

電気冷蔵庫の目標基準値（案）について

1. 目標基準値設定の考え方

(1) 基本的な考え方

目標基準値の設定に当たっては、トップランナー方式の考え方に基づき、目標基準値を設定する。具体的な考え方は、以下のとおり。

- ①分布状況を考察し、最も効率のよい製品の分布点を結ぶことによって相関関係式を得る。
- ②目標基準値は、適切に定められた区分ごとに設定する。
- ③将来の技術進歩による効率の改善が見込めるものについては、極力その改善を見込んだ目標基準値とする。
- ④目標基準値は区分間で矛盾がないものとする。

2. エネルギー消費効率向上のための具体的な技術と改善余地

(1) 圧縮機の効率改善

圧縮機の効率改善における技術は、冷蔵庫用圧縮機としてはほぼ確立されており、大幅な技術改善は見込めないものの、機械損失の低減、冷凍機油の低粘度化、低速化による入力低減などの更なる改善によって圧縮機単体としては、最大年1%程度の改善が見込まれる。

圧縮機単体では、7年間で最大7%程度の改善が見込まれるが、冷蔵庫に搭載した場合は、7年間で1%から4%程度の改善が見込まれる。(区分によって異なる)

(2) 真空断熱材の被覆率の拡大

2006年から2013年まで真空断熱材の被覆率は年々増加してきたが、省エネ技術として搭載できる限界まできており、被覆率をさらに上げる事は困難な状況である。

今後更に真空断熱材を導入しても、冷蔵庫の年間消費電力量の削減効果は少ないが、製造技術の改善によって被覆率の向上が見込まれ、冷蔵庫に搭載した場合は、7年間で1%から3%程度の改善が見込まれる。(区分Cのみ)

表 1 電気冷蔵庫のエネルギー消費効率の改善余地

区分名	効率改善要素等	改善余地
A	- 一定速の圧縮機の効率改善 - 機械損失の低減 - 更なる冷凍機油の低粘度化	1 ～ 3 %
B	- 一定速の圧縮機の効率改善 - 機械損失の低減 - 更なる冷凍機油の低粘度化	1 ～ 4 %
C	- 可変速圧縮機の効率改善 - 機械損失の低減 - 更なる冷凍機油の低粘度化 - 更なる低速化による入力低減 - 真空断熱材の被覆率の拡大	2 ～ 7 %

3. 具体的な目標基準値算定式

(1) 目標基準値の算定方法

電気冷蔵庫の目標基準値算定式は、エネルギー消費効率が調整内容積（※）と相関することから、エネルギー消費効率、調整内容積を変数とした 1 次関数式で表すこととし、同算定式の具体的策定は区分毎に次の手順に従って行うことを原則とした。

調整内容積を 50L 毎に区切り、区切毎に最もエネルギー消費効率の良い製品の効率をトップ値と定め、これらのトップ値郡を単純回帰し、算定式の傾きを求める。次にこの傾きを固定したうえで、各トップ値の中で最もエネルギー消費効率が優れた値を通り、いずれのトップ値も算定式の下方には存在しないように切片を求めてトップランナー線を表す関係式を算出した上で、改善余地の最大値を乗じて得られる関係式をもって、目標基準値算定式を設定することとする。

※調整内容積：

電気冷蔵庫等は冷蔵室や冷凍室等により構成されているが、冷蔵室と冷凍室の容量比率が製品ごとに異なっていることから、これらと同じ条件（全て冷蔵室に換算）で比較するため、外気温度及び庫内温度により補正した調整内容積を用いることとした。

(2) 定格内容積による区分の変更に係る部分の目標基準値について

現行基準では、インバーター技術等の省エネ技術の採用の有無により定格内容積 300L 前後でカテゴリー区分が設けられている。新基準では、2006 年頃より導入が進んでいる、より大きな省エネ効果を持つ真空断熱材の採用の有無の境となる定格内容積 375L 前後にカテゴリー区分を変更することとなったため、定格内容積 300L 超 375L 以下の電気冷蔵庫について、現行基準と比較した新たな基準のエネルギー消費効率について検討を行う。

図 6 に示すとおり、定格内容積 300L 超 375L 以下の電気冷蔵庫における、現行の目標基準線を、新たな判断基準の区分 B における目標基準線（図 4 参照）と比較したところ、エネ

ルギー消費効率は、現行基準と比較しても、調整内容積 375L 付近で 25.4%、調整内容積 450L 付近で 25.9%程度改善していることが確認できる。(図6参照)

そのため、現行基準のカテゴリー区分を定格内容積 300L 前後から、新基準では、定格内容積 375L 前後に変更して目標基準値を定めることについて、省エネルギー推進の観点からも特段の問題はないと考えることが妥当である。

また、合理的な価格を保った範囲においては、定格内容積 375L 以下の製品に省エネ技術としての真空断熱材を導入することは困難であり、消費者ニーズを満たす観点からも、現行基準のカテゴリー区分を定格内容積 300L 前後から、新基準では、定格内容積 375L 前後に変更することが妥当であると考えられる。

(3) 達成判定方法

各製造事業者等が目標年度に国内向けに出荷する電気冷蔵庫について、測定方法により測定したエネルギー消費効率(年間消費電力量)を表2の区分毎に事業者毎の出荷台数で加重平均した値が目標基準値を上回らないようにすること。

