

カラーテレビのブームをおこした レアアース蛍光体とその資源

肥 田 昇

はじめに

カラーテレビはまだまだ高いものとして一般家庭に普及するまでにいたりませんが みなさんご承知のようにここ1年位の間にカラーテレビのことが にわか新聞の記事をにぎわしています。いわく——14万円代のカラーテレビのデパートにおける安売り……。いよいよ14万円代をわるカラーテレビ発売……。カラーテレビブラウン管対米輸出ブーム……。等々。そしてまた新聞に出るカラーテレビの広告も各社各様のもの。全面ページに赤色を配したはでな広告。そしてその説明は一致して 赤色蛍光体のすぐれた輝きと色彩をうたっています。いわく——灼熱の太陽……。あれが超色彩の赤です。群生するサボテン……。あれが超色彩の緑です。

輝くカリブの海……。あれが超色彩の青です。××カラーの新RE蛍光体ブラウン管は赤が豊富で 明るさは40%も向上……。またより美しい色彩を再現するために40%も明るい○○カラーブラウン管を開発しました。

まず明るいブラウン管を使う……。ことが最大のキメ手といっても過言ではありません。あるいはまた高輝度スクリーン採用 日本とアメリカで かがやくように美しい赤のカラーテレビを発表しました。このテレビは新しい蛍光体“オキシサルファイド”を使った高輝度スクリーンを採用し いままでより明るく美しい赤の再現に成功したのです。……等々。

こうして見るとカラーテレビの話題はテレビそのものの機器でなく ブラウン管の蛍光塗料の開発がカラーテレビのブームを引き起こしたことに気づくでしょう。

もちろんアメリカの経済的なゆとりもさることながら 見ていて心をひかれるカラーのスクリーンは 白黒では味わえぬよさがあることも カメラや映画のカラーフィルムで経験済みです。このような美しさを示すブラウン管の塗料は レアアースのイットリウム(Y)とユーロビウム(Eu)を用いたものなのです。

レアアース原料 その名に示すように“希土類”のなかのイットリウムとユーロビウムは まさに資源的にも希少なものです。

今ここで レアアースの歴史を見ながら資源の概要をお知らせし 併せてアメリカのユニークな鉱山の紹介をしておきましょう。

レアアースの歴史は 古 レアアース(Rare earth)は 直訳すると希土であるが その大部分のものは「希なもの」でなく また「土」でない。レアアースは金属であり しかも一般的には豊富である。「希」ということばはその元素が 希な鉱物中に発見されたということからきている。「土」ということばは酸化物の元素がはじめてその鉱石から抽出された時に酸化物の形であった——に対する古い化学的用語であるといわれている。周期律表では Ⅲ族の左側に上から原子番号21のスカンジウム(Sc) 原子番号39のイットリウム(Y) 原子番号57~71のランタン(La)族(15種類)の元素 原子番号89のアクチニウム(Ac)とならんで スカンジウムとイットリウムは この15種類の元素と非常に性質がにているので これらを含めた17種類の元素をレアアースと呼んでいる。ランタン族の元素は原子番号57番のランタン(La)から始まって 58番のセリウム(Ce) 59番のプラセオジウム(Pr) 60番のネオジウム(Nd) 61番のプロメシウム(Pm) 62番のサマリウム(Sm) 63番のユーロビウム(Eu) 64番のガドリウム(Gd) 65番のテルビウム(Tb) 66番のジスプロシウム(Dy) 67番のホルミウム(Ho) 68番のエルビウム(Er) 69番のツリウム(Tm) 70番のイッテルビウム(Yb) 71番のルテシウム(Lu)となっている。

ランタンはかなり古くから知られ実用に供されているが ほかの14種の元素は その化学的性質が非常によく似ているため その分離は困難であったので 混合物をミッシュメタルと名付けられていたものである。

C. A. Arrhenius がスウェーデンの Ytterby における数多くの鉱石を試験している間に 黒っぽい鉱物の魅力にとりつかれたのが1787年であった。レアアースの存在が初めて報告されたのは1794年 J. Gadolin によったが スウェーデン産の鉱石中の イットリア土 の存在を発見し——その鉱物はガドリナイト(Gadolinite)と命名された。

セリウムは数年後に M. H. Klaproth と J. J. Berzelius および William Hisinger によって別々に発見された。これには1803年になって新しく発見された小惑星 Ceres にちなんで命名された。1839年に C. G. Mosander が

