

内容の要旨および審査結果の要旨

研究の背景

食品工場では、24 時間連続して間欠的な負荷が発生するため、製氷と解氷の運転が同時に行う必要がある。このような同時運転を行うシステムに対する解氷特性の予測、食品工場固有の運転制御方法や製氷部の密閉化技術の確立を対象とした研究はこれまで皆無である。

製氷と解氷の同時運転での運転制御方法に関する問題として、第一に蓄氷量の決定が重要となる。蓄氷量の増減に応じて自動的に製氷運転を始動・停止させるためには、蓄氷量を常時正確に把握する必要がある。しかし、従来の熱量演算による算出では、演算誤差の蓄積が問題となる。

第二に蓄熱水（チルド水）の補充の問題が挙げられる。食品工場では機器のメンテナンス等によって蓄熱水（チルド水）の量は減少する。しかし、蓄氷槽内には常時シャーベット状の氷が充填されているので、時間の経過とともに蓄氷槽底部までシャーベットアイスが到達する。その結果、蓄氷槽の水位の変化から直接蓄熱水の減少量を測定することはできない。

第三に従来のダイナミック型氷蓄熱システムを食品工場へ導入するためには、製氷部の密閉化が不可欠となるが、それに関しては、以下の課題がある。①密閉空間の中で過冷却水の過冷却解除（相変化）を誘発させる技術の確立 ②過冷却解除に必要な過冷却水の滞在時間の解明。③過冷却解除の配管内上流への伝播を防止する技術の確立。④過冷却器内での不測の過冷却解除（凍結）の防止。

研究の目的

本論文では、ダイナミック型氷蓄熱システムの食品工業分野への適合性向上に資することと同時に、チルド水供給システムとしての普及に資することを目的として、以下に記す従来には無い新しい技術を構築する。

- (1) 製氷・解氷同時運転を行うシステムに対するチルド水温度の予測モデル。
- (2) チルド水の低温維持と安定供給のための食品工場固有の運転制御方法。
- (3) 製氷部の密閉化技術。

研究の成果

本研究の成果として以下の結果を得た。

① 製氷・解氷同時運転システムにおけるチルド水温度の予測モデル

(1)空調用水蓄熱の解氷モデルに、製氷運転を加えた修正モデルを提案した。また、本モデルを使って、製氷・解氷同時運転時のチルド水温度を+0.5℃の精度で予測できることを明らかにした。

②チルド水の低温維持と安定供給のための食品工場固有の運転制御方法

(1) 蓄氷量を把握するためには、従来の熱量演算による算出では、演算誤差の蓄積が問題

となるため、氷層の盛り上がり高さから満蓄を判定し、それを用いて演算誤差をリセットする方法を提案した。そして、氷層の盛り上がり高さの再現性を測定することで、氷層の盛り上がり高さから満蓄状態が判断できることを明らかにした。

(2) 蓄氷槽の水位変化から、氷層の空隙率に基づき蓄熱水（チルド水）の補給水量を算出できることを明らかにした。

③ 製氷部の密閉化技術

(1) 超音波は、過冷度が 0.3K 程度から過冷却解除トリガーとして機能することを明らかにした。

(2) 過冷却解除のためには、解除トリガー（超音波）付与後に 4.1 秒以上の過冷却水の滞在時間が必要であることを明らかにした。

(3) 伝播防止器のスリット形状をラウンド型とし、スリット間隔を 1~3mm とした場合、吹き出し流速を 0.3m/s 以上とすることで、過冷却水の流速によらず上流伝播防止効果が得られることを明らかにした。

(4) プレート式熱交換器を過冷却器として用いる場合、熱交換器内全域での局所プレート間差圧が 0kPa 以上になるように運転圧力を設定することで、不測の凍結を防止できることを明らかにした。

④ 上記成果を実際の食品工場に適用し、その有用性を実証した。

以上より、本論文では、従来には無い新しい技術を構築することで、その技術によりダイナミック型氷蓄熱システムの食品工業分野への適合性向上を計ることができることを実証でき、同時に、チルド水供給システムとしての普及にも貢献を果たすと考えられる。よって、本論文は本学の博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。