表2 電気冷蔵庫の基準エネルギー消費効率

区分名	冷蔵庫の種別	冷却方式	定格内容積	基準エネルギー消費効率の算定式
A	冷蔵庫及び冷凍	冷気自然対流方式のもの	—	$E = 0.735 \times V_{adj} + 122$
B	冷蔵庫	冷気強制循環方式のもの	375L 以下	$E = 0.199 \times V_{adj} + 265$
C			375L 超	$E = 0.281 \times V_{adj} + 112$

注1) E: エネルギー消費効率 (kWh/年)

注2) V_{adj} : 調整内容積 (単位: L)

次に、調整内容積の算出式と係数を示す。

$$V_{adj} = \sum_{i=1}^n (K_{ci} \times V_i)$$

表3 各貯蔵室の調整内容積係数

貯蔵室の種類	各室の目標温度 (°C)	調整内容積係数の計算式	調整内容積係数 K_{ci} (周囲温度 $T_{ka}=25^{\circ}\text{C}$)
パントリー	17	$(T_{ka} - 17) / (T_{ka} - 4)$	0.38
セラー	12	$(T_{ka} - 12) / (T_{ka} - 4)$	0.62

冷蔵	4	1	1.00
チラー	2	$(T_{ka} - 2) / (T_{ka} - 4)$	1.10
ゼロスター	0	$(T_{ka} - 0) / (T_{ka} - 4)$	1.19
ワンスター	-6	$(T_{ka} - (-6)) / (T_{ka} - 4)$	1.48
ツースター	-12	$(T_{ka} - (-12)) / (T_{ka} - 4)$	1.76
スリースター及びフォースター	-18	$(T_{ka} - (-18)) / (T_{ka} - 4)$	2.05

(計算例) 定格内容積 500L (冷蔵室 250L、フォースター室 100L、2 スター室 50L、セラー室 100L) の場合

$$\begin{aligned}
 V_{adj} &= (1.00 \times 250L) + (2.05 \times 100L) + (1.76 \times 50L) + (0.62 \times 100L) \\
 &= 250 + 205 + 88 + 62 \\
 &= 605L
 \end{aligned}$$

