

リスク評価書（案）

No. 75（詳細）

タリウム及びその水溶性化合物 (Thallium and Thallium water-soluble 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	17
別添 3 ばく露作業報告集計表	別添
別添 4 測定分析法	別添

2022 年〇月

厚生労働省

化学物質のリスク評価検討会

1 1. 物理化学的性質

2 (1) 化学物質の基本情報

3 名 称：タリウム及びその水溶性化合物

4 別 名：複数物質であるため特定できない(下表参照)

5 化 学 式： 同上

6 分 子 量： 同上

7 CAS 番号： 同上

8 労働安全衛生法施行令第 18 条、18 条の 2、別表 9(名称等を表示し、又は通知すべき危険物及
9 び有害物)第 335 号

10 ※ 非水溶性化合物についても有害性情報があるものは評価対象に加えた。

11

12 (2) 物理化学的性状 (ICSC 2013a, b, c) (IPCS EHC 1996) (環境省 2017) (ATSDR 1992) (Chemistry
13 Dashboard)(2021/09/03 検索)

	タリウム	硝酸タリウム(I)	硝酸タリウム (III)	硫酸タリウム	炭酸タリウム
CAS 番号	7440-28-0	10102-45-1	13746-98-0	7446-18-6	6533-73-9
化学式	Tl	TlNO ₃	Tl(NO ₃) ₃	Tl ₂ SO ₄	Tl ₂ CO ₃
分子量	204.4(原子量)	266.39	390.40	504.8	468.78
外観	帯青白色の非常にやわらかい金属。空気にばく露すると灰色になる。	白色結晶	無色結晶 空気中で風解する	白色のまたは無色の結晶	無色のまたは白色の結晶
密度 g/cm ³	11.9	5.55	—	6.77	7.1
沸点 °C	1,457	430	分解する (3 水和物)	分解	333.6
融点 °C	304	206	102~105 (3 水和物)	632	272
水への溶解性 g/100 mL (20°C)	溶けない	95.5	分解する	4.87	5.2 (25°C)

14

	酢酸タリウム	酸化タリウム(I)	酸化タリウム (III)	塩化タリウム(I)	三塩化タリウム (III)
CAS 番号	563-68-8	1314-12-1	1314-32-5	7791-12-0	13453-32-2
化学式	TlC ₂ H ₃ O ₂	Tl ₂ O	Tl ₂ O ₃	TlCl	TlCl ₃
分子量	263.43	424.77	456.76	239.84	310.74
外観	艶々した白色結晶	黒色固体	黒色結晶	無色の結晶	黄色結晶
密度 g/cm ³	3.765	9.52	9.65、10.11、 10.2	7.0	4.7
沸点 °C	—	1,080	875	720	分解する
融点 °C	131	300、579	834、717、~717	431、430	25
水への溶解性 g/100 mL (20°C)	易溶	可溶	不溶	3.3 g/1,000g 2.4 g/100 mL (99.35 °C)	よく溶ける

15

	フッ化タリウム	ヨウ化タリウム	臭化タリウム	マロン酸 タリウム
CAS 番号	7789-27-7	7790-30-9	7789-40-4	2757-18-8
化学式	TIF	TII	TIBr	Tl ₂ C ₃ H ₂ O ₄
分子量	223.382	331.29	284.29	510.81
外観	白色結晶	黄色固体	淡黄色 固体	—
密度 g/cm ³	8.23	7.29	7.557	1.55
沸点 °C	655	823	815	352
融点 °C	327	440	480	222
水への溶解性 g/100 mL (20°C)	78.6 (15 °C)	0.0006	0.05	4.25 mol/L

17

18 (3) 物理的・化学的危険性

19 タリウム (ICSC 2013a)

- 20 ア 火災危険性：不燃性。火災時に刺激性あるいは有毒なフュームやガスを放出する。
- 21 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。
- 22 ウ 物理的危険性：粉末や顆粒状で空気と混合すると、粉じん爆発の可能性がある。
- 23 エ 化学的危険性：強還元剤。強酸と反応する。室温でフッ素及び他のハロゲンと反応す
- 24 る。

25

26 硝酸タリウム (I) (厚労省 2008a)

- 27 ア 火災危険性：情報なし
- 28 イ 爆発危険性：情報なし
- 29 ウ 物理的危険性：情報なし
- 30 エ 化学的危険性：酸化性固体

31

32 硝酸タリウム(III) (PubChem 2021a)

- 33 ア 火災危険性：情報なし
- 34 イ 爆発危険性：情報なし
- 35 ウ 物理的危険性：情報なし
- 36 エ 化学的危険性：酸化性固体

37

38 硫酸タリウム (ICSC 2013b)

- 39 ア 火災危険性：不燃性。火災時に刺激性あるいは有毒なフュームやガスを放出する。
- 40 イ 爆発危険性：情報なし
- 41 ウ 物理的危険性：情報なし
- 42 エ 化学的危険性：加熱すると分解する。タリウム及びイオウ酸化物などの有毒なフュー
- 43 ムを生じる。強酸化剤と反応する。

44

45 炭酸タリウム (ICSC 2013c)
46 ア 火災危険性：不燃性。火災時に刺激性あるいは有毒なフュームやガスを放出する。
47 イ 爆発危険性：情報なし
48 ウ 物理的危険性：情報なし
49 エ 化学的危険性：加熱すると分解する。有毒なフュームを生じる。強酸及び強酸化剤と
50 激しく反応する。

51
52 酢酸タリウム(厚労省 2008b)
53 ア 火災危険性：情報なし
54 イ 爆発危険性：情報なし
55 ウ 物理的危険性：情報なし
56 エ 化学的危険性：情報なし

57
58 酸化タリウム(I)、酸化タリウム(III)、塩化タリウム(I)、三塩化タリウム(III)、フッ化タリウム、
59 ヨウ化タリウム、臭化タリウム、マロン酸タリウム
60 ア 火災危険性：情報なし
61 イ 爆発危険性：情報なし
62 ウ 物理的危険性：情報なし
63 エ 化学的危険性：情報なし

64
65 (4) 生産・輸入量／使用量／用途
66 タリウム
67 生産量：情報なし
68 輸入量：情報なし
69 用途：半導体工業、合金、鉍物溶解剤、光学・温度測定器 (ATSDR 1992)
70 製造業者：情報なし

71
72 硝酸タリウム (I)
73 生産量：情報なし
74 輸入量：情報なし
75 用途：海上の信号として他の化合物や樹脂とともに使用。低融点ガラス、フォトセル、花火
76 の製造、有機合成の酸化剤(ATSDR 1992)、特殊分析(化工日 2021)
77 製造業者：情報なし

78
79 硝酸タリウム (III)
80 生産量：情報なし
81 輸入量：情報なし
82 用途：情報なし
83 製造業者：情報なし

84

- 85 硫酸タリウム
- 86 生産量：情報なし
- 87 輸入量：情報なし
- 88 用途：半導体産業や低域温度計、光学システム、光電池、他のタリウム化合物やタリウム金
- 89 属の化学中間体 (ATSDR 1992)
- 90 製造業者：情報なし
- 91
- 92 炭酸タリウム
- 93 生産量：情報なし
- 94 輸入量：情報なし
- 95 用途：情報なし
- 96 製造業者：情報なし
- 97
- 98 酢酸タリウム
- 99 生産量：情報なし
- 100 輸入量：情報なし
- 101 用途：浮選による鉱石成分の分離に使用するための高比重の溶液を調製するために使用
- 102 (ATSDR 1992)。
- 103 製造業者：情報なし
- 104
- 105 酸化タリウム(I)
- 106 生産量：情報なし
- 107 輸入量：情報なし
- 108 用途：低融点ガラス、高屈折分散光学ガラス、人工宝石の製造(ATSDR 1992) (環境省 2017)
- 109 製造業者：情報なし
- 110
- 111 酸化タリウム(III)
- 112 生産量：情報なし
- 113 輸入量：情報なし
- 114 用途：情報なし
- 115 製造業者：情報なし
- 116
- 117 塩化タリウム(I)
- 118 生産量：情報なし
- 119 輸入量：情報なし
- 120 用途：塩素化の触媒(ATSDR 1992)
- 121 製造業者：情報なし
- 122
- 123 三塩化タリウム(III)
- 124 生産量：情報なし

125	輸入量：情報なし
126	用途：情報なし
127	製造業者：情報なし
128	
129	<u>フッ化タリウム</u> 、
130	生産量：情報なし
131	輸入量：情報なし
132	用途：低融点ガラス、高屈折分散光学ガラスの製造(環境省 2017)
133	製造業者：情報なし
134	
135	<u>ヨウ化タリウム</u>
136	生産量：情報なし
137	輸入量：情報なし
138	用途：光ファイバー光学機器(環境省 2017)
139	製造業者：情報なし
140	
141	<u>臭化タリウム</u>
142	生産量：情報なし
143	輸入量：情報なし
144	用途：光ファイバー光学機器(環境省 2017)
145	製造業者：情報なし
146	
147	<u>マロン酸タリウム</u>
148	生産量：情報なし
149	輸入量：情報なし
150	用途：情報なし
151	製造業者：情報なし
152	
153	2 有害性評価の結果 (別添 1 及び別添 2 参照)
154	(1) 発がん性
155	情報なし
156	
157	(2) 発がん性以外の有害性
158	○急性毒性
159	<u>致死性</u>
160	ラット
161	経口毒性：LDLo = 30 mg/kg 体重 (タリウム)
162	LD ₅₀ = 16 mg/kg 体重 (硫酸タリウム)
163	LD ₅₀ = 15 mg/kg 体重 (炭酸タリウム)
164	LD ₅₀ = 21.8 mg/kg 体重 (炭酸タリウム)

165 LD₅₀ = 41.3 mg/kg 体重 (酢酸タリウム)
166 LD₅₀ = 40.6 mg/kg 体重 (酸化タリウム(I))
167 LD₅₀ = 44 mg/kg 体重 (酸化タリウム(III))
168 LDLo = 55 mg/kg 体重 (塩化タリウム(I))
169 LDLo = 50 mg/kg 体重 (フッ化タリウム(I))
170 LD₅₀ = 24.1 mg/kg 体重 (ヨウ化タリウム(I))
171 LDLo = 35 mg/kg 体重 (臭化タリウム(I))
172 LD₅₀ = 18.8 mg/kg 体重 (マロン酸タリウム(I))
173 経皮毒性 : LD₅₀ = 550 mg/kg 体重 (硫酸タリウム)
174 LD₅₀ = 117 mg/kg 体重 (炭酸タリウム)
175 LD₅₀ = 57.7 mg/kg 体重 (マロン酸タリウム(I))

176 マウス

177 経口毒性 : LD₅₀ = 15 mg/kg 体重 (硝酸タリウム)
178 LD₅₀ = 23.5 mg/kg 体重 (硫酸タリウム)
179 LD₅₀ = 21 mg/kg 体重 (炭酸タリウム)
180 LD₅₀ = 35 mg/kg 体重 (酢酸タリウム)
181 LD₅₀ = 24 mg/kg 体重 (塩化タリウム(I))
182 LD₅₀ = 40.7 mg/kg 体重 (ヨウ化タリウム(I))
183 LDLo = 29 mg/kg 体重 (臭化タリウム(I))

184 ウサギ

185 経口毒性 : LD₅₀ = 25 mg/kg 体重 (酢酸タリウム)
186 LDLo = 31.2 mg/kg 体重 (酸化タリウム(I))
187 LDLo = 34 mg/kg 体重 (酸化タリウム(III))

189 ヒト

190 経口毒性 : 成人平均致死量 1 g (14-15 mg/kg 体重) (硫酸タリウム)

192 健康影響

- 193
- 194 ・動物における急性毒性の症状は、嘔吐や下痢などの消化管症状や神経症状、体開口部
 - 195 の炎症、皮膚のできもの、振戦、脱毛、壊死性腎乳頭炎、呼吸不全による死などが挙
 - 196 げられる。
 - 197 ・ヒトにおけるタリウムの経口摂取の急性症状は、腹痛、吐き気、嘔吐、頭痛、脱力感、
 - 198 筋肉痛、かすみ眼、情動不安、痙攣、心拍数増加である。症状は、遅れて現われるこ
 - 199 とがある。硫酸タリウム及び炭酸タリウムの吸入ばく露の急性症状は、咳、咽頭痛で、
 - 200 経口摂取の急性症状は、腹痛、吐き気、嘔吐、下痢、頭痛、脱力感、痙攣、筋肉痛、
 - 201 麻痺、せん妄及び意識喪失である。神経障害の症状は、2～3 日経過してから現れる。

202

203 ○皮膚刺激性／腐食性：あり

204 根拠：ヒトにおいて硫酸タリウムは、皮膚に付くと発赤を生じる。

205 ・イヌへのタリウムの皮膚塗布によって皮膚のすべての層に著しい障害が認められた。
206 皮膚の変化は水腫と膠原線維束の破壊が特徴的であり、紅斑では広範な錯角化や時
207 には顆粒層増生が認められた。毛嚢では錯角化性の角質の過剰を呈した外根鞘の増
208 生が観察された。

209

210 ○眼に対する重篤な損傷性／刺激性：あり

211 根拠：ヒトにおいて硫酸タリウムは、眼に入ると充血、痛みを生じる。

212

213 ○皮膚感作性：報告なし

214

215 ○呼吸器感作性：報告なし

216

217 ○反復投与毒性（生殖毒性／遺伝毒性／発がん性／神経毒性は別途記載）

218 NOAEL = 0.04 mg (Tl)/体重/日

219 根拠：SD ラット雌雄(各 20 匹/群)に硫酸タリウム、0.01、0.05、0.25 mg/kg 体重/日(約
220 0, 0.008, 0.04, or 0.20 mg/kg/日 Tl に相当)を 90 日間経口投与した実験で、雌の 0.25
221 mg/kg 体重群で毛嚢の萎縮と脱毛を認めた。

222

223 不確実係数 UF = 10

224 根拠：種差 (10)

225 評価レベル = 0.024 mg Tl/m³

226 計算式： 0.04 mg/kg 体重/日 × 60 kg/10 m³ × 1/10 = 0.024 mg/m³

227

228 ○生殖毒性：あり

229 LOAEL = 0.7 mg Tl/kg/日

230 根拠：雄ラットに 10 ppm のタリウム飲料水(硫酸タリウムで)を 60 日間経口投与した
231 結果 (0.27 mg Tl/日 (約 0.7 mg Tl/kg 体重/日))、精巣上体に未成熟精子が増加し、
232 また、精子の運動能の有意な低下が認められた。組織学的には精細管の配列の乱
233 れ、セルトリ細胞の空胞化がみられ、滑面小胞体の腫大が観察された。精巣の β-
234 グルクロニダーゼ活性が有意に低下したが、血漿テストステロン濃度は変化が
235 無かった。しかし、同濃度のタリウム飲料水を 30 日間投与(摂取量は測定してい
236 ない)では組織学的、機能的、生化学的変化は認められなかった。ATSDR は
237 LOAEL を 0.7 mg Tl/kg 体重/日としている。

238

239 不確実係数 UF = 100

240 根拠：種差 (10)、LOAEL から NOAEL への変換 (10)

241 評価レベル = 0.042 mg Tl/m³

242 計算式： 0.7 mg Tl/kg 体重/日 × 60 kg/10 m³ × 1/100 = 0.042 mg Tl/m³

243

244 <参考>

245 ・硫酸タリウム 2.5 mg /kg (2.0 mg Tl/kg 体重/日)を妊娠 8～10 日又は 12～14 日の
246 SD ラット(6 匹/群)に腹腔内投与した。また、10.0 mg/kg (8.1 mg Tl /kg 体重)の硫
247 酸タリウムを妊娠 12～14 日のラット(3 匹)に腹腔内投与した。その結果、すべ
248 てのタリウム投与群で胎児の体重減少が認められ、妊娠 8～10 日の 2.0 mg Tl/kg
249 で水腎症の発生が増加し、妊娠 12～14 日の 2.0 mg Tl /kg では有意に増加した。
250 8.1 mg Tl /kg の水腎症発生は対照群と同程度であった。妊娠 12～14 日のすべて
251 のタリウム用量群で椎体の欠損と未骨化の発生が有意に増加した (Gibson &
252 Becker 1970)(ATSDR 1992)(US EPA 1992)。
253

