

令和5年度 先進技術を活用したフロン排出削減事業
成果報告書

事業名；車載用冷凍機の遠隔監視装置（D-FAMS）を活用した
フロン漏えい検知機能の検証

株式会社デンソーソリューション

令和6年11月8日

1. 本事業の実施について

(1) 目的・位置付け

将来、物流業界における人手不足に伴い、車両使用者での3ヶ月毎のフロン簡易点検の実施は困難になると予想される。また、冷凍機故障時のフロン漏えいに早期対処するには、車両使用者が早く故障に気づき、修理に移行する必要があるが、配送中は、運転・荷役と多忙な中で故障に気づくことは難しい。そのため、故障に気づき修理を行う際には、一定量のフロンが大気に放出した状態である。そこで人手に依存しないフロン管理・排出削減を実現する為、IoT技術を活用しフロン量を遠隔監視するシステムを開発した。システムを市中の冷凍車に導入し、メーカーが監視することで本課題の解決を図る。本事業では、東京都とともにシステムの普及を目指し、監視システムの効果検証を行う。

(2) 本事業の取組の内容

市中で稼働中の輸送用冷凍冷蔵車両にフロン漏えい監視システムを導入し、漏えいの有無を確認、修理時の回収量よりシステムの漏えい検知性能を確認する。さらに、弊社が保有する試験車等のフロン量を意図的に調整することにより漏えい検知性能を確認する。必要に応じ、結果より監視システムの改善を図る。

(3) 期待される効果

経験や人手に依存しないデータに基づく簡易点検の実施が可能になる。さらに、従来の3ヶ月毎の点検ではなく毎日遠隔点検が可能となることで、早期にフロン漏えいの検知が可能になる。また、冷凍機メーカーが監視しているため、異常を早期に発見し、早期に修理につなげることが可能になる。その為、修理時には従来に比べ多くのフロン回収が可能になり、フロン排出抑制に貢献する。

2. 事業内容

(1) システム概要

輸送用冷凍冷蔵車両に搭載された通信ユニットから冷凍機稼働データ（冷凍サイクルデータ）をアップロードし、クラウドで監視・管理する（D-FAMS、図1）。通信ユニット（図2）は一部の冷凍機種種を除き、後付けでも設置が可能であり、すでに使用中の車両にも容易に搭載することが可能となる。サーバー上に蓄積されたデータを解析することで、フロン漏えい検知を行う。

