

原料用果汁の適正な保管温度と省エネ

Study on proper storage temperature of fruits juice concentrates
and energy saving.

赤羽 博 岡本 鋼二 岩村 高廣

Hiroshi AKABANE Kouji OKAMOTO Takahiro IWAMURA

日本ジュース・ターミナル(株)

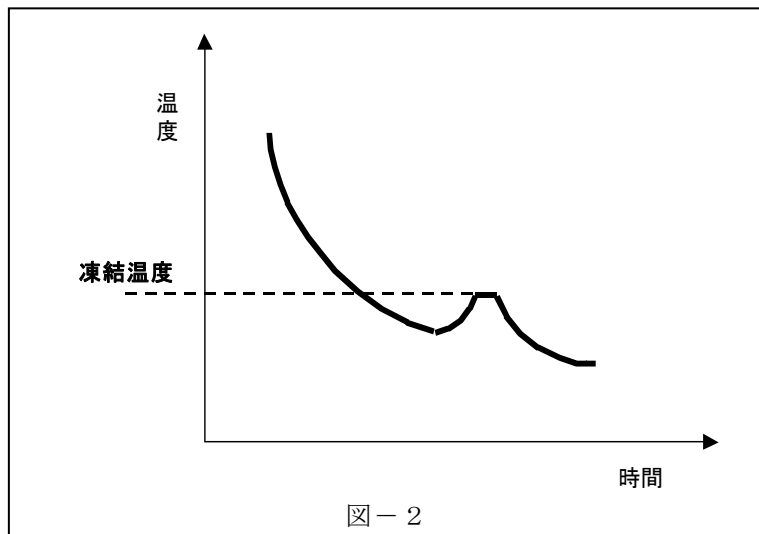
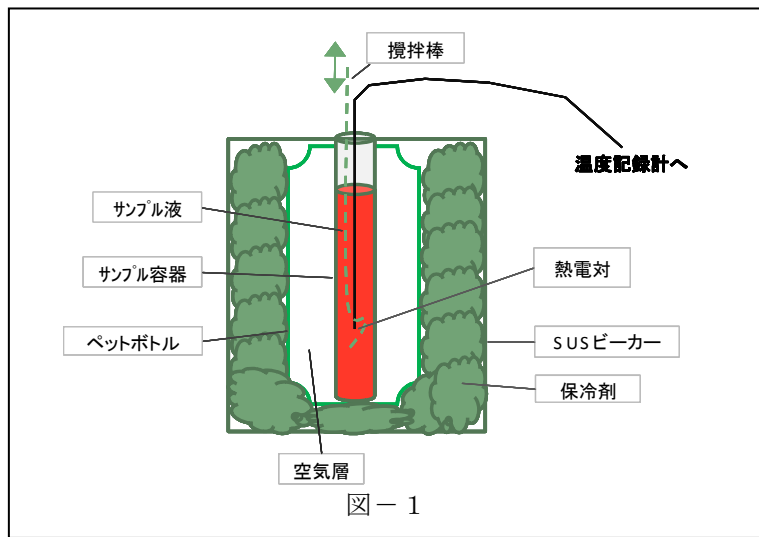
NIPPON JUICE TERMINAL K. K.

原料用果汁のうち濃縮果汁は流通及び保管コストが抑えられ、水分活性が低いため低温下での長期保存が可能であるなどメリットが多い。2010年の輸入濃縮果汁合計は約25万トン（財務省貿易統計より）であり、その内で濃縮りんご果汁と濃縮オレンジ果汁はそれぞれ約8万トンで合わせると総輸入量の64%を占めている。

