

先進技術を活用したフロン排出削減事業

最終報告書

株式会社ナンバ

令和6年3月8日

事業報告書

1 本事業の実施について

1. 目的・位置付け

日本における冷媒漏えい量の約7割が機器使用時における漏えいとなっており、政府としても使用時漏えい対策が重要であると位置付けている。また、フロン排出抑制法が令和4年8月22日付で改正され、常時監視システムによる簡易点検への代用が認められることになったこともあり、常時監視システムによるフロン排出抑制への効果も政府から認知されることとなった。しかし、市場への普及に関してはまだ十分とは言えず、漏えい検知能力、またそれに伴う消費電力量の削減効果について市場での検証を行うことによってその効果を実証し、市場への普及を促進することを目的として本事業を行う。

2 本事業の取組内容

1. 提案の製品・技術の概要

通常、冷凍設備の冷媒漏えいは、冷凍設備の温度異常が起きて初めて発覚するケースが多いが、この時点で既に5~8割の冷媒が漏えいした後である。異常な温度上昇による在庫品や販売品の品質劣化は事業利益の損失に直結するだけでなく、大幅な緊急修理が必要になる。また、冷媒漏えいの進行で冷却能力が低下し、設定温度到達までの稼働時間が延びて消費電力量の増加を招く。

フロンキーパーは、冷凍設備からフロンが不足すると発生するフラッシュガスを超音波センサーで検知し、その発生率により、漏えいの状況を判断する。また、IoTにより様々な測定データをリアルタイムで一括集中管理ができ、早期漏えい検知と適切な修理対応等を行うことで、過度な電力使用を抑え、GHG排出削減に寄与することが可能。第23回オゾン層保護・地球温暖化防止大賞 環境大臣賞受賞。漏えい検知基準に関しては、一般社団法人日本冷凍空調工業会標準規格である「業務用冷凍空調機器の常時監視によるフロン類の漏えい検知システムガイドライン(JRA GL-17)」に適合している。フロンキーパーはフロン漏えいを10%程度の初期段階で発見する事が出来るため、冷凍設備が冷えなくなる前の検知が可能、設備を利用するユーザーの被冷却物資を保護すると共に、消費電力増加を防ぎ、修理費用も削減する。フロンキーパーはフラッシュガス発生率の他にも、消費電力量、外気温、液冷媒温度、吐出温度、吸入温度を各種センサーによって常時取得する。(冷媒高圧圧力、低圧圧力はオプションによって対応可能) 設置対象は冷凍設備に限られ、空調設備は対象外となるが、メーカー問わず既存の冷凍設備へ設置が可能、現在一般的に使用されているほぼ全ての冷媒フロンに対応している。配管工事等は伴わず、各種センサーを指定の箇所へ固定するのみなので設置に伴う冷凍設備への影響は少ない。フロンキーパー仕様の概要を図1-1に示す。

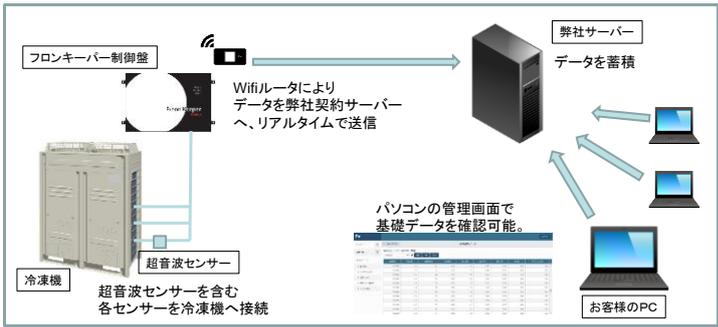
製品名称/検知システム名称		フロンキーパー
メーカー名		株式会社ナンバ
基本情報	製造開始年	2018年
	耐用年数	10年間
	導入実績	860台(2023.12.01時点)
導入に適する環境・条件	主要な対象業種	小売業、食品製造業、倉庫業
	適用対象機器	冷凍・冷蔵機器(パッケージ型機器、自然冷媒は不可)
	冷凍機能力	出力: 5馬力以上
	温度環境等	特に制約等はない
	留意点	防爆対応の仕様はない
検知技術	技術の概要	<p>▶ 冷媒配管の外側に超音波を発する装置と超音波を検知するレセプターを設置し、超音波発生装置で超音波を発生させる。冷媒漏えい率はこの超音波のレセプターへの到達率を主情報として判断する。</p> <p>人の目では見えない冷凍設備内の気泡を検知して漏えいの有無を判断するため、早期発見につながる。</p>
	検知の仕組み	 <p>図 フロンキーパーの検知の仕組み</p>
	検知閾値	漏えい率 10%を目安としている。
	最終的な漏えい判定方法(人の介在有無)	▶ 警報メールが寄せられた場合には技術担当がデータを確認し判定する。
データ関連	取得データ	フラッシュガス発生率、外気温度、液冷媒温度、吐出温度、吸入温度、消費電力量(冷媒高圧圧力、冷媒低圧圧力はオプションにて対応)
	診断データ	フラッシュガス発生率について、当日データや前日データ、1週間前等から上昇率を鑑み漏えいを判定する。その他、吸入温度を確認し、上昇度合いを確認する。吐出温度も確認するが、フラッシュガスとの関連性から吸入温度の方が重要である。消費電力量については、過度に漏えいが進むと消費電力量が逆に低下することがある。また、外部環境の影響も受けやすいため補助的なデータとして捉えている。
	データ蓄積方法	ナンバ社サーバーに保存。1か月分データについては1分・10分・30分データを保存している。1か月以上のデータは10分・30分データとして保存する。保存期間は半永久である。
	事業者への通知方法・通知内容	基本的にはメールで通知。契約状況に応じて電話でも通知。

図 1-1 フロンキーパー仕様の概要

フロンキーパーの冷媒漏えい検知に関して、一番大きな特長は超音波センサーを利用したフラッシュガスの発生率を数値化することにある。

冷凍サイクルでは、冷媒は気化した状態で圧縮機により圧縮され、その後凝縮器で液化される。冷媒漏えいが始まると、封入されたフロンガスは少しずつ大気に放出され、冷凍設備内の充填量が減少する。さらに進行すると冷凍サイクル中の冷媒循環量が減少し、凝縮器より戻る液状冷媒量が少なくなり、受液器内の液面が低下し、気泡が液冷媒管に混入する。この液冷媒管に混入した気泡をフラッシュガスと呼び、液冷媒管に設置されたサイトグラスから確認することができる。

(図 1-2) 通常、メンテナンスを行う技術者は冷凍設備内のフロン量の漏えいを判断する際に、このサイトグラスを目視で確認し、フラッシュガスの発生頻度によって冷凍設備内のフロン量を推測する。このフラッシュガスについて冷媒漏えいが進んだ状態であれば、冷凍設備が稼働している間、常時発生をしているので判断が容易である。しかし、初期段階ではフラッシュガスは目に見えない物も含め、瞬間的に数個だけ発生する場合や、冷媒不足以外での発生の場合もあり、メンテナンス中に目視で漏えい起因と判断することは非常に困難である。

フロンキーパーは超音波センサーを利用することで、このフラッシュガスを 24 時間常時監視、人の目には見えない物も検知し発生率を数値化する。(図 1-3) (図 1-4) この数値を主軸とした各データを基に漏えいを判断することで早期の漏えいを検知することが可能となっている。IoT 技術を活用した常時監視システムは各社に存在しているが、このフラッシュガスの発生を数値化している物はフロンキーパーのみであり、類似品と比較して早期の発見を可能としている大きな理由となっている。



図 1-2：冷媒漏えい時のサイトグラス
(上：漏えい無し、左下：小規模漏えい、右下：大規模漏えい)
※左下は漏えいが始まったばかりだが、熟練の技術者でも目視確認では断定が難しい



図 1-3 冷凍設備への超音波センサー設置イメージ



図 1-4 フロンキーパー管理画面のフラッシュガス発生の様子

2. 提案製品取組実績について

■平成30年度 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構委託事業：民間主導による低炭素技術普及促進事業（戦略的案件組成調査）超音波検知とIoTを活用した冷凍・冷房分野における冷媒漏えい抑制技術普及に関する省エネ及び大規模GHG排出削減可能性調査

三菱UFJモルガン・スタンレー証券(株)、(株)ナンバ、イー・アンド・イーソリューションズ(株) 3社共同で実施。マレーシアにて市場でのデータ計測、消費電力とGHG排出削減に貢献。

■COP25にて環境省が立ち上げたフルオロカーボン・イニシアチブ (IFL)参画企業として東南アジア（ベトナム、フィリピン、タイ、マレーシア、インドネシア、カンボジア）を中心とした政府・業者・ユーザーを対象として、フロンキーパーを紹介。キャパシティビルディングに貢献

委託先としてではないが、令和2年度 環境省「途上国におけるフロン排出抑制戦略策定支援等委託業務」「高効率ノンフロン機器戦略的国際展開支援等委託業務」等にてWEBでの打ち合わせに参加し、日本技術の事例としてフロンキーパーを紹介。

■令和3年度 環境省：IoT技術を活用したフロン漏えい検知システムにおける温暖化対策効果の把握に関する調査委託業務

外部委託先としてフロンキーパーを使用した試験を実施、冷媒漏えいと消費電力増加率相関図作成に協力。

■令和4年度 環境省：IoT技術を活用したフロン漏えい検知技術によるCO2効果等評価・検証調査委託業務

外部委託先としてフロンキーパーを使用した市場でのデータ計測を実施。

■令和4年度 環境省：途上国におけるフロン排出抑制戦略策定支援・実施等委託業務におけるタイにおけるネットワーク化に向けたタスク実施支援業務（漏えい抑制技術関連）

外部委託先としてフロンキーパーを提供。また機器設置に関して協力業者へ講義を行った。

■令和5年度 環境省：フロン漏えいの常時監視システムによる省CO2効果等の検証および普及啓発委託業務

外部委託先としてフロンキーパーを使用した市場でのデータ計測を実施中。

■令和5年度 環境省：途上国におけるフロン排出抑制戦略策定支援・実施等委託業務におけるタイにおけるネットワーク化に向けたタスク実施支援業務

外部委託先としてフロンキーパーを提供。

3. 事業内容

(1) 冷凍設備のフロン漏えいと電力増加の関係

冷凍設備のフロン漏えいは、一度に大量に起こることは稀で、スローリークと呼ばれる僅かな量が継続的に漏れていくことが大半を占める。漏えいが発生していても初期段階では、冷凍能力が落ちながらも冷やすことが可能なため、計器や温度警報等で気付くことは難しく、気付かないまま長期間の間、使用し続けることになってしまいます。漏えいに気付くことになるのは、漏えいが進み、計器に異常が見られ、温度警報の発報が出てからとなるが、その時点では既に50%以上のフロンが漏えいしてしまっている。(図2-1)



図2-1 漏えいによる冷凍設備の影響と漏えいに気付くタイミング

また、フロンが漏えいしている状態で運転することで冷凍設備の消費電力が増加することが分かっている。これは、フロン漏えいにより冷凍設備の能力が低下し、設定温度まで冷却するのを機器の運転時間を延ばすことで補填することが原因である。

