

有機質バインダー利用による珪砂廃泥の活用

伊藤 征幸

Utilization of Silica Sand Slimes Adding Organic Binder
by
Tatsuyuki ITO

陶磁器原料としての成形性及び焼成素地強度の面で劣性のため、増量剤的な使用方法に踏みとどまっていた珪砂廃泥に、成形助剤として加工澱粉類などの有機質バインダーを添加することにより、陶磁器への原料化を図ることを目的とした。

瀬戸地区から多量に排出する可塑性の少ない珪砂廃泥2種類に、日常生活から廃棄されるガラス瓶類の粉砕物を媒溶剤として加え、更に加工澱粉、CMCを添加したのち、成形性について検討を行った結果、次のような事柄が分かった。

加工澱粉、CMCなど有機バインダーの添加により成形圧力が低下し、乾燥強度においても約2倍以上の増加が見られ、珪砂廃泥も主原料として利用できる。また、ガラス瓶粉砕物の添加も、焼成素地強度を大幅に高め媒溶剤として利用ができる。

1. ま え が き

数年来、「産業廃棄物の有効利用及び再資源化」に関する研究例が報告されている。窯業においても珪砂廃泥、碎石廃泥等が多量に廃棄され、これら廃棄物の有効利用、再資源化が図られつつある。しかし、従来より使用されている原料に比較して、可塑性・成形性の面で、著しく劣性であるがために、主原料として使用されるに至らなかった。

従って瀬戸地区で、ガラス原料用珪砂の採取精製工程から排出される可塑性の少ない廃泥と、日常生活から廃棄されるガラス瓶の粉砕物を媒溶剤、工業用糊剤の加工澱粉類を成形助剤として、坯土を調製したのち押出成形を行い、成形性について検討を行った。

2. 使用した原材料

2.1 主原料

本実験で用いた主原料は、ガラス原料用として、瀬戸地区で採掘されている珪砂の精製工程から排出する廃泥であり、比較的粘土分に富む「粘土質珪砂廃泥」粘土分をほとんど含まない「石英質珪砂廃泥」の2種類を選んだ。主原料の基礎性状試験として、化学分析、耐火度、X線回折、粒度分析、塑性限界、液性限界水分量を測定した。その結果を表1、2及び図1、2に示す。

2.2 副原料

主原料である2種類の珪砂廃泥は、常滑地区で使用されている頁岩粘土に比較して耐火度がSK26、SK30と高いために焼結りの悪いことが予測される。その為に日常生活から廃棄されるガラスを粉砕し媒溶剤と

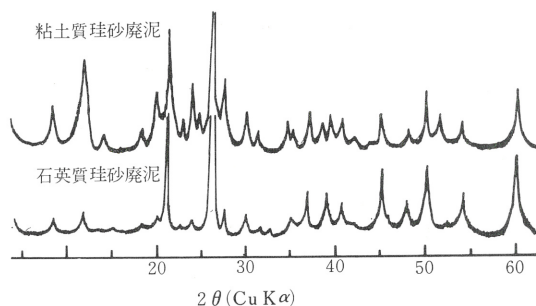


図1 珪砂廃泥のX線回折図

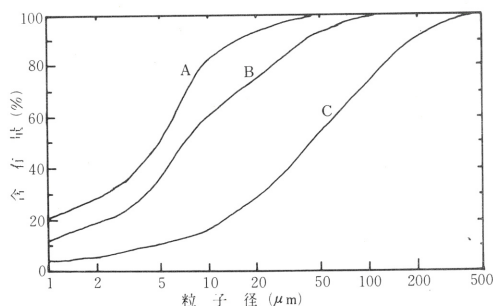


図2 原料の粒径分布図

A; 粘土質珪砂廃泥 B; 石英質珪砂廃泥
C; ガラス粉砕物

して用いた。その粒度分析結果を表2、図2に示す。

また成形性を向上させる目的で加工澱粉類のα-スターチ、デキストリンと、化学糊材であるCMCの計3種類を成形助剤として用いた。その特性について表3に示す。

表1 珪砂廃泥の化学分析値、耐火度

廃泥名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ig. loss	耐火度 (SK)
粘土質珪砂廃泥	64.0	23.7	0.82	0.45	0.01	0.11	2.31	0.25	8.42	30
石英質珪砂廃泥	84.1	9.63	0.39	0.39	0.01	0.14	1.55	0.06	3.61	26

