

2023年7月21日

「室蘭市高砂町1丁目水質基準値超過に係る健康影響評価検討」 報告書（第3報）

1. 目的（公開）

令和4年6月16日、室蘭市高砂町1丁目25番街区の住民から水道水の異臭に関する問い合わせがあり、周辺数箇所で試掘調査を行ったところ、1箇所で水道管周りの土壤に油成分が確認された。このため、配水ルートを切り替えて対応し、臭いは解消したが、油成分を含む土壤中を通過する水道管から採水した水道水より、国が定めた水質基準値（0.01 mg/L）を超えるベンゼン 0.02 mg/L と油の臭気が確認された。また、配水ルート切り替え後、未使用となっているガソリンスタンド前面の水道管のたまり水から、水質基準値を超えるベンゼン（最大濃度 7.6 mg/L）を検出した。

隣接するガソリンスタンドから消防本部に対し、地下埋設管からの漏洩の報告があり、ガソリンスタンド運営会社が、敷地内において実施した土壤・地下水調査の結果、基準値を超えるベンゼン（最大濃度土壤溶出量 0.64 mg/L, 地下水 5.1 mg/L）が検出されたことと、ガソリンスタンドから土壤に漏洩したガソリンに含まれるベンゼンが、ポリエチレン製の配水管に混入したと判断したことを公表した。

ベンゼンによる健康影響が懸念されることから、室蘭市は令和4年9月と10月に、対象街区の住民及び就業者について、質問票による健康状態・生活状況調査、一般血液・尿検査、ベンゼン等ガソリン成分の尿中濃度測定による健康影響調査（第1回目調査と称す）を実施した。そして、令和5年1月にベンゼンとトルエンの尿中代謝物の濃度測定と、当該地区からの転出者への質問紙による調査（第2回目調査と称す）を行った。令和5年4月にベンゼンとトルエンの尿中代謝物の濃度測定と、更に尿中代謝物の t, t-ムコン酸の濃度測定を追加したので報告する。

2. 方法（公開）

A. ベンゼン、トルエン及び t, t-ムコン酸の尿中代謝物の第3回目調査の方法

A-1) 第3回目調査の対象者

第3回目の調査対象者を、水道水の異臭に関する問い合わせのあった令和4年6月16日時点の対象街区の高砂町1丁目25街区における人と前面道路の地下水が基準値を超えた25街区に隣接する12街区の一部の居住者33人と就業者19人の計52人とした。令和5年4月25日に1人、4月27日に27人、4月28日に12人、5月1日に2人、合計42人（居住者25人、就業者17人）が調査に参加した。そのうち、男性は20人、女性は22人で、年齢の平均値（標準偏差）は55.2歳（18.8歳）であった。残りの10人は調査に参加しなかった。

A-2) 調査項目

ベンゼンの尿中代謝物として、フェノールをガスクロマトグラフで測定した（株BML）。

トルエンの尿中代謝物として、馬尿酸を高速液体クロマトグラフで測定した（株SRL）。

また、今回からベンゼンの尿中代謝物として、米国産業衛生専門家会議（American Conference of Governmental Industrial Hygienists. ACGIH）によるベンゼン曝露の生物学的曝露指標（Biological Exposure Indices : BEI）として用いられる尿中 t, t-ムコン酸¹⁾を液体クロマトグラフで測定した（中央労働災害防止協会労働衛生調査分析セン

ター)。また、尿中クレアチニンを測定し、t, t-ムコン酸のクレアチニン補正も行った。

3. 結果 (公開)

