

リスク評価書

No. 101 (初期)

ジボラン (Diborane)

目次

本文	2
別添1 有害性総合評価表	12
別添2 有害性評価書	17
別添3 ばく露作業報告集計表	28
別添4 標準測定分析法	29

1 1 物理化学的性質

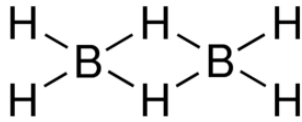
2 (1) 化学物質の基本情報

3 名称：ジボラン

4 別名：ボロエタン、ジボロンヘキサハイドライド、Diborane

5 化学式： B_2H_6/BH_3BH_3

6 構造式：



7 分子量：27.7

8 CAS番号：19287-45-7

9 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283号

10 11 (2) 物理的・化学的性状

外観：特徴的な臭気のある無色の圧縮気体	引火点 (C.C.)：-32℃
比重 (水=1)：	発火点：40～50℃
沸点：-92℃	爆発限界 (空気中)：0.8 ～ 88 vol%
蒸気圧：	溶解性 (水)：水素とホウ酸に加水分解する
蒸気密度 (空気=1)：0.96	換算係数：
融点：-165℃	1 ppm = 1.13 mg/m ³ (25℃)
嗅覚閾値：2.5 ppm	1 mg/m ³ = 0.883 ppm (25℃)

12 (3) 物理的・化学的危険性

13 ア 火災危険性：

14 引火性がきわめて高い。汚染物質があると発火温度が低くなるため、室温以下で発火する
15 ことがある。

16 イ 爆発危険性：

17 気体/空気の混合気体は、爆発性である。水と接触すると、爆発の危険性がある。

18 ウ 物理的危険性：

19 この気体は空気とよく混合し、爆発性混合物を生成しやすい。

20 エ 化学的危険性：

21 水などの消火薬剤と激しく反応する。酸化剤と激しく反応する。加熱すると、急速に分解
22 する。水素、ホウ酸および酸化ホウ素を生じる。

23 (4) 製造・輸入量、用途等

24 製造・輸入量：情報なし

25 用途：ロケット推進薬、還元剤、ゴムの加硫剤、オレフィン重合の触媒、火焰促進剤及びド
26 ーピング剤

27 製造業者：住友精化、日本エアー・リキード、第一化成産業

28 輸入：高千穂商事

29 2 有害性評価の結果（別添1及び別添2参照）

30 (1) 発がん性

31 ○ 調査した範囲で報告なし

32

33 (各評価区分)

34 IARC：設定なし

35 産衛学会：設定なし

36 EU CLP：設定なし

37 NTP 14th：設定なし

38 DFG：設定なし

39 ACGIH：設定なし

40 US EPA：設定なし

41

42 閾値の有無：判断できない

43 根拠：「遺伝毒性」の判断を根拠とする。

44 発がんの定量的リスク評価：調査した範囲で報告なし

45 (2) 発がん性以外の有害性

46 ○ 急性毒性

47 致死性

48 ラット

49 吸入毒性：LC₅₀ = 40～80 ppm (45～90 mg/m³)

50 マウス

51 吸入毒性：LC₅₀ = 29 ppm (33 mg/m³)

52 ウサギ

53 調査した範囲で報告なし

54

55 健康影響

56 ・ Wistar ラット（雄、9週齢）への、0、1、10、20 ppm (0、1.1、11、23 mg/m³)のジボ
57 ランの4時間の吸入単回ばく露試験において、20 ppm 群で、ばく露直後、1日後、3日
58 後、2週間後の気管支肺胞洗浄液 (BALF)を分析した結果、細胞分画でばく露直後～3日
59 で顕著な多核白血球の増加及びマクロファージの減少、スーパーオキシドディスムター
60 ゼ (SOD) の活性上昇、 α_1 -アンチトリプシン (α_1 -AT)の活性上昇が検出され、2週間後
61 に対照群と同じレベルになった。リン脂質はばく露3日後に顕著に増加した。1 ppm 群
62 で、ばく露3日目後の BALF 分析で α_1 -AT、総タンパクが増加していた (MAK 2000)
63 (産衛 1996)。好中球の移行には濃度依存性がみられ、これらの肺の病変は3日を超えて
64 残ることがあった。

65 ・ ラットへの、45~100 ppm (51~113 mg/m³)のジボランの急性吸入試験により、病理組
66 織学的に肺水腫、肺出血を観察した。

67 ・ ICR マウス (雄、5 週齢)への、15 ppm (17 mg/m³) の半導体用高純度のジボランの 1、
68 2、4、8 時間の吸入単回ばく露試験において、2 時間以上のばく露で肺重量の増加、汎
69 細気管支炎様変化、ばく露時間が長くなると肺うっ血、肺水腫が観察された。

70 ・ ICR マウス (雄、5 週齢)への、1、5 ppm (1、5.7 mg/m³)のジボランの 1、2、4、8 時間
71 の吸入単回ばく露試験において、5 ppm 群で肺重量の増加、汎細気管支炎様変化が観察
72 された。1 ppm 群で肺の変化はみられなかった。

73 ・ ICR マウス (雄、5 週齢)への、15 ppm (17 mg/m³) のジボランの 4 時間ばく露の肺病変
74 の経時追跡の結果では、ばく露直後で好中球の浸潤、ばく露 3 日目で汎気管支炎様変
75 化、肺うっ血、肺水腫、マクロファージの細胞内浸潤、ばく露 2 週間後で気管支周囲の
76 リンパ組織増生と炎症細胞浸潤が観察された。

77 ・ ハムスターへの、50 ppm (57 mg/m³)のジボランの 8 時間急性吸入試験により、急性肺
78 水腫を観察した。

79 ・ イヌへの麻酔下にて、5~350 ppm (5.7~396 mg/m³)のジボランの 15 分~4 時間ばく露
80 による頸動脈圧、気管内圧、心電図、呼吸機能、脳波等への影響を測定した。初期の徴
81 候は呼吸数増加、血圧の軽度低下、小腸平滑筋の活動性増大、後期の影響は徐脈、心室
82 細動であった。これらの徴候は 6~14 ppm (6.8~16 mg/m³)では軽度の呼吸数増加以外
83 はなかった。著者の Kunkel らはこれらの徴候について、中枢神経系における変化に起
84 因する可能性があるとしながらも、主要な影響は肺水腫の発症であると結論している。

85 ・ イヌ(品種と性別は混合)に種々の濃度のジボランを吸入ばく露した結果が Kunkel ら
86 (1956)によって報告された。

87 イヌ(3 頭)に 6~14 ppm のジボランを 45 分~4 時間吸入ばく露した。このばく露期間中
88 は、心電図、血圧への影響はなく、呼吸の僅かな増加のみがみられた。しかし、剖検で
89 は、重度の肺出血と僅かな肺水腫がみられた。

90 イヌ(3 頭)に 53~63 ppm のジボランを 15 分間吸入ばく露した。動物は呼吸の速度と深
91 さが増加した。1 頭で血圧の低下と徐脈がみられたが、他の 2 頭は正常な心電図を示し
92 た。剖検で肺うっ血、出血及び浮腫がみられた。他の臓器はある程度のうっ血がみられ
93 た以外は正常に見えた。

94 イヌに 5 ppm のジボランを 1 日 4 時間、翌日 3 時間吸入ばく露した。2 回目のばく露の
95 終わり近くで、呼吸の速度と深さが増加し、血圧が低下した。イヌは 2 回目のばく露後
96 にショック状態となり、著者らは麻酔の長期化が原因と推測した。剖検により、肺うっ
97 血と腎臓の髄質における点状出血がみられた。

98 イヌ(1 頭)に 125 ppm のジボランを 30 分間吸入ばく露した。数分以内に小腸の蠕動運動
99 の増加がみられ、EEG 活動は 30 分間のばく露後に増加した。しかし、全ての活動はば
100 く露後 1 時間以内に正常に戻った。ばく露後 5 時間でイヌは死亡したが、その時点で肺
101 水腫又はチアノーゼの徴候はなかった。

102 イヌ(1 頭)に、350 ppm のジボランを 15 分間ばく露した。ばく露後、イヌの血圧は下が
103 り始め、呼吸と胸部の動きは 5 分以内に増加した。ばく露 4 分後に死亡し、浮腫液が気
104 管カニューレから流れていることが確認された。末期 ECG は洞徐脈と T 波 voltage が

105 増加した。剖検で肺のうっ血、出血及び浮腫の徴候、肝臓のうっ血及び腎尿細管に円柱
106 がみられた。
107 次にイヌ(3頭)に 40~125 ppm のジボランを 2~2.5 時間ばく露した。全てのイヌで腸の
108 蠕動運動が増加し、3頭中2頭で脳波の活動亢進がみられた。これらのイヌの1頭の脳
109 波は正常に戻ったが、もう1頭は大脳皮質活動の低下を示し、その後徐脈、最後に心室
110 細動がみられ死に至った。剖検で肺水腫がみられた。3頭目のイヌは試験終了までに死
111 亡し、肉眼的に肺水腫がみられた。

