

スターリングクーラーを用いた二酸化炭素の冷凍分離装置の構築

指導教員 北村 豊

小笠原 健二 (200710675)

1. 背景及び目的

現在、地球温暖化の要因となっている温室効果ガスの削減が求められる中で、特に二酸化炭素 (CO₂) の削減に注目が集まっている。CO₂削減技術の代表例である CCS (Carbon dioxide Capture and Storage : CO₂の回収・貯留) は溶液や吸着剤等を用いた化学・物理的方法と炭素固定能を有する微生物等を用いた生物的方法があり、大規模な発電所や製鉄所などですでに導入されている例もある。しかし、食品工場や下水処理場などの小規模な事業者から発生する。比較的小量の CO₂を分離・回収する技術はほとんどない。そこで、小型で持ち運びの可能な CCS 技術を確認する目的で、スターリングクーラー (SC) を用いた CO₂の冷凍分離装置 SCFS (S C Freezing System) を構築した。冷却分離は、小量かつ低濃度の CO₂に対しても適用でき、さらに 99%以上の高純度の CO₂が得られる利点がある方法がある。

本研究では SCFS の冷却特性を明らかにするとともに、CO₂の冷凍分離能力を検証する。

2. 実験材料及び方法

SC を冷却機として採用するのは以下の理由による。

- 1) 冷却性能が高い: 約 -100 °C の冷却効果
- 2) 低電力供給場所で使用可能である: 最大 200 (W/基) の消費
- 3) 非常にコンパクトである

SCFS による CO₂の冷凍分離を図 1 に示す。

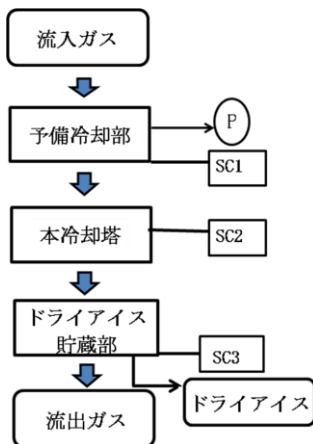


図 1 SCFS フロー図

SCFS 冷凍能力を試験するため、流入ガスに純 CO₂ガスを用いる。SCFS は 3 基の SC により構成され、冷却塔には真空断熱が採用されている。予備冷却部は約 0~-50 °C まで冷却され、水

分除去とガス予冷を行う。本冷却塔において、流入ガスは約 -110°C まで冷却されたフィンに吹きつけられガス中の CO₂が固化する (凝固点: -78.5 °C)。また、形成したドライアイスは下部の貯蔵部へ掻き落とされ、保持される。混合ガスを流入させるならば、この部分で CO₂とそれ以外の気体で分離できる。

本実験では、SCFS の冷却特性とドライアイス生成能を明らかにするために純 CO₂ガスを用いた冷凍実験を行った。

SC を起動させ、本冷却塔内を CO₂ 固化温度 -78.5 °C 以下にする。その後、フィン部にガスを吹き付けドライアイスの生成を行う。フィンについて部分をかき落とすことで、生成能力を確認する。

3. 実験結果及び考察

1. 冷却特性

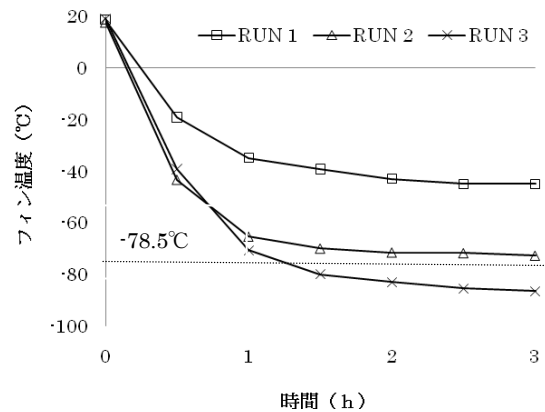


図 2 フィン冷却温度変遷

RUN1 : 真空ポンプ起動、SC と冷却塔内の接合部の断熱なし。

RUN2 : 真空漏れあり。接合部の断熱効果あり。

RUN3 : 真空漏れなし。接合部の断熱効果あり。

図 2 にフィン冷却温度の変遷を示す。保冷状態が保てることから、減圧には真空ポンプを使用した。また、熱伝導の良さから、接合部の部品をアルミニウムから銅に変更した。以上のように改良を重ねたことで、RUN3 で本冷却部を約 -85°C まで降下させることができた。この低温であればドライアイス形成を大きく促進する。

4. 今後の展望

ドライアイスの生成能力を確認したことから、今後は CO₂ 回収能力の検討を行う。また、食品工場から排出されるボイラーガスやバイオガスを供試して、SCFS の操作条件や課題を明らかにする。