クライオポンプ

Cryopump

Vacuum components

クライオポンプ POWER シリーズ
クライオポンプ POWER^{ECO} シリーズ

キヤノン アネルバ株式会社
CANON ANELVA CORPORATION

長年の信頼と実績に裏付けられた高性能型のクライオポンプ

POWER/POWER^{ECO} シリーズクライオポンプシステム

口径 8 ～ 22 インチ

■概要

POWER/POWER^{ECO} シリーズクライオポンプシステムは、各種ユニットの組み合わせにより、研究開発装置から量産装置まで幅広い用途に対応が可能です。

スタンダードシステムは、温度モニタを用いたシンプルで使いやすい構成で、CRYONAVI コントローラと組み合わせると自動再生が可能となります。

エコシステムは、独自の制御システムにより、消費電力の削減やメンテナンス時期の延長により、維持コストを低減し、SDGs の達成に貢献します。

■用途

- 半導体製造装置（スパッタ装置、イオン注入装置）
- 電子部品製造装置
- 真空蒸着装置
- 真空炉、スペースチャンバ
- 加速器
- 各種真空装置

■ POWER ／ POWER^{ECO} シリーズクライオポンプ本体の型名

参考例を示します。

P ー 080CL ー AHN

- 080：ポンプ吸気口径サイズ（08 ～ 22 インチ）
- CL：C：クライオポンプ（縦型）／ CL：クライオポンプ（横型）
- A：吸気口フランジ仕様
  - J：旧 JIS フランジ
  - A：ASA フランジ
  - S：ISO（新 JIS）フランジ
  - U：ICF フランジ仕様（吸気口のみ）
  - X：オールメタルシール仕様
- HN：N：ヒータ無し／HN：ヒータ付
- 0, 5：スタンダード
  1, 6：水素高排気性能タイプ
  2, 3, 7：アルゴンガス大排気容量タイプ

■ POWER/POWER^{ECO} シリーズクライオポンプのユニット構成

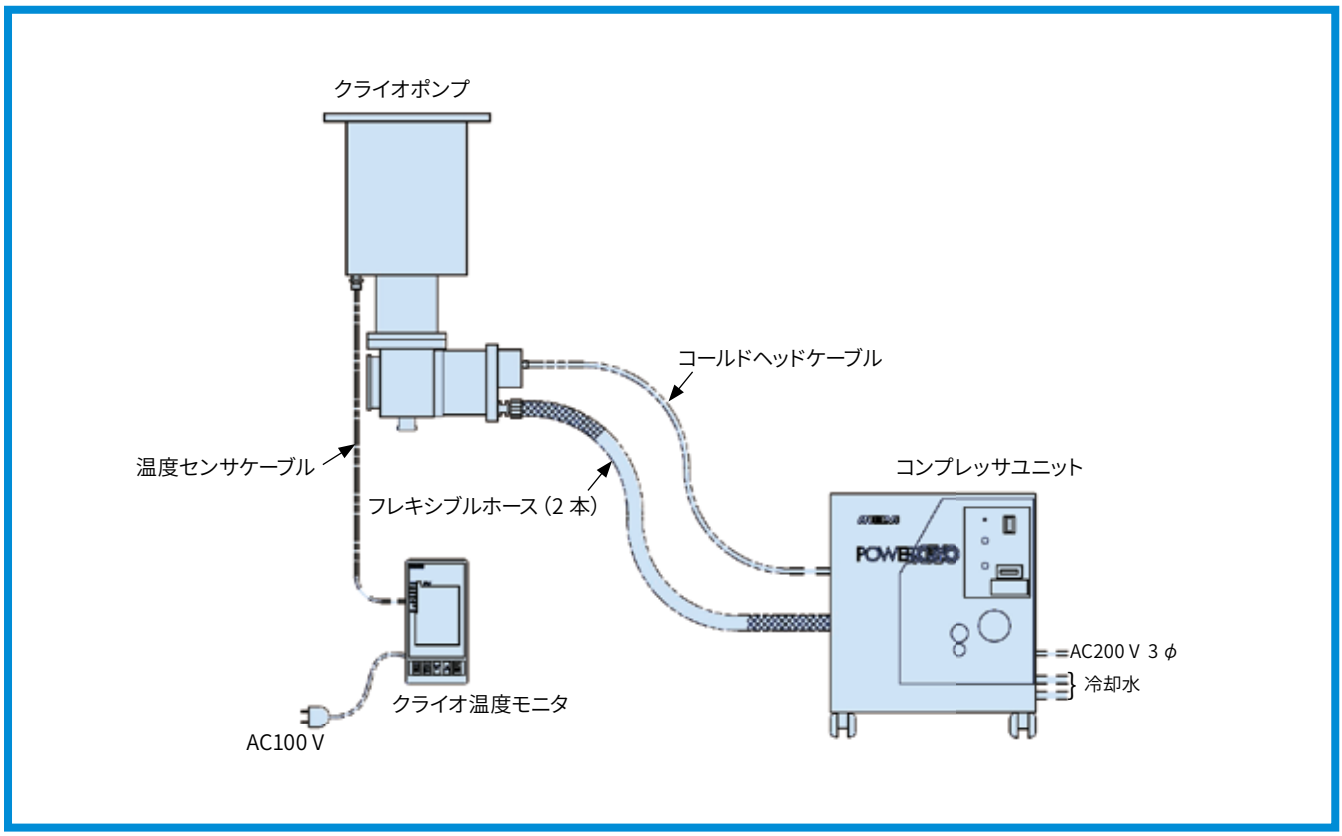
POWER/POWER^{ECO} シリーズクライオポンプには、異なる 2 種類のシステムがあります。
スタンダードシステムは、従来どおりのクライオポンプ（冷凍機）とコンプレッサが一定の速度で運転されるシステムです。
エコシステムは、クライオポンプとコンプレッサそれぞれが、その時々に必要な出力に応じて運転速度が調節されるシステムです。
システムの電力のほとんどはコンプレッサで消費されますが、常時電源周波数（50/60Hz）で運転されるスタンダードシステムのコンプレッサに対し、インバータを内蔵したエコシステムのコンプレッサは運転周波数を調節することで消費電力を低減します。
スタンダードシステムとエコシステムのユニット構成は、以下の通りになります。

<table>
<tr><th>ユニット</th><th>スタンダードシステム</th><th>エコシステム</th></tr>
<tr><td>クライオポンプ本体</td><td>POWER シリーズ
POWER^{ECO} シリーズ</td><td>POWER^{ECO} シリーズ</td></tr>
<tr><td>温度モニタ
コールドヘッドドライバ
コントローラ</td><td>DB650 温度モニタ
P-023CD-R コールドヘッドドライバ
P-024CD コールドヘッドドライバ
P-011CC-R CRYONAVI コントローラ</td><td>P-031CC コントローラ</td></tr>
<tr><td>コンプレッサ</td><td>E-77NL コンプレッサ</td><td>CSW-61CN2 コンプレッサ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">特長</td><td colspan="2">高速冷却運転
昇温運転（自己発熱機能）
高い排気性能（実用排気容量）
低振動（低振動モータ）</td></tr>
<tr><td>温度安定性（マルチウェーブ運転）
過冷却防止構造（POWER シリーズ）
消費電力低減（多台数効果）</td><td>消費電力低減（出力制御）
異種マルチ運転（最小限構成）
温度安定性（温調制御）
排気性能の安定性（最適温度）
メンテナンス時期延長（消耗抑制）</td></tr>
</table>

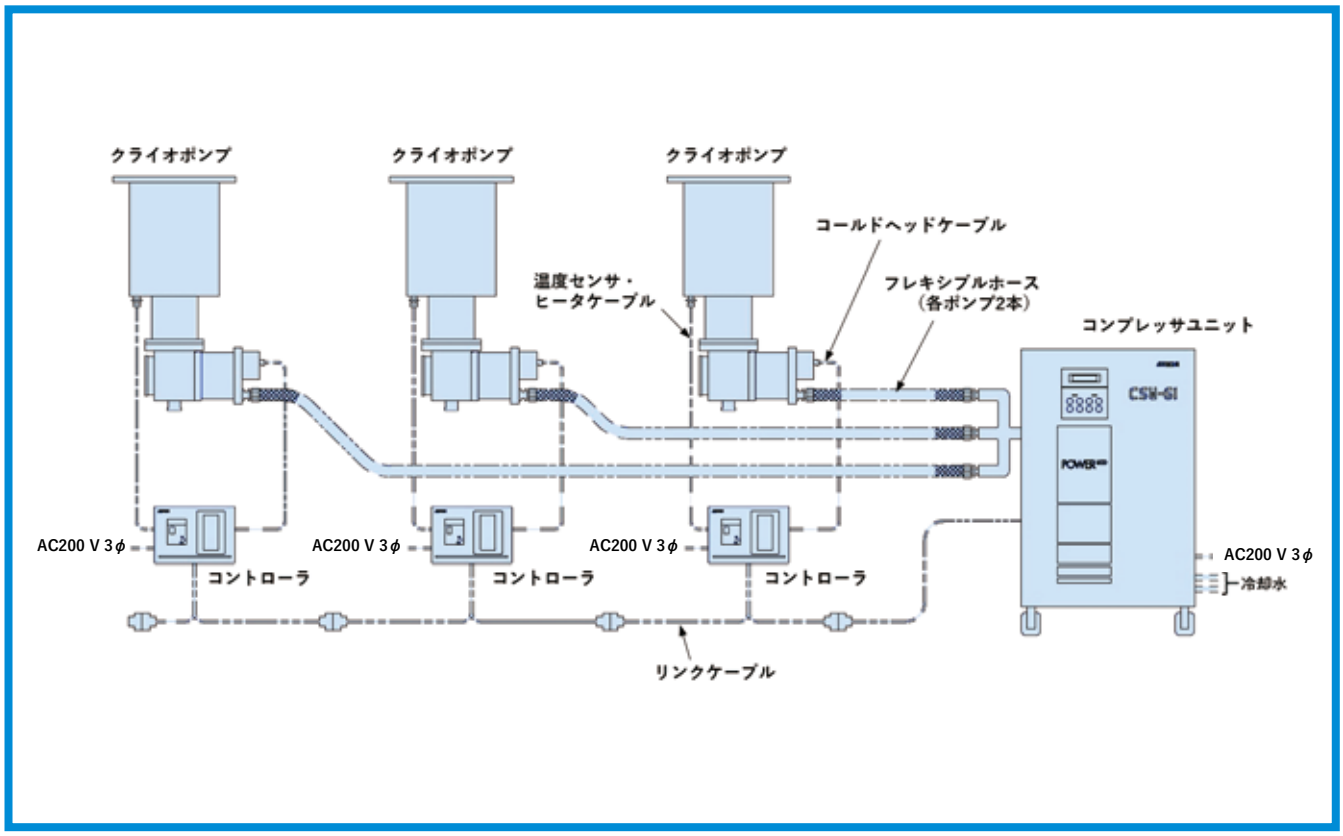
※ POWER^{ECO} シリーズクライオポンプ本体には冷却効率の高い冷凍機が搭載されているため、用途やシステム構成に応じて、コントローラでの温度調節が必要となります。
クライオトラップは POWER/POWER^{ECO} シリーズ共通ですが、コントローラでの温度調節が必要です。

■ POWER/POWER^{ECO} シリーズクライオポンプのシステム構成

スタンダードシステム（温度モニタ 1 台）の構成例



エコシステム（マルチ）の構成例



真空装置の稼働率に貢献する高性能型のクライオポンプ

POWER シリーズクライオポンプ

高性能クライオポンプ
吸気口径 8 ～ 12 インチ（小型冷凍機搭載）

■概要

POWER シリーズクライオポンプは、世界初の自己発熱機能や
マルチ運転での温度安定性、当社独自の排気パネル構造などにより、
実用性能を重視した高性能タイプの小型クライオポンプです。

