

炭酸カルシウム粉粒層乾燥時の熱収支

1. 緒言

石灰石から不純物を除去し、純粋な炭酸カルシウムを精製する過程に水分を含んだ炭酸カルシウム粉粒層を乾燥させる工程がある。乾燥を効率よく行うためには最適な乾燥条件を知る必要がある。そこで本研究では小型の乾燥実験装置を用いた炭酸カルシウム粉粒層の乾燥実験を行い、乾燥過程における熱収支を算出し、最適な乾燥条件を検討した。

2. 実験装置および方法

実験装置の概略を図1に示す。実験装置にはブロアー、流量計、ヒーター、乾燥容器、熱電対、データロガーを使用している。ブロアーから一定流量に調整した空気をヒーターで所定の温度に加熱する。加熱された空気を乾燥容器の上部から供給する。乾燥容器は内径φ69mm、高さ180mmの円筒状であり、この容器内に粒径を約5mmに成型した炭酸カルシウムを層高50mmまで充填する。熱風吹き込み口と、容器最下部より側面に10mm間隔で60mmの高さまで熱電対を設置している。炭酸カルシウムの初期含水率は43.75-44.03g/g-wetである。実験において熱風供給開始から乾燥容器の重量を1分毎に計測し乾燥速度を測定した。さらに熱風および炭酸カルシウム層内の温度を測定した。実験では炭酸カルシウム層内の含水率が0.4g/g-wet以下になった時点で乾燥終了とした。表1に実験条件を示す。

表1 実験条件

温度 [°C]	120, 150
流量 [NL/min]	75, 100, 125

3. 熱収支の算出方法

炭酸カルシウム充填層の乾燥過程において、次式の熱収支式が成り立つものとする。

$$Q_{air,in} = Q_{CaCO_3} + Q_{H_2O} + Q_{latent} + Q_{air,out} + Q_{container} + Q_{loss} \quad (1)$$

ここで、 $Q_{air,in}$ 、 $Q_{air,out}$ は熱風の持ち込み及び持ち出し顕熱、 Q_{CaCO_3} は炭酸カルシウムの顕熱、 Q_{H_2O} は炭酸カルシウムに含まれている水分の顕熱、 Q_{Latent} は水分の蒸発潜熱である。乾燥開始から t [min] 経過後の $Q_{air,in}$ 、 $Q_{air,out}$ 、 Q_{H_2O} 、 Q_{Latent} は式(2)~(5)より算出する。ここで、炭酸カルシウムと水分の温度は等しいと仮定した。

$$Q_{CaCO_3} = \int_0^{t_{dry}} m_{CaCO_3} c_{p,CaCO_3} \frac{dT_{CaCO_3}}{dt} dt \quad (2)$$

$$Q_{H_2O} = \int_0^{t_{dry}} m'_{H_2O} c_{p,H_2O} \frac{dT_{H_2O}}{dt} dt \quad (3)$$

$$Q_{Latent} = \int_0^{t_{dry}} L_{vapor} \left(-\frac{dm'_{H_2O}}{dt} \right) dt \quad (4)$$

$$Q_{air} = \int_0^{t_{dry}} \rho_{air} c_{p,air} V_{air} \frac{d(T_{air,in} - T_{ambient})}{dt} dt \quad (5)$$

乾燥に要する熱量は $Q_{dry} = Q_{CaCO_3} + Q_{H_2O} + Q_{latent}$ とし、熱効率を式(6)により求める。

$$\eta = Q_{dry} / Q_{air} \quad (6)$$

4. 実験結果および考察

各熱風温度及び流量における熱効率を図3に示す。熱風温度120°Cの時、流量75NL/minから100NL/minに上げると熱効率は上がるが、流量を125NL/minに上げると熱効率は下がる。150°Cの時も同様の結果が得られた。これより、今回の実験条件では熱風温度120°C、流量100NL/minの時、最も熱効率が良いと考えられる。今後の課題は他の温度、流量で実験を行い最適な乾燥条件を決定することである。

5. 使用記号

c_p : 比熱[kJ/kgK] L_{vapor} : 水の蒸発潜熱[kJ/kg] m : 質量[kg]
 T : 温度[°C] t : 時間[min] Δt : サンプル間隔[min]
 V : 流量[NL/min] Q : 熱量[kJ] ρ : 密度[kg/m³] $Q_{air,out}$: 出熱量[kJ] $Q_{container}$: 容器の熱損失 Q_{loss} : 熱損失[kJ]
 η : 熱効率[-] 【下付き】air: 空気 ambient: 周囲 CaCO₃: 炭酸カルシウム H₂O: 水 in: 流入 out: 流出

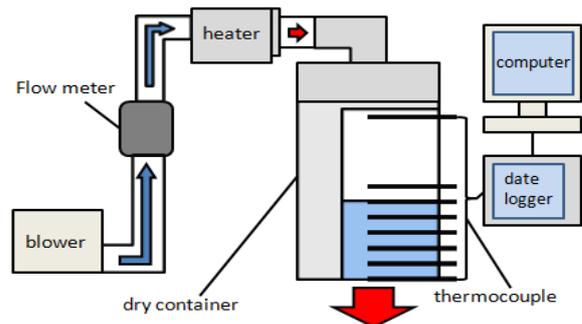


図1 実験装置概略

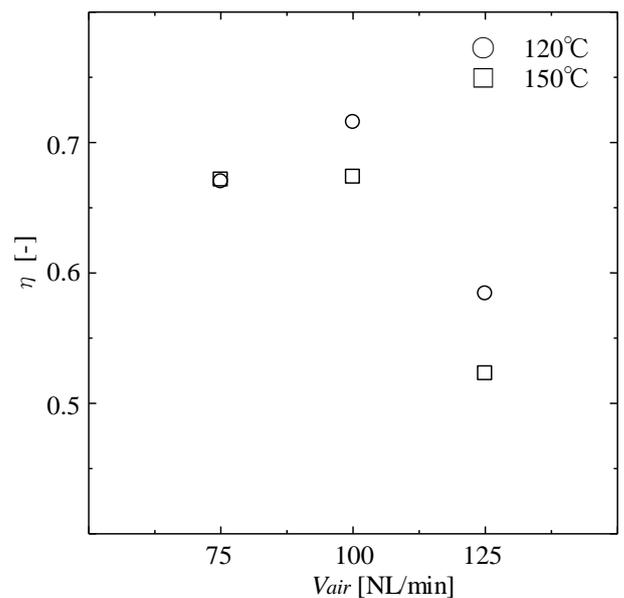


図2 各流量の熱効率