



Title	中型による陶磁器の成形法 : 発泡スチロールの中型への応用
Author(s)	柳原, 明彦
Citation	デザイン理論. 1992, 31, p. 17-31
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/53138
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

中型による陶磁器の成形法

— 発泡スチロールの中型への応用 —

柳原明彦

はじめに

陶磁器の成形法には、機械ロタロ、泥漿鑄込み、型おこしなど、型を使う成形法が少なくない。なかでも型おこし法は、大規模な生産設備や高度な熟練を必要とせず、形態の自由度が大きいなどの利点から、大量生産の手段としてばかりでなく、少量生産や一品制作の手段としても、広く利用されている。

型おこし法では、皿や浅い鉢のような形態を除いては、外型¹（雌型、凹型）で成形するのが常識である。中空の置物や花瓶など、いわゆる袋物と呼ばれる形態は、外側の形状が型成形の目的である上に、中型²（雄型、凸型）では拔型できないからである。たとえ中型でもかろうじて拔型できるコップのような形態でも、中型で成形すると粘土の収縮のために亀裂が生じることが多い。

とはいえ、中型による成形法は存在しないわけではない。変形の皿や浅い鉢などは、しばしば中型で成形する。また、陶芸の技法書には、ビール瓶を中型にしてコップなどを成形する方法が紹介されている³。コップなどは、薄い紙やプラスチックフィルムなどの隔膜をはさみ、粘土が軟らかいうちに拔型する。粘土に粘着性があるために、よほど大きな抜き勾配がないかぎり、隔膜をはさまないと拔型できない。また、粘土が硬化してからでは拔型できない。この技

法は、抜型時の不測の変形が避けられず、計画した形状や寸法を正確に保つのがむずかしいので、あくまで一品制作または少量生産の手段であろう。

粘土の成形に際して、中型を使えば可能であろうと思案することは少なくない。もちろん中型では制作物の外側の形状は型成形できないが、表面加飾や色土を使う技法などに際して、形態保持のために中型が使えればと願うことはしばしばある。中型の方法が確立されれば、これらの技法による表現やデザインの可能性は飛躍的に拡大するだろう。そこで、中型の最大の問題点である亀裂の防止と抜型の方法の2点を中心に、実用的な中型の方法を探ってみた。

中型の利点

中型が使えるケースでは、中型はどのような点で有利だろうか。そのことをまず明らかにしておきたい。中型の利点を要約するとつぎのようになる。

- 色土を使った練込みや切嵌めなどの成形に際して、外型では成形中に制作物の外側が見えないので、表面にあらわれるパターンの微妙なコントロールや修正がむずかしい。中型なら視認しながら作業することができる。
- 彫刻、印花紋、三鳥手、象嵌など、本体成形後軟らかいうちに施す表面加飾は、加飾作業中に変形や亀裂の危険があるので、加飾のタイミングが非常にむずかしい。中型なら、加飾作業の終了後に抜型すればよい。
- 表面に粘土を盛りあげたり削ったりする彫塑的な成形には、外型は使えない。一般には型を使わず手びねりで中空にするか、塊状に成形して成形後に中をくり抜くが、中型を使えば作業が容易になる。
- 外型は必然的に大きくなるので、型の制作や取り扱いが不便である。中型は小さくてすむので、大型作品や多くの型を使う量産に際して有利である。
- 袋物などは、外型では複数の割型にするが、型の制作や取り扱いが煩雑で一品制作にはむかない。中型でもよければ一個ですむ。(抜型方法は後述)

発泡スチロールの型材としての適性

今回の実験では、一般に使われている石膏にかえて、中型材としてより適当な発泡スチロール（ポリスチレン発泡体）を使用した。発泡スチロールは、現在のところ陶磁器用型材としてはほとんど利用されていないが、さまざまな利点から注目すべき素材だろう。発泡スチロールの中型材としての特徴を要約すると、つぎのようになる。

