

川崎市における化学物質の環境リスク評価（2014年度）

Environmental Risk Assessment of Chemical Substances in Kawasaki City (2014)

関 昌之	Masayuki SEKI	西村 和彦	Kazuhiko NISHIMURA
福永 顕規	Akinori FUKUNAGA	富樫 眞一*	Shinichi TOGASHI
佐々田 丈瑠*	Takeru SASADA	原 美由紀	Miyuki HARA

要旨

本市は京浜工業地帯の中核であることから、多くの化学物質が製造・使用されており、それらによる環境への影響が懸念されている。本市では、大気経由の吸入暴露による人の健康に関する環境リスク評価を実施しており、2014年度には、アクリル酸ブチル、3価クロム化合物、1,2,4-トリメチルベンゼン、フェノール、1-ブロモプロパン、メタクリル酸、メタクリル酸メチル及びベンゾ[a]ピレンの合計8物質について評価を実施した。その結果、ベンゾ[a]ピレンは市域全体において、3価クロム化合物は臨海部において、それぞれ環境リスクの懸念があったため、今後、詳細なリスク評価が必要であると考えられた。

キーワード： 環境リスク評価、化学物質
Key words: Environmental risk assessment, Chemical substances

1 はじめに

本市は京浜工業地帯の中核であることから様々な業種の事業所で多くの化学物質が製造・使用されており、それらによる環境への影響が懸念されている。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、化学物質の大気経由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する¹⁾とともに、リスク低減に向けた取組を進めている。²⁾これまで、川崎市環境リスク評価システムにより、発がん性が懸念される物質やリスクが高いと思われる物質として20物質を評価した結果、8物質について環境リスクの懸念があった。^{1),3)}

2014年度は、本市において大気へ排出がある物質等の中で、評価を実施する上で必要な情報が入手できる8物質について評価を実施したので報告する。

2 方法

2.1 評価対象リスク

化学物質排出移動量届出制度（以下、PRTR）排出量を見ると、本市から排出される化学物質のほとんどは大気へ排出されている。そのため、市内で排出された化学物質による住民への健康影響を考慮した場合、大気を経由して呼吸により摂取される経路が最も直接的な影響と考えられる。

このことから、大気中の化学物質が、長期間にわたって呼吸により住民に摂取された場合（以下、吸入暴露）の健康リスクを対象とした。

2.2 地域区分

本市では、自然的及び社会的条件を考慮して、市域を臨海部（川崎区）、内陸部（幸区、中原区及び高津区）及び丘陵部（宮前区、多摩区及び麻生区）に分け、川崎市環境基本計画において、その特性に応じた環境対策を实

施している。その考え方にに基づき、この3地域ごとに評価を行った。地域区分を図1に示す。

なお、図1に示す地域のうち、臨海部の産業道路以南は、主に工業専用地域となることから、評価対象地域から除外した。

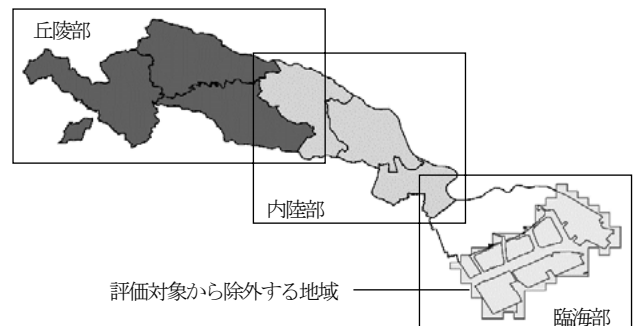


図1 地域区分

2.3 評価対象物質

環境省、又は独立行政法人製品評価技術基盤機構及び一般財団法人化学物質評価研究機構（以下、NITE&CERI）において吸入暴露に関する有害性指標が設定されており、本市において大気へ排出がある物質又は環境省の環境リスク評価で「情報収集に努める必要があると考えられる」、「詳細な評価を行う候補と考えられる。」に判定されている物質の中で、環境リスク評価を実施する上で必要な情報（有害性指標、PRTR 排出量、実測濃度）が入手できる次の8物質を選定した。評価対象物質を表1に示す。

