

リスク評価書（案）

No.112（詳細）

テトラメチルチウラムジスルフィド

（別名チウラム）

(Tetramethylthiuramdisulfide)

目次

本文	1
別添1 有害性総合評価表	14
別添2 有害性評価書	21
別添3 ばく露作業報告集計表	別添
別添4 標準測定分析法	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 (別添2 参照)

2 (1) 化学物質の基本情報

3 名称：テトラメチルチウラムジスルフィド

4 別名：チウラム、チラム、[ビス(ジメチルカルバミル)ジスルフィド]、N,N,N',N'-テトラメチ
5 ル-2,3-ジチアジチオスクシンアミド、Tetramethylthiuram disulfide、

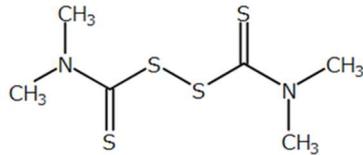
6 Bis (dimethylthiocarbamoyl) disulfide、Tetramethylthioperoxydicarbonic diamide、

7 Thioperoxydicarbonic diamide, tetramethyl-, N,N,N',N'-Tetramethyl-2,3-dithiadithiosuccinamide、

8 Thiram、TMTD (NITE CHRIP 2021)

9 化学式：C₆H₁₂N₂S₄ / (CH₃)₂N-CS-S-S-CS-N (CH₃)₂

10 構造式：



11

12 分子量：240.4

13 CAS番号：137-26-8

14 労働安全衛生法施行令別表9 (名称等を表示し、又は通知すべき危険物及び有害物) 第372号

15 強い変異原性が認められた化学物質(安衛法官報通し番号3888、安衛法官報公示整理番号
16 2-(5)-87)

17

18 (2) 物理化学的性状

外観：無色の結晶

引火点 (C.C.)：89°C

比重 (水=1)：1.3 g/cm³

発火点：—

沸点：129°C (2.6kPa)

爆発限界 (空気中)：—

蒸気圧：ほとんどない (20°C)

溶解性 (水)：溶けない

2.3×10⁻³ Pa (25°C) (SIDS 2010)

18 mg/L(室温) (SIDS 2010)

蒸気密度 (空気=1)：—

オクタノール/水分配係数 log Pow：1.82

融点：155~156°C

換算係数：1 ppm=9.8 mg/m³ (25°C)

1 mg/m³=0.102 ppm (25°C)

19

20 (3) 物理的・化学的危険性

21 ア 火災危険性：可燃性。有機溶剤を含む液体製剤は引火性のことがある。火災時に刺激性
22 もしくは有毒なフェームやガスを放出する。

23 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物を生じる。

24 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。

25 エ 化学的危険性：燃焼すると分解する。イオウ酸化物、硫化炭素などの有害なフェームを生

26 じる。強酸化剤、酸および易酸化性物質と反応する。

27

28 (4) 製造・輸入量、用途等 (化工日 2021)

29 製造・輸入量：762 t(2019 年度)(経済産業省 2021)

30 用途：チウラム系加硫促進剤の代表で天然ゴム、ジエン系合成ゴム、IIR (ブチルゴム)、EPDM (エ
31 チレンプロピレンゴム) CR (クロロプレンゴム)ではリターダーの作用がある)の超促進剤
32 として利用度の最も高いものの一つである。加硫促進力は非常に強いが酸化亜鉛がないと
33 全く加硫しない。臨界温度は 100~102°C、TT (チウラム)配合製品は一般に耐老化性があ
34 り、着色のおそれはない。白色あるいは色物ゴムに適し、低温加硫には適するが、スコ
35 ーチのおそれがある。使用量は 0.3~3%くらいが最適で、単独使用はほとんどなく、主とし
36 て併用である。硫黄加硫時はもっぱら 2 次促進剤として遅効性促進剤 (DM (ジ-2-ベンゾチ
37 アゾリルジスルフィド)、 CZ (N-シクロヘキシル-2-ベンゾチアゾリルスルフェンアミド)
38 など)または D (N,N'-ジフェニルグアニジン)の活性化に効果があり、あらゆる製品のアク
39 チベーターとして用いられる。無硫黄加硫 (3~5%)ができ、耐老化性、耐熱性向上のため
40 硫黄の一部を本品で代用することもある。

41 製造業者：TT (チウラム)：ノーリオン・ジャパン、大内新興化学工業、三新化学工業、TMT (チ
42 ウラム)=川口化学工業、輸入品=ランクセス

43

44 2 有害性評価の結果 (別添 1 及び別添 2 参照)

45 (1) 発がん性

46 ○ ヒトに対する発がん性は判断できない

47 根拠：ヒトにおいて報告はない。動物実験では、ラット、マウスおよびイヌを用いた長期の
48 経口投与試験でチウラム投与による腫瘍発生率の上昇は認められなかった。チウラムの
49 発がん性をIARCはグループ3に、ACGIHはA4に分類している。

50

51 (各評価区分)

52 IARC：グループ 3 (IARC 1991)

53 日本産業衛生学会：情報なし (産衛 2020)

54 EU CLP：情報なし (EU CLP) (2021/09/10 検索)

55 NTP 14th：情報なし (NTP 2016)

56 ACGIH：A4 (ACGIH 2021)

57

58 閾値の有無：なし

59 根拠：「遺伝毒性」の判断を根拠とする。

60 発がんの定量的リスク評価：(IRIS) (WHO/AQG-E 2000) (WHO/AQG-G 2005) (CalEPA 2011)
61 に、ユニットリスクに関する情報なし (2021/11/05検索)。

62 (2) 発がん性以外の有害性

63 ○急性毒性

64 致死性

65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104

ラット

吸入毒性：LC₅₀ = 500～6,600 mg/m³
経口毒性：LD₅₀ = 560～4,000 mg/kg体重
経皮毒性：LDL₀ = 5,000 mg/kg体重

マウス

経口毒性：LD₅₀ = 1,250～4,000 mg/kg体重

ウサギ

経口毒性：LD₅₀ = 210～250 mg/kg体重
経皮毒性：LDL₀ = 1,000 mg/kg体重

健康影響

・ラットおよびマウスの経口投与による単回投与毒性試験では、歩行失調、多動に引き続き、活動性低下、筋緊張喪失、脱毛が認められ、剖検で消化管の充血、限局性潰瘍、肝臓および尿細管の巣状壊死、小脳および延髄の斑状脱髄が認められた。

○皮膚刺激性／腐食性：あり

根拠：

- ・ ヒトでは、チウラムの過剰ばく露で粘膜の紅斑や蕁麻疹を伴う皮膚刺激性が認められた。
- ・ ウサギ（系統、雌雄不明）の皮膚に対して、投与4時間後の観察では影響がみられなかったが、24時間後には軽微な刺激性が認められた。

○眼に対する重篤な損傷性／刺激性：あり

根拠：

- ・ ヒトでは、チウラムの過剰ばく露で結膜炎が認められた。
- ・ ウサギ（系統、雌雄不明）の眼に対して中等度の刺激性を有するとされ、ウサギの眼刺激性が100 mg/24 Hで認められている。

○皮膚感作性：あり

根拠：色々なタイプの作業現場において、職業ばく露によりチウラム類（チウラムが含まれている可能性が高い）により感作され、標準的な検査でチウラム類に陽性反応を示した患者の多くでは、チウラムに対しても陽性反応を示した。日本産業衛生学会は、チウラムを皮膚感作性物質第1群に分類している。

○呼吸器感作性：判断できない

根拠：ゴム製造工場の労働者の内、24.5%がアレルギー性疾患に罹患しており、9.3%が皮膚のアレルギーで、2.8%が気管支喘息であったとしている。アレルギー性疾患患者の14.1%が複数の化学物質アレルギーの皮膚テスト陽性であったとの報告があるが、チウラムばく露によるかは明らかではない。動物実験の報告はない。

○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）

105 (イヌ、経口投与、104 週間)
106 NOAEL = 0.4 mg/kg 体重/日
107 根拠: Beagle イヌ (雌雄各 4 匹/群) に、0、0.4、4、40 mg/kg 体重/日のチウラム (純度: 98.7%)
108 をゼラチンカプセルで 104 週間経口投与した。40 mg/kg 群では雌雄とも、投与開始か
109 ら 11 週目までに悪心、嘔吐、流涎、間代性痙攣、貧血などの著しい症状が認められた。
110 眼底出血、縮瞳、網膜の落屑などが認められた。4 mg/kg 群の雌雄でも悪心、嘔吐、
111 流涎が頻繁にみられ、雌の 1 匹では 37 週目から間代性痙攣が認められた。ヘマトクリ
112 ット値、ヘモグロビン量、赤血球数の減少が 4 mg/kg 以上の群の雌雄で認められた。
113 40 mg/kg 群の雌雄で ALP 活性、総コレステロールの上昇がみられ、試験後半には AST、
114 ALT も高値を示した。4 mg/kg 群では、総コレステロールおよび ALT の高値が雌雄と
115 も認められたが、雄の総コレステロールは有意ではなかった。病理組織学的検査では、
116 4 mg/kg 群で肝細胞壊死が雄 2 匹、雌 1 匹に、近位尿細管の腫脹と空胞化が雌 2 匹に
117 認められた。40 mg/kg 群では肝臓の小葉中心部の肝細胞萎縮および巣状壊死を伴う脂
118 肪変性が雄 2 匹、雌 3 匹に、クッパー細胞の色素 (ヘモジデリン) 沈着が雄 1 匹、雌
119 2 匹に、近位尿細管の腫脹と空胞化が雌 2 匹に、甲状腺の C 細胞の過形成が雌雄各 1
120 匹に、網膜病変が雄 2 匹、雌 3 匹に認められた。中枢および末梢神経の病理学的変化
121 は認められなかった。4 mg/kg 以上の群で、貧血、総コレステロールの上昇がみられ、
122 肝臓および腎臓に病理組織学的変化が認められたことから、SIDS および MAK は
123 NOAEL を 0.4 mg/kg/日としている。

124
125 不確実係数: 10
126 根拠: 種差 (10)
127 評価レベル: 0.24 mg/m³ (0.02 ppm)
128 計算式: $0.4 \text{ mg/kg} \times 1/10 \times 60 \text{ kg}/10 \text{ m}^3 = 0.24 \text{ mg/m}^3$

129
130 ○生殖毒性: あり
131 NOAEL = 2.3 mg/kg体重/日
132 根拠: SDラット雌 (27~28匹/群)に0、2.3、11.5、43.5 mg/kg体重のチウラム (純度: 98.6%)を
133 妊娠6日~15日まで混餌投与した。摂餌量の減少が11.5 mg/kg群、体重増加量および摂
134 餌量の減少が43.5 mg/kg群で認められた。胎児の胸骨の変異が11.5 mg/kg群で認められ、
135 胎児体重の減少、骨化遅延および胸骨と椎骨の骨格変異が43.5 mg/kg群で認められた。
136 MAKは母動物のNOAELを2.3 mg/kg体重としている。以上の結果から、胎児のNOAEL
137 は2.3 mg/kg体重と判断する。

138
139 不確実係数: 10
140 根拠: 種差 (10)
141 評価レベル = 1.38 mg/m³ (0.14 ppm)
142 計算式: $2.3 \text{ mg/kg} \times 1/10 \times 60 \text{ kg}/10 \text{ m}^3 = 1.38 \text{ mg/m}^3 (0.14 \text{ ppm})$

143
144 <参考>

作業時間中の30%から90%にチウラムにばく露された妊娠中の労働者(人数不明)で、後期妊娠中毒症の人数、妊娠33週~37週における尿中エストリオール量の減少および早産、流産数とばく露量およびばく露期間との間に相関関係が認められた。胎児の心電図異常が、30%の妊婦で認められた。MAKは、非ばく露対照者のデータがないこと、統計学的評価が実施されていないこと、ばく露あるいは調査した人数、正確なばく露量やばく露期間、同時期にばく露された他の化合物の情報がないことから、この試験は評価に使用できないとしている。

○遺伝毒性：あり

根拠：チウラムやジメチルジチオカルバミン酸亜鉛、テトラエチルチウラムジスルフィドなどにばく露された勤務歴3~12年のゴム製造工場の労働者の末梢血リンパ球で、ばく露期間に関わらず染色体の損傷やギャップが増加したという報告があるが、チウラムばく露によるものかは明らかではない。実験的には*in vitro*で細菌を用いた復帰突然変異試験、哺乳類培養細胞を用いたコメット試験およびDNA鎖切断試験は陽性であった。不定期DNA合成試験および姉妹染色分体交換試験は、陽性と陰性の結果があった。HPRT試験は陰性であった。染色体異常試験は1試験の陽性結果を除いて陰性であったが、小核試験は1試験ではあるが陽性であった。*In vivo*では、マウスのコメット試験およびマウススポットテストは陰性、マウスおよびチャイニーズハムスターの小核試験は一部の試験を除き陰性、マウスの染色体異常試験は陽性と陰性の結果があった。マウス優性致死試験は用いたチウラムの純度が低い陽性、ショウジョウバエの伴性劣性致死試験も陽性であった。厚生労働省は"強い変異原性が認められた化学物質"に指定、ACGIHは"種々の実験系で遺伝毒性が示された"としている。試験に用いたチウラムの純度や毒性などを考慮し、SIDSは"遺伝毒性なし"とし、MAKは*in vitro*の遺伝毒性ポテンシャルを認めている。

生殖細胞変異原性：あり

根拠：*In vivo*で、Swissマウス雄に150 mg/kg体重のチウラム(純度75%)を7週間混餌投与した優性致死試験で、対照群と比べて着床前胚損失の誘発および着床後胚死亡数の増加が認められた。ただし、純度75%のチウラムが使用されており、MAK(2007)ではチウラムの単独の作用か否かは不明であるとしている。また、チウラムは、マウスに経口投与したコメット試験およびマウススポットテストは陰性であった。マウスあるいはチャイニーズハムスターに経口投与あるいは腹腔内投与した小核試験は、一部の試験を除き陰性であった。マウスに経口投与した染色体異常試験は、精母細胞でpolyploidyの増加がみられ、精原細胞では陽性と陰性の結果が得られている。ショウジョウバエの伴性劣性致死試験は陽性であった。*In vitro*で、姉妹染色分体交換試験は、S9 mix添加の有無にかかわらずCHO細胞では陰性であった。V79チャイニーズハムスター細胞を用いたHPRT試験は複数の試験でS9 mix添加の有無にかかわらず陰性であった。

185 ○神経毒性：あり

186 NOAEL = 2.04 mg/kg体重/日

187 根拠：SDラット (雌雄各15匹/群)に、雄は0、1.74、7.26、28.63 mg/kg体重/日、雌は0、2.04、
188 8.07、31.82 mg/kg体重/日のチウラム (純度: 98.76 %)を混餌投与した亜慢性神経毒性試
189 験で、体重増加量の減少が、雄の28.63 mg/kg 群 (33.5 %)、雌の31.82mg/kg群 (35.2 %)
190 とも認められた。機能観察総合評価 (FOB、Functional observational battery)では、活動
191 性亢進および立ち上がり回数が増加が、28.63 mg/kg群の雄で8週および13週目に認め
192 られた。8.07 mg/kg以上の群の雌でも同様の変化が認められた。28.63/31.82 mg/kg群の
193 剖検および病理組織学的検査では、投与に関連した異常は認められなかった。以上の
194 結果、NOAELは、雌は2.04 mg/kg/日、雄は7.26 mg/kg/日であった。

195

196 不確実係数：10

197 根拠：種差 (10)

198 評価レベル：1.71 mg/m³ (0.17 ppm)

199 計算式： 2.04 mg/kg × 7/5 × 1/10 × 60 kg/10 m³ = 1.71 mg/m³

200 (3) 許容濃度等

201 ACGIH：TLV-TWA 0.05 mg/m³ (0.005 ppm)インハラブル (吸引性) 画分および蒸気 (2014年
202 設定)、DSEN (2014年設定)、A4 (1996年設定)

203 根拠：チウラムは、急性毒性は低～中程度、刺激性は軽～中等度であり、皮膚感作性が動
204 物モデルとヒトの両方で認められた。チウラムの各種遺伝毒性試験において、遺伝
205 毒性を示すデータが得られている。げっ歯類の長期混餌投与試験では、腫瘍の増加
206 は認められなかった。生殖に関するエンドポイントについても変化はみられず、胎
207 児についても感受性が高いとは思われない。刺激性が労働者集団で報告されている
208 が、チウラムばく露の影響を示す信頼できるデータはない。そこで、TLVは、動物
209 の反復投与試験のデータから算出した。ラットとイヌでは、13週間～2年間の反復
210 投与における全身毒性のNOELは約0.5 mg/kg体重であった。1試験で胃への刺激性
211 が0.05 mg/kg体重で認められ、これが最も低い用量であったが、他の試験では認め
212 られなかったこと、組織障害の程度は軽微であったことから、このデータは算出に
213 使用しなかった。経口、吸入とも完全に吸収されると仮定すると、経口投与の0.5
214 mg/kg体重は、吸入投与の3.5 mg/m³に相当する。TLV-TWA 0.05 mg/m³ (インハラブ
215 ル (吸引性) 画分および蒸気)は、全ての有害作用を防ぐのに十分な量である。経皮
216 急性毒性のデータからSkin表記は必要がないが、DSEN表記は、ヒトおよび動物の
217 チウラムばく露に関係した経皮感作の報告に基づき勧告される。ラットおよびマウ
218 スの生涯混餌投与で腫瘍の発生増加はみられていない。したがってチウラムはA4
219 (ヒト発がん性因子として分類できない)が割り当てられた。RSEN表記および
220 TLV-STELを勧告する十分なデータはない。

221

222 日本産業衛生学会：許容濃度：0.1 mg/m³ (2008年提案)、感作性物質 (皮膚第1群) (産衛 2020)

223 根拠：ヒトに関する報告は少なく、許容濃度が算定できる結果が十分得られていない現状

224 から、動物実験の結果を用いざるをえなかった点、経口ばく露量をそのまま吸入ば
225 く露にあてはめた点、チウラムとテトラメチルチウラムモノスルフィドの性質が多
226 少異なる点等、不確実な問題は残るが、一方で NOAEL ではなく、NOEL を元にチ
227 ウラムの許容濃度を考えるとすれば、かなり厳しい値になることも予想される。従
228 って、NOEL の範囲 0.03~0.15 mg/m³ の中間の値を取って、TLV (TWA)0.1 mg/m³ と
229 するのが妥当と判断した。アレルギー性接触皮膚炎についての報告は多く、ヒトに
230 おける影響の結果を総合して、皮膚感作性物質第 1 群と判断される。呼吸器のアレ
231 ルギー症状についての報告もあるが、まだ十分検討されているとは言えず、気道感
232 作性物質の分類は現段階では困難と思われる。発がん性に関しては、まだ十分に検
233 討されているとは言えず、今回は、発がん性について考慮せず、慢性毒性、生殖毒
234 性の結果からのみ提案を行った。

235

236 DFG MAK : 1 mg/m³ 、Sh、妊娠リスクグループ C (設定年 2006)

237 根拠：多くの試験がチウラムの純度を正確に測定しないで行われてきた。これらの試験は
238 評価に使用できない。したがって、評価は純度を正確に記載された結果のみで行っ
239 た。サルモネラ菌の変異原性試験で、チウラムは TA100 と TA1535 株に突然変異を
240 起こした。In vitro で DNA 鎖切断および SCE だけでなく染色体異常がみられた。In
241 vivo で DNA 鎖切断がマウスリンパ球でみられたが、小核試験は、細胞傷害性を示
242 した用量で陽性であった 1 試験を除いて陰性であった。多くの 2 年間の試験でチウ
243 ラムは、ラット、マウスおよびイヌに腫瘍を誘発しなかった。したがって、チウラ
244 ムは発がん性カテゴリーに分類されない。

