

令和4年度環境省委託業務

令和4年度IoT技術を活用したフロン漏えい
検知技術による省CO2効果等評価・検証調査
委託業務報告書

令和5年3月

株式会社エックス都市研究所
E S 株 式 会 社

はじめに

代替フロン¹の排出量は、依然増加傾向を示しており、そのうち約6割が業務用冷凍空調機器の使用時漏えいが占めている。近年、IoT技術を活用した高精度なフロン漏えい検知システム（以下、「漏えい検知システム」という。）が活用され、早期の漏えい発見につながることを期待されているが、今後も長期の使用が想定される既設の冷凍空調機器の多くには設置が普及していない状況である。冷媒漏えいが発見されずに漏えいが進むことは、代替フロンの排出が増加することに加え、機器の稼働率低下による過剰な電力消費につながるため、エネルギー起源CO₂の排出増加につながるものである。

これを受け本業務は、特に使用時漏えいの多い小売業、冷凍冷蔵倉庫業、食品製造業に焦点をあて、漏えい検知システムの導入に伴う電力使用量の削減効果等を評価し、地球温暖化対策効果を検証及び把握することを目的とする。

本報告書は、これらの成果をとりまとめたものである。

令和4年度 IoT 技術を活用したフロン漏えい検知技術による省
CO2 効果等評価・検証 調査委託業務報告書
目次

はじめに

概要版（日本語・英語）

第1章 業務の全体概要	1
1.1 業務の目的	1
1.2 業務の概要	1
1.3 業務の実施体制	2
1.4 業務の全体フロー	3
第2章 漏えい検知システム導入による評価検証事業の実施	5
2.1 評価検証事業実施のための調整及び漏えい検知システム導入	5
2.1.1 検知器ユーザーの選定・調整	5
2.1.2 検証施設・機器の選定	5
2.1.3 システム構成の作成	11
2.1.4 実施工程表の作成	12
2.1.5 検知器準備・取付工事	14
2.2 評価検証事業によるデータ取得と分析	17
2.2.1 検証データの取得	17
2.2.2 結果の整理と評価検証事業データに基づくフロンの漏れ速度等の分析	18
2.2.3 過去のフロンデータに基づく評価検証	49
第3章 電力消費量増加率と冷媒漏えい率の相関グラフ作成のための 実証実験	75
3.1 評価の前提条件の設定	75
3.2 実証試験の設定	76
3.2.1 実証実験の目的	76
3.2.2 実証実験の全体工程	76
3.2.3 装置仕様	76
3.2.4 測定項目と測定機器	77
3.2.5 実証実験手順	77
3.3 実証試験の実施	80
3.3.1 実験結果	80
3.3.2 考察	86

3.3.3	まとめ	87
3.4	試験結果の分析・相関グラフの作成	88
3.4.1	別置型ショーケースとトンネルフリーザーの結果比較・分析	88
3.4.2	実証実験を踏まえた消費電力増加率と冷媒漏えい率の関係の設定	89
3.5	フロン漏えい及び電力使用量に關与する因子の影響度の評価	91

第4章 温暖化対策効果分析評価手法の作成 93

4.1	R3を踏まえたR4における温暖化対策効果分析評価手法の基礎検討	93
4.2	分析評価手法を踏まえた市場調査	95
4.2.1	電力消費と冷媒漏えい率の関係	96
4.2.2	既設機器に設置可能なフロン漏えい検知システムの市場規模	98
4.2.3	使用冷媒の状況	106
4.2.4	冷凍機負荷率	111
4.3	温暖化対策効果分析評価手法の作成	112
4.3.1	食品製造業（食品工場）におけるシステム導入時のフロンと電力消費量の削減割合の算出	112
4.3.2	全国ポテンシャルを推計するための稼働条件・推計条件等の検討	115

第5章 漏えい検知システム導入によるCO2削減効果の推計と結果の周知方法の検討 121

5.1	漏えい検知システム導入によるCO2削減ポテンシャルの推計	121
5.1.1	推計区分と稼働条件・推計条件	121
5.1.2	小売業（スーパーマーケット）を対象とした個別事業所の試算	123
5.1.3	各推計区分における温室効果ガス削減量の推計	124
5.1.4	漏えい検知システム導入による温室効果ガス削減ポテンシャルの推計結果の考察	128
5.2	事業成果の周知方法の検討	129
5.2.1	基本情報の整理	130
5.2.2	広報を実施すべき事業者の選定	131
5.2.3	広報方法の検討	135
5.2.4	令和5年度以降の広報活動の実施イメージ	137
5.3	次年度以降の事業を見据えたCO2削減ポテンシャルの推計精緻化に向けた課題の整理	138

概要（サマリー）

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

1. 業務の目的

代替フロンの排出量は、依然増加傾向を示しており、そのうち約6割が業務用冷凍空調機器の使用時漏えいが占めている。近年、IoT 技術を活用した高精度なフロン漏えい検知システム（以下、「漏えい検知システム」という。）が活用され、早期の漏えい発見につながる事が期待されているが、今後も長期の使用が想定される既設の冷凍空調機器の多くには設置が普及していない状況である。冷媒漏えいが発見されずに漏えいが進むことは、代替フロンの排出が増加することに加え、機器の稼働率低下による過剰な電力消費につながるため、エネルギー起源 CO2 の排出増加につながるものである。

これを受け本業務は、特に使用時漏えいの多い小売業、冷凍冷蔵倉庫業、食品製造業等に焦点をあて、漏えい検知システムの導入に伴う電力使用量の削減効果等を評価し、地球温暖化対策効果を検証及び把握することを目的とする。

2. 業務実施フロー

業務実施フローを図-1に示す。

※図中の番号は本報告書の章番号とは異なる

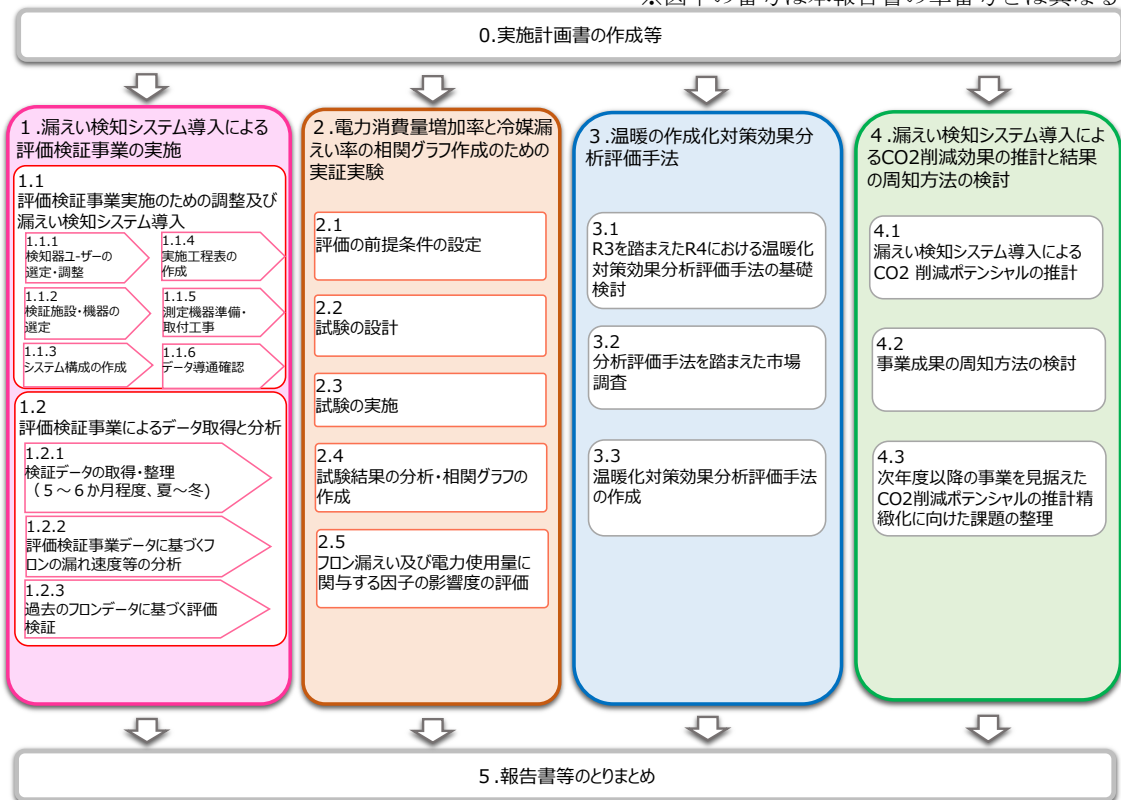


図-1 業務実施フロー

3. 業務の概要

3.1 漏えい検知システム導入による評価検証事業の実施

業務用冷凍冷蔵機器を所有する小売業を対象に漏えい検知システムを設置し（6事業者、30冷凍機）、関連データを取得し、1）漏えい率30%でのフロン漏えいの把握の可能性の分析、2）フロン漏えいと電力増加の関係性の分析、3）フロンの漏れ速度の分析を実施した。

その結果、目安としているフラッシュガス発生率 30%ラインを超える冷凍機が確認された。これにより、実際に相当量のフロンが漏えいしていることが確認され、検知器の設置効果を確認した。

※フラッシュガス発生率が高いほど漏れ量が多いことを示す。

(グラフ表示期間:2022年8月1日～8月31日)

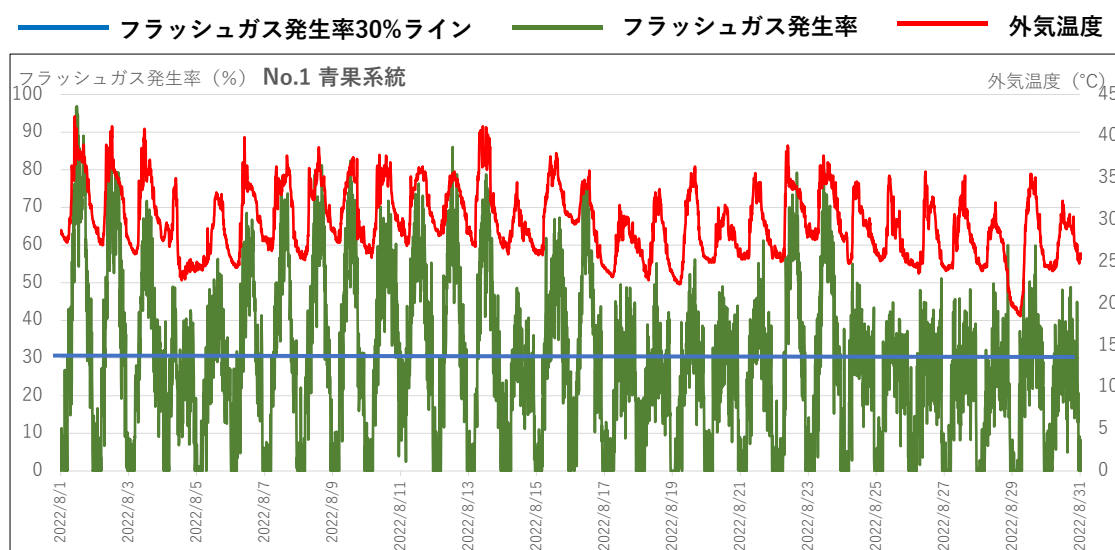


図-2 測定結果の例

フロン漏えいと電力増加の関係性について、フロン漏えいが確認された冷凍機に関してフロン充填前後の電力消費量を分析した結果、全体の傾向としては電力消費量の削減が確認された。

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
24	5,120	4,569	11%
25	該当データが少ないため除外		
26	該当データが少ないため除外		
27	5,655	5,063	10%
28	6,505	6,253	4%
29	7,123	6,353	11%
30	7,547	6,756	10%
31	8,157	7,206	12%
32	8,594	8,049	6%
33	8,432	8,515	-1%
34	8,987	8,700	3%
全体平均			7.4%

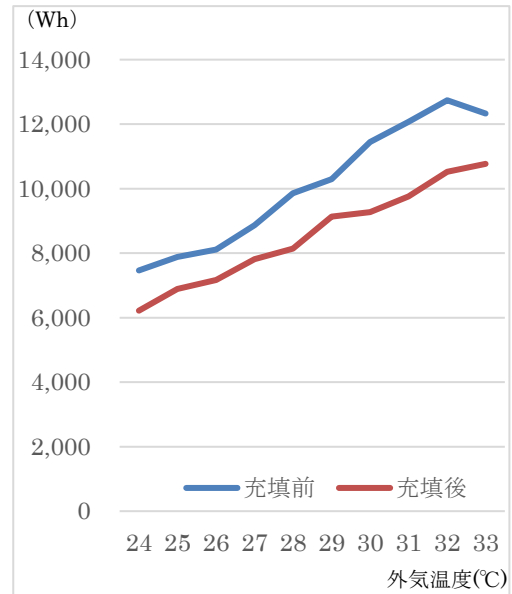


図-3 フロン充填前後の電力消費量の変化に関する分析結果

3.2 電力消費量増加率と冷媒漏えい率の相関グラフ作成のための実証実験

食品製造業（食品工場）における冷凍機の取扱い状況を踏まえた評価の前提条件の検討・設定を行った上で試験の設計をおこない、冷媒漏えい率と電力消費増加率との相関関係の試験（充填後 10%ずつ段階的にフロンを抜き取って、電力消費量の増加を計測する）を実施した。漏えい率 40%程度までは電力増加がみられなかったが、50~60%で急激な電力増加が確認され、令和3年度に実施した小売業における別置型ショーケース付帯冷凍機を対象とした試験結果と概ね同じような結果が得られた。

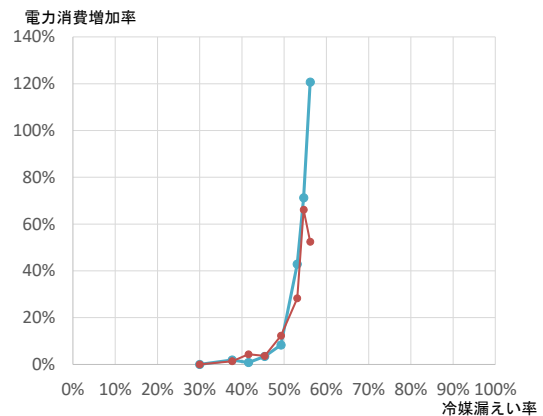


図-4 冷媒漏えい率と電力消費増加率の関係

3.3 温暖化対策効果分析評価手法の作成

実証試験結果や市場調査等を踏まえて温暖化対策効果分析評価手法を作成し CO2 削減ポテンシャルを推計した。推計対象は全国の小売業、食品製造業（食品工場）、飲食料品卸売業、宿泊業、飲食サービス業、冷蔵倉庫業とした。推計の結果、全業種で IoT を活用したフロン検知システムの導入による冷媒漏えい抑制効果は 2 百万 t-CO2eq 程度、電力削減による CO2 削減効果は 2 百万 t-CO2eq 程度と推計された。

Summary

Entrusted Investigation Work for Evaluation/Verification of the CO₂ Emission Reduction Effect, etc. by the Fluorocarbon Leakage Detection Technology Using IoT Technology (FY 2022)

1. Purpose of the Investigation

The HFC emission volume still shows an increasing trend and leakage during the operation of commercial refrigeration equipment accounts for some 60% of such emission. Although it has been hoped in recent years that the active use of a highly accurate fluorocarbon leakage detection system (hereinafter referred to as a “LDS”) will lead to the early detection of leakage, such a system has not yet been installation to many existing refrigeration and air-conditioning equipment which is still expected to be used for a long time to come. The progression of refrigerant leakage without being detected not only increases the HFC emission volume but also causes the excessive consumption of power due to a declining equipment operation rate, resulting in increased CO₂ emission originating from energy use.

Under these circumstances, the investigation aims at evaluating the reduction effect on power consumption, etc. following the introduction of a LDS, focusing on retail, cold storage, food manufacturing and other businesses with an especially high level of leakage during operation so that the global warming mitigation effect of such a system can be understood and verified.

2. Flow of the Investigation

The flow of the investigation is shown in Fig.-1.

※ The numbers in Fig-1 are different from the chapter numbers in this Summary.

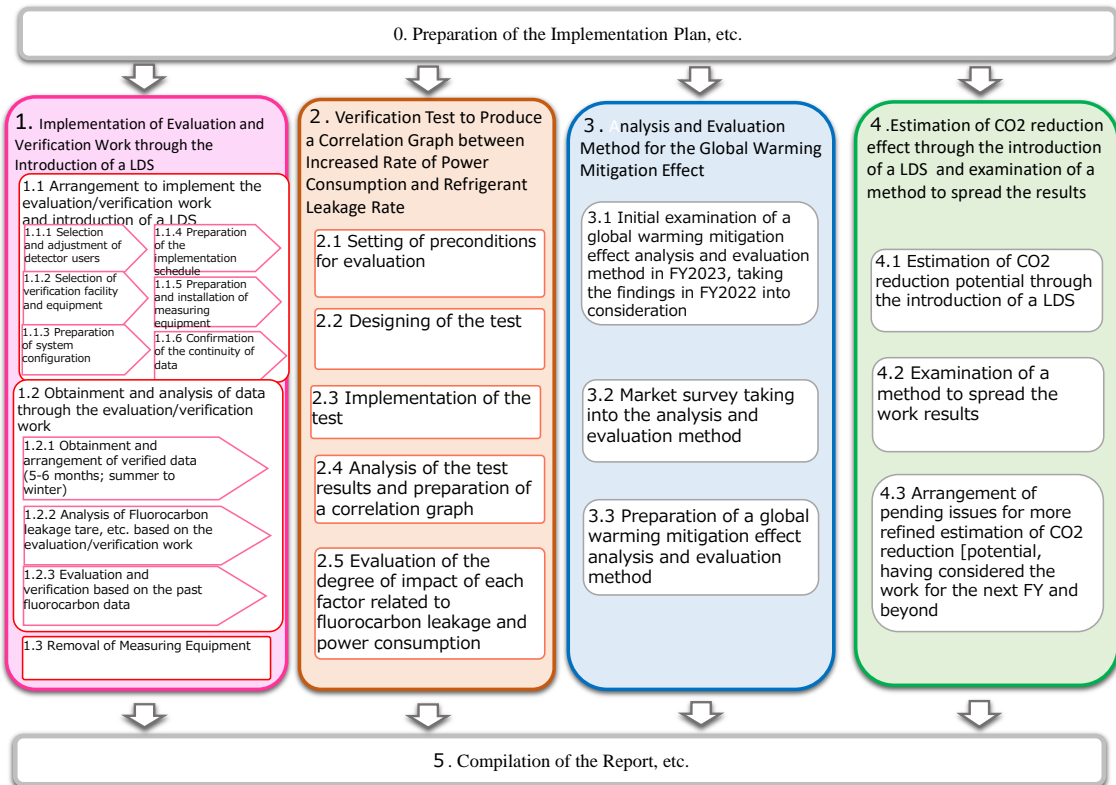


Fig-1 Flow of the Investigation

3. Outline of the Investigation

3.1 Implementation of Evaluation and Verification Work through the Introduction of a LDS

Having installed LDS systems targeting retailers possessing commercial refrigeration and air-conditioning equipment (6 retailers with 30 refrigerators), the obtained relevant data was analyzed to analyze i) the possibility of detecting a leakage at a fluorocarbon leakage rate of 30%, ii) the relationship between fluorocarbon leakage and increased power consumption and iii) the speed of fluorocarbon leakage.

The results of the analysis confirmed those refrigerators with a flash gas incidence rate of 30% used as a yardstick, verifying a fair level of fluorocarbon leakage as well as the positive effect of the installation of a detector.

* A higher rate of flash gas incidence means a higher level of leakage.

(Subject Period: 1st to 31st August, 2022)

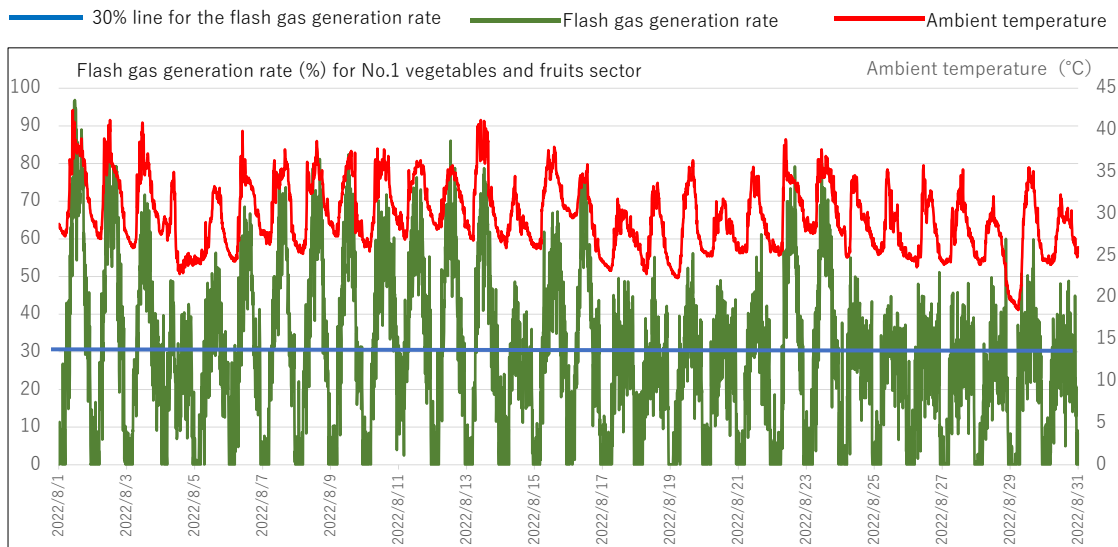


Fig.2 Examples of Measurement Results

In regard to the relationship between fluorocarbon leakage and increased power consumption, the electricity consumption before and after the filling of HFC in those refrigerators from which fluorocarbon leakage was confirmed was analyzed and the results showed a general trend of a reduction of the power consumption.

Ambient Temperature (°C)	Power Consumption (Wh)		Power Consumption Reduction Rate
	Before Filling	After Filling	
24	5,120	4,569	11%
25	Not measured due to insufficient data		
26	Not measured due to insufficient data		
27	5,655	5,063	10%
28	6,505	6,253	4%
29	7,123	6,353	11%
30	7,547	6,756	10%
31	8,157	7,206	12%
32	8,594	8,049	6%
33	8,432	8,515	-1%
34	8,987	8,700	3%
Overall Average			7.4%

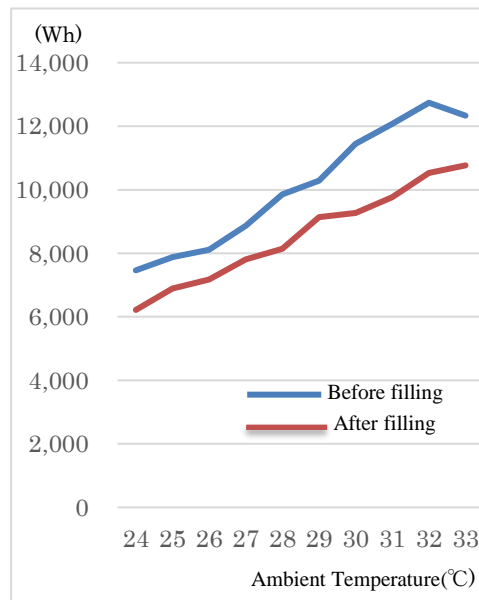


Fig.3 Analysis Results of Changing Power Consumption Before and After the Filling of HFC

3.2 Verification Test to Produce a Correlation Graph between Increased Rate of Power Consumption and Refrigerant Leakage Rate

Having examined and set the preconditions for evaluation taking the usage situation of refrigerators in the food manufacturing industry (food processing plants) into consideration, the details of the verification test were designed and this test regarding the relationship between the refrigerant leakage rate and increased rate of power

consumption (measurement of the increased power consumption by gradually removing the fluorocarbon by 10% at each stage after fully filling) was conducted. No increase of the power consumption was observed up to a leakage rate of around 40% and a sudden increase of the power consumption was observed at 50 – 60%, indicating a similar result to a comparable test featuring a separate type refrigerator attached to a showcase in a retail business.

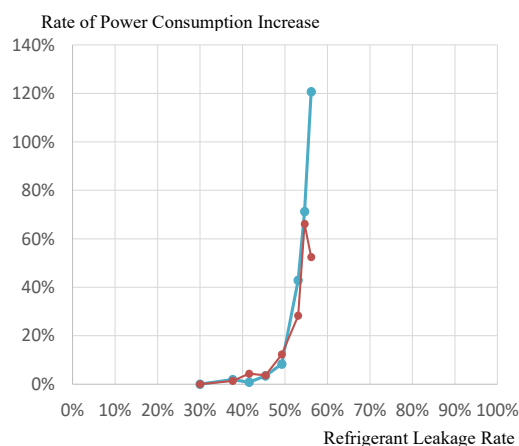


Fig.4 Relations between Refrigerant Leakage Rate and Increased Power Consumption Rate

3.3 Formulation of an Analysis and Evaluation Method for the Global Warming Mitigation Effect

An analysis and evaluation method for the global warming mitigation effect was formulated based on the verification test results, market survey findings, etc. and the CO₂ reduction potential was estimated. The targets for this estimation were decided to be retail, food manufacturing (food processing plants), food and beverage, accommodation, eating and drinking service and cold storage businesses nationwide. The estimated CO₂ emission reduction results by the introduction of a FDS using IoT for all of these businesses were about 2 million t-CO₂ eq from the refrigerant leakage reduction effect and about 2 million t-CO₂ eq from the power consumption reduction effect.

第 1 章 業務の全体概要

本章では、業務の目的と調査内容、調査体制及び調査フロー等を概説する。

1.1 業務の目的

代替フロンの排出量は、依然増加傾向を示しており、そのうち約 6 割が業務用冷凍空調機器の使用時漏えいが占めている。近年、IoT 技術を活用した高精度なフロン漏えい検知システム（以下、「漏えい検知システム」という。）が活用され、早期の漏えい発見につながる事が期待されているが、今後も長期の使用が想定される既設の冷凍空調機器の多くには設置が普及していない状況である。冷媒漏えいが発見されずに漏えいが進むことは、代替フロンの排出が増加することに加え、機器の稼働率低下による過剰な電力消費につながるため、エネルギー起源 CO2 の排出増加につながるものである。

これを受け本業務は、特に使用時漏えいの多い小売業、冷凍冷蔵倉庫業、食品製造業に焦点をあて、漏えい検知システムの導入に伴う電力使用量の削減効果等を評価し、地球温暖化対策効果を検証及び把握することを目的とする。

1.2 業務の概要

本業務は大きく表 1.2-1 に示す 4 項目に区分される。1) では、漏えい検知システム導入による評価検証事業の実施を行った。2) では、電力消費量増加率と冷媒漏えい率の相関グラフ作成のための実証実験を実施した。3) では、温暖化対策効果分析評価手法の作成を行った。4) では、漏えい検知システム導入による CO2 削減効果の推計と結果の周知方法の検討を行った。

表 1.2-1 業務の全体概要

区分	実施内容
1) 漏えい検知システム導入による評価検証事業の実施	検証施設・検知器の選定をし、準備・取付工事を実施し、検証データの取得・整理を行った。
2) 電力消費量増加率と冷媒漏えい率の相関グラフ作成のための実証実験	食品製造業（食品工場）を想定したフロン漏えいの電力消費増加率と冷媒漏えい率の相関関係の試験を実施した。フロン漏えいの電力消費増加率と冷媒漏えい率の相関関係の試験を実施し、試験から得られた結果の分析および相関グラフの作成を行った。
3) 温暖化対策効果分析評価手法の作成	市場調査、評価検証事業、電力消費量増加率と冷媒漏えい率の相関グラフ作成のための実証実験を踏まえ、温暖化対策効果分析評価手法の作成を行った。

区分	実施内容
4) 漏えい検知システム導入によるCO2削減効果の推計と結果の周知方法の検討	3) の手法をもとに漏えい検知システム導入によるCO2削減ポテンシャルの推計を行った。冷凍冷蔵機器の使用時におけるフロン漏えい量が最も高いと考えられる小売業を中心とした周知方法の検討を行った。

1.3 業務の実施体制

本業務は令和4年度環境省委託事業として、株式会社エックス都市研究所、ES株式会社の2社共同体制によって実施した。また、評価検証事業の実施を株式会社ナンバ、消費電力増加率と冷媒漏えい率の相関グラフ作成のための実証実験の実施をフクシマガリレイ株式会社に再委託した。実施体制図を図1.3-1に示す。

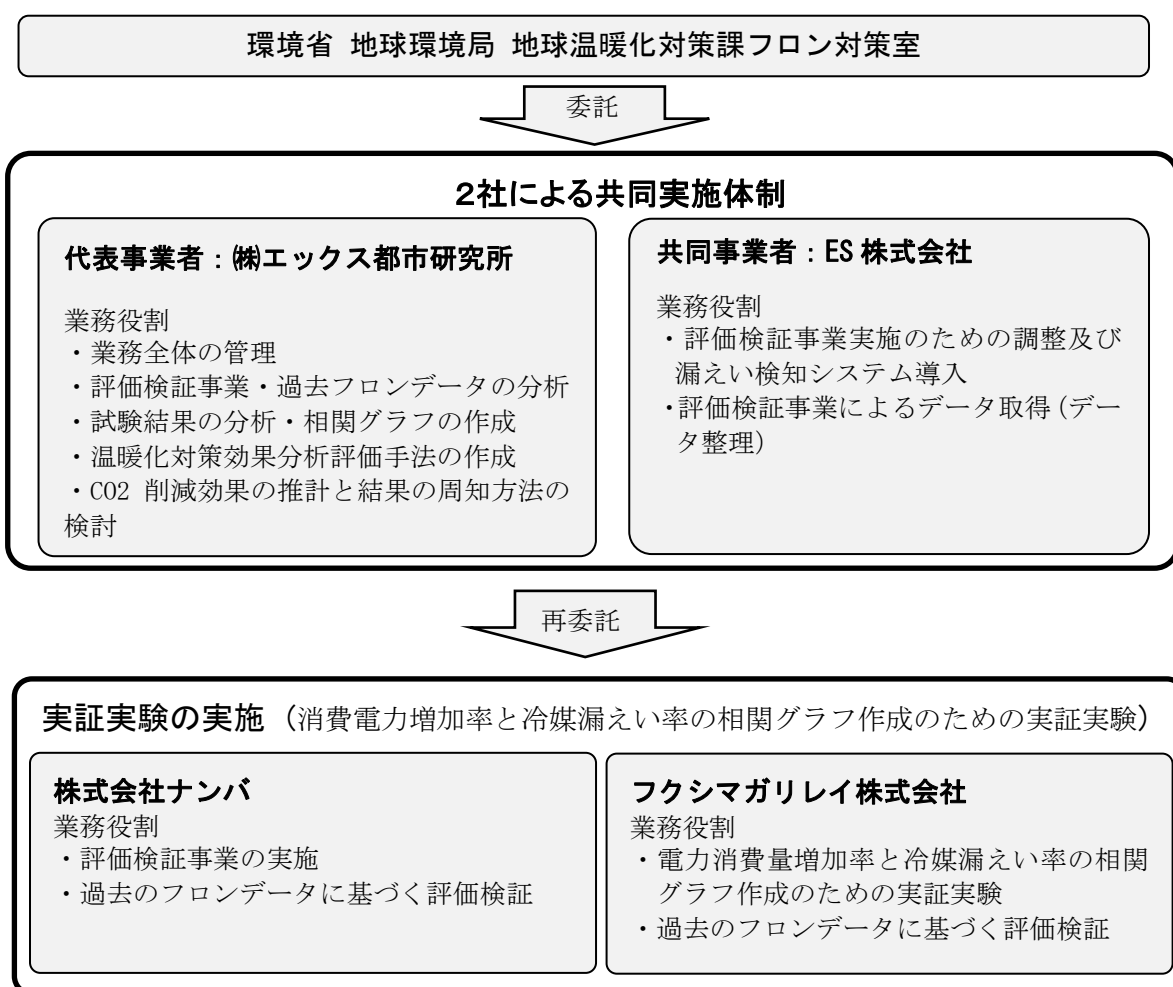


図 1.3-1 実施体制図

1.4 業務の全体フロー

本業務の全体フローを図 1.4-1 に示す。

※図中の番号は本報告書の章番号とは異なる

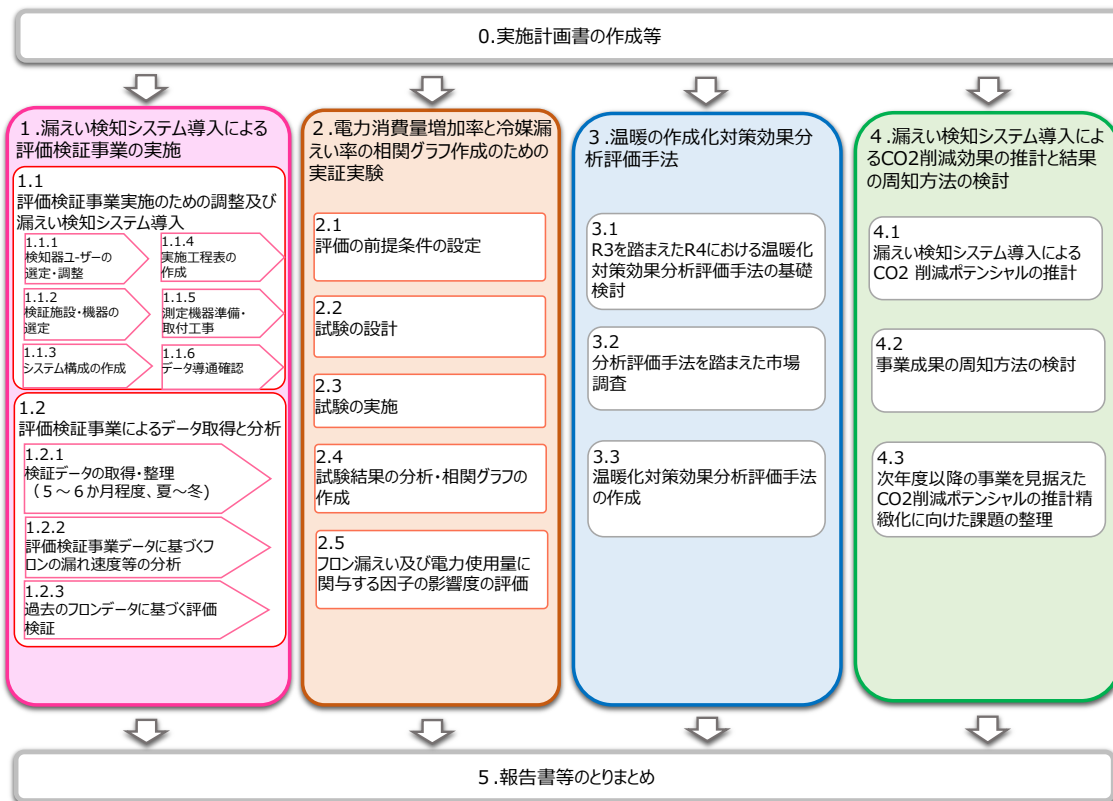


図 1.4-1 本業務の全体フロー

第 2 章 漏えい検知システム導入による評価検証事業の実施

2.1 評価検証事業実施のための調整及び漏えい検知システム導入

2.1.1 検知器ユーザーの選定・調整

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」において得られた知見やネットワークを活用し、

- ✓ フロン漏えいに対する興味・関心が高い。
- ✓ 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工事、過去データの提供等に協力的である。

の 3 点に配慮し、候補となる事業者を選定した。選定結果を表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 評価検証事業の実施事業者

名称	本社所在地	店舗数
A 社	—（非公開）	—（非公開）
B 社	〃	〃
C 社	〃	〃
D 社	〃	〃

2.1.2 検証施設・機器の選定

検証施設・機器の選定にあたっては現地調査を実施し表 2.1-2 に示す冷凍機設置年数や冷媒漏えい状況、通信環境、冷凍機容量などから選定した。

表 2.1-2 検証施設・機器の選定の目安

項目	内容
冷凍機設置年数	設置から 10 年前後経過している冷凍機
冷媒漏えい状況	冷媒漏えいの発生履歴（頻度、量）が比較的多い施設
通信環境	携帯電波が確保できる施設、箇所
冷凍機容量	3.7kW ～ 30kW の範囲

さらに検知器が設置可能か確認ポイントを設け事前に確認を行うとともに、評価検証事業の実施にあたっては冷凍冷蔵設備事業者の過去の管理知見・ノウハウ、本事業への協力が重要となることから事前面談を実施し協力を取り付けた。

表 2.1-3 事前確認項目とそのポイント

項目	確認のポイント
既存冷設事業者の同意	<ul style="list-style-type: none"> ・検知器ユーザーと既設冷設事業者との関係性に悪影響を及ぼさない。 ・既設冷設事業者はフロン漏えい時に適切な修理・充填が実施可能か。
冷凍機の状態確認	<ul style="list-style-type: none"> ・検知器設置により既存設備システムに何らかの影響を及ぼさないか。 ・フロン漏えい発生の可能性が高い使用年数約 10 年を超えているか。 ・冷媒配管距離が長くないか。 <p>※長いほど配管内の曲がり等により圧力変動の影響を受けやすくなる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通信環境確保上、冷凍機が集中設置されているか。 ・過去にフロン漏えい発生があるか。 <p>※1 度発生実績がある場合、再度発生する可能性が高いとされている</p>
冷媒管理システムの有無、及び内容	<ul style="list-style-type: none"> ・圧力・温度等の情報収集が可能か。
検知器設置工事関連	<ul style="list-style-type: none"> ・検知器を設置可能なスペースを確保可能か。
修理関連	<ul style="list-style-type: none"> ・検知器設置にあたり留意すべき修理履歴はないか。

現地調査や冷凍冷蔵設備事業者との面談結果を踏まえ、表 2.1-4 に示す 6 施設を検証対象とした。

表 2.1-4 検証施設

No.	事業者名	施設名	所在地
1	A 社	E 店	— (非公開)
2	B 社	F 店	〃
3		G 店	〃
4	C 社	H 店	〃
5		I 店	〃
6	D 社	J 店	〃

また、対象とした冷凍機は、各店舗で5冷凍機（計30冷凍機）とした。冷凍機の仕様等を表2.1-5～表2.1-10記載する。

○No.1 A社E店

表 2.1-5 A社E店における計測対象とした冷凍機の仕様等

	系統No.	商品	圧縮機出力 (kW)	使用冷媒	製造年
①	No.1	青果・鮮魚・精肉	29.2	R404A	2013年
②	No.2	鮮魚・精肉・日配	25.5	R404A	2013年
③	No.3	冷凍食品	25.5	R404A	2013年
④	No.4	冷凍食品・アイス	29.2	R404A	2013年
⑤	No.5	日配	25.5	R404A	2013年

○No.2 B社F店

表 2.1-6 B社F店における計測対象とした冷凍機の仕様等

	系統No.	商品	圧縮機出力 (kW)	使用冷媒	製造年
①	R-1	青果	19.4	R404A	2008年
②	R-2	鮮魚・精肉	22.2	R404A	2009年
③	R-3	アイス	22.2	R404A	2009年
④	R-4	冷食	14.8	R404A	2009年
⑤	R-5	日配	14.8	R404A	2009年

○No.3 B社G店

表 2.1-7 B社G店における計測対象とした冷凍機の仕様等

	系統No.	商品	圧縮機出力 (kW)	使用冷媒	製造年
①	R-1	青果	19.4	R404A	2011年
②	R-3	鮮魚・精肉	22.2	R404A	2012年
③	R-4	アイス	12.0	R404A	2012年
④	R-5	冷食	22.2	R404A	2012年
⑤	R-7	日配	19.4	R404A	2011年

○No. 4 C社H店

表 2.1-8 C社H店における計測対象とした冷凍機の仕様等

	系統 No.	商品	圧縮機出力 (kW)	使用冷媒	製造年
①	No. 1	青果・和日配・青果冷蔵庫	26.0	R404A	2006年
②	No. 2	和日配・鮮魚・日配冷蔵庫	26.0	R404A	2006年
③	No. 3	精肉	18.5	R404A	2006年
④	No. 5	寿司・洋日配・酒	11.0	R404A	2006年
⑤	No. 8	冷食・アイス	25.6	R404A	2010年

○No. 5 C社I店

表 2.1-9 C社I店における計測対象とした冷凍機の仕様等

	系統 No.	商品	圧縮機出力 (kW)	使用冷媒	製造年
①	No. 1	青果・和日配・青果冷蔵庫	21.9	R404A	2011年
②	No. 2	鮮魚・精肉	25.6	R404A	2010年
③	No. 3	洋日配・飲料・酒	18.2	R404A	2011年
④	No. 4	冷凍食品・アイス	11.0	R404A	2011年
⑤	No. 9	洋日配・寿司・惣菜冷蔵庫	7.5	R404A	2006年

○No. 6 D社J店

表 2.1-10 D社J店における計測対象とした冷凍機の仕様等

	系統 No.	商品	圧縮機出力 (kW)	使用冷媒	製造年
①	No. 1	青果	21.9 (7.3×3)	R404A	2011年
②	No. 2	鮮魚・精肉	25.6 (7.3×3+3.7)	R404A	2011年
③	No. 3	日配・惣菜	21.9 (7.3×3)	R404A	2011年
④	No. 4	日配	25.6 (7.3×3+3.7)	R404A	2011年
⑤	No. 7	冷食・アイス・凍魚	25.6 (7.3×3+3.7)	R404A	2011年

次に評価検証事業に使用する検知器について検討を行った。検知器に求められる条件は次のとおりである。

- ✓ 既設冷凍機に対して大規模な工事を必要とせず設置可能であること。
- ✓ 少ない漏れ率であっても検知可能であり継続的に漏れ率を計測可能であること。

註：漏れ率の最終評価はエキスパートジャッジによる

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」における検知器メーカーへのヒアリング結果を踏まえ、上記条件を満たす株式会社ナンバのフロンキーパーを採用した。フロンキーパーの概要を表 2.1-11 に示す。

表 2.1-11 株式会社ナンバ フロンキーパーの概要

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	603台 (2021.12.24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
導入コスト	設置工事費	20馬力以下：基本設置工事5万円 20馬力以上：配管径等が大きくなるため追加費用がかかる
	ハード/ソフト導入概算費用	本体価格20万円
	維持管理コスト	・サーバー管理費、利用料2,000円/台 月額 ・基本的には通信費用は別途顧客の支払い
検知技術	技術の概要	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 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。 ▶ 人の目では見えない冷凍機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。
	検知の仕組み	<p>図 2.1-1 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)	警報メールが発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、冷媒高圧圧力、冷媒低圧圧力、電力消費量
	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。電力消費量については、過度に漏えいが進むと電力消費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	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。

2.1.3 システム構成の作成

導入するシステム構成を作成した。基本構成を図 2.1-2 に、測定項目を表 2.1-12 に示す。

各店舗ごとに冷凍機5台に対してフロンキーパーを設置し、各種データを遠隔にて専用サーバーに送信し自動保存される。各種データの内容は、冷凍機5項目、冷凍冷蔵ショーケース1項目、屋外1項目である。冷凍冷蔵ショーケース・屋外のデータ収集は、温度ロガーを取り付けてスマートフォンの専用アプリにてデータ回収を行う。収集された各種データは店舗ごとに指定した期間でグラフ化でき分析ならびにデータダウンロードが可能である。

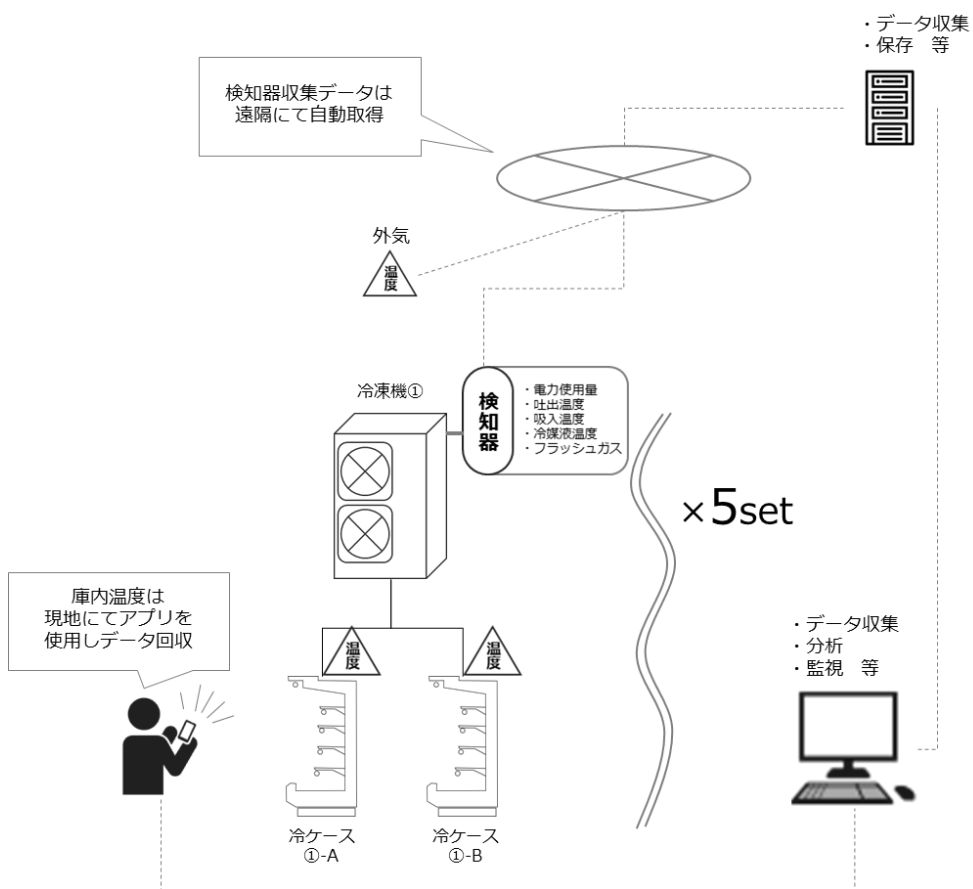


図 2.1-2 システム構成

表 2.1-12 測定項目

計測場所	データ項目	計測点数	計測粒度	データ回収
冷凍機 (1施設あたり5台選 定)	電力使用量	1×5	1分	遠隔
	吐出温度(圧縮機出口)	1×5	1分	遠隔
	吸入温度(圧縮機入口)	1×5	1分	遠隔
	冷媒液温度	1×5	1分	遠隔
	フラッシュガス	1×5	1分	遠隔
冷凍冷蔵ショーケース (冷凍機1台につき 系統2箇所)	庫内温度	2×5	10分	現地
屋外	外気温度	1	1分	遠隔

2.1.4 実施工程表の作成

実施工程表を作成し計画的に検知器の取り付けを進めた。実施工程表を表 2.1-13 に示す。

2.1.5 検知器準備・取付工事

実施工程表に基づき取付けを実施した。原則、昼間営業時間中の初日（1日目）のみにて施工することとし店舗営業への妨げになることを極力回避した。各店舗における検知システム設置前後の写真を以下に示す。

