

## 優良省エネルギー設備顕彰事例①

新設設備部門 (財)省エネルギーセンター会長賞

# 流下液膜式凍結濃縮装置 [FREECIS]

設備所有者：京セラミタ(株) 玉城工場  
設備施工者：新日本空調(株)

### 建物の概要

名称 京セラミタ(株)玉城工場  
所在地 三重県度会郡玉城町野篠704-19  
概要 建家 地上4階  
延床面積 5,744m<sup>2</sup>  
構造 S造  
用途 工場

### 1. 技術開発の目的と経過

氷蓄熱装置は、電力の昼夜間負荷の平準化を目的として、昼間の冷房用熱源のために安価な夜間電力を使用して水を氷に相変化させて蓄熱するが、利用温度（7℃）に対して蓄熱温度（0℃）が低いことによる熱源機のCOPの悪化や、熱ロス等の理由のために省エネルギーな装置ではない。

一方、溶液が凍結する際に、水中には溶質が取り込まれず、溶液中に排除されながら氷結晶が成長する事が知られており、この自然現象を積極的に利用して、水溶液中から水分を氷として抜き取ることによって水溶液を濃縮していくのが凍結濃縮手法である。

そこで当社では、独自方式の流下液膜式氷蓄熱装置を利用して、溶液の凍結濃縮が可能な装置の開発を行った。その結果、本装置では従来の氷蓄熱装置の機能を保持しながら、排水を減容化することが可能となり、システム全体の省エネルギーを達成するとともに、省コスト、環境負荷低減にも貢献する。

次に本開発の原型である流下液膜式氷蓄熱装置、凍結濃縮技術について説明し、流下液膜式凍



建物外観

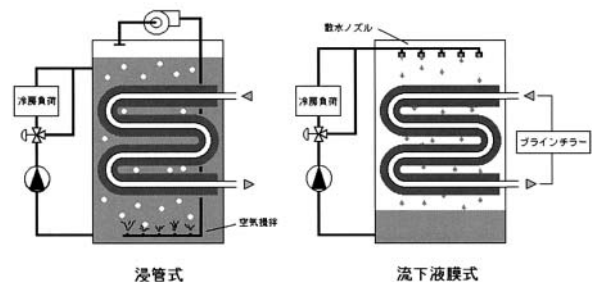


図1 浸管式と流下液膜式概念図

結濃縮装置の開発経過について説明する。

#### (1) 流下液膜式氷蓄熱装置

スタティック型のアイスオンコイル方式であるが、従来の浸管式と違い製氷コイルを水槽の上部、空中に設置しているところが構造的な特徴である。概念図を図1に示す。氷蓄熱槽内の空中に配置した製氷コイル表面に、槽頂部から散水した水が、コイル表面を液膜状態となって流れる過程で、製

氷および解氷を行う。この際の製氷コイルおよび氷の表面熱伝達率が、浸管式アイスオンコイル方式に比較して10倍程度大きいために、製氷および解氷特性に優れた氷蓄熱装置である。

10時間解氷でも、3時間解氷においてもその特性は変わらずに安定した低温度送水を可能としている。これが流下液膜式氷蓄熱装置の最大の特徴である。

納入実績は福岡県・小倉記念病院、沖縄県・安波ダム事務所、東京都・早稲田大学理工学部などである。

## (2) 流下液膜式凍結濃縮装置

流下液膜式凍結濃縮装置の概要を図2に示す。本装置の基本構造は流下液膜式氷蓄熱装置と同様で、製氷コイル上部から散水を行い製氷を行う。この際、原水の90%を製氷することが可能なため、原水は10分の1まで濃縮減容される。流下液膜式凍結濃縮装置は、前進凍結法に分類され純粋な氷が伝熱面からゆっくり成長し、凍結界面に押し出された溶質分を上部からの散水によって洗浄することで清浄水を成長させる。(図3)

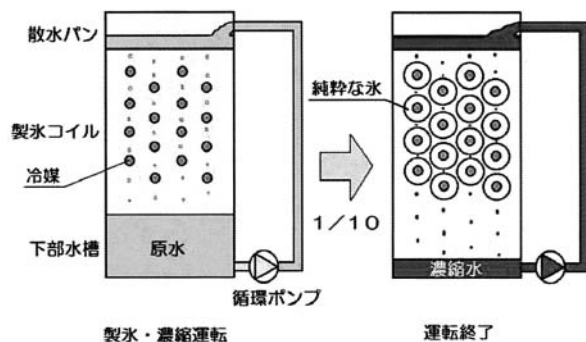


図2 流下液膜式凍結濃縮装置の概要

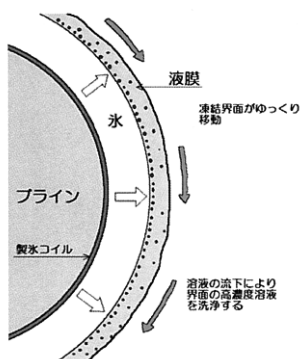


図3 流下液膜式前進凍結法

### ①排水の減容化

排水容量を10%に濃縮、減容することにより、省エネルギー、環境負荷低減に貢献するとともに排水処理費用も削減する。

### ②氷蓄熱としての冷熱利用

昼間には氷蓄熱装置として、夜間製氷した氷を冷房等の熱源として使用することで昼間の電力負荷を下げることができる。

### ③安価な夜間電力利用

氷蓄熱装置と同様に、電力会社と蓄熱調整契約を結ぶことで、安価な夜間電力が適用され、ランニングコストが安価となる。

### ④解氷水の再利用

冷熱利用した後の解氷水は清浄水となっているために、工業用水などとして再利用が可能となる。

### ⑤濃縮水の有価物回収

排水の成分によっては濃縮することにより有価物回収が可能となるものもある。

## 2. 設備・システムの概要

### (1) システム構成

- ・流下液膜式凍結濃縮装置は、図4、5に示すように、製氷コイル、ブラインチラー、ブラインポンプ、排水槽、回収水槽、排水循環ポンプ、清水循環ポンプ、熱交換器と切替バルブ、配管、自動制御盤などから構成される。
- ・製氷コイルは外径約15mmのSUSあるいは銅製で隣の氷と一体にならない（ブリッジを生じない）間隔（約80mm）に千鳥状に配置している。
- ・上部の散水パンは孔径8ミリの多孔板として均一に散水が可能な構造としている。

### (2) 運転方法

- ・運転はタイマーにより各運転モードを切り替えて運転する。各運転モードは下記である。
- ①排水補給：排水を装置内排水槽へ所定量汲み上げる。
- ②製氷濃縮：図4に示すように、氷蓄熱装置と同様に、22時から翌朝8時の割安な夜間電力を使用して、排水中の純粋な水だけを凍結させて、排水を十分の一に凍結濃縮する。排水

中の水分は清浄水として製氷コイル表面に凍結する。

- ③濃縮水排出：10分の1に濃縮した濃縮排水を外部濃縮水槽へ排出する。
- ④洗浄：水表面および装置内壁面に付着した濃縮排水を清水（解氷水）により洗浄する。
- ⑤解氷：図5に示すように、昼間には氷蓄熱装置として熱交換器を介して冷熱利用しながら清浄水を融解する。
- ⑥解氷水排出：解氷水を再利用水として排出する。

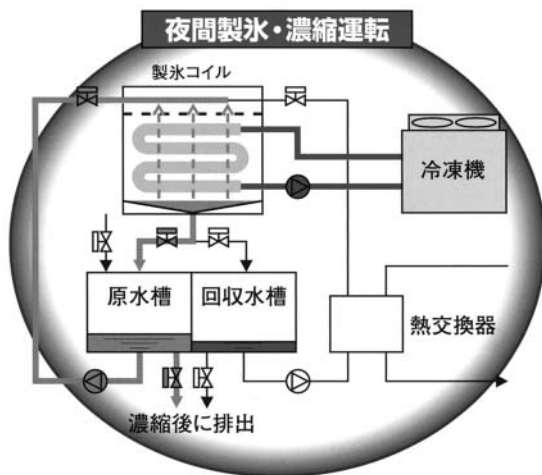


図4 夜間蓄熱・凍結濃縮運転

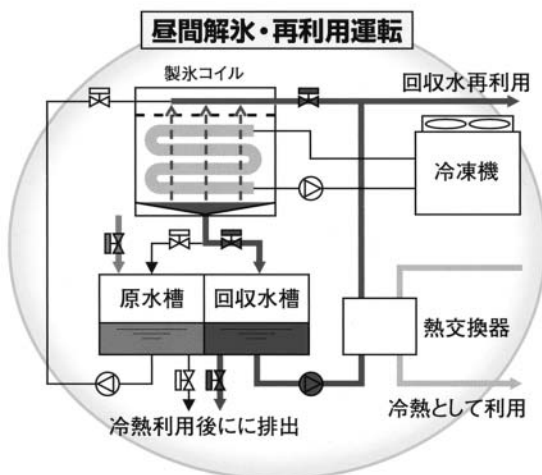


図5 昼間放熱・解氷・リサイクル運転

・蓄水量は排水槽および回収水槽に設けられた水位センサーにより換算して、製氷時には製氷量の監視、解氷時には残水量を監視して氷が融け残らない制御を行う。

### (3) 納入システム

工場から出る排水を一旦既設の排水槽で貯留し、毎日汲み上げて排水を凍結濃縮分離する。濃縮水は濃縮排水槽へ排出し、定期的に産業廃棄物処理する。氷を用いて工場内冷房を行い、解氷水は製造装置の冷却水として再利用する。(図6)

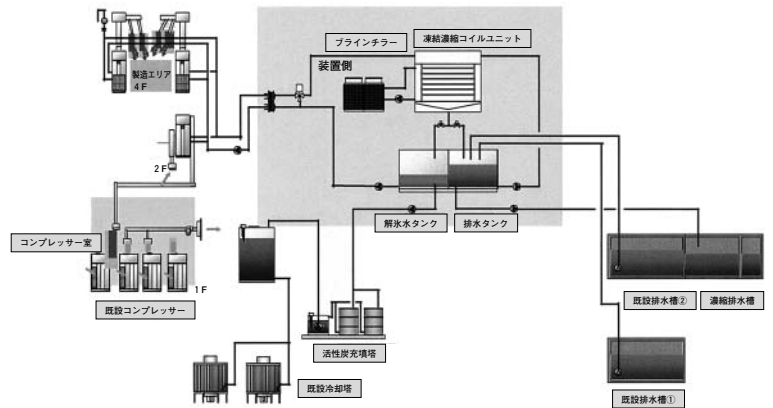
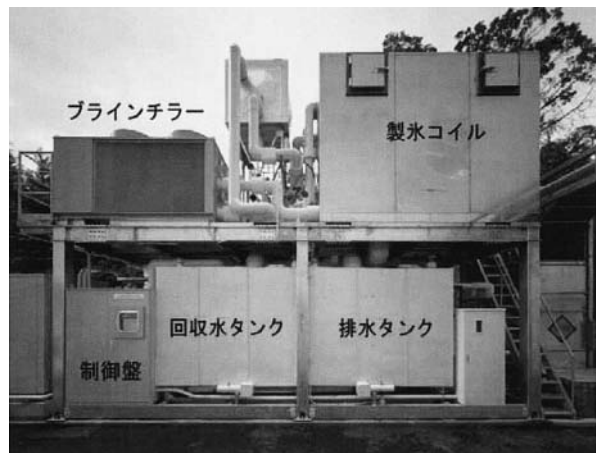


図6 システムフロー



流下液膜式凍結濃縮装置外観

### (4) 流下液膜式凍結濃縮装置FREECISの概略仕様

処理量	m <sup>3</sup> /日	1	2	3	6	10
製氷量	kg	900	1,800	2,700	5,400	9,000
蓄熱量	MJ	301	603	904	1,808	3,014
冷却能力	kW	8	17	25	50	84
動力	kW	9.4	15.5	25.2	43.3	63.5
装置概観 (参考寸法)	L	4,000	6,000	8,000	11,000	8,000
	W	3,000	3,000	3,000	3,500	10,000
	H	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

### 3. 着想

[背景および実情]

