

mg/kg を筋注する。 17)

- ・重症緊急を要する中毒症状の場合、1回 2.5 mg/kg を最初の2日間は4時間ごとに1日6回、3日目には1日4回、以降、10日間あるいは回復するまで毎日2回筋注する。 17)
- ・年齢、症状により適宜増減する。 17)

〈過量投与の症状〉

嘔気・嘔吐、頭痛、口唇・口腔・咽頭・眼の灼熱感、流涙・流涎、筋肉・胸部の圧迫感、振戦、血圧上昇など、ときに昏睡、痙攣を起こすことがある。 10)
(症状は通常30～90分で改善する) 9)

エピネフリン、エフェドリン、抗ヒスタミン剤などの投与が症状を緩解するとの報告がある。 10)

参考)BAL(British anti-lewisite, ジメルカプロール)の作用機序

BALは金属との親和力が強く、酵素蛋白のSH基とヒ素の結合を阻害。既に結合している場合はヒ素と結合して体外への排泄を促進し、酵素の活性を賦活する。 9)10)

- C. その他：動物実験ではDMPS(2,3-dimercapto-1-propanesulfonic acid)、DMPA(meso-dimercaptosuccinic acid)も有効であるが、BALのように副作用がある。 2)

(3)生命維持療法および対症療法

- A. 熱傷に準じた治療を行う。 2)

創面をデブリードし、スルファジアジン銀クリーム(ゲーベンクリーム(R))を塗布。 9)

二次感染の予防

- B. 重症の溶血が出現した場合は、輸血または交換輸血。 2)

- C. 尿量の維持に努め、炭酸水素ナトリウムによるアルカリ化を考慮する。 2)

- D. 検査

血液生化学検査、胸部X線検査、血液ガス分析

血算：溶血に注意

尿中ヒ素濃度の測定で曝露が確認できる。 12)

- (4)予後：皮膚病変はマスタードガスの場合より治りやすい(同程度の熱傷よりはやや長い) 12)13)

Bowen's病(表皮内扁平上皮癌)を誘発すると考えられる。 2)

*経口摂取の場合

(1)基本的処置

- A. 催吐：禁忌 11)

- B. 希釈：牛乳または水を120～240 mL(15 mL/kg以下)投与。 11)

- C. 胃洗浄：早期に施行 11)

痙攣対策をとった上で施行。 11)

- D. 活性炭・塩類下剤の投与：有効性は不明。 11)

(2)特異的治療

必要に応じて「経皮の場合」に準じて行う。

(3)生命維持療法および対症療法

- A. 重症の溶血が出現した場合は、輸血または交換輸血。 2)

- B. 尿量の維持に努め、炭酸水素ナトリウムによるアルカリ化を考慮する。 2)

*吸入の場合

(1) 基本的処置

きれいな空気下に移送

(2) 特異的治療

必要に応じて「経皮の場合」に準じて行う。

(3) 生命維持療法および対症療法

A. 呼吸不全の発生に留意する。

必要に応じて気道確保、呼吸管理を行う。

B. 重症の溶血が出現した場合は、輸血または交換輸血。 2)

C. 尿量の維持に努め、炭酸水素ナトリウムによるアルカリ化を考慮する。 2)

(4) 予後：慢性呼吸器疾患との因果関係が報告されている。 12)

*眼に曝露した場合

(1) 基本的処置

直ちに曝露部位を大量の水または生理食塩水で洗浄する。 2)

医療機関では眼の洗浄に生理食塩水を使用する。 9)

(2) 特異的治療

A. BAL 点眼：吸収を阻止する。 12)

日本および海外で製造されていない。 12)

植物油中 5～10% 13)

必要に応じて「経皮の場合」に準じて行う。

(3) 生命維持療法および対症療法

眼帯装着や眼球への圧迫を避ける。 9)

必要に応じて硫酸アトロピン軟膏、滅菌ペトロラタム等を使用。 9)

(4) 予後：重症の場合は治癒するまでに約 6 週間 13)

13. 中毒症例

未作成

14. 分析法

1) 検出法

大気中からセルロースメンブランフィルターで捕集し、原子吸光分析法で分析 11)

検知キット：M256A1 (ガス) 12)

検知紙：M8、M9、自衛隊仕様等 (液体)

2) 組織内濃度

原子吸光分析法で分析 (ng/mL 単位) 3)

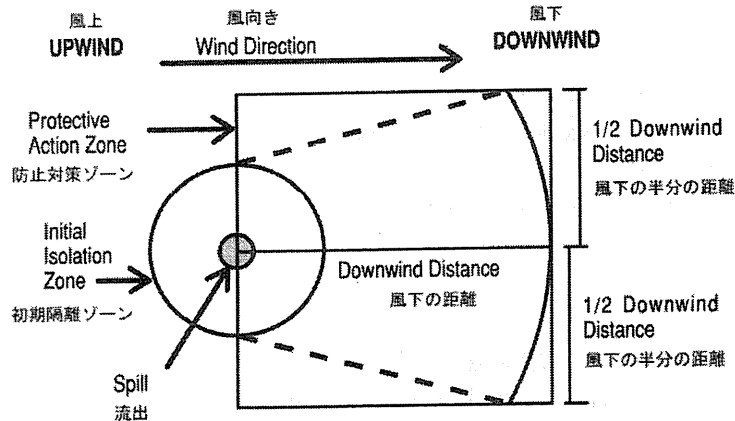
15. その他

1) 初期隔離

i) Emergency Response Guidebook 2012 (ERG 2012) による

18)

- ・ 初期隔離と保護活動の距離



- ・ 少量の漏出(小梱包からの流出または大梱包からの少量流出、2kg (4.4 lbs) まで):
まず周囲 30m(100feet)を隔離し、ついで日中は風下方向 0.1km(0.1miles)にいる人々、夜間は 0.3km(0.2miles)にいる人々を保護する。
- ・ 大量の漏出(大梱包からの流出または多数の小梱包からの流出、25kg (55 lbs) まで):
まず周囲 100m(300feet)を隔離し、ついで日中は風下方向 0.5km(0.3miles)にいる人々、夜間は 1.0km(0.6miles)にいる人々を保護する。