これについては、「環境省 令和3年度 IoT 技術を活用したフロン漏えい検知システムにおける温暖化対策効果の把握に関する調査委託業務」にて、「フロン充填量の変化に応じた冷凍機の消費電力量の実測試験」を実施した結果、フロンの適正量から50%が漏えいすると、消費電力量が最大80%増加するという結果が得られている。(図2-2) 前述の通り、フロン漏えいが発生してから長期間を掛けて約50%が大気に放出し、温度警報が出されるまで漏えいに気付くことは難しい。ユーザーはそのまま機器を使用し続けることになるが、その間消費電力は増加をし続け、長期間に渡って無駄な電力を消費することになってしまう。

(2) 検証データ取得の概要

本事業では、市場で稼働中の冷凍設備にフロンキーパーを設置し、冷凍設備の各データのモニタリングを行い、設備の漏えいの有無、また適正な冷媒量で運転しているかの判断を行う。設置時に既に漏えいが発生、もしくは冷媒不足が発生している設備に関しては初期対応として漏えいの点検・修理を設置先に依頼し、フロンキーパーの取得データを基とした、適正冷媒封入量までの充填を行う。その後、引き続きフロンキーパーを設置してのモニタリングを行い、データを取得しながら、漏えいを検知した設備に関して早期の修理対応を行う。

(3) 期待される効果

IoTを伴う常時監視システムによる、

- ① 漏えい検知能力
- ② 消費電力量の削減効果

を検証し、当該成果を取りまとめ公表することで使用時のフロン漏えいの削減につなげる。また、それにより、ユーザーのIoTを伴う常時監視システムへの関心を高め、市場への普及促進に寄与する。

3 事業協力機器設置先に関して

以下の条件の下、2つの現場（現場A・B）の提供が可能な事業者（以下「事業者X」という。）に協力を依頼し、承諾を得た。

- ・フロン漏えいに対する関心が高く、環境保護に対して積極的である。
- ・測定期間の確保のため早期に協力が得られる。
- ・評価検証事業実施にあたっての各種手続きや施工、修理対応に協力的である。

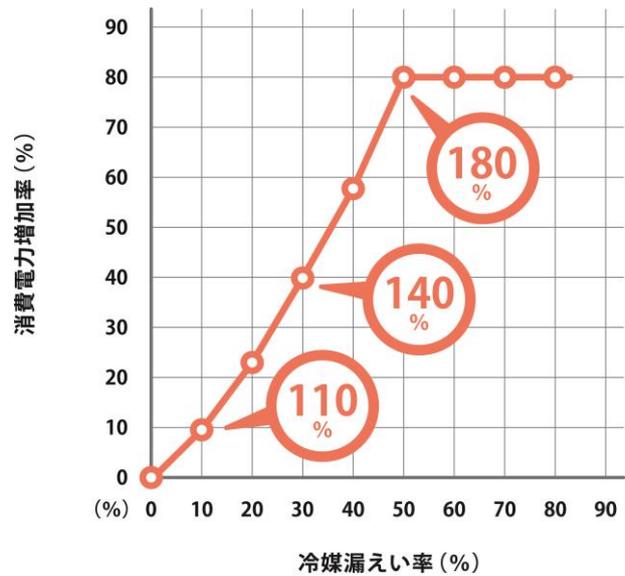


図2-2 冷媒漏えいと消費電力増加率関係

※出展：環境省 令和3年度 IoT 技術を活用したフロン漏えい検知システムにおける温暖化対策効果の把握に関する調査委託業務報告書
※同試験では、使用する冷凍設備の機種、冷凍能力、冷媒等により結果が異なることが想定される

図2-2 冷媒漏えいと消費電力増加率関係

1. 設置機器選定

(1) 事業者 X 現場 A

機器名称	型式	呼称出力	メーカー	用途
OCU-2	OCU-NL1001F	7.5kW	パナソニック	冷蔵用
OCU-3	OCU-GS1500CSF	11.0kW	パナソニック	冷凍用
OCU-4	OCU-GS2001DSF	14.6kW	パナソニック	急速凍結用



図 3-1 現場 A 冷凍機設置状況

現場 A の現場調査の結果、一番左側に設置されている前室用冷蔵用を除いた、冷蔵用、冷凍用、急速凍結用の 3 台に設置することに決定した。(図 3-1) 冷凍用、急速凍結用には冷凍機内に霜付きが目視で確認された。

(2) 事業者 X 現場 B

機器名称	型式	呼称出力	メーカー	用途
OCU-2	OCU-NL400F	3.0kW	パナソニック	冷蔵用
OCU-3	ECOV-EN55A	5.5kW	三菱電機	冷凍用
OCU-4	OCU-HS2501MVF	18.6kW	パナソニック	急速凍結用

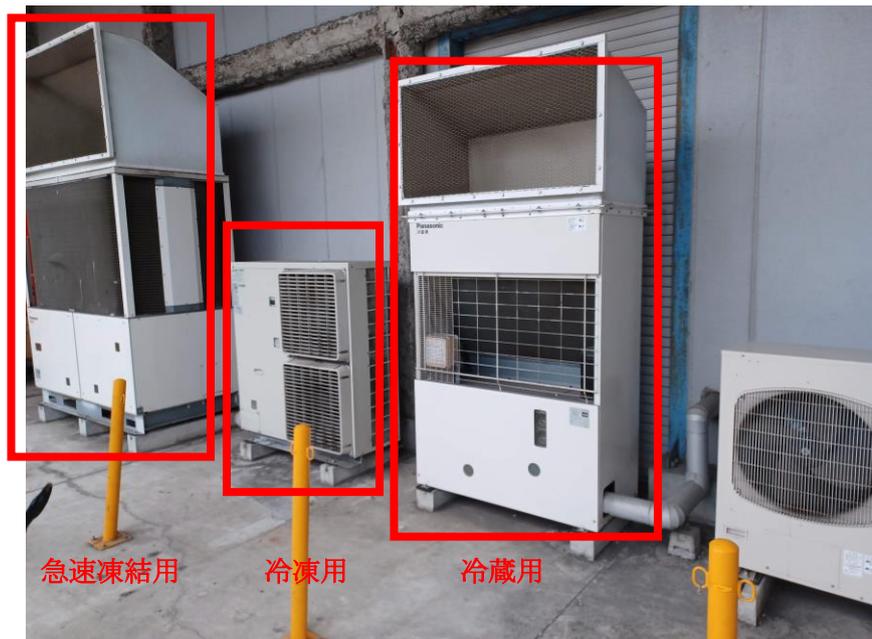


図 3-2 現場 B 冷凍機設置状況

一番右側に設置されている前室用冷蔵用を除いた、冷蔵用、冷凍用、急速凍結用の 3 台に設置することに決定した。(図 3-2) こちらの冷凍機も冷凍用にて目視で霜付きが確認できた。

2. 施工実施

設置先となる事業者 X と協議の上、2023 年 3 月 23 日 (木) 現場 A (図 3-3)、3 月 24 日 (金) 現場 B (図 3-4) として施工を行い、データ取得を開始した。

冷蔵用



本体基板



冷凍用



急速凍結用

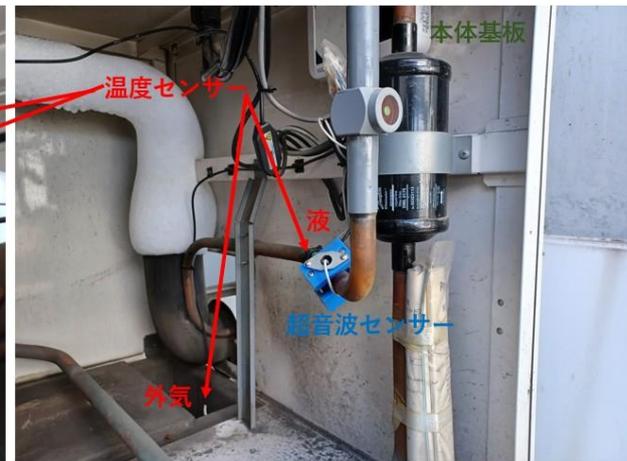
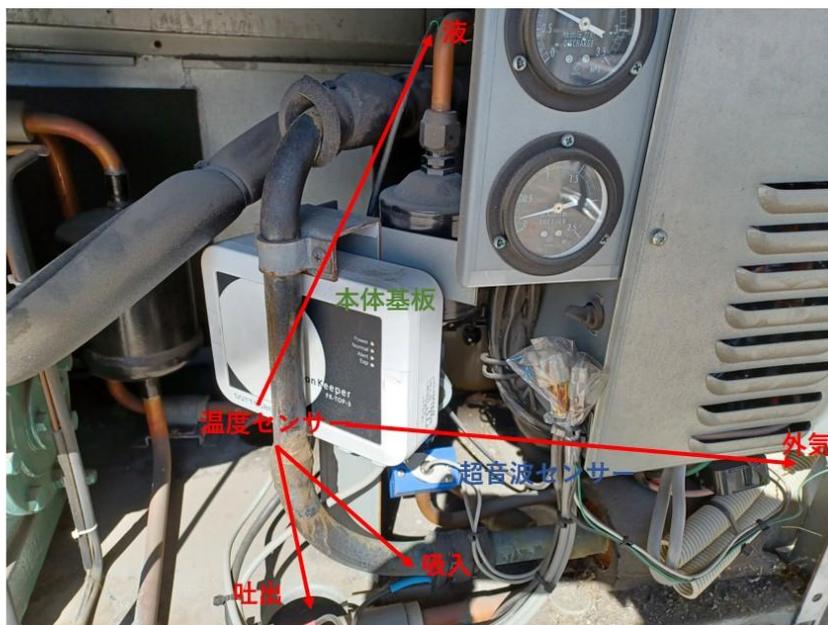
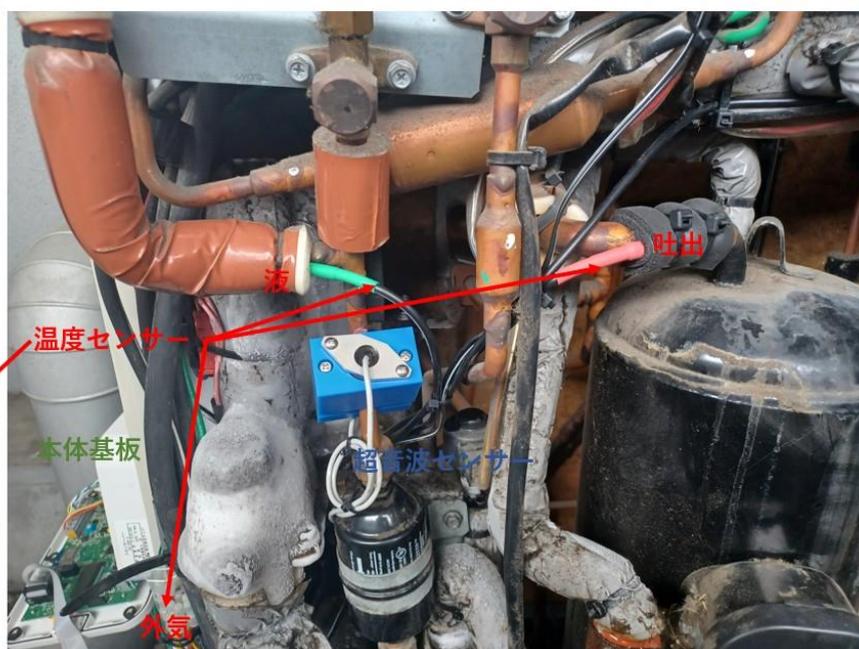


