

大型陶管素地の開発 (第4報)

(陶管用坯土に多量のシャモット を添加した場合の影響について)

鳥居高夫^{*} 伊藤征幸

(Development of Large Clay Pipe Ware (IV)
Effects of a great deal Chamotte on Clay Pipe Ware)

by

Takao TORII and Tatsuyuki ITO

陶管用坯土に多量の赤シャモットを添加し、素地の性質を改善することは、西欧諸国では既に実施されており大きな効果をあげている。全く原料事情の異なる常滑地区で赤シャモットの添加による効果が得られるかどうか、可塑性等問題になるような不都合な点の有無について検討した結果、次のような結論が得られた。

赤シャモットの添加は成形に必要な水量の調整、成形直後の強度、焼成温度の上昇等わずかのデメリットが考えられるが、一方乾燥収縮、焼成収縮の大巾な減少から寸法精度の向上が期待でき、さらに乾燥設備の節減、乾燥亀裂等不良品発生の防止に大きな効果が考えられる。

1. ま え が き

常滑市で製造される陶管やクリンカータイルの坯土は、地元で産出する頁岩粘土を主原料としている。この頁岩粘土の持っている種々の特徴を助長し、欠点を防止するための一つの方法として焼成する時に使用して廃棄される敷輪、あるいは不良品を破砕した赤シャモットが添加されている。

現在、赤シャモットは陶管素地に5～15%の範囲で添加されており、収縮の減少、乾燥速度の向上が期待されているが、その効果は顕著であると言えない。

頁岩粘土を陶管あるいはクリンカータイル等押出成形坯土に使用した場合の問題点としてあげられるのは、

- (1) 素地の乾燥、および焼成の収縮が大きいため素地内部で歪を生じやすく、このことが亀裂の発生や破損、さらに寸法精度の低下の一因となっている。
- (2) 頁岩粘土の鉱物組成は石英、長石、ハロイサイト、イライト、モンモリロナイトからなっており¹⁾、水になじみ難く、成形に必要な水分量も多く、粘土粒子が凝集しており、成形された素地からの脱水速度、即ち乾燥速度がおそい。
- (3) 採掘場所、鉱床によっていわゆる粘土分と砂分との比率の変動が多くみられ、これは乾燥および収縮に与える影響が大きいため、その砂分の量によって製品の寸法、即ち定められた陶管の内径、厚さ、有効長にバラツキを生じ、寸法における規格外を作り易い。

さらに陶管製品の問題として、JISの改正による長尺化、ジョイント加工の採用等があり、さらにコスト

低減の必要性からもジョイント材料であるポリウレタン等の使用量を減らすためにも、陶管本体の寸法精度の向上が極めて厳しい条件で要求されている。

このような寸法精度の向上やバラツキ防止のために西欧諸国では良質な頁岩粘土に多量のシャモットを添加していると報告されており、前記問題の解決に有効な一手段と考えられる。

常滑市周辺で産出する頁岩粘土は、細かい石英粒を多く含んでおり、西欧諸国の頁岩とは鉱物組成の違いなど条件は異なっているが、やはり赤シャモットの添加は必要と考えられている。このような背景から現在使用している通常の頁岩粘土に市販の赤シャモットを多量に添加した場合、陶管の生素地性状、押出し圧力、製品強度にどのように影響を与えるかについて試験を行なったので報告する。

2. 実験方法

2.1 原料の基礎性状

使用する頁岩粘土、木節はね土について化学分析、X線回折による鉱物の同定、湿式篩による篩分析、沈降法透過式による粒度分析、および耐火度試験を行ない、赤シャモットについては篩分析を行なった。

2.2 ねり土の性状試験

全国各地の原料あるいは水分を変化させた坯土を押出成形してみると、原料の種類、水分の量によって成形機の回転を一定にしているにも拘わらず押出速度が異なる。また実際に成形している工場での経験によれば原料の種類によってオーガー、口金の摩耗と成形速度に大きな違いがあることが判った。これらは押出す

時の摩擦抵抗に関係があると考えられるので、押出し圧力の測定を行なった。

試験装置は東洋ボールドウィン製のテンシロンDM-1/500を使用し、内径50mmのシリンダーに内径30mmのノズルと絞り部分を含んだ口金をセットできるようにし、ねり土を800g秤量し、シリンダー内に入れて毎分30mm/minで押出すピストンにかかる圧力をロードセルで受けて記録し、同時にねり土の含水量、硬度を測定した。測定試料は表1に示めてある坏土と、そして参考として三河地方で使用されている瓦、陶管用粘土について行なった。