112

113 ○皮膚刺激性/腐食性：調査した範囲で報告なし

114 ○眼に対する重篤な損傷性/刺激性：調査した範囲で報告なし

115 ○皮膚感作性：調査した範囲で報告なし

116 ○呼吸器感作性：調査した範囲で報告なし

117

118 ○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）

119 （ラット、吸入ばく露、8週間）

120 LOAEL = 0.11 ppm (0.12 mg/m³)

121 根拠：Wistarラット（雄、14週齢、投与群各12匹）への、0、0.11、0.96 ppm (0、0.12、
122 1.02 mg/m³)のジボランの6時間/日、5日/週、8週間の吸入ばく露試験において、0.11
123 ppm群以上の群で気管支肺胞洗浄液（BALF）の好中球の比率の増加、血清中のα₁-
124 AT、SODの活性上昇、0.11 ppm群でBALFのリン脂質の一部成分（ホスファチジル
125 グリセロール、スフィンゴミエリン）の増加、0.96 ppm群でBALFの総リン脂質の
126 用量依存的な増加を認めた。

127

128 不確実係数 UF = 100

129 根拠：LOAEL→NOAEL変換（10）、種差（10）

130 評価レベル = 8.3×10^{-4} ppm (9.4×10^{-4} mg/m³)

131 計算式： $0.11 \text{ ppm} \times 6/8 \times 1/100 = 0.00083 \text{ ppm} = 8.3 \times 10^{-4} \text{ ppm}$

132

133 ○生殖毒性：判断できない

134 根拠：ジボランのばく露によりマウスに精子形態異常が認められた報告があるが、ラット
135 では認められていない。また、生殖毒性試験が実施されていないことから、情報が
136 少なく、生殖毒性があるとは判断できない。

137

138 （参考）

139 LOAEL = 0.2 ppm (0.23 mg/m³)

140 根拠：ICRマウス（雄、5週齢）への、0、0.2、0.7 ppm (0、0.23、0.79 mg/m³)のジボランの6
141 時間/日、5日/週、4週間の吸入ばく露試験において、0.2 ppm群で無鉤形、0.7 ppm群
142 で無鉤形、頭部巨大形の精子形態異常率が高かった。

143

144 不確実係数 UF = 100

145 根拠： LOAEL→NOAEL変換(10)、種差 (10)
146 評価レベル = 1.5×10^{-3} ppm (1.7×10^{-3} mg/m³)
147 計算式： $0.2 \text{ ppm} \times 6/8 \times 1/100 = 0.0015 \text{ ppm} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ ppm}$

148
149 ○遺伝毒性：判断できない

- 150 根拠：
- 151 ・ ネズミチフス菌 TA98、TA100 を用いた *in vitro* 復帰突然変異試験によると、ジボラン
 - 152 (ガス捕集袋使用) 2,000、5,000 ppm で、S9mix 添加、非添加ともに陽性であった。
 - 153 ・ 大腸菌 WP 2uvaA 用いた *in vitro* 復帰突然変異試験によると、ジボラン (ガス捕集袋
 - 154 使用) 最大投与濃度 5,000 ppm で、S9mix 添加にて陽性であった。
 - 155 ・ 調査した範囲内では、他の試験方法での報告はない。

156
157 生殖細胞変異原性：以上の他に、調査した範囲で報告なし

158
159 ○神経毒性：あり

- 160 根拠：
- 161 ・ 3年以上水素化ほう素にばく露していたとされる 83 名 (中毒症状としては 137 例) の中
 - 162 で、ジボランばく露による中毒症状は 39 例で、有訴率は胸部圧迫感(66%)、咳(38%)、
 - 163 頭痛(20%)、悪心(15%)、悪寒(15%)、めまい(10%)、傾眠(2.5%)で、主な症候は胸部の圧
 - 164 迫感、重苦しさ、しゃく熱館、息切れ、乾性咳嗽、前胸痛であった。ペンタボランでは
 - 165 めまい(71%)、頭痛(28%)、傾眠(78%)、悪心(7%)、デカボランではめまい(52%)、頭痛
 - 166 (42%)、傾眠(15%)、悪心(31%)と中枢神経の症候が主であった。
 - 167 ・ 低レベルのジボランへの長期ばく露では、頭のふらつき、非回転性、回転性のめまい、
 - 168 悪寒、発熱を含む中枢神経系の症候と関連した筋力低下及び倦怠感がしばしば見られた
 - 169 が、翌日には回復した、振戦あるいは筋攣縮はまれにしか見られず局所的かつ短期であ
 - 170 った。
 - 171 ・ 実験室にいたヒトへの、水素化ほう素へのばく露症例 4 例のうちジボランと明記 (ばく
 - 172 露濃度不詳) のある症例は 1 例あった。その 1 人は、ばく露後数時間後において、倦怠
 - 173 感、呼吸困難、悪寒、発熱が発生した症例で、肺炎と診断されてペニシリン治療を受け
 - 174 回復している。
 - 175 ・ ジボランを含む水素化ほう素による急性中毒 26 症例の報告(Cordasco et al.,1962)による
 - 176 と、3～5 日継続する胸部圧迫感、呼吸困難、咳、喘鳴が一般的であり、約 10%の患者
 - 177 に、悪心、食欲不振、唾液過剰分泌が出現した (産衛 1996)。33 例のジボラン亜急性中
 - 178 毒例では、頭痛、頭重感、倦怠感、傾眠が主症状となり、約 25 %の患者が咳と胸部圧迫
 - 179 感を訴えていた。理学的には、胸部ラ音が主要所見であった。ジボラン以外の水素化ほ
 - 180 う素中毒が神経学的異常を主徴とするのに対し、ジボラン中毒では呼吸器影響が主徴で
 - 181 あることが特徴であると述べている。ばく露濃度に関する記述はない。
 - 182 ・ イヌへの麻酔下にて、5～350 ppm (5.7～396 mg/m³)のジボランの 15 分～4 時間ばく露
 - 183 による頸動脈圧、気管内圧、心電図、呼吸機能、脳波等への影響を測定した。初期の徴
 - 184 候は呼吸数増加、血圧の軽度低下、小腸平滑筋の活動活動性増大、後期の影響は徐脈、

185 心室細動であった。これらの兆候は 6~14 ppm (6.8~16 mg/m³)では軽度の呼吸数増加
186 以外はなかった。

187 (3) 許容濃度等

188 ACGIH : TLV-TWA 0.1 ppm (0.1 mg/m³) (1956 : 設定年) (ACGIH 2001)

189 根拠 : ジボランの主要な影響は肺水腫であるが、中枢神経系にも影響を及ぼす。0.1 ppm
190 の TLV-TWA は Comstock らの研究に基づいており、肺への急性中毒作用と神経
191 系の累積作用を最小化する。Skin SEN 及び発がん性又は TLV-STEL の表記に十
192 分なデータはない。

193

194 日本産業衛生学会 : TWA 0.01 ppm (0.012 mg/m³) (1996 : 提案年) (産衛 1996)

195 根拠 : ジボランの許容濃度を決定するに当たり考慮すべき健康影響は、呼吸器影響、精
196 子形態異常、神経・筋系影響、循環器影響、変異原性である。神経・筋系及び循環
197 器影響については、ばく露濃度に関するデータはないが、中毒例のように高濃度で
198 発生すると考えられる。精子形態への影響についてはマウスとラットで一致した結
199 果が得られていない。変異原性は非常に高濃度のジボランで出現しており、許容濃
200 度設定という目的のためには不十分なデータである。従って、呼吸器影響発生の予
201 防を目的として許容濃度を設定することが妥当と考える。

202 ヒトのデータでは、急性ばく露による症例・亜急性ばく露による症例ともに、ばく
203 露濃度が不明であり、動物ばく露実験結果より許容濃度を設定せざるを得ない。動
204 物実験のうち最も低いばく露濃度の実験は、雄ラットに 0.11 ppm ジボランを 8 週
205 間ばく露した試験である。この試験結果からは、組織病理学的に呼吸器系影響は検
206 出できなかったものの、BALF 中の好中球の増加、ALP 活性の上昇、リン脂質成
207 分の一部 (ホスファチジルグリセロール、スフィンゴミエリン) の増加は、気管支
208 肺胞領域に炎症が継続していることを示している。従って、ジボラン 8 週間ばく
209 露の呼吸器影響に関する無作用濃度は 0.11 ppm 未満と考えられる。無作用濃度の
210 データが得られるまで、許容濃度 0.01 ppm を勧告する。

211

212 DFG MAK : 取下げ (MAK 2000)

213 根拠 : ジボランのヒト影響へのばく露濃度データが入手できないことと動物実験では
214 0.11 ppm において観察された最小濃度では既に有害影響はあり NOAEL を導出す
215 ることは不可能である。よって、MAK 勧告値を取り下げて、MAK/BAT の
216 Section IIb に含める。

217

218 NIOSH REL : TWA 0.1 ppm (0.1 mg/m³)

219 OSHA PEL : TWA 0.1 ppm (0.1 mg/m³)

220 (4) 評価値

221 ○一次評価値 : 0.00083 ppm (0.00094 mg/m³)

222 動物試験から導き出された最小毒性量 (LOAEL) から不确实係数を考慮して算定した評価

223 レベルを一次評価値とした。

224 ※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、
225 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。

226

227 ○二次評価値：0.01 ppm (0.012 mg/m³)