254 ○遺伝毒性：判断できない

255 根拠：*In vitro* の細菌を用いた復帰突然変異試験は陰性、Rec assay は陽性であった。酵
256 母を用いた復帰突然変異試験及び遺伝子変換試験は陰性であった。マウス及び
257 ラットの胎児線維芽細胞を用いた一本鎖 DNA 切断は陰性と陽性の両方の結果で
258 あった。細胞種は不明であるが姉妹染色分体交換試験及び HPRT 試験で陽性で
259 あった。ラット胎児線維芽細胞を用いた染色体異常試験は陽性、ヒトリンパ球を
260 用いた小核試験は陰性であった。*In vivo* のチャイニーズハムスター骨髓細胞を
261 用いた姉妹染色分体交換試験は陰性であった。ラットを用いた経口投与による
262 優性致死試験で陽性の報告があるが、データの信頼性、結果の妥当性に問題があ
263 る。

264 タリウム中毒患者 1 人の末梢血リンパ球で、染色体異常及び姉妹染色分体交
265 換を誘発されなかったが、染色体消失型の小核の明らかな増加がみられた。タリ
266 ウム中毒患者 13 人の末梢血リンパ球を用いた別の報告では、染色体異常の平均
267 頻度の増加がみられ、1 人の小核頻度は顕著に高かった。

268 以上からタリウム及びその水溶性化合物は、*in vitro* の試験系で陰性と陽性の
269 両方の結果を示し、*in vivo* 試験の結果でも一貫性がみられないこと、ヒトにお
270 いて染色体異常の誘発がみられているが、1 例の症例研究と 13 人についてのパ
271 イロットスタディーであり、血中タリウム濃度との関係、交絡因子についての
272 言及がなく決定的な根拠とは言えないことから、遺伝毒性は判断できない。

273

274 生殖細胞変異原性：誘発する可能性がある。

275 根拠：タリウム中毒患者の末梢血リンパ球で、染色体異常が誘発された。*In vitro* で、
276 細菌を用いた復帰突然変異試験は陰性であったが、細胞種は不明であるが
277 HPRT 試験は陽性であった。ラット胎児線維芽細胞を用いた染色体異常試験は
278 陽性、ヒトリンパ球を用いた小核試験は陰性であった。直接的なヒト経世代影
279 響の報告が認められないことから、タリウム及びその水溶性化合物の生殖細
280 胞変異原性は、誘発する可能性がある」と判断する。

281

282 ○神経毒性：あり

283 根拠：ヒトの症例報告は、タリウムが急性の経口ばく露後、末梢及び中枢神経系の障
284 害を引き起こすことを示している。経口ばく露後に、つま先と指の痺れ、下肢

285 の灼熱感及び筋痙攣とともに、運動失調、震え及び多発性脳神経麻痺が報告さ
286 れている。セメント製造に5-44年間(平均22.9年)関わった36人の労働者は、
287 感覚異常、つま先と指の痺れ、下肢の灼熱感及び筋痙攣を示した。
288 ・ラットにおいて末梢神経の構造的及び機能的変化が観察されている。

289

290 (3) 許容濃度等

291 ACGIH : TLV-TWA 0.02 mg/m³、吸引性粒子(inhalable particle)(タリウムとして)(2010 :
292 設定年)、Skin (経皮吸収に注意)(1963 : 設定年)

293 根拠 : タリウムのばく露は胃腸障害、腹部痛、多発神経炎、運動及び感覚末梢神経障
294 害、吐き気、食欲不振、睡眠障害、脱毛を含む幅広い症状と関連している。タ
295 リウム及びその化合物の TLV-TWA の勧告値の 0.02mg/m³ (TI として測定した
296 吸引性粉じんとして) は、タリウムばく露と関連した健康障害の証拠がなかつ
297 たバッテリー工場で測定された最も高い気中タリウム濃度を基にしている。尿
298 タリウム濃度の中央値は 1.3 µg/L であった。この濃度はドイツのタリウムを放
299 出していたセメント工場作業員及び近隣住民で神経学的影響がなかった尿タリ
300 ウム濃度の範囲内である。

301 実験動物でのタリウムの皮膚吸収の観察、作業員での脱毛を含む毒性影響の
302 報告及び白癬の治療でタリウムを皮膚局所で使用したのち観察される毒性の報
303 告より皮膚の注意記載が必要である。

304

305 日本産業衛生学会 : 設定なし

306

307 DFG MAK : 設定なし

308 NIOSH REL : TWA 0.1 mg/m³ [skin]

309 OSHA PEL : TWA 0.1 mg/m³ Skin

310 UK WEL : 0.1 mg/m³(タリウムとして)、Sk

311 OARS WEEL : 設定なし

312

313 (4) 評価値

314 ○ 一次評価値 : なし

315 根拠 : 動物試験により導き出された無毒性量 (NOAEL) から不確実係数を考慮して
316 算定した評価レベルが二次評価値の十分の一以上のため、一次評価値はなし
317 とする。

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

320

321 ○ 二次評価値 : 0.02 mg/m³ (吸引性粒子、タリウムとして)

322 根拠 : 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)
323 を二次評価値とした。

324 ※二次評価値 : 労働者が勤労生涯を通じて当該物質にばく露した場合にも、当該ばく露

325 に起因して労働者が健康に悪影響を受けることはないであろうと推測される濃度で、
 326 これを超える場合はリスク低減措置が必要。「リスク評価の手法」に基づき、原則と
 327 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。

328
 329 3 ばく露実態評価

330 (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）

331 平成 22 年におけるタリウム及びその水溶性化合物の有害物ばく露作業報告は、合計 2 事業
 332 場から、7 作業についてなされた。作業従事労働者数については、5 人未満の作業が 14%、5
 333 人以上 10 人未満の作業が 86%であった。また、対象物質の取扱量については、0.5 t 未満の作
 334 業が 29%、1 t 以上 10 t 未満の作業が 71%であった。

335 主な用途は、対象物の製造又は他の製剤等の原料として使用で、主な作業は、充填又は袋詰
 336 めの作業、破碎、粉碎又はふるい分けの作業などであった。

337 7 作業のうち、一日あたりの作業時間が、15 分未満の作業が 14%、30 分以上 1 時間未満の
 338 作業が 29%、1 時間以上 3 時間未満の作業が 57%であり、局所排気装置の設置がなされてい
 339 る作業が 86%、設備が密閉化されている作業が 14%であった。

340
 341

表 1 ばく露作業報告集計表

報告数	2事業場	計7件
年間製造・取扱量	～500kg未満	29%
	500kg～1t未満	
	1t～10t未満	71%
	10t～100t未満	
	100t～1000t未満	
	1000t～	
作業1回当たり製造・取扱量 (単位kg又はL)	～1未満	33%
	1～1000未満	67%
	1000～	
1日当たり 作業時間	～15分未満	
	15分～30分未満	17%
	30分～1時間未満	17%
	1時間～3時間未満	67%
	3時間～5時間未満	
	5時間～	
発散抑制措置	密閉化設備	
	局所排気装置	100%
	プッシュプル	
	全体換気装置	

342

343

344 (2) ばく露実態調査結果

345 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タリウム及びその水

346 溶性化合物を取り扱っている 2 事業場とした。

347 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、以下の測定分析法により対
348 象作業に従事する労働者の個人ばく露測定を行うとともに、対象作業について作業環境測定基
349 準に基づく A 測定及びスポット測定を実施した。

350 また、個人ばく露測定結果については、同ガイドラインに基づき、8 時間加重平均濃度（8 時
351 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
352 推定値のいずれか大きい方を最大値とした。

353

354 ○測定分析法（詳細な測定分析法は別添 4 に添付）

355 サンプルング

356 総粉じん採取用ホルダーとろ紙（石英繊維ろ紙(東京ダレック 2500 QAT-UP)

357 またはセルロースメンブレンフィルター(AAWP04700 or AAWP03500 日本ミリポア(株))

358 分析法：ICP 質量分析法

359

360 ○測定結果

361 ばく露実態調査は、有害物ばく露作業報告のあった 2 事業場の特定の作業に従事する 6 人
362 の労働者に対する個人ばく露測定(※)を行うとともに、1 単位作業場において作業環境測定基
363 準に基づく A 測定を行い、また、9 地点についてスポット測定を実施した。

364 タリウム及びその水溶性化合物の用途は「他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用」、
365 「試薬（小分け作業）」であり、また、行われている作業は「充填又は袋詰め作業」又
366 は「破碎、粉碎又はふるい分けの作業」「計量、配合、注入、投入又は小分けの作業」「乾燥作
367 業」であった。

368 労働者 6 人の個人ばく露測定の結果、8 時間 TWA の幾何平均値は 0.00071 mg/m^3 、最大値
369 は 0.0021 mg/m^3 （計量、配合、注入、投入又は小分けの作業）であった。また、測定データ
370 については、対数正規分布が否定されないとされ、全データを用いて信頼率 90% でデータを
371 区間推定した上限値（上側 5%）を求めたところ 0.022 mg/m^3 であった。以上より、最大ば
372 く露濃度は 0.022 mg/m^3 となり、二次評価値を超えている。

373 また、個人ばく露測定において最大値 0.0021 mg/m^3 を示した労働者が作業した事業場に
374 においては、囲い式の局所排気装置及び外付け式の局所排気装置が設置されその有効性は有り
375 とされ、当該事業場でのスポット測定の幾何平均値は、 0.00023 mg/m^3 、最大値は
376 0.00139 mg/m^3 であり、いずれも二次評価値を下まわっている。

377 さらに、A 測定において最大値を示した事業場においては、局所排気装置は設置されその
378 有効性は不良であったが、幾何平均値は 0.00001 mg/m^3 、最大値は 0.00005 mg/m^3 となり、
379 二次評価値を下まわっている。

380

381 ※個人ばく露測定については、呼吸域でのばく露条件下でのサンプルングである。

382

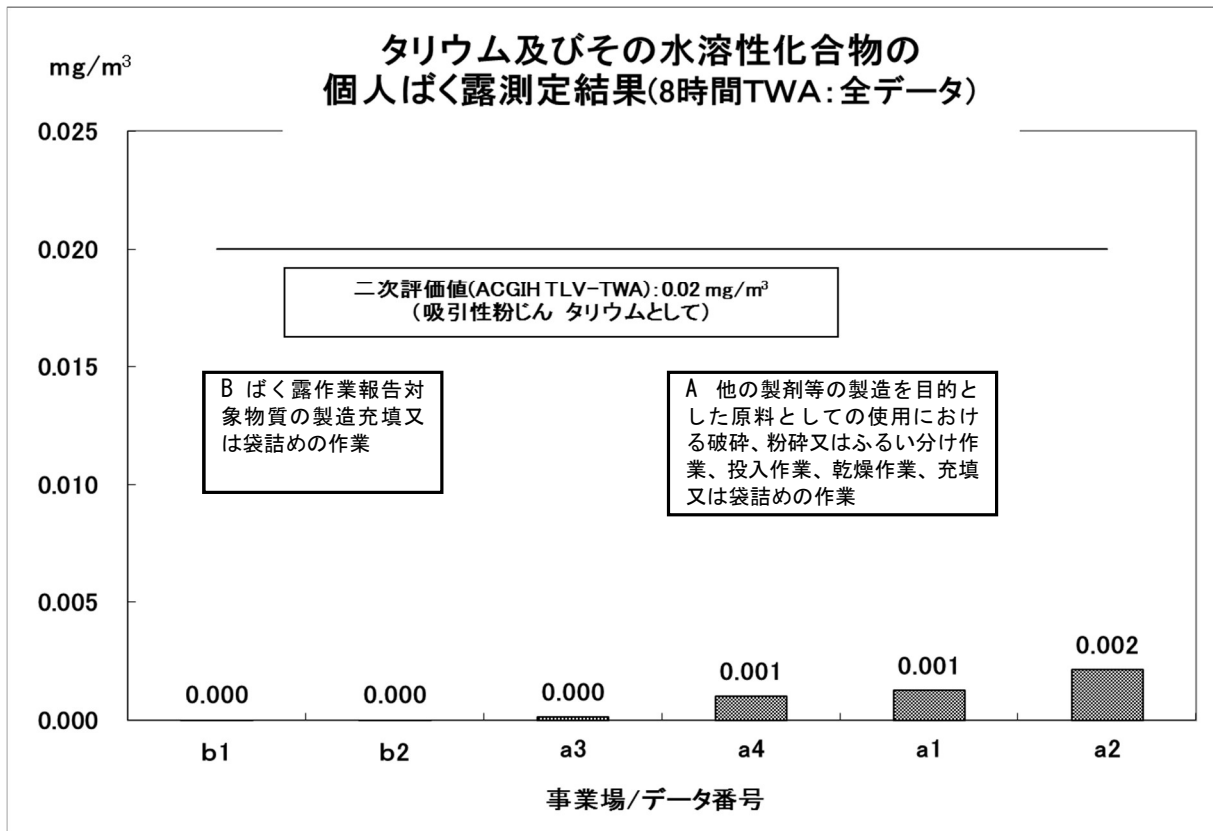
383

384

385

386
387
388 s
389

図1 タリウム及びその水溶性化合物の個人ばく露濃度測定結果



390
391

4 初期リスク評価の結果

393 以上を踏まえ、タリウム及びその水溶性化合物についての初期リスク評価は、以下のとおり
394 とされた。

395 タリウム及びその水溶性化合物の製造・取扱い事業場におけるリスクは高いと考えられるこ
396 とから、今後、さらに詳細なリスク評価が必要である。

397 その際には、実態調査を行った作業以外に高いばく露の可能性があるかどうかを確認する必
398 要がある。また、その際、ばく露作業報告のあった事業場に限らず、その他の製造又は取扱い
399 事業場があればそれらの事業場も含め多くの事業場において実態調査を実施し詳細評価を行う
400 べきである。

401 また、詳細なリスク評価の実施に関わらず、事業者は当該作業に従事する労働者等を対象と
402 して、自主的なリスク管理を行うことが必要と考える。

403 5 詳細リスク評価に係る追加調査の結果

404 上記4の初期リスク評価の結果を踏まえ、以下のとおり追加調査を実施した。

405 新たな事業所1を含む2事業所を調査対象として選定し、4名の労働者の個人ばく露濃度を
406 測定するとともに、4地点でのスポット測定と1事業所におけるA測定を実施した。タリウム

407 の用途は、他製材の原料又は試薬（小分け）であり、行われている作業は「計量、配合、投入、
408 原料移し変え、乾燥又は小分けの作業」だった。

409 労働者 4 名の個人ばく露測定の結果、8 時間 TWA は、1 名が 0.000275 mg/m³ 定量、他 3 名
410 が定量下限値未満だった。4 地点でのスポット測定の最大濃度は、0.00009～0.00030 mg/m³ であ
411 り、A 測定の最大値は 0.00055 mg/m³ だった。