245 イヌにおいて 4 mg/kg 体重以上で、悪心、嘔吐、流涎および ALP 活性と血清コレス
246 テロールの増加がみられた。雌では、赤血球数、ヘマトクリットおよびヘモグロビ
247 ン値が減少し、ALT 活性が増加した。近位尿細管における腫脹と空胞化が観察され
248 た。雄では、肝臓の絶対および相対重量が増加し、肝細胞の変性がみられた。最も
249 感受性の高い種としてイヌの全身毒性の NOAEL は 0.4 mg/kg 体重/日であった。イ
250 ヌの NOAEL から、職場の気中濃度は 2.8 mg/m³ と算出できる (体重 70kg、吸入空
251 気量を 10 m³、100%保持と仮定)。したがって、MAK 値は 1 mg/m³ が設定される。
252 2002 年に、チウラムはピークばく露限度カテゴリーII、エクスカージョンファクタ
253 ー1 と分類された。ピークばく露限度カテゴリーII が保持される。MAK 値を 1mg/m³
254 に下げた結果、エクスカージョンファクターは 1 から 2 に変更される。

255 ラットにおける発生毒性の NOAEL は、7.5 および 10 mg/kg 体重/日 (ヒトにおいて
256 53 mg/m³ および 70 mg/m³ に相当) であり、ウサギの NOAEL は、5 および 10 mg/kg
257 体重/日 (ヒトにおいて 35 および 70 mg/m³ に相当) である。これらの NOAEL と
258 MAK 値 1 mg/m³ の差は、妊娠リスクグループ C 分類の根拠として十分大きい。

259 1996 年の Documentation 以降に発表された臨床知見は、チウラムが接触アレルギー
260 としてリスクを起こし続けていることを示している。いくつかのタイプの職場で、
261 ばく露がチウラム類(チウラムを含む可能性が最も高い)に対する感作性を起こし、
262 標準シリーズのチウラムミックスに陽性の患者の大多数はチウラムにも陽性を示し
263 た。動物実験の結果は一貫していないが、ほとんどの結果はチウラムの接触感作性

264 を確認している。したがって、チウラムは”Sh”と指定され続ける。
265 チウラムの呼吸器感作性を確認したヒトまたは動物の知見がないので、チウラムは
266 再び”Sa”に指定されない。
267 モデル計算による皮膚を介した吸収量（約0.05mg）は、MAK 値の吸入による吸収
268 量（10 mg）と比較し無視できる。皮膚適用後の急性毒性は低い。したがってチウ
269 ラムは”H”と指定されない。
270 *In vitro* でのインディケーター試験は遺伝毒性を示しているが、遺伝子突然変異は *in*
271 *vitro* でみられていない。純度の高いチウラムの *in vivo* の遺伝毒性はみられていない。
272 小核試験は、対照のばらつきの大きさと細胞毒性レベルの用量においてみられた唯
273 一の陽性結果を除いて陰性であった。マウスの生殖細胞において染色体異常の誘発
274 はみられなかった。（MAK 2007）。

275
276 NIOSH REL : TWA 5 mg/m³

277 OSHA PEL : TWA 5 mg/m³

278 (4) 評価値

279 ○一次評価値：なし

280 動物試験から導き出された無毒性量 (NOAEL) から不確実係数を考慮して算定した評価レ
281 ベルが二次評価値の十分の一以上であるため。

282 ※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
283 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。

284

285 ○二次評価値：0.05 mg/m³

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

287 ※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
288 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、
289 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
290 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。

291

292 3 ばく露実態評価

293 (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）

294 テトラメチルチウラムジスルフィドの有害物ばく露作業報告については、概要下表のとおり
295 提出があった。

296 なお、主な用途は「触媒又は添加剤として使用」及び「他の製剤等の原料として使用」であ
297 った。また、主な作業の種類は「計量、配合、注入、投入又は小分けの作業」及び「ろ過、混
298 合、攪拌、混練又は加熱の作業」であった。

299

300

301

302

表1 ばく露作業報告集計表

報告数	62事業場	計99件
年間製造・取扱量	～500kg未満	14%
	500kg～1t未満	13%
	1t～10t未満	54%
	10t～100t未満	14%
	100t～1000t未満	5%
	1000t～	
作業1回当たり製造・取扱量 (単位kg又はL)	～1未満	50%
	1～1000未満	44%
	1000～	6%
1日当たり 作業時間	～15分未満	8%
	15分～30分未満	7%
	30分～1時間未満	15%
	1時間～3時間未満	18%
	3時間～5時間未満	16%
	5時間～	35%
発散抑制措置	密閉化設備	4%
	局所排気装置	70%
	プッシュプル	
	全体換気装置	25%

304

305 (2) ばく露実態調査結果

306 有害物ばく露作業報告のあった 62 事業場のうち、調査の実施に同意が得られた事業場の中
307 から 7 事業場（平成 30 年度事業場）を選定してばく露実態調査を実施した。

308 対象事業場においては、製造・取扱作業に従事する 16 人について個人ばく露測定を行うと
309 ともに、24 地点についてスポット測定、3 単位作業場において作業環境測定のア測定を実施し
310 た。個人ばく露測定結果については、ガイドラインに基づき、8 時間加重平均濃度(8 時間 TWA)
311 を算定した。

312 (※調査の実施については 10 事業場から同意が得られたが、うち 3 事業場については年度内に
313 製造計画が無いことが確認されたため、最終的に 7 事業場を対象とした。)

314 ○測定分析法（詳細な測定分析法は別添 4 に添付）

- 315 ・サンプリング：PTFE ろ紙を用いて捕集（※捕集対象は総粉じん）
316 ・分析法：高速液体クロマトグラフ分析法（HPLC）

317 ○対象事業場における作業の概要

318 対象事業場におけるテトラメチルチウラムジスルフィドの用途は、「対象物の製造」、「他
319 製剤の原料」及び「触媒又は添加剤としての使用」であった。

320 テトラメチルチウラムジスルフィドのばく露の可能性のある主な作業（その 1 回当たり作
321 業時間）は、「対象物質の小分け」（10～40 分間）、「製剤投入」（25 分間）、「製剤取

322 出し（10分間）、「製剤秤量」（15分間）、「製剤梱包」（15分間）、「製品の充填作
323 業」（約3分間/回×袋数）、「対象物質混合」（170～180分）、「対象物質仕上げ」（170
324 ～180分）等であった。

325 また、作業環境は、調査した作業については全て屋内で行われていた。ばく露防止対策と
326 しては、調査対象とした45作業中33作業で局所排気装置が設置されており、全ての作業で
327 呼吸用保護具（防じんマスク）が使用されていた。

328 ○測定結果

329 測定は、16人の労働者に対し実施し、定量下限値を下回った1データを除く15データを
330 評価データとして採用した。

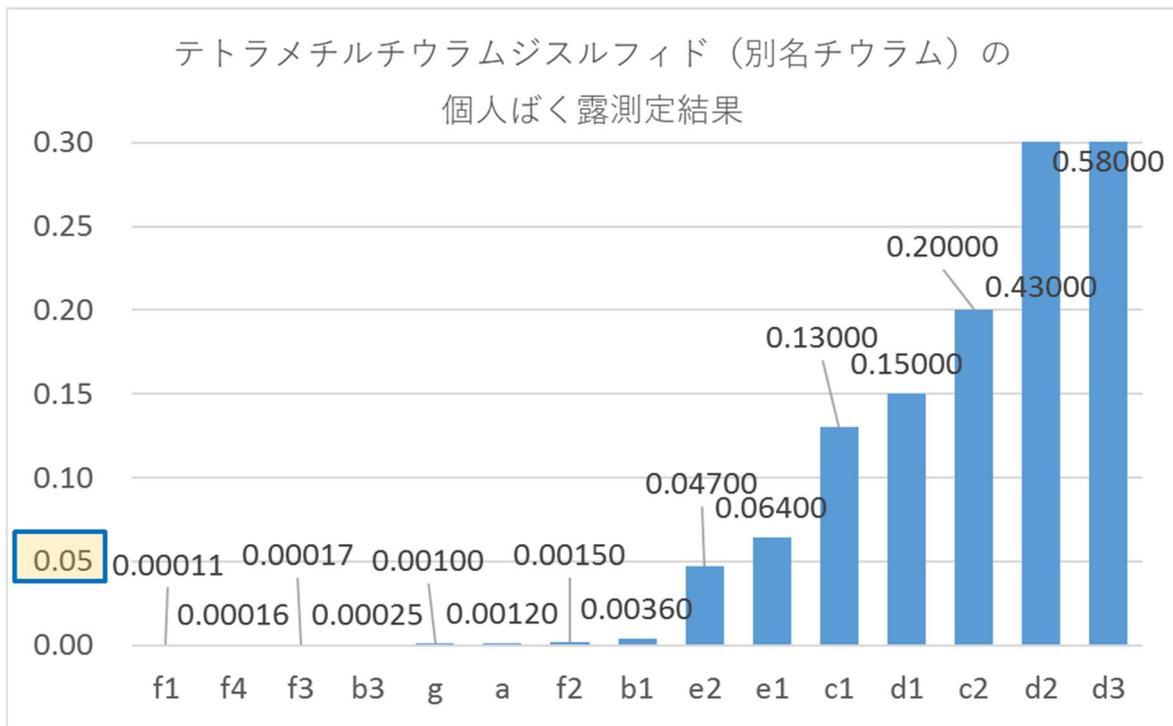
331 個人ばく露測定の結果から、8時間TWA（総粉じん）の最大値は、対象物質の小分け、製
332 剤の投入・取出し・秤量・梱包等の一連の作業で測定された0.58 mg/m³であった。また、ガ
333 イドラインに従い、区間推定上側限界値（信頼率90%、上側5%）は2.4 mg/m³となった。

334 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
335 く露最大値の高い方を最大値とする。）に準拠し、区間推定上側限界値（信頼率90%、上側
336 5%）の2.4 mg/m³となった。二次評価値0.05mg/m³はインハラブル粒子についてのものであ
337 り、ばく露実態調査における測定対象の総粉じんと完全に同一のものではないが、概ねかけ
338 離れた値にはならないものと考えられるところ、ばく露最大値は二次評価値に比べて概ね高
339 いTWA値を示したと考えてよい。

340 また、スポット測定の実測データの最大値は、製剤の秤量作業（15分/回、2回/日、4日/
341 付き）における0.378 mg/m³であった。

342

343 **図1 テトラメチルチウラムジスルフィド（別名チウラム）の個人ばく露測定結果**



344

345 4 初期リスク評価の結果

346 以上を踏まえ、テトラメチルチウラムジスルフィド（別名チウラム）についての初期リスク評
347 価は、以下のとおりとされた。

348 テトラメチルチウラムジスルフィド（別名チウラム）の製造・取扱事業場においては、最大ば
349 く露量（区間推定上側限界値） 2.4 mg/m^3 が二次評価値 0.05 mg/m^3 を大きく上回っているため、詳
350 細リスク評価を行い、ばく露の高い要因等を明らかにする必要がある。

351 （※二次評価値としてはインハラブル粒子についてACGIHが勧告しているTLV-TWAを採用して
352 いる一方、ばく露実態調査における捕集方法は総粉じんに係るものであり、厳密に言えば捕集対
353 象に若干の差違があるが、その差違を考慮してもなお、最大ばく露量が二次評価値を上回ってい
354 るのは明らかであると考えてよい。）

355 詳細リスク評価の際には、捕集方法に留意しつつ、二次評価値を上回ると考えられる対象物質
356 の小分け、製剤の投入・取出し、秤量、梱包等の作業等について、当該作業工程に共通した問題
357 かをより詳細に分析するとともに、実態調査を行った作業以外に高いばく露の可能性のあるもの
358 があるか否かを確認する必要がある。

359 なお、本物質について、日本産業衛生学会又はACGIHにおいて経皮吸収の勧告はなされてい
360 ない。

361 本物質は、労働安全衛生法に基づくラベル表示及びSDS交付、並びにリスクアセスメントの義
362 務対象物質となっている。本物質の製造・取扱作業に労働者等を従事させる事業者は、今後実施
363 する詳細リスク評価の結果を待たず、本物質が皮膚刺激性／腐食性、眼に対する重篤な損傷性／
364 刺激性、皮膚感作性、反復投与毒性、遺伝毒性及び神経毒性がある物質であるとともに、事業場
365 において高いばく露が生じているケースが散見されることを踏まえてリスクアセスメントを実
366 施し、その結果に基づくリスク低減措置を講ずることが必要である。

367 5 詳細リスク評価に係る追加調査の結果

368 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。

369 (1)平成30年度の調査において高いばく露濃度が測定された3事業場のうち1事業場に対する再
370 調査(令和2年度)

371 平成30年度に実施した個人ばく露測定において高い濃度が測定された事業場のうち、対象
372 物質の小分け、混合、仕上げ作業を行う事業場において、その要因等を明らかにするため、同
373 じ作業を行う者2名を対象として再調査を実施した。

374 当該作業者の保護具装着状況は、取替え式防じんマスク、保護メガネ、溶剤用手袋着用であ
375 った。

376 局所排気装置の設置状況は、混合作業及び仕上げ作業を行う作業場所には囲い式局所排気装
377 置が設置されていた。

378 (2)新たに選定した事業場に対するばく露実態調査（令和2年度）

379 新たに取扱事業場を1事業場選定し、対象物質の投入、充填、内袋口封作業等を行う作業
380 者計3名を対象として実施した。

381 作業者の保護具装着状況は、取替え式防じんマスク、保護メガネ、軍手と革手袋併用着用で
382 あった。

383 局所排気装置の設置状況は、投入作業を行う作業場所には囲い式及び外付け式局所排気装置
384 が、充填作業を行う作業場所には外付け式局所排気装置が設置されていた。
385

386 ○測定結果

387 追加調査として5人の労働者に対して実施した個人ばく露測定の結果、8時間TWAの最
388 大値は、対象物質の投入作業及び内袋口封作業等を行っていた作業員で測定された0.07
389 mg/m³であった。

390 また、スポット測定の実測データの最大値は、サンプリング作業を行う際に測定された
391 0.09 mg/m³であり、1回の作業時間は3分であった。

392 6 追加調査を踏まえた測定結果の概要について

393 初期リスク評価までのばく露実態調査及びその後の追加調査において、21人の労働者に対して
394 個人ばく露測定を実施し、定量下限値を下回った1データを除く20データを評価データとして採
395 用した。

396 その結果、8時間TWAの最大値は、対象物質の小分け、製剤の投入・取出し、秤量、梱包作業
397 を行っていた作業員で測定された0.58 mg/m³であった。

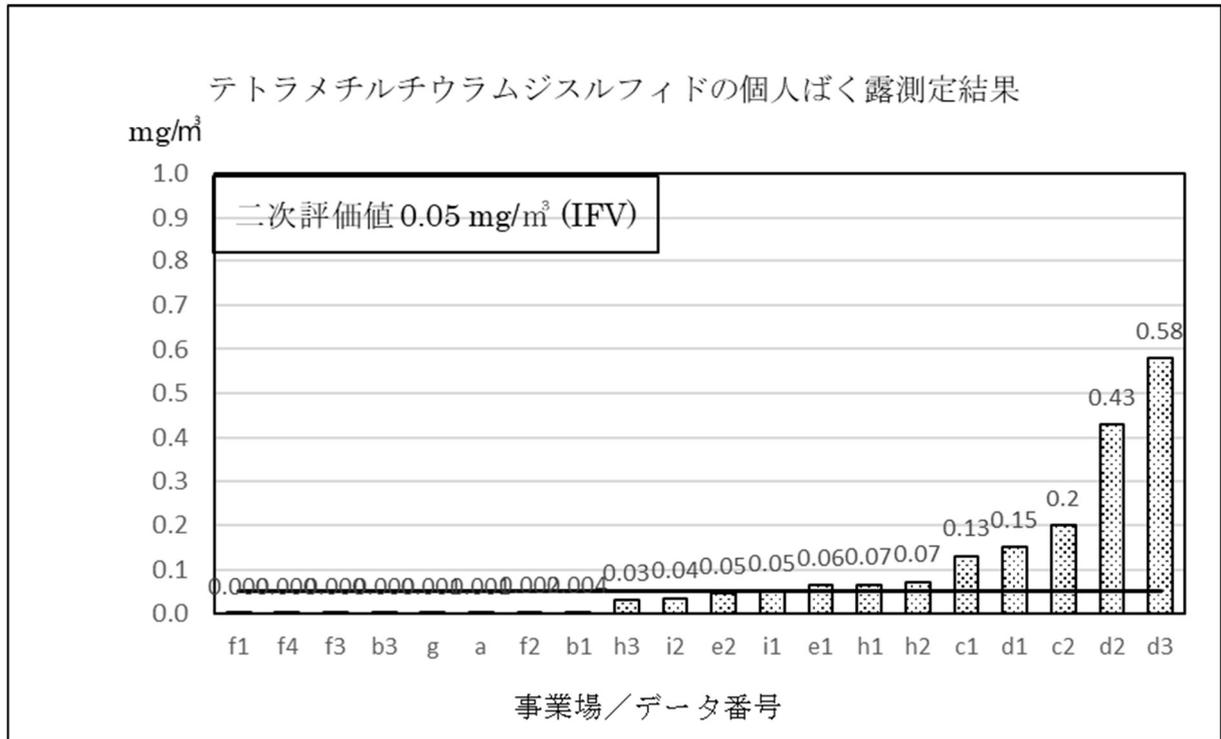
398 また、ガイドラインに従い、区間推定上側限界値（信頼率90%、上側5%）を計算したところ
399 、0.67 mg/m³となった。

400 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最大測
401 定値の高い方を最大値とする）に準拠し、区間推定上側限界値の0.67 mg/m³となり、二次評価値
402 （0.05 mg/m³）を上回った。

403

404

405 **図2 テトラメチルチウラムジスルフィド（別名チウラム）の個人ばく露測定結果（**
 406 **追加調査結果を含む。）**



407 **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。）**
 408
 409

被測定者	ばく露の可能性のある作業（測定中の実施時間）
d3	対象物質小分け(10分間)、製剤投入(25分間)、製剤取出し(10分間)、製剤投入(25分間)、製剤秤量(15分間)、製剤梱包(15分間)
d2	対象物質小分け(10分間)、製剤秤量(15分間)、製剤梱包(15分間)
c2	製品の充填作業（※袋毎の作業時間は約3分/回）、測定中は23袋実施 製品の計量作業（※袋毎の作業時間は約3分/回）、測定中は22袋実施
d1	対象物質篩分け(10分間)、対象物質篩分け(10分間)、製剤取出し(10分間)、製剤梱包(15分間)
c1	製品の充填作業（※袋毎の作業時間は約3分/回）、測定中は36袋実施 製品の計量作業（※袋毎の作業時間は約3分/回）、測定中は29袋実施
h2	内袋口封作業(29分)、対象物質投入作業(7分)、対象物質投入作業(8分)、空袋処理作業(1分)、内袋口封作業(8分)
h1	対象物質投入作業(7分)、空袋処理作業(1分)、対象物質投入作業(8分)
e1	対象物質小分け(40分)、対象物質混合(170分)、対象物質混合(180分)
i1	対象物質小分け(25分)、対象物質混合(138分)、対象物質混合(90分)
e2	対象物質小分け(40分)、対象物質仕上げ(170分)、対象物質仕上げ(180分)
i2	対象物質小分け(25分)、対象物質仕上げ(138分)、対象物質仕上げ(90分)

h3	充填作業(87分)、サンプリング作業(2分)、内袋口封作業(2分)、充填作業(24分)、サンプリング作業(1分)、内袋口封作業(4分)
b1	対象物質計量(2分)
f2	対象物質計量(1分×6回)、対象物質計量(1分×8回)
a	薬品計量(9分間)、薬品補充(1分間)、薬品計量(6分間)、清掃(3分間)
g	薬品投入作業(3分)、薬品計量作業(3分)、薬品投入作業(3分) 集じんカス回収作業(5分)、回収した集じんカス廃棄作業(1分)
b3	対象物質投入(1分×2回)、対象物質投入(1分×2回)
f3	対象物質投入(1分×8回)、対象物質投入(1分×20回)
f4	対象物質計量(1分×1回)、対象物質計量(1分×12回)
f1	対象物質計量・投入(2分×2回)

