《解説》

ケミカル蓄熱技術

Chemical Heat Storage

- 1947年6月生まれ
- 1972年早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年東京工業試験所（現 工業技術院物質工学工業技術研究所）入所。現在同研究所主任研究官。ヒートポンプ技術、蓄熱技術ならびに結晶成長に関する研究に従事
- 正員、工業技術院物質工学工業技術研究所（〒305 つくば市東1-1）

秋谷 鷹二

Takaji AKIYA

1. はじめに

ケミカル蓄熱技術は、熱エネルギーを化学エネルギーに変換して蓄熱する技術である。蓄熱に関与する反応系の多くは、固気反応であり、その反応熱や取扱いの容易さ等の観点から気相として水蒸気、アンモニアあるいはメチルアミン等が関与する反応系が用いられている⁽¹⁾。また気相の圧力条件を変化させることにより、放熱時の温度を蓄熱時より上昇させて出力させる「ケミカルヒートポンプ」としての応用も可能であり、今後の熱利用技術として注目されている。

通商産業省のニューサンシャイン計画では、1984年から1992年の9年間にわたり「スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム」（以下SHPプロジェクト）の研究開発を行い、ケミカル蓄熱技術を開発してきた。ここでは、その成果を中心としてケミカル蓄熱技術の概要について紹介する。

2. ケミカル蓄熱技術とは

ケミカル蓄熱技術の作動原理を次式の水和反応系（蓄熱媒体：臭化カルシウム水和塩）を例として図1に示す。

S：固相，g：水蒸気または気相，ℓ：液相

蓄熱時には、150℃の熱源により、式(1)の熱分解反応（右向き）を行わせる。発生する蒸気は、25℃の冷却水により凝縮させ、蓄熱槽内の圧力を飽和蒸気圧以下に保ち、熱分解反応が円滑に進むようにする。放熱時にはこの凝縮水を補助熱源（ここでは70℃）により蒸発させ、上記の逆反応（左向き）を進めその際の反応熱を利用する。また、図1の操作線図から補助熱源の温度を変化させることにより、発生する蒸気の圧力をコントロールし、臭化カルシウムの水和反応の反応温度を補助熱源の温度により決めることが可能となる。このようにしてケミカル蓄熱技術では、反応条件をコントロールすることによりケミカルヒートポンプサイクル構成することを可能としている。

図1 臭化カルシウムの操作線図

表 1 SHP プロジェクトで開発された
高温ケミカル蓄熱技術

反応に関する気相	適用温度	反 応 系
アンモニア	200°C	$\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{NH}_3 / 2 \text{NH}_3$ $\text{NaSCN} \cdot 3.7 \text{NH}_3 / 4.7 \text{NH}_3$
水蒸気	150°C	$\text{CaBr}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} / \text{H}_2\text{O}$
TFE	85°C	E 181/TFE

(E 181: テトラエチレングリコールジメチルエーテル,
TFE: トリフルオロエタノール)

3. ケミカル蓄熱装置に係わる 熱工学的課題

ケミカル蓄熱では、既に説明したように固気反応を用いる場合が多く、反応系の選択など化学的な課題と共に熱工学的にも課題が多い。

蓄熱装置は固気反応を用いることから必然的に充てん層形固相反応器を中心とすることになる。従って、蓄熱時には反応（蓄熱）媒体である充てん層粒子の熱分解反応をいかに効率的に進めるかということが重要となる。反応条件を考えると充てん層内は減圧条件下にあり、また、充てん粒子は反応前後の体積変化を考慮して比較的疎に充てんしてある。熱工学的観点から課題を整理すると、

- (1) 減圧条件から対流伝熱が困難
- (2) 温度が低いことから輻射伝熱が期待できない
- (3) 充てん粒子の空間率も、最密充てんに比べ小さいことから伝導伝熱も困難
- (4) その他

などの問題が見いだされる。これらの問題を解決するために装置的にはプレートフィン形の熱交換器を模したタイプの反応装置を工夫し、伝熱媒体との効率的な伝熱操作を図っている。このことは、従来の反応の解析という観点に加え、今後は熱機器としての実用機概念を踏まえた熱工学的な研究がより重要になることを意味している。

SHP プロジェクトでは、表 1 に示す気相として水蒸気、アンモニアおよび TFE が関与する蓄熱技術が研究された。いずれの反応系についても

図 2 エネルギーフローチャート

実用機規模の蓄熱容量を持つ装置において、熱回収率 75% および蓄熱密度 209 kJ/kg が達成できることが明らかにされた⁽²⁾。

図 2 に蓄熱量 115 MJ の蓄熱装置による水和反応系の蓄熱/放熱サイクルにおける熱収支を示した。蓄熱/放熱運転は蓄熱 10 時間、放熱 7.5 時間、切り替えおよび待機時間 6 時間とした 24 時間サイクルで運転したものである。図 2 から、蓄熱時には熱入力の大部分が冷却水の形で外部に捨てられ、また放熱時には補助熱源として持ち込まれた熱が最終的に出力されていることが読み取れる。このことから、ケミカル蓄熱技術の実用化に当たっては、この補助熱源に注目し、ケミカルヒートポンプへの応用も重要であるということが明らかとなった。

4. おわりに

ケミカル蓄熱技術について SHP プロジェクトの成果を中心として説明した。環境・省エネルギー問題を考えればヒートポンプへの展開が可能であるケミカル蓄熱技術は重要である。小文が参考になれば幸いである。

文 献

- (1) 藤原・ほか, 化学工業資料, 18 (1983), 12.
- (2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構編, スーパーヒートポンプエネルギー集積システム 8 年間の研究開発の成果, (1993), 26.

(原稿受付 1994 年 6 月 15 日)