

冷蔵庫用ハイフロンモートルの吸湿特性

Dehydration Characteristics of the Hifron Motors for Refrigerating Compressors

横田 宣彦* 柏瀬 利司*
Nobuhiko Yokota Toshiji Kashiwase

内 容 梗 概

冷凍サイクル中に水分を持ち込むことは氷詰りその他の事故を招くので望ましくない。水分の大部分は圧縮機モートルの絶縁物に吸着されるもので、水分吸着の少ないハイフロン絶縁材料を採用することにより、冷凍サイクル中の残存水分を減少させ、乾燥作業を合理化することができた。

1. 緒 言

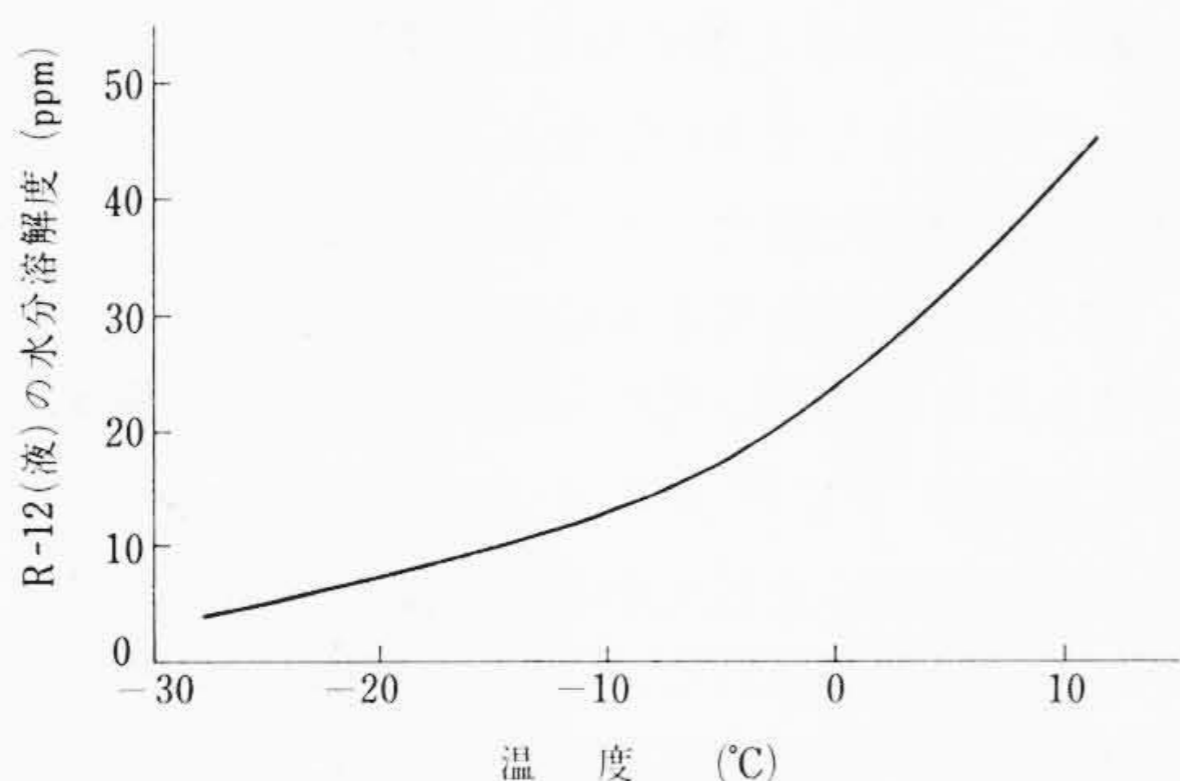
冷凍サイクル中に含まれる水分量がある限度を越えると、キャピラリーチューブ出口の低温部で氷結するため、冷媒の循環が停止し、冷凍サイクルの機能が消失する。このため冷凍サイクルの製作に当たっては乾燥を十分に行なって残存する水分をできるだけ少なくする必要がある。

冷凍サイクル内に使用する部品の中で最も多量に水分を含んでいるものは、圧縮機モートルの絶縁物である。モートル絶縁物はスロットくさび、スロットライナ、テープ、結束糸、リード線被覆などより構成されている。これらの絶縁物には従来赤色バルカナイズドファイバ板(以下赤ファイバという)、絶縁紙、綿製品といういわゆるセルローズ系材料を使用していたが、これらの材料は吸湿量が大きく、脱湿に際して多大の熱量と時間を要する欠陥があった。このためわれわれは数年前から吸湿が少なく脱湿の容易な絶縁材料の開発研究を進めてきた結果、ハイフロンと称する絶縁材料の開発に成功した。これをモートル絶縁物に採用したハイフロンモートルは水分の吸着が少なく、冷凍サイクルの乾燥作業を合理化することができた。