410

411

表3 最大ばく露濃度の推定（追加調査結果を含む。）

テトラメチルチウラムジスルフィド（別名チウラム）：ばく露濃度の区間推定上側限界値	
二次評価値	0.05 mg/m ³ (IFV)
有効測定データ数	n = 20
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 = 0.0058
測定データの最大値(TWA値)	0.58 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%）：	— 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%）：	0.67 mg/m ³

412

（KS検定にはエクセル統計を用いた）

413 7 リスクの判定及び今後の対応

414 以上のとおり、テトラメチルチウラムジスルフィド（別名チウラム）については、初期リスク
415 評価の段階で高いばく露量が測定された作業（対象物質の小分け、製剤の投入・取出し、秤量、
416 梱包等の作業）について、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に対する追加
417 調査を実施した結果、いずれの事業場においても二次評価値を超える高いばく露濃度が測定され
418 た。

419 本物質については、初期リスク評価の段階で、対象物質の小分け、製剤の投入・取出し、秤量
420 、梱包等の作業を行う他の事業場においても二次評価値を超えるばく露濃度が測定されているこ
421 とから、当該作業工程に共通して高いばく露があるものと推定され、労働者のばく露リスクが高
422 いと認められる。

423 また、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、皮膚感作性、反復
424 投与毒性、生殖毒性、遺伝毒性、生殖細胞変異原性及び神経毒性が認められることから、本物質
425 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スクアセスメン
426 トを実施し、自主的なリスク管理を実施することが必要である。

表4：ばく露実態調査集計表

	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)
1 ばく露作業報告対象物の製造	1	2	0.1858	0.1650	0.2000	2	0.0196	0.0304	1	0.0057	0.0290
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	5	11	0.1687	0.1389	0.5800	20	0.0538	0.3782	3	0.010	0.0572
3 触媒又は添加剤としての使用	3	8	0.0009	0.0010	0.0036	9	0.0005	0.0055	1	-	-
計	9	21	0.1029	0.0933	0.5800	31	0.0323	0.3782	5	0.0069	0.05720

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4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。

別添1：有害性総合評価表

430 物質名：テトラメチルチウラムジスルフィド（別名チウラム）

有害性の種類	評価結果
<p>ア 急性毒性</p>	<p><u>致死性</u></p> <p>ラット 吸入毒性：LC₅₀ = 500～6,600 mg/m³ 経口毒性：LD₅₀ = 560～4,000 mg/kg 体重 経皮毒性：LDLo = 5,000 mg/kg 体重</p> <p>マウス 経口毒性：LD₅₀ = 1,250～4,000mg/kg 体重</p> <p>ウサギ 経口毒性：LD₅₀ = 210～250mg/kg 体重 経皮毒性：LDLo = 1,000 mg/kg 体重</p> <p><u>健康影響</u></p> <p>・ラットおよびマウスの経口投与による単回投与毒性試験では、歩行失調、多動に引き続き、活動性低下、筋緊張喪失、脱毛が認められ、剖検で消化管の充血、限局性潰瘍、肝臓および尿細管の巣状壊死、小脳および延髄の斑状脱髄が認められた。</p>
<p>イ 刺激性/ 腐食性</p>	<p>皮膚刺激性/腐食性：あり</p> <p>根拠：ヒトでは、チウラムの過剰ばく露で粘膜の紅斑や蕁麻疹を伴う皮膚刺激性が認められた。</p> <p>・ウサギ（系統、雌雄不明）の皮膚に対して、投与4時間後の観察では影響がみられなかったが、24時間後には軽微な刺激性が認められた。</p> <p>眼に対する重篤な損傷性/刺激性：あり</p> <p>根拠：ヒトでは、チウラムの過剰ばく露で結膜炎が認められた。</p> <p>・ウサギ（系統、雌雄不明）の眼に対して中等度の刺激性を有するとされ、ウサギの眼刺激性が100 mg/24 hで認められている。</p>

有害性の種類	評価結果
ウ 感作性	<p>皮膚感作性：あり</p> <p>根拠：色々なタイプの作業現場において、職業ばく露によりチウラム類 (チウラムが含まれている可能性が高い)により感作され、標準的な検査でチウラム類に陽性反応を示した患者の多くでは、チウラムに対しても陽性反応を示した。日本産業衛生学会は、チウラムを皮膚感作性物質第1群に分類している。</p> <p>呼吸器感作性：判断できない</p> <p>根拠：ゴム製造工場の労働者の内、24.5%がアレルギー性疾患に罹患しており、9.3%が皮膚のアレルギーで、2.8%が気管支喘息であったとしている。アレルギー性疾患患者の14.1%が複数の化学物質アレルギーの皮膚テスト陽性であったとの報告があるが、チウラムばく露によるかは明らかではない。動物実験の報告はない。</p>
エ 反復投与毒性 (生殖毒性/遺伝毒性/発がん性/神経毒性は別途記載)	<p>NOAEL = 0.4 mg/kg 体重/日</p> <p>根拠：Beagle イヌ (雌雄各4匹/群)に、0、0.4、4、40 mg/kg 体重/日のチウラム (純度: 98.7%)をゼラチンカプセルで104週間経口投与した。40 mg/kg 群では雌雄とも、投与開始から11週目までに悪心、嘔吐、流涎、間代性痙攣、貧血などの著しい症状が認められた。眼底出血、縮瞳、網膜の落屑などが認められた。4 mg/kg 群の雌雄でも悪心、嘔吐、流涎が頻繁にみられ、雌の1匹では37週目から間代性痙攣が認められた。ヘマトクリット値、ヘモグロビン量、赤血球数の減少が4 mg/kg 以上の群の雌雄で認められた。40 mg/kg 群の雌雄でALP活性、総コレステロールの上昇がみられ、試験後半にはAST、ALTも高値を示した。4 mg/kg 群では、総コレステロールおよびALTの高値が雌雄とも認められたが、雄の総コレステロールは有意ではなかった。病理組織学的検査では、4 mg/kg 群で肝細胞壊死が雄2匹、雌1匹に、近位尿細管の腫脹と空胞化が雌2匹に認められた。40 mg/kg 群では肝臓の小葉中心部の肝細胞萎縮および巣状壊死を伴う脂肪変性が雄2匹、雌3匹に、クッパー細胞の色素 (ヘモジデリン)沈着が雄1匹、雌2匹に、近位尿細管の腫脹と空胞化が雌2匹に、甲状腺のC細胞の過形成が雌雄各1匹に、網膜病変が雄2匹、雌3匹に認められた。中枢および末梢神経の病理学的変化は認められなかった。4 mg/kg 以上の群で、貧血、総コレステロールの上昇がみられ、肝臓および腎臓に病理組織学的変化が認められたことから、SIDSおよびMAKはNOAELを0.4 mg/kg/日としている。</p> <p>不確実係数 UF = 10</p> <p>根拠：種差 (10)</p>

有害性の種類	評価結果
	<p>評価レベル = 0.24 mg/m³ (0.02 ppm)</p> <p>計算式 : 0.4 mg/kg × 1/10 × 60 kg/10 m³ = 0.24 mg/m³</p>
オ 生殖毒性	<p>生殖毒性 : あり</p> <p>NOAEL = 2.3 mg/kg 体重/日</p> <p>根拠 : SD ラット雌 (27~28 匹/群)に 0、2.3、11.5、43.5 mg/kg 体重のチウラム (純度: 98.6%)を妊娠 6 日~15 日まで混餌投与した。摂餌量の減少が 11.5 mg/kg 群、体重増加量および摂餌量の減少が 43.5 mg/kg 群で認められた。胎児の胸骨の変異が 11.5 mg/kg 群で認められ、胎児体重の減少、骨化遅延および胸骨と椎骨の骨格変異が 43.5 mg/kg 群で認められた。MAK は母動物の NOAEL を 2.3 mg/kg 体重としている。以上の結果から、胎児の NOAEL は 2.3 mg/kg 体重と判断する。</p> <p>不確実係数 UF = 10</p> <p>根拠 : 種差 (10)</p> <p>評価レベル = 1.38 mg/m³ (0.14 ppm)</p> <p>計算式 : 2.3 mg/kg × 1/10 × 60 kg/10 m³ = 1.38 mg/m³ (0.14ppm)</p> <p><参考></p> <p>作業時間中の 30 %から 90 %にチウラムにばく露された妊娠中の労働者 (人数不明)で、後期妊娠中毒症の人数、妊娠 33 週~37 週における尿中エストリオール量の減少および早産、流産数とばく露量およびばく露期間との間に相関関係が認められた。胎児の心電図異常が、30%の妊婦で認められた。MAK は、非ばく露対照者のデータがないこと、統計学的評価が実施されていないこと、ばく露あるいは調査した人数、正確なばく露量やばく露期間、同時期にばく露された他の化合物の情報がないことから、この試験は評価に使用できないとしている。</p>

有害性の種類	評価結果
カ 遺伝毒性	<p>遺伝毒性：あり</p> <p>根拠：チウラムやジメチルジチオカルバミン酸亜鉛、テトラエチルチウラムジスルフィドなどにばく露された勤務歴3～12年のゴム製造工場の労働者の末梢血リンパ球で、ばく露期間に関わらず染色体の損傷やギャップが増加したという報告があるが、チウラムばく露によるものかは明らかではない。実験的には <i>in vitro</i> で細菌を用いた復帰突然変異試験、哺乳類培養細胞を用いたコメット試験および DNA 鎖切断試験は陽性であった。不定期 DNA 合成試験および姉妹染色分体交換試験は、陽性と陰性の結果があった。HPRT 試験は陰性であった。染色体異常試験は1試験の陽性結果を除いて陰性であったが、小核試験は1試験ではあるが陽性であった。<i>In vivo</i> では、マウスのコメット試験およびマウススポットテストは陰性、マウスおよびチャイニーズハムスターの小核試験は一部の試験を除き陰性、マウスの染色体異常試験は陽性と陰性の結果があった。マウス優性致死試験は用いたチウラムの純度が低いが陽性、ショウジョウバエの伴性劣性致死試験も陽性であった。</p> <p>厚生労働省は“強い変異原性が認められた化学物質”に指定、ACGIH は“種々の実験系で遺伝毒性が示された”としている。試験に用いたチウラムの純度や毒性などを考慮し、SIDS は“遺伝毒性なし”とし、MAK は <i>in vitro</i> の遺伝毒性ポテンシャルを認めている。</p> <p>生殖細胞変異原性：あり</p> <p>根拠：<i>In vivo</i> で、Swiss マウス雄に 150 mg/kg 体重のチウラム（純度 75%）を7週間混餌投与した優性致死試験で、対照群と比べて着床前胚損失の誘発および着床後胚死亡数の増加が認められた。ただし、純度 75%のチウラムが使用されており、MAK (2007)ではチウラムの単独の作用か否かは不明であるとしている。また、チウラムは、マウスに経口投与したコメット試験およびマウススポットテストは陰性であった。マウスあるいはチャイニーズハムスターに経口投与あるいは腹腔内投与した小核試験は、一部の試験を除き陰性であった。マウスに経口投与した染色体異常試験は、精母細胞で <i>polyploidy</i> の増加がみられ、精原細胞では陽性と陰性の結果が得られている。ショウジョウバエの伴性劣性致死試験は陽性であった。</p> <p><i>In vitro</i> で、姉妹染色分体交換試験は、S9 mix 添加の有無にかかわらず CHO 細胞では陰性であった。V79 チャイニーズハムスター細胞を用いた HPRT 試験は複数の試験で S9 mix 添加の有無にかかわらず陰性であった。</p>
キ 発がん性	<p>発がん性：ヒトに対する発がん性は判断できない</p> <p>根拠：ヒトにおいて報告はない。動物実験では、ラット、マウスおよびイヌを用いた長期の経口投与試験でチウラム投与による腫瘍発生率の上昇は認められな</p>

有害性の種類	評価結果
	<p>った。チウラムの発がん性を IARC はグループ 3 に、ACGIH は A4 に分類している。</p>
ク 神経毒性	<p>神経毒性：あり NOAEL = 2.04 mg/kg 体重/日</p> <p>根拠：SD ラット (雌雄各 15 匹/群)に、雄は 0、1.74、7.26、28.63 mg/kg 体重/日、雌は 0、2.04、8.07、31.82 mg/kg 体重/日のチウラム (純度: 98.76 %)を混餌投与した亜慢性神経毒性試験で、体重増加量の減少が、雄の 28.63 mg/kg 群 (33.5 %)、雌の 31.82mg/kg 群 (35.2 %)とも認められた。機能観察総合評価 (FOB、Functional observational battery)では、活動性亢進および立ち上がり回数の増加が、28.63 mg/kg 群の雄で 8 週および 13 週目に認められた。8.07 mg/kg 以上の群の雌でも同様の変化が認められた。28.63/31.82 mg/kg 群の剖検および病理組織学的検査では、投与に関連した異常は認められなかった。以上の結果、NOAEL は、雌は 2.04 mg/kg/日、雄は 7.26 mg/kg/日であった。</p> <p>不確実係数 UF = 10 根拠：種差 (10)</p> <p>評価レベル = 1.71 mg/m³ (0.17 ppm) 計算式：2.04 mg/kg × 7/5 × 1/10 × 60 kg/10 m³ = 1.71 mg/m³</p>
ケ 許容濃度の設定	<p>ACGIH TLV-TWA：0.005 ppm (0.05 mg/m³) インハラブル(吸引性)画分および蒸気 (2014 年設定)、DSEN (2014 年設定)、A4 (1996 年設定)</p> <p>根拠：チウラムは、急性毒性は低～中程度、刺激性は軽～中等度であり、皮膚感受性が動物モデルとヒトの両方で認められた。チウラムの各種遺伝毒性試験において、遺伝毒性を示すデータが得られている。げっ歯類の長期混餌投与試験では、腫瘍の増加は認められなかった。生殖に関するエンドポイントについても変化はみられず、胎児についても感受性が高いとは思われない。刺激性が労働者集団で報告されているが、チウラムばく露の影響を示す信頼できるデータはない。そこで、TLV は、動物の反復投与試験のデータから算出した。ラットとイヌでは、13 週間～2 年間の反復投与における全身毒性の NOEL は約 0.5 mg/kg 体重であった。1 試験で胃への刺激性が 0.05 mg/kg 体重で認められ、これが最も低い用量であったが、他の試験では認められなかったこと、組織障害の程度は軽微であったことから、このデータは算出に使用しなかった。経口、吸入とも完全に吸収されると仮定すると、経口投与の 0.5 mg/kg 体</p>

有害性の種類	評価結果
	<p>重は、吸入投与の 3.5 mg/m³ に相当する。TLV-TWA 0.05 mg/m³ (インハラブル (吸引力)画分および蒸気)は、全ての有害作用を防ぐのに十分な量である。経皮急性毒性のデータから Skin 表記は必要がないが、DSEN 表記は、ヒトおよび動物のチウラムばく露に関係した経皮感作の報告に基づき勧告される。ラットおよびマウスの生涯混餌投与で腫瘍の発生増加はみられていない。したがってチウラムは A4 (ヒト発がん性因子として分類できない)が割り当てられた。RSEN 表記および TLV-STEL を勧告する十分なデータはない。</p> <p>日本産業衛生学会：許容濃度：0.1 mg/m³ (2008 年提案)、感作性物質 (皮膚第 1 群) 根拠：ヒトに関する報告は少なく、許容濃度が算定できる結果が十分得られていない現状から、動物実験の結果を用いざるをえなかった点、経口ばく露量をそのまま吸入ばく露にあてはめた点、チウラムとテトラメチルチウラムモノスルフィドの性質が多少異なる点等、不確実な問題は残るが、一方で NOAEL ではなく、NOEL を元にチウラムの許容濃度を考えるとすれば、かなり厳しい値になることも予想される。従って、NOEL の範囲 0.03~0.15 mg/m³ の中間の値を取って、TLV (TWA)0.1 mg/m³ とするのが妥当と判断した。アレルギー性接触皮膚炎についての報告は多く、ヒトにおける影響の結果を総合して、皮膚感作性物質第 1 群と判断される。呼吸器のアレルギー症状についての報告もあるが、まだ十分検討されているとは言えず、気道感作性物質の分類は現段階では困難と思われる。発がん性に関しては、まだ十分に検討されているとは言えず、今回は、発がん性について考慮せず、慢性毒性、生殖毒性の結果からのみ提案を行った (産衛 2008)。</p> <p>DFG MAK：1 mg/m³、Sh、妊娠リスクグループ C (2006 年設定) 根拠：多くの試験がチウラムの純度を正確に測定しないで行われてきた。これらの試験は評価に使用できない。したがって、評価は純度を正確に記載された結果のみで行った。サルモネラ菌の変異原性試験で、チウラムは TA100 と TA1535 株に突然変異を起こした。In vitro で DNA 鎖切断および SCE だけでなく染色体異常がみられた。In vivo で DNA 鎖切断がマウスリンパ球でみられたが、小核試験は、細胞傷害性を示した用量で陽性であった 1 試験を除いて陰性であった。多くの 2 年間の試験でチウラムは、ラット、マウスおよびイヌに腫瘍を誘発しなかった。したがって、チウラムは発がん性カテゴリーに分類されない。イヌにおいて 4 mg/kg 体重以上で、悪心、嘔吐、流涎および ALP 活性と血清コレステロールの増加がみられた。雌では、赤血球数、ヘマトクリットおよびヘモグロビン値が減少し、ALT 活性が増加した。近位尿細管における腫脹と空胞化が観察された。雄では、肝臓の絶対および相対重量が増加し、肝細胞の変性がみられた。最も感受性の高い種としてイヌの全身毒性の</p>

有害性の種類	評価結果
	<p>NOAELは0.4 mg/kg 体重/日であった。イヌのNOAELから、職場の気中濃度は2.8 mg/m³と算出できる(体重70kg、吸入空気量を10 m³、100%保持と仮定)。したがって、MAK値は1 mg/m³が設定される。2002年に、チウラムはピークばく露限度カテゴリーII、エクスカージョンファクター1と分類された。ピークばく露限度カテゴリーIIが保持される。MAK値を1mg/m³に下げた結果、エクスカージョンファクターは1から2に変更される。ラットにおける発生毒性のNOAELは、7.5 および 10 mg/kg 体重/日(ヒトにおいて53 mg/m³および70 mg/m³に相当)であり、ウサギのNOAELは、5 および 10 mg/kg 体重/日(ヒトにおいて35 および 70 mg/m³に相当)である。これらのNOAELとMAK値1 mg/m³の差は、妊娠リスクグループC分類の根拠として十分大きい。1996年のDocumentation以降に発表された臨床知見は、チウラムが接触アレルゲンとしてリスクを起し続けていることを示している。いくつかのタイプの職場で、ばく露がチウラム類(チウラムを含む可能性が最も高い)に対する感作性を起し、標準シリーズのチウラムミックスに陽性の患者の大多数はチウラムにも陽性を示した。動物実験の結果は一貫していないが、ほとんどの結果はチウラムの接触感作性を確認している。したがって、チウラムは”Sh”と指定され続ける。チウラムの呼吸器感作性を確認したヒトまたは動物の知見がないので、チウラムは再び”Sa”に指定されない。モデル計算による皮膚を介した吸収量(約0.05mg)は、MAK値の吸入による吸収量(10 mg)と比較し無視できる。皮膚適用後の急性毒性は低い。したがってチウラムは”H”と指定されない。In vitroでのインディケータ試験は遺伝毒性を示しているが、遺伝子突然変異はin vitroでみられていない。純度の高いチウラムのin vivoの遺伝毒性はみられていない。小核試験は、対照のばらつきの大きさと細胞毒性レベルの用量においてみられた唯一の陽性結果を除いて陰性であった。マウスの生殖細胞において染色体異常の誘発はみられなかった。(MAK 2007)。</p> <p>NIOSH REL : TWA 5 mg/m³ OSHA PEL : TWA 5 mg/m³</p>

