

■ シリーズ特集 ■ 明日を支える資源 (22)

黒鉛資源の現状と将来

Today and Tomorrow of Graphite Resources

渡 辺 勲*

Isao Watanabe

1. まえがき

黒鉛が初めて耐火材料として使用されたのは、15世紀前葉でドイツのパバリア地方で産出する天然黒鉛がるつぼの製造に利用された時である。

そして、1800年代に至り、スリランカに黒鉛の一大鉱床が発見されるに及び、るつぼ用への使用が拡大された。

その後、電氣的に良導体であるなど、多くの特性が生かされ、各分野に幅広く使用されるようになった。

黒鉛は、人造黒鉛と天然黒鉛に分類される。

人造黒鉛は、コークス類を2000℃以上で加熱、あるいは乾留して黒鉛化したものであり、電気黒鉛またはアチソン黒鉛と呼ぶことがある。これらは、電気抵抗炉で造るからであり、また発明者がアチソン氏であるからでもある。

天然黒鉛は、りん状黒鉛と土状黒鉛とに分けられる。世界の天然黒鉛資源の分布には地理的偏りがあり日本では、りん状黒鉛の約90%を中国に、土状黒鉛は約85

%を韓国に依存している現状である。

ここでは、天然黒鉛資源（主に、りん状黒鉛）の現状と将来について概要を述べる。

2. 鉱床

黒鉛は、地理的に割合広く分布している鉱物であって、地球上どこでも存在するものだが、経済的に採掘できる大きな鉱床は限られ偏在している。

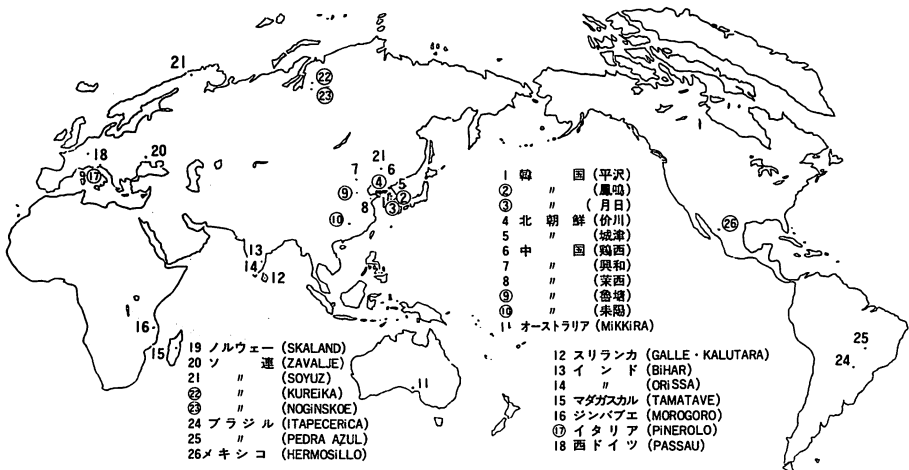
りん状黒鉛鉱床は、中国、ソ連、ブラジル、マダガスカル、スリランカ、ジンバブエ、インドなどにある。

わが国でも岐阜県などに小規模の鉱床があり5～6年前までは生産されていたが、現在は生産されていない。

土状黒鉛鉱床は、韓国、北朝鮮、中国、ソ連、メキシコなどにある。

わが国では、富山、岩手、山口県などで少量産出されていたが低品位のため工業的な用途に適さず現在は生産されていない。

黒鉛鉱床の成因については、多くの説があるが、次



* 黒崎窯業(株)原料室室長
〒806 北九州市八幡東区東浜町1-1

無印：りん状黒鉛 ○印：土状黒鉛

図-1 主な天然黒鉛鉱床

のような説が主力をなしている。

(1)りん状黒鉛

先カンブリア紀あるいは、古生紀前期のような古い岩石が地殻変動を受けて著しく変成され再結晶して、片麻岩、片岩、あるいは結晶質石灰岩などになっている場合が多いが、これら変成岩が変成作用を受けた時、岩漿から揮発成分 (CO, CO₂) が岩石中に浸透し、還元されて再結晶したと考えられているのが大部分である。

また、スリランカ産のような黒鉛は、深部において、石灰岩がケイ酸に富んだベグマタイトなどに接触し、その気成作用により分解し炭酸ガスを生じ、これが地下で高温、高圧のため、炭素に還元され、更に黒鉛化し、岩石の割れ目に成長し、黒鉛脈を形成したと考えられているものもある。

