

# 汚染物質評価書（案）

## ヒ素

2011年3月

食品安全委員会

化学物質・汚染物質専門調査会

# 目次

1		
2	I. 背景	4
3	II. 評価対象物質の概要	4
4	1. 物理化学的特性	4
5	(1) 無機ヒ素	4
6	①金属ヒ素	4
7	②無機ヒ素化合物	5
8	(2) 有機ヒ素化合物	7
9	①水溶性有機ヒ素化合物	10
10	②脂溶性有機ヒ素化合物	11
11	2. 主たる用途及び生産量	12
12	3. 環境中の分布・動態	13
13	(1) 大気	13
14	(2) 土壌	13
15	(3) 水域・底質・地下水	14
16	(4) 生態系におけるヒ素の循環	14
17	①海洋生態系	15
18	②陸上生態系	16
19	III. ヒトにおける曝露	17
20	1. 吸入曝露	17
21	2. 経口曝露	17
22	(1) 食品からの曝露	17
23	①海産物	18
24	②農畜産物	21
25	(2) 飲料水からの曝露	23
26	(3) 経口曝露量の推定	23
27	①総ヒ素	23
28	②無機ヒ素	23
29	IV. 安全性にかかる知見の概要	23
30	1. 体内動態	23
31	(1) 吸収	23
32	(2) 分布	24
33	(3) 代謝	25
34	(4) 排泄	27
35	(5) 生物学的半減期	28
36	2. 無機ヒ素化合物	

- 1 (1) ヒトにおける影響
- 2 ①急性影響
- 3 ②慢性影響
- 4 a. 発がん性
- 5 b. 皮膚への影響
- 6 c. 生殖・発生への影響
- 7 d. 神経系への影響
- 8 e. 心血管系への影響
- 9 f. グルコース代謝異常及び糖尿病
- 10 g. 遺伝毒性
- 11 h. その他の影響
- 12 (2) 実験動物等における影響
- 13 ①急性毒性試験
- 14 ②反復投与毒性試験
- 15 ③生殖・発生毒性試験
- 16 ④遺伝毒性試験
- 17 ⑤発がん性試験
- 18 ⑥免疫毒性試験
- 19 3. 有機ヒ素化合物
- 20 (1) ヒトにおける影響
- 21 ①急性影響
- 22 ②慢性影響
- 23 a. 発がん性
- 24 b. 皮膚への影響
- 25 c. 生殖・発生への影響
- 26 d. 神経系への影響
- 27 e. 心血管系への影響
- 28 f. グルコース代謝異常及び糖尿病
- 29 g. 遺伝毒性
- 30 h. その他の影響
- 31 (2) 実験動物等における影響
- 32 ①急性毒性試験
- 33 ②反復投与毒性試験
- 34 ③生殖・発生毒性試験
- 35 ④遺伝毒性試験
- 36 ⑤発がん性試験
- 37 ⑥免疫毒性試験

1	4. 分子機構
2	V. 国際機関等の評価
3	VI. 食品健康影響評価
4	
5	
6	

1 **I. 背景**

2

3 **II. 評価対象物質の概要**

4 ヒ素は、「砒素」や「ひ素」などの表記を用いることがあるが、本研究では「ヒ素」  
5 を用いることとする。

6 無機ヒ素化合物は表〇〇の名称を用い、有機ヒ素化合物は表〇〇の略称等を用いる  
7 こととする。

8 溶液等に溶解している場合は、As(III)及びAs(V)を使用する。

9

10

11 **1. 物理化学的特性**

12 ヒ素は、単体としてのヒ素（金属ヒ素）、無機ヒ素化合物及び有機ヒ素化合物に分  
13 類される。

14 **(1) 無機ヒ素**

15 **①金属ヒ素**

16 ヒ素は元素周期表で第 15 族に属し、物理化学的性質はリンに似ている。常温の空  
17 気中では、変化しない。酸化数-3、-1、+3、+5の化合物が安定である。(岩波理  
18 化学辞典: 長倉ら 1998) (表 1)。

19

1

2 表1 金属ヒ素の物理化学的特性

物質名	ヒ素 arsenic		
	黄色ヒ素	灰色ヒ素	黒色ヒ素
IUPAC 名 <sup>1)</sup>	arsenic		
CAS 登録番号	7440-38-2		
化学式	As		
構造式 <sup>1)</sup>	As		
分子量 <sup>2)</sup>	74.9216		
形状	立方晶系結晶 <sup>4)</sup>	三方晶系結晶 <sup>4)</sup>	無定形
色調	黄色 <sup>4)</sup>	金属光沢のある灰色 <sup>4)</sup>	黒色 <sup>4)</sup>
臭い	ニンニク臭	—	—
融点 (°C) <sup>3)</sup>	—	818 (36 atm)	—
沸点 (°C) <sup>3)</sup>	—	615 (昇華点)	—
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.97 <sup>4)</sup>	5.778 (25°C/4°C) <sup>3)</sup>	4.73 <sup>4)</sup>
溶解度	二硫化炭素: 可溶 8 g/100 g (20°C) <sup>4)</sup>	水: 不溶 <sup>3)</sup>	—
その他	準安定で、ヒ素蒸気の低温凝縮で生じ、ニンニク臭があり、透明ろう状でやわらかい <sup>4)</sup> 。紫外線照射により灰色ヒ素となる <sup>3)</sup> 。	硝酸や熱硫酸により亜ヒ酸、ヒ酸となる <sup>3,4)</sup> 。	

3

4 出典; 1) PubChem Substance: National Center for Biotechnology Information 2004

5 2) Hazardous Substances Data Bank (HSDB): National Institutes of Health (NIH)  
6 1994

7 3) The Merck Index: O'Neil et al. 2006

8 4) 岩波理化学辞典: 長倉ら 1998

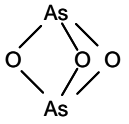
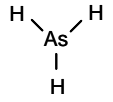
9

10

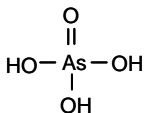
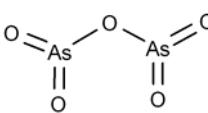
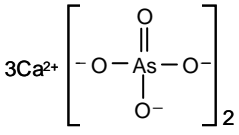
## 11 ②無機ヒ素化合物

12 三酸化二ヒ素 (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) は、分子量 197.84、常温で固体であり、無定形と結晶があ  
13 る。立方晶系の融点は 275°C、単斜晶系の融点は 313°C、沸点は 465°Cである (The  
14 Merck Index: O'Neil et al. 2006)。25°Cにおける蒸気圧は 0.00075 Pa (5.6×10<sup>-5</sup> Torr:  
15 0.45 µg As/m<sup>3</sup>) である。常温の水に 2.1 g/100 mL 溶けるが、溶ける速度は遅い。水  
16 に溶けると弱酸の亜ヒ酸 (H<sub>3</sub>AsO<sub>3</sub>) になる。また塩酸、硫酸、水酸化ナトリウムに  
17 溶解する。食品、生体内では溶解して存在する。

1 表 2 無機ヒ素化合物の物理化学的特性

形態	As(III)				
物質名	三酸化二ヒ素 Diarsenic trioxide (無水亜ヒ酸)			アルシン Arsine (ヒ化水素)	ヒ化ガリウム Gallium Arsenide
	アルセノ ライト	クローデ タイト	無定形		
IUPAC 名 <sup>1)</sup>	arsenic(3+); oxygen(2-)			arsane	gallanylidynearsane
CAS 登録番号	1327-53-3			7784-42-1	1303-00-0
化学式	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			AsH <sub>3</sub>	GaAs
構造式 <sup>1)</sup>					Ga ≡ As
分子量 <sup>2)</sup>	197.84			77.95	144.64
形状 <sup>2)</sup>	立方晶系 結晶	単斜晶形 結晶	菱形 8 面 の非晶形	気体	立方晶系結晶
色調 <sup>2)</sup>	白色	無色	無色	無色	灰色、 金属光沢のある灰色
臭い <sup>2)</sup>	無臭	—	—	不快なニンニク臭	湿らせるとニンニク 臭
融点 (°C) <sup>3)</sup>	275	313	—	-117	1238
沸点 (°C) <sup>3)</sup>	465	—	—	-62.5	—
密度 (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>2)</sup>	3.86	3.74	—	3.186 g/L (gas)	5.3176 (25 °C)
溶解度	水: 20.5 g/L (25 °C)、17 g/L (16 °C) <sup>2)</sup> 冷水: ゆっくり溶ける <sup>2)</sup> 15 parts の沸騰水、希塩酸、水酸化 アルカリ液、炭酸塩溶液: 可溶 <sup>2)</sup> アルコール、クロロフォルム、エー テル: 実質的に不溶 <sup>2)</sup> グリセリン: 可溶 <sup>2)</sup>  クローデタイト 希酸、アルカリ: 可溶 <sup>2)</sup> エタノール: 不溶 <sup>2)</sup>			水: 0.28 g/L (20 °C) <sup>2)</sup> 過マンガン酸カリ ウム溶液や臭素水 中に吸収される <sup>3)</sup> 。	水: <1 g/L (20 °C) <sup>2)</sup> DMSO、95 %エタノー ル、メタノール、アセ トン: <1 mg/mg <sup>2)</sup> 塩酸: 可溶 <sup>2)</sup>
その他	—			空气中で酸化されて As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> を生ずる <sup>4)</sup> 。 300 °Cでヒ素と水 素に分解する <sup>4)</sup> 。 蒸気密度 2.7 (air=1) <sup>2)</sup>	—

1 表 2 無機ヒ素化合物の物理化学的特性 (続き)

形態	As(V)		
物質名	ヒ酸 Arsenic acid	五酸化二ヒ素 Arsenic pentoxide	ヒ酸カルシウム Calcium arsenate
IUPAC 名 <sup>1)</sup>	arsoric acid	—	—
CAS 登録番号	7778-39-4	1303-28-2	7778-44-1
化学式	AsH <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As <sub>2</sub> Ca <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
構造式 <sup>1)</sup>			
分子量 <sup>2)</sup>	141.94	229.84	398.07
形状 <sup>3)</sup>	吸湿性結晶 (1/2 水和物) <sup>3)</sup>	無定形の塊または粉末	非結晶性粉末
色調 <sup>2)</sup>	白色半透明 (1/2 水和物)	白色	白色
臭い <sup>2)</sup>	—	—	無臭
融点 (°C) <sup>3)</sup>	35	—	(分解する)
沸点 (°C) <sup>3)</sup>	160 (1/2 水和物) <sup>2)</sup>	—	—
密度 (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>2)</sup>	2.2	4.32	3.620
溶解度	水: 590 g/L <sup>2)</sup> 、 3,020 g/L (12.5 °C、1/2 水和物) <sup>2)</sup> 水、アルコール、グリセリン: 易溶 (1/2 水和物) <sup>3)</sup>	水: 658 g/L (20 °C) <sup>2)</sup> 、 2,300 g/L (20 °C) <sup>2)</sup> エタノール: 可溶 <sup>2)</sup> 酸、アルカリ: 可溶 <sup>2)</sup>	水: 0.13 g/L (25 °C) <sup>2)</sup> 希酸: 可溶 <sup>2)</sup> 有機溶媒: 不溶 <sup>2)</sup>
その他	水和物としてのみ存在 <sup>3)</sup> 。 溶液中でのみ存在 <sup>2)</sup> 。 水和物は、160 °C以上で水分子を失う <sup>4)</sup> 。	300 °C で分解 <sup>2)</sup>	—

2

3 出典; 1) PubChem Substance: National Center for Biotechnology Information 2004

4 2) Hazardous Substances Data Bank (HSDB): National Institutes of Health (NIH) 1994

5 3) The Merck Index: O'Neil et al. 2006

6 4) 岩波理化学辞典: 長倉ら 1998

7

## 8 (2) 有機ヒ素化合物

9 自然界では無機ヒ素のメチル化が生じ、動植物中にはモノメチルヒ素化合物、ジメ  
10 チルヒ素化合物、トリメチルヒ素化合物、テトラメチルヒ素化合物が存在する。

11 海産物中には高濃度のヒ素が存在する。その化学形態は多様で、水溶性と脂溶性の  
12 化合物に大別される。構造式をまとめて図 1 に示す。アルセノシュガーには、三級ア



1 ルキルアルシンオキサイド型と四級アルキルアルソニウム型の存在が認められてい  
2 る。

3 人工有機ヒ素化合物であるロキサルスンは、米国では成長促進用の家禽飼料添加物  
4 として使用されているが、日本では飼料添加剤として指定されていない。

5 ジフェニルアルシン酸は、日本の茨城県神栖町（現神栖市）において地下水及び土  
6 壌汚染が見つかり大きな問題となった。

7 海洋生物に含まれる多種類の複雑な有機ヒ素化合物の化学形態分析には、液体クロ  
8 マトグラフィー（LC）-原子吸光法や LC-誘導結合プラズマ（ICP）発光分光分析法  
9 が利用されてきたが、近年ではさらに高感度な LC-ICP-質量分析法が開発され、広く  
10 利用されている（Inoue et al. 1996）。しかし、日本人の食品由来のヒ素摂取量で上位  
11 を占める海洋生物中のヒ素については、長年の研究によってある程度の化学形態情報  
12 が蓄積されているものの、まだまだ不十分な状況である。

13

14 表 3 有機ヒ素化合物の物理化学的特性

物質名	モノメチル アルソン酸 Monomethyl arsonic acid MMA(V)	モノメチル 亜ヒ酸 Methyl arsonous acid MMA(III)	ジメチル アルシン酸 Dimethyl arsinic acid DMA(V) (カコジル酸)	ジメチル 亜ヒ酸 Dimethyl arsinous acid DMA(III)	トリメチルアル シンオキサイド Trimethyl arsine oxide TMAO	トリメチル アルシン Trimethylarsine TMA(III)
IUPAC 名	methylarsonic acid	methylarsonous acid	dimethylarsinic acid	dimethylarsinous acid	dimethylarsoryl methane	trimethylarsane
CAS 登録番号	124-58-3	-	75-60-5	-	4964-14-1	-
化学式	CH <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> AsO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> AsO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> AsO	C <sub>3</sub> H <sub>9</sub> AsO	C <sub>3</sub> H <sub>9</sub> As
構造式						
分子量	139.97	123.95	138	122	136.03	120.03
形状	単斜晶形結晶、 槍型プレート状 (無水アルコールより)	-	三斜晶系結晶	-	-	-
色調	白色	-	無色	-	-	-
臭い	-	-	無臭	-	-	-
融点(°C)	161	-	195-196	-	-	-
沸点(°C)	-	-	>200	-	-	-
密度(g/cm <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-
溶解度	水: 256g/L (20°C) エタノール: 可溶	-	水: 2,000 g/L (25°C) 酢酸: 可溶 エタノール: 可溶 ジエチルエーテル: 不要	-	-	-
その他	酸味 強二塩基酸	-	-	-	-	-

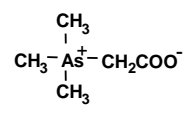
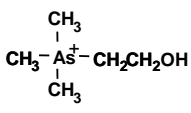
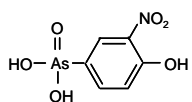
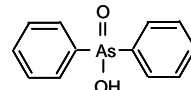
15

16

17

18

1 表 3 有機ヒ素化合物の物理化学的特性 (続き)

物質名	アルセノベタイン	アルセノコリン	ロキササルソン	ジフェニル アルシン酸
	Arsenobetaine	Arsenocholine	Roxarsone	Diphenylarsinic acid (DPAA)
IUPAC名 <sup>1)</sup>	2-trimethyl arsoniumylacetate	2-hydroxyethyl (trimethyl)arsanium	(4-hydroxy-3-nitrophenyl) arsonic acid	di(phenyl) arsinic acid
CAS登録番号	64436-13-1	39895-81-3	121-19-7	4656-80-8
化学式	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> AsO <sub>2</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>14</sub> AsO	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> AsNO <sub>6</sub>	C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> AsO <sub>2</sub>
構造式				
分子量 <sup>2)</sup>	178.06	165.09	263.04 <sup>2)</sup>	262.14 <sup>1)</sup>
形状 <sup>2)</sup>	—	—	針状または菱面体晶系板状 の房状集合体 <sup>2)</sup>	—
色調 <sup>2)</sup>	—	—	淡黄色 <sup>2)</sup>	—
臭い <sup>2)</sup>	—	—	—	—
融点(°C) <sup>3)</sup>	—	—	—	174 <sup>5)</sup>
沸点(°C) <sup>2)</sup>	—	—	—	—
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	—	—	—	—
溶解度	—	—	冷水: 微溶 <sup>3)</sup> メタノール、エタノール、 酢酸、アセトン、アルカリ: 易溶 <sup>3)</sup> 約30 partsの沸騰水: 可溶 <sup>3)</sup> エーテル、酢酸エチル: 不 溶 <sup>3)</sup> 希鉍酸: 微溶 <sup>3)</sup>	水、エタノール: 易溶 <sup>5)</sup> エーテル、ベンゼ ン: 微溶 <sup>5)</sup>
その他	—	—	—	—

2

3

4 出典; 1) PubChem Substance: National Center for Biotechnology Information 2004

5 2) Hazardous Substances Data Bank (HSDB): National Institutes of Health (NIH) 1994

6 3) The Merck Index: O'Neil et al. 2006

7 4) 岩波理化学辞典: 長倉ら 1998

8 5) 化学大辞典 4: 化学大辞典編集委員会 1963

9

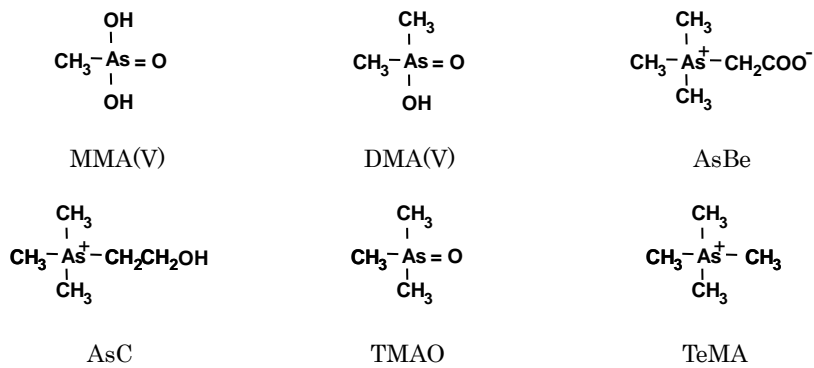
1

2 ①水溶性有機ヒ素化合物

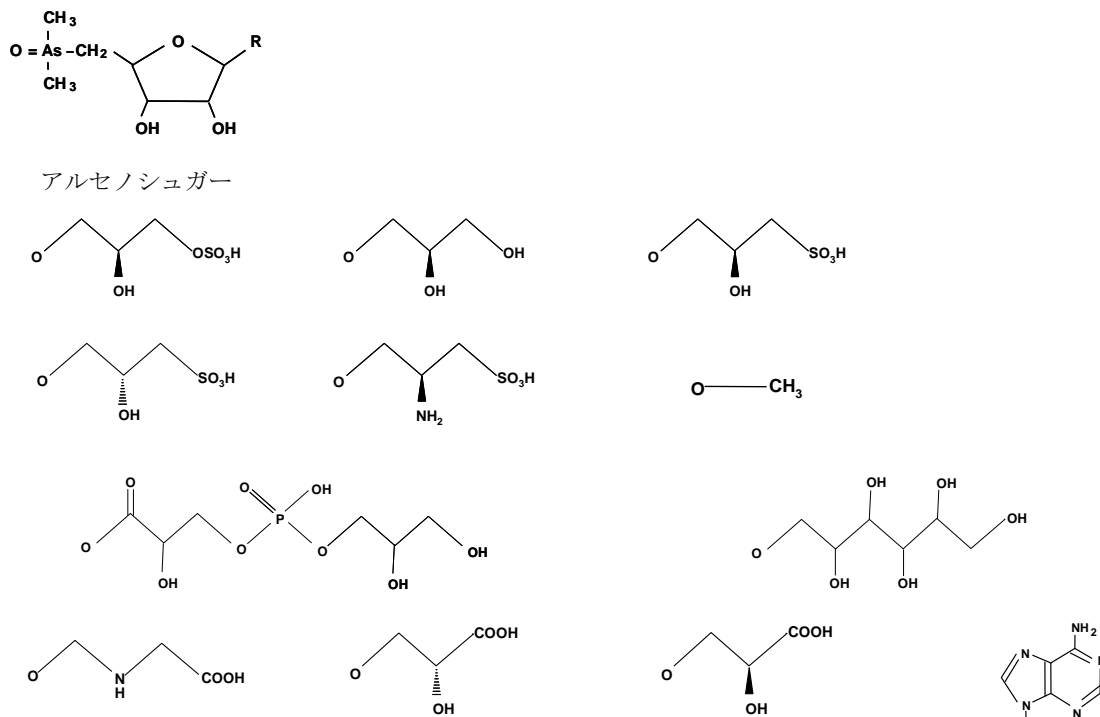
3

4 図1 海洋生態系に存在する水溶性有機ヒ素化合物

a. 主として、海洋動物中あるいは海水中に存在する水溶性有機ヒ素化合物

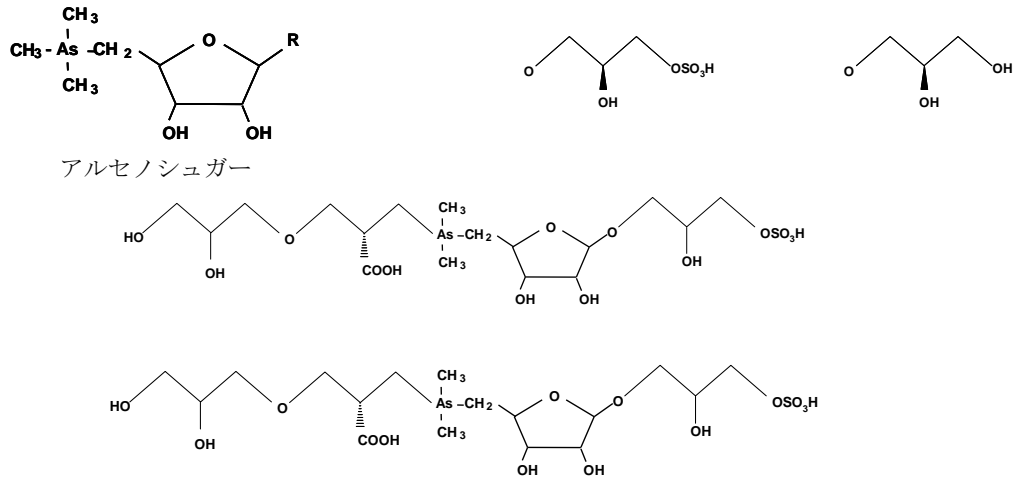


b. 主として、海藻中に存在する水溶性有機ヒ素化合物

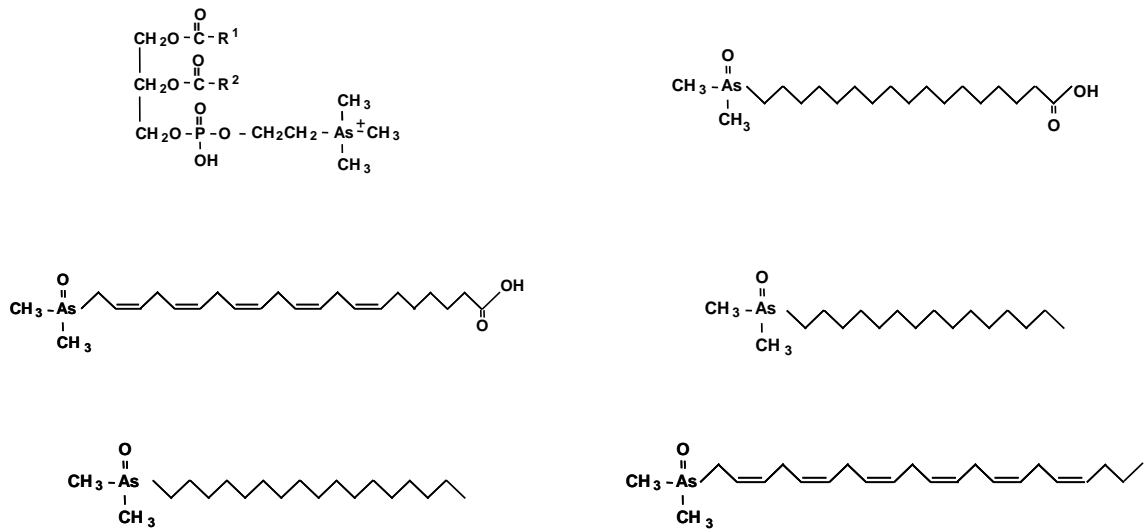


5

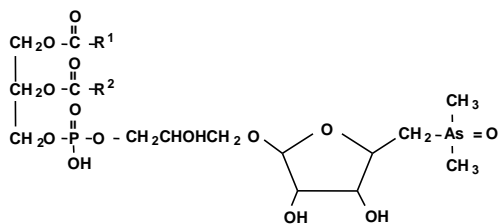
b. 主として、海藻中に存在する水溶性有機ヒ素化合物（続き）



- 1 出典; レアメタル便覧 (丸善): 花岡 2010
- 2
- 3 ②脂溶性有機ヒ素化合物
- 4 a. 海洋動物中に存在する脂溶性有機ヒ素化合物



- 5
- 6 b. 海藻中に存在する脂溶性有機ヒ素化合物



7

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28

## 2. 主たる用途及び生産量

ヒ素は、農薬、殺鼠剤、木材防腐剤として用いられてきた。三酸化二ヒ素は急性前骨髄球性白血病（APL）の治療薬として、メラルソプロールはアフリカトリパノソーマ症治療薬として使用されている。米国では、家禽や豚等の餌添加剤として、4-アミノフェニルアルソン酸（p-アルサニル酸）、4-ニトロフェニルアルソン酸（Nitarsone）、N-アセチル-4-アミノフェニルアルソン酸（Arsacetin）、4-ヒドロキシ-3-ニトロフェニルアルソン酸（ロキササルソン）の4種類の芳香族ヒ素化合物の使用がFDAにより認可されている。

