

保冷コンテナ「チルドタイプ D-BOX」

Cold Storage Container “Chilled Type D-BOX”

隠塚 将二郎 ONZUKA, Shojiro

石野 裕二 ISHINO, Yuji

富樫 大 TOGASHI, Hajime

近年、食に対する安全・安心の意識が高まり、食品流通業界ではサプライチェーン全体を通じた商品の温度管理に対する要求が厳しくなっている。富士電機は、物流工程においてコストの低減を図りながら商品の温度管理を徹底したいというニーズに応えるため、保冷コンテナ「チルドタイプ D-BOX」を開発した。チルドタイプ D-BOX は、周囲温度 32℃ の環境においても電源なしでチルド温度帯の商品を 5 時間保冷することが可能であり、また、蓄冷材を 3 時間で同時に 4 台凍結することが可能である。

In recent years, there has been increasing awareness concerning the need for food safety and security, and as a result, the food distribution industry has become more strictly required to manage the temperature of food products throughout all of the stages of the supply chain. Fuji Electric has developed the cold storage container “Chilled type D-BOX” in its efforts to reduce the cost of distribution processes and completely meet the needs of managing the temperature of food products. The Chilled type D-BOX is capable of keeping food products in the chilling temperature range for 5 hours without a power supply, even in environments with an ambient temperature of 32℃. Furthermore, it can freeze 4 refrigerants simultaneously in 3 hours.

① まえがき

近年、食に対する安全・安心の意識が高まり、食品流通業界におけるサプライチェーン全体を通じた商品の温度管理に対する要求は厳しくなっている。

富士電機は、初期費用および運用費用を抑えながら温度管理を徹底する一気通貫型物流によって食の安全・安心を確保したいというニーズに応えるため、分離型急速冷却ユニットと保冷コンテナ「D-BOX」から成る「チルドタイプ D-BOX」を開発した（図1）。

② 開発の背景

食品流通における物流工程では、食の安全確保だけでなく品質を保持するため、各商品の温度に最適なチルド車や冷凍車といった複数の車種を確保して商品を輸送している。



図1 「チルドタイプ D-BOX」

しかし、慢性的なドライバー不足や車両の確保が困難な状況にあり、さらに円安による燃料の高騰によるコストアップといった問題を抱え、早急な対策が望まれている。

富士電機は、これに応じて3温度帯（フロースト：-20℃以下、チルド：-5～+5℃、常温：10～20℃）による「D-BOX シリーズ」の開発を進めている。シームレスな定温・低温管理による鮮度維持を行い、さらに常温車による配送が可能になるので物流のイニシャルコストを低減でき、顧客に対して物流改革を提案する機材である。この中でチルドタイプ D-BOX は、生鮮食品などの保冷・鮮度維持を可能とするものである。

③ 開発の狙いと課題

3.1 「チルドタイプ D-BOX」の概要

チルドタイプ D-BOX は、冷凍機を 2 台搭載した分離型急速冷却ユニットと、電源なしでの長時間保冷を特徴とした保冷コンテナの D-BOX とで構成される。図2 に導入事例を示す。

チルドタイプ D-BOX を導入する前は、チルド温度帯で商品を輸送する際、次の工程ごとに商品の温度管理を行っていた。

- (a) 輸送時は冷蔵トラックによる荷台の冷却
- (b) 検品、仕分け作業を行う物流センター全体の空間冷却
- (c) 店舗での荷降ろしから陳列までの冷蔵倉庫での冷却

しかしこの場合、物流センターの入出荷バースや店舗バックヤードにおいて、かご車などに載せて商品を出し入れするため、常温にさらされる時間が生じる。さらに、配送車両の到着の遅れや作業者のミスなどにより、常温にさらされる時間が長くなり、商品の品質が低下するリスクが

