

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6196735号
(P6196735)

(45) 発行日 平成29年9月13日(2017.9.13)

(24) 登録日 平成29年8月25日(2017.8.25)

(51) Int.Cl.

C09K 5/04 (2006.01)
F25B 1/00 (2006.01)

F 1

C09K 5/04 F
C09K 5/04 E
C09K 5/04 B
C09K 5/04 A
C09K 5/04 D

請求項の数 55 (全 46 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-530605 (P2016-530605)
 (86) (22) 出願日 平成26年7月29日 (2014.7.29)
 (65) 公表番号 特表2016-531177 (P2016-531177A)
 (43) 公表日 平成28年10月6日 (2016.10.6)
 (86) 國際出願番号 PCT/GB2014/052321
 (87) 國際公開番号 WO2015/015188
 (87) 國際公開日 平成27年2月5日 (2015.2.5)
 審査請求日 平成29年3月1日 (2017.3.1)
 (31) 優先権主張番号 1313615.5
 (32) 優先日 平成25年7月30日 (2013.7.30)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 516030797
 メキシケム フロー エセ・ア・デ・セ・
 ヴェ
 メキシコ国 エセ・エレ・ベ サン・ルイ
 ス・ポトシ セ・ペ 78395 ソナ・
 インドウストリアル エフェ 106
 (74) 代理人 100113365
 弁理士 高村 雅晴
 (74) 代理人 100131842
 弁理士 加島 広基
 (72) 発明者 ロバート・イー・ロウ
 イギリス国 WA7 4 Q X チェシャー
 ランコーン ザ・ヒース・ビジネス・ア
 ンド・テクニカル・パーク メキシケム
 ューケー リミテッド

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 1, 1-ジフルオロエテン (R-1132A) 含有組成物

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱伝達組成物であって、

(i) 1, 1-ジフルオロエテン (R-1132a) 10~99重量%と、

(ii) 前記組成物の1~90重量%のヘキサフルオロエタン (R-116) である、
 又は前記組成物の1~90重量%のヘキサフルオロエタン (R-116)、及びエタン (R-170) である、第二成分と
 を含んでなる、熱伝達組成物。

【請求項 2】

R-1132aを14~99重量%及びR-116を1~86重量%含んでなる、請求
 項1に記載の組成物。 10

【請求項 3】

R-1132aを35~99重量%及びR-116を1~65重量%含んでなる、請求
 項1又は2に記載の組成物。

【請求項 4】

CO₂をさらに含んでなる、請求項1~3のいずれか一項に記載の組成物。

【請求項 5】

R-1132aを2~98重量%、R-116を2~98重量%及びCO₂を2~60
 重量%含んでなる、組成物。

【請求項 6】

R - 1132a を 4 ~ 96 重量%、R - 116 を 4 ~ 96 重量% 及び CO₂ を 4 ~ 50 重量% 含んでなる、請求項 5 に記載の組成物。

【請求項 7】

前記 CO₂ が 6 ~ 40 重量% の量で存在する、請求項 4 ~ 6 のいずれか一項に記載の組成物。

【請求項 8】

エタンを 1 ~ 50 重量% 及び R - 1132a を 50 ~ 99 重量% 含んでなる、請求項 4 に記載の組成物。

【請求項 9】

エタンを 1 ~ 25 重量% 及び R - 1132a を 75 ~ 99 重量% 含んでなる、請求項 4 10 に記載の組成物。

【請求項 10】

R - 1132a、R - 116 及びエタンを含んでなる、請求項 1 に記載の組成物。

【請求項 11】

R - 1132a を 4 ~ 70 重量%、R - 116 を 4 ~ 96 重量% 及びエタンを 4 ~ 92 重量% 含んでなる、請求項 10 に記載の組成物。

【請求項 12】

R - 1132a を 4 ~ 70 重量%、R - 116 を 4 ~ 88 重量% 及びエタンを 8 ~ 92 重量% 含んでなる、請求項 11 に記載の組成物。

【請求項 13】

CO₂ をさらに含んでなる、請求項 10 ~ 12 のいずれか一項に記載の組成物。

【請求項 14】

存在するエタン及び CO₂ の合計が前記組成物の 50 重量% 未満である、請求項 13 に記載の組成物。

【請求項 15】

エタンと少なくとも同量の CO₂、又は少なくともエタンの 2 倍の量の CO₂ を含んでなる、請求項 13 又は 14 に記載の組成物。

【請求項 16】

エタンを 2 ~ 20 重量%、CO₂ を 2 ~ 45 重量%、R - 1132a を 15 ~ 85 重量% 及び R - 116 を 5 ~ 80 重量% 含んでなる、請求項 13 ~ 15 のいずれか一項に記載の組成物。

【請求項 17】

エタンを 4 ~ 12 重量%、CO₂ を 4 ~ 40 重量%、R - 1132a を 20 ~ 80 重量% 及び R - 116 を 8 ~ 76 重量% 含んでなる、請求項 16 に記載の組成物。

【請求項 18】

ペンタフルオロエタン (R - 125) をさらに含んでなる、請求項 1 ~ 17 のいずれか一項に記載の組成物。

【請求項 19】

組成物中に存在するエタンに加えて炭化水素をさらに含む、請求項 1 ~ 18 のいずれか一項に記載の組成物。

【請求項 20】

R - 1132a 及び R - 116 からなる、若しくは R - 1132a、R - 116 及び CO₂ からなる、請求項 1 ~ 17 のいずれか一項に記載の組成物、又は R - 1132a、R - 116 及び R - 170 からなる、若しくは R - 1132a、R - 116、R - 170 及び CO₂ からなる組成物。

【請求項 21】

前記組成物が R - 1132a 単独よりも可燃性が低い、請求項 1 ~ 20 のいずれか一項に記載の組成物。

【請求項 22】

R - 1132a 単独と比べて、前記組成物が、

20

30

40

50

(a) より高い可燃限界、
 (b) より高い点火エネルギー及び / 又はより低い火炎速度を有する、請求項 2 1 に記載の組成物。

【請求項 2 3】

不燃性である、請求項 1 ~ 2 2 のいずれか一項に記載の組成物。

【請求項 2 4】

前記組成物が周囲温度で不燃性である、又は 60 で不燃性である、請求項 2 3 に記載の組成物。

【請求項 2 5】

蒸発器又は凝縮器内で温度勾配が 10 K 未満、又は 5 K 未満である、請求項 1 ~ 2 4 の 10 いずれか一項に記載の組成物。

【請求項 2 6】

臨界温度が 0 より高い、又は 10 より高い、請求項 1 ~ 2 5 のいずれか一項に記載の組成物。

【請求項 2 7】

体積冷却能力が、同様のサイクル条件で R - 508B の体積冷却能力の少なくとも 90 % である、請求項 1 ~ 2 6 のいずれか一項に記載の組成物。

【請求項 2 8】

圧縮器吐出温度が、同様のサイクル条件で R - 508B の圧縮器吐出温度の 15 K 以内である、請求項 1 ~ 2 7 のいずれか一項に記載の組成物。 20

【請求項 2 9】

潤滑剤及び請求項 1 ~ 2 8 のいずれか一項に記載の組成物を含んでなる、組成物。

【請求項 3 0】

前記潤滑剤が、鉛油、シリコーン油、ポリアルキルベンゼン類 (PAB)、ポリオールエステル類 (POE)、ポリアルキレングリコール類 (PAG)、ポリアルキレングリコールエステル類 (PAG エステル類)、ポリビニルエーテル類 (PVE)、ポリ(アルファ - オレフィン類) 及びそれらの組合せから選択され、又は前記潤滑剤が PAG 又は POE から選択される、請求項 2 9 に記載の組成物。

【請求項 3 1】

安定剤及び請求項 1 ~ 3 0 のいずれか一項に記載の組成物を含んでなる、組成物。 30

【請求項 3 2】

前記安定剤が、ジエン系化合物類、ホスフェート類、フェノール化合物類及びエポキシド類とそれらの混合物から選択される、請求項 3 1 に記載の組成物。

【請求項 3 3】

難燃剤及び請求項 1 ~ 3 2 のいずれか一項に記載の組成物を含んでなる、組成物。

【請求項 3 4】

前記難燃剤が、トリ(2-クロロエチル)ホスフェート、(クロロプロピル)ホスフェート、トリ(2,3-ジブロモプロピル)ホスフェート、トリ(1,3-ジクロロプロピル)ホスフェート、リン酸二アンモニウム、様々なハロゲン化芳香族化合物、酸化アンチモン、アルミニウム三水和物、ポリ塩化ビニル、フッ素化ヨードカーボン、フッ素化ブロモカーボン、トリフルオロヨードメタン、ペルフルオロアルキルアミン類、ブロモ - フルオロアルキルアミン類及びそれらの混合物からなる群より選択される、請求項 3 3 に記載の組成物。 40

【請求項 3 5】

請求項 1 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の組成物を含んでなる、熱伝達装置。

【請求項 3 6】

前記熱伝達装置が冷却装置である、請求項 3 5 に記載の熱伝達装置。

【請求項 3 7】

前記熱伝達装置が超低温冷却システムを含んでなる、請求項 3 5 又は 3 6 に記載の熱伝達装置。 50

【請求項 3 8】

前記熱伝達装置がカスケードシステムを含んでなる、請求項 3 5 ~ 3 7 のいずれか一項に記載の熱伝達装置。

【請求項 3 9】

スプレーされるべき物質と、請求項 1 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の組成物を含んでなる噴射剤とを含んでなる、スプレー用組成物。

【請求項 4 0】

請求項 1 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の組成物を凝縮させた後、冷却されるべき物品の近くで該組成物を蒸発させることを含んでなる、物品を冷却する方法。

【請求項 4 1】

加熱されるべき物品の近くで請求項 1 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の組成物を凝縮させた後、該組成物を蒸発させることを含んでなる、物品を加熱する方法。

10

【請求項 4 2】

請求項 1 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の組成物を含んでなる溶媒をバイオマスと接触させ、該溶媒から物質を分離することを含んでなる、バイオマスから物質を抽出する方法。

【請求項 4 3】

物品を請求項 1 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の組成物を含んでなる溶媒と接触させることを含んでなる、物品を清浄化する方法。

【請求項 4 4】

水溶液又は粒状固体マトリックスを請求項 1 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の組成物を含んでなる溶媒と接触させ、該溶媒から物質を分離することを含んでなる、水溶液又は粒状固体マトリックスから物質を抽出する方法。

20

【請求項 4 5】

請求項 1 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の組成物を含んでなる、機械的動力発生装置。

【請求項 4 6】

ランキンサイクル又はその変法を用いて熱から仕事を発生するように構成されている、請求項 4 5 に記載の機械的動力発生装置。

【請求項 4 7】

既存の熱伝達組成物を除去して、請求項 1 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の組成物を導入する工程を含んでなる、熱伝達装置を改修する方法。

30

【請求項 4 8】

前記熱伝達装置が冷却装置、又は超低温冷却システムである、請求項 4 7 に記載の方法。

【請求項 4 9】

既存の化合物又は組成物を含んでなる製品の取扱いから生じる環境影響を減らす方法であって、既存の化合物又は組成物を請求項 1 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の組成物で少なくとも部分的に置き換えることを含んでなる、方法。

【請求項 5 0】

空調、冷却、熱伝達、エアロゾル又はスプレー用噴射剤、気体誘電体、火炎抑制、溶媒、クリーナー、局所麻酔剤及び膨張用途の分野からの製品に対して行われる、請求項 4 9 に記載の方法。

40

【請求項 5 1】

前記製品が、熱伝達装置、スプレー用組成物、溶媒又は機械的動力発生装置、又は熱伝達装置から選択される、請求項 4 9 又は 5 0 に記載の方法。

【請求項 5 2】

前記製品が、熱伝達装置である、請求項 5 1 に記載の方法。

【請求項 5 3】

前記熱伝達装置が、超低温冷却システムである、請求項 5 2 に記載の方法。

【請求項 5 4】

前記既存の化合物又は組成物が熱伝達組成物である、請求項 4 9 ~ 5 3 のいずれか一項

50

に記載の方法。

【請求項 5 5】

前記熱伝達組成物がR - 508A、R - 508B、R23及びR13B1から選択される冷媒である、請求項54に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は組成物、好ましくは熱伝達組成物、特にR - 508A、R - 508B, R23又はR13B1のような既存の冷媒の代替物として適しうる超低温熱伝達組成物に関する。10

【背景技術】

【0002】

本明細書における情報又は既発表文献の掲載又は考察は、当該情報又は文献が最新技術の一部であるか、又は一般常識であることを認めるものとして必ずしも受け取るべきではない。

【0003】

機械冷却システム及び関連熱伝達装置、例えばヒートポンプ及び空調システムは周知である。このようなシステムにおいて、冷媒液は低圧で蒸発して周辺ゾーンから熱を奪う。得られた蒸気は次いで圧縮され、凝縮器へ送られ、そこでそれが凝縮して、第二ゾーンへ熱を放出し、凝縮液は膨張弁を通って蒸発器へ戻され、こうしてサイクルを完了する。蒸気を圧縮して液体を送り出すために要する機械的エネルギーは、例えば電気モーター又は内燃機関により供給される。20

【0004】

特定の冷媒用途とりわけバイオメディカル用の冷却では低沸点冷媒ガスを用いて材料の冷却、典型的には約 - 85 以下の温度までの冷却を達成している。このような流体は超低温(ULT)又は極低温冷媒と呼ばれることもある。

【0005】

現時点で最も一般的に用いられている不燃性ULT冷媒はR - 508A及びR - 508Bである。本明細書ではR - 508という用語はR - 508A及びR - 508Bを指し、これらはいずれもトリフルオロメタン(R - 23)とヘキサフルオロエタン(R - 116)の混合物であり、ASHRAE標準34等級ではA1に分類されている。30

【0006】

R - 508流体の典型的な低温用途は、通常はカスケードシステムであり、第一の蒸気圧縮冷却サイクルでは液体R - 508の蒸発によって冷却室内の空気が約 - 80 ~ - 95まで冷却される。次いで気体の冷媒は圧縮され、第二の冷媒(例えばR - 404A)を気化させる熱交換器内で凝縮される。この交換器におけるR - 508の典型的な凝縮温度は - 50 ~ - 30 の範囲にある。第二の冷媒蒸気は、第二の圧縮機によって圧縮され次いで周囲空気に触れて凝縮される。

【0007】

R - 508又はR - 23のような低沸点不燃性冷媒ガスの温室効果(すなわち地球温暖化)係数(GWP)は高く(例えば約13000)、冷媒漏洩による環境への影響を低減すべくより低いGWPでこの用途に使用可能である流体を見出しが望まれている。40

【0008】

代替低温冷媒を探究する際には、いくつかの他の要素も考慮しなければならない。第一に、該流体を既存の設備に改修又は変換用の流体として、或いは本質的に変更を加えていないR - 508システム設計を用いた新規設備に「ドロップイン」として用いる場合には、既存の設計は不燃性流体の使用に基づいたものであろうことから不燃性が強く求められる。

【0009】

代替流体を全く新しいシステム設計に採用する場合には、ある程度の可燃性は許容可能50

でありうるが、可燃性の高い流体を用いると危険性を軽減するために費用がかさんだり性能が犠牲になることがある。システムにおける許容可能な充填量（冷媒質量）も流体の可燃性分類によって制限されており、エタンのようなクラス3の流体が最も厳しく制限されている。この場合、可燃特性がより低いとシステム充填量をより多くしうるため大変望ましい。

【0010】

第三に、そのような流体の典型的な用途は商用又は実験室用設備内におけるものであるので、システムは建物内に設置されることになる。したがって流体の特徴として、許容できるほど毒性が低いことが望ましい。