狭義には、前者をりん状黒鉛 (Flake Graphite)、後者を結晶黒鉛 (Crystalline Graphite 又は Vein Graphite) と称する。

(2)土状黒鉛

石炭層が主として、熱変成作用を受けて、極めて微晶質の黒鉛になったもので、半りん状のものから無煙炭に近い状態のものまでである。

3. 産出状況と組成

3.1 採掘

りん状黒鉛鉱床では、採掘対象になる鉱石は、一般に黒鉛を5~20%しか含有していないので経済面より地表の薄い鉱床が採掘対象になっている。

ほとんどの鉱床は、露天の手掘りであるが、規模の大きい鉱床では、階段式切り羽が整備され、機械化されているところもある。

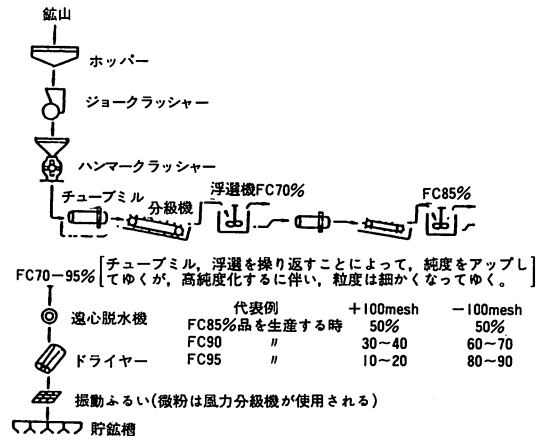
一部には、産出したままで鉱石の純度が高いスリランカ黒鉛のような鉱床では抗内掘りが行われている。

土状鉱床は、採掘対象になる鉱石は炭素含有量が70%以上であり、結晶の発達した深部のものであるので抗内掘りが多い。

3.2 選鉱

りん状黒鉛のうちで、鉱石の純度が高いスリランカ黒鉛などは、手選するだけか、粉碎し圧扁ロールにかけふるい分けし、夾雑物 (灰分) を減少させるだけで良質な黒鉛になるものもあるが、一般には、りん片状の結晶は水に浮きやすいので、鉱石を粉碎し、選鉱剤を選び浮遊選鉱を繰り返すことで高純度化が行われるが、この方法では、固定炭素分95%までが限度であり、

(1) 普通品



(2) 特殊品

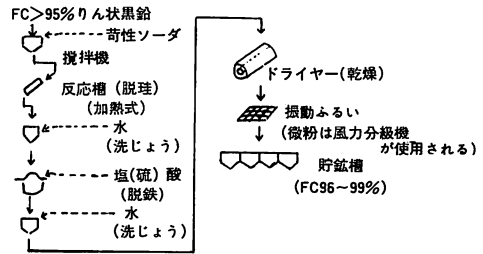


図-2 選鉱フローシート

これ以上の純度を得るためには、化学及び電気精錬処理を行わなければならない。

代表的な選鉱工程を図-2に示す。

土状黒鉛は、りん状黒鉛にくらべ結晶が細かく、通常塊状である。

採掘対象になるものは、固定炭素分が多いので、粉碎し、ロータリーキルン式の焙焼炉で焼成し、揮発分、水分を追い出すだけで成品化されている。

更に、高純度化をはかるために浮遊選鉱を行っているが、りん状黒鉛のように容易でない。

3.3 鉱石及び品位

りん状黒鉛は、りん状、葉状、針状を呈し、銀黒色の強い金属光沢をもっている。

電氣的に良導体で高温に耐え、化学的に安定で、潤滑性があり、熱膨張率が小さいなどの特徴がある。

品位は、固定炭素 (Fixed Carbon=FC)、揮発分 (Volatile Material=VM)、灰分 (Ash=A) で表わされ、FCが高いものほど良質である。しかし、産地や成因によって、結晶の大きさ、形状、完全さ及び夾雑物の種類や量が異なる。これらの特性により品質が左右される。

表1 天然黒鉛の品位例

(単位: wt %)