表2 原料の粒度分析値と可塑性

廃泥名	粒度分布 (各粒子(μ m)の含有量(%))						可塑性		
	0~2	2~5	5~10	10~20	20~44	44以上	塑性限界	液性限界	塑性指数
粘土質珪砂廃泥	28.6	21.3	32.0	10.5	6.6	1.0	32.4	64.0	31.5
石英質珪砂廃泥	19.1	16.3	24.7	13.8	17.5	8.6	23.8	30.2	6.4
ガラス瓶粉砕物	6.1	4.3	5.2	13.9	19.5	51.0	—	—	—

表3 成形助材の特性

成形助剤名	製造方法	糊材としての特徴
α スターチ	澱粉の湿式熱処理	低濃度・高粘性
デキストリン	澱粉の乾式熱処理	高濃度・低粘性
C M C	アルカリ繊維素の化学処理	低濃度・高粘性

表4 坯土の割合割合

原料名	坯土 A	坯土 B	坯土 C
粘土質珪砂廃泥	60%	45%	30%
石英質珪砂廃泥	30%	45%	60%
ガラス瓶粉砕物	10%	10%	10%
成形助剤	α スターチ } : 外配 1% 添加 デキストリン } CMC : 外配 0.5% 添加		

3. 実験方法

実験は表4に示した割合割合で乾式混合を行い成形助剤の α -スターチ、デキストリンは1%、CMCについては0.5%を外割で添加した。これに水分を加え混練し坯土とし真空押出成形により、30mm ϕ × 180mmLのテストピースを成形した。

3.1 練り土の性状試験

水分を変化させた坯土を押出成形してみると、坯土の種類、水分量によって成形機の回転が一定にもかかわらず成形体の押出速度が異なる。これは坯土が押出される時、オーガー、金型等にかかる摩擦抵抗と考えるため押出圧力の測定を試みた。

試験装置は図3に示すような押出治具を万能引張り試験機に取付け、練り土300gをシリンダー内に入れ押出ピストンを30mm/minの速度で下降させ、練り土を押出す。この時押出ピストンにかかる圧力をロードセルで検出記録させる。同時に練り土の水分量を測定した。

3.2 成形及び素地試験

小型の押出成形機よりテストピースを成形する時に成形機の口金にかかる圧力を圧力検出装置により測定するとともに、成形水分量、硬度を測定した。なおテストピースは150mmLのマークを入れ、乾燥及び焼成収縮を測定した。曲げ強度は乾燥及び焼成したテストピースについて、スパン10cm、荷重速度3mm/minの条件で行った。焼成曲げ強度測定後のテストピースにより、吸水率を測定した。飽水方法は3時間煮沸法により行った。焼成温度は1150、1200℃の2水準とした。

