

[5] ふっ化水素及びその水溶性塩

1. 物質に関する基本的事項

(1) 分子式・分子量・構造式

1) ふっ化水素

物質名： ふっ化水素 CAS 番号：7664-39-3 化審法官報公示整理番号：1-306 化管法政令番号：1-283(ふっ化水素及びその水溶性塩として) RTECS 番号：MW7875000 分子式：HF 分子量：20.01 換算係数：1 ppm = 0.82 mg/m ³ (気体、25) 構造式： H-F

No	物質名	CAS No.	化審法官報公示整理番号	RTECS 番号	分子式	分子量	化学式
2)	ふっ化ナトリウム	7681-49-4	1-332	WB035000	FNa	41.99	NaF
3)	ふっ化カリウム	7789-23-3	1-322	TT070000	FK	58.10	KF
4)	ふっ化アンモニウム	12125-01-8	1-311	BQ630000	FH ₄ N	37.04	NH ₄ F

(2) 物理化学的性状

本物質の性状は以下の通りである。

No	化学式	性状
1)	HF	本物質は刺激臭を持ち、常温では無色透明の液体で、約 20 で沸騰し無色透明な気体になる ¹⁾ 。また、水に非常に良く溶け、その水溶液であるふっ化水素酸は弱酸性を示す ¹⁾ 。
2)	NaF	本物質は光沢のある結晶または白色粉末で、殺虫剤用はしばしば青く着色されている ²⁾ 。
3)	KF	本物質は白色の結晶性、潮解性粉末である ³⁾ 。
4)	NH ₄ F	本物質は潮解性のある無色の六方晶系針状晶である ⁴⁾ 。

No	化学式	融点	沸点	密度/比重
1)	HF	-83.35 ⁵⁾ 、-83.36 ⁶⁾	20 ⁵⁾ 、19.51 ⁶⁾	0.901g/cm ³ (22、液体) ⁷⁾
2)	NaF	996 ^{5),6)} 、993 ⁸⁾	1704 ^{5),8),6)}	2.8g/cm ³ (20) ⁹⁾
3)	KF	858 ^{5),6)} 、859.9 ⁸⁾	1502 ⁵⁾ 、1505 ^{8),6)}	2.48g/cm ³ (20) ¹⁰⁾
4)	NH ₄ F	分解 ^{5),6)}		1.015 g/cm ³ ⁵⁾

No	化学式	蒸気圧	log KOW	解離定数 (pKa)
1)	HF	774.8mmHg(=1.033 × 10 ⁵ Pa)(20) ⁷⁾	-1.4 ⁷⁾	3.20(25) ⁵⁾
2)	NaF			
3)	KF	約 0.98mmHg(=約 130Pa)(885) ¹⁰⁾		

No	化学式	蒸気圧	log KOW	解離定数 (pKa)
4)	NH ₄ F			

No	化学式	水溶解度
1)	HF	自由混和 ^{7),8)}
2)	NaF	3.97×10 ⁴ mg/1000g (25 [°]) ⁵⁾ 、 4.3×10 ⁴ mg/L (25 [°]) ⁸⁾ 、 3.98×10 ⁴ mg/1000g (25 [°]) ⁶⁾
3)	KF	5.04×10 ⁵ mg/1000g (25 [°]) ⁵⁾ 、 5.041×10 ⁵ mg/1000g (25 [°]) ⁶⁾ 9.64×10 ⁵ mg/L (21 [°]) ⁸⁾
4)	NH ₄ F	4.55×10 ⁵ mg/1000g (25 [°]) ^{5),6)}

(3) 環境運命に関する基礎的事項

水域

淡水域 (pH>5) 中にふっ化水素が流入した場合、主として解離した F⁻の状態が存在する。pH が低くなると F⁻は減少し、反対に HF₂⁻や非解離の HF が増加する⁷⁾。そのため、ふっ化水素を評価する際に、ふっ化水素の塩を用いて F⁻として評価することが可能である⁷⁾。

海域において、ふっ化物は多量成分である。その組成は、51%が F⁻、47%が MgF⁺、2%が CaF⁺、残りが HF や HF₂⁻の形態で存在している⁷⁾。

ふっ化ナトリウムは化審法の既存化学物質安全性点検により、難分解性ではあるが高濃縮性ではないと判断されている¹¹⁾。生物濃縮係数 (BCF) は以下の通りである。

<0.66 (試験生物：コイ、試験期間：4週間、試験濃度：5 mg/L)¹²⁾

<6.4 (試験生物：コイ、試験期間：4週間、試験濃度：0.5mg/L)¹²⁾

(備考：定常状態における BCF は試験濃度 5mg/L で<0.66、0.5mg/L で<6.4 である¹²⁾。)

大気

ガス体として排出されるふっ化物の大部分は、ふっ化水素と四ふっ化ケイ素である。大気中に排出されると湿性/乾性沈着により比較的早い速度で取り除かれ、その際の半減期は湿性沈着で約 12 時間、乾性沈着で約 14 時間である⁷⁾。

ふっ化物のエアロゾルは主として湿性沈着で徐々に除去される。その際の半減期は 50 時間である⁷⁾。乾性沈着の半減期は 12 日と報告されている⁷⁾。

陸域

土壌 (pH<6) 中のふっ化物は、主に結合体として鉱物 (蛍石や氷晶石、アパタイト、粘土) 中に存在しているため、ふっ化物は土壌中の移動性が乏しい⁷⁾。しかし、粘土含有率が低い土壌では、B 層へ浸出する可能性がある⁷⁾。