2) 漏洩時の汚染除去 3)

- 触れたり、汚染箇所の上を歩いてはいけない。
- 危険なしにできるのであれば漏洩箇所を止める。
- 閉鎖空間であれば立ち入る前に換気する。 11)
- 完全に隔離された防護服(製造者が推奨するもの)を着用し、処理にあたる。 3) 11)
- 水を散布して蒸気の発生を減らす。
- 水路、下水、地下室などに流入するのを防ぐ。 11)
- 少量の場合: 砂または燃焼性のない吸収剤に吸収させ、廃棄用の容器に入れる。
- 少量の乾燥物質の場合: きれいなシャベルで乾いたきれいな容器に移してゆるく蓋をする。
- 大量の場合: かなり離れたところに防護壁を作る。

3) 廃棄法

- 次亜塩素酸ナトリウム、漂白粉で中和され、不活性化される。 11)

16. 参考資料

- 1) RTECS, TOMES Plus (R). MICROMEDEX, Inc., Colorado, Vol. 34, 1997.
- 2) Rumack BH & Spoerke DG (eds): WARFARE AGENTS-LEWISITE. POISINDEX (R) Information System. MICROMEDEX, Inc., Colorado, VOL. 93, 1997.
- 3) HSDB. MICROMEDEX, Inc., Colorado, Vol. 33, 1997.
- 4) Rumack BH & Spoerke DG (eds): ARSENIC. POISINDEX (R) Information System. MICROMEDEX, Inc., Colorado, VOL. 94, 1997.
- 5) 中毒研究編集委員会: 中毒研究. 8, 11-17, 1995.

- 6) The Merckindex, 11th Ed., MERCK & CO., INC., 1989.
- 7) 宮田親平: 毒ガスと科学者. 光人社, 1991.
- 8) Tu AT: 化学兵器の毒作用と治療. 日救急医誌. 8, 91-102, 1997.
- 9) Ellenhorn, M. J. et al: Medical Toxicology, Elsevier, 1996.
- 10) 日本医薬情報センター: 医療薬日本医薬品集, 薬業時報社, 1997.
- 11) Rumack BH & Spoerke DG(eds): LEWISITE. HAZARTEXT(R) Information System. MICROMEDEX, Inc., Colorado, VOL. 93, 1997.
- 12) Sidell FR et al: Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare, 218-220, 1997
- 13) Meller SG, et al: Br J Plastic Surg, 44, 434-437, 1991
- 14) 佐藤洋 編著: Toxicology Today, 金芳堂, 1994
- 15) LEWISITE (Last Modified: November 28, 2012). In: POISINDEX(R) System (electronic version). Truven Health Analytics, Greenwood Village, Colorado, USA. Available at: <http://www.thomsonhc.com> (cited: 03/31/2013).
- 16) DEPARTMENT OF THE ARMY WASHINGTON DC. PART III - CHEMICAL, CHAPTER 3 - VESICANTS (BLISTER AGENTS), SECTION VI - TREATMENT OF LEWISITE LESIONS. In: NATO Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations AMedP-6(B). 1996. Available from URL: <http://www.fas.org/nuke/guide/usa/doctrine/dod/fm8-9/3toc.htm> (cited: 03/31/2013)
- 17) 第一三共: バル(R)筋注 100 mg「第一三共」 添付文書 2009年6月改訂 (第6版, 指定医薬品の廃止). (参照 2013-01-15)
- 18) Emergency Response Guidebook 2012. <http://www.phmsa.dot.gov/staticfiles/PHMSA/DownloadableFiles/Files/Hazmat/ERG2012.pdf>, (参照: 2013-03-31)

17. 作成日

20130331

ID 041400_0103_b

公益財団法人 日本中毒情報センター 医師向け中毒情報

ヒ素化合物 詳細版

各化学物質の先頭番号（両括弧付き番号）は、本資料に掲載の化学物質に付加した通し番号で、本資料の各項を通じて同じ化学物質には同じ番号を付加している。

1. 名称

1) 2)

◎金属ヒ素

(1)ヒ素

ヒ素には灰色ヒ素、黄色ヒ素、黒色ヒ素の3種の同素体がある。2)

別名：灰色ヒ素、金属ヒ素、黄色ヒ素、黒色ヒ素

arsenic, gray arsenic, metallic arsenic, yellow arsenic,
black arsenic

CAS No. : 7440-38-2

化学式：As

◎無機ヒ素化合物

<3価 (As³⁺) の無機ヒ素化合物>

(2)三酸化ヒ素

別名：無水亜ヒ酸、三酸化二ヒ素

arsenic trioxide, arsenic(III)oxide, arsenious acid,
arsenious oxide, arsenious trioxide, arsenite,
arsenolite, arsenous acid anhydride,
arsenous oxide anhydride, arsentrioxide, white arsenic

CAS No. : 1327-53-3

化学式：As₂O₃

(3)三塩化ヒ素

別名：arsenic trichloride, arsenic chloride, arsenic butter,
arsenious chloride, arsenous chloride,
arsenous trichloride, butter of arsenic,
fuming liquid arsenic, trichloroarsine

CAS No. : 7784-34-1

化学式：AsCl₃

(4)亜ヒ酸カリウム

別名：potassium arsenite, arsenious acid, potassium salt,
arsenic acid, potassium salt, fowler's solution,
potassium metaarsenite

CAS No. : 10124-50-2

化学式：この化合物は様々な組成をもつ。市販の製品は大体が KAsO₂・HAsO₂ に該当する。 14)

(5)亜ヒ酸ナトリウム

別名：メタ亜ヒ酸ナトリウム、sodium arsenite,
arsenious acid, monosodium salt, sodium metaarsenite

CAS No. : 7784-46-5

化学式：NaAsO₂

(6) 亜ヒ酸カルシウム

別名：calcium arsenite、arsenious acid, calcium salt、calcium arsenite, solid
CAS No.：-