図 3-3 現場 A フロンキーパー設置

冷蔵用



冷凍用



急速凍結用

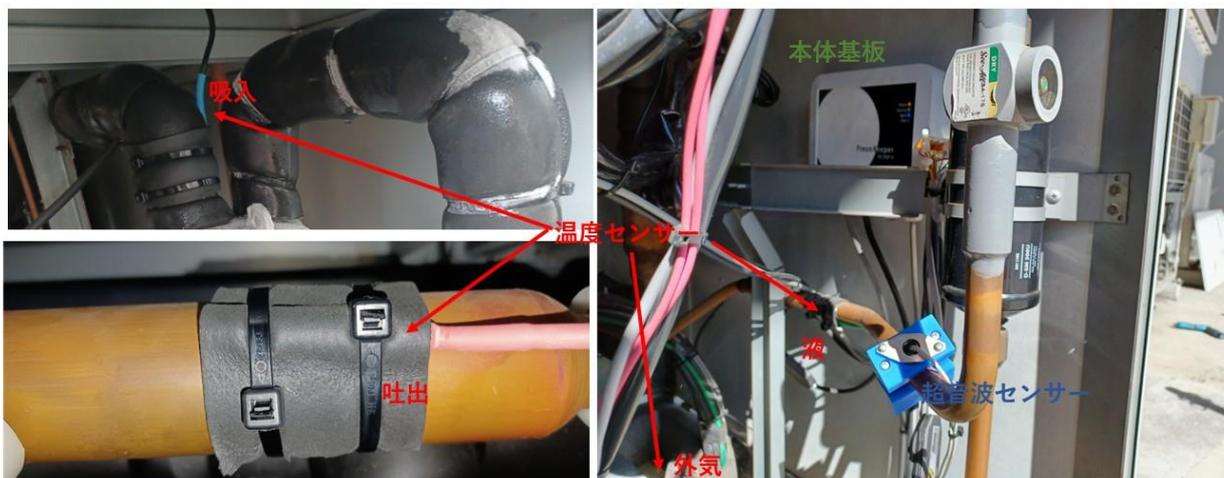


図 3-4 現場 B フロンキーパー設置

両拠点共通で、冷蔵用の OCU-2 に関しては主に夏場主体の稼働となり、それ以外の季節に関して稼働は少なくなっている。冷凍用の OCU-3 に関しては夏場に稼働が比較的多くなるが通年を通して稼働している。急速凍結用の OCU-4 は蓄冷材用の保管庫であり、冷凍用同様に夏場に稼働が比較的多くなるが通年を通して稼働している。

4 警報データに関して

事業実施期間において発生した警報に関して以下に示す。

1. 警報履歴

(1) 2023 年 4 月 16 日

現場 A OCU-3 にて冷媒吸入温度異常を感知。液バックを起こしている可能性と判断。

(2) 2023 年 8 月 19 日

現場 B OCU-2 にて冷媒液温度異常を感知。機械負荷が高まったことが原因の一時的な上昇と判断し警報を解除。

(3) 2023 年 12 月 29 日～2024 年 1 月 1 日

現場 B OCU-3、OCU-4 にて冷媒吸入温度異常を感知。機械負荷が高まったことが原因の一時的な低下と判断し警報を解除。

※各冷凍機とも GW・お盆・クリスマス・年末年始などの前後では、物流増加による商品の出入りによって、機械負荷が瞬間的に高まる傾向が見られている。

2. 警報データに関する点検報告

警報データが発生している件に関して、2023年8月5日に柵ナンバによる点検を行った。
冷凍機異常とみられた点に関して以下に示す。

(1) 現場 A OCU-3

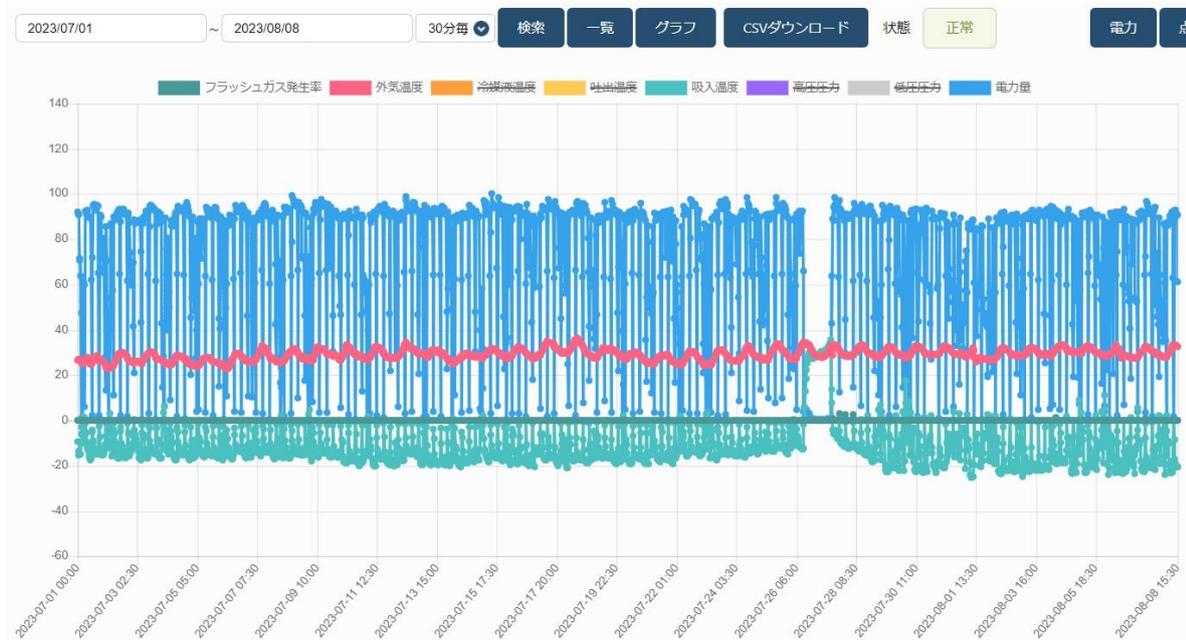


図 4-1 現場 A OCU-3 フロンキーパー管理画面

- ・液バックによる吸入温度の低下が発生し、定期的な発報が見られている。
- ・冷凍機コンプレッサー・アキュムレーター周りの凍結も確認。(図 4-2)

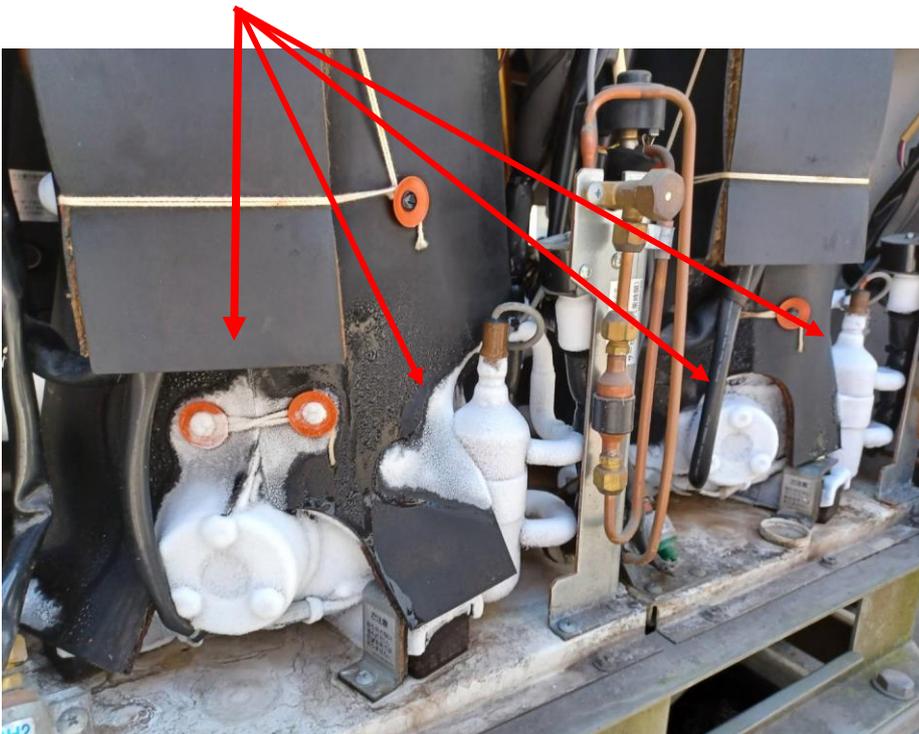


図 4-2 現場 A OCU-3 冷凍機内凍結部

上記、事業者 X の担当者へ伝達し、設備管理業者への点検を依頼した。

5 冷媒漏えいと電力増加に関するシミュレーション

1. 漏えい検証データに関して

本事業の期間中で対象機器に関しては冷媒漏えいが見られなかった。各機器の消費電力のデータは取得できているので、冷媒漏えいが発生した場合の消費電力増加に関してシミュレーションでの検証結果を下記にまとめる。

2. 検証条件

- (1) 気温の高い5月1日から9月30日までの5か月間で漏えいしたと仮定した場合をケース1、4月1日に漏えいが始まり、翌年1月31日に漏えいが発覚するまでの10か月の期間をケース2として想定する。
- (2) 下記、令和3年度環境省調査結果に則り、漏えいが開始し修理するタイミングは、温度異常が発生する60%漏えいの時点とする(図5-1)。また、冷媒漏えいによる電力増加率に関しては同調査結果内にあるグラフの数字を採用する。(図5-2)

