

動物種	ラット	性	雌 (F ₁ 雌雄)
系 統	Sprague-Dawley		
投与方法	強制経口投与		
投与期間	妊娠7日目から分娩を経て授乳20日目まで		
投与量	0、0.1、0.3、1.0 mg/kg/day		
動物数	各群24匹		
主な影響	<p>1.0 mg/kg/day 群 母ラット：影響なし 児 (雄)：4～5 週齢での行動検査結果 (立ち上がり回数↓、身繕い又は洗顔回数↓)、8～9 週齢での追加検査結果 (立ち上がり回数↓) に差がみられた。 児 (雌)：影響なし</p> <p>0.3 mg/kg/day 群 母ラット：影響なし 児 (雄)：4～5 週齢での行動検査結果 (立ち上がり回数↓、身繕い又は洗顔回数↓)、8～9 週齢での追加検査結果 (立ち上がり回数↓) に差がみられた。 児 (雌)：4～5 週齢での行動検査結果に差はなかったが、8～9 週齢での追加検査結果 (立ち上がり回数↓) に差がみられた。</p> <p>0.1 mg/kg/day 群 母ラット：影響なし 児 (雄)：4～5 週齢での行動検査結果 (立ち上がり回数↓、身繕い又は洗顔回数↓) に差がみられたが、8～9 週齢での追加検査結果に差はなかった。 児 (雌)：4～5 週齢での行動検査結果に差はなかったが、8～9 週齢での追加検査結果 (立ち上がり回数↓) に差がみられた。</p>		
回復試験	—		
回復性	—		
備 考	母ラットの一般状態や体重、摂餌量、分娩・哺育状態及び剖検所見のいずれにも影響なし。 出生児の生存率や外表異常、一般状態、体重、生後形態分化、反射反応性、運動協調機能、学習機能、生殖機能のいずれにも影響なし。 オープンフィールド試験の検査項目は行動潜時、区画移動数、立ち上がり回数、身繕い又は洗顔回数、脱糞数、排尿回数の6項目。 雌8～9 週齢の行動検査結果に用量依存性はなく、その意義についても不明。		
出 典	環境省 (2011): ジフェニルアルシン酸 (DPAA) の毒性試験報告書 (第2版)		
動物種	ラット	性	雌 (F ₁ 雌雄)
系 統	Sprague-Dawley		
投与方法	強制経口投与		
投与期間	妊娠7日目から分娩を経て授乳20日目まで		
投与量	0、0.01、0.03、0.1 mg/kg/day		
動物数	24、24、21、24 匹		
主な影響	<p>0.1 mg/kg/day 群 母ラット：影響なし 児 (雄)：影響なし 児 (雌)：4 週齢のオープンフィールド試験で行動検査結果 (立ち上がり回数↓) に差がみられたが、8 週齢の検査時には差はなかった。</p> <p>0.03 mg/kg/day 群 母ラット：影響なし 児 (雌雄)：影響なし</p> <p>0.01 mg/kg/day 群 母ラット：影響なし 児 (雌雄)：影響なし</p>		

