険度は非ばく露群に比べて 2 倍高かった。</p> <p>ばく露群の収縮期血圧と拡張期血圧の平均値は非ばく露群に比べて有意に高かった。（それぞれ p=0.002、p=0.001）</p>	<p>吸入ばく露</p> <p>5 年以上</p>	<p>ポリ塩化ビニル、塩化ビニル</p> <p>塩化ビニルの濃度 4-1,036mg/m³</p>	<p>塩化ビニルとポリ塩化ビニル製造工場での作業中にばく露。</p>	Kotseva, 1996

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	
8	横断研究	ばく露群：塩化ビニルの重合工場勤務の妊婦 43 人 非ばく露群：販売員など化学物質へのばく露はない妊婦 30 人	ばく露群では非ばく露群に比べて妊娠初期（8-10 週）に血小板の数の有意な低下（ $p<0.05$ ）が見られた。妊娠中毒症の割合は、ばく露群が 27.9% で非ばく露群の 16.3% に比べて高かった。	<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"> ▪ 塩化ビニル ▪ 基準値（$30\text{mg}/\text{m}^3$）の 1-7 倍 	塩化ビニルの重合工場での作業中にばく露。	Bao, 1988
9	横断研究	ばく露群：塩化ビニルの作業員 48 人（肝臓バイオプシーを実施） 非ばく露群：化学物質へのばく露のない 30 人（肝臓バイオプシーを実施）	ばく露群では 48%（23 人）が肝病変を示し、35%（17 人）が焦点性肝細胞過形成を、13%（6 人）が焦点性でない肝細胞過形成を示した。一方、非ばく露群では 13%（4 人）が焦点性肝細胞過形成を、0.03%（1 人）が焦点性でない肝細胞過形成を示した。	<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"> ▪ 塩化ビニル ▪ 10ppm 	塩化ビニル製造工場での作業中にばく露。	Tamburro, 1984
10	横断研究	台湾のポリ塩化ビニル製造工場勤務の 244 人（平均 40 歳） 上記をばく露濃度により、以下の 3 つのグループに分類 高ばく露群（平均 39.8 歳） 中ばく露群（平均 40.2 歳） 低ばく露群（平均 39.5 歳）	高ばく露群では、他のばく露群に比べ、 γ -GTP が有意に高かった（ $p<0.01$ ）。なお、アルコール摂取による影響は、ばく露による影響よりも小さい。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 平均 14 年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 塩化ビニル ▪ 高ばく露群：56.3ppm21.9-73.8ppm ▪ 中ばく露平均 1.8ppm(1.3-4.85ppm) ▪ 低ばく露平均 0.67ppm(0.36-0.99ppm) 	ポリ塩化ビニル製造工場での作業中にばく露。	Du, 1995
11	横断研究	ばく露群：ポリ塩化ビニル工場勤務の男性 20 人（30-50 歳） 非ばく露群：電離放射線や薬品にばく露していない健康な男性 20 人（30-50 歳）	ばく露群では非ばく露群に比べて、染色体異常と姉妹染色分体交換頻度の平均値が有意に高かった。（ $p<0.001$ ） ばく露群では非ばく露群に比べて、有糸分裂活性有意に高かった。（ $p<0.01$ ）	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 平均 8 年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 塩化ビニル ▪ 普段の作業環境では 1ppm だが、作業工程中に 300ppm に達する時もある。 	プラスチック製造工場のポリ塩化ビニル製造プラントでの作業中にばく露。	Fučić, 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	
12	横断研究	<p>ニュージャージー州で 2012 年に起きた電車の脱線による塩化ビニル（気体）の漏出事故の対応にあたった救急隊員 93 名</p> <p>> 12 時間/日ばく露群：48 名 < 12 時間/日ばく露群：44 名</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ > 12 時間/日ばく露群では、< 12 時間/日ばく露群に比べ、以下の症状のリスクが有意に高い。 ▪ 頭痛 OR=3.6, 95%CI: 1.2-11.8 ▪ 上部気道障害 OR=3.9, 95%CI: 1.3-13.9 ▪ 下部気道障害 OR=14.1, 95%CI: 3.0-135.0 ▪ 目の刺激・痛み・熱傷 OR=5.8, 95%CI: 1.1-58.6 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 接触ばく露 ▪ 12 時間以上×8 日間、または 12 時間以下×8 日間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 塩化ビニルモノマー ▪ 濃度不明（記載なし） 	救助及び事故処理に従事	Brinker, 2015
13	横断研究	<p>台湾のポリ塩化ビニル重合プラントの男性従業員 320 名</p> <p>CYP2E1、ALDH2、GSTT1 の多型を PCR-RFLP により調査</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 320 名中 13 名が肝硬変と診断された。 ▪ 塩化ビニルモノマー（VCM）のばく露と肝硬変には用量反応関係があった（コクランアーミテージ検定、$p < 0.05$）。 ▪ CYP2E1 の c2c2 遺伝子型は、c1c1、c1c2 遺伝子型と比較して肝硬変のリスクが高かった。 ▪ OR=13.4, 95%CI:1.9-92.0 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 経路不明（記載なし） ▪ 平均 16.3 年間 ▪ 8 時間/日勤務 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 塩化ビニルモノマー（VCM） ▪ 累積ばく露量（ppm-年） 平均値 566.5 ± 694.6 (0.6-4302.2) 中央値 272.1 ▪ ≥ 800 ppm-年:88 人 400-800 ppm-年:46 人 40-400ppm-年:115 人 <40 ppm-年:71 人 	ポリ塩化ビニル重合プラントでの作業に従事	Hsieh, 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	
14	横断研究	<p>アメリカケンタッキー州ルイビルのパリ塩化ビニル重合プラントにおいて塩化ビニルに高濃度でばく露されていた従業員25名から1974-1977年に得られた肝生検及び血清サンプルを用いて調査</p> <p>血清陰性対照</p> <ul style="list-style-type: none"> 塩化ビニル以外の化学工業従事群 26名 化学工業非従事群 11名 	<p>塩化ビニル高濃度ばく露群の肝生検所見</p> <ul style="list-style-type: none"> 脂肪肝：84% 脂肪性肝炎 (TASH)：80% 肝線維症：55% 脂肪肝の所見の無かった4名についても、慢性肝炎、肝線維症、肉芽腫、マロリーデング体、類洞の拡張などの所見あり。 <p>陰性対照群と比較し、TASH群の血清では、以下の検査値に有意差が認められた。</p> <ul style="list-style-type: none"> Cytokeratin-18 M65 が TASH 群で高値 (p<0.001) グルコースが TASH 群で高値 (p<0.05) インスリンが TASH 群で高値 (p<0.05) アディポネクチンが TASH 群で低値 (p<0.001) 炎症性サイトカイン (TNF-α, IL-1β, IL-6, IL8, MCP-1) が高値 (p<0.05) 抗酸化活性が低値 (p<0.001) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 接触ばく露 平均勤続年数 19.0\pm7.0 年 	<ul style="list-style-type: none"> 塩化ビニルモノマー 累積ばく露量 平均 11,391\pm6699 ppm 年 勤務表からサンプル採取時のばく露量を推定 	<p>ポリ塩化ビニル重合炉及びパイプラインの清掃に従事</p>	Cave, 2010

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-95 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Vinyl chloride (Vol. 97, 100F ;2012)
	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	Vinyl chloride
	評価ランク	ヒト発がん性が知られている物質 / 可能性が高い物質 (1996)
EU	評価物質名称	vinyl chloride; chloroethylene
	評価ランク	1A : ヒトに対する発がん性が知られている物質
NTP	評価物質名称	Vinyl Chloride
	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 ¹³⁰	評価物質名称	Vinyl Chloride
	評価ランク	A1 (人における発がん性が確認されている物質) (2004)

表 III-96 塩化ビニルの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV	TWA 1 ppm	—
NIOSH ¹³¹	REL ¹³²	—	—
OSHA ¹³³	PEL ¹³⁴	TWA 1 ppm C ¹³⁵ 5 ppm	15-minute

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-97 日本産業衛生学会による塩化ビニルの許容濃度

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	
塩化ビニル [75-01-4]	2.5	6.5	—	1 (発がん以外の健康影響 を指標として許容濃度が 示されている物質)	—	—	'75

¹³⁰ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

¹³¹ National Institute for Occupational Safety and Health

¹³² 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

¹³³ Occupational Safety and Health Administration

¹³⁴ 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

¹³⁵ Ceiling REL

¹³⁶ Occupational Exposure Limits

表 III-98 塩化ビニルの 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	
		塩化ビニル	
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	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	×	
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（中枢神経系）、区分 3（麻酔作用）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（肝臓、神経系、血管、血液、呼吸器、精巣、骨）	
10	吸引性呼吸器有害性	—	

分類実施日：平成 21 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

15 塩化メチル

15.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

塩化メチル（別名 クロロメタン）は、無色透明な気体で、有毒なレベルになってようやく気づきうる程度のほのかな甘い匂いがする。空気より重く、引火性はきわめて高い。塩化メチルの物理化学的性質を表 III-99 に示す。

表 III-99 塩化メチルの物理化学的性質

分子量：50.5	比重：0.92	融点：-97.6℃	沸点：-24.2℃
CAS No.：74-87-3	溶解性（対水溶解度）：0.5 g/100 ml（25℃）		

(2) 主な用途

塩化メチルは、主にシリコーン樹脂の合成原料として用いられている。その他にも農薬の合成原料、メチルセルロース、界面活性剤の合成原料、ポリスチレン・フォーム等の発泡に用いる発泡剤やブチルゴム反応溶媒として使用されている。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2005）では、塩化メチルへの職業性ばく露の可能性のある産業として、化学工業、プラスチック製品製造業、窯業・土砂製品製造業、電気機械器具製造業、金属製品製造業等を挙げている。

化学物質の初期リスク評価書（2005）によると、塩化メチルは肺及び皮膚から容易に吸収される。高濃度の塩化メチルを吸入ばく露した場合、短時間でも深刻な神経系の障害を起こし、痙攣、昏睡から死に至ることもある。神経系の症例としては、めまい、衰弱、かすみ目、筋の失調、傾眠、睡眠障害、精神錯乱、知覚麻痺などがある。そのほか、悪心、嘔吐、腹痛等といった胃腸系の症状、黄疸も報告されている。心血管系や肝臓などに障害が出る場合もある。

(4) メカニズム

化学物質の初期リスク評価書（2005）によると、塩化メチルは主にグルタチオンと抱合して S-メチルグルタチオンになり、S-メチルシステインを経てメタンチオールに代謝される。神経毒性のあるメタンチオールは非常に低い濃度で脳中のシトクロム酸化酵素を阻害するため、メタンチオールが塩化メチルの中枢神経抑制作用や小脳顆粒層の萎縮などの毒性の原因物質と考えられている。

15.2 告示に掲げられた疾病又は障害

塩化メチ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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等自覚症状、中枢

神経系抑制、視覚障害、言語障害、協調運動障害等の神経障害又は肝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

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、塩化メチルへの短期・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、化学物質の初期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

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、塩化メチルへのばく露に関する疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

一方、化学物質の初期リスク評価書公表年以降の疫学研究報告としては、漁船の冷蔵庫からの漏洩による塩化メチルへのばく露により、乗組員の循環器疾患による死亡率が上昇するほか、重度の抑うつによる自殺率が上昇するとの報告があった。

表 III-100 塩化メチ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

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（47年間追跡調査）	アイスランドの漁船の乗組員 ばく露群 27名：甲板員 20名（平均年齢 27.31歳） 事務員 7名（平均年齢 46.41歳） 非ばく露群 135名：甲板員 100名（平均年齢 27.26歳） 事務員 35名（平均年齢 46.12歳）	循環器疾患による死亡率の上昇 全心血管イベント ハザード比（HR）2.06, 95%CI: 1.02-4.15 急性冠動脈性心疾患 HR 3.12, 95%CI: 1.11-8.78 脳血管疾患 HR 5.35, 95%CI: 1.18-24.35 重度の抑うつによる自殺 HR13.76, 95%CI: 1.18-160.07	■吸入ばく露 ■急性ばく露	■塩化メチル ■約 100-1,000 ppm	漁船の冷蔵庫から漏洩した塩化メチルの乗組員へのばく露	Rafnsson et al,2014

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-101 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Methyl chloride (Vol. 41, Sup 7, 71 ; 1999)
	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	Methyl chloride
	評価ランク	1996: Carcinogenic potential cannot be determined: ヒト発がん性を決定できない物質
EU	評価物質名称	chloromethane; methyl chloride
	評価ランク	2: ヒトに対する発がん性が疑われる物質
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH ¹³⁷	評価物質名称	—
	評価ランク	A4: ヒトにおける発がん性が分類できていない物質

表 III-102 塩化メチルの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ¹³⁸	TWA ¹³⁹ 50ppm、STEL ¹⁴⁰ 100ppm	皮膚
NIOSH ¹⁴¹	REL ¹⁴²	—	—
OSHA ¹⁴³	PEL ¹⁴⁴	TWA 100 ppm C ¹⁴⁵ 200 ppm 300 ppm	5-minute maximum peak in any 3 hours

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-103 日本産業衛生学会による塩化メチルの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁴⁶		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
塩化メチル [74-87-3]	50	100	—	—	—	—	'84

¹³⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

¹³⁸ Threshold Limit Value: 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

¹³⁹ Time-Weighted Average: 1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

¹⁴⁰ Short-Term Exposure Limit: 8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

¹⁴¹ National Institute for Occupational Safety and Health

¹⁴² 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

¹⁴³ Occupational Safety and Health Administration

¹⁴⁴ 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

¹⁴⁵ Ceiling limit: 天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

¹⁴⁶ Occupational Exposure Limits

表 III-104 塩化メチルの 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	
		塩化メチル	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		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	×	
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	×	
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（神経系、心血管系、肝臓、腎臓）、区分 3（麻酔作用）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（肝臓、腎臓、中枢神経系）	
10	吸引性呼吸器有害性	—	

分類実施日：平成 21 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

16 クロロプレン

16.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

クロロプレン（別名：2-クロロ-1, 3-ブタジエン）は、刺激臭のある無色の液体である。揮発性、引火性がある。クロロプレンの物理化学的性質を表 III-105 に示す。

表 III-105 クロロプレンの物理化学的性質

分子量：88.5	比重：0.96	融点：-130℃	沸点：-59.4℃
CAS No.：126-99-8	溶解性（対水溶解度）：0.03 g/100 ml（20℃）		

(2) 主な用途

クロロプレンは主にポリクロロプレンの製造に使用される。またクロロプレンは、ポリクロロプレン製造以外のプラントでの現場使用や、塩化ビニルの生産の副産物あるいは製造工程の不純物などとしても産出される。

(3) ばく露され得る例

米国環境保護庁（以下 EPA とする）のリスク評価書（2010）では、クロロプレンへの職業性ばく露の可能性のある作業として、ポリクロロプレンやネオプレンの製造などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、クロロプレンにばく露した際、短期ばく露による影響として、皮膚や気道への重度の刺激が知られており、高濃度でばく露すると、肺水腫を生じることがある。多くの臓器に影響を与え、多臓器不全を生じることがある。また、長期または反復ばく露の影響として、皮膚炎を発症することや脱毛を起こすことが知られている。この他、多くの臓器に影響を与え、機能障害を生じることがある。ヒトで発がん性を示す可能性がある。

(4) メカニズム

EPA のリスク評価書（2010）では、ヒトに関するクロロプレンの毒物動態学を扱う報告はなく、動物については吸収と生体内の代謝に関して限定的な情報があるのみとなっている。

16.2 告示に掲げられた疾病又は障害

クロロプレン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、中枢神経系抑制、前眼部障害、気道・肺障害又は肝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

EPA のリスク評価書 (2010) では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、クロロプレレンへの短期・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、EPA 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

EPA のリスク評価書 (2010) では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、クロロプレレンへの疫学研究報告に関する情報は得られなかった。また、EPA のリスク評価書公表年以降の疫学研究報告に関する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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-106 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Chloroprene (Vol. 71 ; 1999)
	評価ランク	2B: ヒトに対して発がん性を示す可能性がある
EPA	評価物質名称	Chloroprene
	評価ランク	2005: Likely to be carcinogenic to humans: ヒト発がん性の可能性が高い物質
EU	評価物質名称	chloroprene (stabilised); 2-chlorobuta-1,3-diene (stabilised)
	評価ランク	1B: ヒトに対しておそらく発がん性がある物質
NTP	評価物質名称	Chloroprene
	評価ランク	R: ヒト発がん性があると合理的に予測される物質
ACGIH ¹⁴⁷	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-107 クロロプレレンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ¹⁴⁸	TWA ¹⁴⁹ 10 ppm	皮膚
NIOSH ¹⁵⁰	REL ¹⁵¹	C ¹⁵² 1 ppm (3.6 mg/m ³)	15 分
OSHA ¹⁵³	PEL ¹⁵⁴	TWA 25 ppm (90 mg/m ³)	皮膚

¹⁴⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

¹⁴⁸ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

¹⁴⁹ Time-Weighted Average : 1 日 8 時間、1 週 40 時間の時間加重平均濃度

¹⁵⁰ National Institute for Occupational Safety and Health

¹⁵¹ 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

¹⁵² Ceiling limit : 天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

¹⁵³ Occupational Safety and Health Administration

¹⁵⁴ 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-108 日本産業衛生学会によるクロロプレンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁵⁵		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
クロロプレン [126-99-8]	—	—	—	—	—	—	—

表 III-109 クロロプレンの 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
			クロロプレン
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	区分 2
		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 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	×
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 1（中枢神経系、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（肝臓、血液、神経系、胃、呼吸器系、心血管系）
10		吸引性呼吸器有害性	×

分類実施日：平成 21 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

17 クロロホルム

17.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

クロロホルム（別名：トリクロロメタン、メチルトリクロリド）は、特徴的な臭気のある、揮発性の無色の液体である。クロロホルムの物理化学的性質を表 III-110 に示す。

表 III-110 クロロホルムの物理化学的性質

分子量：119.4	比重：1.48	融点：-64℃	沸点：62℃
CAS No.：67-66-3	溶解性（対水溶解度）：0.8 g/100 ml（20℃）		

(2) 主な用途

クロロホルムはそのほとんどがフルオロカーボンの原料として使用される。その他として試薬及び抽出溶剤（農薬、医薬品）として使われている。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2005）によると、クロロホルムに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、クロロホルムの短期ばく露による影響として、眼への刺激や、肝臓、腎臓への影響を挙げており、これらの影響は遅れて現れることがあるとしている。また、長期または反復ばく露による影響として、皮膚の脱脂や、肝臓、腎臓への影響を挙げている。

(4) メカニズム

クロロホルムの毒性メカニズムとして、生体内で産生される代謝産物が毒性の本体であると考えられており、肝臓や腎臓、鼻腔等においてシトクロム P450 による酸化的脱塩化水素化で生成するホスゲンや還元的脱塩素化で生成するフリーラジカル等が細胞内のタンパク質や脂質と反応し、細胞や組織障害を誘発することで毒性を発揮すると考えられている¹⁵⁶。

また、クロロホルムは全身麻酔薬であり、全身麻酔薬は一般的に高い脂溶性によって、神経細胞の細胞膜に作用し、細胞膜を構造的に変化させることで神経伝播を阻害すること、あるいは細胞膜上の神経伝達物質受容体やイオンチャンネルに結合することで膜タンパク質の立体構造を変化させ、機能を阻害することにより、麻酔作用を示すとされている。

¹⁵⁶ 日本産業衛生学会 許容濃度の暫定値（2005年度）の提案理由（2005）

17.2 告示に掲げられた疾病又は障害

クロロホル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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制又は肝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

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、クロロホルムの短期・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。

一方、化学物質の初期リスク評価書公表年以降に報告された症例報告としては、職業ばく露ではないが、クロロホルムの経口ばく露によって、意識消失、腎障害、呼吸困難等の症状が引き起こされたとの報告があった。

表 III-111 クロロホル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	意識障害関係の疾病等、尿路系の疾病等、呼吸器系の疾病等	意識消失、腎障害、代謝性アシドーシス、呼吸困難	▪経口ばく露 ▪急性ばく露 ▪ばく露時間不明（記載なし）	▪クロロホルム ▪濃度不明（記載なし） ▪50mL	50mLのクロロホルムを経口摂取した31歳男性についての症例報告	Sridhar, 2011

(2) 疫学研究報告

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、クロロホルムへのばく露に関する疫学研究報告に関する情報は得られなかった。また、化学物質の初期リスク評価書公表年以降についても疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-112 各機関による発がん性の評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Chloroform (Vol. 73 ; 1999)
	評価ランク	2B : ヒトに対して発がん性を示す可能性がある
EPA	評価物質名称	Chloroform
	評価ランク	ヒト発がん性の可能性が高い物質 (high-exposure conditions) (1999)
EU	評価物質名称	trichloromethane; chloroform
	評価ランク	2 : ヒトに対する発がん性が疑われる物質
NTP	評価物質名称	Chloroform
	評価ランク	R : ヒト発がん性があると合理的に予測される物質
ACGIH ¹⁵⁷	評価物質名称	—
	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) (ACGIH 2004)

表 III-113 クロロホルムの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ¹⁵⁸	TWA ¹⁵⁹ 10 ppm	
NIOSH ¹⁶⁰	REL ¹⁶¹	Ca ST ¹⁶² 2 ppm (9.78 mg/m ³) [60-minute]	がん
OSHA ¹⁶³	PEL ¹⁶⁴	C ¹⁶⁵ 50 ppm (240 mg/m ³)	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-114 日本産業衛生学会によるクロロホルムの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁶⁶		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
クロロホルム [67-66-3]	3	14.7	皮	2B	—	—	'05

¹⁵⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

¹⁵⁸ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

¹⁵⁹ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

¹⁶⁰ National Institute for Occupational Safety and Health

¹⁶¹ 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

¹⁶² Short-Term Exposure Limit : 8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

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者に対し有害な影響を及ぼさない許容ばく露限界値

¹⁶⁵ Ceiling limit : 天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

¹⁶⁶ Occupational Exposure Limits

表 III-115 クロロホルムの GHS 分類結果

危険・有害性項目		分類結果	
		クロロホルム	
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	×	
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（肝臓、腎臓）、区分 3（麻酔作用）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（中枢神経系、腎臓、肝臓、呼吸器）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

18 四塩化炭素

18.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

四塩化炭素(別名:テトラクロロメタン)は、甘い匂いのする無色の液体である。容易に蒸発し、燃えにくい性質を有する。四塩化炭素の物理化学的性質を表 III-116 に示す。

表 III-116 四塩化炭素の物理化学的性質

分子量：153.8	比重：1.59	融点：-23℃	沸点：76.5℃
CAS No.：56-23-5	溶解性(対水溶解度)：0.1 g/100 ml (20℃)(溶けにくい)		

(2) 主な用途

四塩化炭素は、主に化学品の原料として用いられており、具体的にはクロロカーボンや農薬、フッ素系ガスの原料として利用されている。この他、試薬としても用いられている。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書(2005)では、四塩化炭素に関する職業性ばく露の可能性のある産業として、窯業・土石製品製造業、化学工業を挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、四塩化炭素への短期ばく露による影響として、眼への刺激や肝臓・腎臓・中枢神経系への影響などが挙げられている。また、反復または長期の皮膚への接触により皮膚炎を生じることが知られているほか、慢性的なばく露により肝硬変を起こす可能性が報告されている。発がん性を示す可能性も示唆されている。

(4) メカニズム

化学物質の初期リスク評価書(2005)では、四塩化炭素は主として肝臓のシトクロム P450 によって代謝され、ラジカルやホスゲンなど極めて反応性の高い中間代謝物を生じ、これらの中間体が、脂質の過酸化やタンパク質等の生体高分子への結合、シトクロム P450 など各種酵素の不活化及び分解、グルタチオン等の細胞内チオール化合物との結合を引き起こし、肝毒性の原因となるとしている。

18.2 告示に掲げられた疾病又は障害

四塩化炭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(以下、「告示」という。)(昭和53年)では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制又は肝障害が掲げられている。

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

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、四塩化炭素へのばく露による症例報告として、無尿症や尿量低下、腎不全などの尿路系の疾病等が報告されている。一方、化学物質の初期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-117 四塩化炭素(CCl₄)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	尿路系の疾病等	無尿症、腎不全	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪2時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪CCl₄ ▪尿中の CCl₄濃度は 331ng/L ▪数日後に採取された消化液中の CCl₄濃度は 15.5% 	イタリア北部のパーティクルボード工場の乾燥室で起こった火災の消火中に、消火液の蒸気を吸入してばく露（5人がばく露、症例はそのうち特に重症であった1名）	Manno, 1996
2	尿路系の疾病等	尿の暗赤色化、腎不全	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪6時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪CCl₄ ▪消火液シリンダー中の CCl₄濃度は重量の 78% 	イタリア中央部の木造の船で起こった火災の消火中に消火液の蒸気を吸入してばく露（2人がばく露、症例はそのうち特に重症であった1名）	Manno, 1997
3	尿路系の疾病等	尿量低下、腎不全	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪2時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪CCl₄ ▪約 15L の CCl₄を換気の悪い部屋で利用 ▪部屋の北側(最も高濃度)の CCl₄濃度は 410ppmで、ここにいた作業員の肺胞から採取した気体中の CCl₄濃度は 100ppm 	イソプロピルアルコール包装工場で CCl ₄ を用いた機器の洗浄中にばく露	Folland, 1976
4	尿路系の疾病等	尿量低下、無尿	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪3時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪CCl₄ ▪600ppm以下 	36歳の男性ボイラー清掃員が CCl ₄ タンクの清掃作業中にばく露	Barnes, 1967

(2) 疫学研究報告

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、四塩化炭素へのばく露による疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

一方、化学物質の初期リスク評価書公表年以降に報告された疫学研究報告では、四塩化炭素へのばく露により、有意ではないもののパーキンソン病の発症リスクが高まる可能性が示唆されている。

表 III-118 四塩化炭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	症例対照研究	99組の双子（一方のみパーキンソン病に罹患）を対象とした。症例：パーキンソン病患者99名 対照：パーキンソン病患者の双子の兄弟（健常者）99名	CCl ₄ へのばく露によりパーキンソン病の発症リスクが上昇する可能性が示唆されたが、有意差は認められなかった（OR:2.3, 95%CI: 0.9-6.1, p=0.088）	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪ばく露され得る職業での勤続年数 対照：7.6（10.7）年 症例：13.2（17.6）年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪CCl₄ ▪ばく露していた人の割合 対照：11% 症例：16% ▪濃度不明（記載なし） 	電気工、機械工、航空整備士、塗装工、ドライクリーニング業、工場従事者	Goldman et al, 2012

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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

表 III-119 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Carbon tetrachloride
	評価ランク	2B: ヒトに対して発がん性を示す可能性がある
EPA	評価物質名称	Carbon tetrachloride
	評価ランク	Likely to be carcinogenic to humans: ヒト発がん性の可能性が高い物質
EU	評価物質名称	carbon tetrachloride; tetrachloromethane
	評価ランク	2: ヒトに対する発がん性が疑われる物質
NTP	評価物質名称	Carbon Tetrachloride
	評価ランク	R: ヒト発がん性があると合理的に予測される物質
ACGIH ¹⁶⁷	評価物質名称	—
	評価ランク	A2(人における発がん性が疑われる物質) (ACGIH 2004)

