

研究ノート

碍子の空隙の発生要因の解明

高橋直哉*1、内田貴光*1、木村和幸*1

Elucidation of the factors which cause voids in porcelain insulator

Naoya TAKAHASHI*1, Takamitsu UCHIDA*1 and Kazuyuki KIMURA*1

Seto Ceramic Research Institute*1

圧力鑄込み成型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、要因の解明を行った。不良品の碍子を X 線 CT 装置で観察することにより、空隙の位置や形状が判明した。また、鑄込み成型時のスラリーについて、粘性の異なるロットのそれぞれに対して各種分析を行うと、化学組成はほぼ同じである一方で、粘性の低いスラリーは含水率が高く、pH が低く、粒度分析において粗大粒子が観測されることが判明した。

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。寸法のほか、耐電圧性能などの規格があるため、製造後、絶縁性能を確認する通電試験が行われる。この時、碍子内部に空隙があると、十分な絶縁性能が得られず不良品となる。碍子の成型方法は複数あるが、圧力鑄込みによる製造においては、ロットによって製品の半分近くが不良品となる場合がある。このため空隙が発生しないよう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、原料の粘性が適正であるか判断する方法がとられている。しかし、発生原因のメカニズムは未知な部分もあるため、その原因追及と対策方法の開発が必要となってくる。

2. 実験方法

2.1 X 線 CT 装置を用いた空隙の観察

通電試験において不良品とされた碍子製品について、X 線 CT 装置を用いて空隙の観察を行った。碍子は観察可能なサイズにするため 5 分割した。

2.2 粘性の異なるスラリーの分析

スラリーの粘度が鑄込み成形時の空隙発生に大きな影響を与えていると推測されるため、粘土の化学組成や鉍物組成、粒度等と粘性にどのような関係性があるのかを調べた。表 1 に示す 4 ロットの粘性の異なるスラリーについて、蛍光 X 線分析による化学組成分析、X 線回折法による鉍物の同定、TG (熱天秤)、含水率測定、pH 測定、レーザー回折・散乱法による粒度分布測定を行った。

表 1 分析に供したスラリー

ロット	1	2	3	4
粘性	極めて低い	やや低い	適正	やや高い
不良率	～8割	～3割	ほぼ0	～3割

3. 実験結果及び考察

3.1 X 線 CT 装置を用いた空隙の観察

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。2 箇所空隙が観察され、場所はいずれもひだの付け根の部分、断面は円弧状であった。また、未焼成の成形体についても空隙の観察を試みたが、図 1 で見られたような空隙は観察できなかった。

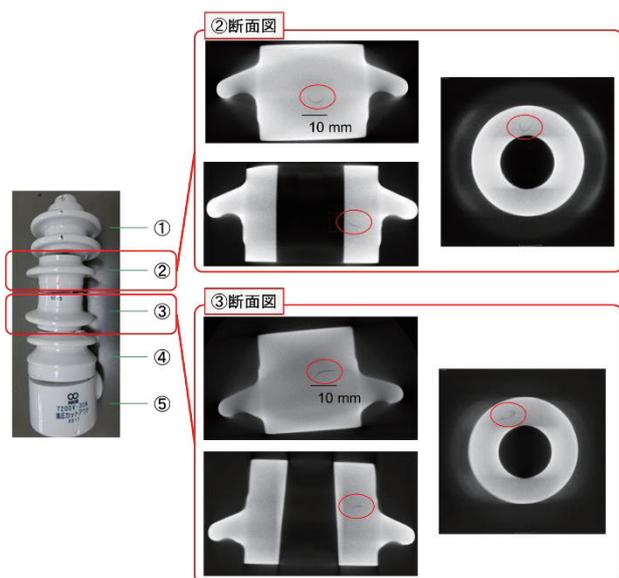


図 1 空隙の X 線 CT 観察

3.2 粘性の異なるスラリーの分析

表 1 に示す 4 ロットの粘性の異なるスラリーについて、蛍光 X 線による成分分析を行った結果を表 2 に示す。ロット間での化学成分の違いはわずかであった。また、X 線回折による結晶の同定の結果を図 2 に示す。長石のピークの強度比などにおいてロット間で違いは見られるものの、粘性との相関はみられなかった。加えて、TG の結果を図 3 に示す。全てのロットでほぼ同じ結果が得られた。以上 3 種の分析からは、ロットによって粘性の異なる原因に関する手がかりは得られなかった。