第1表 各種レアアースの性質

原子番号	元素名	記号	融点(°C)	沸点(°C)	原子価	3価イオンの色	見年次次
21	スカンジウム	Sc	1539	2727	3	無色	1879
37	イットリウム	Y	1509	2927	3	無色	1794
57	ランタン	La	920	3469	3	無色	1839
58	セリウム	Ce	795	3468	3,4	無色	1803
59	プラセオジム	Pr	935	3127	3,4	無色	1885
60	ネオジム	Nd	1024	3027	3	緑色	1885
61	プロメシウム	Pm	?	?	3	赤黄色	1947
62	サマリウム	Sm	1072	1900	2,3	黄色	1879
63	ユーロピウム	Eu	826	1439	2,3	無色	1901
64	ガドリニウム	Gd	1312	3000	3	無色	1880
65	テルビウム	Tb	1356	2800	3,4	無色	1843
66	ジスプロシウム	Dy	1407	2600	3	薄紫色	1886
67	ホルミウム	Ho	1461	2600	3	黄色	1879
68	エルビウム	Er	1497	2900	3	赤黄色	1843
69	ツリウム	Tm	1545	1727	2,3	緑色	1879
70	イッテルビウム	Yb	824	1427	2,3	無色	1878
71	ルテシウム	Lu	1952	3327	3	無色	1905

(レアメタル工業 No. 35 1967より)

ランタンを発見したがこれはギリシア語の「Lanthanein」から出たもので「かくされた」「とじこめられた」ということから出ている。ランタンは36年間にわたり純粋のセリウムと考えられていたオキシドの混合物中に発見されたものである。

このようにして各種のレアアースが発見されてきたがユーロピウムの発見は William Crookes 卿によって1889(あるいは1901)年に発見されヨーロッパ大陸にちなんで命名された。最後のプロメシウムの発見は20世紀半ばの1947年 J. A. Marinsky, L. E. Glendenin および C. D. Coryell によって発見されギリシア神話のプロメテウスから命名されている。参考のために各種レアアースの諸性質を表示すると第1表のとおりとなる。

レアアースの利用は1885年 1880年代の終りころには大きい発展は第2次大戦後 レアアースの大部分が発見されたけれども工業的用途の開発は非常に遅かった。

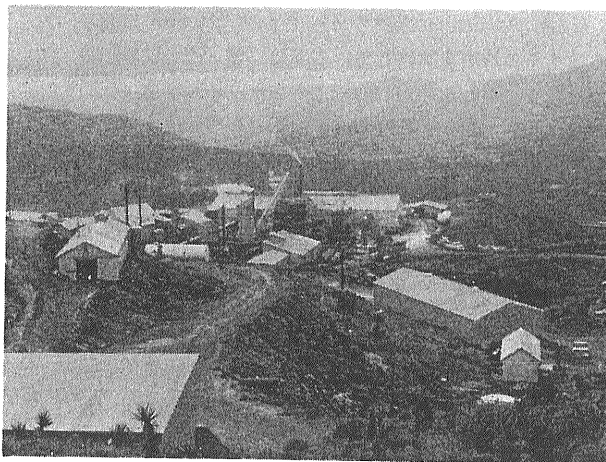
実際に1950年代と60年代までにおいてさえその用途はほんのわずかな分野にすぎなかった。

1885年 von Welsbach によって酸化トリウムと酸化セリウム(1%)の混合物が加熱により強い光を出すことが発見されガスマントルとしてその照明の分野に広く利用されるようになったことがその初めてであるとされている。このガスマントル用のトリウムの生産は別に述べるモノズ石(Monazite)を原料に行なわれた。このためにアメリカに Lindsay Light Co. が1902年に設立されレアアースが副産物として生産されたが商業的な利用にいたっていない。

1900年代に von Welsbach はレアアース混合物はよいライター石(フリント)となることを発見しさらに Ronson はアメリカにおいて商業ベースでライター石の製造を決定し1915年に Ronson Metals が設立されたわけである。当社はライターでおなじみの Ronson 社の前身である。これがガスマントル製造に次ぐ初のレアアースの用途である。

さらに1920年代はじめにレアアースの塩化物や酸化物はアークカーボンの芯として紹介され第1次大戦後前記 Lindsay Light Co. が最初のレアアース処理業者として活動している。このようにして1940年までのレアアースの用途は2つのみに止まっていたが1941年前後にセリウム酸化物の用途が精密光学部品の研磨用として当時ドイツから輸入使用していた「ベにがら」の供給中止によってその代用品としてクローズアップしてきた。実際には「ベにがら」よりはるかに早くきれいにガラスを研磨することがわかった。

