

●（一財）省エネルギーセンター最優秀賞●改修設備部門

CO₂冷媒空冷ブラインチラーによる 寒冷地でのプロセス冷却設備の省エネルギー化

設備施工者：株精研

設備所有者：大塚食品(株)

設備の概要

名 称 大塚食品株式会社 釧路工場 FN工場

所在地 北海道釧路市音別町あけぼの2-4

概 要 建屋：地上1階 延床面積：7,122m²

構造：S造 用途：飲料工場

1. 技術開発の目的と経過

目的：寒冷地でも安定して運転出来るCO₂冷媒冷凍機によるプロセス冷却設備の省エネルギー化

経過：令和5年（設計）

令和6年（引渡し等）

2. 設備・システムの概要

当該工場は北海道の釧路市にある清涼飲料工場で、所在地の地域性として冬期には数年に1回程度－20℃の極寒の気象条件となる特徴がある。今回、製品のプロセス冷却において、水冷熱源から空冷熱源への転換を行い、補機類の動力削減による省エネルギー化を行うと共に熱源の脱フロン化を行ったので紹介する。

図1に既存設備のプロセス冷却設備系統図を示す。当該設備は生産工程により冷却を必要とする場合にのみ運転される設備であり、冷却負荷として①保冷タンクのジャケット冷却、②プロセス冷却用プレート熱交換器A、③プロセス冷却用プレート熱交換器Bの合計3つの冷却負荷に対し、3台の水冷式低温用スクリーチャー（ブライン仕様）を用いて冷却を行っていた。非生産時や生産工程により冷却を必要としない場合

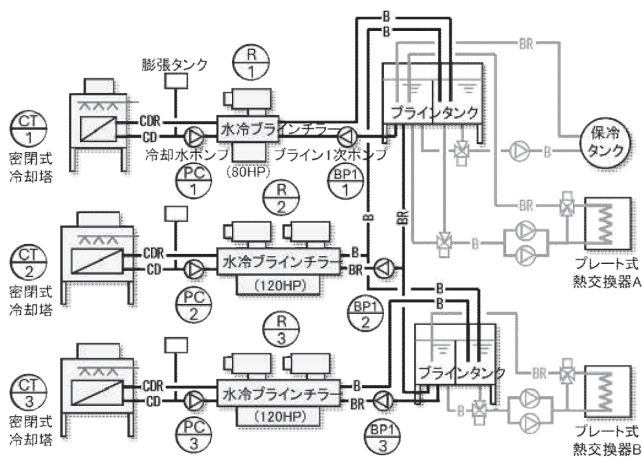


図1 プロセス冷却設備系統図（既存設備）

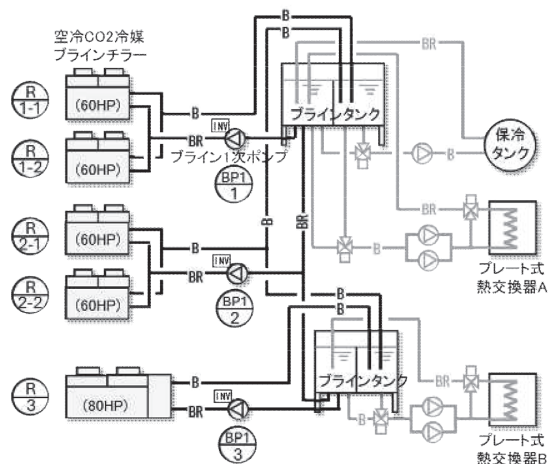


図2 プロセス冷却設備系統図（更新設備）

には当該設備は停止するが、冬場は -20°C の極寒の環境となる場合があるため冷却水はブラインとし、非稼働時においても凍結防止のため密閉式冷却塔と冷却水ポンプの凍結防止ヒータおよびポンプの凍結防止運転によるエネルギー消費を生じていた。既設設備の課題は極寒 -20°C でも安定して運転することのできる空冷式熱源を導入し、運転停止時の凍結防止運転による無駄なエネルギー消費を抑制することであった。