2.3 成形試験

試験体を成形すると同時に、成形機の口金にかかる圧力、素地の含水量（成形水量、湿量基準で表示）、硬度を測定した。

表1 土の調査

坏土の種類	A	B	C	D	E	F
頁岩粘土	80	72	64	56	48	40
木節はね土	20	18	16	14	12	10
赤シャモット	0	10	20	30	40	50
成形水量	21.1	20.5	18.7	18.2	17.3	16.9
硬度(日碍式)	8.2	8.5	10.3	11.0	10.8	11.0
標示マーク	○	①	⊖	⊕	⊙	●

測定試料は表1に示した坏土と、参考として三河地方で使用している一般的な瓦用粘土について行なった。

試験体の成形は表1に示す坏土、即ち頁岩粘土8に対して木節はね土2の割合で混合し、坏土全量の0%から50%までを赤シャモットで置き換えたものを調整する。試験体は直径30mm、長さ約180mmに成形し、ノギスで150mmの長さにマークを入れ、乾燥および焼成後に収縮を測定した。

曲げ強度は乾燥および焼成した試験体を、スパン10cm、荷重速度3mm/minで行ない、それぞれ乾燥曲げ強度、焼成曲げ強度を計算した。

焼成曲げ試験を行なった試験片により吸水率を測定する。飽水は陶管のJISと同様に煮沸、飽水させる方法で行なった。

又乾燥速度の相違を調べるため、成形直後の試験体を通風の悪い北側の室に放置して乾燥速度を遅くし、毎日一定時間に収縮量と重量の変化を測定した。

焼成は温度の異なるトンネル窯に入れて焼成したので温度はSKで表示した。

3. 実験結果と考察

3.1 原料の基礎性状

使用した原料の化学分析値を表2に示し、X線回

折図は図1に、定方位試料によるX線回折図を図2に示す。X線回折はX線出力35KV, 15mA, Scanning Speed 1°/minで測定した。この結果から頁岩粘土は石英、ハロイサイト、曹長石、セリサイトとし、木節はね土は石英、ハロイサイト、微斜長石と仮定してノルム計算すると概略表3のような鉱物組成が得られた。

頁岩粘土のX線回折結果からはモンモリロナイトも確認されており、イライト⁽²⁾と思われる雲母質物も多く含まれていることから、ハロイサイトが少ないにもかかわらず一般的に乾燥強度が大きく、かつ乾燥速度がおそい原因、であると考えられる。

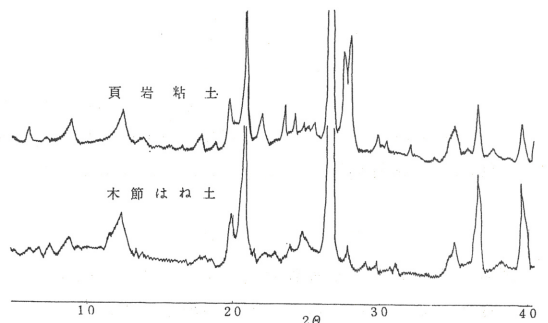


図1 頁岩粘土・木節はね土のX線回折図

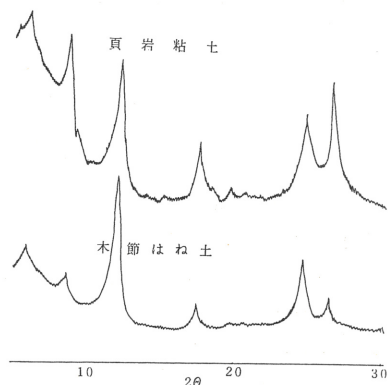


図2 頁岩粘土・木節はね土の定方位試料X線回折図

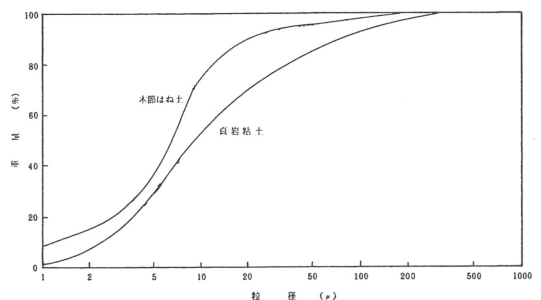


図3 頁岩粘土、木節はね土の粒度分布図

粒度分布曲線は頁岩粘土と木節はね土の粒度分布を
図3に、添加する赤シャモットの粒度分布を図4に、
そして粒径分布をまとめたものを図5に示す。

頁岩粘土は粒度分布曲線、粒径分布図からもノルム
計算値の如く、ハロイサイトのような粘土が少ないこ
とが裏付けられる。添加した赤シャモットは
市販のもので粒度分布の結果から、殆んどが100 μ から
1mmの範囲にあった。

