

依頼調査報告書

D-2012-01

大阪府の印刷工場における
疾病災害－環境濃度推定の
ためのデータ提供－

平成 25 年 3 月 7 日



独立行政法人
労働安全衛生総合研究所

1. はじめに

労働安全衛生総合研究所は、大阪の印刷工場で多発した胆管がん事例に関連して、当該事業所の協力のもとに実施した模擬実験等の結果を災害調査報告書「大阪府の印刷工場における疾病災害」としてまとめ、昨年8月に公表した。昨年末に、厚生労働省労働基準局労災補償部より当該事業所の労働者が曝されていた有機溶剤濃度を推定するためのデータ提供が可能かどうかについて依頼があり、当研究所内の担当研究員で検討した結果、昨年7月1日に実施した模擬実験の環境濃度をもとに化学物質の使用量の割合を変えることで、再度、環境濃度のシミュレーションを実施して、その結果を報告することとした。

なお、本報告書における環境濃度のシミュレーションは、校正印刷室内の作業場所の違い（S1～S6）を考慮するため、物質収支モデルと完全混合モデルを用いた環境濃度の推定ではなく、有限要素解析（FEM）を用いた環境濃度の推定を実施した。

2. 7月1日の模擬実験の結果から（災害調査報告書「大阪府の印刷工場における疾病災害」より再掲）

模擬実験を実施した時の空調システムの状況を図1に示したが、UV排気系（2008年に導入された紫外線乾燥機用に設けられたもの）を稼働させなかったため、全体循環系と床下排気系＋排気ダクトの2系統である。そのため、校正作業室内への流入量から全体循環系と床下排気系＋排気ダクトからの流出量を引くと、校正作業室内は陽圧状態になることから、結果的に前室との出入口の開閉や扉の隙間等から1,934m³/hが前室等へ漏出しているものと推測された。

模擬実験時の還流率は56%であった。このような空調システムでは室内が有機溶剤にいったん汚染されると、全体循環系の給気口からも汚染空気が供給され、室内の有機溶剤の気中濃度をさらに上昇することが懸念されると指摘したが、このことを確認するために、模擬実験開始2時間の時点で、全体循環系の排気口（R1、R2、R3）に近いS2、S3、S5と全体循環系の給気口で有機溶剤の気中濃度を検知管法で測定した。ジクロロメタン（以下「DCM」という。）検知管を用いて実施したため、DCMと1,2-ジクロロプロパン（以下「DCP」という。）の2つの化学物質の影響が出ており、各物質の定量的評価はできないが、相対的な指標としては有用な情報を提供してくれる。DCM検知管による測定値はS2：330ppm、S3：300ppm、S5：260ppm、全体循環系の給気口：200ppmであった。全体循環系の給気口から供給される空気は、排気口付近の空気の60～70%程度に汚染されていることが確認できた。