日本では農薬取締法に基づき農薬として登録されていた有機ヒ素化合物は、1998年にすべて登録が失効している。

金属ヒ素は主にヒ化ガリウム（GaAs）などの化合物半導体の合成に使用されるほか、半導体ガラス合成用、銅や鉛の添加剤としても使用される。

三酸化二ヒ素は、液晶ガラスや鉛ガラス製造時の清澄剤として使用されている。また、アルシンはGaAs基板上のエピタキシャル成長GaAs薄膜用原料として用いられている。

ヒ素及びヒ素化合物の再利用はほとんどないとされている。

日本における三酸化二ヒ素の生産量は40 t/年程度であるが、2006年における使用量は144 t（109 t As）以上であった（表4）。半導体材料に用いられた高純度金属ヒ素は、国内生産分が72.5 t、ドイツからの輸入が7.7 t、輸出が15.4 tであった（2006年）。

表4 三酸化二ヒ素の主要生産国と生産量（2001～2007年、単位：t）

国名	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
日本	40	40	40	40	40	40
中国	39,500	40,000	40,000	30,000	30,000	30,000
チリ	11,500	11,400	11,600	11,600	11,500	11,800
ペルー	2,800	2,970	3,000	3,500	3,600	3,500
メキシコ	2,381	1,946	1,729	1,829	1,650	1,750
カザフスタン/ロシア	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
世界合計		62,400	62,200	52,400	59,400	59,600

出典； 2001～2005年データは石油天然ガス・金属鉱物資源機構 2006、  
2006年データは石油天然ガス・金属鉱物資源機構 2007

### 3. 環境中の分布・動態

#### (1) 大気

大気中の自然起源のヒ素は、鉱物などの風化や火山活動などに由来する。ヒ素は海水や植物中にも含まれており、海塩粒子の巻上げや森林火災によっても大気中に放出される (ATSDR 2007)。一方、人為起源のヒ素は、火力発電、金属精錬、廃棄物 (防腐剤処理された木材等) 焼却、有機ヒ素農薬散布やヒ素汚染地下水の農業用水利用などの人間活動に由来する。

大気中のヒ素化合物は自然起源によるものも人為起源によるものも、無機態が主であり、メチル化されたものは少ない (Pacyna 1987; ATSDR 2000)。大気中のヒ素の多くは 3 価であり、三酸化二ヒ素が主である (WHO 2001)。この 3 価のヒ素の一部は、酸化により 5 価のヒ素となることから大気中には 3 価と 5 価のヒ素が混在している (WHO 2001)。なお、化学物質排出移動量届出制度 (Pollutant Release and Transfer Register : PRTR) 調査で多量の排出が報告された非鉄金属の精錬から排出される粉じん中のヒ素は、主に三酸化二ヒ素であることがわかっている (Cheng and Focht 1979)。

大気中のヒ素濃度は、都市部で  $2\sim 2,320 \text{ ng As/m}^3$ 、その他の地方で  $1.0\sim 28 \text{ ng As/m}^3$ 、極地方で  $0.007\sim 1.9 \text{ ng As/m}^3$  との報告があり、特に都市部で高い (Schroeder et al. 1987)。

また、ハウスダスト中のヒ素のバックグラウンド濃度として、ドイツの調査で  $2.1 \mu\text{g/g}$  (ATSDR 2007)、カナダの調査で  $7.3 \mu\text{g/g}$  (Butte and Heinzow 2002) 汚染地区のハウスダスト中の濃度として、 $12.6 \mu\text{g/g}$  ( $2.6\sim 57 \mu\text{g/g}$ ) 及び  $10.8 \mu\text{g/g}$  ( $1.0\sim 49 \mu\text{g/g}$ ) (Wolz et al. 2003)、 $10.8 \mu\text{g/g}$  ( $1.0\sim 172 \mu\text{g/g}$ ) (Tsuji et al. 2005) という高い値が報告されている。

#### (2) 土壌

土壌中のヒ素は地殻中に広く分布しており、約  $3.4 \text{ ppm}$  程度存在すると報告されている (Wedepohl 1991) が、鉱床が存在する地域の土壌中のヒ素濃度は数  $\text{mg/kg}\sim 100 \text{ mg/kg}$  以上と大きくばらついている (ATSDR 2007)。

土壌中のヒ素の形態としては、一般的に嫌氣的条件下である土壌内部では亜ヒ酸が多いが、原子状ヒ素、アルシンも存在する (Bhumbla and Keefer 1994)。これらのヒ素は、鉄、アルミニウムもしくは酸化マンガンと結合することで難溶性となり地表に留まるが、還元的な環境では可溶性となり地下水へ浸透する。水域では無機ヒ素は主に 5 価及び 3 価の酸化型として存在する。また、ヒ素濃度は土壌中の湿度との関係により季節的に変動する (Bhumbla and Keefer 1994)。自然起源のヒ素汚染としては、大気の場合と同様に、ヒ素を含む鉱物の風化作用や、火山活動、生物活動などが主となる。

人為起源のヒ素汚染として、ヒ素汚染水の農業利用に伴う土壌汚染と、そこで栽培

1 される作物の汚染がある。また、日本では宮崎県高千穂町の土呂久でヒ素製造に伴う  
2 周辺汚染事例が挙げられる（日本地質学会環境地質研究委員会 1998）。

3 現在日本国内ではヒ素を含む農薬等は使用されていない。米国では、ヒ素系除草剤  
4 （カコジル酸、カコジル酸ナトリウム）や家禽の飼料添加物（ロキササルソン）が使用  
5 されている。家禽から排出される糞や敷糞などの廃棄物に含まれる未変化体のロキサ  
6 ルソンは、土壤中の微生物の働きによって無機態のヒ素へと変換される（Stolz et al.  
7 2007; Makris et al. 2008）。

8

### 9 （3）水域・底質・地下水

10 一般的に海水中のヒ素濃度は  $2 \mu\text{g/L}$  と比較的安定している（Andreae 1978）。海水  
11 中の自然起源のヒ素として、土壌や岩石の風化作用、火山活動からの水域への流入に  
12 よるものが考えられる。また、土壌から溶解し地下水へ移行するものも考えられてい  
13 る（ATSDR 2007）。その他に人為起源のヒ素として、農薬の土壌散布による水系へ  
14 の流出（WHO 2001）、産業排水の河川や海域への排出によるものが挙げられる（経  
15 済産業省と環境省 2005）。

16 海水中でのヒ素の形態は、酸素を多く含む海水及び汽水では  $\text{As(V)}$  が主であり、  
17  $\text{As(III)}$  が全ヒ素量の 20% を超えることはほとんどないとされている。ヒ素に汚染され  
18 ていない海泥では  $5\sim 40 \mu\text{g/g}$  乾重のヒ素を含んでいる。また、酸化環境にある底  
19 泥では  $\text{As(V)}$  が多く、還元環境にある底泥では  $\text{As(III)}$  が多い。なお、還元環境に  
20 ある底泥では、硫黄が多い場合には鶏冠石を形成し、銅や亜鉛の硫化物を含む場合に  
21 は、海水への溶解度、移動性が低くなる。

22 自然起源の無機ヒ素による地下水の汚染は、インド（西ベンガル）、バングラデシ  
23 ュ、台湾、中国北部、ハンガリー、メキシコ、チリ、アルゼンチン、アメリカ合衆国  
24 （特に南西部）、タイ、ガーナなど世界各地で報告されている（萩原 2004）。

25 河川水の場合には、飲料水のヒ素基準値（ $10 \text{ ppb}$ ）をかなり下回る  $1 \text{ ppb}$  以下のレ  
26 ベルから、この基準値をはるかに超える  $\text{ppm}$  のレベルまで様々な濃度で存在する（米  
27 国学術研究会議 1985）。河川中に高濃度のヒ素が検出される場合には、自然発生源の  
28 ほか、人為的な汚染源、たとえば、鉱山からの排水や温泉排水なども考えられる（辰  
29 巳ら 2002）。

30

### 31 （4）生態系におけるヒ素の循環

32 陸圏で生活する我々は、海洋生態系において生合成された有機ヒ素化合物を食品と  
33 しての海産動植物や、それらを飼料として摂取した陸産動物から取り込む。また、き  
34 わめて微量ながら、堆積岩等に由来するそれらを直接的に（空気経由で）、あるいは  
35 間接的に（堆積岩性の土壌から植物組織に移行した後に）取り込んでいると予想され  
36 る。

37 海洋生物と陸上生物との間では、ヒ素の含有量に違いが見られる。海洋生物のヒ素

1 濃度は数  $\mu\text{g}$ ~100  $\mu\text{g/g}$  に及ぶとされているが、陸上生物では 1  $\mu\text{g/g}$  (乾燥重量) を  
2 超えることはほとんどない。また、含まれるヒ素の化学形態にも違いが見られる  
3 (Francesconi and Edmonds 1994)。ここではヒ素の化学形態と含有濃度の違いに着  
4 目し、海洋及び陸上の各生態系を通じたヒ素の生物循環について記す。

5

#### 6 ① 海洋生態系

7 海洋において、ヒ素は、生産者 (植物プランクトンや海藻) と消費者から成る食物  
8 連鎖とともに、分解者 (細菌等の微生物) と非生物的環境をも含めた複雑な生態系を  
9 循環している。このヒ素循環に関わる仮説を図 2 に示す。

10 海水中には、上記の通り、2  $\mu\text{g/L}$  程度のきわめて微量のヒ素が存在する。ヒ素の場  
11 合、平均滞留時間 (ある元素の海洋における全量/単位時間に海洋に入るその元素の  
12 全量) は数百万年とされている (松尾 1991; 西村 1998)。

13 有機ヒ素化合物の AsBe (海洋動物に普遍的に検出される有機ヒ素化合物) や AsC  
14 (海洋生態系における AsBe の前駆体) は、海水中から直接的には検出されない。

15 しかし、5  $\mu\text{m}$  のプランクトンネットを通過した海水から濃縮沈殿法を用いて回収  
16 した微細懸濁物 (植物プランクトンを含まない) には、これらの有機ヒ素化合物が存  
17 在していた (Hanaoka et al. 1997)。

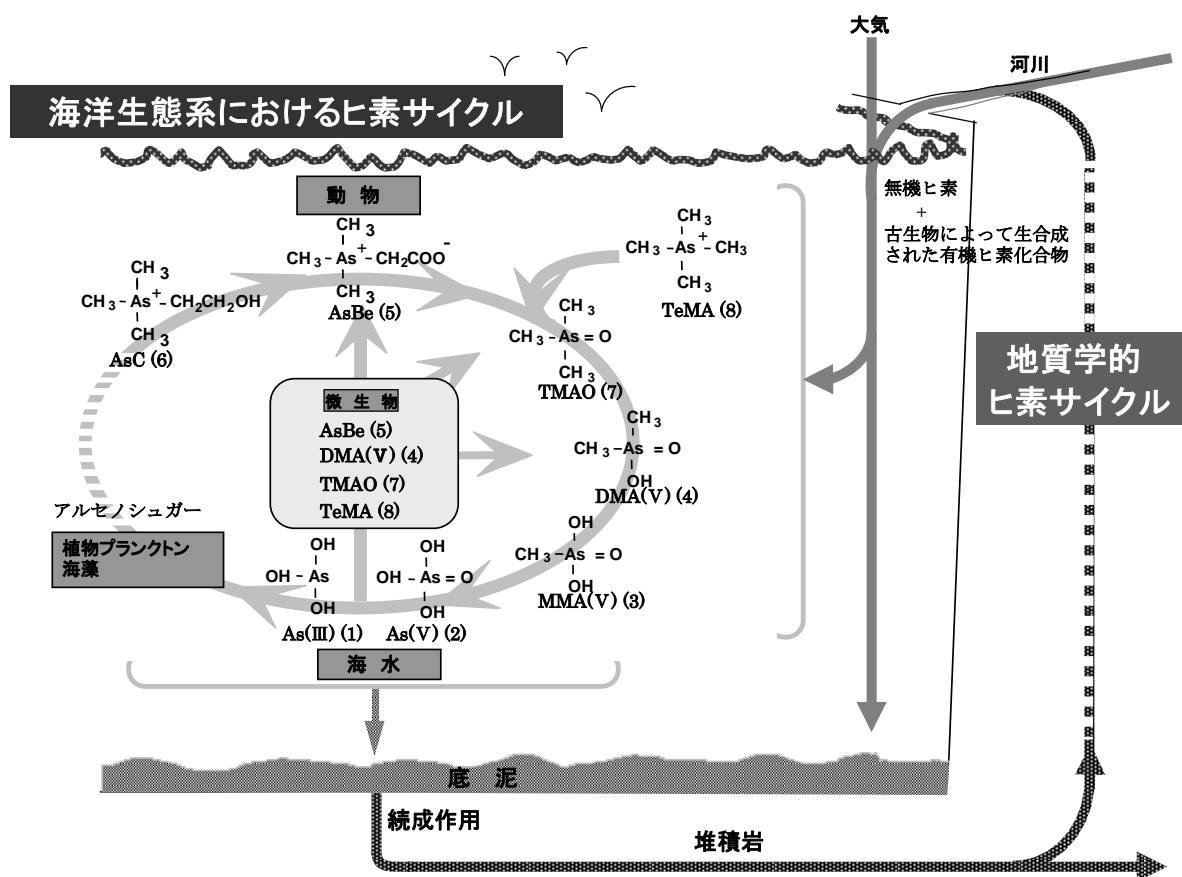
18 海水中のヒ素のほとんどは 3 価または 5 価の無機態として存在し、無機ヒ素以外で  
19 は、きわめて微量の MMA(V)及び DMA(V)の存在が報告されている (Andreae 1983)。

20 海水中のヒ酸は、海洋性藻類により亜ヒ酸に還元され、さらに有機化合物に酸化さ  
21 れる。この生物活動によりヒ酸の鉛直分布は海洋表層で少なく中層、深層で増加する、  
22 いわゆる栄養塩型のプロファイルを示す一方、As(III)、MMA(V)、DMA(V)は表層か  
23 ら中層にかけて分布する。海洋性植物プランクトンや海藻に取り込まれたヒ素は蓄積  
24 し、食物連鎖を通して代謝変換を受けるため、海洋生物には種々の有機ヒ素化合物が  
25 存在する。

26 海水中の 5 価を主体とする無機ヒ素は、海洋性植物プランクトンや海藻に取り込ま  
27 れ、濃縮・有機化される。この有機化されたヒ素化合物は、食物連鎖を通じて順次生  
28 化学的変換を受け、AsBe として海洋動物に蓄積される。このように食物連鎖を通し  
29 て代謝変換を受ける結果、海洋生物には種々の有機ヒ素化合物が存在し、無機ヒ素は  
30 海洋生物組織中には少ない。一方、AsBe 合成の別ルートとして、海水中の無機ヒ素  
31 から合成した AsBe を体内に含む微生物が、海洋動物に餌とともに取り込まれて海洋  
32 動物中に蓄積される経路もある。AsBe は、海産動物の死後、段階的に微生物分解を  
33 受けて元の無機ヒ素に回帰する。

34 藻類を由来とする有機ヒ素化合物は DMA(V)が最も多く、無機ヒ素は、一部の海洋  
35 生物の組織において、主要な成分である。植物プランクトン、細菌類、酵母によって  
36 蓄積されたヒ酸の還元及びそれに続くメチル化によって、海水中の DMA(V)濃度の季  
37 節的变化が起きると考えられる (Neff 1997)。





1  
2 図2 海洋生態系における仮説としてのヒ素循環系  
3 出典; レアメタル便覧 (丸善): 花岡 2010

4  
5  
6 ②陸上生態系

7 陸上生態系におけるヒ素は、主として還元やメチル化反応により化学形態を変えなが  
8 ら循環していくと考えられているが (Cullen and Reimer 1989; Ridley et al. 1977)、  
9 一部には海洋生物と同様にアルセノシュガーや AsBe などのより複雑な構造を持つヒ  
10 素化合物に変換される例もあるものと推測される。ヒ素濃度の高いキノコの分析では、  
11 MMA(V)のみを高度に蓄積するもの、As(III)と As(V)のみを蓄積するもの、DMA(V)  
12 を主成分とするもの、AsBe を含むものがあるとの報告がある (Byrne et al. 1995)。

13 ヒ素濃度の高い環境には、ヒ酸還元細菌と亜ヒ酸酸化細菌の存在が示唆されている  
14 (Oremland and Stolz 2003)。また、土壌において、クロストリジウムは嫌気的条件下でロキサ  
15 ルソンを無機ヒ素に変換する (Stolz et al. 2007)。大気中に含まれるヒ素  
16 においても、微生物の揮発作用などの役割は重要と考えられている。土壌に散布され  
17 たジメチルアルシン酸塩が微生物などの生物代謝によってジメチルアルシンに変え  
18 られて揮発した後、さらに酸化を受けて DMA(V)に戻り、粉塵に吸着した状態で動い  
19 ている様子が捉えられ、報告されている (Mukai et al. 1986)。

### 1 Ⅲ. ヒトにおける曝露

#### 2 1. 吸入曝露

3 ヒ素のヒトへの曝露経路の一つとして、呼吸による大気からの吸入曝露があげられ  
4 る。ヒ素の大気中濃度 (11 ng As/m<sup>3</sup>) から、ヒトの体重 1 kg あたりの 1 日推定摂取  
5 量は 0.0044 μg As/kg/日とされる。

6 職業性の曝露では少量のヒ素が作業者の毛髪に検出された (Lazariew, 1956)。ヒ  
7 化水素中毒になった石油産業の作業場で、採取した組織、血液、尿にヒ素が検出され、  
8 致命的な症例ではヒ素の濃度は肺で 400 μg/kg、尿で 260 μg/L、血液で 434 μg/L で  
9 あった。胃の内容物にはヒ素は検出されなかった (Teitelbaum and Kier, 1969)。亜  
10 鉛プラントで致命的なヒ化水素濃度に暴露された症例で、ヒ素は肝臓で 11.8 mg/g、  
11 脾臓で 7.9 mg/g、腎臓で 3.2 mg/g、脳で 0.6 mg/g、尿で 0.6 mg/g、血液では痕跡量  
12 が検出された (Fowler and Weissberg, 1974)。

13 たばこには、有機ヒ素系農薬が使われていた時は最高 52 μg/g のヒ素が含まれてい  
14 たが、使用禁止後は 3 μg/g まで低下し (Kraus et al. 2000)、1 本当たりの平均含有  
15 量は 1.5 μg と報告されている (US EPA 1998)。たばこの主流煙には 1 本当たり 0~  
16 1.4 μg が (Smith et al. 1997)、副流煙には 1 本当たり 0.015~0.023 μg (平均 0.018  
17 μg) のヒ素が含まれていると報告されている (Landsberger and Wu 1995)。  
18