氷蓄熱装置の主目的は昼間の電力負荷の夜間移行であり、電力会社の料金体系によりランニングコストを抑えることが可能であるが、一方消費エネルギーは、利用温度7℃程度に対して氷0℃で蓄熱するために冷凍機のCOPが悪くなることや、補機動力の増加、熱ロスなどの影響で氷蓄熱装置単体では省エネルギーにはならない。そこでシステムの省エネルギー化のため大温度差空調などの検討が行われている。また、氷蓄熱装置は各社様々な方式で開発されているが、採用の実態としてはコスト勝負となっている面が大きい。従って弊社の流下液膜式氷蓄熱装置はその解氷特性は優れているが、コストが高いことで採用実績が伸び悩んでいるのが現状であった。

[着眼点]

そこで、水から氷の相変化を利用して溶液中の純粋な水だけを氷にすることにより溶液を凍結濃縮することが可能であることがわかっていたので、弊社の流下液膜式氷蓄熱装置を利用して凍結濃縮への応用開発が進められた。

[新規性]

流下液膜式氷蓄熱装置はその構造が凍結濃縮するのに適していることで開発を可能にした。その特徴とは下記の通りである。

- ・氷の上から散水しながら製氷を行う。(凍結界面の物質移動が大きいため清浄氷を生成できる)
- ・氷と水が分離されている。(空中で製氷する)
- ・IPF(保有水量に対する製氷量の割合)が90%と非常に高い(十分の一までの濃縮が可能)

### 4. 効果(省エネルギー)

#### (1) 評価の範囲

製造工程用水として用いた上水が産業廃棄物の排水10m<sup>3</sup>/日となって排出されている工場に、氷蓄熱と排水減容の目的で流下液膜式凍結濃縮装置を導入した場合を想定する。なお、試算は1日当たりの電力量で評価する。

注) 納入事例ではなく一般的な例として計算する。

#### (2) 試算

産業廃棄物の排水が、同装置を導入することにより、1/10に減容することができる。排水を1/10にすることにより、排水を産業廃棄物としてガス燃料で焼却するエネルギーが削減され、省エネルギーとなる。

試算値(排水10m<sup>3</sup>/日を排出する工場)

流下液膜式凍結濃縮装置	
排水焼却エネルギー(MJ)	2,841MJ
電力エネルギー(使用電力量)	5,578MJ
・凍結濃縮	482kWh
・氷蓄熱の放熱	75kWh
・濃縮排水量(1m <sup>3</sup> /日)の処分用補機	10kWh
・濃縮排水量相当の上水処理	0.5kWh
1次エネルギー計	8,419MJ

従来システム(非蓄熱空冷チラー)	
排水焼却エネルギー	28,411MJ
電力エネルギー(使用電力量)	3,214MJ
・非蓄熱の空冷チラー	222kWh
・排水量(10m <sup>3</sup> /日)の処分用補機	100kWh
・排水量相当の上水処理	5kWh
1次エネルギー計	31,625MJ

#### (3) 試算結果

1次エネルギー削減量: 31,625-8,419=23,602MJ、  
削減率73.4%

(4) 納入事例での省エネルギー効果は約59%でした。

### 5. 投資回収(省マネー)

#### (1) 試算

流下液膜式凍結濃縮装置の経済性は、その評価範囲を4. 効果(省エネルギー)と同様とし、10m<sup>3</sup>/日の産業廃棄物排水が排出されている工場に、本装置を導入した場合を想定した。

注) 納入事例ではなく一般的な例として計算する。

試算値

流下液膜式凍結濃縮装置	
イニシャルコスト	60,000,000円
ランニングコスト	6,702,800円/年
・ 電力料金（昼間）	256,000円/年
・ 電力料金（夜間）	621,800円/年
・ 排水処理費用	4,500,000円/年
・ 上水削減量	▲675,000円/年
・ 装置保守費用	2,000,000円/年

従来システム	
イニシャルコスト	4,000,000円
ランニングコスト	45,757,900円/年
・ 電力料金	757,900円/年
・ 排水処理費用	45,000,000円/年

イニシャル増：60,000,000円－4,000,000円＝  
56,000,000円

ランニング減：45,757,900円－6,702,800円＝  
39,055,100円/年

## (2) 試算結果

単純投資回収年数：56,000,000円÷39,055,100円＝  
1.43年

## (3) 納入事例での単純投資回収年数は約3.4年でした。

## 6. 他の建物への応用性

氷蓄熱装置と排水処理装置の融合であるため、導入する際は下記の条件を満足する必要がある。工場が主なターゲットであるが、その他用途の建物でも下記条件を満足すれば適用可能である。

- ①年間を通じて排水が排出されていること。  
排水を原水として製氷を行うため、排水が排出されている建物である必要がある。  
また、その排水成分は凍結濃縮が可能な成分及び濃度である必要がある。
- ②年間を通じて冷熱利用先があること。  
凍結濃縮した際の氷を融解するための冷熱利用先（空調、装置冷却）が必要となる。
- ③年間を通じて解氷水の再利用先があること。  
清浄な解氷水を再利用する用途がある方がよい。ない場合は下水放流となる。

## 7. 環境保全、利便性等

### 環境負荷の排出量

		CO <sub>2</sub>	
		従来システム	本システム
排水焼却	排出原単位	2.29kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	2.29kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
	ガス使用量	631m <sup>3</sup> /日	63m <sup>3</sup> /日
	排出量	1445kg-CO <sub>2</sub> /日	144kg-CO <sub>2</sub> /日
電力	排出原単位	0.339kg-CO <sub>2</sub> /kWh	0.339kg-CO <sub>2</sub> /kWh
	電力使用量	327kWh/日	567.5kWh/日
	排出量	111kg-CO <sub>2</sub> /日	192kg-CO <sub>2</sub> /日
合計		1556kg-CO <sub>2</sub> /日	336kg-CO <sub>2</sub> /日
単位置	25RT	62.2-CO <sub>2</sub> /日RT	13.4-CO <sub>2</sub> /日RT

## 8. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

従来の氷蓄熱装置にはダイナミック方式、スタティック方式共に各社多くの方式があるが、いずれも冷熱源装置としてのみ使用されていた。

一方、流下液膜式凍結濃縮装置は、独自技術の氷蓄熱装置でありながら、産業プロセス排水などの濃縮、減容機能と、解氷水のリサイクル機能を有し、多機能で高付加価値の装置であるところに、新規性と創造性がある。

また、他の凍結濃縮装置と比較して、凍結濃縮機能と氷蓄熱・放熱機能が一体化された装置で、氷と濃縮水が必然的に分離される、シンプルな構造、容易な制御方法であることにも、新規性と創造性がある。

本装置の優れている点は下記である。

### ①制御が簡単

ブラインチラーは、冷凍能力と製氷コイル（伝熱面積）とのバランスにより成り行き運転をするため、複雑な制御は不要でチラーの運転効率も良い。

### ②濃縮倍率の確認が簡単

圧力素子で計測した水槽水位の変化で製氷量が把握できるため、濃縮倍率の確認が簡単に行える。

### ③製氷状態の確認が簡単

空中の製氷コイルで製氷するため点検口から製氷状態の確認が簡単に行える。

### ④冷熱利用が簡単

氷蓄熱として解氷特性に優れた散水外融式であるので低温冷水を有効に利用可能である。

⑤メンテナンスが簡単

製氷コイルと水槽、ポンプ、配管で構成されるシンプルな構造のためメンテナンスが容易で定期的な散水パン、水槽などの清掃でよい。

**9. 市場性、販売状況、適応市場の大きさ、競合品またはシステムとの比較、販売実績等**

[市場性]

流下液膜式凍結濃縮装置市場には下記のものがある。

1) 産業関連

各種生産工程で産業プロセス排水を生じ、高価な産業廃棄物処分費用を必要とし、冷房、冷却などの冷熱負荷のある工場。

なお、比較的濃度（1%以下）の下記の排水が適用可能である。

- ・医薬品工場排水
- ・メッキ排水
- ・現像液排水
- ・精密機械工場のトナー排水
- ・機械製造ラインの洗浄排水など

2) 民生関連

冷却塔ブロー水や、その他の排水を大量に下水道放流し、その補給水として上水を使用し、年間に冷熱負荷がある施設。

・地域冷暖房プラント

・ホテルなど

3) その他

食品の濃縮用途として、香り、フレーバーの劣化無しに濃縮が可能のため、高価な薬品やだし等の液状食品の濃縮需要がある。

[競合品との比較]

排水減容装置として、A社の凍結濃縮装置がある。A社の装置は懸濁結晶法で、生成した氷粒を成長させた後、洗浄コラムで氷結晶と濃縮液とを分離する方法である。高濃度排水にも適用が可能とされているが、装置構造が複雑で装置価格が非常に高いと言われている。

当社の流下液膜式凍結濃縮装置FREECISは凍結濃縮と濃縮水の分離、氷蓄熱と放熱が一体化された装置であり、比較的需要の多い希薄な排水を対象に濃縮水を分離し、氷の冷熱利用も容易である。

**10. その他**

特許

- ・特許第3681153号 凍結分離装置
- ・特許第3690797号 凍結濃縮方法およびその装置
- ・特開2000-334442 凍結分離装置



## 優良省エネルギー設備顕彰事例③

新設設備部門 (社)日本冷凍空調設備工業連合会会長優秀賞

# フレッセイ新保店採用のウルトラエコ・アイスシステム

設備所有者：(株)フレッセイ  
設備施工者：(株)ヤマト

### 建物の概要

名称 フレッセイ新保店  
所在地 群馬県高崎市新保町字伊勢301-1  
概要 建家 地上2階  
延床面積 3,012m<sup>2</sup> (売場面積 1,846m<sup>2</sup>)  
構造 S造  
用途 スーパーマーケット

### 1. 技術開発の目的と経過

ウルトラエコ・アイスシステム (ver.2<sup>\*</sup>) 導入により、・消費エネルギーの低減、・ランニングコストの低減、・省エネによる温室効果ガスCO<sub>2</sub>の削減、・温室効果ガス (R22) 漏洩量の削減、・ショーケース内陳列商品の高温管理の実現、・店内環境の改善、・システムの信頼性向上の項目を目的とした。

本システムver.2の納入実績は群馬県内のスーパーマーケット4件、ver.1<sup>\*</sup>は群馬県内3件、栃木県、神奈川県各1件である。(※ver.1及びver.2の説明は後出)

### 2. 設備・システムの概要

ウルトラエコ・アイスシステムの全体構成図を図1、2に示す。(特許取得済)

#### 2.1 夜間：低温氷蓄熱とショーケースの夜間負荷冷却対応

蓄熱用冷凍機で蓄熱槽に-8℃以下の氷を生成蓄熱する。一方、昼間に比べて減少したショーケース夜間負荷に対して、循環ラインは蒸発圧力を高めて運転するプレ冷凍機によって日中よりや



建物外観

や高めの温度で冷却され、蓄熱槽をバイパスし、ケースに供給される。

冬季においては冷凍機廃熱を床に蓄熱し、日中の暖房負荷に寄与させる。

#### 2.2 昼間：蓄熱槽から約-6℃以下の冷熱を取り出し、システム内の負荷をカスケード冷却

図1に示された温度域の異なった各負荷に対し、蓄熱槽に蓄えられた冷熱を0℃の精肉・鮮魚用ショーケース (中温域ショーケース) を冷却した後、4℃~7℃の乳製品・青果といった各ショーケース (高温域ショーケース)、外気処理機、最後に冷凍食品等の低温用冷凍機の凝縮液サブクール用熱交換器へと供給しカスケード利用する。

負荷の大きい夏季等においては、夜間のショーケース負荷に対応するプレ冷却用冷凍機により、カスケード冷却後温度上昇したラインをプレ冷却し、その後に蓄熱槽に戻し、再びカスケード冷却する。残蓄熱量と負荷量によって変化するブラ