¹⁶⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-120 四塩化炭素の基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ¹⁶⁸	TWA ¹⁶⁹ 5 ppm STEL ¹⁷⁰ 10 ppm	皮膚
NIOSH ¹⁷¹	REL ¹⁷²	Ca ST 2 ppm (12.6 mg/m ³)	60-minute
OSHA ¹⁷³	PEL ¹⁷⁴	TWA 10 ppm C ¹⁷⁵ 25 ppm 200ppm	5-minute maximum peak in any 4 hours

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-121 日本産業衛生学会による四塩化炭素の許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁷⁶		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
四塩化炭素 [56-23-5]	5	31	皮	2B	—	—	'91

表 III-122 四塩化炭素の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 四塩化炭素
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	—
		吸入：ガス	×
		吸入：蒸気	区分4
		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	×
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1（中枢神経系、肝臓、腎臓）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分1（肝臓、腎臓）、区分2（呼吸器）
10		吸引性呼吸器有害性	×

分類実施日：平成21年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

¹⁶⁸ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

¹⁶⁹ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

¹⁷⁰ Short-Term Exposure Limit：8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

¹⁷¹ National Institute for Occupational Safety and Health

¹⁷² 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

¹⁷³ Occupational Safety and Health Administration

¹⁷⁴ 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

¹⁷⁵ Ceiling REL

¹⁷⁶ Occupational Exposure Limits

19 1,2-ジクロロエタン

19.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

1,2-ジクロロエタン（別名：二塩化エタン、エチリデンジクロライド）は、無色透明の粘稠性の液体で、甘みを有し、クロロホルムに近い匂いがする。1,2-ジクロロエタンの物理化学的性質を表 III-123 に示す。

表 III-123 1,2-ジクロロエタンの物理化学的性質

分子量：98.96	比重：1.2	融点：-35.7°C	沸点：83.5°C
CAS No.：107-06-2	溶解性（対水溶解度）：0.87 g/100 ml		

(2) 主な用途

1,2-ジクロロエタンは主に、合成原料（塩ビモノマー、エチレンジアミン、ポリアミノ酸樹脂、イオン交換樹脂）、洗浄剤（フィルム）、溶媒（有機合成反応、ビタミン抽出）、殺虫剤、薫蒸剤などで用いられている。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2005）では、1,2-ジクロロエタンに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、化学工業、倉庫業、金属製品製造業、石油製品・石炭製品製造業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、1,2-ジクロロエタンの短期ばく露による影響として、眼や皮膚、気道への刺激や、吸入による肺水腫を挙げている。その他、腎臓及び肝臓に影響を与え、機能障害や肝損傷、腎損傷を起こすことが示されており、これらは遅れて現れることがあるとしている。また、長期または反復ばく露による影響として、皮膚炎、肝臓及び腎臓の機能障害が挙げられている。

(4) メカニズム

1,2-ジクロロエタンの詳細な毒性メカニズムは明らかでないが、代謝産物として生成するアルデヒド体やグルタチオン抱合体が細胞内の生体分子と共有結合することで、細胞傷害性を発揮すると考えられている。また、1,2-ジクロロエタンが脂質過酸化を促進することで細胞毒性を示すことも示唆されている¹⁷⁷。

¹⁷⁷ 米国毒物・疾病登録局（ATSDR）のリスク評価書（2001）

19.2 告示に掲げられた疾病又は障害

1,2-ジクロロエタン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制、前眼部障害、気道・肺障害又は肝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

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、1,2-ジクロロエタンの短期・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。

一方、化学物質の初期リスク評価書公表年以降の症例報告として、1,2-ジクロロエタンの職業ばく露により、大脳皮質下白質の異常や小脳機能障害等の神経系の障害や、記憶障害、うつ症状、人格変化等の症状を示したとの報告があった。また、慢性的な職業ばく露による反応性気道疾患症候群や皮膚・粘膜刺激に関する症例報告もあった。

表 III-124 1,2-ジクロロエタ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	神経系の疾病等、精神関係の疾病等	ミオクローヌス（1名）、強直間代性発作（1名）、記憶喪失（1名）、脳の細胞傷害性浮腫（1名）、血管原性浮腫（両側淡蒼球：4名、皮質下白質：4名、両側歯状核：1名）、脳梁の細胞傷害性浮腫（1名）	<ul style="list-style-type: none"> ▪ばく露経路不明（記載なし） ▪平均ばく露時間 11.2±5.8 か月（2～18 か月） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪1,2-ジクロロエタン ▪濃度不明（記載なし） 	溶剤あるいはクレンザーとして1,2-ジクロロエタンを使用していた女性5名についての症例報告	Liu, 2010
2	神経系の疾病等、精神関係の疾病等	記憶障害、鬱症状、髄膜炎、チヤドック徴候、小脳機能障害、両側の大脳皮質下白質・脳幹神経節・小脳半球・小脳核の異常（MRI所見）	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪勤続年数6年 ▪来院2か月前より、めまい、頭痛、嘔吐、記憶障害、鬱症状があった 	<ul style="list-style-type: none"> ▪1,2-ジクロロエタン ▪500-1,500mg/m³（123.52-370.57 ppm）と推測される ▪同時にベンゼン、トルエン、ジメチルベンゼンのばく露があったと考えられる（濃度不明） 	靴製造工場での1,2-ジクロロエタンを含む接着剤を使用していた31歳男性についての症例報告	Chen, 2015

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	
3	神経系の疾病等、意識障害関係の疾病等	四肢のチック症状、傾眠、眠気、運動失調、四肢の振せん、大脳皮質下白質の異常(MRI所見)	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪勤続年数1年 ▪来院1か月前より、頭痛、四肢のチック症状、眠気があった 	<ul style="list-style-type: none"> ▪1,2-ジクロロエタン ▪500-1,500mg/m³ (123.52-370.57 ppm)と推測される ▪同時にベンゼン、トルエン、ジメチルベンゼンのばく露があったと考えられる(濃度不明) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪靴製造工場で、1,2-ジクロロエタンを含む接着剤を使用していた18歳女性についての症例報告 	Chen, 2015
4	精神関係の疾病等、神経系の疾病等	健忘、感情鈍麻、計算能力障害、髄膜炎、両側の脳半球の異常(MRI所見)	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪勤続年数1年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪1,2-ジクロロエタン ▪500-1,500mg/m³ (123.52-370.57 ppm)と推測される ▪同時にベンゼン、トルエン、ジメチルベンゼンのばく露があったと考えられる(濃度不明) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪靴製造工場で、1,2-ジクロロエタンを含む接着剤を使用していた17歳男性についての症例報告 	Chen, 2015
5	神経系の疾病等、精神関係の疾病等、意識障害関係の疾病等、尿路系の疾病等	知覚麻痺、人格変化、痙攣、昏睡、尿閉、髄膜炎、理解能力低下、計算能力低下、大脳障害(脳水腫)、小脳機能障害、大脳ヘルニア、軽度認知障害、両側の脳皮質下白質・小脳虫部の異常(MRI所見)	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪勤続年数10か月 ▪来院前10日以上、頭痛、嘔吐があった 	<ul style="list-style-type: none"> ▪1,2-ジクロロエタン ▪500-1,500mg/m³ (123.52-370.57 ppm)と推測される ▪同時にベンゼン、トルエン、ジメチルベンゼンのばく露があったと考えられる(濃度不明) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪パイプ製造工場で、1,2-ジクロロエタンを含む接着剤を使用していた25歳女性についての症例報告 	Chen, 2015
6	精神関係の疾病等、神経系の疾病等、尿路系の疾病等、呼吸器系の疾病等	感情鈍麻、計算能力低下、大脳障害(脳水腫)、大脳ヘルニア、てんかん発作、四肢の脱力、昏睡、尿閉、腎不全、呼吸不全、両側の脳皮質下白質の異常(MRI所見)	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪勤続年数10年 ▪来院前2か月以上、頭痛があった 	<ul style="list-style-type: none"> ▪1,2-ジクロロエタン ▪500-1,500mg/m³ (123.52-370.57 ppm)と推測される ▪同時にベンゼン、トルエン、ジメチルベンゼンのばく露があったと考えられる(濃度不明) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ペンキ工場働く41歳男性についての症例報告(管理職だが、時々ペンキを塗る作業を行っていた) 	Chen, 2015

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	
7	呼吸器系の疾病等、皮膚の疾病等、神経系の疾病等	反応性気道疾患症候群、皮膚・粘膜刺激、長期間にわたる神経心理学的異常	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪2日～3年間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪1,2-ジクロロエタン ▪濃度不明（記載なし） 	貨物輸送コンテナの燻蒸剤として用いられた 1,2-ジクロロエタンに、コンテナを開けた時、または貨物を降ろす時にばく露された 8 人についての症例報告	Preisser, 2011

(2) 疫学研究報告

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、1,2-ジクロロエタンへのばく露に関する疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

一方、化学物質の初期リスク評価書公表年以降の疫学研究報告として、パイプラインから漏出した 1,2-ジクロロエタンのばく露により、情報処理速度や注意力等の神経心理学的な機能低下が見られるとの報告があった。また、職業ばく露ではないが、産業ガスとして排出される 1,2-ジクロロエタンの妊婦へのばく露により、胎児の神経管欠損リスクが高まるとの報告があった。

表 III-125 1,2-ジクロロエタ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	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	<p>パイプラインから漏出した 1,2-ジクロロエタンの清掃作業に従事し、精神的あるいは神経学的な問題が生じた 137 名 黒人 61 名、白人 76 名</p> <p>ばく露がなく、地理的に近い地域に住む群（対照群：先行研究（Bowler, 2001）における研究対象※）との比較を実施※黒人 201 名、白人 64 名</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■対照群に比べ、注意力、集中力、非言語情報処理速度（視空間など）、言語記憶および学習に有意な低下がみられる（P 値記載なし）。 ■84%の白人、75%の黒人が精神科患者レベルの精神状態にある（有意）。 ■85%の白色人種、86%の黒人が不安症である（有意）。 ■ばく露との関連（ANCOVA）をみると、黒人では情報処理速度、注意力、認識の柔軟性、運動協調性および運動のスピード、言語記憶、言語の流暢さ、視空間能力の低下と 1,2-ジクロロエタンのばく露に有意な関連がある（$P<0.05$） ■白人では、情報処理速度、注意力、認識の柔軟性、運動協調性および運動のスピード、言語記憶の低下と 1,2-ジクロロエタンのばく露に有意な関連がある（$P<0.05$）（ANCOVA） ■ばく露と神経心理学的な機能低下には、用量反応関係が存在する（検定値記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ■ばく露経路不明 ■黒人：平均 31.6 ± 60.4 か月 ■白色人種：平均 25.4 ± 44.8 か月 	<ul style="list-style-type: none"> ■1,2-ジクロロエタン ■濃度不明（記載なし） ■質問紙により、ばく露頻度を推定（毎日、半月以上、半月以下、ばく露なし） 	<p>パイプラインから漏出した 1,2-ジクロロエタンの清掃作業に従事</p>	Bowler, 2003

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	大連市(中国)の中心部からおよそ10km北に居住している109名(59世帯)	<ul style="list-style-type: none"> 以前シックビルディング症候群に関連した自覚症状を経験したことがある人の寝室における平均1,2-ジクロロエタン濃度(男性:2.0$\mu\text{g}/\text{m}^3$、女性:1.7$\mu\text{g}/\text{m}^3$)は、自覚症状を経験したことがない群の平均濃度(1.0$\mu\text{g}/\text{m}^3$)に比べて有意に高い(P<0.05) 	<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"> 1,2-ジクロロエタン 男性平均:2.0$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 女性平均:1.7$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 家を建てた直後では、サンプリング時に比べてより高濃度であった可能性がある 	室内空気汚染物質としての1,2-ジクロロエタンのばく露(職業ばく露を対象としたものではない)	Guo, 2013
3	症例対照研究	1996年~2008年に出産、胎児死亡、妊娠中絶したテキサス在住の女性のうち、子供(胎児)が少なくとも1つの特定の先天異常であると診断された症例(神経管欠損:3,245例、四肢欠損:2,406例、口蓋裂:7,416例、心疾患:60,154例)対照群として、1996年~2008年に出産したテキサス在住の女性のうち、子供が先天異常を伴わなかった症例(280,764例)	<ul style="list-style-type: none"> ロジスティック回帰分析の結果、対照群に比べ、1,2-ジクロロエタンばく露群では子供(胎児)の神経管欠損リスクが上昇した。調整オッズ比 aOR=1.28, 95%CI:1.01-1.62 うち二分脊椎 aOR=1.64, 95%CI:1.24-2.16 Wald 統計量を用いた傾向分析の結果、Exposure risk value と二分脊椎、心中隔欠損のリスクにはそれぞれ正の関連性が認められた。二分脊椎 (P<0.0001) 心中隔欠損 (P=0.007) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露時間不明(記載なし) ※ Emission Weighted Proximity Model によりばく露レベル(Exposure risk value)を推定 	<ul style="list-style-type: none"> 1,2-ジクロロエタン 濃度不明(記載なし) 	産業で排出される1,2-ジクロロエタンの環境ばく露(職業ばく露ではない)	Brender, 2014

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-126 各機関による発がん性の評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	1,2-Dichloroethane (Vol. 20, Sup 7, 71 ; 1999)
	評価ランク	2B : ヒトに対して発がん性を示す可能性がある
EPA	評価物質名称	1,2-Dichloroethane
	評価ランク	B2 : 動物での十分な証拠に基づいて、おそらくヒト発がん性物質 (1986)
EU	評価物質名称	1,2-dichloroethane; ethylene dichloride
	評価ランク	1B : ヒトに対しておそらく発がん性がある物質
NTP	評価物質名称	1,2-Dichloroethane
	評価ランク	R : ヒト発がん性があると合理的に予測される物質
ACGIH ¹⁷⁸	評価物質名称	—
	評価ランク	A4 (人における発がん性が分類できていない物質) (ACGIH 2012)

表 III-127 1,2-ジクロロエタンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ¹⁷⁹	TWA ¹⁸⁰ 10ppm	—
NIOSH ¹⁸¹	REL ¹⁸²	Ca TWA 1 ppm (4 mg/m ³) ST ¹⁸³ 2 ppm (8 mg/m ³)	がん
OSHA ¹⁸⁴	PEL ¹⁸⁵	TWA 50 ppm C ¹⁸⁶ 100 ppm 200 ppm [5-minute maximum peak in any 3 hours]	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-128 日本産業衛生学会による 1,2-ジクロロエタンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁸⁷		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
1,2-ジクロロエタン [107-06-2]	10	40	—	2B	—	—	'84

¹⁷⁸ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

¹⁷⁹ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

¹⁸⁰ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

¹⁸¹ National Institute for Occupational Safety and Health

¹⁸² 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

¹⁸³ Short-Term Exposure Limit : 8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

¹⁸⁴ Occupational Safety and Health Administration

¹⁸⁵ 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

¹⁸⁶ Ceiling limit : 天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

¹⁸⁷ Occupational Exposure Limits

表 III-129 1,2-ジクロロエタンの GHS 分類結果

危険・有害性項目		分類結果	
		1,2-ジクロロエタン	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		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	—	
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	×	
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（中枢神経系、血液、肝臓、腎臓、呼吸器、心血管系）、区分 3（麻酔作用）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（神経系、肝臓、甲状腺、腎臓、血液）	
10	吸引性呼吸器有害性	区分 1	

分類実施日：平成 21 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

20.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

1,2-ジクロロエチレンには、シス (cis) 型とトランス (trans) 型の幾何異性体が存在する。以降、シス型とトランス型とで、性質が異なる場合はそれぞれについて記載するが、シス型とトランス型とで同様の性質を有する場合は、1,2-ジクロロエチレンとしてまとめて記載する。

1,2-ジクロロエチレンは、無色透明の液体でクロロホルム様の臭いを有する物質である。加熱や空気、光、水分の影響下で分解し、塩化水素などの有毒で腐食性のヒュームを生じる。

cis-1,2-ジクロロエチレンと trans-1,2-ジクロロエチレンの物理化学的性質を表 III-130 および表 III-131 に示す。なお、シス型とトランス型の混合物は、CAS No. 540-59-0 として示される。

表 III-130 cis-1,2-ジクロロエチレンの物理化学的性質

分子量：96.94	比重：1.284 (20℃)	融点：-81.5℃	沸点：60℃
CAS No.：156-59-2	溶解性 (対水溶解度)：3.5g/L (20℃)		

表 III-131 trans-1,2-ジクロロエチレンの物理化学的性質

分子量：96.94	比重：1.257 (20℃)	融点：-49.4℃	沸点：48℃
CAS No.：156-60-5	溶解性 (対水溶解度)：6.3g/L (20℃)		

(2) 主な用途

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書 (2008) によると、cis-1,2-ジクロロエチレン、trans-1,2-ジクロロエチレンともに国内における製造・輸入はなく、国内における用途はないものと考えられている。

一方で、海外での用途について、環境省の化学物質の生態リスク初期評価書 (2006) では、cis-1,2-ジクロロエチレンの主な用途として洗浄剤を挙げており、環境省の化学物質の生態リスク初期評価書 (2005) では、trans-1,2-ジクロロエチレンの主な用途として他の塩素系溶剤の合成原料や、染料・香料・樹脂等の低温抽出溶剤を挙げています。

(3) ばく露され得る例

環境省の化学物質の生態リスク初期評価書 (2006) では、cis-1,2-ジクロロエチレンに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、産業廃棄物処分量、一般廃棄物処理業、下水道業、電気業を挙げています。一方、化学物質評価研究機構の有害性評価書 (2008) では、trans-1,2-ジクロロエチレンに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、化学工業を挙げています。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードによると、1,2-ジクロロエチレンへの短期ばく露による影響として眼や気道への刺激があり、高濃度の場合には中枢神経系に影響を与え、意識低下を生じることが知られている。また、長期または反復ばく露による影響として、皮膚の脱

脂を生じ、肝臓に影響を与えることが知られている。

(4) メカニズム

化学物質の初期リスク評価書（2008）では、1,2-ジクロロエチレンは、ヒトの血液、肝臓、脂肪組織に高い親和性を示すことが示唆されている。

20.2 告示に掲げられた疾病又は障害

1,2-ジクロロエチレン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又は中枢神経系抑制が掲げられている。

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

化学物質の初期リスク評価書（2008）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、1,2-ジクロロエチレンの短期・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、化学物質の初期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

化学物質の初期リスク評価書（2008）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、1,2-ジクロロエチレンのばく露に関する疫学研究報告に関する情報は得られなかった。また、化学物質の初期リスク評価書公表年以降の疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

表 III-132 cis-1,2-ジクロロエチレンの各機関による発がん性評価

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	cis-1,2-Dichloroethylene
	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 ¹⁸⁸	評価物質名称	—
	評価ランク	—

¹⁸⁸ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-133 trans-1,2-ジクロロエチレンの各機関による発がん性評価

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	trans-1,2-Dichloroethylene
	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-134 1,2-ジクロロエチレンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ¹⁸⁹	TWA ¹⁹⁰ 200 ppm (790 mg/m ³)	cis 型、trans 型の混合物として
NIOSH ¹⁹¹	REL ¹⁹²	TWA 200 ppm (790 mg/m ³)	同上
OSHA ¹⁹³	PEL ¹⁹⁴	TWA 200 ppm (790 mg/m ³)	同上

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-135 日本産業衛生学会による 1,2-ジクロロエチレンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ¹⁹⁵		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
1,2-ジクロロエチレン (混合物) [540-59-0]	150	590	—	—	—	—	'70

¹⁸⁹ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

¹⁹⁰ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

¹⁹¹ National Institute for Occupational Safety and Health

¹⁹² 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

¹⁹³ Occupational Safety and Health Administration

¹⁹⁴ 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

¹⁹⁵ Occupational Exposure Limits

表 III-136 cis-1,2-ジクロロエチレンの 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
			cis-1,2-ジクロロエチレン
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		×
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 3（麻酔作用）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分 2（血液系）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

表 III-137 trans-1,2-ジクロロエチレンの 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
			trans-1,2-ジクロロエチレン
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		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		×
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（中枢神経系、肝臓）、区分 2（心臓、呼吸器）、区分 3（麻酔作用）
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：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

21 ジクロルメタン

21.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ジクロルメタン（別名：塩化メチレン、二塩化メチレン、メチレンクロリド、メチレンジクロリド）は、無色透明の揮発しやすい液体で、クロロホルムに似た臭いを持つ。高温面や炎に触れると分解し、有害なヒューム（塩化水素、ホスゲン、一酸化炭素など）を生成する。ジクロルメタンの物理化学的性質を表 III-138 に示す。

表 III-138 ジクロルメタンの物理化学的性質

分子量：84.9	比重：1.3	融点：-95.1℃	沸点：40℃
CAS No.：75-09-2	溶解性（対水溶解度）：1.3 g/100 ml（20℃）		

(2) 主な用途

ジクロルメタンは、主に金属用の脱脂洗浄剤もしくはプリント基板用洗浄剤として用いられている。その他、医薬・農薬溶剤、繊維・フィルム溶剤、接着剤などの各種溶剤や、塗料剥離剤、ウレタン発泡助剤などにも使われている。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2007）では、ジクロルメタンに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、印刷業、金属製品製造業、自動車等の輸送用機械器具製造業、一般機械器具製造業、化学工業、電気機械器具製造業などが挙げられている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、ジクロルメタンへの短期ばく露による影響として、眼や皮膚、気道への刺激や、中枢神経系、血液、肝臓、心臓、肺に影響を挙げている。また、ばく露により一酸化炭素中毒を引き起こし、機能障害を生じることがあるとしている。長期ばく露による影響としては、反復または長期への皮膚の接触により皮膚炎を引き起こすことや、中枢神経系に影響を与えることが示唆されている。また、ヒトで発がん性があるとされている¹⁹⁶。

(4) メカニズム

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（2000）によると、ジクロルメタンによる毒性は主に肺、血液系、及び神経系で発現する。ジクロルメタンにばく露されると肺のクララ細胞が傷害されるが、クララ細胞中のシトクロム P450（CYP2B1、CYP2B2）の活性が細胞障害に関与していることが示唆されている。また、ジクロルメタンの代謝により一酸化炭素が産

¹⁹⁶ 平成 25 年に労働基準法施行規則（昭和 22 年厚生省令第 23 号）別表第 1 の 2 に定める業務上の疾病として、本物質にさらされる業務による胆管がんが新たに追加された（平成 25 年 10 月 1 日施行）。本調査ではがんを対象外としているため、本サマリにおいては当該物質によるがん以外の疾病又は障害について記載している。

生まれ、一酸化炭素ヘモグロビン血症を引き起こすことが示されている。神経毒性については、ジクロルメタンの脂溶性の性質が影響していると考えられているが、詳細なメカニズムは不明であるとされている。一般的な麻酔と同様、細胞膜から神経細胞内に取り込まれることでシグナル伝達を阻害するメカニズムや、一酸化炭素ヘモグロビンの生成による低酸素が神経細胞に影響を及ぼすメカニズムが推測されている。

21.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ジクロルメタン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制、前眼部障害又は気道・肺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

化学物質の初期リスク評価書（2007）では、短期ばく露による症例報告として経皮ばく露による皮膚の化学熱傷が報告されている。また、中長期的なばく露による症例報告として、人格の変化や精神錯乱、記憶障害を起こした症例や、生殖器の痛みや精子数の減少を示す症例が報告されている。

一方、化学物質の初期リスク評価書（2007）公表年以降の症例報告としては、急性ばく露による意識消失のほか、視力障害や難聴、歩行障害を起こした症例が報告されている。その他、慢性的にジクロルメタンおよびヨウ化メチルにばく露されている男性が、一時的な高濃度ばく露により、脳梁におけるミエリン溶解が引き起こされたとの症例報告があった。

表 III-139 ジクロルメタ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	皮膚の疾病等	2回の事故でばく露。 1回目の事故ではジクロルメタン系化合物の直接的な接触により、全皮膚の15%がI度またはII度の化学熱傷を負った 2回目の事故では、低酸素性脳症、多臓器不全で死亡。 ※剖検による結果	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入・経皮ばく露 ▪ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ジクロルメタン、トルエン（混合ばく露） ▪血中のジクロルメタン濃度は80 μg/L、トルエン濃度は2 μg/L 	家具の塗料剥離店勤務の21歳の男性従業員が、浸漬タンク中のジクロルメタン系化合物による家具の塗料剥離中にばく露。 ※2回目の事故により死亡	Hall, 1990

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	
2	神経系の疾患等、皮膚の疾病等	全身性痙攣、ジクロルメタンと直接接触した皮膚の25%の深さがI度またはII度の化学熱傷	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露 ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロルメタン ばく露濃度不明（記載なし） 	家具の塗料剥離店勤務の53歳の男性従業員が、ジクロルメタン系塗料を使用中にばく露。	Hall, 1990
3	意識障害関係の疾病等、循環器系の疾病等、皮膚の疾病等	意識不明、心筋炎、ジクロルメタンと直接接触した皮膚の20%がII度の化学熱傷 ※剖検による結果	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露 ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロルメタン ばく露濃度不明（記載なし） 	家具の塗料剥離店勤務の34歳の男性従業員が、ジクロルメタン系化合物で家具の塗料剥離中にばく露。救急隊により死亡が確認された。	Hall, 1990
4	皮膚の疾病等、呼吸器系の疾患等	皮膚の熱傷、右下葉の硬変肺炎、出血を伴う軽い肺水腫、小脳扁桃ヘルニアを伴う脳浮腫 ※剖検による結果	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露 ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロルメタン系化合物 ジクロルメタン91.2%、メタノール6.0% 血清中のジクロルメタン濃度15.5mg/dL、尿中のジクロルメタン濃度22 μg/mL 	29歳男性従業員と32歳男性従業員がジクロルメタン系化合物でのペイントの除去作業中にばく露。その後死亡。	Leikin, 1990
5	皮膚の疾病等、神経系の疾患等、血液・造血器関係の疾病等	皮膚の熱傷、重度の表皮損傷、鼓膜穿孔、嗅覚消失、メタノール全身性中毒に続発する中毒性アシドーシス、血管内溶血、横紋筋融解症	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露 15分 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロルメタン、メタノール ばく露濃度不明（記載なし） 	ペイントの除去作業者がジクロルメタンとメタノールの入った桶に落ちばく露。	Weber, 1990
6	意識障害関係の疾病等、循環器系の疾患等、皮膚の疾病等	意識不明、重度のショック状態、血圧低下、両足への二次および三次熱傷	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露 30分 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロルメタン ばく露濃度不明（記載なし） 	若い男性が容器中のジクロルメタンアセテート混合物の残留物を洗浄中にばく露。	Wells, 1984
7	精神関係の疾病等、神経系の疾病等、生殖器障害	失神、記憶障害、人格の変化、鬱、肝炎、肝肥大、両睾丸の圧痛、睾丸及び下腹部の痛み、物を引っ張ったり持ち上げる際の不快感、前立腺の軟化、精子数の減少	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露 1年10か月 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロルメタン ばく露濃度不明（記載なし） 	30歳の自動車部品会社勤務の男性がパッドをジクロルメタンのバケツに浸ける作業中にばく露。	Kelly, 1988