回復試験：	－
回復性：	－
備考：	母ラットの一般状態や体重、摂餌量、分娩・哺育状態及び剖検所見のいずれにも影響なし。 出生児の生存率や外表異常、一般状態、体重などにも影響なし。 オープンフィールド試験の検査項目は行動潜時、区画移動数、立ち上がり回数、身繕い又は洗顔回数、脱糞数、排尿回数の6項目。
出典：	環境省 (2011): ジフェニルアルシン酸 (DPAA) の毒性試験報告書 (第2版)
動物種：	ラット (新生児: 4日齢) 性: 雌雄
系統：	Sprague-Dawley
投与方法：	強制経口投与
投与期間：	28日間
投与量：	0、0.1、0.3、1.0 mg/kg/day
動物数：	各群10匹
主な影響：	1.0 mg/kg/day 群 雌雄: 胆管増生、グリソン鞘の炎症性細胞浸潤 雄: 赤血球数↓、単球比↓、トリグリセライド↑、A/G比↓ 雌: 体重↓、血小板数↑、プロトロンビン時間の延長、肝臓 (相対重量) ↑ 0.3 mg/kg/day 群 雄: 赤血球数↓ 雌: 影響なし 0.1 mg/kg/day 群 雌雄: 影響なし
回復試験：	－
回復性：	－
備考：	各群で死亡はなく、一般状態、病理解剖所見にも何ら異常は認められなかった。 赤血球の変化は軽微なもので、正常と考えられる範囲を逸脱するようなものでなかった。また、造血系器官である骨髄、脾臓には異常変化はみられず、また脳のヘマトキシリン・エオジン染色標本では器質的变化は認められなかった。
出典：	環境省 (2011): ジフェニルアルシン酸 (DPAA) の毒性試験報告書 (第2版)
動物種：	マウス 性: 雌 (F ₁ 雌雄)
系統：	ICR
投与方法：	飲水に添加して母マウスに投与 (F ₁ には母乳を介した間接投与)
投与期間：	出産後から離乳時まで
投与量：	0、5 mg/L (飲水中濃度)
動物数：	母マウスは不明、F ₁ は10匹
主な影響：	5 mg/L 群 (F ₁) 7週齢での回転棒試験で7日間のトレーニング日数に伴う成績の向上 (回転棒から落下するまでの時間の延長、落下回数の減少) は対照群に比べて劣った。 7週齢での明暗試験法、高下式十字迷路法により、不安感受性の亢進がみられた。
回復試験：	回復時期に実施した試験
回復性：	運動学習障害は不可逆的と考えられた。
備考：	母マウスの養育行動や体重に異常はみられなかった。
出典：	宮川和也, 成田年, 宮竹真由美, 加藤孝一, 山中健三, 鈴木勉 (2007): Diphenylarsinic acid (DPAA) 慢性曝露マウスの行動評価と中枢神経系に及ぼす影響. 日本神経精神薬理学雑誌, 27: 181-189.
動物種：	サル 性: 雌
系統：	カニクイザル
投与方法：	経鼻カテーテルによる経口投与

投与期間：	妊娠 50 日目から出産までの約 100 日間 (98~121 日間で 2 回/日投与)
投与量：	0、1.0 mg/kg/day
動物数：	各群 8 匹
主な影響：	1.0 mg/kg/day 群 母サル：影響なし 新生児：影響なし
回復試験：	—
回復性：	—
備考：	母サルの体重、出産成績（妊娠期間、出生時体重）に影響なし。ミオクローヌス様の症状もみられなかった。 新生児に形態異常はなく、生後 30 日から 40 日後に実施した神経機能検査（握力、疼痛反応、聴覚反応、瞳孔反応）にも影響なし。
出典：	吉川泰弘, 小山 高正, 川崎 勝義, 根岸 隆之, 濱崎 裕子 (2005): ジフェニルアルシン酸を投与したサルの行動影響調査, 「平成 17 年度ジフェニルアルシン酸等の健康影響に関する調査研究」研究報告, 財団法人日本科学技術振興財団.

