

三河における陶管原料および坏土の試験結果

鳥居高夫※¹⁾ 永柳辰一※²⁾ 伊藤征幸

Some Properties of Clay Pipe Raw Materials at Mikawa District

by

Takao TORII, Tatsuichi NAGAYANAGI and Tatsuyuki ITO

三河の陶管あるいは瓦用坏土（配合土）に使用されている原土は古くから碧南、高浜市周辺で採掘される三河粘土が使用されてきたが、昭和34年頃からの陶器瓦の飛躍的な伸びと採掘地域の都市化は原土の供給に不安を生じせしめた。三河粘土の枯渇対策として他地域に使用できそうな原土を求めた結果、見出されたのが三好粘土、瀬戸粘土、あるいは山砂利磨澤である。

これらの原土をより効果的に陶管への利用を図るため、化学分析を始めとする一連の試験を行なった結果について報告。

1. ま え が き

常滑につぐ陶管産地である三河地区は碧南市、高浜市、刈谷市がその主な都市である。この地区は三州瓦の産地として全国的に知られており、他に植木鉢、赤練瓦などが生産されている。

陶管、粘土瓦、植木鉢、赤練瓦等の原料は、いずれも地元から産出する良質な三河粘土を原料として発展してきたが、粘土瓦製造業の急激な成長による原土使用量の増大、宅地開発、市街化等による原土採掘の条件悪化により三河粘土の枯渇が問題となっている。

このような事情から、陶管、粘土瓦業界では三河粘土の他に、県北部の西加茂郡三好町、豊田市田辺地区、瀬戸市等の妬器粘土に着目し、愛知県の試験調査と相まって、これらの粘土を混合使用し始めた。

陶管を成形する製管機は、昭和44年A社が日本では始めて成形圧力の高い大馬力の横抜き製管機を試作して以来、その性能の向上、自動化が進んでおり、同時に原料問題がクローズアップされてきた。

このような大馬力製管機（従来は20～30馬力であったものが150～250馬力となっている）になると押し出すオーガの回転数が高く、押出成形する速さが従来の製管機より早い、また坏土自身も水分を少なくして、成形後の変形、収縮を少なくし、乾燥を容易にしているため、配合、製土が問題となってきた。

このように三河粘土と異なる原土の採用、従来と成形条件が異なってきた製管機の出現などから、これらの原土、坏土についての性状把握が要望されているので、原土がどのような性状をもつか、陶管坏土と同様、押出圧力、製品強度等にどのような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 原料の種類

使用する原土は三河地区で多く使用されている三河粘土（桜井粘土、福釜粘土）、三好粘土（上層茶色、下層青色）、瀬戸粘土（上層赤褐色、下層深青色）の6種類と陶管用坏土、粘土瓦用坏土について試験した。

他に豊田市猿投地区の山砂利磨澤、常滑頁岩粘土、富貴青粘土なども使われているが、既に報告¹⁾されているので省略する。

2.2 原料の基礎性状

使用する原土について化学分析、X線回折による鉱物分析、沈降法および湿式篩振とう法による粒度分析、液性限界、塑性限界水分量の測定等を行なった。

2.3 ねり土の性状試験

陶管のようにねり土を口金から押し出すことによって成形する製造方法では、ねり土の性状は極めて重要な性質と言える。ここでは原料あるいは水分量を変化させた坏土が口金を通る摩擦抵抗、即ち成形し易さを調べるために押し出し圧力の測定を行なった。試験装置はテンシロンDM-1/500万能試験機を使用し、内径50mmのシリンダー内に内径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300g秤量し、シリンダー内に入れて毎分30mm/minの速度で押し出してピストンにかかる圧力をロードセルで受けて記録し、ねり土の含水量、硬度を測定した。測定した試料は表1に示す原土と坏土と、参考として常滑の陶管原土と坏土についても行なった。

