



Ⓝ 小売業用途におけるCO2ソリューション



# 目次

<b>1. なぜCO2冷媒を使用するか</b>	<b>5</b>
1.1 熱力学的特性 .....	5
1.2 亜臨界サイクル .....	5
1.3 遷臨界サイクル .....	5
<b>2. 亜臨界CO2カスケード</b>	<b>7</b>
2.1 CARELソリューション .....	7
2.2 システムの特長 .....	10
2.2.1 DSS: ダブルシステムの同期化 .....	10
2.2.2 EEVS: 電子膨張弁の同期化 .....	10
<b>3. 遷臨界CO2増圧器</b>	<b>12</b>
3.1 CARELソリューション .....	13
3.2 システムの特長 .....	15
3.2.1 DSS: ダブルシステムの同期化 .....	16
3.3 遷臨界CO2凝縮ユニット .....	16
<b>4. 亜臨界CO2: ポンプ式</b>	<b>18</b>
3.4 CARELソリューション .....	18
<b>5. 汎用部品</b>	<b>20</b>



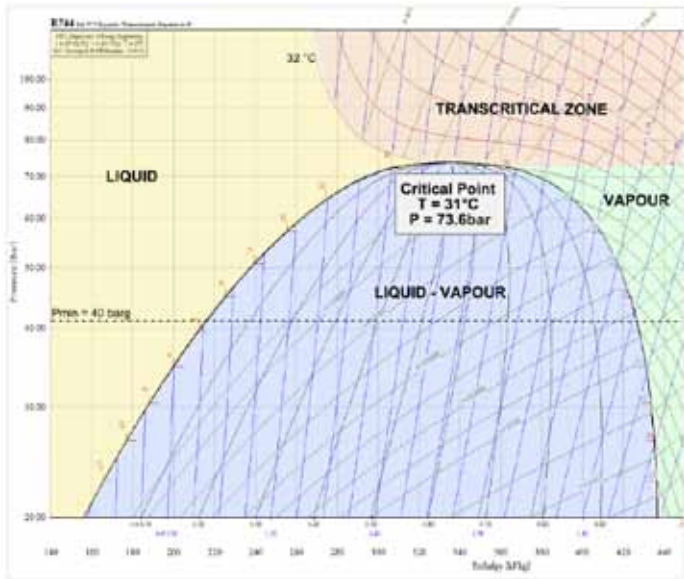
# 1. なぜCO2冷媒を使用するか

CO2は1900年代初期から既に利用されていますが、近年、自然冷媒への期待や、欧州をはじめとする合成冷媒の使用制限に関する法規制の強化に伴い、冷媒として広く利用されるようになっていきます。

CO2は産業廃棄物でもあって広く入手でき、その価格も従来の冷媒より遥かに安くなります。CO2の優位性としては経済的で、地球温暖化係数が低く (GWP=1、オゾン層への影響はない)、毒性や引火性がなく、システムを廃棄の際にガスのリサイクルが不要なことが挙げられます。

## 1.1 熱力学的特性

CO2は、以上の経済面、政治面、環境面などの優位性以外に、いくつかの熱力学的特性を持っていますので、それぞれの用途において従来の冷媒に匹敵する優位性を見せています。



CO2と合成冷媒との主な違いは、CO2の臨界点は31.1°Cであることで、これは地球上で容易に得られる温度です。臨界点における液体と飽和気体は同じ比重ですが、これ以上の高温になると液体と気体の区別がつかなくなることを、超臨界状態といいます。

その結果、圧力と温度は関係なくなるので、これらの条件を維持するために必要な措置を取り、熱交換の最適化と効率の最大化を図る必要が出てきます。

流体 Liquid	臨界温度 critical point(°C)	臨界圧 critical point(bar)	飽和圧(bar)		定積潜熱 -20°C (kJ/m³)
			-20°C	+30°C	
CO2	31.06	73.84	19.7	72.1	14592
R22	96.15	49.9	2.4	11.9	2371
R134a	101.06	40.59	1.3	7.7	1444
R410A	71.36	49.03	4	18.9	3756
R404A	72.1	36.2	3.1	14.3	2820
NH3	132.25	113.33	1.9	11.7	2131

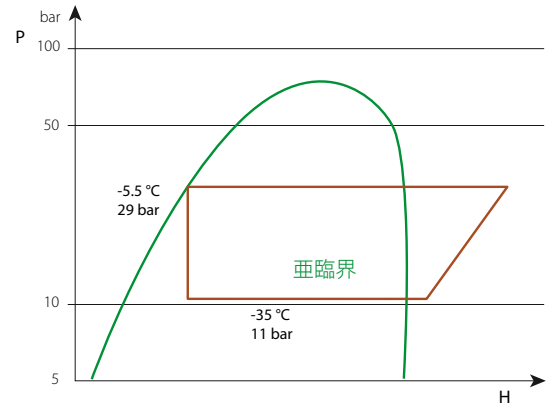
動作圧も非常に高みえますが、これは圧縮機、バルブや配管等の機器部品に非常に悪影響を与えることになる反面、高圧とともに小径の配管を使用することが可能となり、圧力損失や圧縮比も低くなります。

CO2の一大特性は高定積潜熱で、これは熱交換器、回路数及び冷媒充填に非常に有利です。

## 1.2 亜臨界サイクル

CO2を冷媒とした一番簡単な用途は、亜臨界サイクルにおける二次低温回路、蒸気圧縮 (カスケードシステム) でのCO2の使用や、ポンプ回路における液体CO2の使用があげられます。

亜臨界冷凍プロセス

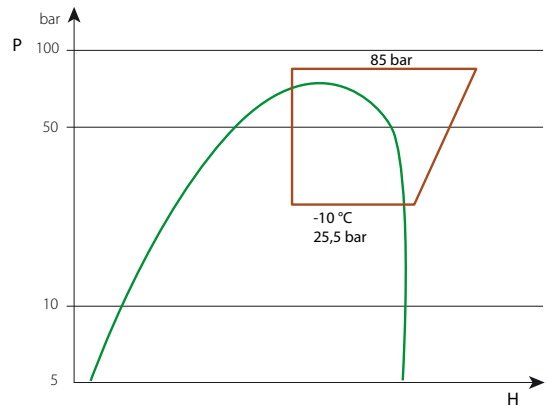


基本サイクルでは、CO2凝縮温度を臨界点以下の-5~-10°Cに保つために従来の冷媒を使用します。

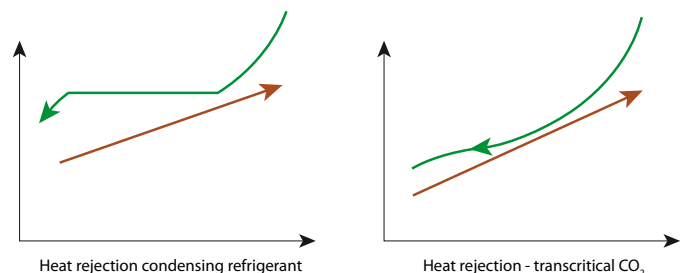
## 1.3 遷臨界サイクル

CO2サイクルで外部との熱交換を行うこともできます。1年中で外気温度が臨界点31.1°Cに近く、またはそれ以上に高くなる時期もあるのでこれを遷臨界サイクルといいます。