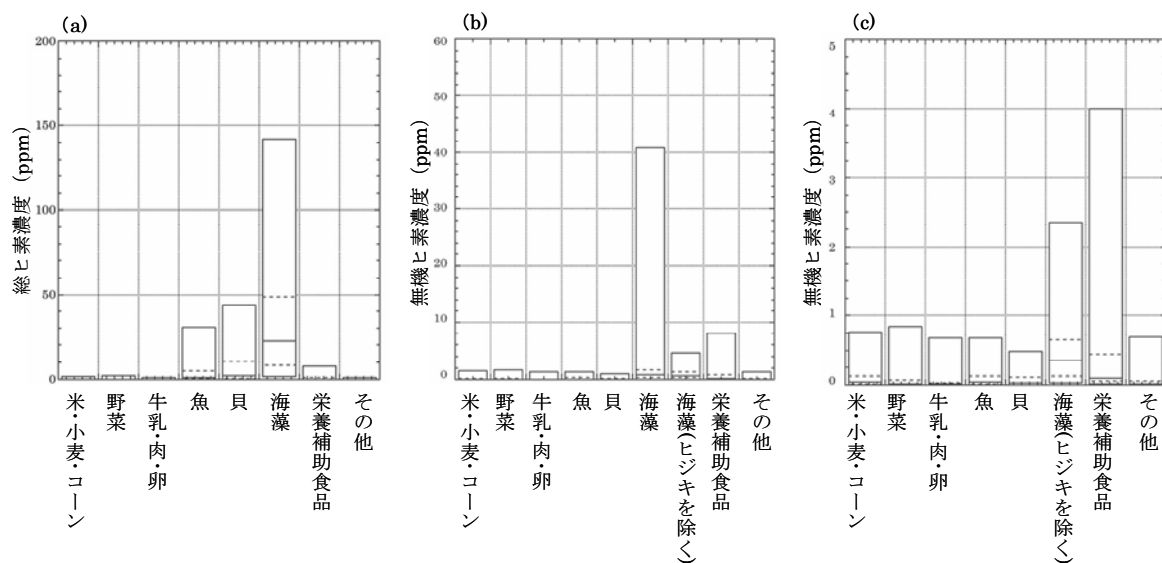
#### 19 2. 経口曝露

20 ヒ素化合物は、主に食品と飲料水から摂取される。食品中には無機・有機ヒ素化合  
21 物が含まれ、飲料水中には主として無機ヒ素が含まれている。

##### 22 (1) 食品からの曝露

23 ヒ素は海藻類や魚介類に多く含まれている。日本では伝統的に海藻類や魚介類を摂  
24 取する食習慣があるため、諸外国と比較して多くのヒ素を食事から摂取している。海  
25 産物には AsBe やアルセノシュガーなどの有機ヒ素化合物が多く含まれている。

26 これまで報告された食品におけるヒ素濃度が統計的に解析された (図 3)。米・小麦・  
27 コーン、野菜が 95 パーセントイルでも 1 ppm に達していなかったのに対し、海藻に  
28 対しては、50 パーセントイルで 20 ppm 程度、95 パーセントイルで 140 ppm 超と、  
29 高いヒ素濃度が示された。魚類では 30 ppm 以上、貝類では 40 ppm 以上であったが、  
30 無機ヒ素としては、75 パーセントイルでも 0.1 ppm 程度であった (Uneyama et al.  
31 2007)。  
32  
33  
34



1  
2 図3 食品のヒ素含有量（パーセントイル）  
3 (a)総ヒ素濃度、(b)無機ヒ素濃度、(c)無機ヒ素濃度のうち低濃度だった食品に関して拡大図示  
4 グラフは5～95パーセントイル。下の破線は25、中央の実線は50、上の破線は75パーセントイ  
5 ルを表す。

6 出典; Uneyama et al. 2007

7  
8 ① 海産物

9 海産動植物は、陸上動植物に比較して高濃度のヒ素を蓄積させるのみならず、その  
10 化学形態も多様である（図1参照）

11 マガレイ、ブリ、マアジ、マサバ、サンマ、マイワシの総ヒ素に対する無機ヒ素（3  
12 価+5価）の割合は、0～4%であり、海藻類では、ヒジキ60%、マコンブ3%、ワカ  
13 メ7%であった（表5）。なお、この表における、脂溶性ヒ素の水溶性ヒ素に対する存  
14 在比率は、分析方法によってはもっと高くなる可能性もある。

15 AsBe（図1-(5)）は魚介類に共通して存在する主要な有機ヒ素化合物である  
16 （Edmonds et al. 1977; Hanaoka et al. 1988; Francesconi and Edmonds 1994;  
17 Francesconi and Edmonds 1997; Shiomi 1994）。

18 AsC（図1-(6)）は、エビやホラガイ等に含まれる（Francesconi and Edmonds 1994）。

19 TMAO（図1-(7)）は、ナマズ的一种等に含まれる（Francesconi and Edmonds 1997）。  
20 TeMA（図1-(7)）は、ハマグリ *Meretrix lusoria* の鰓等に含まれる主要なヒ素化合  
21 物である（Shiomi 1994）。

22 アルセノシュガーは、海藻における主要なヒ素化合物である。しかし、藻類を共生  
23 させているシャコガイのみならず（Edmonds et al. 1982）、ムラサキイガイやホタテ  
24 など植物プランクトンあるいは藻類を餌とする様々な二枚貝（Shibata and Morita  
25 1992）、巻貝（Morita and Shibata 1987）、さらには植物プランクトンを食べる動物  
26 プランクトンにも認められる（Shibata et al. 1996; Edmonds et al. 1997）。

1 ヒ素の蓄積状況は、魚の部位によっても異なっている。魚の目の周辺や体表面部に  
 2 おいては、無機ヒ素が多く集まることが報告されており (Lunde 1977)、カツオの視  
 3 神経などにヒ素の集積が認められている (黒岩ら 1999)。食用魚製品においては、含  
 4 有している AsBe の割合が、鮮度の高いものほど高く、冷凍食品、保存食品の順に低  
 5 下することから、魚類の種や部位のみならず加工過程や保存方法などにも影響を受け  
 6 ると考えられる (Velez et al. 1995; 1996)。

9 表 5 海産物の無機態・有機態ヒ素含量、並びに水溶性・脂溶性ヒ素含量

試料	試供部位	ヒ素含量 $\mu\text{g/g}$ (乾燥重量基準)						
		総ヒ素	3 価無機態	5 価無機態	有機態	水溶性	脂溶性	
魚類	マガレイ	筋肉	36.0	0.00	0.00	34.2	34.4	0.22
	ブリ	〃	5.0	0.05	0.12	4.2	4.2	0.24
	マアジ	〃	25.6	0.00	0.06	24.0	24.3	0.18
	マサバ	〃	5.4	0.00	0.00	5.1	4.6	0.54
	サンマ	〃	5.5	0.05	0.17	4.8	5.1	0.31
	マイワシ	〃	17.3	0.00	0.28	15.0	15.1	0.23
原索動物	マボヤ	〃	25.0	0.00	0.05	24.3	17.3	7.6
棘皮動物	マナマコ	〃	12.4	0.00	0.10	11.3	7.2	1.0
	ムラサキウニ	生殖腺	7.3 <sup>*1</sup>	0.16 <sup>*1</sup>	0.22 <sup>*1</sup>	7.0 <sup>*1</sup>	5.1 <sup>*1</sup>	1.8 <sup>*1</sup>
節足動物	タイショウエビ	筋肉	41.3	0.00	0.00	39.2	39.8	1.0
	サクラエビ	全体	7.6	0.07	0.00	7.2	6.0	1.0
軟体動物	サザエ	筋肉	15.0	0.00	0.02	14.1	9.0	4.9
	アサリ	全体	17.5	0.04	0.01	15.9	11.7	5.0
	ミズダコ	筋肉	49.0	0.00	0.00	48.8	47.3	0.20
	スルメイカ	〃	17.2	0.00	0.00	16.1	15.9	0.22
	アルゼンチンイレックス	〃	9.5	0.00	0.00	9.0	9.0	0.26
褐藻	ヒジキ	〃	61.3	36.7 <sup>*2</sup>		15.2	—	—
	マコンブ	〃	25.4	0.8 <sup>*2</sup>		20.2	—	—
	ワカメ	〃	8.3	0.6 <sup>*2</sup>		6.5	—	—

10 出典; Shinagawa et al. 1983; 塩見 1992

11 <sup>\*1</sup>湿重量基準 <sup>\*2</sup>3 価無機態+5 価無機態

12  
 13 海藻中の総ヒ素濃度は、一般に褐藻類>紅藻類>緑藻類の順に高い。また、その主  
 14 要な化学形態は通常アルセノシュガーである。

15

1 表 6 海藻に含まれるヒ素化合物

種	ヒ素濃度 (mg/kg)		%水溶性	ヒ素化合物 <sup>a</sup>			
	湿重量	乾重量		Significant	Minor	Trace	
褐藻類	<i>Ecklonia radiata</i>	10	>80	11, 10, 15	-	-	
	<i>Hizikia fusiforme</i>	10	>80	ヒ酸, 9	11	15, 13	
	<i>Laminaria japonica</i>	4	>80	10, 12	10, 15	-	
	<i>Sphaerotrichia divaricate</i>	2	75	10	15, 11, 13	-	
	<i>Undaria pinnatifida</i>	2.8	71	31 <sup>b</sup>	-	-	
	<i>Sargassum thunbergii</i>	4	51	9	-	21	
	<i>Sargassum lacerifolium</i>	40	>80	9	15, 11, 12, 13	13, 4, 14, 16, 23, 24	
	<i>Spathoglossum pacificum</i>		16.3	69	11	10, 15	-
	<i>Pachydictyon coriaceum</i>		16.7	72	11	10, 15	-
緑藻類	<i>Codium fragile</i>	0.6	67	10	15, 4	-	
	<i>Ulva pertusa</i>		17.1	40	10	15	UK
	<i>Bryopsis maxima</i>		19.4	20	15	10	UK
	<i>Caulerpa berachypus</i>		11.6	32	UK	-	-
紅藻類	<i>Corallina pilulifera</i>		21.6	15	15	10, UK	-
	<i>Cyrtomenia sparsa</i>		44.8	69	15	10	-
	<i>Ahnfeltia paradoxa</i>		11.7	58	15, UK	10, 9	-
	<i>Coeloseira pacifica</i>		23.1	35	15, UK	10	-
	<i>Laurencia okamurai</i>		19.2	47	10, 9	15, UK	-

2 a ヒ素化合物の番号は、p.11-12 の図 1 を参照

3 Significant、総水溶性ヒ素の 20%以上 ; Minor、同 1~19% ; Trace、同 1%以下 ; UK、未知ヒ  
4 素化合物

5 b 脂溶性ヒ素

6 出典; Francesconi and Edmonds 1997

7

8 ヒジキなど、一部の褐藻の中には比較的多量のヒ酸が検出される。すなわち、褐藻  
9 類ヒバマタ目ホンダワラ科に属する海藻では、無機ヒ素の割合が高い。一般的に流通  
10 している乾燥ヒジキの総ヒ素濃度は平均値 約 110  $\mu\text{g As/g}$ 、最大値 約 154  $\mu\text{g As/g}$  と  
11 されている（内閣府食品安全委員会事務局平成 18 年度食品安全確保総合調査）。ホン  
12 ダワラ科以外の海藻では、アルセノシュガーなどの有機ヒ素の割合が高く、無機ヒ素  
13 の割合は表 5 の結果から総ヒ素の最大 10%と見積もることができる。その濃度は数  
14 ~数十 ppm である。アルセノシュガーに関しては、無機ヒ素のような急性毒性は認  
15 めないと考えられている（Sakurai et al. 1997; Andrewes et al. 2004）。

16 カナダ（CFIA 2001）、英国（FSA 2004）等においては、ヒジキ中には無機ヒ素が  
17 多く含まれることから、摂食を控えることが勧告された。英国食品基準庁（FSA）は  
18 ヒジキをはじめとする海藻中の総ヒ素及び無機ヒ素濃度を測定し、ヒジキは他の海藻  
19 食品に比べ総ヒ素濃度、無機ヒ素濃度ともに高いと報告した（Rose et al. 2007）。

20 平成 14 年度の国民栄養調査によれば、日本人の 1 日当たりの海藻摂取量は 14.6 g  
21 で、これには、海苔や昆布といった他の海藻類を含んでいる。海藻類の国内生産量、  
22 輸入量及び輸出量から、海藻類中にヒジキの占める割合を試算したところ 6.1%であ

1 り、摂取量の割合もこれと大きな差はないと仮定し、ヒジキの1日当たりの摂取量を  
2 約0.9 gと推定した。一方、WHOが1988年当時に定めた無機ヒ素のPTWIは15 µg/kg  
3 体重/週であり、体重50 kgの人の場合、107 µg/人/日（750 µg/人/週）に相当する。  
4 FSAの調査によると、乾燥品を水戻ししたヒジキ中の無機ヒ素濃度は最大で22.7  
5 mg/kgであり、仮にこのヒジキを摂食するとしても、毎日4.7 g（1週間当たり33 g）  
6 以上を継続的に摂取しない限り、ヒ素のPTWIを超えることはない。ただし、この  
7 PTWIは、2010年に開催された第72回JECFA会合において取り下げられた。

8 また、海藻中に含まれるヒ素による中毒の健康被害が起きたとの報告はなく、ヒジ  
9 キは食物繊維を豊富に含み、必須ミネラルも含んでいる。以上から、ヒジキを極端に  
10 多く摂取するのではなく、バランスのよい食生活を心がければ健康上のリスクが高ま  
11 ることはないと思われるとされている（厚生労働省 2004）。

## 12 13 ②農畜産物

14 海洋生物が含有しているヒ素濃度には数ppm～百数十ppmの幅があるとされてい  
15 るが、陸上の植物に含まれているヒ素濃度には大きな差が見られないとされている  
16 （Lunde 1973）。野菜や果実類中に含まれているヒ素濃度は約10 ppb程度である（山  
17 内と山村 1980）。ヒ素汚染土壌に育ったキノコに関しては、乾燥重量として1,000  
18 ppmに近いDMA(V)が含まれていたという報告がある（Larsen et al. 1998）。哺乳動  
19 物に含まれるヒ素濃度は、牛で24 ppb、豚で18 ppbと報告されている（山内と山村  
20 1980）

21 農産物に関しては、農林水産省による国産農産物中の総ヒ素の調査が行われ、中間  
22 とりまとめの公表が行われている（表7）。それによれば、コメ中の総ヒ素は平均0.16  
23 mg/kg（0.04～0.33 mg/kg）であった（農林水産省 2006）。また、玄米中の総ヒ素（乾  
24 重量当たり）0.118～0.260 mg/kgに対して、無機ヒ素は0.108～0.227 mg/kgで、無  
25 機ヒ素の割合は62.2～96.3%であった（Hamano-Nagaoka et al. 2008）。

26 ヒ素による汚染水を用いて育てたコメを非汚染水で炊く場合と、市販のコメを汚染  
27 水で炊く場合との生物学的利用率をブタの生体内モデルを使用して比較したところ、  
28 前者はDMA(V)を主に含み生物学的利用率は33.1±3.2%と低く、後者は無機のAs(V)  
29 を含み生物学的利用率は89.4±9.4%と高かった。コメに含まれるヒ素の生物学的利  
30 用率はヒ素の化学形態に依存し、調理用水中のヒ素の存在とその化学形態にも大きな  
31 影響を受けると考えられる（Juhasz et al. 2006）。

32 畜産物に関して、ロキサルソンの大部分は鶏から未変化体で排出される（Morrison  
33 1969）が、Institute for Agriculture and Trade Policy（IATP）の調査によると、米  
34 国においてスーパーマーケットで購入した未調理のチキンの55%でヒ素が検出可能  
35 であった（Wallinga 2006）。

1 表7 総ヒ素分析結果（15年産）

作物	分析 点数	定量 限界	定量限界 未満の		定量 限界 以上	最高 値 mg/kg	平均値 (1) mg/kg	平均 値 (2) mg/kg	平均 値 (3) mg/kg	平均 値 (4) mg/kg
			点数	割合						
コメ	199	0.01	0	0 %	199*	0.33	-	-	-	0.16
小麦	156	0.01	143	92 %	13	0.02	0.001	0.008	-	-
大豆	100	0.01	99	99 %	1	0.01	0.0001	0.005	-	-
かんしょ	30	0.01	29	97 %	1	0.01	0.0003	0.004	-	-
さといも (皮つき)	28	0.01	20	71 %	8	0.03	0.006	0.01	-	-
さといも (皮をむいたもの)	29	0.01	29	100 %	0	-	0	0.006	-	-
だいこん	30	0.01	30	100 %	0	-	0	0.003	-	-
にんじん	30	0.01	30	100 %	0	-	0	0.004	-	-
ばれいしょ	28	0.01	28	100 %	0	-	0	0.004	-	-
キャベツ	30	0.01	30	100 %	0	-	0	0.003	-	-
ブロッコリー	30	0.01	29	97 %	1	0.01	0.0003	0.004	-	-
はくさい	40	0.01	40	100 %	0	-	0	0.003	-	-
レタス	29	0.01	29	100 %	0	-	0	0.003	-	-
ほうれんそう	100	0.01	80	80 %	20	0.05	0.004	0.01	-	-
ねぎ	30	0.01	29	97 %	1	0.02	0.001	0.005	-	-
たまねぎ	21	0.01	21	100 %	0	-	0	0.005	-	-
きゅうり	29	0.01	29	100 %	0	-	0	0.005	-	-
なす	30	0.01	29	97 %	1	0.01	0.0003	0.007	-	-
トマト	28	0.01	28	100 %	0	-	0	0.003	-	-
ピーマン	30	0.01	30	100 %	0	-	0	0.004	-	-
いちご	40	0.01	40	100 %	0	-	0	0.005	-	-
しいたけ	30	0.01	14	47 %	16	0.11	-	-	0.02	-
りんご	59	0.01	58	98 %	1	0.03	0.0005	0.004	-	-
みかん (外果皮をむいたもの)	60	0.01	60	100 %	0	-	0	0.003	-	-
なつみかん (外果皮をむいたもの)	30	0.01	30	100 %	0	-	0	0.003	-	-
なつみかん (外果皮)	30	0.01	30	100 %	0	-	0	0.003	-	-
かき	28	0.01	25	89 %	3	0.01	0.001	0.006	-	-
キウイフルーツ (果皮をむいたもの)	30	0.01	30	100 %	0	-	0	0.003	-	-

2 出典；国産農産物の鉛、ヒ素及び水銀の含有実態調査の中間とりまとめ結果（農林水産省 2006）

3 ※ 米の総ヒ素の最低値は 0.04 mg/kg であった。

4 注）平均値は GEMS/Food が示す方法に従い以下により算出した。

5 a. 米及びしいたけを除く品目については定量限界未満の分析点数が全分析点数の 60%を超えて  
6 いたことから、表 3 の脚注と同様に平均値(1)及び平均値(2)を算出した。

7 b. しいたけについては定量限界未満の分析点数が全分析点数の 60%未満であったことから、定

1 量限界未満の濃度を「定量限界の 1/2」として平均値(3)を算出した。  
2 c. 米については全ての試料が定量限界以上であったことから、試料ごとの濃度を用いて平均値(4)  
3 を算出した。

4

## 5 (2) 飲料水からの曝露

6 表流水を水源として水道水へと供給される場合は、水道水の水質基準 (0.01 mg/L)  
7 を超えるヒ素を摂取することはないが、地下水を飲料水として利用する場合、一般に  
8 はそのまま飲むため、地下水中に含まれるヒ素が全て摂取されることになる。日本で  
9 は約 2%の地下水が水道水水質基準を上回るヒ素を含んでいる。これまでに日本の地  
10 下水から検出されたヒ素の最大値は 0.48 mg/L であり (環境省 2002)、この地下水  
11 を飲用すると、480~768 µg/日のヒ素を吸収することになる。

12 日本において飲泉に用いられている温泉水の中のヒ素は、汚染された地下水と同様  
13 の化学形態で同程度の濃度であるとの報告がある。調査した 81 検体からは無機ヒ素  
14 である As(III)及び As(V)のみが検出され、総ヒ素濃度は平均 120.1 (0.116~1,024)  
15 µg As/L であった (千葉ら 2008)。

16

## 17 (3) 経口曝露量の推定

18 ①総ヒ素

19 ②無機ヒ素

20

21

# 22 IV. 安全性にかかる知見の概要

## 23 1. 体内動態

### 24 (1) 吸収

25 無機ヒ素の経口摂取による消化管からの吸収は、ヒトにおいて 55~87%である  
26 (ATSDR 2007)。飲料水中に存在する亜ヒ酸塩及びヒ酸塩は、摂取後、急速かつほ  
27 ぼ完全 (約 95%) に吸収されることが示されている (ATSDR, 2007) が、低溶解性  
28 の三硫化二ヒ素やセレン化ヒ素、ガリウムヒ素は消化管から吸収されにくい (Mappes,  
29 Vahter, 2002)。

30 有機ヒ素の経口摂取による消化管からの吸収に関するデータは極めて少ない。  
31 Buchet et al. (1981) が実施した MMA(V)または DMA(V)のいずれかのヒ素の単一  
32 経口投与量 (500 µg As) を摂取したボランティアを対象とした研究では、4 日後に尿  
33 中に排泄されたヒ素量はそれぞれ摂取用量の 78%および 75%であり、五価有機ヒ素  
34 化合物の胃腸吸収は >75%であることが示唆された。Francesconi et al. (2002) は、  
35 男性ボランティア 1 名において摂取 4 日後にアルセノシュガーの約 80%が排泄され  
36 ることを見出し、ヒトにおけるほぼ完全な吸収の科学的根拠を示した。しかし、尿中



1 排泄に基づく最新のデータからは、アルセノシュガーの吸収には極めて大きな個人差  
2 があることが示唆されている (Raml et al., 2009)。

3 職業性の吸入曝露を除くと大気からの取り込みはわずかである。採鉱による職業性  
4 曝露では、経気道的に取り込まれた不溶性の硫ヒ鉄鉱を含む微小粒子 (1~2  $\mu\text{m}$ ) が  
5 酸化され、亜ヒ酸などの水溶性のヒ素化合物に変換されて吸収される (Liu and Chen  
6 1996)。気道からの吸収量は主に粒子径と溶解度に依存する。一方、吸収されずに気  
7 道粘膜から除去された粒子は、嚥下されて消化器系から吸収される (日本産業衛生学  
8 会許容濃度等に関する委員会 2000)。

9 皮膚経路によるヒ素の吸収はわずかで、ヒ素は皮膚や毛髪に結合する (NRC, 1999)。

10 ヒ素が五価の形態として存在する MMA(V)および DMA(V)などの化合物は、げっ歯  
11 類では、胃腸管から有意な程度まで吸収され (摂取用量の >40%)、三価の有機ヒ素  
12 化合物は一般に吸収率は低い (Goodman and Gilman, 1980; Vahter, 1994; Hughes  
13 et al., 2005)。最近、Juhasz et al. (2006) は、ブタにおける MMA(V)および DMA(V)  
14 の胃腸吸収はそれぞれ 17%および 33%であることを見出した。

15 マウスの系統差について、C57BL、C3H 及び B6C3F1 を用いて検討されており、  
16 ヒ酸の経口投与による消化管からの吸収に差異が認められる

17

18

## 19 (2) 分布

20 ヒトのヒ化水素中毒では、最初の数日は血液中にヒ素が検出され、致死的な濃度で  
21 は多量のヒ素が肝臓、腎臓、脾臓に分布した。

22 As(III)は生理学的な pH では不溶態であり、イオン化態である As(V)よりはるかに迅  
23 速に肝細胞に取り込まれやすく (Lerman et al., 1983)、また As(III)は As(V)より 10  
24 倍ほどチオール基と親和性が高かった (Jacobson-Kram and Montalbano, 1985)。

25 消化管から門脈経路で肝臓に取り込まれたヒ素は効率よくメチル化され、他の器官に  
26 再分布するか、還元型グルタチオン (GSH) と抱合体を形成して胆汁中に排出される  
27 (Suzuki et al., 2004; Vahter, 2002)。

