

令和 4 年度化学物質安全対策
(代替フロン分野における 2050 カーボンニュートラル実現に向けた基盤調査)
報告書

令和 5 年 3 月
株式会社野村総合研究所

目 次

事業名	3
背景・目的	3
委託事業の履行期間	3
委託事業の内容	3
委託事業の方法	4
委託事業の結果	6
1. IoT 機器による遠隔監視システムの導入・普及に向けた課題整理及び方策検討	6
1.1. IoT 機器による遠隔監視システムの製品・サービス概要	6
1.2. IoT 機器による遠隔監視システムの法定点検化に向けた論点整理	8
1.3. IoT 機器による遠隔監視システムの法定点検化に向けた設置効果の評価	11
1.4. 今年度の検討結果のまとめ	16
1.5. 次年度の課題	17
2. フロン排出量算出モデルの見直し	18
2.1. モデルの対象	18
2.2. 算出モデルの検討	18
2.3. 算出モデルで用いる数値情報の整理	18
2.4. 政策の効果が表れる数値情報の整理	21
2.5. 2050 年に向けた将来の値を算出するための推計方法の検討	24
2.6. 次年度における算出モデルの検討	26
3. 需給逼迫の影響を受ける可能性があるエンドユーザー特定及び対策・周知の検討	27
3.1. 需給逼迫の影響を受ける可能性があるエンドユーザーの特定	27
3.2. 主要なユーザ業界における使用機器や冷媒構成等に関する情報収集及び冷媒不足に関する周知の実施	27
3.3. 次年度以降の混乱回避に向けた対策と周知・広報に向けた効果的なアプローチの検討・提案	29
3.4. 今年度の検討結果のまとめ	31
3.5. 次年度以降の検討課題	31
4. 次世代冷媒実用化に向けた規制・特許動向調査	32
5. 検討会の設置について	34

事業名

令和 4 年度化学物質安全対策（代替フロン分野における 2050 カーボンニュートラル実現に向けた基盤調査）

背景・目的

カーボンニュートラルが世界的な潮流となる中、我が国においても 2020 年 10 月に、2050 年カーボンニュートラルの実現を目指すことを宣言するとともに、2021 年 4 月には、2030 年度に温室効果ガスを 2013 年度から 46%削減することを目指し、さらに 50%の高みに向けて挑戦を続けていくことを表明した。我が国の温室効果ガス排出量全体は、エネルギー起源の CO₂ 排出量の減少等により、2014 年度以降は減少する一方で、特定フロンから代替フロン（HFCs）への転換が進んだことに伴い、代替フロンは増加傾向が続いており、フルオロカーボンの排出削減を加速することは急務である。2021 年 10 月に改訂された「地球温暖化対策計画」においても、2030 年度の代替フロンの排出量を、2013 年度比 55%減の水準（約 14.5 百万 t-CO₂）にするという厳しい目標が掲げられた。これらの目標の実現に向け、代替フロン分野における抜本的な対策や取組の強化が不可欠である。

このような動きを踏まえ、2021 年 5 月に産構審フロン WG・中環審フロン小委合同会合の審議でとりまとめられた「代替フロン分野での 2050CN に向けた今後の取組の方向性について」において、今後の取組の方向性や考えられる個別対策が列挙されているところ、その審議過程や関連する審議会での議論を踏まえ、当該委託事業では、デジタル技術の活用や政策指標の明確化を中心に政策立案に必要な検討を行う。

委託事業の履行期間

令和 4 年 4 月 4 日から令和 5 年 3 月 17 日まで。

委託事業の内容

1. IoT 機器による遠隔監視システムの導入・普及に向けた課題整理及び方策検討

業務用冷凍空調機器等からの冷媒漏えい量の約 7 割が使用時漏えいによるものとされている。機器からの漏えいは、直接的なフロンの大気放出となるのみならず、機器稼働率の低下により電力消費にも悪影響を及ぼすため、使用時漏えい対策は急務である。この打開策の一つとして、IoT センサやネットワーク、検知ソフトウェアなどのデジタル技術を用いた遠隔監視システムの活用が求められている。最近では、同システムを搭載した業務用冷凍空調機器・サービスの開発・販売の本格化や、業界団体による規格基準等の整備などの進捗も見られるが、現状、市中の既設機器への導入・普及は進んでいない。そのため、IoT 機器による遠隔監視システムの導入・普及に向けた課題整理と方策検討を行うとともに、点検制度の見直しの可能性も含めた具体的な提言を行う。

なお、具体的に想定される検討内容は以下のとおり。（この限りではない。）

- ・ 国内外市場動向、各社製品・サービス概要（機能・仕組み、漏えい抑止効果、販売価格等）、技術動向、導入事例、関連する法規に関する情報収集及び分析
- ・ IoT 遠隔監視システムの法定点検化（簡易点検、定期点検）に向けた設置効果の評価
- ・ 業界標準などを組み合わせた普及方策の在り方の検討及び提案

- ・ 漏えい検知精度向上や既設機器への搭載などを実現するための技術課題の抽出

2. フロン排出量算出モデルの見直し

我が国の温室効果ガス排出量は、毎年、国内の排出量を集計し気候変動枠組条約事務局へ提出することとなっている。また、地球温暖化対策計画の進捗状況報告やフロン排出抑制法に基づくフロン類のライフサイクル全般を見据えた包括的な対策を実施する上で、上流から下流までの各段階でのフロン排出量やマテリアルフローの把握、フロン使用機器の市場導入動向等の分析が必要である。とりわけ、2050 カーボンニュートラルの目標達成に向けた政策の優先順位を検討するため、より精緻に排出量を把握することが求められている。現状、温室効果ガス排出量を推計する上での基礎となる算出モデルが用いられているが、新たな排出削減目標に基づく将来見通し、経済成長や機器需給変動などの外的要因の変化、フロン排出削減に係る政策効果等が、当該算出モデルに適切に反映されるよう見直しを行う。具体的には、算出モデルの構造解析を通じた数式・計数の見直し提案、集計・作業フローの分析による最適化・合理化などを行う。加えて、フロン類のマテリアルフローや排出量インベントリ、地球温暖化対策計画等との関係性を整理し、それらと整合的なモデルを再構築する。

3. 需給逼迫の影響を受ける可能性があるエンドユーザー特定及び対策・周知の検討

モントリオール議定書キガリ改正に基づく蛇口規制は国際約束。国内担保法であるオゾン層保護法の割当てを厳密に運用することで、今後、高 GWP 冷媒の供給が減少することから、現在市中にある冷凍空調機器の補充用冷媒が不足する問題に配慮し、コールドチェーンの維持を含め、社会的混乱の回避が不可欠である。そのため、ユーザへのヒアリング調査等を通じて、主要なユーザ業界毎に使用機器や冷媒構成、ユーザ数等の情報収集を行い、足元の冷媒不足が生じる可能性があるセグメントを特定するとともに、混乱回避に向けた対策と周知・広報に向けた効果的なアプローチを検討・提案し、具体的な周知・広報活動を実施する。

4. 次世代冷媒実用化に向けた規制・特許動向調査

現行 NEDO プロジェクト（省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発事業）において次世代冷媒の技術開発が進められているところ、数年先の国内上市に向け、我が国国内法令（高圧法、化審法、廃掃法等）や海外規制、国際標準等との関係を整理し、実用化の障壁となり得る課題を分析する。また、次世代冷媒に係る国内外各社の特許分析を行い、国内企業の技術的な強みや開発動向について把握するとともに、我が国産業競争力の観点から現状と課題を明確化する。

委託事業の方法

- ・ 実施内容「1」から「3」の実施に当たっては、「検討会」（以下「本検討会」という。）を組織するとともに、年3回程度開催する本検討会運営の事務局を行う。
- ・ 本検討会は、有識者、専門家、関係業界団体、行政機関等で構成し、5～7名程度とする。但し、議題に応じて、必要な者を本検討会に出席させることは妨げない。なお、本検討会に係る謝金及び旅費等については本事業費より支出する。
- ・ 本検討会委員の選定に当たっては、経済産業省と協議し、決定する。
- ・ 本事業は、本検討会を中心に、業務用冷凍空調機器等の関係業界などと連携し、実施する。

- ・ 当該事業の進捗情報等を経済産業省と共有するため、月 1 回以上の定例会議を実施する。また、必要に応じて当該事業以外で実施されている検討会への報告対応を実施する。
- ・ 必要に応じて、web 会議等の非参集型で会議を実施する。
- ・ 本検討会について、議事録を作成する。
- ・ 実施内容「3」について、ヒアリング調査の対象は 4 者程度とし、原則オンラインで実施する。
- ・ 上記の調査結果等を踏まえ、調査報告書として取りまとめる。

1. IoT 機器による遠隔監視システムの導入・普及に向けた課題整理及び方策検討

1.1. IoT 機器による遠隔監視システムの製品・サービス概要

各社の製品・サービスについて、企業名、製品名、機能・サービス(IoT 等により可能になること)、効果（省エネ化、漏えい検知等）をデスクトップ調査により整理した。いずれも、空調機器の運転状況を遠隔監視し、異常時には早期発見し、管理者等へ通知するサービスが含まれている。また、アシスネットサービス（ダイキン工業）や S-cubo（パナソニック産機システムズ）のように、フロン排出抑制法で義務化されている点検を支援するサービス、M-ACCESS（三菱重工業サーマルシステムズ）のように自社製品だけでなく、他社製品も接続可能なサービスもあり、各社で製品・サービスの開発が進められている。

図表 1 IoT 機器による遠隔監視システムの製品・サービスの整理

	製品・サービス名	機能・サービス	効果
ダイキン工業株式会社	アシスネットサービス	・ Low Power Wide Area 通信により、空調機の運転データを自動収集 ・ スマートフォン WEB アプリにより、管理対象の空調機リストを作成・提供 ・ 簡易点検のタイミングを点検項目とともに管理者へメール通知 ・ 点検や整備の記録を紐付け、「点検・整備記録簿」として保管が可能 ・ 異常時は設備管理者にメールで通知	・ 異常の早期発見による省エネ化、コスト削減 ・ 定期点検の短時間化、コスト削減、簡易点検の工数削減
	エアネットサービス	・ 空調機器の運転状況を 24 時間 365 日遠隔監視 ・ 有事の際には、遠隔応急運転やサービスエンジニアへの迅速な出動要請、メンテナンスが可能 ・ サービスエンジニアによる定期点検が契約に含まれ、簡易点検についても工数を大幅削減	・ 異常の早期発見による省エネ化、コスト削減 ・ 定期点検の短時間化、コスト削減、簡易点検の工数削減
株式会社ナンバ	Freon Keeper	・ 外気温度、液冷媒温度、吐出温度、吸入温度、電力量（電流）等のデータを常時収集・測定・監視し、独自のシステムが漏えいを判断 ・ 外気温度や液冷媒温度など収集した設備運転データを一覧やグラフにて表示・管理可能 ・ 漏えいを検知した場合は、担当者にメールで通知 ・ フロン漏えい率が約 10%の段階で早期発見することが可能	・ 異常の早期発見による省エネ化、コスト削減
日立アプライアンス株式会社	Exiida 遠隔監視サービス	・ 機器の運転データを監視し、故障が発生した場合には、設備管理元に通知 ・ 収集した運転データ(冷媒圧力・温度・電流値など)から正常な運転データを一定期間学習し、評価対象	・ 異常の早期発見による省エネ化、コスト削減

