

フッ素 F

【用途】製鋼鋳化剤及び冷媒・エアゾール等幅広い用途

蛍石(CaF<sub>2</sub>)、氷晶石(Na<sub>2</sub>AlF<sub>6</sub>)、リン灰石(Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>F)などの鉱物から産出される。フッ素化合物の主な出発原料は、フッ化水素であり、主に蛍石から生産されている。フッ素樹脂は非燃焼性、耐薬品性に優れ、フライパンから輸送機器におけるオイルシール、軸受、機械精密など広い範囲に用いられている。その他ガラス・珪瑯のフラックス、触媒、CVD 洗浄ガス、プリント基板ハンダめっき原料などフッ素の用途は幅広い。

【特性】

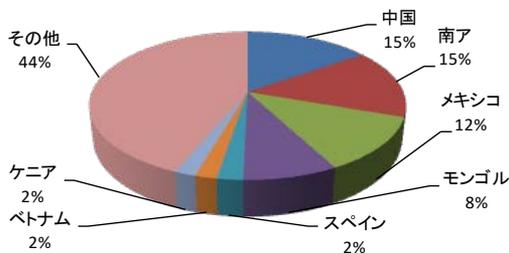
- ・フッ素原子はすべての元素の中で最も電気陰性度が高い
- ・単体は二原子分子(F<sub>2</sub>)の淡黄緑色、特異臭のある気体で極めて激しい化学反応性を有し、全ての元素と直接反応する

【資源国と消費国】

[国名、構成比(%)](2017年世界計) 出典:USGS 2018

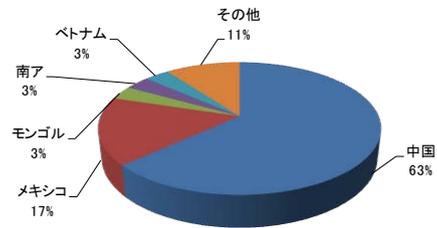
国別フッ素(蛍石)埋蔵量

(合計 270,000 マテリアル千t)



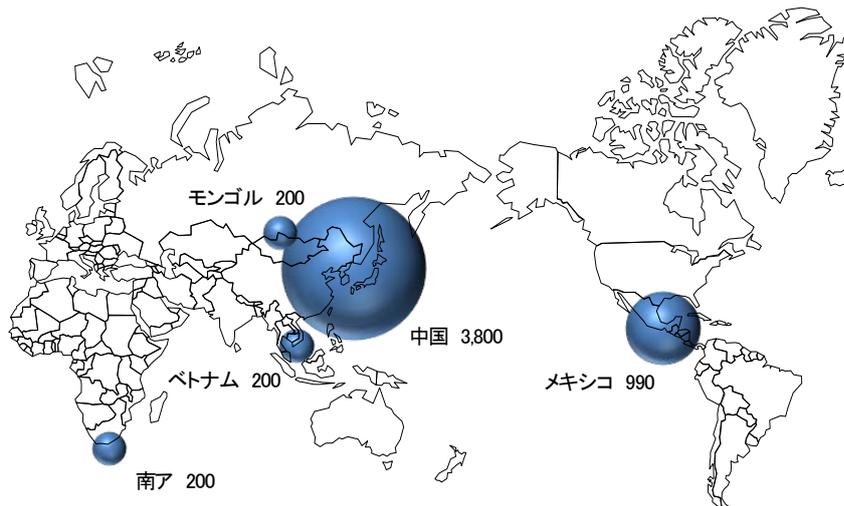
国別蛍石生産量

(合計 6,000 マテリアル千t)



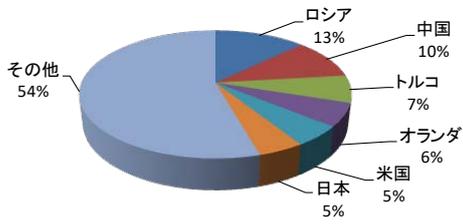
【世界の主要 蛍石生産国】国名、国別生産量(マテリアル千 t、2017 年間値)、出典:USGS2018

蛍石は、中国で世界の約 6 割生産されている

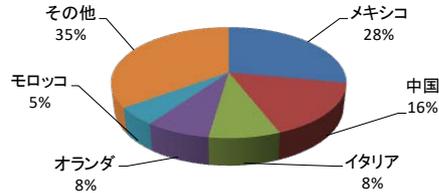


【貿易概況】 出典: Global Trade Atlas、財務省貿易統計

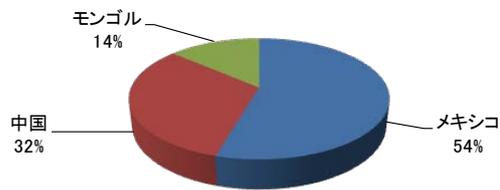
■世界 主要輸入国 (蛍石(冶金・セラミック G)) (2017年合計 540 純分千t)



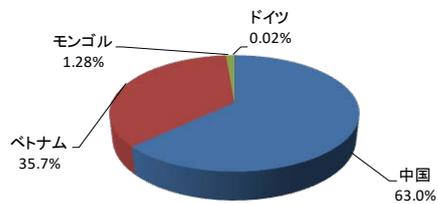
■世界 主要輸出国 (蛍石(冶金・セラミック G)) (2017年合計 478 純分千t)



■日本 主要輸入相手国 (蛍石(冶金・セラミック G)) (2017年合計 26 純分千t)

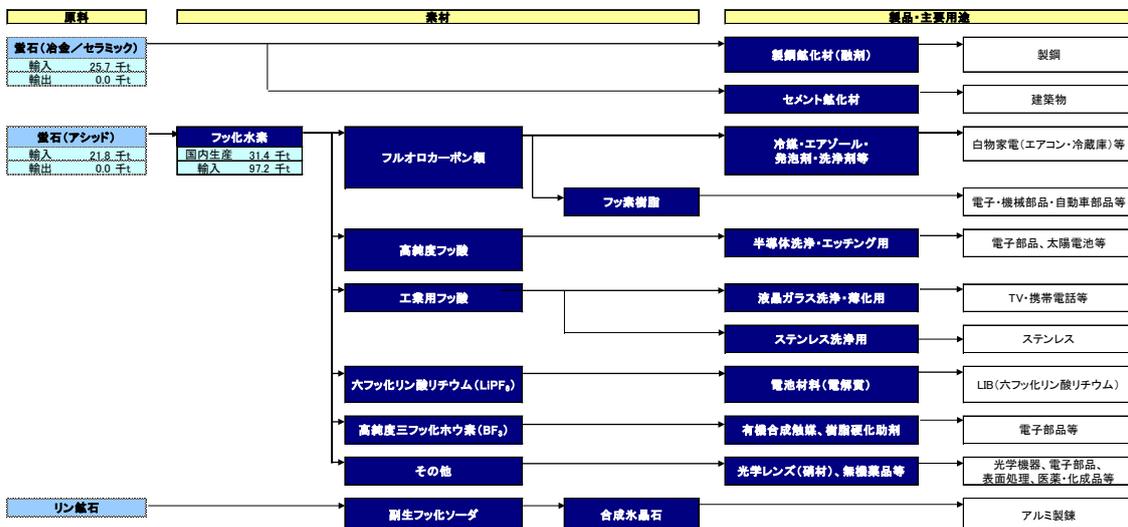


■日本 主要輸入相手国 (蛍石(アシッド G)) (2017年合計 22 純分千t)



【鉱石から製品まで】 出典: 財務省貿易統計

Fのマテリアルフロー(2017年)



## 概要

- ・2017年の世界の蛍石(CaF<sub>2</sub>)生産量は、前年比101%、6,000マテリアルクtであり、国別構成比が中国(63%)、メキシコ(17%)で世界生産量の80%を占めている。中国は、行政当局が直接的な環境監査を始めたことから、採掘現場や製造工場が環境規制強化に対応するため、稼働を一時的に停止するなどしており、生産が停滞した。
- ・温室効果ガスであるハイドロフルオロカーボンを規制対象に追加するモントリオール議定書のキガリ修正案(2016年10月採択、2019年1月発効見込み)は、世界のフッ素系化学物質市場に影響を与える可能性がある。
- ・国内需要では、輸入及び国内生産したフッ化水素を原料としたフルオロカーボン類(フッ素樹脂向けを含む)、表面処理・洗浄/二次製品の出荷量が前年比105%で増加した。ただし、フッ素の国内需給では供給不足が5年間継続している。またフッ素樹脂は少量で高機能性を有しかつ軽量化に寄与するので、今後EVが拡大していけばフッ素樹脂の需要が高まる可能性がある。