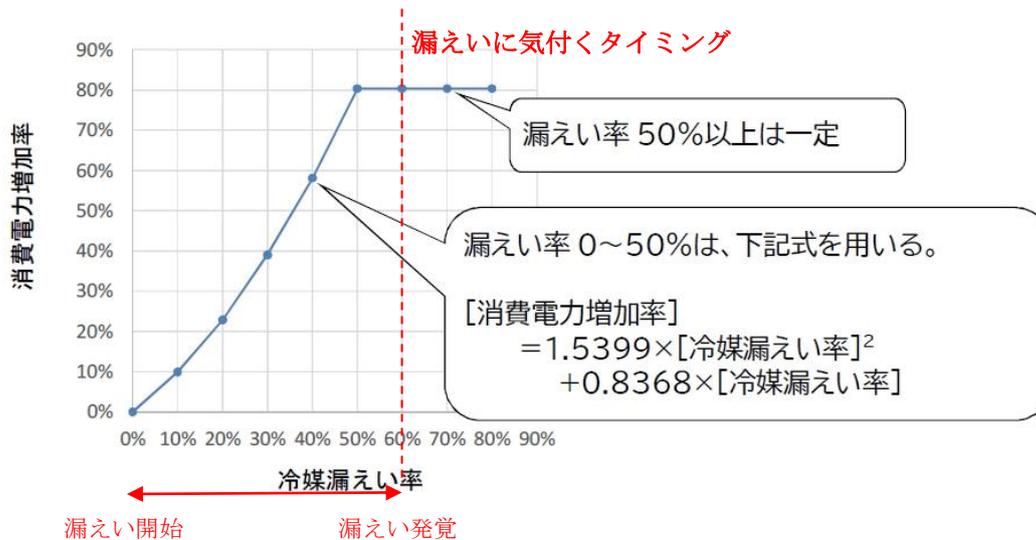
令和3年度環境省調査結果より引用

冷媒漏えい率	冷媒量	消費電力	消費電力増加率	冷凍機稼働率	②ケース温度	③ケース温度	冷凍機周囲温度	ケース周囲温度
0%	9.00kg	1756Wh	0%	51.7%	3.4	2.6	29.5	21.2
10%	8.10kg	1866Wh	6%	53.3%	3.5	3.3	31.4	20.8
20%	7.20kg	2215Wh	26%	63.3%	3.9	3.0	34.4	21.5
30%	6.30kg	2250Wh	28%	65.0%	3.7	4.9	34.4	21.7
40%	5.40kg	2491Wh	42%	75.0%	3.7	4.8	33.4	22.9
50%	4.50kg	3206Wh	83%	96.7%	4.4	6.1	36.0	23.0
60%	3.60kg	3040Wh	73%	100.0%	10.5	11.7	36.4	22.8
70%	2.70kg	2463Wh	40%	100.0%	12.9	15.0	18.7	19.2
80%	1.80kg	2104Wh	20%	95.0%	15.9	16.8	24.6	19.9
90%	0.90kg	107Wh	-94%	0.0%	17.6	17.8	16.0	19.6
100%	0.00kg	-	-	-	-	-	-	-

※60%漏えい時点で、②ケース温度、③ケース温度の上昇が見られ、温度異常警報が発報する。

図5-1 漏えい量と消費電力の増加に対する関係性

環境省：令和3年度IoT技術を活用したフロン漏えい検知システムにおける温暖化対策効果の把握に関する調査



※上記試験結果に関しては使用する冷凍機の種類・冷凍能力・冷媒等により結果が異なることが想定される

図 5-2 統一した評価で用いる冷媒漏えい率と消費電力増加率の関係

環境省：令和 3 年度 IoT 技術を活用したフロン漏えい検知システムにおける温暖化対策効果の把握に関する調査

- (3) 漏えい進行スピードは一定とする。
- (4) フロンキーパー設置により約 10%漏えいでの検知が可能となるので、10%漏えいで早期発見できた場合と、60%漏えいで発見した場合の消費電力の違いをシミュレーションする。

令和 3 年度環境省調査結果より引用

冷媒漏えい率	FG 発生率	冷媒液温度	吐出温度	吸入温度	高圧圧力	低圧圧力
0%	0.0%	36.4	69.9	1.5	2.078	0.155
10%	21.9%	42.1	73.0	4.0	2.044	0.170
20%	44.6%	45.2	74.1	8.2	2.031	0.213
30%	50.6%	43.8	79.3	11.2	1.940	0.202
40%	68.7%	43.7	80.1	11.3	1.948	0.226
50%	96.2%	42.7	87.7	11.2	1.973	0.225
60%	100.0%	38.8	88.9	15.1	1.786	0.123
70%	100.0%	23.9	68.3	14.5	1.195	0.014
80%	94.3%	22.4	94.6	17.3	1.034	0.008
90%	0.0%	31.4	69.2	25.6	0.215	0.149
100%						

図 5-3 漏えい率とフロンキーパー取得の漏えい判定に伴う数値の推移

環境省：令和 3 年度 IoT 技術を活用したフロン漏えい検知システムにおける温暖化対策効果の把握に関する調査

図 5-3 の通り、冷媒漏えい率 10%の段階でフラッシュガス発生率（以降：FG 発生率）に大きな変化が現れる。フロンキーパーではこの FG 発生率を主な判断材料として冷媒漏えいを検知する。

また、フロンキーパー警報発報時の FG 発生率の事例を以下（図 5-4）に示す。FG 発生率 20%付近にて発報、その後修繕するまで FG 発生率の増加が見られたが、漏えい修理対応、冷媒充填によって、FG 発生率は通常状態へ戻っている。

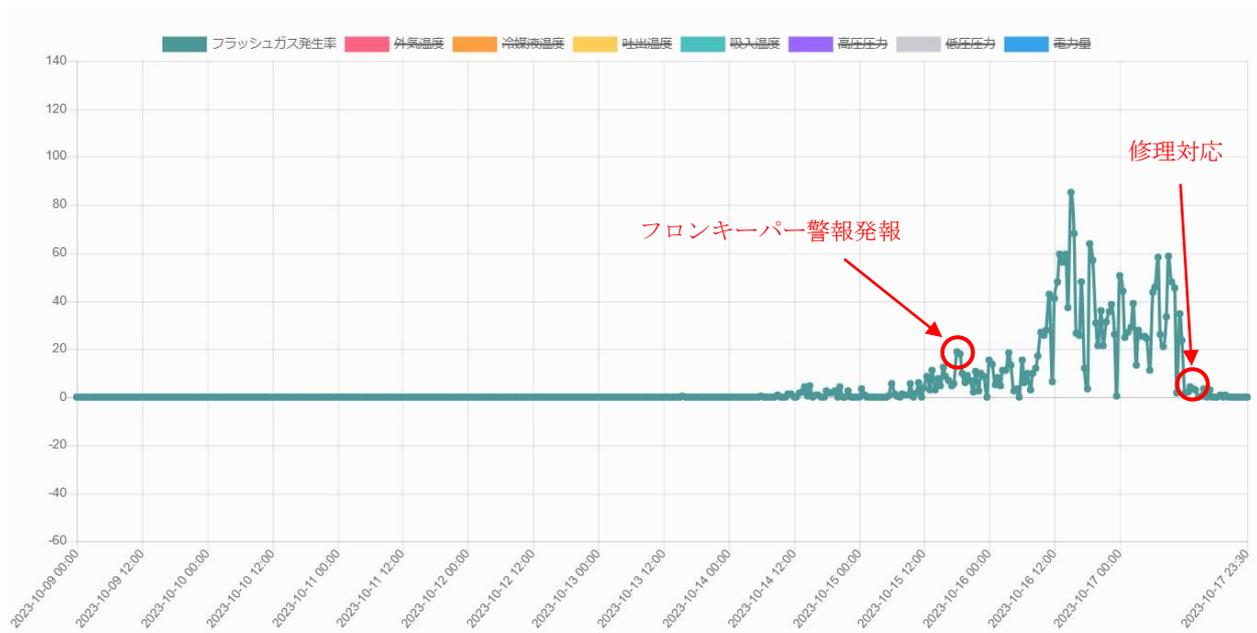


図 5-4 フロンキーパー警報発報時の FG 発生率の事例

(5) 電力料金計算は 1kWh あたり ¥23 で計算する。

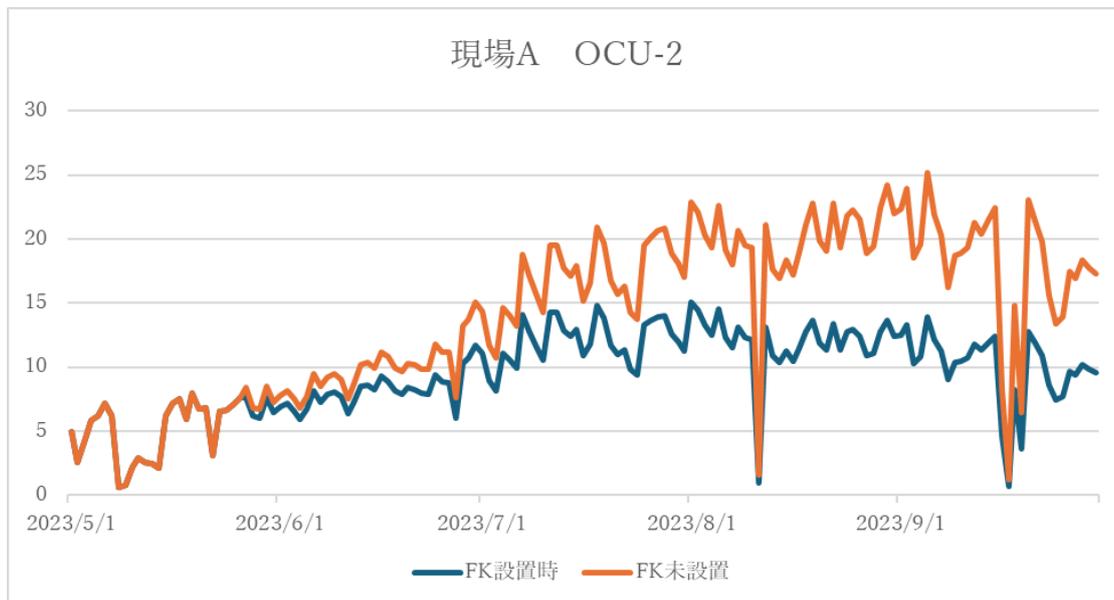
参考：業務用電力 契約電力 500kW 以上 夏季 工場 22.46 円 ビル 23.84 円

(2024 年 2 月 東京電力 HP より)

3. データ報告

(1) 現場 A OCU-2 冷蔵用

①ケース1 (5月1日～9月30日)

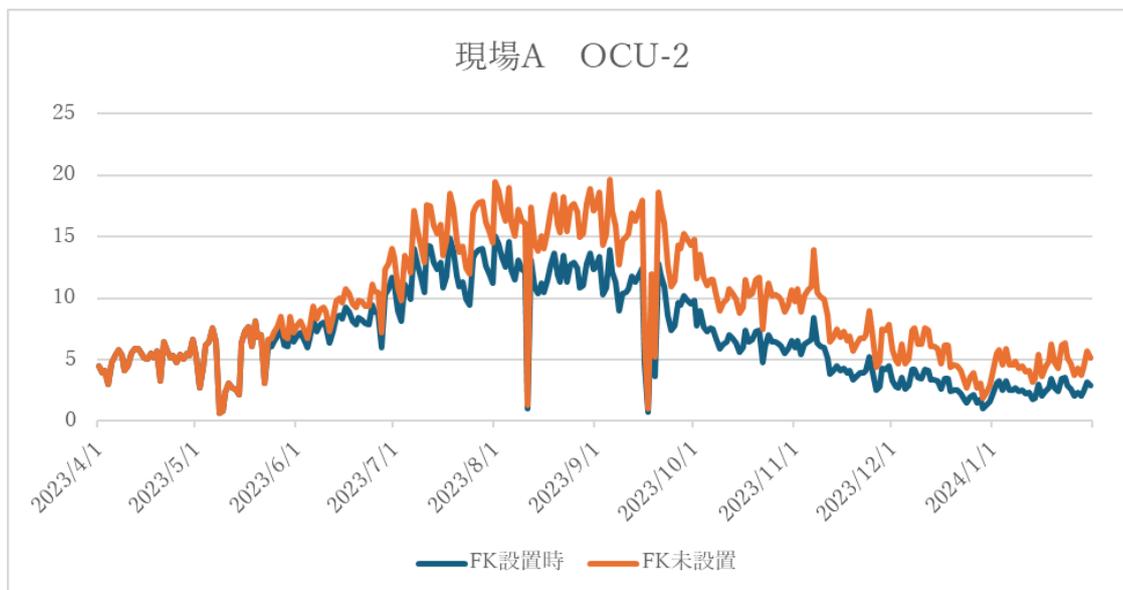


フロンキーパー設置時 (以下 FK 設置時) と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
685.1722	¥15,759	32.09%

