

# メッキ工場における排気ガス中の トリクロロエチレン濃度調査結果

## Concentration of Trichloroethylene in Exhaust Gases from a Gilding Factory

公害検査課大気検査係

### 1. はじめに

本報告は、平成5年度に環境庁より大気環境指針適合実態把握調査の委託を受け、トリクロロエチレンの発生源であるメッキ工場において、工場からの発生量及び工場敷地境界、周辺地域における大気中の濃度の調査を実施したものである。

### 2. 調査期間

#### 2-1 排出口における調査

- (1) 1回目：平成5年11月16日，17日
- (2) 2回目：平成6年2月8日，9日

#### 2-2 周辺環境における調査

- (1) 平成5年1月16日～20日
- (2) 平成5年11月30日～12月2日
- (3) 平成6年1月18日～20日
- (4) 平成6年1月26日～28日
- (5) 平成6年2月1日～3日
- (6) 平成6年2月8日～10日
- (7) 平成6年2月15日～17日

### 3. 調査対象工場の概要及び測定点

調査を実施した施設は、札幌市の都心部から北西に約6km離れた西区にあるメッキ工場である。

同工場の概要を表1-1に、測定点の概要を表1-2に示した。

今回の調査は、メッキ工場のトリクロロエチレ

ンの排出口1カ所で、秋季及び冬季の2回、1日3回の調査を2日間連続して行った。

さらに、工場の敷地境界のうち、年間の最多風向の風下にあたる1測定点、敷地境界の測定点の延長上50m離れた1測定点において、1日3回連続した2日間の調査を7回行った。さらに、これと並行して連続した2日間、24時間の試料採取も行った。

表1-1 調査対象工場の概要

項目	概要
用途地域	工業地域
従業員数	35人(パートを含む)
資本金	2,500万円
業種	製造業；粉末冶金製品製造業，被服・彫刻業，熱処理業（ほうろく鉄器を除く） F 286
製品若しくは取り扱い品	硬質クローム，ニッケル，ニッケルクローム，亜鉛，金，銀，代用金，錫，銅，銅古美，その他
年間操業日数	280日
操業時間帯	8:30 - 17:00
トリクロロエチレンの購入量	5,000kg/年
トリクロロエチレンの再生業者への引き渡し量	700kg/年
作業工程	代用金の乾燥，装飾メッキ前の脱脂等の目的でトリクロロエチレンを使用

表1-2 発生源及び周辺地域の概要

調査地点	概要
鍍金工場の排出口	工場の西側にあり、トリクロロエチレン洗浄槽の排気はダクトを通して、ファンによって排出している。
敷地境界(1)	工場の北西にあたる地点で、隣の研削工場と接している路地の中間地点である。11月、12月の調査はここで行った。
敷地境界(2)	工場の北側にあたる地点で、隣の研削工場と隣接している。 1月、2月の調査はここで行った。
周辺地域	メッキ工場から北西約50m離れた地点で、木工場の駐車場内である。

#### 4. 調査方法

##### 4-1 排出口における試料の捕集方法

大気試料の捕集は、排出口1カ所で行った。秋季・冬季の2回行った。

捕集方法は、201のテドラーバッグとエアースンプラー（SIBATA MP-50W）とをシリコンチューブを用いて接続し、11/分の速度で10分間大気を吸引することにより行った。

試料の採取は、1日3回、連続した2日間実施した。

##### 4-2 敷地境界及び周辺環境における試料の捕集方法

大気試料の捕集は、工場の敷地境界のうち、年間の最多風向で排出口の風下にあたる1測定点とその延長線上50m離れた1測定点の合計2測定点で、平成5年11月から平成6年2月まで7回、連続した2日間1日3回行った。

また、これと並行して、連続した2日間24時間の試料採取を行った。

捕集方法は、活性炭（Carbosieve G, 60-80メッシュ, SUPELCO社製）100mgをガラス管（内径4mm, 長さ200mm）に充填したカラムを作製し、これをエアースンプラーとシリコンチューブを用いて接続し、11/分の速度で60分間及び24時間大気を吸引することにより行った。