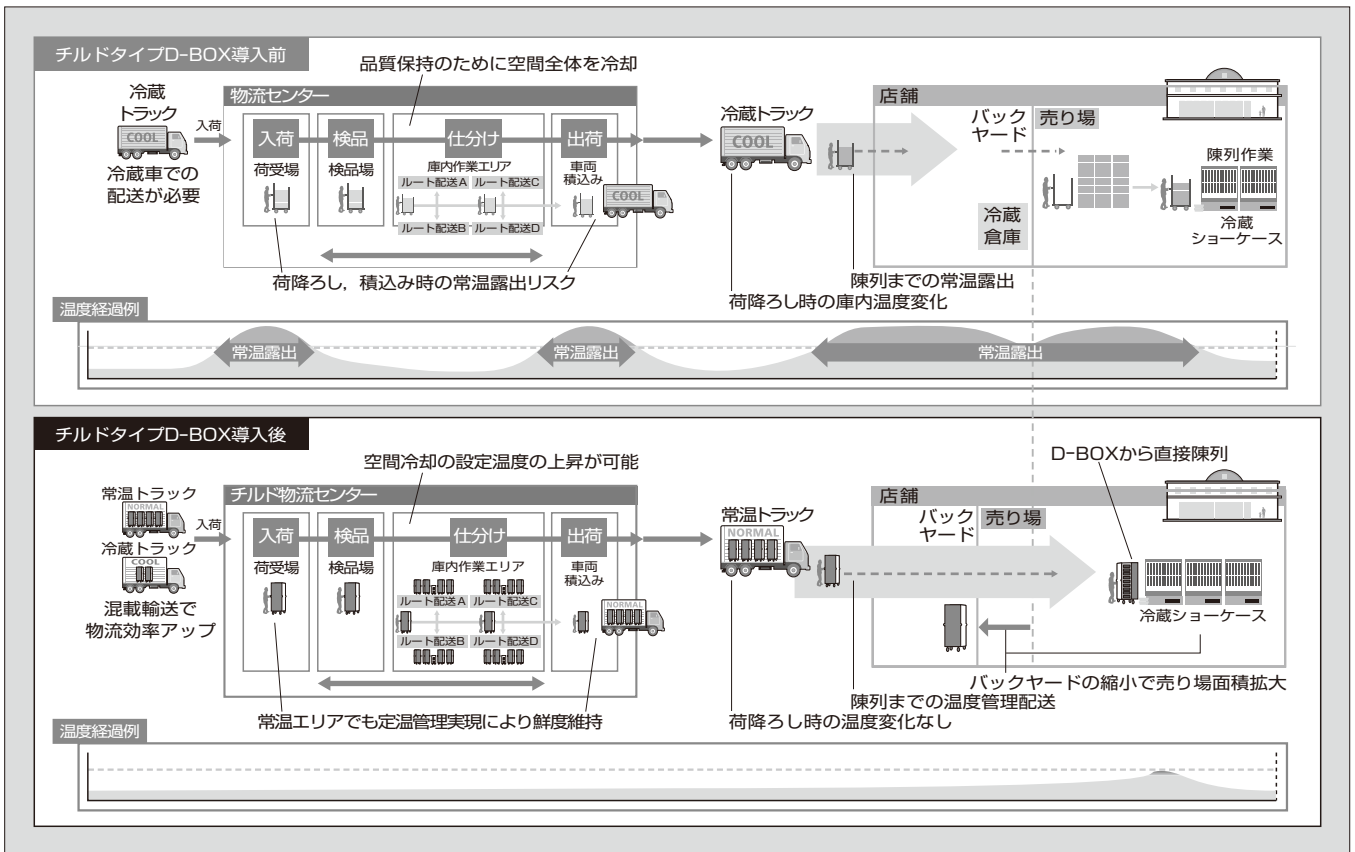


図2 「チルドタイプ D-BOX」導入事例

増す。

チルドタイプ D-BOX を導入すると、常に商品がコンテナ内の蓄冷材にて保冷されているため、全ての工程で商品が常温にさらされるリスクを排除できる。さらに、常温車で常温管理の加工食品との混載ができるので、物流センターは仕分けを行う特定空間のみの冷却でよい。また、店舗のバックヤードでは冷蔵倉庫を設置する必要がなく、空いたスペースを売り場の拡大に利用できるなど、全体のコストの低減に大きく寄与する。