化学式：種々の組成のものが知られており、市販品はこれら塩の混合物で、組成は一定していない。 2)

(6)-1) 亜ヒ酸カルシウム (正塩)

CAS No.：27152-57-4

化学式：Ca₃(AsO₃)₂

(6)-2) 亜ヒ酸水素カルシウム (calcium hydrogen arsenite)

化学式：CaHAsO₃ および Ca(H₂AsO₃)₂

(6)-3) ピロ亜ヒ酸カルシウム (calcium pyroarsenite)

化学式：Ca₂As₂O₅

(6)-4) メタ亜ヒ酸カルシウム (calcium metaarsenite)

化学式：Ca(AsO₂)₂

(6)-5) メタ四亜ヒ酸カルシウム (calcium metatetraarsenite)

化学式：Ca₃As₄O₉

(7) 亜ヒ酸鉛

別名：lead arsenite、lead(II)arsenite、lead arsenite, solid

CAS No.：10031-13-7

化学式：Pb(AsO₂)₂

(8) 亜ヒ酸銅(II)

別名：亜ヒ酸水素銅(II)、酸性亜ヒ酸銅、酸性亜ヒ酸第二銅、
シェーレグリーン、シェーレ緑、copper arsenite、
acid copper arsenite、copper orthoarsenite、
cupric arsenite、cupric green、Scheele's green

CAS No.：10290-12-7

化学式：CuHAsO₃

(9) アセト亜ヒ酸銅

別名：酢酸亜ヒ酸銅、エメラルドグリーン、emerald green、
C. I. ピグメントグリーン 21、C. I. Pigment Green 21、
パリスグリーン、Paris Green

CAS No.：12002-03-8

化学式：Cu(C₂H₃O₂)₂·3Cu(AsO₂)₂

< 5 価 (As⁵⁺) の無機ヒ素化合物 >

(10) 五酸化ヒ素

別名：五酸化二ヒ素、無水ヒ酸、arsenic pentoxide、arsenic(V)oxide、
arsenic acid anhydride、arsenic anhydride

CAS No.：1303-28-2

化学式：As₂O₅

(11) ヒ酸

別名：オルトヒ酸、arsenic acid、arsenic acid (solid)、
orthoarsenic acid hemihydrate、arsenic acid, hemihydrate

CAS No.：7778-39-4、1327-52-2

化学式：H₃AsO₄

(12) ヒ酸カリウム

別名：砒酸カリウム、Potassium arsenate、Potassium dihydrogen arsenate、

Potassium acid arsenate

CAS No. : 7784-41-0

化学式 : AsH_2KO_4

(13) ヒ酸ナトリウム

別名 : sodium arsenate、arsenic acid, sodium salt

CAS No. : -

化学式: ヒ酸ナトリウム (sodium arsenate) と称される化合物は複数存在する。

(13)-1) ヒ酸ナトリウム

CAS No. : 7631-89-2 16)

化学式 : $\text{AsH}_3\text{O}_4 \cdot x\text{Na}$ 16)

(13)-2) ヒ酸三ナトリウム 15)

別名 : sodium orthoarsenate、trisodium arsenate

CAS No. : 13464-38-5 16)

化学式 : AsNa_3O_4

(13)-3) ヒ酸水素二ナトリウム 15)

別名 : ヒ酸ナトリウム、二塩基性 14)、disodium hydrogen arsenate、arsenic acid disodium salt、disodium arsenate

CAS No. : 7778-43-0 15) 16)

化学式 : AsHNa_2O_4 15)

(13)-4) アルセネン酸ナトリウム

別名 : arsenenic acid, sodium salt、sodium metaarsenate、sodium monohydrogen arsenate

CAS No. : 15120-17-9 16)

化学式 : AsO_3Na 16)

(14) ヒ酸カルシウム

別名 : ヒ酸石灰、calcium arsenate、arsenic acid, calcium salt、calcium orthoarsenate、tricalcium arsenate

CAS No. : 7778-44-1

化学式 : $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$

(15) ヒ酸鉛

別名 : ヒ酸水素鉛、酸性ヒ酸鉛、lead arsenate、arsenic acid, lead salt

CAS No. : 7784-40-9

化学式 : PbHAsO_4

◎有機ヒ素化合物

(16) カコジル酸

別名 : ジメチルアルシン酸、

cacodylic acid、arsine oxide、dimethylhydroxy-、arsinic acid、dimethyl-、dimethyl arsenic acid、dimethylarsenic acid、hydroxydimethylarsine oxide

CAS No. : 75-60-5

化学式 : $(\text{CH}_3)_2\text{As}(\text{O})\text{OH}$

(17) メタンアルソン酸

別名 : メチルアルソン酸、

methanearsonic acid、methylarsenic acid、methylarsinic acid、methylarsonic acid、monomethylarsinic acid

CAS No. : 124-58-3

化学式：CH₃AsO(OH)₂

2. 分類コード

6-71-1367-000 [ヒ素] 化合物の一般名

2-19-2310-980 [その他の歯科口腔用剤] 亜ヒ酸パスタ

3. 成分・組成

・亜ヒ酸パスタ：三酸化ヒ素を 40%含有 3)

4. 製造会社及び連絡先

十條合成化学研究所 他

5. 性状・外観

◎金属ヒ素

(1)ヒ素 2)

ヒ素には灰色ヒ素、黄色ヒ素、黒色ヒ素の3種の同素体がある。2)

1)灰色ヒ素(gray arsenic)、金属ヒ素(metallic arsenic)

- ・灰色、金属光沢の斜方六面体結晶
- ・化学式 As₄
- ・分子量 299.68
- ・比重 5.727
- ・融点 818℃(36気圧)
- ・沸点 615℃
- ・溶解性 水、二硫化炭素に不溶
- ・安定性 乾燥空气中、常温では安定で、きわめてもろい。

2)黄色ヒ素(yellow arsenic)

- ・黄色透明、ニンニク臭の軟らかい結晶
- ・化学式 As₄
- ・分子量 299.68
- ・比重 1.97
- ・融点 815℃(加圧下)
- ・溶解性 二硫化炭素に可溶
- ・安定性 常温で不安定で、熱、光で灰色ヒ素に変わりやすい。