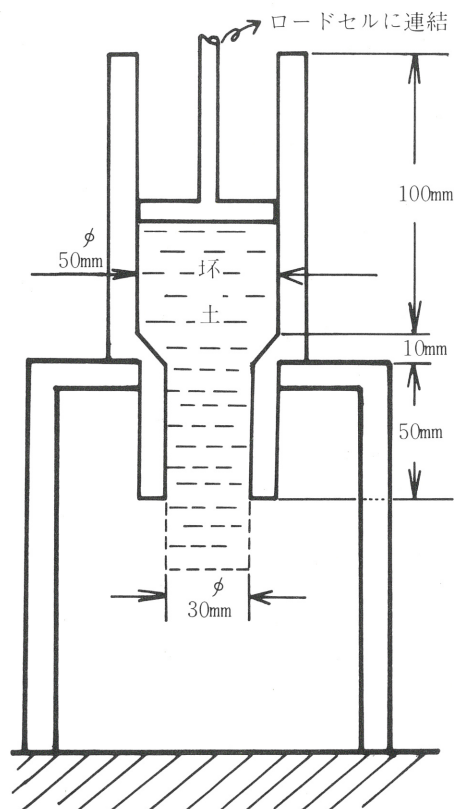


図3 押出圧力測定用治具

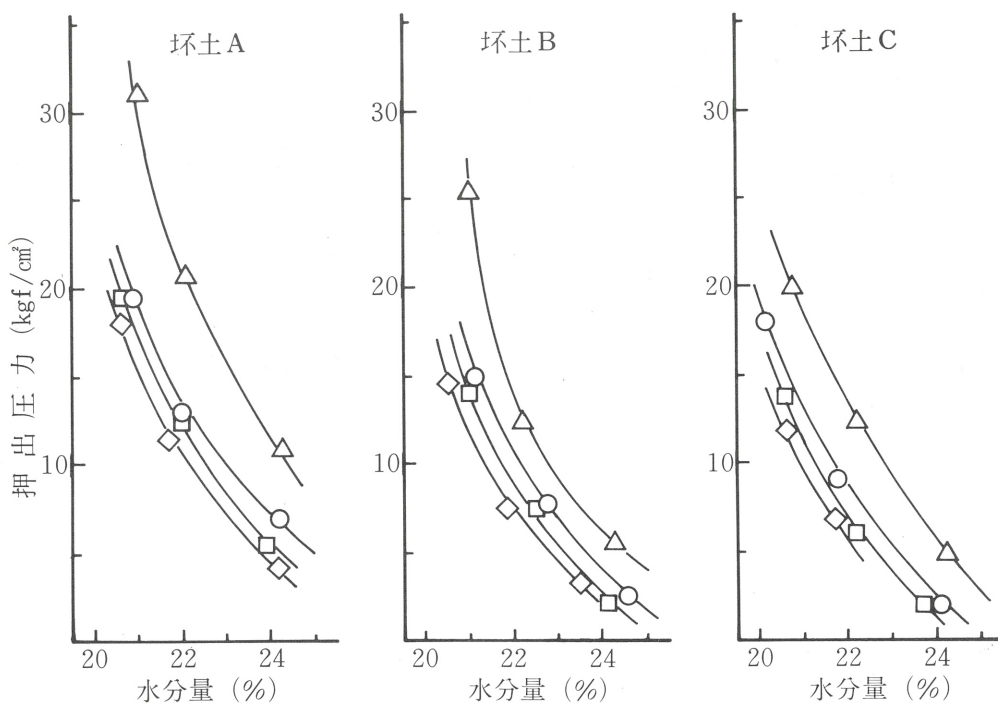


図4 成形助剤と押出圧力

〇無添加 □α-スターチ 1% ◇デキストリン 1% △CMC 0.5%

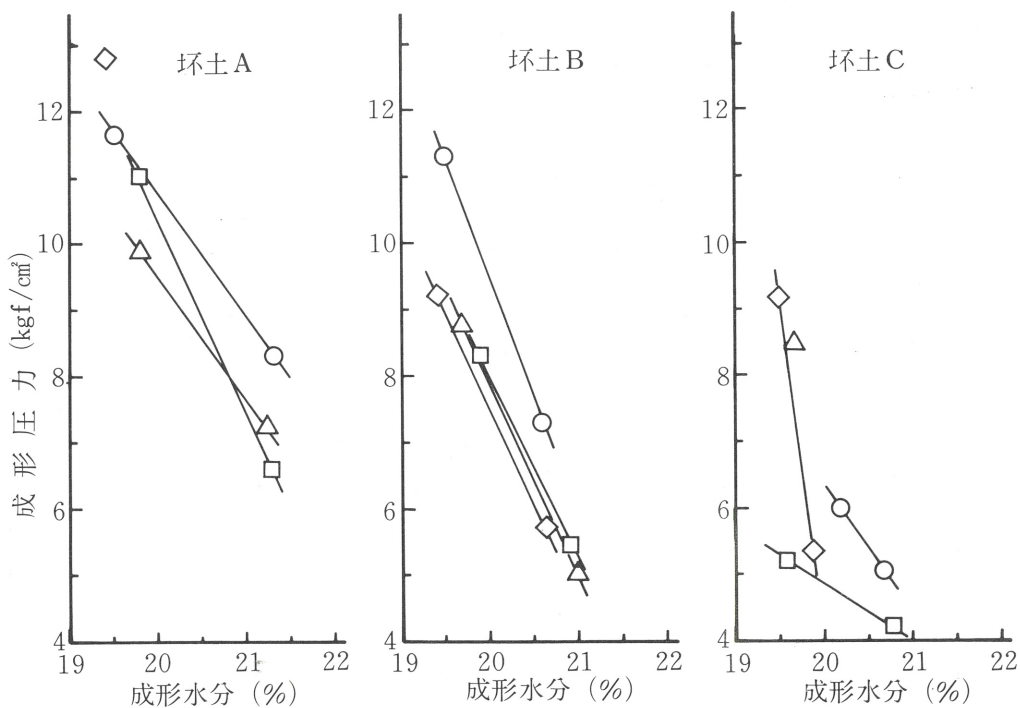


図5 成形助剤と成形圧力の関係

記号は図4と同じ

4. 実験結果と考察

4.1 練り土の性状

坏土を一定の速さで押出ピストンにより、口金から押出した時の力をロードセルで検出し、坏土の持つ摩擦抵抗を押出圧力として表わした。図4は坏土の水分量に対する押出圧力と成形助剤の関係を坏土別に示したものである。成形助剤について見た場合、無添加の坏土に比べ、成形助剤を添加した坏土では、CMCは押出圧力が高く、 α -スターチ、デキストリンは低くなっている。これは成形助剤固有の粘性が坏土の摩擦抵抗に影響しているものと考えられる。

4.2 成形性状

テストピースを成形する際に成形機の口金にかかった圧力を成形圧力として、その時の成形助剤、成形水分量、坏土硬さ、成形圧力を表5に示す。また成形水分量に対する成形圧力と成形助剤の関係を坏土別に図5に示す。

