

研究ノート

碍子の空隙発生対策方法の開発

高橋直哉^{*1}、内田貴光^{*2}、長田貢一^{*1}

Development of a Method to Prevent Voids in Porcelain Insulators

Naoya TAKAHASHI^{*1}, Takamitsu UCHIDA^{*2} and Koichi OSADA^{*1}Seto Ceramic Research Institute^{*1, 2}

圧力鋳込成形による碍子の製造において問題となる空隙の発生について、対策方法の探索を行った。碍子成形体を X 線 CT 装置で観察したところ、空隙は確認されなかった。また、鋳込成形時のスラリーについて、B 型粘度計による流動性の測定を試みたが、鋳込成形への適性と測定結果に相関がみられず、定量的な評価は困難であった。

1. はじめに

碍子は、送電線等を支持するための絶縁用の磁器であり、瀬戸地域においても多く生産されている。押出成形や圧力鋳込等の方法で製造されるが、内部に空隙があると通電試験において十分な絶縁性能が得られず不良品となる。石膏型に原料のスラリー(泥漿)を圧入して成形を行う圧力鋳込による製造においては、形状が複雑かつ肉厚が大きい内部に空隙を生じやすく、ロットによって半数近くが不良品となる場合がある。空隙の発生に対しては各企業が各々の対策をとっており、例えばスラリーを石膏型へ注入し始めてからあふれ出てくるまでの時間を計測して、原料の流動性が適正であるか判断する方法がとられている。本研究は空隙発生の原因解明と対策方法の開発を目的とし、昨年度までに不良品碍子の空隙観察とスラリー分析によって空隙発生の原因解明を行った¹⁾。本年度は碍子成形体の断面観察およびスラリーの流動性の定量的な評価を行い、空隙発生の対策方法を探索した。

2. 実験方法

2.1 X 線 CT 装置を用いた空隙の観察

焼成前の成形体について、空隙の有無や場所、形状を調査するため、X 線 CT 装置による観察を行った。

2.2 流動性の異なるスラリーの分析

スラリーの流動性が鋳込成形時の空隙発生に影響を与えていると推測されるため、表 1 に示す 4 種類のスラリー(流動性は石膏型へ注入してからあふれ出てくるまでの時間によって評価された)について、B 型粘度計を用いた粘度測定を試みた。

表 1 分析に供したスラリー

	1	2	3	4
流動性	極めて高い	やや高い	適正	やや低い
不良率	～8 割	～3 割	ほぼ 0	～3 割

3. 実験結果及び考察

3.1 碍子成形体の空隙観察

圧力鋳込によって成形された未焼成の碍子について、X 線 CT 装置を用いた空隙の観察を行った結果を図 1 に示す。なお、この成形体は、表 1 のスラリー 1(不良率が極めて高いもの)を用いて製造されたものである。

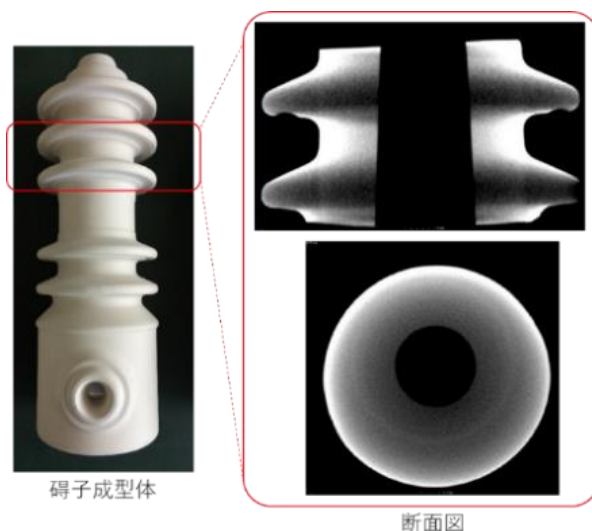


図 1 未焼成碍子成形体の X 線 CT 観察

昨年度の研究において、不良品の碍子に生じる空隙は円弧上で、ひだの付け根付近に存在することが判明して

^{*1} 産業技術センター瀬戸窯業試験場 セラミックス技術室 (現産業科学技術課)

^{*2} 産業技術センター瀬戸窯業試験場 セラミックス技術室

いる。しかし今回成形体について空隙は観察されなかった。観察した成形体は、空隙を生じやすいスラリーで作られているものの実際に不良品であるか不明であるが、空隙は焼成の段階で発生あるいは成長する可能性がある。

