

進化する食品の冷凍技術—生ノリの急速凍結に思いを馳せて—

はじめに

魚やノリには旬があり、旬のものであれば生が一番・・・という話はよく耳に致しますが、近年は冷凍技術の飛躍的進歩により、スーパー等の鮮魚売場における陳列棚を覗くと、梅の季節を迎えた昨今においても旬の秋さながらに、丸々として見るからに脂がのって美味しそうなサンマが売られており、この時期、嘗（かつ）ては開き干しか塩蔵品を食するところですが、生と全く遜色無い解凍サンマを味わうことが出来、折しも盛漁期であれば、生と冷凍（解凍）ものを比べた際には今やプロの料理人として判別がつけ難いと言われるご時世です。

これは何も魚に限らず、果物や寿司なども然りで、老舗果物屋のホームページには「冷凍なのに“生”みたい」〇〇屋のフローズン・フルーツ新味登場・・・と言ったコピーに添えて、一口大にカットされ解凍されたマスクメロンやイチゴ、バナナ、マンゴーなどが、小分けケースに収められた商品がカタログ宣伝化され、売れ行き好調と聞いておりますし、握り寿司や集団給食施設におけるご膳食（写真 1. ※株式会社テクニカン提供）まで簡単に備えることができます。



写真 1. 液体式急速凍結システムで凍結した煮魚・根菜料理・蒸野菜を解凍し盛り付けたご

膳食

筆者もその双方（冷凍果実と冷凍寿司）を試食致しましたが、その場においては剥（む）きたての果物として、また握りたての寿司として全く違和感なく美味しくいただきましたし、むしろ果物などはシャーベットを食べた時にも感じるのですが、冷えた舌ざわりが甘味と果実特有の酸味を心地よく引き立て、通常以上に美味しい・・・との実感もあり、冷食と味覚に係る科学的解明への期待に思いを馳（は）せる一瞬でもありました。

かような体験を機に、今回は進化する昨今の食品冷凍技術に触れて見たいと思います。

冷凍食品の定義について

我が国では冷凍食品の定義として専門書には「洗浄などの下処理を施し、急速凍結を行い、包装された食品で、生産・貯蔵・輸送・配送・販売の各段階を通じ、消費者の手にわたるまで一貫して商品がマイナス 18℃以下に保存されたもの」と記されており、急速凍結とマイナス 18℃以下の温度帯による保存という文言が大きなキーワードとされています。

先ず一つ目の急速凍結は冷凍庫の中で食品を長時間かけて凍結する緩慢凍結に対し、文字通り短時間において凍結させるもので、その意義は後々の解凍時において品質劣化の要因となるドリップ（細胞内液）の流出を防ぐところにあります。

これは食品中に含まれる水分が凍結時に氷の結晶と化し、結晶が大きくなると冷凍食品の細胞組織が壊され、解凍した際にドリップが流出し、味や栄養分が失われ、食感も悪くなりますので、その防御措置が品質保持の要となりますが、端的に述べると凍結時間の長短によって氷結晶の大きさが決まり、急速凍結の場合には最大氷結晶生成帯（0℃～マイナス 5℃）通過時間を短くすることで氷の結晶が微細になり、結晶が細胞膜を破壊することが出来なくなると言うわけです。但し、急速とは言え、あまりに瞬時であると、食品外部と食品内部との温度差が大きすぎて、食品にひび割れの恐れがあるとのことで、凍結速度にはその道におけるプロの経験と技が必要とされるようです。

また、マイナス 18℃以下での保存は食品中における細菌・微生物の繁殖、生育や酵素の働きを抑え、油脂の酸化防止などを図るため、味の変化や腐敗防止に欠かせない保存条件として欧米諸国に準拠し、スタンダード化されたものです。

急速凍結技術について

さて、冷凍食品の定義付けにおいてポイントとされた急速凍結ですが、その技術には CAS（セル・アライブ・システム）凍結、プロトン凍結、液体凍結など幾つかあるようですが、まずは冷媒が空気か液体かの違いによって大きく区分され、CAS やプロトンを含め、多くの急速凍結機は空気を冷やし、その空気で品物を凍らせていきます。

それに対し液体式急速凍結機（リキッドフリーザー）は冷却した液体（食品添加物として安全なもの）に浸漬して凍らせる手法とされています。

それぞれに持ち味があり、その選択は最終的にはユーザー側に委ねられるわけですが、水産物水産加工品輸出拡大協議会会長職にもある筆者は今般、折しもリキッドフリーザーメーカーとしてのパイオニア的存在である首都圏近郊の T 社を視察する機会を得たことで、冷凍食品＝急速凍結技術の有用性を再認識するに至り、とりわけ当該技術の活用が今後の水産物輸出並びに地方創生の大きな武器になり得る・・・との確信を込めて筆を走らせたわけなのです。

