

融体破碎実験装置の製作

Development of the experimental instrument for melt-fragmentation

小林浩三^{A)}、酒井宗寿^{B)}、加藤工^{C)}

^{A)}筑波大学 人間総合等教育研究支援室(医学系)

^{B)}筑波大学 地球科学研究科

^{C)}九州大学 理学部 地球惑星科学

概要

高速気相流体により、融体を吹き飛ばして粉碎することを融体破碎と呼ぶ。このとき生じる粒子のサイズ分布は、生成条件と融体の物性に支配されると考えられ、様々な条件下で融体破碎を行い、粒子サイズを計測することが現象解明に必要とされる。実験装置に求められる性能は高温度を維持したまま溶融サンプルの移動が可能、高温腐食状態での耐久性、破碎状況の可視化、ガス流量の調整が可能、破碎粒子の回収が容易であることである。今回は、上記の性能を満たした、実験装置の製作概要について報告する。

1 装置の概略

図1のようにスチール製の筐体の下部には上下動装置、中央部には電气管状炉、上部に破碎物回収コンテナを配置した。筐体にはJIS規格の19インチオープンラック(W530×D630×H1800)を使用した。支柱はCチャンネルを採用しており、今回の実験の使用に耐える十分な剛性があった。また、加熱時の電気炉内部温度が1000 近くまで上昇する(図2)ので、断熱対策が随所に施された。

今回の実験の手順は、試料を加熱 加熱した試料の移動 気体注入による融体破碎(同時に現象を観察) 破碎物の回収である。まず、加熱した試料が温度低下を来さない様、電气管状炉から破碎物回収コンテナに、速やかに移動する必要があった。これを実現するために、電气管状炉内から破碎物回収コンテナ下部まで、試料溶融部位を支えるホルダーを上下動することで実現した(図2と図3を比較すると、ホルダーの様子から温度降下が少ないことがわかる)。試料溶融部位及びホルダーは、融体破碎を観察する試験区間でもあるので、可視化を図った。



