

川崎市における化学物質の環境リスク評価

Environmental Risk Assessment of Chemical Substances in Kawasaki City

西村 和彦

Kazuhiko NISHIMURA

福永 顕規

Akinori FUKUNAGA

吉川 奈保子

Nahoko YOSHIKAWA

富樫 眞一*

Shinichi TOGASHI

小林 勉*

Tsutomu KOBAYASHI

青木 和昭

Kazuaki AOKI

要旨

川崎市は京浜工業地帯の中核にあり、多くの化学物質が使用されていることから、それによる環境リスクが懸念されている。川崎市では、大気経路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、2011～2012年度には、アセトアルデヒド、ナフタレン、アクロレイン、3-クロロプロペン及びn-ヘキサン¹⁾の5物質について環境リスク評価を実施した。その結果、アクロレインは市内全体において、ナフタレン及びn-ヘキサンは臨海部において環境リスクの懸念があった。アセトアルデヒド及び3-クロロプロペンは、現時点で環境リスクの懸念はないと考えられた。

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

川崎市は京浜工業地帯の中核にあり、様々な業種の事業所で多くの化学物質が使用されていることから、それによる環境リスクが懸念されている。川崎市では、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する¹⁾とともに、その低減に向けた取組を進めている。2011～2012年度には、5物質の環境リスク評価を実施したので報告する。

2 評価対象リスク

川崎市では、PRTR（化学物質排出移動量届出制度）で把握できる届出排出量のうち、大気への排出量が約9割を占める（2011年度）。従って、川崎市内で排出された化学物質による市民への健康影響を考慮した場合、大気を經由して呼吸により市民に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市民に摂取された場合（吸入暴露）の健康リスクを対象とした。

3 地域区分

川崎市では、川崎市環境基本計画において、自然的かつ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、その特性に応じて環境対策を実施している。その考え方にに基づき、この3地域ごとに評価を行った。ただし、臨海部の一般公衆が通常生活していない工業専用地域等は、評価対象から除外した。地域区分を図1に示す。

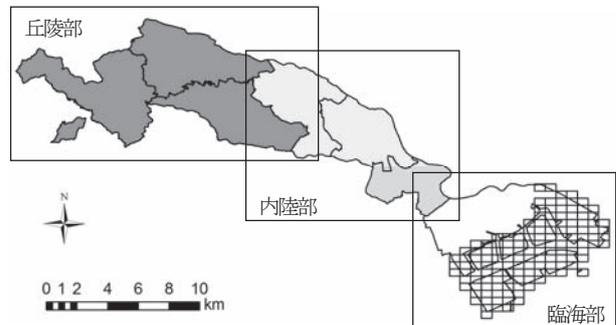


図1 地域区分

（評価対象から除外した地域をメッシュで表示）

4 評価対象物質

大気への排出があるPRTR対象物質のうち、長期間の摂取による重大な有害性である発がん性が懸念される物質として、IARC（国際がん研究機構）の分類で2B群のアセトアルデヒド及びナフタレンを、環境リスクが高いと考えられる物質として、大気排出量に有害性係数（吸入無毒性量や許容濃度の逆数）を乗じて選定スコアを算出し、それが大きいアクロレイン、3-クロロプロペン及びn-ヘキサンを選定した。評価対象物質を表1に示す。

表1 評価対象物質

| 評価対象物質 | 選定理由 |
|-----------|-----------------|
| アセトアルデヒド | IARCの発がん性分類で2B群 |
| ナフタレン | |
| アクロレイン | 選定スコア*上位 |
| 3-クロロプロペン | |
| n-ヘキサン | |

*選定スコア＝大気排出量×有害性係数（吸入無毒性量や許容濃度の逆数）

5 評価実施年度

アクロレイン、アセトアルデヒド及び3-クロロプロペンの3物質は2011年度に、ナフタレン及びn-ヘキサンの2物質は2012年度に環境リスク評価を実施した。なお、環境リスク評価の実施にあたっては、その時点で入手可能なデータ（PRTR 排出量、気象データ、実測濃度、有害性指標等）を用いた。