■特長

1. 高速冷却運転

冷却時（20K まで）は高速冷却運転により、冷凍機を高速運転し短時間で冷却します。

2. 昇温運転

冷凍機の自己発熱機能により、短時間で昇温運転を行います。
排気パネルを直接加熱するので、効率的な再生を行うことができます。

3. 高い排気性能

当社独自のパネル構造により、実用的な排気容量が大きくなっています。
高い冷凍能力と合わせ、混合ガス排気にも耐性があります。

4. 低振動

低振動モータを採用しています。
さらに、防振構造タイプも承ります。

5. 温度安定性

マルチ運転における温度が安定しています。（マルチウェーブ運転）

6. 過冷却防止構造

1st ステージの過冷却防止構造により、アルゴンハングアップを防止します。

■ POWER シリーズクライオポンプ性能仕様（小型冷凍機搭載）

ポンプ型名		P-080C	P-081C	P-081CL	P-082C	P-083C	P-100C	P-100CL	備考
口　径		8 インチ	8 インチ	8 インチ	8 インチ	8 インチ	10 インチ	10 インチ	
形　状		縦型	縦型	横型	縦型	縦型	縦型	横型	
排気速度（L/s）	窒素	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	2,400	2,400	
	アルゴン	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	2,000	2,000	
	水素	1,000	2,500	2,200	1,000	1,000	3,000	3,000	
	水	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	7,100	7,100	
最大排気流量（Pa·m^3/s）		1.5	1.2	1.2	1.5	1.5	1.0	1.0	アルゴン
最大ガス瞬間許容量（Pa·m^3）		18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	
冷却時間（分）		45	50	65	45	50	70	80	＊1
昇温時間（分）		30	30	30	30	35	35	40	＊1
再生時間（分）		75 ＋α	80 ＋α	95 ＋α	75 ＋α	85 ＋α	105 ＋α	120 ＋α	＊1
排気容量（Pa·m^3）	アルゴン	80,000	80,000	80,000	150,000	190,000	160,000	140,000	＊2
	水素	1,300	1,800	1,600	1,300	1,300	1,600	1,300	
到達温度（K）		15 以下							
到達圧力（Pa）		10^{-7} 台							
最大加熱温度（℃）		70							
環境温度範囲（℃）		10 ～ 35							
推奨メンテナンス時間（h）		16,000 以内毎							
質量（kg）		20	21	22	23	24	25	27	
運転台数（台）	E-77NL	3	3	3	3	3	3	3	＊3

ポンプ型名		P-101C	P-101CL	P-120C	P-120CL	P-121C	P-121CL	P-122C	備考
口　径		10 インチ	10 インチ	12 インチ	12 インチ	12 インチ	12 インチ	12 インチ	
形　状		縦型	横型	縦型	横型	縦型	横型	縦型	
排気速度（L/s）	窒素	2,400	2,400	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	
	アルゴン	2,000	2,000	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	
	水素	3,800	3,700	3,600	3,000	6,000	5,000	3,000	
	水	7,100	7,100	9,800	9,800	9,800	9,800	9,800	
最大排気流量（Pa·m^3/s）		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	アルゴン
最大ガス瞬間許容量（Pa·m^3）		18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	
冷却時間（分）		70	80	60	90	70	100	60	＊1
昇温時間（分）		35	45	35	40	40	50	35	＊1
再生時間（分）		105 ＋α	125 ＋α	95 ＋α	130 ＋α	110 ＋α	150 ＋α	95 ＋α	＊1
排気容量（Pa·m^3）	アルゴン	160,000	140,000	260,000	200,000	260,000	200,000	400,000	＊2
	水素	2,000	1,800	1,600	1,400	2,400	2,200	1,600	
到達温度（K）		15 以下							
到達圧力（Pa）		10^{-7} 台							
最大加熱温度（℃）		70							
環境温度範囲（℃）		10 ～ 35							
推奨メンテナンス時間（h）		16,000 以内毎							
質量（kg）		25	27	29	30	29	30	30	
運転台数（台）	E-77NL	3	3	3	3	3	3	3	＊3

＊1）冷却時間（20K まで）は高速冷却運転により、昇温時間は吸蔵ガスなしでパージガス導入 + 自己発熱機能使用時の値です。
　　再生時間の「＋α」は、粗引き等に要する時間です。

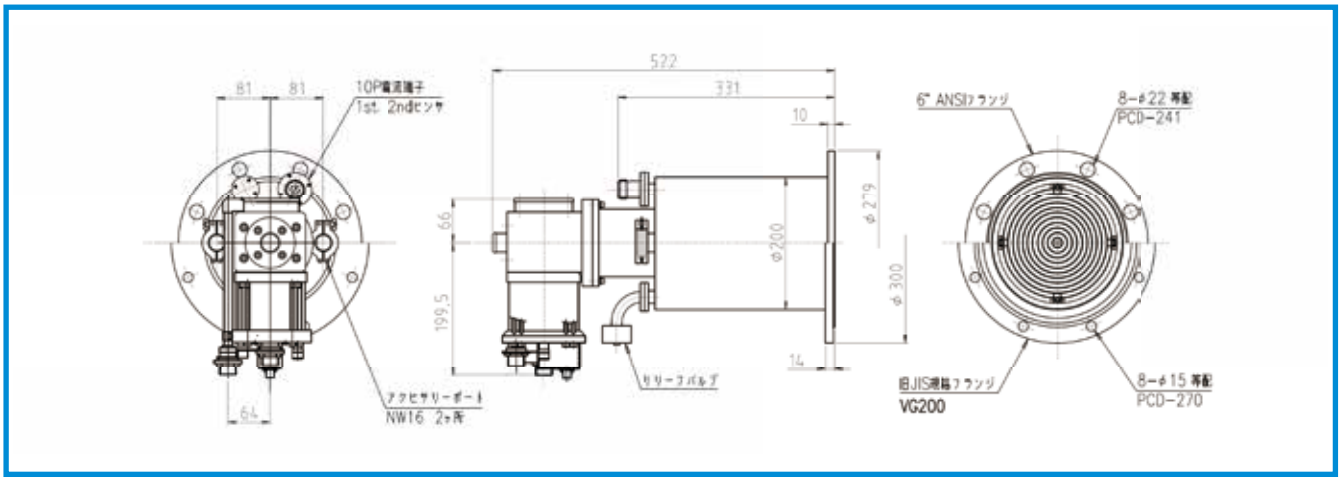
＊2）排気容量は当社独自の評価方法によるもので、実際に装置で使用した場合に相当する実用的な値です。

＊3）ポンプへの入熱負荷量によります。

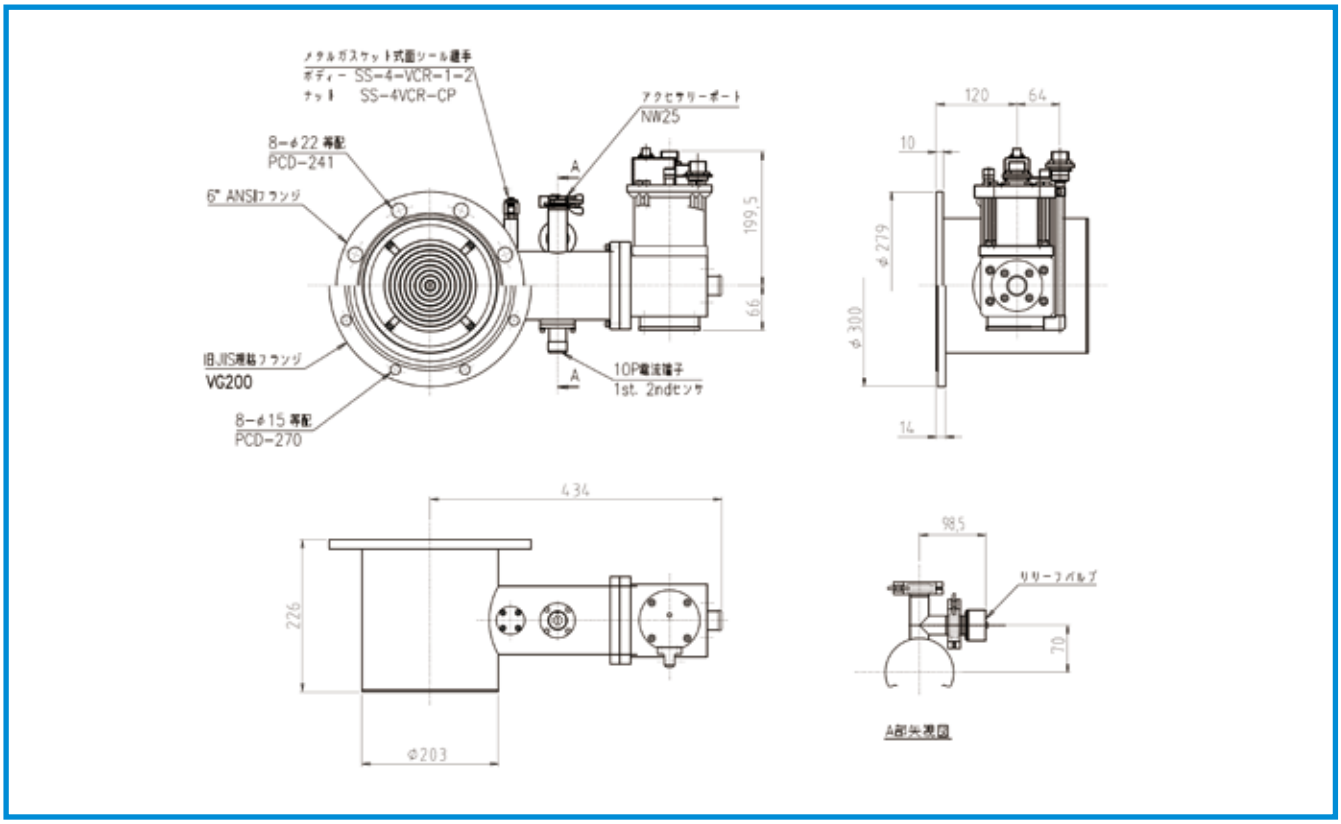
※　本仕様値はポンプ単体での値です。真空装置搭載時の値は、設置環境のガス放出や熱負荷などの影響を受けます。
　　本仕様は、製品の改良等のため予告なく変更する場合があります。