遷臨界冷凍プロセス



通常の冷凍サイクルと比較すると、主な違いは圧縮気体の冷却段階にあり、従来のサイクルのように一定の凝縮温度に対応していません。



気体を一定の圧力で凝縮すると液体に変化しますが、遷臨界サイクルでは超臨界気体は温度が下がる一方です。

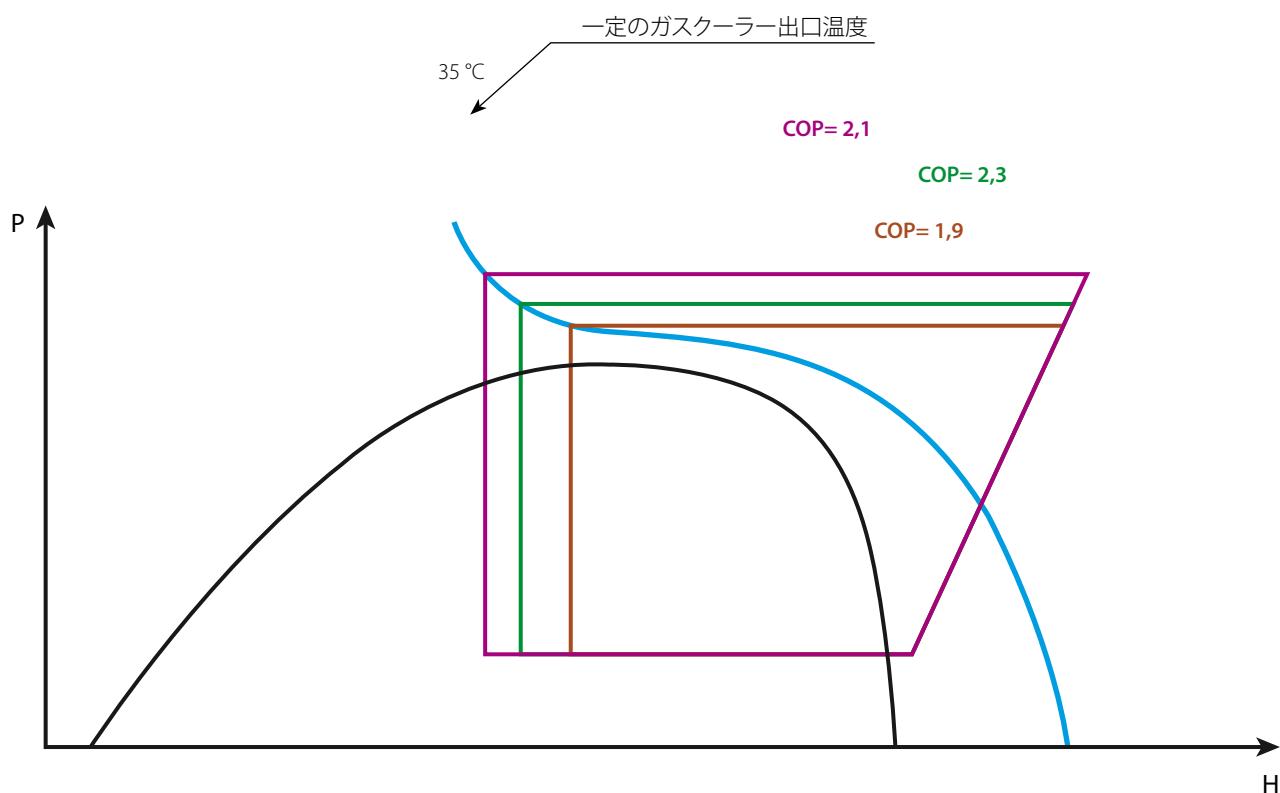
その結果、使用される高圧熱交換器の設計も異なりますが、このような高圧熱交換器は凝縮器ではなくガスクーラーと呼ばれています。

CO<sub>2</sub>が持つ特殊な性能で熱交換を促進することができ、このサイクルの各段階において従来の凝縮と比べて2種の流体の温度が非常に近く、この優位性をヒートポンプに活用することによって従来のユニットより高い効率を得られます。

サイクル効率を高く維持するために、ガスクーラーの出口圧を制御する必要があります。

p-h図のように、決められたガスクーラー出口温度(図中青線)に対し、熱交換器圧力を考慮した上でそれぞれのサイクルを使用できます。サイクル図からわかるように褐線が始まり圧力が上昇するなかで、出力( $\Delta h_{EVAP}$ )の上昇が圧縮仕事の上昇( $\Delta h_{COMP}$ )を上回っており、効率向上を示しています。一方、緑線を超えたサイクル圧においては圧縮仕事の上昇が出力の上昇を上回っており、効率低下を示しています(図中紫線)。

従って、個々のガスクーラーの出口温度に対してサイクル効率を最大にする最適圧力を特定できます。

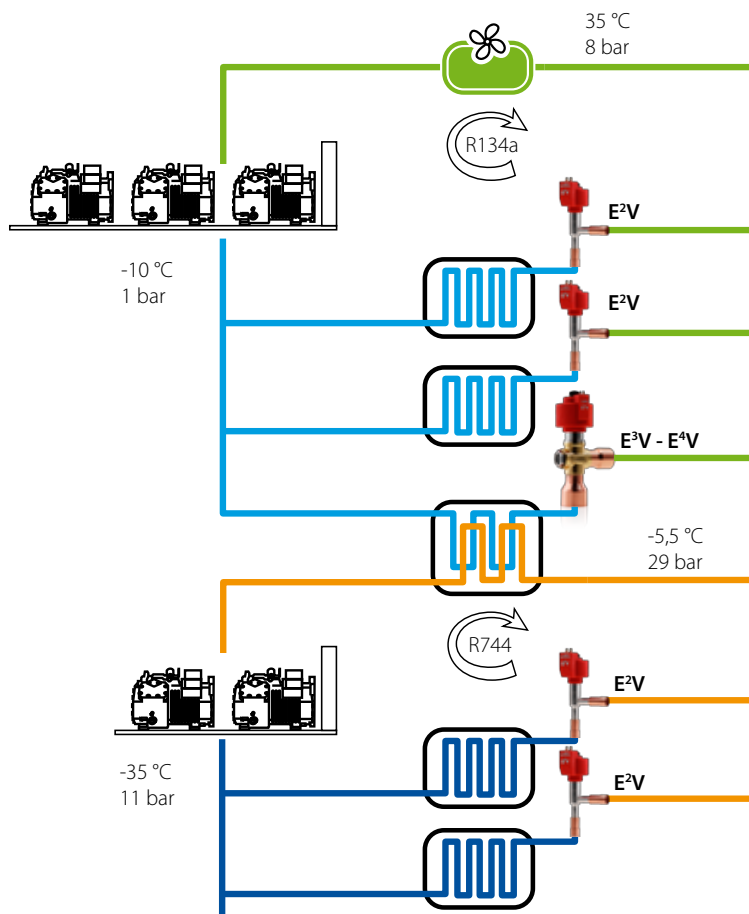


## 2. 亜臨界CO2カスケード

平均気温が高い場所で自然冷媒を使用するための理想的ソリューションです。亜臨界CO2カスケードシステムは通常、暑い気候で使用されたり、または一次冷媒CO2として使用されます。

カスケードシステムは、中温（通常はR134a、R404aまたはNH3）と低温（R744）の2回路から構成され、通常はプレート式熱交換器を1台または複数台の熱交換器で接続されており、片側はCO2凝縮用で、もう片側は中温回路に使用される汎用蒸発器です。

### 亜臨界CO2カスケードシステムの事例



### 特長

- 従来の機器に比較的近いシステム (R404)
- 従来のシステムに近い動作圧 (最大45 barg)
- HFCガス含有量は中程度
- 標準HFCより高効率で、各種気候条件に適したシステム

### 欠点

- NH3を使用しなければ、完全に環境に良い機器とはいえません
- NH3を使用すると、中温圧縮ラックは全ての国々の中温ショーケースに汎用できなくなります。

### 2.1 CARELソリューション

pRack pR300は、ラックの大きさにより1台または複数台のコントローラを使用して中温と低温圧縮ラックを同時制御できます。1台の装置でLTとMT圧縮機の立ち上げと安全性（インバーター、容量制御、それぞれの容量を持つ圧縮機）、中温凝縮器（ECファン、インバーター、ステップ）、任意の過冷却システム、2システムの同時稼働及びカスケードシステム

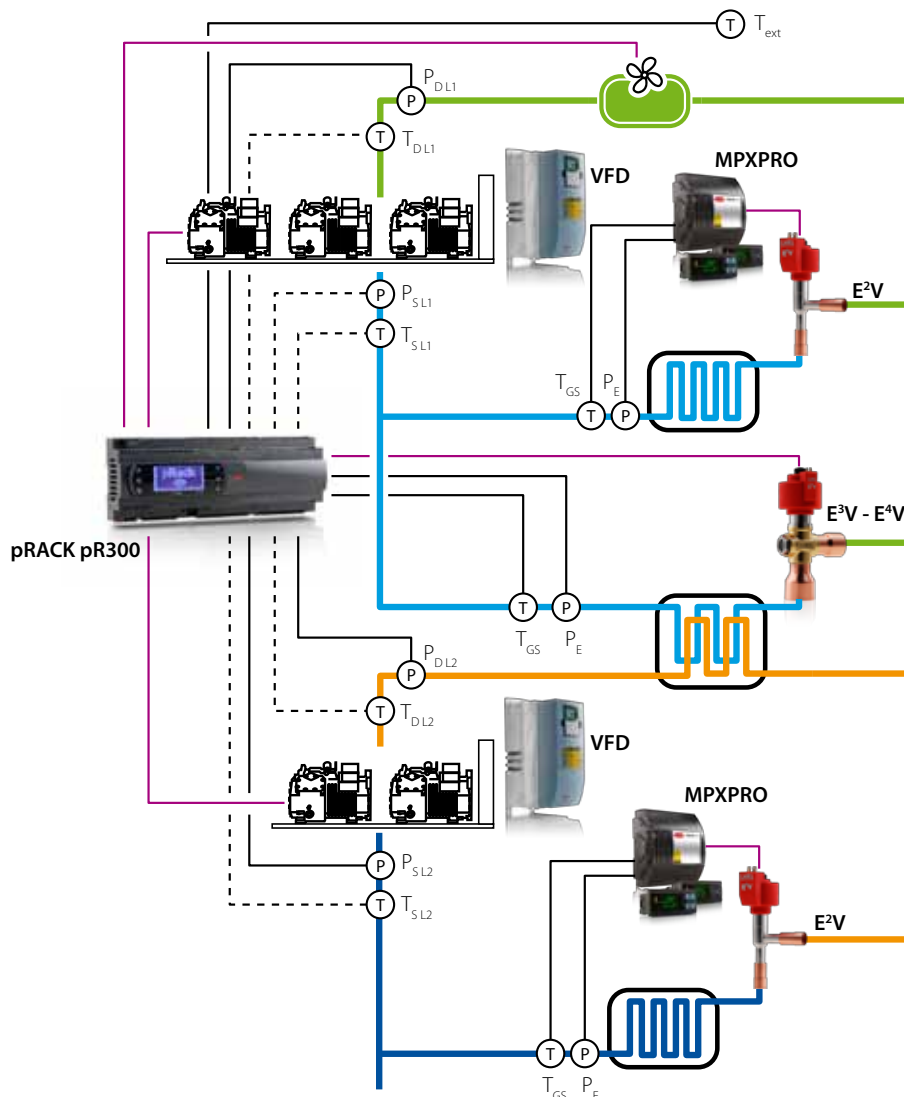


pRACK pR300

熱交換器に設置される電子膨張弁ドライバとの通信を管理できます。

通常の場合は、最大2台のプレート式熱交換器でCO2を凝縮するとともに、pRACK pR300に設置された内蔵ドライバまたはシステム (RS485フィールドバス通信) に組み込まれた外付けEVD EVOドライバで膨張弁を制御します。

