

亜塩素酸

二酸化塩素

1. 物質特定情報

名称	二酸化塩素	亜塩素酸塩 (例として亜塩素酸ナトリウム)
CAS No.	10049-4-4	7758-19-2
分子式	ClO ₂	NaClO ₂
分子量	67.5	90.44
備考	亜塩素酸は二酸化塩素による消毒副生成物として生ずる。	

(日本語版 ICSC)

2. 物理化学的性状

名称	二酸化塩素	亜塩素酸ナトリウム
物理的性状	刺激臭のある、赤～黄色の気体	わずかに吸湿性の白色の結晶あるいは薄片
沸点 ()	11	-
融点 ()	- 59	180 ~ 200 (分解)
密度 (g/cm ³)	比重 1.6 (水 = 1、液体)	2.5
水溶解度 (g/100ml)	0.8(20)	39(17)
蒸気圧 (kPa(20))	101	-
相対蒸気密度 (空気 = 1)	2.3	-
爆発限界 (vol% (空気))	10	-

(日本語版 ICSC)

3. 主たる用途・使用実績

用途	水の消毒及び臭味の制御、セルロース・紙パルプ・小麦粉・油の漂白剤、皮革の洗浄、日焼け落としに使用されている。 我が国においては、上下水処理に二酸化塩素を使用している実績はない。なお、二酸化塩素を浄水処理に使用する場合は使用濃度については、通常 1 ~ 2 mg/L とされている。 ヒトに対する暴露は、二酸化塩素処理を行った水道水が主要な暴露源であると考えられる。(H12 専門委員会報告) 亜塩素酸は二酸化塩素による消毒副生成物として生ずる。		
使用実績 (H11)	名称	安定化二酸化塩素 (二酸化塩素 5~15%水溶液)	亜塩素酸ナトリウム
	使用量	-	-

目 1 0 (亜塩素酸) 目 1 2 (二酸化塩素)

	生産量	約 600t	-
	輸出量	-	-
	輸入量	-	-

(1 3 9 0 1)

4 . 現行規制等

	二酸化塩素	亜塩素酸
水質基準値 (mg/l)	なし	なし
監視項目指針値 (mg/l)	0.6	0.6
薬品等基準 (mg/l)	2.0	0.2
他法令の規制値等		
環境基準値 (mg/l)	なし	なし
要監視項目 (mg/l)	なし	なし
諸外国等の水質基準値又はガイドライン値		
WHO (mg/l)	なし (第 2 版及び第 3 版ドラフト)	0.2(P) (第 2 版) 0.7(P) (第 3 版ドラフト)
EU (mg/l)	なし	なし
USEPA (mg/l)	0.8	1

5 . 水道水 (原水・浄水) での検出状況等

○ 監視項目調査 (二酸化塩素)

年度		測 定 地点数	指針値(0.6 mg/ ℓ) に対して										
				10%超過	20%超過	30%超過	40%超過	50%超過	60%超過	70%超過	80%超過	90%超過	100%
			10%以下	20%以下	30%以下	40%以下	50%以下	60%以下	70%以下	80%以下	90%以下	100%以下	超過
H12	原水	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	表流水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ダム・湖沼水	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	地下水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	浄水	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	表流水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ダム・湖沼水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	地下水	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

目 1 0 (亜塩素酸) 目 1 2 (二酸化塩素)

(指針値の超過状況)

	合計	6 年度	7 年度	8 年度	9 年度	10 年度	11 年度	12 年度
原水	0 / 1	/	/	/	/	/	/	0 / 1
浄水	0 / 3	/	/	/	/	/	/	0 / 3

注) 合計の欄の測定地点数は 1 年間の延べ地点数である。

○ 監視項目調査 (亜塩素酸イオン)

年度		測 定 地点数	指針値 (0.6 mg / ℓ) に対して										
			10%以下	10%超過	20%超過	30%超過	40%超過	50%超過	60%超過	70%超過	80%超過	90%超過	100%超過
H12	原水	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	表流水	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ダム・湖沼水	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	地下水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	浄水	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	表流水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ダム・湖沼水	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	地下水	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(指針値の超過状況)

	合計	6 年度	7 年度	8 年度	9 年度	10 年度	11 年度	12 年度
原水	0 / 1	/	/	/	/	/	/	0 / 3
浄水	0 / 3	/	/	/	/	/	/	0 / 6

注) 合計の欄の測定地点数は 1 年間の延べ地点数である。

6 . 測定手法

(亜塩素酸)

DPD 法、イオンクロマトグラフ法、電流法により測定できる。

DPD 法、イオンクロマトグラフ法、電流法による定量下限 (CV10%) は、それぞれ、10 µg/L、50 ~ 100 µg/L、10 µg/L、である。

(二酸化塩素)

DPD 法、イオンクロマトグラフ法、電流法により測定できる。

DPD 法、イオンクロマトグラフ法、電流法による定量下限 (CV10%) は、それぞれ、20 µg/L、

50 ~ 100 $\mu\text{g/L}$ 、10 $\mu\text{g/L}$ 、である。

7 . 毒性評価

二酸化塩素は、水溶液中で急速に加水分解され亜塩素酸となるという性質から考えて、飲水投与実験により体内に取り込まれた後は、亜塩素酸としての毒性として現れると考えられる。IARC は亜塩素酸を group 3 (ヒト発がん性ありに分類できない) として分類した (IARC, 1991)。