図 6-1 現場 A OCU-2 ケース 1

②ケース2 (4月1日～1月31日)



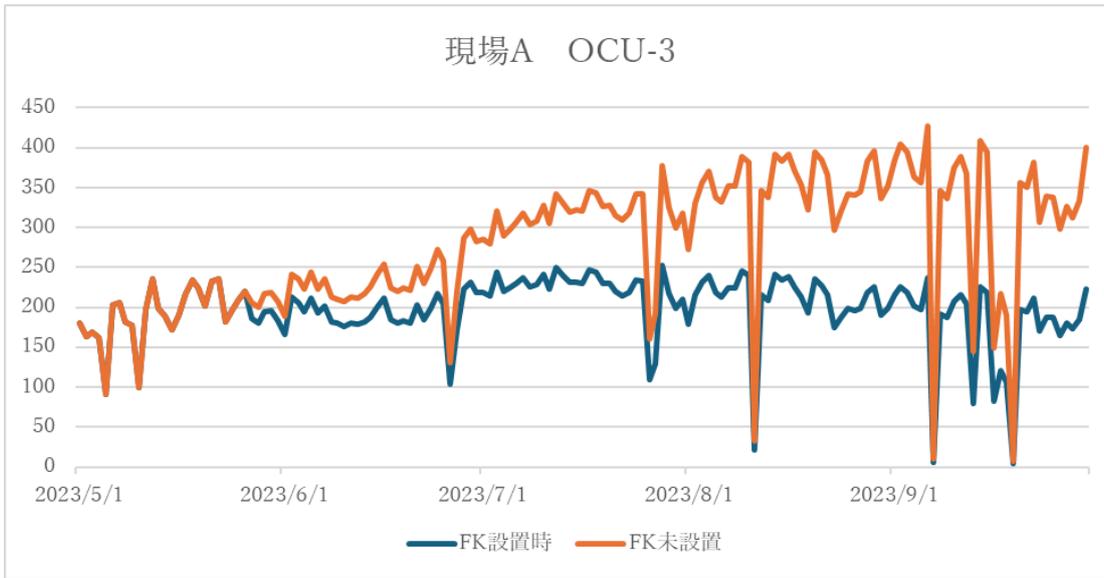
FK 設置時と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
742.4522	¥17,076	25.90%

図 6-2 現場 A OCU-2 ケース 2

(2) 現場 A OCU-3 冷凍用

①ケース 1 (5月1日～9月30日)

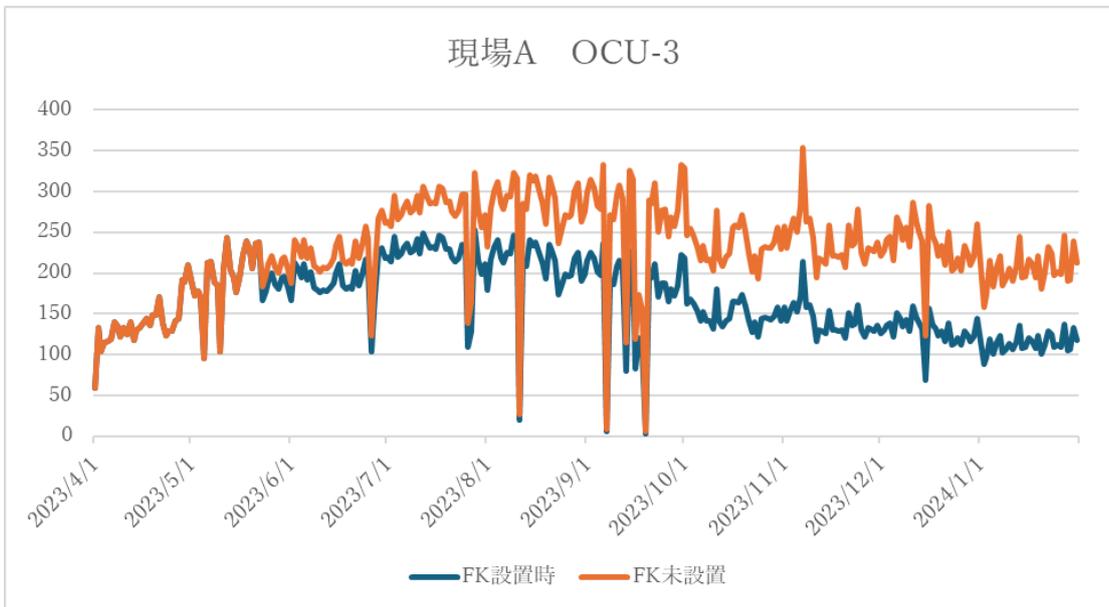


FK 設置時と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
12411.19	¥285,457	29.10%

図 6-3 現場 A OCU-3 ケース 1

②ケース 2 (4月1日～1月31日)



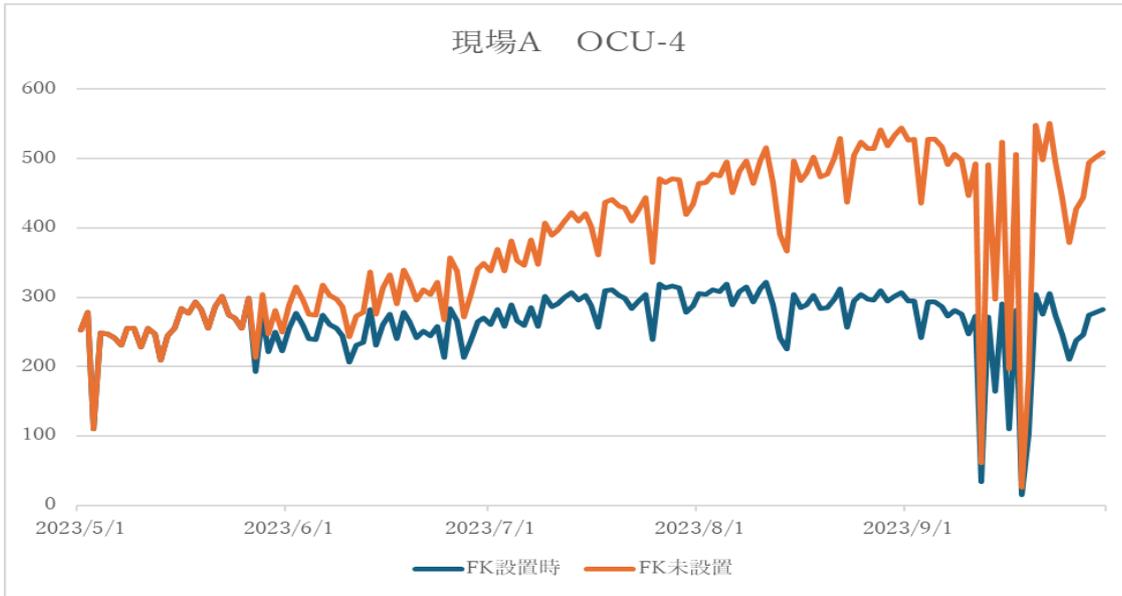
FK 設置時と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
18882.51	¥434,298	27.03%

図 6-4 現場 A OCU-3 ケース 2

(3) 現場 A OCU-4 急速凍結用

①ケース 1 (5月1日～9月30日)

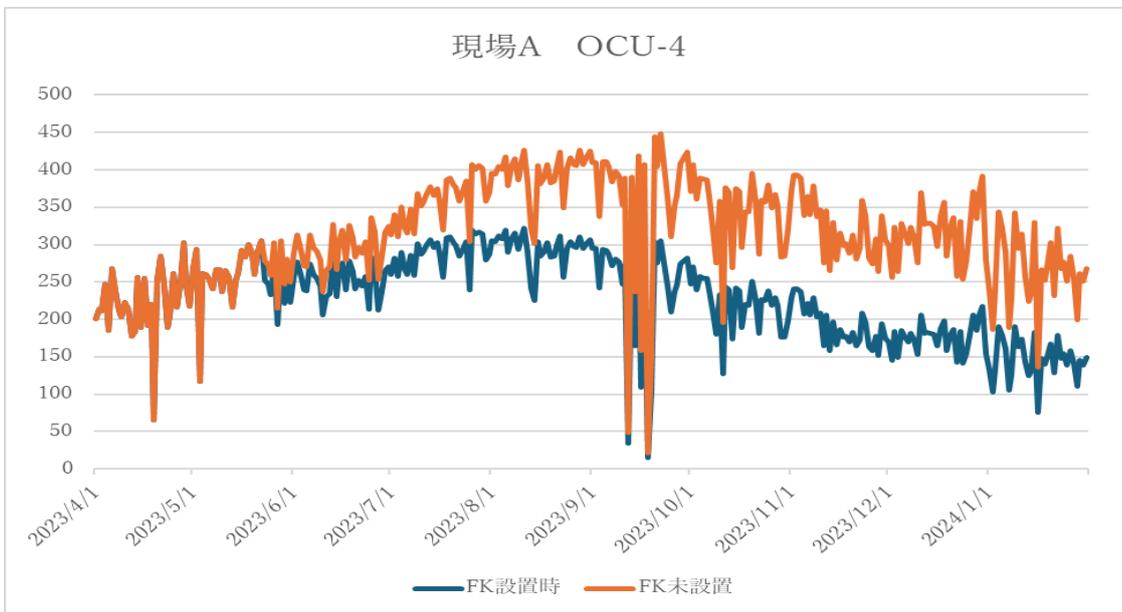


FK 設置時と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
17047.06	¥392,082	29.50%

図 6-5 現場 A OCU-4 ケース 1

②ケース 2 (4月1日～1月31日)