4. 目標年度における改善効果について

目標年度におけるエネルギー消費効率の改善率は、現行（2014年度実績）の出荷台数及び区分ごとの構成に変化がないとの前提で、約22.0%になることが見込まれる。

<試算の概要>

(1) 2014年度に出荷された電気冷蔵庫の実績値から算出したエネルギー消費効率

約363kWh/年

(2) 目標年度に出荷される電気冷蔵庫の目標基準値から試算したエネルギー消費効率

約283kWh/年

(3) エネルギー消費効率の改善率

$$\frac{363 - 283}{363} \times 100 = \text{約} 22.0\%$$

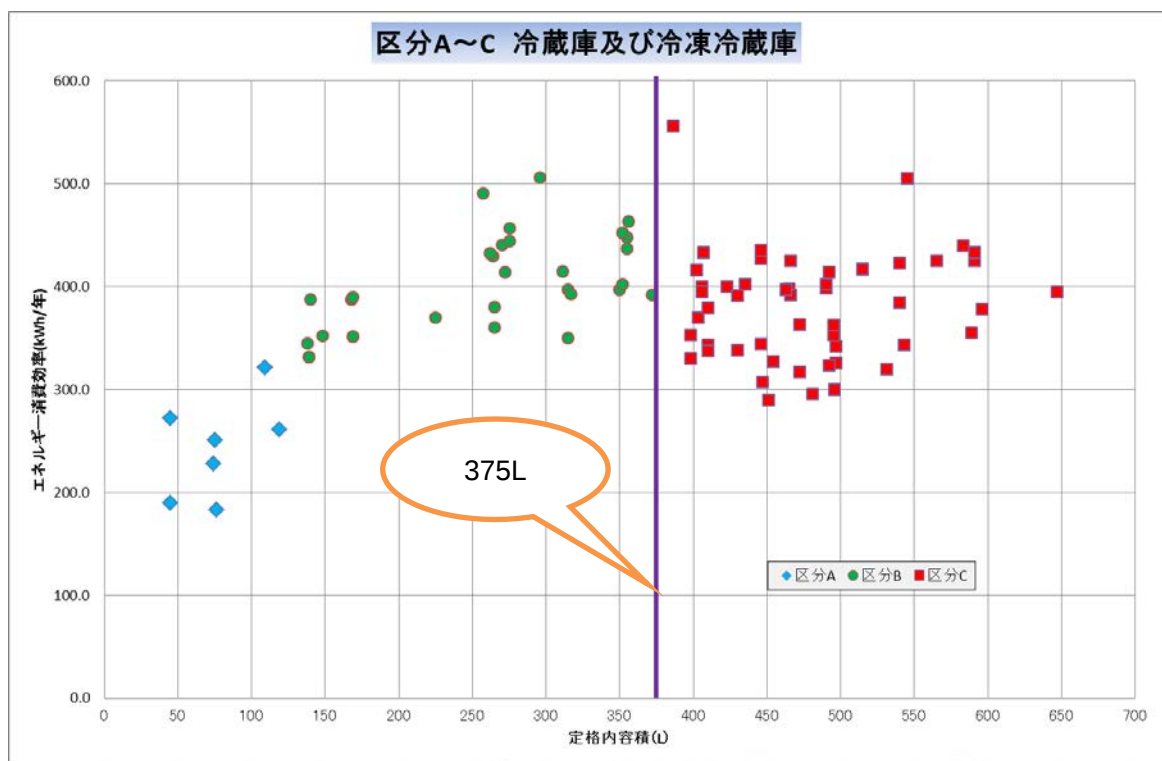


図 1 定格内容積分布図

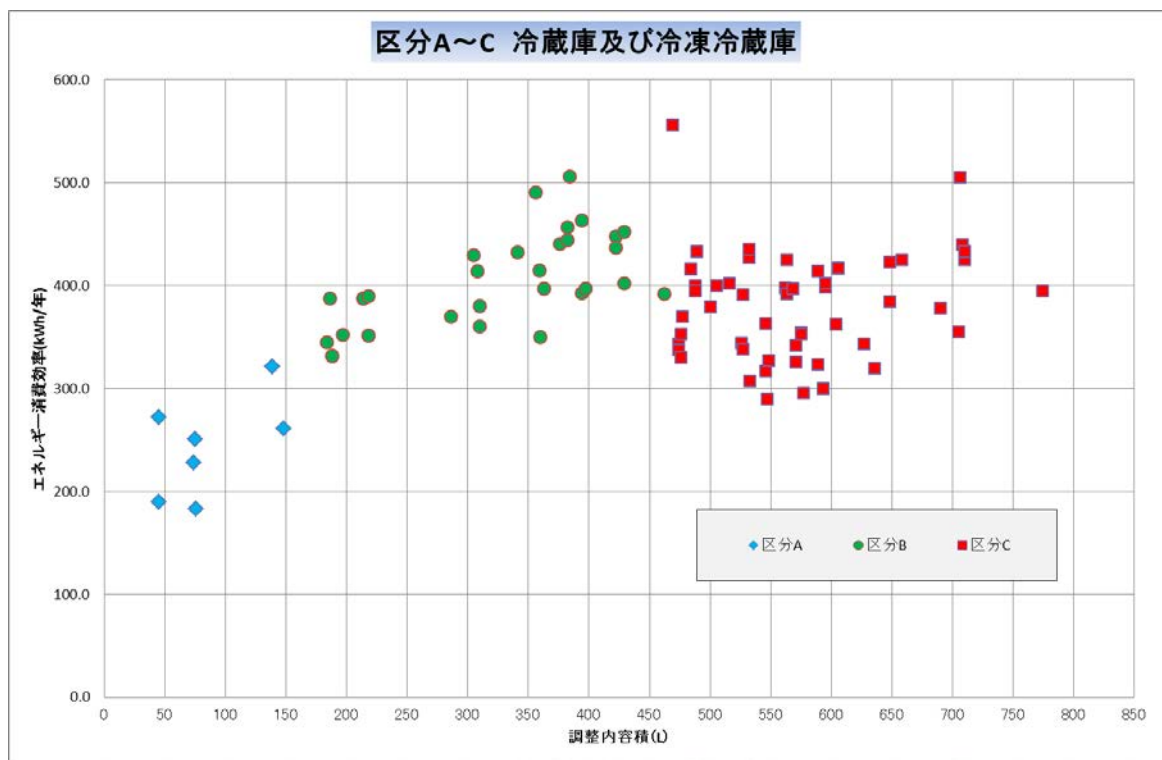


図 2 調整内容積分布図

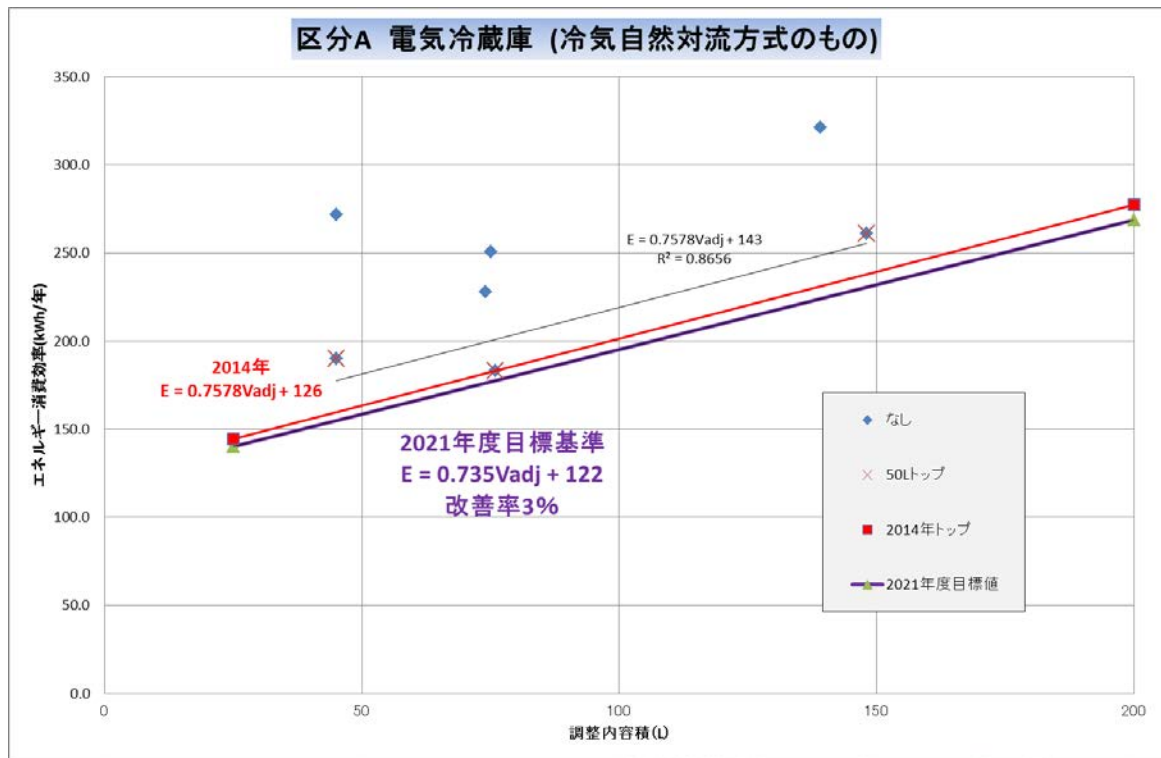


図3 区分A

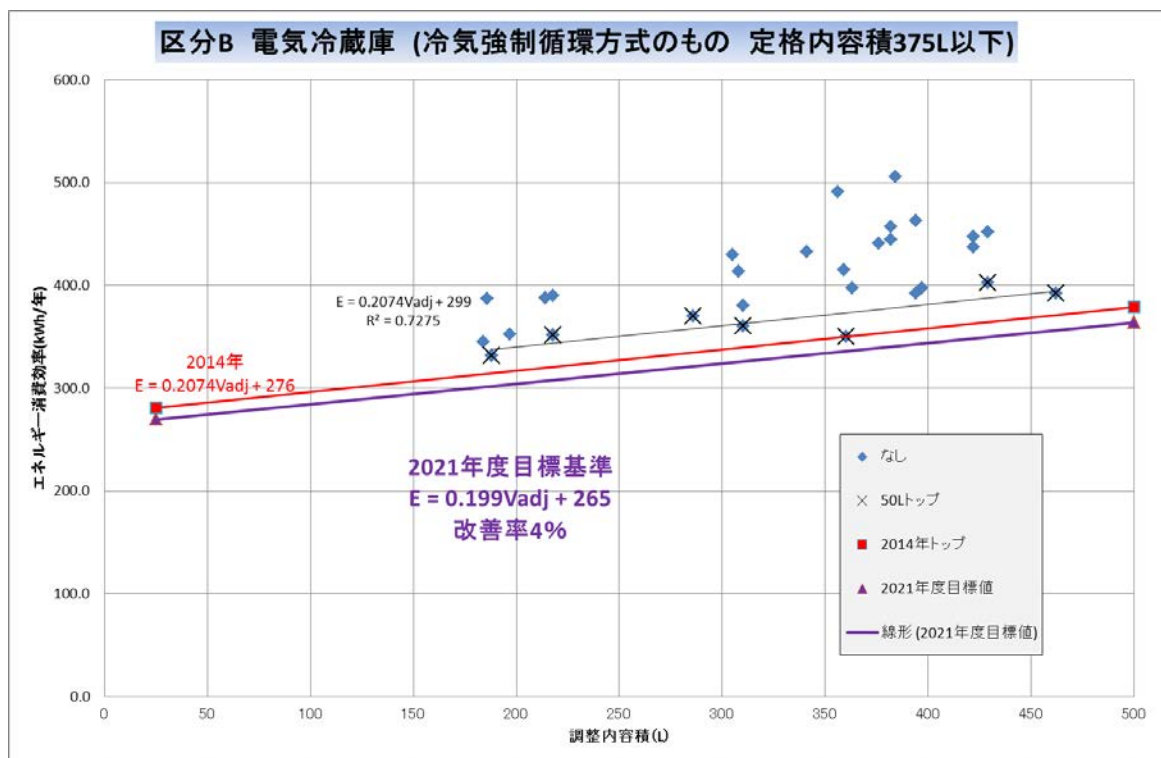


図4 区分B

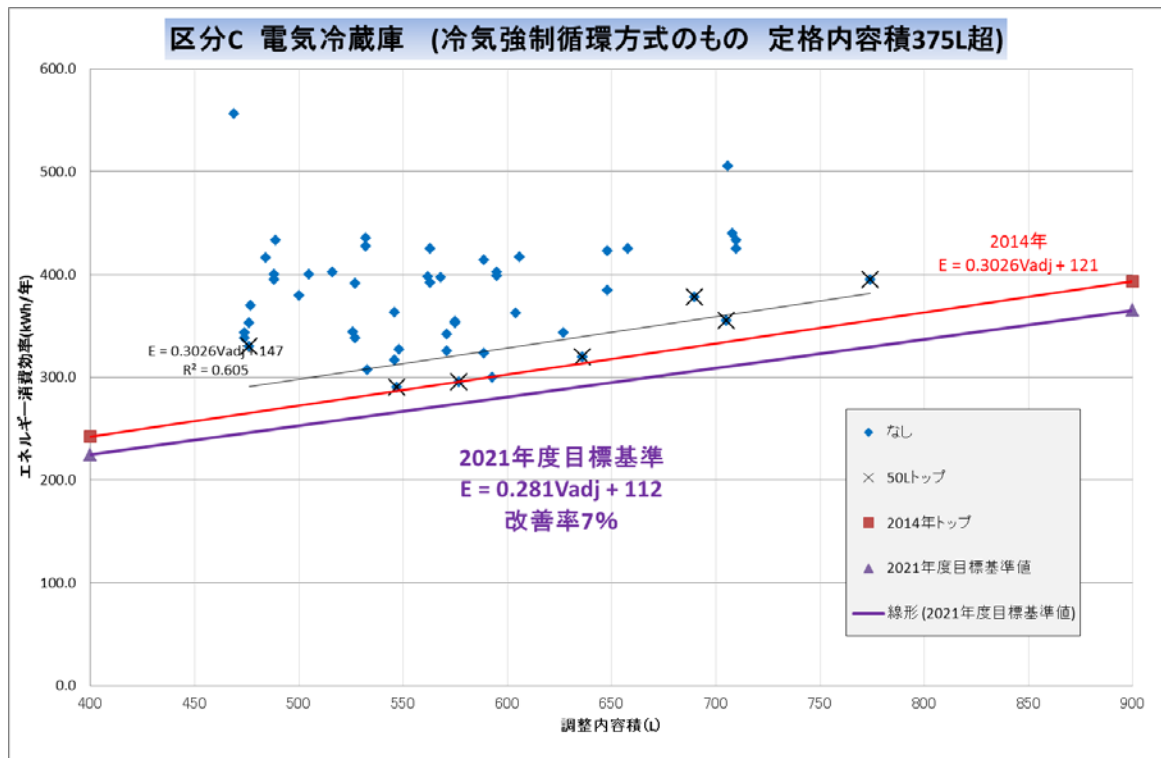


図5 区分C

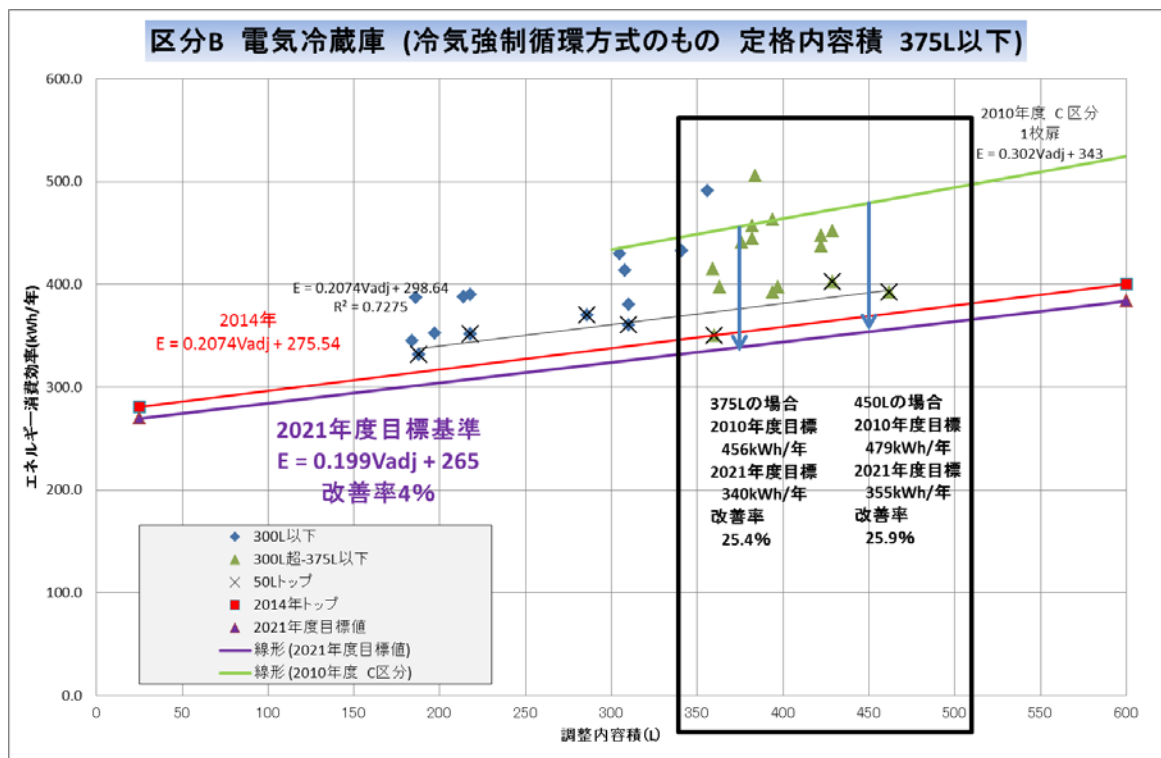


図6 定格内容積 300L 超 375L 以下の電気冷蔵庫における目標基準値の新旧比較を含む、
区分Bの目標基準値

電気冷蔵庫のエネルギー消費効率向上のための具体的な技術

1. 圧縮機の効率改善

以下の（１）～（３）の技術は既に導入しているため、今後は、これらの技術を改善することによって、年１％の圧縮機の効率改善を図る。

（１） 圧縮機の機械損失低減

機械損失を低減するためには、軸受とクランクシャフト間の摺動部及びピストンとシリンダー間の摺動部の摩擦低減が有効である。主として、信頼性の確保を前提とした摺動部面積の低減（最適化）や、冷凍機油の低粘度化、摺動部の表面処理の改善などにより摩擦を小さくし圧縮機の入力の低減を図っている。

