

高島炭礦における 炭層中の耐火粘土質頁岩

家 坂 貞 男 (三菱鉱業、高島鉱業所)

1 まえがき

昭和37年に九大工学部向山教授が当炭礦において粘土鉱物による地層対比を研究中、夾炭層中の頁岩質夾みがカオリンを主体とする良質の耐火粘土であることを発見された。その後この有効利用を旨として各種の品質試験、採取方法などの検討を進めてきたが、耐火度SK35~36十、その他品質的にみて、この種の頁岩粘土としては本邦でも稀にみる極めて良質な耐火材原料であることが逐次判明してきた。

本耐火粘土は当礦のみならず、高島炭田内に広く賦存し、隣接崎戸松島炭田の炭層中にも同質のものがみられ、未利用資源として将来広く活用される可能性も考えられるので、参考迄に当礦のもの概要を紹介する。

2 地質概況と耐火粘土の産状

当礦は長崎港より西南方約15Kmの海上にある海底炭礦で、更に5Km南にある端島炭礦と共に高島炭田の南部に位置している。

本炭田は白亜系を基盤として下位より古第三紀の赤崎層・二子島層・端島層・沖ノ島層・伊王島層があるが、このうち端島層は主要稼行炭層を含む夾炭層で200m前後の厚さを有し、下位より新五尺層・十八尺層・磐砥五尺層・胡麻五尺層・上八尺層の各炭層を夾在し現在上八尺層を除く4層を稼行している。炭質は低灰分・低硫黄・高カロリーの粘結炭

で、高級原料炭としてその品質には古來定評がある。

夾炭層中の岩石のうち耐火度の高いものは炭層の上下盤や夾みなどに見られるが、特に胡麻五尺層の「胡麻ジメ」(以下胡麻頁岩と称する)は、胡麻五尺層の山丈約5mの中心に夾在する厚さ10~15cmの夾みで、厚さ・品質共にほぼ安定しており、これが耐火粘土として回収の対象となっている。この胡麻頁岩は胡麻五尺層だけに見られる暗灰乃至暗黒色のカオリナイト質の一種の炭質頁岩で、この下半部にゴマと称する灰色斑点があり、他の普通の夾みや上下盤の頁岩とは肉眼的に容易に識別が出来るという利点がある。胡麻頁岩は当礦のみならず隣接する端島礦、日鉄伊王島炭礦および旧香焼炭礦の夫々胡麻五尺の相当層に普遍的に見られ、その賦存状態は極めて安定し良好な鍵層として利用されていた。

3 品質および耐火度

胡麻頁岩はゴマの状態により肉眼的に次のA・B・Cの3型に便宜的に区分している。

- A型…黒色~暗灰色ゴマ斑点の密集したもの。
- B型…白色~灰白色ゴマ斑点の目立つもの。
- C型…白色~灰白色ゴマ斑点の一部又は大半が流紋状に乱れて不鮮明になっている。

B型はA・C型の中間型で品質的には漸移している。C型は稀塩酸で発泡し化学分析値ではA~B型に比してCaO MgO Fe₂O₃が多く、X線回折図ではCaCO₃(時には、

端島区域

二子区域

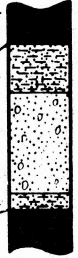
地層名	炭層名	炭厚	柱狀	硬厚	累計	備考
		m		m	m	
	上八尺層	2.50			2.50	
	A層	1.00		0.30	2.80	
					3.80	
					83.60	87.40
	胡麻五尺層	1.10		0.05	88.95	
		0.40				
					72.30	161.25
	磐砥五尺層	2.00		0.10	163.25	探掘中
	龜三尺層	1.00			163.35	
					164.35	
				3.30	167.65	
	一丈層	2.70		0.10	170.35	
		1.20			170.45	
	二尺 一尺層			0.40	171.05 171.65	
	十二尺層	4.20			176.25	
				1.00	177.25	
	四枚層	1.00		0.73	179.88	
		0.90				