表1 評価対象物質

No.	評価対象物質	PRTR 排出量	実測実施年度 (測定回数)	環境リスク評価書	
				環境省	NITE&CERI
1	アクリル酸ブチル	○	2007(2回/年) 2009(2回/年)	○	—
2	3価クロム化合物	○	2013(12回/年)	○	—
3	1,2,4-トリメチルベンゼン	○	2013(12回/年)	○	—
4	フェノール	○	2008(2回/年)	○	(○)※
5	1-ブロモプロパン	○	2012(2回/年)	○	—
6	メタクリル酸	○	2008(2回/年)	○	○
7	メタクリル酸メチル	○	2007(2回/年) 2009(2回/年)	○	○
8	ベンゾ[a]ピレン	—	2013(12回/年)	○	—

○：データあり —：データなし

※ 吸入経路による評価なし

2.4 評価に使用するデータ

評価に使用する PRTR 排出量、気象データ、実測濃度、有害性指標等については、その時点で入手可能なデータを用いた。

2.5 評価手順

原則として既報³⁾と同様の方法により、評価対象物質について、吸入暴露に係る暴露量評価、及び有害性指標を用いた有害性評価を行い、暴露量評価と有害性評価の結果から評価対象物質のリスクを評価した。

2.5.1 暴露量評価

評価対象地域ごとに評価対象物質の大気濃度から呼吸により住民に摂取される量を評価した。各地域の大気濃度は、数理モデルによる予測又は実測により求めた。

最終的な暴露量として予測濃度と実測濃度のいずれを用いるかは、評価対象物質ごとに排出実態や物性等を考慮して、安全側に立った観点から判断した。

2.5.1.1 数理モデルによる大気濃度の予測

数理モデルとして、経済産業省—低煙源工場拡散モデル（以下、METI-LIS）及び産業技術総合研究所—曝露・リスク評価大気拡散モデル（以下、ADMER）を組み合わせ、年間の大気濃度を予測した。なお、ADMERについては、2012年度にバージョンアップを行うとともに、精度向上のため計算範囲の見直し及びPRTR届出排出量の割り当て方法の見直しを行った。METI-LIS及びADMERにおける設定条件を表2及び表3に示す。また、例として、2011年度に評価を実施したn-ヘキサンの予測濃度を図2に示す。なお、数理モデルは、地域区分の項で述べた臨海部の評価対象外区域（主に工業専用地域）も含めて計算が行われるため、図2にはこの区域の濃度も含めて表示し

ている。

最終的な予測結果である1/2地域メッシュ（約500mメッシュ）ごとの大気濃度のうち、各地域における最も高い予測濃度をその地域の暴露濃度とした。

表2 METI-LIS (ver. 2.03) における設定条件

項目	設定条件
計算対象物質	ガス状物質として分子量を入力
長期気象データ	日照時間は横浜地方気象台、それ以外は本市の各測定局での観測値
点源	PRTR届出排出量（大気） （本市の行政区ごとに入力） 排出高さは10m （個別情報がある場合はその高さ） 稼働パターンは終日稼働
線源	なし
建屋	なし
計算点	200m間隔にグリッド分割 高さは1.5m

表3 ADMER (ver. 2.6.0) における設定条件

項目	設定条件
計算範囲	神奈川県、東京都及び千葉県
気象データ	ADMER 専用アメダスデータ
点源排出量	PRTR 届出排出量 (大気) (METI-LIS で対象とした本市の行政区を除く神奈川県、東京都及び千葉県に所在する事業所)
県別排出量	PRTR 届出外排出量 (大気) (神奈川県、東京都及び千葉県) 排出源によりメッシュ化指標を選択
計算パラメーター	分解係数のみを使用



図2 n-ヘキサン予測濃度 (2011年度)

2.5.1.2 大気濃度の実測

臨海部では大師一般環境大気測定局及び池上自動車排出ガス測定局、内陸部では中原一般環境大気測定局、丘陵部では多摩一般環境大気測定局（3価クロム化合物及びベンゾ[a]ピレンについては、生田浄水場で測定した。）における実測濃度をその地域の暴露濃度とした。なお、臨海部については、大師一般環境大気測定局と池上自動車排出ガス測定局の実測濃度を比べて高い方を暴露濃度とした。測定地点を図3に示す。