付録 別表6 DPAA を反復投与した発がん性試験結果の概要

動物種	ラット	性	雄
系 統	Fischer 344		
投与方法	飲水に添加して投与（飲水投与）		
投与期間	6週間		
投与量	ジエチルニトロソアミン（DEN）0、200 mg/kg を腹腔内投与した2週間後から投与を開始し、DPAA 投与開始の1週間後に肝臓の2/3を部分切除。		
動物数	各群20匹		
主な影響	<p>20 ppm 群（DE 投与せず） 肝臓（絶対・相対重量）↑、ALP↑、γ-GTP↑、LAP↑、胆管増生及びグリソン鞘の炎症性細胞浸潤（全数）、CYP1B1↑ 神経症状なし</p> <p>20 ppm 群（DE 投与） 肝臓（絶対・相対重量）↑、ALP↑、γ-GTP↑、LAP↑、胆管増生及びグリソン鞘の炎症性細胞浸潤（全数）、CYP1B1↑ GST-P 陽性細胞巢（肝の前がん病変の指標）↑ 神経症状なし</p> <p>10 ppm 群（DE 投与） 影響なし（神経症状なし）</p> <p>5 ppm 群（DE 投与） 影響なし（神経症状なし）</p>		
回復試験	—		
回復性	—		
備 考	DEN 投与の0、5、10、20 ppm 群で GST-P 陽性細胞巢は観察されたが、DEN 未投与の20 ppm 群及び対照群（0 ppm 群）で GST-P 陽性細胞巢は観察されなかった。肝臓における8-OHdGの測定から、酸化 DNA 障害の関与はないと考えられた。		
出 典	鰐淵英機，魏民，梯アンナほか（2008）：ジフェニルアルシン酸（DPAA）の長期毒性に関する研究，「平成19年度ジフェニルアルシン酸等の健康影響に関する調査研究」研究報告，財団法人日本科学技術振興財団。		
動物種	ラット	性	雌雄
系 統	Fischer 344		
投与方法	飲水に添加して投与（飲水投与）		
投与期間	2年間		
投与量	0、5、10、20 ppm（飲水量から用量を求めると、下記の通り） （雄 0、0.23、0.45、0.91 mg/kg/day、雌 0、0.33、0.65、1.30 mg/kg/day）		
動物数	各群51匹		
主な影響	<p>20 ppm 群 発生率の増加した腫瘍なし</p> <p>10 ppm 群 発生率の増加した腫瘍なし</p> <p>5 ppm 群 発生率の増加した腫瘍なし</p>		
回復試験	—		
回復性	—		
備 考	非発がん影響については、別表4（長期毒性）に記載した。		
出 典	鰐淵英機，魏民，梯アンナほか（2011）：ジフェニルアルシン酸（DPAA）の長期毒性に関する研究，「平成22年度ジフェニルアルシン酸等の健康影響に関する調査研究」研究報告，財団法人日本科学技術振興財団。		

付録 1 水質環境基準の設定根拠

水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準等の見直しについて（第1次答申）
 （平成16年2月，中央環境審議会） 別紙2 水質環境基準項目 5 砒素
 （<http://www.env.go.jp/council/toshin/t090-h1510/02.pdf>）

1. 物質情報

名称	砒素			
C A S No.	7440-38-2			
元素／分子式	As			
原子量／分子量	74.92			
環境中での挙動	砒素は、鉱物や鉱石の溶解、産業排水由来又は大気中からの降下により水に溶け込む。一般に十分に酸化された表流水中では、五価の状態が存在している。深い湖の堆積物や地下水など還元条件のもとでは主として三価の状態が存在している。pHの上昇により、水中における溶存砒素の濃度は増大すると思われる。			
化合物の例	砒酸 (H_3AsO_4) 五酸化二砒素 (As_2O_5) 亜砒酸 (As_2O_3)			
物理的性状 比重 水への溶解性	砒素	砒酸	五酸化二砒素	亜砒酸
	銀灰黒色	無色吸湿性結晶	白色の吸湿性粉末	白色粉末又は結晶
	5.72	2.0～2.5	4.3	3.7～4
	不溶	可溶	65.8g/100ml (20℃)	可溶

2. 主な用途及び生産量

主な用途	砒素：半導体、合金添加元素 砒酸：木材防腐剤、医薬品の原料、染料の製造 五酸化二砒素：砒素化合物製剤、木材防腐、防蟻剤 亜砒酸：触媒、農薬、ガラスの脱色、脱硫剤、殺鼠剤、顔料、染料製造、媒染剤、漁網・皮革の防腐剤、医薬品、金属砒素、砒素化合物の製造、散弾用鉛の硬化剤
生産量等 (平成12年)	砒素：約40t 砒酸：約50t

3. 現行基準等

(1) 国内基準値等

環境基準値	0.01mg/l
水道水質基準値	0.01mg/l
P R T R 法	特定第1種指定化学物質（政令番号252）

(2) 諸外国基準値等

WHO飲料水質ガイドライン	0.01mg/l (p) (第2版及び第3版ドラフト)
U S E P A	0.05mg/l (2006.1.23までに)0.01mg/l
E U	0.01mg/l

4. 水環境における検出状況等（基準値 0.01mg/l）

(1) 公共用水域

常時監視（平成12年度）	4,711地点中 超過16地点 (0.3%)
常時監視（平成13年度）	4,643地点中 超過17地点 (0.4%)

