

■ シリーズ特集 ■ 明日を支える資源 (15)

# 蛍石の資源および利用の現状と将来

## The Present State and Future of Fluorspar

相 宗 宏\*

Hiroshi Aiso

### 1. まえがき

蛍石は、蛍石鉱床の主要鉱物で、高純度品を除いて無色は少く、通常、緑、青、紫、黄褐色等の色をしており、諸種の金属鉱床の脈石、レンズ状、花崗岩の副成分鉱物として産出される。

蛍石は、フッ素含有量48.7%で、その利用目的はその含有フッ素源にある。鉄鋼、冶金工業の溶剤、アルミ浴用、ガラス工業に使われる。化学用としては、弗酸製造により、半導体希弗酸、フロンガス、弗素樹脂、フッ素含有化合物、ウラン工業、ロケット等の酸化剤、消火剤等に広く利用される原料である。展開製品の多様化にともない使用量が増え、世界各地で新鉱床の開発が行われている。

### 2. 蛍石グレード別の品質要件と用途

蛍石は、大別すると、アシッドグレード ( $\text{CaF}_2$  97%以上)、セラミックグレード ( $\text{CaF}_2$  85~96%)、メタラジカルグレード ( $\text{CaF}_2$  70~85%)になるが、蛍石グレード別の品質要件と用途は、表1の様である。

採掘された蛍石は小割りされ、手選別によって別けられ、続いて篩選別、水洗を経て、メタラジカルグレード、セラミックグレードに別けられる。品位の低い蛍石、或いは紛は、品位アップのため浮選にかけられてアシッドグレード品となる。

近年、粒度と品質の組合せ、粒子の微粉化、高品位化等が進み、微粒子蛍石の用途、アシッドグレード品の利用が広がってきている。高温保温材、溶接棒用、ガラスファイバー関係、建材パター増量材、弗化物が

表1 蛍石の用途品質条件<sup>1)</sup>

グレード	クラス	用途	品質条件(%)					外形形状分類	粒径範囲	製品名	製品1当り所要量(t)	
			CaF <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	p, S	H <sub>2</sub> O					
メタラジカルグレード	ランプ 50m/m 50/20mm 20/4mm 8~4 粉	製鋼用	80~85		15以下		3以下	塊	ランプ1inch以上 粉15%>	平炉鋼 転炉鋼 電炉鋼	0.001 0.005 0.011	
		製鉄用	75~80		20以下		3以下	塊 鉱石 粉 鉱石 ペレット ペレットフィド	+30mm~-60mm 9% max -6mm10%~-100mesh28% -6mm/5%~9~16m/m85% -100mesh95%,-325mesh75%	鉄 鉄	0.007	
	特殊セメント用	60~70								早強セメント	0.010	
セラミックグレード	No.2 ceramic Intermediait No.1 ceramic	石灰窯業用	85~95				3以下			石灰窯業	0.005	
		磁器・ガラス用	95.0<		3.0>		3>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.12%以下 pb, Sn, Sを含まぬこと	ガラス ホウロウ		
アシッドグレード	浮選品或は高品位 粉砕品	溶接棒用 弗酸用	97.0<	1.0>		0.02> 0.05>	0.1>		+36mesh0%, -200 mesh 50~70%			
		アルミ用 フッ化物用 フロンガス	97.0<		1.0>		0.05>		-325mesh55%>	氷晶石 フッ化アルミ	1.5 1.8	
		鉛精錬用 脱燐・硫黄剤	97.0<	1.0>	1.0>		0.05>		-325mesh55%>	弗酸	1.7	
		鉛精錬用 脱燐・硫黄剤	95.0<							80~100 mesh	フロンガス	
		高温保温材	95.0<								鉛	0.03
		ガラスファイバー	97.5±1.5	0.1>		1.0>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.02>			-200 mesh10%>		
		特殊鋼用 フェロアロイ 釉薬	97.0< 97.0< 97.0<									
高品位 グレード	合成蛍石 酸処理品	単結晶用	99.9<						微量不純物, 200 ppm以下			

