

参考資料 4

ベンゼン・シアン・水銀の健康影響の概要

2017. 5. 18 専門家会議 参考資料

ベンゼンの健康影響の概要

1. 用途

ベンゼンは常温では特徴的な臭いがある無色透明な液体である。化学工業の基礎的な原料として多くの分野で使用されており、スチレン、フェノールなどはベンゼンから合成される代表的なものである。なお、以前は自動車用ガソリンの中には数%のベンゼンが含まれていたが、2000年以降は大気汚染防止法の改正により、現在ガソリン中のベンゼンの含有量は1%以下となっている。また、たばこ煙の中にもベンゼンが含まれている。

2. 環境中への排出と環境中での動き

2015年度のPRTR（化管法）の報告によれば、1年間に環境中に排出されたベンゼンの総量は約7,023トンである。このうちほとんどは自動車などの移動体からの排出で約5,427トンである。また、たばこの煙に含まれているために、家庭や事業所の喫煙場所からの排出量（約54トン）も推計されている。

ベンゼンは常温で揮発性が高いため、水からも容易に揮発され、大部分が大気中に存在する。大気中に排出されたベンゼンは、おもに化学反応によって分解され、7～13日で半分の濃度になる。地表水を汚染したベンゼンはその多くが大気中に揮散して消失すると推定されている。しかし、土壌の深い層や、地下水に入ったベンゼンはなかなか揮発せずに残るが、微生物によって緩やかに分解される。

3. 各種の環境基準等

水道水質基準値、水質環境基準値、地下水環境基準値はいずれも0.01mg/l以下、土壌汚染対策法による溶出量基準も同様に0.01mg/lである。また、水質汚濁防止法による排水基準は0.1mg/lである。

一方大気中のベンゼンについては、有害大気汚染物質の優先取組物質に指定されており、大気環境基準は $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.003\text{mg}/\text{m}^3$) となっている。

4. 健康影響と基準の設定の根拠

ベンゼンは主に呼吸により体内に取り込まれる。体内に吸収されたベンゼンは呼気とともに吐出されたり、肝臓で分解されて尿から排出される。たばこの煙にも含まれていることから、喫煙者の吐き出す息や血液中のベンゼン濃度は、非喫煙者よりも有意に高いことが報告されている。

高濃度のベンゼンを長期間吸い込むと、造血器に障害を引き起こし、貧血などの症状が出ることが知られている。また疫学研究によって、低濃度のベンゼンを長期間吸い込むと、血液のがんである白血病を引き起こす可能性があることがわかっている。このため、各種の基準は、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、10万人に1人の割合（ 10^{-5} と表現されることが多い）でがんを発症する人が増加する」濃度以下になるように設定されている。したがって、生涯（75年と仮定）に比べて非常に短い期間、環境基準を超えるベンゼンを取り込んでも、すぐに健康に影響がでる心配はない。

水道水水質基準の設定の際には、米国環境保護庁（USEPA）の評価（IRIS 2000）を参考としている。これは労働者の疫学調査から吸入によるユニットリスク（ベンゼン濃度 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ を生涯取り込み続けた時の過剰発がんのリスク）を $2.2\times 10^{-6}\sim 7.8\times 10^{-6}$ と推計し、これを水から飲んだ場合（毎日2L）に換算すると、 10^{-5} の白血病の発がんリスクに相当する飲料水中の濃度は $0.01\sim 0.1\text{mg}/\text{l}$ となる。このことから、安全の観点から下限値を採用して $0.01\text{mg}/\text{l}$ としたものである。この値は吸入から経口へ換算しているが、ラットとマウスを使用した経口実験から推計した値 $0.01\sim 0.08\text{mg}/\text{l}$ とも合っており、基準値として適切であると判断された。土壌汚染対策法による土壌溶出基準も同じ観点からの設定となっている。

一方大気環境基準の設定の際には、同じく疫学研究から、白血病の発がんのユニットリスクを 3.0×10^{-6} と仮定して、白血病の生涯発がんリスクレベル 10^{-5} に相当する値として $3\mu/\text{m}^3$ と設定されている。

なお前回（2008）の専門家会議の際に行った地下水中ベンゼンのリスク評価の際には、安全性を考慮して、米国EPAが算出したユニットリスクの最も厳しい値である 7.8×10^{-6} を用いて解析しているために、わが国の大気環境基準の設定の際よりも厳しい評価となっている。