ふっ化物が強力な結合体を持つため、間隙水や地下水中のふっ化物濃度が上昇するとアルミニウムや鉄の濃度も上昇する⁷⁾。また、土壌中の有機炭素濃度とふっ化物濃度は正の相関を持つことから、炭素と結合すると考えられる⁷⁾。

pH>6 の土壌においては、Fが主成分である⁷⁾。

(4) 製造輸入量及び用途

生産量

ふっ化水素酸(50%換算値)¹³⁾、ふっ化ナトリウム及び酸性ふっ化アンモニウムの生産量¹⁴⁾の推移を表 1.1 に示す。

表 1.1 生産量の推移

平成(年)	8	9	10	11	12
生産量(t) ^{a),b)}	220,584	226,621	213,001	234,778	253,505
生産量(t) ^{c)}	2,095	1,953	1,024	772	812
生産量(t) ^{d)}	2,834	2,051	2,079	1,993	1,918
平成(年)	13	14	15	16	17
生産量(t) ^{a),b)}	238,009	223,118	226,734	222,653	202,789
生産量(t) ^{c)}	701	515	516	481	392
生産量(t) ^{d)}	1,931	2,027	1,997	1,908	1,809

注：a) 生産量は同一事業所内での自家消費分を含む値

b) ふっ化水素酸(50%換算値)としての値

c) ふっ化ナトリウムとしての値

d) 酸性ふっ化アンモニウムとしての値

ふっ化水素及びその水溶性塩の化学物質排出把握管理促進法(化管法)における製造・輸入量区分は 100,000t である¹⁵⁾。

ふっ化水素及びその水溶性塩の「化学物質の製造・輸入量に関する実態調査」における製造(出荷)及び輸入量を表 1.2 及び表 1.3 に示す^{16),17)}。

表 1.2 平成 13 年度における製造(出荷)及び輸入量

物質名称	製造(出荷)及び輸入量
ふっ化水素	10,000 ~ 100,000t/年未満
ふっ化ナトリウム	1,000 ~ 10,000t/年未満
ふっ化カリウム	1,000 ~ 10,000t/年未満
ふっ化アンモニウム	100 ~ 1,000t/年未満
ふっ化水素アンモニウム	100 ~ 1,000t/年未満

表 1.3 平成 16 年度における製造(出荷)及び輸入量

物質名称	製造(出荷)及び輸入量
ふっ化水素	10,000 ~ 100,000t/年未満
ふっ化ナトリウム	10,000 ~ 100,000t/年未満
ふっ化カリウム	1,000 ~ 10,000t/年未満
ふっ化アンモニウム	100 ~ 1,000t/年未満

注：官報公示整理番号ごとに集計された値

ふっ化水素及びその水溶性塩の OECD に報告している生産量は、ふっ化水素として 10,000 ~ 100,000t 未満、ふっ化ナトリウムとして 1,000 ~ 100,000t 未満、ふっ化カリウムとして 1,000 ~ 100,000t 未満、ふっ化水素ナトリウムとして 1,000 ~ 100,000t 未満である。

輸入量

ふっ化水素及びその水溶性塩の OECD に報告している輸入量は、ふっ化水素として 1,000 ~ 10,000t 未満、ふっ化ナトリウムとして 1,000t 未満、ふっ化カリウムとして 1,000t 未満である。

ふっ化水素（ふっ化水素酸）、ふっ化物（アルミニウムのものを除く）の輸入量¹⁸⁾の合計値推移を表 1.4 に示す。

表 1.4 輸入量の推移

平成(年)	8	9	10	11	12
輸入量(t)	994	2,395	1,554	1,582	1,804
平成(年)	13	14	15	16	17
輸入量(t)	2,901	5,677	19,953	36,746	58,776

注：普通貿易統計(少額貨物(1品目が20万円以下)、見本品等を除く)品別国別表より集計

輸出量

ふっ化水素（ふっ化水素酸）、ふっ化物（アルミニウムのものを除く）の輸出量¹⁸⁾の合計値の推移を表 1.5 に示す。

表 1.5 輸出量の推移

平成(年)	8	9	10	11	12
輸出量(t)	12,296	14,555	13,085	15,006	17,088
平成(年)	13	14	15	16	17
輸出量(t)	16,123	18,564	18,137	18,757	28,978

注：普通貿易統計(少額貨物(1品目が20万円以下)、見本品等を除く)品別国別表より集計

用途

ふっ化水素の主な用途は代替フロンの原料である¹⁾。また、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、半導体製造プロセスにおける表面処理剤、ふっ素樹脂加工したフライパンなどのふっ素樹脂原料にも使用されている¹⁾。

ふっ化ナトリウムは歯科医により虫歯予防のために使用されている¹⁾。

このほか、ふっ化物の人為発生源としては、石炭の燃焼、各種産業プロセス（鉄鋼、アルミニウム・銅・ニッケルの生産、リン鉱石の加工、リン酸肥料の生産及び使用、ガラス・レンガ・セラミックの製造、接着剤・粘着剤の生産）の排水・廃棄物、含ふっ素農薬が挙げられる¹⁹⁾。

ふっ化物の自然発生源には、鉱物の風化・溶解、火山からの放出、海のエアロゾルが挙げ

られる¹⁹⁾。

(5) 環境施策上の位置付け

ふっ素は環境基準（水質、土壌、地下水）が設定されている。ふっ素及びその化合物は水道水質基準が設定されている。また、ふっ素及びその水溶性塩は化学物質排出把握管理促進法第一種指定化学物質（政令番号:283）に指定されている。ふっ素は水生生物保全に係る水質目標を優先的に検討すべき物質に選定されている。

2. ばく露評価

生態リスクの初期評価のため、水生生物の生存・生育を確保する観点から、実測データをもとに基本的には水生生物の生息が可能な環境を保持すべき公共用水域における化学物質のばく露を評価することとし、データの信頼性を確認した上で安全側に立った評価の観点から原則として最大濃度により評価を行っている。

(1) 環境中への排出量

本物質は化管法の第一種指定化学物質である。同法に基づき公表された、平成17年度の届出排出量¹⁾、届出外排出量対象業種・非対象業種・家庭・移動体^{2),3)}から集計した排出量等を表2.1に示す。なお、届出外排出量非対象業種・家庭・移動体の推計はなされていなかった。

表 2.1 化管法に基づく排出量及び移動量 (PRTR データ) の集計結果 (平成 17 年度)

