

頁岩粘土の外観による性状

鳥居高夫*

伊藤政巳*

Appearance Properties of Shale-Clay

by

Takao TORII and Masami ITÔ

頁岩粘土は鮮新世の常滑層群、鬼崎層の泥岩、および砂質泥岩であり、その産出する地層は横への岩相変化がはげしい。そのためその鉱床で試料を採取しても採取地点が少し動けば、その成分も変化してしまう。

そのため採取地点での外観でその性質が分類でき、原料の配合に使えれば、原料の均質の問題が解決できる。

この試験では外観の異なる頁岩粘土11種を採取し、化学分析、X線分析、粒径分布、熱膨脹、荷重軟化、乾燥および焼成の曲げ強度、吸水率、収縮率等について試験した結果次の事が判明した。

- (1) 頁岩粘土中に含まれる粘土の量、砂の量が、収縮や強度に大きく影響する。
- (2) 簡単な試験で頁岩粘土を分類することは難しい。
- (3) 押出成形品に較べてプレス成形品は混練の影響はなく、全体に強度は劣るが、全収縮においては押出成形よりかなり小さくできる。
- (4) 頁岩粘土は他の粘土に較べて、極めて解膠性が悪い。

1. ま え が き

知多半島に産出する地下資源については、すでに数多くの研究報告があり、常滑市周辺で生産される炆器タイル、陶管、植木鉢、茶器等の主原料である頁岩粘土、富貴土、河和田土については、曾我、松山、杉村、長沢らの諸氏によって、さらに昭和39年の地質調査所の調査によって、その性質は明らかにされている。

また製品化するに必要な窯業的な性質についても、前記の報告の他に、当所の前身である愛陶試の事業報告等によって明らかにされている。

常滑地方で頁岩粘土が使われる以前は、いわゆる畑土、田土が使われていたが、大正初年頃より山土と称する今の頁岩粘土、即ち第三紀層、常滑層群、鬼崎層の多屋泥岩層と樽水砂泥互層から採掘された泥岩が使われ始め、大正12年には一般に用いられ、今日に至っている。

しかしながら、頁岩粘土の鉱床は小さく、また横に変化が激しいため試料を採取し、鉱床について試験を行なっても、そのサンプルが全体を代表しているといえない。

これら変化の激しい頁岩粘土の概略の性質を知る簡単な方法はないかと考え、その外観からと、簡単な試験結果で分類してみた。

頁岩の採掘場から直接、同一外観のものを1種として11種類の試料を採取した。

2. 実 験 方 法

2. 1 試料原土の採取

試料は常滑市にある頁岩粘土採掘場から外観上異なると見られる原土11種類を採取した。

表1 頁岩粘土の採取場所

試料番号	採 取 場 所	外 観
1	組合第4工場 下層	非常に黒ばい粘土で、酸化された表面はあい色になる
2	〃 下層の上	淡灰青色でちみつな感じがする
3	〃 中層	淡灰青色でや、砂を含んでいる
4	丸 建 製 土 下層	灰色で砂がかなり含まれている
5	〃 砂層	淡灰黄色の砂
6	〃 上層	灰青色でちみつに感じる
7	森 下 粘 土 下層	緑がかった青みを帯び表面が光る、木節を含んでいる
8	〃 中層	緑色に光る粘土、砂を含んでいる
9	〃 バラ土	や、青味がかった灰色の粘土、砂をかなり含む
10	山 中 製 土 中層	青緑色のちみつな粘土、鉄の酸化した貫入が入っている
11	〃 上層	黒ばい青緑色で砂を含む

* 試験研究課

この原土を自然乾燥後フレットミルで粉碎し、更に磁製攪拌らいかい機で、タイラー標準篩12メッシュ全通まで粉碎した。らいかい機の粉碎は、必要以上の微粉碎を避けるため、粉碎時間を極力短かく、1回の粉碎量は多くした。

2. 2 試料の調整と実験

粉碎した試料から各々100gを秤量し、ピーカー中に0.002モルのピロリン酸ソーダを添加し、充分に解膠させてから沈降法により、細砂、シルト、粘土の量を測定して、細砂の量により分類した。