	固定炭素	揮発分	灰分	灰分の組成							
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
りん状黒鉛											
中国(黒龍江省)	85.54	2.84	11.62	54.14	0.66	13.20	13.59	14.14	0.78	0.23	1.64
(内 蒙 古)	86.93	2.31	10.76	45.53	0.83	15.53	28.67	3.49	4.50	0.45	1.72
(山 東 省)	89.25	1.82	8.93	48.16	1.20	20.16	16.16	2.81	7.64	1.20	3.20
マダガスカル	91.00	2.10	6.90	38.21	0.29	32.99	25.48	0.26	0.25	0.35	0.15
スリランカ	87.60	1.46	10.94	57.52	0.30	15.75	14.05	2.00	2.87	3.11	3.28
インド	88.33	2.03	9.64	51.94	0.91	25.35	10.84	2.64	4.65	0.37	2.12
北朝鮮	85.75	2.28	11.97	51.84	1.20	23.07	17.11	2.88	2.19	0.50	1.48
ソ連(TZ)	91.43	1.86	6.71	52.88	0.47	26.51	12.94	1.18	3.92	0.42	1.84
土状黒鉛											
北朝鮮(价川)	82.12	4.24	13.64	52.84	1.72	27.36	5.83	3.45	1.04	1.64	3.92

資料: 黒崎窯業(株)技術研究所

表2 天然黒鉛の主銘柄と品位

(1) りん状黒鉛

	サイズ	F. C.
(イ) 中国産		
599 (5:サイズ 50 mesh 99: F. C. 99%) =	+ 50 mesh > 80%	> 99%
885 (8:サイズ 80 mesh 85: F. C. 85%) =	+ 80 mesh > 80%	> 85%
〔サイズ 32 mesh - 325 mesh, F. C. 70% - 99.9%〕		
CLG 90 (CHINA LARGE GRAPHITE 90) =	+ 40 mesh > 80%	> 90%
CMG 90 (CHINA MEDIUM GRAPHITE 90) =	+ 60 mesh > 80%	> 90%
CFG 90 (CHINA FINE GRAPHITE 90) =	+ 90 mesh > 80%	> 90%
CPG 90 (CHINA POWDER GRAPHITE 90) =	+ 120 mesh > 80%	> 90%
V 85 (未整粒品 A, B, C, D) = A: + 80 mesh > 50%		> 85%
	B: + 80 mesh > 40%	> 85%
	C: + 80 mesh > 30%	> 85%
	D: + 80 mesh > 20%	> 85%

(ロ) マダガスカル産

LARGE FLAKES	= + 40 mesh > 75%	85/89.5-94.1%以上
MEDIUM FLAKES	= + 40 mesh > 25%	75/80-95%以上
FINE FLAKES	= + 60 mesh > 75%	70/75-95%以上

(ハ) スリランカ産

BL 9092 (BOGALA 鉱山産 LUMPS)	= + 10 m/m	90-92%
BB 9092 (BOGALA 鉱山産 BOLD CHIPS)	= 5.0-1.7 m/m	90-92%
BF 9092 (BOGALA 鉱山産 FINE CHIPS)	= 1.7-0.5 m/m	90-92%
BC 9092 (BOGALA 鉱山産 CHIPPY DUST)	= 5.0-0 m/m	90-92%
BP 9092 (BOGALA 鉱山産 POWDER)	= 0.075 m/m > 85%	90-92%

〔KB 9092 = KOLONGAHA 鉱山産 BOLD CHIPS で

F. C. 90-92 を表わす。F. C. は 7075 - 9799,+99)〕

(ニ) ソ連産

GT-1 (旧称 TZ)	= + 65 mesh = 75%	> 91.5%
GE-3 (旧称 EZK=GE-2 と EZM=GE-4)	= + 100 mesh = 10%	> 92%

(2) 土状黒鉛

F. C. 90%品位の鉱石は少量産出されている(重液選鉱すれば可能)が、一般には F. C. 70-85%であり、銘柄は産地名で呼ばれている。

例えば、りん状黒鉛は、りん片の大きいものが純度、耐酸化性の両面において最も好ましく、Vein Graphiteはこれよりもやや酸化されやすく、土状黒鉛は最も酸化されやすい。