図2 加熱時の試料溶融部位の様子



図3 コンテナ下部にホルダーを上昇させた時の様子

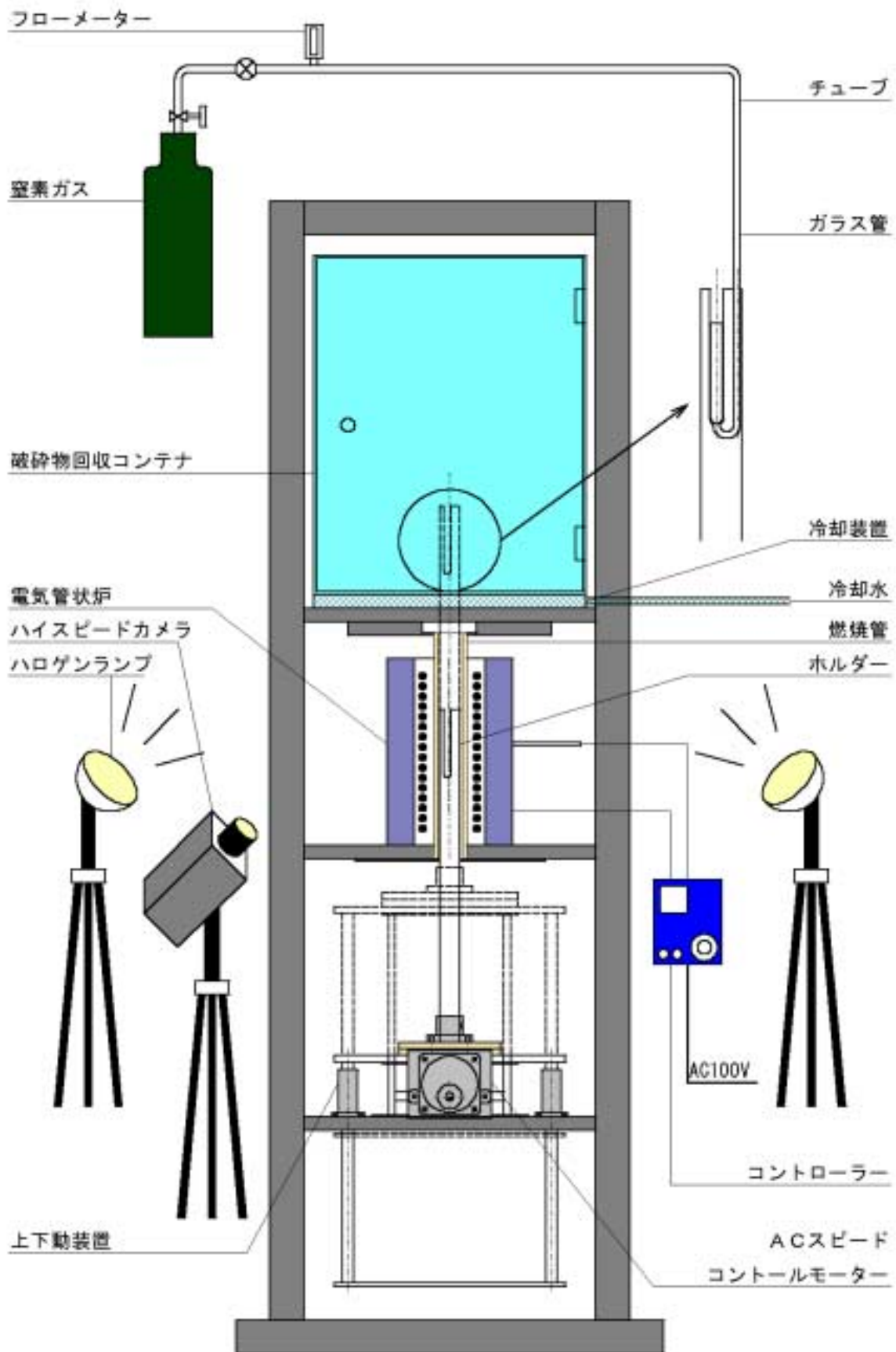


図1 融体破碎装置

2 製作

2.1 上下動装置

ラボジャッキ（株式会社テラオカ製 型番SUS20-23）を改造し、遠隔操作で試料溶融部位の移動を可能とする上下動装置を開発した。ラボジャッキの構造は、パンタグラフ方式でA、Bを繋ぐハンドル軸をまわし、間隔Lが短くなると、高さHは大きくなる（図4）。ハンドル部分をACスピードコントロールモーターに置き換えることで、遠隔操作可能な駆動力を持たせた。

性能試験時に、上下動の際、天板が揺動する構造上の問題点が発生した。この対策のために、シャフトを取り付けた。ジャッキが設置されたベース上に、ステンレスシャフト（16）を固定するリニアブシュを4個配置し、シャフトの上下にはアルミ板を接合した。さらに、ベース上とジャッキ底板、上部アルミ板とジャッキ天板を、それぞれ固定した。このシャフトの取り付けにより、ジャッキ天板が水平を維持しながら上下動が可能になった。ホルダー上部の左右の振れは、 ± 1.0 mm以内に収めることができた（図5）。

