



Liqui-Cel™  
Membrane Contactors

# 3M™ Liqui-Cel™ EXF シリーズ 分離膜モジュール

## 設計と操作ガイドライン

- 2.5x8
- 4x13
- 4x28
- 6x28
- 8x20
- 8x40
- 8x80
- 10x28
- 14x28
- 14x40

## 目次

I. 技術説明	7
A. 分離膜モジュールの設計	7
B. 中空糸の選択	7
C. EXF シリーズ製品の概要図 (出入口の説明)	8
II. 中空糸、分離膜モジュール及び関連システムの保護に関する重要事項	9
III. 運転モード	12
A. スウィープガスモード (ガス導入運転)	13
B. 真空モード (真空引き運転)	17
C. コンボモード (ガス導入真空引き運転)	21
D. ブロアーによる吸引モード (二酸化炭素除去のため)	26
IV. システム設計一般的ガイドライン	30
A. フローパターンの構成	30
B. 縦置きと横置き	31
C. 最高運転温度と最大運転時圧力のガイドライン	33
D. システム設計に関する分離膜モジュールの重量	39
E. ろ過に関する要件	40
F. 中空糸膜モジュールの汚損	40
G. 推奨されるシステム治具	40
H. 誤った使用に関する警告	41
V. 溶存酸素レベルを低くするためのシステム設計要件	41
VI. 起動、待機、停止手順	43
A. 液体側の運転開始操作	43
B. スウィープガスと真空側の運転開始操作	43
C. 停止手順	44
D. 停止後に起動する場合の手順	45
VII. メンテナンス	49
VIII. 製品の交換目安	50
IX. 樹脂製及び繊維強化プラスチック (FRP) 製ハウジング製品の運転時の注意	51
X. 保管と操作環境条件	51
XI. 分離膜モジュールの殺菌、洗浄及び定置洗浄 (CIP)	51
XII. 化学的適合性	51
XIII. カートリッジの交換	51
XIV. 困ったときは	52

注：分離膜モジュールは、様々な液体ご使用いただけますが、この操作ガイドラインは主に水での使用に関するものとなっています。お客様のご質問に対する回答がこのガイドラインに掲載されていない場合には、当社担当者までご連絡ください。

## 表一覧

表 1：二酸化炭素除去の一般的空気スweepガス要件	14
表 2：異なる真空度における出口側溶存酸素濃度の一例	17
表 3：コンボモードにおける分離膜モジュール1本あたりの標準的なスweepガスの流量範囲	22
表 4：ブロワーによる吸引モードで使用する場合のスweepガス流量範囲	27
表 5：分離膜モジュールの最小および最大流量	31
表 6：2.5x8 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ	34
表 7：4x13、4x28 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ	34
表 8：6x28 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ	35
表 9：8x20 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ	35
表 10：8x40と8x80 高圧分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ	36
表 11：10x28 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ	37
表 12：14x28と14x40 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ	38
表 13：分離膜モジュールの重量	39
表 14：微粒子ろ過に関する一般的ガイドライン	40
表 15：製品の交換目安	50

## 計装図

図 1：スweepガスモード（ガス導入運転）、分離膜モジュール2本直列配置、縦置き配管・計装例	15
図 2：スweepガスモード（ガス導入運転）、分離膜モジュール2本直列配置、横置き配管・計装例	16
図 3：真空モード（真空引き運転）、分離膜モジュール2本直列配置、縦置き配管・計装例	19
図 4：真空モード（真空引き運転）、分離膜モジュール2本直列配置、横置き配管・計装例	20
図 5：コンボモード（ガス導入真空引き運転）、分離膜モジュール2本直列配置、縦置き配管・計装例	23
図 6：コンボモード（ガス導入真空引き運転）、分離膜モジュール2本直列配置、横置き配管・計装例	24
図 7：コンボモード（大気スweepガス導入真空引き運転）、 分離膜モジュール2本直列配置、縦置き配管・計装例	25
図 8：ブロワーによる吸引モード、分離膜モジュール2本直列配置、縦置き配管・計装例	28
図 9：ブロワーによる吸引モード、分離膜モジュール2本並列設置、縦置き配管・計装例	29
図 10：真空モードにおいて、システムを待機モードにする空気乾燥オプションを含む縦置き配管・計装例	47
図 11：コンボモードにおいて、システムを待機モードにする空気乾燥オプションを含む縦置き配管・計装例	48

## 説明図

説明図 1：3 M™ Liqui-Cel™ EXF シリーズ分離膜モジュール	8
説明図 2：中空糸膜の表面	8
説明図 3：ガスと液体の流れ	8
説明図 4：EXF シリーズ縦置き - 真空モード (真空引き運転)	32
説明図 5：EXF シリーズ縦置き - コンボモード (ガス導入真空引き運転)	32
説明図 6：14x28 分離膜モジュールを縦置きにした時のサポート方法	32
説明図 7：EXF シリーズ横置き - 真空モード (真空引き運転)	33
説明図 8：EXF シリーズ横置き - コンボモード (ガス導入真空引き運転)	33
説明図 9：2.5x8 分離膜モジュール 圧力/温度のグラフ	34
説明図 10：4x13/4x28 分離膜モジュール 圧力/温度のグラフ	34
説明図 11：6x28 分離膜モジュール 圧力/温度のグラフ	35
説明図 12：8x20 分離膜モジュール 圧力/温度のグラフ	35
説明図 13：8x40/8x80 分離膜モジュール 圧力/温度のグラフ	36
説明図 14：10x28 分離膜モジュール 圧力/温度のグラフ	37
説明図 15：14x28/14x40 分離膜モジュール 圧力/温度のグラフ	38

ここに含まれる情報と当社製品は、明示または暗示を問わず、いかなる種類の保証なしに、商品性、特定の目的または使用に対する適合性、または知的財産権の非侵害の暗示された保証を含みますが、これらに限定されません。いかなる場合においても、販売者は、ここに含まれる情報および/または販売者の製品の使用に起因するあらゆる種類の特別、偶発的、間接的、または結果的な損害、またはいかなる損害に対しても責任を負いません。当社製品に関する最新情報を確認するために、当社ウェブサイトから最新の英語版を確認してください。英語版が正式な文書となります。

3M™ Liqui-Cel™ EXF シリーズ分離膜モジュールには、FDA (\*1) CFR (\*2) Title 21 に規定される材料で構成および食品衛生法の第 18 条に基づき、昭和 34 年厚生省告示第 370 号（食品・添加物等の規格基準）の第 3 に器具及び容器包装の規格及び試験法の基準に適合した製品があります。詳しくは当社の担当者にご確認ください。

(\*1) FDA: アメリカ食品医薬品局 (Food and Drug Administration)

(\*2) CFR: 連邦規則集 (Code of Federal Regulation)

3M™ Liqui-Cel™ EXF シリーズ分離膜モジュール 2.5x8、4x13、4x28、6x28、8x20、8x40、8x80 および 10x28 インダストリアルシリーズは、小型で使用時の圧力低く、処理量も小さいため、CE マークを必要としない圧力機器指令 (Sound Engineering Practice) 基準で製造されています。当社の 10x28 の高純度精製対応品、14x28 および 14x40 製品には製品分類があり、PED 2014/68 / EU ごとのカテゴリ-1 であり、CE マークが付いています。

## 安全に関する情報

 このマニュアルのすべての安全情報、警告、および指示を理解していただき、それに従ってください。すべての警告や指示に従わない場合、怪我や物的損害を引き起こす可能性があります。将来の参照のためにこの説明書は大切に保管をお願いいたします。

## 使用目的および制限事項

 3M™ Liqui-Cel™ 分離膜モジュール製品（以下、分離膜モジュール）は、液体からの脱気や気泡を除去、および液体にガスを溶解させるための製品です。すべてのユーザーは、分離膜モジュールの安全な操作について十分な訓練を受けてください。資格を持った取付け担当者とオペレーターが、すべての操作ガイドライン、取付け指示、およびその他すべての工業要件に従い、分離膜モジュールの取付けと操作を行うことが出来ます。その他、用途については当社の評価対象となっておらず、安全ではない状況に至る可能性があります。該当する製品の説明書とデータシートに従い、分離膜モジュールをご使用してください。食品および飲料製造で使用する場合には当社にお問い合わせください。

分離膜モジュールで製造した精製水を蒸留またはその他の同等もしくはより高度な精製方法を用いて注射用水製造に使用することができます。しかし、分離膜モジュールを直接、注射用水製造工程には使用しないでください。

多くの要因が製品の使用条件に影響を与える可能性があります。お客様ご自身が、それぞれのアプリケーションで適切なリスク評価を行い、目的とするアプリケーションに適しているかどうかを判断してください。

### 制限事項：

上述のアプリケーション以外では必ずしもすべての評価が実施されておりません。したがって、使用にあたって意図しない場合になる可能性があります。また、分離膜モジュールからの抽出物もしくは浸出物が、薬品、化粧品、食品または飲料の添加物またはサプリメントなどに残留するような場合には使用しないでください。

当社製品を制限事項の用途に検討している場合は、まず、事前に、当社に連絡し用途に適合しているのか、もしくは製品が供給できるかを事前に確認する必要があります。

### ▼警告および注意表示

 <b>警告</b>	回避しないと、重傷または死亡につながる危険な状況を示します。
 <b>注意</b>	回避しないと、軽度または中程度の怪我につながる可能性がある危険な状況を示します。
<b>注記</b>	回避しないと、製品またはシステムが損傷する可能性がある状況を示します。

**警告****破裂に関連するリスクを減らすには：**

- 使用時の最大許容圧力または最高許容温度を超えないようにしてください。
- 使用する液体の最高許容温度または最大許容圧力を超えないようにしてください。
- 分離膜モジュールの内圧の上昇を防ぐため動作中にガス・真空ポート両方が閉じていないことを確認してください。
- 適切な圧力逃がし弁 / 安全システムを設置して、液体とガスの過剰な圧力がかかることを防止してください

**危険電圧に関連するリスクを低減するには：**

- 真空ポンプを使用する場合には、必ずアース接続を行ってください。
- 真空ポンプシステムに適合した、ヒューズと断路器のついたブロワーを必ず使用してください。
- 電気装置を使用する場合には、製品を使用する国や地域の規制、法令に従い、接続が適切かを常に確認し、必要に応じて適切なプラグと交換してください。

**注意****システム表面が高温となった場合の関連するリスクを減らすには：**

- 操作中に分離膜モジュールまたは液体ラインに触れないでください。システムの表面が高温になる場合があります。

**衝撃に関連したリスクを減らすには：**

- 分離膜モジュールに配管からの負荷がかからないよう適切にシステムの設計を行い、設置してください。特に樹脂製のハウジングに対してはフランジやエンドキャップ等に負荷がかかりやすいため注意が必要です。

**環境汚染に関連するリスクを減らすには：**

- 排気は安全な方法で、製品を使用する国や地域の規制に従って適切に行う必要があります。

**分離膜モジュールの損傷に関連するリスクを減らすには：**

- 2.5x8、4x13、4x28、10x28 インチの製品について、洗浄において中空糸内側の内圧が中空糸外側の外圧を超えないようにしてください。
- 液体もしくはガスの温度が 35 °C を超えた状態で使用しないでください。

**注記**

- 分離膜モジュールの親水化リスクを減らすために、中空糸膜に界面活性剤や有機溶媒を接触させないでください。
- 分離膜モジュールにオゾン、塩素、過酸化水素、過酢酸などの酸化剤と接触させないでください。
- 分離膜モジュールは、元の箱または他の不透明な箱に格納し、直射日光が当たる場所には保管しないでください。
- 分離膜モジュールは、49 °C 以下の温度で湿度が 60 % 以下の環境で保管してください。
- 洗浄液を希釈する場合にはろ過水、脱塩素水、脱イオン水を推奨します。pH が変化すると Ca、Mg、Fe、Al などがシリカ (SiO<sub>2</sub>) と難溶性化合物を形成、沈殿が発生し、中空糸膜表面を閉塞、または損傷させる可能性があります。使用する水にこれらの化合物が含まれていないことを確認してください。

## I. 技術説明

3M™ Liqui-Cel™ 分離膜モジュールは、液体に溶解した気体や気泡を除去、および液体に気体を溶解させるための製品です。

- 分離膜モジュールの内部では、多数の細孔をもつ何千本ものポリプロピレン製の中空糸がすだれ状に編まれ、孔のあいた中心の管（以降センターチューブ）に巻き付けられています。
- 中空糸をすだれ状に編むことで、中空糸間に統一した間隔を作ることでき、液体を流す際の圧力の上昇を防いでいます。これにより、高い流量範囲まで液体を流すことが可能です。また、中空糸の表面積全体を活用できるようにしているのが特徴です。
- 中空糸は疎水性の素材を使用しているため、液体を中空糸の内外の一方に流しても液体が中空糸の孔に入り込むことはありません。また、液体側の圧力を気体側よりも高く運転しても、液体が中空糸の細孔から入り込むことはありません。
- 分離膜モジュールは細孔を持つ分離膜ですが、その分離原理は一般的な過やガス分離とは大きく異なります。分離膜モジュールの場合には液体が細孔を通過しません。従って、中空糸外側（液体）と中空糸内側（真空/スウィープガス）を直接接触させることなく、液体から脱気、もしくは液体への気体の溶解をサポートします。脱気、溶解は中空糸外側（液体）と中空糸内側（真空/スウィープガス）のそれぞれのガスの分圧の影響を受けます。
- 分離膜モジュールの単位体積あたりの有効表面積は充填カラム、強制通風脱気装置や減圧塔のような従来の脱気技術と比較すると桁違いに大きい面積を有しています。この表面積が高いことにより、同等の性能においてシステム全体をかなり小さくすることが可能です。
- また運転時に化学物質を必要としないことも特徴です。

### A. 分離膜モジュールの設計

分離膜モジュールには複数の種類があり、幅広い用途でのニーズや流量の範囲に適用することが可能です。それぞれ脱気溶解に重要な、気液接触表面積を最大化するように設計されています。

#### EXF シリーズ

中央に設置したバッフルが液体を中空糸膜全体に放射状に流す役割をします。液体は中空糸膜の外側を流れます。

#### 高圧シリーズ

EXF シリーズと同じように中心にバッフルを持っていますが、高圧用途向けにハウジングの設計が異なります。8x40 と 8x80 インチサイズ of 分離膜モジュールがこの設計を採用しています。

#### ラジアルシリーズ

液体が中空糸膜の束を放射状に横切るようにするために、出口のないセンターチューブを使用しています。1x3 と 2x6 の SP シリーズ分離膜モジュールがこの設計を採用しています。

#### MM シリーズ

液体が中空糸膜の内側を流れます。このシリーズは小型で、EXF シリーズとは異なる構造を持つため、本ガイドに記載されている操作パラメータの多くが該当しません。当社ウェブサイトの MM シリーズのスタートアップガイドを参照ください。

### B. 中空糸の選択

様々なタイプの中空糸膜の分離膜モジュールを提供しています。当社の営業担当および技術担当が、適切な中空糸膜の選択をサポートいたします。

#### 溶解

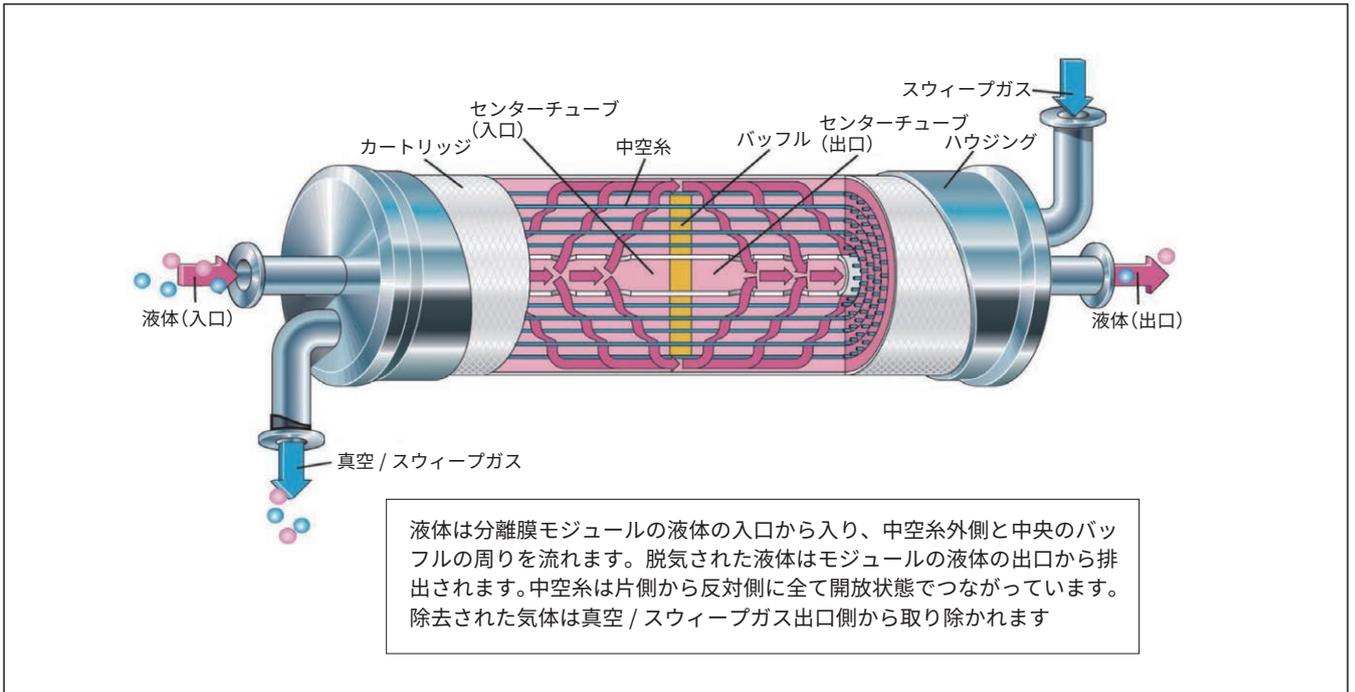
液体に気体を溶解させる場合、気体は中空糸内側（真空/スウィープガス）から中空糸外側（液体）に導入します。気体の分圧と水温に応じて、溶解する気体の量を制御することができます。

#### 脱気

液体から脱気する場合、中空糸内側を真空にするか、もしくは空気や不活性ガスを流す、あるいはガスを流しながら真空にします。気相の目的の気体の分圧を低下させることで液相に溶存している気体を取り除きます。

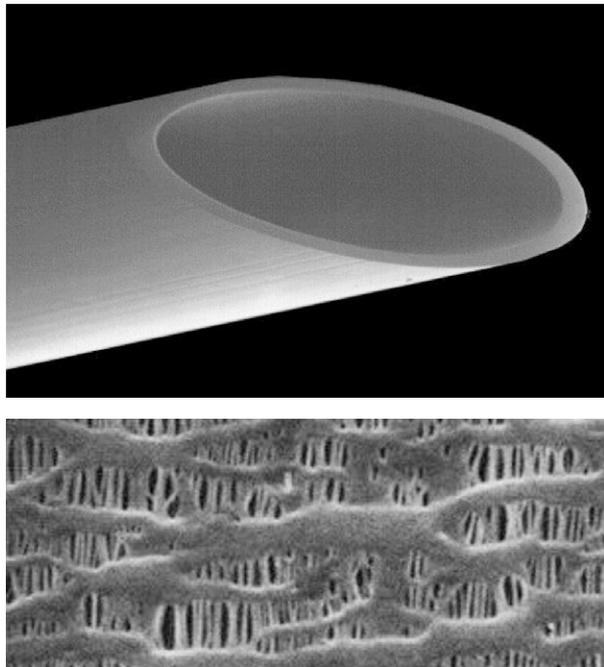
C. EXF シリーズ製品の概要図 (出入口の説明)