## 1.特性・用途

フッ素は、ハロゲン元素の一つで、自然界には単体では存在せず、蛍石(CaF<sub>2</sub>)、氷晶石(Na<sub>2</sub>AlF<sub>6</sub>)、リン灰石(Ca<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>F)等の鉱物として産出される。

フッ素化合物の主な出発原料はフッ化水素<sup>1</sup>であり、主に蛍石から生産されている。

フッ化水素の最大の需要は、フルオロカーボン類(フッ素樹脂向け含む)である。フルオロカーボンは、炭化水素の水素を一部フッ素に置き換えた化合物で、その特長として、①安全性・低毒性、不燃性、難燃性、②経済性・省エネルギー(高断熱性、高エネルギー効率)、③省スペース(設備の小型化)等が上げられ下記の幅広い分野で利用されている。

- ①冷媒 カーエアコン、家庭用・業務用エアコン、冷蔵庫、冷凍機等
- ②発泡剤 断熱材、緩衝材等
- ③洗浄剤 精密部品、電子部品等
- ④噴射剤 医薬用エアゾール等
- ⑤その他 消火剤、半導体エッチング剤、中間原料等

フッ素を添加した合成樹脂やゴムは、酸・アルカリ性の薬品や摩耗などに対して耐久性が高まるため、半導体製造装置や自動車などの部品・部材に使われる。

フルオロカーボン類は冷媒等に使用されるが、成層圏オゾン層の減少や温室効果という環境負荷を生じると考えられ、現在各分野で環境負荷のより小さいフルオロカーボンへの転換が進められている。

フッ素樹脂は非燃焼性、耐熱性、耐薬品性に優れ、フライパンから自動車産業におけるオイルシール、軸受け、機密機械等の広い範囲に用いられている。その他ガラス・珪瑯のフラックス、触媒、CVD洗浄ガス、プリント基板のハンダメッキ原料や最近ではリチウムイオン電池で使用される電解質を構成するリチウム塩として代表的な六フッ化リン酸リチウム等幅広く利用されている。

工業的に使用されるフッ素(フッ化物)は、フッ化カルシウム(CaF<sub>2</sub>)を主成分とする蛍石から製造され、蛍石はCaF<sub>2</sub>含有量が97%以下の冶金・セラミックグレードの塊鉱と、97%を超えるアシッドグレードに分けられる。冶金・セラミックグレードは、製鉄分野で転炉や電炉の融剤として使用され、スラグの生成を促進する効果を有し、製鋼鉱化剤やセメント鉱化剤として用いられる。

また、アシッドグレードは、粉碎・浮遊選鉱等によりCaF<sub>2</sub>含有量を97%超にした粉末で、選鉱方法の違いから冶金・セラミックグレードの蛍石よりも品位(CaF<sub>2</sub>含有量)が低い鉱石からも生産できる。アシッドグレードの蛍石からは、まずフッ化水素(HF)を製造し、そこからさらにフルオロカーボン、各種フッ酸、フッ素樹脂の中間原料、その他フッ化物の製造原料などが製造される。これらの主な用途としては、半導体の洗浄・エッチング、液晶ガラスのスリミング、リチウムイオン電池の電解質、冷媒・エアゾール、有機合成触媒、各種フッ素樹脂などがある。

<sup>1</sup> 蛍石(CaF<sub>2</sub>)と硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)から生成するフッ化水素(HF)を介して利用されることが多い。

## 2.需給動向

### 2-1.世界の需給動向

世界の蛍石生産量(CaF<sub>2</sub>純分)を表 2-1、図 2-1 に示す。2017 年の世界の生産量は CaF<sub>2</sub>純分で前年比 101%の6,000千tであった。世界の生産量の63%を中国が占め、17%をメキシコ、3%をモンゴル、南ア、ベトナムが占めている。中国とメキシコの上位2か国で世界生産の80%を生産している。

中国産の蛍石はアシッドグレードで、メキシコ産はセラミックグレードが中心である。しかし、メキシコ産蛍石の多くは不純物の含有率が高く、一般的に日本国内での使用は難しいとされているが、中には不純物の含有率が低いものもある。なお、米国においても蛍石が産出されるが、同国では資源保護の観点から主に輸入蛍石を利用している。

蛍石には、主成分である CaF<sub>2</sub>のほか、SiO<sub>2</sub>、CaCO<sub>3</sub>、リン等の不純物を含む。不純物を多く含む蛍石をフッ化水素製造の原料として用いると、製造や下工程で反応して種々の不都合を招く。そのために現在、フッ化水素の製造原料の大部分が、上記の不純物含有の少ない中国産である。

蛍石の資源枯渇リスクについて、最大の産出国である中国の動向が注目されるが、豊富な蛍石を有する中国のフッ化水素メーカーによると、蛍石の産出は2016年頃までは順調であったが、状況が変化してきている。中国国内での産出地が最大産地であった浙江省から、江西省や福建省などへシフトしている。この背景として業界内では、①浙江省の蛍石資源が枯渇してきたことと、②沿海部地域の人件費の上昇や環境問題の影響等が考えられている。このうち、②の人件費や環境問題とは、具体的には、浙江省の経済発展が進み人件費が高騰して鉱石採掘のコストが高くなったこと、また市街化により環境規制が厳しくなったことである。

2017年には、中国行政府当局が、「環境保護法」「大気汚染防止法」「水汚染防止法」等に基づき直接的な環境監査を始め、特に採掘場や製造工場が排水対策等の環境規制強化に対応ができない場合、鉱石生産の稼働を一時的に停止させるなどしており生産が停滞した。この環境規制で鉱石の生産量が減少し、鉱石供給側が製品を出し渋る、所謂売り手市場の現象が発生しやすい状況に推移した。

また、中国政府は、化学工業分野の第12次5か年計画(2011年～2015年)において、蛍石を原料として用いるフッ素化学工業の発展に重点を置き、安価な原料・素材生産から付加価値の高いフルオロカーボン類などの加工した製品へとシフトしていく方針を打ち出していたために、蛍石そのものでの輸出量が減少している。また2015年から、「中国製造2025」プランという製造業の高度化を目指す産業政策に基づいて数多くの重大プロジェクト等が開始されている。中国が原料輸出国から、国内で生産した製品を輸出する国へと向う動きは徐々に進行していくとみられる。

このように中国産蛍石の入手が困難になる状況が予想される中、最近南アでは蛍石採掘に採算性がとれるようになり、鉱山会社 SepFluor が活動を再開したが、鉱石採掘よりも下流品(付加価値の高い製品)を生産したいと考えている模様である。また副産物として産出する石膏が赤色に着色しているため、現在、日本では工業的利用ができていない。

フルオロカーボン類については今後、世界的には需要が増加していく見込みであり、またフッ化水素については、液晶ガラススリミング向けの需要や半導体向けの需要などがある。半導体向けは今後も需要が伸びていくと見られる。ハイドロフルオロカーボンを規制対象に追加したモントリオール議定書のキガリ改正案<sup>2</sup>は、世界のフッ素系化学物質市場に影響を与える可能性がある。

<sup>2</sup> モントリオール議定書(キガリ改正)：2016年10月にルワンダ・キガリで開催されたモントリオール議定書第28回締約国会合(MOP28)において、オゾン層を破壊しないが温室効果の高いHFC(ハイドロフルオロカーボン)を規制対象に追加するという議定書の改正(キガリ改正)が採択された。改正議定書は、20か国以上の締結を条件に、2019年1月1日に発効するとしている。

