

リスク評価書（案）

No. __（初期）

しょう腦 (Camphor)

目次

本文	1
別添1 有害性総合評価表	10
別添2 有害性評価書	16
別添3 ばく露作業報告集計表	(別紙)
別添4 標準測定分析法	32

1 1 物理化学的性質 (別添2 参照)

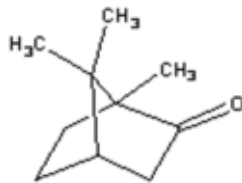
2 (1) 化学物質の基本情報

3 名 称 : しょう腦

4 別 名 : ショウ腦、樟腦、(D, L)-ショウ腦、*dl*-カンフル、カンファー、Camphor、
5 2-Bornanone、2-Camphanone、1,7,7-Trimethylbicyclo (2.2.1)heptan-2-one

6 化 学 式 : $C_{10}H_{16}O$

7 構 造 式 :



8 分 子 量 : 152.3

10 CAS番号 : 76-22-2

11 労働安全衛生法施行令別表9(名称等を通知すべき有害物)第310号

12

13 (2) 物理的・化学的性状

外観:特徴的な臭気のある、無色あるいは 引火点 (C.C.) : 66 °C

白色の結晶

比重 (水=1) : 0.99

発火点 : 466 °C

沸 点 : 204 °C

爆発限界 (空気中) : 0.6~3.5 vol%

蒸気圧 : 27 Pa(20 °C)

溶解性 (水) : 0.12 g/mL (25 °C)

蒸気密度 (空気=1) : 5.24

オクタノール/水分配係数 log Pow : 2.8
(35 °C)

融 点 : 180 °C

換算係数 :

1 ppm = 6.25 mg/m³ (25 °C)

1 mg/m³ = 0.16 ppm (25 °C)

14 嗅覚閾値 : 0.018~16 ppm (ACGIH 2001)

15

16 (3) 生産・輸入量、使用量、用途

17 製造・輸入量 : 1,000 t 未満 (2017 年度)

18 用途 : セルロース、ニトロセルロースの可塑剤、ニトロセルロース、医薬品 (外用、内用)、
19 防虫剤、歯みがき、ラッカー、ワニス

20 製造業者 : 日本精化 (天然・合成)

21

22 2 有害性評価の結果 (別添1 及び別添2 参照)

23 (1) 発がん性

24 ○ ヒトに対する発がん性は判断できない

25 根拠 : 適切な動物試験が実施されていないので判断できない。ACGIHは、ラットの皮下
26 投与およびマウスの経皮投与試験で、しょう腦による腫瘍がみられなかったことか
27 ら、A4に分類している。

28 (参考)

- 29 ・ラットにしょう脳 (用量不明)を 1 回/月の頻度で 18 か月間皮下投与したががん原性試験に
30 おいて、3 mm の水疱を形成したが、腫瘍はみられなかった。
- 31 ・A/He マウス (雌雄各 15 匹/群)に *d*しょう脳をトリカプリリンに溶解して 3 回/週、8 週間
32 腹腔内投与した。総投与量は 18,000 mg/kg 体重または 3,600 mg/kg 体重 (1 回投与量 750
33 mg/kg 体重、150 mg/kg 体重に相当)であった。高用量は予備試験における MTD (最大耐
34 量)である。各性 50 匹の対照動物のうち、雄は 46 匹、雌は 48 匹が生存し、トリカプリ
35 リン (Lot.X2097)を投与した雌雄各 80 匹のうち、雌雄とも 77 匹が生存した。最終投与 24
36 週間後に剖検し、肝臓、腎臓、脾臓、胸腺、腸管、唾液腺、内分泌腺の変化を調べた。高
37 用量群では雄の生存動物 11 匹に肺の腫瘍はみられず、雌の生存動物 14 匹に、1 匹あたり
38 0.21 ± 0.06 個の肺腫瘍がみられた。低用量群では雌雄ともに 14 匹が生存しており、1 匹
39 あたりの肺腫瘍数は、雄では 0.07 ± 0.02 個、雌では 0.14 ± 0.9 個であった。対照群では、
40 1 匹あたりの肺腫瘍数はそれぞれ 0.24 ± 0.03 個 (雄)と 0.20 ± 0.02 個 (雌) であった。
- 41 ・マウスの背部皮膚に0.3%から3.5%のしょう脳アセトン溶液3滴を週1回1年間適用した。
42 しょう脳適用群では、アセトンに調製した5%クロトン油を併用したが (しょう脳と同様
43 週 1 回 1 年間適用。クロトン油適用としょう脳適用の間隔は3~4日)、110匹のマウスの
44 うち2匹に皮膚乳頭腫がみられた。クロトン油適用群でも160匹のマウスのうち2匹に皮
45 膚乳頭腫がみられた。しょう脳適用群では最初の腫瘍は適用開始6か月でみられ、2つめ
46 は6~9か月でみられた。クロトン油適用群では最初の腫瘍は適用開始5か月でみられた。
47 適用開始3、6、9、12か月後の生存率は、しょう脳適用群は21/110、9/110、4/110、
48 2/110、クロトン油適用群は86/150、58/160、33/160、13/160であった。

49

(各評価区分)

51 産衛学会：情報なし

52 EU CLP：情報なし

53 NTP 14thRoc：情報なし

54 ACGIH：A4 ヒト発がん性因子として分類できない

55

56 閾値の有無：あり

57 根拠：「遺伝毒性」の判断を根拠とする。

58 発がんの定量的リスク評価：吸入ばく露については調査した範囲内では報告は得られてい
59 ない。

60

61 (2) 発がん性以外の有害性

62 ○急性毒性

63 致死性

64 ラット

65 吸入毒性：LC₅₀ = 500 mg/m³ (時間不明)

66 経口毒性：LDLo = 800~2,200 mg/kg体重

67 マウス

68 吸入毒性：LC₅₀ = LC₅₀ = 450 mg/m³ (時間不明) LCLo = 400 mg/m³ (3h)

69 経口毒性： $LD_{50} = 1,310 \text{ mg/kg}$ 体重
70 ウサギ
71 経口毒性： $LDLo = 2,000 \text{ mg/kg}$ 体重
72 経皮毒性： $LD_{50} = >5,000 \text{ mg/kg}$ 体重

73
74 健康影響

- 75 ・ しょう脳を吸入させたマウスでは筋肉の収縮または痙縮がみられた。
- 76 ・ LC_{50} が 450 mg/m^3 であったマウスの吸入試験において、興奮、筋肉の収縮または痙縮、
- 77 吐き気および嘔吐がみられた。
- 78 ・ LD_{50} が $3,000 \text{ mg/kg}$ であったマウスの腹腔内投与試験において、痙攣や発作閾値への
- 79 影響、運動活性（特殊検査）の変化、強直（カタレプシーを含む）がみられた。
- 80 ・ LD_{50} が 900 mg/kg であったラットの腹腔内投与試験において、痙攣や発作閾値への影
- 81 響がみられた。
- 82 ・ $LDLo$ が 200 mg/kg であったマウス皮下投与試験において、興奮がみられた。
- 83 ・ しょう脳 6 mg/m^3 (1 ppm) を吸入させると、動物に対し、重度の傷害を与える。
- 84 ・ しょう脳は中枢神経細胞刺激による痙攣を引き起こす。
- 85 ・ しょう脳油を強制経口投与されたウサギはすべて投与 5～40 分で痙攣をおこした。痙
- 86 攣の発現は低用量群の方が遅かった。死亡例では死亡時まで間欠的な痙攣がおきたが、
- 87 回復例では摂取 4 時間後までに痙攣は止まり回復した。

88
89 ○皮膚刺激性／腐食性： 判断できない

90 根拠：20%アルコール製剤としてボランティアの皮膚に塗布したところ、通常の皮膚温で
91 は刺激感や痛みの感覚をおこさなかった。温められたり冷やされたりする体温の変
92 化の際に軽度な感覚刺激がみられ、高体温では燃えるような感覚が増した。

93
94 ○眼に対する重篤な損傷性／刺激性：あり(軽度)

95 根拠：しょう脳は眼に対する刺激性があるが、重篤な障害は報告されていない。角膜炎は
96 通常、一時的である。
97 ・ 合成しょう脳包装工場において、異なる 3 か所のしょう脳濃度を測定したところ
98 $24\sim 194 \text{ mg/m}^3$ であった ($n = 4\sim 6$)。換気システムは設置されていなかった。軽度
99 な眼刺激性が労働者にみられ、場内はしょう脳の強いにおいがしていた。しょう脳
100 が充満していない部屋では、10 分後には眼の刺激は消失した。

101
102 ○皮膚感作性： 判断できない

103 根拠：ヒトにおける事例および試験例があるが、試験により結果が異なり判断できない。
104 (参考)

- 105 ・ しょう脳およびしょう脳油を含有する製品（点耳薬、虫刺され治療の野菜油）に対す
- 106 る湿疹性の皮膚のアレルギー反応の事例が 3 例報告されている。
- 107 ・ しょう脳製品、10%しょう脳油、10%しょう脳を用いた皮膚試験で、96 時間後であ
- 108 っても陽性の結果であった。しょう脳油および 10%しょう脳ワセリン調製物に対し、

109 対照群の各々30 および 20 人は反応がなかった。
110 ・ しょう脳スプレーを局所適用した後に急性湿疹をおこした 25 歳の男性および 37 歳
111 の女性の皮膚試験では、10%しょう脳ワセリン調製物は陰性の結果を示した。
112 ・ 香水製造会社の 26 名の労働者において、10%しょう脳ワセリン調製物に対する皮膚
113 試験の陽性反応がみられた。

114
115 ○呼吸器感作性：情報なし

116 (参考)

117 しょう脳の感作性を膝窩リンパ節アッセイにより検討した。DMSOに溶解したしょう
118 脳0.5、2.5、5 mgを雌Wistarラット10匹の右後肢に皮下投与した。投与7日後に膝窩
119 リンパ節を取り出し、投与した側と未処理の側の細胞指数および重量指数を測定した。
120 結果は陰性であった。MAKは皮下投与であること、ラットは通常、皮膚感作性作用の
121 指標として適切ではないことから、この結果の判断は限定的であるとしている。

