

## ベークライト（石綿を含まない工業用） 第2種粉塵

### 1. はじめに

粉じんの許容濃度の提案理由<sup>1)</sup>および補足資料<sup>2)</sup>には、ベークライトに関する記述および文献の記載は無く、有機粉塵の一種としてベークライトが第2種粉塵と分類されている。

ベークライト（フェノール樹脂）は、世界で初めての人工的に合成されたフェノールとホルムアルデヒドを原料とする熱硬化性プラスチックである。電気絶縁性、耐熱性、断熱性、難燃性、接着性、耐酸性が高く、寸法安定性があり加工しやすいことから、電子部品や半導体、鍋の取手等の断熱材、接着剤や塗料などに汎用される。

一方、ベークライトは硬く脆く耐衝撃性が不高いため、繊維性物質などの強化材料を配合した複合材が開発された。強化材料としては石綿、木粉、クルミ殻、雲母、ガラス繊維等が使用され、石綿は耐火性、化学的不活性、易混合性、補強適性から多用された<sup>3)</sup>。かつては、汎用ベークライトは12%未満の石綿、耐熱ベークライトは25~30%の石綿、耐衝撃高耐熱ベークライト（1960年代半ばまで製造）は50%の石綿が含まれていた<sup>4)</sup>。

### 2. ベークライトのヒト肺障害に関する文献<sup>5-7)</sup>

佐野<sup>5)</sup>のベークライトに関する記述は阿部等<sup>6)</sup>内容と重複しているため、阿部等<sup>6)</sup>について記述する。

阿部等<sup>6)</sup>は、ベークライト板を切断（粉じん濃度：10.5 mg/m<sup>3</sup>）、フライス盤加工（3~9 mg/m<sup>3</sup>）、ボール盤加工（7.5 mg/m<sup>3</sup>）し、電気器具関係を製造している小工場の16名を時間断面調査し、4名がじん肺疑いで、3名が約1 mmの粒状影（1P）、1名が約1 mmの粒状影（2P）であったと報告している。作業工程からは、ベークライト板には強化材料が含まれていたと推定されるが、強化材料に関する記述はない。

Pimentel<sup>7)</sup>は、2症例の報告と病院の病理記録を精査した結果を報告している。

症例1は男性43歳で、30年家具職人として働き、最近3年間は家具工場で外来木材 tola とベークライトを毎日磨き、発塵は多かった。半年前の胸部X線写真では所見はなかったが、3ヶ月間進行性の衰弱と労作時呼吸困難があり入院、呼吸音の減弱と捻髪音、一般検査、血ガスやDLcoを含む呼吸機能検査に異常は無かった。胸部X線写真で、肺門の拡張と下3分の2肺野に優位な散在性の網状粒状影が観察された。外科的生検（surgical biopsy）で、小結節は2~3 cmの大きさの類上皮性サルコイド肉芽腫で、多くは細気管支近傍の小葉中心性に位置していた。肺胞上皮細胞の増殖はなかった。1.5ヶ月の入院後快復し、胸部X線所見も著明に改善した。

症例2は42歳女性で、15年間電気調理器具用のベークライト製品製造工場で働き、用手または電動ヤスリで粗面の仕上げ加工をしていた。最近6年間に衰弱感、食欲減退、16 kgの体重減少があり、この3年間は、咳嗽、粘液性・粘液膿性の痰を伴う38~38.5℃の熱発作（bouts of fever）があった。最近2年間に労作性呼吸困難が徐々に進行し、働けなくなった。唇と指先のチアノーゼ、踝の浮腫、肝腫大があり、下肺野全体に捻髪音があり、胸部X線写真で線維型索状陰影と右心室が特徴的な心肥大があった。末血所見や赤血球沈降速度は正常で、肺機能は閉塞性、低酸素正常CO<sub>2</sub>、DLco低下、心電図で慢性肺性心疑いであった。患者は入院一ヶ月後に肺線維症で死亡した。剖検では、両側広範囲な肺線維症、肺胞構造は瘢痕組織に覆われ、線維化は気管支や血管周囲と胸膜下で優位であった。偏光顕微鏡下では、巨細胞と線維化領域でほとんどが針状または線維上の多様な形の複屈折性の封入体が観察された。比較的影響を受けていない隔壁は肥厚し、組織球と線維芽細胞が浸潤していた。肺気腫と蜂巣状肺も存在していた。