説明図 1 : 3M™ Liqui-Cel™ EXF シリーズ分離膜モジュール



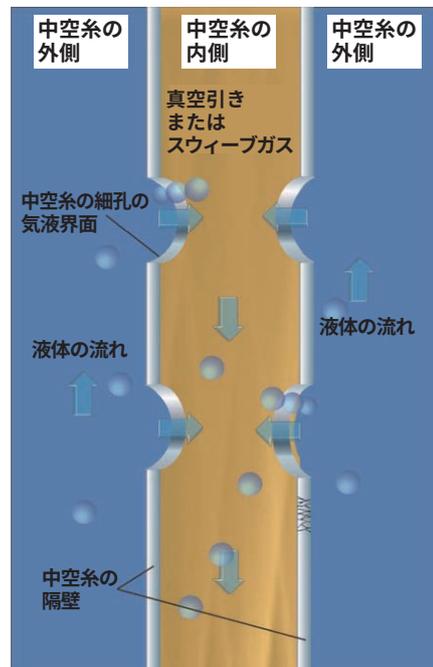
説明図 2 : 中空系膜の表面

走査電子顕微鏡 (SEM) による中空系膜の画像。下の画像では多孔質面が確認できます。



説明図 3 : ガスと液体の流れ

真空 / スウィープガスと液体の流路を示しています。



## II. 中空糸、分離膜モジュール及び関連システムの保護に関する重要情報

### 警告

破裂に関連するリスクを減らすには：

- 使用時の最大許容圧力または最高許容温度を超えないようにしてください。
- 使用する液体の最高許容温度または最大許容圧力を超えないようにしてください。
- 分離膜モジュールの内圧の上昇を防ぐため動作中にガス・真空ポート両方が閉じていないことを確認してください。
- 適切な圧力逃がし弁/安全システムを設置して、液体とガスの過剰な圧力がかかることを防止してください。

### 注意

衝撃によるリスクを低減するには：

- 分離膜モジュールに配管からの負荷がかからないよう適切にシステム的设计を行い、設置してください。特に樹脂製のハウジングに対してはフランジやエンドキャップ等に負荷がかかりやすいため注意が必要です。

分離膜モジュールの損傷に関連するリスクを低減するには：

- 2.5x8、4x13、4x28、10x28 インチの製品について、洗浄中に中空糸内側の内圧が中空糸外側の外圧を超えないようにしてください。
- 液体もしくはガスの温度が 35 °C を超えた状態で使用しないでください。
- 分離膜モジュールのすべてのプラスチック製ポート延長部に配管重量による過度な負荷がかかり、変形しないように全てのポートをサポートを行う必要があります。

注意：

- 分離膜モジュールの親水化や酸化リスクを減らすために、中空糸膜を界面活性剤や有機溶媒を接触させないでください。
- 分離膜モジュールは、元の箱または他の不透明な箱に格納し、直射日光が当たる場所には保管しないでください。
- 分離膜モジュールは、49 °C 以下の温度で湿度が 60 % 以下の環境で保管してください。
- 洗浄液を希釈する場合にはろ過水、脱塩素水、脱イオン水を推奨します。pH が変化すると Ca、Mg、Fe、Al などがシリカ (SiO<sub>2</sub>) と難溶性化合物を形成、沈殿が発生し、中空糸膜表面を閉塞、または損傷させる可能性があります。使用する水にこれらの化合物が含まれていないことを確認してください。

### 中空糸膜の保護

#### A. 一般事項

- 分離膜モジュールについて、操作中に中空糸内側 (真空/スウィープガス) の圧力が中空糸外側 (液体) の圧力を超えないようにしてください。
- 最大使用圧力または温度範囲を超えないでください。分離膜モジュールの洗浄も、最大使用圧力と温度範囲を超えない範囲でおこなってください。
- 推奨する膜間差圧を超えないようにしてください。詳細情報は 40 ページのセクション C をご確認ください。

#### B. 酸化

分離膜モジュールの中空糸膜が酸化物質に接触すると、製品寿命が短くなる場合があります。ご使用前には中空糸が酸化剤に接触する潜在リスクを評価を実施いただくよう強く推奨いたします。製品の購入者および作業者が、すべての潜在リスクの確認をしてください。

中空糸膜の酸化は、中空糸外側 (液体) もしくは中空糸内側 (真空/スウィープガス) 中に存在する様々な物質により誘発される可能性があります。参考までに、一般的な酸化物質とその相対酸化還元電位を以下に紹介します。

酸化物	相対酸化還元電位 (eV)
Fe (鉄)	3.10 eV
OH・ (ヒドロキシルラジカル)	2.80 eV
O・ (活性酸素)	2.42 eV
O <sub>3</sub> (オゾン)	2.07 eV
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (過酸化水素)	1.70 eV
Cl <sub>2</sub> (塩素)	1.36 eV

注：本リストはすべてを網羅しているものではなく、製品の購入者および作業者が、すべての潜在リスクの確認してください。酸化物は液体や気体に存在する可能性があります。

**分離膜モジュールのご使用前に、遊離塩素、オゾンおよびその他のあらゆる酸化物を水から除去しておくことを推奨します。**

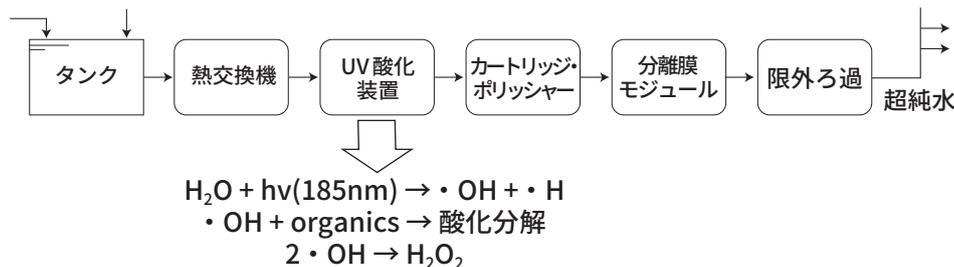
### 酸化リスクの一例

**空気中の酸素** - 分離膜モジュールの運転時に多くは、空気を中空糸膜内部に導入することがあります。特に温度が上昇した状態では、空気中に存在する酸素（酸化物）が、中空糸膜を酸化劣化させる場合があります。スウィープガスモード（ガス導入運転）にて空気を使用する場合、次の情報にご留意ください。

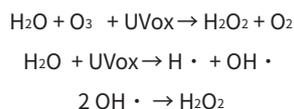
- 液温が 35 °C 超える液体では中空糸膜の酸化リスクが高まります。
- スウィープガスとして空気を使用する場合、ガスの温度が 35 °C を超えると中空糸膜の酸化リスクが高まります。

**過酸化物質とオゾン** - 過酸化物質とオゾンによる酸化のリスクがあります。過酸化物質とオゾンは、消毒剤や殺菌剤として広範囲に使用されています。例えば、上下水道の浄水過程で、溶存する被酸化炭素（DOC）の分解に使用されます。これらが液体中に存在した場合、ポリプロピレン製の中空糸膜を酸化させる可能性があります。

**ヒドロキシルラジカルとUV** - ヒドロキシルラジカルは、溶存するオゾンと比較すると半減期が短いです。より大きな酸化ダメージを引き起こす可能性を持っています。よって、分離膜モジュールは、UV照射工程やオゾン処理の工程よりも上流側に設置することを推奨します。上流側に設置できない場合でも、決して分離膜モジュールをオゾン処理やUV照射工程の直後に設置しないでください。また、UV照射工程とオゾン処理の段階から離れた下流側に設置したとしても、酸化リスクが残存します。



多くのシステムでは、UV照射工程はオゾン処理の後に使用されます。次の化学式に示すように、2つの工程により多くのヒドロキシルラジカル（OH・）とオゾン（H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>）を生成します。



スウィープガスモード（ガス導入運転）または真空モード（真空引き運転）で窒素のような**不活性ガス**を使用する場合には、以下のことにご留意ください。

**塩素** - 分離膜モジュールに使用する水、もしくは液体に高レベルの塩素が含まれている場合があります。塩素は中空糸膜の酸化を引き起こす可能性があります。あらかじめ、分離膜モジュールに流す液体からすべての塩素を除去することを推奨します。

操作モードによっては、35 °C以下の室温条件下で1 ppm以下の遊離塩素を含む水道水を使用することができる場合もあります。しかし、ある程度の酸化が起こる可能性があることもご注意ください。次の表は、塩素量の制限に関するガイドラインです。特に不規則な水の供給操作を行っているときは、中空糸膜が酸化する影響を低減するために不活性ガスを常時流してください。真空モードでは中空糸内側（真空/スウィープガス）の真空状態を維持してください。スウィープガスを使用する場合には、不活性ガスの導入を維持してください。空気の温度が35 °Cを超える場合では、中空糸膜の寿命が短くなる可能性があります。

運転モード	塩素の最大許容濃度	塩素の許容濃度
N <sub>2</sub> コンボモード（窒素導入真空引き運転）	< 1 ppm	< 0.5 ppm
Air コンボモード（空気導入真空引き運転）	< 0.1 ppm	< 0.05 ppm
Air スウィープガスモード（空気導入運転）	0 ppm	0 ppm
真空モード（真空引き運転）	< 1 ppm	< 0.5 ppm

### C. 界面活性剤および有機溶剤

ポリプロピレン製の中空糸（X40、X50、XIND）に、界面活性剤および表面張力の低い有機溶剤（アルコールなど）を使用すると、中空糸膜が親水化するので使用しないでください。仮に使用した場合には、中空糸膜を十分に洗浄、乾燥させる必要があります。

**当社が推奨しない方法で操作した場合、分離膜モジュールの製品寿命に悪影響を及ぼし、保証が無効になる場合があります。酸化、汚染、システム設計についてご質問がある場合には、当社担当者までご連絡ください。**

#### システムおよび関連設備の保全のために

中空糸膜に問題が発生した場合、気体側（中空糸内側）に液体が入ることがあります。これは、常に中空糸外側の液体の圧力を中空糸内側の気体の圧力より高く維持しているために起こります。通常の運転モードでは、大気圧下もしくは真空状態にすると、気体が中空糸内側から排出されますが、中空糸膜に問題が生じた場合には、中空糸内側から液体が流れてきます。中空糸内側から大量の液体が流れ出るような極端な場合には、液体は中空糸外側の通常の流れが停止してしまいます。分離膜モジュールの下流側の設備が損傷しないように、低圧警告スイッチまたは流体圧力スイッチの設置を推奨します。

中空糸膜に大きな問題が生じ、**真空モードもしくはコンボモード**で真空ポンプに水が入り込むような事態が起きた場合を想定して、真空ラインには液体トラップとモニタリング用の高真空圧力スイッチの設置を推奨します。ポンプやその他の主要設備の保護のために分離膜モジュールの液体出口にモニタリング用に低圧警告スイッチもしくは流体圧力スイッチの設置を推奨します。

このガイドラインで推奨しない操作を行った場合、中空糸膜の寿命が短くなり、性能が低下する場合があります。システム設計に関してご質問がある場合には、当社担当者までご連絡ください。

モニタリング用真空圧力スイッチを起動する際には、真空度を下げるため遅延が発生します。

#### 分離膜モジュールの性能を維持するには

水蒸気やその他の揮発性のガスは中空糸膜を通過するため、スウィープガスが水蒸気で飽和します。環境温度に応じて、気体側出口の配管に凝縮水が生じる可能性があります。そのため、分離膜モジュールの出口配管は、凝縮水を排水出来るように十分な距離と傾斜をつけるように設計する必要があります。水蒸気が除去されない場合には、時間の経過とともに中空糸内側に水分がたまり分離膜モジュールの性能を低下させます。凝縮する速さは液体の温度に依存し、液体の温度が高いほど、水蒸気の移動速度が高くなります。なおこの凝縮水が発生する現象は通常起こります。

### 使用方法を誤ったときの警告

ウォーターハンマー（水撃）、過加圧、分離膜モジュールの落下、エンドキャップの締め付けボルトナットの過剰な締め付けは避けてください。ボルトナットの締め付けに電動ツールを使用すると過剰な摩擦が生じ、ネジが損傷する可能性があります。14x28の分離膜モジュールをシステムに設置する場合、エンドキャップのフランジのボルト部で分離膜モジュールの重量のサポートとして使用しないでください。

中空系膜が破損すると、液体が中空系内側に入り込む可能性があります。その場合、気体側出口よりも下流側に設置した低圧警告スイッチまたは流体圧力スイッチにより、下流側の装置を保護することができます。また、何らかの原因により中空系外側に水が存在しない状況になった場合、中空系内側から中空系外側へと気体が通過することがあります。従って、圧縮ガスを使用したシステムの圧力テストを行う際には、本ガイドの表6-12に記載されている最大圧力条件内で行ってください。

## III. 運転モード

### 警告

**破裂に関連するリスクを低減するために：**

- 使用時の最大許容圧力または最高許容温度を超えないようにしてください。
- 使用する液体の最高許容温度または最大許容圧力を超えないようにしてください。
- 分離膜モジュールの内圧の上昇を防ぐため動作中にガス・真空ポート両方が閉じていないことを確認してください。
- 適切な圧力逃がし弁/安全システムを設置して、液体とガスの過剰な圧力がかかることを防止してください。

**危険電圧に関連するリスクを低減するには：**

- 真空ポンプを使用する場合には、必ずアース接続を行ってください。
- 真空ポンプシステムに適合した、ヒューズと断路器のついたブローアを必ず使用してください。
- 電気装置を使用する場合には、製品を使用する国や地域の規制、法令に従い、接続が適切かを常に確認し、必要に応じて適切なプラグと交換してください。

### 注意

**システム表面が高温となった場合の関連するリスクを減らすには：**

- 運転中のブローアに触れないでください。
- ブローアからの排気は、必ずオペレーターから離れた方向に向けてください。

**衝撃のリスクを低減するには：**

- 分離膜モジュールは常に適切に固定してください。

**分離膜モジュールの損傷に関連するリスクを低減するには：**

- 2.5x8、4x13、4x28、10x28 インチの製品について、洗浄時、中空系内側の圧力が中空系外側の圧力を超えないようにしてください。
- 液体もしくはガスの温度が35 °Cを超えた状態で、中空系膜を空気に接触させないでください。

### 注記

- 分離膜モジュールの親水化リスクを減らすために、中空系膜に界面活性剤や有機溶媒を接触させないでください。
- 分離膜モジュールは、元の箱または他の不透明な箱に格納し、直射日光が当たる場所には保管しないでください。
- 分離膜モジュールは、49 °C以下の温度、湿度 60 % の条件下で保管してください。
- 洗浄液を希釈する場合にはろ過水、脱塩素水、脱イオン水を推奨します。pHが変化するとCa、Mg、Fe、Alなどがシリカ (SiO<sub>2</sub>) と難溶性化合物を形成、沈殿が発生し、中空系膜表面を閉塞、または損傷させる可能性があります。使用する水にこれらの化合物が含まれていないことを確認してください。
- 分離膜モジュールに樹脂の継手部に過度の負荷がかかり、変形しないように適切な支持体を接続してください。

分離膜モジュールの4つの運転モードのうち1つを使用し、液体から脱気することが可能です。

- スウィープガスモード (ガス導入運転)
- 真空モード (真空引き運転)
- コンボモード (ガス導入真空引き運転)
- ブLOWERによる吸引モード (二酸化炭素除去のため)

#### A. スウィープガスモード (ガス導入運転)

##### 運転に関する注意：

液体に溶存している二酸化炭素を除去する場合に、30℃以下の圧縮乾燥空気を使用した非常に経済的な運転方法です。

**スウィープガスモード (ガス導入運転)** とは、分離膜モジュール内の液体の流れと逆向きにガス(以下スウィープガス)を流す手法です。除去対象のガスとは異なるガスをスウィープガスとして選択することにより、液相 (中空系外側) と気相 (中空系内側) の間に分圧勾配が生じ、溶存しているガスを中空系内側に移動させます。スウィープガスの純度が、液体出口での溶存気体濃度に大きく影響します。従って、油分含有量0.01mg/m<sup>3</sup>以下のISOクラス1レベル以上の品質の空気を推奨します。空気を使用する場合には、液体は空気飽和状態となります。MMシリーズ分離膜モジュールにも同様の原理が当てはまります。しかし、この場合はスウィープガスは分離膜モジュールの中空系外側を、液体は中空系内側を流れます。

##### ガス側の装置構成と操作

圧縮ガスを使用する場合について、分離膜モジュールにスウィープガスラインを組み込む際に最低限必要な機器は以下になります。(図1&2参照)：

- 圧力調整バルブ (PCV-201)
- ニードルバルブ (V-202)
- 圧力計 (PI-201)
- 流量計 (FI-201)

スウィープガスとして、圧縮ガス、または油分を含有しない圧縮乾燥空気 (二酸化炭素除去にのみ使用可能) を使用することが可能です。以下の手順に従って装置を操作してください。

1. PCV-201バルブを調整して圧力を設定します。分離膜モジュールへのガス供給圧は0.7 kg/cm<sup>2</sup> (0.07 MPa) 以下に調整することを推奨します。  
**注:** 分離膜モジュールの液体の圧力はスウィープガスの圧力より高く設定しなければなりません。また膜間差圧の設定を超えないようにしてください。詳細はセクションCをご確認ください。スウィープガスの推奨圧力よりも高い状態で操作を行う場合には、液体の圧力も常に維持する必要があります。スウィープガスの圧力が0.7 kg/cm<sup>2</sup> (0.07 MPa) を超えた状態で、液体の圧力が低下する、もしくは停止する場合には、膜間差圧が制限値を超え、分離膜モジュールが損傷する可能性があります。
2. FI-201 流量計の目盛りを読みながらV-202バルブを調整して、スウィープガス総流量を推奨値に設定します。
3. それぞれの分離膜モジュールに、新しいスウィープガスを導入します。
4. 操作エリアが酸欠にならないように、解放領域に排気するなど適切な排気してください。
5. 圧縮乾燥空気を使用する場合には、油分を含有しない空気をご使用ください。高純度が求められる用途では、PCV-201バルブの前に0.2 μmのろ過精度のフィルタを設置することを強く推奨します。通常の工業用の用途には1.0 μmのろ過精度のフィルタで十分です。

二酸化炭素を除去する際に、圧縮ガスもしくは圧縮乾燥空気が使用できない場合には、空気スウィープガスの生成に、ブLOWERによる吸引モード (二酸化炭素除去のため) としてブLOWERを使用する場合があります。当社でサイズ決定のためのシミュレーションを用意しております。これを利用して、ガス側の差圧を試算することができますので、これを元にブLOWERの種類を決定してください。ブLOWERを使用する場合には、上記の手順2、3に従ってください。

**注:** ブLOWERの温度は35℃以下で使用ください。35℃よりも空気の温度が高くなると、中空系に影響を及ぼす可能性があり、分離膜モジュールの下部からのブLOWERを使用するよう推奨しています。追加情報は、セクションCのコンボモード (ガス導入真空引き運転) をご確認ください。