122

123 ○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）

124 LOAEL = 5.5 ppm (33 mg/m³)

125 根拠：合成しょう脳包装工場において、異なる3か所のしょう脳濃度を測定したところ
126 24~194 mg/m³(しょう脳ブロック形成エリア33 ~ 194 mg/m³、包装エリア38
127 ~ 120 mg/m³、一般エリア 24 ~ 43 mg/m³)であった (n = 4~6)。換気シス
128 テムは設置されていなかった。許容量をはるかに超過して、しょう脳にばく露さ
129 れた労働者に、軽度な眼刺激性と午後の眠気以外の自覚症状はなかった。一般エ
130 リアでおおよそ29~39 mg/m³(短時間はより高いばく露)のしょう脳にばく露されて
131 いた工場の衛生士は、しょう脳の強い臭気と軽度な眼刺激性を経験した。嗅覚疲
132 労もみられたが、しょう脳が充満していない部屋では10分後には回復し、しょう
133 脳を扱うエリアに再度入ると、再び同様の症状がみられた。眼の刺激もばく露が
134 終わると約10分後には消失した。この症状は労働者にみられた症状と同様であっ
135 た。高用量のしょう脳の影響を調べるために、しょう脳取り扱いエリアで33~
136 194 mg/m³のばく露を受けた6名の労働者について、調査を実施した。6名のう
137 ち、調査時に包装現場に勤務していた労働者は2名のみで、1名は2週間、もう1
138 名は8か月間勤務していた。その他の4名は過去に2~10か月勤務していた。労働
139 者が述べた症状は喉の乾燥1名、頭痛（前頭部）1名、手のしびれ2名、呼吸困難1
140 名、鼻部乾燥2名、頬骨熱感1名、鼻汁2名、頭痛（後頭部）1名であった。4名の鼻
141 部および咽喉部に炎症がみられたことを除き症状はみられず、永続的な変化もみ
142 られなかった。これらの結果から、これらの労働者がばく露された濃度では永続
143 的な変化はおこらず、ばく露が終わると徐々に回復することが明らかとなった。
144 労働環境の改善後（換気システムの導入など）、しょう脳濃度を再度測定したと
145 ころ、しょう脳ブロック形成エリアは3.5、包装エリアは2.7~2.9、一般エリア
146 は2.5 mg/m³となり、わずかな臭いに気付く程度であった（Gronkaら、1969）。

147

148 不確実係数 UF = 10

149 根拠：LOAEL→NOAEL

150

151 評価レベル = 0.55 ppm (3.3 mg/m³)

152 計算式：5.5 ppm (33 mg/m³)×1/10 = 0.55 ppm (3.3 mg/m³)

153

154 ○生殖毒性：判断できない

155 根拠：ヒトにおいて、しょう脳は流産誘発に使われた経緯があるが、詳細は不明である。

156 ラットでも発生毒性を示す報告がみられたが、詳細は不明である。また、ラット

157 およびウサギの器官形成期に経口投与して催奇形性を示さないことは報告されて

158 いるが、親動物の性機能および生殖機能への影響についてのデータは不十分であ

159 る。

160 (参考)

161 LOAEL = 5 mg/kg 体重/日

162 根拠：ラット (30匹/群) に、コーン油に調製した0、5、10、20 mg/kg体重のしょう脳

163 を妊娠日に経口投与した。妊娠7、14および20日に安楽死させ検査した。用量依

164 存性の吸収胚率の増加 (5 mg/kg群73.7%、10 mg/kg群80%、20 mg/kg群93.3%)

165 がみられた。児動物への影響は調べられていない。

166

167 不確実係数 UF = 100

168 根拠：種差 (10)、NOAEL→LOAEL (10)

169

170 評価レベル = 0.05 ppm (0.3 mg/m³)

171 計算式：5 mg/kg×60 kg/10m³×1/100 = 0.3 mg/m³

172

173 ○遺伝毒性：なし

174 根拠：*In vitro* (細菌を用いる復帰突然変異試験、CHO細胞を用いる染色体異常試験)お

175 よび*in vivo* (マウスを用いる末梢血小核試験、ラット骨髄細胞を用いる小核試験

176 および染色体異常試験)で陰性の結果であった。

177

178 ○神経毒性：あり

179 LOAEL=2 mg/kg

180 根拠：1980年から1983年にわたり、2か所の中毒センターに報告された182のしょう脳撰

181 取事例のレビューにおいて、2 mg/kg未満の摂取であった101の事例は無症候性で

182 あり、2 mg/kg以上を摂取した事例の90%は無症候性であり、4%は軽度の症状 (眠

183 気があるが覚醒している、吐き気、叫び - 平均用量15 mg/kg)、6%がより重大な

184 症状 (失神、チアノーゼ、低血圧、不整脈、精神状態変化 - 平均用量152 mg/kg)

185 であった。著者は1964年～1983年についてもレビューしているが、重大な症状を

186 示した患者の平均摂取用量は124 mg/kgであり、致死的な事例では平均199 mg/kg

187 であるとしている。

188

189 不確実係数 UF=10
190 根拠：LOAEL→NOAEL 変換
191 評価レベル=0.2 ppm (1.2 mg/m³)
192 計算式：2 mg/kg × 1/10 × 60 kg/10 m³=1.2 mg/m³ (0.2 ppm)

193

194 (3) 許容濃度等

195 ACGIH TLV-TWA : 2 ppm (12 mg/m³) (1969 年 : 設定年) TLV-STEL : 3 ppm (19
196 mg/m³) (1976 年 : 設定年)

197 根拠：2 ppm より高い濃度で労働者におこる眼および鼻刺激性、嗅覚障害のリスクを最小
198 とするために、TLV-TWA : 2 ppm (12 mg/m³)、TLV-STEL : 3 ppm (19 mg/m³)を
199 勧告する。これらの値は同時に中枢神経に対する刺激を避ける目的においても十分
200 低い値であると考えられる。

201

202 日本産業衛生学会：設定なし

203

204 DFG MAK : IIb (適切な資料がないため、MAK 値は設定できない) (2002 年 : 設定年)

205 根拠：6名の労働者が 33~194 mg/m³のばく露を受けた事例は、影響のない濃度がわから
206 ないため、気道における症状を MAK 値の設定には使用することができなかった。
207 全身毒性の NOAEL を導きだせるような適切な動物試験がない。したがって、しよ
208 う脳は MAK and BAT values list のセクション II b に分類する。上限なし。

209

210 NIOSH REL : TWA 2 mg/m³

211 OSHA : 2 mg/m³ (2011 年 : 設定年)

212

213 (4) 評価値

214 ○一次評価値：なし

215 ヒト神経毒性の最小毒性響量 (LOAEL)から不確実係数を考慮して算定した評価レベルが
216 二次評価値の十分の一以上であるため。

217 ※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、
218 そ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。

219

220 ○二次評価値：2 ppm (12 mg/m³)

221 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。

222 ※二次評価値：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も、
223 当該ばく露に起因して労働者が健康に悪影響を受けることはないであろうと推測され
224 る濃度で、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、
225 原則として日本産業衛生学会の許容濃度又は ACGIH のばく露限界値を採用している。

226 3 ばく露実態評価

227 (1) 有害物ばく露作業報告の提出状況

228 しょう腦の有害物ばく露作業報告については、概要下表のとおり提出があった（詳細は別
 229 添3）。なお、主な用途は「他の製剤等の原料として使用」及び「触媒又は添加剤として使
 230 用」であった。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
 231 「充填又は袋詰め作業」であった。

報告数		9事業場	計14件
年間製造・取扱量	～500kg未満		21%
	500kg～1t未満		7%
	1t～10t未満		36%
	10t～100t未満		36%
	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		14%
	1～1000未満		64%
	1000～		21%
1日当たり 作業時間	～15分未満		36%
	15分～30分未満		7%
	30分～1時間未満		7%
	1時間～3時間未満		7%
	3時間～5時間未満		
	5時間～		43%
発散抑制措置	密閉化設備		
	局所排気装置		42%
	プッシュプル		
	全体換気装置		47%

232
 233 (2) ばく露実態調査結果

234 有害物ばく露作業報告のあった14事業場のうち、調査の実施に同意が得られた事業場の
 235 中から4事業場（平成30年度4事業場）を選定してばく露実態調査を実施した。

236 対象事業場においては、製造・取扱作業に従事する8人について個人ばく露測定を行うと
 237 ともに、12地点についてスポット測定を実施した。個人ばく露測定結果については、ガイド
 238 ラインに基づき、8時間加重平均濃度（8時間TWA）を算定した。

239 （※調査の実施については5事業場から同意が得られたが、うち1事業場については対象物質
 240 の取扱いがあるのが年1回程度と調査の実施が困難であったため、最終的に4事業場を対
 241 象とした。）

242 ○測定分析法（詳細な測定分析法は別添4に添付）

- 243 ・サンプリング：活性炭管を用いて捕集
- 244 ・分析法：ガスクロマトグラフ質量分析法（GC/MS）

245 ○対象事業場における作業の概要

246 対象事業場におけるしょう腦の用途は、「対象物の製造」及び「他製剤の原料」であっ
 247 た。

248 しよう脳のばく露の可能性のある主な作業（その1回当たり作業時間）は、「原料の粗
 249 粉碎作業」（3分×4回）、「原料投入作業」（1分×10回）、「トラブル対応作業（配
 250 管詰まりの原因調査）」（**非定常作業** 55分）、「粉碎／充填機への投入」（110～180分）、
 251 「梱包」（100～180分）、「小分け作業」（30分）、「秤量作業」（約1分間）等であ
 252 った。

253 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
 254 としては、秤量作業や投入作業の一部では局所排気装置が設置されており、調査対象とし
 255 た14作業中10作業では呼吸用保護具が使用されていた。

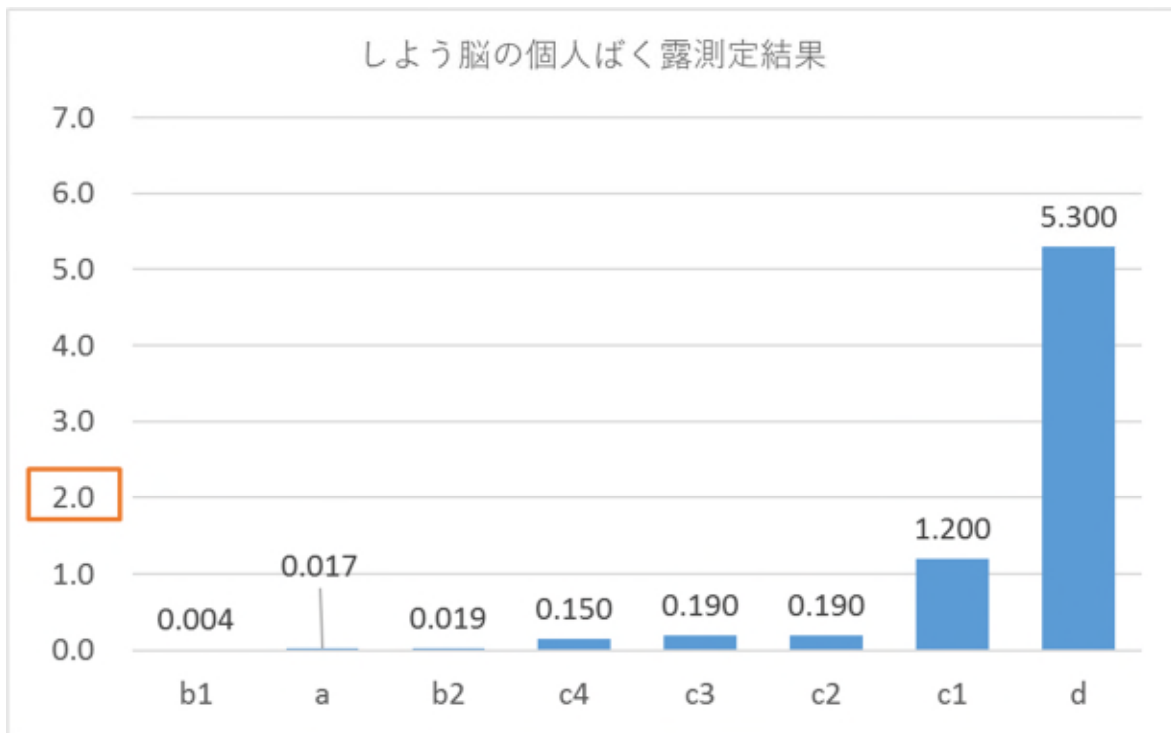
256 ○測定結果

257 測定は、8人の労働者に対し実施し、いずれも定量下限値を超えたため、8データ全て
 258 を評価データとして採用した。

259 個人ばく露測定の結果から、8時間TWAの最大値は、原料の粗粉碎及び投入等の作業
 260 で測定された**5.3 ppm**であった。また、ガイドラインに従い、区間推定上側限界値（信頼
 261 率90%、上側5%）は13 ppmとなった。