**pRackコントローラ1台と内蔵ドライバ1台付きの制御図**



**pRackの接続**

記号	記述	センサータイプ	備考
$T_{ext}$	外気温度	NTC - HP	
$P_{DL1}$	回路1 (中温) 吐出圧	4-20 mA 0-18.2 barg	
$T_{DL1}$	回路1 (中温) 吐出温度	NTC - HF	吐出温度制御用 (オプション)
$P_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込圧	4-20 mA 0-7 barg	バックアップPE用
$T_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)
$P_E$	熱交換器蒸発圧	レシオメトリック-1-9.3 barg	
$T_{GS}$	熱交換器過熱ガス温度	NTC - HF	
$P_{DL2}$	回路2 (低温) 吐出圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$T_{DL2}$	回路2 (低温) 吐出温度	NTC - HF	吐出温度制御用 (オプション)
$P_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$T_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)

**MPXPRO & E2V: 複合ショーケース用コントローラとステッパー電子膨張弁。**

蒸発器の制御は、冷媒CO2の速度を含めてシステムを適切に動作させるために必要不可欠です。従って、CAREL E2V ステッパー電子膨張弁のシステムの安定性を確保するために重要です。ウルトラキャップ技術の特長としたMPXPRO + E2Vシステムは、電磁弁を追加せずに全閉できます。



MPXPRO & E2V

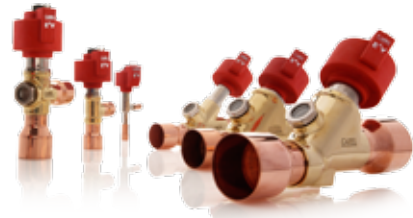


## EXV: 電子膨張弁

この種の機器にとってカスケード熱交換器が重要であり、通常はCO2凝縮用プレート式熱交換器を使用します。また、低負荷の制御や安全性の向上を図るために2台の熱交換器を使用する場合もあり、2台の熱交換器は通常EXVステッパー電子膨張弁で制御されます(これらの用途ではPWM電磁弁の最大性能が保証されません)。

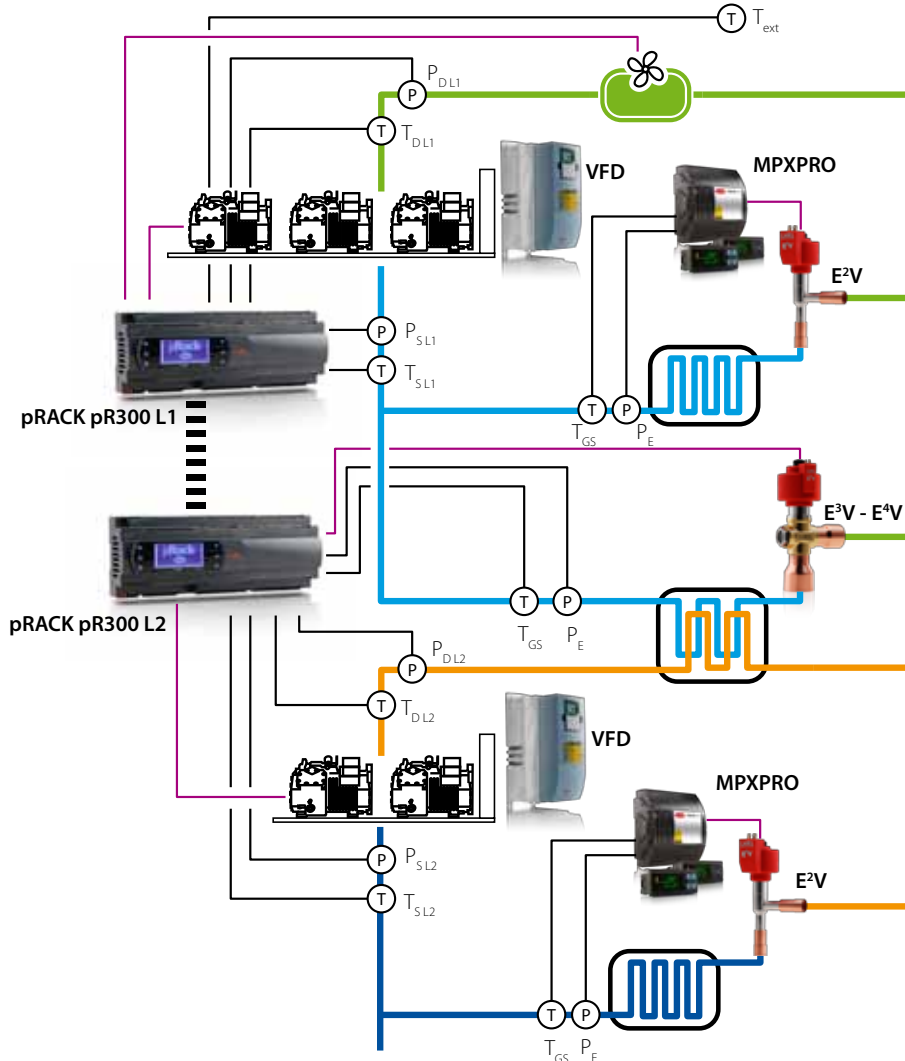
このような用途で、従来の吸込過熱度制御としてドライバがコントローラに内蔵され、またはシリアル通信を介して外付けEVD EVOコントローラが使用されている場合には、電子膨張弁は直接低温圧縮ラックに組み込まれています。

冷媒の性質上から、凝縮された液体CO2の良好な性能を維持するために監視する必要があります。



EXV電子膨張弁

## pRackコントローラ2台と内蔵ドライバ1台付きの制御図



### L1用pRackの接続

記号	記述	センサータイプ	備考
$T_{ext}$	外気温度	NTC - HP	
$P_{DL1}$	回路1 (中温) 吐出圧	4-20 mA 0-18.2 barg	
$T_{DL1}$	回路1 (中温) 吐出温度	NTC - HF	吐出温度制御用 (オプション)
$P_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込圧	4-20 mA 0-7 barg	バックアップPE用
$T_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)

記号	記述	センサータイプ	備考
$P_E$	熱交換器蒸発圧	レシオメトリック-1-9.3 barg	
$T_{GS}$	熱交換器過熱ガス温度	NTC - HF	
$P_{DL2}$	回路2 (低温) 吐出圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$T_{DL2}$	回路2 (低温) 吐出温度	NTC - HF	吐出温度制御用 (オプション)
$P_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$T_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)



## 2.2 システムの特長

### 2.2.1 DSS: ダブルシステムの同期化

中温・低温圧縮ラック間の通信用システムです。

中温回路が動作しなければ低温回路も通常運転できないので、2つのシステム間の通信は同期動作及び必要な動作修正が不可欠です。

具体的には、以下のことが可能です。

- 立ち上げや通常動作において、低温圧縮ラックの動作中に中温圧縮ラックを立ち上げできます。
- 中温圧縮ラックが正しく運転しないときに低温圧縮ラックをシャットダウンします。
- 異なるシステムで圧縮機の同時立ち上げを避けることによってエネルギー消費を下げます。

### 2.2.2 EEVS: 電子膨張弁の同期化

電子膨張弁はpRack pR300に内蔵または外付け (EVD EVO) とし、低温圧縮ラック(pRack pR300)とプレート式熱交換器に設置される電子膨張弁用ドライバとの通信を行います。

この場合において、低温ラックはセンサーを追加せずに冷凍能力のあらゆる変動をドライバに伝え、CO<sub>2</sub>凝縮圧に応じて蒸発器容量を調整できるので、凝縮圧の精密かつ正確な制御が可能です。圧縮ラックと熱交換器間の情報交換はまた、従来の過熱度制御の上、低温ラックの冷凍能力の変動やCO<sub>2</sub>凝縮圧の傾向など、この機器にとって必要不可欠な機能を発揮することができます。