【0011】

さらに、体積能力（所与の大きさの圧縮器により達成可能な冷却力の指標）及びエネルギー効率が重要である。これはカスケード運転において特に重要である。というのも、低温段で効率が悪いとカスケードの最上段にある圧縮機の電力消費量も増加するためである。

【0012】

R - 170（エタン）はGWPが非常に低く、冷却性能及び毒性が許容範囲内であるが、その可燃性の高さによって用途が限定されており、例えば、器具における冷媒の最大充填量が安全規則によって制限されている場合がある。

【0013】

R - 170とR - 116の二元混合物がZhangらによって記載されている（J Chem Eng Data 2005 50 2074～2076及びFluid Phase Equilibrium 2006 240 73～78）。彼らは、これら二成分の共沸二元組成物を同定した。

【0014】

R - 744（二酸化炭素）は不燃性であるが、ULTカスケードシステムの底段では、運転温度がR - 744の三重点より低いため単独で使用することはできない。これは、固体二酸化炭素（ドライアイス）がシステムの低圧部分で形成する可能性があることを意味し、詰まり、制御不良及び非効率な運転につながる。

【0015】

R - 744とR - 116の二元混合物がValtzらによって記載されている（Fluid Phase Equilibrium 258 (2007) 179～185）。彼らは、これら二成分の共沸二元組成物を同定した。

【0016】

R - 1132a（1,1-ジフルオロエテン、フッ化ビニリデンとしても公知である）も低GWPが低く、毒性が許容範囲内である。R - 1132aの可燃性はエタンより低いが、可燃性はなおクラス2にある。US6054064は、R - 23、R - 32、R - 125、R - 134a及びR - 143aとの混合物を含む特定の冷媒組成物におけるR - 1132aの使用を記載している。純粋なR - 1132aの熱力学的エネルギー効率はR - 508のものと近いが、その冷却能力は低減されている。

【0017】

よって、GWPが低いことなど性質が向上しているにもかかわらず冷却性能、燃焼特性及び毒性が許容範囲である代替冷媒を提供する必要性がある。ほとんどまたは全く改修なく冷却装置のような既存の装置に用いることができる代替冷媒を提供する必要性もある。

【発明の開示】

【0018】

対象発明は、1,1-ジフルオロエテン（R - 1132a）と、ヘキサフルオロエタン（R - 116）、エタン（R - 170）及びそれらの混合物からなる群より選択される第二成分と、所望により二酸化炭素（CO₂、R - 744）とを含んでなる組成物を提供することにより上記及びその他の欠点に対処するものである。熱伝達又は冷媒組成物であると見なすことができるこのような組成物を下記では本発明の組成物と呼ぶ。

10

20

30

40

50

【0019】

本発明の特定の組成物は、R-1132a及びR-116、典型的にはR-1132aを約10～約99重量%及びR-116を約1～約90重量%含んでなる。好ましいこのような組成物は、R-1132aを約14～約99重量%及びR-116を約1～約86重量%含んでなる。

【0020】

本発明の別の好ましい組成物は、R-1132aを約35～約99重量%及びR-116を約1～約65重量%含んでなる。本発明のさらに好ましい組成物は、R-1132aを約36～約98重量%及びR-116を約2～約64重量%、例えば、R-1132aを約36～約96重量%及びR-116を約4～約64重量%含んでなる。

10

【0021】

気液平衡研究によってR-1132aとR-116の間で二元最低共沸混合物が同定されており（実施例を参照されたい）、その大気圧での組成は約50%w/w R-1132a(49.8%)であり、大気中の沸点は約-85.7である。共沸組成は、30baraでは約53%w/w R-1132aまで増加する。したがって、好ましい態様において、本発明はR-1132a及びR-116を含んでなる共沸又は擬似共沸組成物を提供するものである。本発明のさらに好ましい組成物は、R-1132aを約45～約60重量%及びR-116を約40～約55重量%含んでなる。

【0022】

共沸組成物とは、我々は、気液平衡状態においてどちらの相でも同一の組成を有し、各成分単体の沸点よりも沸点が低い二元組成物という意味を含める。擬似共沸組成物（例えば、R-1132aとR-116の擬似共沸組成物）とは、我々は、相当温度で測定した際に沸点が低いほうの成分単体（例えば、R-116と比べた場合にはR-1132a）の蒸気圧よりも蒸気圧が高いが、平衡蒸気組成が液体組成とは異なりうる二元液体組成物の意味を含める。

20

【0023】

本発明の特定の組成物は、R-1132a、R-116及びCO₂を含んでなる。ある態様において、このような組成物は、R-1132a、R-116及び約70重量%以下のCO₂を含んでなる。

【0024】

30

本発明の有利な組成物は、R-1132aを約2～約98重量%、R-116を約2～約98重量%及びCO₂を約2～約60重量%含んでなる。

【0025】

本発明の好ましい組成物は、R-1132aを約4～約96重量%、R-116を約4～約96重量%及びCO₂を約4～約50重量%含んでなる。このような組成物は、CO₂を約6～約40重量%、例えば、CO₂を約8～約30重量%含んでもよい。

【0026】

好ましい態様において、本発明の組成物中のCO₂の量は、約20重量%未満、好ましくは約15重量%未満、例えば、約13重量%未満である。CO₂の含有量をこの程度に限定することにより、本発明の組成物を冷媒として用いる間に望ましくないドライアイス（固体CO₂）が形成されるのを低減させるか又は回避することができると考えられる。

40

【0027】

本発明のさらに有利な組成物は、R-1132aを約5～約60重量%、R-116を約30～約70重量%及びCO₂を約2～約20重量%含んでなる。このような組成物は、典型的には、R-1132aを約10～約50重量%、R-116を約40～約70重量%及びCO₂を約5～約15重量%；又はR-1132aを約40～約60重量%、R-116を約35～約55重量%及びCO₂を約5～約20重量%含んでなる。一態様において、本発明の組成物は、R-1132aを約35重量%以下、R-116を少なくとも約55重量%及びCO₂を約13重量%以下含んでなる。

【0028】

50

本発明の特定の組成物は、R - 1132a 及びエタン (R - 170) を、典型的には、R - 1132a を約 20 ~ 約 99 重量% 及び R - 170 を約 1 ~ 約 80 重量% 含んでなる。好ましいこのような組成物は、R - 1132a を約 50 ~ 約 99 重量% 及び R - 170 を約 1 ~ 約 50 重量% 含んでなる。

【0029】

本発明の別の好ましい組成物は、R - 1132a を約 75 ~ 約 99 重量% 及び R - 170 を約 1 ~ 約 25 重量% 含んでなる。

【0030】

気液平衡研究によって R - 1132a と R - 170 の間で二元最低共沸混合物が同定されており（実施例を参照されたい）、0 で R - 170 が約 54 重量% のものから - 80

10

で R - 170 が約 41 重量% のものまで、その組成は温度と共に変わる。好ましい態様において、本発明は、R - 1132a 及び R - 170 を含んでなる共沸又は擬似共沸組成物を提供するものである。本発明のさらに好ましい組成物は、R - 1132a を約 40 ~ 約 60 重量% 及び R - 170 を約 40 ~ 約 60 重量% 含んでなる。

【0031】

本発明の特定の組成物は、R - 1132a、R - 170 及び CO₂ を含んでなる。ある態様において、このような組成物は、R - 1132a、R - 170 及び約 70 重量% 以下の CO₂ を含んでなる。

【0032】

本発明の有利な組成物は、R - 1132a を約 2 ~ 約 98 重量%、R - 170 を約 2 ~ 約 98 重量% 及び CO₂ を約 2 ~ 紦 60 重量% 含んでなる。

20

【0033】

本発明の好ましい組成物は、R - 1132a を約 4 ~ 約 96 重量%、R - 170 を約 4 ~ 約 96 重量% 及び CO₂ を約 4 ~ 紺 50 重量% 含んでなる。このような組成物は、CO₂ を約 6 ~ 紺 40 重量%、例えば、CO₂ を約 8 ~ 紺 30 重量% 含んでもよい。一面において、先に記載したように、R - 1132a、R - 170 及び CO₂ を含んでなるこのような組成物中の CO₂ の量は、約 20 重量% 未満、好ましくは約 15 重量% 未満、例えば、約 13 重量% 未満である。

【0034】

本発明の特定の組成物は、R - 1132a、R - 116 及び R - 170 を含んでなる。

30

【0035】

本発明の有利な組成物は、R - 1132a を約 4 ~ 紺 70 重量%、R - 116 を約 4 ~ 紺 96 重量% 及び R - 170 を約 4 ~ 紺 92 重量% 含んでなる。

【0036】

本発明の好ましい組成物は、R - 1132a を約 4 ~ 紺 70 重量%、R - 116 を約 4 ~ 紺 88 重量% 及び R - 170 を約 8 ~ 紺 92 重量% 含んでなる。

【0037】

本発明のさらに別の組成物は、エタン、二酸化炭素、R - 1132a 及び R - 116 の四元混合物からなるものである。この四元組成物の好ましい態様は、ASHRAE 34 方法論によりバルク組成を不燃性と評価することができるものである。有利には、組成物に占めるエタン及び二酸化炭素の合計量は 50 重量% 未満である。好ましくは、このような組成物は、少なくともエタンと同程度（重量基準で）の CO₂、好ましくはエタンの 2 倍（重量基準で）の CO₂ を含んでなる。

40

【0038】

有利な組成物は、エタンを約 2 ~ 紺 20 重量%、CO₂ を約 2 ~ 紺 45 重量%、R - 1132a を約 15 ~ 紺 85 重量% 及び R - 116 を約 5 ~ 紺 80 重量% 含んでなる。好ましい組成物は、エタンを約 4 ~ 紺 12 重量%、CO₂ を約 4 ~ 紺 40 重量%、R - 1132a を約 20 ~ 紺 80 重量% 及び R - 116 を約 8 ~ 紺 76 重量% 含んでなる。

【0039】

上に記載の組成物はいずれも、ペンタフルオロエタン (R - 125) をさらに含んでも

50

よい。

【0040】

上に記載の組成物はいずれも、組成物中に存在するエタンに加えて炭化水素をさらに含んでもよい。有利には、炭化水素は、プロパン、プロペン、イソブタン、n-ブタン、n-ペンタン、イソペンタン及びそれらの混合物からなる群より選択される1種以上の化合物である。好ましい態様において、炭化水素はn-ペンタンを含んでなる。

【0041】

理論に拘束されるものではないが、存在する場合には、エタン及び／又は追加の炭化水素化合物が含まれると、油混和性、溶解性及び／又はリターン特性が向上しうると考えられる。好ましくは、本発明の組成物は、炭化水素成分を好ましくは約1～約50重量%、例えば、約1～約20重量%含んでなる。

10

【0042】

本明細書に記載された化学物質のすべてが市販されている。例えば、フルオロケミカルはApollo Scientific(UK)から入手してもよく、二酸化炭素はLinde AGのような液化ガスの供給会社から入手してもよい。

【0043】

ここで用いられているように、本組成物で言及するすべての%量は、請求項を含めて、別記されない限り、組成物の合計重量を基準にした重量によるものである。

【0044】

重量%での成分量の数値に関連して用いられる「約」という用語には、我々は、±0.5重量%、例えば、±0.2重量%又は±0.1重量%の意味を含める。

20

【0045】

誤解を避けるために記載すると、結果として得られる範囲が本発明の最も広い範囲に入るかぎり、本明細書に記載の本発明の組成物における成分量の範囲について記載される上限値及び下限値は任意に置き換えられてもよいものと理解されるべきである。

【0046】

ある態様において、本発明の組成物は熱伝達特性を有する成分を実質的に何も含まない(明記した成分以外には)。

【0047】

一例を挙げると、本発明の組成物は、他のヒドロフルオロカーボン化合物を実質的に何も含んでいなくてもよい(R-1132a、R-116及び所望によりR-125以外には)。

30

【0048】

本明細書に記載の本発明の組成物のいずれも、具体的に規定される量のR-1132a、第二成分及び所望によりCO₂を有する組成物を含め、当該組成物において規定したR-1132a、第二成分及び所望によりCO₂の量から本質的になっていても(又は、それからなっていても)よい。

【0049】

「～から本質的になる」という用語には、我々は、本発明の組成物が、熱伝達組成物において使用されることが知られている他の成分、特にさらなるヒドロフルオロカーボン化合物(例えば、ヒドロフルオロアルカン又はヒドロフルオロアルケン)を実質的に含んでいない意味を含める。我々は、「～からなる」という語を「～から本質的になる」という意味に包含される。

40

【0050】

「～が実質的でない」及び「～を実質的に含むものではない」には、我々は、本発明の組成物が記載成分を組成物の全重量に基づいて0.5重量%以下、好ましくは0.1%以下含有するという意味を含める。

【0051】

本発明の組成物のオゾン層破壊係数はゼロである。

【0052】

50

典型的には、本発明の組成物は、GWPが約12000未満、例えば、約11000未満である。

【0053】

一態様において、R-1132a及びR-116を含んでなる本発明の組成物は、GWPが約11000未満、好ましくは約10500又は約10000又は約9000又は約8000未満である。

【0054】

一面において、R-1132a、R-116及びCO₂を含んでなる本発明の組成物は、GWPが約11000未満、一例を挙げると約10000未満、例えば、約100～約10000又は約100～約7000である。

10

【0055】

典型的には、R-1132a及びR-170を含んでなる本発明の組成物はGWPが約4以下である。

【0056】

典型的には、R-1132a、R-170及びCO₂を含んでなる本発明の組成物はGWPが約4以下である。

【0057】

一態様において、R-1132a、R-170、R-116及びCO₂を含んでなる本発明の組成物は、GWPが約10000未満、一例を挙げると約9000未満、例えば、約1000～約8000又は約2000～約7000である。

20

【0058】

典型的には、対象発明の組成物は、R-1132aと比べると燃焼危険性が低減している。

【0059】

燃焼性は、2004年付けAddendum 34p通りの試験方法論でASTM標準E-681を組み入れたASHRAE標準34に従い決定することができ、その全内容が参照により本明細書に組み込まれる。

【0060】

一面において、本組成物は、R-1132a単独と比べて(a)高い可燃下限；(b)高い点火エネルギー(自己点火エネルギー又は熱分解(pyrolysis)と呼ばれることがある)；又は(c)低い火炎速度(flame velocity)のうち1以上を有している。好ましくは、本発明の組成物は、R-1132aと比べて次の1以上の点で可燃性がより低いものである：23における可燃下限；60における可燃下限；23又は60における燃焼範囲の広さ；自己点火温度(熱分解(thermal decomposition)温度)；乾燥空気中での最小点火エネルギー又は火炎速度(flame speed)。可燃限界はASHRAE34に規定する方法に従って決定され、自己点火温度はASTM E659-78の方法によって500m¹ガラスフラスコ中で決定される。

30

【0061】

好ましい態様において、本発明の組成物は不燃性である。例えば、ASHRAE34方法論を用いる60の試験温度では本発明の組成物は不燃性である。有利には、約-20～60の間の任意の温度で本発明の組成物と平衡状態で存在する蒸気の混合物も不燃性である。

40

【0062】

本発明の特定の不燃性組成物は実施例に記載している。本発明の好ましい不燃性組成物は、R-1132aを約30重量%以下及びR-116を少なくとも約70重量%含んでなる(所望により、それから実質的になるか又はそれからなる)。

【0063】

いくつかの用途では、配合物がASHRAE34方法論により不燃性と分類される必要はない場合がある。例えば冷却設備装填物を周囲へ漏出させることにより可燃性混合物を作ることが物理的に不可能である場合、その用途における使用に安全となるように空気中