表 2-1 世界の蛍石(CaF<sub>2</sub>純分)生産量

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比	構成比
中国	4,200	3,800	4,600	6,550	4,200	4,000	3,800	4,400	3,800	3,800	100%	63%
メキシコ	1,058	1,050	1,070	1,210	1,240	1,210	1,110	1,030	988	990	100%	17%
モンゴル	335	460	400	348	480	240	370	231	202	200	99%	3%
南ア	299	204	157	196	170	158	285	135	165	200	121%	3%
ベトナム	4	-	-	-	-	-	38	168	175	200	114%	3%
カザフスタン	66	65	65	65	65	108	110	110	110	110	100%	2%
スペイン	149	123	128	112	107	103	103	98	130	130	100%	2%
モロッコ	57	69	75	79	79	81	75	79	70	70	100%	1%
ドイツ	49	50	59	66	54	49	60	40	50	50	100%	1%
ケニア	98	16	45	117	91	72	70	63	43	43	100%	1%
タイ	26	86	23	12	21	24	35	50	42	40	95%	1%
イラン	62	71	76	58	80	85	90	80	40	40	100%	1%
英国	37	19	26	-	-	30	77	81	17	13	76%	0%
ナミビア	109	74	97	84	69	61	65	-	-	-	-	-
ロシア	269	127	67	120	129	59	3	-	-	-	-	-
その他	104	86	151	62	95	100	99	109	98	114	116%	2%
合計	6,920	6,300	7,040	9,080	6,880	6,380	6,390	6,670	5,930	6,000	101%	100%
F純分換算(48.7%)	3,368	3,066	3,426	4,419	3,348	3,105	3,110	3,246	2,886	2,920	101%	

出典: United States Geological Survey「Minerals Yearbook Fluorspar」  
 2015年から2017年は United States Geological Survey「Mineral Commodity Summaries Fluorspar」Mine Production

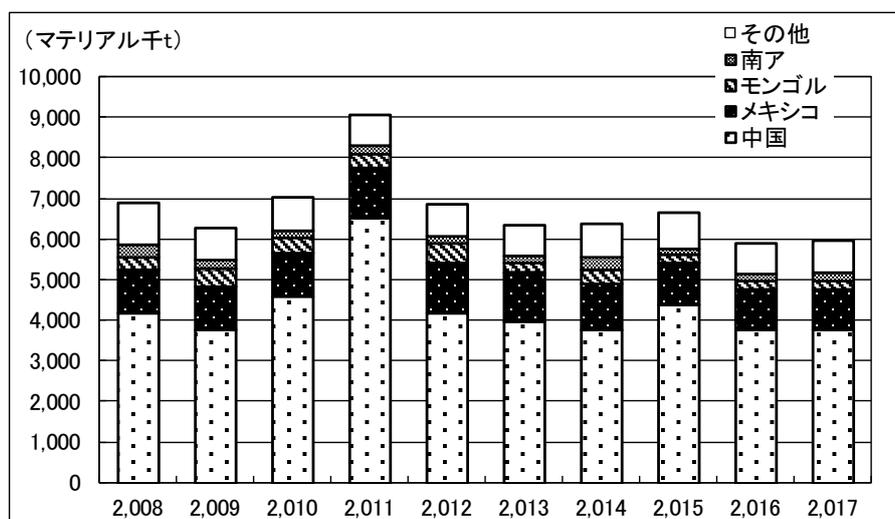


図 2-1 世界の蛍石(CaF<sub>2</sub>純分)生産量

## 2-2国内の需給動向

日本は、フッ素原料として蛍石(アシッドグレード、冶金・セラミックグレード)とフッ化水素を輸入している。

蛍石(アシッドグレード)は、フッ化水素の製造に用いられる。日本国内でフルオロカーボン類やフッ酸を製造しているメーカーは 8 社ほどあるが、このうち蛍石を輸入してフッ化水素を製造しているのは 3 社のみで、その他の企業は海外からフッ化水素を輸入している。以前は、国内のフッ化水素メーカーでもキルンを保有し蛍石からフッ化水素を製造していたが、老朽化や生産効率の悪化により各社とも、中国からのフッ化水素の調達に切り替えた。なお、蛍石を輸入してフッ化水素を国内生産している企業でも、フッ化水素の不足分を輸入で補っている。

国内生産及び輸入したフッ化水素は、フルオロカーボン類、フッ素樹脂の中間原料、その他のフッ化物の製

造原料として、また各種表面処理・洗浄製品製造工程で使用される。

フッ素化学用途の国内需給を表 2-2 と図 2-2 に示す。2017 年の全体の供給量は、前年比 107%の 119.0 千 t で増加したが、蛍石(アシッドグレード)の輸入量は、前年比 88%の 21.8 千 t で減少した。

一方、蛍石(冶金・セラミックグレード)は、脱リン・脱硫黄を目的に、製鉄工程において転炉や電炉の融剤として使用されている。ただし、蛍石を利用すると製鋼スラグがフッ素を含有し、環境規制によりスラグを建築資材等として利用できなくなり、最終処分する製鋼スラグが多く発生することや、鉄鋼業において蛍石ではなく、代替融剤の利用や、製鋼工程での温度上昇による蛍石の使用削減等を進めてきていることなどがあり、前年には減少傾向であったが、2017 年の輸入量は前年比 155%の 25.7 千 t と大幅に増加した。(表 3-1 参照)

なお、特殊鋼やスティール鋼製造プロセスにおいて、不純物の除去や成分微調整目的の二次製錬では、冶金グレードの蛍石使用量削減は難しいのが現状である。

表 2-2 フッ素の国内需給(化学用途)

			単位: 純分千t										
			2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比
供給	輸入 <sup>1)</sup>	原料 蛍石(アシッドグレード)	112.9	12.0	31.7	45.7	36.3	24.1	28.5	30.3	24.8	21.8	88%
		素材 フッ化水素	66.8	53.9	72.1	81.8	81.8	83.4	89.9	89.2	86.7	97.2	112%
	合計		179.6	65.8	103.7	127.5	118.1	107.5	118.4	119.5	111.5	119.0	107%
需要	フッ化水素 用途別出荷 <sup>2)</sup>	フルオロカーボン	66.2	59.4	63.3	59.0	55.0	63.9	66.8	68.5	66.9	66.9	100%
		二次製品	23.2	21.3	24.8	28.8	30.5	32.6	31.8	30.8	30.7	35.7	116%
		表面処理・洗浄	6.8	9.0	10.4	11.7	12.2	13.6	15.8	12.4	12.3	11.7	95%
		その他	7.0	10.8	12.7	10.7	12.6	16.3	16.1	16.7	14.1	15.3	109%
	合計		103.2	100.5	111.1	110.3	110.3	126.4	130.6	128.4	124.0	129.7	105%
供給-需要			76.4	-34.7	-7.4	17.2	7.8	-19.0	-12.2	-8.9	-12.5	-10.7	

出典: 1) 財務省貿易統計

2) 日本無機薬品協会統計「フッ化水素酸、需要部門別出荷実績」(2013年度まで)、ただし年度数値。

2014年度-2017年度は2018年6月14日付化学工業日報による同協会データ

純分換算率: 蛍石アシッドグレード47.4%

輸入フッ化水素95%、内需フッ化水素47.5%

※原料とは蛍石、素材とはフッ化水素による。

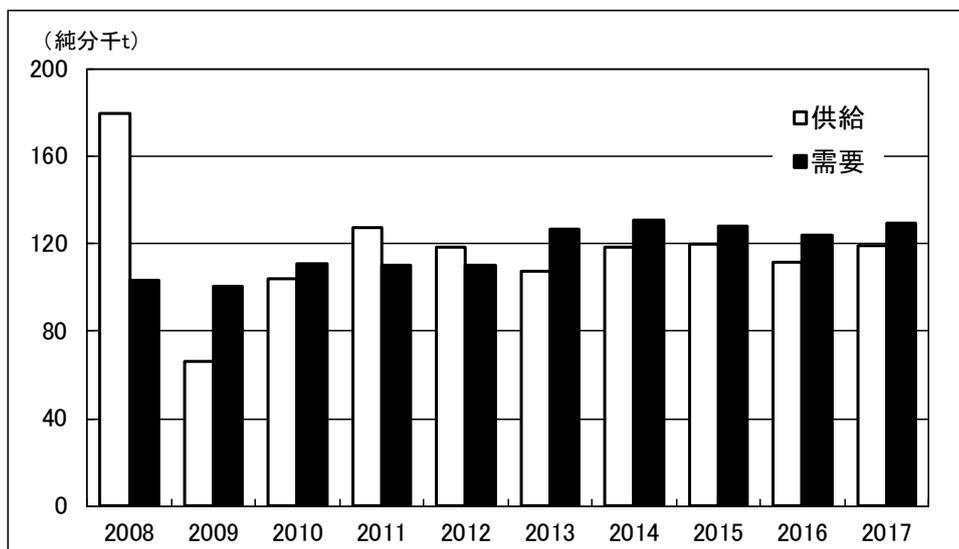


図 2-2 フッ素の国内需給(化学用途)