■外形寸法図

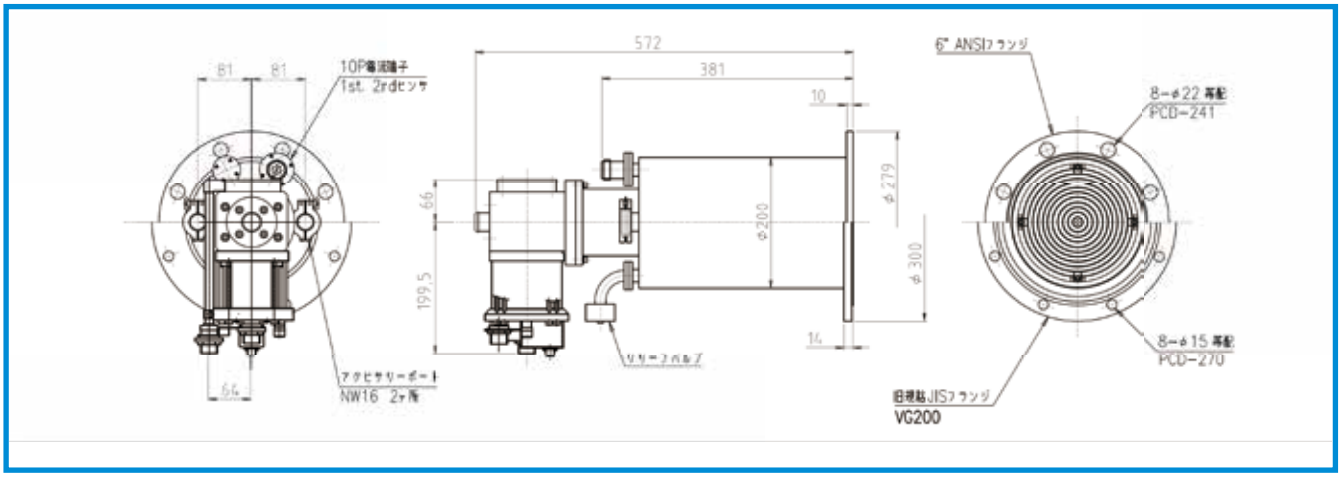
P-080C/P-081C



P-081CL

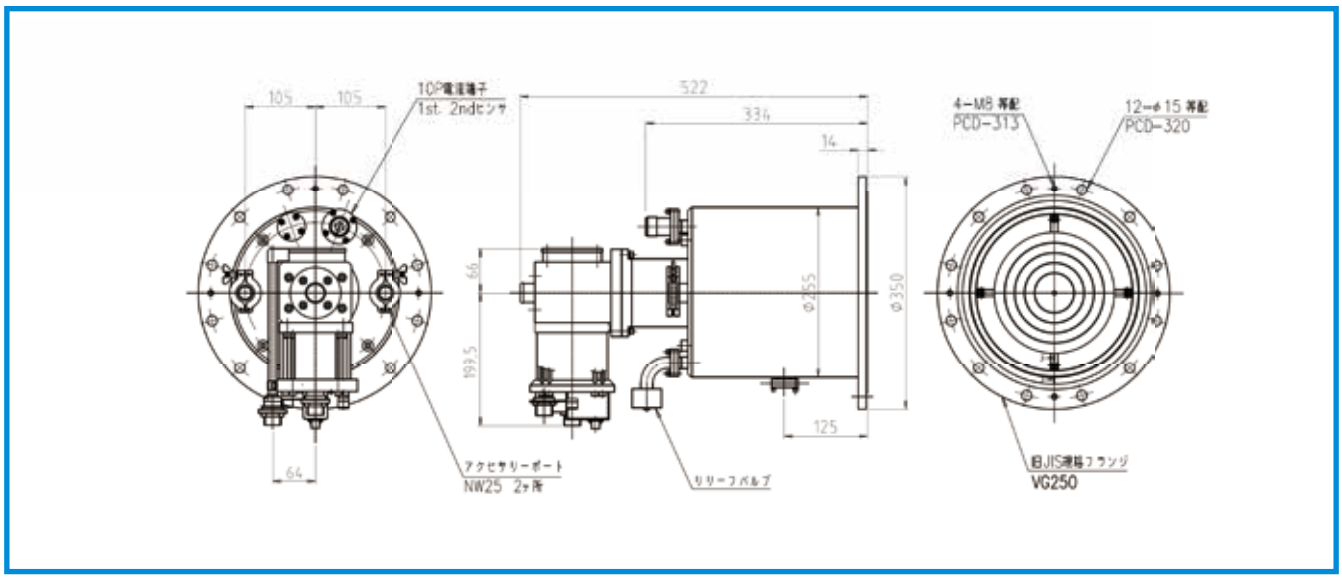


P-082C

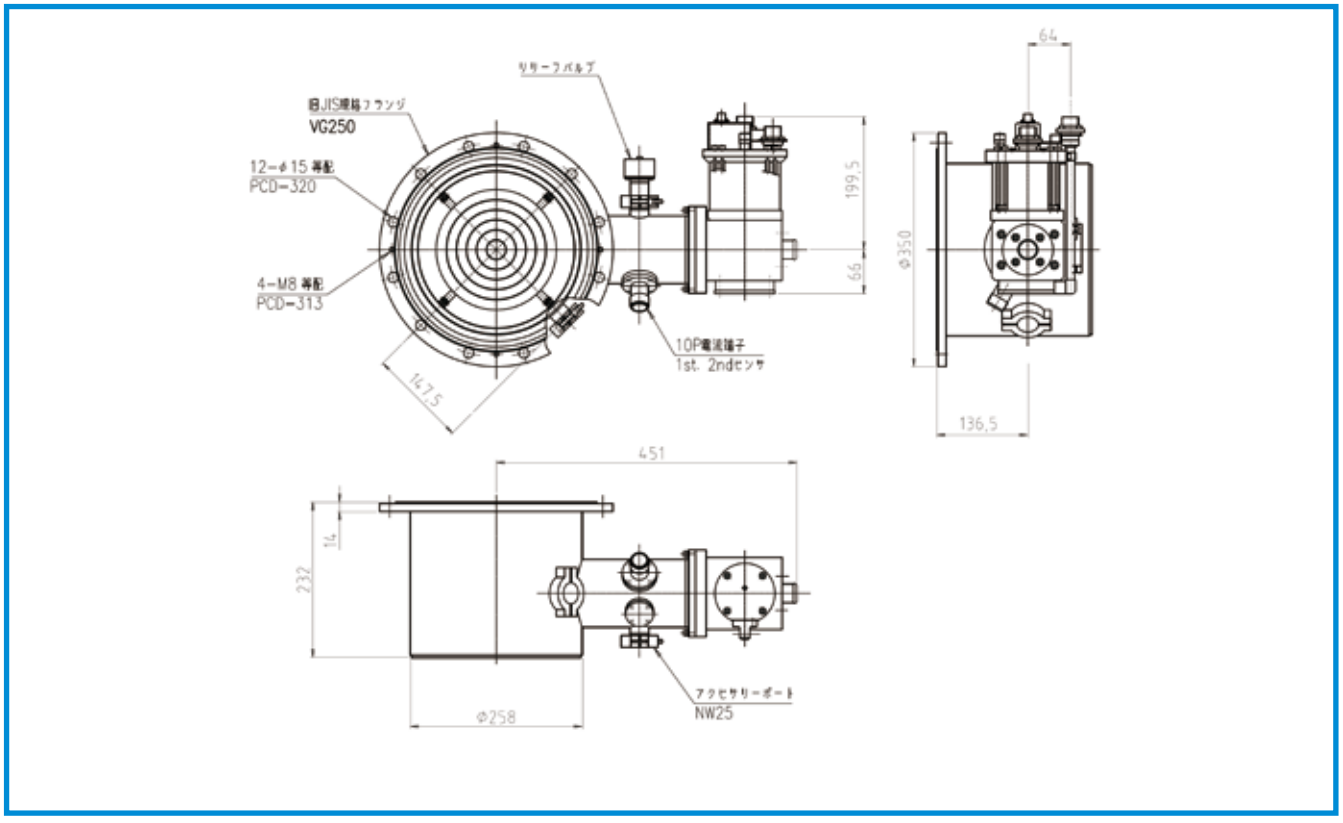


■外形寸法図

P-101C

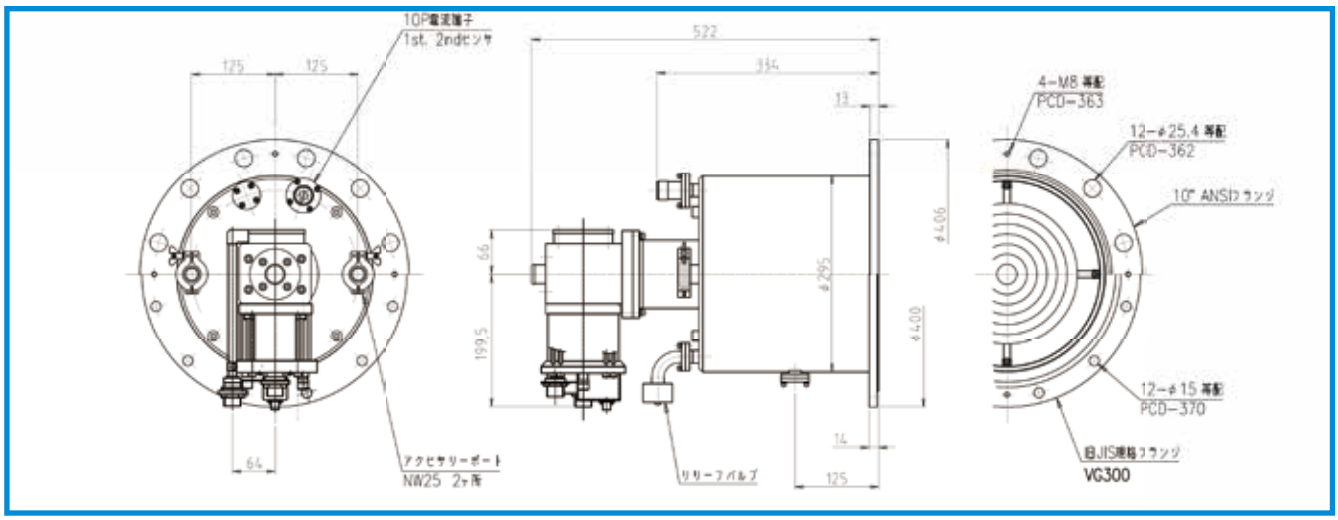


P-100CL/P-101CL

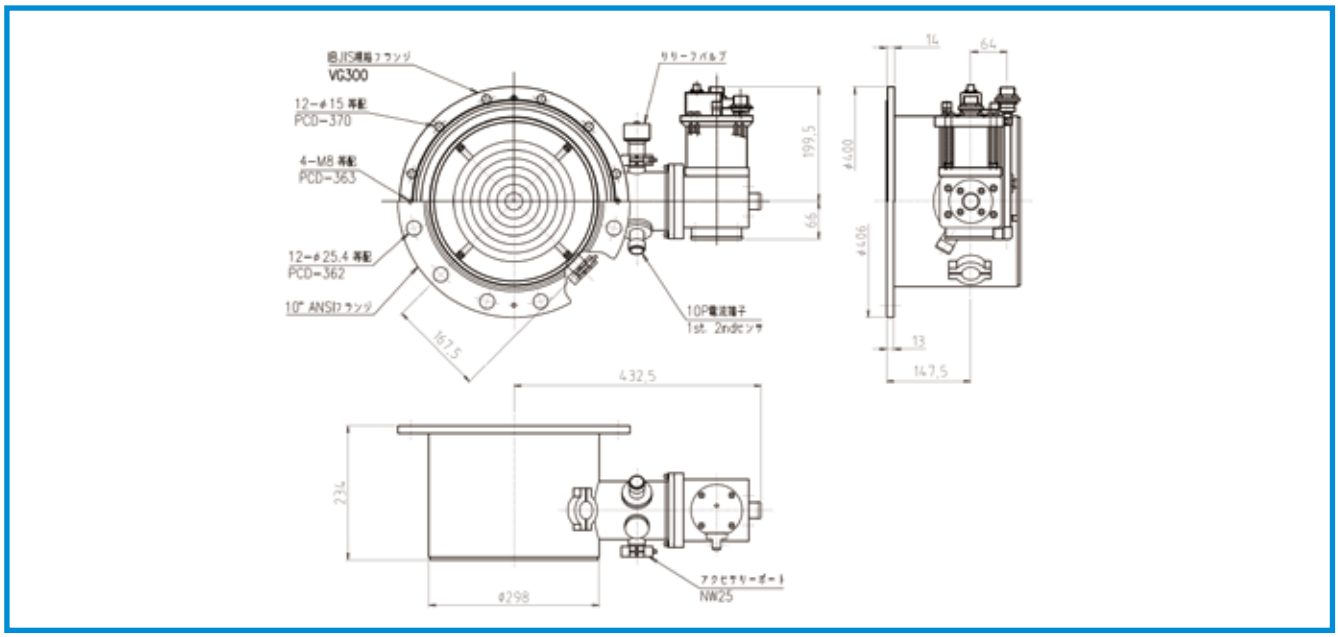


■外形寸法図

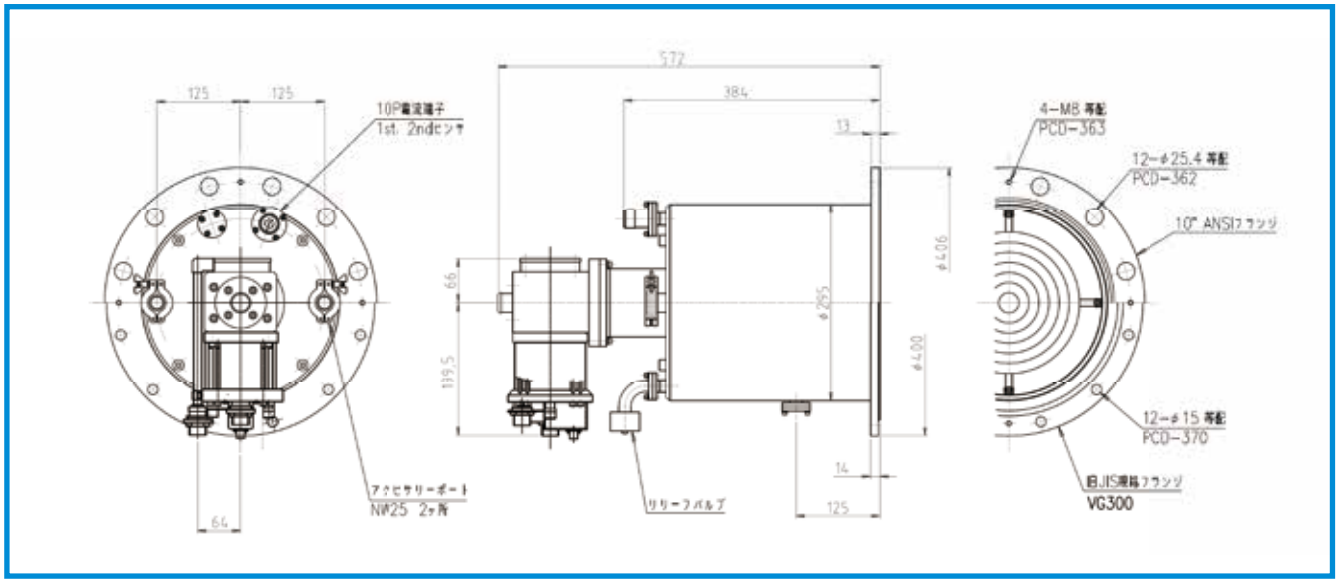
P-120C/P-120C



P-120CL/P-121CL



P-122C



ランニングコストと真空装置の稼働率に貢献するクライオポンプシステム

POWER^{ECO} シリーズクライオポンプ

高性能高効率クライオポンプ
吸気口径 8 ～ 22 インチ（小型 / 中型 / 大型冷凍機搭載）

■概要

POWER^{ECO} シリーズクライオポンプは、POWER シリーズの特長をそのままに高効率化を実現したクライオポンプです。
スタンダードシステムでは、8 インチクライオポンプの 5 台運転が可能です。
エコシステムでは、専用のコントローラとコンプレッサとの組み合わせにより、 安定した温度と排気性能が得られるとともに、クライオポンプの運転台数やクライオポンプへの入熱量に応じ、出力が必要最小限になるよう制御され、消費電力が低減されます。
使用予定のないクライオポンプを停止したり、メインバルブを閉じてクライオポンプへの入熱量を減らしたりすることでも消費電力が削減されるので、真空装置の運用方法を工夫することによりにより、さらなる効率化を図ることができます。
また、冷凍機の運転速度が必要最小限に抑制されるので、内部部品の消耗が減速し、メンテナンスが必要となる時期が延長されます。
消費電力抑制と合わせトータルでのランニングコストの低減が期待できます。

■特長（POWER シリーズの特長に加えて）

１．消費電力低減（スタンダード システム）
8 インチクライオポンプ 5 台、10 インチクライオポンプ 4 台までのマルチ運転が可能で、多台数効果によりクライオポンプ 1 台当たりの消費電力が低減されます。

２．消費電力低減（ エコ システム）
出力が 50 ～ 100%の範囲で必要最小限に抑制され、消費電力が低減されます。

３．異種マルチ運転（ エコ システム ）
小型 / 中型クライオポンプやクライオトラップを同一のコンプレッサで運転可能です。
真空装置を必要最小限のコンプレッサ台数で構成することができます。

４．温度安定性（エコシステム）
当社独自の制御システムにより温度が一定に調節されます。

５．排気性能の安定性（ エコ システム ）
温度が最適に維持されるので、排気性能も安定してます。

６．メンテナンス時期延長（ エコ システム ）
冷凍機の内部部品の消耗が抑制され、メンテナンスが必要となる時期が延長されます。
ランニングコストの低減に有効です。

■ POWER^{ECO} シリーズクライオポンプ　性能仕様（小型冷凍機搭載）

ポンプ型名		P-085C	P-086C	P-086CL	P-087C	P-105C	P-105CL	P-106C	P-106CL	P-107C	備考
口　径		8 インチ	8 インチ	8 インチ	8 インチ	10 インチ	10 インチ	10 インチ	10 インチ	10 インチ	
形　状		縦型	縦型	横型	縦型	縦型	横型	縦型	横型	縦型	
排気速度（L/s）	窒素	1,500	1,500	1,500	1,500	2,400	2,400	2,400	2,400	2,200	
	アルゴン	1,300	1,300	1,300	1,300	2,000	2,000	2,000	2,000	1,600	
	水素	1,000	2,500	2,200	1,000	3,000	3,000	3,800	3,700	2,600	
	水	4,500	4,500	4,500	4,500	7,100	7,100	7,100	7,100	7,100	
最大排気流量（Pa·m^3/s）		1.2	1.2	1.1	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	アルゴン
最大ガス瞬間許容量（Pa·m^3）		18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	
冷却時間（分）		60	65	80	60	75	90	85	100	120	＊1
昇温時間（分）		40	40	45	40	45	50	45	50	50	
再生時間（分）		100 ＋α	105 ＋α	125 ＋α	100 ＋α	120 ＋α	140 ＋α	130 ＋α	150 ＋α	170 ＋α	