431

別添2 : 有害性評価書

432

433 物質名 : テトラメチルチウラムジスルフィド (別名チウラム)

434

435 1. 化学物質の同定情報

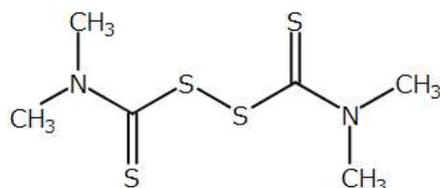
436 名 称 : テトラメチルチウラムジスルフィド

437 別 名 : チウラム、チラム、[ビス(ジメチルカルバミル)ジスルフィド]、N,N,N',N'-テトラ

438 メチル-2,3-ジチアジチオスクシンアミド, Tetramethylthiuram disulfide、 Bis
439 (dimethylthiocarbamoyl) disulfide、 Tetramethylthioperoxydicarbonic diamide、
440 Thioperoxydicarbonic diamide, tetramethyl-、
441 N,N,N',N'-Tetramethyl-2,3-dithiadithiosuccinamide、 Thiram、 TMTD (NITE CHRIP
442 2021)

443 化学式：C₆H₁₂N₂S₄ / (CH₃)₂N-CS-S-S-CS-N (CH₃)₂ (ICSC 2000)

444 構造式：



449 (CAS 2021)

450 分子量：240.4 (ICSC 2000)

451 CAS 番号：137-26-8

452 労働安全衛生法施行令別表 9(名称等を表示し、又は通知すべき危険物及び有害物) 第 372
453 号

454 強い変異原性が認められた化学物質 (安衛法官報通し番号 3888、安衛法官報公示整理番号
455 2-(5)-87)

456

457 2. 物理化学的情報

458 (1) 物理化学的性状 (ICSC 2000)

外観：無色の結晶

引火点 (C.C.)：89°C

比重 (水=1)：1.3 g/cm³

発火点：—

沸点：129°C (2.6kPa)

爆発限界 (空気中)：—

蒸気圧：ほとんどない (20°C)

溶解性 (水)：溶けない

2.3×10⁻³ Pa (25°C) (SIDS 2010)

18 mg/L(室温) (SIDS 2010)

蒸気密度 (空気=1)：—

オクタノール/水分配係数 log Pow：1.82

融点：155～156°C

換算係数：1 ppm=9.8 mg/m³ (25°C)

1 mg/m³=0.102 ppm (25°C)

459

460

461 (2) 物理的・化学的危険性 (ICSC 2000)

462 ア 火災危険性：可燃性。有機溶剤を含む液体製剤は引火性のことがある。火災時に刺激
463 性あるいは有毒なフェームやガスを放出する。

464 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。

465 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。

466 エ 化学的危険性：燃焼すると分解する。イオウ酸化物、硫化炭素などの有害なフュームを
467 生じる。強酸化剤、酸および易酸化性物質と反応する。
468

469 3. 生産・輸入量／使用量／用途 (化工日 2021)

470 製造・輸入量：762 t (2019 年度)(経産省 2021)

471 用途：チウラム系加硫促進剤の代表で天然ゴム、ジエン系合成ゴム、IIR (ブチルゴム)、EPDM (エ
472 チレンプロピレンゴム) (CR (クロロプレンゴム)ではリターダーの作用がある)の超促進
473 剤として利用度の最も高いものの一つである。加硫促進力は非常に強いが酸化亜鉛がな
474 いと全く加硫しない。臨界温度は 100~102°C、TT (チウラム)配合製品は一般に耐老化性
475 があり、着色のおそれはない。白色あるいは色物ゴムに適し、低温加硫には適するが、
476 スコーチのおそれがある。使用量は 0.3~3%くらいが最適で、単独使用はほとんどなく、
477 主として併用である。硫黄加硫時はもっぱら 2 次促進剤として遅効性促進剤 (DM (ジ-2-
478 ベンズチアゾリルジスルフィド)、 CZ (N-シクロヘキシル-2-ベンズチアゾリルスルフェ
479 ンアミド)など)または D (N, N'-ジフェニルグアニジン)の活性化に効果があり、あらゆる
480 製品のアクチベーターとして用いられる。無硫黄加硫 (3~5%)ができ、耐老化性、耐
481 熱性向上のため硫黄の一部を本品で代用することもある。

482 製造業者：TT (チウラム)=ヌーリオン・ジャパン、大内新興化学工業、三新化学工業、TMT (チ
483 ウラム)=川口化学工業、輸入品=ランクセス
484

485 4. 健康影響

486 【体内動態 (吸収・分布・代謝・排泄)】

487 吸収・分布・代謝・排泄

- 488 ・チウラムは、腸管や肺から直ちに吸収され、体内の器官に広く分布する。体内に分布したチウ
489 ラムには、いくつかの代謝経路が存在し、ジチオカルバメートとして尿中に排泄されるなど、
490 最終的に主に尿と糞便を通じて排泄される (産衛 2008)。
- 491 ・Guy and Potts (1993)および Wilschut et al. (1995)のモデル計算 (水への溶解度 (30 mg/L)および
492 log Kow 1.73)では、2,000 cm²を超える皮膚からの 1 時間のチウラム吸収量は、それぞれ 0.06 mg
493 または 0.05 mg であった (MAK 2007)。
- 494 ・ボランティアへの経口投与では、投与後に呼気中に二硫化炭素 (CS₂)が検出された (ACGIH
495 2021)。
- 496 ・SD ラット (雌雄各 5 匹/群)に、125、1.9 mg/kg 体重の ¹⁴C チウラム (放射化学的純度: 100 %)を
497 単回経口投与した。投与 7 日後までに放射活性の 32 %が回収され、主に尿中 (25 %)から回収
498 された。糞からは 3 %しか回収されなかった。投与 7 日後の時点では 3 %が組織中から回収さ
499 れ、血液、骨、肝臓中にかなりの量のチウラムないしはその代謝物が認められた。総回収率に
500 投与量、性別の影響はみられなかった。投与したチウラムの約 70 %は未回収であり、CO₂ などの
501 揮発性物質に代謝されて呼気中に排泄されたか、サンプリング期間中に糞あるいは尿中のバ
502 クテリアによって揮発性物質に分解されたと推察された (MAK 2007) (SIDS 2010)。
- 503 ・SD ラット (雌雄各 5 匹/群)に、2 mg/kg 体重/日のチウラムを 14 日間前投与後に ¹⁴C チウラム (放
504 射化学的純度: >98 %)を単回経口投与した。96 時間後までに放射活性の 35~40 %が尿中、2~
505 5 %が糞中、41~48 %が呼気中に排泄された。12 時間までに尿中および呼気中に速やかに排泄

506 され、糞中への排泄は24時間後以降が主であり、性別の影響はみられなかった。96時間後には
507 はずべての組織で放射活性が検出され、肝臓、血球、腎臓で高く、脳、血漿、骨格筋で低かつ
508 った。総回収率は雄が85%、雌が93%であった (SIDS 2010)。

509 • SDラット雄(5匹/群)に1.5 mg/kg体重の¹⁴Cチウラム(純度:92.4%)を1回混餌投与した。投
510 与72時間後までに、投与した放射活性の41%がCS₂およびCO₂の形で呼気中、38%が尿中、
511 20%が糞中と消化管内に認められた。72時間後の時点では6%が体内に残存しており、合計で
512 105%の放射活性が回収された。投与量の85%がラットの体循環中に吸収され、放射活性の胆
513 汁を介した糞中排泄はないと推察された (MAK 2007)。

514 • 10日間順応させたSDラット(性別不明、3匹)に2.1~2.5 mg/kg体重の¹⁴Cチウラム(純度:
515 98%)を経口投与し、投与後96時間密封ガラス代謝ケージに置き、代謝ケージから排出される
516 ガス(風量:3.5~4.0 L/min)をHarvey Carbon-14 Cocktail(CO₂、CS₂、硫化カルボニル(COS)を
517 高効率に捕捉する)を用いて捕捉した。Harvey Carbon-14 Cocktailは揮発性物質の99.5%以上を
518 回収でき、投与した放射活性の平均61%を揮発性物質として回収した。また尿中の放射標識残
519 渣は投与量の25~45%であり、総回収率は平均94%であった。チウラムの多くはCO₂、CS₂、
520 COSなどの揮発性物質に代謝されると推察された (SIDS 2010)。

521

522 代謝

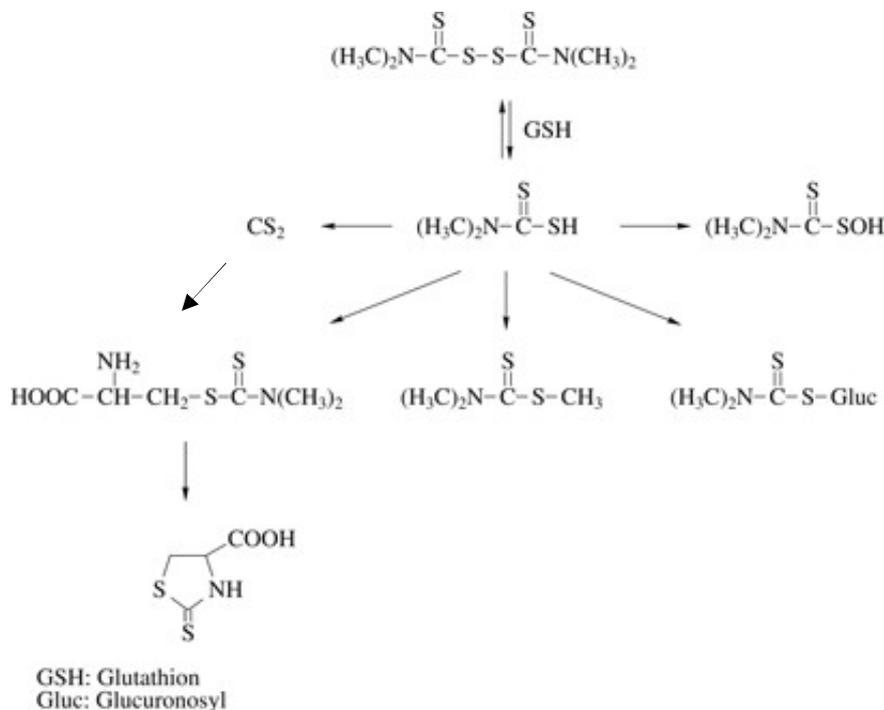
523 • チウラムは、主にCO₂、CS₂、COSなどの揮発性物質に代謝されると推察されるが、CS₂は、
524 呼気中にCOSとCO₂、尿中に無機硫酸塩と有機硫黄化合物として排泄される。CS₂の代替経
525 路には、ヒト、動物ともにアミノ酸との反応によってジチオカルバメートが生成され、CS₂お
526 よびCOSはそれぞれ内因性のグルタチオン型のTTCA(2-チオチアゾリジン-4-カルボン酸)およ
527 び2-オキシチアゾリジン-4-カルボン酸と複合体を形成して、尿中に排泄される。なお、チウラ
528 ムが分解されて生じる可能性がある硫化水素は、主に硫酸(フリーの硫酸塩またはチオ硫酸塩)
529 として尿中に排泄され、また、一部はそのまま呼気中および糞便や放屁中に排泄される (SIDS
530 2010)。

531 • チウラムは消化管から急速に吸収され全身分布するが、ヒトの胃において亜硝酸イオン存在下
532 で、チウラムの9%がジメチルニトロソアミンに変換された (MAK 2007)。

533 • SDラット雄に、15、30、60 mg/kg体重のチウラム(純度:99%)を腹腔内投与し、CS₂がチウラ
534 ムの代謝物かどうかを調べた。CS₂は、チウラム投与の約5時間後まで呼気中に排泄され、そ
535 の生成量はチウラムの投与量と相関し、また、フェノバルビタール前処理によって増加、非特
536 異的シトクロムP-450阻害剤SKF525-A(α -フェニル- α -プロピルベンゼン酢酸2-(ジエチルアミ
537 ノ)エチル・塩酸塩)の前処理によって減少した。さらに、チウラム投与の5、24時間後における
538 肝ミクロソームおよび血清酵素活性の測定では、シトクロムP-450およびベンズフェタミンN
539 デメチラーゼ活性の低下が24時間後に、ソルビトール脱水素酵素およびAST活性の上昇が5、
540 24時間後にみられた。これらの結果から、CS₂がチウラムの生体内の代謝物であり、肝毒性の
541 原因となる可能性が示唆された (SIDS 2010)。

542 • SDラット(雌雄各2匹/群)に0、50、500、1,000 ppm(0、2.5、25、100 mg/kg体重/日に相当)の
543 チウラム(純度不明)を9週間混餌投与後、¹⁴Cチウラムを単回経口投与した。24時間以内に投
544 与した放射活性の60%がCS₂として呼気中に、30%が尿中に排泄された。尿中には5種類の
545 極性代謝物が同定され、投与した放射活性の10%がチオスルフェン酸、9%がジメチルジチオ

546 カルバミン酸のアラニン複合体、7%がジメチルジチオカルバミン酸のグルクロニド複合体が、
 547 3%がCS₂のアラニン誘導体、2%がジメチルジチオカルバミン酸のメチルエステルであった。
 548 尿中にチウラムの未変化体は検出されなかった。同定された代謝物から、チウラムはジメチル
 549 ジチオカルバミン酸に結合するジスルフィドの還元を介して代謝され、それに続くチオール類
 550 の反応により、酸化、複合極性生成物ができること推察された(MAK 2007)。チウラムの代謝経路
 551 を図-1に示す (SIDS 2010)。
 552 • SD ラット (性別不明、6匹/群)に、CYP1A1、2B1、2E1、3A2の選択的誘導のため、3-メチル
 553 コラントレン、フェノバルビタール、イソニアジドないしはプレグネノロン-16A-ニトリル
 554 (PCN)で前処置後、チウラム (純度: 99.9%)の0、0.1、0.5 mmol/kg体重を腹腔内投与し、投与3、
 555 24時間後に肝臓と血液の酵素活性を調べた。3、24時間後とも、イソニアジドによるCYP2E1
 556 の誘導だけがチウラムによって抑制された。著者らは、誘導されたCYP2E1によってチウラム
 557 が代謝されたことを示唆しており、肝障害を示す血中のALT活性の上昇がみられていること
 558 から、イソニアジドによって誘導されたCYP2E1が、チウラムの代謝およびそれに伴う肝障害
 559 に関与していると考えている (Dalvi et al. 2002) (MAK 2007)。



560
561 図1 チウラムの代謝経路 (SIDS 2010)
562

563 (1) 実験動物に対する毒性

564 ア 急性毒性

565 致死性

566 • 実験動物に対するチウラムの急性毒性試験結果を以下にまとめる (産衛 2008) (RTECS
 567 2009) (SIDS 2010) (NIHS 2012)。

	ラット	マウス	ウサギ
--	-----	-----	-----

吸入、LC ₅₀	500 mg/m ³ /4H 4,420 mg/m ³ /4H 雄 1,750 mg/ m ³ /4H 雌 6,600 mg/ m ³ /4H	情報なし	情報なし
経口、LD ₅₀	560 mg/kg 体重 640 mg/kg 体重 雄:4,000 mg/kg 体重 雌:1,900 mg/kg 体重	1,350 mg/kg 体重 1,500~2,000 mg/kg 体重 1,250 mg/kg 体重 雄:4,000 mg/kg 体重 雌:3,800 mg/kg 体重	210 mg/kg 体重 250 mg/kg 体重
経皮、LD ₅₀	5,000 mg/kg 体重 (LDLo) > 1,000 mg/kg 体重 > 2,000 mg/kg 体重	情報なし	1,000 mg/kg 体重 (LDLo) > 2,000 mg/kg 体重

568 健康影響

569 ・SD ラットと CD-1 マウス (8~16 匹/群)を用いたチウラムの単回経口投与による急性毒性
570 試験で、死亡例のほとんどが投与後 2~7 日に死亡したが、2 週目にも死亡例が認められ
571 た。マウスでは、高用量投与で歩行失調、多動に引き続き、活動性低下、筋緊張喪失、
572 脱毛がみられた。ラット、マウスともに死亡前には呼吸困難と間代性痙攣がみられた
573 (SIDS 2010)。

574 ・Alpk:APfSD 系ラット (雌雄各 10 匹/群)に、0、10、25、60、150 mg/kg 体重)のチウラム (純
575 度: 98.7 %)を単回経口投与した (第 1 日)。軽度な体重減少が、60 mg/kg 以上の群の雌雄
576 で第 8 日、第 15 日(最終日)に認められた。体重増加量の用量依存的な減少が、60 mg/kg
577 以上の群でみられた。摂餌量は第 8 日目の雄では 60 mg/kg 以上の群で、雌では 25 mg/kg
578 以上の群で減少が認められた。死亡率、一般状態、脳重量、剖検時の肉眼的観察には、
579 チウラム投与の影響はみられなかった (SIDS 2010)。

580

581 イ 刺激性および腐食性

582 ・ウサギ (系統、雌雄不明)の皮膚に対して、投与 4 時間後の観察では影響がみられなかつ
583 たが、24 時間後には軽微な刺激性が認められた (MAK 2007)。

584 ・ウサギ (系統、雌雄不明)の眼に対して中等度の刺激性を有するとされ、ウサギの眼刺激
585 性が 100 mg/24 H で認められている (産衛 2008)。

586 ・ウサギ (系統、雌雄不明)の眼に対して刺激性が認められたが、15 日後には回復した (MAK
587 2007)。

588

589 ウ 感作性

590 ・Hartley 系モルモット雄 (5 匹/群)を用い、マキシマイゼーション試験を行った。4 種類の
591 チウラム感作群を、3 %および 10 %のチウラム (コーン油中)で惹起した結果、48 時間後
592 の観察で、各々 2 および 5 匹 (皮内 0.3 %、貼付 30 %感作群)、3 および 4 匹 (皮内 0.1 %、
593 貼付 10 %感作群)、0 および 1 匹 (皮内 0.03 %、貼付 3 %感作群)、1 および 0 匹 (皮内 0.01 %、
594 貼付 1 %感作群)に陽性反応が認められた (MAK2007)。さらに Hartley 系モルモット雌を
595 用いたマキシマイゼーション試験 (感作: 皮内 5 %、貼付 25 %、惹起: 貼付 0.5 %および