228 日本産業衛生学会が提案している許容濃度を二次評価値とした。

229 ※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
230 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、
231 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、原則とし
232 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。

233 3 ばく露実態評価

234 (1) 有害物ばく露作業報告の提出状況

235 ジボラン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（詳細は別添
236 3）。なお、主な用途は「他の製剤等の原料として使用」であり、その他に「対象物の製造」及
237 び「その他」があった。また、作業の種類は「充填又は袋詰め作業」、「計量、配合、注入、
238 投入又は小分けの作業」、「ろ過、混合、攪拌、混練又は加熱の作業」及び「その他」であった。

	報告数	4事業場	計7件
年間製造・取扱量	～500kg未満		14%
	500kg～1t未満		29%
	1t～10t未満		57%
	10t～100t未満		
	100t～1000t未満		
	1000t～		
作業1回当たり製造・取扱量 (単位kg又はL)	～1未満		
	1～1000未満		83%
	1000～		17%
1日当たり 作業時間	～15分未満		17%
	15分～30分未満		
	30分～1時間未満		50%
	1時間～3時間未満		33%
	3時間～5時間未満		
発散抑制措置	5時間～		
	密閉化設備		
	局所排気装置		100%
	プッシュプル 全体換気装置		

239

240 (2) ばく露実態調査結果

241 有害物ばく露作業報告のあった4事業場のうち2事業場（平成27年度1事業場、平成28年度1事
242 業場）についてばく露実態調査を実施した。ただし、平成28年度の1事業場での測定において
243 は、調査当日にホウ素化合物を含む粉体原料が同時に取り扱われており、測定結果に影響を与
244 えた可能性が高かったことから、同一事業場の対象作業について、平成30年度に再度ばく露実
245 態調査を実施した。

246 対象事業場においては、製造・取扱作業に従事する5人（延べ7人）について個人ばく露測定
247 を行うとともに、8地点（延べ9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
248 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）を算定した。

249 （※4 事業場のうち 1 事業場は誤報告。また、1 事業場は事前調査によりポンベの運搬等の作業
250 のみであることが把握され、ジボランへのばく露の可能性が低いと考えられたため調査対象
251 から除外した。残る 2 事業場から調査の協力に係る同意が得られたため、この 2 事業場を最
252 最終的に調査対象とした。）

253 ○測定分析法（詳細な測定分析法は別添 4 に添付）

- 254 ・サンプリング：純水を捕集液とする液体捕集
- 255 ・分析法：誘導結合プラズマ発光分光分析法（ICP-OES）

256 ○対象事業場における作業の概要

257 対象事業場におけるジボランの用途は、「対象物の製造」及び「他製剤の原料」であった。
258 ジボラン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、「ポンベの配管
259 接続・取り外し等」（3～15分）及び「粉体原料投入等」（15分）であった。

260 また、作業環境に関しては、調査した作業は全て屋内で行われており、ばく露防止対策と
261 しては、粉体原料投入等の作業については局所排気装置が設置され、かつ呼吸用保護具が使
262 用されていたことに加え、高圧ガス保安法の規定に基づくガス検知器（検出下限0.01ppm）
263 による連続モニタリングが行われていた。

264 ○測定結果

265 測定は、5人（延べ7人）の労働者に対し実施したが、ホウ素化合物を含む粉体原料が同時
266 に取り扱われており、測定結果に影響を与えた可能性が高かった平成28年度の1事業場以外
267 での測定結果は、いずれも定量下限値を下回っていた。（平成28年度の1事業場については、
268 8時間 TWA を算出しない。）

269 個人ばく露測定の結果からも、8時間 TWA の値は、算出できない。（データ数 N<5のため、
270 区間推定上側限界値（信頼率90%、上側5%）は計算しない。）

271 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
272 く露最大値の高い方を最大値とする。）に準拠しても算出できないが、少なくとも、個人ばく
273 露測定の定量下限値の最大値の0.052 ppb より小さく、二次評価値に比べて低いと考えられ
274 る。

275 なお、スポット測定の実測データについても、全て定量下限値を下回っていた。

276 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）
a1～a3	ポンベの配管接続・取り外し等（3～15分）

b1~b2 (c1~c2)	粉体原料投入等 (15分)
------------------	---------------

277

表：最大ばく露濃度の推定

有効測定データ数	N = 0
コルモゴロフ・スミルノフ検定 (N<5のため計算できない)	
測定データの最大値 (TWA 値) (いずれも定量下限値未満)	
対数正規分布の適合を判定できないため、区間推定 上側限界値を表示しない	
N<10のため区間推定上側限界値の計算を行わない	
二次評価値	0.01 ppm

278 4 リスクの判定及び今後の対応

279 以上のとおり、ジボランの製造・取扱事業場においては、全ての測定データが個人ばく露測定
280 の定量下限値の最大値である 0.052 ppb を下回っており、二次評価値 0.01 ppm に比べても十分
281 低いため、経気道からのばく露のリスクは低いと思われる。また、本物質について、日本産業衛
282 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。

283 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
284 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、本物質
285 が反復投与毒性及び神経毒性がある物質であることを踏まえてリスクアセスメントを実施し、自
286 主的なリスク管理を行うことが必要である。

表：ばく露実態調査集計表

	対象事業場数 (※1)	個人ばく露測定結果 [ppm]				スポット測定結果 [ppm]			作業環境測定結果 (A測定準拠) [ppm]		
		測定数	平均 (※1)	8時間TWA 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	1	0.143	0.120	0.120	2	0.307	1.202			
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	1	1	0.156	0.110	0.110	1	0.134	0.262			
12 その他	1	1	0.011	0.011	0.011	1	0.0361	0.058			
計	3	3	0.097	0.080	0.120	4	0.196	1.202			

集計上の注：定量下限未満の値及び個々の測定値は測定時の採気量（測定時間×流速）により有効桁数が異なるが、集計にはこの値を用いて小数点以下3桁で処理した（1以上は有効数字3桁）

※1：測定値の幾何平均値

※2：8時間TWAの幾何平均値

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

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

※5：単位作業ごとの幾何平均を代表値とし、その幾何平均

※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

288 物質名 : ジボラン

有害性の種類	評 価 結 果
ア 急性毒性	<p><u>致死性</u></p> <p>ラット 吸入 : LC₅₀ = 40~80 ppm or (45~90) mg/m³</p> <p>マウス 吸入 : LC₅₀ = 29 ppm or 33 mg/m³</p> <p><u>健康影響</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Wistarラット (雄、9週齢) への、0、1、10、20 ppm (0、1.1、11、23 mg/m³)のジボランの4時間の吸入単回ばく露試験において、20 ppm群で、ばく露直後、1日後、3日後、2週間後の気管支肺胞洗浄液 (BALF)を分析した結果、細胞分画でばく露直後~3日で顕著な多核白血球の増加及びマクロファージの減少、スーパーオキシドディスムターゼ (SOD) の活性上昇、α_1-アンチトリプシン (α_1-AT)の活性上昇が検出され、2週間後に対照群と同じレベルになった。リン脂質はばく露3日後に顕著に増加した。1 ppm群で、ばく露3日目後のBALF分析でα_1-AT、総タンパクが増加していた (MAK 2000) (産衛1996)。好中球の移行には濃度依存性がみられ、これらの肺の病変は3日を超えて残ることがあった。 ・ ラットへの、45~100 ppm (51~113 mg/m³)のジボランの急性吸入試験により、病理組織学的に肺水腫、肺出血を観察した。 ・ ICRマウス (雄、5週齢)への、15 ppm (17 mg/m³) の半導体用高純度のジボランの1、2、4、8時間の吸入単回ばく露試験において、2時間以上のばく露で肺重量の増加、汎細気管支炎様変化、ばく露時間が長くなると肺うっ血、肺水腫が観察された。 ・ ICRマウス (雄、5週齢)への、1、5 ppm (1、5.7 mg/m³)のジボランの1、2、4、8時間の吸入単回ばく露試験において、5 ppm群で肺重量の増加、汎細気管支炎様変化が観察された。1 ppm群で肺の変化はみられなかった。 ・ ICRマウス (雄、5週齢)への、15 ppm (17 mg/m³) のジボランの4時間ばく露の肺病変の経時追跡の結果では、ばく露直後で好中球の浸潤、ばく露3日目で汎気管支炎様変化、肺うっ血、肺水腫、マクロファージの細胞内浸潤、ばく露2週間後で気管支周囲のリンパ組織増生と炎症細胞浸潤が観察された。 ・ ハムスターへの、50 ppm (57 mg/m³)のジボランの8時間急性吸入試験により、急性肺水腫を観察した。 ・ イヌへの麻酔下にて、5~350 ppm (5.7~396 mg/m³)のジボランの15分~4時間ばく露による頸動脈圧、気管内圧、心電図、呼吸機能、脳波等への影響を測定した。初期の徴候は呼吸数増加、血圧の軽度低下、小腸平滑筋の

