

## 優良省エネルギー設備顕彰事例③

改修設備部門 (社)日本冷凍空調設備工業連合会会長優秀賞

# 高性能エアカーテン「サーモシャッター」による 大型冷蔵・冷凍倉庫の荷捌室低温化

設備所有者：東京水産ターミナル(株)  
設備施工者：(株)前川製作所

### 建物の概要

名称 東京水産ターミナル(株)大井埠頭冷蔵倉庫4号棟、5号棟  
所在地 東京都大田区東海5丁目3番地5号  
概要 建家 地上5階  
構造 RC造  
延床面積 51,152m<sup>2</sup> (4号棟)、55,106m<sup>2</sup> (5号棟)  
用途 冷凍倉庫



東京水産ターミナル(株)4号棟 (44組設置)

### 1. 技術開発の目的と経過

目的：

冷蔵・冷凍倉庫の間口における冷気漏洩、暖気侵入を遮断し、換気負荷を減少させ、設備動力の低減、設備投資の縮小、庫内温度の安定化を可能とする高効率のエアカーテンを開発する。

経過：

平成10年 (設計、検討等)

エアカーテン単体性能試験 (風速、風量、風向等)

平成12年 (試作、試験納入等)

冷蔵庫設置による実証試験 (庫内、庫外温度変化の把握)

平成14年 (試運転、引渡し等)

遮断性能向上のための改良試験

平成15年東京水産ターミナル株式会社殿 (4、5号棟) に納入、稼動



門柱型サーモシャッター

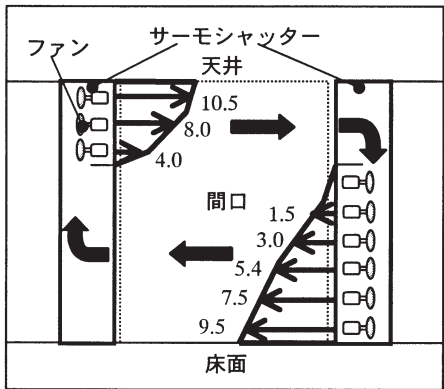
食品工場等には多くの開口部が存在し、消費者の多品種・少量の取り扱い形態により、開口部の開いている頻度と時間が増えつつある。これにより、開口部においては庫外からの暖気侵入、庫内からの冷気漏洩が起きやすく、冷却設備のインシヤル・ランニングコスト増加が懸念され、食品の品温上昇による品質劣化や有害菌増殖の発生することが危惧されている。