表1に示すように産地によって灰分の組成が異なっているため、その特性をよく把握して使い分けする必要がある。

土状黒鉛は、土状または土塊状を呈し、非晶質で無煙炭に似ているが幾分光沢に富み、やや揮発分が少ない。一般には、5%以下であり、固定炭素は70~85%である。

(4) 鉱量

りん状黒鉛は、主生産国になった中国の鉱量は、山東省で約1億t、内蒙古自治区で約5千万t、黒龍江

表3 世界の主要生産国の天然黒鉛生産量

りん状黒鉛生産国	生産能力 (t/年)	1987年 生産量 (t/年)	製品サイズ	
			100 mesh 以上(%)	100 mesh 以下(%)
中国(黒龍江省) (内モン自治区) (山東省)	29,000	25,000	30	70
	15,000	15,000	60	40
	70,000	60,000	65	35
	114,000	100,000		
*スリランカ	10,500	10,000	塊	状
*ソ連(ZAVALJE) (SOYUZ 他)	40,000	38,000	20	80
	40,000	35,000	20	80
	80,000	73,000		
インド(BIHAR州) (その他)	5,000	4,000	40	60
	5,000	3,500	20	80
	10,000	7,500		
*ノルウェー(SKALAND)	12,000	10,000	15	85
マダガスカル	25,000	20,000	80	20
ブラジル(PEDRA AZUL) (ITAPECERICA)	30,000	25,000	60	40
	6,000	5,000	20	80
	36,000	30,000		
ジンバブエ	18,000	12,000	40	60
*西ドイツ(PASSAU)	8,000	6,000	20	80
計	313,500	268,500		
土状黒鉛生産国	生産能力 (t/年)	1987年 生産量 (t/年)	固定炭素 (%)	
韓国*	(慶州北道鳳鳴)	30,000	26,000	80/83/85
	(慶州北道月明)	40,000	36,000	>78
	(その他)	6,000	4,000	70-85
		76,000	66,000	
北朝鮮*	(平安南道价川)		30,000	>80 (83/84)
	(その他)		50,000	70-85
			80,000	
中国*	(湖南省魯塘)		50,000	75/80/83/85/87/88
	(その他)		30,000	70-85
			80,000	
メキシコ*	(SONORA州)		60,000	80-85
	(その他)		10,000	70-85
			70,000	
ソ連*	(NOGINSKOE他)		30,000	>78
計		326,000		

注(1) *印のみ坑内掘り、他は露天掘りである。

(2) 製品サイズは、固定炭素85%での収率(90%になれば、100mesh以上が少なくなる)

(3) 主な産地で、他にも生産国はあるが、規模は大きくない。

資料：筆者の現地調査及び情報収集による。

省で約5千万t、他産地を含むと約3億tは下回らない。世界的には、ブラジルなどを含め数億tになる。良質なりん状黒鉛の収率を10%とすると数千万tの単位になるので、現在の世界の使用量からみて、100年以上は充分にあるといえる。

土状黒鉛は、韓国産品が品質良く鉱量は、数千万tといわれている。世界的には、数億tであろう。

4. 生産量

天然黒鉛の主な生産量は表3に示す如くであるが、小規模な他国の生産量を含むと世界の生産量は、1987年、りん状黒鉛で約30万t、土状黒鉛で約40万tであるので天然黒鉛としては、約70万tになる。前述の如く、わが国では、生産されていない。

5. 日本の輸入状況

りん状黒鉛は、1975年の国内生産量は、約700tで、輸入は11065tと現在の約1/3であり、このうち約2/3がソ連産であった。

1978年にソ連のサバリエ鉱山（キエフから南へ約200km）において採掘していた鉱床が川底に当り生産量が落ち国内需要とコメコン諸国へ出荷する位の量しか採掘出来なくなったため西側諸国への輸出を中止せざるをえなくなり日本への供給が削減された。