別に粉碎調整された原土を各々ポリバケツに8kg秤量し、水を原土に対して25%入れ、水分が充分行き渡るように約2週間「ねかせ」る。その後口金をはずした試料成形用の小型真空土練機で混練し、水分を各々0~3%加えて硬さを調整する。さらに1週間放置後、真空土練機に口金をつけて、25mmφ×180mmの棒状に成形後、たぐちに収縮率を測定するための目盛をノギスで150mmの長さに入れる。これをテストピースとし、約1か月の自然乾燥後、収縮率の測定および1060℃、1090℃、1120℃、1150℃そして1180℃の5段階に分けてカンタル線電気炉で焼成し、各温度における焼成収縮、吸水率、曲げ強度を測定した。

在来の試験結果との比較、あるいは同一頁岩粘土で成形方法の相違がどのようにあるかを調べるために、

真空土練機による押出成形の他に金型を使ったプレス成形のテストピースを作り、押出成形のテストピースと同様な試験を行った。

成形方法は金型で16.3mm×115.6mmの大きさで、厚みは約12mmのものを風乾燥試料に対して水分12%を加え攪拌した後、16メッシュの篩を通したものを、成形圧100kg/cm²でプレスした。

また原土の化学的性質を調べるために化学分析、耐火度試験、ノルム計算などを行い、それと同時に原土の粒径構成や鉱物組成を調べるために分離した粘土、シルト、細砂についてX線分析を行い、熱間における性質を調べるために荷重軟化試験、熱膨脹試験を行った。荷重軟化試験は焼成温度巾を見るために特に未焼成のテストピースを約25mmφ、長さ25mmに加工したものをエンデルス荷重軟化試験機で1kg/cm²の荷重をかけて実験した。1kg/cm²は窯内で約5m積上げた場合に下部で受ける荷重に相当する。

3. 実験結果と考察

3. 1 化学的性質と鉱物組成

化学分析値は表2に、X線廻折図は粘土、シルト、細砂に分けたものについて図2~4に示す。

頁岩粘土は木節粘土、富貴土、その他の粘土類に較

表2 化学分析値、粒度と鉱物組成

試料番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
化学分析値(%)	Ig. los	8.26	6.39	6.05	5.19	4.33	5.51	6.61	6.49	7.06	6.30	6.66
	SiO ₂	63.60	63.70	67.06	68.94	72.04	67.24	64.87	63.82	65.29	65.99	66.06
	Al ₂ O ₃	18.19	19.05	18.26	17.43	14.13	18.10	19.75	20.21	18.83	18.48	18.47
	Fe ₂ O ₃	3.64	4.74	3.05	3.37	3.31	3.18	3.10	4.15	3.74	3.76	2.95
	TiO ₂	0.14	0.18	0.14	0.10	0.08	0.14	0.14	0.16	0.10	0.18	0.12
	CaO	0.51	0.78	0.52	0.42	0.39	0.32	0.37	0.47	0.37	0.54	0.49
	MgO	1.07	0.87	0.78	0.76	0.52	0.84	0.93	0.90	0.81	0.99	0.75
	K ₂ O	2.75	2.26	2.45	2.45	2.71	2.77	2.69	2.32	2.34	2.11	2.12
	Na ₂ O	1.92	1.95	1.51	1.40	1.89	1.56	1.39	1.19	1.11	1.48	1.63
	計	100.08	99.92	99.82	100.06	99.40	99.66	99.85	99.71	99.65	99.83	99.25
耐火度 SK		12	12	13 ⁺	13	11	13	14 ⁻	12	15 ⁻	12 ⁻	15 ⁻
ノルム計算値(%)	石英	30.3	30.6	35.3	38.6	44.7	34.9	31.3	31.1	34.3	35.1	34.8
	カオリナイト	33.3	36.7	35.4	33.6	23.2	34.0	38.8	41.5	38.2	36.9	36.5
	微斜長石	27.6	24.8	23.4	22.7	27.1	25.6	24.1	20.7	20.4	21.2	22.1
	その他	8.8	7.9	5.7	5.1	5.0	5.5	5.8	6.7	7.1	6.8	6.6

注. ノルム計算値の微斜長石は長石類、雲母類を含む。

べて極めて解膠性が悪い。そのため粒径分布を調べるために解膠させたのが、充分解膠できなくてX線廻折図の細砂の中になんかの粘土分が検出されている。

頁岩の鉱物組成は長沢氏ら多くの報告に発表されているように石英、ハロイサイト、長石、雲母が主成分である。粘土分（2ミクロン以下）のX線廻折図、熱膨脹曲線（図5）から粘土主成分は加水ハロイサイトと考えられる。X線廻折図にはモンモリロナイトは検出されていない。他に長石類、雲母が可成り多量に存在している。化学分析値、ノルム計算値からNo5の砂