図1. 解析・監視体制

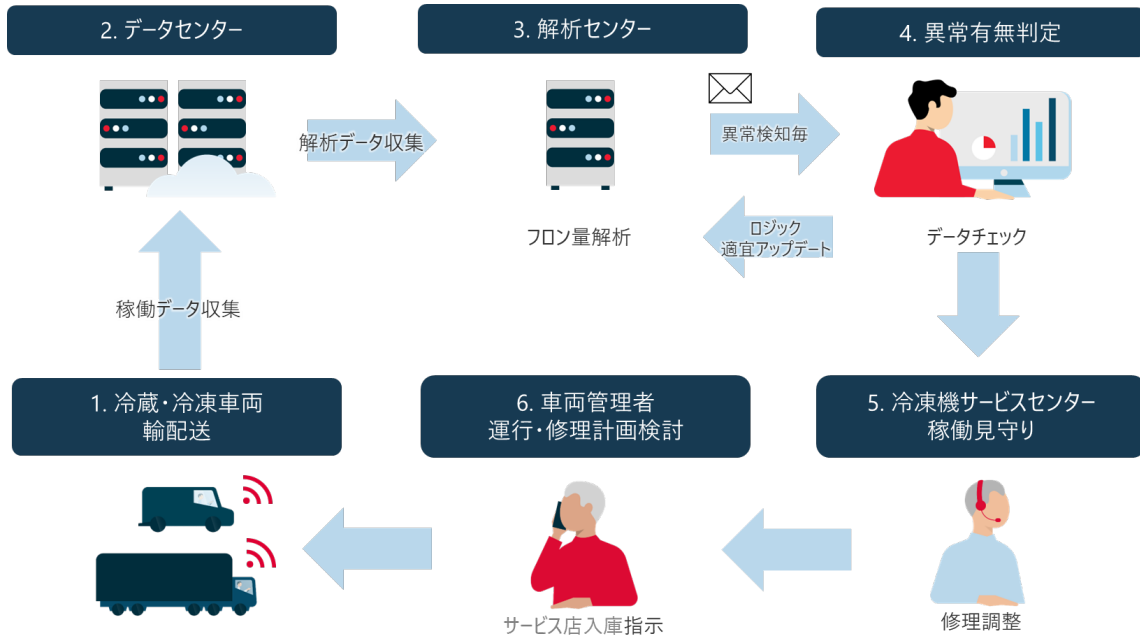
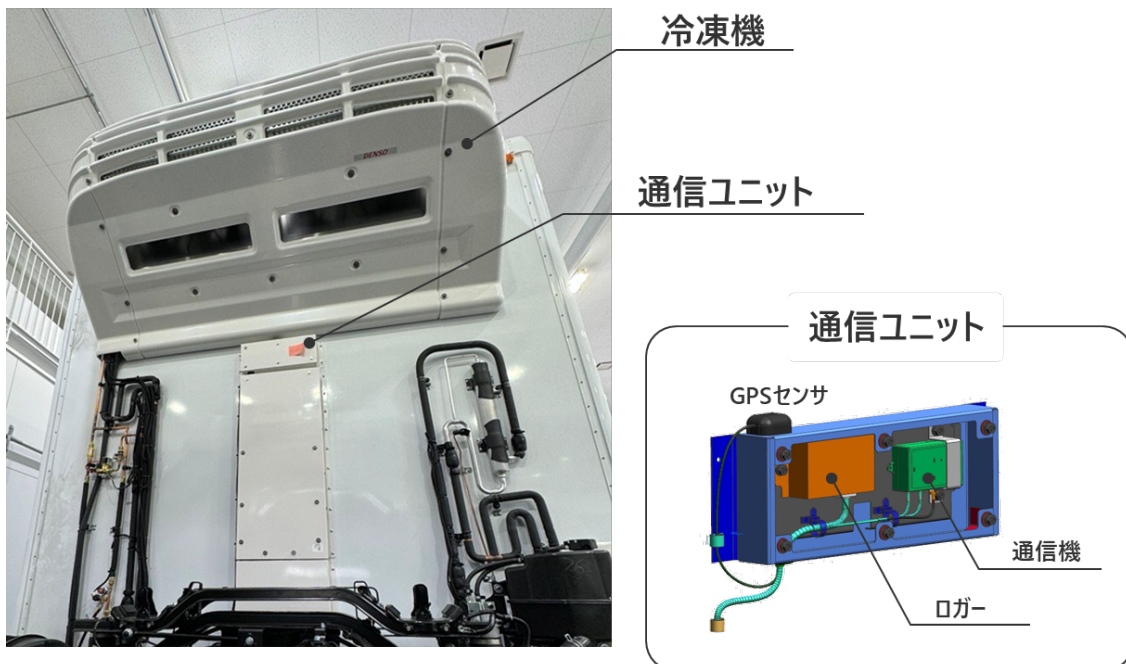


図2. 通信ユニット搭載図（一例）



(2) 実施スケジュール

下記の通り、市中評価と実車評価を実施する。

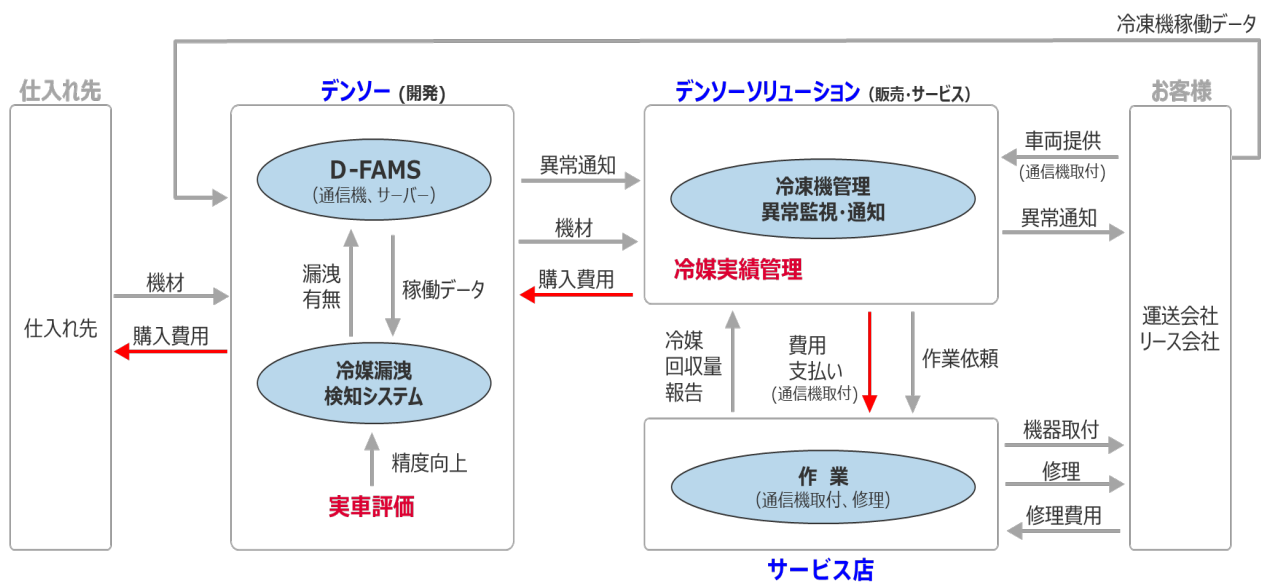
事業期間																														
	2023年10月			11月			...			2024年2月			...			7月			8月			...			11月					
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬			
会議体	◇ 採択結果受領									◆ 進捗報告									◆ 中間報告						◇ 成果物提出 ◆ 成果報告					
1. 市中評価	部材先行手配			取付																										
													データ取得																	
2. 実車評価																														
							評価/検証						評価/検証									効果検証								
3. 検知技術 アップデート																														
																検知ロジックの改善														