図2に更新後のプロセス冷却設備系統図を示す。更新設備の熱源に空冷の CO_2 冷媒ブラインチラーを採用したことで、冷却水設備に伴う補機類の動力削減を実現した他、外気低下時の効率向上に加えてノンフロン冷凍機採用による低GWP化を実現し環境貢献にも繋がった。なお、導入した CO_2 冷媒ブラインチラーは排熱回収機能付きを選定して将来、冷凍機の凝縮排熱をプロセス加熱の予熱用温水として利用できるよう計画した。

3. 着想

当該設備の特徴として冷却設備の稼働は冷却運転の要求があった際のみ運転することであり、 -20°C の極寒環境においても安定して運転を開始できることが求められた。従来のフロン冷媒を用いた空冷式チリングユニットの外気温度の運転可能範囲はいずれも -15°C 以上であり、 -20°C まで低下することのある当該設備への採用は困難であった。今回導入することとなった CO_2 冷媒ブラインチラーは外気温度 -20°C の環境でも運転可能で、水冷ブラインチラーから空冷ブラインチラーへの更新に対する課題解決に繋がった。

4. 効果（省エネルギー）

各プロセス冷却（①保冷タンクのジャケット冷却、②プロセス冷却用プレート熱交換器A、③プロセス冷却用プレート熱交換器B）の実測負荷を図3に示す。この実測負荷を基に①保冷タンクのジャケット冷却は10.7時間/日、②プレート熱交換器Aによるプロセス冷却は6.5時間/日、③プレート熱交換器Bによるプロセス冷却は設備稼働中は常時負荷が発生するものとして、年間稼働日数220日/年の条件で更新前後の熱源システムのエネルギー消費量試算を行ったものを表1に示す。エネルギー換算係数として電気の料金単価33

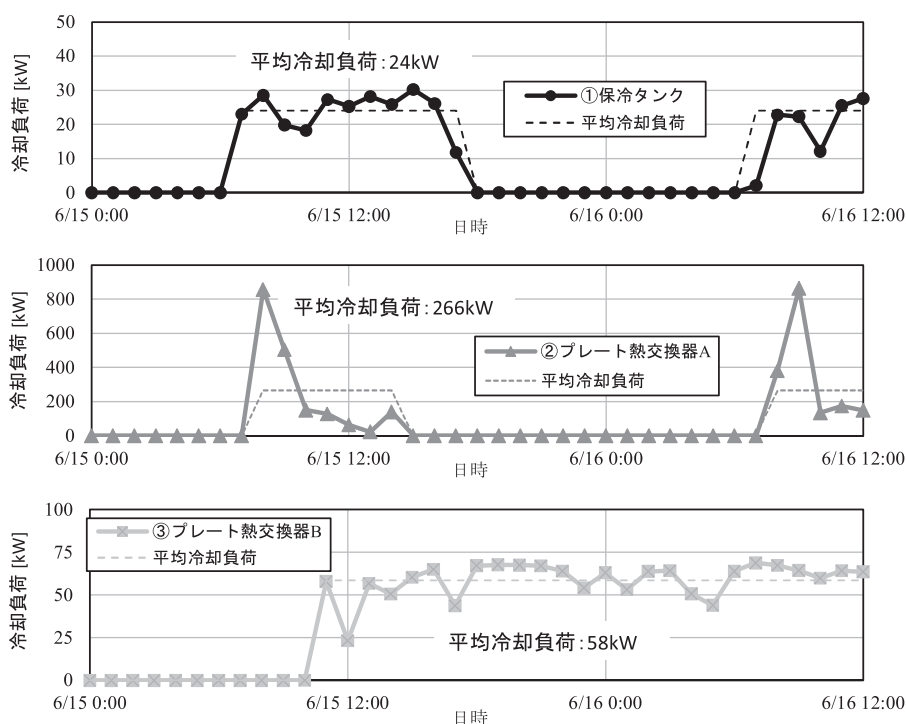


図3 各プロセス冷却の実測負荷

表1 更新前後のエネルギー消費量比較

		既存設備	更新設備
年間冷却熱量 [kWh/年]		777,733	
電力消費量 [kWh/年]	冷凍機	305,733	246,079
	ポンプ	76,032	39,380
	冷却塔	122,364	0
	合計	504,129	285,459
	削減量 (削減率)	—	218,669 (43.4%減)
ランニング コスト [千円/年]	電力料金	16,636	9,420
	メンテナンス費用	2,824	988
	合計	19,460	10,408
	増減額 (削減率)	—	9,052 (46.5%減)
CO ₂ 排出量 [トンCO ₂ /年]	排出量	303	172
	削減量 (削減率)	—	131 (43.4%減)

