

## 臭素酸

## 1. 物質特定情報

|         |   |                    |
|---------|---|--------------------|
| 名称      | 臭素酸カリウム   | 臭素酸ナトリウム           |
| CAS No. | 7758-01-2   | 7789-38-0          |
| 分子式     | KBrO <sub>3</sub>   | NaBrO <sub>3</sub> |
| 分子量     |   |                    |
| 備考      | 臭素酸イオン (BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) は多くの塩として存在する。最も一般的な形態が上記 2 物質である。 |                    |

(WHO 第 2 版)

## 2. 物理化学的性状

|                         |                   |                    |
|-------------------------|-------------------|--------------------|
| 名称                      | 臭素酸カリウム           | 臭素酸ナトリウム           |
| 物理的性状                   |                   |                    |
| 沸点 ( )                  | -                 | 370 で分解            |
| 融点 ( )                  | 381               | 350                |
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 3.34              | 3.27               |
| 水溶解度 (mg/l)             | 275(8 )、909(100 ) | 133(40 )、498(100 ) |

(WHO 第 2 版)

## 3. 主たる用途・使用実績

|      |  |                       |
|------|--|-----------------------|
| 用途   | オゾン処理時及び消毒剤としての次亜塩素酸生成時に不純物の臭素が酸化され、臭素酸が生成する。<br>臭素酸カリウム：小麦粉改良材<br>臭素酸ナトリウム：分析用試薬、毛髪のコールドウェーブ用薬品 |                       |
| 使用実績 | 名称   | 臭素酸カリウム      臭素酸ナトリウム |
|      | 使用量  |                       |
|      | 生産量  | 900t                  |
|      | 輸出量  |                       |
|      | 輸入量  |                       |

( 1 3 9 0 1 )

## 4. 現行規制等

|                |                         |
|----------------|-------------------------|
| 水質基準値 (mg/l)   | なし                      |
| 監視項目指針値 (mg/l) | なし                      |
| その他基準 (mg/l)   | 薬品基準 ×、資機材基準 ×、給水装置基準 × |

|                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| 他法令の規制値等            |                            |
| 環境基準値 (mg/l)        | なし                         |
| 要監視項目 (mg/l)        | なし                         |
| 諸外国等の水質基準値又はガイドライン値 |                            |
| WHO (mg/l)          | 0.025P(第2版)、0.01P(第3版ドラフト) |
| EU (mg/l)           | 2003年までに0.025、2008年までに0.01 |
| USEPA (mg/l)        | 0.01(MCL)、0(MCLG)          |

## 5. 水道水(原水・上水)での検出状況等

厚生科科学研究補助金(1)～4))及び公害一括計上予算(5))による調査(単位: µg/L)

|    | 平成10年度                 | 平成11年度                 | 平成12年度                | 平成13年度 | 平成14年度   |
|----|------------------------|------------------------|-----------------------|--------|--|
| 原水 |                        |                        |                       |        | 0～0.9 <sup>4)</sup><br><0.6～1.6 <sup>5)</sup>  |
| 浄水 | 2.6～38.4 <sup>1)</sup> | 1.8～27.5 <sup>2)</sup> | 0.7～8.4 <sup>3)</sup> |        | 0～8.9 <sup>4)</sup><br><0.2～21.5 <sup>5)</sup> |

公害一括計上予算調査の分布表

| 年度  |           | 測定<br>地点数 | EPA基準値(0.01mg/L)に対して |                |                |                |                 | 備考 |        |
|-----|-----------|-----------|----------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----|--------|
|     |           |           | 10%以下                | 10%超過<br>30%以下 | 30%超過<br>50%以下 | 50%超過<br>70%以下 | 70%超過<br>100%以下 |    | 100%超過 |
| H14 | 原水        | 87        |                      |                |                |                |                 |    |        |
|     | 表流水       | 56        | 56                   |                |                |                |                 |    |        |
|     | 地下水       | 7         | 7                    |                |                |                |                 |    |        |
|     | 湖沼水       | 24        | 23                   | 1              |                |                |                 |    |        |
|     | 浄水        | 87        |                      |                |                |                |                 |    |        |
|     | 表流水       | 56        | 26                   | 12             | 11             | 5              |                 | 2  |        |
|     | 地下水       | 7         | 4                    | 1              |                | 1              | 1               |    |        |
|     | 湖沼水       | 24        | 19                   | 5              |                |                |                 |    |        |
|     | 浄水(オゾン処理) | 87        |                      |                |                |                |                 |    |        |
|     | 無         | 49        | 38                   | 5              | 4              | 2              |                 |    |        |
| 有   | 38        | 11        | 13                   | 7              | 4              | 1              | 2               |    |        |