地層名	炭層名	炭厚	柱狀	硬厚	累計	備考
		m		m	m	
	上八尺層	2.12			2.12	
		1.00		1.21	3.33	
					4.33	
					110.00	114.33
	胡麻層	2.00		0.30	118.48	
		1.00				
				0.15 0.10		
	磐砥五尺層				11.40	129.88
		1.40			131.28	
				0.90	132.18	
	龜三尺層	0.60			132.78	
				3.00	135.78	
	十八尺層	4.00			139.78	
					8.00	147.78
	底三尺層	0.60			148.38	
				0.30	20.00	168.38
	新五尺層	0.80		0.45		
		0.80		0.35		
		0.80			172.28	

胡麻頁岩柱狀
及耐火度

上層 SK 35+
中層 SK 34+
下層 SK 35+

混合 SK 34+



第 1 圖 岩層柱狀圖

第1表 胡麻頁岩化学分析表

型	S K %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	灼熱減量	SiO ₂ Al ₂ O ₃	備考
A	36+	52.25	42.34	0.36	0.88	0.32	0.14	0.17	0.84	(26.2)	1.09	800°C
A	35+	39.93	35.10	0.61	0.65	1.88	0.14	0.20	1.24	20.58	1.14	原鉱100°C
A	35	43.8	37.0	0.6		1.3	0.2			15.3	1.18	"
B	31	45.8	39.0	0.6		1.4	0.3			14.3	1.17	"
B		39.43	36.88	0.86		2.36	1.12			19.22	1.07	"
C	16	37.4	31.3	1.8		9.1	1.1			17.4	1.19	"
C	14	40.3	31.8	2.1		7.7	1.2			13.7	1.27	"
新上 五尺層 磐岩	27	65.64	22.98	2.66	1.14	0.49	0.71	2.20	1.73	(2.17)	2.86+	800°C

()は800°C焼成品分析時の灼熱減量

MgCO₃も)が明瞭に認められることから、白色斑点乃至流紋状部分はCaCO₃を主とする炭酸塩によって汚染されているものと思われる。特にC型は炭層中の小断層、磐折れ又は小褶曲などの附近に多く認められるので、二次的に汚染されたものと思われる。

耐火度はA型が最も高く、SK35~36+、B型は30~35、C型は20前後(ゴマ部分のみで20以下のことが多い)である。尙耐火度の表示表はJISで規定されているが、一定条件で加熱した時、標準ゼーゲルコーンと同一又は最も近い軟化変形状態を示したゼーゲルコーンの番号をもって表示するのでSK35とはSK35のゼーゲルコーンと同時に、熔倒したもの、SK36+はSK36のゼーゲルコーンよりおくれで熔倒したことを示している。SK35および36の軟化熔倒温度は夫々1,770°Cおよび1,790

°Cである。普通SK26以上のものを耐火粘土と称しているが、鉍業法ではSK31以上のものとされている。

当鉱におけるA・B・C各型の賦存量比は地質状況により変動するが、坑内調査結果では、A型60~65%、B型20~15%、C型20%程度で、回収選別したものをA型62%、B型22%、C型16%であった。

構成鉍物はX線分析によれば、若干の炭質物以外は殆んど全部がカオリナイトで、その結晶度の高い代表的な例として引合いに出される「関白カオリン」のチャートと極めてよく一致している。又化学分析値でCaOに富むもの程CaCO₃のピークが顕著に認められ、特にC型ゴマ流紋部に著しい。

分析表の灼熱減量はカオリナイト(2SiO₂・Al₂O₃・2H₂O)の結合水分の理論値13.9%よりやや高い値を示しているが、高

第2表 CaO, Fe抽出試験成績表

原 鉱				抽 出 率						重 量 減 少		
				CaO %			Fe %			%		
粒度区分	重量%	CaO %	Fe %	一時間	二時間	三時間	一時間	二時間	三時間	一時間	二時間	三時間
+15.9 m/m	2.443	2.51	0.66	2.56	3.13	2.30	7.8	3.3	13.4	1.4	2.8	2.5
15.9~9.52	3.927	1.93	0.57	2.57	3.42	4.20	12.0	14.7	28.3	3.0	3.1	2.2
9.52~4.76	18.92	1.71	0.72	5.58	4.65	5.47	19.4	19.4	23.7	4.7	4.2	7.0
-4.76	17.38	2.08	0.57	8.60	9.30	9.30	5.26	5.80	5.95	7.0	4.2	7.2
計	100.00	2.06	0.62	39.3	45.5	46.7	19.4	16.2	27.6			