参考資料

- 1) (財)化学物質評価研究機構「既存化学物質安全性（ハザード）評価シート
- 2) 「リスクコミュニケーションのための化学物質ファクトシート ベンゼン」
環境省 <http://www.env.go.jp/chemi/communication/factsheet.html>
- 3) 厚生労働省「水質基準の見直しにおける検討概要」 基20 ベンゼン
- 4) 環境省「環境基準項目等の設定根拠等」
- 5) 米国EPA, NCEA, IRIS, Benzene <http://www.epa.gov/ncea/iris/subst/0276.htm>

2017.05.18 専門家会議 参考資料

シアン化合物の健康影響の概要

1. 用途

シアン化合物には、シアン化水素、シアン化ナトリウム（青酸ソーダ）、シアン化カルウム（青酸カリ）、塩化シアン、チオシアン酸ナトリウムなどがある。シアン化水素は、ゴム、樹脂の原料となるアクリロニトリルの原料に使われるほか、農薬にも使用されている。シアン化カリウムは、分析の際に金属イオンの除去、触媒などに使用される。シアン化ナトリウムは主にメッキ、非鉄金属からの銅や銀の抽出などに使用される。

2. 環境中への排出と環境中での動き

2015年度のPRTR（化管法）の報告によれば、1年間に大気中に放出された無機シアン化合物の総量は約170トンで、ほとんどが事業所から大気中に排出された。またシアン化水素は、たばこ煙にも含まれ、家庭や喫煙所の大気中にも放出されており（約23トン）、全体に対する割合は約13%と推計されている。

大気中へ排出されたシアン化合物の多くは水に溶けやすい性質を持つので、雨などによって分解され、水中や土壌中に溶け込むが、微生物によって容易に分解され無害なものとなる。

3. 各種の環境基準等

水質環境基準値、地下水環境基準値は、全シアンとして「検出されないこと」（定量下限0.1mg/l）、土壌汚染対策法による溶出量基準も同様である。また水道水質基準値としてはシアン化物イオン及び塩化シアンとして0.01mg/lと定められている。また、水質汚濁防止法による排水基準は全シアンとして1mg/l以下である。

わが国の大気環境基準は策定されていないが、米国環境保護庁（USEPA）のIRISに記載されているシアン化水素のReference concentration（参照濃度）は、0.003mg/m³である。

4. 健康影響と基準の設定の根拠

シアン化合物は食事や水からの経口摂取、シアン化水素がガス状になった場合には呼吸や皮膚から吸収され、呼吸酵素中の鉄や銅と結合することによって組織呼吸を抑制する。従って高濃度のシアン化合物を摂取した場合には短時間で死にいたる。シアン化カリウムの致死量は150～300mg/人、シアン化水素の吸入致死量は個体差が大きい270ppm以上と言われている。

水道水質基準の設定の際には、1996年のWHOガイドラインの24週間のミニブタの試験で得られた最小毒性量（LOAEL）の1.2mg/kg/dayを元に決められた1日耐容摂取量

(TDI) は、試験の不確実が大きいという理由で採用されなかった。ラット (F344 系, 雌雄各 10 匹) を用いた 13 週間の投与実験で、飲水中のシアン化ナトリウム濃度は雄ではシアンに換算して 0, 0.16, 0.48, 1.4, 4.5, 12.5mg/kg/day (1 日体重 1kg あたりの濃度) であったが、12.5mg/kg/day で雄の精巣上体および精巣重量と精子細胞数の用量依存的減少が有意に認められた。従って、無毒性量は、4.5mg/kg/day であると考えられる (NTP,1993)。塩化シアンの変異原性、遺伝毒性、および発がん性に関する報告はなく、米国環境保護庁 (EPA) の発がん分類はグループ D で、発がん性に関して分類できなとされているので、リスク評価はシアンとしての無毒性量を用いて、種差 (動物と人の感受性の違い)、および個体差 (個人の感受性の違い) の不確実係数をそれぞれ 10、データの不十分さ (実験期間が短いこと、1 種類しか実験がなく生殖試験がないこと、感受性が高いといわれる甲状腺に対する測定データが不足しているなど) の不確実係数を 10 とし総合的な不確実係数を 1000 とし、シアンの耐容 1 日摂取量 (TDI) は $4.5\text{mg/kg/day} \div 1000 = 4.5 \mu\text{g/kg/day}$ と求められた。