28 インド、ムンバイ (旧名ボンベイ) のヒ素曝露事故で死亡したヒト (年齢、性別不詳)  
29 の組織中のヒ素含有量を分析した結果では、個人差が大きい、脳  $3.9 \pm 1.0$ 、血液  
30  $5.9 \pm 3.9$ 、腎臓  $12.4 \pm 20.7$ 、肝臓  $14.5 \pm 6.9$ 、脾臓  $15.2 \pm 16.6$ 、肺  $19.9 \pm 22.7$  mg/kg  
31 湿重量であった。脳のヒ素含有量が低いのは、血液-脳関門がヒ素の脳への移行を妨  
32 げている可能性が示唆された (Dang et al., 1983)。一方、脳出血、肺炎、がんで死亡  
33 した日本の成人 (36~79 歳) の As とその代謝物の組織分布に関する研究では、脳の  
34 濃度は他の組織とあまり変わらず、すべての組織で大きな個人差があった (Yamauchi  
35 and Yamamura, 1983)。

36

### 1 (3) 代謝

2 生体内に吸収された無機ヒ素はメチル化代謝され、主として 5 価メチルヒ素化合物  
3 の 1 つである DMA(V)として尿中に排泄される。

4 代謝によりメチル化された MMA(V)及び DMA(V)は急性毒性が低く、ヒ素のメチル  
5 化は生体における解毒機構と考えられてきた。しかしながら、その中間代謝物である  
6 3 価メチル化ヒ素 (MMA(III)、DMA(III)) は強い細胞毒性及び遺伝子障害性を示す  
7 ことから、近年では、メチル化代謝は無機ヒ素の解毒というよりはむしろ代謝活性化  
8 のプロセスと考えられている。

9 また、インド西ベンガル州のヒ素汚染地域において、ヒ素中毒症状を呈する住民の  
10 尿中ヒ素は DMA(V)ではなく主に DMA(III)であることが報告されている (Mandal et  
11 al. 2001)。図 4 に無機ヒ素化合物のメチル化代謝過程を示す。一般的には、ヒ素の 3  
12 価から 5 価への酸化にともないメチル基が導入される酸化メチル化反応がヒ素の  
13 代謝機構として提唱されている (Challenger 1951; Aposhian et al. 2000)。また、図  
14 5 に示す 3 価ヒ素-グルタチオン複合体の形成を介したメチル化機構が報告された  
15 (Hayakawa et al. 2005)。いずれのメチル化機構もヒ素の酸化還元状態の変動 (レ  
16 ドックスサイクル) の中で S-アデノシル-L-メチオニン (SAM) がメチル供与体とな  
17 り、3 価ヒ素メチル転移酵素 (AS3MT) をはじめとするメチル転移酵素による触媒  
18 反応であると考えられている (Thomas et al. 2007)。その過程で活性酸素が生じ、酸  
19 化ストレスを誘発することも報告されている (Hu et al. 2002)。他方では、DMA(III)  
20 のさらなる還元代謝過程で生成するジメチルアルシンと分子状酸素との反応による  
21 ヒ素ラジカルなどのフリーラジカルの生成が報告されている (Yamanaka et al. 1990;  
22 Kitchin 2001)。また、尿中にジメチルチオアルシン酸などの DMA(V)より毒性の高  
23 い含硫ヒ素化合物が検出され、それらはジメチルヒ素と生体内含硫化合物との反応に  
24 より生成する可能性が指摘されている (Yoshida et al. 2003; Raml et al. 2007;  
25 Naranmandura et al. 2007)。

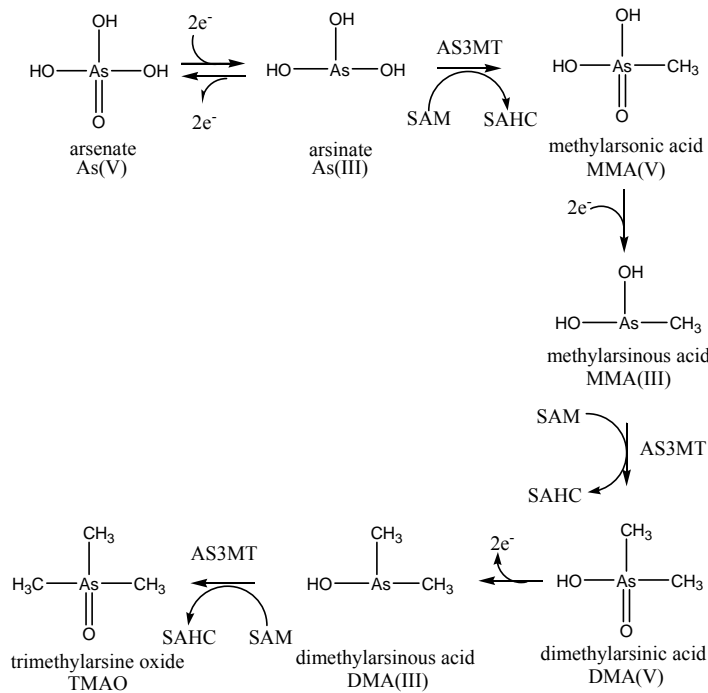
26 一方、海産物由来のヒ素代謝の報告は動物試験でも少ない。アルセノシュガー含有  
27 量が高い海藻を常食とするヒツジの尿及び血中ヒ素を形態別に分析した結果、尿中及  
28 び血中の主代謝物は DMA(V)であり、尿、血、臓器、羊毛におけるヒ素濃度はヒ素非  
29 曝露のヒツジと比較して高い値を示した (Feldmann et al. 2000)。さらに、マウス  
30 盲腸細菌叢及び盲腸組織を用いてアルセノシュガーの生体内変換について検討した  
31 結果、細菌叢を加えた反応混合液 (37°C、1 時間) では 95%のアルセノシュガーがチ  
32 オ体に変換されたが、盲腸組織のみではチオ体への変換率は著しく低かった (37°C 48  
33 時間 77%) (Conklin et al. 2006)。アルセノシュガー摂取したヒトの尿中代謝物と  
34 して、主代謝物の DMA(V)のほかチオ-DMA(V)、チオ-ジメチルアルセノエタノール  
35 (DMAE)、チオ-アルセノシュガーなどが検出されたが、これらの尿中ヒ素代謝物は  
36 DMA(V)を除いて高濃度曝露 (10mM) においても細胞毒性は認められなかった (Raml  
37 et al. 2005)。

1 魚や甲殻類に存在する AsBe や AsC は消化管から迅速に吸収され、ヒトの場合には  
 2 72 時間以内にそのほとんどが尿中に排泄された (Yamauchi and Yamamura, 1984a)。  
 3 AsBe のような有機ヒ素化合物は、無機ヒ素化合物に比べてほとんど代謝されず、よ  
 4 り迅速に尿中に排泄される (IPCS, 2001)。

5 無機ヒ素のメチル化代謝には種差が認められる。マーモセット、チンパンジー及び  
 6 モルモットでは肝臓のヒ素メチル転移酵素が欠損しており MMA(V)及び DMA(V)の  
 7 尿中排泄は認められていない。一方、リーサスモンキー、ウサギ、マウス、ラット及  
 8 びハムスターは肝臓にヒ素メチル転移酵素が存在し、ヒ素のメチル化代謝能を有して  
 9 いる (Goering et al. 1999)。また、これら実験動物の尿中に排泄される MMA(V)の  
 10 割合はヒトと比較して圧倒的に少なく、MMA(V)から DMA(V)へのメチル化が効率的  
 11 であることが報告されている (Vahter 2000)。

12 マウスの系統差について、C57BL、C3H 及び B6C3F1 を用いて検討されており、  
 13 ヒ酸の経口投与による消化管からの吸収に差異が認められるものの、メチル化代謝に  
 14 は差異が認められていない (Hughes et al. 1999)。

15



16

17 図 4 ヒ素化合物の代謝 (酸化的なメチル化反応)

18 (Aposhian et al. 2000 参考)

19 SAM: S-アデノシル-L-メチオニン SAHC: S-アデノシル-L-ホモシステイン

20 AS3MT: 3 価ヒ素メチル転移酵素 (AS3MT)

21



1 日本人ボランティア 210 名で行った調査結果では、尿中における AsBe の中央値が  
2 61.3  $\mu\text{g As/L}$ 、DMA(V)の中央値が 42.6  $\mu\text{g As/L}$  と、高い値が報告されている (Hata  
3 et al. 2007)。一般に、AsBe はその大部分が代謝されず摂取後速やかに尿中排泄され  
4 るが、アルセノシュガーは一部動物に対して発がん性を有する DMA(V)や DMAE な  
5 どに代謝変換されるため (Ma and Le 1998; Francesconi et al. 2002;  
6 Heinrich-Ramm et al. 2002)、発がんリスクの観点から早急に評価する必要があると  
7 考えられる。

8 マウスに無機ヒ素を投与すると 90%が 2 日で排泄されるのに対し (Vahter and  
9 Marafante 1983)、ヒトの生物学的半減期は 4 日であり (Buchet et al. 1981)、ヒト  
10 のヒ素メチル化代謝能は、実験動物と比較して低い。一方、ラットでは代謝生成した  
11 DMA(V)が赤血球に保持されるため、ヒト、マウス及びハムスターなどの哺乳動物と  
12 比較して尿中排泄が遅く、ヒ素が体内に長期間貯留する (Vahter 1981; Marafante et  
13 al. 1982; Lerman and Clarkson 1983)。

14 ヒトの個体差については、AS3MT などヒ素代謝に関連する酵素の遺伝子多型と尿  
15 中メチル化ヒ素排泄との関係が検討されている (Lindberg et al. 2007; Hernández et  
16 al. 2008a)。チリ人において AS3MT 遺伝子の Met287Thr の 1 塩基多型により尿中  
17 MMA(V)の上昇することが報告されている (Hernández et al. 2008b)。

18

#### 19 (5) 生物学的半減期

20 ヒトの血液中での半減期は 1、30、200 超時間の三相であり、第一相で大部分が血  
21 液中から消失した (Mealey et al., 1959; Pomroy et al., 1980)。ヒトの血漿中でのヒ  
22 素の化学種として、遊離のヒ素 (As(III)、As(V))、MMA(III)、MMA(V)、DMA(III)、  
23 DMA(V)、AsBe、AsC が検出された (Suzuki et al., 2002)。

24

1 <参照>

2 整 理 中  
3

- 4 Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) . Toxicological Profile for Arsenic [Internet].  
5 AT, NE. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2007 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
6 <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=3>. (A1S0457)
- 7 Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) . Toxicological Profile for Arsenic. AT, NE.  
8 Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2000. (A1S0456)
- 9 Ahlborn GJ, Nelson GM, Ward WO, Knapp G, Allen JW, Ouyang M, et al. Dose response evaluation of  
10 gene expression profiles in the skin of K6/ODC mice exposed to sodium arsenite. *Toxicol Appl*  
11 *Pharmacol.* 2008 Mar 15;227(3):400-16. (A1S0335)
- 12 Ahmad S, Kitchin KT, Cullen WR. Arsenic species that cause release of iron from ferritin and generation  
13 of activated oxygen. *Arch Biochem Biophys.* 2000 Oct 15;382(2):195-202. (A1S0336)
- 14 Ahmad SA, Sayed MH, Barua S, Khan MH, Faruquee MH, Jalil A, et al. Arsenic in drinking water and  
15 pregnancy outcomes. *Environ Health Perspect.* 2001 Jun;109(6):629-31. (A1S0252)
- 16 American Conferences of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). TLVs and BEIs. Cincinnati,  
17 OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2005 (A1S0493)
- 18 Amster E, Tiwary A, Schenker MB. Case report: potential arsenic toxicosis secondary to herbal kelp  
19 supplement. *Environ Health Perspect* 2007;115(4):606-8. (A1S0253)
- 20 An Y, Gao Z, Wang Z, Yang S, Liang J, Feng Y, et al. Immunohistochemical analysis of oxidative DNA  
21 damage in arsenic-related human skin samples from arsenic-contaminated area of China. *Cancer Lett.*  
22 2004 Oct 8;214(1):11-8. (A1S0254)
- 23 An Y, Kato K, Nakano M, Otsu H, Okada S, Yamanaka K. Specific induction of oxidative stress in  
24 terminal bronchiolar Clara cells during dimethylarsenic-induced lung tumor promoting process in  
25 mice. *Cancer Lett.* 2005 Dec 8;230(1):57-64. (A1S0337)
- 26 Andrae MO. Biotransformation of arsenic in the marine environment. In: Lederer WH, Fensterheim  
27 RJ Chemical Manufacturers Association (U.S.); United States. National Bureau of Standards.  
28 Arsenic-Industrial, Biomedical, Environmental Perspectives. New York: Van Nostrand Reinhold Co.  
29 Inc; 1983:378-391. (A1S0002)
- 30 Andrae MO. Distribution and speciation of arsenic in natural waters and some marine algae. *Deep Sea*  
31 *Res* 1978;25:391-402. (A1S0001)
- 32 Andrewes P, Demarini DM, Funasaka K, Wallace K, Lai VW, Sun H, et al. Do arsenosugars pose a risk to  
33 human health? The comparative toxicities of a trivalent and pentavalent arsenosugar. *Environ Sci*  
34 *Technol.* 2004 Aug 1;38(15):4140-8. (A1S0084)
- 35 Andrewes P, Kitchin KT, Wallace K. Dimethylarsine and trimethylarsine are potent genotoxins in vitro.  
36 *Chem Res Toxicol.* 2003 Aug;16(8):994-1003. (A1S0338)

1 Aposhian HV, Gurzau ES, Le XC, Gurzau A, Healy SM, Lu X, et al. Occurrence of monomethylarsonous  
2 acid in urine of humans exposed to inorganic arsenic. *Chem Res Toxicol*. 2000 Aug;13(8):693-7.  
3 (A1S0165)

4 Arnold LL, Eldan M, Nyska A, van Gemert M, Cohen SM. Dimethylarsinic acid: results of chronic  
5 toxicity/oncogenicity studies in F344 rats and in B6C3F1 mice. *Toxicology*. 2006 Jun 1;223(1-2):82-100.  
6 (A1S0339)

7 Arnold LL, Eldan M, van Gemert M, Capen CC, Cohen SM. Chronic studies evaluating the  
8 carcinogenicity of monomethylarsonic acid in rats and mice. *Toxicology*. 2003 Aug 28;190(3):197-219.  
9 (A1S0340)

10 Baastrup R, Sorensen M, Balstrom T, Frederiksen K, Larsen CL, Tjonneland A, et al. Arsenic in  
11 drinking-water and risk for cancer in Denmark. *Environ Health Perspect* 2008;116(2):231-7.  
12 (A1S0255)

13 Barrett JC, Lamb PW, Wang TC, Lee TC. Mechanisms of arsenic-induced cell transformation. *Biol Trace*  
14 *Elem Res*. 1989 Jul-Sep;21:421-9. (A1S0341)

15 Basu A, Mahata J, Gupta S, Giri AK. Genetic toxicology of a paradoxical human carcinogen, arsenic: a  
16 review. *Mutat Res*. 2001 May;488(2):171-94. (A1S0342)

17 Basu P, Ghosh RN, Grove LE, Klei L, Barchowsky A. Angiogenic Potential of 3-Nitro-4-Hydroxy Benzene  
18 Arsonic Acid (Roxarsone). *Environ Health Perspect* 2008;116(4):520-3. (A1S0085)

19 Bates MN;A. H. Smith;K. P. Cantor. Case-control study of bladder cancer and arsenic in drinking water.  
20 *Am J Epidemiol*. 1995; 141: 523-30;

21 Beckman G, Beckman L, Nordenson I. Chromosome aberrations in workers exposed to arsenic. *Environ*  
22 *Health Perspect*. 1977 Aug;19:145-6. (A1S0256)

23 Bencko V, Symon K. Health aspects of burning coal with a high arsenic content. I. Arsenic in hair, urine,  
24 and blood in children residing in a polluted area. *Environ Res* 1977;13(3):378-85. (A1S0257)

25 Benramdane L, Bressolle F, Vallon JJ. Arsenic speciation in humans and food products: a review. *J*  
26 *Chromatogr Sci*. 1999 Sep;37(9):330-44. (A1S0003)

27 Bhumbla DK, Keefer RF. Arsenic mobilization and bioavailability in soils. In: Nriagu JO, editors.  
28 *Arsenic in the Environment Part I: Cycling and Characterization*. New York: John Wiley & Sons;  
29 1994:51-82. (A1S0004)

30 Blair PC, Thompson MB, Bechtold M, Wilson RE, Moorman MP, Fowler BA. Evidence for oxidative  
31 damage to red blood cells in mice induced by arsine gas. *Toxicology*. 1990a Jul;63(1):25-34. (A1S0433)

32 Blair PC, Thompson MB, Morrissey RE, Moorman MP, Sloane RA, Fowler BA. Comparative toxicity of  
33 arsine gas in B6C3F1 mice, Fischer 344 rats, and Syrian golden hamsters: system organ studies and  
34 comparison of clinical indices of exposure. *Fundam Appl Toxicol*. 1990b May;14(4):776-87. (A1S0434)

35 Blom S, Lagerkvist B, Linderholm H. Arsenic exposure to smelter workers. Clinical and  
36 neurophysiological studies. *Scand J Work Environ Health*. 1985;11(4):265-269. (A1S0435)

37 Branch S, Ebdon L, Ford M, Foulkes M, O'Neill P. Determination of arsenic in samples with high

1 chloride content by inductively coupled plasma mass spectrometry. *J Anal At Spectrom* 1991;6:151-4.  
2 (A1S0005)

3 Brown CC, Chu KC. A new method for the analysis of cohort studies: implications of the multistage  
4 theory of carcinogenesis applied to occupational arsenic exposure. *Environ Health Perspect*  
5 1983c;50:293-308. (A1S0437)

6 Brown CC, Chu KC. Approaches to epidemiologic analysis of prospective and retrospective studies:  
7 Example of lung cancer and exposure to arsenic. In: *Risk Assessment Proc. SIMS Conf. on Environ.*  
8 *Epidemiol.* June 28-July 2, 1982, Alta, VT. SIAM Publications. 1983a. (U.S.EPA 1998 より引用)  
9 (A1S0487)

10 Brown CC, Chu KC. Implications of the multistage theory of carcinogenesis applied to occupational  
11 arsenic exposure. *J Natl Cancer Inst* 1983b;70(3):455-63. (A1S0436)

12 Brown JL, Kitchin KT, George M. Dimethylarsinic acid treatment alters six different rat biochemical  
13 parameters: relevance to arsenic carcinogenesis. *Teratog Carcinog Mutagen.* 1997;17(2):71-84.  
14 (1S0343)

15 Brune D, Nordberg G, Wester PO. Distribution of 23 elements in the kidney, liver and lungs of workers  
16 from a smeltery and refinery in North Sweden exposed to a number of elements and of a control group.  
17 *Sci Total Environ.* 1980 Sep;16(1):13-35. (A1S0166)

18 Buchet JP, Lauwerys R, Roels H. Urinary excretion of inorganic arsenic and its metabolites after  
19 repeated ingestion of sodium metaarsenite by volunteers. *Int Arch Occup Environ Health.*  
20 1981;48(2):111-8. (A1S0167)

21 Butte W, Heinzow B. Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination. *Rev Environ*  
22 *Contam Toxicol.* 2002;175:1-46. (A1S0006)

23 Byrne AR, Slejkovec Z, Stijve T, Fay L, Gossler W, Gailer J, et al. Arsenobetaine and other arsenic  
24 species in mushrooms. *Appl Organomet Chem.* 1995;9(4):305-313. (A1S0007)

25 California Environmental Protection Agency (Cal/EPA). Chronic Toxicity summary, Arsenic and Arsenic  
26 Compounds [Internet]. Sacramento, CA: California Environmental Protection Agency; 2000 [cited  
27 2009 Mar 23]. Available from: [http://oehha.ca.gov/air/chronic\\_rels/pdf/arsenics.pdf](http://oehha.ca.gov/air/chronic_rels/pdf/arsenics.pdf). (A1S0488)

28 Canadian Food Inspection Agency (CFIA). Inorganic Arsenic and Hijiki Seaweed Consumption[Internet].  
29 2001 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
30 <http://www.inspection.gc.ca/english/fssa/concen/specif/arsenice.shtml>. (A1S0473)

31 Carapella SC. Arsenic and arsenic alloys. In: Kroschwitz JI, Howe-Grant M, editors. *Kirk-Othmer*  
32 *encyclopedia of chemical technology.* 4th ed. Vol. 3. New York: John Wiley & Sons; 1992:624-633.  
33 (A1S0008)

34 Carmignani M, Boscolo P, Castellino N. Metabolic fate and cardiovascular effects of arsenic in rats and  
35 rabbits chronically exposed to trivalent and pentavalent arsenic. *Arch Toxicol Suppl.* 1985;8:452-5.  
36 (A1S0344)

37 Cebrian ME, Albores A, Aguilar M, Blakely E. Chronic arsenic poisoning in the north of Mexico. *Hum*



1 Toxicol. 1983 Jan;2(1):121-33. (A1S0258)

2 Challenger F. Biological methylation. *Adv Enzymol Relat Subj Biochem.* 1951;12:429-91. (A1S0168)

3 Chanda S, Dasgupta UB, Guhamazumder D, Gupta M, Chaudhuri U, Lahiri S, et al. DNA  
4 hypermethylation of promoter of gene p53 and p16 in arsenic-exposed people with and without  
5 malignancy. *Toxicol Sci.* 2006 Feb;89(2):431-7. (A1S0259)

6 Chatterjee A, Shibata Y, Yoshinaga J, Morita M. Application of a nitrogen microwave-induced plasma  
7 mass spectrometer as an element-specific detector for arsenic speciation analysis. *J Anal At Spectrom*  
8 1999;14:1853-1859. (A1S0009)

9 Chatterjee A, Shibata Y, Yoshinaga J, Morita M. Estimation of arsenobetaine in the NIES candidate  
10 certified reference material no.18 human urine by HPLC-ICP-MS using different chromatographic  
11 conditions. *Appl Organomet Chem* 2001;15:306-14. (A1S0010)

12 Chattopadhyay S, Bhaumik S, Nag Chaudhury A, Das Gupta S. Arsenic induced changes in growth  
13 development and apoptosis in neonatal and adult brain cells in vivo and in tissue culture. *Toxicol Lett*  
14 2002;128(1-3):73-84. (A1S0345)

15 Chen CJ, Chuang YC, Lin TM, Wu HY. Malignant neoplasms among residents of a blackfoot  
16 disease-endemic area in Taiwan: high-arsenic artesian well water and cancers. *Cancer Res.* 1985  
17 Nov;45(11 Pt 2):5895-9. (A1S0260)

18 Chen CJ, Wang CJ. Ecological correlation between arsenic level in well water and age-adjusted  
19 mortality from malignant neoplasms. *Cancer Res.* 1990 Sep 1;50(17):5470-4. (A1S0169)

20 Chen CJ, Wu MM, Lee SS, Wang JD, Cheng SH, Wu HY. Atherogenicity and carcinogenicity of  
21 high-arsenic artesian well water. Multiple risk factors and related malignant neoplasms of blackfoot  
22 disease. *Arteriosclerosis.* 1988 Sep-Oct;8(5):452-60. (A1S0261)

23 Chen H, Li S, Liu J, Diwan BA, Barrett JC, Waalkes MP. Chronic inorganic arsenic exposure induces  
24 hepatic global and individual gene hypomethylation: implications for arsenic hepatocarcinogenesis.  
25 *Carcinogenesis.* 2004;25(9):1779-86. (A1S0347)

26 Chen H, Liu J, Zhao CQ, Diwan BA, Merrick BA, Waalkes MP. Association of *c-myc* overexpression and  
27 hyperproliferation with arsenite-induced malignant transformation. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2001  
28 Sep 15;175(3):260-8. (A1S0346)

29 Chen Y, Megosh LC, Gilmour SK, Sawicki JA, O'Brien TG. K6/ODC transgenic mice as a sensitive model  
30 for carcinogen identification. *Toxicol Lett.* 2000 Jul 27;116(1-2):27-35. (A1S0348)

31 Chen, C.L., et al., Arsenic in drinking water and risk of urinary tract cancer: a follow-up study from  
32 northeastern Taiwan. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2010. 19(1): 101-10.

