

技術紹介

省エネ型低温反応制御システム

Energy-saving type Cryogenic Reaction Control System

山住 成正*

YAMAZUMI Shigemasa

森 公 哉*

MORI Kosuke

米 倉 正 浩*

YONEKURA Masahiro

1. はじめに

低温反応制御システムは主に医薬・化学分野の有機合成反応において、製品収率の向上や反応熱除去および低温環境維持を目的として図1に示す様に液化窒素と熱媒を熱交換して熱媒をユーザーの反応槽ジャケットに循環する冷却設備である。

近年、既存ユーザーより液化窒素消費量の低減、大気放出される排気窒素ガス再利用の要望が顕在化している。また、機械式冷凍機ユーザーの課題として温対法や省エネ法の管理等による工場使用電力の低減に向けた冷凍機の省力化が普及している。

これらの理由により、初期冷却時間の短縮や負荷ピークシェイプによる冷凍機の小型化等が考慮された、低温反応制御システムと機械式冷凍機とのハイブリッド化が求められている。

従来のシステムでは、付加価値の高い製品の製造など、液化窒素のランニングコストが許容できるユーザーに限られて使用されていた。液化窒素が熱交換し

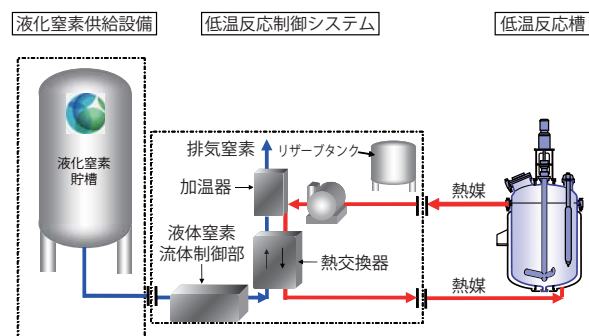


図1 低温反応制御システム概要

た後に大気放出される排気窒素ガスを再利用できる装置とすることで、ガスコストが低減できるため、適用ユーザーの拡大が期待できる。

図2に省エネ型低温反応制御システムの全体イメージを示す。

本報では、新たな液化窒素需要創出に向けて開発した冷凍機の省力化と排気窒素ガスの再利用が可能なシステムを紹介する。

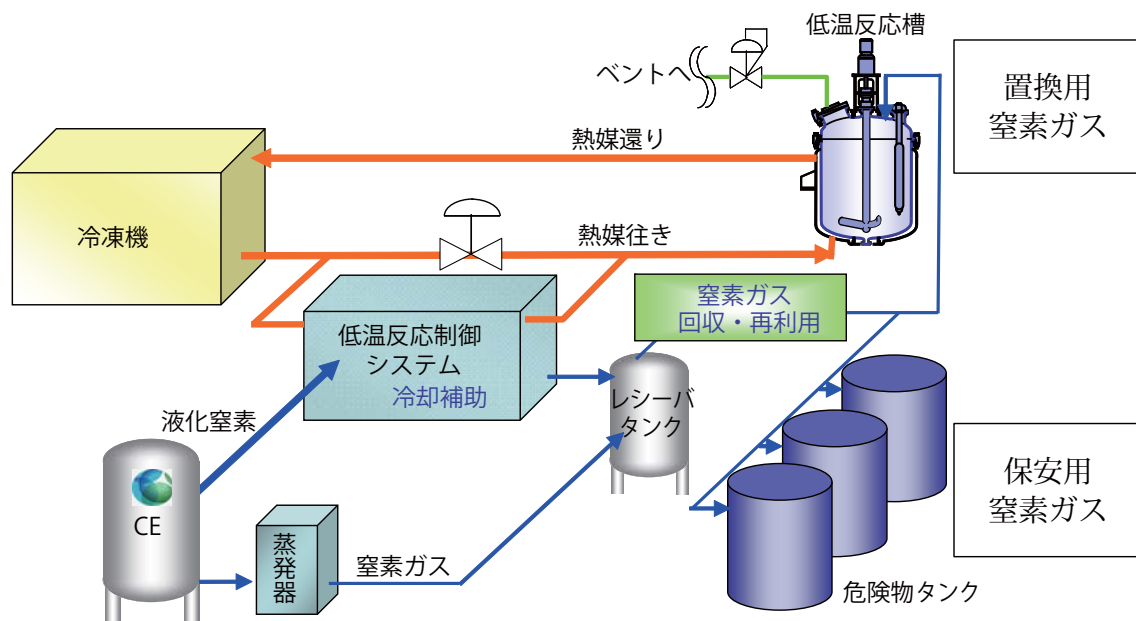


図2 省エネ型低温反応制御システムイメージ

* 開発・エンジニアリング本部ガスアプセーター

2. ハイブリッドシステム

冷凍機と低温反応制御システムのハイブリッド運転による省力化について、一般的な工場の電力負荷を模式的に表したグラフを図3に示す。

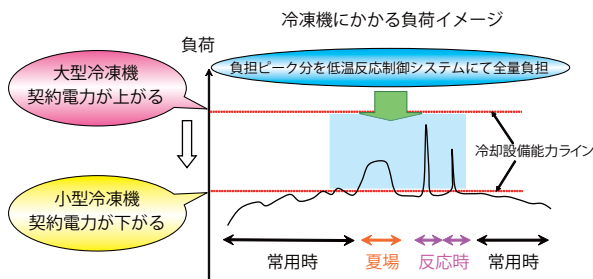


図3 工場電力負荷模式図

常用的な電力負荷は一定以下であるが、特に夏場や複数の反応を同時に行う時は負荷ピークが生じる。このような一時的な負荷ピークに対応するため、現状では大型冷凍機の採用や、契約電力を上げる必要がある。この負荷ピーク部分のみを低温反応制御システムにて全量負担することで既存の冷凍機の活用や新規に設置する冷凍機の小型化が可能となる。また、低温反応制御システムを単独で運転することで、冷凍機では困難である低温域の運転も可能である。

