

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、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

2006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14,650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12,596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出基準は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 $3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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可能性がある。体内に吸収されたベンゼンは呼気とともに吐き出されたり、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の濃度は、非喫煙者よりも優位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。またベンゼンは疫学研究によって、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、取り込まなかった場合に比べて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水準」以下に設定している。したがって、生涯（70年と仮定）に比べて短い期間、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（U.S. EPA）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 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を生涯取り込み続けた時の過剰発がんのリスク）は $2.2 \times 10^{-6} \sim 7.8 \times 10^{-6}$ 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。したがって、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 $0.01 \sim 0.08\text{mg}/\text{l}$ と合っており、基準値として適切であると判断された。土壤汚染対策法による土壤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、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 $3\text{g}/\text{m}^3$ と設定されている。

なお今回の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 の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>

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

2006年度のPRTR（化管法）の報告によれば、1年間に環境中に放出された無機シアン化合物の総量は約221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、全体に対する割合は約15%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」（定量下限である0.1mg/lを基準値と考えてよい）、土壤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出基準は全シアンとして1mg/l以下である。

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。

低濃度のシアン化合物を慢性的に摂取した場合は、疫学調査では甲状腺機能の異常が最も敏感であると指摘されている。

わが国の水道水質基準の設定の際には、1996年のWHOガイドラインが根拠とした24週間のミニプタの試験で得られた最小毒性量（LOAEL）の1.2mg/kg/dayは、試験の不確実性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を適用してシアンのTDI(1日耐容摂取量)を $4.5\text{mg/kg/day} \div 1000 = 4.5 \mu\text{g/kg/day}$ とした。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2L(料理用も含む)として換算すると、

$$4.5 \times 50 \times 0.1 \div 2 = 11.25 \mu\text{g/l} = 0.01\text{mg/l}$$

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2L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0.5L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として

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

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、「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をもとに考慮されており、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。

安全係数は個人差、種差を考慮して100とした時に2mg/lであり、基準は0.1mg/lとしたので、安全幅はさらに20存在することになるので、実際の安全係数は2000と非常に安全を見込んだものとなっている。

今回のリスク評価では、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、わが国にはないために、米国環境保護庁のIRISに記載されているシアン化水素のRfc(参照値)である0.003mg/m³が評価値として使用されたので、こ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(7.07 mg/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、易疲労感などの中枢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7.07 mg/m³とし、労働環境から一般環境に換算して、LOAELを2.5 mg/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としてRfCを0.003 mg/m³としている。この値は生涯(70年)にわたって0.003 mg/m³のシアン化水素を吸入し続けても健康に影響はないとされるものであり、短期間にこの参照値を多少超える摂取があったとしても健康に対する影響は心配ないといえる。

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) 「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 無機シアン化合物」
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09 シアン
- 4)環境省「環境基準項目等の設定根拠等」
- 5)米国 EPA,NCEA, IRIS, Hydrogen cyanide
<http://www.epa.gov/ncea/iris/subst/0060.htm#refinhal>