この結果から、練り土性状と同様に成形助剤が無添加、CMC、 α -スターチ、デキストリンと成形圧力が減少し、成形が容易となる事を示しており、成形助剤の添加効果が顕著に表われている。また坏土について見ると、粘土質珪砂廃泥の調合量が多い順、すなわち坏土A、坏土B、坏土Cと成形圧力が低くなっており

成形水分に対する成形圧力の傾きが大きくなっている。これは主原料として使用した2種類の廃泥が持っている可塑性によるものと思われる。

4.3 素地の性状

乾燥性状については、テストピースを自然乾燥後に乾燥収縮率、乾燥曲げ強度を測定した。その結果を表5に示す。成形水分量に対する乾燥曲げ強度と成形助剤の関係を坏土別に図6に示した。坏土A、坏土B、坏土Cともに成形助剤の添加効果が顕著に表われており、成形助剤が無添加の坏土は乾燥曲げ強度17.5~32 kgf/cm²であるのに対し、40~80 kgf/cm²と成形助剤を添加した坏土は約1.5~3倍の乾燥曲げ強度を具備することができる。また成形助剤がデキストリン、CMC、 α -スターチの順で強くなっており、これは成形助剤が持つ粘性の違いに起因していると考えられる。

このような乾燥曲げ強度の増加によって、現在常滑地区で使用されている頁岩粘土製品の乾燥強度に匹敵する強さをもつものと考えられ、珪砂廃泥単味で成形が可能であっても乾燥強度で劣性であった点が、成形助剤の添加により改良することも可能な事が分かった。