図3 に内部構造を、図4 に取扱いの流れを示す。また、表1 に仕様を示す。

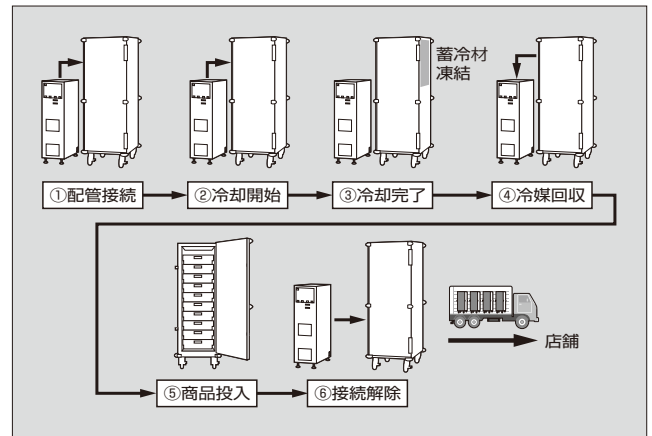


図4 取扱いの流れ

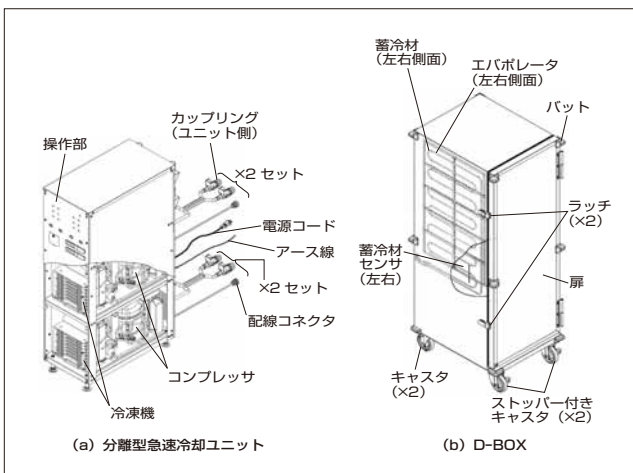


図3 内部構造

3.2 長時間保冷性能

市場調査の結果、チルド帯 (-5~+5℃) での物流量が最も多いことが分かった。このことから、夏季において商品積載からトラック輸送、店舗バックヤード保管、商品陳列までの物流をチルド温度帯にて一貫して行うには、周囲温度 32℃において5時間保冷できる性能が必要であることが分かった。

3.3 蓄冷材の急速冷却システム

チルド物流センターでは、繁忙期には一日当たり最大4回の配送を行う。その1サイクル当たりの配送は3~4時間であった。したがって、繰り返し配送を想定すると、セン

表1 「チルドタイプ D-BOX」の仕様

項目	仕様	
分離型急速冷却ユニット	型式	DUNITAA1-15J
	外形寸法	W340×D678×H1,184 (mm)
	質量	82kg
	電源	単相100V 15A
	冷媒	R134a
	冷凍機搭載台数	2台
	D-BOX同時冷却台数	4台
D-BOX運用可能台数	16台	
D-BOX	型式	DBOX1A11FC-111J
	外形寸法	W664×D793×H1,804 (mm)
	有効内寸法	W469×D594×H1,488 (mm)
	有効内容積	415L
	保冷温度	-5~+5℃
	保冷時間	5時間
	冷却時間	3時間
	質量	105kg
	最大積載荷重	250kg
	扉	1枚扉 (扉開角度270度)
キャスト	4輪自在 (2輪ストップ付き)	

ターの配送計画に支障を与えないようにするため、3時間で蓄冷材を凍結させる急速冷却性能を持ち、分離型急速冷却ユニット1台でD-BOX4台を同時に冷却完了とすることが可能なシステムとした。これにより、1台の分離型急速冷却ユニットで、4台ずつ4回繰り返して最大16台のD-BOXを運用することが可能である。顧客は繁忙期の対応に向けコンテナを増設する際、運用可能台数に余裕があれば、配送に不足するD-BOXのみを増設すればよく、設備導入コストを抑えることができる。