	製品・サービス名	機能・サービス	効果
		の運転データを比較することで、故障につながる変化を検出する予兆診断機能 ・一定以上漏えいした場合に国へ提出するフロン類算定漏えい量報告書の出力が可能	
株式会社 新冷熱技研	冷凍機予知 保全システム	・温度・冷媒圧力・圧縮機電流などのデータに冷媒物理特性に照らし合わせた「しきい値」を設定し、機器機能の異常を早期に発見可能	・異常の早期発見による省エネ化、コスト削減
東芝キャリア 株式会社	遠隔監視システム TCCR-NET™	・設備内の主要なポイントをリアルタイムで監視し、外気温、製造熱量、消費電力などの集計結果の表やグラフ、及びその背後にある詳細なデータを確認可能 ・異常発生時はメール送信 ・故障予知、異常診断	・異常の早期発見による省エネ化、コスト削減
三菱重工サーマルシステムズ 株式会社	M-ACCESS	・遠隔拠点の空調機の運転状況をリアルタイムに把握し、一元管理 ・年間消費電力量と天気予報情報に基づく、消費電力量抑制機能を搭載 ・異常発生時のメール通知 ・他社製の空調機の接続が可能	・エネルギーの見える化や異常の早期発見による省エネ化、コスト削減
パナソニック産機システムズ 株式会社	サンエスネット	・空調機に取り付けた遠隔監視アダプターを用いて運転状態を監視 ・異常発生時、管理者へメールで通知 ・点検・修理が必要と判断される場合は、サービスエンジニアが対応 ・稼働経歴や点検履歴等をまとめたレポートの作成が可能	・早期発見による省エネ化、コスト削減 ・定期点検の短時間化、コスト削減
	AC Smart Cloud	・クラウドアダプターと接続した空調機器の運転状況を遠隔で一括管理、エネルギーの見える化が可能 ・メンテナンス時期の通知、異常発生時のメール発信	・設備管理の省力化 ・エネルギーの見える化や異常の早期発見による省エネ化、コスト削減
	S-cubo (エスクーボ)	・温度や消費エネルギーなどを管理する遠隔運用サービス「ERMOS（エレモス）」、稼働状況の異常監視や警報メールの発信を行う遠隔保守サービス「プロメンテツール」、店舗の設備資産を一元管理する遠隔管理サービス「設備台帳サービス」の3つのサービスの組合せで構成 ・フロン排出抑制法に対応した冷媒管理と冷媒漏えい量集計が可能	・エネルギーの見える化や異常の早期発見による省エネ化、コスト削減 ・定期点検の短時間化、コスト削減、簡易点検の工数削減

出典 各種資料から NRI 作成

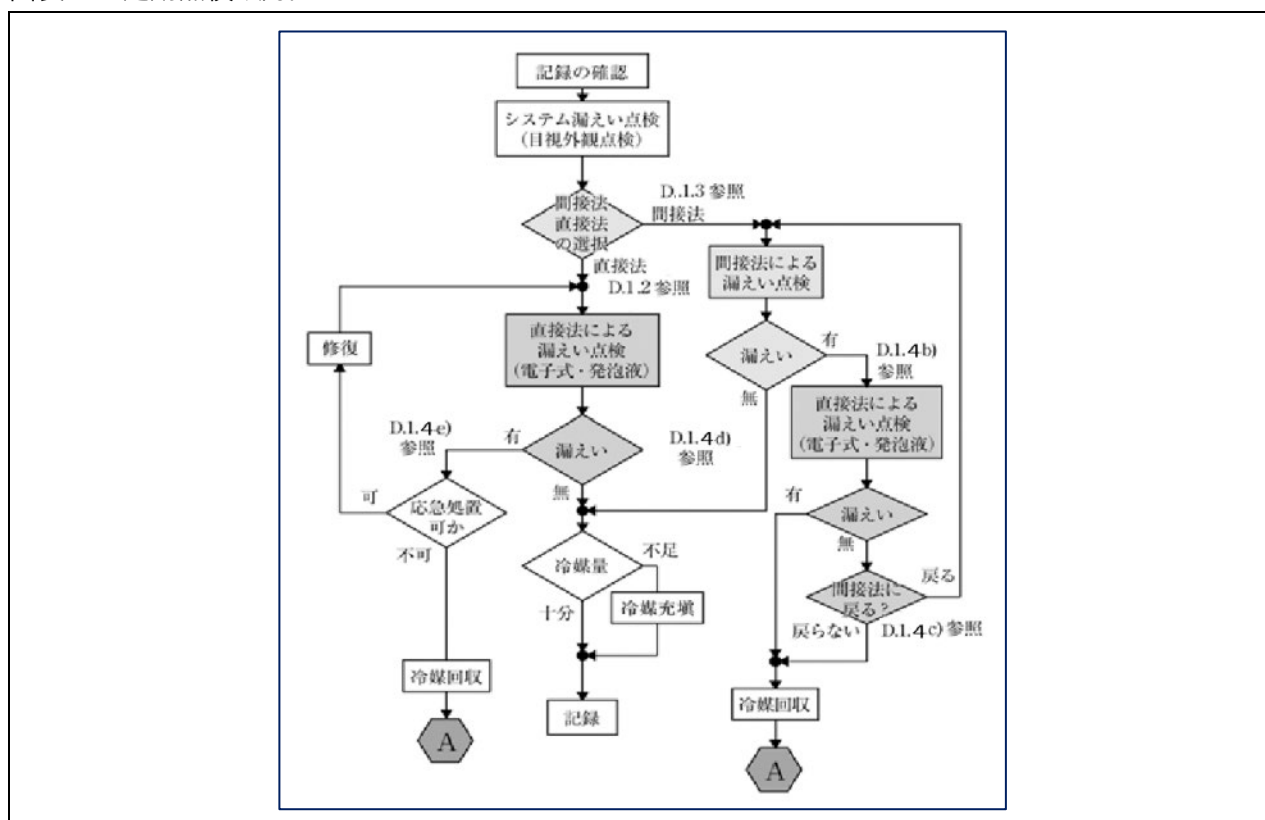
1.2. IoT 機器による遠隔監視システムの法定点検化に向けた論点整理

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（フロン排出抑制法）では、業務用冷凍・空調機器の管理者は、3 ヶ月に 1 回以上の簡易点検が義務付けられており、2022 年 8 月の法改正により、IoT 機器による遠隔監視システムが簡易点検の代替として位置づけられた。

一方、定期点検においては、現時点で IoT 機器による遠隔監視システムが位置付けられておらず、本調査では、定期点検の内容を整理した上で、IoT 機器による遠隔監視システムを位置付ける場合の論点を整理した。

定期点検については、圧縮機に用いられる電動機の定格出力が 7.5kW 以上の第一種特定製品について、十分な知見を有する者が自ら又は立会いによる、1 年に 1 回以上（50kW 未満のエアコンディショナーは 3 年に 1 回以上）直接法、間接法又はこれらを組み合わせた方法による検査などが義務づけられている。

図表 2 定期点検の流れ



出典 業務用冷凍空調機器フルオロカーボン漏えい点検・修理ガイドライン

現在の法定点検及び業務用冷凍空調機器フルオロカーボン漏えい点検・修理ガイドライン（JRC GL-01）を踏まえ、論点として、①目視、聴覚による点検の遠隔監視システムへの代替可能性、②直接法の遠隔監視システムへの代替可能性、③間接法の遠隔監視システムへの代替可能性があると考えられる。以下では、法定点検、ガイドラインの内容、遠隔監視システムへの代替に関する課題等を整理した。

① 目視、聴覚による点検の遠隔監視システムへの代替可能性

法定点検の項目、ガイドラインで整理されている項目は下表のとおりである。目視、聴覚による点検の意図としては、故障の予兆、起こりうる可能性の判断であり、またガイドラインで整理された項目については、全てを確認しなければならないわけではなく、これらを踏まえて総合的に判断するという位置づけである。

また、ガイドラインで整理された項目の遠隔監視システムによる代替可能性について、一般社団法人日本冷凍空

調工業会に実施したヒアリング調査等を踏まえて、課題等を整理した。目視、聴覚による法定点検の項目については、カメラ等の活用により機器や配管の一部であれば遠隔監視可能であるが、全てを遠隔監視することは難しい点が課題となる。一方で、遠隔監視システムを導入した場合はシステムにより常時監視しており、故障を早期発見できることを踏まえると、故障の予兆の重要性は従前と比較して下がると考えられる。

以上を踏まえ、定期点検に遠隔監視システムを位置づけるためには、現在の法定点検の項目のままでは難しく、故障の予兆等の位置付けを検討する必要がある。

図表 3 目視、聴覚による点検の遠隔監視システムへの代替可能性に関する整理

法定点検の項目	ガイドライン（JRC GL-01）で整理された項目※	遠隔監視システムへの代替に関する課題等
異常音の有無	—	・「外観の損傷、摩耗」、「腐食、さびその他の劣化」等については、カメラを用いて遠隔監視する方法が考えられるが、配管の全てを監視することは難しい。 ・目視、聴覚による点検の意図である故障の予兆、起こりうる可能性の判断については、音や振動の検出により配管損傷を判断することが考えられるが、こちらも配管の全てに対応することは難しい
外観の損傷、摩耗	f) 機器の損傷（亀裂、変形、擦れなど）	
腐食、さびその他の劣化	c) 冷媒回路の錆、腐食	
油漏れ	a) 油の漏れやシミ	
熱交換器への霜の付着の有無	d) 着霜	
—	b) 局所的な凍結 e) 漏れの痕跡 g) 冷媒液面の低下 h) 溶栓の変形	

※：英字はガイドラインの項目と対応

出典 フロン排出抑制法、業務用冷凍空調機器フルオロカーボン漏えい点検・修理ガイドライン、ヒアリング調査結果から NRI 作成

② 直接法の遠隔監視システムへの代替可能性

直接法における点検結果は漏えい発見、漏えいなしのどちらかとなる。一方、遠隔監視システムの場合は、充填量の 30%※が漏えいした場合は検知できるが、漏えい量が 30%未満の場合は検知できない。そのため、直接法を遠隔監視システムで代替して問題ないかについては検討する必要がある、その一環として、「1.3.IoT 機器による遠隔監視システムの法定点検化に向けた設置効果の評価」において遠隔監視システム導入による漏えい量削減効果等に関する検討を実施した。

※：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（GL-17）において、漏えい検知システムの性能に関する合格基準から引用

③ 間接法の遠隔監視システムへの代替可能性

法定点検の項目、ガイドラインで整理されている項目は下表のとおりである。なお、ガイドラインで整理された項目については、全てを確認しなければいけないわけではなく、これらを踏まえて総合的に判断するという位置づけである。

ガイドラインで整理された項目の全てを遠隔監視システムで代替することは難しいが、法定点検の項目である蒸発器の圧力、圧縮器を駆動する電動機の電圧又は電流については、遠隔監視システムでも監視可能、その他第一種特定製品の状態を把握するために必要な事項についても、遠隔監視システムで監視可能な項目があるため、法律で規定された項目については遠隔監視システムで代替可能と考えられる。