焼成性状については、焼成収縮率、焼成曲げ強度、吸水率を測定し、その結果を表5に示す。成形水分量に対する焼成収縮率、焼成曲げ強度、吸水率と成形助

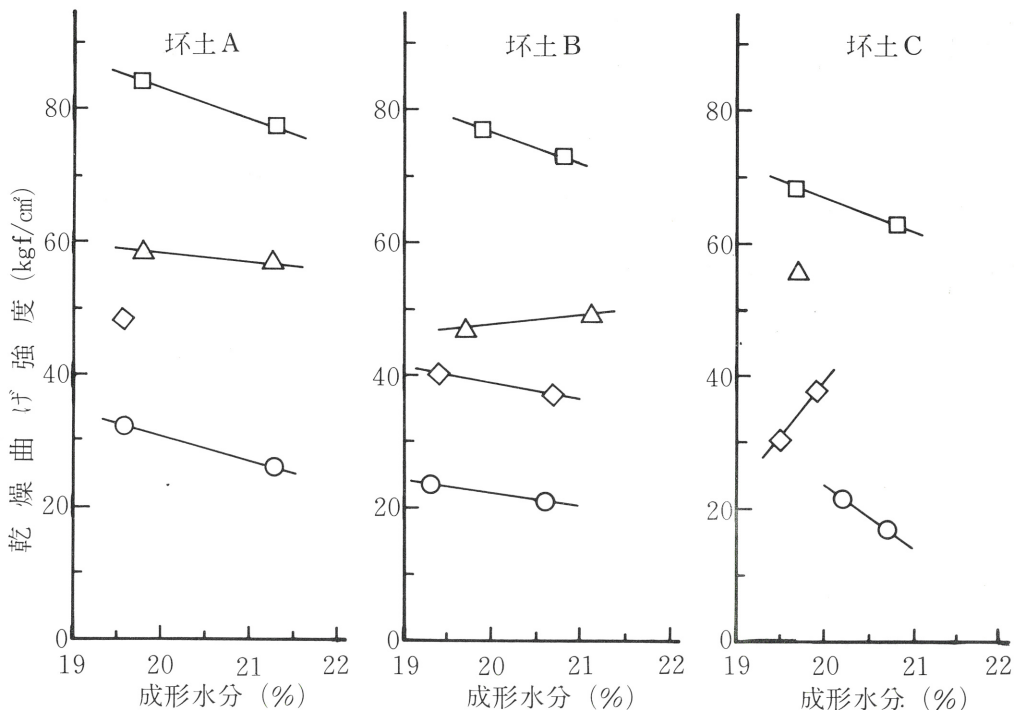


図6 成形助剤と乾燥曲げ強度の関係

記号は図4と同じ

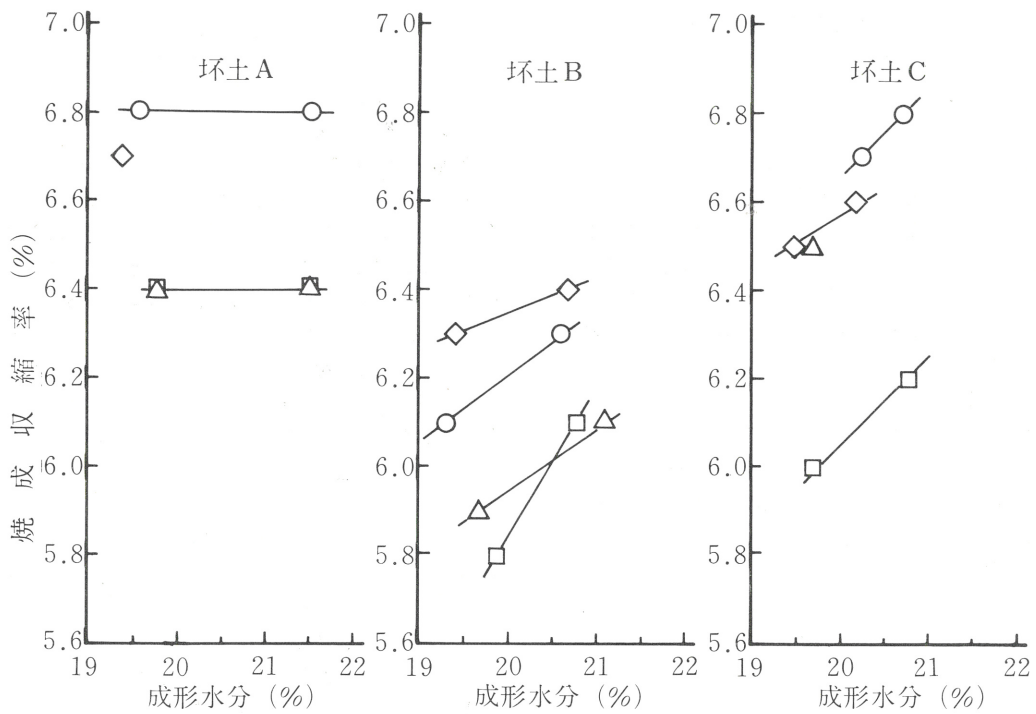


図7 成形助剤と焼成収縮率の関係

記号は図4と同じ

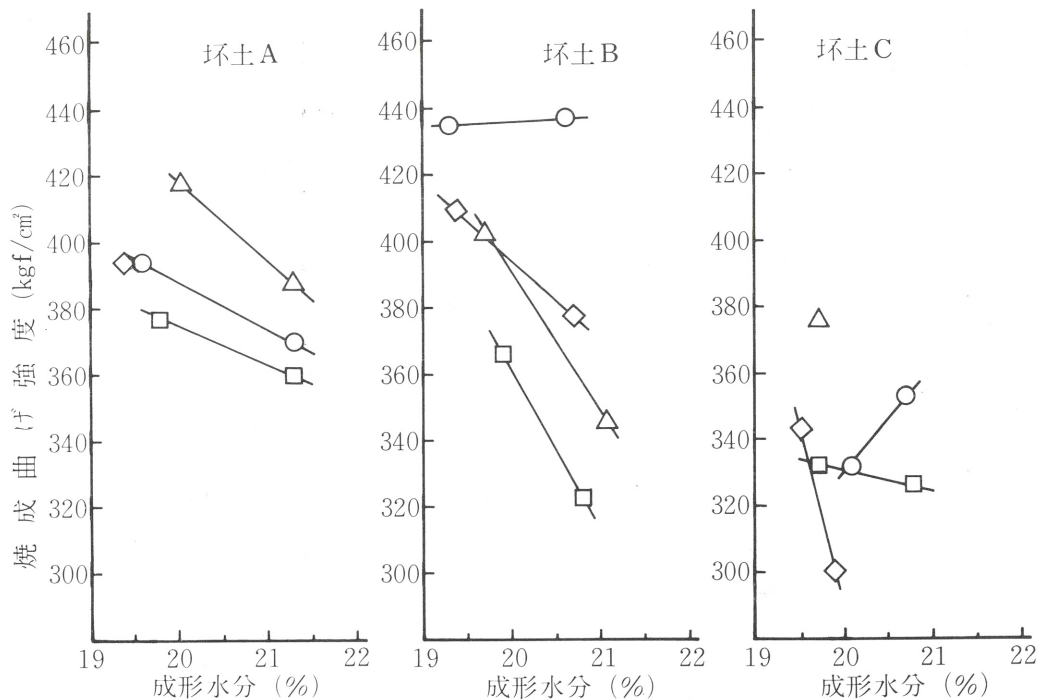


図8 成形助剤と曲げ強度の関係

記号は図4と同じ

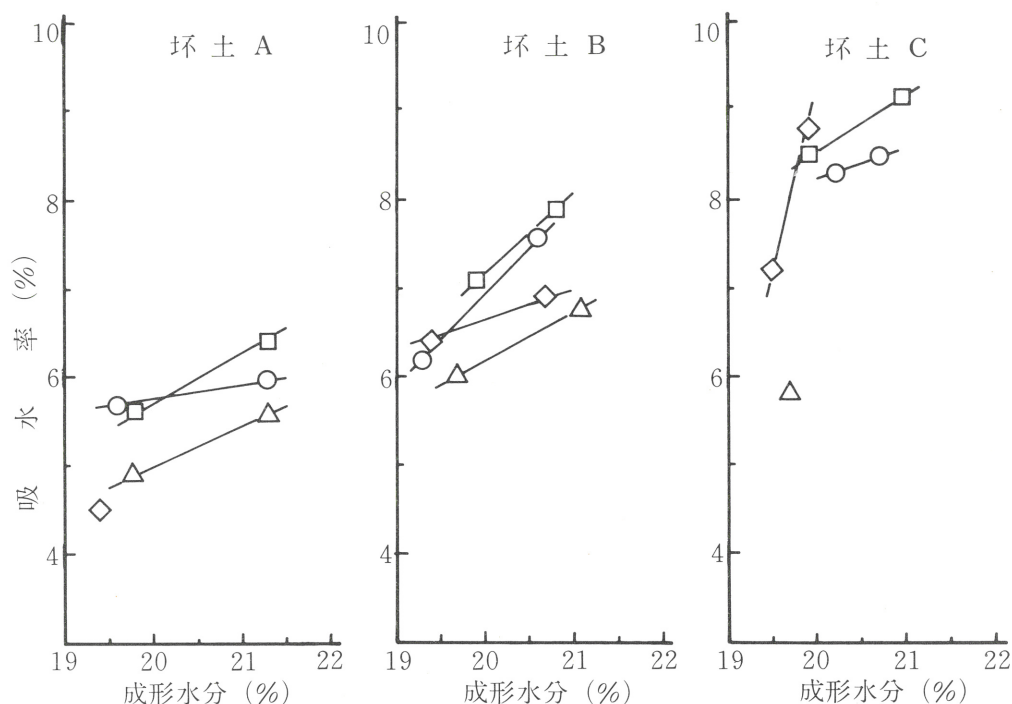


図9 成形助剤と吸水率の関係

記号は図4と同じ

剤の関係を坏土別に1150℃焼成結果について図7, 8, 9に示す。焼成収縮率では、既に成形助剤の添加効果は消失して、坏土固有の収縮率を示しているものと思われる。