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	
8	生殖器障害	辜丸の痛み、精巣上体の圧痛、精子数の減少	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露 1年9か月 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロロメタン ばく露濃度不明(記載なし) 	20歳の男性が、自動車のパネルをジクロロメタンで洗浄中にばく露。	Kelly, 1988
9	精神関係の疾病等、神経系の疾病等、生殖器障害	人格の変化、眼振、神経心因性機能障害、記憶障害、右側の筆蹟感覚消失、聴覚感覚の減少、生殖器の痛みや圧痛、精子数の減少	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露 10か月 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロロメタン ばく露濃度不明(記載なし) 	28歳男性が自動車のパネルをジクロロメタンで洗浄中にばく露。	Kelly, 1988
10	生殖器障害	生殖器の痛み(辜丸や前立腺)、両方の精巣萎縮症、精子数の減少	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露 3-4か月 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロロメタン、トルエン、キシレン ばく露濃度不明(記載なし) 	27歳男性が仕上げ作業として自動車部品をジクロロメタンで洗浄中にばく露。	Kelly, 1988
11	精神関係の疾病等、神経系の疾病等	記憶障害、言語障害、足のふらつき、知的障害、原因不明の両側頭葉の退化	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露 3年間 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロロメタン 空气中 300ppm以下、作業場は 500-1000ppm 	55歳から58歳の間、道路建材などの品質のチェックの際に、タールやビチューメンなどをジクロロメタンを用いて洗浄していた際にばく露。	Barrowcliff, 1979
12	精神関係の疾病等	精神錯乱、応答の遅れ、不明瞭な話し方、短期記憶の欠落、過度の不安、幻聴、乳頭浮腫、知覚的な注意力欠陥、左腕の局所的発作、全身の発作	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露 4年間(12時間/日) 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロロメタン 78%、ギ酸 10%、ドデシルベンゼンスルホン酸 5%、腐食抑制剤 7% 	52歳男性が、ストリップタンクオペレーターとして使用済の機械部品をジクロロメタンを含む溶剤の桶に浸ける作業中にばく露。	Tariot, 1983
13	神経系の疾病等、意識障害関係の疾病等、循環器系の疾病等	視力障害、意識消失、歩行障害、洞性徐脈、呼吸性アルカローシス、耳鳴・耳痛、両側性難聴	<ul style="list-style-type: none"> 吸入・経皮ばく露(明確な記載なし) ばく露時間不明(拭き取り作業開始後数分で意識消失とあるが、明確な記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロロメタン 濃度不明(記載なし) 	電気回路組み立てに従事している37歳女性が床にこぼしたジクロロメタンを含む溶液の拭き取り作業中にばく露。	Bonfiglioli, 2014

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	
14	神経系の疾病等、精神関係の疾病等、意識障害関係の疾病等	運動失調、錯乱・せん妄状態、平衡障害、構音障害、嗜眠・昏迷・浅昏睡、記憶障害、多発性神経炎、精神緩慢、認知障害、実行機能障害、脳梁におけるミエリン溶解、脳萎縮	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪5年間 ▪※急性症状が出現する前日に、普段より高濃度のジクロルメタン、ヨウ化メチルにばく露された 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ジクロルメタン（許容限界の上限值近い濃度） ▪ヨウ化メチル（最大許容濃度の10倍の濃度） 	37歳男性化学者がジクロルメタンとヨウ化メチルに慢性的にばく露（一時的に高濃度ばく露）。	Ehler,2011
15	意識障害関係の疾病等、循環器系の疾病等	意識消失、心拡大、冠動脈硬化、低酸素症、律動異常	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪作業開始後6時間半で発見された 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ジクロルメタン ▪濃度不明（ペンキ剥離剤には70～85%のジクロルメタンが含まれていた） 	24歳男性整備士がジクロルメタンを含むペンキ剥離剤で防水塗装を取り除く作業中にばく露。	Macisaac,2013
16	意識障害関係の疾病等、循環器系の疾病等	意識消失、心停止、肺うっ血、心うっ血	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪作業開始後2時間半で発見された 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ジクロルメタン ▪濃度不明（ペンキ剥離剤には60～100%のジクロルメタンが含まれていた） 	ペンキ製造施設の従業員である65歳男性がジクロルメタンを含むペンキ剥離剤で乾いたペンキを取り除く作業中にばく露。	Macisaac,2013
17	意識障害関係の疾病等、循環器系の疾病等	意識消失、気道開存、浅呼吸、洞性頻脈、呼吸性アシドーシス	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸引ばく露 ▪救出作業開始後1時間半で発見された 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ジクロルメタン ▪濃度不明（ペンキ剥離剤には60～100%のジクロルメタンが含まれていた） 	上記の65歳男性の同僚（45歳男性）が65歳男性を救出する際にばく露。	Macisaac,2013

(2) 疫学研究報告

化学物質の初期リスク評価書（2007）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、ジクロルメタンのばく露による生殖機能への影響に関する報告があった。

一方、化学物質の初期リスク評価書（2007）公表年以降の疫学研究報告として、ジクロルメタンの職業ばく露はシェーグレン症候群と関連があるとの報告があった。その他、ジクロルメタンを含む4物質の混合ばく露による影響として、DNA損傷リスクが高まるとの報告があった。

表 III-140 ジクロルメタ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(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	ジクロルメタンを扱う工場働く労働者34人(3つのグループに分類) グループ1:26人 ジクロルメタンによるふき取り作業に従事 グループ2/3:8人 仕上げ機械での仕上げ作業と塗装作業に従事、プレス作業に従事	不妊症、睾丸または前立腺の不快感を訴えた8人全てがグループ1であった。	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入・経皮ばく露 ▪勤務年数:0.7~7.0年間(不快感を訴えた8名) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ジクロルメタン、スチレン、アセトン、キシレン、トルエン、イソシアン酸 ▪グループ別のジクロルメタンのばく露濃度は以下のとおり。 グループ1:68ppm(3.3-154.4ppm) グループ2:8.87ppm(0.7-84.2ppm) グループ3:3.4.1ppm(1.2-10.1ppm) 	ジクロルメタンによるふき取り作業、仕上げ作業、塗装作業等に従事	Kelly, 1988
2	後ろ向きコホート研究	1973年または1975年から1980年までにフィンランドの薬品工場勤務していた妊婦1,795人 ※フィンランドの医療データベースからデータを抽出	雇用中の自然流産の割合は10.9%、雇用前後の割合は10.6%であった。一方、研究期間における薬品工場の近くにある病院での自然流産の割合は8.5%だった。	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪ばく露期間不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ジクロルメタン、クロロホルム、トルエン、脂肪族炭化水素、ベンゼン、キシレン、その他の溶剤 ▪ばく露濃度不明(記載なし) 	薬品工場勤務中にばく露	Taskinen, 1986
3	症例対照研究	症例群:薬品工場勤務中に流産を経験した38人 対照群:薬品工場勤務中通常の出産を経験した119人	ジクロルメタン OR=2.3(95%CI:1.0-5.7, p=0.06) 有意ではないが、他の化学物質に比べて最も関係が強い	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪妊娠初期に1週間以上勤務 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ジクロルメタン、クロロホルム、トルエン、脂肪族炭化水素、ベンゼン、キシレン、その他の溶剤 ▪ばく露濃度不明(記載なし) 	薬品工場勤務中にばく露	Taskinen, 1986

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	症例対照研究	2010年1月～2013年12月にフランスの3大学病院を受診したシェーグレン症候群患者175症例。各症例に年齢(±5歳)、性別の一致する対照を2症例ずつ選択(対照群:350症例)	<ul style="list-style-type: none"> ジクロルメタンの職業ばく露はシェーグレン症候群と関連がある(対照群との比較では、OR=9.28, 95%CI: 2.60-33.03, P<0.0001) 自己抗体陽性患者91名のうち10名(11%)がジクロルメタンばく露を報告(対照群との比較では、OR=11.11, 95%CI: 2.38-51.82, P値記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ばく露経路不明(記載なし) ばく露時間不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ジクロルメタン 濃度不明(記載なし) 	職業ばく露(具体的な記載なし)	Chaigne, 2015
5	コホート研究	同じ医薬品工場の同じ生産ラインで働いており、フェニルヒドラジン、エチレンオキシド、ジクロルメタン、1,2-ジクロロエタンにばく露されている16名(女性9名、男性7名)について、個人保護具使用前後で採血を実施。対照群として、ばく露群と同じ地域に在住しており、化学物質へのばく露がない16名(女性9名、男性7名)	<ul style="list-style-type: none"> 小核、核出芽、核質架橋の出現頻度は、いずれも対照群に比べばく露群で有意に高い(P<0.05) 保護具使用前に比べ、使用後では小核の出現頻度が有意に低下(P<0.05) 保護具使用前に比べ、使用後ではDNA損傷が有意に減少(P<0.05) 	<ul style="list-style-type: none"> ばく露経路不明(記載なし) PPE使用前8か月間、PPE使用後8か月間 勤務時間:週5日、1日8時間 	<ul style="list-style-type: none"> フェニルヒドラジン、エチレンオキシド、ジクロルメタン、1,2-ジクロロエタンの混合ばく露 濃度不明(記載なし) 	医薬品工場の生産ラインでの作業に従事	Zeljezic, 2015

21.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-141 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Dichloromethane (Methylene chloride) (Vol. 71, 110 ; in prep)
	評価ランク	2A: ヒトに対しておそらく発がん性を示す
EPA	評価物質名称	Dichloromethane
	評価ランク	Likely to be carcinogenic to humans: ヒト発がん性の可能性が高い物質 (2005)
EU	評価物質名称	dichloromethane; methylene chloride
	評価ランク	2: ヒトに対する発がん性が疑われる物質
NTP	評価物質名称	Dichloromethane
	評価ランク	R: ヒト発がん性があると合理的に予測される物質
ACGIH ¹⁹⁷	評価物質名称	Dichloromethane
	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) (ACGIH 2011)

表 III-142 ジクロルメタンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ¹⁹⁸	TWA ¹⁹⁹ 50ppm	—
NIOSH ²⁰⁰	REL ²⁰¹	—	—
OSHA ²⁰²	PEL ²⁰³	TWA 25 ppm ST ²⁰⁴ 125 ppm	—

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-143 日本産業衛生学会によるジクロルメタンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²⁰⁵		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
ジクロルメタン [75-09-2]	50/最 大100	170/最 大340	皮	2B	—	—	'99

¹⁹⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

¹⁹⁸ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

¹⁹⁹ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

²⁰⁰ National Institute for Occupational Safety and Health

²⁰¹ 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

²⁰² Occupational Safety and Health Administration

²⁰³ 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

²⁰⁴ Short-Term Exposure Limit : 8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

²⁰⁵ Occupational Exposure Limits

表 III-144 ジクロルメタンの 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	
		ジクロルメタン	
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	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	×	
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、呼吸器）、区分 3（麻醉作用）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（中枢神経系、肝臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 18 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

22 臭化エチル

22.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

臭化エチル（別名：エチルブロマイド、1-ブロモエタン、エチルブロミド、ブロモエタン）は、特徴的な臭気のある、無色の液体である。臭化エチルの物理化学的性質を表 III-145 に示す。

表 III-145 臭化エチルの物理化学的性質

分子量：109.0	比重：1.4	融点：-119℃	沸点：38.4℃
CAS No.：74-96-4	溶解性（対水溶解度）：0.91 g/100 ml（20℃）		

(2) 主な用途

臭化エチルは、主に医薬や農薬の有機合成におけるエチル化剤、冷凍剤に使用されている。

(3) ばく露され得る例

WHO の国際化学物質簡潔評価文書（以下 CICAD とする）の評価書（2002）では、臭化エチルに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、（主な用途から）医薬品製造業、農薬製造業、化学工業を挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、臭化エチルへの短期ばく露による影響として、眼への刺激や中枢神経系への影響を挙げている。

(4) メカニズム

臭化エチルの毒性メカニズムは明らかではないが、臭化エチルはエチル化剤であり、他のアルキル化剤と同様に細胞内の生体分子をアルキル化することで機能を阻害し、細胞傷害性を示すと考えられている。また、生体内の代謝過程において産生されるフリーラジカルが生体分子と反応し、細胞傷害性を示すことも知られており、臭化エチルも同様の毒性メカニズムによって毒性を発揮することが示唆されている²⁰⁶。

22.2 告示に掲げられた疾病又は障害

臭化エチ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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、中枢神経系抑制又は気道・肺障害が掲げられている。

²⁰⁶ CICAD（2002）、EPA for monohalomethanes（1977）

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

CICAD の評価書（2002）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、臭化エチルの短期・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、CICAD の評価書公表年以降についても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

CICAD の評価書（2002）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、臭化エチルへのばく露に関する疫学研究報告に関する情報は得られなかった。また、CICAD の評価書公表年以降についても疫学研究報告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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

表 III-146 各機関による発がん性の評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Bromoethane (Vol. 52, 71 ; 1999)
	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	bromoethane; ethyl bromide
	評価ランク	2 : ヒトに対する発がん性が疑われる物質
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH ²⁰⁷	評価物質名称	—
	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）（ACGIH 2004）

表 III-147 臭化エチルの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²⁰⁸	TWA ²⁰⁹ 5ppm	皮膚
NIOSH ²¹⁰	REL ²¹¹	—	—
OSHA ²¹²	PEL ²¹³	TWA 200 ppm (890 mg/m ³)	—

²⁰⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

²⁰⁸ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

²⁰⁹ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

²¹⁰ National Institute for Occupational Safety and Health

²¹¹ 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

²¹² Occupational Safety and Health Administration

²¹³ 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-148 日本産業衛生学会による臭化エチルの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²¹⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
臭化エチル [74-96-4]	—	—	—	—	—	—	—

表 III-149 臭化エチルの 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
			臭化エチル
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	×
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分 5
		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-2B
4		呼吸器感作性又は皮膚感作性	×
5		生殖細胞変異原性	×
6		発がん性	区分 2
7		生殖毒性	区分 2
8		標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（神経系、呼吸器系）、区分 3（麻酔作用）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 2（中枢神経系）
10		吸引性呼吸器有害性	×

分類実施日：平成 18 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

²¹⁴ Occupational Exposure Limits

23 臭化メチル

23.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

臭化メチル（別名：ブロモメタン、メチル＝ブロミド）は、無色の気体もしくは無色無臭の圧縮液化ガスである。加熱すると分解し、臭化水素、臭素、オキシ臭化炭素を含む有毒なヒュームを生じる。臭化メチルの物理化学的性質を表 III-150 に示す。

表 III-150 臭化メチルの物理化学的性質

分子量：94.9	比重：1.7 at 0 C	融点：-94℃	沸点：4℃
CAS No.：74-83-9	溶解性（対水溶解度）：1.5 g/100 ml (20℃)		

(2) 主な用途

臭化メチルは、主に燻蒸剤として食料の検疫や土壌消毒に使用されている。その他、有機合成原料としての用途もある。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2008）では、臭化メチルに関する職業性ばく露の可能性のある作業・産業として、食料の燻蒸、化学工業、倉庫業、食料品製造業、プラスチック製品製造業、飲料・たばこ・飼料製造業を挙げている

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、臭化メチルへの短期ばく露の影響として、皮膚への重度の刺激や、眼や気道への刺激が挙げられているほか、吸入により肺水腫が引き起こされるとしている。また、圧縮液化ガスにさらされることによって凍傷が発生することもある。その他、中枢神経系や腎臓への影響も挙げられている。長期または反復ばく露による影響として中枢神経系への影響や、生殖・発生毒性を引き起こす可能性があるとしている。

(4) メカニズム

中枢神経系は臭化メチルの重要な標的であり、モノアミン、アミノ酸含有量およびカテコールアミン含有量の変化が臭化メチルにより誘発される神経毒性の要因として考えられている²¹⁵。また、臭化メチル等のモノハロメタン類の作用機序は完全には明らかになっていないが、グルタチオン-S-トランスフェラーゼ（GST）経路を介した代謝を受け、その代謝産物によって細胞タンパク質がアルキル化または不活性化されている可能性が指摘されている²¹⁶。

23.2 告示に掲げられた疾病又は障害

臭化メチ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

²¹⁵ 環境保健クライテリア 166 臭化メチル（原著 324 頁、1995 年発行）国立医薬品食品衛生研究所

²¹⁶ 急性曝露ガイドライン濃度(AEGL) Methyl bromide (74-83-9)臭化メチル： 国立医薬品食品衛生研究所

基づく告示（以下、「告示」という。）（昭和 53 年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害、気道・肺障害、視覚障害、言語障害、協調運動障害、振せん等の神経障害、性格変化、せん妄、幻覚等の精神障害又は意識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

化学物質の初期リスク評価書（2008）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、臭化メチルへの短期・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。

一方、化学物質の初期リスク評価書（2008）公表年以降に報告された症例報告としては、殺虫剤燻蒸の急性ばく露により結膜炎・強膜炎および肝酵素の上昇が見られた症例や、慢性的な職業ばく露による生殖機能障害の症例が報告されている。

表 III-151 臭化メチ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	眼・付属器の疾患等、消化器系の疾病等	<ul style="list-style-type: none"> ▪結膜炎、強膜炎 ▪肝酵素（γ-GTP、AST,ATL等）の上昇 	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪接触ばく露 ▪急性ばく露（ばく露時間不明（記載なし）） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪臭化メチル ▪濃度不明（記載なし） 	殺虫剤燻蒸された海上輸送コンテナの開封作業従事者、及び事故後救助作業に携わった救急隊員についての症例報告	Breeman,2009
2	生殖機能障害	<ul style="list-style-type: none"> ▪臭化メチル作業従事者 6 名について ▪妻の流産反復（1/6 名） ▪精子の運動性低下・機能障害（1/6 名） ▪勃起不全（6/6 名） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪接触ばく露 ▪7-21 年間（平均 16.2±5.3 年間） ▪6 名とも慢性ばく露だが、内 2 名は過去に漏出事故による急性ばく露経験あり ▪急性ばく露時期は、1 名は調査時点の 4 年前、もう 1 名は不明 	<ul style="list-style-type: none"> ▪臭化メチル ▪濃度不明（記載なし） 	農場における温室及び野外での臭化メチル燻蒸作業に従事していた 38-47 歳男性 6 名についての症例報告	Magnavita,2009

(2) 疫学研究報告

化学物質の初期リスク評価書（2008）では、臭化メチルによる疫学研究報告として、脳波の異常が見られたとの報告があった。

また、化学物質の初期リスク評価書（2008）公表年以降に報告された疫学研究報告としては、職業ばく露による報告はなかったが、農薬として使用される臭化メチルの妊婦へのばく露が、胎児の発育に影響を及ぼすことが示唆されている。

表 III-152 臭化メチ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(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	土壌消毒に携わっている 33 人の男性労働者 年齢は 21-63 歳で中央値は 32 歳	<ul style="list-style-type: none"> ■血中の臭化物濃度と、血清アスパラギン酸トランスフェラーゼ濃度との間に相関関係が見られた。(p<0.05) ■EEG (脳波) を計測した結果、EEG の異常を示したグループ (10 人) では、EEG 正常のグループ (23 人) に比べて、血中の臭化物濃度が高かった。(p<0.05) 	<ul style="list-style-type: none"> ■吸入・経皮ばく露 ■数か月 - 11 年 (中央値 2 年) 	<ul style="list-style-type: none"> ■臭化メチルとその他臭化物を含む農薬 ■直近の 1 年間の使用量：1,500-2,500kg (12 人)、5,000-6,000kg (21 人) ■血中の臭化物濃度 4-23ppm 	グリーンハウス内の土壌消毒中にばく露	Verberk, 1979
2	コホート研究	カリフォルニア州北部の農業地域に住む妊婦 442 名	<ul style="list-style-type: none"> ■妊娠中期における臭化メチルへのばく露量と出生時の身長、体重、頭部周囲長に負の相関性あり。 身長 $\beta = -23.4$, 95%CI: -45.9 - -0.9 P=0.04 体重 $\beta = -0.16$, 95%CI: -0.28 - -0.03 P=0.01 頭部周囲長 $\beta = -0.08$, 95%CI: -0.16 - -0.01, P=0.03 	<ul style="list-style-type: none"> ■吸入ばく露 ■妊娠前期、中期、後期それぞれでばく露量推定 	<ul style="list-style-type: none"> ■臭化メチル ■平均 6,010 - 8,201 kg/年 ■居住地から半径 5km 地帯の農薬としての臭化メチル使用量を推定して評価 (kg/年) 	環境からのばく露(職業ばく露ではない)	Gemmill, 2013

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-153 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Methyl bromide (Vol. 41, Sup 7, 71 ; 1999)
	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	Bromomethane
	評価ランク	D (Not classifiable as to human carcinogenicity): ヒト発がん性が分類できない物質 (1986)
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 ²¹⁷	評価物質名称	—
	評価ランク	A4 (人における発がん性が分類できていない物質) (ACGIH 2009)

表 III-154 臭化メチルの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²¹⁸	TWA ²¹⁹ 1ppm	皮膚
NIOSH ²²⁰	REL ²²¹	—	—
OSHA ²²²	PEL ²²³	C ²²⁴ 20 ppm (80 mg/m ³)	皮膚

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-155 日本産業衛生学会による臭化メチルの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²²⁵		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
臭化メチル [74-83-9]	1	3.89	皮	—	—	—	'03

²¹⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

²¹⁸ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

²¹⁹ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

²²⁰ National Institute for Occupational Safety and Health

²²¹ 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

²²² Occupational Safety and Health Administration

²²³ 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

²²⁴ Ceiling limit : 天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

²²⁵ Occupational Exposure Limits

表 III-156 臭化メチルの 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	
		臭化メチル	
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	—
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	×	
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、呼吸器、肝臓、腎臓、消化器系）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（神経系、心臓、血液）	
10	吸引性呼吸器有害性	—	

分類実施日：平成 21 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

24 1,1,2,2-テトラクロロエタン

24.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

1,1,2,2-テトラクロロエタン（別名：1,1,2,2-四塩化エタン、sym-テトラクロロエタン、アセチレンテトラクロライド、四塩化アセチレン）は、特徴的な臭気のある、無色の液体である。1,1,2,2-テトラクロロエタンの物理化学的性質を表 III-157 に示す。

表 III-157 1,1,2,2-テトラクロロエタンの物理化学的性質

分子量：167.9	比重：1.59	融点：-44℃	沸点：146℃
CAS No.：79-34-5	溶解性（対水溶解度）：0.29 g/100 ml（20℃）		

(2) 主な用途

1,1,2,2-テトラクロロエタンの主な用途は、他の塩化炭化水素製造の際の中間物である。過去においては、金属の洗浄用・脱脂用溶媒、ペンキ剥離剤、ニス及びラッカー、写真用フィルム、油脂の抽出溶媒として使用されていた。また、本物質は塩化ビニル、塩化アリル、エピクロロヒドリンの副生成物に含まれる。

(3) ばく露され得る例

環境省の化学物質の環境リスク初期評価書（2010）では、1,1,2,2-テトラクロロエタンに関する職業性ばく露の可能性のある産業はとして、化学工業を挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、1,1,2,2-テトラクロロエタンの短期ばく露による影響として、眼や皮膚、気道への刺激があることや、肝臓、腎臓に影響を与えること、中枢神経系の機能低下、機能障害を生じることを挙げている。また、長期または反復ばく露では、皮膚の脱脂や中枢神経系、肝臓に影響を与えて機能障害を生じることがあるとしている。

(4) メカニズム

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（2008）によると、1,1,2,2-テトラクロロエタンは、生体内のシトクロム P450 による代謝過程において生成するジクロロ酢酸やトリクロロ酢酸、フリーラジカル等が細胞内の脂質、タンパク質を傷害することで細胞毒性を示すと考えられている。また、高い脂質親和性によって、細胞膜中の脂質に作用し、細胞膜の機能阻害や細胞膜神経伝達物質依存性イオンチャンネルの機能阻害によって神経毒性を発揮することも示唆されている。

24.2 告示に掲げられた疾病又は障害

1,1,2,2-テトラクロロエタン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制又は肝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

化学物質の環境リスク初期評価書（2010）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、1,1,2,2-テトラクロロエタンの短期・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、化学物質の環境リスク初期評価書公表年以降についても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

化学物質の環境リスク初期評価書（2010）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、1,1,2,2-テトラクロロエタンへのばく露に関する疫学研究報告に関する情報は得られなかった。また、化学物質の環境リスク初期評価書公表年以降についても疫学研究報告に関する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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

表 III-158 各機関による発がん性の評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	1,1,2,2-Tetrachloroethane (Vol. 20, Sup 7, 71, 106 ; 2014)
	評価ランク	2B：ヒトに対して発がん性を示す可能性がある
EPA	評価物質名称	1,1,2,2-Tetrachloroethane
	評価ランク	ヒト発がん性の可能性が高い物質（2005）
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 ²²⁶	評価物質名称	—
	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）（ACGIH 2007）

²²⁶ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-159 1,1,2,2-テトラクロロエタンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²²⁷	TWA ²²⁸ 1ppm	皮膚
NIOSH ²²⁹	REL ²³⁰	Ca TWA 1 ppm (7 mg/m ³)	がん
OSHA ²³¹	PEL ²³²	TWA 5 ppm (35 mg/m ³)	皮膚

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-160 日本産業衛生学会による 1,1,2,2-テトラクロロエタンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²³³		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
1,1,2,2-テトラクロロエタン [79-34-5]	1	6.9	皮	—	—	—	'84

表 III-161 1,1,2,2-テトラクロロエタンの GHS 分類結果

危険・有害性項目			分類結果
			1,1,2,2-テトラクロロエタン
1	急性 毒性	経口	区分 4
		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 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	×
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（中枢神経系、肝臓）、区分 3（麻酔作用、気道刺激性）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（中枢神経系、肝臓）
10		吸引性呼吸器有害性	×

分類実施日：平成 22 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

²²⁷ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

²²⁸ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

²²⁹ National Institute for Occupational Safety and Health

²³⁰ 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

²³¹ Occupational Safety and Health Administration

²³² 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

²³³ Occupational Exposure Limits

25 テトラクロロエチレン（パークロロエチレン）

25.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

テトラクロロエチレン（別名 1,1,2,2-テトラクロロエテン、ペルクロロエテン、ペルクロロエチレン、パークレン、エチレントetraクロリド）は特徴的な臭気のある無色の液体である。不燃性であるが、高温面や炎に触れると分解し、有毒で腐食性のヒューム（塩化水素、ホスゲン、塩素）を生成する。また、水分と接触すると徐々に分解し、トリクロロ酢酸及び塩酸を生じる。その他、アルミニウム、リチウム、バリウム、ベリリウムなどの金属と反応する。

テトラクロロエチレンの物理化学的性質を表 III-162 に示す。

表 III-162 テトラクロロエチレンの物理化学的性質

分子量：165.8	比重：1.6230 (20/4℃)	融点：～-22℃	沸点：121℃
CAS No.：127-18-4	溶解性（対水溶解度）：0.24 g/L (0℃)		