弊社で取り扱っている濃縮オレンジ果汁は“FCOJ”と呼ばれることから“Frozen”＝冷凍されたものと解釈されることが多い。食品衛生法では冷凍果汁飲料及び冷凍した原料果汁の場合、 -15°C 以下での保存が規定されており、JAS規格の“調理冷凍食品”では -18°C 以下での保存とされている。また、総務省の日本標準食品分類の中の“冷凍食品”でも、 -18°C 以下での保存が規定されている。財務省貿易統計のオレンジ果汁の場合、関税率の区分が「冷凍したもの」「冷凍していないもの（ブリックス値が20以下のもの）」「その他のもの」があり、冷凍したものの定義は凍結点以下に冷却し、全体にわたって凍結させたものとなっている。これらのことから、 -15°C （もしくは -18°C ）において当該食品（濃縮果汁）が凍結しているか否かがポイントとなるのではないかと。そこでまず、濃縮オレンジ果汁と濃縮りんご果汁の凍結温度の測定を実施した。そして、保管する温度が低いほど良いとするばかりでなく、品質保持と保管するために投入するエネルギーのバランスを考慮した適正な保管温度を適用することで、省エネもはかられる事を濃縮オレンジ果汁の例で示した。

凍結温度の測定方法

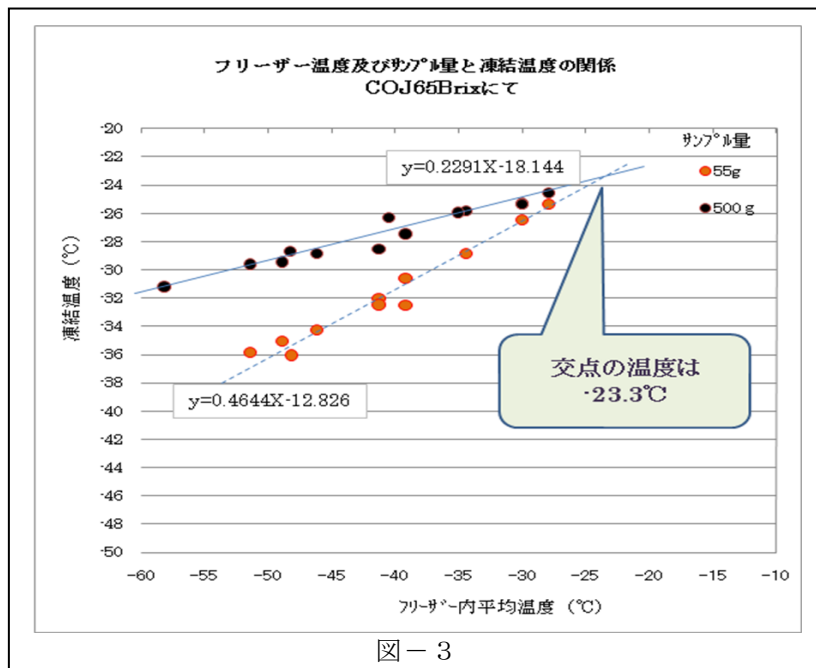
濃縮果汁の凍結温度に関する報文はいくつかあるが^{1)~4)}、サンプル量が少ない傾向がみられる。本報での凍結温度の測定は、JIS K0065「化学製品の凝固点測定方法」に準じて行った。測定装置の概略を図-1に示した。所定の温度に設定したフリーザ（三洋電機MDF-192）内にこの測定装置を入れ対象液内にセットした熱電対（銅-コンスタンタン 0.3ϕ ）で温度変化を5秒ごとに記録した。凍結温度はJISの記述に従って、図-2のフラット部温度とした。使用した熱電対は標準温度計を用いて校正を行った。さらに純水と -20°C に凍結点を持つように調整したブライン（ナイブラインZ1）を使用して、測定値の信頼性を確認した。