412 6 追加調査を踏まえた測定結果の概要について

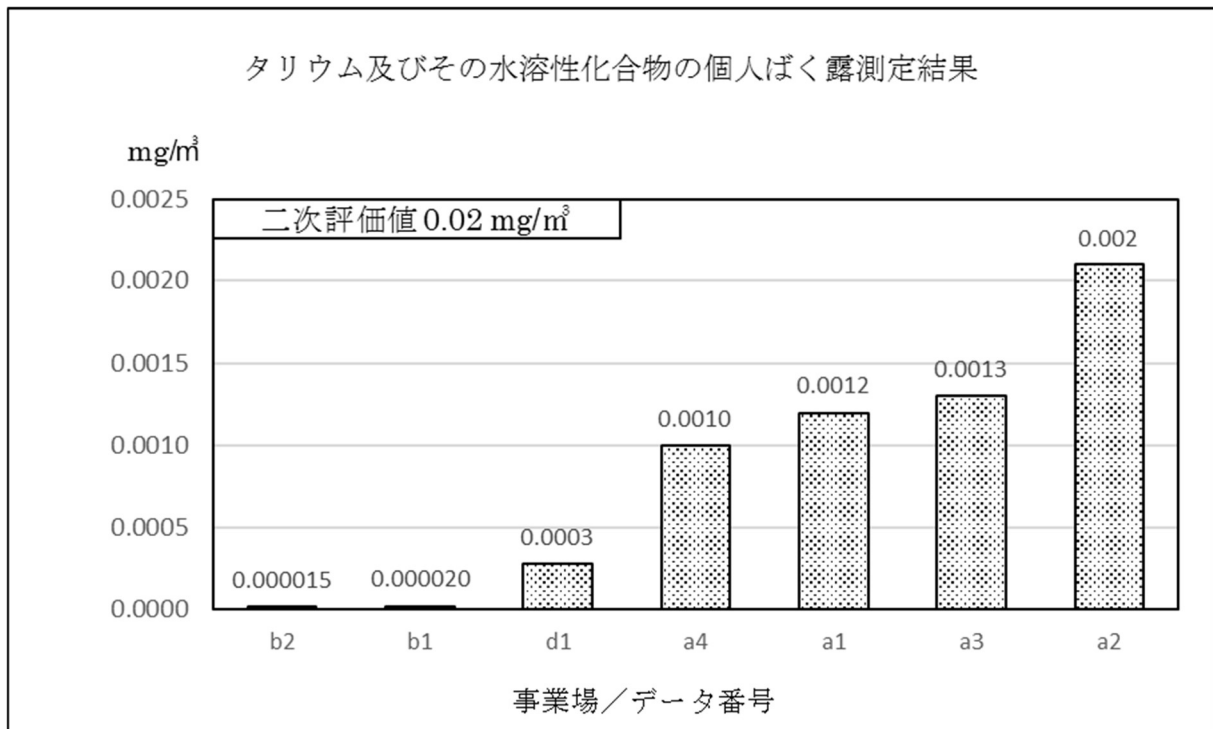
413 追加調査を含めた 4 事業所 10 名のばく露実態調査における各作業者の粉体等の取扱時間は、
414 7～50 分であり、20 分までの取扱いが 4 名だった。労働者の 8 時間 TWA は、定量下限値未満
415 ～0.0021 mg/m³ であり、二次評価値 0.02 mg/m³ を超えていない。13 地点でのスポット測定の最
416 大濃度と 3 事業所での A 測定の最大値はいずれも二次評価値を超えていない。

417 8 時間 TWA の最大値のうち定量下限値以下を示した 3 名を除く 7 名を評価対象とした。対
418 数変換データでの区間推定上側限界値（信頼率 90%、上側 5%）は対数正規分布の適合を判定
419 できないため計算せず、上位 10 データでの区間推定上側限界値（信頼率 90%、上側 5%）も n
420 =7 であるため、計算できない。

421 以上より、ばく露最大値は、ばく露評価ガイドラインの規定（区間推定上側限界値又はばく
422 露最大値の高い方を最大値とする。）に準拠し、測定値の 0.0021 mg/m³ が得られた。この値は
423 二次評価値（0.02 mg/m³）に比べると低い値を示した。

424

425 **図 2 タリウム及びその水溶性化合物の個人ばく露測定結果（追加調査結果を含**
426 **む。）**



427

428

429 **表 2 被測定者とばく露の可能性のある作業一覧（追加調査結果を含む。）**

被測定者	ばく露の可能性のある作業（測定中の実施時間）
a2	原料秤量補助作業（4分）、混合機への原料投入作業（8分）、原料移し変え作業（10分）、原料溶融作業（6時間）
a3	フルイかけ作業（7分）、水砕補助作業（1時間）
a1	原料秤量作業（4分）、混合機への原料投入作業（8分）、原料溶融作業（6時間）
a4	フルイかけ作業（7分）、水砕作業（1時間）、カレット混合機への投入作業（5分）
d	原料秤量作業（3分）、混合機への原料投入作業（6分）、原料移し変え作業（10分）
b1	酢酸タリウムの開梱・秤量（50分）
b2	酢酸タリウムの容器投入（50分）

430

431

表3 最大ばく露濃度の推定（追加調査結果を含む。）

タリウム及びその水溶性化合物：ばく露濃度の区間推定上側限界値	
二次評価値	0.02 mg/m ³
有効測定データ数	n = 7
コルモゴロフ・スミルノフ検定（KS検定）：対数正規分布に不適合	P値 = 0.086
測定データの最大値(TWA値)	0.0021 mg/m ³
対数変換データでの区間推定上側限界値（信頼率90%、上側5%）：対数正規分布の適合を判定できないため計算せず	— mg/m ³
（参考） 上位10データでの区間推定上側限界値（信頼率90%、上側5%）：10データ未満のため計算せず	— mg/m ³

432

（KS検定にはエクセル統計を用いた）

433 7 リスクの判定及び今後の対応（経気道に係る中間報告）

434 本物質については経皮吸収が指摘されていることから（ACGIH: Skin、NIOSH REL: skin、
435 OSHA PEL: Skin、UKWEL: Sk）、経皮吸収に関する知見や保護具等作業実態のデータを
436 積み重ねた上で、経皮吸収の観点も含めてリスク評価を確定させるべきであるが、経気道から
437 のばく露のリスクについては一定の結論が得られたと考えられることから、以下のとおり経気
438 道に係る中間報告を行う。

439 タリウム及びその水溶性化合物については、初期リスク評価の段階で二次評価値を上回るば
440 く露があると推定されたことから、同じ事業場に対する再調査と類似の作業を行う別事業場
441 に対する追加調査を実施したところ、ばく露最大値は0.0021 mg/m³（個人ばく露測定による実測
442 値）となり、二次評価値である0.02 mg/m³を下回る結果となった。

443 本物質については、初期リスク評価の段階では、ばく露最大値（区間推定上側限界値）が二
444 次評価値を超えており、経気道ばく露のリスクは高いと考えられたが、詳細リスク評価では、
445 ばく露最大値が二次評価値を下回る結果となったため、労働者の経気道ばく露のリスクは低い

446 と認められる。

447 本物質は、皮膚刺激性／腐食性、眼に対する重篤な損傷性／刺激性、反復投与毒性、生殖毒
448 性及び神経毒性が認められること、生殖細胞変異原性を誘発する可能性がある物質であること
449 から、本物質の製造・取扱事業者においては、これらの有害性が認められることを踏まえてリ
450 スクアセスメントを実施し、リスク低減措置を講ずることが必要である。

451

表4 ばく露実態調査集計表（タリウム及びその水溶性化合物）

	対象事業場数 (※6)	個人ばく露測定結果 [mg/m ³]				スポット測定結果 [mg/m ³]			作業環境測定結果 (A測定準拠) [mg/m ³]		
		測定数	平均(※1)	8時間TWA 平均(※2)	最大(※3)	単位 作業場所数	平均(※4)	最大(※3)	単位 作業場所数	平均(※5)	最大(※3)
2 ばく露作業報告対象物を含有する製剤その他の物の製造を目的とした原料としての使用	2	5	0.00148	0.00118	0.00210	10	0.00024	0.00139	-	-	-
12 その他	2	5	0.00002	0.00002	0.00002	3	0.00002	0.00004	3	0.00001	0.00006
計	4	10	0.00108	0.00084	0.00210	13	0.00019	0.00139	3	0.00001	0.00006

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5桁で処理した（1以上は有効数字3桁）

※1：測定値の平均値（加重平均）

※2：8時間TWAの平均値（算術平均）

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

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

※5：単位作業ごとの幾何平均を代表値とし、その平均（加重平均）

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

452

453

454

455

別添1 有害性総合評価表

456 物質名：タリウム及びその水溶性化合物

有害性の種類	評 価 結 果
ア 急性毒性	<p><u>致死性</u></p> <p><u>ラット</u></p> <p>経口毒性：LDLo = 30 mg/kg 体重 (タリウム) LD₅₀ = 16 mg/kg 体重 (硫酸タリウム) LD₅₀ = 15 mg/kg 体重 (炭酸タリウム) LD₅₀ = 21.8 mg/kg 体重 (炭酸タリウム) LD₅₀ = 41.3 mg/kg 体重 (酢酸タリウム) LD₅₀ = 40.6 mg/kg 体重 (酸化タリウム(I)) LD₅₀ = 44 mg/kg 体重 (酸化タリウム(III)) LDLo = 55 mg/kg 体重 (塩化タリウム(I)) LDLo = 50 mg/kg 体重 (フッ化タリウム(I)) LD₅₀ = 24.1 mg/kg 体重 (ヨウ化タリウム(I)) LDLo = 35 mg/kg 体重 (臭化タリウム(I)) LD₅₀ = 18.8 mg/kg 体重 (マロン酸タリウム(I))</p> <p>経皮毒性：LD₅₀ = 550 mg/kg 体重 (硫酸タリウム) LD₅₀ = 117 mg/kg 体重 (炭酸タリウム) LD₅₀ = 57.7 mg/kg 体重 (マロン酸タリウム(I))</p> <p><u>マウス</u></p> <p>経口毒性：LD₅₀ = 15 mg/kg 体重 (硝酸タリウム) LD₅₀ = 23.5 mg/kg 体重 (硫酸タリウム) LD₅₀ = 21 mg/kg 体重 (炭酸タリウム) LD₅₀ = 35 mg/kg 体重 (酢酸タリウム) LD₅₀ = 24 mg/kg 体重 (塩化タリウム(I)) LD₅₀ = 40.7 mg/kg 体重 (ヨウ化タリウム(I)) LDLo = 29 mg/kg 体重 (臭化タリウム(I))</p> <p><u>ウサギ</u></p> <p>経口毒性：LD₅₀ = 25 mg/kg 体重 (酢酸タリウム) LDLo = 31.2 mg/kg 体重 (酸化タリウム(I)) LDLo = 34 mg/kg 体重 (酸化タリウム(III))</p> <p><u>ヒト</u></p> <p>経口毒性：成人平均致死量 1 g (14-15 mg/kg 体重) (硫酸タリウム)</p>
	<p><u>健康影響</u></p> <p>・動物における急性毒性の症状は、嘔吐や下痢などの消化管症状や神経症状、体開口部の炎症、皮膚のできもの、振戦、脱毛、壊死性腎乳頭炎、呼吸不全による死などが挙</p>

	<p>げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ヒトにおけるタリウムの経口摂取の急性症状は、腹痛、吐き気、嘔吐、頭痛、脱力感、筋肉痛、かすみ眼、情動不安、痙攣、心拍数増加である。症状は、遅れて現われることがある。硫酸タリウム及び炭酸タリウムの吸入ばく露の急性症状は、咳、咽頭痛で、経口摂取の急性症状は、腹痛、吐き気、嘔吐、下痢、頭痛、脱力感、痙攣、筋肉痛、麻痺、せん妄及び意識喪失である。神経障害の症状は、2～3日経過してから現れる。
イ 刺激性/腐食性	<p>皮膚刺激性/腐食性：あり</p> <p>根拠：ヒトにおいて硫酸タリウムは、皮膚に付くと発赤を生じる。</p> <ul style="list-style-type: none"> イヌへのタリウムの皮膚塗布によって皮膚のすべての層に著しい障害が認められた。皮膚の変化は水腫と膠原線維束の破壊が特徴的であり、紅斑では広範な錯角化や時には顆粒層増生が認められた。毛嚢では錯角化性の角質の過剰を呈した外根鞘の増生が観察された。 <p>眼に対する重篤な損傷性/刺激性：あり</p> <p>根拠：ヒトにおいて硫酸タリウムは、眼に入ると充血、痛みを生じる。</p>
ウ 感作性	<p>皮膚感作性：報告なし</p> <p>呼吸器感作性：報告なし</p>
エ 反復投与毒性(生殖毒性/遺伝毒性/発がん性は除く)	<p>NOAEL = 0.04 mg (TI)/体重/日</p> <p>根拠：SD ラット雌雄(各 20 匹/群)に硫酸タリウム、0.01、0.05、0.25 mg/kg 体重/日(約 0、0.008、0.04、or 0.20 mg/kg/日 TI に相当)を 90 日間経口投与した実験で、雌の 0.25 mg/kg 体重群で毛嚢の萎縮と脱毛を認めた。</p> <p>不確実係数 UF = 10</p> <p>根拠：種差 (10)</p> <p>評価レベル = 0.024 mg TI/m³</p> <p>計算式： 0.04 mg/kg 体重/日 × 60 kg/10 m³ × 1/10 = 0.024mg/m³</p>
オ 生殖毒性	<p>生殖毒性：あり</p> <p>LOAEL = 0.7 mg TI/kg/日</p> <p>根拠：雄ラットに 10 ppm のタリウム飲料水(硫酸タリウムで)を 60 日間経口投与した結果 (0.27 mg TI/日 (約 0.7 mg/TI/kg 体重/日))、精巣上体に未成熟精子が増加し、また、精子の運動能の有意な低下が認められた。組織学的には精細管の配列の乱れ、セルトリ細胞の空胞化がみられ、滑面小胞体の腫大が観察された。精巣のβ-グルクロニダーゼ活性が有意に低下したが、血漿テストステロン濃度は変化がなかった。しかし、同濃度のタリウム飲料水を 30 日間投与(摂取量は測定していない)では組織学的、機能的、生化学的変化は認められなかった。ATSDR は LOAEL を 0.7 mg TI/kg 体重/日としている。</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 = 0.042 mg Tl/m³</p> <p>計算式：0.7 mg Tl/kg 体重/日 × 60 kg/10 m³ × 1/100 = 0.042 mg Tl/m³</p> <p><参考></p> <ul style="list-style-type: none"> ・硫酸タリウム 2.5 mg/kg (2.0 mg Tl/kg 体重/日)を妊娠 8～10 日又は 12～14 日の SD ラット(6 匹/群)に腹腔内投与した。また、10.0 mg/kg (8.1 mg Tl/kg 体重)の硫酸タリウムを妊娠 12～14 日のラット(3 匹)に腹腔内投与した。その結果、すべてのタリウム投与群で胎児の体重減少が認められ、妊娠 8～10 日の 2.0 mg Tl/kg で水腎症の発生が増加し、妊娠 12～14 日の 2.0 mg Tl/kg では有意に増加した。8.1 mg Tl/kg の水腎症発生は対照群と同程度であった。妊娠 12～14 日のすべてのタリウム用量群で椎体の欠損と未骨化の発生が有意に増加した (Gibson & Becker 1970)(ATSDR 1992)(US EPA 1992)。
<p>カ 遺伝毒性 (変異原性を 含む)</p>	<p>遺伝毒性：あり</p> <p>根拠：<i>In vitro</i> の細菌を用いた復帰突然変異試験は陰性、Rec assay は陽性であった。酵母を用いた復帰突然変異試験及び遺伝子変換試験は陰性であった。マウス及びラットの胎児線維芽細胞を用いた一本鎖 DNA 切断は陰性と陽性の両方の結果であった。細胞種は不明であるが姉妹染色分体交換試験及び HPRT 試験で陽性であった。ラット胎児線維芽細胞を用いた染色体異常試験は陽性、ヒトリンパ球を用いた小核試験は陰性であった。<i>In vivo</i> のチャイニーズハムスター骨髄細胞を用いた姉妹染色分体交換試験は陰性であった。</p> <p>タリウム中毒患者 1 人の末梢血リンパ球で、染色体異常及び姉妹染色分体交換を誘発されなかったが、染色体消失型の小核の明らかな増加がみられた。タリウム中毒患者 13 人の末梢血リンパ球を用いた別の報告では、染色体異常の平均頻度の増加がみられ、1 人の小核頻度は顕著に高かった。</p> <p>以上からタリウム及びその水溶性化合物は、<i>in vitro</i> の試験系で陰性と陽性の両方の結果を示し、一貫性がみられないが、ヒトにおいて染色体異常の誘発がみられていることから、遺伝毒性はありと判断する。</p> <p>生殖細胞変異原性：誘発する可能性がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タリウム中毒患者の末梢血リンパ球で、染色体異常が誘発された。<i>In vitro</i> で、細菌を用いた復帰突然変異試験は陰性であったが、細胞種は不明であるが HPRT 試験は陽性であった。ラット胎児線維芽細胞を用いた染色体異常試験は陽性、ヒトリンパ球を用いた小核試験は陰性であった。直接的なヒト経世代影響の報告が認められないことから、タリウム及びその水溶性化合物の生殖細胞変異原性は、誘発する可能性があると判断する。
<p>キ 発がん性</p>	<p>発がん性：情報なし</p>
<p>ク 神経毒性</p>	<p>神経毒性：あり</p>