50

で可燃限界が十分に下げられる流体を開発することが可能である。本発明の特定のこのよ
うな低可燃性組成物は実施例に記載している。

【0064】

一態様において、本発明の組成物は、可燃性を A S H R A E 標準 34 分類法に従って 1
又は 2 L と分類することができる。

【0065】

本発明の組成物、特に R - 1132a、R - 116 及び CO₂ を含んでなるものは、有利には、蒸発器又は凝縮器内での温度勾配が 10 K 未満である。好ましくは、このような組成物は、温度勾配が約 5 K 未満、さらに好ましくは約 1 K 未満である。

【0066】

熱伝達組成物の臨界温度は最大予想凝縮器温度よりも高くあるべきである。これは、臨
界温度が近づくにつれサイクル効率が低下するからである。こうなると、冷媒の潜熱が減
少するので気体状の冷媒を冷却することによって凝縮器内でより多くの熱放出が起り、
これは伝達される単位熱量当たりより多くの面積を必要とする。R - 508B の臨界温度は
約 11 °である (REFPROP により推定したデータ)。

【0067】

一面において、本発明の組成物は、臨界温度が約 0 °より高い、好ましくは約 11 °
より高い。

【0068】

本発明の組成物は、低 / 不燃性、低 GWP、改善した潤滑剤混和性及び改善した冷却性
能特性の全く予想外の組合せを示すと考えられる。当該冷却性能特性のいくつかは下記に
さらに詳細に説明している。

【0069】

本発明の組成物は、典型的には、体積冷却能力が R - 508 の体積冷却能力の少なくとも 85 % である。好ましくは、本発明の組成物は、体積冷却能力が R - 508 の体積冷却能力の少なくとも 90 % であり、例えば、R - 508 の体積冷却能力の約 95 % ~ 約 120 % である。

【0070】

本発明の組成物は、典型的には、-70 °以下、好ましくは -80 °以下、例えば -85 °以下の温度に達することが可能である一方で、大気圧より大きな蒸発圧力を維持する
。

【0071】

一態様において、本発明の組成物のサイクル効率 (成績係数、COP) は、それが置き
換わる既存の冷媒流体の約 5 % 以内であるか又はさらに良いものである。好都合には、本
発明の組成物の圧縮器吐出温度は、それが置き換わる既存の冷媒流体の約 15 K、好ま
しくは約 10 K 又はさらには約 5 K 以内である。

【0072】

本発明の組成物は、典型的には、既存の設計の設備、例えば、ULT 冷却設備での使用
に適しており、既定 HFC 冷媒と一緒に現在用いられているすべての種類の潤滑剤と適合
する。それらは、所望により、適切な添加剤の使用により鉛油に対して安定化又は適合化
されていてもよい。

【0073】

好ましくは、熱伝達設備で用いられる場合、本発明の組成物は潤滑剤と組み合わされる
。

【0074】

便宜上、潤滑剤は鉛油、シリコーン油、ポリアルキルベンゼン類 (PAB)、ポリオー
ルエステル類 (POE)、ポリアルキレングリコール類 (PAG)、ポリアルキレングリ
コールエステル類 (PAG エステル類)、ポリビニルエーテル類 (PVE)、ポリ (アル
ファ - オレフィン類) 及びそれらの組合せからなる群より選択される。PAG 及び POE
が、本発明の組成物向けに現在好ましい滑沢剤である。

10

20

30

40

50

【0075】

有利には、潤滑剤はさらに安定剤を含んでなる。

【0076】

好ましくは、安定剤はジエン系化合物、ホスフェート類、フェノール化合物類及びエポキシド類とそれらの混合物からなる群より選択される。

【0077】

便宜上、本発明の組成物は難燃剤と組み合わせてもよい。

【0078】

有利には、難燃剤はトリ(2-クロロエチル)ホスフェート、(クロロプロピル)ホスフェート、トリ(2,3-ジブロモプロピル)ホスフェート、トリ(1,3-ジクロロプロピル)ホスフェート、リン酸二アンモニウム、様々なハロゲン化芳香族化合物、酸化アンチモン、アルミニウム三水和物、ポリ塩化ビニル、フッ素化ヨードカーボン、フッ素化プロモカーボン、トリフルオロヨードメタン、ペルフルオロアルキルアミン類、プロモ-フルオロアルキルアミン類及びそれらの混合物からなる群より選択される。10

【0079】

一態様において、本発明は、本発明の組成物を含んでなる熱伝達装置を提供する。

【0080】

好ましくは、熱伝達装置は冷却装置である。

【0081】

便宜上、熱伝達装置は超低温冷却システムである。20

【0082】

有利には、熱伝達装置はカスケードシステムを内蔵している。

【0083】

本発明は、本明細書で記載するような熱伝達装置における本発明の組成物の使用も提供する。

【0084】

本発明の他の面によれば、スプレーされるべき物質と、本発明の組成物を含んでなる噴射剤とを含んでなる、スプレー用組成物が提供される。

【0085】

本発明の別な面によれば、本発明の組成物を凝縮させ、その後、冷却されるべき物品の近くで該組成物を蒸発させることを含んでなる、物品を冷却する方法が提供される。30

【0086】

本発明の他の面によれば、加熱されるべき物品の近くで本発明の組成物を凝縮させ、その後、該組成物を蒸発させることを含んでなる、物品を加熱する方法が提供される。

【0087】

本発明の別な面によれば、本発明の組成物を含んでなる溶媒とバイオマスを接触させ、該溶媒から物質を分離することを含んでなる、バイオマスから物質を抽出する方法が提供される。

【0088】

本発明の他の面によれば、本発明の組成物を含んでなる溶媒と物品を接触させることを含んでなる、物品を清浄化する方法が提供される。40

【0089】

本発明の別な面によれば、本発明の組成物を含んでなる溶媒と水溶液を接触させ、該溶媒から物質を分離することを含んでなる、水溶液から物質を抽出する方法が提供される。

【0090】

本発明の他の面によれば、本発明の組成物を含んでなる溶媒と粒状固体マトリックスを接触させ、該溶媒から物質を分離することを含んでなる、粒状固体マトリックスから物質を抽出する方法が提供される。

【0091】

本発明の別な面によれば、本発明の組成物を含有している機械的動力発生装置が提供さ50

れる。

【0092】

好ましくは、機械的動力発生装置はランキンサイクル又はその変法を用いて熱から仕事を発生するように構成されている。

【0093】

本発明の他の面によれば、既存の熱伝達流体を除去して、本発明の組成物を導入する工程を含んでなる、熱伝達装置を改修する方法が提供される。好ましくは、熱伝達装置は冷却装置であり、さらに好ましくは、この装置は超低温冷却システムである。有利には、この方法は温室効果ガス（例えば、二酸化炭素）排出権の割当を得る工程をさらに含んでなる。

10

【0094】

上記の改修方法によると、既存の熱伝達流体は、本発明の組成物を導入する前に、熱伝達装置から完全に除去される。既存の熱伝達流体は熱伝達装置から一部除去され、その後、本発明の組成物を導入することもできる。

【0095】

本発明の組成物は、望ましい割合でR-1132a、第二成分（及びR-744、R-125、炭化水素、潤滑剤、安定剤又は追加の難燃剤のような任意成分）を混合することでも、簡単に製造しうる。次いでこの組成物を熱伝達装置に加える（又は本明細書に規定するような任意の他の手段に使用する）ことができる。

【0096】

本発明の別な面において、既存の化合物又は組成物を含んでなる製品の取扱いから生じる環境影響を減らす方法が提供され、該方法は少なくとも部分的に既存の化合物又は組成物を本発明の組成物で置き換えることを含んでなる。好ましくは、この方法は温室効果ガス排出権の割当を得る工程を含んでなる。

20

【0097】

環境影響とは、我々は、製品の取扱いによる温室温暖化ガスの発生及び排出を含める。

【0098】

上記のように、この環境影響は、漏出又は他の損失から有意な環境影響を有する化合物又は組成物の排出を含むのみならず、装置によりその使用期間中に消費されるエネルギーから生じる二酸化炭素の排出も含めて考えられる。このような環境影響は総等価温暖化影響（TEWI）として知られる測定により定量しうる。この測定は、例えばスーパーマーケット冷却システムを含めた、ある固定冷却及び空調設備の環境影響の定量化に用いられてきた（例えば[http://en.wikipedia.org/wiki/Total equivalent warming impact](http://en.wikipedia.org/wiki/Total_equivalent_warming_impact)参照）。

30

【0099】

環境影響は、化合物又は組成物の合成及び製造から生じる温室効果ガスの排出を含めて、さらに考えられる。この場合には、ライフサイクル炭素排出量（LCCP、例えば<http://www.sae.org/events/aars/presentations/2007papasavva.pdf>参照）として知られる測定を行うために、製造時排出がエネルギー消費及び直接損失効果に加えられる。LCCPの使用は自動車空調システムの環境影響を評価する際に一般的である。

40

【0100】

排出権は地球温暖化に関与している汚染物質排出を減らすために与えられ、例えば預託、取引又は売却される。それらは二酸化炭素の換算量で便宜上表示される。そのため、1kgのR-134aの排出が避けられるとすれば、 $1 \times 1300 = 1300 \text{ kg CO}_2$ 換算の排出権が与えられる。

【0101】

本発明の他の態様において、(i)既存の化合物又は組成物を本発明の組成物で置き換え（本発明の組成物は既存の化合物又は組成物より低いGWPを有している）；及び(ii)該置き換え工程で温室効果ガス排出権を得ることを含んでなる、温室効果ガス排出権を生み出す方法が提供される。

50

【0102】

好ましい態様において、本発明の組成物の使用は、既存の化合物又は組成物の使用により達成されるものと比べて、より低い総等価温暖化影響及び／又はより低いライフサイクル炭素排出量を有する設備をもたらす。

【0103】

これらの方法は、いずれか適切な製品で、例えば、空調、冷却（例えば低及び中温冷却）、熱伝達、エアロゾル又はスプレー用噴射剤、気体誘電体、火炎抑制、溶媒（例えば、フレーバー及びフレグランスのキャリア）、クリーナー、局部麻酔剤及び膨張用途の分野で行われる。好ましくは、分野は超低温冷却である。

【0104】

適切な製品の例としては、熱伝達装置、スプレー用組成物、溶媒及び機械的動力発生装置が挙げられる。好ましい態様において、製品は熱伝達装置、例えば冷却装置又は超低温冷却システムである。

【0105】

既存の化合物又は組成物は、それに置き換わる本発明の組成物より高い、GWP及び／又はTEWI及び／又はLCCPで測定されるような環境影響を有している。既存の化合物又は組成物はフルオロカーボン化合物、例えばペルフルオロ-、ヒドロフルオロ-、クロロフルオロ-又はヒドロクロロフルオロ-カーボン化合物を含んでなるか、又はそれはフッ素化オレフィンを含んでなる。

【0106】

好ましくは、既存の化合物又は組成物は冷媒のような熱伝達化合物又は組成物である。置き換わりうる冷媒の例としては、R-508A、R-508B、R23及びR13B1のようなULT冷媒が挙げられる。

【0107】

いかなる量の既存の化合物又は組成物も、環境影響を減らせるように置き換えられる。これは、置き換えられる既存の化合物又は組成物の環境影響と、本発明の代替組成物の環境影響に依存する。好ましくは、製品中における既存の化合物又は組成物は本発明の組成物で完全に置換えられる。

【0108】

本発明は以下の非制限例で実証されている。

30

【実施例】**【0109】**

R-1132a及びR-116の二元混合物

R-1132a及びR-116の二元最低共沸混合物は、定容装置を用いた-70～0の温度範囲にわたる二元混合物の気液平衡研究により同定した。こうして生成したデータを回帰して、測定温度／圧力範囲から大気圧条件を補外できる熱力学モデルを得た。

【0110】

温度制御された金属ブロック内に配置した内部容積が正確に分かっている容器からなる静止型定容装置内で実験データを測定した。磁気攪拌装置は容器の内側に配置した。冷却した流体にブロックを通過させて容器内の温度を正確に制御した。セルを減圧し次いで既知量の各材料をセルに仕込んだ。次いでセルの温度を約-70から0まで段階的に変化させた。各温度で、セルの温度及び圧力を連続的に計測し、安定状態に達した時点を記録した。

40

【0111】

次いで、得られたデータセットをバーカー法（参照により本明細書に組み込まれるThe Properties of Gases and Liquids 3rd edition (Reid, Sherwood & Prausnitz)に記載のように）を用いて回帰して、非理想気液平衡を表すことができる熱力学モデルを得た。Reidらが記載するように、このモデルにRedlich-Kwongの状態方程式を適用して気相特性を示し、かつWilsonの式を適用して液相混合物の非理想性を示した。

50

【0112】

この系の相挙動を図1及び図2に示す。図1は、平衡液体組成に対してプロットした混合物における蒸気組成を示す（回帰モデルを用いて推測したもの）。共沸点（蒸気及び液体の組成が一致するところ）が圧力と共に移動し、R-1132aの含有量が増加することが分かる。

【0113】

R-1132aを約14%w/wより多く含有する二元混合物の蒸気圧もR-1132a自体（系の中で揮発性がより高い成分）の蒸気圧以上であることがR-1132a/R-116二元系の特徴として確認された。これを図2に示す。これは、流体の二元混合物の冷却性能が、流体を理想二元混合物と考えた場合に予想される冷却性能と比べて予想外に向上していることを意味している。特に、我々は、R-1132aが約35%w/wを超える組成物は、典型的な低温冷却サイクル条件における純粋なR-1132aよりも高い冷却能力及び改善した圧縮器体積効率を示すことを見出した。10

【0114】

図3は、測定した相平衡に基づいて気液平衡をモデル化した本発明の二元組成物の計算上の冷却サイクル性能を、ラウールの法則(Raoult's Law)の（理想）挙動を前提とした同じ組成物に対する比較と共に示す。このサイクルモデル化において用いたR-116の熱力学的特性は、NIST REFPROPソフトウェアバージョン8から取得した。R-1132aの特性は、相平衡データの決定において我々が測定した飽和液体蒸気圧を除いて、利用可能な公開済み文献データから取得した。R-1132aの物理特性に関するデータの主な情報源は、TUV-NELによって提供されている市販のPPDS熱力学データパッケージに、市販のDECHEMAデータベースからのデータを加えたものであった。20

【0115】

モデル化のためのサイクル条件は次のとおりであった。

【0116】

【表1】

表1: R-1132a/R-116二元系のモデル化のためのサイクル条件

モデル化のためのサイクル条件		
凝縮温度	°C	-40
蒸発温度	°C	-85
吸入温度	°C	-40
等エントロピー効率		65%
過冷却	K	5
蒸発器過熱	K	5
圧縮器クリアランス比		4%

30

【0117】

モデル化データを次の表に示す。示した二元混合物のGWP値は、R-1132a及びR-116それぞれのGWP値である4及び12200に基づいて算出する。参考までに、同じ計算を用いた純粋なR-1132aの対応する体積能力は726である。40

