

化学物質のリスク評価検討会

報告書（抄）

（平成22年度ばく露実態調査対象物質に係るリスク評価）

平成23年7月

目次

1	はじめに	1
2	リスク評価の実施状況	2
3	平成 22 年度ばく露実態調査対象物質に係るリスク評価	
(1)	対象物質	3
(2)	リスク評価の手法	4
(3)	リスク評価検討会参集者	4
(4)	リスク評価検討会の開催経過	5
(5)	リスク評価結果の概要	6
4	リスク評価書等（別冊）	
(1)	初期リスク評価書（8 物質）	
①	オルト-ニトロアニソール	
②	カテコール	
③	酸化チタン（IV）	
④	1,3-ジクロロプロペン	
⑤	ジメチル-2,2-ジクロロビニルホスフェイト（別名 DDVP）	
⑥	ニトロメタン	
⑦	パラ-ジクロロベンゼン	
⑧	4-ビニル-1-シクロヘキセン	
(2)	詳細リスク評価書（5 物質）	
⑨	インジウム及びその化合物	
⑩	エチルベンゼン	
⑪	コバルト及びその化合物	
⑫	酢酸ビニル	
⑬	1,2-ジブromoエタン	

(別紙) これまでのリスク評価の進捗状況一覧

1 はじめに

職場において取り扱う化学物質の種類は多様で、取り扱う作業も多岐にわたる中で、化学物質による職業性疾病の発生は依然として後を絶たない状況にある。このため、平成16年5月に取りまとめられた「職場における労働者の健康確保のための化学物質管理のあり方検討会報告書」では、事業者が自ら化学物質の有害性等とばく露レベルに応じて生ずる労働者の健康障害の可能性及び程度について評価（リスク評価）を行い、必要な措置を講ずる自律的な管理が基本であるとしながらも、中小企業等では自律的な化学物質管理が十分でないこと等を考慮して、国自らも必要に応じてリスク評価を行い、健康障害発生のリスクが特に高い作業等について、規制を行うなどのリスク管理が必要であるとしている。

また、平成16年12月27日の労働政策審議会建議「今後の労働安全衛生対策について」において、国は、有害化学物質について、化学物質に係る労働者の作業内容等のばく露関係情報等に基づきリスク評価を行い、健康障害発生のリスクが特に高い作業等については、リスクの程度等に応じて、特別規則による規制を行う等のリスク管理を講じることが必要であるとされている。

これらを受けて、平成17年5月に報告された「労働者の健康障害防止に係るリスク評価検討会報告書」において、①国が行う化学物質による労働者の健康障害防止に係るリスク評価の考え方及び方法、②リスク評価の結果に基づき国が講ずべき健康障害防止措置及び③ばく露関係の届出について基本的考え方が取りまとめられ、平成18年1月に公布された改正労働安全衛生規則において、有害物ばく露作業報告の制度が創設された。

このような経緯を経て、平成18年度から、国による化学物質のリスク評価を実施している。

平成21年度には、「少量製造・取扱いの規制等に係る小検討会報告書」において、リスク評価の実施方法のレビューが行われ、よりの確な健康障害防止措置の検討を行うために、リスク評価を「初期評価」と「詳細評価」の2段階で行う等の改善を加えたところである。

2 リスク評価の実施状況

<平成18年度ばく露実態調査対象物質>

平成19年4月、①エピクロロヒドリン、②塩化ベンジル、③1,3-ブタジエン、④ホルムアルデヒド及び⑤硫酸ジエチルの5物質のリスク評価の結果をとりまとめ、公表を行った。

<平成19年度ばく露実態調査対象物質>

平成20年3月、①2,3-エポキシ-1-プロパノール、②塩化ベンゾイル、③オルト-トルイジン、④クレオソート油、⑤1,2,3-トリクロロプロパン、⑥ニッケル化合物（ニッケルカルボニルを除く。）、⑦砒素及びその化合物（三酸化砒素を除く。）、⑧フェニルオキシラン、⑨弗化ビニル及び⑩ブromoエチレンの10物質のリスク評価の結果をとりまとめ、公表を行った。

<平成20年度ばく露実態調査対象物質>

平成21年6月、①イソプレン、②2,3-エポキシプロピル=フェニルエーテル、③オルト-アニシジン、④オルト-ニトロトルエン、⑤2-クロロ-1,3-ブタジエン、⑥コバルト化合物（塩化コバルト及び硫酸コバルトに限る。）、⑦酸化プロピレン、⑧4,4'-ジアミノジフェニルエーテル、⑨4,4'-ジアミノ-3,3'-ジメチルジフェニルメタン、⑩2,4-ジアミノトルエン、⑪1,4-ジクロロ-2-ブテン、⑫2,4-ジニトロトルエン、⑬ジメチルヒドラジン、⑭ヒドラジン（ヒドラジン-水合物を含む。）、⑮1,3-プロパンスルトン、⑯ベンゾ[a]アントラセン、⑰ベンゾ[a]ピレン、⑱ベンゾ[e]フルオラセン、⑲4,4'-メチレンジアニリン、⑳2-メトキシ-5-メチルアニリンの20物質の初期リスク評価の結果をとりまとめ、公表を行った。

<平成21年度ばく露実態調査対象物質>

平成22年7月、初期評価7物質（①アクリル酸エチル、②アセトアルデヒド、③インジウム及びその化合物、④エチルベンゼン、⑤コバルト及びその化合物（塩化及び硫酸コバルトを除く）、⑥酢酸ビニル、⑦1,2-ジブromoエタン）及び詳細評価7物質（①2-クロロ-1,3-ブタジエン、②コバルト化合物（塩化及び硫酸コバルト）、③酸化プロピレン、④1,4-ジクロロ-2-ブテン、⑤2,4-ジニトロトルエン、⑥ジメチルヒドラジン、⑦1,3-プロパンスルトン）合計14物質のリスク評価の結果をとりまとめ、公表を行った。

3 平成 22 年度ばく露実態調査対象物質に係るリスク評価

(1) 対象物質

今回は、平成 22 年度に国によるばく露実態調査を行った 13 物質についてリスク評価を行った（これまでのリスク評価の状況は別表のとおり）。

これらのうち 2 物質は平成 20 年度ばく露作業報告対象物質で、ばく露実態調査の実施時期の調整のためリスク評価が遅れていたもので、残りは平成 21 年度ばく露作業報告対象物質である。

平成 20 年報告ばく露作業報告対象物質

物の名称	発がん性評価 (IARC, 又は EU)
オルト-ニトロアニソール	2 (EU)
1, 2-ジブプロモエタン (別名 EDB)	2A, 2 (EU)

平成 21 年報告ばく露作業報告対象物質

物の名称	発がん性評価 (IARC)
インジウム及びその化合物	りん化インジウムは 2A
エチルベンゼン	2B
カテコール	2B
コバルト及びその化合物	2B
酢酸ビニル	2B
酸化チタン (IV)	2B
1, 3-ジクロロプロペン	2B
ジメチル-2, 2-ジクロロビニルホスフェイト (別名 DDVP)	2B
ニトロメタン	2B
パラ-ジクロロベンゼン	2B
4-ビニル-1-シクロヘキセン	2B

なお、平成 20 年及び 21 年のばく露作業報告対象物質の選定は以下により行っている。

[平成 20 年選定基準]

- ① 労働安全衛生法施行令別表第 9 に掲載されていること。（労働安全衛生法第 57 条の 2 に基づく文書交付対象物質）
- ② 特定化学物質障害予防規則等（第 3 類特定化学物質を除く）で規制されていないこと。
- ③ 発がん性の知見が次のいずれかに該当すること。
 - ア 国際がん研究機関 (IARC) の発がん性評価が「1」又は「2A」のもの
 - イ EU (欧州連合) の発がん性分類において、「1」又は「2」と評価されているもの

- 平成18年度、19年度において、我が国での取り扱いが確認できないもの、生産量が少ない物（1トン以下）、副次的に発生する物であって、その発生量が少量であるものとして除外したものについても、ばく露作業報告により取り扱いの有無を確認するため対象とした。

[平成21年選定基準]

- ① 労働安全衛生法施行令別表第9に掲載されていること。（労働安全衛生法第57条の2に基づく文書交付対象物質）
- ② 特定化学物質障害予防規則等（第3類特定化学物質を除く）で規制されていないこと。
- ③ 発がん性の知見が次のいずれかに該当すること。
 - ア 発がん性の知見について平成18・19年度の対象物質に準じる物質（国際がん研究機関（IARC）の発がん性評価が「2B」のもの）
 - イ 学識者より「リスク評価を行うべき」とされた物質
 - ※平成18年度から20年度にかけて、IARCの評価が「1」又は「2A」もしくはEUの分類が「1」又は「2」の物質を選定した。
- ④ 米国産業衛生専門家会議（ACGIH）のばく露限界（TLV）又は日本産業衛生学会の許容濃度があること。

(参考) IARCにおける発がん性の評価

- グループ1：ヒトに対して発がん性がある
- グループ2A：ヒトに対しておそらく発がん性がある
- グループ2B：ヒトに対して発がん性が疑われる

EUにおける発がん性分類

- 1：ヒトに対して発がん性があることが知られている物質
- 2：ヒトに対して発がん性があるとみなされるべき物質

(2) リスク評価の手法

「リスク評価の手法」（平成22年1月改訂）及び「労働者の有害物によるばく露評価ガイドライン」（平成21年12月。以下、「ガイドライン」という。）に基づき評価を行った。

(参考) 「リスク評価の手法」

(<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2010/03/d1/s0331-20m.pdf>)

「労働者の有害物によるばく露評価ガイドライン」

(<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2010/01/s0115-4.html>)

(3) リスク評価関係検討会参集者

化学物質のリスク評価検討会

池田 敏彦 横浜薬科大学臨床薬学科教授
内山 巖雄 京都大学名誉教授

- 圓藤 陽子 独立行政法人労働者健康福祉機構関西労災病院産業中毒センター長
- 大前 和幸 慶應義塾大学医学部衛生学公衆衛生学教室教授
- 小嶋 純 独立行政法人労働安全衛生総合研究所環境計測管理研究グループ上席研究員
- 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
- 高田 礼子 聖マリアンナ医科大学医学部予防医学教室教授
- 名古屋 俊士 早稲田大学理工学術院教授
- 西川 秋佳 国立医薬品食品衛生研究所安全性生物試験研究センター長
- 花井 荘輔 独立行政法人産業技術総合研究所客員研究員
- 原 邦夫 帝京平成大学地域医療学部教授
- 宮川 宗之 独立行政法人労働安全衛生総合研究所健康障害予防研究グループ部長

有害性評価小検討会

- 池田 敏彦 横浜薬科大学臨床薬学科教授
- 大前 和幸 慶應義塾大学医学部衛生学公衆衛生学教室教授
- 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
- 高田 礼子 聖マリアンナ医科大学医学部予防医学教室教授
- 西川 秋佳 国立医薬品食品衛生研究所安全性生物試験研究センター長
- 宮川 宗之 独立行政法人労働安全衛生総合研究所健康障害予防研究グループ部長

ばく露評価小検討会

- 内山 巖雄 京都大学名誉教授
- 圓藤 陽子 独立行政法人労働者健康福祉機構関西労災病院産業中毒センター長
- 小嶋 純 独立行政法人労働安全衛生総合研究所環境計測管理研究グループ上席研究員
- 名古屋 俊士 早稲田大学理工学術院教授
- 花井 荘輔 独立行政法人産業技術総合研究所客員研究員
- 原 邦夫 帝京平成大学地域医療学部教授

(50音順、敬称略、○は座長)

(4) リスク評価検討会の開催経過

有害性評価小検討会

第1回有害性評価小検討会 平成23年2月22日(火)

① がん原性試験(吸入試験)対象物質の選定について(フィージビリティテスト)

終了物質からの選定)

- ② 有害性評価書、評価値の検討 (6 物質)

第 2 回有害性評価小検討会 平成 23 年 4 月 14 日 (木)

- ① 有害性評価書、評価値の検討 (3 物質)

ばく露評価小検討会

第 1 回ばく露評価小検討会 平成 23 年 3 月 2 日 (水)

- ① ばく露実態調査対象物質の測定分析法について
- ② 平成 22 年度ばく露評価について (非公開)

第 2 回ばく露評価小検討会 平成 23 年 4 月 6 日 (水)

- ① ばく露実態調査対象物質の測定分析法について
- ② 平成 22 年度ばく露実態調査の結果 (非公開)

第 3 回ばく露評価小検討会 平成 23 年 4 月 20 日 (水)

- ① 平成 22 年度ばく露実態調査の結果 (非公開)

化学物質のリスク評価検討会

第 1 回化学物質のリスク評価検討会 平成 23 年 5 月 10 日 (火)

- ① 平成 22 年度リスク評価対象物質のリスク評価について

第 2 回化学物質のリスク評価検討会 平成 23 年 5 月 27 日 (金)

- ① 平成 22 年度リスク評価対象物質のリスク評価について

第 3 回化学物質のリスク評価検討会 平成 23 年 6 月 15 日 (水)

- ① 平成 22 年度リスク評価対象物質のリスク評価について

(5) リスク評価結果の概要

① 初期リスク評価結果

ア 次の 5 物質については、製造・取扱いを行う一部の事業場において二次評価値を超えるばく露が見られたことから、さらに詳細なリスク評価を行うべきであり、ばく露の高かった要因を明らかにするとともに、国は事業者がばく露低減のため適切に管理を行うよう指導すべきである。

- 酸化チタン
- 1,3-ジクロロプロペン
- ジメチル-2,2-ジクロロビニルホスフェイト (別名 DDVP)
- パラ-ジクロロベンゼン

○4-ビニル-1-シクロヘキセン

イ 次の2物質については、ばく露の測定結果が二次評価値以下であったことから、今回のばく露実態調査に基づくリスク評価ではリスクは高くないと考えられるが、有害性の高い物質であることから、国は、事業者が自主的なリスク管理を行うよう指導すべきである。

○オルト-ニトロアニソール

○カテコール

○ニトロメタン

※二次評価値：労働者が勤労生涯を通じて毎日、当該物質に暴露した場合にも、当該ばく露に起因して労働者が健康に悪影響を受けることはないであろうと推測される濃度。「リスク評価の手法」に基づき、原則として日本産業衛生学会の許容濃度又はACGIHのばく露限界値を採用している。

② 詳細リスク評価結果

昨年の初期リスク評価の結果、ばく露の高かった要因を明らかにするため5物質の詳細リスク評価（有害性評価及びばく露評価）を行ったところであり、その概要は次のとおりである。

ア 次の3物質については、製造・取扱いを行う一部の事業場において二次評価値を超えるばく露が見られ、ばく露要因を解析したところ作業工程共通のリスクと考えられ、他の事業場においても高いばく露があると推測されることから、制度的対応を念頭においてばく露リスク低減のための健康障害防止措置等の対策の検討を行うべきである。（括弧内は、措置の検討の対象とすべき作業）

○インジウム及びその化合物（インジウム化合物の製造・取扱い等）

○エチルベンゼン（塗料の溶剤として使用する塗装作業）

○コバルト及びその化合物（金属コバルト及びコバルト化合物を取り扱う作業等）

イ 次の2物質については、製造・取扱いを行う事業場の一部の作業において二次評価値を超えるばく露が見られたが、ばく露要因を解析したところ作業工程共通のリスクは認められなかった。しかしながら、適切な管理が行われない場合には比較的高いばく露が見られるため、国は事業者が自主的なリスク管理を行うよう指導すべきである。

○1,2-ジブromoエタン

○酢酸ビニル

なお、今回行った①及び②のリスク評価は、現時点において入手された資

料・データを基にリスク評価を行ったものであり、リスク評価結果は将来にわたって不変のものではない。このため、引き続き情報収集に努めていく必要がある。

【これまでのリスク評価の進捗状況一覧】

別表

斜字：本報告書による評価結果

通し	物質名	報告* 事業場数	リスク評価の実施状況		リスク評価 後の措置			
			ばく露調査	リスク評価結果				
平成18年ばく露作業報告(平成18年1月～3月報告対象物質) 5物質								
1	1 エピクロロヒドリン	117	H18年度	リスク低い	—			
2	2 塩化ベンジル	56	H18年度	リスク低い	—			
3	3 1,3-ブタジエン	59	H18年度	一部作業リスク高い	特化則			
4	4 ホルムアルデヒド	549	H18年度	リスク高い	特化則 (特定第2類に 指定)			
5	5 硫酸ジエチル	42	H18年度	一部作業リスク高い	特化則			
平成19年ばく露作業報告(平成19年4月～6月報告対象物質) 10物質								
6	1 2,3-エポキシ-1-プロパノール	6	H19年度	リスク低い	—			
7	2 塩化ベンゾイル	35	H19年度	リスク低い	—			
8	3 オルト-トルイジン	19	H19年度	リスク低い	—			
9	4 クレオソート油	32	H19年度	リスク低い	—			
10	5 1,2,3-トリクロロプロパン	5	H19年度	リスク低い	—			
11	6 ニッケル化合物(ニッケルカルボニルを除く。)	595	H19年度	リスク高い	特化則 (管理第2類に 指定)			
12	7 砒素及びその化合物(三酸化砒素を除く。)	51	H19年度	リスク高い	特化則 (管理第2類に 指定)			
13	8 フェニルオキシラン	5	H19年度	リスク低い	—			
14	9 弗(ふっ)化ビニル	0	実施せず	リスクなし	—			
15	10 プロモエチレン	0	実施せず	リスクなし	—			
通し	物質名	報告* 事業場数	初期リスク評価の実施状況		初期評価 後の措置	詳細リスク評価の実施状況		詳細評価 後の措置
			ばく露調査	リスク評価結果		ばく露評価	リスク評価結果	
平成20年ばく露作業報告(平成20年1月～3月報告対象物質) 44物質								
16	1 アルファ, アルファ-ジクロロトルエン	0	実施せず	再告示(23年報告へ)	—			
17	2 イソブレン	26	H20年度	リスク低い	—			
18	3 ウレタン	3 (全て廃業)	実施せず	再告示(23年報告へ)	—			
19	4 2,3-エポキシプロピルフェニルエーテル	16	H20年度	リスク高くない	—			
20	5 オルト-アニシジン	2	H20年度	リスク低い	—			
21	6 オルト-ニトロアニソール	1	H22年度	リスク低い	—			
22	7 オルト-ニトロトルエン	2	H20年度	リスク低い	—			
23	8 2-クロロ-1,3-ブタジエン	4	H20年度	リスク高い	詳細評価へ	H21年度	リスク高いが 作業工程共通でない	—
24	9 4-クロロ-2-メチルアニリン及びその塩酸塩	1	実施せず	取扱いなく打ち切り	—			
25	10 コバルト化合物(塩化コバルト及び硫酸コバルトに限る。)	42	H20年度	リスク高い	詳細評価へ	H21年度	リスク高い	21年度「コバ」 及びその化合物 に統合
26	11 酸化プロピレン	37	H20年度	リスク高い	詳細評価へ	H21年度	リスク高い	特化則 (特定第2類に 指定)
27	12 ジアゾメタン	0	実施せず	再告示(23年報告へ)	—			
28	13 2,4-ジアミノアニソール	0	実施せず	再告示(23年報告へ)	—			
29	14 4,4'-ジアミノジフェニルエーテル	11	H20年度	リスク高くない	—			
30	15 4,4'-ジアミノジフェニルスルフィド	0	実施せず	再告示(23年報告へ)	—			
31	16 4,4'-ジアミノ-3,3'-ジメチルジフェニルメタン	3	H20年度	リスク高くない	—			
32	17 2,4-ジアミノトルエン	6	H20年度	リスク高くない	—			
33	18 1,4-ジクロロ-2-ブテン	1	H20年度	リスク高い	詳細評価へ	H21年度	リスク高い	特化則
34	19 2,4-ジニトロトルエン	8	H20年度	リスク高い	詳細評価へ	H21年度	リスク高いが 作業工程共通でない	—
35	20 1,2-ジプロモエタン(別名EDB)	1	H21年度	リスク高い	詳細評価へ	H22年度	リスク高いが 作業工程共通でない	—
36	21 1,2-ジプロモ-3-クロロプロパン	0	実施せず	再告示(23年報告へ)	—			
37	22 ジメチルカルバモイルクロリド	0	実施せず	再告示(23年報告へ)	—			
38	23 N,N-ジメチルニトロソアミン	0	実施せず	再告示(23年報告へ)	—			
39	24 ジメチルヒドラジン	3	H20年度	リスク高い	詳細評価へ	H21年度	リスク高い	特化則 (特定第2類に 指定)