\* 共栄化成工業(株)顧問

〒564 摂津市西一津屋 1-33

ラス、蛍石単結晶レンズ等である

又、弗酸製造の品質アップ、工程の安定化要求につれ、アシッドグレードの品位も多目的な要求がされ、半導体希弗酸用には砒素、硫黄、溶接棒用には、燐、硫黄、粒度分布均一性が、グラスファイバー用には、鉄分、特殊アイロンについては、鉛、亜鉛等の微量規制が行われている。弗酸製造時操作の安定化には、細い粒子は敬遠される。又、微粒子用蛍石は4μ平均が要求される。

### 3. 蛍石の生産、需要の現状

#### 3.1 蛍石生産量

蛍石の国内生産は、十数年前に閉山中止し、今は全量を輸入に頼っている。世界の蛍石生産量は表2の様であり、モンゴール、メキシコ、ソ連、中国、南アフリカ等が特に大きい生産国である。大凡、アシッドグレードとメタラジカルグレードを半々に生産している。

#### 3.2 日本への輸入量

日本への国別輸入量については、最近では表3の様であり、中国、タイ、南ア、それに続いてメキシコから輸入している。1970年頃まではタイからの輸入が半分を占めていたが、最近では中国品が中国の意欲的な新鉱床の開発や蛍石浮選工場の新設と相俟って、日本への輸入の主力を示める様になった。

#### 3.3 国内消費量

日本の用途別消費量は表4の様で、1984年、1985年は、年間43~45万t消費していたものが、1986年には鉄鋼、アルミ製錬関係の大幅な落ちこみによって35万t前後になりそうである。

### 4. 鉱石鉱床及び産状

蛍石は主として熱水交代鉱床、熱水鉱脈鉱床、堆積性鉱床から産するが、気成鉱床、カーボナタイト鉱床、接触交代鉱床等からも産する。各鉱床の成因、性状及び生産地との関係についてみる<sup>6)</sup>。

#### 4.1 熱水交代鉱床

蛍石鉱床の普通型で、酸性岩の熱留鉱液が石灰岩、頁岩、硬砂岩、珪岩等を交代したもので、炭酸塩岩の場合、珪化作用をとまなっており、砂岩、頁岩の場合、石英部分を選択的に交代している。不規則な小塊状、レンズ状をなしている場合が多い。

鉱床としては大規模鉱床が多い。韓国の九尾、道田、タイのパンホン鉱床、ドロマイトを交代した南アのWitkop鉱山等である。

表2 世界の蛍石生産量<sup>2,3,4)</sup>

(単位:1,000ショートt)

年		1979	1980	1983	1984*1
北 ア メ リ カ	ア メ リ カ	99	84	61	80
	メ キ シ コ	965	1,106	667	1,210
	(計)	(1,064)	(1,190)	(728)	(1,290)
南 ア メ リ カ	アル ジ ェ ン チ ン	—	—	27	40
	ブ ラ ジ ル	75	75	66	80
	そ の 他	30	28	—	—
	(計)	(105)	(103)	(93)	(120)
ヨ ー ロ ッ パ	チェ コ ス ロ バ キ ア	96	96	106	110
	フ ラ ン ス	291	286	264	320
	東 ド イ ツ	100	100	110	110
	西 ド イ ツ	63	63	80	110
	イ タ リ ア	183	151	176	200
	ル ー マ ニ ア	—	—	22	30
	ス ペ イ ン	193	340	206	350
	ソ 連	520	520	595	600
	イ ギ リ ス	154	185	220	380
	そ の 他	—	—	—	—
	(計)	(1,620)	(1,761)	(1,779)	(2,210)
ア フ リ カ	ケ ニ ア	100	93	88	100
	モ ロ ッ コ	59	64	66	80
	南 ア フ リ カ	451	523	295	750
	タ ン ザ ニ ア	—	—	38	50
	そ の 他	35	40	—	—
	(計)	(645)	(720)	(487)	(980)
ア ジ ア	中 国	400	400	528	600
	イ ン ド	—	—	20	30
	北 朝 鮮	—	—	44	50
	韓 国	—	—	7	10
	モ ン ゴ リ ア	450	450	761	800
	タ イ	234	233	227	300
そ の 他	72	72	—	—	
	(計)	(1,156)	(1,155)	(1,590)	(1,790)
世界全計		4,590	4,929	4,677	6,520

