

η max Project

イータマックス プロジェクト

自然界の事象を有効利用し、究極の高効率を実現する冷凍システム

Achieving
 η max = $\oint \Delta S_{min}$
in Refrigeration

η max Refrigeration System

精度へのこだわり。emRS の思想が新しい常識を創造する。

新しい冷凍システムに求められる4つの要素

- 1、高効率化による省エネルギー
- 2、ユニットクーラにおける着霜抑制
- 3、製品の凍結・保管時における品質保持
- 4、冷凍システム能力の数量化

イータマックス冷凍システム、4つの発明

- 1、凝縮圧力最適化技術による効果的省エネ運転
- 2、ユニットクーラにおける小さい温度差運転の実用化による驚異的な着霜抑制
- 3、ユニットクーラにおける小さい温度差運転による超低温化を実現
保管時においては昇華による冷凍焼けを防止し、高品位保管を実現
- 4、冷凍システムの実際の運転に即したシミュレーションソフトを開発
ランニングコスト・CO2 排出量の数量化を実現

η max Project とは

η (イータ) は量記号で効率を表します。 η max (イータマックス) とは最大効率という意味になります。

『 η max Project』は冷凍システムにおける蒸発器の冷媒と空気の温度差 (TD) を小さく運用することで冷凍機の吸入圧力を高く保ち、高効率運転をおこなうこと。同時に着霜を抑制し、製品品質を長期にわたり保持することを可能にすること。また、通年凝縮圧力を制限せず積極的に低く運用することでシステム効率を常に最大となるように制御しながら省エネルギー運転をおこなうこと。

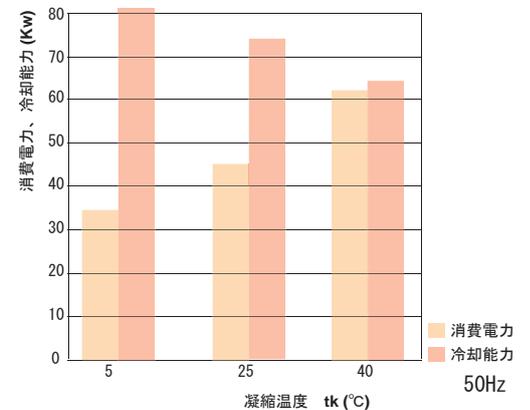
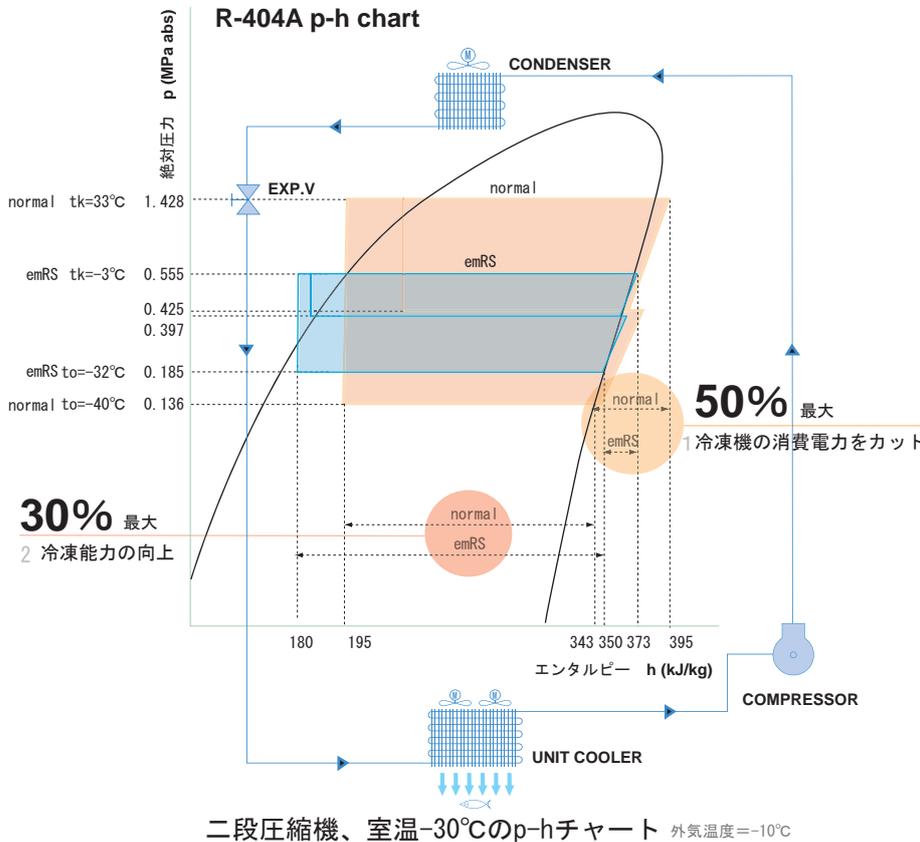
このような優れた効果を計画通り再現可能とするために構成機器それぞれの能力を数値化し、システムの平衡能力を明確化することで運用面における浪費を抑止することを目的とした高効率冷凍システムの普及を目指しています。