2.4 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）、硬度を測定した。試

※ 1) 研究指導課主任研究員（前開発課主任研究員）

※ 2) 三河分場（前開発課）

表1 陶管に使用する原料の化学分析値、耐火度と外観

原料名	Ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	耐火度 (SK)	外観
桜井粘土	8.57	59.9	22.7	4.88	0.80	0.21	0.68	2.10	0.29	19	茶褐色
福釜粘土	8.29	61.9	24.6	2.49	0.90	0.19	0.45	0.19	0.18	30 ⁺	緑色
三好粘土(上層)	9.18	61.5	22.1	3.30	1.01	0.03	0.71	2.08	0.19	27	薄茶色
三好粘土(下層)	6.18	65.5	19.8	3.13	0.67	0.03	0.86	2.58	0.68	13	青色
瀬戸粘土(上層)	7.32	66.2	20.3	3.89	0.70	0.10	0.95	0.34	0.69	13	茶色
瀬戸粘土(下層)	5.39	68.5	17.9	3.86	0.54	0.35	0.86	0.71	1.06	12	青緑色
頁岩粘土	5.41	70.8	14.5	4.02	0.69	0.47	0.41	2.93	1.01	13	青色
木節はね土	4.07	79.7	12.8	1.22	1.09	0.01	0.03	0.98	0.28	20	ねずみ色

験体は30mmφ×180mmℓの大きさに成形し、ノギスで150mmのマークを入れ、乾燥および焼成後に収縮率を測定、さらにパン10cmで乾燥曲げ強度試験を行ない、焼成試験片については吸水率の測定を行なった。焼成はSK2aで焼成した。

3. 実験結果と考察

3.1 原料の基礎性状

原料の基礎性状試験のうち化学分析、耐火度、外観を表1に、沈降法と湿式篩法による粒度分析結果と塑性限界、液性限界、塑性指数を表2に示し、X線回折図は図1に、粒度分布図は図2から図5に、粒径分布図は図6、図7に示した。

桜井粘土の組成鉱物は石英、粘土に少量の長石、雲母、微量のモンモリロナイトが含まれており、三河粘土としては耐火度が比較的低く、カリ分、鉄分も多い。粘土組成は60μ以上が22%あり全体に粗いので乾燥収縮が少なく、乾燥が容易であると考えられる。塑性限界水分は19.2%であり、陶管の成形水量が21%前後から見て使い易い粘土と言える。

福釜粘土は石英と粘土が殆んどで、少量の長石、雲

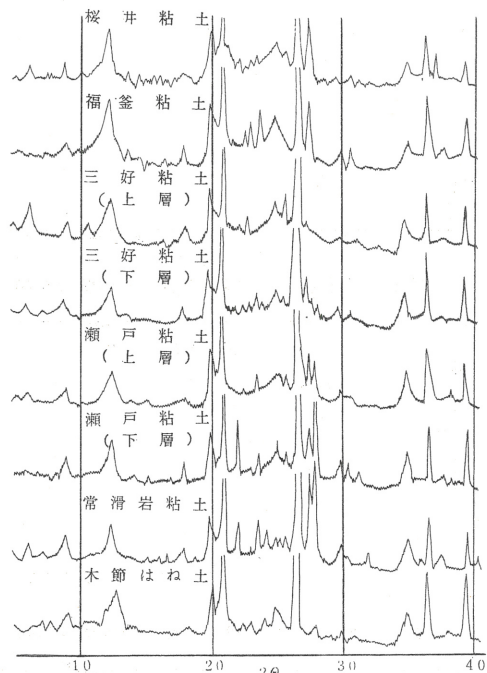


図1 原土のX線回折図

表2 陶管に使用する原料の粒度分析値と塑性・液性限界

原料名	粒度分析値								可塑性 (湿量基準で表示)		
	沈降法(μ)				湿式篩法(μ)				液性 限界	塑性 限界	塑性 指数
	0~2	2~5	5~20	20~44	44 ~125	125 ~500	500 ~1000	1000~			
桜井粘土	17.4	17.2	30.4	8.0	13.8	13.0	0.2	0	36.0	19.2	16.8
福釜粘土	20.1	15.9	35.0	7.8	11.5	8.1	1.6	0	36.0	15.7	20.3
三好粘土(上層)	29.1	30.1	31.9	7.8	0.8	0.2	0.1	0	47.3	24.5	22.8
三好粘土(下層)	11.8	34.3	34.1	5.6	12.9	1.4	0	0	29.1	19.8	9.3
瀬戸粘土(上層)	15.4	25.6	41.3	4.3	10.2	3.0	0.2	0	36.6	21.3	15.3
瀬戸粘土(下層)	10.6	11.0	42.7	4.9	26.8	4.0	0	0	24.1	16.2	7.9
頁岩粘土	7.6	19.4	43.2	14.4	11.8	3.5	0.1	0	24.3	19.6	4.7
木節はね土	15.4	21.3	53.7	4.9	4.1	0.6	0	0	24.5	16.3	8.2