なお、年2回測定を行った物質については高い方の濃度を、年12回測定を行った物質については年平均値を、それぞれ暴露濃度とした。

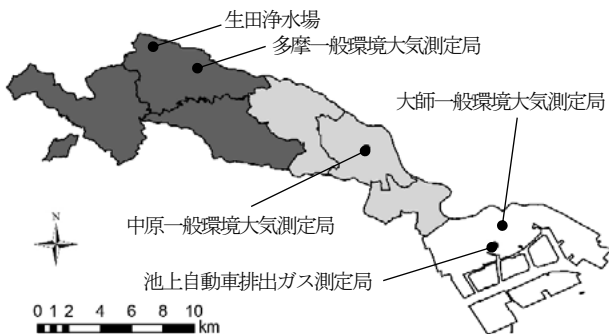


図3 実測濃度の測定地点

2.5.2 有害性評価

環境省の「化学物質の環境リスク評価」⁴⁾又はNITE&CERIの「初期リスク評価書」⁵⁾で採用された有害性指標と不確実係数を整理し、環境省で採用された有害性指標を優先して引用した。なお、今回、全ての評価対象物質について、有害性指標は環境省から引用した。

発がん性の有害性指標として、ユニットリスク及びがん過剰発生率が5%になる濃度（以下、 $TC_{0.05}$ ）、発がん性以外の有害性指標として、無毒性量等を引用した。

2.5.3 リスクの評価及び判定

リスクの評価及び判定は、有害性指標を引用した先の手法に基づいた。今回、全ての評価対象物質について、有害性指標は環境省リスク評価書から引用したため、環境省の手法に基づいた。

2.5.3.1 リスク指標

発がん性のリスク指標について、有害性指標としてユニットリスクを用いる場合は、式(1)から生涯におけるがん過剰発生率を、 $TC_{0.05}$ を用いる場合は、式(2)からEPI (Exposure/Potency Index) を算出した。

生涯におけるがん過剰発生率

$$= \text{ユニットリスク} ((\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}) \times \text{暴露濃度} (\mu\text{g}/\text{m}^3) \quad \text{式(1)}$$

$$\text{EPI} = \text{暴露濃度} (\mu\text{g}/\text{m}^3) \div \text{TC}_{0.05} (\text{mg}/\text{m}^3) \div 1,000 (\mu\text{g}/\text{mg})$$

・・・式(2)

発がん性以外のリスク指標については、有害性指標として無毒性量等を用い、式(3)からMOE (Margin of Exposure) を算出した。

$$\text{MOE} = \text{無毒性量等} (\text{mg}/\text{m}^3) \div \text{暴露濃度} (\mu\text{g}/\text{m}^3) \times 1,000 (\mu\text{g}/\text{mg})$$

・・・式(3)

2.5.3.2 リスクの判定

それぞれリスク指標の大きさにより3段階にレベル分けし、リスクの判定を行った。表4にリスクの判定基準及び本市におけるリスクの判定を示す。

なお、ここでは、いずれかのリスク指標及び地域でリスクの判定がレベル1 (×) 又はレベル2 (△) であった場合、「環境リスクの懸念がある」と表現することにする。

表4 リスクの判定基準及び本市におけるリスクの判定

レベル	判定基準			本市におけるリスクの判定
	発がん性		発がん性以外	
	生涯におけるがん過剰発生率	EPI	MOE	
1 (×)	10 ⁻⁵ 以上	2.0×10 ⁻⁴ 以上	10 未満	環境リスクの低減対策について検討すべき物質
2 (△)	10 ⁻⁶ 以上 10 ⁻⁵ 未満	2.0×10 ⁻⁵ 以上 2.0×10 ⁻⁴ 未満	10 以上 100 未満	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
3 (○)	10 ⁻⁶ 未満	2.0×10 ⁻⁵ 未満	100 以上	現時点で環境リスクの低減対策の必要性はないと考えられる物質

3 環境リスク評価結果

物質ごとの暴露量、有害性及び環境リスクの評価結果を以下に示す。なお、地域区分の項で述べたとおり、臨海部の産業道路以南は、評価対象から除外した。

3.1 暴露量の評価結果

3.1.1 アクリル酸ブチル

アクリル酸ブチルの暴露量の評価結果を表5に示す。内陸部及び丘陵部においては、実測最大濃度が予測最大濃度よりも高いが、臨海部においては、予測最大濃度が実測最大濃度よりも高い。従って、安全側の評価をする観点も含め、内陸部及び丘陵部においては実測最大濃度を用いるが、予測最大濃度は固定発生源近傍の濃度をよく反映していると考えられるため、臨海部においては、予測最大濃度も評価に用いることとした。

表5 アクリル酸ブチルの暴露量の評価結果 (μg/m³)