(2) 主な用途

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2006）では、テトラクロロエチレンは、わが国では主に代替フロン用の合成原料として用いられ、ドライクリーニング溶剤や金属機械部品等の脱脂洗浄用として用いられるほか、香料、ゴム及び塗料等の溶剤として使用されているとしている。

(3) ばく露され得る例

化学物質の初期リスク評価書（2006）では、テトラクロロエチレンに対する職業性ばく露の可能性のある産業として、洗濯業、金属製品製造業、石油製品・石炭製品製造業、鉄鋼業、一般機械器具製造業、衣服・その他の繊維製品製造業、出版・印刷・同関連産業、繊維工業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードによると、テトラクロロエチレンへの短期ばく露によって眼や皮膚、気道への刺激が引き起こされ、また飲み込むと嘔吐や誤嚥性肺炎を起こすことがある。その他、中枢神経系に影響を与えることも知られている。高濃度でばく露した場合、意識喪失を起こすこともある。長期または反復の皮膚への接触により皮膚炎を起こすほか、肝臓や腎臓、中枢神経系に影響を与えることもある。なお、発がん性を有することも報告されている。

(4) メカニズム

米国環境保護庁（EPA）の Toxicological review（2012）によると、テトラクロロエチレンが代謝された際、どの代謝物が単独、あるいは組み合わせることで毒性の明確な原因となるのかは明らかにされておらず、異なる代謝物が異なる標的部位で毒性に寄与している可能性が高いとされている。一般に、シトクロム代謝はテトラクロロエチレンにより誘導される肝毒性と関連している

が、グルタチオン抱合に続くβリアーゼや他の酵素によるさらなる処理は、テトラクロロエチレンにより誘導される腎毒性と関連している。また、βリアーゼ産物は、例えば脳における毒性に寄与している可能性があり、ラットで認められる神経膠腫の因子である可能性が指摘されている。親化合物はそれ自体が、テトラクロロエチレンの神経毒性、特に中枢神経系への影響に対する寄与因子である可能性も高い。

25.2 告示に掲げられた疾病又は障害

テトラクロロエチレン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制、前眼部障害、気道障害又は肝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

米国毒物・疾病登録局（以下ATSDRとする）のリスク評価書（2015）では、短期ばく露による症例報告として、心不整脈のほか、テトラクロロエチレンにばく露した母親が出産した子供が色覚・対比感度の異常を生じるなどの事例が報告されている。

一方、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。

表 III-163 テトラクロロエチレン(TETRA)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	循環器系の疾病等	心不整脈	<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"> ▪TETRA ▪血清中のTETRA濃度0.15ppm 	24歳のドライクリーニング店員の男性が作業中にばく露	Abedin, 1980
2	その他の疾病等	色覚感度・明暗差の感度の異常	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪1.5年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪TETRA ▪ばく露濃度不明（記載なし） 	母親が妊娠中にドライクリーニング店で勤務していた際にばく露（患者は2.5歳の男児、）	Till, 2003

(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（2015）では、腎疾患のほか、健忘症、統合失調症等の精神関係の疾患等が報告されている。

一方、ATSDR のリスク評価書公表年以降の疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

表 III-164 テトラクロルエチレン(TETRA)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	エジプトの男性労働者 80 名 G1：コントロール（喫煙なし）20 名 G2：コントロール（喫煙あり）20 名 G3：ドライクリーニング店の労働者（喫煙なし）20 名 G4：ドライクリーニング店の労働者（喫煙あり）20 名	<ul style="list-style-type: none"> G3 と G4 では、G1、G2 に比べて白血球数が多い。（グラフのみの提示で統計解析なし） 	<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"> TETRA 各グループの血中 TETRA 濃度 (μ/L) は以下のとおり。 G1:0.11 ± 0.07 G2:0.11 ± 0.06 G3:1681.12 ± 372.20 G4:1694.96 ± 454.26 	ドライクリーニング店での作業に従事	Emara, 2010
2	横断研究	労働者 438 名 G1:ドライクリーニング店に勤務する女性で TETRA にばく露 57 名 G2:金属工場に勤務する男性でベンゼン同族体にばく露 118 名 G3:ガラス繊維製造工場に勤務する男性でスチレンにばく露 51 名 G4:C5-C7 アルカンにばく露されている労働者 212 名 非ばく露群 161 名	<ul style="list-style-type: none"> グループを 3 つサブセット、サブセット 1：G3、G4、非ばく露群、サブセット 2：G2、サブセット 3：G1 としたとき、サブセット 1 では他のサブセットに比べて尿中の β グルクロニダーゼが有意に高い。(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"> TETRA ばく露濃度不明（記載なし） 	ドライクリーニング店での作業に従事	Franchini, 1983
3	横断研究	ドライクリーニング店に勤務し TETRA にばく露している女性 22 名 非ばく露群：ドライクリーニング店で受け付けを担当している女性 15 名	<ul style="list-style-type: none"> ばく露群では、尿中のリゾチームが高い。(p<0.05) ばく露群：0.56 (0-4.16) 非ばく露群：0.15 (0-1.49) 	<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"> TETRA 9-799mg/m³（クリーニング店によって差あり） 	ドライクリーニング店での作業に従事	Vyskocil, 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	
4	横断研究	ばく露群：TETRAにばく露したイタリア、パルマの集団から採取した血清30サンプルと尿50サンプル 非ばく露群：TETRAにしていないヒトの血清30サンプルと尿50サンプル	ばく露群では、非ばく露群に比べて、尿中及び血清中のラミニンが有意に高い。(いずれも $p<0.001$)	吸入ばく露 ばく露時間不明(記載なし)	TETRA ばく露濃度不明(記載なし)	不明(記載なし)	Price, 1995
5	横断研究	ドライクリーニング店でTETRAにばく露した男性9名、女性41名(平均41歳、平均勤続年数10年) 非ばく露群：50名	ばく露群では、尿中の刷子縁抗原(BBA)、非組織特異的なアルカリホスファターゼが有意に高い。(いずれも $p<0.001$) ばく露群では血清中のラミニンも有意に高い。($p<0.001$)	吸入ばく露 平均10年間	TETRA 大気中濃度14ppm 血中濃度9-900 μ /L	ドライクリーニング店での作業に従事	Mutti, 1992
6	コホート研究	米国の4都市でクリーニング店に勤務していた労働者1,704名、1960年以前に少なくとも1年間TETRAを用いる店舗に勤務していた者 TETRA only：TETRAのみを利用していた店舗に勤務した者618名 TETRA plus：TCEの他に有機溶剤を用いていた店舗に勤務した者1086名 人口動態統計は1974年-2004年迄追跡	末期腎疾患全体SMR 1.55 (95%CI: 1.02-2.25) 高血圧を伴う末期腎疾患SMR 1.98 (95%CI: 1.11-3.27)	吸入ばく露 ばく露時間不明(記載なし)	TETRA ばく露濃度不明(記載なし)	ドライクリーニング店での作業に従事	Calvert, 2011
7	横断研究	日本でドライクリーニング店に勤務しTETRAにばく露している労働者56名(男性29名、女性27名) 非ばく露群：69名(男性32名、女性37名)	ばく露群では、健忘症の罹患率が有意に高い。($p<0.01$)	吸入ばく露 ばく露時間不明(記載なし)	TETRA 3.8-94.4ppm	ドライクリーニング店での作業に従事	Cai, 1991

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	
8	コホート研究	1964-76年にエルサレムで生まれた88,829名を1998年まで追跡。このうち、144名は両親がドライクリーニング店で勤務	▪統合失調症 RR=3.4 (95%CI: 1.3-9.1 p=0.01)	▪吸入ばく露 ▪ばく露時間不明(記載なし)	▪TETRA ▪ばく露濃度不明(記載なし)	ドライクリーニング店での作業に従事	Perrin, 2007

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-165 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Tetrachloroethylene (Perchloroethylene) (Vol. 63, 106 ; 2014)
	評価ランク	2A: ヒトに対しておそらく発がん性を示す
EPA	評価物質名称	Tetrachloroethylene
	評価ランク	Likely to be carcinogenic to humans: ヒト発がん性の可能性が高い物質
EU	評価物質名称	tetrachloroethylene
	評価ランク	2: ヒトに対する発がん性が疑われる物質
NTP	評価物質名称	Tetrachloroethylene
	評価ランク	R: ヒト発がん性があると合理的に予測される物質
ACGIH ²³⁴	評価物質名称	
	評価ランク	

表 III-166 テトラクロロエチレンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²³⁵	TWA ²³⁶ 25 ppm (169 mg/m ³) STEL ²³⁷ 100 ppm (678 mg/m ³)	—
NIOSH ²³⁸	REL ²³⁹	2ppm (麻酔薬として利用した場合の60分の許容限度) TWA 25 ppm (その他のばく露10時間)	Appendix C -supplementary exposure limit より記載
OSHA ²⁴⁰	PEL ²⁴¹	TWA 100 ppm C ²⁴² 200ppm	—

²³⁴ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

²³⁵ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

²³⁶ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

²³⁷ Short-Term Exposure Limit : 8時間TWAがTLV-TWA内であっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

²³⁸ National Institute for Occupational Safety and Health

²³⁹ 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

²⁴⁰ Occupational Safety and Health Administration

²⁴¹ 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

²⁴² Ceiling limit : 天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

(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（2015年度）では、テトラクロロエチレンは、生殖毒性物質の第3群として分類されている。

表 III-167 日本産業衛生学会によるテトラクロロエチレンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²⁴³		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
テトラクロロエチレン [127-18-4]	検討中	検討中	—	—	—	—	'72

表 III-168 テトラクロロエチレンの 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	
		テトラクロロエチレン	
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	—
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分 4
		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	×	
5	生殖細胞変異原性	—	
6	発がん性	区分 1B	
7	生殖毒性	区分 2、追加区分：授乳に対するまたは授乳を介した影響	
8	標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 1（中枢神経系、呼吸器、肝臓）、 区分 3（麻酔作用）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（神経系、肝臓、呼吸器）、区分 2（腎臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 21 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

²⁴³ Occupational Exposure Limits

26 1,1,1-トリクロロエタン

26.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

1,1,1-トリクロロエタン（別名：メチルクロロホルム、メチルトリクロロメタン）は、特徴的な臭いを有する揮発性の高い無色の液体である。1,1,1-トリクロロエタンの物理化学的性質を表 III-169 に示す。

表 III-169 1,1,1-トリクロロエタンの物理化学的性質

分子量：133.4	比重：1.34	融点：-30℃	沸点：74℃
CAS No.：71-55-6	溶解性（対水溶解度）：溶けにくい		

(2) 主な用途

1,1,1-トリクロロエタンは、主に洗浄剤や試薬、合成原料として用いられていたが、モントリオール議定書でオゾン層破壊物質として位置付けられたため、1996年以降、不可欠用途（試験研究や分析用途）を除き、世界的にその生産、使用は中止されている²⁴⁴。

(3) ばく露され得る例

1,1,1-トリクロロエタンによる職業性ばく露の可能性のある職業として、研究機関での試験・分析作業などが挙げられる。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、1,1,1-トリクロロエタンの短期ばく露による影響として、眼や気道、皮膚への軽度の刺激や、中枢神経系への影響を挙げている。また、長期または反復ばく露による影響として、皮膚の脱脂や乾燥、ひび割れが挙げられている。

(4) メカニズム

1,1,1-トリクロロエタンは、生体内においてシトクロム P450 によって代謝され、代謝過程において生じるフリーラジカルが細胞内の脂質やタンパク質を過酸化することで、細胞傷害性を示すと考えられている。また、高い脂肪親和性によって、アセチルコリンエステラーゼやマグネシウム依存性 ATP 加水分解酵素といった膜結合性酵素を阻害し、ミトコンドリアにおける ATP 産生やカルシウム代謝系を障害することで、心毒性や神経毒性を示すことも示唆されている²⁴⁵。

26.2 告示に掲げられた疾病又は障害

1,1,1-トリクロロエタン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制又は協調運動障害が掲げられている。

²⁴⁴ 環境省プレスリリース（<http://www.env.go.jp/press/1874.html>）

²⁴⁵ ATSDR（2006）

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

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（2006）では、1,1,1-トリクロロエタンへのばく露による症例として、心臓、肝臓、胃腸などのへの障害の他、皮膚への障害、神経系の障害などが報告されている。

一方、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。

表 III-170 1,1,1-トリクロロエタン(1,1,1-TCE)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	循環器系の疾病等	心房細動、うっ血性心不全、左心房拡張、軽度の僧帽弁逆流症、心筋の極度の肥大、心室頻拍	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 5年（5時間/日） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,1,1-TCE ▪ ばく露濃度不明（記載なし） 	54歳の男性が1,1,1-TCEタンクの近くで、脱脂されたステンレス鋼を溶接中にばく露。	McLeod, 1987
2	消化器系の疾病等	脂肪肝	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 1年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,1,1-TCE ▪ ばく露濃度不明（記載なし） 	粉末金属工場勤務の28歳の白人男性が1,1,1-TCEを使用して部品の洗浄中にばく露。	Hodgson, 1989
3	消化器系の疾病等	肝炎、胸やけの悪化	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 3年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,1,1-TCE、ペルクロロエチレン ▪ 1,1,1-TCE : 35-17,718ppm 	スチール製造工場の27歳白人男性が1,1,1-TCEのタンクのそばで作業し、ばく露。	Hodgson, 1989
4	消化器系の疾病等	腹痛や腹部疝痛、食道胃静脈瘤、脂肪肝、肝硬変	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 19年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,1,1-TCE、ペルクロロエチレン ▪ ばく露濃度不明（記載なし） 	機械工の45歳白人男性が1,1,1-TCEで部品を洗浄作業中にばく露。	Hodgson, 1989
5	消化器系の疾病等	肝硬変、上腹部痛	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 10年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,1,1-TCE ▪ 350-500ppm 	機械工の50歳男性が1,1,1-TCEで部品を洗浄作業中、ばく露。	Hodgson, 1989
6	皮膚の疾病等	痙攣腹痛、広範囲のかゆみを伴う蕁麻疹	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 4時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,1,1-TCE ▪ ばく露濃度不明（記載なし） 	50歳の電子機器技術者が1,1,1-TCEを5m ² の部屋で4時間スプレー作業中にばく露。	Halevy, 1980

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	
7	消化器系の疾病等	上部消化管出血、食道静脈瘤、胃の静脈瘤、肝前性門脈圧亢進症、脾静脈閉塞、肝臓線維症、脾静脈血栓症、脾臓の非乾酪性肉芽腫	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 4年間(15日/月) 	<ul style="list-style-type: none"> 1,1,1-TCE、プロパン、ジメチルエタノール、その他 1,1,1-TCE65%、プロパンとジメチルエタノール25%、その他10% 	26歳白人男性が子供服工場でスプレーを使用中にばく露。	Cohen, 1994
8	皮膚の疾病等	重症急性手湿疹	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 3年 	<ul style="list-style-type: none"> 1,1,1-TCE ばく露濃度不明(記載なし) 	金属工場勤務の30歳の男性が金属プレートを洗浄中にばく露。	Ingber, 1991
9	神経系の疾病等	反射機能の低下、右手の感覚の鈍化	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 3か月 	<ul style="list-style-type: none"> 1,1,1-TCE 空気中の濃度は350ppm以下 	25歳女性がモーター製造会社で脱脂作業中にばく露。	Liss, 1988
10	神経系の疾病等	手と頬の無感覚	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 5か月 	<ul style="list-style-type: none"> 1,1,1-TCE 空気中の濃度は350ppm以下 	40歳女性がモーター製造会社で脱脂作業中にばく露	Liss, 1988
11	神経系の疾病等	口の周辺の疼きと灼熱感、手足の不快感、足の灼熱感と痙攣	<ul style="list-style-type: none"> 経皮・吸入ばく露 18か月 	<ul style="list-style-type: none"> 1,1,1-TCE、ジメチレンエーテル 1,1,1-TCE90%以上、ジメチレンエーテル1-5% 	44歳女性が水圧ポンプ装備を取り除き、部品を洗浄中にばく露。	House, 1994
12	神経系の疾病等	両手足の無感覚と疼き、顔の疼き	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 週末の数時間 	<ul style="list-style-type: none"> 1,1,1-TCE、ジメチレンエーテル 1,1,1-TCE90%以上、ジメチレンエーテル1-5% 	30歳の男性作業員が家で職場から持ち帰った1,1,1-TCEを素手で用い車の部品洗浄中にばく露。	House, 1996

(2) 疫学研究報告

ATSDR のリスク評価書 (2006) では、1,1,1-トリクロロエタンへのばく露による疫学研究報告として、受胎能力への影響を報告している。

一方、ATSDR のリスク評価書公表年以降の疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

表 III-171 1,1,1-トリクロロエタ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

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	前向きコホート研究	避妊をしなかった282人の男性労働者の妻の妊娠のタイミングを追跡 高濃度ばく露群:141人 中/低濃度ばく露群:80人 非ばく露群:61人	ばく露群では12% (26/221)が妊娠するまでに1年以上かかったのに対し、非ばく露群では7% (4/61)だった。 初妊婦では、父親の有機溶剤へのばく露とそれによる受胎確率の低下には関連が見られた。 高濃度ばく露群 fecundability ratios (FDRs) ※ 0.36 ; 95%CI 0.19-0.66 中/低濃度ばく露 ; FDRs 0.53 ; 95%CI 0.27-1.04 ※FDRs: 数値が低下すると受胎確率が低下することを意味するハザード比	吸入ばく露 ばく露時間不明(記載なし)	1,1,1-TCE濃度は作業内容により3つの群に分類 高濃度ばく露群: 毎日の溶剤の使用または、生物学的な許容値が基準値以上 中/低濃度ばく露群: 1-4日/週の溶剤使用 非ばく露群: 溶剤の使用がなくばく露値が低い	1,1,1-TCEを含む溶剤を用いた作業中にばく露。	Sallmén, 1998

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-172 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	1,1,1-Trichloroethane (Vol. 20, Sup 7, 71 ; 1999)
	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	1,1,1-Trichloroethane
	評価ランク	発がん性評価には情報が不十分な物質 (2005)
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 ²⁴⁶	評価物質名称	—
	評価ランク	A4 (人における発がん性が分類できていない物質) (ACGIH 2006)

²⁴⁶ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-173 1,1,1-トリクロロエタンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²⁴⁷	TWA ²⁴⁸ 350ppm STEL ²⁴⁹ 450ppm	—
NIOSH ²⁵⁰	REL ²⁵¹	C ²⁵² 350 ppm (1,900 mg/m ³) [15-minute]	—
OSHA ²⁵³	PEL ²⁵⁴	TWA 350 ppm (1,900 mg/m ³)	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-174 日本産業衛生学会による 1,1,1-トリクロロエタンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²⁵⁵		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
1,1,1-トリクロロエタン [71-55-6]	200	1,100	—	—	—	—	'74

表 III-175 1,1,1-トリクロロエタンの GHS 分類結果

危険・有害性項目			分類結果
			1,1,1-トリクロロエタン
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 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	—	
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 (中枢神経系、心臓)、区分 3 (麻酔作用、気道刺激性)	
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)	区分 1 (中枢神経系、肝臓、心臓)、区分 2 (肺)	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 20 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

²⁴⁷ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

²⁴⁸ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

²⁴⁹ Short-Term Exposure Limit：8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

²⁵⁰ National Institute for Occupational Safety and Health

²⁵¹ 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

²⁵² Ceiling limit：天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

²⁵³ Occupational Safety and Health Administration

²⁵⁴ 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

²⁵⁵ Occupational Exposure Limits

27 1,1,2-トリクロロエタン

27.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

1,1,2-トリクロロエタン（別名：β-トリクロロエタン）は、特徴的な臭気を持つ無色の液体である。高温面や炎に触れると分解して、塩化水素やホスゲンを含む有毒なヒュームを生じる。1,1,2-トリクロロエタンの物理化学的性質を表 III-176 に示す。

表 III-176 1,1,2-トリクロロエタンの物理化学的性質

分子量：133.4	比重：1.4	融点：-36℃	沸点：114℃
CAS No.：79-00-5	溶解性（対水溶解度）：0.45 g/100 ml (非常に溶けにくい) (20℃)		

(2) 主な用途

1,1,2-トリクロロエタンは、主に塩化ビニリデンの原料として用いられる。1,1,2-トリクロロエタンは、塩化ビニルから塩化ビニリデンを製造する工程で中間体として生成される。その他の用途として塩化ゴムの溶剤、油脂・ワックス・天然樹脂等の溶剤、アルカロイドの抽出剤があり、金属洗浄剤として使用される場合もある。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の有害性評価書（2008）では、1,1,2-トリクロロエタンに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、金属製品製造業、化学工業、ゴム製品製造業、鉄鋼業、出版・印刷・同関連事業、繊維工業、プラスチック製品製造業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、1,1,2-トリクロロエタンへの短期ばく露の影響として、眼や皮膚、気道への刺激や、中枢神経系に影響を与えて意識低下を生じることが知られている。また、腎臓や肝臓に影響を与え、機能障害を生じることがある。飲み込むと嘔吐し、誤嚥性肺炎を生じる場合もある。長期または反復ばく露による影響としては、皮膚の脱脂を生じることが知られている。

(4) メカニズム

1,1,2-トリクロロエタンのヒトの体内動態に関する情報は得られていないが、ラットを用いた研究によって、主要な代謝物がクロロ酢酸、S-カルボキシルメチルシステイン及びチオ二酢酸であることが知られている。クロロ酢酸は肝シトクロム P450 によって生成され、この反応は塩化アシルを介して進行すると考えられている。シトクロム P450 はまた、1,1,2-トリクロロエタンからフリーラジカルを産生する。塩化アシル及びフリーラジカルは、タンパク質や核酸と結合できる反応性代謝物であり、これらが肝細胞毒性、変異原性、及び動物における発がん性の要因であると考えられている²⁵⁶。

²⁵⁶ 「清涼飲料水評価書 1,1,2-トリクロロエタン」2008年4月 食品安全委員会

27.2 告示に掲げられた疾病又は障害

1,1,2-トリクロロエタン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、前眼部障害又は気道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

有害性評価書（2008）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、1,1,2-トリクロロエタンへの短期・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、有害性評価書（2008）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

有害性評価書（2008）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、1,1,2-トリクロロエタンの疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

一方、有害性評価書（2008）公表年以降の疫学研究報告として、職業ばく露による報告はなかったが、産業ガスとして排出される1,1,2-トリクロロエタンの妊婦へのばく露により、胎児の先天異常のリスクが高まるとの報告があった。

表 III-177 1,1,2-トリクロルエタン(1,1,2-TCE)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	1996年～2008年に出産、胎児死亡、妊娠中絶したテキサス在住の女性のうち、子供(胎児)が少なくとも1つの特定の先天異常であると診断された症例(神経管欠損:3,245例、四肢欠損:2,406例、口蓋裂:7,416例、心疾患:60,154例)対照群として、1996年～2008年に出産したテキサス在住の女性のうち、子供が先天異常を伴わなかった症例(280,764例)	<ul style="list-style-type: none"> ▪子供(胎児)の神経管欠損調整オッズ比 aOR=1.56, 95%CI:1.11-1.28 ▪うち二分脊椎 aOR=1.94, 95%CI:1.32-2.84 ▪心中隔欠損 aOR=1.12, 95%CI:1.01-1.24 ▪Exposure risk valueとの相関:二分脊椎 (P=0.026) 口蓋裂 (P=0.059) 心中隔欠損 (P=0.031) ▪有意ではないが、35歳以上の母親へのばく露で子供(胎児)に先天異常(特に口蓋裂)が増える傾向あり: aOR値(口蓋裂) 35歳以上の母親:1.78, 35歳未満の母親:1.06 	<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"> ▪1,1,2-TCE ▪濃度不明(記載なし) ※ Emission Weighted Proximity Modelによりばく露レベル(Exposure risk value)を推定 	産業ガスとして排出される1,1,2-トリクロルエタンの環境ばく露(職業ばく露ではない)	Brender,2014

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-178 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	1,1,2-Trichloroethane (Vol. 52, 71 ; 1999)
	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	1,1,2-Trichloroethane
	評価ランク	C (Possible human carcinogen) : ヒト発がん性がある可能性がある物質 (1986)
EU	評価物質名称	1,1,2-trichloroethane
	評価ランク	2 : ヒトに対する発がん性が疑われる物質
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH ²⁵⁷	評価物質名称	1,1,2-trichloroethane
	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 (ACGIH 2009)

表 III-179 1,1,2-トリクロロエタンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²⁵⁸	TWA ²⁵⁹ 10ppm	皮膚
NIOSH ²⁶⁰	REL ²⁶¹	Ca TWA 10 ppm (45 mg/m ³)	皮膚
OSHA ²⁶²	PEL ²⁶³	TWA 10 ppm (45 mg/m ³)	皮膚

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-180 日本産業衛生学会による 1,1,2-トリクロロエタンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²⁶⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
1,1,2-トリクロロエタン [79-00-5]	10	55	皮	—	—	—	('78)

²⁵⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

²⁵⁸ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

²⁵⁹ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

²⁶⁰ National Institute for Occupational Safety and Health

²⁶¹ 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

²⁶² Occupational Safety and Health Administration

²⁶³ 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

²⁶⁴ Occupational Exposure Limits

表 III-181 1,1,2-トリクロロエタンの 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	
		1,1,2-トリクロロエタン	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		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 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	×	
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 3（気道刺激性、 麻酔作用）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（神経系、消化管、腎臓、呼吸 器）、区分 2（肝臓）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

28 トリクロロエチレン

28.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

トリクロロエチレン（別名トリクロロエテン、エチニルトリクロリド）は特徴的な臭気のある無色の液体である。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（ホスゲン、塩化水素）を生成する。トリクロロエチレンの物理化学的性質を表 III-182 に示す。

表 III-182 トリクロロエチレンの物理化学的性質

分子量：131.4	比重（水=1）：1.5（20℃）	融点：-86 ~ -88℃	沸点：87℃
CAS No.：79-01-6	溶解性（対水溶解度）：0.1 g/100ml（20℃）		

(2) 主な用途

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2005）によると、トリクロロエチレンは主に代替フロンガスの合成原料及び機械部品や電子部品等の脱脂洗浄剤として使用され、羊毛や皮革などから余分な油分を取り除くための洗浄剤としても使われている。また、工業用溶剤として、油脂、樹脂及びゴムを溶解したり、染料や塗料を製造するときの溶剤などに使用されたりしているほか、わずかではあるが試薬としても用いられている。

(3) ばく露され得る例

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、トリクロロエチレンに対する職業性ばく露の可能性のある産業として、金属製品製造業、電気機械器具製造業、一般機械器具製造業などが挙げられている。

化学物質の初期リスク評価書（2005）では、トリクロロエチレンにばく露した際の急性影響として、中枢神経系の抑制や、皮膚と眼に対する刺激性が挙げられている。また、皮膚感作性の報告があるものの、報告数は少ないとしている。ヒトに対する反復毒性としては、中枢神経系の抑制を生ずるといふ多くの報告があり、共通の症状として疲労、精神的混乱、めまい、頭痛、記憶喪失、集中力欠如が挙げられている。その他の症状として、トリクロロエチレンのばく露者における薬物依存性、アルコール不耐性が認められている。