表1：二酸化炭素除去の一般的な空気スweepガス要件

分離膜モジュール	空気スweepガスモード (Nm <sup>3</sup> /hr)
2.5x8	0.4 - 2.0
4x13	1.6 - 7.9
4x28	1.6 - 15.8
6x28	3.2 - 15.8
8x20 PVCハウジング	4.7 - 23.7
8x20 ステンレスハウジング	該当なし
8x40	7.9 - 31.7
8x80	推奨せず
10x28	7.9 - 47.5
14x28	15.8 - 79.1
14x40	推奨せず

\* 表示の値は、一般的なスweepガス流量を表していますが、分離膜モジュールはより高いスweepガス流量での運転も可能です。

液体側の装置構成と操作については、セクションIVの「システム設計の一般ガイドライン」をご確認ください。

図 1：スウィープガスモード（ガス導入運転）、分離膜モジュール2本直列配置、縦置ききの配管・計装例

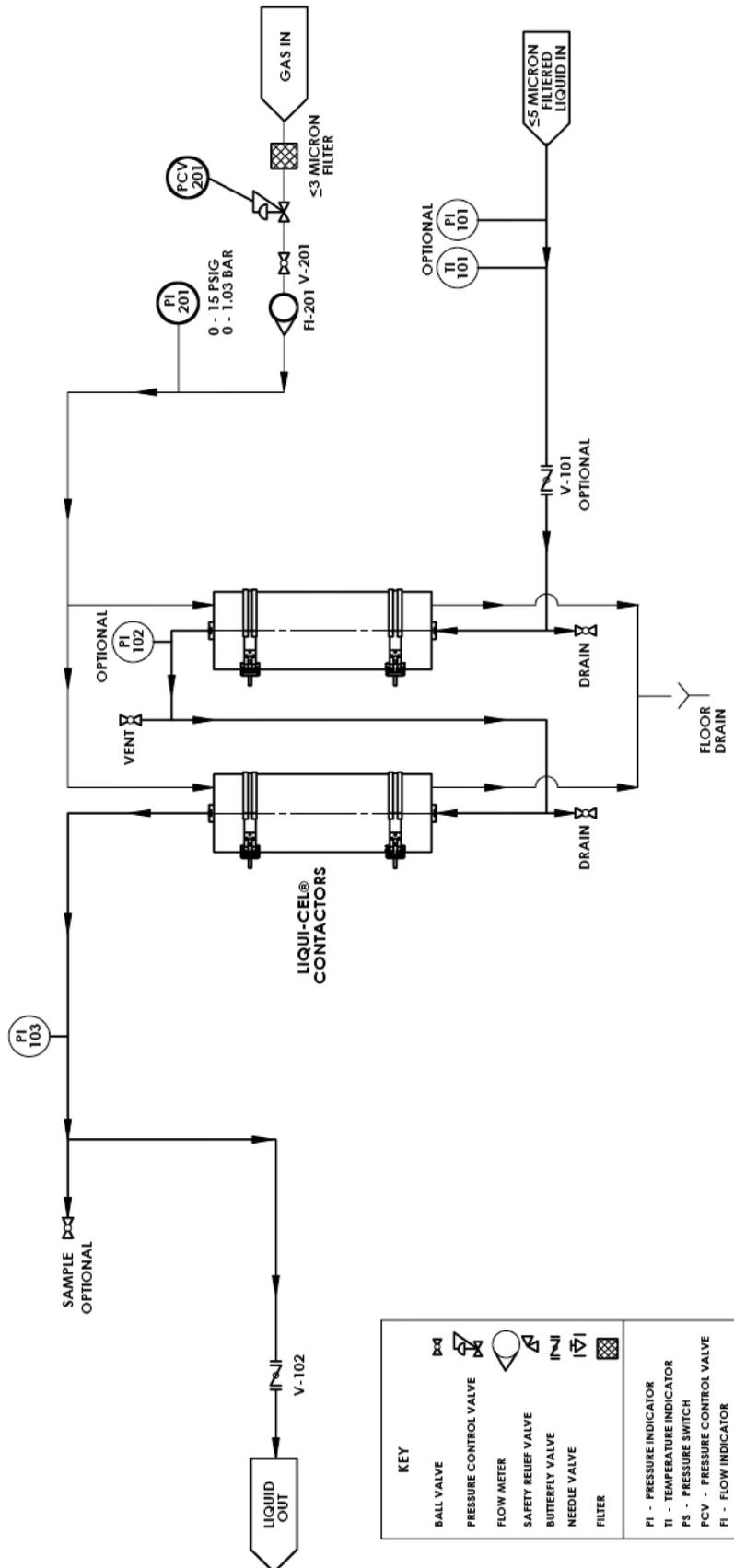
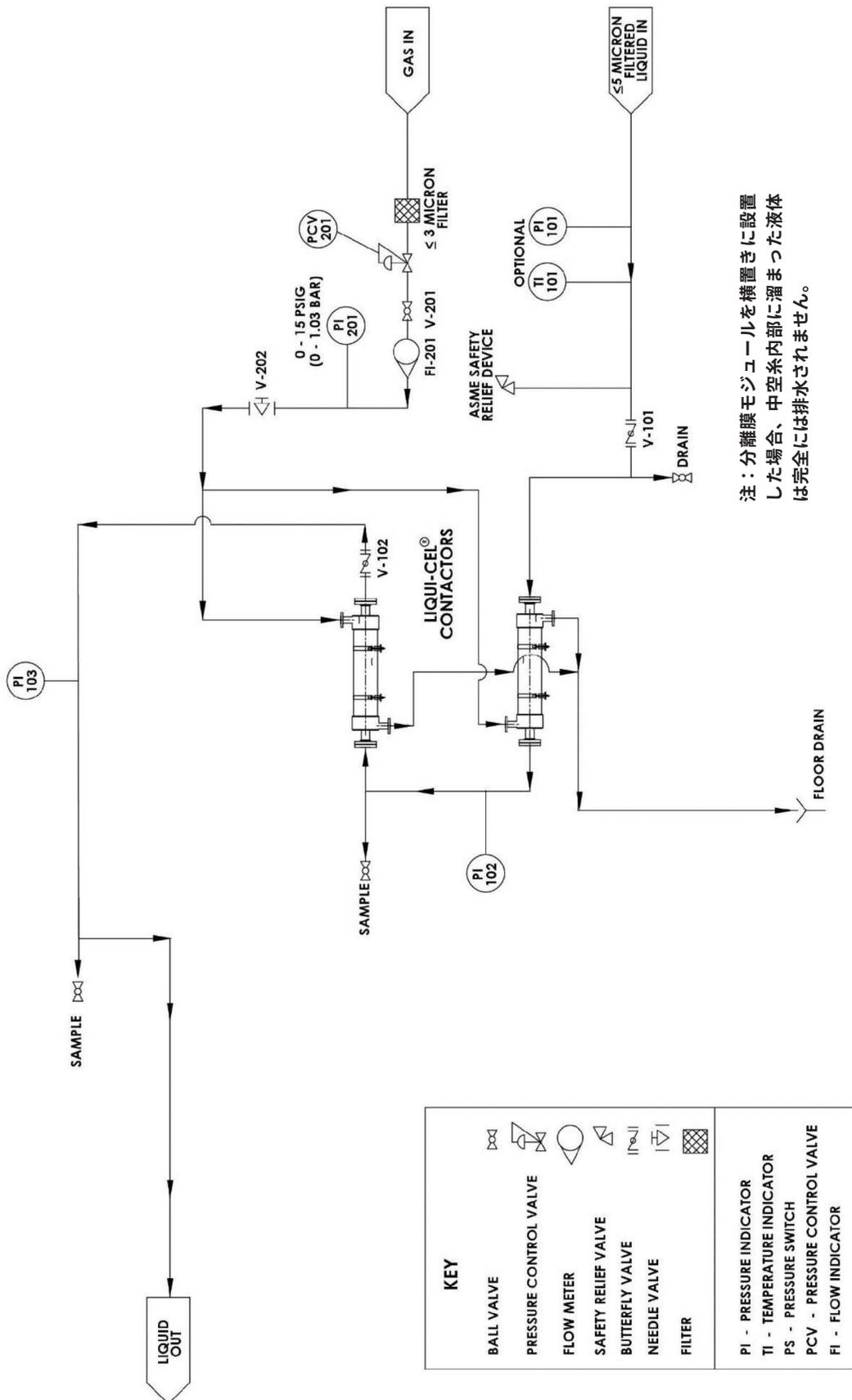


図 2：スウィープガスモード（ガス導入運転）、分離膜モジュール2本直列配置、横置ききの配管・計装例



## B. 真空モード (真空引き運転)

### 運転に関する注意：

真空引き運転は、溶存酸素などの溶存気体の制御と除去に推奨します。

**真空モード**は、分離膜モジュールの中空系内側を真空にする運転方法です。ガスの効率的に分離させるため、両方の中空系内側の接続口から真空引きをします。中空系内側が真空になると、液相(中空系外側)と気相(中空系内側)の間に分圧勾配が生じ、液体に溶存している気体が中空系外側から内側に移動します。これらのガスは、真空ポンプにより外部に排出されます。従って、脱気の効率は真空度に影響を受けます。真空度が高いほど、液体出口の溶存気体濃度は低くなります。**表2**は、異なる真空度における出口側酸素濃度の一例です。MM シリーズ分離膜モジュールにも同様の原理が当てはまります。しかし、この場合は分離膜モジュールの中空系外側を真空引きし、液体は中空系内側を流れます。

### 真空モード時の溶存酸素の出口側濃度

真空度がどのように性能に影響するかを下記の表に示します。真空度以外の運転条件は全て同一です。

表2：異なる真空度における出口側溶存酸素濃度の一例

真空度 (絶対真空、760 mmHgの大気圧と仮定)	100 mmHg	74 mmHg	50 mmHg	36 mmHg
出口溶存酸素濃度 (代表例) [ppb]	1345	1015	560	345

条件：4x28(中空系X40)の分離膜モジュール2本を直列に設置

流量 4.5 m<sup>3</sup>/hr

気温 25 °C

分離膜モジュールに導入した水の溶存酸素量と窒素量は、通常の空気飽和条件に基づくものと仮定として計算しています。

### 真空側の装置構成と操作

分離膜モジュールに真空引きラインを組み込む際に最低限必要な機器は以下になります (図3、4、5、6、7を参照)

- 真空液体トラップ (オプション、装置構成により、液体トラップが不要な場合もあります)
- 真空度インジケータ (PI-301)
- 逆止弁 (V-302)

以下の手順に従って装置を操作してください。

真空ポンプの起動には、製造元の取扱説明書に従って操作してください。

1. V-301 バルブを開きます。
2. 真空ポンプの電源をオンにします。
3. 液体の入口側バルブ、V-101をゆっくりと開きます。

真空モード、コンボモードにおいて、特にこの真空側のシステム設計 (配管と真空ポンプ) が分離膜モジュールの脱気効率に大きく影響します。真空システム設計時には、以下の推奨事項をしっかりと守っていただくことが大切です。

## 1. 配管

- 用途にあわせて、真空ラインの配管サイズを設計します。真空ラインに空気が入り込まないようにするため、ネジ、シールテープ、配管シール剤は厳重に注意して使用してください。空気の漏れは、脱気効率に大きく影響します。
- 長い配管やループ形状は避け、エルボやその他圧力損失の原因となるものの使用は最小限にとどめてください。
- 真空配管は、装置全体の蒸気負荷に対応するよう設計してください。

水蒸気や揮発性のガスは中空糸膜を通り抜けるため、中空糸内側は水蒸気で飽和状態になります。周囲の環境温度により中空糸内側のガス側の出口に凝縮水が生じることがあります。そのため、凝縮水が分離膜モジュールと配管から容易に除去できるように、ガス側の配管は分離膜モジュールから下方に傾斜をつけることを推奨します。水蒸気が中空糸の中に滞在したままであると時間の経過とともに凝縮水となり、真空ポンプの性能を低下させ、分離膜モジュールの性能に影響します。凝縮量は液体の温度に依存します。液体の温度が高いほど、中空糸内側へ透過する水蒸気量が大きくなります。なお、この凝縮水の発生は正常に使用して頂いても発生するものです。

## 2. 真空ポンプの種類とサイズ決定

- 当社担当者より情報を提供しております、サイズ決定のためのシミュレーションプログラムをご利用頂いて、真空ポンプの排気量を試算します。真空排気量 (m<sup>3</sup>/hr)、水蒸気負荷量、真空度により、真空ポンプを決定します。
- 水封式真空ポンプのご使用を推奨します。水封式真空ポンプのメーカーは多くございますが、システムの要件に適した真空装置を選択してください。真空ポンプ、液体トラップ、逆止弁、エア抜き弁、計器、補給水ラインを含む真空装置一式を真空ポンプメーカーに確認してご用意ください。

液体側の装置構成と操作については、セクションIVの「システム設計の一般ガイドライン」をご確認ください。

### 警告および設備の保全について

あまり起こることはありませんが、中空糸が破損すると、真空モードもしくはコンボモードでは中空糸外側を流れる液体が中空糸内側に入り込み、真空ポンプに水が流れ込みます。そのため、真空側の配管には液体トラップと高真空圧力スイッチの設置を推奨します。また、分離膜モジュールの液体側の出口に、低圧警報装置またはフロー開閉器の設置も推奨します。

図3：真空モード（真空引き運転）、分離膜モジュール2本直列配置、縦置ききの配管・計装例

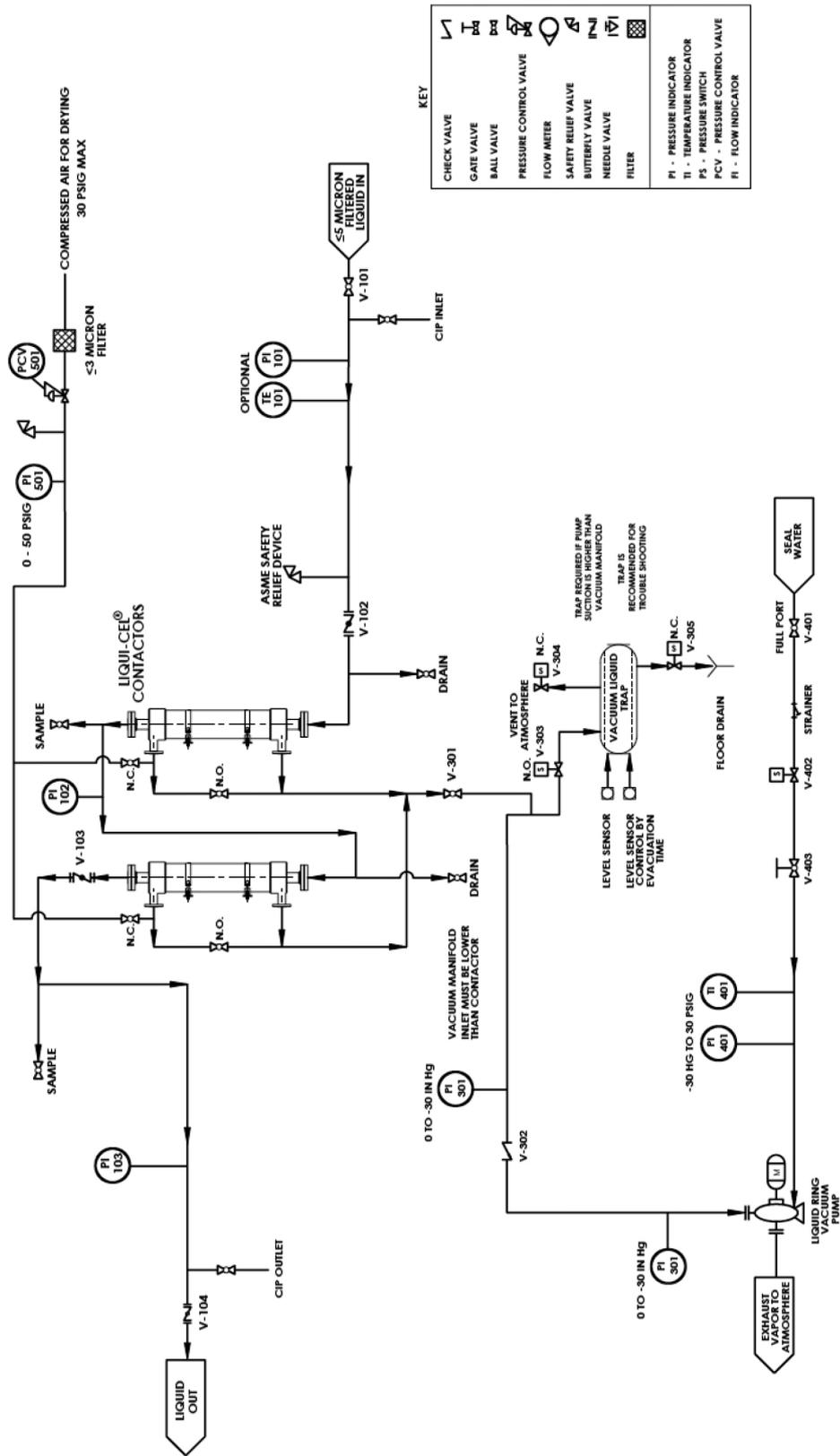
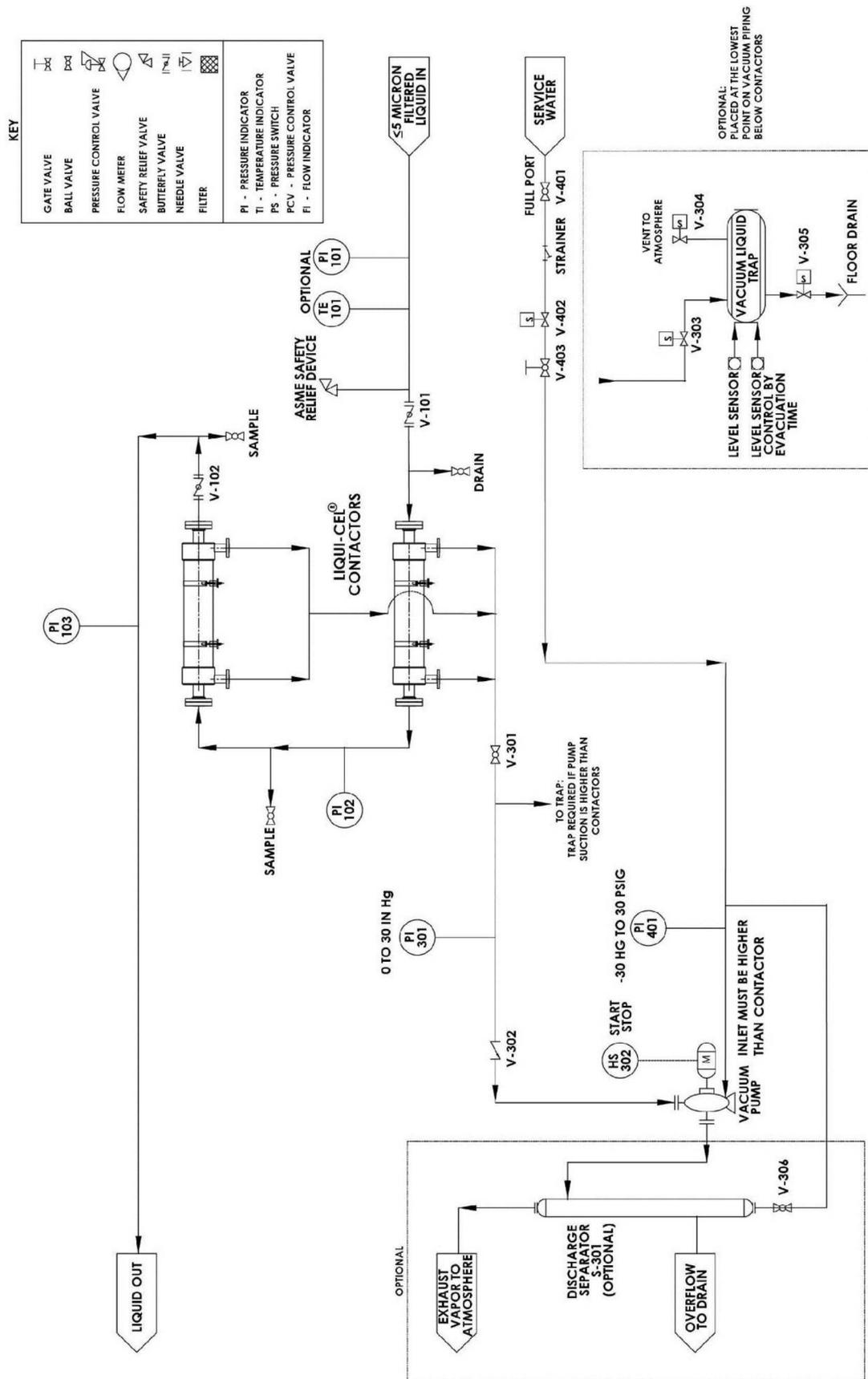