著者はこの2症例を、外因性アレルギー性肺胞炎と著しく類似していると述べている。

著者は、1,250の肺切除と175の肺生検病理ファイルから、8例の長期間ベークライト粉塵に曝露した労働者の症例を同定した。2例は、ベークライト成形製品の表面をなめらかにする作業で、一例は症例1類似のサルコイド型肉芽腫、1例は局所の間質性肺炎が特徴であった。退院後仕事を離れ、1例は症状も胸部X線写真所見もほとんど消失した。他の6例はベークライト成形品を扱い、ベークライト粉塵曝露があった。全例で持続性咳嗽と粘液性・粘液膿性の痰を伴う気道刺激症状が長期間持続し、局所的な気管支拡張症のために肺切除されていた。

### 3. ベークライト粉塵の動物実験<sup>6,7)</sup>

阿部等<sup>6)</sup>、Pimentel<sup>7)</sup>は、動物実験結果を報告している。

阿部等<sup>6)</sup>は、ラット10匹に5 μm以下の粒度に粉碎したベークライト（純度の記載なし）の5%生食混濁液0.5 ml（25 mg/匹）を気管内注入し、3ヶ月後の肺組織学的検査では、粉塵巣が散在し一部は中程度に線維化していたが、肉芽腫の形成はなかった。

Pimentel<sup>7)</sup>は、換気の悪い空間で18匹のモルモットに、純粋なベークライト粉（粒径の記載なし）3 gを日に3回散布して高濃度の粒子環境を形成し（濃度の記載なし）、最大325日吸入させた実験では、肺の外見や胸部X線写真の異常はなかったが、顕微鏡観察では11匹の肺に所見があった。6匹には肺胞隔壁に網状線維と組織球と線維芽細胞の浸潤があり、隔壁の組織球に複屈折性とcyclohexanol-2,6-dibromoquinone-chlorimine（ベークライトを青緑に染色）染色性の封入体があった。5匹には、サ

ルコイドタイプの類上皮性肉芽腫が観察され、肺胞間隔壁、胸膜下、血管や気管支周囲の結合組織に局在し、外来異物を含む巨細胞を含んでいた。

#### 4. 提 案

1981年に提案されたベークライト粉塵の許容濃度は、当時の許容濃度等委員会粉塵班の一員であった1967年の佐野<sup>5)</sup>、および、同年の阿部等<sup>6)</sup>、1973年のPimentel<sup>7)</sup>の文献を参考にしていると推測する。これらの文献のヒト症例では、曝露濃度は記述されていないか不完全で、強化材料の種類の記事もない。臨床経過、胸部X線写真所見、病理所見は多様であり、純粋なベークライト粉塵単独で形成された肺所見とは考えにくく、強化材料による修飾が強いと推測する。純粋なベークライト粉塵を使用したと記載しているモルモット曝露実験<sup>7)</sup>では、相当高濃度の肺負荷曝露と考えられるが、一部の動物に線維化や肉芽腫形成がみられた。ベークライトは合成高分子であることから結晶質シリカは含まれず、発がん性の情報はない。

以上より、作業現場の加工工程で曝露される粉塵は強化材料を含む複合材の粉塵であること、ベークライト単独で許容濃度を提案できる情報はないことから、第2種粉塵の分類は変更しないが、ベークライト（工業用、石綿を含まない）と変更することを提案する。

