

8. 食品用液体凍結装置の小型化に向けた攪拌評価の検討

応用技術支援グループ
上加冷機工業（株）

○小林孝紀
上加淳悦、広川正記、井川幸一
住田由佳

1. はじめに

冷凍は、食品を長期保存する手段であるが、凍結の仕方によって冷凍品質が大きく左右される。特に急速凍結は、冷凍品の高品質化をはかる上で重要な手法となる。そのため、業務用の凍結方法として急速凍結が注目されている。急速凍結は、凍結時の細胞へのダメージを最小限に抑え、結果として解凍時のドリップを減らせるなどの利点があり、大手食品会社は、大型急速凍結装置を早くから導入し、この装置を用いた冷凍食品などを販売している。近年は様々な急速凍結装置が開発され、中小企業向け凍結装置も商品化されている。中でもエチレングリコールやアルコールなどの液体を冷却冷媒として使用するブライン凍結装置は、大手企業が使用している大型のトンネル型凍結装置よりも優れた冷却性能を有する装置で、中小企業や、多品種小ロットの凍結処理が必要なセントラルキッチンなどでの導入が進んでいる。

我々も平成 26 年度から地元ユーザーニーズを踏まえ、200L タイプの食品用液体急速凍結装置の実用化に向けた取り組みを行い商品化に至った。この装置の想定導入規模は、中小食品加工会社、チェーン展開する飲食業のセントラルキッチンなど、凍結量が 1 時間あたり 50kg から最大 100kg 程度の処理を行うユーザーをターゲットとした。

一方、飲食店や個人商店、あるいは比較的規模の小さな厨房、チェーン店の現地厨房のニーズとして 100L（凍結部容量 50L）程度のコンパクトな装置の要望が多い。小ロット向け液体凍結装置としてブライン（エチレングリコールやアルコールなどの熱媒体）凍結機が近年注目され、本州の冷凍機メーカーで液体凍結装置が製造されているが、液体凍結装置で実際に食材を凍結させた結果のみの検証にとどまっている。また、熱媒体であるブライン液は多くの種類があるが、食の安全の観点からアルコール製剤が望ましいが、添加剤が少ないことからスラリー化しやすいなど低温温度制御が難しい等の理由でアルコール製剤の熱媒体としての利用が敬遠されている。

本報では、上加冷機工業(株)が工業技術センターとの共同研究で開発した、アルコール製剤を熱媒体とするブライン凍結装置の小型化に向けた取り組みについて報告する。

表 1 仕様比較

2. 試験及び評価方法

小型装置の試作にあたり、装置の仕様を決定し(表 1)、装置の小型化による省スペース化、コストを考慮し攪拌

	100 L 開発品	200 L 既存	他社同等品 120 L
熱媒体循環	攪拌方式	ポンプ循環	攪拌方式
冷凍機	1.1kw	1.5kw	2.2kw
熱媒体	アルコール製剤	アルコール製剤	既存ブライン

方式を循環ポンプから攪拌翼方式としたことから、攪拌のモデル試験を実施した。

実際のアルコール製剤を用いた低温環境の攪拌試験は、結露や凍結が発生し、冷凍機構が金属製で可視化による画像解析が難しい。そのため試験は、試作装置と同じ大きさ(900×450×300mm)のガラス水槽に水を規定量入れ、化学的に安定し粘度制御可能なポリアクリル酸ナトリウムを水に添加し、水をアルコール製剤の各温度での粘度と同等に調整し、スクリー翼、各種タービン翼を用いて 200~600rpm の回転数で攪拌試験を実施した。攪拌による水槽内の液流を確認するためレーザー光反射粒子トレーサーとして三菱化学製 DIAIONHP-20 を 5g 槽内に投入し、レーザー光を用いて水平・垂直の 3 次元での流れを観察した(図 1)。また、この結果を基に、試作機槽内