通し	物質名	報告* 事業場数	初期リスク評価の実施状況		初期評価 後の措置	詳細リスク評価の実施状況		詳細評価 後の措置	
			ばく露調査	リスク評価結果		ばく露評価	リスク評価結果		
40	25	1, 4, 7, 8-テトラアミノアントラキノン (別名ジスパーブルー1)	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			
41	26	N-(1, 1, 2, 2-テトラクロロエチルチオ)-1, 2, 3, 6-テトラヒドロフタルイミド (別名キャプタフォル)	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			
42	27	5-ニトロアセナフテン	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			
43	28	2-ニトロプロパン	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			
44	29	パラフェニルアゾアニリン	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			
45	30	ヒドラジン	179	H20年度	リスク高くない	—			
46	31	フェニルヒドラジン	3	測定分析法 検討中	23年度調査予定	未了			
47	32	1, 3-プロパンスルトン	2	H20年度	リスク高い (経皮)	詳細評価へ	H21年度	リスク高い	特化則
48	33	プロピレンイミン	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			
49	34	ヘキサクロロベンゼン	0	実施せず	農業使用廃止のため打ち切り	—			
50	35	ヘキサメチルホスホリックトリアミド	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			
51	36	ベンゾ [a] アントラセン	4	H20年度	リスク低い	—			
52	37	ベンゾ [a] ピレン	7	H20年度	リスク低い	—			
53	38	ベンゾ [e] フルオラセン	4	H20年度	リスク低い	—			
54	39	メタンスルホン酸メチル	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			
55	40	2-メチル-4- (2-トリルアゾ) アニリン	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			
56	41	4, 4'-メチレンジアニリン	29	H20年度	リスク高くない	—			
57	42	2-メトキシ-5-メチルアニリン	1	H20年度	リスク高くない	—			
58	43	りん化インジウム	0	実施せず	21年度「インジウム及びその化合物」に統合	—			
59	44	りん酸トリス (2, 3-ジプロモプロピル)	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			

平成21年ばく露作業報告 (平成21年1月~3月報告対象物質) 20物質

60	1	アクリル酸エチル	84	H21年度	リスク低い	—			
61	2	アセトアルデヒド	28	H21年度	リスク低い	—			
62	3	アンチモン及びその化合物	360	測定分析法 検討中	23年度調査予定	未了			
63	4	インジウム及びその化合物	45	H21年度	リスク高い	詳細評価へ	H22年度	リスク高い	措置検討
64	5	エチルベンゼン	9724	H21年度	リスク高い	詳細評価へ	H22年度	リスク高い	措置検討
65	6	カテコール	26	H22年度	リスク低い	—			
66	7	キシリジン	9	事前調査済	23年度調査予定	未了			
67	8	コバルト及びその化合物 (塩化及び硫酸コバルトを除く)	294	H21年度	リスク高い	詳細評価へ	H22年度	リスク高い	措置検討
68	9	酢酸ビニル	123	H21年度	リスク高い	詳細評価へ	H22年度	リスク高いが 作業工程共通でない	—
69	10	酸化チタン (IV)	922	H22年度	リスク高い	詳細評価へ			
70	11	1, 3-ジクロロプロペン	39	H22年度	リスク高い	詳細評価へ			
71	12	ジメチル-2, 2-ジクロロビニルホスフェイト (別名DDVP)	14	H22年度	リスク高い	詳細評価へ			
72	13	テトラニトロメタン	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			
73	14	ナフタレン	145	測定分析法 検討中	23年度調査予定	未了			
74	15	ニトロベンゼン	16	事前調査済	23年度調査予定	未了			
75	16	ニトロメタン	5	H22年度	リスク低い	—			
76	17	パラジクロロベンゼン	16	H22年度	リスク高い	詳細評価へ			
77	18	4-ビニル-1-シクロヘキセン	7	H22年度	リスク高い	詳細評価へ			
78	19	4-ビニルシクロヘキセンジオキシド	0	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			
79	20	ヘキサクロロエタン	1	実施せず	再告示 (23年報告へ)	—			

平成23年ばく露作業報告 (平成23年1月~3月報告対象物質) 43物質 (新規22、再21)

80	1	2-アミノエタノール		H23年度以降				
81	2	アルファ・アルファージクロロトルエン						
82	3	アルファメチルスチレン						
83	4	一酸化二窒素						
84	5	ウレタン						
85	6	2-エチルヘキサノ酸						
86	7	エチレンジグリコールモノメチルエーテルアセテート						
87	8	エチレンクロロヒドリン						

通し	物質名	報告* 事業場数	初期リスク評価の実施状況		初期評価 後の措置	詳細リスク評価の実施状況		詳細評価 後の措置
			ばく露調査	リスク評価結果		ばく露評価	リスク評価結果	
88	9							
89	10							
90	11							
91	12							
92	13							
93	14							
94	15							
95	16							
96	17							
97	18							
98	19							
99	20							
100	21							
101	22							
102	23							
103	24							
104	25							
105	26							
106	27							
107	28							
108	29							
109	30							
110	31							
111	32							
112	33							
113	34							
114	35							
115	36							
116	37							
117	38							
118	39							
119	40							
120	41							
121	42							
122	43							
平成24年ばく露作業報告書(平成24年1月~3月報告対象物質) 14物質								
123	1							
124	2							
125	3							
126	4							
127	5							
128	6							
129	7							
130	8							
131	9							
132	10							
133	11							
134	12							

H23年度以降

H24年度以降

通し	物質名	報告* 事業場数	初期リスク評価の実施状況		初期評価 後の措置	詳細リスク評価の実施状況		詳細評価 後の措置
			ばく露調査	リスク評価結果		ばく露評価	リスク評価結果	
135	13 ノルマル-ブチル-2,3-エポキシプロピルエーテル							
136	14 パラ-ターシャリーブチルトルエン							

*有害物ばく露作業報告のあった事業場数

初期リスク評価書

No. 55 (初期)

ニトロメタン
(Nitromethane)

目次

本文	1
別添1 有害性総合評価表	6
別添2 有害性評価書	9
別添3 ばく露作業報告集計表	20
別添4 測定分析法	21

2011年7月

厚生労働省

化学物質のリスク評価検討会

1 物理的性状等

(1) 化学物質の基本情報

名称：ニトロメタン

別名：Nitrocarbol

化学式：CH₃NO₂

分子量：61.04

CAS番号：75-52-5

労働安全衛生法施行令別表9(名称を通知すべき有害物)第429号

(2) 物理的・化学的性状

外観：特徴的な臭気のある無色の粘稠液体
引火点 (C.C.) : 35 °C

比重(水=1) : 1.14

発火点 : 417 °C

沸点 : 101 °C

爆発限界 (空気中) : 7.3 ~ 63 vol%

蒸気圧 : 3.7 kPa (20°C)

換算係数 : 1 ppm = 2.5 mg/m³ (25 °C)

蒸気密度 (空気=1) : 2.1

1 mg/m³ = 0.40 ppm (25 °C)

(3) 生産・輸入量／使用量／用途

生産量：報告なし

輸入量：報告なし

用途：溶剤、助燃剤、界面活性剤、爆薬、医薬品、殺虫剤、殺菌剤等の原料

製造業者：報告なし

2 有害性評価 (詳細を別添1及び別添2に添付)

(1) 発がん性

- 発がん性の有無：ヒトに対する発がん性が疑われる。

根拠：IARC：2B、ACGIH：A3、日本産業衛生学会 2B

- 閾値の有無の判断：あり

根拠：ハムスター胎児細胞を用いた形質転換試験では高濃度で陽性であったが、その他の *in vitro* および *in vivo* 試験は全て陰性であるため。

- 閾値の算出

NOAEL = 94 ppm

根拠：雌性 F344/N ラットに1日6時間、週に5日間、2年間(103週)にわたってニトロメタンを0, 94, 188 および 375 ppm の濃度で吸入ばく露した結果、188 および 375 ppm 群で、乳腺の線維腺腫の発生率が増加した。この実験結果より、ニトロメタンの発がん性に対する NOAEL

を 94 ppm として評価レベルを計算した。

不確実性係数 UF = 100

根拠：種差(10)、がんの重大性(10)

評価レベル = 0.71 ppm

計算式：94 ppm×6/8×1/100 = 0.705 ppm

(2) 発がん性以外の有害性

○ 急性毒性

経口致死濃度 = 0.5-5 g/kg 体重 (ヒト) 致死性

経口毒性：LD₅₀ = 940 mg/kg (ラット)、= 950 mg/kg (マウス)

○ 皮膚刺激性/腐食性： なし

○ 眼に対する重篤な損傷性/刺激性： なし

○ 皮膚感作性： 情報が少ないため判断できない

○ 呼吸器感作性： 報告なし

○ 反復投与毒性：

(生殖・発生毒性/遺伝毒性/発がん性は除く)

ウサギのばく露実験で、1日7時間、週に5日間、6ヵ月間にわたってニトロメタンを0, 98あるいは745 ppmの濃度で吸入ばく露し、745 ppmばく露群で甲状腺重量の増加がみられ、血清サイロキシン濃度 (T4)の有意な低下が98および745 ppmの両濃度においてみられた。

○ 生殖・発生毒性： アルビノラットに1.5モルのニトロメタン0.5 ml (45.8 mg)を3日毎の腹腔内投与した群の児動物の2.5ヵ月齢における学習能が対照群に比べ低下していた。(腹腔内投与であるため参考)

(3) 許容濃度等

○ ACGIH TWA : 20 ppm (50 mg/m³)

○ 日本産業衛生学会 設定なし

(4) 評価値

○ 一次評価値 : 0.71 ppm

発がん性の閾値があるとみなされる場合であることから、試験で得られた無毒性量に不確実係数を考慮して求めた評価レベルを一次評価値とした。

○ 二次評価値 : 20 ppm (50 mg/m³)

米国産業衛生専門家会議（ACGIH）が提言しているばく露限界値（TLV-TWA）を二次評価値とした。

3 ばく露実態評価

(1) 有害物ばく露作業報告の提出状況（詳細を別添3に添付）

平成21年におけるニトロメタンの有害物ばく露作業報告は、合計4事業場から、13作業についてなされ、作業従事労働者数の合計は50人（延べ）であった。また、対象物質の取扱量の合計は約310トン（延べ）であった。

主な用途は「他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用」、「洗浄を目的とした使用」、報告のあった主な作業はすべて、「計量、配合、注入、投入または小分けの作業」、であった。

13作業のうち、作業時間が20時間／月以下の作業が92%、局所排気装置の設置がなされている作業が62%、防毒マスクの着用がなされている作業が100%であった。

(2) ばく露実態調査結果

有害物ばく露作業報告のあった、ニトロメタンを製造し、又は取り扱っている事業場から、「労働者の有害物によるばく露評価ガイドライン」に基づき、ばく露予測モデル（コントロールバンディング）を用いて、ばく露レベルが高いと推定される2事業場を選定した。

対象事業場におけるニトロメタンの用途は、「他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用」であった。

ニトロメタンのばく露の可能性のある主な作業は、原料の仕込み、ドラム缶への充てん、サンプリング、製品検査等で、一方の事業場は屋内で局所排気装置が付き、一方の事業場は、作業場の周囲4面が開放状態で局所排気装置は設置されていない場所で行われていた。ともに、労働者は有機ガス用防毒マスクを使用していた。

対象事業場においては、作業実態の聞き取り調査を行った上で、特定の作業に従事する6人の労働者に対する個人ばく露測定を行うとともに、3単位作業場において作業環境測定基準に基づくA測定を行い、9地点についてスポット測定を実施した。

○ 測定分析法（詳細な測定分析法は別添4に添付）

- ・ 個人ばく露測定：活性炭管に携帯型ポンプを接続して捕集
※個人ばく露測定は、呼吸域でのばく露条件下でのサンプリングである。
- ・ 作業環境測定：同上
- ・ スポット測定：同上

- ・ 分析法：ガスクロマトグラフ分析法

○ 測定結果

労働者 12 人の個人ばく露測定の結果、8 時間 TWA の幾何平均値は 0.021 ppm、最大値は 0.041 ppm（計量、仕込み、サンプリング、充填作業）であった。

また、全データを用いて信頼率 90% で区間推定した上限値（上側 5%）は 0.054 ppm であった。

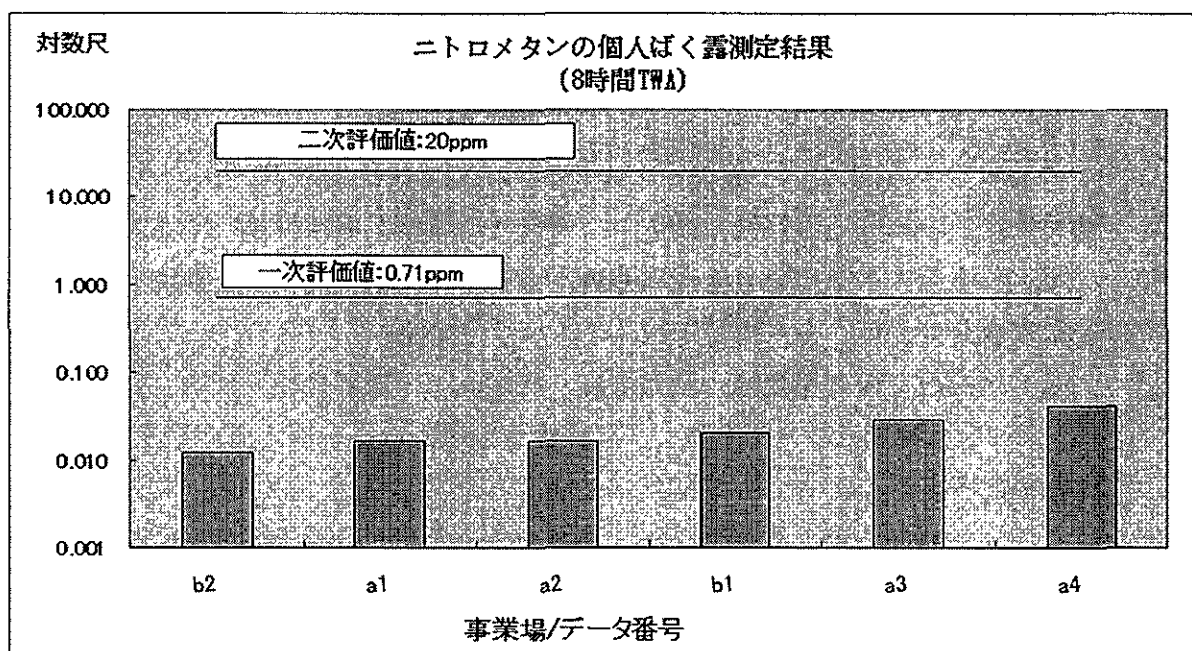
この区間推定値と測定値の最大値は、いずれも一次評価値（0.71 ppm）を下回っており、当該調査結果からは、一次評価値を超える高いばく露が発生するリスクは低いと考える。

なお、原料装入場、原料仕込み、充填ドラム缶充てん作業場において、A 測定を行った結果は、幾何平均で 0.441 ppm、最大値で、1.20 ppm となっており、スポット測定の幾何平均は 2.07 ppm、最大値は 12.8 ppm ですべて、二次評価値以下となっていた。

4 リスクの判定及び今後の対応

ニトロメタンについては、個人ばく露測定結果が、いずれも一次評価値を下まわり、また、A 測定及びスポット測定の結果からみても二次評価値を超える高いばく露が発生するリスクは低いと考える。

ただし、当該物質は発がん性が疑われる物質であるので、事業者は当該作業に従事する労働者等を対象として、自主的なリスク管理を行うことが必要と考える。



ばく露実態調査の結果 (ニトロメタン)

用途	対象事業場数	個人ばく露測定結果、ppm				スポット測定結果、ppm			作業環境測定結果 (A測定準拠)、ppm		
		測定数	平均 (※1)	8時間TWAの平均 (※2)	最大値 (※3)	作業数	平均 (※4)	最大値 (※3)	単位作業場数	平均 (※5)	最大値 (※3)
2. 他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用	2	6	0.028	0.021	0.041	9	2.07	12.8	2	0.441	1.20

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

※1：測定値の幾何平均値
 ※2：8時間TWAの幾何平均値
 ※3：個人ばく露測定結果においては、8時間TWAの、それ以外については測定値の、最大値を表す
 ※4：短時間作業を作業時間を通じて測定した値の単位作業場ごとの算術平均を代表値とし、その幾何平均
 ※5：単位作業ごとの幾何平均を代表値とし、その幾何平均

有害性総合評価表

物質名：ニトロメタン

有害性の種類	評価結果
ア 急性毒性	<p><u>致死性</u></p> <p><u>ヒト</u> 経口致死濃度 = 0.5-5 g/kg 体重</p> <p><u>ラット</u> 経口毒性：LD₅₀ = 940 mg/kg 体重</p> <p><u>マウス</u> 経口毒性：LD₅₀ = 950 mg/kg 体重</p> <p><u>健康影響</u></p> <p><u>実験動物への影響</u> ニトロメタンはラットにおいて、主に後肢の麻痺などの中枢神経系へ影響や呼吸および嗅上皮に影響を与えた。また、甲状腺や血液パラメーターにも影響を及ぼした¹⁸⁾。</p> <p><u>ヒトへの影響</u> ヒトにおいて、催眠性や呼吸器系と皮膚にわずかな刺激性がみとめられた¹⁸⁾。</p>
イ 刺激性/腐食性	<p>皮膚刺激性/腐食性：なし</p> <p>眼に対する重篤な損傷性/刺激性：なし</p> <p>根拠：ウサギやアカゲザルを用いた試験において、刺激性はみとめられなかった^{18, 19)}。</p>
ウ 感作性	<p>皮膚感作性：情報が少ないため判断できない</p> <p>モルモットに1%ニトロメタン（生理食塩水に溶解）を10日間皮内投与し、2週間投与を休止した。その結果、皮膚感作性はみとめられなかった¹⁹⁾。</p> <p>呼吸器感作性：報告なし</p>
エ 反復投与毒性(生殖・発生毒性/遺伝毒性/発がん性は除く)	<p>LOAEL = 98 ppm</p> <p>根拠：ウサギのばく露実験で、1日7時間、週に5日間、6カ月間にわたってニトロメタンを0, 98あるいは745 ppmの濃度で吸入ばく露し、745 ppmばく露群で甲状腺重量の増加がみられ、血清サイロキシン濃度(T4)の有意な低下が98および745 ppmの両濃度においてみられた。</p> <p>不確実係数：UF = 100</p> <p>根拠：種差(10)、LOAELからNOAELへの変換(10)</p> <p>評価レベル = 0.86 ppm</p> <p>ばく露時間(7/8)で補正</p> <p>計算式：98 ppm × 7/8 × 1/100 = 0.858 ppm</p>

<p>オ 生殖・発生 毒性</p>	<p>腹腔内投与であるため参考として記載する。 LOAEL = 45.8 mg/匹 (114.5 mg/kg bw 日) 根拠：アルビノラットに 1.5 モルのニトロメタン 0.5 ml (45.8 mg) を 3 日毎の腹腔内投与した児動物の 2.5 カ月齢における学習能が対照群に比べ低下していた。 IPCS によりラットの体重を 0.4kg とし 114.5 mg/kg bw 日と換算する。 不確実係数：UF = 100 根拠：種差 (10)、LOAEL から NOAEL への変換 (10) 評価レベル = 2.29 mg/ m³ (0.9 ppm) 計算式：114.5 mg/kg bw × 60 kg/10m³ × 1/3 × 1/100 = 2.29 mg/ m³</p>
<p>カ 遺伝毒性 (変異原性を 含む)</p>	<p>遺伝毒性：なし 根拠： ハムスター胎児細胞を用いた形質転換試験では高濃度で陽性であったが¹⁷⁾、その他の in vitro および in vivo 試験は全て陰性であり、変異原性がないと判断した。</p>
<p>キ 発がん性</p>	<p>発がん性の有無：ヒトに対する発がん性が疑われる。 根拠：IARC で 2B に分類されている。</p> <p>雌雄 F344/N ラットに 2 年間 (103 週) にわたってニトロメタンを 0, 94, 188 および 375 ppm の濃度でばく露した結果、188 ppm 以上で濃度依存的に、線維腺腫と乳腺の腺腫やがんの発生率や合計が増加し、2 つのがんで肺に転移がみとめられた。雄の 94 および 375 ppm ばく露群でわずかに尿細管過形成と腺腫が増加したが、188 ppm では対照群と比べて変化がなかった。NTP は、ニトロメタンは雌性ラットの乳腺組織においては発がん性が明確になったが、雄性ラットでは明らかな発がん性の証拠はみとめられなかったと結論づけている^{15, 16, 17, 18)}。</p> <p>閾値の有無：あり 根拠：カ項の「遺伝毒性」の評価結果の結果が高濃度の形質転換試験以外すべて陰性であるため。</p> <p><u>閾値ありの場合</u> NOAEL = 94 ppm 根拠： 雌性 F344/N ラットに 1 日 6 時間、週に 5 日間、2 年間 (103 週) にわたってニトロメタンを 0, 94, 188 および 375 ppm の濃度で吸入ばく露した結果、188 および 375 ppm 群で、乳腺の線維腺腫の発生率が増加した^{15, 16, 17, 18)}。この実験結果より、ニトロメタンの発がん性に対する NOAEL を 94 ppm とし評価レベルを計算した。</p> <p>不確実性係数 UF = 100 根拠：種差(10)、がんの重大性(10) 評価レベル = 0.71 ppm 計算式：94 ppm × 6/8 × 1/100 = 0.705 ppm</p> <p><u>(参考) 閾値なしの場合</u> ユニットリスクに関する記載はない。</p>