### 2-2-1.フルオロカーボン類/フッ素樹脂

輸入また国内生産したフッ化水素の最大の需要先は、フルオロカーボン類(フッ素樹脂向け含む)である。2017年のフルオロカーボンは、前年比100%、66.9千tでフッ化水素出荷先(内需)の52%を占めている。

日本国内では、HFC-32、HFC-125、HFC-410a(HFC-125とHFC-32の50%ずつの混合物)等のフルオロカーボン類が、冷媒、エアゾール、発泡剤、洗浄剤等で使用されている。なお、HFC-32はほぼ全量が中国メーカーからの輸入品である。フルオロカーボン類は今後、世界的には需要が増加していく見込みだが、国内需要についてはエアコンがほぼ普及したために、買い換え需要のみで横ばいと推定される。

フッ素樹脂はフッ化水素からフルオロカーボンを経て、重合や共重合等の化学的工程により製造されたプラスチックの一種である。HCFC-22や、HCFC142bやHCFC-152a等のフルオロカーボンが原料として利用されている。フッ素樹脂もフルオロカーボンと同様に今後、世界的には需要が増加していく見込みである。フッ素ゴムは他のゴム(シリコンゴムやアクリルゴム、ニトリルゴム、エチレンプロピレンゴム等)と比較し、耐熱性や、耐溶剤性、低透過性等で優れており、自動車用のシール材やリング等での採用が増えている。そのほか、車の環境対応化や、PCの高周波化に伴うフッ素樹脂利用の増加も期待されている。

フッ素樹脂やフッ素ゴムは自動車部品の需要が多く、自動車のエンジン周りでガソリンに対し耐腐食性を有し、パッキン材料等に利用されてきた。最近、自動車メーカー各社が電気自動車(以下、EV)の開発を実施しているが、EVはガソリンを使用しないため耐腐食性材料である必要はなく、価格の安いゴムや樹脂へと代替される可能性もある。業界内では、今後EVが拡大すればフッ素ゴムの需要が多く見込めないという見方もあるが、フッ素樹脂は高機能性でありかつ軽量化に寄与するため、フッ素樹脂の需要が増大する可能性もあると見られている。

### 2-2-2.表面処理・洗浄/二次製品

表面処理・洗浄/二次製品では高純度フッ酸及び工業用フッ酸(55%以上)が利用されている。

2017年の二次製品は、前年比116%、35.7千t、表面処理・洗浄は、前年比95%、11.7千tであった。

高純度フッ酸とはELグレード(12Nグレード)と言われる電子部品向けの製品である。50%フッ酸及びバブファードフッ酸(フッ化水素酸とフッ化アンモニウム溶液の混合水溶液)の2種が主に利用されている。主な用途は半導体及び太陽電池製造におけるシリコンウエハのウェットエッチングやウェット洗浄である。

半導体ではウェットエッチング工程で高純度フッ酸が利用されているが、この工程では工場が稼働していればその稼働率が増減しても、必要とされる高純度フッ酸の液量はそれほど大きく変化しない。そのため、高純度フッ酸の需要はそれほど影響を受けていない。しかし顧客が新規工場(設備)を建設しない以上は高純度フッ酸の需要も増加しない。半導体ウエハサイズの大口徑化に伴い、半導体関連企業は新規投資を行う必要がある。現状維持のままであれば、旧設備が使用できなくなるため工場の閉鎖が見こまれ、結果として高純度フッ酸の国内需要減少に繋がる。一方、増加要因としては、国内の設備増設以外に、半導体構造素子の複雑化に伴い薬液使用量が増えるということが挙げられる。

その他、LCD用ガラスのスリミング(薄化)及びステンレスの洗浄用に55%フッ酸が利用されている。これは、輸入した99.9%のフッ化水素を55%に希釈したものである。元々はステンレス等の酸洗浄で利用されていたが、ステンレスメーカーサイドではコストダウンのためフッ素メーカーから55%フッ酸を購入するのではなく、半導体メーカーが製造工程で使用した高純度フッ酸の使用済薬液を引き取って使用するという再利用が進展している。現在ではステンレス洗浄よりもLCD用ガラスのスリミング(薄化)での需要比率が高い。ガラススリミング用途には、より高濃度の工業用フッ酸を購入し、使用者側で希釈して使う例が増えている。数年前まで好調の兆しを見せていたスリミング需要はLCDの海外生産へのシフトとディスプレイの有機ELへのシフトのため減少傾向へと変化している。

### 2-2-3.その他

その他の用途としては、リチウムイオン電池(以下 LIB)で使用される電解質を構成するリチウム塩として代表的な六フッ化リン酸リチウムや、有機合成触媒、樹脂硬化助剤として利用される高純度三フッ化ホウ素、その他半導体製造装置のステップ用フッ化物レンズ等があり、2017 年は、前年比 109%、15.3 千 t であった。

蛍石以外のフッ素としては、肥料としての過リン酸石灰製造に際して、ケイフッ化ソーダが副産物として発生する。ケイフッ化ソーダは過リン酸石灰 1,000kg の生産に対し、4kg が副産する(一般財団法人農林統計協会「ポケット肥料要覧」)。年間の生産量がケイフッ化ソーダ量で数百 t(F 純分千 t では小数点以下)のため、今回の需給表からは除外した。これらの製品は国内販売だけでなく、海外にも輸出されている。

## 3.輸出入動向

### 3-1.輸出入動向

フッ素の輸出入数量を表 3-1、図 3-1、図 3-2 に示す。

2017 年の原料、素材の輸入量は前年比 112%の 189.9 千 t、輸出量は前年比 109%の 50.9 千 t であった。

蛍石(冶金・セラミックグレード)の輸入量は前年比 155%の 25.7 千 t と大幅に増加した。

一方、蛍石(アシッドグレード)の輸入量は前年比 88%の 21.8 千 t と前年同様減少した。蛍石の輸入量は、冶金・セラミックグレードが増加、アシッドグレードが減少する一方、フッ化水素の輸入量は前年比 112%の 97.2 千 t と増加し、フルオロカーボンの輸入量も同様に前年比 107%の 29.8 千 t と増加した。

中国政府は蛍石の輸出奨励策として輸出増徴税 7%の還付を行っていたが、2004 年に廃止した。その後、輸出入関税を設置し、徐々にその税率を引き上げていった。これにより、日本の多くのフッ化水素生産企業が中国での現地生産(中国企業との合弁会社設立)に切り替えた。

製品としては、フッ化物や、フルオロカーボン類、フッ素樹脂等が輸入されている。

フッ化物はフッ化アンモニウム又はナトリウム及びフッ化アルミニウムとしての輸入が多い。フッ化物の用途は様々ある。一例を挙げると、フッ化アンモニウムはガラスのエッチング、金属表面処理、半導体用エッチング助剤等で、フッ化ナトリウムは鉄鋼、アルミニウム等のフラックス剤、防虫剤、殺菌剤及び木材防腐剤、水道水のフッ素添加剤等で利用されている。フッ化アルミニウムはレンズ、ガラスの配合剤等で使用される。

フルオロカーボン類ではクロロジフルオロメタン(HCFC-22)、ペンタフルオロエタン(HFC-125)、ジフルオロメタン(HFC-32)の輸入量が多い。クロロジフルオロメタン(HCFC-22)は樹脂原料として輸入されている。ペンタフルオロエタン(HFC-125)やジフルオロメタン(HFC-32)は冷媒、エアゾール等の用途での輸入である。輸出では、テトラフルオロエタン(HFC-134a)や、ペルフルオロエタン、ペンタフルオロエタン(HFC-125)等の数量が多い。テトラフルオロエタン(HFC-134a)は自動車や低温用の冷媒として使用されている。