西ドイツなどで使用されている石英分の少ない珪器
粘土は赤シャモットの添加によって収縮の防止が持に
必要と考えられるが、頁岩粘土、木節はね土は石英分
が多量に存在し、赤シャモットの添加は可塑性が少な
くなり過ぎる危険があると考えられる。しかし収縮量
の防止は現実に重要であり、頁岩粘土中にはハロイサ
イトのような粘土は少なくとも、イライト、モンモリ
ロナイトを含むことから、赤シャモットの添加が可能
であり、かつ必要であると考えられる。

表2 化学分析値と耐火度

	lg, loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
頁岩粘土	5.41	70.8	14.5	4.02	0.69
木節はね土	4.07	79.7	12.8	1.22	1.09

	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	耐火度 (SK)
頁岩粘土	0.47	0.41	2.93	1.01	13
木節はね土	0.10	0.03	0.98	0.28	20

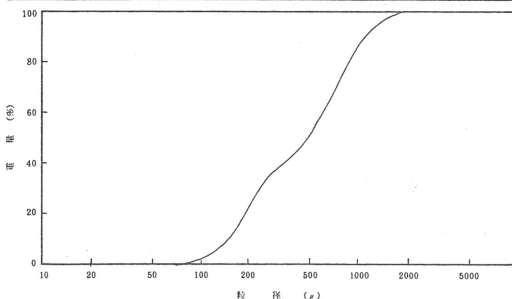


図4 赤シャモットの粒度分布図

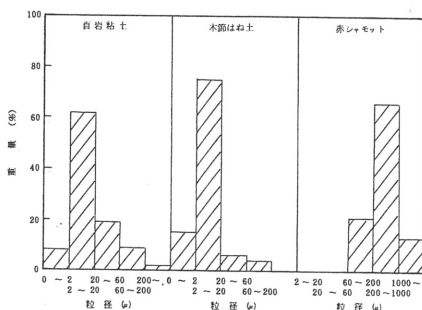


図5 原料の粒径分布図

表3 ノルム計算値

鉱物名	頁岩粘土	木節はね土
石英	50 (%)	67 (%)
ハロイサイト	8	26
微斜長石	—	6
曹長石	9	—
セリサイト	26	—
その他	7	1

3.2 ねり土の性状試験

試験は坏土を一定の速さでノズルから押し出し、そ
れに要した圧力を検出して坏土の持つ摩擦抵抗を圧力
で表わした。図6は坏土の硬さに対する圧力計の読み
の最大値を示したもので、粒子の荒いシャモットを多く
含む坏土でも押出圧力は硬さにはほぼ比例し、粒度の相
違による摩擦抵抗の差は認められなかった。

ノズルから坏土を押し出していくと残り少なくなる
につれて押出圧力は低くなる。その低い一定点におけ
る圧力と硬度と対比させたものが図7で、図6と傾向
は殆んど変っていない。図8は坏土の硬さを日碁式
の硬度計の替りに山中式土壌硬度計 (kg 表示) で測定し
た値で表わしたもので、硬度と押出圧力との関係はほ
ぼ類似していると言える。図9は坏土の含有水分量を湿
量基準で表わし、押出圧力との関係を示したもので、
赤シャモットに吸収される水分のために、各々坏土毎
に必要な成形水分が異なり、硬度と成形水分量の
関係が違ってくると考えられる。図10は坏土毎に違う
硬度と含有水分量の関係を示す。また三河地方で瓦お
よび陶管の原料として使用している三河粘土の内、桜
井、福釜粘土、さらに三河粘土と全く性質の異なる三
好粘土、瀬戸粘土等についても参考として図10の中に
記入した。図11は、常滑と三河における陶管用坏土、
瓦用粘土の硬度と押出圧力の関係を示した。図10と図
11では硬度あるいは押出す圧力に必要な水分量は粘土
の種類によって異なっており、硬さが一定であれば、
坏土を押出すに必要な圧力はほぼ一定で、粘土の種類
粒度組成にはあまり関係がないことを示している。

3.3 成形試験

試験体を成形する時に口金にかかった圧力を成形圧
力とし、成形後の硬度と共に図12に示す。赤シャモ
ット量が0と10%のものは成形圧力が低くでており、そ
の原因として成形硬度の低いことから考察できる。図
13は成形水量の変化を示したもので、やはり図12の硬
度を考慮すると、ほぼ直線になると考えられ、赤シャ
モットの添加量が増えるに従って、成形に要する水分
量が少なくなっていることを示している。成形圧力も同様
硬度の相違を考えると圧力が下がっている点も理解できる