3.4 商品の輸送効率向上に向けたポイント

トラック輸送において、コンテナの外形寸法とその質量は非常に重要な要素である。D-BOXの外形寸法とその質量は、積載効率を考慮し、表1の仕様とした。また、分離型急速冷却ユニットは、D-BOX単体での軽量化を狙ったものである。D-BOXは極力凹凸のない外装にし、庫内側は商品を搭載した食品クレート（プラスチック製通い箱）を隙間なく効率的に積載できる寸法となるように高断熱軽量外箱構造を開発した。これにより、積載効率と操作性の向上を両立させた。

4 保冷性能と急速冷却・断熱技術

4.1 保冷性能

長時間の保冷が可能な高断熱軽量外箱構造とするために、自動販売機で培った断熱技術を利用するとともに、蓄冷材表面から効率的に吸熱して庫内を保冷する技術を新たに確立した。特に、チルド配送センターから店舗まで生鮮食品

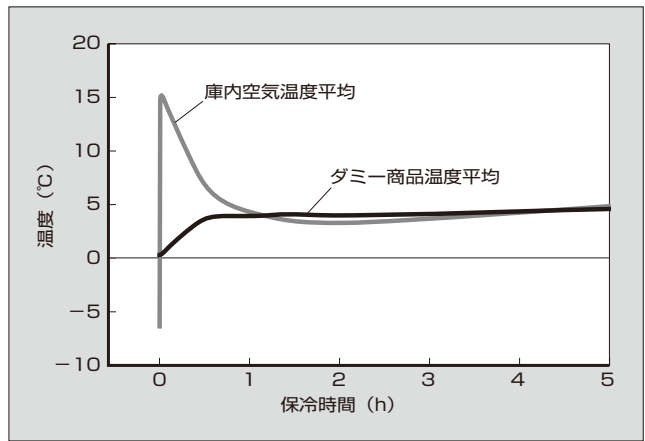


図5 庫内とダミー商品の温度の変化 (周囲温度 32℃)

の鮮度を保ったまま安全に輸送することが重要であり、これを確認するために庫内空気温度とダミー商品温度の変化を測定した(図5)。図5において、0hはダミー商品を入れるために扉を開けた時点である。扉を開けてから閉めるまでの間に庫内空気温度平均は上昇している。

測定の条件として、チルド物流センターにおける積載作業から常温トラック輸送、店舗バックヤード保管までを想定している。チルド物流センターにおける積載作業では、周囲温度15℃において0℃の商品を2分で積載し扉を閉める。また、店舗バックヤード保管では、周囲温度32℃で5時間保冷する。

D-BOXでは、商品温度を5℃以下に維持しつつ、扉を開けて15℃まで上昇した庫内空気温度を5℃以下に再冷却する。顧客のチルド物流センターにおいて行ったフィールドテストでは、庫内の冷却用ファンが不要な保冷方式なので、刺身などの水分の多い商品において乾燥による表面の傷みが激減し、保冷性能と併せて長時間の鮮度維持に有効であることを実証した。

4.2 蓄冷材の急速冷却・断熱技術

チルドタイプD-BOXでは、チルド物流センターにおける管理温度のばらつきを考慮して、周囲温度の上限が15℃において3時間で蓄冷材を凍結できるようにした。このためには効率的な冷却が必要であり、図6および図7に示すように、熱交換器と蓄冷材を直接接触させる直冷方式とし、真空断熱材を採用するとともにウレタンによる蓄冷材と熱交換器の一体発泡成形を行っている。これにより、蓄冷材と熱交換器の接触を広い面積で安定して確保でき、均一な冷却を実現した。併せて、周囲温度との温度差が大きい熱交換器や蓄冷材に結露による腐食や保冷性能の低下を引き起こさないように、発泡ウレタンと各部材の密着性を向上させる最適発泡条件を設定した。

保冷の要となる蓄冷材においては、融点と凝固点との差が非常に小さいゲル状の材料とし、万一破裂しても扱いやすいものとした。融点と凝固点の差が小さければ生鮮食品が凍結するような低い温度まで蓄冷材を冷却する必要がない。また、顕熱によって蓄冷材が凍結した直後の庫内温度