(3) 事業体制

事業体制は図3に示す通りである。

- ・ デンソー； フロン漏えい監視システムの開発
- ・ デンソーソリューション； 市中での冷媒漏洩実績管理、通信装置の取付調整
- ・ サービス店； 故障修理（フロン回収）、通信装置の取付

図3. 事業体制



3. 実証結果

(1) 市中評価

フロン漏えい監視システムの検知性能を確認するため、市中の冷凍機に監視システムを導入し、遠隔で漏えい有無を確認する。漏えい検出の際には、修理時の回収量よりシステム導入による効果の検証を行う。

① 対象車両

表 1 に示す 6 ユーザ 34 台に取り付けを実施

表 1 市中評価 対象車両一覧

ユーザ	評価台数	車両	主な用途
A社	11台	中型車	中距離配送
B社	5台	小型車	近距離配送
C社	3台	中型車	中距離配送
D社	13台	大型車	長距離輸送
E社	1台	大型車	長距離輸送
F社	1台	大型車	長距離輸送

② 評価方法

- 表 1 の対象車両に通信ユニットを取り付け、冷凍機稼働データ（冷凍サイクルデータ）を取得
- 取得データを解析し、フロン漏えいを監視
- フロン漏えい（判定は 30%漏えい）を検知した車両に対し、車両管理者へ連絡し修理調整を実施
- 修理時のフロン回収量を記録し、回収量と解析結果を照らし合わせることで、検知性能の検証を実施

③ 評価結果

本事業の取り組み期間中に、市中評価車で 5 件のフロン漏えいを検出した。（表 2）いずれも車両使用者よりも早期に検知し、修理時の平均漏えい量は 52%であった。大半の事例で検知・通知後、配送等の都合から車両の調整がつかずに修理までに時間を要している。この間、漏えいは進行する為、仮に検知後翌日までに修理ができた場合の平均漏えい量を計算すると 38%であった。現在は 30%漏えいで異常を検知しているが、配送等の都合を鑑み、さらなる大気への放出量を減らす必要がある。そこで、より少量の漏えい量での検知を可能とする技術開発を引き続き推進する。

表 2 市中評価 フロン漏えい事例

車両情報				フロン漏えい状況				翌日回収時の 推定漏えい率
運送会社	冷凍機型式	初期 フロン量 (Kg)	システム 検知日	修理日	回収量 (Kg)	漏えい率		
1	A社	DS42LN-P3E22	1.4	2024/2/9	2024/2/13	0.5	63%	38%
2	B社	DS22MN-SH2EH2	1.3	2024/5/15	2024/5/16	0.6	54%	54%
3	C社	P28LN-P4-22S	1.1	2024/7/30	2024/8/8	0.7	36%	31%
4	D社	DS52LE-ESG5LU2	1.4	2024/9/12	2024/1/25	0.8	40%	31%
5	E社	DS42LN-P3E22	1.4	2024/9/26	2024/9/26	0.4	69%	35%

平均52% 平均38%

事例 2 においては、毎日 18 時間稼働する車両である。システムで漏えい検知後、翌日に修理を実施、約 54%の漏えい(※1)であった。解析結果より修理前の想定漏えい量は 45~50% となり、誤差を加味した場合に実際のフロン回収量と一致する結果となった。
 なお、我々のシステムで漏えい検知するまでに温度異常は発生せず、ユーザから修理依頼はなかった。

事例 2 詳細

■車両明細	冷凍機型式	DS22MN-SH2EH22
	初期フロン量	1.3Kg

■使用用途 毎日稼働 (約18時間/日)