3)黒色ヒ素(black arsenic)

- ・黒色、硬い無定形の塊
- ・灰色ヒ素と黄色ヒ素の中間的性質をもっている。
- ・溶解性 硝酸、王水、熱アルカリ水などに可溶。二硫化炭素に不溶。

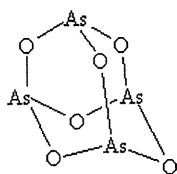
◎無機ヒ素化合物

<3価(As³⁺)の無機ヒ素化合物>

(2)三酸化ヒ素 2)

1)非晶系(ヒ石ガラス:vitreous arsenic)

- ・無色、無定形のガラス状物質
- ・化学式 As₂O₃
- ・構造式：

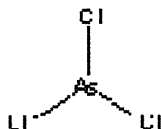


- ・分子量 197.84
 - ・比重 3.738
 - ・溶解性 結晶系のものより水に溶けやすい。
 - ・安定性 不安定で、徐々に等軸晶系に変形する。
- 2) 等軸晶系 (ヒ華 : arsenolite)
- ・白色、等軸八面体の粉末結晶
 - ・化学式 As_2O_3
 - ・分子量 197.84
 - ・比重 3.865
 - ・溶解性 水、塩酸、アルカリ、エタノールに可溶
 - ・安定性 常温では安定。135°Cで昇華、221°Cで単斜晶系に転移する。
- 3) 単斜晶系 (単斜ヒ華 : claudetite)
- ・無色の針状結晶
 - ・化学式 As_2O_3
 - ・分子量 197.84
 - ・比重 4.00
 - ・融点 313°C
 - ・沸点 465°C
 - ・溶解性 水、酸、アルカリ、エタノールに可溶
 - ・安定性 221°C以上では安定

亜ヒ酸パスタ (商品名) : 黒色、チョウジ油のにおいのするパスタ剤 3)

(3) 三塩化ヒ素 2)

- ・無色、油状の液体
- ・化学式 AsCl_3
- ・構造式 :



- ・分子量 181.28
- ・比重 2.1497
- ・融点 -16°C
- ・沸点 130.21°C
- ・蒸気密度 6.25
- ・溶解性 塩酸、エタノール、クロロホルム、四塩化炭素、エーテルなどに易溶
- ・安定性 空気中で発煙、水溶液は加水分解により塩酸、ヒ素を生じる。

(4) 亜ヒ酸カリウム 2)

- ・白色粉末
- ・化学式 $\text{KAsO}_2 \cdot \text{HAsO}_2$
- ・分子量 253.95
- ・溶解性 水に可溶。エタノールに難溶。
- ・安定性 吸湿性があり、空気中の CO_2 で徐々に分解する。

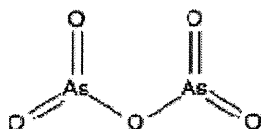
- (5) 亜ヒ酸ナトリウム 2)
- ・白色または灰白色粉末
 - ・化学式 NaAsO_2
 - ・分子量 129.90
 - ・比重 1.87
 - ・溶解性 水に易溶。エタノールにやや可溶。
- (6) 亜ヒ酸カルシウム 2)
- 種々の組成のものが知られており、市販品はこれら塩の混合物で、組成は一定していない。 2)
- (6)-1) 亜ヒ酸カルシウム (正塩) 2)
- ・白色粉末。空気中では安定であるが、赤熱すれば酸化される。
 - ・化学式 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_3)_2$
 - ・分子量 366.08
 - ・溶解性 水に難溶。酸に可溶。
- (6)-2) 亜ヒ酸水素カルシウム (calcium hydrogen arsenite) 2)
- ・化学式 CaHAsO_3 および $\text{Ca}(\text{H}_2\text{AsO}_3)_2$
 - ・分子量 164.01, 289.95
 - ・溶解性 水に可溶。
- (6)-3) ピロ亜ヒ酸カルシウム (calcium pyroarsenite) 2)
- ・化学式 $\text{Ca}_2\text{As}_2\text{O}_5$
 - ・分子量 310.00
 - ・溶解性 水に難溶。酸に可溶。
- (6)-4) メタ亜ヒ酸カルシウム (calcium metaarsenite) 2)
- ・白色の無定形粉末
 - ・化学式 $\text{Ca}(\text{AsO}_2)_2$
 - ・分子量 253.92
 - ・溶解性 水に可溶。
- (6)-5) メタ四亜ヒ酸カルシウム (calcium metatetraarsenite) 2)
- ・化学式 $\text{Ca}_3\text{As}_4\text{O}_{19}$
 - ・分子量 563.92
- (7) 亜ヒ酸鉛 2)
- ・白色粉末
 - ・化学式 $\text{Pb}(\text{AsO}_2)_2$
 - ・分子量 421.03
 - ・比重 5.85
 - ・溶解性 水に難溶。希硝酸に可溶。アルカリ水溶液に易溶。
- (8) 亜ヒ酸銅(II) 2)
- ・黄緑色の粉末
 - ・化学式 CuHAsO_3
 - ・分子量 187.46
 - ・溶解性 水、エタノールに不溶。希酸、アンモニア水に可溶。
- (9) アセト亜ヒ酸銅 2)
- ・エメラルドグリーン色の結晶粉末
 - ・化学式 $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$
 - ・分子量 1031.71
 - ・溶解性 水、エタノールに不溶。希酸に可溶。
 - ・安定性 空気中で光、熱に対して安定。酸、アルカリには不安定で硫化水素によ

り黒変する。

<5価 (As^{5+}) の無機ヒ素化合物>

(10) 五酸化ヒ素 (2)

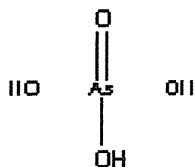
- ・ 白色、無定形の固体
- ・ 化学式 : As_2O_5
- ・ 構造式 :