また、研究機関や政府と連携しこの「 η max Refrigeration System」を使用した製品高品位凍結高度流通システムの構築を手がけています。

「地球環境、資源保護に貢献し、全く新しい冷凍システムを世界中に広めたい。」これがイータマックス チームの願いです。

省エネルギー化（CO2 削減）

卓越したエネルギー変換効率が環境負荷をセーブ。



凝縮温度別消費電力・冷却能力推移グラフ
 ※三菱電機製スクリー二重圧縮式冷凍機MSW-SP650A-tk（定格65 kW）
 蒸発温度to=-45°Cのηmax システム専用能力表より

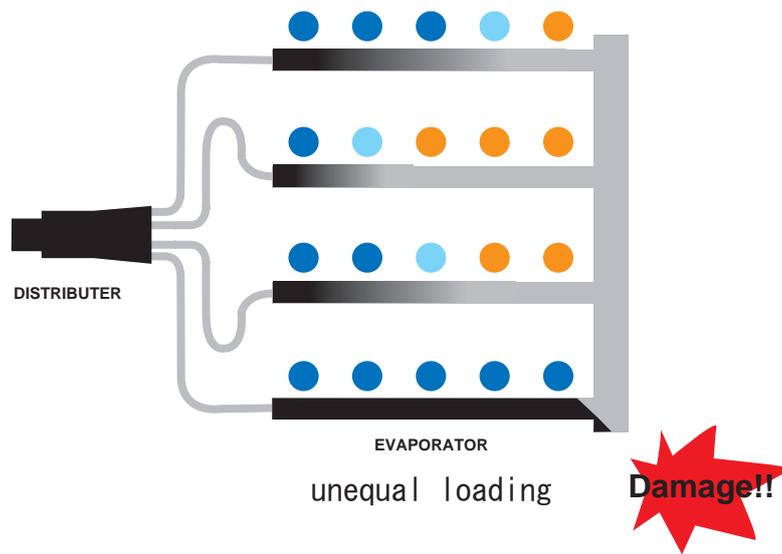
低凝縮圧力運転がかつてない省エネルギー効果を生み出す。

凝縮圧力を下げて運転できれば、省エネにつながることは世界的にも一般的に知られていることです。emRS の設計法は、高度な数理計画法を用いたダイナミックプログラミングを利用して運用現場の気候をもとに、冬季の外気温から、凝縮温度の使用可能な最低値を基準として積極的に極限まで凝縮圧力を下げた運転ができるよう設計しています。このことにより、以下のような効果が得られます。

- 消費電力の削減：冷凍機の圧縮比が小さくなり軸動力が小さくなります。
- 冷凍能力の向上：冷媒液温度が下がり比エンタルピー差の増加により冷凍能力が大きくなります。
- 期間 COP の向上：室温 -30°Cで期間 COP=2 を達成。
- 冷凍機の長寿命化：機械的負荷が低減しオーバーホールサイクルが延長され機械寿命が伸びます。
- 凝縮機タイプ：空冷の場合 FAN コントロール、水冷の場合水量コントロール、あらゆるタイプの凝縮方法に対応可能。
- 温室効果ガス排出抑制：北海道釧路地区で年間 45%削減、千葉県で 32%削減、沖縄県で 21%削減。