【0118】

【表2 A】

表2: R-1132a/R-116二元系の冷却性能モデル化データ

R1132a (重量%)	4%	8%	12%	16%	20%	24%
R116 (重量%)	96.00%	92.00%	88.00%	84.00%	80.00%	76.00%
GWP	11712	11224	10736	10249	9761	9273
蒸発器圧力 bar	0.75	0.80	0.85	0.89	0.93	0.96
凝縮器圧力 bar	5.82	6.16	6.44	6.68	6.87	7.04
圧力比	7.78	7.68	7.57	7.47	7.39	7.31
体積効率	84.2%	84.6%	84.9%	85.3%	85.6%	85.8%
吐出温度 °C	-12.1	-10.5	-9.3	-8.2	-7.2	-6.4
体積流量 m³/hr	62.2	58.9	56.4	54.5	52.9	51.6
蒸発器温度勾配 K	0.8	1.3	1.6	1.6	1.4	1.2
凝縮器温度勾配 K	1.2	1.7	1.8	1.6	1.3	1.0
体積能力 kJ/m³	579	611	638	661	681	698
冷却 COP	2.29	2.26	2.24	2.21	2.20	2.19
R1132a (重量%)	28%	32%	36%	40%	44%	48%
R116 (重量%)	72.00%	68.00%	64.00%	60.00%	56.00%	52.00%
GWP	8785	8297	7809	7322	6834	6346
蒸発器圧力 bar	0.99	1.01	1.03	1.04	1.05	1.05
凝縮器圧力 bar	7.17	7.27	7.34	7.39	7.41	7.42
圧力比	7.24	7.18	7.14	7.10	7.07	7.05
体積効率	86.1%	86.3%	86.5%	86.7%	86.8%	86.9%
吐出温度 °C	-5.5	-4.7	-3.9	-3.1	-2.2	-1.3
体積流量 m³/hr	50.5	49.6	48.9	48.3	47.9	47.6
蒸発器温度勾配 K	0.9	0.6	0.4	0.2	0.1	0.0
凝縮器温度勾配 K	0.7	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0
体積能力 kJ/m³	713	726	737	746	752	757
冷却 COP	2.18	2.17	2.17	2.17	2.17	2.18
R1132a (重量%)	52%	56%	60%	64%	68%	72%
R116 (重量%)	48.00%	44.00%	40.00%	36.00%	32.00%	28.00%
GWP	5858	5370	4882	4395	3907	3419
蒸発器圧力 bar	1.05	1.05	1.04	1.04	1.03	1.02
凝縮器圧力 bar	7.41	7.39	7.36	7.32	7.27	7.22
圧力比	7.05	7.05	7.06	7.07	7.08	7.10
体積効率	87.0%	87.1%	87.2%	87.2%	87.3%	87.3%
吐出温度 °C	-0.3	0.7	1.7	2.7	3.7	4.7
体積流量 m³/hr	47.4	47.3	47.3	47.4	47.5	47.6
蒸発器温度勾配 K	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3
凝縮器温度勾配 K	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3
体積能力 kJ/m³	760	761	761	760	758	756
冷却 COP	2.18	2.19	2.19	2.20	2.20	2.21
R1132a (重量%)	76%	80%	84%	88%	92%	96%
R116 (重量%)	24.00%	20.00%	16.00%	12.00%	8.00%	4.00%
GWP	2931	2443	1955	1468	980	492

10

20

30

40

【表 2 B】

蒸発器圧力	bar	1.01	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94
凝縮器圧力	bar	7.16	7.10	7.04	6.97	6.90	6.83
圧力比		7.12	7.14	7.16	7.19	7.21	7.24
体積効率		87.4%	87.4%	87.4%	87.4%	87.4%	87.4%
吐出温度	°C	5.7	6.6	7.5	8.4	9.2	10.0
体積流量	m ³ /hr	47.8	48.0	48.3	48.6	48.9	49.2
蒸発器温度勾配	K	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1
凝縮器温度勾配	K	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1
体積能力	kJ/m ³	753	750	746	741	737	731
冷却 COP		2.22	2.22	2.23	2.24	2.24	2.25

10

【0119】

データは、R - 1132aを約32% ~ 76%の間で含む組成物は蒸発圧力が大気圧より高く、冷却能力がR - 1132a単独より高いことを示している。

【0120】

R - 170及びR - 1132aの二元混合物

エタン及びR - 1132aの混合物の相平衡挙動は、ストリームタイプをW E R KにしたP H Y S P A C K - P P B 及びM e x i c h e mのV L E データをフィッティングすべく最適化した二元相互作用パラメーターを使用して生成したデータを使って - 80 ~ 0 の温度範囲で検討した。結果を下記表に示し、- 40 におけるR - 170 / R - 1132a混合物の泡立ち点圧力を図4に示す。

20

【0121】

【表3 A】

表3: R-170/R-1132a混合物の二元VLEデータ

ストリーム 温度 °C	ストリーム モル蒸気分率	液体質量分率 エタン	蒸気質量分率 エタン	泡立ち点 圧力 bar	理想泡立ち点 圧力 bar
-80	0	0	0	1.21798	1.21798
	0	0.05	0.0972247	1.35928	1.25446
	0	0.1	0.171521	1.45689	1.28723
	0	0.15	0.231542	1.52581	1.31683
	0	0.2	0.282277	1.57523	1.34371
	0	0.25	0.32683	1.61097	1.36822
	0	0.3	0.367258	1.6368	1.39066
	0	0.35	0.405006	1.65522	1.41128
	0	0.4	0.441142	1.6679	1.4303
	0	0.45	0.476504	1.67597	1.4479
	0	0.5	0.511787	1.68023	1.46422
	0	0.55	0.5476	1.68123	1.47941
	0	0.6	0.584512	1.67933	1.49358
	0	0.65	0.623085	1.67481	1.50682
	0	0.7	0.663903	1.66785	1.51923
	0	0.75	0.707603	1.65859	1.53087
	0	0.8	0.754905	1.6471	1.54183
	0	0.85	0.806652	1.63345	1.55216
	0	0.9	0.86386	1.61768	1.5619
	0	0.95	0.927781	1.5998	1.57112
-40	0	1	1	1.57985	1.57985
	0	0	0	6.75403	6.75403
	0	0.05	0.077327	7.26181	6.85829
	0	0.1	0.141724	7.62444	6.95196
	0	0.15	0.197337	7.88483	7.03659
	0	0.2	0.246867	8.07158	7.11342
	0	0.25	0.29217	8.20405	7.18348
	0	0.3	0.334581	8.29553	7.24763
	0	0.35	0.375101	8.35529	7.30658
	0	0.4	0.414517	8.3899	7.36095
	0	0.45	0.453476	8.40407	7.41125
	0	0.5	0.492531	8.40124	7.45792
	0	0.55	0.532183	8.38395	7.50133
	0	0.6	0.572899	8.35411	7.54182
	0	0.65	0.615145	8.31317	7.57967
	0	0.7	0.659393	8.26228	7.61514
	0	0.75	0.706148	8.20233	7.64844
	0	0.8	0.755966	8.13405	7.67976
	0	0.85	0.809469	8.05804	7.70927
	0	0.9	0.867381	7.97481	7.73713
	0	0.95	0.930551	7.88481	7.76348

【表 3 B】

-40	0	1	1	7.78842	7.78842
0	0	0	0	22.1119	22.1119
0	0	0.05	0.0634704	23.2491	22.299
0	0	0.1	0.12047	24.0949	22.4671
0	0	0.15	0.17285	24.7165	22.619
0	0	0.2	0.221933	25.1633	22.7568
0	0	0.25	0.268696	25.4729	22.8825
0	0	0.3	0.31388	25.6739	22.9977
0	0	0.35	0.358073	25.7881	23.1035
0	0	0.4	0.401746	25.8327	23.201
0	0	0.45	0.445298	25.8214	23.2913
0	0	0.5	0.489069	25.7646	23.375
0	0	0.55	0.533365	25.671	23.4529
0	0	0.6	0.578466	25.5474	23.5256
0	0	0.65	0.624636	25.3992	23.5935
0	0	0.7	0.672132	25.2311	23.6572
0	0	0.75	0.721212	25.0465	23.7169
0	0	0.8	0.772136	24.8487	23.7731
0	0	0.85	0.825178	24.64	23.8261
0	0	0.9	0.880625	24.4226	23.8761
0	0	0.95	0.938786	24.1981	23.9234
0	0	1	1	23.9681	23.9681

【0 1 2 2】

R - 1 1 3 2 a / R - 1 7 0 ブレンドの下記モデル化に関するサイクル条件は、R - 1 3 2 a / R - 1 1 6 ブレンドに対するモデル化に関して上に示したとおりである。モデル化データを次の表に示す。表は、R 5 0 8 B 単独、R - 1 1 3 2 a 単独及びR - 1 1 6 単独の対応するモデル化データも含む。

【0 1 2 3】

10

20

30

【表4 A】

表4: R-1132a/R-170二元系の冷却性能モデル化データ

R170 (重量%)	4%	8%	12%	16%	20%	24%	28%
R1132a (重量%)	96.00%	92.00%	88.00%	84.00%	80.00%	76.00%	72.00%
GWP	4	4	4	4	4	4	4
蒸発器圧力 bar	0.99	1.05	1.10	1.14	1.18	1.21	1.23
凝縮器圧力 bar	7.10	7.39	7.62	7.82	7.98	8.11	8.22
圧力比	7.15	7.04	6.95	6.86	6.79	6.72	6.66
体積効率	87.8%	88.1%	88.3%	88.6%	88.8%	89.0%	89.2%
吐出温度 °C	12.6	14.2	15.6	16.9	18.1	19.3	20.4
蒸発器温度勾配 K	0.6	0.9	1.1	1.1	1.0	0.8	0.6
凝縮器温度勾配 K	0.6	0.9	0.9	0.8	0.7	0.5	0.3
体積能力 kJ/m³	778	822	861	895	923	948	968
冷却 COP	2.28	2.30	2.31	2.32	2.33	2.34	2.34
R170 (重量%)	32%	36%	40%	44%	48%	52%	56%
R1132a (重量%)	68.00%	64.00%	60.00%	56.00%	52.00%	48.00%	44.00%
GWP	4	4	4	4	4	3	3
蒸発器圧力 bar	1.25	1.27	1.29	1.29	1.30	1.30	1.30
凝縮器圧力 bar	8.30	8.35	8.38	8.40	8.40	8.39	8.37
圧力比	6.61	6.57	6.52	6.49	6.46	6.44	6.42
体積効率	89.4%	89.6%	89.7%	89.8%	90.0%	90.1%	90.2%
吐出温度 °C	21.5	22.6	23.7	24.8	25.9	27.0	28.1
蒸発器温度勾配 K	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
凝縮器温度勾配 K	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
体積能力 kJ/m³	985	999	1009	1017	1022	1025	1025
冷却 COP	2.35	2.35	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36
R170 (重量%)	60%	64%	68%	72%	76%	80%	84%
R1132a (重量%)	40.00%	36.00%	32.00%	28.00%	24.00%	20.00%	16.00%
GWP	3	3	3	3	3	3	3
蒸発器圧力 bar	1.30	1.30	1.30	1.29	1.28	1.28	1.27
凝縮器圧力 bar	8.34	8.30	8.26	8.21	8.16	8.10	8.04
圧力比	6.40	6.39	6.38	6.37	6.36	6.35	6.35
体積効率	90.3%	90.4%	90.4%	90.5%	90.6%	90.7%	90.7%
吐出温度 °C	29.2	30.3	31.4	32.5	33.6	34.6	35.6
蒸発器温度勾配 K	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
凝縮器温度勾配 K	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
体積能力 kJ/m³	1024	1022	1018	1014	1008	1002	995
冷却 COP	2.36	2.35	2.35	2.35	2.34	2.34	2.34
R170 (重量%)	88%	92%	96%				
R1132a (重量%)	12.00%	8.00%	4.00%	R508B	R1132a	R116	
GWP	3	3	3	13212	4	12200	

10

20

30

40

【表 4 B】

蒸発器圧力	bar	1.26	1.25	1.24	1.23	0.93	0.69
凝縮器圧力	bar	7.98	7.92	7.85	8.73	6.75	5.40
圧力比		6.34	6.34	6.34	7.12	7.26	7.85
体積効率		90.8%	90.8%	90.9%	87.7%	87.5%	84.0%
吐出温度	°C	36.6	37.6	38.5	11.8	10.8	-14.0
蒸発器温度勾配	K	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
凝縮器温度勾配	K	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
体積能力	kJ/m ³	988	981	973	955	726	542
冷却 COP		2.33	2.33	2.32	2.30	2.26	2.32

10

【0124】

R - 744、R - 1132a 及び R - 116 の三元混合物

R - 1132a と比べてさらに向上した冷却能力及び低減した可燃性を示す、R - 1132a 及び R - 116 と二酸化炭素 (R - 744) の三元組成物が同定された。この混合物は、冷却システムの低圧部分における固体二酸化炭素の形成を回避でき、かつ二元 R - 744 / R - 1132a 混合物で得られる圧縮器吐出温度よりも圧縮器吐出温度が低いという有利な特徴を有する。

【0125】

熱力学に関する文献 (参照により本明細書に組み込まれる Valtzら、Fluid Phase Equilibrium 258 (2007) 179~185) において、R - 744 / R - 116 の二元系は少なくとも -20 より高い温度で共沸現象を示すことが知られている。驚くべきことに、R - 1132a と R - 116 との系に R - 744 を加えると、得られる混合物の冷却能力が、当該混合物が理想混合物であった場合に予想されるであろう冷却能力を上回って有意に向上することが見出された。特に、三元混合物が二相領域において温度勾配を示さないか又は非常に僅かに示し、かつ相組成に僅かな差異のみを示す組成領域が同定された。

20

【0126】

選択した3元 R - 1132a / R - 116 / CO₂ 組成物の性能は、上の実施例で説明したのと同じサイクル条件及び熱力学モデルを用いてモデル化した。三種類の二元混合物 (R - 744 / R - 116、R - 744 / R - 1132a、R - 1132a / R - 116) の VLE 挙動を回帰して、選択した熱力学モデルを得、これを用いて性能を推定した。 Valtz のデータをこの回帰に利用した。

30

【0127】

モデル化データを次の表に示す。R 508B 単独、R - 1132a 単独、R - 116 単独の対応するモデル化データは上の表 4 に示している。選択した R - 1132a / R - 116 / CO₂ ブレンドの体積冷却能力を図 5 に示す。

【0128】

選択した本発明の R - 1132a / R - 116 / CO₂ ブレンドは、R - 508 と比べて利点の予想外な組合せをもたらす。これは、低下した圧縮器吐出温度；一定の圧縮器変位での低下した GWP 及び同等又は向上した冷却能力である。

40

【0129】

R - 744、R - 1132a 及び R - 170 の三元混合物

選択した3元 R - 1132a / R - 170 / CO₂ 組成物の性能は、上の実施例で説明したサイクル条件及び熱力学モデルにしたがってモデル化した。

【0130】

モデル化データを次の表に示す。

【0131】

R - 116、R - 1132a 及び R - 170 の三元混合物

選択した3元 R - 1132a / R - 170 / R - 116 組成物の性能は、上の実施例で

50

説明したサイクル条件及び熱力学モデルにしたがってモデル化した。

【0132】

モデル化データを次の表に示す。

【0133】

R - 116、R - 744、R - 1132a 及び R - 170 の四元混合物

選択した3元 R - 1132a / R - 170 / R - 116 / R - 744 組成物の性能は、
上の実施例で説明したサイクル条件及び熱力学モデルにしたがってモデル化した。

【0134】

モデル化データを次の表に示す。組成物は、典型的には、R 508 に近い能力を有する
一方で、過度に可燃性の気相を有することがなく（例えば、対応するエタン / R - 113
2a / R - 116 ブレンドよりも可燃性が低い）、また同時に、対応する CO₂ / R - 1
132a / R - 116 ブレンドと比べて過度の CO₂ 含有量を有することがない（CO₂
含有量が比較的多いと、高い圧縮機温度及び潜在的なドライアイスの問題を招きうる）。
10