6 評価手順

大気中の化学物質が、長期間にわたって呼吸により市民に摂取される量を評価する暴露量の評価及びどの程度の量の化学物質を摂取すると有害なのかを評価する有害性の評価を行い、暴露量の評価と有害性の評価の結果からリスクの評価を行った。

6.1 暴露量の評価

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市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か実測濃度のどちらを用いるかは、各物質の排出実態や物理化学的性質等を考慮して、安全側に立った観点から物質ごとに判断した。

6.1.1 数理モデルによる大気濃度の予測

数理モデルとして、経済産業省一低煙源工場拡散モデル（以下、「METI-LIS」という。）及び産業技術総合研究所一曝露・リスク評価大気拡散モデル（以下、「ADMER」という。）を組み合わせて、年間の大気濃度を予測した。

基本的な考え方として、METI-LIS で川崎市内の PRTR 届出対象事業所の排出による影響を予測し、ADMER で PRTR 届出対象事業所以外の事業所、家庭及び自動車などからの排出による影響並びにMETI-LIS で計算対象とした地域を除く神奈川県、東京都及び千葉県の PRTR 届出対象事業所からの排出による移流の影響を予測することとした。

METI-LIS 及び ADMER のいずれにおいても最終的に1/2地域メッシュ（約500mメッシュ）（以下、「4次メッシュ」という。）ごとの濃度を算出し、同じ4次メッシュの濃度を足し合わせた。具体的には、METI-LIS では、200m間隔での予測濃度を算出し、同じ4次メッシュの中に含まれる予測濃度を平均した値を、その4次メッシュの予測濃度とした。また、ADMER では、約5kmメッシュの予測濃度が得られるため、4次メッシュには、その4次メッシュが属する約5kmメッシュの予測濃度と同じ値を割り振った。なお、METI-LIS では、点源の数が多くなると計算時間が長くなるため、7つの行政区ごとにMETI-LIS 及び ADMER の予測を行った。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、n-ヘキサンの予測大気濃度を図2に示す。

4次メッシュごとに予測した大気濃度のうち、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 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、それ以外は川崎市の各測定局での観測値 |
| 点源 | PRTR 届出排出量（大気） （川崎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 における設定条件

| 項目 | 設定条件 |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 計算範囲 | 神奈川県、東京都及び千葉県の一部 |
| 気象データ | AMEDAS データのみから作成 |
| 点源排出量 | PRTR 届出排出量（大気） （METI-LIS で対象とした行政区を除く川崎市） |
| 市区町村別排出量 | PRTR 届出排出量（大気） （川崎市を除く神奈川県） |
| 県別排出量 | PRTR 届出排出量（大気） （東京都及び千葉県） 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 予測大気濃度（n-ヘキサン）

6.1.2 大気濃度の実測

川崎市では、大気汚染防止法に基づく常時監視として、有害大気汚染物質の大気環境モニタリングを月に1回（24時間試料採取）の頻度で実施している。測定地点は、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の計4地点であり、暴露量の評価においても同じ地点の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大きい方を暴露濃度とした。測定地点を図3に示す。

なお、特に記載のない場合は、暴露濃度として、毎月年12回の実測濃度から年平均値を算出した。

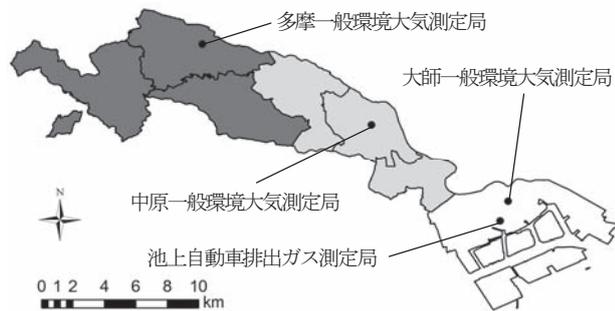


図3 実測濃度の測定地点

6.2 有害性の評価

有害性については、環境省の「化学物質の環境リスク評価」²⁾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」という。)の「初期リスク評価書」³⁾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。