図4：真空モード（真空引き運転）、分離膜モジュール2本直列配置、横置ききの配管・計装例



### C. コンボモード (ガス導入真空引き運転)

#### 運転に関する注意：

水中の溶存酸素濃度もしくは溶存二酸化炭素濃度を低濃度にするためには、スウィープガスを補助とした真空引き運転が最も効率の良い方法になります。

**コンボモード (ガス導入真空引き運転)** は分離膜モジュールの中空糸の内側の一方からスウィープガスを供給し、もう一方を真空ポンプに接続する方法です。スウィープガスは真空引きライン中のガスの移動や希釈させる役目を果たします。一般的に推奨される真空度は、海面における絶対真空で50から100 mmHgになります。

#### スウィープガス側と真空側の装置構成と操作

##### スウィープガス側：

分離膜モジュールにスウィープガスラインを組み込む際に最低限必要な機器は以下になります (図5、6、7参照)

- 圧力調整バルブ (PCV-201)、圧縮ガスをスウィープガスとして使用する場合に必要
- ニードルバルブ (V-202)
- 圧力計 (PI-201)、圧縮ガスをスウィープガスとして使用する場合に必要
- 流量計 (FI-201)

スウィープガスとして、圧縮ガス、または油分を含有しない圧縮乾燥空気 (二酸化炭素除去にのみ使用可能) を使用することが可能です。以下の手順に従って装置を操作してください。

1. 真空モードに記載の通り真空ポンプを起動してください。
2. PCV-201 を調整してスウィープガスの供給圧を0.07 kg/cm<sup>2</sup> 以下 (0.007 MPa 以下) に調整します。
3. FI-201 流量計の目盛りを読みながらV-202バルブを調整して、スウィープガス総流量を推奨値に設定します。
4. それぞれの分離膜モジュールに、新しいスウィープガスを導入します。
5. 圧縮乾燥空気を使用する場合には、油分を含有しない空気をご使用ください。高純度が求められる用途では、PCV-201バルブの前に0.2 μmのろ過精度のフィルタを設置することを強く推奨します。通常の工業用の用途には1.0 μmのろ過精度のフィルターで十分です。

ニードルバルブ (V-202) は、スウィープガスの入口ラインのうち、分離膜モジュールとスウィープガス流量計の間に設置します。これにより、流量計は陽圧の状態で作動することができ、流量計から空気がガスラインへ漏れ込む可能性を避けることができます。

**注：二酸化炭素の除去では、室内空気を分離膜モジュールに引き込むブロワーの吸引運転を利用する場合、周囲の大気を使用することができます。詳しい操作内容は次のセクションDを確認してください。大気を使用する場合には、PCV-201は不要です。**

##### 真空側：

分離膜モジュールに真空引きラインを組み込む際に最低限必要な機器は以下になります (図5、6、7参照)：

- 真空液体トラップ (オプション、装置構成により、液体トラップが不要な場合もあります)
- 真空度インジケータ (PI-301)
- 逆止弁 (V-302)

真空モード、コンボモードにおいて、特にこの真空側のシステム設計 (配管と真空ポンプ) が分離膜モジュールの脱気効率に大きく影響します。真空システム設計時には、以下の推奨事項をしっかりと守っていただくことが大切です。

#### 1. 配管

- 用途にあわせて、真空ラインの配管サイズを設計します。真空ラインに空気が入り込まないようにするため、ネジ、シールテープ、配管シール剤は厳重に注意して使用してください。空気の漏れは、脱気効率に大きく影響します。
- 長い配管やループ形状は避け、エルボやその他圧力損失の原因となるものの使用は最小限にとどめてください。
- 真空配管は、装置全体の蒸気負荷に対応するよう設計してください。

水蒸気や揮発性のガスは中空糸膜を通り抜けるため、中空糸内側は水蒸気で飽和状態になります。周囲の環境温度により中空糸内側のガス側の出口に凝縮水が生じることがあります。そのため、凝縮水が分離膜モジュールと配管から容易に除去できるように、**ガス側の配管は分離膜モジュールから下方に傾斜をつけることを推奨します**。水蒸気が中空糸の中に滞在したままにすると時間の経過とともに凝縮水となり、真空ポンプの性能を低下させ、分離膜モジュールの性能に影響します。凝縮量は液体の温度に依存します。液体の温度が高いほど、中空糸内側へ透過する水蒸気量が大きくなります。なお、この凝縮水の発生は正常に使用して頂いても発生するものです。中空糸内側に下向きに高流量のスイープガスもしくは空気を5～30分流すことで、中空糸内部から水蒸気を取り除きやすくなります。

6x28インチサイズより小さい小型の分離膜モジュールにおいて、低流量でのスイープガスモードもしくはコンボモードで運転する場合、当社では液体の流れが上向きで、スイープガスが下向きに流れるよう分離膜モジュールを縦置きに設置する方法を推奨しています。分離膜モジュールを縦置きにした状態で、下向きにスイープガスを流すことで、中空糸内側に凝縮水がない状態を保ちやすくします。

## 2. 真空ポンプの種類とサイジング決定

- 当社担当者より情報を提供しております、サイジングのためのシミュレーションをご利用頂いて、真空ポンプの排気量を試算します。真空排気量 (m<sup>3</sup>/hr)、水蒸気負荷量、真空度により、真空ポンプを決定します。
- 水封式真空ポンプのご使用を推奨します。水封式真空ポンプのメーカーは多くございますが、システムの要件に適した真空装置を選択してください。真空ポンプ、液体トラップ、逆止弁、エア抜き弁、計器、補給水ラインを含む真空装置一式を真空ポンプメーカーに確認してご用意ください。(図5、6、7参照)

表3：コンボモードにおける分離膜モジュール1本あたりの標準的なスイープガスの流量範囲\*

スイープガスの種類 分離膜モジュール	空気の推奨流量 Nm <sup>3</sup> /hr	窒素の推奨流量 Nm <sup>3</sup> /hr
2.5x8	0.1 – 0.4	0.03 – 0.16
4x13	0.3 – 1.6	0.2 – 0.8
4x28	0.3 – 3.2	0.2 – 1.6
6x28	0.6 – 3.2	0.2 – 1.6
8x20 PVCハウジング	0.8 – 7.9	使用できません
8 x 20 ステンレスハウジング	使用できません	0.3 – 1.6
8x40	1.6 – 6.3	0.6 – 1.3
8x80	推奨せず	0.8 – 1.6
10x28	3.2 – 15.8	0.6 – 1.6
14x28	4.7 – 23.7	0.8 – 1.6
14x40	推奨せず	0.8 – 1.6

\* 表示の値は、一般的なスイープガス流量を表していますが、より高いスイープガス流量での運転も可能です。

液体側の装置構成と操作については、セクションIVの「システム設計の一般ガイドライン」をご確認ください。

### 警告および設備の保全について

あまり起こることはありませんが、中空糸が破損すると、**真空モードもしくはコンボモード**では中空糸外側を流れる液体が中空糸内側に入り込み、真空ポンプに水が流れ込みます。そのため、真空側の配管には液体トラップと高真空圧力スイッチの設置を推奨します。また、分離膜モジュールの液体側の出口に、低圧警報装置またはフロー開閉器の設置も推奨します。

図 5：コンボモード (ガス導入真空引き運転)、分離膜モジュール2本直列配置、縦置ききの配管・計装例

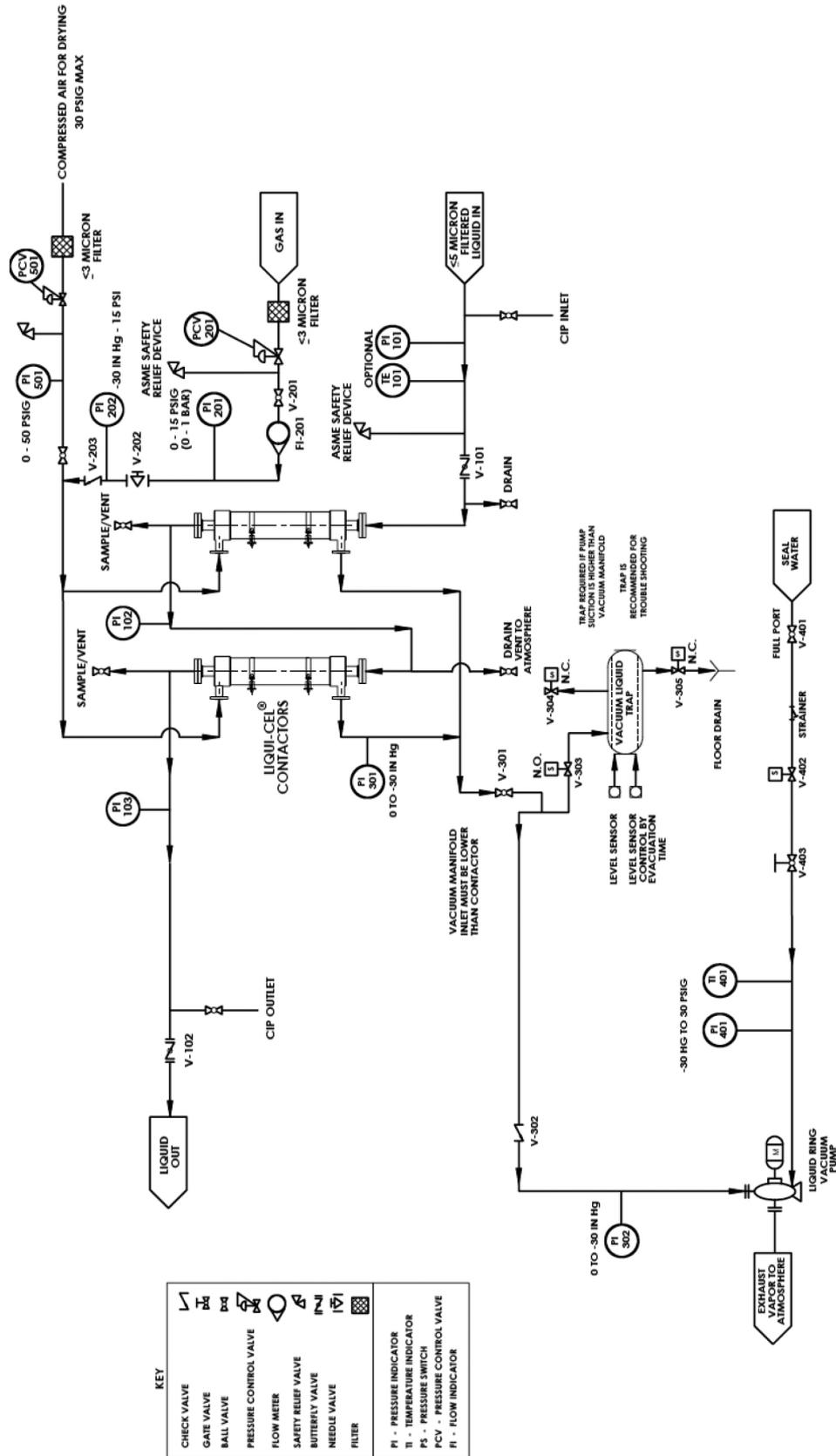


図 6：コンボモード (ガス導入真空引き運転)、分離膜モジュール2本直列配置、横置ききの配管・計装例

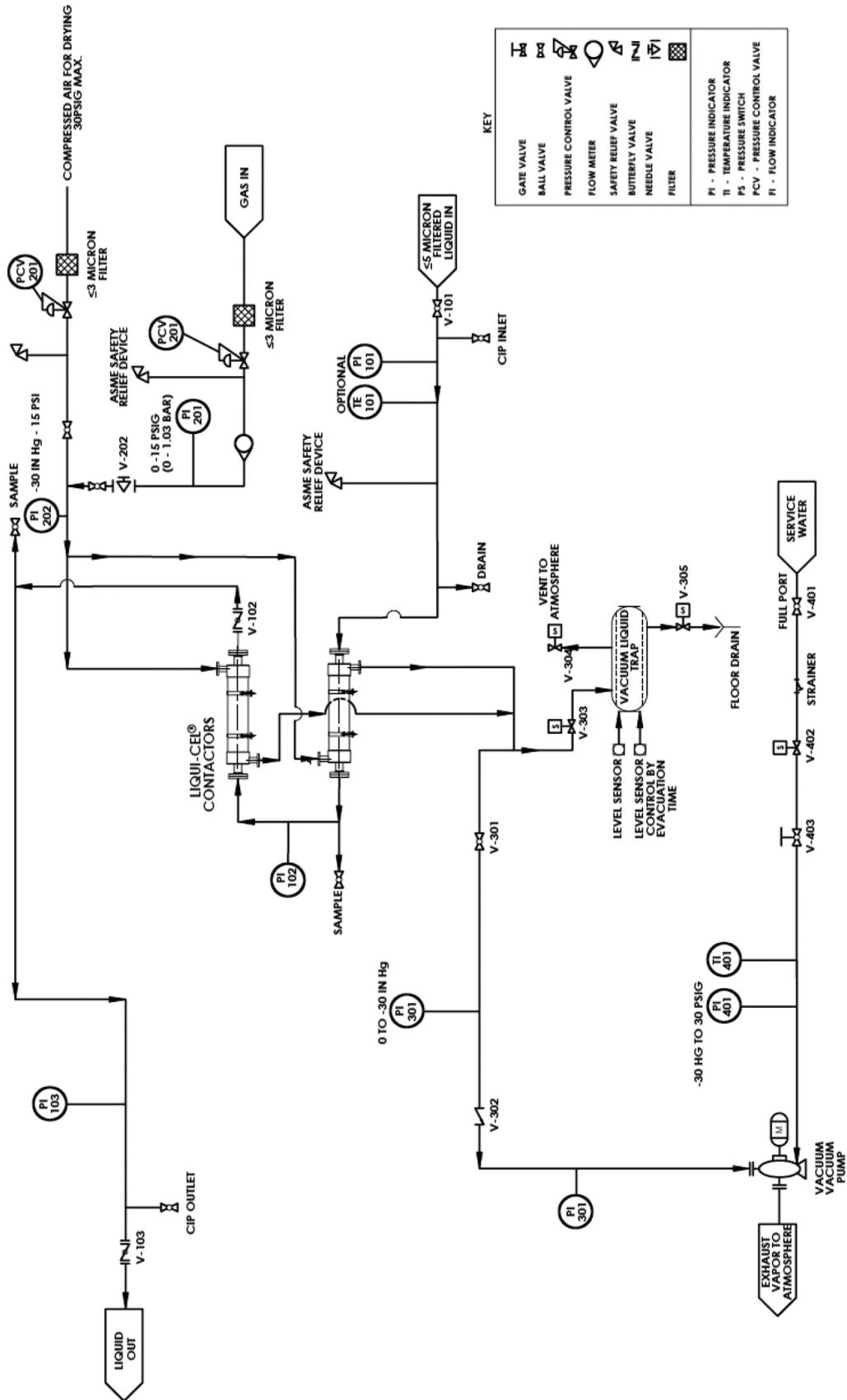
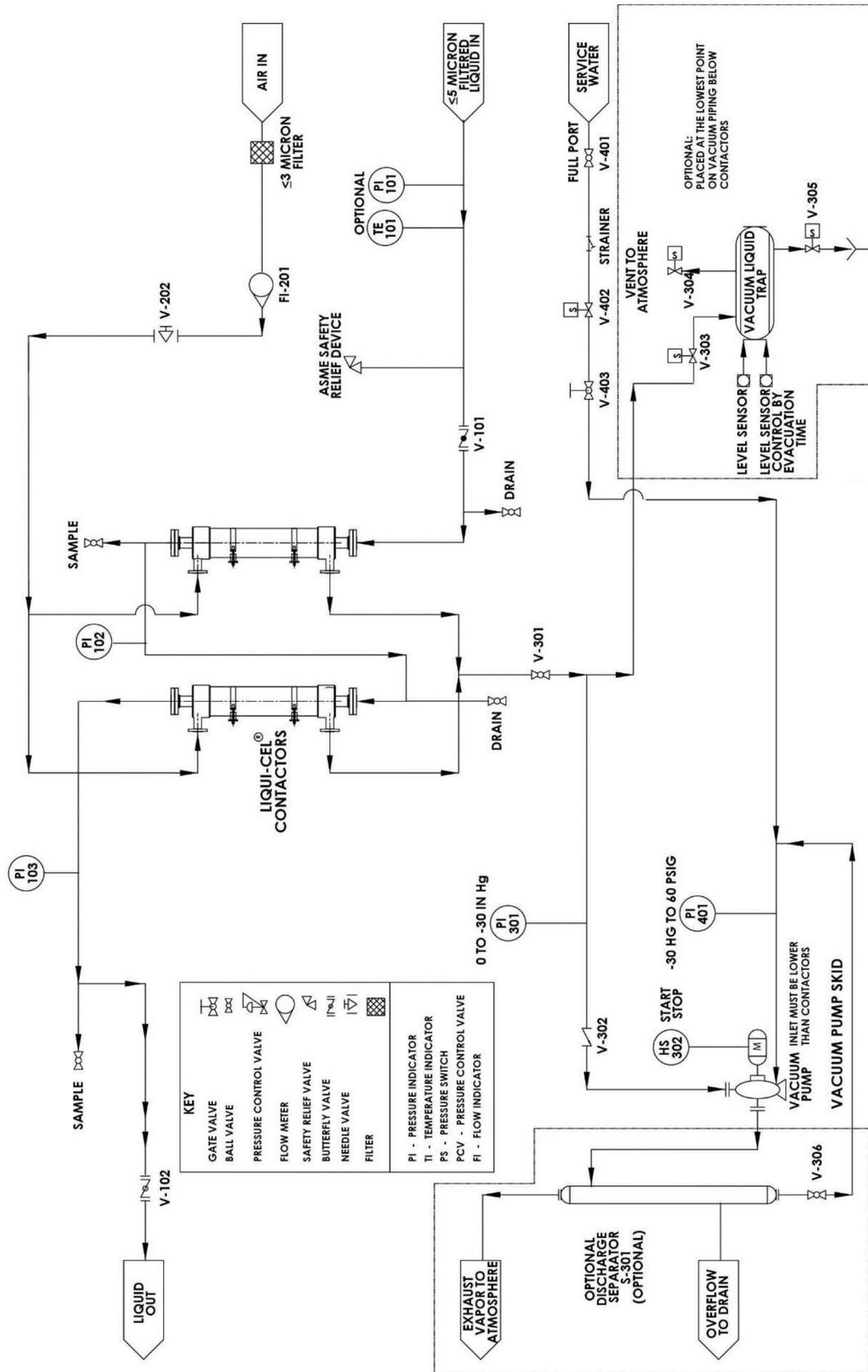