亜塩素酸は、二世世代試験において Sprague-Dawley ラット (用量毎、性毎に 30 匹) に 0, 35, 70, 300 mg/L の亜塩素酸ナトリウムを飲水で F0 世代の交配 10 週間前より投与された。投与群中離乳した最初の 25 腹それぞれから 25 匹の雄と雌が F1 世代として選ばれ、F0 世代と同じ投与が続けられ F2 世代を得た。F0 の亜塩素酸塩の用量は、雄で 0, 3.0, 5.6, 20.0 mg/kg bw/day 、雌で 0, 3.8, 7.5, 28.6 mg/kg bw/day であった。300 mg/L で児の生存数が減少し、出生時体重が減少し、F1 と F2 の授乳期を通して両世代で胸腺と脾臓の重量が減少し、F1 と F2 の雌雄の性的発育が遅延した。雌 F0 と雌雄 F1 での絶対・相対肝臓重量の有意な減少、F1 と F2 の絶対脳重量の減少、出生後 60 日では生じなかった出生後 24 日での聴覚驚愕刺激の最大反応の低下が 300 及び 70 mg/L 群で認められた。聴覚驚愕振幅の低下、F1 と F2 での絶対脳重量の減少、二世世代での肝臓重量の変化に基づき、NOAEL は 35 mg/L (2.9 mg/kg bw/day) と考えられた (CMA, 1997 ; TERA, 1998)。

同様の影響は、雌ラットに対して、二酸化塩素を 0, 2, 20, 100ppm の濃度で交配 2 週間前から離乳期まで、あるいは亜塩素酸を 0, 20, 40ppm の濃度で交配 10 日前から 9 週間投与した実験で、次世代への神経行動学的影響を根拠に両試験で NOAEL 20ppm (3 mg/kg/day) が求められている (Orme ら 1985 ; Mobley ら 1990)。

ヒトにおいて、亜塩素酸の主要な毒性発現は赤血球細胞への酸化ダメージである。男性ボランティアに単回経口投与した試験では、用量に依存した尿酸値の変化が認められたが、毒性学的意義はないと判断され、最高用量の約 0.34 mg/kg 体重/日が NOAEL とされた。別の試験では、12 週間の経口投与 (飲料水) により、血中尿素窒素がわずかに変化したものの、他の血清生化学および血球数等に変化はなく、NOAEL は 36 $\mu\text{g/kg}$ 体重/日とされた (Lubbers ら 1981)。二酸化塩素の臭味の閾値は 0.4 mg/L である。

8 . 処理技術

(亜塩素酸) オゾン、活性炭により除去できる。

(二酸化塩素) 自己分解により減少するが、活性炭によっても除去される。

9 . 水質基準値 (案)

(1) 評価値

発がん性の証拠は認められないことより、TDI 法による評価値の算定が妥当であると考えら

れる。NOAEL : 2.9mg/kg/day に不確実係数 : 100 (種差と個体差それぞれに 10) を適用して、TDI は $29 \mu\text{g/kg/day}$ と求められた。この値は、ヒトにおける NOAEL : $36 \mu\text{g/kg/day}$ によって支持される。二酸化塩素は浄水処理に直接使用されることを考慮し、TDI に占める飲料水の寄与率を 80% とし、体重 50kg のヒトが 1 日 2l 飲むと仮定すると、評価値は、0.6mg/L と算定される。

(2) 項目の位置づけ

わが国において二酸化塩素及び亜塩素酸のヒトへの暴露が想定されるのは、基本的に二酸化塩素が水道水の浄水処理に使用される場合である。したがって、水質管理目標設定項目とし、二酸化塩素が浄水処理に使用される場合の指針として活用されるべきである。

なお、水質基準の設定等については、二酸化塩素の浄水過程での使用が進んだ段階において、検討すべきである。

1 0 . その他参考情報

二酸化塩素、亜塩素酸、塩素酸については、二酸化塩素を使用する場合には必須のものとして扱うことが望ましく、その際には、毎日検査を行うべきである。また、目標値を超過する際には使用を中止する等の対策を原則とすべきである。

参考文献

- CMA (1997) Sodium chlorite: drinking water rat two-generation reproductive toxicity study. Washington DC, Chemical Manufacturers Association 1997, (Quintiles Report CMA/17/96).
- International Agency for Research on Cancer. (IARC) (1991) Chlorinated drinking-water; chlorination by-products; some other halogenated compounds; cobalt and cobalt compounds. Lyon, (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 52):45-359
- Lubbers JR, Chauhan S, Bianchine JR. (1981) Controlled clinical evaluations of chlorine dioxide, chlorite and chlorate in man. Fundamental and applied toxicology, 1981, 1:334-338.
- Mobley SA, Taylor DH, Laurie RD, Pfohl RJ. (1990) Chlorine dioxide depresses T3 uptake and delays development of locomotor activity in young rats. In: Jolley RL, Condie LW, Johnson JD ed. Water chlorination: Chemistry, environmental impact and health effects. Ann Arbor, Michigan, Lewis Publishers, Inc., vol 6, pp 347-360.
- Orme J et al. (1985) Effects of chlorine dioxide on thyroid function in neonatal rats. Journal of toxicology and environmental health, 1985, 15:315-322.

TERA Toxicology excellence for risk assessment (1998) Health risk assessment/characterization of the drinking water disinfection by-products chlorine dioxide and chlorite (8W-0766-NTLX). Cincinnati, Ohio, 1998.