(2) 地下水

概況調査（平成12年度）	3,386井戸中 超過65井戸 (1.9%)
概況調査（平成13年度）	3,422井戸中 超過44井戸 (1.3%)

5. P R T R 制度による全国の届出排出量（平成13年度：砒素及びその無機化合物）

公共用水域	22,071Kg
合計	6,016,403Kg

6. 基準値の導出方法等

JECFA において TDI に相当する PTDI 0.002mg/kg/day を設定している。水の寄与率 20%、体重 50kg、飲料水量 2l/day として、基準値を 0.01mg/l 以下とした。

付録 2 水質基準の設定根拠

水質基準の見直しにおける検討概要

(平成 15 年 4 月, 厚生科学審議会生活環境水道部会水質管理専門委員会)

(<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/konkyo0303.html>)

基 0 8

11112

ひ素

1. 物質特定情報

名称	ひ素
CAS No.	7440-38-2
分子式	As
分子量	74.9
備考	

(日本語版 I C S C)

2. 物理化学的性状

名称	ひ素	五酸化ひ素 (As ₂ O ₅)	三塩化ひ素 (AsCl ₃)	三酸化ひ素 (As ₂ O ₃)
物理的性状	無臭、脆く、灰色、 金属様外観の結晶	白色の吸湿性粉末	刺激臭のある、無色、油状の発煙性液体	白色または透明な塊状物、あるいは結晶性粉末
沸点 (°C)	—	315	130.2	457~465
融点 (°C)	—	—	-16	275~313
密度 (g/cm ³)	5.7	4.3	2.1	3.7~4.2
水溶解度 (g/100 ml(20°C))	溶けない	65.8	反応する	1.2~3.7
蒸気圧	—	—	1.17 kPa(20°C)	—
昇華点 (°C)	613	—	—	193
相対蒸気密度(空気=1)	—	—	6.3	—
20°Cでの蒸気/空気混合気体の相対密度(空気=1)	1.06			

(日本語版 I C S C)

3. 主たる用途・使用実績

用途	ひ素は、自然界にあつては主として銅、鉄、水銀、ニッケルなどの鉱物と共存し、自然水中に溶出することがある。鉱泉、鉱山排水、工場排水などの混入によっても含まれることがある。(H4 専門委員会報告)
----	--

4. 現行規制等

水質基準値 (mg/l)	0.01
その他基準 (mg/l)	薬品基準、資機材基準及び給水装置基準 0.001

他法令の規制値等	
環境基準値 (mg/l)	0.01
諸外国等の水質基準値又はガイドライン値	
WHO (mg/l)	0.01P (第2版及び第3版ドラフト)
EU (mg/l)	0.01
USEPA (mg/l)	0.05、(2006/1/23 までに) 0.01

5. 水道水（原水・浄水）での検出状況等

○水道統計

年度	測定地点数	基準値(0.01 mg/l)に対して																			
		10%以下	10%超過	20%以下	20%超過	30%以下	30%超過	40%以下	40%超過	50%以下	50%超過	60%以下	60%超過	70%以下	70%超過	80%以下	80%超過	90%以下	90%超過	100%以下	100%超過
H12	原水	5,207	4,478	331	147	84	43	27	23	25	9	7	33								
	表流水	994	825	86	39	19	5	2	3	3	2	1	9								
	ダム・湖沼水	299	267	17	6	5	2	0	0	1	1	0	0								
	地下水	3,097	2,666	190	84	44	34	18	15	16	3	6	21								
	その他	817	720	38	18	16	2	7	5	5	3	0	3								
	浄水	5,521	5,030	237	114	51	34	19	12	7	6	8	3								
	表流水	1,002	948	27	15	5	4	0	0	2	0	0	1								
	ダム・湖沼水	298	290	4	3	0	0	1	0	0	0	0	0								
	地下水	3,050	2,696	165	84	40	24	15	11	3	5	5	2								
	その他	1,171	1,096	41	12	6	6	3	1	2	1	3	0								

(基準値の超過状況)