\* 1. 1984年は生産能力を示す。

#### 4.2 熱水鉱脈鉱床

蛍石鉱床の最も普通型で、熱水鉱液が造山運動による母岩の粘結岩、頁岩、砂岩、花崗岩の断層割れ目を充填するもので、充填が蛍石である単純鉱脈、石英脈に随伴する場合、石英と蛍石からなり重晶石、方解石を含むもの、方解石—蛍石鉱脈のもの等がある。

中国の湖北、江西、安徽、浙江各省、タイ北部、中部等の鉱床がこれに属する。

#### 4.3 堆積性鉱床

一説には、熱水交代鉱床ともいわれているが、鉛、

表3 蛍石の国別輸入量<sup>5)</sup>

(単位 ; Metric Tons)

国別		1970	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
中国		122,126	111,147	150,020	205,489	223,118	257,701	270,822	260,693	294,524	344,562
	M			148,020	185,189	168,118	187,701	188,822	175,693	177,308	206,562
	A			2,000	20,000	53,000	70,000	82,000	85,000	117,216	138,000
タイ		257,674	136,421	106,701	130,235	126,512	83,570	64,402	93,121	100,076	86,752
	M			78,701	85,735	89,512	73,570	50,402	71,005	76,176	54,852
	A			28,000	44,500	37,000	10,000	14,000	22,116	23,900	31,900
南アフリカ	A	73,423	91,536	100,927	117,509	131,990	77,150	69,628	72,086	103,070	87,541
メキシコ	M	4,588	—	—	10,511	—	—	3,425	8,858	15,114	(M) 49,301 (A) 2,500
韓国	M	32,356	3,250	—	300	500	—	—	—	500	—
北朝鮮	M	6,162	298	—	—	—	280	—	—	—	—
ケニア	A	—	30,576	13,739	3,091	5,335	9,613	3,258	—	—	—
その他		24,063	—	—	—	—	—	—	625	—	—
合計		520,800	373,228	371,387	467,135	487,455	428,314	411,535	435,383	513,284	570,656
メタラジカル・計	M			226,721	282,035	258,130	261,551	242,649	256,181	269,098	310,715
アシッド・計	A			144,666	185,100	227,325	166,763	168,886	179,202	244,186	259,941

註 M: メタラジカルグレード A: アシッドグレード

表4 日本の用途別蛍石消費量<sup>9)</sup>

(単位 ; 1,000 t)

用途別		1978年	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985(推定)	1986(推定)
鉄鋼 無機薬品 アルミニウム その他	メタラジカル品	194	198	199	182		193	220	215	197
	)アシッド浮選品	98	109	120	)147	)192	120	130	)260	200
		63	89	90			85	80		
合計		355	396	409	329	377	398	430	475	397

亜鉛鉱床で蛍石に富むもので、ミシシッピーバレー型と云われている。鉱量は一般に多く、品位も15~20%、中国の桃林、南アのGraut Marico<sup>8)</sup>、メキシコのサンタバーバラ鉛亜鉛鉱床等がある。

#### 4.4 気成鉱床

例は稀であるが、巨晶花崗岩の晶出に伴う気成鉱床で、細網状のもので低品位のものが多い。

中国の海城地区鉱山、日本の岐阜高根鉱山。

#### 4.5 カーボナタイト鉱床

アルカリ複成岩の周辺部に生成することが多い。

インドのAmba Dongarの蛍石鉱床。

#### 4.6 接触交代鉱床

石英班岩に近接する緑簾石-透輝石-珪灰鉄鉱-蛍石系のスカルン鉱物に産出する。珪質で低品位のものが多い。韓国の太田地区鉱山。

以上であるが、別の見方、蛍石浮選で問題になる炭酸カルシウム、シリカの分離に着目してみると、蛍石の主要鉱床には、2種類ある。その一つは、石灰岩中に存するもので、主要成分は不純物である炭酸カルシ