また、1979年6月にスリランカのボガラ鉱山の採掘鉱石搬出用ホイスト事故により長期減産を余儀なくされた。

一方、耐火物用の需要が急増し、玉不足気味になった。

1981年には、ソ連からの供給が全面的にストップしたため中国産品へと転換せざるをえなくなり、中国側にこの需要増に応えるべき増産の要請を行った。

当初は、品質が不安定であり、使用上困難を生じていたが最近、充分とはいえないが、品質が安定したものが入荷するようになり日本の輸入品の約90%を占めるようになった。

土状黒鉛は、韓国産品が品質良好で、埋蔵量も豊富である。わが国にとって、最も近いという利点もあつ

表4 天然黒鉛輸入状況（単位：t）

歴 年	1975	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
(りん状黒鉛)									
中 国	670	16,224	16,535	23,267	21,856	31,919	27,491	26,915	29,274
マダガスカル	1,208	1,686	1,609	1,267	1,187	924	1,611	1,437	540
ジンバブエ	0	0	0	88	495	530	105	0	0
スリランカ	790	2,106	1,385	533	849	1,570	1,298	1,212	2,268
イ ン ド	0	1,661	701	730	453	253	180	189	78
ブラジル	0	1,623	437	1,298	910	51	150	202	379
アメリカ	0	0	0	48	0	2	0	104	88
カナダ	0	0	0	0	0	0	0	0	85
西 独	0	0	18	47	0	0	0	0	3
北 朝 鮮	503	430	127	0	0	1	30	31	119
台 湾	0	0	25	0	0	0	0	0	0
ソ 連	4,457	2,835	1,062	22	0	0	0	0	183
計	7,628	26,565	21,899	27,300	25,750	35,250	30,874	30,090	33,017
(天然黒鉛) (全重量の75%以上が105umのふるいを通するりん状黒鉛)									
中 国	399	4,811	4,860	5,612	5,863	7,099	3,949	3,451	3,030
韓 国	130	3	1	2	0	0	51	69	30
マダガスカル	0	0	0	0	10	48	0	0	0
スリランカ	0	567	46	12	68	141	201	559	60
イ ン ド	0	9	56	300	200	200	0	0	0
ブラジル	0	540	296	0	0	0	9	34	221
アメリカ	42	88	91	116	115	141	168	153	148
西 独	0	24	22	17	21	29	36	9	11
ノルウェー	0	16	0	0	0	0	0	0	0
ソ 連	2,866	2,221	226	90	0	0	0	0	195
計	3,437	8,279	5,598	6,149	6,277	7,658	4,414	4,275	3,695
(土状黒鉛)									
韓 国	27,448	26,085	19,304	13,600	20,717	30,829	37,989	19,412	48,856
北 朝 鮮	18,522	8,496	5,628	5,970	1,400	11,025	5,380	4,275	6,356
中 国	246	180	250	119	50	236	200	578	2,342
そ の 他	357	0	18	0	1	11	0	14	2
計	46,573	34,761	25,200	19,689	22,168	42,101	43,569	24,279	57,556

資料：大蔵省通省関統計による

表5 りん状黒鉛使用状況 (単位: t)

歴 年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
(耐火物)								
中 国	12,500	16,000	16,800	20,340	26,500	24,650	19,250	21,870
マダガスカル	900	1,300	1,050	900	700	600	800	350
スリランカ	50	150	100	50	50	750	600	760
ソ 連	1,000	30	20	0	0	0	0	0
そ の 他	3,550	3,250	3,230	2,150	950	0	0	0
計	18,000	20,730	21,200	23,440	28,200	26,000	20,650	22,980
(黒鉛精錬)	(約65%が鋳物用)							
中 国	3,660	4,530	6,110	5,520	6,120	6,290	5,610	5,230
マダガスカル	100	10	100	110	160	170	120	140
スリランカ	1,500	960	740	790	930	860	840	990
ソ 連	2,130	1,220	420	70	10	30	80	20
そ の 他	170	90	330	550	180	130	0	20
計	7,560	6,810	7,700	7,040	7,400	7,480	6,650	6,400
(るつば)								
中 国	350	1,850	2,050	2,050	2,100	2,030	2,180	2,160
マダガスカル	600	270	110	90	160	200	80	0
スリランカ	100	100	40	50	250	50	40	40
ソ 連	440	260	180	10	0	20	0	0
そ の 他	30	0	0	0	0	0	0	0
計	1,520	2,480	2,380	2,200	2,510	2,300	2,300	2,200
(使用計)								
中 国	16,510	22,380	24,960	27,910	34,720	32,970	27,040	29,260
マダガスカル	1,600	1,580	1,260	1,100	1,020	970	1,000	490
スリランカ	1,650	1,210	880	890	1,230	1,660	1,480	1,790
ソ 連	3,570	1,510	620	80	10	50	80	20
そ の 他	3,750	3,340	3,560	2,700	1,130	130	0	20
総 計	27,080	30,020	31,280	32,680	38,110	35,780	29,600	31,580

資料：耐火物協会・黒鉛精錬協議会・黒鉛坩堝同業会・炭素協会の資料に基づいて筆者が推定したもの。

て、わが国の全需要量の約75%を韓国よりの輸入に頼っているのが現状である。

6. 用途

黒鉛は、電気の良い導体で、化学的に極めて不活性であり、耐火性と潤滑性が優れているので、炭素工業の主原料として、耐火物、黒鉛るつば、鋳物、潤滑材、鉛筆、炭素電極、電刷子などとして広く使用されている。

りん状黒鉛は、戦前には、主に電極用として使用されていたが、石油コークスなどから製造された人造黒鉛に置き換わって全く使用されていない。現在は、表5の如く耐火物、黒鉛精錬用、黒鉛るつばなどに使用されている。