図 7：コンボモード (大気スweepガス導入真空引き運転)、分離膜モジュール2本直列配置、縦置ききの配管・計装例



#### D. ブロワーによる吸引モード (二酸化炭素除去のため)

ブロワーによる吸引運転を使用し、二酸化炭素の除去に大気を引き込む方法は、圧縮空気を使用するスウィープガスモードと比較して低コストな代替手段になります。注意点としては、ブロワーの排気管は、分離膜モジュールの空気の入口から離れた場所へと設置することが非常に重要となります。この方法を使用すると水中に溶存する二酸化炭素濃度を 5 ppm まで引き下げることができます。より低濃度の濃度まで脱気したい場合、コンボモード (ガス導入真空引き運転) で 1 ppm 以下まで除去することが可能です。

#### ガス側の装置構成と操作：

ブロワーによる吸引運転を利用して大気を分離膜モジュールへと供給する場合について、分離膜モジュールにスウィープガスラインを組み込む際に最低限必要な機器は以下になります。(図 8 & 9 参照)：

- ニードルバルブ (V-202)
- 流量計 (FI-201)
- 液体トラップ
- ろ過精度が 1  $\mu\text{m}$  以下のエアフィルタ

以下の手順に従って装置を操作してください。

1. ブロワーを起動します。
2. 大気の流れを設定します。
3. 分離膜モジュールに通水します。

#### 液体側の装置構成：

大気を引き込みながらブロワーによる吸引運転をする場合について、最低限必要な機器は以下になります。(図 8 & 9 参照)：

- 圧力計 入口/出口側
- 遮断バルブ
- 試料採取バルブ
- 排水バルブ

システム設計が分離膜モジュールの脱気効率に大きく影響します。ブロワーによる運転の設計時には、以下の推奨事項をしっかりと守っていただくことが大切です。

## 1. 配管

- 長い配管やループ形状は避け、エルボやその他圧力損失の原因となるものの使用は最小限にとどめてください。
- ブロワーの保護：水蒸気は、分離膜モジュールの液体側から気体側へ移動します。水蒸気がブロワーに影響を及ぼし破損しないように、分離膜モジュールの気体側出口とブロワーの間に、ドレン付きの液体分離器の取付けをお勧めします。

## 2. ブロワーの種類とサイジング決定

- 当社担当者より情報を提供しております、サイジングのためのシミュレーションをご利用頂いて、空気のスイープガス量と圧力を試算します。空気スイープガス量 (m<sup>3</sup>/hr)、圧力 (mmHg 水柱) により、ブロワーのサイズを決定します。
- 渦流ブロワーを推奨します。ブロワーのメーカーは多くございますが、アプリケーションに適したものを選択してください。

表 4：ブロワーによる吸引モードで使用する場合のスイープガス流量範囲

1本の分離膜モジュールあたりの一般的な空気スイープガス流量	
分離膜モジュール	m <sup>3</sup> /hr
4x13	1.6 – 7.9
4x28	1.6 – 15.8
6x28	3.2 – 15.8
8x20	4.7 – 23.7
10x28	7.9 – 47.5
14x28	15.8 – 79.1

図 8：ブローワーによる吸引モード、分離膜モジュール2本直列配置、縦置ききの配管・計装例

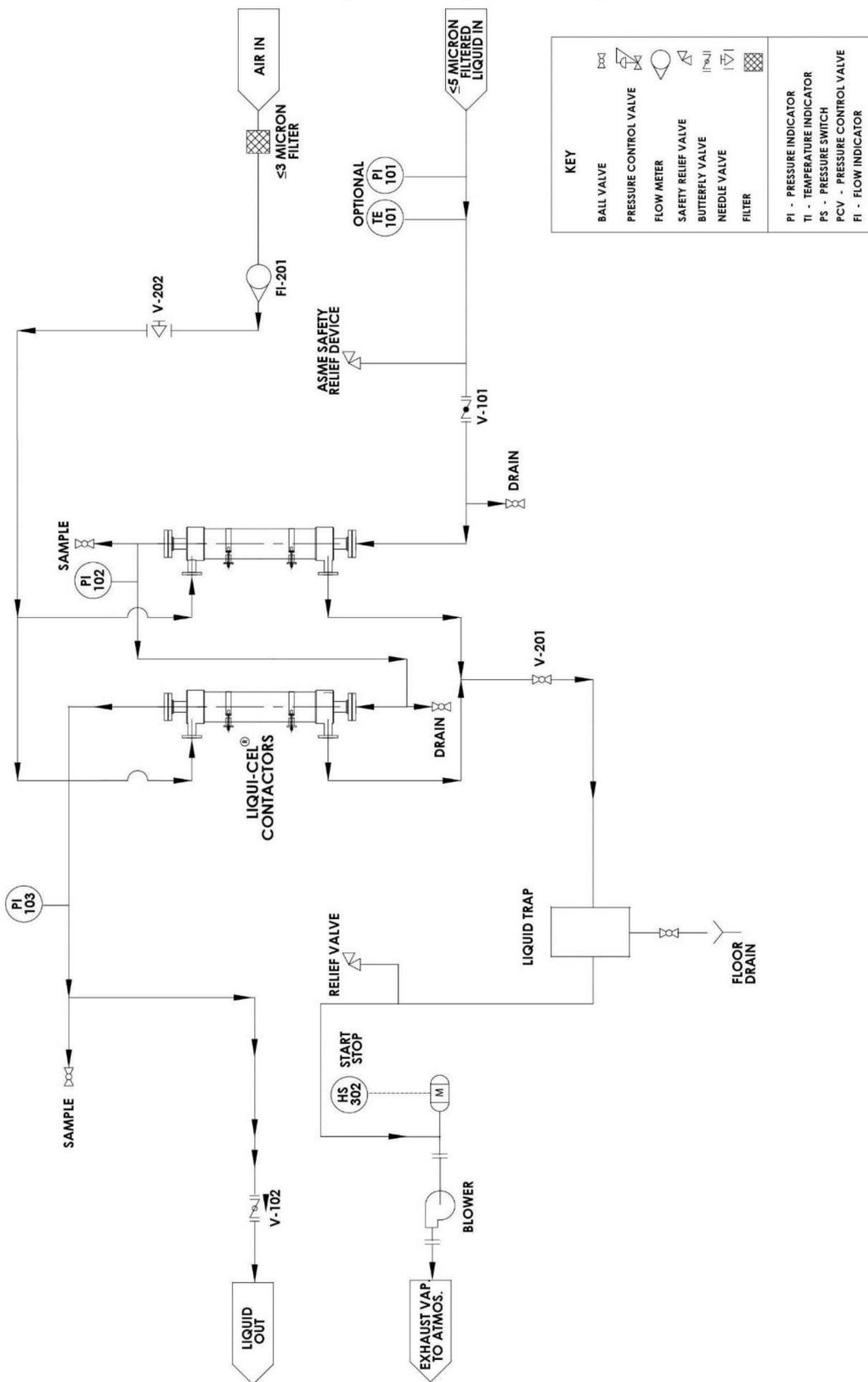
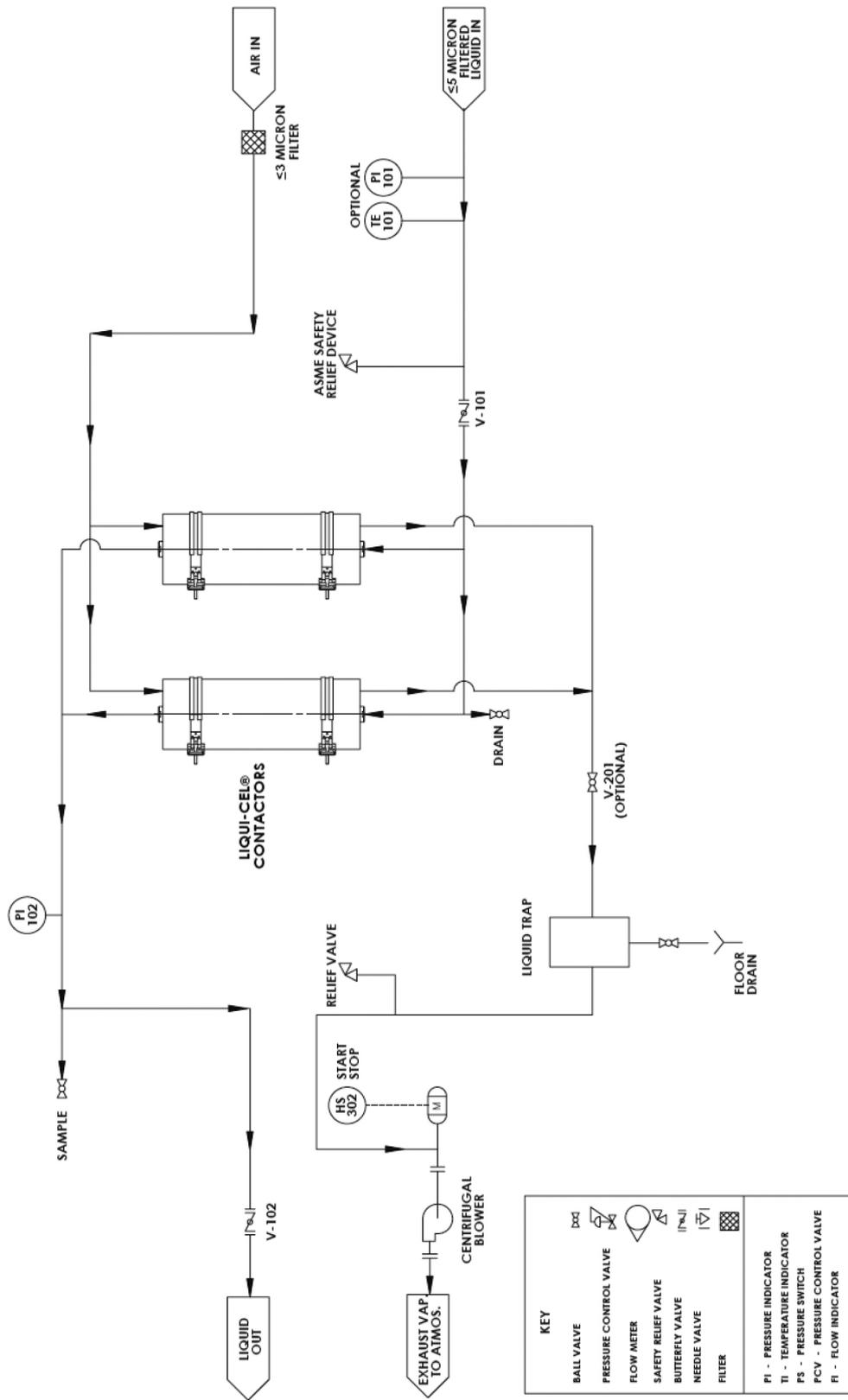


図 9：ブローによる吸引モード、分離膜モジュール2本並列設置、縦置ききの配管・計装例



## IV. システム設計の一般的ガイドライン

以下のガイドラインは液体から脱気する場合に適用されます。

### 警告

**破裂に関連するリスクを減らすには：**

- 使用時の最大許容圧力または最高許容温度を超えないようにしてください。
- 使用する液体の最高許容温度または最大許容圧力を超えないようにしてください。
- 分離膜モジュールの内圧の上昇を防ぐため動作中にガス・真空ポート両方が閉じていないことを確認してください。
- 適切な圧力逃がし弁 / 安全システムを設置して、液体とガスの過剰な圧力がかかることを防止してください。

**危険電圧に関連するリスクを低減するには：**

- 真空ポンプを使用する場合には、必ずアース接続を行ってください。
- 真空ポンプシステムに適した、ヒューズと断路器のついたブロワーを必ず使用してください。
- 電気装置を使用する場合には、製品を使用する国や地域の規制、法令に従い、接続が適切かを常に確認し、必要に応じて適切なプラグと交換してください。

### 注意

**システム表面が高温となった場合の関連するリスクを減らすには：**

- 操作中に分離膜モジュールまたは液体ラインに触れないでください。システムの表面が高温になる場合があります。
- 運転中のブロワーに触れないでください。
- ブロワーからの排気は、必ずオペレーターから離れた方向に向けてください。
- 熱殺菌サイクル中の分離膜モジュールには触れないでください。分離膜モジュールの表面を冷却するに十分な時間をおいてください。

**損傷に関連するリスクを減らすには：**

- 分離膜モジュールに配管からの負荷がかからないよう適切にシステムの設計を行い、設置してください。特に樹脂製のハウジングに対してはフランジやエンドキャップ等に負荷がかかりやすいため注意が必要です。

**破損に関連するリスクを低減するには：**

- すべての分離膜モジュール、2.5x8、4x13、4x28 および 10x28 について、洗浄中に中空糸膜内側の圧力が中空糸膜外側の圧力を超えないようにしてください。
- 液体もしくはガスの温度が 35 °C を超えた状態で、中空糸膜を空気に接触させないでください。
- 分離膜モジュールのすべてのプラスチック製ポート延長部に配管重量による過度な負荷がかかり、変形しないように全てのポートへサポートを行う必要があります。

### 注記

- 分離膜モジュールの親水化リスクを減らすために、中空糸膜に界面活性剤や有機溶媒を接触させないでください。
- 洗浄液を希釈する場合にはろ過水、脱塩素水、脱イオン水を推奨します。pH が変化すると Ca、Mg、Fe、Al などがシリカ (SiO<sub>2</sub>) と難溶性化合物を形成、沈殿が発生し、中空糸膜表面を閉塞、または損傷させる可能性があります。使用する水にこれらの化合物が含まれていないことを確認してください。

### 重要事項

- 8x80 インチの分離膜モジュールのみに該当 - カートリッジの交換を可能にするため、分離膜モジュールの両端に十分なスペースを確保してください。
- 8x20 インチの PVC 分離膜モジュールのみ該当 - 可能な限り、金属製治具の使用を避けてください。中空糸内側 (真空 / スウィープガス) の接続は、手作業によるかみ合わせの締め付けは、3 回転を超えないよう推奨しています。

### A. フローパターンの構成

#### 1. 直列 (シリーズ) 配置および並列 (パラレル) 配置の決定

分離膜モジュールごとに、最大流量が設定されています。システムの流量が個々の分離膜モジュールの流量を超える場合、複数の分離膜モジュールを並列に配置する必要があります。並列にする分離膜モジュール数を決定する場合には、システムの全流量を表 5 の最大流量を参照して計算してください。

表5：分離膜モジュールの最小および最大流量

分離膜モジュール	最小流量 [m <sup>3</sup> /hr]	最大流量 [m <sup>3</sup> /hr]
2.5x8 EXF シリーズもしくは SP シリーズ	0.1	0.7
4x13 EXF シリーズ	0.5	3.4
4x13 SP シリーズ	0.2	3.4
4x28 EXF シリーズ	0.9	6.8
4x28 SP シリーズ	1.1	6.8
6x28 EXF シリーズ	1	11
8x20 EXF シリーズ (XIND 中空糸)	1	11
8x20 EXF シリーズ ステンレスハウジング (X40 中空糸)	1	11
8x40 EXF シリーズ	7	28
8x80 EXF シリーズ	7	28
10x28 EXF シリーズ (X40、X50 中空糸)	10	57
10x28 EXF シリーズ (XIND 中空糸)	10	48
14x28 EXF シリーズ	16	91
14x40 EXF シリーズ	16	125

最小本数になるよう並列配置を計算で求めた後に、目標の溶存ガス濃度にするために、さらに分離膜モジュールに直列に追加設置することも可能です。目標の溶存ガス濃度とシステムの最大許容圧力損失に応じて、分離膜モジュールの直列に設置できる本数を追加します。通常、直列に設置できる最大数は5本になります。また、低い流量で流すことで性能が向上します。予定している圧力損失を超えるようであれば、分離膜モジュールの並列配置の本数を増やして、圧力損失を小さくすることも可能です。

## 2. 液体の流れ方向

分離膜モジュールの液体プロセスラインの設置方向の設計ガイドラインは次の通りです。液体は通常、分離膜モジュールの中空糸外側を流れますが、用途により、液体を中空糸内側に流す場合もあります。ただし、SP シリーズ分離膜モジュールでは、液体は**必ず**中空糸膜の外側を流れなければならないことにご留意ください。

### B. 縦置きと横置き

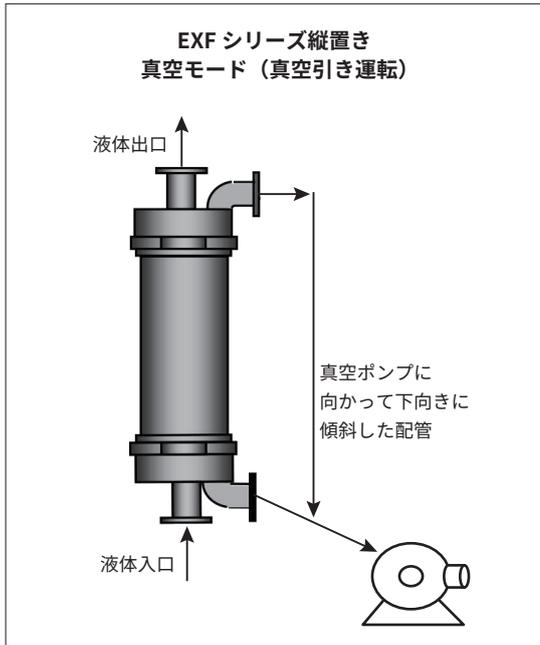
- 分離膜モジュールに供給される液体の圧力が、分離膜モジュールの最大耐圧よりも高い、もしくは高くなる可能性がある場合には、圧力調整器の使用が必要です。最大耐圧に関しては、データシート、もしくは本ガイドライン40ページ以降のセクションCの「耐熱温度と耐圧ガイドライン」を参照してください。
- 液体搬送ポンプを分離膜モジュールの下流側に設置する場合には、ポンプのモーターに自動開閉バルブを接続する必要があります。このバルブは遅延動作をさせ、ゆっくり開閉させる必要があります。
- ウォーターハンマーによる分離膜モジュールの損傷を避けるため、システムの上流側に破裂板の設置を推奨します。
- 排水口は低い位置に、排気口は高い位置に設定してください。圧力計及び温度計をシステムに加えてください。
- ガスは必ず液体の流れと逆向きに流します。同方向に流すと、効率が低下します。
- システムを停止している間は、分離膜モジュールを凍結する温度にさらさないように注意してください。

注：取付けと交換の容易性の観点から、大型の分離膜モジュールは横置きでの使用が可能です。小型の分離型モジュールまたは小規模なシステムにおいては、液体の流れを上向きにし、ガスの流れを下向きにした縦置きを推奨しています。縦置きでは重力より中空糸内側の凝縮水の排出を促進して、液体量を減少させます。スイープガスの流量が低い場合には特に、縦置きを推奨します。