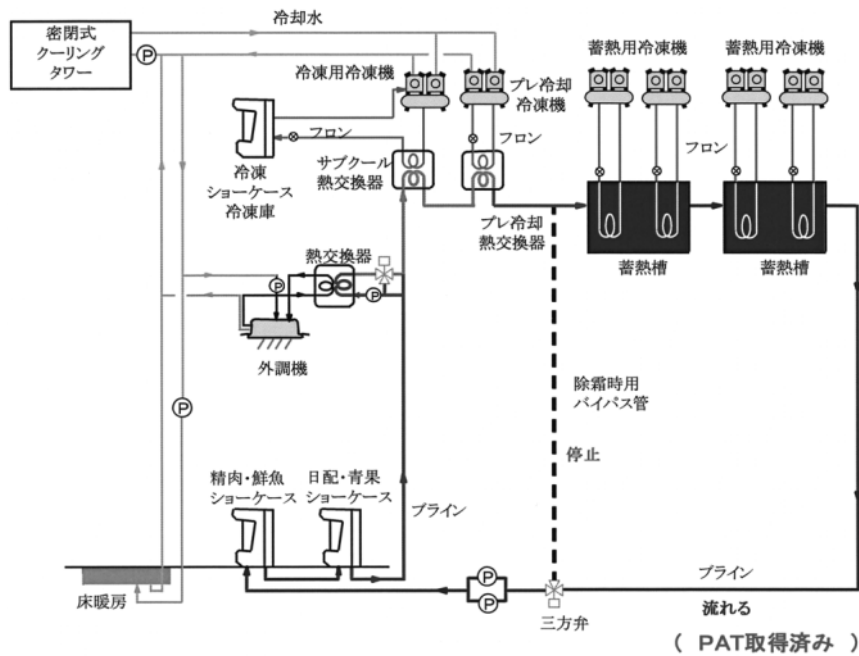


図1 昼間冷却運転時

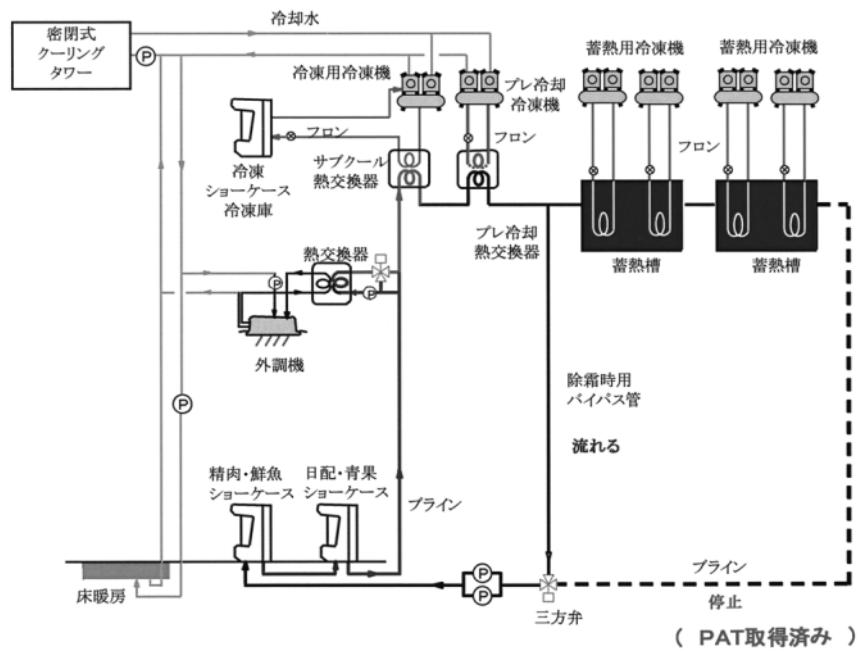


図2 除霜・夜間冷却運転時（除霜時は、プレ冷凍機の運転停止）

イン温度を管理しながら追い掛け運転も行う。  
 冬季等負荷の少ない時には夜間潜熱蓄熱のみにて対応する。また、冷凍機の排熱を暖房熱源として外気処理機、床暖房に利用する。

**2.3 除霜時：システム系内の冷却負荷を利用しながら0℃系ショーケース冷却コイル表面の霜の除去**

0℃に保たれているショーケースの冷却コイル

表面には冷却中に霜がつき、冷却能力の低下をもたらす。従来の直膨システムでは、冷却コイルに電気ヒーターを装着し、一日に4回ほど定期的に通電し暖め、その熱で循環している空気を加熱しコイル表面の除霜を行っている。この従来システムでは除霜中のショーケース内部温度は上昇する。それに伴い陳列されている食品の品温も上昇してしまう。

一方、図2に示すように、本システムにおける除霜は、各負荷を一巡冷却処理温度上昇したブラインを冷却時のようにプレ冷却冷凍機、蓄熱槽を経由させず、1時間毎にこれら冷却熱源装置をバイパスさせて、霜の着いた0℃に保たれているショーケースの冷却コイルに供給し、コイル内部よりコイル表面を暖め除霜する。この時は冷却時とは逆に、コイル表面に蓄積されている霜の持つ潜熱は、数度高い温度でコイルに供給されるブラインを冷却することになり、冷却されたブラインは次の温度域のショーケース（4～7℃）、空調機、熱交換器へと供給され、

最下温度ショーケースのコイルに蓄積された霜の潜熱が各冷却器で利用される（このプロセスにおいても、コイル表面に蓄熱された潜熱を利用している）。

**3. 着想**

我が国の食品を扱うスーパーマーケット（SM）の中で多くを占める延床面積が約3000m<sup>2</sup>、売場面



積が約1500m<sup>2</sup>程の店舗は約10,000店程存在する。この規模の施設における単位面積当たりのエネルギー消費量は、一般事務所ビルの3倍強程になり、1店舗の消費するエネルギー量は、一般事務所ビルの10,000m<sup>2</sup>規模に相当する程エネルギー消費が多い。

さらに、これらの店舗では冷蔵設備、空調設備にHFCs冷媒が多く使用される。最近ではオゾン層破壊係数ゼロではあるが、温暖化係数の高い冷媒の使用量が増加している。

本システムの原型（ウルトラ エコ・アイス システム ver.1）は約10年前から開発してきたシステムであり、食品SMにおける冷蔵設備と空調設備の熱源設備を一体化したシステムである。汎用冷凍機を使用し、自社で開発製作した氷蓄熱槽にブラインを採用した。夜間電力で氷を製造し、日中、氷を融解する事により、その冷熱を冷蔵・空調設備に利用する。

応募対象である現在のシステム（ウルトラ エコ・アイス システム ver.2）と原型との異なる点は、ブラインによる冷蔵対象範囲の違いである。原型は、4℃～7℃の乳製品・青果等のショーケース（高温域ショーケース）のみを冷蔵対象とするのに対し、本応募システムでは、0℃付近の精肉・鮮魚ショーケース（中温域ショーケース）にまで冷却対象を拡張するため、ブラインの凍結温度を-8℃とし、夜間電力により-8℃以下の氷を製造した。また、ショーケースを0℃付近に保つために、冷却コイル表面には霜が着く。本応募システムは、その霜取機能を有する第2世代のシステムである。本応募システムは、5年前に確立されすでに4店に導入された。今日に至る間、4店舗全てのシステムは運転停止することなく安定して機能を発揮しながら昼夜連続運転している。

#### 4. 効果（省エネルギー）

##### 4.1 省エネルギー効果（本システム採用新保店と同規模の従来システム採用他店との比較）

本システムは、下記の要因によって従来システムと比較し省エネルギーが可能である。

- ・年間を通じ、外気温度の低い夜間に蓄熱する。蓄熱時には冷凍機は間欠運転せずに連続運転される

- ・負荷が減少している夜間には年間を通じ蒸発圧力を高く設定されたプレ冷却冷凍機が対応する
- ・低温系の冷凍サイクルにサブクールを採用
- ・除霜には電気ヒーターを使用せずにシステム系内の高い温度域の負荷を置換し利用
- ・冬季には暖房熱源として冷凍機廢熱利用

##### 1) 年間消費電力量

フレッセイ新保店と近似した規模、ほぼ同様の施設内容・営業時間である従来システムを採用している他店舗とを比較する。

表1 同規模2店舗の各実績値（H17/1～H17/12）

店舗名 (売場面積)	冷蔵設備+空調設備 システム システム	消費電力量 [MWh/年]	エネルギー料金 [k¥/年]	電力デマンド [kW]
[新保店] (100%)	本システム+EHP	1,872 (内夜間電力量200 (89%))	20,971 (74%)	336 (73%)
他店 (100%)	従来システム+EHP	2,102 (100%)	28,031 (100%)	455 (100%)

本システム採用新保店の年間使用電力量実績値は、従来システム採用他店と比較し店舗全体の消費電力量において、約11%（230MWh/年）の消費電力量削減がなされている。

##### 2) 熱源設備の消費電力量

表1の場合、熱源設備を除く他の設備は、2店舗ほぼ同様の設備、営業時間数も同一であるため、2店舗における各設備項目毎の消費電力量は実測していないが、この消費電力量の差は、熱源設備によると考えられる。

表2 本システム採用新保店と従来システム採用他店における熱源設備の消費電力量

本システム 採用新保店	全体の消費電力量	熱源設備以外の 消費電力量	熱源設備の 消費電力量
	[MWh/年]	[MWh/年]	[MWh/年]
	1,872	1,156	716
従来システム 採用他店	2,102	1,156	946

ここで、本システム採用新保店における熱源以外の消費電力を従来システム採用他店における熱源以外の消費電力と同じ（1,156 [MWh/年]）とすると、本システム採用により熱源設備の消費電力量は、従来システムと比べて約24% [(946-716) / 716=0.24] の低減ができたと言える。

## 5. 投資回収

### 5.1 ランニングコストの低減（本システム採用新保店と従来システム採用他店との比較）

ランニングコストの比較（電気料金 単位：千円）

	全体の電気料金	熱源設備の電気料金	熱源設備以外の電気料金
新保店	20,971	5,554	15,417
他店	28,031	12,614	15,417

上記「省エネ性」と同じ考えで比較すると、熱源設備の電気料金は  
 $[(12,614 - 5,554) / 12,614 = 0.56]$  となり、約56% (7,060千円/年) の低減となる。

イニシャルコスト：約3.9年で回収

## 6. 他の建物（施設）への応用性

本システムは、食品スーパー向けのみならず、冷凍冷蔵倉庫における冷凍・冷蔵・低温空調などにも適用できる。

また、冷却にブラインを使用している事、安定した冷熱を利用できる事等から、0℃付近の高精度な温度管理が必要な設備等にも適用可能である。

## 7. 環境保全【温室効果ガス【CO<sub>2</sub>】の削減、TEWI: Total Equivalent Warming Impact（総等価温暖化影響）による評価】

熱源方式	間接要因	直接要因		TEWI	
	熱源設備の消費電力量によるCO <sub>2</sub> 換算量 (t-CO <sub>2</sub> /年)	冷媒ガス漏洩によるCO <sub>2</sub> 換算量 (t-CO <sub>2</sub> /年)		(t-CO <sub>2</sub> /年)	
		R404A	R22	R404A	R22
他店	321	363	174	684	495
新保店	288	60	29	348	317
CO <sub>2</sub> 換算削減量	33	303	145	336	178

TEWI評価は、地球温暖化に影響を与える直接的な要因と間接的な要因とを総合的に評価する手法である。

なお、従来システム採用他店と本システム採用新保店の使用冷媒はR22であるが、2020年に生産全廃が決定しているためR404Aによる算出も行った。

## 8. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

### 8.1 工夫した点と、その効果

ウルトラエコ・アイスシステムを開発する際、省エネについて工夫した点とその効果を表3に示す。

### 8.2 ショーケース内の陳列商品温度の高品質管理

表3に記載された効果の他に、本システムでは除霜中でもショーケース内の温度は殆ど変化せず、安定しているという事がある。陳列されてい

表3 システムの開発において工夫した点とその効果

工夫した点	効果
蓄熱に夜間電力を使用	① ③ ④ ⑤
-8℃以下の潜熱蓄熱	① ② ③ ⑤ ⑥
冷凍・空調の一体化	① ② ③ ⑤
躯体蓄熱（床暖房）	① ③ ④ ⑤
冷凍機の凝縮熱を回収、利用	③ ④ ⑤
フロンの代替としてブラインを使用	② ④ ⑥
直膨系凝縮液のサブクール	② ③ ⑤

\* 表の数字は、下記の項目を示している

(効果)

- ①電力負荷平準化
- ②蓄熱冷熱のカスケード利用
- ③エネルギー利用効率の向上 ④TEWIの低減  
 （省エネによる温室効果ガス [CO<sub>2</sub>] 換算量削減と、冷媒ガス漏洩低減による温室効果ガス [CO<sub>2</sub>] 換算量の削減）
- ⑤経済性の発揮（ライフサイクルコストの低減）
- ⑥システムの信頼性向上