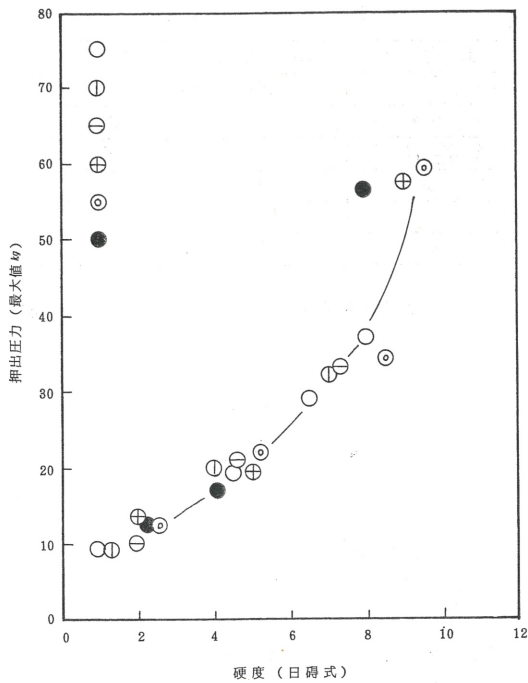


図6 坯土の硬度と押出圧力 (1)

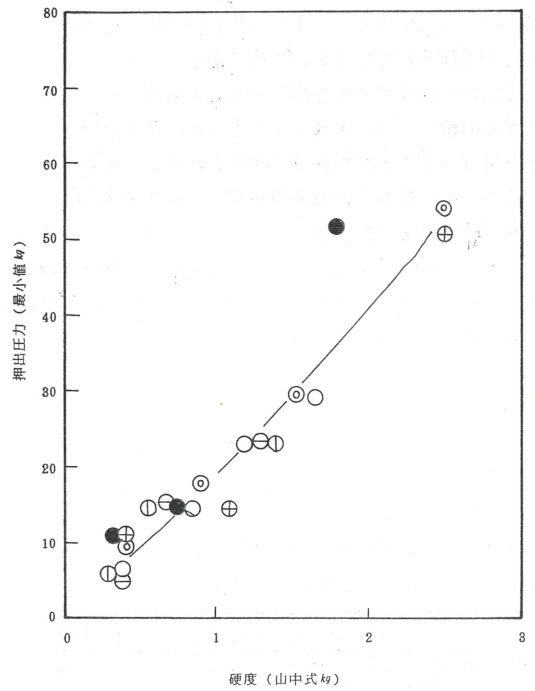


図8 坯土の硬度と押出圧力 (3)

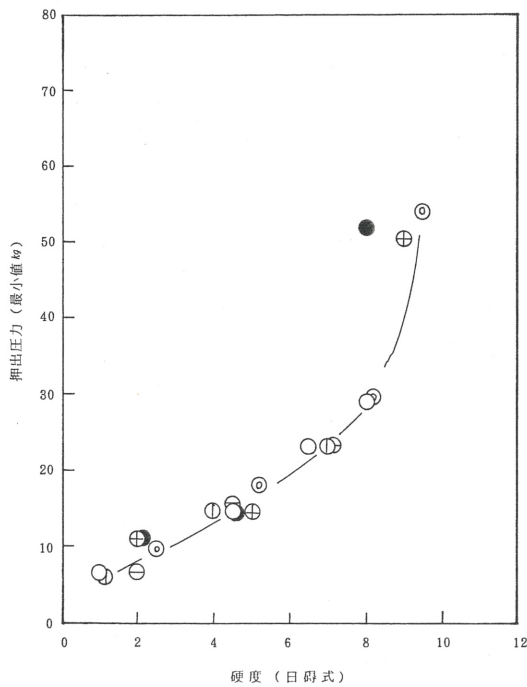


図7 坯土の硬度と押出圧力 (2)