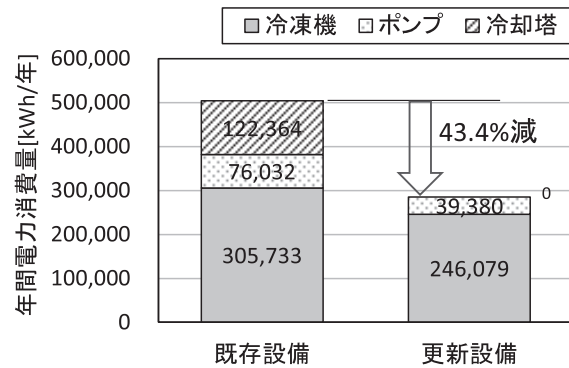


図4 年間電力消費量比較

円/kWh、CO₂換算係数0.601kgCO₂/kWhを使用した。表1より、既存設備の水冷式ブラインチラーシステムに対し更新設備の空冷式CO₂冷媒ブラインチラーシステムは年間電力消費量を約43.4%削減できる見通しを得た。また、水冷式から空冷式に転換したことで補機類のメンテナンス費用も低減できるため、ランニングコストでは約46.5%の削減となる。納入後間もないため現段階では試算での比較となるが、今後実績データを収集し検証する予定である。

5. 投資回収（省マネー）

既存の熱源システムは導入後19年経過して更新時期にあるため、既存同様に水冷式熱源システムで更新した場合と空冷式CO₂冷媒熱源システムに更新した場合とのイニシャルコストの差額をランニングコスト削減額で除して差額分の投資回収効果を算出した。

空冷式CO₂冷媒熱源システムのイニシャルコスト：248,000 [千円]

水冷式熱源システム（既存同等）のイニシャルコスト：141,000 [千円]

ランニングコスト削減額：9,052 [千円/年]（表1）より、

投資回収効果は（248,000-141,000）[千円]/9,052 [千円/年] =11.8 [年] となる。

6. 他の建物への応用性・便利性

今回のように外気温度が-20℃に達する極寒の地域に限っては、従来のフロン冷媒を用いた空冷チラーの運転可能範囲外となるため、水冷式の熱源システムを構築する他なかったが、-20℃の外気温度でも運転可能な空冷のCO₂冷媒チラーが販売されたことで極寒地域での空冷熱源システムの選択肢が広がった。今回紹介したプロセス冷却の他に空調用途でも使用可能であり、空冷のCO₂冷媒熱源化を図ることで高効率な運転を可能とした他、稼働停止中の凍結防止のために補機類のヒータやポンプの凍結防止運転でのエネルギー消費を削減でき、また、冷凍機の脱フロン化による環境貢献にも繋がる。

7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

空冷CO₂冷媒ラインチラーシステム（更新設備仕様）

記号	機器名称	仕様	台数	電気仕様			備考
				φ-V	起動	kW	
R-1	空冷式 CO ₂ 冷凍機	冷却能力 77.6kW ライン温度 入口-5℃→出口-10℃ ライン流量 292L/min	2	3-200	Y-△	45.6	(参考型式) SG-C2B
R-2	空冷式 CO ₂ 冷凍機	冷却能力 77.6kW ライン温度 入口-5℃→出口-10℃ ライン流量 292L/min	2	3-200	Y-△	45.6	(参考型式) SG-C2B
R-3	空冷式 CO ₂ 冷凍機	冷却能力 124.4kW ライン温度 入口 2℃→出口-3℃ ライン流量 430L/min	1	3-200	Y-△	59.9	(参考型式) SG-C3B
PB1-1	ライン 1 次ポンプ No.1	型式ラインポンプ 流量 584L/min	1	3-200	直入 INV	3.7	(参考型式) 65LPD53.7
PB1-2	ライン 1 次ポンプ No.2	型式ラインポンプ 流量 584L/min	1	3-200	直入 INV	3.7	(参考型式) 65LPD53.7
PB1-3	ライン 1 次ポンプ No.3	型式ラインポンプ 流量 430L/min	1	3-200	直入 INV	3.7	(参考型式) 65LPD53.7