有害性は、発がん性と発がん性以外の健康影響に分けて評価するが、今回発がん性の観点から選定したアセトアルデヒド及びナフタレンについては、環境省及びNITE&CERIで発がん性についての有害性指標が設定されていないため、いずれも発がん性以外の有害性指標を引用した。

6.3 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、全ての対象物質について、発がん性以外の有害性指標を用いているため、MOE (Margin of Exposure) を算出して評価した。環境省では、不確実係数を考慮した無毒性量等 (mg/m^3) と暴露濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) から MOE を算出し、3段階でリスクを判定している。²⁾NITE&CERI では、無毒性量等 ($\text{mg}/\text{kg}/\text{日}$) と1日推定吸入摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$) から MOE を算出し、MOE と不確実係数積を比較して、2段階でリスクを判定している。³⁾なお、1日推定吸入摂取量は暴露濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) からヒトの呼吸量 ($20\text{m}^3/\text{人}/\text{日}$) と体重 ($50\text{kg}/\text{人}$) から算出する。川崎市におけるリスクの判定を表4及び表5に示す。

表4 環境省の手法に基づく川崎市におけるリスクの判定

| レベル | 判定基準 | 川崎市におけるリスクの判定 |
|----------|----------------------------|-------------------------------|
| 1 (×) | $\text{MOE} < 10$ | 環境リスクの低減対策について検討すべき物質 |
| 2 (△) | $10 \leq \text{MOE} < 100$ | 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 (○) | $100 \leq \text{MOE}$ | 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 |

表5 NITE&CERIの手法に基づく川崎市におけるリスクの判定

| レベル | 判定基準 | 川崎市におけるリスクの判定 |
|----------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 (×) | $\text{MOE} \leq \text{不確実係数積}$ | 環境リスクの低減対策について検討すべき物質 |
| 3 (○) | $\text{不確実係数積} < \text{MOE}$ | 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 |

7 環境リスク評価結果

7.1 暴露量の評価結果

7.1.1 アセトアルデヒド

アセトアルデヒドの暴露量の評価結果を表6に示す。3地域全てにおいて、予測最大濃度は実測濃度と比較して1桁オーダーが低かった。この理由として、アセトアルデヒドは光反応により2次生成するが、METI-LIS及びADMERでは2次生成を考慮していないことが考えられた。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した。

表6 アセトアルデヒドの暴露量の評価結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| 地域 | 予測濃度 (2008年度) | | 実測濃度 (2010年度) |
|-----|---------------|--------------------|-------------------|
| | 最大濃度 | 測定地点 ^{*1} | |
| 臨海部 | 0.67 | 0.39 ^{*2} | 3.0 ^{*2} |
| 内陸部 | 0.48 | 0.42 | 2.2 |
| 丘陵部 | 0.49 | 0.42 | 2.0 |

*1 実測濃度の測定地点における予測濃度

*2 池上自動車排出ガス測定局

7.1.2 ナフタレン

ナフタレンの暴露量の評価結果を表7に示す。ナフタレンは川崎市における実測濃度がなかったため、予測最大濃度をリスクの評価で用いる暴露濃度とした。

表7 ナフタレンの暴露量の評価結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| 地域 | 予測最大濃度 (2010年度) |
|-----|-----------------|
| 臨海部 | 0.38 |
| 内陸部 | 0.085 |
| 丘陵部 | 0.089 |

7.1.3 アクロレイン

アクロレインの暴露量の評価結果を表8に示す。川崎市におけるアクロレインの実測濃度として、2010年度の測定結果があるが、年2回の測定であるため、その平均値を年平均値として取り扱うことは不適切であると考えた。また、アクロレインは光反応で2次生成すると考えられるが、METI-LIS及びADMERでは2次生成を考慮していないため、予測濃度は実際の濃度より低い可能性が考えられた。従って、年間の平均的な濃度で評価する観点から予測最大濃度を、安全側の評価をする観点から実測最大濃度を用いてリスクを評価することとした。