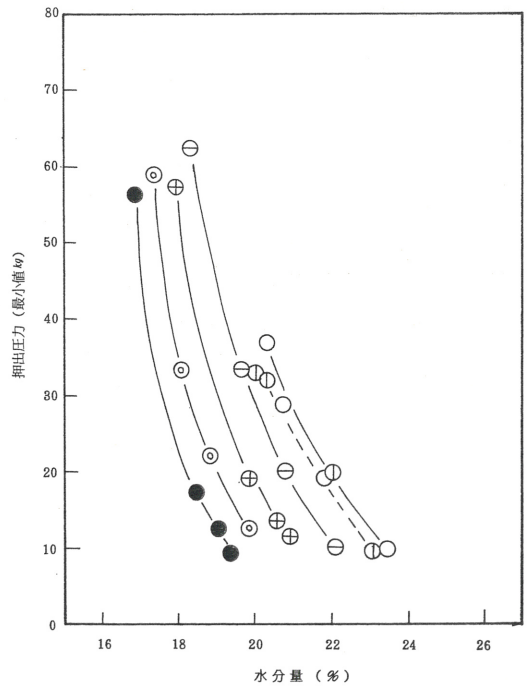


図9 坯土の水分量と押出圧力

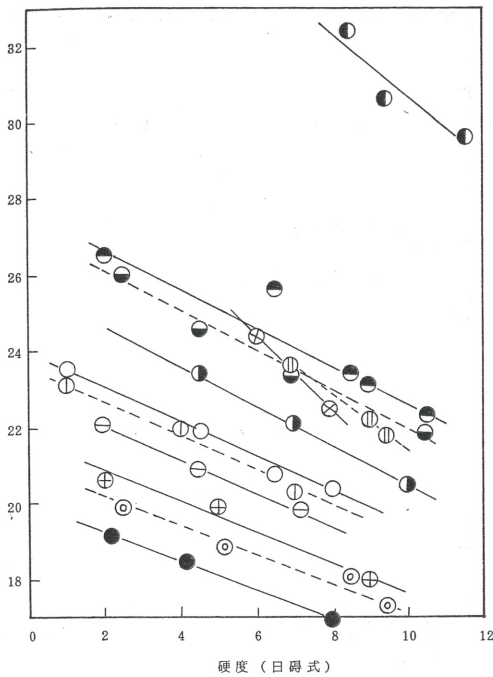


図10 坯土の硬度と水分量

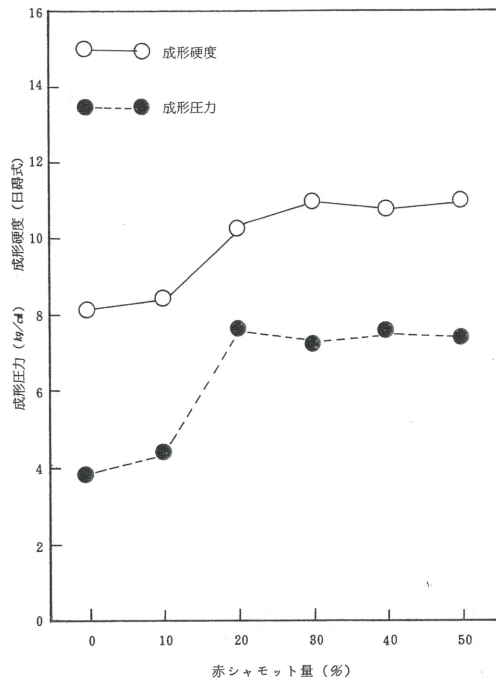


図12 赤シャモット量と成形圧力・成形硬度

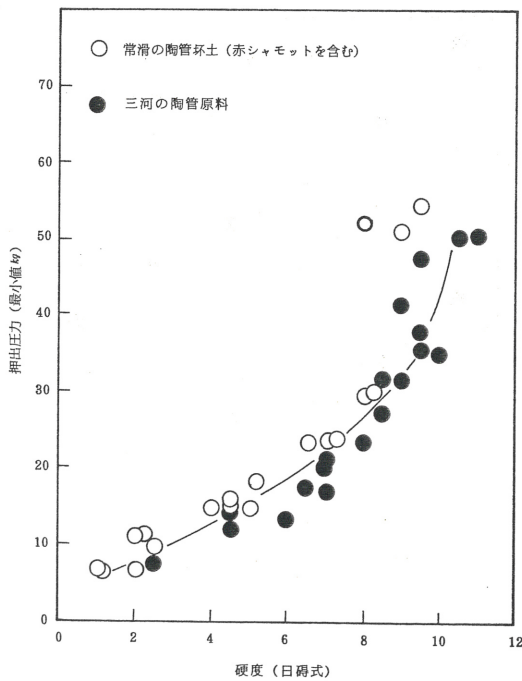


図11 硬度と押出圧力

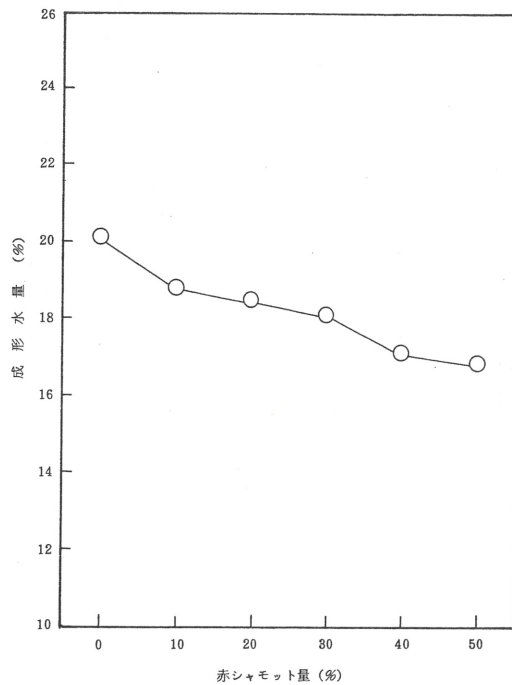


図13 赤シャモット量と成形水量

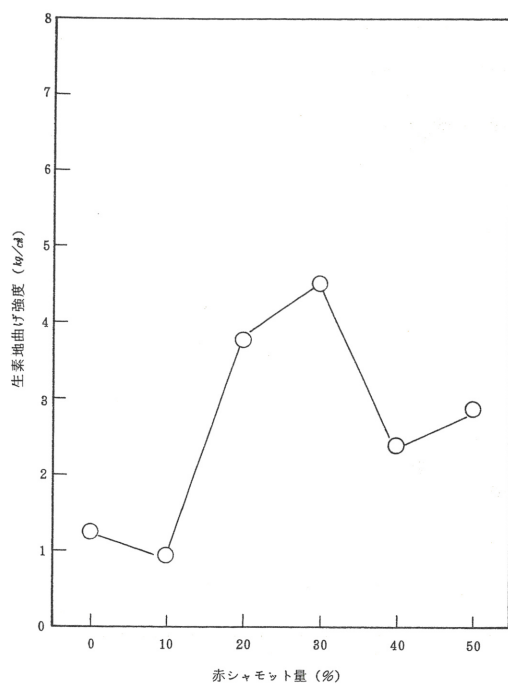


図14 赤シャモット量と生素地曲げ強度

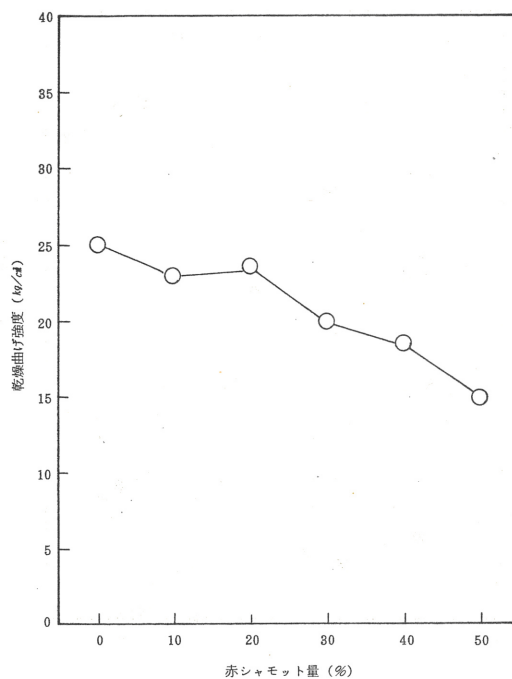


図16 赤シャモット量と乾燥曲げ強度

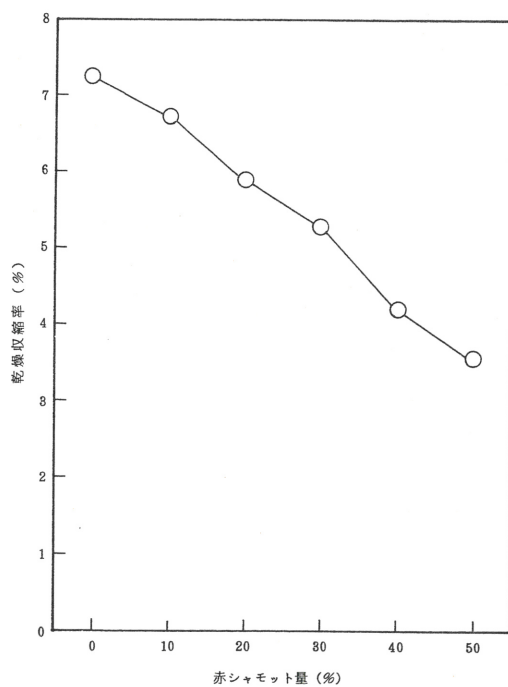


図15 赤シャモット量と乾燥収縮率

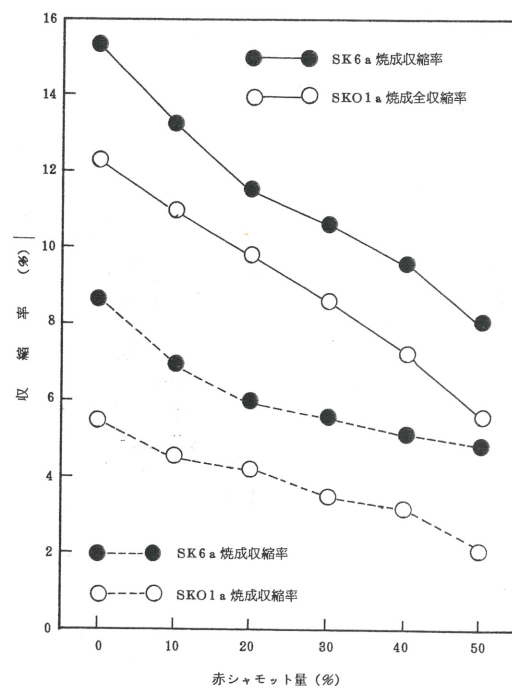