試料の採取を終えたカラムから活性炭を取り出し、5mlのトルエン（高速液体クロマトグラフ用）を入れた共栓付試験管に入れ、数回振り混ぜたのち1時間放置し、ガスクロマトグラフ用試料とした。

##### 4-3 排出口における試料の分析方法

分析は、大気汚染物質測定指針-48 トリクロロエチレン（環境庁大気保全局）に従い、大気試料を捕集したテドラーバッグ中の大気試料の一定量をガスタイトシリンジを用いて、直接ガスクロマトグラフに注入することにより分析を行った。ガスクロマトグラフの分析条件を表2に示した。

表2 ガスクロマトグラフの分析条件

対象試料	排気口で捕集した試料	一般環境で捕集した試料
カラム充てん剤	15% Silicone DC-200	
分析カラム	内径3mm×長さ2m	
カラム恒温槽	80℃	
注入口温度	200℃	
検出器温度	250℃	
キャリアーガス及び流量	純窒素, 50ml/min	
検出器	ECD	
試料量	0.5~1.0ml	1μl

検量線は、トリクロロエチレン標準溶液（1μl中にトリクロロエチレン0.0117μgを含むn-ヘキサン溶液）の1~5μlを段階的にマイクロシリンジにとり、ガスクロマトグラフに注入しそれぞれの濃度におけるピーク高さを求めた。

この結果を用いて検量線を作成し、この検量線から大気試料中のトリクロロエチレン濃度C（μg/m<sup>3</sup>）を算出した。

$$C (\mu\text{g}/\text{m}^3) = W \times \frac{1}{V \times \frac{273 + 20}{273 + t}}$$

ここに、

C : 試料大気中のトリクロロエチレン濃度  
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

V : 試料採気量 (l)

t : 試料採取時の平均気温 ( $^{\circ}\text{C}$ )

なお、試料濃度が検量線の範囲に比べてかなり高いため、適宜純窒素を用いて 10,000 倍まで希釈したものをガスクロマトグラフに注入した。

#### 4-4 敷地境界及び周辺環境における試料の分析方法

分析は、大気試料を捕集した活性炭中のトリクロロエチレンをトルエンで抽出し、そのトルエンの一定量をマイクロシリンジを用いて、ガスクロマトグラフに注入することにより行った。

検量線は、トリクロロエチレン (試薬特級)  $4\mu\text{l}$  をマイクロシリンジでとり、あらかじめトルエン  $100\text{ml}$  を入れた  $100\text{ml}$  メスフラスコに入れる。この  $1\sim 5\mu\text{l}$  をトルエン  $5\text{ml}$  を入れた共栓付試験管に段階的に入れ、検量線用標準液とした。

検量線用標準液及び試料溶液のそれぞれ  $1\mu\text{l}$  をガスクロマトグラフに注入し、ピーク高さからトリクロロエチレン濃度を求めた。

この結果を用いて検量線を作成し、この検量線から大気試料のトリクロロエチレン ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) を算出した。

#### 4-5 気象条件等の測定方法

気象条件は、調査日の12時に測定した。

気象条件のうち、気温・湿度はアスマン通風乾湿計を用い、風向・風速は風向風速計を用いて測定した。

### 5. 調査結果

排出口におけるトリクロロエチレン濃度の調査結果を表3-1 (秋季の調査結果)、表3-2 (冬季の調査結果) に示した。

ここで、検出限界は  $0.001\text{ng}$  未満の場合とし、

$v=0.0011$ であったことから  $1.0\mu\text{g}/\text{m}^3$  とした。

また、敷地境界及び周辺環境における調査結果を表4-1 から表4-7 に示した。

ここで、検出限界を  $0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$  とした。

排出口における秋季の測定結果は、 $120\sim 1300\text{mg}/\text{m}^3$  の範囲で、算術平均値は  $500\text{mg}/\text{m}^3$ 、幾何平均値は  $380\text{mg}/\text{m}^3$  であった。また、冬季の測定結果は、 $300\sim 1300\text{mg}/\text{m}^3$  の範囲で、算術平均値は  $740\text{mg}/\text{m}^3$ 、幾何平均値は  $640\text{mg}/\text{m}^3$  で秋季の値と大きな違いは認められなかった。