	<p>根拠：ヒトの症例報告は、タリウムが急性の経口ばく露後、末梢及び中枢神経系の障害を引き起こすことを示している。経口ばく露後に、つま先と指の痺れ、下肢の灼熱感及び筋痙攣とともに、運動失調、震え及び多発性脳神経麻痺が報告されている。セメント製造に5-44年間(平均22.9年)関わった36人の労働者は、感覚異常、つま先と指の痺れ、下肢の灼熱感及び筋痙攣を示した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ラットにおいて末梢神経の構造的及び機能的変化が観察されている。 <p>LOAEL = 1.4 mg Tl /kg/日</p> <p>根拠：SD ラット雌(80匹)に1.4 mg Tl/kg/日(硫酸タリウムとして)を240日間飲水投与した。末梢神経の機能的変化が16匹中10匹に、構造的変化が6匹中3匹にみられた。しかし40日間投与ではその作用はみられていない。運動神経活動電位(MAP)の振幅は44%減少、知覚神経活動電位の振幅は30%減少、MAP latencyは25%増加した。坐骨神経線維にはワーラー変性が散在性に出現しており、ミエリン鞘の空胞化と剥離が約10%の神経線維に出現したワーラー変性を呈した線維の電子顕微鏡的観察では、ミトコンドリアの変性、神経フィラメントの密集及びリソソーム活性の上昇を伴った軸索突起の完全な破壊がみられた。US EPAはLOAELを1.4 mg Tl/kg/日としている。</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 = 0.08mg Tl/m³</p> <p>計算式：1.4 mg Tl/kg 体重/日×60 kg/10m³×1/100=0.08 mg Tl/m³</p>
<p>ケ 許容濃度の設定</p>	<p>ACGIH：TLV-TWA 0.02 mg/m³、吸引性粒子(inhalable particle)(タリウムとして)(2010：設定年)、Skin(経皮吸収に注意)(1963：設定年)</p> <p>根拠：タリウムのばく露は胃腸障害、腹部痛、多発神経炎、運動及び感覚末梢神経障害、吐き気、食欲不振、睡眠障害、脱毛を含む幅広い症状と関連している。タリウム及びその化合物のTLV-TWAの勧告値の0.02mg/m³(Tlとして測定した吸引性粉じんとして)は、タリウムばく露と関連した健康障害の証拠がなかったバッテリー工場で測定された最も高い気中タリウム濃度を基にしている。尿タリウム濃度の中央値は1.3 µg/Lであった。この濃度はドイツのタリウムを放出していたセメント工場作業員及び近隣住民で神経学的影響がなかった尿タリウム濃度の範囲内である。</p> <p>実験動物でのタリウムの皮膚吸収の観察、作業員での脱毛を含む毒性影響の報告及び白癬の治療でタリウムを皮膚局所で使用したのち観察される毒性の報告より皮膚の注意記載が必要である。</p> <p>日本産業衛生学会：設定なし</p> <p>DFG MAK：設定なし</p>

	NIOSH REL : TWA 0.1 mg/m ³ [skin] OSHA PEL : TWA 0.1 mg/m ³ Skin UK WEL : 0.1 mg/m ³ (タリウムとして)、Sk OARS WEEL : 設定なし
--	--

457

458

別添2 有害性評価書

459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475

476

物質名：タリウム及びその水溶性化合物

1. 化学物質の同定情報

名称：タリウム及びその水溶性化合物
 別名：複数物質であるため特定できない (下表参照)
 化学式：同上
 分子量：同上
 CAS 番号：同上
 労働安全衛生法施行令第 18 条、18 条の 2、別表 9 (名称等を表示し、又は通知すべき危険物及び有害物) 第 335 号
 ※ 水溶性化合物についても有害性情報があるものは評価対象に加えた。

2. 物理化学的情報

(1) 物理化学的性状 (ICSC 2013a, b, c) (IPCS EHC 1996) (環境省 2017) (ATSDR 1992) (Chemistry Dashboard)(2021/09/03 検索)

	タリウム	硝酸タリウム(I)	硝酸タリウム(III)	硫酸タリウム	炭酸タリウム
CAS 番号	7440-28-0	10102-45-1	13746-98-0	7446-18-6	6533-73-9
化学式	Tl	TlNO ₃	Tl(NO ₃) ₃	Tl ₂ SO ₄	Tl ₂ CO ₃
分子量	204.4 (原子量)	266.39	390.40	504.8	468.78
外観	帯青白色の非常にやわらかい金属。空気にはく露すると灰色になる。	白色結晶	無色結晶 空気中で風解する	白色のまたは無色の結晶	無色のまたは白色の結晶
密度 g/cm ³	11.9	5.55	—	6.77	7.1
沸点 °C	1,457	430	分解する (3 水和物)	分解	333.6
融点 °C	304	206	102~105 (3 水和物)	632	272
水への溶解性 g/100 mL(20°C)	溶けない	95.5	分解する	4.87	5.2 (25°C)

	酢酸タリウム	酸化タリウム(I)	酸化タリウム(III)	塩化タリウム(I)	三塩化タリウム(III)
CAS 番号	563-68-8	1314-12-1	1314-32-5	7791-12-0	13453-32-2
化学式	TlC ₂ H ₃ O ₂	Tl ₂ O	Tl ₂ O ₃	TlCl	TlCl ₃
分子量	263.43	424.77	456.76	239.84	310.74
外観	艶々した白色結晶	黒色固体	黒色結晶	無色の結晶	黄色結晶
密度 g/cm ³	3.765	9.52	9.65、10.11、10.2	7.0	4.7
沸点 °C	—	1,080	875	720	分解する

融点 °C	131	300、579	834、717、~717	431、430	25
水への溶解性 g/100 mL(20°C)	易溶	可溶	不溶	3.3 g/1,000g 2.4 g/100 mL (99.35 °C)	よく溶ける

477

	フッ化タリウム	ヨウ化タリウム	臭化タリウム	マロン酸 タリウム
CAS 番号	7789-27-7	7790-30-9	7789-40-4	2757-18-8
化学式	TlF	TlI	TlBr	Tl ₂ C ₃ H ₂ O ₄
分子量	223.382	331.29	284.29	510.81
外観	白色結晶	黄色固体	淡黄色 固体	—
密度 g/cm ³	8.23	7.29	7.557	1.55
沸点 °C	655	823	815	352
融点 °C	327	440	480	222
水への溶解性 g/100 mL(20°C)	78.6 (15 °C)	0.0006	0.05	4.25 mol/L

478

479 (2) 物理的・化学的危険性

480 タリウム (ICSC 2013a)

481 ア 火災危険性：不燃性。火災時に刺激性あるいは有毒なフュームやガスを放出する。

482 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。

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

484 エ 化学的危険性：強還元剤。強酸と反応する。室温でフッ素及び他のハロゲンと反応する。

485

486

487 硝酸タリウム (I) (厚労省 2008a)

488 ア 火災危険性：情報なし

489 イ 爆発危険性：情報なし

490 ウ 物理的危険性：情報なし

491 エ 化学的危険性：酸化性固体

492

493 硝酸タリウム(III) (PubChem 2021a)

494 ア 火災危険性：情報なし

495 イ 爆発危険性：情報なし

496 ウ 物理的危険性：情報なし

497 エ 化学的危険性：酸化性固体

498

499 硫酸タリウム (ICSC 2013b)

500 ア 火災危険性：不燃性。火災時に刺激性あるいは有毒なフュームやガスを放出する。

501 イ 爆発危険性：情報なし

502 ウ 物理的危険性：情報なし

503 エ 化学的危険性：加熱すると分解する。タリウム及びイオウ酸化物などの有毒なフュー
504 ムを生じる。強酸化剤と反応する。

505

506 炭酸タリウム (ICSC 2013c)

507 ア 火災危険性：不燃性。火災時に刺激性あるいは有毒なフュームやガスを放出する。

508 イ 爆発危険性：情報なし

509 ウ 物理的危険性：情報なし

510 エ 化学的危険性：加熱すると分解する。有毒なフュームを生じる。強酸及び強酸化剤と
511 激しく反応する。

512

513 酢酸タリウム(厚労省 2008b)

514 ア 火災危険性：情報なし

515 イ 爆発危険性：情報なし

516 ウ 物理的危険性：情報なし

517 エ 化学的危険性：情報なし

518

519 酸化タリウム(I)、酸化タリウム(III)、塩化タリウム(I)、三塩化タリウム(III)、フッ化タリウム、
520 ヨウ化タリウム、臭化タリウム、マロン酸タリウム

521 ア 火災危険性：情報なし

522 イ 爆発危険性：情報なし

523 ウ 物理的危険性：情報なし

524 エ 化学的危険性：情報なし

525

526 **3. 生産・輸入量／使用量／用途**

527 タリウム

528 生産量：情報なし

529 輸入量：情報なし

530 用途：半導体工業、合金、鉱物溶解剤、光学・温度測定器 (ATSDR 1992)

531 製造業者：情報なし

532

533 硝酸タリウム (I)

534 生産量：情報なし

535 輸入量：情報なし

536 用途：海上の信号として他の化合物や樹脂とともに使用。低融点ガラス、フォトセル、花火
537 の製造、有機合成の酸化剤(ATSDR 1992)、特殊分析(化工日 2021)

538 製造業者：情報なし

539

540 硝酸タリウム (III)

541 生産量：情報なし

542 輸入量：情報なし

- 543 用途：情報なし
544 製造業者：情報なし
545
546 硫酸タリウム
547 生産量：情報なし
548 輸入量：情報なし
549 用途：半導体産業や低域温度計、光学システム、光電池、他のタリウム化合物やタリウム金
550 属の化学中間体 (ATSDR 1992)
551 製造業者：情報なし
552
553 炭酸タリウム
554 生産量：情報なし
555 輸入量：情報なし
556 用途：情報なし
557 製造業者：情報なし
558
559 酢酸タリウム
560 生産量：情報なし
561 輸入量：情報なし
562 用途：浮選による鉱石成分の分離に使用するための高比重の溶液を調製するために使用
563 (ATSDR 1992)。
564 製造業者：情報なし
565
566 酸化タリウム(I)
567 生産量：情報なし
568 輸入量：情報なし
569 用途：低融点ガラス、高屈折分散光学ガラス、人工宝石の製造(ATSDR 1992) (環境省 2017)
570 製造業者：情報なし
571
572 酸化タリウム(III)
573 生産量：情報なし
574 輸入量：情報なし
575 用途：情報なし
576 製造業者：情報なし
577
578 塩化タリウム(I)
579 生産量：情報なし
580 輸入量：情報なし
581 用途：塩素化の触媒(ATSDR 1992)
582 製造業者：情報なし

583
584 三塩化タリウム(III)
585 生産量：情報なし
586 輸入量：情報なし
587 用途：情報なし
588 製造業者：情報なし
589
590 フッ化タリウム、
591 生産量：情報なし
592 輸入量：情報なし
593 用途：低融点ガラス、高屈折分散光学ガラスの製造(環境省 2017)
594 製造業者：情報なし
595
596 ヨウ化タリウム
597 生産量：情報なし
598 輸入量：情報なし
599 用途：光ファイバー光学機器(環境省 2017)
600 製造業者：情報なし
601
602 臭化タリウム
603 生産量：情報なし
604 輸入量：情報なし
605 用途：光ファイバー光学機器(環境省 2017)
606 製造業者：情報なし
607
608 マロン酸タリウム
609 生産量：情報なし
610 輸入量：情報なし
611 用途：情報なし
612 製造業者：情報なし
613

4. 健康影響

614 [体内動態 (吸収、分布、代謝、排泄)](IRIS 2009)

615 a. 吸収

617 ・タリウム化合物は種々のばく露経路を通して速やかに吸収されることが、ヒトと動物の
618 研究から示されている。しかし吸収の定量的な測定を行った研究は少ない。水可溶性の
619 塩は呼吸器、消化管及び皮膚の経路から速やかに完全に吸収されると報告されている
620 が、この結論を裏付ける成績あるいは引用文献は示されていない。タリウムイオンが、
621 ばく露されたヒトと動物の尿から検出されることは、環境からの吸収を意味している。
622 イヌにおいて経口投与された硫酸タリウム (25 mg/kg TI)の 61.6%が吸収されると報告さ

623 れている。硝酸タリウム (767 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ^{204}Tl)の経口投与後、タリウムは消化管を介して完全
624 に吸収されることが報告されている。これは雄の Wistar 由来のラットの観察を基にして
625 おり、体内負荷量は対数的に減少し、100 %吸収まで外挿した。同じ結果は、タリウム
626 (硝酸タリウムとして)が他のばく露経路(静脈内 38 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、筋肉内 96 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、皮下 96
627 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、気管内 123 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、腹腔内 146 $\mu\text{g}/\text{kg}$)で投与された時においても得られている。タ
628 リウム(硫酸タリウムとして)10 nmol を1回投与された麻酔されたラットで、結紮空腸部
629 分から1時間以内に80%が吸収された。吸入を介したタリウム塩の吸収に関する報告は
630 見当たらない。毒性を伴った職業ばく露の少数の症例報告があるが、ばく露が吸入ある
631 いは他の経路(経口あるいは皮膚)を介したかは明らかにされていない。脱毛剤、頭皮白癬
632 の治療及び結核に関係した寝汗の治療のような過去のタリウム塩の使用は、皮膚吸収を
633 示唆する (IRIS 2009)。
634 • ^{204}Tl でラベルした硫酸タリウム 45 mg (^{203}Tl , 500 μCi) を経口投与した末期がん患者で血
635 液中のタリウム量は3時間後にピーク(投与量の3%)となり、その後減少して24~48時
636 間は1.6%で推移した (環境省 2017)。
637

638 b. 分布

639 • タリウムイオンは、投与経路、用量及びばく露時間の長さに拘わらず、実験動物及びヒ
640 トの体内に速やかに分布する (1時間以内)。最も高いタリウム濃度は腎臓で、最も低い
641 濃度は脳でみられ、脂肪組織には検出されなかった。また、タリウムはヒト及び実験動
642 物の胎盤を通過することが示されている (IRIS 2009)。
643 • Wistar 新生児ラットのタリウム分布は、成熟 Wistar ラットの分布と異なっている。16
644 mg/kg の酢酸タリウム(12.4 mg/kg Tl)を腹腔内投与された新生児ラットで、投与24時間後
645 の最も高いタリウム濃度は、精巣、心臓、腎臓の順であった。肝臓及び脳における濃度
646 はおよそ3~4分の1と低かった。16 mg/kg の酢酸タリウムを腹腔内投与された成熟ラッ
647 トでは、腎臓のタリウムレベルは精巣のレベルより2倍高かった。また、タリウムの脳
648 における部位別分布は年齢に関係した差が示されている。16 mg/kg の酢酸タリウムを腹
649 腔内投与24時間後の新生児ラットでは、脳のすべての部位のタリウム含量は均一であっ
650 た。一方、5~20日齢のラットでは、脳のタリウム含量は部位依存的分布を示し、大脳皮
651 質のタリウムレベルは視床下部のレベルより著しく低かった (IRIS 2009)。
652 • ^{204}Tl でラベルした硫酸タリウム 45 mg (^{203}Tl , 500 μCi) を経口投与し、その後も45 mg
653 を3日毎に4回経口投与した末期がん患者で、初回投与から24日後に死亡した時点で
654 投与量の約45%が体内にあったと見積もられ、単位重量当たりのタリウム量は毛髪で最も
655 多く、次いで腎乳頭、腎皮質、心筋、骨腫瘍部、脾臓、副腎髄質、肋骨皮質、骨腫瘍の肺
656 転位部、腓臓、横断肋骨、頭皮、肝臓、骨髄の順で多かった (環境省 2017)。
657 • Tlは周期律表III-B族に属する金属であるが、一価のイオンの場合には、I-A族に属する
658 Kと類似した生体内挙動を示すことが知られている。正常心筋では心筋細胞膜の Na^+
659 K^+ATPase 系により K^+ が心筋細胞内に能動的に取り込まれ心筋内に集積する。この正常心
660 筋内への取込みは主に局所心筋血流に依存しており、 K^+ では初回冠動脈通過で約70%が
661 取り込まれるとされている。したがって、 K^+ と類似の体内動態を示す Tl を静脈内注射する
662 と、全身の筋肉に分布するが、筋活動の活発な心筋に多く分布し、虚血等の障害部位には