<p>コ 許容濃度の設定</p>	<p>ACGIH TWA : 20 ppm (50 mg/m³) 根拠 : ACGIHはウサギやラットへの吸入ばく露において報告された甲状腺への悪影響や肺出血、および嗅上皮変性や化生、呼吸上皮におけるヒアリン滴変性を減らすためにニトロメタンのTLV-TWAとして20 ppmを勧告する。また、この濃度はより高濃度のニトロメタンにばく露したラットやマウスにおいて見られた、血液疾患や末梢神経障害、精子数や運動性の低下などのリスクも最小限にとどめる濃度である。ラットやマウスにおいて明らかな発がん性があることが、乳腺線維腺腫、ハーダー腺の腺腫とがん、肝臓の腫瘍により確認されたことから「動物に対して発がん性であるが、ヒトとの関連は不明の物質」とされるA3に分類・記載する。経皮吸収性、感作性、またはTLV-STELを勧告できる十分なデータはなかった。</p> <p>日本産業衛生学会：設定なし</p>
----------------------	---

有害性評価書

物質名：ニトロメタン

1. 化学物質の同定情報¹⁾

名称：ニトロメタン

別名：Nitrocarbonyl

化学式：CH₃NO₂

分子量：61.04

CAS 番号：75-52-5

労働安全衛生法施行令別表 9 (名称を通知すべき有害物) 第 429 号

2. 物理化学情報

(1) 物理的・化学的性状¹⁾

外観：特徴的な臭気のある無色の粘稠液体	引火点 (C.C.) : 35 °C
比重(水=1) : 1.14	発火点 : 417 °C
沸点 : 101 °C	爆発限界 (空気中) : 7.3 ~ 63 vol%、
蒸気圧 : 3.7 kPa (20°C)	換算係数 : 1ppm = 2.5 mg/m ³ (25°C)
蒸気密度 (空気=1) : 2.1	1mg/m ³ = 0.40 ppm (25°C)

(2) 物理的・化学的危険性¹⁾

- ア 火災危険性：引火性。火災時に刺激性あるいは有毒なフェームやガスを放出する。
- イ 爆発危険性：蒸気/空気の混合気体は爆発性である。混触危険物質と接触すると、火災および爆発の危険性がある。
- ウ 物理的危険性：蒸気は空気より重く、地面あるいは床に沿って移動することがある。遠距離引火の可能性が有る。
- エ 化学的危険性：衝撃、摩擦、または振動を加えると、爆発的に分解することがある。加熱すると、爆発することがある。燃焼すると分解し、窒素酸化物を生じる。アルカリと反応する。強力な酸化剤や強力な還元剤と激しく反応し、火災や爆発の危険をもたらす。アミンと、衝撃に敏感な混合物を形成する。

3. 生産・輸入量/使用量/用途²⁾

生産量：報告なし

輸入量：報告なし

用途：溶剤、助燃剤、界面活性剤、爆薬、医薬品、殺虫剤、殺菌剤等の原料

製造業者：報告なし

4. 健康影響

(1) 実験動物に対する毒性

ア 急性毒性

致死性

実験動物に対するニトロメタンの急性毒性試験結果を以下にまとめる³⁾。

	マウス	ラット	ウサギ
吸入、LC50	報告なし	報告なし	報告なし
経口、LD50	950 mg/kg 体重 ^{3, 16)} 1440 mg/kg 体重 ^{15, 16, 18)}	940 mg/kg 体重 ^{2, 3, 16)} 1210 mg/kg 体重 ^{15, 16, 18, 19)} 1478 mg/kg 体重 ¹⁹⁾	報告なし
経皮、LD50	報告なし	報告なし	>2000 mg/kg 体重 ¹⁹⁾
腹腔内 LD50	110 mg/kg 体重 ³⁾	報告なし	報告なし

健康影響

- ・ニトロメタンの吸入ばく露による主な急性影響は中枢神経系への影響と呼吸器系へのわずかな刺激性であった。組織学的試験では主に腎臓と肝臓において被膜下の損傷、局所性ネクロシス、脂肪沈着、うっ血や浮腫などがみとめられた。ウサギの最低致死濃度は 2500 ppm (ml/m³) で 12 時間ばく露、あるいは 5000 ppm の濃度で 6 時間ばく露であり、モルモットでは 5000 ppm の濃度で 3 時間ばく露であった。500, 2500 および 13000 ppm の濃度で吸入ばく露したラットで、わずかにメトヘモグロビンレベルの増加がみとめられた^{15, 18)}。
- ・30 日齢の雄 Wistar ラットに 730 mg/kg 体重の濃度のニトロメタンを 24 時間の間に 3 回腹腔内投与したところ、ヒスチジン代謝酵素活性が低下し、血漿中のヒスチジンレベルが増加した。ヒスチジン血症を起こしたラットではロコモーター活性が低下していた¹⁷⁾。
- ・2 匹の雌アカゲザルの剃毛した皮膚に 5.5 % (v/v) のニトロメタンを含む溶液を 300 ul 塗布した。その結果 12 時間後に毒性影響はみられず、摂食や飲水量も変わらなかった¹⁸⁾。
- ・3-6 匹のグループの雌雄 BALB/c マウスに 550 mg/kg 体重 (9.0 mmol/kg 体重) の濃度のニトロメタンを腹腔内投与し、24, 48, 72 および 96 時間後に屠殺して、血清中のソルビトールデヒドロゲナーゼ、アラニンアミノトランスフェラーゼおよびアスパルテートアミノトランスフェラーゼ活性を測定したが、ニトロメタンばく露群と対照群の間で違いはみとめられなかった¹⁸⁾。
- ・ラットに 200 mg/kg 体重の濃度でニトロメタンを腹腔内投与したところ、プロテアーゼ活性の上昇とグルタチオン濃度が増加し、シトクロム C レダクターゼ活性の低下が肝臓で明らかになったが脂肪沈着はみとめられなかった¹⁸⁾。

- ・イヌはラットやマウスに比べてニトロメタンに対する感受性が強い。125, 250, 500, 1000 および 5000 mg/kg 体重の濃度のニトロメタンをイヌに経口投与した結果、125 mg/kg 体重群以外のすべてのイヌが死亡あるいは瀕死の状態となった。30 時間以内に解剖したところ、病理学的に濃度依存的に肝臓で障害がみとめられた。腎臓の障害は高濃度ばく露群のみでみられた。ニトロメタンの静脈投与によっても同様の症状がみとめられた¹⁵⁾。
- ・200 mg/kg 体重の濃度でニトロメタンを腹腔内投与した3カ月齢の雄 Wistar ラットで、投与から4時間後に脳内の酸性タンパク分解酵素が増加し、大脳のグルタチオン濃度が増加した。肝臓ではチトクローム C レダクターゼが減少した。肝臓のグルタチオンの消耗や肝臓ミクロゾームのエポキシドヒドロラーゼ、UDP-グルクロニルトランスフェラーゼ、7-ethoxycoumarin-0-deethylase 活性の変化や脂肪蓄積はみとめられなかった^{15,17)}。
- ・BALB/c マウスにニトロメタンを274.7, 409, 549.4 mg/kg (4.5, 6.7, 9.0 mmol/kg)の濃度で腹腔内投与すると、血漿のソルビトールデヒドロゲナーゼ、アラニンアミノトランスフェラーゼ、アスパルテートアミノトランスフェラーゼ活性が増加したが、肝臓毒性はみとめられなかった^{15,17)}。
- ・サルに1000 ppm のニトロメタンを48時間にわたり蒸気でばく露した結果、1匹が死亡した。モルモットは5000 ppm で3時間ばく露により死亡した。ウサギでは2500 ppm で12時間あるいは5000 ppm で6時間のばく露で死亡した。500 ppm で140時間のばく露（一日6時間）にモルモット、ウサギ及びサルは耐えた¹⁵⁾。
- ・動物実験による一般的なニトロメタンの急性毒性は、中枢神経系の抑制やわずかな呼吸器系の刺激性である。組織病理学的変化は主に肝臓や腎臓で、肝臓では被膜下損傷、局所性ネクロシス、脂肪浸潤、うっ血および浮腫がみとめられた¹⁵⁾。

イ 刺激性及び腐食性

- ・ウサギを用いたドレーズ試験によって皮膚および眼刺激性はみとめられなかった¹⁹⁾。
- ・2匹の雌アカゲザルの剃毛した皮膚に5.5% (v/v)のニトロメタンを含む溶液を300 μ l 塗布した12時間後、皮膚への損傷や刺激性はみとめられなかった¹⁸⁾。

ウ 感作性

- ・モルモットに1%ニトロメタン（生理食塩水に溶解）を10日間皮内投与し、2週間投与を休止した。その結果、感作性はみとめられなかった¹⁹⁾。

エ 反復投与毒性（生殖・発生毒性、遺伝毒性/変異原性、発がん性は除く）

吸入ばく露

【ラット】

- ・雌雄 Long-Evans ラット(1群あたり40匹使用)に1日7時間、週に5日間、2年間にわたってニトロメタンを0, 100あるいは200 ppm の濃度で吸入ばく露した結果、両濃度で実験期間中に生化学的および血液学的影響はみとめられなかった。雌雄ともにニト

ロメタンばく露による死亡は確認されなかった。雄ラットはニトロメタンばく露による体重増加の有意な減少はみとめられなかったが、雌ラットでは両ばく露濃度でわずかに体重増加の減少がみとめられた。雌雄ともに血清化学および臨床学的に重要な影響はみとめられなかったが、わずかに血清クレアチニンの上昇がみとめられた。雌雄ともにニトロメタンによる組織重量の変化はみとめられなかった。また、ニトロメタンばく露による非腫瘍性および腫瘍性病変の影響はみとめられなかった^{15, 17, 18, 19)}。

- ・雄 Sprague-Dawley (SD)ラット(1群あたり 50 匹使用)に 1 日 7 時間、週に 5 日間、6 か月間にわたってニトロメタンを 0, 98 あるいは 745 ppm の濃度で吸入ばく露し、ばく露から 2, 10 日、1, 3, 6 カ月後に 10 匹ずつ屠殺した。その結果、穏やかな毒性症状がみとめられた。745 ppm 群で甲状腺重量の増加と体重増加の減少がみられ、ヘマトクリットとヘモグロビンは 10 日から 6 カ月の間にわずかに減少したが、赤血球数、メトヘモグロビン濃度、プロトロンビン時間、血清 GPT は変化しなかった^{15, 18, 19)}。
- ・6 週齢の雌雄 Fischer 344/N ラット(1群あたり 10 匹使用)に 13 週間にわたってニトロメタンを 0, 94, 188, 375, 750 あるいは 1500 ppm の濃度で 1 日 6 時間、週に 5 日間、吸入ばく露した結果、ばく露群と対照群で生存率および組織重量に影響はみとめられなかった。1500 ppm 群の雄では体重が有意に減少し、雌では有意な差はみられないものの体重が減少した。他のばく露濃度では体重変化はみとめられなかった。1500 ppm 群の雌雄の全ラットと 750 ppm 群の一部で後肢の麻痺がみとめられ、1500 ppm 群の雄と 750 および 1500 ppm の雌で前肢と後肢の握力が有意に減少した。雌雄ラットにおいて 375 ppm 群以上で小血球性貧血および反応性貧血がみとめられた。反応性骨髄や異常に小さな赤血球フラグメントが観察され、分裂赤血球、ハイנטツ小体および球形赤血球が存在し、平均赤血球ヘモグロビン濃度とメトヘモグロビン濃度の増加など、溶血過程でみられる現象が観察された。23 日目には、375 ppm 以上の群の雄と、750 および 1500 ppm 群の雌で、一時的な血清中トリヨードチロニン、サイロキシンおよび遊離サイロキシンの減少が明らかになった。750 および 1500 ppm 群の雄と 188 ppm 以上の群の雌で軽度の骨髄の過形成がみとめられた。雌雄ラットにおいて 375 ppm 以上で嗅覚上皮の変性、750 および 1500 ppm 群の雌雄ラットで呼吸器上皮の硝子滴の出現および杯細胞過形成がみとめられた。375 ppm 以上の雌雄ラットで脊髄と坐骨神経の変性、750 ppm 群の雄と 375 ppm 群の雌で骨髄細胞密度の増加がみとめられた^{15, 16, 17, 18, 19)}。
- ・7 週齢の雌雄 Fischer 344/N ラットに 16 日間にわたってニトロメタンを 0, 94, 188, 375, 750 あるいは 1500 ppm の濃度で 1 日 6 時間、週に 5 日間、吸入ばく露(ばく露した日数は 12 日間)した結果、雌雄ともばく露の早い段階で、洗顔用動作、呼吸促迫、過活動が増え、自発運動の抑制、ばく露の終期では後肢の協調性が損失していた。ニトロメタンのばく露により濃度依存的に肝臓重量が増加し、軽度の鼻の嗅上皮変性がみとめられた。ニトロメタンばく露群では雌雄ともに坐骨神経変性がみとめられた。750 および 1500 ppm 群では坐骨神経の軸索において、ミエリンが減少していた。尚、全てのラットは実験終了まで生存し、1500 ppm 群の雄ラットでは体重増加量が減少したが、その他のばく露濃度や雌ラットでは体重に影響はみとめられなかった^{16, 17)}。

- ・ニトロメタンはラットにおいてヒスチジン血症を誘発する。離乳したばかりの近交系SDラットに $12.2 \times 10^3 \text{ mg/L}$ (0.2 mol/L)の濃度のニトロメタンを $0.4 \text{ ml}/100 \text{ g}$ 体重の用量で一日おきに 1, 3, 6, 12, および 18 日間にわたって皮下投与した。18 日間の投与群において、ヒスチジンの組織内濃度は除々に増加し、血漿で 4.7 倍、脳で 2.7 倍。肝臓で 3.0 倍、腎臓で 1.7 倍となった¹⁷⁾。
- ・SDラットに $110 \times 10^3 \text{ mg/L}$ (1.8 mol/L)の濃度のニトロメタンを $0.8 \text{ mL}/100 \text{ g}$ 体重で 6 日間毎日皮下投与したところ、61 %のラットで肢の麻痺、15 %のラットで発作がみとめられた。投与群と対照群で肝臓重量と肝臓の総タンパク量に差はなかったが、肝臓のヒスチジン代謝酵素活性は対照群に比べて投与群で低下し、血漿中のヒスチジン濃度は 3-3.5 倍増加した¹⁷⁾。

【マウス】

- ・6週齢の雌雄B6C3F1マウス(1群あたり10匹使用)に13週間にわたって1日6時間、週に5日間、ニトロメタンを0, 94, 188, 375, 750あるいは1500 ppmの濃度で吸入ばく露した結果、雌雄とも嗅覚上皮変性および呼吸上皮の硝子滴の出現がみとめられ、375 ppm以上の群で脾臓における髄外造血がみとめられた。ばく露群と対照群で生存率に影響はみとめられなかった。ニトロメタンばく露による体重変化はみとめられなかったが、腎臓と肝臓重量が増加したが濃度依存性は不明である^{15, 17, 18, 19)}。
- ・7週齢の雌雄B6C3F1マウスに16日間にわたってニトロメタンを0, 94, 188, 375, 750あるいは1500 ppmの濃度で1日6時間、週に5日間、吸入ばく露(ばく露した日数は12日)した結果、濃度依存的に肝臓重量が増加し、軽度の鼻の嗅上皮変性がみとめられた。1500 ppm群では雌雄ともに活動抑制と呼吸促迫が増加した。尚、全てのマウスは実験終了まで生存しており、ばく露による体重への影響もみとめられなかった^{16, 17)}。

【ウサギ】

- ・New Zealand whiteウサギに1日7時間、週に5日間、6カ月間にわたってニトロメタンを0, 98あるいは745 ppmの濃度で吸入ばく露し、1, 3および6カ月後に5匹ずつ屠殺した。その結果、ニトロメタンをばく露している6カ月の間にわずかに毒性症状がみとめられた。ヘモグロビン濃度が下がったが、他の血液学的パラメータであるプロトロンビン時間やメトヘモグロビン濃度には影響を与えなかった。745 ppm群では1と3カ月後にオルニチンカルバミルトランスフェラーゼは増加したが6カ月後には差がみとめられなかった。両ばく露濃度において1カ月間ニトロメタンをばく露した結果、肺の浮腫やその他の肺の異常がみとめられた。6カ月ばく露においては745 ppm群で甲状腺重量の増加が見られ、血清サイロキシシン濃度(T4)の有意な低下が両濃度においてみられた^{15, 17, 18, 19)}。

経口投与

- ・80あるいは150 mg/kg体重の濃度で飲水に混ぜたニトロメタンをラットに15週間与えた結果、80 mg/kg体重群で10匹中4匹、150 mg/kg体重群で10匹中3匹が死亡した。

体重が減少し、肝臓に損傷がみとめられた^{15, 18)}。

腹腔内投与

- ・ラットに 110 mg/kg 体重のニトロメタンを腹腔内投与した結果、メトヘモグロビン形成はみとめられなかった¹⁸⁾。

オ 生殖・発生毒性

吸入ばく露

- ・調査した範囲内では、報告は得られていない。

経口投与/経皮投与/その他の経路等

- ・調査した範囲内では、報告は得られていない。

腹腔内投与

- ・アルビノラットに生理食塩水を溶媒として 1.5 モルのニトロメタン 0.5 ml (45.8 mg) を 3 日ごとに腹腔内投与した。1 週間後に交尾させ、妊娠期間も投与を続けた。投与群と対照群で、繁殖率、産児数、児動物の死亡率、出生体重、母親の行動に変化はなかった。児動物が 2.5 カ月齢の時に迷路試験によって学習能を調べたところ、対照群から生まれた児動物に比べて学習能が低下していた¹⁵⁾。

カ 遺伝毒性 (変異原性)

- ・ニトロメタンはバクテリアやキイロシヨウジョウバエに対する変異原性および哺乳類を用いた試験においても遺伝子損傷はみとめられず、シリアンハムスター胎児細胞を用いた in vitro 試験やマウスを用いた in vivo 試験でも小核は誘導されなかった^{11, 17)}。しかし、高濃度のニトロメタンは、シリアンハムスター胎児細胞を用いた形質転換試験で陽性結果であった^{17, 18)}。ニトロメタンは非哺乳類および哺乳類において遺伝毒性はないと考えられる¹⁵⁾。ネズミチフス菌を用いた変異原性試験において、S9 添加の有無にかかわらず結果は陰性であった。また、チャイニーズハムスター卵巣細胞を用いた姉妹染色分体交換試験についても S9 添加の有無にかかわらず結果は陰性であった。また、ニトロメタンを 13 週間吸入ばく露したマウスの末梢血赤血球細胞を用いた小核試験も陰性であった¹⁶⁾。

試験方法		使用細胞種・動物種	結果
In vitro	復帰突然変異試験	ネズミチフス菌 (TA98, TA100, TA1535) (S9+および-) ¹⁹⁾	-
		ネズミチフス菌 (TA97, TA100, TA1535, TA1537, TA98) (6-1000 μg/plate) (S9+および-) ¹⁸⁾	-
		ネズミチフス菌 (S9+) (0.3-100 μg/plate) ¹⁸⁾	-

	ネズミチフス菌 (TA98, TA100) (0.1, 1, 10 μ mole/plate) (S9+および-) ¹⁵⁾	-
	ネズミチフス菌 (TA100, TA102) (S9-) ¹⁵⁾	-
	ネズミチフス菌 (TA98, TA100) (S9+) (6100 μ g/plate) ¹⁷⁾	-
	ネズミチフス菌 (TA98, TA100, TA102) (S9-) (12200 μ g/plate) ¹⁷⁾	-
	ネズミチフス菌 (TA98, TA100, TA1535, TA1537) (S9+および-) (10000 μ g/plate) ^{16, 17)}	-
	ネズミチフス菌 (TA98, TA100) (S9-) (610 μ g/plate) ¹⁷⁾	-
	ネズミチフス菌 (TA98, TA100, TA1535, TA1537, TA1538) (S9+および-) (3600 μ g/plate) ¹⁷⁾	-
	ネズミチフス菌 (TA100, TA1535, TA98) (S9+および-) (20000-50000 μ g/plate) ¹⁷⁾	-
	キイロシヨウジヨウバエ (125 mmol in 2% ethanol) ^{15, 17)}	-
小核試験	ハムスター胎児細胞 (5-6 μ g/ml in DMSO あるいは3500-5000 μ g/ml in 培地) ¹⁸⁾ 哺乳類の細胞 ¹¹⁾	- -
染色体異常試験	チャイニーズハムスター卵巣由来細胞 (S9+および-) ^{16, 17)}	-
	哺乳類の細胞 ¹¹⁾	-
姉妹染色分体交換試験	CHO細胞 (チャイニーズハムスターの卵巣由来細胞) (S9+および-) (最高濃度5000 μ g/ml) ^{16, 17, 18)} 哺乳類の細胞 ¹¹⁾	- -
形質転換試験	ハムスター胎児細胞 (4000 μ g/ml) ^{11, 17, 18)}	+
小核試験	マウス末梢血赤血球細胞 (94-1500 ppm, 13週間吸入ばく露) ^{15, 16, 18)}	-
	マウス骨髄細胞 (0, 205, 915, 1830 mg/kg, 腹腔内投与) ^{15, 17)}	-
	マウス吸入ばく露、赤血球細胞 ¹¹⁾	-