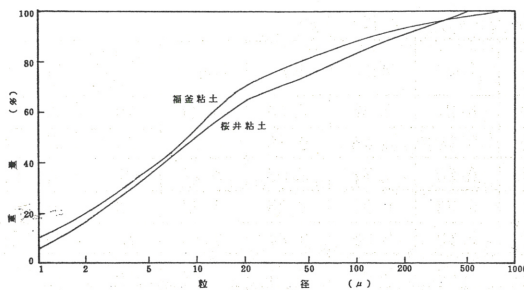


図2 三河粘土(福釜, 桜井)の粒度分布図

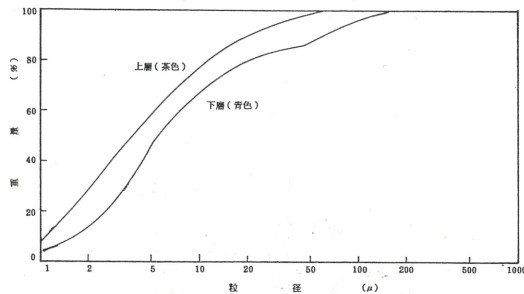


図3 三好粘土(上層・下層)の粒度分布図

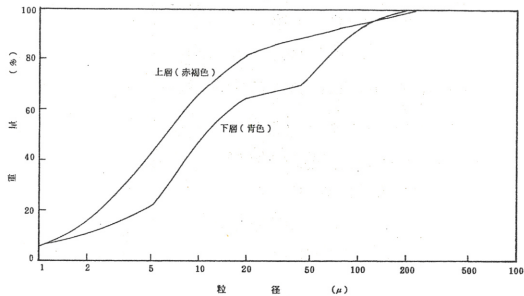


図4 瀬戸粘土(上層・下層)の粒度分布図

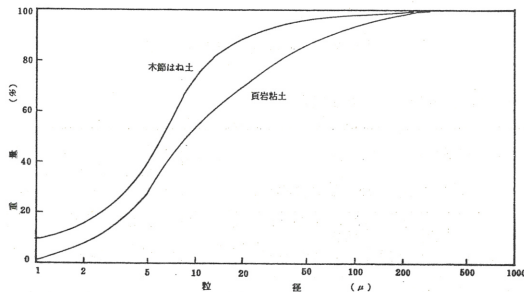


図5 頁岩粘土・木節はね土の粒度分布図

母が認められる。桜井粘土に比較してアルカリが少なく、アルミナが多いので耐火度も珪石粘土の中では極めて高い。粒度組成は粘土分の 2μ 以下が多い半面 60μ 以上も多い。塑性限界水分は15.7%と少なく、蛙目粘土に近い性質をもつ三河粘土の代表と云える。

三好粘土(茶色, 上層粘土)は石英, 粘土の他モンモリロナイト, 雲母は相当量含有しており, 塑性限界

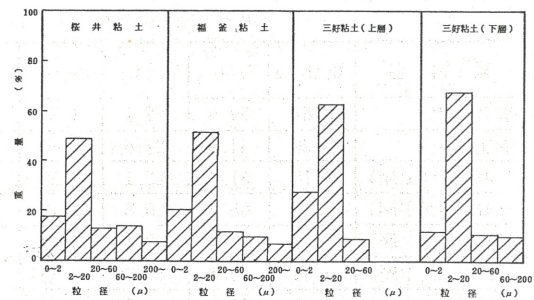


図6 三河粘土・三好粘土の粒径分布図

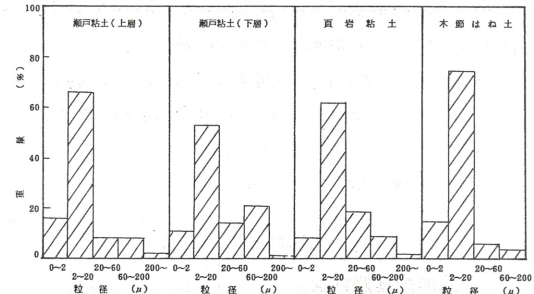


図7 瀬戸粘土・常滑陶管原料の粒径分布図

水分も表2にみられるとおり24.5%と極めて高く, この粘土を混合することによって坏土の塑性限界の上昇から通常の水分ではラミネーションの発生が考えられる。また粒度組成も 60μ 以下が大部分であり乾燥収縮も極めて大きいので扱い難い原土と云える。