有害性の種類	評価結果
	<p>活動性増大、後期の影響は徐脈、心室細動であった。これらの徴候は6～14 ppm (6.8～16 mg/m³)では軽度の呼吸数増加以外はなかった(産衛1996)。著者のKunkelらはこれらの徴候について、中枢神経系における変化に起因する可能性があるとしながらも、主要な影響は肺水腫の発症であると結論している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・イヌ(品種と性別は混合)に種々の濃度のジボランを吸入ばく露した結果がKunkelら(1956)によって報告された。 <p>イヌ(3頭)に6～14 ppmのジボランを45分～4時間吸入ばく露した。このばく露期間中は、心電図、血圧への影響はなく、呼吸の僅かな増加のみがみられた。しかし、剖検では、重度の肺出血と僅かな肺水腫がみられた。</p> <p>イヌ(3頭)に53～63 ppmのジボランを15分間吸入ばく露した。動物は呼吸の速度と深さが増加した。1頭で血圧の低下と徐脈がみられたが、他の2頭は正常な心電図を示した。剖検で肺うっ血、出血及び浮腫がみられた。他の臓器はある程度のうっ血がみられた以外は正常に見えた。</p> <p>イヌに5 ppmのジボランを1日4時間、翌日3時間吸入ばく露した。2回目のばく露の終わり近くで、呼吸の速度と深さが増加し、血圧が低下した。イヌは2回目のばく露後にショック状態となり、著者らは麻酔の長期化が原因と推測した。剖検により、肺うっ血と腎臓の髄質における点状出血がみられた。</p> <p>イヌ(1頭)に125 ppmのジボランを30分間吸入ばく露した。数分以内に小腸の蠕動運動の増加がみられ、EEG活動は30分間のばく露後に増加した。しかし、全ての活動はばく露後1時間以内に正常に戻った。ばく露後5時間でイヌは死亡したが、その時点で肺水腫又はチアノーゼの徴候はなかった。</p> <p>イヌ(1頭)に、350 ppmのジボランを15分間ばく露した。ばく露後、イヌの血圧は下がり始め、呼吸と胸部の動きは5分以内に増加した。ばく露4分後に死亡し、浮腫液が気管カニューレから流れていることが確認された。末期ECGは洞徐脈とT波voltageが増加した。剖検で肺のうっ血、出血及び浮腫の徴候、肝臓のうっ血及び腎尿細管に円柱がみられた。</p> <p>次にイヌ(3頭)に40～125 ppmのジボランを2～2.5時間ばく露した。全てのイヌで腸の蠕動運動が増加し、3頭中2頭で脳波の活動亢進がみられた。これらのイヌの1頭の脳波は正常に戻ったが、もう1頭は大脳皮質活動の低下を示し、その後徐脈、最後に心室細動がみられ死に至った。剖検で肺水腫がみられた。3頭目のイヌは試験終了までに死亡し、肉眼的に肺水腫がみられた。</p>
イ 刺激性/ 腐食性	皮膚刺激性/腐食性：調査した範囲で報告なし 眼に対する重篤な損傷性/刺激性：調査した範囲で報告なし
ウ 感作性	皮膚感作性：調査した範囲で報告なし 呼吸器感作性：調査した範囲で報告なし
エ 反復投与	LOAEL= 0.11 ppm (0.12 mg/m ³)

有害性の種類	評価結果
毒性(生殖 毒性/遺伝毒 性/発がん性 /神経毒性は 別途記載)	<p>根拠：Wistarラット（雄、14週齢、投与群各12匹）への、0、0.11、0.96 ppm（0、0.12、1.02 mg/m³）のジボランの6時間/日、5日/週、8週間の吸入ばく露試験において、0.11 ppm群以上の群で気管支肺胞洗浄液（BALF）の好中球の比率の増加、血清中のα₁-AT、SODの活性上昇、0.11 ppm群でBALFのリン脂質の一部成分（ホスファチジルグリセロール、スフィンゴミエリン）の増加、0.96 ppm群でBALFの総リン脂質の用量依存的な増加を認めた。</p> <p>不確実係数 UF = 100 根拠：LOAEL→NOAEL変換（10）、種差（10） 評価レベル = 8.3×10⁻⁴ ppm（9.4×10⁻⁴ mg/m³） 計算式：0.11 ppm × 6/8 × 1/100 = 0.00083 ppm = 8.3×10⁻⁴ ppm</p>
オ 生殖毒性	<p>生殖毒性：判断できない</p> <p>根拠：ジボランのばく曝露によりマウスに精子形態異常が認められた報告があるが、ラットでは認められていない。また、生殖毒性試験が実施されていないことから、情報が少なく、生殖毒性があるとは判断できない。</p> <p>（参考） LOAEL = 0.2 ppm（0.23 mg/m³） 根拠： ・ICRマウス（雄、5週齢）への、0、0.2、0.7 ppm（0、0.23、0.79 mg/m³）のジボランの6時間/日、5日/週、4週間の吸入ばく露試験において、0.2 ppm群で無鉤形、0.7 ppm群で無鉤形、頭部巨大形の精子形態異常率が高かった。</p> <p>不確実係数 UF = 100 根拠：LOAEL→NOAEL変換（10）、種差（10） 評価レベル = 1.5×10⁻³ ppm（1.7×10⁻³ mg/m³） 計算式：0.2 ppm × 6/8 × 1/100 = 0.0015 ppm = 1.5×10⁻³ ppm</p>
カ 遺伝毒性	<p>遺伝毒性：判断できない</p> <p>根拠：ネズミチフス菌TA98、TA100を用いた<i>in vitro</i> 復帰突然変異試験によると、ジボラン（ガス捕集袋使用）2,000、5,000 ppmで、S9mix添加、非添加ともに陽性であった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大腸菌WP 2<i>uvaA</i> 用いた<i>in vitro</i> 復帰突然変異試験によると、ジボラン（ガス捕集袋使用）最大投与濃度5,000 ppmで、S9mix添加にて陽性であった。 ・調査した範囲内では、他の試験方法での報告はない。 <p>生殖細胞変異原性：以上の他に、調査した範囲で報告なし</p>

有害性の種類	評価結果
キ 発がん性	発がん性：調査した範囲で報告なし
ク 神経毒性	<p>神経毒性：あり</p> <p>根拠：・3年以上水素化ほう素にばく露していたとされる83名（中毒症状としては137例）の中で、ジボランばく露による中毒症状は39例で、有訴率は胸部圧迫感(66%)、咳(38%)、頭痛(20%)、悪心(15%)、悪寒(15%)、めまい(10%)、傾眠(2.5%)で、主な症候は胸部の圧迫感、重苦しさ、しゃく熱館、息切れ、乾性咳嗽、前胸痛であった。ペンタボランではめまい(71%)、頭痛(28%)、傾眠(78%)、悪心(7%)、デカボランではめまい(52%)、頭痛(42%)、傾眠(15%)、悪心(31%)と中枢神経の症候が主であった（Lowe 1957）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・低レベルのジボランへの長期ばく露では、頭のふらつき、めまい、パーティゴ(空間識失調)、悪寒、発熱を含む中枢神経系の症候と関連した筋力低下及び倦怠感がしばしば見られたが、翌日には回復した、振戦あるいは筋攣縮はまれにしか見られず局所的かつ短期であった（Lowe 1957）（AEGLS 2003）。 ・実験室にいたヒトへの、水素化ほう素へのばく露症例4例のうちジボランと明記（ばく露濃度不詳）のある症例は1例あった。その1人は、ばく露後数時間後において、倦怠感、呼吸困難、悪寒、発熱が発生した症例で、肺炎と診断されてペニシリン治療を受け回復している（産衛1996）。 ・ジボランを含む水素化ほう素による急性中毒26症例の報告(Cordasco et al.,1962)によると、3～5日継続する胸部圧迫感、呼吸困難、咳、喘鳴が一般的であり、約10%の患者に、悪心、食欲不振、唾液過剰分泌が出現した（産衛1996）。33例のジボラン亜急性中毒例では、頭痛、頭重感、倦怠感、傾眠が主症状となり、約25%の患者が咳と胸部圧迫感を訴えていた。理学的には、胸部ラ音为主要所見であった。ジボラン以外の水素化ほう素中毒が神経学的異常を主徴とするのに対し、ジボラン中毒では呼吸器影響が主徴であることが特徴であると述べている。ばく露濃度に関する記述はない（産衛1996）。 ・イヌへの麻酔下にて、5～350 ppm (5.7～396 mg/m³)のジボランの15分～4時間ばく露による頸動脈圧、気管内圧、心電図、呼吸機能、脳波等への影響を測定した。初期の徴候は呼吸数増加、血圧の軽度低下、小腸平滑筋の活動活動性増大、後期の影響は徐脈、心室細動であった。これらの兆候は6～14 ppm (6.8～16 mg/m³)では軽度の呼吸数増加以外はなかった。
ケ 許容濃度の設定	<p>ACGIH：TLV-TWA 0.1 ppm (0.1 mg/m³) (1956：設定年) (ACGIH 2001)</p> <p>根拠：ジボランの主要な影響は肺水腫であるが、中枢神経系にも影響を及ぼす。0.1 ppmのTLV-TWAはComstockらの研究に基づいており、肺への</p>

