

Pebble Manufacturing by the High Viscosity Liquid Shot Tower Method for the Fusible Metal Pebble Divertor

高粘度液体を用いた散弾製造法による
易融金属ペブルダイバータのためのペブル製造方法に関する研究

大胡 武¹, 後藤 拓也^{1,2}, 宮澤 順一^{1,2}
OHGO Takeru¹, GOTO Takuya^{1,2}, MIYAZAWA Junichi^{1,2}

¹総合研究大学院大学, ²核融合科学研究所
¹The Graduate University for Advanced Studies, ²National Institute for Fusion Science

核融合炉のダイバータにおいて、100 MW/m²を超える熱負荷、メンテナンス性、放射性廃棄物などが課題となっている。これらを解決するため、錫の噴流を高速で流し除熱を行う液体金属ダイバータREVOLVER-Dが提案された。錫のシャワーを熱負荷の集中する部分に設置し、隙間から排気を行う構造である。錫シャワーにはローレンツ力などのMHD効果が働き大きく曲がるため、電流を防ぐ必要がある。

この課題を解決するため、REVOLVER-Dの錫噴流の代わりに固体の錫ペブルを用いる易融金属ペブルダイバータREVOLVER-D2を考案した。図1に概念図を示す。固体の錫ペブルを流し、熱負荷によって融けた錫からペブルを製造して再利用するという機構である。

ペブル製造は散弾製造法と同様の方法で行われる。冷媒には、高沸点、難燃性のシリコンオイルを用いる。ここで、液滴錫は冷媒に着水した瞬間には凝固せず、表面張力と速度に比例する抵抗力によって変形しながら徐々に固まっていく。抵抗力が強い場合、凝固する際の形状が扁平形状となる。図2に製造されたペブルの一例を示す。この図に示したように、3 mm程度の大きさでは球状のペブルが生成されるが液滴が巨大となると形状が扁平となる。これは、雨粒の生成過程と同様である。扁平のものをダイバータターゲットとして用いる場合、耐熱負荷が不均一になるため、ペブルは球状に近いことが望ましい。

本研究では、球状かつ直径5 mm程度のペブル製造を試みた。ストークスの式やアレンの式によると、冷媒中の落下速度は周囲の流体の動粘度に反比例する。動粘度50 ~ 1000 mm²/sのシリコンオイルを用いて、製造されるペブル形状の違いを調べた。図3に製造されたペブルの直径と高さの関係を示す。講演においては、形状とストークス、アレンの式などの関係性について述べる。

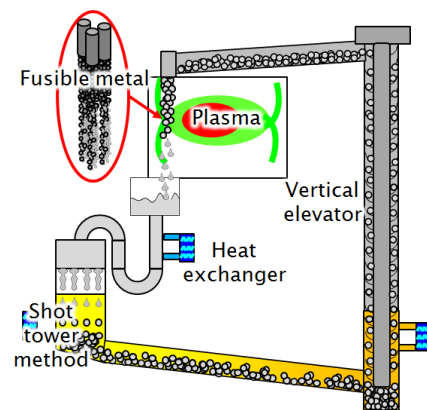


図1 REVOLVER-D2概念図

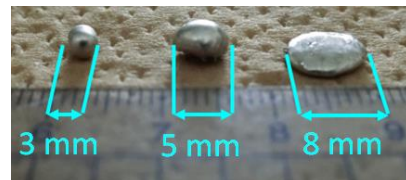


図2 製造されたペブルの一例。本実験では錫の代わりに融点80℃程度の合金であるU-alloy78を用いている。

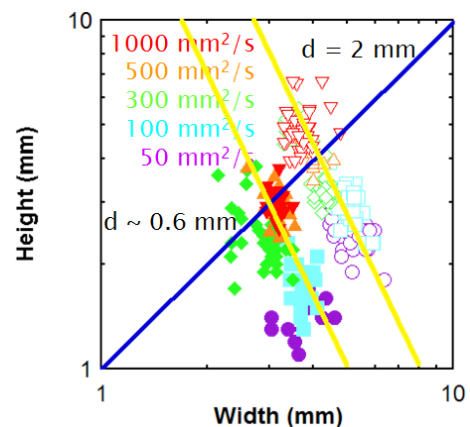


図3 ペブルの直径と高さの関係。落下方向に対し水平方向が直径、同方向が高さである。 d はノズル内径である。