ウムであり、シリカは少い。ある時には重晶石と、又、ある時は、鉛、亜鉛硫化物と混在する。

第2は、流紋岩、花崗岩など珪素質の岩石中に存するもので、炭酸カルシウムが少く、シリカに富んでいる。

## 5. 蛍石資源の将来

世界の蛍石の埋蔵量については表5に示す。米国、中国、メキシコ、南アフリカ、モンゴリア、タイ、等が多い。

### 5.1 蛍石の主要鉱山生産量、推定埋蔵量、寿命

日本と関係の深い国の主要鉱山生産量、推定埋蔵量、今後の見通しについては表6の様である。

#### (1) 中国

中国の推定埋蔵量は、中国全土の約半分を生産する浙江省、特に東几、金貨、武義、永康附近で、推定埋蔵量1,500万tといわれ、品質の安定した蛍石が無尽蔵といわれる程埋蔵している。その他、中国の代表的な鉱山として、桃林、徳安、紅安、資源、等

表5 世界の蛍石埋蔵量<sup>7,11)</sup> (単位: 100万st) \*1

国	年		国	年	
	1974	1978		1974	1978
メキシコ	17.0	18.0	ケニア	3.5	4.0
米国	28.0	37.0	ザンビア	0.5	0.5
カナダ	3.0	3.0	オーストラリア	0.5	1.0
アルゼンチン	3.0	3.5	タイ	11.5	13.5
ブラジル	3.5	4.0	インド	3.0	4.0
フランス	3.0	4.0	韓国	0.5	1.0
西独	2.5	2.5	トルコ	0.5	—
イタリア	9.0	10.0	中国	2.5	5.5
スペイン	5.5	6.0	北朝鮮	0.5	0.5
英国	8.0	12.0	東独	—	—
南ア	13.5	35.0	チェコスロバキア	2.5	3.0
モロッコ	2.5	3.0	モンゴリア	3.0	6.0
チュニジア	1.0	1.0	ソ連	7.5	8.0
ナミビア	3.5	4.5			
全世界	139.5	190.0	全世界	139.5	190.0

\*1 平均品位約50%の経済採掘鉱石

各産地埋蔵量も100万t以上を数える鉱山があり、品質の安定したアツッドグレードを含めた各種グレードの蛍石を供給している。

中国は日本から一番近い距離にあり、政状に多少不安は残るけれど、まずは長期的にみて、日本にとって有望な蛍石資源国であり、日本にとってはアツッド、メタラジカル両蛍石の最大輸入国の一つである。中国浮選工場も20数ヶ所を数え、アツッドの一大生産基地化してきている。

中国の総生産量は100万tといわれ、中国の国内消費は粗鉱用メタラジカルグレード、35万t/年、アツッドグレード、5万t/年、その他ケミカル、1万t/年、計41万t/年とみられる。一方、中国よりの輸出として、日本、26万t/年、米国、ヨーロッパ、ソ連、北朝鮮に34万t/年、計50~60万t/年であり、中国国内の消費も伸びて居り、中国の生産量の半分は国内用、後半分は輸出と思われる。一衣帯水の中国と交友関係を結んでいる限り、蛍石の資源については、まず問題ないと思われる。

(2) 南アフリカ

南アの推定埋蔵量は600万tから700万tと推定され、日本の場合、程んど、アツッドグレード品が商社の長期輸入契約によって、年間7~10万tはいつてきている。南アの浮選技術はしっかりしているので、粗鉱品位20~35%のものでも安定したアツッド品を生産している。南アの総生産量は、60万tといわれ、南アの国内消費は9~10万tとみられ、輸出はアメリカ20万t前後、カナダ8~10万t、ヨーロッパ4~5万t、日本その他に7~17万t、輸出合計51万t前後と思われる。

南アの場合、最近国状不安定に加えて、輸送距離が長く、船舶代が高くつくこと等で、かつての供給国王座をわけ渡すようになりつつある。1961年には、マリコ社(20万t)が生産を中止している。