地域	予測濃度 (2012 年度)		実測最大濃度 (2007 年度)
	最大濃度	測定地点*1	
臨海部*2	0.30	0.025	0.037
内陸部	0.0055	0.0022	0.043
丘陵部	0.0011	0.00071	0.033

*1 実測濃度の測定地点を含むメッシュの予測濃度

*2 大師一般環境大気測定局

3.1.2 3価クロム化合物

現在、大気粉じん中のクロム及びその化合物（以下、全クロム）中の3価クロム化合物のみを測定する方法が確立していないため、暴露量において安全側に評価できるよう、全クロムについて評価を実施し、その結果を3価クロム化合物の暴露量の評価結果として表6に示した。全ての地域で、予測最大濃度は実測濃度よりも1～2桁低かった。この理由として、次のことが考えられる。

- (1) 予測濃度におけるPRTR排出量（届出及び届出外排出量）の過小評価
- (2) 濃度予測において考慮されていない発生源の寄与
例えば、自然由来粒子や排出後に地上沈着した粒子の巻き上げ

従って、安全側の評価をする観点も含め、実測濃度をリスクの評価で用いる暴露濃度とする。

表6 3価クロム化合物の暴露量の評価結果 (μg/m³)

地域	予測濃度 (2012 年度)		実測濃度 (2013 年度)
	最大濃度	測定地点*1	
臨海部*2	0.00072	0.00024*2	0.047
内陸部	0.00015	0.000077	0.0039
丘陵部	0.00011	0.000075	0.0031

*1 実測濃度の測定地点を含むメッシュの予測濃度

*2 池上自動車排出ガス測定局

3.1.3 1,2,4-トリメチルベンゼン

1,2,4-トリメチルベンゼンの暴露量の評価結果を表7に示す。全ての地域において、予測最大濃度よりも実測濃度が高かったため、安全側の評価をする観点も含め、実測濃度をリスクの評価で用いる暴露濃度とする。

表7 1,2,4-トリメチルベンゼンの暴露量の評価結果 (μg/m³)

地域	予測濃度 (2012 年度)		実測濃度 (2013 年度)
	最大濃度	測定地点*1	
臨海部*2	0.45	0.15	2.2
内陸部	0.14	0.11	1.6
丘陵部	0.21	0.15	1.6

*1 実測濃度の測定地点を含むメッシュの予測濃度

*2 池上自動車排出ガス測定局

3.1.4 フェノール

フェノールの暴露量の評価結果を表8に示す。全ての地域において、予測最大濃度よりも実測最大濃度が高かった。従って、安全側の評価をする観点も含め、実測最大濃度をリスクの評価で用いる暴露濃度とする。

表8 フェノールの暴露量の評価結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

地域	予測濃度 (2012年度)		実測最大濃度 (2008年度)
	最大濃度	測定地点*1	
臨海部*2	0.016	0.0080	0.065
内陸部	0.0062	0.0020	0.080
丘陵部	0.0027	0.0015	0.097

*1 実測濃度の測定地点を含むメッシュの予測濃度

*2 大師一般環境大気測定局

3.1.5 1-プロモプロパン

1-プロモプロパンの暴露量の評価結果を表9に示す。全ての地域において、予測最大濃度よりも実測最大濃度が高かった。従って、安全側の評価をする観点も含め、実測最大濃度をリスクの評価で用いる暴露濃度とする。

表9 1-プロモプロパンの暴露量の評価結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

地域	予測濃度 (2012年度)		実測最大濃度 (2012年度)
	最大濃度	測定地点*1	
臨海部*2	0.18	0.038	0.56
内陸部	0.058	0.043	0.53
丘陵部	0.43	0.062	0.54

*1 実測濃度の測定地点を含むメッシュの予測濃度

*2 大師一般環境大気測定局

3.1.6 メタクリル酸

メタクリル酸の暴露量の評価結果を表10に示す。内陸部及び丘陵部においては、実測最大濃度が予測最大濃度よりも高いが、臨海部においては、予測最大濃度が実測最大濃度よりも高い。従って、安全側の評価をする観点も含め、実測最大濃度を用いる。但し、予測最大濃度は固定発生源近傍の濃度をよく反映していると考えられるため、臨海部においては、予測最大濃度も評価に用いる。

表10 メタクリル酸の暴露量の評価結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

地域	予測濃度 (2012年度)		実測最大濃度 (2008年度)
	最大濃度	測定地点*1	
臨海部*2	0.043	0.0036	0.0057
内陸部	0.00070	0.00022	0.0057
丘陵部	0.00013	0.000082	0.0058