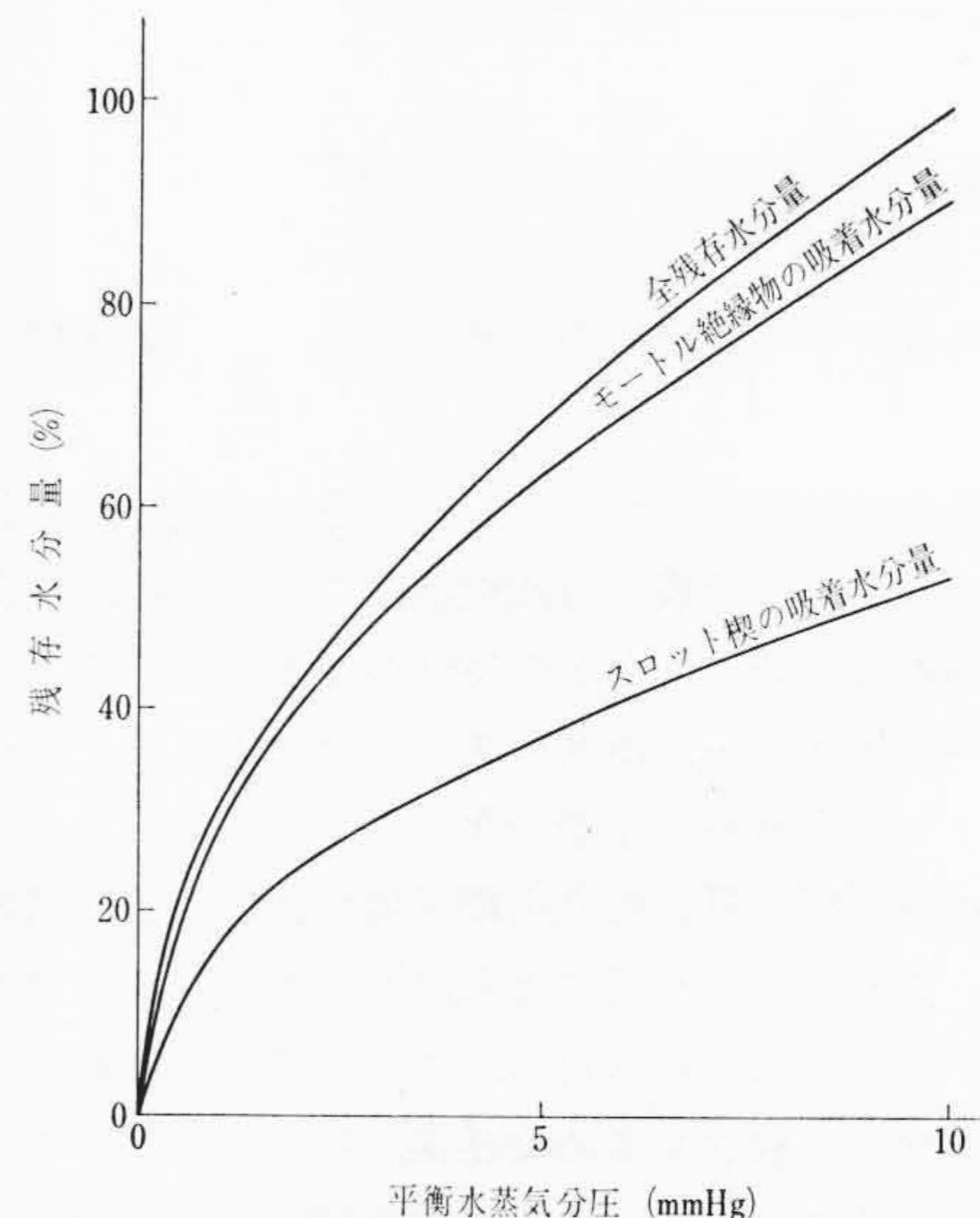
2. 冷凍サイクル中の残存水分

冷蔵庫を温度 10°C の室内におき、サーモスタットを“氷”ノッチにして運転する場合には、キャピラリーチューブ出口の温度は約 -25°C になる。冷媒 R-12 の水分溶解度は第 1 図に示すとおりであるから⁽¹⁾、冷媒中に水分が 5 ppm 以上含まれていると、冷媒が循環してキャピラリーチューブを通過するとき、温度が低下するので水分が過飽和となり、遊離し凍結していわゆる、氷詰りの現象を生ずる。