長 所

- 適度な弾性と柔軟性があるので、中型に使用すると、そのままでも粘土の収縮を吸収し、ある程度は亀裂や破断を防止する。また、スリットを入れることによって、型を収縮が可能な柔軟構造にすることができる。
- 150°C程度に加熱すると、いったん膨張したのち著しく収縮するので、通常は中型では抜型できない形態でも、抜型できることがある。
- 軽いので、取扱いが容易である。一般の陶磁器型材用石膏が、比重約1.1（混水量70で混練した乾燥硬化体）なのに対し、発泡スチロールは、発泡倍率50倍のもので比重約0.02である。
- 安価である。発泡倍率50倍の発泡スチロールブロックは、同じ体積の陶磁器型材用石膏（特級）に比べて、およそ5分の1の価格である。
- 加工が容易である。木工用ノコギリ、ニクロム線ヒーター、穴ヤスリ、ナイフ、サンドペーパーなどで、簡単に成形することができる。また、市販の予備発泡ビーズを原料に、簡単な設備と簡単な金型または耐熱プラスチック型で、同じ形態の発泡スチロール型を量産することができる。
- 独立気泡なので、吸水性がほとんどない⁴。したがって、水分による型の変形や変質がない。
- サンドペーパーで研磨した面の塑性粘土に対する離型性は、石膏とほぼ同じである。したがって、塑性粘土の成形では離型剤を必要としない。

短 所

- 柔軟でもろいので、型としての耐久性に欠け、石膏型ほどには反復使用できない。発泡倍率の高いものは、指で押す程度で変形する。
- 不完全燃焼させると、大量のすすとともに、一酸化酸素や未重合のスチレンモノマーを含む強い刺激臭を伴った有毒ガスを発生する⁵。ブローアで大量の空気を供給しながら完全燃焼させればこれらは発生しないが⁶、窯業用の電気窯では完全燃焼はむずかしい。
- 吸水性がないので、型を入れたまま乾燥させると、乾燥に時間がかかる。かといって強制乾燥させると、粘土の外側と内側で乾燥速度に差が生じる。

亀裂の発生状況

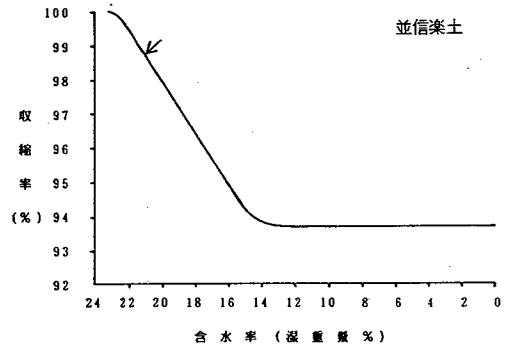
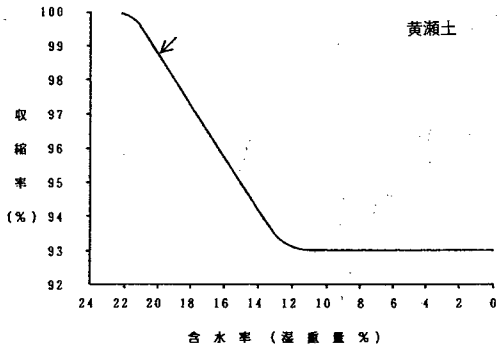
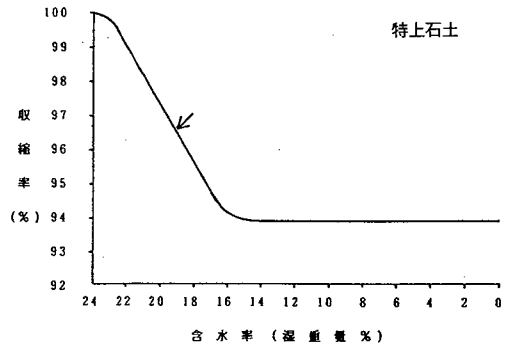
水練りした粘土は、乾燥過程で数%収縮する。収縮の度合は、含水率や粘土の組成などによってまちまちである。硬質の中型ではこの収縮が抑制されるので、成形後早い時期に抜型しないかぎり、常識的には亀裂や破断が生じるはずである。では、柔軟性のある発泡スチロール型ではどうだろうか。どの程度まで硬化すれば、亀裂が生じるのだろうか。また、抜型するとすれば、どの時点で抜型すればよいだろうか。石膏と発泡スチロールの中型を用いて実際に成形し、抜型時期と亀裂の発生状況の関係を調べてみた。