663 分布しない。また Tl は Cs と同様血流に応じた分布がみられ、腫瘍部では他の組織に比し
664 て貯留傾向が大であることから腫瘍像を得ることが可能である。Tl の腫瘍内集積は Na⁺-
665 K⁺ATPase 系の K⁺が Tl によって置換することによると推測されている。また、Tl の集積
666 の程度は腫瘍への血流分布に大きく左右される (日本メジフィジックス 2014)。

667

668 c. 代謝

669 ・タリウムは元素であり代謝されない。タリウムが *in vivo* で一原子価状態から他に転換す
670 るかどうかは知られていない (IRIS 2009)。

671

672 d. 排泄

673 ・タリウム塩は主に尿と糞を介して排泄されるが、各々の経路から排泄される量は種依存
674 性がある。又、タリウムは乳汁、汗、唾液及び涙から排泄されることが知られている。
675 又、タリウムの髪及び爪への沈着は重要な排泄経路と考えられている。がん患者に硫酸
676 タリウムと放射標識された硝酸タリウム (²⁰⁴TlNO₃)を経口投与した研究において、タリウ
677 ムは主に尿に排泄され、15.3%のタリウム塩が 5.5 日以内に尿に回収され、糞には 0.4%が
678 3 日以内に回収された (IRIS 2009)。

679 ・²⁰⁴Tl でラベルした硫酸タリウム 45 mg (²⁰³Tl, 500 μCi) を経口投与し、その後も 45 mg
680 を 3 日毎に 4 回経口投与した末期がん患者で、尿中には 5.5 日間で投与量の 15.3%を排
681 出したが、糞中には 3 日間で 0.4%とわずかであった。24 時間毎の体内タリウム量に対
682 する排出割合を平均すると 1 日当たり 3.2%となった (環境省 2017)。

683 ・1999-2000 年の米国国民健康栄養調査 (NHANES)に参加した一般集団 (40 歳以上)、776
684 名の調査において、尿のタリウムの幾何平均レベルは 0.16 μg/L、最高は 0.86 μg/L であっ
685 た (IRIS 2009)。

686 ・ヒトの環境化学物質ばく露に関する第 3 回報告書は、NHANES の参加者から集積された
687 1999-2000 年及び 2001-2002 年の期間における、米国人集団の環境化学物質のバイオモニ
688 タリングデータ (進行中)を提供している。米国の一般集団 (6 歳以上)において、2001-
689 2002 年の調査における尿中タリウム濃度の幾何平均は、0.165 μg/L、95 %濃度は 0.440
690 μg/L であった (IRIS 2009)。

691 ・上述したようにタリウムの排泄は腎排泄に限らない。IPCS はヒトの腎排泄は 1 日全排泄
692 量の約 70 %と算定している。この算定は限られたヒトのデータに基づいている。ヒトと
693 は対照的に、タリウムはラット及びウサギでは尿より糞により多く排泄される。IPCS は
694 ラットにおいて摂取タリウムの約 2/3 は消化管経路を介して、約 1/3 は腎を介して排泄さ
695 れると算定している。10 mg/kg の硫酸タリウムを投与されたラットにおいて 51.4 %は糞
696 を介して排泄され、26.4 %は尿に排泄されたと報告されている。ウサギに静脈内投与(放
697 射性トレーサーとして)された酢酸タリウムは、主に糞に排泄されたと報告されている。
698 両報告はラットとウサギでは主要な排泄経路は糞であることを示しているが、両種とも
699 胆汁は高レベルではなく、肝からの排泄は相対的に低いことを示唆している。タリウム
700 は主に胃と腸への分泌を介して糞に排泄されることが報告されている。これはカリウム
701 の排泄と関連している。ウサギは腎の糸球体を介してタリウムを排泄するが、その約 1/2
702 は尿細管で再吸収されると報告されている。シリアンゴールデンハムスターにおいて、

703 腹腔内投与後の硫酸タリウムは主に糞に排泄されるが、経口投与では糞と尿に等量で排
 704 泄されると報告されている。イヌに硫酸タリウムとして 25 mg/kg TI を一回経口投与した
 705 時、投与後 3 及び 36 日に各々 32 及び 61.6 %が尿に排泄される。ラットに硫酸タリウムを
 706 0.00004-2,000 µg/匹で投与した時、腎臓に 8 日間(192 時間)存在し、投与量の 2.5 %がなお
 707 存在すること(半減期は約 1.5 日と示唆される)が報告されている。ラットにおけるタリウ
 708 ムの生物学的半減期は 3-8 日の間と算定されている。ヒトにおける生物学的半減期は約
 709 10 日と算定され、上限は 30 日と報告されている (IRIS 2009)。

710

711 (1) 実験動物に対する毒性

712 ア 急性毒性

713 致死性

714 ・実験動物に対するタリウム化合物の急性毒性試験結果を以下にまとめる (環境省 2017)
 715 (PubChem 2021a,b,c,d,e,f,g)

716

717 タリウム

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	LDL ₀ 30 mg/kg 体重	—	—
経皮、LD ₅₀	—	—	—

718

719 硝酸タリウム(I)

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	—	15 mg/kg 体重	—
経皮、LD ₅₀	—	—	—

720

721 硝酸タリウム(III)

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	—	—	—
経皮、LD ₅₀	—	—	—

722 (参考) モルモット 経皮、LD₅₀ : 25 mg/kg 体重

723

724 硫酸タリウム

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	16 mg/kg 体重	23.5 mg/kg 体重	—
経皮、LD ₅₀	550 mg/kg 体重	—	—

725

726

727

728

炭酸タリウム

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	15 mg/kg 体重 21.8 mg/kg 体重	21mg/kg 体重	—
経皮、LD ₅₀	117 mg/kg 体重	—	—

729

730

酢酸タリウム

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	41.3 mg/kg 体重	35 mg/kg 体重	25 mg/kg 体重
経皮、LD ₅₀	—	—	—

731

732

酸化タリウム(I)

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	40.6 mg/kg 体重	—	LDLo 31.2 mg/kg 体重
経皮、LD ₅₀	—	—	—

733

734

酸化タリウム(III)

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	44 mg/kg 体重	—	LDLo 34 mg/kg 体重
経皮、LD ₅₀	—	—	—

735

736

塩化タリウム(I)

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	LDLo 55 mg/kg 体重	24 mg/kg 体重	—
経皮、LD ₅₀	—	—	—

737

738

三塩化タリウム(III)

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	—	—	—
経皮、LD ₅₀	—	—	—

739

740

フッ化タリウム

	ラット	マウス	ウサギ

吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	LDLo 50 mg/kg 体重	—	—
経皮、LD ₅₀	—	—	—

741

742

ヨウ化タリウム

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	24.1 mg/kg 体重	40.7 mg/kg 体重	—
経皮、LD ₅₀	—	—	—

743

744

臭化タリウム

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	LDLo 35 mg/kg 体重	LDLo 29 mg/kg 体重	—
経皮、LD ₅₀	—	—	—

745

746

マロン酸タリウム

	ラット	マウス	ウサギ
吸入、LC ₅₀	—	—	—
経口、LD ₅₀	18.8 mg/kg 体重	—	—
経皮、LD ₅₀	57.7 mg/kg 体重	—	—

747

748

健康影響

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

- ・可溶性タリウム化合物の毒性発現の程度は経口投与と非経口投与では類似しているが、難溶性の酸化タリウムの毒性はラットやウサギにおいては非経口投与に比べて経口投与で2~4.5倍強い (IPCS EHC 1996)。
- ・急性毒性としては嘔吐や下痢などの消化器症状や神経症状、体開口部の炎症、皮膚のできもの、振戦、脱毛、壊死性腎乳頭炎、呼吸不全による死亡などが挙げられる (IPCS EHC 1996)。
- ・酢酸タリウム 20~50 mg/kg を雌雄各 8 匹の SD ラットに 1 回皮下投与したところ、毒性が発現したため、投与後 5 日以内に安楽死させた。全身的影響は下痢、著しい体重減少、食欲不振、嗜眠であり、腎障害や消化管障害が最も強く発現した (ACGIH 2010)。
- ・ラット(系統不明)雄に、33~132 mg Tl/kg の三塩化タリウム(III)を単回腹腔内投与し、16 時間後に肝細胞の構造及び機能に及ぼす影響を検討した。肝細胞の細胞内小器官の膜の損傷と一致する肝臓の超微細構造及び生化学的変化が認められた (Woods & Fowler 1986) (ATSDR 1992)。
- ・ラット(系統不明)に、0.5、5 mg のヨウ化タリウム、臭化物タリウム及び塩化タリウムを気管内投与した。肺に用量及び時間に依存した変化がみられ、ヨウ化タリウムが最も毒性が高かった (IPCS EHC 1996)

766 イ 刺激性及び腐食性
767 ・イヌへのタリウムの皮膚塗布によって皮膚のすべての層に著しい障害が認められた。皮
768 膚の変化は水腫と膠原線維束の破壊が特徴的であり、紅斑では広範な錯角化や時には顆
769 粒層増生が認められた。毛嚢では錯角化性の角質の過剰を呈した外根鞘の増生が観察さ
770 れた (IPCS EHC 1996)。
771
772 ウ 感作性
773 ・調査した範囲では、報告は得られていない。
774
775 エ 反復投与毒性 (生殖毒性、遺伝毒性/変異原性、発がん性、神経毒性は別途記載)
776 吸入ばく露
777 ・調査した範囲では、報告は得られていない。
778
779 経口投与
780 ・ラットに酢酸タリウム 0.45 mg/kg 体重/日を経口投与し 6 週目に脱毛が観察され、4 ヶ月
781 目には死亡率が増加した。ラットの脱毛は毛嚢にタリウムが蓄積する事によるケラチン
782 生成阻害に起因していた (ACGIH 2010)。
783 ・雌雄の離乳後のラットに、酢酸タリウム 0%、0.0005%、0.0015%、0.005% (0, 0.4, 1.2, or
784 3.9 mg Tl/kg/日に相当)、あるいは酸化タリウム(III) 0%、0.002%、0.0035%、0.005%、
785 0.01%、0.05% (0, 1.8, 3.1, 4.5, 9.0, 44.8 mg Tl/kg/日に相当)を含有する飼料を 15 週間
786 経口投与した。タリウムの可溶性又は不溶性による毒性影響に明らかな違いはなかった。
787 さらに、酢酸タリウム 0%と 0.003%の群を追加した (酢酸タリウム及び酸化タリウム(III)
788 で 0.005%以上の濃度では致死的であったため 0.003%の濃度を用いた)。酢酸タリウム
789 0.003%群及び酸化タリウム(III) 0.0035%群では投与 30 日目以降で著しい体重増加抑制
790 が認められた。酢酸タリウム 0.003%群で投与 4 週目と 8 週目の間で雄が 80%、雌が 60%
791 と死亡率が増加した。酢酸タリウム 0.0015%群と 0.003%群の臨床所見は 2 週目に観察さ
792 れた完全な脱毛である。酢酸タリウム 0.0015%群の一日摂取量は 1-3 mg/kg 体重/日と算
793 出された。組織学的には毛嚢の数が著しく減少し、残存している毛嚢は萎縮していた。
794 他の主要臓器では組織学的変化は観察されなかったが、酸化タリウム(III) 0.002%投与群
795 では腎臓重量が有意に増加した (Downs et al. 1960) (ACGIH 2010)。
796 ・硫酸タリウムを用いて雌雄の SD ラット(各 20 匹/群)を用いた 90 日間強制経口投与実験
797 が 0、0.01、0.05、0.25 mg/kg 体重/日の用量 (約 0, 0.008, 0.04, or 0.20 mg/kg/日 Tl に相当)
798 の経口投与によって実施されている (MRI 1988) (未公表)。対照群は無処置群と媒体
799 (水)投与群の 2 群を設定した。各群で体重や臓器重量では有意な差はなかった。脱毛、
800 流涙、眼球突出の発生率が投与量依存性に増加し、血清生化学変化(AST、LDH、Na の
801 増加、血糖の低下)が認められたが、著者らはこの結果を微小な変化であるとして、投与
802 量に関連した毒性発現としては認めていない。組織学的評価は 0.25 mg/kg 群と対照群で
803 実施し、雌の 0.25 mg/kg 群では 20 匹中 2 匹に毛嚢の萎縮と脱毛が観察されたが、雄 0.25
804 mg/kg 群では毛嚢の萎縮は観察されなかった。著者らは毛嚢の組織学的変化は毒性学的
805 に重要な所見ではないとしている (IRIS 2009)。しかし US EPA は、皮膚の組織学的所見

806 から NOAEL は 0.05 mg/kg (0.04 mg TI/kg 体重/日) としている (IRIS 2009)。
807 ・ SD ラット雌 (80 匹) に 1.4 mg TI/kg/日 (硫酸タリウムとして) を 240 日間飲水投与した。
808 死亡率は投与 40 日後で 15%、240 日後で 21% であった。脱毛が投与 32 日からみられ、
809 その後 20% のラットにみられた。投与 240 日後、末梢神経の機能的変化が 16 匹中 10 匹
810 に、構造的変化が 6 匹中 3 匹にみられた。しかし 40 日間投与ではその作用はみられて
811 いない。運動神経活動電位 (MAP) の振幅は 44% 減少、知覚神経活動電位の振幅は 30%
812 減少、MAP latency は 25% 増加した。坐骨神経線維にはワーラー変性が散在性に出現し
813 ており、ミエリン鞘の空胞化と剥離が約 10% の神経線維に出現した。ワーラー変性を呈
814 した線維の電子顕微鏡的観察では、ミトコンドリアの変性、神経フィラメントの密集及
815 びリソソーム活性の上昇を伴った軸索突起の完全な破壊がみられた。US EPA は LOAEL
816 を 1.4 mg TI/kg/日としている (US EPA 1992)。
817 ・ 0.2 mg TI/kg/日 (硫酸タリウムとして) 90 日間強制経口投与されたラットにおける光学顕
818 微鏡的観察では、神経学的異常はみられなかった。この研究では電子顕微鏡的観察は行
819 われていなかった (ATSDR 1992)。