が、適正温度に維持できるか、冷凍機を小型化しても目標温度に到達可能か確認を行った。

3. 結果

熱媒体として使用するアルコール製剤は、低温になるに従い粘度が上昇する。はじめに、10℃および-28℃でのアルコール製剤の粘度測定を実施した(表2)。水槽モデル試験実施にあたり、粘度測定結果を基に、水にポリアクリル酸ナトリウムを添加し 10℃および-28℃の粘度を水槽内で再現し、攪拌翼形状と液流の状況を観察した。次に、攪拌翼の軸の位置を決定し、その後各種攪拌翼(図2)で液流の状況を確認した。その結果、汎用の器機で使用されるスクリーウ翼での攪拌は、攪拌翼軸周辺の上下液流が確認できるが、水平方向の液流は槽の半分程度にとどまり、攪拌軸の対角線上の液流は確認できなかった。回転数について検討した結果、350rpm を超え 400rpm 程度から乱流域に達し、液面から気泡を巻き込み攪拌の流れが乱れた。一方、パドル、タービン翼での攪拌は、横方向に顕著な液流があり、アルコール製剤が 10℃と同等の粘度時には、槽全体での回転流に、粘度上昇とともに、横方向に放射流、翼取り付け位置より上部で対角線上に直線的な戻流が発生し、槽全体での効率的な攪拌流が確認できた。パドル翼とタービン翼を比較すると、全てにおいてタービン翼でより効果的な液流が確認でき 250rpm でも十分な攪拌効果が得られた。これらのデータを試作設計に反映させ、装置試作及び試運転を実施した。その結果、熱媒体槽は、通常運転温度、最低運転温度まで冷却することができ、さらに凍結処理部の温度測定では、槽内で均一な冷却温度を示した。

4. まとめ

小型の凍結装置試作にあたり、攪拌部の最適翼形状を検討するため、攪拌モデル試験を実施した。そのデータを装置設計に反映させ、装置試作を行った。試作した装置にアルコール製剤を投入し、試運転を行った結果、良好な低温性能と均一な温度分布を確認し、仕様通りの装置の試作ができた。今後は、実際に食品の凍結を行い、熱媒体の循環について評価する予定である。

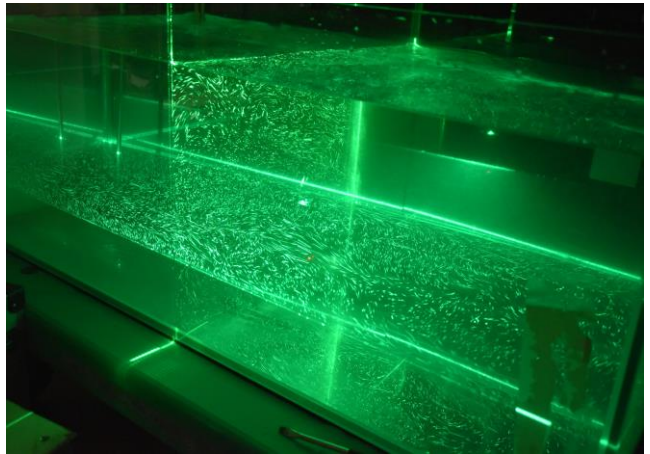


図1 レーザーによる流れの解析

表2 アルコール製剤の温度と粘度の相関

10℃	2.6cps
-28℃	61-63cps



左上 スクリーウ翼
右上 パドル翼
左下 タービン翼

図2 試験に用いた代表的な翼形状

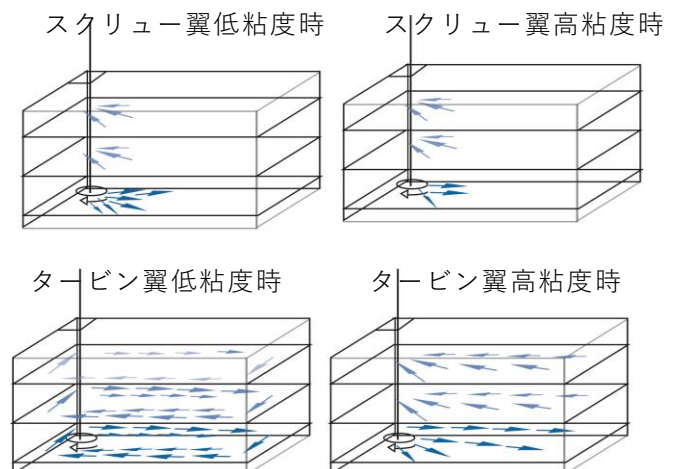


図3 レーザー光トレースでの熱媒体の流れ