	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	266/36,957	38 / 4,722	40 / 5,217	33 / 5,253	43 / 5,484	41 / 5,523	38 / 5,551	33 / 5,207
浄水	48 / 38,408	9 / 5,162	8 / 5,422	9 / 5,388	8 / 5,613	6 / 5,601	5 / 5,701	3 / 5,521

注) 合計の欄の測定地点数は7年間の延べ地点数である。

- ・基準値の超過は主として地質由来のものであり、当該原水の希釈等により対応することとしている。

6. 測定手法

水素化物発生-(加熱吸収セル)原子吸光光度法、フレイムレス-原子吸光光度法、水素化物発生-ICP法、ICP-MS法により測定できる。水素化物発生-(加熱吸収セル)原子吸光光度法、フレイムレス-原子吸光光度法、水素化物発生-ICP法、ICP-MS法による定量下限(CV10%)は、それぞれ、0.5

$\mu\text{g/L}$ 、 $2\mu\text{g/L}$ 、 $1\mu\text{g/L}$ 、 $0.06\mu\text{g/L}$ 、である。

7. 毒性評価

ヒトにおけるヒ素化合物の急性毒性の強さは、アルシン>亜ヒ酸塩>ヒ酸塩>有機ヒ素の順である。ヒ素化合物の致死量は、 1.5mg/kg BW （酸化ヒ素）～ 500mg/kg BW （DMAA）である。急性の中毒症状は、腹痛・嘔吐・下痢・四肢および筋肉痛・発赤を伴う皮膚の脆弱化にはじまり、四肢のしびれ感・刺痛、筋肉の痙攣、丘疹状の紅斑性皮疹が2週間後に表れる。さらに四肢の感覚異常、角化症、手爪のミーズ線、運動・感覚反応の不調が1カ月であらわれる。台湾・チリ・米国・メキシコ・カナダで、ヒ素汚染井戸水の摂取による慢性のヒ素中毒症が報告されている。慢性中毒症状としては、皮膚の異常・末梢性神経症・皮膚がん・末梢の循環不全などがこれらの地域で報告されている（IPCS、2001）。

無機ヒ素化合物は、ヒトにおける発がん性の十分な証拠と動物における発がん性の限られた知見に基づき、IARCによって Group 1（ヒトへの発がん性）に分類されている（IPCS、1987）。

体内がんと皮膚がんの両方と飲料水中ヒ素消費量との関係についてのかかなりのデータベースがあるが、実際の低濃度リスクについては考慮すべき不確かさが残っている。

平成4年の専門委員会及びWHOのGDWQ第2版(WHO, 1996)では、各種疫学調査などを総合的に判断して暫定指針値： 0.01mg/L を提案している。この値は、JECFA(1983)の暫定最大耐容1日摂取量（PMTDI）： $2\mu\text{g/kg}$ 、JECFA(1989)で暫定耐容1週摂取量（PTWI）： $15\mu\text{g/kg}$ を基にし、飲料水に対する寄与率を20%としたときに算出される値に一致するが、低用量外挿モデルによる 10^{-5} 発がんリスクはこれより低い値を導き出す。

疫学調査では、食物中のヒ素の寄与についての不確かさもあり、食物からのより多い無機ヒ素摂取が水のより低いリスク推定値を導き出すと共に、ヒ素代謝変異や栄養状態などの要因もリスク推定値に影響を与えると考えられる。このような多様なヒ素摂取を考慮した発がんリスク推定は過大評価となる可能性もある。また、最近のNRC（2001）での評価では「入手可能なヒ素の毒性発現機序データからは、線形または非線形外挿を用いるための生物学的な根拠が得られない」と判断している。

8. 処理技術

通常の浄水方法のうち、凝集沈殿+急速ろ過による除去性がある。逆浸透、ナノろ過、限外ろ過、活性アルミナ、石灰軟化、により除去できる。イオン交換による除去性がある。

9. 水質基準値（案）

（1）評価値

毒性評価に基づいて、発がん性に基づくヒ素のTDIまたは実質安全量（VSD）はもとより、それに基づいた飲料水中のヒ素濃度の確実性の高い健康指針値を導き出すことは現時点では