目のもの程肉眼的にも暗黒色の炭質頁岩であり可成りの石炭分を含んでいるものと思われる。原鉱の見掛比重は2.3~2.5、嵩比重は1.4 (t/m³)程度である。

C型の耐火度低下は主としてCaO, MgO, Fe₂O₃などの成分に起因するとされているが、塩酸抽出試験を実施してみると、CaOでは全CaOの約50%、Feでは約30%が除去される。塩酸処理後の試料の耐火度は略々SK35+に快復し、X線回析図でもCaCO₃のピークは消失している。

以上の事実より胡麻頁岩はゴマの外観による分別により、耐火度の低いC型は除去が可能であり、C型も酸処理により耐火度が向上することが判明した。然しC型の酸処理による耐火度向上については、

- (1) CaCO₃除去に要する塩酸量 (CaCO₃ 10%, 35% HClとして) は理論値で約、210kg/tを要し、これによる処理費の増加。
- (2) 処理後の産物の耐火材としての適性およ

び海水洗滌の成品に対する影響。

- (3) 塩酸処理方法 (含廃棄塩酸) および塩酸による諸機械への影響。

等、問題が多く、現段階では到底採算的には引合はない。この他C型をアルミナ生成用原料としても検討してみたが具体化するに至っていない。

4 胡麻頁岩の回収

胡麻頁岩は胡麻層下段払で石炭と一緒に採掘され、他の炭層からの原炭と混って坑外の原炭ポケットに搬入され、選炭機にかけられる。胡麻下段払の払長は150m、月進行は50mであるので、胡麻頁岩の理論採掘量は、150m × 50m × 0.12m × 2.4 = 2,160tであるが、実際の回収量は月に100~150tであるので僅かに4.6~7%に過ぎない。これは採炭切羽から選炭機に至る間に幾多のポケットを落下經由し、更に選炭過程に於ても著しく破碎されてしまうので、回収場所である水洗硬ベルトに於ては特徴的なゴ

マ部分と高耐火度部分とが分離してしまい、そのために見落されてしまうことに大きな原因がある。尚、全水洗硬からの回収率は0.5~0.8%であるが、この水洗硬全体の耐火度は二子鉱でSK7~10、端島で20以下である。

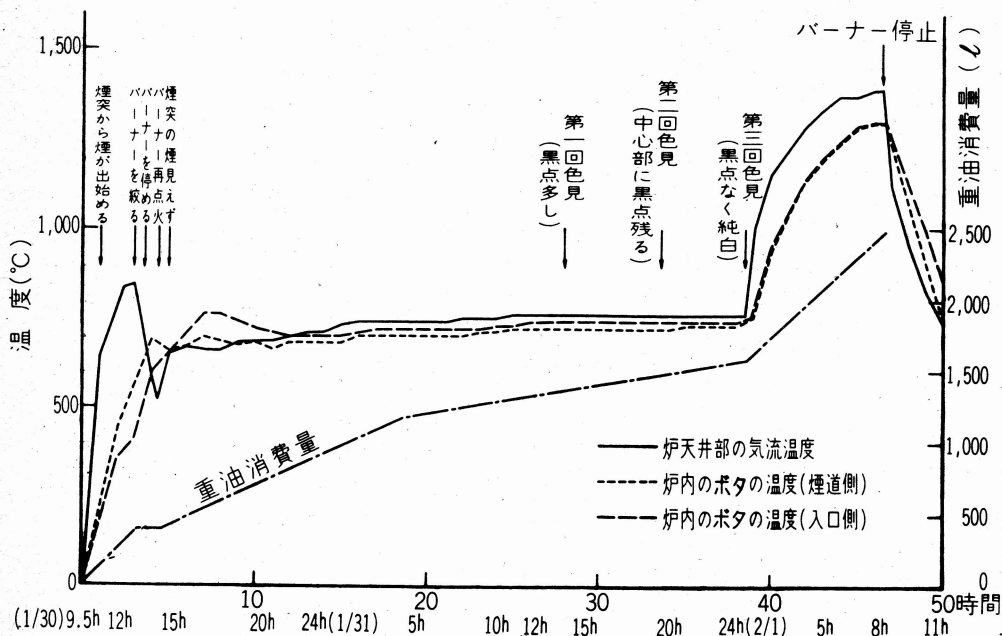
当初は当鉱で直接回収、選別を実施していたが、A~B型(保証品位SK34と35+)で月に僅か40t程度にすぎなかったので一時中止し、40年度以降はシャモットメーカーが回収、焼成を一貫して実施しており、品質はA~B型に若干C型の混じたものを月に100~150t程回収している。