土状黒鉛は、灰分の除去が難しく、酸化されやすく、結晶の形状からして、耐火物用としては、不定形耐火物に少量(2500t/年)使用されているにすぎない。

大部分は鋳物の塗型材に使用されている。他にカーバイト、フェロアロイなどの自焼式電極の原料、乾電池の炭素棒及び煉炭などに使用されている。

6.1 耐火物

従来は、転炉用タードロマイト煉瓦、黒鉛質ストッパーヘッドなどに主に使用されていたが、10年程前よりマグネシア・カーボン煉瓦、5年程前よりアルミナ・カーボン煉瓦の使用が急増した。

現在使用されている黒鉛は、一部を除いて天然りん状黒鉛である。その品質要件は、固定炭素量が高く(85%以上)粗粒(100mesh以上)であればあるほど良好とされている。

ただし、供給状況及び経済性などから100mesh以下(鉱床からみて発生が多く、価格は粗粒品より安い)の使用が拡大されている。

6.2 黒鉛精錬用

黒鉛精錬業界は、りん状黒鉛を粉碎、精製、ふるい

分けなど加工を行い、最終需要者、すなわち鋳物、鉛筆、電刷子などのメーカーの用途に応じた精製黒鉛を製造し出荷している。

製造されるものでは、鋳物の塗型材が最も多い。

これらに使用されるりん状黒鉛は、主にC級品(FC≒80%、サイズ80~150mesh)、D級品(FC≒80%、サイズ150mesh以下)であるが、時には、更に高級品が使われることもある。

6.3 黒鉛るつぼ

黒鉛、耐火粘土、ロウ石を配合し、成形、焼成して造られる黒鉛質るつぼには、FC85%以上、サイズ80mesh以上の粗目で高純度のものが使用されている。

黒鉛るつぼの使用は、アルミ合金(自動車関係)、銅合金用である。

7. 黒鉛資源の将来

7.1 天然黒鉛の需要の見通し

るつぼ用に始まり、現在まで各種の用途に使用されてきた。

りん状黒鉛は、最近、特に耐火物用が急増し、全需要の約4%を占めるようになってきているが、これ以上の大幅な使用増は考えがたい。

しかし、同種の耐火物が世界的に普及する傾向にあることや粗目で高純度のものが要望されていることなどは注目しておかねばならない。

黒鉛精錬用の約65%を占める鋳物向けは、自動車工場の海外立地によって自動車用鋳物需要が減っており、現在の440万t/年が2年後には、300万t/年になることが予想されるので減ってくる。

また、黒鉛るつぼ用は、円高ドル安により製品の輸入が増えてくることや、黒鉛るつぼを使用しなくてよい連続溶解炉が検討されているなどを考えると減ってくるであろう。

土状黒鉛は、主な輸入先の韓国々内で燃料用(煉炭原料)及び製鋼用への用途が毎年増えており売手市場

の傾向にあるが、わが国での需要は、大幅な使用増はないであろう。

7.2 天然黒鉛の供給の見通し

供給能力、品質に加え日本に最も近いという利点もあって、りん状黒鉛は、約90%を中国から、土状黒鉛は、約75%を韓国からの輸入に頼っている。

幸なことに隣国である中国、韓国に豊富な鉱床があるうえに、開発に要する経費及び時間は、さほどかからないので量的には問題ない。

また、最近、オーストラリアのMikkira黒鉛(埋蔵量320万t、黒鉛の収率は、平均6%)の再開発も計画されている。

しかし、品質的にみて、粗目で高純度品の産出量が少ないことを十分に理解しておかねばならない。

8. まとめ

天然黒鉛資源のりん状黒鉛、土状黒鉛とも、埋蔵量と現在及び今後の需要の推移からみて、量的には問題にならない。

しかし、特にりん状黒鉛については、良質のものが今後とも、コンスタントに供給されるかどうか、いづらか疑点が予想される。

現在、りん状黒鉛、土状黒鉛の全需要を輸入に頼っているわが国にとって、中国、韓国は今後とも重要な供給国であるので資料の収集及び現地調査などを行い、相互の交流を頻繁に行って理解を深めてゆくことが重要である。

また、安定需給の一環として、黒鉛連絡会(炭素協会、黒鉛精錬協会、黒鉛坩堝同業会、耐火物協会)を定期的に行っており、今後とも、この会合を有効的なものにしてゆくことが必要である。

参 考 文 献

- 1) 吉田國夫; 鉱物産の知識と取引き(新版増補)
- 2) 山田正春; 世界の天然黒鉛資源について