

〔研究ノート〕

1930年代後半のアメリカ・ドイツにおける
アスベスト粉塵対策に関する一考察

杉本 通百則*

本稿では、1930年代後半のアメリカ・ドイツにおけるアスベスト紡織工場の粉塵対策について、測定技術や集塵技術を中心に考察している。その結果、基本的なアスベスト粉塵対策は、遅くとも1930年代後半には技術的に有効であり、かつ一部の工場では実用化されていたことが確認できた。その内容は、密閉、局所排気装置（集塵装置を含む）、自動搬送装置、工程分離、湿式、防塵マスク、作業場の清掃、工場レイアウトの改善、作業環境の粉塵濃度や流量の定期測定、労働者への安全指導など、当時の科学や可能な技術を組み合わせた総合的な粉塵対策となっていた。そして、当時の医学的および工学的知見をもとにして、アメリカでは1938年に「勧告値」として暫定閾値の設定が、ドイツでは1940年に「ガイドライン」による公的規制がなされた。

キーワード：アスベスト公害、石綿肺、インピンジャー法、局所排気装置、アスベスト粉塵規制

はじめに

2005年の「クボタ・ショック」はアスベストによる健康被害の恐ろしさを広く知らせたが、それ以上に衝撃的なことは、周辺住民への被害の発生により、初めて労働災害の深刻な実態が明らかにされたことである。

一般に、公害問題は「不変資本充用上の節約」として、労働災害や職業病の地域への拡大としてとらえることができる¹⁾。「しかるに現実には、公害問題としてとりあげられた後に、ようやく労働災害の実態が少しずつ世間に知られ、驚きをよんでいるのである」（加藤，1975）。

日本の公害問題の教訓は、人体被害を「地域

ぐるみの人間と環境の収奪の結果としての地域社会の破壊の頂点」としてとらえることにあり、このことは、労働災害や公害が決して突発的な事故ではなく、人間や環境に対する様々な異変が人体被害に先行することを教えている。ましてやアスベスト公害については、深刻な労働災害がすでに、つぎつぎと発生していたのであるから、これを放置した国と企業の責任は極めて重いと言わなければならない。労働災害を労働災害それ自体としてとりあげ、社会的に対策を行うことによって、公害の発生を事前に防止することも可能になるのである²⁾。

アスベストの有害性は、決して昨今明らかになったことではない。1899年のイギリスのマレー（Murray）による最初の石綿肺の報告から、1924年のクック（Cooke）による石綿肺の病理学的研究とアスベスト小体の発見、1930年には

* 立命館大学産業社会学部准教授

ミアウエザー & プライスによる大規模な疫学的調査の実施、同年のILOによる第1回国際珪肺会議の開催と石綿肺の危険性の警告、1931年のイギリスの「アスベスト産業規制法」の成立などを通して、遅くとも1930年代初頭には石綿肺の危険性は国際的にも広く認識されていたと考えられる³⁾。それゆえ、アメリカやドイツも同時期に疫学的調査と工学的対策を開始したのであり、日本においても、1937年から旧内務省保険院社会保険局による泉南地域の医学的調査がなされたのである（内務省保険院社会保険局、1940）。しかし日本でアスベスト粉塵に対する本格的な規制が開始されるのは、じつに1971年の「特定化学物質等障害予防規則」においてであり、欧米に比して30～40年対策が遅れたことになる。

なぜこれほどまでに日本の対策が遅れたのであろうか。同じ過ちを繰り返さないためにも、この要因を社会科学的に徹底して分析することこそが求められているのであるが、この理由をアスベスト粉塵に対する当時の測定技術や集塵技術の未発達の問題に帰する見解が存在する。これは事実認識としても誤りなのであるが⁴⁾、しかしたとえそうであったとしても、「そもそも、企業がある生産方法による操業を許されるのは、公害防止技術が100%の効率をもちえずにいても、公害が発生することはないという場合なのであり」、企業に働く労働者や地域住民の生命・健康を犠牲にしてまで利潤追求することが許されないのは言うまでもない。そうであればこそ「最高技術の設備をもってしてもなお人の生命、身体に危害が及ぶおそれがあるような場合には、企業の操業短縮はもちろん操業停止までが要請されることもある（新潟地方裁判所、1971、161頁）」としているのである。した

がって、「公害防止の技術上の困難とは、はじめからそれが可能な場合にのみ問題となる性質のものである」（加藤、1977、226頁）。

以上の問題意識から、本稿の課題は、日本と同時期にアスベストの危険性を認識していたアメリカとドイツを取り上げ、1930年代後半のアスベスト紡織工場の粉塵対策技術について検討し、その意義と限界を明らかにすることである。これにより、各国の対応の相違が決して技術そのものに起因する問題ではないことを示し、日本のアスベスト問題（国家の対策の遅れ）の解明に資するものとしたい。

I アメリカのアスベスト粉塵対策

アメリカでは、1918年のホフマン（Hoffman）による最初の石綿肺（アスベスト紡織工場労働者13人が死亡）の報告から、1930年のミルズ（Mills）による石綿肺の病理学的研究、およびリンチ & スミス（Lynch & Smith）によるアスベスト小体の発見など、1930年代中頃までには石綿肺の臨床的側面は十分に論じられていた（Dreessen et al, 1938, pp.1-2）。こうしたなか、石綿肺と作業環境との疫学的関連と工学的対策を検討する4種類の公的な調査が1930年代に相次いで実施された。

本章では、合衆国公衆衛生局（Public Health Service）によってなされた1935～1937年の工学的調査を中心に、当時のアスベスト紡織工場における粉塵対策について考察する。

1 1930年代のアスベスト紡織工場調査の概要

(1)ランザ報告

メトロポリタン生命保険会社のランザらは、アスベスト関連企業の出資により、1929年10月

から1931年1月にかけて、大西洋沿岸のアスベスト紡織工場の調査を実施し、1935年に『Public Health Reports』として公表した⁵⁾。

労働者126人（男108人、女18人）の医学的検査の結果、石綿肺の罹患率（陽性）は全体の53%（67人）で、就業期間15年以上の労働者に限っては87%にも達し、また擬陽性は全体の31%（39人）であることが明らかとなった（Lanza et al, 1935, pp.6-7）。

5工場・121サンプルの粉塵濃度測定の結果、織布工程の0.05MPPCF（million of particles per cubic foot：百万個／立方フィート）から前処理工程の82MPPCFまで、工場・工程により粉塵濃度に大きな開きがあることがわかる（Lanza et al, 1935, p.4）。

粉塵対策技術としては、局所排気装置（local exhaust ventilation）の設置とともに、混綿工程での油添加率4%のオイルスプレーと機械式コンベヤの使用、また紡績工程での湿式（湿度78%、華氏76度）および撚糸・織布工程での湿式（湿度76%、華氏69度）などを紹介している。排気装置の使用により、粉塵濃度は50～75%減少するとしている（Lanza et al, 1935, pp.5-6）。

勧告内容としては、1～2年毎の従業員の胸部X線検査を含む健康診断の実施と、結核または塵肺の兆候を示す労働者の新規雇用の拒否などを提言している（Lanza et al, 1935, p.11）。

(2)フルトン報告

ペンシルバニア州産業労働省は、州内のアスベスト紡織工場を対象として、医学的・工学的調査を実施した。その結果、4工場の労働者56人のうち石綿肺の陽性は14人であった。工程別の平均曝露濃度と石綿肺の関連としては、前処

理・梳綿工の44.26MPPCFでは14人中8人が石綿肺に（陽性率57.1%）、紡績・織布工の16.87MPPCFでは18人中4人が石綿肺に（同22.2%）、撚糸・捲糸・整経工・他の4.64MPPCFでも24人中2人が石綿肺に（同8.3%）、それぞれ罹患していることが明らかとなった（Castleman, 2005, pp.233-234）。

(3)ページ & ブルームフィールド報告

公衆衛生局は、1935～1937年にアスベスト紡織工場を対象とした2種類の調査を実施し、それぞれ1937・38年に公刊した（Castleman, 2005, p.235）。ページ & ブルームフィールドによる工学的調査では、従業員300人（うち現場労働者は180人）規模の1工場・82サンプルの粉塵濃度と排気装置の効果を測定した。その結果については、つぎのドレッセン報告と含めて後に詳述するが、注目すべき点は、全体換気とともに、当初から局所排気に重点が置かれており、粉塵対策においてはフードの最適な設計と配置が最も重要であり、かつ困難であることが正しく指摘されている。また必要流量の確保については、冬季には給気式が採用されていたことがわかる（Page & Bloomfield, 1937, pp.1720-1726, Dreessen et al, 1938, p.33）。