	届出						届出外 (国による推計)				総排出量 (kg/年)		
	排出量 (kg/年)				移動量 (kg/年)		排出量 (kg/年)				届出排出量	届出外排出量	合計
	大気	公共用水域	土壌	埋立	下水道	廃棄物移動	対象業種	非対象業種	家庭	移動体			
全排出・移動量	128,723	2,749,068	747	6,023	139,400	4,517,029	615,083	-	-	-	2,884,561	615,083	3,499,644

業種等別排出量(割合)

業種	大気	公共用水域	土壌	埋立	下水道	廃棄物移動	割合
下水道業	0	1,476,131 (53.7%)	0	0	0	0	0.2 (0.000004%)
鉄鋼業	27,434 (21.3%)	335,348 (12.2%)	740 (99.1%)	0	2,050 (1.5%)	602,801 (13.3%)	
電気機械器具製造業	30,349 (23.6%)	294,885 (10.7%)	0	0	117,164 (84.0%)	1,974,621 (43.7%)	
非鉄金属製造業	10,417 (8.1%)	248,127 (9.0%)	0	900 (14.9%)	2,658 (1.9%)	83,498 (1.8%)	
化学工業	7,765 (6.0%)	176,000 (6.4%)	0	14 (0.2%)	9,320 (6.7%)	467,031 (10.3%)	
窯業・土石製品製造業	34,836 (27.1%)	19,171 (0.7%)	0.5 (0.07%)	0	1,695 (1.2%)	641,691 (14.2%)	
産業廃棄物処分量	120 (0.09%)	53,812 (2.0%)	5 (0.7%)	0	220 (0.2%)	7 (0.0002%)	
金属鉱業	0	40,230 (1.5%)	0	5,100 (84.7%)	0	0	
特別管理産業廃棄物処分量	0	34,240 (1.2%)	0	0	0.2 (0.0001%)	1 (0.0003%)	
輸送用機械器具製造業	6,467 (5.0%)	22,537 (0.8%)	0	9 (0.1%)	2,316 (1.7%)	91,662 (2.0%)	
金属製品製造業	5,053 (3.9%)	16,110 (0.6%)	0	0	2,162 (1.6%)	196,308 (4.3%)	
一般廃棄物処理業 (ごみ処分量に限る。)	2,510 (1.9%)	14,680 (0.5%)	1 (0.1%)	0	102 (0.07%)	0	
その他の製造業	327 (0.3%)	10,250 (0.4%)	0	0	777 (0.6%)	326,436 (7.2%)	
石油製品・石炭製品製造業	0	4,005 (0.1%)	0	0	0	87 (0.002%)	
医療用機械器具・医療用品製造業	1,700 (1.3%)	300 (0.01%)	0	0	0	0	
精密機械器具製造業	419 (0.3%)	1,240 (0.05%)	0	0	0	40,190 (0.9%)	
電子応用装置製造業	34 (0.03%)	1,310 (0.05%)	0	0	180 (0.1%)	3,300 (0.07%)	
プラスチック製品製造業	1,200 (0.9%)	0	0	0	0	1,500 (0.03%)	
一般機械器具製造業	81 (0.06%)	611 (0.02%)	0	0	121 (0.09%)	5,990 (0.1%)	
自然科学研究所	11 (0.009%)	64 (0.002%)	0	0	540 (0.4%)	7,800 (0.2%)	
電気業	0	0.8 (0.00003%)	0	0	0	0	
繊維工業	0	13 (0.0005%)	0	0	0	7 (0.0001%)	
原油・天然ガス鉱業	0	3 (0.00009%)	0	0	0	0	
洗濯業							2 (0.0003%)
武器製造業							1 (0.0002%)
農業製造業	0	0	0	0	0	70,000 (1.5%)	

総排出量の構成比(%)	
届出	82%
届出外	18%

医薬品製造業	0	0	0	0	94 (0.07%)	4,100 (0.09%)				
低含有率物質							582,369 (94.7%)			

本物質の平成 17 年度における環境中への総排出量は、約 3,500t となり、そのうち届出排出量は約 2,900t で全体の 82% であった。届出排出量のうち約 130t が大気、約 2,700t が公共用水域、0.75t が土壌へ排出されるとしており、公共用水域への排出量が多い。この他に埋立処分が 6t、下水道への移動量が約 140t、廃棄物への移動量が約 4,500t であった。届出排出量の主な排出源は、大気への排出が多い業種は窯業・土石製品製造業（27%）、電気機械器具製造業（24%）、鉄鋼業（21%）であり、公共用水域への排出が多い業種は下水道業（54%）、鉄鋼業（12%）、電気機械器具製造業（11%）であった。

しかし、下水道業の排出量は定量下限値をもとに排出量を算出している場合があるため、過剰評価している場合があることに留意する必要がある。

届出外排出量（対象業種）のうち、約 580t は石炭火力発電所にて石炭（低含有率物質）の燃焼に伴う排出として推計されている³⁾。

表 2.1 に示したように PRTR データでは、届出排出量は媒体別に報告されているが、届出外排出量の推定は媒体別には行われていないため、届出外排出量対象業種すそ切りの媒体別配分は届出排出量の割合をもとに、対象業種低含有率物質の媒体別配分は「平成 17 年度 PRTR 届出外排出量の推計方法等の詳細」³⁾をもとに行った。届出排出量と届出外排出量を媒体別に合計したものを表 2.2 に示す。

環境中への推定排出量は、水域が約 2,900t（全体の 82%）、大気が約 620t（同 18%）であった。

表 2.2 環境中への推定排出量

媒体	推定排出量(kg)
大気	621,072
水域	2,871,794
土壌	755

(2) 媒体別分配割合の予測

ふっ化水素の化学形態は環境中で様々に変化するため、媒体別分配割合の予測を行うことは適切ではない。したがって、ふっ化水素の媒体別分配割合の予測は行わなかった。

(3) 各媒体中の存在量の概要

本物質の水質及び底質中の濃度について情報の整理を行った。媒体ごとにデータの信頼性が確認された調査例のうち、より広範囲の地域で調査が実施されたものを抽出した結果を表 2.3 に示す。