図表 4 間接法の遠隔監視システムへの代替可能性に関する整理

法定点検の項目	ガイドライン（JRC GL-01）で整理された項目※	遠隔監視システムへの代替に関する課題等
蒸発器の圧力	a) 高圧圧力、低圧圧力が低過ぎないか	— (監視可能)
圧縮器を駆動する電動機の電圧又は電流	c) 圧縮機駆動用電動機の電圧・電流が低過ぎないか	— (製品によっては監視可能)
その他第一種特定製品の状態を把握するために必要な事項	b) 吐出温度が高過ぎないか d) 過熱度が大き過ぎないか e) 過冷却度は適正か f) 圧縮機が過熱していないか g) 空気（吸込みと吹出し）温度差、水（入口と出口）温度差が正常値と比較して小さくないか h) 機器内の配管が異常に振動していないか i) 冷媒液配管に液ハンマによる異常音が発生していないか j) 安定運転後、液管のサイトグラスが泡立っていないか k) 抽気回数・冷媒液面（低圧冷媒使用のターボ冷凍機） l) その他（機器メーカーの定める判断基準がある場合）	・ b)、d)、e)、g)については、GL-17のガイドラインの診断項目にも含まれているため、監視可能である ・ 全ての項目を満たさなければいけないということではない。（例えば、サイトグラスが無い機器もある。）

※：英字はガイドラインの項目と対応

出典 フロン排出抑制法、業務用冷凍空調機器フルオロカーボン漏えい点検・修理ガイドライン、ヒアリング調査結果から NRI 作成

1.3. IoT 機器による遠隔監視システムの法定点検化に向けた設置効果の評価

IoT 機器による遠隔監視システムを定期点検に位置付けることに関する検討の一環として、遠隔監視システムの導入によるユーザーメリットを推計し、経済産業省における遠隔監視システムの普及推進策の検討、また企業における販売促進への活用に役立てるため、遠隔監視システムの設置効果の試算を実施した。なお、効果については、IoT 機器による遠隔監視システムが実際に導入されている事例をもとに、コスト及び省エネ（温室効果ガス排出量）の観点から試算を行い、試算項目としては、遠隔監視システムを導入した場合と導入していない場合で、差が現れる項目を対象とした。

図表 5 遠隔監視システムの設置効果の評価のために試算を行った項目

	コスト※	省エネ（温室効果ガス排出量）
試算を行った項目	・ IoT 機器導入費用 ・ IoT 機器による電力消費に係る料金 ・ 簡易・定期点検委託費用 ・ 冷媒漏えいによる電力消費量増加分の電気料金 ・ 冷媒充填費用	・ IoT 機器の電力消費による温室効果ガス排出量 ・ 点検のための移動時のガソリン消費による温室効果ガス排出量 ・ 冷媒漏えいによる電力消費量増加による温室効果ガス排出量 ・ 環境中に漏えいした冷媒による温室効果ガス排出量

上記の試算を行うために必要な空調機器や使用冷媒等に関する情報（試算の前提条件）は下表のとおり。

図表 6 各事例における空調機器、使用冷媒等に関する情報（試算の前提条件）

	前提条件	出典
評価対象期間	1 年間	—
施設の種類	教育施設	ヒアリング調査結果
機器の種類	ビル用マルチ	ヒアリング調査結果
空調機器の中間冷房中温消費電力	6.43kW※1※2	製品カタログ
空調機器の最小冷房中温消費電力	3.96kW※1※2	製品カタログ
一日当りの機器稼働時間	12 時間	APF2015 算出条件
一週間当たりの稼働日数	6 日	APF2015 算出条件
年間当たりの稼働月数	10 ヶ月	APF2015 算出条件
一つの冷媒回路の中で圧縮機に用いられる電動機の定格出力の合計	16.5kW	ヒアリング調査結果
使用冷媒	R-410A	ヒアリング調査結果
使用冷媒の GWP	2,090	（一財）日本冷媒・環境保全機構「地球温暖化係数（GWP）一覧」R-404A
上記機器の冷媒充填量	24.2kg	ヒアリング調査結果
遠隔監視システム導入台数	4	ヒアリング調査結果

	前提条件	出典
導入費用	3,600 円/月	ヒアリング調査結果
契約内容	通信端末費等	ヒアリング調査結果
遠隔監視システムによる消費電力	1W/台	ヒアリング調査結果
遠隔監視システム未導入の場合、 人が漏えいを認知できる漏えい率 ^{※3}	60%	令和 3 年度 IoT 技術を活用したフロン漏えい検知システムにおける温暖化対策効果の把握に関する調査委託業務報告書
遠隔監視システムが漏えい検知可能な漏えい率 ^{※3}	20～30%	ヒアリング調査結果
電力単価	28.7 円/kWh	関西電力株式会社「電気の基本料金・単価表」
簡易点検費用 ^{※4}	基本料金 10,000 円 + 1,500 円/台	一般社団法人フロン排出抑制機構「点検費用」
定期点検費用 ^{※5}	15,400 円/台	一般社団法人フロン排出抑制機構「点検費用」
冷媒充填費用	3,000 円/kg	有限会社リョウテックホームページ
電力消費による温室効果ガス排出係数	0.452kg-CO ₂ /kWh	東京電力エナジーパートナー株式会社「2021 年度の CO ₂ 排出係数について」
定期点検時の移動に伴うガソリン消費による 温室効果ガス排出量	1.36kg-CO ₂ ^{※6}	事業者と教育施設間の距離、燃費、温室効果ガス排出係数から試算

※1： 圧縮機に用いられる電動機の定格出力の合計を踏まえて製品を選定した

※2： 中間冷房中温能力、最小冷房中温能力については、APF2015 の条件に従って算出された数値（詳細は後述する）

※3： 漏えいが発生する場合は、4 つの冷媒回路全てで漏えいが発生すると仮定

※4： 簡易点検は 3 ヶ月に一度実施するため、試算の際には年間で 4 回実施すると想定

※5： 定期点検は 3 年に一度実施することから、試算の際には 1/3 の金額を対象とした

※6： 事業者と教育施設間の距離により値は変動する。また、定期点検は 3 年に一度実施することから、1/3 を乗じた。

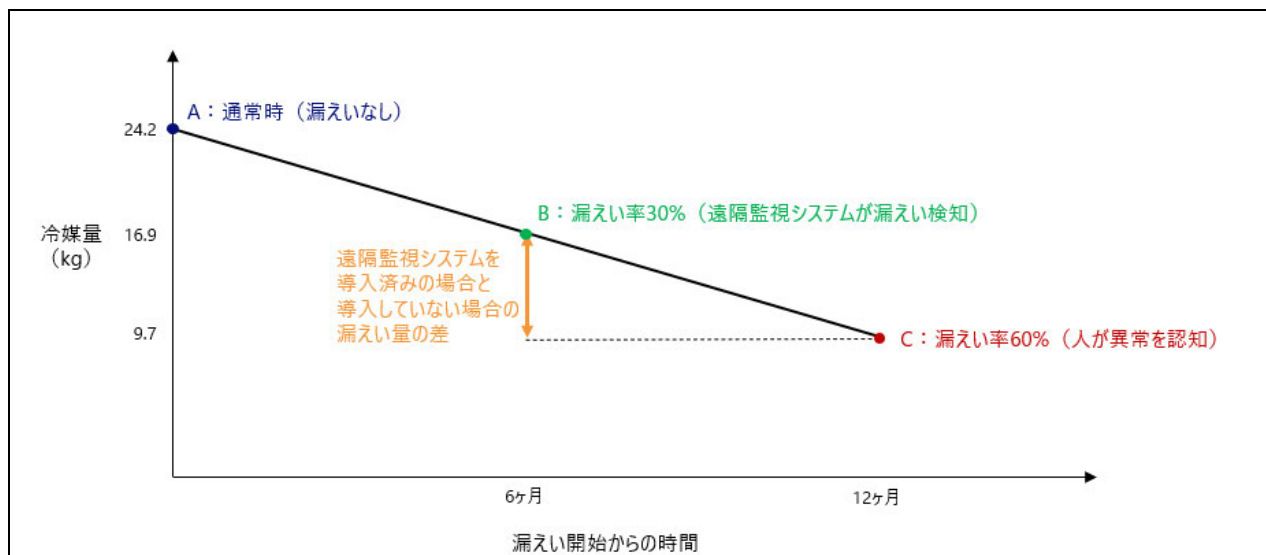
出典 NRI 作成（各項目の出典については表中に記載）

また、遠隔監視システムの設置効果の評価に当たっては、評価対象期間（1 年間）に 4 つの冷媒回路の全てで冷媒漏えいが発生した場合、発生しない場合の両方で試算を行った。冷媒漏えいの前提条件の考え方については、以下のとおり。

冷媒漏えいについては、対象期間開始時点から漏えいが始まり、1 年間をかけて一定割合で漏えいが継続し、1 年後に人が異常を認識すると仮定した。

また、遠隔監視システムによる検知可能な漏えい率は 30%、人が異常を認識する漏えい率を 60%と仮定した。遠隔監視システムを導入済みの場合と導入していない場合の冷媒漏えい量の差は次図の橙色の箇所となる。

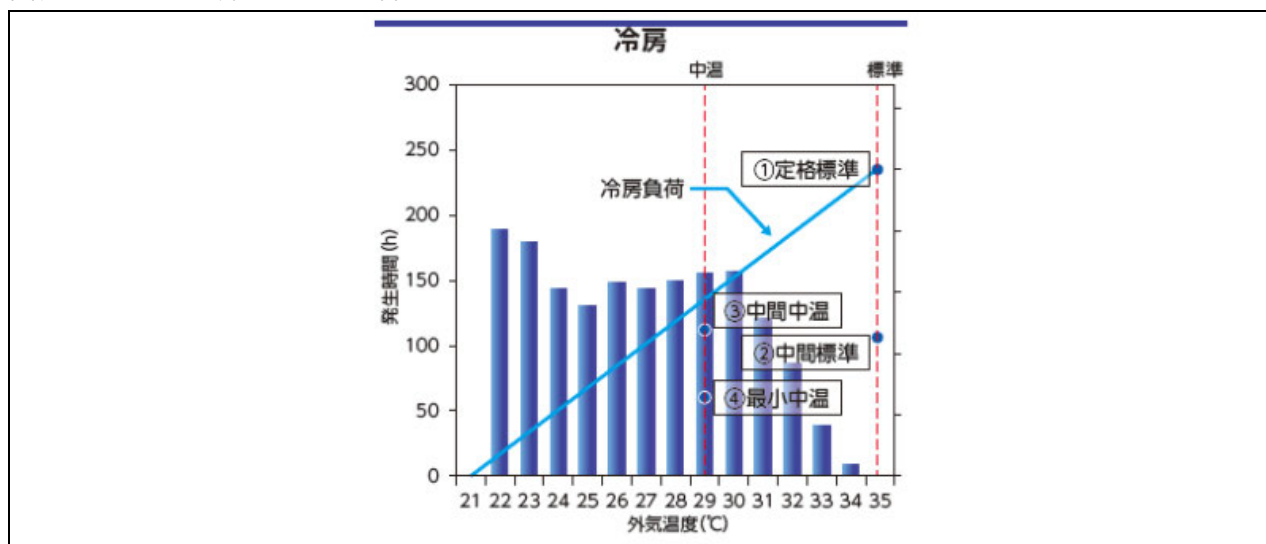
図表 7 空調機器の冷媒漏えいシナリオ（冷媒漏えい量と時間の関係）



出典 NRI 作成

空調機器による消費電力として、複数の運転能力の段階における消費電力が公表されているという理由から、APF 算出のための評価点である中間冷房中温、最小冷房中温を用いて試算を行った。なお、中間冷房中温は中温において中間冷房能力を発揮する設定、最小冷房中温は中温において最小冷房能力を発揮する設定を意味する。また、これらの数値については、具体的な製品の数値を参考とした。