また、敷地境界におけるトリクロロエチレン濃度は  $0.33\sim 417\mu\text{g}/\text{m}^3$  の範囲であり、周辺環境における濃度は  $<0.10\sim 15.9\mu\text{g}/\text{m}^3$  の範囲であった。

また、24時間採取の結果は、敷地境界で  $1.03\sim 462\mu\text{g}/\text{m}^3$  の濃度範囲で、周辺環境では  $<0.10\sim 6.47\mu\text{g}/\text{m}^3$  の濃度範囲であった。

発生源から排出された排気中には、数十mg から数g オーダーという高濃度のトリクロロエチレンを含んでおり、敷地境界及び周辺環境で比較的高濃度の結果が得られる場合もあった。

さらに、排出口からの排出量の算出にあたっては次式で計算した。

$$\text{排出量} = \text{濃度} \times \text{排出口の断面積} \times (\text{風速の実測値の平均値})$$

得られた排出量を表3-1 及び表3-2 に併記した。

排出量の算術平均値は、秋季が  $35,500\text{mg}/\text{hr}$  で冬季が  $52,500\text{mg}/\text{hr}$ 、幾何平均値は秋季が  $27,000\text{mg}/\text{hr}$  で冬季が  $45,400\text{mg}/\text{hr}$  であった。

表3-1 大気環境指針適合実態把握調査結果（排出口）

試料採取年月日	平成5年11月16日～11月18日		
		11月16日	11月17日
気象条件	時間	12:00	12:00
	天候	晴	晴
	温度	12.2℃	13.2℃
	湿度	68%	68%
	風向	WNW	WNW
	風速	1.7m/s	0.9m/s

調査結果

測定地点		11月16日	11月17日	算術平均	幾何平均
排出口	1回目	270	410	340	330
	2回目	510	350	430	420
	3回目	120	1300	710	390
	算術平均	300	690	500	
	幾何平均	250	570		380

単位：mg/m³

排出量の算出

測定地点		11月16日	11月17日	算術平均	幾何平均
排出口	1回目	19,200	29,100	24,100	23,400
	2回目	36,200	24,900	30,500	29,800
	3回目	8,520	92,300	51,400	27,700
	算術平均	21,300	49,000	35,500	
	幾何平均	17,800	40,500		27,000

単位：mg/hr

表3-2 大気環境指針適合実態把握調査結果（排出口）

試料採取年月日	平成6年2月8日～2月10日		
		2月8日	2月9日
気象条件	時間	12:00	12:00
	天候	晴	晴
	温度	-0.6℃	-0.6℃
	湿度	83%	87%
	風向	NNW	NNW
	風速	1.4m/s	0.2m/s

調査結果

測定地点		2月8日	2月9日	算術平均	幾何平均
排出口	1回目	580	310	450	420
	2回目	850	300	580	500
	3回目	1300	1100	1200	1200
	算術平均	910	570	740	
	幾何平均	860	470		640

単位：mg/m³

排出量の算出

測定地点		2月8日	2月9日	算術平均	幾何平均
排出口	1回目	41,200	22,000	32,000	29,800
	2回目	60,400	21,300	41,200	35,500
	3回目	92,300	78,100	85,200	85,200
	算術平均	64,600	40,500	52,500	
	幾何平均	61,100	33,400		45,400

単位：mg/hr

表4-1 大気環境指針適合実態把握調査結果（その1）  
-周辺地域-

試料採取年月日	平成5年11月16日～11月18日		
		11月16日	11月17日
気象条件	時間	12:00	12:00
	天候	晴	晴
	温度	12.2℃	13.2℃
	湿度	68%	68%
	風向	WNW	WNW
	風速	1.7m/s	0.9m/s

測定地点	11月16日	11月17日	算術平均	幾何平均	
敷地境界	1回目	82.4	21.5	52.0	42.1
	2回目	101	37.7	69.4	61.7
	3回目	140	59.1	99.6	91.0
	算術平均	108	39.4	73.7	
	幾何平均	105	36.3		61.8
	24時間	462	243	353	335
周辺環境	1回目	<0.10	0.65	0.35	0.18
	2回目	<0.10	2.06	1.06	0.32
	3回目	<0.10	0.80	0.43	0.20
	算術平均	0.05	1.17	0.61	
	幾何平均	0.05	1.04		0.23
	24時間	1.36	6.47	3.92	2.97