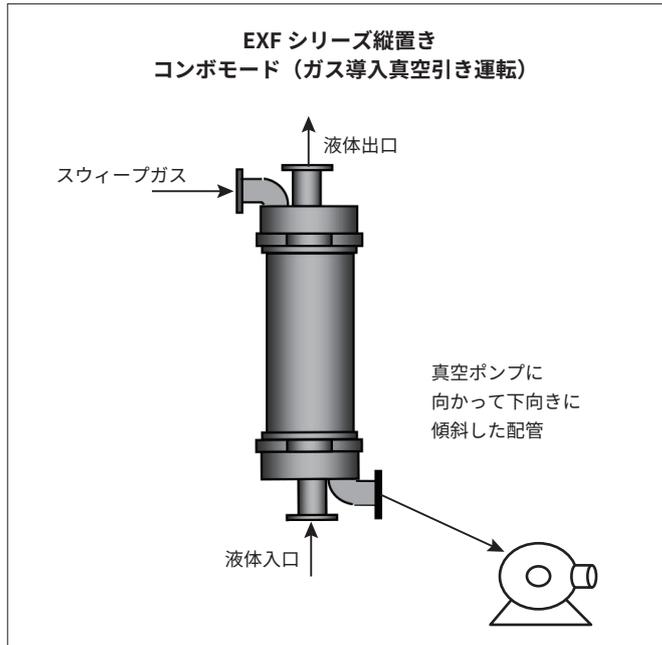
縦置き：

- 分離膜モジュールの使用が断続的な場合には、縦置きを強く推奨します。
- 分離膜モジュールの下部の真空/スイープガス出口の接続口は、真空ポンプの吸引接続口よりも高い場所に設置してください。これにより、真空ポンプへの凝縮水の排水が容易になります。(説明図4、5)

説明図：4



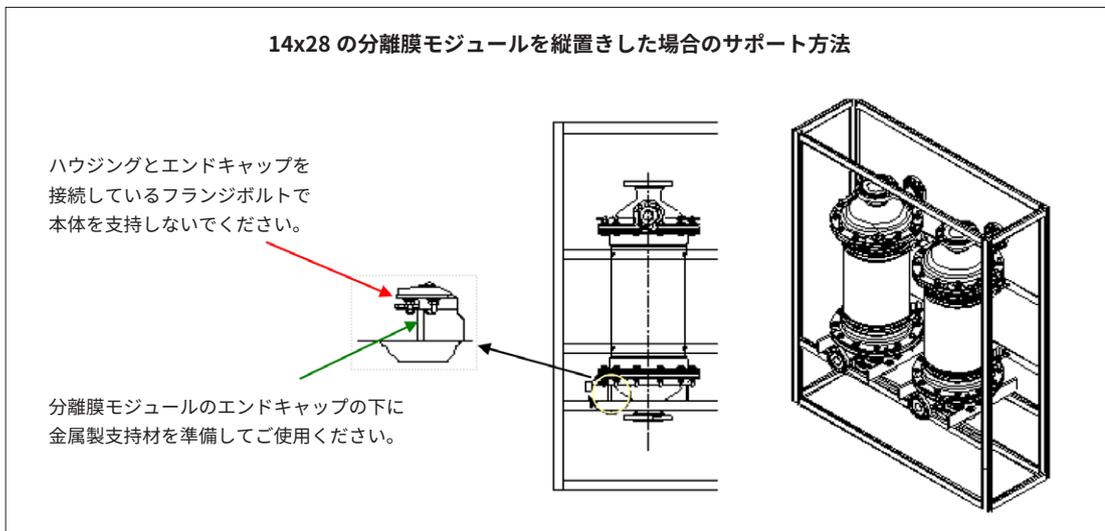
説明図：5



14x28 分離膜モジュールを縦置きにする場合

14x28 分離膜モジュールの全重量を適切に支えるために、当社の取付けキットを使用し、分離膜モジュールの下に付加的な金属製支持材を使用することを推奨します。エンドキャップをハウジングに固定するフランジボルトに分離膜モジュールの負荷はかけないでください。また、分離膜モジュールの樹脂継手部分にも分離膜モジュールの負荷はかけないでください。底部のエンドキャップの下に設置する金属製支持材によるサポート方法の例を示します。

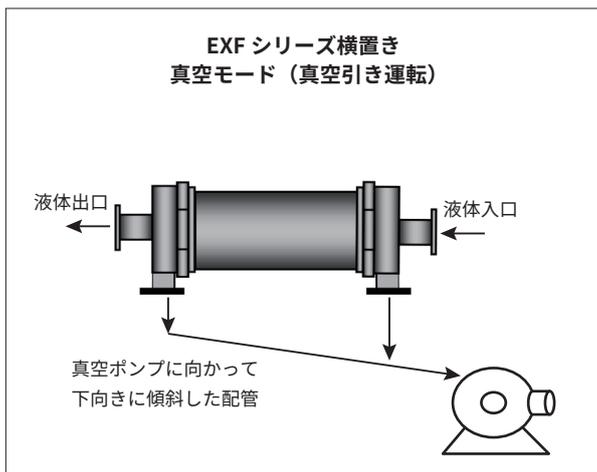
説明図：6



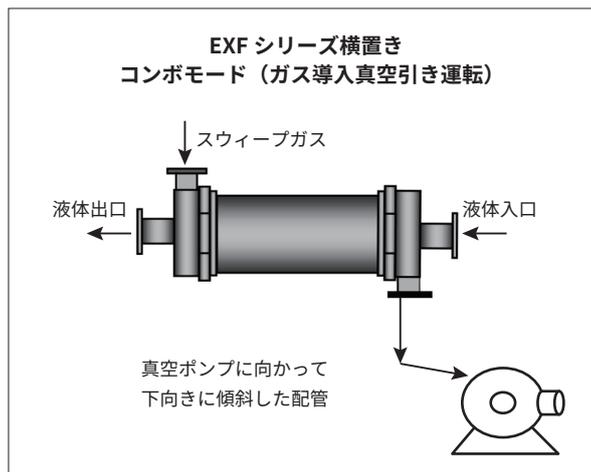
**横置き：**

- 分離膜モジュール断続的に使用する場合には、当社では横置きの設置を推奨していません。
- 真空モードの場合には、分離膜モジュールの下向きに配置した真空/スイープガス出口の接続口が真空ポンプの吸引接続口よりも高い位置になるように設置してください。(説明図7参照)
- コンボモードもしくはスイープガスモードの場合には、真空/スイープガスの接続口はお互いに対して180°の位置に設置したモジュールを使用し、真空/スイープガスの出口の接続口は下向きにしてください。真空ポンプへ水が容易に排水されるよう、真空/スイープガスの出口の接続口は真空ポンプの吸引接続口よりも高い位置にし、真空ポンプへの水の排水を容易にします。(説明図8参照)

説明図：7



説明図：8

**C. 最高運転温度と最大運転時圧力のガイドライン**

分離膜モジュールには圧力上限値が3種類あります。膜間差圧、中空系外側 (液体) 圧力規格、そして中空系内側 (真空/スイープガス) の圧力規格です。運転、取付け時に、作業の方、システム設計者は特に注意するようお願いいたします。各製品ごとのこれら3種の圧力上限値は、操作前に特に注意して確認してください。

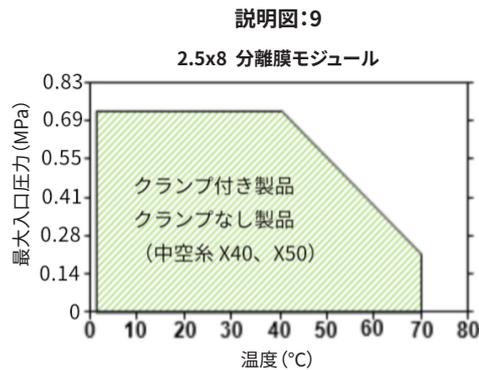
膜間差圧 (TMP) の圧力上限値は、分離膜モジュールが許容できる中空系の外側から内側への最大圧力差のことです。液体側の圧力上限値が膜間差圧の圧力上限値よりも高い場合には、膜間差圧を維持している限り、液体側の圧力上限値以下において高い液体圧力で運転が可能です。一方で、膜間差圧の圧力上限値が液体側の圧力上限値よりも高い場合には、液体圧力が運転中の制限要因となります。**各製品の最大許容圧力は、コンボモードや真空モードで使用された場合、下記の表のうち、中空系外側の圧力上限値の項に記載の通りとなります。注：分離膜モジュール内部では、液体側圧力は常にガス側圧力よりも高い状態になければなりません。**

**重要な注意点：**多くの場合、液相は分離膜モジュールの中空系外側を流れ、ガスもしくは真空引き相は中空系内側になります。取付け段階と初回運転開始時に、乾いた分離膜モジュールでシステムと気密性の確認するために加圧ガスの試験をする場合には、液体がないため試験中にガスが中空系膜を通り抜けてしまうため、**中空系内側の圧力限界を超えないようにしてください。**エンドキャップはほとんどの場合容器の圧力上限値よりも低いため、ガス側を加圧する場合、中空系内側に過度に圧力をかけないことが重要です。

表 6~12: 分離膜モジュールの圧力上限値と温度のまとめ

表 6 : 2.5x8 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ	
中空系外側の圧力上限値* (クランプ付き製品・クランプなし製品)	
5-40 °C	0.72 MPa
70 °C	0.21 MPa
中空系内側の圧力条件値 (クランプなし製品)	
5 °C	0.62 MPa
15-25 °C	0.48 MPa
70 °C	0.1 MPa
膜間差圧上限値	
5-40 °C	0.83 MPa
70 °C	0.31 MPa

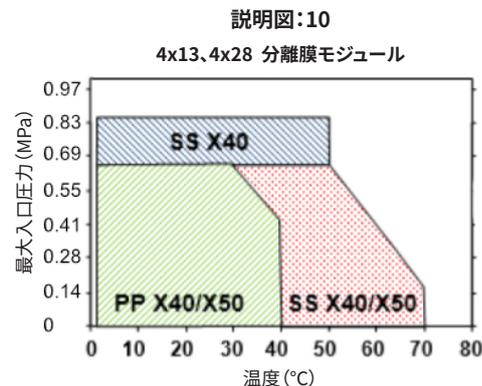
\* 真空引きを使用していない場合、記載の圧力に 0.1 MPa を追加できます。  
クランプを使用した製品の場合、中空系膜内側に液体を流さないでください。



グラフは真空モードもしくはコンボモードに基づいたものです。

表 7 : 4x13、4x28 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ			
中空系外側の圧力上限値*	ポリプロピレンハウジング (X40/X50 中空系)	316 ステンレスハウジング (X50 中空系)	316 ステンレスハウジング (X40 中空系)
5-30 °C	0.72 MPa	0.72 MPa	0.93 MPa
40 °C	0.52 MPa		
5-50 °C	該当なし	0.21 MPa	0.21 MPa
70 °C	該当なし		
中空系内側の圧力上限値			
5-30 °C	0.41 MPa	0.62 MPa	
40 °C	0.21 MPa		
40-50 °C	該当なし		
70 °C	該当なし	0.21 MPa	
膜間差圧上限値		X50 中空系	X40 中空系
5-60 °C	0.83 MPa	0.83 MPa	1.03 MPa
70 °C	0.31 MPa	0.31 MPa	0.31 MPa

\* 真空を使用していない場合、記載の圧力に 0.1 MPa を追加できます。  
注：SP シリーズ分離膜モジュール (中空系 UP I) の耐圧は 25°C で 0.52 MPa、SP シリーズ分離膜モジュール (中空系 UP II) は 25°C で 0.72 MPa に制限されています。



グラフは真空モードもしくはコンボモードに基づいたものです。

表 8：6x28 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ

中空系外側の 圧力上限値*	ABSハウジング	
	X50中空系	X40中空系
5-25 °C	0.72 MPa	
60 °C	0.21 MPa	
70 °C	推奨せず	0.21 MPa
中空系内側の圧力上限値		
5-25 °C	0.41MPa	
膜間差圧上限値	X50中空系	X40中空系
5-25 °C	0.83 MPa	
70 °C		0.31 MPa

\* 真空を使用していない場合は、記載の圧力に0.1 MPaを加えることができます。

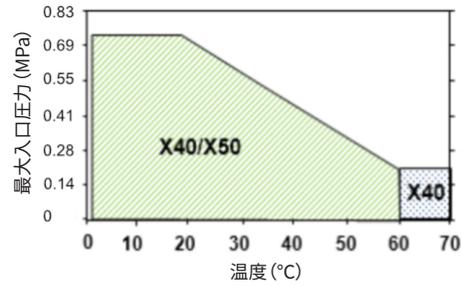
表 9：8x20 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ

中空系膜外側の 圧力上限値*	PVCハウジング (XIND 中空系)	ステンレス ハウジング
	5-25 °C	0.48 MPa
40 °C	0.21 MPa	
50 °C		0.31 MPa
70 °C		0.11 MPa
中空系内側の圧力上限値		
15-25 °C	0.1 MPa	0.52 MPa
膜間圧力上限値		
5-40 °C	0.48 MPa	0.93 MPa
70 °C	該当なし	0.31 MPa

\* 真空を使用していない場合は、記載の圧力に0.1 MPaを加えることができます

説明図:11

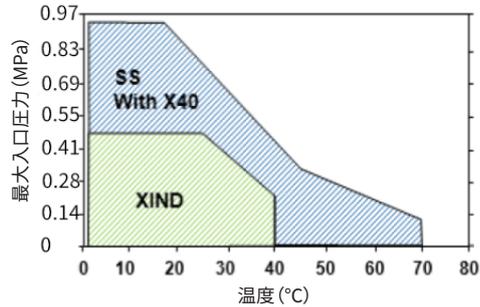
6x28 分離膜モジュール



グラフは真空モードもしくはコンボモードに基づいたものです。

説明図:12

8x20 分離膜モジュール



グラフは真空モードもしくはコンボモードに基づいたものです。

表 10：8x40と8x80 高压分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ

中空系膜外側の圧力上限値*	FRPハウジング (X40 中空系)
5-25 °C	1.97 MPa
60 °C	1.2 MPa
85 °C	0.1 MPa
中空系内側の圧力上限値	
15-25 °C	0.21 MPa
膜間差圧上限値	X40 中空系
5-25 °C	2.07 MPa
60 °C	1.31 MPa

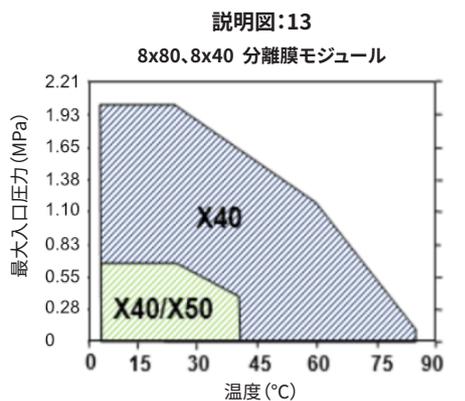
\* 真空を使用していない場合は、記載の圧力に0.1 MPaを加えることができます。

#### 10x28、14x28、14x40、8x40、8x80の運転圧力と温度に関するガイドライン

10x28の圧力上限値は以下の通りです。10x28の分離膜モジュールには圧力上限値が2種類存在します。欧州連合により定められた圧力機器指令97/23/ECには、装置を様々な使用条件により危険性毎に分類した具体的なガイドラインが提示されています。当社では欧州連合地域に販売する10x28の分離膜モジュールに関して圧力上限値を低く設定いたしました。しかし、主な使用用途ではこの圧力上限値により影響を受けないと考えています。これら圧力上限値制限をもうけることにより、当該装置は危険度が低い製品に分類され、高危険度の分類に対応するための追加試験と製作費用を削減することが出来ます。

圧力上限値の制限は、欧州連合加盟国にて販売される10x28製品で危険な液体もしくはガスを使用する場合に限り該当します。その他の諸国では次の表より高い圧力まで運転することが可能です。

MMシリーズ、2.5x8、4x13、4x28、6x28、8x20、8x40、8x80、10x28（インダストリアルシリーズ）については、PED 97/23/EC に基づいてCEマーク表示は求められていません。代わりに、これら製品は「健全なエンジニアリングの実践（SEP）」により製造されています。



グラフは真空モードもしくはコンボモードに基づいたものです。

**表 11：10 x 28 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ：EU 以外 (EU の圧力規格については下表を参照)**

中空系外側の 圧力上限値*	FRPハウジング			316 ステンレスハウジング	
	X50 中空系	X40 中空系	XIND 中空系	X50 中空系	X40 中空系
5-25 °C	0.72 MPa	0.93 MPa	0.41 MPa	0.72 MPa	0.93 MPa
50 °C	0.72 MPa	0.72 MPa	0.41 MPa	0.72 MPa	0.93 MPa
70 °C	0.21 MPa	0.21 MPa	該当なし	0.21 MPa	0.21 MPa
中空系内側の 圧力上限値	FRPハウジング		316 ステンレスハウジング		
	X50/X40 中空系		XIND 中空系	X50 中空系	X40 中空系
5-50 °C	0.62 MPa		0.52 MPa	0.83 MPa	0.9 MPa
70 °C	0.21 MPa		該当なし	0.21 MPa	
膜間圧力上限値	X50 中空系		XIND 中空系	X40 中空系	
5-50 °C	0.83 MPa		0.52 MPa	1.03 MPa	
70 °C	0.31 MPa		該当なし	0.31 MPa	

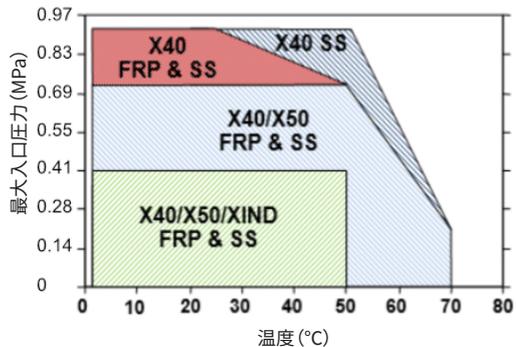
**EU 加盟国 - 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ**

	中空系外側 (液体)	中空系内側 (ガス)			中空系	
	FRP 又は 316 ステンレスハウジング	FRPハウジング (X50/X40)	FRPハウジング (XIND)	316 ステンレス ハウジング	X50 中空系	X40 中空系
液体危険物	1.00 MPa	該当なし		該当なし	0.83 MPa	1.03 MPa
一般液体	1.03 MPa	該当なし		該当なし	0.83 MPa	1.03 MPa
ガス危険物	該当なし	0.47 MPa	0.23 MPa	0.47 MPa	0.83 MPa	1.03 MPa
一般ガス	該当なし	0.62 MPa	0.41MPa	0.90 MPa	0.83 MPa	1.03 MPa

\* 真空を使用していない場合は、記載の圧力に0.1 MPaを加えることができます。

説明図:14

10x28 分離膜モジュール (一般液体)



グラフは真空モードもしくはコンボモードに基づいたものです。

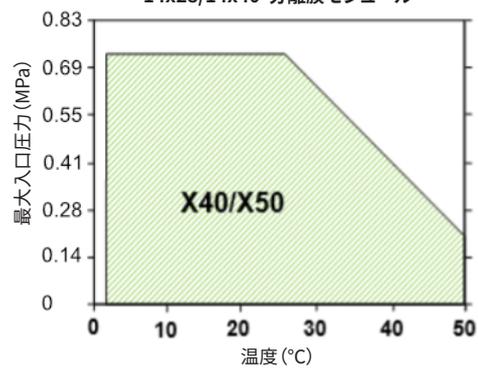
表 12: 14x28 と 14x40 分離膜モジュールの圧力上限値のまとめ  
- EU およびその他諸国

中空系外側の圧力上限値*	PVCハウジング X50/X40 中空系
5-25 °C	0.72 MPa
50 °C	0.21 MPa
中空系内側の圧力上限値	
5-25 °C	0.41 MPa
50 °C	0.21 MPa
膜間圧力上限値	X50/X40 中空系
5-25 °C	0.83 MPa
50 °C	0.31 MPa