液体式急速凍結システムの利点について

急速凍結の意義は前述の通りですが、筆者がとりわけ液体式に着目するわけは突出したその凍結速度にあります。メーカー側の説明によれば、液体の熱伝導率は気体と比較した場合、圧倒的に大きく、水にエタノールを 60% 添加した水溶液（仮に飲んだとしても無害）をマイナス 30℃ まで冷却した際の冷媒による凍結速度は空気凍結の 20 倍、窒素ガスの 8 倍とされ、厚さが 1 センチのステーキ肉を凍結させるのに冷風ならば 1 時間かかるところを、わずか 3 分で凍結可能とのことでした。

また、通常の冷風冷凍機では、冷凍時に細胞内の水分が凍り、100～200 ミクロンサイズの突起状の結晶を作り、その結果として 20～30 ミクロンの肉や野菜の細胞を破壊し、旨み成分を失いますが、凍結速度に秀でた液体式であれば氷の結晶は 5 ミクロンと小さく丸みを帯びた形状となり、細胞膜を破ることなくドリップも抑えられ、ほぼ凍結前の味、食感が保たれるとのことでした。アジとカニを例示した比較写真（写真 2. 写真 3. 写真 4. ※株式会社テクニカン提供）をご参照下さい。



写真 2. 凍結方式による解凍時の差異（あじの場合） 上段：リキッド（液体式急速凍結）
下段：エアースラスト（冷風式急速凍結）



写真 3. エアースラスト（冷風式急速凍結）での凍結時と解凍時の状態（かにの場合）



写真 4. リキッド（液体式急速冷凍）での凍結時と解凍時の状態（かにの場合）

T 社の社長は凍結速度の要因たる気体と液体の熱伝導性の差についての分かりやすい例え話として、「気温 90 度のサウナで人はガマンできるのに、90 度のお湯には指も入れられないでしょう！それほど気体と液体ではカロリーのボリュームが違います。液体のカロリーは気体より 2,500~3,000 倍も大きいのです。」と説明してくれました。

さらなる利点としては、凍結ムラがほとんど生じないことが指摘されております。空気冷

媒ですと、どうしても空気が当たりやすい所と当たりにくい所とで、凍結時間に差が生じやすくなりますが、液体凍結の場合は大きなカロリーを持った液体が 360 度均一に熱を奪っていくので、ほぼムラ無く凍結することが出来るので、少量の凍結テストだけでは分かりにくい面もありますが、実際の運用の段階ではかなり差が出るようです。

なお、強いてデメリットを指摘するならば、液体凍結には脱気パックをしてから凍らせる食材が多いので、デコレーションケーキのような型崩れに対してデリケートすぎる商品は向いていないとのことですが、既に、握り寿司やカツサンド、スライスした刺身食材などで導入し、商品化されている事例も多々あることなどから、さほど問題視はされません。

これら当該システムの利点を整理すると、熱伝導が空気の 20 倍（まさに急速凍結）、ドリップが極小（生鮮状態を保持）、品質の向上（味、食感、見栄え、歩留まり）、スペースメリット（必要面積が最小）、作業環境の改善（寒い庫内での作業が不要）、容易な操作方法（ワンタッチ操作により凍結作業が簡単）、多品種・他業種で活用可（水産、精肉はじめ加工品、麺、惣菜、さらには血液保存など医療分野でも注目）、長期保存が可能（在庫管理が容易に）、解凍方法を選ばない（常温・低温・加熱・流水 OK。特別な解凍庫は不要）ということになります。

リキッドフリーザーを活用した水産物輸出拡大等の取組

さて、水産業界は目下、平成 32（2020）年に水産物の輸出額を 3,500 億円に増加させるという国の定めた目標値の前倒し達成に向け、官民一体となって鋭意努力を傾けており、これまで順調に推移してきましたが、昨年来、輸出の主流を担ってきた北海道産ホタテの自然災害による不漁がたたたり、一転して厳しい状況下に置かれています。