(4)ドレッセン報告

公衆衛生局はノースカロライナ州産業衛生局と合同で、大規模な医学的・工学的調査を実施した。アスベスト紡織の4工場・242サンプルの作業環境の粉塵濃度を測定した結果、労働者の職種別の曝露量（各作業の加重平均値）は、最小は荷積工（shipper）の0.86MPPCFから最大は混綿工（pickerman）の74.3MPPCFとなっており、混綿・梳綿・織布工程の粉塵濃度が特

に高い（Dreessen et al, 1938, p.42）。

粉塵対策としては、混綿・梳綿工程では自動搬送装置とともに、部分密閉または密閉された局所排気装置（サイクロン方式）が、織布工程では湿式による防塵技術が主に用いられていたことがわかる。

一方、3工場・541人（男423人、女118人）の医学的検査の結果、512人のうち石綿肺患者は74人であり、工程別では梳綿工の罹患率が29.2%で最も高い。平均粉塵濃度が5MPPCF未満で、かつ10年以上の曝露労働者はわずかに5人（うち陽性は0人）であり、10年未満は103人（うち擬陽性は3人）であることから、「5MPPCF未満であれば恐らく新たな石綿肺は発生しないだろう」と結論づけた（Dreessen et al, 1938, pp.47, 90-94, 117）。

しかし、キャッスルマンによれば、調査直前に労働者のじつに4分の1以上（600人未満の従業員の中で石綿肺が疑われる150人）を解雇しており、そのため調査時点の白人男性労働者の平均年齢は32.1歳となっていた（Castleman, 2005, p.236, Dreessen et al, 1938, p.47）。

2 アスベスト粉塵測定技術とその評価

これら4種類の公的調査の粉塵濃度測定には、インピンジャー法（impinger method）が使用されており、25～50%のエチルアルコール水で捕集し、測微接眼レンズを用いた明視野法により個数を計数している（Page & Bloomfield, 1937, pp.1714-1715）。本節ではこの測定法の意義と限界について検討する。

インピンジャー法は、1922年にグリーンバーク & スミス（Greenburg & Smith）によって開発された（Walton, 1982, p.189）。この測定法は直径0.75ミクロン以上の石英状粒子の捕集に非常

に効率的であるが（Ayer et al, 1965, p.275）、慣性衝突を測定原理としているため、小さな微粒子の捕集効率は高くない。また繊維数だけでなく全粒子数を顕微鏡で計数して個数濃度を算出するため、アスベスト繊維と綿繊維はもちろん、その他の粉塵粒子と区別して計測することはできない。

ところで、繊維数のみを計測することが可能（直径0.1ミクロン以上）になるのはメンブランフィルター法（membrane filter method）が採用されてからである。アスベスト粉塵測定用のメンブランフィルター法は、イギリスで、1957年にターナー & ニューウォール社（Turner & Newall）、ケープアスベスト社（Cape Asbestos）、ブリティッシュベルティング & アスベスト社（British Belting & Asbestos）の3社により設立された石綿症調査委員会（Asbestosis Research Council）において開発され、1960年代中頃には測定法として標準化されると同時に、65年頃には普及していたと考えられる。この開発過程で、ターナーブラザーズアスベスト社（Turner Brothers Asbestos）は1961年に同法を試行している（Tweedale, 2000, pp.121-122, Ayer et al, 1965, p.274）。

このことから、当時のインピンジャー法などの測定技術では、粉塵濃度規制（閾値の設定）を行うことはできず、それゆえ対策も不可能であったとする見解が存在する。確かに、ドレッセン報告の粉塵分析によれば、粒子状物質の大きさ（メジアン粒径）は撚糸工程の1.2ミクロンから製織（テープ）工程の2.4ミクロンまで、粒子状物質に占める繊維の割合（アスベスト繊維と綿繊維は区別されない）は粉碎工程の1%から織布工程の26%まで、繊維の長さは開綿工程の7ミクロンから織布工程の16.3ミクロンま

で、アスベスト紡織工場に限ってみても、各工程により粒子の大きさや繊維の割合・長さなどは大きく異なっているため（Dreessen et al, 1938, pp.23-24）、他のアスベスト関連産業はもちろん、他の工程にも閾値を直接適用することはできないように思える。

しかし、粉塵濃度規制は一般に、多様な有害物質を含む粉塵の汚染度の表示器として、ある粉塵の濃度がとられているのであり、インピンジャー法による測定の場合も、全粒子の個数濃度が作業環境の有害度の指標としての意味をもつことは自明の前提とされているのである⁶⁾。

その理由は第1に、本来問題とされなければならないのは、作業環境におけるすべての有害粉塵の除去であり、アスベスト繊維のみが人体に有害であるわけでは決してないからである。被害がすでに発生していたのであるから、当時の可能な測定技術を用いて、まずは目に見える粉塵の除去をめざしたのは当然のことであり、また正しい方法でもあったのである。

第2に、直接的には、こうした有害物質間の濃度には一般に正の相関関係がみられるからである。そもそもメンブランフィルター法においても、石綿肺内のアスベスト繊維長は3～4ミクロンのものが多いにも関わらず、長さ5ミクロン以上の繊維のみを計数しており、この割合はアスベスト繊維全体の3.3～12.7%を占めるにすぎないのである⁷⁾。全粒子数とアスベスト繊維数との間にも明白な相関関係が存在するのであるから⁸⁾、インピンジャーで計測可能な範囲の全粒子数を減少させることが、同時にアスベスト繊維数をも減少させることにつながるのとは明らかである。

また、一般的な減少という意味だけでなく、閾値の設定という面においても、産業別・工程

別の粉塵分析による全粒子数と繊維数との割合や相関関係に基づいて、疫学的調査による粉塵と被害の量反応曲線（曝露限界）との関係で、基準を予防的に設定すれば、インピンジャー法によって、アスベスト粉塵の濃度規制を行うことは十分に可能であったと考えられる。実際に、エアーらは「作業環境管理の効果を評価するためのインピンジャーの使用により、石綿肺の発生率と重症度を著しく減少させることが可能になった」（Ayer et al, 1965, p.274）と評しているのである。

そして、こうしたインピンジャー法の限界は当初から認識されていたことであり、こうした課題意識が後のメンブランフィルター法の開発につながっていったと考えられる⁹⁾。

3 アスベスト粉塵対策技術とその有効性

本節では、ページ&ブルームフィールド報告およびドレッセン報告をもとに、当時のアスベスト紡織工場における粉塵対策技術を工程別に取り上げ、その有効性について検討する。アスベスト紡織の基本的な製造工程は、①粉碎（原料石綿を取り出し砕く）→②開綿（繊維をほぐして不純物を取り除く）→③混綿（綿繊維と混ぜ合わせる）→④梳綿（梳いて繊維束にする）→⑤紡績（撚りをかけて単糸を紡ぐ）→⑥撚糸（複数の糸を撚り合わせる）→⑦撚糸（緯糸・経糸用に巻き返す）→⑧織布（クロスやテープ等を織る）→⑨検査（ブラシ掛けしてつやを出す）となっている。以下、それぞれの工程の粉塵対策技術の実態について具体的にみていく（Page & Bloomfield, 1937, pp.1715-1726, Dreessen et al, 1938, pp.31-43）。

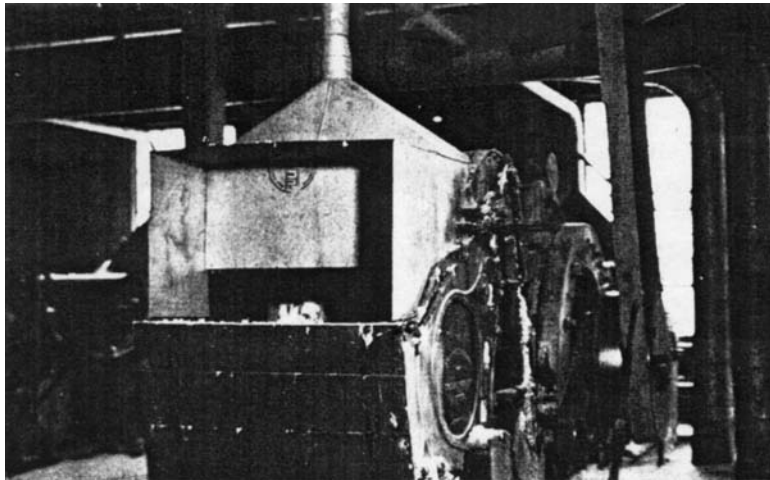


図1 排気装置付きの混綿機（ピッカー）

出所：Page & Bloomfield (1937), p.1718

(1)工程別の粉塵対策技術

前処理工程（preparation）は、粉碎・開綿・混綿工程から構成されている。

①粉碎工程（crushing）では、全体換気のみであり、今回調査した工場では密閉装置も排気装置も使用されていないため、防塵マスクを着用している。なお、イギリスの同工程では工程分離と密閉がなされているという。