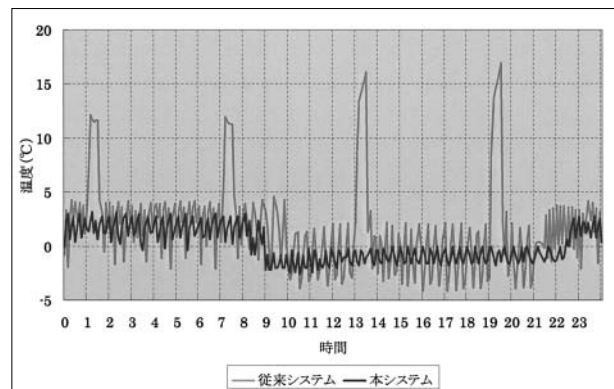


図3 ショーケース内吹き出し温度の比較

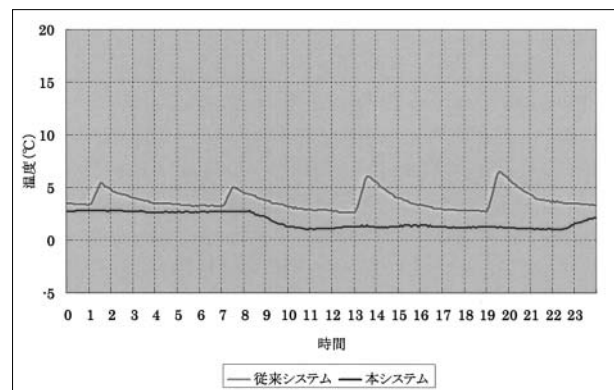


図4 ショーケース内における商品内部温度の比較

る食品の内部温度も安定しており、従来システムと比較し高品質の鮮度管理が行われる。

ショーケース内の吹出し空気温度を図3に、陳列されている商品の内部温度の状況を図4に示す。

### 8.3 店内環境改善

従来システム採用店のショーケース前面の床表面温度は約13℃と冷え込んでいるが、本システム採用によって排熱を利用した床暖房により床表面温度を16～20℃に調整可能となる。ショーケース周辺のコールドエイルも解消された。20℃以上に床温度を設定した店では買い物客の子供が床に気持ち良さそうに座り込む光景もあった、と店からの報告もあった。

## 9. 市場性、適応市場の大きさ、競合品又は他システムとの比較、販売実績等

### 9.1 市場性、適応市場の大きさ

本システムは、主に延床面積約3000m<sup>2</sup>、売場面積は、約1000m<sup>2</sup>以上の新築のスーパーマーケットにおいての実績がある。

現在、我が国において食品を扱う延床面積が約3000m<sup>2</sup>、売場面積が約1500m<sup>2</sup>規模のスーパーマーケットは、約10000店程存在するが、これらを対象とした大規模改修にも適応できると思われる。また、投資回収年数にもよるが、上記以外の規模における店舗にも適用可能である。

前述したが、冷凍冷蔵倉庫における冷凍・冷蔵・低温空調や、0℃付近の高精度な温度管理が可能な設備等にも適用可能である。

### 9.2 競合品又は他システムとの比較

現時点では、本システムと同様のシステムは、他に無いと思われる（PAT取得済み）。蓄熱の冷蔵システムとして、夜間電力を使用したサブクール方式の氷蓄熱システム（以下、サブクール方式と略す）がある。これは、夜間蓄熱した冷熱を昼間、冷凍機のサブクールに使用し、省エネを図るシステムである。

サブクール方式と本システムとの違いは、夜間蓄熱した冷熱の利用の仕方が異なるという事である。本システムは、夜間蓄熱した冷熱でショーケースを冷却するため、夏季のピーク時間（13時～16時）に冷凍機の運転を停止する事ができる（冷凍系統は除く）。サブクール方式では、サブクールにより冷凍機の冷凍効果を高めて運転を行う



ウルトラ エコ・アイス システム蓄熱ユニット外観

（ショーケース負荷をまかなう）ため、冷凍機の運転を停止する事はできない。

この違いにより、電気料金に関しては、東京電力様供給管内での「ピーク時間調整契約」メニューの適用が可能になる。この「ピーク時間調整契約」による料金割引は、電気料金の削減に大きく寄与している。

また、冷媒ガスの漏洩に関して、サブクール方式における冷凍・冷蔵系統の配管は、従来方式と同じく全て冷媒配管であるため、冷媒ガス漏洩の可能性が大きく残る。

現在、冷凍・冷蔵系統における冷媒ガスR404Aへの転換が進められているが、省エネと合わせて地球温暖化係数が非常に高い冷媒の漏洩量を減らす事が大切である。

省エネルギーと温室効果ガス低減を可能とする本システムの普及・拡大により、地球温暖化防止に貢献できる事を期待している。

## 優良省エネルギー設備顕彰事例②

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

# フリークーリングシステム

設備所有者：セイコーインスツル(株)  
設備施工者：(株)日立ビルシステム

### 建物の概要

名称 セイコーインスツル(株)  
マイクロエナジー事業部  
所在地 宮城県仙台市青葉区上愛子字松原45-1  
概要 建家 地上2階  
延床面積 3,100m<sup>2</sup>  
構造 S造  
用途 電子部品製造工場

### 1. 技術開発の目的と経過

目的：プロセス冷却用吸収冷温水機の大幅な省エネを計る。

経過：平成18年8月（設計）  
平成18年11月（試運転、引渡し等）

### 2. 設備・システムの概要

電子部品製造工場である当工場は、2棟あり、いずれも年間冷却負荷があり、それぞれ冷房能力281kW×3台、844kW×2台の吸収冷温水機が設置されている。

吸収冷温水機の燃料はLPGであり、価格の高騰と環境問題から、当工場にとって省エネルギー（省マネー）は重要課題となっていた。今回、冷房能力281kW×3台を対象にフリークーリングシステムを導入し、省エネルギーを計ることとした。

中間期～冬季の外気温度が低下する時期に、冷却塔で冷水をつくり熱交換器を介して既設冷水槽に供給し、冷温水機の運転時間を低減（燃料消費量を抑える）させるものである。

フリークーリングシステムの中核となる演算・



建物外観

制御方法の概略は外気湿球温度と冷水戻り温度から、冷却塔の冷却能力を求め、フリークーリングシステムが有効である場合のみフリークーリング運転する。

その結果、冷水戻り温度と外気湿球温度の条件によって

- ①フリークーリング運転
- ②フリークーリングと冷温水機運転の併用
- ③冷温水機運転

の3つのパターンでの運転となる。

この度、汎用性のあるフリークーリング制御盤を開発し、市販の熱交換器と電動ボール弁との組み合わせで全自動運転としており、平成18年11月から連続運転に入っている。

本システムの導入効果は、前年度（平成17年度）と比較すると、原油換算で36kLの省エネ効果（省エネ率 25.5%）、85.2トンCO<sub>2</sub>の削減が得られている。



### 3. 着想

当地は冬季の湿球温度が低下することと、当工場に冬季の冷房負荷が存在することに着目し停止中の冷却塔を有効利用し、冷水を製造することで吸収冷温水機の年間運転時間を大幅に減らし燃料消費量を抑えるものである。また、本システムは停止中の冷却塔と冬季冷房負荷が存在すれば、熱源機の種類に拘らず導入可能となる。

### 4. 効果（省エネルギー）

#### 使用・運転・計算等 条件

フリークーリングシステム導入にあたり、主要機器となる熱源機、冷却塔及び冷水槽は既設をそのまま使用することにした。仕様を表1に示す。

表1

機器名	仕様	台数	
吸収冷温水機	型式	HAU-G80EX	3
	冷凍容量	281kW(80RT)	
	燃料消費量(LPG)	9.6m <sup>3</sup> N/h	
	冷水温度 入口/出口	12.5℃/7℃	
	冷却水温度 入口/出口	32℃/38℃	
密閉式冷却塔 (ブライン仕様)	型式	STE-125L6	3
	冷却能力	566.9kW	
	冷却水温度 入口/出口	37℃/32℃	
	電動機出力	5.5+2.2kW	
冷水槽	ステンレスパネル水槽	4m <sup>3</sup>	1

#### 使用・運転・計算等 結果

システム導入後の中間期（11月）1日の運転状況を図1に示す。

外気温の変化に応じて、運転すべき冷温水機、フリークーリングの組み合わせが自動で選定され制御していることがわかる（負荷側要求水温は7℃～11℃）。

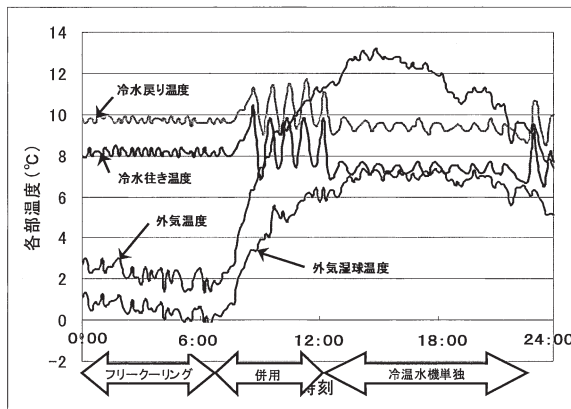


図1 運転状況（中間期）

フリークーリングシステムの効果を調べるため導入前後のエネルギー消費量を調べた。導入前後のエネルギー消費量を図2に示す。

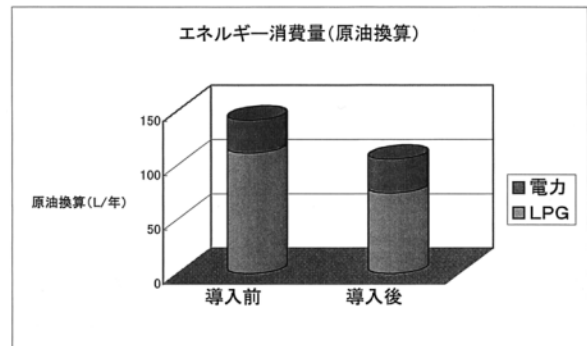


図2 エネルギー消費量

#### 省エネ効果

導入前後の省エネ効果をまとめ、表2に示す。原油換算で約36kL/年の当初計画通りの省エネ効果が得られた。

表2

項目	導入前	導入後	削減量	削減率(%)	
LPG	消費量(m <sup>3</sup> /年)	41,333	27,329	14,004	33.9
	原油換算(kL/年)	111	74	37	
電力	消費量(kWh/年)	112,320	115,400	*1 -3,080	-2.7
	原油換算(kL/年)	30	31	-1	
合計	原油換算(kL/年)	141	105	36	25.5

\*1: 冷却塔ファン動力増加分

### 5. 投資回収（省マネー）

フリークーリング導入前後のランニングコスト比較を表3に示す。

表3

項目	導入前	導入後	削減量	
LPG	消費量(m <sup>3</sup> /年)	41,333	27,329	-
	単価(円/m <sup>3</sup> )	180	180	-
	料金(千円/年)	7,440	4,919	2,521
電力	消費量(kWh/年)	112,320	115,400	-
	単価(円/kWh)	11	11	-
	料金(千円/年)	1,236	1,270	-34
合計	料金(千円/年)	8,676	6,189	2,487

備考：エネルギー単価は当事業所の管理値

#### 投資回収は

- ・イニシャルコスト 6,000千円
- ・ランニングコスト低減額 2,487千円/年
- ・単純回収年 2.4年

である。

## 6. 他の建物への応用性

外気湿球温度が低い冬季に冷房負荷があり、停止中の冷却塔があれば吸収冷温水機に限らず、ターボ冷凍機、水冷チラーの空調設備に採用可能である。

また、負荷からの冷水戻り温度が高い場合、予冷用として使え、適用期間も長くなりさらに効果は大きくなる。

## 7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

今回、システム導入にあたり、新たに設置した主要構成要素を表4に示す。他にセンサー等がある。

表4 主要構成機器

名称	仕様		台数
制御盤	タッチパネル	GP2401	1面
	シーケンサ	FX2N-48MR	
	寸法	600W×250D×1,000H	
プレート式熱交換器	型式	M10-MFM	1台
	交換熱量	153.5kW	
	寸法	470W×885L×1,084H	
	機器重量	約300kg	

## 8. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等

1.種々の空調設備の仕様（熱源機、補機、負荷、燃料単価）が異なる場合でも対応できるように標準化した。具体的には、タッチパネルにより、系の安定時間、バックアップ機の運転・停止を決定するフリークーリング能力判定値を顧客の空調設備に適合するようテンキーにて任意に入力できるようにした（図3参照）。