この値から、飲料水から摂取する寄与率を 10% (シアンは食品中からの摂取が多い)、日本人の生涯平均体重を 50kg、人が 1 日に飲む水の量を 2 L (料理用も含む) とし換算すると、 $4.5 \times 50 \times 0.1 \div 2 = 11.25 \mu\text{g/l} = 0.01\text{mg/l}$ と推計される。

これが水道水質中のシアンの環境基準値の設定根拠である。したがって、生涯毎日 2 L の水を飲んでも、飲水中のシアンの濃度が 0.01mg/l 以下であれば健康への影響はないと考えられる。

一方、水質汚濁に係る健康の保護に関する環境基準は平成 5 年、平成 11 年、平成 16 年に見直しが行われているが、16 年の見直しでは環境基準については現状を維持する旨の決定がなされている。基準値の設定根拠は、慢性影響ではなく急性の経口致死量から推計している。人間の事故による事例、動物実験の結果に基づきシアン化カリウムの経口致死量はほぼ 150~300mg/ 人と考えられ、これをシアンに換算して 60~120mg/ 人を半数致死程度の致死量と推計した。通常人間が 1 回に飲用する水の量は 0.5 L 程度であることから、飲用時における許容限度は安全係数を 100 とし

$$60 \sim 120 \div 100 \div 0.5 = 1.2 \sim 2.4\text{mg/l}$$

であり、おおよそ 2mg/l である。現行の環境基準値はこれからさらに安全率を見込み、全シアンとして「検出されないこと (定量下限 0.1mg/l)」としたものである。水質基準は、一度に 0.5L 程度の水を飲用した場合の急性影響 (死亡の可能性) を中心に考慮されており、この値を超えなければ急性の影響もないと考えられる。また土壌の溶出量基準もこの値に準じている。

前回(2009 年)の専門家会議のリスク評価では、地下水から揮発する可能性のあるシアン化水素のリスク評価も行われたが、シアン化水素の大気環境基準または指針値はわが国では策定されていないので、米国環境保護庁 (EPA) の IRIS に記載されているシアン化水素の Rfc (参照濃度) である 0.003mg/m^3 の設定根拠について概説する。

EL Ghawabi ら (1975) のエジプトの 3 工場の男性労働者 36 名の曝露群と 20 名の対照群による疫学調査が報告されている。曝露期間は 5～10 年で、平均曝露濃度は 6.4ppm (7.07mg/m³) であった。甲状腺機能検査と尿中チオシアネート濃度の測定、及び質問調査を行った。曝露群の 20 名に甲状腺の軽度～中等度の腫大がみられたが、曝露期間との関連はなかった。曝露後の 4、及び 24 時間後の甲状腺機能試験の摂取率及び尿中チオシアネート排泄の有意な相違が対照群との間で認められた。また頭痛、易疲労感などの中樞神経症状もみられた。例数が少ないという限界はあるが、尿中濃度測定などの生理学的検査が行われていることから、EPA ではこの疫学調査の結果を採用し、最小毒性量 (LOAEL) を 7.07mg/m³ とし、労働環境から一般環境に換算して、LOAEL を 2.5mg/m³ と推計した。不確実係数として、最小毒性量から無毒性量への変換で 10、個体差として 10、生殖毒性などのデータの欠如や曝露期間が十分でないことなどの不確実係数を 10 とし、十分な安全を見込んで総合不確実係数を 1000 とし、RfC を 0.003mg/m³ としている。この値は生涯にわたって 0.003mg/m³ のシアン化水素を吸入しても健康に影響はないとされるものである。

参考文献

- 1) (財) 化学物質評価研究機構「既存化学物質安全性 (ハザード) 評価シート
- 2) 厚生労働省「水質基準の見直しにおける検討概要」 基 09 シアン
- 3) 環境省「環境基準項目等の設定根拠等」
- 4) 米国 EPA, NCEA, IRIS, Hydrogen cyanide
<http://www.epa.gov/ncea/iris/subst/0060.htm#refinhal>

2017.5.18 専門家会議 参考資料

水銀の健康影響の概要

1. 用途

水銀は、HC 電池、水銀塩類（昇汞、銀朱など）、蛍光灯、計量器、電機機器用、アマルガム（歯科用、合金用）、合成化学用（触媒）、苛性ソーダ製造用、塩素電解用などに使用される。