排気容量（Pa·m^3）	アルゴン	80,000	80,000	80,000	150,000	160,000	140,000	160,000	140,000	300,000	＊2
	水素	1,300	1,800	1,600	1,300	1,600	1,300	2,000	1,800	1,600	
到達温度（K）		15 以下									
到達圧力（Pa）		10^{-7} 台									
最大加熱温度（℃）		70									
環境温度範囲（℃）		10 ～ 35									
推奨メンテナンス時間（h）		16,000　以内毎									
質量（kg）		22	22	22	23	25	27	24	25	29	
運転台数（台）	E-77NL	5	5	5	5	4	4	4	4	4	＊3
	CSW-61CN2	6	6	6	6	4	4	4	4	4	

＊1）冷却時間（20K まで）は高速冷却運転により、昇温時間は吸蔵ガスなしでパージガス導入 + 自己発熱機能使用時の値です。
　　再生時間の「＋α」は、粗引き等に要する時間です。

＊2）排気容量は当社独自の評価方法によるもので、実際に装置で使用した場合に相当する実用的な値です。

＊3）ポンプへの入熱負荷量によります。

※　本仕様値はポンプ単体での値です。真空装置搭載時の値は、設置環境のガス放出や熱負荷などの影響を受けます。
　　本仕様は、製品の改良等のため予告なく変更する場合があります。

■中型・大型　POWER^{ECO} シリーズクライオポンプ　性能仕様（中・大型冷凍機搭載）

ポンプ型名		P-128C	P-128CL	P-160C	P-160CL	P-161C	P-161CL	P-206C	備考
口　径		12 インチ	12 インチ	16 インチ	16 インチ	16 インチ	16 インチ	20 インチ	
形　状		縦型	横型	縦型	横型	縦型	横型	縦型	
排気速度（L/s）	窒素	4,000	4,000	7,500	6,800	7,500	6,800	13,000	
	アルゴン	3,200	3,200	6,300	5,700	6,300	5,700	9,000	
	水素	6,000	5,000	5,500	5,000	11,000	10,000	17,000	
	水	9,800	9,800	19,000	19,000	19,000	19,000	30,000	
最大排気流量（Pa･m^3/s）		2.2	2.2	2.2	2,2	2.0	2.2	3.0	アルゴン
最大ガス瞬間許容量（Pa･m^3）		40	40	50	50	50	50	80	
冷却時間（分）		110	115	70	95	90	120	100	
昇温時間（分）		70	70	40	60	60	60	80	＊1
再生時間（分）		180 ＋α	185 ＋α	110 ＋α	155 ＋α	150 ＋α	180 ＋α	180 ＋α	
排気容量（Pa･m^3）	アルゴン	270,000	200,000	400,000	200,000	400,000	200,000	650,000	＊2
	水素	4,000	3,500	1,600	1,400	3,400	3,000	7,500	
到達温度（K）		15 以下							
到達圧力（Pa）		10^{-7} 台							
最大加熱温度（℃）		70							
環境温度範囲（℃）		10 ～ 35							
推奨メンテナンス時間（h）		16,000 以内毎（エコシステムでは延長されます）							
質量（kg）		37	39	50	62	50	62	67	
運転台数（台）	E-77NL	2	2	2	2	2	2	1	＊3
	CSW-61CN2	2	2	2	2	2	2	1	

ポンプ型名		P-226C	備考
口　径		22 インチ	
形　状		縦型	
排気速度（L/s）	窒素	17,000	
	アルゴン	11,000	
	水素	23,000	
	水	39,000	
最大排気流量（Pa･m^3/s）		2.7	アルゴン
最大ガス瞬間許容量（Pa･m^3）		133	
冷却時間（分）		120	
昇温時間（分）		80	＊1
再生時間（分）		200 ＋α	
排気容量（Pa･m^3）	アルゴン	1,000,000	＊2
	水素	7,500	
到達温度（K）		15 以下	
到達圧力（Pa）		10^{-7} 台	
最大加熱温度（℃）		70	
環境温度範囲（℃）		10 ～ 35	
推奨メンテナンス時間（h）		16,000 以内毎	
質量（kg）		87	
運転台数（台）	E-77NL	1	＊3
	CSW-61CN2	1	

輸出・移転・処分に関する注意

大口径クライオポンプを日本国外へ輸出する際は、外国為替および外国貿易法に基づく判定が必要となる場合がありますので、弊社営業部門までお問合せください。
又、国内移転･処分の際にも、移転･処分先にご留意願います。

＊1）冷却時間（20K まで）は高速冷却運転により、昇温時間は吸蔵ガスなしでパージガス導入＋自己発熱機能使用時の値です。
　　再生時間の「＋α」は、粗引き等に要する時間です。