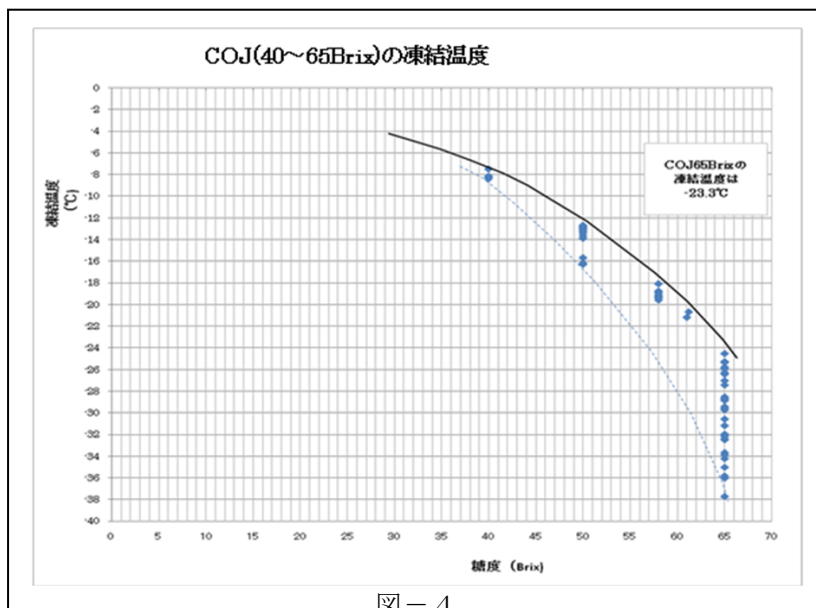
凍結温度の測定バラツキに与える因子については、予備測定によりサンプル量とフリーザ設定温度を主な因子として考えた。

測定結果

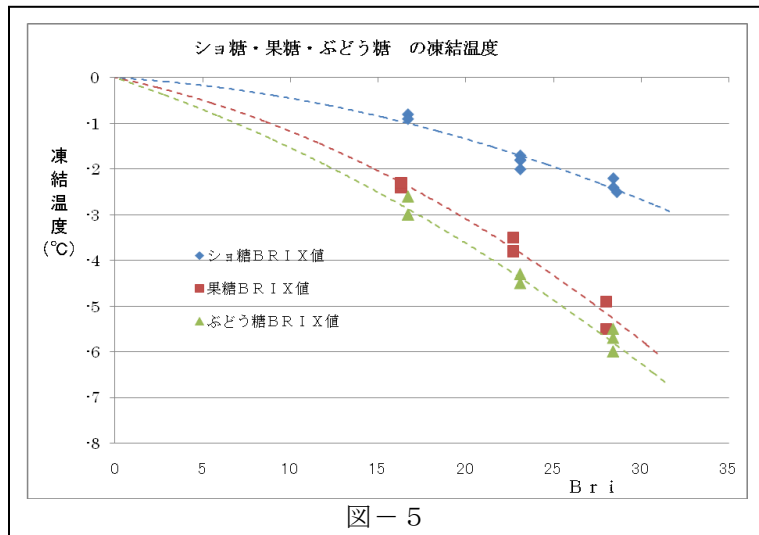
図-3は、濃縮オレンジ果汁（65Brix）のフリーザ温度（ -2.5°C ～ -5.8°C ）とサンプル量（55g、500g）での凍結温度の測定結果を示す。サンプル量が少ない場合、フリーザの設定温度（横軸）に対する測定される凍結温度の変化は大きかった。



2つのサンプル量の凍結温度のプロットの交点が濃縮オレンジ果汁（65Brix）の固有の凍結温度と考えられる。その温度は -23.3°C であった。濃縮オレンジ果汁の40Brixから65Brixの範囲での凍結温度をサンプル量やフリーザ設定温を変動させて測定した結果が図-4である。このようにそれぞれの糖度における“固有凍結温度”をつなげた曲線が得られる。なお、ここでは凍結・非凍結に関係なく、濃縮オレンジ果汁を“FCOJ”ではなく“COJ”と略称する。