亀裂の発生は、制作物の形状、粘土の組成、含水率、肉厚、粘土板の製法、接着方法、乾燥方法、抜型時期、焼成方法など、さまざまな条件に左右されるが、これらの条件をすべて網羅する実験は不可能に近い。そこで、ある特定の条件を選んで実験した。

発泡スチロール型は、市販の発泡スチロールブロック（予備発泡ビーズによる成形品）を切削加工した。発泡倍率が高いほど柔軟性が高く、粘土の収縮を吸収しやすいが、反面、硬度が低くなり、型の耐久性が悪くなる。そこで今回の実験では、柔軟性と硬度の両面から、発泡倍率50倍（比重 約0.02）のもの

を選んだ。石膏型は、型材用焼石膏（特級）を混水量70で使用した。

図1



粘土は、もっとも亀裂が生じやすいとされる磁器土（日本陶料，特別上石土，含水率24%），中間的な炝器土（丸二陶料，黄瀬土，含水率22%），および，亀裂が生じにくいとされる陶器土（日本陶料，並信楽土，含水率23%）の3種を用いた⁷。図1は，あらかじめテストピースで調べた，それぞれの粘土の乾燥過程での含水率と収縮率の関係である。グラフ上の矢印は，厚さ7mm，長さ200mmのテストピースを水平にして両端で支えたとき，中央部の沈下が5mmに留まる程度に硬化するあたり，つまり，慎重に抜型すれば変形しない程度に硬化するあたりを示す。（以下，半硬化点と呼ぶ）中型の実際の使用に際しては，使用する粘土の含水率と半硬化点を調べておくとよい。なお，含水率は，

重量の減少を水分の減少によるとみなして算出し、湿重量百分率⁸で表わした。

試料の形状は、経験的に亀裂が生じやすい箱物とし、中型を、一辺200mmの立方体とした。上記の粘土をよく練って糸切りしたうえ、ローラーで2分の1の厚さまで土締めして厚さ7mmの粘土板を作り、上部のない立方体を成形した。接合部分は、櫛目を入れて同じ粘土の泥漿を塗り、よく押さえて接着した。

このようにして成形した複数の試料を、日の当たらない無風の室内で、開口部を下にして放置し、含水率が0.5%下がるごとに1個ずつ抜型していった。含水率は試料の重量を測定して算出した。抜型方法は後述の割型によった。