（室温 -30°C、凝縮圧力制限をした場合の当社冷凍システムとの比較で、圧力損失、温度損失ともに当社基準値での比較。一般冷凍設備と比較した場合、さらに大きな節電、および温室効果ガス排出削減効果が得られます。）

テクノロジーの限界。 いままでの冷凍システム・・・。



従来の冷凍システムでは、低凝縮温度、小さい温度差での運転ができません。

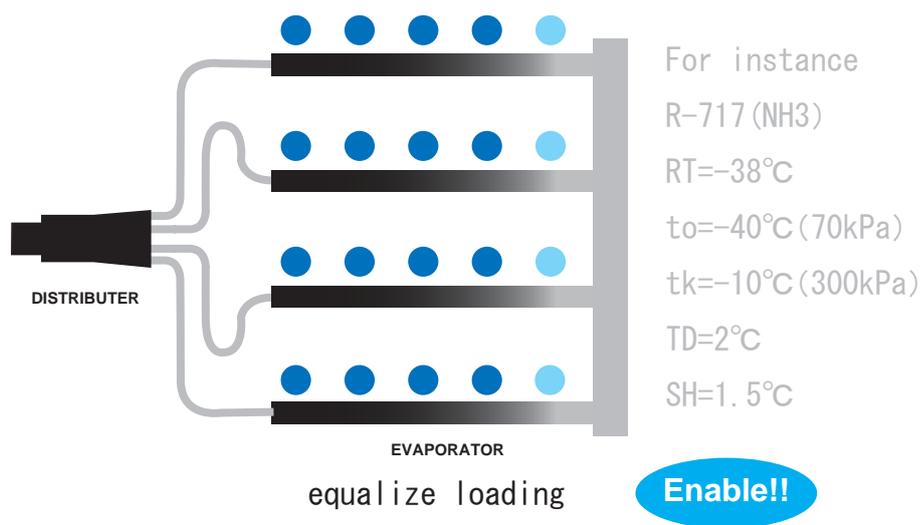
従来の冷凍システムで、凝縮圧力を 1MPa ~ 1.4MPa 以下で運転すると様々な弊害が生じ冷却不良となります。その理由は、設計基準となる構成機器の能力数値を正しく捉えることができないためです。とくに蒸発器の各回路への分流がさらに悪くなり、冷凍機に冷媒液が戻る液バックで冷凍能力が極端に低下し、冷却不良や最悪の場合冷凍機を破損させてしまいます。また、冷媒温度と空気の温度差 (TD) が 10°C以下での運転もユニットクーラの構造に絡む冷媒制御が困難で、ユニットクーラの効率が悪くなり同様に正常な運転ができません。

- 凝縮圧力制限。外気温度が下がっても自然の恩恵を受けられず省エネ効果なし。
- 凝縮温度が下がると蒸発器内の分流がさらに悪化してしまうので運転不可能。
- 蒸発器への着霜による能力低下と、頻繁なデフロストによるエネルギーロス。
- 高温度差に晒され製品の昇華現象を増長、乾燥による品質劣化。