システムの不安定に備える安全プロシージャが搭載されています。

熱交換器は1台でも2台でも使用できます。

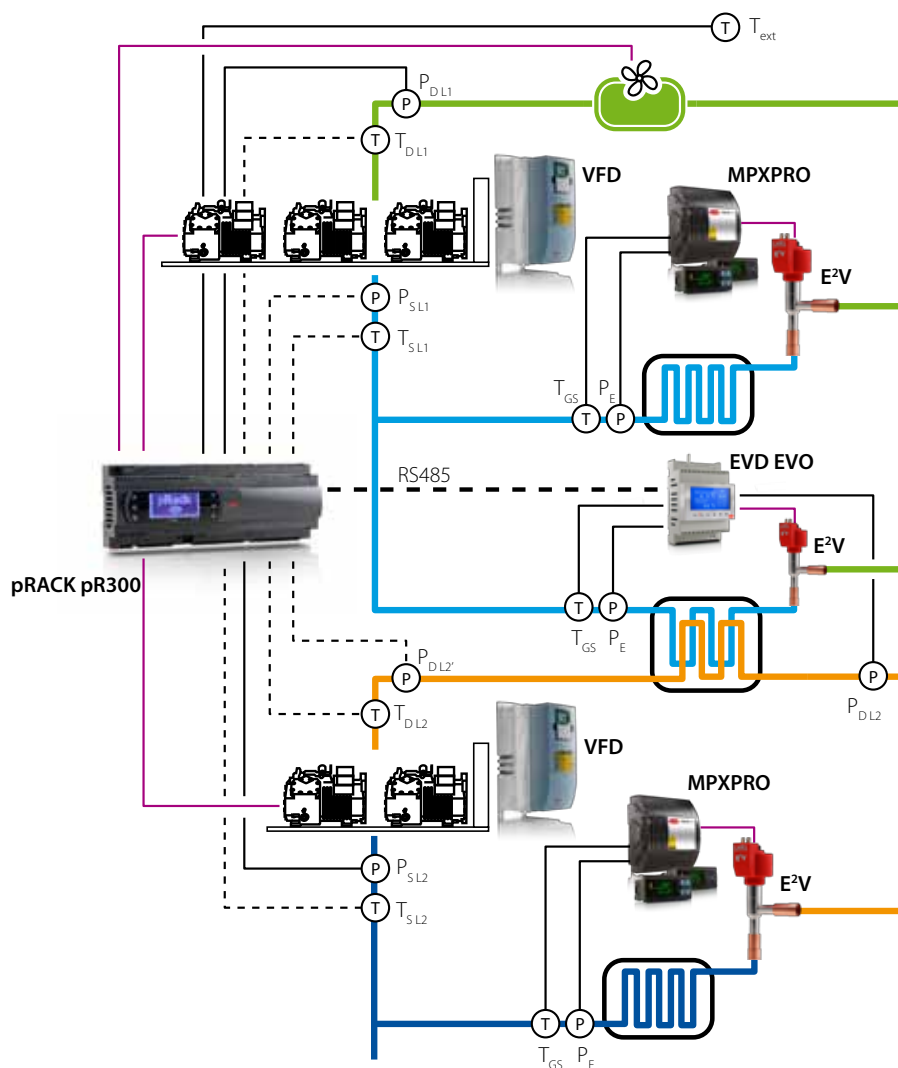
単独のドライバ1台または複数台を使用する場合に、凝縮圧センサーは直接EVD EVOに接続することができ、これによって安全プロシージャはバルブ制御に直接影響を与え、CO<sub>2</sub>凝縮ガス圧が高すぎる傾向にあるバルブを開放します。この場合において、pRackに接続されるCO<sub>2</sub>凝縮圧センサーはオプションです。

この機能は、以下の構成に使用できます。

- 内蔵ドライバ付きのpRack pR300と熱交換器1台
- 単独の外付けEVD EVOドライバ1台付きのpRack pR300
- 単独の外付けEVD EVOドライバ2台付きのpRack pR300



pRackボード1台と高圧CO2からの保護できる単独の外付けドライバ1台  
付きの制御図



pRack の接続

記号	記述	センサータイプ	備考
$T_{ext}$	外気温度	NTC - HP	
$P_{DL1}$	回路1 (中温) 吐出圧	4-20 mA 0-18.2 barg	
$T_{DL1}$	回路1 (中温) 吐出温度	NTC - HF	吐出温度制御用 (オプション)
$P_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込圧	4-20 mA 0-7 barg	バックアップPE用
$T_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)
$P_{DL2}$	回路2 (低温) 吐出圧	4-20 mA 0-44.8 barg	PD L2/バックアップ用
$T_{DL2}$	回路2 (低温) 吐出温度	NTC - HF	吐出温度制御用 (オプション)
$P_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$T_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)

EVD EVOの接続

記号	記述	センサータイプ	備考
$P_{DL2}$	回路2 (低温) 吐出圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$P_E$	熱交換器蒸発圧	レシオメトリック-1-9.3 barg	
$T_{GS}$	熱交換器過熱ガス温度	NTC - HF	

### 3. 遷臨界CO2増圧器

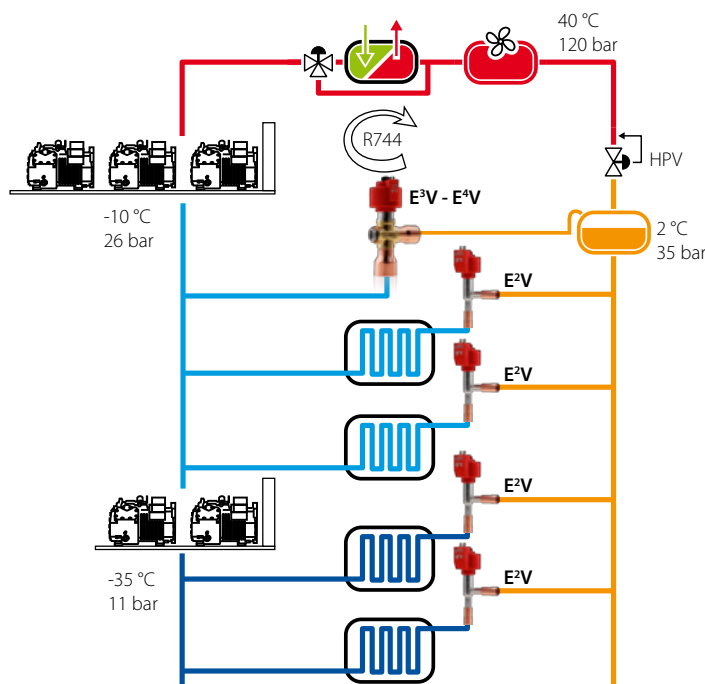
遷臨界CO2増圧器システムは、小売業用自然冷媒にとって、特にあまり暑くない気候条件においてもっとも有望なソリューションです。

中でも3段式差圧が特性として挙げられます

- 高圧：中温圧縮機の吐出側からHPV弁まで（赤色）
- 中圧：HPV弁から全ての膨張弁まで（オレンジ色）
- 中圧：膨張弁の中温蒸発器の下流側から中温圧縮機の吸込側まで（水色）
- 低圧：圧力調整弁の低温蒸発器の下流側から低温圧縮機の吸込側まで（青色）

次の図は従来の基本的な装置を示したものです。様々なバリエーションのものが市販されていますが、いずれもシステム効率及び/または正しい動作を支援するためにプレート式熱交換器を使っています。これらのものは通常、システムオペレーティングロジックの一部ではないため、本書の対象外とします。

#### 遷臨界CO2システムの事例



一般的に、ガスは中温圧縮機で約26bar（最大圧40～60bar）に圧縮され、圧縮機によって吐き出されて（変動する複雑性の）熱回収システムを通過します。これはユニット全体の効率やガスクーラーにとって必要不可欠です。この区間では動作圧は基本的に外気温度に依存しますが、使用する圧縮機の種類によって最小値（約40～45bar）から120bar（安全弁最大圧）の間で変動します。ガスクーラーは、特定の気候条件において高比重ガスが高圧弁を通過するため、CO2の凝縮を制御できないことがあります。高圧弁（HPV）はこの機器の中核として有効な運転を確保するとともに常に最高な状態に維持し、CO2を凝縮するために回収器下流側の動作圧を35～40barに低下させます。回収器圧力は調整弁（RPRV）で制御され、この調整弁はシステムをバイパスして回収器圧力を一定に維持します。

回収器圧力は調整弁（RPRV）で制御され、この調整弁はシステムをバイパスして回収器圧力を一定に維持します。液体は回収器を介して全ての中温・低温ショーケースに流され、低温蒸発器に設置される膨張弁で膨張された後にLT圧縮機に吸い込まれ、中温蒸発器や回収器圧力調整弁（この区間の最大圧は25～60bar）からのガスと混合されます。これらのガスは、様々な温度において中温圧縮機に吸い込まれます。最も一般的な装置構成は以下の通りです。