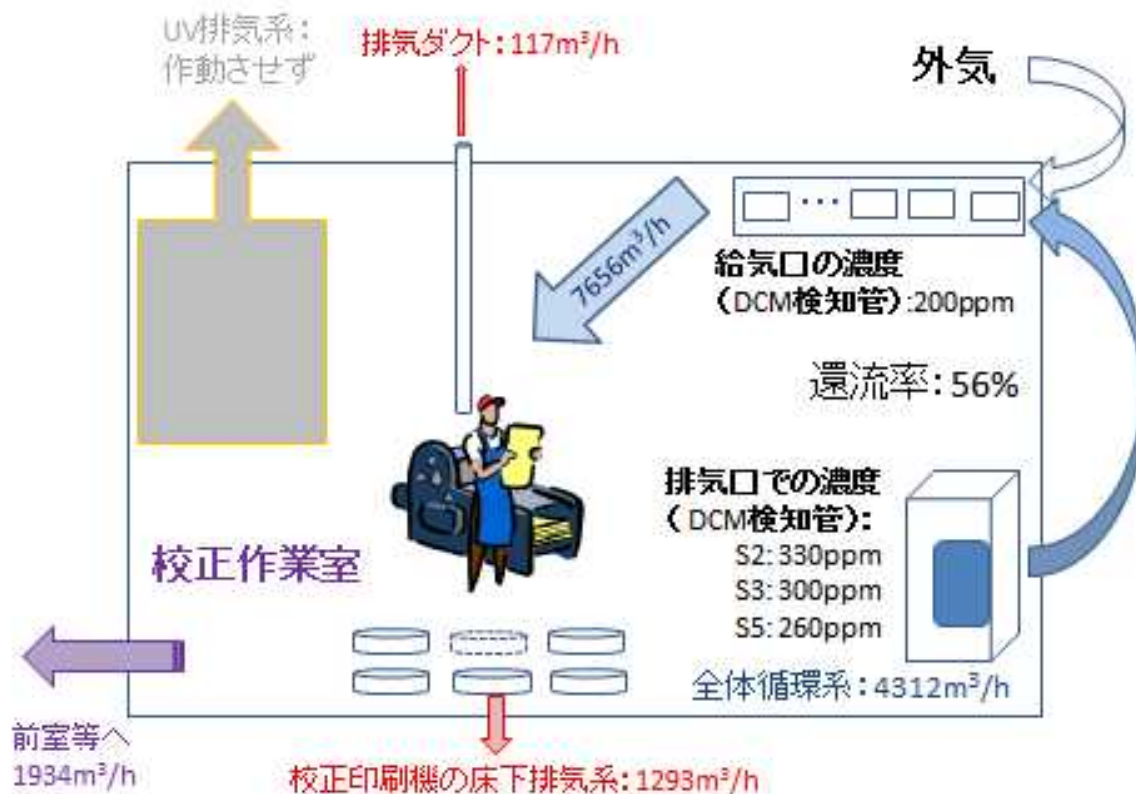


図 1. 模擬実験時の空調システムの状況

模擬実験で環境測定を実施した定点 S1～S6、ブランケット拭き取りの模擬作業を行った A・B エリアとアルミ板の位置等の模式図を図 2 に示した。さらに、図 2 に、定点 S1～S6 において測定した DCM と DCP の気中濃度を示したが、この気中濃度は模擬実験の開始後 1 時間半の値である。今回の結果では、6 つの定点の気中濃度は実験開始から徐々に上昇していったが、1 時間半の時点でおおよそ一定になったことから、1 時間半の値を平衡状態に達した環境濃度として図 2 に示した。各定点の環境濃度を見ると、S1 が最も高く、ついで S2～S4、S5、S6 で、S6 は S1 の約 3 分の 1 程度である。すなわち、校正作業室内で有機溶剤を用いた洗浄作業を行うと、気中濃度に 2～3 倍程度の高低差が生じていた。これは 2 系統の空調システムの不適切な配置等が均一な拡散と排気を妨げ、局所的な室内空気の滞留を起しやすくしているためと推測される。

校正作業室の隣の前室において DCM と DCP の気中濃度を測定したが、その結果 DCM:90ppm と DCP:40ppm と S5 と同程度の値を示していた。これは、図 1 でも示したように、模擬実験では室内が陽圧になるた

め、校正作業室内の空気が前室に漏出したことによると推測される。アルミ板を拭き取る模擬作業を実施した安衛研職員の個人ばく露測定の結果を表 1 に示した。なお、拭き取りの模擬作業は A・B エリアの 2 つに分かれて実施したが（図 2 参照）、各グループ 3 名ずつ交代で模擬作業を行い、30 分ごとに個人ばく露測定を実施しており、GC-MS で定量分析した活性炭管チューブは A・B エリア各 7 サンプルである。

