

九州工業技術試験所 正員 松田應作
同 正員 三浦哲彦

1. まえがき 産炭地域振興事業の一環として始められたボタの利用開発は、その後も各方面にわたって実用化への努力が払われている。そのなかで既に企業化への緒についたものとして、焼化ボタの道路路盤材料、および未焼化ボタの人工軽量骨材原料としての利用があげられる。さらに将来有望なものにセラミックス原料、農業的活用等が考えられている。周知のように、ボタはその性質上きわめて不均質な堆積物であり、この事が開発利用への障壁の一つになっていると思われる。しかし一般に、ボタは自然焼化によってかなり均質化され、しかも同時に、ボタ風化の原因となる頁岩は熱作用を受けて安定なものに変化するといわれている。因みにボタを構成する主要成分(頁岩、砂岩、石炭分)中に占める頁岩の割合は40~95%の多きに達している

(図-1)。(注 石炭鉱業合理化事業田九州支部によって昭和36年に行われた九州

本山実態調査の資料をもとに図に表れた)

焼化ボタが土木の有用材料であることは既に九大山内助教授によって示されており、焼化ボタをセメント混合材とする研究も行なわれている。さらに広範な活用とボタ山の安定化のために、未焼化ボタを工業的規模で焼化するという考え³⁾も出されている。

本実験は、ボタの風化と大きく支配していると考えられる頁岩の水中崩壊性が焼化過程でどのように変化するかを調べ、ボタ利用促進のための一つの基礎資料とすべく行なったものである。

2. 試料 筑豊地方の炭坑で採取した次の2種類

を用いた。A試料：セハダ層下3m (GL-13.5m), B試料：スイタ層 (GL-1.6m)。これをジョークラッシャーで粉砕、炉乾燥したのち 粗粒試料： $2.00^{\text{mm}} < D < 9.51^{\text{mm}}$ 、中粒試料： $0.42 < D < 2.00^{\text{mm}}$ および細粒試料： $0.074 < D < 0.42^{\text{mm}}$ の3つの粒度にふるい分けて原試料とした。粗細2試料について行なった示差熱分析(図-2(a))ならびにX線回折(図-2(b))から、A, B両試料は石英および長石を含んでいることが認められる。さらに粘土鉱物として、Aにはカオリナイト、イライト、Bにはモンモリロナイト、ハロサイトおよびカオリナイトが各々混在していると思われる。また、被粉砕性の違いによる粗細試料の質的な違いは比較的小さいようである。

試料の焼化には内容積約1m³の重油窯を使用し、窯内平均温度を各々200, 400, 600および800℃の酸化雰囲気中に3時間おいた。(但窯の昇温速度：約140℃/hr, 降温速度：約200℃/hr)。焼化による試料の粒度変化は、フルイ分け試験(図-3(a))からはほとんど認められない。しかしピクノメーターによる真比重は表-1のよう差がみられた。

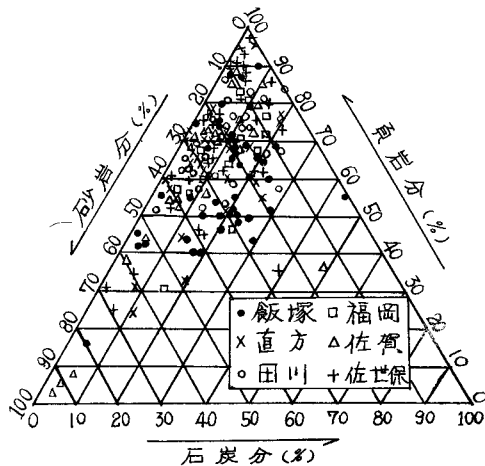


図-1

3 実験の方法と結果 原試料と焼化試料の水中崩壊性変化を調べる方法として熱度分析(熱収縮・膨張・重量・攪拌・ガス発生時間)および物理試験(LL, PL)を行なった。試料の水浸条件は 20℃, 500cc の水に 8 日間, 22 日間静的に浸漬したもののほか, 22 日間水浸試料のうち 74 μ 以上の粗粒試料については, さらに, 1 日水浸-炒乾-1 日水浸(水浸・炒乾を 3 回繰り返す)のものを試験に供した。結果を図-3(b), (c) および表-2 に示す。図中傾斜を避けて, 原試料に近い変化をみせた 200℃ 試料の曲線は省いた。また物理試験は細粒試料(水浸前 74 μ < D < 92 μ) についてのみ行なった。

