

● (一社)日本冷凍空調設備工業連合会 奨励賞 ● 改修設備部門

地球環境の負荷低減を目指した CO₂冷媒を使用した冷凍冷蔵設備

設備施工者：株式会社三冷社

設備所有者：関東運輸株式会社

設備の概要

名 称 関東運輸株式会社 県央センター

所在地 佐波郡玉村町上福島765

概 要 構造：S造 用途：冷凍冷蔵物流倉庫

1. 技術開発の目的と経過

目的：空調設備の熱源更新にあたって、現在の使用状況にあった熱源容量とし同時にエネルギー使用量やCO₂排出量の削減を考慮して計画する。

経過：設計 2022年4月～5月

着工 2022年7月28日

竣工 2023年2月28日

2. 設備・システムの概要

オゾン層を破壊しない冷媒として普及していた代替フロンが、地球温暖化の原因としてクローズアップされ始め、政府も2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言する中、各企業は目標を達成するため様々な取り組みを始めています。今回、投稿の許可をいただきました関東運輸株式会社様も様々な環境負荷低減に取り組んでいます。

- ・LED照明の導入
- ・城南センターの屋根への遮熱塗装
- ・トラックの運行状態を記録するデジタルタコグラフの導入によるエコドライブの実施
- ・配送ルートの効率化
- ・共同配送サービスの実施による集積率の向上及び配車台数の削減

この度、県央センター2階チルド庫、フローステン庫の既存冷凍機（R22 設置後18年）を更新するにあたって、代替フロンを冷媒とした冷凍機ではなく、環境に配慮した自然冷媒（CO₂）を使用した空冷一体型冷凍機を導入することに決定しました。CO₂を冷媒とした空冷一体型冷凍機は、R22の分散型設備と同程度のものが多く、更新にも適しています。

CO₂冷凍機の特徴

採用機種ラインナップ 10、15、20、30、40馬力

- | | | |
|---------|-------------|----------------|
| 自然冷媒の特徴 | 1. 人体に有害でない | 3. 地球温暖化係数が小さい |
| | 2. 爆発性がない | 4. オゾン破壊係数が0 |

既存冷凍設備 使用冷媒 R22 定速機

フローゾン庫（－25℃）	空冷一体型冷凍機	24.0kW（消費電力 21.2kW）×10台
	ユニットクーラー	13.12kW（消費電力 0.78kW）×20台
チルド庫（0℃）	空冷一体型冷凍機	26.05kW（消費電力 16.3kW）×2台
	ユニットクーラー	13.0kW（消費電力 0.3kW）×4台

更新冷凍設備 使用冷媒 R744（CO₂）インバーター機

フローゾン庫（－25℃）	空冷一体型冷凍機	15.0kW（消費電力 14.2kW）×16台
	ユニットクーラー	15.5kW（消費電力 1.82kW）×16台
チルド庫（0℃）	空冷一体型冷凍機	21.0kW（消費電力 12.5kW）×2台
	ユニットクーラー	9.8kW（消費電力 0.45kW）×4台

3. 着想

2階チルド庫、フローゾン庫の既存冷凍機システムは、R22の冷媒を使用しており、システムの総冷媒保有量は1422.6kg、年間冷媒漏洩時のCO₂換算量（年間漏洩量13%）は325.5tonに相当する。このシステムを、CO₂冷媒とした冷凍機システムに更新した場合、総冷媒保有量は231.4kg、年間冷媒漏洩時のCO₂換算量は0.03ton（R404Aで更新を想定した場合、1012.7kg、年間冷媒漏洩時のCO₂換算量519.0ton）となり、自然冷媒を使用した冷凍・冷蔵設備が非常に環境に優しい設備であることがわかる。また、2017年7月よりCO₂冷媒に対する高圧ガス保安法の規制が緩和され、第2種製造者扱いであった大型の冷凍機は5トンまで適用除外になるなどHFC冷媒と同等の扱いとなり採用しやすくなったことから、企業として環境問題に取り組んでいる関東運輸株式会社様からの要望で、二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金（脱フロン・低炭素社会の早期実現のための省エネ型自然冷媒機器導入加速化事業）を活用したCO₂冷凍機による冷凍冷蔵設備の更新を行うことになった。