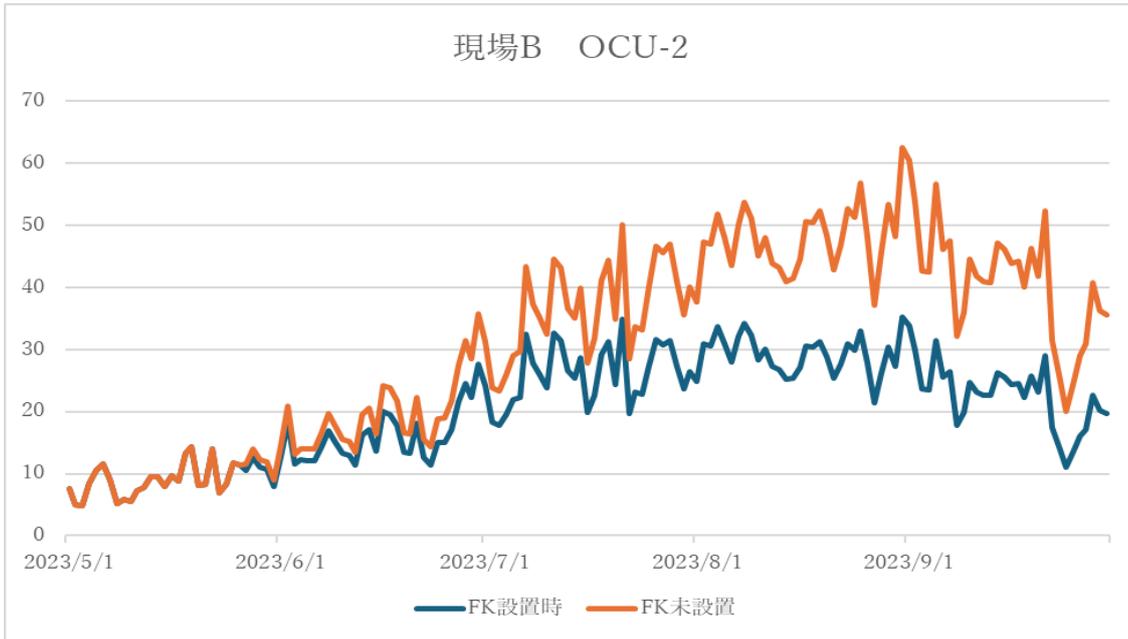
FK 設置時と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
25690.157	¥590,874	26.84%

図 6-6 現場 A OCU-4 ケース 2

(4) 現場 B OCU-2 冷蔵用

①ケース 1 (5月1日～9月30日)

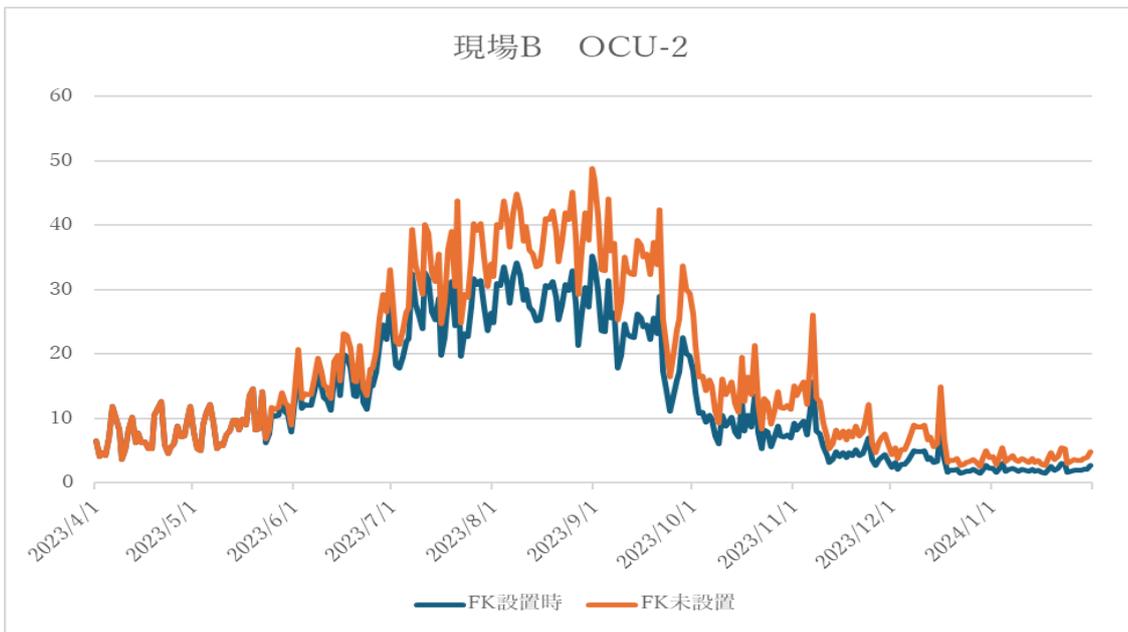


FK 設置時と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
1561.764	¥35,921	33.15%

図 6-7 現場 B OCU-2 ケース 1

②ケース 2 (4月1日～1月31日)



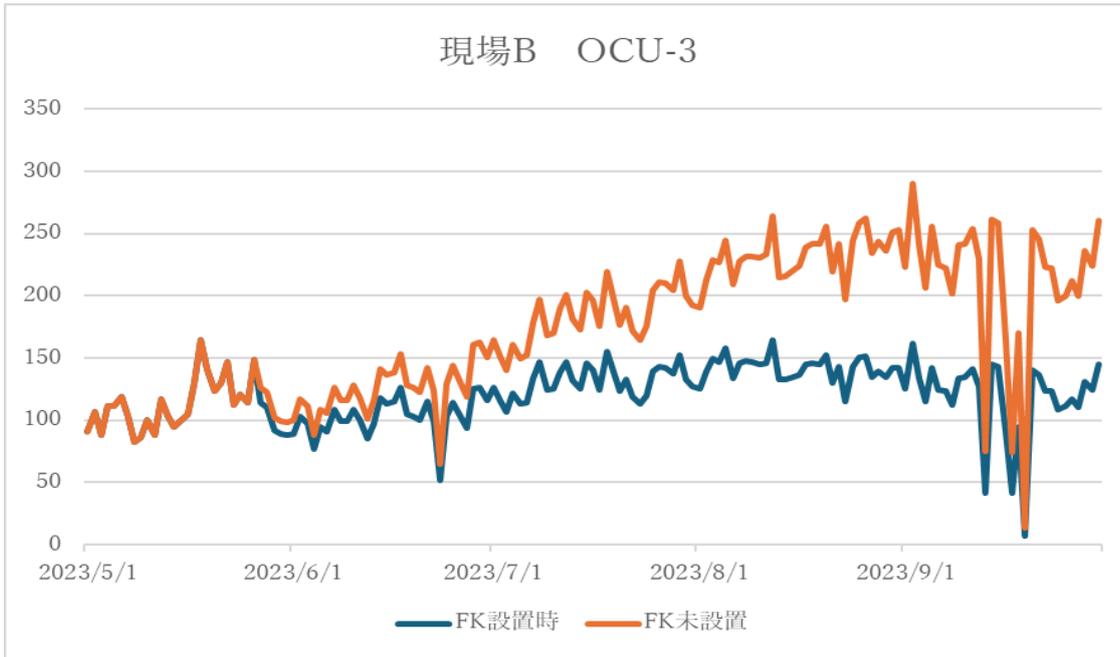
FK 設置時と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
1295.858	¥29,805	24.47%

図 6-8 現場 B OCU-2 ケース 2

(5) 現場 B OCU-3 冷凍用

①ケース 1 (5月1日～9月30日)

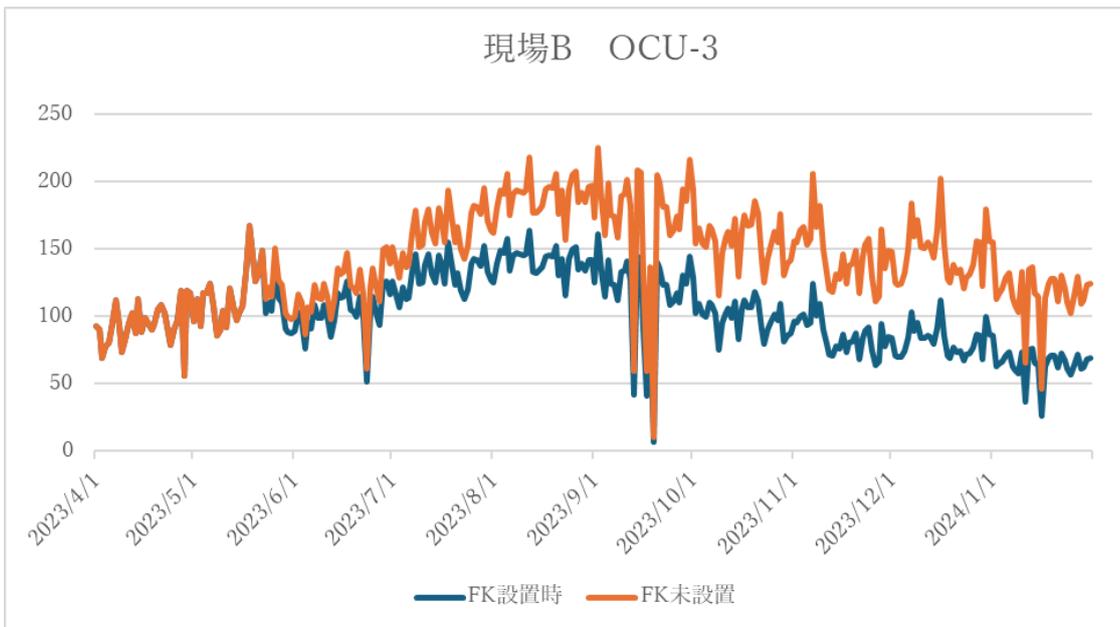


FK 設置時と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
7991.323	¥183,800	30.19%

図 6-9 現場 B OCU-3 ケース 1

②ケース 2 (4月1日～1月31日)



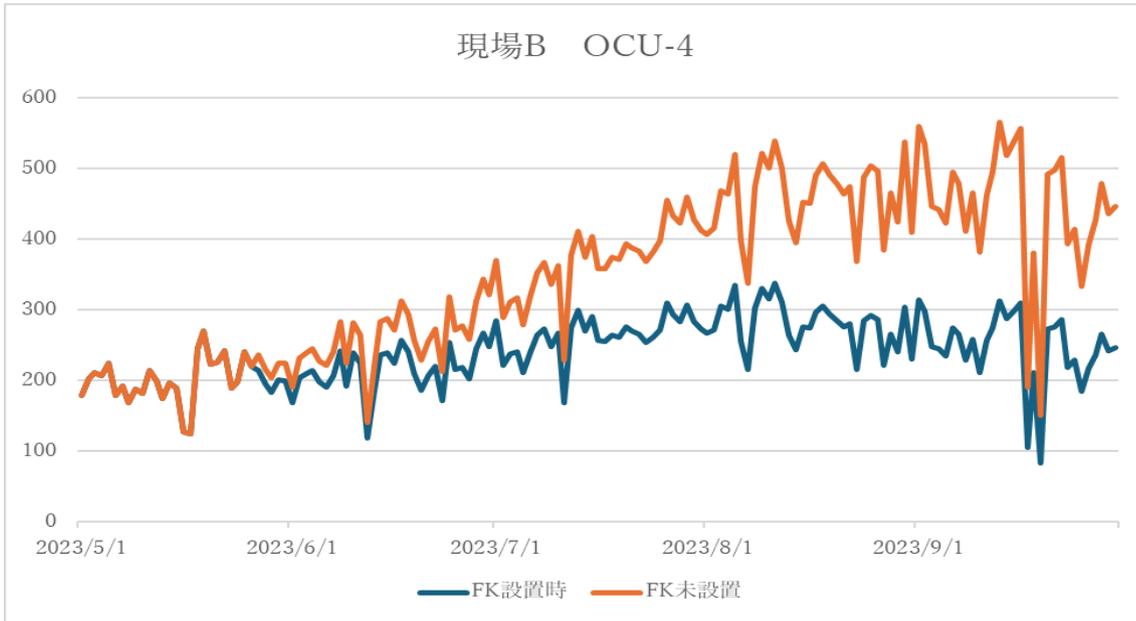
FK 設置時と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
11784.32	¥271,039	27.17%