表 2 蛍光 X 線によるスラリーの成分分析

ロット	1	2	3	4
粘性	極めて低い	やや低い	適正	やや高い
SiO ₂	65.5	65.4	64.6	64.7
Al ₂ O ₃	28.1	27.7	28.7	28.6
K ₂ O	3.9	4.0	4.0	3.9
Na ₂ O	1.0	1.1	1.0	1.0
Fe ₂ O ₃	0.7	0.7	0.7	0.7
CaO	0.3	0.3	0.3	0.4
TiO ₂	0.3	0.3	0.3	0.3
MgO	0.1	0.1	0.1	0.1

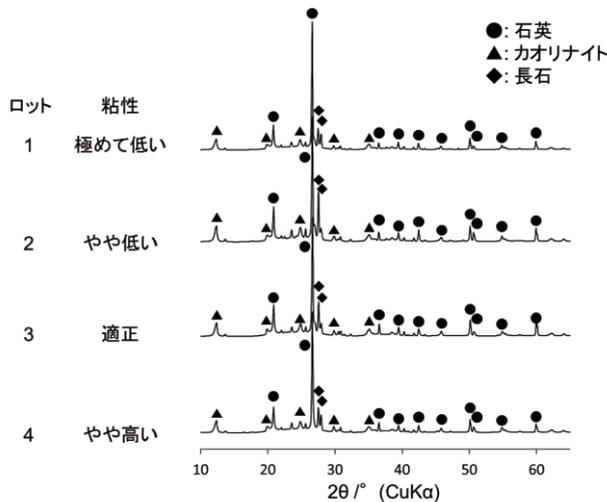


図 2 X 線回折によるスラリー中の結晶の同定

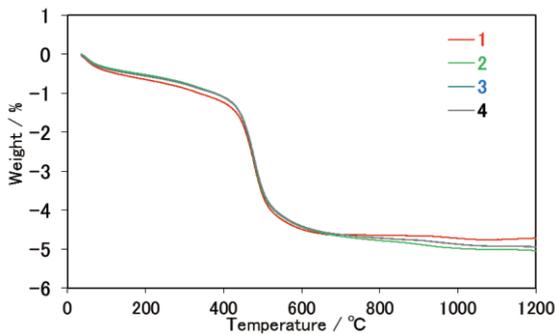


図 3 スラリーの TG 分析結果

さらに、各スラリーについて含水率と pH を測定した結果を表 3 に示す。粘性の低いスラリーでは含水率が高く、pH が低いことが判明した。含水率が高いと粘性が低くなることは自然であるが、pH と粘性との関係は不明である。しかし、化学成分がほぼ同じでも pH が異なるということから、粘性の低いスラリーにおいては、原料のアルカリ分が溶出しにくい、あるいは溶液中のアルカリ分を吸着している可能性がある。また、粒度分布を測定した結果を図 4 に示す。ロットによって粒度分布に大きな違いはないが、粘性の低いスラリーについては、わずかに粗大粒子が観測された。このことについて、粘性との直接的な関係は不明であるが、原料が凝集して二次粒子を形成することが、粘性と関係している可能性がある。

表 3 スラリーの含水比、pH

ロット	1	2	3	4
粘性	極めて低い	やや低い	適正	やや高い
含水率	20.2%	19.8%	19.4%	19.5%
pH	9.0	9.4	9.3	9.4

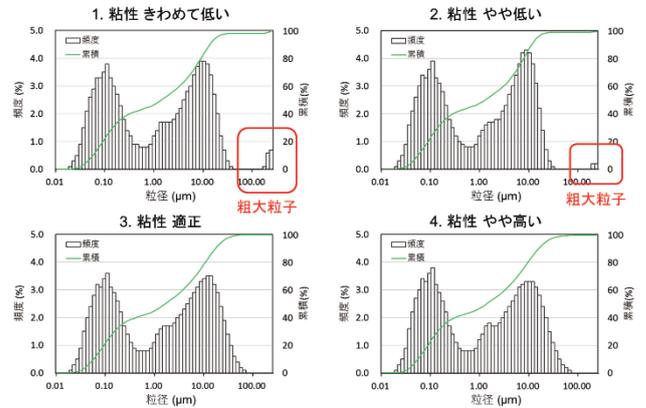


図 4 スラリーの粒度分布測定

4. 結び

X 線 CT 装置を用いて、不良品の磚子を観察した結果、ひだの付け根の部分に円弧状の空隙が存在することが判明した。また、4 ロットのスラリーについて各種分析を行ったところ、蛍光 X 線による成分分析、X 線回折による結晶の同定、TG からは粘性と相関のある結果は得られなかった一方で、粘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た。今回の結果が、製造現場において適用可能な空隙発生防止方法の開発につながることを期待される。