表 2.3 各媒体中の存在状況（ふっ素の測定結果）

媒体	幾何 平均値	算術 平均値	最小値	最大値	検出 下限値	検出率	調査 地域	測定年度	文献	
公共用水域・淡水	μg/L	<800	<800	<20	2,400	20~800	1847/3015	全国	2004	4)
		<200	<200	<20	2,300	20~200	1802/2988	全国	2003	5)
		<150	<150	<20	2,600	20~150	1931/3004	全国	2002	6)
公共用水域・海水	μg/L	1,000	1,100	600	1,500	-	87/87	全国	2004	4)
		860	650	<80	1,300	80	98/111	全国	2003	5)
		977	991	470	1500	-	105/105	全国	2002	6)
底質(公共用水域・淡水)	μg/g									
底質(公共用水域・海水)	μg/g									

(4) 水生生物に対するばく露の推定（水質に係る予測環境中濃度：PEC）

ふっ素の水生生物に対するばく露の推定の観点から、水質中濃度を表 2.4 のように整理した。水質について安全側の評価値として予測環境中濃度（PEC）を人為由来の可能性が高いデータから設定すると、公共用水域の淡水域では 2,200 μg/L（ふっ素）となった。同海域については、3（3）に示す理由により当面は評価を行わないこととした。

表 2.4 公共用水域濃度（ふっ素の測定結果）

水域	平均	最大値
淡水	800 μg/L 未満 (2004)	2,200 μg/L (2004)
海水	評価を行わないこととした	評価を行わないこととした

注：1) 環境中濃度での（ ）内の数値は測定年度を示す

2) 公共用水域・淡水は、河川河口域を含む

3. 生態リスクの初期評価

水生生物の生態リスクに関する初期評価を行った。

(1) 水生生物に対する毒性値の概要

本物質の水生生物に対する毒性値に関する知見を収集し、その信頼性及び採用の可能性を確認したものを生物群(藻類、甲殻類、魚類及びその他)ごとに整理すると表3.1のとおりとなった。

表3.1 水生生物に対する毒性値の概要

分類	急性	慢性	毒性値 [µg F/L]	硬度 [mg/L]	生物名	生物分類	エンドポイント /影響内容	ばく露 期間 (日)	試験 の 信頼 性	採用 の 可能 性	文献 No.	対象 物質
藻類			> 6,540	不明	<i>Microcystis aeruginosa</i>	藍藻類	NOEC GRO	1	C	C	1)-8065	KF
			< 9,500	不明	<i>Chlorella vulgaris</i>	緑藻類	NOEC POP	3 (pH4.5)	D	C	1)-19149	NaF
			9,500	不明	<i>Synechococcus leopoliensis</i>	藍藻類	NOEC GRO (RATE)	対数増殖 中期	D	C	4)-2006124	NaF
			< 24,000	不明	<i>Chlorella vulgaris</i>	緑藻類	NOEC POP	15 (pH6.0)	D	C	1)-19149	NaF
			49,400	不明	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	緑藻類	NOEC GRO (RATE)	対数増殖 中期	D	C	4)-2006124	NaF
			49,400	不明	<i>Stephanodiscus minutus</i>	珪藻類	NOEC GRO (RATE)	対数増殖 中期	D	C	4)-2006124	NaF
			81,900	不明	<i>Skeletonema costatum</i>	珪藻類	EC ₅₀ POP	4	D	C	4)-2006092	NaF
			123,000	不明	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	緑藻類	EC ₅₀ POP	4	D	C	4)-2006092	NaF
			127,000	不明	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	緑藻類	EC ₁₀ GRO (AUG)	3	B	C	1)-2997	NaF
			133,000	不明	<i>Chlorella vulgaris</i>	緑藻類	LC ₅₀ MOR	3 (pH4.5)	D	C	1)-19149	NaF
			249,000	不明	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	緑藻類	TT POP	8	C	C	1)-15134	NaF
			262,000	不明	<i>Microcystis aeruginosa</i>	藍藻類	TT POP	8	C	C	1)-15134	NaF
			266,000	不明	<i>Chlorella vulgaris</i>	緑藻類	LC ₅₀ MOR	15 (pH6.0)	D	C	1)-19149	NaF
			294,000	不明	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	緑藻類	EC ₁₀ GRO (RATE)	3	B	C	1)-2997	NaF
			385,000 ^{*1}	不明	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	緑藻類	EC ₅₀ GRO (AUG)	3	B	B	1)-2997	NaF
		>1,000,000	不明	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	緑藻類	EC ₅₀ GRO (RATE)	3	B	B	1)-2997	NaF	
甲殻類			3,700-7,400	250	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	NOEC REP	21	C	C	1)-11244	NaF
			4,300 ^{*2}	海水 (35‰)	<i>Grandidierella</i> spp.	ドロソコエビ属	MATC REP	90	C	C	1)-15590	NaF
			4,980	海水 (35‰)	<i>Penaeus indicus</i>	シヨウナンエビ	NOEC GRO	20	B	C	1)-11646	NaF
			10,500	海水	<i>Americanysis bahia</i>	アミ科	LC ₅₀ MOR	4	D	C	4)-2006092	NaF