有害性の種類	評価結果
	<p>急性中毒作用と神経系の累積作用を最小化する。Skin SEN及び発がん性又はTLV-STELの表記に十分なデータはない。</p> <p>日本産業衛生学会：0.01 ppm (0.012 mg/m³) (1996：提案年) (産衛 1996)</p> <p>根拠：ジボランの許容濃度を決定するに当たり考慮すべき健康影響は、呼吸器影響、精子形態異常、神経・筋系影響、循環器影響、変異原性である。神経・筋系及び循環器影響については、ばく露濃度に関するデータはないが、中毒例のように高濃度で発生すると考えられる。精子形態への影響についてはマウスとラットで一致した結果が得られていない。変異原性は非常に高濃度のジボランで出現しており、許容濃度設定という目的のためには不十分なデータである。従って、呼吸器影響発生の予防を目的として許容濃度を設定することが妥当と考える。</p> <p>ヒトのデータでは、急性ばく露による症例・亜急性ばく露による症例とともに、ばく露濃度が不明であり、動物ばく露実験結果より許容濃度を設定せざるを得ない。動物実験のうち最も低いばく露濃度の実験は、雄ラットに0.11 ppmジボランを8週間ばく露した試験である。この試験結果からは、組織病理学的に呼吸器系影響は検出できなかったものの、BALF中の好中球の増加、ALP活性の上昇、リン脂質成分の一部（ホスファチジルグリセロール、スフィンゴミエリン）の増加は、気管支肺胞領域に炎症が継続していることを示している。従って、ジボラン8週間ばく露の呼吸器影響に関する無作用濃度は0.11 ppm未満と考えられる。無作用濃度のデータが得られるまで、許容濃度0.01 ppmを勧告する。</p> <p>DFG MAK：取下げ (MAK 2000)</p> <p>根拠：ジボランのヒト影響へのばく露濃度データが入手できないことと動物実験では0.11 ppmにおいて観察された最小濃度では既に有害影響はありNOAELを導出することは不可能である。よって、MAK勧告値を取り下げて、MAK/BATのSection IIbに含める。</p> <p>NIOSH REL：0.1 ppm (0.1 mg/m³) (NIOSH 2018)</p> <p>OSHA：0.1 ppm (0.1 mg/m³) (OSHA 2018)</p> <p>UK：設定なし (UK/HSE 2018)</p>

別添2：有害性評価書

289

290 物質名：ジボラン

291

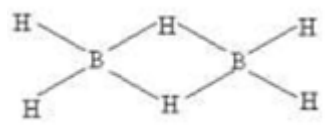
292 1. 化学物質の同定情報 (ICSC 2006) (厚労省 2006)

293 名 称：ジボラン

294 別 名：ボロエタン、ジボロンヘキサハイドライド、Diborane

295 化学式： B_2H_6/BH_3BH_3

296 構造式：



297

298 分子 量：27.7

299 CAS番号：19287-45-7

300 労働安全衛生法施行令別表9 (名称等を表示又は通知すべき危険物及び有害物) 第283号

301

302 2. 物理化学的情報

303 (1) 物理化学的性状 (ICSC 2006) (AEGLs 2003)(化工日2019)

外観： 引火点：-32℃、引火性気体

特徴的な臭気のある、無色の圧縮気体。

比重 (水=1)： 発火点：40-50℃

沸点：-92℃ 爆発限界(空気中)：0.8-88 vol%

蒸気圧： 溶解性 (水)：
水素とホウ酸に加水分解する。

蒸気密度 (空気=1)：0.96 オクターノール/水分配係数 log Pow：

融点：-165℃ 換算係数：
1 ppm = 1.13 mg/m³ (25℃)
1 mg/m³ = 0.883 ppm (25℃)

嗅覚閾値：2.5 ppm

304

305 (2) 物理的・化学的危険性 (ICSC 2006)

306 ア 火災危険性：引火性がきわめて高い。汚染物質があると発火温度が低くなるため、室
307 温以下で発火することがある

308 イ 爆発危険性：気体/空気の混合気体は、爆発性である。水と接触すると、爆発の危険性
309 がある。

310 ウ 物理的危険性：この気体は空気とよく混合し、爆発性混合物を生成しやすい。

311 エ 化学的危険性：水などの消火薬剤と激しく反応する。酸化剤と激しく反応する。加熱
312 すると、急速に分解する。水素、ホウ酸および酸化ホウ素を生じる。

313

314 3. 生産・輸入量/使用量/用途(化工日 2019) (ACGIH 2001)

315 製造・輸入量：情報なし

316 用途：ロケット推進薬、還元剤、ゴムの加硫剤、オレフィン重合の触媒、火焰促進剤及びドー
 317 ピング剤
 318 製造業者：住友精化、日本エアー・リキード、第一化成産業
 319 輸入：高千穂商事

320

321 4. 健康影響

322 【体内動態（吸収・分布・代謝・排泄）】

323 ・ジボランは水分と接触すると数秒でホウ酸と水素に加水分解する。ジボランによる強い肺
 324 毒性はホウ酸と水素の毒性では説明ができず、分解熱、強い還元作用による生体成分との
 325 反応、高次ホウ素化合物が関与していると推定される。分解したジボランはホウ酸として
 326 吸収され尿中に排泄される(産衛1996)。

327

328 (参考情報)

329

330 (1) 実験動物に対する毒性

331 ア 急性毒性

332 致死性

333 実験動物に対するジボランの急性毒性試験結果を以下にまとめる (RTECS、AEGL
 334 s)。

335

	マウス	ラット	ウサギ
吸入、4h-LC ₅₀	29 ppm (33 mg/m ³)	40~80 ppm (45~90 mg/m ³)	-
経口、LD ₅₀	-	-	-
経皮、LD ₅₀	-	-	-

336 追記) 吸入 2h-LCLo：イヌ 125 ppm (141 mg/m³)

337 8h-LCLo：ハムスター 50 ppm (57 mg/m³)

338

339 健康影響

340 ・Wistarラット (雄、9週齢) への、0、1、10、20 ppm (0、1.1、11、23 mg/m³)のジボラン
 341 ンの4時間の吸入単回ばく露試験において、20 ppm群で、ばく露直後、1日後、3日後、
 342 2週間後の気管支肺胞洗浄液 (BALF)を分析した結果、細胞分画でばく露直後~3日で顕
 343 著な多核白血球の増加及びマクロファージの減少、スーパーオキシドディスムターゼ
 344 (SOD) の活性上昇、 α_1 -アンチトリプシン (α_1 -AT)の活性上昇が検出され、2週間後に
 345 対照群と同じレベルになった。リン脂質はばく露3日後に顕著に増加した。1 ppm群で、
 346 ばく露3日後のBALF分析で α_1 -AT、総タンパクが増加していた (MAK 2000) (産衛
 347 1996)。好中球の移行には濃度依存性がみられ、これらの肺の病変は3日を超えて残るこ
 348 とがあった (MAK 2000)。

349 ・ラットへの、45~100 ppm (51~113 mg/m³)のジボランの急性吸入試験により、病理組
 350 織学的に肺水腫、肺出血を観察した (産衛1996)。

351 ・ICRマウス (雄、5週齢)への、15 ppm (17 mg/m³) の半導体用高純度のジボランの1、
 352 2、4、8時間の吸入単回ばく露試験において、2時間以上のばく露で肺重量の増加、汎細
 353 気管支炎様変化、ばく露時間が長くなると肺うっ血、肺水腫が観察された (産衛1996)。

354 ・ICRマウス(雄、5週齢)への、1、5 ppm (1、5.7 mg/m³)のジボランの1、2、4、8時間の
355 吸入単回ばく露試験において、5 ppm群で肺重量の増加、汎細気管支炎様変化が観察さ
356 れた。1 ppm群で肺の変化はみられなかった(産衛1996)。

357 ・ICRマウス(雄、5週齢)への、15 ppm (17 mg/m³)のジボランの4時間ばく露の肺病変
358 の経時追跡の結果では、ばく露直後で好中球の浸潤、ばく露3日目汎気管支炎様変
359 化、肺うっ血、肺水腫、マクロファージの細胞内浸潤、ばく露2週間後で気管支周囲の
360 リンパ組織増生と炎症細胞浸潤が観察された(産衛1996)。

361 ・ハムスターへの、50 ppm (57 mg/m³)のジボランの8時間急性吸入試験により、急性肺水
362 腫を観察した(RTECS 2018)。

363 ・イヌへの麻酔下にて、5~350 ppm (5.7~396 mg/m³)のジボランの15分~4時間ばく露に
364 による頸動脈圧、気管内圧、心電図、呼吸機能、脳波等への影響を測定した。初期の徴候
365 は呼吸数増加、血圧の軽度低下、小腸平滑筋の活動性増大、後期の影響は徐脈、心室細
366 動であった。これらの徴候は6~14 ppm (6.8~16 mg/m³)では軽度の呼吸数増加以外は
367 なかった(産衛1996)。著者のKunkelらはこれらの徴候について、中枢神経系における
368 変化に起因する可能性があるとしながらも、主要な影響は肺水腫の発症であると結論し
369 ている(ACGIH 2001)。

370 ・イヌ(品種と性別は混合)に種々の濃度のジボランを吸入ばく露した結果がKunkelら
371 (1956)によって報告された。

372 イヌ(3頭)に6~14 ppmのジボランを45分~4時間吸入ばく露した。このばく露期間中
373 は、心電図、血圧への影響はなく、呼吸の僅かな増加のみがみられた。しかし、剖検で
374 は、重度の肺出血と僅かな肺水腫がみられた。