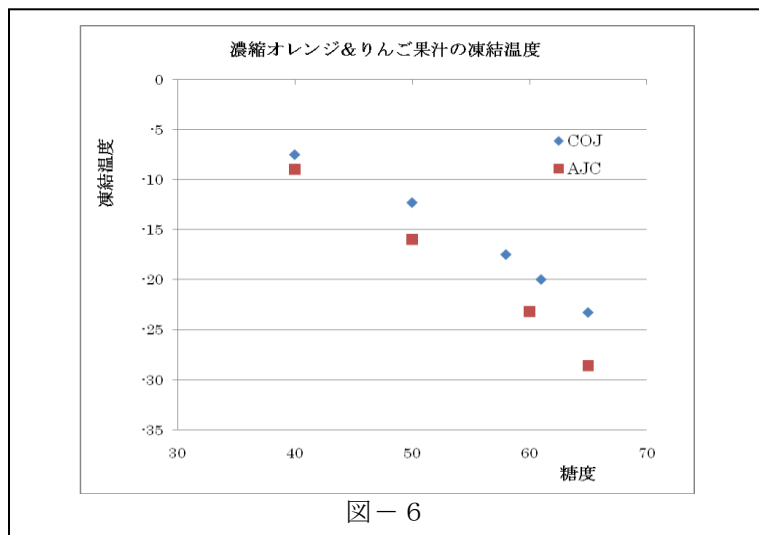


果汁の凍結温度は果汁に含まれる糖の種類と量（組成）に依存し（図－５）、果糖リッチ



図－５

である濃縮りんご果汁の凍結温度は糖度が同じ場合には濃縮オレンジ果汁より低いと予想される。40～65Brixにおける濃縮りんご果汁（AJC）の凍結温度を測定した結果が図－6である。濃縮オレンジ果汁より3～5℃低い凍結温度が示された。



図－6

濃縮オレンジ果汁（65Brix）や濃縮りんご果汁（65～70Brix）の凍結温度が－18℃以下であることが明らかとなり、“冷凍”状態にするためには－23℃以下まで冷却しなければならぬことが分かった。

保管温度と省エネの考察

果汁品質を考えた場合、より低い温度での保管が安全であるかも知れない*が、低温で保管するためのエネルギーコストや、流動状態に戻すためのエネルギー（解凍や流動性を利用したポンプ輸送にかかるエネルギー）のことも考慮すべきと考える。

*COJのドラム詰品の保管温度はF1級（ $-20 \sim -30^{\circ}\text{C}$ ）が多いようだ

濃縮オレンジ果汁（COJ）は 20°F （ -6.7°C ）でのバルク保管技術は確立しており、80年代から関連する種々の報告がなされている。^{5)~6)}

弊社でも -7°C で280日、 $+5^{\circ}\text{C}$ での1か月程度の保管では品質的に問題がないことを報告している。⁷⁾ これはpHが低く（ ≈ 3.7 ）、水分活性が0.83程度であることが寄与しているのだろう。

品質への影響を考える際、ドラム詰品が出荷され“ユーザー”に渡るまでの温度上昇を想定する必要もあり、夏場に外気に置かれた場合（直射日光は当てない）のドラム内品温の変化の一例を図-7に示した。