- ・ 分子量 : 229.82
- ・ 比重 4.09
- ・ 融点 315°C (分解)
- ・ 溶解性 水に易溶、酸、アルカリ、エタノールに可溶
- ・ 安定性 潮解性があり、ヒ酸となる。

(11) ヒ酸 (2)

- ・ 無色透明の微小な板状結晶
- ・ 化学式 $\text{H}_3\text{AsO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
- ・ 構造式 :

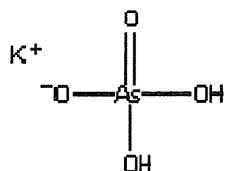


- ・ 分子量 150.95
- ・ 比重 2~2.5
- ・ 融点 35.5°C
- ・ 沸点 160°C
- ・ 溶解性 水に易溶。アルカリ、エタノール、グリセリンに可溶。
- ・ 安定性 やや潮解性がある。

(12) ヒ酸カリウム

無色~白色の結晶または粉末 (14)

- ・ 化学式 : AsH_2KO_4
- ・ 構造式 :



- ・ 分子量 : 180.0
- ・ 融点 : 288°C (14)
- ・ 水への溶解度 : 19 g/100 mL (6°C) (14)

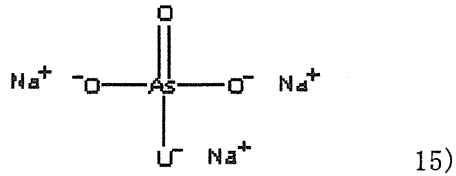
(13) ヒ酸ナトリウム (5)

ヒ酸ナトリウム (sodium arsenate) と称される化合物は複数存在する。

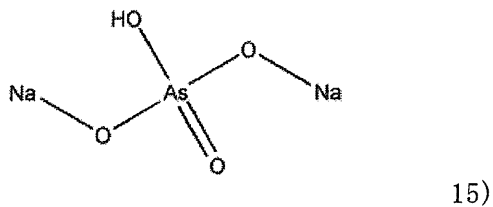
(13)-1) ヒ酸ナトリウム

- ・ 化学式 : $\text{AsH}_3\text{O}_4 \cdot x\text{Na}$ (16)

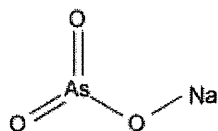
- ・分子量：302.88 16)
- (13)-2)ヒ酸三ナトリウム
- ・化学式：AsNa3O4 15)
- ・構造式：



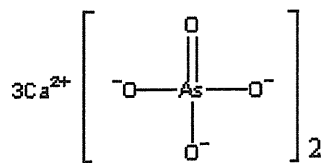
- ・分子量：207.89
- (13)-3)ヒ酸水素二ナトリウム
- ・化学式：AsHNa2O4
- ・構造式：



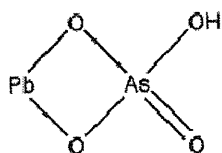
- ・分子量：185.9
- (13)-4)アルセネン酸ナトリウム
- ・化学式：AsO3Na
- ・構造式：



- ・分子量：145.91
- (14)ヒ酸カルシウム 2)
- ・白色の無定形粉末
- ・化学式：Ca3(AsO4)2
- ・構造式：



- ・分子量：398.06
- ・融点：1450℃
- ・溶解性：水に微溶。塩酸に可溶。
- (15)ヒ酸鉛 2)
- ・白色、板状微結晶または非晶系粉末
- ・化学式：PbHAsO4
- ・分子量：347.13
- ・構造式：



- ・ 比重：5.79
- ・ 溶解性：水に不溶。酸、アルカリに可溶。

◎有機ヒ素化合物

(16) カコジル酸 9)

- ・ 無色の結晶
- ・ 化学式 $(\text{CH}_3)_2\text{As}(\text{O})\text{OH}$
- ・ 分子量 137.99
- ・ 融点 $195\text{--}196^\circ\text{C}$
- ・ 溶解性 水にきわめてよく溶け、アルコールに易溶。酢酸に溶ける。エーテルにはほとんど溶けない。

(17) メタンアルソン酸 9)

- ・ 化学式 $\text{CH}_3\text{AsO}(\text{OH})_2$
- ・ 分子量 139.96
- ・ 融点 161°C
- ・ 溶解性 水にきわめてよく溶け、アルコールに溶ける。

6. 用途

2)

(1) ヒ素

合金添加元素として、高純度のものは半導体に使用される。

(2) 三酸化ヒ素

かつては主に、他のヒ素化合物の原料として、最近では、ガラスの脱色剤、都市ガスの触媒、脱硫剤、亜鉛用選鉱剤、皮革の防腐剤などに使用される。

・ 亜ヒ酸パスタ (製剤) 3)

歯髄失活剤：永久歯の抜髄のために貼付し、緊密に仮封する（適用は48時間以内）。

(3) 三塩化ヒ素

窯業において、また塩素系ヒ素化合物の合成に用いられる。

(4) 亜ヒ酸カリウム

ホーレル水 (Fowler's solution) の主成分として医薬品（体質改善剤、強壯剤）に用いられた。銀鏡の製造に用いる。

(5) 亜ヒ酸ナトリウム

シロアリ駆除剤、除草剤として使用されてきた。

(6) 亜ヒ酸カルシウム

殺虫剤、殺菌剤、カタツムリ等の撲滅剤などに用いる。

(7) 亜ヒ酸鉛

殺虫剤として使用される。

(8) 亜ヒ酸銅(II)

船底塗料として使われることがある。

(9) アセト亜ヒ酸銅

- ・ 緑色顔料 15)
- ・ 絵の具、船底塗料、防虫塗料などに用いられた。

- ・かつては殺虫剤としても使用されたが、毒性が強いため現在は使用が禁止されている。 15)
- (10)五酸化ヒ素
有色ガラス製造、金属接着剤、殺菌剤などに使用される。
- (11)ヒ酸
ヒ素化合物含有製剤の製造に用いられる。
- (14)ヒ酸カルシウム
農薬として使用されたが、日本では 1972 年度に生産が停止した。
- (15)ヒ酸鉛
殺虫剤として使用される。
- (17)メタアルソン酸
メタアルソン酸カルシウム、メタアルソン酸鉄が、以前は有機ヒ素剤（農薬殺菌剤）として使用されていたが、2012 年 10 月現在、すべて登録失効している。