図 6-10 現場 B OCU-3 ケース 2

(6) 現場 B OCU-4 急速凍結用

①ケース 1 (5月1日～9月30日)

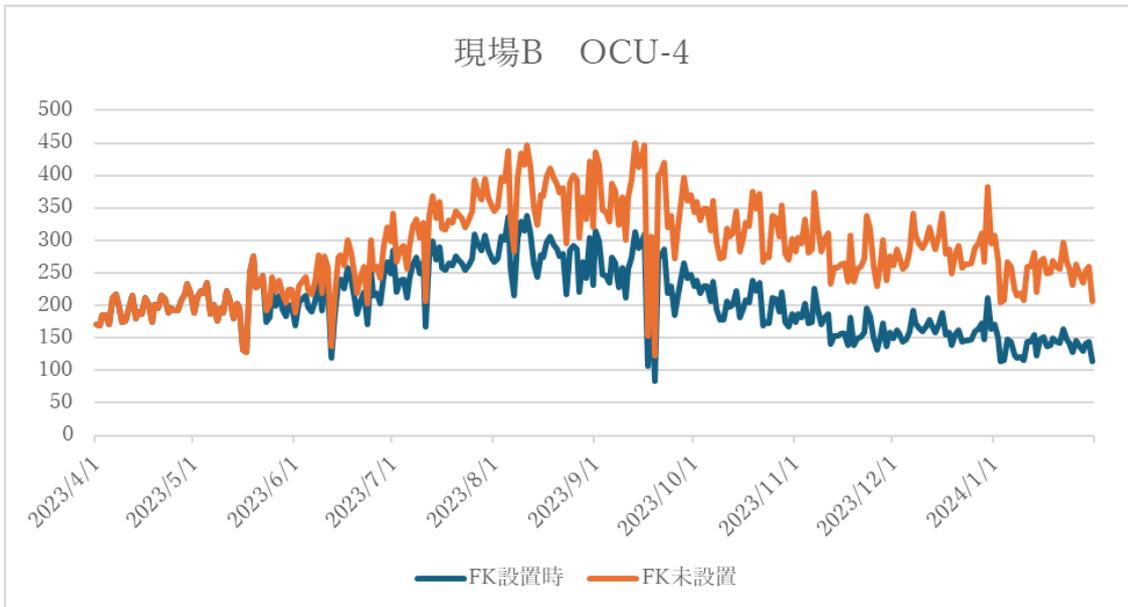


FK 設置時と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
16300.09	¥374,902	30.62%

図 6-11 現場 B OCU-4 ケース 1

②ケース 2 (4月1日～1月31日)



FK 設置時と未設置時における比較

増加消費電力(kWh)	増加電力料金	消費電力増加率 (%)
23862.94	¥548,848	27.30%

図 6-12 現場 B OCU-4 ケース 2

FK 設置時の、漏えいが早期の段階で修理対応された場合と、未設置時のように漏えいが発見されずに温度異常が発生してしまう段階で修理された場合を比較すると、およそ 25%~33%程度消費電力が増加してしまう結果となった。

冷凍機によって消費電力増加率に幅ができた原因としては、同じような稼働状況の冷蔵用（現場 A と現場 B の OCU-2）と、冷凍用・急速凍結用（現場 A と現場 B の OCU-3、OCU-4）でほぼ同等の数字であったことから、稼働状況が影響していると判断する。

特に、漏えいが進むことによって消費電力が大きくなるタイミングと、夏場の外気温上昇によって冷凍機の稼働が伸びたタイミングが重なってしまうと、消費電力増加率は非常に大きくなる（ケース 1）ことがわかった。

