

川崎市内のエチレンオキシド等の大気環境調査結果

Atmospheric Concentration of Ethylene oxide in Kawasaki City

早川 純平 HAYAKAWA Jumpei 江原 均 EHARA Hitoshi 今村 則子 IMAMURA Noriko

要旨

大気中のエチレンオキシド及び1,2-エポキシプロパンについて、臨海部の8地点で年6回大気環境調査を実施した。分析については、「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」(環境省 水・大気環境局 大気環境課編集)に準拠し、固相捕集ー溶媒抽出ーガスクロマトグラフ質量分析法により実施した。参考として川崎市環境リスク評価システムを用いてリスク指標を算出し、リスクの判定を行ったところ、レベル2 (環境リスクの低減対策について検討することが望ましい物質)と判定された。

キーワード: エチレンオキシド、1,2-エポキシプロパン、酸化プロピレン、ガスクロマトグラフ質量分析
Key words: Ethylene oxide, 1,2-Epoxypropane, Propylene oxide, GC/MS analysis

1 はじめに

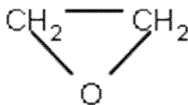
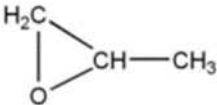
本市では、2005 年度に川崎市環境リスク評価システムを構築し、化学物質の大気経路の吸入暴露による人の健康影響に関する環境リスク評価を実施しており¹⁾、環境リスク評価に用いる実測濃度の把握を目的として、市内の環境濃度の実態把握を順次行ってきたところである。
エチレンオキシドは、本市において大気への排出実態があり、環境省の化学物質の環境リスク評価 第2巻(環境省環境保健部環境安全課)²⁾において吸入暴露に関する有害性指標が設定されている。令和元年度に臨海部における詳細環境調査の結果、環境リスク評価の判定がレベル2になった地点があり、さらに継続した調査が必要であるため、令和3年度に臨海部8地点において年6回の大気環境調査を行ったので結果を報告する。

2 調査方法

2.1 調査対象物質

調査対象物質のエチレンオキシド及び1,2-エポキシプロパンについて、物理化学的性状及び用途等を表1に示す。特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(以下、化管法)における、本市の大気への届出排出量(令和2年度実績)は、エチレンオキシドは3,428 kg/年、1,2-エポキシプロパンは5,060 kg/年である。

表1 物理化学的性状及び用途等²⁾

	エチレンオキシド (酸化エチレン)	1,2-エポキシプロパン (酸化プロピレン)
構造式		
化管法政令番号	1-56	1-88
分子量	44.05	58.1
分子式	C2H4O	C3H6O
性状	気体	気体
融点	-111℃	-112℃
沸点	10.7℃(760 mmHg)	34.2℃(760 mmHg)
密度	0.882 g/cm ³ (10℃)	0.859 g/cm ³ (0℃)
蒸気圧	1314 mmHg (25℃)	445 mmHg (20℃)
分配係数 (log Kow)	-0.3	-1.5
水溶性 (水溶解度)	任意の割合で可溶	40.5%(w/w) (20℃)
用途	ポリオキシエチレン系界面活性剤、エチレングリコール、エタノールアミンなどの原料となる。また強力な殺菌剤として燻蒸消毒に用いられる。	ウレタンフォームなどのポリウレタン樹脂をつくるポリプロピレングリコール (PPG) の原料として用いられる。

2.2 調査地点及び調査日

調査地点は図1に示した臨海部8地点である。以降、地点名は略称(①～⑧)で記載する。調査地点を図1に、調査日を表2に示す。なお、③については、環境リスク評価の対象外の地域(工業専用地域等)であるが、発生源近傍の環境実態を把握するための参考地点として調査した。

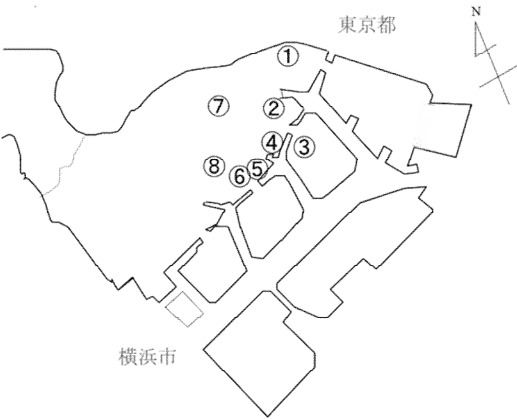


図1 調査地点

表2 調査日

年	月 日
令和3年	5月18日～19日
令和3年	7月6日～7日
令和3年	9月7日～8日
令和3年	11月9日～10日
令和4年	1月11日～12日
令和4年	2月1日～2日