#### 5. 勧告の履歴

2022年度（改定案）

ベークライト（石綿を含まない工業用） 第2種粉塵

1981年度（新設）

ベークライト 第2種粉塵

#### 6. 文 献

- 1) 許容濃度の提案. 粉塵. 産業医学 1981; 23(5):579-82
- 2) 許容濃度の提案. 粉じんの許容濃度提案理由の補足資料. 産業医学 1982;24(5):548-53
- 3) Mowat F, Bono M, Lee RJ, Tamburello S, Paustenbach D. Occupational Exposure to Airborne Asbestos from Phenolic Molding Material (Bakelite) During Sanding, Drilling, and Related Activities. *J Occup Environ Hygiene* 2005;2:497-507. DOI: 10.1080/15459620500274237
- 4) Egilman D, Bird T. Short Fiber Tremolite Free Chrysotile Mesothelioma Cohort Revealed. *Am J Indust Med* 2016;59:196-9. DOI 10.1002/ajim.22552
- 5) 佐野辰男. 有機じん肺の病理と病因. *労働科学* 1967;43(1):3-18
- 6) 阿部 彰, 石川孝夫. 有機じん肺に関する研究. *労働科学* 1967;43(1):19-41
- 7) Pimentel JC. A granulomatous lung disease produced by bakelite. A clinic-pathologic and experimental study. *Am Rev Respir Dis* 1973;108(6):1303-1310. doi: 10.1164/arrd.1973.108.6.1303.

## 生物学的許容値（2022）の提案理由

2022年5月25日  
日本産業衛生学会  
許容濃度等に関する委員会

トリクロロエチレン  
 $C_2HCl_3$   
[CAS No. 79-01-6]  
尿中トリクロロ酢酸 (TCA) 濃度: 10 mg/l  
試料採取時期:  
週の後半の作業終了時  
血中・呼気中  
トリクロロエチレン (TRI):  
定性に用いる

日本産業衛生学会の許容濃度は、1972年に 50 ppm、1997年に 25 ppm (135 mg/m<sup>3</sup>) に定められ、生物学的許容値 (OEL-B) は1999年に尿中総三塩化物 (TTC) 150 mg/l、尿中トリクロロエタノール (TCE) 100 mg/l、尿中トリクロロ酢酸 (TCA) 50 mg/l が提案された。従来の OEL-B 以下でも重症薬疹の1種であるトリクロロエチレン (TRI) 過敏症候群 (HS) がみられることを示唆する論文が出てきている。TRI-HS は適切な治療がない場合致死率が9-13%<sup>1)</sup>に達する重大な疾病であり、再検討することとなった。

#### 1. 物理化学的性質ならびに用途<sup>2,3)</sup>

分子量 131.39, 融点 -86.4°C, 沸点 87.2°C, 発火点 425°C (空気中), 比重 液体 1.465 (20°C/4°C), 比重 蒸気 4.54 (空気 1), 蒸気密度 (1 atm) 4.45 g/l, 蒸気圧 7.73 kPa/58 mmHg (20°C), 溶解度 水 0.137 g/100 g (25°C), 分配係数 log Pow = 2.29, 換算係数 (20°C) 1 ppm = 5.46 mg/m<sup>3</sup>

#### 2. 吸収, 分布, 代謝, 蓄積, 排泄<sup>4)</sup>

トリクロロエチレン (TRI) の多くの毒性はその生体内における代謝的活性化による。TRI 蒸気は、高い血液/ガス分配係数により肺胞内皮からすみやかに吸収されるが、皮膚からの蒸気吸収は無視できる程度である。TRI 液体との直接の接触による皮膚吸収はあるが、その大半が未変化体として排出される<sup>5)</sup>。また TRI は受動拡散により消化管から吸収される。

TRI は親油性のため、脂肪の多い組織において組織血液分配比が大きく、脂肪では 52-64、その他の組織では 0.5-5.9 である<sup>6)</sup>。環境曝露により、肝臓、腎臓の他、脳、脂肪等の様々な組織や母乳で TRI が検出されている<sup>7-9)</sup>。また、TRI は羊水に移行し<sup>10)</sup>、胎盤を通過する<sup>11)</sup>。