A-1) ベンゼン、トルエンの尿中代謝物の第3回目調査の結果

表 A-1-1 のとおり、全対象者の尿中フェノール値の中央値、平均値、標準偏差はそれぞれ、第1回目調査 33 人では 5.4mg/L、12.6 mg/L、16.7 mg/L で、第2回目調査 42 人では 5.6 mg/L、14.3 mg/L、20.9 mg/L、第3回目調査 42 人では 7.1 mg/L、13.4 mg/L、15.4 mg/L であった。尿中フェノール値の調査毎の分布に統計学的有意差は認められず (対応のある Wilcoxon 検定でいずれも $p>0.05$)、また居住者と就業者間にも統計学的有意差は認められなかった (Mann-whitney U 検定いずれも $p>0.05$)。尿中フェノール値が、ベンゼンへの曝露が疑われる 25.0 mg/L²⁾ よりも高い値を示した人数は、第1回目は 4 人、第2回目は 6 人、第3回目調査では 9 人であり、第1回から第3回の全てにおいて 25.0 mg/L より高かった者は 1 名であった。

表 A-1-2 のとおり、全対象者の尿中馬尿酸値の中央値、平均値、標準偏差はそれぞれ、第1回目 33 人では 0.130 g/L、0.175 g/L、0.196 g/L で、第2回目調査 42 人では 0.140 g/L、0.215 g/L、0.319 g/L、第3回目調査 42 人では 0.110 g/L、0.148 g/L、0.155 g/L であった。尿中馬尿酸値の調査毎の分布に統計学的有意差は認められず、また居住者と就業者間では第1回目と2回目には統計学的有意差は認められず (Mann-Whitney U 検定でいずれも $p>0.05$)、第3回では就業者が居住者よりも高い値が認められた (Mann-Whitney U 検定で $p=0.007$)。尿中馬尿酸値が、トルエンへの曝露が疑われる 0.320g/L³⁾ よりも高い値であった人数は、第2回目調査は 7 人、第3回目調査では 4 人であった。なお、第1回から第3回の全てに 0.320g/L より高かった者はいなかった。

表 A-1-3 のとおり、尿中 t, t-ムコン酸値は、第3回目調査で初めて測定した。全対象者 42 人のうち、定量下限値 100 μ g/L 未満は 36 人、100 μ g/L~500 μ g/L 未満は 5 人、500 μ g/L 以上は 1 人であった。さらに、ACGIH が定める生物学的曝露指標である尿中 t, t-ムコン酸クレアチニン補正值 500 μ g/g \cdot cre¹⁾ より高かった者は 1 人だった。

表 A-1-1. 全体、居住者、就業者の第1回目 (①)、第2回目 (②) 並びに第3回目 (③) の尿中フェノール値の中央値、平均値、標準偏差

		第1回目調査の尿中フェノール値	第2回目調査の尿中フェノール値	第3回目調査の尿中フェノール値
全体 (①33人、②42人、③42人)	中央値	5.4mg/L	5.6mg/L	7.1mg/L
	平均値	12.6mg/L	14.3mg/L	13.4mg/L
	標準偏差	16.7mg/L	20.9mg/L	15.4mg/L
居住者 (①23人、②27人、③25人)	中央値	5.2mg/L	5.9mg/L	5.1mg/L
	平均値	14.0mg/L	14.9mg/L	12.5mg/L
	標準偏差	18.4mg/L	21.5mg/L	16.2mg/L
就業者 (①10人、②15人、③17人)	中央値	5.6mg/L	3.7mg/L	7.9mg/L
	平均値	9.3mg/L	13.2mg/L	13.9mg/L
	標準偏差	12.3mg/L	20.5mg/L	14.4mg/L

表 A-1-2. 全体、居住者、就業者の第 1 回目 (①)、第 2 回目 (②) 並びに第 3 回目 (③) の尿中馬尿酸値の中央値、平均値、標準偏差

		第 1 回目調査の尿中馬尿酸値	第 2 回目調査の尿中馬尿酸値	第 3 回目調査の尿中馬尿酸値
全体 (①33 人、②42 人、③42 人)	中央値	0.130g/L	0.140g/L	0.110g/L
	平均値	0.175g/L	0.215g/L	0.148g/L
	標準偏差	0.196g/L	0.319g/L	0.155g/L
居住者 (①23 人、②27 人、③25 人)	中央値	0.100g/L	0.130g/L	0.080g/L
	平均値	0.189g/L	0.161g/L	0.090g/L
	標準偏差	0.231g/L	0.138g/L	0.076g/L
就業者 (①10 人、②15 人、③17 人)	中央値	0.155g/L	0.170g/L	0.095g/L
	平均値	0.144g/L	0.313g/L	0.183g/L
	標準偏差	0.070g/L	0.497g/L	0.209g/L