262 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
 263 ば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%、
 264 上側5%）の13 ppmとなり、二次評価値に比べて高いTWA値を示した。

265 また、スポット測定の実測データの最大値は、非定常作業として55分間行われていた
 266 トラブル対応作業（配管詰まりの原因調査）における**12.1 ppm**であり、これを除くと、
 267 原料の粉碎・投入の作業（1日8時間、77日/年）における**2.83 ppm**が最大値であった。



268

269

表：ばく露の可能性のある作業

被測定者	ばく露の可能性のある作業（測定中の実施時間）
d	原料の粗粉碎作業（3分×4回）、原料投入作業（1分×10

	回)、トラブル対応作業(配管詰まりの原因調査 非定常作業55分)
c1	粉碎/充填機への投入(170分) 粉碎/充填機への投入(110分) 粉碎/充填機への投入(180分)
c3	梱包(150分)、梱包(100分)、梱包(180分)
c2	梱包(150分)、梱包(100分)、梱包(180分)
c4	梱包(150分)、梱包(100分)、梱包(180分)
b2	投入作業(作業時間数十秒間) 小分け作業(作業時間30分間)
a	秤量作業(約1分間) 原料投入作業(約10秒間) 製品のろ過・充填作業(約3分間)
b1	秤量作業(作業時間5分間)

270

表：最大ばく露濃度の推定

有効測定データ数	N = 8
コルモゴロフ・スミルノフ検定	P 値 >=0.10
測定データの最大値 (TWA 値)	5.3 ppm
対数変換データで区間推定上側限界値 (信頼率 90%、上側 5%)	13 ppm
対数正規分布に適合するので、上位 10 データの区間推定上側限界値の計算を行わない	
二次評価値	2 ppm

271

272 4 リスクの判定及び今後の対応

273 以上のとおり、しょう腦の製造・取扱事業場においては、最大ばく露量(8時間TWAの最大
274 値) 5.3 ppm は二次評価値 2 ppm を上回っているため、詳細リスク評価を行い、ばく露の高い要
275 因等を明らかにする必要がある。

276 なお、本物質のばく露実態調査では、原料を粗粉碎し、投入する作業に従事する作業者に
277 いて、調査の当日、トラブル対応の非定常作業が発生し、当該非定常作業において特に高いば
278 く露が認められている(スポット測定で最大値 12 ppm)。他方、当該作業者については、定常作
279 業の範囲でもスポット測定で最大約 2.5 ppm と二次評価値を超える濃度が検出されており、仮
280 に調査当日にトラブル対応の非定常作業が発生しなかったとしても、総合的に高いばく露が認
281 められた可能性があると考えられる。

282 そこで、詳細リスク評価の際には、二次評価値を上回ると考えられるしょう腦の製造(特に
283 原料を粗粉碎し、投入する作業)及び他製剤の製造作業等について、当該作業工程に共通した
284 問題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があ
285 るか否か、又、非定常作業の発生頻度等も考慮したばく露の程度を確認する必要がある。なお、
286 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ない。

287 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
288 義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
289 実施する詳細リスク評価の結果を待たず、本物質が眼に対する重篤な損傷性/刺激性、神経毒
290 性がある物質であるとともに、事業場において高いばく露が生じる可能性があることを踏まえ
291 てリスクアセスメントを実施し、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。

別添1：有害性総合評価表

292 物質名：しょう脳

有害性の種類	評価結果
ア 急性毒性	<p>致死性</p> <p>ラット吸入：LC₅₀ = 500 mg/m³(時間不明) 経口：LDLo = 800~2,200 mg/kg 体重</p> <p>マウス吸入：LC₅₀ = 450 mg/m³(時間不明) LCLo = 400 mg/m³ (3h) 経口：LD₅₀ = 1,310 mg/kg 体重</p> <p>ウサギ 経口：LDLo = 2,000 mg/kg 体重 経皮：LD₅₀ = >5,000 mg/kg 体重</p> <p>健康影響</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ しょう脳を吸入させたマウスでは筋肉の収縮または痙縮がみられた。 ・ LC₅₀が 450 mg/m³であったマウスの吸入試験において、興奮、筋肉の収縮または痙縮、吐き気および嘔吐がみられた。 ・ LD₅₀が 3,000 mg/kg であったマウスの腹腔内投与試験において、痙攣や発作閾値への影響、運動活性 (特殊検査)の変化、強直 (カタレプシーを含む)がみられた。 ・ LD₅₀が 900 mg/kg であったラットの腹腔内投与試験において、痙攣や発作閾値への影響がみられた。 ・ LDLo が 200 mg/kg であったマウス皮下投与試験において、興奮がみられた。 ・ しょう脳 6 mg/m³(1 ppm) を吸入させると、動物に対し、重度の傷害を与える。 ・ しょう脳は中枢神経細胞刺激による痙攣を引き起こす。 ・ しょう脳油を強制経口投与されたウサギはすべて投与 5~40 分で痙攣をおこした。痙攣の発現は低用量群の方が遅かった。死亡例では死亡時まで間欠的な痙攣がおきたが、回復例では摂取 4 時間後までに痙攣は止まり回復した。
イ 刺激性/ 腐食性	<p>皮膚刺激性/腐食性：判断できない</p> <p>根拠：20%アルコール製剤としてボランティアの皮膚に塗布したところ、通常の皮膚温では刺激感や痛みの感覚をおこさなかった。温められたり冷やされたりする体温の変化の際に軽度な感覚刺激がみられ、高体温では燃えるような感覚が増した。</p>

有害性の種類	評価結果
	<p>眼に対する重篤な損傷性/刺激性：軽度</p> <p>根拠：しょう脳は眼に対する刺激性があるが、重篤な障害は報告されていない。角膜炎は通常、一時的である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・合成しょう脳包装工場において、異なる3か所のしょう脳濃度を測定したところ24~194 mg/m³であった (n = 4~6)。換気システムは設置されていなかった。軽度な眼刺激性が労働者にみられ、場内はしょう脳の強いにおいがしていた。しょう脳が充満していない部屋では、10分後には眼の刺激は消失した。
ウ 感作性	<p>皮膚感作性：判断できない</p> <p>根拠：ヒトにおける事例および試験例があるが、試験により結果が異なり判断できない。</p> <p>(参考)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・しょう脳およびしょう脳油を含有する製品（点耳薬、虫刺され治療の野菜油）に対する湿疹性の皮膚のアレルギー反応の事例が3例報告されている。 ・しょう脳製品、10%しょう脳油、10%しょう脳を用いた皮膚試験で、96時間後であっても陽性の結果であった。しょう脳油および10%しょう脳ワセリン調製物に対し、対照群の各々30および20人は反応がなかった。 ・しょう脳スプレーを局所適用した後に急性湿疹をおこした25歳の男性および37歳の女性の皮膚試験では、10%しょう脳ワセリン調製物は陰性の結果を示した。 ・香水製造会社の26名の労働者において、10%しょう脳ワセリン調製物に対する皮膚試験の陽性反応がみられた。 <p>呼吸器感作性：報告なし</p> <p>(参考)</p> <p>しょう脳の感作性を膝窩リンパ節アッセイにより検討した。DMSOに溶解したしょう脳0.5、2.5、5 mgを雌Wistarラット10匹の右後肢に皮下投与した。投与7日後に膝窩リンパ節を取り出し、投与した側と未処理の側の細胞指数および重量指数を測定した。結果は陰性であった。MAKは皮下投与であること、ラットは通常、皮膚感作性作用の指標として適切ではないことから、この結果の判断は限定的であるとしている。</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>LOAEL = 5.5 ppm (33 mg/m³)</p> <p>根拠：合成しょう脳包装工場において、異なる3か所のしょう脳濃度を測定したところ24~194 mg/m³（しょう脳ブロック形成エリア33 ~ 194 mg/m³、包装エリア38 ~ 120 mg/m³、一般エリア24 ~ 43 mg/m³）であった (n = 4~6)。換気システムは設置されていなかった。許容量を</p>

有害性の種類	評価結果
	<p>はるかに超過して、しょう脳にばく露された労働者に、軽度な眼刺激性と午後の眠気以外の自覚症状はなかった。一般エリアでおよそ 29~39 mg/m³(短時間はより高いばく露)のしょう脳にばく露されていた工場の衛生士は、しょう脳の強い臭気と軽度な眼刺激性を経験した。嗅覚疲労もみられたが、しょう脳が充満していない部屋では 10 分後には回復し、しょう脳を扱うエリアに再度入ると、再び同様の症状がみられた。眼の刺激もばく露が終わると約 10 分後には消失した。この症状は労働者にみられた症状と同様であった。高用量のしょう脳の影響を調べるために、しょう脳取り扱いエリアで 33~194 mg/m³のばく露を受けた 6 名の労働者について、調査を実施した。6 名のうち、調査時に包装現場に勤務していた労働者は 2 名のみで、1 名は 2 週間、もう 1 名は 8 か月間勤務していた。その他の 4 名は過去に 2~10 か月勤務していた。労働者が述べた症状は喉の乾燥 1 名、頭痛 (前頭部)1 名、手のしびれ 2 名、呼吸困難 1 名、鼻部乾燥 2 名、頬骨熱感 1 名、鼻汁 2 名、頭痛 (後頭部)1 名であった。4 名の鼻部および咽喉部に炎症がみられたことを除き症状はみられず、永続的な変化もみられなかった。これらの結果から、これらの労働者がばく露された濃度では永続的な変化はおこらず、ばく露が終わると徐々に回復することが明らかとなった。労働環境の改善後 (換気システムの導入など)、しょう脳濃度を再度測定したところ、しょう脳ブロック形成エリアは 3.5、包装エリアは 2.7~2.9、一般エリアは 2.5 mg/m³となり、わずかな臭いに気付く程度であった (Gronka ら、1969)。</p> <p>不確実係数 UF = 10 LOAEL→NOAEL</p> <p>評価レベル = 0.55 ppm (3.3 mg/m³) 計算式 : 5.5 ppm (33 mg/m³) × 1/10 = 0.55 ppm (3.3 mg/m³)</p> <p>(参考) LOAEL = 16 mg/kg 体重/日 根拠 : F344/N ラット (雌雄各 10 匹/群)のラットに 0、16、32、64、125、250 mg/kg 体重/日の (+/-)・しょう脳を 13 週間皮膚適用した。軽度な腎症が、雄の対照群で 6/10 にみられ、投与群では 8/10、7/10、9/10、10/10 と上昇し、最高用量群の雄では 3 例が軽度、7 例が中等度の腎症がみられた。肝横隔膜面結節が対照群の 4/10 にみられ、投与群 (16 mg/kg は未実施)では 1/1、5/5、1/1、1/10 例にみられた (群により観察動物数が異なる)。雌では、軽度な腎症が 32 mg/kg 投与群にもみられた。肝横隔膜面結節は対照群と 16 mg/kg 群で 2/10 にみられ、他の投与群は 3/10 であった。雌の NOAEL は 16 mg/kg 体重/日、雄では 16 mg/kg で腎</p>

