

物質名 No. 20	砒素及びその化合物	CAS 番号	砒素：7440-38-2 酸化砒素（V）：1303-28-2 三酸化砒素：1327-53-3 アルシン：7784-42-1
用途	<p>砒素は、天然の硫砒鉄鉱から得られる物質で、金属と非金属の両方の性質をもつため、半金属元素と呼ばれています。砒素にはさまざまな化合物があります。化合物には炭素を含まない無機砒素化合物と、炭素を含む有機砒素化合物があります。PRTR 制度の対象となっているのは砒素とその無機化合物です。</p> <p>砒素は、金属光沢のあるもろい灰色の固体で、二硫化砒素（花火の着色剤、塗料用の顔料）の原料に使われたり、硬さを高めるために合金（銅など）に添加されるなどの用途があります。また、ガリウム、インジウム、アルミニウムとの化合物は、半導体の原料としてすぐれ、半導体レーザーや赤色の発光ダイオードの原料などとして利用されています。</p> <p>代表的な無機化合物は三酸化砒素（以下「亜硫酸」と表記します）です。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・亜硫酸：無味無臭の白色の固体で、ガラスの製造過程で気泡を消したり脱色するために用いられ、ガス脱硫剤、木材の防腐剤、砒素や他の砒素化合物の原料、歯科医療で歯の神経を抜く際に使われる亜ヒ酸パスタ、シロアリ駆除などに使われています。</li> <li>・アルシン：ニンニクに似た臭いをもつ無色透明の気体で、半導体の原料ガスとして使われています。</li> </ul> <p>なお、1998 年までに、すべての砒素系農薬は農薬としての登録が失効されていますが、作物残留性が認められることから、食品衛生法に基づいて残留農薬基準が定められています。</p>		
環境中での動き	<p>砒素の大気中への排出量の 1/3 は天然由来であると見積もられており、なかでも火山活動が主要な発生源となっています。大気中へ排出された砒素は、主に亜砒素の形で粒子状物質に吸着して存在しますが、降雨などによって土壌や河川に降下すると考えられます。</p> <p>水中へは、この他、鉱物から溶出したり、鉱泉、鉱山排水などに含まれて排出される可能性があります。砒素は、十分に酸素が含まれている水中や水底の泥の中では、五価（砒酸塩）の状態が存在し、深い湖の堆積物や地下水など、酸素の少ない状態では、主として三価（亜砒酸塩）の状態が存在します。また、多くの砒素化合物は、土壌に吸着しやすい性質があります。</p> <p>なお、砒素は、地殻の表層部には重量比で 0.0005% 存在し、クラーク数で 49 番目に多い元素です。水中や土壌中、岩石、大気中に広く存在しています。</p>		
健康影響情報			
<p><b>毒性</b> 人に対する砒素化合物の急性毒性の強さは、アルシン＞亜砒酸塩＞砒酸塩＞有機砒素化合物の順で強いと考えられています。急性の中毒症状としては、めまい、頭痛、四肢の脱力、全身疼痛、麻痺、呼吸困難、角化や色素沈着などの皮膚への影響、下痢を伴う胃腸障害、腎障害、末梢神経障害が報告されており、砒素化合物の致死量は体重 1kg 当たり砒素として 1.5～500mg と考えられています。</p> <p>慢性の中毒症状としては、砒素に汚染された井戸水を飲んだことによって、皮膚の角質化や色素沈着、末梢性神経症、皮膚がん、末梢循環器不全などが報告されています。</p> <p>亜砒酸は、マウスの骨髄細胞を使った染色体異常試験で陽性を示したと報告されています。</p> <p>発がん性に関しては、マウスに飲料水 1L 当たり 0.5mg の五価の砒素を 2 年間、飲み水に混ぜて与えた実験では、肺、肝臓、胃腸、皮膚に腫瘍の発生の増加が報告されています。また、砒素を含む農薬の製造者及び使用者、銅の精錬作業に従事した作業員に、主に三価の砒素による肺がんが報告されています。国際がん研究機関（IARC）は砒素及び砒素化合物をグループ 1（人に対して発がん性がある）に分類しています。</p> <p>国連食糧農業機関（FAO）と世界保健機関（WHO）の合同食品添加物専門家会議（JECFA）では、さまざまな疫学調査や動物実験を総合的に判断して、砒素の PTWI（暫定耐容週間摂取量）を体重 1kg 当たり 1 週 0.015mg（体重 1kg 当たり 1 日 0.0021mg に相当）としていました。これに基づいてわが国の水道水質基準や水質環境基準は設定されています。なお、JECFA は 2010 年に、BMDL05 を体重 1kg 当たり 1 日 0.002～0.007mg と算出し、従来の PTWI はもはや適切ではないとして取り下げる決定をしました。</p>			