8. 環境保全、便利性等

表 1 より、導入した空冷CO₂冷媒ラインチラーシステムの年間電力削減量 218,669 [kWh/年] より、CO₂排出削減量は 131 [トンCO₂/年]、既設に対するCO₂排出量の削減率は 43.4 [%] となる。
(電気のCO₂排出換算係数は 0.601 [kgCO₂/kWh] を使用)

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

①プロセス冷却設備の各種運転パラメータを見える化

今回導入したCO₂冷媒ラインチラーをはじめ、各種ポンプ、タンクなどプロセス冷却の構成機器の故障や不具合が生産に影響を与えるため、各種構成機器と集中監視装置をCCリンクで繋ぎ、各種運転パラメータを表示して見える化を行うことで異常の早期発見と信頼性の向上を図った。

②プロセス加熱への冷凍機の凝縮排熱利用による更なる省エネルギー化

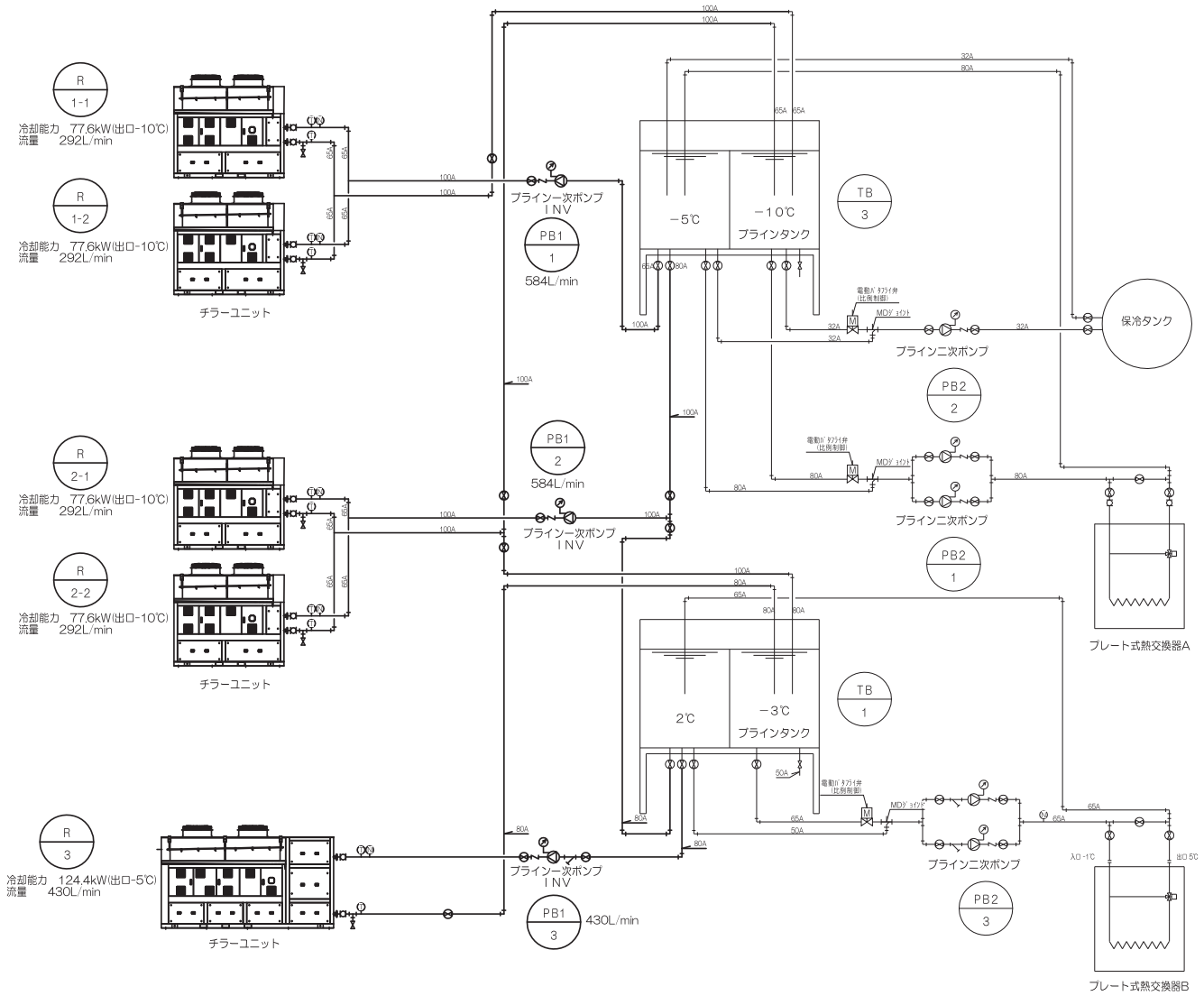
生産設備にはプロセス冷却の他にプロセス加熱の工程も存在しており、冷凍機でのライン冷却に伴う凝縮排熱をプロセス加熱の予熱用温水として取り出して利用することで加熱負荷の軽減にもつながる。省エネルギー効果を検討した結果、既存設備に対して約7.7ポイントの電力削減効果が加わり、プロセス冷却・加熱合わせて約51.1%の電力削減およびCO₂排出量削減となる見通しである。将来、排熱回収により加熱負荷の軽減ができるよう設計計画を行い、排熱回収機能付きのCO₂冷媒ラインチラーを導入している。現在は排熱利用の温水配管は未実装であるが、現在の冷却運転状況を確認後、排熱利用に向けて計画を進める予定である。