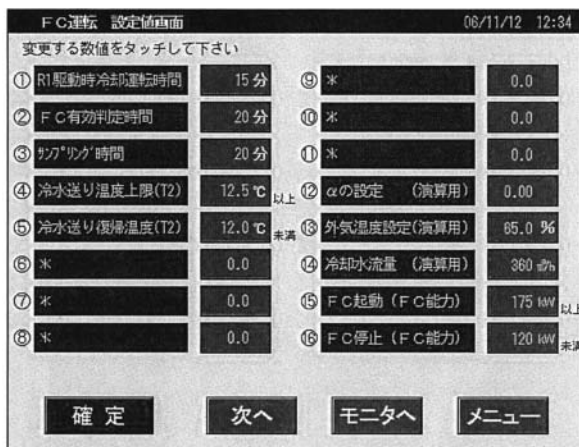


図3 フリークーリング設定画面

2.今回開発した制御盤の演算・制御方法の概略を下記に示す。

- (1) 冷水戻り温度と外気湿球温度を計測する。
- (2) 図4から、フリークーリング能力を演算（冷却塔入口温度は冷水戻り温度と熱交換器の仕様で決まる）。
- (3) 演算結果により、フリークーリングの有効・無効を判定する。

本設備の運転単価を図5に示す。図より、フリークーリング能力20kW以上あれば冷房負荷(kW)に拘らず、冷温水機運転よりフリークーリング運転の運転単価が安価となる。したがって本システムでは、フリークーリング運転条件をフリークーリング能力20kW以上とした。

冷房負荷とフリークーリング能力の相関によって、図6の運転パターンとなる。

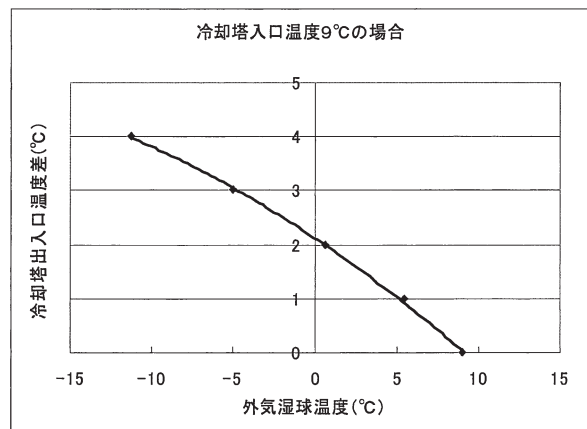


図4 フリークーリング能力線図

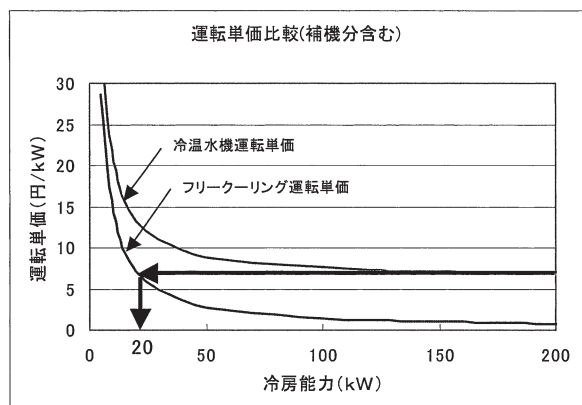


図5 フリークーリング運転/停止判定線



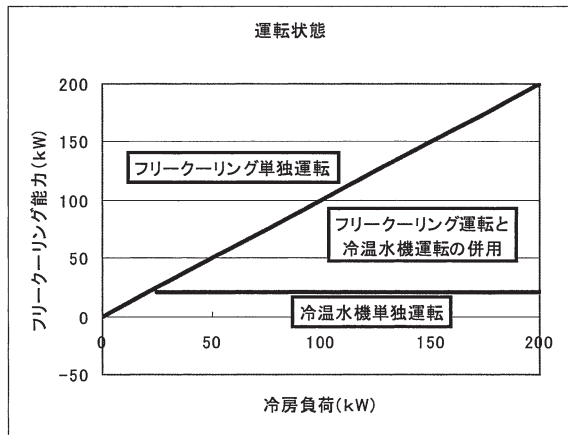


図6 運転状態図

3. 冷温水機の冬の凍結防止対策としては、フリークーリング運転時においても冷温水機へ常時冷水を流すこととした。
4. クーリングタワーの冷却水制御温度はフリークーリング運転時4℃、冷温水機運転時に冷温水機運転時に25℃とした。
5. 本設備は冷却水がブライン仕様であるため、プレート式熱交換器を採用した。

## 9. 環境保全、便利性等

導入前後のCO<sub>2</sub>の排出量を表5に示す。

本システムの導入により、85.2トンCO<sub>2</sub>/年が削減でき、環境保全に寄与できた。

表5

項目		導入前	導入後	削減量
LPG	消費量(m <sup>3</sup> /年)	41,333	27,329	14,004
	CO <sub>2</sub> 排出量(kgCO <sub>2</sub> /年)	256,678	169,715	86,963
電力	消費量(kWh/年)	112,320	115,400	-3,080
	CO <sub>2</sub> 排出量(kgCO <sub>2</sub> /年)	62,338	64,047	-1,709
合計	CO <sub>2</sub> 排出量(kgCO <sub>2</sub> /年)	319,016	233,762	85,254

備考：排出係数は平成18年環境省温室効果ガス排出量算定方法資料値を使用。

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

本システムは、冬季の冷却負荷があり、停止中の冷却塔があれば、全ての設備に適用可能である。要求水温が同一であれば外気湿球温度が低い寒冷地ほど有利であるが、要求水温が10℃程度であれば適用可能地域と適用可能期間は広がり、また設備規模が大きいほど回収年は短くなる。

さらに、蓄熱槽があると、システムが簡略化さ

れ、導入費も低減される。

当社販売実績としては、国内電子部品、半導体工場向け省エネシステムとして数多くの納入実績がある。

従来は、外気状態により、人間の判断でバルブを開閉していたが、最近のニーズは演算、バルブ操作を全自動化したシステムが主流である。本システムは省エネ法によるエネルギー使用量の削減対策、環境問題としてのCO<sub>2</sub>削減対策としても有効な手段である。

## 11. 外観・構造図

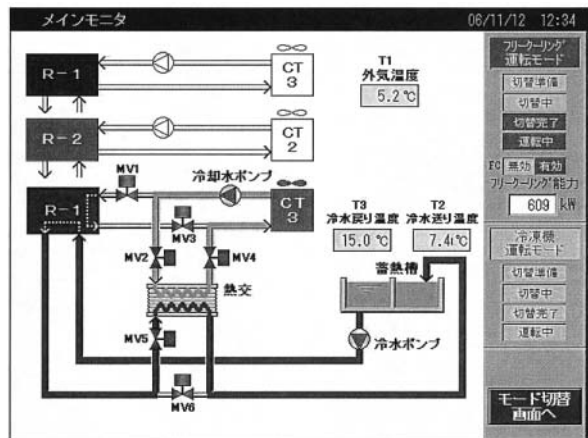


図7 システムフロー図



図8 吸収冷温水機と冷却塔

## 優良省エネルギー設備顕彰事例④

新設設備部門 (社)日本冷凍空調設備工業連合会会長優秀賞

### 放射冷暖房HR-Cシステム

設備所有者：社会福祉法人 青山会 特別養護老人ホーム くわのみ荘  
設備施工者：ピーエス工業(株) 共栄設備工業(株)

#### 建物の概要

名称 特別養護老人ホーム くわのみ荘  
所在地 熊本県熊本市迎町2-4-4  
概要 建家 地上3階  
延床面積 7,000m<sup>2</sup>  
構造 RC造  
用途 養護老人ホーム

#### 1. 技術開発の目的と経過

##### 目的：

高齢者、および施設運営スタッフにとって活動しやすい冷暖房空間を、従来よりも少ないランニングコスト・エネルギー消費量で実現させることが当システム採用の目的である。さらに施設内の不快感や不均一な温冷感をなくし、安全で健康的な温熱環境を、四季を通して提供することを目指した。

##### 経過：

平成14年 企画、構想、基本設計等  
平成15年 実施設計  
平成16年 1期工事・試運転・引渡  
平成17年 2期工事・試運転・引渡

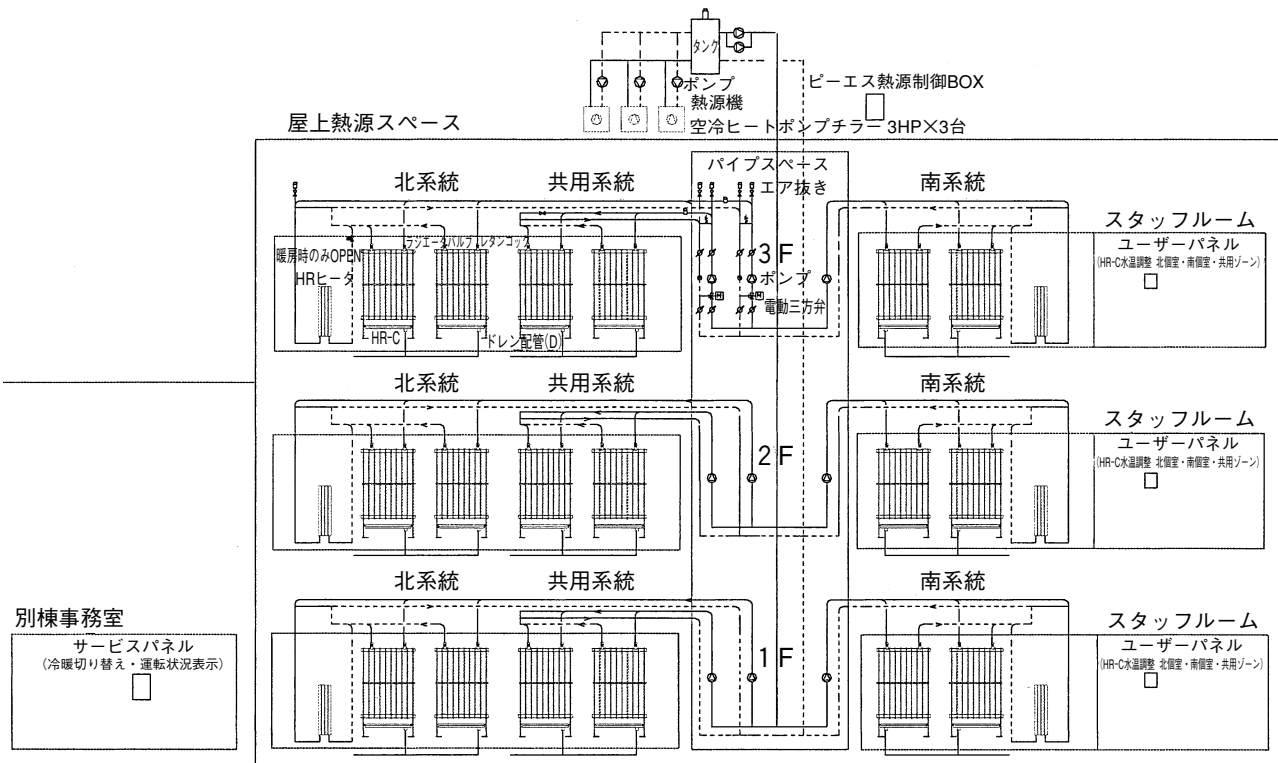
#### 2. 設備・システムの概要

施設各所に放射冷暖房HR-Cを配置し、放射熱と自然対流により、ドラフトや送風機による騒音が全くない、穏やかな室内冷暖房環境を創る。HR-Cシステムとは、インテリアに合わせて色や寸法、収まりなどがデザインされた鉄製ラジエータの中に年間を通して中温水（冷房時10～20℃、



建物外観

暖房時20～35℃程度）を循環させるシステムである。室内放熱器となるHR-Cラジエータの表面は露点温度以下で運転することが可能で、その際、特殊防錆塗装が施された表面に空気中の水分が結露し、その水滴は下部のドレーン受けを介して室外に排出され、緩やかな除湿機能を発揮する。熱源となる空冷ヒートポンプは、HR-Cの特徴である高めの水温での冷房と低めの水温での暖房運転