*1 実測濃度の測定地点を含むメッシュの予測濃度

*2 大師一般環境大気測定局

3.1.7 メタクリル酸メチル

メタクリル酸メチルの暴露量の評価結果を表11に示す。内陸部及び丘陵部においては、実測最大濃度が予測最大濃度よりも高いが、臨海部においては、予測最大濃度が実測最大濃度よりも高い。従って、安全側の評価をする観点も含め、実測最大濃度を用いる。但し、予測最大濃度は固定発生源近傍の濃度をよく反映していると考えられるため、臨海部においては、予測最大濃度も評価に用いる。

表11 メタクリル酸メチルの暴露量の評価結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

地域	予測濃度 (2012年度)		実測最大濃度 (2007年度)
	最大濃度	測定地点*1	
臨海部*2	2.0	0.17	0.48
内陸部	0.051	0.011	0.47
丘陵部	0.0080	0.0055	0.30

*1 実測濃度の測定地点を含むメッシュの予測濃度

*2 大師一般環境大気測定局

3.1.8 ベンゾ[a]ピレン

ベンゾ[a]ピレンの暴露量の評価結果を表12に示す。ベンゾ[a]ピレンは、PRTRの第一種指定化学物質でないため排出量情報がなく、予測濃度が算出できない。そのため、実測濃度をリスクの評価で用いる暴露濃度とする。

表12 ベンゾ[a]ピレンの暴露量の評価結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

地域	実測濃度 (2013年度)
臨海部*1	0.0012
内陸部	0.00025
丘陵部	0.00018

*1 池上自動車排出ガス測定局

3.2 有害性の評価結果

環境省の「化学物質の環境リスク評価」⁴⁾で採用された有害性指標と不確実係数を整理した。引用した有害性指標を表13に示す。

表 13 引用した有害性指標

物質名	有害性の種類	無毒性量等及び有害性指標	不確実係数	引用元
アクリル酸ブチル	発がん性以外	無毒性量等* 1.3mg/m ³ LOAEL ラット 嗅上皮の萎縮、過形成など	LOAEL : 10	環境省
3価クロム化合物	発がん性以外	無毒性量等* 0.005mg/m ³ LOAEL ラット リンパ組織増生、肺胞の慢性炎症やII型肺 胞上皮の増殖など	LOAEL : 10 試験期間 : 10	環境省
1, 2, 4- トリメチルベンゼン	発がん性以外	無毒性量等* 2.2mg/m ³ NOAEL ラット 行動(神経系)への影響、気管支周囲の変性	試験期間 : 10	環境省
フェノール	発がん性以外	無毒性量等* 4.5mg/m ³ NOAEL ヒト 上気道刺激症状や体重減少など	—	環境省
1-ブロモプロパン	発がん性以外	無毒性量等* 0.13mg/m ³ LOAEL ヒト 振動感覚閾値の上昇、赤血球数の減少	LOAEL : 10	環境省
メタクリル酸	発がん性以外	無毒性量等* 0.13mg/m ³ LOAEL ラット 鼻甲介前部の炎症性変化	LOAEL : 10 試験期間 : 10	環境省
メタクリル酸メチル	発がん性以外	無毒性量等* 18mg/m ³ NOAEL ラット 嗅上皮の変性及び萎縮、基底細胞の過形成など	—	環境省
ベンゾ[a]ピレン	発がん性	ユニットリスク 8.7×10 ⁻² (μg/m ³) ⁻¹ ヒト	—	環境省
		TC _{0.05} 1.57mg/m ³ ハムスター 呼吸器系(鼻腔、喉頭、気管)の腫瘍	—	
	発がん性以外	無毒性量等* 0.00042mg/m ³ LOAEL ラット 出生率の低下	LOAEL : 10	

NOAEL : 無毒性量 LOAEL : 最小毒性量

※無毒性量等は週 168 時間 (24 時間/日、7 日/週) 暴露に換算した。

また、動物実験からの有害性指標を用いた場合は、上記の無毒性量等を不確実係数 10 で除してリスク評価に使用した。

3.3 本市におけるリスクの評価結果

本市におけるリスクの評価結果を表 14 に示す。

今年度は、アクリル酸ブチル、3価クロム化合物、1, 2, 4-トリメチルベンゼン、フェノール、1-ブロモプロパン、メタクリル酸、メタクリル酸メチル及びベンゾ[a]ピレンの 8 物質について評価を実施した。