(4) メカニズム

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（2014）では、動物実験の結果からトリクロロエチレンの代謝物がトリクロロエチレンの毒性メカニズムに関与するとしている。具体的には、トリクロロエチレンが酸化的に代謝されることにより発生するトリクロロ酢酸は発がん性を有しており、抱水クロラールなどの代謝物は中枢神経系抑制剤として用いられている。また、トリクロロ酢酸と抱水クロラール、ジクロロ酢酸は、肝臓毒性に関与することも知られている。

28.2 告示に掲げられた疾病又は障害

トリクロロエチレン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、中枢神経系抑制、前眼部障害、気道・肺障害、視神経障害、三叉神経障害、末梢神経障害又は肝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

ATSDR のリスク評価書（2014）では、短期ばく露による症例報告として、筋壊死や、腎尿細管壊死、紅斑性の発疹、好酸球性筋膜炎、強皮症、トリクロロエチレン過敏症症候群などの事例が報告されている。

一方、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。

表 III-183 トリクロロエチレン(TCE)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	骨格系の疾病等	筋壊死	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露、経皮ばく露 ばく露時間不明（ばく露後5分後に救出との記載あり） 	<ul style="list-style-type: none"> TCE ばく露濃度不明（記載なし） 	36歳の女性の工場労働者が金属製品を脱脂洗浄する際にばく露	Thorburn, 2004
2	尿路系の疾病等	腎尿細管壊死	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 8時間 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 純度99.5%のTCE7.5Lを利用 	コンピューターリボンの製造工業に勤務する34歳の男性が、リボンからインクを除去する作業中にばく露	David, 1989
3	尿路系の疾病等	尿中のグルタミンシンセターゼ量、N-アセチル-β-D-グルコサミニダーゼ(NAG)量の増加	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露後2時間後の血中のTCE濃度は9mg/l、この数値よりばく露濃度は約150ppm 	<ul style="list-style-type: none"> TCE ばく露濃度不明（記載なし） 	54歳の男性が、金属のTCEによる脱脂洗浄作業が終了した後の脱脂機械に入って作業している際にばく露	Carrieri, 2007
4	皮膚の疾病等	背中や顔、肩、尻、口唇の紅斑性の発疹、皮膚剥離	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 約1か月間（1日8時間、週6日勤務） 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 大気中濃度15～40ppm 尿中のトリクロロ酢酸濃度は81.85μg/dl（生存した女性、死亡女性の死亡時の濃度は4.8μg/dl） 	24歳と23歳の女性が時計製造工場での金属製品の脱脂洗浄作業によりばく露 24歳の女性は入院後死亡	Pantucharoensri, 2004
5	皮膚の疾病等	太腿部の紅斑性の発疹、好酸球性筋膜炎	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 18～26歳の8年間TCEにばく露 	<ul style="list-style-type: none"> TCE ばく露濃度不明（記載なし） 	50歳の日本人男性、具体的な職業についての記載はなし	Hayashi, 2000

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	
6	皮膚の疾病等	紅斑性の斑状丘疹、口唇のただれ	<ul style="list-style-type: none"> ■経皮ばく露 ■約1か月間 	<ul style="list-style-type: none"> ■TCE ■患者と同じ場所で作業していた従業員の尿中のトリクロロ酢酸濃度は 80.0 ~ 148.2mg/L 	自動車のエアコン製造工場に勤務していた 36 歳の男性が、金属の脱脂洗浄機械の周辺での作業中にばく露 (入院後死亡)	Goon, 2001
7	皮膚の疾病等	強皮症	<ul style="list-style-type: none"> ■経皮ばく露 ■40歳から2年間 	<ul style="list-style-type: none"> ■TCE ■ばく露濃度不明 (記載なし) 	62歳の通信プラントで勤務していた女性	Czirjak, 1993
8	その他	韓国の54歳男性の難治性トリクロロエチレン過敏症症候群	<ul style="list-style-type: none"> ■吸入ばく露、経皮ばく露 ■1か月間 	<ul style="list-style-type: none"> ■TCE ■工場での勤務最終日から2週間後の尿中濃度: 22 mg/L 	スプーン製造工場での職業ばく露	Jung et al, 2012
9	その他	精巣上皮と精巣のライディッヒ細胞へのTCEの代謝物(CYP2E1とP450)の局在	<ul style="list-style-type: none"> ■経皮ばく露 ■2年以上 	<ul style="list-style-type: none"> ■TCE ■尿中のトリクロロ酢酸濃度 >0.30~4.22 μ mol/l 	TCEによる脱脂洗浄に従事(労働者8名)	Forkert, 2003
10	皮膚の疾病等	発疹、全身の痒み、火傷、紅斑(腕、顔、口)	<ul style="list-style-type: none"> ■経皮ばく露 ■3週間と3日 	<ul style="list-style-type: none"> ■TCE ■ばく露濃度不明 (記載なし) 	17歳の女性がトランジスタを製造する電子機器工場ではエポキシ樹脂と焼き付け後の機器のメンテナンス作業中にばく露	Phoon, 1984
11	皮膚の疾病等	全身の痒み、紅斑(腕、顔、口)	<ul style="list-style-type: none"> ■経皮ばく露・吸入ばく露 ■5週間 	<ul style="list-style-type: none"> ■TCE ■空気流動あり: 216-707mg/mg³ ■空気流動無し: 518-912mg/mg³ 	24歳の男性が蓄電器を製造する電子機器工場に勤務中、電子機器部品の洗浄中にばく露	Phoon, 1984
12	皮膚の疾病等	斑丘疹発疹、口の紅斑	<ul style="list-style-type: none"> ■経皮ばく露 ■3週間 	<ul style="list-style-type: none"> ■TCE ■患者と同じ場所で作業していた従業員の尿中のトリクロロ酢酸濃度は 21-165mg/L 	39歳男性が電子機器工場では様々な金属の粉をビニール袋に詰める作業を脱脂洗浄タンクのある部屋でしてばく露	Phoon, 1984
13	皮膚の疾病等	斑丘疹発疹、紅斑(胴体と四肢)、口腔潰瘍	<ul style="list-style-type: none"> ■経皮ばく露・吸入ばく露 ■5週間 	<ul style="list-style-type: none"> ■TCE ■TCE水蒸気濃度は 370mg/mg³ 	17歳女性が蓄電器を製造する電子機器工場での電子機器部品の洗浄中にばく露	Phoon, 1984
14	皮膚の疾病等	再発性紅斑、腕と胴体の乾燥性斑、火傷、表皮の不全角化	<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"> ■TCE ■ばく露濃度不明 (記載なし) 	29歳中国人男性が産業用油と有機溶剤が入った樽を洗浄中にばく露	Goh, 1988
15	皮膚の疾病等	全身の激しい痒み、落屑性紅斑、火傷、発疹、全身性皮膚炎	<ul style="list-style-type: none"> ■経皮ばく露 ■8年間 	<ul style="list-style-type: none"> ■TCE ■濃度は様々だが、場所によっては ACGIH の基準値を超過 	25歳の女性がトリクロロエチレンを含む様々な洗剤と保存製品を扱う刃物工場での作業中にばく露	Conde-Salazar, 1983

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	
16	皮膚の疾病等	顔面の紅皮症、頭部脱毛、手足の皮膚の落屑	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 2か月間 	<ul style="list-style-type: none"> TCE ばく露濃度不明(記載なし) 	靴下工場勤務の18歳の女性が靴下のクリーニングでTCEをスプレー中にばく露	Chittasobhaktra, 1997
17	皮膚の疾病等	顔面の紅皮症、頭部脱毛、手足の皮膚の落屑、皮疹、斑丘疹発疹、口の粘膜の点状出血	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 2週間(3時間連続の作業後に発症) 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 純度90-98% 	印刷業の21歳男性がTCE(純度90-98%)を使用し、紙からインクを除去作業中ばく露	Nakayama, 1988
18	皮膚の疾病等、その他	全身の皮膚の肥厚、関節の痛み、全身の筋力低下、体重減少	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 慢性ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> TCE ばく露濃度不明(記載なし) 	物理学者である65歳白人男性、防衛装備なしで様々な溶剤に触れたことによりばく露	Waller, 1994

(2) 疫学研究報告

告示に掲げられていない疾病又は障害として、ATSDRのリスク評価書(2014)では、皮膚障害のほか、腎障害マーカーへの影響、免疫に関する影響、全身性硬化症、強皮症、精子の減少などが報告されている。

一方、ATSDRのリスク評価書公表年以降の疫学研究報告として、ばく露群では皮膚症状及び呼吸器症状の有病率が有意に高いとの報告の他、免疫に関する影響(血清IgG, IgM, IL-10濃度の減少)や、妊婦へのばく露による胎児への影響(低出生体重、胎児発達遅延、先天性心臓欠陥等)が報告されている。また、トリクロロエチレンのばく露により、パーキンソン病の発症リスクが高まるとの報告もあった。

表 III-184 トリクロロエチレン(TCE)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	ばく露群9名、非ばく露群9名	<ul style="list-style-type: none"> ばく露群では皮膚刺激の症状が見られた。(9名中2名) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露、経皮ばく露 ばく露時間不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 8時間加重平均濃度は、ばく露群では22~66 ppm(平均38ppm)、非ばく露群は0.1~23 ppm 	金属の脱脂洗浄作業に従事	Landrigan, 1987
2	横断研究	ばく露群82名(金属工場に勤務し、塩素系溶剤、主にTCEにばく露) 非ばく露群:48名(農薬や食品工場など10種類の工場に勤務)	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群に比べばく露群では、N-アセチル-β-D-グルコサミニダーゼ(NAG)の活性が有意に高い。(p<0.005) 	<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"> TCE ばく露濃度不明(記載なし) 	金属工場での作業に従事	Brogren, 1986

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	横断研究	ばく露群：39名 機械部門 21名 ※最もばく露量が多い 仕上部門 11名 電気部門 7名 非ばく露群：46名 (事務作業員の女性)	▪非ばく露群に比べばく露群では、尿中の GST α と α -1-マイクログロブリンが有意に高い。(p<0.001、p<0.01)	▪吸入ばく露 ▪平均勤続年数(年) 機械部門 17.3 仕上部門 14.8 電気部門 14.1	▪TCE ▪機械部門の場合、1日の作業で 200L の TCE を利用	機械の脱脂洗浄作業に従事)	Brüning, 1999
4	横断研究	ばく露群：男性 104名(金属工場もしくは半導体工場に勤務) 非ばく露群：男性 102名	▪35歳から44歳のグループでは、非ばく露群に比べばく露群では、U-TP(尿中の層タンパク質量)が有意に高い。	▪吸入ばく露 ▪平均勤続年数 8.4年(1-34年)	▪TCE ▪平均 TCE 濃度 15ppm	金属の脱脂洗浄作業に従事	Nagaya, 1989
5	横断研究	TCEによる脱脂洗浄作業の経験者を含む日本人の金属作業員 29名	▪尿中のトリクロル酢酸(TCEの代謝物)とN-アセチル- β -D-グルコサミニダーゼ(NAG)に弱い相関が見られた。(r=0.48, p<0.01)	▪吸入ばく露 ▪平均勤続年数 6.2年	▪TCE ▪大気中の TCE 濃度(加重平均)中央値 16 mg/m ³ 平均値 27mg/m ³	金属の脱脂洗浄作業に従事	Selden, 1993
6	横断研究	ばく露群：金属工場、光学レンズ工場、カイロ基盤工場に勤務する労働者 80名 非ばく露群：食品工場や衣料品工場に勤務する労働者 45名	▪非ばく露群に比べばく露群では、尿中の腎障害分子 1(Kidney injury molecule-1:KIM-1)が有意に高い。(p<0.01) ▪線形回帰分析の結果、KIM-1のlog値とTCEのばく露量のlog値の間に強い相関が見られた。(p<0.0001、ばく露群・非ばく露群の両方を対象)	▪吸入ばく露 ▪平均勤続年数：ばく露群 2.0年、非ばく露群 2.31年	▪TCE ▪平均 22.2 ± 35.9ppm ▪年間平均 35.9 ± 68.2ppm	脱脂洗浄作業に従事	Vermeulen, 2012
7	横断研究	ばく露群：金属の脱脂洗浄に TCE を用いる電機関係工場に勤務する 70名(男性 58名、女性 12名) 非ばく露群：54名(病院スタッフと事務スタッフ)	▪非ばく露群に比べばく露群では、N-アセチル- β -D-グルコサミニダーゼ(NAG)、ギ酸塩が有意に高い。(p<0.01) ▪GST α 及びギ酸塩と TCE のばく露量の間に相関が見られた。(p<0.01、ばく露群・非ばく露群の両方を対象)	▪吸入ばく露 ▪平均勤続年数 4.1±4.5年	▪TCE ▪平均 TCE 濃度 32ppm (0.5-252ppm)	金属の脱脂洗浄作業に従事	Green, 2004

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	
8	後ろ向きコホート研究	米国の Hill Air Force Base のコホート (14,455 名) で 1973 年-2000 年に TCE を含む炭化水素類にばく露した者	<ul style="list-style-type: none"> 末期腎疾患 OR=1.91 (95%CI : 1.08-3.38) 	<ul style="list-style-type: none"> ばく露経路不明 (記載なし) 慢性的ばく露 	<ul style="list-style-type: none"> TCE ばく露濃度不明 (記載なし) 	有機溶剤を扱う作業に従事	Radican, 2006
9	横断研究	電機関係工場で金属の脱脂洗浄作業に従事する労働者 85 名	<ul style="list-style-type: none"> TCE のばく露期間が 3-5 年、5-7 年、7 年以上のグループでは、3 年未満のグループに比べて、デヒドロエピアンドロステロン (DHEAS) が有意に高い。(それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.0001$) また、TCE のばく露期間と DHEAS の間に有意な相関が見られた。($p < 0.01$) 3 年未満 : 255.0ng/ml 3-5 年 : 468.6 ng/ml 5-7 年 : 544.3 ng/ml 7 年以上 : 717.8 ng/ml TCE のばく露期間と血清テストステロンレベルの間には、負の有意な相関が見られた。($p < 0.001$) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 平均勤続年数 5.1±2.1 年 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 平均 TCE 濃度 29.6ppm (9-131ppm) 尿中のトリクロル酢酸濃度 22.4mg/g (0.8-136.4 mg/g) 	金属の脱脂洗浄作業に従事	Chia, 1997
10	横断研究	電機関係工場で金属の脱脂洗浄作業に従事する労働者 85 名 (No.9 の対象集団と同様)	<ul style="list-style-type: none"> 尿中のトリクロル酢酸濃度と血清インスリンとの間に相関が見られた。($p = 0.037$) TCE のばく露期間と血清インスリンレベルの間に相関が見られ、ばく露期間が短いほどインスリンレベルが高かった。 	No.9 と同様	No.9 と同様	No.9 と同様	Goh, 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	
11	横断研究	ばく露群：59名（男性22名、女性37名） 非ばく露群：59名（男性26名、女性33名）	<ul style="list-style-type: none"> 男性15名（68%）、女性19名（51%）が剥脱性皮膚炎を発症。 男性5名（22%）、女性12名（31%）が多形性紅斑を発症。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露から発症までの平均時間： 男性 25.7 ± 12.3 日（8-53 日） 女性 27.9 ± 8.1 日（4-42 日） 	<ul style="list-style-type: none"> TCE ばく露濃度不明（記載なし） 	脱脂洗浄、溶接、包装作業などに従事	Huang, 2006
12	横断研究	TCE にばく露した皮膚障害を発症した労働者21名（男性8名、女性13名）	<ul style="list-style-type: none"> 21名中21名が肌のかゆみ、17名が肌の赤み、19名が発疹、18名が紅斑を呈した。 	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露 平均 38.2 日（5-90 日） 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 洗浄剤中の平均 TCE 濃度 10.2-91.4% 作業エリアの平均 TCE 濃度 18-683mg/m³ 	電機会社、やハードウェア製造工場、電機塗装業などに従事	Xu, 2009
13	横断研究	グループ A（ばく露群）：印刷部門で脱脂洗浄作業により TCE にばく露されている男性35名 グループ B：A と同じ工場で脱脂作業以外の作業に従事する男性30名 グループ C：オフィスの男性40名	<ul style="list-style-type: none"> グループ A では、グループ B・C に比べてインターフェロン-2 とインターロイキン-γ 濃度が有意に高く、インターフェロン-4 濃度が有意に低かった。（いずれも p<0.001） 	<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"> TCE 尿中の平均トリクロル酢酸濃度 13.3 ± 5.9mg/g クレアチニン 平均 TCE 濃度 35 ± 14mg/m³ 	脱脂洗浄作業に従事	Iavicoli, 2005
14	症例対照研究	症例：全身性硬化症の患者80名（うち限局皮膚硬化型54名、びまん皮膚硬化型26名） 対照：160名 病院の患者から対象者を選定 対象者には職種や作業内容、作業期間に関するインタビューを実施	<ul style="list-style-type: none"> トリクロルエチレンへのばく露により全身性硬化症のリスクが有意に上昇。 OR=7.58 (95%CI : 1.54-37.36) (p<0.01) 	<ul style="list-style-type: none"> ばく露経路不明（記載なし） 6か月以上 	<ul style="list-style-type: none"> TCE ばく露レベルは、職種や作業内容、作業期間により重みづけ 	シリカ粉じんやビニル塩、有機溶剤などを用いる作業に6か月以上従事	Diot, 2002
15	症例対照研究	症例：全身性硬化症の患者178名 対照：200名 病院の患者から症例集団を選定、対照は同じ時期に病院を訪れた患者から選定。 症例、対照集団に対して、職業に関するインタビューを行い、ばく露濃度を推定。	<ul style="list-style-type: none"> 男性では、トリクロルエチレンへのばく露によりびまん皮膚硬化型全身性硬化症のリスクが上昇。 OR=3.3 (95%CI : 1.0-10.3) (p<0.05) 	<ul style="list-style-type: none"> ばく露経路不明（記載なし） ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 職種や勤務年数により濃度を以下のとおりに設定 中濃度 200-300mg/m³ 高濃度 400-500mg/m³ 	TCE や TCA、CCL ₄ を扱う作業に従事	Nietert, 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	
16	メタアナリシス	自己免疫と TCE の関係に関する文献 (No.14・No.16 の文献) のメタアナリシス	<ul style="list-style-type: none"> 男性では、トリクロロエチレンへのばく露により全身性硬化症のリスクが上昇。OR=2.5 (95%CI: 1.1-5.4) (p=0.024) 	<ul style="list-style-type: none"> No.14, No.16 を参考 	<ul style="list-style-type: none"> No.14, No.16 を参考 	<ul style="list-style-type: none"> No.14, No.16 を参考 	Cooper, 2009
17	横断研究	<p>ばく露群: TCE による洗浄作業に従事する労働者 80 名 (<12ppm: 39 名, ≥12ppm: 41 名)</p> <p>非ばく露群: 食品工場や衣料品向上、病院に勤める労働者 96 名</p>	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群に比べばく露群では、ナイーブ CD8T 細胞数が有意に低かった。(p<0.0002) 	<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"> TCE 22.19 ± 35.94ppm 	<ul style="list-style-type: none"> 洗浄作業に従事 	Hosgood, 2012
18	横断研究	No.18 と同様	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群に比べばく露群では、リンパ球数と CD4+T 細胞、CD8+T 細胞、NK 細胞、B 細胞を含む主要なリンパ球のサブセットが低かった。(p<0.05) 	<ul style="list-style-type: none"> No.18 と同様 	<ul style="list-style-type: none"> No.18 と同様 	<ul style="list-style-type: none"> No.18 と同様 	Lan, 2010
19	症例対照研究	<p>症例: 自然流産事例 852 件</p> <p>対照: 1618 事例</p>	<ul style="list-style-type: none"> トリクロロエチレンへのばく露により自然流産のリスクが上昇。OR=3.1 (95%CI: 0.92-10.4) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露、経ばく露 ばく露時間不明 (記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> TCE ばく露濃度不明 (記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> TCE を用いる作業に従事 	Windham, 1991
20	横断研究	TCE を金属製品の脱脂洗浄に用いる電機工場に勤務する男性労働者 85 名	<ul style="list-style-type: none"> TCE のばく露濃度 (尿中のトリクロロ酢酸濃度) が高い群では、低い群に比べて精子密度が低かった。(p<0.05) 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露、経皮ばく露 ばく露時間不明 (記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 作業環境中の平均 TCE 濃度 29.6ppm (9-131ppm) 尿中の平均トリクロロ酢酸濃度 22.4mg/g クレアチニン 	<ul style="list-style-type: none"> 金属製品の脱脂洗浄作業に従事 	Chia, 1996
21	横断研究	職業的にトリクロロエチレンにばく露している労働者 171 人と非ばく露群 73 人	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群に比べばく露群では皮膚症状 (OR9.61, 95%CI: 2.25-34.48)、呼吸器症状 (OR11.76, 95%CI: 2.78-35.71) の有病率が有意に高い。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露群の労働期間: 11.13 ± 10.48 年 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 職場の大気中の平均濃度 27.83±6.02 ppm、ばく露群の尿中平均濃度 14.84 ± 1.62 mg/L 	<ul style="list-style-type: none"> 時計製造工場 従事中のばく露 	Singthong et al, 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	
22	横断研究	中国でトリクロロエチレンに職業的にばく露している労働者 80 人と非ばく露群 45 人	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群に比べばく露群では血清 IgG, IgM 濃度が有意に減少 (それぞれ 17.5 % (P=0.0002) 減少、38 % (P<0.0001) 減少)。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 平均ばく露濃度 22.2ppm、特に低~中等度 (12ppm 以下) で顕著 	製造工程で TCE を使用する際のばく露	Zhang et al,2013
23	横断研究	中国でトリクロロエチレンに職業的にばく露している労働者 71 人と非ばく露群 78 人	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群に比べばく露群では血清 IL-10 濃度が有意に減少 (70%減少、P=0.001)。 非ばく露群に比べ低ばく露群では血清 IL-10 濃度が 78 % 減少 (P=0.002)、高ばく露群では 62% 減少 (P=0.04)。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 平均ばく露濃度 低ばく露群 (n=35) : 5.1 pp 高ばく露群 (n=35) : 41.2 ppm 	製造工程で TCE を使用する際のばく露 (金属製造、光学レンズ製造、回路基板洗浄)	Bassig et al,2013
24	レビュー	化学物質の職業ばく露と聴覚障害との関連性に関するレビュー 3 文献 IRSST(2009), EU-OSHA(2009), NEG(2010) に関するサマリ	<ul style="list-style-type: none"> トリクロロエチレンばく露と聴覚障害の関連性について、IRSST(2009) は「ototoxic (聴覚毒性)」、EU-OSHA は「confirmed (確証あり)」、NEG(2010) は「Category3 (ヒトでのデータ不十分)」に分類。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 慢性的なばく露 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 濃度についての記載なし 	職業ばく露	Nies,2012
25	後ろ向きコホート研究	米国、ニューヨーク州の TCE またはテトラクロロエチレン汚染地域で 1978 年 - 2002 年に生まれた子ども 1,440 人 (うち TCE 汚染地域は 1,090 人) と、それ以外の地域で生まれた子ども 360 万人	<ul style="list-style-type: none"> TCE 汚染地域ではそれ以外の地域に比べ、低出生体重 (RR1.36, 95% CI: 1.07-1.73)、胎児発育遅延 (RR1.23, 95% CI: 1.03-1.48)、先天性心臓欠陥 (RR2.15, 95% CI: 1.27-3.62)、円錐動脈幹異常 (RR4.91, 95% CI: 1.58-15.24) の比率が有意に高い。 	<ul style="list-style-type: none"> 妊婦への吸入ばく露 妊娠期間 	<ul style="list-style-type: none"> TCE 2000-2001 年の屋内 TCE 濃度 : 0.18-140µg/m³ 	環境中からのばく露	Forand et al,2012
26	症例対照研究	99 組の双子 (一方のみパーキンソン病に罹患) を対象とした。症例 : パーキンソン病患者 99 名 対照 : パーキンソン病患者の双子の兄弟 (健常者) 99 名	<ul style="list-style-type: none"> TCE へのばく露によりパーキンソン病の発症リスクが有意に上昇した (OR:6.1, 95%CI: 1.2 -33, p=0.034)。 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露され得る職業での勤続年数 対照 : 7.6 (10.7) 年 症例 : 13.2 (17.6) 年 	<ul style="list-style-type: none"> TCE ばく露していた人の割合 対照 : 3% 症例 : 10% 濃度不明 (記載なし) 	電気工、機械工、航空整備士、塗装工、ドライクリーニング業、工場従事者	Goldman et al, 2012

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-185 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Trichloroethylene
	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	Trichloroethylene
	評価ランク	Carcinogenic to humans: ヒト発がん性物質
EU	評価物質名称	trichloroethylene; trichloroethene
	評価ランク	1B: ヒトに対しておそらく発がん性がある物質
NTP	評価物質名称	Trichloroethylene
	評価ランク	R: ヒト発がん性があると合理的に予測される物質
ACGIH ²⁶⁵	評価物質名称	Trichloroethylene
	評価ランク	A5: ヒトに対して発がん性物質として疑えない物質

²⁶⁵ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-186 トリクロロエチレンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²⁶⁶	TWA ²⁶⁷ 10ppm STEL ²⁶⁸ 25 ppm	—
NIOSH ²⁶⁹	REL ²⁷⁰	2 ppm	—
OSHA ²⁷¹	PEL ²⁷²	TWA 100 ppm	—

(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（2015年度）では、トリクロロエチレンは、生殖毒性物質の第3群として分類されており、暫定物質として皮膚に対する感作性物質の第2群に分類されている。

表 III-187 日本産業衛生学会によるトリクロロエチレンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²⁷³		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
トリクロロエチレン [79-01-6]	25	235	—	2B	—	—	'97

表 III-188 トリクロロエチレンの 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
			トリクロロエチレン
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	—
		吸入：ガス	×
		吸入：蒸気	区分 4
		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	区分 1B
7		生殖毒性	区分 1B
8		標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 3（麻酔作用、気道刺激性）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（中枢神経系）
10		吸引性呼吸器有害性	区分 2

分類実施日：平成 18 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

²⁶⁶ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

²⁶⁷ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

²⁶⁸ Short-Term Exposure Limit：8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

²⁶⁹ National Institute for Occupational Safety and Health

²⁷⁰ 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

²⁷¹ Occupational Safety and Health Administration

²⁷² 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

²⁷³ Occupational Exposure Limits

29 ノルマルヘキサン

29.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

ノルマルヘキサン（別名：ヘキサン、*n*-ヘキサン、ジプロピル）は、特徴的な臭気のある、無色で揮発性の高い液体である。ノルマルヘキサンの物理化学的性質を表 III-189 に示す。

表 III-189 ノルマルヘキサンの物理化学的性質

分子量：86.2	比重：0.7	融点：-95°C	沸点：69°C
CAS No.：110-54-3	溶解性（対水溶解度）：0.0013 g/100 ml（20°C）		