33 Cheng CN, Focht DD. Production of arsine and methylarsines in soil and in culture. *Appl Environ*  
34 *Microb.* 1979;38(3):494-498. (A1S0011)

35 Cherry N, Shaikh K, McDonald C, Chowdhury Z. Stillbirth in rural Bangladesh: arsenic exposure and  
36 other etiological factors: a report from Gonoshasthaya Kendra. *Bull World Health Organ.*  
37 2008;86(3):172-177. (A1S0262)

1 Chiang HS, Guo HR, Hong CL, Lin SM, Lee EF. The incidence of bladder cancer in the black foot disease  
2 endemic area in Taiwan. *Br J Urol* 1993;71(3):274-8. (A1S0263)

3 Chilvers DC, Peterson PJ. Global cycling of arsenic. In: Hutchinson TC, Meema KM, eds. Lead, mercury,  
4 cadmium and arsenic in the environment. Chichester, New York: John Wiley & Sons 1987:279-301.  
5 (A1S0012)

6 Chouchane S, Snow ET. In vitro effect of arsenical compounds on glutathione-related enzymes. *Chem*  
7 *Res Toxicol.* 2001 May;14(5):517-22. (A1S0349)

8 Chu HA, Crawford-Brown DJ. Inorganic arsenic in drinking water and bladder cancer: a meta-analysis  
9 for dose-response assessment. *Int J Environ Res Public Health* 2006;3(4):316-22. (A1S0264)

10 Concha G, Vogler G, Lezcano D, Nermell B, Vahter M. Exposure to inorganic arsenic metabolites during  
11 early human development. *Toxicol Sci.* 1998 Aug;44(2):185-90. (A1S0265)

12 Concha G, Vogler G, Nermell B, Vahter M. Low-level arsenic excretion in breast milk of native Andean  
13 women exposed to high levels of arsenic in the drinking water. *Int Arch Occup Environ Health.*  
14 1998b;71(1):42-46. (A1S0266)

15 Conklin SD, Ackerman AH, Fricke MW, Creed PA, Creed JT, Kohan MC, et al. In vitro biotransformation  
16 of an arsenosugar by mouse anaerobic cecal microflora and cecal tissue as examined using IC-ICP-MS  
17 and LC-ESI-MS/MS. *Analyst.* 2006 May;131(5):648-55. (A1S0170)

18 Cullen WR, McBride BC, Reglinski J. The reaction of methylarsenicals with thiols: Some biological  
19 implications. *J Inorg Biochem* 1984;21:179-194. (A1S0350)

20 Cullen WR, Reimer KJ. Arsenic speciation in the environment. *Chem Rev* 1989;89(4):713-764.  
21 (A1S0013)

22 Das T, Roychoudhury A, Sharma A, Talukder G. Modification of clastogenicity of three known clastogens  
23 by garlic extract in mice in vivo. *Environ Mol Mutagen.* 1993;21(4):383-8. (A1S0351)

24 Edmonds JS, Francesconi KA, Cannon JR, Raston CL, Skelton BW, White AH. Isolation, crystal  
25 structure and synthesis of arsenobetaine, the arsenical constituent of the western rock lobster  
26 *Panulirus longipes cygnus* George. *Tetrahedron Lett.* 1977;18(18):1543-1546. (A1S0086)

27 Edmonds JS, Francesconi KA, Healy PC, White AH. Isolation and crystal structure of an  
28 arsenic-containing sugar sulphate from the kidney of the giant clam, *Tridacna maxima*. X-Ray crystal  
29 structure of (2S)-3-[5-deoxy-5-(dimethylarsinoyl)-D-ribofuranosyloxy]-2-hydroxypropyl hydrogen  
30 sulphate. *J Chem Soc Perkin Trans 1.* 1982:2989-2993. (A1S0087)

31 Edmonds JS, Shibata Y, Francesconi KA, Rippingale RJ, Morita M. Arsenic Transformations in Short  
32 Marine Food Chains studied by HPLC-ICP MS. *Appl Organometal Chem.* 1997;11(6):281-287.  
33 (A1S0089)

34 Edmonds JS, Shibata Y, Francesconi KA, Yoshinaga J, Morita M. Arsenic lipids in the digestive gland of  
35 the western rock lobster *Panulirus cygnus*: an investigation by HPLC ICP-MS. *Sci Total Environ.*  
36 1992;122(3):321-335. (A1S0088)

37 Eguchi N, Kuroda K, Endo G. Metabolites of arsenic induced tetraploids and mitotic arrest in cultured

1 cells. Arch Environ Contam Toxicol. 1997 Feb;32(2):141-5. (A1S0352)  
2 Enterline PE, Marsh GM. Cancer among workers exposed to arsenic and other substances in a copper  
3 smelter. Am J Epidemiol 1982;116(6):895-911. (A1S0438)  
4 Falk H, Geerling R, Hattendorf B, Kregel-Rothensee K, Schmidt KP. Capabilities and limits of ICP-MS  
5 for direct determination of element traces in saline solutions. Fresenius J Anal Chem 1997;359:352-6.  
6 (A1S0014)  
7 Fangstrom B, Moore S, Nermell B, Kuenstl L, Goessler W, Grandner M, et al. Breast-feeding protects  
8 against arsenic exposure in Bangladeshi infants. Environ Health Perspect. 2008;116(7):963-9.  
9 (A1S0267)  
10 Feldmann J, John K, Pengprecha P. Arsenic metabolism in seaweed-eating sheep from Northern  
11 Scotland. Fresenius J Anal Chem. 2000 Sep;368(1):116-21. (A1S0171)  
12 Ferreccio:C. Gonzalez;V. Milosavljevic;G. Marshall;A. M. Sancha;A. H. Smith. Lung cancer and arsenic  
13 concentrations in drinking water in Chile. Epidemiology. 2000; 11: 673-9;  
14 Food Standards Agency(FSA). Agency advises against eating hijiki seaweed[Internet]. 2004 [cited 2009  
15 Mar 23]. Available from: <http://www.food.gov.uk/news/pressreleases/2004/jul/hijikipr> (A1S0474)  
16 Food Standards Australia New Zealand (FSANZ). Standard 1.4.1 contaminants and natural  
17 toxicants[Internet]. 2006 [cited 2009 Mar 23]. Available  
18 from:[http://www.foodstandards.gov.au/\\_srcfiles/Standard\\_1\\_4\\_1\\_Contaminants\\_v109.pdf](http://www.foodstandards.gov.au/_srcfiles/Standard_1_4_1_Contaminants_v109.pdf). (A1S0485)  
19 Francesconi KA, Edmonds JS. Arsenic and Marine Organisms. Adv Inorg Chem. 1997;44:147-189.  
20 (A1S0090)  
21 Francesconi KA, Edmonds JS. Biotransformation of arsenic in the marine environment. In: Nriagu JO,  
22 editors. Arsenic in the Environment Part I: Cycling and Characterization. New York: John Wiley &  
23 Sons; 1994:221-261. (A1S0015)  
24 Francesconi KA, Tanggaar R, McKenzie CJ, Goessler W. Arsenic metabolites in human urine after  
25 ingestion of an arsenosugar. Clin Chem. 2002 Jan;48(1):92-101. (A1S0172)  
26 Goering PL, Aposhian HV, Mass MJ, Cebrian M, Beck BD, Waalkes MP. The enigma of arsenic  
27 carcinogenesis: role of metabolism. Toxicol Sci. 1999 May;49(1):5-14. (A1S0173)  
28 Golub MS, Macintosh MS, Baumrind N. Developmental and reproductive toxicity of inorganic arsenic:  
29 animal studies and human concerns. J Toxicol Environ Health B Crit Rev. 1998 Jul-Sep;1(3):199-241.  
30 (A1S0353)  
31 Grantham DA, Jones JF. Arsenic contamination of water wells in Nova Scotia. Journal of American  
32 Water Works Association 1977;69:653-657. (A1S0016)  
33 Guo HR, Chiang HS, Hu H, Lipsitz SR, Monson RR. Arsenic in drinking water and incidence of urinary  
34 cancers. Epidemiology 1997;8(5):545-50. (A1S0268)  
35 Guo HR, Yu HS, Hu H, Monson RR. Arsenic in drinking water and skin cancers: cell-type specificity  
36 (Taiwan, ROC). Cancer Causes Control 2001;12(10):909-16. (A1S0269)  
37 Guo X;Z. Liu;C. Huang;L. You. Levels of arsenic in drinking-water and cutaneous lesions in Inner

1 Mongolia. *J Health Popul Nutr.* 2006; 24: 214-20;

2 Gur E, Nyska A. Acute oral toxicity in rat with Target MSMA. 6.6. LSRI Project No. PAL/024/MSMA.  
3 Unpublished. 1990:55. (A1S0480)

4 Hamano-Nagaoka M, Nishimura T, Matsuda R, Maitani T. Evaluation of a Nitric Acid-based  
5 Partial-digestion Method for Selective Determination of Inorganic Arsenic in Rice. *J. Food Hyg. Soc.*  
6 *Jpn.* 2008 49(2):95-9.

7 Hanaoka K, Gossler W, Irgolic KJ, Ueno S, Kaise T. Occurrence of arsenobetaine and arsenocholine in  
8 micro-suspended particles. *Chemosphere.* 1997a;35(11):2463-2469. (A1S0017)

9 Hanaoka K, Kaise T, Kai N, Kawasaki Y, Miyasita H, Kakimoto K, et al. Arsenobetaine-decomposing  
10 Ability of Marine Microorganisms Occurring in Particles Collected at Depths of 1100 and 3500 Meters.  
11 *Appl Organometal Chem.* 1997b;11(4):265-271. (A1S0018)

12 Hanaoka K, Ohno H, Wada N, Ueno S, Goessler W, Kuehnelt D, et al. Occurrence of organo-arsenicals in  
13 jellyfishes and their mucus. *Chemosphere.* 2001b;44:743-749. (A1S0091)

14 Hanaoka K, Tagawa S, Kaise T. Arsenobetaine and its fate in marine ecosystems. In: Pandali SG, editors.  
15 Trends in Comparative Biochemistry & Physiology, Research Trends; 1993:319-334. (A1S0020)

16 Hanaoka K, Tagawa S, Kaise T. Conversion of arsenobetaine to dimethylarsinic acid by  
17 arsenobetaine-decomposing bacteria isolated from coastal sediment. *Appl Organometal Chem.*  
18 1991;5(5):435-438. (A1S0019)

19 Hanaoka K, Tagawa S, Kaise T. The fate of organoarsenic compounds in marine ecosystems. *Appl*  
20 *Organometal Chem.* 1992;6(2):139-146. (A1S0021)

21 Hanaoka K, Yamamoto H, Kawashima K, Tagawa S, Kaise T. Ubiquity of arsenobetaine in marine  
22 animals and degradation of arsenobetaine by sedimentary microorganisms. *Appl Organometal Chem.*  
23 1988;2(4):371-376. (A1S0092)

24 Hanaoka K, Yosida K, Tamano M, Kuroiwa T, Kaise T, Maeda S. Arsenic in the prepared edible brown  
25 alga hijiki, *Hizikia fusiforme*. *Appl Organomet Chem* 2001;15:561-5. (A1S0093)

26 Haque, R., et al., Arsenic in drinking water and skin lesions: dose-response data from West Bengal,  
27 India. *Epidemiology*, 2003. 14(2): 174-82.

28 Hata A, Endo Y, Nakajima Y, Ikebe M, Ogawa M, Fujitani N, et al. HPLC-ICP-MS speciation analysis of  
29 arsenic in urine of Japanese subjects without occupational exposure. *J Occup Health.* 2007  
30 May;49(3):217-23. (A1S0174)

31 Hayakawa T, Kobayashi Y, Cui X, Hirano S. A new metabolic pathway of arsenite: arsenic-glutathione  
32 complexes are substrates for human arsenic methyltransferase Cyt19. *Arch Toxicol.* 2005  
33 Apr;79(4):183-91. (A1S0175)

34 Hayashi H, Kanisawa M, Yamanaka K, Ito T, Udaka N, Ohji H, et al. Dimethylarsinic acid, a main  
35 metabolite of inorganic arsenics, has tumorigenicity and progression effects in the pulmonary tumors  
36 of A/J mice. *Cancer Lett.* 1998 Mar 13;125(1-2):83-8. (A1S0354)

37 Health and Safety Executive(HSE). Inorganic arsenic compounds. Toxicity Review 16. London: HSE

1 Books; 1986. (A1S0498)

2 Heinrich-Ramm R, Mindt-Prufert S, Szadkowski D. Arsenic species excretion after controlled seafood  
3 consumption. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci.* 2002 Oct 5;778(1-2):263-73. (A1S0176)

4 Hernandez A, Xamena N, Sekaran C, Tokunaga H, Sampayo-Reyes A, Quinteros D, et al. High arsenic  
5 metabolic efficiency in AS3MT287Thr allele carriers. *Pharmacogenet Genomics.* 2008b  
6 Apr;18(4):349-55. (A1S0177)

7 Hernandez A, Xamena N, Surralles J, Sekaran C, Tokunaga H, Quinteros D, et al. Role of the  
8 Met287Thr polymorphism in the AS3MT gene on the metabolic arsenic profile. *Mutat Res.*  
9 2008;637(1-2):80-92. (A1S0178)

10 Higgins I, Welch K, Burchfield C. Mortality of Anaconda smelter workers in relation to arsenic and other  
11 exposures. University of Michigan, Dept. Epidemiology, Ann Arbor, MI. 1982. (U.S.EPA 1998 より引  
12 用) (A1S0489)

13 Hirata S, Toshimitsu H, Aihara M. Determination of arsenic species in marine samples by  
14 HPLC-ICP-MS. *Anal Sci.* 2006;22(1):39-43. (A1S0094)

15 Hong HL, Fowler BA, Boorman GA. Hematopoietic effects in mice exposed to arsine gas. *Toxicol Appl*  
16 *Pharmacol.* 1989 Jan;97(1):173-82. (A1S0439)

17 Hopenhayn-Rich C, Biggs ML, Smith AH. Lung and kidney cancer mortality associated with arsenic in  
18 drinking water in Cordoba, Argentina. *Int J Epidemiol* 1998;27(4):561-9. (A1S0272)

19 Hopenhayn-Rich C, Browning SR, Hertz-Picciotto I, Ferreccio C, Peralta C, Gibb H. Chronic arsenic  
20 exposure and risk of infant mortality in two areas of Chile. *Environ Health Perspect.* 2000  
21 Jul;108(7):667-73. (A1S0271)

22 Hopenhayn-Rich C, Ferreccio C, Browning SR, Huang B, Peralta C, Gibb H, et al. Arsenic exposure from  
23 drinking water and birth weight. *Epidemiology.* 2003 Sep;14(5):593-602. (A1S0270)

24 Horiguchi S, Teramoto K, Kurono T, Ninomiya K. The arsenic, copper, lead, manganese and zinc  
25 contents of daily foods and beverages in Japan and the estimate of their daily intake. *Osaka City*  
26 *Medical Journal.* 1978;24(1):131-141. (A1S0095)

27 Hu Y, Jin X, Snow ET. Effect of arsenic on transcription factor AP-1 and NF-kappaB DNA binding  
28 activity and related gene expression. *Toxicol Lett.* 2002 Jul 7;133(1):33-45. (A1S0179)

29 Hu Y, Su L, Snow ET. Arsenic toxicity is enzyme specific and its affects on ligation are not caused by the  
30 direct inhibition of DNA repair enzymes. *Mutat Res.* 1998 Sep 11;408(3):203-18. (A1S0355)

31 Huang C, Ke Q, Costa M, Shi X. Molecular mechanisms of arsenic carcinogenesis. *Mol Cell Biochem.*  
32 2004 Jan;255(1-2):57-66. (A1S0356)

33 Huang YK, Huang YL, Hsueh YM, Yang MH, Wu MM, Chen SY, et al. Arsenic exposure, urinary arsenic  
34 speciation, and the incidence of urothelial carcinoma: a twelve-year follow-up study. *Cancer Causes*  
35 *Control* 2008;19(8):829-39. (A1S0273)

36 Hughes MF, Kenyon EM, Edwards BC, Mitchell CT, Thomas DJ. Strain-dependent disposition of  
37 inorganic arsenic in the mouse. *Toxicology.* 1999 Sep 20;137(2):95-108. (A1S0180)

1 Hughes MF, Kitchin KT. Arsenic, Oxidative Stress, and Carcinogenesis. In: Singh KK, editors. Oxidative  
2 stress, disease and cancer. New York: Imperial Press; 2006. 825-850. (A1S0358)

3 Hughes MF. Arsenic toxicity and potential mechanisms of action. *Toxicol Lett.* 2002 Jul 7;133(1):1-16.  
4 (A1S0357)

5 Hulle MV. Fractionation of indium and speciation of arsenic in body fluids and tissues after  
6 exposure[Internet]. 2004 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
7 <https://biblio.ugent.be/input?func=downloadFile&fileOId=491720>. (A1S0096)

8 Huyck KL, Kile ML, Mahiuddin G, Quamruzzaman Q, Rahman M, Breton CV, et al. Maternal arsenic  
9 exposure associated with low birth weight in Bangladesh. *J Occup Environ Med.*  
10 2007;49(10):1097-1104. (A1S0274)

11 Inoue Y, Date Y, Sakai T, Shimizu N, Yoshida K, Chen H, et al. Identification and quantification by  
12 LC-MS and LC-ICP MS of arsenic species in urine of rats chronically exposed to dimethylarsinic acid  
13 (DMAA). *Appl Organomet Chem* 1999;13:81-8. (A1S0022)

14 Inoue Y, Date Y, Yoshida K, Chen H, Endo G. Speciation of arsenic compounds in the urine of rats orally  
15 exposed to dimethylarsinic acid ion chromatography with ICP-MS as an element-selective detector.  
16 *Appl Organomet Chem* 1996;10:707-11. (A1S0023)

17 International Agency for Research on Cancer (IARC) . Some drinking-water disinfectants and  
18 contaminants, including arsenic. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of  
19 Chemicals to Humans, Volume 84 [Internet]. Lyon, France: International Agency for Research on  
20 Cancer; 2004 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
21 <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol84/index.php>. (A1S0460)

22 International Agency for Research on Cancer (IARC) . Summaries & Evaluations, Arsenic and Arsenic  
23 Compounds (Group 1), Arsenic and arsenic compounds, Supplement 7 [Internet]. Lyon, France:  
24 International Agency for Research on Cancer; 1987 [cited 2009 Mar 23]. Available from: [http://](http://http://www.inchem.org/documents/iarc/suppl7/arsenic.html)  
25 <http://www.inchem.org/documents/iarc/suppl7/arsenic.html> (A1S0459)

26 International Agency for Research on Cancer (IARC) . Some drinking-water disinfectants and  
27 contaminants, including arsenic. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of  
28 Chemicals to Humans, Volume 84 [Internet]. Lyon, France: International Agency for Research on  
29 Cancer; 2004 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
30 <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol84/index.php>. (A1S0460)

31 International Agency for Research on Cancer (IARC) . Some Metals and Metallic Compounds, Summary  
32 of Data Reported and Evaluation, Arsenic and arsenic compounds, Lead and lead compounds, IARC  
33 Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 23 [Internet]. Lyon, France:  
34 International Agency for Research on Cancer; 1980 [updated 1998 Apr. 7; cited 2009 Mar 23].  
35 Available from: [http://](http://http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol23/volume23.pdf) <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol23/volume23.pdf>. (A1S0458)

36 International Agency for Research on Cancer (IARC) . Summaries & Evaluations, Arsenic and Arsenic  
37 Compounds (Group 1), Arsenic and arsenic compounds, Supplement 7 [Internet]. Lyon, France:

1 International Agency for Research on Cancer; 1987 [cited 2009 Mar 23]. Available from: [http://](http://http://www.inchem.org/documents/iarc/suppl7/arsenic.html)  
2 <http://www.inchem.org/documents/iarc/suppl7/arsenic.html> (A1S0459)  
3 Irvine L, Boyer IJ, DeSesso JM. Monomethylarsonic acid and dimethylarsinic acid: developmental  
4 toxicity studies with risk assessment. *Birth Defects Res B Dev Reprod Toxicol.* 2006 Feb;77(1):53-68.  
5 (A1S0359)  
6 Ishii K, Tamaoka A, Otsuka F, Iwasaki N, Shin K, Matsui A, et al. Diphenylarsinic acid poisoning from  
7 chemical weapons in Kamisu, Japan. *Ann Neurol* 2004;56(5):741-5. (A1S0275)  
8 Johnstone MR. Sulfhydryl agents; Arsenicals. In: Hochster RM, Quastel JH, editors. *Metabolic*  
9 *inhibitors : a comprehensive treatise.* New York: Academic Press. 1963;2:99-118. (A1S0360)  
10 Juhasz AL, Smith E, Weber J, Rees M, Rofe A, Kuchel T, et al. In Vivo Assessment of Arsenic  
11 Bioavailability in Rice and Its Significance for Human Health Risk Assessment. *Environ Health*  
12 *Perspect* 2006;114(12):1826-31. (A1S0097)  
13 Kaise T, Ochi T, Oya-Ohta Y, Hanaoka K, Sakurai T, Saitoh T, et al. Cytotoxicological aspects of organic  
14 arsenic compounds contained in marine products using the mammalian cell culture technique. *Appl*  
15 *Organometal Chem.* 1998;12(2):137-143. (A1S0098)  
16 Kaise T, Sakurai T, Saitoh T, Matsubara C, Takada-Oikawa N, Hanaoka K. Biotransformation of  
17 arsenobetaine to trimethylarsine oxide by marine microorganisms in a gill of clam *Meretrix Lusoria*.  
18 *Chemosphere.* 1998;37(3):443-449. (A1S0024)  
19 Kaise T, Watanabe S, Itoh K. The acute toxicity of arsenobetaine. *Chemosphere* 1985;14(9):1327-1332.  
20 (A1S0361)  
21 Kaise T, Yamauchi H, Horiguchi Y, Tani T, Watanabe S, Hirayama T, et al. A comparative study on acute  
22 toxicity of methylarsonic acid, dimethylarsinic acid and trimethylarsine oxide in mice. *Appl*  
23 *Organomet Chem* 1989;3(3):273-277. (A1S0362)  
24 Katano S, Matsuo Y, Hanaoka Ki. Arsenic compounds accumulated in pearl oyster *Pinctada fucata*.  
25 *Chemosphere.* 2003;53(3):245-251. (A1S0099)  
26 Kato K, Yamanaka K, Hasegawa A, Okada S. Active arsenic species produced by GSH-dependent  
27 reduction of dimethylarsinic acid cause micronuclei formation in peripheral reticulocytes of mice.  
28 *Mutat Res.* 2003 Aug 5;539(1-2):55-63. (A1S0363)  
29 Kinoshita A, Wanibuchi H, Morimura K, Wei M, Nakae D, Arai T, et al. Carcinogenicity of  
30 dimethylarsinic acid in Ogg1-deficient mice. *Cancer Sci.* 2007 Jun;98(6):803-14. (A1S0364)  
31 Kitchin KT, Wallace K. The role of protein binding of trivalent arsenicals in arsenic carcinogenesis and  
32 toxicity. *J Inorg Biochem.* 2008 Mar;102(3):532-9. (A1S0365)  
33 Kitchin KT. Recent advances in arsenic carcinogenesis: modes of action, animal model systems, and  
34 methylated arsenic metabolites. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2001 May 1;172(3):249-61. (A1S0181)  
35 Kligerman AD, Doerr CL, Tennant AH, Harrington-Brock K, Allen JW, Winkfield E, et al. Methylated  
36 trivalent arsenicals as candidate ultimate genotoxic forms of arsenic: induction of chromosomal  
37 mutations but not gene mutations. *Environ Mol Mutagen.* 2003;42(3):192-205. (A1S0366)

1 Koch I, Feldmann J, Wang L, Andrewes P, Reimer KJ, Cullen WR. Arsenic in the Meager Creek hot  
2 springs environment, British Columbia, Canada. *Sci Total Environ.* 1999;236(1-3):101-117.  
3 (A1S0025)

4 Kraus T, Quidenus G, Schaller KH. Normal values for arsenic and selenium concentrations in human  
5 lung tissue. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2000 Apr;38(3):384-9. (A1S0100)

6 Kurttio P, P.E., Kahelin H, Auvinen A, Pekkanen J, Arsenic concentrations in well water and risk of  
7 bladder and kidney cancer in Finland. *Environ Health Perspect.*, 1999. 107(9): 705-10.