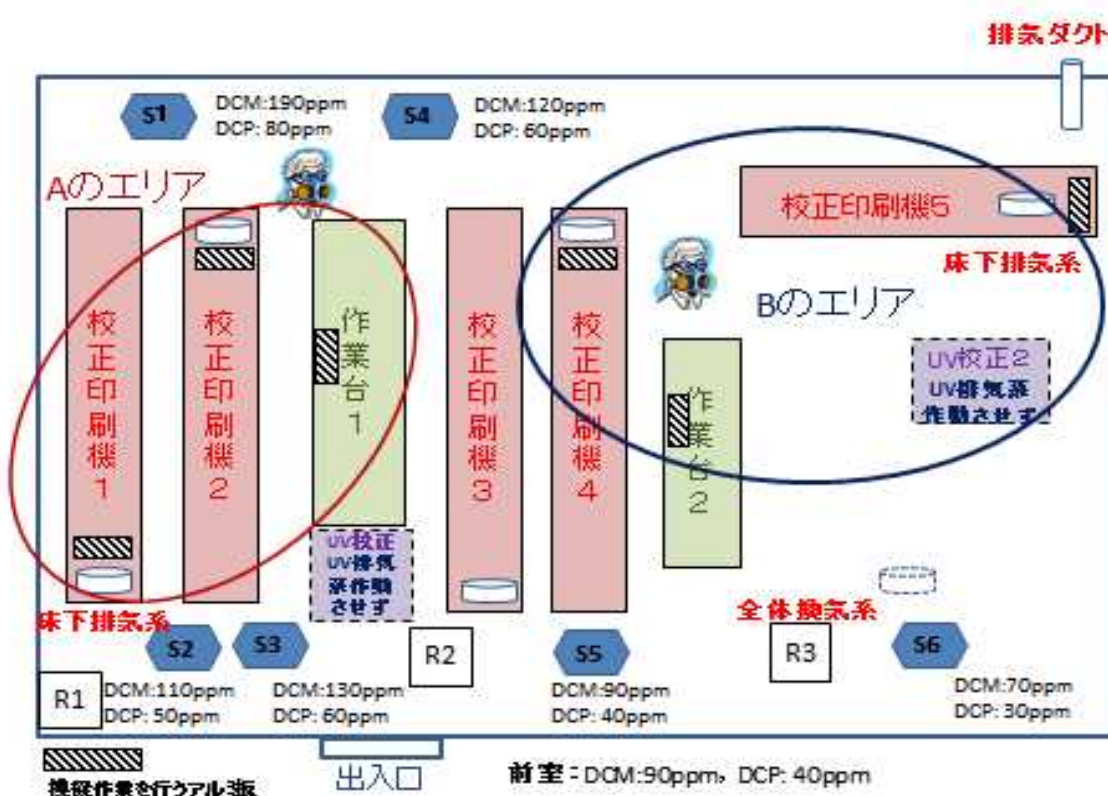


図 2. 模擬実験時の環境測定・個人ばく露測定の模式図

表 1 に示すように、個人ばく露測定結果を見ると、DCM が平均値 240ppm (130~360ppm) であり、DCP の平均値 110ppm (60~210ppm) より高い値を示していたが、前出の環境測定（図 2）でも同様の傾向が認められており、両者の混合比や蒸気圧・沸点等の物理的性質の違いによるものと推測された。A・B エリアで比較すると、DCM と DCP のいずれもが A エリアで高くなっていた。環境測定結果で指摘したように、本作業場は特殊な空調システム下にあるため、室内の環境濃度に高低のむらが存在しており、S1 あるいは校正印刷機 2 のアルミ板の場所を含む A エリアで模擬作業を行った職員の個人ばく露濃度が、B エリアに比べて、高くなったのではないかと推測され

る。このことから、作業場所による違いは環境濃度だけでなく、個人ばく露濃度にも影響を与えていた可能性が示唆される。

今回の測定結果でみると、個人ばく露濃度は環境濃度の2倍程度になっていた。拭き取り作業が手元で行われ、作業者の呼吸域に近い位置で有機溶剤が蒸発しているため、個人ばく露濃度が環境濃度を大幅に超えて高くなったものと推測される。

表 1. 模擬作業における個人ばく露測定結果

| | DCMの平均値±標準偏差 (最小値, 最大値) | DCPの平均値±標準偏差 (最小値, 最大値) |
|------------------|----------------------------|----------------------------|
| 全体(A・Bエリア) | 240±60ppm(130, 360ppm) | 110±40ppm(60, 210ppm) |
| Aのエリア(A1～A3) | 280±60ppm(230, 360ppm) | 130±40ppm(90, 210ppm) |
| Bのエリア(B1～B3) | 190±40ppm(130, 250ppm) | 80±20ppm(60, 110ppm) |
| 日本産業衛生学会 許容濃度 | 50 ppm | 未設定 |
| ACGIHのTLV-TWA* | 50 ppm | 10 ppm |
| U.S.NIOSHのIDLH** | 2,300 ppm | 400 ppm |