三好粘土(青色下層粘土)は石英, 粘土の他に少量の雲母, モンモリロナイト, 長石から成っている。粒度分布も 2μ 以下11%, 60μ 以上10%と巾広く分布しており, アルカリ分も多く扱い易い粘土である。

瀬戸粘土(赤褐色上層粘土)は石英, 粘土の他に少量の雲母, モンモリロナイト, 長石を含んでいる。アルカリが他の粘土に比較して少ないにも拘わらず耐火度が低い。

瀬戸粘土(青色下層粘土)は石英, 粘土と長石を多く含んでおり他に雲母が認められる。アルカリは上層粘土と同様に少ないが鉄分が全般的に多く, 耐火度が低い。粒度分布は上層に比較してやや荒いが乾燥収縮は大きい。塑性限界水分も比較的多い。

頁岩粘土は多くの報告にもあるように石英, 粘土(ハロサイト)に長石, 雲母(イライト), モンモリロナイトを含み, 粒度は 2μ 以下が極めて少ないが 60μ 以上殆んどなく, アルカリと鉄分が多いため耐火度は低く, 塑性限界も珪石粘土の中では低いと云える。

木節はね土は石英と粘土から成り, 他に少量の雲母, 長石を含み, 鉄分は少ない。塑性限界水分は少なく, 乾燥性状は極めてよい。

これらの個々の性状を総合的に判定すると, 桜井粘

土はやゝ耐火度が低い、福釜粘土と共に三河粘土の特長である粒度が粗く、乾燥収縮の少ない良質の粘土であり、三好粘土（上層）は塑性限界水分量の多いことから他の粘土となじみ難い収縮の大きな粘土と云える。三好赤粘土、瀬戸粘土共粒度組成はやゝ細かく、乾燥収縮もやゝ大きいなど欠点はあるが、豊田市の山砂利磨砕など耐火度が高く砂分の多い粘土や、あるいは三河粘土などとの配合でも、常滑頁岩粘土と同様に耐火度を低下させ、焼結を良くする効果があり、低耐火度の貴重な原土である。

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ロードセルで検出して、坏土の口金にかかる摩擦抵抗を圧力で表示した。押出成形における摩擦抵抗は成形機の口金やオーガーの摩耗に関連があり、変形や収縮防止のために今後低水分成形が推奨されるとすれば、粒度分布、塑性限界と共に大きな要素となると考えられる。図8に坏土の日罫式硬度計による硬度に対する押出圧力を示した。三河粘土、三好粘土、瀬戸粘土共硬度に比例して押出圧力が大きくなり、その関係はやゝ曲線的である。図9には硬度と水分量の関係を示す。これは坏土を一定の硬度にする水分量が坏土の種類によって異なることを表わし、一例をとると□印の常滑陶管坏土に対して三河粘土、三好粘土、瀬戸粘土共に多くの水分が必要である。中でも三好粘土（上層）は際立って多くの水分が要求される。