できない。したがって、安全性の観点からは、飲料水中ヒ素濃度をできるだけ最小限に維持することがのぞまれると共に、最も感受性の高い毒性指標とみられるがんを引き起こすヒ素の毒性発現メカニズムの解明が急務である。

ヒ素発がん性に関するリスクアセスメント関連のかなりの不確実さと飲料水からのヒ素除去の実際的な困難さからみて、従来からの基準値：10 µg/L が維持されるべきである。科学的な不確実性からみて、基準値は暫定的なものである。

(2) 項目の位置づけ

原水及び浄水とも評価値の 10%を越える値が検出されており、引き続き水質基準として維持することが妥当である。

10. その他参考情報

参考文献

- International Agency for Research on Cancer (IARC) (1987). Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC Monographs volumes 1-42. Lyons, 1987:100-106. (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Suppl. 7)
- IARC (2001) Environmental Health Criteria 224. Arsenic and arsenic compounds. WHO, Geneva.
- National Research Council (NRC) (2001) Arsenic in drinking water, 2001 update. National Academy Press, Washington D.C.

付録 3 各国・機関水質基準、主な環境基準（ヒ素: As として）

各国・機関水質基準、主な環境基準（ヒ素: As として）

機関・国	内容	値	出典
WHO	飲料水質ガイドライン（第3版）	0.01 mg/L	WHO 2004
日本	水道水質基準	0.01 mg/L	厚生労働省 2003
	環境基準（人の健康保護） 全公共用水域： 地下水： 土壌：	0.01 mg/L 0.01 mg/L 検液中 0.01 mg/L 以下かつ 農用地（田）の土壌 15 mg/kg 未満	環境省 1993, 1999, 2001
米国 [Water] :			
EPA	MCL（ヒ素）	0.01 mg/L	66 FR 6976, 2001
	MCLG（ヒ素）	0	
	水質クライテリア（ヒト健康） （ヒ素）水+魚介類摂取 （ヒ素）魚介類のみ摂取	0.018 µg/L 0.14 µg/L	57 FR 60848, 1992
カナダ	飲料水 IMAC	0.01 mg/L	Canada 2006
	環境基準 （水） 地域社会 IMAC： 農業用灌水： 家畜用：	0.025 mg/L 0.1 mg/L 0.025 mg/L	Canada 1997
	（土壌） SQG _{HH} （土壌摂取・ヒト健康）	12 mg/kg	
	（底質） 淡水暫定 GV [影響予想レベル] 海水暫定 GV [影響予想レベル]	5.9 mg/kg [17 mg/kg] 7.24 mg/kg [41.6 mg/kg]	
EU	飲料水	0.01 mg/L	98/83/EC, 1998
オランダ	地下水 Intervention Value: Target Value:	60 µg/L 7.2 µg/L	SERIDA 2000, 2009
	土壌 Intervention Value: Target Value:	55 mg/kg 29 mg/kg	
スウェーデン	表層水： 地下水 RV: 地下水飲用限界:	1.8~3.5 µg/L 10 µg/L 50 µg/L	Swedish EPA 2000
	土壌 GV: RV:	15 mg/kg 7~10 mg/kg	
	湖沼底質 RV: 海洋底質 RV:	40 mg/kg 45 mg/kg	
米国 [Air] :			
ACGIH	TLV-TWA （ヒ素, 元素及び無機化合物）	0.01 mg/m ³	ACGIH 2001
NIOSH	暴露限界勧告（15分間天井値） （ヒ素, 無機化合物）	0.002 mg/m ³ [15分]	NIOSH 1999
OSHA	8時間 TWA （ヒ素, 有機化合物）	0.5 mg/m ³	29 CFR 1910.1000 OSHA 1999a
	8時間 TWA-PEL （ヒ素, 無機化合物）	10 µg/m ³	29 CFR 1910.1018 OSHA 1999b
	8時間 TWA 建設工事作業 （ヒ素, 有機化合物）	0.5 mg/m ³	29 CFR 1926.55 OSHA 1999d
	8時間 TWA 造船所作業者 （ヒ素, 有機化合物）	0.5 mg/m ³	29 CFR 1910.1000 OSHA 1999c