表8 アクロレインの暴露量の評価結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| 地域 | 予測濃度 (2008年度) | | 実測濃度 (2010年度) | |
|-----|---------------|---------|---------------|--------|
| | 最大濃度 | 測定地点*1 | 夏季 | 冬季 |
| 臨海部 | 0.047 | 0.038*2 | 0.075*2 | 0.31*2 |
| 内陸部 | 0.061 | 0.053 | 0.037 | 0.30 |
| 丘陵部 | 0.063 | 0.054 | 0.082 | 0.022 |

*1 実測濃度の測定地点における予測濃度

*2 大師一般環境大気測定局

7.1.4 3-クロロプロペン

3-クロロプロペンの暴露量の評価結果を表9に示す。実測濃度は全て検出下限値未満であり、実測濃度は「有害大気汚染物質測定方法マニュアル(平成23年3月改定)」⁴⁾に基づく各月の測定における検出下限値の1/2を平均した値で、実際の大气濃度を示すものではない。また、臨海部及び内陸部においては、予測最大濃度が実測濃度より高く、安全側の評価をする観点も含め、予測最大濃度をリスクの評価で用いる暴露濃度とした。

表9 3-クロロプロペンの暴露量の評価結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| 地域 | 予測濃度 (2008年度) | | 実測濃度 (2010年度) |
|-----|---------------|---------|---------------|
| | 最大濃度 | 測定地点*1 | |
| 臨海部 | 0.31 | 0.099*2 | 0.024*2,3 |
| 内陸部 | 0.038 | 0.0083 | 0.023*3 |
| 丘陵部 | 0.0057 | 0.0038 | 0.023*3 |

*1 実測濃度の測定地点における予測濃度

*2 池上自動車排出ガス測定局

*3 全て検出下限値未満のため検出下限値の1/2の平均値

7.1.5 n-ヘキサン

n-ヘキサンの暴露量の評価結果を表10に示す。臨海部及び内陸部においては、予測最大濃度が実測濃度より高く、特に臨海部においては、予測最大濃度は排出量の多い事業所近傍の濃度をよく反映していると考えられた。従って、安全側の評価をする観点も含め、予測最大濃度をリスクの評価で用いる暴露濃度とした。ただし、丘陵部については、予測最大濃度より実測濃度が高いことに留意する必要がある。

表10 n-ヘキサンの暴露量の評価結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| 地域 | 予測濃度 (2010年度) | | 実測濃度 (2011年度) |
|-----|---------------|--------|---------------|
| | 最大濃度 | 測定地点*1 | |
| 臨海部 | 47 | 7.0*2 | 3.0*2 |
| 内陸部 | 1.7 | 0.93 | 1.6 |
| 丘陵部 | 0.95 | 0.67 | 2.0 |

*1 実測濃度の測定地点における予測濃度

*2 池上自動車排出ガス測定局

7.2 有害性の評価結果

環境省の「化学物質の環境リスク評価」²⁾又はNITE&CERIの「初期リスク評価書」³⁾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11に示す。

3-クロロプロペンのみ環境リスク評価の実施当時(2011年度)に、環境省から人の健康に関する環境リスク評価結果が公表されておらず(2013年3月に公表された²⁾)、NITE&CERIから有害性指標を引用した。

表11 引用した有害性指標

| 物質名 | 有害性の種類 | 有害性指標 | 不確実係数 | 引用先 |
|-----------|--------|------------------------------------------------------------|---------------------|-----------|
| アセトアルデヒド | 発がん性以外 | 4.9 mg/m ³ *1 NOEL ラット 肺洗浄液中の食細胞数の減少、嗅覚上皮の変性 | 試験期間:10 | 環境省 |
| ナフタレン | 発がん性以外 | 0.94 mg/m ³ *1 LOAEL ラット及びマウス 鼻粘膜の変性 | LOAEL:10 | 環境省 |
| アクロレイン | 発がん性以外 | 0.0016 mg/m ³ *1 LOAEL ラット 鼻粘膜の変性 | 試験期間:10 LOAEL:10 | 環境省 |
| 3-クロロプロペン | 発がん性以外 | 5.5 mg/kg/日 NOAEL ラット 神経毒性 | 種差:10 個人差:10 | NITE&CERI |
| n-ヘキサン | 発がん性以外 | 1 mg/m ³ LOAEL ヒト 頭痛、四肢知覚異常、筋力低下等 | LOAEL:10 その他*2:5 | 環境省 |