表 A-1-3. 全体、居住者、就業者の第 3 回目 (③) の尿中 t, t-ムコン酸数値ごとの人数

	t, t-ムコン酸クレアチニン測定値	尿中 t, t-ムコン酸の人数	t, t-ムコン酸クレアチニン補正值	尿中 t, t-ムコン酸クレアチニン補正值の人数
全体 (③42 人)	100 μ g/L 未満	36 人	100 μ g/g \cdot cre 未満	39 人
	100~500 μ g/L	5 人	100~500 μ g/g \cdot cre	2 人
	500 μ g/L 以上	1 人	500 μ g/g \cdot cre 以上	1 人
居住者 (③25 人)	100 μ g/L 未満	23 人	100 μ g/g \cdot cre 未満	14 人
	100~500 μ g/L	2 人	100~500 μ g/g \cdot cre	1 人
	500 μ g/L 以上	0 人	500 μ g/g \cdot cre 以上	0 人
就業者 (③17 人)	100 μ g/L 未満	13 人	100 μ g/g \cdot cre 未満	15 人
	100~500 μ g/L	3 人	100~500 μ g/g \cdot cre	1 人
	500 μ g/L 以上	1 人	500 μ g/g \cdot cre 以上	1 人

※定量下限値 100 μ g/L

血液検査の値については、生活習慣改善や経過観察となる所見が見られたが、基礎疾患や過去の値が不明のため、健康影響として評価することはできない。

4. 慢性骨髄性白血病の診断書に基づく関連性の検討 (非公開)

慢性骨髄性白血病については新たなデータなどの進展はなく、次回以降に検討を行う。

5. 考察 (公開)

尿中フェノール値、尿中馬尿酸値ともに、第 2 回目調査と第 3 回目調査で分布に統計学的有意差はみとめられなかった。

1978 年にフランスのパリで開催された国際ワークショップで、尿中フェノール値が 25 mg/L 以上の場合にはベンゼンへの曝露が疑われると報じられている²⁾。このためベンゼンへの曝露が疑われる数値として 25 mg/L を用いたところ、この値よりも高値であった人数は、第 3 回目調査では 9 人であった。なお、過去 3 回ともにこの値よりも高値であったものは 1 名いたが、このほかは 2 回の調査で数値が低く 3 回目だけが高い人、反対に 2 回の数値が低く 3 回目が高いなど、規則性は無く、ベンゼンまたはフェノール等への継続的な曝露の可能性は低い。なお、尿中フェノールはフェノール曝露の指標であるほか、喫煙や燻製食品、サリチル酸フェニル等の医薬品摂取や殺菌用のフェノール含有塗布薬による経皮吸収が報告されている⁴⁾。