3.2 スラリーの粘性評価

表 1 に示す 4 種類のスラリーについて、流動性を定量的に評価するため B 型粘度計を用いた粘度測定を行った結果を図 2 に示す。スラリー 3 については、ローター回転数を 3 rpm に設定すると測定が不可能であった。どのスラリーにおいても、ローター回転数が高いほど粘度が低く測定されることから、これらのスラリーはチキソトロピー性をもつと考えられる。また、スラリー 3 のみ他 3 種類と比較して粘度が大きかった。このスラリーは石膏型へ注入してからあふれ出てくるまでの時間による評価で、圧力鋳込成形において最適とされたものである。このスラリーよりも粘性が高くて不適と判定されたもの、ならびに粘性が低く、あるいは極めて低く不適と判定されたものが、いずれもこの測定においてはスラリー 3 よりも粘度が低かった。すなわち、鋳込成形時に評価しているスラリーの流動性と B 型粘度計の測定結果との相関は見られなかった。

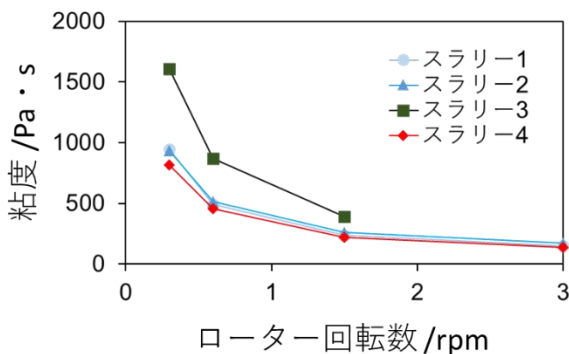


図 2 B 型粘度計を用いた粘度測定

加えて、各スラリーに純水を追加し、もとは 20%程度であった含水比を 30%に調整することで粘性を低くして測定を行った(図 3)。いずれのスラリーについても、含水比を高くすることで粘度の測定値は小さくなった。また、ローター回転数を 3 rpm にしても測定が可能であった。前の測定と同様に、この測定においてもローター回転数を上げると粘性が低くなる傾向があった。この実験では、鋳込成形において極めて流動性が低く不適とされるスラリー 1 の粘度が高く測定された。他の各スラリーにおいても製造への適性(石膏型へ注入してからあふれ出てくるまでの時間による判定)と測定結果との相関はみられなかった。したがって、圧力鋳込成形への適性

判別の基準となる粘性を B 型粘度計で定量化することは困難であると考えられる。

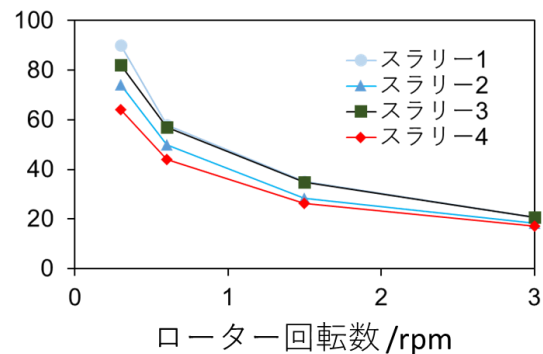


図 3 B 型粘度計を用いた粘度測定
(含水比を 30%に揃えて測定)

4. 結び

X 線 CT 装置を用いて未焼成の碍子成形体(空隙を生じやすいスラリーで作られたもの)を観察した結果、空隙は確認できなかった。昨年度行った焼成後の不良品の観察では、ひだの付け根付近に円弧上の空隙が確認されており、このような空隙は焼成の段階で発生、あるいは成長する可能性がある。これについては観察した成形体を焼成して再度観察することで確認する必要がある。また、石膏型へ注入してからあふれ出てくるまでの時間による評価で異なる流動性をもつとされた 4 種類のスラリーについて、B 型粘度計による粘度測定を行ったが、鋳込成形時に評価している流動性と B 型粘度計による測定結果には相関がみられなかった。各スラリーに純水を追加して含水比を揃えて測定を行っても同様に相関はみられず、粘性の定量的な評価は困難であった。圧力鋳込成形用のスラリーは極めて流動性が低く、チキソトロピー性を示すことから、成形への適性を評価するのに B 型粘度計は適しておらず、別の方法を探索する必要がある。

以上の結果に加え、昨年度に行った各種分析では、流動性の極めて低いスラリーでは含水率が高く、pH が低いことが判明している。しかし、空隙発生の詳細なメカニズムは判明しておらず、製造現場に適用可能な対策の確立には至っていない。今後、成形時のスラリーの流れ観察やシミュレーション、および X 線 CT 観察による空隙発生メカニズムの解明、ならびに適切な流動性の評価方法を確立する必要がある。

文献

- 1) 高橋直哉, 内田貴光, 木村和幸: あいち産業科学技術総合センター研究報告, 9, 36(2019)