氷詰りを生ずると冷媒の循環が停止するから、冷凍サイクルはその機能を失う。このために冷凍サイクルの乾燥を十分に実施して、残存する水分を極少に抑制しなければならない。冷凍サイクル中に残存する水分量は、水蒸気として冷凍サイクル内部の空間に充満す



第 1 図 冷媒 R-12(液)の水分溶解度



第 2 図 冷凍サイクル中の残存水分量

る水分と、モートル絶縁物に吸着している水分との和として見いだされる。前者は気体の法則により次のようにして計算される。

$$W_G = 0.289 \frac{pV}{273+t} \dots\dots\dots (1)$$

ここに W_G : 求める水分量 (mg)
 p : 水蒸気分圧 (mmHg)
 V : 冷凍サイクル空間の全容積 (cm³)
 t : 温度 (°C)

後者はモートル絶縁物に吸着した水分が外界の水蒸気分圧と平衡状態にあるとして次のように計算される⁽²⁾。

$$W_S = K_t W \sqrt{p} \times 10^3 \dots\dots\dots (2)$$

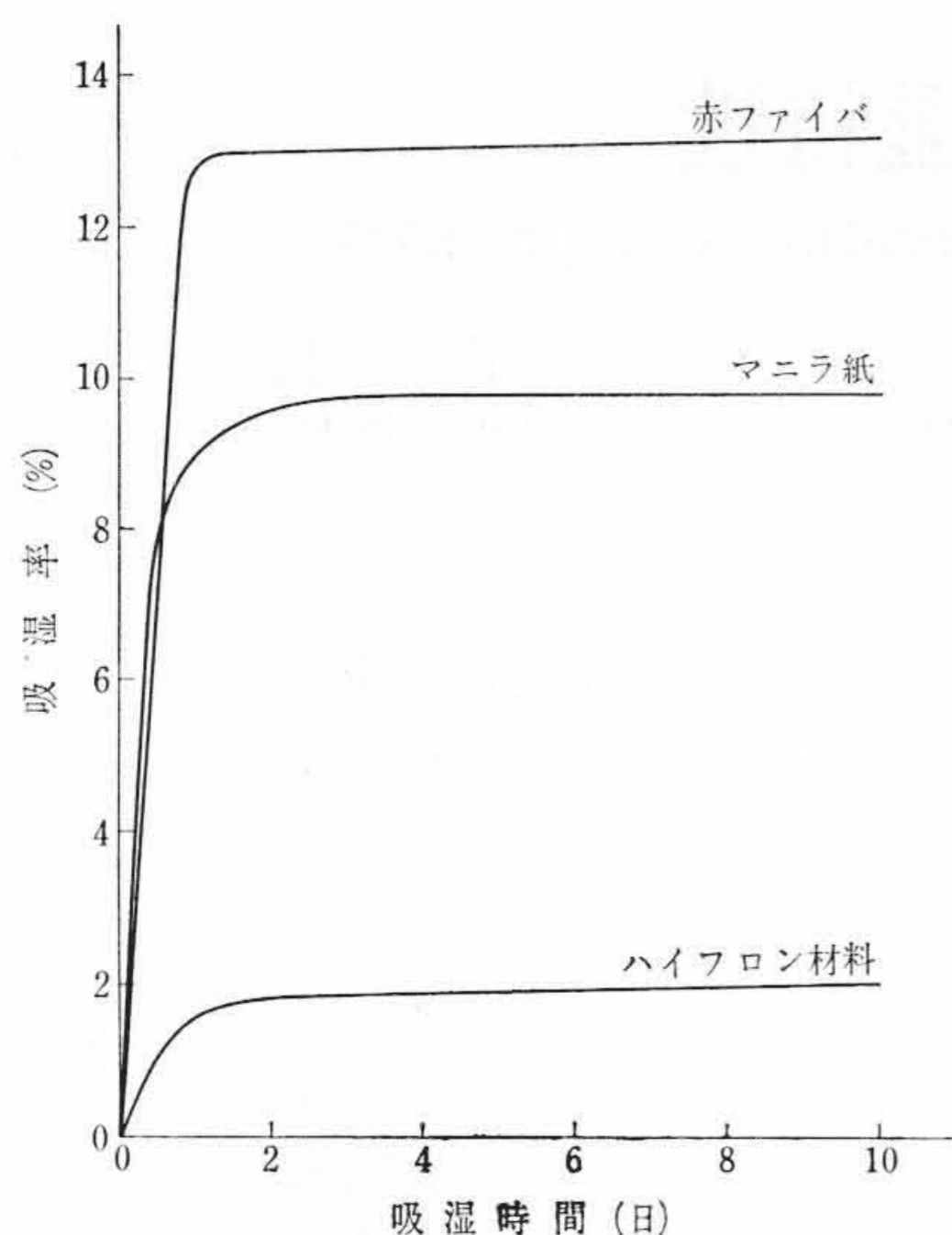
ここに W_S : 求める水分量 (mg)
 K_t : t°C における絶縁物の吸湿係数 (mmHg^{-1/2})
 W : 絶縁物の重量 (g)