2003年に発表されたトルエンに曝露された福島県内の20人労働者の尿中馬尿酸値の平均値(標準偏差)は仕事開始前で0.23 g/L (0.31 g/L)、仕事で0.32 g/L (0.28 g/L)、仕事直後で0.47 g/L (0.38 g/L)であったと報じられている³⁾。一方、トルエンに曝露されていない9人の労働者の尿中馬尿酸値の平均値(標準偏差)は、それぞれ0.12 g/L (0.11 g/L)、0.10 g/L (0.007 g/L)、0.07g/L (0.06 g/L)であったと報告されている³⁾。そこで、トルエンへの曝露が疑われる数値として0.320 g/Lを用いたところ、この値よりも高い値であった人数は、第3回目調査では4人であった。過去2回目と3回目の調査ともにこの値よりも高値であったものは2名であった。一方、「有害物質に曝露した作業者の血液、尿、呼吸などを採取して、その中の有害物質やその代謝物の濃度、あるいは早期影響を示す指標を測定することによって、ヒトの曝露の程度を推測すること」を生物学的モニタリングと定義される⁴⁾。有機溶剤中毒予防規則では、馬尿酸の測定結果を分布1 (1 g/L以下)、2 (1 g/L超 2 g/L以下)、3 (2.5 g/L超)に分けている⁴⁾。この分布はあくまでもそれぞれの労働者が日常業務でどの程度の値を示すかを知るのが目的で、分布2と3の境界値が許容濃度レベルの曝露を8時間受けたときの作業終了時の尿の濃度に相当する値を目安に設定されている⁴⁾。正常、異常の鑑別を目的としたものではないが、この3つの分布に当てはめると、分布2に該当した値は過去3回の調査の中で1名に1回認められたのみであった。日本の日本産業衛生学会ではトルエンの許容濃度を50 ppmとしており、ACGIHは1998年の空气中50 ppmに対するトルエンの生物学的許容値を1.6 mg/g・creとしている⁵⁾。この値を超えたものも過去3回の調査の中で1名に1回認められたのみであった。従って、現在のトルエン曝露に起因する健康影響はほとんどないと考えられる。なお、尿中馬尿酸に影響する要因としては、食品添加香料、梅加工食品清涼飲料水、総合感冒薬、あんず、福神漬、きな粉、経皮、発酵乳、乳製品、牛乳、スキンミルク、クランベリー、キウイフルーツ、プルーン(すもも)、コーヒーなどの摂取の影響が考えられる。

今回、新たにベンゼンの尿中代謝物としてt,t-ムコン酸の調査を行った。ACGIHが生物学的曝露指標として示す500 μg/g・creを用いたところ、この値より高い値であった者は1人であった。なお、尿中クレアチニン値が低い場合は尿中代謝物濃度の評価への使用は避けた方がよい。

以上、フェノール、馬尿酸、t,t-ムコン酸の尿中代謝物濃度を総合的に考えると、第1回目、第2回目、第3回目共に尿中フェノール値と馬尿酸値ともに高値を示したものはおらず、共通の曝露源となるガソリンに継続的に曝露している可能性は低いと考えられる。さらに、第3回目調査においてフェノールとt,t-ムコン酸共に高値を示したものはおらず、フェノール高値の要因としてはベンゼン以外の、例えばフェノール等への曝露の可能性が高い。なお、日本産業衛生学会では気中フェノールの許容濃度5 ppm (19 mg/m³)に対応する生物学的許容値として尿中総フェノール濃度250 mg/g・creを設定している⁶⁾。したがって、今回の調査で3回とも25 mg/Lを超えた者において、その由来が気中フェノール曝露によるものと考えた場合、生物学的曝露指標250 mg/g・cre⁷⁾よりも低く、フェノール曝露による健康への影響はほとんどないと考えられる。

ベンゼンやトルエン曝露は、ベンゼンやトルエンに汚染された水道水の飲用による経口曝露、ガソリンに汚染された土壌などからの気化したベンゼンやトルエンの吸入による経気曝露などの可能性が考えられる。しかし、配水ルート切替後の水道水中のベンゼン濃度の測定結果や、ガソリンスタンド周辺6地点での気中ベンゼン濃度の測定結果はいずれも基準値以下であった。したがって、当該地区において現在はガソリンによる水道水汚染、

および大気汚染による健康影響の可能性は低いと考えられる。また、土壌中の高濃度ガスが下水道管を通して室内へ拡散していないかの目的とした室内調査では、7箇所中2箇所環境基準値 ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) の2~3倍の値を観測した。なお、環境基準値は生涯リスクレベル 10^{-5} (10万分の1) を目標として設定されている。

6. 結論 (公開)