4 考 察 全試料に共通してみられる水中崩壊性変化の特徴は, 静的水浸条件のもとでは, それが短時日のうち(80以内)に終息していることである(図-3(b), (c))。有川¹⁾は選炭中にスライム化する頁岩の崩壊速度を求めているが, そのデータも同様な傾向を示している。また昭和 34 年に行なわれた福岡鉱山保安監督部のボタ山調査⁵⁾のなかで, ホタの熱度^($< 2mm$)が深さ方向にあまり変化しないのは, 風化は堆積後急激に進行してあとはそれ程進まないためであるとしている。

一方, ホタ山粘土の生成機構と調べた野口・田中の研究⁶⁾は, 酸化した雨水の降下によるとなり, ホタ山底部では置換塩基の増加を生じ, 加水雲母やイライトは膨潤性の高いモンモリロナイトに変化する可能性のあることを指摘している。

上述のように頁岩の風化には物理的要因と化学的要因が作用し, さらに粘土鉱物の種類も大きく関係すると思われる。しかし後述するようには, 焼化した頁岩の風化には物理的要因が主に関与すると考えてよい。このような観点から本実験では, 静水状態で平衡状態に達したと思われる試料に, さらに, 水浸-乾燥の繰返し作用と与えてみた。その結果, 繰返し回数が増えるにつれて, 粗粒部分の著しい細粒化と細粒部分のわずかな移動が認められた。しかし, 600℃ 以上で焼化した試料の全ては, ここで与えた何れかの条件のもとでも, 水中崩壊性はきわめて小さいか, あるいは全く認められなかった。

一般に 粘土鉱物に含まれている吸着水は 100℃ 以

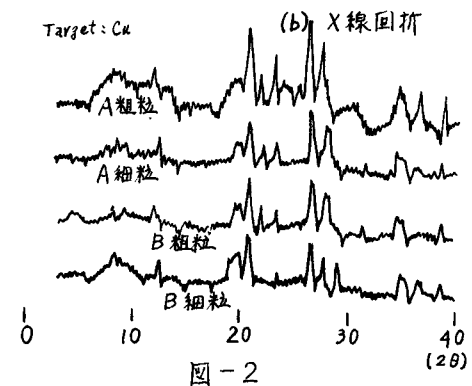
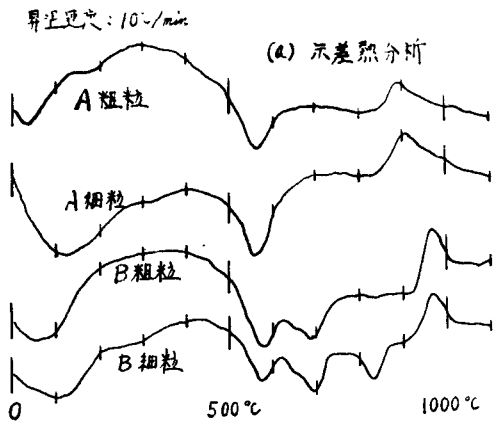


表-1 真比重 (中粒試料)

焼化温度	A 試料	B 試料
原試料	2.712	2.778
200℃	2.711	2.767
400℃	2.719	2.790
600℃	2.666	2.714
800℃	2.682	2.705

表-2 コンシステンシー (細粒試料)

焼化温度	水浸 日数	A 試料			B 試料		
		LL(%)	PL(%)	PI(%)	LL(%)	PL(%)	PI(%)
原試料	0	-	N.P.	-	57.1	22.4	34.7
	22日	-	"	-	61.9	20.0	41.9
200℃	0	-	N.P.	-	54.9	20.5	34.4
	22日	-	"	-	58.8	21.9	36.9
400℃	0	-	N.P.	-	52.9	21.4	31.5
	22日	-	"	-	55.6	21.3	34.3
600℃	0	-	N.P.	-	-	N.P.	-
	22日	-	"	-	-	"	-