(2) 主な用途

ノルマルヘキサンは主に、食用油脂抽出溶剤及び接着剤溶剤、塗料、インキなどの各種溶剤に用いられている。

(3) ばく露され得る例

環境省の化学物質の環境リスク初期評価書（2002）では、ノルマルヘキサンに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、原油・天然ガス鉱業、食料品製造業、化学工業、パルプ・紙・紙加工品製造業、石油製品・石炭製品製造業、倉庫業、石油卸売業、燃料小売業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、ノルマルヘキサンの短期ばく露による影響として、皮膚への刺激や、誤嚥した場合の化学性肺炎が挙げられている。また、長期または反復ばく露の影響として、反復または長期の皮膚への接触によって皮膚炎が起こることや、中枢神経系、特に末梢神経系に影響を与えて多発性神経障害を生じることが挙げられている。

(4) メカニズム

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（1999）によると、ノルマルヘキサンによる神経毒性は、ヘキサンが生体内で代謝的に酸化されることで生成する 2,5-ヘキサジオンが毒性の本体であると考えられている。毒性代謝物である 2,5-ヘキサジオンが神経フィラメントタンパク質のリジン残基と結合することで、神経タンパクの変性を生じ、神経毒性を示すとされている。

29.2 告示に掲げられた疾病又は障害

ノルマルヘキサン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、末梢神経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

米国環境保護庁（以下 EPA）の評価書（2005）では、ノルマルヘキサンへの短期・長期ばく露による症例報告として、会話困難、失声症、血液脳関門の障害、記憶障害などが報告されている。

一方、EPA の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-190 ノルマルヘキサ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	神経系の疾病	会話困難、体重減少、失声症	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪6 か月 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ノルマルヘキサン、ガム、2-メチルペンタン、3-メチルペンタン、メチルシクロペンタン、2-メチル-1-ペンテン ▪ノルマルヘキサンの濃度は 80.4% 	18 歳の女性が雨合羽工場で生地の貼り付け作業中にばく露。	Scelsi, 1981
2	その他の疾病等	血液脳関門の損傷	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪2 か月（8 時間/日、6 日/週） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ノルマルヘキサン、ガム、2-メチルペンタン、3-メチルペンタン、メチルシクロペンタン、2-メチル-1-ペンテン ▪ノルマルヘキサンの濃度は 80.4% 	19 歳の女性が雨合羽工場で生地の貼り付け作業中にばく露。	Scelsi, 1981
3	神経系の疾病	中度の長期記憶障害、運動障害、中度の筋緊張亢進	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪3 年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ノルマルヘキサン、3-メチルペンタン、2-メチルペンタン、メチルシクロペンタン、シクロヘキサン、エチルアセテート、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロプロパン、アセトン ▪ノルマルヘキサンの濃度は 48% 以上 	革製品会社勤務の 49 歳の女性が、狭い部屋でノルマルヘキサンを含む揮発性の接着剤を使用中にばく露	Pezzoli, 1996
4	神経系の疾病	大脳皮質の委縮、長記憶障害、短期記憶障害	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露、経皮ばく露 ▪17 年（8 時間/日、6 か月/年） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ノルマルヘキサンを含む脂肪族炭素水素系溶剤 ▪ノルマルヘキサン濃度は 53% 	オリーブの外皮抽出作業に従事する 55 歳の男性がノルマルヘキサンを含む脂肪族炭化水素系溶剤を使用中にばく露	Vanacore, 2000

(2) 疫学研究報告

EPA の評価書（2005）では、ノルマルヘキサンへのばく露による疫学研究報告として、ノルマルヘキサンを含む炭化水素混合物へのばく露によって眠気やめまいが生じるとの報告や、ノルマルヘキサンへの慢性的なばく露によって血清中の免疫グロブリンが減少するととの報告があった。

一方、EPA の評価書公表年以降に報告された疫学報告としては、ノルマルヘキサンを含む有機溶媒へのばく露によって月経障害の発生が高まることや、受胎確率が低下するととの報告があった。また、難聴を引き起こすなど聴覚毒性を示唆する報告があった。

表 III-191 ノルマルヘキサ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

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	ばく露群：95人（男性24人、女性71人、平均年齢30.9±11.7歳、16-62歳） 非ばく露群：52人（男性12人、女性40人、平均年齢29.6±12.3歳、16-58歳）	ばく露群では、眠気を生じる割合が55%程度であり、非ばく露群の15%に比べて有意に高かった。（p<0.01）また、ばく露群では、めまいを生じる割合が25%であり、非ばく露群の10%に比べて有意に高かった。（p<0.05）	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 平均 9.1 ± 8.0 年、1-25 年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ノルマルヘキサン、シクロヘキサン、メチルエチルケトン、エチルアセテート ▪ ノルマルヘキサン：中濃度の平均 243mg/m³、高濃度の平均 474mg/m³ ▪ シクロヘキサン：中濃度の平均 263mg/m³、高濃度の平均 447mg/m³ ▪ メチルエチルケトン：中濃度の平均 65mg/m³、高濃度の平均 223mg/m³ ▪ エチルアセテート：中濃度の平均 157mg/m³、高濃度の平均 290mg/m³ 	靴工場での作業中に炭化水素混合物にばく露。	Mutti, 1982

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	ばく露群：7つの小さな靴工場労働者35人、平均年齢38.1歳(23-36歳) 非ばく露群：ノルマルヘキサンへのばく露経験のない23人、平均年齢35.9歳(25-58歳)	血清中の免疫グロブリン(IgG、IgMとIgA)値は、ばく露群で有意に低かった(p値の記載なし)。またばく露群では尿中2,5-hexanedione濃度と血清中の免疫グロブリン(IgG、IgMとIgA)値の間に相関関係があった(p<0.01)。	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 平均23年(10-36年) 	<ul style="list-style-type: none"> ノルマルヘキサン 空気中のノルマルヘキサンの8時間TWA濃度は23-215ppm 	靴工場でのノルマルヘキサンを含む糊や接着剤を使用中にばく露。	Karakaya, 1996
3	横断研究	イランの製薬会社に1年以上勤務する閉経前の女性従業員425名 非ばく露群：207名 ばく露群：218名(低ばく露群：145名、高ばく露群：73名)	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群に比べてばく露群では、FSH, LH, TSHの平均値が高く、PRLは低い(p<0.05)。 高ばく露群ほど(高ばく露群>低ばく露群>非ばく露群)、月経周期、出血持続期間が長く、出血量が多い。月経困難症、月経不順、不正出血の発生が多い(p<0.05)。 非ばく露群に比べ、ばく露群で月経障害の発生が有意に多い。 低ばく露群：OR=3.40, 95%CI 1.56-7.38 高ばく露群：OR=9.69, 95%CI 4.02-23.35 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 ばく露時間不明(記載なし) 平均勤続年数 非ばく露群：9.2年 低ばく露群：8.6年 高ばく露群：7.8年 	<ul style="list-style-type: none"> 有機溶媒(ノルマルヘキサン単独での評価なし) ホルムアルデヒド：低ばく露群0.01ppm、高ばく露群0.03ppm フェノール：低ばく露群0.5ppm、高ばく露群12ppm ノルマルヘキサン：低ばく露群20.7ppm、高ばく露群35ppm クロロホルム：低ばく露群3.2ppm、高ばく露群5.1ppm 	非ばく露群：梱包部門従事者 低ばく露群：新実験施設における従事者 高ばく露群：旧実験施設における従事者	Hassani, 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	
4	横断研究	2004-2007年に入隊した18-45歳のアメリカ兵6,233名 ばく露群 (2004-2013年に1年間以上イラク又はアフガニスタンに派遣された経験のあり): 1,816名 非ばく露群 (イラク又はアフガニスタンへの派遣経験なし): 5,335名	非ばく露群と比べて、ばく露群では、 ▪ 喘息の発生割合が高い: 6.2% vs. 0.7% (p<0.001) ▪ 肺機能検査において、FEV1、FVC平均値が高い (p<0.05) ▪ ばく露群のうち、呼吸困難の主訴で大学病院を受診した80名中49名が肺生検を受け、38名が狭窄型細気管支炎と診断された	▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明(記載なし)	▪ ノルマルヘキサシ、ダイオキシン、ベンゼン、PM、砂嵐、ナツメヤシ・ <i>Aspergillus</i> 属、ハウスダスト等のアレルギー、爆風(ノルマルヘキサシ単独での評価なし) ▪ 濃度不明(記載なし)	ジェット燃料JP-8を用いた屋外でのごみの焼却処理により発生したエアロゾル等の吸入	Szema, 2013
5	横断研究	塗装工場男性従業員161名 ばく露群: 77名 非ばく露群: 84名	非ばく露群と比べて、ばく露群では、 ▪ 両耳の聴力低下(>25dB, 2000-8000Hz)を示す割合が高い (19.5% vs. 0%) ▪ 全周波数(125-8000Hz)に対する両耳の聴力が有意に低下(多重線形回帰分析により p<0.05、決定係数 R ² =24.0-39.0) ▪ 聴覚脳幹誘発電位検査において、右耳の波形 III、V、I-V、左耳の波形 III、V、I-V、I-IIIで反応時間が延長(多重線形回帰分析により p<0.05、R ² =0.05-17.4)	▪ 吸入ばく露 ▪ ばく露時間不明(記載なし) ▪ 平均勤続年数 ばく露群: 10.73年 非ばく露群: 5.04年	▪ 有機溶媒(ノルマルヘキサシを含む14物質について調査) ▪ ノルマルヘキサシ単独での評価なし ▪ ノルマルヘキサシ TWA 中央値 3.383mg/m ³	工場内の様々な作業に従事(保管、実験室業務、有機溶剤塗料塗布、梱包など)	Juárez-Pérez, 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	
6	後ろ向きコホート研究	ポルトガルの製靴工場女性従業員（ばく露群）197名と非ばく露群209名 低ばく露群：102名 高ばく露群：95名 条件：1986-1997年に結婚、昼間勤務、白色人種、妊娠経験あり	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群に比べばく露群では受胎確率が低い。 低ばく露群：Fecundability ratio(FDRs) 0.55, 95%CI :0.40-0.74 高ばく露群：FDR 0.70, 95%CI: 0.52-0.97 	<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"> 有機溶媒（N-ヘキサン、ヘキサン異性体、トルエン、メチルエチルケトン、アセトン、酢酸エチル、イソプロパノール、ジクロロメタンについて調査） N-ヘキサン単独での評価なし 低ばく露群：EI(Exposure Index)=0.01-0.14 高ばく露群：EI>0.14 	製靴工場の製造作業に従事	Sallmén, 2008
7	横断研究	チュニジアの接着剤製造工場に勤務する18名と非ばく露群32名 同一のばく露群に対し、月、木の週2回検査を実施 <ul style="list-style-type: none"> 月曜日の朝（64時間の非ばく露後） 木曜日の朝（計72時間のばく露後） 	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群と比べてばく露群（月曜日の検査値）で、姿勢動揺検査の結果、姿勢制御能力の低下が見られた（$p<0.05$） 木曜日の検査値でも同様の傾向が見られた（$p<0.05$） 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 平均勤務年数：21年 	<ul style="list-style-type: none"> 有機溶媒（主にN-ヘキサン、トルエン） N-ヘキサン：平均222mg/m³ トルエン：平均102mg/m³ 	接着材の原料となる、有機溶媒を含む化学製品の準備作業に従事	Herpin, 2009
8	横断研究	ヨット、船、塗装、ラッカー、プラスチック、靴工場の従業員1,117名（うち、N-ヘキサンとトルエンにばく露：96名） 非ばく露群223名（うち66名は騒音にばく露）	<ul style="list-style-type: none"> 非ばく露群と比べて、N-ヘキサン+トルエンばく露群で難聴を示す割合が高い（OR=5.3, 95%CI :2.6-10.9） 非ばく露群と比べて、N-ヘキサン+トルエン+騒音との同時ばく露で難聴を示す割合はさらに上昇（OR=20.2） 	<ul style="list-style-type: none"> 吸入ばく露 6か月以上 	<ul style="list-style-type: none"> N-ヘキサン、トルエン N-ヘキサン：平均46.0mg/m³ トルエン：平均54.4mg/m³ 	各種工場での様々な作業に従事	Sliwinska-Kowalska, 2005

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	
9	レビュー	TOXLINE データベースで 2006 年 7 月までに公開された N-ヘキサンの職業的なばく露による聴覚毒性に関するシステムティックレビュー ヒト対象：3 文献 実験動物対象：7 文献	<ul style="list-style-type: none"> 聴覚毒性（聴覚脳幹誘発電位検査において、反応時間が延長） 	<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"> N-ヘキサン 250ppm 以下のケースについて調査 	塗装工場での作業等	Vyskocil, 2008

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-192 各機関による発がん性評価

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	n-Hexane
	評価ランク	発がん性評価には情報が不十分な物質 (2005)
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 ²⁷⁴	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-193 ノルマルヘキサンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²⁷⁵	TWA ²⁷⁶ 50 ppm (176 mg/m ³)	皮膚
NIOSH ²⁷⁷	REL ²⁷⁸	TWA 50 ppm (180 mg/m ³)	—
OSHA ²⁷⁹	PEL ²⁸⁰	TWA 500 ppm (1,800 mg/m ³)	—

²⁷⁴ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

²⁷⁵ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

²⁷⁶ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

²⁷⁷ National Institute for Occupational Safety and Health

²⁷⁸ 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

²⁷⁹ Occupational Safety and Health Administration

²⁸⁰ 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-194 日本産業衛生学会によるノルマルヘキサンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²⁸¹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
ノルマルヘキサン [110-54-3]	40	140	皮	—	—	—	'85

表 III-195 ノルマルヘキサンの GHS 分類結果

危険・有害性項目			分類結果
			ノルマルヘキサン
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 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		×
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 3（麻酔作用、気道刺激性）
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		区分 1

分類実施日：平成 21 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

²⁸¹ Occupational Exposure Limits

30 1-ブロモプロパン

30.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

1-ブロモプロパン（別名：1-プロピルブロミド、3-ブロモプロパン、プロピルブロミド）は、常温で無色透明な臭いのある液体であり、引火性が高いという特徴を有する。1-ブロモプロパンの物理化学的性質を表 III-196 に示す。

表 III-196 1-ブロモプロパンの物理化学的性質

分子量：123.0	比重：1.35	融点：-110°C	沸点：71.0°C
CAS No.：106-94-5	溶解性（対水溶解度）：0.25g/100 ml（20°C）		

(2) 主な用途

1-ブロモプロパンは、業務用洗浄剤、噴霧式接着剤の溶剤、ドライクリーニング用溶剤や、製造業や航空機メンテナンスにおける溶剤スプレーなどに使用されている。

(3) ばく露され得る例

環境省の化学物質環境リスク初期評価（2011）では、1-ブロモプロパンへの職業性ばく露の可能性のある産業として、金属製品製造業、輸送用機械器具製造業、電気機械器具製造業、精密機械製造業などのほか、印刷業、廃棄物処理業など幅広い産業を挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードによると、1-ブロモプロパンへの短期ばく露による影響として、眼、気道への刺激や中枢神経系への影響、意識の喪失などが起きることが知られている。また、長期または反復ばく露の影響として、生殖・発生毒性を引き起こすことが知られている。

(4) メカニズム

化学物質環境リスク初期評価（2011）では、マウスやラットでは1-ブロモプロパンが体内に入ると投与量の40-70%は未変化体として、代謝されたうちの一部は二酸化炭素として呼気に排出され、一部はグルタチオン抱合を受けたN-アセチル-S-プロピルシステイン、グルクロン酸抱合を受けた1-ブロモ-2-ヒドロキシプロパン-O-グルクロニド等として尿中に排泄されることが報告されている。ヒトにおいても、1-ブロモプロパンにばく露した労働者の尿中からN-アセチル-S-プロピルシステイン及び臭素イオンが検出されたと報告されていることから、マウス・ラットと同様の代謝経路が示唆されている。しかしながら、ヒトにおける1-ブロモプロパンの毒性メカニズムは解明されていない。

一方、動物実験では、1-ブロモプロパンへのばく露により小脳のプルキンエ細胞や顆粒細胞、ミエリン、ミクログリアの変性を生じることが示されており、また、1-ブロモプロパンのばく露量の増加により酸化ストレスマーカーが上昇することが示されている。これらが末梢神経障害に

寄与する可能性が示唆されている²⁸²。

30.2 告示に掲げられた疾病又は障害

1-ブロモプロパン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。）（平成25年）では、末梢神経障害が掲げられている。

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

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、告示年（平成25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、告示年（平成25年）以降の疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

表 III-197 各機関による発がん性評価

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	1-Bromopropane
	評価ランク	R: ヒト発がん性があると合理的に予測される物質
ACGIH ²⁸³	評価物質名称	—
	評価ランク	—

²⁸² Effects of Exposure to 1-Bromopropane on Astrocytes and Oligodendrocytes in Rat Brain, Sahabudeen Sheik Mohideen et al., J Occup Health 2013; 55: 29–38

²⁸³ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-198 1-ブロモプロパンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²⁸⁴	0.1ppm	—
NIOSH ²⁸⁵	REL ²⁸⁶	—	—
OSHA ²⁸⁷	PEL ²⁸⁸	—	—

(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（2015年度）では、1-ブロモプロパンは、生殖毒性物質の第2群として分類されている。

表 III-199 日本産業衛生学会による1-ブロモプロパンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²⁸⁹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
1-ブロモプロパン [106-94-5]	0.5	2.5	—	—	—	—	'12

表 III-200 1-ブロモプロパンの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
			1-ブロモプロパン
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	—
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分4
		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		×
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3（気道刺激性、麻酔作用）
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）		区分1（中枢神経系）
10	吸引性呼吸器有害性		×

分類実施日：平成20年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

²⁸⁴ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

²⁸⁵ National Institute for Occupational Safety and Health

²⁸⁶ 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

²⁸⁷ Occupational Safety and Health Administration

²⁸⁸ 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

²⁸⁹ Occupational Exposure Limits

31 2-ブロモプロパン

31.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

2-ブロモプロパンは、揮発しやすい無色透明で不燃性の液体である。2-ブロモプロパンの物理化学的性質を表 III-201 に示す。

表 III-201 2-ブロモプロパンの物理化学的性質

分子量：122.99	比重：1.3140 g/cm ³	融点：-89°C	沸点：59.5°C
CAS No.：75-26-3	溶解性（対水溶解度）：3.18×10 ³ mg/L（20°C）		

(2) 主な用途

2-ブロモプロパンは、医薬品、農薬、感光薬の合成原料、有機溶剤として用いられている。

(3) ばく露され得る例

環境省の化学物質の環境リスク初期評価（2005）では、2-ブロモプロパンへの職業性ばく露の可能性のある産業として、電子応用装置製造業、医薬品製造業、電気機械器具製造業を挙げている。

化学物質の環境リスク初期評価（2005）および日本産業衛生学会の許容濃度の提案理由書（1999）では、2-ブロモプロパンを吸入ばく露した場合の影響として、生殖系の障害（月経停止、無精子症、精子減少）、血液系の障害（汎血球減少症）が報告されている。自覚症状としては頭痛、めまい、脱力感があり、打撲で皮下出血しやすくなったとの報告もある。

(4) メカニズム

ヒトにおける2-ブロモプロパンの毒性メカニズムは明らかとなっていない。一方、無精子症のメカニズムについては、動物実験において2-ブロモプロパンへのばく露により精原細胞の消失、精細管の萎縮、生殖細胞の変性が生じることが示されており、特にアポトーシス細胞数の増加、アポトーシスの重要な制御因子であるカスパーゼ-3の活性化、アポトーシスに関連する Bax、Bcl-2、p53 遺伝子の発現の増加に関連することが報告されている。

31.2 告示に掲げられた疾病又は障害

2-ブロモプロパン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。）（平成25年）では、生殖機能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

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、告示年（平成 25 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、告示年（平成 25 年）以降の疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

表 III-202 各機関による発がん性評価

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 ²⁹⁰	評価物質名称	—
	評価ランク	—

表 III-203 2-ブロモプロパンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²⁹¹	—	—
NIOSH ²⁹²	REL ²⁹³	—	—
OSHA ²⁹⁴	PEL ²⁹⁵	—	—

(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（2015 年度）では、2-ブロモプロパンは、生殖毒性物質の第 1 群として分類されている。

²⁹⁰ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

²⁹¹ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

²⁹² National Institute for Occupational Safety and Health

²⁹³ 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

²⁹⁴ Occupational Safety and Health Administration

²⁹⁵ 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

表 III-204 日本産業衛生学会による 2-ブロモプロパンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ²⁹⁶		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
2-ブロモプロパン [75-26-3]	1	5	皮	—	—	—	'99

表 III-205 2-ブロモプロパンの 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-ブロモプロパン
1	急性 毒性	経口	×
		経皮	×
		吸入：ガス	区分 3
		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	—
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（吸入：循環器、神経）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 2（吸入：心臓、血液）
10		吸引性呼吸器有害性	×

分類実施日：平成 18 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

²⁹⁶ Occupational Exposure Limits

32 沃化メチル

32.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

沃化メチルは、特徴的な臭気のある、無色の液体である。沃化メチルの物理化学的性質を表 III-206 に示す。

表 III-206 沃化メチルの物理化学的性質

分子量：142.0	比重：2.3	融点：-66.5°C	沸点：42.5°C
CAS No.：74-88-4	溶解性（対水溶解度）：1.4 g/100 ml（20°C）		

(2) 主な用途

沃化メチルは主に試薬（屈折基準、ピリジン検出）、メチル化剤、医薬・農薬原料、珪藻を調べる際の埋封材料、電子回路用の感光性エッチング剤、消火剤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（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（2004）では、沃化メチルに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、化学工業、医薬品製造業、農薬製造業、電子機器産業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、沃化メチルの短期ばく露による影響として、眼、皮膚、気道への刺激や、中枢神経系に影響を挙げている。また、これらの影響は遅れて現れることがあるとされている。

(4) メカニズム

沃化メチルの毒性メカニズムは明らかではないが、沃化メチルを含むモノハロメタン類は強力なメチル化剤であり、細胞内の生体分子をメチル化することで機能を阻害し、細胞傷害性を示すと考えられている。また、生体内の代謝過程において産生されるフリーラジカルが生体分子と反応し、細胞傷害性を示すことも知られており、沃化メチルも同様の毒性メカニズムによって毒性を発揮することが示唆されている²⁹⁷。

32.2 告示に掲げられた疾病又は障害

沃化メチ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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、視覚障害、言語障害、協調運動障害等の神経障害、せん妄、躁状態等の精神障害又は意識障害が掲げられている。

²⁹⁷ EPA for monohalomethanes (1977)

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（2004）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、沃化メチルの短期・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。

一方、ATSDR のリスク評価書公表年以降の症例報告として、99%沃化メチルの経皮ばく露により水疱や浮腫性紅斑性発疹等が起こったとの報告があった。

表 III-207 沃化メチ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	皮膚の疾病等	無症候性水疱形成、浮腫性紅斑性発疹、易出血性掻痒発疹	<ul style="list-style-type: none"> ▪経皮ばく露 ▪短時間 ▪使い捨てニトリル手袋越しにばく露後、速やかに手袋を外し、洗浄 	99%沃化メチル	48歳男性研究員の沃化メチルを用いた作業中の事故によるばく露	Naiditch, 2007

(2) 疫学研究報告

ATSDR のリスク評価書（2004）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、沃化メチルへのばく露に関する疫学研究報告に関する情報は得られなかった。また、ATSDR のリスク評価書公表年以降についても疫学研究報告に関する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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

表 III-208 各機関による発がん性の評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Methyl iodide (Vol. 41, Sup 7, 71 ; 1999)
	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	methyl iodide; iodomethane
	評価ランク	2 : ヒトに対する発がん性が疑われる物質
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH ²⁹⁸	評価物質名称	—
	評価ランク	—

²⁹⁸ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-209 沃化メチルの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ²⁹⁹	TWA ³⁰⁰ 2ppm	皮膚
NIOSH ³⁰¹	REL ³⁰²	Ca TWA 2 ppm (10 mg/m ³)	がん
OSHA ³⁰³	PEL ³⁰⁴	TWA 5 ppm (28 mg/m ³)	皮膚

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-210 日本産業衛生学会による沃化メチルの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³⁰⁵		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
沃化メチル [74-88-4]	—	—	—	—	—	—	—

表 III-211 沃化メチルの 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
			沃化メチル
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	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） —（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）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（神経系）、区分 2（甲状腺）
10		吸引性呼吸器有害性	×

分類実施日：平成 21 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

²⁹⁹ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

³⁰⁰ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

³⁰¹ National Institute for Occupational Safety and Health

³⁰² 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

³⁰³ Occupational Safety and Health Administration

³⁰⁴ 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

³⁰⁵ Occupational Exposure Limits

33 アクリル酸エチル

33.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

アクリル酸エチル（別名：エチル＝アクリラート、エチルアクリラート、2-プロペン酸エチル、プロペン酸エチル、エトキシカルボニルエチレン）は、刺激臭のある無色の液体である。アクリル酸エチルの物理化学的性質を表 III-212 に示す。

表 III-212 アクリル酸エチルの物理化学的性質

分子量：100.1	比重：0.92	融点：-71℃	沸点：99℃
CAS No.：140-88-5	溶解性（対水溶解度）：1.5 g/100 ml（20℃）		

(2) 主な用途

アクリル酸エチルは主に、塗料や粘・接着剤、成型用共重合樹脂、アクリルゴム等の重合原料として用いられている。その他、凝集剤、皮革加工、紙加工、繊維加工の加工剤や化粧品合成原料等としても使用されている。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2007）では、アクリル酸エチルに関する職業性ばく露の可能性のある産業等として、化学工業、倉庫業、輸送用機械器具製造業、プラスチック製品製造業、電気機械器具製造業、自然科学研究所、石油製品・石炭製品製造業、ゴム製品製造業、建設現場、土木作業を挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、アクリル酸エチルへの短期ばく露による影響として、眼や皮膚、気道への刺激を挙げている。また、反復または長期の接触により、皮膚感作が生じることがあるとしている。

(4) メカニズム

アクリル酸とそのエステルにより引き起こされる慢性炎症は、アクリル酸によるミトコンドリア内膜透過性亢進（MPT）によるものと考えられている。アクリル酸エチルの場合、アクリル酸の産生を誘導するエステラーゼの活性によって上皮への障害がもたらされることがラットを用いた実験から示唆されている³⁰⁶。

³⁰⁶ Sweeney LM, Andersen ME, Gargas ML. Ethyl Acrylate Risk Assessment with a Hybrid Computational Fluid Dynamics and Physiologically Based Nasal Dosimetry Model, Toxicol Sci. 2004 Jun;79(2):394-403.