5 シャモット焼成について

当鉱では坑内から坑外にパイプで誘導している炭層ガス(メタンガス)が約100m³/分(濃度約60%)もあり、ボイラーや自家発電所で燃料として使用しているが、この余剰

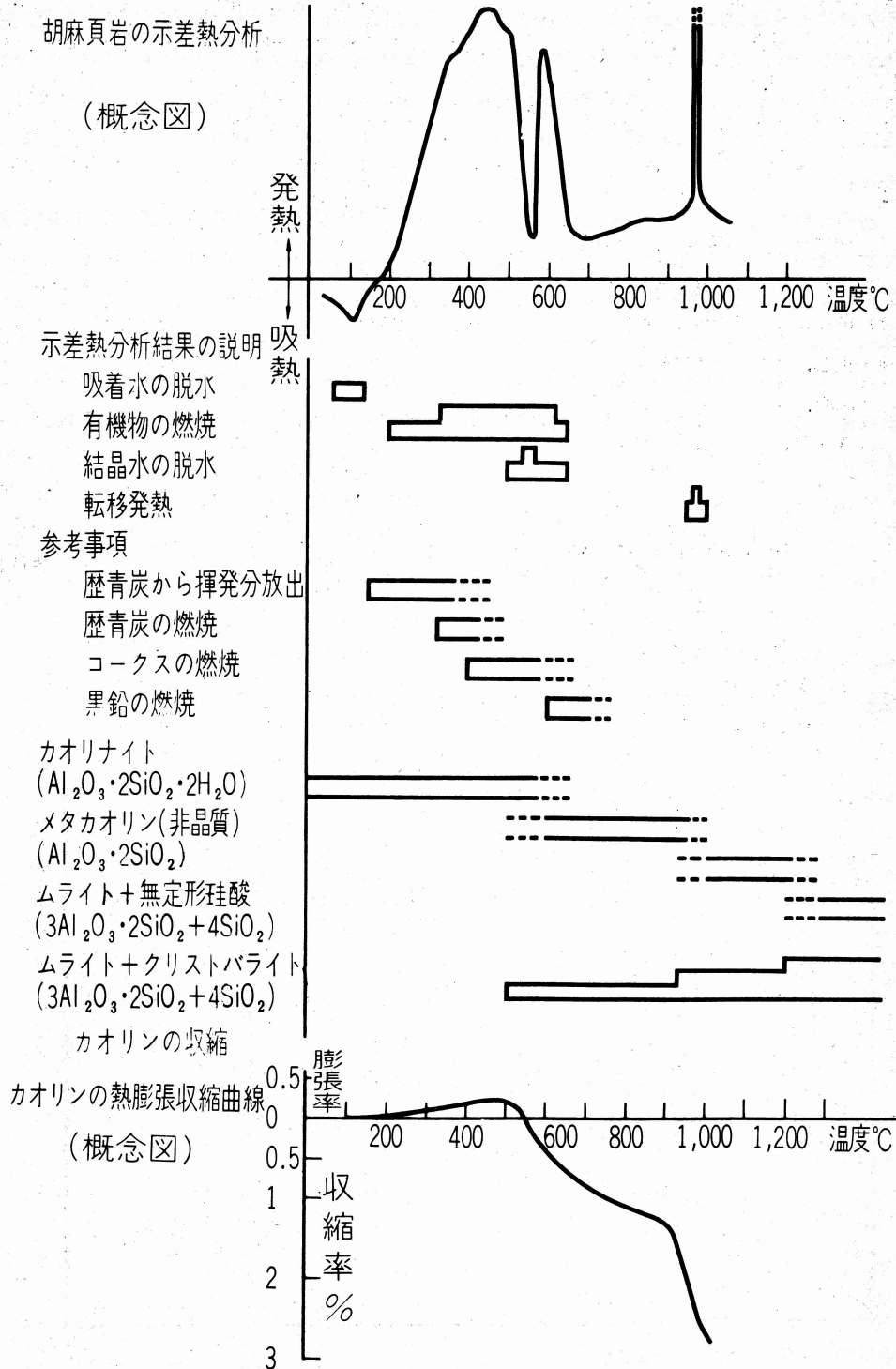
ガスを燃料として現地で少なくともシャモット(耐火粘土を一度高温で焼成したもので、耐火材の素材となるものをいう。)焼成迄を実施すべく種々検討を重ねたが、現実的には原鉱の回収量が少く採算ベースにのらないので具体化していない。