(3) タイ

タイの埋蔵量については、150万tともいわれているが、主要鉱山は、表面的には掘り尽くした感が強い。浮選尾鉱の再浮選利用、低品位鉱の選別等により量の確保を保っているが品位の不安定はかくしきれない。1974年以降、Ban Hong 鉱山、Fan 鉱山、Mae Tha 鉱山等、主要鉱山が残存整理、閉山した。1986年春には、TFP、KIF社も浮選プラントを休止している。今後、新鉱が開発されない限り、余り期待できない。

(4) メキシコ

メキシコの埋蔵量は中国に劣らず豊富で、1,800万tとも云われており、南部のサンルイスポトシ州、西部のチワワ州、ドーランゴ州、東部のコウウイラ州等から産する。メキシコの原鉱には比較的、通常より多い砒素を含んでいることが多い。

アツッド用の原鉱については、約20年程の寿命があり、主として中南米向け、特にアメリカ向けに生産を続けている。近年アツッドの浮選品は過剰きみで、Cia Minera Rio Coloradoが1983年に閉鎖した。日本へは自由価格制になったこともあり、鉄鋼向けに輸出されている。

5.2 蛍石消費の今後

一方、日本国内における蛍石消費分野で、ここ1~2年で大きく変わってきている。昨年、今年の鉄鋼、アルミ工業の動向より、その使用蛍石の将来を予測することは非常に困難である。各業界の動向をみると、

(1) アルミ製錬

エネルギー多消費型の国内アルミ製錬業は、1978年の最盛時にはアルミ年産164万t、蛍石消費9.5万tと自由世界第2位に乗り上がったが、1昨年以來、製錬設備も次第に凍結、又は、廃棄され、1985年には、アルミ35万t、蛍石消費1.2万t、1986年にはアルミ6.4~10万t、蛍石消費2,000t程度まで落ちこんだ。わが国のアルミ製錬工業もついに火を消す日が近づいた。アルミの蛍石消費も同じ運命をたどると思われる。

(2) 鉄鋼生産

1984年度の粗鋼1.06億トン生産時、輸入使用蛍石は、22万tでピークであった。消費蛍石は当然乍ら、鉄鋼工業と同じすう勢をたどると考えられ、粗鋼生

表 6 主要供給鉱山の生産量、埋蔵量、寿命<sup>2,3,4,8)</sup>

国名、省、州	産地	推定埋蔵量(万t)	生産能力又は生産量(1,000t)		寿命(年)	日本輸入実績(1,000t)	備考
			アシッドグレード	メタラジカルグレード			
中国	浙江	東几、武義、永康	1,500(無盡蔵) 300~400 (CaF <sub>2</sub> 換算)	70	50~	200~ 25~	P. S.少い 溶接棒用
	湖南	桃林		120			
	"	衡東、瀟家冲		50+20			
	河南	明港、信陽	15+15				
	河北	承德、平泉	36+10				
	山東	福山、祥山	20+20				
	江西	德安	220~(520)	30	15~20	50~	
	甘肅	永昌		30			
	内モン	包頭	10				
	湖北	紅安	500	30	100	30~	
	広西	資源	270		10		
"	防城、大緑	20~30					
広東	漢陽県	200		40~50			
"	楽昌県	300~400		7~10			
	(計)	3,000~4,000	476	222~240		200~300	
3) 南アフリカ	トランスバル	vergenolg Min.		115			
	"	Buffalo Fluorsparl		240			
	"	Rand Min		180			
	"	phelps Dodge Mine		90	10		
	トランスバル	Ruiatepoort Fluors.		20	5		
"	Marico Fluors.		180				
"	Transvaal Min.		200	40			
	(計)	600~700		~1,055~	約10	87~100	
タイ	南部	Prauwtham Mine	6	2~3	Ban Hong鉱山 Fan 鉱山 Mae ThA 鉱山 3 鉱山、残存整理 閉山。		
	"	Buraphao Mine		1.5			
	"	Niyom Mine		1.0			
	"	Sin-Thai Mine		1.0~1.5			
	北部	Boonsong Mine					
	"	Poi Mine	30	1.5			
"	Mae La Luang Mine		1.0~3.5				
"	Chom Thong Mine		1.5				
	(計)	~150~		9.5~12.5		70~100	
メキシコ	サルイスボト	Las Cnevas	700	175	200	18~	Rio Colurades 1983年閉山。
	グアナハト	Rio colorado	200	)	270~330	7	
	"	Rio Verde	200			12	
コスタリカ	コウウイラ	La Dominica		70	25	50	
	チワワ	Ind. Minera Mexico.		70			
	"	Som Francioco		100			
	ドウランゴ	Mirarales Y Produ.		25~30			
	コウウイラ	Lao Valenciane	150	10~12			
"	Flu, de Mexico		120				
	(計)	1,800		1,070~1,137		3~5	