（検知システム 導入前・後の写真）

○No. 1 A社E店

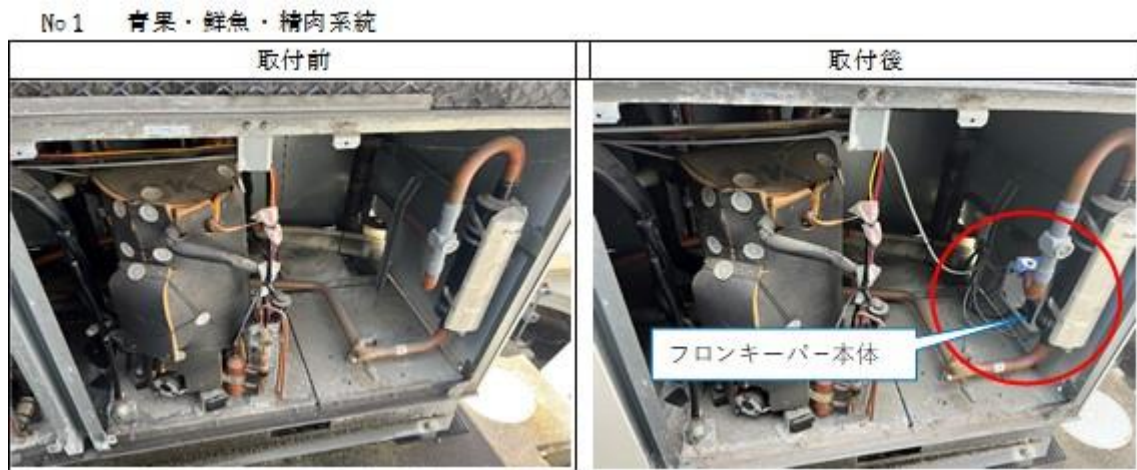


図 2.1-3 検知システム設置前後の写真1

○No. 2 B社F店

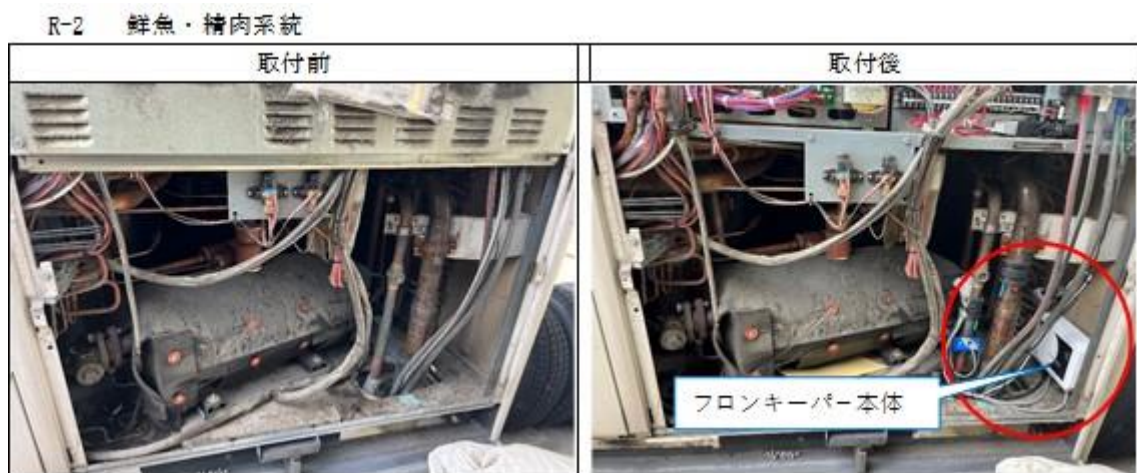


図 2.1-4 検知システム設置前後の写真2

○No. 3 B社G店

R-3 鮮魚・精肉系統

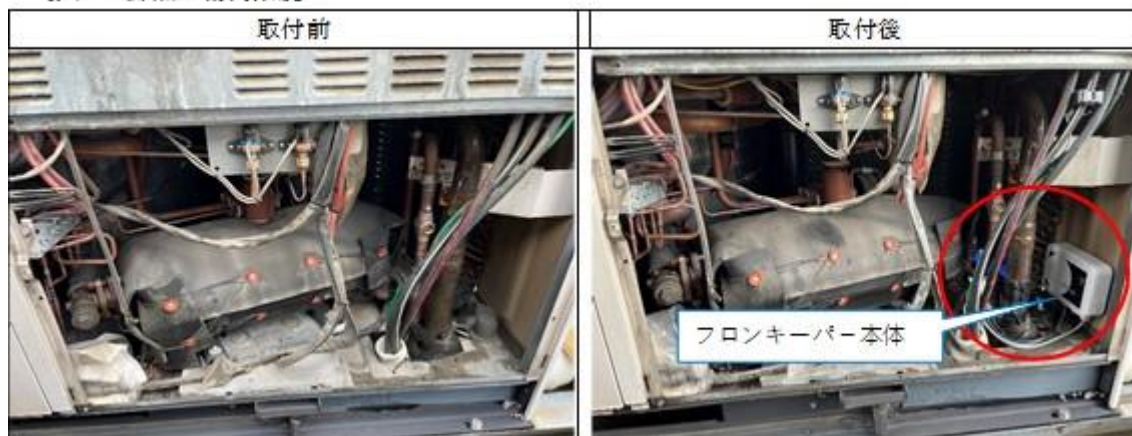


図 2.1-5 検知システム設置前後の写真3

○No. 4 C社H店

No1 青果・和日配・青果冷蔵庫系統



図 2.1-6 検知システム設置前後の写真4

○No. 5 C社I店

No1 青果・和日配・青果冷蔵庫系統



図 2.1-7 検知システム設置前後の写真5

○No. 6 D社J店

No1 青果系統

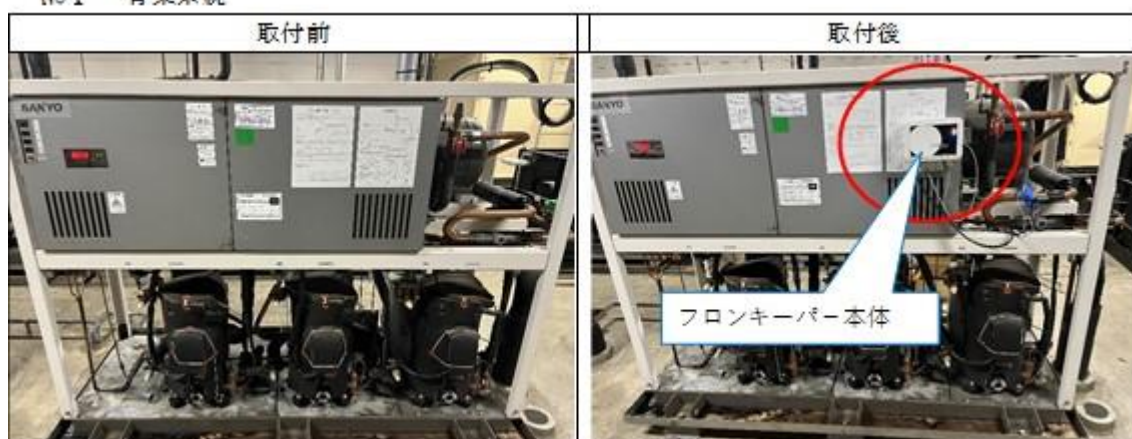


図 2.1-8 検知システム設置前後の写真6

導入工事完了後、ローカル（施設内）におけるデータの導通確認を実施した。導通確認はローカル導通確認後、遠隔地においてデータが得られるか確認した。原則、昼間営業時間中の2日目にて確認作業を行った。

2.2 評価検証事業によるデータ取得と分析

2.2.1 検証データの取得

検証データの取得は2022年8月～2023年2月に行った。なお、機器の取り付け時期により、7月（後半）からデータを取得している事業所も存在する。測定対象とするデータはフロン漏えい・電力消費量増大への影響度が高いと考えられる表 2.2-1 に示した項目とした。

なお、当初、冷媒高圧・低圧圧力についてもデータ収集の可能性を模索したが、冷凍機器への改変が必要であるため、リスクが高いと判断し、今回のデータ収集対象からはずすこととした。

表 2.2-1 測定対象とするデータ

データ項目		備考
冷凍機	冷凍機の周囲温度	
	個別冷凍機消費電力量(30分値)	
	吐出温度	
	吸入温度	
	液冷媒温度	
	フラッシュガス発生率	今回使用した検知器特有の測定項目
冷凍・冷蔵庫 (ショーケース等)	冷凍・冷蔵庫内温度	
その他	施設全体の電力(月別)	事業者からデータ提供
	外気温度(室外機周辺)	

2.2.2 結果の整理と評価検証事業データに基づくフロンの漏れ速度等の分析

評価検証事業で得られた結果を整理し、データの分析を行った。主な分析項目としては下記を設定した。なお、後述の2.2.3過去のフロンのデータに基づく評価検証でも同様の観点に注目して分析を行った。

- 1) 漏えい率 30%でのフロン漏えいの把握の可能性の分析
- 2) フロン漏えいと電力増加の関係性の分析
- 3) フロンの漏れ速度の分析

1) 漏えい率 30%でのフロン漏えいの把握が可能性の分析について、令和3年度調査業務における検知器メーカー（故障検知含む）へのヒアリング結果では、検知器に求められる効果は“フロン漏えいの量や漏れ率の検知”ではなく、“冷凍機の異常状態の検知”であることがわかっている。そのため現在の検知器メーカーの開発状況（≒市場ニーズ）を踏まえると本評価検証事業において検知器に求める効果は、“フロン漏えい可能性の発見”と定義されると考える。フロン漏えい可能性の発見に求められるタイミングとしては、日冷工の「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、R3」において示されている漏えい率 30%が1つの指標となることから、漏えい率 30%以下において発見することが検知器の1つの“効果”であり評価基準となると考えられる。

2) フロン漏えいと電力増加の関係性の分析に関して、令和3年度の実証実験により、フロン漏えいと電力増加の関係式が得られたが、それに準じた結果が得られるか、またそうでない場合、その理由や影響因子はどのようなものが考えられるか等について分析を行う。

3) フロンの漏れ速度の分析に関して、フロン漏えいについては、突発的で急激な漏えいとスローリークとなるゆっくりとした漏えいの両方があると考えられる。それらが把握可能か、また、それらによるフロン漏えい速度が把握可能かについて分析を行う。

(1) 各冷凍機のフラッシュガス発生率

最もフロン漏えいが発生する可能性が高い外気温が高い8月のデータを抜粋して下記に示す。測定した結果、漏えい検知器の設置直後からフラッシュガス発生率 30%ラインを超える冷凍機が数台あることが確認された。外気温の上昇に伴い圧力が上昇し冷媒漏れが発生しやすい環境になっていることが推測される。なお、秋季以降から2月までは夏季ほどのフラッシュガス発生率は総じて確認されなかった。

① B社F店

(グラフ表示期間:2022年8月1日~8月31日)

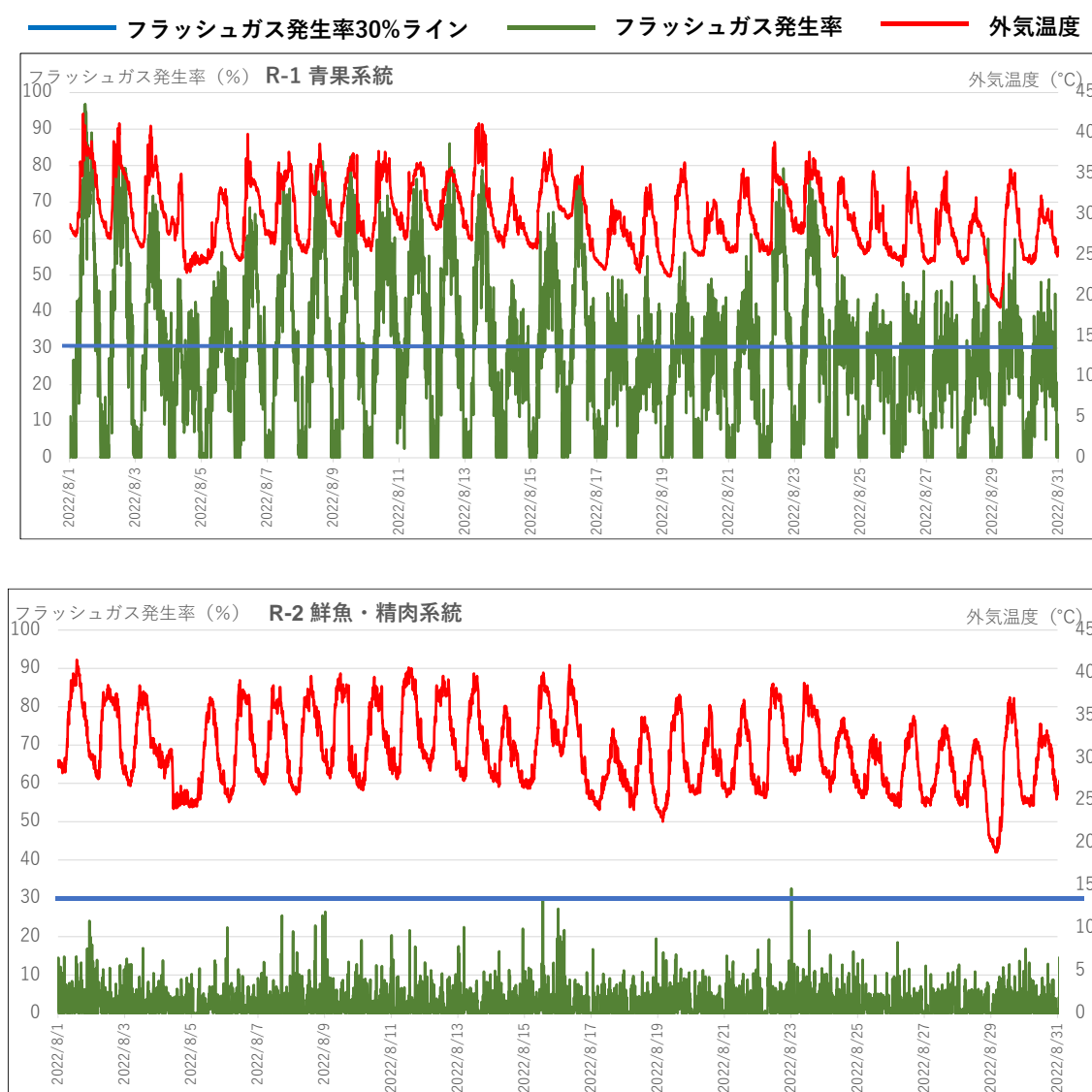


図 2.2-1 B社F店の測定結果

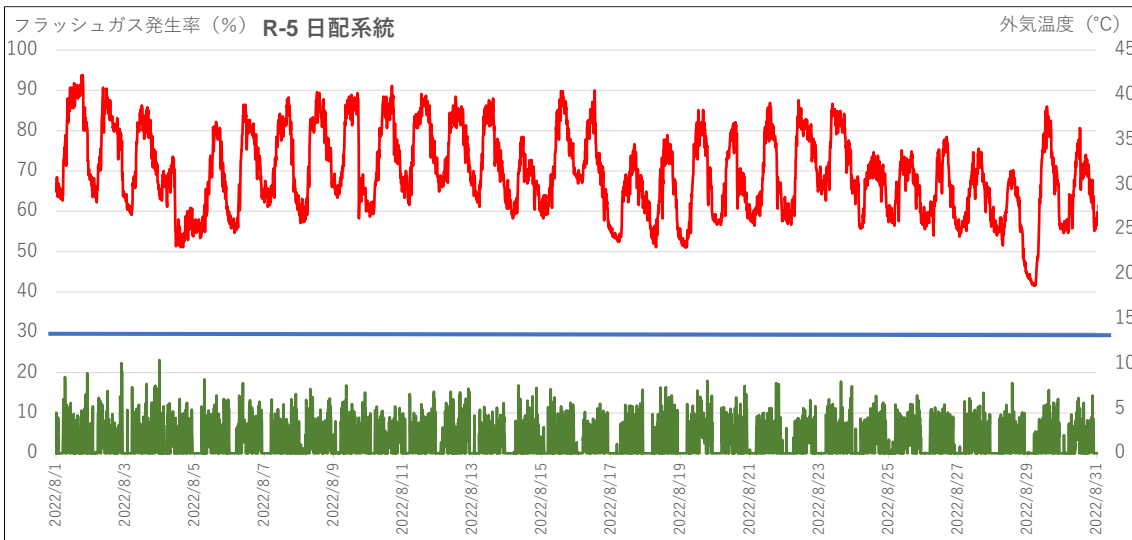
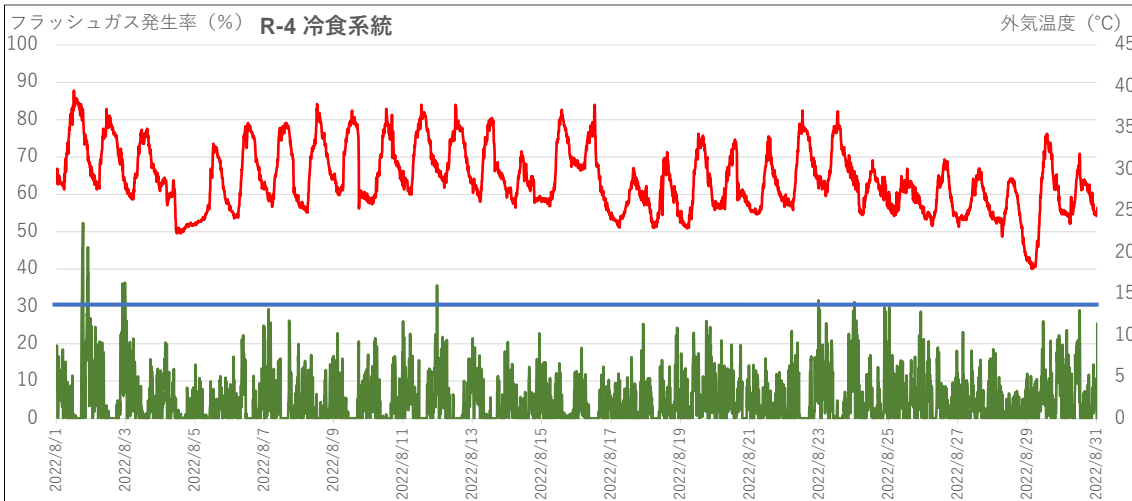
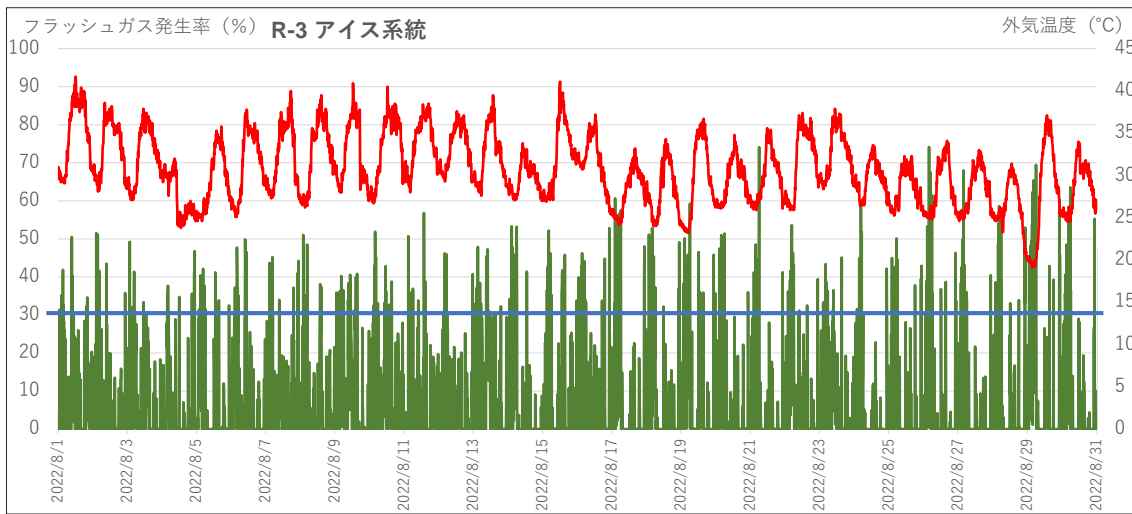


図 2.2-2 B 社 F 店の測定結果(続き)

② B 社 G 店

(グラフ表示期間:2022年8月1日~8月31日)

— フラッシュガス発生率30%ライン — フラッシュガス発生率 — 外気温度

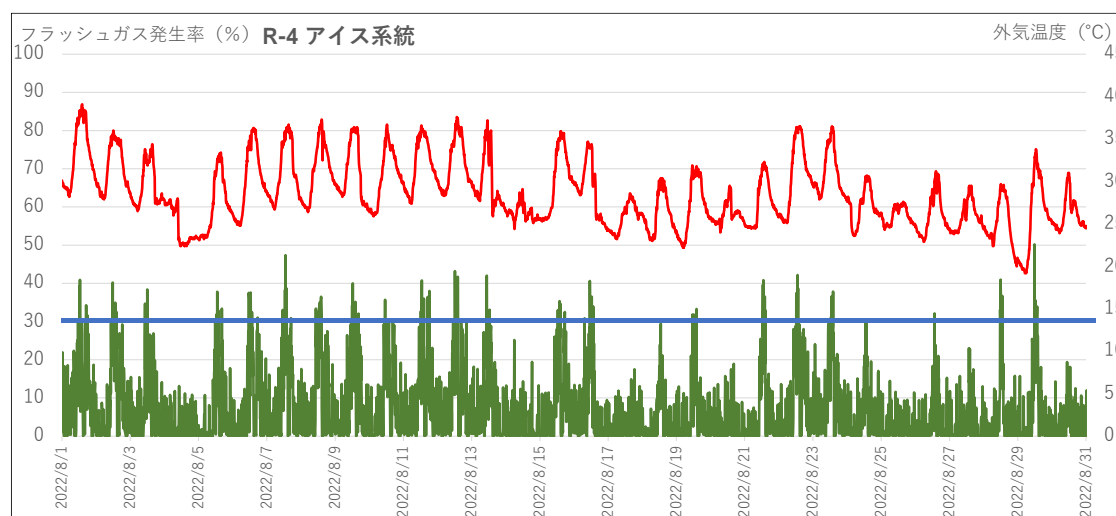
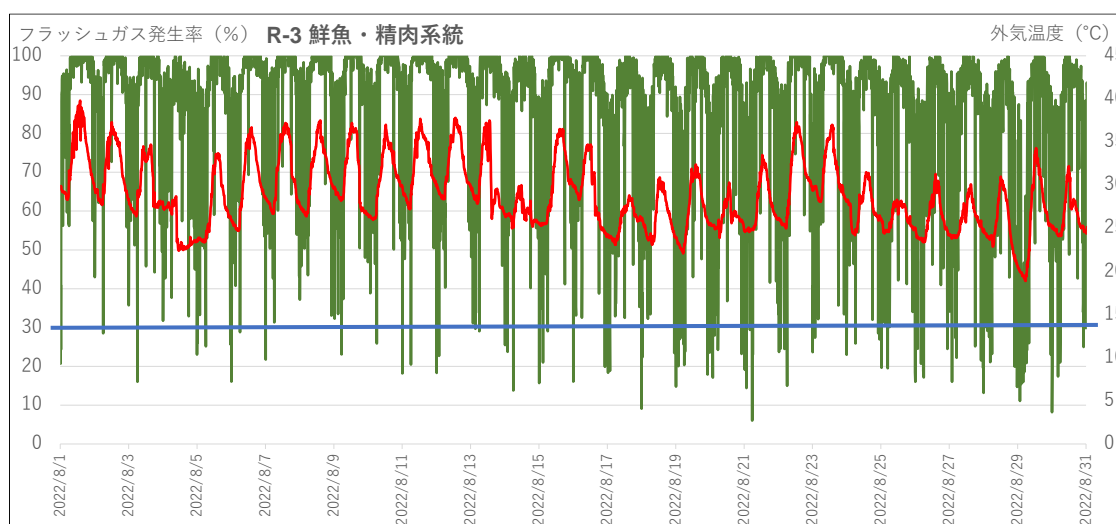
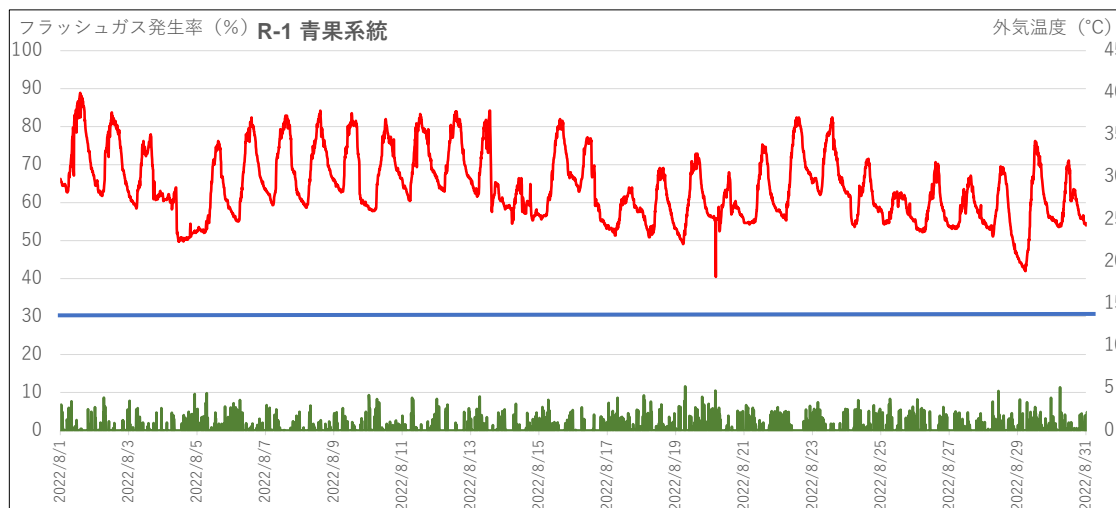


図 2.2-3 B 社 G 店の測定結果

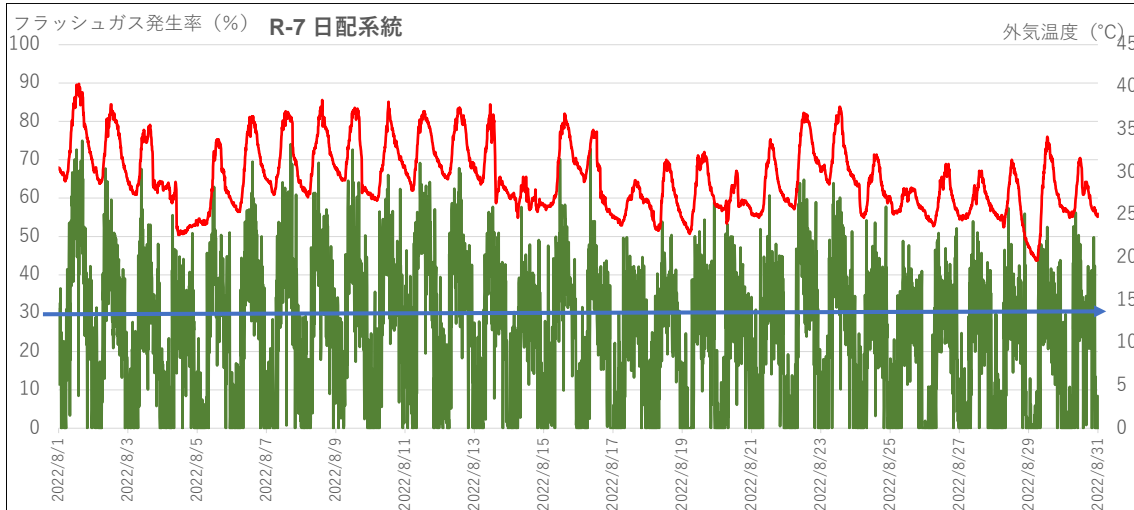
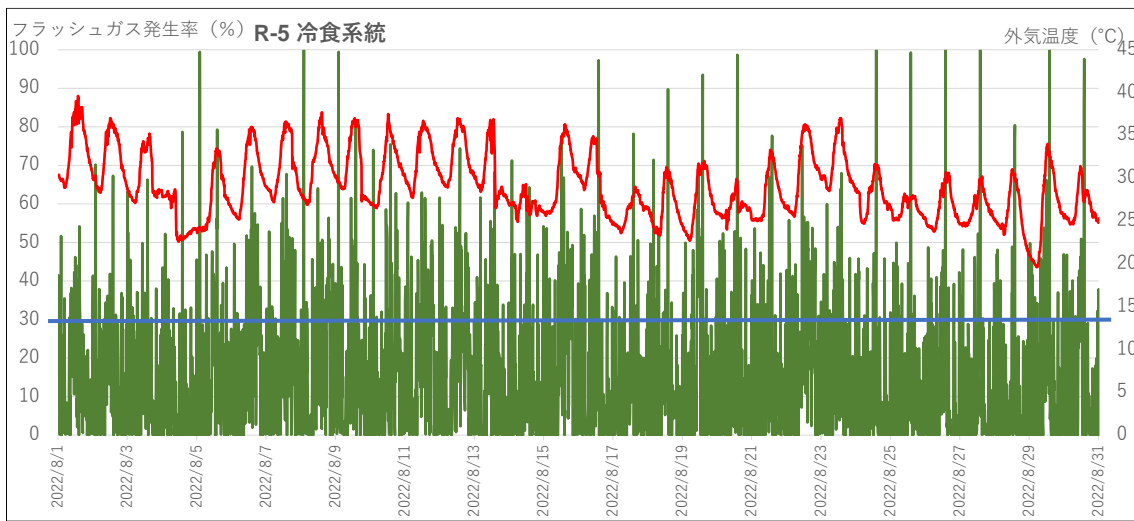


図 2.2-4 B 社 G 店の測定結果(続き)

③ D社J店

(グラフ表示期間:2022年8月1日~8月31日)

—— フラッシュガス発生率30%ライン —— フラッシュガス発生率 —— 外気温度

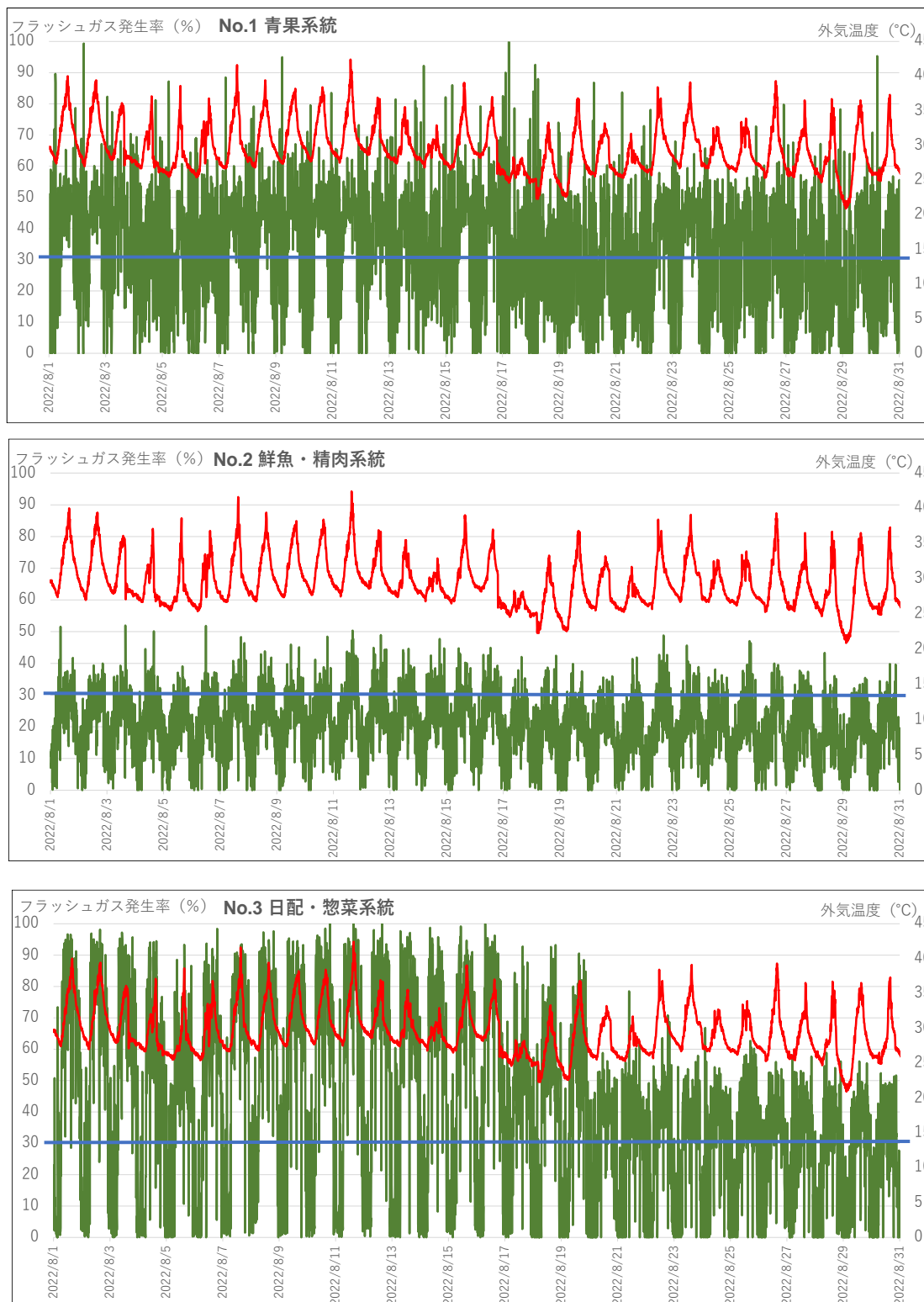


図 2.2-5 D社J店の測定結果

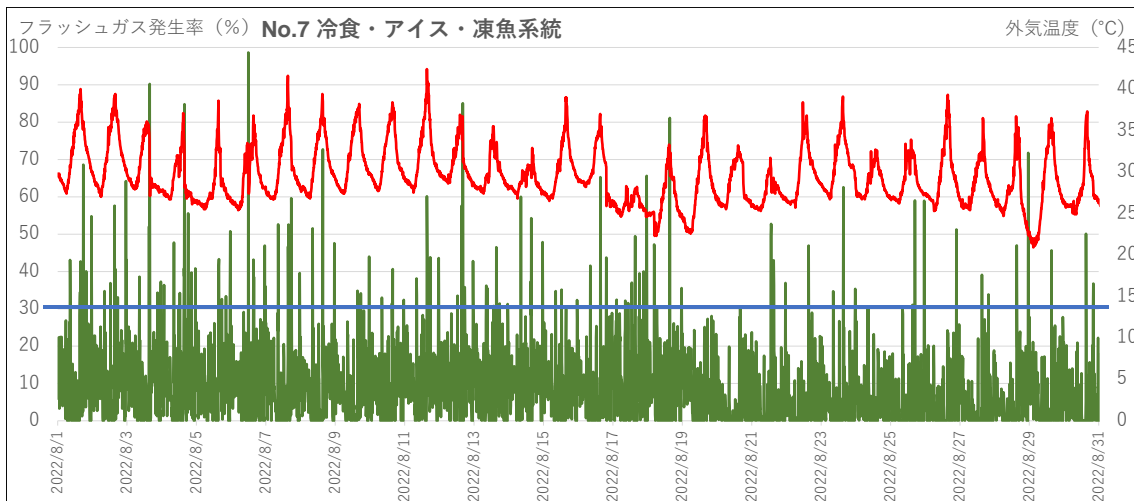
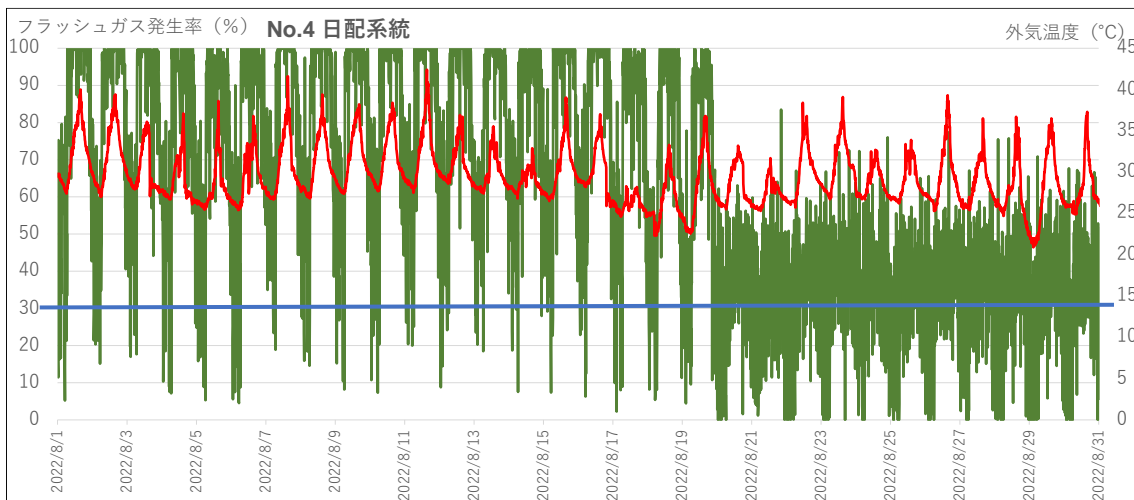


図 2.2-6 D 社 J 店の測定結果(続き)

④ A社E店

(グラフ表示期間:2022年8月1日~8月31日)

— フラッシュガス発生率30%ライン ■ フラッシュガス発生率 — 外気温度

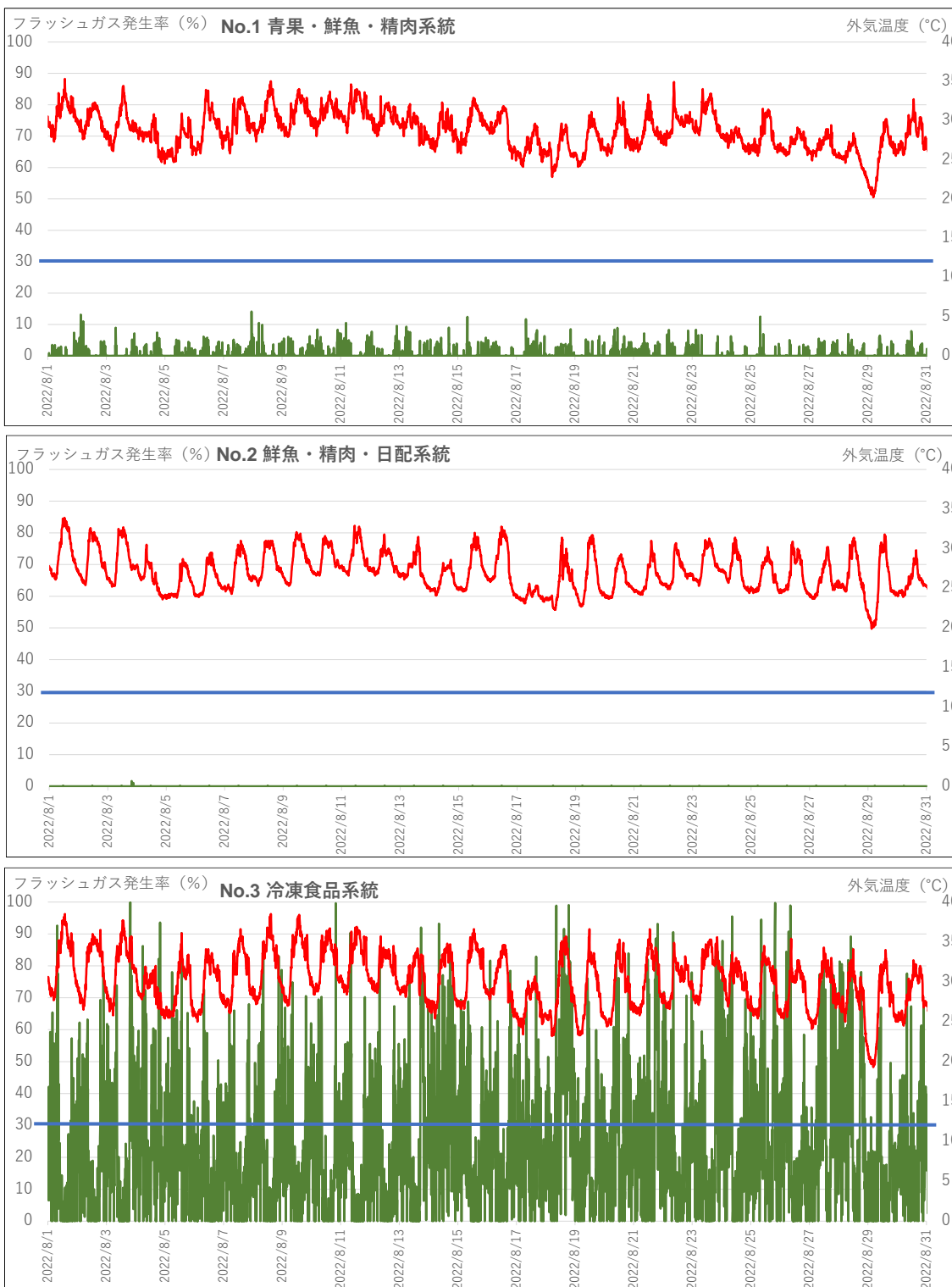


図 2.2-7 A社E店の測定結果

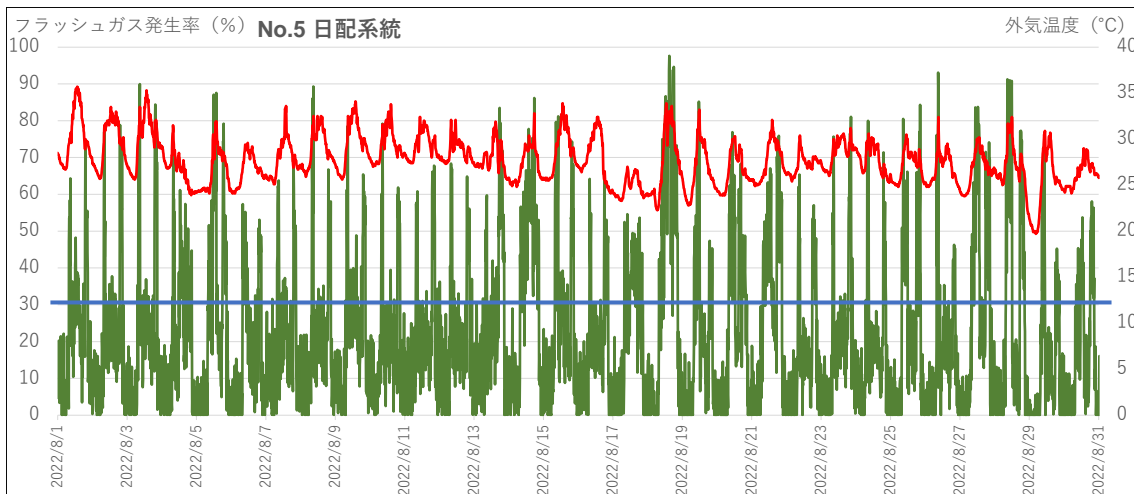
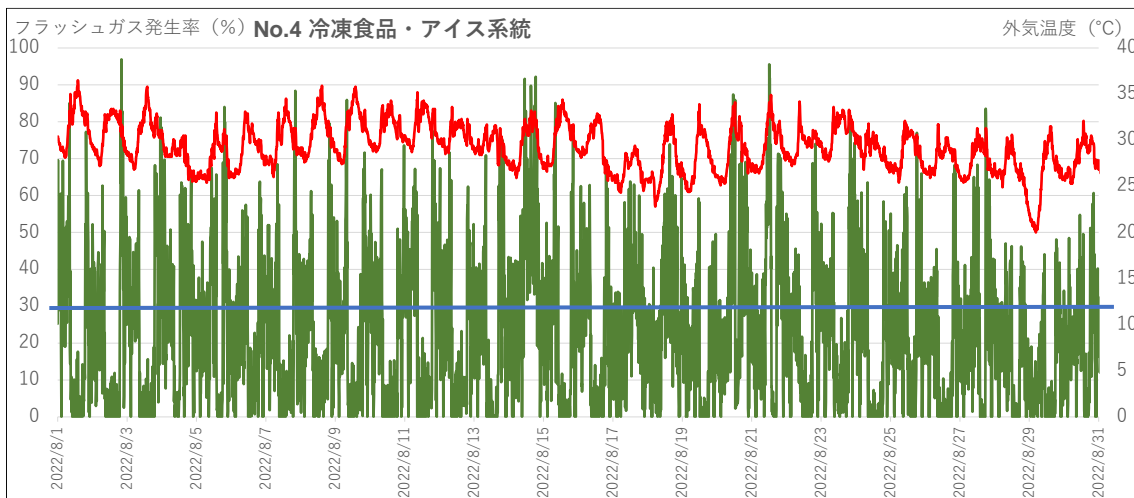


図 2.2-8 A 社 E 店の測定結果(続き)

⑤ C社H店

(グラフ表示期間:2022年8月1日~8月31日)

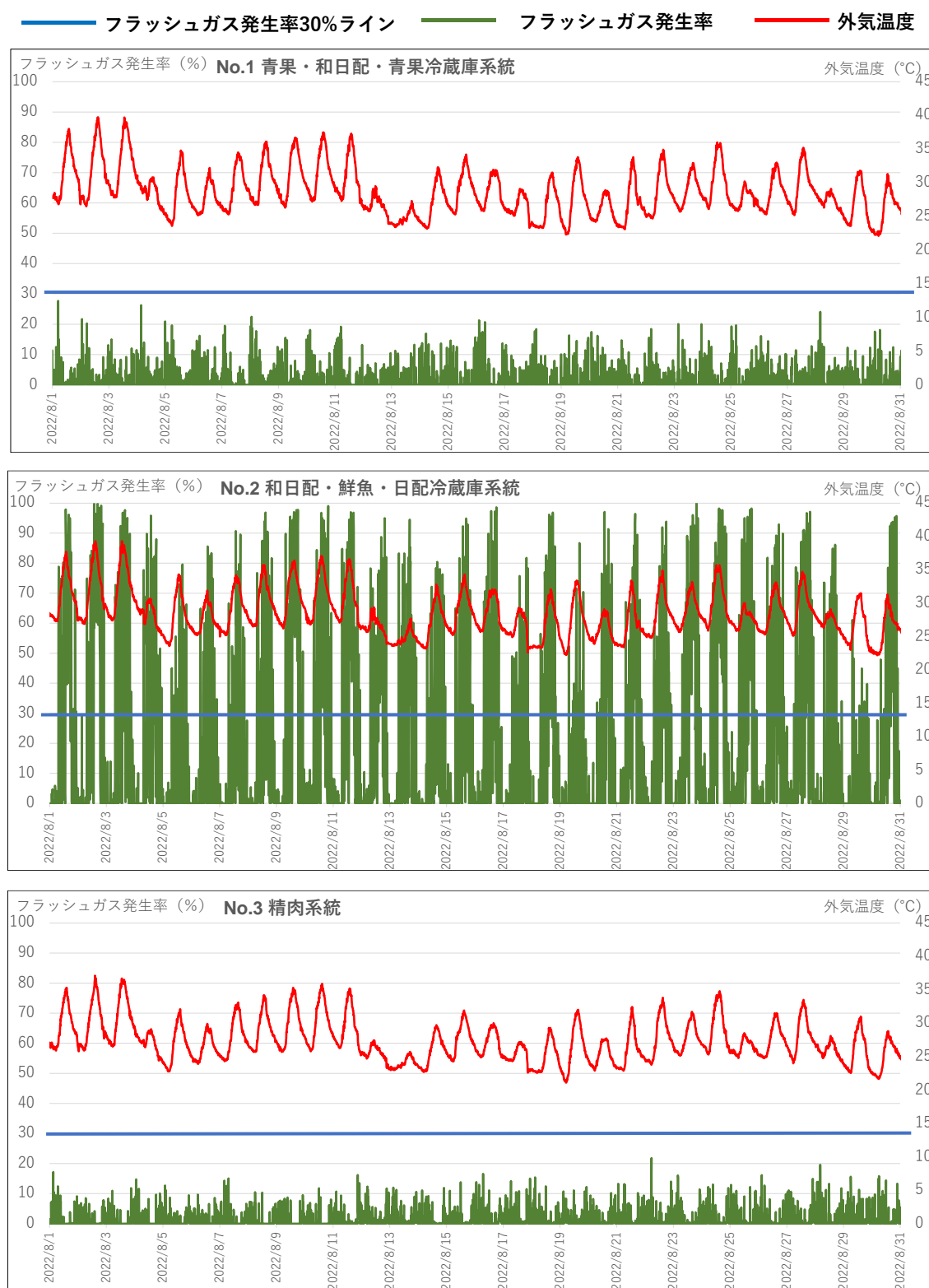


図 2.2-9 C社H店の測定結果

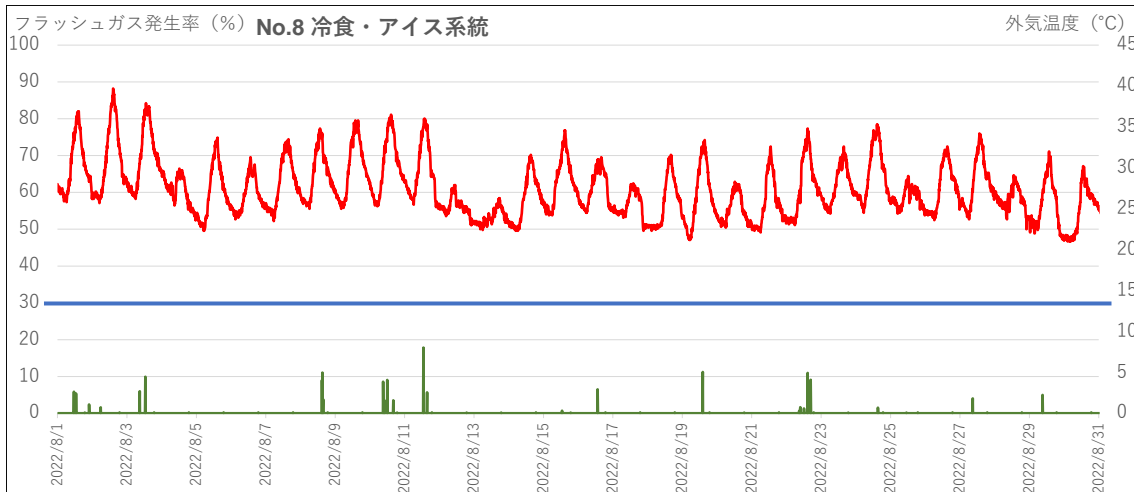
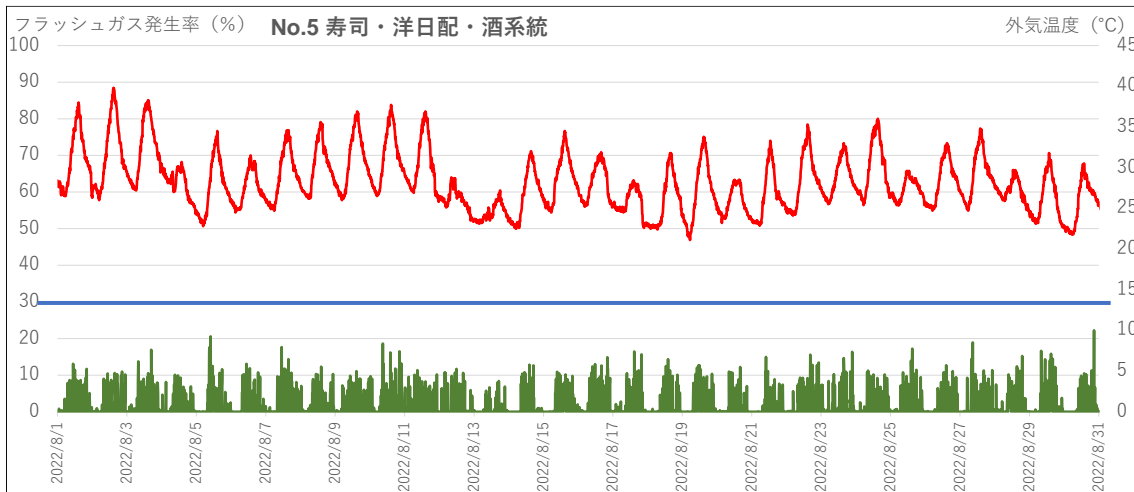


図 2.2-10 C社H店の測定結果(続き)

⑥ C社I店

(グラフ表示期間:2022年8月1日~8月31日)