表1

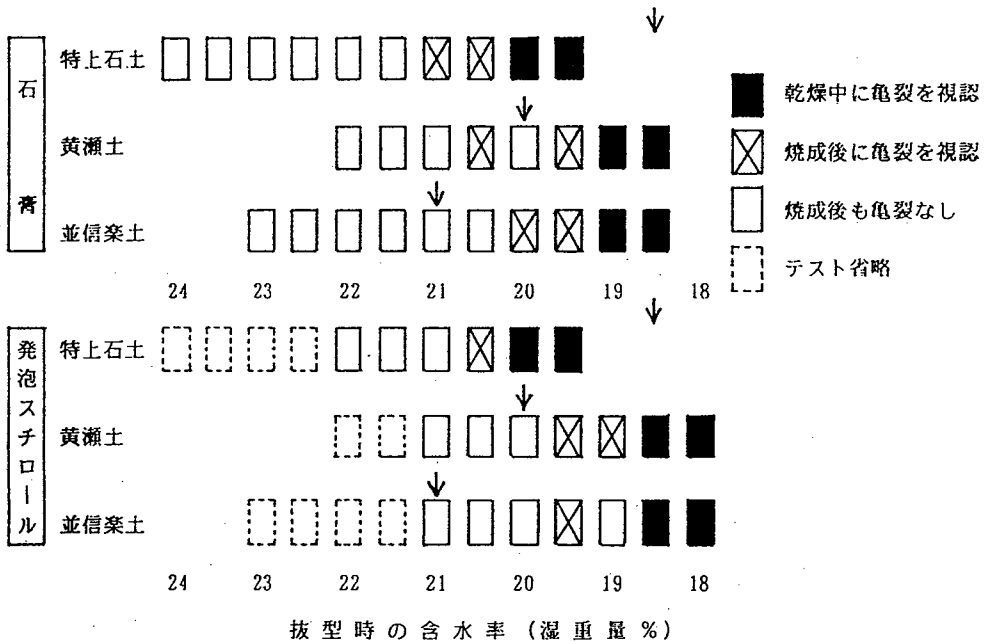


表1は、すべての試料の亀裂の発生状況を示す。亀裂は、開口部の角の接合部分に隣接した箇所にはじまり、次第にすべての接合部分に隣接した箇所にお

よんだ。接合部分そのものには亀裂は生じなかった。なお、収縮が抑制されているので、乾燥過程で亀裂が生じなくても、内部応力のために焼成過程で亀裂が生じることは十分考えられる。そこで、乾燥過程で亀裂が視認できなかった試料は、すべて電気窯（1240℃）で焼成して、亀裂の有無を確認した。

表中の四角は個々の試料を示し、矢印は半硬化点を示す。（図1参照）

この表から、およそつぎのようなことがわかった。

- 発泡スチロール型は、石膏型にくらべて、多少は亀裂の発生を防止する効果があるが、大きな差はない。
- 発泡スチロール型の場合、特上石土は半硬化点より前に、黄瀬土は半硬化点よりわずかに後に、並信楽土は半硬化点より後に亀裂が生じる。
- したがって、特上石土は、成形直後に抜型しなければ亀裂が生じる。
- 黄瀬土は、半硬化点より少し前で抜型すれば、亀裂はほぼ生じない。
- 並信楽土は、半硬化点で抜型すれば、亀裂はほぼ生じない。
- いずれも、型を入れたまま完全に硬化するまで乾燥させることはできない。

粘土は、収縮が抑制されると、抑制されていない方向の収縮が大きくなり、焼成後もその影響が残る。これは、乾燥中も型に引かれて塑性変形が起こるためである⁹。試料の場合は、肉厚と側面の高さの収縮が大きくなるはずである。そこで、成形直後と半硬化点で抜型した試料を焼成後に比較してみると、確かにその傾向はあったが、実用上問題になるほどの差異はなかった。

発泡スチロール型の柔軟構造

実験で明らかのように、いずれの粘土も、乾燥が進むといずれは亀裂が生じる。しかし、袋物のように抜型できない形態を中型で成形しようとするれば、分割して成形しないかぎり、型を入れたまま完全乾燥¹⁰させて焼成するしかない。その場合の亀裂の発生を防ぐ対策として、発泡倍率のさらに高いスチロールブロックを使用してみたが、ほとんど効果がなかった。そこで、発泡スチロール