図表 8 APF2015 算出のための評価点



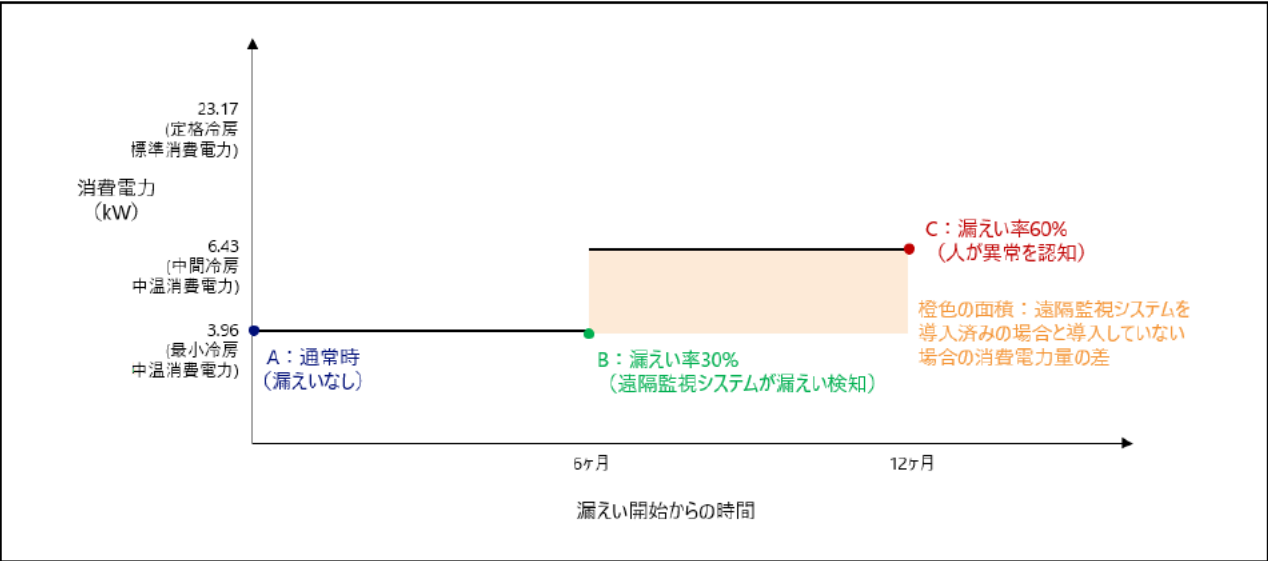
出典 業務用エアコンの APF 表示について（一般社団法人日本冷凍空調工業会）

冷媒が漏えいしていない場合（A）及び漏えいが開始した場合でも遠隔監視システムが検知可能な漏えい率 30%（B）までは、最小冷房中温能力による運転時間の割合が高いと仮定し、試算には最小冷房中温消費電力を用いた。その後、漏えい率が 30%を超えると中間冷房中温能力による運転時間の割合が高いと仮定し、試算には中間冷房中温消費電力を用いた。

また、冷媒漏えいによる消費電力増加分を試算するため、消費電力と時間の関係を下図に整理した。1 年間をかけて一定割合で漏えいが継続する仮定を踏まえると、遠隔監視システムが検知可能な漏えい率 30%（B）は漏え

い開始から 6 ヶ月経過後、人が異常を認識する漏えい率 60%（C）は 12 ヶ月経過後となる。遠隔監視システムを導入済みの場合と導入していない場合の消費電力量の差は下図の橙色の箇所となる。

図表 9 空調機器の冷媒漏えいシナリオ（消費電力と時間の関係）



出典 NRI 作成

以上を踏まえて、遠隔監視システムを導入した場合と導入していない場合の試算対象とした項目のコスト[※]は以下のとおりとなった。（※4 つの冷媒回路に関するコストの試算結果である。）

漏えいなしの場合は、各コストのうち、簡易、定期点検の費用の占める割合が大きく、遠隔監視システムを導入していない場合の方が導入した場合と比較してコストは高くなった。一方、漏えいありの場合は、漏えいが分かるタイミング（遠隔監視システムを導入した場合：漏えい率 30%、遠隔監視システムを導入した場合：漏えい率 60%）の違いに起因する冷媒漏えいによる、電力消費量増加分の電気料金、冷媒充填費用の差が大きいため、導入した場合としていない場合のコストの差額がさらに大きくなった。

図表 10 遠隔監視システムを導入した場合と導入していない場合のコストの試算結果（漏えいなし）

（単位：円/年）

想定	IoT 機器導入費用	IoT 機器による電力消費に係る料金	簡易点検委託費用	定期点検委託費用	冷媒漏えいによる電力消費量増加分の電気料金	冷媒充填費用	計
遠隔監視システムを導入した場合	43,200	1,006	—	—	—	—	44,206
遠隔監視システムを導入していない場合	—	—	64,000	20,533	—	—	84,533

出典 NRI 作成

図表 11 遠隔監視システムを導入した場合と導入していない場合のコストの試算結果（漏えいあり）

（単位：円/年）

想定	IoT 機器 導入費用	IoT 機器 による 電力 消費に 係る料金	簡易点検 委託費用	定期点検 委託費用	冷媒漏え いによる 電力消費 量増加分 の電気 料金	冷媒充填 費用	計
遠隔監視システムを 導入した場合	43,200	1,006	—	—	—	87,120	131,326
遠隔監視システムを 導入していない場合	—	—	64,000	20,533	408,321	174,240	667,094

出典 NRI 作成

また、遠隔監視システムを導入した場合と導入していない場合の試算対象とした項目の温室効果ガス排出量は以下のとおりとなった。

漏えいなしの場合は、遠隔監視システムを導入した場合の方が導入していない場合と比較して温室効果ガス排出量が多いという結果となった。一方、漏えいありの場合は、漏えいが分かるタイミング（遠隔監視システムを導入した場合：漏えい率 30%、遠隔監視システムを導入した場合：漏えい率 60%）の違いに起因する冷媒漏えいによる電力消費量増加による温室効果ガス排出量、環境中に漏えいした冷媒による温室効果ガス排出量の差が大きいため、遠隔監視システムを導入していない方が温室効果ガス排出量は多くなった。

図表 12 遠隔監視システムを導入した場合と導入していない場合の温室効果ガス排出量の試算結果(漏えいなし)

（単位：kg-CO₂/年）

想定	IoT 機器の 電力消費による 温室効果ガス 排出量	点検のための 移動時の ガソリン消費に よる温室効果 ガス排出量	冷媒漏えい による電力消費 量増加による 温室効果ガス 排出量	環境中に漏えい した冷媒による 温室効果ガス 排出量	計
遠隔監視システムを 導入した場合	16	—	—	—	16
遠隔監視システムを 導入していない場合	—	1	—	—	1

出典 NRI 作成

図表 13 遠隔監視システムを導入した場合と導入していない場合の温室効果ガス排出量の試算結果(漏えいあり)
(単位：kg-CO₂/年)

想定	IoT 機器の 電力消費による 温室効果ガス 排出量	点検のための 移動時の ガソリン消費に よる温室効果 ガス排出量	冷媒漏えい による電力消費 増加による 温室効果ガス 排出量	環境中に漏えい した冷媒による 温室効果ガス 排出量	計
遠隔監視システムを 導入した場合	16	—	—	60,694	60,709
遠隔監視システムを 導入していない場合	—	1	25,723	121,387	147,111

出典 NRI 作成

1.4. 今年度の検討結果のまとめ

本年度の検討では、IoT 機器による遠隔監視システムの法定点検化に向けた論点整理、IoT 機器による遠隔監視システムの法定点検化に向けた設置効果の評価等を実施した。

IoT 機器による遠隔監視システムの設置効果の評価では、コストと温室効果ガス排出量の視点から、冷媒漏えいが発生した場合と発生しない場合で試算を行った。

試算結果としては、コストについては、冷媒漏えいが発生した場合、発生しない場合ともに、遠隔監視システムを導入した方が導入しない場合と比較して、コストが低いという結果になった。特に、冷媒漏えいが発生した場合では、冷媒漏えいによる電力消費量増加分の電気料金が他のコストと比較して高いため、遠隔監視システムを導入した場合と導入していない場合で差が拡大し、本検討で参考とした教育施設の事例では、年間約 54 万円の差が生じた。

温室効果ガス排出量については、冷媒漏えいが発生しない場合は、遠隔監視システムを導入していない方が導入している場合と比較して少ないが、冷媒漏えいが発生した場合は逆転し、導入した場合の方が、約 9 万 kg-CO₂/年 少なくなるという結果となった。

以上から、今年度の試算結果を踏まえると、遠隔監視システム導入は、機器管理者にとってコスト面で大きなメリットがあり、さらに冷媒漏えいが発生した場合については、温室効果ガス排出量削減という点で環境負荷低減にも繋がる事が分かった。

一方、法定点検化に向けた論点整理では、現在の法定点検の項目について、業務用冷凍空調機器フルオロカーボン漏えい点検・修理ガイドライン（JRC GL-01）との関連も踏まえて、遠隔監視システムへの代替に関する課題整理を行った。

法定点検の項目のうち、目視、聴覚による法定点検の項目の代替可能性については、カメラ等の活用により機器や配管の一部であれば監視可能であるが、全てを監視することは難しい点が課題となる。また、直接法の遠隔監視システムへの代替可能性については、充填量の 30%が漏えいした場合は検知できるが、漏えい量が 30%未満の場合は検知できない。さらに、間接法の遠隔監視システムへの代替可能性については、ガイドラインで整理された項目の全てを遠隔監視システムで代替することは難しいが、法定点検の項目である蒸発器の圧力、圧縮器を駆動する電動機の電圧又は電流については、遠隔監視システムでも監視可能、その他第一種特定製品の状態を把握するために必要な事項についても、遠隔監視システムで監視可能な項目があるため、法律で規定された項目については遠隔監視システムで代替可能と考えられる。

目視、聴覚による法定点検の意図は、故障の予兆、起こりうる可能性の判断であるが、遠隔監視システムにより早

期発見可能なことから、故障の予兆、起こりうる可能性の判断の重要性は下がると考えられる。この点については、目視、聴覚による法定点検の効果を検証した上で、位置付けを見直すことが案として考えられる。また、直接法の代替に関して、遠隔監視システムが漏えい率 30%未満の場合は検知できない点を踏まえると、直接法の検査と遠隔監視システムによる監視を組み合わせることで、より早期の異常発見が可能になる。

本年度の検討において、遠隔監視システム導入によりコスト低減、温室効果ガス排出量削減（漏えいありの場合）が明らかになったことを踏まえ、遠隔監視システムを用いた場合の目視、聴覚による点検の位置付けを見直し、直接法と遠隔監視システムによる監視を併用する手法を定期点検に位置付けることが案として考えられる。

1.5. 次年度の課題

今年度、冷媒漏えいシナリオについては、仮説を設定して試算を行った。より精緻な試算を行うためには、冷媒漏えいの頻度、漏えい割合、電力消費量の増加分等について実態に即したデータが必要であり、そのためには実際の機器を用いた実証試験からデータを入手する必要がある。また、遠隔監視システムや冷凍空調機器の対象機器を拡大して試算することも必要と考えられる。