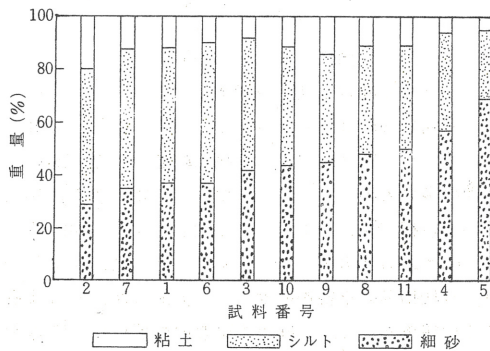


図1 粒径分布図

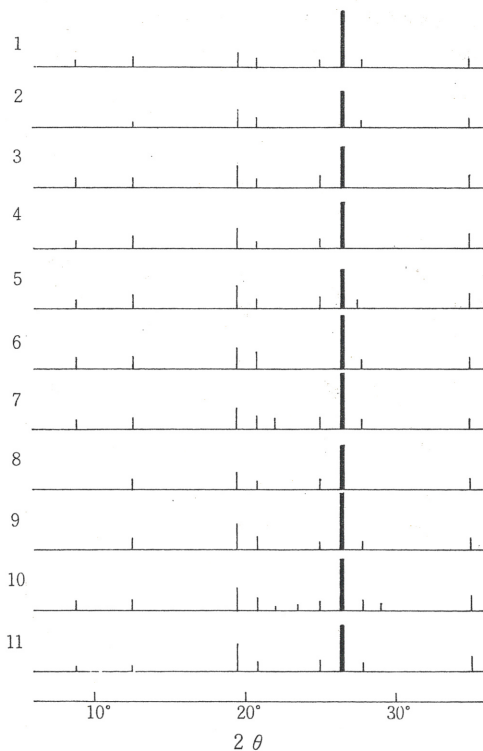


図2 粘土分のX線廻折図

を除いて粘土分は30~40%, 石英30~35%, 長石, 雲母で20~30%を含んでいるものと思われる。

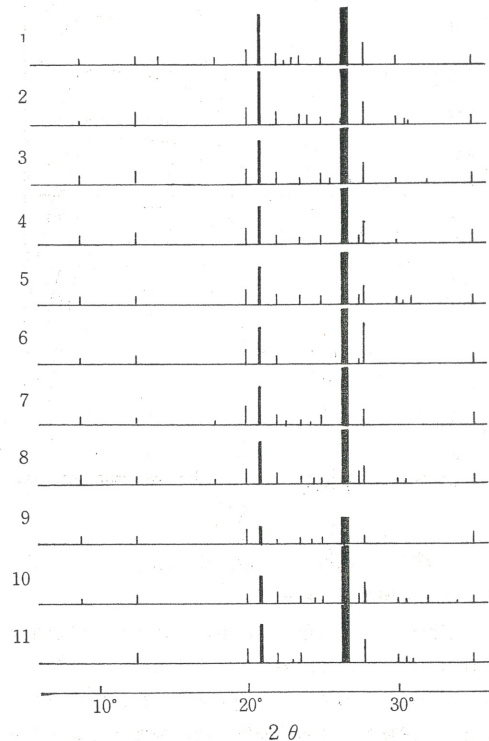


図3 シルト分のX線廻折図

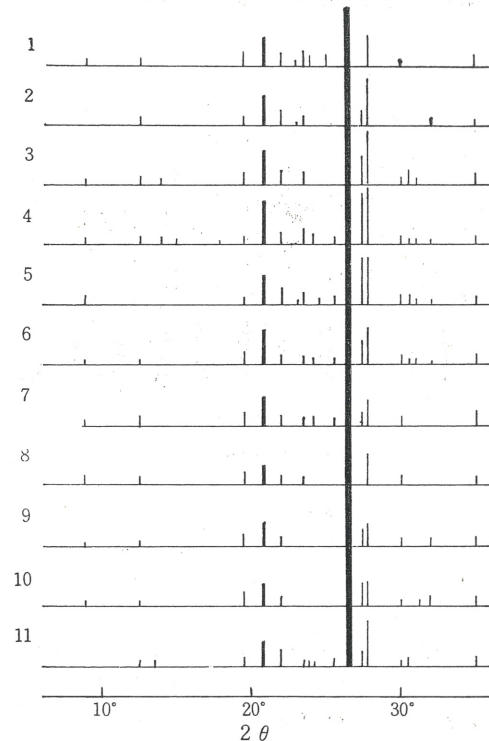


図4 細砂分のX線廻折図

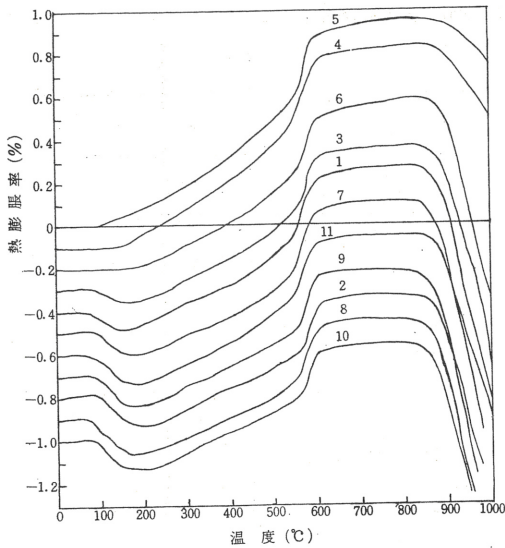


図5 熱膨脹率

3.2 乾燥強度と収縮

可塑性については色々の試験法があるが、可塑性を適確に表わす方法は、現在のところまだこれというものが無いようである。この実験では粘土相互間の比較という意味で、成形乾燥物の曲げ強度と乾燥収縮率を測定した。その結果は図6、7に示す。

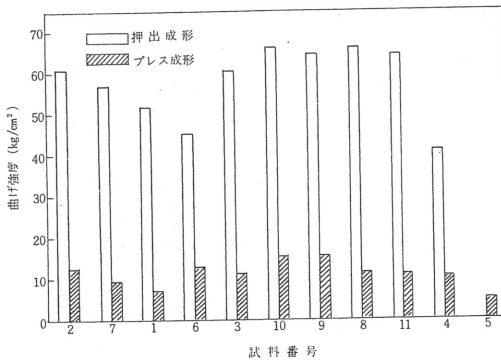


図6 乾燥曲げ強度

これは左側から細砂の少ないもの、順に並らべたもので砂の量、シルトの量の少ないものが曲げ強度強く、収縮率が大いとは限らない。曲げ強度と収縮率をとってみても押出成形よりプレス成形の方がよく一致する。これは押出成形では成形工程の内、混練量とか水の量によって強度、収縮が変わるものと考えられる。