表 3-1 フッ素の輸出入数量

単位: 純分千t

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比	
原料	螢石(冶金・セラミックグレード)	輸入	65.2	29.6	35.5	52.2	49.7	31.4	32.5	35.7	16.6	25.7	155%
		輸出	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	2%
	螢石(アシッドグレード)	輸入	112.9	12.0	31.7	45.7	36.3	24.1	28.5	30.3	24.8	21.8	88%
		輸出	0.6	0.5	0.4	0.6	0.5	0.6	0.5	0.2	0.2	0.0	1%
	小計	輸入	178.1	41.6	67.1	97.8	85.9	55.5	61.0	66.0	41.4	47.5	115%
		輸出	0.7	0.6	0.6	0.8	0.7	0.8	0.7	0.5	0.2	0.0	3%
	輸入-輸出	177.4	41.0	66.5	97.0	85.3	54.7	60.3	65.5	41.2	47.5	115%	
素材	フッ化水素	輸入	66.8	53.9	72.1	81.8	81.8	83.4	89.9	89.2	86.7	97.2	112%
		輸出	8.7	6.5	9.2	12.6	12.7	13.1	12.7	10.8	10.8	14.4	133%
	フッ化物	輸入	4.9	3.5	5.6	5.3	5.0	5.2	5.8	5.8	6.6	7.0	106%
		輸出	13.4	8.2	11.2	11.3	9.2	7.4	6.8	7.0	6.8	6.9	102%
	フルオロカーボン類	輸入	14.1	13.9	20.6	23.6	18.6	20.5	23.5	23.8	27.8	29.8	107%
		輸出	20.7	13.9	13.0	14.9	12.4	9.5	8.1	12.1	13.0	12.9	99%
	フッ素樹脂	輸入	5.8	3.0	6.0	6.7	4.8	5.1	5.1	6.1	6.7	8.4	125%
		輸出	14.3	9.3	14.7	15.2	14.5	14.9	16.4	15.7	15.7	16.7	107%
	小計	輸入	91.6	74.3	104.3	117.4	110.1	114.2	124.3	124.9	127.8	142.4	111%
		輸出	57.0	37.9	48.0	53.9	48.8	44.9	44.0	45.7	46.4	50.9	110%
		輸入-輸出	34.6	36.4	56.2	63.5	61.3	69.2	80.3	79.2	81.5	91.5	112%
	合計	輸入	269.7	115.9	171.4	215.2	196.1	169.6	185.3	190.9	169.2	189.9	112%
輸出		57.8	38.5	48.6	54.7	49.5	45.7	44.7	46.1	46.6	50.9	109%	
輸入-輸出		211.9	77.4	122.8	160.5	146.6	123.9	140.6	144.8	122.7	139.0	113%	

出典: 財務省貿易統計、日本弗素樹脂工業会統計(フッ素樹脂の輸出のみ、年度数値)

純分換算率: 螢石・冶金・セラミックグレード41.6%、アシッドグレード47.4%

輸入フッ化水素95%、輸出フッ化水素47.5%、 内需フッ化水素47.5%

フルオロカーボン類(クロロジフルオロメタン43.9%、ペンタフルオロエタン79.1%、テトラフルオロエタン74.5%  
ペルフルオロメタン86.4%等)

フッ素樹脂76%、フッ化物(フッ化アルミニウム67.9%、フッ化アンモニウム51.3%等)

※原料は螢石、素材はフッ化水素、フッ化物、フルオロカーボン類、フッ素樹脂とした。

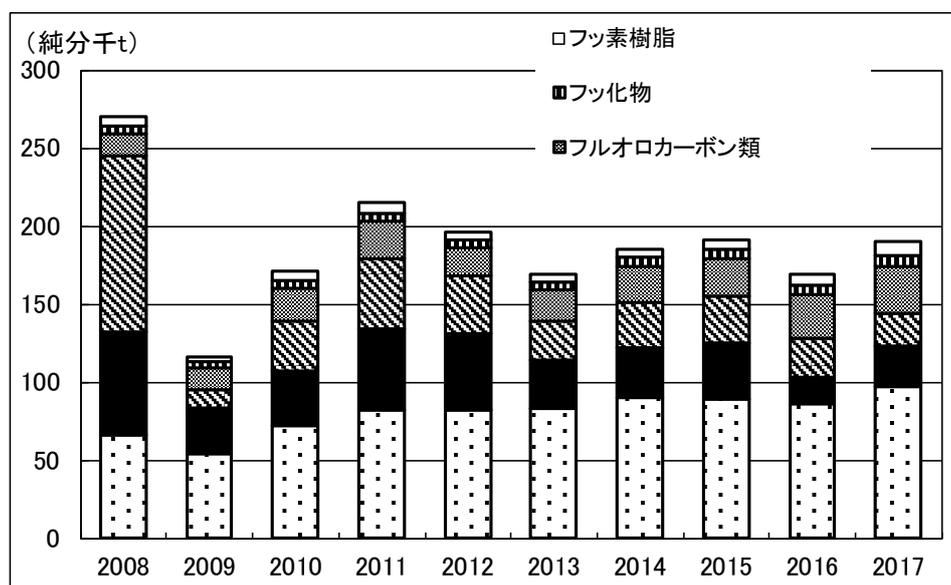


図 3-1 フッ素の輸入数量

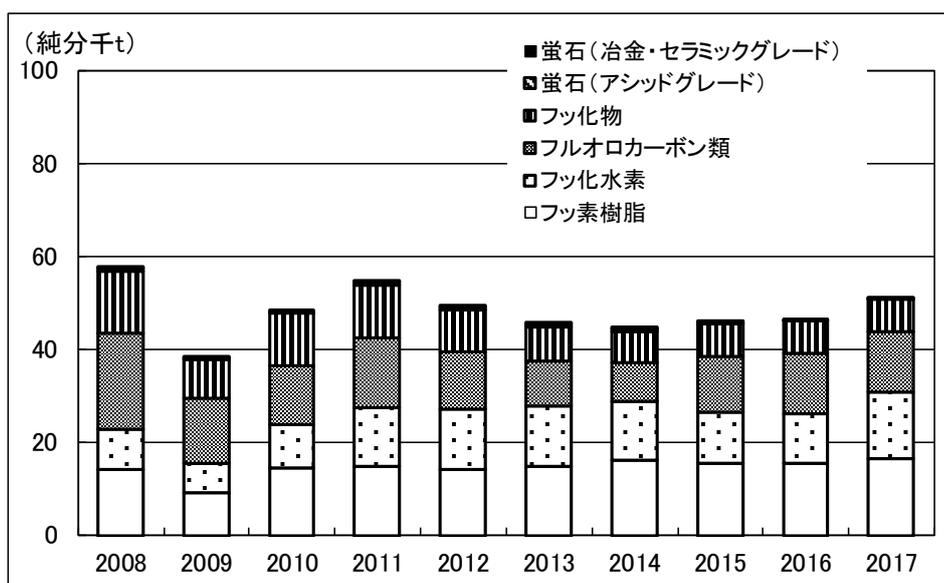


図 3-2 フッ素の輸出数量

### 3-2.輸出入相手国

#### 3-2-1.蛍石(冶金・セラミックグレード:CaF<sub>2</sub>含有率 97%以下)

蛍石(冶金・セラミックグレード:CaF<sub>2</sub>含有率 97%以下)の輸入相手国を表 3-2、図 3-3 に示す。主な輸入相手国はメキシコ、中国、モンゴルであり、輸入量は前年比 155%の 25.7t と大幅に増加した。特にメキシコは、前年比 225%、14t で中でも大幅に増加した。また中国、モンゴルも各々前年比 111%、118%と増加した。