7. 法的規制事項

毒物及び劇物取締法

ヒ素およびヒ素化合物は次の 2 つの有機ヒ素剤（農薬殺菌剤）を除いてすべて毒物 4)

メタンアルソン酸カルシウム：劇物（指定令第 2 条）（政令番号：98-3） 15)

メタンアルソン酸鉄：劇物（指定令第 2 条）（政令番号：98-4） 15)

日本薬局方収載医薬品、毒薬、指定医薬品：亜ヒ酸パスタ（製剤） 3)

8. 毒性

ヒ素化合物の毒性は、物質の形（無機化合物、有機化合物）、原子価の状態（3 価、5 価）、水溶性に依存する。 17)

- ・有機ヒ素化合物は無機ヒ素化合物と比較して低毒性である。 18)
- ・3 価のヒ素(As^{3+})は 5 価(As^{5+})よりも毒性が高い。 6)17)
- ・水溶性化合物は難溶性化合物より毒性が高い。 6)

◎金属ヒ素

(1)ヒ素

[ヒト中毒量]

経口

- ・中毒例：3 歳男児 ヒ素 4 mg/kg 相当を含有する花火を経口摂取し、嘔吐、水様性下痢、心電図異常、意識障害、代謝性アシドーシスが出現 19)

Python 社製の花火（商品名“snakes”）を約 3 個経口摂取し、30 分後に嘔吐が出現。

摂取 1 時間後、反応が鈍くなり、水様性下痢と嘔吐が出現。その他、心電図異常、意識障害、軽度の代謝性アシドーシス等を認めたが、対症療法にて翌日には退院した症例報告あり（摂取 1.5 時間後の尿中ヒ素濃度は $35 \mu\text{g/L}$ （正常範囲内）。57 日目の 24 時間尿のヒ素濃度は $18 \mu\text{g/L}$ （正常範囲内））。

[動物急性毒性]

- ・経口ラット LD50：763 mg/kg (HSDB (2005)) 15)16)
- マウス LD50：144 mg/kg、145 mg/kg 16)
- ・皮下モルモット LDLo：300 mg/kg 5)16)
- ・腹腔モルモット LDLo：10 mg/kg 5)16)

◎無機ヒ素化合物

<3価 (As³⁺) の無機ヒ素化合物>

(2)三酸化ヒ素

[ヒト致死量]

経口

- ・成人致死量：100～300 mg と推測される 20)
- ・死亡例 1：21 歳男性 2 g 経口摂取 21)
- ・死亡例 2：集団－和歌山カレー事件 22)
患者 67 名（うち死亡 4 名）の推定経口摂取量は 22～205 mg(平均±標準偏差 75.1±36.7)。

[動物急性毒性] 5)

- ・経口ラット LD50：10 mg/kg 16)
マウス LD50：20 mg/kg 16)
イヌ LDLo：10 mg/kg 16)
- ・静脈マウス LD50：10.7 mg/kg 16)
ウサギ LDLo：10.56 mg/kg 16)
- ・皮下ラット LDLo：8 mg/kg 16)
マウス LD50：9.8 mg/kg 16)
皮内イヌ LDLo：2 mg/kg 16)
- ・腹腔ラット LD50：871 mg/kg 16)

(3)三塩化ヒ素

局所に対する刺激が非常に強く、無傷の皮膚からも浸透する可能性あり。 6)

[動物急性毒性]

- ・経口ラット LD50：48 mg/kg 15)16)
- ・経皮ラット LD50：80 mg/kg 15)16)
- ・吸入マウス LCLo：338 ppm・10 分 5)
ネコ LCLo：200 mg/m(3)・20 分 5)

(4)亜ヒ酸カリウム

[動物急性毒性]

- ・経口ラット LD50：14 mg/kg 15)16)
イヌ LDLo：3 mg/kg 16)
- ・経皮ラット LD50：150 mg/kg 15)16)
- ・静脈イヌ LDLo：2 mg/kg 16)
ウサギ LDLo：6 mg/kg 16)
- ・皮下マウス LDLo：16 mg/kg 16)
イヌ LDLo：700 μg/kg 16)
ネコ LDLo：5 mg/kg 16)
モルモット LDLo：9 mg/kg 16)
ウサギ LDLo：8 mg/kg 16)

(5)亜ヒ酸ナトリウム

[ヒト中毒量]

経口

- ・小児は 1 mg/kg 未満の経口摂取でも確実に重篤な症状を引き起こす。 24)

[ヒト致死量]

経口

- ・小児は 2 mg/kg の経口摂取では死に至る可能性もある。 24)

・死亡例：31歳男性 推定約10g 経口摂取 25)

[動物急性毒性]

- ・経口ラット LD50：41 mg/kg 16)、 42 mg/kg 15)
ウサギ LDLo：12 mg/kg 16)
- ・経皮ラット LD50：150 mg/kg 15)16)
- ・静脈ラット LDLo：6 mg/kg 16)
- ・腹腔マウス LD50：1.17 mg/kg 16)
ラット LDLo：7 mg/kg 16)

(6) 亜ヒ酸カルシウム

[ヒト致死量]

経口

- ・ヒト(60 kg)最小致死量：100 mg 26)

[動物急性毒性]

- ・経口マウス LD50：1 mg/kg 15)16)

(7) 亜ヒ酸鉛

ヒト、動物とも毒性値データなし 15)16)

(8) 亜ヒ酸銅(II)

[ヒト致死量]

- ・ヒト経口致死量 約0.4 g 2)

[動物急性毒性]

動物の毒性値データなし 16)

(9) アセト亜ヒ酸銅

[動物急性毒性]

- ・経口ラット LD50：22 mg/kg 15)16)
- ・経皮ラット LD50：2400 mg/kg 15)16)

<5価(As⁵⁺)の無機ヒ素化合物>

(10) 五酸化ヒ素

[動物急性毒性]