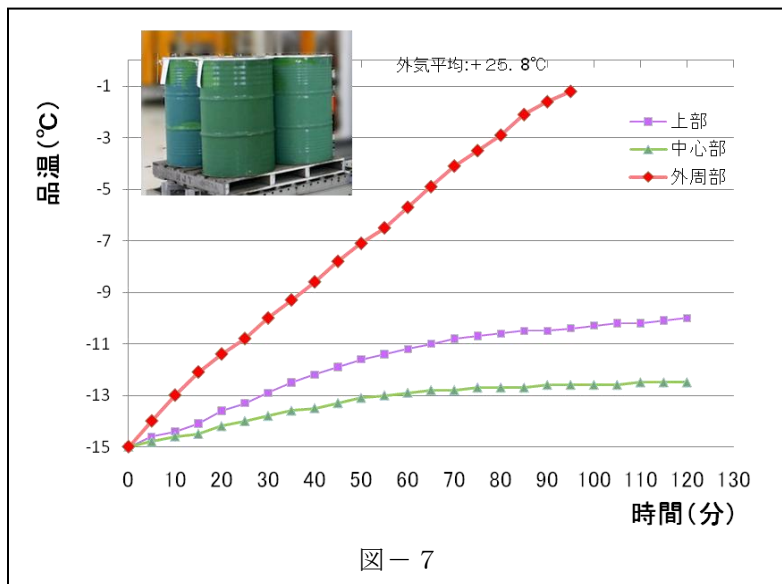
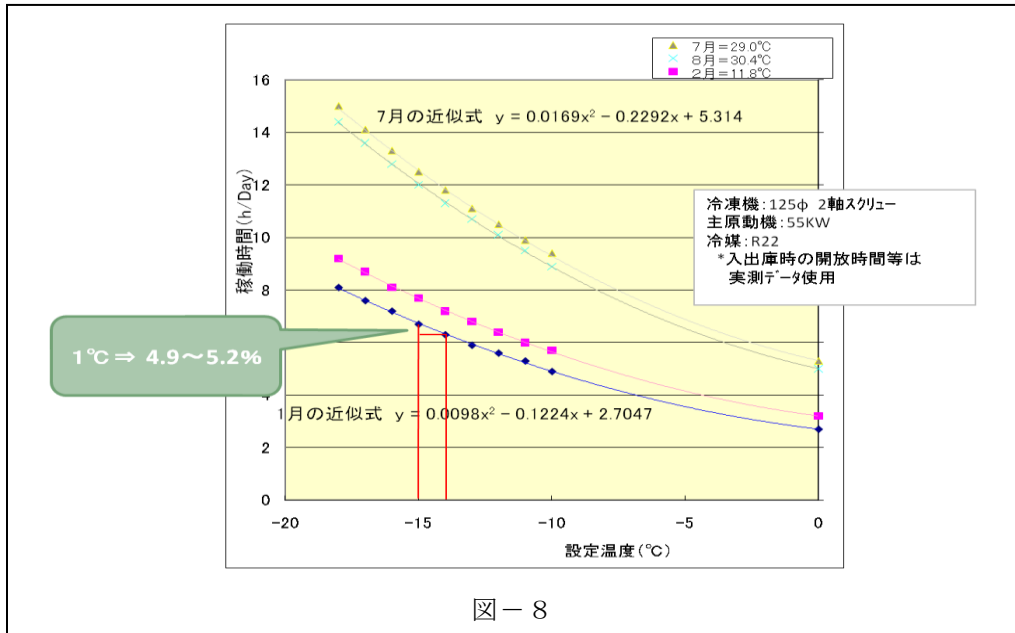


図-7

仮に -15°C に保冷されたドラム詰品が冷凍車で出荷されるケースを考えると、トラックへの積載作業は40~50分程度であり（その後冷凍器が稼働される）、ドラム周辺部で -7°C （中心部では -11°C ）までの昇温である。このように品質へのリスクはほとんどない。もし手間取って2時間程度かかったとしても、直射日光を当てない限りドラム周辺で 0°C 前後である為、品質問題には至らないだろう。

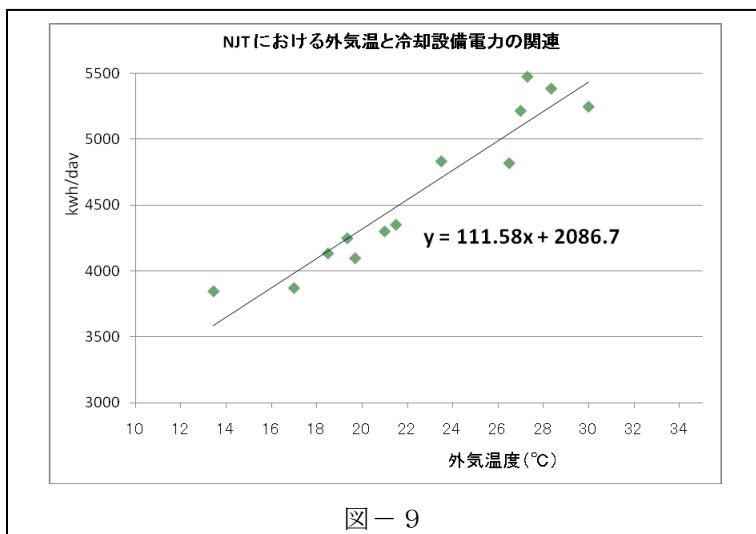
次にドラム詰品の保管庫温度を 1°C 変更した場合の省エネ効果を弊社の冷蔵庫で試算してみた。まず冷凍機メーカーに協力してもらい、濃縮オレンジ果汁のドラム保管庫（約 $12.4 \times 10^3 \text{m}^3$ ）の各設定温度での冷凍機の稼働時間を試算した結果が図-8である。