3 分析方法

環境省の有害大気汚染物質測定方法マニュアル(平成23年3月改訂)³⁾に基づき固相捕集-溶媒抽出-ガスクロマトグラフ質量分析法により調査を実施した。

グラファイトカーボン系吸着剤に臭化水素酸を含浸させ乾燥させたものを充てんした捕集管に大気試料を700mL/分で24時間通気し、エチレンオキシドを誘導体化して2-ブロモエタノール、また、1,2-エポキシプロパンを誘導体化して1-ブロモ-2-プロパノール及び2-ブロモ-1-プロパノールとして採取した。採取した試料はトルエン/アセトニトリル(1:1)で抽出し、ガスクロマトグラフ質量分析装置で分析した。

・試薬等

捕集管:ORB078(シグマアルドリッチ)

標準試薬:2-ブロモエタノール(和光純薬工業)

1-ブロモ-2-プロパノール(2-ブロモ-1-プロパノール20%)(東京化成工業)

内標準物質:2-ブロモエタノール-*d*₄(関東化学)

抽出用試薬:トルエン(関東化学 残留農薬 PCB 試験用5000倍)

アセトニトリル(関東化学 残留農薬 PCB 試験用5000倍)

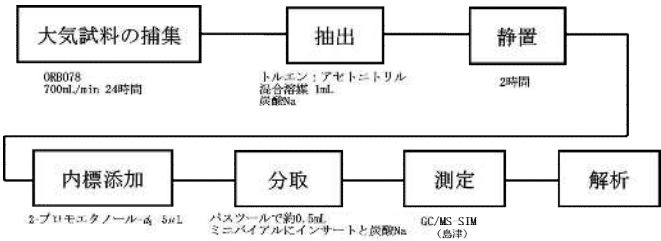


図2 分析フロー

表3 GC/MS 分析条件

使用機種	: GCMS-QF2020 島津製作所製
カラム	: DB-1MS(0.25mm×60m, 0.25μm) RESTEK 製
昇温条件	: 40℃(1min)→10℃/min→200℃(1min)
注入方法	: スプリットレス(パージ時間1min)
注入量	: 1μL
注入口温度	: 250℃
インターフェース温度	: 200℃
イオン化法	: EI
イオン化電圧	: 70eV
イオン源温度	: 200℃
モニターイオン	2-ブロモエタノール 定量用 <i>m/z</i> 31、確認用 <i>m/z</i> 55 1-ブロモ-2-プロパノール 定量用 <i>m/z</i> 45、確認用 <i>m/z</i> 55、123 2-ブロモ-1-プロパノール 定量用 <i>m/z</i> 59、確認用 <i>m/z</i> 31 内標準: 2-ブロモエタノール- <i>d</i> ₄ <i>m/z</i> 49

4 調査結果及び環境リスク評価

調査結果及び環境リスク評価について、エチレンオキシドを表4に、1,2-エポキシプロパンを表5に示す。また、環境省の「化学物質の環境リスク評価」を参考にMOEの算出を行った。なお、評価については、環境省の環境リスク評価書に基づき設定された川崎市環境リスク評価システムにおけるリスクの判定基準(表6)により行った。エチレンオキシドについては、各地点において、7・9月の測定値が比較的高濃度であり、1・2月は低濃度の傾向があった。年平均値は、③が最も高かった。リスクレベルについては、各地点の年平均値から発がん性のリスク指標としてExposure Potency Index(以下、EPI)を、発がん性以外のリスク指標として暴露マージン(Margin of Exposure)(以下、MOE)をそれぞれ算出した。その結果、EPIを用いたリスクの判定については全測定地点でレベル2、MOEを用いたリスクの判定では全地点でレベル3であった。以上より、エチレンオキシドは、「環境リスクの低減対策の必要性の有無について調査すべき物質」(レベル2)と判定された。

1,2-エポキシプロパンについては、7・9月の測定値が比較的高濃度であり、各月のオーダーにばらつきがあった。年平均値は、③が最も高かった。各地点の年平均値から発がん性のリスク指標としてがん過剰発生率を、発がん性以外のリスク指標として MOE をそれぞれ算出しリスクレベルを求めた。その結果、がん過剰発生率を用いたリスクの判定についてはレベル2またはレベル3であり、MOE を用いたリスクの判定では③がレベル1であった。③は環境リスク評価の対象外の地域（工業専用地域等）であることを考慮すると、1,2-エポキシプロパンは、「環境リスクの低減対策の必要性の有無について調査すべき物質」（レベル2）と判定された。

表4 調査結果及び環境リスク評価（エチレンオキシド）

単位：μg/m³

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
5月	0.031	0.037	0.30	0.054	0.11	0.10	0.060	0.032
7月	0.21	0.26	0.35	0.098	0.13	0.10	0.11	0.11
9月	0.049	0.062	0.72	0.037	0.18	0.060	0.046	0.042
11月	0.070	0.12	0.13	0.20	0.080	0.053	0.053	0.078
1月	0.067	0.11	0.12	0.19	0.079	0.050	0.050	0.075
2月	0.048	0.072	0.040	0.084	0.053	0.044	0.051	0.048
平均値	0.079	0.11	0.28	0.11	0.11	0.068	0.062	0.064
EPI	3.6E-05	5.0E-05	1.3E-04	5.0E-05	5.0E-05	3.1E-05	2.8E-05	2.9E-05
判定	2	2	2	2	2	2	2	2
MOE	5,400	3,900	1,500	3,900	3,900	6,300	6,900	6,700
判定	3	3	3	3	3	3	3	3