596 2%)では、いずれの惹起濃度においても10匹中4匹で陽性反応が認められた。この試験
597 では、いくつかのジチオカルバメート類との交差反応がみられた (MAK2007)。
598 ・モルモットを8匹しか使用していない記述の不十分なマキシマイゼーション試験で、皮
599 肉感作5%チウラム (フタル酸ジメチル中)、貼付感作25%チウラム (ワセリン中)では、
600 陰性であった。また、感作動物3匹および対照動物2匹を非刺激性のチウラム調製液 (ワ
601 セリン中、詳細情報なし)で惹起した場合、48時間後に弱い反応がみられたが、著者らは
602 アレルギー反応とは考えていない (MAK2007)。
603 ・Pirbright White 系モルモットを5匹しか使用していない記述の不十分な試験で、感作に
604 FCA (Freund's complete adjuvant)を用いた試験では、0.3%および1%のチウラムで惹起72
605 時間後の平均反応が、各々1.2および1.9 (等級: 0~3)であった。さらに、チウラムとテト
606 ラメチルチウラムモノサルファイドの間に交差反応が認められた (MAK2007)。
607 ・OECD ガイドライン 406 と異なる独自プロトコルに従って実施したビューラー法による
608 試験 (10%のチウラムの非刺激性プロピレングリコール懸濁液0.5 mLを6時間閉塞パッ
609 チ感作、2週間後惹起)では、陽性反応は、用いた10匹のいずれのモルモットにも認めら
610 れなかった (MAK2007)。
611 ・CBA/Ca マウスを用いたチウラムのLLNA (局所リンパ節試験)で、3倍のリンパ球増殖を
612 引き起こす濃度 (EC₃ 値)は6%であった (MAK2007)。
613 ・BALB/c マウス雌雄を用いた改良 LLNA で、チウラムはリンパ球増殖の濃度依存的な増
614 加を引き起こし、EC₃ 値は0.66%であった。この試験系で、0.031%~0.25%のチウラム
615 処理ではリンパ球増殖の増加はみられなかった (MAK2007)。

616
617 エ 反復投与毒性 (生殖毒性、遺伝毒性、発がん性、神経毒性は別途記載)

618 吸入ばく露

619 ・調査した範囲内では、報告はない。

620
621 経口投与/経皮投与/その他の経路等

622 ・SD ラット (雌雄各10匹/群)に、飼料中0、50、500、1,000 ppm (0、2.5、25、50 mg/kg 体
623 重/日)のチウラム (純度: 99.43%)を13週間混餌投与した。体重、累積体重増加量、摂餌
624 量の低下が500 ppm以上の群の雌雄で認められた。赤血球数の低下が500 ppm以上の群
625 の雌雄で、MCH(平均赤血球ヘモグロビン量)、白血球数の上昇が500 ppm以上の群の雌
626 雄で、MCV(平均赤血球容積)の上昇が1,000 ppm群の雌および500ppm以上の群の雄で、
627 好中球、リンパ球、単球の絶対数の上昇が1,000 ppm群の雌雄で認められた。雌では、
628 塩素の上昇が1,000 ppm群、BUNの上昇が500 ppm以上の群で認められ、ヘモグロビン、
629 ヘマトクリット、アルブミンの低下が500 ppm以上の群で認められた。雄では総タンパ
630 クの低下が500 ppm以上の群で認められた。グルコースの低下が500 ppm以上の群の雌
631 雄で認められた。500 ppm以上の群では、最終体重の低下に伴って、肝臓絶対重量の低
632 下が500 ppm以上の群の雌雄で、腎臓の相対重量の上昇が1,000 ppm群の雌で認められ
633 た。剖検時の肉眼的観察では、一部のラットで非腺胃部にびらんが認められ、腸間膜リ
634 ンパ節に散発的あるいは斑状の赤色部が認められた。病理組織学的検査では、500 ppm
635 以上の群の雌雄で非腺胃部の粘膜に、粘膜下炎症や浮腫を伴うびらん/潰瘍または粘膜過

636 形成、あるいはその両方が限局性に認められた。腸間膜リンパ節では、うっ血が頻発し
637 たが、それ以外に異常はみられなかった。本試験の NOAEL は 50 ppm (2.5 mg/kg 体重/
638 日)であった (MAK 2007) (SIDS 2010)。

639 ・SD ラット雄 (20 匹/群)に、飼料中 0、0.05、0.1、0.25 % (0、30、58、132 mg/kg 体重/日)
640 のチウラムを 13 週間混餌投与した。すべての投与群で体重、摂餌量の減少が認められ、
641 58 mg/kg 群で 1 匹、132 mg/kg 群で 5 匹が死亡した。58 mg/kg 群で BUN、132 mg/kg 群で
642 AST、ALT の軽度な上昇が認められた。132 mg/kg で精巣上体の異形精子細胞を伴う中等
643 度の精細管変性が認められた。132 mg/kg 群で精巣に変化が認められたこと、58、132
644 mg/kg 群で腎機能あるいは肝機能の異常を示唆する血液生化学的パラメーターの軽度な
645 変化が認められたことから、チウラムのラットでの NOAEL は 30 mg/kg 体重/日であった
646 (SIDS 2010)。なお、MAK では、最低用量の 30 mg/kg 群で体重、摂餌量の減少がみられ
647 たことから、LOAEL を 30 mg/kg 体重/日としている (MAK2007)。

648 ・Wistar ラット雄 (25 匹/群)に、0、5、10、25 mg/kg 体重のチウラム (純度: 95 %)を 90 日
649 間強制経口投与した。投与各群で死亡率の増加 (25~33%)が認められた。下痢、流涎、
650 鼻からの出血、軽度の歩行失調の増加が用量依存的に認められた。体重増加量の減少が
651 10 mg/kg 以上の群で認められた。精巣の相対重量の増加が 25 mg/kg 群で認められた。生
652 殖細胞の脱落を伴う精細管の変性、不活性精子、管腔内の壊死組織片の集簇など、精巣
653 の変性変化が 25 mg/kg 群で認められた。精巣ホモジネート中のコハク酸デヒドロゲナー
654 ゼおよび酸性ホスファターゼ活性の低下、ならびに LDH、ALP、グルコース-6-リン酸デ
655 ヒドロゲナーゼおよびシアル酸の上昇が用量依存的に認められた。また、血清中コレス
656 テロールの上昇が用量依存的に認められた。MAK は NOAEL を 5 mg/kg 体重としている
657 (MAK 2007)。

658 同系統のラットを用いたフォローアップ試験では、同じ投与量のチウラム (純度:
659 98 %)を、180 日および 360 日間強制経口投与した。投与期間の延長に伴って、全ての投
660 与群で症状の重篤化がみられ、体重増加量の減少が認められた。上記に示した精巣の病
661 理組織学的変化は、時間および用量依存的であった。MAK は LOAEL を 5 mg/kg 体重/
662 日としている (MAK 2007)。

663 ・SD ラット (雌雄各 24 匹/群)に、飼料中 0、0.01、0.04、0.1 % (雄 : 0、5、20、52 mg/kg
664 体重/日、雌 : 0、6、26、67 mg/kg 体重/日)のチウラムを 80 週間混餌投与した。投与に関
665 連した死亡はみられなかった。体重、摂餌量の減少が、雄は 5 mg/kg 以上の群、雌は 26
666 mg/kg 以上の群で認められた。雌の 67 mg/kg 群で後肢の麻痺に伴う脱毛、歩行失調が認
667 められた。3、6、9、12、18、26 週に実施した血液学的検査、投与終了時の血液生化学
668 的検査では、重篤な変化は認められなかった。甲状腺、精巣の相対重量の高値が雄の 52
669 mg/kg 群で、肝臓、脾臓、腎臓、甲状腺、卵巣、脳の相対重量の高値が雌の 67 mg/kg 群、
670 脾臓の相対重量の高値が雌の 26 mg/kg 群で認められた。雄では、対照群ではみられない
671 膵臓への脂肪浸潤 (5 mg/kg 群 : 3/13 匹、20 mg/kg 群 : 11/15 匹、52 mg/kg 群 : 14/16 匹)
672 が認められた。扁平上皮化生が、雄の 52 mg/kg (4/16 匹)、雌の 67 mg/kg (3/11 匹)でみら
673 れたが、この甲状腺病変の意義については不明であった。SIDS は、軽度な発育抑制と膵
674 臓への脂肪浸潤から、LOAEL を 5 mg/kg 体重としている (SIDS 2010)。

675 ・Wistar ラット (雌雄各 32 匹/群)に、0、0.05、0.5、5、50 mg/kg 体重/日のチウラム (純度:

676 99.4 %)を2年間混餌投与した。死亡率には投与の影響はみられなかった。50 mg/kg 群の
677 雌雄で、体重、摂餌量、心臓、肝臓、脾臓の絶対および相対重量の増加、腎臓および脳
678 の絶対重量の減少、生化学的検査では、BUNの上昇が認められた。50 mg/kg 群の雄でコ
679 レステロール値の低下、雌で赤血球、ヘモグロビン量の減少が認められた。胃の非腺胃
680 部の刺激性変化および炎症は、2年の投与終了時に全てのラットでみられた。5 mg/kg 以
681 上の群の雌では血漿カルボキシエステラーゼ活性の低下が認められた。著者はNOAEL
682 を5 mg/kg/体重/日とした。ACGIHは、胃の刺激性変化の結果からLOAELを0.05 mg/kg
683 体重、その他のエンドポイントからは、NOAELを0.5 mg/kg 体重と判断している (Knappek
684 et al. 1989)(MAK 2007)(ACGIH 2021)。なお、MAKは、ヘモグロビン量と臓器重量の結果
685 から、NOAELを5 mg/kg 体重/日としている(MAK 2007)。

- 686 • Wistar ラット (雌雄各 64 匹/群)に、飼料中 0、3、30、300 ppm (雄 : 0、0.1、1.2、11.6 mg/kg
687 体重/日、雌 : 0、0.1、1.4、13.8 mg/kg 体重/日)のチウラム (純度: 98.7 %)を 104 週間混餌
688 投与した。投与期間の最後の 8 週間における死亡率が雌の 30、300 ppm 群で軽度上昇
689 したが、これは高頻度に認められた下垂体腫瘍の発生と関連するものであった (発生率
690 は対照群と比べて低く、また、高週齢のラットでしばしば認められるものであることか
691 ら、総発生率は、全ての群で同等であると判断された)。300 ppm 群では、雌雄とも投与
692 初期に対照群と比べて 10 %以上の体重減少および 30 %以下の摂餌量減少がみられた。雌
693 雄とも対照群の摂餌量は、その後は回復傾向がみられ、対照群と比べて雄は 8.4 %、雌は
694 11.0%少ないだけであった。雌の 300 ppm 群でヘマトクリット値、ヘモグロビン量、赤血
695 球数に軽度な減少傾向がみられ、雄では赤血球数に軽度な減少傾向がみられた。軽度な
696 ALT の上昇がすべての投与群の雌雄で認められた。300 ppm 群の雄で、AST の上昇、腎
697 臓の絶対重量、筋肉 (下腿三頭筋)の絶対および相対重量の減少が認められた。また、雌
698 では、甲状腺の絶対重量の増加が 30 ppm 以上の群でみられ、これらの群では AST の上
699 昇も認められた。肝臓、腎臓および筋肉の絶対重量の減少が、雌の 300 ppm 群で認めら
700 れた。雌の組織学的検査では、下腿三頭筋の萎縮と変性が 300 ppm 群で認められ、これ
701 らは坐骨神経の萎縮と変性に伴う二次的な変化と推察された。その他、300 ppm 群では、
702 雄の心臓で心筋病変の進行、雌の腎臓で慢性腎症の発生頻度の低下が認められた。SIDS
703 では、NOAEL は 3 ppm (0.1 mg/kg 体重/日)としている。MAK では、NOAEL は、30 ppm
704 (雄は 1.2 mg/kg 体重/日、雌は 1.4 mg/kg 体重/日)としている (MAK2007) (SIDS 2010)。
- 705 • F344 ラット (雌雄各 50 匹/群)に、飼料中 0、0.05、0.1 % (雄 : 0、18、39 mg/kg 体重/日、
706 雌 : 0、20、42 mg/kg 体重/日)のチウラムを 104 週間混餌投与し、投与終了後、8 週間観
707 察した。生存率にはチウラム投与群と対照群との間に差はみられなかった。体重増加量
708 と摂餌量の減少が 0.1 %群で認められた。雄の血液生化学的検査では、肝機能障害を示す
709 変化が認められた。種々の非腫瘍性病変が対照群を含む全群で観察されたが、肝臓も含
710 め、いずれもチウラム投与に起因した病変ではなかった。MAK は体重減少の結果から、
711 NOAEL を 18 mg/kg 体重/日としている (MAK 2007) (SIDS 2010)。
- 712 • SD ラット (雌雄各 60 匹/群)に、飼料中 0、30、150、300 ppm (雄 0、1.5、7.3、15 mg/kg
713 体重/日、雌 0、1.8、8.9、19 mg/kg 体重/日)のチウラム (純度: 97.5 %)を 104 週間混餌投
714 与した。体重、摂餌量の減少が、150 ppm 以上の群の雌雄で認められた。赤血球数、ヘ
715 モグロビン量、ヘマトクリット値の減少および MCV、MCH の高値が 150 ppm 以上の群

716 の雌で認められた。卵巣重量の減少が 300 ppm 群で認められた。病理組織学的検査では、
717 脾臓における脂肪症/脂肪浸潤、多巢性の腺房萎縮が 150 ppm 以上の群で、肝臓の髄外造
718 血の亢進が 150 ppm 以上の群の雄および 300 ppm 群の雌で、脾臓の髄外造血の亢進が 150
719 ppm 以上の群の雌で認められた。これらの結果から、NOAEL は雌雄とも 30 ppm (雄、1.5
720 mg/kg 体重；雌 1.8 mg/kg 体重)であった (SIDS 2010)。

721 ・ ICR マウス (雌雄各 10 匹/群)に、雄は 0、54、108、201 mg/kg 体重/日、雌は 0、62、118、
722 241 mg/kg 体重/日のチウラム (純度: 97.5 %)を 28 日間混餌投与した。用量に依存した摂
723 餌量および体重の減少が認められた。LOAEL は 54 mg/kg 体重/日であった (MAK 2007)。

724 ・ ICR マウス (雌雄各 50 匹/群)に、雄は飼料中 0、15、150、300 ppm (0、3、24、50 mg/kg
725 体重/日)、雌は飼料中 0、15、300、600 ppm (0、3、57、112 mg/kg 体重/日)のチウラム (純
726 度: 97.5 %)を 2 年間混餌投与した。死亡率の増加はみられなかった。体重および摂餌量
727 の減少が、中間用量と高用量群で認められた。一般状態では、皮膚 (主に耳介)の糜爛と
728 発赤が、雄は中間用量と高用量群、雌は高用量群のみで認められた。病理組織学的検査
729 では、網膜萎縮、膀胱の表層性移行上皮における細胞質内タンパク様滴が中・高用量群
730 の雌雄で認められた。また、皮膚の壊死および化膿性炎症が中・高用量群の雌雄で、非
731 腺胃部の角質増殖が高用量群の雄および中・高用量群の雌で、脾臓の色素増加と副腎皮
732 質内部の色素減少が中・高用量群の雌で認められた。SIDS および MAK は、体重減少が
733 認められたことから、NOAEL を 15 ppm (3 mg/kg/日に相当)としている (MAK 2007) (SIDS
734 2010)。

735 ・ ビーグル犬 (雌雄各 1 匹/群)に、0、3、13、50 (3 週目からは 37.5) mg/kg 体重/日のチウラ
736 ムをカプセルで 4 週間経口投与した。摂餌量の用量依存的な減少がみられ、それぞれ
737 12%、29%、92%であった。13 mg/kg 以上の群では、体重増加量が 15%減少し、血小板
738 数およびビリルビンの上昇、リンパ球数、赤血球数、ヘモグロビン量およびヘマトクリ
739 ット値の低下が認められた。50/37.5 mg/kg 群の雄では、ALT、AST および ALP 活性の上
740 昇、臓器重量の減少および類洞細胞の増殖と色素沈着を伴う肝細胞の変性が認められた。
741 MAK は、NOAEL を 3 mg/kg 体重/日としている (MAK 2007)。

742 ・ ビーグル犬 (雌雄各 4 匹/群)に、雄は 0、2.2、6.9、12 mg/kg 体重/日、雌は 0、2.3、7.3、
743 13 mg/kg 体重/日のチウラム (純度: 98.7%)を 13 週間混餌投与した。摂餌量および体重の
744 減少が雄の高用量群、摂餌量の減少が雌の中用量以上の群で認められた。赤血球数、総
745 タンパクおよびアルブミン量の減少が全ての投与群で認められた。ヘモグロビン量およ
746 びヘマトクリット値の減少が雌の高用量群で、血小板の減少が雄の中用量以上の群で認
747 められた。コレステロールの増加が中用量以上の群の雌雄で認められた。肉眼的および
748 組織学的検査では、投与に関連した変化は認められなかった。MAK は LOAEL を雄は 2.2
749 mg/kg 体重/日、雌は 2.4^注 mg/kg 体重/日としている (MAK 2007) (注 2.3 のミスタイプと考
750 えられる)。

751 ・ ビーグル犬 (雌雄各 6 匹/群、4~5 ヶ月齢)に、飼料中 0、30、90、250 ppm (雄: 0、0.84、
752 2.6、7.4 mg/kg 体重/日、雌: 0、0.90、2.5、7.2 mg/kg 体重/日)のチウラム (純度: 97.5 %)
753 を 52 週間混餌投与した。赤血球数の減少が 250 ppm 群の雄で、総タンパクの低値、コレ
754 ステロールの高値が 90 ppm 以上の群の雄と 250 ppm 群の雌で、アルブミンの低値が 250
755 ppm 群の雌雄で認められた。肝臓の絶対重量の増加が 90 ppm 以上の群の雄、肝臓の相対

756 重量の増加が 30 ppm 以上の群の雄と 250 ppm 群の雌で、肝/脳重量比の増加が 250 ppm
757 群の雄で認められた。これらの変化は、チウラムに対する適応応答と思われる。以上の
758 結果から、NOAEL は、雄は 0.84 mg/kg 体重/日、雌は 2.5 mg/kg 体重/日であった (SIDS
759 2010)。

760 ・ビーグル犬 (雌雄各 4 匹/群)に、0、0.4、4、40 mg/kg 体重/日のチウラム (純度: 98.7 %)
761 をゼラチンカプセルで 104 週間経口投与した。40 mg/kg 群では雌雄とも、投与開始から
762 11 週目までに悪心、嘔吐、流涎、間代性痙攣、貧血などの著しい症状が認められた。眼
763 底出血、縮瞳、網膜の落屑などが認められた。4 mg/kg 群の雌雄でも悪心、嘔吐、流涎が
764 頻繁にみられ、雌の 1 匹では 37 週目から間代性痙攣が認められた。ヘマトクリット値、
765 ヘモグロビン量、赤血球数の減少が 4 mg/kg 以上の群の雌雄で認められた。40 mg/kg 群
766 の雌雄で ALP 活性、総コレステロールの上昇がみられ、試験後半には AST、ALT も高値
767 を示した。4 mg/kg 群では、総コレステロールおよび ALT の高値が雌雄とも認められた
768 が、雄の総コレステロールは有意ではなかった。病理組織学的検査では、4 mg/kg 群で肝
769 細胞壊死が雄 2 匹、雌 1 匹に、近位尿細管の腫脹と空胞化が雌 2 匹に認められた。40 mg/kg
770 群で肝臓の小葉中心部の肝細胞萎縮および巣状壊死を伴う脂肪変性が雄 2 匹、雌 3 匹に、
771 クッパー細胞の色素 (ヘモジデリン)沈着が雄 1 匹、雌 2 匹に、近位尿細管の腫脹と空胞
772 化が雌 2 匹に、甲状腺の C 細胞の過形成が雌雄各 1 匹に、網膜病変が雄 2 匹、雌 3 匹に
773 認められた。中枢および末梢神経の病理学的変化は認められなかった。SIDS および MAK
774 は NOAEL を 0.4 mg/kg/日としている (MAK 2007) (SIDS 2010)。