一方において、近年における国際的和食人気に乘じ、欧米や近隣諸国の富裕層をターゲットとして、空輸による生鮮魚介類の輸出にも力が入っておりますが、量的な限界や輸送コスト、食の安全性確保（ニューヨーク市は 2015 年 7 月に寄生虫対策として飲食店における生鮮魚の事前冷凍を義務化）などを考慮すれば、輸出商材として高品質な冷凍水産物（同加工品）の右に出るものは無いと考えます。

こうした背景からも、前述のごとき数々の利点を有するリキッドフリーザーは輸出戦略上の大きな武器になり得るものと確信しており、私どもの水産物・水産加工品輸出拡大協議会では、その先駆けとして去る 1 月 12 日にシンガポールにおける全漁連系統のアンテナショップ（JF KANDA WADATSUMI）において液体式凍結機による鮮度保持システムを紹介する試食

付きセミナーを開催し、大きな反響を得ております（写真 5. ※全国漁業協同組合連合会提供）。



写真 5. シンガポールの JF KANDA WADATSUMI における試食会付きセミナーの様子

当日の試食メニューは、日本で握ってリキッドフリーザーで凍結した寿司を自然解凍したもので（写真 6. ※全国漁業協同組合連合会提供）、参加者からは「鮮度、色、味のどれも解凍した寿司とは信じ難い」との驚きの声が発せられ、総じて高い評価が得られたとの報告を受けていますので、今後、さらにレベルアップ化、多品目化すれば、多種多様な冷凍加工品に対する具体的商談への動きが加速するものと思われま



写真 6. 試食会で使用した寿司の解凍の様子（左：解凍開始時の様子 右：解凍がかなり進んだ段階の様子）

また、国内においても当該装置は既に離島や僻地における資源の付加価値化をもたらす産業活性化に貢献するとともに、東日本大震災による被災地水産加工業再生への貢献事例なども紹介されておりますので、今後大いに注視していただきたいと思

おわりに

さて、我々は日常生活において、普段あまり意識することなく冷凍食品に接し、食しておりますが、前述の如く進化した凍結技術について意識してみると、日頃、飲食店やパーティ会場等で当然の如く生鮮品として食していたものが、実は凍結解凍品であったというケースがかなりの頻度であるような気が致します。

とは言え、やはり旬のものを生でいただくのが食の王道と言えますので、新海苔の季節などは初摘みの新ものを無性に食し、香を味わいたくもなります。とりわけ生ノリ（原藻）は足が速いといわれますので、香と風味豊かな生ノリの澄まし汁などは産地でこそ味わえる稀少な食材と解しておりました。

ところが、近年における低温流通発展の恩恵なのか、先日鮮魚を売り物としている都内の和食店に入り、刺身の盛り合わせを注文したところ、刺身の大皿が生ノリの小皿付きで運ばれ、醤油の中にワサビならぬ生ノリを入れて刺身を食べるのだそうで、勧められるままに食したところ、予想外の美味さ、味わい深さに舌を巻いた次第なのです。

昨今、ノリ業界では低価格対策が大きな課題の一つとされており、最近目にした国の研究機関による「低価格な養殖ノリの利用拡大によるノリ養殖の競争強化」と題する研究テーマには背景・課題として「ノリ原藻は放置すると組織が軟弱化し、腐敗が速やかに進行するので、収穫後直ちに乾燥する必要がある、漁業者は自ら板ノリに加工する。ノリ加工において最大のコストは乾燥工程で、1枚当たり3円以上である。1枚当たりの売価がコストに合わない品質の場合は加工されない。このため、板ノリ以外の新たな用途の基礎となる安価な乾燥方法の開発が必要である。」と記され、「新たな中間素材（ノリミール）を生み出すなど、新たな需要の拡大を図る必要がある。」等の研究目標が掲げられております。

こうした取組も勿論重要とは思いますが、筆者と致しましては、先ずは進化した液体式急速凍結システムを活用した生ノリ（原藻）の凍結試験を行い、高品質（鮮度）な生ノリの長期保存を早急に確立させることこそノリ本来の付加価値を高め、低価格対策に資するものと考えており、今漁期での凍結試験実施を視野に尽力しているところです。

なお、当該エッセイの執筆に際し、冷凍食品の定義や液体式急速冷凍機等の専門分野に関する記述については筑波書房発刊「水産物の鮮度保持」（太田静行著）、㈱テクニカン発行【液体式急速冷凍機「凍眠」】より引用致しておりますことを申し添えます。

齋藤 壽典（さいとう・としのり）

一般財団法人海苔増殖振興会理事、一般財団法人農林水産奨励会理事、一般社団法人大日本水産会顧問、水産物・水産加工品輸出拡大協議会会長