- 低温圧縮機吐出温度用ガスクーラー
- RPRV中のガスと液体ラインの間に設置されるプレート式熱交換器



は、蒸発器にある液体の過冷却と、RPRV弁からの熱影響の解消という二重の目的があります。

- 中温圧縮機吸込側とガスクーラー出口側の間に設置されるプレート式熱交換器は、圧縮機吸込側にある各種ガスの混合促進とガスクーラー中にあるガスの再冷却という二重目的があります。

特長

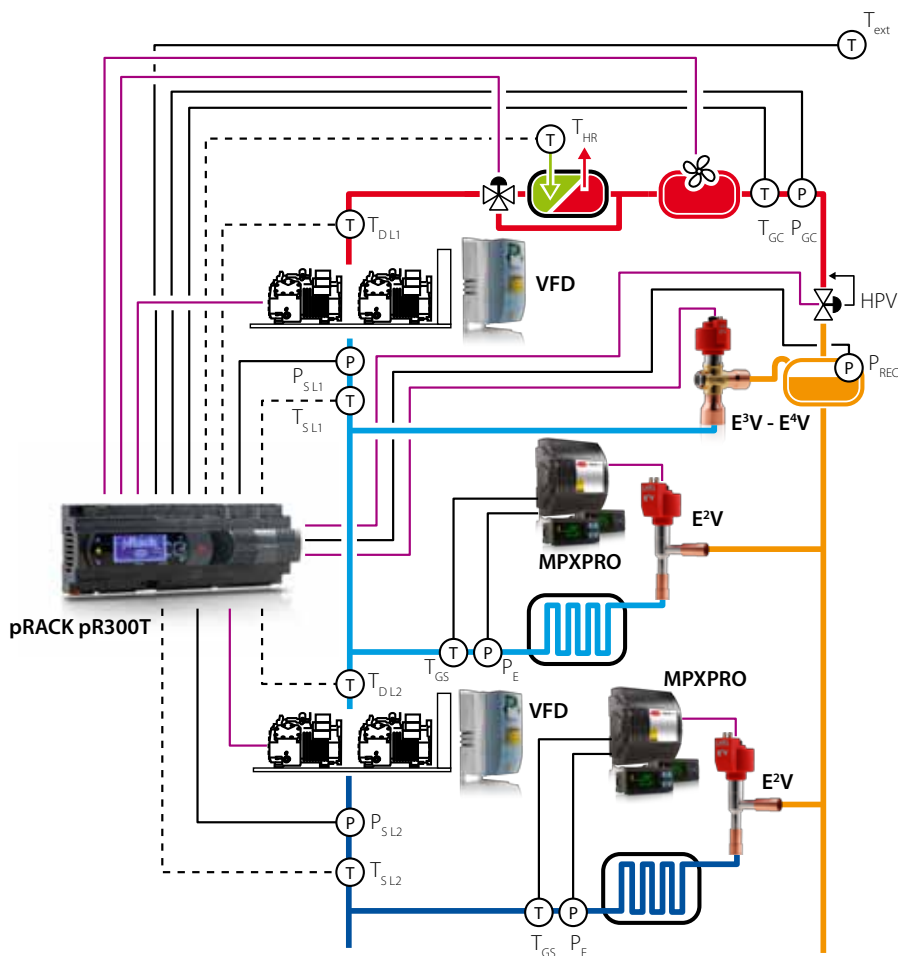
- 完全な自然冷媒 (CO<sub>2</sub>) を使用するシステム
- 15°C以下の平均外気温度において、他の機器 (従来のR404aまたは亜臨界CO<sub>2</sub>) より効率が高いことが様々な研究で明らかにされています。
- 技術の標準化とあいまってコストが安くなります

欠点

- 高圧が必要です (120barまで)
- 従来より複雑なシステムになります
- 暑い気候に完全に適用できるわけではなく、低効率になります

### 3.1 CARELソリューション

pRackボード1台と内蔵ツインドライバ付きの制御図



pRack pR300Tの接続

記号	記述	センサータイプ	備考
$T_{ext}$	外気温度	NTC - HP	
$P_{GC}$	ガスクーラー圧力	4-20 mA 0-150 barg	
$T_{GC}$	ガスクーラー出口温度	NTC - HF	
$T_{HR}$	熱回収温度	NTC - HF	熱回収システム制御用 (オプション)
$P_{REC}$	回収器圧力	4-20 mA 0-60 barg	
$P_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$T_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)
$T_{DL2}$	回路2 (低温) 吐出温度	NTC - HF	吐出温度制御用 (オプション)
$P_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$T_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)

### pRack pR300T: 遷臨界CO2圧縮ラック用コントローラ

pRack pR300Tは、単独または複数のボード構成を使用して小型、中型、大型遷臨界CO2システムに完全な管理を提供します。装置1台だけでLTとMT圧縮機の立ち上げと安全性、任意の熱回収システム、ガスクラール、油回収システム、高圧弁 (HPV) 及び回収器圧力調整弁 (RPRV) を管理できます。

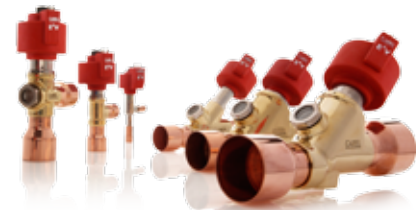
内蔵ドライバまたは外付けEVD EVOドライバを使用したpRack pR300TはHPV弁やRPRV弁を直接制御できます。両方とも市販のバルブに対応します。



pRack pR300T



MPXPRO & E2V



EXV電子膨張弁

### MPXPRO & E2V : 複合ショーケース用コントローラとステッパー電子膨張弁

蒸発器の制御は、冷媒CO2の速度を含めてシステムの適切を動作させるために必要不可欠です。従いましてCAREL E2V ステッパー電子膨張弁のシステムの安定性を確保するために重要です。ウルトラキャップ技術の特長としたMPXPRO + E2Vシステムは電磁弁を追加せずに全閉できます。

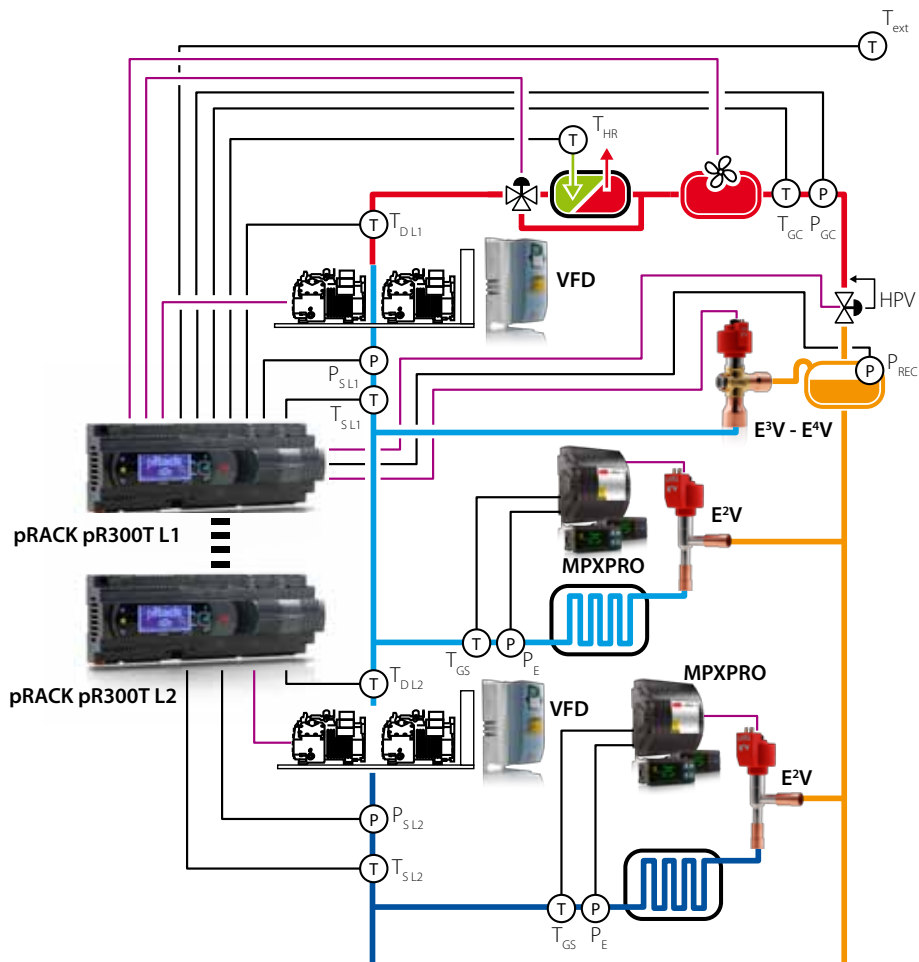
### EXV: 電子膨張弁

標準CAREL EXVステッパー膨張弁は最大圧45barを持っているため、ショーケースに設置される膨張弁やPPRV回収器など、最大圧45barのシステムに通常使用できます。