ちょうど同じころレアアースの主要成分の1つとしてのランタン酸化物を含んだ高屈折低分散のガラスが



Mountain Pass 鉱山(Nipton, California)における Molyco (Molybdenum Corp. of America) のレアアース処理工場全景。国道(ルート91)から Nipton Rd. に入ると新しい大きな看板が立ち「World largest Rare Earth Mine」の説明入りの Mountain Pass Mine の標示がある。近くには1年半前には見られなかった従業員住宅や労働者のキャンプがある。この工場の左側には破碎→選鉱工程のプラントが傾斜地の上におりこの工場が最下段になっている。



バストネサイト(Bastnaesite)採掘場 月産2,000~2,500トンの露天堀で第3図の断面図に見られるように大部分がバストネサイト鉱石ハッパでくづれた部分はそのまますべてパワースショベルでダンプトラックへ。

軍用に開発され紹介されている。これと同時にガラス着色材としてプラセオジウム・ディディミウム-プラセオジウムとネオジウムの混合物が利用されるようになったのである。このような用途の開発から1948年にRare Earth Inc. がセリウムとレアアース研磨粉の生産のため設立され さらに当社は1955年に W. R. Grace & Co. の Davison Chemical Division によって買収された。

このようにレアアースの用途の開発と新会社の設立が行なわれて1960年の初めまでレアアース工業は小さな成長を続けてきたが 1964年に到るやレアアース業界の最も明るい画期的な用途の開発が発表されたわけである。

1964年 イットリウムとユーロピウムがカラーテレビの新しい光体として登場

カラーテレビ用のけい光体の最大の重要なことは 赤色けい光体の開発であり 赤色の輝度は青色および緑色発光けい光体に比べて低いという欠点を取り除くことであった。したがって赤色発光けい光体を明るく赤色に発光させる開発研究が行なわれていた。

レアアースが固体内において 光または電子の刺激で鋭い輝線スペクトルを発生する現象はかなり前から知られていたが この方面の研究が広く行なわれるようになったのは 高純度のレアアースが得られるようになった1960年頃であったといわれる。このようにして遂に1964年6月にアメリカの Sylvania Electric Products Inc. により ユーロピウム (Eu) を活剤とするカラーテレビ用赤色けい光体イットリウムバナデイト($YVO_4 : Eu$)が発表され 同年の12月には同じくアメリカの Westinghouse Electric Corp. からイットリウムオキサイド ($Y_2O_3 : Eu$) が発表され カラーテレビ業界への最大の刺激を与へたわけである。

一方このような重要な研究開発に平行して その原料

であるレアアースの精製法の研究開発が行なわれ 1964年10月には Molybdenum Corp. of America (略称 Molycorp) と Colorado School of Mines Research Foundation Inc. の共同研究の結果 有機溶媒抽出法を初めて開発(これ以前はイオン交換樹脂法が多い)し 高純度のユーロピウムの商業規模の製造の道を開いた。

製品面でのカラーテレビの人気 またそれから生ずる原料面への大きい需要が レアアース業界に与えた刺激の大きかったことは当然なことである。

こうして出現したレアアースとくにイットリウムやユーロピウムの生産と原料確保の競争が1965~66年にかけて世界的なブームを呼んだことは もちろん一般の方々には知られなかったと思われる。

今までのけい光体原料 初期のカラーテレビ用けい光体としては 硫化亜鉛・銀 珪酸亜鉛・マンガンリン酸亜鉛・マンガンけい光体などが使用された。一例として $Zn_3(PO_4)_2 : Mn$ があるが 輝度は低く十分なものでなかった。その後1960年頃より3色けい光体とも硫化物系のものが使用されるようになり また塗布技術も進歩して 白色光としての明るさも増したが 赤色けい光体の性能は ほかの青や緑色発光のけい光体に比べ劣っていた。

このような情勢で かなり前から知られていた レアアースのけい光体特性についての研究が 高純度のレアアースが得られるようになったのを契機にさかんに行なわれるようになり 1964年の発表に至ったわけである。