したがって冷凍サイクル内の平衡水蒸気分圧を測定すれば、残存水分量は(1)式および(2)式から求めることができる。日立冷蔵庫について、その冷凍サイクル中に残存する水分量を求めた結果を第 2 図に示す。図のように、モートル絶縁物に吸着せる水分量は全残存水分量の約 90% を占めており、中でも赤ファイバで作られているスロットくさびがそのほとんどを吸着している。したがって残存水分量を減少させる最も効果的な方法はモートル絶縁物の改善にあり、なかんずくスロットくさびの吸湿を少なくすることが必要であることが知られる。

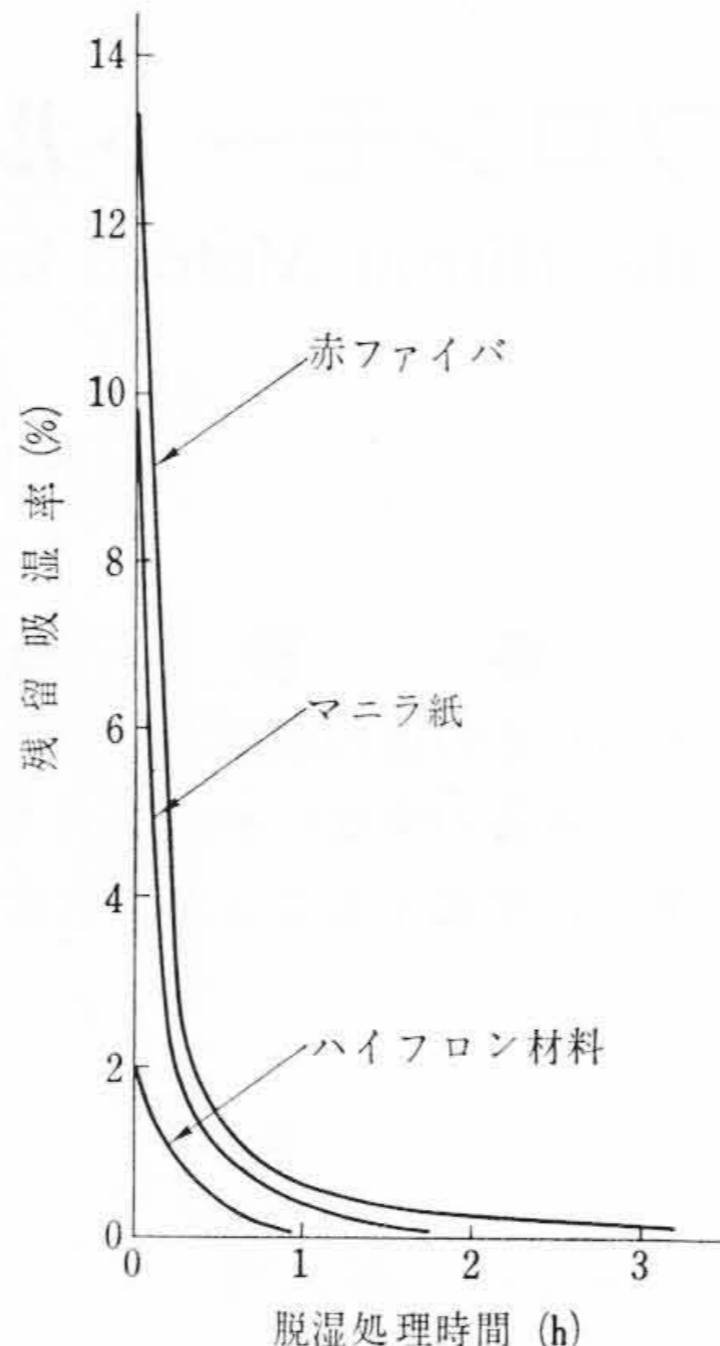
3. ハイフロン材料の開発

密閉圧縮機用モートルの絶縁材料として近年の新しい合成樹脂材

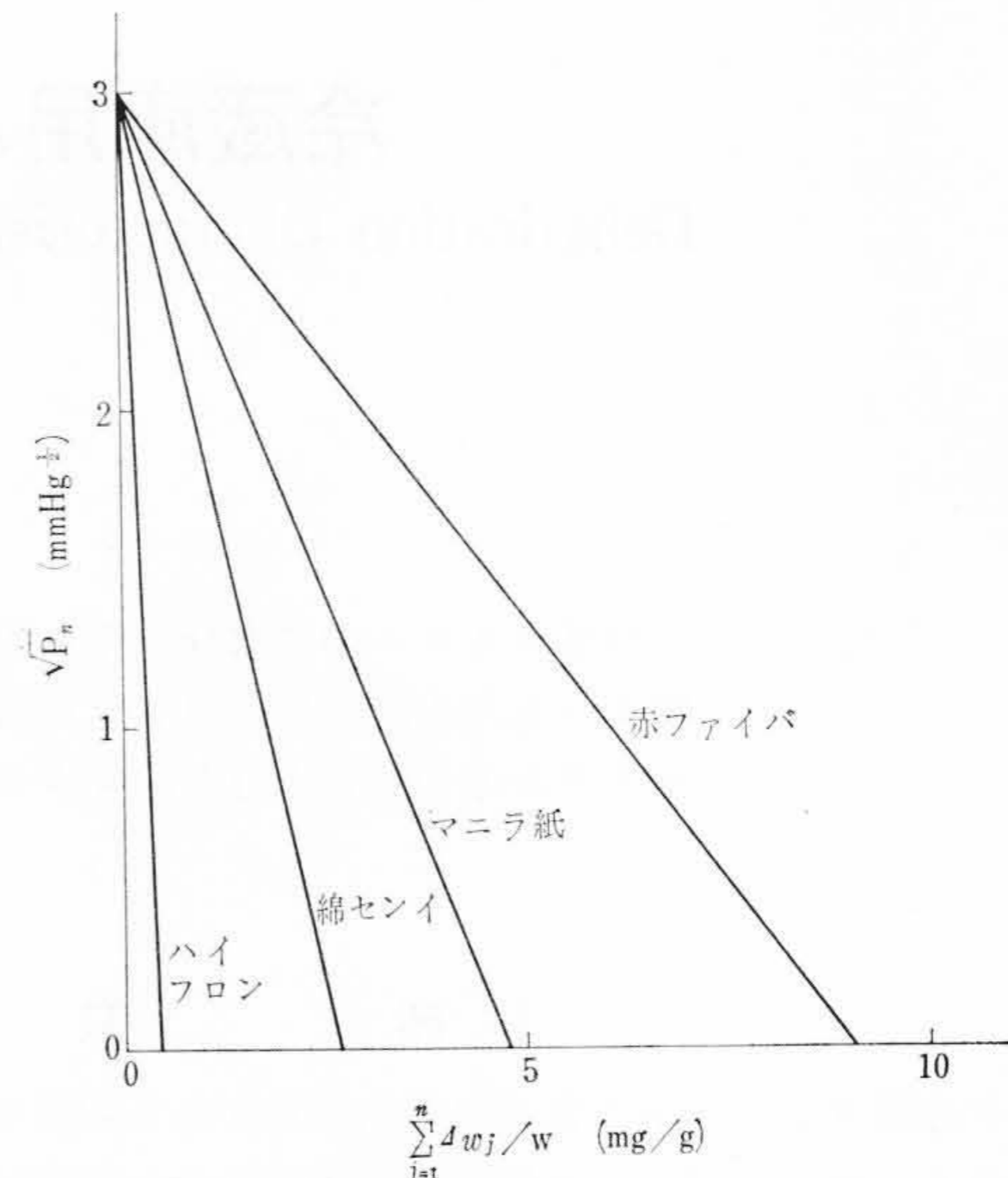
* 日立製作所栃木工場



第 3 図 各種モートル絶縁物の吸湿特性



第 4 図 各種モートル絶縁物の脱湿特性



第 5 図 各種絶縁材料の $\sum_{j=1}^n \Delta W_j / W$ と $\sqrt{p_n}$ との関係

料が種々の組合せで発表されている⁽³⁾。そして吸湿が少なく脱湿が容易なことのほかに、冷媒や冷凍機油に対する耐性、量産するうえの作業性、価格の安いことなどの特性が要求され、これに適合するものとしてポリアミド系、ポリエチレンテレフタレート系、およびアクリロニトリル系材料が指摘できる。

筆者らは多賀工場、日立化成山崎工場および下館工場の関係者の協力を得て、これら絶縁材料のうちポリエチレンテレフタレートクロスに吸湿が少ないことに着目し、これをアクリロニトリル系ワニスで処理した材料の検討を進めた結果、吸湿の少ないこと、耐冷媒性がすぐれていること、モートル組線作業性の良好なことなど密閉冷凍機用モートル絶縁材料として必要な諸条件を具備していることを知った。