見かけ上の砂が多いNo4, No5と有機物が特に多いNo1は曲げ強度も小さく、乾燥収縮率も小さい。

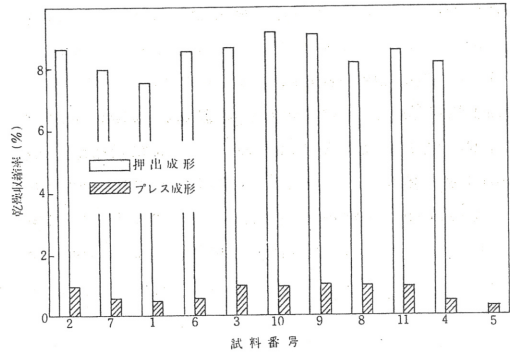


図7 乾燥収縮率

3.3 焼成曲げ強度と収縮率

焼成曲げ強度は砂の多いNo5, No4, No11, No8, 粘土分の少ないNo3, 非常に有機物の多いNo1が弱い。

砂の多いものについては温度による差が少く、粘土分の多い程、変化が激しいので焼成に注意を要する。

収縮率、吸水率についても同様に砂の量、粘土分の量、有機物等の不純物の量によって変わるが、一部業者間で問題視されている緑色雲母等の影響については判らなかった。

マーク ○ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪

試料番号 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

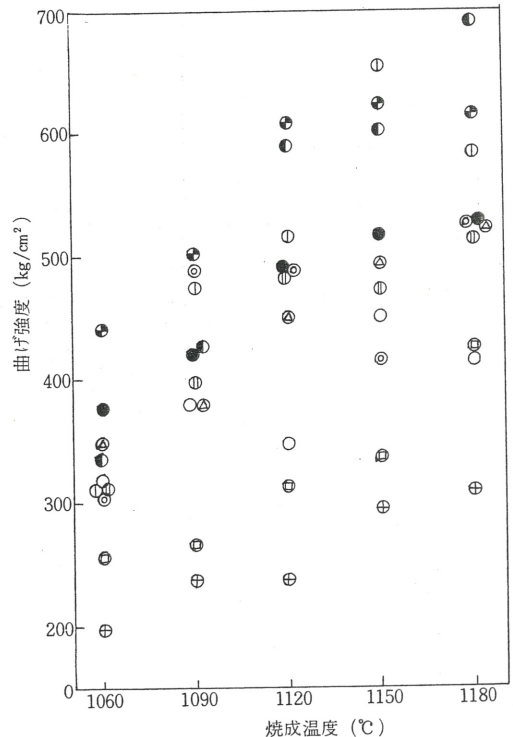


図8 押出成形曲げ強度

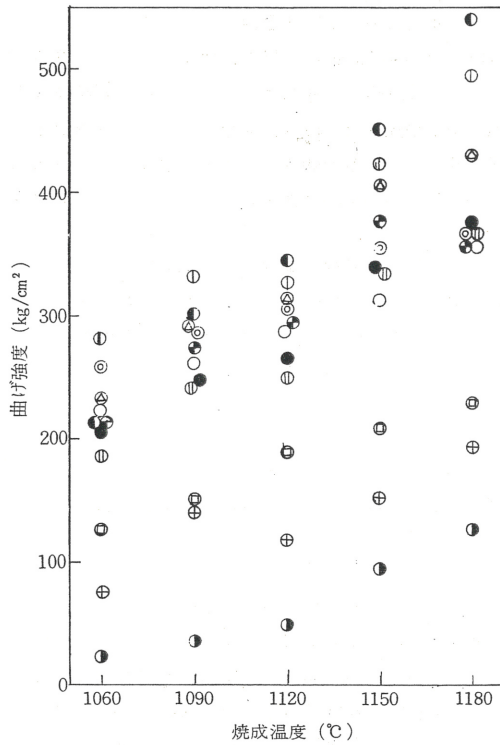


図9 プレス成形曲げ強度

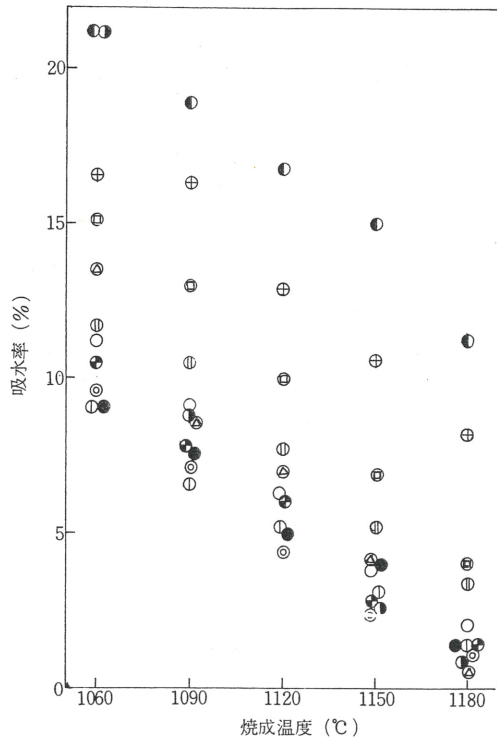


図10 押出成形吸水率

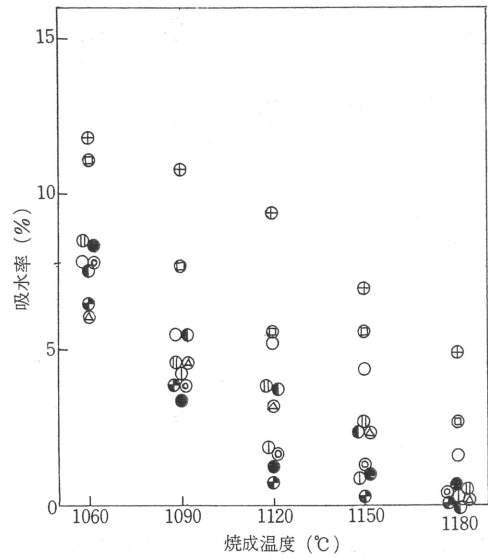


図11 プレス成形吸水率

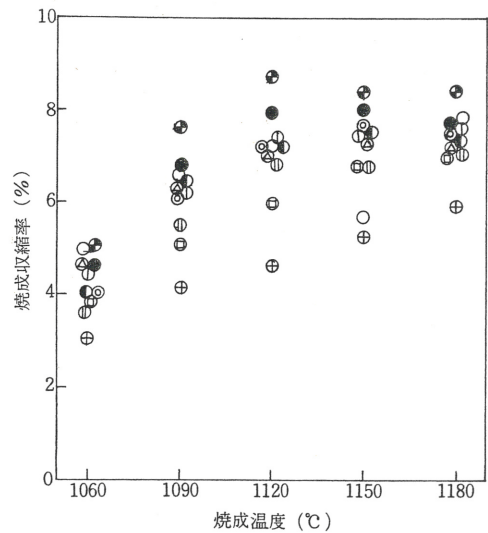


図12 押出成形、焼成収縮率

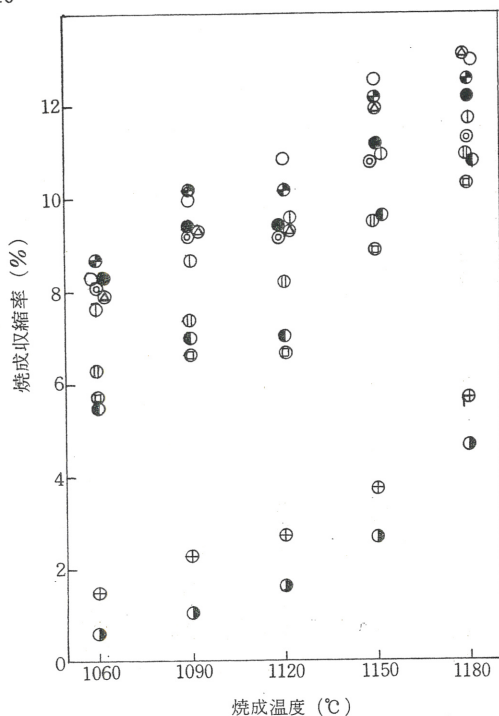


図13 プレス成形焼成収縮率