— フラッシュガス発生率30%ライン ■ フラッシュガス発生率 — 外気温度

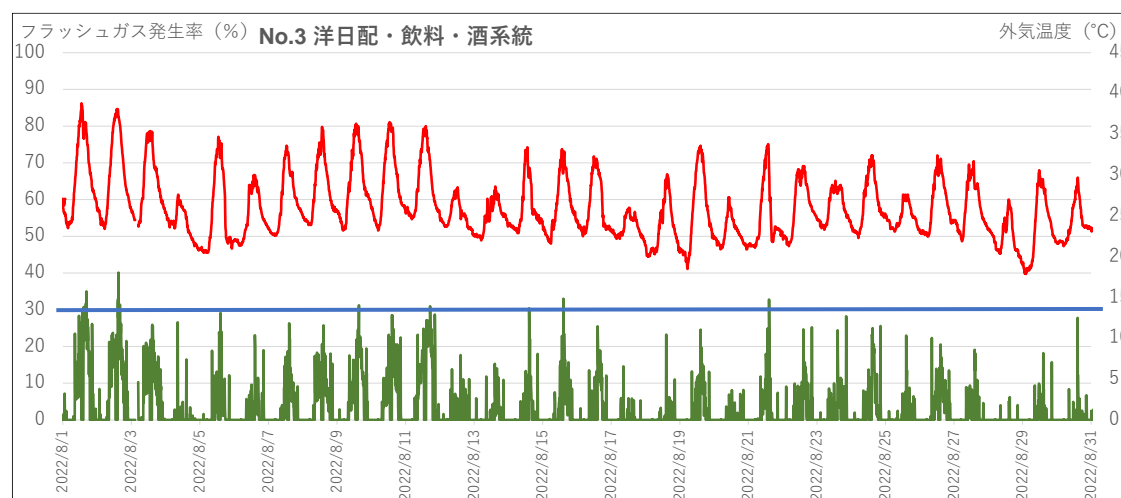
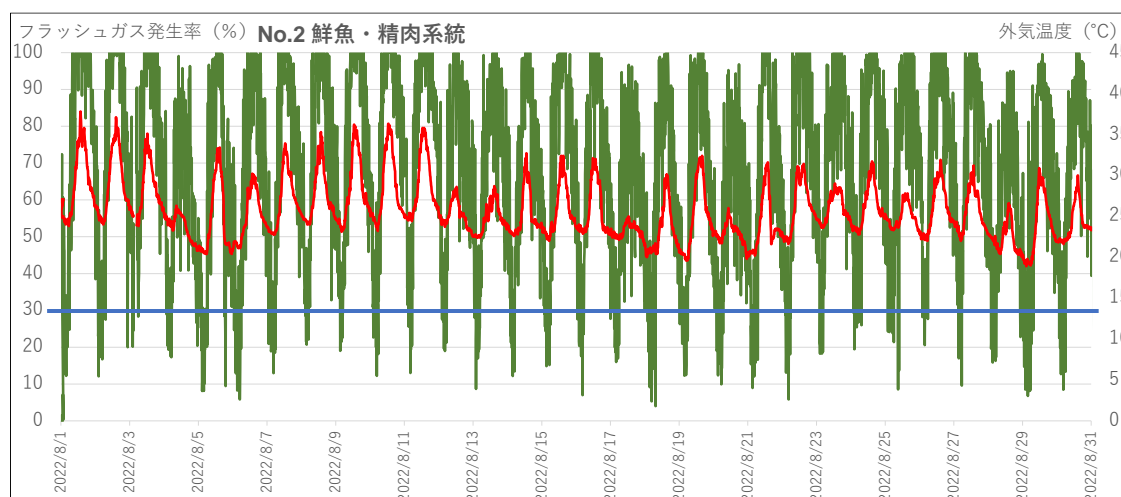
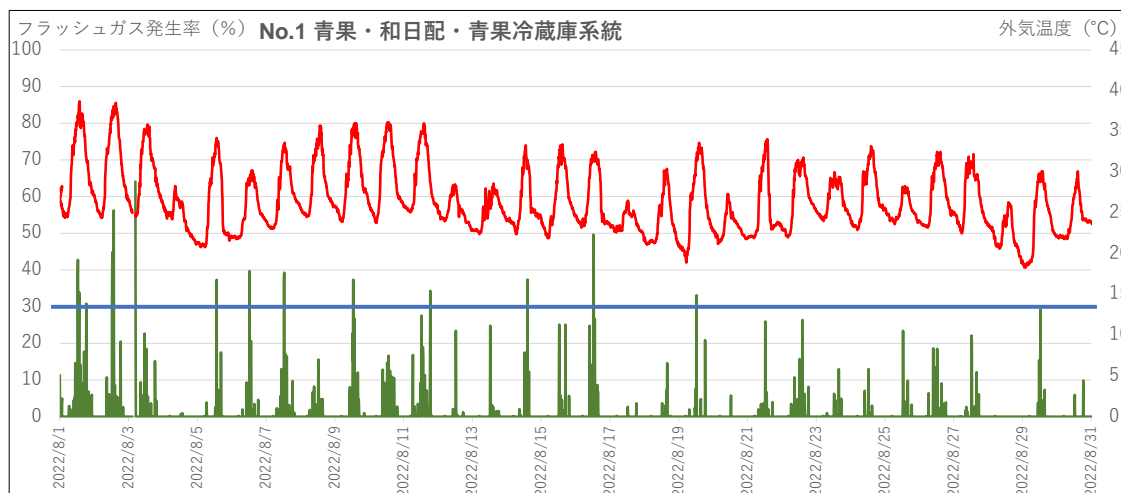


図 2.2-11 C社I店の測定結果

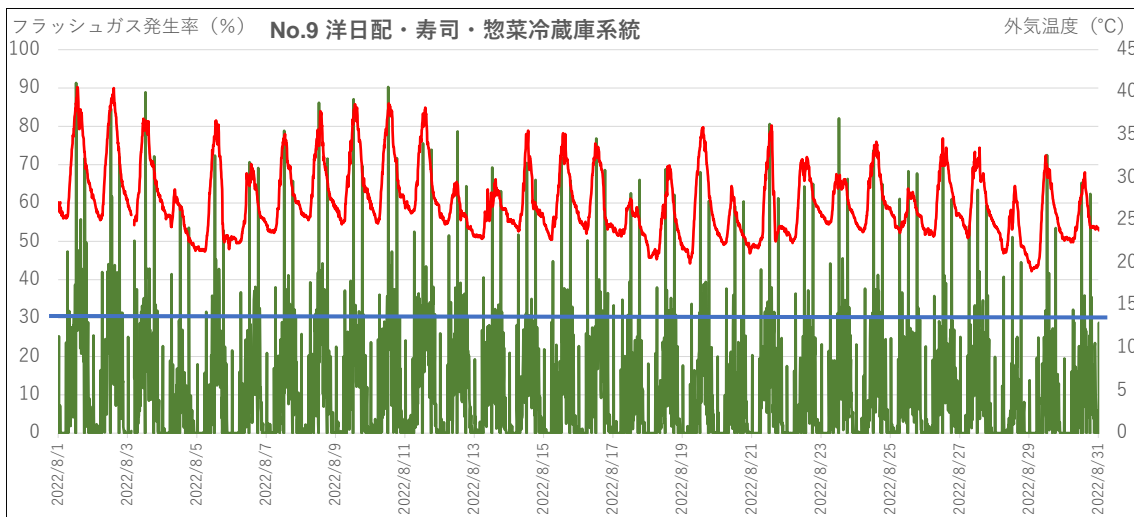
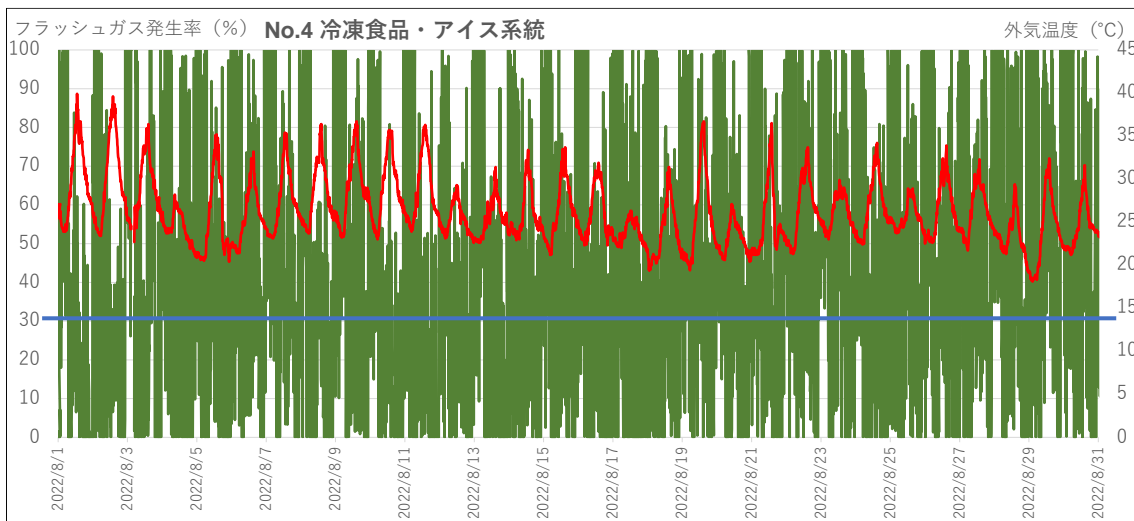


図 2.2-12 C社I店の測定結果(続き)

(2) フロン充填の実施概要（1回目）

フラッシュガス発生率が高い冷凍機は、フロンガス漏えい量が多いと推定されることから、フロン充填を行うこととした。フロン充填は設置 30 台中 10 台に対して行った。なお、冷媒の充填量は冷凍冷蔵設備事業者が適正と考える冷媒量を確認するため冷凍冷蔵設備事業者の判断に任せた。漏えい防止措置として、漏えい検知器により漏れ箇所の発見に努め対応を施した。

表 2.2-2 フロン充填の概要（1回目）

店舗	系統 NO.	検知器設置から充填日までのフラッシュガス発生率 (平均値)	充填日	充填量(kg)
B 社 G 店	R-3	84.7%	2022/9/15	13
	R-7	24.1%	2022/9/15	5
D 社 J 店	No. 1	36.3%	2022/10/19	10
	No. 2	21.2%	2022/10/19	10
	No. 3	50.1%	2022/8/19	30
	No. 4	79.1%	2022/8/19	40
			2022/9/14※	10
C 社 H 店	No. 2	16.0%	2022/10/3	5
C 社 I 店	No. 2	66.1%	2022/10/3	8
	No. 4	46.1%	2022/10/3	5
	No. 9	15.5%	2022/10/3	2

※冷設事業者が独自判断で追加充填している。

(3) フロン充填前後のフラッシュガス発生率と消費電力量（1回目）

フロン充填後の測定結果の変化を示す。フロンガス1回目の充填は、外気温の高い8月中旬から10月初旬にかけて実施した。以下のグラフを見ても分かるように、フロンガスを充填したことによりフラッシュガス発生率ならびに冷凍機電力量の低減が確認できる。なお、充填量に応じてフラッシュガス発生率と電力量に影響があるように見受けられる。充填量に関しては、各冷凍冷蔵設備事業者の経験値と感覚で充填しており、適正な充填量であるかが問われる。

① B社G店

系統No. R-3 充填日:2022年9月15日（グラフ表示期間:2022年9月1日～9月29日）

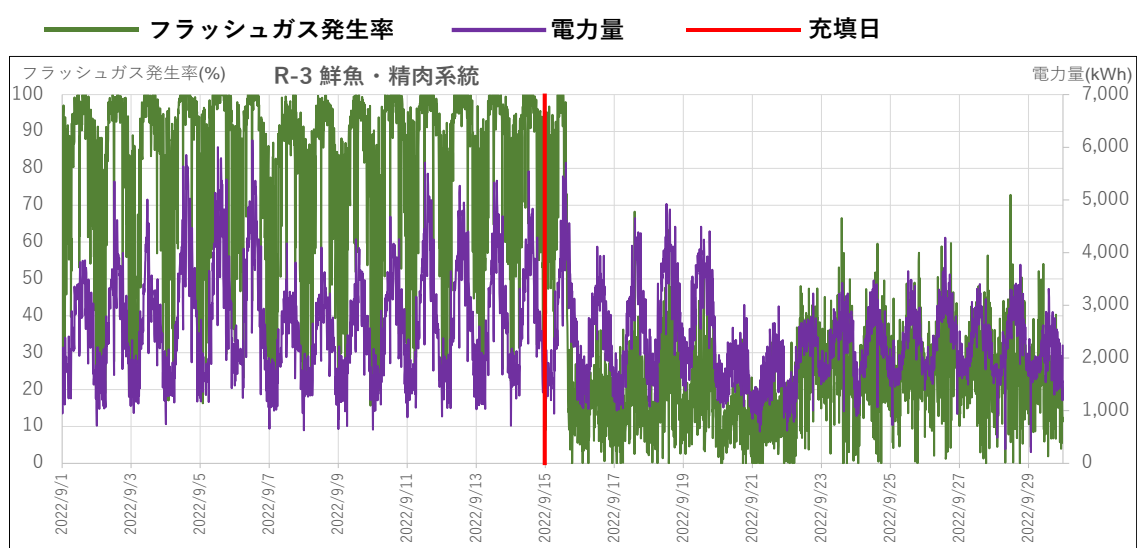


図 2.2-13 B社G店 系統No. R-3のフロン充填前後の測定結果

系統No. R-7 充填日:2022年9月15日（グラフ表示期間:2022年9月1日～9月29日）

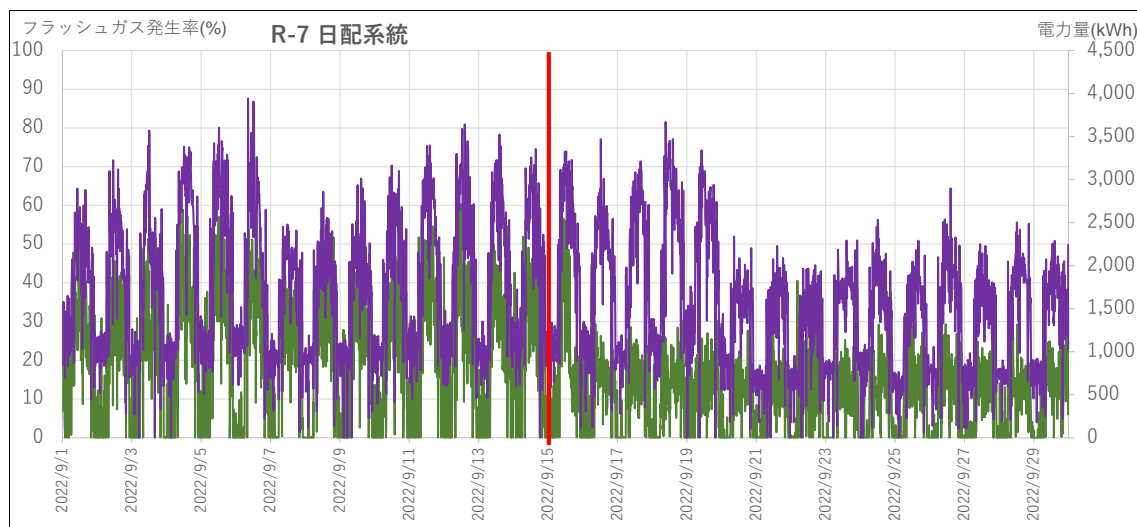


図 2.2-14 B社G店 系統No. R-7のフロン充填前後の測定結果

② D社J店

系統No.1 充填日:2022年10月19日 (グラフ表示期間:2022年10月5日~11月2日)

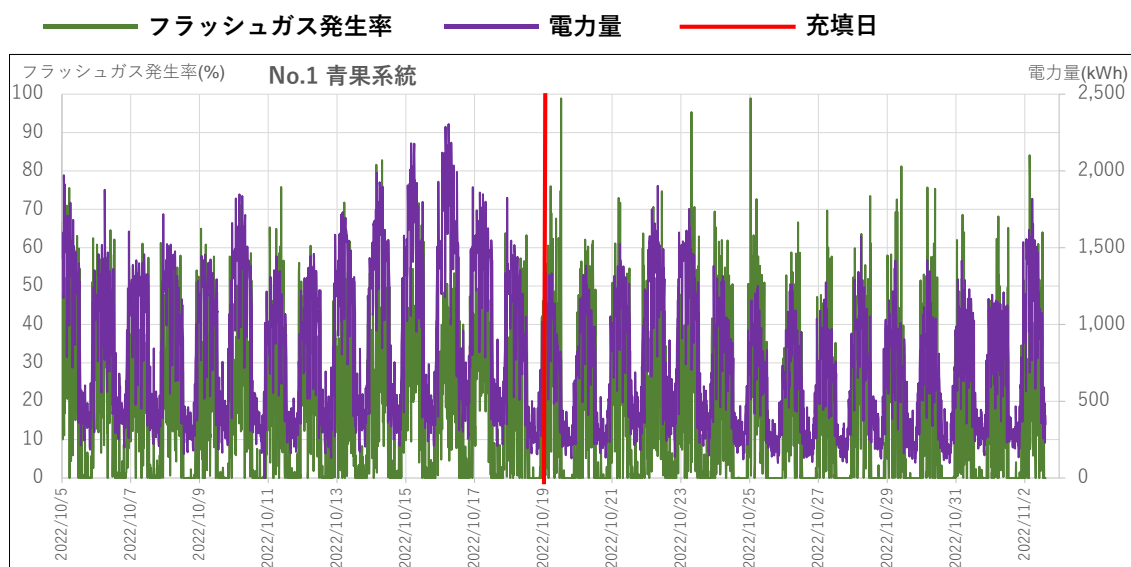


図 2.2-15 D社J店 系統No.1 のフロン充填前後の測定結果

系統No.2 充填日:2022年10月19日 (グラフ表示期間:2022年10月5日~11月2日)

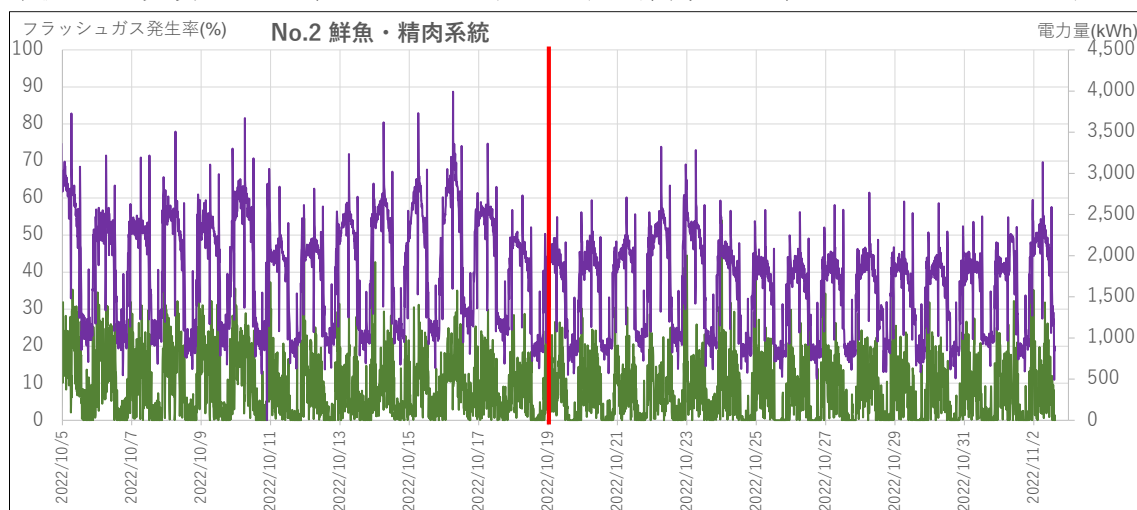


図 2.2-16 D社J店 系統No.2 のフロン充填前後の測定結果

系統 No. 3 充填日:2022年8月19日 (グラフ表示期間:2022年8月5日～9月2日)

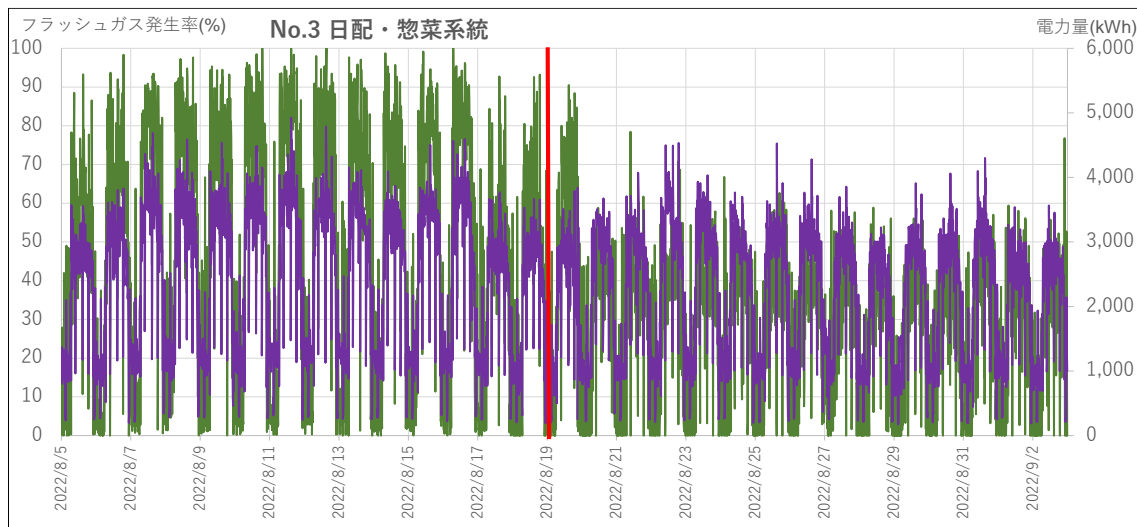


図 2.2-17 D 社 J 店 系統 No. 3 のフロン充填前後の測定結果

系統 No. 4 充填日:2022年8月19日 (グラフ表示期間:2022年8月5日～9月2日)

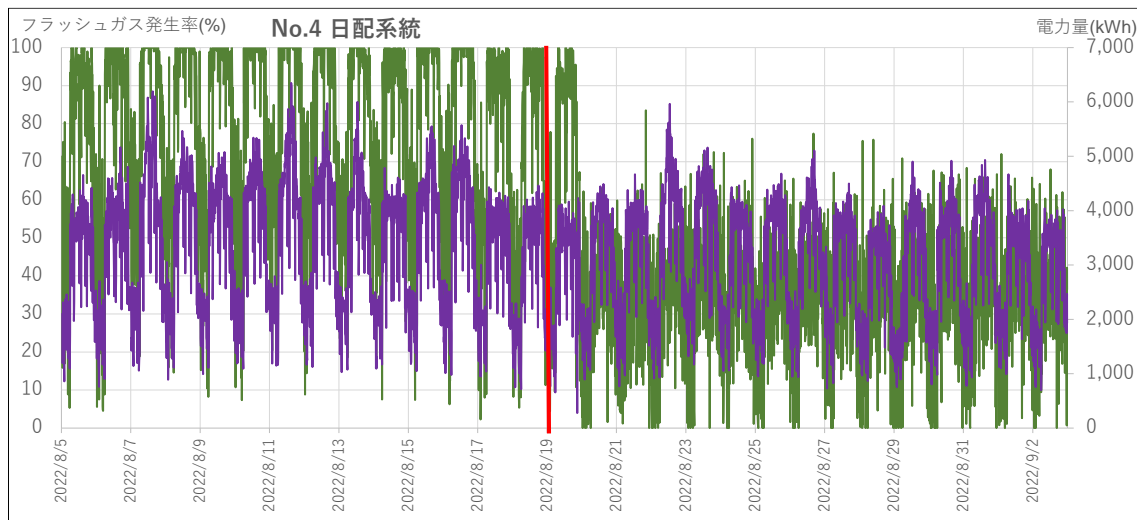


図 2.2-18 D 社 J 店 系統 No. 4 のフロン充填前後の測定結果

③ C社H店

系統No. 2 充填日:2022年10月3日 (グラフ表示期間:2022年9月19日~10月17日)

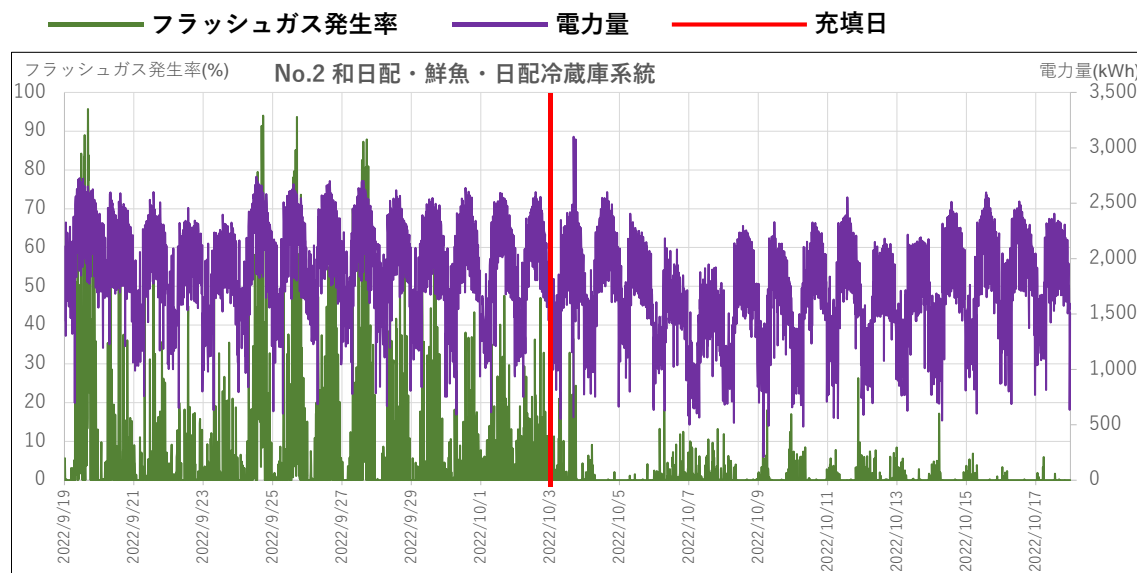


図 2.2-19 C社H店 系統No. 2 のフロン充填前後の測定結果

④ C社I店

系統No. 2 充填日:2022年10月3日 (グラフ表示期間:2022年9月19日~10月17日)

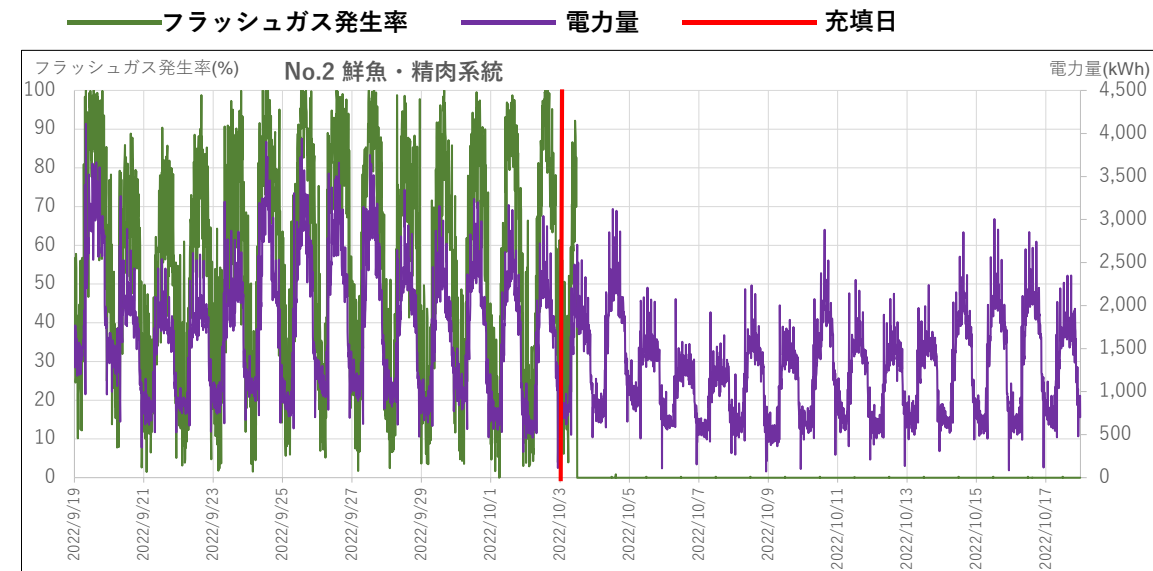


図 2.2-20 C社I店 系統No. 2 のフロン充填前後の測定結果

系統 No. 4 充填日:2022 年 10 月 3 日 (グラフ表示期間:2022 年 9 月 19 日～10 月 17 日)

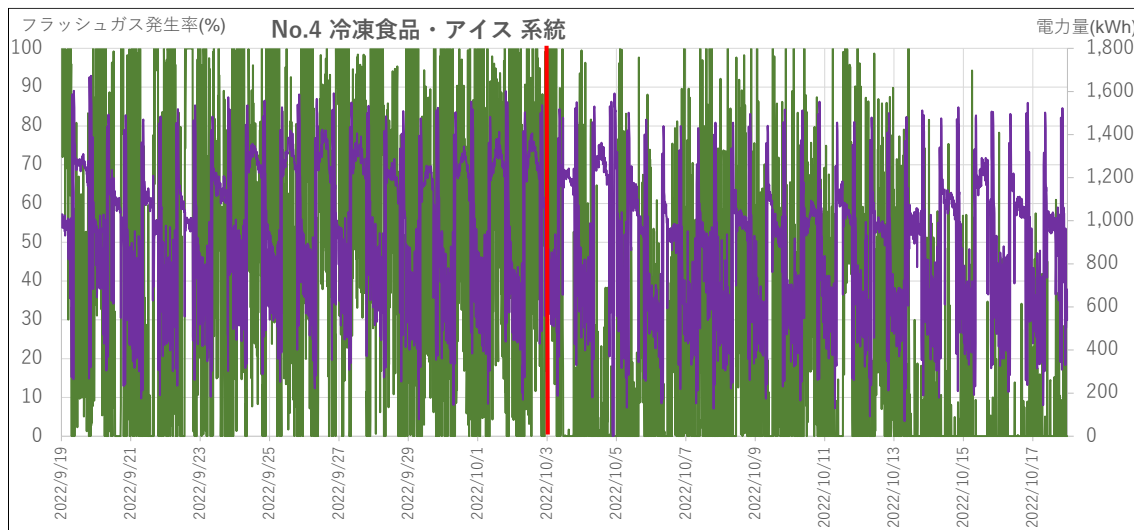


図 2.2-21 C 社 I 店 系統 No. 4 のフロン充填前後の測定結果

系統 No. 9 充填日:2022 年 10 月 3 日 (グラフ表示期間:2022 年 9 月 29 日～10 月 27 日)

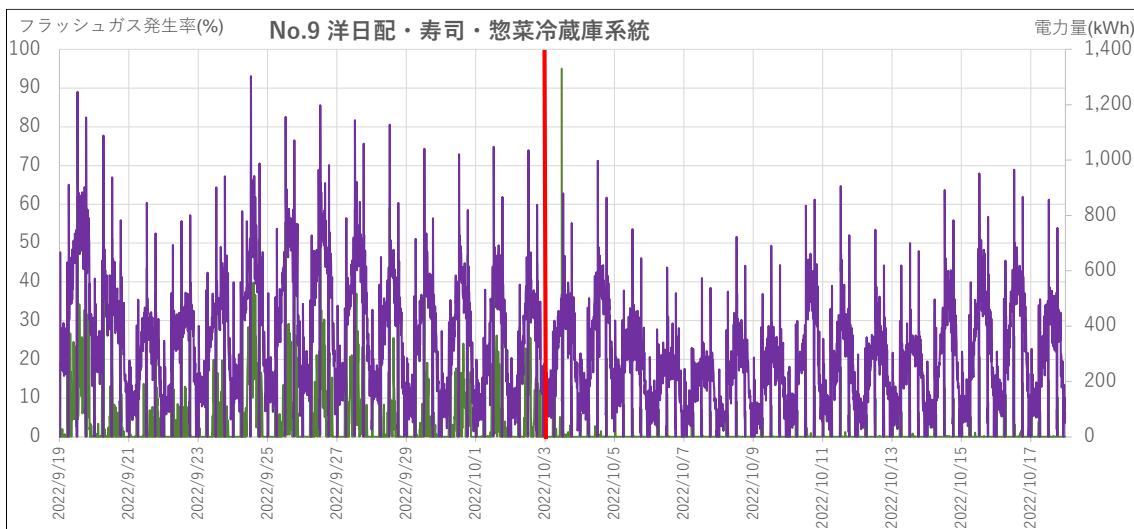


図 2.2-22 C 社 I 店 系統 No. 9 のフロン充填前後の測定結果

(4) フロン充填による消費電力量変化の分析

フロン追加充填前後で消費電力量に変化があるかを確認するため消費電力量を分析した。消費電力量は外気温度に大きく影響することが知られていることから、分析にあたっては可能な限り当該影響を考慮するため外気温度別に分析した。具体的には、フロン充填前1週間と充填後1週間の営業時間内の30分データについて、外気温を1度ごとに（小数点以下四捨五入）クラス分けし、各外気温帯の電力量（平均値）を比較した。

分析の結果、フロン充填後において全体的な傾向として消費電力量の減少が見られた。これはフロンガスの漏えいが影響し、充填したことにより冷凍機の電力負荷が軽減されたものと考えられる。他方、D社J店 No.4 冷凍機の2回目の充填では、電力量が増加した。これは1回目の充填から2回目の充填・修理までの約1ヶ月の間にフロンガスの漏えいが再度進行したことが影響していると考えられる。

B社G店 R-3

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
24	7,464	6,217	16.7%
25	7,880	6,892	12.5%
26	8,111	7,169	11.6%
27	8,864	7,810	11.9%
28	9,854	8,140	17.4%
29	10,290	9,135	11.2%
30	11,449	9,272	19.0%
31	12,069	9,760	19.1%
32	12,740	10,527	17.4%
33	12,332	10,769	12.7%
全体平均			15.0%

充填日 9月15日 充填量 13kg(19%)

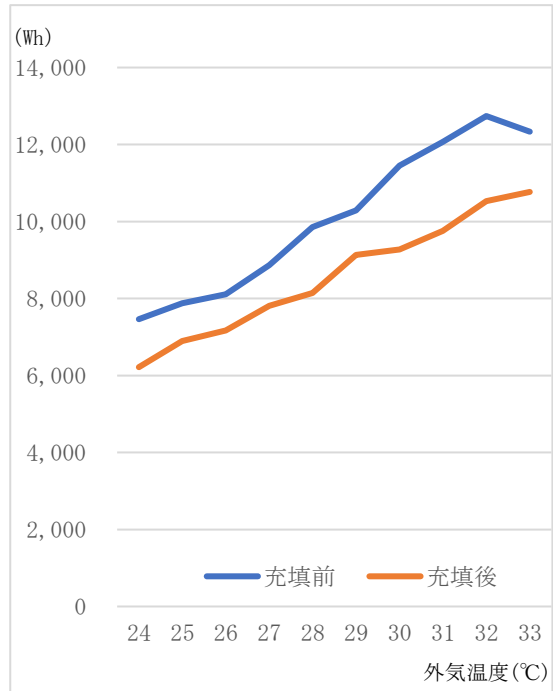


図 2.2-23 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (B社G店 R-3)

B社G店 R-7

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
24	5,120	4,569	11%
25	該当データが少ないため除外		
26	該当データが少ないため除外		
27	5,655	5,063	10%
28	6,505	6,253	4%
29	7,123	6,353	11%
30	7,547	6,756	10%
31	8,157	7,206	12%
32	8,594	8,049	6%
33	8,432	8,515	-1%
34	8,987	8,700	3%
全体平均			7.4%

充填日 9月15日 充填量 5kg(8%)

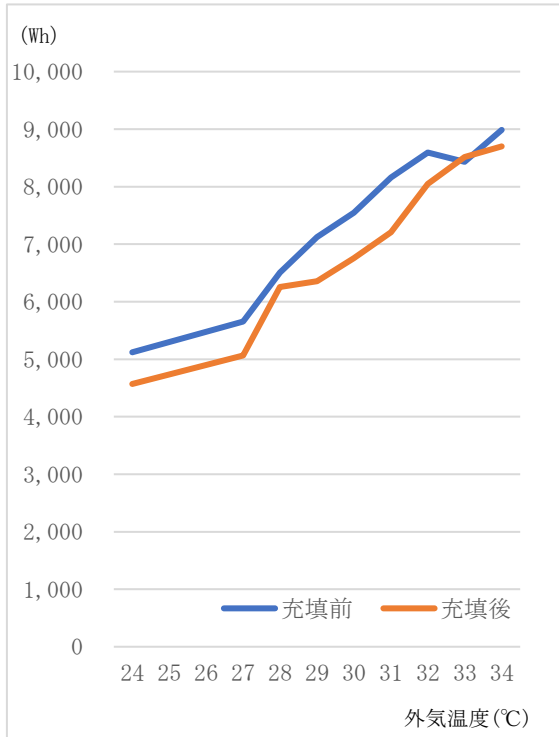


図 2.2-24 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (B社G店 R-7)

D社J店 No.1

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削 減率
	充填前	充填後	
17	3,247	2,873	11.5%
18	3,626	3,012	16.9%
19	3,806	3,053	19.8%
20	4,133	3,430	17.0%
21	4,145	3,493	15.7%
22	4,249	3,832	9.8%
23	4,680	4,190	10.5%
24	4,794	4,055	15.4%
全体平均			14.6%

充填日 10月19日 充填量 10kg(11%)

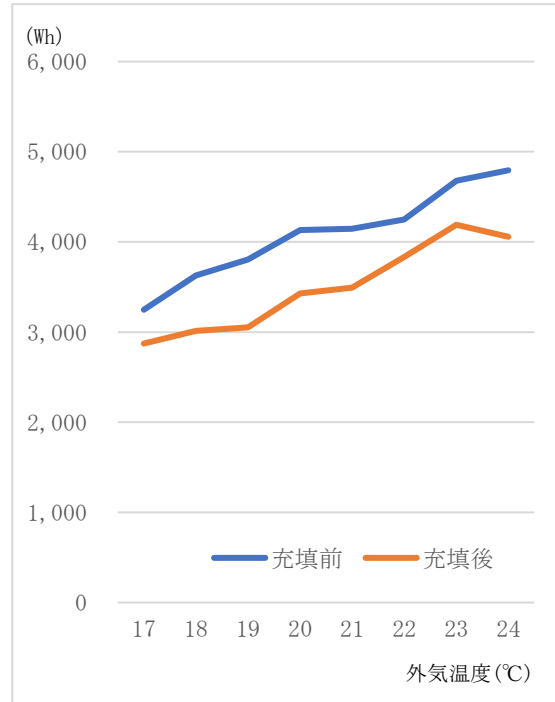


図 2.2-25 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (D社J店 No.1)

D社J店 No.2

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削 減率
	充填前	充填後	
17	6,186	5,803	6.2%
18	6,349	5,861	7.7%
19	6,562	5,975	8.9%
20	7,119	6,316	11.3%
21	7,126	6,438	9.7%
22	7,358	6,636	9.8%
23	7,543	6,859	9.1%
24	7,858	7,021	10.7%
全体平均			9.2%

充填日 10月19日 充填量 10kg(10%)

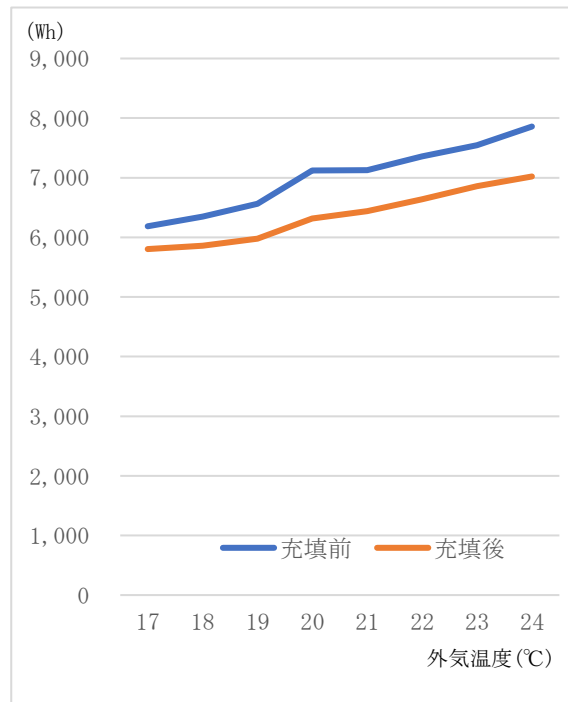


図 2.2-26 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (D社J店 No.2)

D社J店 No.3

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
26	7,797	7,719	1.0%
27	8,444	8,067	4.5%
28	8,916	8,240	7.6%
29	9,105	9,148	-0.5%
30	9,346	8,747	6.4%
31	10,056	9,089	9.6%
32	10,400	9,520	8.5%
33	10,533	10,312	2.1%
全体平均			4.9%

充填日 8月19日 充填量 30kg (33%)

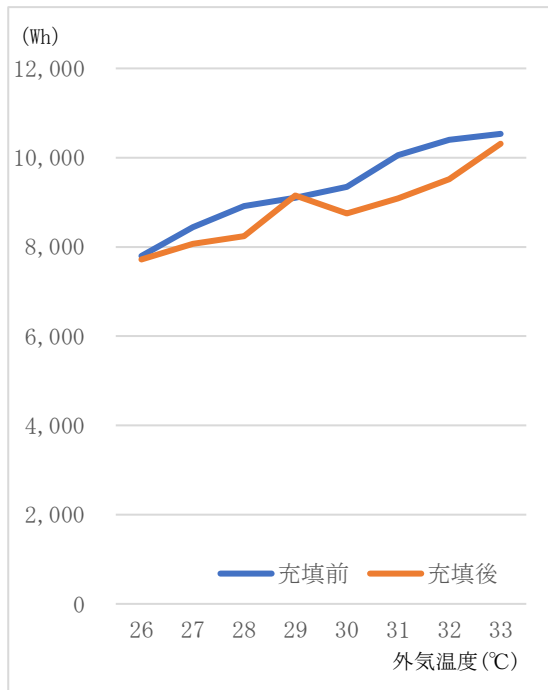


図 2.2-25 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (D社J店 No.3)

D社J店 No.4

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
26	11,035	10,136	8.1%
27	11,264	10,851	3.7%
28	11,072	10,706	3.3%
29	11,768	11,805	-0.3%
30	12,166	12,014	1.3%
31	13,150	12,126	7.8%
32	13,896	12,581	9.5%
33	13,937	13,161	5.6%
34	14,841	13,752	7.3%
35	14,964	13,682	8.6%
全体平均			5.5%

充填日 8月19日 充填量 40kg (38%)

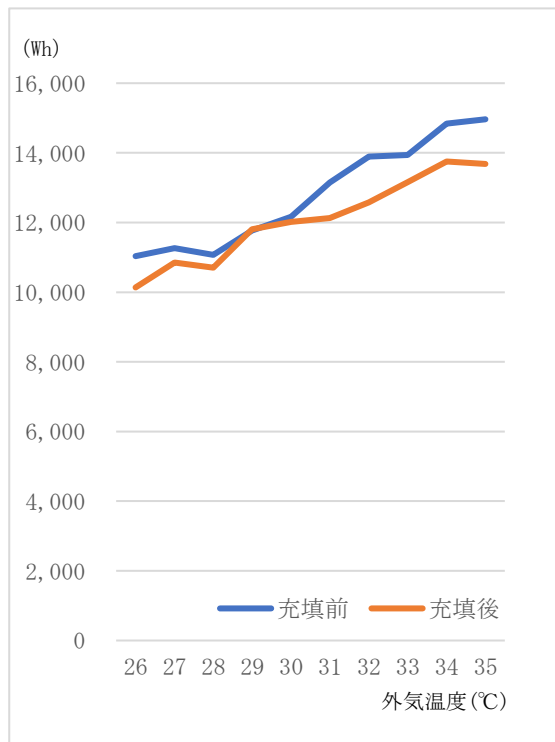


図 2.2-26 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (D社J店 No.4)

D社J店 No.4

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
25	10,180	10,131	0.5%
26	10,397	10,430	-0.3%
27	10,544	10,678	-1.3%
28	10,643	11,370	-6.8%
29	10,972	11,714	-6.8%
30	11,515	12,302	-6.8%
31	12,570	11,785	6.2%
32	12,091	12,700	-5.0%
33	12,326	13,188	-7.0%
全体平均			-3.0%

充填日 9月14日 充填量 10kg (10%)

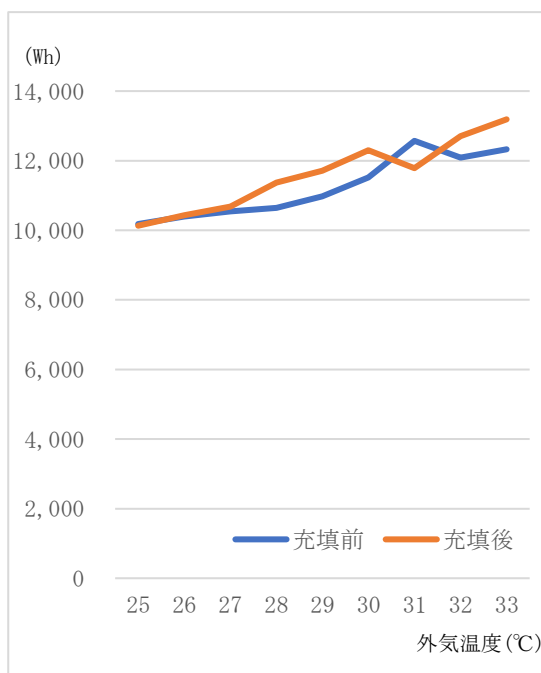


図 2.2-27 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (D社J店 No.4)

C社H店 No.2

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
21	5,983	5,943	0.7%
22	6,182	5,966	3.5%
23	6,416	6,253	2.5%
24	該当データが少ないため除外		
25	6,733	6,263	7.0%
26	6,907	6,694	3.1%
27	7,023	7,091	-1.0%
28	7,023	7,196	
全体平均			2.6%

充填日 10月3日 充填量 5kg (5%)

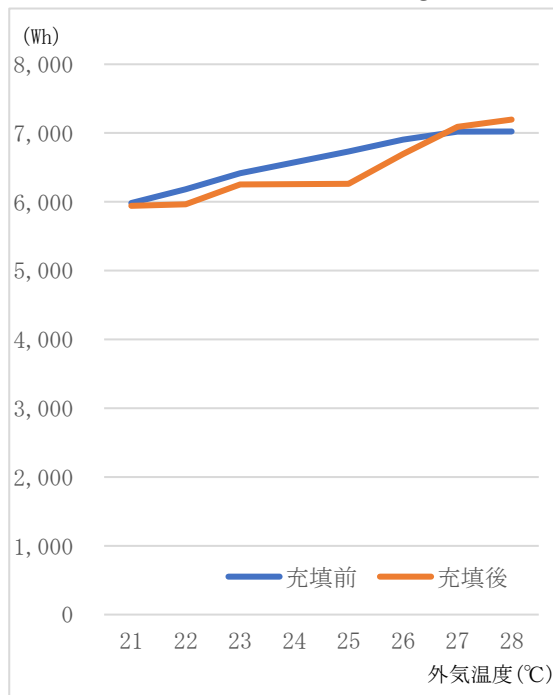


図 2.2-28 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (C社H店 No.2)

C社I店 No.2

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
18	5,703	4,550	20.2%
19	6,294	4,955	21.3%
20	5,507	5,057	8.2%
21	6,107	5,361	12.2%
22	6,530	5,432	16.8%
23	6,864	6,255	8.9%
24	6,873	6,682	2.8%
25	7,422	6,705	9.7%
26	7,259	7,280	-0.3%
27	8,032	6,748	16.0%
28	8,383	7,757	
全体平均			11.6%

充填日 10月3日 充填量 8kg (8%)

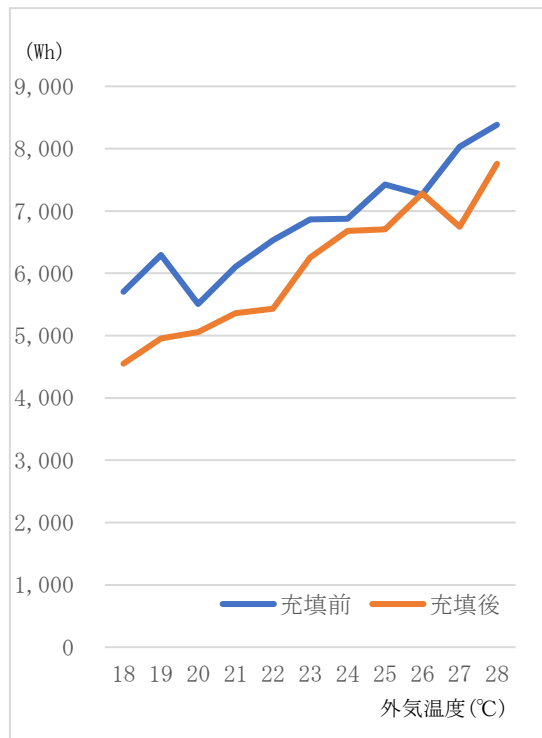


図 2.2-29 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (C社I店 No.2)

C社I店 No.4

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
19	3,463	3,020	12.8%
20	2,895	3,054	-5.5%
21	3,384	2,449	27.6%
22	3,696	3,527	4.6%
23	3,487	3,387	2.9%
24	3,680	3,264	11.3%
25	3,751	3,802	-1.4%
26	3,793	3,889	-2.5%
全体平均			6.2%

充填日 10月3日 充填量 5kg (11%)

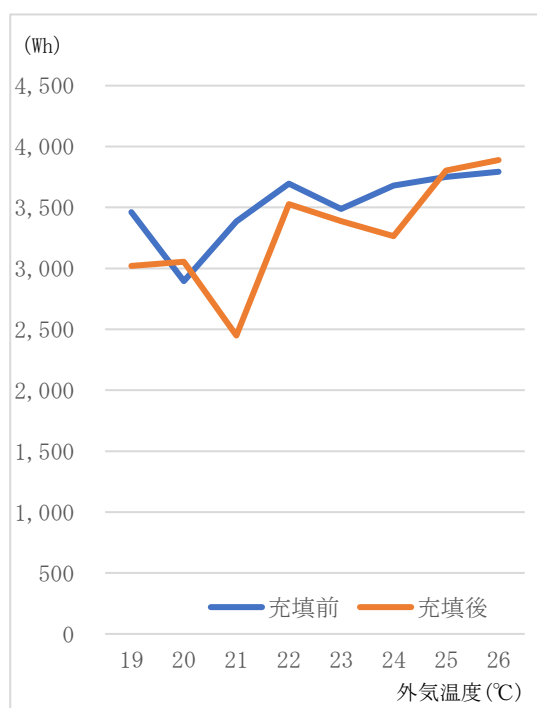


図 2.2-30 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (C社I店 No.4)