【0135】

【表5】

表5: CO₂を4重量%有するR-1132a/R-116/CO₂三元系の冷却性能モデル化データ

R744(重量%)		4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
R1132a(重量%)		4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%	36.0%	40.0%	44.0%	48.0%
R116(重量%)		92.00%	88.00%	84.00%	80.00%	76.00%	72.00%	68.00%	64.00%	60.00%	56.00%	52.00%	48.00%
GWP		11224	10736	10249	9761	9273	8785	8297	7809	7321	6834	6346	5858
蒸発器圧力	bar	0.90	0.94	0.98	1.01	1.04	1.06	1.08	1.09	1.10	1.11	1.11	1.10
凝縮器圧力	bar	6.98	7.20	7.39	7.54	7.67	7.77	7.84	7.89	7.91	7.91	7.90	7.87
圧力比		7.74	7.63	7.54	7.45	7.38	7.32	7.26	7.21	7.17	7.15	7.13	7.12
体積効率		84.6%	85.0%	85.3%	85.6%	85.9%	86.1%	86.3%	86.5%	86.7%	86.8%	87.0%	87.1%
吐出温度	°C	-5.9	-5.0	-4.1	-3.4	-2.6	-2.0	-1.3	-0.6	0.2	1.0	1.8	2.8
蒸発器温度勾配	K	3.6	3.4	3.0	2.6	2.2	1.7	1.3	1.0	0.7	0.5	0.4	0.4
凝縮器温度勾配	K	5.7	5.0	4.3	3.6	3.0	2.4	1.9	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9
体積能力	kJ/m3	703	722	738	752	764	775	784	792	798	802	804	805
冷却 COP		2.29	2.26	2.23	2.21	2.20	2.18	2.18	2.17	2.17	2.17	2.18	2.18
R744(重量%)		4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
R1132a(重量%)		52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	70.0%	76.0%	80.0%	84.0%	88.0%	92.0%	96%
R116(重量%)		44.00%	40.00%	36.00%	32.00%	28.00%	26.00%	20.00%	16.00%	12.00%	8.00%	4.00%	0.00%
GWP		5370	4882	4394	3907	3419	3175	2443	1955	1467	980	492	4
蒸発器圧力	bar	1.10	1.09	1.08	1.07	1.06	1.05	1.03	1.02	1.00	0.99	0.97	0.96
凝縮器圧力	bar	7.82	7.77	7.71	7.65	7.58	7.54	7.43	7.35	7.27	7.19	7.11	7.02
圧力比		7.12	7.13	7.14	7.16	7.17	7.18	7.21	7.23	7.25	7.28	7.30	7.33
体積効率		87.1%	87.2%	87.3%	87.3%	87.3%	87.4%	87.4%	87.4%	87.4%	87.5%	87.5%	87.5%
吐出温度	°C	3.7	4.7	5.7	6.6	7.6	8.0	9.4	10.2	11.1	11.9	12.7	13.4
蒸発器温度勾配	K	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
凝縮器温度勾配	K	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
体積能力	kJ/m3	804	802	799	795	791	789	782	777	772	766	760	753
冷却 COP		2.18	2.19	2.19	2.20	2.21	2.21	2.22	2.23	2.23	2.24	2.25	2.25

【0 1 3 6】

【表 6】

表6: CO₂を8重量%有するR-1132a/R-116/CO₂三元系の冷却性能モデル化データ

R744 (重量%)	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
R1132a (重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%	36.0%	40.0%	44.0%
R116 (重量%)	88.0%	84.0%	80.0%	76.0%	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	56.0%	52.0%	48.0%
GWP	10736	10248	9761	9273	8785	8297	7809	7321	6834	6346	5858
蒸発器圧力 bar	1.04	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15	1.16	1.16	1.16	1.15	1.15
凝縮器圧力 bar	7.85	8.01	8.14	8.24	8.31	8.37	8.39	8.39	8.38	8.34	8.29
圧力比	7.55	7.50	7.45	7.40	7.35	7.30	7.26	7.22	7.20	7.18	7.18
体積効率	85.4%	85.6%	85.8%	86.0%	86.2%	86.4%	86.6%	86.8%	86.9%	87.0%	87.1%
吐出温度 °C	-1.3	-0.6	0.1	0.7	1.3	2.0	2.6	3.3	4.0	4.9	5.7
蒸発器温度勾配 K	5.0	4.3	3.6	2.9	2.3	1.8	1.3	1.0	0.8	0.6	0.6
凝縮器温度勾配 K	7.0	6.0	5.0	4.2	3.4	2.8	2.3	2.0	1.7	1.5	1.4
体積能力 kJ/m3	805	812	819	827	833	840	845	848	850	849	845
冷却 COP	2.29	2.25	2.23	2.20	2.19	2.18	2.17	2.17	2.17	2.18	2.18
R744 (重量%)	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
R1132a (重量%)	52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	70.0%	76.0%	80.0%	84.0%	88.0%	92.0%
R116 (重量%)	40.0%	36.0%	32.0%	28.0%	24.0%	22.0%	16.0%	12.0%	8.0%	4.0%	0.0%
GWP	4882	4394	3906	3419	2931	2687	1955	1467	979	492	4
蒸発器圧力 bar	1.13	1.12	1.11	1.09	1.08	1.07	1.05	1.03	1.02	1.00	0.99
凝縮器圧力 bar	8.16	8.08	8.00	7.92	7.83	7.79	7.65	7.56	7.47	7.37	7.28
圧力比	7.19	7.20	7.21	7.23	7.25	7.26	7.29	7.31	7.33	7.36	7.38
体積効率	87.3%	87.3%	87.3%	87.4%	87.4%	87.4%	87.5%	87.5%	87.5%	87.5%	87.5%
吐出温度 °C	7.6	8.6	9.5	10.4	11.3	11.7	13.0	13.8	14.5	15.3	16.0
蒸発器温度勾配 K	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4
凝縮器温度勾配 K	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.1	1.0
体積能力 kJ/m3	841	836	831	826	820	817	808	801	794	787	779
冷却 COP	2.18	2.19	2.20	2.20	2.21	2.21	2.22	2.23	2.24	2.24	2.25

【表7】

表7: CO₂を12重量%有するR-1132a/R-116/CO₂三元系の冷却性能モデル化データ

R744 (重量%)	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%
R1132a (重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%	36.0%	40.0%	44.0%
R116 (重量%)	84.0%	80.0%	76.0%	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	56.0%	52.0%	48.0%	44.0%
GWP	10248	9760	9273	8785	8297	7809	7321	6833	6346	5858	5370
蒸発器圧力 bar	1.15	1.17	1.18	1.20	1.21	1.22	1.22	1.21	1.20	1.19	
凝縮器圧力 bar	8.55	8.66	8.75	8.81	8.85	8.86	8.84	8.81	8.75	8.69	8.61
圧力比	7.45	7.43	7.39	7.35	7.32	7.28	7.25	7.23	7.22	7.22	7.23
体積効率	85.9%	86.1%	86.3%	86.4%	86.6%	86.8%	86.9%	87.0%	87.1%	87.2%	87.3%
吐出温度 °C	2.7	3.3	3.9	4.5	5.0	5.6	6.3	7.0	7.8	8.7	9.6
蒸発器温度勾配 K	5.0	4.1	3.4	2.7	2.1	1.6	1.2	0.9	0.8	0.7	0.7
凝縮器温度勾配 K	6.8	5.7	4.8	3.9	3.3	2.7	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7
体積能力 kJ/m3	879	881	885	888	892	894	895	895	893	889	884
冷却 COP	2.27	2.23	2.21	2.19	2.18	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.18
R744 (重量%)	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%
R1132a (重量%)	48.0%	52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	70.0%	76.0%	80.0%	84.0%	88.0%
R116 (重量%)	40.0%	36.0%	32.0%	28.0%	24.0%	20.0%	18.0%	12.0%	8.0%	4.0%	0.0%
GWP	4882	4394	3906	3419	2931	2443	2199	1467	979	491	4
蒸発器圧力 bar	1.18	1.16	1.15	1.13	1.12	1.10	1.09	1.06	1.05	1.03	1.01
凝縮器圧力 bar	8.52	8.43	8.34	8.24	8.14	8.04	7.98	7.83	7.73	7.63	7.52
圧力比	7.24	7.25	7.26	7.28	7.30	7.32	7.33	7.36	7.38	7.40	7.43
体積効率	87.3%	87.4%	87.4%	87.5%	87.5%	87.5%	87.5%	87.5%	87.6%	87.6%	87.6%
吐出温度 °C	10.5	11.4	12.3	13.2	14.0	14.9	15.3	16.4	17.2	17.9	18.6
蒸発器温度勾配 K	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.5
凝縮器温度勾配 K	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3
体積能力 kJ/m3	878	872	866	859	852	844	841	829	821	813	805
冷却 COP	2.18	2.19	2.19	2.20	2.20	2.21	2.22	2.23	2.23	2.24	2.25

【表8】

表8: CO₂を16重量%有するR-1132a/R-116/CO₂三元系の冷却性能モデル化データ

	R744(重量%)	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%
	R1132a(重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%	36.0%	40.0%
	R116(重量%)	80.0%	76.0%	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	56.0%	52.0%	48.0%	44.0%
GWP	9760	9272	8785	8297	7809	7321	6833	6345	5858	5370	4882
蒸発器圧力 凝縮器圧力	bar bar	1.23 9.13	1.25 9.21	1.26 9.26	1.27 9.29	1.27 9.29	1.27 9.26	1.27 9.21	1.26 9.14	1.25 9.06	1.23 8.97
圧力比		7.40	7.38	7.36	7.33	7.30	7.27	7.26	7.25	7.26	7.28
体積効率		86.4%	86.5%	86.7%	86.8%	86.9%	87.1%	87.2%	87.3%	87.3%	87.4%
吐出温度	°C	6.4	7.0	7.5	8.0	8.6	9.2	9.9	10.7	11.6	12.4
蒸発器温度勾配 凝縮器温度勾配	K K	4.4	3.5	2.8	2.1	1.6	1.2	1.0	0.8	0.8	0.8
体積能力	kJ/m3	937	937	939	940	941	940	938	934	928	921
冷却 COP		2.24	2.21	2.19	2.18	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.18
R744(重量%)	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%
R1132a(重量%)	48.0%	52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	70.0%	76.0%	80.0%	84.0%	84.0%
R116(重量%)	36.0%	32.0%	28.0%	24.0%	20.0%	16.0%	14.0%	8.0%	4.0%	0.0%	0.0%
GWP	4394	3906	3418	2931	2443	1955	1711	979	491	4	
蒸発器圧力 凝縮器圧力	bar bar	1.20 8.76	1.18 8.65	1.17 8.54	1.15 8.43	1.13 8.32	1.11 8.20	1.10 8.15	1.08 7.98	1.06 7.87	1.04 7.76
圧力比		7.29	7.30	7.32	7.34	7.36	7.38	7.39	7.42	7.44	7.47
体積効率		87.5%	87.5%	87.5%	87.6%	87.6%	87.6%	87.6%	87.6%	87.6%	87.6%
吐出温度	°C	14.2	15.1	16.0	16.8	17.6	18.4	18.8	19.8	20.5	21.2
蒸発器温度勾配 凝縮器温度勾配	K K	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.5
体積能力	kJ/m3	906	898	890	882	874	865	861	848	839	830
冷却 COP		2.18	2.19	2.19	2.20	2.21	2.21	2.22	2.23	2.24	2.24

〔0 1 3 9〕

【表9】

表9: CO₂を20重量%有するR-1132a/R-116/CO₂三元系の冷却性能モデル化データ

R744 (重量%)	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%
R1132a (重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%	36.0%	36.0%	40.0%
R116 (重量%)	76.0%	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	56.0%	52.0%	48.0%	44.0%	44.0%	40.0%
GWP	9272	8785	8297	7809	7321	6833	6345	5857	5370	4882	
蒸発器圧力 凝縮器圧力	bar bar	1.31 9.63	1.32 9.68	1.33 9.70	1.32 9.69	1.32 9.65	1.31 9.59	1.29 9.51	1.27 9.41	1.27 9.30	1.26 9.19
圧力比		7.38	7.36	7.33	7.31	7.29	7.28	7.28	7.29	7.30	7.31
体積効率		86.8%	86.9%	87.0%	87.1%	87.2%	87.3%	87.4%	87.5%	87.5%	87.6%
吐出温度	°C	9.9	10.5	11.0	11.5	12.1	12.8	13.6	14.5	15.4	16.2
蒸発器温度勾配 凝縮器温度勾配	K K	3.4 4.9	2.7 4.0	2.0 3.3	1.5 2.7	1.1 2.3	0.9 2.0	0.8 1.9	0.7 1.8	0.7 1.7	0.8 1.8
体積能力	kJ/m3	985	986	986	985	983	978	972	965	957	948
冷却 COP		2.21	2.19	2.18	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17
R744 (重量%)	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%
R1132a (重量%)	44.0%	48.0%	52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	70.0%	70.0%	76.0%	80.0%
R116 (重量%)	36.0%	32.0%	28.0%	24.0%	20.0%	16.0%	12.0%	10.0%	10.0%	4.0%	0.0%
GWP	4394	3906	3418	2930	2443	1955	1467	1223	991	3	
蒸発器圧力 凝縮器圧力	bar bar	1.24 9.07	1.22 8.95	1.20 8.83	1.18 8.70	1.16 8.58	1.14 8.46	1.12 8.34	1.11 8.28	1.08 8.10	1.06 7.98
圧力比		7.33	7.34	7.36	7.38	7.40	7.42	7.44	7.45	7.48	7.50
体積効率		87.6%	87.6%	87.6%	87.7%	87.7%	87.7%	87.7%	87.7%	87.7%	87.7%
吐出温度	°C	17.1	18.0	18.8	19.6	20.4	21.1	21.8	22.2	23.2	23.8
蒸発器温度勾配 凝縮器温度勾配	K K	0.8 1.8	0.9 1.8	0.9 1.9	1.0 1.9	1.0 1.9	1.0 1.9	0.9 1.9	0.9 1.8	0.7 1.7	0.6 1.6
体積能力	kJ/m3	939	930	920	911	902	892	883	878	863	853
冷却 COP		2.18	2.18	2.19	2.20	2.20	2.21	2.22	2.22	2.23	2.24

【表10】

表10: CO₂を24重量%有するR-1132a/R-116/CO₂三元系の冷却性能モデル化データ

R744 (重量%)	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%
R1132a (重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%
R116 (重量%)	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	56.0%	52.0%	48.0%	44.0%
GWP	8784	8297	7809	7321	6833	6345	5857	5370
蒸発器圧力 bar	1.37	1.37	1.37	1.37	1.36	1.35	1.33	1.31
凝縮器圧力 bar	10.06	10.08	10.06	10.01	9.94	9.85	9.74	9.62
圧力比	7.35	7.34	7.32	7.31	7.31	7.31	7.32	7.33
体積効率	87.1%	87.2%	87.3%	87.4%	87.5%	87.6%	87.6%	87.7%
吐出温度 °C	13.4	13.9	14.4	15.1	15.8	16.6	17.4	18.3
蒸発器温度勾配 K	2.4	1.8	1.3	1.0	0.8	0.7	0.6	0.7
凝縮器温度勾配 K	3.8	3.0	2.5	2.1	1.8	1.7	1.6	1.6
体積能力 kJ/m3	1029	1029	1026	1023	1017	1009	1000	990
冷却 COP	2.19	2.18	2.17	2.17	2.16	2.16	2.16	2.17
R744 (重量%)	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%
R1132a (重量%)	44.0%	48.0%	52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	70.0%
R116 (重量%)	32.0%	28.0%	24.0%	20.0%	16.0%	12.0%	8.0%	6.0%
GWP	3906	3418	2930	2442	1955	1467	979	735
蒸発器圧力 bar	1.25	1.23	1.21	1.19	1.17	1.15	1.13	1.12
凝縮器圧力 bar	9.23	9.10	8.97	8.83	8.70	8.57	8.44	8.38
圧力比	7.38	7.40	7.41	7.43	7.45	7.47	7.49	7.50
体積効率	87.7%	87.8%	87.8%	87.8%	87.8%	87.8%	87.8%	87.8%
吐出温度 °C	20.8	21.6	22.4	23.2	23.9	24.5	25.2	25.5
蒸発器温度勾配 K	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8
凝縮器温度勾配 K	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6
体積能力 kJ/m3	960	949	939	929	918	908	897	876
冷却 COP	2.18	2.19	2.19	2.20	2.21	2.22	2.22	2.23