$tk \geq 1.1 \text{MPa}$ $TD \geq 10^\circ\text{C}$

精度へのこだわり。

emRS の設計思想が、これからの常識を創造する。



η max Refrigeration System は違います。低凝縮温度 (tk)、小さい温度差 (TD) でも運転できます。

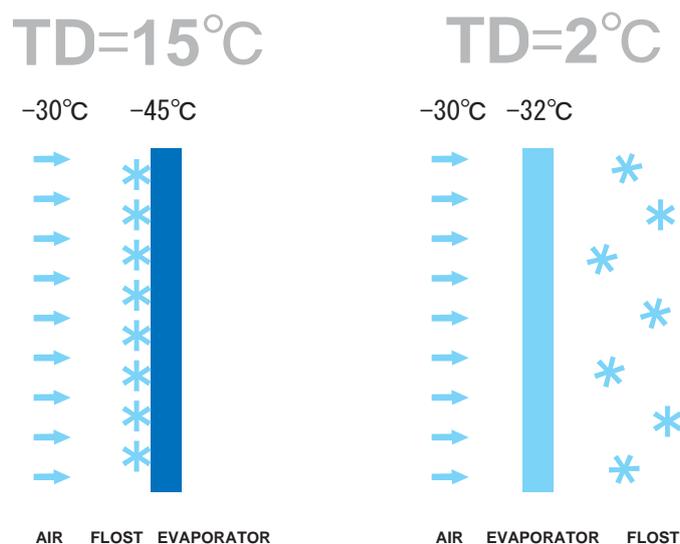
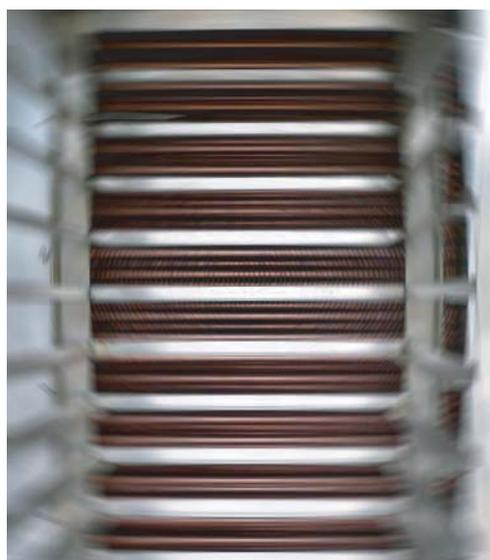
emRS の冷凍システムでは、冬季外気温が低くなった場合の最低凝縮圧力が蒸発温度 (to) 相当圧力 +0.3MPa でも安定した高効率運転が可能です。また、冷媒温度と空気の温度差 (TD) が 2°C でも同様に、負荷変動に追従した理想的な運転が可能です。その結果、以下の効果が得られます。

三つの効果が生み出すシナジーメリット

- 省エネルギー化 (CO₂ 削減) 消費電力 ^{最大}50%カット、冷凍能力 ^{最大}30%アップ
- 熱交換器の着霜抑制 庫内温度の安定、冷凍焼け防止
- 超々低温 (-70°C) による食品の高品質化 細胞内凍結、生に近い食感

$$tk \geq to + 0.3\text{MPa} \quad TD \geq 2^\circ\text{C}$$

物理的事象を物理的手法で解決する。 着霜抑制テクノロジー。



冷凍システム最大の敵。蒸発器への着霜を抑制します。

冷凍システムにおける物理的問題点として蒸発器への着霜があります。一般的にはこの問題は避けられない事として短いサイクルでのデフロスト（ヒーター、ホットガス等による霜取り）工程を必然的に行っていました。庫内の湿度をもった空気は蒸発器の表面に衝突して冷却されます。この時、蒸発器の表面温度と空気の温度差 TD が大きければ大きいほど蒸発器表面への着霜が誘発され、さらに TD は大きくなります。

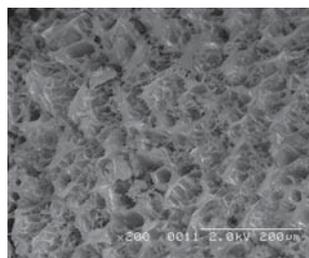
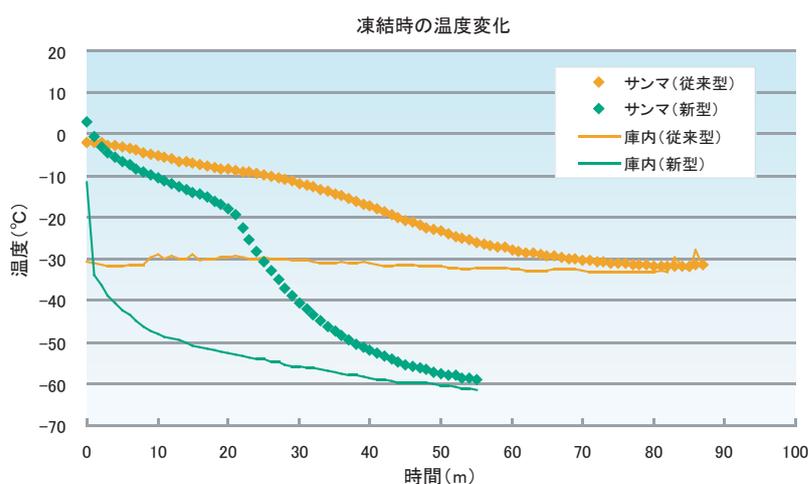
従来の設計法では、運転状態で TD 値が 10°C～15°C 以上の運転が一般的で頻りにデフロスト運転を行っているのが現状です。 η_{max} の設計法では、非常に低い圧力差で分流精度を高める技術を応用することで、設計時のユニットクーラ TD 値を 2°C～6°C 以内に常に維持することが可能であり、このことにより蒸発器への着霜を驚異的に抑制します。