- : 陰性 + : 陽性 ? : どちらとも言えない。

キ 発がん性

吸入ばく露

【ラット】

- 雌雄 F344/N ラット(1群あたり 50 匹使用)に 1 日 6 時間、週に 5 日間、2 年間 (103 週)にわたってニトロメタンを 0, 94, 188 および 375 ppm の濃度でばく露した結果、生存率に影響はなく、375 ppm 群の雌の体重が増加した。188 ppm 以上で濃度依存的に、乳腺線維腺腫の発生率が増加し(対照群：50 匹中 20 匹 (40 %)、94 ppm 群：50 匹中 21 匹 (42 %)、188 ppm 群：50 匹中 33 匹 (66 %)、375 ppm 群：50 匹中 36 匹 (72 %))、375 ppm 群の乳腺におけるがんの発生率が対照群と比較して統計学的に有意に増加した (対照群：50 匹中 2 匹 (4 %)、375 ppm 群：50 匹中 11 匹 (22 %))。雄の 94 および 375 ppm 群でわずかに尿細管過形成と腺腫が増加したが、188 ppm では対照群と比べて変化がなかった (対照群：50 匹中 2 匹 (4 %)、94 ppm 群：50 匹中 5 匹 (10 %)、188 ppm 群：50 匹中 2 匹 (4 %)、375 ppm 群：50 匹中 5 匹 (10 %))。雌雄ラットにおいて単核細胞白血病の割合が対照群と比較して減少していたが、統計学的な有意差はみとめられなかった。NTP は、ニトロメタンは雌ラットの乳腺組織により明らかな発がん性があるが、雄ラットでは明らかな発がん性の証拠はみとめられなかったと結論づけている。また、ニトロメタンを 13 週間ばく露すると後肢の麻痺がみとめられたが、2 年間のばく露ではみられなかった^{15, 16, 17, 18, 19)}。
- 雌雄 Long-Evans ラットに 0, 100 および 200 ppm (0, 250 および 500 mg/m³)のニトロメタンを 1 日 7 時間、1 週間に 5 日間、2 週間にわたって吸入ばく露した結果、雄ラットでは体重増加量に影響はなかったが、雌ラットでは 100 および 200 ppm のニトロメタンばく露により対照群と比べて体重増加量が減少した。雌雄ともに発がん性はみとめられなかった¹⁸⁾。

【マウス】

- 雌雄 B6C3F1 マウス(1群あたり 50 匹使用)に 1 日 6 時間、週に 5 日間、2 年間 (103 週)にわたってニトロメタンを 0, 94, 188, 375 および 750 ppm の濃度で吸入ばく露した結果、ニトロメタンばく露群と対照群で生存率や体重に変化はみとめられなかった。雌雄マウスで眼窩組織周囲の腫れと眼球突出、ハーダー腺の腫瘍形成がみとめられた。嗅上皮の変性と化生、呼吸上皮のヒアリン滴変性がニトロメタンばく露群の雌雄ラットで対照群に比べて明らかに増加した。嗅上皮、ニューロンの損失、神経の委縮およびボーマン組織の肥大がみとめられた。対照群ではみとめられなかったが、375 および 750 ppm 群の雄で涙管の化膿性炎症がみとめられた。雌雄マウスでハーダー腺の腺腫とがん発生率の総数は濃度依存的に増加し、375 ppm の濃度以上で有意な増加を示した (雄：対照群；50 匹中 10 匹 (20 %)、94 ppm 群；50 匹中 11 匹 (22 %)、188 ppm 群；50 匹中 25 匹 (50 %)、375 ppm 群；50 匹中 37 匹 (74 %)、雌：対照群；50 匹中 6 匹 (12 %)、94 ppm 群；50 匹中 21 匹 (18 %)、188 ppm 群；50

匹中 33 匹 (40 %)、375 ppm 群 ; 50 匹中 36 匹 (42 %))。188 および 750 ppm 群の雌では、肝細胞の肝細胞の腺腫とがんの総数の増加がみとめられた (対照群 : 50 匹中 19 匹 (38 %)、94 ppm 群 : 49 匹中 34 匹 (69 %)、188 ppm 群 : 49 匹中 22 匹 (45 %)、375 ppm 群 : 50 匹中 40 匹 (80 %))。750 ppm 群の雌では細気管支/肺胞上皮腺腫とがん発生率の合計数が増加し (対照群 : 50 匹中 3 匹 (6 %)、94 ppm 群 : 50 匹中 6 匹 (12 %)、188 ppm 群 : 49 匹中 6 匹 (66 %)、375 ppm 群 : 50 匹中 12 匹 (24 %))、雄では細気管支/肺胞上皮のがんの発生率が増加した (対照群 : 50 匹中 2 匹 (4 %)、94 ppm 群 : 50 匹中 3 匹 (6 %)、188 ppm 群 : 50 匹中 3 匹 (6 %)、375 ppm 群 : 50 匹中 11 匹 (22 %))。組織球の細胞浸潤が雌の 375 ppm 以上の濃度でみとめられた。腫瘍発生組織で、毒性影響はみとめられなかった。また、神経毒性や他の毒性影響もみとめられなかった。NTP は、ニトロメタンは B6C3F1 雄マウスのハーダー腺と雌マウスの肝臓およびハーダー腺より雌雄とも明らかな発がん性を示すとした^{11, 15, 17, 18})。

経口投与/経皮投与・その他の経路等

- ・ 調査した範囲内では、報告は得られていない。

(2) ヒトへの影響 (疫学調査及び事例)

ア 急性毒性

- ・ ヒトの経口による致死濃度は 0.5-5 g/kg 体重である。メトヘモグロビン形成は明らかになっていない。ニトロメタンは弱い催眠性と呼吸系と皮膚へのわずかな刺激性がみとめられた。疫学的な証拠やケースの報告はない^{15, 18})。

イ 刺激性及び腐食性

- ・ 調査した範囲内では、報告は得られていない。

ウ 感作性

- ・ 調査した範囲内では、報告は得られていない。

エ 反復ばく露毒性 (生殖・発生毒性、遺伝毒性、発がん性は除く)

- ・ 調査した範囲内では、報告は得られていない。

オ 生殖・発生毒性

- ・ 調査した範囲内では、報告は得られていない。

カ 遺伝毒性

- ・ 調査した範囲内では、報告は得られていない。

キ 発がん性

- ・ 調査した範囲内では、発がん性に関する報告はない。

発がんの定量的リスク評価

ニトロメタンについてのユニットリスクに関する報告はない。4)、5)、6)、7)
(7/24/09 参照資料により確認した)

発がん性分類

IARC : 2B ⁸⁾

産衛学会 : 2B ⁹⁾

EU Annex I : 発がん物質として分類されていない。 ¹⁰⁾

NTP 11th:RAC (Reasonably Anticipated to be a Human Carcinogen) ¹¹⁾

ACGIH : A3 ⁷⁾

(3) 許容濃度の設定

ACGIH TLV

TWA : 20 ppm (1997) ¹²⁾

勧告根拠 ¹⁵⁾ (要約) :

ACGIH はウサギやラットへの吸入ばく露において報告された甲状腺への悪影響や肺出血、および嗅上皮変性や化生、呼吸上皮におけるヒアリン滴変性を減らすために、ニトロメタンの TLV-TWA として 20 ppm を勧告する。また、この濃度はより高濃度のニトロメタンにばく露したラットやマウスにおいてみられた、血液疾患や末梢神経障害、精子数や運動性の低下などのリスクも最小限にとどめる濃度である。ラットやマウスにおいて明らかな発がん性があることが、乳腺線維腺腫、ハーダー腺の腺腫とがん、肝臓の腫瘍により確認されたことから「動物に対して発がん性であるが、ヒトとの関連は不明の物質」とされる A3 に分類する。経皮吸収性、感作性、または TLV-STEL を勧告できる十分なデータはなかった。

日本産業衛生学会 : 設定なし

DFG MAK : Skin ¹³⁾

UK WEL ¹⁴⁾

TWA : 100 ppm

引用文献

- 1) IPCS:国際化学物質安全性カード(ICSC)日本語版 : ニトロメタン ICSC 番号 0522 (2006 更新)
- 2) 化学工業日報社:15509 の化学商品 (2009)
- 3) NIOSH: RTECS (CD 版(2009))
- 4) IRIS Cancer Unit Risk Values、US EPA
(<http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm?fuseaction=iris.showSubstanceList>)
- 5) WHO air quality guidelines for Europe, 2nd edition (2000)
(http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_4)
- 6) WHO "Air Quality Guidelines – global update 2005

- (http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)
- 7) California EPA (OEHHA)、Hot Spots Unit Risk and Cancer Potency Values
(http://www.oehha.ca.gov/air/hot_spots/pdf/TSDlookup2002.pdf)
 - 8) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans
(<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>)
 - 9) (社)日本産業衛生学会：許容濃度の勧告、産業衛生学雑誌 50 巻 5 号 (2008)
 - 10) (社)日本化学物質安全・情報センター：EU 危険な物質のリスト日本語版 第 8 版 (2009) (第 31 次適応化委員会指令 2009/2/EC 対応)
 - 11) National Institute of Health: Carcinogens Listed in NTP Eleventh Report
(<http://ntp.niehs.nih.gov/?objectid=035E5806-F735-FE81-FF769DFE5509AF0A>)
 - 12) ACGIH : TLVs and BEIs (Booklet 2009)
 - 13) Deutsche Forschungsgemeinschaft: List of MAK and BAT values. (2008)
 - 14) UK : EH40/2005 Table-1: List of WEL (as consolidated with amendments Oct. '07)
(<http://www.hse.gov.uk/coshh/table1.pdf>)
 - 15) ACGIH : Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for Nitromethane. (2001)
 - 16) National Toxicology Program, TR-461. Toxicology and Carcinogenesis Studies of Nitromethane (CAS No.75-52-5) in F344 Rats and B6C3F₁ Mice (Inhalation Studies). (1997)
 - 17) IARC: IARC Monograph Vol.77. :Nitromethane (2000)
 - 18) DFG : Occupational Toxicants, Vol. 19.: 251-260, (2003)
 - 19) IUCLID Dataset (2000)

ばく露作業報告集計表(ニトロメタン)

①作業の種類	②用途	③事業場数※1	当該作業従事労働者数(人)			製剤等の製造量・消費量(トン)			対象物の量(トン)			当該作業従事時間(時間/月)				⑩換気設備設置状況(作業数)				⑪保護具使用状況(作業数)				⑫性状(作業数)		⑬温度(作業数)							
			④総数※2	⑤事業場当たり平均	⑥総量※2	⑦事業場当たり平均	⑧労働者当たり平均	⑨総量※2	⑩事業場当たり平均	⑪労働者当たり平均	⑭コード(作業数)				⑫所排気装置	⑬フッシュンブル	⑭全体換気装置	⑮その他	⑯防じんマスク	⑰防毒マスク	⑱保護衣	⑲保護眼鏡	⑳保護手袋	㉑なし	㉒その他	㉓固体	㉔粉末	㉕液体	㉖気体	㉗50℃未満	㉘100℃未満		
											1 ~ 20hr	2 21~ 50hr	3 51~ 100	4 101h ~																		⑭総従事時間※3	⑮事業場当たり平均
			合計		(※)4	13	50	1678	419.6	33.6	310.3	77.6	6.2	12	1		155	38.8	3.1	8	3	10	13	13	13						13	13	
⑩以降は全作業における割合		(※)4	13	50	1678			310			92%	8%	0%	0%			62%	0%	23%	77%	0%	100%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	0%

※1 1事業場で複数の作業を行っている場合は重複してカウントしているため、実際の事業場数より多くなっている。ただし、合計欄は実事業場数。
 ※2 同一の労働者又は製剤等で複数の作業に重複してカウントされる場合があるため、実際の労働者数又は製剤等の量より多く見積もっている場合がある。
 ※3 コード1:10時間、コード2:35時間、コード3:75時間、コード4:125時間として算出

ニトロメタンの標準測定法 (個人ばく露測定方法)

構造式: CH_3NO_2	分子量: 61.04	CAS No.: 75-52-5
許容濃度等: OSHA 100 ppm ACGIH 20 ppm		物性等: 比重: 1.138 g/mL BP: 101.2°C MP: -29°C VP: 4.9 kPa (37 mmHg; 4.8% v/v)
別名: nitrocarbonyl		
サンプリング		分析
<p>サンプラー: 球状活性炭捕集管 258A (株式会社ガステック)</p> <p>保存性: 4378 μg 添加の場合は、冷蔵で 5 日間保存可能。2 および 22 μg 添加の場合は、1 日間は保存可能であるが、保存日数が経つにつれ減衰する (特に添加量の少ない場合は顕著)</p> <p>ブランク: 脱着溶媒およびサンプラーブランクともに検出されない</p>		<p>分析方法: ガスクロマトグラフ分析法</p> <p>脱着: アセトン (残留農薬試験・PCB 試験用) (関東化学株式会社), 2 mL (30 min 浸漬)</p> <p>機器: GC-FID, HP 6890 (Hewlett Packard)</p> <p>カラム: InertCap WAX (30 m\times0.25 mm, 0.5 μm) (ジーエルサイエンス株式会社)</p> <p>キャリアーガス: He (1.00 mL/min)</p> <p>オープン条件: 40°C (1 min) - 10°C/min - 230°C</p> <p>注入口および検出器温度: 250°C</p> <p>注入口モード: パルスドスプリットレス (45 psi, 1 min)</p> <p>注入量: 2 μL</p> <p>検量線: 1.09-2188.80 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の範囲で直線</p> <p>定量法: 絶対検量線法</p>
精度		
<p>添加回収率</p> <p>通気流量 0.2L/min で 240 分間</p> <p>2 μg 添加で 81%、22 μg で 89%、 219 μg で 93%、2189 μg で 95% 4378 μg で 97%</p> <p>検出下限 (3SD) 0.05 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (0.001 ppm, 0.2 L/min\times4 h)</p> <p>定量下限 (詳細は参考文献参照) 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (0.02 ppm, 0.2 L/min\times4 h)</p>		
適用: 個人ばく露濃度測定, 他のニトロアルカン類と分離可能		
妨害: -		
参考文献: ニトロメタンの分析測定法に関する検討結果報告書		

作成日 2009/02/26

ニトロメタンの標準測定法（作業環境測定方法）

構造式: CH ₃ NO ₂	分子量: 61.04	CAS No.: 75-52-5
許容濃度等:		物性等:
OSHA 100 ppm		比重: 1.138 g/mL
NIOSH —		BP : 101.2°C
ACGIH 20 ppm		MP : -29°C
日本産業衛生学会 —		VP : 4.9 kPa (37 mmHg; 4.8% v/v)
別名: nitrocarbonyl		
サンプリング		分析
<p>サンプラー: 球状活性炭捕集管 258A (株式会社ガステック)</p> <p>保存性: 4378 μg 添加の場合は、冷蔵で 5 日間保存可能。2 および 22 μg 添加の場合は、1 日間は保存可能であるが、保存日数が経つにつれ減衰する (特に添加量の少ない場合は顕著)</p> <p>ブランク: 着溶媒およびサンプラーブランクともに検出されない</p>		<p>分析方法: ガスクロマトグラフ分析法</p> <p>脱着: アセトン (残留農薬試験・PCB 試験用) (関東化学株式会社), 2 mL (30 min 浸漬)</p> <p>機器: GC-FID, HP 6890 (Hewlett Packard)</p> <p>カラム: InertCap WAX (30 m×0.25 mm, 0.5 μm) (ジーエルサイエンス株式会社)</p> <p>キャリアーガス: He (1.00 mL/min)</p> <p>オープン条件: 40°C (1 min) — 10°C/min — 230°C</p> <p>注入口および検出器温度: 250°C</p> <p>注入口モード: パルスドスプリットレス (45 psi, 1 min)</p> <p>注入量: 2 μL</p> <p>検量線: 1.09—2188.80 μg/mL の範囲で直線</p> <p>定量法: 絶対検量線法</p>
精度		
<p>添加回収率: 通気流量 0.2L/min で 10 分間 2 μg で 80%、4 μg で 86%、 44 μg で 93%、109 μg で 98%、 219 μg で 95%</p> <p>検出下限 (3SD) 0.05 μg/mL (0.019 ppm, 0.2 L/min×10 min)</p> <p>定量下限 (詳細は参考文献参照) 1 μg/mL (0.40 ppm, 0.2 L/min×10 min)</p>		
適用: 作業環境測定, 他のニトロアルカン類と分離可能		
妨害: —		
参考文献: ニトロメタンの分析測定法に関する検討結果報告書		

作成日 2009/02/26

詳細リスク評価書

No. 42 (詳細)

インジウム及びその化合物 (Indium and Indium compounds)

目次

本文	1
別添1 有害性総合評価表	13
別添2 有害性評価書	15
別添3 ばく露作業報告集計表	28
別添4 測定分析法	29

2011年7月

厚生労働省

化学物質のリスク評価検討会

1 物理的性状等

(1) 化学物質の基本情報

名称：インジウム及びその化合物 (Indium and Indium compounds)

名称	インジウム	リン化インジウム	インジウム・スズ酸化物 (以下「ITO」という。)
化学式	In	InP	In ₂ O ₃ /SnO ₂ の複合酸化物
分子量	114.82 (原子量)	145.79	一般的に重量比 9:1 で製造
CAS 番号	7440-74-6	22398-80-7	50926-11-9
名称	酸化インジウム	三塩化インジウム	水酸化インジウム
化学式	In ₂ O ₃	InCl ₃	In(OH) ₃
分子量	277.64	221.18	165.84
CAS 番号	1312-43-2	10025-82-8	20661-21-6

労働安全衛生法施行令別表 9 (名称を通知すべき有害物) 第 58 号 (インジウム及びその化合物)

(2) 物理的・化学的性状

物質名	インジウム	リン化インジウム	ITO	酸化インジウム	三塩化インジウム	水酸化インジウム
外観	銀白色のやわらかい金属	灰白色の金属光沢のある結晶	淡黄色～灰緑色の固体	淡黄色の結晶	白色の結晶	白色粉末
比重 (水=1)	7.282 (24 °C)	4.81 (25 °C)	不定	7.179	3.46 (25 °C)	
沸点	2072 °C	データなし		850 °C	500°Cで分解	
融点	156.6 °C	1062 °C	約 1500°C	データなし		150°C 付近で分解
水への溶解性	情報なし	情報なし	不溶	不溶	212 g /100ml(25 °C)	不溶

○物理的・化学的危険性

インジウム

- ア 火災危険性 : 不燃性
- イ 爆発危険性 : 空気中で粒子が細かく拡散して爆発性の混合気体を生じる。
- ウ 物理的危険性: 粉末や顆粒状で空気と混合すると、粉塵爆発の可能性がある。
- エ 化学的危険性: 強酸、強酸化剤、イオウと反応し、火災や爆発の危険をもたらす。

リン化インジウム

- ア 火災危険性 : イオウとの混合物を加熱すると発火する。
- イ 爆発危険性 : 情報なし

ウ・物理的危険性：情報なし

エ 化学的危険性：湿った空气中でゆっくり酸化される。350℃で臭化第 2 水銀と激しく反応する。

(3) 生産・輸入量、使用量、用途

インジウム

生産量：70 トン(2009 年) 543.6 トン (リサイクル) (2006 年)

輸入量：215 トン (塊,くずおよび粉)(2009 年)

用 途：銀ロウ、銀合金接点、ハンダ、低融点合金、液晶セル電極用、歯科用合金、防食アルミニウム、テレビカメラ、ゲルマニウム・トランジスター、光通信、太陽熱発電、電子部品、軸受金属、リン化インジウム結晶の原料

製造業者：普通品=JX 日鉱日石金属、DOWA メタルマイン、三井金属鉱業、東邦亜鉛、日亜化学工業、三菱マテリアル、新興化学工業
高純度品=三菱マテリアル、大阪アサヒメタル工場、住友金属鉱山

リン化インジウム

用 途：InP 単結晶の原料

製造業者：日亜化学工業

酸化インジウム

用 途：ITO 用原料

製造業者：新興化学工業、高南無機

三塩化インジウム

用 途：透明電極材料用原料

製造業者：新興化学工業、高南無機

水酸化インジウム

用 途：酸化インジウム製造用原料、硝酸インジウム、硫酸インジウム製造用原料、電池電極材料

製造業者：新興化学工業、高南無機

2 有害性評価の結果

インジウム及びその化合物については、平成 21 年度に初期リスク評価を実施し、問題となるリスクが確認されたことから、平成 22 年度において詳細リスク評価を実施した。有害性評価については、平成 21 年度に評価書が作成されたが、その後に得られたインジウム・スズ酸化物についての新たな知見を踏まえ、評価の見直しを行った。(別添 1 及び 2 参照)。

(1) 重視すべき物質性状とばく露ルート（吸入、経口、経皮）

インジウム及びその化合物は常温で固体（粉体又は結晶）であり、ほとんど気化しないが、粉末の状態では拡散するなどした場合には、取扱い時の飛散によるばく露が問題となる。特に、酸化インジウムやインジウム・スズ酸化物等のインジウム化合物を取り扱う一部の作業では、微細な吸入性粉じんが発生するので、吸入ばく露に留意が必要である。

(2) 重視すべき有害性

① 発がん性：ヒトに対しておそらく発がん性がある

IARCではリン化インジウムとしての発がん性はグループ2Aと分類した。

日本バイオアッセイ研究センターで行われたインジウム・スズ酸化物（以下「ITO」という。）の長期吸入ばく露試験によりラットに発がんが確認された。そのほかのインジウム化合物の発がん性に関しては現在までに明らかな証拠はない。