そこで今回、暖気侵入、冷気漏洩を遮断するための「産業用高性能エアカーテン」(以下サーモ

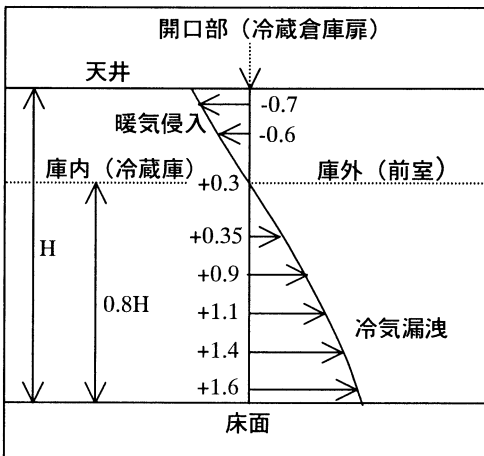
### 2. 設備・システムの概要

内容説明、構造、特徴等

冷蔵・冷凍倉庫、物流センター、食肉センター、



第1図. 設置概略図 (庫外から見た場合)  
 ※矢印は風向、数値は風速 (m/s) を示す  
 ※→ は環境空気の流れを示す



第2図. 開口部からの暖気侵入・冷気漏洩傾向  
 ※矢印は風向、数値は風速 (m/s) を示す

シャッター)の開発を行った。サーモシャッターは第1図のように2本組の門柱で構成され、各門柱にはファンが内蔵されている。右側の下吹出部から吹き出した空気は左側の下吸込部から吸い込まれ、左側の上吹出部から吹き出した空気は右側の上吸込部から吸い込まれるような、空気を循環させるシステムである。図中右側の下吹出部から吹き出した空気は、庫内からの冷気漏洩を遮断する効果を要し、図中左側の上吹出部から吹き出した空気は、外気からの暖気侵入を遮断する効果を要する。特に、第2図で示すように冷気漏洩速度は、床面に沿って最大値を示し、以後高くなるにつれて減少することから、第1図に示すように、サーモシャッターの吹き出し風速もそれに対応し、床面付近を最も速くし、以後高くなるにつれて減少

させるような分布である。また、さらに高くなるにつれ気流の動きは逆になり、庫外から庫内への暖気侵入が増加する傾向にあることから、サーモシャッターの吹き出し風速もそれに対応し、天井付近を最も強くするような分布である。また、開口部の空気を循環させることにより、循環空気温度は庫内と庫外の間温度を形成することから、結露やもやの発生を少なくすることが可能となった。

以上の特徴を有するサーモシャッターを東京水産ターミナル株式会社殿の4、5号棟冷蔵倉庫1階荷捌室トラックブースに設置した。設置仕様を下記に示す。

#### ●4号棟

平面寸法：190m×55m、低床式

間口寸法：W2700×H4000

間口部：44面（サーモシャッター44組）、オーバースライダーによる開閉

冷却方式：水冷ブライン方式（セントラル方式）

冷却負荷：582.7kW

除湿対策：冷却、除湿、洗浄機能付エアクーラー

粉塵対策：静電式空気清浄機

接車部：エアバリアー型接車シェルター方式

#### ●5号棟

平面寸法：200m×55m、高床式

間口寸法：W2700×H3000

間口部：43面（サーモシャッター43組）、オーバースライダーによる開閉

冷却方式：水冷ブライン方式（セントラル方式）

冷却負荷：470.2kW

除湿対策：冷却、除湿、洗浄機能付エアクーラー

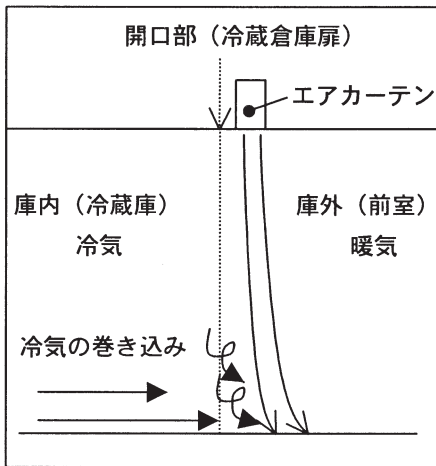
粉塵対策：静電式空気清浄機

接車部：エアバリアー型接車シェルター方式

### 3. 着想

第2図で示した開口部における庫外からの暖気侵入、庫内からの冷気漏洩を遮断する手段として、吹き降ろしエアカーテン（以下エアカーテン）、のれん等を採用している冷蔵・冷凍庫が多いが、遮断効率は低いのが現状である。第3図に示すように、最も冷気漏洩速度の高い床面付近については、エアカーテンからの到達風速が冷気漏洩速度よりも低く、遮断効率の低下を招くことになる。

また、エアカーテンの風向は一方向に貫流させることから常に外気が取り込まれやすく、貫流温度が高くなり、漏れた空気との接触で結露やもやが生じやすい。特に、冷氣漏洩速度が高い床面付近では、温度の高い貫流空気が接触するため床面付近には結露が発生しやすく、安全、衛生の面から問題が生ずる。