有害性の種類	評価結果
	<p>症発生率の上昇がみられたので、NOAELは設定できない。</p> <p>不確実係数 UF = 100 根拠：種差 (10)、LOAEL→NOAEL (10)</p> <p>評価レベル = 0.15 ppm (0.96 mg/m³) 計算式：16 mg/kg×60 kg/10m³×1/100=0.96 mg/m³</p>
オ 生殖毒性	<p>生殖毒性：判断できない</p> <p>根拠：ヒトにおいて、しょう脳は流産誘発に使われた経緯があるが、詳細は不明である。ラットでも発生毒性を示す報告がみられたが、詳細は不明である。また、ラットおよびウサギの器官形成期に経口投与して催奇形性を示さないことは報告されているが、親動物の性機能および生殖機能への影響についてのデータは不十分である。</p> <p>(参考) LOAEL = 5 mg/kg 体重/日 根拠：ラット (30 匹/群) に、コーン油に調製した 0、5、10、20 mg/kg 体重のしょう脳を妊娠日に経口投与した。妊娠 7、14 および 20 日に安楽死させ検査した。用量依存性の吸収胚率の増加 (5 mg/kg 群 73.7%、10 mg/kg 群 80%、20 mg/kg 群 93.3%) がみられた。児動物への影響は調べられていない。</p> <p>不確実係数 UF = 100 根拠：種差 (10)、NOAEL→LOAEL (10)</p> <p>評価レベル = 0.05 ppm (0.3 mg/m³) 計算式：5 mg/kg×60 kg/10m³×1/100 = 0.3 mg/m³</p>
カ 遺伝毒性	<p>遺伝毒性：なし</p> <p>根拠：<i>In vitro</i> (細菌を用いる復帰突然変異試験、CHO 細胞を用いる染色体異常試験)および <i>in vivo</i> (マウスを用いる末梢血小核試験、ラット骨髄細胞を用いる小核試験および染色体異常試験)で陰性の結果であった。</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：適切な動物試験が実施されていないので判断できない。ACGIH は、ラットの皮下投与およびマウスの経皮投与試験で、しょう脳による腫瘍がみられなかったことから、A4 に分類している。</p>

有害性の種類	評価結果
	<p>(参考)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ラットにしょう脳 (用量不明)を 1 回/月の頻度で 18 か月間皮下投与したが、がん原性試験において、3 mm の水疱を形成したが、腫瘍はみられなかった。 ・A/He マウス (雌雄各 15 匹/群)に <i>d</i>しょう脳をトリカプリリンに溶解して 3 回/週、8 週間腹腔内投与した。総投与量は 18,000 mg/kg 体重または 3,600 mg/kg 体重 (1 回投与量 750 mg/kg 体重、150 mg/kg 体重に相当)であった。高用量は予備試験における MTD (最大耐量)である。各性 50 匹の対照動物のうち、雄は 46 匹、雌は 48 匹が生存し、トリカプリリン (Lot.X2097)を投与した雌雄各 80 匹のうち、雌雄とも 77 匹が生存した。最終投与 24 週間後に剖検し、肝臓、腎臓、脾臓、胸腺、腸管、唾液腺、内分泌腺の変化を調べた。高用量群では雄の生存動物 11 匹に肺の腫瘍はみられず、雌の生存動物 14 匹に、1 匹あたり 0.21 ± 0.06 個の肺腫瘍がみられた。低用量群では雌雄ともに 14 匹が生存しており、1 匹あたりの肺腫瘍数は、雄では 0.07 ± 0.02 個、雌では 0.14 ± 0.9 個であった。対照群では、1 匹あたりの肺腫瘍数はそれぞれ 0.24 ± 0.03 個 (雄)と 0.20 ± 0.02 個 (雌) であった。 ・マウスの背部皮膚に 0.3%から 3.5%のしょう脳アセトン溶液 3 滴を週 1 回 1 年間適用した。しょう脳適用群では、アセトンに調製した 5% クロトン油を併用したが (しょう脳と同様週 1 回 1 年間適用。クロトン油適用としょう脳適用の間隔は 3~4 日)、110 匹のマウスのうち 2 匹に皮膚乳頭腫がみられた。クロトン油適用群でも 160 匹のマウスのうち 2 匹に皮膚乳頭腫がみられた。しょう脳適用群では最初の腫瘍は適用開始 6 か月でみられ、2 つめは 6~9 か月でみられた。クロトン油適用群では最初の腫瘍は適用開始 5 か月でみられた。適用開始 3、6、9、12 か月後の生存率は、しょう脳適用群は 21/110、9/110、4/110、2/110、クロトン油適用群は 86/150、58/160、33/160、13/160 であった。
ク 神経毒性	<p>神経毒性：あり</p> <p>LOAEL=2 mg/kg</p> <p>根拠：1980 年から 1983 年にわたり、2 か所の中毒センターに報告された 182 のしょう脳摂取事例のレビューにおいて、2 mg/kg 未満の摂取であった 101 の事例は無症候性であり、2 mg/kg 以上を摂取した事例の 90%は無症候性であり、4%は軽度の症状 (眠気があるが覚醒している、吐き気、叫び - 平均用量 15 mg/kg)、6%がより重大な症状 (失神、チアノーゼ、低血圧、不整脈、精神状態変化 - 平均用量 152 mg/kg)であった。著者は 1964 年~1983 年についてもレビューしているが、重大な症状を示した患者の平均摂取用量は 124 mg/kg であ</p>

有害性の種類	評価結果
	<p>り、致死的な事例では平均 199 mg/kg であるとしている。</p> <p>不確実係数 UF=10 (LOAEL→NOAEL 変換)</p> <p>評価レベル=0.2 ppm (1.2 mg/m³)</p> <p>計算式：2 mg/kg×1/10×60 kg/10 m³=1.2 mg/m³ (0.2 ppm)</p>
ケ 許容濃度の設定	<p>ACGIH TLV-TWA：2 ppm (12 mg/m³) (1969 年：設定年) TLV-STEL：3 ppm (19 mg/m³) (1976 年：設定年)</p> <p>根拠：2 ppm より高い濃度で労働者におこる眼および鼻刺激性、嗅覚障害のリスクを最小とするために、TLV-TWA：2 ppm (12 mg/m³)、TLV-STEL：3 ppm (19 mg/m³)を勧告する。これらの値は同時に中枢神経に対する刺激を避ける目的においても十分低い値であると考えられる。</p> <p>日本産業衛生学会：設定なし</p> <p>DFG MAK：IIb (適切な資料がないため、MAK 値は設定できない) (2002 年：設定年)</p> <p>根拠：6 名の労働者が 33～194 mg/m³ のばく露を受けた事例は、影響のない濃度がわからないため、気道における症状を MAK 値の設定には使用することができなかった。全身毒性の NOAEL を導きだせるような適切な動物試験がない。したがって、しょう脳は MAK and BAT values list のセクション II b に分類する。上限なし。</p> <p>NIOSH REL：TWA 2 mg/m³</p> <p>OSHA：2 mg/m³ (2011 年：設定年)</p>

別添 2 : 有害性評価書

293

294 物質名 : しょう脳

295

296 1. 化学物質の同定情報 (ICSC 2003)

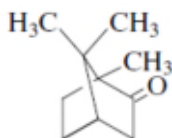
297 名 称 : しょう脳

298 別 名 : ショウ脳、樟脳、(D,L)-ショウ脳、*dl*-カンフル、カンファー、CAMPHOR、

299 2-Bornanone、2-Camphanone、1,7,7-Trimethylbicyclo (2.2.1)heptan-2-one

300 化学式 : C₁₀H₁₆O

301



302

303

304

305 分子 量 : 152.3

306 CAS 番号 : 76-22-2

307 労働安全衛生法施行令別表 9 (名称等を通知すべき有害物) 第 310 号

308

309 しょう脳 (CAS 番号 76-22-2)は、(1R,4R)-1,7,7-Trimethylbicyclo[2.2.1]heptan-2-one
310 で、合成物である。

311 (参考)

312 上記のラセミ体のしょう脳以外に 2 個の光学異性体、(1S,4S)-1,7,7-

313 Trimethylbicyclo[2.2.1]heptan-2-one (CAS 番号 464-49-2)と、

314 (1R,4R)-1,7,7-Trimethylbicyclo(2.2.1)heptan-2-one (CAS 番号 464-49-3) (以下 *d*-しょう脳
315 と記す)がある。

316

317 2. 物理化学的情報

318 (1) 物理化学的性状 (ICSC 2003) (MAK 2012)

外観 : 特徴的な臭気のある、無色あるいは 引火点 (C.C.) : 66 °C

白色の結晶

比重 (水=1) : 0.99

発火点 : 466 °C

沸 点 : 204 °C

爆発限界 (空気中) : 0.6~3.5 vol%

蒸気圧 : 27 Pa(20 °C)

溶解性 (水) : 0.12 g/mL (25 °C)

蒸気密度 (空気=1) : 5.24

オクタノール/水分配係数 log Pow : 2.8
(35 °C)

融 点 : 180 °C

換算係数 :

1 ppm = 6.25 mg/m³ (25 °C)

1 mg/m³ = 0.16 ppm (25 °C)

319

嗅覚閾値 : 0.018~16 ppm (ACGIH 2001)

320

321 (2) 物理的化学的危険性 (ICSC 2003)

322 ア 火災危険性 : 可燃性である。火災時に刺激性もしくは有毒なフェームやガスを放

323 出する。

324 イ 爆発危険性 : 66 °C以上では、蒸気/空気の爆発性混合気体を生じることがある。
325 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

326 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。

327 エ 化学的危険性: 燃焼すると分解して、有毒な気体、刺激性のフェームを生じる。強力
328 な酸化剤、強力な還元剤、塩素化溶媒と激しく反応し、火災や爆発の
329 危険をもたらす。

330

331 3. 生産・輸入量/使用量/用途 (化工日 2015)

332 製造・輸入量: 輸入、融点 175 °C未満のものは 143 t、融点 175 °C以上のものは 149 t

333 用途: セルロース、ニトロセルロースの可塑剤、ニトロセルロース、医薬品 (外用、内用)、防
334 虫剤、歯みがき、ラッカー、ワニス

335 製造業者: 日本精化 (天然・合成)

336

337 4. 健康影響

338 【体内動態 (吸収・分布・代謝・排泄)】

339 吸収

340 ・ しょう脳は皮膚、消化管および気道から速やかに吸収される。油溶液中のしょう脳は皮下およ
341 び筋肉内投与後、投与部位に貯留し、ゆっくりと吸収される (PIMs 1988)。

342 ・ 健康な男性ボランティアに 200 mg のしょう脳を経口摂取させた 24 時間後の尿中排泄量は、
343 溶媒 (Tween 80) と共に摂取させた場合は 50 µg、溶媒なしでは 35 µg であった。血漿濃度の
344 ピークは、溶媒なしの場合は摂取 1 時間後で濃度は 0.5 µg/mL、溶媒ありの場合は摂取 3 時
345 間後で濃度は 0.3 µg/mL であった (MAK 2012)。