33.2 告示に掲げられた疾病又は障害

アクリル酸エチ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（以下、「告示」という。）（平成8年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、皮膚障害又は粘膜刺激が掲げられている。

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

化学物質の初期リスク評価書（2007）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、アクリル酸エチルへの短期・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、化学物質の初期リスク評価書（2007）公表年以降における症例報告に関する情報についても得られなかった。

(2) 疫学研究報告

化学物質の初期リスク評価書（2007）では、告示に掲げられていない疾病又は障害として、アクリル酸エチルへのばく露による神経系への影響に関する報告があった。

一方、化学物質の初期リスク評価書（2007）公表年以降の疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

表 III-213 アクリル酸エチ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(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	アクリル酸エステルの試験製造設備で働く労働者 33 人（男性 13 人、女性 20 人）	14 人が自律神経系の障害を訴え、14 人全員に神経系の症状があった。 33 人に脳波計による検査を実施した結果、1 人に脳幹機能の変化がみられた。	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪平均ばく露年数 5 年 	<ul style="list-style-type: none"> ▪アクリル酸エステル ▪職場での気中濃度 50mg/m³ 	チェコのアクリル酸エステルの試験製造設備での作業中にばく露	Kuželová, 1981 ※原文がチェコ語のため、評価書を参考に記載

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-214 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Ethyl acrylate (Vol. 39, Sup 7, 71 ; 1999)
	評価ランク	2B : ヒトに対して発がん性を示す可能性がある
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 ³⁰⁷	評価物質名称	Ethyl acrylate
	評価ランク	A4 : 人における発がん性が分類できていない物質 (ACGIH 2004)

表 III-215 アクリル酸エチルの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ³⁰⁸	TWA ³⁰⁹ 5ppm STEL ³¹⁰ 15ppm	—
NIOSH ³¹¹	REL ³¹²	—	—
OSHA ³¹³	PEL ³¹⁴	TWA 25 ppm (100 mg/m ³)	皮膚

(2) 国内機関 (日本産業衛生学会など)

表 III-216 日本産業衛生学会によるアクリル酸エチルの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³¹⁵		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
アクリル酸エチル [140-88-5]	—	—	—	2B	—	—	—

³⁰⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

³⁰⁸ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

³⁰⁹ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

³¹⁰ Short-Term Exposure Limit : 8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

³¹¹ National Institute for Occupational Safety and Health

³¹² 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

³¹³ Occupational Safety and Health Administration

³¹⁴ 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

³¹⁵ Occupational Exposure Limits

表 III-217 アクリル酸エチルの 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	
		アクリル酸エチル	
1	急性 毒性	経口	区分 4
		経皮	区分 4
		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 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）	
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（神経系）、区分 3（麻酔作用、 気道刺激性）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（神経系、呼吸器）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

34 アクリル酸ブチル

34.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

アクリル酸ブチルは、特徴的な臭気を有する無色の液体である。引火性であり、37℃以上では、蒸気と空気の爆発性混合気体を生じることがある。アクリル酸ブチルの物理化学的性質を表 III-218 に示す。

表 III-218 アクリル酸ブチルの物理化学的性質

分子量：128.2	比重：0.90	融点：-64℃	沸点：145～149℃
CAS No.：141-32-2	溶解性（対水溶解度）：0.14 g /100 ml		

(2) 主な用途

環境省の化学物質の環境リスク初期評価書（2013）では、アクリル酸ブチルの主な用途として、アクリル繊維、繊維加工、塗料、紙加工、接着剤、皮革加工、アクリルゴムが挙げられている。

(3) ばく露され得る例

化学物質の環境リスク初期評価書（2013）では、アクリル酸ブチルに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、化学工業、プラスチック製品製造業、倉庫業、パルプ・紙・紙加工品製造業、一般機械器具製造業、電気機械器具製造業、ゴム製品製造業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードによると、アクリル酸ブチルに短期ばく露した場合、眼・皮膚・気道への刺激が引き起こされる。また、液体を飲みこむことにより化学性肺炎を引き起こす。その他、反復または長期の接触により、皮膚感作を生じることが知られている。

(4) メカニズム

アクリル酸とそのエステルにより引き起こされる慢性炎症は、アクリル酸によるミトコンドリア内膜透過性亢進（MPT）によるものと考えられている。

34.2 告示に掲げられた疾病又は障害

アクリル酸ブチ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（以下、「告示」という。）（平成8年）では、皮膚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

化学物質の環境リスク初期評価書（2013）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、アクリル酸ブチル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。

一方、化学物質の環境リスク初期評価書公表年以降の症例報告としては、アクリル酸ブチルを積載したトラックの横転事故によるばく露で慢性肺機能障害を発症した3症例についての報告があった。

表 III-219 アクリル酸ブチ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	呼吸器系の疾病等	(急性症状) 咳、鼻づまり、咽頭炎、喘鳴、流涙、暗視力低下、目の充血、顔面浮腫、手の浮腫 (慢性症状) 慢性肺機能障害（呼吸困難、咳、鼻づまり、咽頭炎、頭痛、喘鳴、強い臭気への過敏反応）	■吸入ばく露 ■20～25分	■アクリル酸ブチル ■濃度不明（記載なし）	アクリル酸ブチルを積載したトラックの横転事故の現場付近で、車中にて待機中にばく露	Bhardwaj et al, 2012
2	呼吸器系の疾病等	慢性肺機能障害（呼吸困難、咳、鼻づまり、喘鳴、強い臭気への過敏反応）	■吸入ばく露 ■ばく露時間不明（記載なし）	■アクリル酸ブチル ■濃度不明（記載なし）	アクリル酸ブチルを積載したトラックの横転事故の残骸等の埋立地で作業中にばく露	Bhardwaj et al, 2012
3	呼吸器系の疾病等	慢性肺機能障害（呼吸困難、咳、鼻づまり、喘鳴、強い臭気への過敏反応）	■吸入ばく露 ■ばく露時間不明（記載なし）	■アクリル酸ブチル ■濃度不明（記載なし）	アクリル酸ブチルを積載したトラックの横転事故により近隣住民がばく露	Bhardwaj et al, 2012

(2) 疫学研究報告

化学物質の環境リスク初期評価書（2013）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、アクリル酸ブチルへのばく露に関する疫学研究報告として、嗅覚機能障害や神経系への影響、眼やのどへの刺激などに関する報告があった。

一方、化学物質の環境リスク初期評価書公表年以降の疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

表 III-220 アクリル酸ブチ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(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	症例群：嗅覚障害のある患者 77名 (うち、アクリル酸ばく露群 47名、非ばく露群 30名) 対照群：健常者 77名 (うちアクリル酸ばく露群 34名、非ばく露群 43名) ※先行して実施した横断研究により、本研究の対象を選定 ※職業種別によるばく露程度スコア×勤務年数によって以下の4つのグループに分類 グループ1：0 グループ2：0.1-4.9 グループ3：5-13 グループ4：>13.1 ※ばく露程度のスコア 非ばく露 or 他の化学物質へのばく露：0 低濃度ばく露：1 高濃度ばく露：2	嗅覚障害に対するオッズ比は、OR：2.0 (95% CI：1.1-3.8)であった。グループ3では、他のグループに比べて症例群の割合が高かった。(OR：症例数/対照数、95%CI 値の記載はなし) グループ1：OR1.0 グループ2：OR1.4 グループ3：OR4.2 グループ4：OR2.4	■吸入ばく露 ■勤続年数症例群：15.5±1.2年、対照群：14.6±1.2年	■アクリル酸ブチル(他物質との混合ばく露) ■ばく露濃度不明(記載なし)	米国のアクリル酸エステルやメタクリル酸エステルを製造する化学工場での作業中にばく露	Schwartz, 1989
2	横断研究	アクリル酸エステルの試験製造設備で働く労働者 33人(男性13人、女性20人)	14人が自律神経系の障害を訴え、14人全員に神経系の症状があった。 33人に脳波計による検査を実施した結果、1人に脳幹機能の変化がみられた。	■吸入ばく露 ■平均ばく露年数5年	■アクリル酸エステル ■職場の濃度50mg/m ³	チェコのアクリル酸エステルの試験製造設備での作業中にばく露	Kuželová, 1981 ※原文がチェコ語のため、評価書を参考に記載
3	横断研究	ばく露群：60人 非ばく露群：60人 (平均年齢40歳)	ばく露群の約40%に眼や喉の灼熱感、頻度は低いものの刺激性の咳や頭痛、吐き気や眩暈、皮膚の違和感などが見られた。	■吸入ばく露 ■平均ばく露年数13年	■アクリル酸エステル ■職場の濃度は相対的に低いとの記述あり	チェコのアクリル酸エステル製造工場での作業中にばく露	Tuček, 2002

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-221 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	n-Butyl acrylate
	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 ³¹⁶	評価物質名称	—
	評価ランク	A4：人における発がん性が分類できていない物質

表 III-222 アクリル酸ブチルの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ³¹⁷	TWA ³¹⁸ 2 ppm	—
NIOSH ³¹⁹	REL ³²⁰	TWA 10 ppm (55 mg/m ³)	—
OSHA ³²¹	PEL ³²²	—	—

(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 (2015 年度) では、アクリル酸ブチルは、皮膚に対する感作性物質の第 2 群に分類されている。

表 III-223 日本産業衛生学会によるアクリル酸ブチルの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³²³		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
アクリル酸ブチル [141-32-2]	—	—	—	—	—	—	—

³¹⁶ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

³¹⁷ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度 (ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度)

³¹⁸ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

³¹⁹ National Institute for Occupational Safety and Health

³²⁰ 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

³²¹ Occupational Safety and Health Administration

³²² 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

³²³ Occupational Exposure Limits

表 III-224 アクリル酸ブチルの 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	
		アクリル酸ブチル	
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 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） 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	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（鼻腔）	
10	吸引性呼吸器有害性	×	

分類実施日：平成 21 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

35 アクロレイン

35.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

アクロレイン（別名：アクリルアルデヒド、プロペナル、プロペンアルデヒド）は、黄色もしくは無色の液体である。揮発性・引火性が高く、加熱すると有毒なヒュームを生じる。アクロレインの物理化学的性質を表 III-225 に示す。

表 III-225 アクロレインの物理化学的性質

分子量：56.06	比重：0.8	融点：-88℃	沸点：53℃
CAS No.：107-02-8	溶解性（対水溶解度）：20 g/100 ml（20℃）		

(2) 主な用途

アクロレインは、主に医薬品や飼料に用いられるメチオニンの合成原料や、グルタルアルデヒド、ピリジン、その他としてアリルアルコール、グリセロール等の合成原料に用いられる。また、架橋剤、繊維加工剤にも使われている。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書（2007）では、アクロレインに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、化学工業を挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、アクロレインへの短期ばく露による影響として、催涙性や眼や皮膚、気道への重度の刺激を挙げている。また、高濃度を吸入すると肺水腫を引き起こすことがあるとしている。

(4) メカニズム

化学物質の初期リスク評価書（2007）では、アクロレインの毒性影響は、ばく露や接触部位においてグルタチオン抱合などによる細胞防御機構が飽和し、過剰のアクロレインがタンパク質やペプチドのSH基と結合することによって生じるとしている。

35.2 告示に掲げられた疾病又は障害

アクロレイン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。

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

化学物質の初期リスク評価書（2007）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、アクロレインへの短期・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。

一方、化学物質の初期リスク評価書（2007）公表年以降の症例報告として、農薬としてアクロレインを散布中にばく露した男性において延髄外側症候群やてんかん発作、心室細動が引き起こされたとの報告があった。

表 III-226 アクロレイ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	神経系の疾病等、循環器系の疾病等	延髄外側症候群、てんかん発作（急性症状）、心室細動（急性症状）	<ul style="list-style-type: none"> ■吸入ばく露 ■急性ばく露 ■ばく露時間不明（ばく露後ただちに症状が発現したとあるが、具体的な記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ■アクロレイン ■濃度不明（記載なし） 	農薬（あるいは殺虫薬、駆除薬）としてアクロレインを用水路へ散布中にばく露された57歳男性についての症例報告	Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2013

(2) 疫学研究報告

化学物質の初期リスク評価書（2007）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、アクロレインへの疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

一方、化学物質の初期リスク評価書（2007）公表年以降の疫学研究報告として、職業ばく露によるものではないが、喫煙あるいは環境からのアクロレインばく露により、心血管系疾患のリスクが上昇するとの報告があった。

表 III-227 アクロレイ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(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	2009年10月から2011年3月の間にレイビル大学病院を受診した18歳以上の男女211名 (アクロレインへのばく露はその代謝産物である3-ヒドロキシプロピルメルカプトール酸(3-HPMA)の尿中濃度により評価し、尿中3-HPMA濃度と心血管系疾患のリスク上昇に関連のある各項目との相関を評価)	<ul style="list-style-type: none"> 尿中3-HPMA濃度は非喫煙者に比べ喫煙者で有意に高い (P<0.001) 尿中3-HPMA濃度と循環型血管新生細胞数では負の相関がみられた cell type-2 (P=0.005), cell type-8 (P=0.007), cell type-14 (P<0.001) 尿中3-HPMA濃度と血小板活性化では正の相関がみられた。R2=0.020, P=0.043 Framingham risk score (FRS: 心血管疾患発症予測スコア) が高い人 (≥20) と心血管疾患の既往歴がある人を合わせた群は、FRSが低い群 (<20) に比べて尿中3-HPMA濃度が有意に高い (全体: P<0.001、非喫煙者: P=0.006) FRS≥20 群は、FRS<20 群に比べて尿中3-HPMA濃度が有意に高い (P=0.035) 	<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"> アクロレイン 濃度不明 (記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> 喫煙によるばく露および環境ばく露 (職業ばく露を対象としたものではない) 	DeJarnett, 2014

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-228 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Acrolein (Vol. 63 ; 1995)
	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	Acrolein
	評価ランク	ヒト発がん性評価には情報が不十分な物質 (1999)
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 ³²⁴	評価物質名称	Acrolein
	評価ランク	A4 : 人における発がん性が分類できていない物質 (ACGIH 2004)

³²⁴ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-229 アクロレインの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ³²⁵	TWA ³²⁶ 0.3 ppm (0.67 mg/m ³) STEL ³²⁷ C ³²⁸ 0.1 ppm	皮膚
NIOSH ³²⁹	REL ³³⁰	TWA 0.1 ppm (0.25 mg/m ³) ST 0.3 ppm (0.8 mg/m ³)	—
OSHA ³³¹	PEL ³³²	TWA 0.1 ppm (0.25 mg/m ³)	—

(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アクロレインの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³³³		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
アクロレイン [107-02-8]	0.1	0.23	—	—	—	—	'73

表 III-231 アクロレインの 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
			アクロレイン
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 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 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、神経系、肝臓）、区分 3（麻酔作用）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器、肝臓、腎臓）
10		吸引力呼吸器有害性	×

分類実施日：平成 18 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

³²⁵ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

³²⁶ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

³²⁷ Short-Term Exposure Limit：8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

³²⁸ Ceiling limit：天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

³²⁹ National Institute for Occupational Safety and Health

³³⁰ 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

³³¹ Occupational Safety and Health Administration

³³² 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

³³³ Occupational Exposure Limits

36 アセトン

36.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

アセトン（別名：2-プロパノン、ケトプロパン、ジメチルケタール、ジメチルケトン、 β -ケトプロパン、メチルアセチル）は、特徴的な臭気のある、無色の液体である。アセトンの物理化学的性質を表 III-232 に示す。

表 III-232 アセトンの物理化学的性質

分子量：58.1	比重：0.8	融点：-95°C	沸点：56°C
CAS No.：67-64-1	溶解性（対水溶解度）：混和する		

(2) 主な用途

アセトンは主に溶媒および化学品製造の中間体として用いられる。主な用途はメタクリル酸メチル、メタクリル酸と高級メタクリル酸エステル、ビスフェノール A、メチルイソブチルケトン、薬品の製造と製剤学的応用、および被覆剤とアセチルセルロースの溶媒である。脂肪と油脂の抽出溶媒、および糖と澱粉精製における沈殿剤として食品用途にも使用される。

(3) ばく露され得る例

国際化学物質安全性計画の環境保健クライテリア（1998）では、アセトンに関する職業性ばく露の可能性のある作業として、紙、プラスチック、医薬品製剤、塗料および類似の製品、ゴムおよび木材用化学薬品、環式化合物の中間体、工業用有機化学薬品、石膏製品、ボール紙製品のよな広範囲の製造工程が挙げられている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、アセトンの短期ばく露による影響として、眼や気道への刺激を挙げている。また、長期または反復ばく露による影響として、皮膚の脱脂や乾燥、ひび割れを生じるとしている。

(4) メカニズム

米国毒物・疾病登録局（以下 ATSDR とする）のリスク評価書（1994）によると、アセトンは高い脂溶性によって細胞の膜組成を変化させ、細胞膜のイオン透過性を変化させることで麻酔作用を発揮すると考えられている。また、粘膜刺激作用を有し、眼、鼻、喉、肺等を刺激することも知られている。

36.2 告示に掲げられた疾病又は障害

アセトン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又は中枢神経系抑制が掲げられている。

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

環境省の化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート（2008）では、アセトンの短期・長期ばく露による症例として、吸入ばく露による眼や気道への刺激や、経皮ばく露による皮膚炎などの報告があった。

また、化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート公表年以降の症例報告として、アセトンのばく露によって皮膚の熱傷や角膜びらんを起こしたほか、横紋筋融解や急性腎不全、高血圧等の症状を呈した症例についての報告があった。

表 III-233 アセト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	自覚症状関係、呼吸器系の疾病等、眼・付属器の疾病等	微弱な脈、混乱、喉の刺激、足の虚脱感、目への刺激、酩酊感覚、胸の締め付け	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露 ▪5時間 	<ul style="list-style-type: none"> ▪アセトン、1,1,1-トリクロロエチレン ▪アセトンは12,000ppm以上、1,1,1-トリクロロエチレンは最大50ppm 	4人の清掃員が、大きなコンクリート建物の水道管の破裂によって穴の中にたまった水を除去中にばく露。	Ross, 1973
2	皮膚の疾病等	顔と上肢の急性接触皮膚炎	<ul style="list-style-type: none"> ▪経皮ばく露 ▪7か月 	<ul style="list-style-type: none"> ▪アセトン、スクアリン酸ジブチルエステル ▪アセトン中のスクアリン酸ジブチルエステルの濃度は2% 	36歳の女性研究技術者がアセトン使用中にばく露。	Tosti, 1988
3	皮膚の疾病等、眼・付属器の疾患等、呼吸器系の疾病等、骨格系の疾病等、尿路系の疾病等、循環器系の疾病等	皮膚の熱傷、角膜びらん、気管支の浮腫・発赤、横紋筋融解、ミオグロビン尿、急性腎不全、高血圧	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入ばく露、経皮ばく露 ▪ばく露時間不明（記載なし） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪アセトン ▪濃度不明（記載なし） 	道路工事に従事していた49歳男性についての症例報告（道路工事中的アセトンの不注意な取扱いによるばく露）。	Piatkowski, 2007

(2) 疫学研究報告

環境省の化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート（2008）では、アセトンの疫学研究報告として、アセトンへの慢性ばく露が神経行動学的な機能の低下を引き起こすとの報告があった。

また、化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート公表年以降の疫学研究報告として、アセトンを含む有機溶剤の混合ばく露により難聴および高血圧のリスクが高まるとの報告があった。

表 III-234 アセト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

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	アセトン繊維工場労働者 ばく露群：男性 110 人、平均年齢 37.6 歳（18.7-56.8 歳） 非ばく露群：男性 110 人平均年齢 41.9 歳（20.7-57.5 歳） ※非ばく露群は、ばく露群と同じ工場勤務だが、アセテート製造に関わっていない	30-44 歳の年齢層では、ばく露群は非ばく露群に比べて、単純反応時間テストのスコアが有意に低かった ($p<0.05$)。	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 平均 14.9 年（0.5-34.3 年） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ アセトン ▪ 呼気中：平均 364ppm（19.6-1,018ppm） ▪ 肺胞気平均 97.3ppm（2.5-422ppm） ▪ 血中 66.0mg/l（4-220mg/l） ▪ 尿中 37.8mg/l（0.75-170mg/l） 	アセトン繊維工場労働者が、セルロースを含有する生地生産の溶剤としてアセトンを使用してばく露。	Satoh, 1996

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	<p>ばく露群：バス・トラック工場の従業員 469名</p> <p>グループ 1（騒音のみにばく露）：223名、平均年齢 37.52 ± 6 歳</p> <p>グループ 2（騒音および有機溶媒にばく露）：131名、平均年齢 37.27 ± 4.7 歳</p> <p>グループ 3（有機溶媒のみにばく露）：115名、平均年齢 38 ± 5.1 歳</p> <p>対照群： グループ 4（騒音、有機溶媒どちらにもばく露なし）：119名、平均年齢 35.76 ± 7.7 歳</p>	<ul style="list-style-type: none"> 対照群に対してはばく露群（グループ 1～3 の合計）では、両耳とも 250、4,000、6,000、8,000Hz で聴力低下を示す割合が有意に高い。（P<0.001）。 ばく露群ではばく露年数が上がるにつれ、250、4,000、6,000、8,000Hz の聴力が有意に低下する。ばく露年数との相関： 250Hz（両耳）：R=0.14, P=0.003 4,000Hz（両耳）：R=0.18, P<0.0001 6,000Hz（両耳）：R=0.22, P<0.0001 8,000Hz（両耳）：R=0.16, P<0.0001 他グループに対し、グループ 2 では右耳で 4,000Hz（P=0.01）、左耳で 2,000 Hz（P=0.01）、4,000 Hz（P<0.0001）、6,000 Hz（P=0.005）、8,000Hz（P=0.001）で聴力低下を示す割合が有意に高い。 グループ 3 と他のグループと比較した場合、有意な差は得られなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> ばく露経路不明（記載なし） ばく露群（全グループ）のばく露時間は 1 日 8 時間、週 5 日 平均ばく露年数 グループ 1：16.56 ± 6.2 年 グループ 2：12.7 ± 5.8 年 グループ 3：13.7 ± 6.1 年 	<ul style="list-style-type: none"> ベンゼン、トルエン、キシレン、テトラクロロエチレン、アセトン 有機溶媒にばく露がある人は上記 5 物質すべてにばく露 ばく露濃度 <グループ 2 の職場> ベンゼン：1.86 mg/m³ トルエン：26 mg/m³ キシレン：411 mg/m³ テトラクロロエチレン：43 mg/m³ アセトン：182 mg/m³ <グループ 3 の職場> ベンゼン：0.98 mg/m³ トルエン：33 mg/m³ キシレン：265 mg/m³ テトラクロロエチレン：51 mg/m³ アセトン：98 mg/m³ 	<p>バス・トラック工場での業務に従事（グループ 1：組み立て部門、グループ 2：塗装部門、グループ 3：塗料の在庫管理および準備）</p>	Unlu, 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	
3	横断研究	イランの自動車製造会社の男性従業員471名 非ばく露群： グループ1（許容限界（<85dBA）以下の騒音および有機溶媒（Em※≤1）にばく露）124名 ※Em：混合有機溶媒の相対ばく露量 ばく露群： グループ2（許容限界以下の騒音および許容限界以上の有機溶媒にばく露）101名 グループ3（許容限界以上の騒音および許容限界以下の有機溶媒にばく露）139名 グループ4（許容限界以上の騒音および有機溶媒にばく露）107名	<ul style="list-style-type: none"> グループ1に対し、グループ2では、以下について有意差が得られた。 高血圧の有病割合が高い（Adjusted OR=4.38、95%CI:1.27-10.53、P=0.028） 収縮期血圧が有意に高い（P=0.010） 拡張期血圧が有意に高い（P=0.010） 	<ul style="list-style-type: none"> ばく露経路不明（記載なし） ばく露時間は、全グループ平均で8.01年間（0.5～30年間）、グループ2の平均は8.7年間 	<ul style="list-style-type: none"> グループ2は以下の全ての有機溶媒にばく露 ベンゼン（0.23±0.09ppm） トルエン（10.10±0.87ppm） キシレン（103.30±1.32ppm） アセトン（42.00±5.04ppm） グループ4はアセトンへのばく露なし 	自動車製造会社での業務に従事（グループ1：事務員、グループ2：塗装、グループ3：組み立て、グループ4：塗装）	Attarchi, 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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

表 III-235 各機関による発がん性評価

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	Acetone
	評価ランク	ヒト発がん性評価には情報が不十分な物質（1999）
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 ³³⁴	評価物質名称	—
	評価ランク	A4（人における発がん性が分類できていない物質）（ACGIH 2009）

³³⁴ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-236 アセトンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ³³⁵	TWA ³³⁶ 500 ppm STEL ³³⁷ 750 ppm	—
NIOSH ³³⁸	REL ³³⁹	TWA 250 ppm (590 mg/m ³)	—
OSHA ³⁴⁰	PEL ³⁴¹	TWA 1000 ppm (2400 mg/m ³)	—

(2) 国内機関（日本産業衛生学会など）

表 III-237 日本産業衛生学会によるアセトンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³⁴²		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
アセトン [67-64-1]	200	470	—	—	—	—	'72

表 III-238 アセトンの GHS 分類結果

危険・有害性項目			分類結果
			アセトン
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 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 3 (気道刺激性、麻酔作用)
9	標的臓器／全身毒性 (反復ばく露)		区分 2 (血液)
10	吸引性呼吸器有害性		区分 2

分類実施日：平成 18 年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

³³⁵ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

³³⁶ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

³³⁷ Short-Term Exposure Limit：8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

³³⁸ National Institute for Occupational Safety and Health

³³⁹ 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

³⁴⁰ Occupational Safety and Health Administration

³⁴¹ 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

³⁴² Occupational Exposure Limits

37 イソアミルアルコール

37.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

イソアミルアルコール（別名：イソペンチルアルコール、3-メチル-1-ブタノール）は、飽和脂肪族アルコールの一種であり、常温常圧下で特徴的な臭気を有する無色の液体である。イソアミルアルコールの物理化学的性質を表 III-239 に示す。

表 III-239 イソアミルアルコールの物理化学的性質

分子量：88.15	比重：0.813	融点：-117.2 °C	沸点：130.5 °C
CAS No.：123-51-3	溶解性（対水溶解度）：2.5 g/100 mL		

(2) 主な用途

イソアミルアルコールは、主として医薬品や写真用薬品の合成原料として用いられる。その他、香料原料や抽出剤、塗料用溶剤、印刷インキ用溶剤等として利用されている。

(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, 1990）によれば、イソアミルアルコールに対して職業的にばく露する可能性がある労働者は電気系技術者や機械工、臨床検査技師、印刷機械運転者等であった。なお、日本国内においても、化学工場における保守作業中に残留していたイソアミルアルコール蒸気にはばく露した事例が報告されている。

イソアミルアルコールにはばく露した際の具体的な症状は、眼および上気道への刺激として、咳、めまい、頭痛、吐き気、咽頭痛、眼の発赤、痛み等が挙げられる。また、経口ばく露した場合、中枢神経系に影響を及ぼし、抑うつ、不安、昏睡、意識消失等の症状が現れることもある³⁴³。

(4) メカニズム

イソアミルアルコールによる毒性のメカニズムは明らかにされていないが、イソアミルアルコールは飽和脂肪族アルコールの一種であり、飽和脂肪族アルコールと同様の機序が示唆されている。飽和脂肪族アルコールは一般に生体内でアルコールデヒドロゲナーゼによってアルデヒド体、さらにアルデヒドデヒドロゲナーゼによってカルボン酸体へと変換され、これらの代謝産物による代謝性アシドーシスが細胞毒性を示すと考えられている。また、代謝過程において生成するケトン体は鎮静作用を有することも示唆されている³⁴⁴。