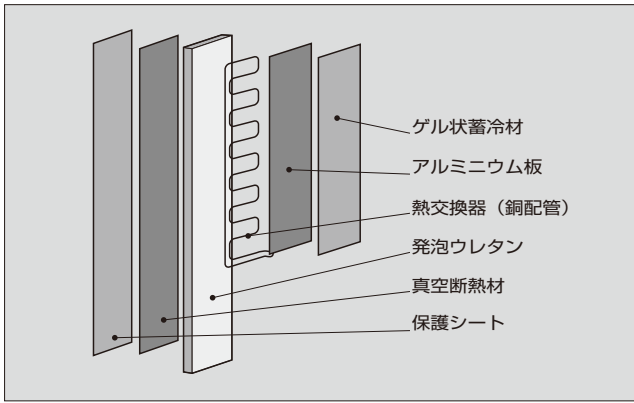


図6 蓄冷材冷却部の構成

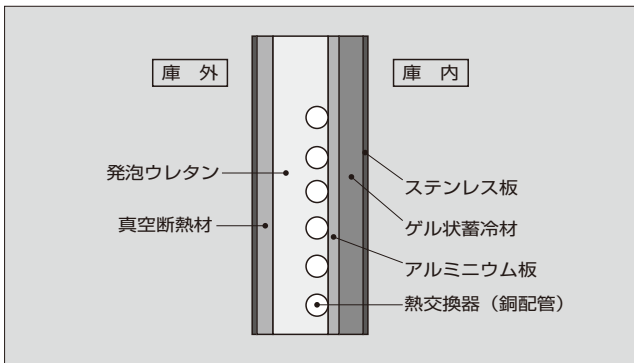


図7 断面構造

の低下を防止するので、商品の温度管理に有利であるとともに、分離型急速冷却ユニットの凝縮温度を高く設定することができる。このため、広く普及している R134a 冷媒を採用した。また、蓄冷材自身の熱伝達性能を向上させるために、厚さを 10mm にして薄く均一な成型品としたことも急速冷却に効果があった。

5 冷却装置の構成

5.1 分離型急速冷却ユニット

軽量化のために採用した分離型構造では、専門知識を持たないユーザーでも容易にユニットの着脱を行うことができ、併せて冷媒の漏えいが発生しない高い信頼性が求められる。そこで、その接続部にカップリングを開発し、接続時は配管の密閉と冷媒流路の解放・遮断を別々に行う 2 アクション方式とした。本構造は、市場に多く普及している 1 アクション方式の課題である接続中の流路開放に伴う冷媒の漏えい、および水分や空気の侵入を大幅に抑制することができる。これにより、冷凍機への冷媒の再封入といったメンテナンスを 5 年以上不要とした。また、冷媒配管に樹脂性ホースを採用することで、カップリング着脱時の取扱い性を向上させた。

さらに、誤操作を防止するため、配管接続部にロック機能付き背面カバーがあり、冷却運転中に配管の抜き差しができない構造としている。図 8 に冷媒配管接続部を、図 9 に背面カバーの構造を示す。



図8 冷媒配管接続部

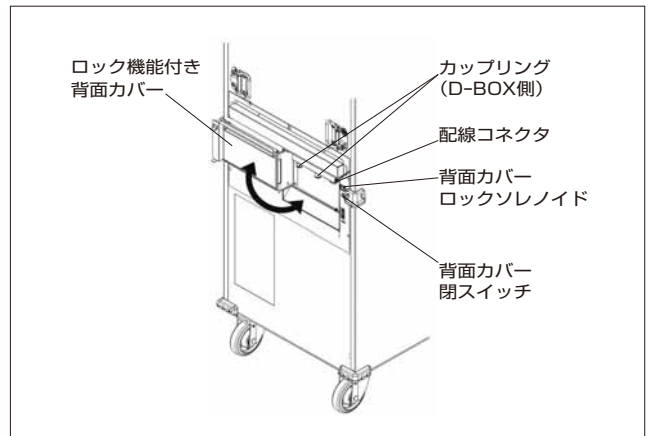


図9 背面カバーの構造

カップリングを外す際は、冷媒回収機能によって分離型急速冷却ユニットが D-BOX の冷媒配管中にある冷媒を自動的に回収する。コンプレッサへ冷媒を回収した後に背面カバーのロック解除を行う構成にすることで、誰にでも操作可能な構造とした。