【0141】

【表 1-1】

表11: CO₂を30重量%有するR-1132a/R-116/CO₂三元系の冷却性能モデル化データ

R744 (重量%)	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%
R1132a (重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%
R116 (重量%)	66.0%	62.0%	58.0%	54.0%	50.0%	46.0%	42.0%	38.0%
GWP	8052	7565	7077	6589	6101	5613	5125	4638
蒸発器圧力 bar	1.44	1.44	1.43	1.41	1.39	1.37	1.35	1.33
凝縮器圧力 bar	10.58	10.54	10.47	10.38	10.26	10.13	9.99	9.85
圧力比	7.33	7.33	7.34	7.35	7.36	7.38	7.39	7.41
体積効率	87.6%	87.7%	87.7%	87.8%	87.8%	87.8%	87.9%	87.9%
吐出温度 °C	18.5	19.2	19.9	20.8	21.6	22.5	23.3	24.1
蒸発器温度勾配 K	0.9	0.7	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7
凝縮器温度勾配 K	2.2	1.7	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.4
体積能力 kJ/m3	1087	1082	1074	1065	1054	1042	1031	1019
冷却 COP	2.17	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.17
R744 (重量%)	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%
R1132a (重量%)	40.0%	44.0%	48.0%	52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%
R116 (重量%)	30.0%	26.0%	22.0%	18.0%	14.0%	10.0%	6.0%	2.0%
GWP	3662	3174	2686	2198	1711	1223	735	247
蒸発器圧力 bar	1.28	1.26	1.24	1.22	1.19	1.17	1.15	1.13
凝縮器圧力 bar	9.55	9.40	9.26	9.11	8.97	8.83	8.69	8.55
圧力比	7.44	7.46	7.48	7.50	7.51	7.53	7.56	7.58
体積効率	87.9%	87.9%	87.9%	88.0%	88.0%	88.0%	88.0%	88.0%
吐出温度 °C	25.7	26.4	27.1	27.8	28.4	29.0	29.6	30.2
蒸発器温度勾配 K	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6
凝縮器温度勾配 K	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6
体積能力 kJ/m3	995	984	972	961	949	938	926	915
冷却 COP	2.18	2.18	2.19	2.20	2.21	2.21	2.22	2.23

【0 1 4 2】

【表 1 2】

表12: CO₂を4重量%有するR-1132a/R-170/CO₂三元系の冷却性能モデル化データ

	R744 (重量%)	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
	R170 (重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%	36.0%	40.0%	44.0%
	R1132a (重量%)	92.00%	88.00%	84.00%	80.00%	76.00%	72.00%	68.00%	64.00%	60.00%	56.00%	52.00%
GWP		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
蒸発器圧力	bar	1.02	1.08	1.13	1.18	1.22	1.25	1.28	1.30	1.32	1.33	1.34
凝縮器圧力	bar	7.38	7.68	7.92	8.13	8.30	8.43	8.54	8.62	8.67	8.71	8.72
圧力比		7.21	7.09	6.99	6.90	6.83	6.75	6.69	6.63	6.58	6.54	6.50
体積効率		87.8%	88.1%	88.4%	88.6%	88.9%	89.1%	89.3%	89.4%	89.6%	89.8%	89.9%
吐出温度	°C	15.1	16.7	18.0	19.3	20.5	21.6	22.7	23.7	24.8	25.8	26.9
蒸発器温度勾配	K	0.8	1.2	1.3	1.3	1.2	1.1	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4
凝縮器温度勾配	K	1.2	1.4	1.5	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8
体積能力	kJ/m3	806	852	892	926	955	980	1002	1019	1033	1044	1052
冷却 COP		2.27	2.29	2.30	2.31	2.32	2.33	2.33	2.34	2.34	2.34	2.35
R744 (重量%)		4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
R170 (重量%)		52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	70.0%	76.0%	80.0%	84.0%	88.0%	92.0%
R1132a (重量%)		44.00%	40.00%	36.00%	32.00%	28.00%	26.00%	20.00%	16.00%	12.00%	8.00%	4.00%
GWP		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
蒸発器圧力	bar	1.35	1.35	1.35	1.35	1.34	1.34	1.33	1.32	1.32	1.31	1.29
凝縮器圧力	bar	8.71	8.69	8.66	8.62	8.57	8.52	8.47	8.41	8.35	8.29	8.16
圧力比		6.45	6.42	6.41	6.39	6.38	6.37	6.36	6.35	6.35	6.34	6.33
体積効率		90.2%	90.3%	90.3%	90.4%	90.5%	90.6%	90.7%	90.7%	90.8%	90.8%	91.0%
吐出温度	°C	29.1	30.2	31.3	32.4	33.5	34.6	35.7	36.7	37.7	38.7	39.7
蒸発器温度勾配	K	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
凝縮器温度勾配	K	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.4
体積能力	kJ/m3	1060	1061	1060	1057	1053	1049	1043	1037	1031	1024	1016
冷却 COP		2.35	2.35	2.34	2.34	2.34	2.34	2.33	2.33	2.33	2.32	2.31

【0 1 4 3】

【表 1 3】

表13: CO₂を8重量%有するR-1132a/R-170/CO₂三元系の冷却性能モデル化データ

	R744 (重量%)	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
	R170 (重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%	36.0%	40.0%	44.0%
	R1132a (重量%)	88.0%	84.0%	80.0%	76.0%	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	56.0%	52.0%	48.0%
GWP		4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
蒸発器圧力	bar	1.05	1.12	1.17	1.21	1.25	1.29	1.32	1.34	1.36	1.38	1.39
凝縮器圧力	bar	7.65	7.96	8.21	8.42	8.60	8.74	8.85	8.93	8.98	9.02	9.03
圧力比		7.25	7.13	7.03	6.93	6.85	6.78	6.71	6.65	6.60	6.55	6.51
体積効率		87.8%	88.1%	88.4%	88.7%	88.9%	89.1%	89.3%	89.5%	89.7%	89.9%	90.0%
吐出温度	°C	17.7	19.2	20.5	21.7	22.8	23.9	24.9	25.9	26.9	27.9	29.0
蒸発器温度勾配	K	1.0	1.4	1.5	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8
凝縮器温度勾配	K	1.6	1.8	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.3	1.4	1.4
体積能力	kJ/m3	834	881	921	956	987	1012	1034	1052	1067	1078	1091
冷却 COP		2.27	2.28	2.29	2.30	2.31	2.31	2.32	2.32	2.33	2.33	2.33
R744 (重量%)		8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
R170 (重量%)		52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	70.0%	76.0%	80.0%	84.0%	88.0%	92.0%
R1132a (重量%)		44.00%	40.00%	36.00%	32.00%	28.00%	26.00%	20.00%	16.00%	12.00%	8.00%	4.00%
GWP		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
蒸発器圧力	bar	1.40	1.40	1.40	1.40	1.39	1.39	1.38	1.37	1.36	1.36	1.35
凝縮器圧力	bar	9.02	8.99	8.96	8.92	8.87	8.82	8.76	8.70	8.64	8.58	8.51
圧力比		6.45	6.42	6.40	6.39	6.37	6.36	6.35	6.34	6.33	6.33	6.32
体積効率		90.2%	90.3%	90.4%	90.5%	90.6%	90.7%	90.8%	90.8%	90.9%	90.9%	91.0%
吐出温度	°C	31.1	32.2	33.3	34.4	35.5	36.6	37.6	38.7	39.7	40.7	41.7
蒸発器温度勾配	K	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7
凝縮器温度勾配	K	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6
体積能力	kJ/m3	1094	1095	1094	1092	1088	1078	1072	1066	1059	1052	1052
冷却 COP		2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.32	2.32	2.31	2.31	2.31

【表 14】

表14: CO₂を12重量%有するR-1132a/R-170/CO₂三元系の冷却性能モデル化データ

R744 (重量%)	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%
R170 (重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%	36.0%	40.0%	44.0%
R1132a (重量%)	84.0%	80.0%	76.0%	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	56.0%	52.0%	48.0%	44.0%
GWP	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
蒸発器圧力 bar	1.08	1.15	1.20	1.25	1.29	1.33	1.36	1.39	1.41	1.42	1.43
凝縮器圧力 bar	7.91	8.22	8.49	8.71	8.89	9.03	9.14	9.23	9.28	9.32	9.33
圧力比	7.29	7.17	7.06	6.96	6.87	6.79	6.72	6.66	6.60	6.55	6.51
体積効率	87.9%	88.2%	88.5%	88.8%	89.0%	89.2%	89.4%	89.6%	89.8%	89.9%	90.1%
吐出温度 °C	20.2	21.6	22.9	24.0	25.1	26.1	27.1	28.1	29.0	30.0	31.0
蒸発器温度勾配 K	1.1	1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
凝縮器温度勾配 K	1.9	2.1	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8
体積能力 kJ/m3	860	909	950	986	1017	1043	1066	1084	1099	1111	1119
冷却 COP	2.26	2.27	2.28	2.29	2.30	2.30	2.31	2.31	2.31	2.32	2.32
R744 (重量%)	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%
R170 (重量%)	48.0%	52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	70.0%	76.0%	80.0%	84.0%	88.0%
R1132a (重量%)	40.0%	36.0%	32.0%	28.0%	24.0%	20.0%	18.0%	12.0%	8.0%	4.0%	0.0%
GWP	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
蒸発器圧力 bar	1.44	1.45	1.45	1.45	1.44	1.44	1.43	1.43	1.42	1.41	1.40
凝縮器圧力 bar	9.33	9.31	9.28	9.25	9.20	9.16	9.10	9.04	8.98	8.92	8.86
圧力比	6.47	6.44	6.42	6.40	6.38	6.36	6.35	6.33	6.32	6.31	6.31
体積効率	90.2%	90.3%	90.4%	90.5%	90.6%	90.7%	90.8%	90.9%	90.9%	91.0%	91.0%
吐出温度 °C	32.1	33.1	34.2	35.3	36.4	37.5	38.5	39.6	40.6	41.6	42.6
蒸発器温度勾配 K	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3
凝縮器温度勾配 K	1.9	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3	3.4	3.5
体積能力 kJ/m3	1125	1128	1128	1127	1125	1122	1117	1112	1107	1100	1094
冷却 COP	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.31	2.31	2.31

【表15】

表15: CO₂を16重量%有するR-1132a/R-170/CO₂三元系の冷却性能モデル化データ

	R744 (重量%)	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%
	R170 (重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%	36.0%	40.0%
	R1132a(重量%)	80.0%	76.0%	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	56.0%	52.0%	48.0%	44.0%
GWP		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
蒸発器圧力	bar	1.11	1.18	1.24	1.29	1.33	1.37	1.40	1.43	1.45	1.47
凝縮器圧力	bar	8.15	8.48	8.75	8.98	9.17	9.32	9.43	9.52	9.57	9.61
圧力比		7.33	7.20	7.08	6.98	6.89	6.81	6.73	6.67	6.60	6.55
体積効率		88.0%	88.3%	88.6%	88.9%	89.1%	89.3%	89.5%	89.7%	89.9%	90.0%
吐出温度	°C	22.8	24.1	25.3	26.4	27.4	28.4	29.3	30.2	31.1	32.0
蒸発器温度勾配	K	1.2	1.6	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2
凝縮器温度勾配	K	2.1	2.3	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	2.0	2.2
体積能力	kJ/m3	886	936	978	1015	1046	1074	1097	1116	1131	1152
冷却 COP		2.26	2.27	2.27	2.28	2.28	2.29	2.29	2.30	2.30	2.31
R744 (重量%)		16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%
R170 (重量%)		48.0%	52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	70.0%	76.0%	80.0%	84.0%
R1132a(重量%)		36.0%	32.0%	28.0%	24.0%	20.0%	16.0%	12.0%	8.0%	4.0%	0.0%
GWP		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
蒸発器圧力	bar	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.48	1.47	1.47	1.46
凝縮器圧力	bar	9.62	9.60	9.57	9.53	9.48	9.43	9.37	9.31	9.25	9.19
圧力比		6.47	6.43	6.41	6.38	6.36	6.35	6.33	6.32	6.30	6.29
体積効率		90.3%	90.4%	90.5%	90.6%	90.7%	90.8%	90.9%	91.0%	91.0%	91.1%
吐出温度	°C	34.0	35.1	36.1	37.2	38.3	39.4	40.4	41.5	42.5	43.5
蒸発器温度勾配	K	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6	2.8
凝縮器温度勾配	K	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.1
体積能力	kJ/m3	1157	1160	1161	1160	1158	1154	1150	1145	1140	1134
冷却 COP		2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.30	2.30

【0 1 4 6】

【表 16】

表16: R-1132aを4重量%有するR-1132a/R-116/R-170三元系の冷却性能モデル化データ

R170 (重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%	36.0%	40.0%	44.0%	48.0%
R1132a (重量%)	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
R116 (重量%)	92.0%	88.0%	84.0%	80.0%	76.0%	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	56.0%	52.0%	48.0%
GWP	11224	10736	10249	9761	9273	8785	8297	7809	7321	6833	6345	5858
蒸発器圧力 bar	0.96	1.13	1.25	1.35	1.42	1.48	1.52	1.54	1.53	1.52	1.50	1.48
凝縮器圧力 bar	7.09	7.90	8.49	8.91	9.20	9.38	9.45	9.45	9.40	9.32	9.22	9.12
圧力比	7.36	6.97	6.76	6.62	6.48	6.35	6.22	6.15	6.13	6.13	6.14	6.15
体積効率	85.4%	86.5%	87.2%	87.8%	88.3%	88.8%	89.2%	89.6%	89.8%	89.9%	90.1%	90.2%
吐出温度 °C	-6.1	-2.4	0.6	3.0	5.0	6.7	8.2	10.1	12.5	15.0	17.5	19.8
蒸発器温度勾配 K	4.4	5.5	5.0	3.8	2.5	1.3	0.4	0.0	0.1	0.4	0.7	1.0
凝縮器温度勾配 K	4.8	4.7	3.5	2.2	1.1	0.3	0.0	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1
体積能力 kJ/m3	762	898	990	1057	1112	1156	1189	1204	1203	1193	1180	1166
冷却 COP	2.40	2.46	2.47	2.47	2.48	2.49	2.51	2.51	2.51	2.49	2.48	2.47
R170 (重量%)	52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	72.0%	76.0%	80.0%	84.0%	88.0%	92.0%	
R1132a (重量%)	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	
R116 (重量%)	44.0%	40.0%	36.0%	32.0%	28.0%	24.0%	20.0%	16.0%	12.0%	8.0%	4.0%	
GWP	5370	4882	4394	3906	3418	2930	2442	1955	1467	979	919	
蒸発器圧力 bar	1.46	1.44	1.43	1.41	1.39	1.36	1.34	1.32	1.30	1.28	1.26	
凝縮器圧力 bar	9.02	8.91	8.81	8.70	8.60	8.49	8.39	8.28	8.18	8.07	7.96	
圧力比	6.16	6.17	6.18	6.19	6.21	6.22	6.24	6.26	6.28	6.30	6.32	
体積効率	90.3%	90.4%	90.5%	90.5%	90.6%	90.7%	90.7%	90.8%	90.8%	90.8%	90.9%	
吐出温度 °C	21.9	23.9	25.8	27.5	29.2	30.8	32.3	33.7	35.0	36.3	37.5	
蒸発器温度勾配 K	1.2	1.4	1.5	1.6	1.6	1.5	1.5	1.3	1.1	0.9	0.6	0.4
凝縮器温度勾配 K	1.3	1.5	1.6	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.8	0.5	
体積能力 kJ/m3	1152	1137	1122	1107	1091	1075	1058	1041	1023	1006	989	
冷却 COP	2.46	2.45	2.43	2.42	2.41	2.40	2.39	2.37	2.36	2.35	2.34	