5 ふっ化水素及びその水溶性塩

分類	急性	慢性	毒性値 [μg F/L]	硬度 [mg/L]	生物名	生物分類	エンドポイント /影響内容	ばく露 期間 (日)	試験 の 信頼 性	採用 の 可能 性	文献 No.	対象 物質
			14,000	不明	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	NOEC REP	21	A	A	1)-847	NaF
			26,000	169	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	NOEC REP	21	A	A	1)-11880	NaF
			97,700	250	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	EC ₅₀ IMM	2	A	A	1)-11244	NaF
			137,000	不明	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	EC ₅₀ IMM	1	A	A	1)-16756	NaF
			154,000	173	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	LC ₅₀ MOR	2	B	B	1)-5184	NaF
			180,000	169	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	LC ₅₀ MOR	2 (25)	B	B	1)-11880	NaF
			221,000	不明	<i>Daphnia pulex</i>	ミジンコ	EC ₅₀ IMM	1	C	B	1)-16385	NaF
			247,000	169	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	LC ₅₀ MOR	2 (20)	B	B	1)-11880	NaF
			293,000	140- 250	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	EC ₅₀ IMM	1	C	C	1)-13669	NaF
			>300,000	海水	<i>Crangon crangon</i>	エビジャコ科	LC ₅₀ MOR	2	D	C	1)-906	NaF
			350,000	169	<i>Daphnia magna</i>	オオミジンコ	LC ₅₀ MOR	2 (15)	B	B	1)-11880	NaF
魚類			51,000	17	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス	LC ₅₀ MOR	4 (止水式)	A	A	1)-10539	NaF
			107,500	22.4	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス	LC ₅₀ MOR	4 (止水式)	B	A	1)-9523	NaF
			128,000	49	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス	LC ₅₀ MOR	4 (止水式)	A	A	1)-10539	NaF
			164,500	22	<i>Salmo trutta fario</i>	タイセイヨウサケ属	LC ₅₀ MOR	4 (止水式)	B	A	1)-9523	NaF
			193,000	385	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス	LC ₅₀ MOR	4 (止水式)	A	A	1)-10539	NaF
			200,000	23-62	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス	LC ₅₀ MOR	4 (止水式)	C	C	1)-11675	NaF
			205,000	256	<i>Pimephales promelas</i>	ファットヘッド ミノ	LC ₅₀ MOR	4 (止水式)	B	B	1)-11675	NaF
			>226,000	海水 (10-30‰)	<i>Cyprinodon variegatus</i>	キプリノドン科	LC ₅₀ MOR	2 (止水式)	B	C	1)-10366	NaF
			315,000	20-48	<i>Pimephales promelas</i>	ファットヘッド ミノ	LC ₅₀ MOR	4 (止水式)	B	B	1)-11675	NaF
			340,000	78	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	イトヨ(降海型)	LC ₅₀ MOR	4 (止水式)	B	B	1)-11675	NaF
			380,000	146	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	イトヨ(降海型)	LC ₅₀ MOR	4 (止水式)	B	B	1)-11675	NaF
その他			17,000	40.2	<i>Hydropsyche bronta</i>	シマトビケラ属	LC ₅₀ MOR	4	B	B	1)-3882	NaF
			18,900	15.6	<i>Hydropsyche bulbifera</i>	シマトビケラ属	EC ₅₀ MPH	4	A	A	1)-7401	NaF
			21,800-41,600	海水 (20‰)	<i>Perna perna</i>	ミドリイガイ属 (大型個体)	LC ₅₀ MOR	5	C	C	1)-2653	NaF
			23,500	15.6	<i>Hydropsyche pellucidula</i>	シマトビケラ属	EC ₅₀ MPH	4	A	A	1)-7401	NaF

分類	急性	慢性	毒性値 [µg F/L]	硬度 [mg/L]	生物名	生物分類	エンドポイント /影響内容	ばく露 期間 (日)	試験 の 信頼 性	採用 の 可能 性	文献 No.	対象 物質
			33,900	15.6	<i>Hydropsyche lobata</i>	シマトビケラ属	EC ₅₀ MPH	4	A	A	1)-7401	NaF
			41,600-83,400	海水 (20‰)	<i>Perna perna</i>	ミドリイガイ属 (小型個体)	LC ₅₀ MOR	5	C	C	1)-2653	NaF
			42,500	40.2	<i>Cheumatopsyche pettiti</i>	コガタシマトビ ケラ属	LC ₅₀ MOR	4	B	B	1)-3882	NaF
			101,000	不明	<i>Entosiphon sulcatum</i>	エントシフォン 属	TT POP	3	D	C	1)-5303	NaF
			150,000 -200,000	不明	<i>Rana pipiens</i>	アカガエル科 (成体)	LC ₅₀ MOR	30	C	C	4)-2006126	NaF
			183,000	やや 硬水	<i>Brachionus calyciflorus</i>	ツボウムシ	LC ₅₀ MOR	1	B	B	1)-13669	NaF

毒性値 (太字): PNEC 導出の際に参照した知見として本文で言及したものの

毒性値 (太字下線): PNEC 導出の根拠として採用されたものの

試験の信頼性: 本初期評価における信頼性ランク

A: 試験は信頼できる、B: 試験は条件付きで信頼できる、C: 試験の信頼性は低い、D: 信頼性の判定不可、

E: 信頼性は低くないと考えられるが、原著にあたって確認したものではない

採用の可能性: PNEC 導出への採用の可能性ランク

A: 毒性値は採用できる、B: 毒性値は条件付きで採用できる、C: 毒性値は採用できない

エンドポイント

EC₅₀ (Median Effective Concentration): 半数影響濃度、EC₁₀ (10% Effective Concentration): 10%影響濃度、

LC₅₀ (Median Lethal Concentration): 半数致死濃度、NOEC (No Observed Effect Concentration): 無影響濃度、

TT (Toxicity threshold): 増殖阻害閾値、MATC(Maximum Acceptable Toxicant Concentration): 最高許容濃度

影響内容

GRO (Growth): 生長(植物)、成長(動物)、IMM (Immobilization): 遊泳障害、MOR (Mortality): 死亡、

REP (Reproduction): 繁殖、再生産、POP (Population Changes): 個体群の変化、MPH(Morphology): 形態変化

()内: 毒性値の算出方法

AUG (Area Under Growth Curve): 生長曲線下の面積により求める方法(面積法)

RATE: 生長速度より求める方法(速度法)