なお、高効率圧縮機では、摩擦低減のために軸受にボールベアリングを採用するなどコストをかけて機械損失の低減を図っている。

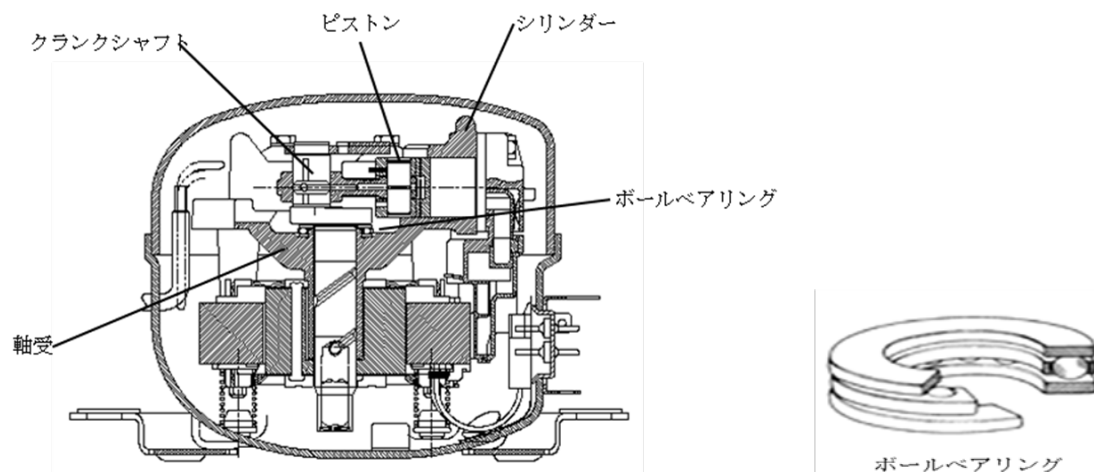


図1 圧縮機の断面図

（２） 圧縮機の低入力化

インバーター圧縮機では回転数を下げた低速運転をすることで入力低減を図ることが有効であるが、回転数が少ないと摺動部への冷凍機油の供給が不足し信頼性が課題となる。高効率の圧縮機では、より低速でも冷凍機油が供給できる構造を採用することで低速回転を実現し入力低減を図っている。また、真空断熱材の採用により、庫内を冷却するのに必要な能力が以前に比べて少なくなっているため、圧縮機のシリンダー容積を小さくす

ることで入力低減を図ってきた。

(3) 圧縮機モータの高効率化

1) 磁石形状

従来使用されていたSPMモータ (SPM: Surface Permanent Magnet Motor)は、ロータ表面 (ロータ鉄心+磁石) にステンレスなどのカバーがあると、磁界の変化によりカバーに渦電流が流れ、損失が発生するため駆動電流が増加する問題があった。

これに対しIPMモータ (IPM: Interior Permanent Magnet Motor)は、ロータ鉄心に磁石を埋め込むことにより磁石カバーが不要となり、効率が改善された。

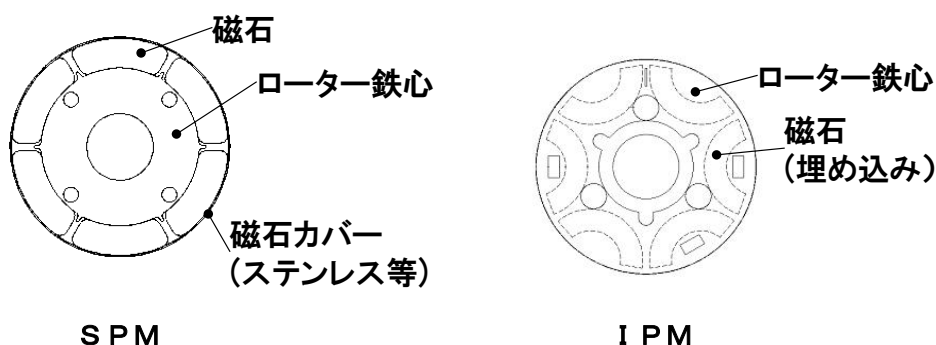


図2 ロータの断面図

2) 巻線改善

図3のように限られた巻線スペースにモータ巻線をより多く巻き付けることで、コイル断面積を拡大することにより、大きな磁力が得られるためモータ効率の向上を図ってきた。

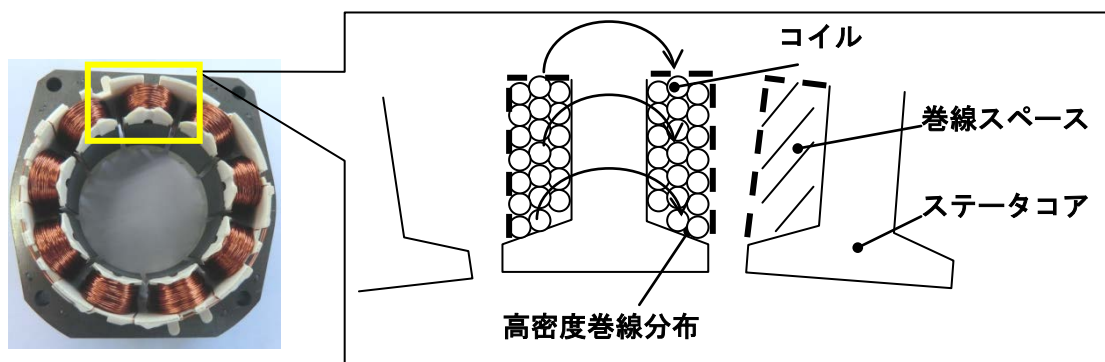


図3 ステーターの高密度巻線のイメージ

2. 真空断熱材の採用

冷蔵庫の外壁と内箱の間の断熱材を、従来のウレタン断熱材の約10倍の断熱特性を持つ真空断熱材とウレタン断熱材の複合断熱構造 (図4) とすることにより、外部から庫内