2. フロン排出量算出モデルの見直し

2.1. モデルの対象

フロン排出量算出モデルが対象とする用途は次のとおり。なお、排出量推計の際には、各用途における使用量から推計されるフロン類の製造時の排出量も対象とする。

図表 14 フロン排出量算出モデルが対象とする用途

冷媒	自動車用		カーエアコン
	家庭用		家庭用ルームエアコン
	業務用	大型冷凍冷蔵機器	遠心式冷凍機、スクリーフ冷凍機
		中型冷凍冷蔵機器	冷凍冷蔵ユニット、コンデンシングユニット、別置形冷凍冷蔵ショーケース、冷凍冷蔵用チリングユニット
		小型冷凍冷蔵機器	内蔵型冷蔵ショーケース、業務用冷凍冷蔵庫、冷水機、製氷機、除湿機、
		空調機器	店舗用パッケージエアコン、ビル用パッケージエアコン、設備用パッケージエアコン、GHP、空調用チリングユニット
		輸送用	輸送用冷凍冷蔵ユニット
		飲料用自動販売機	飲料用自動販売機
発泡剤	断熱材用	硬質ウレタンフォーム、押出発泡ポリスチレン、高発泡ポリスチレン、フェノールフォーム	
噴射剤	エアゾール用	エアゾール製品	
		定量噴射エアゾール吸入器	
電子部品等洗浄剤・溶剤			
半導体、液晶製造用ガス			
電気絶縁ガス			
マグネシウム製造用カバーガス			

出典 NRI 作成

2.2. 算出モデルの検討

2.2.1. 算出モデルで用いる数値情報の整理

現在の排出量の算出モデルは、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ワーキンググループで産業界の自主行動計画の取組状況として公表されている、HFC 等の推計排出量の計算に用いられているものとなる。

基本的に、機器の製造量やガスの使用量といった、いわゆる「活動量」と1台当たり充填量といった「原単位」、ライフサイクル別に設定される「排出係数」を乗じることで計算されている。

算出モデルに用いられている数値情報は次のとおり整理される。

図表 15 算出モデルに用いられている数値情報

用途		算出モデルに用いられている数値情報	単位
冷媒	カーエアコン製造等	HFC エアコン車生産台数	(千台)
		1 台当たり生産時漏洩量	(g)
		HFC エアコン車両保有台数	(千台)
		1 台当たり平均冷媒充填量	(g)
		1 台当たり年間使用時漏洩量	(t)
		故障発生割合	(%)
		故障事故車両冷媒漏洩率	(%)
		全損事故車両数	(千台)
		全損事故車両冷媒充填量	(g)
		使用済 HFC 車国内台数	(千台)
		使用済 HFC 車冷媒充填量	(g)
		HFC 回収量	(t/年)
	家庭用エアコン製造等	HFC 使用機器生産台数	(千台)
		1 台当たり充填量	(g)
		生産時排出係数	(%)
		HFC 機器市中稼働台数	(千台)
		機器稼働時平均冷媒充填量	(g/台)
		機器稼働時冷媒排出係数	(%)
		使用済 HFC 機器発生台数	(千台)
		機器廃棄時平均冷媒充填量	(g/台)
		法律に基づく使用済 HFC 回収量	(t)
	業務用冷凍空調機器製造等	HFC 機器生産台数	(千台)
		工場生産時平均冷媒充填量	(g/台)
		工場生産時冷媒排出係数	(%)
		HFC 機器現場充填実施台数	(千台)
		現場設置時平均冷媒充填量	(g/台)
		現場設置時冷媒排出係数	(%)
		HFC 機器市中稼働台数	(千台)
		機器稼働時平均冷媒充填量	(g/台)
		機器稼働時冷媒排出係数	(%)
		使用済 HFC 機器発生台数	(千台)
		法律に基づく整備時 HFC 回収量	(t)
		法律に基づく使用済 HFC 回収量	(t)
	飲料用自動販売機製造等	HFC 使用機器生産（販売）台数	(千台)
		1 台当たり充填量	(g)
		生産時漏洩率	(%)
		稼働台数	(千台)

用途		算出モデルに用いられている数値情報	単位
		事故・故障発生率	(%)
		故障時平均漏洩率	(%)
		修理時平均漏洩率	(%)
		廃棄台数	(千台)
発泡剤	ウレタンフォーム製造等	HFCの使用量	(t)
		発泡時漏洩率	(%)
		使用時 HFC 年間排出率	(%)
	押出發泡ポリスチレンフォーム製造等	HFCの使用量	(t)
		フォーム製品化率	(%)
		使用時 HFC 年間排出率	(%)
	高発泡ポリエチレンフォーム製造等	HFCの使用量	(t)
	フェノールフォーム製造等	HFCの使用量	(t)
噴射剤	エアゾール製造等	噴射剤の潜在排出量	(t)
		製品への充填時漏洩率	(%)
	医薬品用定量噴射剤（MDI）使用等	国内生産 MDI 使用量	(t)
		輸入 MDI 使用量	(t)
		廃棄処理量	(t)
洗浄剤・溶剤	部品等洗浄時	液体 PFC の出荷量	(t)
半導体・液晶製造用ガス	半導体製造時	ガスの購入量	(t)
		プロセス供給率	(%)
		PFC 等の反応消費率	(%)
		PFC、SF ₆ の反応消費率除害効率	(%)
		NF ₃ の反応消費率除害効率	(%)
		副成 CF ₄ 等発生率	(%)
		副成 CF ₄ 等除害効率	(%)
	液晶製造時	ガスの購入量	(t)
		プロセス供給率	(%)
		PFC 等の反応消費率	(%)
		PFC、SF ₆ の反応消費率除害効率	(%)
		NF ₃ の反応消費率除害効率	(%)
		副成 CF ₄ 等発生率	(%)
		副成 CF ₄ 等除害効率	(%)
電気絶縁ガス	電気絶縁ガス使用機器の製造等	SF ₆ ガス購入量	(t)
		絶縁機器への SF ₆ 充填量	(%)
		機器充填以外の保有量	(%)
		製造時漏洩率	(%)

用途		算出モデルに用いられている数値情報	単位
	電気絶縁ガス使用機器の使用時	機器 SF ₆ ガス保有量	(t)
		使用時漏洩率	(%)
		点検時 SF ₆ ガス回収率	(%)
		機器廃棄時 SF ₆ ガス回収率	(%)
マグネシウム製造用カバ-ガス	マグネシウム鋳造時	カバ-ガス使用量	(t)
フロン類の製造	HCFC-22 製造時	HCFC-22 の生産量	(t)
		HFC-23 副生率	(%)
		HCFC-22 生産に対する排出割合	(%)
	HFC 製造時	HFC の生産量	(t)
		HFC の生産量に対する排出割合	(%)
	PFC 製造時	PFC の生産量	(t)
		PFC の生産量に対する排出割合	(%)
	SF ₆ 製造時	SF ₆ の生産量	(t)
		SF ₆ の生産量に対する排出割合	(%)
	NF ₃ 製造時	NF ₃ の生産量	(t)
		NF ₃ の生産量に対する排出割合	(%)

出典 第 17 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 フロン類等対策ワーキンググループ 資料 3-2
1995～2020 年における HFC 等の推計排出から NRI 作成

基本的に、HFC 等 4 ガスの排出量インベントリ等の算出は、上記数値情報に基づき計算されており、2050 年に向けた将来の値を算出するモデルでも、同じ数値情報で実績値に基づき推計される値を使用する必要がある。

2.2.2. 政策の効果が表れる数値情報の整理

算出モデルにおいては、フロン排出抑制法における指定製品制度、機器点検制度、廃棄時回収義務の効果を加味した将来の値を算出するモデルであることを求められる。各制度等の効果に関連する数値情報は次のとおり。

図表 16 各制度等の効果に関連する数値情報

用途		算出モデルに用いられている数値情報	フロン排出抑制法		
			指定製品制度	機器点検制度	廃棄時回収義務
冷媒	カーエアコン製造等	HFC エアコン車生産台数	●		
		1 台当たり生産時漏洩量			
		HFC エアコン車両保有台数	●		
		1 台当たり平均冷媒充填量			
		1 台当たり年間使用時漏洩量			
		故障発生割合			
		故障事故車両冷媒漏洩率			
		全損事故車両数			

用途		算出モデルに用いられている 数値情報	フロン排出抑制法		
			指定製 品制度	機器点 検制度	廃棄時回 収義務
		全損事故車両冷媒充填量			
		使用済 HFC 車国内台数			
		使用済 HFC 車冷媒充填量			
		HFC 回収量			●
	家庭用エアコン製造等	HFC 使用機器生産台数	●		
		1 台当たり充填量			
		生産時排出係数			
		HFC 機器市中稼働台数	●		
		機器稼働時平均冷媒充填量			
		機器稼働時冷媒排出係数			
		使用済 HFC 機器発生台数			
		機器廃棄時平均冷媒充填量			
		法律に基づく使用済 HFC 回収量			
	業務用冷凍空調機器 製造等	HFC 機器生産台数	●		
		工場生産時平均冷媒充填量			
		工場生産時冷媒排出係数			
		HFC 機器現場充填実施台数	●		
		現場設置時平均冷媒充填量			
		現場設置時冷媒排出係数			
		HFC 機器市中稼働台数	●		
		機器稼働時平均冷媒充填量			
		機器稼働時冷媒排出係数		●	
		使用済 HFC 機器発生台数			
		法律に基づく整備時 HFC 回収量			●
		法律に基づく使用済 HFC 回収量			●
	自動販売機製造等	HFC 使用機器生産（販売）台数	●		
		1 台当たり充填量			
		生産時漏洩率			
		稼働台数			
		事故・故障発生率			
		故障時平均漏洩率			
		修理時平均漏洩率			
		廃棄台数			
発泡剤	ウレタンフォーム製造等	HFC の使用量	●		
		発泡時漏洩率			
		使用時 HFC 年間排出率			

用途		算出モデルに用いられている 数値情報	フロン排出抑制法		
			指定製 品制度	機器点 検制度	廃棄時回 収義務
	押出発泡ポリスチレンフ ォーム製造等	HFC の使用量			
		フォーム製品化率			
		使用時 HFC 年間排出率			
	高発泡ポリエチレンフ ォーム製造等	HFC の使用量			
	フェノールフォーム製造等	HFC の使用量			
噴射剤	エアゾール製造等	噴射剤の潜在排出量	●		
		製品への充填時漏洩率			
	医薬品用定量噴射剤 (MDI) 使用等	国内生産 MDI 使用量			
		輸入 MDI 使用量			
		廃棄処理量			
洗浄剤・溶剤	部品等洗浄時	液体 PFC の出荷量			
半 導 体 ・ 液 晶 製造用ガス	半 導 体 製 造 時	ガスの購入量			
		プロセス供給率			
		PFC 等の反応消費率			
		PFC、SF ₆ の反応消費率除害効率			
		NF ₃ の反応消費率除害効率			
		副成 CF ₄ 等発生率			
		副成 CF ₄ 等除害効率			
	液晶製造時	ガスの購入量			
		プロセス供給率			
		PFC 等の反応消費率			
		PFC、SF ₆ の反応消費率除害効率			
		NF ₃ の反応消費率除害効率			
		副成 CF ₄ 等発生率			
		副成 CF ₄ 等除害効率			
電気絶縁ガス	電気絶縁ガス使用機器 の製造等	SF ₆ ガス購入量			
		絶縁機器への SF ₆ 充填量			
		機器充填以外の保有量			
		製造時漏洩率			
	電気絶縁ガス使用機器 の使用時	機器 SF ₆ ガス保有量			
		使用時漏洩率			
		点検時 SF ₆ ガス回収率			
		機器廃棄時 SF ₆ ガス回収率			
マグネシウム製 造用カバースガス	マグネシウム鋳造時	カバースガス使用量			