焼成曲げ強度では、媒溶剤として10%添加したガラス粉砕物の効果が現われており、1150℃焼成において、焼成曲げ強度が300~435kgf/cm²となっており、従来製品と同程度の焼成曲げ強度を有していることが分かった。

吸水率についても坏土A, 坏土B, 坏土Cとも10%以下の吸水率となり、こゝでもガラス粉砕物を媒溶剤として添加した効果が現われており、焼締りを促進させているものと思われる。

5. ま と め

珪砂廃泥等の産業廃棄物が主原料として再利用されるに至らなかった原因は、成形性及び素地強度の面で著しく劣性であったため、増量剤的な利用方法に踏みとどまっていたものと思われる。この為に主原料として使用するには適度な成形性、素地強度を賦与する成形助剤及び媒溶剤の添加が必要である。このような見地から、加工澱粉とCMCを成形助剤に、ガラス粉砕物を媒溶剤に用いて成形実験を試みた結果、次の事柄が判明した。

1. 成形助剤として α -スターチ、デキストリン、CMCの添加により、成形圧力を減少させ珪砂廃泥のみの組合せによる押出成形も可能である。
2. 乾燥強度に成形助剤の持つ粘性が大きく寄与し、40~80kgf/cm²の乾燥曲げ強度となり、従来原料と同等以上の乾燥強度を具備することができる。
3. ガラス粉砕物の添加効果は10%添加で、1150℃焼成において吸水率が10%以下となり、焼成曲げ強度も300~435kgf/cm²と高めることができ、十分に媒溶剤として使用することも可能で、廃棄物の再資源化の一方方向性を見出した。

以上の事から、成形助剤及び媒溶剤の添加により、可塑性の少ない廃泥等も従来原料の代替原料としての使用も可能である。

今回の実験はテストピースの規模によるものであり、今後実験の繰り返し及びスケールアップによって、成形助剤及び媒溶剤等の最適使用条件の検討が必要かと思われる。

謝辞

本実験を進める上で御協力頂いた、日本コーンスタート株式会社 山川幸治氏、並びに原料を提供して下さいた東海工業株式会社に深謝致します。