JECFA ではいまのところ新たな PTWI を示していません。わが国の食品安全委員会では現在、砒素のリスク評価について検討を行っています。

また、砒素及びその無機化合物について、米国の銅精錬所において呼吸によって取り込むことによる肺がんの増加が報告されたことに基づき、「生涯にわたってその値の砒素及びその無機化合物を取り込んだ場合に、取り込まなかった場合と比べて 10 万人に 1 人の割合でがんが発症する人が増える水準」として、2010 年に有害大気汚染物質の指針値が設定されました。

**体内への吸収と排出** 人が砒素及びその無機化合物を体内に取り込む可能性があるのは、主に食物や飲み水、呼吸によると考えられます。体内に取り込まれた場合は、24 時間以内に血液を介して肝臓、腎臓、肺、脾臓や小腸粘膜に多く分布します。三価の砒素は五価に酸化されたり、有機砒素化合物に変化して、主に尿に含まれて排せつされますが、皮膚がむけたり、毛髪が抜けるときにも砒素と一緒に排せつされると考えられます。骨、爪、皮膚や毛髪には長期間残留するため、慢性中毒の指標として使われています。

**影響** 砒素はもともと自然界に存在するため、環境中から検出されています。水道浄水からは水道水質基準を超える濃度は検出されていませんが、水道水の原水、河川や地下水からは、水道水質基準や環境基準を超える濃度が検出されています。これらは主に地質由来のものと考えられ、水道水の場合は原水の希釈などによる対応がなされています。

なお、無機砒素化合物ではありませんが、2003 年には、茨城県神栖町（現：神栖市）で、ジフェニルアルシン酸を主成分とする有機砒素化合物によってきわめて高濃度の汚染が地下水で見つかり、この地下水を飲用していた住民に立ちくらみ、歩行困難、手のふるえなどの症状が報告されています。世界各地では、砒素に汚染された地下水の飲用によって深刻な健康被害が発生しています。

食品からの摂取に関しては、ヒジキに無機砒素化合物が含まれていることが指摘されましたが、ヒジキを極端に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ることはないと考えられます。ヒジキ以外の海藻類などにも砒素は含まれていますが、それらのほとんどは、毒性が低い有機砒素化合物であることが確認されています。

大気中からは過去に、有害大気汚染物質の指針値を超える濃度の砒素が検出されています。

化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）		—	
PRTR 対象物質	政令番号：1-332（旧政令番号：1-252）（砒素及びその無機化合物）		
比重	—	水溶解度	—
環境基準（砒素）			
土壌環境基準	0.01mg/L 以下、かつ、農用地（田に限る）においては、土壌 1kg につき 15mg 未満であること		
地下水環境基準	0.01mg/L 以下		
水質環境基準（健康項目）	0.01mg/L 以下		
土壌汚染対策法の基準（第二種特定有害物質）			
土壌溶出量基準	0.01mg/L 以下		
土壌含有量基準	150mg/kg 以下		
地下水基準	0.01mg/L 以下		
第二溶出量基準	0.3mg/L 以下		
その他の法令の基準			
水道法：水道基準値	0.01mg/L 以下（砒素として）		
労働安全衛生法：管理濃度	0.003mg/m <sup>3</sup> （砒素として）		