②開綿工程（willowing/opening）では、密閉して上下に排気装置を設置している。原料は供給ホッパーを部分密閉してフードを連結し、機械式コンベヤで供給する。また貯蔵室への排出には空気コンベヤ（ダクトの直径は11インチ、気流速度は2730フィート／分）を使用している。

③混綿工程（mixing）は、(a) 積み上げ工程（piling）と (b) ピッキング工程（picking）に分けられる。

(a) 積み上げ工程では、6つの貯蔵ブース（縦10フィート2インチ×横6フィート10インチ×高さ6フィート）にそれぞれ高さ32インチ

の角錐フードと排気装置を備えている。これらのブースの排気装置への気流速度は、平均30～50フィート／分となっている。

(b) ピッキング工程では、密閉して排気装置を設置している。材料供給は機械式ベルトコンベヤまたはフォーク（熊手）を使用し、供給口にはフードと排気装置を設置している。カード貯蔵室への排出には空気コンベヤ（ダクトの直径は12インチ、気流速度は2550フィート／分）またはベルトコンベヤを使用している。その他、手動供給の際の防塵マスクの着用や材料へのオイルスプレー（あまり効果なし）などがなされている。（図1）

④梳綿工程（carding）は、(a) ブレーカー工程（breaker）と (b) 粗紡工程（roving）から成っている。

両工程とも部分密閉（フードを含む）または全体密閉をして、排気装置を設置している。材料供給の際には、供給ボックスにカバーをして排気装置を備え、防塵マスクを着用している。また両工程間の搬送には、格子型コン

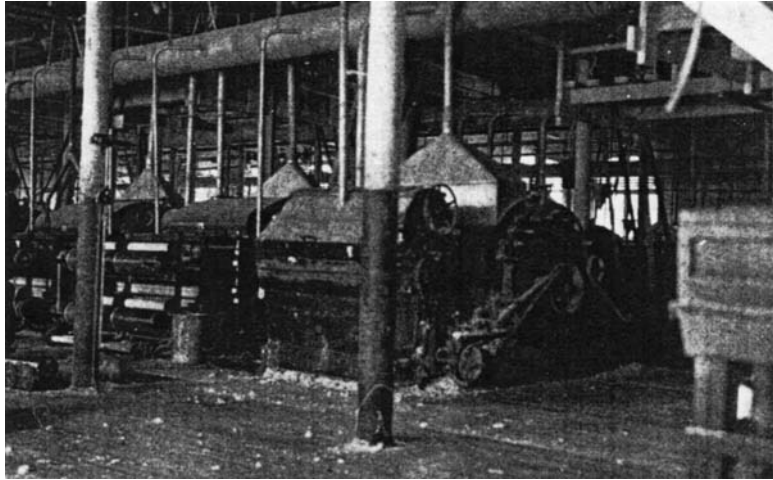


図2 排気装置付きの梳綿機（全体密閉型）

出所：Page & Bloomfield (1937), p.1720

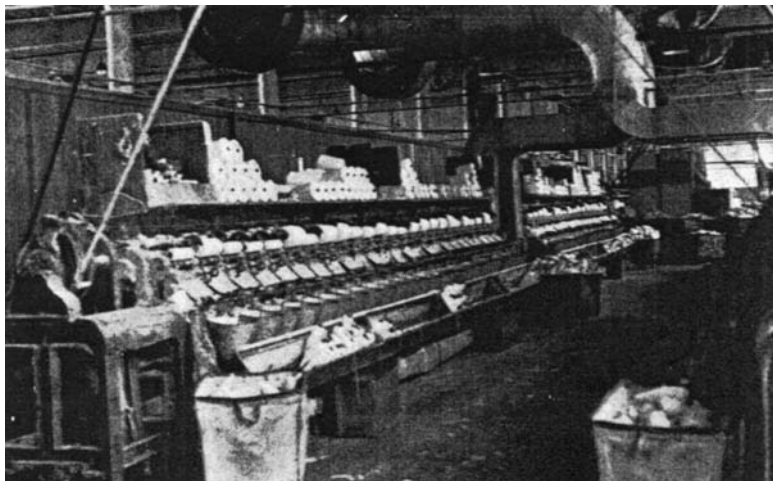


図3 排気装置付きの撚糸機

出所：Page & Bloomfield (1937), p.1724

ベヤを使用している。なお、部分密閉型では粉塵は3分の1程度にしか減少しないとしている。（図2）

- ⑤紡績工程（spinning）では、ミュール精紡機（mule spinning）とリング精紡機（ring spinning）の2種類が使用されている。両精紡機とも基本的には全体換気のみであり、ミュール精紡機については、一部で排気

装置が設置されており、工程分離もなされている。リング精紡機については、今回の調査では、ほとんど使用されていなかった。

- ⑥撚糸工程（twisting）では、粉塵対策が困難であり、試行的に、フレーム底の密閉と中央排気ダクトに沿った5個の円錐フードおよび局所排気装置が設置されている。

- ⑦撚糸工程（spooling/winding）では、200個の

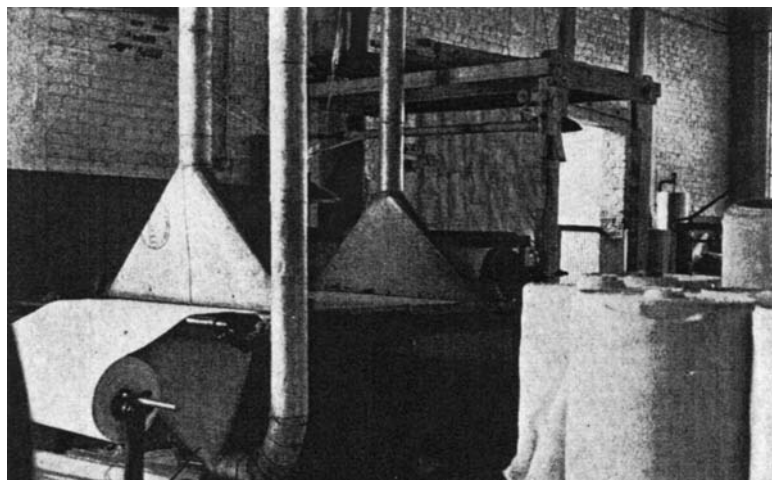


図4 排気装置付きの検査台（光沢機）

出所：Page & Bloomfield (1937), p.1725

個別円錐フード（直径2～9インチ、深さ10インチ）と、排気装置が設置されており、総流量は9270CFM（立方フィート／分）となっている。また工程分離も行われている。（図3）

- ⑧織布工程（weaving）では、湿式、部分加湿、乾式の3種類があり、湿式が望ましい。乾式の場合には、狭幅で高速排気の上向きの移動式フードと下向きの固定フード、および局所排気装置が設置されている。しかし排気フードと排気装置の設計が困難である。
- ⑨検査・つや出し工程（inspection/calender）では、部分密閉して、2個の上部排気フード（幅0.5インチ）と1個の下部排気フード、および局所排気装置を設置している。（図4）

(2)局所排気装置の有効性

以上が工程別の粉塵対策技術の実際であるが、ページ&ブルームフィールド報告およびドレッセン報告では、同時に局所排気装置の有効性についても検証している。アスベスト紡織工

場における工程別の粉塵濃度および排気装置の有効性は、表1の通りである。

検証方法としては、各工程において局所排気装置の排気ファンの停止1時間後に粉塵濃度を測定し、排気装置なしの作業環境の粉塵濃度を推定している。ただし、工程により空気コンベヤは運転中のままであり、フードや密閉装置だけでも発塵（飛散）抑制の効果があるため、多くの粉塵対策なしの状態とは異なることに注意しなければならない。また、各フードの流量はピトー管による圧力差の測定で算出している（Page & Bloomfield, 1937, pp.1714-1720）。

なお、粉砕工程には排気装置がないにも関わらず測定値に違いが出るのは、労働者の曝露量を測定しているため、その作業には混綿工程の積み上げや貯蔵室での作業なども含んでおり、かつ他の前処理工程と同室での作業のためでもあると考えられる。また、撚糸工程では同室の10台のうち排気装置を備えているのは1台のため評価不能としている（Dreessen et al, 1938, pp.25-42）。

表1 1930年代後半のアスベスト紡織工場における粉塵濃度と排気装置の有効性

工 程		ダクト 数	流量 (CFM) [立方フィート/分]	粉塵濃度 (MPPCF) [百万個/立方フィート]		排気装置の 集塵効率 (%)
				排気装置あり [A]	排気装置なし [B]	
前 処 理	粉 碎	—	—	2.3	50.2	95.4
	開 綿	2	625-1000	3.6	11.1-36.0	67.6-90.0
	混 綿	積み上げ	1025	5.4	20.0	73.0
		ピッキング	2570	6.7	34.3-74.3	80.5-91.0
梳 綿	プレーカー	3	1420	2.0	72.3	97.2
	粗 紡	4	1440			
紡 績	ミュール	—	—	2.0	15.5	87.1
	リング	—	—	—	3.2-8.3	—
撚 糸		1	1700	6.3	18.0	65.0
撚 糸		1	46.5	2.9	13.1	77.9
織 布	乾 式	2	1300	0.7	4.7-49.7	85.1-98.6
	湿 式	—	—	—	2.6	—
検 査 (つや出し)		3	1650	0.5	11.1	95.5