- 低温度差 TD 値 2°C～6°C 以内による着霜抑制
- 蒸発温度と製品の温度差が小さく、昇華（冷凍焼け）の抑制
- デフロスト回数削減による省エネルギー効果
- デフロスト回数削減による庫内温度の安定化

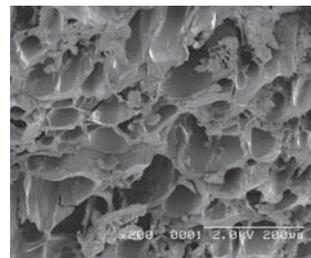
TD=2°C の運用を可能にした η_{max} は類のない高い技術の証明です。実際には TD=5～6°C の運用が品質管理・設備・運用コストともにもっともバランスのよい温度差といえます。もちろん、この温度差で安定運用できるのもイータマックス冷凍システムだけです。

超々低温による食品の高品質化。 細胞を壊さない理由がここにあります。

■ サンマによる、凍結および保管(4ヶ月)試験



電子顕微鏡画像



電子顕微鏡画像



解凍後の様子
ηmax Freezer (-60°C)



解凍後の様子
従来型フリーザー (-30°C)

出典: 国土交通省北海道開発局 北海道農水産品高度生産流通システム検討調査報告書より

Cryogenic Freezing の世界。R22、R404a で超々低温 -70°C を実用化。

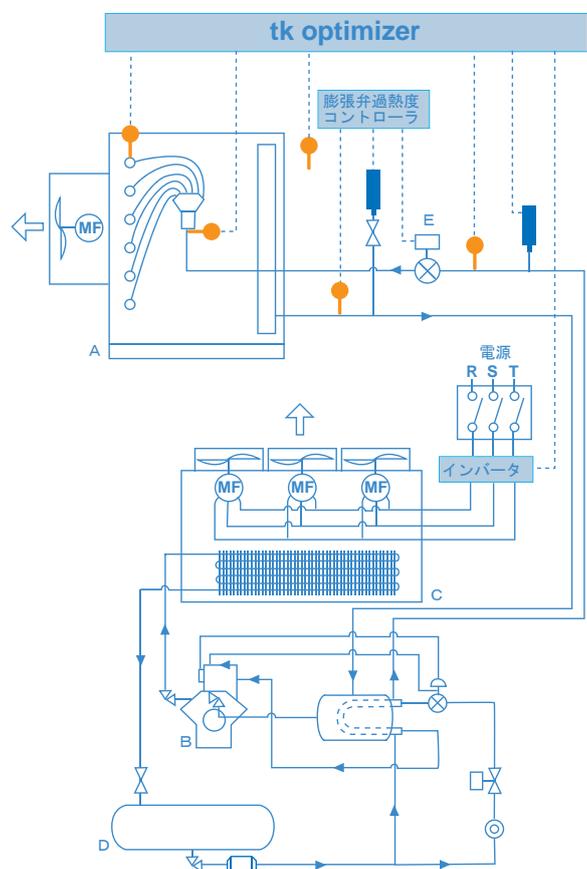
凍結品の品質は、細胞内の水分が氷結する温度帯（最大氷結晶生成温度帯 $-1^{\circ}\text{C} \sim -5^{\circ}\text{C}$ ）の通過速度によって左右されることは今や常識とされています。適正な風速と庫内温度が低ければ低いほど（大きな温度勾配）この通過時間が早く、氷結晶が細胞内で細かく氷結するため細胞を壊すことなく凍結できます。しかしこれまでは、超々低温 (-60°C 以下) の庫内温度を安定的に保つには、窒素凍結や二元冷凍方式など特殊な冷凍システムを使用しなければなりません。イータマックス冷凍システムでは、小さい温度差運転を実現したことで、この温度帯を一般的な二段圧縮式冷凍機で稼働することを可能にしました。