8 Kwok RK, Kaufmann RB, Jakariya M. Arsenic in drinking-water and reproductive health outcomes: a  
9 study of participants in the Bangladesh Integrated Nutrition Programme. *J Health Popul Nutr.*  
10 2006;24(2):190-205. (A1S0276)

11 Lagerkvist BJ, Zetterlund B. Assessment of exposure to arsenic among smelter workers: a five-year  
12 follow-up. *Am J Ind Med.* 1994;25(4):477-488. (A1S0440)

13 Landsberger S, Wu D. The impact of heavy metals from environmental tobacco smoke on indoor air  
14 quality as determined by Compton suppression neutron activation analysis. *Sci Total Environ.* 1995  
15 Dec 1;173-174:323-37. (A1S0101)

16 Larsen EH, Hansen M, Gossler W. Speciation and health risk considerations of arsenic in the edible  
17 mushroom *Laccaria amethystina* collected from contaminated and uncontaminated locations. *Appl*  
18 *Organomet Chem.* 1998;12(4):285-291. (A1S0026)

19 Lee-Feldstein A. Arsenic and respiratory cancer in humans: follow-up of copper smelter employees in  
20 Montana. *J Natl Cancer Inst* 1983;70(4):601-10. (A1S0441)

21 Lerman S, Clarkson TW. The metabolism of arsenite and arsenate by the rat. *Fundam Appl Toxicol.*  
22 1983 Jul-Aug;3(4):309-14. (A1S0182)

23 Li JH, Rossman TG. Inhibition of DNA ligase activity by arsenite: a possible mechanism of its  
24 comutagenesis. *Mol Toxicol.* 1989;2(1):1-9. (A1S0367)

25 Lin S, Cullen WR, Thomas DJ. Methylarsenicals and arsinothiols are potent inhibitors of mouse liver  
26 thioredoxin reductase. *Chem Res Toxicol.* 1999 Oct;12(10):924-30. (A1S0368)

27 Lindberg AL, Goessler W, Grandner M, Nermell B, Vahter M. Evaluation of the three most commonly  
28 used analytical methods for determination of inorganic arsenic and its metabolites in urine. *Toxicol*  
29 *Lett.* 2007 Feb 5;168(3):310-8. (A1S0183)

30 Lindgren A, Danielsson BR, Dencker L, Vahter M. Embryotoxicity of arsenite and arsenate: distribution  
31 in pregnant mice and monkeys and effects on embryonic cells in vitro. *Acta Pharmacol Toxicol*  
32 *(Copenh).* 1984 Apr;54(4):311-20. (A1S0277)

33 Liu SX, Athar M, Lippai I, Waldren C, Hei TK. Induction of oxyradicals by arsenic: implication for  
34 mechanism of genotoxicity. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2001 Feb 13;98(4):1643-8. (A1S0369)

35 Liu YT, Chen Z. A retrospective lung cancer mortality study of people exposed to insoluble arsenic and  
36 radon. *Lung Cancer.* 1996 Mar;14 Suppl 1(1):S137-48. (A1S0184)

37 Locatelli C, Torsi G. A new voltammetric method for the simultaneous monitoring of heavy metals in sea



1 water, sediments, algae and clams: application to the Goro Bay ecosystem. *Environ Monit Assess.*  
2 2002;75(3):281-292. (A1S0102)

3 Lunde G. Occurrence and transformation of arsenic in the marine environment. *Environ Health*  
4 *Perspect* 1977;19:47-52. (A1S0103)

5 Lunde G. Separation and analysis of organic-bound and inorganic arsenic in marine organisms. *J Sci*  
6 *Food Agric* 1973;24(9):1021-7. (A1S0027)

7 Ma M, Le XC. Effect of arsenosugar ingestion on urinary arsenic speciation. *Clin Chem.* 1998  
8 *Mar*;44(3):539-50. (A1S0185)

9 Maher W, Butler E. Arsenic in the marine environment. *Appl Organometal Chem.* 1988;2(3):191-214.  
10 (A1S0028)

11 Maier A, Schumann BL, Chang X, Talaska G, Puga A. Arsenic co-exposure potentiates benzo[a]pyrene  
12 genotoxicity. *Mutat Res.* 2002 May 27;517(1-2):101-11. (A1S0370)

13 Makris KC, Quazi S, Punamiya P, Sarkar D, Datta R. Fate of arsenic in swine waste from concentrated  
14 animal feeding operations. *J Environ Qual.* 2008;37(4):1626-33. (A1S0029)

15 Mandal BK, Ogra Y, Suzuki KT. Identification of dimethylarsinous and monomethylarsonous acids in  
16 human urine of the arsenic-affected areas in West Bengal, India. *Chem Res Toxicol.* 2001  
17 *Apr*;14(4):371-8. (A1S0186)

18 Marafante E, Bertolero F, Edel J, Pietra R, Sabbioni E. Intracellular interaction and biotransformation  
19 of arsenite in rats and rabbits. *Sci Total Environ.* 1982 May;24(1):27-39. (A1S0200)

20 Marafante E, Vahter M, Envall J. The role of the methylation in the detoxication of arsenate in the  
21 rabbit. *Chem Biol Interact.* 1985 Dec 31;56(2-3):225-38. (A1S0187)

22 Marsit CJ, Karagas MR, Danaee H, Liu M, Andrew A, Schned A, et al. Carcinogen exposure and gene  
23 promoter hypermethylation in bladder cancer. *Carcinogenesis.* 2006;27(1):112-6. (A1S0278)

24 Mass MJ, Tennant A, Roop BC, Cullen WR, Styblo M, Thomas DJ, et al. Methylated trivalent arsenic  
25 species are genotoxic. *Chem Res Toxicol.* 2001 *Apr*;14(4):355-61. (A1S0371)

26 Matsui M, Nishigori C, Toyokuni S, Takada J, Akaboshi M, Ishikawa M, et al. The role of oxidative DNA  
27 damage in human arsenic carcinogenesis: detection of 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine in arsenic-related  
28 Bowen's disease. *J Invest Dermatol.* 1999 *Jul*;113(1):26-31. (A1S0279)

29 McSheehy S, Szpunar J, Lobinski R, Haldys V, Tortajada J, Edmonds JS. Characterization of arsenic  
30 species in kidney of the clam *Tridacna derasa* by multidimensional liquid chromatography-ICPMS and  
31 electrospray time-of-flight tandem mass spectrometry. *Anal Chem.* 2002 May 15;74(10):2370-8.  
32 (A1S0030)

33 McSheehy S, Szpunar J. Speciation of arsenic in edible algae by bi-dimensional size-exclusion anion  
34 exchange HPLC with dual ICP-MS and electrospray MS/MS detection. *J Anal At Spectrom.*  
35 2000;15:79-87. (A1S0104)

36 Meliker JR;M. J. Slotnick;G. A. AvRuskin;D. Schottenfeld;G. M. Jacquez;M. L. Wilson, et al. Lifetime  
37 exposure to arsenic in drinking water and bladder cancer: a population-based case-control study in

1 Michigan, USA. *Cancer Causes Control*. 2010; 21: 745-57;  
2  
3 Milton AH, Smith W, Rahman B, Hasan Z, Kulsum U, Dear K, et al. Chronic arsenic exposure and  
4 adverse pregnancy outcomes in bangladesh. *Epidemiology*. 2005;16(1):82-6. (A1S0280)  
5 Mizoi M, Takabayashi F, Nakano M, An Y, Sagesaka Y, Kato K, et al. The role of trivalent dimethylated  
6 arsenic in dimethylarsinic acid-promoted skin and lung tumorigenesis in mice: tumor-promoting  
7 action through the induction of oxidative stress. *Toxicol Lett*. 2005 Aug 14;158(2):87-94. (A1S0372)  
8 Mohri T, Hisanaga A, Ishinishi N. Arsenic intake and excretion by Japanese adults: a 7-day duplicate  
9 diet study. *Food Chem Toxicol* 1990;28(7):521-9. (A1S0105)  
10 Morikawa T, Wanibuchi H, Morimura K, Ogawa M, Fukushima S. Promotion of skin carcinogenesis by  
11 dimethylarsinic acid in keratin (K6)/ODC transgenic mice. *Jpn J Cancer Res*. 2000 Jun;91(6):579-81.  
12 (A1S0373)  
13 Morita M, Shibata Y. Isolation and identification of arseno-lipid from a brown alga, *Undaria*  
14 *pinnatifida*(Wakame). *Chemosphere*. 1988;17(6):1147-1152. (A1S0107)  
15 Morita M, Shibata Y. Speciation of arsenic compounds in marine life by high performance liquid  
16 chromatography combined with inductively coupled argon plasma atomic emission spectrometry. *Anal*  
17 *Sci* 1987;3:575-7. (A1S0106)  
18 Morrison JL. Distribution of arsenic from poultry litter in broiler chickens, soil, and crops. *J Agr Food*  
19 *Chem* 1969;17:1288-1290. (A1S0031)  
20 Mukai H, Ambe Y, Muku T, Takeshita K, Fukuma T. Seasonal variation of methylarsenic compounds in  
21 airborne particulate matter. *Nature*. 1986;324:239-241. (A1S0032)  
22 Nagymajtenyi L, Selyes A, Berencsi G. Chromosomal aberrations and fetotoxic effects of atmospheric  
23 arsenic exposure in mice. *J Appl Toxicol*. 1985 Apr;5(2):61-3. (A1S0374)  
24 Nakajima Y, Endo Y, Inoue Y, Yamanaka K, Kato K, Wanibuchi H, et al. Ingestion of Hijiki seaweed and  
25 risk of arsenic poisoning. *Appl Organomet Chem* 2006;20:557-64. (A1S0188)  
26 Nakamura K, Hisaeda Y, Pan L, Yamauchi H.. Detoxification system for inorganic arsenic:  
27 transformation of As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> into TMAO by vitamin B12 derivatives and conversion of TMAO into  
28 arsenobetaine. *Chem Commun (Camb)*. 2008;41:5122-5124. (A1S0375)  
29 Nakamura M, Matsuzono Y, Tanaka S, Hashimoto Y. Chemical form of arsenic compounds and  
30 distribution of their concentrations in the atmosphere. *Appl Organomet Chem* 1990;4(3):223-230.  
31 (A1S0033)  
32 Nakamura Y, Narukawa T, Yoshinaga J. Cancer risk to Japanese population from the consumption of  
33 inorganic arsenic in cooked hijiki. *J Agric Food Chem*. 2008 Apr 9;56(7):2536-40. (A1S0281)  
34 Nam SH, Masamba WRL, Montaser A. Helium inductively coupled plasma-mass spectrometry: studies  
35 of matrix effects and the determination of arsenic and selenium in urine. *Spectrochim Acta Part B At*  
36 *Spectrosc* 1994;49:1325-34. (A1S0034)  
37 Naranmandura H, Suzuki N, Iwata K, Hirano S, Suzuki KT. Arsenic metabolism and thioarsenicals in

1 hamsters and rats. *Chem Res Toxicol*. 2007 Apr;20(4):616-24. (A1S0189)

2 National Academy of Science(NAS). Late effect of exposure to arsenic. In: *Arsenic*. Committee on  
3 Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants, editors. Washington, DC: Division of  
4 medical sciences assembly of life sciences national research council; 1977:186-7. (A1S0479)

5 National Center for Biotechnology Information (NCBI). PubChem Substance[Internet]. 2004 [cited 2009  
6 Mar 23]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pcsubstance>. (A1S0444)

7 National Institutes of Health (NIH) . Hazardous Substances Data Bank (HSDB) [Internet]. Maryland:  
8 United States Department of Health and Human Services. 1994 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
9 <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>. (A1S0446)

10 Navas-Acien, A., et al., Arsenic exposure and cardiovascular disease: a systematic review of the  
11 epidemiologic evidence. *Am J Epidemiol*, 2005. 162(11): 1037-49.

12 Neff JM. Ecotoxicology of arsenic in the marine environment. *Environ Toxicol Chem* 1997;16:917-27.  
13 (A1S0035)

14 Nesnow S, Roop BC, Lambert G, Kadiiska M, Mason RP, Cullen WR, et al. DNA damage induced by  
15 methylated trivalent arsenicals is mediated by reactive oxygen species. *Chem Res Toxicol*. 2002  
16 Dec;15(12):1627-34. (A1S0376)

17 Ninh TD, Nagashima Y, Shiomi K. Water-Soluble and Lipid-Soluble Arsenic Compounds in Japanese  
18 Flying Squid *Todarodes pacificus*. *Agric Food Chem*. 2007;55(8):3196-3202. (A1S0108)

19 Nishikawa T, Wanibuchi H, Ogawa M, Kinoshita A, Morimura K, Hiroi T, et al. Promoting effects of  
20 monomethylarsonic acid, dimethylarsinic acid and trimethylarsine oxide on induction of rat liver  
21 preneoplastic glutathione S-transferase placental form positive foci: a possible reactive oxygen species  
22 mechanism. *Int J Cancer*. 2002 Jul 10;100(2):136-9. (A1S0377)

23 Norman JA, Pickford CJ, Sanders TW, Waller M. Human intake of arsenic and iodine from  
24 seaweed-based food supplements and health foods available in the UK. *Food Addit Contam*.  
25 1988;5(1):103-109. (A1S0109)

26 Nriagu JO, Pacyna JM. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by  
27 trace metals. *Nature*. 1988 May 12;333(6169):134-9. (A1S0036)

28 Okui T, Fujiwara Y. Inhibition of human excision DNA repair by inorganic arsenic and the co-mutagenic  
29 effect in V79 Chinese hamster cells. *Mutat Res*. 1986 Oct;172(1):69-76. (A1S0378)

30 O'Neil MJ, Heckelman PE, Koch C, Roman KJ, editors. *The Merck Index*. 14th ed. Merck and Co;2006.  
31 (A1S0445)

32 Oremland RS, Stolz JF. The ecology of arsenic. *Science*. 2003;300:939-44. (A1S0037)

33 Oya-Ohta Y, Kaise T, Ochi T. Induction of chromosomal aberrations in cultured human fibroblasts by  
34 inorganic and organic arsenic compounds and the different roles of glutathione in such induction.  
35 *Mutat Res*. 1996 Oct 25;357(1-2):123-9. (A1S0379)

36 Pacyna JM, Scholtz MT, Li Y. Global budget of trace metal sources. *Environ Rev* 1995;3(2):145-159.  
37 (A1S0039)

1 Pacyna JM. Atmospheric emissions of arsenic, cadmium, lead and mercury from high temperature  
2 processes in power generation and industry. In: Hutchinson TC, Meema KM, editors. Lead, Mercury,  
3 Cadmium and Arsenic in Environment. New York: John Wiley & Sons. 1987:69-87. (A1S0038)  
4 Pershagen G, Bjorklund NE. On the pulmonary tumorigenicity of arsenic trisulfide and calcium  
5 arsenate in hamsters. *Cancer Lett.* 1985 May;27(1):99-104. (A1S0380)  
6 Pershagen G, Nordberg G, Bjorklund NE. Carcinomas of the respiratory tract in hamsters given arsenic  
7 trioxide and/or benzo[a]pyrene by the pulmonary route. *Environ Res.* 1984 Aug;34(2):227-41.  
8 (A1S0381)  
9 Piatek K, Schwerdtle T, Hartwig A, Bal W. Monomethylarsonous acid destroys a tetrathiolate zinc finger  
10 much more efficiently than inorganic arsenite: mechanistic considerations and consequences for DNA  
11 repair inhibition. *Chem Res Toxicol.* 2008 Mar;21(3):600-6. (A1S0382)  
12 Pinto SS, Enterline PE, Henderson V, Varner MO. Mortality experience in relation to a measured  
13 arsenic trioxide exposure. *Environ Health Perspect* 1977;19:127-30. (A1S0442)  
14 Pongratz R. Arsenic speciation in environmental samples of contaminated soil. *Sci Total Environ.*  
15 1998;224(1-3):133-141. (A1S0040)  
16 Pruszkowski E, Neubauer K, Thomas R. An overview of clinical applications by inductively coupled  
17 plasma mass spectrometry. *At Spectrosc* 1998;19:111-5. (A1S0041)  
18 Pukkala E, Kurttio P, Kahelin H, Auvinen A, Pekkanen J. Arsenic concentrations in well water and risk  
19 of bladder and kidney cancer in Finland. *Environ Health Perspect.* 1999; 107: 705-10;  
20 Raber G, Khoomrung S, Taleshi MS, Edmonds JS, Francesconi KA. Identification of arsenolipids with  
21 GC/MS. *Talanta.* 2009 May 15;78(3):1215-8. (A1S0042)  
22 Rahman A, Vahter M, Ekstrom EC, Rahman M, Golam Mustafa AH, Wahed MA, et al. Association of  
23 arsenic exposure during pregnancy with fetal loss and infant death: a cohort study in Bangladesh. *Am*  
24 *J Epidemiol.* 2007;165(12):1389-96. (A1S0282)  
25 Rahman A, Vahter M, Smith AH, Nermell B, Yunus M, El Arifeen S, et al. Arsenic exposure during  
26 pregnancy and size at birth: a prospective cohort study in Bangladesh. *Am J Epidemiol.*  
27 2009;169(3):304-312. (A1S0283)  
28 Rahman M, Tondel M, Ahmad SA, Axelson O. Diabetes mellitus associated with arsenic exposure in  
29 Bangladesh. *Am J Epidemiol.* 1998 Jul 15;148(2):198-203. (A1S0284)  
30 Raml R, Rumpler A, Goessler W, Vahter M, Li L, Ochi T, et al. Thio-dimethylarsinate is a common  
31 metabolite in urine samples from arsenic-exposed women in Bangladesh. *Toxicol Appl Pharmacol.*  
32 2007 Aug 1;222(3):374-80. (A1S0190)  
33 Reddy BS, Numoto S, Choi CI. Effect of dietary *Laminaria angustata* (brown seaweed) on  
34 azoxymethane-induced intestinal carcinogenesis in male F344 rats. *Nutr Cancer.* 1985;7(1-2):59-64.  
35 (A1S0383)  
36 Ridley WP, Dizikes LJ, Wood JM. Biomethylation of toxic elements in the environment. *Science*  
37 1977;197(4301):329-32. (A1S0043)

1 Rivara MI, Cebrian M, Corey G, Hernandez M, Romieu I. Cancer risk in an arsenic-contaminated area  
2 of Chile. *Toxicol Ind Health* 1997;13(2-3):321-38. (A1S0285)

3 Rodriguez VM, Carrizales L, Mendoza MS, Fajardo OR, Giordano M. Effects of sodium arsenite exposure  
4 on development and behavior in the rat. *Neurotoxicol Teratol* 2002;24(6):743-50. (A1S0384)

5 Rose M, Lewis J, Langford N, Baxter M, Origgi S, Barber M, et al. Arsenic in seaweed--forms,  
6 concentration and dietary exposure. *Food Chem Toxicol.* 2007 Jul;45(7):1263-7. (A1S0191)

7 Rossman TG. Enhancement of UV-mutagenesis by low concentrations of arsenite in *E. coli*. *Mutat Res.*  
8 1981 May;91(3):207-11. (A1S0385)

9 Roth F. [After-effects of chronic arsenism in Moselle wine makers.]. *Dtsch Med Wochenschr*  
10 1957;82(6):211-7. (A1S0286)

11 Rumpler A, Edmonds JS, Katsu M, Jensen KB, Goessler W, Raber G, et al. Arsenic-containing  
12 long-chain fatty acids in cod-liver oil: a result of biosynthetic infidelity? *Angew Chem Int Ed Engl.*  
13 2008;47(14):2665-7. (A1S0110)

14 Sakurai T, Kaise T, Ochi T, Saitoh T, Matsubara C. Study of in vitro cytotoxicity of a water soluble  
15 organic arsenic compound, arsenosugar, in seaweed. *Toxicology.* 1997 Oct 19;122(3):205-12. (A1S0111)

16 Salim EI, Wanibuchi H, Morimura K, Wei M, Mitsuhashi M, Yoshida K, et al. Carcinogenicity of  
17 dimethylarsinic acid in p53 heterozygous knockout and wild-type C57BL/6J mice. *Carcinogenesis.*  
18 2003 Feb;24(2):335-42. (A1S0386)

19 Salnikow K, Zhitkovich A. Genetic and epigenetic mechanisms in metal carcinogenesis and  
20 cocarcinogenesis: nickel, arsenic, and chromium. *Chem Res Toxicol.* 2008 Jan;21(1):28-44. (A1S0387)