注1) 集塵効率 = $(B - A) / B$ で算出。ただし排気装置なしの粉塵濃度は各排気ファンの停止1時間後の測定値。

注2) 粉碎・紡績工程については粉碎・紡績工の職種別の1日の各作業の加重平均曝露濃度。

注3) 撚糸工程は排気装置付きの機械が10台中1台のため概算値。撚糸工程の流量はフード1個あたりの平均値。

出所: Page & Bloomfield (1937), pp.1724-1726, Dreessen et al (1938), pp.31-43 より作成。

検証の結果、排気装置の集塵効率は開綿工程の67.6%から織布工程の98.6%まで、いずれの工程においてもその高い有効性を確認することができる。とりわけ粉塵濃度の高い開綿・混綿・梳綿・織布工程において大幅に減少しており、その効果が高いことがわかる。一方で、排気装置ありでも5MPPCF未満にならない混綿工程や、フードの設計が困難である紡績・撚糸・織布工程などの課題も指摘されている。

ところで、局所排気装置（フード、ダクト、集塵装置、ファン、モーター等から構成される）の概念や基本的原理は、遅くとも1930年代初頭には確立し、実用化されていたと考えられる。公衆衛生局では1935年に、作業環境の粉塵濃度や個人曝露量の測定法、粉塵対策の基本的な考え方、フードの設計（フード開口部の速度等高線や軸流速度曲線の計算等）やダクトの配

置（ダクトの必要流量・直径・損失の計算等）、集塵装置の種類・性能とメンテナンス方法、流速・流量の測定法、防塵マスクの種類と性能などについての理論と実例を具体的に記した技術書を出版している¹⁰⁾。そして、ページ&ブルームフィールド報告によれば、当時のアスベスト紡織工場の集塵装置としては、重力沈降室 (settling chamber)、バグハウス (bag house)、サイクロン (cyclone collector) などが使用されていたことがわかる¹¹⁾。バグハウス（濾過式集塵機）のフィルターには黄麻布が使用され、その粉塵の払い落としは手動式であったことが述べられている (Page & Bloomfield, 1937, p.1719)。

4 公衆衛生局の1938年「勧告」とその評価

ドレッセンらは、以上の調査結果から「アス

ベスト産業における粉塵の危険を大きく減少させることが可能であることは明白であり、必要な粉塵対策手段は発達しており、現に使用されていることはそれ以上に明らかである」と結論づけている。公衆衛生局の1938年の勧告内容の概要は、以下の通りである（Dreessen et al, 1938, pp.43-44）。

- (1)粉塵は、労働者の呼吸ゾーンや作業環境全体を汚染しないよう適切に設計・操作された局所排気フードを用いて、発生源で対策がなされるべきである。粉塵濃度を 5MPPCF 未満に減少可能な集塵装置は、アスベスト紡織工場の全工程において発達している。
- (2)多量の粉塵を発生する混綿工程の貯蔵室には排気装置が設置されるべきである。貯蔵室で作業する労働者は認証済みの呼吸用保護具（防塵マスク）を着用しなければならない。混綿機の運転中は貯蔵室での搬送作業をしてはいけない。
- (3)集塵装置により除塵された排気は新鮮な空気と入れ換えるべきである。排気を再循環させる場合には、外気と同等の粉塵濃度に維持される必要がある。
- (4)作業環境の粉塵濃度の定期測定は、粉塵対策がつねに適切かどうかを判断するために必要であろう。これには粉塵濃度をそれぞれの工程で決められることが不可欠である。同様に、流量測定も重要である。これらの測定作業は、訓練を受けた測定者によりなされるべきである。

以上のように、1930年代後半のアメリカのアスベスト粉塵対策の内容は、局所排気に重点を置きながらも、全体換気、部分密閉、全体密閉、

自動搬送装置、工程分離、湿式（防塵技術）、防塵マスクなど、当時存在した技術を組み合わせた総合的な粉塵対策となっており、同時に、その実効性を保証するため、訓練された測定者による作業環境の粉塵濃度や流量の定期測定に力を入れていたことがわかる。当時の対策の意義も、これらの点にあったと考えられる。

一方で、排気装置を設置していても、大部分の工程で、粉塵濃度を 2MPPCF 未満にはできなかったこともわかる。この点について、キャッスルマンは「（最大流量である）2570CFM のファンでもわずか約 2 馬力の定格出力しかない。資本と操業コストは上がるが、より高出力の排気ファンの使用が技術的に実行可能であったことは明白である」と評しており（Castleman, 2005, p.239）、当時の自主的な規制の限界であったことを示唆している。

公衆衛生局は、1938年のドレッセン報告の中で、アスベスト粉塵の暫定閾値「5MPPCF」を勧告値として世界でいち早く設定した。しかし、調査直前の労働者の大量解雇など本調査の内容自体が信頼性に欠けるとともに、前述のフルトン報告の内容（5MPPCF 未満でも約 8 % が罹患）とは明らかに矛盾しており、またランザ報告でも陽性者の大部分は 5MPPCF 未満であったとされており（Castleman, 2005, p.235）、当時の科学の水準からみても、不十分で緩い基準に設定されたことがわかる。

この不十分な暫定閾値は、その後も繰り返し批判がなされていたにも関わらず、また紡織業以外に直接適用することはできないにも関わらず、そのまま 9 州（カリフォルニア、オハイオ、オレゴン、コロラド、ミシガン、ノースカロライナ、オクラホマ、イリノイ、ペンシルバニア）の作業環境におけるアスベスト粉塵の勧告値

として、さらに1946年のアメリカ産業衛生専門家会議（ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists）の勧告値として引き継がれ、その後1968年まで見直されずに継続していくことになる（Castleman, 2005, pp.253, 294-296）。

なお、1947年のヘメオン（Hemeon）の調査によるアスベスト紡織10工場のうち8工場において、また1952～1954年の最大手のジョンズ・マンビル社（Johns-Manville）工場の監視データにおいても、日常的に5MPPCFを超えていたとされ、1950年代当時に、この不十分な暫定勧告値でさえも守られていなかった可能性がある（Castleman, 2005, p.297）。

Ⅱ ドイツのアスベスト粉塵規制

1930年代のドイツにおけるアスベスト粉塵対策は、ナチス・ドイツ（1933～1945年）の労働者保護政策およびがん撲滅運動の一環として押し進められた¹²⁾。本章では、当時のドイツにおけるアスベストに起因する肺がんの医学的知見と職業病法の改正、およびアスベスト粉塵対策に関する工学的知見を紹介したうえで、1940年の「ガイドライン」によるアスベスト粉塵規制の内容について検討する。

1 アスベスト肺がんの医学的知見と職業病法

ドイツでは、1914年にハンブルクで最初の石綿肺（35歳のアスベスト労働者の死亡例）が報告され、1931年には石綿肺に関する9本の医学論文が発表され、その中には、ドレスデンとベルリンのアスベスト工場で10年以上曝露したすべての労働者が石綿肺に罹患したとの報告もあるなど（Castleman, 2005, pp.4, 21）、この頃に

は石綿肺の危険性は十分に認識されていたと考えられる。そのため、1936年の「第3次職業病法」の改正により、石綿肺が職業病として認定されることになった（Reichsarbeitsministerium, 1936）。

こうしたなか、アスベスト肺がんについては、1935年にアメリカでリンチ & スミスにより、最初の石綿肺と関連した肺がんの症例が報告されていたが¹³⁾、1938年に、ハノーファー大学のノルトマンは、12人の石綿肺患者のうち2件（35歳女性と55歳男性のアスベスト繊維労働者）の肺がんの症例を報告し、全体の約17%を占めていると発表した（Nordmann, 1938, pp.295-296）。このことから、ノルトマンは「たとえ私が唯一の観察者であったとしても、因果関係はここに存在しているに違いない。われわれは実際にアスベスト労働者を侵す職業がん直面している」（Nordmann, 1938, p.302）とその因果関係を結論づけた。

また、1939年に刊行されたヴェドラー著の医学の教科書には、「肺内のアスベストが肺がんを引き起こすことは少しの疑いもない」と、世界で最初に記載された（Proctor, 1999, p.111）。

そして1941年に、ノルトマン & ゾルゲは、アスベストが肺がんの原因になることをマウスの動物実験により証明した。粉塵箱の中でクリソタイル粉塵を吸入させた結果、生存したマウスのうち20%に肺がんが、42～57%に前がん性腫瘍が確認された（Nordmann & Sorge, 1941, p.182）。

