

ガラスバルーン成形体の構造評価

Structure Evaluation of Glass Balloon Green Body

■ はじめに

Introduction

シラスバルーンは、火山噴出物であるシラスを高温で焼成することによってできる中空のガラス球で、その大きさは数 μm ～数 $100\mu\text{m}$ です。内部が中空ですから軽量で断熱性に優れており、建築材料や断熱塗料などの分野で活用されています。ガラスピンなどの廃ガラスからも、シラスバルーンと同様なガラスバル

ーンを作製することができます。今回はこのガラスバルーンの成形体を対象に、乾式自動密度計アキュピック 1330、細孔分布測定装置オートポア 9520、マイクロフォーカス X 線透視装置 SMX-160GT を用いて測定ならびに構造の評価を行いました。

■ 乾式自動密度計（定容積膨張法）による密度測定

Density Analysis by Gas Pycnometer

アキュピック 1330 (Fig.1) を用いて、成形体をそのまま測定した結果（見かけ密度）と、成形体を乳鉢ですり潰して粉末状にして測定した結果（粒子密度）を Table 1 に示します。前者は、中空部分の内部までガスが入っていかないため内部の空間も固体の体積とみなされます。これに対して後者は、乳鉢ですり潰すことで中空部が壊れるため、内部の中空に相当する

部分の体積がとり除かれます。その結果、測定される体積が減少し、粉末の密度が成形体の見かけ密度よりも大きくなっていることがわかります。

Table 1 成形体と粉末の密度
Density of Green Body and Fine Powder

成形体(見かけ密度)	粉末(粒子密度)
1.91 g/cm ³	2.44 g/cm ³



Fig.1 アキュピック 1330
Accupyc 1330

■ 細孔分布測定装置（水銀圧入法）による細孔分布および密度測定

Pore Size Distribution & Density Analysis by Mercury Porosimetry

オートポア 9520 (Fig.2) を用いた細孔分布測定結果を、Fig.3, Table2 にそれぞれ示します。水銀圧入法では、細孔に水銀を圧入する際の圧力と圧入量から細孔分布を求めることができます。Fig.3 の結果では、約 $14\mu\text{m}$ のところに細孔のピークが確認できます。

子密度、全細孔容積、かさ密度から独立気泡率を求めることもできます。

水銀圧入法では非常に高い圧力が試料にかかるため、測定中に試料が壊れてしまうこともあります。しかし、今回の測定では Table2 の見かけ密度が、乾式密度計の見かけ密度 (Table1) と同じ結果になっていることから、高圧による成形体やガラスバルーンの破壊が（起こっていたとしても）、殆ど影響ない程度であることが推測できます。また水銀が圧入される前の体積（かさ体積）と細孔容積より気泡率を求めることもでき、この値からガラスバルーンの成形体が非常に多孔質（ポーラス）であることがわかります。また、粒



Fig.2 オートポア 9520
Autopore 9520

Table2 水銀圧入法による測定結果測定値
Summary Data by Mercury Porosimetry

全細孔容積 cm ³ /g	メディアン径 (体積基準)μm	モード径 (ピーク値)μm	かさ密度 g/cm ³	見かけ密度 g/cm ³	気孔率 %	独立気泡率 %
1.77	14.0	14.0	0.44	1.91	77.1	4.09

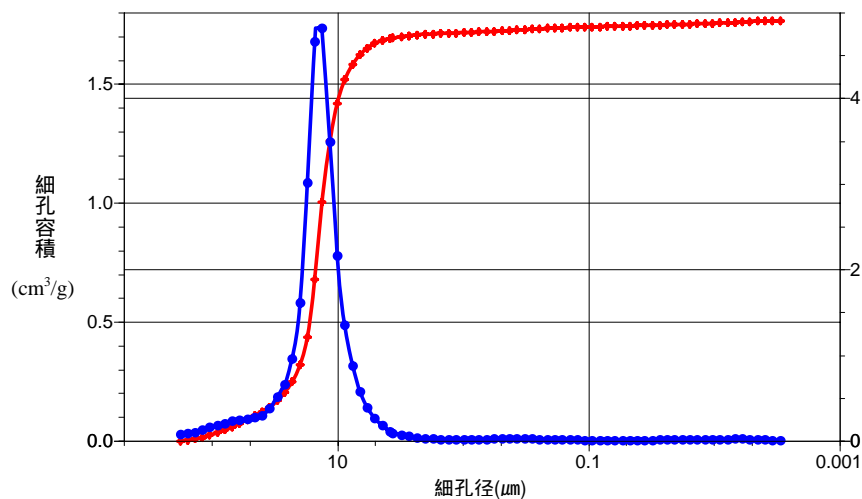
Fig.3 細孔容積分布図
Pore Size Distribution

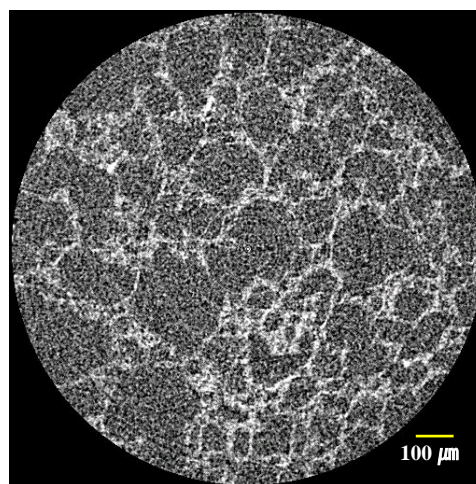
Fig.4 SMX-160GT

■ X線透視装置による内部観察

Observation by X-ray System

ガラスバルーンの成形体内部の様子をマイクロフォーカス X 線透視装置 SMX-160GT (Fig.4) で観察しました。Fig.5 はその断面の一部です (水銀は入っていない状態です)。黒い部分はバルーン内部の空間やバルーン間の隙間を現しており、空隙が非常に多いことが分かります。ガラスバルーンが完全な球形でなく複雑な形状をしており、複数のバルーンが繋がって見えるものもあります。

水銀圧入法で得られた気孔率 (71%) は、全体のかさ体積のなかで細孔部分が占める割合です。この数値と Fig.5 の黒い空間部分を比較すると、水銀がバルーン間の隙間だけでなく、いくつかの壊れたバルーン内部にも入り込んで細孔容積として計算されたことが推定できます。同じことは乾式自動密度計におけるヘリウムガスでも言えます。

Fig.5 ガラスバルーン成形体の断面
Cross-Section of Glass Balloon Green Body

以上のように、乾式自動密度計、細孔分布測定装置、X 線透視装置を用いることで、ガラスバルーン成形体

の内部の構造に関する情報を、いろいろな角度で評価したり、定量化することが可能になります。

試料御提供：高知大学理学部附属水熱化学実験所 柳澤教授

初版発行：2007年8月

島津製作所 分析計測事業部
応用技術部

試験計測グループ

秦野 京都 TEL (075)823-1153

本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。改訂版は右に示す島津 WEB で閲覧できます。

会員制情報提供サービス「Shim-Solutions Club」にご登録下さい。
<https://solutions.shimadzu.co.jp/>
いろいろな情報提供サービスが受けられます。