6 消費電力と各数値の相関分析

1. 消費電力と外気温の相関

各機器に関して、外気温と消費電力の相関に関して、下記グラフに示す。

(1) 現場 A OCU-2

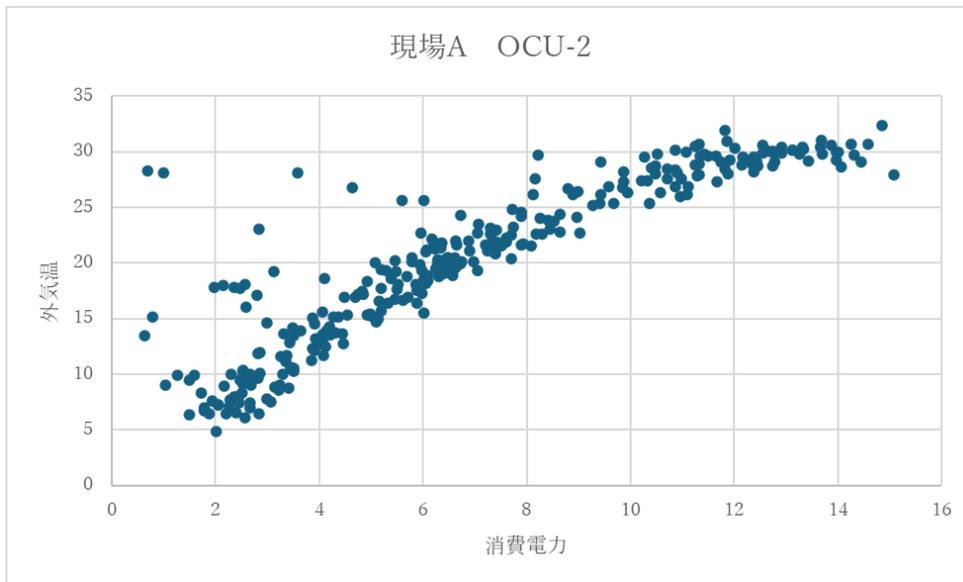


図 7-1 現場 A OCU-2

(2) 現場 A OCU-3

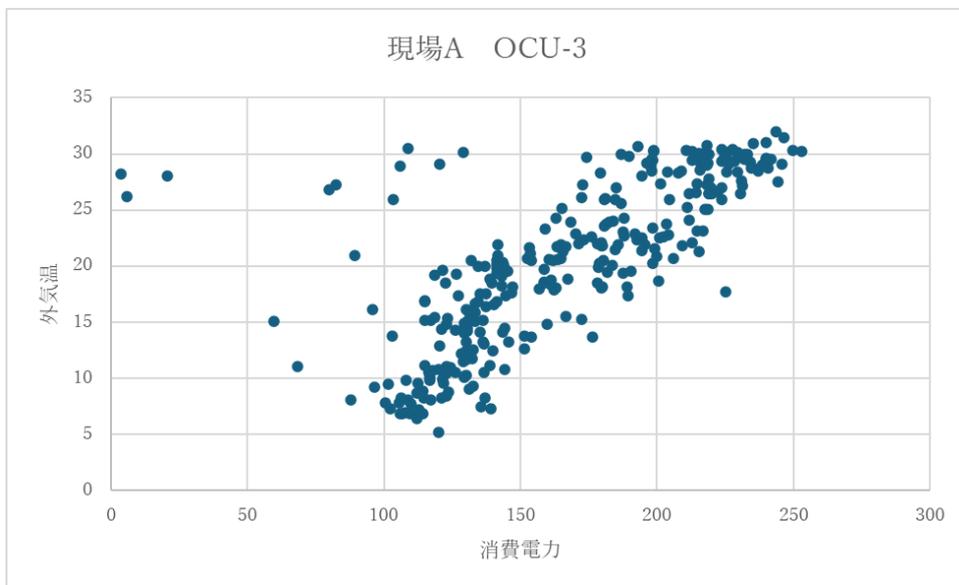


図 7-2 現場 A OCU-3

(3) 現場A OCU-4

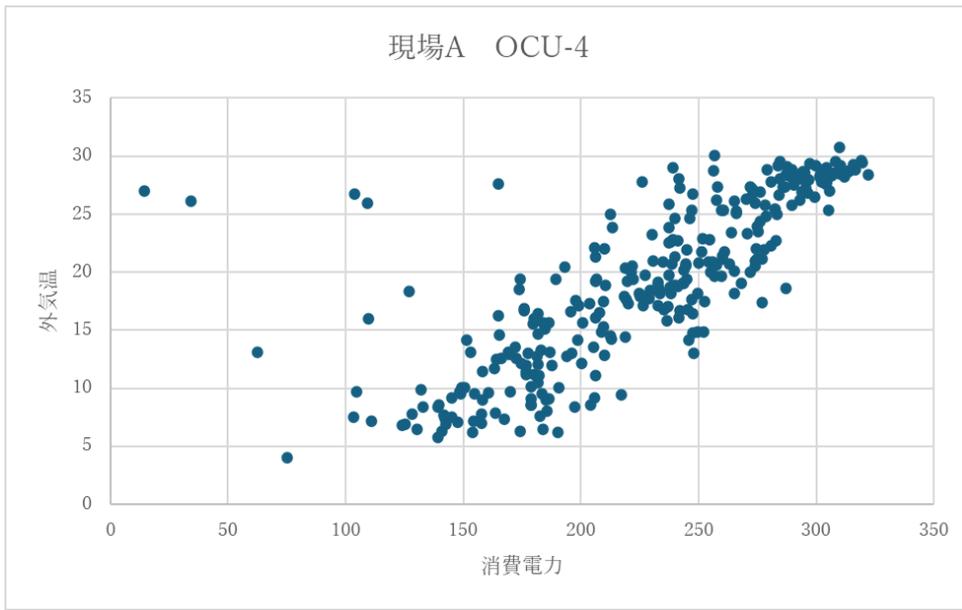


图 7-3 現場A OCU-4

(4) 現場B OCU-2

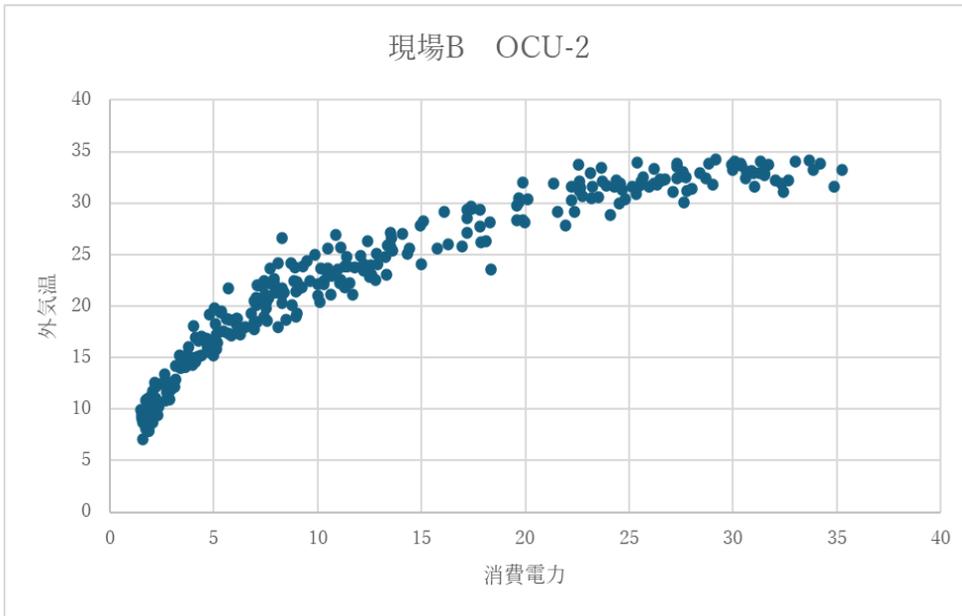


图 7-4 現場B OCU-2

(5) 現場 B OCU-3

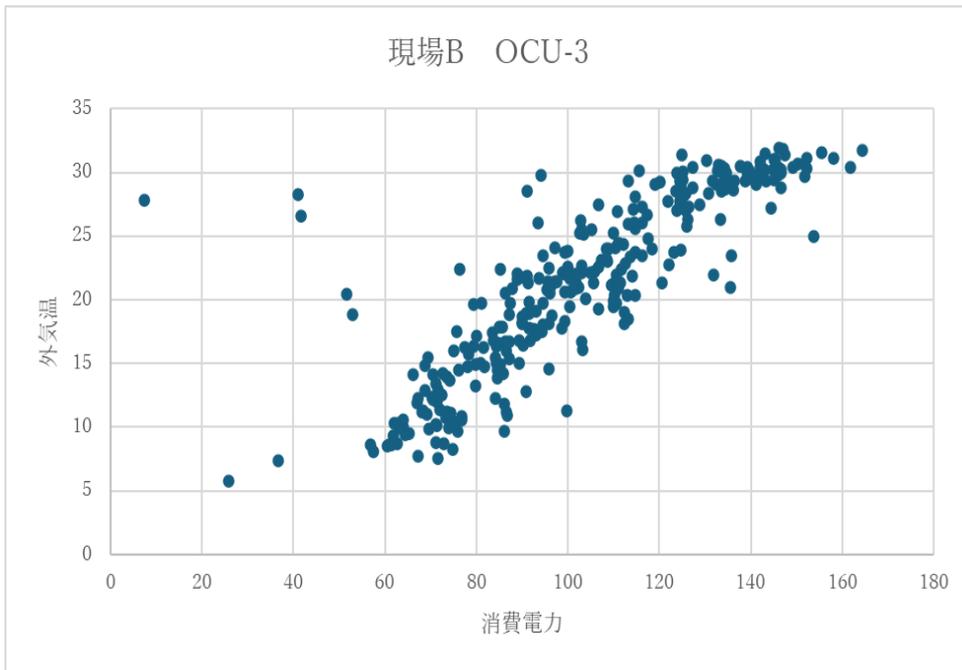


図 7-5 現場 B OCU-3

(6) 現場 B OCU-4

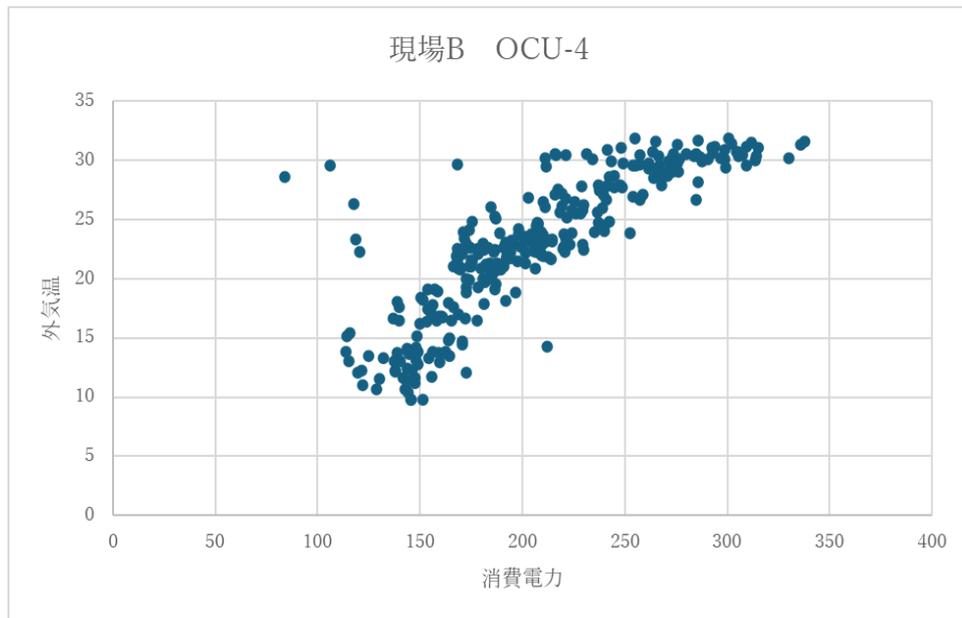


図 7-6 現場 B OCU-4

機器周辺の外気温と消費電力に関しては全冷凍機において相関がみられ、年間を通して機器の消費電力は外気温に大きく影響を受けていると判断できる。同じような稼働状況の冷蔵用（現場 A と現場 B の OCU-2）と、冷凍用・急速凍結用（現場 A と現場 B の OCU-3、OCU-4）ではほぼ同等の数字であったこと、また年末年始やお盆期間の前後の繁忙期による一時的な負荷の上昇、または反対に商品の出入が無く扉の開閉がなかったこと、といった使用状況の変化による特徴がみられ、前述の通り稼働状況が影響していることの裏付けとなった。

2. 冷凍機出力と消費電力の相関

冷凍機出力と消費電力の相関に関して、下記グラフに示す。(図 8-1) 期間消費電力は、各冷凍機の 2023 年 4 月 1 日～2024 年 1 月 31 日までの消費電力を合計した値。

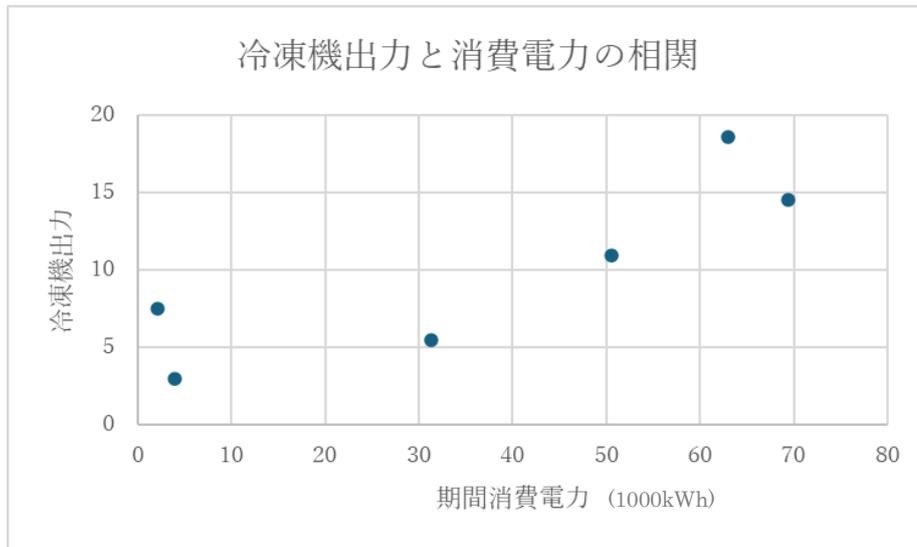


図 8-1 冷凍機出力と消費電力の相関

冷凍機出力と消費電力に関しても一定の相関がみられると判断する。

なお、期間消費電力が少なくなっている冷凍機に関しては、出力に比較して負荷（使用頻度や庫内商品の量など）が少なかったと推測する。

(参考) 単位出力当たりの増加電力料金

現場	機器名称	増加電力料金 /出力 (kW 当り)	呼称出力 (kW)	増加電力料金 (4/1～1/31)	用途
A	OCU-2	¥2,277	7.5	¥17,076	冷蔵用
	OCU-3	¥39,482	11.0	¥434,298	冷凍用
	OCU-4	¥40,471	14.6	¥590,874	急速凍結用
B	OCU2	¥9,935	3.0	¥29,805	冷蔵用
	OCU3	¥49,280	5.5	¥271,039	冷凍用
	OCU4	¥29,508	18.6	¥548,848	急速凍結用
平均		¥28,492			

* 増加電力料金：FK 設置時と未設置時の電力料金の差

※単位出力当たりの増加電力料金に関しては、前述の通り稼働状況による部分が多く、出力に対する負荷が大きく影響することの裏付けとなった。

7 まとめ

1. 取得データ考察

「5 冷媒漏えいと電力増加に関するシミュレーション」に関していえば、スローリークによる冷媒漏えいを早期発見することによって、およそ 25%~33%程度の消費電力増加を抑えることができる想定となった。稼働が多い冷凍機に関していえば、60 万円弱の電気代増加となっており、コスト的な影響も非常に大きい。

また、「6 消費電力と各数値の相関分析」に関しては、機器周辺の外気温、冷凍能力による相関がみられ、年間を通しての機器の消費電力は外気温や機器の稼働状況（負荷）に大きく影響を受けており、出力の大きい冷凍機が夏場に漏えいすると、消費電力増加は非常に大きくなる。

IoT を伴う常時監視システムを導入することにより、漏えいを早期発見できれば、これらの消費電力増加を抑えることが可能になる。また、夏場に冷凍機に負荷がかかり、漏えいが発覚するケースが多くあるが、メンテナンス業者が繁忙期になるため、修理対応が遅れてしまう。IoT を伴う常時監視システム導入により、潜伏している漏えいを発見することができれば、外気温上昇による消費電力増加前に修理対応が可能になり、更なるコストメリットが期待できる。

2. 事業終了後について

本事業期間内では、対象 6 機器ともに冷媒漏えいの発生が見られなかった。

事業期間終了に伴い 5 台に関しては 2024 年 2 月 28 日に撤去作業を行ったが、設置先の事業者 X と相談のうえ、最も漏えいリスクが高いと考えられる現場 B の OCU-3 においては、事業終了期間後においても、継続的にデータ採取を行い、漏えいがあった場合はデータ解析することで合意した。