単位：μg/m³

注) 検出限界値以下は<0.10で表し、幾何平均値を求めるときには<0.10を検出限界値の1/2の0.05として計算した。以下の表についても同じ。

表4-2 大気環境指針適合実態把握調査結果（その2）  
-周辺地域-

試料採取年月日	平成5年11月30日～12月2日		
		11月30日	12月1日
気象条件	時間	12:00	12:00
	天候	晴	小雪
	温度	5.4℃	2.2℃
	湿度	45%	93%
	風向	NW	NNW
	風速	1.8m/s	0.5m/s

測定地点	11月30日	12月1日	算術平均	幾何平均	
敷地境界	1回目	21.2	417	219	94.0
	2回目	28.2	58.9	43.6	40.8
	3回目	50.1	18.4	34.3	30.4
	算術平均	33.2	165	99.1	
	幾何平均	31.1	76.7		48.8
	24時間	279	272	276	275
周辺環境	1回目	0.42	15.9	8.16	2.58
	2回目	0.59	8.58	4.59	2.25
	3回目	0.67	0.67	0.67	0.67
	算術平均	0.56	8.38	4.47	
	幾何平均	0.55	4.50		1.57
	24時間	3.74	2.11	2.93	2.81

単位：μg/m³

表4-3 大気環境指針適合実態把握調査結果（その3）  
-周辺地域-

試料採取年月日	平成6年1月18日～1月20日		
		1月18日	1月19日
気象条件	時間	12:00	12:00
	天候	晴	雪
	温度	-5.2℃	-6.2℃
	湿度	68%	73%
	風向	NNW	NNW
	風速	2.0m/s	1.5m/s

測定地点	1月18日	1月19日	算術平均	幾何平均	
敷地境界	1回目	16.3	1.48	8.89	4.91
	2回目	2.60	0.80	1.70	1.44
	3回目	1.22	1.09	1.16	1.15
	算術平均	6.71	1.12	3.92	
	幾何平均	3.73	1.09		2.02
	24時間	1.03	4.27	2.65	2.10
周辺環境	1回目	0.99	0.44	0.72	0.66
	2回目	0.89	0.34	0.62	0.55
	3回目	0.93	0.32	0.62	0.55
	算術平均	0.94	0.37	0.66	
	幾何平均	0.94	0.36		0.58
	24時間	0.57	<0.10	0.31	0.17

単位：μg/m<sup>3</sup>

表4-5 大気環境指針適合実態把握調査結果（その5）  
-周辺地域-

試料採取年月日	平成6年2月1日～2月3日		
		2月1日	2月2日
気象条件	時間	12:00	12:00
	天候	雪	雪
	温度	-1.8℃	-2.6℃
	湿度	67%	57%
	風向	SE	N
	風速	2.0m/s	3.1m/s

測定地点	2月1日	2月2日	算術平均	幾何平均	
敷地境界	1回目	5.77	0.77	3.27	2.11
	2回目	0.75	1.63	1.19	1.11
	3回目	2.98	1.11	2.05	1.82
	算術平均	3.17	1.17	2.17	
	幾何平均	2.35	1.12		1.62
	24時間	3.06	6.98	5.02	4.62
周辺環境	1回目	0.62	0.14	0.38	0.29
	2回目	0.16	0.14	0.15	0.15
	3回目	0.27	0.16	0.22	0.21
	算術平均	0.35	0.15	0.25	
	幾何平均	0.35	0.15		0.21
	24時間	1.42	1.84	1.63	1.62

単位：μg/m<sup>3</sup>

表4-4 大気環境指針適合実態把握調査結果（その4）  
-周辺地域-

試料採取年月日	平成6年1月25日～1月27日		
		1月25日	1月26日
気象条件	時間	12:00	12:00
	天候	晴	くもり
	温度	-0.2℃	-0.8℃
	湿度	55%	50%
	風向	NW	S
	風速	0.6m/s	1.4m/s