により、高効率運転を行い、24時間連続運転によって最大負荷よりも小さな容量で熱源システムが構成されている。

### 3. 着想

季節の変化が豊かな気候風土において、特に厳しく高温多湿な夏期や、昼夜の温度差が激しい冬期の室内温熱環境を施設で生活する高齢者のために24時間穏やかに保つことは重要である。熊本は冬期、日中15℃に達しても夜間の最低気温は氷点下になることがある。暖房が夜間もしっかりと運転されていることは重要であるが、送風機の騒音、ドラフト、過度な乾燥は避けなくてはならない上、

当然のこととしてランニングコストにも配慮する必要がある、実際運営上の課題は多い。冷房においても施設の居住者である高齢者の温冷感と施設で働く介護スタッフの間で、快適と感じる温度が異なることが多い。

廊下や共有スペースを含めて全館穏やかに冷暖房するために、少ないエネルギー消費量で連続運転を行なう放射冷暖房HR-Cシステムを全館に、インテリアデザインの一部としても生かした計画を行い、設備と建築を統合させた形で室内環境を作ることが本計画の出発点であった。また、ラジエータ表面を結露させることによって高温多湿気候に適した放射冷房の実践例として提案の幅を広げている。

### 4. 省エネ性・投資効果

くわのみ荘空調システム比較表

	放射冷暖房HR-Cシステム	氷蓄熱ユニット＋ 空冷ヒートポンプマルチエアコン	空冷ガスヒートポンプ マルチエアコン
イニシャルコスト [円]	163,000,000	173,800,000	186,000,000
ランニングコスト [円/年]	5,098,000	13,670,000	11,600,000
15年間のランニングコスト	76,470,000	205,050,000	174,000,000
イニシャルコスト＋ ランニングコスト(15年間)	239,470,000	378,850,000	360,000,000
比率	100%	158%	150%

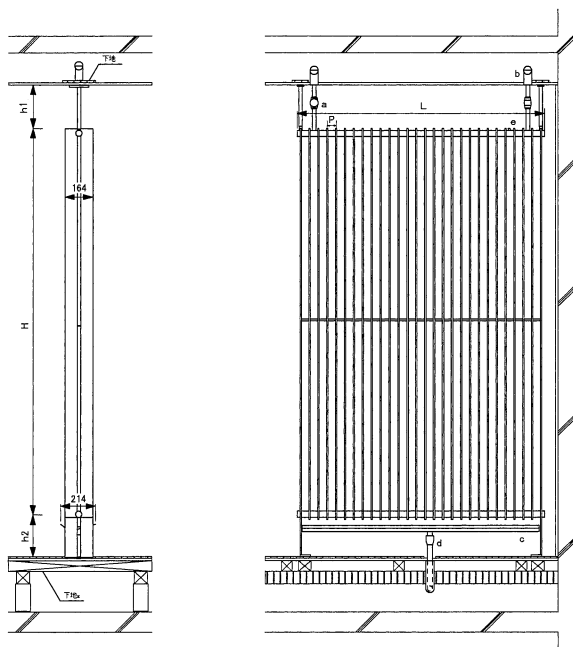
※イニシャルコスト、ランニングコストはシステム検討時の概算です。

## 5. 他の建物への応用性

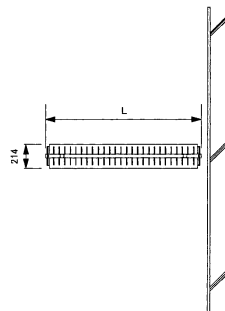
放射冷暖房HR-Cシステムは高温多湿な日本の夏に適した放射冷房方式として住宅はじめ高齢者施設や医院など、様々な建物への応用実績が増えている。また、HR-C放熱器はオーダーメイドで空間に合わせて製作すること、システムや運転方法も地域の気候風土や用途に合わせて計画されるため、応用性は幅広く、従来型空調方式や置換換気方式との適切な組合せも可能である。

## 6. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

HR-Cラジエータの外観図



H : フィン高さ (450~5600mm)  
 h1 : 天井振れ止め  
 h2 : 脚  
 L : 製品幅 (240~1400mm)  
 P : フィン間隔  
 a : バルブ  
 b : 冷温水配管  
 c : ドレパン  
 d : 排水管  
 e : エア抜き

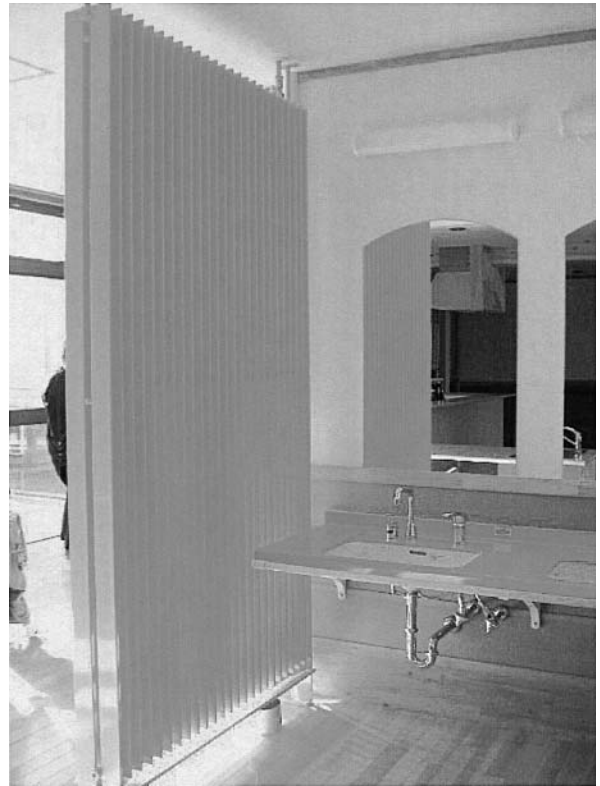


## 7. 環境保全、利便性等

電力消費量を低減させることを通してCO<sub>2</sub>削減などに貢献した。

HR-Cラジエータの耐用年数は30年以上で、リサイクル可能な鋼鉄製である。

運転は極めてシンプルな水温制御の連続運転を採用しており、施設管理者の日々の運転管理は最低限に抑えられている。



HR-C ラジエータ

## 8. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

1) 放射冷暖房HR-Cシステムの特徴：

- 日本の高温多湿気候に適した放射冷暖房システムとして開発されたため、熊本の夏のように特に高い湿度の気候風土の条件でも安心して使える。HR-C放熱器の表面は積極的に結露させて、緩やかな除湿性能を持たせている。凝縮した空気中の水分は放熱器の下のドレイン受けに集められ、室外に排出される。

- 送風機を使用せず、放射と自然対流のみで室内の温熱環境を整える。

2) くわのみ荘におけるHR-Cシステムの工夫：

各フロアは大きく4つに分かれ、さらに完全個室制を取り入れたユニットケアシステムなので、制御ゾーン分けや運転方法に工夫が施された。

- 階毎に南北個室ゾーンと内部共有ゾーンの3系統、合計9系統に分け、水温調節を自



在にした。

- 体感温度の個人差に対しては各室に設置されたHR-C放熱器のバルブ調整で簡単にできるようにした。
- 日射の遮蔽や季節に合わせた窓による自然換気を積極的に行なうように促し、施設運営管理者に対する冷暖房システムとブラインドや窓の適切な組合せによる運転方法の説明を徹底した。
- 24時間連続運転でピーク負荷を考慮しない小さめに設計した熱源容量でコンプレッサーの頻繁な発停回数を抑え、さらに季節による台数制御で安定した運転特性を引出した。

なお、HR-C放熱器は意匠の面からもユニットケアのゾーンごとに異なるテーマ色で設置されており、ユニットごとのシンボルカラーとして活用されている。

## 9. 市場性、販売状況、適応市場の大きさ、競合品又はシステムとの比較、販売実績

放射冷暖房HR-Cシステムはその柔らかい快適性と省エネ効果から、図書館、保育園や医療福祉施設、個人住宅に採用実績が広がっている。また、天井高のあるホールの吹抜け空間などにおいては、対流型空調方式との適切な組合せで置換換気にも適した方式として実績がある。



新刊紹介

## 省エネ対策の考え方・進め方

高田秋一・堀川武廣 共著

### <目次>

- 第1章 地球温暖化を防ぐには
- 第2章 照度・外気量の適正化等による空気負荷の低減
- 第3章 運転方法の再検討と改善
- 第4章 冷水・冷却水・給排水・給湯システムの再検討
- 第5章 給排気・換気・空気圧システムの見直し
- 第6章 冷凍機の省エネ
- 第7章 電動機と電気設備
- 第8章 コージェネレーション
- 第9章 統計的手法による省エネの評価とエネルギー消費予測

定価 2,800円(税別) A5判 202頁

発行 (株)オーム社 ☎03(3233)0641



## 優良省エネルギー設備顕彰事例⑤

新設設備部門 (社)日本冷凍空調設備工業連合会会長優秀賞

# クリーンルーム用空調設備

設備所有者：三井化学(株)

設備施工者：(株)ダイキンアプライドシステムズ

### 建物の概要

名称 三井化学(株)名古屋工場クリーンルーム  
所在地 名古屋市南区丹後通2-1  
概要 建家 地上2階  
延床面積 5,500m<sup>2</sup>  
構造 S造  
用途 工場

### 1. 技術開発の目的と経過

**目的：**当社新開発の統合制御システムZU:NOS（ズーノス）を使った省エネ制御により、クリーンルーム空調の省エネ化を図る。

ZU:NOSとは頭脳+Network Operation Systemからなる造語（登録商標）で、熱源、空調機器をネットワーク配線するだけで全体最適システムが構築できる“頭脳を持った制御システム”のこと。

**経過：**平成18年 設計、検討等  
平成18年 試作、試験納入等  
平成19年 試運転、引渡し等

### 2. 設備・システムの概要

クリーンルーム空調は、一般空調と同様に熱源系、搬送系、空調系で構成されるが、一般空調に比べて空調系の動力比率が高いことに着目して、空調機ファン動力の低減により省エネを図るもの。

空調機を1箇所まとめて配置すると本システムのような大型クリーンルームではダクトが長く



建物外観



クリーンルーム空調設備用熱源機

なり、ダクト抵抗によるロスが増える。本システムでは空調機を分散配置することによりダクトを無くし、それぞれの空調機を通信にて接続して全体の連携制御を行うことにより、トータルシステムとしての省エネを図った。

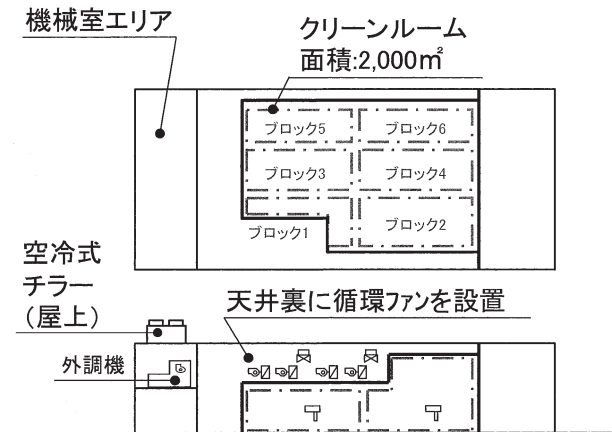


## (1) 設備概要

### ①空調条件

- ・温度 23±1℃
- ・湿度 50±5%RH
- ・清浄度 10,000個/ft<sup>3</sup>
- ・室内圧力 +25Pa以上

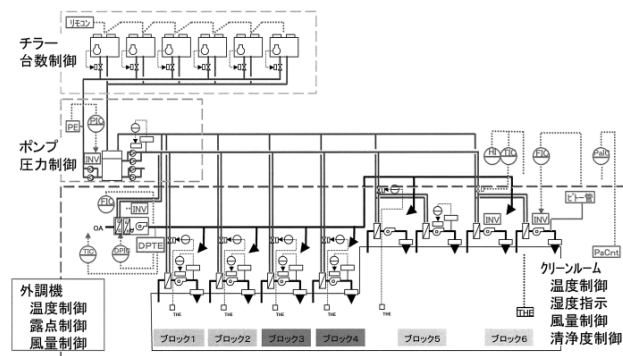
### ②設備全体概要



### ③機器概要

熱源機器	空冷チラー	120HP×6台
	1次ポンプ	15kW×2台
	2次ポンプ	30kW×2台 18.5kW×2台
	蒸気発生器	60kW×3台
二次側機器	外調機	400CMM×1台
	コイル+ファン	422CMM×9台 211CMM×2台
	HEPAユニット	106CMM×40台