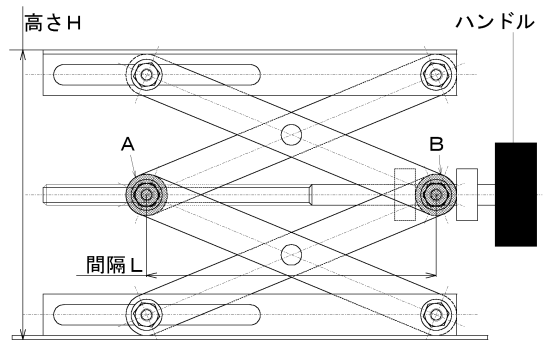


図4 ラボジャッキ

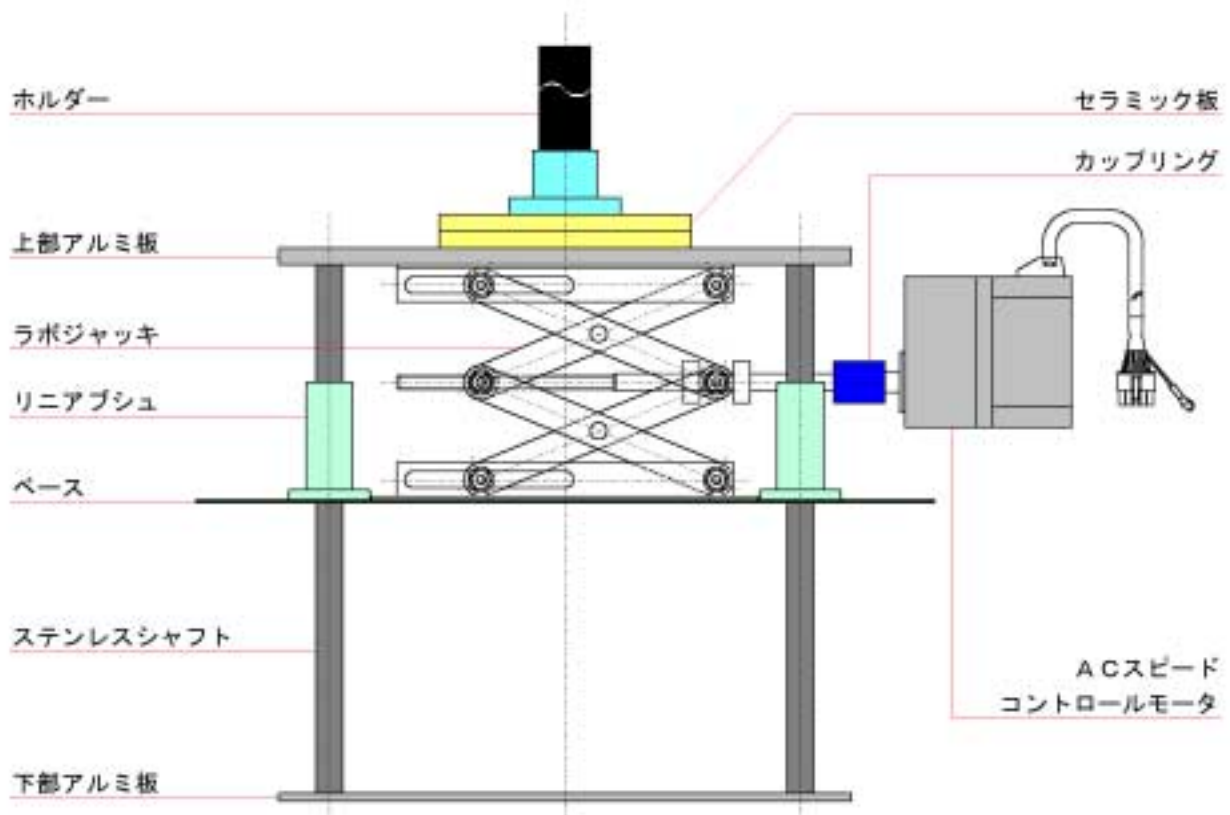


図5 上下動装置

2.2 試料溶融部位及び気体注入経路の構造

電気管状炉に、外径42mm、内径35mmの燃焼管を設置した。試料溶融部位と気体送入経路の管は、ホルダーに支えられ燃焼管の内部を移動する。ホルダーの左右の振れを考慮し、試料溶融部位と気体送入経路の管の外径を30mm以内することを設計目標とした。

当初、材質・形状は、タンマン管とステンレスパイプをアロンセラミックE及びアロンセラミックDで接合した(図6;タイプA)。この場合、ステンレスパイプの接合部分は、高温状態による腐食が効果的に進行し、接合部の剥離が起きた。

次に、タンマン管と高温腐食状態に強い白金パイプを、アロンセラミックEを用いて接合し、白金パイプとステンレスパイプをジョイントする構造を考案した(図6;タイプB)。加熱・冷却を繰り返す性能試験において、1度の加熱冷却過程では、剥離は発生しなかったが、複数回の使用には耐えなかった。

図7にあるタイプCは、試験区間と気体注入の管とを一体にし、石英ガラスで作成したものである。衝撃に弱いという欠点はあるが、タイプA・Bで発生した接合部の問題点は、皆無になった。さらに、タイプA・Bで用いた不透明な材質と違い、試験区間の観察が可能になった。形状は加熱中の安全確保と加熱後素早くガスを送り込む必要からU字形のオープン型とした。

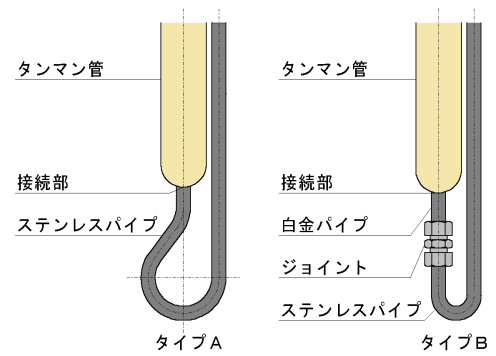


図6 試験区間及び気体注入経路の構造

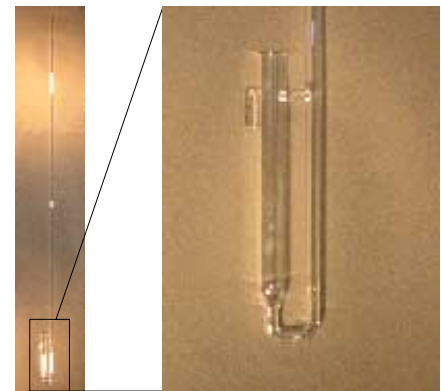


図7 試験区間及び気体注入経路の構造
(一体型タイプ)

2.3 ホルダーの材質と構造

ステンレス材(SUS303)を用いたホルダーは、性能試験時に付着した溶融サンプルにより腐食された。ステンレス材より、腐食性物質に対して優れた耐食性材質である三菱マテリアル社製MA600(インコネル600相当合金)を選択した。試料溶融部位と気体送入経路の管(図7タイプC)をセットするために図8の形状とした。前面から背面に向かって、セットした石英ガラス管(試験区間)が観察されるよう、溝のある形状とした。融体破碎実験時に付着した試料は、冷却後の洗浄により取り除くことが可能で、繰り返しの使用にも耐えた。

3 まとめ

電気炉の内部の構造から、ホルダーに試験区間を設置した状態で外径30mmに収める必要があった。ホルダーの精密な上下動と、石英ガラス製の試料溶融部位と気体注入経路の一体型を採用したことにより設計目標は達成された。上記の製作物は、実験装置に求められる性能を十分満たすものであった。



図8 ホルダーの形状