*1: 原則として速度法から求めた値を採用しているため PNEC 導出の根拠としては用いない

*2: 文献より算出した値

評価の結果、採用可能とされた知見のうち、生物群ごとに急性毒性値及び慢性毒性値のそれぞれについて最も小さい毒性値を予測無影響濃度(PNEC)導出のために採用した。その知見の概要は以下のとおりである。

1) 藻類

Kühn と Pattard¹⁾⁻²⁹⁹⁷ はドイツ工業規格(DIN 38 412, Part 1, 1982)に準拠し、緑藻類 *Desmodesmus subspicatus* (旧 *Scenedesmus subspicatus*) の生長阻害試験を実施した。試験にはふっ化ナトリウム(NaF)が用いられた。設定試験濃度の範囲は7.8~1,000 mg F/L(公比2)であった。速度法による72時間半数影響濃度(EC₅₀)は、設定濃度に基づき1,000,000 µg F/L超であった。なお、面積法による毒性値はこれより低かったが、本初期評価では原則として生長速度から求めた値を採用している。

2) 甲殻類

Dave¹⁾⁻¹¹²⁴⁴ はオオミジンコ *Daphnia magna* を用いて急性遊泳阻害試験を実施した。試験にはふっ化ナトリウム (NaF) が用いられた。設定試験濃度区は対照区 + 9 濃度区 (公比 2) であり、試験用水には人工調製水 (硬度 250 mg/L as CaCO₃) が用いられた。設定濃度に基づく 48 時間半数影響濃度 (EC₅₀) は 97,700 µg F/L であった。

また、Kühn ら¹⁾⁻⁸⁴⁷ はドイツ連邦環境庁 (FEA) の提案方法 (1984) に準拠し、オオミジンコ *Daphnia magna* の繁殖試験を実施した。試験は半止水式 (週 3 回換水) で行われ、ふっ化ナトリウム (NaF) が用いられた。設定試験濃度の範囲は 0.15 ~ 453 mg F/L (公比 10) であった。試験用水にはドイツ工業規格 (DIN, 1982) にしたがった人工調製水が用いられた。設定濃度にもとづく 21 日間無影響濃度 (NOEC) は 14,000 µg F/L であった。

3) 魚類

Pimentel と Bulkley¹⁾⁻¹⁰⁵³⁹ は米国 EPA の試験方法 (EPA-600/3-75-0009, 1975) に準拠し、ニジマス *Oncorhynchus mykiss* (旧 *Salmo gairdneri*) の急性毒性試験を実施した。試験は止水式で行われ、ふっ化ナトリウム (NaF) が用いられた。設定試験濃度は 0、10、18、32、56、100、180、320、560 mg F/L であった。試験用水には人工調製水 (硬度 17 mg/L) が用いられた。被験物質の実測濃度は、試験終了時において 0.02、9.1、17.0、30.0、53.4、96.4 mg F/L であった。実測濃度に基づく 96 時間半数致死濃度 (LC₅₀) は 51,000 µg F/L であった。

4) その他

Camargo ら¹⁾⁻³⁸⁸² はシマトビケラ属 *Hydropsyche bronta* の急性毒性試験を行った。試験は止水式で行われ、ふっ化ナトリウム (NaF) が用いられた。設定試験濃度区は対照区 + 5 濃度区 (2 連) であった。被験物質の実測濃度は、0.6、6.0、12.3、24.5、49.0、94.8 mg/L と 0.6、10.0、18.5、33.1、59.0、105.0 mg/L であった。試験用水にはろ過水道水 (硬度約 40.2 mg/L) が用いられた。実測濃度に基づく 96 時間半数致死濃度 (LC₅₀) は、17,000 µg F/L であった。

(2) 予測無影響濃度 (PNEC) の設定

急性毒性及び慢性毒性のそれぞれについて、上記本文で示した最小毒性値に情報量に応じたアセスメント係数を適用し、予測無影響濃度 (PNEC) を求めた。

急性毒性値

藻類	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	生長阻害 ; 72 時間 EC ₅₀	1,000,000 µg F/L 超
甲殻類	<i>Daphnia magna</i>	遊泳阻害 ; 48 時間 EC ₅₀	97,700 µg F/L
魚類	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 時間 LC ₅₀	51,000 µg F/L
その他	<i>Hydropsyche bronta</i>	96 時間 LC ₅₀	17,000 µg F/L

アセスメント係数 : 100 [3 生物群 (藻類、甲殻類、魚類) 及びその他の生物について信頼できる知見が得られたため]

これらの毒性値のうちその他の生物を除いた最も小さい値 (魚類の 51,000 µg F/L) をアセスメント係数 100 で除することにより、急性毒性値に基づく PNEC として 510 µg F/L が得られた。なお、その他生物を採用した場合、PNEC の参考値は 170 µg F/L となる。

慢性毒性値

甲殻類 *Daphnia magna* 繁殖阻害；21 日間 NOEC 14,000 $\mu\text{g F/L}$
 アセスメント係数：100 [1 生物群（甲殻類）の信頼できる知見が得られたため]
 毒性値をアセスメント係数 100 で除することにより、慢性毒性値に基づく PNEC 値 140 $\mu\text{g F/L}$ が得られた。

本物質の PNEC としては甲殻類の慢性毒性値から得られた 140 $\mu\text{g/L}$ を採用する。

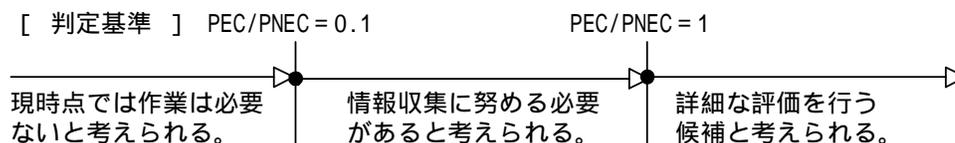
(3) 生態リスクの初期評価結果

表 3.2 生態リスクの初期評価結果

水質	平均濃度	最大濃度 (PEC)	PNEC	PEC/ PNEC 比
公共用水域・淡水	800 $\mu\text{g/L}$ 未満 (2004)	2,200 $\mu\text{g/L}$ (2004)	140 $\mu\text{g F/L}$	16
公共用水域・海水	評価を行わないこととした	評価を行わないこととした		-

