

# ボールミル時のボール運動による消費電力と SiC 合成の関係

(龍谷大学) ○小寺康博・田丸直希・佐伯和軌・豊福直樹・大柳満之

**The relationship between the electrical power consumption of ball movement during the milling and SiC formation** / ○Y.Kodera, N. Tamaru, K.Saeki, N. Toyofuku, M.Ohyanagi (Ryukoku Univ.) / The electrical power consumption (PE), caused by ball movement during planetary ball milling, was measured and compared with the estimated releasable energy transferring to sample (P). The influence of the milling conditions (such as the revolution speed, the rotation-to-revolution speed ratio, and the ball filling function) on PE, P and Si-C reactivity was discussed. It was suggested that the combination of PE, P and Si-C reactivity indicated the degree of energy transfer efficiency of the milling.  
問合せ先 : ohyanagi@rins.ryukoku.ac.jp

**1.緒言** 本研究室では Mechanical Alloying-Spark Plasma Sintering (MA-SPS)法を用い、焼結助剤を添加することなく SiC 緻密体を作製している。これまでに、各種 MA 条件を検討することで、積層無秩序構造を有する SiC(SD-SiC)粉末作製の MA 時間を 24 時間から 2 時間へ短縮した。また、このときの消費電力を測定した[1]。

本研究では MA 条件(公転数: $W_p$ 、自転公転比: $W_v/W_p$ 、ボール充填率:BFF)を変化させ、ボール運動に起因する消費電力(PE)を測定した。これと、衝突モデルより算出したボールから粉末へ投入可能なエネルギー(P)[2]と比較し、SD-SiC 合成との関係を議論した。

**2.実験操作** Si 粉末(高純度化学研究所製、純度:99.999%)と C 粉末(東海カーボン製、TGP-7、純度:99%up)をモル比 Si:C=1:1 にて秤量し、遊星型ボールミル P-4(フリッチュ製、ボール:粉末重量比=40:1)にて SD-SiC 粉末を作製した。消費電力の測定はボールを充填した状態とボールと同重量の重りを取り付けた状態でそれぞれ行い、それらの差をボール運動に起因する消費電力(PE)とした。

**3.結果及び考察** ボールミルにおいてはボールの運動エネルギーのみが系に投入される。PE はポット中でボールが運動することによって消費される電力であり、系に投入可能なエネルギーに対応する。理想的な条件下では PE(実測値) $\approx$ P(計算値)となる。BFF を 60.7%、 $W_v/W_p = -1.18$ (自転と公転の方向が逆のため負の値)に固定し、 $W_p$  を 300 から 400rpm まで増加させると P および PE は一様に増加した。SiC 合成に必要な時間は 24 から 5 時間に減少し、この時間と

参考文献.[1]佐伯他; 日本セラミックス協会秋季シンポジウム講演予稿 p264 (2008). [2] N. Burgio et al., *Il Nuovo Cimento*, **13**, 459 (1991).

PE の積は、SD-SiC 合成に必要な総電力量[Wh/g]となる。この値は、 $W_p$  を増加させると低下し、より効率的にエネルギーが系に投入されていることを示した。一方、 $W_v/W_p$  を変化させた結果、-1.57 が最も効率的であることが示された。図 1 に P と BFF の関係を、図 2 に PE および SiC と Si の XRD ピーク強度比と BFF の関係を示す。P は BFF を減少させることで増加する。一方、PE は BFF30%以上では BFF の増加とともに減少するが、BFF が 30%以下の場合あまり変化しなかった。BFF30%以上ではボール間の衝突が多く、効率的にエネルギーが試料に伝わっていないことを示している。ピーク強度比と PE が最大値を共に示したことから、BFF15%のときもっとも MA 効率が良いことを示している。以上より、P と PE および SiC 反応度に注目することで、MA 中のエネルギー伝達効率について議論可能となることが示された。

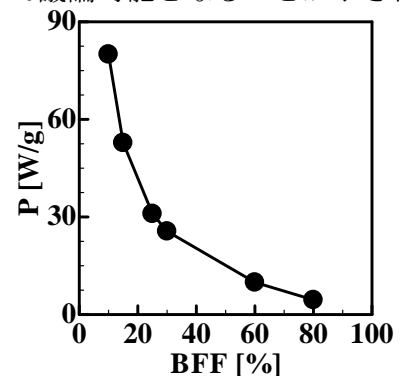


Fig. 1. P (estimated releasable energy) vs Ball Filling Function (BFF).

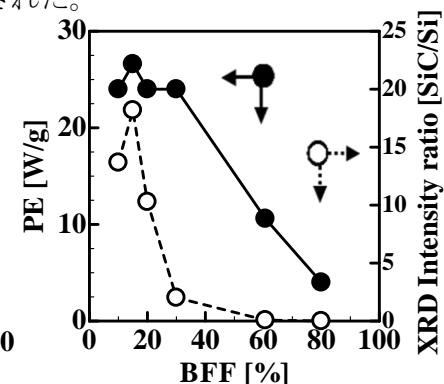


Fig. 2. PE (electric power consumption) and XRD intensity ratio vs BFF.