2. 環境中への排出と環境中での動き

大気中には様々な源から水銀が放出されているが、自然起源は、地殻からの揮発、火山からの噴出と水からの揮発である。2015年度のPRTR（化管法）の報告によれば、1年間に環境中に排出された水銀およびその化合物の総量は約1,964kgである。

大気中では、水銀は大部分が、ガス状で存在していると考えられる。ガス状水銀には、水銀蒸気、無機塩、アルキル水銀が含まれるが、水銀蒸気が大気中に長くとどまるので、通常は大気中の水銀の90～95%は元素状の水銀蒸気である。

3. 各種の環境基準等

水質環境基準値、地下水環境基準値は、総水銀は0.0005mg/l、アルキル水銀は検出されないこと、土壌汚染対策法による溶出量基準も同様である。また、水道水質基準値としては、水銀およびその化合物が、水銀として0.0005mg/lである。水質汚濁防止法による排水基準は総水銀として、0.005mg/lである。また、有害大気汚染物質指針値は、水銀及びその化合物として、0.00004mg/m³ (0.04 μg/m³) 以下とされている。

4. 健康影響と有害大気汚染物質指針値の設定の根拠

水銀は、大気や食物、水等といった複数の経路が曝露経路となっており、その化合物を含め多くの化学形態があり、化学形態の違いにより標的臓器、毒性が異なり、曝露の経路も異なる。健康影響について特に重要な化学種としては、金属水銀（以下気体として存在するものを示す場合“水銀蒸気”と記す）、無機水銀塩およびメチル水銀があるが、一般大気環境中の水銀は、前述のように、その大部分が水銀蒸気として存在し、大気を吸入することで摂取されるのに対し、無機水銀塩・メチル水銀は食物からの摂取量のはるかに大きい。

今回問題となっている大気中の「水銀及びその化合物」の有害大気汚染物質指針値は、水銀（水銀蒸気）について設定されているので、その根拠について概要を記す。

水銀およびその化合物の吸入曝露による、発がん性を示す確実な証拠はない。考慮すべき影響は、慢性曝露による中枢神経系における影響と考えられる。労働者を対象とした疫学調査では、各種の水銀作業従事者の手の振戦を加速度計で測定して、対照群と比較した

もの、歯科医と対照群を対象に、神経行動学的検査を行い、指のタッピング、視覚・運動機能、短期記憶などの多くの項目に有意差を示した報告などがある。

これらをまとめると、職業曝露における最少毒性量（LOAEL）に相当する気中濃度は14～26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあると考えられる。さらに、曝露濃度の測定精度・曝露期間や問題とされた症状等の重症度、加えて尿中の水銀レベルから気中濃度への推定を行っている報告が有ることを考慮した上で総合的に判断すると、LOAEL に相当する気中濃度は20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と考えることが可能であり、労働環境の複数の疫学研究がほぼ一致した LOAEL に相当する気中濃度を示しているため、このデータの信頼レベルは高いと考えられる。

したがって、LOAEL を20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とし、不確実係数としては労働環境（1日8時間、週5日間の曝露）から一般環境（毎日24時間曝露）に換算すること、NOAEL を明確に示すことは困難であり LOAEL に相当する気中濃度を用いて算出すること、仔は成獣よりも水銀蒸気に対して敏感な可能性が示唆されており、一般環境には乳幼児や高齢者などの高感受性者が存在すること、などの点を総合的に考慮し、不確実係数として500を用いることが適当であると考えられる。

これらを根拠として指針値は $20 \div 500 = 0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下と設定された。

なお、水質環境基準値は、魚介類の食品としての暫定的規制値（総水銀 0.4ppm、メチル水銀 0.3ppm）を越えない環境濃度として設定されている。すなわち、「水銀等有害物質に関する全国環境調査結果（昭和48年度）」により環境水質 0.0005mg/l から 0.001mg/l 程度であれば、十分な安全率をもって魚介類中の水銀含有量が暫定的規制値以下にとどまること、また、わが国の非汚染水域の総水銀含有量が 0.0001mg/l 程度であること等を勘案し、総水銀の基準値は、0.0005mg/l 以下とされた。アルキル水銀は、魚介類による生物濃縮を考慮すればできるだけ低いことが望ましく、「検出されないこと（検出限界 0.0005 mg/l）」とされている。

参考資料

今後の有害大気汚染物質対策のあり方について（第七次答申） 平成15年7月31日
中央環境審議会