バストネサイト 採掘場 表土もなくほとんど草木もない 全山ほとんどそのまま鉱石になっている



露頭部 部分的に僅かにまじりが見られる 露頭部の色は淡褐色で 露頭部の青味をおび局部的に白色部がまじっている

第2表 おもな希土類鉱物

鉱物名	化学式	Ce族 酸化物 (%)	Y族 酸化物 (%)	比重	モース 硬度	結晶系	形状	色
モナザイト (Monazite)	$(Ce,La,Th)_2PO_4$	39~74	0~5	5.1	5	単斜	柱状	黄, 褐
バストネサイト (Bastnaesite)	$(Ce,La)(CO_3)F$			5.0	4	立方	柱状	黄, 赤褐
ゼノタイム (Xenotime)	$(Y,Ce,Er)_2PO_4$	0~11	54~64	4.59	4.5	正方	柱状	黄褐 赤, 黄
ガドリナイト (Godolinite)	$Be_2FeY_2Si_2O_{10}$	0~51	32~46	4~4.6	5~7	単斜	柱状	黒, 褐
セライト (Cerite)	$Hf_2(Ca,Fe,Ce)_2Si_2O_{13}$	38~72	0~7	4.86 ~4.91	5.5	正方	柱状	褐, 赤
アラナイト (Allanite)	$(Ce,Fe,Ca,Al)Si_3O_{12}$	2~34	0~4	4.15	6	単斜	板状	褐, 黒
フェルグソナイト (Fergusonite)	$Y(Nb,Ta)_2O_5$	1~8	31~37	5.8	7	正方	柱	褐
サマルスカイト (Samaraskite)	$(Fe,Ce)(Y,Er,Ce)_2(Nb,Ta)_2O_5$	0~51	32~46	5.7	5.5	斜方	塊	黒

(レア・アース 1962年 p.19より)

けい光体原料の代表は— レアアースをゼノタイムとバストネサイト含む鉱石は数多いがその代表的なものはゼノタイム (Xenotime) バストネサイト (Bastnaesite) モナザイト (Monazite) などである。もちろんこのほかにユークセナイト (Euxenite) ガドリナイト (Gadolinite) アラナイト (Allanite) セライト (Cerite) フェルグソナイト (Fergusonite) などもレアアース含有鉱物としての代表的なものである。これらの一般的な性質は第2表に示す。またけい光体のイットリウム原料で現在非常に重要なものにカナダのウラン鉱の精錬所の残渣がある。これはカナダ アメリカでのイットリウム工業への重要な原料の供給源となっている。

第2表でも示したようにモナザイトはラウン トリウム レアアースの原料として世界的にも量が大きくまた早くから利用されていたものであるがセリウム

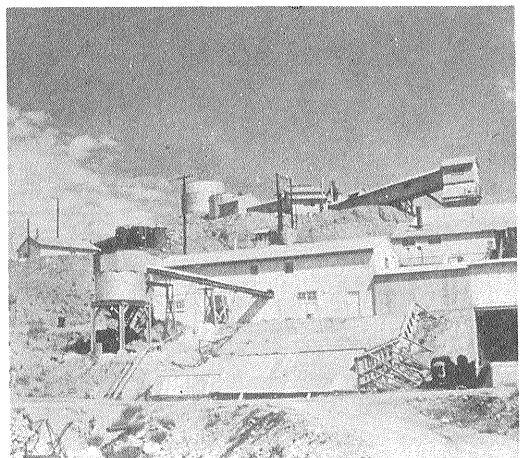
(CeO₂) やランタン (La₂O₃) がとくに多く けい光体原料としてのイットリウム (Y₂O₃) はわずかで0~5%で一般的でないが資源的に多いこととセリウム ランタンを生産してイットリウムを回収している場合が多い。

ゼノタイム はイットリウムの燐酸塩でイットリウム族の酸化物として50~64%も含まれており最もイットリウム含有の多いものでイットリウム生産の主原料になっている。

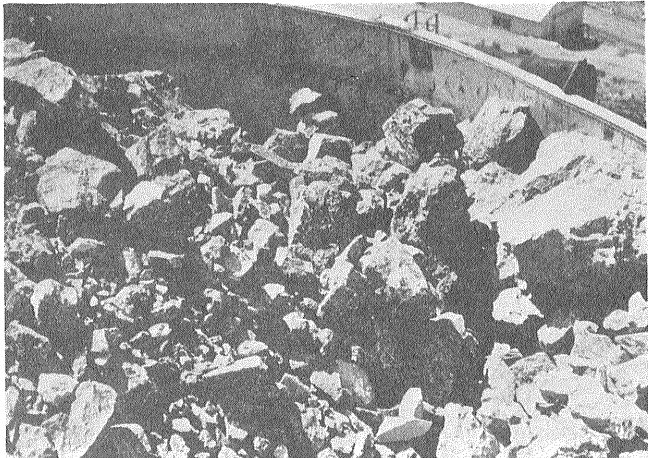
ガドリナイト イットリウム族の酸化物として30~46%を含有しておりほかにベリリウム(BeO)を12%以下含んでおりイットリウム原料として利用されている。