第3図. 従来型エアカーテン

そこで、天井付近の暖気侵入を遮断し、さらに床面付近の冷氣漏洩を遮断することが可能な空気流を形成することが、遮断効率を高くする手段であることを着想した。

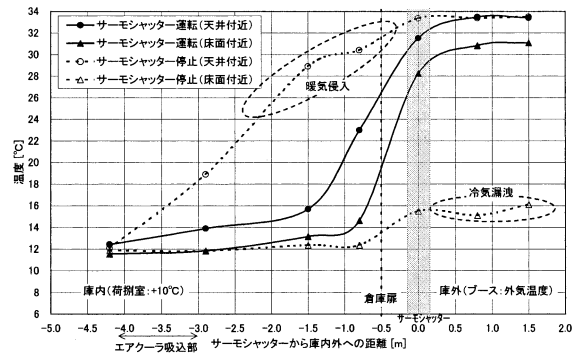
#### 4. 効果 (省エネルギー)

省エネルギー効果を使用・運転データ、独自に計算した結果などを記載する。

#### 使用・運転・計算等 条件

サーモシャッターの遮断効果を確認するため、東京水産ターミナル株式会社殿の4、5号棟冷蔵倉庫1階荷捌室において、庫内や庫外の温度計測を実施した。第4図には、荷捌室間口1箇所における庫内から庫外の温度分布を示す。横軸は計測位置を示し、サーモシャッターを基準として庫内、庫外側への距離を示している。グラフ中の温度データは天井付近 (●、○) と床面付近 (▲、△) を示し、倉庫扉を開放してから定常状態達成時の温度である。グラフ中の実線 (●、▲) はサーモシャッター運転時、点線 (○、△) は停止時である。

サーモシャッター運転時と停止時を比較すると、停止時は、庫外側に庫内からの冷氣漏洩、庫



第4図. サーモシャッター運転・停止時の庫内外温度分布

内側に庫外からの暖気侵入が見られる。この測定結果から、サーモシャッター設置により、低温倉庫内の温度を目標温度に維持することが可能であり、サーモシャッターの遮断効果が確認された。

遮断効果を示す指標として、遮断効率を下記に定義する。

$T_{room}$  : サーモシャッター運転時の庫内温度

$T_{sout}$  : サーモシャッター運転時の庫外温度

$\Delta T_s$  : サーモシャッター運転時の庫内外温度差

$$\Delta T_s = T_{sout} - T_{room} \dots (1)$$

$T_{room}$  : サーモシャッター停止時の庫内温度

$T_{out}$  : サーモシャッター停止時の庫外温度

$\Delta T$  : サーモシャッター停止時の庫内外温度差

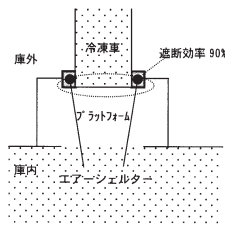
$$\Delta T = T_{out} - T_{room} \dots (2)$$

遮断効率Pは、 $\Delta$

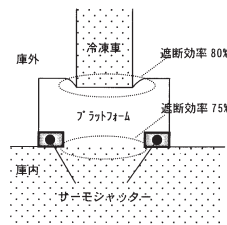
$$P = \left[ 1 - \frac{\Delta T}{\Delta T_s} \right] \times 100 \dots (3)$$

測定結果を元に上記計算方法を用いて遮断効率を求めると、天井付近の遮断効率は75.2%であり、これは庫内への暖気侵入を75.2%遮断したことになる。また、床面付近の遮断効率は76.5%であり、これは庫外への冷氣漏洩を76.5%遮断したことになる。さらに、天井付近と床面付近の遮断効果を平均すると75.9%であり、これは換気負荷を75.9%遮断したことになる。

サーモシャッターの遮断効率は非常に高いことが実証され、換気負荷減少により庫内の冷却負荷低減及び省エネルギー効果が高いことは明らかになった。そこで、冷蔵倉庫荷捌室の換気負荷遮断方式として一般的に使用されているエアシェルター方式と、サーモシャッターを併用したエアバリアー方式の遮断効率を比較し、省エネルギー効果の検証を行った。従来の荷捌室トラックブー