375 イヌ(3頭)に53~63 ppmのジボランを15分間吸入ばく露した。動物は呼吸の速度と深さ
376 が増加した。1頭で血圧の低下と徐脈がみられたが、他の2頭は正常な心電図を示した。
377 剖検で肺うっ血、出血及び浮腫がみられた。他の臓器はある程度のうっ血がみられた以
378 外は正常に見えた。

379 イヌに5 ppmのジボランを1日4時間、翌日3時間吸入ばく露した。2回目のばく露の終わ
380 り近くで、呼吸の速度と深さが増加し、血圧が低下した。イヌは2回目のばく露後にシ
381 ョック状態となり、著者らは麻酔の長期化が原因と推測した。剖検により、肺うっ血と
382 腎臓の髄質における点状出血がみられた。

383 イヌ(1頭)に125 ppmのジボランを30分間吸入ばく露した。数分以内に小腸の蠕動運動の
384 増加がみられ、EEG活動は30分間のばく露後に増加した。しかし、全ての活動はばく露
385 後1時間以内に正常に戻った。ばく露後5時間でイヌは死亡したが、その時点で肺水腫又
386 はチアノーゼの徴候はなかった。

387 イヌ(1頭)に、350 ppmのジボランを15分間ばく露した。ばく露後、イヌの血圧は下がり
388 始め、呼吸と胸部の動きは5分以内に増加した。ばく露4分後に死亡し、浮腫液が気管カ
389 ニューレから流れていることが確認された。末期ECGは洞徐脈とT波voltageが増加し
390 た。剖検で肺のうっ血、出血及び浮腫の徴候、肝臓のうっ血及び腎尿細管に円柱がみら
391 れた。

392 次にイヌ(3頭)に40~125 ppmのジボランを2~2.5時間ばく露した。全てのイヌで腸の蠕
393 動運動が増加し、3頭中2頭で脳波の活動亢進がみられた。これらのイヌの1頭の脳波は
394 正常に戻ったが、もう1頭は大脳皮質活動の低下を示し、その後徐脈、最後に心室細動

395 がみられ死に至った。剖検で肺水腫がみられた。3頭目のイヌは試験終了までに死亡
396 し、肉眼的に肺水腫がみられた(Kunkel et al 1956) (AEGLs 2003)。

397

398 イ 刺激性および腐食性

399 ・調査した範囲内では、報告はない。

400

401 ウ 感作性

402 ・調査した範囲内では、報告はない。

403

404 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）

405 吸入ばく露

406 ・Wistarラット（雄、14週齢、投与群各12匹）への、0、0.11、0.96 ppm (0、0.12、1.02
407 mg/m³)のジボランの6時間/日、5日/週、8週間の吸入ばく露試験において、0.11 ppm群
408 以上の群で気管支肺胞洗浄液（BALF）の好中球の比率の増加、血清中のα₁-AT、SOD
409 の活性上昇、0.11 ppm群でBALFのリン脂質の一部成分（ホスファチジルグリセロー
410 ル、スフィンゴミエリン）の増加、0.96 ppm群でBALFの総リン脂質の用量依存的な増
411 加を認めた（産衛1996）。病理組織学的に呼吸器系影響は検出できなかった（産衛
412 1996）。精巣への影響については、精子数、精子奇形率、精巣重量、精巣組織に異常は
413 なかった（環境省2010）（産衛1996）。この結果から、LOAELを0.11 ppmとした（環境省
414 2010）。

415 ・ICRマウス（雄、5週齢）への、0、0.2、0.7 ppm (0、0.23、0.79 mg/m³)のジボランの6
416 時間/日、5日/週、2又は4週間の吸入ばく露試験において、0.2 ppm群以上のすべての群
417 で細気管支領域に軽度の多核白血球の浸潤がみられた。また、0.7 ppm群の2週間ばく露
418 で肺重量の増加を認めた（産衛1996）。この結果から、LOAELを0.2 ppmとした（環境
419 省2010）。

420 ・ICRマウス（雄、5週齢、10匹）への、5 ppm (5.7 mg/m³)のジボランの6時間/日、5日/
421 週、2又は4週間の吸入ばく露試験において、体重増加抑制及び肺重量の増加、気管支領
422 域にリンパ組織増生、肺胞内マクロファージ浸潤、鼻腔内浸出液が観察された（産衛
423 1996）。

424 ・イヌ（2匹）、ラット（18～20匹）への、1～2、5 ppm (1.1～2.3、5.7 mg/m³)及びモルモット
425 （10匹）への、1～2 ppm (1.1～2.3 mg/m³)のジボランの6ヶ月間の吸入ばく露試験にお
426 いて、5 ppm群でイヌ2/2、ラット17/18が死亡し、1～2 ppm群でイヌ1/2、ラット
427 10/20、モルモット10/10が生存した。剖検で明白なジボラン特有の所見（肺の変化）はな
428 かった。ACGIH (2001)は、5 ppmで死亡したイヌにみられた肺感染症の兆候徴候は呼
429 吸器刺激の二次的作用と考えられるとし、呼吸器への繰り返しの傷害が1～2 ppmの死亡
430 の原因と考えられるとしている。一方、産業衛生学会（1996）は、ラット対照群で肺感染
431 症が発生したことから、呼吸器への正しい評価は出来ていないと考えるとしている
432 (Comstock et al.,1954)(ACGIH 2001)（産衛1996）。

433 ・ラットへの、約2.1 ppm (2.5 mg/m³)のジボランの4ヶ月吸入試験により、ばく露開始1週
434 で気管粘膜への円形細胞浸潤、肺うっ血、肺炎を観察した（産衛1996）。

435 ・ラットへの、約5 ppm (5.7 mg/m³)のジボランの亜急性吸入試験により、病理組織学的に

436 肺水腫、肺出血を観察した（産衛1996）。

437

438 経口投与/経皮投与/その他の経路等

439 ・調査した範囲内では、報告はない。

440

441 オ 生殖毒性

442 吸入ばく露

443 ・Wistarラット（雄、14週齢、投与群各12匹）への、0、0.11、0.96 ppm（0、0.12、1.02
444 mg/m³）のジボランの6時間/日、5日/週、8週間の吸入ばく露試験において、精巣への影
445 響については、精子数、精子奇形率、精巣重量、精巣組織に異常はなかった（産衛
446 1996）。

447 ・ICRマウス（雄、5週齢）への、0、0.2、0.7 ppm（0、0.23、0.79 mg/m³）のジボランの6
448 時間/日、5日/週、4週間の吸入ばく露試験において、0.2 ppm群で無鉤形、0.7 ppm群で
449 無鉤形、頭部巨大形の精子形態異常率が高かった（産衛1996）。この結果から、LOAEL
450 を0.2 ppmとした（環境省2010）。

451

452 経口投与/経皮投与/その他の経路等

453 ・調査した範囲内では、報告はない。

454

455 カ 遺伝毒性

456 ・ネズミチフス菌TA98、TA100を用いた*in vitro* 復帰突然変異試験によると、ジボラン
457 （ガス捕集袋使用）2,000、5,000 ppmで、S9mix添加、非添加ともに陽性であった
458 （Araki et al., 1994）（産衛1996）（RTECS）。

459 ・大腸菌WP 2uvrA 用いた*in vitro* 復帰突然変異試験によると、ジボラン（ガス捕集袋使
460 用）最大投与濃度5,000 ppmで、S9mix添加にて陽性であった（Araki et al., 1994）（産衛
461 1996）。調査した範囲内では、他の試験方法での報告はない。

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、100、TA1535、1537 -S9mix・500、1,000、2,000、5,000 ppm ガス捕集袋使用	+
		ネズミチフス菌TA98、100、TA1535、1537 +S9mix・500、1,000、2,000、5,000 ppm ガス捕集袋使用	+
		大腸菌WP 2uvrA ・-S9mix・500、1,000、2,000、 5,000 ppm ガス捕集袋使用	-
		大腸菌WP 2uvrA ・+S9mix・500、1,000、2,000、 5,000 ppm ガス捕集袋使用	+

462 -：陰性 +：陽性

463

464 キ 発がん性

465 ・調査した範囲内では、報告はない。

466

467 ク 神経毒性

468 吸入ばく露

- 469 ・イヌへの麻酔下にて、5～350 ppm (5.7～396 mg/m³)のジボランの15分～4時間ばく露に
470 による頸動脈圧、気管内圧、心電図、呼吸機能、脳波等への影響を測定した。初期の徴候
471 は呼吸数増加、血圧の軽度低下、小腸平滑筋の活動性増大、後期の影響は徐脈、心室細
472 動であった。これらの徴候は6～14 ppm (6.8～16 mg/m³)では軽度の呼吸数増加以外は
473 なかった(産衛1996)。著者のKunkel らはこれらの徴候について、中枢神経系における
474 変化に起因する可能性があるとしながらも、主要な影響は肺水腫の発症であると結論し
475 ている(ACGIH 2001)。
- 476 ・イヌ(3頭)に40～125 ppmのジボランを2～2.5時間ばく露した。全てのイヌで腸の蠕動
477 運動が増加し、3頭中2頭で脳波の活動亢進がみられた。これらのイヌの1頭の脳波は
478 正常に戻ったが、もう1頭は大脳皮質活動の低下を示し、その後徐脈、最後に心室細動
479 がみられ死に至った。剖検で肺水腫がみられた。3頭目のイヌは試験終了までに死亡し、
480 肉眼的に肺水腫がみられた((AEGLs 2003)。