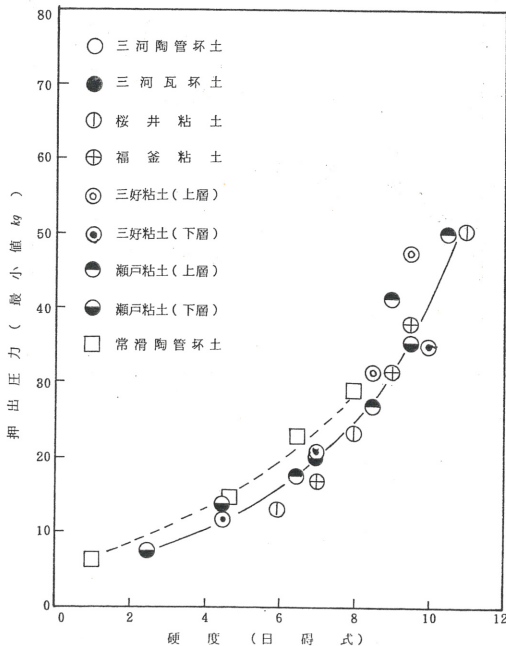


図8 坏土の硬度と押出圧力

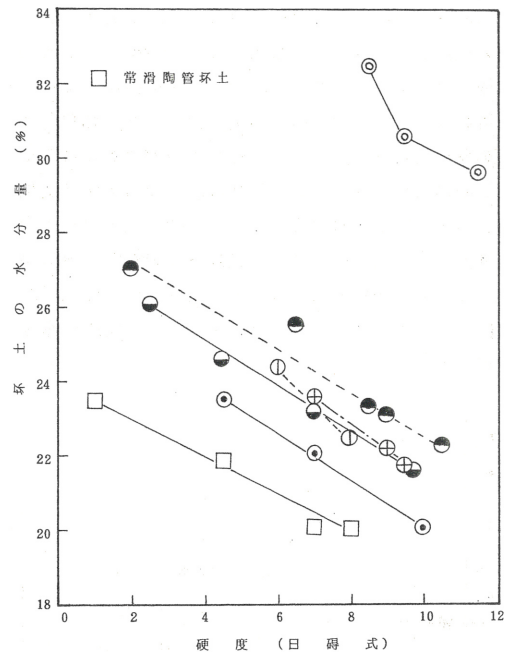


図9 硬度と坏土の水分量

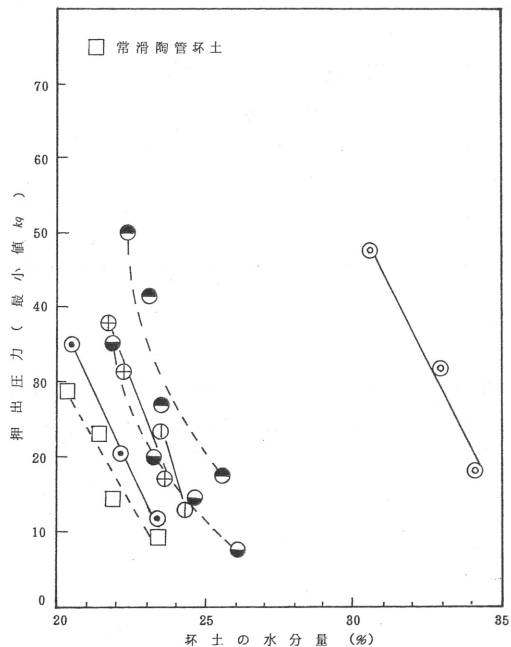


図10 坏土の水分量と押出圧力

図10は坏土の水分量が変わると押し出すに必要な圧力がどのように変わるかを示しており、ここでは三好粘土（上層）の特異な性質に注意が必要である。

3.3 成形試験

試験体を成形するときに口金にかかる圧力を口金に圧力検出器を取り付けて検出した。口金にかかる圧力の検出は、土の動きや方向に対し完全に検出することが難しい。オーガーの回転数、土の速さ、死角などの影響が考えられ、ねり土の性状の項で測定した如く一つの目安にすぎないが、坯土の水分のわずかな変化、硬さの変化にも敏感なようである。特にオーガーと土の摩擦による発熱のため成形試験体の温度が上昇し易く、これも水の粘度低下のため、成形圧力の低下が目立ったため、オーガーの外周を水冷して温度の影響を省くようにした。

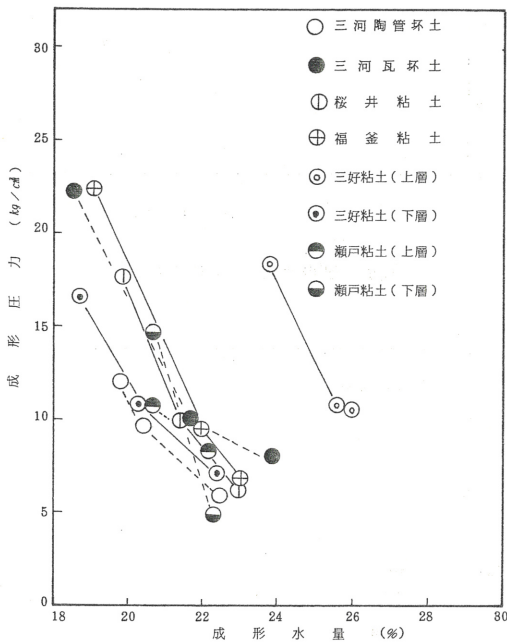


図11 成形水量と成形圧力

図11は成形水量と成形圧力の関係を示す。これは図10の坯土の水分量と押出圧力と極めて類似しており、成形時の成形水分量と成形圧力が推定できるのではないかと考えられる。図12は成形水量の代りに硬度で表わし、図13は硬度を山中式土壤硬度計のkgで表示したもので圧力相互間の相違はあるが直線に近い。