さらに1943年には、ヴェドラーが肺がんと胸膜腫瘍との関係を証明し、アスベストが悪性中皮腫の原因になることを結論づけた（Wedler, 1943, p.209）。

これら一連の医学的知見をふまえ、1943年の

「第4次職業病法」の改正により、アスベスト肺がん（正確には「肺がんに関連した石綿肺」）を世界に先駆けて職業病として認定し、補償を行うことになった（Reichsarbeitsministerium, 1943）。

このことは、1955年のイギリスのドール（Doll）によるアスベスト肺がんの疫学的研究を契機として、1964年のニューヨーク科学アカデミー主催のアスベストの生物学的影響に関する国際会議において、ようやく肺がんとの因果関係の合意を得るに至ったアメリカと比べると、ドイツはその立証で約20年先んじていたことになる（Enterline, 1991, pp.692-693）。

2 アスベスト粉塵対策に関する工学的知見

ドイツでは、1937～1939年にかけて、主にプロカートとヴィンデルにより、アスベスト粉塵対策に関する工学的研究がなされた。具体的な粉塵対策技術については、その大部分が1940年公表の「ガイドライン」に結実しているため、ここでは、それと重複しない範囲で、それぞれの報告の内容について紹介する。

(1)アスベスト粉塵対策運動

ドイツのアスベスト粉塵対策は、他国と同様、石綿肺の職業病対策として着手された。1936年に粉塵対策研究の専門機関誌『Staub（粉塵）』が創刊されるとともに、アスベスト粉塵対策運動が開始された。具体的には、①粉碎機の完全密閉、②織機への排気装置の設置、③梳綿機への排気装置の設置、④排気装置の改良、⑤可能な限りの工程分離の徹底、⑥粉塵を巻き上げるベルトなどの伝導装置から独立の原動機（工場毎ではなく機械毎に原動機を備える）への交換などの粉塵対策が強化された

（Böhme, 1942, p.433）。

1937年に、帝国労働省はドイツ労働保安組合と合同で「石綿症対策小委員会」を発足させた。職業病研究所長のバーダー（Baader）を委員長として、鉱物学、粉塵対策技術学、安全工学、臨床医学、病理学、生理学の各専門家から構成された委員会で、石綿肺の発症メカニズムや、工学的な予防対策について研究を行った。製造現場の視察の結果、アスベストの粉碎・切斷・梳綿工程が最も粉塵濃度が高いことが確認され、その他、排気装置の推奨や労働者へのX線検診などの活動を行ったとされる（Proctor, 1999, p.109）。

(2)プロカート報告

1937年に、ドイツ技術者協会のプロカートは、アスベストセメント、アスベストペースト、アスベスト紡織業に関する詳細な粉塵対策技術の報告書を発表した。密閉と排気装置の設置により、すべての工程においてアスベスト粉塵の危険を除去することが可能であることを示している。アスベストセメントの前処理工程についても取り扱っており、最も多量の危険な粉塵が発生する工程は、粉碎・混合工程であるとしている。問題点として、防塵マスクが供給されている作業場においても、労働者たちはほとんどマスクを着用していないと指摘するなど、当時の労働者の危険意識の欠如が見てとれる。また、アスベスト粉塵が充満した作業場での必要な換気量は1時間につき15回（室容積換算）にすべきことや、健康診断により石綿肺のわずかな兆候でも示す労働者は恒久的に作業から外すべきことなどを勧告している（Prockat, 1937, pp.138, 144, 160-162）。

(3) ヴィンデル報告

1938年に、北ドイツ繊維職業保険組合の技術監督官であるヴィンデルは、アスベスト粉塵の工学的対策についての問題点を指摘した小論を発表した。その勧告内容は、①集塵装置の設置、②最も粉塵の多い作業での防塵マスクの使用、③人手による運搬作業から自動搬送装置（機械式コンベヤ）への転換、④粉塵の飛散を防止するための独立した原動機への移行、⑤粉塵が堆積しないよう（角材・構造物・ケーブルの撤去・改善など）すべての出っ張りや突起物を除去した作業場での生産、⑥新設・改装の際には粉塵の清掃が容易になるよう滑らかな内壁・表面による工場の建設などとなっている（Windel, 1938, pp.309-310）。

(4) プロカート & ヴィンデル報告

1939年には、プロカート & ヴィンデルにより、粉塵対策技術に関する詳細な研究報告書が発表された。その対象は、アスベスト鉱山から、アスベストセメント、アスベスト紡織工場、ブレーキバンド、押出成形ボード、絶縁材、マットレス製造などのすべての機械的・手工業的なアスベスト加工業にまで及んでおり、調査の結果、「排気装置により、今日ではほとんどすべての工程において、粉塵を除去することが可能であると認識するに至った」と述べて、1940年の「ガイドライン」に直接つながる19項目にわたる詳細な粉塵対策について提起している（Prockat & Windel, 1939, p.265）。

詳細は次節に譲るが、とりわけ、集塵装置を含む局所排気装置の重要性について指摘している。当時主流であった2種類の集塵装置の性能をみると、サイクロン（遠心力集塵機）で60～70%の集塵率、フィルター（濾過式集塵

機）では95～98%の集塵率であったことがわかる。それゆえ、サイクロンからの排気は多量の粉塵を含み、かつ最も微小で危険な形状の微粒子であるため、排気の再給気は決してなされるべきではなく、一方、フィルターの排気も望ましくはないが、最大出力を大幅に下回る負荷でかつ繊維フィルターに欠陥のない場合にのみ許されるとしている。なお、集塵装置の有効性の測定には、吸着式粉塵計であるコニメーター（konimeter）が使用されていたと考えられる（Prockat, 1937, p.159, Prockat & Windel, 1939, p.271）。

また、局所排気装置を有効に機能させるためには流量測定が不可欠であるが、その圧力差はU字管マノメーターにより、主管の上面において直径15～20mmの孔を通して測定することや、導管には固定マノメーターを常設すべきことなどが指示されている（Prockat & Windel, 1939, pp.266-267）。

さらに、集塵装置の設置コストとランニングコストについても報告している。梳綿工程を例にとると、集塵のために必要な排気量は、梳綿機1台あたり12000m³/時である。そのため、梳綿機2台の機械を動かす動力は7kwしか必要としないにも関わらず、梳綿機2台の集塵のために必要な電力は36kwにもなる。また、梳綿機2台の集塵のために必要なフィルターの面積は、プレフィルターが33m²、本フィルターが200m²となっている。そして、梳綿機8台用の集塵装置の設置コストは、モーターと集塵機を収納する建屋の建設も含めて、10万RM（ライヒスマルク）程度であるという（Prockat & Windel, 1939, p.274）。

3 1940年の「ガイドライン」の概要

以上のような医学的および工学的知見を背景として、帝国労働省は、1940年に「アスベスト加工企業における粉塵の危険の撲滅のためのガイドライン」を発表した。以下に、その概要を示す（Reichsarbeitsministerium, 1940）。

アスベスト加工企業における粉塵の危険の撲滅のためのガイドライン

1940年8月1日より有効

適用範囲

第1条

本ガイドラインはアスベスト粉塵の危険にさらされた被保険者のいる企業・仕事・設備に適用される。

A 一般的対策

第2条

(1)多量の粉塵を発生する全ての工程において、効果的な集塵機を設置しなければならない。集塵排気は新鮮な空気と、寒い季節には必要ならば暖めたうえで、入れ換えなければならない。排気を再び作業部屋に戻してはいけない。

(2)個々の機械の主配管には圧力差の測定装置を設置し、常時測定が可能でなければならない。さらに配管を容易に清掃できるように調整しなければならない。

(3)粉塵の巻き上げを防止するために機械には可能な限り独立の原動機を備えなければならない。ベルト車、歯車、その他の動力部品は可能な限り密閉しなければならない。

(4)排気は適切な集塵機により、粉塵に悩まされたり、健康上の被害を受ける人がいないよ

うに、集塵して屋外へ排出しなければならない。

第3条

多量の粉塵が発生する場所では、新設と改装の際に、洗浄可能な内壁と隙間のない床面にしなければならない。壁の張り出しや直線的な窓台のような粉塵が堆積しうる構造物は可能な限り避けなければならない。作業場は就業時間外に掃除人の保護に注意しながら短い間隔で清掃しなければならない。

第4条

アスベストの運搬の際は、空気コンベヤや他の密閉された搬送装置により、粉塵曝露を避けなければならない。人手による運搬が避けられない場合には、最短経路を密閉されたコンテナでなされなければならない。