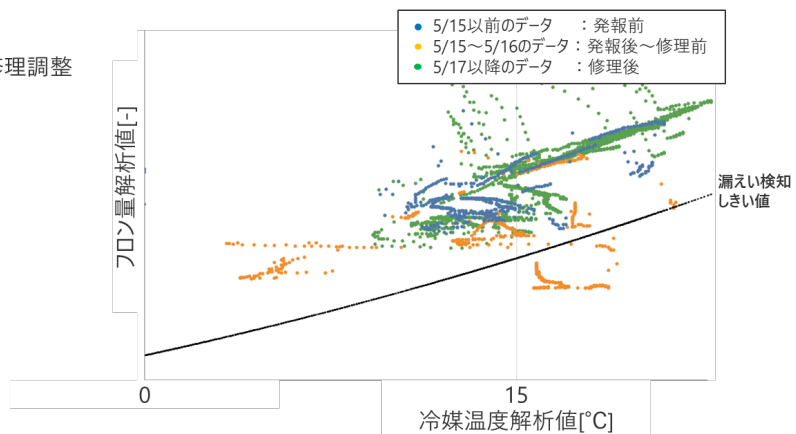
■フロン漏えい検出状況

・5月15日 (水) 午前中 漏えい検出
 お客様へ連絡。17日、18日のいずれかで修理調整

・5月16日 (水) 昼 お客様より入電
 冷えの悪さを感じ、即時修理依頼あり

・5月16日 (木) 19:00~ 現車確認
 高圧ホースからフロン漏えいを確認
 対応：高圧ホース交換

初期フロン量 : 1.30Kg
 フロン回収量 : 0.60Kg
 フロン漏えい量 : 0.70Kg



また、事例4においては、毎日11時間稼働する車両になる。システムで漏えい検知後、約2週間後に修理を実施し約40%の漏えい(※1)を確認した。検知データより、修理前の想定漏えい量は30~35%となり、誤差を加味した場合に実際のフロン回収量と一致する結果となった。なお、こちらも事例2同様、我々のシステムで漏えい検知するまでに温度異常は発生せず、ユーザからの修理依頼はなかった。

事例4 詳細

■車両明細

冷凍機型式	前室：DS42LE-EPG42 後室：DS52LE-ESG5LU2
初期フロン量	前室：1.55kg 後室：1.35kg

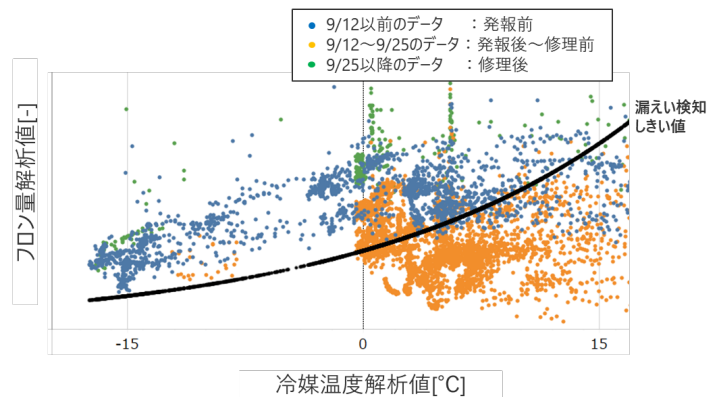
■使用用途 毎日稼働(約11時間/日)

■フロン漏えい検出状況

・9月12日(木) 午前中 漏えい検出
お客様へ連絡。9月25日で修理調整

・9月25日(水) 10:00~ 現車確認
高圧ホースよりフロン漏えい確認
対応：高圧ホース交換

フロン充填量 : 1.35kg
フロン回収量 : 0.8kg
フロン漏えい量 : 0.55kg



※1 フロン回収機の実力、ホース残存、重量計の精度より、5%程度の誤差あり

(2) 実車評価

フロン漏えい監視システムのフロン排出量削減効果を確認するため、弊社が保有する試験車等のフロン量を調整しながらデータ取得することで、漏えい検知性能を検証する。

① 対象冷凍機

冷凍機にはクーリングユニットとコンデンシングユニットが一体化したパッケージ式冷凍機と、それぞれが別々に搭載されたセパレート式冷凍機2種類の構成があり、また車両の大きさにより大 / 中 / 小型冷凍機3つの分類に分けることが出来る。今回はそれぞれの組み合わせで、代表的な6種類の冷凍機を用いて評価を実施する。

表3 実車評価 対象冷凍機一覧

		パッケージ式冷凍機			セパレート式冷凍機		
評価 冷凍機	メーカー	デンソー					
	型式	EP4	EJ6	P3	SF4	NS4	A5+Mコン
	分類	大型	中型	小型	大型	中型	小型
	使用フロン	404A			404A	452A	
	規定フロン量	1.55kg	1.55kg	0.95kg	1.35kg	1.0kg	0.7kg