NTPにおけるラットとマウスを用いたリン化インジウムの吸入ばく露による発がん実験によれば、0, 0.03, 0.1, 0.3 mg/m³のリン化インジウムを6時間/日、5日/週の条件で2年間(0.03群)、22週間（ラットの0.1群及び0.3群）吸入ばく露したところ、肺胞/気管支腫瘍(アデノーマ、カルシノーマ)がマウスの雌雄共に3.0 mg/m³の投与量で、またラットでは肺胞/気管支腫瘍、扁平上皮がん、悪性褐色性細胞腫が雌雄で1.0または3.0 mg/m³の投与量で認められた。

日本バイオアッセイ研究センターにおけるラットとマウスを用いたITOの吸入ばく露による発がん実験によれば、0, 0.01, 0.03, 0.1 mg/m³のITOを6時間/日、5日/週の条件で2年間(ラットの0.1群以外)、26週間（ラットの0.1群）吸入ばく露したところ、ラットの雌雄で細気管支に肺胞上皮腺腫/肺胞上皮がんが0.01、0.03または0.1 mg/m³のいずれの投与量でも優位な増加が認められた。

これらのことから、インジウム化合物はヒトに対する発がん性が疑われると判断される。

○閾値の有無の判断：閾値あり

根拠：マウスを用いたリン化インジウムの *in vivo* における小核試験や体細胞突然変異試験の結果から遺伝毒性が疑われるが、確定的ではない。一方、吸入ばく露試験の結果より、肺の持続的な炎症反応のために肺胞・細気管支上皮が著しく増生することが肺がん発生に大きく寄与するものと考えられた。

○閾値の算出

LOAEL：ITO 0.01 mg/m³

根拠：日本バイオアッセイ研究センターにおけるラットとマウスを用いた ITO の吸入ばく露による発がん実験において細気管支に肺胞上皮腺腫及び肺胞上皮がんが有意に増加したことから LOAEL とした。

不確実性係数 UF =250

根拠：(LOAEL→NOAEL の変換 (10)、種間差 (TK=1,TD=2.5)、がんの重大性 (10)) 種間差に係る不確実性係数については、体内における化学物質の動態 (摂取から標的組織・臓器における濃度まで) を評価する TK は、上記の長期発がん性試験に用いた ITO の粉じんのほとんどが吸入性粉じんであったことを勘案してラットとヒトに大きな違いはないと考えられたため 1 を採用し、標的組織・臓器における反応性を評価する TD は、WHO 等で用いられている 2.5 を採用した。

労働補正後のリスクレベル

$$0.01 \text{ mg/m}^3 \times 1/250 \times (6/8) = 3.0 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$$

② 発がん性以外の有害性

○ 急性毒性：

吸入：データなし

経口：LD50 = 3,300 mg/kg(硝酸インジウム水和物) (マウス)

LD50 = >10g/kg(酸化インジウム) (ラット)

腹腔内：LD50=7.95 mg/kg(硝酸インジウム) (マウス)

LD50=2,370µg/kg(三塩化インジウム) (ラット)

○ 眼に対する重篤な損傷性/刺激性：あり (可溶性の塩は刺激強い)

○ 皮膚感作性：報告なし

○ 反復投与毒性 (生殖・発生毒性/発がん性は除く)

吸入：肺水腫、肺胞蛋白症 (ラット)

肺胞蛋白症、肺の慢性炎症 (マウス)

○ 生殖毒性：不明

これまでの文献調査の結果、酸化インジウム、ITO、塩化インジウム、インジウムを含有する化合物半導体 (リン化インジウム、砒化インジウム、CIGS (銅-インジウム-ガリウム-セレン) 等) 等のインジウム化合物については、有害性を示す研究、調査結果が報告されている。

一方、金属インジウムの有害性の評価については、有害性に関する情報が不足しており、今後の調査研究の進展を待つ必要がある。

(3) 許容濃度等

○ACGIH TLV-TWA : 0.1mg/m³ インジウムとして (1969)

(4) 評価値

初期リスク評価において、リン化インジウムの発がん性試験から一次評価値を設

定したが、詳細リスク評価においては新たな知見を踏まえ、ITOの発がん性試験から一次評価値を再設定した。

また、二次評価値については、初期リスク評価において、ACGIH（米国産業衛生専門家会合）のTLV-TWAを参考に $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ を採用したが、その後の情報収集において、ITOの低濃度での発がん及び肺の炎症が指摘されたことから、再設定を行った。

なお、上述のITOの発がん性試験はITOの微細な研削粉（平均粒径 $3.5\mu\text{m}$ 、90%が $8.9\mu\text{m}$ 以下）で行われ、レスピラブルであるために肺胞の炎症が強く発現していると考えられることから、一次評価値、二次評価値ともに吸入性粉じんを対象とした。

- 一次評価値： $3 \times 10^{-5} \text{mg}/\text{m}^3$ （インジウムとして、吸入性粉じんとして）
発がん性の閾値があるとみなされる場合であることから、日本バイオアッセイ研究センターによるITOの長期吸入発がん性試験で得られた最小毒性量に不確実係数を考慮して求めた評価レベルを一次評価値とした。
In 含有量 ≈ 0.01 、不確実性係数 $=10$ （LOAEL \rightarrow NOAELの変換） $\times 2.5$ （種間差：TK=1,TD=2.5） $\times 10$ （がんの重大性） $=250$ 、労働補正 $=6/8$
- 二次評価値： $3 \times 10^{-4} \text{mg}/\text{m}^3$ （インジウムとして、吸入性粉じんとして）
上記試験結果をもとに、重度の肺胞蛋白症をエンドポイントとして算出した。
In 含有量 ≈ 0.01 、不確実性係数 $=10$ （LOAEL \rightarrow NOAELの変換） $\times 2.5$ （種間差：TK=1,TD=2.5） $=25$ 、労働補正 $=6/8$

3 ばく露評価の結果

(1) 主なばく露作業

平成 21 年におけるインジウム及びその化合物の有害物ばく露作業報告は、合計 38 事業場から、145 作業についてなされ、作業従事労働者数の合計は 1,364 人（延べ）であった。また、対象物質の取扱量の合計は約 1 万トン（延べ）であった。

主な用途と作業は、ばく露作業報告対象物の製造又は他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用として、計量、配合、注入、投入又は小分けの作業、破碎、粉碎又はふるいわけの作業などであった。

（145 作業のうち、作業時間が 20 時間／月以下の作業が 49%、局所排気装置の設置がなされている作業が 83%、防じんマスクの着用がなされている作業が 94% であった。）

ばく露実態調査対象事業場については、有害物ばく露作業報告のあったインジウム及びその化合物を製造し、又は取り扱っている事業場のうち、「労働者の有害物

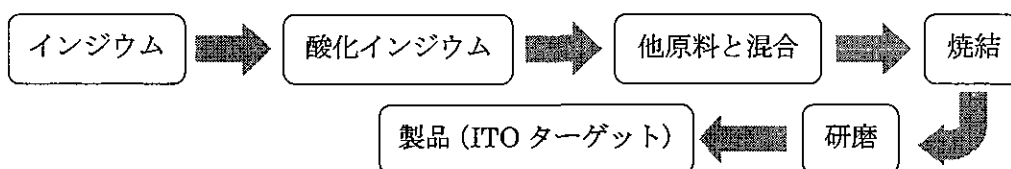
によるばく露評価ガイドライン」に基づき、ばく露予測モデル（コントロールバンディング）を用いて、ばく露レベルが高いと推定される事業場を選定した。

また、平成 22 年度においては、21 年度の調査結果を勘案し、ばく露の高い可能性のある作業について、ばく露実態調査を追加実施した。

調査により把握したばく露作業は次の図のとおり。

図 インジウム及びその化合物の製造・取扱い作業の概要

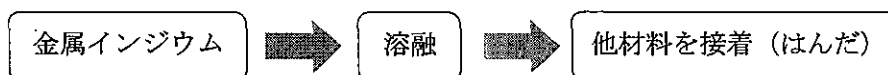
○ インジウム及びその化合物を原料とした他製品の製造



○ インジウム及びその化合物の回収再利用



○ インジウムを用いたボンディング作業



○ リン化インジウムの使用



(2) ばく露実態調査結果の概要

平成 21 年度のばく露実態調査においては、インジウム及びその化合物を製造し、又は取り扱っている 8 事業場の特定の作業に従事する 59 人の労働者に対する個人ばく露測定※ 1 を行うとともに、16 単位作業場において作業環境測定基準に基づく A 測定を行い、また、51 地点についてスポット測定を実施した。

また、平成 22 年度においては、関係業界・事業場との連携・協力のもと、ばく露が高いと予想される 3 事業場を調査対象に追加し、インジウム及びその化合物の吸入性粉じんを対象として、作業に従事する 27 人の労働者に対する個人ばく露測定を行うとともに、6 単位作業場において作業環境測定基準に基づく A 測定を行い、19 地点においてスポット測定を実施した。

個人ばく露測定結果は、「労働者の有害物によるばく露評価ガイドライン」に基づき、8時間加重平均濃度（8時間TWA）を算定するとともに、統計的手法を用い最大値の推定を行い、実測値の最大値と当該推定値のいずれか大きい方を最大値とした。その概要は以下のとおり。

① 測定分析法（詳細については別添4を参照）

[平成21年度]

- ・ 個人ばく露測定：25mmφメンブランフィルター(AAWP02500・日本ミリポア㈱)（捕集剤にポンプを接続して捕集）
- ・ 作業環境測定：47mmφメンブランフィルター(AAWP04700・日本ミリポア㈱)（捕集剤にポンプを接続して捕集）
- ・ スポット測定：同上
- ・ 分析法：ICP-MS法

[平成22年度]

- ・ 個人ばく露測定：サイクロン（25mmφ）（GS-3 Multiple-inlet Cyclone・SKC inc.製）（捕集剤にポンプを接続して捕集）
- ・ 作業環境測定：サイクロン（37mmφ）（GS-3 Multiple-inlet Cyclone・SKC inc.製）（捕集剤にポンプを接続して捕集）
- ・ スポット測定：同上
- ・ 分析法：ICP-MS法

② 測定結果

2年間のばく露実態調査における86人の個人ばく露測定の結果、8時間TWAの最大値及び対数変換データを用い信頼率90%で区間推定した上側限界値（上側5%）は次のとおり。

○吸入性粉じんとして（平成22年度調査のみ）

- ・ 測定データの最大値：0.817 mg/m³
- ・ 平成22年度全データの区間推定上側限界値：0.143 mg/m³

○総粉じんとして（2年間合計）

- ・ 測定データの最大値：1.421 mg/m³
- ・ 2年間の全データの区間推定上側限界値：0.415 mg/m³

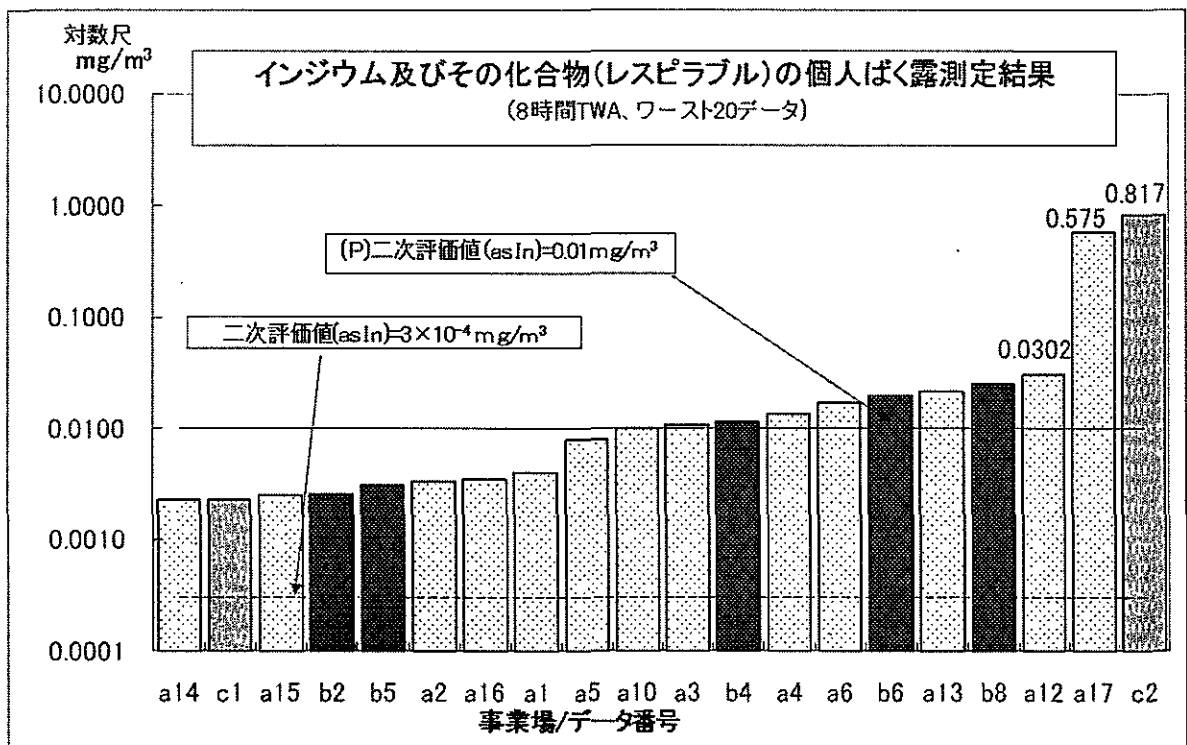
4 リスク評価の詳細

(1) ばく露限界値との関係（8時間TWAの分布と最大値）

インジウム及びその化合物を製造し、取り扱う労働者の個人ばく露測定（8時間

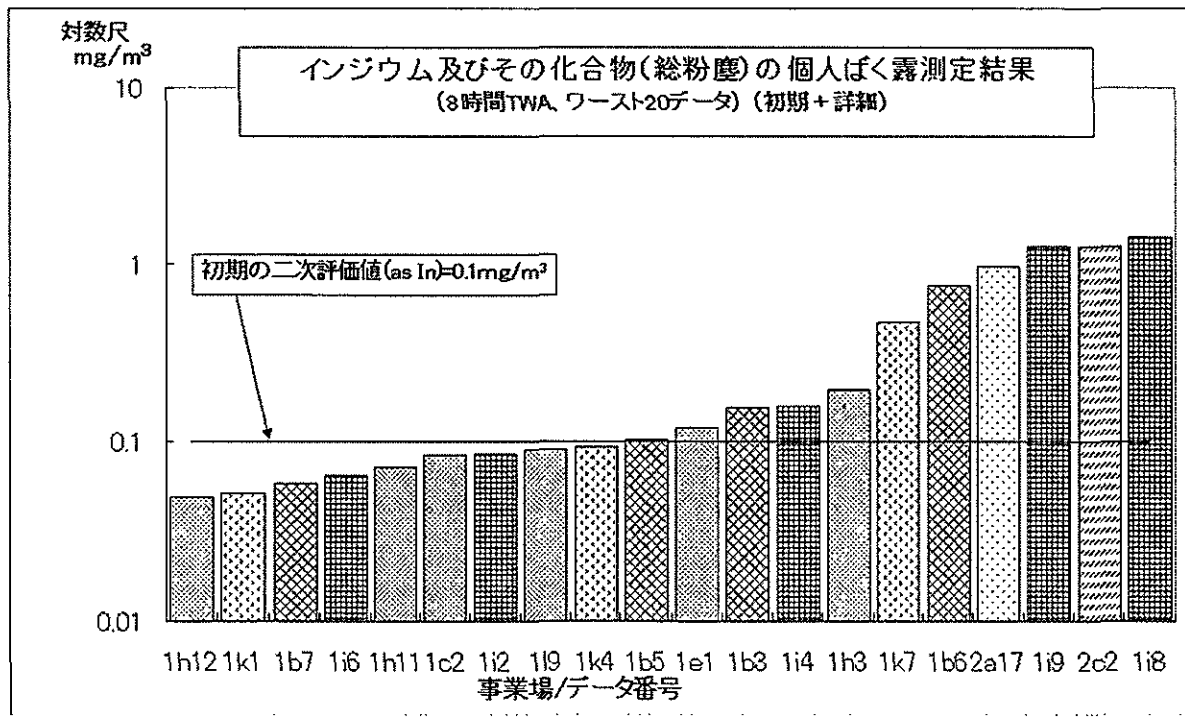
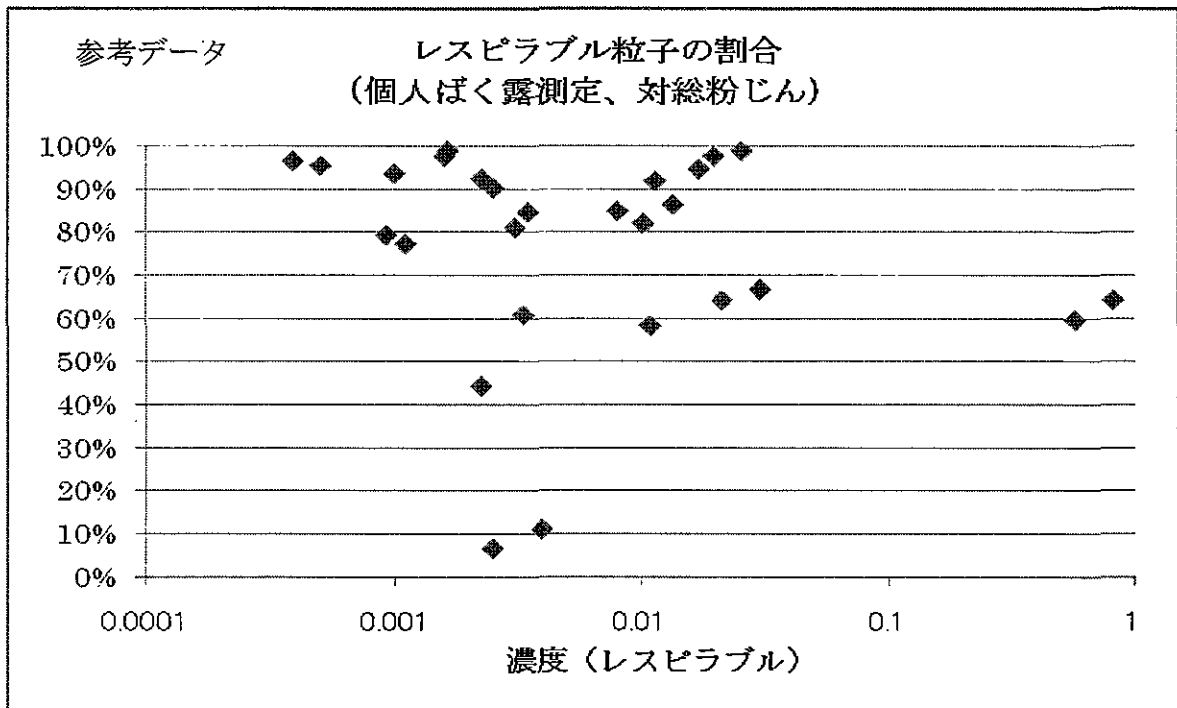
加重平均濃度（8時間TWA）の結果、平成22年度に測定を実施した27人中、27人（100%）が二次評価値（0.0003 mg/m³）を超えた。個人ばく露濃度の最大値は、二次評価値を大きく上回る0.817 mg/m³であり、リスクが高いと考えられる。

また、個人ばく露測定全データについて信頼率90%（上側5%）で区間推定した上側限界値については、0.143 mg/m³となり、二次評価値を上回っており、当該調査結果からは、他の作業場における同種の作業において二次評価値を超える高いばく露が発生するリスクは高いと考える。



なお、平成22年度の個人ばく露測定において、各測定データ（8時間TWA）の総粉じんにおけるレスピラブル粉じんの割合は、作業によって大きく異なるものの平均76%（参考）となっている。平成21年度調査を含めた総粉じんでの測定結果における最大値1.421 mg/m³、区間推定上側限界値0.415 mg/m³から推測すると、ばく露リスクは多くの事業場において相当高い可能性がある。

また、ばく露実態調査の結果、ばく露リスクが低く、健康障害防止措置を要しないと判断される作業は認められなかった。



(2) 判定結果 (措置の要否)

平成22年度調査結果 (レスピラブル粒子)

区分	評価値との比較結果 (測定点数、%)				(参考) 区間推定上限値 (上側 5%) 全体(mg/m ³)	判定 結果
	2次値 超	2次値 以下	全体	8hTWA の 最大値 (mg/m ³)		
全体	27 (100)	0 (0)	27 (100)	0.817	0.143	要
ITO ターゲットの 製造	12 (100)	0 (0)	12 (100)	0.575		要
使用済 ITO から In 金属の製造	10 (100)	0 (100)	10 (100)	0.817		要
InP の取扱い	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0.00092		要
In 金属を用いた ボンディング	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0.00396		要

これらの作業のうち、使用済みのインジウム原料からインジウムの精製、インゴット鑄込み作業を行いインジウム金属を製造する 1 事業場において、原料となる ITO 廃棄物の粉砕、ショット形成、インジウム取出し作業に従事する労働者に、二次評価値を大きく上回る 0.817mg/m³ (総粉じんでは 1.27 mg/m³) (8 時間 TWA) の高いばく露が確認された。当該作業場の A 測定では、幾何平均値 0.554 mg/m³、最大値 1.61 mg/m³ が示されている。スポット測定では粉砕作業で 1.26 mg/m³ の高い値となった。