(5) フロン充填の実施概要 (2回目)

次に検知器メーカーの経験に基づき冷凍・冷蔵設備事業者によるフロン充填後もフロン充填量が少ないと判断された3台の冷凍機について、フロンの追加充填を行った。

表 2.2-3 フロン充填の概要 (2回目)

店舗	系統 NO.	検知器設置から 充填日までのフ ラッシュガス発 生率(平均値)	充填日	充填量(kg)
D社J店	No. 3	9.8%	2022/10/19	20
	No. 4	17.8%	2022/10/19	10
C社I店	No. 4	46.1%	2022/10/13	3

(6) フロン充填前後のフラッシュガス発生率と消費電力量 (2回目)

2回目のフロン充填後の測定結果の変化を示す。

フロンガス2回目の充填は10月中旬から下旬にかけて実施し、冷凍・冷蔵設備事業者に対してフロンガス充填量が適正量になるよう指示した充填量で検証を行った。1回目比べて昼間の外気温度が低くなっており昼夜の外気温度の寒暖差も大きい影響からか、フロンガスを充填したことによるフラッシュガス発生率ならびに冷凍機電力量の低減が顕著に現れず低減効果を確認することが困難となった。フロンガス充填のタイミング等も含めて、通年での効果検証が必要と思われる。

系統 No. 3 2回目充填日:2022年10月19日(グラフ表示期間:2022年10月5日~11月2日)

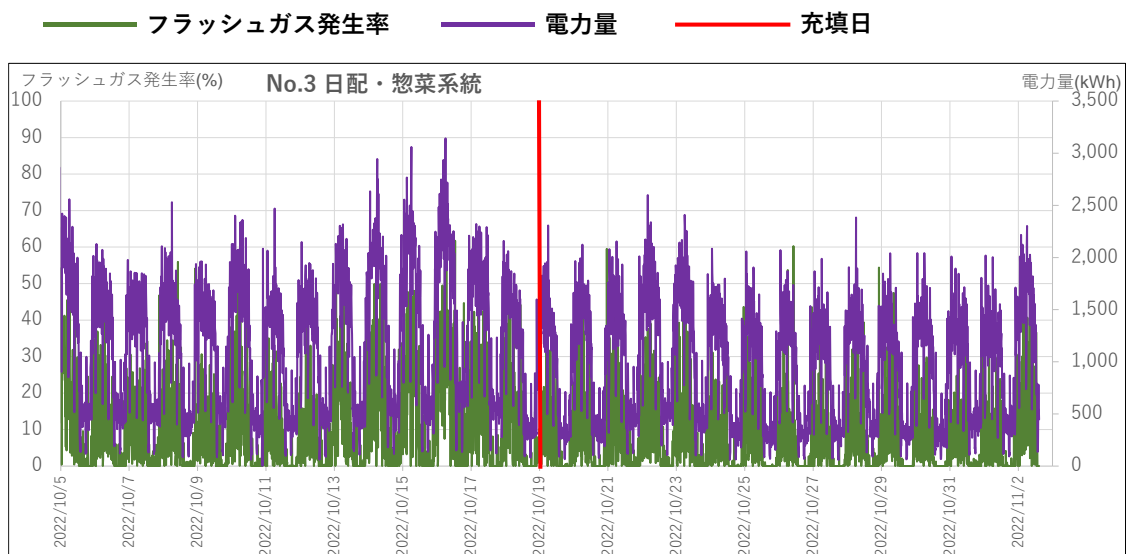


図 2.2-31 D社J店 系統 No. 3 のフロン充填前後の測定結果

系統 No. 4 2回目充填日:2022年10月19日(グラフ表示期間:2022年10月5日~11月2日)

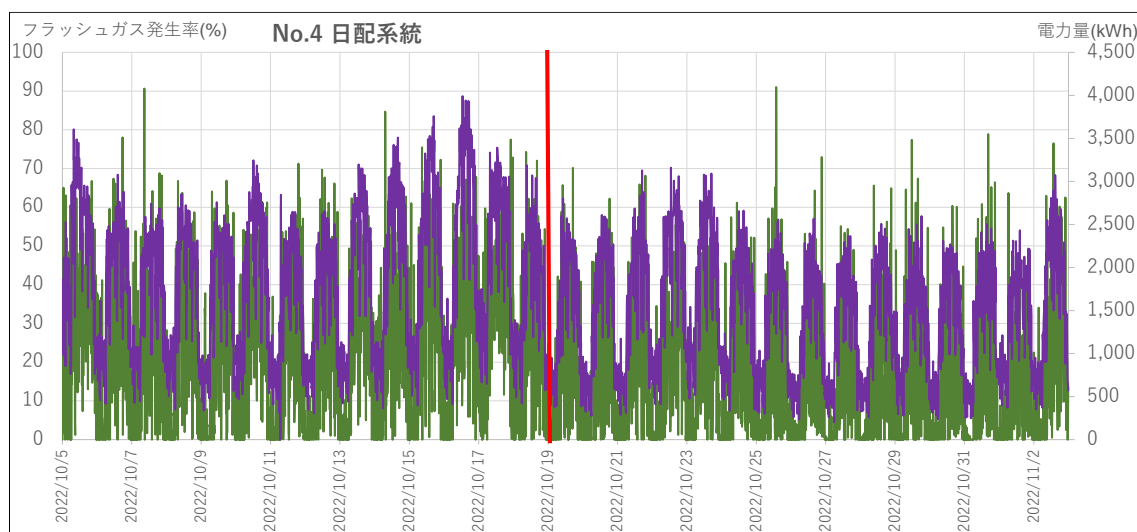


図 2.2-32 D社J店 系統 No. 4 のフロン充填前後の測定結果

系統 No. 4 2回目充填日:2022年10月13日(グラフ表示期間:2022年9月29日~10月27日)

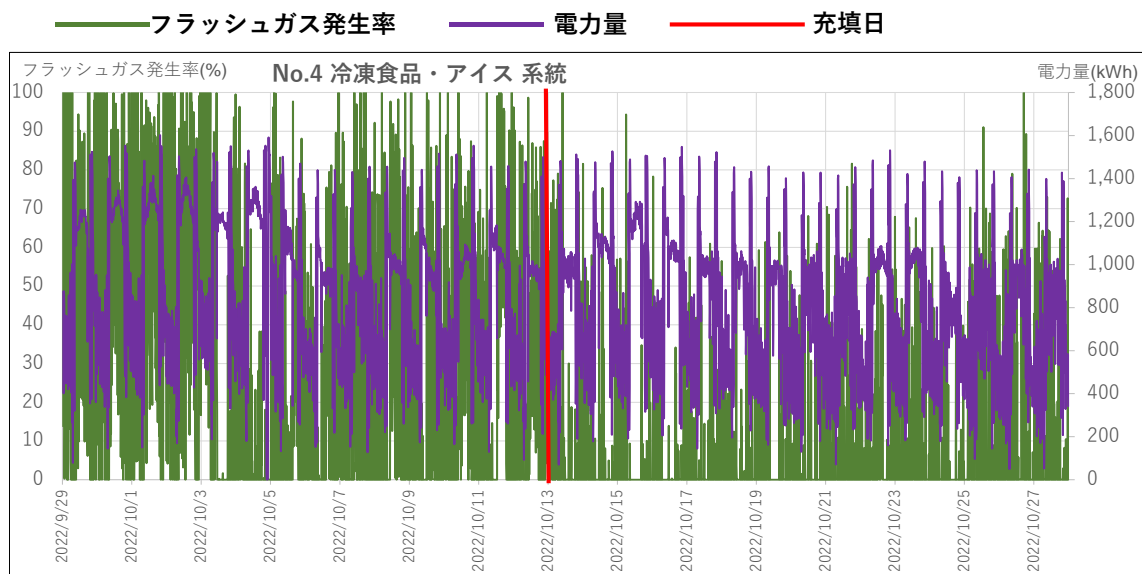


図 2.2-33 C社I店 系統 No. 4 のフロン充填前後の測定結果

(7) フロン充填による消費電力量変化の分析 (2回目)

D社J店 No. 3

充填日 10月19日 充填量 20kg (22%)

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
17	4,300	4,057	5.6%
18	4,643	4,170	10.2%
19	4,633	4,107	11.3%
20	5,072	4,434	12.6%
21	4,601	4,635	-0.7%
22	5,515	4,814	12.7%
23	5,913	5,354	9.5%
24	5,884	5,065	13.9%
全体平均			9.4%

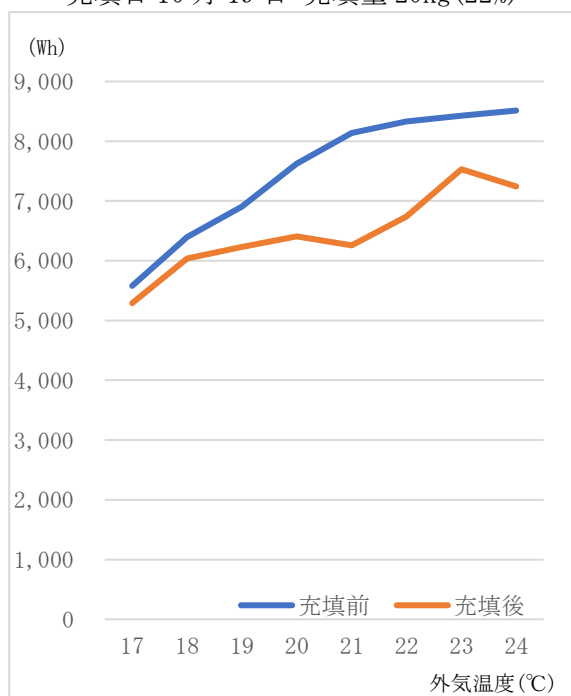


図 2.2-34 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (D社J店 No. 3)

D社J店 No. 4

充填日 10月19日 充填量 10kg (10%)

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
17	5,579	5,291	5.2%
18	6,396	6,040	5.6%
19	6,907	6,232	9.8%
20	7,622	6,407	15.9%
21	8,140	6,256	23.1%
22	8,331	6,738	19.1%
23	8,429	7,531	10.7%
24	8,513	7,244	14.9%
全体平均			13.0%

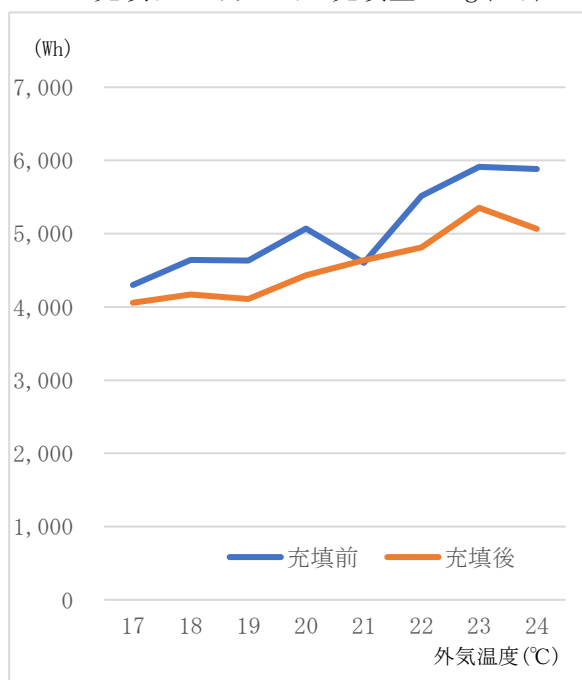


図 2.2-35 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (D社J店 No. 4)

C社I店 No.4

外気温度 (°C)	電力量 (Wh)		電力削減率
	充填前	充填後	
14	2,847	2,294	19.4%
15	2,893	2,890	0.1%
16	3,048	2,814	7.7%
17	2,845	2,740	3.7%
18	3,047	3,024	0.7%
19	2,932	2,879	1.8%
20	3,036	3,140	-3.4%
21	3,110	3,102	0.3%
22	3,061	3,214	-5.0%
23	3,175	3,162	0.4%
24	3,134	3,299	-5.3%
全体平均			-0.8%

充填日 10月13日 充填量 3kg(7%)

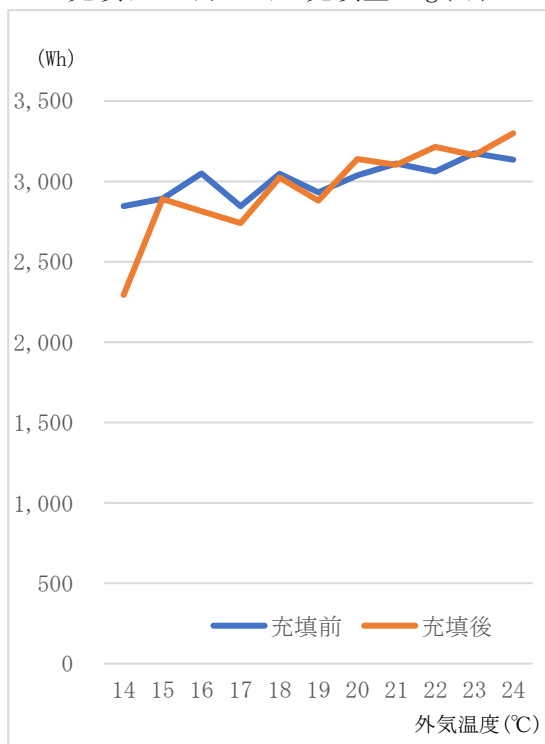


図 2.2-36 フロン充填後の電力消費量の変化に関する分析結果 (C社I店 No.4)

(8) フロン充填による消費電力量変化のまとめ

フロン追加充填前後において電力消費量に変化があるかを確認するため電力消費量を分析した。電力消費量は外気温度に大きく影響することが知られていることから、分析にあたっては可能な限り当該影響を考慮するため外気温度別に分析した。

分析の結果、フロン充填後において全体的な傾向として電力消費量の減少が見られた。これはフロンガスの漏えいが影響していたため、充填したことにより冷凍機の電力負荷が軽減されたものと考えられる。他方、C社I店 No.4冷凍機の2回目の充填にて電力量の増加という結果が見られた。これは充填1回目と2回目の外気温度の寒暖差が2回目の方が大きく冷凍機の負荷変動範囲が広まり若干の電力量の増加に繋がったものと考えられ、中間期だけではなく通年での効果検証が望まれる。

以上をまとめると、1) 漏えい率30%でのフロン漏えいの把握については、漏えい検知器によりフラッシュガス発生率を確認しエキスパートジャッジによるところはあるものの漏えい率30%以下において漏えい状態を確認することができた。これはフロン充填により電力消費量の減少が見て取れたことから漏えい状態であったことが言える。

次に2) フロン漏えいと電力増加の関係性の分析に関して、全体的な傾向としてフロン充填後に電力減少がみられていた。言い換えると、冷媒漏えい発生時(フロン充填前)は、冷媒満充填時に比べて、電力増加が見られたということである。しかし、昨年度の実証実験結果と比較すると、漏えいによる電力増加幅は小さい結果であった。また、必ずしも電力増加とならなかった。実際の現場では、外気温が大きく影響を与えることにより、電力増加が見えにくくなっていること、ショーケースの利用状況が異なること、営業時間が複雑に関与していること、つまりは負荷状況が複雑に変化していることなどが影響しているものと考えられる。

3) フロンの漏れ速度の分析に関して、今回の実証事業では、機器を設置して早期に漏えいが発見されたことから、当初想定していたフロン漏えい速度のデータについては、得られていない。また、フロン充填を行った冷凍機については2月末までデータを収集しているものの、追加の充填を行っていないためフロン漏えい速度を分析するにいたっていない。フロン漏えい速度の特定には、フロン充填量のベースラインの設定が容易ではないことから、複数の冷凍機を対象として、長期的なデータ収集での分析が必要である。

2.2.3 過去のフロンデータに基づく評価検証

評価検証事業では得られるデータ数が少なく、かつ計測期間が5～6か月と短いことからそれらデータの補完するため、検知器メーカーが保有している過去の測定データを用いて評価検証を実施した。

本項目で実施する事項としてはフロン漏えい速度等の分析と影響因子の分析である。

フロン漏えい速度等の分析の目的は、年間フロン漏えい率（速度）の把握と検知器の設置有無と漏えい率の関係性の把握とした。冷凍冷蔵機器の100%充填量と漏えい発見時のフロン充填量等から分析を行った。

影響因子の分析の目的は、フロン漏えいに係る因子の特定や修理前後の影響因子の状況把握、短長期のフロン漏えいに係る兆候因子の特定とした。温度や圧力、電力消費量等の関係があると考えられるデータを収集し影響因子に関する検討・分析を行った。

表 2.2-4 過去のフロンデータに基づく評価検証事業の内容

項目	フロン漏えい速度等の分析	影響因子の分析
目的	年間フロン漏えい率（速度）の把握、検知器の設置有無と漏えい率の関係性の把握	フロン漏えいと関連する影響因子の特定、修理前後の影響因子の状況把握、短期的なフロン漏えいの兆候因子の特定、長期的なスローリークの兆候因子の特定
データ数	97 冷凍機 225 充填	4 冷凍機 9 充填
データ項目	<ul style="list-style-type: none"> ・漏えい発見時のフロン充填量 ・前回充填時からの期間 ・冷凍機規模 ・冷凍・冷蔵機器の100%フロン充填量 （・検知器の有無） （・業種） 	<ul style="list-style-type: none"> <基礎データ> ・漏えい発見時のフロン充填量 ・前回充填時からの期間 ・冷凍機規模 ・冷凍・冷蔵機器の100%フロン充填量 （・業種） <主要分析データ> ・外気温 ・冷媒液温度 ・吐出温度 ・吸入温度 ・消費電力量 ・フラッシュガス発生率

(1) フロン漏えい速度等の分析

実際に冷凍機を設置している事業所（小売業の別置型ショーケース付帯冷凍機）において、フロン充填を実施している冷凍機のデータを抽出し、抽出された 97 冷凍機、225 充填のデータの分析を実施した。

なお、「検知器あり」のデータに関しては、冷凍機数、充填数が限られることから、ここでは「検知器なし」のデータのみ扱っている。

今回の対象の冷凍機の規模（冷凍機出力(定格出力)）は最小 2 kW、最大 32kW、平均値 19kW、中央値 19kW となっており 5 kW までのクラスは少ないが、5～10kW から 30～35kW まで分散している（図 2.2-37）。

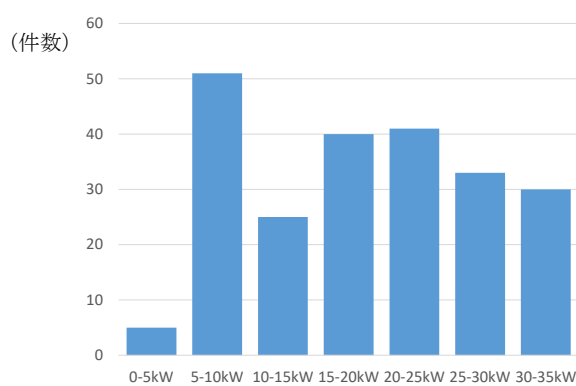


図 2.2-37 冷凍機の規模（冷凍機出力）

消費電力は最小 8 kW、最大 119kW、平均値 39kW、中央値 29kW となっている（ただし、50 程度の冷凍機の情報欠損）。

また、フロンの初期充填量（100%充填量の推計値）は最小 8 kg、最大 105kg、平均値 64kg、中央値 65kg であった。

冷媒は R-404A（53 件）、R-410A（107 件）、R-22（65 件）となっている。

	最小	平均値	中央値	最大
出力 (225 件)	2kW	19kW	19kW	32kW
消費電力 (約 170 件)	8kW	39kW	29kW	119kW
	R-404A	R-410A	R-22	
冷媒種	53 件	107 件	65 件	

図 2.2-38 調査対象とする冷凍機の概観

以降は 225 充填事例の結果を示す。

前回充填から次の充填までの経過日数を図 2.2-39 に示す。

100 日単位で区切った結果、1～100 日が最も多く (81 件)、次に 101～200 日が続いた (45 件)。経過日数とともに件数は減少し、件数と経過日数は反比例する結果となっていた。平均値は 277 日、中央値は 161 日となっている。

これは充填直後、3 か月から半年以内に再充填されるケースが多いこと、また充填から約 1 年後に再充填されるケースが多いことを示している。100 日以内に再充填が行われている背景としては、緊急充填を実施したのちに 100 日以内に漏えい箇所の発見・修理に関する再充填が実施されていると推測する。301～400 日において再充填が多い背景としては、前回の充填が夏季に実施され、その後、外気温度が低下し負荷側に温度異常が発生しにくい環境となり、次の夏季において外気温度が高まるとともに配管圧力が高くなることにより負荷側の温度上昇が発生し再充填の機会が発生していると推測する。

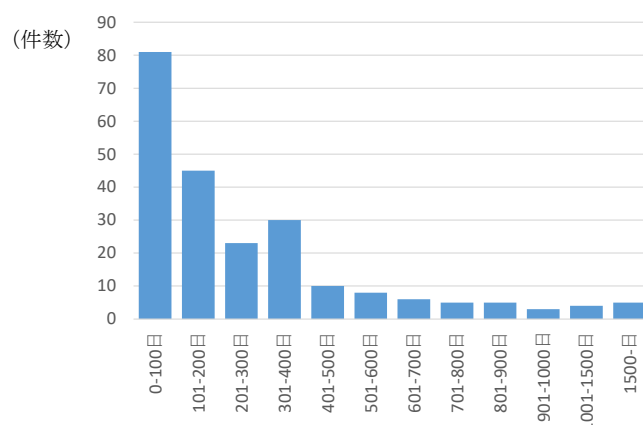


図 2.2-39 前回充填から次の充填までの経過日数

次にフロンの初期充填量と漏えい時のフロン充填量から算出したフロン漏えい発見時のフロン漏えい率 (フロン充填率) の分布を示したものを図 2.2-40 に示す。

漏えい率を 10% 間隔で区切った際の分布として、最頻値は 30～40% (77 件) であり、10～20% が (32 件) 続いている。また、70～100% の漏えい割合が高いものは全体の 1 割程度を占めており、0～10% の事例も少数みられた。平均値は 42% (中央値 40%) となった。

令和 3 年度に実施した試験室での結果では、漏えい率 40% 以下の場合、消費電力量増加は確認できたものの、ショーケース温度の上昇がみられなかったことから、異常が発見されない (漏えいが発見されない) レベルと結論づけている。この令和 3 年度の結果と比べると、今回のデータは、比較的漏えい率が低い段階で発見されている例があることがわかる。冷凍機が設置されている現場では、冷凍機や配管周辺の温度等も影響し、令和 3 年度の試験結果よりも低い漏えい率で冷凍機の異常がでている例もあるのではないかと考えられる。

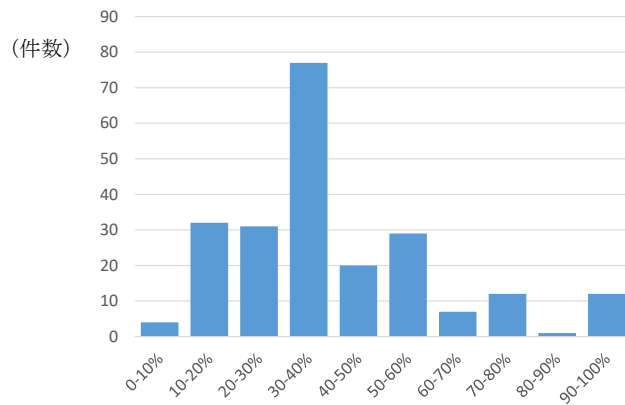


図 2.2-40 フロン漏えい発見時のフロンの漏えい率

前回充填から次の充填までの経過日数と漏えい率の関係をグラフにしたものを図 2.2-41 に示す。その結果、漏えい割合と経過日数は分散しており、漏えい割合と経過日数に明確な傾向はみられなかった。

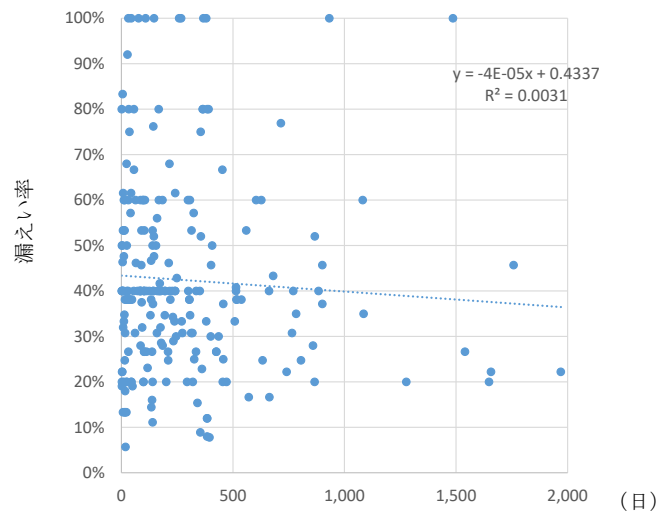


図 2.2-41 前回充填から次の充填までの経過日数と漏えい率の関係

冷凍機の規模と漏えい率の関係を比較すると、漏えい率が高い冷凍機は冷凍機規模（冷凍機出力）が小さいものが多い傾向にあった（負の弱い相関）。

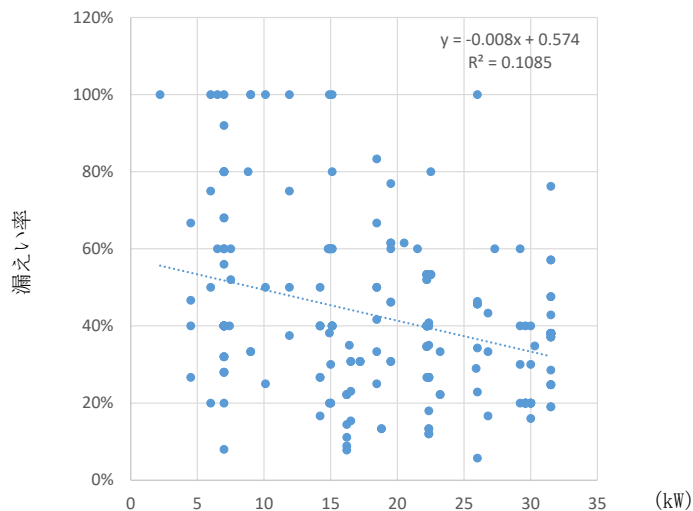


図 2.2-42 冷凍機の規模（冷凍機出力）と漏えい率の関係

また、冷凍設備維持管理事業者への月別の要請件数を比較したところ、4月から10月に多く、11月から3月にかけて少ない傾向がみられた。

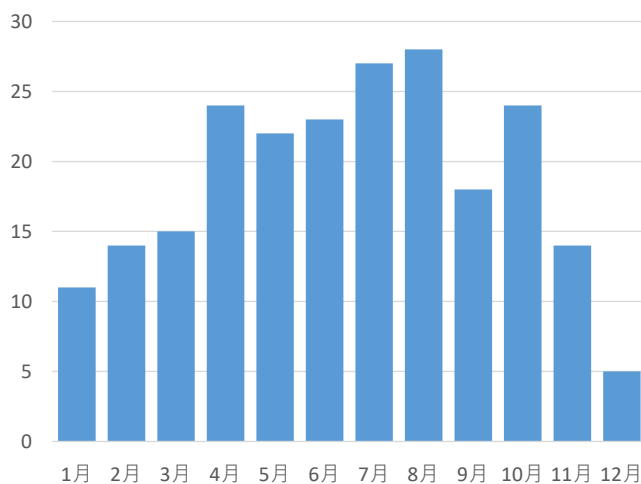


図 2.2-43 月別の要請件数

これを踏まえ、月別の平均気温（代表として東京）と要請件数をプロットしたところ、正の相関関係がみられた。外気温が上昇することにより、配管圧力が上昇するため漏れが発生しやすくなり、要請件数が増加していることが考えられる。冷媒の漏えいは要請時近傍だけではなく、数か月以上も前から漏えいしている可能性がある。

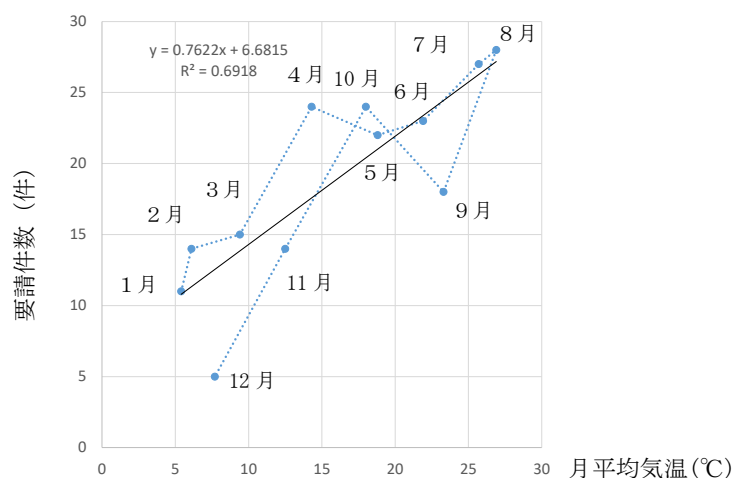


図 2.2-44 月別の平均気温と要請件数

なお、上記データに対して、「検知器あり」のデータは（※上記分析結果に含めず）、5 冷凍機、11 充填のデータがある。うち、5 充填のデータは 1 冷凍機の記録である。「検知器あり」はデータ数が限定されていることから、ここでは参考値として扱う。

検知器ありの平均冷媒漏えい率は 19%となっており、検知器なしと比較すると、大きな差がみられた（検知器なし平均冷媒漏えい率 42%）。

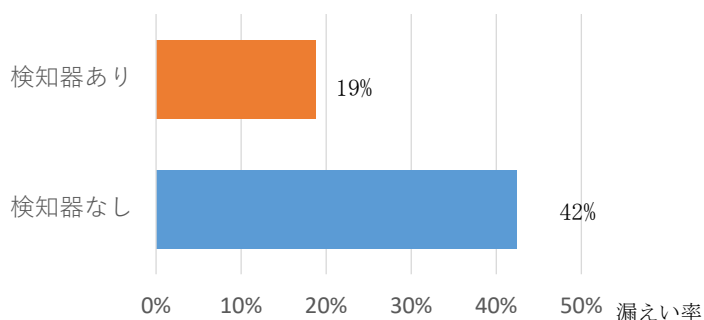


図 2.2-45 検知器ありと検知器なしの漏えい率の比較（参考値）

（2） フロン漏えい速度等の分析の考察

本評価検証ではフロン漏えい速度の検証を主目的として実施した。当初仮説では時間とともに徐々にフロン漏えいが進むことを想定していたが、実態としては徐々に進むケースよりも充填直後、特に 100 日以内に大きく漏えいしているケースが大部分を占めることがわかった。

今回取り扱った 97 冷凍機のうち、充填回数がかかるものは 92 冷凍機であり、充填（漏えい）が 1 回しかないものは 49 冷凍機である。残りの約半分は複数回の充填（漏えい）があった冷凍機であった。

本事象について原因を調査するため冷凍設備管理事業者等へヒアリングを実施した結果、現場ではフロン充填にあたり下記の対応が実施されていることが伺えた。

- ✓ 5～9月の外気温が上昇する時期にショーケース側の温度上昇が発生しやすい。
- ✓ 当該時期は商品が傷み易いため、小売事業者からの要請に応じて、フロン漏えいの原因等の確認を後日として、冷媒を緊急充填することで温度上昇を抑制する。
- ✓ 小売事業者と調整を行い、後日、フロン漏えいの検査を実施する。検査にあたっては、漏えい箇所の発見のため冷媒を充填するケースが多い（圧が適正であれば注入しない）。また、当該時期は顧客からの要請が集中する時期であり、緊急充填を実施した日からしばらく期間が空くケースがある。
- ✓ フロン漏えいの検査の結果、軽度な原因であれば検査当日に補修措置を実施する。しかし、重度の原因であれば、小売事業者と調整を行い、補修措置を実施する。なお、重要の原因の場合、夜間における商品やショーケースの移動を伴うため、小売事業者の店員数名を深夜に配置する必要があるため、調整に期間がかかるケースが多い。また、漏えい箇所によっては在庫部品がなく期間を要することもある。

本ヒアリング結果を整理すると以下のとおりとなる。

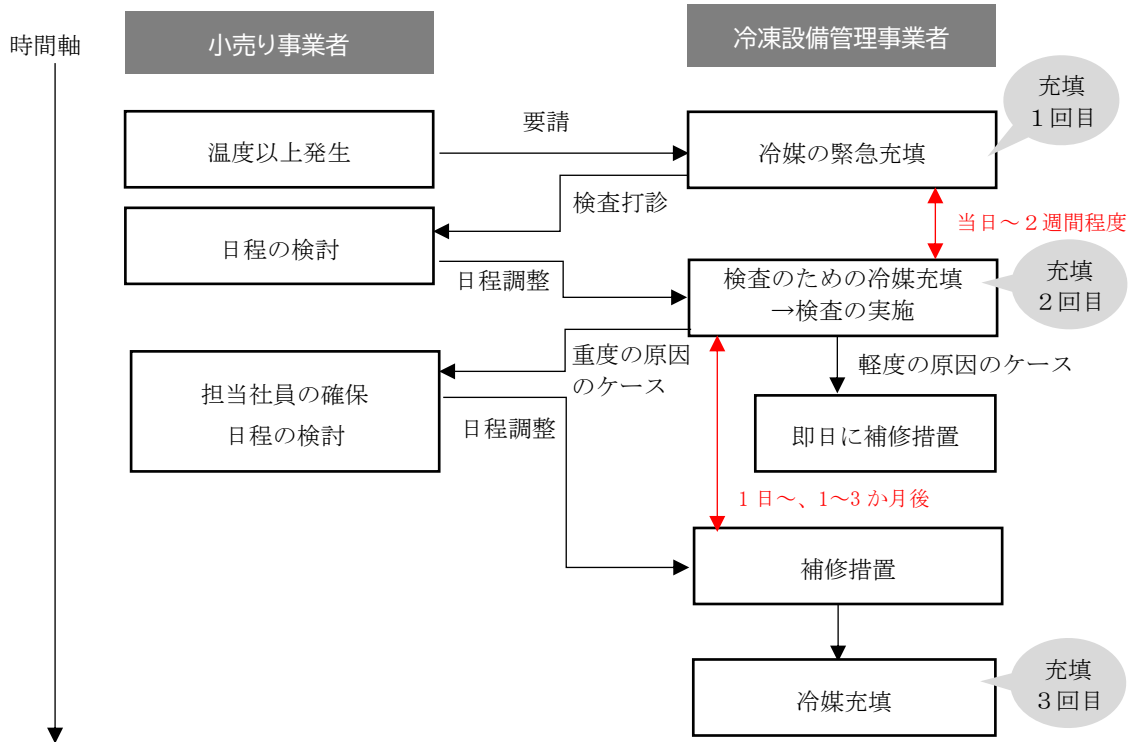


図 2.2-46 冷媒漏えいにおけるフロン充填対応フローの一例

本調査結果から、使用中の冷媒漏えいはスローリークによる冷媒漏えいよりも現場対応プロセスに依存した漏えいの方が、重要度が高い可能性が示唆された。

また、本課題の解決は下記に示すフロン漏えいの抑制だけでなく、冷凍設備管理事業者と小売り事業者にとってもメリットがあると捉えることができ、フロン漏えい検知器の導入促進が関係者にとって望ましい可能性があることが伺えた。

<フロン漏えいの側面>

- ・必要以上の市中へのフロン投入を抑制できる。
- ・緊急充填を回避することでフロン漏えい量を削減できる。
- ・繁忙期における検査・補修を回避することで、重度の原因が発生した場合、補修措置までの期間を短縮することで、フロン漏えいを削減できる。

<小売り事業者の側面>

- ・必要以上のフロン漏えい投入を回避できるためコスト削減効果がある。

- ・ 温度異常から補修措置完了までの期間を短縮することで電力消費増加を回避することにより無駄な電力コストを削減できる。
- ・ 検知器によって緊急対応が減るので、特売日を避ける、繁忙期を避ける、商品納入の人員調整が容易となる。

<冷凍設備管理事業者の側面>

- ・ 労働環境が厳しい夏季の需要を平準化することができる。
- ・ 労働環境の改善により人材の確保・維持がしやすくなる。
- ・ 夏場に冷凍機を停止する場合、商品品質の維持のためドライアイスや追加的な機器が必要となり修理原価があがってしまう。夏季を避け冬場の修理となれば当該コストの削減や追加的な機器の準備にかかるリードタイムの削減が期待できる。

図 2.2-40 のフロン漏えい率は、平均 42%となっており、当初想定していた 50~60%というタイミングよりも早い段階でフロン漏えいを発見していた。これは、現場のフロンの注入が充填量 100%までではなく、充填率=漏えい率となっていないことが原因ではないかと考えられる。

次に、前回充填から次の充填までの経過日数と漏えい率の関係に関して、当初、図 2.2-47 に示すように、その関係性を算出することができるのではないかと推測していた。推測内容としては、次の充填までの期間が長くなれば、漏えい率が高くなるものと想定していた。しかし、結果は、図 2.2-41 に示したように、漏えい率と経過期間に明確な傾向はみられず、経過期間、漏えい率がかなり分散していることがわかった。特に前回充填から 100 日以内に充填しているケースが大部分を占めること、漏えいが発見された機器は再充填されるケースが多いことが影響していると考えられた。

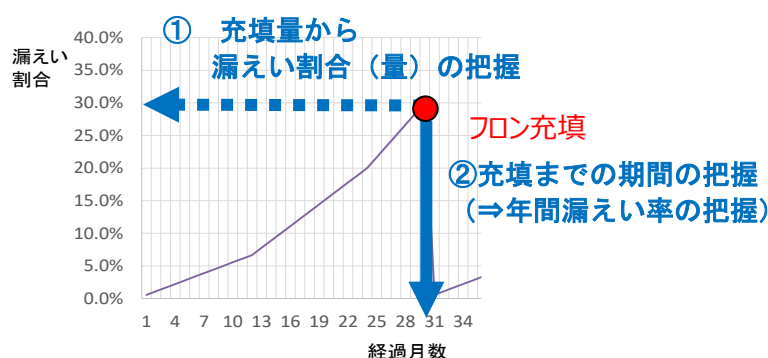


図 2.2-47 当初想定していたフロン漏えい速度等の分析のイメージ

また、図 2.2-42 の冷凍機の規模（冷凍機出力）と漏えい率の関係で、小型冷凍機の漏れ率が高いことに関して、大型冷凍機は余力が大きいため発見が遅れることが考えられる。対して小型冷凍機は余力が少ないため発見が早いのではないかと推測される。

(3) 影響因子の分析

影響因子の分析として、4冷凍機、計9回充填の分析を行った。充填回数は各冷凍機で2回、5回、1回、1回となっている。業種はすべて小売業である。

冷凍機出力（定格出力）は22.5～30kW（30～40馬力）、定格消費電力は28～34kW、冷媒はいずれもR410Aであった。なお、冷凍機使用年数はすべて2年のものであった（ただし、配管再利用で6年のもの）。

データセットは外気温、冷媒液温度、吐出温度、吸入温度、電力量、フラッシュガス発生率（いずれも30分値）となっている。冷媒充填量（100%充填量）は90～130kgであり、冷媒充填率は10～44%であった。

1) 外気温と消費電力量の関係

各冷凍機の日平均気温と日消費電力量の関係をみると、いずれの冷凍機も気温上昇に従い消費電力量が増加する関係性が鮮明に確認することができた。

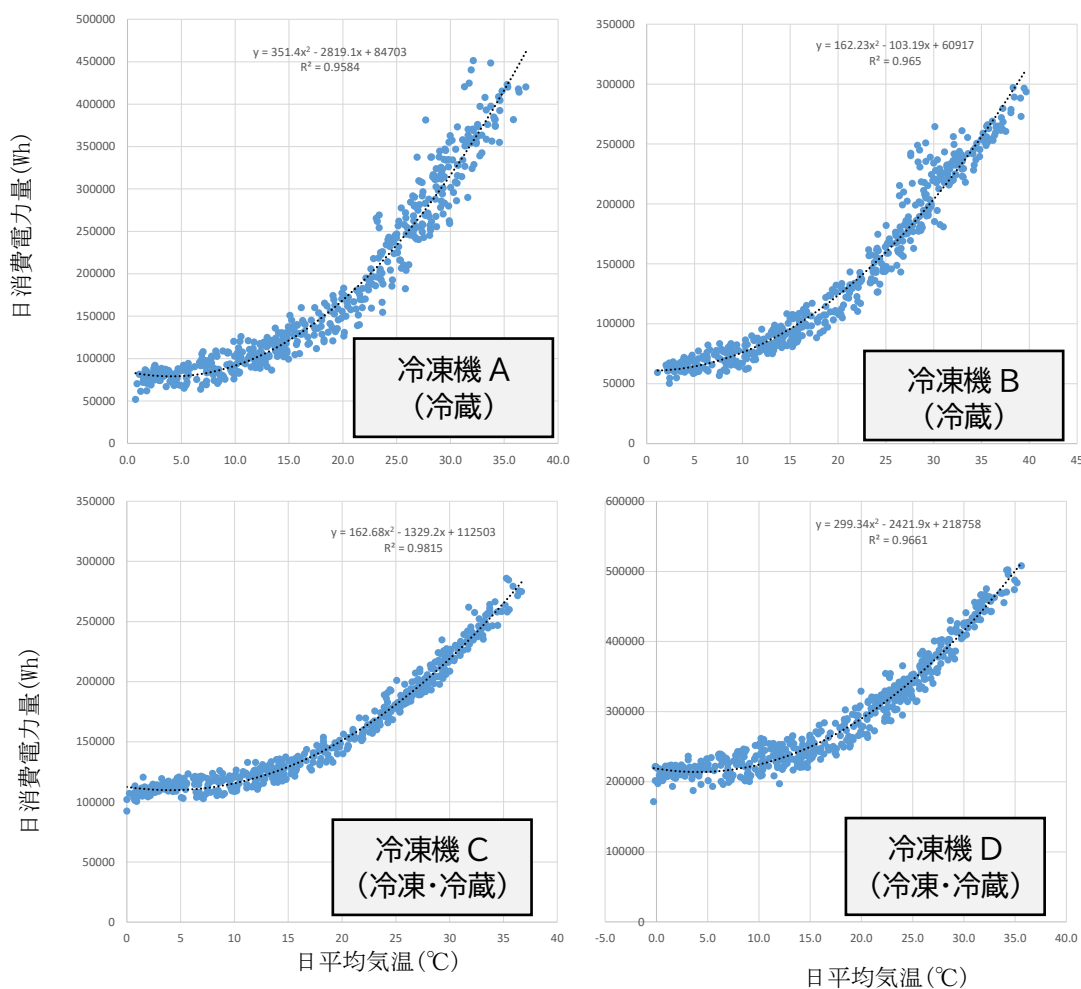


図 2.2-48 日平均気温と日消費電力量

図 2.2-48 をベースにフロン充填前 1 週間のデータに赤色、橙色、黄色を付けると図 2.2-49 のようになる。なお、色の違いは異なる注入回のデータを示したものである。

これらのデータを確認すると、充填前 1 週間の消費電力量が大きいものもみられるが、あまり他と変わらないもの（近似式に乗っているもの）も多い。

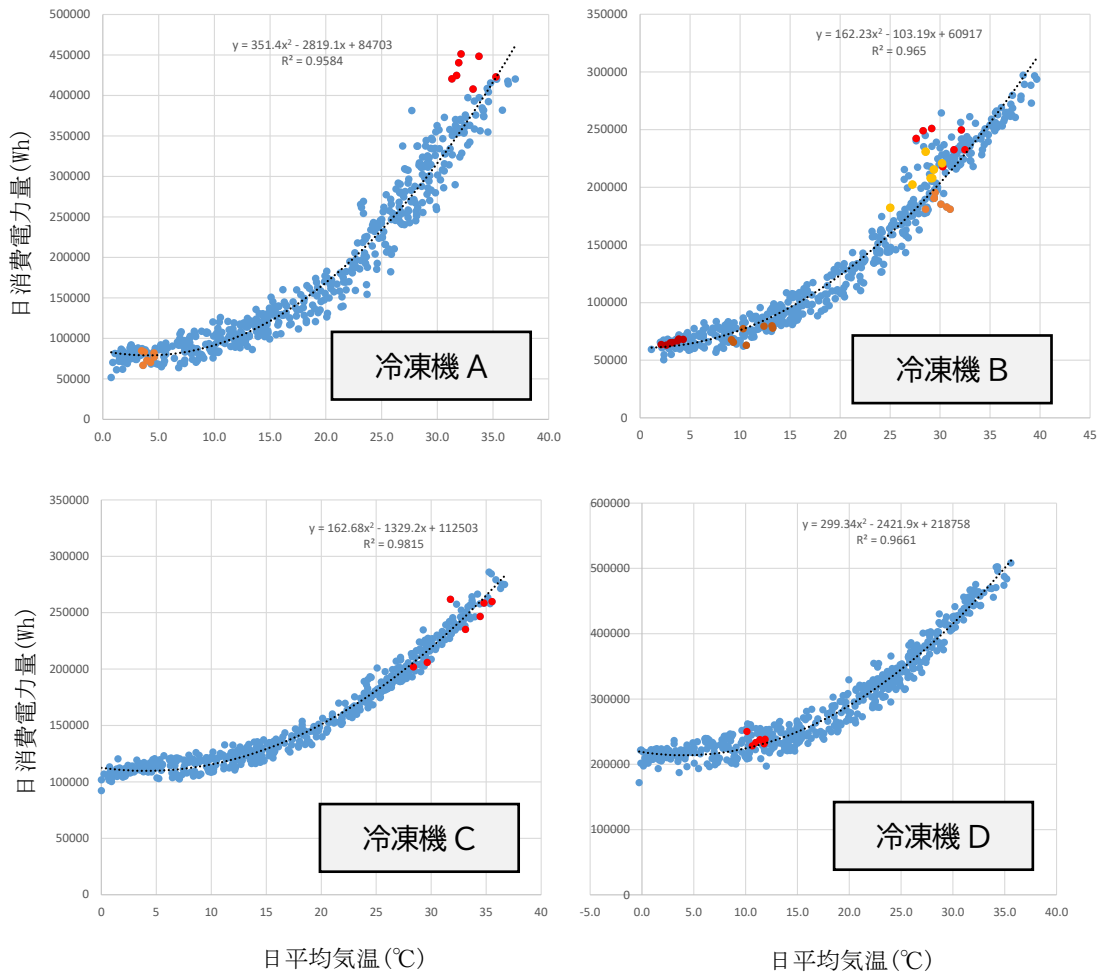


図 2.2-49 日平均気温と日消費電力量（充填前 1 週間データに色付け）

図 2.2-49 から充填前後 1 週間のみをピックアップしたものが図 2.2-50 である。赤色、橙色、黄は充填前 1 週間のデータ、水色は充填後 1 週間のデータである。

これらのデータを確認すると、充填 No. 1、3、4、5 は充填前後の電力差があり、充填前の電力量が大きいように見受けられるが、それ以外の 5 充填については、差がないよう見受けられた。

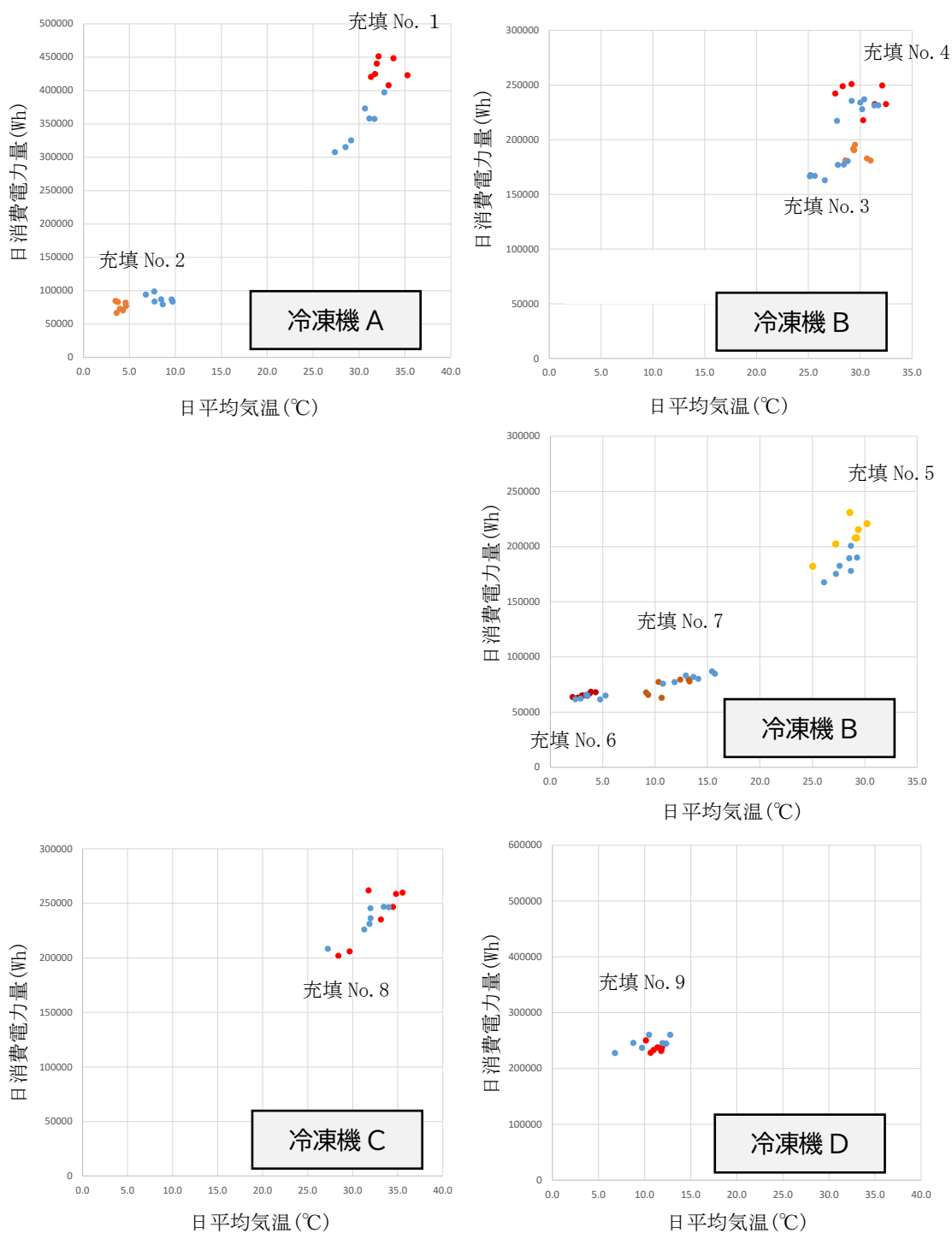


図 2.2-50 日平均気温と日消費電力量（充填前後 1 週間データ（赤、橙、黄は充填前））

ここで、個別充填データについて記載する。特に、充填前後2週間の結果を切り出して分析を行った。

なお、ここで扱っているデータは日データとなっており、消費電力量は日合計値、その他データは日平均値となっている。ただし、フロン充填前後の外気温と平均消費電力量(30分値)の比較については、前述「2.2.2 結果の整理と評価検証事業データに基づくフロンの漏れ速度等の分析 (4) フロン充填による消費電力量変化の分析」の分析方法と同様に、営業時間内の30分データを用いた。