346

347 分布

348 ・ 経口摂取 5~90 分後に血中濃度が最大となる。しょう脳は脂質への溶解性が高いが、これは、
349 脂肪組織や他の組織に蓄積することを示している。しょう脳は胎盤を通過し、多くの量が胎盤
350 に分布する (PIMs 1988)。

351 ・ 10 名の健康なボランティアが吸入器を用いて軟膏と水蒸気から放出されたモノテルペンを
352 10 分間吸入した (80°Cの温水 5,000 mL と 医薬品 (しょう脳を 38.8%含有する軟膏)5 g)。し
353 ょう脳の血漿中濃度は、吸入 2 分後は 127 ng/mL、300 分後は 0.7 ng/mL であった。肺吸収
354 は 67%、排泄半減期は 39.9 分と算出された (MAK 2012)。

355 ・ 4 名の男女のボランティアの皮膚 (背部、腕)、2、4 または 8 か所に、しょう脳を 46.8 mg 含
356 有するパッチを 8 時間貼付した。貼付中および 0.5、12、24 時間後に血液試料を採取した。2
357 つのパッチを貼付した試験では血漿中濃度はわずかであったが (最大濃度 13.5±4.8 ng/mL、
358 検出限界 1 ng/mL、定量下限値 5 ng/mL)、4 つのパッチを貼付した試験では約 2 倍の 26.8±
359 7.2 ng/mL であった。8 つのパッチを貼付した場合は、最高血中濃度は 41.0±5.8 ng/mL で、
360 最高血中濃度到達時間は 3.4±0.8 時間、血中濃度半減期は 5.6±1.3 時間であった (MAK
361 2012)。

362 ・ しょう脳は流産誘発剤として用いられていた。摂取 15 分後に母親の血中に検出されるが、8 時

- 363 間後には検出されなかった。しかしながら、36時間後の流産時には、羊水、臍帯および胎児
364 血中に存在する。これは、胎児の肝臓におけるグルクロン酸抱合（大人における主要な解毒経
365 路）が未成熟であることからおこる。新生児は誕生時には生存しているが、呼吸できない。死
366 後検査において、無気肺、中枢神経壊死が観察された（PIMs 1988）。
- 367 ・ ヒトでは血漿中 10 µg/mL のしょう脳の 61±6%がタンパク結合していた（MAK 2012）。
 - 368 ・ 出生後 30 分以内に死亡した新生児の肝臓、腎臓、脳にしょう脳が検出された。この新生児の
369 母親は出産 17 時間前に約 12 g のしょう脳を摂取した（UKPID 1996）。
 - 370 ・ トリチウム標識したしょう脳（市販のサルビア油、しょう脳 14.9%含有）をラット（6～11 匹/
371 群）の腹部皮膚に適用した。15 分後、約 60%の放射活性が皮膚に検出され、1 時間後は 33%の
372 みが検出され、62%は全身中であった。9 時間後には皮膚にはみられず、88%が全身中に検出
373 された（MAK 2012）。
 - 374 ・ 雌雄の F344 ラットおよび B6C3F1 マウスに *dl*-しょう脳をラットは 40、167、348 mg/kg 体
375 重、マウスは 176、428、935 mg/kg 体重の用量で、皮膚に単回または 7 日間反復適用した。
376 投与部位は被覆しなかったが、保護処置（具体的な記載なし）によりグルーミングはできなか
377 った。しょう脳を測定したところ、単回投与後の血中濃度半減期は、マウスの雄で 66～112 分、
378 雌で 104～131 分、ラットの雄で 161～303 分、雌で 90～246 分であった。投与量が増加すると
379 非線形的な血漿中濃度の増加がみられた。経皮適用後、広範囲の組織中に広く分布した。単回
380 皮膚適用後の平均血漿中ピーク濃度は反復投与後よりも高かった（雄性マウスのみ）。ラット
381 でも同様に、単回適用の用量に応じて血漿中濃度は非線形的に増加した。単回および反復適用
382 後の血漿動態は雌雄ラットではほぼ同様であった（MAK 2012）。
 - 383 ・ 生物学的利用能を調べるために、皮膚適用後の動態を静脈内投与と比較した。マウスに 47
384 mg/kg 体重を単回静脈内投与したところ、急速に血漿から消失し、3 時間後には検出されなく
385 なった。ラットに約 6.7 mg/kg 体重を単回静脈内投与した場合は、二相性の排泄を示し、しょ
386 う脳は適用 10 時間後にも検出された。雌ラットでは、皮膚適用した場合の生物学的利用能は、
387 なめないう防御をした場合は 2～4%、防御をしない場合は 7～8%であった。この違いは雄
388 ラットやマウスではみられなかった（MAK 2012）。

389

390 代謝

- 391 ・ しょう脳は速やかに酸化され、カンフェロール（2-hydroxycamphor および 3-
392 hydroxycamphor）となり、その後、肝臓でグルクロン酸抱合体となる。しょう脳関連代謝物は
393 比較的脂肪に溶けやすく、脂肪組織に蓄積しやすい（PIMs 1988）。
- 394 ・ 3、5、8 および 9 位の水酸化、5-および 8-（または 9-）hydroxycamphor はその後酸化され、
395 ケトンおよびカルボン酸となり、カルボン酸 VI はグルクロン酸抱合される（UKPID 1996）。
- 396 ・ 半減期は、200 mg のしょう脳のみを経口摂取した場合は 167 分、溶媒（Tween 80）と経口摂
397 取した場合は 93 分である（UKPID 1996）。

398

399 排泄

- 400 ・ しょう脳はグルクロン酸抱合され、不活性物質として主として尿中に排泄される。一部は未変
401 化体として尿中あるいは肺から排泄される（UKPID 1996）。
- 402 ・ 6～10 g のしょう脳を経口摂取した 2 名の男性の尿中に 6 種類のしょう脳代謝物が検出され

403 た (5-hydroxycamphor、5-ketocamphor、9-hydroxycamphor、8-hydroxycamphor、3-
404 hydroxycamphor、8または9-camphor carbonic acid trimethylsilylester)。未変化体のし
405 ょう脳も検出された (UKPID 1996)。

406

407 (1) 実験動物に対する毒性

408 ア 急性毒性

409 致死性

410 実験動物に対するしょう脳の急性毒性試験結果を以下にまとめる (RTECS 2009)
411 (PIMs 1988) (MAK 2012)。

	マウス	ラット	ウサギ
吸入、LC ₅₀	450 mg/m ³ (時間不明) LCLo 400 mg/m ³ (3h)	500 mg/m ³ (時間 不明)	情報なし
経口、LD ₅₀	1,310 mg/kg 体重	>5,000 mg/kg 体 重 LDLo 800~ 2,200 mg/kg 体 重	LDLo 2,000 mg/kg 体重
経皮、LD ₅₀	情報なし	情報なし	>5,000 mg/kg 体重
皮下、LD ₅₀	LDLo 2,200 mg/kg 体重		情報なし
腹腔内、LD ₅₀	3,000 mg/kg 体重	LDLo 900 mg/kg 体重	

412

413

414

健康影響

- 415 ・ しょう脳を吸入させたマウスでは筋肉の収縮または痙縮がみられた (RTECS 2009)。
- 416 ・ LC₅₀ が 450 mg/m³ であったマウスの吸入試験において、興奮、筋肉の収縮または痙縮、
417 吐き気および嘔吐がみられた (RTECS 2009)。
- 418 ・ LD₅₀ が 3,000 mg/kg であったマウスの腹腔内投与試験において、痙攣や発作閾値への影
419 響、運動活性 (特殊検査)の変化、強直 (カタレプシーを含む)がみられた (RTECS 2009)。
- 420 ・ LDLo が 900 mg/kg であったラットの腹腔内投与試験において、痙攣や発作閾値への影
421 響がみられた (RTECS 2009)。
- 422 ・ LDLo が 200 mg/kg であったマウス皮下投与試験において、興奮がみられた (RTECS
423 2009)。
- 424 ・ しょう脳 6 mg/m³ (1 ppm) を長く吸入させると、動物に対し、重度の傷害を与える (詳
425 細は不明) (ACGIH 2001)。
- 426 ・ しょう脳は中枢神経細胞刺激による痙攣を引き起こす。病理組織学的変化として、消化
427 管、腎臓および脳におけるうっ血および水腫がみられた (ACGIH 2001)。

428 ・ しょう脳油を強制経口投与されたウサギはすべて投与 5~40 分で痙攣をおこした。痙攣
429 の発現は低用量群の方が遅かった。死亡例では死亡時まで間欠的な痙攣がおきたが、回復
430 例では摂取 4 時間後までに痙攣は止まり回復した。マウスに腹腔内投与した場合にも、
431 痙攣がおきた。死後検査において、ウサギの脳には有意な変化はなかったが、マウスの何
432 例かでは脳幹、大脳基底核、延髄、海馬および大脳皮質のニューロンに壊死がみられた。
433 しょう脳とペントバルビタールを腹腔内投与する群およびしょう脳のみを投与する群を
434 設けて、マウスの試験が再度、実施された。しょう脳とペントバルビタールを投与された
435 動物はすべて投与 10 分以内に混迷状態となったが、約 1.5 時間内に回復し、痙攣はおき
436 なかった。しょう脳のみを投与した対照群の全ての動物に痙攣がみられ、7/10 例が死亡
437 した。死後の検査において、しょう脳と共にペントバルビタールを投与した動物には大脳
438 の変化はみられなかった (UKPID 1996)。

439

イ 刺激性および腐食性

440

441 ・ 調査した範囲内では報告はない。

442

ウ 感作性

443

444 ・ *dI*-しょう脳の感作性を膝窩リンパ節アッセイにより検討した。DMSO に溶解したしょう
445 脳 0.5、2.5、5 mg を雌 Wistar ラット 10 匹の右後肢に皮下投与した。投与 7 日後に膝窩
446 リンパ節を取り出し、投与した側と未処理の側の細胞指数および重量指数を測定した。結
447 果は陰性であった。MAK は皮下投与であること、ラットは通常、皮膚感作性作用の指標
448 として適切ではないことから、この結果の判断は限定的であるとしている (MAK 2012)。

449

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)

450

吸入ばく露

451

452 ・ マウスおよびウサギを 3~6 時間、6 週間吸入させた 2 試験が記載されている。マウス
453 では 210~350 mg/m³ で異常はみられなかった。ウサギでは 33~210 mg/m³ で外的な
454 変化はみられず耐用量であった。130~380 mg/m³ の 4 週間吸入試験では、異常はみら
455 れず、全てのウサギで体重増加がみられた。4 匹のウサギの吸入濃度は 90 mg/m³、16
456 匹はそれより低く、8 匹はこの用量を超えていた。平均しょう脳蒸気は 80 mg/m³ であ
457 った。吸入させたマウスでは、主として呼吸器、気管および気管支の変化、上皮化生、
458 無気肺や肺気腫がみられた。心筋および他の内臓に「白色ジストロフィー (weißer
459 Dystrophie)」の兆候がみられた。ウサギでは炎症性変化 (細胞浸潤) (produktive
460 reaktionen (infiltrationen) が肺、心臓および脳にみられた。マウスでは変化は呼吸器
461 のみにみられたが、ウサギでは投与用量にかかわらず、ほぼ全ての臓器で変化がみられ
462 た (MAK 2012)。