バストネサイト はモナザイトに比べると生産量も多くなくまた鉱床も少ない。レアアース全量で50~70%位を含んでおりモナザイトがトリウムウランの抽出後の塩化物として使用されるのに比べるとバストネサイトは処理が容易である利点がある。もともとこの鉱物はスウェーデンの Bastnäs (Riddarhyttan, Vastmanland) で片麻岩中に層状をなして産するものが原産で現在の生産地はアメリカ コンゴのカタンガ 中部アフリカのウルンディ (Urundi) マダガスカル(マラガシ共和国)ブラジル ソ連などである。このうちアメリカのバストネサイトの鉱床は後述するように世界最大のものととくにこのカラーテレビのけい光体としてのユーロピウムの原料としてクローズアップし世界の注目するところとなっている。

カナダのウラン鉱の残渣中のイットリウムも今や非常に重要なイットリウム資源となっているもので現在操業中4社のうち Rio Algom Mines Ltd. Denison Mining Co. Stanrock Uranium Mining Ltd.



破砕工程の一部 (中央丘の上) トラックで運ばれた鉱石は最上部の貯鉱槽に入れられ破砕→選鉱工程に入る

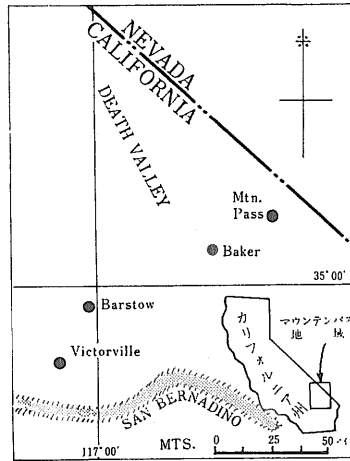


鉱石 トラックからの鉱石はこの貯鉱槽に入れられる。鉱石は現場から直接運ばれるのでサイジングされていない。径5m以上の円錐型の槽(150ト入り)で下部から破砕工程に移される。(ここではレアアースオキシドの品位 10%+)

の3社が アメリカのイットリウム生産者に供給している。この一分析例では Y_2O_3 18%以上ほかのレアアース25%位を含んでいる。

世界最大のバストネサイト 1949年4月 鉱床 マウンテンパス鉱山 にネバダ州の化学分析者の Herb Woodward と山師の Clarence Watkins の両名がカリフォルニア州のネバダ州境に近い Bernardino County の東部の Mountain Pass (付図参照) に近いところで 放射性物質の鉱脈を発見し 直ぐ近くの Sulfide Queen 金山の旧坑で レアアースのカーボネートの鉱体を発見したのが この大鉱床発見のきっかけとなった。その後ネバダ州の鉱山局で放射性物質はトリウムを含むモナズ石であることと レアアース鉱物はバストネサイトであることが確認された。その年の11月には米国地質調査所が地質調査を開始し さらに1950年8月に全般的な調査で新鉱床 (Sulfide Queen 鉱床) を発見した。これらの詳しいレポートは U. S. Geological Survey Professional Paper 261(75pp 1954) に記述されている。一方1950年の2月に現在の鉱業権者 Molybdenum Corp. of America に買収され採掘が開始された。もちろんこのときは セリウム ランタンなどのレアアースを主目的であったので 需要に応じて少規模の生産を続けていた。しかしユーロピウムの分離精製に関する研究開発が成功した1964年に カラーテレビのけい光体としてのユーロピウムの重要性がクローズアップして 新しい精練所の建設と鉱山の採掘規模を増大して現在は、2,000~2,500 トン/月の精鉱を生産している。

この鉱床はプレカンブリヤンの結晶片岩と片麻岩の岩体が南北の走向で 西に35°位傾斜したカーボネート岩体に切られている。この岩体が鉱体であるが 長さ約



第1図
マウンテンパス
鉱山位置図

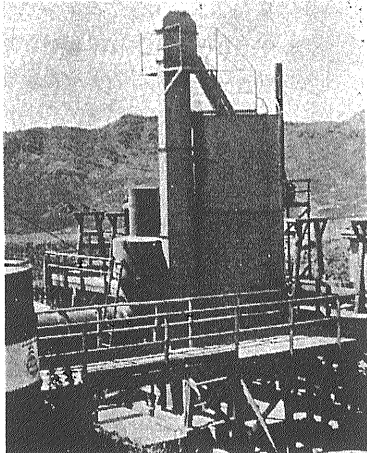
$\frac{1}{2}$ マイル 幅700
フィートの規模で
発達している。
鉱床の一部および
東北部に花崗岩
(閃長岩も含む)
が分布している。
この鉱床は地質調
査所の調査研究に
よって magmatic
origin によるも