当該作業は、ITO 廃棄物を粉砕機に投入する作業で作業時間は短いものの、発じんが多く認められた。粉砕作業場所には上方吸引式局所排気装置が設置されているが、上方吸引型フード下に呼吸域が入った作業であったこと、発じんが多く局所排気装置からの漏れが確認されたこと等も要因となって、ばく露レベルが高くなったものと思われる。

当該作業に従事する労働者は、防じんマスク、防じん眼鏡、ゴム手袋を着用していた。

一方、ITO ターゲットを製造する事業場において、ITO の分析のため、分析測定室で ITO 小片の粉砕作業を行う労働者に、0.575 mg/m³ という高いばく露がみとめられた。この作業場のスポット測定では 3.25 mg/m³ という高い値が記録されている。作業場所には外付け式局所排気装置が設置されているが発じん源から離れており有効性がなかったことが、高いばく露の要因と考えられる。保護具として半面形防じんマスクが使用されていた。

なお、参考として平成 21 年度の調査結果（総粉じんを対象）を二次評価値 (0.0003 mg/m³、レスピラブルを対象) と比較した場合の判定結果を以下に示す。

平成21年度の調査結果（総粉じん）

区分	評価値との比較結果 (測定点数、%)					(参考) 区間推定上限値 (上側 5%) 全体(mg/m ³)	判定 結果
	初期 2 次値超	初期 2 次値対	2 次値 超*	全 体	8hTWA の 最大値 (mg/m ³)		
全 体	9 (15)	50 (85)	56 (95)	59 (100)	1.42	0.543	要
ITO ターゲットの 製造	5 (16)	26 (84)	31 (100)	31 (100)	0.760		要
使用済 ITO から In 金属の製造	1 (10)	9 (90)	10 (100)	10 (100)	0.469		要
In 金属を用いた ボンディング	0 (0)	3 (100)	3 (100)	3 (100)	0.0212		要
太陽電池製造工程	3 (33)	6 (67)	9 (100)	9 (100)	1.42		要
ITO 付着機器の洗 浄	0 (0)	6 (100)	3 (50)	6 (100)	0.00094		要

初期 2 次値 : 0.1 mg/m³ 2 次値 : 0.0003 mg/m³

*) 全ての粉じんがレスピラブル粒子であると仮定して算出

5 ばく露要因の解析

インジウム化合物は、取扱い時に粉体が飛散すると考えられ、粉じんを吸入するおそれがあるため、ばく露レベルを低減させるための健康障害防止措置の導入が考慮されるべきである。

また、金属インジウムを用いたボンディング、金属インジウムの casting 等、金属インジウムを熔融させる作業においては、酸化インジウムの粉じんが発生するおそれがあることから、ばく露レベルを低減させるための措置の導入が考慮されるべきである。

なお、インジウム化合物を原料とした液晶等を使用して製品の組立て等を行う場合であって、明らかに粉体の飛散の恐れのない場合には、これらの措置は必要ないと考えられる。

区分	判定結果	判定の理由・根拠	リスク低減措置の方針
インジウム化合物 の製造・取扱	作業工程 共通	当該物質の粉じん、破砕片 等にばく露	発散抑制措置、呼吸用保護 具の使用等を考慮
金属インジウムの 熔融を伴う作業	作業工程 共通	酸化インジウムの粉じん の飛散によるばく露	発散抑制措置、呼吸用保護 具の使用等を考慮

6 結論（まとめ）

ばく露要因の解析の結果、インジウム化合物の製造・取扱いを行うすべての作業及び金属インジウムの溶融を伴う作業について、高いばく露が認められ、特に ITO のリサイクル用屑の粉碎作業においてばく露リスクが高いと確認された。

当該作業のばく露レベルは、二次評価値 $0.0003\text{mg}/\text{m}^3$ を大きく超えるものであり、また、その要因解析したところ、いずれも作業工程に共通する問題と考えられ、当該作業工程については、健康障害防止措置の導入が必要と判断される。

インジウム及びその化合物のうち、ITO については、日本バイオアッセイ研究センターの長期吸入発がん性試験の結果を受けて、平成 22 年 12 月に当面のばく露防止対策として技術指針が発出されているところである。この中で、実現可能なばく露低減対策の目標濃度として $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ が示されているが、この目標濃度との比較では、27 人の個人ばく露測定結果のうち、11 人(41%)が目標濃度を超過していることが確認された。目標濃度を上回っている事業場においては法令による措置を待たず自主的に可及的速やかな作業改善が望まれる。

また、二次評価値が非常に低いこともあいまって、ほぼすべての測定結果が二次評価値を上回っているが、ばく露低減措置については中小規模事業場を含め事業者により実現可能性のある取り組みを行うことができるよう配慮するとともに、健康障害防止措置の検討に際しては、取り扱い作業における保護具の着用を併せて検討する必要がある。

なお、インジウム又はインジウム化合物を原料とする液晶を使用した製品等を消費者が利用する場合には、インジウム化合物の粉体が飛散することはないと考えられるので、その旨を周知することも併せて必要である。

有害性総合評価表

物質名：インジウム及びその化合物

有害性の種類	評 価 結 果
ア 急性毒性	<p><u>致死性</u> 吸入毒性：LC₅₀ 報告なし 経口毒性：LD₅₀ => 10g/kg ラット (酸化インジウム) 試験内容：情報なし 経皮毒性：LD₅₀ 報告なし</p> <p><u>健康影響</u> <u>実験動物への影響</u> 塩化インジウムの気管内投与実験ではインジウムとして NOAEL 0.16 μg/kg、LOAEL 3.25 μg/kg である。 リン化インジウムの気管内投与ではインジウムとして 0.9 μg/kg が LOAEL である。</p>
イ 刺激性/腐食性	<p>皮膚刺激性/腐食性：報告なし</p> <p>眼に対する重篤な損傷性/刺激性：あり 根拠：可溶性の塩は眼に対して非常に刺激性がある。</p>
ウ 感作性	<p>皮膚感作性：報告なし 呼吸器感作性：報告なし</p>
エ 反復投与毒性(生殖・発生毒性/遺伝毒性/発がん性は除く)	<p>LOAEL：リン化インジウム 0.03 mg/m³、インジウムとして 0.024 mg/m³ 酸化インジウム 24mg/m³、インジウムとして 19.9 mg/m³ インジウム・スズ酸化物(ITO) 0.01 mg/m³、インジウムとして 0.0078 mg/m³</p> <p>根拠：NTPにおける吸入ばく露実験で最小吸入ばく露濃度(リン化インジウム 0.03 mg/m³、インジウムとして 0.024 mg/m³)においてもラットの雌雄で肺胞上皮の異型性増生、慢性活動性炎症、肺胞上皮の化成、肺胞蛋白症等が観察されたことから LOAEL とした。</p> <p>ラットを用いた酸化インジウムの吸入ばく露実験で、酸化インジウムを 24~97 mg/m³ の濃度で、合計 224 時間、連日吸入ばく露した実験でラットの肺においては広範な肺水腫が観察されたことから LOAEL は 24mg/m³(インジウムとして 19.9 mg/m³) とした。</p> <p>ラットとマウスを用いた ITO の吸入ばく露実験で、0, 0.01, 0.03, 0.1 mg/m³ の ITO を 2 年間吸入ばく露したところ、ラットの雌雄の 0.01mg/m³ の濃度でほとんどすべての動物に肺胞蛋白症、肺胞上皮の過形成、胸膜の肥厚等が観察されたことから LOAEL とした。</p>
オ 生殖・発生毒性	<p>無毒性量等 (NOEL、NOAEL、LOAEL) 現在までの実験報告からは求められない。</p>
カ 遺伝毒性 (変異原性を含む)	<p>遺伝毒性：判断できない</p> <p>根拠：マウスを用いた InP の in vivo における小核試験で多染性赤血球では雄で陽性成績であったが、雌では陰性であり、さらに正染性赤血球では雄、雌ともに陰性であった。一方、体細胞突然変異 β-catenin mutation では陽性であったが、H-ras mutation</p>

	<p>では陰性だった。さらに三塩化インジウムの突然変異原性試験では陰性であり、遺伝毒性は疑われるが、確定的ではない。</p>
キ 発がん性	<p>発がん性の有無：ヒトに対しておそらく発がん性がある 根拠：IARCではリン化インジウムとしての発がん性はグループ2Aと分類した。また、ITOの長期吸入ばく露試験によりラットに発がんが確認されている。発がん性はインジウムに起因していると考えられる。 ただし、他のインジウム化合物の発がん性に関しては現在までに明らかな証拠はない。</p> <p>閾値の有無：閾値あり 根拠：マウスを用いたリン化インジウムのin vivoにおける小核試験や体細胞突然変異試験結果から遺伝毒性は疑われるが、確定的ではない。吸入ばく露実験の結果より肺の持続的な炎症反応の結果、肺胞・細気管支上皮が増生し、肺がん進展すると考えられる。</p> <p>閾値がある場合 LOAEL：ITO 0.01 mg/m³、インジウムとして 0.0078 mg/m³ 根拠：日本バイオアッセイ研究センターにおける吸入ばく露実験で最小吸入ばく露濃度(ITO 0.01 mg/m³、インジウムとして 0.0078 mg/m³)においても肺胞上皮腺腫・肺胞上皮がん・腺扁平上皮がんの合計発生率がラット(雄、雌) 10/50、8/49(対照群 3/49、1/50)と有意に対照群に比べて増加していたことからLOAELとした。 不確実性係数 UF = 1000 根拠：(LOAEL→NOAELの変換(10)、種間差(TK=1,TD=2.5)、がんの重大性(10)、労働補正(6/8)) 評価レベル = 0.01(≒0.0078) mg/m³ × 1/250 × (6/8) = 3.0 × 10⁻⁵ mg/m³</p>
コ 許容濃度の設定	<p>ACGIH TLV-TWA：0.1 mg/m³ インジウムとして (1969) 根拠：ラットを用いて、酸化インジウムを24~97 mg/m³の濃度で、連日吸入ばく露し、合計224時間ばく露が行われた。その結果、ラットの肺では広範な肺水腫が観察され、通常の肺水腫と異なり、顆粒状の浸出液や異物を貪食したわずかなマクロファージ、多核巨細胞、核の壊死片が肺胞内に貯留していた。さらに、ばく露期間中およびばく露終了12週間後においても、これらの病変はほとんど変化せず、線維化もほとんど観察されなかった。この値(0.1 mg/m³)は、肺水腫、急性肺炎、骨格系・胃腸系障害及び肺への悪影響の可能性を最小限とする意図で設定された。</p> <p>日本産業衛生学会 許容濃度：設定はない。 (参考) 生物学許容値 血清インジウム濃度 3 μg/L 根拠：労働環境において予防すべき健康影響は、KL-6、SP-D等の上昇を影響指標とした肺間質性変化と考え、ChonanらおよびHamaguchiらの2つの労働者集団の観察結果を総合的に判断し、インジウムおよびその化合物の生物学的許容値として、3 μg/L(血清中インジウムとして、試料採集時期は特定せず)が提案された。</p>

有害性評価書

物質名：インジウム及びその化合物

1. 化学物質の同定情報 ①

名 称：インジウム

化学式：In

分子量：114.82

CAS 番号：7440-74-6

労働安全衛生法施行令別表 9 (名称を通知すべき有害物) 第 58 号(インジウム及びその化合物)

名 称：リン化インジウム

別 名：インジウムリン

化学式：InP

分子量：145.79

CAS 番号：22398-80-7

労働安全衛生法施行令別表 9 (名称を通知すべき有害物) 第 58 号(インジウム及びその化合物)

名 称：酸化インジウム

化学式：In₂O₃

分子量：277.64

CAS 番号：1312-43-2

労働安全衛生法施行令別表 9 (名称を通知すべき有害物) 第 58 号(インジウム及びその化合物)

名 称：三塩化インジウム

化学式：InCl₃

分子量：221.18

CAS 番号：10025-82-8

労働安全衛生法施行令別表 9 (名称を通知すべき有害物) 第 58 号(インジウム及びその化合物)

名 称：水酸化インジウム

化学式：In(OH)₃

分子量：165.84

CAS 番号：20661-21-6

労働安全衛生法施行令別表 9 (名称を通知すべき有害物) 第 58 号(インジウム及びその化合物)

名 称：インジウム・スズ酸化物 (以下「ITO」という。)

化学式：In₂O₃/SnO₂ の複合酸化物 (一般的に重量比=9:1 で製造される)

CAS 番号：50926-11-9

労働安全衛生法施行令別表 9 (名称を通知すべき有害物) 第 58 号(インジウム及びその化合物)

2. 物理化学情報

(1) 物理的・化学的性状 1), 2), 3)

物質名	インジウム	リン化インジウム	ITO	酸化インジウム	三塩化インジウム	水酸化インジウム
外観	銀白色のやわらかい金属	灰白色の金属光沢のある結晶	淡黄色～灰緑色の固体	淡黄色の結晶	白色の結晶	白色粉末
比重 (水=1)	7.282 (24℃)	4.81 (25℃)	不定	7.179	3.46 (25℃)	
沸点	2072℃	データなし		850℃	500℃で分解	
融点	156.6℃	1062℃	約 1500℃	950℃以上		150℃付近で分解
水への溶解性 g/100ml (25℃)	情報なし	情報なし	不溶	不溶	212	不溶

(2) 物理的・化学的危険性 13)

インジウム

- ア 火災危険性 : 不燃性。
- イ 爆発危険性 : 空気中で粒子が細かく拡散して爆発性の混合気体を生じる。
- ウ 物理的危険性 : 粉末や顆粒状で空気と混合すると、粉塵爆発の可能性はある。
- エ 化学的危険性 : 強酸、強酸化剤、イオウと反応し、火災や爆発の危険をもたらす。

リン化インジウム

- ア 火災危険性 : イオウとの混合物を加熱すると発火する。
- イ 爆発危険性 : 情報なし
- ウ 物理的危険性 : 情報なし
- エ 化学的危険性 : 湿った空気中でゆっくり酸化される。350℃で臭化第 2 水銀と激しく反応する。

3. 生産・輸入量/使用量/用途 1)

インジウム

生産量 : 70 トン(2009 年) 543.6 トン (リサイクル) (2006 年)

輸入量 : 215 トン (塊, ぐずおよび粉)(2009 年)

用途 : 銀ロウ、銀合金接点、ハンダ、低融点合金、液晶セル電極用、歯科用合金、防食アルミニウム、テレビカメラ、ゲルマニウム・トランジスター、光通信、太陽熱発電、電子部品、軸受金属、リン化インジウム結晶の原料

製造業者：普通品=JX 日鉱日石金属、DOWA メタルマイン、三井金属鉱業、東邦亜鉛、日亜化学工業、三菱マテリアル、新興化学工業
 高純度品=三菱マテリアル、大阪アサヒメタル工場、住友金属鉱山

リン化インジウム

用途：InP 単結晶の原料
 製造業者：日亜化学工業

酸化インジウム

用途：ITO 用原料
 製造業者：新興化学工業、高南無機

三塩化インジウム

用途：透明電極材料用原料
 製造業者：新興化学工業、高南無機

水酸化インジウム

用途：酸化インジウム製造用原料、硝酸インジウム、硫酸インジウム製造用原料、電池電極材料
 製造業者：新興化学工業、高南無機

4. インジウム及びインジウム化合物の健康影響

(1) 実験動物に対する毒性

ア 急性毒性

致死性

実験動物に対する（インジウムおよびインジウム化合物）の急性毒性試験結果を以下にまとめる^{1,5,6)}。

	マウス	ラット
吸入、LC ₅₀	データなし	データなし
経口、LD ₅₀	3,300 mg/kg(硝酸インジウム水和物)	>10g/kg (酸化インジウム)
経皮、LD ₅₀	データなし	データなし
腹腔内 LD ₅₀	7.95 mg/kg(硝酸インジウム)	2,370 μg/kg(三塩化インジウム) 5.55 mg/kg(硝酸インジウム)

健康影響

可溶性の三塩化インジウム (InCl₃) の気管内投与や鼻部ばく露による重度の肺障害と肺線維症が報告されている⁵⁾。F344 雌ラットの気管内に InCl₃、1.3 mg/kg (In として) を 1 回投与し、肺沈着および肺からのクリアランスについて評価した実験⁵⁾ では、InCl₃ の投与による炎症反応は投与後 56 日目まで持続した。投与後 28 日目では InCl₃ を投与されたラットでは対照群と比較して肺重量は 2.5 倍、肺胞洗浄液中の総細胞数 (67%は好中球) は 32 倍に増加していた。肺中

のヒドロキシプロリン量は、投与後 28 日目と 56 日目では対照群の約 2 倍に増加しており、肺胞洗浄液中のファイブロネクチンと TNF- α は投与後 24 時間まで著明に増加し、56 日目まで持続していた。インジウム量として 0.00016, 0.00325, 0.065, 1.3 mg/kg の InCl₃ を気管内に投与した場合、0.00325 mg/kg のインジウムの投与によっても炎症細胞の浸潤が観察された。これらの結果から、塩化インジウムは重度の肺障害を引き起こし、肺線維症を発現させることが示唆された。インジウムとして 0.2, 2.0, 20 mg/m³ の濃度で InCl₃ をラットの鼻に 1 時間の吸入ばく露 1 回を行った鼻部吸入ばく露実験⁵⁾では、肺の炎症は 0.2 mg/m³ のばく露濃度から見られ、20 mg/m³ の濃度では、ばく露 7 日目に肺胞洗浄液中の細胞数、ファイブロネクチン、TNF- α のレベルが対照群に比較して、8, 40, 5 倍に上昇しており、急性の拘束性肺病変とアセチルコリンに対する気道反応性の亢進も観察された。ばく露後 42 日目では 20 mg/m³ ばく露群で代償性の肺容量と CO 拡散能の増加が認められ、肺障害からの回復が示唆された。ばく露 42 日目では用量依存性に肺のコラーゲン量が増加していた。これらの結果から、InCl₃ の 1 時間の吸入ばく露によっても、重度の肺炎と線維症が引き起こされると報告されている。

雄 F344 ラットに平均粒径 0.8 μ m のリン化インジウム(InP)単結晶粉末を、0, 1, 10, 100 mg/kg(0, 0.79, 7.9, 79 mg In/kg)を単回気管内投与し、翌日および 8 日後に BAL 分析および肺病理検索を実施した結果、いずれの群でも強い肺炎症所見を観察した⁵⁾。

さらに、同様の粉末を、0, 1.2, 6.0, 62.0 μ g/kg(0, 0.9, 4.7, 48.8 μ g In/kg)単回気管内投与を実施した⁵⁾。翌日の検査では、軽度の SOD および LDH の上昇は観察されたが、炎症細胞の増加や蛋白の増加は見られなかった。8 日目の検査では、62.0 μ g/kg 投与群でのみ好中球・リンパ球、総蛋白、LDH 活性、リン脂質、コレステロールの増加等の炎症所見、肺胞上皮の剥脱、肺胞腔内浸出液が観察された。

イ 刺激性及び腐食性

可溶性の塩は眼に対して非常に刺激性がある⁷⁾。

ウ 感作性

データなし

エ 反復投与毒性（生殖・発生毒性、遺伝毒性/変異原性、発がん性は除く）

吸入ばく露

ラットを用いた酸化インジウムの吸入ばく露実験が報告されている⁷⁾。酸化インジウムを 24~97 mg/m³ の濃度で、合計 224 時間、連日吸入ばく露したラットの肺においては広範な肺水腫が観察された。通常の肺水腫と異なり、顆粒状の浸出液や異物を貪食したわずかなマクロファージ、多核巨細胞、核の壊死片が肺胞内に貯留しており、これらの病変は針状や他の形態の細胞が肺胞壁へ浸潤しているのが特徴である。さらに、ばく露期間中およびばく露終了 12 週間においても、これらの病変はほとんど変わらず、線維化もほとんど観察されなかったことから、酸化インジウムは肺全体に肺胞蛋白症に類似した特異的な病像を引き起こすと考えられた。

アメリカ National Toxicity Program(NTP)⁸⁾ は雌雄の F344 ラットおよび雌雄の B6C3F マウ

スを用いてリン化インジウム（平均粒子径 $1.2\mu\text{m}$ ）を 0(対照群), 1, 3, 10, 30, $100\text{mg}/\text{m}^3$ のばく露濃度で 1 日 6 時間、週 5 日間あるいは週 7 日間、1 4 週間の吸入ばく露実験を行った。ほとんどすべてのばく露群のラットおよびマウスでは、肺の肺胞蛋白症、慢性炎症、間質性線維症、および肺胞上皮細胞の増生が観察された。さらに、NTP は雌雄の F344 ラットおよび雌雄の B6C3F マウスを用いてリン化インジウムの長期吸入ばく露実験を行った。ばく露濃度は 0(対照群), 0.03, 0.1, $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ であった。ラットおよびマウスの対照群および $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ 群では 105 週間ばく露したが、 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 群 および $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 群では一般状態が悪化したため、ラットでは 22 週間、マウスでは 21 週目でばく露を中止し、その後、正常空気をばく露した。各リン化インジウムばく露群の雌雄のほとんどすべてのラットの肺では肺胞上皮の異型性増生、慢性活動性炎症、肺胞上皮の化生、肺胞蛋白症、間質の線維症、肺胞上皮の増生が観察された。さらに雌ラットでは用量依存性に肺の squamous cyst の発生増加が観察された。雌雄のマウスの肺では慢性活動性炎症、漿膜の線維化が観察された。