481
482

483 経口投与/経皮投与/その他の経路等

- 484 ・調査した範囲内では、報告はない。
485

486 ケ その他の試験

- 487 ・調査した範囲内では、報告はない。
488

489 (2) ヒトへの影響(疫学調査および事例)

490 ア 急性毒性

- 491 ・3年以上水素化ほう素にばく露していたとされる83名(中毒症状としては137例)の中
492 で、ジボランばく露と明記のある入院患者は2例あった。137例のうち有訴率の高い自覚
493 症状は、めまい、胸部圧迫感、咳、頭痛、傾眠、悪心であった。ジボランばく露症例の
494 1例で詳述ながあった。その1人は、ジボランのばく露後5時間半経過したところで、軽
495 度の頭痛、悪心、傾眠を訴えた。その翌日の夕方にバスケットボールプレー中に大腿筋
496 痛と震えが出現したため入院したが、入院時には四肢と顎の筋肉の振戦、腹筋硬直腹筋
497 硬直、顔面筋などの頻繁な痙攣、筋肉痛を認めている(産衛1996)。
- 498 ・3年以上水素化ほう素にばく露していたとされる83名(中毒症状としては137例)の中
499 で、ジボランばく露による中毒症状は39例で、有訴率は胸部圧迫感(66%)、咳(38%)、頭
500 痛(20%)、悪心(15%)、悪寒(15%)、めまい(10%)、傾眠(2.5%)で、主な症候は胸部の圧迫
501 感、重苦しさ、しゃく熱館、息切れ、乾性咳嗽、前胸痛であった。ペンタボランではめ
502 まい(71%)、頭痛(28%)、傾眠(78%)、悪心(7%)、デカボランではめまい(52%)、頭痛
503 (42%)、傾眠(15%)、悪心(31%)と中枢神経の症候が主であった(Lowe 1957)。
- 504 ・実験室にいたヒトへの、水素化ほう素へのばく露症例4例のうちジボランと明記(ばく
505 露濃度不詳)のある症例は1例あった。その1人は、ばく露後数時間後において、倦怠
506 感、呼吸困難、悪寒、発熱が発生した症例で、肺炎と診断されてペニシリン治療を受け
507 回復している(産衛1996)。
- 508 ・ジボランを含む水素化ほう素による急性中毒26症例の報告(Cordasco et al.,1962)による
509 と、3～5日継続する胸部圧迫感、呼吸困難、咳、喘鳴が一般的であり、約10%の患者

510 に、悪心、食欲不振、唾液過剰分泌が出現した（産衛1996）。
511
512 イ 刺激性および腐食性
513 ・調査した範囲内では、報告はない。
514
515 ウ 感作性
516 ・調査した範囲内では、報告はない。
517
518 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）
519 ・3年以上水素化ほう素にばく露していたとされる83名（中毒症状としては137例）の中
520 で、ジボランばく露による中毒症状は39例で、有訴率は胸部圧迫感(66%)、咳(38%)、頭
521 痛(20%)、悪心(15%)、悪寒(15%)、めまい(10%)、傾眠(2.5%)で、主な症候は胸部の圧迫
522 感、重苦しさ、しゃく熱館、息切れ、乾性咳嗽、前胸痛であった。ペンタボランではめ
523 まい(71%)、頭痛(28%)、傾眠(78%)、悪心(7%)、デカボランではめまい(52%)、頭痛
524 (42%)、傾眠(15%)、悪心(31%)と中枢神経の症候が主であった（Lowe 1957）。
525 ・低レベルのジボランへの長期ばく露では、頭のふらつき、めまい、バーティゴ(空間識失
526 調)、悪寒、発熱を含む中枢神経系の症候と関連した筋力低下及び倦怠感がしばしば見ら
527 れたが、翌日には回復した、振戦あるいは筋攣縮はまれにしか見られず局所的かつ短期
528 であった（Lowe 1957）（AEGLS 2003）。
529 ・33例のジボラン亜急性中毒例(Cordasco et al.,1962)では、頭痛、頭重感、倦怠感、傾
530 眠が主症状となり、約25%の患者が咳と胸部圧迫感を訴えていた。理学的には、胸部ラ
531 音が主要所見であった。ジボラン以外の水素化ほう素中毒が神経学的異常を主徴とす
532 るのに対し、ジボラン中毒では呼吸器影響が主徴であることが特徴であると述べてい
533 る。ばく露濃度に関する記述はない（産衛1996）。
534
535 オ 生殖毒性
536 ・調査した範囲内では、報告はない。
537
538 カ 遺伝毒性
539 ・調査した範囲内では、報告はない。
540
541 キ 発がん性
542 ・調査した範囲内では、報告はない。
543
544 発がんの定量的リスク評価
545 (IRIS) (2019/06/05検索)、(WHO/AQG-E 2000)、(WHO/AQG-G 2005)及び (CalEPA
546 2019)に、ユニットリスクに関する情報なし。
547
548 発がん性分類
549 IARC：情報なし (IARC) (2019/06/07検索)
550 産衛：情報なし (産衛2018)

551 EU CLP : 情報なし (EU CLP) (2019/06/07検索)
552 NTP RoC 14th : 情報なし (NTP 2016)
553 DFG : 情報なし(MAK 2018)
554 ACGIH : 情報なし (ACGIH 2001)
555 US EPA : 情報なし (IRIS) (2019/06/07検索)

556

557 ク 神経毒性

- 558 ・3年以上水素化ほう素にばく露していたとされる83名(中毒症状としては137例)の中
559 で、ジボランばく露による中毒症状は39例で、有訴率は胸部圧迫感(66%)、咳(38%)、頭
560 痛(20%)、悪心(15%)、悪寒(15%)、めまい(10%)、傾眠(2.5%)で、主な症候は胸部の圧迫
561 感、重苦しさ、しゃく熱館、息切れ、乾性咳嗽、前胸痛であった。ペンタボランではめ
562 まい(71%)、頭痛(28%)、傾眠(78%)、悪心(7%)、デカボランではめまい(52%)、頭痛
563 (42%)、傾眠(15%)、悪心(31%)と中枢神経の症候が主であった (Lowe 1957)。
564 ・低レベルのジボランへの長期ばく露では、頭のふらつき、めまい、バーティゴ(空間識失
565 調)、悪寒、発熱を含む中枢神経系の症候と関連した筋力低下及び倦怠感がしばしば見ら
566 れたが、翌日には回復した、振戦あるいは筋攣縮はまれにしか見られず局所的かつ短期
567 であった (Lowe 1957) (AEGLS 2003)。
568 ・実験室にいたヒトへの、水素化ほう素へのばく露症例4例のうちジボランと明記(ばく
569 露濃度不詳)のある症例は1例あった。その1人は、ばく露後数時間後において、倦怠
570 感、呼吸困難、悪寒、発熱が発生した症例で、肺炎と診断されてペニシリン治療を受け
571 回復している(産衛1996)。
572 ・ジボランを含む水素化ほう素による急性中毒26症例の報告(Cordasco et al.,1962)による
573 と、3~5日継続する胸部圧迫感、呼吸困難、咳、喘鳴が一般的であり、約10%の患者
574 に、悪心、食欲不振、唾液過剰分泌が出現した(産衛1996)。33例のジボラン亜急性中
575 毒例では、頭痛、頭重感、倦怠感、傾眠が主症状となり、約25%の患者が咳と胸部圧迫
576 感を訴えていた。理学的には、胸部ラ音が主要所見であった。ジボラン以外の水素化
577 ほう素中毒が神経学的異常を主徴とするのに対し、ジボラン中毒では呼吸器影響が主徴
578 であることが特徴であると述べている。ばく露濃度に関する記述はない(産衛1996)。

579

580 (3) 許容濃度の設定

581 ACGIH : TLV-TWA 0.1 ppm (0.1 mg/m³)(1956 : 設定年) (ACGIH 2001)

582 根拠 : ジボランの主要な影響は肺水腫であるが、中枢神経系にも影響を及ぼす。0.1 ppmの
583 TLV-TWAはComstockらの研究に基づいており、肺への急性中毒作用と神経系の累積作用を
584 最小化する。Skin SEN及び発がん性又はTLV-STELの表記に十分なデータはない。

585

586 日本産業衛生学会 : 0.01 ppm (0.012 mg/m³) (1996 : 提案年) (産衛 1996)

587 根拠 : ジボランの許容濃度を決定するに当たり考慮すべき健康影響は、呼吸器影響、精子
588 形態異常、神経・筋系影響、循環器影響、変異原性である。神経・筋系及び循環器影
589 響については、ばく露濃度に関するデータはないが、中毒例のように高濃度で発生す
590 ると考えられる。精子形態への影響についてはマウスとラットで一致した結果が得ら
591 れていない。変異原性は非常に高濃度のジボランで出現しており、許容濃度設定とい