用途		算出モデルに用いられている 数値情報	フロン排出抑制法		
			指定製 品制度	機器点 検制度	廃棄時回 収義務
フロン類の製造	HCFC-22 製造時	HCFC-22 の生産量			
		HFC-23 副生率			
		HCFC-22 生産に対する排出割合			
	HFC 製造時	HFC の生産量			
		HFC の生産量に対する排出割合			
	PFC 製造時	PFC の生産量			
		PFC の生産量に対する排出割合			
	SF6 製造時	SF6 の生産量			
		SF6 の生産量に対する排出割合			
	NF3 製造時	NF3 の生産量			
		NF3 の生産量に対する排出割合			

出典 NRI 作成

2.3. 2050 年に向けた将来の値を算出するための推計方法の検討

2050 年に向けた将来の値を算出するに当たって、実績値に基づく将来値を算出することが重要となる。

「1 台当たり充填量」などの原単位や廃棄係数は、「発生率」や「反応率」といった、現象として固定される数値と、「機器稼働時冷媒排出係数」など対策等の実施により削減（あるいは増加）する数値があり、実績や取り組み状況を踏まえ、将来値を推計することになる。

上記のような取組の実施状況により変化する数字とは別に、将来の機器生産台数などは、経済の状況等に左右され、“与えられる数字”となることから、経済成長に係る一定の前提を置いた上で、推計することが必要となる。

本調査では、2021 年までの実績値に基づき、2022 年以降は、「中長期の経済財政に関する試算（2022 年 7 月）のポイント/令和 4 年 7 月 29 日経済財政諮問会議提出に記載されている、実質 GDP 成長率（対前年）を用いて、推計を行う活動量との関係を整理した上で、将来値を算出した。

例えば、業務用冷凍空調機器の場合、機器毎に国内総生産と国内出荷台数の実績値で相関を確認した。相関は、1995 年から 2021 年までの 26 年間、2012 年から 2021 年までの 10 年間、2017 年から 2021 年までの 5 年間の 3 つのケースで実施した。また、国内総生産との相関で、相関係数が低い機器については、先の 3 つの期間でそれぞれ自己相関させた。これらの相関の結果、決定係数が最も高い相関を選び、近似一次式（ $Y=ax+b$ ）を算出、当該近似一次式により、推計された国内総生産により国内出荷台数を算出した。

国内総生産との相関及び自己相関で決定係数が低い機器については、直近の値（例えば、2021 年値）で推移するものとした。

なお、本推計の実施は、国内総生産や国内出荷台数等の数値情報について、傾き：a や切片：b が都度、変化することから、直近の数字が更新されるたびに実施することが必要とされる。

上記の確認から、冷媒使用機器の将来の値は、次のとおり、推計することとした。

図表 17 カーエアコンの国内生産台数の将来の値の推計方法（2021 年までの実績値から 2022 年以降を推計する場合）

機器		方法
カーエアコン	普通乗用車	自己相関(5 年)
	小型乗用車	自己相関(5 年)
	軽乗用車	自己相関(5 年)
	普通貨物車	自己相関(5 年)
	小型貨物車	自己相関(5 年)
	軽貨物車	自己相関(5 年)
	乗合車	自己相関(5 年)

出典 NRI 作成

図表 18 家庭用エアコン、業務用冷凍空調機器の国内出荷台数の将来の値の推計方法（2021 年までの実績値から 2022 年以降を推計する場合）

機器			方法
家庭用エアコン			自己相関(5 年)
業務用冷凍空調機器	大型冷凍冷蔵機器	遠心式冷凍機	直近の値
		スクリー冷凍機	国内総生産との相関(5 年)
	中型冷凍冷蔵機器	冷凍冷蔵ユニット	自己相関(10 年)
		輸送用冷凍冷蔵ユニット	自己相関(5 年)
		別置形冷蔵ショーケース	自己相関(26 年)
		コンデンスユニット	自己相関(5 年)
		冷凍冷蔵用チリングユニット	国内総生産との相関(5 年)
	小型冷凍冷蔵機器	製氷機	国内総生産との相関(5 年)
		冷水機	自己相関(10 年)
		除湿機	自己相関(10 年)
		内蔵形冷蔵ショーケース	自己相関(5 年)
		業務用冷蔵庫	自己相関(26 年)
	空調機器	店舗用 PAC	国内総生産との相関(5 年)
		ビル用 PAC	自己相関(26 年)
		設備用 PAC	国内総生産との相関(5 年)
		GHP	自己相関(26 年)
		空調用チリングユニット	自己相関(26 年)

出典 NRI 作成

上記に加え、カーエアコンの国内保有台数や家庭用エアコン、業務用冷凍空調機器の国内生産台数や現場充填実施台数などの将来の値についても同様の方法で推計方法を決定した。

冷媒使用機器の内、飲料用自動販売機については、国内保有台数や国内生産台数等について、国内総生産との相関がみられず、自己相関の場合、近年の実績から急速に減少が進み、ゼロを下回ることから、直近 3 年と 5 年、10 年の移動平均を確認し、なだらかな減少を示す 10 年の移動平均を選び、国内保有台数について、120 万台で

一定となる推計を行った。国内生産台数は、国内保有台数と連動すると想定した。

発泡時使用製品については、押出發泡ポリスチレン、フェノールフォーム、高発泡ポリエチレンについては、既にHFCの代替が完了していることから、硬質ウレタンフォームについて検討を行い、次のとおり、推計することとした。

図表 19 硬質ウレタンフォームの出荷量の将来の値の推計方法（2021 年までの実績値から 2022 年以降を推計する場合）

製品	方法
硬質ウレタンフォーム	国内総生産との相関(10 年)

出典 NRI 作成

半導体、液晶製造用ガスについては、国内総生産との相関で決定係数が小さいことから、国内総生産とシリコンウエハ生産量と、シリコンウエハ生産量とガス購入量のそれぞれの相関を確認し、まず、国内総生産からシリコンウエハ生産量を推計し、そのシリコンウエハ生産量からガス購入量を推計した。

図表 20 半導体、液晶製造用ガス購入量の将来の値の推計方法（2021 年までの実績値から 2022 年以降を推計する場合）

製品	方法	
半導体、液晶製造用ガス	1 段目	国内総生産とシリコンウエハ生産量の相関(10 年)
	2 段目	シリコンウエハ生産量とガス購入量の相関(10 年)

出典 NRI 作成

噴射剤使用製品の HFC 噴射剤の購入量、電子部品等洗浄剤・溶剤の購入量、電気絶縁ガス、マグネシウム製造用カバーガスの購入量について、国内総生産との相関がみられず、自己相関の場合、近年の実績から急速に減少が進みゼロを下回ることから、また、既に代替が進んでいることから、直近の値で推移することとした。

2.4. 次年度における算出モデルの検討

本年度の検討では、算出モデルで活用する数値情報を整理、その上で、生産台数など、将来推計に当たって、所与/前提とする数値情報の算出方法を検討し、また、政策の効果を示す数値情報の整理も行った。

次年度は、将来に渡って、政策の効果を示す数値情報がどのように変化していくか、関係業界団体や有識者を交えて、当該数値を検討し、算出モデルを活用し、2050 年に向けた具体的な数値情報を算出する。

3. 需給逼迫の影響を受ける可能性があるエンドユーザー特定及び対策・周知の検討

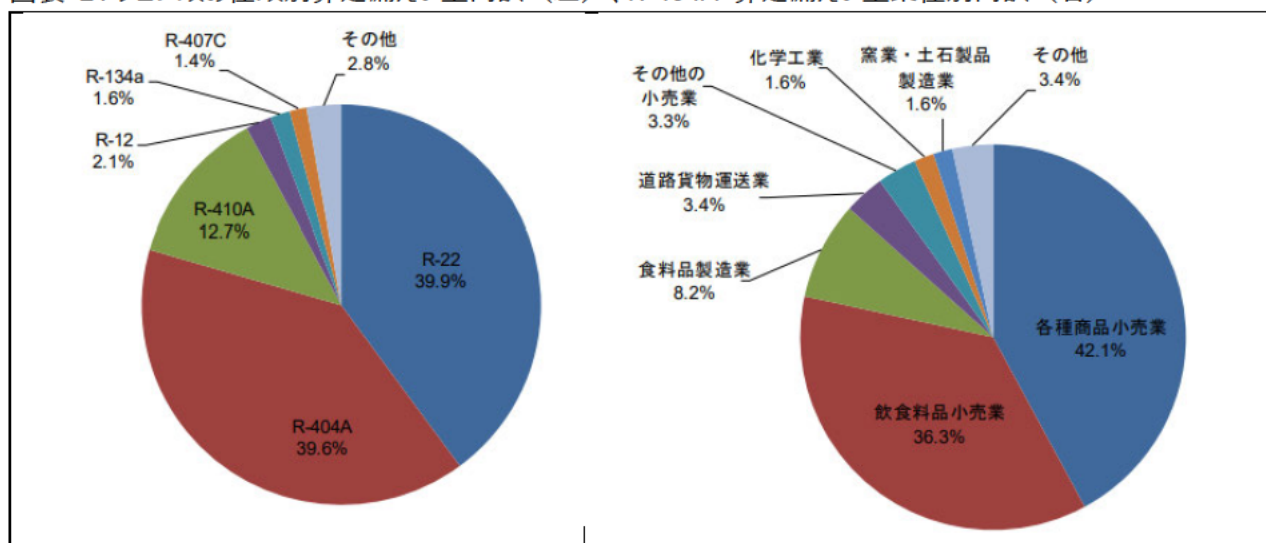
3.1. 需給逼迫の影響を受ける可能性があるエンドユーザーの特定

モントリオール議定書のキガリ改正は、国全体の HFC の生産量及び消費量（生産量＋輸入量－輸出量）を一定の水準以下に抑えることが主な内容である。その中で、先進国グループに属する我が国は、2011～2013 年の実績平均から計算される基準値をもとに、2019 年から段階的な削減が求められ、特に 2029 年以降、基準値比で約 70%以上の大幅な削減が求められる。モントリオール議定書キガリ改正に基づく我が国の 2036 年の HFC の消費目標量は、1,073 万 t-CO₂となる。

2036 年の消費目標量を達成するためには、市中稼働機器の運転を考慮すると、工場や設置時での充填量だけでなく、補充量についても削減することが求められる。また、「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」から、HFC のうち、将来不足が懸念される主な冷媒種として、R-404A（GWP:3920）、R-134a（GWP:1430）、R-407C（GWP:1770）と整理した。

さらに、上記冷媒の中でも GWP 値が高く供給の減少が想定されるが、算定漏えい量が冷媒全体の 39.6%と高い R-404A では、特定漏えい者の業種別算定漏えい量のうち、各種商品小売業と飲食料品小売業の算定漏えい量が全業種（特定漏えい者）のそれぞれ 42.1%、36.3%と高く、これらの業界への影響が大きいと考えられる。