第5条

すぐに加工しない粉塵まみれの粗アスベストは特別な密閉された隔離部屋で貯蔵しなければならない。

第6条

粉塵の発生する作業（たとえば混綿、マットレス製造、集塵室・貯蔵庫からの搬出、袋詰め、機械・排気装置・貯蔵庫の修理・清掃作業など）においては、適切な呼吸用保護具（たとえば送気マスク、コロイドフィルターマスクなど）を使用しなければならない。使用後は呼吸用保護具を特別な部屋または密閉されたコンテナに保管しなければならない。

B 機械とその他の設備に関する個別的対策

第7条

アスベストセメント工場のエッジランナー（粉碎機）は密閉して排気しなければならない。

第8条

ライサー（引裂機）は密閉して排気装置を設置しなければならない。供給と排出部分は別々に集塵装置と接続しなければならない。

第9条

梳綿機と開綿機の排出部分は密閉して排気しなければならない。開綿したアスベストは隣接した集塵機を備えた部屋にある搬送容器に直接移さなければならない。

第10条

(1)梳綿機は粉塵の発生部分にそれぞれ独立のフードを設置しなければならない。原料供給は密閉して供給バルブと集塵装置を備えなければならない。コンベヤ台はカバーをして計量器側に排気しなければならない。梳綿機のシリンダーのカバーは密接に接続し、可能な限り上部ドッファーコームにフードを連結しなければならない。両方のドッファーコームはドッファー側に集塵機を備えなければならない。プレカードとドッファーの下にある繊維屑側にも排気装置を設置しなければならない。それぞれの排気装置に欠陥がある場合には、梳綿機を完全に密閉して排気しなければならない。密閉室内では十分な低圧に保たなければならない。

(2)梳綿シリンダーの清掃は密閉された強力な排気装置のもとで行わなければならない。

第11条

精紡機と撚糸機は可能な限り集塵機を設置しなければならない。

第12条

ふるい分け装置は密閉して排気しなければならない。

第13条

打綿機の供給部分は粉塵のない状態に維持

しなければならない。

第14条

織機は集塵機を設置しなければならない。排気フードは杼道と胸木の下にあるべきである。

第15条

遠心ミルは合理的な換気装置と空気コンベヤ、それ以外に供給部分の上に排気装置を設置しなければならない。

第16条

アスベストセメントの乾式成型の仕上げ加工（裁断・研磨・旋盤・やすり掛けなど）は、強力な集塵機のもとでのみ許される。

第17条

全種類のアスベストマットレスの詰め込み作業において、労働者は全就業時間中に適切な呼吸用保護具（送気マスク、コロイドフィルターマスクなど）を付けなければならない。

C 集塵装置の有効性の検査

第18条

作業環境の粉塵濃度の測定および集塵装置の信頼性の確認は、特別な測定器具と検査方法を必要とする。全ての重要な設備変更や新技術の導入前には、技術的対策の有効性を証明するため、企業は職業保険組合と連絡を取らなければならない。場合によっては、帝国職業保険組合連盟の粉塵撲滅委員会を通して無料でコンサルタントを受けることが可能である。

D 未成年者の雇用

第19条

18歳以下の未成年者が粉塵の危険な作業に

従事することは、事故防止規程の「一般的規則」第1章の18条(1)の趣旨から判断して不適切である。

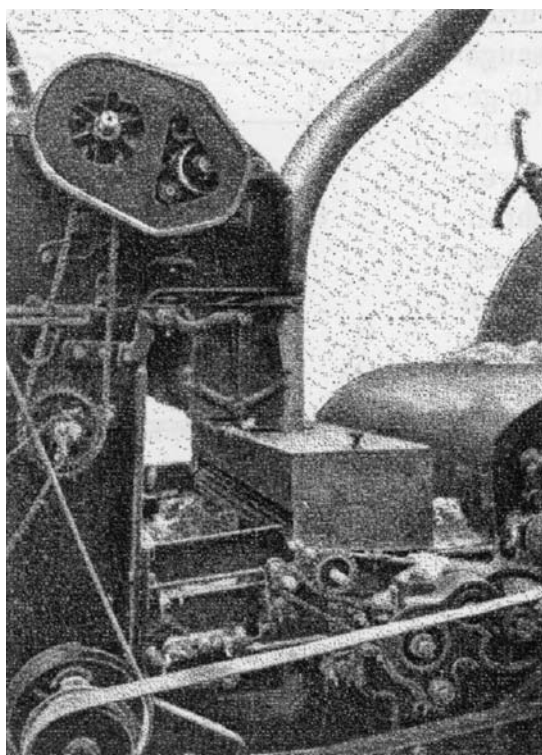


図5 梳綿機のコンベヤ台の排気装置
出所：Prockat (1937), p.146

E 被保険者の行動

第20条

- (1) 粉塵の危険のある作業部屋において、食事および休憩時間中の滞在を禁止する。
- (2) 脱衣した普段着は作業部屋に保管してはいいけない。作業着に付着した粉塵は定期的に清掃しなければならない。

4 「ガイドライン」による粉塵規制の評価

以上のように、1930年代後半のドイツのアスベスト粉塵対策の内容は、密閉（部分・全体・完全）、局所排気装置（集塵装置を含む）、ベルトコンベヤ（図5）や空気コンベヤ（図6）などの自動搬送装置、工程分離、防塵マスク、作業場の清掃、工場のレイアウトの改善、作業環境の粉塵濃度や流量の定期測定、労働者への安全指導など、当時の知見や可能な技術を組み合わせた総合的な粉塵対策となっており、基本的にはアメリカ・イギリスなどと同様であると考えられる。

「ガイドライン」による粉塵規制の注目すべき点は、①アスベスト紡織だけでなく、アスベスト加工業全体を規制対象としていること、②工場外部の住民の健康被害（非職業性曝露）を