463

経口投与/経皮投与/その他の経路等

464

465 ・ B6C3F1 マウス (雌雄 10 匹/群) に 0、200、400、600、800、1,000 mg/kg 体重/日の (+/
466 -) -しょう脳を 13 週間皮膚適用した。両性ともに軽度の表皮の過形成が用量相関的にみ
467 られた。対照群の発生率は何れも 0/10 であるが、雌は 200 mg/kg 投与群で 1/10 の発生

468 がみられ、それ以上の各用量では 2/10、2/10、4/10、9/10、雄は 400 mg/kg 投与群で 1/10
469 の発生がみられ、それ以上の各用量では 2/10、5/10、7/10 であった。腎障害が雌の対照
470 群で 1/10 にみられ、投与群各用量の発生率は 3/10、3/10、1/10、2/10、1/10 であった。
471 雄では対照群の 2/10 に腎障害がみられ、200 mg/kg 投与群は 0/10、400 mg/kg 投与群は
472 1/9、800 および 1,000 mg/kg 投与群は 4/10 であった。雌雄何れにおいても用量相関性は
473 みられなかった。肝臓の炎症が対照群と最高用量群にのみ、みられた（雌；対照群 5/10、
474 最高用量群 5/10、雄；対照群 2/10、最高用量群 1/10）。表皮の過形成の NOAEL は設定
475 できない。全身毒性の NOAEL は 200 mg/kg 体重/日である（MAK 2012）。

- 476 • F344/N ラット（雌雄各 10 匹/群）に 0、16、32、64、125、250 mg/kg 体重/日の（+/-）し
477 ょう脳を 13 週間皮膚適用した。軽度な腎症が、雄の対照群で 6/10 にみられ、投与群で
478 は 8/10、7/10、9/10、10/10 と上昇し、最高用量群の雄では 3 例が軽度、7 例が中等度の
479 腎症がみられた。肝横隔膜面結節が対照群の 4/10 にみられ、投与群（16 mg/kg は未実
480 施）では 1/1、5/5、1/1、1/10 例にみられた（群により観察動物数が異なる）。雌では、軽
481 度な腎症が 32 mg/kg 群にもみられた。肝横隔膜面結節は対照群と 16 mg/kg 群で 2/10 に
482 みられ、他の投与群は 3/10 であった。雌の NOAEL は 16 mg/kg 体重/日、雄では 16
483 mg/kg で腎症発生率の上昇がみられたので、NOAEL は設定できない（MAK 2012）。
- 484 • マウスに 300~400 mg/kg 体重のしょう脳オイルを 2~3 回、24 時間間隔で腹腔内投与し
485 たところ、中枢神経への影響がみられた。3 例のマウスでは脳の変化（ニューロンの壊死）
486 が 36 時間後から 4 日後にみられた（MAK 2012）。

487 オ 生殖毒性

488 吸入ばく露

489 調査した範囲内では、報告はない。

490 経口投与/経皮投与/その他の経路等

491

- 492 • SD ラット雄に（動物数不明）、5、10、20 mg/kg 体重/日のしょう脳溶液を 30 日間反復腹
493 腔内投与した。全ての用量において、体重、精巣重量および精巣の大きさが減少し、精子
494 の運動性は 5 mg/kg 群から減少した。10 および 20 mg/kg 群では精子の形態学的変化が
495 みられた（MAK 2012）。
- 496 • BALB/c マウス雄（6 匹/群、投与群、溶媒対照群および無処置対照群）に、しょう脳処置
497 群はオリーブオイルに溶解したしょう脳 30 mg/kg 体重/日を 10 日間あるいは 20 日間、
498 経口投与した。投与群には有意な精細管径の減少、血管断面縮小、有意な放出精子数の減
499 少がみられた（MAK 2012）。
- 500 • ラット（30 匹/群）に、コーン油に調製した 0、5、10、20 mg/kg 体重のしょう脳を妊娠
501 日に経口投与した。妊娠 7、14 および 20 日に安楽死させ検査した。用量依存性の吸収胚
502 率の増加（5 mg/kg 群 73.7%、10 mg/kg 群 80%、20 mg/kg 群 93.3%）がみられた。児動
503 物への影響は調べられていない（MAK 2012、Alakilli 2009）。
- 504 • 妊娠 SD ラット（9 匹/群）に水に溶解したしょう脳 0、5、10、20 mg/kg 体重/日を 5 日/
505 週、3 週間にわたって腹腔内投与した。投与 1 週、2 週、3 週の終わりに、各群 3 匹の動
506 物を安楽死させ、子宮の組織学的検査を実施した。しょう脳投与群では子宮内膜上皮の腺
507

508 数の減少および変性がみられた。最高用量群では、子宮内膜上皮に血管拡張、異常有糸分
509 裂を伴う暗色円形核がみられ、白血球数の上昇、細胞質空胞化がみられた。児動物の検査
510 は実施されていない (MAK 2012)。

511 • SD ラット (26~29 匹/群)に 0、100、400、800 mg/kg 体重/日の *d*-しょう脳を妊娠 6~
512 15 日まで経口投与した。中、高用量の母動物では投与初日に活動性低下が、投与期間を
513 通して摂餌量減少、摂水量減少および体重減少が観察され、肝臓の相対重量並びに絶対重
514 量が増加した。100 mg/kg 投与群には変化はみられなかった。しょう脳は胎児の成長、生
515 存率、形態には影響を及ぼさなかった (MAK 2012)。

516 • SD ラット (20 匹/群)に 0、126、464、1,000 mg/kg 体重/日の *d*-しょう脳を妊娠 6~17
517 日まで投与した。胎児毒性はみられず、催奇形性もみられなかった。母体毒性としては、
518 流涎、摂餌量減少が中および高用量でみられ、高用量ではより強い全身中枢への影響、被
519 毛粗剛、運動意欲減少、体重増加抑制がみられた。剖検では、胃潰瘍が中用量および高用
520 量のそれぞれ 2 および 5 例にみられた。発生毒性の NOAEL は最高用量である 1,000
521 mg/kg 体重、母動物への一般毒性の NOAEL は 126 mg/kg 体重であった (MAK 2012)。

522 • NZW ウサギ (26 匹/群)に、コーン油に溶解した 0、50、200、400 mg/kg 体重/日 (用量
523 設定試験において、500 mg/kg 体重/日投与群の死亡率は 60%であった)の *d*-しょう脳を
524 妊娠 6~19 日まで経口投与した。妊娠 30 日に安楽死させ、体重、肝臓および子宮重量、
525 着床数、流産数、生存および死亡胎児数を調べた。生存胎児は、体重を測定すると共に、
526 外表、内臓、骨格検査を実施した。母動物の死亡はなかった。対照群に比し、母動物の体
527 重増加は用量に相関して減少した (50 mg/kg 投与群 13%、200 mg/kg 投与群 5%、400
528 mg/kg 投与群 59%)。子宮重量、肝臓の相対および絶対重量には変化はなかった。しょう
529 脳は胎児に対し影響を及ぼさなかった。発生毒性の NOAEL は 400 mg/kg 体重/日、母動
530 物の一般毒性の NOAEL は設定できず、LOAEL は 50 mg/kg 体重/日であった (MAK
531 2012)。

532 • ヒマラヤウサギ (12 匹/群)に、0、147、316、681 mg/kg 体重の *d*-しょう脳を妊娠 6~
533 18 日まで経口投与し、妊娠 29 日に安楽死させた。胎児については外表、内臓および骨格
534 検査を実施した。摂餌量の減少と体重増加抑制が高用量群の母動物にみられたことを除
535 き、投与による影響はみられなかった。胎児毒性ならびに催奇形性もみられなかった。発
536 生毒性の NOAEL は 681 mg/kg 体重/日、母動物の一般毒性の NOAEL は 316 mg/kg 体
537 重/日であった。MAK は上記の NZW ウサギを用いた NTP 試験と母体毒性用量が異なる
538 が、系統の違いによるものであるとしている (MAK 2012)。

539

カ 遺伝毒性

540

In vitro 試験

541

- 542 • ネズミチフス菌を用いた復帰突然変異試験は複数の報告で陰性である。
- 543 • チャイニーズハムスター卵巣細胞を用いた染色体異常試験では、S9mix 添加の有無にか
544 かわらず陰性だった。

In vivo 試験

545

- 546 • マウスを用いた末梢血小核試験、および妊娠ラットを用いた骨髄小核試験は陰性だった。
- 547 • 妊娠ラットの骨髄を用いた染色体異常試験は陰性だった。

548
549

以上より、しょう脳は変異原性を示さない (MAK 2012)。

試験方法		使用細胞種・動物種・S9の有無・濃度/用量	結果
<i>In vitro</i>	復帰突然変異試験	ネズミチフス菌TA98、TA100、TA1535、 TA1538 最高用量2,500 µg/plate (±S9)	-
		ネズミチフス菌 TA97a、TA98、TA100、TA102 最高用量 2,500 µg/plate (±S9)	-
		ネズミチフス菌TA97、TA98、TA100、 TA1535 最高用量667 µg/plate (±S9)	-
	染色体異常試験	CHO細胞 250、500、750、1,000、1,500 µg/mL (-S9)、 500、525、550、575、600 µg/mL (+S9) 12時間 処理	-
<i>In vivo</i>	小核試験	B6C3F1マウス雌雄各10匹/群 200、400、600、800、1,000 mg/kg体重 (溶媒エ タノール)経皮投与、24時間後、末梢血	-
		妊娠ラット30匹/群 (溶媒コーン油) 妊娠日に5、10、20 mg/kg体重経口投与、妊娠7、 14、20日、骨髓細胞	-
	染色体異常試験	妊娠ラット30匹/群、 妊娠日に5、10、20 mg/kg体重経口投与 (溶媒コー ン油)、妊娠7、14、20日、骨髓細胞	-

- : 陰性 + : 陽性

550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564

キ 発がん性

吸入ばく露

調査した範囲内では報告はない。

経口投与/経皮投与/その他の経路等

- ラットにしょう脳 (用量不明)を1回/月の頻度で18か月間皮下投与した がん原性試験において、3 mm の水疱を形成したが、腫瘍はみられなかった (ACGIH 2001)。
- A/He マウス (雌雄各 15 匹/群)に dしょう脳をトリカプリリンに溶解して 3 回/週、8 週間腹腔内投与した。総投与量は 18,000 mg/kg 体重または 3,600 mg/kg 体重 (1 回投与量 750 mg/kg 体重、150 mg/kg 体重に相当)であった。高用量は予備試験における MTD (最大耐量)である。雌雄各 50 匹の (無処理)対照動物のうち、雄は 46 匹、雌は 48 匹が生存し、トリカプリリン (Lot.X2097) を投与した各性 80 匹 (溶媒対照)のうち、雌雄とも 77 匹が生存した。最終投与 24 週間後に剖検し、肝臓、腎臓、脾臓、胸腺、腸管、唾液腺、