図中に示したように1℃の設定温度変化で冷凍機の稼働時間は4.9～5.2%変動することがわかった。
 *外気温や設定温度で異なる



図－8

さらに、このデータを実証する為に、実際の庫内設定温度を変更して冷凍機の稼働時間の変化を測定した。夏、秋、冬で行い、設定の変動幅は2℃とした。実地の場合、同一外気温での稼働比較は現実的に無理なので、同一設定温度で外気温が変動した場合の冷凍機の稼働データから“外気温補正データ”を作成した(図-9)。これにより、外気温1℃の変化で2.5%程度の冷凍設備の稼働率変動があることがわかった。(入、出庫作業もないとして)



図－9

夏場に-1.5℃から-1.3℃に設定温度を変えて稼働率を測定した例をみると、

	設定 1	設定 2	差		差
設定温度	-15℃	-13℃	2℃		2℃
平均外気温度	29.5℃	28.9℃	0.6℃	29.5℃	0
冷凍機稼働率	36.4%	23.4%	13%	24.9%	11.5%

外気補正
(+0.6℃⇒1.5%)

2℃の設定温度の差が稼働率では11.5%になり、1℃当り5.7%に相当する。このようにして、ドラム保管庫にて1℃設定変更した際の冷凍設備の稼働率変化は5.5～6.3%であると算出した。この数値はあくまでも弊社でのものであり、冷蔵庫の構造や入・出庫形態などで多少変わるだろう。一般の営業用冷蔵倉庫の場合、1℃で3%程度の省エネという計算例もある。冷蔵庫の設定温度については荷主と相談の上、本報で紹介した方法のよう製品の特性に合わせて、合理的に決めるべきであろう。

最後に、濃縮オレンジ果汁は他濃縮果汁に比し粘度が高めであり、かつ温度による粘度変化が大きいことが特徴である⁸⁾。このことは移送のために使用するポンプの容量(KW)や消費電力にも関係してくる。液温度はできる限りあげるほうが消費電力を抑えられる。

まとめ

- ・濃縮オレンジ果汁(65Brix)の凍結温度を実測し、-23℃であることを明らかにした。同じBrixの濃縮りんご果汁の凍結温度は更に低かった。
- ・食品衛生法などで規定する温度(-15℃～-18℃)では“凍結状態ではない”ので冷凍食品の規制はかからない。
- ・製品の品質確保を前提として、省エネを期待するには、濃縮オレンジ果汁(65Brix)の適正保管温度は、バルク保管で約-7℃、ドラム詰品で-10～-15℃と思われる。
- ・ドラム詰製品の保管温度を1℃上げると3～5%程度の省エネが可能である。

引用文献

- 1) T. Uraji, H. Kohno, H. Yoshimura, M. Shimoyamada, K. Watanabe, Food Sci. Technol. Int., 2(1), 38-42, 1996.
- 2) C. S. Chen, Journal of Food Science, Vol. 3, No. 3, 983-984, 1988.
- 3) X. D. Chen, P. Chen, Food Research International, Vol. 29, No. 8, 723-729, 1996.
- 4) A. L. Gabas, J. Telis-Romero, V. R. N. Teris, International Journal of Food Properties, Vol. 6, No. 3, 543-556, 2003.
- 5) J. E. Marcy, T. R. Graumilich, P. G. Crandall, M. R. Marshall, Journal of Food Science,

Vol. 49, 1628-1629, 1984.

- 6) P. G. Crandall, C. S. Chen, T. R. Graumlich, Proc. Int. Soc. Citriculture, Vol. 2, 855-858, 1981.
- 7) 岩村、大谷、中莖、果汁協会報、No. 583, 1-9, 2007.
- 8) 赤羽、果汁協会報、No. 571, 1-7, 2006.