2) 充填 No. 1

- 充填日：7/27 充填量：30kg 漏えい率：30%
- 平均電力削減率(単純)：19.3%、平均電力削減率(温度加味)：17.5%

充填 No. 1 は充填後に電力減少がみられた。また、電力充填前1週間程度フラッシュガス発生率が高かったが、充填後はフラッシュガスがほとんど発生していなかった。

消費電力は充填前後で異なり、フラッシュガス発生率が高まった充填前1週間に大きくなっており、外気温と重ね合わせても充填前1週間の消費電力が外気温推移からは外れていた。

加えて、充填前1週間の冷媒液温度、吐出温度が高温で推移していた。

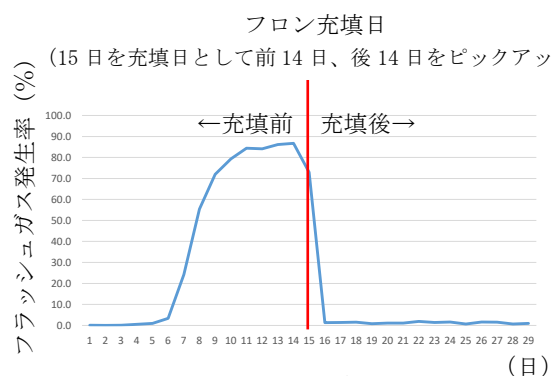


図 2.2-51 フロン充填前後のフラッシュガス発生率 (%) (日平均)

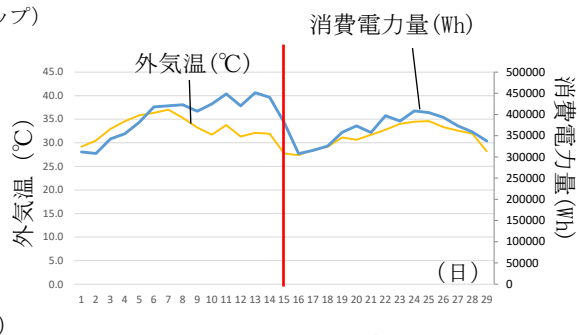


図 2.2-52 フロン充填前後の外気温 (黄色) と消費電力量 (青)

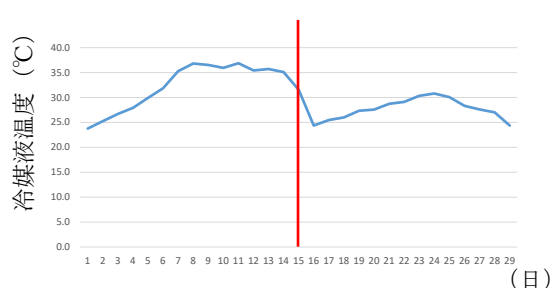


図 2.2-53 フロン充填前後の冷媒液温度

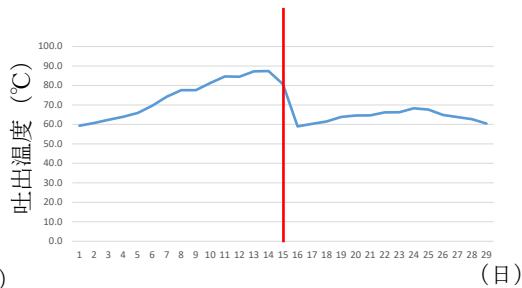


図 2.2-54 フロン充填前後の吐出温度

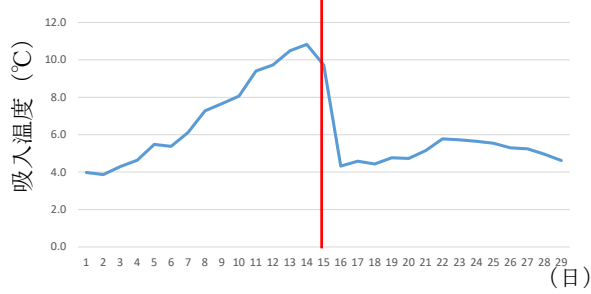


図 2.2-55 フロン充填前後の吸入温度

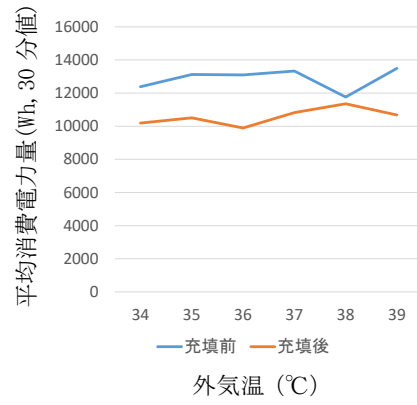


図 2.2-56 フロン充填前後の外気温と平均消費電力量 (30 分値) の比較

3) 充填 No. 2

- 充填日：3/10 充填量：20kg 漏えい率：20%
- 平均電力削減率（単純）：-14.5%、平均電力削減率（温度加味）：-4.9%

充填前 1 週間程度フラッシュガス発生率がみられるものの、No. 1 に比べると低い値であった。充填後はフラッシュガスがみられなかった。消費電力は充填後に高くなっているが、外気温度が上昇した影響があると考えられる。また、充填前 1 週間の冷媒液温度は高く推移していた。一方で、充填前 1 週間の吐出温度、吸入温度に高温推移はみられなかった。

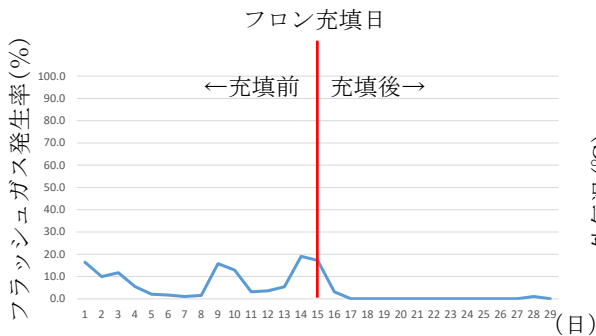


図 2.2-57 フロン充填前後のフラッシュガス発生率 (%) (日平均)

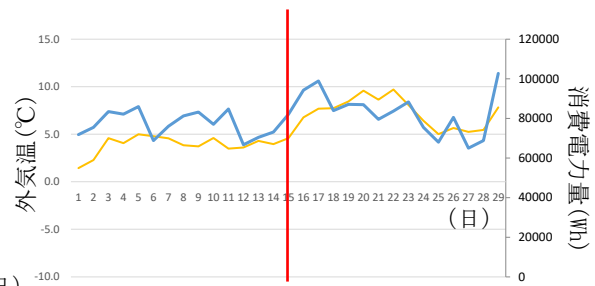


図 2.2-58 フロン充填前後の外気温 (黄色) と消費電力量 (青)

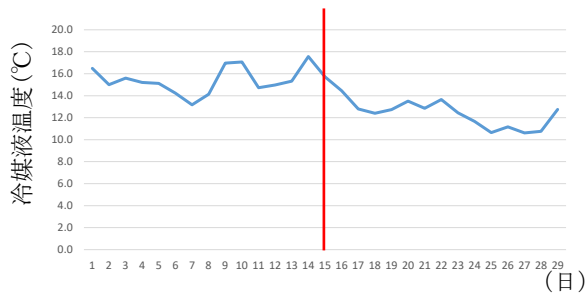


図 2.2-59 フロン充填前後の冷媒液温度

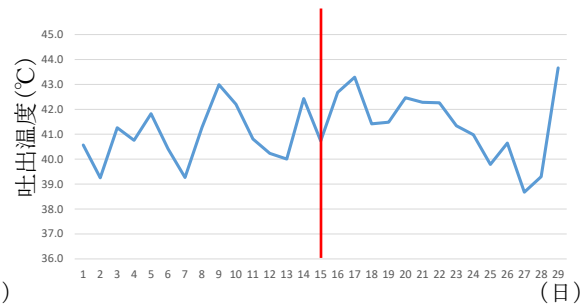


図 2.2-60 フロン充填前後の吐出温度

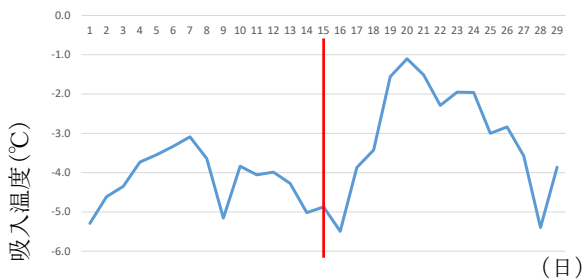


図 2.2-61 フロン充填前後の吸入温度

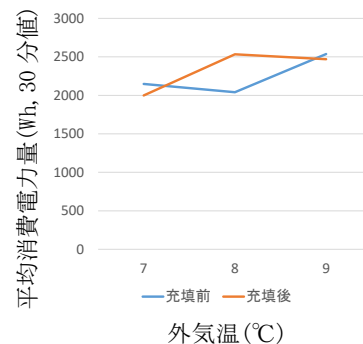


図 2.2-62 フロン充填前後の外気温と平均消費電力量 (30 分値) の比較

4) 充填 No. 3

- 充填日：6/17 充填量：20kg 漏えい率：20%
- 平均電力削減率（単純）：8.3%、平均電力削減率（温度加味）：4.6%

充填前にフラッシュガス発生率がみられるものの、No. 1 に比べると低い値であった。充填後、フラッシュガスはみられなかった。消費電力は充填前に高く、充填後に低くなっているが、外気温度の低下も影響していた。冷媒充填前、冷媒液温度、吐出温度、吸入温度がやや高温で推移する傾向がみられた。なお、No. 3 充填ののち 20 日間で No. 4 の充填を実施していることに留意が必要である。

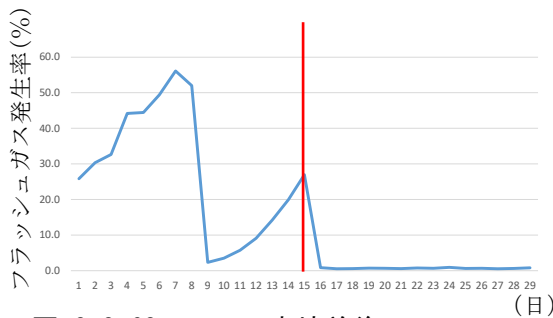


図 2.2-63 フロン充填前後のフラッシュガス発生率（日平均）

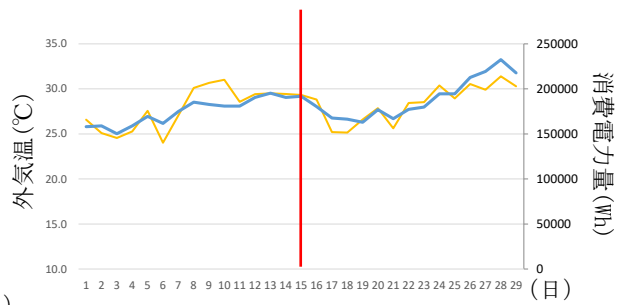


図 2.2-64 フロン充填前後の外気温（黄色）と消費電力量（青）

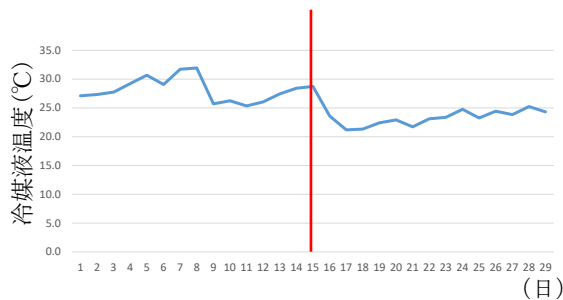


図 2.2-65 フロン充填前後の冷媒液温度

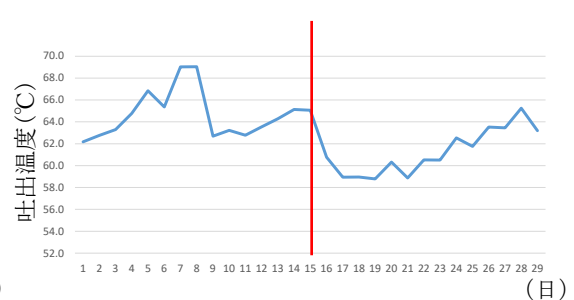


図 2.2-66 フロン充填前後の吐出温度

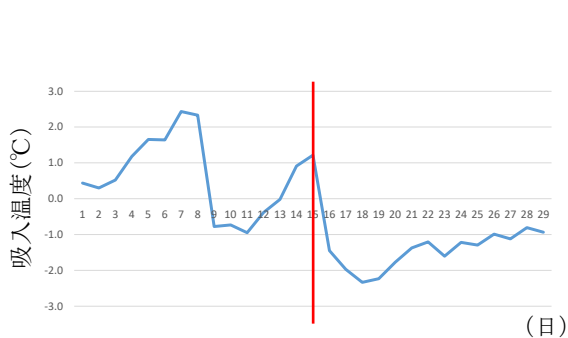


図 2.2-67 フロン充填前後の吸入温度

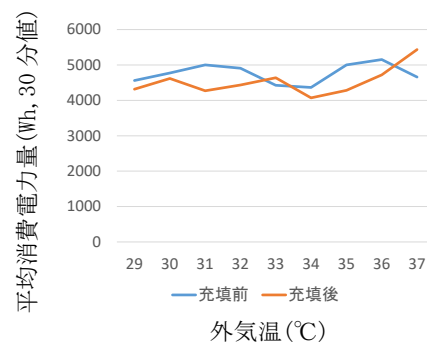


図 2.2-68 フロン充填前後の外気温と平均消費電力量（30分値）の比較

5) 充填 No. 4

- 充填日：7/7 充填量：10kg 漏えい率：10%
- 平均電力削減率（単純）：3.6%、平均電力削減率（温度加味）：1.6%

充填 No. 4 は No. 3 から 20 日後に実施している。充填前 4 日からフラッシュガス発生がみられ、その割合も高くなっていた。充填後、フラッシュガスはみられなかった。

消費電力はフラッシュガス発生率が高くなるとともに、充填 4 日前から外気温の低下とは乖離して高くなっていた。しかし、充填後やや低下したようにも見えるが、顕著ではなかった。

なお、冷媒液温度、吐出温度、吸入温度は冷媒充填前 4 日間、高温で推移する傾向がみられた。

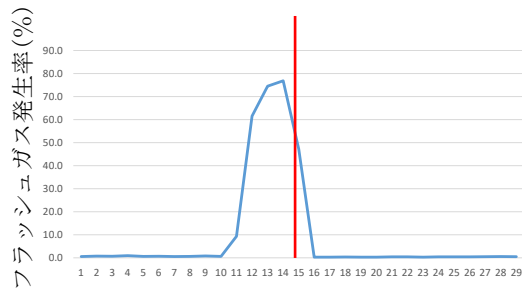


図 2.2-69 フロン充填前後のフラッシュガス発生率（日平均）

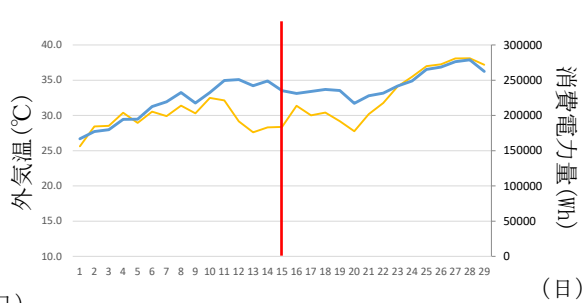


図 2.2-70 フロン充填前後の外気温（黄色）と消費電力量（青）

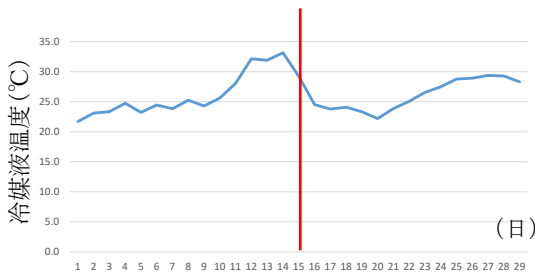


図 2.2-71 フロン充填前後の冷媒液温度

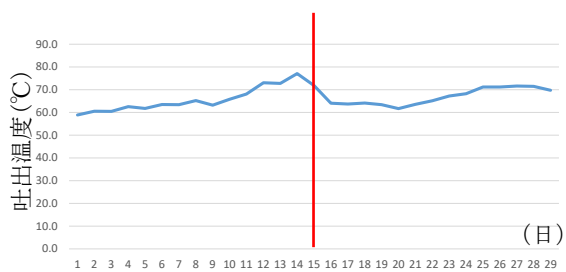


図 2.2-72 フロン充填前後の吐出温度

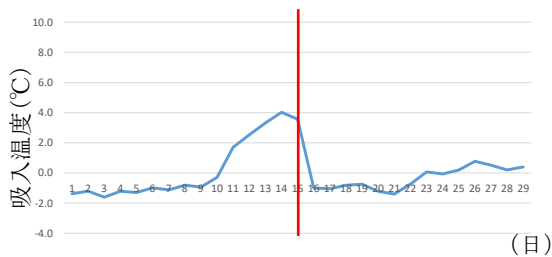


図 2.2-73 フロン充填前後の吸入温度

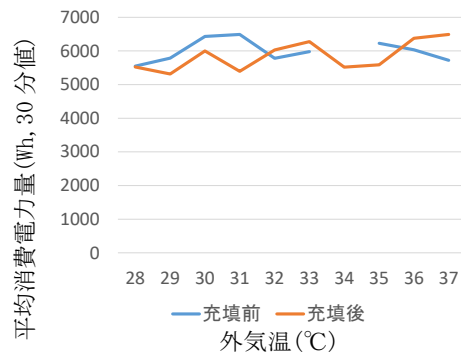


図 2.2-74 フロン充填前後の外気温と平均消費電力量（30分値）の比較

6) 充填 No. 5

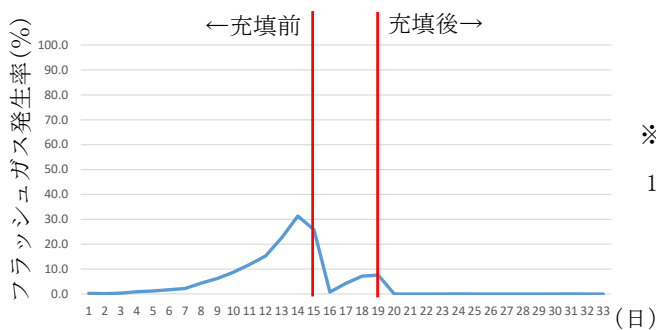
- 充填日：9/10、14 充填量：10kg 漏えい率：10%
- 平均電力削減率（単純）：11.4%、平均電力削減率（温度加味）：13.9%

充填 No. 5 は No. 4 から 66 日後に実施している。期間中に 2 回充填があるため、9/10 以前を充填前、9/14 以降を充填後とした。

充填前 7 日程度からフラッシュガス発生率の高まりがみられた。

消費電力は充填後に低下した。

冷媒液温度、吐出温度、吸入温度はフラッシュガス発生率と連動して冷媒充填後に低下した。



※フロン充填日はグラフ上の 15 日と 19 日の 2 回。
15 日以前を充填前、19 日以降を充填後としている。

図 2.2-75 フロン充填前後のフラッシュガス発生率（日平均）

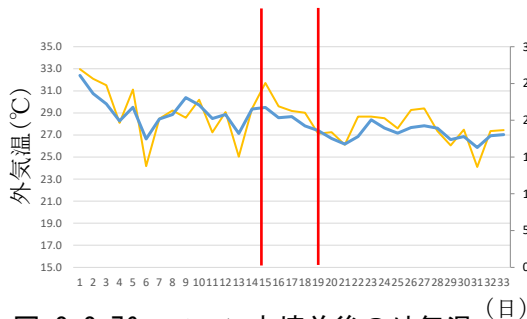


図 2.2-76 フロン充填前後の外気温
(黄色)と消費電力量(青)

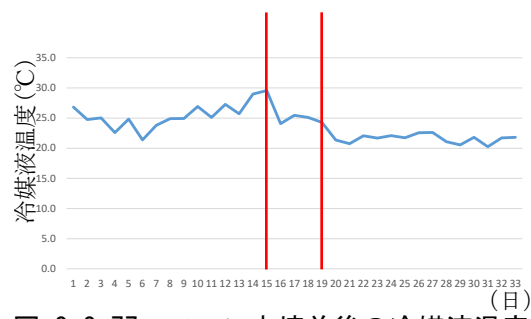


図 2.2-77 フロン充填前後の冷媒液温度

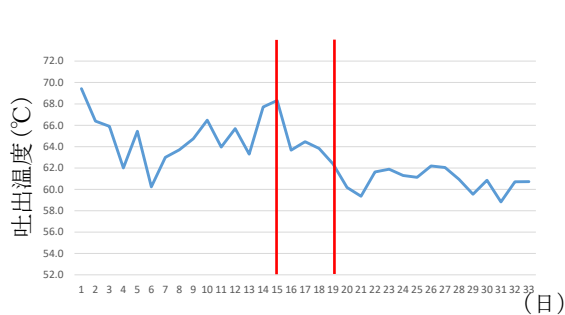


図 2.2-78 フロン充填前後の吐出温度

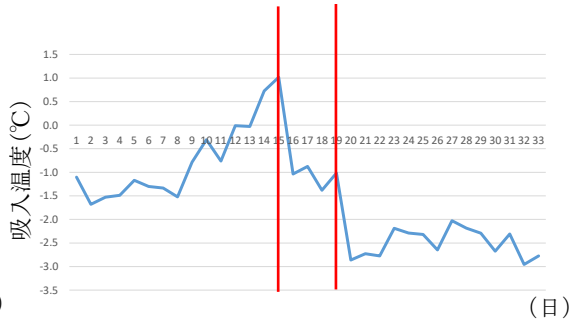


図 2.2-79 フロン充填前後の吸入温度

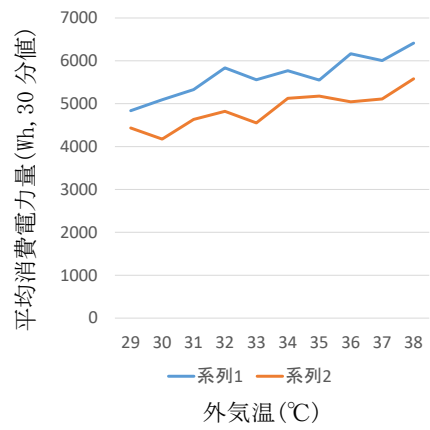


図 2.2-80 フロン充填前後の外気温と平均消費電力量（30分値）の比較

7) 充填 No. 6

- 充填日：1/25 充填量：10kg 漏えい率：10%
- 平均電力削減率（単純）：3.1%、平均電力削減率（温度加味）：6.0%

充填前に若干のフラッシュガス発生がみられるが、他の充填回と比較してかなりピークが低かった。

消費電力は充填後に若干下がっているようにも見えるが、明確な特徴は見られなかった。

また、充填前、冷媒液温度は高めで推移した。一方で、吐出温度、吸入温度に差はみられなかった。

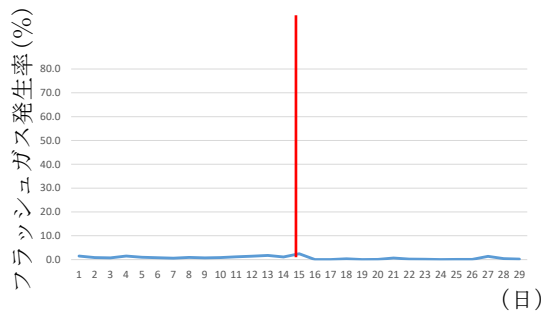


図 2.2-81 フロン充填前後のフラッシュガス発生率（日平均）

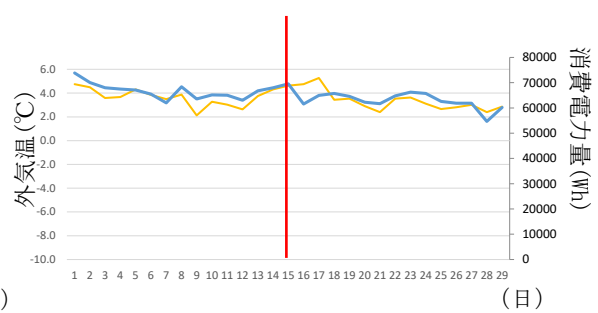


図 2.2-82 フロン充填前後の外気温（黄色）と消費電力量（青）

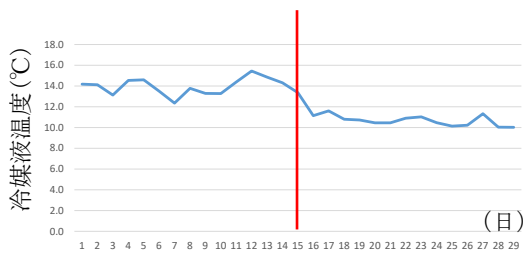


図 2.2-83 フロン充填前後の冷媒液温度

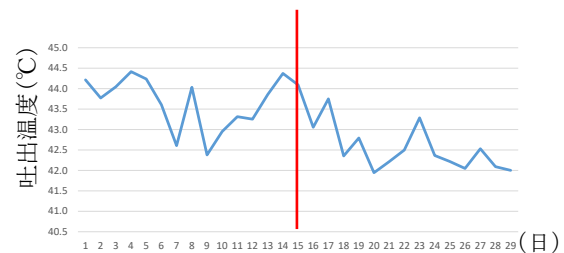


図 2.2-84 フロン充填前後の吐出温度

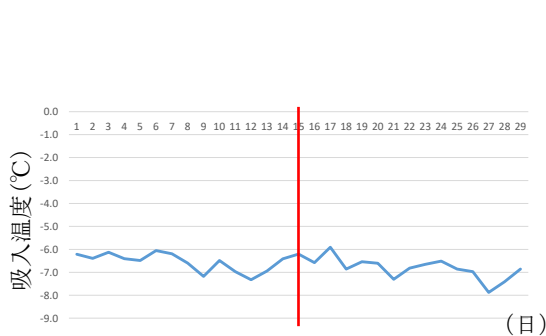


図 2.2-85 フロン充填前後の吸入温度

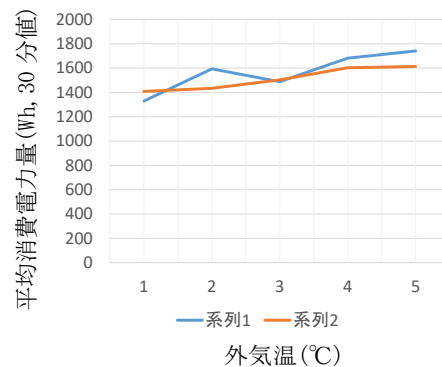


図 2.2-86 フロン充填前後の外気温と平均消費電力量（30分値）の比較

8) 充填 No. 7

- 充填日：4/2 充填量：20kg 漏えい率：20%
- 平均電力削減率（単純）：-11.6%、平均電力削減率（温度加味）：-1.7%

No. 6 の 67 日後にフロン充填を実施している。No. 6 同様、充填前に若干のフラッシュガス発生がみられるが、他の充填回と比較してかなり小さかった。

消費電力は充填後に増加しているが、外気温との連動が明確に現れていた。

冷媒液温度、吐出温度、吸入温度は外気温上昇につれて高くなっているが、充填前の高まりはみられなかった。

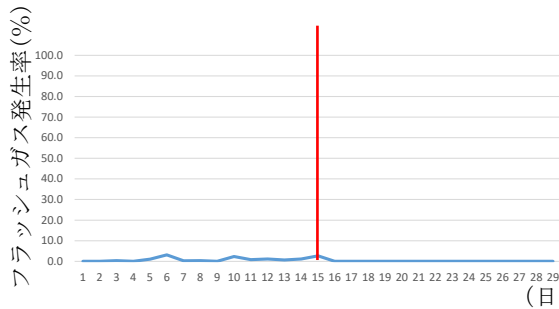


図 2.2-87 フロン充填前後の
フラッシュガス発生率（日平均）

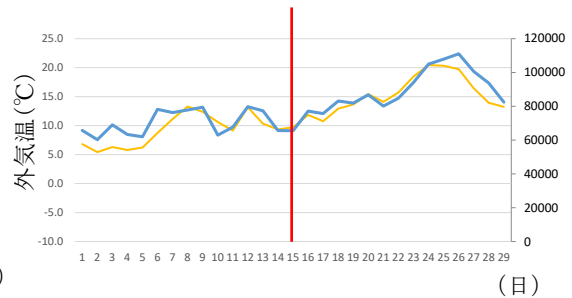


図 2.2-88 フロン充填前後の外気温
（黄色）と消費電力量（青）

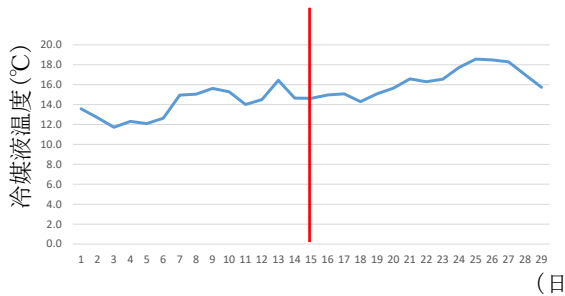


図 2.2-89 フロン充填前後の冷媒液温度

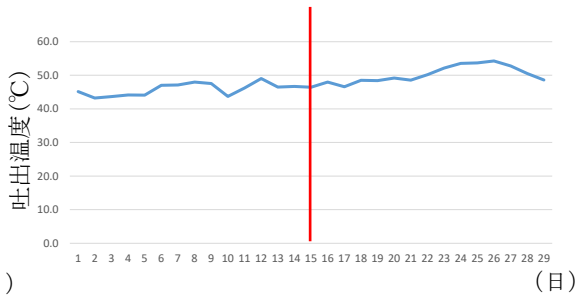


図 2.2-90 フロン充填前後の吐出温度

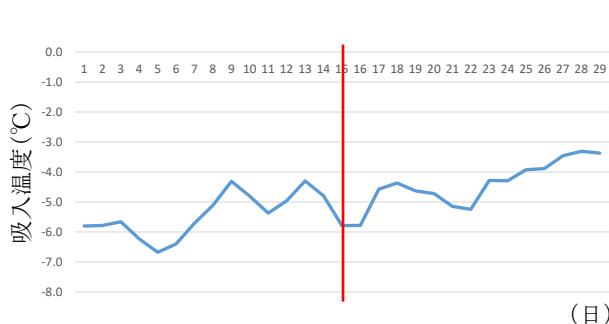


図 2.2-91 フロン充填前後の吸入温度

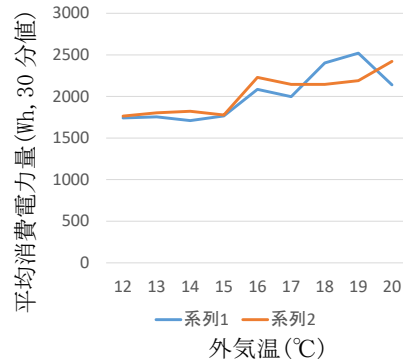


図 2.2-92 フロン充填前後の外気温と
平均消費電力量（30分値）の比較

9) 充填 No. 8

- 充填日：7/20 充填量：40kg 漏えい率：44%
- 平均電力削減率（単純）：1.8%、平均電力削減率（温度加味）：4.9%

フラッシュガス発生は、充填4日前に一度ピークがみられるが、その後は充填まで微量にみられる程度であった。消費電力は充填前後を通して外気温との連動が明確であった。ただし、フラッシュガスのピークの見られた充填4日前のみ、突発的に消費電力増加がみられた。

冷媒液温度、吐出温度、吸入温度はピークの見られた充填4日前のみ高くなっているが、それ以外は外気温と連動していた。

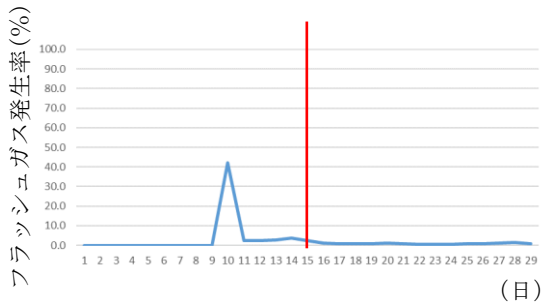


図 2.2-93 フロン充填前後のフラッシュガス発生率（日平均）

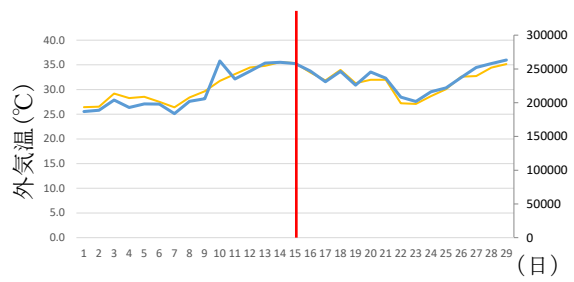


図 2.2-94 フロン充填前後の外気温（黄色）と消費電力量（青）

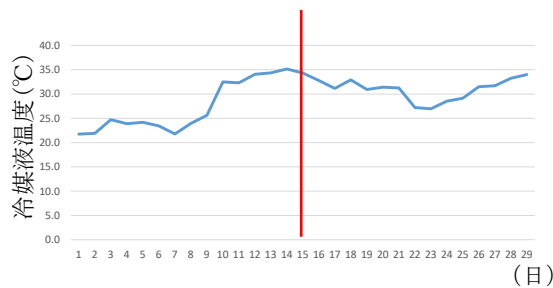


図 2.2-95 フロン充填前後の冷媒液温度

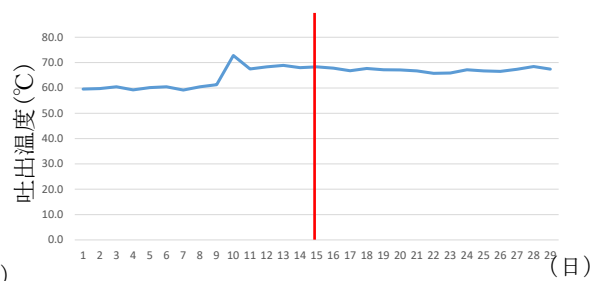


図 2.2-96 フロン充填前後の吐出温度

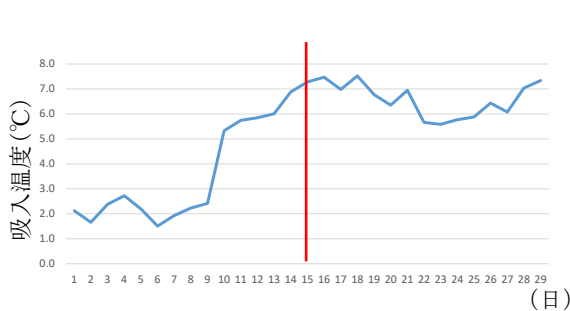


図 2.2-97 フロン充填前後の吸入温度

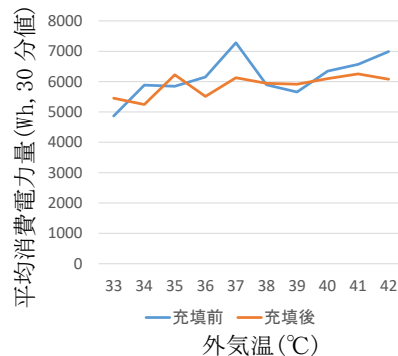


図 2.2-98 フロン充填前後の外気温と平均消費電力量（30分値）の比較

10) 充填 No. 9

- 充填日：11/18、20 充填量：15kg 漏えい率：12%
- 平均電力削減率（単純）：-4.2%、平均電力削減率（温度加味）：-12.6%

フラッシュガスの発生は、充填3日前から増加して、充填日にピークがみられた。

消費電力は充填1日前から充填後3日程度まで高い傾向がみられ、充填後の消費電力が増加する結果となった。

冷媒液温度は、充填前3日間高く、充填後に低下した。吐出温度、吸入温度は外気温と連動しており、充填前の高まりはみられなかった。

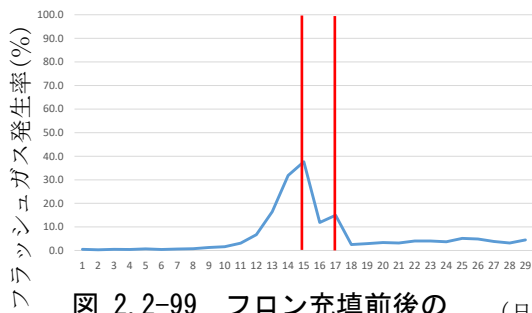


図 2.2-99 フロン充填前後の
フラッシュガス発生率（日平均）

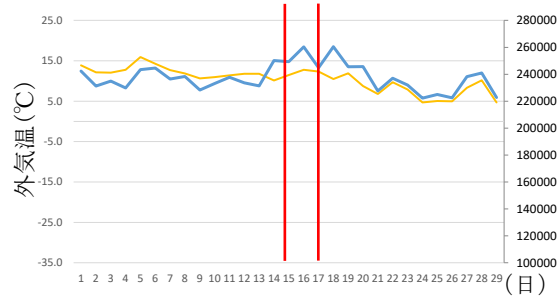


図 2.2-100 フロン充填前後の外気温
（黄色）と消費電力量（青）

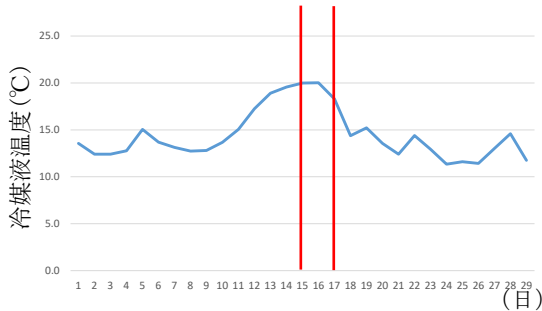


図 2.2-101 フロン充填前後の冷媒液温度

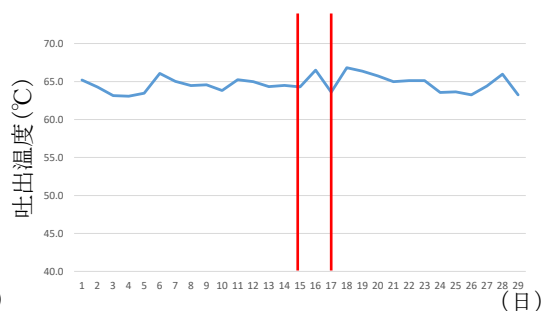


図 2.2-102 フロン充填前後の吐出温度

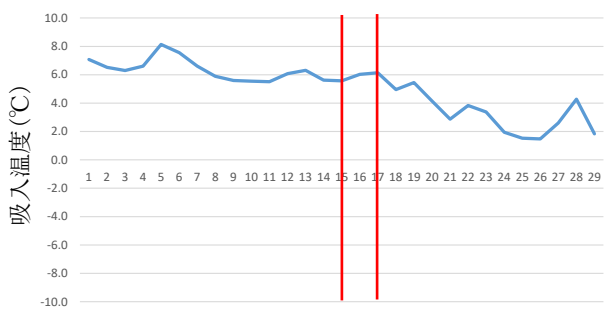


図 2.2-103 フロン充填前後の吸入温度

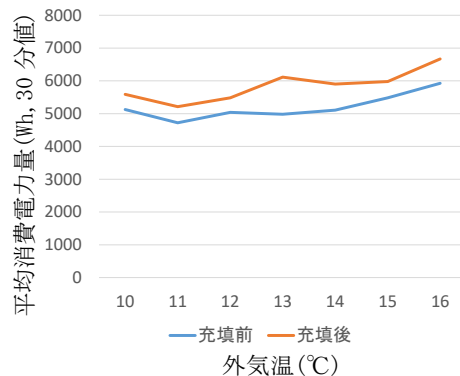


図 2.2-104 フロン充填前後の外気温と
平均消費電力量（30分値）の比較

1 1) フロン充填割合と充填後1週間の電力削減率

フロン充填割合と充填前後1週間の電力削減率（外気温加味）のグラフ上にプロットしたものを図 2.2-105 に示す。

この結果では、充填後電力量が増加したケース（上図Y軸マイナス）の結果もあり、フロン漏えいと電力増加の関係性は見えない結果となった。

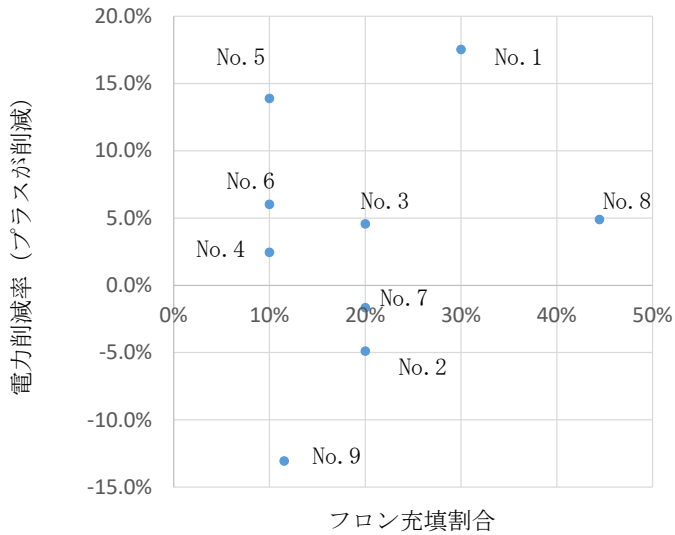


図 2.2-105 フロン充填量割合と電力削減率

そこで、外気温と電力削減率の関係をとったものを図 2.2-106 に示した。

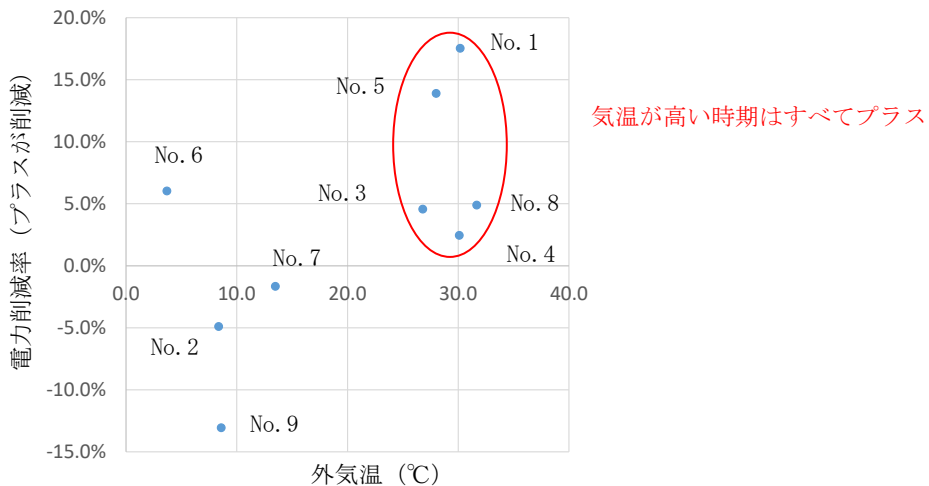


図 2.2-106 外気温と電力削減率

本結果から、気温が高い時期は電力削減効果が表れており、気温が低い時期には差がみられない傾向にあった（マイナスの結果もみられた）。

これは外気温が低い温度帯では冷凍機に対して大きな負荷がかからない（稼働率がフロン注入前後で同程度）と仮定すると、フロン漏えいにより内部圧力が低下し軸動力とコンプレッサー負荷の低下が起こるため電力消費量の減少に繋がった可能性があると考えられる。

対して外気温が高い温度帯では冷凍機に対して大きな負荷がかかると仮定すると、フロン漏えいにより十分な効果を発揮できず稼働率が高まってしまい、電力消費が増大してしまっている可能性があると考えられた。

1 2) 因子の兆候のまとめ

各冷凍機の因子の兆候のまとめを表 2.2-5 に示す。

表 2.2-5 各冷凍機の因子の兆候のまとめ

充填 No.	漏えい発生月 又は修理月	外気温 (°C)	フロン充 填率	兆候の有無				
				電力 増加	フラッシュ ガス	冷媒液 温度	吐出 温度	吸入温度
No. 1	7 月	33	30%	○	○	○	○	○
No. 2	3 月	4	20%	×	○	○	×	×
No. 3	6 月	30	20%	△	○	○	○	○
No. 4	7 月	30	10%	△	○	○	○	○
No. 5	9 月	28	10%	○	○	△	○	○
No. 6	1 月	3	10%	△	△	△	○	○
No. 7	4 月	11	20%	×	△	×	×	×
No. 8	7 月	33	44%	△	△	×	△	△
No. 9	11 月	11	12%	×	○	○	×	×

注 1：電力増加の×はマイナスを示す。

(3) 考察とまとめ

- ・各冷凍機の日平均気温と日消費電力量の関係をとると、いずれの冷凍機も気温上昇に従い消費電力量が増加する関係性が鮮明に確認することができた。そのため、個別データを比較する際には外気温の考慮が必要である。
- ・充填前後の電力を比較すると、充填後に比べ、充填前の電力量が大きい事例もあったが、充填前後で差がない事例も見られた。その傾向は、外気温を加味してもあまり変化はなく、充填後に電力増大（削減率マイナス）がみられるものもあった。
- ・フロン充填率と電力増加率に関係性はみられない結果であった。
- ・外気温の高い夏場は、充填後に比べ、充填前の電力量が大きい事例が多い傾向にあった。
- ・短期的なフロン漏えいの兆候としては、電力増加、フラッシュガス発生率の上昇、冷媒液温度の上昇、吐出温度および吸入温度の上昇が見られたが、毎事例ですべてがみられるわけではなかった。なお、充填後に比べ、充填前の電力量が大きい事例については、より多くの兆候がみられていた。

第 3 章 電力消費量増加率と冷媒漏えい率の相関グラフ作成のため

の実証実験

3.1 評価の前提条件の設定

実証実験に用いる冷凍・冷蔵機器は食品製造業における製造工程で一般的に使用されるトンネルフリーザーを用いる。

はじめに、電力消費量増加率と冷媒漏えい率の相関グラフ作成において実証実験で想定するケースとその際の前提条件を設定する。ケースと前提条件は、昨年度の小売業（スーパーマーケット）を想定した別置型ショーケース付帯の冷凍機を対象とした実証実験のケースと前提条件をベースとして、食品製造業における冷凍機の取扱い状況を踏まえた設定とした。

ケースとしては、検知システム未設置（ケース A）と対策を実施する検知システム設置（ケース B）を設定し、ケース A とケース B を比較することで評価を可能とする。

想定されるケースの設定を表 3.1-1 に、前提条件案を表 3.1-2 に記載する。

表 3.1-1 ケースの設定案

使用機器	ケース	ケースの想定
中型・大型 冷凍機	A. 検知システム未設置	<ul style="list-style-type: none"> 冷媒充填後、冷媒漏えい量が 60%になったところで気づき、翌月に冷媒を充填する。 （※昨年度の小売業モデル実証実験結果より 60%と仮設定する。実験結果をもとに改良を検討。） 冷媒充填後（補修を実施）のフロン漏えい率は 1 年目から段階的に増加していくと想定する。 フロンを最初に 100%充填する。
	B. 検知システム設置	<ul style="list-style-type: none"> 日冷工が指標としている 30%での検知とする。 検知レベル到達後に冷媒漏えい補修及びフロン 100%充填を行う（補修を実施）。 その後は下記表 3.1-2 の前提条件を想定して評価対象期間まで使用を続ける。

表 3.1-2 評価の前提条件案

項目	内容	根拠等
評価対象期間	10 年間と設定	—
想定する業種	食品製造業（食品製造工程）	大型・中型の冷凍機が設置されている典型的な業種の一つであり市場規模が大きいと推測されるため。
想定する冷凍機	トンネルフリーザー	食品製造工程で一般的に使用されている冷凍機の一つ。
想定する使用冷媒	R404-A	トンネルフリーザーを含む既設の食品製造工程で使用する冷凍機で一般的に利用されている冷媒であるため。

3.2 実証試験の設定

3.2.1 実証実験の目的

食品製造業に導入されているトンネルフリーザーにおいて、冷媒漏えい量の増加に伴う電力消費量変化の相関性を確認すること、さらに、他影響因子候補への影響について相関性を確認することで、トンネルフリーザー運転状態監視による冷媒漏えい監視への重要管理因子の抽出を行うことを目的とした。

3.2.2 実証実験の全体工程

実証実験全体の工程を下記のように設定し、実証実験を行った。

項目	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
実験計画	←→						
全体計画・手続き	←→						
実験準備		←→					
部材等調達		←→					
工事計画			←→				
配管・配線・改造				←→			
真空引き・冷媒充填					◆		
試運転・予備試験					←→		
試運転					←→		
予備試験 1						←→	
予備試験 2						←→	
実証実験							←→
1 ターン目							←→
冷媒再充填							◆
2 ターン目							←→
報告書作成							◆

図 3.2-1 実証実験の全体工程

3.2.3 装置仕様

(1) 実験装置

- ① 運転装置：トンネルフリーザー(0SJ-1000F-6N) (※実験室にて運用)
- ② 装置寸法：(機幅) 2,400mm × (庫長) 6,000mm × (本体庫高) 2,130mm