\* 真空を使用していない場合は、記載の圧力に 0.1 MPa を加えることができます。

説明図: 15

14x28/14x40 分離膜モジュール



グラフは真空モード(真空引き運転)もしくはコンボ運転に基づいたものです。

**D. システム設計に関する分離膜モジュールの重量：**

最大量液体が中空系の外側に入った状態の分離膜モジュールの重量をサポートするようなシステムを設計する必要があります。以下に記載の重量は、分離膜モジュール1本の重量になります。複数台の分離膜モジュールによるスキッドの支持構造を設計する際には、全本数を考慮する必要があります。これらは最大重量であることにも注意してください。ハウジングのオプションによってはこれよりも軽量なものもあります。詳細は製品データシートをご確認ください。

**表 13：分離膜モジュールの重量**

製品	ハウジング素材	乾燥時の重量 [kg]	液体充填時の重量 [kg]
2.5x8	ポリプロピレン	0.5	0.9
4x13	ポリプロピレン	3	4
4x13	ステンレス	5	7
4x28	ポリプロピレン	4	7
4x28	ステンレス	7	10
6x28	ABS 樹脂	10	17
8x20	塩化ビニル (PVC)	13	19
8x20	ステンレス	37	44
8x40	繊維強化プラスチック (FRP)	35	50
8x80	繊維強化プラスチック (FRP)	52	89
10x28	繊維強化プラスチック (FRP)	33	57
10x28 IND	繊維強化プラスチック (FRP)	33	57
10x28	ANSI/JIS 接続のステンレス	76	99
10x28	サニタリー接続のステンレス	81	107
14x28	ハウジング：塩化ビニル (PVC) エンドキャップ：ナイロン	62	97
14x28	ハウジング：塩化ビニル (PVC) エンドキャップ：エンジニアリング熱可塑性プラスチック	54	89
14x40	ハウジング：塩化ビニル (PVC) エンドキャップ：エンジニアリング熱可塑性プラスチック	64	116

## E. ろ過に関する要件

使用する液体とガスから微粒子物質を取り除くために事前にろ過しておく必要があります。適切なろ過精度のフィルタを使用しないと、微粒子による目詰まりや汚損が生じ、脱気効率に悪影響を与えます。表 14 では、分離膜モジュール内の圧力が上昇してシステムの流れが制限されないように、微粒子などをろ過するための必要なガイドラインを示しています。井戸、河川水および水道水などに硬度がある物質やシリカなどの溶存化合物が含まれている場合、ろ過フィルターだけでは十分に微粒子除去が出来ず、それらが中空糸膜の表面に沈着する（表面でのスケール生成）可能性があります。

表 14：微粒子ろ過に関する一般的ガイドライン

液体（中空糸膜外側）	5 μm 2 μm（活性炭モジュールの下流側に取付けた場合）
ガス（中空糸膜内側）*	0.2 μm（高純度用途） 1.0 μm（一般工業用途）

\* オイルミスト、エアロゾルが存在しない状態

## F. 中空糸膜モジュールの汚損

液体から二酸化炭素を除去する目的で分離膜モジュールを使用する場合、水の pH の変化に注意してください。pH が酸性域の水には溶解している、アルカリ性域では非溶解性の物質を含んでいる可能性もあります。例えば、溶存二酸化炭素を脱気することで、分離膜モジュールの中の水の pH が上昇すると、不溶性の物質が中空糸膜の表面に沈殿する場合があります。また、原水を凝集剤で処理をすることで pH の変化が起こった場合にも固形物の沈殿が起こります。例として、水中の浮遊物を除去する硫酸バンド（硫酸アルミニウム）の使用が例として挙げられます。浮遊物質の除去は浄化槽で、凝集、沈殿作用により除去されます。特定の pH 範囲で、高分子水酸化アルミニウムとして沈殿します。二酸化炭素が除去されることによる pH の変化によって、中空糸膜の表面に、余剰の水酸化アルミニウムやその他の化合物が析出する可能性があります。この薄い析出層や沈着物があると、中空糸膜を通過するガスの移動を妨げ、分離膜モジュールの除去効率を低下させます。これを回復させるには、分離膜モジュールを、3% のオルトリン酸溶液（重量比）のような酸性の溶液を使用して洗浄することで可能です（当社より提供しています [洗浄ガイドライン](#) を参照ください）。この酸性溶液によって中空糸表面の表面析出物を溶解させ、分離膜モジュールの脱気性能を本来の仕様まで回復させます。

活性炭モジュールの下流側に分離膜モジュールを設置する場合、2 μm のろ過精度のフィルターを取付けて、すべての微細な活性炭が流し落とされるまで活性炭モジュールをすすぎ、洗浄しなければなりません。分離膜モジュールの下流側に活性炭モジュールを設置し、システムを逆流させた時にも注意が必要です。洗浄が難しい活性炭微粒子を分離膜モジュールに流さないよう、適切なフィルターを使用する必要があります。

RO 膜の上流側に分離膜モジュールを設置する場合には、分離膜モジュールの汚損を防ぐために繰り返し洗浄することを強く推奨します。詳細な洗浄ガイドラインは、当社ウェブサイト [https://www.3mcompany.jp/3M/ja\\_JP/liquicel-jp/](https://www.3mcompany.jp/3M/ja_JP/liquicel-jp/) を参照ください。もしくは、当社担当者にお問い合わせください。

## G. 推奨されるシステム治具

### 圧力計

- 分離膜モジュールの液体側入口付近に設置、隔離弁（必要に応じて使用します）
- 分離膜モジュールの液体側出口付近に設置、隔離弁（必要に応じて使用します）
- 窒素ガスの入口に設置、隔離弁（必要に応じて使用します）
- 窒素流量計（連成計）、隔離弁（必要に応じて使用します）
- 真空ライン圧力、隔離弁（必要に応じて使用します）
- 水封式ポンプ用の水、隔離弁（必要に応じて使用します）

### 流量計

- 窒素スウィープガス
- プロセスの入口側に設置

### 圧力調節装置

- 窒素ガス圧力レギュレーター（ラインの圧力を下げるもの）

**バルブ**

- プロセス流体
  - 隔離弁
  - 入口側の手動流量調節バルブ
  - 圧力安全弁
  - 分離膜モジュール間の排水弁
- 真空ポンプ
  - 吸入逆止弁
- 真空用水
  - 逆止弁
  - ニードルバルブ
  - ソレノイドバルブ
  - 入口側遮断弁
- 窒素ガス
  - 遮断弁
  - 手動流量調節バルブ
  - 圧力安全弁 (必要に応じて設置します)

**圧カスイッチ**

- プロセス入口側の高圧時の停止スイッチ、もしくは警告を知らせるスイッチ
- 真空ラインの高真空時の停止スイッチ、もしくは警告を知らせるスイッチ

**温度計測**

- プロセス液体に設置します
- 窒素の流量計 (必要に応じて使用します)
- 真空用水に設置します (必要に応じて使用します)

**H. 誤った使用に関する警告**

ウォーターハンマー (水撃)、過加圧、分離膜モジュールの落下、エンドキャップの締付けボルトナットの過剰な締め付けは避けてください。ボルトナットの締め付けに電動ツールを使用すると過剰な摩擦が生じ、ネジが損傷する可能性があります。14x28の分離膜モジュールをシステムに設置する場合、エンドキャップのフランジのボルト部で分離膜モジュールの重量のサポートとして使用しないでください。

中空糸膜が破損すると、液体が中空糸内側に入り込む可能性があります。その場合、気体側出口よりも下流側に設置した低圧警告スイッチまたは流体圧カスイッチにより、下流側の装置を保護することができます。従って、圧縮ガスを使用したシステムの圧力テストを行う際には、本ガイドの表 6~12 に記載されている最大圧力条件内で行ってください。

**V. 溶存酸素レベルを低くするためのシステム設計要件**** 警告****破裂に関連するリスクを減らすには：**

- 使用時の最大許容圧力または最高許容温度を超えないようにしてください。
- 使用する液体の最高許容温度または最大許容圧力を超えないようにしてください。
- 分離膜モジュールの内圧の上昇を防ぐため動作中にガス・真空ポート両方が閉じていないことを確認してください。
- 適切な圧力逃がし弁 / 安全システムを設置して、液体とガスの過剰な圧力がかかることを防止してください。

**危険電圧に関連するリスクを低減するには：**

- 真空ポンプを使用する場合には、必ずアース接続を行ってください。
- 真空ポンプシステムに適合した、ヒューズと断路器のついたブローアを必ず使用してください。
- 電気装置を使用する場合には、製品を使用する国や地域の規制、法令に従い、接続が適切かを常に確認し、必要に応じて適切なプラグと交換してください。

**!** 注意**システム表面が高温となった場合の関連するリスクを減らすには：**

- 操作中に分離膜モジュールまたは液体ラインに触れないでください。システムの表面が高温になる場合があります。
- 運転中のブLOWERに触れないでください。
- ブLOWERからの排気は、必ずオペレーターから離れた方向に向けてください。
- 熱殺菌サイクル中の分離膜モジュールには触れないでください。分離膜モジュールの表面を冷却するに十分な時間をおいてください。

**衝撃のリスクを低減するには：**

- 分離膜モジュールに配管からの負荷がかからないよう適切にシステムの設計を行い、設置してください。特に樹脂製のハウジングに対してはフランジやエンドキャップ等に負荷がかかりやすいため注意が必要です。

**分離膜モジュールの損傷に関連するリスクを低減するには：**

- 2.5x8、4x13、4x28、10x28 インチの製品について、洗浄に中空糸内側の内圧が中空糸外側の外圧を超えないようにしてください。
- 液体もしくはガスの温度が 35 °C を超えた状態で使用しないでください。
- 分離膜モジュールのすべてのプラスチック製ポート延長部に配管重量による過度な負荷がかかり、変形しないように全てのポートへサポートを行う必要があります。

**注記**

- 分離膜モジュールの親水化リスクを減らすために、中空糸膜に界面活性剤や有機溶媒を接触させないでください。
- 分離膜モジュールにオゾン、塩素、過酸化水素、過酢酸などの酸化剤と接触させないでください。
- 洗浄液を希釈する場合にはろ過水、脱塩素水、脱イオン水を推奨します。pH が変化すると Ca、Mg、Fe、Al などがシリカ (SiO<sub>2</sub>) と難溶性化合物を形成、沈殿が発生し、中空糸膜表面を閉塞、または損傷させる可能性があります。使用する水にこれらの化合物が含まれていないことを確認してください。

最大限の性能を導き出すために、以下のように、酸素濃度の上昇や大気がシステム内に入り混むことを最小限にとどめることが重要です。標準製品性能を担保するために、お客様には以下の条件を順守いただくことを強く推奨しています。

- スウィープガスや真空配管には、ネジによる接続は行わないでください。全て溶接したシステムを推奨します。引込み配管の接続が必要な場合には、フランジ継手もしくは特別設計の真空接続用治具を推奨します。
- 必ず空気の漏れを起こさないようにシステムを設計、取付けを行ってください。
- 出口の溶存ガスの脱気結果は、スウィープガスの純度に依存します。5 ppb 未満の溶存酸素 (DO) を目標とするシステムでは、窒素の純度は少なくとも 99.99 % であることが求められます。溶存酸素濃度 1 ppb 未満を目標とするシステムについては、必要とされる最低限の窒素純度は 99.995 % です。どちらの純度レベルもモル組成に基づくものです。
- 溶存酸素濃度の計測に使用されるサンプル用ラインは、大気中の酸素による溶解を防ぐため、ガスに対して透過性のない物質 (例：ポリエーテルエーテルケトン (PEEK) もしくはステンレス) で構成される必要があります。フッ素樹脂 (PFA、PTFE)、タイゴン®、ポリウレタン、ナイロン、ポリプロピレン、ポリエチレンのような透過性のある素材で作られた管は使用しないでください。
- 正確に校正された溶存酸素分析装置を使用して、水中の溶存酸素濃度が 5 ppb 未満であることを測定してください。計器の校正、操作及び測定条件は、計器の製造者による仕様と基準に従ってください。
- 溶存酸素の測定は、最後の分離膜モジュールの液体出口に可能な限り近い位置で行ってください。
- 適切な真空ポンプ容量は、真空引き運転を利用するシステムには非常に重要です。真空ポンプの大きさを決める際は、20 % から 25 % の安全率とすることを推奨します。理想的には、真空ポンプの容量は最大ガス負荷条件下において絶対真空 75 mmHg 以下の真空を作り出すに十分な大きさが必要です。絶対真空圧を下げることで、脱気性能が向上します。
- 脱気システムの設計 / 操作には、溶存酸素濃度を測定するために、適切なサンプルラインと酸素計測器の選択、および校正が重要です。分離膜モジュールはすべて、お客様への出荷前に、厳重な品質管理 / 品質保証 (QA/QC) の検査を実施しております。酸素除去および抵抗値測定と中空糸のリーク有無試験はすべて QC 手順に含まれています。中空糸や製造時の欠陥により、分離膜モジュールが最低許容基準を下回る性能の状態でお荷される可能性は低いものとなっています。運転開始の際のシステムにおいて性能が低い場合は、システム内に空気が入り込んでいるか、溶存酸素濃度計の操作もしくは校正が十分でないことが通常原因としてあげられます。設備とサンプルラインに漏れがないかを確認してください。
- 真空モード (真空引き運転) に使用する場合、もしくはコンボモード (ガス導入真空引き) で運転する脱気システムを構築する場合には、真空の規格を持たない接続部材の使用は避けてください。脱気システムにおいて空気の入り込みの原因となる場合があります。

## VI. 起動、待機、停止手順

### 警告

**破裂および/または化学物質への接触による損傷に関連するリスクを減らすには：**

- 使用時の最大許容圧力または最高許容温度を超えないようにしてください。
- 使用する液体の最高許容温度または最大許容圧力を超えないようにしてください。
- 分離膜モジュールの内圧の上昇を防ぐため動作中にガス・真空ポート両方が閉じていないことを確認してください。
- 適切な圧力逃がし弁 / 安全システムを設置して、液体とガスの過剰な圧力がかかることを防止してください。

**危険電圧に関連するリスクを低減するには：**

- 真空ポンプを使用する場合には、必ずアース接続を行ってください。
- 真空ポンプシステムに適した、ヒューズと断路器のついたブロワーを必ず使用してください。
- 電気装置を使用する場合には、製品を使用する国や地域の規制、法令に従い、接続が適切かを常に確認し、必要に応じて適切なプラグと交換してください。

### 注意

**システム表面が高温となった場合の関連するリスクを減らすには：**

- 操作中に分離膜モジュールまたは液体ラインに触れないでください。システムの表面が高温になる場合があります。
- 運転中のブロワーに触れないでください。
- ブロワーからの排気は、必ずオペレーターから離れた方向に向けてください。

**衝撃のリスクを低減するには：**

- 分離膜モジュールは常に適切に固定してください。

**分離膜モジュールの破損に関連するリスクを低減するには：**

- すべての分離膜モジュールについて、洗浄中に中空系内側（真空 / スウィープガス）の圧力が中空系外側（液体）の圧力を超えないようにしてください
- 液体もしくはガスの温度が 35 °C を超えた状態で、中空系膜を空気に接触させないでください。
- 分離膜モジュールのすべてのプラスチック製ポート延長部に配管重量による過度な負荷がかかり、変形しないように全てのポートへサポートを行う必要があります。

### 注記

- 分離膜モジュールの親水化リスクを減らすために、中空系膜を界面活性剤や有機溶媒を接触させないでください。
- 分離膜モジュールにオゾン、塩素、過酸化水素、過酢酸などの酸化剤と接触させないでください。
- 洗浄液を希釈する場合にはろ過水、脱塩素水、脱イオン水を推奨します。pH が変化すると Ca、Mg、Fe、Al などがシリカ (SiO<sub>2</sub>) と難溶性化合物を形成、沈殿が発生し、中空系膜表面を閉塞、または損傷させる可能性があります。使用する水にこれらの化合物が含まれていないことを確認してください。

#### A. 液体側の運転開始操作

**注：**稼働中は、分離膜モジュールのガス / 真空側の出入口の両方を閉じないでください。圧力上昇が生じないように、これらの出入口は分離膜モジュール内で安全排気口の役割を果たします。

1. 分離膜モジュールの中空系外側（液体）の最大運転圧力および最大運転流量（31 ページ参照）を超えないように確認しながら、ゆっくりと液体をシステムに流します。
2. システムの適切なバルブを調節して、流量と圧力を設定値まで調整します。

#### B. スウィープガスと真空側の運転開始操作

**注：**真空引きをする際は、分離膜モジュールの最も低い位置にあるガス側出口から吸引を行い、確実に排水を行ってください。

### スウィープガスモード (ガス導入運転)

ガス供給システムに設置した適切なバルブを調整して、分離膜モジュールに入り込むガスの圧力を0.07 MPa以下に調整します。

1. 適切なバルブで推奨される総スウィープガス流量に調整します。表1のスウィープガスガイドラインで一般的な流量範囲を参照ください。
2. 各分離膜モジュールに、新しいスウィープガスを導入します。

**注：**システム停止中に中空系内側のガス側に凝縮水が発生した場合、システム再起動時に高流量のスウィープガスもしくは空気を中空系内側を5～30分流すことをお勧めします。このガスを流している間は、液体の入口と出口側は閉じ、ガスが漏れないようにしてください。これにより、中空系内側から凝縮水すべてを取り除き、システムの性能が発揮するようにします。

### コンボモード (ガス導入真空引き運転)

1. 各分離膜モジュールに新しいスウィープガスを導入します。
2. 真空引き運転のセクションに記載の通りに真空ポンプを稼働させます。
3. ガス供給システムに設置した適切なバルブで分離膜モジュール入口圧力を0.007 MPa以下に調整します。
4. 適切なバルブで推奨される総スウィープガス流量に設定します。表3にある一般的なスウィープガス流量範囲のガイドラインを参照してください。

**注：**停止中に中空系内側のガス側に凝縮水が発生した場合には、上記セクションで説明している手順に従って排出することをお勧めします。

### 真空モード (真空引き運転)

1. 真空ポンプの使用説明書に従って真空ポンプを起動します。
2. 適切なバルブを開き、分離膜モジュールに真空引きを行います。
3. 真空側のバルブで、真空度を設定するレベルまで調整します。

### 二酸化炭素除去のためのブロワーによる吸引運転

1. 吸引モードでブロアーを起動します。
2. 隔離弁 (必要な場合に設置したもの) を開きます。
3. 安全弁を閉じます。

**注：**8x40と8x40の運転開始手順は異なります。

### C. 停止手順

1. 最初に液体側の導入バルブをゆっくりと閉め、中空系外側 (液体) の圧力を降下させます。その後、液体側の出口バルブを閉じます。可能な場合には、停止後にすべての液体を分離膜モジュールから排出します。
2. 運転モードごとの停止手順：
  - a. 窒素もしくはその他の不活性ガスを使用したスウィープガスモード
    - 窒素 (もしくは、二酸化炭素ガスまたはその他の不活性ガス) で1時間流すことが理想的です。
    - 可能な場合には、停止期間中も低い流量を維持します。
  - b. 空気を使用したスウィープガスモード、コンボモード、真空モード
    - 中空系内側 (真空/スウィープガス) **吸引口**バルブを閉じます (該当する場合)。
    - 真空ポンプを遮断し、**ガス出口側**バルブを閉じます (該当する場合)。
    - 使用液体もしくは潤滑剤が、真空ポンプから分離膜モジュールに逆流しないようご注意ください。
    - 微生物の汚染を避けるため、分離膜モジュールは乾いた状態での保管を推奨します。乾いた状態での保管が全く不可能か、乾燥できない場合、停止期間中は分離膜モジュールの中空系外側 (液体) を殺菌剤 (DBNPAなどの非酸化性の殺菌剤が理想的) で満たした状態で保管します。効果を維持するために殺菌剤のレベルをモニターしてください。場合に応じて、亜硫酸ナトリウムやメタ重亜硫酸なども使用可能です。
  - c. 二酸化炭素除去のためのブロワーによる吸引モード
    - 安全弁を開けます。
    - 隔離弁を閉じます (該当する場合)
3. 停止期間が24時間未満の場合には、スウィープガスもしくは真空ポンプをオンの状態にしておくことをお勧めします。そうすることで、中空系内側に凝縮水がない状態に保つことができます。