- 細胞内凍結で冷凍食材の品質を向上する
- 一般冷凍システムで超々低温 (-70°C) を実現
- 室温 -60°C で期間 COP=1 を達成
- 従来の冷凍システムより 1 ~ 2 ランク小型冷凍機で同等以上の冷凍能力で運用できます。



知性を持った冷凍システム emRS

先進の制御システムとの融合。



- A: ユニットクーラ
 - B: 冷凍機
 - C: 空冷式凝縮器
 - D: 受液器
 - E: 膨張弁
- 温度センサー
■ 圧力センサー

tk optimizer[®]によるフィードバック制御。急激な負荷変動にも追従します。

ただ単に、凝縮圧力を外気にまかせて低下させると、製品負荷の増加やデフロスト終了時の庫内温度上昇に連動して蒸発温度も高くなります。これにより冷凍能力も大きくなることから弁・膨張弁・分流器それぞれ圧力降下量も大きくなります。このときに必要となる圧力降下量を上回る圧力値がないと蒸発温度が下がり運転不良を生じてしまいます。

tk optimizer はシステムの運転状態を監視しながら、フィードバック制御をおこない、冷媒が適正な蒸発温度に至るために必要な圧力降下量を演算し、その指令値まで積極的に凝縮圧力を低下させ、最適な運転状態を保ちながら、高効率運転を安定しておこないます。

- 常に蒸発器の状態を監視
- 凝縮圧力を低圧力で最適化制御
- 急激な負荷変動に追従
- 冷凍機容量制御に対応
- 主要冷凍機メーカーのイータマックスシステム専用能力表による、高精度な運転シミュレーションが可能

新しい思想が織りなす先進のアルゴリズム

現在まで emRS で イータマックスシステムに対応可能な機種

■ 冷凍機

三菱電機(株) SF/SL・MS シリーズ R404A/ERA・ERAV・ECAV・ECOV

日立ジョンソンコントロール空調(株) RSU シリーズ R404A/RS・KXシリーズ

コベルコ・コンプレッサ(株) izα・SHαシリーズ R-404

■ ユニットクーラ

emRS ユニットクーラと組合せ

R-404A、R-410A R-448A R-744 (CO₂)

各冷媒に対応する120機種をラインアップ

R-717(NH₃) 用 アルミチューブ・アルミフィン 61機種をラインアップ



世界初 冷蔵庫運転シミュレーション

η max Refrigeration System SELECTION AND ANALYSIS SOFTWARE

冷蔵設備の設計支援と年間シミュレーションをおこなう総合的なソフトウェアです。

■ 特徴

使用温度 (5°C~-65°C)、入庫品温度などを入力後、熱負荷計算をおこないます。

この結果に基づいて冷凍機運転時間を決定し、機器選定・配管選定をおこなうことで建設場所の気候を基に年間運転時間やデフロストによる電力費用、二酸化炭素排出量を的確に算出します。

このシミュレーションソフトの優れているところはユニットクーラ・冷凍機・配管それぞれの組み合わせ能力、つまり平衡能力を計算していることです。

これを説明すると、例えば凝縮温度が変化すると冷凍機の冷凍能力が変わります、冷凍能力の変化はユニットクーラ・吸入配管の能力に影響をあたえます。この影響から生じる圧力損失と、さらにはバルブ一つの圧力損失をも含めた冷凍システムの有効能力（実際の能力）を運用地の環境から熱負荷と冷凍能力を時系列に算出しているという点です。