【0 1 4 7】

【表 17】

表17: R-1132aを8重量%有するR-1132a/R-116/R-170三元系の冷却性能モデル化データ

	R170 (重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	32.0%	36.0%	40.0%	44.0%
	R1132a (重量%)	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
	R116 (重量%)	88.0%	84.0%	80.0%	76.0%	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	56.0%	52.0%	48.0%
GWP		10736	10249	9761	9273	8785	8297	7809	7321	6833	6346	5858
蒸発器圧力	bar	1.01	1.16	1.28	1.37	1.43	1.49	1.52	1.53	1.52	1.51	1.49
凝縮器圧力	bar	7.31	8.07	8.61	8.99	9.25	9.40	9.45	9.43	9.37	9.29	9.19
圧力比		7.27	6.93	6.74	6.59	6.45	6.32	6.21	6.16	6.15	6.15	6.16
体積効率		85.7%	86.7%	87.4%	87.9%	88.5%	88.9%	89.3%	89.6%	89.8%	89.9%	90.1%
吐出温度	°C	-5.2	-1.7	1.1	3.4	5.3	7.0	8.7	10.8	13.2	15.7	18.1
蒸発器温度勾配	K	4.2	4.9	4.3	3.1	1.9	0.9	0.2	0.0	0.2	0.5	0.8
凝縮器温度勾配	K	4.3	4.0	2.9	1.7	0.8	0.2	0.0	0.1	0.3	0.6	0.9
体積能力	kJ/m3	782	908	996	1062	1115	1157	1185	1196	1192	1183	1171
冷却 COP		2.37	2.42	2.44	2.45	2.46	2.48	2.49	2.50	2.49	2.48	2.47
R170 (重量%)		48.0%	52.0%	56.0%	60.0%	64.0%	68.0%	72.0%	76.0%	80.0%	84.0%	88.0%
R1132a (重量%)		8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
R116 (重量%)		44.0%	40.0%	36.0%	32.0%	28.0%	24.0%	20.0%	16.0%	12.0%	8.0%	4.0%
GWP		5370	4882	4394	3906	3418	2930	2442	1955	1467	979	491
蒸発器圧力	bar	1.47	1.45	1.44	1.42	1.40	1.37	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27
凝縮器圧力	bar	9.09	8.99	8.88	8.77	8.67	8.56	8.46	8.35	8.24	8.14	8.03
圧力比		6.17	6.18	6.19	6.20	6.21	6.23	6.25	6.26	6.26	6.29	6.32
体積効率		90.2%	90.3%	90.4%	90.5%	90.5%	90.6%	90.6%	90.7%	90.7%	90.8%	90.8%
吐出温度	°C	20.3	22.4	24.3	26.2	27.9	29.5	31.1	32.6	33.9	35.2	36.5
蒸発器温度勾配	K	1.0	1.2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	0.9	0.6	0.4
凝縮器温度勾配	K	1.1	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.1	0.8	0.5
体積能力	kJ/m3	1157	1143	1129	1114	1098	1082	1065	1048	1031	1014	997
冷却 COP		2.46	2.45	2.44	2.42	2.41	2.40	2.39	2.38	2.36	2.35	2.34

【0 1 4 8】

【表 18】

表18: R-1132aを12~20重量%有するR-1132a/R-116/R-170三元系の冷却性能モデル化データ

R170(重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%
R1132a(重量%)	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%
R116(重量%)	84.0%	80.0%	76.0%	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	80.0%	76.0%	72.0%	68.0%
GWP	10249	9761	9273	8785	8297	7809	7321	9761	9273	8785	8297
蒸発器圧力 凝縮器圧力	bar bar	1.04 7.49	1.19 8.20	1.30 9.05	1.38 9.27	1.44 9.39	1.49 9.43	1.52 7.65	1.07 8.30	1.21 8.76	1.31 9.08
圧力比		7.20	6.90	6.70	6.56	6.42	6.30	6.21	7.13	6.86	6.67
体積効率		86.0%	86.9%	87.5%	88.1%	88.6%	89.0%	89.4%	86.2%	87.1%	88.2%
吐出温度	°C	-4.4	-1.1	1.6	3.8	5.6	7.4	9.3	-3.7	-0.5	2.0
蒸発器温度勾配 凝縮器温度勾配	K K	3.9 3.7	4.3 3.3	3.6 2.3	2.5 1.3	1.5 0.5	0.6 0.1	0.1 0.0	3.4 3.1	3.6 2.7	3.0 1.8
体積能力	kJ/m3	798	916	1001	1065	1117	1155	1178	811	923	1004
冷却 COP		2.34	2.39	2.42	2.43	2.45	2.47	2.48	2.31	2.37	2.40
R170(重量%)	20.0%	24.0%	28.0%	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	
R1132a(重量%)	16.0%	16.0%	16.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	
R116(重量%)	64.0%	60.0%	56.0%	76.0%	72.0%	68.0%	64.0%	60.0%	56.0%	52.0%	
GWP	7809	7321	6833	9273	8785	8297	7809	7321	6834	6346	
蒸発器圧力 凝縮器圧力	bar bar	1.45 9.27	1.49 9.37	1.51 9.39	1.10 7.77	1.23 8.38	1.32 8.80	1.40 9.08	1.45 9.25	1.48 9.33	1.50 9.34
圧力比		6.40	6.29	6.22	7.07	6.82	6.65	6.50	6.38	6.29	6.24
体積効率		88.7%	89.1%	89.4%	86.5%	87.2%	87.8%	88.3%	88.8%	89.1%	89.4%
吐出温度	°C	6.0	7.9	9.9	-3.1	0.0	2.5	4.6	6.5	8.5	10.7
蒸発器温度勾配 凝縮器温度勾配	K K	1.1 0.4	0.4 0.1	0.1 0.1	2.9 2.5	3.0 2.2	2.4 1.4	1.6 0.8	0.8 0.3	0.3 0.1	0.2 0.1
体積能力	kJ/m3	1115	1150	1168	822	928	1007	1067	1111	1141	1156
冷却 COP		2.44	2.46	2.47	2.29	2.35	2.38	2.41	2.43	2.45	2.45

【表 19】

表19: R-1132aを30~60重量%有するR-1132a/R-116/R-170三元系の冷却性能モデル化データ

	R170(重量%)	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%
	R1132a(重量%)	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	40%	40%	40%	40%
	R116(重量%)	66.0%	62.0%	58.0%	54.0%	50.0%	46.0%	42.0%	56.0%	52.0%	48.0%	44.0%
GWP		8053	7565	7078	6590	6102	5614	5126	6834	6346	5858	5370
蒸発器圧力	bar	1.14	1.25	1.33	1.39	1.43	1.45	1.45	1.16	1.25	1.31	1.36
凝縮器圧力	bar	7.96	8.46	8.79	9.01	9.13	9.18	9.17	7.99	8.40	8.67	8.84
圧力比		6.96	6.75	6.60	6.48	6.40	6.34	6.31	6.89	6.73	6.61	6.52
体積効率		86.9%	87.6%	88.1%	88.6%	88.9%	89.2%	89.4%	87.3%	87.8%	88.3%	88.6%
吐出温度	℃	-1.5	1.4	3.8	6.0	8.2	10.5	12.7	0.3	3.1	5.7	8.0
蒸発器温度勾配	K	1.7	1.8	1.5	1.0	0.6	0.5	0.4	1.0	1.2	1.1	1.0
凝縮器温度勾配	K	1.4	1.3	0.9	0.5	0.3	0.3	0.3	0.9	1.0	0.8	0.6
体積能力	kJ/m³	842	935	1004	1055	1090	1111	1122	851	930	989	1030
冷却 COP		2.26	2.32	2.36	2.38	2.40	2.41	2.42	2.25	2.30	2.34	2.36
R170(重量%)		20.0%	24.0%	28.0%	4.0%	8.0%	12.0%	16.0%	20.0%	24.0%	28.0%	28.0%
R1132a(重量%)		40%	40%	40%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%
R116(重量%)		40.0%	36.0%	32.0%	36.0%	32.0%	32.0%	32.0%	28.0%	24.0%	20.0%	16.0%
GWP		4882	4394	3906	4395	3907	3419	2931	2443	1955	1467	
蒸発器圧力	bar	1.38	1.40	1.40	1.12	1.19	1.23	1.26	1.28	1.29	1.30	
凝縮器圧力	bar	8.94	8.98	8.97	7.79	8.08	8.28	8.41	8.48	8.51	8.51	
圧力比		6.46	6.42	6.39	6.92	6.81	6.73	6.66	6.62	6.58	6.56	
体積効率		88.9%	89.2%	89.4%	87.6%	88.0%	88.4%	88.7%	88.9%	89.1%	89.3%	
吐出温度	℃	10.3	12.6	14.7	4.9	7.6	10.1	12.4	14.5	16.5	18.4	
蒸発器温度勾配	K	0.8	0.7	0.7	0.9	1.3	1.4	1.3	1.2	1.0	0.8	
凝縮器温度勾配	K	0.5	0.5	0.5	0.9	1.1	1.1	1.0	0.9	0.7	0.6	
体積能力	kJ/m³	1058	1076	1085	837	895	938	968	990	1004	1012	
冷却 COP		2.38	2.39	2.39	2.25	2.29	2.32	2.33	2.35	2.35	2.36	

【表 20】

表20: R-744を4~12重量%有するR-1132a/R-116/R-170/R-744四元系の冷却性能モデル化データ

【表21】

表21: R-744を8~24重量%有するR-1132a/R-116/R-170/R-744四元系の冷却性能モデル化データ

R170 (重量%)	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
R744 (重量%)	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
R1132a (重量%)	20.0%	30.0%	40.0%	50.0%	60.0%	70.0%	80.0%	90.0%	20.0%	30.0%	40.0%	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%
R116 (重量%)	76.0%	66.0%	56.0%	46.0%	36.0%	26.0%	16.0%	6.0%	72.0%	62.0%	52.0%	40.0%	50.0%	40.0%	50.0%
GWP	9273	8053	6834	5614	4395	3175	1955	736	8785	7566	6346				
蒸発器圧力	bar	1.27	1.28	1.27	1.24	1.20	1.16	1.11	1.07	1.49	1.46	1.42			
凝縮器圧力	bar	8.97	8.96	8.84	8.66	8.44	8.21	7.97	7.73	10.22	10.02	9.75			
圧力比		7.07	7.01	6.98	7.00	7.05	7.10	7.15	7.22	6.85	6.85	6.89			
体積効率		86.9%	87.2%	87.5%	87.6%	87.7%	87.8%	87.8%	87.8%	87.9%	88.1%	88.2%			
吐出温度	°C	3.7	4.9	6.5	8.5	10.6	12.6	14.5	16.2	10.9	12.1	13.7			
蒸発器温度勾配	K	3.6	2.2	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.1	3.2	2.3	2.0		
凝縮器温度勾配	K	4.2	2.8	2.2	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	3.6	2.8	2.5			
体積能力	kJ/m3	970	963	950	930	908	885	863	840	1152	1120	1082			
冷却 COP		2.32	2.28	2.26	2.25	2.25	2.25	2.26	2.26	2.35	2.35	2.29			
R170 (重量%)	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%
R744 (重量%)	16.0%	16.0%	16.0%	16.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%
R1132a (重量%)	50.0%	60.0%	70.0%	80.0%	30.0%	40.0%	50.0%	60.0%	50.0%	60.0%	70.0%	80.0%			
R116 (重量%)	42.0%	32.0%	22.0%	12.0%	68.0%	58.0%	48.0%	38.0%	38.0%	28.0%	18.0%	8.0%			
GWP	5126	3907	2687	1468	8297	7078	5858	4639	3419	2199	980				
蒸発器圧力	bar	1.36	1.31	1.25	1.20	1.64	1.58	1.51	1.45	1.39	1.33	1.27			
凝縮器圧力	bar	9.46	9.16	8.87	8.59	11.02	10.70	10.35	10.01	9.68	9.36	9.05			
圧力比		6.95	7.01	7.07	7.14	6.72	6.77	6.84	6.91	6.98	7.05	7.11			
体積効率		88.2%	88.2%	88.2%	88.2%	88.6%	88.6%	88.6%	88.6%	88.6%	88.6%	88.5%			
吐出温度	°C	15.6	17.4	19.1	20.7	16.4	17.9	19.6	21.3	22.9	24.3	25.7			
蒸発器温度勾配	K	1.9	2.0	1.9	1.8	2.4	2.1	2.1	2.1	2.2	2.1	2.0			
凝縮器温度勾配	K	2.5	2.6	2.6	2.5	2.7	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.6			
体積能力	kJ/m3	1045	1009	976	944	1270	1219	1168	1122	1079	1040	1004			
冷却 COP		2.28	2.27	2.27	2.27	2.35	2.32	2.30	2.28	2.27	2.27	2.26			

【0 1 5 2】

【表22】

表22: R-744を12~36重量%有するR-116/R-170/R-744四元系の冷却性能モデル化データ

R170 (重量%)	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
R744 (重量%)	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%
R1132a (重量%)	20.0%	30.0%	40.0%	50.0%	60.0%	70.0%	80.0%	90.0%	90.0%	90.0%	90.0%	90.0%	90.0%	90.0%
R116 (重量%)	76.0%	66.0%	56.0%	46.0%	36.0%	26.0%	16.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
GWP	9273	8053	6834	5614	4395	3175	1955	736	8785	7566	6346			
蒸発器圧力 bar	1.33	1.31	1.27	1.23	1.18	1.14	1.09	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
凝縮器圧力 bar	9.40	9.32	9.16	8.94	8.69	8.44	8.19	7.94	10.71	10.45	10.14			
圧力比	7.06	7.02	7.02	7.05	7.09	7.14	7.20	7.26	6.87	6.90	6.95			
体積効率	87.1%	87.4%	87.6%	87.7%	87.8%	87.8%	87.8%	87.8%	88.2%	88.2%	88.3%			
吐出温度 °C	6.4	7.6	9.2	11.1	13.1	15.0	16.7	18.3	14.9	16.3	17.9			
蒸発器温度勾配 K	3.4	2.2	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	2.6	2.1	2.0			
凝縮器温度勾配 K	4.1	3.0	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	1.9	3.1	2.6	2.5			
体積能力 kJ/m3	1023	1008	988	962	936	911	886	861	1211	1169	1125			
冷却 COP	2.32	2.28	2.26	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.34	2.31	2.29			
R170 (重量%)	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%
R744 (重量%)	24.0%	24.0%	24.0%	24.0%	36.0%	36.0%	36.0%	36.0%	36.0%	36.0%	36.0%	36.0%	36.0%	36.0%
R1132a (重量%)	50.0%	60.0%	70.0%	80.0%	90.0%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%
R116 (重量%)	42.0%	32.0%	22.0%	12.0%	68.0%	58.0%	48.0%	38.0%	38.0%	38.0%	38.0%	38.0%	38.0%	38.0%
GWP	5126	3907	2687	1468	8298	7078	5858	4639	3419	2200	980			
蒸発器圧力 bar	1.40	1.34	1.29	1.24	1.69	1.62	1.55	1.48	1.42	1.36	1.31			
凝縮器圧力 bar	9.82	9.51	9.20	8.91	11.46	11.10	10.74	10.38	10.04	9.72	9.41			
圧力比	7.02	7.08	7.13	7.19	6.79	6.86	6.93	7.00	7.06	7.12	7.18			
体積効率	88.3%	88.3%	88.3%	88.3%	88.8%	88.8%	88.8%	88.8%	88.7%	88.7%	88.6%			
吐出温度 °C	19.6	21.3	22.8	24.2	21.7	23.3	24.8	26.3	27.7	28.9	30.1			
蒸発器温度勾配 K	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.1	2.0			
凝縮器温度勾配 K	2.6	2.7	2.7	2.6	2.1	2.1	2.3	2.5	2.5	2.6	2.6			
体積能力 kJ/m3	1083	1045	1010	977	1316	1259	1206	1159	1116	1077	1040			
冷却 COP	2.27	2.26	2.26	2.26	2.33	2.30	2.28	2.27	2.26	2.25	2.25			