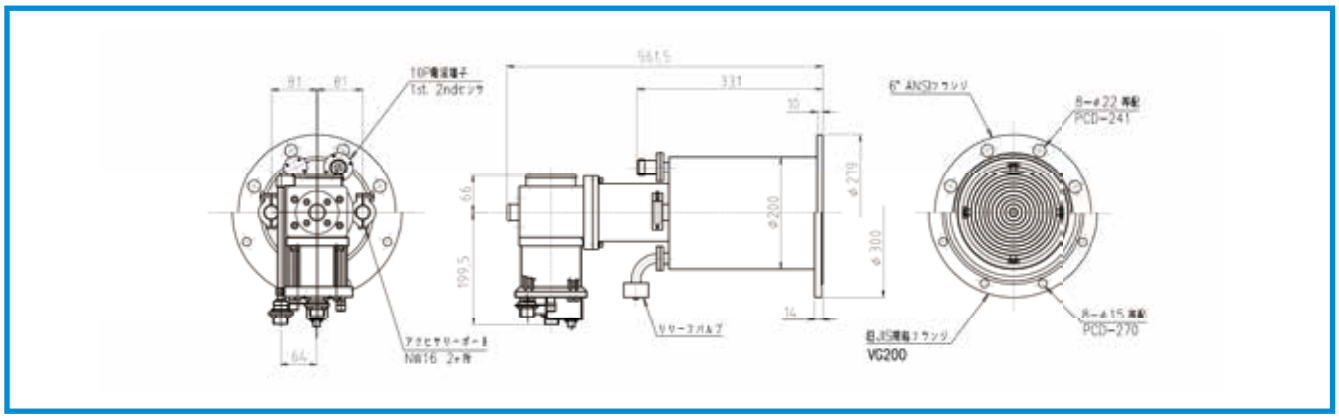
＊2）排気容量は当社独自の評価方法によるもので、実際に装置で使用した場合に相当する実用的な値です。

＊3）ポンプへの入熱負荷量によります。

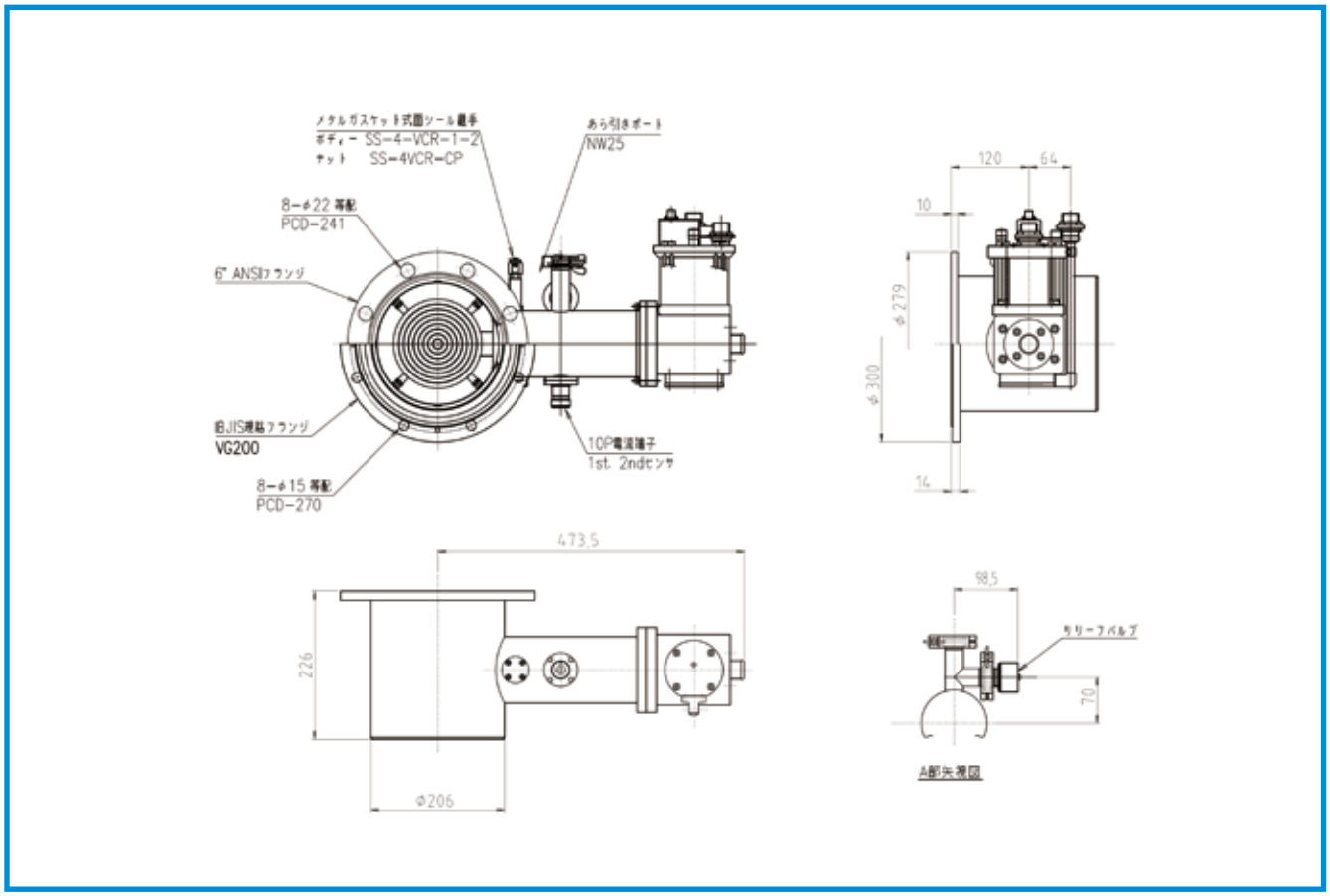
※　本仕様値はポンプ単体での値です。真空装置搭載時の値は、設置環境のガス放出や熱負荷などの影響を受けます。
　　本仕様は、製品の改良等のため予告なく変更する場合があります。