図表 21 フロン類の種類別算定漏えい量内訳（左）、R-404A 算定漏えい量業種別内訳（右）



※：どちらも特定事業者が対象

出典 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

3.2. 主要なユーザ業界における使用機器や冷媒構成等に関する情報収集及び冷媒不足に関する周知の実施

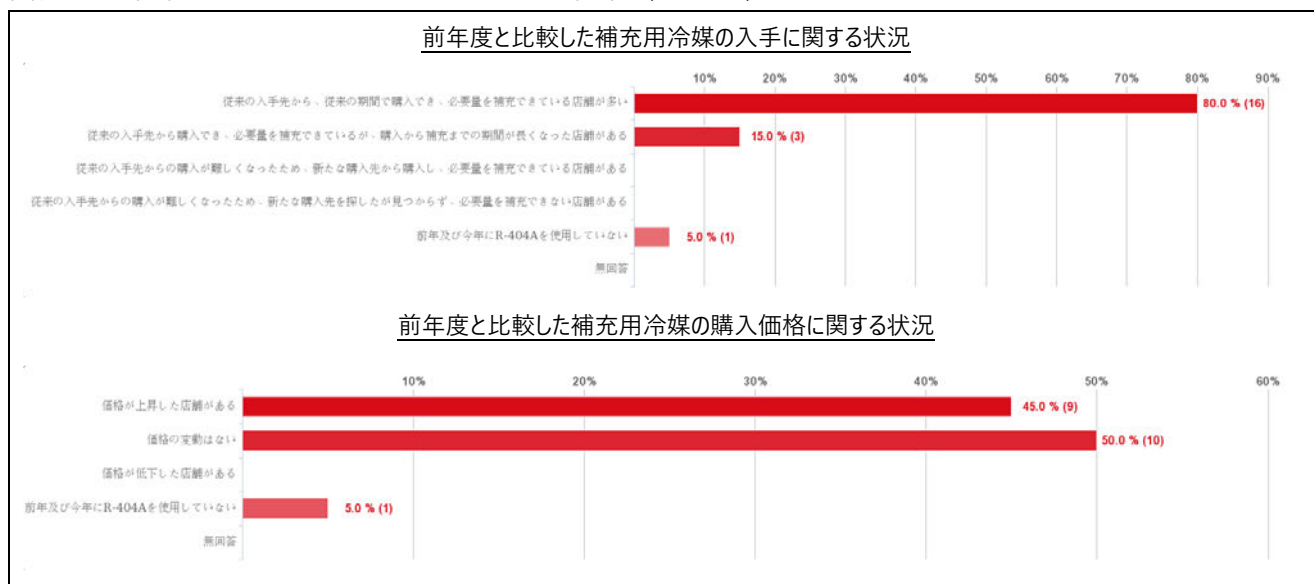
先述した冷媒不足の影響が大きいと考えられる業界のうち、飲食料品小売業における使用機器や冷媒構成等に関する情報収集の方策を検討し、実施した。

情報収集の方策については、飲食料品小売業の業界団体の一つである一般社団法人全国スーパーマーケット協会と意見交換を実施した上で、本年度については、全国スーパーマーケット協会を通じて、冷媒需給の実態に関する周知とともに、冷媒需給実態等に関するアンケート調査を実施する方針とした。また、アンケート調査の内容については、R-404A、R-134a、R-407C について、補充用冷媒の入手に関する状況、購入価格（前年との比較）に関する設問とした。

アンケート調査の送付については、全国スーパーマーケット協会のメールマガジンへの掲載（送付先：FAX 約 700 社、E-mail 約 400 社）に加えて、正会員への売上調査アンケートへの同封（送付先：288 社）により行った。（※メールマガジンと売上調査アンケートの送付先は重複あり）また、メールマガジンの中では、アンケート調査の目的として、経済産業省において補充用冷媒の需給を把握し、必要に応じて冷媒不足への対策を検討するため、と伝えることで、混乱を招かない範囲で、冷媒不足に関する意識付けを実施した。

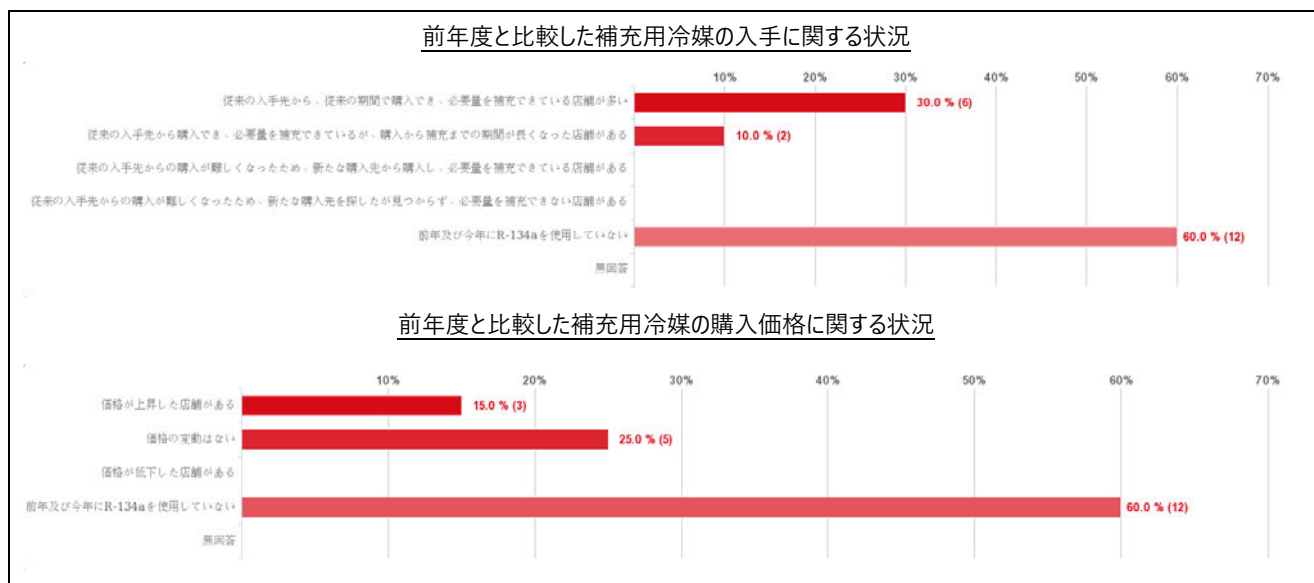
アンケート調査の回答は 20 社から得られ R-404A、R-134a、R-407C に関して、前年度と比較して「購入から補充まで期間が長くなった店舗がある」や「価格が上昇した店舗がある」との回答も得られた。詳細な結果は以下に整理した。

図表 22 冷媒需給実態等に関するアンケート調査結果（R-404A）



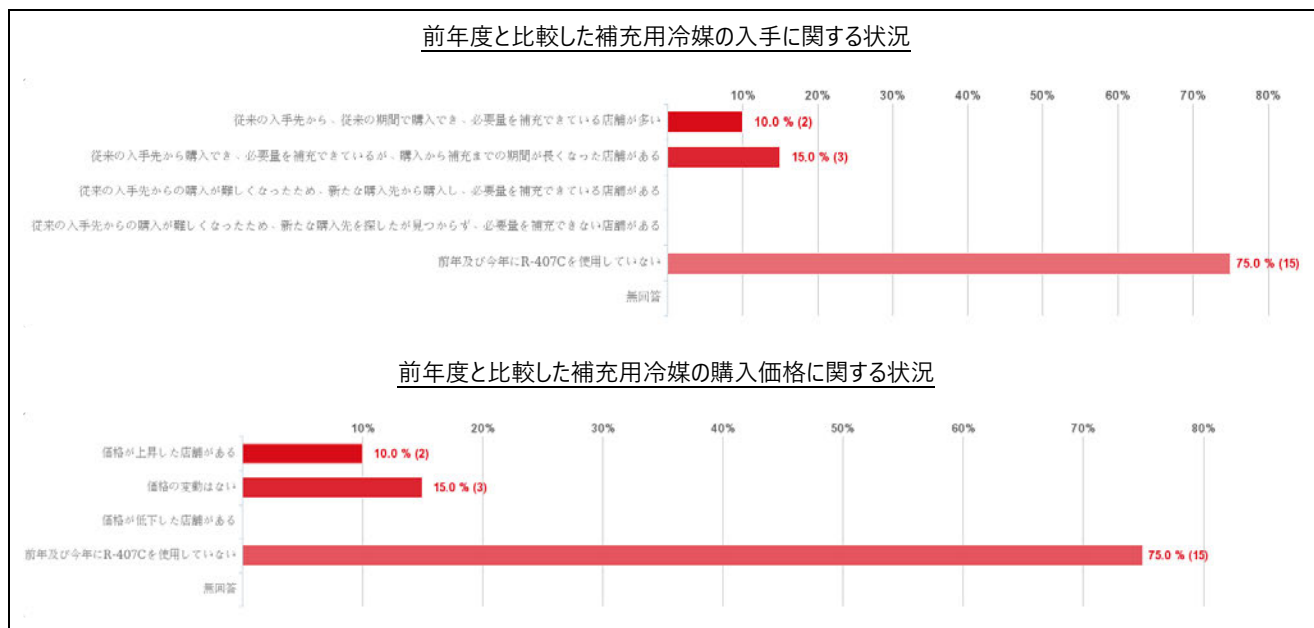
出典 アンケート調査結果から NRI 作成

図表 23 冷媒需給実態等に関するアンケート調査結果（R-134a）



出典 アンケート調査結果から NRI 作成

図表 24 冷媒需給実態等に関するアンケート調査結果（R-407C）



出典 アンケート調査結果から NRI 作成

3.3. 次年度以降の混乱回避に向けた対策と周知・広報に向けた効果的なアプローチの検討・提案

アンケート調査の結果から、R-404A、R-134a、R-407C に関して、冷媒不足の予兆と考えられる回答も得られており、混乱回避に向けた対策と周知・広報に向けたアプローチを実施していくことが必要である。

現在、冷媒不足による混乱を回避するための手段としては、①漏えい防止に関する取組の徹底、②レトロフィットの推進、③低 GWP・自然冷媒機器への買い替えの促進が挙げられる。

① 漏えい防止に関する取組の徹底

補充を回避するという観点から、点検等の漏えい防止に関する取組の徹底が基本的な対策として重要である。

② レトロフィットの推進

R-404A に対して R-448A と R-449A 等が、R-134a に対して R-450A 等が、それぞれレトロフィット用冷媒として検討/導入が進められている。本件に関しては、レトロフィット用冷媒の安定供給の問題に加え、機器の保証の問題があり、これについては現在、別途検討が進められている。

③ 低 GWP・自然冷媒機器への買い替えの促進

ショーケース(別置形、内蔵型)については、一部の機器で CO₂ 冷媒を使用した製品が上市されており、環境省の補助金制度が活用され、コンビニエンスストアや大手スーパーマーケットを中心に、導入が進められている。補助金制度が導入されていることが示している通り、CO₂ 冷媒を使用した機器は、これまでの機器との比較で、構造的に高価となる点に留意する必要がある。

なお、混乱回避に向けては、これらの対策をユーザに向けて周知することが必要であるが、事前にユーザにおける冷媒不足への対策に関連する取組の実態や課題を把握した上で、周知方法、内容を検討した方がより効果的なアプローチが可能と考えられる。そのため、本年度実施したアンケート調査において、実際に冷媒の入手状況もしくは購入価格が、昨年度から変化があったと回答した 3 社へヒアリング調査を実施した。ヒアリング結果は次ページに整理した。

ヒアリング結果から、既に冷媒不足の予兆が表れている企業においては、自然冷媒や低 GWP 冷媒を使用する機器への代替や、遠隔監視システムの導入等の漏えい防止に関する取組を検討、実施していることが分かった。ただ、低 GWP 冷媒を使用する機器の導入が、スーパーマーケットの顧客には訴求しないため、スーパーマーケットとしても優先

度が低いことが課題として挙げたため、低 GWP 冷媒や CO₂ 冷媒の重要性については、機器管理者への周知だけでなく、経済産業省ホームページ等で広く国民への周知が必要と考えられる。また、CO₂ 冷媒を使用する機器については、機器の効率、施工の手間が課題として挙がっており、機器の技術開発とともに、機器管理者における正しい理解を促進することが必要と考えられる。