この emRS セレクションソフトウェアは、これまでの検証からシミュレーション結果の5%以内の誤差と高い精度を得ています。この選定結果から、分流器選定と tk optimizer の最適凝縮圧カプログラムをソフトウェアが自動生成し円滑な受発注が可能となります。

また、年間の使用電力・電力料金・CO₂ 排出量を同時に出力します。さらに、TD \leq 12°Cで凝縮圧力制限をしている一般的な設備との比較も出来るので CO₂ の排出削減効果を数値として確認することが可能です。



η max Batch Freezer

■バッチ式フリーザー

50kg/h 小型タイプから、40ト/Day 大型タイプまで用途に応じた設計が可能です。着霜抑制技術の確立で安定運用が可能となり、温度管理も容易なことから、凍結速度の高速化が図られ、製品凍結ローテーションの効率化、ひいては省スペース化までも可能にします。

※実用温度範囲：-30℃～-60℃

庫内温度：最低 -70℃(無負荷)

New



η max Rack Freezer

■ラック式フリーザー CE マーキング対応

超低温バッチ式フリーザーが CE マーキング取得。欧州規格に完全対応。EU 圏に輸出可能です。シンプルなシステムで信頼性を追求したことで、故障リスクを大幅に低減しました。

※実用温度範囲：-30℃～-60℃

庫内温度：最低 -70℃(無負荷)

New



η max CO2 CASCADE SYSTEM

■自然冷媒を使用した新しい η max 冷凍システム

CO2 直接膨張式による冷凍システムの実用化に成功。CO2 冷媒の優れた特性を最大限に利用可能です。信頼性の高い冷凍機を採用し、小型化を実現。

今までは適用外とされてきた小規模の冷凍倉庫へも導入可能となりました。



η max Reefer Container

■輸送用冷凍コンテナ

一般的なリーファーコンテナを η max 技術により冷蔵温度帯 5℃から -60℃の超低温を実現し、さらに高効率運転をおこないます。

まずは、お気軽にご相談を・・・



η max Cold storage warehouse

■冷凍・冷蔵保管庫

チルドから超低温まであらゆる温度帯で TD の低温差運転を可能にした結果、着霜抑制効果によりデフロストを最大 1/10 に削減。製品品質の長期間保持、運用コストの削減を実現します。

※対応温度帯：5℃～-70℃

New



η max Continuous rapid freezer

■スパイラル/トンネル式フリーザー

大量生産向けスチールベルト、ネットフリーザー。連続式の弱点である着霜による運転中の温度上昇を着霜抑制技術と外気浸入抑制技術の相乗効果で、温度上昇を防ぎ、設定温度を長時間維持することに成功。生産性、品質保持、省スペースに貢献します。

※対応温度帯：5℃～-60℃



η max Unit Cooler

※ユニットクーラー

冷凍設備において最も重要な構成機器であるユニットクーラー、多回路に低流量の冷媒を均等に供給する先進の冷媒分流技術をはじめ、最適回路長による圧力損失低減など、独自に設けた厳密な設計基準に準じて製作される高性能ユニットクーラーです。

※冷蔵用から超低温凍結装置用まで用途にあわせた設計

Other Products

η max Ice Cream Freezer

■アイスクリームフリーザー

η max Refrigerated Ship

■船上冷凍装置

η max Testing Device

■環境試験装置

η max Condensing Unit

■コンデンシングユニット

Consulting・R&D

Technology consulting

■調査・改善提案

Cold Chain

■低温流通システム

Retrofit

改修・改造

Frozen Foods Development

■高品質冷凍食品の開発

η max Refrigeration System[®]

Multidiscipline engineering System Development :

中山エンジニアリング株式会社

本社 / 埼玉県川口市戸塚 1 丁目 7 番 5 号

TEL:048-295-2010

www.refrigeration.jp

info@refrigeration.jp

Subsidiary:

TdS Refrigeration Systems GmbH

Landsberger Str.302 80687, München

AG München, HRB 236304 GERMANY

Telephone:+49-159-01210025

info@tdsrefrigeration.de

お問い合わせは、下記イータマックスチームまでお願いいたします。