21 Schroeder WH, Dobson M, Kane DM, Johnson ND. Toxic trace elements associated with airborne  
22 particulate matter: a review. *Japca* 1987;37(11):1267-85. (A1S0044)

23 Seike N, Wanibuchi H, Morimura K, Nishikawa T, Kishida H, Nakae D, et al. Lack of promoting effect  
24 due to oral administration of dimethylarsinic acid on rat lung carcinogenesis initiated with  
25 N-bis(2-hydroxypropyl)nitrosamine. *Cancer Lett.* 2002 Jan 25;175(2):113-9. (A1S0388)

26 Shen J, Liu J, Xie Y, Diwan BA, Waalkes MP. Fetal onset of aberrant gene expression relevant to  
27 pulmonary carcinogenesis in lung adenocarcinoma development induced by in utero arsenic exposure.  
28 *Toxicol Sci.* 2007 Feb;95(2):313-20. (A1S0389)

29 Shen J, Wanibuchi H, Salim EI, Wei M, Doi K, Yoshida K, et al. Induction of glutathione S-transferase  
30 placental form positive foci in liver and epithelial hyperplasia in urinary bladder, but no tumor  
31 development in male Fischer 344 rats treated with monomethylarsonic acid for 104 weeks. *Toxicol*  
32 *Appl Pharmacol.* 2003 Dec 15;193(3):335-45. (A1S0390)

33 Shibata Y, Morita M. Characterization of organic arsenic compounds in bivalves. *Appl Organomet Chem*  
34 1992;6:343-9. (A1S0112)

35 Shibata Y, Sekiguchi M, Otsuki A, Morita M. Arsenic Compounds in Zoo- and Phyto-plankton of Marine  
36 Origin. *Appl Organometal Chem.* 1996;10(9):713-719. (A1S0113)

37 Shinagawa A, Shiomi K, Yamanaka H, Kikuchi T. Selective determination of inorganic arsenic (III), (V)

1 and organic arsenic in marine organisms. *Nippon Suisan Gakkai Shi* 1983;49:75-8. (A1S0114)

2 Shiomi K, Horiguchi Y, Kaise T. Acute toxicity and rapid excretion in urine of tetramethylarsonium salts  
3 found in some marine animals. *Appl Organomet Chem*. 1988;2(4):385-389. (A1S0391)

4 Shiomi K. Arsenic in marine organisms: chemical forms and toxicological aspects. In: Nriagu JO, editors.  
5 Arsenic in the Environment part II: Human Health and Ecosystem Effects. New York: John Wiley &  
6 Sons; 1994:261-282. (A1S0115)

7 Smith AH, Goycolea M, Haque R, Biggs ML. Marked increase in bladder and lung cancer mortality in a  
8 region of Northern Chile due to arsenic in drinking water. *Am J Epidemiol* 1998;147(7):660-9.  
9 (A1S0287)

10 Smith AH, Marshall G, Yuan Y, Ferreccio C, Liaw J, von Ehrenstein O, et al. Increased mortality from  
11 lung cancer and bronchiectasis in young adults after exposure to arsenic in utero and in early  
12 childhood. *Environ Health Perspect*. 2006;114(8):1293-6. (A1S0288)

13 Smith CJ, Livingston SD, Doolittle DJ. An international literature survey of IARC Group I carcinogens  
14 reported in mainstream cigarette smoke. *Food Chem Toxicol*. 1997 Oct-Nov;35(10-11):1107-30.  
15 (A1S0116)

16 Stolz JF, Perera E, Kilonzo B, Kail B, Crable B, Fisher E, et al. Biotransformation of  
17 3-nitro-4-hydroxybenzene arsonic acid (roxarsonic) and release of inorganic arsenic by *Clostridium*  
18 species. *Environ Sci Technol*. 2007;41(3):818-23. (A1S0045)

19 Su PF, Hu YJ, Ho IC, Cheng YM, Lee TC. Distinct gene expression profiles in immortalized human  
20 urothelial cells exposed to inorganic arsenite and its methylated trivalent metabolites. *Environ*  
21 *Health Perspect*. 2006 Mar;114(3):394-403. (A1S0392)

22 Suzuki Y, Shimoda Y, Endo Y, Hata A, Yamanaka K, Endo G. Rapid and effective speciation analysis of  
23 arsenic compounds in human urine using an anion-exchange column by HPLC-ICP-MS. *J Occup*  
24 *Health*. 2009;51:in press. (A1S0046)

25 Szpunar J, Lobinski R. Speciation in the environmental field: trends in analytical chemistry. *Fresenius J*  
26 *Anal Chem* 1999;363:550-7. (A1S0047)

27 Taleshi MS, Jensen KB, Raber G, Edmonds JS, Gunnlaugsdottir H, Francesconi KA. Arsenic-containing  
28 hydrocarbons: natural compounds in oil from the fish capelin, *Mallotus villosus*. *Chem Commun*  
29 (Camb). 2008(39):4706-7. (A1S0048)

30 Tezuka M, Hanioka K, Yamanaka K, Okada S. Gene damage induced in human alveolar type II (L-132)  
31 cells by exposure to dimethylarsinic acid. *Biochem Biophys Res Commun*. 1993 Mar 31;191(3):1178-83.  
32 (A1S0393)

33 The National Toxicology Program(NTP). Toxicology and carcinogenesis studies of roxarsonic (CAS NO.  
34 121-19-7) in F344/N rats and B6C3F1 mice[Internet]. 1989 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
35 [http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT\\_rpts/tr345.pdf](http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT_rpts/tr345.pdf). (A1S0497)

36

37 The Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and Environment(CSTEE). Opinion on: Position Paper

1 on: Ambient Air Pollution by Arsenic Compounds[Internet]. 2001 [cited 2009 Mar 23].Available  
2 from:[http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/sct/docshtml/sct\\_out106\\_en.print.htm](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sct/docshtml/sct_out106_en.print.htm)  
3 (A1S0499)

4 Thomas DJ, Li J, Waters SB, Xing W, Adair BM, Drobna Z, et al. Arsenic (+3 oxidation state)  
5 methyltransferase and the methylation of arsenicals. *Exp Biol Med* (Maywood). 2007 Jan;232(1):3-13.  
6 (A1S0192)

7 Tinwell H, Stephens SC, Ashby J. Arsenite as the probable active species in the human carcinogenicity  
8 of arsenic: mouse micronucleus assays on Na and K arsenite, orpiment, and Fowler's solution. *Environ*  
9 *Health Perspect.* 1991 Nov;95:205-10. (A1S0394)

10 Tsai SM, Wang TN, Ko YC. Mortality for certain diseases in areas with high levels of arsenic in drinking  
11 water. *Arch Environ Health.* 1999 May-Jun;54(3):186-93. (A1S0289)

12 Tseng WP, Chu HM, How SW, Fong JM, Lin CS, Yeh S. Prevalence of skin cancer in an endemic area of  
13 chronic arsenicism in Taiwan. *J Natl Cancer Inst.* 1968 Mar;40(3):453-63. (A1S0291)

14 Tseng WP. Effects and dose-response relationships of skin cancer and blackfoot disease with arsenic.  
15 *Environ Health Perspect.* 1977 Aug;19:109-19. (A1S0290)

16 Tseng, C.H., et al., Dose-response relationship between peripheral vascular disease and ingested  
17 inorganic arsenic among residents in blackfoot disease endemic villages in Taiwan. *Atherosclerosis,*  
18 1996. 120(1-2): 125-33.

19 Tsuji JS, Van Kerkhove MD, Kaetzel RS, Scrafford CG, Mink PJ, Barraj LM, et al. Evaluation of  
20 exposure to arsenic in residential soil. *Environ Health Perspect.* 2005;113(12):1735-40. (A1S0049)

21 Uneyama C, Toda M, Yamamoto M, Morikawa K. Arsenic in various foods: cumulative data. *Food Addit*  
22 *Contam.* 2007;24(5):447-534. (A1S0117)

23 United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA) . Integrated Risk Information System (IRIS).  
24 Arsenic, inorganic (CASRN 7440-38-2) [Internet]. Washington, DC: Environmental Protection Agency;  
25 1998 [cited 2009 Mar 23].Available from: <http://www.epa.gov/iris/subst/0278.htm>. (A1S0470)

26 United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA) . Integrated Risk Information System (IRIS).  
27 Arsine (CASRN 7784-42-1) [Internet]. Washington, DC: Environmental Protection Agency; 1994 [cited  
28 2009 Mar 23]. Available from: <http://www.epa.gov/NCEA/iris/subst/0672.htm>. (A1S0494)

29 United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA) . Integrated Risk Information System (IRIS).  
30 Cacodylic acid (CASRN 75-60-5) [Internet]. Washington, DC: Environmental Protection Agency; 1996  
31 [cited 2009 Mar 23]. Available from: <http://www.epa.gov/NCEA/iris/subst/0587.htm>. (A1S0486)

32 United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA) . Revised Reregistration Eligibility Decision  
33 for MSMA, DSMA, CAMA, and Cacodylic Acid [Internet]. Washington, DC: Environmental Protection  
34 Agency; 2006 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
35 [http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDS/organic\\_arsenicals\\_red.pdf](http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDS/organic_arsenicals_red.pdf). (A1S0452)

36 Vahter M, Marafante E. Intracellular interaction and metabolic fate of arsenite and arsenate in mice  
37 and rabbits. *Chem Biol Interact.* 1983;47(1):29-44. (A1S0195)

1 Vahter M. Biotransformation of trivalent and pentavalent inorganic arsenic in mice and rats. *Environ*  
2 *Res.* 1981 Aug;25(2):286-93. (A1S0193)

3 Vahter M. Genetic polymorphism in the biotransformation of inorganic arsenic and its role in toxicity.  
4 *Toxicol Lett.* 2000 Mar 15;112-113:209-17. (A1S0194)

5 Vahter ME. Health effects of early life exposure to arsenic. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*  
6 2008;102(2):204-11. (A1S0292)

7 Velez D, Ybanez N, Montoro R. Monomethylarsonic and Dimethylarsinic Acid Contents in Seafood  
8 Products. *J Agr Food Chem* 1996;44(3):859-864. (A1S0119)

9 Velez D, Ybanez N, Montoro R. Percentages of Total Arsenic Represented by Arsenobetaine Levels of  
10 Manufactured Seafood Products. *J Agr Food Chem* 1995;43(5):1289-1294. (A1S0118)

11 Viren JR, Silvers A. Unit risk estimates for airborne arsenic exposure: an updated view based on recent  
12 data from two copper smelter cohorts. *Regul Toxicol Pharmacol* 1994;20(2):125-38. (A1S0443)

13 von Ehrenstein OS, Guha Mazumder DN, Hira-Smith M, Ghosh N, Yuan Y, Windham G, et al.  
14 Pregnancy outcomes, infant mortality, and arsenic in drinking water in West Bengal, India. *Am J*  
15 *Epidemiol.* 2006;163(7):662-9. (A1S0293)

16 von Ehrenstein OS, Poddar S, Yuan Y, Mazumder DG, Eskenazi B, Basu A, et al. Children's intellectual  
17 function in relation to arsenic exposure. *Epidemiology.* 2007;18(1):44-51. (A1S0294)

18 Vuyyuri SB, Ishaq M, Kuppala D, Grover P, Ahuja YR. Evaluation of micronucleus frequencies and DNA  
19 damage in glass workers exposed to arsenic. *Environ Mol Mutagen.* 2006 Aug;47(7):562-70. (A1S0295)

20 Waalkes MP, Liu J, Ward JM, Powell DA, Diwan BA. Urogenital carcinogenesis in female CD1 mice  
21 induced by in utero arsenic exposure is exacerbated by postnatal diethylstilbestrol treatment. *Cancer*  
22 *Res.* 2006 Feb 1;66(3):1337-45. (A1S0395)

23 Waalkes MP, Ward JM, Diwan BA. Induction of tumors of the liver, lung, ovary and adrenal in adult  
24 mice after brief maternal gestational exposure to inorganic arsenic: promotional effects of postnatal  
25 phorbol ester exposure on hepatic and pulmonary, but not dermal cancers. *Carcinogenesis.* 2004  
26 Jan;25(1):133-41. (A1S0396)

27 Waalkes MP, Ward JM, Liu J, Diwan BA. Transplacental carcinogenicity of inorganic arsenic in the  
28 drinking water: induction of hepatic, ovarian, pulmonary, and adrenal tumors in mice. *Toxicol Appl*  
29 *Pharmacol.* 2003 Jan 1;186(1):7-17. (A1S0397)

30 Walkin O, Douglas DE. Letter: Health food supplements prepared from kelp- a source of elevated  
31 urinary arsenic. *Can Med Assoc J* 1974;111(12):1301-2. (A1S0296)

32 Wallinga D. Playing Chicken: Avoiding Arsenic in Your Meat. Minneapolis, MN: Institute for Agriculture  
33 and Trade Policy[Internet]. 2006 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
34 <http://www.iatp.org/iatp/publications.cfm?accountID=421&refID=80529> (A1S0471)

35 Walsh PR, Duce RA, Fasching JL. Considerations of the enrichment, sources, and flux of arsenic in the  
36 troposphere. *J Geophys Res* 1979;84(4C):1719-1726. (A1S0050)

37 Walter I, Schwerdtle T, Thuy C, Parsons JL, Dianov GL, Hartwig A. Impact of arsenite and its



1 methylated metabolites on PARP-1 activity, PARP-1 gene expression and poly(ADP-ribosyl)ation in  
2 cultured human cells. *DNA Repair (Amst)*. 2007 Jan 4;6(1):61-70. (A1S0398)

3 Wang A, Holladay SD. Reproductive and developmental toxicity of arsenic in rodents: a review. *Int J*  
4 *Toxicol* 2006;25(5):319-331. (A1S0399)

5 Wang FM, Chen ZL, Zhang L, Gao YL, Sun YX. Arsenic uptake and accumulation in rice (*Oryza sativa*  
6 L.) at different growth stages following soil incorporation of roxarsone and arsanilic acid. *Plant Soil*.  
7 2006;285:359-367. (A1S0051)

8 Wang SX, Wang ZH, Cheng XT, Li J, Sang ZP, Zhang XD, et al. Arsenic and fluoride exposure in drinking  
9 water: children's IQ and growth in Shanyin county, Shanxi province, China. *Environ Health Perspect*.  
10 2007;115(4):643-7. (A1S0297)

11 Wanibuchi H, Hori T, Meenakshi V, Ichihara T, Yamamoto S, Yano Y, et al. Promotion of rat  
12 hepatocarcinogenesis by dimethylarsinic acid: association with elevated ornithine decarboxylase  
13 activity and formation of 8-hydroxydeoxyguanosine in the liver. *Jpn J Cancer Res*. 1997  
14 Dec;88(12):1149-54. (A1S0400)

15 Wanibuchi H, Yamamoto S, Chen H, Yoshida K, Endo G, Hori T, et al. Promoting effects of  
16 dimethylarsinic acid on N-butyl-N-(4-hydroxybutyl)nitrosamine-induced urinary bladder  
17 carcinogenesis in rats. *Carcinogenesis*. 1996 Nov;17(11):2435-9. (A1S0401)

18 Wasserman GA, Liu X, Parvez F, Ahsan H, Factor-Litvak P, Kline J, et al. Water arsenic exposure and  
19 intellectual function in 6-year-old children in Araihaazar, Bangladesh. *Environ Health Perspect*.  
20 2007;115(2):285-9. (A1S0298)

21 Wasserman GA, Liu X, Parvez F, Ahsan H, Factor-Litvak P, van Geen A, et al. Water arsenic exposure  
22 and children's intellectual function in Araihaazar, Bangladesh. *Environ Health Perspect*.  
23 2004;112(13):1329-33. (A1S0299)

24 Wedepohl KH. The composition of the upper earth's crust and the natural cycles of selected metals.  
25 Metals in natural raw materials. *Natural Resources*. In: Merian E, ed. *Metals and Their Compounds*  
26 *in the Environment: Occurrence, Analysis and Biological Relevance*. Weinheim, VCH. 1991:3-17.  
27 (A1S0052)

28 Wei M, Wanibuchi H, Morimura K, Iwai S, Yoshida K, Endo G, et al. Carcinogenicity of dimethylarsinic  
29 acid in male F344 rats and genetic alterations in induced urinary bladder tumors. *Carcinogenesis*.  
30 2002 Aug;23(8):1387-97. (A1S0402)

31 Wei M, Wanibuchi H, Yamamoto S, Li W, Fukushima S. Urinary bladder carcinogenicity of  
32 dimethylarsinic acid in male F344 rats. *Carcinogenesis*. 1999 Sep;20(9):1873-6. (A1S0403)

33 Welch AH, Lico MS, Hughes JL. Arsenic in ground water of the western United States. *Ground Water*  
34 1988;26(3):333-47. (A1S0053)

35 Wolz S, Fenske RA, Simcox NJ, Palcisko G, Kissel JC. Residential arsenic and lead levels in an  
36 agricultural community with a history of lead arsenate use. *Environ Res* 2003;93(3):293-300.  
37 (A1S0054)

1 World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking-water quality, 2nd Edition [Internet].  
2 Geneva, Switzerland: World Health Organization; 1996. Volume 2 - Health criteria and other  
3 supporting information, Inorganic constituents and physical parameters, 13.4 Arsenic [cited 2009 Mar  
4 23]. Available from: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq2v1/en/index1.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/index1.html).  
5 (A1S0482)

6 World Health Organization (WHO). Air quality guidelines for Europe. 2nd Edition [Internet].  
7 Copenhagen, Denmark: World Health Organization Regional Office for Europe; 2000. WHO Regional  
8 Publication, Europeans Series, No. 91, 6. Inorganic pollutants, 6.1 Arsenic [updated 2005 Feb. 15;  
9 cited 2009 Mar 23]. Available from: [http://www.euro.who.int/air/Activities/20050104\\_1](http://www.euro.who.int/air/Activities/20050104_1).  
10 ([http://www.euro.who.int/document/aiq/6\\_1\\_arsenic.pdf](http://www.euro.who.int/document/aiq/6_1_arsenic.pdf)) (A1S0491)

11 World Health Organization (WHO). Air quality guidelines for Europe. Copenhagen, Denmark: World  
12 Health Organization Regional Office for Europe; 1987. WHO Regional Publication, Europeans Series,  
13 No. 23 (A1S0490)

14 World Health Organization (WHO). Environmental health criteria 224. Arsenic and Arsenic Compounds  
15 [Internet]. Geneva, Switzerland: World Health Organization, IPCS International Programme on  
16 Chemical Safety; 2001 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
17 <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc224.htm>. (A1S0462)

18 World Health Organization (WHO). Food Additives Series 24. Arsenic [Internet]. Geneva, Switzerland:  
19 World Health Organization, IPCS International Programme on Chemical Safety; 1989 [cited 2009 Mar  
20 23]. Available from: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v024je08.htm>. (A1S0461)

21 World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking-water quality. 3rd Edition [Internet].  
22 Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2004. Chapter 12, Chemical fact sheets, 12.8  
23 Arsenic; p.306 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
24 [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html). (A1S0483)

25 Wu MM, Kuo TL, Hwang YH, Chen CJ. Dose-response relation between arsenic concentration in well  
26 water and mortality from cancers and vascular diseases. *Am J Epidemiol*. 1989 Dec;130(6):1123-32.  
27 (A1S0300)

28 Yager JW, Wiencke JK. Inhibition of poly(ADP-ribose) polymerase by arsenite. *Mutat Res*. 1997  
29 Jun;386(3):345-51. (A1S0404)

30 Yamamoto A, Hisanaga A, Ishinishi N. Tumorigenicity of inorganic arsenic compounds following  
31 intratracheal instillations to the lungs of hamsters. *Int J Cancer*. 1987 Aug 15;40(2):220-3. (A1S0405)

32 Yamamoto S, Konishi Y, Matsuda T, Murai T, Shibata MA, Matsui-Yuasa I, et al. Cancer induction by an  
33 organic arsenic compound, dimethylarsinic acid (cacodylic acid), in F344/DuCrj rats after  
34 pretreatment with five carcinogens. *Cancer Res*. 1995 Mar 15;55(6):1271-6. (A1S0406)

35 Yamanaka K, Hasegawa A, Sawamura R, Okada S. Dimethylated arsenics induce DNA strand breaks in  
36 lung via the production of active oxygen in mice. *Biochem Biophys Res Commun*. 1989b Nov  
37 30;165(1):43-50. (A1S0407)

1 Yamanaka K, Hoshino M, Okamoto M, Sawamura R, Hasegawa A, Okada S. Induction of DNA damage  
2 by dimethylarsine, a metabolite of inorganic arsenics, is for the major part likely due to its peroxy  
3 radical. *Biochem Biophys Res Commun*. 1990 Apr 16;168(1):58-64. (A1S0196)

4 Yamanaka K, Mizoi M, Tachikawa M, Hasegawa A, Hoshino M, Okada S. Oxidative DNA damage  
5 following exposure to dimethylarsinous iodide: the formation of cis-thymine glycol. *Toxicol Lett*. 2003  
6 Jul 20;143(2):145-53. (A1S0408)

7 Yamanaka K, Ohba H, Hasegawa A, Sawamura R, Okada S. Mutagenicity of dimethylated metabolites  
8 of inorganic arsenics. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*. 1989 Oct;37(10):2753-6. (A1S0409)

9 Yamanaka K, Ohtsubo K, Hasegawa A, Hayashi H, Ohji H, Kanisawa M, et al. Exposure to  
10 dimethylarsinic acid, a main metabolite of inorganic arsenics, strongly promotes tumorigenesis  
11 initiated by 4-nitroquinoline 1-oxide in the lungs of mice. *Carcinogenesis*. 1996 Apr;17(4):767-70.  
12 (A1S0410)

13 Yamanaka K, Takabayashi F, Mizoi M, An Y, Hasegawa A, Okada S. Oral exposure of dimethylarsinic  
14 acid, a main metabolite of inorganic arsenics, in mice leads to an increase in 8-Oxo-2'-deoxyguanosine  
15 level, specifically in the target organs for arsenic carcinogenesis. *Biochem Biophys Res Commun*. 2001  
16 Sep 14;287(1):66-70. (A1S0411)

17 Yamato N. Concentrations and chemical species of arsenic in human urine and hair. *Bull Environ*  
18 *Contam Toxicol*. 1988 May;40(5):633-40. (A1S0055)

19 Yamauchi H, Takahashi K, Mashiko M, Saitoh J, Yamamura Y. Intake of different chemical species of  
20 dietary arsenic by the Japanese, and their blood and urinary arsenic levels. *Appl Organomet Chem*  
21 1992;6(4):383-8. (A1S0120)

22 Yang CY, Chang CC, Tsai SS, Chuang HY, Ho CK, Wu TN. Arsenic in drinking water and adverse  
23 pregnancy outcome in an arseniasis-endemic area in northeastern Taiwan. *Environ Res*.  
24 2003;91(1):29-34. (A1S0301)

25 Yasui A, Tsutsumi C, Toda S. Selective determination of inorganic arsenic (III), (V) and organic arsenic  
26 in biological materials by solvent extraction-atomic absorption spectrophotometry. *Agric Biol Chem*  
27 1978;42:2139-45. (A1S0121)