アクリロニトリル系ワニスは山崎工場において日立独自の方法で開発されたもので、これをハイフロンワニスといい、このワニスで処理した絶縁材料をハイフロン材料と称している。またハイフロン材料を使用するモートルをハイフロンモートルと呼ぶことにした。

ハイフロン材料の吸湿特性を赤ファイバおよびマニラ紙と比較するにあたり、これら試料を乾燥器中で温度 105°C に保ち 16 時間乾燥したのち、温度 40°C、湿度 90% の恒温恒湿槽中で吸湿させ、時間の経過とともに重量を測定して吸湿率の変化を求めた。第 3 図はその結果を示したものである。次に吸湿が飽和に達したのち、温度 105°C の乾燥器中に放置して脱湿させ、試料の重量を測定し残留吸湿率の変化を求めた結果を第 4 図に示した。第 3 図および第 4 図から明らかなようにハイフロン材料は吸湿率が小さく、脱湿もまた容易であることがわかる。

ハイフロン材料は冷凍サイクル内に乾燥して密閉されるため、きわめて低い湿度の状態で使用される。このときの性能を次に検討する。

低湿度、したがって水分吸着量がわずかなときは、試料の重量を測定して吸湿率を算出することは大きな誤差を伴うから、平衡水蒸気分圧から求めるべきである。このため(2)式を変形して次の(3)および(4)式を導いた。

$$\frac{W_s}{W} - \frac{1}{W} \sum_{j=1}^n \Delta W_j = K_i \sqrt{p_n} \times 10^3 \dots \dots \dots (3)$$

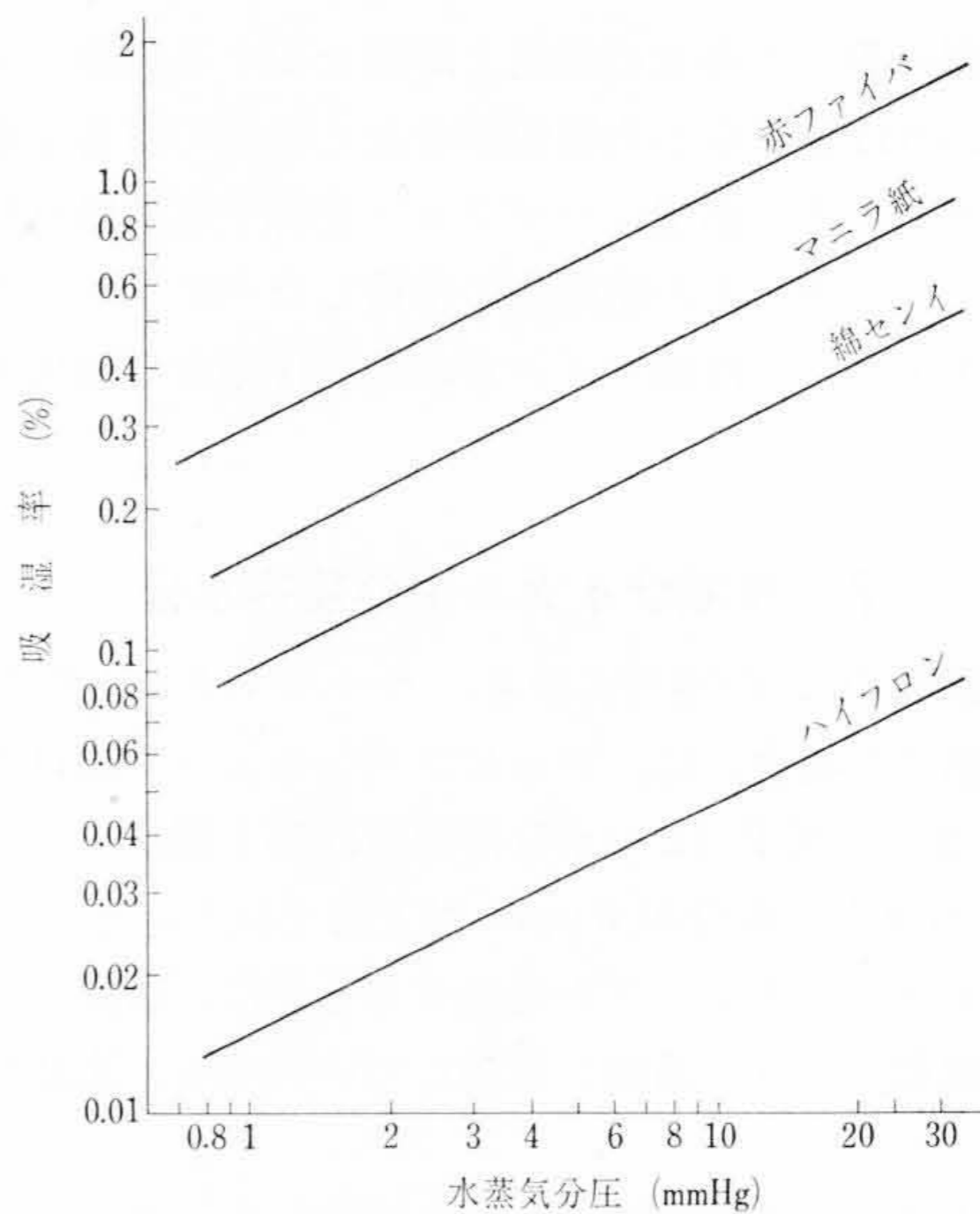
$$\varepsilon = \frac{W_s \times 10^{-3}}{W} \times 100 = K_i \sqrt{p} \times 10^2 \dots \dots \dots (4)$$