775

776 オ 生殖毒性

777 吸入ばく露

778 ・調査した範囲内では、報告はない。

779

780 経口投与/経皮投与/その他の経路等

781 ・Wistar ラット雄 (25 匹/群)に、0、5、10、25 mg/kg 体重のチウラム (純度: 95 %)を 90 日
782 間経口投与した。投与各群で死亡率の増加 (25~33%)が認められた。また、体重増加量
783 の減少が 10 mg/kg 以上の群で認められ、精巣の相対重量の増加が 25 mg/kg 群で認められ
784 た。生殖細胞の脱落を伴う精細管の変性、不活性精子、管腔内の壊死組織片の集簇など、
785 精巣の変性変化が 25 mg/kg 群で認められた。精巣ホモジネート中のコハク酸デヒドロゲ
786 ナーゼおよび酸性ホスファターゼ活性の低下、ならびに LDH、ALP、グルコース-6-リン
787 酸デヒドロゲナーゼおよびシアル酸の上昇が用量依存的に認められた (Mishra et
788 al.1993) (MAK 2007)。

789 同系統のラットを用いたフォローアップ試験では、同じ投与量のチウラム (純度:
790 98 %)を、180 日および 360 日間強制経口投与した。上記に示した精巣の病理組織学的変
791 化は、低用量群 (5 mg/kg 群)でも認められ、その程度は時間および用量依存的であった
792 (Mishra et al.1998) (MAK 2007)。

793 ・90 日齢の Long-Evans ラット雌の排卵に対するチウラムの影響を、無処置の発情前期の雌
794 に、9 時、11 時、13 時または 18 時に 12、25、50 mg/kg 体重のチウラム (純度: 98 %)を
795 単回腹腔内投与して調べた。50 mg/kg を 11 時あるいは 13 時に投与したすべてのラット

796 で排卵がブロックされた。25 mg/kg 群の 11 時投与ですべてのラットで排卵がブロックさ
797 れた。排卵した卵母細胞数には、対照群とチウラム投与群との間に差はみられなかった。
798 チウラムの 50 mg/kg 群では全ての無処置ラットで LH サージがブロックされたが、この
799 サージは 25 mg/kg 群では、60 %の雌でブロックされただけであった。血清中エストラジ
800 オールには、対照群と 50 mg/kg 群との間に差はみられなかった。以上の結果、チウラム
801 は、LH サージが始まる前の感受期に投与すると、LH サージをブロックし、それに続く
802 排卵を抑制した (SIDS 2010)。

803 ・チウラムによって排卵を遅延させた後の繁殖能を調べた。90 日齢の Long-Evans ラット雌
804 の発情前期に 50 mg/kg 体重のチウラム (純度: 98 %)を 13 時に腹腔内投与し、その日の夜
805 に交配した。チウラムで誘発した排卵遅延群では、妊娠匹数と産児数が減少した。胎児
806 に形態的な異常はみられなかった。チウラム投与によって排卵が遅延しなかったラット
807 では、妊娠匹数、産児数に変化は見られなかった。従って、妊娠結果に対する影響は、
808 排卵遅延に伴うものであり、チウラムの直接作用ではない。排卵遅延の雌では、妊娠 7
809 日と 11 日における一腹あたりの生存胎児数が減少したが、着床数は対照群と差はみられ
810 なかった。排卵遅延群では、妊娠 11 日の頭長、頭殿長、体節数などの平均発達スコアも
811 減少しており、生存胎児に発育遅延がみられた。以上の結果、比較的低用量のチウラム
812 の単回投与では排卵遅延に伴う排卵数および着床数に変化はないが、その他の妊娠パラ
813 メーターに影響がみられた (SIDS 2010)。

814 ・SD ラット (雌雄各 26 匹/群/世代)に飼料中 0、20、60、180 ppm のチウラム (純度: 99.4 %)
815 を 2 世代にわたって混餌投与した。少なくとも F0 は交配の 90 日前から、F1 は交配の 81
816 日前から投与を開始した。20、60、180 ppm 群の F0、F1 の交配前におけるチウラムの平
817 均摂取量は、それぞれ 1.4~1.8、4.2~5.4、12.2~16.4 mg/kg 体重/日であった。体重減少
818 が、F0 の親世代では 180 ppm 群、F1 の親世代では 60 ppm 以上の群の雌雄で認められた。
819 また、F0 の雌 (F1a 世代)の妊娠および授乳期間に 180 ppm 群で体重減少が認められた。
820 この体重減少は有意であったが、軽度なものであった (授乳 0 日を除き、10 %以下)。F0
821 の雌 (F1b 世代)の妊娠および授乳期間には体重減少はみられなかった。F1 の雌 (F2a 世
822 代)では、妊娠および授乳期間に軽度ではあるが有意な体重減少が 180 ppm 群で認められ
823 た。摂餌量の減少が、180 ppm 群の F0 および F1 親世代の雌雄で認められた。生殖に関
824 する NOAEL は、投与に関連した変化が認められなかったことから 180 ppm (雄は 12.2~
825 14.9 mg/kg 体重、雌は 14.0~16.4 mg/kg 体重)であった。出生児の NOAEL は、授乳期間
826 を通じて出生児の体重減少が 180 ppm (F0)および 60 ppm 以上 (F1)で認められたことから
827 20 ppm (雄は 1.4~1.7 mg/kg 体重、雌は 1.6~1.8 mg/kg 体重)であった (SIDS 2010)。

828 ・SD ラット (雌雄各 26 匹/群)を用いた 2 世代生殖毒性試験を実施した (OECD 毒性試験ガ
829 イドライン 416 準拠)。F0 の雄は 0、1.5、2.9、8.9 mg/kg 体重/日、雌は 0、2.3、4.6、14.0
830 mg/kg 体重/日のチウラム (純度: 97.6 %)を 81 日間混餌投与した。3 腹を検査に供した。1
831 番目の腹は、離乳後から交配開始までの 105 日間、雄は 0、1.8、3.8、11 mg/kg 体重/日、
832 雌は 0、2.4、5.1、16 mg/kg 体重/日を混餌投与した。摂餌量の減少が中間および高用量群
833 で認められ、体重増加量および出生児体重の減少が高用量群で、F0、F1 世代とも認めら
834 れた。母動物の全身毒性の NOAEL は 1.5 mg/kg 体重/日、出生児に対する NOAEL は 2.9
835 mg/kg 体重/日、親動物の受精能および生殖毒性に対する NOAEL は 11 mg/kg 体重/日であ

836 った (MAK 2007)。

837 • SD ラットに、雄は 0、0.05、0.1、0.25 % (0、30、58、132 mg/kg 体重/日)、雌は 0、0.04、
838 0.2 % (0、30、96 mg/kg 体重/日)のチウラムを混餌投与した。各群 20 匹の離乳児の雄は、
839 無処置雌との交配前に少なくとも 13 週間投与した。未交配雌は 20 匹ずつの群に分け、
840 少なくとも 14 日間投与し、無処置雄と交配した。交配開始後は、全ての雌に対照飼料を
841 与えた。雌雄とも平均体重および摂餌量の抑制が見られた。132 mg/kg 群の雄の 70 %が
842 死亡し、これらのラットの剖検では脂肪の消失が観察された。雄では、生殖能力の低下
843 が 132 mg/kg 群で、雌では性周期の発情休止期の延長が 96 mg/kg 群、着床数および産児
844 数の減少が 30 mg/kg 群で認められた。母動物の産児数が減少したことから、チウラムは
845 30 mg/kg/日以上以上の投与量で生殖能に対して悪影響を及ぼすと考えられた (SIDS 2010)。

846 • SD ラット (雌、10~32 匹/群)に、0、40、90、136、164、200 mg/kg 体重/日)のチウラム
847 を妊娠 6 日~15 日まで (200 mg/kg 群は妊娠 6 日または 7 日~12 日まで)経口投与した。
848 母動物の妊娠期間中の平均体重増加量および摂餌量の減少が全ての投与群で認められ
849 た。着床数の減少が 164 mg/kg 以上の群で、吸収胚の増加およびそれに伴う胎児数の減
850 少が 136 mg/kg 以上の群で、胎児体重の減少が全ての投与群で認められた。136 mg/kg 群
851 では、ドーム型頭蓋、水頭症、胸骨分節未骨化、上後頭骨不完全骨化、椎体の分離、椎
852 体の浅裂などの異常が認められた。胎児の死亡、体重減少、異常発生率の上昇から、
853 LOAEL は 40 mg/kg 体重/日であった (SIDS 2010)。

854 • SD ラット雌 (25 匹/群)に 0、7.5、15、30 mg/kg 体重/日のチウラム (純度:99.0~99.8 %)
855 を妊娠 6 日~15 日まで経口投与した。母動物の体重増加抑制および胎盤重量の軽度な減
856 少が全ての投与群で、胎児体重の軽度な減少が 15 mg/kg 以上の群で認められた (いずれ
857 も背景データの範囲内)、30 mg/kg 群では胎児体重の減少が認められた。胎児の低体重に
858 伴う発育遅延ならびに骨化遅延が、30 mg/kg 群で認められた。胚・胎児毒性の NOAEL
859 は 7.5 mg/kg 体重/日であった。母動物体重と胎盤重量の減少が低用量群 (7.5 mg/kg 群)で
860 認められたことから、母動物毒性の LOAEL は 7.5 mg/kg 体重/日であった (MAK 2007)。

861 • SD ラット雌 (27~28 匹/群)に、0、2.3、11.5、43.5 mg/kg 体重のチウラム (純度: 98.6 %)
862 を妊娠 6 日~15 日まで混餌投与した。摂餌量の減少が 11.5 mg/kg 群、体重増加量および
863 摂餌量の減少が 43.5 mg/kg 群で認められた。胎児の胸骨の変異が 11.5 mg/kg 群で認めら
864 れ、胎児体重の減少、骨化遅延および胸骨と椎骨の骨格変異が 43.5 mg/kg 群で認められ
865 た。MAK は母動物の NOAEL は 2.3 mg/kg 体重としている (MAK 2007)。

866 • SD ラット雌 (24 匹/群)に、飼料中 0、20、45、90 ppm のチウラム (純度: 99.6 %)を妊娠 3
867 日~出産後 20 日まで混餌投与した。妊娠 3 日~妊娠 19 日までのチウラムの平均摂取量
868 は 0、1.4、3.7、7.2 mg/kg 体重/日であった。母動物は出産後、哺育 21 日、出生児は生後
869 4 日に雌雄各 5 匹に調整後、65 日齢に解剖するまで、発達神経毒性を調べた。90 ppm 群
870 の母動物で投与期間中に認められた主な症状は、眼瞼閉鎖および振戦であり、皮膚の蒼
871 白(pale skin)、眼球蒼白(pale eyes)、不整呼吸も認められた。また、体重の低値および摂餌
872 量の減少が認められた。剖検では、脾臓腫大、肝臓の退色、腎臓の退色、腸間膜リンパ
873 節のうっ血、下部消化管の暗色内容物が認められた。脳重量には対照群との間に差はみ
874 られなかった。児動物の神経行動学的検査では、自発運動量や聴覚性驚愕反応検査にチ
875 ウラムの影響はみられなかったが、90 ppm 群の 61/62 日齢の雄では驚愕反応のプレパレ

876 ス抑制が低下した。同じ日齢の雌ではモリス水迷路による記憶と学習に軽度の低下がみ
 877 られた。これらの影響は児動物の生後の体重増加の抑制または体重低下を伴っていた。
 878 以上の結果、発達神経毒性についての NOAEL は 45 ppm (3.8-9.2 mg/kg 体重/日)、母動物
 879 に対する NOAEL は 45 ppm (3.8-9.2 mg/kg 体重/日)であった (SIDS 2010)(ECHA 2015)。
 880 ・ Swiss マウス雄に 150 mg/kg 体重のチウラム (純度 75 %)を 7 週間混餌投与した優性致死
 881 試験で、対照群と比べて着床前胚損失の誘発および着床後胚死亡数の増加が認められた。
 882 MAK では、含有されている不純物の影響を除外することはできないことから、チウラ
 883 ム単独の作用か否かは不明であったとコメントされている (MAK 2007)。
 884 ・ 日本白色種ウサギ雌に、0、1、4、16 mg/kg 体重/日のチウラムを妊娠 6 日～18 日まで強
 885 制経口投与し、母動物および胎児への影響を検討した結果、16 mg/kg で胚・胎児の死亡
 886 率は増加したが、催奇形性は認められなかった (産衛 2008)。
 887 ・ NZW ウサギ雌 (3 匹/群)に、0、1、5、7.5、10、20、40、80 mg/kg 体重のチウラム (純度:
 888 99.1 %)を妊娠 7 日～19 日まで経口投与した。体重の軽度な増加抑制が 1 mg/kg 以上の群、
 889 着床後胚損失の軽度な増加が 10、20、40、80 mg/kg の群で認められた。死亡率の増加、
 890 一腹の全胚の吸収 (2 匹の雌)、着床後胚損失の明らかな増加が 20 mg/kg 以上の群で認め
 891 られた (MAK 2007)。

892
 893 カ 遺伝毒性

894 ・ *In vitro* でチウラムは、ネズミチフス菌および大腸菌を用いた複数の復帰突然変異試験に
 895 おいて S9 mix 添加の有無にかかわらず陽性であった。ヒトリリンパ球を用いたコメット試
 896 験は S9 mix 添加の有無にかかわらず陽性、ヒトおよびラットの精巣細胞を用いた DNA
 897 鎖切断試験では S9 mix 非添加でいずれも陽性、不定期 DNA 合成試験は、ヒトリリンパ球
 898 では S9 mix 添加で陽性、S9 mix 非添加で陰性であったが、ラット肝細胞では陰性であっ
 899 た。姉妹染色分体交換試験は、S9 mix 添加の有無にかかわらずヒトリリンパ球では陽性、
 900 CHO 細胞では陰性であった。V79 チャイニーズハムスター細胞を用いた HPRT 試験は複
 901 数の試験で S9 mix 添加の有無にかかわらず陰性であった。チャイニーズハムスター卵巣
 902 (CHO)細胞を用いた染色体異常試験は、1 試験における S9 mix 添加での陽性を除いて複
 903 数の試験で陰性であった。ヒトリリンパ球を用いた小核試験は、S9 mix 添加の有無にかか
 904 わらず陽性であった (MAK 2007) (SIDS 2010)。
 905 ・ *In vivo* でチウラムは、マウスに経口投与したコメット試験およびマウススポットテスト
 906 は陰性であった。マウスあるいはチャイニーズハムスターに経口投与あるいは腹腔内投
 907 与した小核試験は、一部の試験を除き陰性であった。マウスに経口投与した染色体異常
 908 試験は、精母細胞で polyploidy の増加がみられ、精原細胞では陽性と陰性の結果が得ら
 909 れている。マウスを用いた優性致死試験は陽性であったが、純度 75 %のチウラムが使用
 910 されており、MAK (2007)ではチウラムの単独の作用か否かは不明であるとしている。シ
 911 ョウジョウバエの伴性劣性致死試験は陽性であった (MAK 2007) (SIDS 2010)。

試験方法	使用細胞種・動物種・S9 添加の有無・濃度	結果
------	-----------------------	----

試験方法		使用細胞種・動物種・S9添加の有無・濃度	結果
In vitro	復帰突然変異試験	ネズミチフス菌 TA98、TA100、TA1535、TA1537 大腸菌 WP2 _{uvrA} 5~1,500 µg/plate (±S9) (純度: 99.4)	+
		ネズミチフス菌 TA100、TA1535 1~100 µg/ plate (—S9) 1~1,000 µg/plate (+S9)	+ +
		TA1537、TA1538 1~100 µg/plate (—S9) 1~1,000 µg/plate (+S9)	— —
		TA98 10-1,000 µg/plate (—S9) 1~1,000 µg/plate (+S9)	— —
	ネズミチフス菌 TA100、TA1535 TA98、TA102、TA1537、TA1538 大腸菌 WP2 _{uvrA} 大腸菌 WP2	3.75~240 µg/plate (±S9)	+
		≤1,000 µg/plate (±S9)	—
		≤1,000 µg/plate (±S9)	+
		≤1,000 µg/plate (+S9)	+
		≤1,000 µg/plate (—S9) (純度: 99.7 %)	—
	ネズミチフス菌 TA100、TA1535 TA98、TA1538 TA102、TA1537 (純度: 98 %)	50~200 µg/plate (±S9)	+
		≤1,000 µg/plate (—S9) ≤1,000 µg/plate (+S9)	— +
		≤1,000 µg/plate (±S9)	—
	ネズミチフス菌 TA100、TA1535 TA98、TA102、TA1537、TA1538	10~1,000 µg/plate (+S9) 10~20 µg/plate (—S9)	+ +
≤1,000 µg/plate (±S9)		—	
コメット試験	ヒトリンパ球 0.1~8 µg/mL (±S9) (純度: 99.7 %)	+	
DNA 鎖切断試験 (アルカリ溶出法)	ヒト精巣細胞 2.4~24 µg/mL (—S9)	+	
	ラット精巣細胞 2.4~72 µg/mL (—S9) (純度: >96 %)	+	

試験方法		使用細胞種・動物種・S9 添加の有無・濃度	結果
	不定期 DNA 合成試験	ヒトリンパ球 5~50 µg/mL (—S9) 5~50 µg/mL (+S9) (純度: 98 %)	— +
		ラット肝細胞、 0.03~10 µg/ml (純度: 100 %)	—
	姉妹染色分体交換試験	ヒトリンパ球 5~25 µg/mL (—S9) 5~25 µg/mL (+S9) (純度: 98.7 %)	— +
		ヒトリンパ球 1.2~2,000 µg/mL (±S9)	+
		CHO 細胞 0.024~0.24 µg/mL (±S9)	—
	HPRT 試験	V79 チャイニーズハムスター細胞 1~10 µg/mL (-S9)、10~56 µg/mL (+S9) (純度: 100 %)	—
		V79 チャイニーズハムスター細胞 0.2~1.6 µg/mL (±S9)	—
		V79 チャイニーズハムスター細胞 1~8 µg/mL (-S9)、0.8~15 µg/mL (+S9) (純度: 80 %)	—
	染色体異常試験	CHO-K1 細胞 0.003~0.05 µg/mL (—S9) 0.2~3.0 µg/mL (+S9) (純度: 99.82 %)	— —
		CHO 細胞 0.003~0.023 µg/mL (—S9) 0.2~1.5 µg/mL (+S9) (純度: 99.7 %)	— —
		CHO 細胞 0.0075~0.348 µg/mL (—S9) 0.0075~0.348 µg/mL (+S9) (純度: 99.7 %)	— +
		小核試験	ヒトリンパ球 0.5~24 µg/ml (±S9) (純度: 99.7 %)
<i>In vivo</i>	コメット試験	マウス 300 mg/kg 体重、8 または 12 日間経口投与、末梢血リンパ球、 脾臓細胞 (純度: 99.7 %)	—
	マウススポットテスト	NMRI マウス雄 75、750 mg/kg 体重、経口投与 (純度: 98.7 %)	—

試験方法		使用細胞種・動物種・S9 添加の有無・濃度	結果
小核試験	NMRI マウス雄 (3 匹/群)、脾細胞 100~900 mg/kg 体重、4 日間経口投与、300 mg/kg 体重、8 または 12 日間経口投与 (純度: 99.7 %)		—
	CD-1 マウス (雌雄各 5 匹/群)、骨髄細胞 38~377 mg/kg 体重、腹腔内投与 (純度: 99.8 %)		—
	Swiss Albino マウス (雌雄不明)、骨髄細胞 100~200 mg/kg 体重、腹腔内投与		—
	Swiss Albino マウス雄、骨髄細胞、 25~100 mg/kg 体重、腹腔内投与 (純度: 75 %)		+
	B6C3F1 マウス (雌雄各 5 匹/群)、骨髄細胞 12.5~50 mg/kg 体重、腹腔内投与 24h 48h 37.5 mg/kg 体重、腹腔内投与 24h 48h (雄) (純度: 99.7 %)		— + — +
	F1 交雑系マウス雄 (15 匹/群)、骨髄細胞 100 mg/kg 体重、腹腔内投与 (純度: 80 %)		+
	チャイニーズハムスター (雌雄不明、4 匹/群)、骨髄細胞 100~500 mg/kg 体重、腹腔内投与		—
染色体異常試験	Swiss Albino マウス雄、80~320 mg/kg 体重 3 日間経口投与、60 日後に精母細胞を検査 (Poly-Ploidy)		+
	NMRI マウス、精原細胞 75~750 mg/kg 体重、単回経口投与		—
	Swiss Albino マウス、精原細胞 80~320 mg/kg 体重、経口投与		+
優性致死試験	Swiss Albino マウス雄 (20 匹/群)、生殖細胞、 150 mg/kg 体重、8 週間混餌投与 (純度: 75 %)		+
伴性劣性致死試験	ショウジョウバエ 0.11~5 mg/mL、混餌		+