## (2) 設備フロー



## 3. 着想

熱源系、搬送系、空調系で構成されるクリーンルーム空調では、熱源系はシステムが自己完結しているために省エネ効果の大きい容量制御が比較

的しやすいことに対して、搬送系、空調系では客先設備や客先での運用によるところが大きいため容量制御が容易にできず、省エネ化が進みにくい。特に空調系においては

1. 清浄度維持
2. 温湿度精度確保

を優先するために必要以上に風量が多くなり、そのために一般空調に比べてもファン動力が大きくなっているのが実状である(一般空調に比べて数倍以上の風量が必要とされている)。

ところで、クリーンルームの清浄度を阻害する塵埃発生には次の要因が挙げられる。

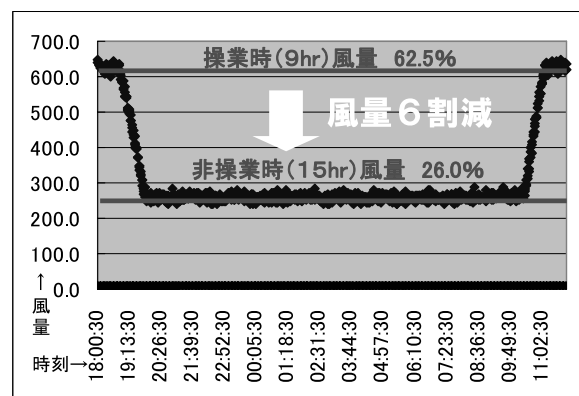
- ①生産機器からの塵埃発生
- ②作業員からの塵埃発生
- ③外気からの塵埃の侵入

また、温湿度精度を阻害する要因としては

- ①生産機器からの発熱
  - ②作業員からの発熱
  - ③周囲からの熱の侵入
- が挙げられる。

上記要因の①、②については操業時のみに発生するものであり、人のいない非操業時には発生することがない。また、非操業時には人がいないため外気導入量の低減化もはかれることから、非操業時には操業時に必要な清浄度維持、温湿度精度確保のための風量は不要となり、風量の低減化が可能となる。

## 4. 実測データ

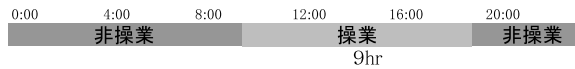


操業時(定格運転時)と非操業時(省エネ運転時)との風量比率は26.0/62.5=41.6%

## 5. 効果(省エネルギー)

本クリーンルームでの稼働状況は、昼間だけの操業であり、夜間は非操業状態となっている。

## ■ 1日のクリーンルームの稼働状況



## ■ クリーンルームの稼働時間

項目	操業	非操業	合計
時間/日	9	15	24
時間/年	1800	6960	8760
比率	21%	79%	100%

※年間200日稼働

## ■ クリーンルーム動力比

稼働状況	風量比	動力比
操業	100%	100%
非操業	41.6%	7.2%

※動力比は風量比の3乗に比例と仮定

圧倒的に比率の高い非操業時のファン風量を4割に落とすことにより、操業時(定格風量)に比べて動力比を約7%まで低下できるので、常に定格風量で回している場合に比べての電力削減比率は  
電力削減比率＝

$$(100\% \times 21\% + 7.2\% \times 79\%) / (100\% \times 100\%) = 26.7\%$$

## 空調機動力表

空調ブロック	循環ファン1	循環ファン2	インバータファン
ブロック1	11.0kW	11.0kW	1.5kW
ブロック2	11.0kW	11.0kW	なし
ブロック3	11.0kW	11.0kW	1.5kW
ブロック4	11.0kW	なし	なし
ブロック5	11.0kW	5.5kW	1.5kW
ブロック6	11.0kW	5.5kW	0.4kW
小計	66.0kW	4.0kW	4.9kW
	合計		114.9kW

動力表のとおり、空調機の全動力は115kWであることから年間通じて定格風量で回した場合の電力費は

$$\text{定格風量時の電力費} = 24 \times 365 \times 115 \times 11 = 11081 \text{千円}$$

$$\text{省エネ制御時の電力費} = \text{定格風量} \times 0.267 = 2959 \text{千円}$$

$$\text{※1kWh} = 11 \text{円として試算} \quad \text{年間削減額} \quad 8,123 \text{千円}$$

$$\text{削減電力量} \quad 738,424 \text{kWh}$$

## 6. 投資回収(省マネー)

A. 本設備の計装に関わる費用(機器、工事費用)＝2250万円

B. 年間削減電力費用＝812万円

従って、投資回収(A/B)＝2.77年となる。

## 7. 他の建物への応用性

・連続操業していないクリーンルームであれば、同様の応用が可能。

## 8. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

### 制御機器仕様

### ■ ZU:NOS機器概要

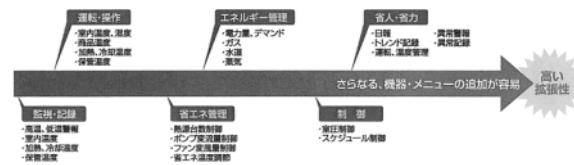
**ネットワークI/F**  
DIII GW  
ダイキン空調機とDIII GWでダイレクトに独自ネットへ接続し、機器内部情報を入手。  
LonGW  
LonGWによりシステムのさらなるインターオペラビリティのアップを実現します。  
Lonは登録商標です。

**ユーザI/F**  
タッチパネル  
様々なユーザーニーズをカスタマイズするタッチパネル。  
コンパネP板  
動力盤には独自開発のコンパネP板で簡単操作。

**全体システム制御**  
システム制御P板  
機器間を超えた全体最適制御を行ないます。ソフトは実績ある機能毎に標準化してモジュール化。お客様のシステムに最適な制御を実現します。

**機器制御**  
機器制御P板  
空調機やその周辺機器の制御をコンパクトに実現。機器制御P板は3ループの調節計とシーケンサの機能を持ち、工場設備向け空調機制御に最適。  
エアハnP板  
エアハnP板はビル、事務所などの一般空調向けに機能を凝縮しました。

### ■ ZU:NOS機器機能



## 9. 環境保全、便利性等

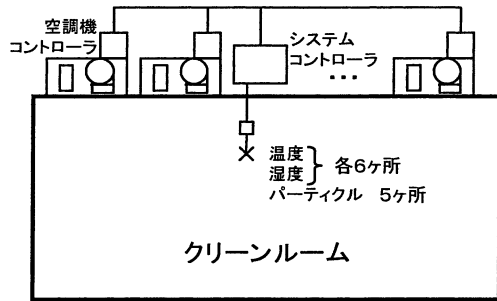
省エネによるCO<sub>2</sub>削減量  
＝削減した電力量×0.555kg/kWh  
＝795846kWh/年×0.555kg/kWh  
＝442トン/年

## 10. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

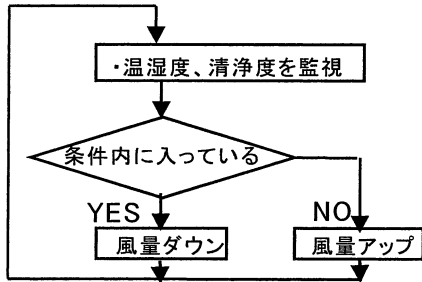
(1) クリーンルーム向け省エネ技術の構築

### ① ファン可変風量制御方法の構築

非操業時の省エネ制御時は監視しているクリーンルーム内の温度、湿度、パーティクルの値が規定値内であれば風量をダウンし、規定値を外れると風量をアップして定格値に戻す。



■制御システム概要



■制御フロー

なお、客先への清浄度、温湿度精度保証にあたっては客先と複数の測定ポイントを設定(パーティクル5カ所、温湿度6カ所)し、いずれのポイントも保証条件内に入っていることをチェックすることにより実現している。

②空調機の分散配置と通信による分散制御  
空調機を分散配置して通信にて連携制御することにより、ダクトを削減して搬送動力を削減。

(2) トータル省エネ管理システムの構築

クリーンルーム空調系の省エネだけでなく、設備全体の省エネとそれを維持・改善できるシステムを構築した。

①空調系以外の省エネ制御

・熱源系 (熱源台数制御)

空冷チラー6台を出口温度により台数制御することにより容量制御幅の拡大化をはかり、省エネ効果向上。

・搬送系 (ポンプ変流量制御)

ポンプ出口圧力により、変流量制御を行うことにより省エネ効果を向上。

②データ監視システム構築

省エネ制御の効果を所内各所から簡単に監視できるようにし、省エネ状況データの情報共有化をはかって省エネ意識の向上につなげた。

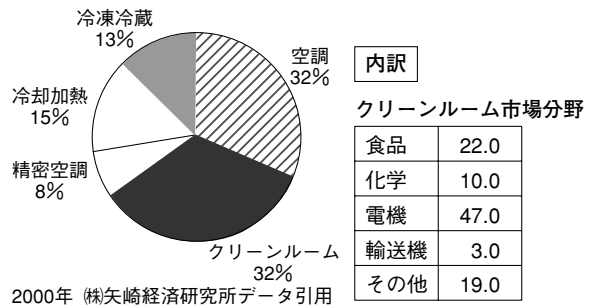
③運用改善システム

データ監視システムにより得られた運転データ

から最適化チューニングを行って運用改善を行う。(運用状況によっては操業時の風量ダウンにもトライし、更なる省エネ化を目指していく予定。)

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

クリーンルーム市場は産業空調市場の約3分の1を占めるものと推定され、またその約半分が電機関連市場となっているものと推定される。

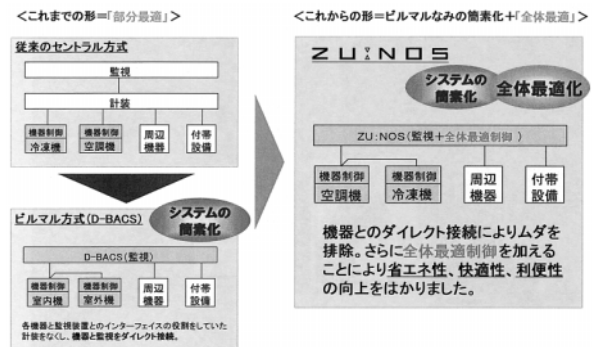


■販売実績

・ZU：NOS適用空調システム販売実績	57件
・上記のうちクリーンルームの販売実績	11件

競合品またはシステムとの比較は下記に示すとおりである。

競合品との比較



従来のセントラル方式に比べてZU：NOSでは独自ダイレクト接続による機器内部情報の活用により、部分最適制御で生じていた各システム間のインターフェイス部分での無駄を無くし、また、全体最適制御により更なる省エネ性を実現したものである。

## 優良省エネルギー設備顕彰事例⑥

新設設備部門 (社)日本冷凍空調設備工業連合会会長奨励賞

# CO<sub>2</sub>二次冷媒自然循環システム

設備所有者：明治乳業(株) 稚内工場  
設備施工者：(株)東洋製作所

### 建物の概要

名称 明治乳業(株) 稚内工場 バター貯蔵庫  
所在地 北海道稚内市声問5丁目41番1号  
概要 建家 地上1階  
延床面積 338m<sup>2</sup>  
構造 SRC造  
用途 製品保管用冷凍庫

### 1. 技術開発の目的と経過

#### 目的：

省エネルギー、CO<sub>2</sub>排出量削減を目的とした小型CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>冷凍装置の開発

#### 経過：

平成18年1月～平成18年4月（設計、検討等）  
平成18年5月～平成19年5月  
（試作、試験納入等）  
平成19年6月～ （試運転、引渡し等）

### 2. 設備・システムの概要

(内容説明、構造、特徴等)

NH<sub>3</sub>冷凍機、NH<sub>3</sub>レシーバー、カスケードコンデンサー、CO<sub>2</sub>レシーバー、CO<sub>2</sub>ポンプ等をユニット内に収納した小型CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>冷凍装置で、システムの概要は以下である。