ベンゼンおよびトルエンの代謝は数時間から数日と早い。3回にわたって調査した尿中フェノール、馬尿酸濃度測定の結果から、継続的な高値は確認できず、さらにフェノールと馬尿酸の両方ともに高い者はいなかった。従って、ガソリン漏洩事故によるベンゼンとトルエン曝露は継続していない状況と考えられる。また、今回の検査で行った尿中 *t*, *t*-ムコン酸と尿中フェノールの結果からは、当該地域においてACGIHが定めるベンゼンへの許容濃度 0.5 ppm を超えるベンゼン曝露の可能性は低いものとする。以上のことから、ガソリン漏洩に起因した曝露が継続している可能性は低い。

現在日本の水道水水質基準 0.01 mg/L は、人がベンゼンを取り込んだ際の発がんリスクを推計し、生涯にわたってその値のベンゼンを取り込み続けた場合に、取り込まなかった場合に比べて10万人に一人の割合 (10^{-5}) で癌を発症する人が増加する水準 (WHO1996による算出 0.01-0.08 mg/L、USEPAによる算出 0.01~0.1 mg/L) の下限値以下に設定されている⁸⁾。従って生涯 (70年と仮定) に比べて短い期間、水質基準を超えるベンゼンを取り込んでも、過剰発がんリスクには影響しないと考えられる。しかし、これまで3回にわたって測定した尿中濃度は過去汚染された水道水を飲用していた当時の曝露を反映していない。言い換えると、水道水汚染による、ベンゼンを含むガソリンへの曝露期間や曝露レベルは不明である。加えて、過去に国が定めたベンゼンの水質基準値を超えた水道水を利用していた対象者への今後の継続的な健康管理 (健康診断等) は、健康被害の不安を解消するまで継続的に行うべきと考える。さらに、新たな健康被害を予防するため、地下水の継続的なモニタリング、汚染された地下水の揚水対策とともに、早急の汚染土壌掘削除去による環境汚染防止対策、および地下埋設配管のガソリン漏洩状況調査等が求められる。

文献

- 1) American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Benzene BEI. Cincinnati: ACGIH, 2001
- 2) Truhaut R, et al. International Workshop on Toxicology of Benzene, Paris: 9th-11th November 1976. Int Arch Occup Environ Health 1978; 41: 65-76.
- 3) Tanaka K, et al. A survey of urinary hippuric acid and subjective symptoms among occupational low toluene exposed workers. Fukushima J Med Sci 2003; 49: 129-139.
- 4) 川本俊弘ら「生物学的モニタリングと産業医」産業医科大学雑誌 第35巻 特集号『産業医と労働安全衛生法四十年』: 97-106 (2013)
- 5) American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Benzene TLVs and BEIs. Cincinnati:104 ACGIH, 1998
- 6) 許容濃度の勧告. 産衛誌 2022; 64 (5) : 253-285
- 7) フェノール生物学的許容値. 産衛誌 50 巻, 2008
- 8) 食品安全委員会化学物質・汚染物質専門調査会「清涼飲料水評価書 (案) ベンゼン」2008年9月

様

健康影響調査検査結果

項目	検査結果				
	ベンゼン			トルエン	尿の濃度
対象物質	尿中フェノール mg/L	尿中t,t-ムロン酸 μg/L	尿中t,t-ムロン酸補正值 μg/g・Cre	尿中馬尿酸 g/L	尿中クレアチン g/L
第1回(R4.10)		—	—		—
第2回(R5.1)		—	—		—
第3回(R5.4)		100未満	t,t-ムロン酸が定量下限値未満のため補正值なし		
参考値	25.0 ^{※1}	—	500 ^{※2}	0.320 ^{※3}	