② 評価方法

表3で示した対象冷凍機に対して、外気温度条件は成り行きとしフロン量を調整しながら冷凍機稼働データを取得する。冷凍機稼働データより算出したフロン量解析マップ(※2)にプロットし、比較を行うことで、漏えい検知性能、及び冷凍機の違いによる差異の有無を確認する。

- 対象冷凍機の規定フロン量を100%とし、この状態で冷凍機稼働データを取得
- 冷凍機内のフロンを▲10%回収(※3)し、規定フロン量の90%のフロンが冷凍機に封入された状態で冷凍機稼働データを取得
- b)を繰り返し、規定フロン量の80%、70%・・・・30%に対しても、同様に冷凍機稼働データを取得
- 各フロン量(※4)で取得した冷凍機稼働データを解析し、フロン量解析マップにプロットし、漏えい検知性能を検証

※2 弊社が考案したフロン量に応じて作成した解析マップ

※3 実際の漏えい状況に近づけるため、100%から徐々に回収

※4 フロン量は評価によって異なる

・試験場所

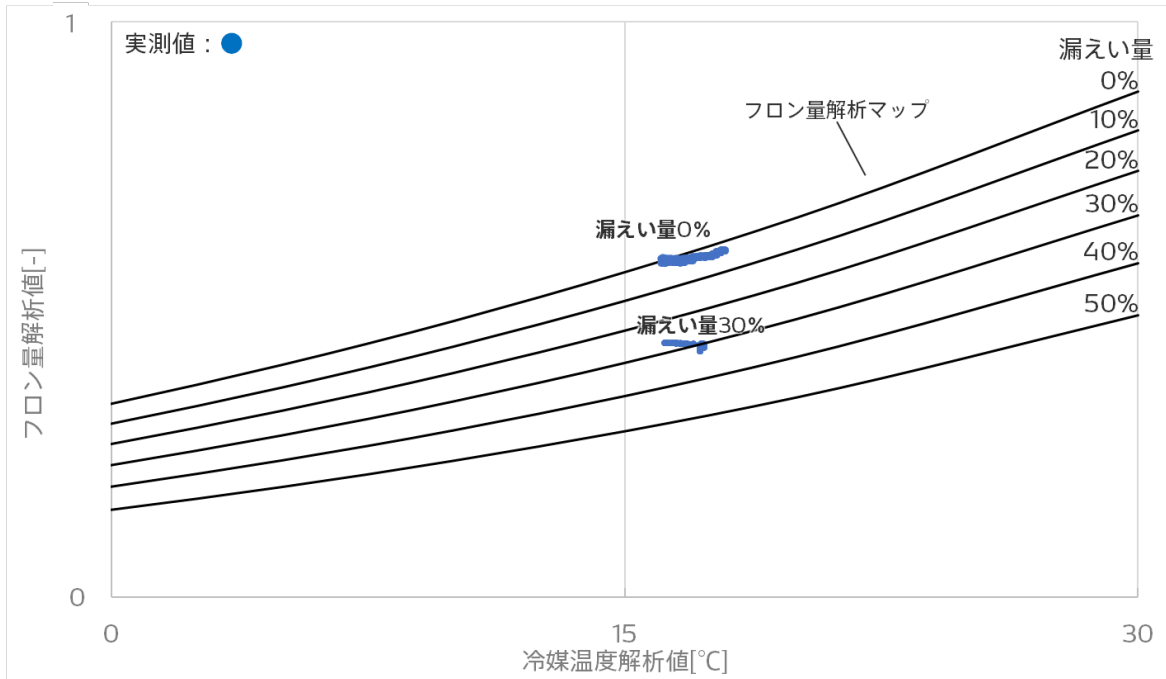
- (株)デンソーソリューション保有の大型ピット
- 顧客拠点

③ 評価結果

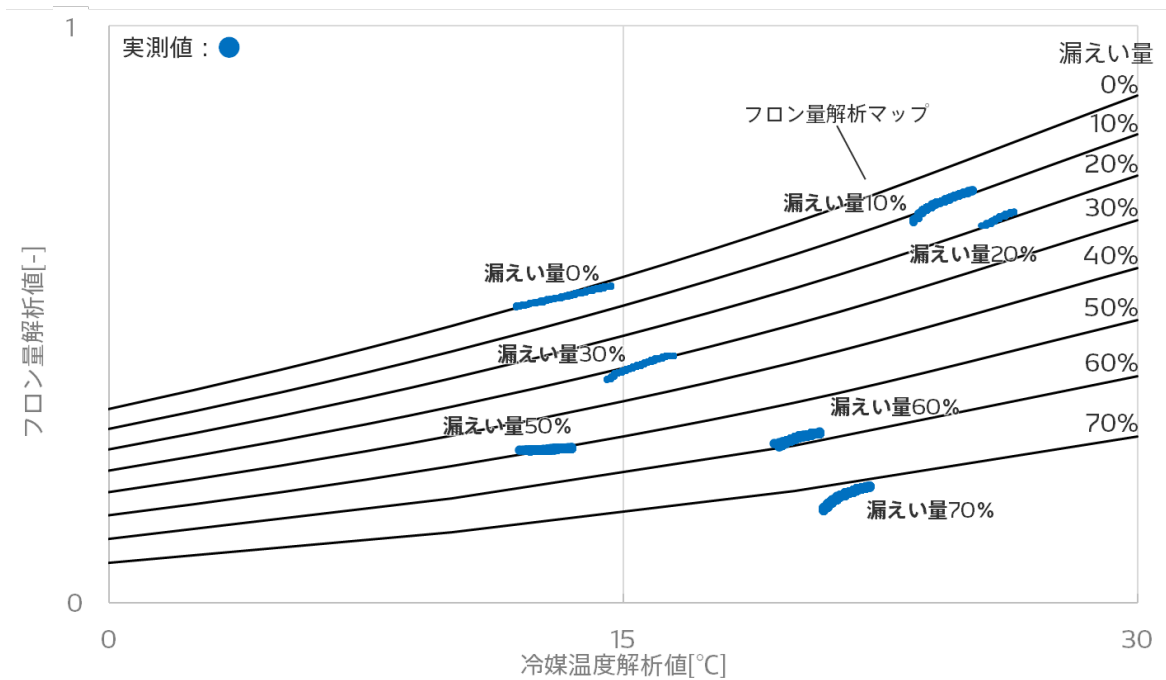
各冷凍機に対して比較した結果を結果1～結果6に示す。

フロン量解析マップと実験データとの比較において、どの冷凍機でもフロン量に応じて算出した フロン量解析マップ上にプロットされており、また冷凍機の違いによる結果の影響もないことが分かった。なお、結果により若干のずれがあるが、これはフロン回収時のホース残存、重量計精度等によるものである。