ので alkaline magma の岩漿分化の最終生成物であるとされている。

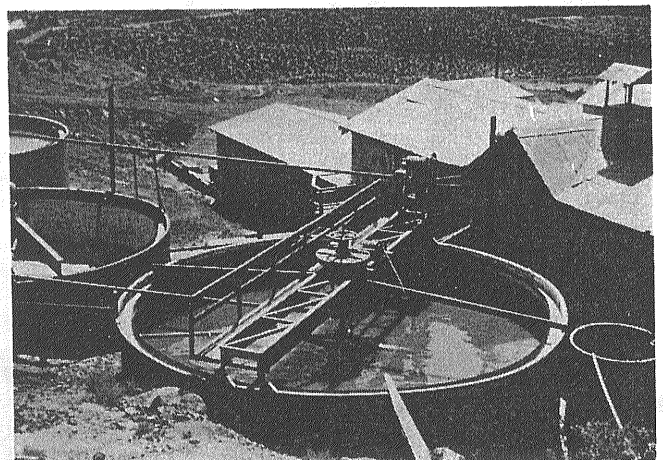
鉱床中のバストネサイトは部分的に60%位含まれ また重晶石も比較的多い。バストネサイト精鉱(60%)の分析例では

REO (レアアースオキシド)	60.4%
CaO	9.0
BaSO ₄	1.1
Ig. loss	20.6
Fe ₂ O ₃	0.6
H ₂ O	0.1
SiO ₂	1.0
MgO	0.3
Fl	6.0
ThO ₂	tr.
その他	0.9
	100.0

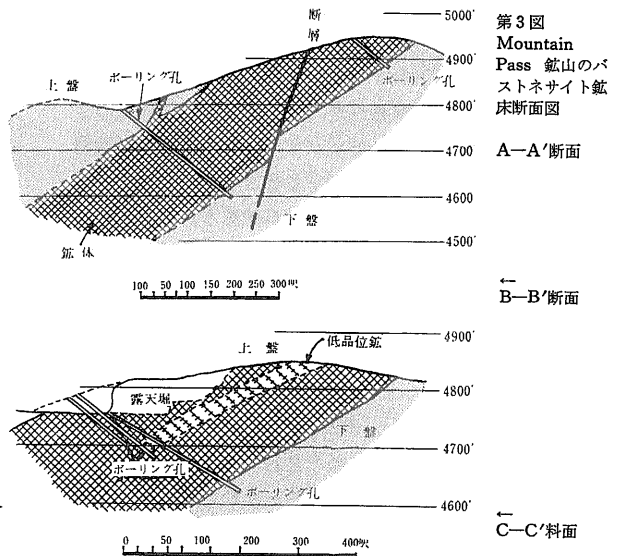
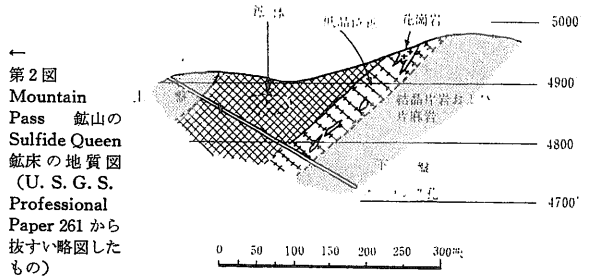
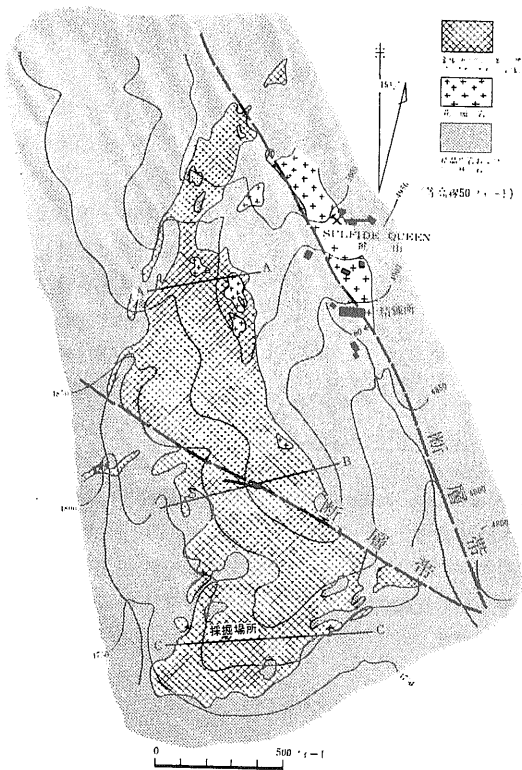
となっており またこの工場で生産されるレアアースのスペックと 分析値は 次頁のようである。



バケットエレベーターおよびオアストレージ 破碎
加熱(150°~180°F) 煮沸(200°F) 冷却を経た原料はバ
ケットエレベータ(中央部)で上に運ばれ 右側の貯鉱槽
に入れらる。この次から精製工程に入る。