成形された試験体は110℃で十分乾燥し、乾燥収縮、乾燥曲げ強度を測定した。試験体の焼成は電気炉を用いゼーゲル錐でSK2aで焼成した。その時の指示温度は1050℃、30分保持である。電気炉焼成の場合は、電気炉の容重、窯詰量、保持時間によって大きな差となるのでここではSK表示とした。

図14は異なる成形水量、坯土の試験体の乾燥収縮率

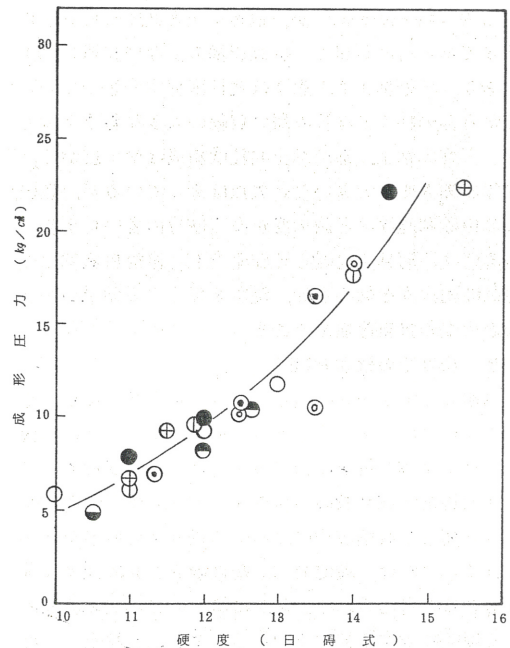


図12 硬度と成形圧力

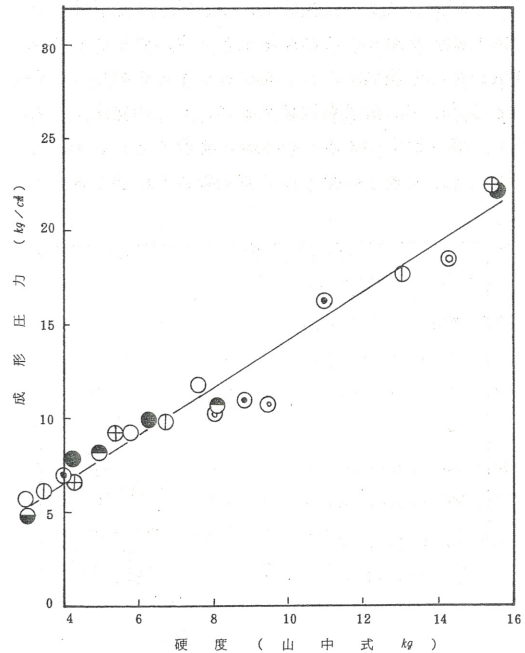


図13 硬度と成形圧力

とSK2aで焼成した全収縮率を示す。この結果では成形水分量の少ないもの程乾燥収縮が小さくなり、坯土相互間では、粒度で44μ以上が多い三河粘土は収縮が少ない。図15は図14の成形水量の代りに硬度でもって表わしたもので、必要な成形水量が異なるもの間では硬度で表示した方が比較し易い。傾向としては図14と