図17 赤シャモット量と焼成・全収縮率

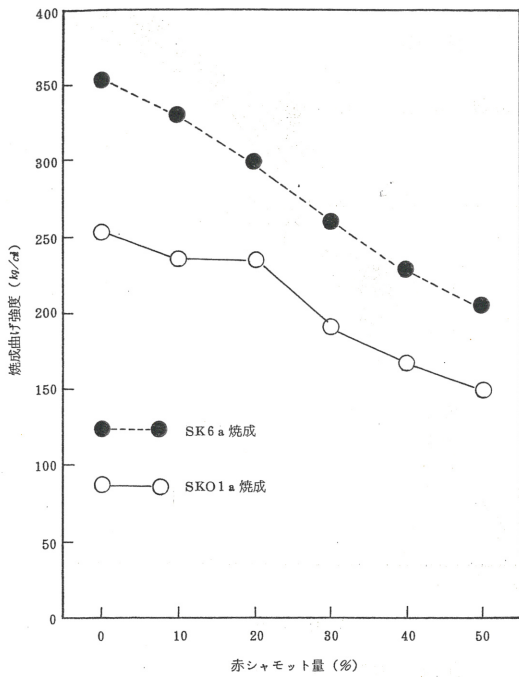


図18 赤シャモット量と焼成曲げ強度

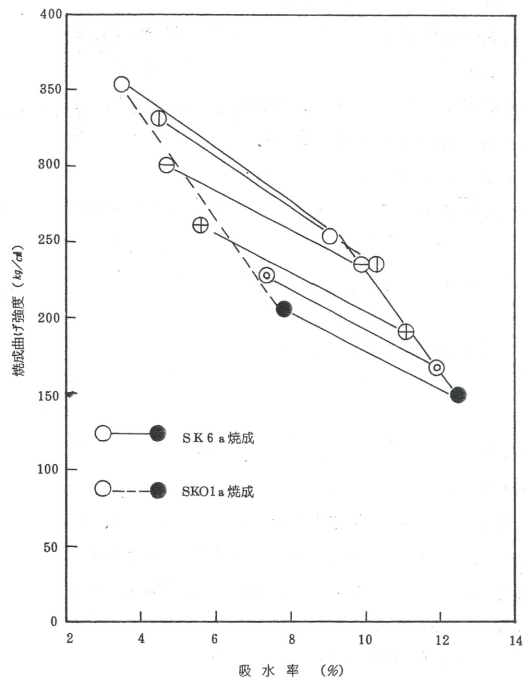


図20 焼成曲げ強度と吸水率

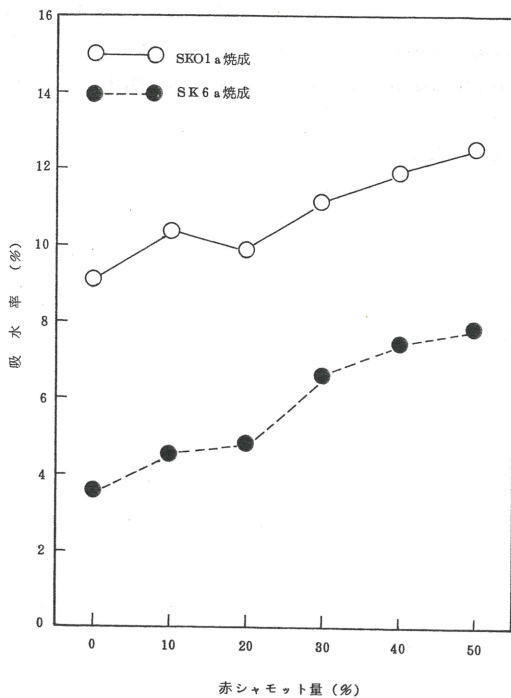


図19 赤シャモット量と吸水率

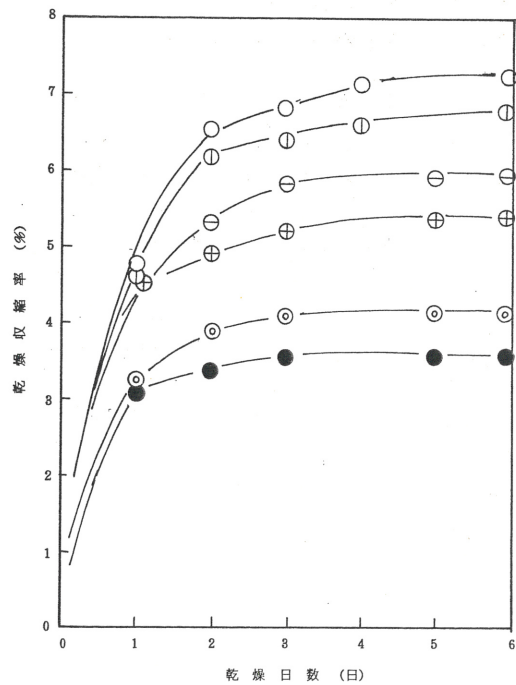


図21 乾燥収縮の変化

成形された試験体の性状については、図14に赤シャモット量と成形直後の生素地曲げ強度について示す。生素地曲げ強度は赤シャモット、成形水量の影響が考えられるので、これだけのデータでは解析は難しい。

図15は赤シャモット量と乾燥収縮率、図16は赤シャモット量と乾燥曲げ強度、図17は赤シャモット量と焼成収縮率、全収縮率を示し、図18では赤シャモット量と焼成曲げ強度、さらに図19で赤シャモット量と吸水率について示す。これらの結果を総合的にまとめてみると乾燥収縮、焼成収縮は赤シャモット量に比例して少なくなり、赤シャモット添加の効果を表わしている。