913

914

— : 陰性 + : 陽性

915

916

生殖細胞変異原性

917

・ *In vivo* で、Swiss マウス雄に 150 mg/kg 体重のチウラム (純度 75 %) を 7 週間混餌投与し

918

た優性致死試験で、対照群と比べて着床前胚損失の誘発および着床後胚死亡数の増加が

919

認められた。MAK では、含有されている不純物の影響を除外することはできないこと

920

から、チウラム単独の作用か否かは不明であったとコメントされている (MAK 2007)。

921 ・ *In vivo* で、チウラムは、マウスに経口投与したコメット試験およびマウススポットテス
922 トは陰性であった。マウスあるいはチャイニーズハムスターに経口投与あるいは腹腔内
923 投与した小核試験は、一部の試験を除き陰性であった。マウスに経口投与した染色体異
924 常試験は、精母細胞で *polyploidy* の増加がみられ、精原細胞では陽性と陰性の結果が得
925 られている。マウスを用いた優性致死試験は陽性であったが、純度 75 % のチウラムが使
926 用されており、MAK (2007) ではチウラムの単独の作用か否かは不明であるとしている。
927 ショウジョウバエの伴性劣性致死試験は陽性であった (MAK 2007) (SIDS 2010)。
928 ・ *In vitro* で、姉妹染色分体交換試験は、S9 mix 添加の有無にかかわらず CHO 細胞では陰
929 性であった。V79 チャイニーズハムスター細胞を用いた HPRT 試験は複数の試験で S9 mix
930 添加の有無にかかわらず陰性であった。チャイニーズハムスター卵巣 (CHO) 細胞を用い
931 た染色体異常試験は、1 試験における S9 mix 添加での陽性を除いて複数の試験で陰性で
932 あった (MAK 2007) (SIDS 2010)。

933

934 キ 発がん性

935 吸入ばく露

936 ・ 調査した範囲内では、報告はない。

937

938 経口投与/経皮投与/その他の経路等

939 ・ SD ラット (雌雄各 24 匹/群) に、飼料中 0、0.01、0.04、0.1 % (雄 : 0、5、20、52 mg/kg
940 体重/日、雌 : 0、6、26、67 mg/kg 体重/日) のチウラムを 80 週間混餌投与した結果、対照
941 動物でみられる自然発生腫瘍の発生や潜伏期間にチウラム投与による変化はみられな
942 かった (SIDS 2010)。

943 ・ Wistar ラット (雌雄各 32 匹/群) に、0、0.05、0.5、5、50 mg/kg 体重/日のチウラム (純度:
944 99.4 %) を 2 年間混餌投与した結果、発生した腫瘍の種類および発生率にチウラム投与に
945 よる変化は認められなかった (MAK2007)。

946 ・ Wistar ラット (雌雄各 64 匹/群) に、飼料中 0、3、30、300 ppm (雄 : 0、0.1、1.2、11.6 mg/kg
947 体重/日、雌 : 0、0.1、1.4、13.8 mg/kg 体重/日) のチウラム (純度: 98.7 %) を 104 週間混餌
948 投与した。乳腺の線維腺腫の発生率の低下が雌の高用量群でみられた。皮膚腫瘍の発生
949 抑制が雌の中用量以上の群でみられた。その他の腫瘍は認められなかった (MAK2007)
950 (SIDS 2010)。

951 ・ F344 系ラット (雌雄各 50 匹/群) に、飼料中 0、0.05、0.1 % (雄 : 0、18.3、39.2 mg/kg 体
952 重/日、雌 : 0、20.2、42.3 mg/kg 体重/日) のチウラムを 104 週間混餌投与し、投与終了後、
953 8 週間観察した。チウラム投与群のみに低頻度で認められた白血病、下垂体腺腫、甲状
954 腺の C 細胞腺腫を除き、種々の自然発生腫瘍の発生に投与の影響はみられなかった
955 (MAK 2007) (SIDS 2010)。

956 ・ SD ラット (雌雄各 60 匹/群) に、飼料中 0、30、150、300 ppm (雄、0、1.5、7.3、15 mg/kg
957 体重/日 ; 雌、0、1.8、8.6、19 mg/kg 体重/日) のチウラム (純度: 97.5 %) を 104 週間混餌投
958 与した結果、トレンド解析で肝細胞腺腫 (雌雄)、甲状腺 C 細胞腺腫 (雌雄) に有意な増加
959 傾向がみられたと報告されているが、個々の群と対照群との比較では有意差は認められ
960 なかった。甲状腺 C 細胞がんの発生の増加もみられなかった (SIDS 2010)。

- 961 ・ICR マウス (雌雄各 50 匹/群)に、雄は飼料中 0、15、150、300 ppm (0、3、24、50 mg/kg
962 体重/日)、雌は飼料中 0、15、300、600 ppm (0、3、57、112 mg/kg 体重/日)のチウラム (純
963 度: 97.5 %)を 2 年間混餌投与した結果、病理組織学的検査でチウラムによって誘発され
964 た腫瘍は認められなかった (MAK 2007)。
- 965 ・Beagle イヌ (雌雄各 4 匹/群)に、0、0.4、4、40 mg/kg 体重/日のチウラム (純度: 98.7%)を
966 ゼラチンカプセルで 104 週間 経口投与した結果、腫瘍病変はみられなかった (MAK
967 2007) (SIDS 2010)。

968

969 ク 神経毒性

970 吸入ばく露

- 971 ・調査した範囲内では、報告はない。

972

973 経口投与/経皮投与/その他の経路等

- 974 ・Wistar ラット (雌雄各 12 匹/群)に、飼料中 0、100、300、1,000、2,500 ppm (0、4.9、15、
975 49、125 mg/kg 体重/日)のチウラムを 65 週間混餌投与した。125 mg/kg 群の全動物が 17
976 週目までに死亡した。その他の群で死亡例は認められなかった。脱力、歩行失調、色々
977 な程度の後肢麻痺が 15 および 49 mg/kg 群で認められた。組織学的検査では、脳幹と小
978 脳の石灰化および四肢の筋肉の異栄養性変化が認められた。NOAEL は、4.9 mg/kg 体重/
979 日であった (MAK2007)。
- 980 ・SD ラット (雌雄各 24 匹)に、実験 1 では飼料中 0、0.01、0.04、0.1% (雄 : 5.3、20.4、52.0
981 mg/kg 体重/日、雌 : 6.1、25.5、66.9 mg/kg 体重/日)のチウラムを 80 週間混餌投与した。
982 実験 2 (雌のみ)では、約 65.8 mg/kg 体重/日のチウラムを 36 週間混餌投与した。実験 1 で
983 は、66.9 mg/kg 群の雌の 24 匹中 8 匹で歩行失調および四肢の麻痺が認められた。また、
984 脱髄、軸索変性、坐骨神経の神経束におけるマクロファージの浸潤などの病理組織学的
985 変化も認められ、運動神経のニッスル小体消失、核濃縮、神経膠細胞集合を伴っていた。
986 実験 2 においても、65.8 mg/kg 群の 24 匹中 4 匹で歩行失調と麻痺が認められ、他の 9 匹
987 では、尾を持ち上げた時に後肢を握る行動が認められた。重度の歩行失調を示した 1 匹
988 では、神経伝導を測定できず、筋電図検査で運動単位の機能消失がみられた。このラッ
989 トの病理組織学的検査の結果は、傷害の主要部位が末梢神経であることを示していた。
990 また、チウラム投与により行動異常が起り、歩幅と両足間の角度の減少といった後肢
991 の歩行パターンの変化が認められた。これらのラットでは、ジャンプ/クライム能検査で
992 は、より強い衝撃が必要であり、低い高さしかクリアすることができなかった。オープ
993 ン・フィールド試験では、歩行失調を認めなかったラットでは雌雄とも自発運動の亢進
994 が認められた (SIDS 2010)。
- 995 ・SD ラット (雌雄各 15 匹/群)に、雄には 0、1.74、7.26、28.63 mg/kg 体重/日、雌には 0、
996 2.04、8.07、31.82 mg/kg 体重/日のチウラム (純度: 98.76 %)を混餌投与した亜慢性神経毒
997 性試験で、体重増加量の減少が、高用量群で雄の 28.63 mg/kg (33.5 %)、雌の 31.82 mg/kg
998 (35.2 %)とも認められた。機能観察総合評価 (FOB、Functional observational battery)では、
999 活動性亢進および立ち上がり回数の増加が、28.63 mg/kg 群の雄で 8 週および 13 週目に
1000 認められた。8.07 mg/kg 以上の群の雌でも同様の変化が認められた。雌雄の最高用量群

1001 の剖検および病理組織学的検査では、投与に関連した異常は認められなかった。以上の
1002 結果から、NOAELは、雌で2.04 mg/kg/日、雄で7.26 mg/kg/日であった (SIDS 2010)。
1003 ・SDラット (雌雄各15匹/群)に0、5、150、600 mg/kg体重のチウラムを単回経口投与し、
1004 試験終了後の剖検で、150、600 mg/kgの群の雄で、対照群と比べて脳重量の低値 (3.64%
1005 および3.48%)がみられた。150、600 mg/kgの群の雌の脳重量も対照群よりも低値 (3.65%、
1006 3.26%)であったが、有意な差ではなかった (SIDS 2010)。
1007 ・SDラット雌 (24匹/群)に、飼料中0、20、45、90 ppmのチウラム (純度: 99.6%)を妊娠3
1008 日～出産後20日まで混餌投与した。妊娠3日～妊娠19日までのチウラムの平均摂取量
1009 は0、1.4、3.7、7.2 mg/kg体重/日であった。母動物は出産後、哺育21日、出生児は生後
1010 4日に雌雄各5匹に調整後、65日齢に解剖するまで、発達神経毒性を調べた。90 ppm群
1011 の母動物で投与期間中に認められた主な症状は、眼瞼閉鎖および振戦であり、皮膚の蒼
1012 白(pale skin)、眼球蒼白(pale eyes)、不整呼吸も認められた。また、体重の低値および摂餌
1013 量の減少が認められた。剖検では、脾臓腫大、肝臓の退色、腎臓の退色、腸間膜リンパ
1014 節のうっ血、下部消化管の暗色内容物が認められた。脳重量には対照群との間に差はみ
1015 られなかった。児動物の神経行動学的検査では、自発運動量や聴覚性驚愕反応検査にチ
1016 ウラムの影響はみられなかったが、90 ppm群の61/62日齢の雄では驚愕反応のプレパレ
1017 ス抑制が低下した。同じ日齢の雌ではモリス水迷路による記憶と学習に軽度の低下がみ
1018 られた。これらの影響は児動物の生後の体重増加の抑制または体重低下を伴っていた。
1019 以上の結果、発達神経毒性についてのNOAELは45 ppm (3.8-9.2 mg/kg体重/日)、母動物
1020 に対するNOAELは45 ppm (3.8-9.2 mg/kg体重/日)であった (SIDS 2010)(ECHA 2015)。
1021

1022 (2) ヒトへの影響 (疫学調査および事例)

1023 ア 急性毒性

1024 ・調査した範囲内では、報告はない。
1025

1026 イ 刺激性および腐食性

1027 ・チウラムの過剰のばく露で粘膜の紅斑や蕁麻疹を伴う皮膚刺激性、上気道の炎症、およ
1028 び結膜炎が認められた (ACGIH 2021)。
1029

1030 ウ 感作性

1031 ・1992年～1999年にかけてドイツの皮膚科情報ネットワーク (IVDK)に属する33施設から
1032 情報を得て、食品加工会社において職業病としてのアレルギー性接触皮膚炎を疑う873
1033 例についてパッチテストの解析を行った。873例の内訳は、製パン業340例、調理師403
1034 例、製肉業130例であった。最終的にアレルギー性接触皮膚炎と診断された従事者数は
1035 213例 (24.4%)であった。アレルゲンとの関係を詳細に分析したところ、全被験母集団
1036 と比較して食品加工会社の従事者は、ゴムの加硫促進剤として用いられたチウラム混合
1037 物への感受性が4.9% (全被験母集団2.6%)と有意に高い結果を示した。食品加工従事者
1038 においてゴム手袋を介したチウラムの影響が示唆された (産衛 2008)。
1039 ・ゴムに対する感作性は、チウラムによって最もよく起こるとされているが、ゴム手袋に
1040 よる化学物質ばく露集団2,933人で、チウラム誘導体による感作の頻度は82人 (2.8%)

1041 と報告されている (産衛 2008)。特に、チウラム混合物に対して強い反応がみられた患者
1042 (チウラム混合物に対する陽性反応がトリプルポジティブの 5 人中 3 人、ダブルポジティ
1043 ブの 27 人中 7 人)では、1%の亜鉛ジエチルジチオカルバメート (ワセリン中)に対する陽
1044 性反応も認められた (MAK 2007)。

- 1045 ・チウラムによるアレルギー性接触皮膚炎を診断するため、リンパ球芽球化試験を実施し
1046 た報告によると、チウラム混合物のパッチテストに陽性を示し、テトラメチルチウラム
1047 モノスルフィド単独、またはテトラメチルチウラムモノスルフィドとチウラムの両方に
1048 感作された患者の末梢血単核細胞が有意に増殖反応を示した (産衛 2008)。
- 1049 ・農薬としてチウラムを散布、あるいはチウラムが残留する農産物に接触することによる
1050 影響として接触皮膚炎が報告されている (産衛 2008)。
- 1051 ・コルネットやトランペットを演奏する 12 歳の少年に、繰り返す口唇の腫脹が出現し、楽
1052 器ケースを介するチウラムとの接触が疑われた (産衛 2008)。
- 1053 ・チウラム系化合物は加硫工程で熱分解してジチオカルバメート系化合物になるという報
1054 告もある。市販ゴム製品を分析したところ、チウラム系化合物は検出されず、ジチオカ
1055 ルバメート系化合物のみが検出されたという。ゴム皮膚炎 28 例についてパッチテスト
1056 を行った結果では、チウラム系化合物であるチウラム 6/28、テトラメチルチウラムモノ
1057 スルフィド 8/28、テトラエチルチウラムジスルフィド 6/28 と高い陽性率を示した。この
1058 患者のうち 2 名は多重感作されており、チウラム系、ジチオカルバメート系のいずれに
1059 も陽性反応を示した。チウラム系、ジチオカルバメート系ともジアルキルアミノ基を持
1060 っており、両化合物とも陽性反応を示す傾向が認められたため、ジアルキルアミノ部分
1061 が抗原決定に関与し、交叉反応を引き起こす可能性が示唆された。このため、チウラム
1062 自体ではなく、熱分解して生成したジチオカルバメート系化合物が間接的にチウラムの
1063 影響を示している可能性もある (産衛 2008)。
- 1064 ・ゴム製造工場労働者の内、24.5%がアレルギー性疾患に罹患しており、9.3%が皮膚のア
1065 レルギーで、2.8%が気管支喘息であったとしている。アレルギー性疾患患者の 14.1%が
1066 複数の化学物質アレルギーの皮膚テスト陽性であった (産衛 2008)。
- 1067 ・アーヘン (ドイツ)の皮膚科クリニックにおいて 1980 年～1986 年および 1987 年～1993
1068 年に行った合計 6,942 人の試験では、1%チウラム (ワセリン中)に対する陽性反応が、そ
1069 れぞれ 1%および 2%で認められた (MAK 2007)。
- 1070 ・1980 年～1982 年の調査では、3,332 人中、ゴム成分の混合物の少なくとも 1 種類に対し
1071 て 158 人の患者で、チウラム類の混合物に対しては 73 人の患者で陽性反応が認められた。
1072 検査した患者 255 人のうち 19 人ではチウラムに対して陽性反応が認められた (MAK
1073 2007)。
- 1074 ・チウラム類の混合物に対して陽性反応を示す 22 人の患者のうち、17 人について個々の
1075 成分に対する反応を調べたところ、5 人が 0.25%あるいは 1.0%チウラムに対して陽性反
1076 応を示した (MAK 2007)。
- 1077 ・1981 年～1988 年に実施した一連のゴム成分に対する調査では、316 人の患者のうち 3.8%
1078 に 0.25%あるいは 1.0%チウラムに対する陽性反応が認められた。また、317 人の患者の
1079 うち 8.8%でチウラム類の混合物に対する陽性反応が認められた (MAK 2007)。
- 1080 ・スペインの病院で 1978 年～1988 年に行った調査では、686 人の患者で、ゴム成分の少な

1081 くとも1種類に対して陽性反応が認められた。また、チウラム類の混合物に対しては569
1082 人、チウラムに対しては344人で陽性反応が認められた。同じ病院で1989年～1993年
1083 に実施した調査では、建設労働者の患者408人中97人がチウラム類の混合物に対して陽
1084 性を示した。また、検査した185人の患者のうち54人が1%チウラムに対して陽性であ
1085 った(MAK 2007)。

1086 ・ポルトガルの試験では、1977年～1982年に行ったチウラム類の混合物のパッチテストで、
1087 4,564人の患者のうち203人(4.5%)に陽性反応が認められた。チウラム単独に対する陽
1088 性反応が85人中18人で認められた(MAK 2007)。

1089 ・IVDKの病院で、1990年～1993年に約21,000人の患者のうち2,260人でチウラム混合物
1090 およびその構成成分の検査を実施した。222人の患者でチウラム混合物に対する陽性反
1091 応がみられ、それらのうち87人(39.2%)で0.25%チウラム(ワセリン中)に対する陽性
1092 反応が認められた。チウラムだけに対する反応は11人で認められた(MAK 2007)。

1093 ・IVDKの病院において、1995年～2001年に、約2,000人の職業性接触皮膚炎患者のパッ
1094 チテストで検査可能であったゴム成分の中で、チウラム類が最も高頻度で陽性反応を示
1095 し、チウラム混合物に対しては1,916人中12.9%が、チウラムに対しては1,420人中7.1%
1096 が陽性反応を示した。検査を行った全チウラム類に対する陽性反応の年間の頻度は、
1097 12.8%～20.9%であった(MAK 2007)。

1098 ・イタリアの病院で、1994年～1998年に、手や腕の接触皮膚炎を発症した健康サービス従
1099 事者360人に対して、パッチテストを実施した。少なくとも1種類の陽性反応が72人の
1100 患者で認められ、15人はチウラム混合物に対して、3人は0.25%チウラムに対して陽性
1101 反応を示した(MAK 2007)。

1102 ・IVDKの病院で1994年～1996年に実施した、チウラム混合物を使用している建設労働者
1103 489人とチウラムを使用している患者144人のパッチテストでは、それぞれ31人(6.3%)
1104 および12人(8.3%)で陽性反応が認められた。年齢補正したチウラム陽性反応の発生率
1105 は、建設作業非従事の男性では1,499人中の3.1%であったのに対し、男性建設作業員で
1106 は8.7%であった(MAK 2007)。