■外形寸法図

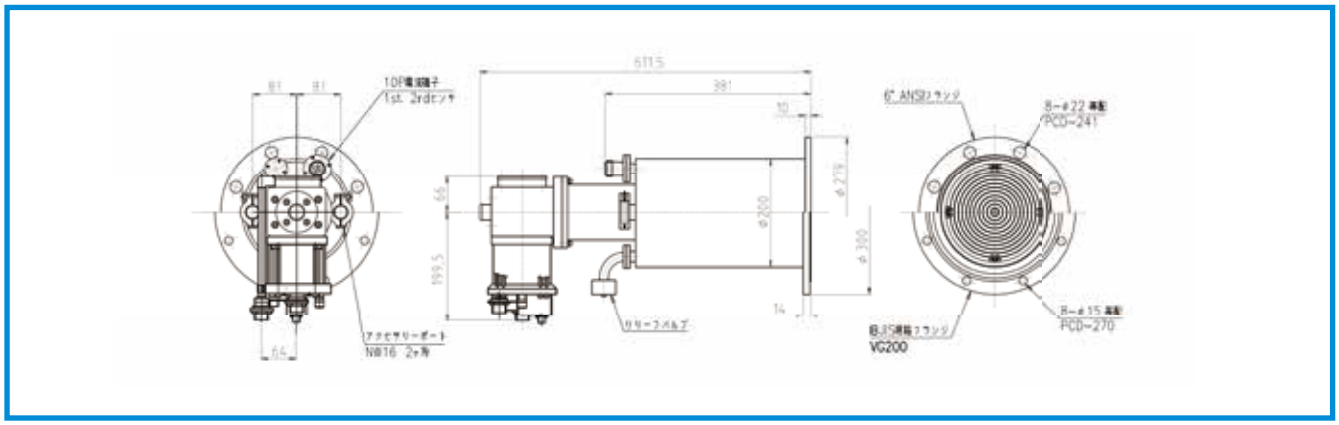
P-085C/P-086C



P-086CL

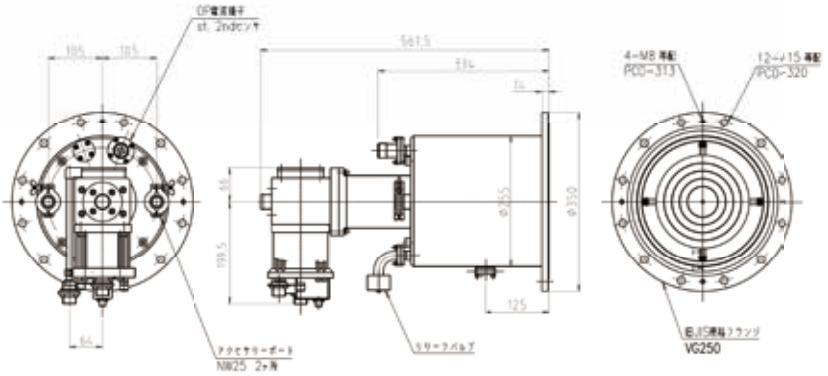


P-087C

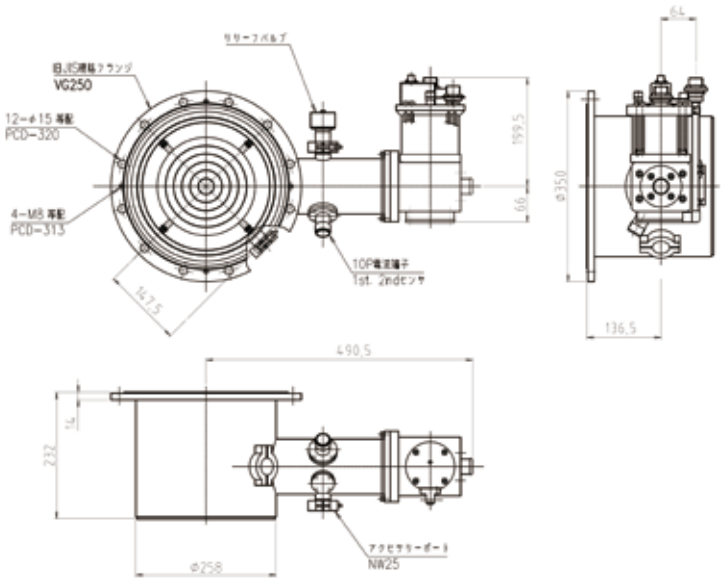


■外形寸法図

P-105C/P-105C

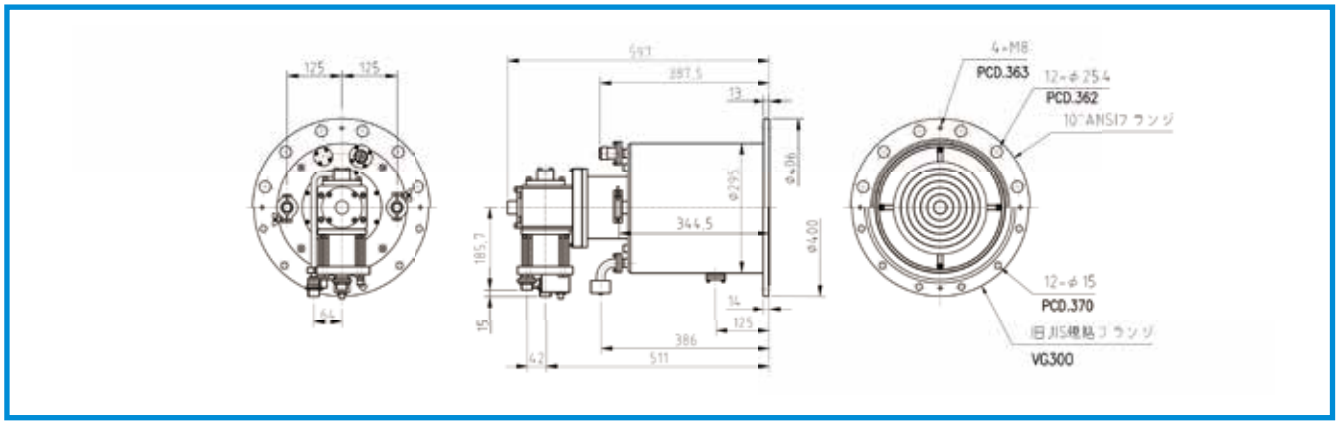


P-105CL/P-105CL

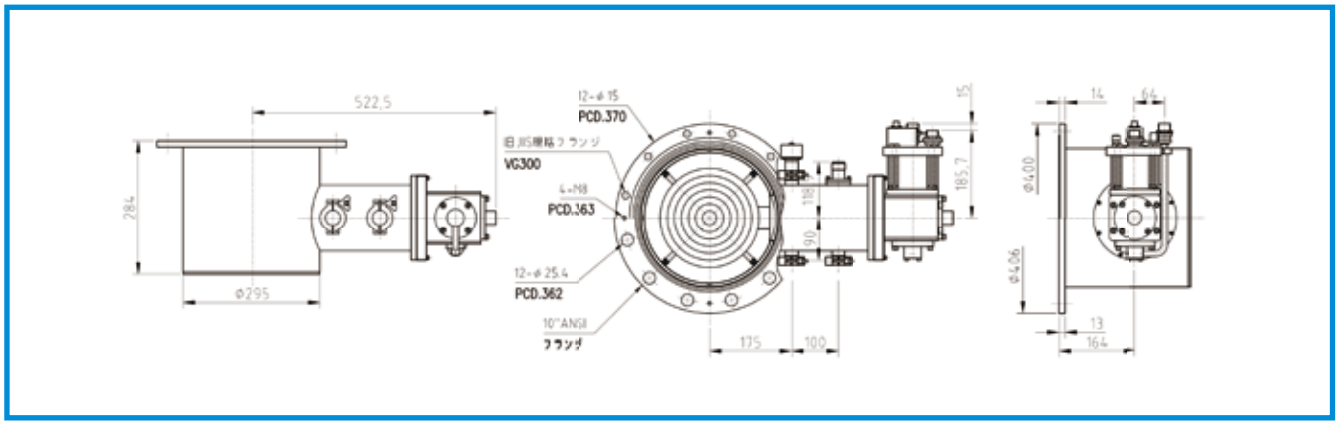


■外形寸法図

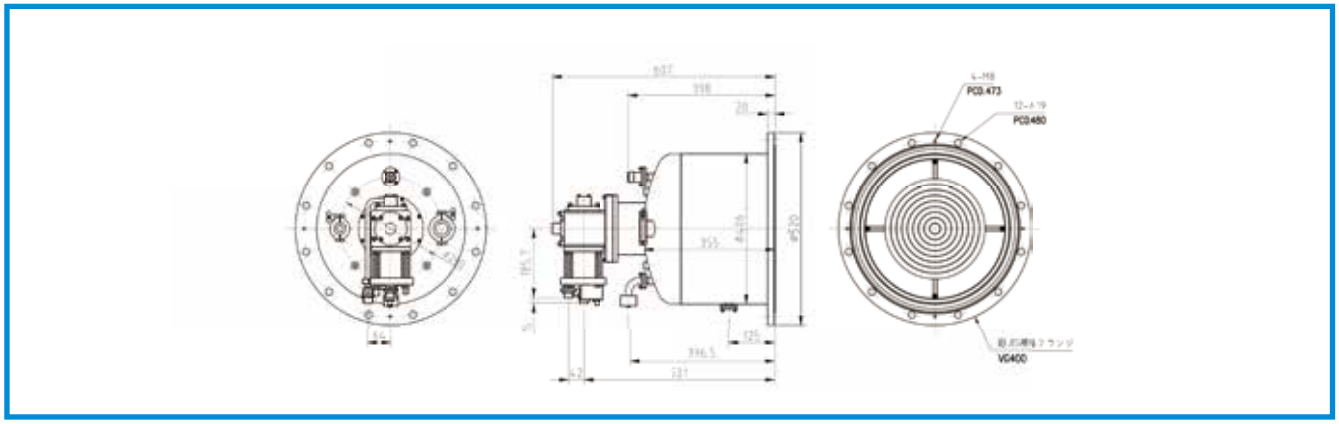
P-128C



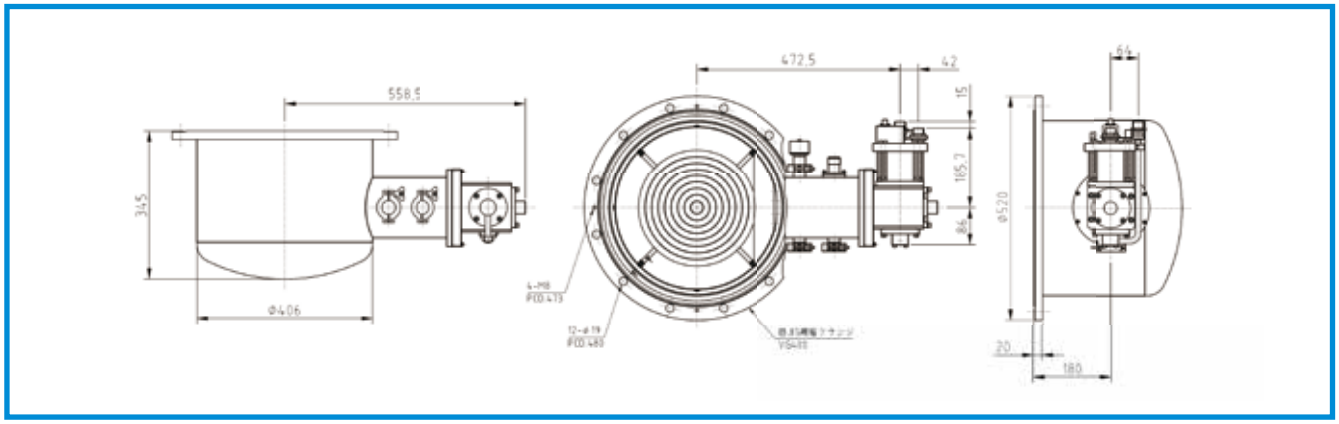
P-128CL



P-161C

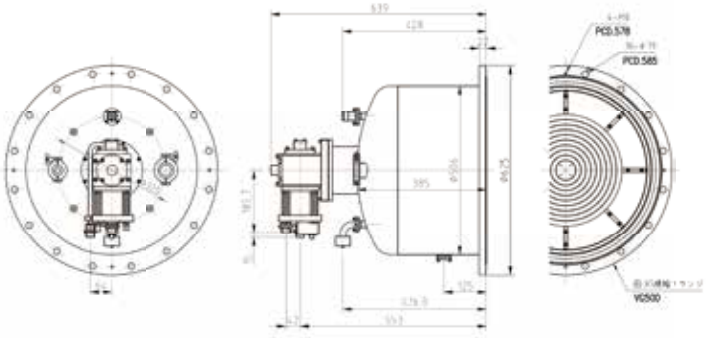


P-161CL

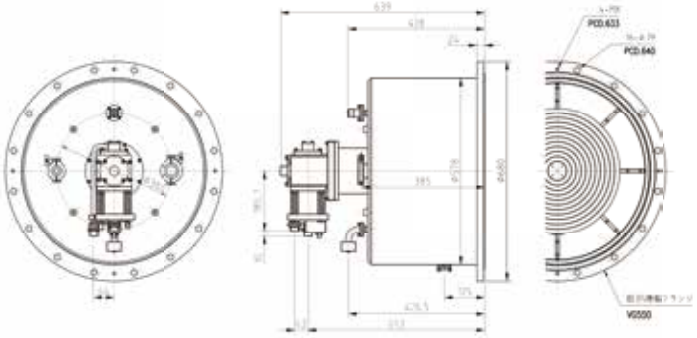


■外形寸法図

P-206C



P-226C



E-77NL　コンプレッサユニット

UL　CE

■概要

スタンダードシステム用大型コンプレッサユニットです。
（住友重機械工業株式会社製）
別途コールドヘッドドライバ等が必要です。
クライオポンプ / トラップ用にインラインリリーフ弁が外付けされています。

■仕様

型名		E-77NL
ヘリウムガス圧力 (MPa)	運転停止時	1.60 ～ 1.65
コンプレッサ冷却水	流量 (L/min)	4 ～ 10 以上
	最大水圧 (MPa)	0.69
	入口温度 (°C)	4 ～ 28
入力電源・電圧	50 Hz	3 φ 200 VAC
	60 Hz	3 φ 200/230 VAC
消費電力 (kw)	定常時 (50Hz)	5.2
	定常時 (60Hz)	6.5
設置環境温度範囲 (°C)		5 ～ 35
メンテナンス時間 (h)（アドゾーバ交換）		30,000 毎
外形寸法 (mm) W × D × H		450 × 485 × 590
質量 (kg)		120

CSW-61CN2　コンプレッサユニット（エコシステム用）

■概要

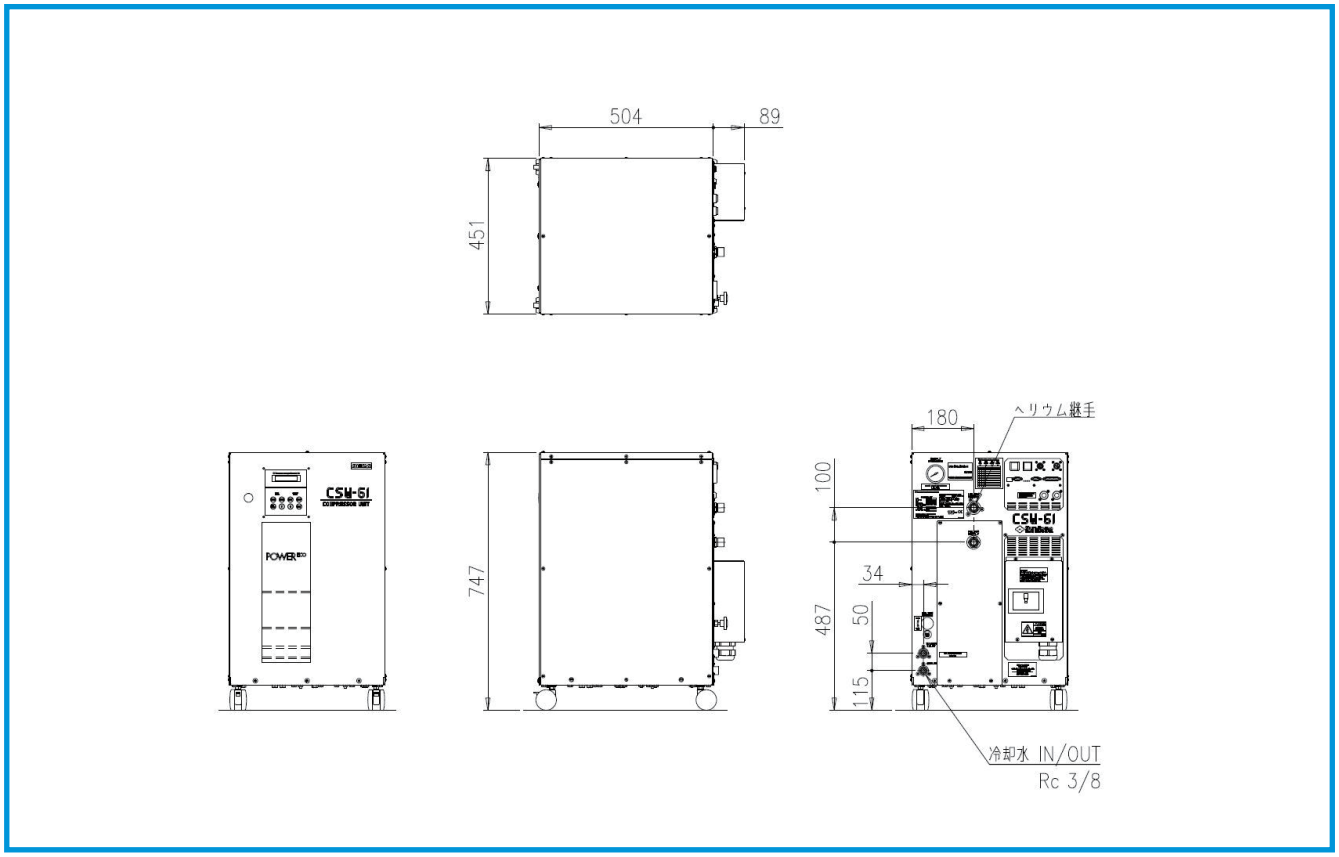
エコシステム用大型コンプレッサユニットです。
圧力センサとインバータを内蔵し、ヘリウムガスの
圧縮流量を必要最小限に調節します。
別途エコシステム用コントローラが必要です。