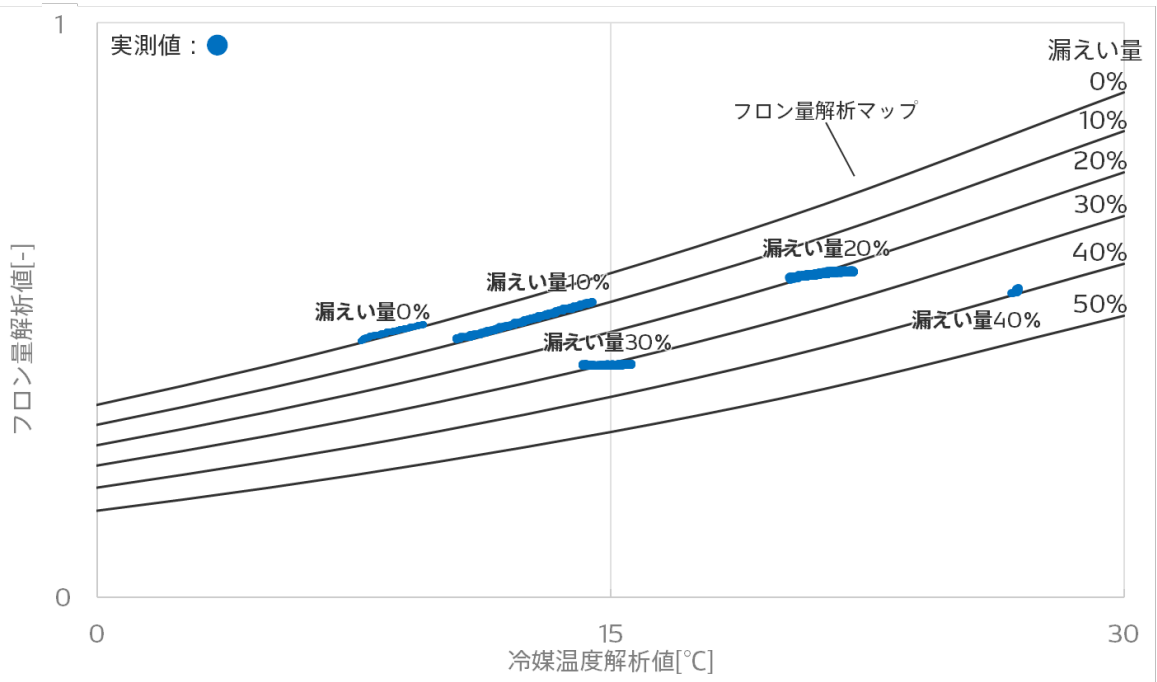
結果1 大型車向けパッケージ式冷凍機



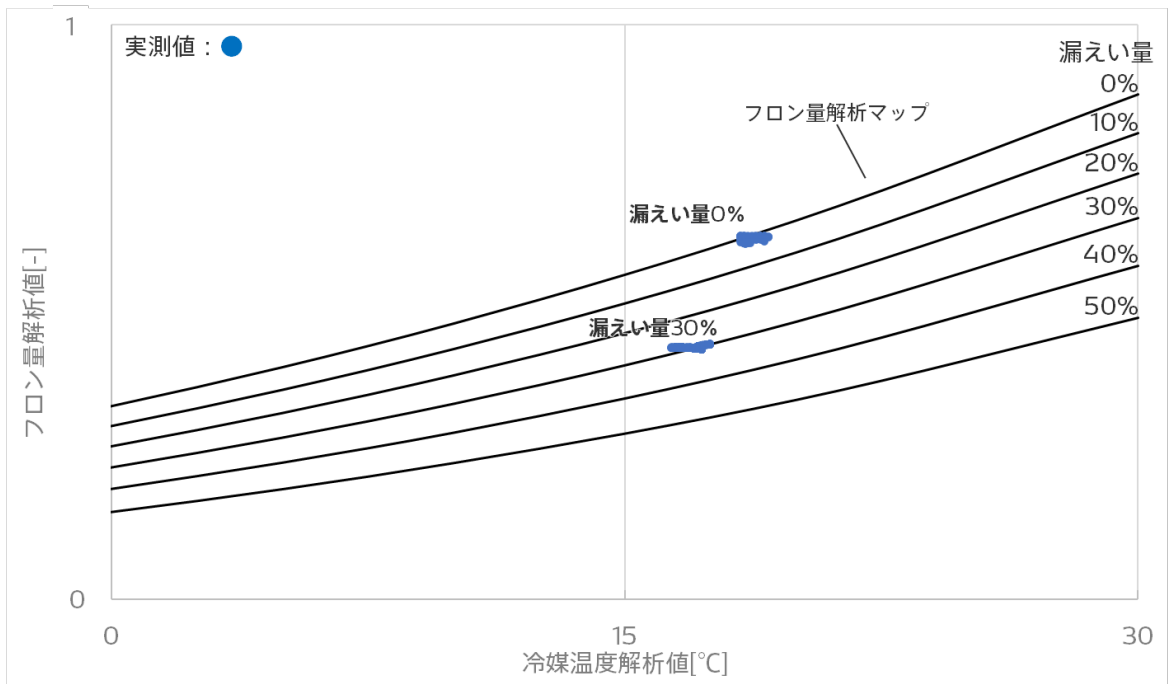
結果2 中型車向けパッケージ式冷凍機



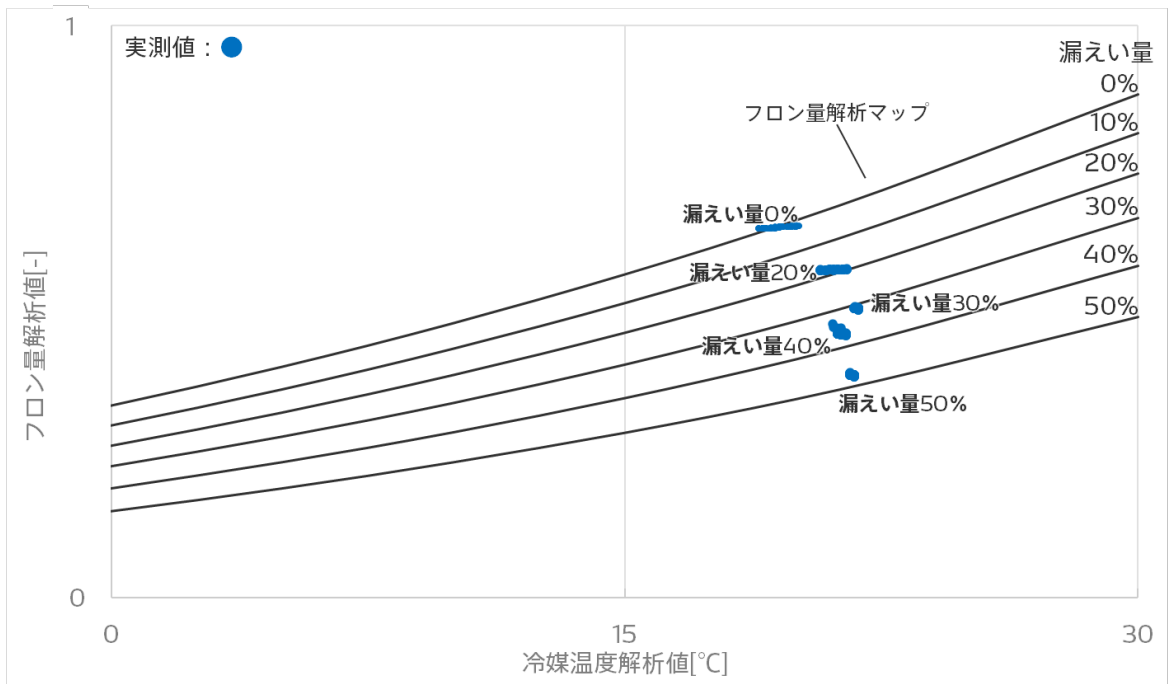
結果3 小型車向けパッケージ式冷凍機



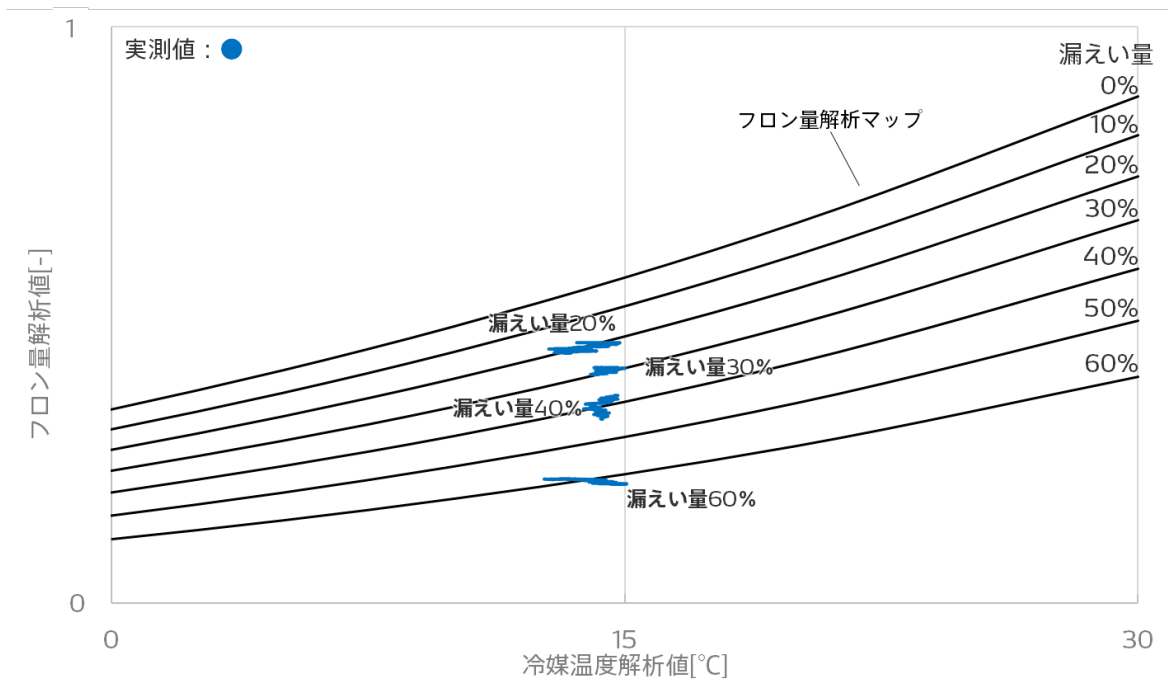
結果4 大型車向けセパレート式冷凍機



結果5 中型車向けセパレート式冷凍機



結果6 小型車向けセパレート式冷凍機



4. まとめ

- ・ 事業取り組み期間中において、市中評価で、5件の早期検出・早期修理に成功した。車両使用者より先に検出し、大気全量放出前に修理が完了した。平均漏えい量は52%であり、回収量の確保に貢献可能であることが確認できた。
- ・ 一方で、配送計画が組まれている中で、修理の為に車両調整に労力と時間が発生する。その為、検出後の修理完了まで1~2週間時間を要した。例えば、検知後の翌日修理が可能であれば、平均漏えい量は38%であり、実現できれば更なる回収量の増加が見込める。早期修理が重要となるため、D-FAMSの認知度向上や環境づくりが必要である。
- ・ 実車評価にて、弊社冷凍機代表機種6機種において仮説通りにフロン漏えいを検出できることが確認できた。機種毎の個体差は確認できなかった。
- ・ 上記より、D-FAMSを活用することで市場でのフロン漏えい削減に効果ありと考える。
- ・ 現状の物流は人で支えられているが、今後携わる人の減少が予測される中（ドライバー不足、運行管理者不足、メカニック不足など）、遠隔監視システムが普及することで、冷媒漏えいの早期検出、早期修理が可能になり突発故障を低減させることで安定した物流に貢献できると考える。