- ・経口ラット LD50：8 mg/kg 15)16)
マウス LD50：55 mg/kg 16)
- ・静脈ウサギ LDLo：6 mg/kg 16)
- ・皮下ウサギ LDLo：12.4 mg/kg 16)

(11) ヒ酸

[動物急性毒性]

- ・経口ラット LD50：48 mg/kg 15)16)
イヌ LDLo：10 mg/kg 16)
ウサギ LDLo：5 mg/kg 16)

(12) ヒ酸カリウム

[動物急性毒性]

- ・経口ラット LD50：14 mg/kg 15)

(13) ヒ酸ナトリウム

(13)-1) ヒ酸ナトリウム

[動物急性毒性] 5)

- ・経口ウサギ LDLo：51 mg/kg 16)
- ・腹腔ラット LDLo：49 mg/kg 16)
- ・静脈ラット LDLo：85 mg/kg 16)

- ウサギ LDLo : 28 mg/kg 16)
- (13)-2) ヒ酸三ナトリウム
[動物急性毒性]
・経口ラット LD50 : 112 mg/kg 15)
マウス LDLo : 1600 mg/kg 16)
- (13)-3) ヒ酸水素二ナトリウム
[動物急性毒性]
・腹腔ラット LDLo : 34720 μ g/kg 16)
- (13)-4) アルセネン酸ナトリウム
[動物急性毒性]
・静注ラット TDLo : 20 mg/kg 16)
- (14) ヒ酸カルシウム
[動物急性毒性]
・経口ラット LD50 : 20 mg/kg 16)、298 mg/kg 15)
マウス LD50 : 794 mg/kg 16)
イヌ LD50 : 38 mg/kg 16)
ウサギ LDLo : 50 mg/kg 16)
・経皮ラット LD50 : 2400 mg/kg 15) 16)
- (15) ヒ酸鉛
[動物急性毒性]
・経口ラット LD50 : 100 mg/kg 16)、80 mg/kg 15)
・経皮ラット LD50 : >2400 mg/kg 15) 16)

◎有機ヒ素化合物

- (16) カコジル酸
[動物急性毒性]
・経口ラット LD50 : 644 mg/kg 16)
・腹腔マウス LDLo : 500 mg/kg 16)
- (17) メタンアルソン酸
[動物急性毒性]
・経口ラット LD50 : 961 mg/kg 16)
・皮下マウス LD50 : 794 mg/kg 16)

[血中濃度・尿中濃度]

- (a) 血中濃度 : あまり有用ではない (半減期が短いため)。 7)
- (b) 尿中ヒ素濃度
・正常値 : 魚介類を喫食していない場合、50 μ g/L 未満、あるいは 25 μ g 未満/24 時間尿。
魚介類を喫食後 4 時間以内は、200~1700 μ g/L となる可能性あり。 17)
・急性曝露の場合、通常、曝露後 1~3 日にメチル化体として尿中に検出される。 17)
尿の単回採取による濃度測定は、曝露を裏付ける助けとなるが、尿中濃度から曝露量 (血中濃度) を推定することはできない。 17)
100 μ g/24 時間尿を超えると異常。 18)
・慢性曝露が疑われる場合、200 μ g/L 以上は異常値とみなす。 17)
- (c) 毛髪中の含有量 17)

- ・ヒ素に曝露される環境下でないヒトの場合、乾燥毛髪 1 g 中に $1\mu\text{g}$ 以下。
工業地帯などに居住しているヒトで $0.02\sim 8.17\mu\text{g/g}$ の報告あり。
- ・経口摂取した場合、無機ヒ素化合物は摂取後 30 時間以内に毛髪に沈着するが、
有機ヒ素化合物は毛髪に沈着しない。

9. 中毒学的薬理作用

- ・3 価のヒ素 (As^{3+}) は、生体内のスルフヒドリル基と結合してさまざまな酵素（解糖系、
ピルビン酸脱水素酵素、TCA サイクルに関わる酵素）を阻害する。その結果、ATP 合成
が阻害される。 1) 7) 17) 18)
- ・5 価のヒ素 (As^{5+}) は、生体内（解糖系）でリン (P) と置き替わり、ミトコンドリアにお
ける酸化的リン酸化の脱共役（アンカップリング）を引き起こして、ATP 合成を阻害
する。 7) 17) 18)
- ・ヒ素は溶血を起こすが作用機序は不明である。（生体内で産生された三酸化ヒ素が赤血
球蛋白を変性させるといふ説がある。他に、カタラーゼの阻害、細胞内での過酸化水
素発生説などもある） 17)

10. 体内動態

[吸収]

- ・亜ヒ酸塩（3 価）は三酸化ヒ素（3 価）より消化管から吸収されやすい。 1)
- ・無機の 5 価ヒ素化合物（ヒ酸塩）は 3 価のもの（亜ヒ酸塩）より、吸収されやすい。
1)
- ・有機ヒ素化合物は一般に消化管から吸収されにくい。 1)

[分布]

- ・初めは血液中のグロブリンと結合しているが、摂取 24 時間以内に組織に
再分布し SH 基に結合する。 7)
- ・分布容積は大きい、その値は不明。 1)
- ・一部、骨のリンと置換して数年間残ることもある。 7)
- ・服用 30 時間以内に髪にも分布する。6~8 時間以内に死亡している場合には
通常髪からヒ素は検出されない。 7)

[排泄]

- ・主たる排泄器官は腎だが、便、髪への排泄もある。 1) 6) 7)
- ・尿中にはメチル誘導体として排泄される。 6)
- ・BAL 療法により、尿中への排泄を促進でき、半減期は約 60 時間となる。 6)
- ・吸収されたうちの大部分が 4 日以内に尿中に排泄されるが、完全な排泄に
は数週を要する。 1) 7)
- ・乳汁移行は殆どないが、胎盤は通過し、胎児死亡の原因となる。 7)