³⁴³ Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Isoamyl alcohol (The Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL) 2013年12月)

³⁴⁴ Toxicity of Aliphatic Saturated Alcohols (Patocka *et. al.*, Military Medical Science Letters 2012年12月)

37.2 告示に掲げられた疾病又は障害

イソアミルアルコー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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、中枢神経系抑制、前眼部障害又は気道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

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、イソアミルアルコールへの短期・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、イソアミルアルコールへのばく露による疫学研究報告に関する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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

ACGIH、NIOSH、OSHA では、前眼部および気道刺激防止の観点から、イソアミルアルコールの気中濃度に対して基準値を勧告している。

表 III-240 各機関による発がん性評価

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 ³⁴⁵	評価物質名称	—
	評価ランク	—

³⁴⁵ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-241 イソアミルアルコールの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ³⁴⁶	TWA ³⁴⁷ 100 ppm STEL ³⁴⁸ 125 ppm	(8 hr) (15 min)
NIOSH ³⁴⁹	REL ³⁵⁰	TWA 100 ppm (360 mg/m ³) STEL 125 ppm (450 mg/m ³)	(10 hr) (15 min)
OSHA ³⁵¹	PEL ³⁵²	TWA 100 ppm (360 mg/m ³)	(8hr)

(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、イソアミルアルコールについて、許容濃度決定に参考となる国内での報告および諸外国の論文等がないとし、眼、鼻、咽喉刺激を防止する観点から ACGIH の許容濃度に従って許容濃度を勧告している。ただし、軽い刺激を防ぐには十分な基準値ではないとしている。

表 III-242 日本産業衛生学会によるイソアミルアルコールの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³⁵³		経皮 摂取	発がん 性	感作性		提案 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
イソアミルアルコール [123-51-3]	100	360	—	—	—	—	'66

³⁴⁶ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

³⁴⁷ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度

³⁴⁸ Short-Term Exposure Limit : 8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

³⁴⁹ National Institute for Occupational Safety and Health

³⁵⁰ 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

³⁵¹ Occupational Safety and Health Administration

³⁵² 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

³⁵³ Occupational Exposure Limits

表 III-243 イソアミルアルコールの 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	
		イソアミルアルコール	
1	急性 毒性	経口	区分 5
		経皮	区分 5
		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）	区分 1（中枢神経系）、区分 3（麻酔作用、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：H18.2.10

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

38.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

エチルエーテル（別名：ジエチルエーテル、エトキシエタン）は常温常圧下で甘い刺激臭を有する無色の液体である。引火性が高く、かつ揮発性を有し、室温で気化して空気中に広範囲に拡散する。エチルエーテルの物理化学的性質を表 III-244 に示す。

表 III-244 エチルエーテルの物理化学的性質

分子量：74.1	比重：0.71	融点：-116.3 °C	沸点：34.6 °C
CAS No.：60-29-7	溶解性（対水溶解度）：60.4 g/L (25 °C)		

(2) 主な用途

エチルエーテルは油脂、樹脂、ワックス、ゴム、ニトロセルロース等の溶媒、酢酸凝縮剤、医薬品や写真用薬品の製造、化学合成における抽出剤等として工業的に利用される。また、冷媒やエンジンの起動剤としても利用されている。なお、以前は外科的手術用吸入麻酔剤として医療的にも広く利用されていたが、高い引火性によって電気メスとの併用が制限されることから用途が限られている。

(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, 1990）によれば、エチルエーテルに対して職業的にばく露する可能性がある労働者は化学系技術者、看護師、臨床検査技師、用務員、エンジン整備士等であった。なお、日本国内においても、エチルエーテルを溶媒として使用する化学工場において容器からの小分け作業中に引火爆発した災害事例等が報告されている。

エチルエーテルにばく露した際の具体的な症状は、短時間のばく露では眼、気道に対する刺激性があり、誤嚥した場合には化学性肺炎を引き起こす可能性がある。また、中枢神経系に影響し、ナルコーシスを生じることもある。慢性的なばく露では皮膚の脱脂等も見られる³⁵⁴。

(4) メカニズム

エチルエーテルは、エーテル基が細胞膜上の受容体タンパク質に吸着し、アロステリック効果によって細胞膜を脱感作させることで粘膜を刺激すると考えられている。また、麻酔作用も同様に神経細胞における受容体タンパク質の脱感作がメカニズムであるとされている。さらに、エチルエーテルは空気との接触によって容易に酸化され、生成した過酸化物が細胞に酸化ストレスを与えることで細胞障害性を発揮することも示唆されている³⁵⁵。

³⁵⁴ Diethyl ether (MAK Value Documentation, 1999) (The MAK Collection for Occupational Health and Safety 2012年1月)

³⁵⁵ NEG and NIOSH basis for an occupational health standard: ethyl ether (CDC's National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) 1993年)

38.2 告示に掲げられた疾病又は障害

エチルエーテ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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状又は中枢神経系抑制が掲げられている。

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に関して、エチルエーテルへの短期・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、エチルエーテルへのばく露による疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

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（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

ACGIH、OSHAでは、エチルエーテルの大気中濃度に対して基準値を勧告している。

表 III-245 各機関による発がん性評価

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 ³⁵⁶	評価物質名称	—
	評価ランク	—

³⁵⁶ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-246 エチルエーテルの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ³⁵⁷	TWA ³⁵⁸ 400 ppm STEL ³⁵⁹ 500 ppm	—
NIOSH ³⁶⁰	REL ³⁶¹	—	Substances with No Established RELs
OSHA ³⁶²	PEL ³⁶³	TWA 400 ppm (1200 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、1966年に麻酔作用を考慮した許容濃度 400 ppm を設定し、1997年に基準値の見直しが検討されたが、現時点で変更する理由は見当たらないと結論づけられた。

表 III-247 日本産業衛生学会によるエチルエーテルの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³⁶⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
エチルエーテル [60-29-7]	400	1,200	—	—	—	—	'97

表 III-248 エチルエーテルの 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
			エチルエーテル
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 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	×
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 3（麻酔作用、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	区分 2

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)

³⁵⁷ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

³⁵⁸ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

³⁵⁹ Short-Term Exposure Limit：8時間TWAがTLV-TWA内にあっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない15分間TWA

³⁶⁰ National Institute for Occupational Safety and Health

³⁶¹ 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

³⁶² Occupational Safety and Health Administration

³⁶³ 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

³⁶⁴ Occupational Exposure Limits

39 エチレンクロロヒドリン

39.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

エチレンクロロヒドリン（別名：2-クロロエタノール、2-クロロエチルアルコール、グリコールクロロヒドリン）は、常温常圧下で特徴的な臭気を有する無色の液体である。強酸化剤と激しく反応し、火災や爆発の危険をもたらす。また、強塩基との接触によって可燃性のエチレンガスを発生する。エチレンクロロヒドリンの物理化学的性質を表 III-249 に示す。

表 III-249 エチレンクロロヒドリンの物理化学的性質

分子量：80.5	比重：1.2	融点：-67℃	沸点：128~130℃
CAS No.：107-07-3	溶解性（対水溶解度）：完全に溶解		

(2) 主な用途

エチレンクロロヒドリンは医薬品、農薬、染料等の合成中間体、重合調整剤、架橋剤等として利用されている。具体的には、インディゴの合成中間体、ポリスルフィドの合成中間体、捺染剤として用いるチオジエチレングリコールの合成中間体として用いられるが、主要な用途はエチレンオキシドの合成中間体である。

(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, 1990）によれば、エチレンクロロヒドリンに対して職業的にばく露する可能性がある労働者として化学工業従事者が挙げられている。日本国内においては、平成23年度に、エチレンクロロヒドリンの有害物ばく露作業報告として11事業場から計14作業の報告があり、主な用途は他の製剤等の原料として使用、接着を目的とした使用、触媒又は添加剤として使用、作業の種類は計量、配合、注入、投入又は小分けの作業、サンプリング、分析、試験又は研究の業務、接着の作業であった。

エチレンクロロヒドリンにばく露した際の具体的な症状としては、初期症状は頭痛やめまい、眼および気道への刺激等があり、続いて重症の場合、錯乱、呼吸困難、意識喪失のほか、心臓や腎臓、肝臓の障害、呼吸不全等により死に至ることもある³⁶⁵。

(4) メカニズム

エチレンクロロヒドリンは、細胞内に存在するアルコールデヒドロゲナーゼの基質となり、毒性代謝物のクロロアセトアルデヒドを生成する。さらに、生成したクロロアセトアルデヒドが細胞内の生体分子に付加し、アルデヒド付加体を生成することで、細胞障害性を発揮すると考えら

³⁶⁵ リスク評価書 No.72（初期）：エチレンクロロヒドリン（厚生労働省 2014年7月）

れている³⁶⁶。

39.2 告示に掲げられた疾病又は障害

エチレンクロルヒドリン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、頭痛、めまい、嘔吐等の自覚症状、前眼部障害、気道・肺障害、肝障害又は腎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

告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、エチレンクロルヒドリンへの短期・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

エチレンクロルヒドリンへの職業性ばく露による告示に掲げられていない疾病又は障害として、頻脈や一過性高血圧、高カリウム血症等の循環器系の疾病等が報告されている。

表 III-250 エチレンクロルヒドリ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

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	後向き観察研究	1985年から1998年の間に Taiwan Poison Control Center に報告されたエチレンクロルヒドリン中毒事例を分析	<ul style="list-style-type: none"> エチレンクロルヒドリン中毒17症例中、職業性ばく露は3症例であった。 いずれの症例においても、頻脈、一過性高血圧、高カリウム血症等が見られた。 	<ul style="list-style-type: none"> 経皮ばく露(2名、59歳男性および56歳男性) 吸入ばく露(1名、49歳女性) ばく露時間不明(記載なし) 	<ul style="list-style-type: none"> 99%エチレンクロルヒドリン溶液 濃度不明(測定不能との記載あり) 	<ul style="list-style-type: none"> 職業性ばく露とのみ記載(台湾では葡萄の発芽促進剤として使用されるとの記載あり) 	Deng, 2001

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 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

ACGIH、NIOSH、OSHA では、中枢神経系、循環器系、肝臓および腎臓への影響を予防し、眼、皮膚、鼻および肺への刺激、消化器系への影響を最小限にすることを目的として、エチレンクロルヒドリンの大気中濃度に対して基準値を勧告している。

³⁶⁶ リスク評価書 No.72 (初期) : エチレンクロロヒドリン (厚生労働省 2014年7月)

表 III-251 各機関による発がん性評価

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 ³⁶⁷	評価物質名称	Ethylene chlorohydrin
	評価ランク	A4（人における発がん性が分類できていない物質）

表 III-252 エチレンクロロヒドリンの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ³⁶⁸	Ceiling 1 ppm	
NIOSH ³⁶⁹	REL ³⁷⁰	Ceiling 1 ppm (3 mg/m ³)	—
OSHA ³⁷¹	PEL ³⁷²	TWA ³⁷³ 5 ppm (16 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エチレンクロロヒドリンに対して許容濃度を勧告していない。

表 III-253 日本産業衛生学会によるエチレンクロロヒドリンの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³⁷⁴		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
エチレンクロロヒドリン [107-07-3]	—	—	—	—	—	—	—

³⁶⁷ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

³⁶⁸ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

³⁶⁹ National Institute for Occupational Safety and Health

³⁷⁰ 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

³⁷¹ Occupational Safety and Health Administration

³⁷² 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

³⁷³ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

³⁷⁴ Occupational Exposure Limits

表 III-254 エチレンクロルヒドリンの 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	
		エチレンクロルヒドリン	
1	急性 毒性	経口	区分 3
		経皮	区分 2
		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	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	区分 1	
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、血液系、腎臓、 肝臓、呼吸器系）、区分 3（麻酔作用）	
9	標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（血液系）、区分 2（肝臓、腎臓）	
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）

40 エチレングリコールモノメチルエーテル

40.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

エチレングリコールモノメチルエーテル（別名：メチルセロソルブ、2-メトキシエタノール、メチルグリコール）は、特徴的な臭気のある無色の液体である。エチレングリコールモノメチルエーテルの物理化学的性質を表 III-255 に示す。

表 III-255 エチレングリコールモノメチルエーテルの物理化学的性質

分子量：76.1	比重：0.96	融点：-85℃	沸点：125℃
CAS No.：109-86-4	溶解性（対水溶解度）：混和する		

(2) 主な用途

エチレングリコールモノメチルエーテルは、主に、洗浄剤や塗料、医薬用の溶剤として使用されている他、合成原料、染料溶解剤等に用いられている。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の化学物質の初期リスク評価書

(2007) では、エチレングリコールモノメチルエーテルに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、プラスチック製品製造業、出版・印刷・同関連産業、倉庫業、化学工業、ゴム製品製造業、精密機械器具製造業、その他の製造業、機械修理業、窯業・土砂製品製造業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、エチレングリコールモノメチルエーテルへの短期ばく露による影響として、眼や気道への刺激や、中枢神経系、血液、骨髄、腎臓、肝臓に影響を挙げている。長期又は反復ばく露による影響としては、皮膚の脱脂や、血液や骨髄に影響を与えて貧血や血球障害を生じることを挙げている。また、ヒトで生殖・発生毒性を引き起こすこともあるとしている。

(4) メカニズム

国際化学物質簡潔評価文書（CICAD）（2010）によると、エチレングリコールモノメチルエーテル等の2-アルコキシエタノール化合物は、アルコール脱水素酵素により2-アルコキシアセトアルデヒド化合物に酸化され、続いてアルデヒド脱水素酵素により2-アルコキシ酢酸へ転換される。この2-アルコキシ酢酸が毒性の主要因と考えられている。

40.2 告示に掲げられた疾病又は障害

エチレングリコールモノメチルエーテ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（以下、「告示」という。）（昭和53年）では、頭痛、め

まい、嘔吐等の自覚症状、造血器障害、振せん、協調運動障害、肝障害又は腎障害が掲げられている。

40.3 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

化学物質の初期リスク評価書（2007）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、エチレングリコールモノメチルエーテルへの短期・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、化学物質の初期リスク評価書（2007）公表年以降についても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

化学物質の初期リスク評価書（2007）では、告示に掲げられていない疾病又は障害に関して、エチレングリコールモノメチルエーテルへのばく露による免疫系への影響や、精子数の減少など生殖機能への影響に関する報告があった。

一方、化学物質の初期リスク評価書（2007）公表年以降の疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

表 III-256 エチレングリコールモノメチルエーテル(EGME)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	ばく露群： 寄せ木細工床職人 9人、平均年齢 39.1 歳（25-58 歳） 非ばく露群： ばく露群と年齢を一致させた健康なボランティア 9 人、平均年齢 37.9 歳（25-56 歳）	対象者の末梢血リンパ球量を分析。ばく露群では、非ばく露群に比べて、OKT11T 細胞断片と OKT4 ヘルパー細胞が少なく、anti-Leu7 陽性 NK 細胞や anti-Leu12 標識 T 細胞が有意に高かった。(p < 0.05)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吸入ばく露 ▪ 平均 18.9 年（8-35 年） 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EGME の他多数の有機物質にばく露 ▪ 空气中濃度 6.1-15mg/m³、血中濃度 40.1-965.0μg/dl 	寄せ木細工床職人が有機溶媒を使用中にばく露。	Denkhaus, 1986

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	アメリカ北東部の大きな造船所の労働者 ばく露群：塗装工 73 人、平均年齢 37.5 歳 (19-62 歳) 非ばく露群：事務員または海の製図技師 40 人、平均年齢 47.9 歳 (28-64 歳) ※No.3 の同様の対象集団から精子研究のための対象を抽出	非喫煙者のみで見えた場合、ばく露群では、精子減少症の割合が非ばく露群に比べて有意に高かった。(p<0.005)	<ul style="list-style-type: none"> ▪吸入・経皮ばく露 ▪3-6 か月 ※No.3 と同様 	<ul style="list-style-type: none"> ▪EGME、2-エトキシエタノール (混合ばく露) ▪サンプラーで採取した作業場所の各物質の 8 時間 TWA 濃度 EGME : 2.6mg/m³ (0-17.7mg/m³) 2-エトキシエタノール : 9.9 mg/m³ (0-80.5mg/m³) ※No.3 と同様 	造船所の塗装工が塗装作業中にばく露。 ※No.3 と同様	Welch, 1988

40.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関 (IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH)

表 III-257 各機関による発がん性評価

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 ³⁷⁵	評価物質名称	—
	評価ランク	—

³⁷⁵ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

表 III-258 エチレングリコールモノメチルエーテルの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ³⁷⁶	TWA ³⁷⁷ 5ppm	皮膚
NIOSH ³⁷⁸	REL ³⁷⁹	TWA 0.1 ppm (0.3 mg/m ³)	皮膚
OSHA ³⁸⁰	PEL ³⁸¹	TWA 25 ppm (80 mg/m ³)	皮膚

(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（2015年度）では、エチレングリコールモノメチルエーテルは、生殖毒性物質の第1群として分類されている。

表 III-259 日本産業衛生学会によるエチレングリコールモノメチルエーテルの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³⁸²		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
エチレングリコールモノメ チルエーテル [109-86-4]	0.1	0.31	皮	—	—	—	'09

表 III-260 エチレングリコールモノメチルエーテルの 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
			エチレングリコールモノメチルエー テル
1	急性 毒性	経口	—
		経皮	区分 4
		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	—
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	×
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（中枢神経系、腎臓、精巣）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（中枢神経系、造血系、精巣）
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）

³⁷⁶ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

³⁷⁷ Time-Weighted Average：1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

³⁷⁸ National Institute for Occupational Safety and Health

³⁷⁹ 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

³⁸⁰ Occupational Safety and Health Administration

³⁸¹ 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

³⁸² Occupational Exposure Limits

41 2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテル

41.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテル（別名：フェニルグリシジルエーテル、1, 2-エポキシ-3-フェノキシプロパン）は、特徴的な臭気を持つ可燃性の無色の液体である。2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテルの物理化学的性質を表 III-261 に示す。

表 III-261 2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテルの物理化学的性質

分子量：150.1	比重：1.11	融点：3.5℃	沸点：245℃
CAS No.：122-60-1	溶解性（対水溶解度）：0.24 g/100 ml（20℃）		

(2) 主な用途

2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテルは、主にエポキシ樹脂・アルキド樹脂の反応性希釈剤、繊維の改質剤、合成樹脂・農薬の補助剤として使用されている。

(3) ばく露され得る例

新エネルギー・産業技術総合開発機構の初期リスク評価書（2008）では、2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテルに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、化学工業、繊維工業、電気機械器具製造業を挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテルへの短期ばく露による影響として、眼や皮膚、気道への刺激を挙げている。また、反復または長期の接触により、皮膚感作を引き起こすことがあるとしている。ヒトで発がん性を示す可能性も示唆されている。

(4) メカニズム

厚生労働省の有害性評価書（2009）では、本物質は接触アレルゲンであり、皮膚感作性を示すとしている。また、ACGIH では本物質を感作性物質として分類している。

41.2 告示に掲げられた疾病又は障害

2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテ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（以下、「告示」という。）（平成25年）では、皮膚障害が掲げられている。

41.3 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、告示年（平成 25 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、告示年（平成 25 年）以降の疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

41.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

表 III-262 各機関による発がん性評価

評価機関	評価内容	
IARC	評価物質名称	Phenyl glycidyl ether (Vol. 47, 71 ; 1999)
	評価ランク	2B : ヒトに対して発がん性を示す可能性がある
EPA	評価物質名称	—
	評価ランク	—
EU	評価物質名称	phenyl glycidyl ether; 2,3-epoxypropyl phenyl ether; 1,2-epoxy-3-phenoxypropane
	評価ランク	1B : ヒトに対しておそらく発がん性がある物質
NTP	評価物質名称	—
	評価ランク	—
ACGIH ³⁸³	評価物質名称	Phenyl glycidyl ether
	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（ACGIH 2005）

表 III-263 2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテルの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ³⁸⁴	TWA ³⁸⁵ 0.1 ppm	皮膚
NIOSH ³⁸⁶	REL ³⁸⁷	Ca C ³⁸⁸ 1 ppm (6 mg/m ³)	15-minute
OSHA ³⁸⁹	PEL ³⁹⁰	TWA 10 ppm (60 mg/m ³)	—

³⁸³ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

³⁸⁴ Threshold Limit Value : 作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

³⁸⁵ Time-Weighted Average : 1日8時間、1週40時間の時間荷重平均濃度

³⁸⁶ National Institute for Occupational Safety and Health

³⁸⁷ 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

³⁸⁸ Ceiling limit : 天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

³⁸⁹ Occupational Safety and Health Administration

³⁹⁰ 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-264 日本産業衛生学会による 2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテルの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ³⁹¹		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテル [122-60-1]	—	—	—	—	—	—	—

表 III-265 2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテルの 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
			2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテル
1	急性 毒性	経口	区分 5
		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 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） 区分 1（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 2
8		標的臓器／全身毒性（単回ばく露）	区分 3（気道刺激性、麻酔作用）
9		標的臓器／全身毒性（反復ばく露）	区分 1（呼吸器、肝臓）
10		吸引性呼吸器有害性	×

分類実施日：平成 18 年度

（×：分類できない、—：分類対象外または区分外）

³⁹¹ Occupational Exposure Limits

42 グルタルアルデヒド

42.1 物質の性状

(1) 物理化学的性質

グルタルアルデヒド（別名：グルタルジアルデヒド、1,5-ペンタンジアル）は、無色透明で粘り気を持つ液体である。グルタルアルデヒドの物理化学的性質を表 III-266 に示す。

表 III-266 グルタルアルデヒドの物理化学的性質

分子量：100.1	比重：0.7	融点：-14℃	沸点：187~189℃
CAS No.：111-30-8	溶解性（対水溶解度）：水と混和する		

(2) 主な用途

グルタルアルデヒドは、主に病院などで使用される内視鏡機器、手術・歯科医療機器の消毒剤、殺菌剤、レントゲン写真の現像液として使われている。また、試薬、架橋剤、なめし剤としても使用されている。2005年2月に厚生労働省労働基準局長から、「医療機関におけるグルタルアルデヒドによる労働者の健康障害防止について（基発第 0224007/0224008）」³⁹²の通達が出ており、内視鏡等の医療器具消毒時にグルタルアルデヒドによる健康障害を起こさないようにと通告されている。

(3) ばく露され得る例

環境省の化学物質の環境リスク初期評価書（2011）では、グルタルアルデヒドに関する職業性ばく露の可能性のある産業として、なめし革・同製品・毛皮製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、医薬品製造業、化学工業、自然科学研究所、石油製品・石炭製品製造業などを挙げている。

国際化学物質安全性計画の国際化学物質安全性カードでは、グルタルアルデヒドへの短期ばく露による影響として、眼や皮膚、気道への刺激を挙げている。また、反復または長期の皮膚への接触により皮膚炎や皮膚感作を、また反復または長期の吸入により喘息を引き起こすとしている。

(4) メカニズム

米国の国家毒性プログラム（NTP：National Toxicology Program）のテクニカルレポート（1993）では、グルタルアルデヒドはタンパク質と反応するため、強いタンパク質変性を持つことが示唆されている。

42.2 告示に掲げられた疾病又は障害

グルタルアルデヒド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。）（平成25年）では、皮膚障害、前眼部障害又は気

³⁹²医療機関におけるグルタルアルデヒドによる労働者の健康障害防止について
(<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/hor/hombun/hor1-46/hor1-46-6-1-0.htm>)

道障害が掲げられている。

42.3 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、告示年（平成 25 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、告示年（平成 25 年）以降の疫学研究報告に関する情報は得られなかった。

42.4 国際機関による評価および学会等の勧告値

(1) 国外機関（IARC、EPA、EU、NTP、ACGIH）

表 III-267 各機関による発がん性評価

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 ³⁹⁵	評価物質名称	—
	評価ランク	A4：人における発がん性が分類できていない物質（ACGIH 2004）

表 III-268 グルタルアルデヒドの基準値

国際機関	基準	値	備考
ACGIH	TLV ³⁹⁴	C ³⁹⁵ 0.05 ppm	—
NIOSH ³⁹⁶	REL ³⁹⁷	C 0.2 ppm (0.8 mg/m ³)	—
OSHA ³⁹⁸	PEL ³⁹⁹	—	—

³⁹³ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

³⁹⁴ Threshold Limit Value：作業環境許容濃度（ほとんどすべての作業者が毎日繰り返しばく露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の気中濃度）

³⁹⁵ Ceiling limit：天井値 作業中のどの時点においても超えてはならない値

³⁹⁶ National Institute for Occupational Safety and Health

³⁹⁷ 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

³⁹⁸ Occupational Safety and Health Administration

³⁹⁹ 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（2015年度）では、グルタルアルデヒドは、気道及び皮膚に対する感作性物質の第1群に分類されている。

表 III-269 日本産業衛生学会によるグルタルアルデヒドの許容濃度

対象物質	許容濃度 OEL ⁴⁰⁰		経皮 摂取	発がん 性	感作性		採用 年度
	ppm	mg/m ³			気道	皮膚	
グルタルアルデヒド [III-30-8]	0.03(最大許容濃度)	—	—	—	1	1	'06

表 III-270 グルタルアルデヒドの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 グルタルアルデヒド
1	急性 毒性	経口	区分3
		経皮	区分4
		吸入：ガス	—
		吸入：蒸気	区分1
		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	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（中枢神経）、 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（吸入：気道）
10		吸引性呼吸器有害性	×

分類実施日：平成21年度

(×：分類できない、—：分類対象外または区分外)

⁴⁰⁰ Occupational Exposure Limits

【参考 1】 GHS 分類について

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。

本調査では、発がん性については 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⁴⁰¹。

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		

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

⁴⁰¹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) (Ver1.1)」の P.160 より抜粋

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

また、GHS分類における危険有害性とその区分は以下のとおりである。本調査の対象となった化学物質にて用いられやすい項目には網掛けを施した。

表 III-271 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⁴⁰²

	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	危険	火災時に大量爆発のおそれ

⁴⁰² 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
			地に 1.5 の数字		
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
23	自己反応性化学製品	タイプ A	爆弾の爆発	危険	熱すると爆発のおそれ
24	自己反応性化学製品	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	自己反応性化学製品	タイプ C	炎	危険	熱すると火災のおそれ
26	自己反応性化学製品	タイプ D	炎	危険	熱すると火災のおそれ
27	自己反応性化学製品	タイプ E	炎	警告	熱すると火災のおそれ
28	自己反応性化学製品	タイプ F	炎	警告	熱すると火災のおそれ
29	自己反応性化学製品	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

	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
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
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）

	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
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）
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	重篤な皮膚の葉傷・眼の損傷

	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
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
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	3(麻酔作	感嘆符	警告	眠気又はめまいのおそれ

	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
	身毒性(単回ばく露)	用)			
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

【参考 2】物質の許容濃度について

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

表 III-272 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) 8 時間 TWA が TLV-TWA 内にあっても、1 日の作業のどの時間においても、超えてはならない 15 分間 TWA
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

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

2016年3月

株式会社 三菱総合研究所
人間・生活研究本部