5.2 冷凍機の複数コンテナ同時冷却技術

分離型急速冷却ユニットは、冷凍機を上下に 2 台配置している。1 台の冷凍機で D-BOX を 2 台冷却できるので、

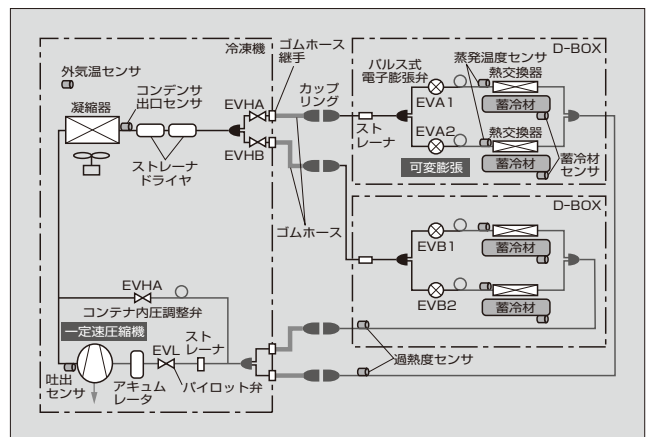


図10 冷却回路図

1 台の急速冷却ユニットで D-BOX を 4 台を冷却できる。

図 10 に冷却回路図を示す。

冷媒量の制御においては、パルス式電子膨張弁を採用し、複数の熱交換器の異なる負荷変動を各温度データから判断して冷媒循環量を個別に最適化する制御を開発した。これにより、チルドタイプ D-BOX では次のような運用も可能であり、どのような物流シーンでも使用が可能なシステムである。

- (a) 2 台同時冷却
- (b) 1 台単独冷却
- (c) 1 台目冷却途中で 2 台目を接続する時間差冷却

5.3 凍結防止制御

複数の熱交換器を一つの冷凍機で冷却する場合は、設置環境や個体のばらつきなどの影響により、冷媒循環量は負荷バランスの変動とともに変化する。冷媒配管の一部であるカップリングはその影響を受けて凍結し、その凍結によって着脱ができない状況に陥る。

そのため、冷凍機ではこのような冷却中の冷媒循環量の最適化と合わせて、冷却完了時のカップリング凍結防止制御を組み込んでいる。蓄冷材や配管の温度を一定の間隔で

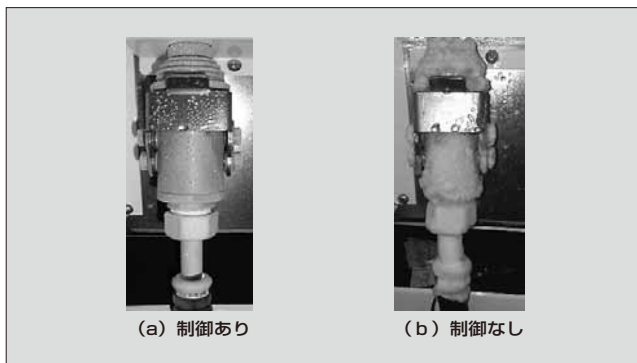


図 11 凍結防止制御の効果

測定し、冷却完了後に、パルス式電子膨張弁にて冷媒循環量を調節してカップリングの温度を制御する。これにより、蓄冷材の凍結維持および低圧側のカップリングと冷媒配管の凍結防止を行う。多湿環境下で長時間の冷却といった厳しい運転条件においても、カップリング部への多量の霜付きを防止している。図 11 に凍結防止制御の効果を示す。

6 あとがき

保冷コンテナ「チルドタイプ D-BOX」について述べた。今後、D-BOX シリーズとして「フローズンタイプ D-BOX」と「常温タイプ D-BOX」をラインアップに加えるとともに、あらゆる物流ニーズに応える製品の提案を続けていく所存である。



隠塚 将二郎

冷熱技術を用いた新製品の開発設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場開発第一部。日本機械学会会員。



石野 裕二

新製品の冷熱設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計第二部。



富樫 大

食品・物販自動販売機の開発設計に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場開発第三部。





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。