4. 効果（省エネルギー）

更新機器消費電力（R744） 1,169,492kWh／年（2023年4月～2024年3月 実測値）

既設機器消費電力（R22） 1,489,302kWh／年（実測値より想定）

年間省エネルギー量 319,809kWh／年

表1 2Fフローゾン庫、チルド庫の消費電力とエネルギー起源CO₂

項 目	2023 年 4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	2024 年 1 月	2 月	3 月	合計
R744 更新機器 消費電力（実測値） kWh	82,442	89,394	103,986	132,774	135,987	120,739	99,880	88,394	85,901	78,141	72,762	79,092	1,169,492
R22 既設機器 消費電力（想定） kWh	104,987	113,840	132,421	169,082	173,174	153,756	127,194	112,566	109,392	99,509	92,660	100,721	1,489,302
電力削減量 kWh	22,545	24,446	28,436	36,308	37,187	33,017	27,313	24,172	23,491	21,368	19,898	21,629	319,809
R744 エネルギー起源 CO ₂ ton	37.3	40.5	47.1	60.1	61.6	54.7	45.2	40.0	38.9	35.4	33.0	35.8	529.8
R22 エネルギー起源 CO ₂ ton	47.6	51.6	60.0	76.6	78.4	69.7	57.6	51.0	49.6	45.1	42.0	45.6	674.7
エネルギー起源 CO ₂ 削減量（電力換算値 0.453kgCO ₂ /kWh） ton	10.2	11.1	12.9	16.4	16.8	15.0	12.4	11.0	10.6	9.7	9.0	9.8	144.9

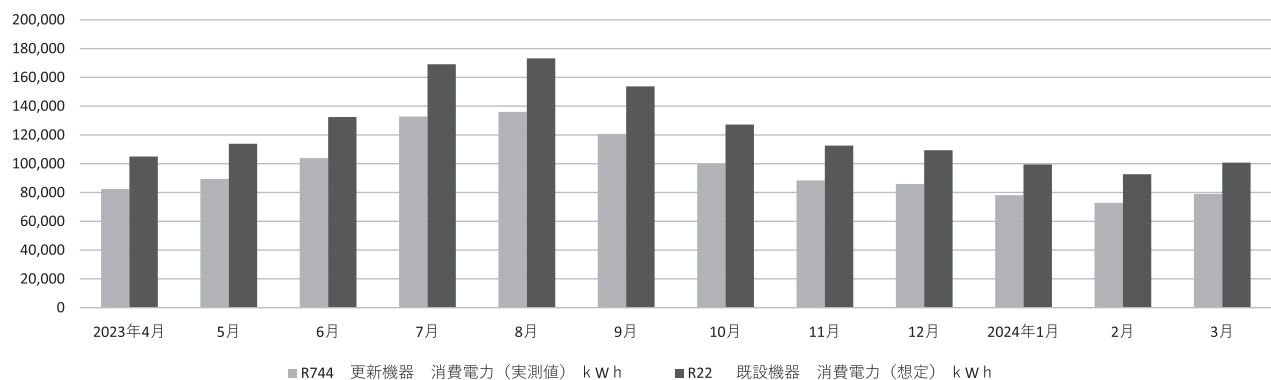


図1 各月の消費電力の比較

■ R22 各月消費電力の算定

R22 の冷凍機の消費電力は、R744 更新機器の消費電力実測値から負荷を想定し R22 の機器に置き換えて算出している。以下に算定式を示す。

R744 更新設備 1日の合計消費電力 (実測値) = R744 冷凍機消費電力 + R744UC 消費電力
 ① 1日あたり R744 冷凍機の運転時間 = 消費電力実測値 ÷ (R744 冷凍機消費電力 + UC 消費電力)
 ② 1日あたり想定負荷 = ① × R744 冷凍機能力
 ③ R22 既設冷凍機の想定運転時間 = ② ÷ R22 冷凍機能力 × ÷ 定速機補正值※
 ④ R22 既設設備の想定消費電力 = ③ × (R22 冷凍機消費電力 + R22UC 消費電力)
 ※インバーター機器は定速機器に比べ約 30% 省エネと仮定し定速機器の補正值を 0.7 とした。