一方乾燥強度、焼成強度の低下、吸水率の増加が起り、このことは素地の運搬、窯詰め作業時の破損、製品品質の低下が考えられるので、経験的に実際の作業が支障をきたさない乾燥曲げ強度を 20 kg/cm^2 以上でかつ製品の圧縮荷重強度 200 kg/cm^2 、吸水率8%以下とし、陶管製造工場における通常焼成温度はSK2a~3aとすれば赤シャモットの添加できる量は20%が限界に近い。

図20の曲げ強度と吸水率の関係から、焼成温度をSK5~6aと約 $50\sim 60^\circ\text{C}$ あげることができれば、赤シャモットの添加は30~40%も可能であると考えられる。図21、22は成形された素地の乾燥速度を極めて原始的に測定したもので、図21は 110°C 乾燥における重量減少を100%とした水分の重量減少率を示しており、重量減少率40~50%に要する時間は赤シャモット量0~50%の間では3~4割の相違が見られ、赤シャモット添加による乾燥速度の向上に効果が認められた。

4. ま と め

赤シャモットの添加は焼結温度の上昇、吸水率の増加となるが、乾燥収縮、焼成収縮の大巾の減少、乾燥速度の向上が期待できる。しかしながら赤シャモット量50%では成形直後の強度、乾燥強度が少なくなり、成形後の変形が考えられるので、添加する赤シャモット量を30~40%とし、焼成温度をSK4a~5aとすれば、乾燥強度で約40%、焼成曲げ強度で $230\sim 250\text{ kg/cm}^2$ 、吸水率は7~8%となり、製品品質を保持したまま、寸法精度の向上、乾燥亀裂、焼成裂等の防止が期待できる。

この試験は径3cmの棒状試験体の規模によるものである。内径30cm、長さ1mの陶管の製造に、この結果を直ちに採用した場合、成形機の規模、オーガーのピッチ、口金の絞り、真空室の大きさの相違を考へるとき、今一度中間的なプラントによる試験によって工場で採用できるよう検討したい。

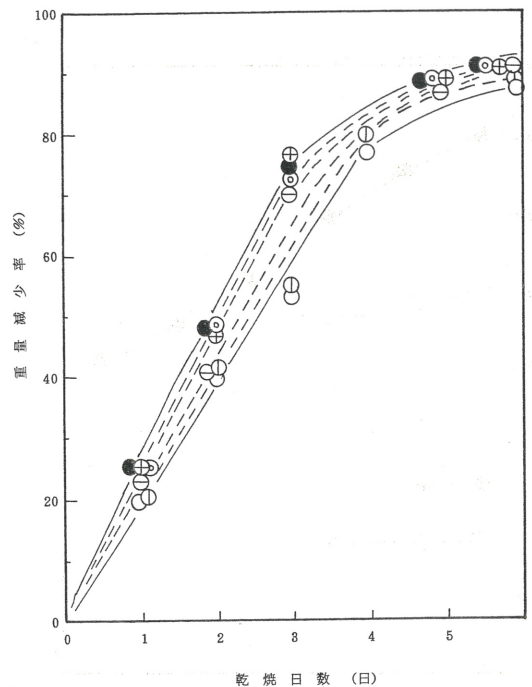


図22 乾燥による重量減少率

5. 文 献

- (1) 長沢敬之助 知多半島の鉱物と粘土鉱床 日本地質学会全国大会準備委員会 (1967)

本研究は昭和50年2月19日陶磁器製造技術講習会にて発表

(昭和48年度研究)