820

821 皮下、腹腔内投与

822 ・ SD ラットを用いて酢酸タリウム 10-15 mg/kg 体重/日を週 1 回、2-3 週間にわたって皮下
823 投与した。毒性が発現した 10、12、14、16 日に各ラットを安楽死させ、脳、肝臓、腎臓
824 及び末梢神経の変化を光学顕微鏡と電子顕微鏡で観察した。別の 15 匹のラットにおい
825 て最初に 10-20 mg/kg 体重/日を皮下投与し、その後、週 1 回 5 mg/kg 体重/日を皮下投与
826 した。投与後 26 週まで経時的に安楽死させ、評価した。肝臓と腎臓で主に形態学的変
827 化が観察され、電子顕微鏡による観察ではミトコンドリアの変化 (たとえばクリステの
828 数と重なり) がみられた。タリウムの作用はタリウムとミトコンドリア酵素のチオール
829 基が結合し、酸化的代謝の阻害を引き起こすのではないかと結論付けている (ACGIH
830 2010)。
831 ・ ラットに酢酸タリウム 5 mg TI/kg 体重/日を 7 日間腹腔内投与した結果、大脳において、
832 モノアミンオキシダーゼ、酸性ホスファターゼ及びプロテアーゼ (カテプシン) 活性の消
833 失とともに、コハク酸デヒドロキナーゼ及びグアニンデアミナーゼ活性の消失があった。
834 アデノシントリホスファターゼ及びアデノシンデアミナーゼ活性は影響されなかった
835 (Hasan et al. 1977a) (ATSDR 1992)。
836 ・ ラットに酢酸タリウム 0.8 mg あるいは 1.6 mg/kg 体重/日を 30 日間腹腔内投与した。タ
837 リウム濃度はすべての脳の部位で用量依存的に増加し、過酸化脂質は、0.8 mg/kg 群では
838 線条体や小脳で、1.6 mg/kg 群ではすべての脳の領域で増加した。これらの結果から、タ
839 リウムによる神経毒性はフリーラジカルや酸化作用によることが示唆された (ACGIH
840 2010)。

841

842 オ 生殖毒性

843 吸入ばく露

844 ・ 調査した範囲では、報告は得られていない。

845

846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885

経口投与/経皮投与/その他の経路等

- ・硫酸タリウム 2.5 mg/kg (2.0 mg Tl/kg 体重/日)を妊娠 8~10 日又は 12~14 日の SD ラット(6 匹/群)に腹腔内投与した。また、10.0 mg/kg (8.1 mg Tl/kg 体重)の硫酸タリウムを妊娠 12~14 日のラット(3 匹)に腹腔内投与した。その結果、すべてのタリウム投与群で胎児の体重減少が認められ、妊娠 8~10 日の 2.0 mg Tl/kg で水腎症の発生が増加し、妊娠 12~14 日の 2.0 mg Tl/kg では有意に増加した。8.1 mg Tl/kg の水腎症発生は対照群と同程度であった。妊娠 12~14 日のすべてのタリウム用量群で椎体の欠損と未骨化の発生が有意に増加した (Gibson & Becker 1970)(ATSDR 1992)(US EPA 1992)。
- ・Wistar ラットに、0、3、4.5、6 mg/kg の酢酸タリウム(0、2.3、3.5、4.7 mg Tl/kg 体重/日)又は塩化タリウム(0、2.6、3.8、5.1 mg Tl/kg/日)を妊娠 6~15 日に経口投与した。4.5 及び 6 mg/kg の酢酸タリウムと塩化タリウム投与群の母動物はすべて死亡した。両タリウムの 3 mg/kg 投与群では、胎児に波状肋骨とダンベル型胸骨分節の増加がみられた。さらに出生後の死亡がわずかに増加した。タリウム投与のすべての群に影響がみられたことから、発生毒性の NOAEL は得られなかった。
NMRI マウスを用いた一連の試験では、0、3、6 mg/kg の酢酸タリウム(0、2.3、4.7 mg Tl/kg/日)又は塩化タリウム(0、2.6、5.1 mg Tl/kg/日)を妊娠 6~15 日に経口投与した。塩化タリウムの 3 mg/kg 群では胎児及び出生児に異常はみられなかったが、6 mg/kg 群では着床後胚損失がわずかに増加し、出生後の死亡もわずかに増加した。酢酸タリウムの投与では、6 mg/kg 群で胎児体重のわずかな減少、3 及び 6 mg/kg 群で口蓋裂のわずかな増加がみられた。以上から発生毒性の NOAEL は 2.3 mg Tl/kg/日、LOAEL は 5.1 mg/kg Tl/kg/日であった (IPCS EHC 1996) (US EPA 1992)。
- ・硫酸タリウムを 0、0.08、0.4、1.6 mg Tl/kg 体重/日を妊娠 6-9 日のラットに経口投与し、胎児期ばく露の学習能力に及ぼす影響について評価した。0.08mg Tl/kg 以上の投与量で、レバー押しの学習条件付けによって餌が得られる装置を用いた学習への影響を観察し、0.08 mg Tl/kg 以上の用量で学習の低下が認められたが、用量依存性ではなかった。LOAEL は 0.08 mg Tl/kg 体重/日であるとした。脳の機能障害が示唆されたが、いずれの投与量においても脳の組織変化は報告されていない(ATSDR 1992)。
- ・雄ラットに 10 ppm のタリウム飲料水(硫酸タリウムで)を 60 日間経口投与した結果(0.27 mg Tl/日(約 0.7 mg Tl/kg 体重/日))、精巣上体に未成熟精子が増加し、また、精子の運動能の有意な低下が認められた。組織学的には精細管の配列の乱れ、セルトリ細胞の空胞化がみられ、滑面小胞体の腫大が観察された。精巣の β -グルクロニダーゼ活性が有意に低下したが、血漿テストステロン濃度は変化がなかった。しかし、同濃度のタリウム飲料水を 30 日間投与(摂取量は測定していない)では組織学的、機能的、生化学的変化は認められなかった。ATSDR は LOAEL を 0.7 mg Tl/kg 体重/日としている (ATSDR 1992)。
- ・雄ラット(系統不明)に炭酸タリウム 0.005、0.05、0.5 μ g/kg 体重/日 (0.004、0.04、0.4 μ g Tl/kg 体重/日)を 8 ヶ月間経口投与後、無処置の雌と交配した結果、優性致死突然変異が誘発されたとの報告がある (胚死亡率(%) 対照 : 6.16 \pm 1.64、0.004 μ g : 7.42 \pm 1.60、0.04 μ g : 10.03 \pm 2.10、0.4 μ g : 10.97 \pm 1.80) (Zasukhina et al. 1983)。(本試験は他の試験に比べ、結果の表における投与量の数値が極めて低く、また、有意差検定も行われていないため、評価には用いないこととした)。

886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901

カ 遺伝毒性 (変異原性)

・ *In vitro* の細菌を用いた復帰突然変異試験では塩化タリウム、酢酸タリウム及び硝酸タリウムで陰性、Rec assay では硝酸タリウムで陽性であった。酵母を用いた復帰突然変異試験及び遺伝子変換試験では硝酸タリウムで陰性であった。マウス及びラットの胎児線維芽細胞を用いた一本鎖 DNA 切断では、炭酸タリウムで陰性と陽性の両方の結果であった。細胞種は不明であるが姉妹染色分体交換試験及び HPRT 試験では炭酸タリウムで陽性であった。ラット胎児線維芽細胞を用いた染色体異常試験では炭酸タリウムで陽性、ヒトリンパ球を用いた小核試験では硫酸タリウムは陰性であった (IPCS EHC 1996) (IRIS 2009) (ACGIH 2010) (環境省 2017)。

・ *In vivo* のチャイニーズハムスター骨髄細胞を用いた姉妹染色分体交換試験では塩化タリウムで陰性であった。ラットを用いた優性致死試験では炭酸タリウムで陽性であった (本試験は他の試験に比べ、結果の表における投与量の数値が極めて低く、また、有意差検定も行われていないため、評価には用いないこととした)(IPCS EHC 1996) (IRIS 2009) (ACGIH 2010) (Zasukhina et al.1983)。

試験方法		使用細胞種・動物種	結果
<i>In vitro</i>	復帰突然変異試験	塩化タリウム、酢酸タリウム：ネズミチフス菌 TA98, 100, 1535,1537,1538、濃度不明(±-S9)	—
		酢酸タリウム：ネズミチフス菌TA98, 1535,1537,1538 3.1 µg - 29.2 mg Tl/plate(代謝活性化不明)	—
		硝酸タリウム：ネズミチフス菌TA98, 1535,1537,1538、大腸菌WP2、WP2 hcr濃度不明 (-S9)	—
	Rec assay	硝酸タリウム：枯草菌H17、M45、1mM 0.05 mL/disk(-S9)	+
	復帰突然変異試験	硝酸タリウム：酵母D7、濃度不明(-S9)	—
	遺伝子変換試験	硝酸タリウム：酵母D7、濃度不明(-S9)	—
	一本鎖DNA切断	炭酸タリウム：マウス(C57BL/6)及びラット(系統不明)胎児線維芽細胞、0.5 - 46.9 µg/mL(-S9)	+
		炭酸タリウム：マウス (CBA) 胎児線維芽細胞、0.5 - 46.9 µg/mL (-S9)	—
	姉妹染色分体交換試験	炭酸タリウム：細胞種及び濃度不明	+
	HPRT試験	炭酸タリウム：細胞種及び濃度不明	+
	染色体異常試験	炭酸タリウム：ラット胎児線維芽細胞、10 ⁻⁶ 、10 ⁻⁵ M	+
	小核試験	硫酸タリウム：ヒトリンパ球	—
	<i>In vivo</i>	姉妹染色分体交換試験	塩化タリウム：チャイニーズハムスタ (8匹/群)、5、10 mg Tl/kg体重、2回経口投与、骨髄細胞
優性致死試験		炭酸タリウム：ラット0.005, 0.05,0.5 µg/kg体重/日を8ヶ月経口投与	+

—：陰性 +：陽性

902
903
904
905

生殖細胞変異原性

・ラットの優性致死試験で陽性の報告があるが、試験方法及び報告に問題がある。*In vitro*

906 で培養細胞を用いた染色体異常試験及び HPRT 試験は陽性であったが、ヒトリンパ球を
907 用いた小核試験は陰性であった。

908

909 キ 発がん性

910 吸入ばく露

911 ・調査した範囲では、報告は得られていない。

912

913 経口投与/経皮投与・その他の経路等

914 ・調査した範囲では、報告は得られていない。

915

916 ク 神経毒性

917 吸入ばく露

918 ・調査した範囲では、報告は得られていない。

919

920 経口投与/経皮投与・その他の経路等

- 921 ・SD ラット雌(80 匹)に 1.4 mg TI/kg/日(硫酸タリウムとして)を 240 日間飲水投与した。死
922 亡率は投与 40 日後で 15%、240 日後で 21%であった。脱毛が投与 32 日からみられ、そ
923 の後 20%のラットにみられた。投与 240 日後、末梢神経の機能的変化が 16 匹中 10 匹
924 に、構造的変化が 6 匹中 3 匹にみられた。しかし 40 日間投与ではその作用はみられて
925 いない。運動神経活動電位(MAP)の振幅は 44%減少、知覚神経活動電位の振幅は 30%減
926 少、MAP latency は 25%増加した。坐骨神経線維にはワーラー変性が散在性に出現して
927 おり、ミエリン鞘の空胞化と剥離が約 10%の神経線維に出現した。ワーラー変性を呈し
928 た線維の電子顕微鏡的観察では、ミトコンドリアの変性、神経フィラメントの密集及び
929 リソソーム活性の上昇を伴った軸索突起の完全な破壊がみられた。US EPA は LOAEL
930 を 1.4 mg TI/kg/日としている (US EPA 1992)。
- 931 ・0.2 mg TI/kg/日(硫酸タリウムとして)を 90 日間強制経口投与された SD ラットにおける
932 光学顕微鏡的観察では、神経学的異常はみられなかった。この研究では電子顕微鏡的観
933 察は行われていなかった。ATSDR は NOAEL を 0.2 mg TI/kg/日としている (ATSDR 1992)。
- 934 ・ラットに 10 mg TI/kg 体重の酢酸タリウムを静脈内投与した結果、尾状核の単一ニュー
935 ロン活動で、神経伝達物質の不均衡に起因すると思われるニューロンの発火率の増加が
936 みられた (Hasan et al. 1977a)。
- 937 ・ラットに酢酸タリウム 0.8 mg あるいは 1.6 mg/kg 体重/日を 30 日間腹腔内投与した。タ
938 リウム濃度はすべての脳の部位で用量依存的に増加し、過酸化脂質は、0.8 mg/kg 群では
939 線条体や小脳で、1.6 mg/kg 群ではすべての脳の領域で増加した。これらの結果から、タ
940 リウムによる神経毒性はフリーラジカルや酸化作用によることが示唆された (ACGIH
941 2010)。
- 942 ・タリウムがその作用を発揮するメカニズムは明らかではない。しかし、動物における非
943 経口的な研究は、一部は重要な酵素系の枯渇あるいは阻害によってみられることが示唆
944 されている。5 mg/kg のタリウム(酢酸タリウムとして)を 7 日間腹腔内投与されたラッ
945 トの脳において、モノアミンオキシダーゼ、酸性ホスファターゼ及びプロテアーゼ(カ

946 テプシン)活性の消失とともに、コハク酸デヒドロキナーゼ及びグアニンデアミナーゼ
947 活性の消失があった。アデノシントリホスファターゼ及びアデノシンデアミナーゼ活性
948 は影響されなかった (Hasan et al.1977)。同じ用量で、視床下部において軸索突起の隔離
949 が観察され、視床下部と海馬においてゴルジ領域及び高電子密度小体が増加した。また、
950 線条体のタンパク含量は著しく増加した (Hasan et al.1977a, b, 1978) (ATSDR 1992)。さら
951 に 4 mg/kg/日のタリウム(酢酸タリウムとして)を 7 日間腹腔内投与されたラットの小脳
952 のプルキンエ細胞の自発放電頻度が増加した (Marwaha et al.. 1980) (ATSDR 1992)。視床
953 下部、海馬及び線条体に対する作用は、報告された脳における異なったタリウムの分布
954 でも一貫性があった。13-39 mg/kg/日のタリウム(硫酸タリウムとして)を 1 回腹腔内投与
955 されたラットにおいて、最も高いタリウム濃度は視床下部でみられ、最も低い濃度は皮
956 質でみられた。また、タリウムは他の脳の領域より視床下部に速やかに蓄積した。3
957 mg/kg/日のタリウム(酢酸タリウムとして)を腹腔内投与後、脂質の過酸化率及び β -ガラ
958 クトシダーゼ活性は脳と脳幹で増加した。しかし、6 mg/kg/日のタリウム (酢酸タリ
959 ウムとして)を投与された時、脂質の過酸化率は脳、脳幹、線条体及び皮質で増加した。
960 β -ガラクトシダーゼ活性は脳、皮質、視床下部及び脳幹で増加した (ATSDR 1992)。
961 ・硫酸タリウムを 0、0.08、0.4、1.6 mg TI/kg 体重/日を妊娠 6-9 日のラットに経口投与し、
962 胎児期ばく露の学習能力に及ぼす影響について評価した。0.08mg TI/kg 以上の投与量で、
963 レバー押しの学習条件付けによって餌が得られる装置を用いた学習への影響を観察し
964 たが、0.08 mg TI/kg 以上の用量で学習の低下が認められたが、用量依存性ではなかった。
965 LOAEL は 0.08 mg TI/kg 体重/日であるとした。脳の機能障害が示唆されたが、どの投与
966 量においても脳の組織変化は報告されていない(ATSDR 1992)。

967
968 ケ その他の試験

969 ・ハムスター胎児細胞を用いたウイルス誘導細胞形質転換試験で酢酸タリウムは陽性で
970 あった (ACGIH 2010)。

971
972 (2) ヒトへの影響 (疫学調査及び事例)