産量も、1986年には1億トンを超え、更に1987年度は61年の3/5程度に落ちこむと考えられる。世界の粗鋼生産量は、先進国においては減退するも、全体では3~4%の伸びが期待できる。1987年の日本の蛍石消費は10万tぐらいになると思われ、蛍石手当にはまずは問題ないと思える。

(3) 化学工業用

アシッドグレードの蛍石と硫酸で反応してできる弗酸を原料とするフロンガス、弗素樹脂は、1986年は若干伸びが落ちたが、今後の伸びが期待できる領域である。蛍石の需要は5年毎に需要のピークの波を迎えると云うジククスからすると、1990年にはアシッドグレード品30万t時代に突入すると思われる。

5.3 蛍石価格

中国のアシッドグレード品が1984年には、CIF110\$/t前後であったものが、1986年には100~95\$/tとなった。当然乍ら、円高の影響をモロに受けて、日本国内の価格は最低の線となった。タイ、南ア品も値下げの傾向にある。昨年来、中国においても、統一価格が設定されたが、FOB、CIF、或いは輸入量単位、フレート等で価格も多少違うようである。メタラジカルグレードについては、各国製品ともCIF70\$/t前後である。今後、資源豊富な中国の蛍石価格交渉が、蛍石資源確保の最大ポイントとなるであろう。

5.4 蛍石の品質的に代表される産地

蛍石の産地の中で、品質的に代表される産地は、商

社によっても違うが、一般的に次の様である。

#### 高品位蛍石

蛍石単結晶用，無色，薄緑， } 東几，武義  
 ピンク，透明蛍石， } 王宅，東陽県

溶接棒蛍石，広西省漢陽県，資源，徳安，

#### 6. あとがき

日本の主力製品，及び，先端技術の製品に絶対必要な蛍石は，タイを除いて，中国，南ア，メキシコについては，資源的には，埋蔵量は豊富で問題はなく，唯今迄述べてきた様に，コスト的，政策的に，色々制約される危険を，各産出国とも多分に持っており，備蓄を含めた複数国の産地の確保が必要かと思う。

最近，アシッドグレードの湿鉱ばかりでなく，乾燥品も輸出されてきて，日本国内に入ってきている。

又，更に，一段と合理化，コスト低減を計られる時代に突入すると，蛍石輸入でなく，蛍石産出国現地での中間品，例えば，弗酸等の生産，日本への輸入等が今後起ってくるであろう。

#### 文献

- 1) 石原透；蛍石の浮選，日本鉱業学会昭和45年秋季大会発表。
- 吉田国夫；鉱産物の知識と取引（1960），3～8
- 富田堅二；“選鉱便覧”，p. 341，共立出版（1966）
- 2) Mineral Facts and Problems, U. S. Bureau of mines.
- 3) "Fluorine minerals & Inorganic Fluorine Compounds", chemical Economic Hand book-SRI International.
- 4) Communication with the U. S. Bureau of mines. Minerals Yearbook, U. S. Department of the Interior.
- 5) 大蔵省通関統計
- 6) 門田重行；“蛍石及び蛍石鉱床”，共立出版（1943）
- 7) Fluorspa, a Chapter from Mineral Facts and Problems, 1985-Edition, U. S. Department of the Interior, Bureau of mineo.
- 8) R. J. RYAN, "A review of the fluorspar-mining industry in south Africa".
- 9) 日本鉄鋼連盟資料。
- 10) レアメタル，ニュース，p. 5, No. 1271
- 11) 山田博；“日本の輸入蛍石について”，セラミックス，20（1985）No. 11
- 12) 相宗宏；浮選，32，22-30，（1985）