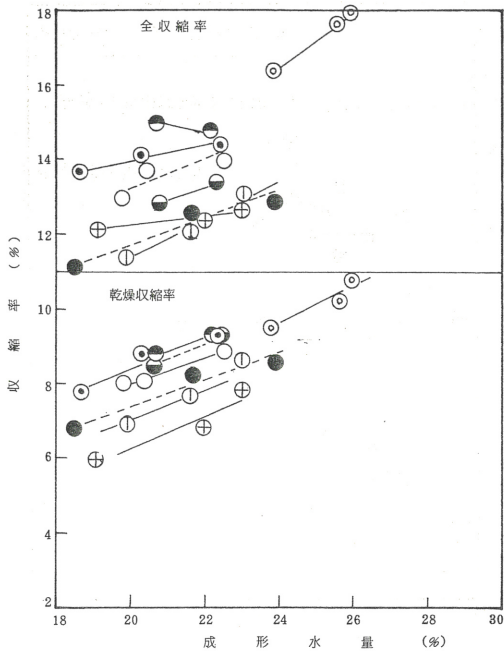


図14 成形水量と収縮率

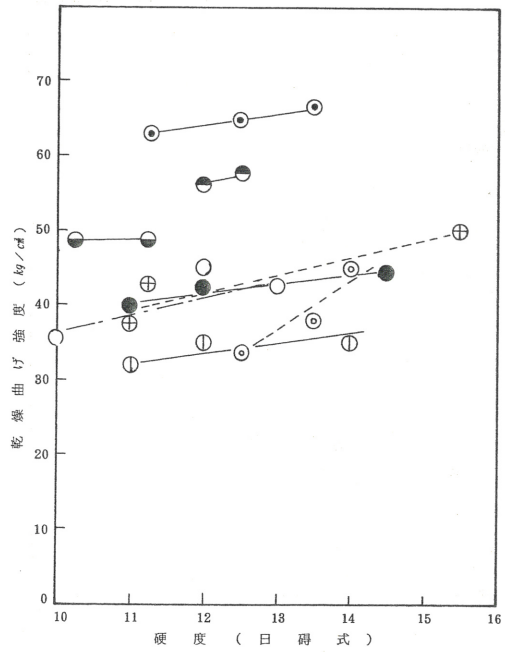


図16 硬度と乾燥曲げ強度

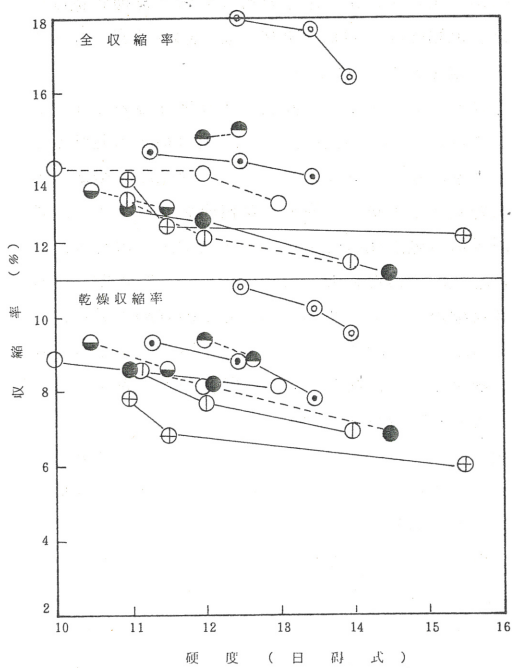


図15 硬度と収縮率

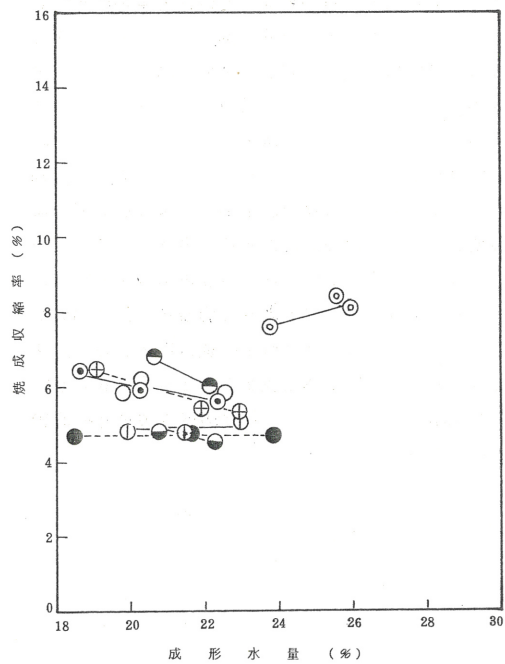


図17 成形水量と焼成収縮率

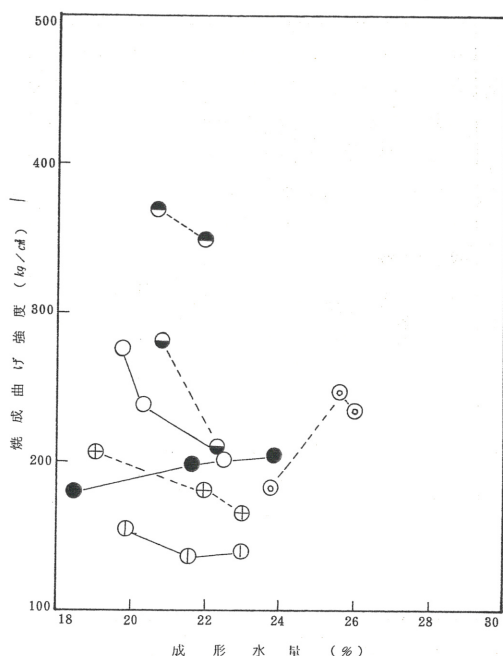


図18 成形水量と焼成曲げ強度

同じである。図16は硬度と乾燥曲げ強度を示す。同じ坏土の間では成形水量の少ないもの程乾燥強度が大きくなっており、図16の平均的な例、三河瓦坏土であげてみると硬度11から14の間では硬度1増す毎に7～8%乾燥曲げ強度を増大する。図14の成形水量で比較したものは成形水量1%の減少に対して三河瓦坏土の例で乾燥収縮率約0.4%、少くすることができる。図17は成形水量に対する焼成収縮率で、図18は成形水量と焼成曲げ強度、図19は成形水量と吸水率を示している。これらは原土あるいは坏土の成形水量をえることによって製品性状にどのような影響あるいは効果があるかを示している。また原土の焼結性を表わす意味をもって、単に鉱物組成から定まる耐火度の低いものが焼結し易いのでなく、粒度組成も焼結性に影響のあることを示している。

4. ま と め

三河の陶管あるいは瓦用坏土に使用されている原土は古くから三河粘土が使われているが、粘土の使用量が年々増大するにつれ、その原土の枯渇が問題となってきた。

粘土の枯渇対策として他に使用できる原料として見出されたのが三好粘土、瀬戸粘土、あるいは山砂利廃滓である。これらの原土が陶管に使用された場合について各々の性状をまとめてみる。