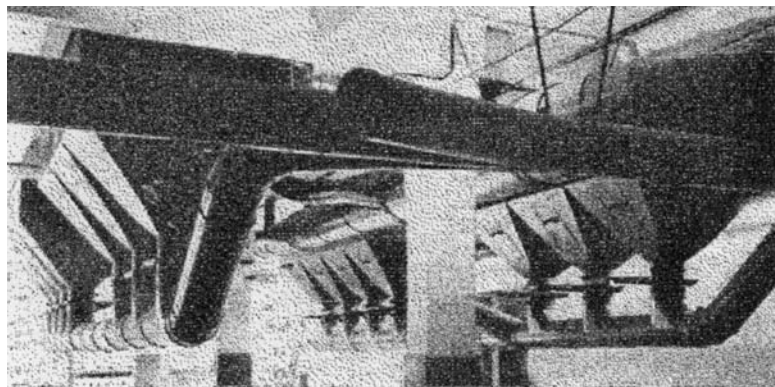


図6 梳綿機の地下の繊維屑回収用ホッパーと空気コンベヤ
出所：Prockat & Windel (1939), p.276

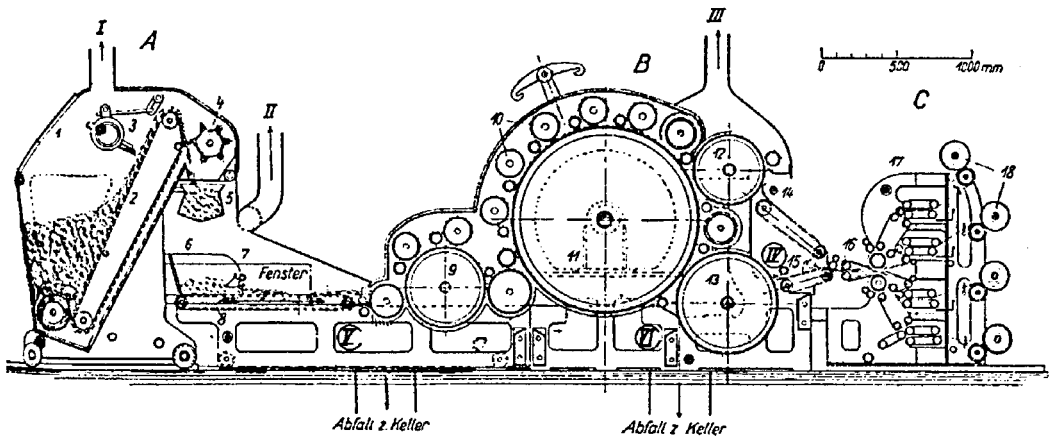


図7 排気装置付きの梳綿機の縦断面図
出所：Prockat (1937), p.145

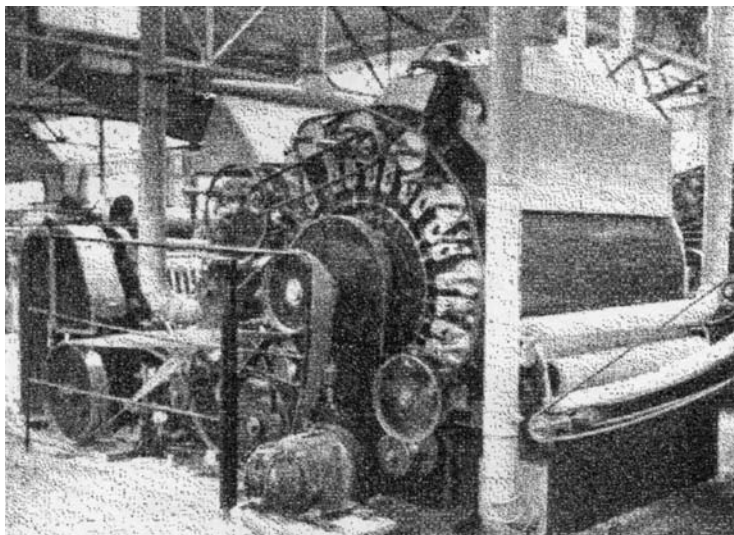


図8 排気装置付きの梳綿機
出所：Prockat (1937), p.149

考慮に入れ，単に排気の再給気を禁止しただけでなく，適切な集塵装置の設置を義務づけていること，③総合的対策とともに，同じ工程でも，部分密閉，全体密閉（図7・8），完全密閉（図9・10・11）といった段階的な対策を提示していること，④粉塵が堆積せずかつ清掃が容易な作業場のレイアウトや構造の工夫など，工場の設計段階での対策にも重点を置いているこ

と，⑤18歳以下の未成年者の雇用の禁止とともに，作業場での食事・休憩の禁止や作業着の管理など，技術面だけでなく労働者の行動面への規制も行っていることなどである。

一方で，粉塵濃度規制や閾値の設定などは見られない。これは，ドイツ科学の臨床・病理学重視の傾向とともに，当時肺がんの危険性が明らかにされたことで早急な対応を迫られ，予防

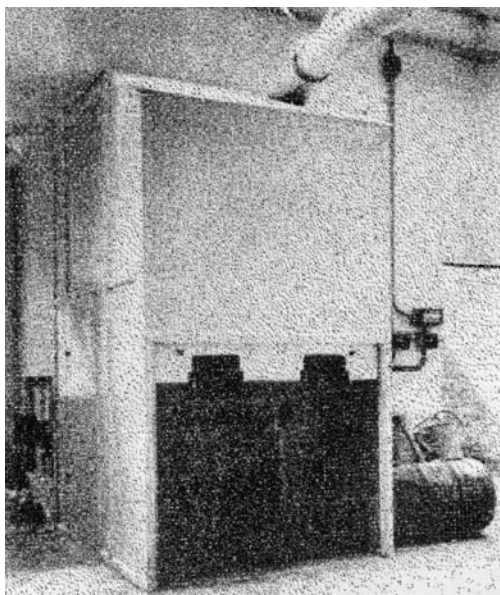


図9 完全密閉された開綿機（閉扉）
出所：Prockat & Windel（1939），p.272

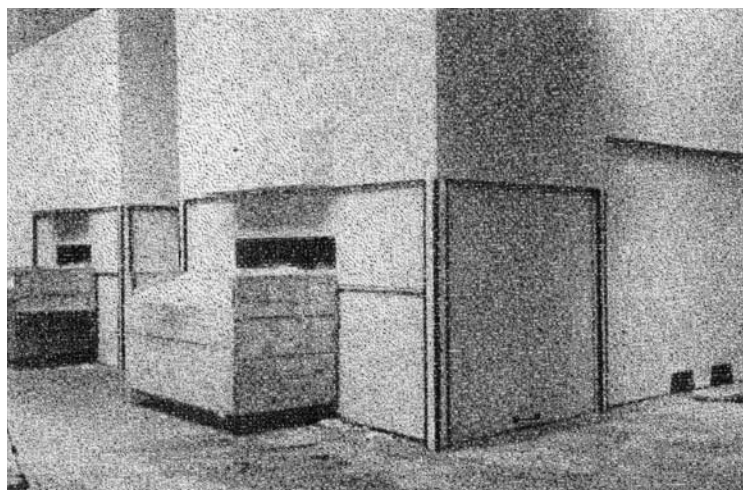


図10 完全密閉された梳綿機（閉扉）
出所：Prockat & Windel（1939），p.274

的な対策を先行させた結果とも考えられる。また粉塵対策として、湿式の記述は見当たらない。これは当時のドイツの原料の不均一と粗悪さのためであったと考えられる（Cryor, 1945, p.2）。さらにその問題点として、罰則規定がないことである。そのため、粉塵対策の実施状況

やその効果については疑問がもたれる点もあり、この点は当時の限界であったといえよう。

なお、当時の粉塵対策の実態について、戦後の米軍戦闘地域技術情報局（FIAT）の報告によれば、ドイツのアスベスト紡織16工場の調査の結果、「すべての工場はサイクロンまたはクロ

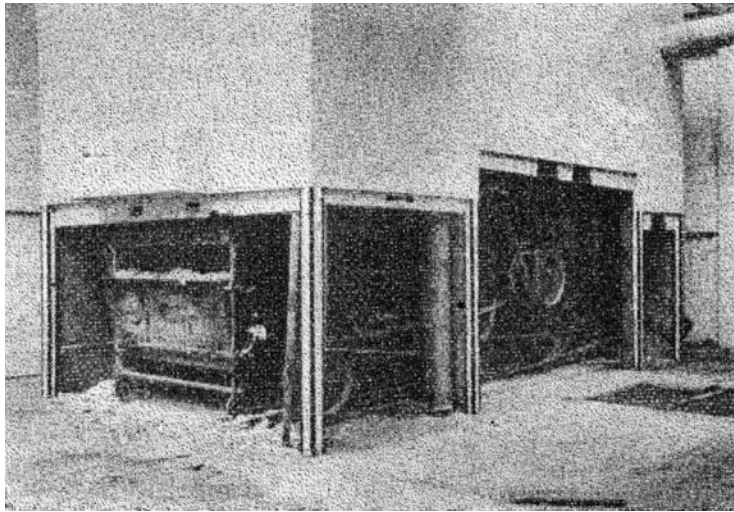


図11 完全密閉された梳綿機（開扉）

出所：Prockat & Windel (1939), p.274

ス・ストッキング型 (cloth stocking-type) 集塵機を設置している。湿式システムは見られない。(集塵) 装置はよく設計され、合理的で効果的であるように見えるが、特に目新しいものではない。粉塵対策のためのオイルスプレーや加工剤は使用されていない」(Cryor, 1945, p.6) と報告している。

おわりに

以上の考察から、アスベスト紡織工場の基本的な粉塵対策は、遅くとも1930年代後半（アメリカでは1930年代中頃）には技術的に有効であり、かつ少なくとも一部の工場では実用化されていたことが確認できた。そして、当時の医学的知見および工学的知見をもとにして、アメリカでは1938年に「勧告値」として暫定閾値の設定が、ドイツでは1940年に「ガイドライン」による公的規制がなされた。

アメリカの暫定閾値の設定は、法的拘束力を

もたず、かつ当時の科学の水準からみても不十分な内容であったが、暫定値とはいえ世界でいち早く閾値を設定し、局所排気装置の設置などの具体的な粉塵対策を示し、その効果を測定していたことは一定程度評価できる。一方で、当初から企業の直接の隠蔽工作とともに、企業資金に支えられた医学研究の非科学性、労災補償法の欠陥、労働安全衛生の産業医の非中立性、政治的腐敗などの問題により、被害が隠蔽されてきたこともまた事実である（上野，2006，250-261頁）。

ドイツの「ガイドライン」による公的規制は、当時の最先端の研究によるアスベスト肺がんの医学的知見を踏まえ、閾値の設定よりも予防的な対策を先行させた内容となっており、その規制範囲もアスベスト紡織だけでなく、アスベスト加工業全体を対象として、包括的で具体的な粉塵対策を指示していたことは一定評価できる。また世界に先駆けてアスベストに起因する肺がんを職業病として認定し補償を行ったこ

とも特筆すべきことであろう。一方で、当時はナチス・ドイツの戦時体制下であり、その対象はあくまでもドイツ人労働者のみであり、かつ実際の労災補償には必ずしも積極的ではなかったことが指摘されている（Proctor, 1999, pp.78-83）。

1930年代後半のアスベスト粉塵対策についての意義は、当時の測定技術や集塵技術を活用した総合的な粉塵対策の有効性およびその課題を提示し、かつ不十分ながらも公的な規制に着手したことにある。一方で、このような粉塵対策がすべての工場で実施されていたかどうかは疑わしく、事実としてその後のアスベスト公害の発生・拡大を防止することができなかった点で、多くの限界をもっていたこともまた明らかである。