(2) 冷凍仕様

- ① 冷凍機：iZα 50AIII (空冷二段スクリー式/コベルコ・コンプレッサ社製)

- ② 使用冷媒：R404A
- ③ 冷却器：能力 19kw 相当× 2 台
- ④ 膨張弁：電子膨張弁 (AKV シリーズ / ダンフォス製)

(3) 運転環境・条件

- ① 外気環境：11 月～12 月期， 室内環境：空調せず
- ② 負荷：電気式加熱ヒーター負荷による疑似負荷（連続的な商品投入はしない）
- ③ 電気式加熱ヒーター仕様：ホットドライヤ SHD15FⅢ× 2 基（15kw / スイデン製）
設定により、吸入温度に依存せず一定負荷（ 2 基で 13.5kw ）にて使用
- ④ 冷凍機能力設定：吸込圧力値 = -0.025 MPa（ 蒸発温度 ≒ -52℃ ）
- ⑤ 庫内設定温度：-28℃

3.2.4 測定項目と測定機器

- ① 電力量 (kWh)：クランプオンパワーロガー PW3360-10 (HIOKI 製)
- ② 電力(kW)：同上
- ③ 室温：シース白金測温抵抗体 (Pt100Ω) より PLC に取り込み
- ④ 庫内温度：同上
- ⑤ 液冷媒温度：同上
- ⑥ 吸込温度：冷凍機内蔵センサ (コントローラ) より PLC へ通信にて取り込み
- ⑦ 吐出温度：同上
- ⑧ 高圧圧力：同上
- ⑨ 低圧圧力：同上
- ⑩ クールダウン時間：PLC にてカウント

※各項目のサンプリング時間は、1 分間隔とした。

上記と併せて、下記項目について測定を行った。

- ⑪ 冷媒質量 kg、回収量

3.2.5 実証実験手順

冷媒充填作業から実験運転、冷媒回収に至る手順については下記の通り。

(1) 準備

1) 冷媒充填と充填量の決定

- ① トンネルフリーザーとしての実働機としての満充填量の把握
冷媒の「100%」充填量は液面状況を見ながら「100kg」となることを確認した。
- ② 適切な「テスト時満充填量」の見極め
レシーバータンクに冷媒液が十分存在する間は、運転に必要な冷媒循環量に殆ど

変化が生じないという考えから、「テスト時満充填量」を見極めた。

①の充填量を基準に冷媒の10%質量（10kg）ずつを回収・減量させ、電力値や庫内温度などの傾向より、指標変化点を求めた。

③ テスト時満充填量

②で確認した変化点を基に、改めて冷媒の100%充填量を設定した。

結果として、「60kg」にて庫内温度などに変化を生じたことより、「70kg」を「テスト時満充填量」とし、これを100%量として定義した。

④ 冷媒回収量

試行運転時の兆候より、回収量の刻み量を設定した。

「10kg」では粗過ぎること、「50kg」以下にて急激な変化があったことより、回収量（残量）の刻みを下記の通りとした。

- ・ 100%（冷媒量 70kg）～ 90%（63kg） : 10%（7kg）を一気に回収
- ・ 90%（63kg）～ 70%（49kg） : 5%（3.5kg）ずつ回収
- ・ 70%（48kg）以下 : 2%（1.4kg）ずつ回収

2) 試運転による確認

① 冷凍機および庫内温度の設定

100% 冷媒量にて負荷運転時に余力のある状態となるよう、制御設定した。

対象は庫内温度設定、および冷凍機の吸込圧力の設定値とし、負荷運転時にて冷凍機能力の半分程度となる設定値を求めた。

（冷凍機の回転数が3,000～4,000rpm，膨張弁OFF制御が働くことを目安）
その結果、庫内温度設定=-28℃ / 冷凍機蒸発温度設定=-52℃にて確定した。

② 負荷容量の設定

ホットドライヤの運転は吐出温度による制御とせず、庫内からの吸込み温度に依らない一定値となる制御とした。

その負荷量は、①の条件確認時に並行して試行、決定した。

その結果、ホットドライヤ2基の合計負荷量=13.5kwにて確定した。

(2) 検証実験運転

検証実験運転は、以下の1) 負荷運転から2) 冷媒回収作業までを繰り返し行い、

a. 負荷運転時に庫内温度が-18℃に到達しなくなった時点

（トンネルフリーザーにて生産運転不可の状態）

b. 異常発生にて運転不能となった時点

のどちらかの状態になった時点で、1ターン目を終了とした。

その後、改めて冷媒を100%まで再充填した上で、同様に2ターン目を実施し、2ターンの終了時点で完了とした。

また、負荷を加え始めるタイミングは、庫内が設定温度の -28°C に達した時点ではなく、温度が安定する(フリーザー盤にて温度制御が始まる) -30°C に達した時点とした。

1) 負荷運転

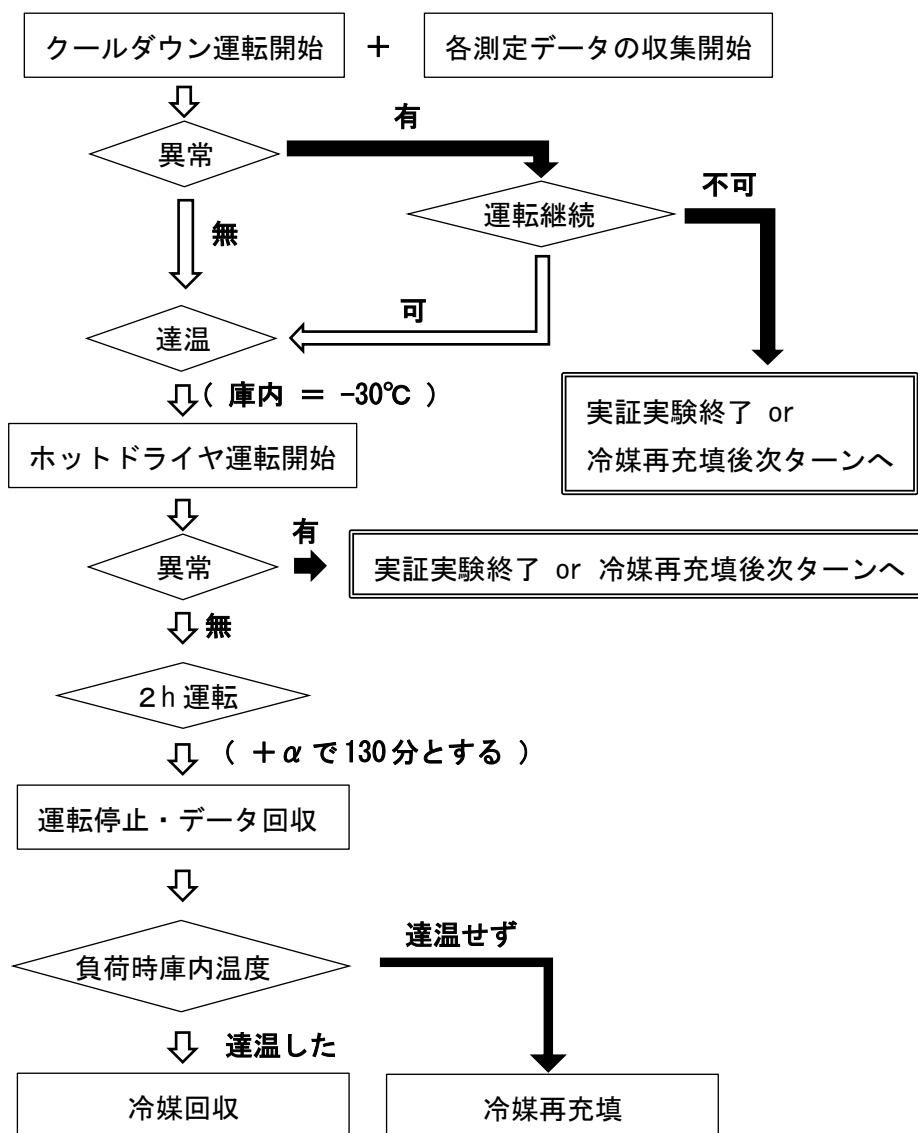


図 3.2-2 実証実験の実施フロー

2) 冷媒回収作業

- ・冷媒回収は、冷凍機の冷媒チャージ口より行った。
- ・回収容器を重量計に載せた状態で液回収を行い、所定冷媒量を回収した。

3.3 実証試験の実施

上記 3.2 でした通り実証試験を実施した。ここでは、その結果について記載する。

3.3.1 実験結果

(1) 結果一覧

トンネルフリーザー庫内が設定温度-28℃に到達している状態にて負荷を投入し、その後 130 分の間において 1 分ごとの集計値を平均化したものを示す。

1) 1 ターン目結果

表 3.3-1 冷媒漏えい残量 (%) に対する各監視指標値の変化

冷媒漏洩残量(%)	100	90	85	80	75	70	68	66	64
①電力(kW)	21.0	21.2	21.1	20.7	22.5	23.3	21.8	21.0	19.7
②電力量(kWh)	45.2	45.2	45.5	44.3	48.7	50.2	47.1	45.3	42.6
③吸込温度(℃)	-15.8	-15.6	-15.5	-15.0	-14.5	-12.0	-11.2	-8.3	-2.0
④吐出温度(℃)	60.5	58.5	57.8	54.8	57.4	64.9	61.2	62.7	61.6
⑤液冷媒温度(℃)	-13.9	-13.4	-12.2	-12.5	-7.5	-1.8	-1.4	2.6	6.6
⑥冷媒高压圧力(MPa)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0
⑦冷媒低压圧力(MPa)	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025
⑧庫内温度(搬入側)(℃)	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.0	-27.1	-24.9	-24.2	-23.5
⑨庫内温度(搬出側)(℃)	-29.6	-29.5	-29.5	-29.4	-29.4	-26.9	-25.8	-22.3	-13.7

※ ②電力量(kWh)は、測定時間(130分間)の電力量を示す。

2) 2 ターン目結果

表 3.3-2 冷媒漏えい残量 (%) に対する各監視指標値の変化

冷媒漏洩残量(%)	100	90	85	80	75	70	68	66	64
①電力(kW)	20.7	19.1	18.8	17.8	19.4	21.0	21.7	17.3	16.3
②電力量(kWh)	44.8	41.5	40.3	38.0	41.6	44.9	46.4	37.2	35.1
③吸込温度(℃)	-13.2	-15.1	-14.8	-15.3	-15.0	-13.7	-11.0	-12.3	-8.8
④吐出温度(℃)	62.4	53.8	51.1	49.1	49.6	54.7	60.3	51.6	52.0
⑤液冷媒温度(℃)	-13.8	-15.5	-14.8	-14.6	-10.8	-6.7	-1.4	-5.2	-1.1
⑥冷媒高压圧力(MPa)	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9
⑦冷媒低压圧力(MPa)	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025
⑧庫内温度(搬入側)(℃)	-29.8	-29.6	-29.5	-29.6	-29.5	-27.6	-26.0	-25.9	-24.6
⑨庫内温度(搬出側)(℃)	-29.4	-29.5	-29.5	-29.4	-29.4	-28.5	-25.6	-26.4	-21.7

※ ※ ②電力量(kWh)は、測定時間(130分間)の電力量を示す。

3) クールダウン時間記録

クールダウンに要した時間についての記録を下記に記す。冷媒漏えい残量が減少するとともに、クールダウンの時間増加がみられた。

表 3.3-3 クールダウンに要した時間記録

冷媒漏洩量(%)	100	90	85	80	75	70	68	66	64
1ターン目時間(分)	39	-	-	40	43	47	58	-	72
2ターン目時間(分)	-	38	-	38	-	45	-	52	-

4) 外気温度記録

電力量変化の参考条件として、外気温を下記に示す。外気温は、気象庁大阪市の観測データから、測定時間帯の平均数値を引用した。

表 3.3-4 各冷媒漏えい残量(%)時のテスト時間帯におけるの外気平均気温(°C)

冷媒漏洩量(%)	100	90	85	80	75	70	68	66	64
1ターン目	12.7	12.4	12.9	11.3	13.5	12.7	11.3	12.4	12.3
2ターン目	13.4	10.6	9.4	7.8	7.9	10.4	11.3	5.7	5.7

(2) 相関性傾向分析

1) 冷媒漏えい残量と、電力量およびその他指標との相関関係グラフ

1ターン目、2ターン目、各々にて、冷媒漏えい残量が100%での値を「100」とし、各結果値の“絶対値”を100分率で無次元化した値を用いた相関関係グラフを以下に示す。

a. 電力(kW)と電力量(kWh)

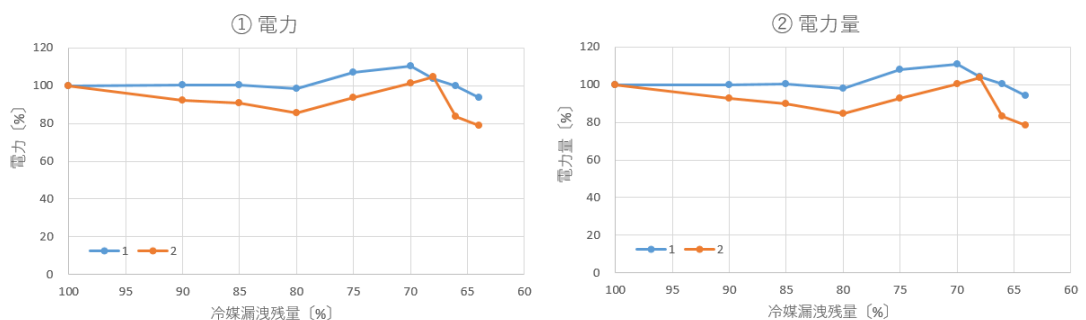


図 3.3-1 冷媒漏えい残量(%)に対する電力(kW)・電力量(kWh)の相関グラフ

※ 測定時間一定のため、平均電力値(kW)と消費電力量(kWh)は比例関係

b. 冷凍機の吸込温度(°C)と吐出温度(°C)

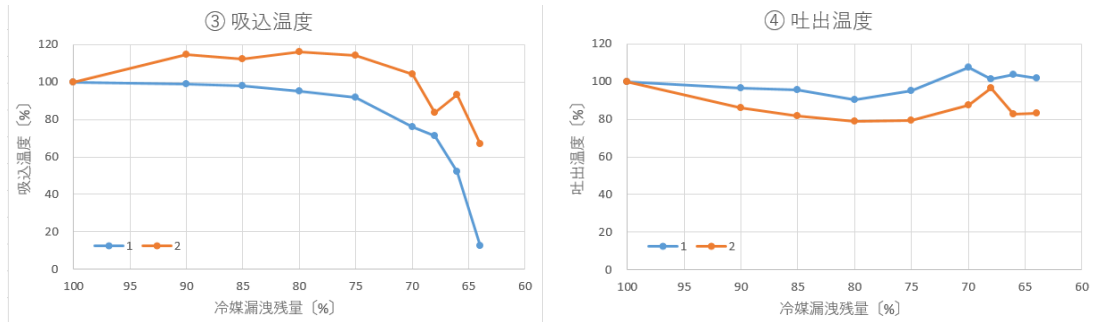


図 3.3-2 冷媒漏えい残量 (%) に対する吸込温度(°C)・吐出温度(°C)の相関グラフ

c. 液冷媒温度(°C)

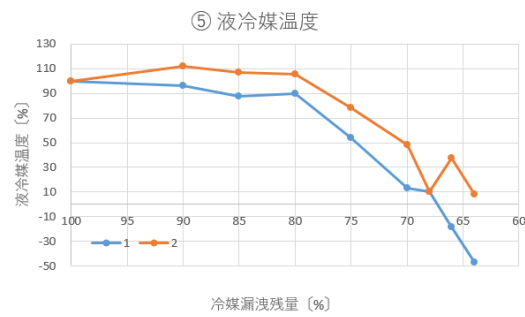


図 3.3-3 冷媒漏えい残量 (%) に対する液冷媒温度(°C)の相関グラフ

d. 冷媒高压圧力(MPa)と冷媒低压圧力(MPa)

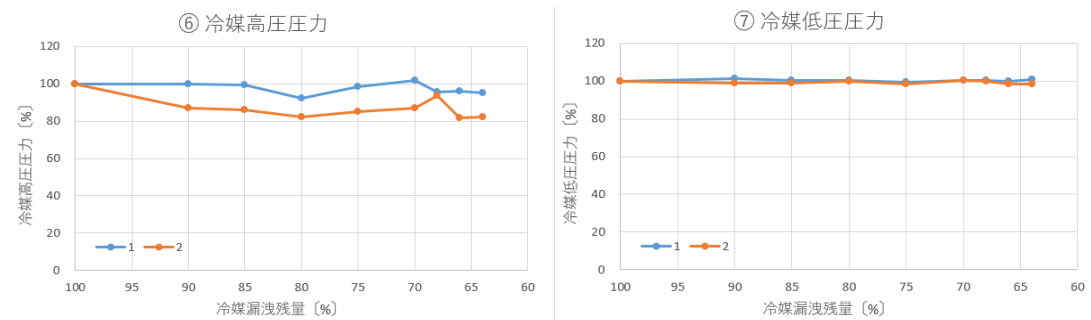


図 3.3-4 冷媒漏えい残量 (%) に対する冷媒高压圧力・冷媒低压圧力(MPa)の相関グラフ

e. 庫内温度（搬入側）（℃）と庫内温度（搬出側）（℃）

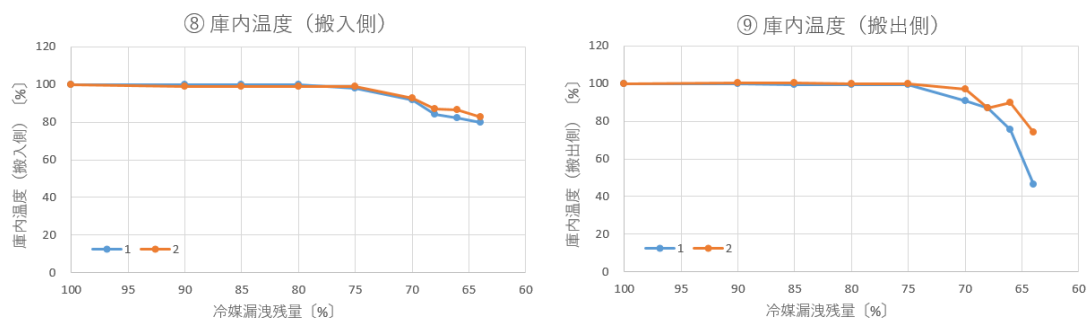


図 3.3-5 冷媒漏えい残量 (%) に対する庫内温度 (搬入側) ・ (搬出側) (℃) の相関グラフ

2) 電力量 (kWh) に対する、各指標との相関関係グラフ

電力量と各指標との相関グラフを以下に示す。

a. 冷凍機の吸込温度 (℃) と吐出温度 (℃)

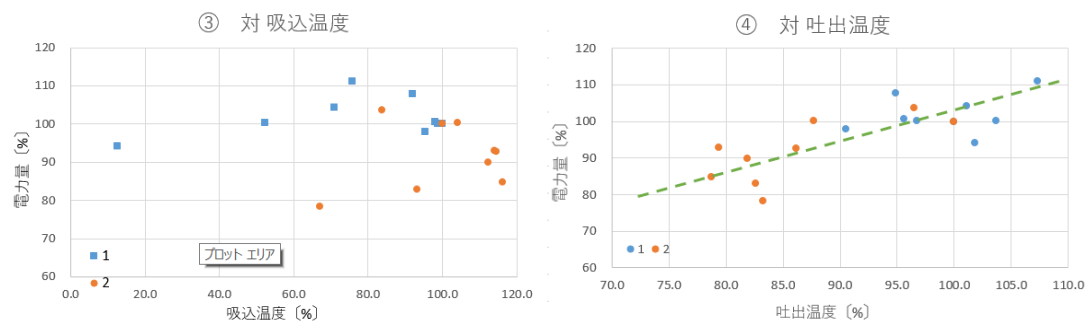


図 3.3-6 電力量 (kWh) に対する吸込温度 (℃) ・ 吐出温度 (℃) の影響相関グラフ

b. 液冷媒温度 (℃)

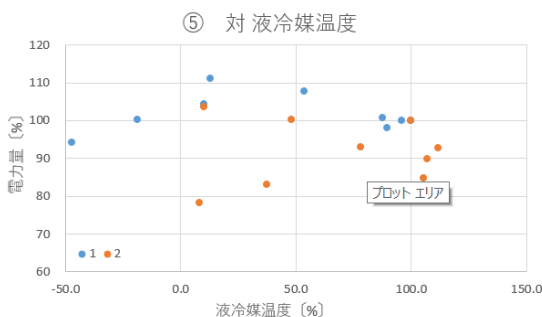


図 3.3-7 電力量 (kWh) に対する液冷媒温度 (℃) の影響相関グラフ

c. 冷媒高压压力 (MPa) と冷媒低压压力 (MPa)

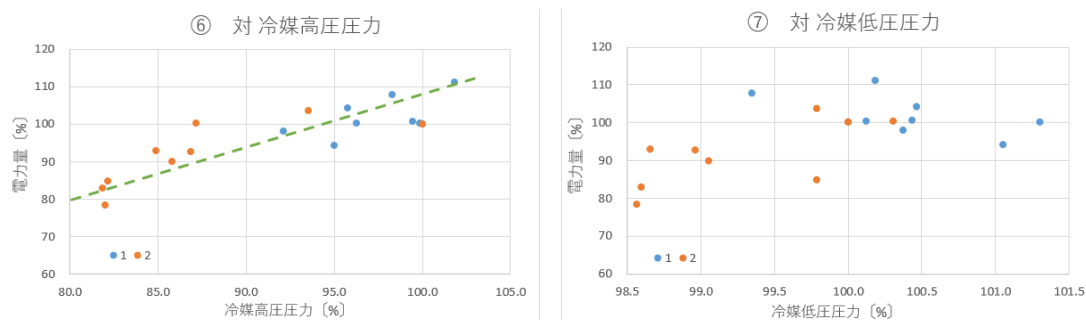


图 3.3-8 電力量 (kWh) に対する冷媒高压压力・冷媒低压压力 (MPa) の影響相関グラフ

d. 庫内温度 (搬入側) (°C) と庫内温度 (搬出側) (°C)

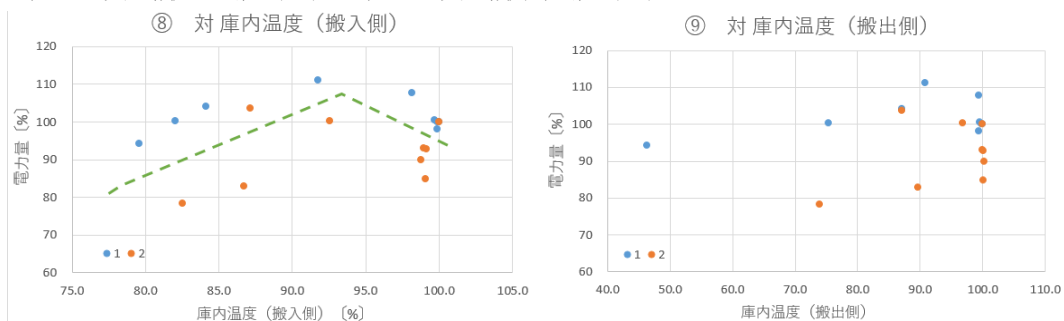


图 3.3-9 電力量 (kWh) に対する庫内温度 (搬入側) ・ (搬出側) (°C) の影響相関グラフ

e. 外気温 (°C)

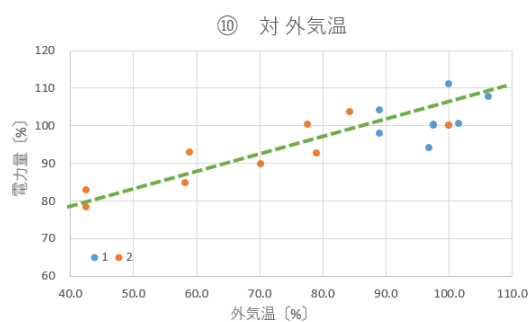


图 3.3-10 電力量 (kWh) に対する外気温 (°C) の影響相関グラフ

3) 冷媒漏えいに影響を受ける若しくは電力量に関与する因子の影響度の評価

冷媒漏えいと電力量に関連する因子の相関性を評価した結果を表 3.3-5 に示す。

表 3.3-5 冷媒漏えいと電力量に関連する因子の相関性評価

影響因子	冷媒漏えいに影響を受ける	電力量に関与する
電力量(kWh)	△	—
電力(kW)	△	—
吸入温度(°C)	○	—
吐出温度(°C)	△	○
冷媒液温度(°C)	○	—
冷媒高压圧力(MPa)	△	○
冷媒低压圧力(MPa)	—	—
庫内温度(°C)	○	△
外気温(°C)	—	○
クールダウン時間(分)	○	○

凡例：○ 影響があると考えられるもの、△ 影響があるが小さいと考えられるもの

4) 庫内温度変化が電力量にもたらす影響の評価

製品凍結に要する熱量は「庫内と製品の温度差×時間」に比例する為、必要熱量を一定とした場合、温度差と時間は反比例の関係となる。

そこで、凍結に必要な電力量の指標として時間の代わりに「(1/温度差)」を用い、「電力×(1/温度差)」(=必要電力量)について整理した。

冷媒漏えい残量 100%から 80%まではほとんど変化は見られないが、75%、70%、68%と残量が減少するに従い、必要電力量(=電力×(1/温度差))の増加がみられ、70%で 1.2～1.4 倍、68%で 1.6 倍となった。

表 3.3-6 冷媒漏えい残量による庫内温度変化と製品冷凍に要する電力量への影響

ターン	項目 \ 冷媒漏洩残量(%)	100	90	85	80	75	70	68
1	平均庫内温度(°C)	-29.6	-29.5	-29.5	-29.5	-29.2	-27.0	-25.3
	「-18°C」との温度差(°C)	11.6	11.5	11.5	11.5	11.2	9.0	7.3
	電力(kW)	21.0	21.2	21.1	20.7	22.5	23.3	21.8
	「電力×(1/温度差)」	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.6	3.0
	冷媒残量100%を基準の割合	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.4	1.6
2	平均庫内温度(°C)	-29.6	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-28.0	-25.8
	「-18°C」との温度差(°C)	11.6	11.5	11.5	11.5	11.5	10.0	7.8
	電力(kW)	20.7	19.1	18.8	17.8	19.4	21.0	21.7
	「電力×(1/温度差)」	1.8	1.7	1.6	1.5	1.7	2.1	2.8
	冷媒残量100%を基準の割合	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	1.2	1.6

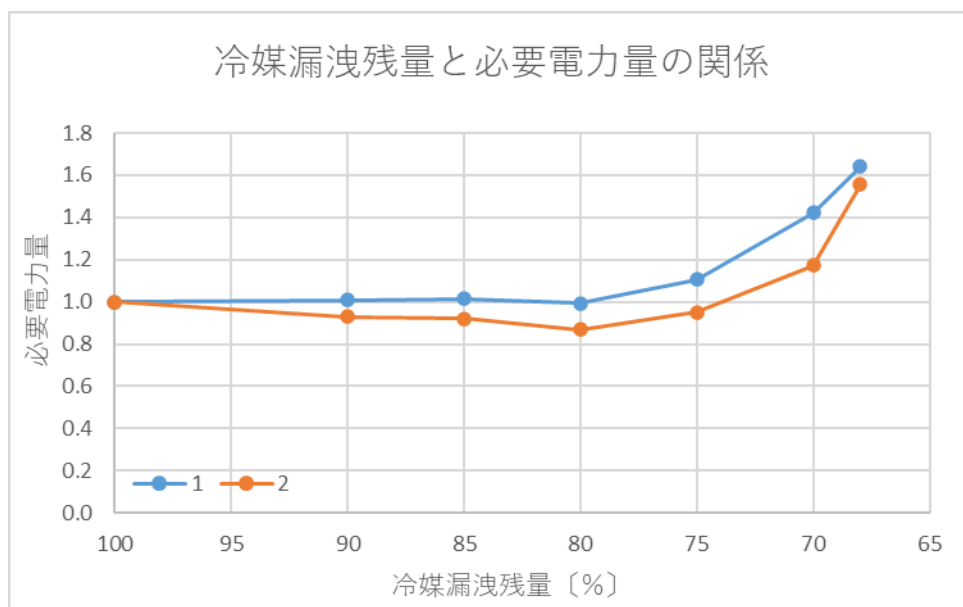


図 3.3-11 冷媒漏えい残量による冷凍必要電力量への影響度グラフ

3.3.2 考察

(1) 冷媒漏えいによる電力への直接的な影響

食品製造工程で用いる、食材を連続的に冷却凍結させる機器であるトンネルフリーザーにおいては、「電力増加率と冷媒漏えい率の相関性」は、大きな相関性は得られない結果となった。これは、トンネルフリーザーを設置している屋内も空調無しの半屋外の環境であり、冷媒量変化よりも外気温変化による冷却効率変化の方が、電力に大きく影響を与えた結果であると考えられる。

(2) 冷媒漏えいによる電力量への間接的な影響

トンネルフリーザー運転の場合は、冷媒漏えいによる残量が本テストにおける 70%量まで減少すると、電力量の変化よりも冷媒液温度や冷凍機吸込温度および庫内温度といった、いわゆる“冷却”に関する項目指標の変化が大きくなった。これは、冷媒漏えいによって、トンネルフリーザーの冷却能力が下がっている結果である。トンネルフリーザーが製品冷却に必要な時間当たりの熱量は変わらず、冷媒漏えいが冷却に影響を及ぼすことで商品と庫内の温度差が小さくなり、それだけ冷却時間が延びることとなる。このことより、冷却に要する総消費電力量は増加するという相関性は確認できたものとする。

3.3.3 まとめ

今回の実験結果から得られた知見を記述する。

1) 冷凍能力設定を 100%稼働状態つまり常時フル稼働に近い状態とした場合は、冷媒漏えい量増加による影響は、電力では表面化しにくい。これは、冷却能力減の低圧圧力を低くすることで補うため瞬時電力は下がることが要因であると考え。一方で、冷媒圧力、冷媒液温度、庫内温度、吸入温度などの冷却運転指標では傾向が確認できたため、冷媒漏えい検知にはこれらの項目因子が有効である。

2) トンネルフリーザーは、一定量の食材・量を連続的に冷却させる為の生産設備であり、本実験では一定量の熱量・食材を供給準備することが難しかった為、ホットドライヤによる疑似負荷にて代用した。トンネルフリーザーは、食材の投入口、搬出口が開放状態であるため、周囲温度環境の影響を常時受ける形となった。

なお、食品工場で食材の冷却に用いる設備はトンネルフリーザーだけでなく、バッチ式の大型フリーザー等がある。バッチ式のフリーザーを用いて、段階的に冷媒量を変更した試験実施を行うことで、電力量も含め、より明確な結果が得られる可能性が高いと考えられる。

3) 冷媒漏えい量増加による運転状態は、ある一定基準量を境に急激な変化として発現した。トンネルフリーザーは食品工場ラインに設置されているため、その機器の不備は、工場ライン全体の生産に影響が及ぶ。上記因子の状況制御を遠隔システムで把握することで、生産ロス未然に防ぐ生産性の確保につなげることができると考えられる。

3.4 試験結果の分析・相関グラフの作成

3.4.1 別置型ショーケースとトンネルフリーザーの結果比較・分析

令和3年度に実施した小売業（スーパーマーケット）の別置型ショーケース付帯冷凍機を対象とした試験結果と比較すると、別置型ショーケースでは、比較漏えい率の小さい10%や20%の漏えいにおいても電力増加がみられた（60%以上については、電力増加割合が減少し、温度異常が発生した）。一方で、トンネルフリーザーでは漏えい率40%程度まではほとんど電力増加および庫内温度変化（・冷却能力の低下）は見られなかった。また、50%～60%で電力増加がみられなかったものの庫内温度変化および冷却能力の低下がみられ、60%を超えると、機器の異常がみられ、機器が停止する結果となった。このトンネルフリーザーの結果を温度差で補正し、消費電力換算したところ、50～60%で急激な電力増加がみられたことと同等の結果が得られた。

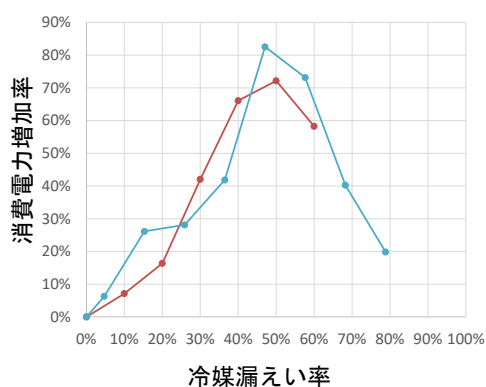


図 3.4-2 冷媒漏えい率と電力消費増加率の関係（別置型ショーケース）

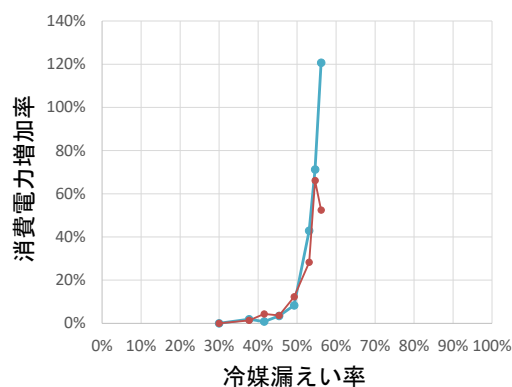


図 3.4-1 冷媒漏えい率と電力消費増加率の関係（補正後、トンネルフリーザー）

この違いに関して、別置型ショーケースは、運用中（実験中および現場において）、運転・停止を繰り返しており、冷凍機の稼働を高めることにより電力消費が増加する余地がある機器である。一方で、トンネルフリーザーは運用中、常に冷凍機が稼働している機器であり、電力消費が増加する余地がなく、冷却時間が伸び、冷却しきれない場合は、温度に影響がみられることが原因と考えられる。

また、クールダウンの時間が必要なことなどから、実稼働開始時に冷熱量が大きいことが影響していると考えられる。

トンネルフリーザーの冷媒漏えいについては、電力への影響はすぐにはみられないため、ある程度漏えいが進んだ段階で、クールダウンの時間が延びることから、漏えいが判明するのではないかと推測される。一方で、食品冷凍工場におけるフリーザーについては、製造プロセスの生命線である点、ISO や HACCP の対応といった点を鑑みると、小売業の別置型ショーケースと比べるとメンテナンスなされているのではないかと推測される。

検知器の設置による早期の漏えい発見に関して、関連指標の影響が見えにくい初期の漏

えい率（例えば漏えい率 10～20%）での発見は難しい可能性があるが、人が介した発見よりも早期に発見することにより、製造工程停止のリスク回避といった点で有効であると考えられる。

3.4.2 実証実験を踏まえた消費電力増加率と冷媒漏えい率の関係の設定

上記 3.4.1 の実証実験を踏まえて、消費電力増加率と冷媒漏えい率の相関式を設定する。実証実験の結果から、温度の補正データ（図 3.4-3）を用いることとする。

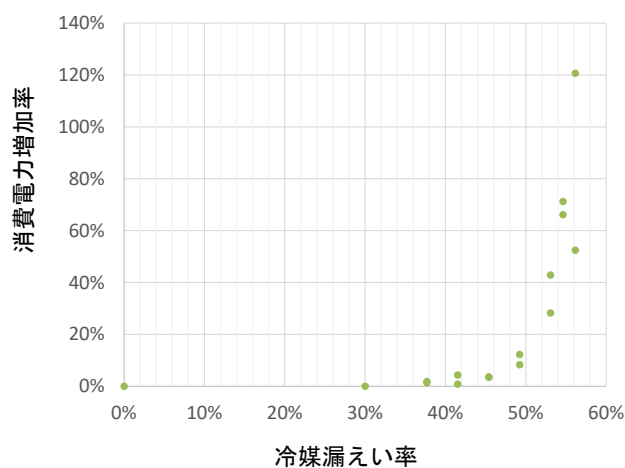


図 3.4-3 実証実験で得られた消費電力増加率と冷媒漏えい率の関係

この結果を踏まえ、トンネルフリーザーの統一的な評価における消費電力増加率と冷媒漏えい率の相関式は0～30%の間はゼロ（増加なし）、30～56%は増加（うち、30～45%は一次式、45～56%は二次式とする）、56～60%は便宜上一定となる設定とした。図 3.4-4 に30～45%と 45～56%のそれぞれの区間の実証実験の結果とトンネルフリーザーの統一的な評価における関係式を、図 3.4-5 に統一的な評価で用いる冷媒漏えい率と消費電力増加率の関係を示す。

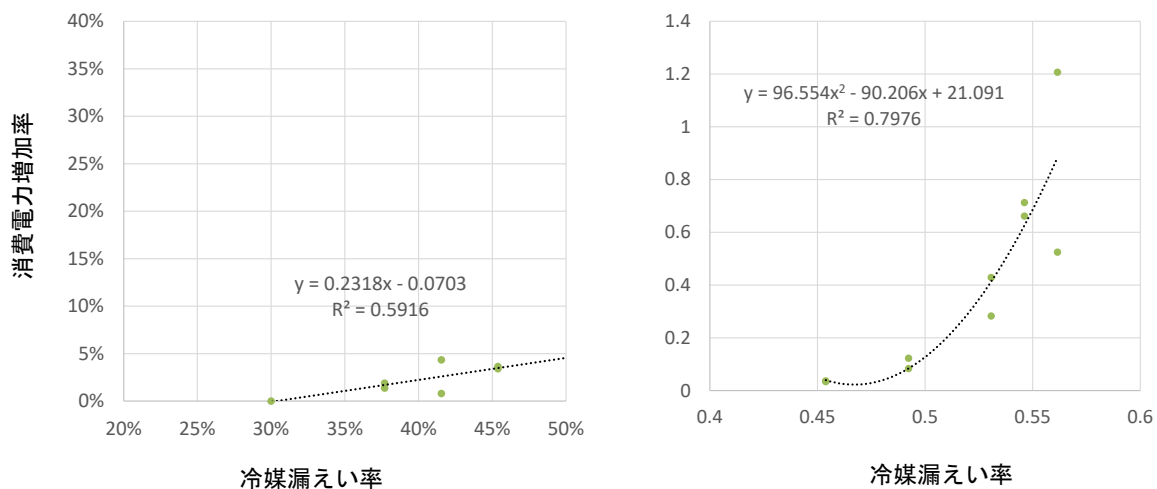


図 3.4-4 トネルフリーザーの統一的な評価における関係式の設定
(左 : 30~45%、右 45~56%)

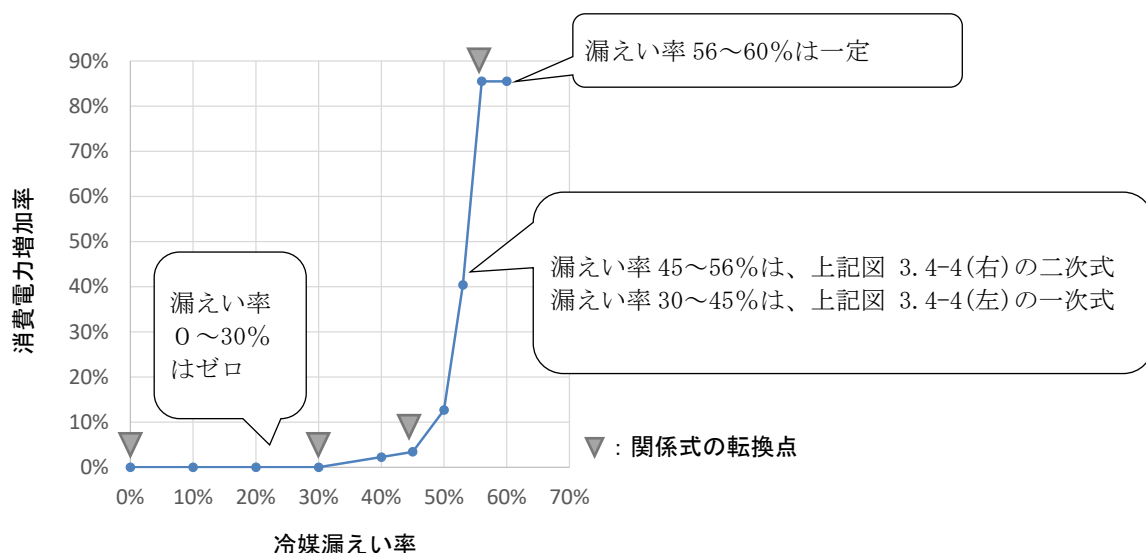


図 3.4-5 統一的な評価で用いる冷媒漏えい率と消費電力増加率の関係

今回の実証実験の機種では、漏えい率 56%がフリーザーの稼働限界となったが、当初の設定どおり、冷凍・冷蔵機器ユーザーは 60%まで気が付かないとして推計を行うこととする。

3.5 フロン漏えい及び電力使用量に關与する因子の影響度の評価

令和3年度調査、評価検証、実証実験を踏まえて、温暖化対策効果に寄与する影響因子を表3.5-1にまとめる。

これらのうち、試験結果等からデータ収集可能なものについては、影響度評価や設定の可能性の基礎整理を行い、後述の温暖化対策効果分析評価手法の作成に繋げる。

表 3.5-1 温暖化対策効果に寄与する影響因子、設定の可能性、因子の評価に対する記述等

影響因子	フロン漏えいに関する因子	電力消費量に関する因子	設定の可能性	因子の評価に対する記述、備考
冷媒使用量	○	—	可能	<ul style="list-style-type: none"> ・フロン漏えい量に直結する項目であり、設定すべき項目。 ・全国推計では、冷凍機出力から一律設定可能と考えられる。 ・個別機器推計の場合、独自に設定すべき項目。
消費電力・消費電力量	—	○	可能	<ul style="list-style-type: none"> ・フロン漏えい時の電力増加量に直結する項目であり、設定すべき項目。 ・全国推計では、実証実験や冷凍機データを参考に、冷凍機出力、冷凍機消費電力、冷凍機負荷率をもとに設定することが可能と考えられる。 ・個別機器推計の場合、冷凍機から設定すべき項目
冷凍機負荷率	不明	○	可能	<ul style="list-style-type: none"> ・全国推計では一律設定で設定する。 ・負荷率が大きくなることにより、漏えいの可能性が高まることも考えられるが、今回調査では、関係性が不明。
冷媒種	○	不明	可能	<ul style="list-style-type: none"> ・冷媒種によりGWPが異なるため、設定すべき項目。データ収集が可能な範囲で設定。 ・冷媒種が異なることによる電力消費量への影響は不明。
機器種類	○	○	可能	<ul style="list-style-type: none"> ・用途が異なるため、設定すべき項目。 ・実証実験結果からも、機種により漏えいと電力増加の関係のパターンが違うことが明らかになったことから、可能な範囲で分類。 ・別置型ショーケース、大型冷凍機、中型冷凍機は分類。
業種	—	○	可能	<ul style="list-style-type: none"> ・使用方法が異なるため、設定すべき項目。 ・フロン排出抑制法の漏えい量データなどをもとに分類可能と考えられる。
庫内設定温度	—	○	市場調査次第	<ul style="list-style-type: none"> ・推計に関しては、少なくとも冷凍・冷蔵は分けておきたい項目。
外気温度	○	○	今回は設定せず	<ul style="list-style-type: none"> ・外気温度の上昇は電力消費の増加に寄与し、冷凍機の運転頻度の増加に繋がることから、フロン漏えいに関する因子として取り扱うこととする。 ・なお、夏場は機器の不具合発見からフロン漏えいの発見に繋がることが多い時期となっている。 ・全国推計時は未設定。
店内温度(小売業)	—	△	不要	<ul style="list-style-type: none"> ・外気温度と比べると、店内温度の影響は小さい。 ・推計時の設定項目とはならない。

影響因子	フロン漏えいに関する因子	電力消費量に関する因子	設定の可能性	因子の評価に対する記述、備考
液冷媒温度	—	○	不可	<ul style="list-style-type: none"> 対象物の冷却に影響を与え、電力消費に影響をあたえる。 フロン漏えい発見の指標となるが、フロン漏えいに影響を与えるものではない。 推計時の設定項目とはならない。
吸入温度・吐出温度	—	○	不可	<ul style="list-style-type: none"> 対象物の冷却に影響を与え、電力消費に影響をあたえる。 フロン漏えい発見の指標となるが、フロン漏えいに影響を与えるものではない。 推計時の設定項目とはならない。
水冷式・空冷式の別	※	※	不可(不要)	<ul style="list-style-type: none"> 今回の調査では不明。 重要度は低いと考えている。 今回、推計時の設定は行わない。
低圧圧力・高圧圧力	△	○	不可	<ul style="list-style-type: none"> 電力消費に影響を与える。 フロン漏えいに影響を与える。 フロン漏えい発見の指標となる。 ただし、推計時の設定項目とはならない。
デフロスト	—	○	不明	<ul style="list-style-type: none"> デフロストの方法の違いは電力消費の違いに繋がる。 ただし、全国推計時の設定は難しいため、今回の推計では因子として扱わない。
点検頻度・点検方法	△	△	不明	<ul style="list-style-type: none"> フロン漏えいや電力消費に影響することが考えられるが、定量化することは難しい。
漏えい回数	○	○	不明	<ul style="list-style-type: none"> 一度フロン漏えいが起こった冷凍機は、再度漏えいが起こる確率が高いと考えられる。 定量化は難しいが、漏えい削減に向けては、重要な因子となる。

凡例：○ 影響があると考えられるもの、△ 影響があるが小さいと考えられるもの、※今回の調査では不明のもの

第4章 温暖化対策効果分析評価手法の作成

4.1 R3を踏まえたR4における温暖化対策効果分析評価手法の基礎検討

令和3年度調査業務では推計精度向上に向けた課題を取りまとめた。その課題を踏まえて、温暖化対策効果分析評価手法の基礎検討として、今年度課題解決のための調査の方向性について検討を行った。それぞれの課題の検討の方向性は、今年度評価検証事業をベースに検討を行うもの、実証実験をベースに検討を行うもの、市場調査をもとに検討を行うもの、その他に振り分けを行った（表4.1-1）。

表 4.1-1 令和3年度事業で明らかになった精度向上に向けた課題と今年度の検討の方向性

項目	R3年度事業で明らかになった課題	R4年度の検討の方向性
電力消費と漏えい率の関係式	<ul style="list-style-type: none"> 小売業（スーパーマーケット）を対象とした電力消費増加率と冷媒漏えい率の関係式から他業種への展開方法。 	<ul style="list-style-type: none"> 【験】食品製造業（食品工場）については、R4年度の試験結果をベースに設定する。 【験】【市】実証実験を行わない業種の設定方法（推計方法）については、小売業および食品製造業の試験結果、市場調査等を通して設定方法を検討する。
冷凍機負荷（冷凍機稼働率）	<ul style="list-style-type: none"> 現場における冷凍機負荷の考え方（冷凍機の稼働率）を整理する必要がある（充填率100%時の稼働率）。 	<ul style="list-style-type: none"> 【評】【験】【市】評価検証事業、実証実験、市場調査等を通して設定方法を検討する。
	<ul style="list-style-type: none"> 冷凍機の消費電力の設定方法。 	<ul style="list-style-type: none"> 【評】【市】評価検証事業、市場調査等を通して設定方法を検討する。
電力量増加が最大となる漏えい率	<ul style="list-style-type: none"> 電力増加量が最大となる漏えい率の設定。（冷凍機負荷との関係もありうる） 	<ul style="list-style-type: none"> 【評】【験】評価検証事業、実証実験等を通して設定方法を検討する。
検知レベル	<ul style="list-style-type: none"> 検知器を設置した際の検知レベルの設定（デフォルトは日冷工の30%としているが、製品によっては10%で把握可能なものもある。） 	<ul style="list-style-type: none"> 推計上、基本的には日冷工の30%を基本とする。
	<ul style="list-style-type: none"> 検知システム未設置の場合（なにもしない場合）の検知（発見）漏えい率を60%と設定しており、業種間なども含めて、その妥当性を引き続き検討する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 【評】【験】評価検証事業、実証実験等を通して設定の方法を検討する。（食品製造業の食品冷凍機器は異なることが想定される。）
温度影響パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> 温度影響パラメータの設定。 	<ul style="list-style-type: none"> 【評】【験】評価検証事業、実証実験を通して設定方法を検討する。
圧力パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> 圧力パラメータの影響の検討。 	<ul style="list-style-type: none"> 【評】【験】評価検証事業、実証実験を通して組み込みの可能性について検討する。
フロン充填量	<ul style="list-style-type: none"> フロン充填量100%の設定方法。 	<ul style="list-style-type: none"> 【評】【市】市場調査および評価検証事業等を通して設定の方法を検討する。
	<ul style="list-style-type: none"> 現場におけるフロン充填量の把握。 	<ul style="list-style-type: none"> 【評】評価検証事業等を通して状況の把握を行う。

項目	R3 年度事業で明らかになった課題	R4 年度の検討の方向性
冷媒漏えい率	・漏えい率の設定 (6.67%/年加算方式の妥当性検討)。	・【評】評価検証事業による現場の状況等も踏まえて、必要に応じて設定方法の変更を行う。 ・【他】中型/大型冷凍機は異なる漏えい率とする。
影響因子の考慮	・「水冷式・空冷式の別」、「デフロスト」、「点検頻度・点検方法」の考慮の必要性、パラメータとしての組み込みの可能性について検討する必要がある。	・【評】評価検証事業等を通して評価の必要性、組み込みの可能性について検討する。
評価対象期間	・評価対象期間を5年間としたが、現行の推計では、フロン検知システムの効果が過小評価となっているため、対象期間の見直しが必要である。 (フロン充填量の100%の設定方法と合わせて検討の必要がある。)	・【市】【他】システムを導入した場合に過小評価としない対象期間の設定を行う。 ・【市】【他】令和3年度調査から、一般的な使用期間は、小売業：10～20年、食品製造業・卸売業：15～25年と推測していることから、10年と設定することを検討する。
システムが有効な機器	・市場規模の範囲設定（自然冷媒への移行が有効な機器または冷凍機切り替えによる新設設置との切り分け、取付不可能な機器の切り分け、etc.） ・既にシステムが取り付けられている冷凍機の数。	・【市】市場調査等を踏まえ、設定の方法を検討する。
使用冷媒	・ポテンシャル推計に向けて、使用冷媒を分類する必要がある。	・【市】市場調査等を踏まえ、設定の方法を検討する。