11. 中毒症状

(1) 循環器系症状

- ・血圧低下：早期からヒ素の血管拡張作用により、また血管壁透過性亢進に
より大量の体液、電解質の消失をきたし、hypovolemia、重篤な
場合はショック。 1) 6) 7)
- ・頻脈：hypovolemia などから二次的に生ずる。 1)
- ・循環不全が死亡原因となる（24 時間以内から 4 日後）。 7)
- ・稀に心室性頻脈、心室細動 7)
- ・回復後も数カ月 QT の延長、T 波の反転が続くことがある。 7)

(2) 呼吸器系症状

- ・呼気にニンニク臭 1)7)
- ・呼吸筋麻痺による呼吸不全、肺浮腫、ARDS の報告がある。 1)
- (3) 神経系症状
 - ・頭痛、嗜眠、譫妄、昏睡、痙攣 7)
 - ・遅れて、末梢性神経炎 1)7)
- (4) 消化器系症状
 - 30 分以内～2 時間後までに、嘔吐、血性下痢、激しい腹痛、灼けるような食道痛 1)7)
- (5) 肝症状
 - 遅れて、黄疸 7)
- (6) 泌尿器系症状
 - ・遅れて、腎不全 7)
 - ・無尿、血尿、タンパク尿、急性尿細管壊死、腎不全 1)
- (7) その他
 - (1) 血液：溶血、汎血球減少症 1)
 - (2) 皮膚：紅潮、発汗、手掌の角化症、末梢浮腫、過度の色素沈着と茶色の落屑、剥脱性の皮膚炎 1)

12. 治療法

*経口の場合

(1) 基本的処置

急性ヒ素中毒では頻回に嘔吐することが多く、したがって消化管除染は必須ではない 17) が、大量摂取が予想される場合は、胃洗浄および腸洗浄を考慮するべきである 18)。

A. 催吐 6)7)

2013 年 3 月現在、米国の中毒情報データベース「POISINDEX(R)」には行うべき処置としての記述がない。 18)

B. 胃洗浄 6)7)18)

C. 吸着剤と下剤の投与

・吸着剤

無機ヒ素化合物は活性炭にあまり吸着しない。 1)17)

急性ヒ素中毒の治療においては無効かもしれない。 18)

亜ヒ酸ナトリウム (0.65 mmol/L) やヒ酸ナトリウム (1.7 mmol/L) は人工胃液中で活性炭に吸着しないことが *in vitro* 実験 (10 倍量の活性炭と最高 4 時間のインキュベーション) で確認されている。 18)

・下剤

中毒症状として下痢が出現する可能性が高く、通常、下剤は不要

D. 腸洗浄

X 線撮影により下部消化管にヒ素が確認されれば考慮する。 1)

(2) 生命維持療法および対症療法

A. 呼吸・循環管理

- ・体液電解質バランスに十分な注意が必要。 1)7)
- ・低血圧には昇圧剤よりもまず輸液。 1)7)
- ・頻脈も hypovolemia より起こっているのでまず輸液。 1)

(3) 特異的治療法

[解毒剤・拮抗剤]

キレート療法

・適用

以下 a)～c)のいずれかの場合に適用となる。 17)

a)急性の経口摂取が確実で、重篤な症状（激しい下痢、低血圧、心伝導異常など）がある患者

b)何らかの症状があり、なおかつ尿中ヒ素濃度が $50 \mu\text{g/L}$ 以上の患者

c)症状の有無にかかわらず尿中ヒ素濃度が $200 \mu\text{g/L}$ 以上の患者

・中止基準

24時間尿中のヒ素濃度が $50 \mu\text{g/L}$ 以下（ $50 \mu\text{g/L}/24$ 時間以下）となったとき 18)

・ヒ素中毒に用いられるキレート剤として、BAL（一般名；ジメルカプロール(dimercaprol)）、DMSA（一般名；サクシマー(succimer)）、DMPS（一般名；2,3-ジメルカプト-1-プロパンスルホン酸ナトリウム塩）、チオ硫酸ナトリウムがある。

28) 29)

このうち、日本で2013年3月現在、医薬品として販売されているのは、BAL(筋注製剤)、チオ硫酸ナトリウム(静注製剤)のみである。

・チオ硫酸ナトリウムについては、デトキソール(R)注射液 2g(日医工)の【効能・効果】にヒ素中毒の記載があるものの、海外の中毒学教科書には解毒剤としてチオ硫酸ナトリウムの記載はなく 10) 11) 12) 13)、ヒ素剤中毒に対する効果は疑わしい。

1) BAL（一般名；ジメルカプロール(dimercaprol)）

・製品名：バル(R)筋注 100 mg[第一三共]；1アンプル中 100 mg 含有

・用法・用量 27)

ジメルカプロールとして、通常成人 1回 2.5 mg/kg を第1日目は6時間間隔で4回筋注する。第2日目以降6日間は毎日1回 2.5 mg/kg を筋注する。

重症緊急を要する中毒症状の場合、1回 2.5 mg/kg を最初の2日間は4時間ごとに1日6回、3日目には1日4回、以降、10日間あるいは回復するまで毎日2回筋注する。

年齢、症状により適宜増減する。

・使用上の注意

禁忌：肝障害、腎障害のある患者では、投与しないことを原則とするが、特に必要とする場合には慎重に投与すること。 27)

理由：ジメルカプロール-金属複合体の腎臓からの排泄が遅延することがあるため 27)

一般的注意：

ピーナツやピーナツ製品にアレルギーを示す患者では使用しない。ジメルカプロール注射液はジメルカプロールをラッカセイ油に溶解した製剤であるため。 35)

ジメルカプロールと金属の錯体は酸性尿中では不安定で容易に解離し、遊離した金属が腎組織を障害するため、治療中は腎臓を保護するために尿をアルカリ性に保つようにする。 27)

・副作用 27)

過敏症(頻度不明)

ジメルカプロールは局所刺激作用を有し、発疹および浮腫を起こすほか、皮膚の感作を起こすことが知られている。

幼小児では、投与後一過性の発熱を伴うことがある。

大量投与($4\sim 5 \text{ mg/kg}$)では、約50%の割合で悪心・嘔吐、頭痛、口唇・口腔・