の弾性を利用して、型にスリットを入れて型全体を柔軟構造にしてみた。

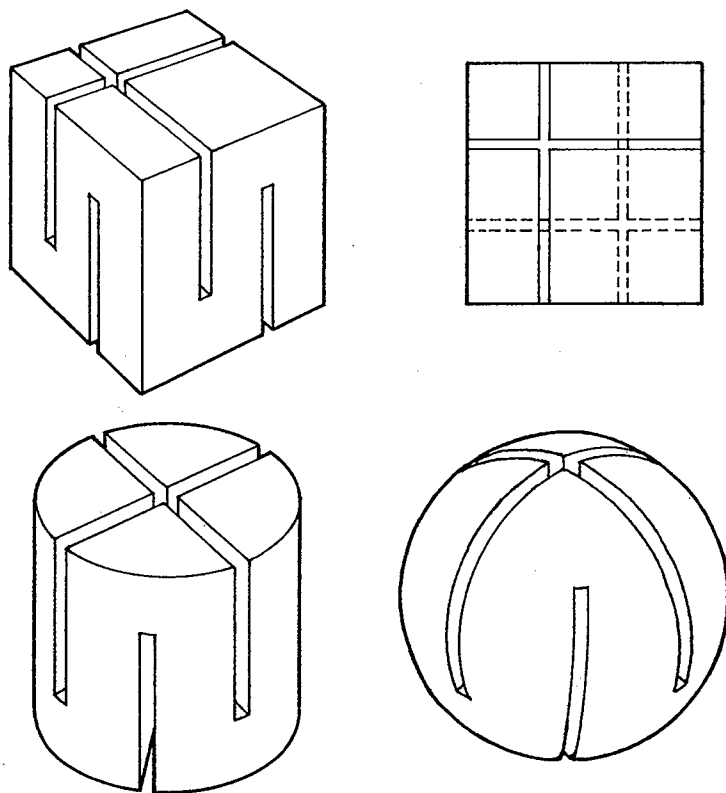


図2

図2は、加工が容易であり、型の強度をそこなわず、しかも効果のあった「スリット型」である。スリットの高さは、上部と下部の双方とも150mm、スリットの幅は8mmとした。スリットに粘土が入り込むのを防ぐため、スリット部分をビニールテープなどで覆っておく必要があった。成形時に型の変形が支障になるようなら、成形時のみ上部のスリットに板などはさんでおくとい。なお、円筒状や球状の形態でも、図のようにスリット型が考えられる。

このスリット型を使って冒頭の実験と同様の立方体を成形し、型を入れたまま完全乾燥させて焼成した結果、黄瀬土と並信楽土では、亀裂の発生をほぼ防

止できることがわかった。特上石土は、スリットの高さを160mm、幅を12mmにまで拡張すると、完全乾燥させても亀裂が生じなかった。

図2の方法では、型の高さ方向に対しては、スリットによる柔軟効果はない。試みに上部もふさいだ完全な立方体を成形してみたが、いずれの粘土も、側面の上蓋との接合部分近くに亀裂が生じた。ところが、球形のスリット型で試みると、黄瀬土と並信楽土では、完全乾燥させて焼成しても亀裂が生じなかった。球形の場合は、収縮による内部応力が特定の箇所集中せず、平均に分散するためと思われる。

スリット型は、後述するいずれの方法でも抜型が不可能な、中空の置物や口の小さな花器などの一品制作に適している。その場合、好ましくはないが、中型は入れたまま焼成して焼却するしかない。

割型による抜型

つぎに抜型の方法である。冒頭の実験で、黄瀬土は半硬化点寸前で、並信楽土は半硬化点で慎重に抜型すれば、亀裂が生じないうえ、変形もほぼ防げることがわかった。ところが、スリットを入れない「一体型」だと、半硬化点では隔膜をはさんでおいても抜型できなかった。抜き勾配があれば抜型できるだろうが、経験上よほど大きな勾配がないと抜けない。一方、スリット型は、抜き勾配がないにもかかわらず、隔膜をはさめば半硬化点でもかろうじて抜型できた。完全乾燥させると、スリット型といえども抜型できない。

隔膜による抜型方法は、このように一部では有効だが、紙やフィルムでは、三次元曲面や凹凸のある形態には応用しにくい。また、一度使用した隔膜は再使用できないので、成形のたびに新しい隔膜をはさまなければならない。これは煩雑であり、ことに反復生産の場合は、作業能率が著しく低下する。制作物の内面に隔膜による修正困難なしわができるのも、好ましくない。