NH<sub>3</sub>圧縮機で圧縮されたNH<sub>3</sub>ガスはNH<sub>3</sub>凝縮器(エバコン)で凝縮し、NH<sub>3</sub>膨張弁で減圧されたカスケードコンデンサーに供給されたNH<sub>3</sub>液の蒸発によってガス化し、NH<sub>3</sub>圧縮機に吸入される。

CO<sub>2</sub>ガスはカスケードコンデンサーでNH<sub>3</sub>液の蒸発によって凝縮し、CO<sub>2</sub>レシーバーに溜りCO<sub>2</sub>



写真1 建物全景

液ポンプによってCO<sub>2</sub>冷却器に供給される。供給されたCO<sub>2</sub>液は冷却器で被冷却流体より熱を奪って蒸発し、カスケードコンデンサーでCO<sub>2</sub>ガスがNH<sub>3</sub>冷媒によって冷却され、CO<sub>2</sub>ガスが液に相変化するためカスケードコンデンサー冷却境界壁面で圧力が低下し吸引作用によって循環する。

### 3. 着想

オゾン破壊係数(ODP)がゼロであり、地球温暖化係数(GWP)が非常に小さい自然冷媒の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)とアンモニア(NH<sub>3</sub>)を組み合わせた冷凍システム。

冷媒としてのエネルギー効率が高いアンモニア冷凍機を採用し冷凍装置の消費電力量を低減するとともに、負荷側設備でのアンモニアの毒性・臭気性によるリスクを最小限に押さえるため、二酸化炭素を二次冷媒として負荷側蒸発器へ供給する。

また、自然冷媒を採用することで冷凍装置内か





写真2 CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>ユニット外観（機械室）

らの冷媒漏洩による地球環境への影響を抑制する。  
このシステムは環境保全の観点から普及しはじめているが、その殆どが大型設備であり、小規模冷凍装置へ展開を図り、さらなる普及促進のために、小型コンパクトなCO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>ユニットを開発した。

#### 4. 効果（省エネルギー）

表1に省エネルギー効果試算を示す。

試算では、従来フロン機（R404A空冷機）と比較して1年間の消費電力量で47,700kWhの削減となる。

実際には、平成19年7月～10月の月平均の使用電力量が、試算値の月平均消費電力量\*に比べ約13%低いデータとなった。夏期4ヵ月平均での実績値が12ヵ月平均の試算値よりも少なくなっていることから、年間を通した場合にはさらに省エネルギー効果が高くなると予想される。

（※試算値の月平均消費電力量：表1「省エネ型低温用自然冷媒装置の普及モデル事業」実施計画書 CO<sub>2</sub>削減効果計算書の⑤年間消費電力量を12ヵ月平均で算出した値。）

#### 5. 投資回収（省マネー）

省エネルギー効果試算より、削減される電力消費量は47,700kWh/年となり、電気料金を12円/kWhとすると、572,400円/年のランニングコスト低減となる。

イニシャルコストは従来フロン機と比べ6,000千円増となるが、環境省の「省エネ型低温用自然冷媒装置の普及モデル事業」から従来フロン機と



写真3 エバコン（蒸発式凝縮器）外観



写真4 アンモニア除害設備（NH<sub>3</sub>スクラバー）外観

の設備費の差額の1/3が補助される。本件では2,000千円が環境省から補助されており、実質的な従来フロン機との差額4,000千円はランニングコストの削減効果により約7年で差額を減価償却することになる。

#### 6. 他の建物への応用性

食品工場のフリーザー冷却設備、配送センターの冷却設備等で多くの納入事例がある。

## 7. 環境保全、便利性等

表1に省エネルギー効果試算に環境省「省エネ型低温用自然冷媒装置の普及モデル事業」実施計画書 CO<sub>2</sub>削減効果計算書を示す。

試算結果より従来フロン機（R404A空冷機）と

比較してCO<sub>2</sub>排出量を年間49.2ton削減する。

削減量内訳

- 1) エネルギー起源CO<sub>2</sub>削減量…26.5ton/年
- 2) 冷媒漏洩CO<sub>2</sub>換算削減量…22.7ton/年

表1 省エネ型低温用自然冷媒冷凍装置の普及モデル事業実施計画書 CO<sub>2</sub>削減効果計算書

		A 自然冷媒冷凍装置	B 比較対象フロン装置	既存の冷凍装置 (新規設置等で既存装置がない場合は記入不要)	
				C 撤去する装置	D 部分的に残る装置 (ある場合に記入)
型番等(記入できる場合は記入)					
冷却負荷	kW	53.3	53.3		
冷却温度	°C	-20	-20		
冷媒		NH <sub>3</sub> /CO <sub>2</sub>	R404A		
凝縮温度	°C	31°C~35°C	31°C~35°C		
蒸発温度	°C	-34°C~-30°C	-34°C~-30°C		
冷凍能力	kW	59.6	63.6		
①冷凍機消費動力	bkW	29.16	44.6		
②その他補機動力一式	kW	8.6	2.0		
③合計動力(①+②)	bkW	37.8	46.6	0.0	0.0
④年間稼働時間	hrs/y	5,400	5,400		
⑤年間消費電力(③×④)	kWh	203,904	251,640	0	0
⑥電力換算値	kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.555	0.555	0.555	0.555
⑦エネルギー起源CO <sub>2</sub> (⑤×⑥/1000)	t	113.2	139.7	0.0	0.0
⑧冷媒保有量	kg	80	200		
⑨年間冷媒漏洩率		0.03	0.03	0.05	0.05
⑩冷媒のGWP		1	3,780	0	0
⑪冷媒漏洩CO <sub>2</sub> 換算量 (⑧×⑨×⑩/1000)	t	0.0024	22.68	0	0
⑫設置台数	台(式)	1	1		
⑬合計エネルギー起源CO <sub>2</sub> (⑦×⑫)	t	(ア) 113.2	(イ) 139.7	(ウ) 0.0	(エ) 0.0
⑭合計冷媒漏洩CO <sub>2</sub> 換算量(⑪×⑫)	t	(オ) 0	(カ) 22.7	(キ) 0	(ク) 0

← 年間消費電力量(試算結果)

CO <sub>2</sub> 削減量				
⑮エネルギー起源CO <sub>2</sub> 削減量(年間)	t	(コ)、(サ)欄のうち 大きい方	(イ)-(ア)	(ウ)-((ア)+(エ))
		(ケ)	26.5	26.5
⑯冷媒漏洩CO <sub>2</sub> 換算 削減量(年間)	t	(ス)、(セ)欄のうち 大きい方	(カ)-(オ)	(キ)-((オ)+(ク))
		(シ)	22.7	(ス) 22.7
合計削減量(⑮+⑯)	t		↑この列の(ロ)、(ヌ)欄は 比較対象フロン装置と自然 冷媒冷凍装置の差に ついて記入すること。	↑この列の(サ)、(セ)欄は 新規設置等で既存装置 がない場合は記入不要。
		49.2		

(注)裏面の記入要領に従い記入してください。

エネルギー効果試算

従来フロン機（R404）との比較

試算結果(年間)

項目	A. 自然冷媒冷凍装置 小型CO <sub>2</sub> /NH <sub>3</sub> 冷凍装置	B. フロン装置 R404A冷凍装置	差 A-B
年間消費電力量(kWh)	203,904	251,640	-47,736



## 8. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

1. R-22を冷媒に使用した小型のフロン冷凍設備のリニューアル更新に対応するため、ユニットの小型コンパクト化を実現した。
2. ユニットの小型化し分散して設置する小型分散方式に対応することで、負荷状況にあわせた装置の発停を細かく行い、大型機によるセントラル方式での容量制御による効率の低下を改善し、より大きな省エネルギーを図る。
3. CO<sub>2</sub>液を過冷却することによりCO<sub>2</sub>ポンプのキャピテーションを防止するシステムを採用し、同時にこのシステムでポンプの吸込揚程(NPSH)を低減しユニットのコンパクト化を実現。
4. アンモニア凝縮器にはエバコン（蒸発式凝縮器）を採用し、能力UPと運転動力の低減を図った。（寒冷地対策としてエバコンは外気温度10℃以下で空冷運転に切替えを行う。）
5. アンモニアの膨張弁にマグネティック比例制御弁を採用し、最適な過熱度制御を行うとともに、低負荷への追従性を向上させ、冷凍機の安定運転とCOP向上を図った。
6. 小型液ポンプを採用し消費動力の低減を図った。

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

冷媒にR22を使用した小型分散方式の既設フロン冷凍装置リニューアル、並びに新規冷凍冷蔵倉庫や食品凍結装置の冷却装置としての採用が見込まれる。

## 10. 外観・構造図

### 構造・システムフロー図

システムフロー図を図1に示す。

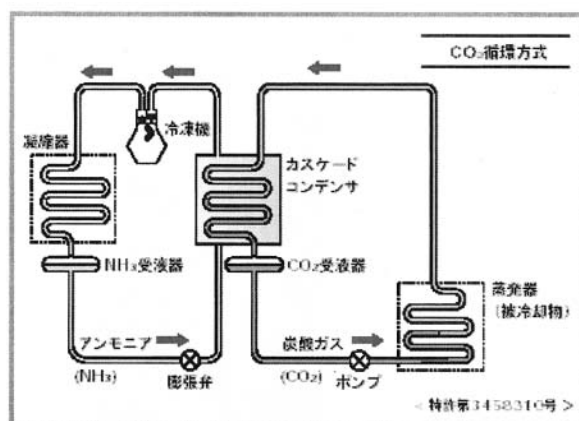


図1 CO<sub>2</sub>二次冷媒循環システムフローシート

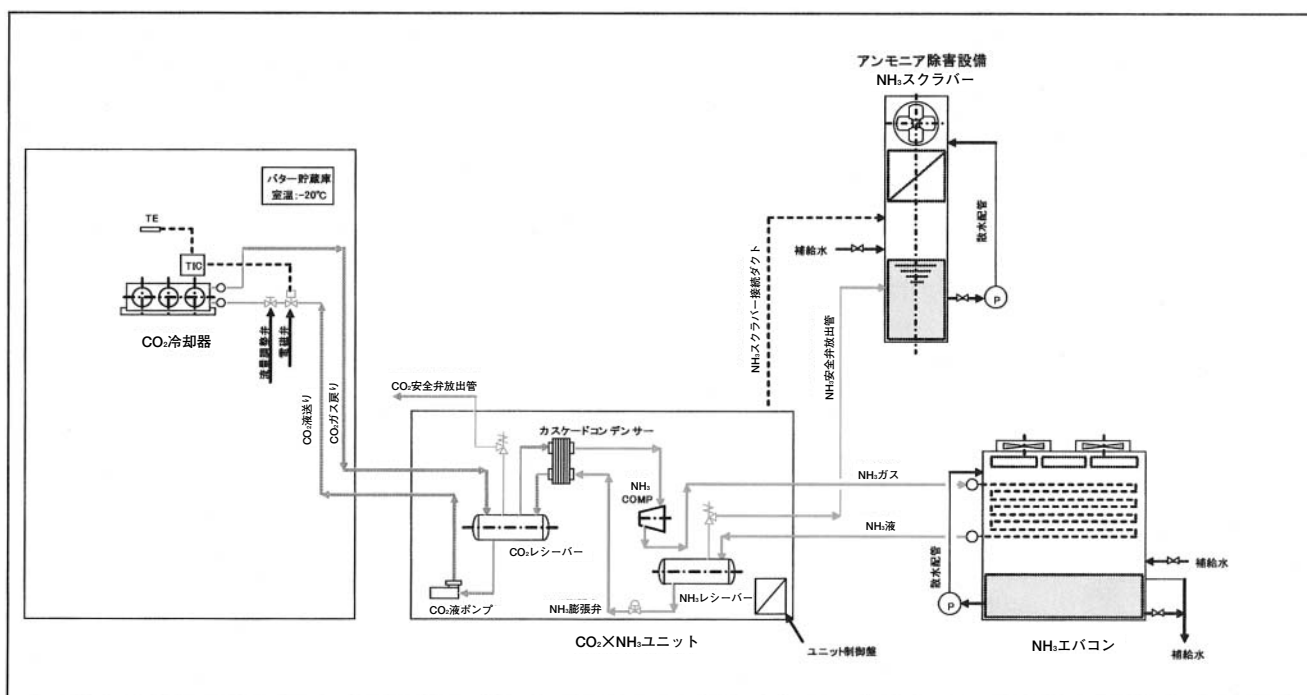


図2 当該設備概略フローシート