一般的に使用されるエチレングリコール熱媒などと液化窒素を直接熱交換すると熱媒が凍結するリスクがある。その為、液化窒素との熱交換に中間冷媒を使用することで、熱媒凍結を回避でき、熱媒が既存のまま利用できるなど、熱媒の選択性を広げる事ができる。

従って、コンパクトな熱交換器を採用する当社の低温反応制御システムに中間冷媒を利用して、液化窒素の消費量低減や医薬関連で必要とされる精密な温度制御 ($SV \pm 3^{\circ}C$ 以内) を実現する為にハイブリッド設備の設計において以下のポイントを考慮した。

- (1) 冷凍機的能力を優先的に発揮させるために低温反応制御システムの上流側に冷凍機を配置した。
- (2) 中間冷媒量を最小限に抑えるシンプルな構造として精密な温度制御精度を可能にした。
- (3) 冷凍機設計温度以下での運転時も考慮し、冷凍機を保護するためのバイパス流路を設けた。

設定温度及び反応槽負荷熱量に応じて機械式冷凍機 (冷却下限温度 $-40^{\circ}C$) と低温反応制御システムを切替可能とする図4の概略系統にて小規模システムを構築して評価試験を行った。

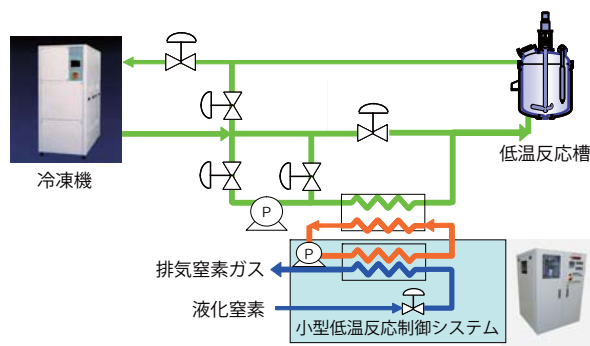


図4 ハイブリッドシステム概要

評価試験に使用した各機器の仕様について表1に示す。

表1 機器仕様

仕 様	
低温反応制御システム	冷却能力 : 1kW(at $-90^{\circ}C$)
	温度範囲 : $-100 \sim +150^{\circ}C$
	制御精度 : $\pm 1^{\circ}C$
機械式冷凍機	冷却能力 : 1kW(at $-90^{\circ}C$)
	温度範囲 : $-40 \sim 常温$
	制御精度 : $\pm 1^{\circ}C$
	熱媒循環ポンプ内臓

小規模試験の結果から試算した運転コストを表2に示す。 $-60 \sim -40^{\circ}C$ の温度域においてハイブリッド運転であっても機械式単独運転に近づくことができた。

表2 運転コスト試算結果 [%]

温度域 [$^{\circ}C$]	$-90 \sim -60$	$-60 \sim -40$	$-40 \sim 0$
LN式単体	100	100	100
機械式単体	-	30	13
ハイブリッド	-	57	60

3. 排ガス再利用

高効率な高圧ガス保安法対応の熱交換器を評価により最適化して採用した結果、従来の温度制御精度を維持しながら0.2MPaの排気窒素ガスを蓄圧することで、供給流量同等の流量にて再利用できることが確認できた。

4. まとめ

ハイブリッド運転及び窒素ガスの再利用により、省電力、液化窒素消費量の低減を両立したシステムを構築する事ができた。今後、医薬品メーカー、エンジニアリング会社を中心に拡販を行っていく。