【評】：評価検証事業をベースに検討を行うもの、【験】：実証実験をベースに検討を行うもの、
【市】：市場調査をベースに検討を行うもの、【他】：その他検討・対応を行うもの

4.2 分析評価手法を踏まえた市場調査

前述の分析評価手法を踏まえ、本項では評価結果への影響度が強いと考えられる“市場規模”や“使用冷媒”、“冷凍機負荷率”について調査した。なお、左記の項目以外にも COP や冷凍機規模に対する一般的なフロン充填量、検知器が設置不可能な機器、温度・圧力・電力消費・フロン漏えい量との関係など重要な影響要素があるが調査した限りでは有用な情報はなく今後の精度向上において課題となる。

4.2.1 電力消費と冷媒漏えい率の関係

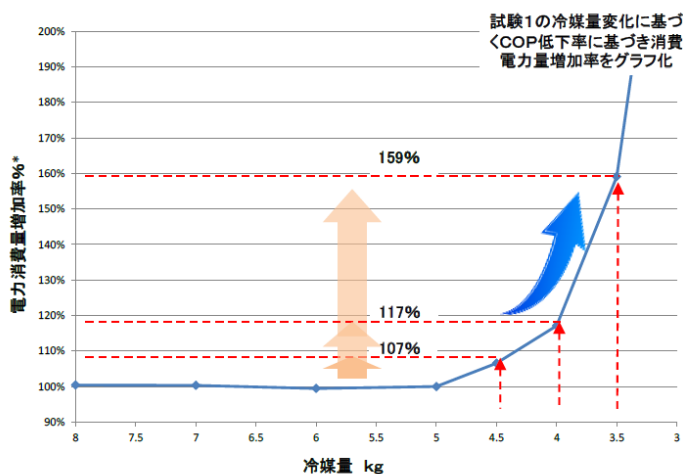
これまでに電力消費で冷媒漏えい率の関係を示した既存データはほとんどないことを確認している。しかし、令和3年度、及び令和4年度の実証実験結果を検証・考察する際に、既存文献と比較検討することが望ましいため、電力消費と冷媒漏えい率の関係を示した既存文献を改めて調査・整理した。

文献調査の結果、電力消費と冷媒漏えい率の関係を示している文献は2件のみであった。なお、うち1件については冷凍機器ではなく、空調を対象としたものである。

(1) 日本冷凍空調工業会・日本空調冷凍研究所による調査

NEDO／三菱UFJモルガンスタンレー証券「民間主導による低炭素技術普及促進事業（戦略的案件的組成調査）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」（2019）において、日本冷凍空調工業会・日本空調冷凍研究所が冷凍機における冷媒漏えい率と省エネ（消費電力増加率）の関係について試験を実施している。その調査結果によると、10%、20%、30%の漏えいで、それぞれ7%、17%、59%消費電力が増加したと報告している（図4.2-1）。

なお、試験装置として用いた冷凍機は、日立アプライアンス社製、冷却能力6.3kW、冷媒R404Aと記載されている。



*電力増加率は、100%が本来消費されるべき電力消費量と見なし、同基準からの増加を示している。

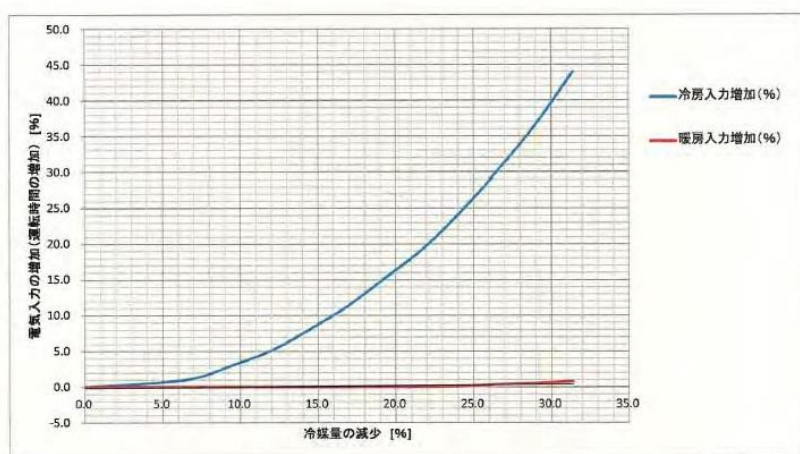
出典：NEDO／三菱UFJモルガンスタンレー証券「民間主導による低炭素技術普及促進事業（戦略的案件的組成調査）超音波検知とIoTを活用した冷凍・冷房分野における冷媒漏えい抑制技術普及に関する省エネ及び大規模GHG排出削減可能性調査」（2019）において、日本冷凍空調工業会・日本空調冷凍研究所（2018）が実施

図 4.2-1 冷媒漏えい率と消費電力増加の関係

(2) 家庭用エアコンの冷媒量減少と電力消費

日本冷凍空調工業会は家庭用エアコンの冷媒量減少と消費電力の増加についてシミュレーションを実施しており、冷媒量が30%減少すると、電力消費は40%増加する結果となっている（図4.2-2）。

なお、家庭用エアコンと空調機器であるため、本調査の冷凍機器とは異なることに留意が必要である。



出典：日本冷凍空調工業会「日冷工の排出抑制の取り組みと冷媒管理の制度化に関して」

図 4.2-2 家庭用エアコンの冷媒量減少と消費電力の増加

4.2.2 既設機器に設置可能なフロン漏えい検知システムの市場規模

令和3年度調査では漏えい検知器の設置対象となる既設機器の市場規模を調査した。調査はデータの整備状況等を考慮して“小売業”と“冷凍冷蔵倉庫”の2区分で実施した。その結果、コンデンシングユニットは約38万台あることがわかった。対して(一社)日本冷凍空調工業会の冷凍空調機器の国内需要統計から推計したコンデンシングユニットの市中導入量は約200万台(2019年)であることが推定された。本推定値からすると約38万台という規模は実際の市中台数よりも少ない数字であることがわかる。

表 4.2-1 小売業と冷凍冷蔵倉庫におけるコンデンシングユニットの市場規模

百貨店	小売業				冷凍冷蔵倉庫	合計
	スーパー			コンビニ エンスストア		
	大型	中型	小型			
2,010	26,310	158,080	15,432	126,216	43,662	377,168

出典：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，環境省，2022.3

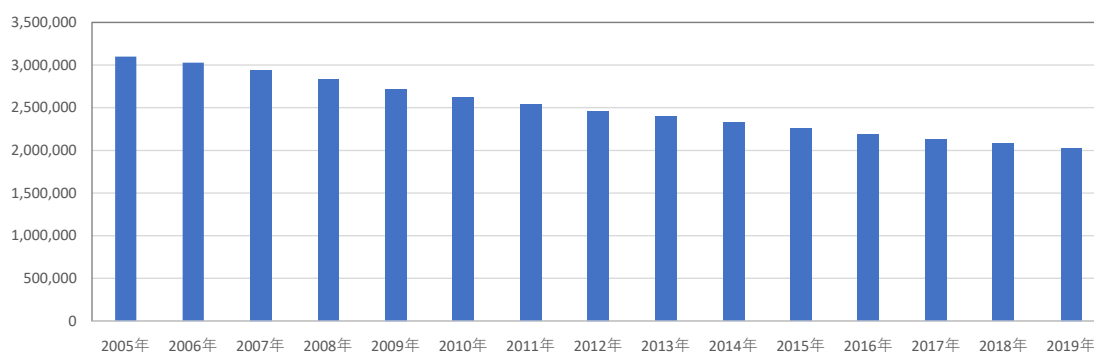


図 4.2-3 コンデンシングユニットの市中導入量（台）の推計結果

出典：前述データより(株)エックス都市研究所が作成

註：2004年以前、及び2020年以降のデータが示されていないのはデータ制約のため20年間の累積ストックデータが得られなかったためである。

本課題を受け“小売業”と“冷凍冷蔵倉庫”以外のカテゴリーの市場規模の推計を検討した。コンデンスユニットが多く導入されていることが想定される業種としては、“食品製造業”、“飲食料品卸売業”、“宿泊業”、“飲食サービス業”が挙げられる。以下では各業種についてコンデンスユニットの市場規模の推計可能性について検討した。

(1) 食品製造業のコンデンスユニットの市場規模

食品製造業では中分類が 10 分類、小分類が 43 分類あり、その中でコンデンスユニットが導入されている可能性があるのは 11 分類である。

表 4.2-2 食品製造業においてコンデンスユニット導入可能性のある業種

中分類	小分類	コンデンスユニット導入可能性
090 管理，補助的経済活動を行う事業所（09 食品製造業）	0900 主として管理事務を行う本社等	
	0909 その他の管理，補助的経済活動を行う事業所	
091 畜産食品製造業	0911 部分肉・冷凍肉製造業	○
	0912 肉加工品製造業	○
	0913 処理牛乳・乳飲料製造業	○
	0914 乳製品製造業（処理牛乳，乳飲料を除く）	○
	0919 その他の畜産食品製造業	○
092 水産食品製造業	0921 水産缶詰・瓶詰製造業	
	0922 海藻加工業	
	0923 水産練製品製造業	○
	0924 塩干・塩蔵品製造業	○
	0925 冷凍水産物製造業	○
	0926 冷凍水産食品製造業	○
	0929 その他の水産食品製造業	○
093 野菜缶詰・果実缶詰・農産保存食品製造業	0931 野菜缶詰・果実缶詰・農産保存食品製造業（野菜漬物を除く）	
	0932 野菜漬物製造業（缶詰，瓶詰，つば詰を除く）	
094 調味料製造業	0941 味そ製造業	
	0942 しょう油・食用アミノ酸製造業	
	0943 ソース製造業	
	0944 食酢製造業	
	0949 その他の調味料製造業	
095 糖類製造業	0951 砂糖製造業（砂糖精製業を除く）	
	0952 砂糖精製業	
	0953 ぶどう糖・水あめ・異性化糖製造業	
096 精穀・製粉業	0961 精米・精麦業	

中分類	小分類	コンデンシングユニット導入可能性
	0962 小麦粉製造業	
	0969 その他の精穀・製粉業	
097 パン・菓子製造業	0971 パン製造業	
	0972 生菓子製造業	
	0973 ビスケット類・干菓子製造業	
	0974 米菓製造業	
	0979 その他のパン・菓子製造業	
098 動植物油脂製造業	0981 動植物油脂製造業（食用油脂加工業を除く）	
	0982 食用油脂加工業	
099 その他の食料品製造業	0991 でんぷん製造業	
	0992 めん類製造業	
	0993 豆腐・油揚製造業	
	0994 あん類製造業	
	0995 冷凍調理食品製造業	○
	0996 そう（惣）菜製造業	
	0997 すし・弁当・調理パン製造業	
	0998 レトルト食品製造業	
	0999 他に分類されない食料品製造業	

¹ 日本標準産業分類

食料品製造業では上記のとおりコンデンシングユニットが導入されていない業種が多く存在することから、業種の切り口¹で導入されている可能性のある事業所数を絞り込み推計することとした。推計は省エネ専門家や冷凍機・冷蔵庫メーカー等に意見を伺い各業種における1事業所当たりのコンデンシングユニットの導入原単位を設定することで実施した。推計した結果、コンデンシングユニットの導入が想定される事業所数は4,732事業所、想定導入台数は13,013台であった。

¹ 事業規模の切り口でコンデンシングユニットの導入量を推計する方法もある。

表 4.2-3 食料品製造業におけるコンデensingユニットの市場規模（推計）

業種	事業所数	想定導入原単位	想定導入台数
部分肉・冷凍肉製造業	479	5	2,395
肉加工品製造業	215	2	430
処理牛乳・乳飲料製造業	90	2	180
乳製品製造業（処理牛乳、乳飲料を除く）	100	2	200
その他の畜産食料品製造業	369	2	738
水産練製品製造業	438	2	876
塩干・塩蔵品製造業	422	2	844
冷凍水産物製造業	279	5	1,395
冷凍水産食料品製造業	425	5	2,125
その他の水産食料品製造業	1,598	2	3,196
冷凍調理食品製造業	317	5	634
合計	4,732	—	13,013

出典：事業所数の出典は下記のとおり。

2020年工業統計表産業別統計表データ，経済産業省，2021

（2）飲食料品卸売業のコンデensingユニットの市場規模

飲食料品卸売業では中分類が3分類、小分類が18分類あり、その中でコンデensingユニットが導入されている可能性があるのは5分類である。

表 4.2-4 飲食料品卸売業においてコンデensingユニット導入可能性のある業種

中分類	小分類	コンデensingユニット導入可能性
520 管理，補助的経済活動を行う事業所（52飲食料品卸売業）	5200 主として管理事務を行う本社等	
	5208 自家用倉庫	○
	5209 その他の管理，補助的経済活動を行う事業所	
521 農畜産物・水産物卸売業	5211 米麦卸売業	
	5212 雑穀・豆類卸売業	
	5213 野菜卸売業	
	5214 果実卸売業	
	5215 食肉卸売業	○
	5216 生鮮魚介卸売業	○
522 食料・飲料卸売業	5219 その他の農畜産物・水産物卸売業	○
	5221 砂糖・味そ・しょう油卸売業	
	5222 酒類卸売業	
	5223 乾物卸売業	
	5224 菓子・パン類卸売業	
	5225 飲料卸売業（別掲を除く）	
	5226 茶類卸売業	
	5227 牛乳・乳製品卸売業	○
5229 その他の食料・飲料卸売業		

飲食料品卸売業では上記のとおりコンデンシングユニットが導入されていない業種が多く存在することから、業種の切り口²で導入されている可能性のある事業所数を絞り込み推計することとした。推計は省エネ専門家や冷凍機・冷蔵庫メーカー等に意見を伺い各業種における1事業所当たりのコンデンシングユニットの導入原単位を設定することで実施した。推計した結果、コンデンシングユニットの導入が想定される事業所数は22,605事業所、想定導入台数は113,025台であった。なお、飲食料品卸売業では令和3年度調査で対象とした冷凍倉庫業の категорияと重複する側面があるが区分することが困難であることからここでは区分していない。

表 4.2-5 飲食料品卸売業におけるコンデンシングユニットの市場規模（推計）

業種	事業所数	想定導入原単位	想定導入台数
自家用倉庫	723	5	3,615
食肉卸売業	6,368	5	31,840
生鮮魚介卸売業	10,390	5	51,950
その他の農畜産物・水産物卸売業	2,732	5	13,660
牛乳・乳製品卸売業	2,392	5	11,960
合計	22,605	—	113,025

出典：事業所数の出典は下記のとおり。

経済センサス-活動調査 産業別集計（卸売業、小売業）「産業編（総括表）」統計表データ，総務省，2016

（3）宿泊業のコンデンシングユニットの市場規模

宿泊業では中分類が5分類、小分類が8分類ある。省エネ診断を実施している専門家の意見では、コンデンシングユニットを導入している宿泊業者は、規模が大きい事業者、または夕食を提供している事業者である可能性が高いとの示唆を受けた。夕食を提供しているか否かの情報は統計等の情報から得られなかったことから、宿泊業については規模の視点（従業員数）で推計することとした。

推計は省エネ専門家や冷凍機・冷蔵庫メーカー等に意見を伺い各業種における1事業所当たりのコンデンシングユニットの導入原単位を設定することで実施した。推計した結果、コンデンシングユニットの導入が想定される事業所数は41,649事業所、想定導入台数は54,028台であった。

² 事業規模の切り口でコンデンシングユニットの導入量を推計する方法もある。

表 4.2-6 宿泊業におけるコンデンシングユニットの市場規模（推計）

従業員数	事業所数	想定導入原単位	想定導入台数
1～4 人	17,421	0	0
5～9 人	7,027	1	7,027
10～19 人	4,637	1	4,637
20～29 人	1,905	2	3,810
30～49 人	2,041	2	4,082
50～99 人	2,121	4	8,484
100 人～	6,497	4	25,988
合計	41,649	—	54,028

出典：事業所数の出典は下記のとおり。

平成 28 年経済センサス - 活動調査 確報集計(企業等に関する集計), 総務省, 2016

(4) 飲食サービス業のコンデンシングユニットの市場規模

飲食サービス業では中分類が 12 分類、小分類が 21 分類ある。飲食サービス業関連会社の従業員数と工場数を確認すると、従業員数と工場数の関係に強い相関は見られない。これはジャンルや各社の営業形態（地域性など）が関係していると推察される。ウェブ調査では上場している大規模な企業のみ情報が確認されたが、実態としては従業員数 1～50 名程度の飲食サービス業が多数存在していると考えられる。それら企業は営業形態や業務効率等の観点から工場を持たずに店舗ごとに生産をしている可能性が高いのではないかと推測する。

表 4.2-7 飲食サービス業関連会社の従業員数と工場数

飲食サービス業 関連会社	ジャンル	従業員数※1	工場数※2
会社 A	中華	約 100 人	1
会社 B	和食	約 400 人	5
会社 C	中華	約 800 人	1
会社 D	居酒屋	約 1,300 人	4
会社 E	和食	約 1,700 人	4
会社 F	お菓子	約 1,800 人	6
会社 G	中華	約 2,300 人	4
会社 H	ファミリーレストラン	約 5,800 人	10

※1 正社員数、※2 一部物流施設も含むがほとんどが工場数のみ

推計は省エネ専門家や冷凍機・冷蔵庫メーカー等に意見を伺い1企業等数当たりのコンデンシングユニットの導入原単位を設定することで実施した。

表 4.2-8 飲食サービス業におけるコンデンシングユニットの市場規模（推計）

従業員数	企業等数	想定工場数	想定導入原単位	想定導入台数
1～4人	297,251	0	0	0
5～9人	75,551	0	0	0
10～19人	25,985	0	0	0
20～29人	5,750	0	0	0
30～49人	3,801	0	0	0
50～99人	2,641	1	30	79,230
100人～	2,723	2	30	81,690
合計	413,702		—	160,920

出典：事業所数の出典は下記のとおり。

平成28年経済センサス-活動調査 確報集計(企業等に関する集計), 総務省, 2016

※従業員数が多い事業所は、顧客が飲食サービスを受ける店舗ではなく製造工場やセントラルキッチンであることが想定される。

(5) コンデンスユニットの市場規模（推計）のまとめ

令和3年度調査結果と上記（1）～（4）をまとめた結果を表 4.2-9 に示す。

表 4.2-9 コンデンスユニット市場規模（推計）のまとめ

小売業			冷凍冷蔵倉庫業	食料品製造業	
業種区分	規模区分	想定導入台数	想定導入台数	業種区分	想定導入台数
百貨店		2,010	5,458	部分肉・冷凍肉製造業	2,395
スーパー	大型	26,310		肉加工品製造業	430
	中型	158,080		処理牛乳・乳飲料製造業	180
	小型	15,432		乳製品製造業（処理牛乳、乳飲料を除く）	200
コンビニエンスストア		126,216		その他の畜産食料品製造業	738
ドラッグストア		43,662		水産練製品製造業	876
				塩干・塩蔵品製造業	844
				冷凍水産物製造業	1,395
				冷凍水産食料品製造業	2,125
				その他の水産食料品製造業	3,196
				冷凍調理食品製造業	634
合計		371,710	5,458		13,013

飲食料品卸売業		宿泊業		飲食サービス業		合計
業種区分	想定導入台数	従業員数区分	想定導入台数	従業員数区分	想定導入台数	
自家用倉庫	3,615	1～4人	0	1～4人	0	718,154
食肉卸売業	31,840	5～9人	7,027	5～9人	0	
生鮮魚介卸売業	51,950	10～19人	4,637	10～19人	0	
その他の農畜産物・水産物卸売業	13,660	20～29人	3,810	20～29人	0	
牛乳・乳製品卸売業	11,960	30～49人	4,082	30～49人	0	
		50～99人	8,484	50～99人	79,230	
		100人～	25,988	100人～	81,690	
	113,025		54,028		160,920	

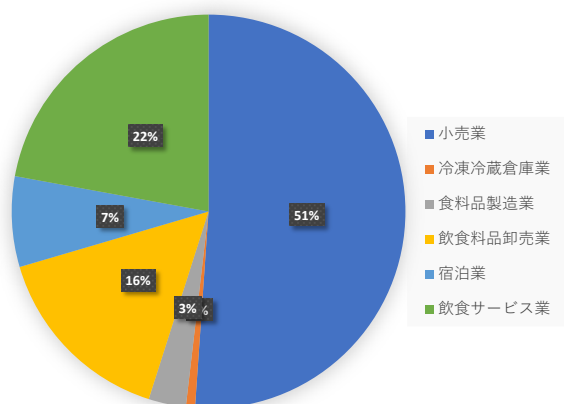


図 4.2-4 コンデンスユニット市場規模のまとめ

4.2.3 使用冷媒の状況

現在、製品ごとに使用されている主な冷媒は、中央環境審議会フロン類等対策小委員会合同会議の中の資料で示されている（表 4.2-10）。本業務において対象としているコンデンシングを必要とする冷凍・冷蔵倉庫には、R404A や R410A、R407C、CO2、アンモニアが使用されている。事業者の漏えい報告などから推察するに実態としては CO2 とアンモニア冷媒については近年市場に導入が進んでおり全体としては少ないと考えられるほか、R407C については R404A と R410A と比較すると使用量は少ないと思われる。

表 4.2-10 現在使用されている主な冷媒

指定製品の区分	現在使用されている 主な冷媒及びGWP	環境影響度 の目標値	目標年度
家庭用エアコンディショナー（壁貫通型等を除く）	R410A(2090)、R32(675)	750	2018
店舗・オフィス用エアコンディショナー			
①床置型等除く、法定冷凍能力3トン未満のもの	R410A(2090)、R32(675)	750	2020
②床置型等除く、法定冷凍能力3トン以上のものであって、③を除くもの	R410A(2090)	750	2023
③中央方式エアコンディショナーのうちターボ冷凍機を用いるもの	R134a(1430)R245fa(1030)	100	2025
④ビル用マルチエアコンディショナー（新設及び冷媒配管一式の更新を伴うものに限り、冷暖同時運転型や寒冷地用等を除く）	R410A(2090)	750	2025
自動車用エアコンディショナー （乗用自動車（定員11人以上のものを除く）に搭載されるものに限る）	R134a(1430)	150	2023
コンデンシングユニット及び定置式冷凍冷蔵ユニット（圧縮機の定格出力が1.5kW以下のものを除く）	R404A(3920)、R410A(2090) R407C(1770)、CO2(1)	1500	2025
中央方式冷凍冷蔵機器 （5万㎡以上の新設冷凍冷蔵倉庫向けに出荷されるものに限る）	R404A(3920)、アンモニア（一桁）	100	2019
硬質ポリウレタンフォームを用いた冷蔵機器及び冷凍機器		100	2024
硬質ポリウレタンフォームを用いた冷蔵又は冷凍の機能を有する自動販売機			
住宅用硬質ポリウレタンフォーム用原液	HFC-245fa(1030)、 HFC-365mfc(795)	100	2020
非住宅用硬質ポリウレタンフォーム用原液		100	2024
硬質ポリウレタンフォームを用いた断熱材 （断熱性能を与えるために硬質ポリウレタンフォームを用いたものに限る）		100	2024
専ら噴射剤のみを充填した噴霧器（不燃性を要する用途のものを除く）	HFC-134a(1430) HFC-152a(124) CO2(1)、DME(1)	10	2019

出典：第11回 産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策WG・中央環境審議会フロン類等対策小委員会合同会議委員提出資料1，環境省，2021.11

次に業種ごとに使用しているフロン冷媒種の傾向を把握することを目的として、フロン類算定漏えい量報告・公表制度の情報を基に分析を行った。

調査対象は、環境省・経済産業省「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」に基づくフロン類算定漏えい量報告・公表制度による令和2（2020）年度フロン類算定漏えい量の集計結果（2022.3）」の報告書に掲載されている情報とした。本報告書はフロン類算定漏えい量報告・公表制度に基づき特定漏えい者から報告された漏えい情報が整理されている。

ここでは本調査の主な対象と考えられる“食料品製造業”、“飲食料品卸売業”、“各種商品小売業”、“飲食料品小売業”、“宿泊業”、“飲食店”について調査を行った。なお、漏えい量の報告対象は事業者全体として全国で1,000t-CO₂以上の漏えいがある場合を対象としているため報告事業者数はそれほど多くはないが、算定漏えい量が少ないからといって必ずしも漏えい量が少ないというわけではない。事業所数が少ないため報告に至っていないケースもある。また、報告対象に該当するが報告をしていない事業者も存在することから本数値をもって各業種の特色を完全に表しているわけではないことに留意されたい。

表 4.2-11 調査対象とした業種に関する漏えい量の報告概要

大分類	中分類	報告事業者数※1	算定漏えい量 tCO ₂ ※2
E 製造業	9 食料品製造業	46 (20.9%)	216,983 (9.8%)
I 卸売業、小売業	52 飲食料品卸売業	7 (1.7%)	23,313 (1.1%)
	56 各種商品小売業	86 (21.4%)	837,339 (37.8%)
	58 飲食料品小売業	93 (23.2%)	592,775 (26.8%)
M 宿泊業、飲食サービス業	75 宿泊業	1 (0.5%)	2,147 (0.1%)
	76 飲食店	1 (0.2%)	1,410 (0.1%)

※1 カッコ内は全報告事業者 402 事業者に対する比率

※2 カッコ内は全報告事業者の算定漏えい量に対する比率

次に報告書では各事業者の中分類までは把握できないことから、各事業者の事業概要を調べ最も適切と考えられる分類分けを行ったうえで、各冷媒における算定漏えい量を分析した。全体として使用されている主な冷媒種はR-22、R404A、R-410Aの3種類である。使用量はR404A、R-22、R-410Aの順に多い。製造業ではR-22が最も多く、次にR404Aが多い。卸売業、小売業ではR404Aが最も多く、次にR-22が多い。本傾向は冷凍機の更新サイクルが最も影響していると考えられる。一般的に小売業は店舗改装のタイミング（10年程度）で更新するが、製造業は冷凍機が生産ラインの一部に組み込まれており更新サイクルが相対的に長期間になっている。そのため小売業の方がR22からR404A、R404AからR410aへの切り替えが進んでいると推測される。なお、更新サイクル以外にも冷凍機の規模や仕様環境なども影響していると思われる。また、冷蔵倉庫業も製造業と同様な傾向にあると予想される。

冷媒種	冷媒漏えい量(t-CO2基準)
R-11	783
R-12	237
R-13	0
R-22	691,365
R-23	2,277
R-32	313
R-123	0
R-124	0
R-125	0
R-134a	1,207
R-143a	0
R-245fa	432
R-401A	562
R-404A	773,952
R-407A	52
R-407B	0
R-407C	13,303
R-407D	0
R-407E	104
R-409A	0
R-409B	0
R-410A	191,137
R-410B	0
R-411A	32
R-412A	0
R-419A	0
R-442A	56
R-502	6,741
R-507A	0
R-508A	0
R-508B	0
R-509A	0

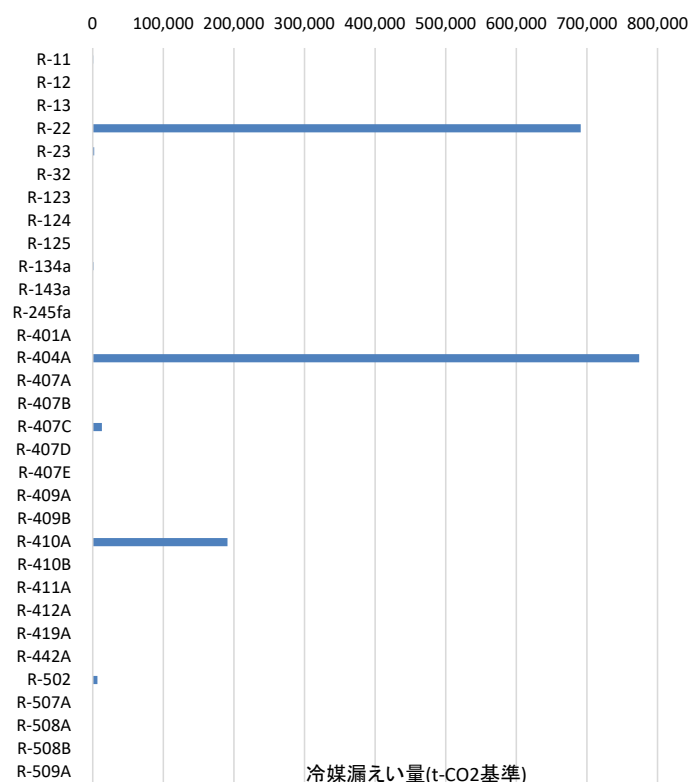


図 4.2-5 調査対象とした全業種の冷媒種別の漏えい量（260 事業者）

冷媒種	冷媒漏えい量(t-CO2基準)
R-11	0
R-12	95
R-13	0
R-22	121,317
R-23	888
R-32	37
R-123	0
R-124	0
R-125	0
R-134a	723
R-143a	0
R-245fa	0
R-401A	52
R-404A	72,070
R-407A	0
R-407B	0
R-407C	2,162
R-407D	0
R-407E	104
R-409A	0
R-409B	0
R-410A	27,088
R-410B	0
R-411A	0
R-412A	0
R-419A	0
R-442A	0
R-502	31
R-507A	0
R-508A	0
R-508B	0
R-509A	0

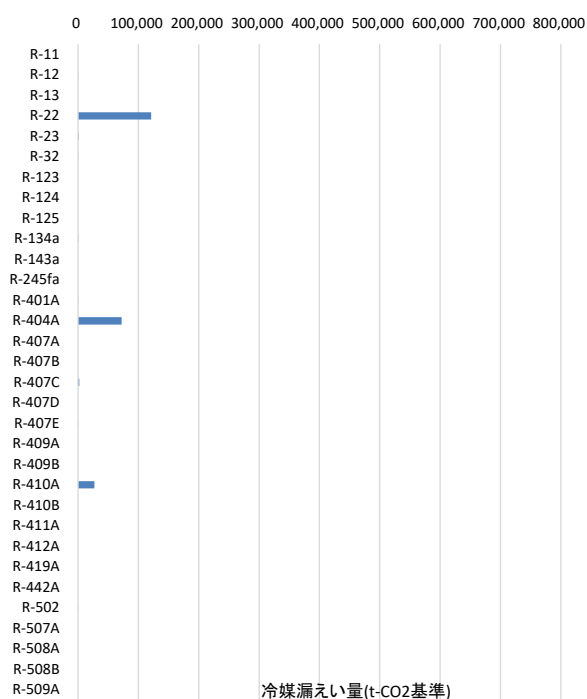


図 4.2-6 製造業の冷媒種別の漏えい量（72 事業者）

冷媒種	冷媒漏えい量(t-CO2基準)
R-11	783
R-12	142
R-13	0
R-22	570,032
R-23	1,389
R-32	254
R-123	0
R-124	0
R-125	0
R-134a	455
R-143a	0
R-245fa	432
R-401A	510
R-404A	701,681
R-407A	52
R-407B	0
R-407C	11,117
R-407D	0
R-407E	0
R-409A	0
R-409B	0
R-410A	160,790
R-410B	0
R-411A	32
R-412A	0
R-419A	0
R-442A	56
R-502	6,710
R-507A	0
R-508A	0
R-508B	0
R-509A	0

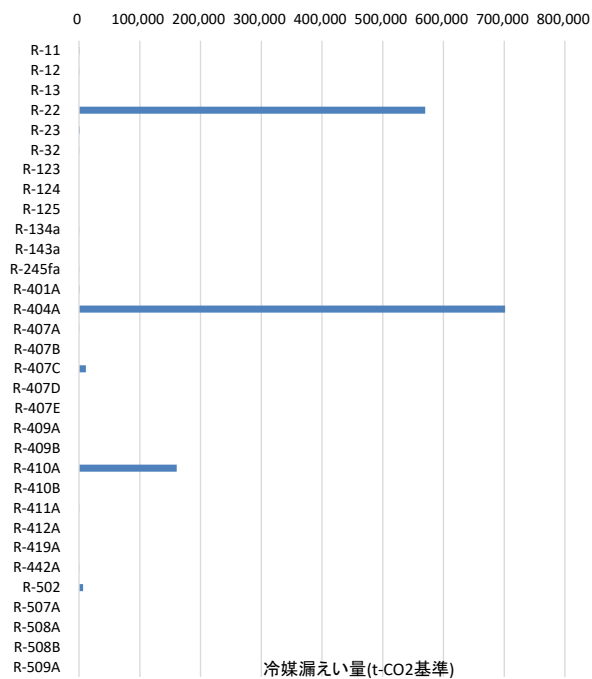


図 4.2-7 卸売業、小売業の冷媒種別の漏えい量（186 事業者）

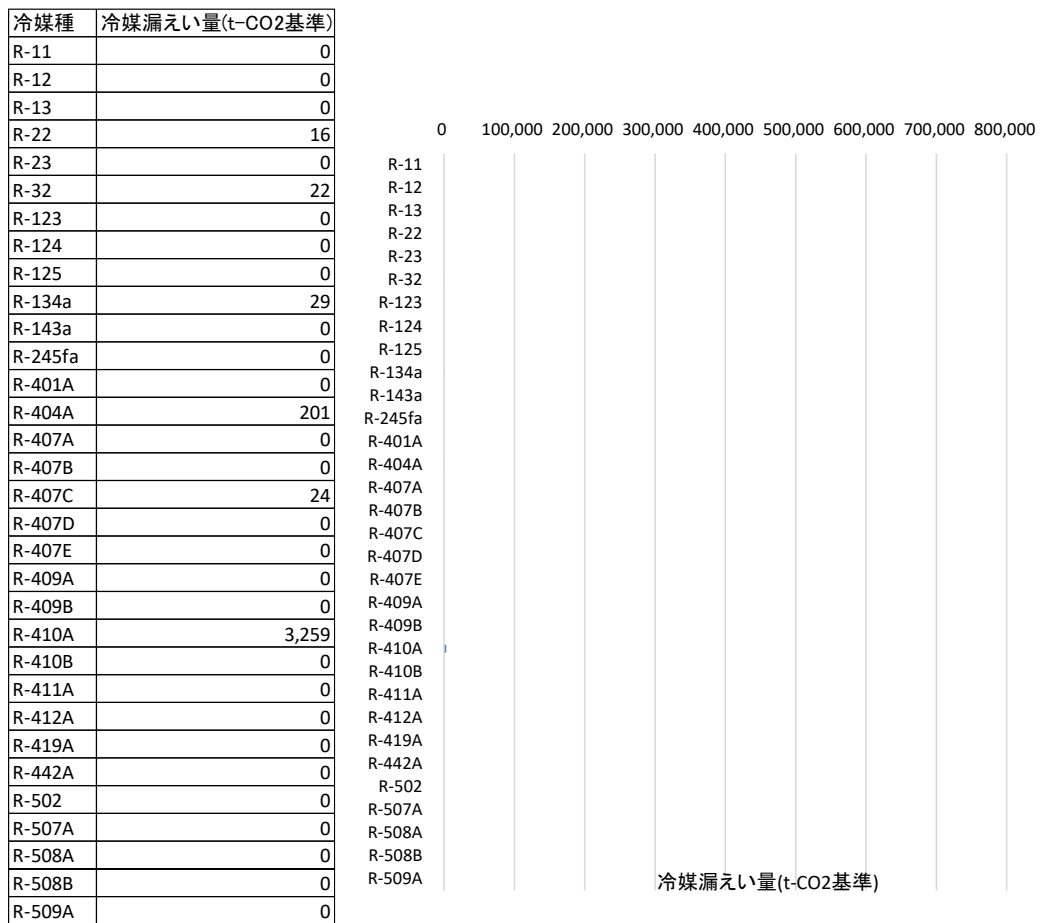


図 4.2-8 宿泊業、飲食サービス業の冷媒種別の漏えい量（2事業者）

4.2.4 冷凍機負荷率

冷凍機の負荷率については(一社)環境共創イニシアチブが補助金の申請に関する手引きにおいて負荷率の目安を示している(表 4.2-12)。一般的には冷蔵ショーケースでは蒸発温度が -10°C 程度、冷凍ショーケースでは -35°C 程度とされていることから冷蔵利用の場合では負荷率 65%、冷凍利用の場合では負荷率 69%が想定される。

表 4.2-12 コンデンシングユニット・冷凍冷蔵ユニット負荷率

種別	インバータ/一定速	温度帯	負荷率
コンデンシングユニット	インバータ機 (または 5段階制御)	蒸発温度 -20°C 以上	65%
		蒸発温度 -20°C 未満	69%
冷凍冷蔵ユニット		高温・低温 (冷蔵用)	65%
		低温 (冷凍用)	69%
共通	一定速機	温度条件なし	73%

出典：令和3年度先進的省エネルギー投資促進支援事業費補助金(C)指定設備導入事業 省エネルギー量計算の手引き【指定計算(コンデンシングユニット)(冷凍冷蔵ユニット)】，(一社)環境共創イニシアチブ，2021.5

4.3 温暖化対策効果分析評価手法の作成

ここでは、上記4.2の市場調査および、2. 評価検証事業、3. 電力消費量増加率と冷媒漏えい率の相関グラフ作成のための実証実験を踏まえ、温暖化対策効果分析評価手法の作成を行った。

4.3.1では、食品製造業（食品工場）におけるシステム導入時のフロンと電力消費量の削減割合の算出について、4.3.2では、全国ポテンシャルを推計するための稼働条件・推計条件等の検討について記述する。

作成フローについて図4.3-1に示す。

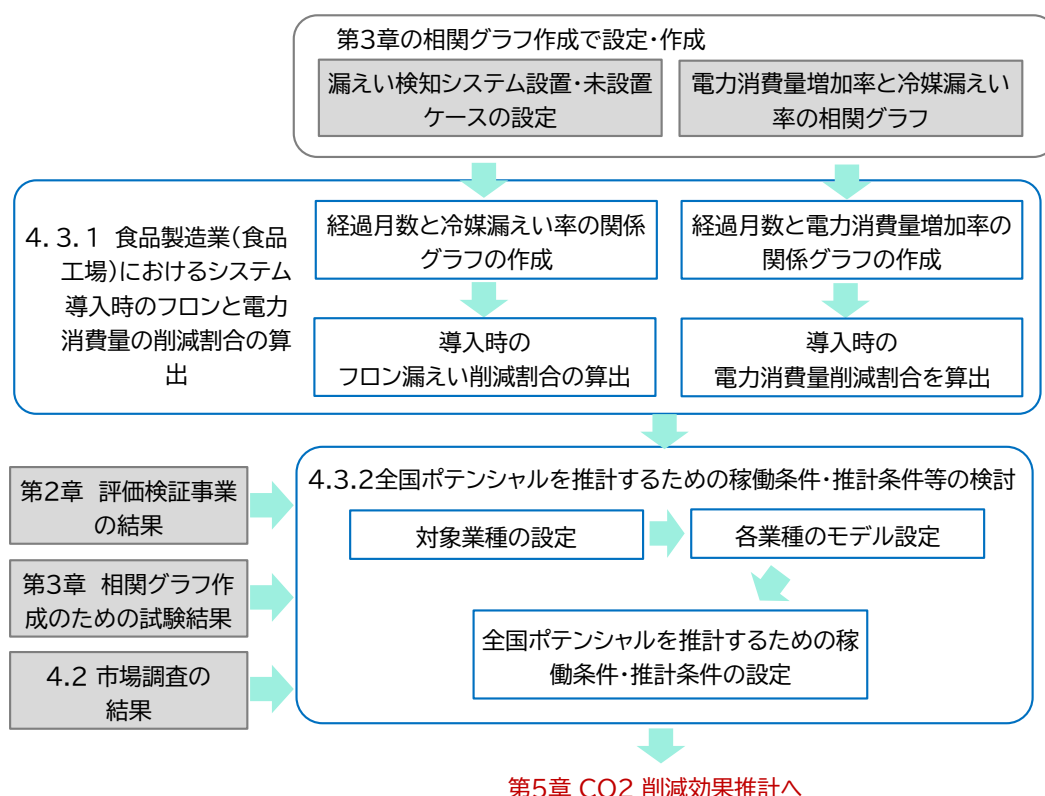


図 4.3-1 温暖化対策効果分析評価手法の作成のフロー

4.3.1 食品製造業（食品工場）におけるシステム導入時のフロンと電力消費量の削減割合の算出

ここでは、フロン漏えい検知システムの稼働条件について、検討した上で、3.4で作成した電力消費量増加率と冷媒漏えい率の相関グラフをもとに、経過月数と冷媒漏えい量の関係グラフの作成、経過月数と電力消費増加率の関係グラフの作成を行った。

さらに、これらのグラフから、冷媒漏えい検知システムを導入した場合のフロン漏えい削減割合と電力消費量削減割合を算出した。

(1) フロン漏えい検知システムの稼働条件の設定

まず、食品工場にフロン漏えい検知システムを設置した場合の想定条件を検討した。フロン漏えい検知システムの想定条件を表 4.3-1 に示す。

表 4.3-1 食品工場にフロン漏えい検知システムを設置した場合の想定条件

条件項目	内容
検知タイミング	・日冷工が指標としている 30%での検知とする。
検知後の処置	・フロンを 100%充填 ・フロン漏えい箇所の補修
検知後の補修処置後のフロン漏えい速度	・冷媒充填後（補修を実施）のフロン漏えい率は 1 年目を 6.0%とし、段階的に 6.0%/年が加算されていくと想定。 (1 年目:6.0%/年、2 年目:12.0%、3 年目:18.0%、4 年目:24.0%)。 ・検知後、補修により、漏えい量は 6.0%/年に戻り、上記同様 2 年目から段階的に 6.0%/年が加算されていくと設定（上記同様）。

また、フロン漏えい検知システムを設置した場合の経過月と漏えい量の関係を示したものを図 4.3-2 に示す。

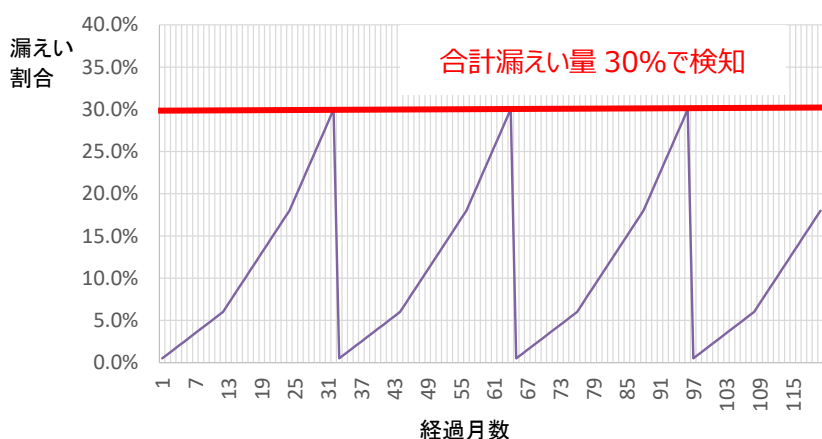


図 4.3-2 フロン漏えい検知システムを設置した場合の経過月と漏えい量の関係

(2) 経過月数と冷媒漏えい量の関係グラフの作成

3.1における設定、上記の設定条件から、ケース A およびケース B における経過月数と漏えい割合の関係を算出したものを図 4.3-3 に示す。

対象期間である 10 年間の冷媒漏えい量の合計は、検知システム未設置のケース A で 138% (総漏えい量)、検知システム設置ありのケース B で 108% (総漏えい量) となり、検知システムを設置し、メンテナンスを実施することにより、5.8%の冷媒漏えいの削減できると算出された (温室効果ガスである HFC の排出量が 5.8%削減される)。

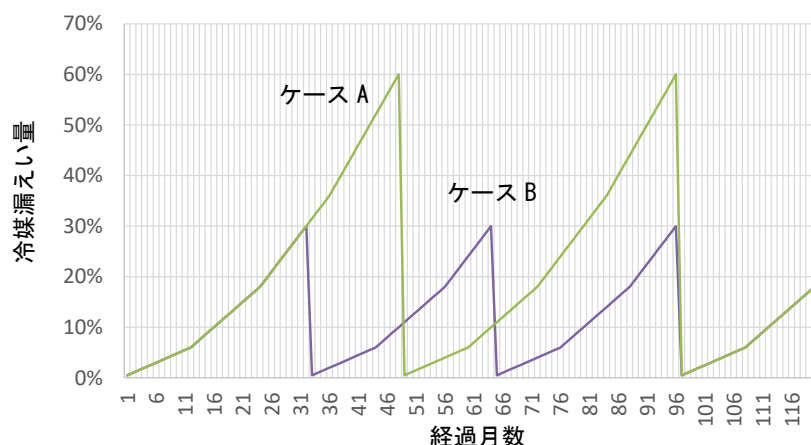


図 4.3-3 経過月数と冷媒漏えい量の関係

(3) 経過月数と電力増加量の関係グラフの作成

上記(2)の経過月数と冷媒漏えい量の関係、3.4で作成した電力消費量増加率と冷媒漏えい率の相関グラフを用いてケース A およびケース B における経過月数と電力増加量の関係を示したものを図 4.3-4 に示す。なお、漏えい率 30%までは電力増加量がゼロであるため、通期でのケース B の電力増加量はゼロである。対象期間である 10 年間の電力増加量 (冷媒漏えい 0% (=冷媒充填 100%) の場合の電力消費量を 1.00 とする) の平均は、検知システム未設置のケース A で 1.06 (6%増加) となり、検知システムを設置し、メンテナンスを実施することにより、期間全体で 6%の消費電力量を削減できる。また、6%の消費電力削減であることから、CO2 排出量も同様に 6%削減となる。

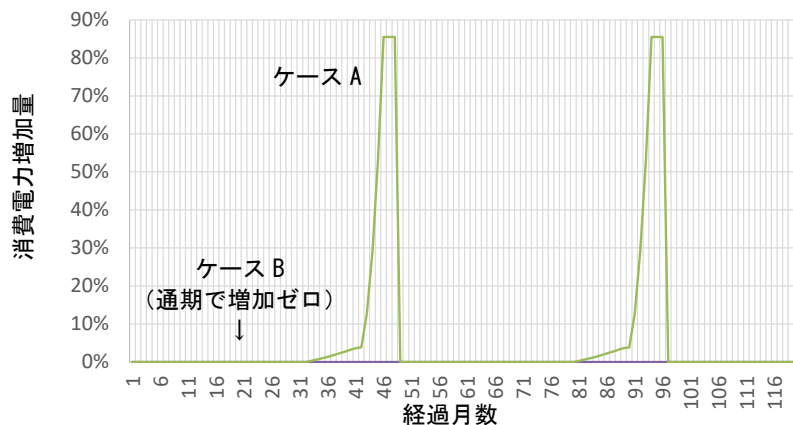


図 4.3-4 経過月数と電力増加量の関係

なお、一定の漏えい率となっても電力増加はせず、漏えい率 45%を超えたあたりからスパイク的に増加することから、小売業の別置型ショーケースと比べると、電力消費削減効果は小さくなる。

4.3.2 全国ポテンシャルを推計するための稼働条件・推計条件等の検討

4.3.1 の試算結果および 2. 評価検証事業の結果、3. 相関グラフ作成のための試験結果、4.2 市場調査結果をもとに、各業種および冷凍機における展開方法の検討や全国ポテンシャルを推計するための稼働条件・推計条件の検討を行い、後述の 5. で行う CO2 削減効果の推計を行うための事前検討を行った。

(1) 対象業種の設定

令和 3 年度に小売業、食品製造業、冷凍冷蔵倉庫の 3 業種に展開して、全国のパテンシャルの推計を行った。今年度のここまでの検討を踏まえて、まず、展開を検討する業種を再度整理する。4.2 の市場調査において、業種を整理しており、小売業、食品製造業（食品工場）、冷凍冷蔵倉庫、飲食料品卸売業、宿泊業、飲食サービス業の 6 業種を対象とする。

(2) 冷凍機の漏えい率と検知システム設置・未設置ケースの設定

冷凍機の種類により、表 4.3-2 に示すように漏えい率が異なることから冷媒漏えい率を分けて設定する。

表 4.3-2 各冷凍機の冷媒漏えい率

冷凍機	別置型ショーケース (付帯冷凍機)	中型冷凍機	大型冷凍機
年平均冷媒漏えい率	16%	15% (中型冷凍機の 13~17% の中央値)	9.5% (大型冷凍機の 7~ 12%の中央値)

フロン漏えい検知システム設置・未設置のケースについては、表 3.1-1 で設定した食品製造業のケースと同じとする（表 4.3-3 参照）。

なお、評価対象期間については、昨年度、評価対象期間を 5 年間として推計を行ったが、フロン検知システムの効果が過小評価となっていたため、一般的な使用期間も鑑み、評価対象期間 10 年とすることとした。

表 4.3-3 ケースの設定

使用機器	ケース	ケースの想定
中型・大型 冷凍機	A. 検知システム未設置	<ul style="list-style-type: none"> ・冷媒充填後、冷媒漏えい量が 60%になったところで気づき、翌月に冷媒を充填する。 ・冷媒充填後（補修を実施）のフロン漏えい率は 1 年目から段階的に増加していくと想定する。 ・フロンを最初に 100%充填する。
	B. 検知システム設置	<ul style="list-style-type: none"> ・日冷工が指標としている 30%での検知とする。 ・検知レベル到達後に冷媒漏えい補修及びフロン 100%充填を行う（補修を実施）。 ・その後は評価対象期間の 10 年まで使用を続ける。

上記表 4.3-2 の各冷凍機の冷媒漏えい率をもとに設定した各冷凍機の漏えい速度は表 4.3-4 となる。

なお、いずれも漏えい率 60%に達するまでの平均冷媒漏えい率が上記表 4.3-2 で示した各冷凍機の冷媒漏えい率の値となる。

表 4.3-4 各冷凍機の冷媒漏えい速度

冷凍機	別置型ショーケース (付帯冷凍機)	中型冷凍機	大型冷凍機
年平均冷媒漏えい率	冷媒充填後（補修を実施）のフロン漏えい率は 1 年目を 6.67%とし、段階的に 6.67%/年が加算されていく	冷媒充填後（補修を実施）のフロン漏えい率は 1 年目を 6.0%とし、段階的に 6.0%/年が加算されていく	冷媒充填後（補修を実施）のフロン漏えい率は 1 年目を 2.6%とし、段階的に 2.6%/年が加算されていく

