

## 食品の急速冷凍技術

「環境エネルギーネットワーク 21」主任研究員 岸本 哲郎

日本は食料の多くを輸入に頼っていますが、それを支えているものの一つに冷凍技術があります。日本で食品の冷凍が始まったのは、1920年北海道で現在のニチレイフーズが食品冷凍の工場を建設したのが最初です。その後1964年の東京オリンピックの時に選手村での多くの選手への食事の提供に冷凍食品が活躍したと言われています。

冷凍食品はその後急速に市場が拡大し、日本冷凍食品協会によると、現在では年間約160万トン、金額にすると7500億円規模になっています。

今後も世界的に冷凍食品の市場は拡大し、Astute Analyticaによると2030年には5000億ドル（約60兆円規模）に達すると言われています。

これにより冷凍機器の市場も大きく拡大すると思われます。

食品の品質劣化は化学反応、酸素反応、微生物の活動などで起きます。これらの活性（速度）は温度依存性が高いため、食品を十分に低温域にまで冷却することによって活性を小さくすることができ、食品の長期保存が可能となるのです。

食品衛生法では食品の安全の観点から微生物が増殖できない温度を $-15^{\circ}\text{C}$ 以下としています。

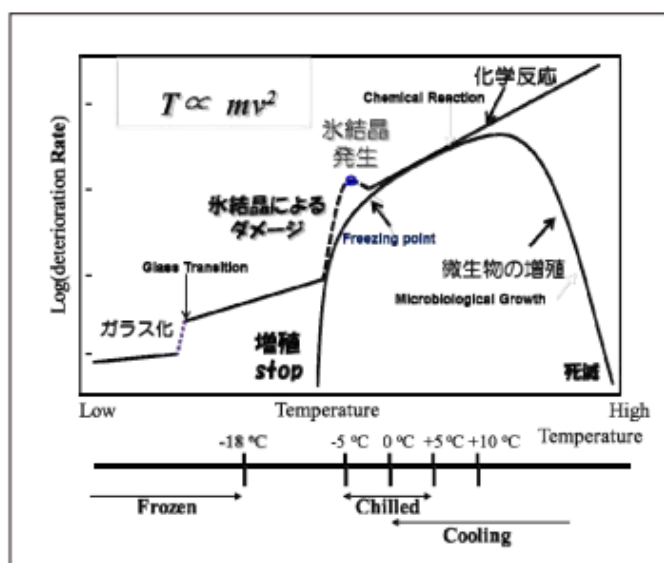


Fig.1 食品の保存時における品質劣化に関わる化学反応の速度と微生物の増殖速度の温度依存性に関する概念図

鈴木徹 食品の冷却と水の挙動 から

食品の長期保存には冷凍機によってこれよりも低い温度に冷却すれば良いのですが、食品を凍らせる場合、0℃以下の氷結点に到着するまでは温度は速やかに低下しますが、それ以降-1℃~-5℃くらいまでの温度の低下は極めて緩やかになります。これは、冷却の大部分が氷結潜熱(水 kg 当たり 80kcal)を除くために使われるためです。図2に示すようにこの-1℃から-5℃の温度帯は最大氷結晶生成帯と呼ばれています。冷却時に食品がこの温度帯を通過するとき細胞内の水分が凍結しますが、水分は氷になると体積が大きくなるので細胞を破壊してしまい解凍した時にいわゆるドロップを生じ品質が劣化します。食品を品質劣化させずに凍結させ、長期保存を行うには、最大氷結晶生成帯を短時間で通過させ、目標温度に到達させる急速凍結技術が非常に重要となります。