への熱侵入を抑えることにより、消費電力量の低減に寄与してきた。

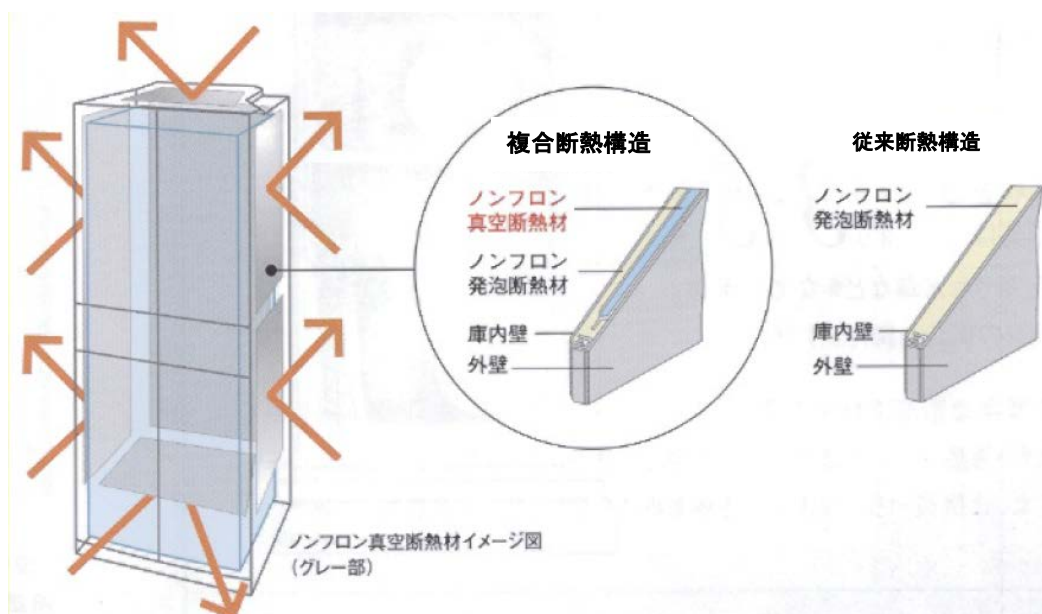


図4 断熱構造

真空断熱材の芯材として、以前は連続気泡セル形状の発泡樹脂（連通ウレタン）が用いられていたが、現在では短繊維グラスウールを用いることにより断熱特性の改善を図っている。

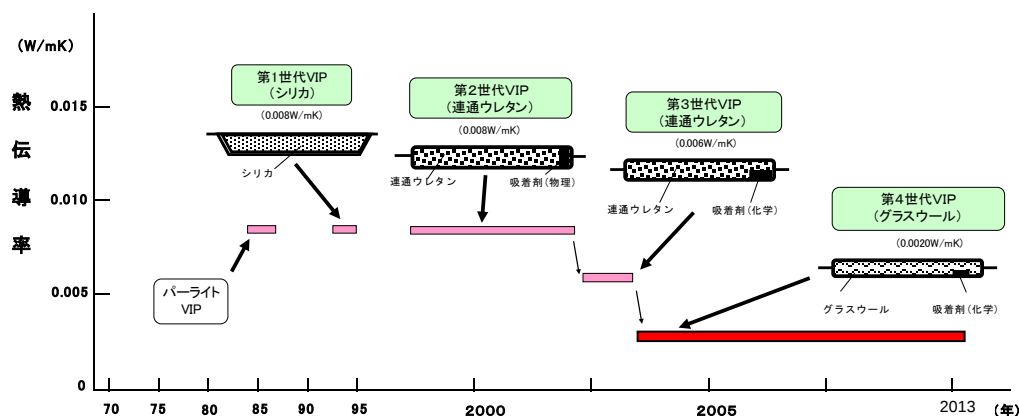


図5 真空断熱材の変遷

外装アルミフィルム材を箔フィルムから蒸着フィルムに変更することにより、外装フィルムを通して真空断熱材端面部の表から裏への熱の回り込み（ヒートブリッジ）を低減している。