図表 25 ユーザにおける冷媒不足への対策に関連する取組の実態や課題に関するヒアリング結果

	回答内容		
	冷媒不足の実態	冷媒不足への対策	冷媒不足への対策を行うに当たっての課題等
A 社	—	- 電気料金の高騰も踏まえて、冷凍・冷蔵装置については可能な範囲で新しい設備に更新し、消費電力の低減と合わせて、脱フロン化を進めていくことにしている - 今後、フロン冷媒が不足する際には、フロン冷媒を使用しない脱フロン化を進める予定である	—
B 社	補充用冷媒の購入から補充までの期間が長くなった理由は、帳合業者（問屋）の在庫品の問題と人員不足、経費削減等による配送日縮小の為に考えられる	冷媒不足の対策については、自然冷媒を使用する冷蔵ショーケース等に買い替えを行っている	—
C 社	- 主に使用している R-22、R-404A、R-410A は、価格が上昇している（10 年前の価格と比較して 2 倍程度）。ここ数年で急激に上がっている - 価格上昇の背景としては、ガスメーカーから聞くとところによると、原材料の値上がり、運送コストの上昇が影響しているようである - 冷媒の入手ルートについては、ショーケースメーカーもしくは施工会社から購入している。冷媒価格は、どちらの購入ルートでも上がっている - 冷媒価格について地域差はない	- R-22 を使用している機器の代替を検討している - 新しい機器は、クラウドでの管理を行っている。クラウドでの管理については、月々の金額で払っている - エアコンについては、R-32 に向かっていくと考えている。ショーケースについては、直近では R-448A への代替を進める。R-448A に代替することで、初期不良が無ければ、7～8 年は漏れない - 自然冷媒機器への代替も検討したが、既に導入した企業から、インシヤルコストが高い、室外機から低周波の騒音が出るため周辺住民からクレームが来た、効率が悪いという旨を聞き、自然冷媒機器に代替するメリットが無いと考えている	- 客にとっては、低 GWP 冷媒という点は訴求しない。一般の方にも分かるよう、周知が進むことで、対策が進みやすくなるのではないかと - CO₂ 冷媒を使用する機器もあるが、技術が追いついていないと感じている。また、価格が高く、一般的な企業で CO₂ 冷媒機器を選択するのは難しく、補助等が必要である - CO₂ 冷媒を使用する機器については、機器の効率に影響が出ると困る。また、圧力が高いため、配管まで全部やり替えるなど、施工が難しいという点も聞いている - スーパーマーケットだとこの冷媒が良いといったような指針が示されると分かりやすい

出典 ヒアリング調査結果から NRI 作成

3.4. 今年度の検討結果のまとめ

今年度実施したアンケート調査では、送付先 FAX 約 700 社、E-mail 約 400 社に対して、回答が得られたのは 20 社と回答率は極めて低い結果となった。このことから、機器管理者におけるフロン類冷媒への関心が低いことが改めて示された。

今後、周知、広報を検討する上では、フロン類冷媒への関心が低い機器管理者へのアプローチが鍵となる。網羅的に周知、広報を行うという目的では、今年度と同様に業界団体を通じたアプローチが候補となるが、今年度の回答率を踏まえると、このアプローチのみでは不十分と考えられる。

今年度、業界団体との意見交換の中では、スーパーマーケット業界はコスト意識が高く、電気料金等の上昇に敏感であるという情報が得られた。そのため、「1.3. IoT 機器による遠隔監視システムの法定点検化に向けた設置効果の評価」の結果は、スーパーマーケット業界の関心も高いと考えられる。

これらを踏まえて、遠隔監視システムについて、設置効果とあわせて紹介し、その中で、将来の冷媒不足の対策にも繋がることを伝える、という流れで、フロン類冷媒や冷媒不足の可能性に対する認識を高める方法が効果的な案として考えられる。

なお、これらを行う手法としては、業界団体を通じての周知に加えて、展示会等のイベント等も対象にして、機器管理者との接点を増やすことが必要と考えられる。

また、ヒアリング調査の中で、機器管理者の顧客へ訴求しないことから機器管理者における低 GWP 冷媒や CO₂ 冷媒を使用する機器への代替の優先順位が低いことが課題として挙げたため、経済産業省のホームページ等で広く国民への周知も必要と考えられる。

3.5. 次年度以降の検討課題

次年度以降、具体的な業界団体の絞り込み、具体的なアプローチ方法に関する業界団体への相談を実施した上で、実際の周知、広報の実施が必要である。また、実施した結果も把握できると、その後、より効果的なアプローチの検討にも繋がると考えられる。なお、冷媒不足の懸念については、ユーザの混乱を招かないよう伝え方には留意する必要があると考えられる。

4. 次世代冷媒実用化に向けた規制・特許動向調査

現行のNEDOプロジェクト（省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発事業）において開発が支援されている次世代冷媒は、主に2つのHFO（ハイドロフルオロオレフィン）を主とする混合冷媒である。

また、当該混合冷媒が対象としている機器は、電気自動車用カーエアコン、家庭用ルームエアコン、業務用パッケージエアコンである。

上市に向けて、冷媒と機器という観点から対象となる日米欧の法規制は次の整理となる。

図表 26 次世代冷媒の上市に関わる日米欧の法規制の整理

				化学物質	冷媒		機器		
					単一冷媒	混合冷媒	MAC	RAC	PAC
モントリオール議定書: キガリ改正					※1	※1			
法律	日本	化学物質	化審法:新規化学物質	●					
			安衛法:新規化学物質	●					
		冷媒	オゾン層保護法		※1	※1			
		機器	フロン排出抑制法:指定製品制度				●	●	●
			高圧ガス保安法				※3	●	●
		省エネ	省エネ法:省エネ基準					●	●
			建築物省エネ法					●	●
	米国	化学物質	有害物質規制法:新規化学物質	●					
		冷媒	AIM 法		※1	※1			
			大気浄化法:SNAP				●	●	●
		省エネ	消費エネルギーの節約に関する規定					●	●
	欧州	化学物質	REACH 規則	●					
		機器	F ガス規則		※2	※2		●	●
			MAC 指令				●		
			圧力機器指令						●
		省エネ	エコデザイン指令					●	●
			エネルギーラベリング規則					●	●
			建物のエネルギー性能指令						●
			エネルギー効率指令					●	●

※1：対象は HFC

※2：対象は HFC、HFO、HFE、PFC、SF₆、NF₃などのフッ素化温室効果ガス

※3：充填や回収を行う施設に対する規定がある

※MAC：電気自動車用カーエアコン、PAC：家庭用ルームエアコン、PAC：業務用パッケージエアコン

出典 各種資料から NRI 作成

上市に向けて、冷媒と機器という観点から対象となる日米欧の規格は次の整理となる。

図表 27 次世代冷媒の上市に関わる日米欧の規格の整理

			化学物質	冷媒		機器		
				単一冷媒	混合冷媒	MAC	RAC	PAC
国際	冷媒	ISO817：冷媒 — 指定と安全性分類（Refrigerants - Designation and safety classification）		●	●			
	機器	ISO5149-2：冷凍システム及びヒートポンプ - 安全及び環境要件 - 第2部：設計、構造、試験、マーキング及び文書化					●	●
		IEC60335-2-40:国際電気標準会議 エアコンディショナー及び除湿機の個別要求事項 (UL60335-2-40:米国) (EN60335-2-40:EU) (JIS9335-2-40:日本)					●	●
		SAE J639：米国自動車技術者協会自動車用冷媒蒸気圧縮システムの安全性及び設計基準（Safety and Design Standards for Motor Vehicle Refrigerant Vapor Compression Systems）				●		
米国	冷媒	ASHRAE34：米国暖房冷凍空調学会 冷媒の指定と安全性分類		●	●			
	機器	ASHRAE15：冷凍システムの安全な設計、施工、設置、運用の改善					●	●
欧州	機器	EN378：冷凍システムの運用、保守、修理および冷媒回収の手順					●	●
日本	機器	JRA4070：日本冷凍空調工業会 微燃性（A2L）冷媒を使用した業務用エアコンの冷媒漏えい時の安全機能要求事項						●
		JRA4073：微燃性（A2L）冷媒を使用した設備用エアコンの冷媒漏えい時の安全機能要求事項						●
		JRA GL16：微燃性（A2L）冷媒を使用した業務用エアコンの冷媒漏えい時の安全確保のための施設ガイドライン						●
		JRA GL17：業務用冷凍空調機器の常時監視によるフロン類の漏えい検知システムガイドライン						●
		JRA GL19：微燃性（A2L）冷媒を使用した設備用エアコンの冷媒漏えい時の安全確保のための施設ガイドライン						●
		JRA GL20：特定不活性ガスを使用した冷媒設備の冷媒ガスが漏えいしたときの燃焼を防止するための適切な措置						●
		KHKS 0302-1：高圧ガス保安協会 冷凍空調装置の施設基準 [フルオロカーボン及び二酸化炭素の施設編]						●
		KHKS 0302-2：冷凍空調装置の施設基準 [フルオロカーボン（不活性のものに限る。）冷媒能力 20 トン未満の施設編]						●
		KHKS 0302-5：冷凍空調装置の施設基準[特定不活性ガスの施設編]						●

※MAC：電気自動車用カーエアコン、PAC：家庭用エアコン、PAC：業務用パッケージエアコン

出典 各種資料から NRI 作成

5. 検討会の設置について

本年度の事業の推進に当たっては、調査項目毎に個別、具体的な情報収集が必要なことが確認されたことから、経済産業省との協議に基づき、検討会の設置は行わず、個別の主体からの意見徴収や協議が進められた。

主な個別主体との協議等は以下の通り。

図表 28 主な個別主体との協議等

対象主体	時期/方法	内容
業界団体	2022 年 6 月 21 日 / ウェブ会議	・ 冷媒の実態把握調査、冷媒不足への対策に関する効果的な周知方法に関する意見交換
業界団体	2022 年 6 月 24 日 / ウェブ会議	・ 団体における自主統計等に関する意見交換
業界団体	2022 年 8 月 8 日 / ウェブ会議	・ 冷媒の実態把握調査（アンケート調査）、冷媒不足への対策に関する効果的な周知方法に関する意見交換
業界団体	2022 年 8 月 23 日 / ウェブ会議	・ 遠隔監視システムを定期点検に位置付ける場合の論点等に関する意見交換
業界団体	2022 年 11 月 30 日 / ウェブ会議	・ 冷媒の実態把握調査（アンケート調査）の結果、ヒアリング調査に関する意見交換
業界団体	2022 年 12 月 21 日 / ウェブ会議	・ 遠隔監視システムの法定点検化（定期点検）に向けた設置効果の評価に係る試算に関する意見交換
民間企業	2023 年 1 月 6 日 / メール	・ 冷媒不足の実態、冷媒不足への対策、冷媒不足への対策を行うに当たっての課題等に関するヒアリング調査
民間企業	2023 年 1 月 11 日 / メール	・ 冷媒不足の実態、冷媒不足への対策、冷媒不足への対策を行うに当たっての課題等に関するヒアリング調査
民間企業	2023 年 1 月 19 日 / 対面会議	・ 遠隔監視システムの法定点検化（定期点検）に向けた設置効果の評価に係る試算に関する意見交換
民間企業	2023 年 1 月 27 日 / ウェブ会議	・ 冷媒不足の実態、冷媒不足への対策、冷媒不足への対策を行うに当たっての課題等に関するヒアリング調査

この他、経済産業省担当者との進捗確認や作成資料の打ち合わせについては、月 1 回以上の頻度で実施され、関係業界団体や関連企業との意見交換を含め、逐次、電話や e-Mail を活用し、実施された。