* : TLV-TWA(The Threshold Limit Values-Time-Weighted Average) : 8時間平均許容濃度、慢性的な中毒症状など、慢性ばく露に伴う健康影響を防止する際の指標である。ACGIHは米国産業衛生専門家会議をさす。

** : IDLH(Immediately Dangerous to Life or Health Concentration) : 生命への危険や急激な中毒症状など、急性ばく露に伴う健康影響を防止する際の指標である。なお、U.S.NIOSH(米国の国立労働安全衛生研究所)のHPを参照することで関連する情報が得られる (<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>)。

3. 有限要素解析(FEM)を用いた環境濃度の推定

模擬実験をした際の印刷室内における有機溶剤の移流・拡散状態を有限要素解析により計算し、印刷室内の任意の場所における有機溶剤の濃度推定および模擬実験時の溶剤濃度の測定点であるS1からS6における濃度推定を行った。解析手順は以下のとおりである。

まず、模擬実験当日の印刷室内における定常状態の気流分布を求めた。条件等の詳細は以下のとおりである。

- ・ k-ε乱流モデルを使用した。
- ・ 模擬実験当日の全体循環系、床下排気系の風量バランスの算定基礎となる給気口・排気口における気流速度を境界条件として与えた。

・全体循環系、床下排気系の給気口・排気口の位置は、設備図面等より読み取れないものについては、調査写真より推定した。

・校正印刷機、作業台の寸法および配置は調査写真より推定した。

ついで、はじめに求めた定常状態における印刷室内の気流分布に対する有機溶剤（DCMとDCPの混合溶剤、あるいはDCPの単剤）の移流・拡散状態を物質輸送方程式に従って有限要素法により計算した。条件等の詳細は以下のとおりである。

・濃度分布が安定化する定常状態を求めた。

・溶剤の発生場所は模擬実験における作業場所（計6か所）とし、それらの場所から同時かつ連続的に一定濃度（溶剤使用量から算出）の溶剤が発生するものとした。

・空調設備系については、全体循環系で排気される空気が外部の新鮮空気と混合して校正作業室内に供給される場合（模擬実験と同じ還流率56%）のシミュレーションを行い、検討した。

・校正作業室から前室への漏出は、両室間の出入口から漏れ出たとした。

今回の環境濃度のシミュレーションの目的は、使用する化学物質の割合の違いを考慮した上で、化学物質の使用量に応じた環境濃度を推定することにある。表2に示すように、三つの化学物質の割合（DCM:DCP=25:75, DCM:DCP=50:50, DCM:DCP=0:100）を想定し、模擬実験と同じ使用量、すなわち、1時間当たり1.75リットル使用した際の有機溶剤を推定し、この値を参考にして化学物質の使用量に応じた環境濃度を推定することとした。測定点 S1～S6 の違いによる環境濃度のシミュレーションの結果を表2に示すが、表中の数値は化学物質の使用量が1.75l/hの場合の基準値であるため、使用量がXl/hにおける環境濃度を推定するにはX/1.75を乗じることによって、各測定地点での各化学物質（DCMとDCP）の推定濃度が求められる。

表2. 環境濃度推定のための各測定点における基準値

| 測定点 ID | DCM25%・DCP75% | | DCM50%・DCP50% | | DCM0%・DCP100% | |
|-----------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| | DCM | DCP | DCM | DCP | DCM | DCP |
| S1 | 96ppm | 171ppm | 192ppm | 117ppm | — | 231ppm |
| S2 | 91ppm | 164ppm | 183ppm | 115ppm | — | 225ppm |
| S3 | 77ppm | 152ppm | 151ppm | 98ppm | — | 201ppm |
| S4 | 72ppm | 130ppm | 142ppm | 85ppm | — | 175ppm |
| S5 | 64ppm | 117ppm | 123ppm | 74ppm | — | 153ppm |
| S6 | 55ppm | 105ppm | 106ppm | 72ppm | — | 138ppm |

4. まとめ

昨年7月1日に当該事業場で実施した模擬実験で得られた環境濃度をもとに、使用する化学物質の割合の違いごとに、化学物質の使用量に応じた各測定点の環境濃度を推定するための基準値を算出した。化学物質の使用量が $X\text{ l/h}$ であった場合、得られた基準値に $X/1.75$ を乗じることによって、各測定地点での各化学物質（DCM と DCP）の推定環境濃度が求められる。