ベンゾ[a]ピレン (発がん性) は、全ての地域でレベル 1 (×) であった。また、ベンゾ[a]ピレン (発がん性以外) については臨海部でレベル 1 (×)、内陸部及び丘陵部においてはレベル 2 (△) であった。従って、同物質については、全市域において発がん性、発がん性以外のいずれもリスクの懸念があった。

3 価クロム化合物は、臨海部においてレベル 2 (△)

であり、臨海部において環境リスクの懸念があった。

それ以外の 6 物質については、いずれも全ての地域でレベル 3 (○) であり、今回の調査においては、環境リスクの懸念は見受けられなかった。

なお、リスクの懸念があった物質の評価については、全国を対象とした環境省又は NITE&CERI の環境リスク評価においてもほぼ同様の結果であった。ただし、本市の評価結果において現時点でリスクの懸念なしとされた、1, 2, 4-トリメチルベンゼン、1-ブロモプロパン及びメタクリル酸については、環境省の全国評価結果において、情報収集等を行う必要がある物質とされていることに留意が必要である。

表 14 本市におけるリスクの評価結果

No.	評価対象物質	有害性の種類	暴露濃度データ	評価結果			(参考) 全国の状況	
				臨海部	内陸部	丘陵部	環境省	NITE&CERI
1	アクリル酸ブチル	発がん性以外	実測 2007 (最大値)	○	○	○	○	—
2	3 価クロム化合物	発がん性以外	実測 2013 (年平均値)	△	○	○	×	—
3	1, 2, 4-トリメチルベンゼン	発がん性以外	実測 2013 (年平均値)	○	○	○	△	—
4	フェノール	発がん性以外	実測 2008 (最大値)	○	○	○	○	—
5	1-ブロモプロパン	発がん性以外	実測 2012 (最大値)	○	○	○	※	—
6	メタクリル酸	発がん性以外	実測 2008 (最大値)	○	○	○	※	○
7	メタクリル酸メチル	発がん性以外	実測 2007 (最大値)	○	○	○	○	○
8	ベンゾ[a]ピレン	発がん性	実測 2013 (年平均値)	×	×	×	×	—
		発がん性以外		×	△	△	×	—

×：レベル1 △：レベル2 ○：レベル3

※：実測濃度を用いた評価では○となるが、高排出事業所近傍の推定濃度では×となるため、「一般環境大気の吸入暴露による健康リスクの評価に向けて吸入暴露の情報収集等を行う必要があると考えられる。」としている。

4 まとめ

本市において大気へ排出がある物質又は環境省の環境リスク評価で「情報収集に努める必要があると考えられる。」「詳細な評価を行う候補と考えられる。」に判定されている物質の中で、環境リスク評価を実施する上で必要な情報（有害性指標、PRTR 排出量、実測濃度）が入手できる8物質について、リスク評価を実施した。その結果、ベンゾ[a]ピレンは市域全体において、3価クロム化合物は臨海部においてそれぞれ環境リスクの懸念があると考えられた。

本報告での環境リスク評価は、安全側にたった評価であるが、環境リスクの懸念があった物質については、今後、排出状況や予測濃度を考慮した測定地点での環境調査を実施し、実測濃度による暴露量データを充実させ、詳細な環境リスク評価を検討する予定である。

謝辞

化学物質の環境リスク評価の実施にあたり、川崎市化学物質対策検討委員会の委員の方々から多大なる御指導と御鞭撻を賜りました。ここに深謝の意を表します。

文献

- 川崎市：化学物質の環境リスク評価結果報告書
<http://www.city.kawasaki.jp/kurashi/category/29-1-3-1-10-0-0-0-0-0.html>

- 小林勉：川崎市における化学物質の環境リスク低減に関する取組、環境管理、Vol. 48 (No. 12)、24～31 (2012)
- 西村和彦、福永顕規、吉川奈保子、富樫眞一、小林勉、中村弘造：川崎市における化学物質の環境リスク評価 (2013 年度)、川崎市環境総合研究所年報、第2号、35～41 (2014)
- 環境省：化学物質の環境リスク評価
<http://www.env.go.jp/chemi/risk/index.html>
- 独立行政法人製品評価技術基盤機構、一般財団法人化学物質評価研究機構：初期リスク評価書
<http://www.safe.nite.go.jp/japan/sougou/view/IntrmSrchIntlRskList.jp.faces>