973 ア 急性毒性

974 ・タリウムの経口摂取による致死性の急性毒性の事例は多数報告されているが、経皮ばく
975 露による死亡の報告はない(ATSDR 1992)。
976 ・成人における硫酸タリウムの平均致死量は 1 g (14-15 mg/kg 体重) であるとした報告が
977 ある。しかし、1-2 g 摂取した症例で生存した例があるが、1 回 3 g 以上の摂取では死亡
978 している。28 mg/kg 体重を摂取し、治療を受けた症例では生存した報告がある。成人の
979 最小の急性致死量は 8 mg/kg 体重であり、急性毒性発現の徴候は 4 mg/kg 体重以上の摂
980 取で見られた (ACGIH 2010)。
981 ・タリウムの経口摂取の急性症状は、腹痛、吐き気、嘔吐、頭痛、脱力感、筋肉痛、かす
982 み眼、情動不安、痙攣、心拍数増加である。症状は、遅れて現われることがある (ICSC
983 2013a)。
984 ・硫酸タリウム及び炭酸タリウムの吸入ばく露の急性症状は、咳、咽頭痛で、経口摂取の
985 症状は、腹痛、吐き気、嘔吐、下痢、頭痛、脱力感、痙攣、筋肉痛、麻痺、せん妄及び

- 986 意識喪失である。神経障害の症状は、2~3日経過してから現れる (ICSC 2013b,c)。
- 987 ・19歳の男性が硝酸タリウムとして推定量 54-110 mg/kg 体重を1回故意に経口的に摂取
- 988 し、9日目に死亡した事例では、中枢神経及び末梢神経の軸索変性が観察された。7日
- 989 目と9日目に得られた神経の検査で二次的な髄鞘の消失を伴った軸索の変性が認めら
- 990 れ、軸索は腫大し、膨張したミトコンドリアと空胞を含んでいた。肺では硝子様膜と限
- 991 局性の器質化を伴ったびまん性の肺胞障害が認められ、さらに、気管支肺炎も観察され
- 992 た (ATSDR 1992)。
- 993 ・経口摂取によるタリウムの筋肉への影響に関する報告は少なく、2例のタリウム中毒で
- 994 は筋の生検による組織検査で筋線維の壊死、線維の断裂などの筋障害が認められた
- 995 (ATSDR 1992)。
- 996 ・タリウムによる症例報告では肝障害が認められ、脂肪変性を伴った小葉中心性肝細胞壊
- 997 死が報告されている。肝障害はタリウムの直接的障害か間接的障害かは明らかではない
- 998 が、血清AST、ALT及びALPレベルは上昇した (ATSDR 1992)。
- 999 ・タリウム中毒の症例報告では腎障害が認められ、1症例では組織検査により広範な皮質
- 1000 壊死が観察され、おそらく梗塞によるものと報告されている。タリウム摂取により腎機
- 1001 能は障害され、クレアチニンクリアランスは低下し、BUNは上昇し、尿たんぱくが認め
- 1002 られた (ATSDR 1992)。
- 1003 ・タリウムの経口摂取により脱毛が認められる。脱毛は摂取後8日より認められ、いくつ
- 1004 かの症例では体毛、顎鬚、頭髪で脱毛が観察された。脱毛は一時的で皮膚局所の変化は
- 1005 報告されていない (ATSDR 1992)。
- 1006
- 1007 イ 刺激性及び腐食性
- 1008 ・硫酸タリウムは、皮膚に付くと発赤を生じる (ICSC 2013b)。
- 1009 ・硫酸タリウムは、眼に入ると充血、痛みを生じる (ICSC 2013b)。
- 1010
- 1011 ウ 感作性
- 1012 ・調査した範囲では、報告は得られていない。
- 1013
- 1014 エ 反復ばく露毒性（生殖毒性、遺伝毒性、発がん性、神経毒性は別途記載）
- 1015 吸入ばく露
- 1016 ・職業性ばく露例として、有機タリウム塩を使用していた男性15人の中で症状の程度が
- 1017 多様な12症例が報告された。作業環境の気中ではタリウムが検出されなかったので皮
- 1018 膚吸収が推測された。主な症状は腹痛、疲労感、過敏性、体重減少、四肢の痛みであっ
- 1019 た。脱毛は4人で観察された。最も重症の1例では尿中タリウム濃度は1 mg/Lであっ
- 1020 た (ACGIH 2010)。
- 1021 ・バッテリー工場の作業者の調査が行われた。炉での合金からのフェームによるタリウム
- 1022 のばく露であり、タリウム-マグネシウム合金のストリップ圧延の皮膚接触である。作
- 1023 業管理、作業環境管理の実行によってばく露は劇的に減少した。1976年秋から39人の
- 1024 尿サンプルを採取し、平均尿中タリウム濃度は28 µg/Lであった。尿の7サンプルは50-
- 1025 100 µg/Lの値を示し、3サンプルは100 µg/L以上であり、最高濃度は236 µg/Lであっ

1026 た。1981年の秋までに平均尿タリウム濃度は0.5 µg/L、最高濃度は5.2 µg/Lとなった。
1027 ばく露濃度が高かった2箇所のタリウムの気中濃度は0.014 mg/m³と0.0224 mg/m³であ
1028 った。この気中濃度に対応する尿タリウム濃度の中央値は1.3 µg/Lであった。この時期
1029 の工場の86人のばく露者と79人の非ばく露者について会社の医療部門の記録を比較
1030 し、差は観察されていない。著者は、有害作用が観察されなかったことは、当時のTLV
1031 0.1 mg/m³を支持していると述べているが、この時期の終わりの気中タリウム濃度は
1032 0.1mg/m³と比べてかなり低かった。量反応関係の分析はなく、従事期間のデータもなか
1033 った。ばく露群と非ばく露群の比較に関するデータも提示されていなかった (Marcus
1034 1985)(ACGIH 2010)。

1035 ・1979年にドイツのセメント工場からの放出による近隣汚染が発生し、工場近隣住民の調
1036 査が行われた。近隣住民のタリウム中毒の発症状況、尿、毛髪タリウム濃度が報告さ
1037 れた。24時間尿の平均尿タリウム濃度は2.6 µg/L、最高値では76 µg/Lであった。平均
1038 毛髪タリウム濃度は9.5 µg/Lであった。タリウムによる健康影響を評価するために住民
1039 を現ばく露の評価として尿タリウム濃度(2 µg/L以下、2-20 µg/L及び20 µg/L以上)と
1040 過去ばく露の評価として毛髪タリウム濃度(10 ng/g以下、10-50 ng/g及び50 ng/g以上)
1041 により3群に分け、評価した。3群の平均尿中タリウム濃度は各々0.9 µg/L (n=523)、4.7
1042 µg/L (n=617)及び32.6 µg/L(n=51)であった。平均毛髪濃度は各々4.4 ng/g (n=704)、
1043 18.7 ng/g (n=376)及び93.6 ng/g(n=87)であった。尿や毛髪タリウム濃度の増加に伴っ
1044 て、睡眠障害、頭痛、神経過敏、知覚異常、筋肉や関節の痛みなどの神経症状の発症率
1045 が増加した。尿の低濃度、中濃度、高濃度の3群の睡眠障害の発症率は各々2.1%、3.6%
1046 及び9.8%、神経症状の発生率は14.5%、18.3%及び41.2%であった。尿又は毛髪タリ
1047 ウム濃度と脱毛、皮膚変化、胃腸障害の間で相関はなかった。この調査の後、さらに引
1048 き続いて、近隣住民のタリウムばく露と健康影響についての調査が行われた。尿タリウ
1049 ム濃度は数ヶ月にわたって徐々に低下したが、非ばく露住民に比べて依然として高い値
1050 であった。タリウムばく露がなくなる前の年に汚染地域で生まれた子供の先天異常の調
1051 査を行い、5例の先天異常が観察され、期待値は0.8であったが、著者は、期待値は過
1052 小評価されていると強調し、詳細なデータの解析の結果、タリウムのばく露が先天異常
1053 の原因ではないとしている (Dolgnier et al. 1983)(ACGIH 2010)。

1054 ・ドイツの3つのセメント工場128人の製造従事作業者の調査を行った。従事期間は1~42
1055 年であり、平均19.5年であった。対象者には問診と健診を行った。作業者の尿タリウム
1056 濃度は0.3以下~6.3 µg/g クレアチニン(中央値=0.8 µg/g クレアチニン)であり、非ばく
1057 露者(0.3以下~1.1 µg/g クレアチニン)に比べてわずかに上昇していた。尿タリウム 1
1058 µg/g クレアチニンは約1 µg/Lに相当した。病歴の調査や内科的健診の結果からタリウ
1059 ムによる健康障害の明らかな証拠はないと報告した (ACGIH 2010)。

1060 ・4年間にわたるガラス製造作業によりタリウム含有粉じんを、顔面、頸部、腕にばく露
1061 した作業員(29歳男性)は、脱毛、頭痛、顔と頭の熱感・痛み、味覚低下、食欲不振、吐き
1062 気、体重減少、下痢、疲労感、蕁麻疹、四肢の知覚低下、肩・脚の筋痙攣を訴えた。神
1063 経学的検査により手袋—靴下型の多発性ニューロパシーと診断された。彼の後続の作業
1064 者(57歳男性)は20ヶ月間作業をし、脱毛が起こったが受診はしなかった。毛髪中タリ
1065 ウム濃度はばく露終了後32ヶ月において20 ng/g、終了13ヶ月後の後続作業員では、

1066 576 ng/g であった (平田・埜田 1998)。

1067

1068 経口摂取

1069 ・タリウムが混入した小麦粉袋 (おそらく殺鼠剤として使用していたタリウム) を共用し
1070 ていた 3 家族、26 人が反復経口摂取で中毒症状を示した。これらの半数以上が頭痛、脱
1071 毛、腹痛を訴えた。多くの他の症状はめまい、無気力、刺痛、しびれ、睡眠障害、動作
1072 の緩慢、背部痛、便秘、光線過敏、震え、皮膚のかゆみ、関節痛であった。指の爪の基
1073 部のびらんは 73 %、ミーズ線は 11 %に認められた (ACGIH 2010)。

1074 ・硫酸タリウムの経口摂取では胃腸炎、下痢、便秘、嘔吐、腹痛が引き起こされ、中国で
1075 は 1960 年～1977 年の間に 189 例の慢性タリウム中毒で胃腸障害や末梢神経障害が報告
1076 された。非ばく露群の尿中タリウム濃度(0.14-0.31 mg/L)に比較し、ばく露群では高濃度
1077 のタリウム(0.6-2.25 mg/L, P>0.01)が検出された。同様に毛髪の濃度は、非ばく露群の 5.80-
1078 11.3 mg/kg に比較し、ばく露群では 21.8-31.5 mg/kg (P>0.01)であった。この報告ではタリ
1079 ウムで汚染された土壌で栽培されたキャベツの摂取に起因しているとしている。その他
1080 の詳細は報告されていなかった (ATSDR 1992)。

1081 ・ヒトの症例報告は、タリウムが急性の経口ばく露後、末梢及び中枢神経系の障害を引き
1082 起こすことを示している。経口ばく露後に、つま先と指の痺れ、灼熱脚現象及び筋痙攣
1083 とともに、運動失調、震え及び多発性脳麻痺が報告されている。痙攣と死亡も起こる。
1084 ヒトにおいてタリウムは、遠位に感覚神経優位のニューロパチーを引き起こすことが特
1085 徴的であるが、変化の基となる構造的変化は明確には証明されていない。組織学的評価
1086 では、軸索の変性とミエリンの喪失が示されている (ATSDR 1992)。

1087 ・ヒトの吸入による職業ばく露研究は、タリウムが神経系に影響するかもしれないことを
1088 示している。セメント製造に 5-44 年間(平均 22.9 年)関わった 36 人の労働者は、感覚異
1089 常、つま先と指の痺れ、灼熱脚現象及び筋痙攣を示した。末梢伝導は障害され、体性感
1090 覚作用能の変化があった。脳波の記録に異常はなかった。この研究は非ばく露対照群を
1091 評価していなかった。50 %の患者が、糖尿病、肥満、吸収不良症候群、(アルコール)肝
1092 臓病、関節と結合組織の障害及び高血圧性血管疾患を含む併発症を患っていた。これら
1093 は観察された神経学的作用に影響しているかもしれない(ATSDR 1992)。

1094

1095 オ 生殖毒性

1096 ・タリウムは胎盤を通過するが、生殖毒性に関する報告は限定的である。ドイツの、タリ
1097 ウムが大気中に放出されていたセメント工場周辺に居住する母親から生まれた 297 人
1098 の子供を対象にタリウムによる催奇形性の調査を行った。自家栽培の野菜や果物からタ
1099 リウムを摂取したと推測され、24 時間尿中のタリウムの濃度から過去のタリウムのば
1100 く露を推定したが、妊娠期間中のばく露レベルの信頼できるデータはなかった。母親の
1101 尿中タリウム濃度は 0.6～2.2 µg/L であり、一般人の 1 µg/L に比べて低値であった。タ
1102 リウムのばく露情報が確実ではなく、タリウムの発生毒性は確認できなかった。先天性
1103 の奇形や異常の発生は一般人の期待値と比べて過剰発生はなかった (ATSDR 1992)。

1104 ・中国湖北省内の 3 病院で 2012～2014 年に産まれた低出生体重児 204 人、出産病院、出
1105 生児の性、妊娠年齢でマッチした対照群 612 人の症例対照研究では、出産した日の母親

1106 の尿中タリウム濃度から3群 (<0.39、0.39~0.77、 $\geq 0.78 \mu\text{g TI/g}$ クレアチニン)に分け、
1107 低濃度群に対するオッズ比を求めると高濃度群のオッズ比は 1.52 (95%CI =1.00~2.30)
1108 と有意に高く、妊娠年齢、世帯収入、母親の BMI、出産歴、受動喫煙、妊娠中の高血圧
1109 で調整したオッズ比 1.90 (95%CI= 1.01~3.58)も有意に高かった。また、出産年齢の中央
1110 値(28 歳)、出生児の性、学歴、世帯収入、雇用の有無で層化して比較したところ、調整
1111 後のオッズ比は 28 歳未満の高濃度群で 2.46 (95% CI=1.05~5.88)、年収 50,000 元未満
1112 の高濃度群で 2.53 (95%CI=1.13~5.99)と有意に高かった。これらの結果から、出生前の
1113 高濃度タリウムばく露は低出生体重児のリスク増加に関連することが示唆された (環
1114 境省 2017)。

1115

1116 カ 遺伝毒性

- 1117 ・硫酸タリウム 200 mg を経口摂取した中毒患者の末梢血リンパ球で、染色体異常及び姉
1118 妹染色分体交換は誘発されなかったが、染色体消失型の小核の明らかな増加がみられた
1119 (Hantson et al. 1997) (環境省 2017) 。
- 1120 ・タリウム中毒患者 13 人 (血中タリウム濃度は 25~2,700 $\mu\text{g/L}$)の末梢血リンパ球で、染
1121 色体異常の平均頻度の増加 (中毒群 $7.08 \pm 2.19\%$ 、対照群 2.03 ± 0.25 、 $p < .001$)を認め、単
1122 一断片の割合が高かった (中毒群 $7.77 \pm 2.68\%$ 、対照群 $1.59 \pm 0.23\%$ 、 $p < .001$)。8 人の小
1123 核試験の結果は対照群のデータがないものの、1 人の小核頻度は顕著に高かった
1124 (Nikiforov et al. 1999) (環境省 2017)。

1125

1126 生殖細胞変異原性

- 1127 ・生殖細胞を用いた報告はないが、タリウム中毒患者の末梢血リンパ球で染色体異常の誘
1128 発がみられている。

1129

1130 キ 発がん性

- 1131 ・アメリカの電池製造工場でタリウムにばく露された労働者 86 人、年齢や雇用期間、勤
1132 務形態、作業内容でマッチした対照群 79 人について医療記録をもとに検討した調査で
1133 は、がんの発生率に有意な増加はなかったが、調査の規模等は十分なものではなかった
1134 (環境省 2017)。

1135

1136 発がんの定量的リスク評価

- 1137 ・タリウム及びその水溶性化合物について、(IRIS 2009)、(WHO/AQG-E 2000) (WHO/AQG-
1138 G 2005)、(CalEPA 2020)にユニットリスクに関する情報なし

1139

1140 発がん性分類

1141 IARC : 情報なし (IARC 2021)

1142 日本産業衛生学会 : 情報なし (産衛 2020) EU CLP : 情報なし (EU CLP) (2021/07/24 検
1143 索)