発がん性：生涯のがん過剰発生率5%に対応する暴露量（TC0.05）：2.2 mg/m³（ラット）

発がん性以外：無毒性量等：0.43 mg/m³（ヒト）

EPI＝各地点の年平均値（μg/m³）÷2.2（mg/m³）÷1,000（μg/mg）

MOE＝0.43（mg/m³）÷各地点の年平均値（μg/m³）×1,000（μg/mg）

表5 調査結果及び環境リスク評価（1,2-エポキシプロパン）

単位：μg/m³

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
5月	0.020	0.025	3.4	0.31	0.28	0.23	0.14	0.020
7月	0.38	1.7	0.59	0.12	0.16	0.12	0.13	0.13
9月	0.012	0.020	7.4	0.079	0.35	0.13	0.044	0.017
11月	0.056	0.073	0.24	0.52	0.063	0.033	0.036	0.080
1月	0.063	0.082	0.28	0.57	0.071	0.039	0.041	0.090
2月	0.037	0.040	0.025	0.046	0.035	0.028	0.032	0.035
平均値	0.095	0.32	2.0	0.27	0.16	0.097	0.071	0.062
がん過剰発生率	3.5E-07	1.2E-06	7.4E-06	1.0E-06	5.9E-07	3.6E-07	2.6E-07	2.3E-07
判定	3	2	2	3	3	3	3	3
MOE	140	41	6.5	48	81	130	180	210
判定	3	2	1	2	2	3	3	3

発がん性：ユニットリスク：3.7×10⁻⁶（μg/m³）⁻¹

（ラット）

発がん性以外：無毒性量等：1.3mg/m³（ラット）

がん過剰発生率＝各地点の年平均値（μg/m³）×3.7×10⁻⁶（μg/m³）⁻¹

MOE＝1.3（mg/m³）÷10÷各地点の年平均値（μg/m³）×1,000（μg/mg）

表6 リスクの判定基準（川崎市環境リスク評価システム）

	レベル1	レベル2	レベル3
がん過剰発生率	10 ⁻⁵ ≦がん過剰発生率	10 ⁻⁶ ≦がん過剰発生率<10 ⁻⁵	がん過剰発生率<10 ⁻⁶
EPI	2×10 ⁻⁴ ≦EPI	2×10 ⁻⁶ ≦EPI<2×10 ⁻⁴	EPI<2×10 ⁻⁶
MOE	MOE<10	10≦MOE<100	100≦MOE

レベル1：環境リスクの低減対策について検討すべき物質

レベル2：環境リスクの低減対策の必要性の有無について調査すべき物質

レベル3：現時点で環境リスクの低減対策の必要性がないと考えられる物質

5 まとめ

エチレンオキシド及び1,2-エポキシプロパンの環境調査結果から MOE 等を計算した結果、川崎市環境リスク評価システムにおけるリスクの判定では、レベル2（環境リスクの低減対策について検討することが望ましい物質）と判定され、今後も継続した調査が必要であるとわかった。

文献

- 川崎市：環境リスク評価書（平成25年度）
エチレンオキシド
https://www.city.kawasaki.jp/300/cmsfiles/contents/0000013/13863/13_Ethylene_oxide.pdf
1,2-エポキシプロパン
https://www.city.kawasaki.jp/300/cmsfiles/contents/0000013/13863/17_12-Epoxypropane.pdf
- 環境省：化学物質の環境リスク初期評価書
2巻（エチレンオキシド）
<https://www.env.go.jp/chemi/report/h15-01/pdf/chap01/02-2/03.pdf>
2巻（エチレンオキシド）（発がんリスク）
<https://www.env.go.jp/chemi/report/h15-01/pdf/chap01/03-2/02.pdf>
1巻（1,2-エポキシプロパン）
<https://www.env.go.jp/chemi/report/h14-05/chap01/03/12.pdf>
3巻（1,2-エポキシプロパン）（発がんリスク）
https://www.env.go.jp/chemi/report/h16-01/pdf/chap01/02_4_2.pdf
- 環境省の有害大気汚染物質測定方法マニュアル（平成23年3月改訂）
<https://www.env.go.jp/content/000037112.pdf>

- 4) 環境省環境保健部環境安全課：化学物質と環境
平成9年度化学物質分析法開発調査報告書
<https://www.env.go.jp/chemi/kurohon/http1997/html/hyouka.html#a11>
- 5) 環境省環境保健部環境安全課：化学物質環境実態調査実施の手引き（令和2年度版）
https://www.env.go.jp/chemi/mat_tebikir02.pdf