(3) 各業種の冷凍機の設定

各業種の冷凍機は下記のように設定する。

表 4.3-5 各業種の冷凍機の設定

業種	小売業	冷凍冷蔵倉庫	食品製造業 (食品工場)	飲食サービス業	宿泊業	飲食料品卸売業
冷凍機	別置型ショーケース (付帯冷凍機)	大型冷凍機 (冷却場所は倉庫)	中型冷凍機	中型冷凍機	中型冷凍機	中型冷凍機

(4) 各業種の冷媒漏えい率と消費電力増加率の相関式

冷媒漏えい率と消費電力増加率の相関式に関して、食品製造業と飲食サービス業は工場における製品の凍結を目的とした用途と考え、4.3.1 で設定した食品製造業モデルを採用する。それ以外の業種（小売業、冷凍冷蔵倉庫、宿泊業、飲食料品卸売業）については、既に冷蔵冷凍された製品を冷蔵冷凍する目的とし、令和 3 年度の小売業モデルを用いた（図 4.3-5 参照）。

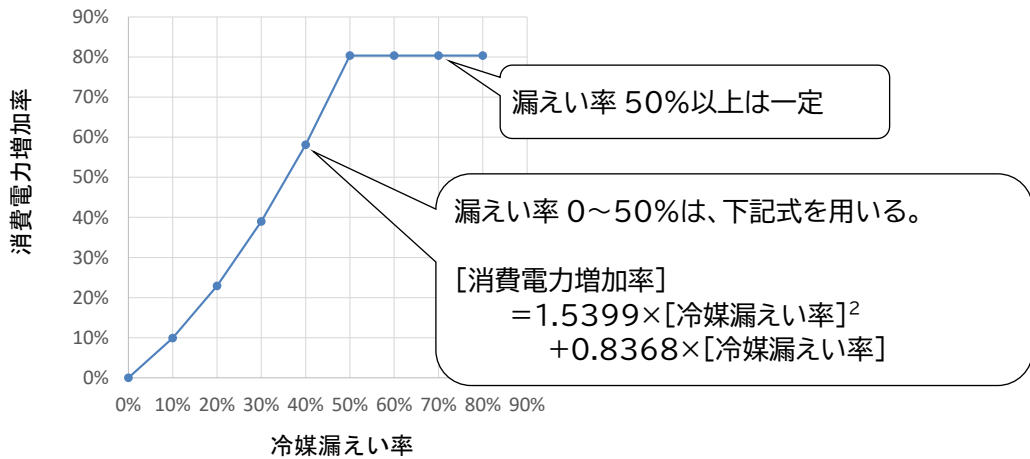


図 4.3-5 冷媒漏えい率と消費電力増加率の関係 (R3 年度に設定した小売業モデル)

(5) 経過月数と冷媒漏えい量の関係グラフ

各業種 (食品製造業は 4.3.1 参照) の経過月数と冷媒漏えい率の関係式を図 4.3-6~図 4.3-8 に示す。これは、設定した冷凍機の漏えい率が異なることにより漏えい検知される月が異なるためである。

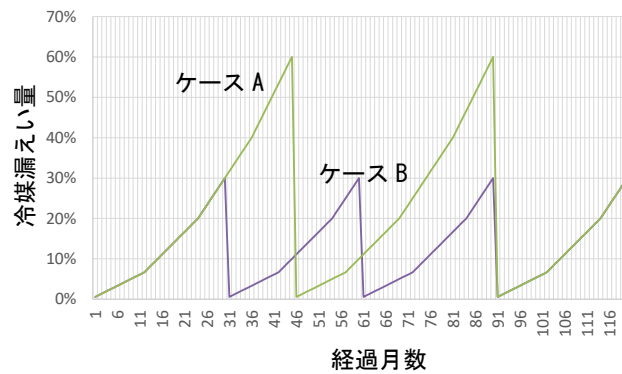


図 4.3-6 経過月数と冷媒漏えい量の関係 (小売業)

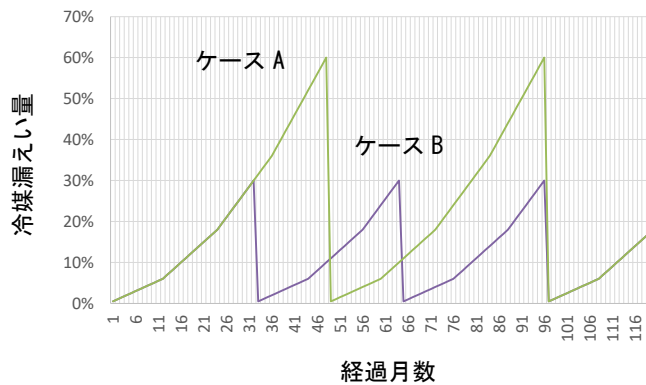


図 4.3-7 経過月数と冷媒漏えい量の関係 (宿泊業、飲食サービス業)

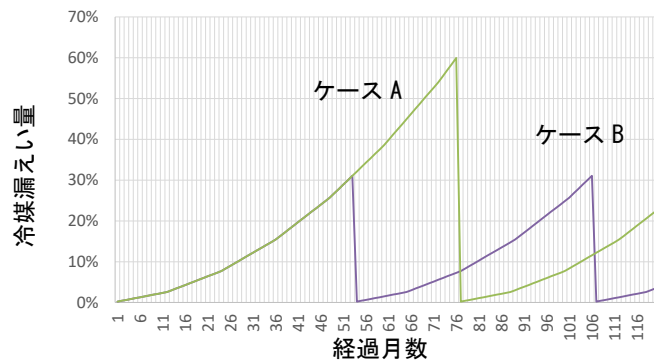


図 4.3-8 経過月数と冷媒漏えい量の関係（冷凍冷蔵倉庫）

(6) 経過月数と電力増加量の関係グラフ

上記(4)(5)をもとにした経過月数と電力増加量の関係式を図 4.3-9～図 4.3-11に示す。

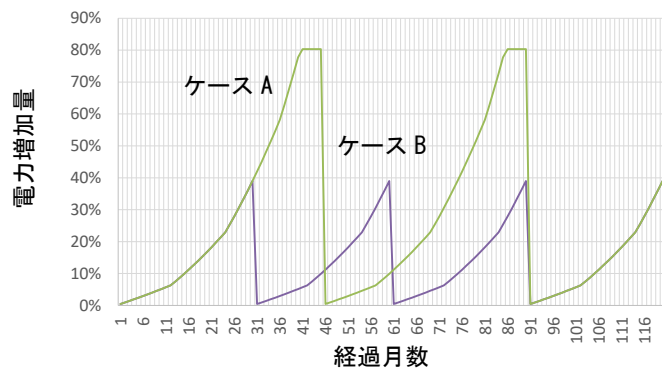


図 4.3-9 経過月数と電力増加量の関係（小売業）

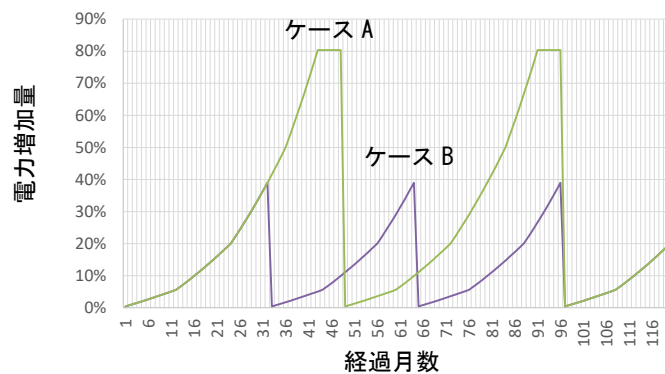


図 4.3-10 経過月数と電力増加量の関係（宿泊業、飲食サービス業）

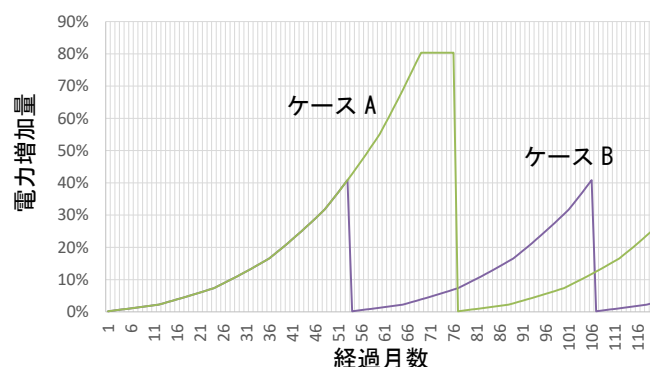


図 4.3-11 経過月数と電力増加量の関係（冷凍冷蔵倉庫）

(7) 各業種の冷媒漏えい量と電力増加量のまとめ

各業種におけるケース A と B の冷媒漏えい量、電力増加量およびケース A と B を比較して、システム設置による削減割合をまとめたものを表 4.3-6 に示す。

表 4.3-6 各業種の冷媒漏えい量と電力増加量、システム設置による削減割合のまとめ

業種	小売業	冷凍冷蔵倉庫	食品製造業 (食品工場) / 飲食サービス業	宿泊業	飲食料品卸売業
冷凍機	別置型ショーケース (付帯冷凍機)	大型冷凍機 (冷却場所は倉庫)	中型冷凍機	中型冷凍機	中型冷凍機
冷媒漏えい-電力 相関式	R3 小売モデル	R3 小売モデル	R4 食品製造業	R3 小売モデル	R3 小売モデル
冷媒漏えい量 (10年)	ケース A : 150% ケース B : 120%	82% 66%	138% 108%	138% 108%	138% 108%
システム設置に よる削減割合	20.0%	20.3%	21.7%	21.7%	21.7%
電力量 (10年)	ケース A : 127% ケース B : 114%	122% 112%	106% 100%	126% 112%	126% 112%
システム設置に よる削減割合	10.2%	8.2%	5.8%	11.0%	11.0%

(8) 全国ポテンシャルを推計するためのその他稼働条件・推計条件

ここまでの検討をもとに、各業種または冷凍機へ展開する際のその他稼働条件・推計条件を表 4.3-7 に示す。

表 4.3-7 各業種のその他稼働条件・推計条件（その1）

業種	小売業	冷凍冷蔵倉庫	食品製造業/ 飲食サービス業	宿泊業/ 飲食料品卸売業
冷蔵：冷凍 構成比	70%:30%	13%:87% ※1	0%:100%	70%:30%
負荷率 (冷蔵、冷凍)	冷蔵：65% 冷凍 69%	冷蔵：65% 冷凍 69%	冷蔵：65% 冷凍 69%	冷蔵：65% 冷凍 69%
平均負荷率 (加重平均)	66%	68%	69%	66%
稼働時間	8760 時間	8760 時間	1920 時間 ※2	8760 時間
冷媒使用量	冷媒充填量=馬力×3kg (=冷凍機出力 kW×4)			
使用冷媒	R22 : 39.8% R404A : 49.0% R410A : 11.2%	R22 : 92% R404A : 7% R410A : 2%	R22 : 55.0% R404A : 32.7% R410A : 12.3%	R22 : 39.8% R404A : 49.0% R410A : 11.2%

※1：日本冷蔵倉庫協会資料

※2：1日の稼働時間を8時間、年間240日稼働と仮定

なお、評価検証事業の結果から、温度（外気温）が冷凍機に与える影響が大きいことから、外気温について組み込むことにより、都道府県情報や月別の情報が欲しい場合に、より精緻な推計も可能と考えられるが、データの制約上、今回は設定しないこととした。

また、自然冷媒への移行が有効な機器、取付不可能な機器、既にシステムが取り付けられている冷凍機の数等について把握することはできなかったため、推計時には考慮しないこととした。

第5章 漏えい検知システム導入による CO2 削減効果の推計と

結果の周知方法の検討

本章では、漏えい検知システム導入による CO2 削減ポテンシャルの推計、事業成果の周知方法の検討、次年度以降の事業を見据えた CO2 削減ポテンシャルの推計精緻化に向けた課題を整理した。

5.1 漏えい検知システム導入による CO2 削減ポテンシャルの推計

前述の 4.3 で検討を行った手法をもとに漏えい検知システム導入による CO2 削減ポテンシャルの推計を行った。

なお、令和3年度調査業務では、全国の削減ポテンシャルの推計として、小売業、食品製造業（食品工場）、冷蔵倉庫業の各業種における冷凍機の台数・出力 kW から積み上げたボトムアップによる推計と温室効果ガスインベントリの HFC 排出量を用いたトップダウンによる推計を行っているが、試算結果に、過大・過小推計に見積った設定があると考えられたため、令和4年度調査においては、両者のそれぞれの設定値を点検・改良し、推計を行った。

なお、その際、電力消費量の削減効果によるものと、冷媒漏えい抑制効果によるものの両方について推計を行う。

5.1.1 推計区分と稼働条件・推計条件

推計区分の分類として、4.3 で設定した小売業、食品製造業（食品工場）、飲食料品卸売業、宿泊業、飲食サービス業、冷蔵倉庫業とした。表 5.1-1 に推計区分と個別機器の条件、全国値の設定を示す。

表 5.1-1 推計区分と個別機器の推計方法、全国値の設定

推計区分	・小売業 ・食品製造業（食品工場） ・飲食料品卸売業 ・宿泊業 ・飲食サービス業 ・冷蔵倉庫業
機器の稼働条件・推計条件	4.3 で設定した稼働条件・推計条件
全国値（出力・台数等）の設定	4.2 の市場調査でとりまとめた全国値（出力・台数等）を利用

表 5.1-2 稼働条件・推計条件

項目	小売業	冷凍冷蔵倉庫業	食品製造業 (食品工場) / 飲食サービス業	宿泊業/ 飲食料品卸売業
想定冷凍機・ショーケース	別置型ショーケース (付帯冷凍機)	大型冷凍機	中型冷凍機	中型冷凍機
漏えい発見時の漏えい率	検知器設置なし：60% 検知器設置あり：30%			
冷媒漏えい率と消費電力増加率の相関式	R3 設定を改良した小売モデル	小売モデルを代用	R4 食品製造業モデル	小売モデルを代用
冷蔵：冷凍比	70%:30%	13%:87% ※1	0%:100%	70%:30%
負荷率 (冷蔵、冷凍)	冷蔵：65%、 冷凍 69%	冷蔵：65%、 冷凍 69%	冷蔵：65%、 冷凍 69%	冷蔵：65%、 冷凍 69%
平均負荷率 (加重平均)	66%	68%	69%	66%
稼働時間	8760 時間/年		1920 時間/年	8760 時間/年
冷媒使用量 (充填量)	冷媒充填量＝馬力×3kg(＝冷凍機出力 kW×4)			
使用冷媒	R22：39.8% R404A：49.0% R410A:11.2%	R22：92% R404A：7% R410A：2%	R22：55.0% R404A：32.7% R410A:12.3%	R22：39.8% R404A：49.0% R410A:11.2%
年間平均冷媒漏えい率	16%	9.5% (大型冷凍機の 7～12%の中央値)	15% (中型冷凍機の 13～17%の中央値)	15% (中型冷凍機の 13～17%の中央値)
電力排出係数	0.453 kgCO2/kWh (代替値 R2 年度実績)	0.453 kgCO2/kWh (代替値 R2 年度実績)	0.453 kgCO2/kWh (代替値 R2 年度実績)	0.453 kgCO2/kWh (代替値 R2 年度実績)
検知器導入による冷媒削減割合	20.0%	20.3%	21.7%	21.7%
検知器導入による電力削減割合	10.2%	8.2%	5.8%	11.0%

※1：日本冷蔵倉庫協会資料

※2：1日の稼働時間を8時間、年間240日稼働と仮定

また、HFC 排出量からのトップダウン推計も行う。こちらの推計区分は別置型ショーケース、その他中型冷凍冷蔵機器、大型冷凍機を対象とする。

表 5.1-3 推計区分と個別機器の推計方法、全国値の設定
(HFC 排出量からのトップダウン推計)

推計区分	別置型 ショーケース	その他中型 冷凍冷蔵機器	大型冷凍機
機器の稼働条件・推計条件	4.3 の各業種で設定した稼働条件・推計条件を利用		
全国値 (出力・台数等) の設定	使用時 HFC 漏えい量 (2020 年 BAU 推計) ※1、 漏えい割合、台数から算出		

※1 出典：産構審 化学・バイオ部会地球温暖化防止対策小委員会 中環審地球環境部会 フロン類等対策小委員会 第4回合同会議 資料1「冷凍空調機器の冷媒管理のための政策のあり方について」

表 5.1-4 稼働条件・推計条件

項目	別置型 ショーケース	その他中型 冷凍冷蔵機器	大型冷凍機
漏えい発見漏えい率		検知器設置なし：60% 検知器設置あり：30%	
冷媒漏えい率と消費電力増加率の相関式	R3 設定を改良した小売モデル	R4 食品製造業モデル	小売モデルを代用
冷蔵：冷凍比	70%:30%	0%:100%	13%:87% ※1
負荷率（冷蔵、冷凍）	冷蔵：65%、冷凍 69%	冷蔵：65%、冷凍 69%	冷蔵：65%、冷凍 69%
平均負荷率	66%	69%	68%
稼働時間	8760 時間/年		
冷媒使用量（充填量）	冷媒充填量＝馬力×3kg （＝冷凍機出力 kW×4）	冷媒充填量＝馬力×3kg （＝冷凍機出力 kW×4）	冷媒充填量＝馬力×3kg （＝冷凍機出力 kW×4）
使用冷媒	R22：39.8% R404A：49.0% R410A：11.2%	R22：55.0% R404A：32.7% R410A：12.3%	R22：92% R404A：7% R410A：2%
年間平均冷媒漏えい率	16%	15%	9.5%
電力排出係数	0.453 kgCO ₂ /kWh（代替値 R2 年度実績）	0.453 kgCO ₂ /kWh（代替値 R2 年度実績）	0.453 kgCO ₂ /kWh（代替値 R2 年度実績）
検知器導入による冷媒削減割合	20.0%	21.7%	20.3%
検知器導入による電力削減割合	10.2%	5.8%	8.2%

5.1.2 小売業（スーパーマーケット）を対象とした個別事業所の試算

昨年度の調査において、小売業（スーパーマーケット）を対象とした個別事業所の試算を行っている。今年度は、評価検証事業において実際のスーパーマーケットの情報（6事業所情報）が得られているのでそれらを用いて、一般的なスーパーマーケットのモデルケースを構築し、試算をおこなった。

評価検証事業の情報、上記の稼働条件・推計条件をもとに作成したモデルケースを表 5.1-5 に示す。

表 5.1-5 スーパーマーケットのモデルケース

項目	概要
対象業種	小売業（スーパーマーケット）
延床面積	3,000m ² （中規模）
冷凍機・ショーケース等	別置型ショーケース（付帯冷凍機）
各機器の出力	総出力 140kW （20kW×7 台）
消費電力	174kW
平均負荷率	66%
稼働時間	8,760 時間/年
年間消費電力量	1,007 千 kWh/年

項目	概要
(冷凍機関連)	
年間消費電力量 (施設全体)	2,013 千 kWh/年
冷媒使用量 (充填量)	560 kg
使用冷媒	R404-A (GWP : 3920)
年平均冷媒漏えい率	16%
電力排出係数	0.453 kgCO ₂ /kWh (代替値 R2 年度実績)
電力料金	18 円/kWh

上記から推計される試算結果を表 5.1-6 に示す。電力削減による CO₂ 削減量は 47t-CO₂/年、冷媒漏えい防止による HFC 削減量は 70t-CO₂ 換算/年となった。

表 5.1-6 システム設置による効果の試算結果

項目	概要
年間漏えい量 (検知器なし)	90 kg/年
年間漏えい量 (検知器あり)	72 kg/年
HFC 削減量 /CO ₂ 換算削減量	18 kg/年 / 70 t-CO ₂ eq./年 (20%の削減)
電力削減量	103 千 kWh/年 (冷凍設備の消費電力の 10%の削減)
電力削減による CO ₂ 削減量	47 t-CO ₂ /年 (10%の削減)
合計 CO ₂ 換算削減量 (電力+HFC)	117 t-CO ₂ eq./年 (15%の削減)
【参考】電力料金の削減	1,854 千円/年 (10%の削減)

5.1.3 各推計区分における温室効果ガス削減量の推計

(1) 代替フロン漏えい量の削減

各推計区分における検知システム導入による代替フロンの漏えい量の削減およびそれによる温室効果ガス排出量削減の試算結果 (全国値) を表 5.1-7 に示す。加えて、HFC 排出量からのトップダウン推計の試算結果についても表 5.1-8 に示す。

表 5.1-7 各推計区分における代替フロンの漏えい量の削減とそれによる温室効果ガス排出量削減の試算結果（全国値）

推計区分	小売業	冷蔵倉庫業	食品製造業 (食品工場)	飲食サービス業	宿泊業	飲食料品 卸売業	合計
出力 (GW)	2.66	0.55	0.13	0.80	0.27	0.57	4.98
設置台数 (万台)	37.2	0.55	1.3	16.1	5.4	11.3	71.8
消費電力 (GW)	3.3	0.68	0.16	1.00	0.33	0.70	6.17
合計冷媒封入量 (千トン)	10.6	2.2	0.52	3.22	1.08	2.26	19.9
年間冷媒漏えい量 (千トン/年)	1.60	0.18	0.07	0.44	0.15	0.31	2.75
検知システム導入後の 年間冷媒漏えい量 (千トン/年)	1.28	0.14	0.06	0.35	0.12	0.24	2.19
検知システム導入による 年間冷媒漏えい削減量 (千トン/年)	0.32	0.037	0.016	0.097	0.032	0.068	0.57
冷媒漏えい削減による 温室効果ガス削減量 (千t-CO2換算/年)	918	73	40	245	93	195	1,563

表 5.1-8 各推計区分における代替フロンの漏えい量の削減とそれによる温室効果ガス排出量削減の試算結果（HFC 排出量からのトップダウン推計）

推計区分	別置型 ショーケース	その他中型 冷凍冷蔵機器	大型冷凍機	合計
出力 (GW)	5.25 ※2	1.0	0.8	7.1
設置台数 (万台)	—	130 ※1	0.8 ※1	—
消費電力 (GW)	6.5 ※2	1.3	1.0	8.8
合計冷媒封入量 (千トン)	20.9 ※2	4.2	3.3	28.3
年間冷媒漏えい量 (千トン/年)	3.3	0.6	0.3	4.3
年間 HFC 排出量 (千 tCO2 換算) (システム導入なし)	9,600 ※1	1,800 ※1	900 ※1	—
検知システム導入による年間 冷媒漏えい削減量 (千トン/年)	0.668	0.136	0.064	0.87
冷媒漏えい削減による温室 効果ガス削減量 (千 t-CO2 換算/年)	1,920	391	183	2,494

※1 産構審 化学・バイオ部会地球温暖化防止対策小委員会 中環審地球環境部会 フロン類等対策小委員会 第4回合同会議 資料1「冷凍空調機器の冷媒管理のための政策のあり方について」より

※2 HFC 排出量より逆算

(2) 代替フロンの漏えいによる電力使用増加とその削減量の推計

上記(1)と併せて、検知システム導入による消費電力量の削減とそれによるCO2排出量の削減量の試算結果（全国値）を表5.1-9に示す。

加えて、HFC 排出量からのトップダウン推計の試算結果についても表5.1-10に示す。

表 5.1-9 各推計区分における電力消費量の削減とそれによる CO2 排出量削減の試算結果（全国値）

推計区分	小売業	冷蔵倉庫業	食品製造業 (食品工場)	飲食サービス業	宿泊業	飲食料品卸売業	合計
出力 (GW)	2.66	0.55	0.13	0.80	0.27	0.57	4.98
設置台数 (万台)	37.2	0.55	1.3	16.1	5.4	11.3	71.8
消費電力 (kW)	3.3	0.68	0.16	1.00	0.33	0.70	6.17
検知システム導入前の年間消費電力量 (百万 kWh/年)	19,128	4,092	214	1,322	1,942	4,063	30,759
検知システム導入後の年間消費電力量 (百万 kWh/年)	17,171	3,756	201	1,244	1,728	3,615	27,714
検知システム導入による年間消費電力削減量 (百万 kWh/年)	1,957	336	12	77	214	448	3,045
年間消費電力の削減による CO2 削減量 (千 t-CO2/年)	887	152	6	35	97	203	1,379

表 5.1-10 各推計区分における電力消費量の削減とそれによる CO2 排出量削減の試算結果（全国値）(HFC 排出量からのトップダウン推計)

推計区分	別置型 ショーケース	その他中型 冷凍冷蔵機器	大型冷凍機	合計
出力 (GW)	5.2	1.0	0.8	7.1
設置台数 (万台)	—	130	0.8	—
消費電力 (kW)	6.5	1.3	1.0	8.8
検知システム導入前の年間消費電力量 (百万 kWh/年)	37,514	7,820	6,128	51,463
検知システム導入後の年間消費電力量 (百万 kWh/年)	33,676	7,363	5,625	46,664
検知システム導入による年間消費電力削減量 (百万 kWh/年)	3,839	457	503	4,799
年間消費電力の削減による CO2 削減量 (千 t-CO2/年)	1,739	207	228	2,174

(3) 代替フロン漏えいの削減と電力使用増加分の削減を合わせた温室効果ガス排出削減量の推計

上記(1)のフロン漏えいによるものと(2)電力増加によるものを合わせた温室効果ガス排出量の試算結果について、表 5.1-11 に業種別、表 5.1-12 にトップダウン推計の値を示す。

表 5.1-11 検知システム導入による効果のまとめ（業種別）

推計区分	小売業	冷蔵 倉庫業	食品製造業 (食品工場)	飲食サー ビス業	宿泊業	飲食料品 卸売業	合計
冷媒漏えい削減による温室効果ガス削減量(千t-CO2換算/年)	918	73	40	280	93	195	1,563
年間消費電力の削減によるCO2削減量(千t-CO2/年)	887	152	6	35	97	203	1,379
冷媒漏えい削減と年間消費電力の削減による温室効果ガス削減量(千t-CO2換算/年)	1,805	225	45	280	190	398	2,943

表 5.1-12 検知システム導入による効果のまとめ（仮試算結果）
（HFC 排出量からのトップダウン推計）

推計区分	別置型 ショーケース	その他中型 冷凍冷蔵機器	大型冷凍機	合計
冷媒漏えい削減による温室効果ガス削減量(千t-CO2換算/年)	1,920	391	183	2,494
年間消費電力の削減によるCO2削減量(千t-CO2/年)	1,739	207	228	2,174
冷媒漏えい削減と年間消費電力の削減による温室効果ガス削減量(千t-CO2換算/年)	3,659	598	411	4,668

5.1.4 漏えい検知システム導入による温室効果ガス削減ポテンシャルの推計結果の考察

全国の小売業、食品製造業（食品工場）、飲食料品卸売業、宿泊業、飲食サービス業、冷蔵倉庫業における漏えい削減効果や電力削減効果の推計、HFC 排出量からトップダウンで別置型ショーケース、その他中型冷凍冷蔵機器、大型冷凍機の漏えい削減効果や電力削減効果の推計を行った。

業種からのボトムアップ推計では、全業種で IoT を活用したフロン検知システムの導入による冷媒漏えい抑制効果は約 160 万 t-CO₂eq、電力による CO₂ 削減効果は約 140 万 t-CO₂eq 程度となった。一方、HFC 排出量からのトップダウン推計では、対象とした 3 種の冷凍機器で IoT を活用したフロン検知システムの導入による冷媒漏えい抑制効果は約 250 万 t-CO₂eq、電力削減効果は約 220 万 t-CO₂eq となった。令和 3 年度の試推計ではそれぞれに一桁の違いがみられたが、今年度の推計条件等の見直しにより、オーダーの違いは解消された。

なお、温室効果ガスインベントリ¹における業務用冷凍空調機器からの使用時漏えいによる HFCs 排出量（2019 年度）は、21.7 百万 t-CO₂eq となっており、産構審データ²の冷凍機器と空調機器の比率を考慮すると、冷凍機器からは 15 百万 t-CO₂eq 程度が排出量されると推計される。IoT を活用したフロン検知システムの導入による冷媒漏えい抑制効果は 20～22%であることを考慮すると、HFC の漏えい抑制効果の最大ポテンシャルは 2～3 百万 t-CO₂eq 程度と推計される。実際の検知システムの設置可能性等を考慮すると、検知システム設置による使用時 HFC 漏えい抑制効果は、年間で、数十万～二百万 t-CO₂eq 程度と推測される。

消費電力の削減効果については、消費電力量の 6～10%が削減されるという結果が得られている。今回の実証試験や実験結果から、冷凍機器の種類や運転状況により冷媒漏えい時の電力増加の状況が異なることが確認されている。拡大して全国に与える影響を推計する場合、設定する電力関連のパラメータ次第で大きく推計値が変わると考えられるため、現時点で規模を断定することは難しいが、消費電力の削減による CO₂ 削減効果は、数十万～数百万 t-CO₂ 規模ではないかと考えられる。

¹ 国立環境研究所「日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2021 年度 4 月版）」

² 産構審 化学・バイオ部会地球温暖化防止対策小委員会 中環審地球環境部会 フロン類等対策小委員会 第 4 回合同会議 資料 1 「冷凍空調機器の冷媒管理のための政策のあり方について」

5.2 事業成果の周知方法の検討

ここでは、冷凍冷蔵機器の使用時におけるフロン漏えい量が最も高いと考えられる小売業を中心とした周知方法の検討を行う。

令和3昨年度調査業務における小売業4団体（一般社団法人日本冷凍食品協会、一般社団法人日本スーパーマーケット協会、オール日本スーパーマーケット協会、一般社団法人日本冷蔵倉庫協会）へのアンケート調査結果では、次のことが明らかになっている。

- ✓ フロン漏えい対策を実施している事業者は20%程度にとどまる。
- ✓ 対策を実施していない事業者のうち3割程度は「検討が必要と考えているが、具体の検討はできていない。」の状況にある。
- ✓ 導入できていない理由として、「初期導入コストが大きい」、「費用対効果が見込めない」、「漏えい検知システムについての情報が足りない」が挙げられている。
- ✓ 8割程度の事業者については、アンケートの回答を得られなかった。これらの事業者はフロン漏えいに関する基本的な関心が低いと考えられるため、この層への周知も重要である。

本アンケート結果からフロン漏えい対策に興味・関心、必要性を感じている事業者は一定程度存在するが、漏えい検知システムに関する基礎的な情報と経済的な情報が不足しているということがわかる。そのため評価検証事業をはじめとした情報発信によるフロン漏えい対策の必要性やIoT機器を活用した効果等の認知向上が有効と考える。

今年度の調査より、下記が明らかになった。

- ✓ 市中では既に漏えいの兆候がある機器もそのまま稼働している状況にある。
- ✓ 兆候がある状態でも、冷凍機は問題なく稼働しているため、そのまま放置され、ショーケースが冷えなくなって、初めて冷設事業者に依頼する状況も多い。
- ✓ その場合、緊急的な要請となるため、ショーケースを冷やすための冷媒の緊急充填を行い、後日再充填を行い、フロン漏えいの検査を実施することとなる。
- ✓ 冷凍機の稼働が大きくなる夏場に緊急的な要請が多くなっている。

上記も踏まえ、今後の周知方法の検討を行う。

まずは対象者について検討を行うため、基本情報を整理する。なお、対象機器は別置型ショーケース、中大型冷凍機とする。

5.2.1 基本情報の整理

4.2 の市場調査の結果、まとめられた市場規模（冷凍機台数）は表 5.2-1 のとおりである。台数が多い業種としては、小売業（全体）が約 37 万台（うち、スーパーが約 20 万台、コンビニが約 13 万台）、飲食サービス業が約 16 万台、飲食料品卸売業が約 11 万台と続いている。また、そのほかには、食料品製造業、宿泊業、冷凍冷蔵倉庫業が挙げられる。

表 5.2-1 コンデensingユニット市場規模のまとめ

業種	細区分	想定導入台数
小売業	百貨店	2,010
	スーパー	199,822
	コンビニエンスストア	126,216
	ドラッグストア	43,662
食料品製造業		13,013
飲食サービス業		160,920
宿泊業		54,028
飲食料品卸売業		113,025
冷凍冷蔵倉庫業		5,458
合計		718,154

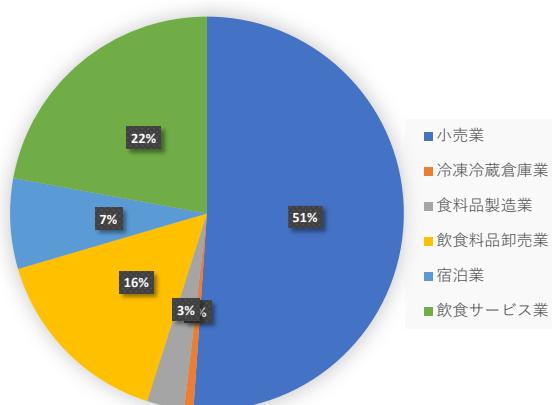


図 5.2-1 コンデensingユニット市場規模のまとめ

次に同じく 4.2 の市場調査でまとめられた、フロン類算定漏えい量報告・公表制度の情報の分析結果について記載する（表 5.2-2）。

フロン類算定漏えい量報告・公表制度において報告されているフロン類の漏えい量は、上記表 5.2-1 の業種では、小売業（各種商品小売業、飲食料品小売業）が、約 65%と最も多く、食料品製造業が約 10%、飲食料品卸売業が約 1%となっており、宿泊業、飲食サービス業（飲食店）は件数も少なく、いずれも 1%以下となっている。

（※冷凍冷蔵倉庫業は業種が分散しているため、ここでは対象外としている）

表 5.2-2 調査対象とした業種に関する報告事業者数と漏えい量

大分類	中分類	報告事業者数※1	算定漏えい量 tCO2※2
製造業	食料品製造業	46 (20.9%)	216,983 (9.8%)
卸売業、小売業	飲食物品卸売業	7 (1.7%)	23,313 (1.1%)
	各種商品小売業	86 (21.4%)	837,339 (37.8%)
	飲食物品小売業	93 (23.2%)	592,775 (26.8%)
宿泊業、飲食サービス業	宿泊業	1 (0.5%)	2,147 (0.1%)
	飲食店	1 (0.2%)	1,410 (0.1%)

※1 カッコ内は全報告事業者 402 事業者に対する比率

※2 カッコ内は全報告事業者の算定漏えい量に対する比率

出典：環境省・経済産業省「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」に基づくフロン類算定漏えい量報告・公表制度による 令和2（2020）年度フロン類算定漏えい量の集計結果（2022.3）」

5.2.2 広報を実施すべき事業者の選定

選定にあたっては、5.2.1 で示した業種の事業者を対象とすることとする。なお、ここまですでに得られた結果・情報から、冷凍機の利用者側とは別に、冷凍機を整備する冷設事業者への周知も重要と考えられることから、別観点で広報を実施する対象として選定する。

広報の優先度は優先順に◎、○、△、▼で示すこととし、それぞれの広報方法の基本方針を表 5.2-3 に示す。

なお、全体の方針として、優先度の高い業種については、各業種の関係協会・団体等から広報に繋げていくことが有効と考えており、まずは協会の方々と意見交換・ディスカッションを行い、各団体の説明や取組みを鑑みた上で、関係協会・団体等のネットワークを通じて広報に繋げていくことが望ましいと考える。

表 5.2-3 広報方法の基本方針

広報の優先度の記号	概要
◎	<ul style="list-style-type: none"> 優先度は最も高い。 関係協会等を巻き込み、特定の業種・冷凍機の広報を準備し、様々な広報の展開を行うことが想定される。
○	<ul style="list-style-type: none"> 優先度は高い。 関係協会等を巻き込み、特定の業種・冷凍機の広報を準備し、展開を行うことが想定される。 まずは、関係協会への周知・ディスカッションを行うことが想定される。
△	<ul style="list-style-type: none"> 優先度はあまり高くない。 他の業種・冷凍機の広報（汎用的な広報）で一部触れるのみに留める。 必要に応じて関係協会への周知・ディスカッションは行うが、それ以上の展開は想定していない。
▼	<ul style="list-style-type: none"> 優先度は低い。 他の業種・冷凍機の広報（汎用的な広報）で一部触れるのみに留める。関係協会等へのアプローチは行わない。

フロン排出抑制法（フロン類算定漏えい量報告・公表制度の漏えい量）、市場規模（台数）、事業経営における冷凍機の重要度の観点をもとに広報の優先度を評価し、広報を優先すべき事業者を特定した（表 5.2-4）。

表 5.2-4 広報を優先すべき事業者の評価

業種	フロン排出抑制法 ※2	市場規模 (台数)	事業経営にお ける冷凍機の 重要度※3	広報の 優先度	備考
1) 小売業	◎	◎	○	◎	
1-1) スーパーマーケット	◎	◎	◎	◎	業種全体
1-2) コンビニ	○	○	○	○	業種全体
1-3) ドラッグストア	○	○	△	○	業種全体ではなく、対象は限定される
1-4) 百貨店、ショッピングセンター	○	△	△	△	
2) 食品製造業	○	△	○	○	
2-1) 冷凍食品	○	△	◎	○	業種全体
2-2) その他の食品製造業	○	△	○	○	業種全体ではなく、対象は限定される
3) 飲食サービス業	▼	○	△	○	大規模で飲食品製造工場がある場合に限定される
4) 宿泊業	▼	△	△	▼	業種全体ではなく、対象は一部に限定される
5) 卸売業	△	○	△	△	業種全体ではなく、対象は限定される
6) 冷蔵冷凍倉庫業	△	△	◎	△	業種全体
7) 冷設事業者	—	—	—	○別観点	

※1：大きさ、重要度は◎→○→△→▼の順

※2：「フロン排出抑制法」は、フロン類算定漏えい量報告・公表制度において報告されているフロン類の漏えい量の大きさを評価

※3：「事業経営における冷凍機の重要度」は、コストおよびエネルギー消費/CO2 排出の観点から事業全体における冷凍機の重要性を評価。

表 5.2-4 の評価をもとに、各業種の広報展開方法案（展開か考えられる関係協会等のまとめ）を表 5.2-5 に示す。

表 5.2-5 各事業者への広報の展開方法案（展開か考えられる関係協会等のまとめ）

優先度	業種	内容
◎	1-1) 小売業— スーパーマーケット	<ul style="list-style-type: none"> ・昨年度の2協会（一般社団法人日本スーパーマーケット協会、オール日本スーパーマーケット協会）からの展開を想定。 ・上記のほか、一般社団法人全国スーパーマーケット協会があり、こちらにも広報を展開が想定される（上記3協会ですーパーマーケットの統計を構築）。 （※上記以外に、★日本チェーンストア協会（全国の手スーパー等、衣料品、雑貨等まで含まれる）があり、どのようにアプローチするかは検討の余地がある。）
○	1-2) 小売業— コンビニ	<ul style="list-style-type: none"> ・★一般社団法人日本フランチャイズチェーン協会からの展開
○	1-3) 小売業— ドラッグストア	<ul style="list-style-type: none"> ・業種全体ではなく、対象は限定される ・★一般社団法人日本チェーンドラッグストア協会からの展開
○	2-1) 食品製造業— 冷凍食品	<ul style="list-style-type: none"> ・★日本冷凍食品協会からの展開を想定。
○	2-2) 食品製造業— 冷凍食品以外	<ul style="list-style-type: none"> ・業種全体ではなく、冷蔵冷凍が必要な工場に限定される。 （※どの業種を対象に展開するのが難しいため、検討が必要。）
○	3) 飲食サービス業	<ul style="list-style-type: none"> ・対象は飲食品の製造工場を持つ事業者と想定。 ・★日本フードサービス協会からの展開が考えられる。 （※ただし、現時点で飲食サービス業に関する情報はあまりを得られていないため、情報を収集する必要がある）
○	7) 冷設事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・冷凍機使用者側とは別観点の対象（※冷凍機使用者側とは別の広報が必要）。 ・関連団体として、日冷工、日設連からのアプローチが考えられる。
△	1-4) 小売業— 百貨店、ショッピングセンター	<ul style="list-style-type: none"> ・（参考）関係団体：★日本百貨店協会、★日本ショッピングセンター協会 ・（参考）展開する場合、主としてテナント側ではなく、オーナー側が対象
△	6) 卸売業	<ul style="list-style-type: none"> ・対象は冷凍冷蔵品を扱う場合に限定される。 ・※卸売業のうち、具体的な対象が未特定（★日本加工食品卸協会があるが、卸売業の一部の協会か）
△	5) 冷蔵冷凍倉庫業	<ul style="list-style-type: none"> ・（参考）関係団体：★冷蔵倉庫協会
▼	4) 宿泊業	<ul style="list-style-type: none"> ・対象は一部の大規模ホテル等に限定されると想定される。 ・（参考）関係団体：★日本ホテル協会、★日本旅館協会

★：地球温暖化対策計画の進捗状況を確認している業界団体

なお、事業者とは違う観点の広報ターゲットとして、自治体（都道府県、政令指定都市）が挙げられることを追記しておく。

表 5.2-6 各業界団体概要（参考）

団体名	概要	ウェブサイト
（一社）日本スーパーマーケット協会	スーパーマーケット	
オール日本スーパーマーケット協会	スーパーマーケット	
（一社）全国スーパーマーケット協会	スーパーマーケット	
★日本チェーンストア協会	全国の大手スーパー、衣料品、雑貨等	
★（一社）日本フランチャイズチェーン協会	コンビニ	
★（一社）日本チェーンドラッグストア協会	ドラッグストア	
★（一社）日本百貨店協会	百貨店、コラボレーション企業（テナント、物流、他）	
★（一社）日本ショッピングセンター協会	SCのディベロッパー側とテナント側企業	
★（一社）日本冷凍食品協会	冷凍食品製造	
★（一社）日本フードサービス協会	外食業界	
★日本ホテル協会	ホテル	
★（一社）日本旅館協会	ホテル・旅館	
★日本冷蔵倉庫協会	冷凍冷蔵倉庫	
★：地球温暖化対策計画の進捗状況を確認している業界団体		
上記以外で地球温暖化対策計画の進捗状況を確認している関連業界団体（冷凍冷蔵機器（コンデンシングユニット、大型・中型冷凍機）を所持している可能性がありうる業界）		
<国税庁管轄> 【製造業】ビール酒造組合		
<農林水産省管轄> 【製造業】 日本スターチ・糖化工業会、日本乳業協会、全国清涼飲料連合会、日本パン工業会、日本缶詰びん詰レトルト食品協会、日本ビート糖業協会、日本植物油協会、全日本菓子協会、精糖工業会、日本ハム・ソーセージ工業協同組合、製粉協会、全日本コーヒー協会、日本醤油協会、日本即席食品工業協会、日本ハンバーグ・ハンバーガー協会、全国マヨネーズ・ドレッシング類協会、日本精米工業会		
【業務部門】 日本加工食品卸協会		

5.2.3 広報方法の検討

上記表 5.2-5 各事業者への広報の展開方法案（展開か考えられる関係協会等のまとめ）も踏まえ、広報方法を検討した（表 5.2-7）。また、具体的な広報方法例を表 5.2-8 に示す。なお、広報コンテンツの大枠のくくり（ジャンル）としては、小売業編（別置型ショーケース想定）、食品製造工場編、冷凍冷蔵倉庫編の3ジャンルに冷設事業者編を加えた計4種類のものが必要と考えている。

表 5.2-7 広報方法（案）

項目	内容
広報時期	5.2.4 にて検討
対象者	上述の表 5.2-4 参照
対象機器	別置型ショーケース、中大型冷凍機 (※空調機器および内臓型ショーケースは対象外)
広報方法	下記の広報方法が考えられる（詳細は表 5.2-8 参照）。 <ul style="list-style-type: none"> ・パンフレットの配布（A4 2 or 4 ページ） ・業界団体の各種分科会における広報 ・オンライン成果発表 ・環境省ウェブサイトにおける周知 ・イベント（オンサイト）等への参加（例えば、環境省ブースの一角で）
広報内容	パンフレット／パワーポイントを想定 <ul style="list-style-type: none"> ・フロン漏えい検知システムとは ・フロンの漏えい削減 ・電力増加の抑制（電力削減） ・早期発見のメリット（冷凍機利用者サイド） ・一度漏えいがおこった機器は漏えいが起こりやすい ・（可能であれば）コスト ・（※冷設事業者）早期発見のメリット（冷設事業者サイドのメリット）

表 5.2-8 具体的な広報方法例

広報方法	対象	概要
パンフレットの配布	小売業（スーパーマーケット等）、冷凍食品工場、冷凍冷蔵倉庫業、冷設事業者	調査結果に係るパンフレットを作成し、協会等の協力の下、パンフレットを協会参加企業に配布。
業界団体の各種分科会における広報	同上	団体が主催する各種研究会や分科会のプログラムの一部に参加させてもらい評価検証事業等に関する成果報告を実施。
オンライン成果発表会	上記業種を中心とした興味関心がある事業者	You Tube チャンネル等を利用し、オンラインで幅広く評価検証事業に関する成果報告を実施。 （※こちらも協会からの広報）
環境省ウェブサイトにおける周知	上記業種を中心とした興味関心がある方々	環境省ウェブサイト ³ への掲載。 パンフレットよりももう少し深く記載したもの。 例えば、優良事例を組み込むことも考えられる。
イベント（オンサイト）への参加	同上	イベントにおいて、例えば、環境省ブースの一角で周知を行う。他のフロン削減と併せてといったことも考えられる。

³ 例：環境省ウェブサイト（オゾン層保護・フロン対策）
<https://www.env.go.jp/seisaku/list/ozone.html>

5.2.4 令和5年度以降の広報活動の実施イメージ

5.2.2の広報対象事業者、5.2.3の広報方法を踏まえ、令和5年度以降の広報活動の実施イメージを記載する（表5.2-9）。

まずは、令和5年度に小売業—スーパーマーケットを広報ターゲットとして進めていくことが想定される。

表 5.2-9 令和5年度以降の広報活動実施イメージ

対象業種	令和5年度	令和6年度以降
小売業—スーパーマーケット	<ul style="list-style-type: none"> 優先度が高く、令和4年度時点で情報がある程度取りまとめられていることから、「小売業—スーパーマーケット」を対象としたパンフレットの作成し、配布する（関連協会経由を想定）。 関連協会等との意見交換・広報を実施する（まずは、関係協会等を巻き込んでいくといった部分を実施）。 	<ul style="list-style-type: none"> （必要に応じて）オンライン成果発表会の実施、環境省ウェブサイトにおける周知、イベント（オンライン）へ参加する。
冷設事業者	<ul style="list-style-type: none"> 令和6年度以降の広報に向けた情報収集、業界団体との意見交換等を実施する。 パンフレットのプロトタイプを作成する。（※必要に応じてウェブアンケート等も考えられる） 	<ul style="list-style-type: none"> 令和5年度の結果を受けて、広報を展開する。
食品製造業等優先度○の業種（表5.2-5）	<ul style="list-style-type: none"> 不足する情報等について、令和6年度以降の広報に向けた情報収集、業界団体との意見交換等を実施する。 パンフレットのプロトタイプを作成する。 	<ul style="list-style-type: none"> 令和5年度の結果を受けて、広報を展開する。
その他	<ul style="list-style-type: none"> （必要に応じて）自治体（都道府県や政令指定都市）向けの広報のアプローチ方法について検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> （必要に応じて）令和5年度の結果を受けて、広報を展開する。

5.3 次年度以降の事業を見据えた CO2 削減ポテンシャルの推計精緻化に向けた課題の整理

ここまでの検討内容および CO2 削減効果の推計結果を踏まえ、温室効果ガス削減ポテンシャル推計課題を整理した。また、CO2 削減ポテンシャルの推計方法・評価方法を検討する過程で生じた疑問点や今回整理した課題について、業務用冷凍冷蔵機器メーカーおよび検知システムメーカーに対してヒアリングを実施し、推計課題の洗出しを行った（主なヒアリング項目は表 5.3-1 参照）。

ヒアリングにおけるコメントも踏まえた CO2 削減ポテンシャルの推計課題を表 5.3-2 に整理した。

表 5.3-1 主なヒアリング項目

確認点
1. 各業種／冷凍機機種の世界規模と冷凍機の規模
2. 機器の入れ替え頻度（業種別）
3. 冷媒漏えいと消費電力増加の相関関係について
4. 冷凍機の導入環境（整備状況等）／食品工場等の冷凍機の管理について
5. その他（検知システムの技術的進展等）

表 5.3-2 CO2 削減ポテンシャルの推計課題

影響項目	課題
市場規模（台数）	・今年度の推計により、冷凍機器の台数は全国で約 72 万台と計算された。一方、中環審資料(2012 年)によると、コンデンシングユニットが主に使用されていると推測される“別置型ショーケース”と“その他中型冷凍冷蔵機器”、“大型冷凍機”の合計台数が約 270 万台となっており、両者に差がみられる。
冷凍機の規模	・各業種別の一般的と考えられる冷凍機の規模（全体）や一台あたりの規模の設定に不確実性がある。
導入環境	・今年度の実証事業および過去データに基づく評価検証から、外気温が大きく影響していることが確認されている。しかし、現時点では、外気温等の地域性を考慮した導入環境の設定ができていないため、今後、それらのデータ収集や推計方法を検討していく必要がある。 （※地域性の考慮はポテンシャル推計だけでなく、広報や施策検討の側面においても重要となる可能性がある。）
冷媒漏えいと消費電力増加の相関関係	・冷媒漏えいと消費電力増加の相関関係のグラフに関して、別置型ショーケースとフリーザーの結果で異なるグラフが得られた。これらのグラフが適用できる冷凍機器の範囲を整理していく必要がある。（※フロン漏えい検知器の有効範囲が異なることに繋がる可能性がある。）
冷媒漏えい速度（漏えい率）	・今年度事業では、スローリークの事象については捉え切れていない。そのため、スローリークの把握とその評価方法を検討していく必要がある（※フロン漏えい検知器の有効性に違いがでると考えられる）。
検知システムが導入可能な冷凍機器台数	・自然冷媒への移行が有効な環境にある冷凍機や既に検知器が設置されている冷凍機の台数の把握。 ・R22 から次の冷凍機器への転換。