NOAEL:無毒性量 LOAEL:最小毒性量 NOEL:無影響量

有害性指標は全て週168時間(24時間/日、7日/週)暴露に換算

*1 動物実験からの有害性指標を用いる場合は、さらに不確実係数10で除してリスクの評価に使用

*2 対象者が少ないことや暴露履歴が不明であること等を考慮

表12 リスクの評価結果

| 物質名 | 暴露濃度 | 有害性の種類 | 臨海部 | 内陸部 | 丘陵部 | 環境省*1 | NITE&CERI*1 |
|-----------|----------------------|----------|-----|-----|-----|--------|-------------|
| アセトアルデヒド | 実測濃度 | 発がん性以外 | ○ | ○ | ○ | △ | ○*2 |
| ナフタレン | 予測最大濃度 | 発がん性以外*3 | △ | ○ | ○ | △ | — |
| アクロレイン | 予測最大濃度及び 実測最大濃度*4 | 発がん性以外 | × | × | × | 判定不可*5 | × |
| 3-クロロプロペン | 予測最大濃度 | 発がん性以外 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| n-ヘキサン | 予測最大濃度 | 発がん性以外 | △ | ○ | ○ | △ | — |

×：レベル1 △：レベル2 ○：レベル3

—：現時点で環境リスク評価が実施されていない

*1 川崎市におけるリスクの判定に当てはめて表示

*2 室内空気の吸入暴露量から評価

*3 MOEの算出において、さらに発がん性を考慮した不確実係数5で除して評価

*4 どちらを用いても同じ評価結果

*5 暴露濃度として採用された実測濃度が検出下限値未満で、検出下限値が有害性指標（動物実験からの不確実係数10も考慮）より大きい

7.3 リスクの評価結果

リスクの評価結果を表12に示す。アクロレインは全ての地域でレベル1（×）であり、市内全体においてリスクの懸念があった。また、ナフタレン及びn-ヘキサンは臨海部でレベル2（△）であり、地域的なリスクの懸念があった。アセトアルデヒド及び3-クロロプロペンは全ての地域でレベル3（○）であり、現時点でリスクの懸念はないと考えられた。

なお、リスクの懸念があったアクロレイン、ナフタレン及びn-ヘキサンについては、環境省又はNITE&CERIの環境リスク評価においても同様の結果であった。

8 今後の課題

環境リスクの懸念があったアクロレイン、ナフタレン及びn-ヘキサンについては、今後、排出状況、大気濃度、リスク要因等を詳細に調査する必要があると考えられる。

大気濃度の調査においては、アクロレインは実測濃度のデータが少ないため、市内全体における年間の平均的な濃度を把握し、n-ヘキサンは臨海部における詳細な濃度を把握する必要がある。ナフタレンは実測濃度がないため、その両方を把握することが必要である。

9 まとめ

発がん性が懸念される物質及び環境リスクが高いと考えられる物質として5物質を選定し、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た。その結果、アクロレインは市内全体において環境リスクの懸念があり、ナフタレン及びn-ヘキサンは臨海部において環境リスクの懸念があった。一方、アセトアルデヒド及び3-クロロプロペンは、現時点で環境リスクの懸念

はないと考えられた。

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、大気濃度、リスク要因等を詳細に把握する必要があると考えられる。

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

- 1) 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/29-1-3-0-0-0-0-0-0-0.html>
- 2) 環境省：化学物質の環境リスク評価(2002～2013)
<http://www.env.go.jp/chemi/risk/index.html>
- 3) 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(2005～2009)
http://www.safe.nite.go.jp/risk/syoki_risk.html
- 4) 環境省：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）(2011)
<http://www.env.go.jp/air/osen/manual2/index.html>