第5図. エアージェルター方式  
遮断効率90%



第6図. エアバリヤー方式  
遮断効率95%

スには第5図に示すようなエアージェルター方式が多く採用され、遮断効率は90%（外気と直接、接する面積率で算出）である。これに対し、今回は第6図に示すようなエアバリヤー方式にサーモシャッターを併用し、庫外とプラットフォームの遮断効率80%（外気と直接、接する面積率で算出）とサーモシャッターの遮断効率75%（計測値）により遮断効率は95%である。

**使用・運転・計算等結果（…%/h、日、月、年、…円/…、…kW/…、…kcal/…等）**

東京水産ターミナル株式会社殿の4、5号棟冷蔵倉庫1階荷捌室トラックブースにサーモシャッターを設置した結果、約75%の遮断効率を達成した。そこで、本方式のサーモシャッターを併用したエアバリヤー方式と、従来方式であるエアージェルター方式で比較検討した省エネルギー試算結果を以下に示す。

#### ●4号棟

	本方式	従来方式	
熱負荷量（※1）	582.7kW	806.7kW	
設備動力	冷凍機	55kW×2台+37kW×2台=184kW	55kW×5台=275kW
	冷却器	0.6kW×36台=21.6kW	0.6kW×50台=30kW
	ジェルター動力	1.4kW×44ジェルター=61.6kW	0.6kW×44ジェルター=26.4kW
消費電力量/日（※2）	1,562kWh/日	2,058kWh/日	
省エネルギー量	496kWh/日	—	
省エネルギー率	24%	—	

※1. 熱負荷量は、換気負荷から求めたものである。換気負荷は、開口面積及び遮断効率を考慮した温度差差圧による換気空気量計算（冷凍空調便覧）より算出した。  
 ※2. 消費電力量は、夏場の条件（外気温度33℃、湿度80%）であり、冷却設備稼働率を80%、接車率（ジェルター使用率）を50%とした。

#### ●5号棟

	本方式	従来方式	
熱負荷量（※1）	470.2kW	607.2kW	
設備動力	冷凍機	37kW×4台=148kW	37kW×5台=185kW
	冷却器	0.6kW×36台=21.6kW	0.6kW×46台=27.6kW
	ジェルター動力	1.0kW×43ジェルター=43.0kW	0.6kW×43ジェルター=25.8kW
消費電力量/日（※2）	1,257kWh/日	1,463kWh/日	
省エネルギー量	206kWh/日	—	
省エネルギー率	14%	—	

※1. 熱負荷量は、換気負荷から求めたものである。換気負荷は、開口面積及び遮断効率を考慮した温度差差圧による換気空気量計算（冷凍空調便覧）より算出した。  
 ※2. 消費電力量は、夏場の条件（外気温度33℃、湿度80%）であり、冷却設備稼働率を80%、接車率（ジェルター使用率）を50%とした。

注）上記計算は、トラックブースに冷凍・冷蔵コンテナが接車する場合の試算結果である。間口におけるフォークリフトによる荷役作業は考慮していない。間口におけるフォークリフトによる荷役作業を考慮した場合、エアージェルター方式は消費電力が増大するが、エアバリヤー方式はほとんど変化がない。

## 5. 投資回収（省マネー）

夏期条件における省エネルギー試算の結果を基に、年間ランニングコストの試算した結果を以下に示す。本方式は設備コストも従来方式に比べ約14%低減可能となった。

#### ●4号棟

	本方式	従来方式
年間ランニングコスト	3,792千円	4,748千円
削減額、率	956千円、20%	—
設備コスト（※）	5,280千円	6,160千円
削減額、率	880千円、14%	—
冷凍機削減台数	1.6台	—
クーラー削減台数	14台	—

※ 設備コストとは、エアバリヤー、エアージェルターそれぞれの本体価格、設置費、付帯資材費、付帯工事費を含む。

#### ●5号棟

	本方式	従来方式
年間ランニングコスト	3,023千円	3,410千円
削減額、率	387千円、11%	—
設備コスト（※）	5,160千円	6,020千円
削減額、率	860千円、14%	—
冷凍機削減台数	1.0台	—
クーラー削減台数	10台	—