592 う目的のためには不十分なデータである。従って、呼吸器影響発生の予防を目的として
593 許容濃度を設定することが妥当と考える。
594 ヒトのデータでは、急性ばく露による症例・亜急性ばく露による症例ともに、ばく露
595 濃度が不明であり、動物ばく露実験結果より許容濃度を設定せざるを得ない。動物実
596 験のうち最も低いばく露濃度の実験は、雄ラットに0.11 ppmジボランを8週間ばく露
597 した試験である。この試験結果からは、組織病理学的に呼吸器系影響は検出できな
598 かったものの、BALF中の好中球の増加、ALP活性の上昇、リン脂質成分の一部（ホス
599 ファチジルグリセロール、スフィンゴミエリン）の増加は、気管支肺胞領域に炎症が継
600 続していることを示している。従って、ジボラン8週間ばく露の呼吸器影響に関する
601 無作用濃度は0.11 ppm未満と考えられる。無作用濃度のデータが得られるまで、許容
602 濃度0.01 ppmを勧告する。

603

604 DFG MAK : 取下げ (MAK 2000)

605 根拠 : ジボランのヒト影響へのばく露濃度データが入手できないことと動物実験では0.11
606 ppmにおいて観察された最小濃度では既に有害影響はありNOAELを導出することは
607 不可能である。よって、MAK勧告値を取り下げて、MAK/BATリストのSection IIbに
608 含める。

609 ・(1997年まで有効であったジボランのMAK値0.1 ppm (0.1 mg/m³)は、当時のTLV値
610 0.1 ppmから1958年に確立された。MAK(2000)は、ジボランの毒性データ (ACGIH
611 1991)及び最近のいくつかの研究のレビューに基づいている。)

612

613 NIOSH REL : 0.1 ppm (0.1 mg/m³) (NIOSH 2018)

614 OSHA : 0.1 ppm (0.1 mg/m³) (OSHA 2018)

615 UK WEL : 設定なし (UK/HSE 2018)

616 OARS WEEL : 設定なし(2019/06/19検索)

617

- (ACGIH 2001) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) : 2015 TLVs and BELs with 7th Edition Documentation CD-ROM
- (AEGs 2003) Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Vol 3. Diborane pp 444-484 (2003).
(<https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/tsd65.pdf>)
- (Araki et al., 1994) Araki A. Noguchi T. Kato F. Matsushima T. Improved method for mutagenicity testing of gaseous compounds by using a gas sampling bag. Mutation Res. 1994; 307:335-344.
- (Comstock et al., 1954) Comstock CC, Feinsilver L, Lawson LH, Oberst FW. Inhalation toxicity of diborane in dogs, rats, and guinea pigs. Chemical Corps Medical Laboratories Research Report. No. 258. Army Chemical Center, 1954.入手不可のため(ACGIH 2001), (産衛1996)より引用
- (Cordasco et al., 1962) Cordasco EM, Cooper RW, Murphy JV, Anderson C. Pulmonary aspects of some toxic experimental space fuels. Dis Chest. 1962; 41:68-74.
- (EU CLP) The European Chemicals Agency (ECHA): Harmonised classification - Annex VI of Regulation (EC) No 1272/2008 (CLP Regulation)
(<https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/11446>)
- (HSDB) NIH US National Library of Medicine /Toxinet database/Hazardous Substances Data Bank (HSDB). Diborane
(<https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/f?.temp/~4CN2OI:1>)
- (IARC) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. List of classifications, Volumes 1-124
(<https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications>)
- (ICSC 2006) 国際化学物質安全性カード(ICSC) 日本語版ジボランICSC番号0432 (2006)
(https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=ja&p_card_id=0432&p_version=2)
- (IRIS) U.S. Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System (IRIS). List A to Z
(https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/atoz.cfm?list_type=alpha)
- (Kunkel et al., 1956) Kunkel AM, Murtha EF, Oikemus AH, Stabile DE, Saunders JP, Wills JH. Some pharmacologic effects of diborane. AMA Arch Ind Health. 1956 ;13:346-51.
- (Lowe & Freeman 1957) Lowe HJ, Freeman G. Boron hydride (borane) intoxication in man. AMA Arch Ind Health. 1957; 16: 523-33.
- (MAK 2000) Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): Diborane [MAK Value Documentation, 2000]
(<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/3527600418.mb1928745e0014>)
- (MAK 2018) Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): MAK- und BAT-Werte-Liste 2018□
(<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9783527818396>)

- (NIOSH 2018) NIOSH : NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Diborane (<https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0183.html>) Page last reviewed: November 29, 2018
- (NTP 2016) National Toxicology Program (NTP):14th Report on Carcinogens (2016) Substances Listed in the Fourteenth Report on Carcinogens (https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/listed_substances_508.pdf)
- (OARS) Occupational Alliance for Risk Science (OARS) OARS WEEL TABLE (https://www.tera.org/OARS/PDF_documents/OARS_WEEL_Table.pdf)
- (OSHA 2018) Occupational Safety and Health Administration (OSHA) : Directorate of Technical Support and Emergency Management (DTSEM)/OSHA Occupational Chemical Database (<https://www.osha.gov/chemicaldata/index.html>) Diborane (Last Updated: 12/19/2018) (<https://www.osha.gov/chemicaldata/chemResult.html?recNo=302>)
- (RTECS 2018) RTECS : Registry of Toxic Effects of Chemical Substances(Diborane) (<https://www.cdc.gov/niosh-rtecs/HQ8D8678.html>) Page last reviewed: November 16, 2018
- (UK/HSE 2018) U.K. Health and Safety Executive : EH40/2005 Workplace exposure limits (Containing the list of workplace exposure limits for use with the Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (as amended)) (Third edition,published 2018) (<http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/eh40.pdf>)
- (WHO/AQG-E 2000) WHO "Air Quality Guidelines for Europe : Second Edition" ,(2000) (https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=7D34077BA4CEE723034F34A445629816?sequence=1)
- (WHO/AQG-G 2005) WHO "Air Quality Guidelines – global update 2005" (http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1)
- (厚労省 2006) 厚生労働省 職場の安全サイトGHS対応モデルラベル・モデルSDS情報 安全データシート ジボラン 2006年改定 (http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/GHS_MSD_DET.aspx)
- (産衛 1996) 日本産業衛生学会(JSOH) : 許容濃度の提案理由(1996年)、ジボラン、産衛誌28巻201頁 (1996)
- (環境省 2010) 環境省環境リスク評価室 : 化学物質の環境リスク評価(第8巻) 第2編 II(II) 化学物質の健康影響に関する暫定的有害性評価シート [27] ジボラン(2010) (<http://www.env.go.jp/chemi/report/h22-01/pdf/chpt2/2-2-2-27.pdf>)
- (化工日 2019) 化学工業日報社 : 17019の化学商品 (2019)

別添4：標準測定分析法

619 物質名：ジボラン

分子式： B ₂ H ₆ 分子量： 27.67 CAS No.19287-45-7 許容濃度等： 産業衛生学会 0.01 ppm ACGIH TLV-TWA 0.1 ppm	物性等 比重： 0.61 MP： -165℃ BP： -92℃ VP： 29.9 kPa (-112℃) 水と反応 酸化剤、アンモンア、リチウム、アルミニウム等と激しく反応 四塩化炭素、塩素、二硫化炭素との接触により爆発 ゴム及びある種のプラスチックを冒す アルカリ金属アマルガム、ハロゲンと反応 重合して液体ペンタボランを生成
別名 ボロエタン, ボロンハイドライド, ジボロンヘキサハイドライド	
サンプルング	分 析
サンプラー：ポリプロピレン製マイクロインピンジャー（ガラス製インピンジャー使用不可） 吸収液：純水 サンプルング流量：0.3～1 L/min 採気量：最大480 L 保存性：冷暗所（4℃以下）、7日間安定（ホウ酸として） ブランク：検出せず	分析方法：ICP発光分光分析法（ICP-OES） 前処理：サンプルング後直ちに純水10 mLに対し0.1 mL硝酸(60%有害金属測定用)を加える 機 器：Agilent Technologies 720 ICP 測定波長：249.772 nm 標準物質：ホウ素標準液 内部標準物質：テルル標準液 検量線：内部標準法 0.005 mg/L 0.01 mg/L 0.05 mg/L 0.1 mg/L 0.5 mg/L 1 mg/L 2 mg/L （以上、ホウ素として）
精 度	
検出下限（3 SD）： 0.0006 mg/L（ホウ素として） 定量下限（10 SD）： 0.0022 mg/L（ホウ素として） 定量下限（気中濃度） 採気量を10 Lとして； 2.5 ppb（B ₂ H ₆ として） 採気量を480 Lとして； 0.052 ppb（B ₂ H ₆ として）	

- ・メモリー効果を抑制するには純水または1 M硝酸による5分以上の洗浄を行う。
- ・10 mg/Lを超える高濃度試料を測定する恐れがある場合には、予め希釈して濃度チェック測定を行うとよい。
- ・本法が全ホウ素を定量するため、その他ボラン化合物との濃度の分別については、作業場における化学物質の使用状況を考慮して決定する。なお、ホウ酸またはその他のホウ素化合物などについては考慮する必要がある。

参考：OSHA Chemical Sampling Information

620

作成日 平成26年2月27日