日本バイオアッセイ研究センターでは、F344/DuCrI CrIj ラットを用いて、ITO 研削粉（平均粒子径 $3.5\mu\text{m}$ ）の 2 年間（104 週間）にわたる吸入ばく露による試験を行った。0, 0.01, 0.03, $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ の ITO を 6 時間/日、5 日/週の条件で 2 年間（ラットの 0.1 群以外）、26 週間（ラットの 0.1 群）吸入ばく露したところ、ラットの雌雄で、全ての濃度の多くの動物に、肺胞蛋白症、肺胞上皮の過形成、胸膜の肥厚等が観察された。B6C3F1/CrIj マウスを用いた、ITO 研削粉の 2 年間（104 週間）の吸入ばく露試験では、肺胞蛋白症等同様の傾向が見られたが、雌雄ともに 0.01mg 群では胸膜の肥厚が観察されないなど、ラットに比べ発生数、程度が軽度の傾向であった。¹⁴⁾

鼻部ばく露および気管内投与

ハムスターに砒化インジウム（1 回投与量； $0.5\text{mg as As}/\text{kg}$ ）およびリン化インジウム（1 回投与量； $0.5\text{mg as P}/\text{kg}$ ）を週 1 回、15 週間にわたり気管内投与を行い、その後無処置で放置し、生涯観察を行った実験では、砒化インジウム群で体重増加の抑制が観察されたが、リン化インジウム群では対照群と同様の推移を示した。肺胞蛋白症、肺胞および細気管支上皮の増殖、肺炎、肺気腫、骨異形成が対照群と比較して有意に増加していた。砒化インジウムおよびリン化インジウムの気管内投与で肺障害が引き起こされることが明らかになった⁵⁾。

ハムスターの気管内に砒化インジウム（1 回投与量； $7.7\text{mg as InAs}/\text{kg}$ ）、ガリウムヒ素(同； $7.7\text{mg as GaAs}/\text{kg}$ 、または三酸化ヒ素(同； $1.3\text{mg as As}_2\text{O}_3/\text{kg}$)を週 2 回、7 週（砒化インジウム群）または 8 週間（リン化インジウム群、三酸化ヒ素群、対照群）にわたって投与し、最終投与日の翌日に肺病変について評価した気管内投与実験が報告されている。砒化インジウム群では投与期間中体重増加の抑制が著しく、他の投与群に比べて、肺炎の程度が著しく重度であった。さらに、砒化インジウム群でのみ、前がん病変と考えられる肺の限局性扁平上皮の増生、扁平上皮化生を伴った限局性肺胞および細気管支上皮の増生、扁平上皮化生が認められ、砒化インジウムの発がん性が強く示唆された⁵⁾。同モルの砒化インジウム（1 回投与量； $4\text{mg as InAs}/\text{kg}$ ）およびリン化インジウム（同； $3\text{mg as InP}/\text{kg}$ ）をハムスターの気管内に週 2 回、8 週間にわたって投与し、投与終了翌日、8 週目、16 週目、40 週目、64 週目、88 週目に血清中のインジウム濃度を測定した結果によると、血清中の各群のインジウム濃度は投与終了直後が最も高く、砒化

インジウム群のインジウム濃度は、7.62 μ M、リン化インジウム群では3.17 μ Mで、2相性に減少し、砒化インジウムの半減期は第1相が2.5週、第2相は60.8週、リン化インジウムの第1相の半減期は6.2週、第2相は60.0週と、半減期は非常に長かった。

インジウム・スズ酸化物 (Indium-tin oxide; ITO) およびリン化インジウムの肺障害について、ハムスターの気管内に6mg/kg (各粒子として) を週1回、16週間にわたって投与し、投与終了直後に評価を行った実験では、投与期間中、リン化インジウム投与群では体重増加の抑制が観察されたが、ITO投与群では対照群と同様の増加を示した。肺炎や線維性の増殖が両群で観察され、その程度はリン化インジウム投与群が重度であったが、ITOの気管内投与によっても肺障害が発現することが明らかになった⁵⁾。

銅-インジウム-ガリウム-セレン (Cu-In-Ga-Se: CIGS) について、ラットの気管内に投与した実験では、雄 Wistar ラットに、一回投与量 3 mg/kg (as In 0.75 mg/kg)、10 mg/kg (as In 2.5 mg/kg)、30 mg/kg (as In 7.5 mg/kg) の3群で、週2回、5回にわたって蒸留水の懸濁液で投与を行い、最終投与日の翌日、1週、4週、12週目に安楽死させた。各投与群の各評価時点の肺重量は対照群に比べて優位に増加し、経時的に増加し、また、各投与群で、肺炎、肺胞上皮細胞の増生、肺胞マクロファージによる粒子の貪食、肺胞腔内に浸出液や細胞壊死片の沈着が観察された。投与終了後12週まで肺病変の発現は持続し、増悪し、CIGSの気管内投与により亜慢性毒性を認めた。¹⁵⁾

経口投与/経皮投与/その他の経路等

報告は見当たらない。

オ 生殖・発生毒性

三塩化インジウム (InCl_3) の経口投与または静注による報告が行われている⁵⁾。Swiss マウスに InCl_3 を 250 mg/kg 以下 (130 mg In/kg) を毎日強制経口投与した実験では、雄の生殖能および肝機能に影響なかったが、尿中 NAG は減少した。同様に雌については、受胎能には影響なかったが、雌の体重減少によると考えられる子宮内胎仔死亡は増加した。妊娠6~15日に InCl_3 250 mg/kg 以下の濃度を強制経口投与した発生毒性試験では、胎仔奇形は増加しなかった。妊娠9日目の全胚培養による *in vitro* の試験では、5 μ M 48時間ばく露でも奇形が増加し 50 μ M で直接毒性により胚死亡が発生した⁵⁾。

ラットを用いた実験⁵⁾では、妊娠9日目の Wistar ラットに、 InCl_3 を静注 (0.1~0.4 mg In/kg) または経口 (75~300 mg In/kg) で1回投与し、妊娠20日に胎仔の成長と奇形を観察した。0.4 mg In/kg 静注では、有意に胎仔体重が低下し、胎仔死亡、奇形発生は有意に増加し、尾と指の奇形発生頻度が最も高かった。経口ばく露では、300 mg In/kg でも対照群と有意な差はなかった。

Wistar ラットの9.5日胚または10.5日胚に InCl_3 を 25~200 μ M を 48時間培養ばく露した結果、25 μ M で卵黄嚢の縮小、神経管の縮小、奇形が観察され、インジウムは胚に直接毒性を示した。

InAs、InP、ITO の気管内投与によるハムスターまたはラットにおける精巣障害が報告されている⁵⁾。ハムスターに InAs (1回投与量; 7.7mg as InAs/kg)、GaAs (同; 7.7mg as GaAs/kg)、As₂O₃ (同; 1.3mg as As₂O₃/kg) を 7~8 週間気管内に投与した結果、GaAs 投与では精巣障害が

観察されたが、InAs や As₂O₃ 投与では、精巣障害は認められなかった。しかし、ラットにハムスターと同量の InAs、GaAs、As₂O₃ を気管内に週 2 回 8 週間にわたって投与した場合には、精巣上体の精子数の減少が観察され、GaAs に比べて軽度ではあるが、InAs による精巣障害がみられた⁵⁾。さらに、同モルの InAs (1 回投与量; 4 mg as InAs/kg) および InP (同; 3 mg as InP/kg) をハムスターの気管内に週 2 回 8 週間投与し、約 2 年間観察を行った結果、雄性生殖器の重量の低下、精巣上体尾部の精子数の減少、重度の精巣の病理学的変化が観察され、InP や InAs 投与によって明らかな精巣障害が認められた⁵⁾。ITO (6 mg ITO/kg) および InP(6 mg InP/kg)をハムスターの気管内に週 1 回 16 週間投与した実験では、精細管上皮の空胞化が両インジウム化合物の投与によって観察され、InP に比べて軽度ではあるが、ITO によっても精巣障害が起こった⁵⁾。

カ 遺伝毒性 (変異原性)

リン化インジウム

試験方法		使用細胞種・動物種	結果
In vivo	小核試験 (NCEs)	マウス(雄、雌) ⁸⁾	—
	小核試験(PCEs)	マウス(雄) ⁸⁾	+
	小核試験(PCEs)	マウス(雌) ⁸⁾	—
	体細胞突然変異 (H-ras mutation 肝腫瘍細胞)	マウス(雄、雌) ⁸⁾	—
	体細胞突然変異 (β-catenin mutation 肝腫瘍細胞)	マウス(雄、雌) ⁸⁾	+

— : 陰性 + : 陽性

NTP による InP 30 mg/m³ の 14 週間吸入ばく露実験 (2001)⁸⁾において雌雄のマウスの正染性赤血球を用いた小核試験は陰性であった。雄のマウスの多染性赤血球を用いた小核試験では陽性であったが、雌では陰性であった。さらに InP 0.03 mg/m³ (105 週間吸入ばく露) 群および 0.3 mg/m³ (21 週間吸入曝露) 群の雌雄のマウスでは肝細胞腺腫および肝細胞がんの H-ras codon 61 mutations の頻度は対照群と同様であったが、β-catenin mutation の頻度は用量依存性に増加し、0.3 mg/m³ 群では 40% (対照群では 10%) であった。

三塩化インジウム

放射性同位体(¹¹¹In)による復帰突然変異試験では陰性であった。

試験方法		使用細胞種・動物種	結果
In vitro	復帰突然変異試験	ネズミチフス菌(S9+, -)	—
		TA100,TA2637,TA94,TA98 ⁹⁾ 大腸菌(S9+, -) WP2 uvrA ⁻ , WP2 uvrA ⁺ ⁹⁾	—

— : 陰性 + : 陽性

キ 発がん性

吸入ばく露

NTP が行った InP の吸入ばく露実験 (2001) ⁸⁾において発がん性が確認されている。雌雄のラットおよびマウスを用いて InP (平均粒子径; $1.2\mu\text{m}$) の 1 日 6 時間、週 5 日間の吸入ばく露を行った。InP の 0.03 mg/m^3 のばく露濃度では 2 年間、 0.1 mg/m^3 および 0.3 mg/m^3 のばく露濃度では 22 週間 (ラット) および 21 週間 (マウス) 吸入ばく露を行い、その後は実験終了時 (ばく露開始より 105 週) まで清浄空気下で飼育した。各ばく露群で肺腫瘍の発生が観察された。肺腺腫または腺がん担腫瘍動物発生率は、ラットの雄では対照群:14%、 0.03 mg/m^3 群:44%、 0.1 mg/m^3 群:60%、 0.3 mg/m^3 群:70%、であり、ラットの雌では対照群:2%、 0.03 mg/m^3 群:20%、 0.1 mg/m^3 群:12%、 0.3 mg/m^3 群:52%、マウスの雄では対照群:12%、 0.03 mg/m^3 群:30%、 0.1 mg/m^3 群:44%、 0.3 mg/m^3 群:26%、マウスの雌では対照群:8%、 0.03 mg/m^3 群:22%、 0.1 mg/m^3 群:30%、 0.3 mg/m^3 群:28%であった。一方、肺腺腫と肺腺がんに加えてラットの雄でのみ 0.3 mg/m^3 群で扁平上皮がんの発生 (発生率:8%) が認められている。ラットでは最低ばく露濃度の 0.03 mg/m^3 群を含むすべてのばく露群で対照群に比べて有意に増加し、用量依存性に発生率は増加し、特に雄では顕著であった。同様に、雌雄のマウスにおいても肺腺腫と腺がんの発生率が最低ばく露濃度の 0.03 mg/m^3 群を含むすべてのばく露群で対照群に比べて有意に増加したが、ラットに比べて肺腫瘍発生率には明らかな用量依存性の関係を認めなかった。肺以外の臓器では、ラットの副腎褐色細胞腫 (雄、雌) とマウスの肝臓がん (雄、雌) は対照群と比べて有意な発生増加が認められた。さらに、ラットでは単核性白血病 (雄、雌)、皮膚の線維腫 (雄)、乳がん (雌)、マウスでは小腸の腺腫および腺がん(雄)が対照群と比べて有意ではないが、増加していた。

さらに、ラットおよびマウスの吸入ばく露実験における InP の発がん性のメカニズムに関しては、InP が肺内に長期にわたって貯留することによって炎症が慢性的に持続し、そのために酸化的ストレス、DNA 傷害を引き起こし、肺胞・細気管支上皮の増生から肺がんへと進展すると推測されている ⁹⁾。

日本バイオアッセイ研究センターでは、F344/DuCrIj ラットを用いて、ITO 研削粉の 2 年間 (104 週間) にわたる吸入によるがん原性試験を行った。0, 0.01, 0.03, 0.1 mg/m^3 の ITO を 6 時間/日、5 日/週の条件で 2 年間(ラットの 0.1 群以外)、26 週間 (ラットの 0.1 群) 吸入ばく露したところ、ラットの雌雄とも、 0.01 mg/m^3 群から肺に細気管支-肺胞上皮癌及び細気管支-肺胞上皮腺腫の発生増加が認められ、さらに、雄では肺に腺扁平上皮癌、雌では肺に腺扁平上皮癌と扁平上皮癌も認められた。肺における悪性腫瘍の発生増加は雌雄のラットに対するがん原性を示す明らかな証拠と考えられた。B6C3F1/Crlj マウスを用いた、ITO 研削粉の 2 年間 (104 週間) の吸入によるがん原性試験を行ったが、雌雄とも明らかな腫瘍の発生増加はみられなかった。 ¹⁴⁾

ハムスターを用いた InP や InAs の気管内投与による慢性実験は行われているが、約 2 年間の観察では肺腫瘍発生は観察されていない ⁹⁾。

経口投与/経皮投与・その他の経路等

インジウム化合物の吸入ばく露、気管内投与以外の投与方法による発がん性の報告は見当たらない。

(2) ヒトへの影響 (疫学調査及び事例)

ア 急性毒性

報告は見当たらない。

イ 刺激性及び腐食性

報告は見当たらない。

ウ 感作性

報告は見当たらない。

エ 反復ばく露毒性（生殖・発生毒性、遺伝毒性、発がん性は除く）

2003年以降、7例の症例（症例1～7）が報告されている⁵⁾。

Homma et al. は、1994年よりITOターゲット板研磨作業に3年間従事していた28歳の男性の症例を報告した⁵⁾。1998年初めに、増悪する乾性咳嗽や呼吸困難、寝汗、食欲低下、および10ヶ月間で10kgの体重減少を自覚し、某病院を受診した。喫煙歴は10本/日を10年間で、既往歴はなく、常用内服薬もなかった。パチ状指、呼吸音でfine crackle聴取、胸部X線撮影では全肺野のスリガラス状陰影(ground-glass pattern)、および胸部高解像度CT(HRCT)では全肺野で胸膜直下の蜂窩肺とスリガラス状陰影(GGA)を認めた。胸腔鏡下肺生検(video-assisted thoracoscopic lung biopsy, 以下VATS)で、肺胞腔内に赤血球、フィブリン、コレステロール結晶や微細粒子を食食した肺胞マクロファージを認め、間質にはリンパ球と形質細胞が浸潤し、リンパ球小節がいたるところに存在していた。直径1μm前後の微細粒子が肺胞腔内、肺胞中隔、気管支内腔に認められ、X線分析によりインジウムとスズが検出されたことからITO粒子と同定された。血清中インジウム濃度(In-S)は、290μg/Lと著明に上昇していた。以上よりITO粒子吸入による間質性肺炎と診断された。間質性肺炎に対してステロイドによる治療をおこなわれたが効果はなく、2001年4月に両側気胸を併発し死亡した。

2例目は1例目と同一職場の30歳の男性の報告⁶⁾である。喫煙歴は3本/日を3年間、1994年よりITO研磨作業に従事し、1997年より乾性咳嗽、労作性呼吸困難を自覚した。健康上以外の理由で転勤し、定期健診で異常陰影を指摘され、2002年1月に某病院受診した。胸部X線撮影で右上肺野に網状影、胸部HRCTで、右上肺野の末梢側に浸潤影を認め、それに沿ってびまん性のGGA、全肺野に散在する小葉中心性の粒状影や気腫性変化が認められた。血清学的検査では、KL-6は799 U/mL（正常範囲：<500 U/mL）、In-Sは51 μg/Lであった。VATSで、胸膜直下の気腫状変化の部位にはびまん性に黄色の小結節が認められ、コレステロール結晶と茶色の微細粒子を含んだ異物巨細胞を伴う小葉中心性気管支周囲の線維組織増殖像であった。また、コレステロール結晶と茶色の微細粒子を含んだ異物巨細胞を伴う肺肺炎を認めた。茶色の微細粒子のX線分析でインジウムとスズが検出され、ITO吸入による肺線維症、肺気腫と診断された。

症例3～5は、症例1、2と同一職場であり、2002年に実施されたインジウム呼吸器検診で発見された⁵⁾。症例3～5の年齢は31, 39, 28歳、喫煙歴は非喫煙、18箱・年、非喫煙であった。症例3では、%DLco軽度低下、胸部HRCTでGGA、経気管支鏡生検(TBLB)でコレステリン結晶を伴う線維性変化、KL-6は1930 U/mL、In-Sは40 μg/Lであった。症例4では、HRCTでGGA、TBLBでコレステリン結晶を伴う線維性変化、KL-6は3750 U/mL、In-Sは127μg/Lであった。症例5では、閉塞性障害、%DLco軽度低下、HRCTでGGA、多発ブラ、線維性変化、右気胸、左気胸の既往、左気胸手術標本で

コレステリン肉芽腫と肺胞上皮の肥厚、KL-6は1190 U/mL、In-Sは99 µg/Lであった。

症例6⁵⁾は44歳の非喫煙者である。2000年にインジウム化合物の取り扱いを開始し、2002年より咳嗽、喀痰出現、近医での投薬で自覚症状は一時改善したが、徐々に労作時呼吸困難を自覚するようになった。2005年に実施したインジウム疫学調査で血液検査、胸部HRCTで異常を指摘され、某病院受診し精査した。拘束性呼吸機能障害、DLco低下、胸部X線で右優位の上肺野異常影、肺門上昇し上葉の収縮性、HRCTで上肺野優位の間質性陰影、著明な容積減少、牽引性の気管支拡張、下葉でも小葉隔壁の肥厚などの間質性変化を認めた。血清学的検査でKL-6は3450 U/mLと著明に上昇し、SP-Dも346 ng/mL（正常範囲：<110 ng/mL）も著明に上昇、TLBLによる病理所見は、肺胞隔壁にびまん性に軽度の線維性肥厚が認められ、ごく軽度のリンパ球の浸潤が散見された。肺胞腔内には多数のコレステリン結晶の形成、それを貪食したマクロファージが認められた。また、In-Sは64.7 µg/Lであった。インジウムによる肺障害と診断された。

症例7⁶⁾は20年間、液晶薄膜材料の製造に従事していた喫煙歴は20本を10年の47歳男性の報告である。酸化インジウムを主に、スズ、亜鉛、アルミ、アンチモン他、多彩な金属を扱っていた。1998年より咳を自覚、2002年に某院で胸部異常陰影を精査するも原因不明であった。2003年に某病院紹介受診、胸部X線、胸部CTにて両側上肺野の容積減少と線状索状影、血清LDH 462 IU/L、KL-6 6395 U/mLと著明な上昇、TBLBで針状結晶物を取り囲む多核巨細胞、2004年VATSで肺表面の不整でびまん性線維化、病理所見は、間質に硝子化した線維組織とリンパ球の集積、肺胞内に針状のコレステリン結晶を認め、間質および肺胞内には褐色粒子が沈着し、一部はマクロファージに貪食、褐色粒子をX線分析施行したところ、In, Al, Cu, Fe, Mg, Si, Sn, Ti, Znが検出された。In-Sは92 µg/Lであり、肺組織内の他の金属との複合影響は否定できないが、酸化インジウム吸入による間質性肺炎と考えられた。

インジウム化合物取り扱い作業者の疫学調査に関して、以下の報告が行われている。

Chonanら⁷⁾は、症例1~5の事業場における初回のインジウム健康診断の結果を発表した。対象者は、ばく露歴1年以上の男性108名（うち27名が過去ばく露者）、および、HRCTとIn-Sの比較対照とした38名の成人男性である。18名（うち3名は非喫煙者）が慢性の咳/痰、4名がバチ状指、23名(21%)がHRCTで網状影および/またはGGAの間質性変化、14名(13%)が気腫性変化、6名が拘束性呼吸機能障害、4名が閉塞性呼吸機能障害、4名がDLco低下、40名(43%)がKL-6高値（基準値<500）であり、In-Sの幾何平均値(GM)は7.9 µg/L（幾何標準偏差GSD 4.3）と、対照群のGM 0.3（GSD 2.6）より有意に高かった。In-Sを4分位（0.2~2.9、3.2~8.0、8.3~21.7、22.2~126.8 µg/L）に分割し第1分位群と比較すると、KL-6は第2分位群以上で有意に増加、%TLCと%DLcoは第4分位群で有意に低下、KL-6、筆者によるHRCTスコア（間質性変化、気腫性変化）、KL-6有所見率、HRCTの間質性変化有所見率は、第1~第4分位群で有意な正のトレンド、%VC、%TLC、%DLcoは第1~第4分位群で有意な負のトレンドがあった。