565 内分泌腺の変化を調べた。高用量群では雄の生存動物 11 匹に肺の腫瘍はみられず、雌の
566 生存動物 14 匹に、1 匹あたり 0.21 ± 0.06 個の肺腫瘍がみられた。低用量群では雌雄とも
567 に 14 匹が生存しており、1 匹あたりの肺腫瘍数は、雄では 0.07 ± 0.02 個、雌では 0.14
568 ± 0.9 個であった。対照群では、1 匹あたりの肺腫瘍数はそれぞれ 0.24 ± 0.03 個 (雄)と
569 0.20 ± 0.02 個 (雌) であった (MAK 2012)。

570 ・ マウスの背部皮膚に 0.3%から 3.5%のしょう脳アセトン溶液 3 滴を週 1 回 1 年間適用し
571 た。しょう脳適用群では、アセトンに調製した 5%クロトン油を併用したが (しょう脳と
572 同様、週 1 回 1 年間、適用。クロトン油適用としょう脳適用の間隔は 3~4 日)、110 匹の
573 マウスのうち 2 匹に皮膚乳頭腫がみられた。クロトン油適用群でも 160 匹のマウスのう
574 ち 2 匹に皮膚乳頭腫がみられた。しょう脳適用群では最初の腫瘍は適用開始 6 か月でみ
575 られ、2 つめは 6~9 か月でみられた。クロトン油適用群では最初の腫瘍は適用開始 5 か
576 月でみられた。適用開始 3、6、9、12 か月後の生存率は、しょう脳適用群は 21/110、9/110、
577 4/110、2/110、クロトン油適用群は 86/150、58/160、33/160、13/160 であった。

578 「腫瘍」の意味が不明確であり、マウスの試験において、いずれの試験も現在のガイドラ
579 インに準拠していないが、*d*-しょう脳は非発がん性であると証明された (MAK 2012)。

580

581 ク 神経毒性

582 吸入ばく露

583 ・ LC_{50} が 450 mg/m^3 であったマウスの吸入試験において、興奮、筋肉の収縮または痙縮、
584 吐き気および嘔吐がみられた (RTECS 2009)。

585

586 経口投与/経皮投与/その他の経路等

587 ・ LD_{50} が 900 mg/kg であったラットの腹腔内投与試験において、痙攣や発作閾値への影響
588 がみられた (RTECS 2009)。

589 ・ LD_{50} が $3,000 \text{ mg/kg}$ であったマウスの腹腔内投与試験において、痙攣や発作閾値への影
590 響、運動活性 (特殊検査)の変化、強直 (カタレプシーを含む)がみられた (RTECS 2009)。

591 ・ $LDLo$ が 200 mg/kg であったマウス皮下投与試験において、興奮がみられた (RTECS
592 2009)。

593 ・ しょう脳は中枢神経細胞刺激による痙攣を引き起こす。病理組織学的変化として、消化
594 管、腎臓および脳におけるうっ血および水腫がみられた (ACGIH 2001)。

595 ・ $1,000 \sim 4,000 \text{ mg/kg}$ 体重 ($1/2 \sim 2MLD$)のしょう脳 (溶媒: 綿実油)を強制経口投与され
596 たウサギ (1 匹/群)はすべて投与 5~40 分で痙攣をおこした。痙攣の発現は低用量群の方
597 が遅かった。死亡例では死亡時まで間欠的な痙攣がおきたが、回復例では摂取 4 時間後
598 までに痙攣は止まり回復した。マウス 32 匹 (雌雄不明)に $300 \sim 400 \text{ mg/kg}$ 体重 (LD_{50} :
599 300 mg/kg)のしょう脳 (溶媒: 綿実油)を 2~3 回、24 時間間隔腹腔内投与した場合にも、
600 痙攣がおきた。死後検査において、ウサギの脳には有意な変化はなかったが、マウスの 3
601 例かでは脳幹、大脳基底核、延髄、海馬および大脳皮質のニューロンに壊死がみられた。
602 しょう脳とペントバルビタールを腹腔内投与する群およびしょう脳のみを投与する群を
603 設けて、マウスの試験が再度、実施された。しょう脳とペントバルビタールを投与された
604 動物はすべて投与 10 分以内に混迷状態となったが、約 1.5 時間内に回復し、痙攣はおき

605 なかった。しょう脳のみを投与した群の全ての動物に痙攣がみられ、7/10 例が死亡した。
606 死後の検査において、しょう脳と共にペントバルビタールを投与した動物には大脳の変
607 化はみられなかった (UKPID 1996)。

608

609 (2) ヒトへの影響 (疫学調査および事例)

610 ア 急性毒性

611 吸入ばく露

- 612 ・ヒトのしょう脳による職業性中毒の特徴は頭痛、呼吸困難、昏睡であるとされている。加
613 熱されたしょう脳の蒸気を吸入した致死的なケースでは、主要な症状として顎筋の硬直
614 がみられた (ACGIH 2001)。
- 615 ・3 か月齢の新生児は Vicks Inhaler を 1 回吸入 (40%しょう脳 [sic]) した後に、蒼白、虚
616 脱状態、呼吸停止および痙攣をおこした (UKPID 1996)。

617

618

619 経口摂取/経皮投与/その他の経路等

- 620 ・1980 年から 1983 年にわたり、2 か所の中毒センターに報告された 182 のしょう脳摂取
621 事例のレビューにおいて、2 mg/kg 未満の摂取であった 101 の事例は無症候性であり、2
622 mg/kg を超えて摂取した事例の 90%は無症候性であり、4%は軽度の症状 (眠気があるが
623 覚醒している、吐き気、叫び; 平均用量 15 mg/kg)、6%がより重大な症状 (失神、チアノ
624 ーゼ、低血圧、不整脈、精神状態変化; 平均用量 152 mg/kg) であった。著者は 1964 年
625 ~1983 年についてもレビューしているが、重大な症状を示した患者の平均摂取用量は
626 124 mg/kg であり、致死的な事例では平均 199 mg/kg であるとしている (UKPID 1996)。

627

628 イ 刺激性および腐食性

- 629 ・しょう脳は反対 (表面) 刺激剤 (counter-irritant) とされているが、20%アルコール製剤と
630 してボランティアの皮膚に塗布したところ、通常の皮膚温では刺激感や痛みの感覚をお
631 こさなかった。温められたり冷やされたりする体温の変化の際に軽度な感覚刺激がみら
632 れ、高体温では燃えるような感覚が増した (UKPID 1996)。

633

634 ウ 感作性

- 635 ・しょう脳およびしょう脳油を含有する製品 (点耳薬、虫刺され治療の野菜油) に対する湿
636 疹性の皮膚のアレルギー反応の事例が 3 例報告されている。しょう脳製品、10%しょう
637 脳油、10%しょう脳を用いた皮膚試験では、96 時間後であっても陽性の結果であった。
638 しょう脳油および 10%しょう脳ワセリン調製物に対し、対照群の各々 30 および 20 人は
639 反応がなかった (MAK 2012)。
- 640 ・しょう脳スプレーを局所適用した後に急性湿疹をおこした 25 歳の男性および 37 歳の女
641 性の皮膚試験では、10%しょう脳ワセリン調製物に対し、陰性の結果を示した (MAK
642 2012)。
- 643 ・香水製造会社の 26 名の労働者において、10%しょう脳ワセリン調製物に対する皮膚試験
644 の陽性反応がみられた (MAK 2012)。

645 上記の個々の結果はしょう脳の感作性が有意であることを示すものではない (MAK
646 2012)。

647 ・しょう脳を 20%アルコール製剤として被験者の皮膚に塗布したところ、通常の皮膚温で
648 は刺激感や痛みの感覚をおこさなかった。温められたり冷やされたりする体温の変化の
649 際に軽度な感作性がみられ、高体温では燃えるような感覚が増した (UKPID 1996)。

650

651 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)

652 ・5 か月間にわたり、総計 3 g/kg のしょう脳 (しょう脳 29.2 mg/mL 33.3%アルコールの自
653 家製治療薬)が与えられた 6 か月齢の男子は、初期はライ症候群類似の症状を示し、ウィ
654 ルス疾患、急激な神経機能の低下、昏睡、肝障害、プロトロンビン時間の延長、血糖低
655 下などの症状の後に死亡した(PIMs 1988)。

656 ・合成しょう脳包装工場において、異なる 3 か所のしょう脳濃度を測定したところ 24~194
657 mg/m³(しょう脳ブロック形成エリア 33 ~ 194 mg/m³、包装エリア 38 ~ 120 mg/m³、
658 一般エリア 24 ~ 43 mg/m³)であった (n = 4~6)。換気システムは設置されていなかった。
659 許容量をはるかに超過して、しょう脳にばく露された労働者に、軽度な眼刺激性と
660 午後の眠気以外の自覚症状はなかった。一般エリアでおおよそ 29~39 mg/m³(短時間はよ
661 り高いばく露)のしょう脳にばく露されていた工場の衛生士はしょう脳の強い臭気と軽
662 度な眼刺激性を経験した。嗅覚疲労もみられたが、しょう脳が充満していない部屋では、
663 10 分後には回復し、しょう脳を扱うエリアに再度入ると、再び同様の症状がみられた。
664 眼の刺激もばく露が終わると約 10 分後には消失した。この症状は労働者にみられた症
665 状と同様であった。高用量のしょう脳の影響を調べるために、しょう脳取り扱いエリア
666 で 33~194 mg/m³のばく露を受けた 6 名の労働者について、調査を実施した。6 名のう
667 ち、調査時に包装現場に勤務していた労働者は 2 名のみで、1 名は 2 週間、もう 1 名は
668 8 か月間勤務していた。その他の 4 名は過去に 2~10 か月勤務していた。労働者が述べ
669 た症状は喉の乾燥 1 名、頭痛 (前頭部)1 名、手のしびれ 2 名、呼吸困難 1 名、鼻部乾燥
670 2 名、頬骨熱感 1 名、鼻汁 2 名、頭痛 (後頭部)1 名であった。4 名の鼻部および咽喉部
671 に炎症がみられたことを除き症状はみられず、永続的な変化もみられなかった。これら
672 の結果から、これらの労働者がばく露された濃度では永続的な変化はおこらず、ばく露
673 が終わると徐々に回復することが明らかとなった。労働環境の改善後 (換気システムの
674 導入など)、しょう脳濃度を再度測定したところ、しょう脳ブロック形成エリアは 3.5、
675 包装エリアは 2.7~2.9、一般エリアは 2.5 mg/m³となり、わずかな臭いに気付く程度で
676 あった (Gronka ら、1969)。

677

678 オ 生殖毒性

679 ・しょう脳は流産誘発剤として用いられていた。摂取 15 分後に母親の血中に検出される
680 が、8 時間後には検出されなかった。しかしながら、36 時間後の流産時には、羊水、臍
681 帯および胎児血中に存在する。これは、胎児の肝臓におけるグルクロン酸抱合 (大人に
682 おける主要な解毒経路)が未成熟であることからおこる。新生児は誕生時には生存してい
683 るが、呼吸できない。死後検査において、無気肺、中枢神経壊死が観察された (PIMs
684 1988)。

685 ・ 誤ってしょう脳油が入ったオレンジジュースを飲んだ妊婦は 20 時間後に予定日の 10 日
686 前であったが出産した。新生児および羊水はしょう脳臭がしたが、その他の異常は母子
687 ともにみられなかった (MAK 2012)。