測定地点	1月25日	1月26日	算術平均	幾何平均	
敷地境界	1回目	9.75	1.71	5.73	4.08
	2回目	0.80	0.33	0.57	0.51
	3回目	0.55	1.24	0.90	0.83
	算術平均	3.70	1.09	2.40	
	幾何平均	1.62	0.89		1.20
	24時間	7.18	1.35	4.27	3.11
周辺環境	1回目	0.26	0.42	0.34	0.33
	2回目	0.13	0.11	0.12	0.12
	3回目	0.94	0.31	0.63	0.54
	算術平均	0.44	0.28	0.36	
	幾何平均	0.32	0.24		0.28
	24時間	0.92	<0.10	0.49	0.21

単位：μg/m<sup>3</sup>

表4-6 大気環境指針適合実態把握調査結果（その6）  
-周辺地域-

試料採取年月日	平成6年2月8日～2月10日		
		2月8日	2月9日
気象条件	時間	12:00	12:00
	天候	晴	晴
	温度	-0.6℃	-0.6℃
	湿度	83%	87%
	風向	NNW	NNW
	風速	1.4m/s	0.2m/s

測定地点	2月8日	2月9日	算術平均	幾何平均	
敷地境界	1回目	9.36	6.58	7.97	7.81
	2回目	4.56	158	81.3	26.8
	3回目	22.2	273	148	77.8
	算術平均	12.0	146	79.0	
	幾何平均	9.79	65.7		25.3
	24時間	13.	37.7	25.7	22.6
周辺環境	1回目	6.57	0.94	3.76	2.49
	2回目	2.22	13.7	7.96	5.51
	3回目	9.13	5.13	7.13	6.84
	算術平均	5.97	6.59	6.28	
	幾何平均	5.11	4.04		4.54
	24時間	3.16	6.45	4.81	4.51

単位：μg/m<sup>3</sup>

表4-7 大気環境指針適合実態把握調査結果(その7)  
-周辺地域-

試料採取年月日	平成6年2月15日～2月17日		
		2月15日	2月16日
気象条件	時間	12:00	12:00
	天候	雪	雪
	温度	1.8℃	1.4℃
	湿度	59%	76%
	風向	NNW	N
	風速	2.4m/s	2.0m/s

測定地点	2月18日	2月19日	算術平均	幾何平均	
敷地境界	1回目	2.27	1.11	1.69	1.59
	2回目	1.73	1.70	1.72	1.71
	3回目	2.78	1.99	2.39	2.35
	算術平均	2.26	1.60	1.93	
	幾何平均	2.22	1.55		1.86
	24時間	3.72	6.50	5.11	4.92
周辺環境	1回目	0.36	0.41	0.39	0.38
	2回目	0.54	0.40	0.47	0.46
	3回目	0.48	0.58	0.53	0.53
	算術平均	0.46	0.46	0.46	
	幾何平均	0.45	0.46		0.45
	24時間	<0.10	0.20	0.13	0.10

単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## 9. 考 察

トリクロロエチレン使用施設である金属メッキ工場において、排出口(3回/日×2日×2季)12検体、敷地境界(3検体/日×2日×7回+24時間採取2検体×7回)56検体、周辺環境(3検体/

日×2日×7回+24時間採取2検体×7回)56検体、合計124検体について濃度を測定した。

このうち、敷地境界において、11月16日～18日、11月30日～12月2日の調査結果が以後の調査結果に比べて高い値を示しているが、これは積雪のために試料採取の位置を移動させたことによるものである。

また、周辺環境の調査結果56検体について、環境庁の大気環境指針(暫定値)である「年平均値として $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下」と比較した場合、56検体とも同指針に適合していた。

## 10. まとめ

「大気環境指針適合実態把握調査」の一環として、環境庁の委託を受け、金属メッキ工場の排出口及びその周辺における大気中のトリクロロエチレン濃度調査を実施した。

この結果、金属メッキ工場から排出されるトリクロロエチレンは、秋季・冬季とも数百 $\text{mg}/\text{m}^3$ から数 $\text{g}/\text{m}^3$ の濃度であり、敷地境界では最大数 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、周辺環境では最大数十 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度であった。

また、排出口からの排出量を算出したところ、数 $\text{g}/\text{hr}$ から数十 $\text{g}/\text{hr}$ のオーダーであった。