リーチングタンク 硫酸によるリーチングを行なう



	スペックリミット	代表的分析値
全希土 (REO)	70.0% min.	75.0%
含有 CeO ₂	52.0% min.	60.0%
各希土/REO 比		
CeO ₂	73.0% min.	80.0%
La ₂ O ₃	14.0% max.	12.0%
Nd ₂ O ₃	9.0% max.	5.5%
Pr ₆ O ₁₁	3.0% max.	2.0%
その他 ReO	1.0% max.	0.5%
Ba+Sr (重晶石として)	10.0% max.	8.0%
F	10.0% max.	9.0%
CaCl ₂ , NaCl	6.5% max.	5.7%
SiO ₂	3.0% max.	2.0%
Fe ₂ O ₃	0.5% max.	0.3%

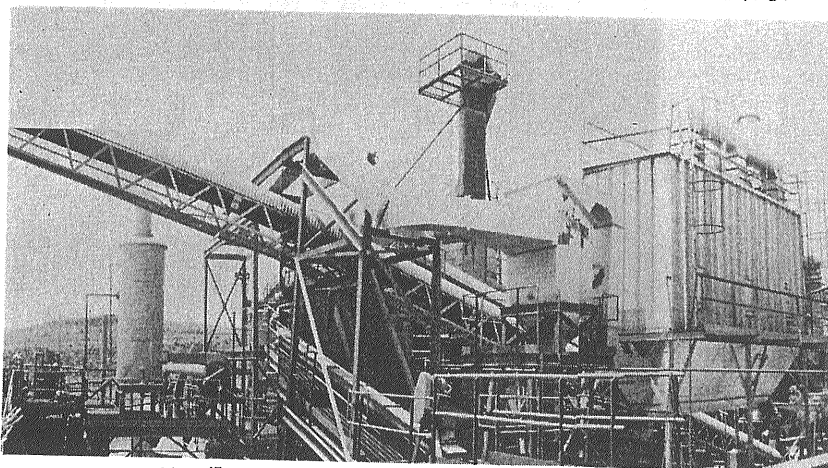
となっている。問題のユーロピウムはこの分析例では表われていないが これはサマリウム (Sm) と一諸に含まれている。またこの鉍石にはイットリウムあるいはイットリウム族はほとんど含まれていない。

現在 Molyco はこの Mountain Pass 鉍山に150万ドルで建設したユーロピウム酸化物の工場を操業している。

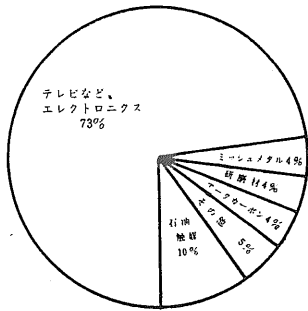
これは前記したような溶媒抽出法によるもので セリウム族分離の商業規模の工場ではアメリカで唯一のものであるといわれる。ユーロピウムの生産能力は年間

16,000ポンドで 従来ポンド当り1,000~1,500ドルで売られていたユーロウムは600ドルで販売されている。

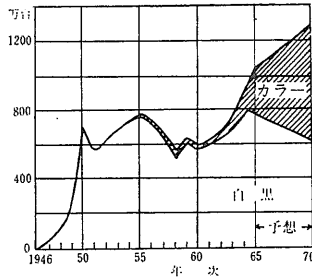
カラーテレビ用けい光体の需要を追い越した世界生産 1965~66年後半までの業界はブームに湧いていた模様であったけれども 原料生産の各社の能力の拡大が急すぎたためと カラーテレビの需要の伸び率が予想より低かったた



工場心臓部 この中で精製の諸工程が行なわれる



第4図 アメリカのレアアースの消費部門比率 ('66年推定金額ベース) Engineering & Mining Journal '66年12月26日号より



第5図 アメリカのカラーテレビと白黒テレビの生産推移 工業レアメタル33号

用) ドイツの Goldschmidt (マラヤその他のガドリナイト ゼノタイム) および英国の Thorium Ltd. (カナダのウラン鉱残渣) があり また日本では 信越化学株の武生工業 (福井県) (Y_2O_3 1トン/月) 日本イットリウム株 [三井金属株 東北金属株 出資] の三鷹工場 (三鷹市三井金属中央研究所内) (現在 Y_2O_3 300kg/月 1年後に1トンの予定) が稼働し