これを解決するために、紙やフィルムにかわる種々の離型剤を型に塗布して

みたが、いずれも失敗に終わった。そこで、あらかじめ型をいくつかのパーツに分割しておき、パーツごとに順次抜型できるような「割型」を考えた。粘土がスチロール型に密着しているとき、境界面に対してほぼ平行に「ずらす」のは困難だが、ほぼ垂直に「はがす」のは比較的容易であることから、分割すれば隔膜をはさまなくても抜型できると考えたのである。

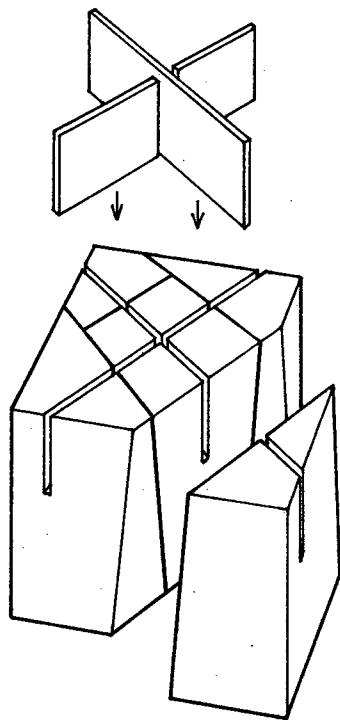


図 3

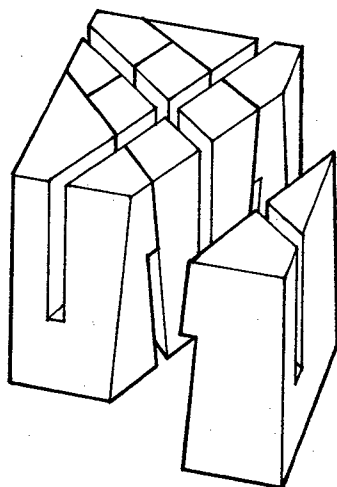
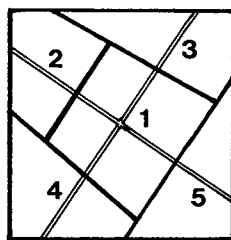


図 4

図3は、分割の一例である。数字は抜型の順序を示す。分割の方法はこれに限らないが、つぎの点を考慮しなければならない。

- 粘土に接するパーツは「はがす」方向に動くように分割する。
- 分割面（パーツどうしが接する面）には、適当な抜き勾配を設ける。
- 型の加工と抜型を容易にするため、平面で分割する。
- パーツどうしを脱着可能なジョイントで締結する。
- パーツの数はなるべく少ないほうがよい。
- 抜型時のすべりをよくするためと、型の保護のために、分割面にガムテープなどを貼っておくとよい。

この割型で実験した結果、半硬化点でも容易に抜型できることがわかった。抜型時の変形も隔膜法よりはるかに起こりにくい。冒頭の実験は、実際にはこの割型を使っておこなったのである。この割型を10回反復使用したときの型の収縮量は、横幅で1%以下だった。粘土に締めつけられて収縮しても抜型後には復元するとみられ、実用上は反復使用に支障はないと考えてよいだろう。

この割型にはスリット型のような柔軟効果はないので、特上石土には使えないが、図4のようにジョイントを挿入するスリットを拡張し、分割面の下部を切り欠けば、柔軟構造にできる。ジョイントは成形直後に引き抜いておけばよい。この「スリット割型」であれば、特上石土でも割型が使える。

割型は、型の制作が煩雑であり、型の安定性に問題はあるが、どの時点でも容易に抜型できるうえ、変形しにくい、隔膜をはさむ必要がない、型を再使用できるなどの利点があり、反復生産に適した方法といえよう。制作物の内面にパーティングラインあとが出るが、簡単に修正できる。広口の壺のように口辺がすばまった形態でも、口径が各パーツの最大径より大きければ抜型できる。