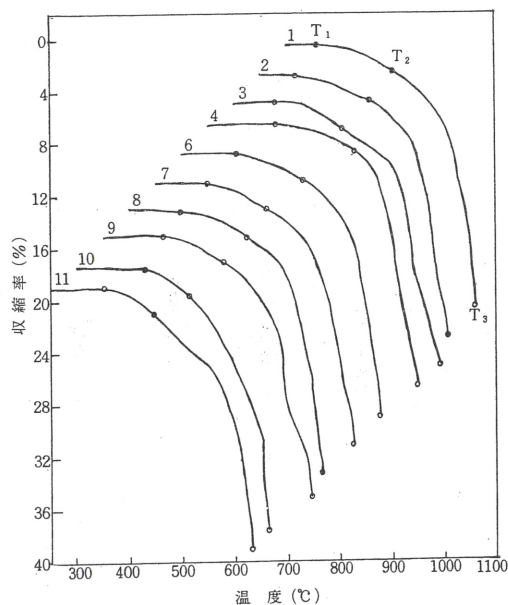


図14 荷重軟化試験

3. 4 荷重軟化試験

荷重軟化試験の結果は図14に示すとおりである。この結果では焼結温度が予想よりかなり低い、これはエンデル式荷重軟化試験機を使ったために、終始還元雰囲気中で焼成されるので、多量に入っている鉄分が、第1鉄として融剤の働きをして焼結温度を低めたものか、荷重のためか、その両方共作用しているのではないかと考えている。

T_2 と T_3 との差は焼結温度巾を意味し、その間隔の広い方があつかいやすい。しかしながら図14のように T_2 と T_3 の間点10%収縮の点から各々上下へ10%の勾配を見てみるとかなりの相違がある。頁岩粘度は10%収縮前後まではゆっくりと収縮し、それから収縮は急に早くなる。各々の頁岩に対して比較してみれば砂の多いNo4, 11が焼成収縮10%までは他よりおそく、それ以上の温度ではかえって急激に収縮する。

4. ま と め

この実験は外観上の相違のある原料から、製品化したときにどんな相違が表われるか、また現在製土作業を行って同じように配合したはずのものが収縮、強度に大きな相違が表われ、品質管理の根本的問題として、原料の均一性が問題になっているその対策に現場従事者の目安になればさいわいである。

しかしながら、この実験でもわかったように砂の含有、あるいは亜炭、木節の混入、粘土の量等いろいろの要素が絡みあっているので、現場で扱っている粘土がどの性質に合致するか見極めるのは難しい仕事である。

文 献

- 1) 須藤俊男, 粘土鉱物, P208 (昭28) 岩波全書.
- 2) 長沢敬之助, 常滑市付近に産する粘土の鉱物組成, 愛知県知多古窯址群, 付篇 P1~6, (1962).
- 3) 大塚寅雄他, 常滑市地域頁岩粘土 (1964), 愛知県.