表 3-2 蛍石(冶金・セラミックグレード:CaF<sub>2</sub>含有率 97%以下)の輸入相手国

		単位: 純分千t										17/16比	構成比
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
輸入	メキシコ	38.2	18.9	20.0	39.8	39.6	20.1	20.3	25.4	6.2	14.0	225%	55%
	中国	24.9	7.2	14.2	11.0	6.0	7.5	7.7	6.7	7.4	8.2	111%	32%
	モンゴル	0.1	1.9	0.5	1.4	3.9	3.7	4.5	3.6	3.0	3.5	118%	14%
	その他	2.90	1.63	0.72	0.00	0.18	0.04	—	—	—	—	—	—
	合計	65.2	29.6	35.5	52.2	49.7	31.4	32.5	35.7	16.6	25.7	155%	100%

出典: 財務省貿易統計  
 ※純分換算率41.6%

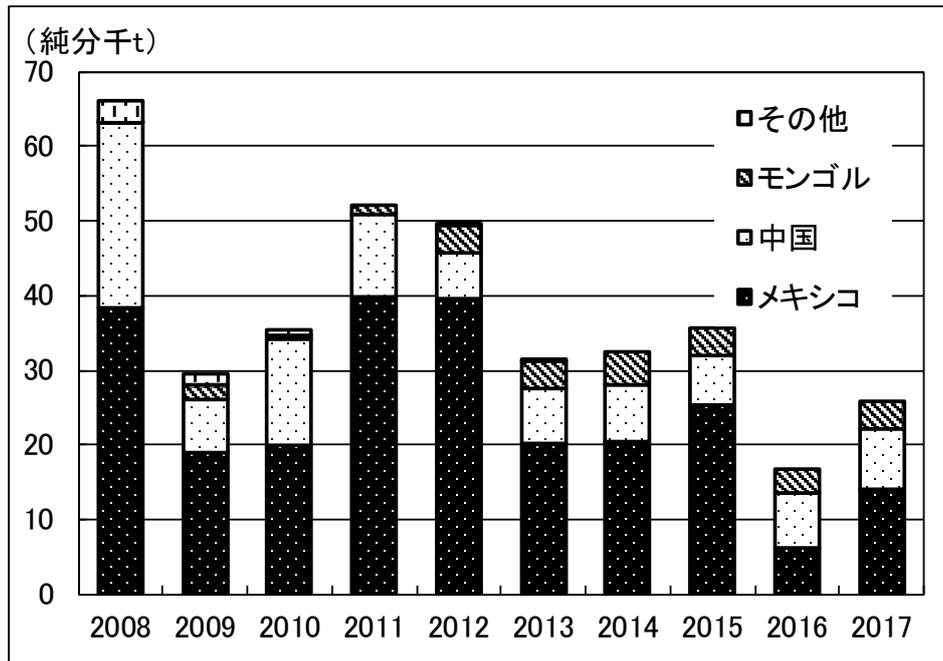


図 3-3 蛍石(冶金・セラミックグレード:CaF<sub>2</sub>含有率 97%以下)の輸入相手国

### 3-2-2 蛍石(アシッドグレード:CaF<sub>2</sub>含有率 97%超)

蛍石(アシッドグレード:CaF<sub>2</sub>含有率 97%超)の輸入相手国を表 3-3、図 3-4 に示す。

輸入量は、前年比 88%の 21.8t と 3 年連続で減少した。主な輸入相手国は中国であり、2017 年は中国に依存しており、中国からの輸入量が前年比 62%の 13.7t と減少したためと考えられる。またベトナムからの輸入が前年の 3 倍と増加した。

一方 2012 年、2013 年と一部を南アから輸入していたが、南ア産は中国産とほぼ同等の品質を維持しているものの、価格競争力を武器とする中国に対し、無理に価格を下げてまで対抗する方針にはないものとみられ、日本向け輸出は 2014 年にはゼロとなった。

日本国内のフッ素メーカーでは中国に代わる原料ソース開拓を模索しているが、中国産の蛍石は品質が高く、安価であるため、同程度の品質と価格を維持したまま他国で調達するのは難しい状況である。2015 年 4 月にベトナムで蛍石の生産が開始され、はじめてベトナム産蛍石が輸入された。

表 3-3 蛍石(アシッドグレード:CaF<sub>2</sub>含有率 97%超)の輸入相手国

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比	構成比
輸入	中国	112.9	11.8	29.8	39.0	29.6	21.9	28.2	27.8	22.1	13.7	62%	63%
	ベトナム	—	—	—	—	—	—	—	2.4	2.6	7.8	300%	36%
	モンゴル	—	0	1.86	3.40	1.19	0.13	0.21	0.12	0.07	0.3	376%	1%
	ドイツ	—	0.00	0.02	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	50%	0%
	その他	0.01	0.05	0.02	3.24	5.52	2.10	—	—	—	—	—	—
	合計	112.9	12.0	31.7	45.7	36.3	24.1	28.5	30.3	24.8	21.8	88%	100%

出典:財務省貿易統計  
※純分換算率47.4%

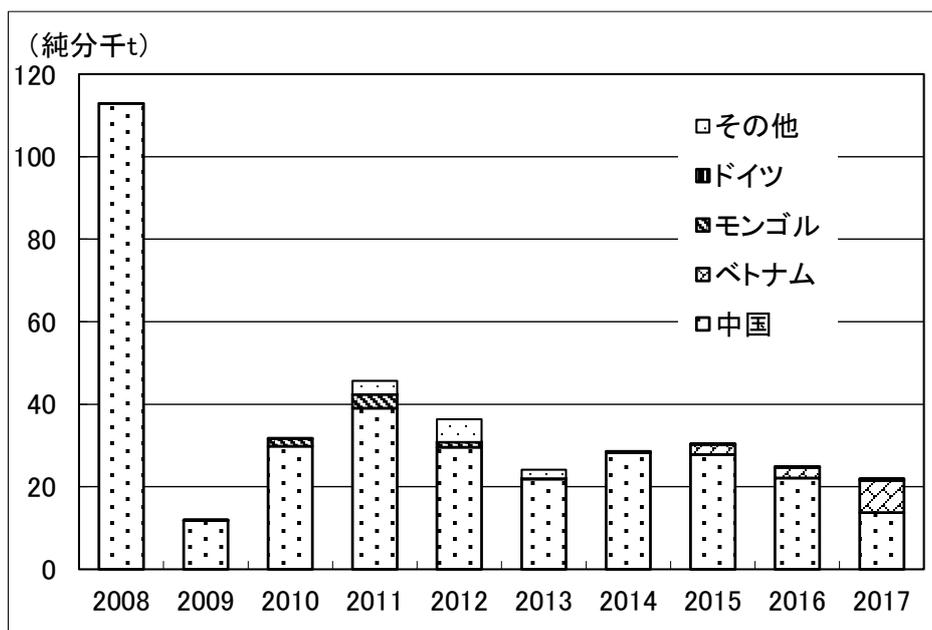


図 3-4 蛍石(アシッドグレード:CaF<sub>2</sub>含有率 97%超)の輸入相手国

### 3-2-3.フッ化水素

フッ化水素の輸出入相手国を表 3-4、図 3-5 に示す。

フッ化水素の輸入も中国依存度が高く、全体の 99%を占める。中国からの輸入品はほとんどが無水フッ化水素(100%フッ酸)である。

国内のフッ化水素メーカーは中国以外のソース開拓に取り組んでいる。その一環として、2012 年～2015 年まではインドの化学企業と取引をおこなう企業があったが、2016 年、2017 年には貿易統計上インドからの輸入はゼロであった。

フッ化水素の輸出量は、前年比 134%で 14.36t、用途としてほとんどが半導体製造用の高純度品である。2017 年は、輸出量の 96%が韓国向けであり、半導体ウエハ製造プロセスで使用される高純度フッ酸やフッ化アンモニウムを半導体メーカーに供給している。