回収器最大圧が45bar以上の場合は、遷臨界CO2用に特化設計され、最大圧140barE2V\*CS\*シリーズ電子膨張弁を使用できます。

これらのバルブは、小型圧縮ラックにおいて高圧弁 (HPV) や回収器圧力調整弁 (RPRV) としても使用できます。

### pRackコントローラ2台と内蔵ツインドライバ付きの制御図



## L1用pRack pR300Tの接続

記号	記述	センサータイプ	備考
$T_{ext}$	外気温度	NTC - HP	
$P_{GC}$	ガスクーラー圧力	4-20 mA 0-150 barg	
$T_{GC}$	ガスクーラー出口温度	NTC - HF	
$T_{HR}$	熱回収温度	NTC - HF	熱回収システム制御用 (オプション)
$P_{REC}$	回収器圧力	4-20 mA 0-60 barg	
$P_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$T_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)

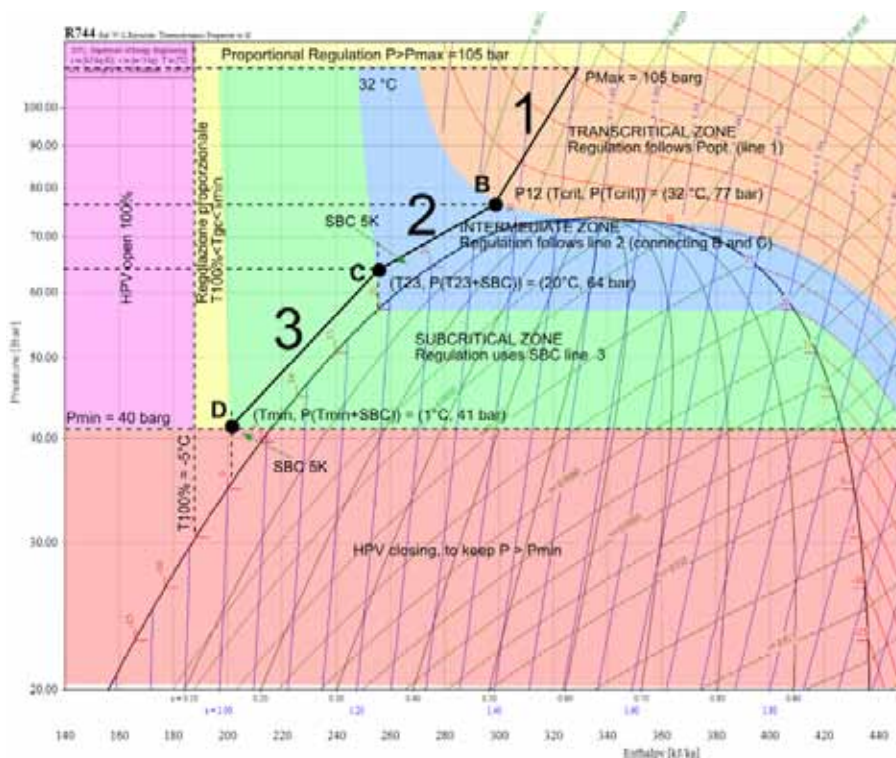
## L2用pRack pR300Tの接続

記号	記述	センサータイプ	備考
$T_{DL2}$	回路2 (低温) 吐出温度	NTC - HF	吐出温度制御用 (オプション)
$P_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$T_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)

## 3.2 システムの特長

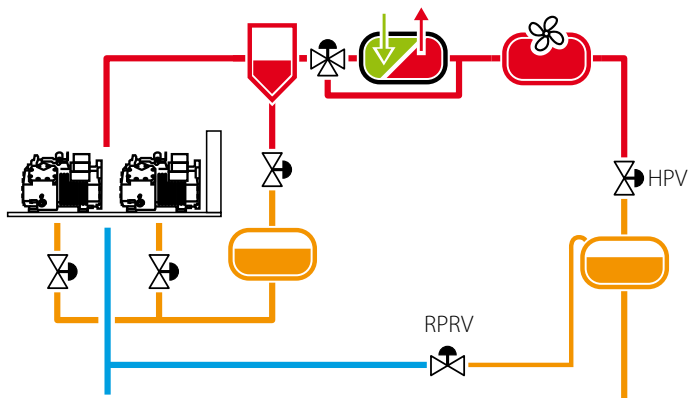
pRack pR300TにあるHPV弁の制御アルゴリズムは、ガスクーラー出口温度TGCとガスクーラー圧力PGCに基づいて管理されています。システムは、動作条件によって以下のように運転できます。

- 遷臨界動作条件 (回路1) この条件では、装置は設定値の最適化と圧縮ラックのCOP (動作係数) の最大化を維持するためにHPV弁を制御します。
- 亜臨界動作条件 (回路3) この条件では、装置は過冷却度を一定のレベルに維持します。
- 移行動作条件 (回路2) この条件では、装置は、液体でもガスでもない冷媒を、遷臨界から亜臨界へスムーズに移行します。



RPRV弁を管理する目的は、回収器圧力を設定値に近い一定圧にし、極端な条件においてHPV動作条件を修正することによってシステム全体の正しい動作を確保することとしています。

油回収システムは、分離器にある油レベルを管理し、回収器噴射電磁弁及び圧縮ラック吸込圧の差圧を制御します。また、各圧縮機への油注入量も管理します。油注入量が十分でないとアラームがトリガされます。システム動作においてこの重要な機能は電機機械式油回収システムにも使用できます。このシステムは、監視操作の簡略化や後日検証のためのシステム記録用として広く使われています。

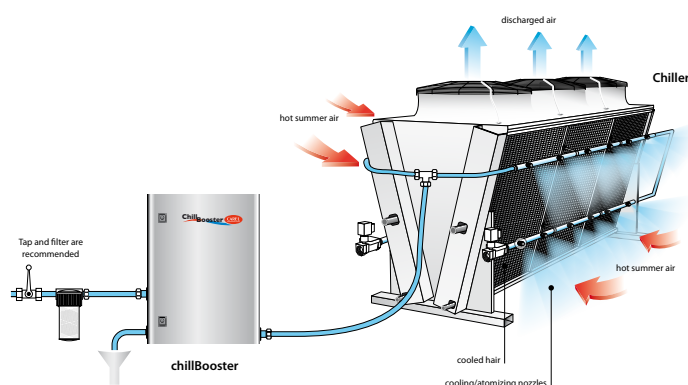


熱回収システムは、システム全体の効率化にとって非常に重要で、熱回収システムを管理することによって回収熱量を最大化し、ガスクーラーや高圧弁の動作修正を行うことができます。

### チルブースター:CO2ガスクーラー用蒸発冷却システム

外気温度30℃以上の日数が年間で数日しかないなど、温和な気候条件にある機器に好適に使用できます。簡易型蒸発冷却システムとして、ガスクーラーにより検出される外気温度を5℃～15℃下げることができます。

高温条件において遷臨界システムの効率を改善するための最適な方法です。pRackpR300Tに完全に組み込まれることによって、安全策として臨界条件の時のみ動作させます。



### 3.2.1 DSS:ダブルシステムの同期化

中温・低温圧縮ラック間の通信用システムです。

中温回路が動作しなければ低温回路も通常運転できないので、2つのシステム間の通信は同期動作及び必要な動作修正が不可欠です。

具体的には、以下のことが可能です。

- 立ち上げや通常動作において、低温圧縮ラックの動作中に中温圧縮ラックを立ち上げできます。
- 中温圧縮ラックが正しく運転しないときに低温圧縮ラックをシャットダウンします。
- 様々なシステムで圧縮機の同時立ち上げを避けることによってエネルギー消費を下げます。