28 Yoshida K, Kuroda K, Zhou X, Inoue Y, Date Y, Wanibuchi H, et al. Urinary sulfur-containing metabolite  
29 produced by intestinal bacteria following oral administration of dimethylarsinic acid to rats. *Chem*  
30 *Res Toxicol*. 2003 Sep;16(9):1124-9. (A1S0197)

31 Yoshinaga J, Chatterjee A, Shibata Y, Morita M, Edmonds JS. Human urine certified reference material  
32 for arsenic speciation. *Clin Chem*. 2000 Nov;46(11):1781-6. (A1S0056)

33 Yoshinaga J, Shibata Y, Horiguchi T, Morita M. NIES Certified Reference Materials for Arsenic  
34 Speciation. *Accred Qual Assur*. 1997;2:154-156. (A1S0057)

35 Zhao CQ, Young MR, Diwan BA, Coogan TP, Waalkes MP. Association of arsenic-induced malignant  
36 transformation with DNA hypomethylation and aberrant gene expression. *Proc Natl Acad Sci U S A*.  
37 1997 Sep 30;94(20):10907-12. (A1S0412)

1 Zoorob GK, McKiernan JW, Caruso JA. ICP-MS for elemental speciation studies. *Mikrochim Acta*  
2 1998;128:145-68. (A1S0058)

3 安野哲子, 伊藤弘一, 萩原輝彦, 広門雅子, 船山恵一, 鈴木助治, 他. 食品用天然着色料中の重金属及びヒ素  
4 含有量. 東京都立衛生研究所研究年報. 1998;49:162-167. (A1S0122)

5 井上嘉則, 吉田香, 黒田孝一, 圓藤吟史. LC/ICP-MSによる生体試料中ヒ素化合物の化学形態別定量: ヒ素  
6 の代謝研究への応用. *Biomed Res Trace Elements* 2001;12:11-23. (A1S0059)

7 井上尚英, 森 晃爾, 藤代一也. 臨床医からみた産業中毒例(3) 砒素中毒. *産業医学ジャーナル*.  
8 1987;10(6):45-49. (A1S0302)

9 塩見一雄. 海産生物に含まれるヒ素の化学形・毒性・代謝. *食品衛生学雑誌*. 1992;33(1):1-10. (A1S0138)

10 化学大辞典編集委員会. 化学大辞典 4. 東京: 共立出版; 1963. (A1S0450)

11 加藤陽康, 丸山吉正, 田村征男, 宮部正樹. 食品中の残留農薬について. *名古屋市衛生研究所報*.  
12 2000;46:20-22. (A1S0131)

13 科学技術振興機構. 日本化学物質辞書データベース(日化辞 Web)[Internet]. 埼玉: 独立行政法人科学技術  
14 振興機構. 2005 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
15 [http://nikkajiweb.jst.go.jp/nikkaji\\_web/pages/top.html](http://nikkajiweb.jst.go.jp/nikkaji_web/pages/top.html). (A1S0447)

16 花岡研一. In: レアメタル便覧. 東京: 丸善; 2010: in press. (A1S0451)

17 花岡研一. 海洋生態系におけるヒ素化合物の動態に関する研究. *日本水産学会誌*. 2004;70(3):284-287.  
18 (A1S0072)

19 貝瀬利一, 貫山道子, 高木芙美子, 井上 茂, 渡辺貞夫, 渡辺重信, 他. 食品中の重金属含有量調査(第3報)  
20 ー肉、卵および乳製品についてー. *神奈川県衛生研究所研究報告* 1985;15:62. (A1S0128)

21 柿本幸子, 池辺克彦, 堀 伸二郎. 水素化物発生装置を用いた ICP-MS によるヒ素分析法の検討及び玄米、魚  
22 介類中ヒ素含量の測定. *大阪府立公衆衛生研究所研究報告* 2001;39:83-87. (A1S0129)

23 環境省. ジフェニルアルシン酸等のリスク評価中間報告書[Internet]. 2008a [cited 2009 Mar 23].  
24 Available from: <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=9545> より  
25 [http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=11141&hou\\_id=9545](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=11141&hou_id=9545). (A1S0481)

26 環境省. 平成 14 年度地下水質測定結果ー参考資料 6 最高濃度検出井戸の汚染原因と対策等 水環境部行政  
27 資料 [Internet]. 2002 [cited 2009 Mar 23]. Available from: <http://www.env.go.jp/water/chikasui/>.  
28 ([http://www.env.go.jp/water/chikasui/hokoku\\_h14/ref06.pdf](http://www.env.go.jp/water/chikasui/hokoku_h14/ref06.pdf)) (A1S0469)

29 環境省. 平成 19 年度地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査結果についてー表 8 継続  
30 測定地点における年平均値の推移[Internet]. 2008b [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
31 [http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon\\_h19/index.html](http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_h19/index.html) より  
32 [http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon\\_h19/tab7\\_8.html#tab8](http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_h19/tab7_8.html#tab8). (A1S0492)

33 岩崎克己. わが国における CCA 木材保存剤の開発とその処理木材市場の盛衰と技術的背景. *木材保存*  
34 2003;29:192-216. (A1S0060)

35 久保倉宏一, 藤本 喬, 古野善久, 小田隆弘, 権藤勝善. 福岡市に流通する温州みかんのヒ素と鉛について.  
36 福岡市保健環境研究所報 1984;9:86-90. (A1S0133)

37 金森 悟. 物質の分布とそれをもたらす要因ー非金属. In: 堀部純男, 坪田博行, 松尾禎士, 北野 康, 土屋瑞

1 樹, 三宅泰雄, 他. 海水の化学. 神奈川: 東海大学出版会; 1970;10:297-330. (A1S0062)

2 経済産業省, 環境省. 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(化学物質

3 排出把握管理促進法)に基づく届出外排出量の推計値の対象化学物質別集計結果(排出年度:平成18年度)

4 [Internet]. 2008b [cited 2009 Mar 23]. Available

5 from:[http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/prtr/h18kohyo/shukeikekka.htm](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/h18kohyo/shukeikekka.htm).

6 ([http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/prtr/h18kohyo/pdf/3-1.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/h18kohyo/pdf/3-1.pdf)) (A1S0465)

7 経済産業省, 環境省. 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(化学物質

8 排出把握管理促進法)に基づく届出排出量及び移動量の対象化学物質別集計結果(排出年度:平成15年度)

9 [Internet]. 2005 [cited 2009 Mar 23]. Available

10 from:[http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/prtr/h15kohyo/todokedegaisanshutudata](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/h15kohyo/todokedegaisanshutudata.htm)

11 [a.htm. \(http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/prtr/h15kohyo/1-1.pdf\)](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/h15kohyo/1-1.pdf) (A1S0463)

12 経済産業省, 環境省. 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(化学物質

13 排出把握管理促進法)に基づく届出排出量及び移動量の対象化学物質別集計結果(排出年度:平成18年度)

14 [Internet]. 2008a [cited 2009 Mar 23]. Available

15 from:[http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/prtr/h18kohyo/shukeikekka.htm](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/h18kohyo/shukeikekka.htm).

16 ([http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/prtr/h18kohyo/pdf/1-1.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/h18kohyo/pdf/1-1.pdf)) (A1S0464)

17 厚生労働省. トータルダイエツト調査. In:農林水産省. 食品安全に関するリスクプロファイルシート. 作成

18 日(更新日):平成21年3月6日[Internet]. 2009 [cited 2009 Mar 23]. Available from:

19 [http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk\\_analysis/priority/pdf/chem\\_as.pdf](http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/pdf/chem_as.pdf). (A1S0472)

20 厚生労働省. ヒジキ中のヒ素に関するQ&A. 厚生労働省ホームページ. 平成16年7月30日[Internet]. 2004

21 [cited 2009 Mar 23]. Available from: <http://www.mhlw.go.jp/topics/2004/07/tp0730-1.html> (A1S0475)

22 広島紀以子, 松本久美子, 高畑寿太郎, 三島靖子, 関敏彦, 角田行, 他. 輸入食品の理化学的検査(第3報)

23 -びん詰め、缶詰、食肉、乳製品中の残留農薬および重金属の分析-. 仙台市衛生研究所報

24 1988;18:258-262. (A1S0153)

25 荒木俊, 沼田真, 和田攻編. 環境科学辞典. 東京: 東京化学同人; 1985. (A1S0496)

26 高木芙美子, 貫山道子, 井上茂, 貝瀬利一, 渡辺貞夫, 渡辺重信, 他. 食品中の重金属含有量調査(第1報) -

27 魚介類について-. 神奈川県衛生研究所研究報告. 1985;15:55-58. (A1S0147)

28 黒岩貴芳, 高津章子, 内海昭. カツオの目組織を中心としたヒ素化学形態分析. 第9回ヒ素シンポジウム講

29 演要旨集 1999:82-3. (A1S0134)

30 佐藤四郎, 勝岡真由美, 小畑順一, 石川雅章, 永野隆夫. 原子吸光光度法による医薬品等のヒ素試験法の検討

31 (第二法) -生薬中のヒ素-. 静岡県環境衛生科学研究所報告. 1994;36:77-79. (A1S0136)

32 佐野健, 松田恵理子, 小沢喬志郎, 今野宏. 秋田県内産食品の成分調査 -魚介類の栄養成分、無機質成分、

33 ビタミン及び脂肪酸の含有量調査について(II)-. 秋田県衛生科学研究所報. 1991;35:83-85. (A1S0137)

34 三菱化学安全科学研究所. ひじきに含まれるヒ素の評価基礎資料調査報告書. 内閣府食品安全委員会. 平成

35 18年度食品安全確保総合調査. 2007. (A1S0477)

36 山嶋裕季子, 小林千種, 大野郁子, 宮川弘之, 田口信夫, 中里光男, 他. オイスターソースの衛生化学的調査.

37 東京衛研年報. 2001;52:73-77. (A1S0155)

1 山内 博, 山村行夫. 5 価ヒ素に富む海藻食品摂取後の尿中無機ヒ素およびメチルヒ素の動態. 産業医学.  
2 1979;21:47-54. (A1S0199)

3 山内 博, 山村行夫. 食品中の 3 価ヒ素、5 価ヒ素、メチルヒ素について. 日本公衆衛生雑誌  
4 1980;27(12):647-53. (A1S0074)

5 山内 博, 木下純子, 永井尚子, 島崎久美子, 笠松美恵. 尿中砒素濃度からみた重症度分類および砒素曝露と  
6 DNA 損傷評価に関する研究. 和歌山における毒物混入事件に関する臨床報告. 2002;32-49. (A1S0308)

7 山内 博. 無機ヒ素曝露の生物学的モニタリングに関する研究. 日本衛生学雑誌 1995;49:973-83. (A1S0073)

8 寺崎由美子, 庄野節子, 光武隆久, 川原田 優. 極早生みかんのヒ素及び鉛について. 佐賀県衛生研究所報.  
9 1991;17:30-31. (A1S0150)

10 柴田康行, 森田昌敏. 環境中ヒ素の化学形態(海洋環境を中心に). Biomed Res Trace Elements 2000;11:1-24.  
11 (A1S0066)

12 柴田康行. ヒ素の化学形態別分析法. 水環境学会誌 1997;20:443-6. (A1S0065)

13 酒井徹志, 伊達由紀子, 井上嘉則. LC/ICP-MS による環境試料中微量元素のスペシエーション; ヒ素、セレン、  
14 アンチモンを中心に. Biomed Res Trace Elements 2001;12:33-47. (A1S0064)

15 酒井徹志, 伊達由紀子, 井上嘉則. 酸性移動相を用いる陽イオン交換クロマトグラフィー-ICP-MS による環  
16 境及び生体試料中のヒ素の化学形態別一斉分析 (特集 水質試験方法'99). 工業用水. 1999;493:9-14.  
17 (A1S0063)

18 小沢 茂, 山口道子, 斉藤 譲. いわゆる健康食品の検査結果について. 群馬県衛生環境研究所年報.  
19 1994;26:129-136. (A1S0126)

20 小野塚春吉, 雨宮 敬, 水石和子, 小野恭司, 伊藤弘一, 眞木俊夫. 都内搬入米におけるカドミウム, 銅, ヒ素  
21 の含有量について (第 3 報) : 1999 年から 2002 年までの試験成績の概要. 東京健安研七報  
22 2003;54:151-155. (A1S0127)

23 小野塚春吉, 雨宮 敬, 水石和子, 小野恭司, 伊藤弘一. 「清浄地域」で栽培された米中のカドミウム、銅、ヒ  
24 素濃度. 東京衛研年報. 2001;52:123-128. (A1S0501)

25 小野塚春吉, 江波戸擧秀, 雨宮 敬, 水石和子, 小野恭司, 藤井 孝, 他. 玄米と精米中のカドミウム、銅、ヒ素  
26 の含有濃度比較. 東京衛研年報. 2000;51:150-154. (A1S0500)

27 松尾禎士監修. 地球化学. 講談社サイエンティフィク;1991. (A1S0468)

28 常俊義三. 環境汚染による砒素曝露の人体影響. Biomed Res Trace Elements 2000;11:54-63. (A1S0305)

29 食品環境部. 魚介類中の重金属含有量調査結果 (平成元~6 年度). 広島市衛生研究所年報. 1995a;14:96-98.  
30 (A1S0139)

31 食品環境部. 平成 6 年度広島湾内産かきの重金属試験結果. 広島市衛生研究所年報. 1995b;14:95.  
32 (A1S0140)

33 食品環境部. 平成 7 年度広島湾内産かきの重金属試験結果. 広島市衛生研究所年報. 1996;15:71. (A1S0141)

34 食品部. 健康食品中の汚染物質実態調査 (第 3 報). 栃木県衛生研究所報. 1988;18:102-104. (A1S0142)

35 製品評価技術基盤機構. 化学物質の初期リスク評価書 砒素及びその無機化合物[Internet]. 東京: 独立行政  
36 法人製品評価技術基盤機構. 2008 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
37 <http://www.safe.nite.go.jp/risk/riskhykd101.html>.

1 (http://www.safe.nite.go.jp/risk/files/pdf\_hyoukasyo/252riskdoc.pdf) (A1S0453)  
2 製品評価技術基盤機構. 化学物質総合検索システム[Internet]. 東京: 独立行政法人製品評価技術基盤機構.  
3 2005 [cited 2009 Mar 23]. Available from: <http://www.safe.nite.go.jp/japan/sougou/Top.do>. (A1S0448)  
4 西村雅吉. 物質の動き. 環境化学 (改訂版). 裳華房; 1998:72. (A1S0070)  
5 石崎睦雄. 市販食品中ヒ素濃度と日本人のヒ素摂取量. 日本衛生学雑誌. 1979;34(4):605-611. (A1S0124)  
6 石油天然ガス・金属鉱物資源機構. Virtual 金属資源情報センター 鉱物資源マテリアルフロー[Internet]. 神  
7 奈川: 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構. 2006 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
8 [http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/jouhou/material\\_flow\\_frame.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/jouhou/material_flow_frame.html). ([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_w](http://www.jogmec.go.jp/mric_w)  
9 [eb/jouhou/material/2006/As.pdf](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/jouhou/material/2006/As.pdf)) (A1S0454)  
10 石油天然ガス・金属鉱物資源機構. Virtual 金属資源情報センター 鉱物資源マテリアルフロー[Internet]. 神  
11 奈川: 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構. 2007 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
12 [http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/jouhou/material\\_flow\\_frame.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/jouhou/material_flow_frame.html). ([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_w](http://www.jogmec.go.jp/mric_w)  
13 [eb/jouhou/material/2007/As.pdf](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/jouhou/material/2007/As.pdf)) (A1S0455)  
14 千葉 恵, 加藤丈夫, 三島靖子, 今野純夫, 関 俊彦, 角田 行, 他. 健康食品の衛生学的調査 ―エキス類及び  
15 胚芽類について. 仙台市衛生研究所報. 1982;12:160-167. (A1S0149)  
16 千葉啓子, 高田礼子, 片桐裕史, 山内 博. 飲泉に用いる温泉中ヒ素の毒性学的な考察. 臨床環境医学.  
17 2008;17(1):47-53. (A1S0069)  
18 川又秀一, 山浦由郎, 和田正道. いわゆる健康食品の衛生学的調査. 長野県衛生公害研究所研究報告.  
19 1986;9:33-35. (A1S0132)  
20 大島晴美, 上野英二, 斎藤 勲, 松本 浩. 玄米および魚介類中カドミウム、鉛、水銀、ヒ素、セレン、マンガ  
21 ン、銅および亜鉛の分析における誘導結合プラズマ質量分析法と原子吸光光度法の比較. 食品衛生学雑誌.  
22 2004;45(5):270-276. (A1S0125)  
23 大木 章. 生体および環境中のヒ素の分析. ぶんせき. 2004(349):27-32. (A1S0061)  
24 辰巳健一, 中埜渡丈嘉, 成田隆広, 眞柄泰基, 橘 治国. 豊平川における砒素化合物の動態. 水環境学会誌.  
25 2002;25(5):289-296. (A1S0068)  
26 池辺克彦, 田中之雄, 田中涼一. 食品中の重金属に関する研究 (Ⅷ) ―いわゆる健康食品中の各種重金属含  
27 有量―. 大阪府立公衆衛生研究所研究報告 食品衛生. 1983;14:83-86. (A1S0123)  
28 中嶋義明, 圓藤吟史, 井上嘉則, 雪田清廣, 圓藤陽子. 化学兵器処理作業者のバイオロジカルモニタリング.  
29 日本職業・災害医学会会誌. 2006;54(1):29-33. (A1S0306)  
30 中里光男, 観 公子, 永山敏廣, 田端節子, 山嶋裕季子, 安田和夫. 原料生薬に含まれる有害物質の実態調査  
31 (第4報) ―タイソウについて―. 東京都立衛生研究所研究年報 2001;52:48-52. (A1S0151)  
32 長倉三郎, 井口洋夫, 江沢 洋, 岩村 秀, 佐藤文隆, 久保亮五 編. 岩波理化学辞典 第5版. 岩波書店; 1998.  
33 (A1S0449)  
34 田中英夫, 大島 明. 森永ひ素ミルク中毒被害者の青年・中年期 (27歳～49歳) における死亡の解析. 日本公  
35 衛誌 2007;54(4):236-245. (A1S0304)  
36 田中之雄, 田中涼一, 東 強, 松原 毅. 有害重金属の化学形と毒性に関する一考察 ―漢方薬“牛黄清心丸”  
37 を例として―. 大阪府立公衆衛生研究所研究報告 食品衛生. 1991;22:33-37. (A1S0148)

1 田尾博明. クロマトグラフィー/誘導結合プラズマ質量分析法による微量元素のスぺシエーション. 分析化学  
2 1997;46:239-63. (A1S0067)

3 渡辺貞夫, 貫山道子, 高木芙美子, 井上 茂, 貝瀬利一, 渡辺重信, 他. 食品中の重金属含有量調査(第3報) —  
4 野菜、果実、穀類および豆類について—. 神奈川県衛生研究所研究報告 1985;15:59-61. (A1S0157)

5 日本産業衛生学会許容濃度等に関する委員会. 許容濃度等の勧告. 産業衛生学雑誌. 1997;39(4):129-149.  
6 (A1S0495)

7 日本産業衛生学会許容濃度等に関する委員会. 発がん物質の過剰発がん生涯リスクレベルに対応する評価暫  
8 定値(2000)の提案理由(ヒ素およびヒ素化合物). 産業衛生学雑誌. 2000;42:186-92. (A1S0478)

9 日本地質学会環境地質研究委員会編. 砒素をめぐる環境問題: 自然地質・人工地質の有害性と無害性. 東海  
10 大学出版会; 1998. (A1S0466)

11 農林水産省. 国産農産物の鉛、ヒ素及び水銀の含有実態調査の中間とりまとめ結果について[Internet]. 2006  
12 [cited 2009 Mar 23]. Available from: <http://www.maff.go.jp/j/press/arc/0603.html>. (A1S0476)

13 農林水産省. 食品安全に関するリスクプロファイルシート. 作成日(更新日): 平成21年3月6日[Internet].  
14 2009 [cited 2009 Mar 23]. Available from:  
15 [http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk\\_analysis/priority/pdf/chem\\_as.pdf](http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/pdf/chem_as.pdf). (A1S0484)

16 萩原輝彦, 安野哲子, 鎌田国宏. 天然添加物中の無機ヒ素分析. 日本食品化学学会誌. 2003;10(1):51-54.  
17 (A1S0152)

18 萩原良巳, 萩原清子, 山村尊房, 酒井 彰, Hoque BA, 畑山満則, 他. バングラデシュにおける飲料水ヒ素汚  
19 染に関する社会環境調査. 京都大学防災研究所年報 2004;47(B):15-30. (A1S0071)

20 福井昭三, 平山晃久, 野原基司, 阪上嘉彦. 数種の海産食品中のヒ素の存在形態とそれら食品摂取後の尿中  
21 ヒ素代謝物について. 食品衛生学雑誌. 1981;22(6):513-9. (A1S0198)

22 米国学術研究会議編. 環境汚染物質の生体への影響 16. 久永 明・石西 伸 訳. 東京化学同人; 1985:15.  
23 (A1S0467)

24 片山眞之, 片山洋子, 山口容子, 村上 香, 平田静子. 乾燥ヒジキ(Saegassum fusiforme (Harvey) Setchell)  
25 の調理前水浸漬処理について. 第13回ヒ素シンポジウム講演要旨集 2007:32-33. (A1S0130)

26 北村直次, 粕山敏明. 森永ドライミルク M.F.による砒素中毒について(1)M.F.印粉乳中の砒素含有量に就いて.  
27 岡山県衛生研究所年報. 1955;6:42-43. (A1S0303)

28 鈴木 仁, 藤沼賢司, 勝木康隆, 齋藤和夫, 安田和男. 缶詰食品中の金属含有量調査. 東京衛研年報.  
29 1998;49:129-134. (A1S0146)

30 鈴木 隆, 辰濃 隆, 新山和人, 内山 充. 食品中の有害金属の定量(第11報) 即席離乳食中の鉛、カドミウ  
31 ム、ヒ素及びスズについて. 衛生試験所報告. 1983;101:132-135. (A1S0145)

32 鈴木 隆, 武田明治, 内山 充. 市販ドレッシング中のスズ、ヒ素、及び鉛のバックグラウンド調査結果について.  
33 衛生試験所報告. 1982;100:188-190. (A1S0144)

34 鈴木 隆, 武田明治, 内山 充. 市販果実かん詰中のスズ、ヒ素のバックグラウンド調査結果について. 衛生試験  
35 所報告. 1981;99:125-127. (A1S0143)

36 廣中博見, Ahmad SA. バングラデシュ国の砒素汚染対策への技術協力について I バングラデシュ産米の  
37 砒素濃度. 福岡市保健環境研究所報. 2000;25:149-153. (A1S0154)



- 1 濱本英次. 粉乳による乳児砒素中毒症. 日医新報. 1955;1649:3-12. (A1S0307)
- 2