表 3-4 フッ化水素の輸出入相手国

単位: 純分千t

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比	構成比	
輸入	中国	65.35	50.43	69.71	79.05	80.37	82.00	87.77	86.93	85.33	96.45	113%	99.3%
	台湾	0.04	0.54	2.01	2.11	1.21	1.35	1.90	2.08	1.34	0.69	51%	0.7%
	オランダ	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.02	—	0.0%
	その他	1.37	2.88	0.36	0.69	0.25	0.05	0.22	0.21	2.54	0.00	0%	0.0%
	合計	66.76	53.85	72.08	81.85	81.82	83.40	89.88	89.21	89.21	97.16	109%	100.0%
輸出	韓国	6.67	5.22	7.48	11.16	11.94	12.50	12.02	10.16	10.39	13.80	133%	96.1%
	米国	0.48	0.22	0.43	0.48	0.57	0.55	0.59	0.47	0.23	0.40	175%	2.8%
	中国	0.67	0.45	0.58	0.54	0.11	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	119%	0.4%
	シンガポール	0.24	0.23	0.36	0.01	0.09	0.04	0.02	0.05	0.04	0.03	80%	0.2%
	インドネシア	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.04	0.03	88%	0.2%
	台湾	0.61	0.33	0.31	0.37	0.03	0.00	0.00	0.08	0.01	0.03	264%	0.2%
	ドイツ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	—	0.1%
	その他	0.04	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	—	0.0%
	合計	8.72	6.48	9.19	12.56	12.73	13.13	12.72	10.84	10.75	14.36	134%	100.0%

出典: 財務省貿易統計

※輸入フッ化水素95%、輸出フッ化水素47.5%

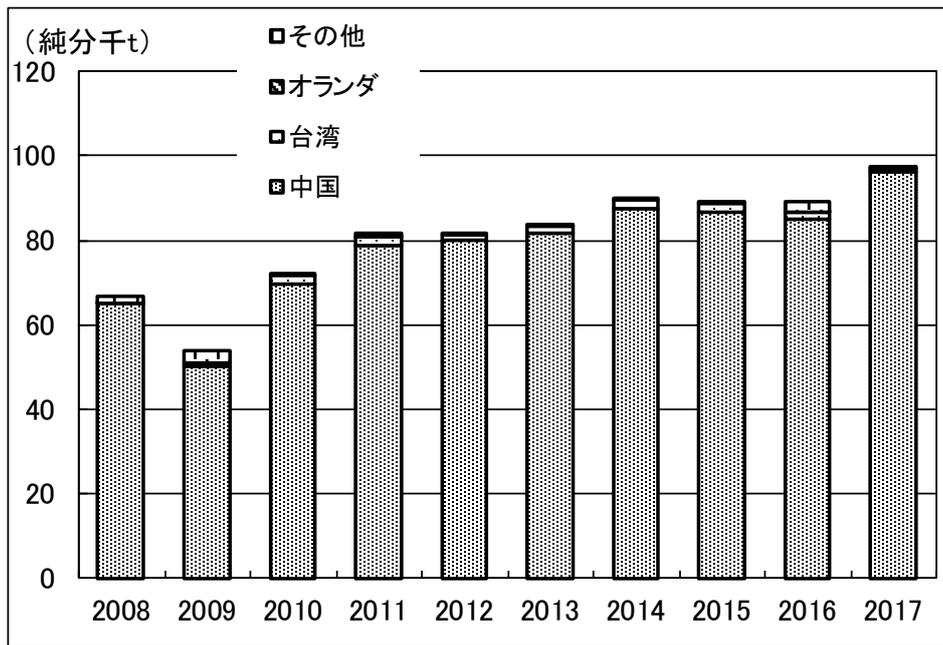


図 3-5 フッ化水素の輸入相手国

### 3-3.輸出入価格

フッ素の平均輸出入価格を表 3-5、図 3-6、図 3-7 に示す。

蛍石(冶金・セラミックグレード)及び蛍石(アシッドグレード)の輸入価格は2012年以來4年連続減少傾向であったが、2017年は共に前年比123%、122%と増加した。

フッ化水素の輸入価格は、2011年以降下がりが続いていたが、2017年は前年比131%と大幅に増加した。

先に述べたようにフッ化水素の輸入のうち、中国からの無水フッ酸が大部分を占めるために、この価格が上がれば全体の価格も上昇する。またフッ化水素の輸出価格は、2011年以降下落傾向にあり、前年増加したが2017年は前年比96%と下落した。

フッ化物の輸入価格は11,000~13,000\$/t台を増減しており、2017年は前年比113%と増加した。またフッ素樹脂の輸入価格は17,000~26,500\$/t台で2012年にピークであったがそれ以降下降傾向である。2017年は前年比98%と下落した。

表 3-5 フッ素の平均輸出入価格

			単位:\$/t										
			2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比
原料	蛍石(冶金・セラミックグレード)	輸入	247	249	286	326	361	361	351	339	265	325	123%
		輸出	638	1,140	1,097	1,117	1,174	1,077	1,018	824	1,027	1,048	102%
	蛍石(アシッドグレード)	輸入	326	327	292	529	530	390	380	328	272	331	122%
		輸出	572	726	887	981	990	847	801	700	136,971	56,935	42%
素材	フッ化水素	輸入	1,721	1,097	1,470	2,153	1,720	1,597	1,410	1,350	1,233	1,618	131%
		輸出	1,944	1,967	1,962	2,217	2,134	1,700	1,607	1,457	1,599	1,542	96%
	フッ化物	輸入	12,261	9,884	14,012	11,989	14,546	11,171	12,007	12,635	11,004	12,457	113%
		輸出	5,346	6,104	6,085	5,824	6,007	5,201	5,198	5,201	7,181	8,005	111%
	フルオロカーボン類	輸入	5,162	3,917	4,355	6,989	4,749	3,741	3,733	3,773	3,285	3,773	115%
		輸出	7,265	7,874	11,898	13,912	13,938	14,200	16,757	14,345	16,776	18,218	109%
	フッ素樹脂	輸入	18,143	17,895	19,222	23,747	26,189	20,252	20,418	17,685	17,307	17,029	98%
		輸出	10,232	7,554	7,979	8,681	8,073	7,181	7,439	7,474	8,333	8,082	97%