■仕様

型名		CSW-61CN2
ヘリウムガス圧力（MPa）	運転停止時	1.65 ～ 1.70
	運転時（高圧時）	2.2 ～ 2.5
コンプレッサ冷却水	流量（L/min） ※冷却水温度による	4 ～ 10
	最大水圧（MPa）	0.7
	入口温度（℃）	4 ～ 28
入力電源・電圧（50 ／ 60Hz）		3 φ AC200 ～ 240 V ± 10%
消費電力（kW）		3.5 ～ 9.2
設置環境温度範囲（℃）		5 ～ 40
メンテナンス時間（h）（アドゾーバ交換）		30,000 毎
外形寸法（mm）W × D × H		451 × 594 × 747
質量（kg）		130

■外形寸法図

CSW-61CN2



～テクニカルメモ～

■システム選定ガイド

◎：最適　○：適

選定ポイント	ポンプ本体	Power シリーズ（口径 8 ～ 12 インチ）			Power ECO シリーズ（口径 8 ～ 22 インチ）			
	システム	スタンダードシステム			スタンダードシステム			エコシステム
		温度モニタ 1 台	温度モニタ 2 台	CRYONAVI コントローラ	温度モニタ 1 台	温度モニタ 2 台	CRYONAVI コントローラ	
① 高速冷却運転		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
② 昇温運転		-	◎	◎	-	◎	◎	◎
③ 自動再生（昇温→粗引き→冷却）		-	-	◎	-	-	◎	-
④ 小型ポンプマルチ運転（口径インチ）	1 ～ 3 台	◎	◎	◎	-	-	-	◎
	4 台（8 ～ 12）	-	-	-	◎	◎	◎	◎
	5 台（8）	-	-	-	◎	◎	◎	◎
	6 台（8）	-	-	-	-	-	-	◎
⑤ 異種マルチ運転	含中型	-	-	-	-	-	-	◎
	含トラップ	-	-	○	-	-	○	◎
⑥ 1st ステージ温調	ヒータ加熱調節	-	-	◎	-	-	◎	-
	冷凍出力調節	-	-	-	-	-	-	◎
⑦ 消費電力削減	多台数効果	-	-	-	○	○	○	-
	出力調節効果	-	-	-	-	-	-	◎
⑧ メンテナンスコスト		-	-	-	-	-	-	◎

【スタンダードシステム】 クライオポンプ / トラップとコンプレッサが一定速度で運転されるシステム

【エコシステム】 クライオポンプ / トラップへの熱負荷量に応じて出力が調節され、必要最小限の消費電力となるシステム

① 冷凍機の高速冷却運転により冷却時間を短縮します。

② 冷凍機の自己発熱運転により昇温時間を短縮します。 温度モニタ 2 台、もしくは専用のコントローラが必要です。

③ 自動で再生を行います。（昇温＆冷却運転、粗引き圧測定、パージバルブ＆粗引きバルブの開閉制御）

④ 同口径小型ポンプのマルチ運転（同一コンプレッサでの多台運転）が可能です。
口径 10 インチポンプは 4 台まで、口径 8 インチポンプは最大 6 台まで運転可能です。

⑤ 異口径や冷凍機の大きさの異なるクライオポンプやクライオトラップを、任意に組み合わせてのマルチ運転が可能です。
真空装置を最小限のコンプレッサ台数でシステム構築できます。 組み合わせや運転可能台数等はお問い合わせください。

⑥ 1st ステージ温調は、Kr（クリプトン）や Xe（キセノン）の安定排気や、Ar（アルゴン）ハングアップ防止に有効です。
ヒータ加熱量を調節する温調と、冷凍出力の調節による温調の 2 種類の方式がありますが、クライオポンプの場合 いずれの方式も 1st ステージにヒータが備えられている必要があります。
エコシステムでは全てのクライオポンプ / トラップで冷凍出力調節による 1st ステージ温度調節が行われます。

⑦ スタンダードシステムでは、同一コンプレッサでのクライオポンプ / トラップ運転台数が多いほど、1 台あたりの消費電力 は低くなります。(多台数効果)
エコシステムでは、クライオポンプ / トラップへの熱負荷量に応じてコンプレッサの圧縮流量も調整されるため、必要最小限の消費電力となります。（コンプレッサの出力は 50 ～ 100% の範囲で調節されます）

⑧ エコシステムは、クライオポンプ / トラップの運転速度が抑制されるため、冷凍機の消耗が減速され、メンテナンスが必要となる時期が延長される効果があります。

■クライオポンプとは

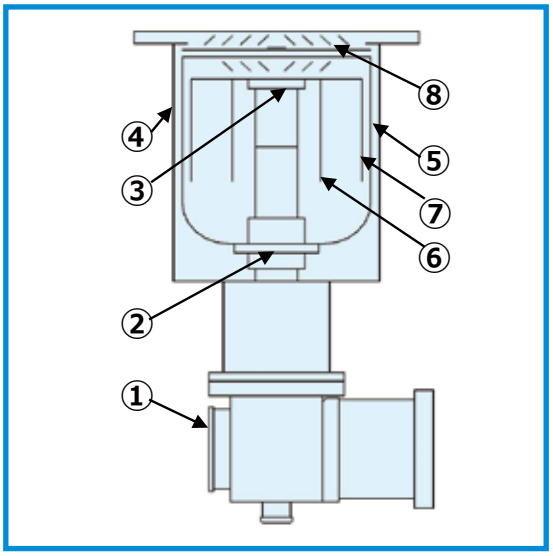
真空中の気体分子は、極低温面に衝突すると冷却され固体化します。これを凝華（ぎょうか）と言い、温度と圧力が三重点以下の場合に起きる現象です。この現象を利用するクライオポンプは、真空容器内に冷凍機で極低温に冷却された排気パネルを備え、そこに気体分子を凝華させて真空排気を行う真空ポンプです。ただし、H_2(水素) / Ne(ネオン) / He(ヘリウム) のみは極低温でも凝華しないため、排気パネル上に接着された活性炭に吸着させて真空排気を行います。

クライオポンプは、排気速度が大きいことやクリーンな真空を得られるなど優れた特徴を持っています。しかし、真空排気した気体を内部にため込むため、ある一定量以上の気体分子を真空排気すると排気性能が低下してくることから、その排気性能を回復させる必要があります。極低温だった排気パネルを常温まで一旦温度上昇させて、凝華していた気体を再び気化させ、クライオポンプ外に排出しますが、この操作を再生と呼びます。

再生中は真空排気ができないため、この再生をいかに速く行うか、もしくは気体のため込み可能な量をいかに大きくして再生の頻度を少なくできるかが、真空装置の生産性、稼働率に大きくかかわってきます。

■クライオポンプの各部名称と排気原理

① 冷凍機　② 1st 冷却ステージ　③ 2nd 冷却ステージ
④ ポンプ容器　⑤ 輻射シールド　⑥ チャコールパネル
⑦ クライオパネル　⑧ルーバー



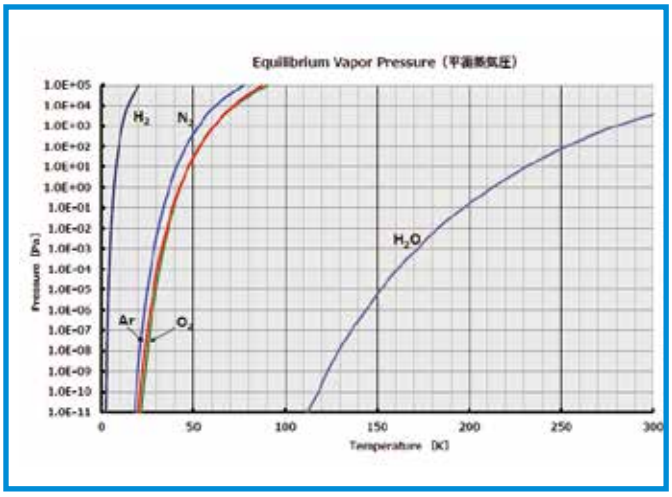
冷凍機には 2 か所の冷却部があります。1st 冷却ステージは 80K ～ 100K に冷却され、外部からの入熱の遮断や H_2O を凝華するための輻射シールドやルーバーが取り付けられています。2nd 冷却ステージは 20K 以下に冷却され、N_2（窒素）/O_2（酸素）/Ar（アルゴン）などが凝華するクライオパネルと、20K 以下でも凝華しない H_2 / Ne / He を吸着する活性炭が接着されているチャコールパネルが取り付けられています。

クライオポンプは極低温を利用した凝華と吸着の作用によって真空排気を行い、2nd 冷却ステージが 20K 以下であればポンプ単体で 10^{-7} Pa 台の圧力が得られます。

■平衡蒸気圧

クライオポンプにおける平衡蒸気圧とは、真空中のある気体について、極低温に冷却されている排気パネル周辺の気体が、相平衡（気体⇔固体に相変化する速度が等しい）になる温度と圧力の関係を表しています。

排気パネルの温度に対応する平衡蒸気圧がチャンバーの圧力より十分低ければ、チャンバー側から流入した気体はその平衡蒸気圧になるよう凝華され、真空排気されることになります。



右のグラフは真空内にある代表的な気体の平衡蒸気圧を示しており、排気パネルの温度が 20K より低ければ H_2 / Ne / He 以外の気体の平衡蒸気圧は、1×10^{-9} Pa 以下になるため、十分な真空排気性能が発揮されます。

そのため通常は、クライオポンプ温度（2nd 冷却ステージ）20K 以下を目安に管理します。

H_2 / Ne / He ついては、20K 以下に冷却された活性炭に吸着させることで、全ての気体に対し十分な真空排気性能が得られます。

■クライオポンプ用冷凍機の動作

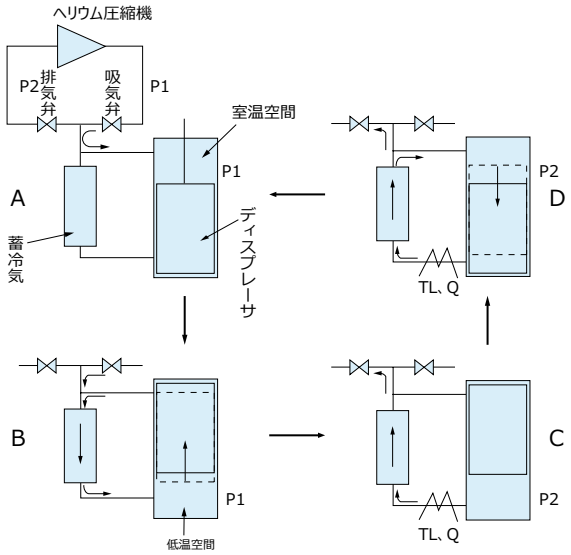
冷凍機は、G-M サイクルと呼ばれる冷凍サイクルにより運転されます。

A: 吸気弁が開き、高圧のヘリウムガスがシリンダ上部の室温空間に充填されます。(空間内に残留していたガスは断熱圧縮により発熱)