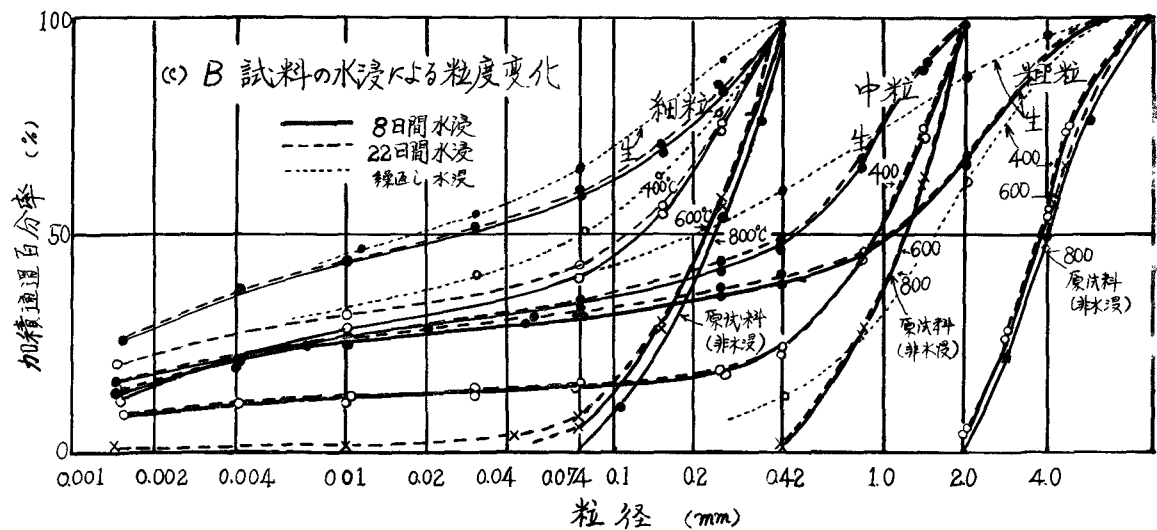
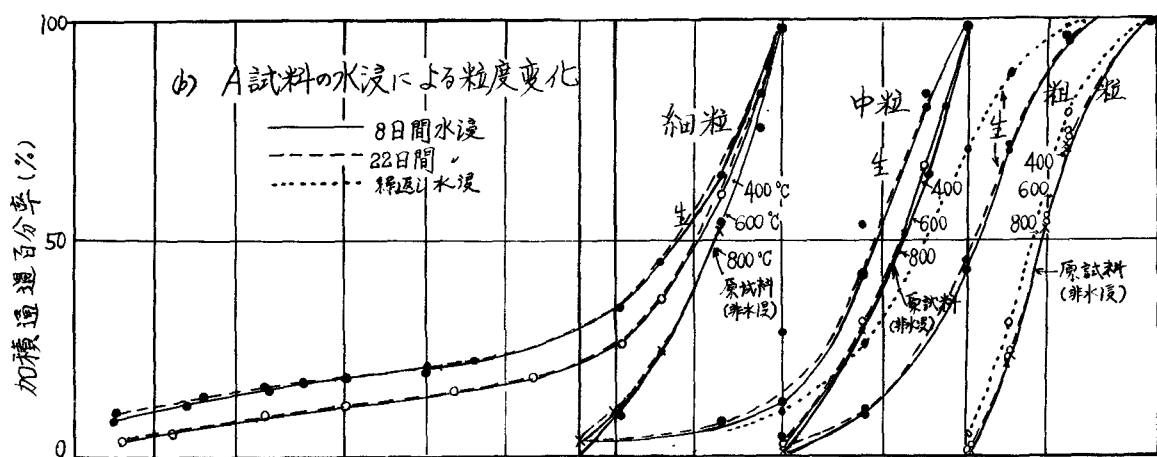
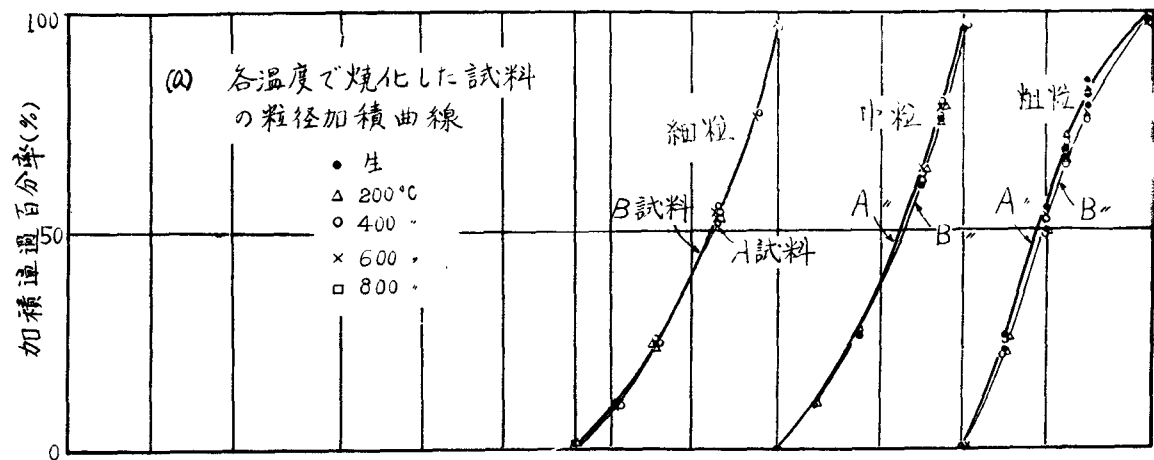