688

689 カ 遺伝毒性

690 調査した範囲内では、報告はない。

691

692 キ 発がん性

693 ・ 調査した範囲内では、報告はない

694

695 発がんの定量的リスク評価

696 (IRIS 2004) (WHO/AQG-E 2000) (WHO/AQG-E 2005) (CalEPA 2011)に、ユニットリス
697 クに関する情報なし (2017/1/13 検索)。

698

699 発がん性分類

700 IARC : 情報なし (IARC) (2017/1/13 検索)

701 産衛学会 : 情報なし (産衛 2016)

702 EU CLP : 情報なし (EU CLIP) (2017/1/13 検索)

703 NTP 14thRoc : 情報なし (NTP 2016)

704 ACGIH : A4 ヒト発がん性因子として分類できない (設定年 1996) (ACGIH 2001)

705

706 ク 神経毒性

707 吸入ばく露

708 ・ ヒトのしょう脳による職業性中毒の特徴は頭痛、呼吸困難、昏睡であるとされている。加
709 熱されたしょう脳の蒸気を吸入した致死的なケースでは、主要な症状として顎筋の硬直
710 がみられた (ACGIH 2001)。

711

712 経口投与/経皮投与/その他の経路等

713 ・ 過興奮状態、過敏性、混乱、幻覚、不穏状態、不安、焦燥、昏睡が報告されている。しょ
714 う脳に慢性経口ばく露された 6 か月齢の新生児において、昏睡と共に、死後検査におい
715 て、海馬および前頭部皮質における大脳浮腫、神経変性および壊死がみられた (UKPID
716 1996)。

717 ・ しょう脳の重度のばく露 (濃度は不明)は吐き気、不安、めまい、錯乱、頭痛、顔筋の単収
718 縮、痙縮をおこし、重度の中毒では痙攣および昏睡をおこすとの報告がある (ACGIH
719 2001)。

720 ・ 1980 年から 1983 年にわたり、2 か所の中毒センターに報告された 182 のしょう脳摂取
721 事例のレビューにおいて、2 mg/kg 未満の摂取であった 101 の事例は無症候性であり、2
722 mg/kg 以上を摂取した事例の 90%は無症候性であり、4%は軽度の症状 (眠気があるが覚
723 醒している、吐き気、叫び - 平均用量 15 mg/kg)、6%がより重大な症状 (失神、チアノ
724 ーゼ、低血圧、不整脈、精神状態変化 - 平均用量 152 mg/kg)であった。著者は 1964 年

725 ～1983 年についてもレビューしているが、重大な症状を示した患者の平均摂取用量は
726 124 mg/kg であり、致死的な事例では平均 199 mg/kg であるとしている (UKPID 1996)。

727

728 (3) 許容濃度の設定

729 ACGIH TLV-TWA : 2 ppm (12 mg/m³) (1969 年 : 設定年) TLV-STEL : 3 ppm (19 mg/m³)
730 (1976 年 : 設定年) (ACGIH 2001)

731 根拠 : 2 ppm より高い濃度で労働者におこる眼および鼻刺激性、嗅覚障害のリスクを最小
732 とするために、TLV-TWA : 2 ppm (12 mg/m³)、TLV-STEL : 3 ppm (19 mg/m³)を勧告
733 する。これらの値は同時に中枢神経に対する刺激を避ける目的においても十分低い値で
734 あると考えられる。

735 合成しょう脳の発がん性については、マウスに 18 か月間にわたって皮下投与した試験
736 およびしょう脳とクロトン油をマウスの皮膚に塗布した試験において腫瘍がみられな
737 かったことから、A4、ヒト発がん性因子として分類できないに分類した。

738

739 日本産業衛生学会 : 設定なし

740

741 DFG MAK : Section IIb (適切な資料がないため、MAK 値は設定できない) (2002 年 : 設
742 定年) (MAK 2015)

743 根拠 : 6 名の労働者が 33~194 mg/m³ のばく露を受けた事例は、影響のない濃度がわから
744 ないため、気道における症状を MAK 値の設定には使用することができなかった。全身
745 毒性の NOAEL を導きだせるような適切な動物試験がない。したがって、しょう脳は
746 MAK and BAT values list のセクション IIb に分類する。上限なし (MAK 2012)。

747

748 NIOSH REL : TWA 2 mg/m³ (NIOSH 2016)

749 OSHA : 2 mg/m³ (2011 年 : 設定年) (OSHA 2011)

750 UK/HSE : 設定なし (UK/HSE 2011)

751 AIHA : 設定なし (AIHA 2013)

引用文献

- (ACGIH 2015) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) : TLVs and BELs with 7th Edition Documentation. (CD-ROM 2015)
- (AIHA 2013) American Industrial Hygiene Association (AIHA) : 2013-ERPG-WEEL-Handbook_v3.indd (https://www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/WEELs/Documents/2011WEELValues.pdf)

- (CalEPA 2011) California EPA : “Hot Spots Unit Risk and Cancer Potency Values” (updated 2011)
(<https://oehha.ca.gov/media/downloads/crnrr/appendixa.pdf>)
- (EU CLIP) Summary of Classification and Labelling. Harmonised classification - Annex VI of Regulation (EC) No 1272/2008 (CLP Regulation).
(<http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/77589>)
- (IARC) Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–117
(<https://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>)
- (ICSC 2004) 国際化学物質安全性カード(ICSC) 日本語版 カンファー ICSC 番号 1021 (2003)
(<http://www.nihs.go.jp/ICSC/icssj-c/icss1021c.html>)
- (IRIS) U.S. Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System (IRIS). A to Z Quicklist of Chemicals
(http://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/simple_list.cfm)
- (MAK 2012) Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) : The MAK Collection for Occupational Health and Safety, MAK Value Documentation for Kampfer (2012)
(<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb7622d0055/pdf>)
- (MAK 2015) Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) : List of MAK and BAT Values 2015
- (NIOSH 2016) National Institute for Occupational Safety & Health(NIOSH : 米国国立労働安全衛生研究所) : NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, Camphor (synthetic)
(<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0096.html>)
- (NTP 2016) National Toxicology Program, Department of Health and Human Service. 14th Report on Carcinogens. Substances Listed in the Fourteenth Report on Carcinogens.
(https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/listed_substances_508.pdf)
- (OSHA) 1988 OSHA PEL Project Documentation. Index of CAS Numbers. CAMPHOR (SYNTHE
(<http://www.cdc.gov/niosh/pel88/76-22.html>)
- (PIMs 1988) Poisons Information Monographs Archive (PIMs, 1989-2002).Camphor
(<http://www.inchem.org/documents/pims/pharm/camphor.htm>)
- (UK/HSE 2011) 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 (as amended)) (2011)
- (UKPID 1996) UK Poison Information Documents (UKPID).CAMPHOR (1996) (<http://www.inchem.org/documents/ukpids/ukpids/ukpid19.htm>)
 - (WHO/AQG-E 2000) WHO : Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition (2000)
 - (WHO/AQG-G 2005) WHO : Air Quality Guidelines—global update (2005)
 - (産衛 2016) 日本産業衛生学会 (JSOH) : 許容濃度等の勧告(2016 年度)産業衛生学雑誌 58 卷 5 号 181-212 (2016)
 - (Alakilli 2009) Alakilli, SYM (2009) Evaluation of camphor mutagenicity in somatic cells of pregnant rats : Asian J. Biotechnol., 1 : 111-117.
 - (Gronka 1969) Gronka PA, Bobkoski RL, Tomchick GJ, Rakow AB (1969) Camphor exposures in a packaging plant : Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 30 : 276-279

別添4：標準測定分析法

753 物質名：しょう腦

化学式：C ₁₀ H ₁₆ O		分子量：152.26	CASNo：76-22-2
許容濃度等： 日本産業衛生学会：なし OSHA TLV：2 mg/m ³ (0.3 ppm) ACGIH TLV(TWA)：2 ppm (12 mg/m ³) ACGIH TLV(STEL)：3 ppm (9 mg/m ³)		物性等 沸点：204℃ 融点：180℃ 蒸気圧：27 Pa/0.2 mmHg (20℃) 形状：常温で固体、昇華性物質、特有臭	
別名 (±)-カンファー、2-Camphanone、1,7,7-Trimethylbicyclo[2.2.1]heptan-2-one			
サンプリング		分析	
サンプラー：活性炭管 (100/50 mg) (柴田科学 No.080150-053) サンプリング流量：0.1 L/min サンプリング時間：4時間 (24 L) 保存性：添加量 0.05, 95 µgにおいて、冷蔵庫にて5日間保管可能 ※ 粒子状のしょう腦を昇華捕集するために、サンプラー前段にテフロンバインダーフィルターを装着し捕集することを推奨。		分析方法：固体吸着管採取-溶媒抽出法-ガスクロマト質量分析 (GC/MS) 脱着：1% メタノール含有二硫化炭素 1 mL 溶出30分振とう後、分取 機器：Agilent GC/MSD 分析条件 カラム：HP-5MS (内径0.25 mm、膜厚0.25 µm、長さ30 m) キャリアガス：He、流速1.0 mL/min スプリットレス分析 オープン温度：40℃ (2 min hold) -5℃/min-80℃-20℃/min-250℃(3min) 注入口温度：250℃ 質量分析計温度：250/230/150℃ (Transfer/ion-source/Q-pole) 定量イオン (m/z)：152.1 (定量), 100 (内標) 注入量：0.8 µL リテンションタイム (RT)：12.6 min 検量線：0.03-60 µg/mLの範囲で直線性が得られている。 定量法：内標準添加法 Toluene-d8	
精度			
脱着率；添加量 47.5 µg (2 mg/m ³) 103.5% ; 添加量 0.05 µg (0.002 mg/m ³) 96.9% (0.1 L/min 4時間 として)			
回収率；添加量 47.5 µg (2 mg/m ³) 91.5% ; 添加量 0.05 µg (0.002 mg/m ³) 106.0% (0.1 L/min 4時間 として)			
Split-less (40 : 1) 検出下限 (3SD) : 0.1 µg/m ³ (0.02 ppb) 定量下限 (10SD) : 0.4 µg/m ³ (0.07 ppb)			
適用：個人ばく露測定、作業環境測定			
参考：NIOSH1301,2553 (NMAM)			

妨害：確認されていない

参考文献

- 1) 日本精化株式会社 Web page, <http://www.nipponseika.co.jp/fragrance/camphor.htm>
- 2) 昭和化学株式会社 SDS DL-しょうのう code 03103250 (平成26年1月25日)
- 3) 東京化成工業株式会社 SDS (±)-Camphor、12、(2016/6)
- 4) 活性炭チューブ Standard type 100/50 mg (080150-053) 取扱説明書、柴田科学
- 5) OSHA Toxic and Hazardous Substances、1910.1000 TABLE Z-1、Limits for Air Contaminants. (March 25, 2016)
- 6) NIOSH 1301; KETONES II (1994)
- 7) NIOSH 2553; KETONES II (2004)
- 8) 小野真理子、管野誠一郎、荻原正義、古瀬三也：作業環境における低濃度の発がん性物質の分析法の開発に関する研究、労働安全衛生総合研究所特別研究報告 J/NIOSH-SRR-NO. 44 (2014)
- 9) 杉本 功、高橋嘉輝：溶媒和物、非晶質固体と医薬品製剤、粉体工学会誌、Vol.22、No.2 (1985)