加熱による抜型

例えば細長いパイプ状の形態や薄い直方体のように、口があいてはいるもの

の、隔膜をはさんでも抜型できず、割型にするにも不適當な形態がある。スリット型を入れたまま焼成すれば発泡スチロールは燃えて消滅するが、有毒ガスやすすの発生を考えると、大量に焼却するのは好ましくない。ことに電気窯の場合は、空気を強制送入するブローヤや排煙設備がないので、焼却するのは避けるべきだろう。そこで、発泡スチロールの熱的性質に着目して、型を縮めて抜型することを思いついた。

発泡スチロールを徐々に熱していくと、ガラス転移点（80～100℃）付近で軟化しはじめる¹¹。さらに熱し続けると融解とガス化が始まり、350～400℃で自然発火する¹²。燃焼速度は緩慢である。発泡スチロールはこの過程で激しい体積変化を示す。つまり、ガラス転移点付近で膨張しはじめ、やがて収縮に転じる。収縮の度合は発泡倍率や型の大きさによって異なる。初期の膨張は閉じ込められた空気や発泡ガスが膨張するため、膨張圧はわずかである¹³。

スリット型の実験で型を入れたまま完全乾燥させた試料を、実験用の恒温槽に入れて加熱してみた。その結果、つぎのようなことがわかった。

- 室温から徐々に加熱すると、約90℃で中型の露出部分が膨張しはじめ、約120℃で収縮に転じる。200mmの立方体の場合、150℃で1時間放置すると、体積比でおよそ8分の1にまで収縮する。あらかじめ150℃程度に加熱した恒温槽にいきなり投入しても、結果はほぼ同じである。
- 軟化するものの、150℃では予想したほど融解しない。軟化したスチロールが粘土に融着することはない。180℃まで加熱すると、融けたスチロールが粘土に融着することがあるが、冷却後には簡単にはずせる。
- 150℃では、燃焼時のような強い刺激臭は発生しない。すすや煙も発生しない。約350℃以上に上げないかぎり、自然発火することはない。
- 膨張圧で粘土が割れることはないが、ガス抜きと熱の通りをよくするため、あらかじめドリルなどで太い穴を数本あけておくとよい。

この方法を採用する場合、スリット型を使い、型を入れたまま含水率が約10%以

下になるまであらかじめ常温で乾燥させておくのはいうまでもない。粘土の収縮が完全に終了していないと、急激な乾燥のために亀裂が生じる。(図1参照)

この方法は、型を再使用できない、加熱工程に手間がかかる、などの欠点があるが、かなりのアンダーカットがあっても抜けるので、型の形状が比較的自由である、壺のように口辺のすぼんだ形態にも応用できる、などの利点がある。したがって、一品制作の手段としては有効だろう。