1107 ・ポーランドの病院では、1970年～1987年に検査した15,410人の患者のうち269人(1.8%)、
1108 1994年～1996年に検査した5,374人のうち84人(1.6%)でチウラムに対する陽性反応が
1109 認められた。最も反応の頻度が高かったのは、1979年～1985年に検査したゴム工場の労
1110 働者(4.8%)および冶金工と機械工(4.5%)であった(MAK 2007)。

1111 ・IVDKの病院における1992年～2000年までの82,561人の患者の検査結果と既往歴に関
1112 する記録のレトロスペクティブ解析では、ゴム工場の従業員で構成される小グループで
1113 チウラム混合物に対する反応の頻度の明らかな上昇(47人中6人で陽性反応)が認められ
1114 た。健康福祉関連の雇用者(医師や歯科医師、医療助手、看護師、介護福祉士)および建
1115 設作業員で、チウラム混合物に対する陽性反応頻度の5%～6.7%の上昇が認められた。
1116 しかしながら、この試験ではチウラムに対する反応については調べられていない。

1117 著者らは1992年～1995年に健康な従業員に対するパッチテストを実施し0.25%チウ
1118 ラム(ワセリン中)に対する陽性反応が検査した813人のうちの6.1%で認められ、この
1119 期間中、チウラム混合物に対する陽性反応は、検査した2,197人のうち6.7%で認められ
1120 たとしている(MAK 2007)。

- 1121 ・英国で 1983 年～1998 年に医療従事者に対して実施した試験では、チウラム混合物に対
1122 する陽性反応が高頻度 (約 12 %)に認められた。チウラムの検査結果については報告がな
1123 ない (MAK 2007)。
- 1124 ・接触皮膚炎に関する他の報告では、靴のインサートや殺虫剤中のチウラムへのばく露と
1125 の関連性を指摘している (MAK 2007)。
- 1126 ・チウラム混合物に陽性反応を示す患者の約 1/5 は、ジチオカルバメートに陽性を示し、
1127 ジチオカルバメートに感受性を示すほとんどの患者がチウラム混合物に対しても陽性反
1128 応を示した (MAK 2007)。
- 1129 ・アンタビュースとして使用されるテトラエチルチウラムジスルフィドの感作後、チウラ
1130 ムとの交差反応が報告されている。しかし、多くのチウラム類がしばしば同時にばく露さ
1131 れることから、陽性交差反応は、最初の感作に付随して起こりうる (MAK 2007)。
- 1132 ・ボランティアにおけるマキシマイゼーション試験で、25 人中 4 人で陽性がみられた (25 %
1133 チウラムで 5 回感作、10 %チウラムで惹起)。一方、次の 2 試験では、23 人および 25 人
1134 のボランティアのうち、それぞれ 1 人だけに陽性がみられた。さらなる試験では、10 %
1135 チウラムで 3、5、10 あるいは 15 回の感作を行ったが、惹起後の陽性反応は、それぞれ
1136 25 人中 0 人、25 人中 0 人、22 人中 2 人、18 人中 6 人であった (MAK 2007)。
- 1137 ・ゴム工場でのアレルギー性の接触皮膚炎に関する報告では、チウラムばく露と関連性が
1138 あるとされている。チウラムを含む薬用せっけん、処理した植物への接触、ゴム製手袋
1139 の着用についての報告もある (ACGIH 2021)。
- 1140
- 1141 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)
- 1142 ・3 年以上チウラムの製造に従事していた 223 人の労働者 (男性 42 人、女性 181 人)では、
1143 対照群の 193 人と比べて、咳、眼刺激、胸部痛、頻脈、皮膚病変、肝機能障害の発現率
1144 の上昇が認められた。チウラムにばく露されている労働者で動悸、速脈、めまい、低血
1145 圧などの症状がみられ、アルコール不耐性が認められた (MAK 2007)。
- 1146
- 1147 オ 生殖毒性
- 1148 ・作業時間中の 30 %から 90 %にチウラムにばく露された妊娠中の労働者 (人数不明)で、
1149 後期妊娠中毒症の人数、妊娠 33 週～37 週における尿中エストロール量の減少および
1150 早産、流産数とばく露量およびばく露期間との間に相関関係が認められた。胎児の心電
1151 図異常が、30%の妊婦で認められた。著者らは、チウラムとその代謝物である CS₂ が、
1152 銅含有モノアミノオキシダーゼあるいはセルロプラスミンの阻害を介して、セロトニン
1153 量を増加させたためとしている。MAK は、非ばく露対照者のデータがないこと、統計学
1154 的評価が実施されていないこと、ばく露あるいは調査した人数、正確なばく露量やばく
1155 露期間、同時期にばく露された他の化合物の情報がないことから、この試験は評価に使
1156 用できないとしている (MAK 2007)。
- 1157
- 1158 カ 遺伝毒性
- 1159 ・チウラムやジメチルジチオカルバミン酸亜鉛、テトラエチルチウラムジスルフィドなど
1160 にばく露された勤務歴 3～12 年のゴム製造工場の労働者の末梢血リンパ球を調べたとこ

1161 ろ、ばく露のないコントロールと比較し、ばく露期間に関わらず染色体の損傷やギャッ
1162 プが有意に増加した (産衛 2008)。

1163

1164 生殖細胞変異原性

1165 ・調査した範囲内では、報告はない。

1166

1167 キ 発がん性

1168 ・調査した範囲内では、報告はない。

1169

1170 発がんの定量的リスク評価

1171 ・(IRIS) (WHO/AQG-E 2000) (WHO/AQG-G 2005) (CalEPA 2011)に、ユニットリスクに関する
1172 情報なし (2021/11/05 検索)。

1173

1174 発がん性分類

1175 IARC : グループ 3 (IARC 1991)

1176 根拠：チウラムの発がん性に関してヒトの報告はない。動物において経口投与で腫瘍の
1177 発生率の増加はみられていない。ラットに亜硝酸塩との併用で経口投与した場合、
1178 鼻腔の腫瘍発生率の増加がみられた。以上から、チウラムの発がん性に関してヒ
1179 トにおいても動物においても十分な証拠はないとされた。

1180

1181 日本産業衛生学会：情報なし (産衛 2020)

1182 EU CLP : 情報なし (EU CLP) (2021/09/10 検索)

1183 NTP 14thROC : 情報なし (NTP 2016)

1184 ACGIH : A4 (ACGIH 2021)

1185

1186 ク 神経毒性

1187 ・調査した範囲内では、報告はない。

1188

1189 (3) 許容濃度の設定

1190 ACGIH TLV-TWA : 0.05 mg/m³ (0.005 ppm) インハラブル(吸引性)画分および蒸気 (2014 年
1191 設定)、DSEN (2014 年設定)、A4 (1996 年設定) (ACGIH 2021)

1192 根拠：チウラムは、急性毒性は低～中程度、刺激性は軽～中等度であり、皮膚感作性が動
1193 物モデルとヒトの両方で認められた。チウラムの各種遺伝毒性試験において、遺伝
1194 毒性を示すデータが得られている。げっ歯類の長期混餌投与試験では、腫瘍の増加
1195 は認められなかった。生殖に関するエンドポイントについても変化はみられず、胎
1196 児についても感受性が高いとは思われない。刺激性が労働者で報告されているが、
1197 チウラムばく露の影響を示す信頼できるデータはない。そこで、TLV は、動物の反
1198 復投与試験のデータから算出した。ラットとイヌでは、13 週間～2 年間の反復投与
1199 における全身毒性の NOEL は約 0.5 mg/kg 体重であった。1 試験で胃への刺激性が
1200 0.05 mg/kg 体重で認められ、これが最も低い用量であったが、他の試験では認めら

1201 れなかったこと、組織障害の程度は軽微であったことから、このデータは算出に使用
1202 しなかった。経口、吸入とも完全に吸収されると仮定すると、経口投与の 0.5 mg/kg
1203 体重は、吸入投与の 3.5 mg/m³ に相当する。TLV-TWA 0.05 mg/m³ (インハラブル(吸
1204 引性)画分および蒸気)は、全ての有害作用を防ぐのに十分な量である。経皮急性毒性
1205 のデータから Skin 表記は必要がないが、DSEN 表記は、ヒトおよび動物のチウラム
1206 ばく露に関係した経皮感作の報告に基づき勧告される。ラットおよびマウスの生涯
1207 混餌投与で腫瘍の発生増加はみられていない。したがってチウラムは A4 (ヒト発が
1208 ん性因子として分類できない)が割り当てられた。RSEN 表記および TLV-STEL を勧
1209 告する十分なデータはない。

1210

1211 日本産業衛生学会:許容濃度:0.1 mg/m³ (2008年提案)、感作性物質 (皮膚第1群) (産衛 2020)
1212 根拠: ヒトに関する報告は少なく、許容濃度が算定できる結果が十分得られていない現状
1213 から、動物実験の結果を用いざるをえなかった点、経口ばく露量をそのまま吸入ば
1214 く露にあてはめた点、チウラムとテトラメチルチウラムモノスルフィドの性質が多
1215 少異なる点等、不確実な問題は残るが、一方で NOAEL ではなく、NOEL を元にチ
1216 ウラムの許容濃度を考えるとすれば、かなり厳しい値になることも予想される。従
1217 って、NOEL の範囲 0.03~0.15 mg/m³ の中間の値を取って、TLV (TWA)0.1 mg/m³ と
1218 するのが妥当と判断した。アレルギー性接触皮膚炎についての報告は多く、ヒトに
1219 おける影響の結果を総合して、皮膚感作性物質第 1 群と判断される。呼吸器のアレ
1220 ルギー症状についての報告もあるが、まだ十分検討されているとは言えず、気道感
1221 作性物質の分類は現段階では困難と思われる。発がん性に関しては、まだ十分に検
1222 討されているとは言えず、今回は、発がん性について考慮せず、慢性毒性、生殖毒
1223 性の結果からのみ提案を行った (産衛 2008)。

1224

1225 DFG MAK : 1 mg/m³、Sh、妊娠リスクグループ C (2006年設定) (MAK 2015)

1226 根拠: 多くの試験がチウラムの純度を正確に測定しないで行われてきた。これらの試験は
1227 評価に使用できない。したがって、評価は純度を正確に記載された結果のみで行っ
1228 た。サルモネラ菌の変異原性試験で、チウラムは TA100 と TA1535 株に突然変異を
1229 起こした。In vitro で DNA 鎖切断および SCE だけでなく染色体異常がみられた。In
1230 vivo で DNA 鎖切断がマウスリンパ球でみられたが、小核試験は、細胞傷害性を示し
1231 た用量で陽性であった 1 試験を除いて陰性であった。多くの 2 年間の試験でチウラ
1232 ムは、ラット、マウスおよびイヌに腫瘍を誘発しなかった。したがって、チウラム
1233 は発がん性カテゴリーに分類されない。イヌにおいて 4 mg/kg 体重以上で、悪心、
1234 嘔吐、流涎および ALP 活性と血清コレステロールの増加がみられた。雌では、赤血
1235 球数、ヘマトクリットおよびヘモグロビン値が減少し、ALT 活性が増加した。近位
1236 尿管における腫脹と空胞化が観察された。雄では、肝臓の絶対および相対重量が
1237 増加し、肝細胞の変性がみられた。最も感受性の高い種としてイヌの全身毒性の
1238 NOAEL は 0.4 mg/kg 体重/日であった。イヌの NOAEL から、職場の気中濃度は 2.8
1239 mg/m³ と算出できる (体重 70kg、吸入空気量を 10 m³、100%保持と仮定)。したが
1240 って、MAK 値は 1 mg/m³ が設定される。2002 年に、チウラムはピークばく露限度カ

1241 テゴリーII、エクスカージョンファクター1 と分類された。ピークばく露限度カテ
1242 ゴリーII が保持される。MAK 値を $1\text{mg}/\text{m}^3$ に下げた結果、エクスカージョンファク
1243 ーは 1 から 2 に変更される。ラットにおける発生毒性の NOAEL は、7.5 および 10
1244 mg/kg 体重/日 (ヒトにおいて $53\text{ mg}/\text{m}^3$ および $70\text{ mg}/\text{m}^3$ に相当)であり、ウサギの
1245 NOAEL は、5 および $10\text{ mg}/\text{kg}$ 体重/日 (ヒトにおいて 35 および $70\text{ mg}/\text{m}^3$ に相当)で
1246 ある。これらの NOAEL と MAK 値 $1\text{ mg}/\text{m}^3$ の差は、妊娠リスクグループ C 分類の
1247 根拠として十分大きい。1996 年の Documentation 以降に発表された臨床知見は、チ
1248 ウラムが接触アレルゲンとしてリスクを起し続けていることを示している。いく
1249 つかのタイプの職場で、ばく露がチウラム類 (チウラムを含む可能性が最も高い)に
1250 対する感作性を起し、標準シリーズのチウラムミックスに陽性の患者の大多数は
1251 チウラムにも陽性を示した。動物実験の結果は一貫していないが、ほとんどの結果
1252 はチウラムの接触感作性を確認している。したがって、チウラムは”SH”と指定され
1253 続ける。チウラムの呼吸器感作性を確認したヒトまたは動物の知見がないので、チ
1254 ウラムは再び”Sa”に指定されない。モデル計算による皮膚を介した吸収量 (約
1255 0.05mg)は、MAK 値の吸入による吸収量 (10 mg)と比較し無視できる。皮膚適用後の
1256 急性毒性は低い。したがってチラムは”H”と指定されない。In vitro でのインディケ
1257 ーター試験は遺伝毒性を示しているが、遺伝子突然変異は in vitro でみられていない。
1258 純度の高いチウラムの in vivo の遺伝毒性はみられていない。小核試験は、対照のば
1259 らつきの大きさと細胞毒性レベルの用量においてみられた唯一の陽性結果を除い
1260 て、陰性であった。マウスの生殖細胞において染色体異常の誘発はみられなかった
1261 (MAK 2007)。

1262

1263 NIOSH REL : TWA $5\text{ mg}/\text{m}^3$ (NIOSH 2020)

1264 OSHA PEL : TWA $5\text{ mg}/\text{m}^3$ (OSHA PEL)

1265

1266

- (ACGIH 2021) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) : TLVs® and BELs® with 9th Edition Documentation. (CD-ROM 2021)
- (CalEPA 2011) California EPA: “Hot Spots Unit Risk and Cancer Potency Values” (updated 2011) (<http://oehha.ca.gov/media/downloads/crn/appendixa.pdf>)
- (Dalvi et al. 2002) Dalvi PS, Wilder-kofie T, Mares B, Lane C, Dalvi RR, Billups LH. Effect of cytochrome P450 inducers on the metabolism and toxicity of thiram in rats. *Vet Human Toxicol* 44: 331–333 (2002)
- (CAS 2021) Chemical Abstracts Service (CAS), a division of the American Chemical Society. Common Chemistry; CAS Registry Number®137-26-8, Tetramethylthiuram disulfide (https://commonchemistry.cas.org/detail?cas_rn=137-26-8&search=137-26-8)
- (ECHA 2015) The European Chemicals Agency (ECHA): Registration Dossier -Toxicological information -Neurotoxicity; Thiram (Publication dates Last modified 28-Apr-2015) (<https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/11311/7/10/1/?documentUUID=d703d5a4-51e4-4de1-acb9-7d2517f1229e>)
- (EU CLP) The European Chemicals Agency (ECHA): Harmonised classification - Annex VI of Regulation (EC) No 1272/2008 (CLP Regulation) CL Inventory (<https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/116481>)
- (Guy and Potts 1993) Guy RH and Potts RO, Penetration of industrial chemicals across the skin: a predictive model. *Am J Ind Med* 23: 711-719 (1993)
- (IARC 1991) Agents Classified by the IARC Monographs. vol 53. Thiram (1991) (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol53/>)
- (ICSC 2000) International Chemical Safety Cards (ICSC) 国際化学物質安全性カード チウラム, ICSC 番号:0757 (2000). (https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=ja&p_card_id=0757&p_version=2)
- (IRIS) U.S. Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System (IRIS). A-Z List of Substances (https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/simple_list.cfm)
- (Knappek et al. 1989) Knappek R, Kobes S, Kita K, Kita I. Chronic toxicity of thiram in rats. *Z Gesamte Hyg.* 35:358-60 (1989).
- (MAK 2007) Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG: ドイツ学術振興会) : The MAK Collection for Occupational Health and Safety, Thiram [MAK Value Documentation, 2007]
- (MAK 2015) Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): List of MAK and BAT Values 2015
- (Mishra et al. 1993) Mishara VK, Srivastava MK, Raizada RB. Testicular toxicity of thiram in rat: morphological and biochemical evaluations. *Ind Health* 31: 59–67 (1993)
- (Mishra et al.1998) Mishara VK, Srivastava MK, Raizada RB. Testicular toxicity in rat to repeated oral administration of tetramethylthiuram disulfide (Thiram). *Indian J Exp Biol.* 36: 390-394 (1998)
- (NIHS 2012) 国立医薬品食品衛生研究所 (NIHS)安全情報部 平成 23 年度報告. 毒物劇物指定のための有害性情報の収集・評価. 物質名 : チウラム CAS No. : 137-26-8
- (NIOSH 2020) The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) : NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Thiram , last reviewed: Feb 18, 2020. (<http://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html>)

- (NITE CHRIP 2021) National Institute of Technology and Evaluation Chemical Risk Information Platform (NITE CHRIP) : 製品評価技術基盤機構 化学物質総合情報提供システム CHRIP-ID : C004-728-93A N,N,N',N'-テトラメチル-2,3-ジチアジチオスクシンアミド
- (NTP 2016) National Toxicology Program (NTP):14th Report on Carcinogens (2016) (<https://ntp.niehs.nih.gov/whatwestudy/assessments/cancer/roc/index.html>)
- (OSHA PEL) Occupational Safety and Health Administration (OSHA) : OSHA Occupational Chemical Database (<https://www.osha.gov/chemicaldata/chemResult.html?recNo=253>)
- (RTECS 201) National Institute for Occupational Safety & Health (NIOSH:米国国立労働安全衛生研究所) : Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS) (CD版 : 最新版) RTECS® Search
- (Short RD et al. 1976) Developmental toxicity of ferric dimethyldithiocarbamate and bis (dimethylthiocarbamoyl) disulfide in rats and mice. Toxicol Appl Pharmacol 35: 83-94 (1976)
- (SIDS 2010) Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Screening Information Dataset (SIDS) Initial Assessment Report (SIAR) For SIAM 30 (The 30th SIDS Initial Assessment Meeting) in Paris 2010. : Disulfide, bis(dimethylthiocarbamoyl)- (https://hpcvchemicals.oecd.org/UI/SIDS_Details.aspx?key=cab4073c-0229-4982-8d34-f603dbb93418&idx=0)
- (WHO/A QG-E 2000) WHO "Air Quality Guidelines for Europe : Second Edition" , (2000) (<http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>)
- (WHO/A QG-G 2005) WHO "Air Quality Guidelines – global update 2005" (http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)
- (Wilschut A et al. 1995) Wilschut A, ten Berge WF, Robinson PJ, McKone TE. Estimating skin permeation. The validation of five mathematical skin permeation models. Chemosphere 30: 1275-1296 (1995)
- (化工日 2021) 化学工業日報社 : 17221 の化学商品 (2021)
- (経産省 2021) 経済産業省 : 優先評価化学物質の製造・輸入数量 (2019 年度実績)(2021)
- (産衛 2008) 日本産業衛生学会 (JSOH) : 許容濃度の暫定値 (2008 年度)の提案理由、チウラム、産業衛生学雑誌 50 巻 5 号 194-199 (2008) (http://joh.sanei.or.jp/pdf/J50/J50_5_06.pdf)
- (産衛 2020) 日本産業衛生学会 (JSOH) : 許容濃度の勧告 (2020 年度)、産業衛生学雑誌 62 巻 5 号 198-230 (2020) (<https://www.sanei.or.jp/images/contents/309/kyoyou.pdf>)