ここに ΔW_j : 試料を j 回目に脱湿した水分量 (mg)

p_n : 試料を n 回脱湿させたときの水蒸気分圧 (mmHg)

第 1 表 100°C における各種材料の吸湿係数

材 料 名	吸 湿 係 数 K_{100} (mmHg ^{-1/2})
赤 ファ イ バ	3.0×10^{-3}
マ ニ ラ 紙	1.6×10^{-3}
ハイフロン材料	1.5×10^{-4}
綿 セ ン イ	9.0×10^{-4}



第 6 図 各種絶縁材料の吸湿率特性

ε : 吸湿率 (%)

ハイフロン材料、赤ファイバ、マニラ紙および綿センイについて p_n と $\frac{1}{W} \sum_{j=1}^n \Delta W_j$ との関係を求めた結果を第 5 図に示す。ただし温度は乾燥条件に近い値として 100°C をとった。図からわかるようにハイフロン材料は直線的に変化していることから、セルローズ系と同様に(2)、(4)式を適用してもよいことが知られる。また $n \rightarrow \infty$ とすると $p_n \rightarrow 0$ となるから(4)式から明らかなように第 5 図の横軸上の $\frac{1}{W} \sum_{j=1}^n \Delta W_j$ の値は W_s / W を与える。ハイフロン材料は W_s / W の値が他の 3 種の試料に比べて小さく、傾斜が急であることから、吸湿量が少なく、脱湿が良好な、すぐれた絶縁材料であるといえる。

これら各種絶縁材料の吸湿率の水蒸気分圧に対する関係は第 6 図に示すようになり、また 100°C における吸湿係数 K_{100} は第 1 表に示すようになる。ハイフロン材料の吸湿係数は最も小さく赤ファイ