1144 NTP 14th ROC: 情報なし (NTP 2016)

1145 ACGIH : 情報なし (ACGIH 2010)

1146 DFG MAK : 情報なし (MAK 2020)

1147 US EPA : 発がん性の可能性を評価するにはデータが不十分である (IRIS 2009)

1148

1149 ク 神経毒性

- 1150 ・ヒトの症例報告は、タリウムが急性の経口ばく露後、末梢及び中枢神経系の障害を引
1151 き起こすことを示している。経口ばく露後に、つま先と指の痺れ、下肢の灼熱感及び
1152 筋痙攣とともに、運動失調、震え及び多発性脳神経麻痺が報告されている。痙攣と死
1153 亡も起こる。ヒトにおいてタリウムは、遠位に感覚神経優位のニューロパシーを引き
1154 起こすことが特徴的であるが、変化の基となる構造的変化は明確には証明されていな
1155 い。組織学的評価では、軸索の変性とミエリンの喪失が示されている (ATSDR 1992)。
- 1156 ・ヒトの吸入による職業ばく露研究は、タリウムが神経系に影響するかもしれないこと
1157 を示している。セメント製造に 5-44 年間(平均 22.9 年)関わった 36 人の労働者は、感覚
1158 異常、つま先と指の痺れ、下肢の灼熱感及び筋痙攣を示した。末梢神経伝導速度は障
1159 害され、体性感覚神経電位の変化があった。脳波の記録に異常はなかった。この研究
1160 は非ばく露対照群を評価していなかった。50%の患者に、糖尿病、肥満、吸収不良症
1161 候群、(アルコール性)肝臓病、関節と結合組織の障害及び高血圧性血管疾患などの合併
1162 症が認められた。これらは観察された神経学的作用に影響しているかもしれない
1163 (ATSDR 1992)。
- 1164 ・1979 年にドイツのセメント工場からの放出による近隣汚染が発生し、工場近隣住民の
1165 調査が行われた。近隣住民のタリウム中毒の発症状況、尿、毛髪タリウム濃度が報
1166 告された。尿や毛髪タリウム濃度の増加に伴って、睡眠障害、頭痛、神経過敏、知覚
1167 異常、筋肉や関節の痛みなどの神経症状の発症率が増加した (ACGIH 2010)。
- 1168 ・4 年間にわたるガラス製造作業によりタリウム含有粉じんを顔面、頸部、腕にばく露し
1169 た作業員 (29 歳男性) は、脱毛、頭痛、顔と頭の熱感・痛み、味覚低下、食欲不振、吐
1170 き気、体重減少、下痢、疲労感、蕁麻疹、四肢の知覚低下、肩・脚の筋痙攣を訴え
1171 た。神経学的検査により手袋—靴下型の多発性ニューロパシーと診断された (平田・
1172 埴田 1998)。
- 1173 ・19 歳男性において、致死的な 1 回推定用量 54-110 mg タリウム/kg (硝酸タリウムとし
1174 て) の摂取後に、重篤な脳と末梢の神経障害が報告されている。7 日及び 9 日後に得ら
1175 れた神経の検査で二次的な髄鞘の消失を伴った軸索の変性が認められ、軸索は腫大
1176 し、膨張したミトコンドリアと空胞を含んでいた。死亡した他の症例において、遠位
1177 末梢神経軸索に変性がみられた。しかしながら、信頼できるばく露データ (用量と期
1178 間)は報告されていない (ATSDR 1992)。
- 1179 ・中国では 1960 年～1977 年の間に慢性タリウム中毒として 189 例の末梢神経障害が報告
1180 された。非ばく露群の尿中タリウム濃度 (0.14-0.31 mg/L)に比較し、ばく露群では高濃
1181 度のタリウム (0.6-2.25 mg/L, P>0.01)が検出された。同様に毛髪の濃度は、非ばく露群
1182 の 5.80-11.3 mg/kg に比較し、ばく露群では 21.8-31.5 mg/kg (P>0.01)であった。この報告
1183 ではタリウムで汚染された土壌で栽培されたキャベツの摂取に起因しているとしてい
1184 る。その他の詳細は報告されていなかった (ATSDR 1992)。

1185

- 1186 (3) 許容濃度の設定
- 1187 ACGIH : TLV-TWA 0.02 mg/m³、吸引性粒子 (inhalable particle) (タリウムとして) (2010 : 設定
- 1188 年)、Skin (経皮吸収に注意) (1963 : 設定年) (ACGIH 2010)
- 1189 根拠 : タリウムのばく露は胃腸障害、腹部痛、多発神経炎、運動及び感覚末梢神経障害、吐
- 1190 き気、食欲不振、睡眠障害、脱毛を含む幅広い症状と関連している。
- 1191 ・タリウム及びその化合物の TLV-TWA の勧告値の 0.02 mg/m³ (TI として測定した吸引
- 1192 性粉じんとして) はタリウムばく露と関連した健康障害の証拠がなかったバッテリー
- 1193 工場で測定された最も高い気中タリウム濃度を基にしている。尿タリウム濃度の中央
- 1194 値は 1.3 µg/L であった。この濃度はドイツのタリウムを放出していたセメント工場作
- 1195 業者及び近隣住民で神経学的影響がなかった尿タリウム濃度の範囲内である。
- 1196 ・実験動物でのタリウムの皮膚吸収の観察、作業員で脱毛を含む毒性影響及び白癬の治
- 1197 療でタリウムを皮膚局所で使用したのち観察される毒性の報告より皮膚の注意記載
- 1198 が必要である。
- 1199
- 1200 日本産業衛生学会 : 設定なし(産衛 2020)
- 1201 DFG MAK : 設定なし(MAK 2020)
- 1202 NIOSH REL : TWA 0.1 mg/m³ [skin] (NIOSH 2019)
- 1203 OSHA PEL : TWA 0.1 mg/m³ Skin (OSHA 2021)
- 1204 UK WEL : 0.1 mg/m³ (タリウムとして)、Sk (UK/HSE 2020)
- 1205 OARS WEEL : 設定なし(OARS) (2021/07/24 検索)

- (ACGIH 2010) American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH) : 2021 TLVs and BELs with 9th Edition Documentation. Thallium and compounds (2010).
- (ATSDR 1992) Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR): Toxicological Profile for Thallium(1992)
(<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp54.pdf>)
- (CalEPA 2020) California EPA: “Appendix A: Hot Spots Unit Risk and Cancer Potency Values” (updated 2020) (<https://oehha.ca.gov/media/downloads/crn/appendixa.pdf>)
- (Chemistry Dashboard) US EPA Chemistry Dashboard: Dithallium malonate.
(<https://comptox.epa.gov/dashboard/dsstoxdb/results?utf8=%E2%9C%93&search=2757-18-8>)
- (Dolgner et al. 1983) Dolgner R, Brockhaus A, Ewers U, Wiegand H, Majewski F, Soddemann H. Repeated surveillance of exposure to thallium in a population living in the vicinity of a cement plant emitting dust containing thallium. *Int Arch Occup Environ Health*. 1983; 52: 79-94.
- (Downs et al. 1960) Downs DL, Scott JK, Steadman LT, Maynard EA. Acute and sub-acute toxicity studies of thallium compounds. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1960; 21:399-406.
- (EU CLP) The European Chemicals Agency (ECHA): C&L Inventory. Harmonised classification - Annex VI of Regulation (EC) No 1272/2008 (CLP Regulation). Thallium, dithallium sulphate.
(<https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/102372>)
(<https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/110993>)
- Gibson & Becker 1970 Gibson JE & Becker BA. Placental transfer, embryotoxicity, and teratogenicity of thallium sulfate in normal and potassium-deficient rats. *Toxicol Appl Pharmacol*, 1970; 16: 120-132.
- (Hantson et al. 1997) Hantson P, Desoir R, Léonard ED, Crutzen-Fayt MC, Léonard A, Mahieu P. Cytogenetic observations following thallium poisoning. *J Toxicol Environ Health* 1997; 50: 97-100.
- (Hasan et al. 1977a) Hasan M, Chandra SV, Dua PR, Raghbir R, Ali SF. Biochemical and electrophysiologic effects of thallium poisoning on the rat corpus striatum. *Toxicol Appl Pharmacol* 1977; 41:353-359.
- (Hasan et al. 1977b) Hasan M, Chandra SV, Bajpai VK, Ali SF. Electron microscopic effects of thallium poisoning on the rat hypothalamus and hippocampus: Biochemical changes in the cerebrum. *Brain Res Bull* 1977; 2:255-261.
- (Hasan et al. 1978) Hasan M, Ashraf I, Bajpai VK. Electron microscopic study of the effects of thallium poisoning on the rat cerebellum. *Forensic Sci* 1978, 11:139-146.
- (IARC 2021) International Agency for Research on Cancer (IARC): Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. List of Classifications. Last updated: 2021-07-22.
(<https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>)
- (ICSC 2013a) International Programme on Chemical Safety (WHO/IPCS): 国際化学物質安全性カード(ICSC)日本語版、ICSC 番号 0077 タリウム (2013)
(https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=ja&p_card_id=0077&p_version=2)
- (ICSC 2013b) International Programme on Chemical Safety (WHO/IPCS): 国際化学物質安全性カード(ICSC)日本語版、ICSC 番号 0336 硫酸タリウム(2013)
(https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=ja&p_card_id=0336&p_version=2)
- (ICSC 2013c) International Programme on Chemical Safety (WHO/IPCS): 国際化学物質安全性カード(ICSC)日本語版、ICSC 番号 1221 炭酸タリウム(2013)
(https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=ja&p_card_id=1221&p_version=2)
- (IPCS EHC 1996) International programme on Chemical Safety (IPCS): Environmental health criteria(EHC) 182, Thallium. World Health Organization, Geneva(1996)
(<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc182.htm>)

- (IRIS 2009) U.S. Environmental Protection Agency : TOXICOLOGICAL REVIEW OF THALLIUM AND COMPOUNDS (CAS No. 7440-28-0). In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS) (2009) (<https://iris.epa.gov/static/pdfs/1012tr.pdf>)
- (MAK 2000) Thallium, soluble compounds Thalliumverbindungen, löslich [MAK Value Documentation in German language, 2000] (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb744028vlod0030>)
- (MAK 2020) Deutsche Forschungsgemeinschaft : List of MAK and BAT values. (2020) (https://series.publisso.de/sites/default/files/documents/series/mak/lmbv/Vol2020/Iss2/Doc002/mbwl_2020_eng.pdf)
- (Marcus 1985) Marcus RL. Investigation of a working population exposed to thallium. J Soc Occup Med. 1985 ; 35: 4-9.
- (Marwaha et al. 1980) Marwaha J, Freedman R, Hoffer B. Electrophysiological changes at a central noradrenergic synapse during thallium toxicosis. Toxicol Appl Pharmacol. 1980; 56:345-52.
- (MRI 1988) MRI (Midwest Research Institute) : Toxicity of thallium (I) sulfate (CAS No.7446-18-6) in Sprague-Dawley rats.Vol.2 Subchronic (90-day) study [revised final report] (1988). unpublished
- (Nikiforov et al. 1999) Nikiforov A, Slozina N, Neronova E, Kharchenko T, Sosukin A, Scherbak S, Sarana A, Onikienko S. Cytogenetic investigation of thallium-poisoned people: pilot study. J Toxicol Environ Health A. 1999 ; 58 : 465-8.
- (NIOSH 2019) NIOSH : NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Thallium (soluble compounds, as Tl). Page last reviewed: October 30, 2019 (<https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0608.html>)
- (NTP 2016) National Toxicology Program(NTP): U.S. Department of Health and Human Services .14th Report on Carcinogens 2016 (https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/listed_substances_508.pdf)
- (OARS) Occupational Alliance for Risk Science (OARS): OARS Workplace Environmental Exposure Levels (WEELs). OARS WEEL TABLE (https://www.tera.org/OARS/PDF_documents/OARS_WEEL_Table.pdf)
- (OSHA 2021) Occupational Safety and Health Administration (OSHA) : OSHA Occupational Chemical Database. THALLIUM, SOLUBLE COMPOUNDS..Updated Date : 01/29/2021. (<https://www.osha.gov/chemicaldata/521>)
- (PubChem 2021a) NIH. NLM. NCBI: Thallium trinitrate. Modify2021-08-28 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/159690>)
- (PubChem 2021b) NIH. NLM. NCBI: Thallium nitrate. Modify 2021-08-14. (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24937>)
- (PubChem 2021c) NIH. NLM. NCBI: Thallium(III) chloride. Modify2021-08-28 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/83482>)
- (PubChem 2021d) NIH. NLM. NCBI:Thallium fluoride. Modify 2021-08-28 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/62675>)
- (PubChem 2021e) NIH. NLM. NCBI: Thallium iodide. Modify 2021-08-28 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/62679>)
- (PubChem 2021f) NIH. NLM. NCBI: Thallium(I) bromide. Modify 2021-08-28 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/62677>)
- (PubChem 2021g) NIH. NLM. NCBI: Thallium malonate. Modify 2021-08-28 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/17687>)
- (UK/HSE 2020) U.K. Health and Safety Executive : EH40/2005 Workplace exposure limits (Containing the list of workplace exposure limits for use with the Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (as amended) (Fourth Edition 2020) (<https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/eh40.pdf>)
- (US EPA 1992) US EPA: Drinking Water Criteria Document for Thallium Final.(1992) (<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/901H0500.PDF?Dockey=901H0500.PDF>)
- (WHO/AQG-E 2000) WHO “Air Quality Guidelines for Europe : Second Edition” ,(2000) (<http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>)

- (WHO/AQG-G 2005) WHO "Air Quality Guidelines – global update 2005 (http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)
- (Woods & Fowler 1896) Woods JS, Fowler BA. Alteration of hepatocellular structure and function by thallium chloride: ultrastructural, morphometric, and biochemical studies. *Toxicol Appl Pharmacol.* 1986 ; 83:218-29.
- (Zasukhina et al. 1983) Zasukhina GD, Vasilyeva IM, Sdirkova NI, Krasovsky GN, Vasyukovich LYa, Kenesariev UI, Butenko PG. Mutagenic effect of thallium and mercury salts on rodent cells with different repair activities. *Mutat Res.* 124: 163-73. 1983
- (化工日 2021) 化学工業日報社：17221 の化学商品、硝酸タリウム(I) (2021)
- (環境省 2017) 環境省 環境リスク評価室：化学物質の環境リスク評価 第15巻[10] タリウム及びその化合物 (2017年) (<http://www.env.go.jp/chemi/report/h29-01/pdf/chpt1/1-2-2-10.pdf>)
- 経産省(2021) 経済産業省：一般化学物質の製造・輸入数量 (2019年度実績) (2021)
- (厚労省 2006) 厚生労働省：職場のあんぜんサイト GHS 対応モデルラベル・モデル SDS 情報安全データシート：タリウム. 改訂日 2006年7月24日
- (厚労省 2008a) 厚生労働省：職場のあんぜんサイト GHS 対応モデルラベル・モデル SDS 情報安全データシート：硝酸第一タリウム、作成日 2008年10月20日
- (厚労省 2008b) 厚生労働省：職場のあんぜんサイト GHS 対応モデルラベル・モデル SDS 情報安全データシート：酢酸タリウム、作成日 2008年10月23日
- (厚労省 2017) 厚生労働省：職場のあんぜんサイト GHS 対応モデルラベル・モデル SDS 情報安全データシート：硫酸タリウム、改訂日 2017年3月17日
- (産衛 2020) 日本産業衛生学会 (JSOH)：許容濃度等の勧告(2020年度)、産業衛生学雑誌 62巻5号 198-230 (2020)
- (日本メジフィジックス 2014) 日本メジフィジックス. 添付文書 塩化タリウム(²⁰¹Tl)注 NMP (2014改訂).
- (平田・埜田 1998) 平田衛・埜田和史：慢性職業性タリウム中毒を疑った一症例、産業医学ジャーナル 1998; 21(5) 35-39

1207

1208