ている。カラーテレビのブラウン管でのけい光体の使用量は 19インチ型につき Y_2O_3 7~10gr E_2O_3 0.5~1gr であるとされている。したがって昭和42年度のブラウン管の生産予想150万本で イットリウム原単位 1本 10gr として実需15トン前後 輸入けい光体もあるので過剰傾向はまぬがれないようである。しかしながら けい光体原料面での問題は アメリカを除く各国の現状はやはり非常に重要な課題として今後も残されることとなるだろう。(筆者は 核原料資源課長)

め 最近のイットリウムやユーロピウム市場は過剰による買手市場となっているようである。またこれのみでなくイットリウムやユーロピウムの生産増に伴いほかのレアアースも同時に生産されるのでこの方面での需要拡大がない限り生産過剰となり始めている。このようなアンバランスはとくにこのレアアース業界の過去からの大きい悩となっている。ちなみにアメリカのイットリウムメーカーの能力を見ると

Michigan Chemical	140,000LBS/年
American Potash Chemical	80,000 "
Yttrium Corp. of America	80,000 "

と 300,000 ポンドあるいはそれ以上の能力があるといわれる。これに対して1967年の需要は100,000 ポンド位と推定されている。このほかフランスの Pechiney 社 (マダガスカル産のモナザイト ゼノタイム使用) フィンランドの Tippy oy (フィンランド産ガドリナイト使

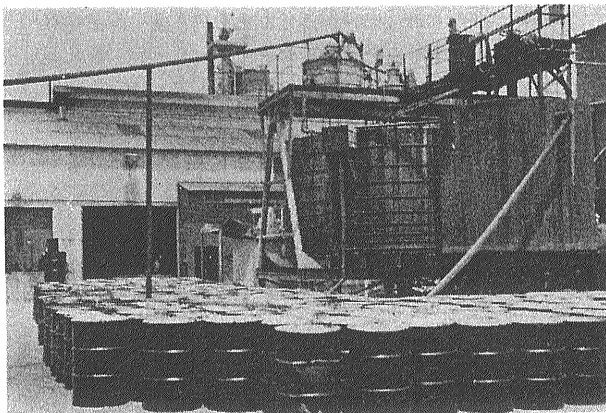
日本のカラーテレビ用ブラウン管の需要 (レアメタルニュース No. 460から) (金額) (単位: 100万円) (数量) (単位: 1000本)

	40年	41年	42年	43年	40年	41年	42年	43年
生産	2,874	17,490	30,000	36,000	118	714	1,500	2,000
輸出	43	2,034	3,500	4,000	1.5	76	150	200
輸入	5	23	30	20	0.1	0.4	1	0.5

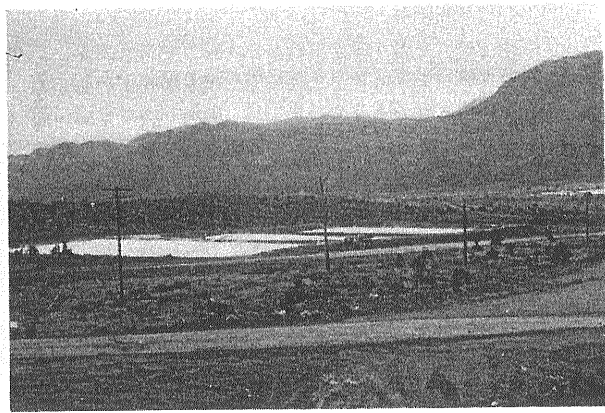
【参 考 文 献】

- (1) レアメタル工業 No. 35 (アルム出版社 1967)
- (2) 新金属工業 No. 138 (新金属協会編 1967年7月号)
- (3) レア・アース (新金属協会編 新金属早わかりシリーズ No. 2 昭37)
- (4) Rare Earths (E & MJ Metal & Mineral Market, Dec, 1966)
- (5) Mineral Information Service Vol. 18, No. 2, p. 33 1966 (California Div. of Mines and Geology, Dept. of Conservation, Res. Agency, State of California)
- (6) Rare-earth mineral deposit of the Mountain Pass District, San Bernardino County, California (U. S. G. S. Prof. Paper 261, 75p, 1954)

おわりに この記事に関し とくにマウンテンパス鉱山に関する資料および写真は最近現地調査をされた和光物産(株)営業部長代理安部庚次郎氏のご好意によるものであることを報告し感謝します。



精製2工程の一部から生産されるランタン(La 60%)はドラム缶につめられ出荷される



ランタン(La) ネオジウム(Nd) プラセオジウム(Pr)の沈殿池 La Nd Pr は沈殿池の形で貯蔵してある 池の長さ約100m 左側から Nd 中央Pr 右 Laで 一池の貯蔵量は 100万ドル位の価格のものだと説明していた