Hamaguchi et al.⁸⁾は、ITO製造およびインジウムリサイクル工場で1年以上インジウム作業に従事している93名の男性ばく露群と104名の男性非ばく露群の時間断面研究を発表した。In-S(µg/L)のGM(GSD)は、ばく露群で8.3(4.6)、非ばく露群で0.3(3.0)であり、KL-6、SP-D(基準値<110)、SP-A(基準値<43.8)は平均値、有所見率ともにばく露群で有意に高かったが、HRCTおよびスパイロメトリーでは両群に差はなかった。In-Sにより1.0 µg/L未満(GM 0.2、第0群)、1.0~4.9(1.9、第1群)、5.0~9.9(7.4、第2群)、10.0~19.9(13、第3群)、20.0~29.9(24、第4群)、30.0~49.9(41、

第5群)、50.0以上(78、第6群)に分割して第0群と平均値を比較すると、KL-6は第2群以上、SP-Dは第3群以上、SP-Aは第5群以上で有意に高値であった。第0群～第6群のKL-6のGM(有所見率)は、241.9(2.1%)、252.6(7.1%)、432.1(38.5%)、444.9(33.3%)、847.9(81.8%)、867.1(80.0%)、1951.0(100.0%)であり、非常に明瞭な量影響関係、量反応関係を示した。HRCTによる間質性変化については、第5、6群で増加傾向は見られたものの、有意なトレンドではなかった。

野上ら¹⁰⁾はインジウム取り扱い作業員40名に対して呼吸器検診を実施し、インジウム吸入の肺に及ぼす影響について報告した。その結果、HRCTで気腫化4例、肺がん1例を認めたが、間質性変化は認めなかった。9例(22.5%)がKL-6値が基準値の500U/mlを超えていた。血清インジウム濃度高値群(>3ng/ml; 13例)と低値群(<3ng/ml; 27例)での比較では、就労年数(高値群; 50.0±116.8ヶ月、低値群; 29.3±28.1ヶ月)とKL-6値(高値群; 583.3±187.9U/ml、低値群; 261.0±149.9U/ml)で有意な差を認めた。平均血清インジウム濃度は2.23±3.32ng/mlであり、血清インジウム濃度とKL-6値との間に正の相関(r=0.73)を認めた。

オ 生殖・発生毒性

報告は見当たらない。

カ 遺伝毒性

報告は見当たらない。

キ 発がん性

報告は見当たらない。

発がんの定量的リスク評価

・ユニットリスクに関する情報はない。

発がん性分類

IARC : 2A (InP: ヒトに対しておそらく発がん性がある物質)¹¹⁾

NTP 11th : 設定なし

産業衛生学会: 設定なし

・DFG MAK : Carc. Cat. 2 (ヒトに対して発がん性があると考えられる物質)

(3) 許容濃度の設定

ACGIH TLV-TWA : 0.1 mg/m³, インジウムとして (1969)¹²⁾

ACGIH 勧告要旨:

インジウム及びその化合物への職業ばく露についてTLV-TWAとして0.1mg/m³(インジウムとして)を勧告する。この値は、肺水腫、急性肺炎、骨格系・胃腸系障害及び肺への悪影響の可能性を最小限とする意図で設定する。毒性反応の程度と性質は個々のインジウム化合物によって固有である。経皮吸収性、感作性、発がん性の表記及びSTEL提案のための十分な情報は入手できなかった。⁷⁾

ACGIH勧告の根拠として重点を置いているのが酸化インジウムの吸入ばく露実験である。ラットを用いて、酸化インジウムを24~97mg/m³の濃度で、連日吸入ばく露し、合計224時間ばく露

を行った。ラットの肺において、広範な肺水腫が観察され、通常の肺水腫と異なり、顆粒状の浸出液や異物を貪食したわずかなマクロファージ、多核巨細胞、核の壊死片が肺胞内に貯留していた。これらの障害は肺胞壁が紡錘形細胞や他の形態の細胞に置き換わっているのが特徴である。さらに、ばく露期間中およびばく露終了 12 週後においても、これらの病変はほとんど変化せず、線維化もほとんど観察されなかった。酸化インジウムの粉塵の吸入によって肺からの酸化インジウムのクリアランスが減少し、肺胞蛋白症に類似した特異的な病像引き起こされた⁷⁾。

ACGIH TLV 設定における有害性の評価について：

酸化インジウムの吸入ばく露実験においてばく露時間が連日吸入ばく露で 224 時間であることより、1 日 8 時間、28 日間のばく露が推測される。ばく露終了 12 週間観察している事より、吸入開始から観察終了まで 16 週間であると考えられる。ばく露期間および観察期間中は蛋白症様の病変が観察されたが、線維化への進展はなかった。

日本産業衛生学会：生物学的許容値：

血清中インジウム濃度 3 μ g/L の勧告が提案された (2007)⁵⁾ が、許容濃度の勧告は行われなかった。

引用文献

- 1) 15911の化学商品：化学工業日報社 (2011) p225-227
- 2) Hazardous Substances Data Bank, Last Rev. Aug. 29. (2003).
- 3) Speight, J., G. :Lange's Handbook of Chemistry 16th Ed. (2005) p1.37
- 4) 「工業レアメタル 124、annual review 2008」 pp.114-115,アルム出版社 (2008)
- 5) 「許容濃度の勧告 (2007 年度)」産業衛生学雑誌 49 巻、4 号、196-202 (2007)
- 6) 「酸化インジウム」安全衛生情報センター、(2005)
- 7) Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices (2001)
“Indium and compounds” ACGIH
- 8) National toxicology program: NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of indium phosphide (CAS No. 22398-80-7) in F344/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies), NTP TR 499, U.S. Department of health and human services, Public Health Service, National Institute of Health, (2001)
- 9) 石館 基 監修「微生物を用いる変異原性試験データ集」Life-Science information center, pp.315-316, (1991)
- 10) 野上ら、インジウム吸入による肺障害について、日本呼吸器学会雑誌、46(1)、60-64 (2008)
- 11) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans IARC Monograph Vol.86 Cobalt in Hard Metals and Cobalt Sulfate, Gallium Arsenide, Indium Phosphide and Vanadium Pentoxide (2006)、p197-224
- 12) ACGIH, CD-ROM of Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices (2006)、ACGIH

- 13) 国際化学物質安全性カード(ICSC)日本語版 IPCS
インジウム : ICSC 番号:1293 (2001)
- 14) Nagano K, Nishizawa T, Umeda U, et al. Inhalation Carcinogenicity and Chronic Toxicity of Indium-Tin Oxide in Rats and Mice, Journal of Occupational Health Vol. 53 No.3 (2011)(Advance Publication)
- 15) 田中昭代、平田美由紀、清原 裕、インジウム系太陽電池 CIGS のラットを用いた経気道性曝露による亜慢性影響評価,第 82 回日本産業衛生学会,2009.05.22

ばく露作業報告集計表(インジウム及びその化合物)

別添 3

①作業の種類	⑦用途	②事業場数※1	③作業数	当該作業従事労働者数(人)			製剤等の製造量・消費量(トン)			対象物の量(トン)			当該作業従事時間(時間/月)				⑩換気設備設置状況(作業数)				⑪保護具使用状況(作業数)				⑫性状(作業数)		⑬温度(作業数)								
				④総数※2	⑤事業場当たり平均	⑥総数※2	⑦事業場当たり平均	⑧総数※2	⑨事業場当たり平均	⑩コード(作業数)				⑪労働者当たり平均※3	⑫労働者当たり平均	⑬労働者当たり平均	⑭労働者当たり平均	⑮労働者当たり平均	⑯労働者当たり平均	⑰労働者当たり平均	⑱労働者当たり平均	⑲労働者当たり平均	⑳労働者当たり平均	㉑労働者当たり平均	㉒労働者当たり平均	㉓労働者当たり平均	㉔労働者当たり平均	㉕労働者当たり平均							
										1~20hr	21~50hr	51~100	101h~																						
31 抜き差し、 刷毛又は回収 の作業	01(ばく露作業報告対象物の製造)1作業 02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)6作業 12(その他)3作業	7	9	91	13.0	687.6	98.2	7.0	482.9	69.0	5.3	3	3	3	510	72.9	5.6	4	8	8	1	5	7	9	3	4	2	9	50℃以上 100℃未満	100℃以上					
32 乾燥の作業	01(ばく露作業報告対象物の製造)1作業 02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)6作業	3	8	48	16.0	1337.6	445.9	27.9	949	316.3	19.8	2	5	1	270	90.0	5.6	6	5	8	1	3	8	3	5	4	1	3	50℃以上 100℃未満	100℃以上					
33 計量、配 合、注入、投入 又は小分けの作 業	01(ばく露作業報告対象物の製造)5作業 02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)39作業	13	44	324	24.9	2239	172.2	6.9	1614.3	124.2	5.0	32	3	5	4	1300	100.0	4.0	42	10	43	1	34	40	44	3	41	44							
34 サンプル ング、分析、試験 又は研究の作 業	01(ばく露作業報告対象物の製造)1作業 02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)1作業	2	2	29	14.5	0.9	0.5	0.0	0.7	0.4	0.0	2			20	10.0	0.7	1	2	2								2							
35 充填又は袋 詰め作業	01(ばく露作業報告対象物の製造)6作業 02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)5作業 12(その他)1作業	8	12	128	16.0	1487.7	186.0	11.6	1079	134.9	8.4	5	1	3	3	685	85.6	5.4	10	10	12	1	3	9	11	3	8	1	10	1	1				
37 成型、加工 又は発泡の作 業	01(ばく露作業報告対象物の製造)11作業 02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)2作業	5	13	140	28.0	1028.3	205.7	7.3	843.9	168.8	6.0	2	1	5	5	1055	211.0	7.5	13	1	10	2	4	7	13	4	6	3	13						
38 清掃又は廃 棄物処理の作 業	02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)1作業 06(表面処理又は防錆を目的とした使用)2作業 12(その他)1作業	4	4	115	28.8	19.8	5.0	0.2	18	4.5	0.2	3	1		65	16.3	0.6	3	1	4	3	3	4	4				4							
39 接着の作業	10(接着を目的とした使用)2作業	2	2	10	5.0	2541.1	1270.6	254.1	2501.1	1251	250			1	75	37.5	7.5	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1		2					
41 洗浄、払しょ く、浸漬又は脱 脂の作業	01(ばく露作業報告対象物の製造)1作業 02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)1作業 12(その他)2作業	2	4	100	50.0	261	130.5	2.6	5.1	2.6	0.1	3	1		105	52.5	1.1	4	3	4	1	2	3	4	4			4							
43 篩選、溶融 又は湯だしの作 業	01(ばく露作業報告対象物の製造)7作業 02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)3作業	6	10	109	18.2	516.6	86.1	4.7	459	76.5	4.2	2	1	4	3	730	121.7	6.7	10	3	10	5	6	10	9	3	3	3	1		10				
44 破碎、粉碎 又はふるいわけ の作業	01(ばく露作業報告対象物の製造)3作業 02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)11作業	7	17	105	15.0	2001.3	285.9	19.1	1527.3	218.2	14.5	7	5	4	1	670	95.7	6.4	13	11	17	3	10	16	4	11	2	4	11	2					
45 ぼんだ付け 等の作業	01(ばく露作業報告対象物の製造)1作業 10(接着を目的とした使用)1作業	2	2	14	7.0	1.2	0.6	0.1	1.2	0.6	0.1	1		1	85	42.5	6.1	1	1	1		2	2	2				2		2					
46 吹き付けの 作業	07(顔料、染料、塗料又は印刷インキとしての使用)1作業	1	1	0	0.0	7.1	7.1	-	0.8	0.8	-			1	75	75.0	-	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1					
49 ろ過、混合、 攪拌、混練又は 加熱の作業	01(ばく露作業報告対象物の製造)4作業 02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)7作業	5	11	119	23.8	1084.2	216.8	9.1	822.4	164.5	6.9	8		2	1	355	71.0	3.0	10	1	1	10	6	10	11	2	5	4	2	5	4				
50 その他	01(ばく露作業報告対象物の製造)4作業 02(他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用)1作業 12(その他)1作業	5	6	32	6.4	154.5	30.9	4.8	45.1	9.0	1.4	1	1	1	3	495	99.0	15.5	5	4	5	2	4	3	4	4	1	1	4	1	1				
合計 (⑩以降は全作業における割合)		(※) 38	145	1364		13367.9			10349.8			49%	15%	20%	16%			83%	1%	43%	2%	94%	10%	52%	77%	96%	1%	0%	19%	61%	20%	1%	69%	13%	18%

※1 1事業場で複数の作業を行っている場合は重複してカウントしているため、実際の事業場数より多くなっている。ただし、合計欄は実事業場数。
 ※2 同一の労働者又は製剤等で複数の作業に重複してカウントされる場合があるので、実際の労働者数又は製剤等の量より多く見積もっている場合がある。
 ※3 コード1:10時間、コード2:35時間、コード3:75時間、コード4:125時間として算出

インジウム及びその化合物標準測定分析法（個人ばく露測定）（レスピラブル）

構造式: In 及びその化合物	分子量: 特定できない	CASNo.: 特定できない
許容濃度等: OSHA NIOSH ACGIH 0.1mg/m ³ (In として)	— — —	物性等 密度: — g/cm ³ (20℃) 沸点: — °C 融点: — °C
別名		
サンプリング		分析
サンプラー: サイクロン(25mmΦ, 37mmΦ) (GS-3 Multiple-inlet Cyclone・SKC inc.製) (GS-1 Respirable Dust Cyclone・SKC inc.製) サンプリング流量: 2.75L/min (GS-3)、2.0 L/min (GS-1) サンプリング時間: 480min 採気量: 1320L (GS-3)、960L (GS-1) 保存性: 抽出用混酸で抽出後の試料液 (抽出液) は 15 日間までは常温で変化しないことを 確認 ブランク: 検出せず		分析方法: ICP-MS 法 抽出: 抽出用混酸 (水: 硝酸: 塩酸=4:1:3) 17mL : 160℃ホットプレートで蒸発乾固直前ま で加熱、冷却後、希釈用酸 (5%抽出用 混酸) で 40mL に定容 総インジウムとして定量 機器: Agilent 7500 i RF パワー: 1400W RF マッチング: 1.7V キャリアーガス: アルゴン 1.0L/min 測定質量数 (m/Z): 115 積分時間: 0.3sec (3 回繰り返し) 検量線: 市販標準液(1000 μg/mL)を希釈酸 (5%抽出用混酸) で調整 0~100ng/mL の範囲で直線 濃度計算: 干渉補正式を使用 定量法: 絶対検量線
精度		
回収率 101% (99~103%) 検出下限 (3σ) 0.02ng/mL (酸溶液の濃度) 定量下限 (10σ) 0.07ng/mL (酸溶液の濃度) 0.000002mg/m ³ (採気量 1320L, 定容液量 40mL) 0.000003mg/m ³ (採気量 960L, 定容液量 40mL)		
適用		
妨害		
リット参考 NIOSH Manual of Analytical Methods No.7301 SKC Inc. GS-3Multiple-inlet Cyclone Catalog Nos.225-100 and 225-103 SKC Inc. Publication #1711 Rev 1008		

インジウム及びその化合物の標準測定分析法（作業環境測定）（レスピラブル）

構造式: In 及びその化合物	分子量: 特定できない	CASNo.: 特定できない
許容濃度等: OSHA — NIOSH — ACGIH 0.1mg/m ³ (In として)	物性等 密度: — g/cm ³ (20°C) 沸点: — °C 融点: — °C	
別名		
サンプリング		分析
<p>サンプラー: サイクロン(25mmΦ, 37mmΦ) (GS-3 Multiple-inlet Cyclone・SKC inc.製) (GS-1 Respirable Dust Cyclone・SKC inc.製)</p> <p>サンプリング流量: 2.75L/min (GS-3)、2.0 L/min (GS-1)</p> <p>サンプリング時間: 10min</p> <p>採気量: 27.5L (GS-3)、20 L (GS-1)</p> <p>保存性: 抽出用混酸で抽出後の試料液（抽出液） は 15 日間までは常温で変化しないことを 確認</p> <p>ブランク: 検出せず</p>		<p>分析方法: ICP-MS 法</p> <p>抽出: 抽出用混酸（水: 硝酸: 塩酸=4:1:3） 17mL : 160°Cホットプレートで蒸発乾固直前ま で加熱、冷却後、希釈用酸（5%抽出用 混酸）で 40mL に定容 総インジウムとして定量</p> <p>機器: Agilent 7500 i RF パワー: 1400W RF マッチング: 1.7V キャリアーガス: アルゴン 1.0L/min</p>
精度		測定質量数 (m/Z): 115
回収率 101% (99~103%)		積分時間: 0.3sec (3 回繰り返し)
検出下限 (3σ) 0.02ng/mL (酸溶液の濃度)		検量線: 市販標準液(1000 μg/mL)を希釈酸 (5%抽出用混酸) で調整 0~100ng/mL の範囲で直線
定量下限 (10σ) 0.07ng/mL (酸溶液の濃度) 0.00011mg/m ³ (採気量 27.5L, 定容液量 40mL) 0.00014mg/m ³ (採気量 20L, 定容液量 40mL)		濃度計算: 干渉補正式を使用 定量法: 絶対検量線
適用		
妨害		
<p>リット参考 NIOSH Manual of Analytical Methods No.7301 SKC Inc. GS-3Multiple-inlet Cyclone Catalog Nos.225-100 and 225-103 SKC Inc. Publication #1711 Rev 1008</p>		

インジウム及びその化合物標準測定分析法（個人ばく露測定）（総粉じん）

構造式: In 及びその化合物	分子量: 特定できない	CASNo: 特定できない
許容濃度等: OSHA NIOSH ACGIH 0.1mg/m ³ (In として)	— — —	物性等 密度: — g/cm ³ (20℃) 沸点: — °C 融点: — °C
別名		
サンプリング		分析
サンプラー: 25mmΦメンブランフィルター (AAWP02500・日本ミリポア㈱) サンプリング流量: 1.0L/min サンプリング時間: 480min 採気量: 480L 保存性: 抽出用混酸で抽出後の試料液（抽出液） は 15 日間までは常温で変化しないことを 確認 ブランク: 検出せず		分析方法: ICP-MS 法 抽出: 抽出用混酸（水:硝酸:塩酸=4:1:3） 17mL :160℃ホットプレートで蒸発乾固直前ま で加熱、冷却後、希釈用酸（5%抽出用 混酸）で 40mL に定容 総インジウムとして定量 機器: Agilent 7500 i RF パワー: 1400W RF マッチング: 1.7V キャリアーガス: アルゴン 1.0L/min 測定質量数 (m/Z): 115 積分時間: 0.3sec (3 回繰り返し) 検量線: 市販標準液(1000 μg/mL)を希釈酸 (5%抽出用混酸) で調整 0~100ng/mL の範囲で直線 濃度計算: 干渉補正式を使用 定量法: 絶対検量線
精度		
回収率 101% (99~103%) 検出下限 (3σ) 0.02ng/mL (酸溶液の濃度) 定量下限 (10σ) 0.07ng/mL (酸溶液の濃度) 0.000006mg/m ³ (採気量 480L, 定容液量 40mL)		
適用		
妨害		
リットド参考 NIOSH Manual of Analytical Methods No.7301		

作成日平成22年2月29日

インジウム及びその化合物標準測定分析法（作業環境測定）（総粉じん）

構造式: In 及びその化合物	分子量: 特定できない	CASNo.: 特定できない
許容濃度等: OSHA NIOSH ACGIH 0.1mg/m ³ (In として)	— — —	物性等 密度: — g/cm ³ (20°C) 沸点: — °C 融点: — °C
別名		
サンプリング		分析
サンプラー: 47mmΦメンブランフィルター (AAWP04700・日本ミリポア(株))	サンプリング流量: 10.0L/min サンプリング時間: 10min 採気量: 100L 以上 保存性: 抽出用混酸で抽出後の試料液 (抽出液) は 15 日間までは常温で変化しないことを 確認 ブランク: 検出せず	分析方法: ICP-MS 法 抽出: 抽出用混酸 (水: 硝酸: 塩酸=4:1:3) 17mL : 160°Cホットプレートで蒸発乾固直前ま で加熱、冷却後、希釈用酸 (5%抽出用 混酸) で 40mL に定容 総インジウムとして定量 機器: Agilent 7500 i RF パワー: 1400W RF マッチング: 1.7V キャリアーガス: アルゴン 1.0L/min 測定質量数 (m/Z): 115 積分時間: 0.3sec (3 回繰り返し) 検量線: 市販標準液(1000 μg/mL)を希釈酸 (5%抽出用混酸) で調整 0~100ng/mL の範囲で直線 濃度計算: 干渉補正式を使用 定量法: 絶対検量線
精度		
回収率 101% (99~103%) 検出下限 (3σ) 0.02ng/mL (酸溶液の濃度) 定量下限 (10σ) 0.07ng/mL (酸溶液の濃度) 0.00003mg/m ³ (採気量 100L, 定容液量 40mL)		
適用		
妨害		
リット参考 NIOSH Manual of Analytical Methods No.7301		

作成日平成22年2月29日