注：1) 環境中濃度での () 内の数値は測定年度を示す。

2) 公共用水域・淡水は、河川河口域を含む。



本物質の公共用水域淡水域における濃度は、平均濃度では 150 $\mu\text{g/L}$ 未満、安全側の評価値として設定した予測環境中濃度 (PEC) は 2,200 $\mu\text{g/L}$ であった。海水域については、平均濃度が 900 ~ 1,000 $\mu\text{g/L}$ 程度と淡水域に比べて高く、海生生物に対する生態毒性試験も不十分であるため、当面生態リスク評価は行わないこととした。

予測環境中濃度 (PEC) と予測無影響濃度 (PNEC) の比は、淡水域で 16 となるため、詳細な評価を行う候補と考えられる。

本物質については、藻類、魚類の慢性毒性に関する知見を充実させた上で、詳細な評価を行うことが望ましいと考えられる。また、海生生物に対する有害性情報の充実についても検討する必要があると考えられる。

4 . 引用文献等

(1) 物質に関する基本的事項

- 1) 環境省 (2007) : 化学物質ファクトシート - 2006 年度版 -
(<http://www.env.go.jp/chemi/communication/factsheet.html>, 2007.11.2 現在).
- 2) 越後谷悦郎ら 監訳 (1986) : 実用化学辞典 朝倉書店 : 607.
- 3) 越後谷悦郎ら 監訳 (1986) : 実用化学辞典 朝倉書店 : 605.
- 4) 化学大辞典編集委員 (1963) : 化学大辞典(縮刷版)7 共立出版 : 853.
- 5) Lide, D.R. ed. (2006): CRC Handbook of Chemistry and Physics, 86th Edition (CD-ROM Version 2006), Boca Raton, Taylor and Francis. (CD-ROM).
- 6) Sidney L. Phillips (1997): Properties of Inorganic Compounds: Version 2.0, Boca Raton, CRC Press. (CD-ROM).
- 7) European Chemicals Bureau (2001): European Union Risk Assessment Report, Hydrogen Fluoride.
- 8) O'Neil, M.J. ed. (2001): The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. 13th Edition, Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc. (CD-ROM).
- 9) European Chemicals Bureau (2000): IUCLID (International Uniform Chemical Information Data Base) Data Set, Sodium Fluoride.
- 10) European Chemicals Bureau (2000): IUCLID (International Uniform Chemical Information Data Base) Data Set, Potassium Fluoride.
- 11) 経済産業公報 (2002.11.8)
- 12) (独)製品評価技術基盤機構 : 既存化学物質安全性点検データ,
(http://www.safe.nite.go.jp/japan/Haz_start.html, 2005.7.12 現在).
- 13) 経済産業省経済産業政策局調査統計部(編) (2001) : 平成 12 年化学工業統計、(財)経済産業調査会 ; 経済産業省経済産業政策局調査統計部(編) (2006) : 平成 17 年化学工業統計、(財)経済産業調査会.
- 14) 化学工業日報社 : 化学工業年鑑
- 15) 環境省 PRTR インフォメーション広場 第一種指定化学物質総括表,
(http://www.env.go.jp/chemi/prtr/archive/target_chemi/01.html, 2007.8.14 現在).
- 16) 経済産業省 (2003) : 化学物質の製造・輸入量に関する実態調査(平成 13 年度実績)の確報値(http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/new_page/10/2.htm, 2005.10.2 現在).
- 17) 経済産業省 (2007) : 化学物質の製造・輸入量に関する実態調査(平成 16 年度実績)の確報値(http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/jittaihou/kakuhou18.html, 2007.4.6 現在).
- 18) 財務省 : 貿易統計, (<http://www.customs.go.jp/toukei/info/>, 2007.11.20 現在).
- 19) IPCS (2002): Environmental Health Criteria 227. Fluorides. WHO.
(<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc227.htm>, 2006.9.12 現在).

(2) ばく露評価

- 1) 経済産業省製造産業局化学物質管理課、環境省環境保健部環境安全課 (2007) : 平成 17 年度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(化学物質排出把握管理促進法)第 11 条に基づき開示する個別事業所データ.
- 2) (独)製品評価技術基盤機構 : 届出外排出量の推計値の対象化学物質別集計結果 算出事項 (対象業種・非対象業種・家庭・移動体)別の集計 表 3-1 全国, (<http://www.prtr.nite.go.jp/prtr/csv/2005a/2005a3-1.csv>, 2007.7.24 現在).
- 3) 経済産業省製造産業局化学物質管理課、環境省環境保健部環境安全課 (2007) : 平成 17 年度 PRTR 届出外排出量の推計方法等の詳細, (<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/todokedegaiH17/syosai.html>, 2007.8.3 現在).
- 4) 環境省水・大気環境局水環境課 (2005) : 平成 16 年度公共用水域水質測定結果.
- 5) 環境省環境管理水環境部 (2004) : 平成 15 年度公共用水域水質測定結果.
- 6) 環境省環境管理水環境部 (2003) : 平成 14 年度公共用水域水質測定結果.