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

CO₂冷媒はオゾン層破壊係数ODP＝0、地球温暖化係数GWP＝1で環境負荷が小さいことに加えてアンモニア冷媒に比べて毒性が無く、また不燃性であり、万一漏洩しても安全であることが最大の魅力であり、更にそのCO₂冷媒を利用した冷凍機は本報で示したように高効率で省エネルギーであることからプロセス冷却の他、空調用としても採用可能で自然冷媒を用いた冷凍機の市場は今後、世界規模で発展していくものと考えられる。

11. 外観・構造図

①システムフロー図



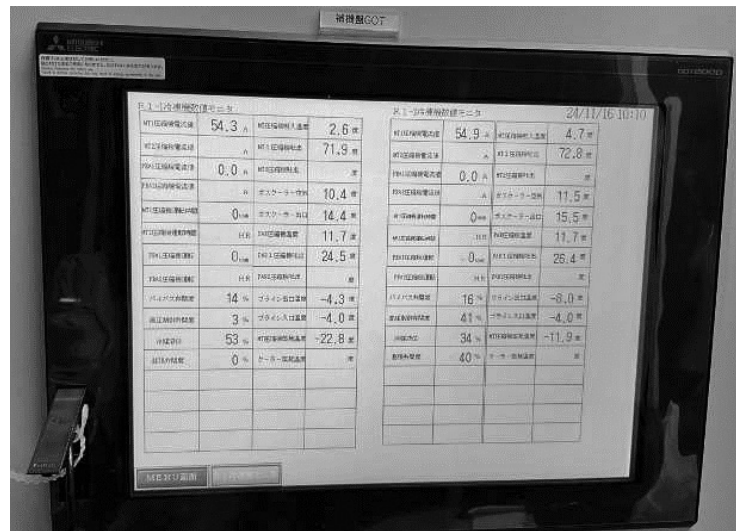
②外観や設備の写真



釧路工場 FN 工場建物外観



CO₂ 冷媒ブラインチラー



集中監視タッチパネル（運転パラメータの見える化）

12. 講評

今回の応募においてCO₂冷媒冷凍機の採用事例が多くあったが、寒冷地においてはCO₂冷媒の採用は大きな省エネ効果を生む場合が多い。本事例では寒冷地のプロセス冷却設備の改修に当たって、既存の水冷式ブラインスクリーチャー冷凍設備を空冷式CO₂冷媒ブラインチラーに更新して大幅な省エネルギーとCO₂排出量削減を実現した。従来方式に比べて投資額は若干大きくなるものの投資回収という面でも優れている。

着想としては新しいものではないが運用実態に配慮した機器選択とシステム構成とし、排熱利用などについても考慮していて、寒冷地施設の改修手法としてモデルとなるものであり、CO₂冷媒冷凍機の採用事例として広く参考とされることを期待したい。