38年度より小型の電気炉で実験的に原鉱の焼成を開始したが、含有炭質物を完全に燃焼させて除去しなければ耐火材としての商品価値が半減することがわかった。多くの焼成実験を兼ねた後、県窯業指導所の指導をいただいで同所の陶磁器用角型倒焰炉を使用して本格的焼成試験に移り、原鉱のサイズ、炉内における原鉱の積み方、焼成温度と時間などの検討を重ね、翌39年には遂に純白色良質のシャモットが得られるに至った。C型はCaOがガラス状に熔融し、又Feが比較的多いためか、赤褐色斑点が散在しているものが多かった。



胡麻頁岩の示差熱分析

(概念図)



胡麻頁岩の焼成上留意すべきことは、

- (1) 原鉱の主成分であるカオリナイトは500℃以上では温度の上昇に伴って体積が収縮するため、始めから高温を保つと炭質物が燃焼しないうちに体積が収縮し、中にとり込まれた炭質物は酸素の供給を断たれて酸化しないので純白なシャモットは得られない。
- (2) 炭質物の燃焼とカオリナイトの収縮との関係は第2図に示す如く、炭質物が燃焼する300~600℃の範囲では温度上昇に伴う体積の収縮は少ないので、充分な酸素を供給しながら600~650℃で長時間焼けば炭質が酸化して白色となる。
- (3) 胡麻頁岩は600℃前後で非常にもろい性質があるので、焼成中は絶対に動かしてはならない。

(4) 600℃で長時間保つ過程では、原鉱1つ1つの間を万遍なく蒸気を通る様にするため、粒度の細かいものは除去して1つ1つ手で炉内に積上げる必要がある。

(5) 600℃で長時間保つ過程では充分過剰の酸素を供給し酸化雰囲気中で焼成する。但し1,300℃以上で焼締める場合にはその必要はない。

以上胡麻頁岩を焼成した場合の熱的性質は第2図に示す如くであるが、焼き上った純白のシャモットは、針状のムライト($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)の結晶に膠着充填物の役割をするクリストバライト(SiO_2)が融合した状態で、純粹に近いカオリン質粘土ほど、ムライトの割合が多く、且その針状結晶が太くなるとさかれている。シャモットの試験結果を第3表に示す。

第3表 胡麻頁岩シャモットの試験結果

	被験体の状態	試験項目	単位	A 型	B 型
シャモットの性質	粒度6~10 meshの細粒	耐火度	SK	35+	35-
		気孔度	%	12.2	13.5
		嵩比重		2.34	2.24
焼成試験 1,350℃ 2時間	ブリケット 48 mesh 80×40×20mm/m 成型圧150kg/cm ²	焼成収縮率	%	1.0	1.7
		Ig loss	%	0.4	0.5
		気孔率	%	35.8	33.6
		嵩比重		1.74	1.77
		焼成後の外観		白色。鉄斑点僅少。亀裂なし。	白色。鉄斑点若干。亀裂なし。
焼成試験 1,500℃ 2時間	同上	焼成収縮率	%	3.7	4.0
		気孔率	%	29.4	28.6
		嵩比重		1.90	1.88
		焼成後の外観		白色。鉄斑点若干。亀裂なし。	同 左