（出典：事業者が行う土壌汚染リスクコミュニケーションのためのガイドライン 公益財団法人日本環境協会）

物質名 No. 20	ふっ素及びその化合物	CAS 番号	ふっ化水素：7664-39-3 ふっ化ナトリウム：7681-49-4 ふっ化アンモニウム：12125-01-8
用途	<p>ふっ化水素は、水素とふっ素の化合物で、ふっ化水素の水溶性塩にはふっ化ナトリウム、ふっ化アンモニウムなどがあります。これらの物質の中で生産量が最も多いのはふっ化水素です。</p> <p>ふっ化水素は、常温では無色透明の液体で、約 20℃で沸騰して気体となります。水に溶けやすく、その水溶液であるふっ化水素酸は弱酸性を示します。ガラスや金属（金、プラチナを除く）などをよく溶かすので、この性質を利用して電球の内側のつや消し、ガラスの表面加工、ゴルフクラブのチタンヘッドやステンレス鍋などの表面処理などに使われたり、半導体製造プロセスにおいても半導体の表面処理剤などに使われています。その他、ふっ素樹脂加工したフライパンなどのふっ素樹脂原料としても使われています。今日、最も需要が多いのは代替フロン原料としての用途と考えられます。</p> <p>なお、ふっ素は反応性が高いため、自然界ではさまざまな元素と結合した化合物として存在し、元素の形では存在しません。ホタル石はふっ素がカルシウムと結合したもので、水晶石はナトリウムとアルミニウムに結合したものです。虫歯予防のために歯科医がふっ化ナトリウムを使用することがありますが、これは歯の表面にあるエナメル質に含まれるカルシウムとふっ素を結合させることで歯をより硬くさせ、虫歯予防効果を目的としたものです。</p> <p>また、ふっ化アンモニウムは、半導体を製造する際にシリコン酸化膜を除去する薬剤などとして使用されています。</p>		
環境中での動き	<p>環境中へ排出された場合、主に水中に存在すると予想されています。ふっ素は水中ではイオンとして存在します。また、ふっ素は地殻の表層部には重量比で 0.03%程度存在し、クラーク数で 17 番目に多い元素で、海域中には河川や湖沼中に比べて、比較的高濃度で存在しています。温泉水や火山地帯の地下水にはかなり高濃度のふっ化物イオンが含まれていることがあります。</p>		

#### 健康影響情報

**毒性** ふっ素を継続的に飲み水によって体内に取り込むと、0.9~1.2mg/L の濃度で 12~46%の人に軽度の斑状歯が発生することが報告されており、最近のいくつかの研究では 1.4mg/L 以上で、骨へのふっ素沈着の発生率や骨折リスクが増加するとされています。斑状歯発生予防の観点から、水道水質基準及び水質環境基準が設定されています。

厚生労働省では、過剰摂取による健康被害の防止の観点から、栄養補助食品として用いるふっ素の上限摂取量を 1日 4mg 以下としています。

ふっ化水素は、ラットの培養細胞を使った染色体異常試験で陽性を示したと報告されています。ふっ化水素の発がん性について、国際がん研究機関（IARC）は評価していません。

**体内への吸収と排出** 人がふっ素を体内に取り込む可能性があるのは、飲み水や食物などによると考えられます。体内に取り込まれた場合は、甲状腺、動脈、腎臓では高濃度で分布し、尿に含まれて排せつされますが、骨や歯に吸収されたふっ素はほぼ 100%がその場所に沈着します。

**影響** 水道水の原水、河川や地下水から水道水質基準や環境基準を超える濃度のふっ素が検出されています。水道水の原水で水道水質基準を超過している原因は、主として地質に由来するものと考えられており、他の水源との混合希釈などの対応がなされています。なお、海水中では自然状態で水質環境基準値を超過しているため、海域には環境基準が適用されません。また、海水の影響がある河川や湖沼の測定地点のデータも評価から除外されます。

魚介類や昆布など、食物からのふっ素の摂取量については信頼できるデータがありません。

化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）	—
----------------------------	---

PRTR 対象物質	政令番号：1-374（旧政令番号：1-283）（ふっ化水素及びその水溶性塩）		
比重	—	水溶解度	—
環境基準（ふっ素）			
土壤環境基準	0.8mg/L 以下		
地下水環境基準	0.8mg/L 以下		
水質環境基準（健康項目）	0.8mg/L 以下		
土壤汚染対策法の基準（第二種特定有害物質）			
土壤溶出量基準	0.8mg/L 以下		
土壤含有量基準	4,000mg/kg 以下		
地下水基準	0.8mg/L 以下		
第二溶出量基準	24mg/L 以下		
その他の法令の基準			
水道法：水道基準値	0.8mg/L 以下		
労働安全衛生法：管理濃度	0.5ppm（ふっ化水素として）		

（出典：事業者が行う土壤汚染リスクコミュニケーションのためのガイドライン 公益財団法人日本環境協会）