本稿でみてきたように、アスベスト粉塵対策に関する基本的な測定技術や集塵技術は当時すでに存在していたのであり、医学的知見や工学的知見について世界的に大きな隔たりがあったわけでは決してない。こうした両国のアプローチの違いは、アメリカの疫学的研究の重視とドイツの病理学的研究の重視といったアメリカとドイツの科学のあり方の問題とともに（Enterline, 1991, p.694）、この問題に対する国家の姿勢に大きく左右され、それは何よりも当時の経済的・政治的要因にこそ求められなければならないが、これらの点に立ち入ることは、本稿の課題を超えている。ここでは、以下の点のみを確認して結びにかえたい。

労働災害や公害問題に対する対策の遅れなどは決して技術そのものの問題ではなく¹⁴⁾、アスベスト公害についてもその例外ではない。このことは、たとえば、アメリカの暫定閾値が当時の医学的知見の水準からみても不十分な内容に

設定されたことが、測定技術の未発達に起因する問題ではなかったことから明らかであろう。すなわち、当時の自然科学や衛生工学の発達水準一般の問題ではなく、各国の特殊な社会的諸関係が対策の内容を規定し、逆にこうした規制こそが粉塵対策技術の発達を促したことを示しているといえよう。

注

- 1) 加藤（1977），25頁。ただし、被害面からみれば、公害問題は労働災害等の単純な拡大ではなく、水俣病やイタイイタイ病と同様に、はるかに広く深く多様であることに注意しなければならない（加藤，1975）。
- 2) 加藤（1975），（1977），49-50頁。そして、「収奪が頂点にいたるまでに完遂されるためには、国と自治体が収奪に協力することが不可欠である」（加藤，1977，50頁）。
- 3) 内務省保険院社会保険局（1940），2頁，Merewether & Price（1930），Castleman（2005），p.15。イギリスのアスベスト産業規制の詳細については、中村（2008）を参照されたい。
- 4) 当時の日本のアスベスト産業における集塵装置の技術的可能性については、田口（2008）を参照されたい。
- 5) 連邦政府の承認を得たため准公的な調査として位置づけられる。ランザ報告に対する企業側の圧力については、上野（2006），249-250頁，Castleman（2005），pp.147-151を参照されたい。
- 6) この点については、水俣病訴訟の汚悪水論を参考にした（加藤，1977，51-53頁）。
- 7) 木村（1976），6頁。なお、メンブランフィルター法においても、長さ5ミクロン以上の繊維がすべてアスベスト繊維であるという保証はない（木村，1976，25頁）。
- 8) たとえば、アスベスト紡織工場においては、1MPPCF = 6本/cm³（5ミクロン以上）などとなっている（Ayer et al, 1965, p.286）。
- 9) 大気中の浮遊粒子測定用のメンブランフィル

ター法は、もともとアメリカのカリフォルニア工科大学で1950年代初頭に開発されたものである（Goetz, 1953, pp.150-151）。

- 10) Bloomfield & Dallavalle (1935)。「粉塵対策の主な方法としては、①粉塵を発生しない製造法または無害な物質への代替、②粉塵発生工程の隔離、③湿式（防塵技術）、④局所排気装置があり、これらすべての方法が使用されており、多くの事例において顕著な成功を収めている」（Bloomfield & Dallavalle, 1935, pp.73-74）。
- 11) サイクロンは1886年にアメリカでモース（Morse）により発明された。集塵装置の歴史については、加藤（1978）、232-250頁を参照されたい。
- 12) ナチス・ドイツのがん撲滅運動については、Proctor（1999）を参照されたい。
- 13) アスベスト肺がんと中皮腫の医学的知見の歴史と文献については、Enterline（1991）が詳しい。
- 14) ただし、発生源それ自体を見るかぎりは明白に技術の問題であり、技術の資本主義的形態こそが問題とされなければならない（加藤、1977、42・225頁）。

参考文献

- 上野継義（2006）「環境経営史によるアスベスト問題再考—作られた環境の中での労働災害」秋元英一・小塩和人編『豊かさと環境』ミネルヴァ書房、243-266頁。
- 加藤邦興（1975）「公害企業の論理と倫理—クロム問題をめぐって」『赤旗』1975年8月25日。
- （1977）『日本公害論—技術論の視点から』青木書店。
- （1978）『化学機械と装置の歴史』産業技術センター。
- 木村菊二（1976）『環境中に浮遊するアスベスト粉塵の測定法に関する委託研究報告書』。
- 田口直樹（2008）「アスベスト問題と集塵装置—泉南地域における集塵対策の実態を踏まえて」『経営研究（大阪市立大学）』第58巻4号、239-260頁。
- 内務省保険院社会保険局健康保険相談所（1940）

『アスベスト工場に於ける石綿肺の発生状況に関する調査研究』。

- 中村真悟（2008）「イギリスにおける1931年アスベスト産業規制の成立」『人間と環境』第34巻1号、2-18頁。
- 新潟地方裁判所（1971）「新潟水俣病損害賠償請求事件第一審判決」『判例時報』第642号、96-195頁。
- Ayer, H. E., J. R. Lynch & J. H. Fanney（1965）“A comparison of impinger and membrane filter techniques for evaluating air samples in asbestos plants.” *Annals New York Academy of Sciences* 132: 274-287.
- Bloomfield, J. J. & J. M. Dallavalle（1935）*The determination and control of industrial dust*. Public Health Bulletin No.217. Washington: Government Printing Office.
- Böhme, A.（1942）“Untersuchungen an der Arbeitern einer Asbestfabrik.” *Archiv für Gewerbepathologie und Gewerbehygiene* 11: 433-452.
- Castleman, B. I.（2005）*Asbestos: medical and legal aspects*. 5th ed. New York: Aspen Publishers.
- Cryor, R. E.（1945）*The asbestos textile industry in Germany*. FIAT Final Report No.460. Field Information Agency, Technical.
- Dreessen, W. C. et al.（1938）*A study of asbestosis in the asbestos textile industry*. Public Health Bulletin No.241. Washington: Government Printing Office.
- Enterline, P. E.（1991）“Changing attitudes and opinions regarding asbestos and cancer 1934-1965.” *American Journal of Industrial Medicine* 20: 685-700.
- Goetz, A.（1953）“Application of molecular filter membranes to the analysis of aerosols.” *American Journal of Public Health* 43-2: 150-159.
- Holmes, S.（1965）“Developments in dust sampling and counting techniques in the asbestos industry.” *Annals New York Academy of Sciences* 132: 288-297.
- Lanza, A. J., W. J. McConnell & J. W. Fehnel

- (1935) "Effects of the inhalation of asbestos dust on the lungs of asbestos workers." *Public Health Reports* 50-1: 1-12.
- Merewether, E. R. A. & C. W. Price (1930) *Report on effects of asbestos dust on the lungs and dust suppression in the asbestos industry*. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Nordmann, M. (1938) "Der Berufskrebs der Asbestarbeiter." *Zeitschrift für Krebsforschung* 47: 288-302.
- Nordmann, M. & A. Sorge (1941) "Lungenkrebs durch Asbeststaub im Tierversuch." *Zeitschrift für Krebsforschung* 51: 168-182.
- Page, R. T. & J. J. Bloomfield (1937) "A study of dust control methods in an asbestos fabricating plant." *Public Health Reports* 52-48: 1713-1727.
- Prockat, F. (1937) "Zur Verhütung der Asbestose in der Industrie." *Staub* 5: 133-162.
- Prockat, F. & T. Windel (1939) "Asbestose und ihre Bekämpfung." *Staub* 10: 264-283.
- Proctor, R. N. (1999) *The Nazi war on cancer*. New Jersey: Princeton University Press. (宮崎 尊訳『健康帝国ナチス』草思社, 2003年)
- Reichsarbeitsministerium (1936) "Dritte Verordnung über Ausdehnung der Unfallversicherung auf Berufskrankheiten. Vom 16. Dezember 1936." *Reichsgesetzblatt* 1-122: 1117-1120.
- (1940) "Richtlinien für die Bekämpfung der Staubgefahr in Asbest verarbeitenden Betrieben." *Reichsarbeitsblatt* 3-29: 263.
- (1943) "Vierte Verordnung über Ausdehnung der Unfallversicherung auf Berufskrankheiten. Vom 29. Januar 1943." *Reichsgesetzblatt* 1-14: 85-87.
- Tweedale, G. (2000) *Magic mineral to killer dust: Turner & Newall and the asbestos hazard*. Oxford: Oxford University Press.
- Walton, W. H. (1982) "The nature hazards and assessment of occupational exposure to airborne asbestos dust: a review." *Annals of occupational hygiene* 25-2: 117-247.
- Wedler, H. W. (1943) "Über den Lungenkrebs bei Asbestose." *Archiv für klinische Medizin* 191: 189-209.
- Windel, T. (1938) "Asbestose und ihre Verhütung." *Gummi Zeitung* 52: 309-310.