6 あとがき

以上、当鉱で従来棄てて顧みられなかった硬のうち、耐火材となり得るものを見つけ、その有効利用を追究してきた概要を述べた。

本邦の耐火粘土の主要なものは、大なり小なり石炭・亜炭などの炭化物に近接して存在する水成鉱床であることは興味ある事実である。高島炭田において胡麻五尺層は最も広範囲に安定して堆積した主要稼行炭層の一つであり、胡麻頁岩はそのうちの僅か10数cmの夾みにすぎないが、同炭層中に広く連続して賦存しておりその耐火度もSK35+で何処でも略々一定している。胡麻頁岩と同様なものは崎戸松島炭田(崎戸炭鉱の十五尺層、磐

下層中のゴマシメの耐火度はSK35+である。)や北松炭田(大瀬五尺層中にもゴマシメがある。)にも見られるが、かかるカオリナイト質頁岩を単に耐火材原料としてのみならず、炭層や地層の堆積環境の情報提供者としての側面についても今後考究されることを期待している。

又胡麻頁岩の用途については、耐火度が非常に高いことと、シヤモットの焼き上がりが極めて良好であるということから、従来主として高級耐火材の用途のみを検討してきたが、これ以外にも窯業方面に利用できる余地も残されており、更に今後の研究に待つところが多い。

(昭和42年12月2日受理)

福江市五島農林センターの電気探査と

ボーリングおよび電気検層との対比

柏原 公二郎 (藤永建設)

現在地下の地質を調査する方法として、最も広く行なわれているのに電気探査法がある。これは簡単にしかも安く出来るという点で最も魅力があるが、信用度については色々の意見がある。電気探査器自体は非常に精巧なものであり、まず欠点はないものと思わなければならぬ。しかし対象となる地質が、すこぶる不規則な為、場合によっては探査を行なっても意味のない地点がある。それを知らずに電探を行なう為事実上反した結果ができ、世間の非難を受けるはめに落ちいるわけだろ。要するに、相手となる大地がいかなる条件にあるかを十分に理解しないかぎり、電気探査の効果が薄れるものとみなしてよからう。

先日、長崎県五島農林センターで、地下水開発の為の電気探査を行ない、それに基づき、ボーリングと電気検層を行なったが、これら三者が関連性のある変化を示し、お互いに対比できたので、ここに報告する。

現場は福江市より三井築に至る途中、吉久木バス停留所付近で、A-4号地点付近で図に示すp-a曲線を得た。附近一帯は全てこれと同型の曲線で現われている。

附近の踏査によると、A-4号点の北東約300m附近には小高い山があり、これは第三紀頁岩層から成る。調査地区は玄武岩から成り、これからして、附近は、第三紀層の上層に玄武岩が被覆している事が明らかとなった。

電探の結果、深度23m附近に低比抵抗帯が夾在され、これは踏査の結果から第三紀層と玄武岩の境界、または玄武岩中に夾在する風化帯のいずれかと推定した。これはいずれにしても地下水脈として扱われ、特にA-4号地点が最も低い位置にあった。

このような条件で同地点に4吋仕上げのボーリングを行なった結果、図に示すような地質柱状図と電気検層図を得た。

比抵抗値は地表電探の結果と、孔内電気検層の結果とは約4倍の開きがあったが、両者は明らかに対比でき、地層の変化と一致した。

ボーリング孔の揚水試験は1日120tを得、しかも運転水位は8.67mより10.59m迄約2mしか下らず、この水脈は非常に豊富な地下水を持つことが実証された。

(昭和42年12月2日受理)

電気探査—電気検層—ボーリング柱状図の対比
(両対数方眼紙で表わす)