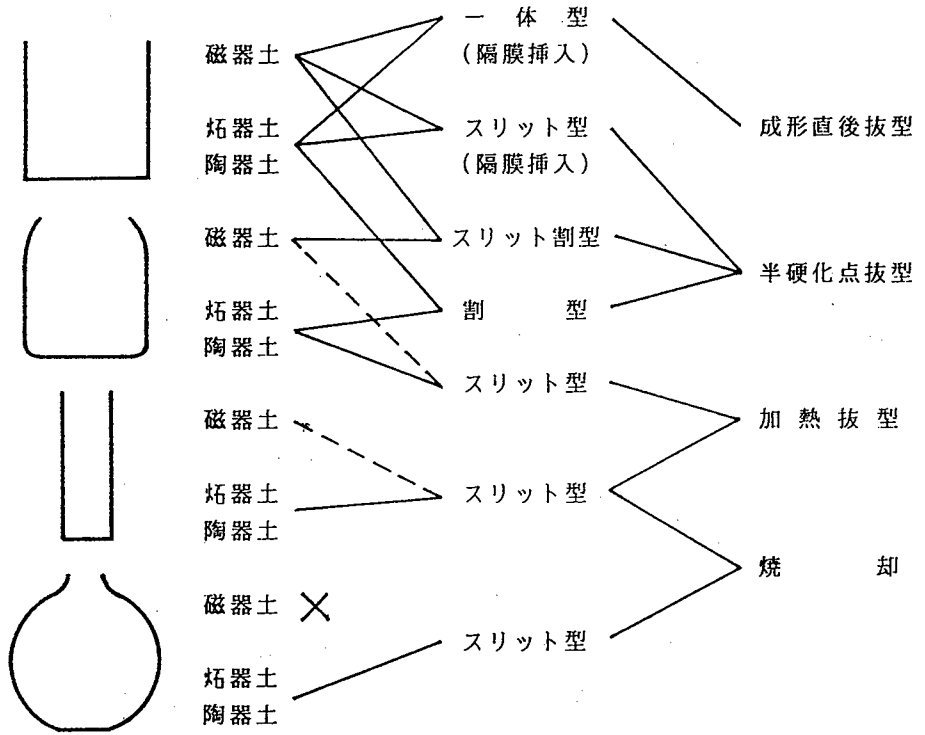
おわりに

粘土に起こる現象、ことに亀裂の発生状況は、あまりにも多くの条件に左右されるので、この実験結果を一般的な基準とすることはできない。これは一つの例であって、条件が変われば状況も変わる。とはいえ、今回の実験ではかなり過酷な条件を選んだので、条件が変わっても、これ以上状況が悪くなるとは考えにくい。例えば回転体だと、これほどには亀裂は生じないはずである。これについては今後も実験を重ね、より信頼できるデータを蓄積していきたい。

筆者はすでに、作品の制作に際して、しばしば発泡スチロール中型を使っている。切嵌めの作品が多いが、中型を使うと制作物の外側に現われるパターンを視認しながら成形作業ができる。本来は亀裂に泣かされる技法にもかかわらず、中型による弊害はなく、なかなか重宝であることを報告しておきたい。

表2に、形態と粘土の種類ごとに適当と思われる発泡スチロール中型の選択肢をまとめておく。これはあくまで今回の実験についてのまとめであって、中型の実際の使用に際しては、陶磁の仕事のすべてがそうであるように、個々のケースに応じて制作現場での工夫と試行を積み重ねるしかないだろう。それによって、中型の方法が次第に確立され、従来の成形法では技術的に困難だった表現やデザインが輩出することを願っている。

表2



注

1. 柳原明彦 (1988) 「型で作るやきもの」 美術出版社 p. 33
 陶芸の分野では凹型のことを逆に中型と呼ぶことがあるが、鑄造用語など一般技術用語にてらしても、凹型を外型と呼ぶべきだろう。
2. ibid. p. 33
3. 江口 滉 (1982) 「陶芸入門」 文研出版 p. 114
 河村熹太郎 (1965) 「やきものをつくる」 美術出版社 p. 83
4. プラスチック技術協会ほか編 (1974) 「プラスチック読本」 p. 112
5. ibid. p. 374
6. ibid. p. 109

7. 素木洋一 (1976) 「工業用陶磁器」 技報堂出版 p. 159

8. ibid. p. 139

含水率をあらわすには湿重量百分率と乾重量百分率があるが、窯業関係では一般に前者を基準とする。

9. ibid. p. 159

10. 本論では、水分が0%に近い状態を、便宜上「完全乾燥」とした。厳密には、結晶水を計算に入れないとしても、加熱して強制乾燥させない限り、水分が0%つまり完全乾燥には至らない。

11. 山口章三郎ほか編 (1976) 「プラスチック材料選択のポイント」

日本規格協会 p. 54

12. ibid. p. 55

13. 「プラスチック読本」 ibid. p. 282

1992年8月29日受理
(やなぎはら・あきひこ)