(3) 生態リスクの初期評価

1)- : U.S.EPA 「AQUIRE」

- 847 : Kühn, R., M. Pattard, K. Pernak, and A. Winter (1989): Results of the Harmful Effects of Water Pollutants to *Daphnia magna* in the 21 Day Reproduction Test. *Water Res.* 23(4):501-510.
- 906 : Portmann, J.E., and K.W. Wilson (1971): The Toxicity of 140 Substances to the Brown Shrimp and Other Marine Animals. Shellfish Information Leaflet No.22 (2nd Ed.), Ministry of Agric.Fish.Food, Fish.Lab.Burnham-on-Crouch, Essex, and Fish Exp.Station Conway, North Wales :12 p.
- 2653 : Hemens, J., and R.J. Warwick (1972): The Effects of Fluoride on Estuarine Organisms. *Water Res.* 6(11):1301-1308.
- 2997 : Kühn, R., and M. Pattard (1990): Results of the Harmful Effects of Water Pollutants to Green Algae (*Scenedesmus subspicatus*) in the Cell Multiplication Inhibition Test. *Water Res.* 24(1):31-38.
- 3882 : Camargo, J.A., J.V. Ward, and K.L. Martin (1992): The Relative Sensitivity of Competing Hydropsychid Species to Fluoride Toxicity in the Cache la Poudre River (Colorado). *Arch.Environ.Contam.Toxicol.* 22:107-113.
- 5184 : LeBlanc, G.A. (1980): Acute Toxicity of Priority Pollutants to Water Flea (*Daphnia magna*). *Bull.Environ.Contam.Toxicol.* 24(5):684-691.
- 5303 : Bringmann, G., and R. Kühn (1980): Comparison of the Toxicity Thresholds of Water Pollutants to Bacteria, Algae, and Protozoa in the Cell Multiplication Inhibition Test. *Water Res.* 14(3):231-241.
- 7401 : Camargo, J.A., D. Garcia de Jalon, M.J. Munoz, and J.V. Tarazona (1992): Sublethal Effects of Sodium Fluoride (NaF) on Net-Spinning Caddisflies (*Trichoptera*). *Aquat.Insects* 14(1):23-30.
- 8065 : Fitzgerald, G.P., G.C. Gerloff, and F. Skoog (1952): Studies on Chemicals with Selective

- Toxicity to Blue-Green Algae. Sewage Ind.Wastes 24(7):888-896.
- 9523 : Camargo, J.A., and J.V. Tarazona (1991): Short-Term Toxicity of Fluoride Ion (F⁻) in Soft Water to Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) and Brown Trout (*Salmo trutta fario*). Fluoride 24(2):76-83.
- 10366 : Heitmuller, P.T., T.A. Hollister, and P.R. Parrish (1981): Acute Toxicity of 54 Industrial Chemicals to Sheepshead Minnows (*Cyprinodon variegatus*). Bull.EnvIRON.Contam.Toxicol. 27(5):596-604 .
- 10539 : Pimentel, R., and R.V. Bulkley (1983): Influence of Water Hardness on Fluoride Toxicity to Rainbow Trout. Environ.Toxicol.Chem. 2(4):381-386.
- 11244 : Dave, G. (1984): Effects of Fluoride on Growth, Reproduction and Survival in *Daphnia magna*. Comp.Biochem.Physiol.C 78(2):425-431.
- 11646 : McClurg, T.P. (1984): Effects of Fluoride, Cadmium and Mercury on the Estuarine Prawn *Penaeus indicus*. Water S.A. 10(1):40-45.
- 11675 : Smith, L.R., T.M. Holsen, N.C. Ibay, R.M. Block, and A.B. De Leon (1985): Studies on the Acute Toxicity of Fluoride Ion to Stickleback, Fathead Minnow, and Rainbow Trout. Chemosphere 14(9):1383-1389.
- 11880 : Fieser, A.H., J.L. Sykora, M.S. Kostalos, Y.C. Wu, and D.W. Weyel (1986): Effect of Fluorides on Survival and Reproduction of *Daphnia magna*. J.Water Pollut.Control Fed. 58(1):82-86.
- 13669 : Calleja, M.C., G. Persoone, and P. Geladi (1994): Comparative Acute Toxicity of the First 50 Multicentre Evaluation of *In Vitro* Cytotoxicity Chemicals to Aquatic Non-vertebrates. Arch.EnvIRON.Contam.Toxicol. 26(1):69-78.
- 15134 : Bringmann, G., and R. Kühn (1978): Testing of Substances for Their Toxicity Threshold: Model Organisms *Microcystis (Diplocystis) aeruginosa* and *Scenedesmus quadricauda*. Mitt.Int.Ver.Theor.Angew.Limnol. 21:275-284.
- 15590 : Connell, A.D., and D.D. Airey (1982): The Chronic Effects of Fluoride on the Estuarine Amphipods *Grandidierella lutosa* and *G. lignorum*. Water Res.16(8):1313-1317; S.Afr.J.Sci.75(12): 566 (1979) (ABS).
- 16385 : Lilius, H., T. Hastbacka, and B. Isomaa (1995): A Comparison of the Toxicity of 30 Reference Chemicals to *Daphnia magna* and *Daphnia pulex*. Environ.Toxicol.Chem. 14(12):2085-2088.
- 16756 : Lilius, H., B. Isomaa, and T. Holmstrom (1994): A Comparison of the Toxicity of 50 Reference Chemicals to Freshly Isolated Rainbow Trout Hepatocytes and *Daphnia magna*. Aquat.Toxicol. 30:47-60.
- 19149 : Rai, L.C., Y. Husaini, and N. Mallick (1998): pH-Altered Interaction of Aluminium and Fluoride on Nutrient Uptake, Photosynthesis and Other Variables of *Chlorella vulgaris*. Aquat.Toxicol. 42(1):67-84.
- 2) : 環境省(庁)データ ; 該当なし
- 3) : (独)国立環境研究所 : 化学物質環境リスク評価検討調査報告書 ; 該当なし
- 4) : その他

- 2006092 : LeBlanc,G.A. (1984): Interspecies Relationships in Acute Toxicity of Chemicals to Aquatic Organisms. Environ.Toxicol.Chem.3:47-60.
- 2006124 : Hekman, W.E., K. Budd, G. R. Palmer and J. D. MacArthur (1984): Responses of Certain Frashwater Planktonic Algae to Fluoride. Journal of phycology.20: 243-249.
- 2006126 : Kaplan, H.M., Y. Nena and S.S. Glaczenski (1964): Toxicity of Fluoride for Frogs. Laboratory Animal Care.14(3): 185-188.