【0153】

可燃性データ

冷媒の可燃性の評価に関する ASHRAE 標準 34 に記載の装置及び試験法にあわせて、R1132a と不燃性 R116 又は R744 (二酸化炭素) との二元混合物の可燃性挙動を 12 リットルのガラスフラスコ装置を用いて検討した。一定の湿度 (25) での相対

湿度 50 % に対応) で 60 にて標準 34 試験法を用いて組成の異なる二元混合物を試験し、可燃性混合物を生じることなくそれぞれの不燃性成分に加えうる R - 1132a の最大量を決定した。

【0154】

混合物を可燃性にすることなく R - 116 に加えうる R - 1132a の最大量は 48 容量% であることが分かり、これは 30.5 重量% R - 1132a 及び 69.5 重量% R - 116 からなる組成物に対応するものである。さらに、可燃性混合物を生成することなく R - 744 に加えうる R - 1132a の最大量は 15 容量% であることが決定した。

【0155】

これら可燃性データを図 6 に図示して、R - 744、R - 1132a 及び R - 116 の三元混合物についての三角組成図を、組成の単位を体積分率として示す。R - 1132a を最大量で有する不燃性二元組成物を繋いだ破線が示されている。この線の上側及び右側に位置する三元組成物は不燃性であると予測され、本発明の好ましい組成物である。

【0156】

性能データ - 二元 R - 1132a / R - 116 ブレンド

選択した R - 1132a / R - 116 の二元組成物の性能をバイオメディカル用保存フリーザー機器を用いて検討した。この機器は、R - 508B で動作する低温段及び R - 404A 冷媒を用いて外部の周囲空気へ熱を排出する高温段を有するカスケード冷却システムを含んでなる Panasonic モデル MDF - U76VC フリーザーであった。30 の周囲空気温度で作動させた場合にその性能仕様で達成される内部貯蔵庫気温は -86 以下である。低温段における R - 508B 冷媒を本発明の二元組成物と置き換えるかつ 30 の周囲温度を確保すべく恒温室でシステムを作動させるドロップイン試験として試験を実施した。貯蔵庫の気温、モーターの電力消費量、冷却用圧縮機の運転温度及び圧力、並びに冷媒の蒸発及び凝縮温度をすべて記録した。R - 508B 冷媒で参考試験を実施して比較データを得た。純粋な R - 1132a を下段に用いてさらなる参考試験を実施してさらなる比較データを得た。

【0157】

記録した結果を次の表に示す。R 1132a 単独では目標とする内部気温を達成することはできなかったが、R 116 を加えると冷媒の性能が改善することが分かった。これは到達したキャビネットの気温によって確認された。R 1132a / R 116 共沸混合物の存在は、約 50% w/w R 1132a の共沸組成に近づくにつれて気温が最も低くなることによって確認された。51.1% R 1132a / 49.9% R 116 の組成は、R - 508B で達成される気温と比べ許容可能な気温をもたらすが、圧縮器吐出口温度がより低いことが分かった。後者は、圧縮器を保護しつつその潤滑油の熱劣化を回避するために望ましい。

【0158】

【表23】

表23: 選択したR-1132a/R-116ブレンドの冷却性能データ

R-116含有量(% w/w)	圧縮器出口温度(°C)	キャビネット気温(°C)	電力(W)
0	83.5	-85.3	1132
16.9	83.6	-87.7	1145
29.8	83.7	-88.4	1151
35.7	84.1	-88.6	1157
40.4	84.1	-88.7	1162
45.3	84.7	-88.5	1189
49.7	84.7	-88.5	1189
R508B 比較	85.4	-89.5	1158

10

【0159】

性能データ - 三元 R - 744 / R - 1132a / R - 116 ブレンド

20

二元組成物試験向けに用いたのと同じ設備で R - 744 / R - 1132a / R - 116 の三元組成物のいくつかを同じ動作条件で試験した。これらは上に報告した可燃性データに基づいて不燃性組成物として選択した。選択した結果を下記に再現する。

【0160】

【表24】

表24: 選択したR-1132a/R-116/CO₂ブレンドの冷却性能データ

周囲温度 30°C	R508B	混合物 A	混合物 B	混合物 C	混合物 D
R-1123 (% w/w)		33.6%	31.1%	30.0%	29.1%
R-116 (% w/w)		66.4%	61.5%	59.4%	57.5%
R-744 (% w/w)		0.0%	7.4%	10.6%	13.4%
圧縮器出口温度(°C)	81.6	80.2	80.8	82.0	81.1
キャビネット気温(°C)	-88.2	-83.4	-87.2	-88.3	-89.2
電力投入(W)	1070	1040	1060	1080	1080

30

【0161】

上記三元組成物は R 508 B に近い性能を発揮した。試験した R - 744 の最高濃度 (13.4% w / w) では膨張装置内でのドライアイス形成に起因する運転時のわずかな不安定性が観察されたことが分かった。これは望ましくない特徴であるため、この混合物が確実に不燃性となるように R 1132a と R 116 の質量比が選択される組成物には、R 744 の含有量は総量の約 13% w / w 未満であるのが好ましいと結論付けられる。

40

【0162】

次に、R - 1132a / R - 116 組成が共沸組成に近く、やや可燃性であると予想される三元組成物を試験した。選択した試験からの結果を下記表に示す。

【0163】

【表25】

表25: さらなる選択したR-1132a/R-116/CO₂ブレンドの冷却性能データ

周囲温度 30°C	R508B	混合物 E	混合物 F	混合物 G	混合物 H	混合物 J
R-1132a (%w/w)		50.2%	45.4%	44.1%	42.7%	41.5%
R-116(%w/w)		49.8%	45.1%	43.8%	42.4%	41.3%
R-744(%w/w)		0.0%	9.6%	12.2%	14.9%	17.2%
圧縮器出口温度(°C)	81.6	83.2	81.4	82.1	82.1	82.7
キャビネット気温(°C)	-88.2	-87.60	-90.0	-90.1	-90.4	-90.3
電力投入(W)	1070	1080	1100	1100	1100	1100

【0164】

より低いR-116濃度では、ドライアイスを形成させずにR-744の含有量をさらに増加しうるので、特定の好み三元R-744/R-1132a/R-116組成物は、システムの膨張装置又は蒸発器吸気管内にドライアイスを形成させることなくR-508Bで達成可能な最終気温の3K以内の最終気温をもたらすことができる冷却性能を有する組成物であると考えられる。

【0165】

添加しうるR-744の潜在的最大量を調査すべく、定容攪拌容器内で-66の温度(R-744の三重点未満のものとして選択した)でR1132aとR116との混合物にR744を徐々に增量して加え、系の混合及び平衡化後の得られた三元混合物の蒸気圧を測定することにより試験を実施した。2つのR-1132a/R-116二元組成比を用いた(28mol%及び75mol%R1132a)。これらの試験の両方で、R-744をさらに加えてもそれ以上蒸気圧が増えることがなくなる(これは固相R-744の形成を示す)までに加えることができるR-744の最大量は三元混合物において約0.5モル分率であることが分かった。したがって、さらに好み三元組成物は、上に説明したようなより好み三元組成物の限定を有し、三元組成物中のR-744のモル分率が0.5未満のものである。

【0166】

本発明は下記請求項により規定されている。

【図面の簡単な説明】

【0167】

【図1】共沸を示すR-1132/R-116混合物の相平衡挙動を示す図である。

【図2】R-1132a/R-116混合物の蒸気圧を示す図である。

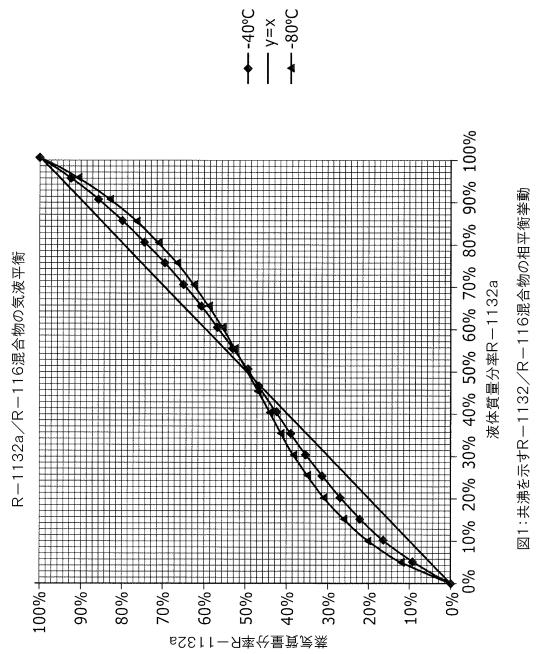
【図3】R-1132a/R-116混合物の計算上の冷却サイクル性能を示す図である。

【図4】-40におけるR-170/R-1132a混合物の泡立ち点圧力を示す図である。

【図5】R-1132a/R-116/R-744混合物の計算上の冷却サイクル性能を示す図である。

【図6】60におけるR-744/R-1132a/R-116の可燃性の図である。

【図1】



【図2】

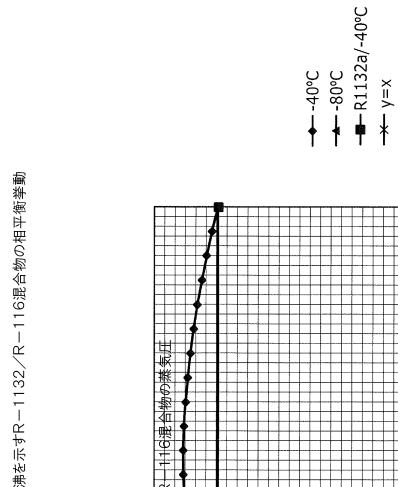


図1:共沸を示すR-1132a/R-116混合物の相平衡挙動

図2:R-1132a/R-116混合物の蒸気圧

【図3】

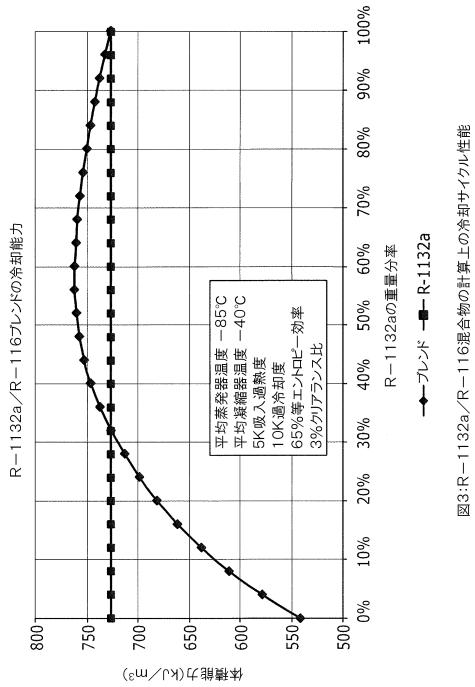


図3:R-1132a/R-116混合物の計算上の冷却サイクル性能

【図4】

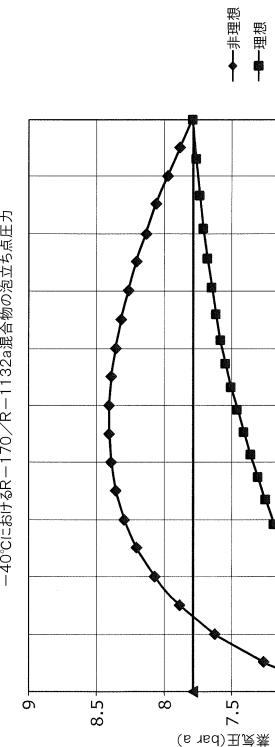


図4:R-1132a/R-116混合物の泡立ち点圧力

図4

【図5】

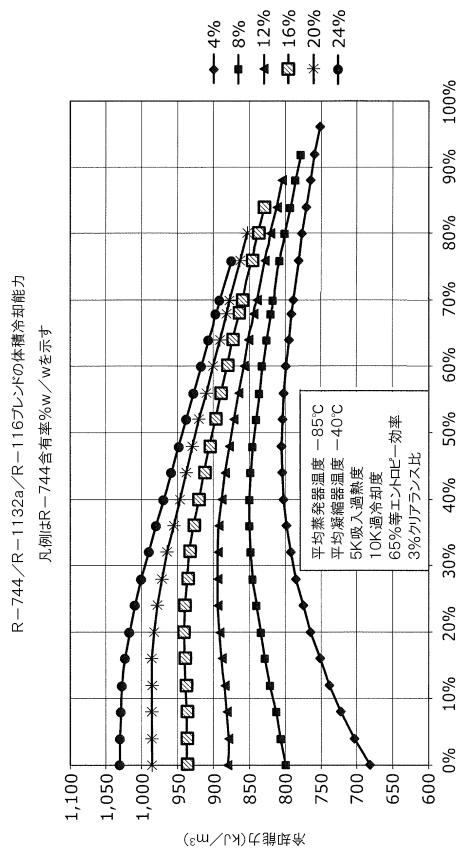
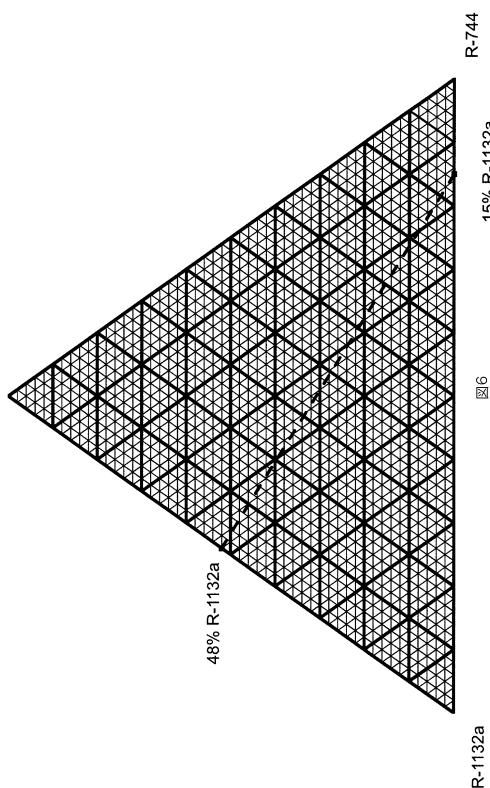


図5:R-1132a/R-116/R-744混合物の計算上の冷却サイクル性能

【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

C 0 9 K 5/04 C
F 2 5 B 1/00 3 9 6 U

(72)発明者 アンドリュー・ピー・シャラット

イギリス国 WA 7 4 Q X チェシャー ランコーン ザ・ヒース・ビジネス・アンド・テクニカル・パーク メキシケム ユーケー リミテッド

審査官 中野 孝一

(56)参考文献 国際公開第2014/156190 (WO, A1)

国際公開第2014/134821 (WO, A1)

米国特許出願公開第2013/0153817 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 0 9 K 5 / 0 4、

C 0 9 K 3 / 0 0、

C 0 9 K 3 / 3 0、

C 1 1 D 7 / 3 0