出典:財務省貿易統計

輸出入価格は貿易統計の貿易額を財務省による年間平均為替レートにより米ドルベースに換算し、年間平均価格を示した。

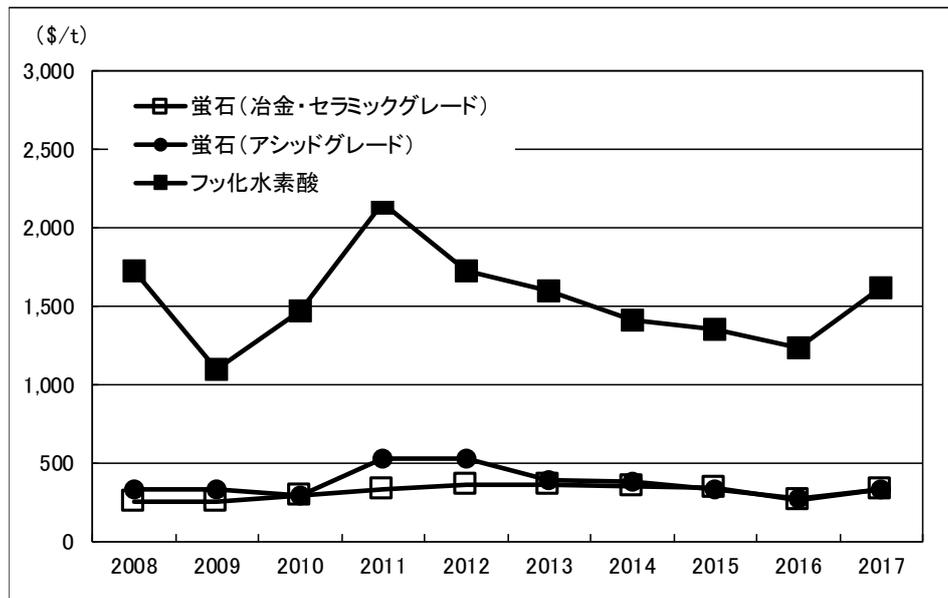


図 3-6 フッ素(蛍石、フッ化水素酸)の平均輸入価格

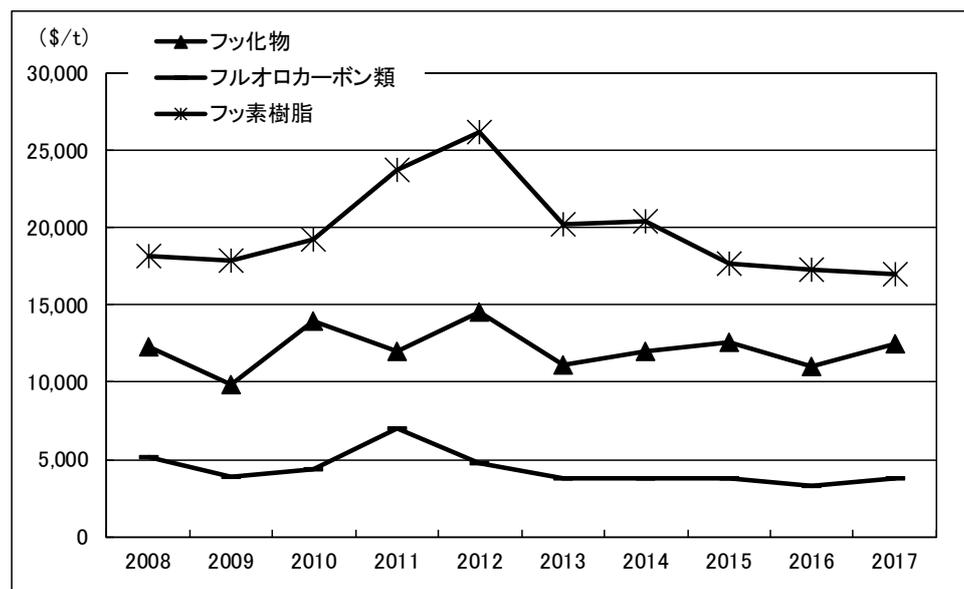


図 3-7 フッ素(フッ化物、フルオロカーボン類、フッ素樹脂)の平均輸入価格

#### 4.リサイクル

フッ素のリサイクル率は以下の定義により推計すると表4の通りである。

現時点では、使用済みの最終製品からのフッ素の回収、リサイクルの実績はないが、半導体メーカーからの使用済薬液の再利用や、使用済薬液から蛍石(鉱石のような状態ではなく、ウェットな状態のもの)を取り出す取組みが行われている。半導体で利用された使用済薬液は不純物が少なく、55%フッ酸製造の際の原料として使用される他、回収したフッ素メーカーサイドで酸性フッ化アンモニウムに再加工されている。

この他、フッ素メーカーによる回収・再利用ではないが、先にも述べたようにLCDガラススリミングやステンレス洗浄用のフッ酸に半導体メーカーから排出される高純度フッ酸の使用済薬液が使用されるケースがある。ガラスの加工メーカー(表面処理業者)が半導体メーカーから直接使用済薬液を購入する形となるため、フッ素メーカーは介在しない場合もある。

新たな動きとしては、リン鉱石からの蛍石リサイクルに向けた研究開発がリンの大手メーカーによって進められている。

リサイクル率	$= (\text{使用済み製品からのリサイクル量}) / (\text{見掛消費})$
見掛消費	$= (\text{国内生産}) + (\text{原料・素材の輸入}) - (\text{原料・素材の輸出})$

※使用済製品からのリサイクル量とは、製品から原料・素材に戻る量を示す。  
 ※原料は蛍石、素材はフッ化水素、フッ化物、フルオロカーボン類、フッ素樹脂の合計値

表4 フッ素のリサイクル率

単位: 純分千t

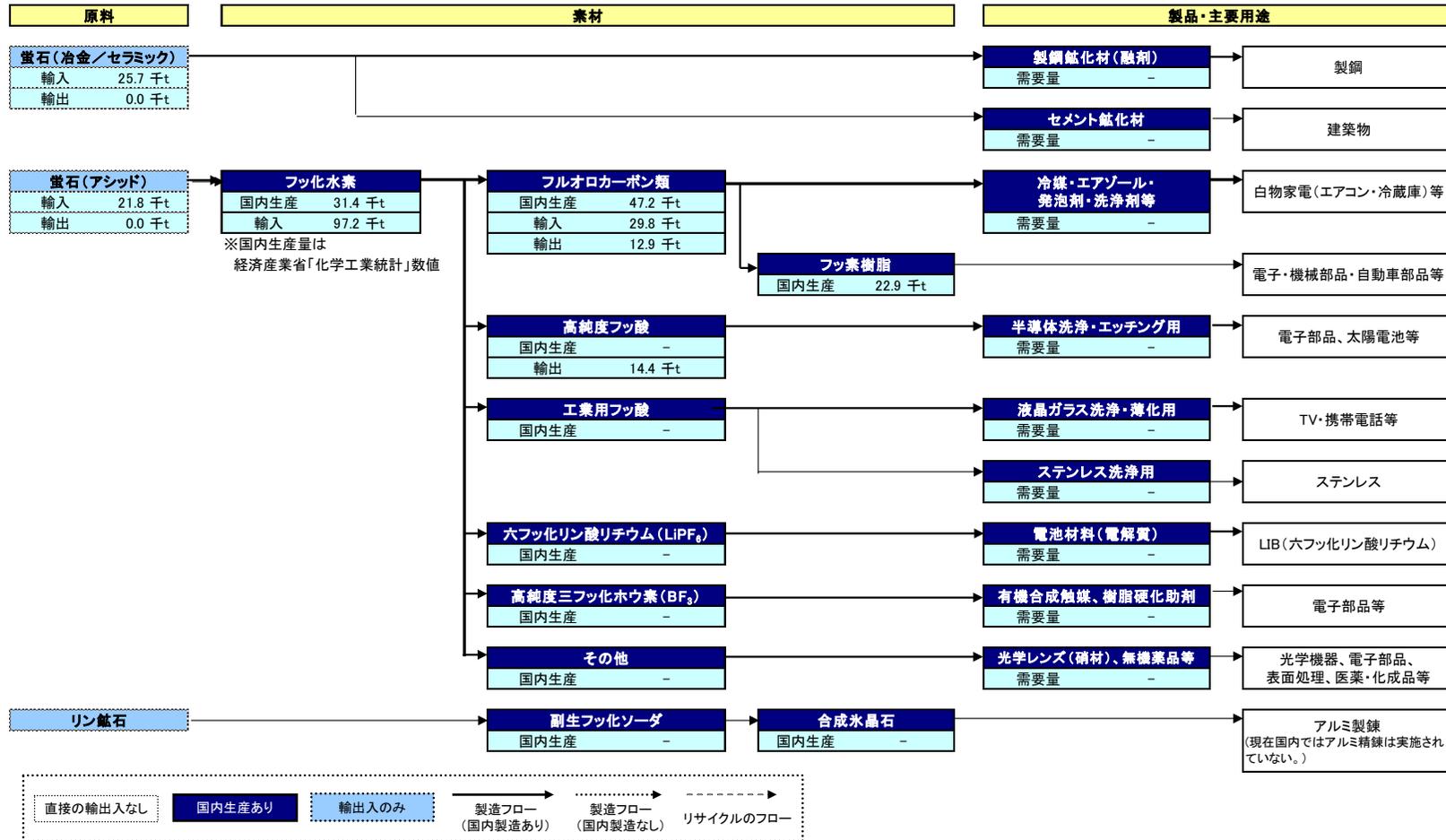
区分	内訳	2013	2014	2015	2016	2017
見掛消費量	国内発生量 <sup>1)</sup>	0	0	0	0	0
	原料・素材 輸入-輸出 <sup>2)</sup>	124	141	145	123	139
	合計①	124	141	145	123	139
リサイクル量 ②		0	0	0	0	0
リサイクル率 ②/①		0%	0%	0%	0%	0%

出典: 1) 環境省「フロン回収・破壊法に基づく業務用冷凍空調機器からのフロン類回収量等の集計結果」

2) 財務省貿易統計

5.マテリアルフロー

フッ素のマテリアルフロー(2017年)



※製品の需要量=国内で生産又は国内に輸入された原料、素材の需要量であり、製品の輸出入量は考慮していない。  
 ※純分換算率: 螢石(冶金・セラミックグレード):41.6%、アシッドグレード47.4%、フッ化水素酸95%、フルオロカーボン類(クロロジフルオロメタン43.9%等)、フッ素樹脂76%、フッ化物(フッ化アルミニウム67.9%等)  
 ※「-」:生産・需要量が不明。輸出入量の記載がない。「0(ゼロ)」:四捨五入して表の最小単位未満である。