直ちに影響を及ぼすことはありません。引き続き健康調査を行います。

健康影響調査検査結果の説明

- 尿中フェノールとは、ベンゼンやフェノールの代謝物です。
 - フェノール値に影響する要因は、喫煙や燻製製品、サリチル酸フェニル等の医薬品の摂取及び、殺菌用のフェノール含有塗布薬による経皮吸収があるといわれています。
- 尿中t,t-ムロン酸とは、ベンゼンの代謝物です。
 - 米国産業衛生専門家会議（American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH）によるベンゼン曝露の生物学的曝露指標（Biological Exposure Indices : BEI）として用いられています。
 - 尿中クレアチン（尿の濃度）により補正した数字です。
- 尿中馬尿酸とは、トルエンの代謝物です。
 - 尿中馬尿酸に影響する要因は、食品添加香料、梅加工食品清涼飲料水、総合感冒薬、あんず、福神漬け、きな粉、経皮、発酵乳、乳製品、牛乳、スキムミルク、クランベリー、キウイフルーツ、プルーン（すもも）、コーヒーなどの摂取が影響すると言われています。

- ※1 ・1978年にフランスのパリで開催された国際ワークショップでベンゼンへの曝露が疑われると報じられている、尿中フェノール値の25 mg/L以上を用いています。
- ※2 ・ACGIH（アメリカ合衆国産業衛生専門家会議）が許容濃度0.5ppmに対応する生物学的曝露指標として示している、500μg/g・creを用いています。（100μg/Lが定量下限値です）
- ※3 ・2003年に発表されたトルエンに曝露された福島県内の20人労働者の尿中馬尿酸値の平均値（標準偏差）は仕事開始前で0.23g/L（0.31g/L）、仕事で0.32g/L（0.28g/L）、仕事直後で0.47g/L（0.38g/L）であったと報じられます。0.32g/Lを用いています。

検査結果や健康に関するお問い合わせ・ご相談は
水道部料金課（0143-44-6017）までお電話ください

参考資料

令和5年7月21日行われた健康影響調査評価検討委員会の報告書の抜粋

5. 考察の抜粋

フェノール、馬尿酸、t,t-ムコン酸の尿中代謝物濃度を総合的に考えると、第1回目、第2回目、第3回目共に尿中フェノール値と馬尿酸値ともに高値を示したものはおらず、共通の曝露源となるガソリンに継続的に曝露している可能性は低いと考えられる。

さらに、第3回目調査においてフェノールとt,t-ムコン酸共に高値を示したものはおらず、フェノール高値の要因としてはベンゼン以外の、例えばフェノール等への曝露の可能性が高い。

なお、日本産業衛生学会では気中フェノールの許容濃度5 ppm (19 mg/m³) に対応する生物学的許容値として尿中総フェノール濃度250 mg/g・creを設定している。したがって、今回の調査で3回とも25 mg/Lを超えた者においても、その由来が気中フェノール曝露によるものと考えた場合、生物学的曝露指標250 mg/g・creよりも低く、フェノール曝露による健康への影響はほとんどないと考えられる。

6. 結論の抜粋

ベンゼンおよびトルエンの代謝は数時間から数日と早い。

3回にわたって調査した尿中フェノール、馬尿酸代謝物濃度測定の結果から、継続的な高値は確認できず、さらにフェノールと馬尿酸ともに高い者はいなかった。従って、ガソリン漏洩事故によるベンゼンとトルエン曝露は継続していない状況と考えられる。

また、今回の検査で行った尿中t,t-ムコン酸と尿中フェノールの結果からは、当該地域においてACGIHが定めるベンゼンへの許容濃度0.5ppmを超えるベンゼン曝露の可能性は低いものとする。

以上のことから、ガソリン漏洩に起因した曝露が継続している可能性は低い。しかし、これまで3回にわたって測定した尿中濃度は過去汚染された水道水を引用していた当時の曝露を反映していない。言い換えると、水道水汚染による、ベンゼンを含むガソリンへの曝露期間や曝露レベルは不明である。したがって、過去に国が定めたベンゼンの水質基準値を超えた水道水を利用していた対象者への今後の継続的な健康管理（健康診断等）は、健康被害の不安を解消するまで継続的に行うべきとする。