※ 設備コストとは、エアバリヤー、エアージェルターそれぞれの本体価格、設置費、付帯資材費、付帯工事費を含む。

## 6. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等

本開発装置の特長を下記に示す。

#### ①高遮断効率

サーモシャッター設置等の庫内外の温度計測から得られる遮断効率は約75%であり、従来型の吹き降ろしエアカーテンよりも高い遮断効率である。

#### ②門柱型空気循環方式

温度差のある間口に対し門柱型に設置し空気を循環させることにより、天井付近の暖気侵入を遮断し、さらに床面付近の冷氣漏洩も遮断すること

が可能である。また、庫内と庫外の間温度帯を形成することにより、間口付近の結露やもやの発生を抑えることが可能である。

#### ③既設間口への設置

既設の冷蔵・冷凍倉庫間口への設置も可能である。

#### ④設備動力（ランニングコスト）低減

換気負荷（冷氣漏洩、暖気侵入による換気熱）が75%遮断され、消費電力を低減することが可能である。

#### ⑤設備投資（イニシャルコスト）縮小

新規に設立する冷蔵・冷凍庫について冷却負荷が減少するため、冷却設備を縮小することが可能である。

#### ⑥除霜回数

暖気侵入を遮断し中間温度域を形成することにより、庫内の着霜が減少可能となる。よって除霜間隔を長くすることができるため庫内負荷が減少し、除霜回数を減らすことが可能である。

#### ⑦衛生配慮、製品の品質向上

開口部の全面が空気膜で高効率に遮断されるため、庫内温度を均一にすることができ、平均外気温度が30℃前後にもなる7～9月の夏季3ヵ月間に対しても、生産あるいは荷捌き・配送される食品の品質保持と、消費者へのより安心な食品提供が可能になる。

#### ⑧開口付近の安全性

開口付近の結露やもやの発生を抑えることが可能となり、人、フォークの出入りに対して安全性が高まる（滑りづらい、見通しが良い）。

## 7. 環境保全、便利性等

CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>等の排出制御、取り扱い易さ、応用性等

サーモシャッターは、食品工場等の設置に配慮し、ステンレス鋼で構成されている。また、サーモシャッター内のファンは、吹き出し面を外すのみで交換可能でありメンテナンス性が良い。

サーモシャッターの応用性として、除湿機能を設けた仕様を検討している。さらに、高性能エアカーテンの応用性として、食品工場等の間口に防虫仕様、塗装工場等の間口に防塵仕様、その他施設に対し防煙、防臭仕様が挙げられる。

## 8. 市場性、販売状況、適応市場の大きさ、競合又はシステムとの比較、販売実績（国内、外）等

東京水産ターミナル株式会社殿の4、5号棟冷蔵倉庫1階荷捌室トラックブースに、それぞれサーモシャッターを44組、43組設置させていただいた。さらに現在、東京水産ターミナル株式会社殿の1、2、3号棟に計約80組の設置工事をさせていただいている。現在サーモシャッターは、国内31社で約70組が稼動中であり（平成15年12月現在、東京水産ターミナル株式会社殿は除いた台数）、新設、既設の冷蔵・冷凍倉庫への設置が今後も見込まれる。また、海外4社6組の設置も決定している。全国の冷蔵・冷凍倉庫は3600～3700もあることを考慮すると市場性は非常に大きいと考えられる。

既設の冷蔵・冷凍倉庫間口には、従来型の吹き降ろしエアカーテンを設置しているが、遮断効果が明確に得られないものも多く、カタログ値で50～60%と示されている。また、結露やもやの発生が非常に多い。サーモシャッターと吹き降ろしエアカーテンを比較した場合、庫内の食品の品質保持、設備動力、設備安全面のいずれを挙げても、サーモシャッターの方が優位であると言える。