バの1/20, マニラ紙の1/10.5, 綿センイの1/6であり, それだけ水分吸着量も小さいことがわかる。

4. ハイフロンモートル使用結果

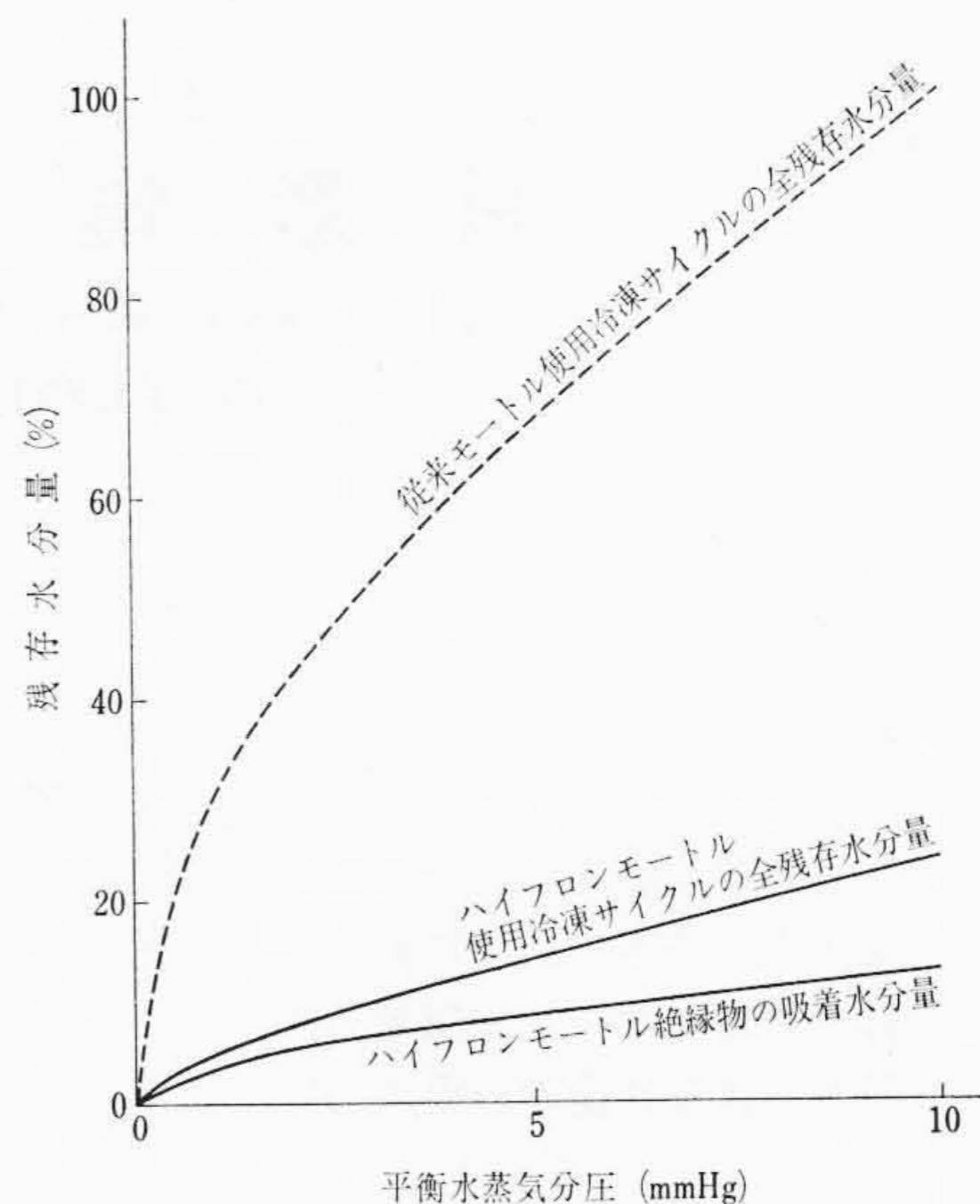
ハイフロンモートルを密閉冷凍機用モートルに採用した場合の, 冷凍サイクル中の残存水分量を測定した。第7図はハイフロンクロスモートル絶縁物を使用した冷凍サイクルの残存水分量を, 比較のため従来のモートルを使用した冷凍サイクルの残存水分量を基準として表わしたのであるが, この図により, 全残存水分量を従来のものの1/4以下にすることができたことがわかる。このことは, 残存水分量を従来のものと同一値まで許容できるとすると, 冷凍サイクルの乾燥時間を大幅に短縮できることを意味する。

乾燥時間を大幅に短縮することは, 乾燥作業の能率向上に大きな効果をもたらし, 同時に冷凍サイクルのより安定した働きと寿命の延長とを保証するものである。

5. 結 言

密閉形圧縮機を使用した冷凍サイクル中に含まれる水分量の80~90%はモートル絶縁物に吸着されたものであり, その中でも赤ファイバ製のスロットくさびが全残存水分量の50~60%を占め, マニラ紙のスロットライナもこれに次いで大きい。これら紙縁物をハイフロン材料に改善することにより, 全残存水分量を従来の25%以下に減少させることができ, 同時に冷凍サイクルの乾燥作業を大幅に短縮することに成功した。

冷蔵庫の寿命はこれによりさらに延長し, 安定な動作を期待することができる。



第7図 ハイフロンモートルを使用せる冷凍サイクルの残存水分量

この報告を終るに当たりご協力いただいた日立製作所多賀工場, 日立化成工業株式会社山崎工場および下館工場の関係者各位に深甚の謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) 窪田: 冷凍 35, 620-626 (昭35-8)
- (2) 島: 応物 12, 23 (昭18-1)
- (3) J. P. Hurtgen and A. R. Mounce: ASHRAE Journal 1 60 (1959-7)



特 許 の 紹 介



特許第414675号(特公昭38-13595)

田内省二・東海竜男
田村一二三

電 子 線 加 工 処 理 方 法

本発明方法は被処理体7の少なくとも被処理部分8およびその近傍を抵抗加熱, 高周波加熱, 光加熱などの加熱手段12により加熱しながら, 前記処理体7に電子線を照射して溶解その他の加工処理を行なう電子線加工処理方法であって, 被処理体の少なくとも被処理部分およびその近傍を, 抵抗加熱, 高周波加熱, 光加熱などの加熱手段により, この手段単独では処理すべき温度に比較的近いが, 該温度以上には達せしめ得ない程度の加熱を与えながら, 前述被処理体に電子線を照射して, 溶解その他の加工処理を行なう電子線加工処理方法である。(志村)