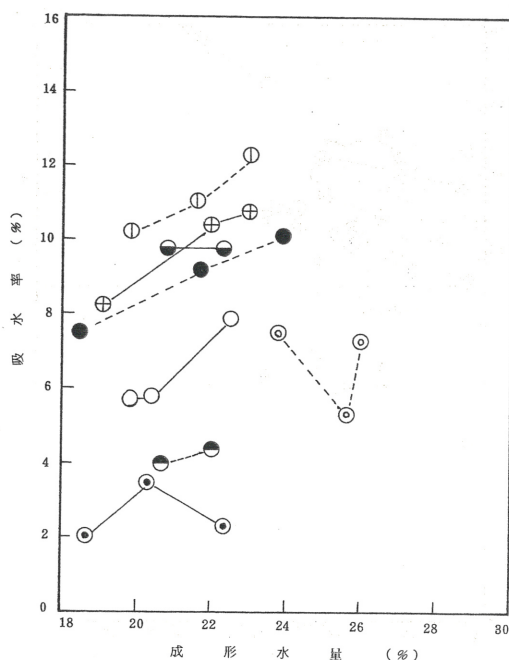


図19 成形水量と吸水率

三河粘土(桜井粘土、福釜粘土)粒度組成は細かいものから粗いものまで広く分布しており乾燥収縮は少ない。焼結性は三河粘土単味ではSK2a焼成でも吸水率8～12%とやや悪い。

三好粘土(上層) 塑性限界水分量を極めて多く必要とする粘土で焼結性は良いが、他の粘土と混ぜると成形水量の違いからラミネーション発生の危険がある。

三好粘土(下層) 極めて焼結成が良い粘土で、塑性限界水分量も比較的少なく、三河粘土その他焼結し難い粘土の焼結性改善に適している。粒度が細く単独では収縮が大きく、変形、亀裂発生の危険がある。

瀬戸粘土(上層) 三好粘土(下層)と同様粒度組成が細かく、焼結性が良いので焼結の悪い粘土に添加して焼成性状の改善に効果がある。

瀬戸粘土(下層) 粒度がやや粗であるが耐火度が低く、上層粘土あるいは三好粘土(下層)と同様焼結性の改善に効果がある。

今後三河粘土の枯渇を補い、より効果的に使うためにも、瀬戸市、豊田市等の珪砂、山砂利の廃滓を使用せざるを得ないし、またこのような系統の粘土は耐火度が高く、陶管坏土に混ぜると高い焼成温度を要求される。このような原料事情にあるとき三好粘土(下層)、瀬戸粘土(上下層)のような成形性に富み、微細な粒度組成をもつ低耐火度の粘土が入手できることは三河の陶管、瓦の原料事情に明るい材料と云えよう。

5. 付 記

孝君と原料を提供して頂いた西三粘土協同組合に感謝
します。

本実験について協力して頂いた村上逸男君、大西重

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)