## 6. 測定手法

イオンクロマトグラフ法、イオンクロマトグラフ-ポストカラム法により測定できる。

イオンクロマトグラフ法、イオンクロマトグラフ-ポストカラム法による定量下限(CV10%)は、それぞれ、2～5 µg/L、0.2～0.5 µg/L、である。

## 7. 毒性評価

IARC(1999)では、臭素酸カリウムは実験動物の発がん性に関しては十分な証拠があると

して、Group2B(ヒトで発がんの可能性あり)に分類している。臭素酸は *in vitro* および *in vivo* の両方で変異原性を示す。米国 EPA は 1986 年の発がん性リスクアセスメントガイドラインに基づいて臭素酸を B2 に分類し、経口暴露においてはおそらくヒト発がん性物質であるが、吸入暴露による臭素酸の発がん性データはヒトの発がん性を評価するには不適切であるとしている。

前回の WHO 暫定基準値は、Kurokawa ら(1986)の 2 年間の飲水投与試験における雄ラットの腎臓腫瘍発生増加を根拠に設定されたが、その後、より低用量でしかも一群あたりの動物数も多く、腫瘍発生も Kurokawa ら(1986b)のデータと類似している研究結果が報告された(DeAngelo ら 1998)。

雌 F344 ラット(用量毎に 78 匹)に飲水で濃度 0, 0.02, 0.1, 0.2, or 0.4 g/L の臭素酸カリウム(臭素酸にすると約 0, 1.1, 6.1, 12.9, or 28.7 mg/kg bw/day)を 100 週間投与した。腎臓の腺腫・癌腫の複合発生率の、統計的に有意な用量依存的増加が最終的な屠殺でみられた(各群それぞれ 2%, 2%, 13%, 8%, and 40%)。甲状腺の腺腫・癌腫の複合発生率(各群それぞれ 0, 10%, 2%, 11%, and 47%)と、中皮腫(精巣鞘膜)の発生率(各群それぞれ 0%, 8%, 10%, 21%, and 63%)も有意に増加した。腎臓腫瘍と中皮腫は 52 週で、甲状腺腫は 26 週で、最初に観察された(DeAngelo et al., 1998)。

## 8. 処理技術

通常の浄水処理やエアレーションでは除去が困難である。オゾン処理時においては、オゾン注入率や pH を制御すれば生成が抑制される。活性炭では、通水初期には除去されるが、通水を続けると除去されなくなる。

## 9. 水質基準値(案)

### (1) 評価値

遺伝毒性を示す発がん性物質であると考えられるため、評価値の算定には、線形マルチステージモデルを用いて算出するのが妥当であると考えられた。米国 EPA(2001)では、DeAngelo ら(1998)の試験結果より、腎臓、甲状腺及び精巣の中皮腫の 3 つのがんに対するリスクを計算し、そのリスクの合計値から VSD 値を求めているが、この方法の妥当性については疑問の残るところである。したがって、DeAngelo ら(1998)の試験で最も感受性の高い精巣の中皮腫の発生率の増加に基づいて、 $10^{-5}$  リスクに相当する VSD を計算すると、 $0.357 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$  と算出された。体重 50kg のヒトが 1 日 2L の飲料水を摂取すると仮定すると評価値は、 $0.009 \text{ mg}/\text{L}$  ( $0.00893 \text{ mg}/\text{L}$ )と求められる。

しかしながら、現在の浄水処理技術では有効な除去方法がなく、対応方法としてはオゾン濃度の調節や過酸化水素-UV 法により臭素酸の生成を抑制することに限られる。WHO においては処理技術の観点を踏まえガイドライン値を  $0.01\text{mg}/\text{L}$  とする方向で検討を進めている。この

ようなことから、本物質については BAT の考え方をとり入れるとともに、0.009mg/L は概ね丸めると 0.01mg/L と考えることができることから、当面、評価値を 0.01mg/L とすることが適当である。