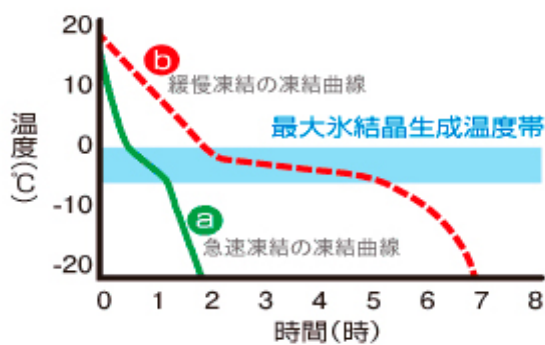


Fig.2 最大氷結生成温度帯  
日本冷凍食品協会の HP から

図3はゆっくり冷凍した場合と急速に冷凍した場合の氷の結晶のできかたを比較したものです。

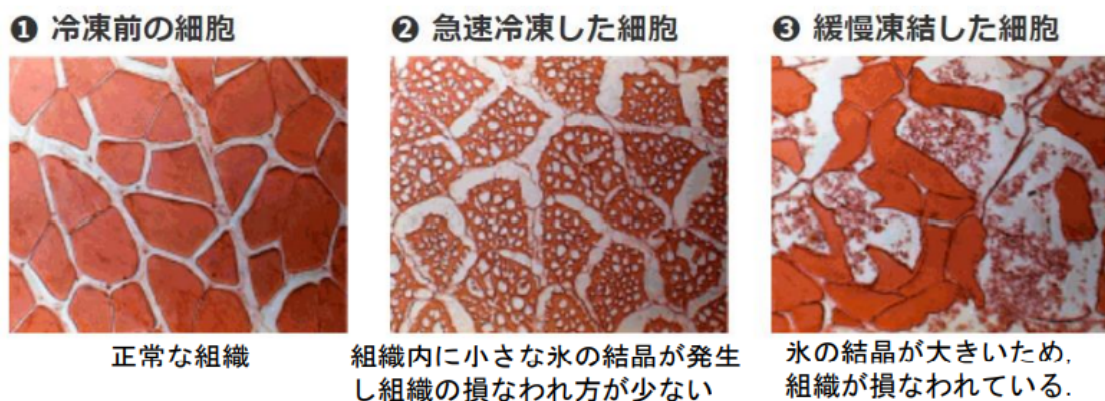


Fig.3 凍結した細胞の中の氷の結晶  
日本食品冷凍協会の資料 から

急速に冷凍した場合は氷の結晶が成長しないうちに凍結するので細胞が破壊されていないことが分かります。これにより食品の品質が保たれ美味しさが保持できるのです。急速冷凍を実現する技術として-30℃から-40℃の液体を利用した液体凍結冷凍機があり

ます。液体としては低温でも凍らないためエタノールが多く使用されています。  
エタノールの凝固温度は-114℃です

表1 物質の比熱と熱伝導率 注) 圧力や温度によって値は若干変わります

	比熱 (J/(g・K))	熱伝導率 (W/(m・K))
水	4.18	0.59
エタノール	2.42	0.18
空気	1.00	0.02
銅	0.38	398.00

熱伝導率は熱の移動のしやすさを表わす物性値で、この値が大きいほど熱が伝わりやすいことを示しています。液体は空気に比べると熱伝導率が大きいため急速に熱を奪うことができます。空気とエタノールでは約9倍の差があります。これがエタノールが急速冷凍に用いられる理由の一つです。ちなみに銅はこれらと比べても桁違いに大きく、加工のしやすさもあるため空調機器の熱交換器にも使用されています。

冷凍の基本概念を構築し、普及させたのはアメリカのクラレス・バーズアイですが、彼が1919年から3年間、北極に近いカナダのラップランドに暮らしたとき、現地人が-40℃の自然の中でトナカイの肉を冷凍貯蔵していることを見て、温度を下げれば下げるほど保存性が高まり、また、早く凍らせればさらに効果的であるという冷凍食品の基本的なアイデアを得たと言われています。この後、彼はアメリカで魚の冷凍会社(後に有名なゼネラルフーズ社)を起こし、冷凍食品の普及に貢献しました。

現在エタノールを利用した急速冷凍装置は既に実用化されていますが、今後は冷凍食品の市場の拡大によってますます需要が高まるのではないかと考えられます。