### 3.3 遷臨界CO2凝縮ユニット

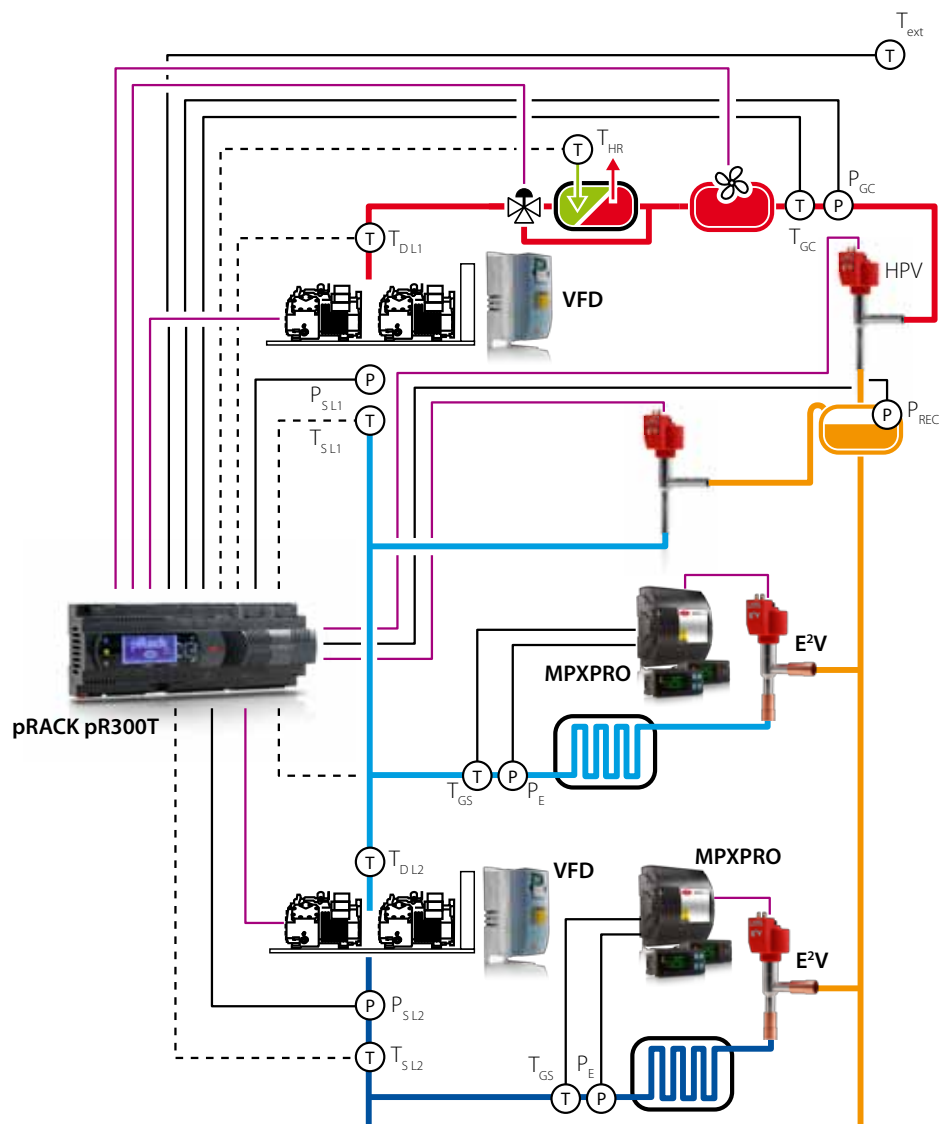
CARELはE2V\*CSステッパバルブを使用することにより、完全に統合された小型用ソリューションを提供できます。設置方法も市販の大型用ソリューションより簡単です。

CAREL E2V\*CS CO2弁は、最大動作圧140bar、差圧90barで、最大容量40kWまでの各種用途に対応できます。

このコンパクトなソリューションには、内蔵ドライバや簡易型コントローラが搭載され、HPV弁やRPRV弁と同様にE2V\*CS弁によるウルトラキャップの直接管理に使用されます。pRackプラットフォームは拡張性があり、同一のユーザインタフェースで各種機器に対応できますので、設置コストや操作性にも配慮しています。



pRackボード1台と内蔵ツインドライバ付きの制御図



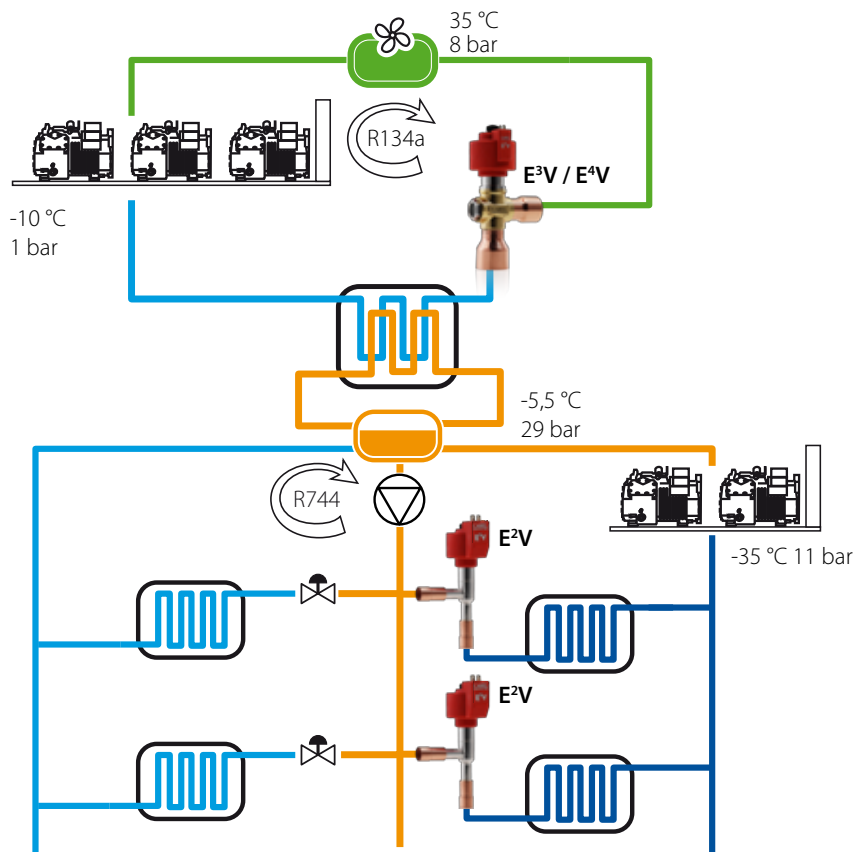
記号	記述	センサータイプ	備考
$T_{ext}$	外気温度	NTC - HP	
$P_{GC}$	ガスクーラー圧力	4-20 mA 0-150 barg	
$T_{GC}$	ガスクーラー出口温度	NTC - HF	
$T_{HR}$	熱回収温度	NTC - HF	熱回収システム制御用(オプション)
$P_{REC}$	回収器圧力	4-20 mA 0-60 barg	
$P_{SL1}$	回路1(中温)吸込圧	4-20 mA 0-44,8 barg	
$T_{SL1}$	回路1(中温)吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用(オプション)
$T_{DL2}$	回路2(低温)吐出温度	NTC - HF	吐出温度制御用(オプション)
$P_{SL2}$	回路2(低温)吸込圧	4-20 mA 0-44,8 barg	
$T_{SL2}$	回路2(低温)吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用(オプション)



## 4. 亜臨界CO2:ポンプ式

広く使われている従来のカスケード亜臨界システムと違って、これらのシステムはHFC冷媒の使用を機器室に限定させることを目的としています。中温ショーケースにはポンプで液体CO2が供給されますが、低温ショーケースには膨張弁が設置されています。CO2は、管群蒸発器付きのタンクにある専用の冷却液 (NH3或R134a) で冷却されます。これらのシステムは、従来のシステムの上に液体CO2を中温蒸発器内で循環させるポンプがあり、液体CO2は蒸発器内で膨張されることなく過熱化だけが行われた後、半液相として回収器内に戻ります。

### ポンプ式亜臨界CO2システムの事例



### 特長

- 非自然冷媒の含有が低い
- 機器室限定でアンモニア (NH3) 使用可能
- 店頭エリアの完全グリーン化

### 欠点

- ポンプシステム用配管サイズ指定が非常に細かい
- ポンプによるエネルギー消費の増大。

## 3.4 CARELソリューション

### pRack pR300: 圧縮機ラックコントローラ

回収器CO2圧が一定の場合は、冷凍器圧縮機と低温圧縮機に同期化機能を適用することによって2システムを管理できます。このシステムでは、圧力低下を防ぐために中温ラックと管群蒸発器コントローラとの動作協調が重要です。

回収器の圧力制御の主な役割は、冷媒の量が著しく低下した場合に回収器の圧力に基づいて圧縮機を立ち上げることです。また、圧力低下のような安全上の理由で中温圧縮機の吸込圧を監視します。