図 - 3

200°Cで、層間水は約30°Cで、さらにOHとして存在する構造水は500°C〜750°Cでそれぞれ放出されるといわれている。今回の実験の結果は、このような粘土鉱物の熱的性質と関連づけて考えることができよう。粘性粘土鉱物成分が主と推定されるA試料は、粗粒子がスレーキングで毛管水和シヤールの低下によってうろこ状ないしは粒子中央から分解されていくが微細粒子にまでは発展しない。乾燥の繰返し作用でこれらの2点を助長された粗粒子はいくぶん細粒化が進むが、細粒子はほとんど変化をみない。これとは対照的に、膨潤性三層構造の粘土鉱物を成分多く含有していると思われるB試料では、繰返し作用によって平衡状態から著しく細粒化が進められる。200°C変化試料もこの影響を受けるとは、一度放出された層間水が再水和によりかなり復位するためであろう。構造水を放出して再水和し難くなったと思われる600°C焼化試料では、A、B両試料とも木質崩壊による粒度変化はみられない。同様の傾向は比重試験とコンステーション試験からも窺える。すなわち両試験とも400°Cと600°Cの試料の間には明確な変曲点が存在すると云える。しかし、grin⁵⁾は、600°Cで1時間加熱脱水したモノモリロナイトは268日で¹もとの構造OHの約¹/₄を再水和したとのべており、長期にわたる試験も行なってみる必要がある。

自然発火で焼化しつつあるボタ山の温度を測定した例はみあたらないが、十分焼化したボタはその色調からかなり高温の焼化履歴を有すると推測されるので、自然焼化ボタは木炭によって工学的に問題となる程の風化はおくまいと考える。

5. むすび ボタを土木材料としてみた場合の問題点は多量に含まれている頁岩の風化であるが、これは自然発火で焼化したボタの工学的性質が優れていることと、ボタには一般に少なからず石炭分が含まれていることから、問題解決の一つの方向は定められる。しかしまだ、焼化したボタの温度履歴を推定する方法、未焼化ボタを工学的に安定なものにするための適正温度条件、さらにボタ山を人為的に焼化する方法等、ボタを大量が²⁾計画的に利用するために解決しておかねばならないことは多い。本実験はこれらの問題をとど一つの足がかりとして、未だ不十分ではあるが、頁岩の焼化温度と水中崩壊性の関係、およびその風化性を短期間に判断する一方法として、乾燥—水浸の繰返し操作を経た試料の粒度試験が考えられること、などを明らかにした。試料の風化性を調べるもう一つの試みとしてオートクレーブによる³⁾熱水風化試験を行なってみたが、今回の条件(15atm, 190°C)では十分な結果が得られなかった。しかし条件を変えれば有効な手段になるものと考えらる。

付記 本文をまとめるにあたり、種々ご指示、ご援助いただいた九州大学山内豊聡助教授、佐賀県炭業試験場、貝島炭坑大之浦鉱業所、日鉄鉱業嘉穂鉱業所、当所里岩忠春資源開発部長ならびに実験の一部を担当いただいた当井上技官その他関係各位に心より感謝の意を表します。

文 献 1) 山内豊聡: ボタの土木への利用に関する土質工学的考察, 九州鉱山学会誌, Vol. 35, No. 1, 昭42.1, 2) 松田・原: 未焼ボタ混合セメントの諸性質, セメント技術年報 XXI, 昭44.42, 3) 里岩忠春: ボタとしての焼化ボタ利用試験と工業的ボタ山焼化の考察, コールマインセイフティサービス, Vol. 16, No. 179, 昭42.9, 4) 青川幸久: 炭の水中崩壊速度、選炭, Vol. 19, No. 88, 昭42.2, 5) 通産省福岡鉱山保安監督部: ボタ山崩壊とその防止法, 昭34.4, 6) 野村田中: 貝島炭坑の硬山粘土に就て, 九州鉱山学会誌, Vol. 24, No. 4, 昭31.4, 7) 粘土ハンドブック p. 396より引用