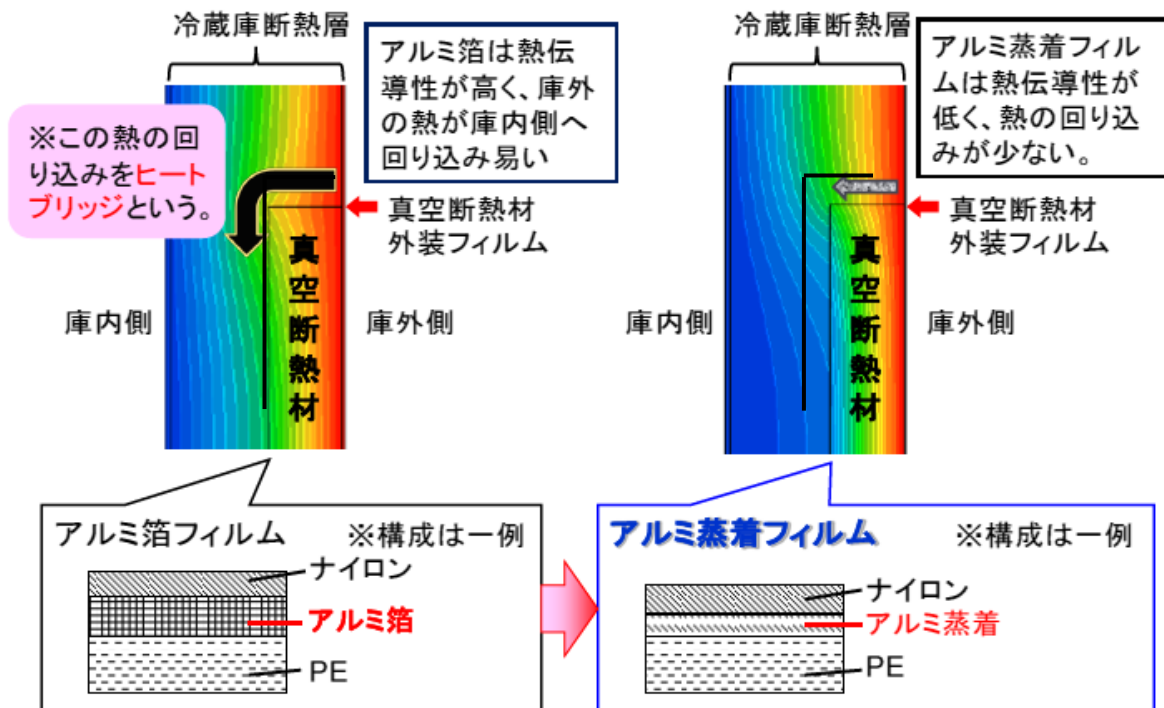


図6 真空断熱材による温度分布

さらに、これまで採用が難しかった冷蔵庫の底部や背面の凹凸に合わせた形状の実現や、扉への搭載により真空断熱材の使用量を増やしてきた（被覆率※向上）。

なお、資料7「電気冷蔵庫の目標基準値（案）について」における「2. エネルギー消費効率の向上のための具体的な技術と改善余地（2）真空断熱材の被覆率の拡大」の項で述べたとおり、真空断熱材は、省エネ技術として搭載できる限界まできており、被覆率をさらに上げる事は困難な状況である。（図7参照）これは冷蔵庫の外郭は主に金属板で構成されており、真空断熱材を金属板の端部近くまで大きくした場合、その組立や断熱材発泡時に薄い外装フィルムを傷つける危険性が高くなるからである。扉に搭載する真空断熱材は側面や背面などのものに比べ面積が小さくなるため、真空断熱材端面部のヒートブリッジの影響により断熱効果は小さく、その被覆面積に対する省エネ効果は僅かなものとなる。

また、資料5「電気冷蔵庫の目標設定のための区分（案）について」における「（3）定格内容積による区分」の項で述べたとおり、真空断熱材は製造コストが高いため、小さな扉や小型、中型の冷蔵庫には採用されていない。

※被覆率…冷蔵庫製品（直方体と考える）6面の表面積に対する真空断熱材の外周からの投影面積比率のこと。

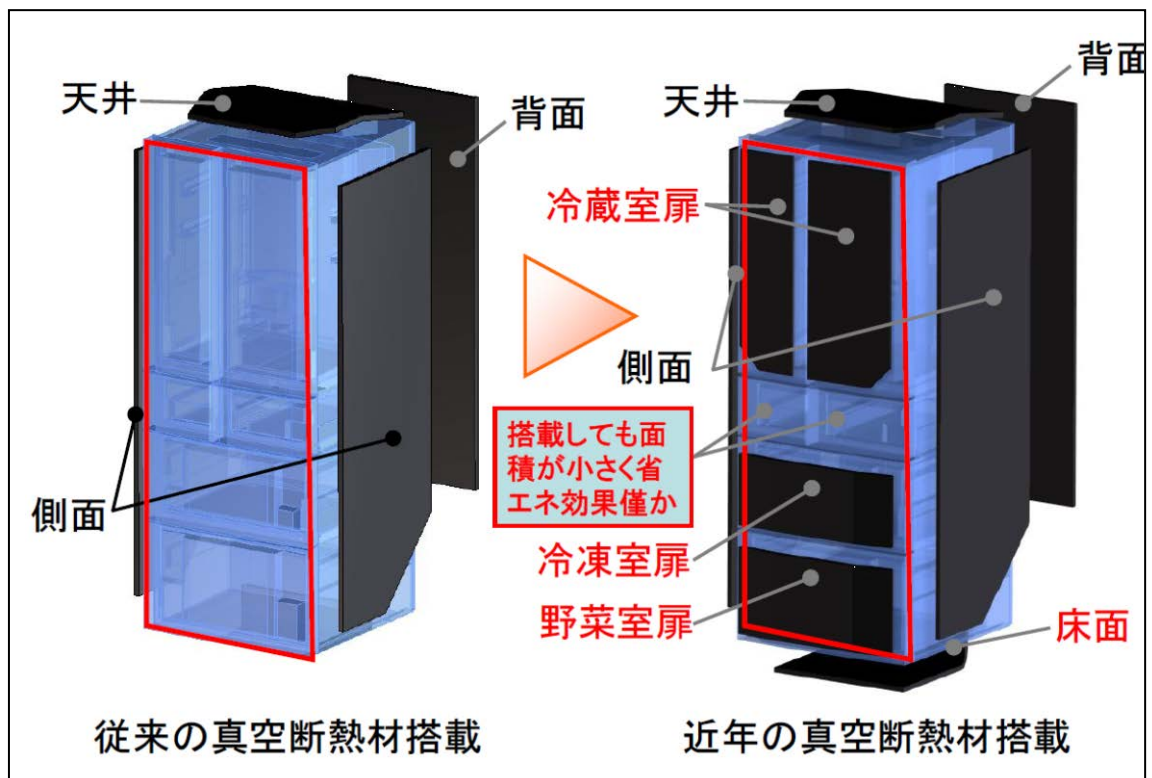


図7 真空断熱材の搭載例

以上