## ( 2 ) 項目の位置づけ

評価値を超過している例も見られること、また、10%を超過する例も多いことから、水質基準項目とするのが適当である。

## 1 0 . その他参考情報

### 参考文献

#### 検出実態関係

- 1 ) 「水道における化学物質の毒性，挙動及び低減化に関する研究」報告書
- 2 ) 「水道における化学物質の毒性，挙動及び低減化に関する研究」報告書
- 3 ) 「水道における化学物質の毒性，挙動及び低減化に関する研究」報告書
- 4 ) 「WHO 飲料水水質ガイドライン改訂等に対応する水道における化学物質等に関する研究」消毒副生成物分科会資料
- 5 ) 「水道水源水域等における親水性かつ難分解性有害化学物質の動態と水道のリスク評価ならびに制御に関する研究」臭素酸実態調査資料

#### 処理技術関係

- 1 ) 浅見真理、相澤貴子、真柄泰基；オゾン処理による臭素酸イオンの生成における共存有機物の影響、水環境学会誌、Vol.19, No.11, pp.930-936(1996).
- 2 ) WHO 飲料水水質ガイドライン改定等に対応する水道における化学物質に関する研究 - 消毒副生成物分科会報告書、平成 14 年度（暫定）.
- 3 ) 浅見真理、相澤貴子；水中の臭素酸 - 毒性、生成及び制御、J. Health Sci., Vol.45, No.6, pp.344-355 ( 1999 ) .
- 4 ) Siddiqui M.S., Amy G.L. and Rice R.G. ; Bromate ion formation : a critical review, J. Am. Water Works Assoc., Vol.87, No.10, pp.58-70(1995).
- 5 ) Song R., Westerhoff P., Minear R. and Amy G. ; Bromate minimization during ozonation, J. Am. Water Works Assoc., Vol.89, No.6, pp.69-78(1997).
- 6 ) 日本水道協会；酸化処理副生成物の制御を考慮した浄水システムに関する研究報告書（平成 9 ～ 11 年度）.
- 7 ) 宮田雅典、寺嶋勝彦；高度浄水処理過程における臭素酸イオンの生成とその挙動、水道協会雑誌、Vol.66, No.3, pp.16-25(1997).

- 8) 日本水道協会；オゾン処理副生成物に関する研究報告書 (平成 8 年度).
- 9) Von Gunten U., Bruchet A. and Costentin E. ; Bromate formation in advanced oxidation processes, *J. Am. Water Works Assoc.*, Vol.88, No.6, pp.53-65(1996).
- 10) 柴田信勝、茂庭竹生；促進酸化法における臭化物イオンのフミン質分解に及ぼす影響と臭素酸イオン生成の制御, *水環境学会誌*、Vol.22、No.5、pp.409-414(1999).
- 11) Asami M., Aizawa T., Morioka T., Nishimura W., Tabata A. and Magara Y. ; Bromate removal during transition from new granular activated carbon(GAC) to biological activated carbon(BAC), *Water Res.*, Vol.33, pp.2797-2804(1999).
- 12) Mills A., Belghazi A. and Rodman D. ; Bromate removal from drinking water by semiconductor photocatalysis, *Water Res.*, Vol.30, No.9, pp.1973-1978(1996).

#### 毒性評価等関係

- DeAngelo, AB, George MH, Kilburn SR, Moore TM, Wolf DC . Carcinogenicity of potassium bromate administered in the drinking water to male B6C3F1 mice and F344/N rats. *Toxicologic pathology*, 1998, 26(5):587-94.
- International Agency for Research on Cancer. Some chemicals that cause tumours of the kidney or urinary bladder in rodents and some other substances. Lyon, 1999: 481- 496 (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 73).
- Kurokawa Y, Takayama S, Konishi Y, Hiasa Y, Asahina S, Takahashi M, Maekawa A, Hayashi Y. Long term in vivo carcinogenicity tests of potassium bromate, sodium hypochlorite and sodium chlorite conducted in Japan. *Environmental health perspectives*, 1986, 69:221-236.
- U.S. EPA. Environmental Protection Agency. Guidelines for carcinogen risk assessment. *Federal Register* 1986, 51(185): 33992 34003.
- U.S. EPA. Stage 2 Occurrence and Exposure Assessment for Disinfectants and Disinfection Byproducts (D/DBPs). 2001