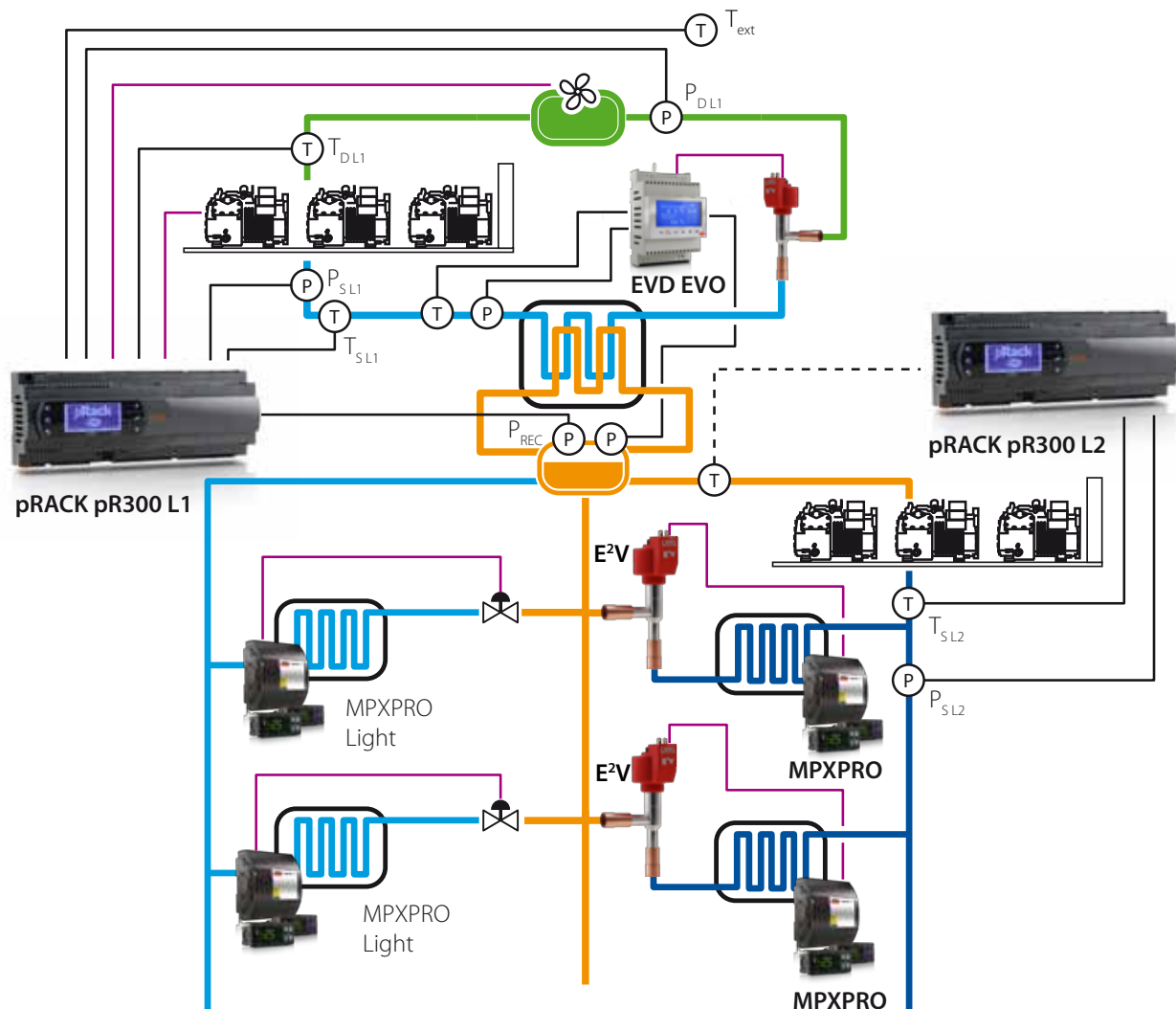
pRackは、インバーターの有無にかかわらずポンプシステムの管理を簡単にします



pRACK pR300



pRackコントローラ2台付きの制御図



L1用pRack pR300の接続

記号	記述	センサータイプ	備考
$T_{ext}$	外気温度	NTC - HP	
$P_{DL1}$	回路1 (中温) 吐出圧	4-20 mA 0-18.2 barg	
$T_{DL1}$	回路1 (中温) 吐出温度	NTC - HF	吐出温度制御用 (オプション)
$P_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込圧	4-20 mA 0-10 barg	低圧アラーム制御用
$T_{SL1}$	回路1 (中温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)
$P_{REC}$	CO2回収器圧力	4-20 mA 0-10 barg	中温圧縮機制御用

L2用pRack pR300Tの接続

記号	記述	センサータイプ	備考
$T_{DL2}$	回路2 (低温) 吐出温度	NTC - HF	吐出温度制御用 (オプション)
$P_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$T_{SL2}$	回路2 (低温) 吸込温度	NTC - HF	吸込過熱制御用 (オプション)

EVD EVOの接続

記号	記述	センサータイプ	備考
$P_{REC}$	回路2 (低温) 吐出圧	4-20 mA 0-44.8 barg	
$P_E$	熱交換器蒸発圧	レシオメトリック-1-9.3 barg	
$T_{GS}$	熱交換器過熱ガス温度	NTC - HF	

MPXPROとMPXPRO light簡易型

電子膨張弁を使用する低温ショーケース用MPXPROや電子膨張弁を使用しない中温ショーケース用MPXPROlight簡易型は、ショーケースの需要に応じて簡単に冷媒管理を行います。

MPXPRO light簡易型は、配線も設置も標準化されているので完全型MPXPROと互換できます。



## EVD EVOとEXV ドライバ

この種の装置にとって管群蒸発器の管理は重要です。蒸発器の大きさ、負荷の慣性や圧縮機との距離は、圧縮機の過負荷や低吸込圧アラームの発生を防止し、圧縮機の立ち上げや停止に迅速に対応し、負荷の変動に緩やかに対応するために非常に精密な制御が必要です。

よってEVD EVOドライバや低過熱度、低吸込圧、高CO2凝縮圧からの保護機能は、機器の特性(圧縮機の台数や種類、蒸発器や回収器の大きさ、吸込側に回収器の有無、システム動力学)に応じて校正しなければなりません。



EVD EVOとEXVドライバ

## 5. 汎用部品

CAREL Retail sistemaは、上記ソリューション以外に、システム管理にとって必要不可欠な一連の製品を提供しています。

### PVPRO: 監視システム

1ヶ所から全システムにアクセスするので、微調整、連続監視、データ記録、及び外部との通信やアラーム管理が行えます。

システム動作の最適化及び安全性の向上を図るための各種遠隔またはローカルアクセス機能があります。

- 浮動吸込圧: システムの実需要に基づいて圧縮ラックの吸込圧の設定値を最適にします。
- 露点通知: 店舗内の露点表示値に基づいてショーケースの除湿ヒーターを調整します。
- パラメーター管理: オフライン中であっても重要なシステム動作パラメーターを監視し、意図しない修正を防ぐことができます。
- エネルギー: システムのエネルギー消費を監視し、システムの性能を明示するスケジュール報告書を作成します。
- KPI(重要業績評価指標): 様々なユニットの動作概要を迅速かつ効率的に確認し、必要な対策を明確にします。
- 回復プロシージャ: ユニットが故障した場合に、圧縮ラックを含めて全てのユニットコントローラが共同で作用し、システムを再起動して再開します。



PVPRO: 監視システム

### DPWL: ガス漏えいセンサー

CO2漏えいセンサーは各種冷媒に使用可能で、機器室にある装置や店舗自体にとって重要です。アナログ信号またはModbus RTUを介して電子コントローラと監視システムに直結し、室内のCO2レベルを連続監視するとともに、人体に有害なあらゆるガス漏えいを検出します。

CO2は空気より重いので窒息を引き起こすことがあり、また、漏えいが発生した場合には床部に滞留します。そのためにセンサーは床面から30~40cmの高さで、冷凍ユニットの近傍に設置しなければなりません。

### VFD: インバーター

CAREL VFDインバーターは、CO2をはじめ様々な用途において圧縮機やファンに使用できます。また、pRackコントローラに組み込むことによってより高精度な蒸発圧制御が可能です。



DPWL: ガス漏えいセンサー



VFD: インバーター



## センサーと変換器

広範囲で様々な温度センサーや圧力変換器があり、自然冷媒を使用するあらゆる用途に完全対応します。

- 4-20 mA圧力センサー: 圧縮ラックに使用することを推奨します。
- レシオメトリック圧力センサー: ショーケースや冷凍室に使用することを推奨します。
- NTCとpT1000温度センサー
- NTCとpT1000クランプ式温度センサー: 配管に使用することを推奨します。



センサーと変換器

## pLoads: 負荷制御

システムのエネルギー消費に応じて負荷を制御する装置です。可能なときのみ様々な負荷を立ち上げ及び/または停止します。

pRack pR300に組み込むことによって必要な場合に圧縮ラックの冷却能力を下げます。



pLoads: 負荷制御

## pChrono: スケジューラー

この装置は、照明、ポンプ、機器にある他の装置のスケジュール制御を行い、冷凍システム、空調システム、ビルマネジメントシステムの省エネを最大限にします。



pChrono: スケジューラー

## Headquarters ITALY

CAREL INDUSTRIES HQs  
Via dell'Industria, 11  
35020 Brugine - Padova (Italy)  
Tel. (+39) 0499 716611  
Fax (+39) 0499 716600  
carel@carel.com

## Sales organization

CAREL Asia  
www.carel.com

CAREL Australia  
www.carel.com.au

CAREL China  
www.carel-china.com

CAREL South Africa  
www.carelcontrols.co.za

CAREL Deutschland  
www.carel.de

CAREL France  
www.carelfrence.fr

CAREL Iberica  
www.carel.es

CAREL HVAC/R Korea  
www.carel.com

CAREL Russia  
www.carelrussia.com

CAREL India  
www.carel.in

CAREL Sud America  
www.carel.com.br

CAREL U.K.  
www.careluk.co.uk

CAREL U.S.A.  
www.carelusa.com

## Affiliates

CAREL Czech & Slovakia  
www.carel-cz.cz

CAREL Korea (for retail market)  
www.carel.co.kr

CAREL Ireland  
www.carel.com

CAREL Thailand  
www.carel.co.th

CAREL Turkey  
www.carel.com.tr