B: ディスプレーサが上部に移動すると、室温空間の高圧ガスは蓄冷器に冷却されながらシリンダ下部の低温空間に移ります。冷却により体積が減少するので、吸気弁からさらに補充されます。

C: 吸気弁が閉じ排気弁が開くと、低温空間の高圧のガスは断熱膨張し寒冷が発生します。この低温低圧ガスは低温空間(冷却ステージ)と蓄冷器を冷却し、コンプレッサに戻ります。

D: ディスプレーサが下部に移動すると、低温空間の低温低圧ガスはさらに蓄冷器を冷却し、室温空間と 圧縮機に戻ります。



■自己発熱機能とは

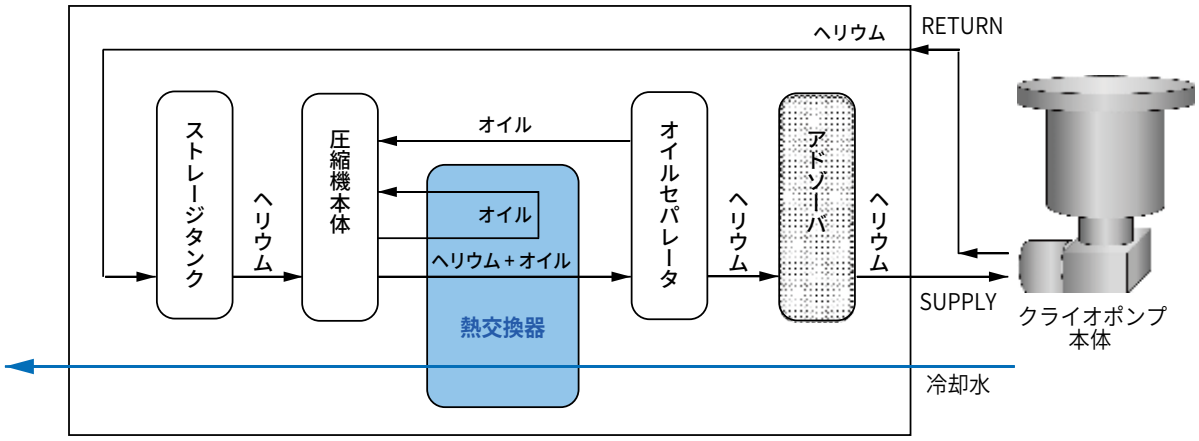
冷凍機では、冷却ステージ内側にある低温空間で、低温高圧のヘリウムガスを断熱膨張させることにより寒冷を発生させています。しかし、冷凍機が実行している冷凍サイクルの中には、室温空間に残留している低圧ガスを高圧ガスで圧縮する際に、圧縮熱が発生している行程があります(上図 A)。自己発熱機能とはこの圧縮熱を昇温に利用するもので、ガスの吸排気タイミングに対するディスプレーサの動作タイミングを切り換えることにより、低温空間で圧縮熱を発生させ、冷却ステージを加熱します。
自己発熱運転の際は、発熱部となる 1st および 2nd 冷却ステージの温度をモニタし、310K で停止するよう制御することが必要です。
クライオポンプ容器をバンドヒータで加熱する間接的な方法とは異なり、排気パネルを直接加熱するため、短時間で効率的な昇温が可能です。

■マルチ運転(スタンダードシステム)での特性について

複数の真空チャンバを有する真空装置の場合、1 台のコンプレッサで複数のクライオポンプを運転するマルチ運転が一般的ですが、マルチ運転特有の性質もあります。
たとえば、システムの全クライオポンプを同時に冷却した場合にはカタログ値通りの冷却時間となりますが、稼働中に 1 台のみ再生した場合には、カタログ値以上に長い冷却時間となります(追っかけ冷却)。これは、低温を維持している他のクライオポンプに多くのヘリウムガスが消費されているため、冷却中のクライオポンプが消費するヘリウムガスが不足するためです。 POWER シリーズ及び POWER^{ECO} シリーズクライオポンプでは、この影響を最小化するため、冷却時 20K までは高速運転によりヘリウムガスの消費量を増やし、全台数同時冷却時と大差のない冷却時間を実現しています。
また、マルチシステムには各クライオポンプ間の温度差が大きくなりやすい性質もあります。冷凍機のヘリウムガス吸排気時期が任意であることがその要因の一つです。吸気時に一瞬ヘリウムガスの供給圧が下がりますが、その直後のタイミングで吸気するポンプがあるとわずかに供給圧が下がるため、長時間その間隔で運転していると徐々に温度が高めになってきます。一方で、温度の低い冷凍機にはヘリウムガスがより多く充填され、さらに温度が下がる性質があるため、クライオポンプ間の温度差は広がる傾向にあります。
POWER シリーズ及び POWER^{ECO} シリーズクライオポンプは、各クライオポンプ間の運転速度にごくわずかずつ差をつけて運転(マルチウェーブ運転)しています。これにより、各クライオポンプ間のヘリウムガス吸排気時期が一定時間で入れ替わるため、吸排気時期に起因する各クライオポンプ間の温度差を最小化するようになっています。
上記の技術などにより POWER シリーズ及び POWER^{ECO} シリーズクライオポンプは、従来のマルチシステムよりクライオポンプ / トラップの運転可能台数が多く、温度差の小さい安定したシステムとなっています。

■コンプレッサについて

クライオポンプ用のヘリウムコンプレッサユニットは、下図の基本構成になっています。
クライオポンプ / トラップ側から RETURN ラインを経由して回収された低圧のヘリウムガスは、ストレージタンクを通り圧縮機本体に入ります。大型コンプレッサの場合圧縮機本体はスクロール圧縮機で、内部はオイルで満たされています。オイルはシールと圧縮熱吸収の機能をもっており、圧縮されたヘリウムガスとオイルは熱交換器で冷却された後オイルセパレータに入ります。オイル循環ラインも冷却され、圧縮機本体の冷却を行っています。オイルセパレータでは、ヘリウムガスとオイルからオイルのみを濾し取り、オイルは圧縮機本体へ戻し、ヘリウムガスのみをアドゾーバへ送ります。アドゾーバには活性炭などの吸着剤が充填されており、オイルセパレータで取り切れなかったごくわずかのオイルミストなどを吸着除去して、ピュアな高圧ヘリウムガスをクライオポンプ / トラップへ供給しています。
ヘリウムガス以外の不純物は、冷凍機の極低温部で凍り付き、温度上昇や動作不良など不具合の原因となるため、アドゾーバは 30,000 運転時間毎に交換し吸着能力維持します。



コンプレッサの基本構成

■エコシステムについて

クライオポンプシステムで消費される電力の大部分は、コンプレッサでのヘリウムガス圧縮に消費されます。
エコシステムは、クライオポンプ / トラップ本体でのヘリウムガス消費量を必要最小限に制御し、コンプレッサではその消費された分のヘリウムガスのみを圧縮することで、消費電力の低減を図っています。（下図に制御イメージ）
従来からのシステムは、最大負荷時を想定し常時 100%の出力（定速）で冷却運転されています。
その一方エコシステムは、その時々の熱負荷量に合わせて出力を抑制するので、従来のシステムから置き換えた場合には、通常 20 ～ 40%程度の消費電力削減が期待できます。
また、従来のシステムで中型クライオポンプや小型クライオポンプ / トラップなどはそれぞれ別のコンプレッサで運転されていたのを、エコシステムに置き換えて同一のコンプレッサで運転できる場合には、50%程度の消費電力削減が可能となる場合があります。

これ以外にも、エコシステムには以下のメリットがあります。

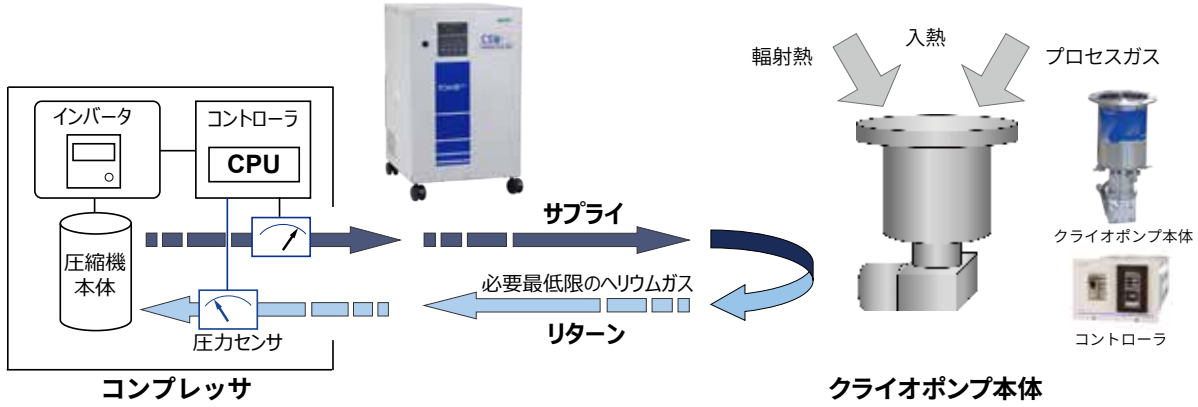
【温度と排気性能の安定性】　入熱量の変動に対し冷凍機の運転速度で温調しており、排気性能も安定しています。

【システム安定性】　ヘリウム供給圧が常に一定に保たれており、他のポンプの再生や停止などの影響を受けません。

【メンテナンス間隔の延長】　冷凍機の運転速度が抑制されるので、シール部品やベアリングなどの消耗が減速され長持ちします。

【混載運転が可能】　小型 / 中型クライオポンプやクライオトラップを、同一のコンプレッサで運転可能です。

【装置の運用での消費電力削減】　ポンプの停止やメインバルブを閉じることなどの運用で、さらに消費電力を削減できます。



コンプレッサ

サプライとリターン側の圧力差が一定になるように
圧縮機本体の回転数を制御します。
クライオポンプで消費された分のみのヘリウムガス
を圧縮し供給します。

クライオポンプ本体

クライオポンプの温度が一定になるように冷凍機の
出力（運転速度）を調節して運転します。
クライオポンプへの熱負荷量に相当するヘリウムガス量
を消費します。

エコシステムのイメージ

2026 年 1 月作成　無断転用禁止

Canon キヤノン アネルバ株式会社

東日本エリア　〒 216-8550　神奈川県川崎市麻生区栗木 2-5-1　TEL　044-980-3503　FAX　044-986-4038

西日本エリア　〒 564-0044　大阪府吹田市南金田 2-14-35　中央社ビル 3F　TEL　06-6821-9701　FAX　06-6821-9702

※ 輸出･移転･処分に関する注意事項　本カタログに掲載しています製品を日本国外に輸出する際は、外国為替及び外国貿易法の規程に基づく判定が必要となりますので、弊社営業部門に必ずお問合せください。また、国内移転・処分の際も移転・処分先にご留意願います。

※ 本カタログに掲載されている内容は性能向上等のため予告なく変更することがあります。

https://anelva.canon/

115-07-2601-0037EK