更新機器と既設機器の比較	冷凍機消費電力 kWh	冷凍能力合計 kW	UC 合計 kWh
更新機器 R744 INV 機	252.2	282.0	30.9
既設機器 R22 定速機	244.6	292.1	16.8

5. 投資回収 (省マネー)

令和 4 年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金対象現場

(脱フロン・低炭素社会の早期実現のための省エネ型自然冷媒機器導入加速化事業)

システム省エネ効果=4,521千円/年

CO₂冷媒機器 (冷凍機+ユニットクーラー) とR404A冷媒想定機器の差額から回収年数を算定

機器差額 22,326千円 (CO₂ 71,448千円とR404A 49,122千円)

回収年数 約 5 年

6. 他の建物への応用性・便利性

- ①CO₂冷凍機はメーカー製品のため、サービスマンテナンスが容易である。
- ②自然冷媒を使用しているため、フロン排出抑制法の対象外である。
- ③万が一冷媒が漏洩しても地球温暖化に与える影響がほとんどない。
- ④空冷一体型の冷凍機であるため、既存機器との置き換えが容易である。

7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

8. 環境保全、便利性等

既設機器に対する更新機器の年間CO₂の削減量

更新機器 (R744 GWP=1)

年間電力使用量 1,169,492kWh
システム保有冷媒 231.4kg 年間冷媒漏洩率13%

エネルギー起源CO₂ 529.8ton
冷媒漏洩CO₂ 0.0ton
合計① 529.8ton

既設機器 (R22 GWP=1760)

年間電力使用量 1,489,302kWh (想定)
システム保有冷媒 1422.6kg 年間冷媒漏洩率13%

エネルギー起源CO₂ 674.6ton
冷媒漏洩CO₂ 325.5ton
合計② 1000.1ton

★年間CO₂削減量=②-①=1000.1-529.8=470.3ton (47.0%削減)

参考値 エネルギー起源CO₂換算値 0.453kgCO₂/kWh
冷媒GWP R744 1, R22 1,760

9. 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

CO₂を冷媒として使用するため、安全面に対し以下の点について配慮した。

- ①CO₂冷凍機は屋外の基礎・架台上に強固に設置し、一般作業区域と分離することで安全を図った。
- ②CO₂冷凍機内の圧力異常があった場合、自動で機器を停止するシステムを設けた。
- ③万が一、庫内で冷媒が漏洩した場合においても人体に影響の出ない許容量となるよう1組当たりのCO₂保有量が大きくないシステムを選定した (高圧ガス保安協会基準値: 0.070kg/m³以内)。

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

2020年度～2023年度にかけてのコンデンシングユニット (半密閉型スクロール冷凍機とCO₂冷凍機) の販売台数は約4万台と横ばいが続いているものの、フロン機とCO₂機の販売割合については2020年度約3%から2023年度には約4倍の12%まで販売実績を伸ばしている。ノンフロン冷凍機の推進により今後もCO₂冷媒を使用した機器の需要は堅調に伸びていくものと予想されている。

11. 外観・構造図



関東運輸株式会社 県央センター



空冷一体型CO₂インバーター冷凍機

12. 講評

群馬県玉村町のチルド庫、フローゾン庫用R22冷媒冷凍機のCO₂冷媒冷凍機への更新改修事例である。設備所有者の地球環境問題に対する前向きな取組姿勢と二酸化炭素排出抑制対策事業補助金の活用、CO₂冷媒に対する高圧ガス保安法の規制緩和なども背景として計画され、省エネ、CO₂削減に取り組み成果を挙げた。既存のフロン冷媒冷凍機の置き換え事例として応用性が高いと評価された。

夏季の性能低下についての検証が必要ではないか、CO₂冷媒を用いることについて漏洩時を考慮したシステムになっているが、さらにCO₂センサーの設置も必要ではないか、などの意見もあった。