#### D. 停止後に起動する場合の手順

停止期間をシステムを再起動する場合には、中空糸膜の中の凝縮水を必ず取り除いてください。

1. 真空吸引バルブを開き（該当する場合）、真空ポンプを起動します。
2. ガス出口側バルブを開きます。
3. 空気スweepガスの入口側バルブを開きます（該当する場合）。
4. 上記のセクションVI-Bで説明されている手順に従ってください。

#### 連続運転時の停止手順

セクションVI C~D にて説明されている停止手順は、通常はシステムを短時間停止する場合に有効です。システムの運転が短時間で、その後長期間にわたり水が満たされた状態で置かれている場合には、次の**待機モードの手順**を推奨します。分離膜モジュールを待機モードで準備するということは、分離膜モジュールが長期間運転されないことを意味します。この場合の長期間とは、通常7日以上を意味します。なお、待機モードの準備と異なり、液体側の運転を停止しない場合は、中空糸内部の凝縮水を排出するために、セクションVI A~Bに記載のように運転を継続する必要があります。

#### 分離膜モジュールを待機モードにする場合の手順:

稼働期間と稼働期間の間に長い停止期間があり、システムを断続的にしか稼働しないことが事前にわかっている場合、断続的な稼働を念頭に、システムを設計することが強く推奨されます。分離膜モジュール保管の最善な方法は乾燥させた状態での保管になります。これは、親水性ろ過膜を保管する通常の方法とは明確に異なります。

分離膜モジュールを乾燥した状態で保管するために、長期保管前に排水、乾燥するシステムを設計する必要があります。使用しない時に分離膜モジュールの排水を促進するため、真空引き、スweepガス、コンボモードの運転方法に関わらず、自重での排水を行うために分離膜モジュールは横置きではなく縦置きになるよう設計してください（**図1と2**を参照）。さらに、以下のように配管設計をする必要があります。(a) 分離膜モジュール内で、液体が上向きに流れ、真空が下向きに流れるようにします、(b) 1つもしくは複数の排水口バルブがシステムの最も低い位置に取り付けられているようにします、(c) 1つもしくは複数の排気口バルブがシステムの最も高い位置になるようにします。

#### 待機モードにする場合の推奨手順:

##### 真空モードの場合 (図10):

1. 液体の流れを停止し、分離膜モジュール内部を減圧します。
2. 液体入口側のバルブは閉じ、出口側バルブは開いたままにしておきます。
3. 真空ラインのバルブを閉じて、分離膜モジュールの排気バルブを開きます。
4. 排水バルブを開き、自重で分離膜モジュールから排水します。
5. 排水バルブから水滴が止まるまで、さらに数分間排水バルブを開けたままにしておきます。
6. 3  $\mu\text{m}$  のフィルターでろ過した乾燥圧縮空気を排気バルブを通して0.2 MPa未満の空気圧をかけ、中空糸内側の自重では排水されなかった残水を排水口と水の出口側ラインから強制的に排出します。加圧された空気が排気バルブを通してシステムに入り、水の出口側から外に出るように、数分後に排水バルブを閉じます。
7. 分離膜モジュールをある程度乾燥するよう、少なくとも1時間、圧縮空気を分離膜モジュール内に流します。
8. 排気バルブと水の出口側バルブを閉じます。この時点で、分離膜モジュールには、基本的に液体は存在せず、外気からも隔離された状態となっています。
9. **分離膜モジュールはこれで待機モードとなり、後日システムを再稼働するまで長期保管される準備ができます。**

#### システム再稼働の手順

分離膜モジュールを再稼働するには、以下の手順に従ってください:

1. 排水バルブを開いてから、排気バルブを開きます。
2. 3  $\mu\text{m}$  のフィルターでろ過した乾燥圧縮空気を排気バルブを通して0.2 MPa未満の空気圧をかけ、待機モード中に生じた分離膜モジュール内の凝縮水を強制的に排出します。
3. 1時間ほど、分離膜モジュール内に圧縮空気を流します。
4. 排気バルブを閉じてから排水バルブを閉じます。
5. 水の入口側バルブと出口側バルブを開きます。
6. **これで分離膜モジュールを再稼働できます。**

**コンボモード (スウィープガス：空気または窒素ガス) の場合 (図 11) :**

1. 液体の流れを停止し、分離膜モジュール内部を減圧します。
2. 液体の入口側のバルブを閉じ、出口側のバルブは開いたままにしておきます。
3. 真空ラインのバルブを閉じて、スウィープガスの供給バルブも閉じます。
4. 排気バルブを開きます。
5. 排水バルブを開き、自重で分離膜モジュールから排水します。
6. 排水バルブから水滴が止まるまでさらに数分間、排水バルブを開けたままにしておきます。
7. 3  $\mu\text{m}$  のフィルターでろ過した乾燥圧縮空気を排気バルブを通して 0.2 MPa 未満の空気圧をかけ、中空糸内側の自重では排水されなかった残水と水の出口側ラインの水を強制的に排出します。
8. 分離膜モジュールをある程度乾燥させるよう、1 時間ほど圧縮空気を分離膜モジュール内に流します。
9. 排気バルブ、排水バルブ、液体の出口側バルブを閉じます。この時点で、分離膜モジュールには基本的に液体は存在せず、外気からも隔離された状態となっています。
10. 分離膜モジュールはこれで待機モードとなり、後日システムを再稼働するまで長期保管される準備ができます。

**システム再稼働の手順 :**

分離膜モジュールを再稼働するには、以下の手順に従ってください :

1. 排水バルブを開いてから、排気バルブを開きます。
2. 3  $\mu\text{m}$  のフィルターでろ過した乾燥圧縮空気を排気バルブを通して 0.2 MPa 未満の空気圧をかけ、待機モード中に生じた分離膜モジュール内の凝縮水を強制的に排出します。
3. 1 時間ほど、分離膜モジュール内に圧縮空気を流します。
4. 排気バルブを閉じてから排水バルブを閉じます。
5. 水の入側バルブと出口側バルブを開きます。
6. これで、分離膜モジュールを再稼働できます。

図 10：真空モードにおいて、システムを待機モードにする空気乾燥オプションを含む縦置ききの配管・計装例

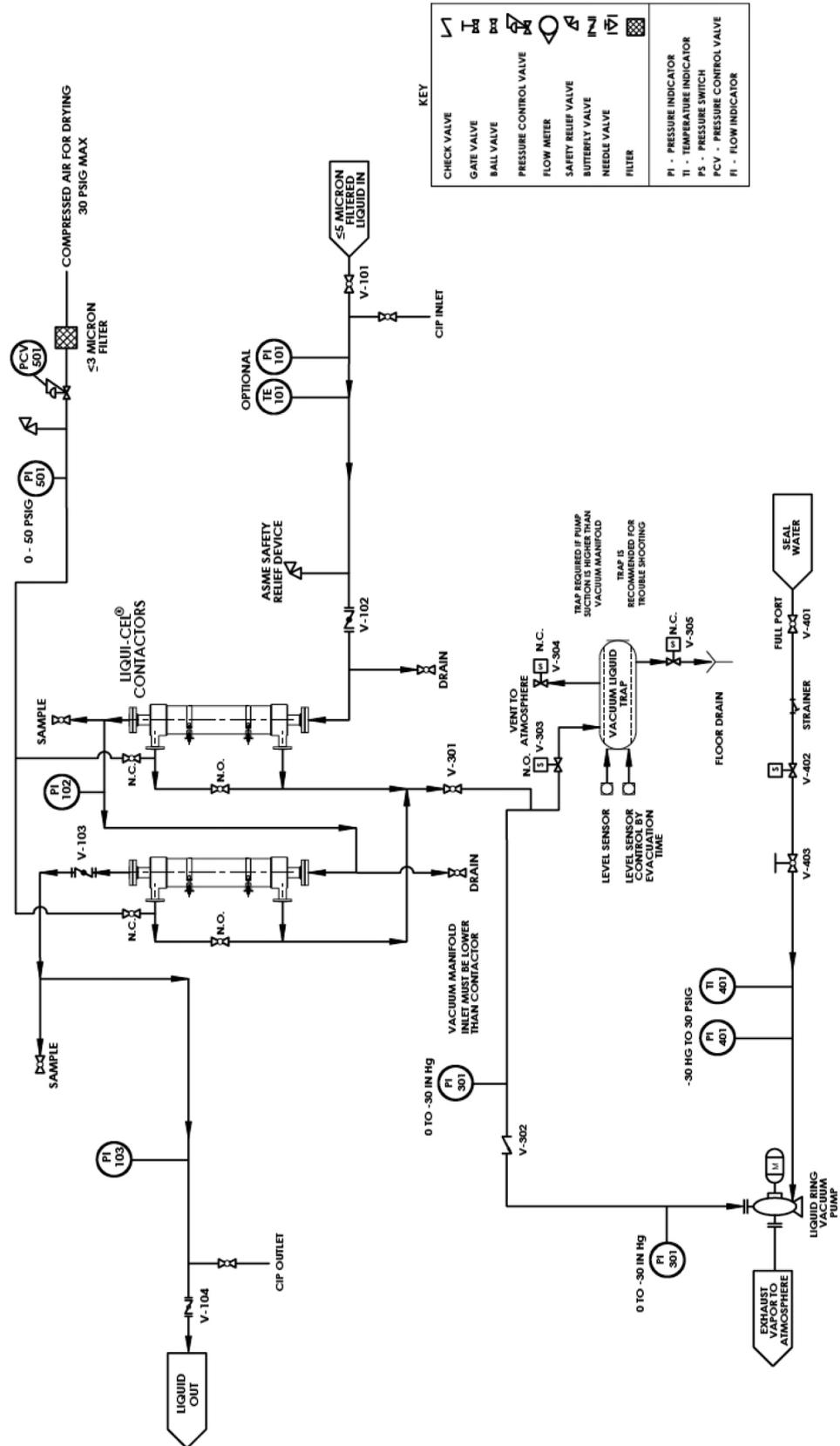
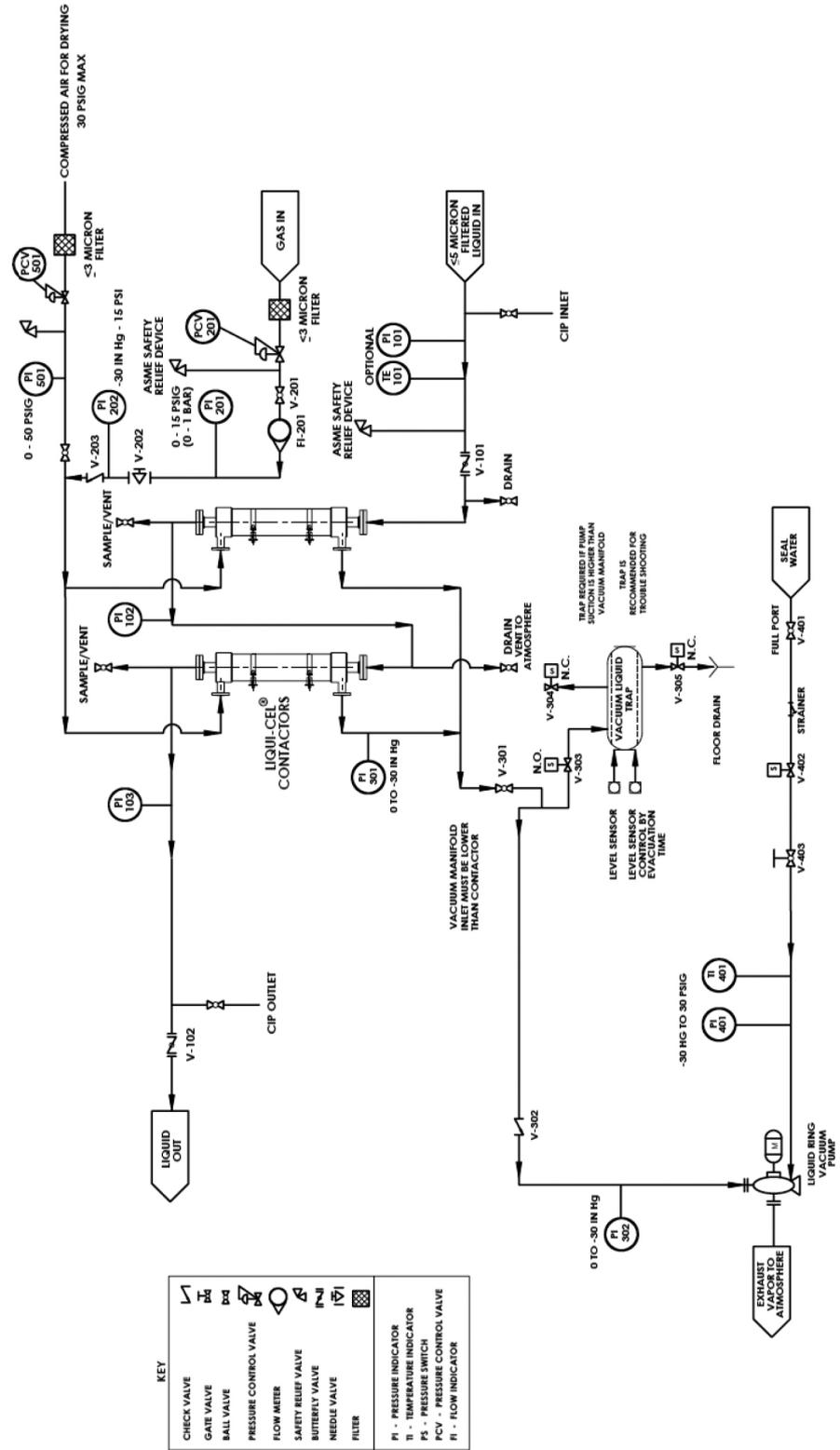


図 11：コンボモードにおいて、システムを待機モードにする空気乾燥オプションを含む縦置ききの配管・計装例



## VII. メンテナンス



### 警告

#### 破裂に関連するリスクを減らすには：

- 使用時の最大許容圧力または最高許容温度を超えないようにしてください。
- 使用する液体の最高許容温度または最大許容圧力を超えないようにしてください。
- 分離膜モジュールの内圧の上昇を防ぐため動作中にガス・真空ポート両方が閉じていないことを確認してください。
- 適切な圧力逃がし弁 / 安全システムを設置して、液体とガスの過剰な圧力がかかることを防止してください。

#### 危険電圧に関連するリスクを低減するには：

- 真空ポンプを使用する場合には、必ずアース接続を行ってください。
- 真空ポンプシステムに適合した、ヒューズと断路器のついたブロワーを必ず使用してください。
- 電気装置を使用する場合には、製品を使用する国や地域の規制、法令に従い、接続が適切かを常に確認し、必要に応じて適切なプラグと交換してください。

分離膜モジュールの運転記録を付けておくことを推奨します。性能が許容範囲であることを確認するため、週に一度、もしくは2週に一度の割合でシステムをチェックすることを推奨します。製品保証の目的でも、以下の例のように重要な情報に関して記録するようお願いします。

日付	作業者	液体の流量	液体入口 圧力	真空度	スウィープガス 流量	水とガスの 入口温度	入口溶存 気体濃度	出口溶存 気体濃度

分離膜モジュールの運転記録から時間の経過に伴う性能の変化を確認することができます。分離膜モジュールの性能に変化がない場合はメンテナンスは必要ありませんが、性能に低下がみられる場合には、分離膜モジュールの洗浄時期にきているかもしくは分離膜モジュールの中空糸内側（真空/スウィープガス）の水分を除去を行う必要があります。

詳細な取り扱い説明は、当社ウェブサイト [https://www.3mcompany.jp/3M/ja\\_JP/liquicel-jp/](https://www.3mcompany.jp/3M/ja_JP/liquicel-jp/) にある、当社の「洗浄ガイドライン」をご覧ください。

## VIII. 製品の交換目安



### 警告

#### 破裂に関連するリスクを減らすには：

- 使用時の最大許容圧力または最高許容温度を超えないようにしてください。
- 使用する液体の最高許容温度または最大許容圧力を超えないようにしてください。
- 分離膜モジュールの内圧の上昇を防ぐため動作中にガス・真空ポート両方が閉じていないことを確認してください。
- 適切な圧力逃がし弁 / 安全システムを設置して、液体とガスの過剰な圧力がかかることを防止してください。

#### 危険電圧に関連するリスクを低減するには：

- 真空ポンプを使用する場合には、必ずアース接続を行ってください。
- 真空ポンプシステムに適した、ヒューズと断路器のついたプロワーを必ず使用してください。
- 電気装置を使用する場合には、製品を使用する国や地域の規制、法令に従い、接続が適切かを常に確認し、必要に応じて適切なプラグと交換してください。

以下の製品交換目安は、本ガイドラインとスタートアップガイド、流す水とガスのガイドラインに記載されている取扱い方法、保管方法、運転方法およびその他の推奨使用方法に従って理想的に使用された場合の目安です。別途注釈がある場合を除き、RO 膜処理水での使用を想定しています。酸化剤の流入や、その他予測されない環境変化によっては、以下の限りではありません。

表 15：製品の交換目安

製品	概要	製品の交換目安
2.5x8、4x13、4x28、6x28 分離膜モジュール		5年ごと
8x20 分離膜モジュール	PVCハウジング	3-5年
	ステンレスハウジング	5-7年
8x40、8x80 分離膜モジュール	硫黄回収装置 (SRU) もしくは RO 透過水の後段	5年
	5 μmの精度のフィルターでろ過され、塩素を含まない、25 °C以下の海水を使用して運転した場合	3年
10x28 分離膜モジュール	ポリフッ化ビニリデン (PVDF) 被膜処理をした繊維強化性プラスチック (FRP) ハウジング、ステンレスハウジング	10年
10x28 インダストリアル分離膜モジュール	FRPハウジング (PVDF 表面処理なし)	5年
14x28、14x40 分離膜モジュール		5年

分離膜モジュールの最大運転圧力と温度は、それぞれの製品のデータシート及び表 6~12 を参照ください。この目安は使用条件と期間を保証するものではありません。

## IX. 樹脂製及び繊維強化プラスチック (FRP) 製ハウジング製品の運転時の注意

- FRP 製ハウジングの製品の使用寿命を保つために、温度変化を最小限に抑える必要があります。望ましくは、加温と冷却の速度が 1 °C / 分を超えないようにしてください。
- 分離膜モジュールに配管からの負荷がかからないよう適切にシステム的设计を行い、設置してください。ポリフッ化ビニリデン (PVDF)、ABS 樹脂、ナイロン製の取り付け部材の破損を防ぐため、配管・接続部の位置を正確に合わせ、適切に支持することが非常に重要です。適正に支持体で固定されていない配管は、樹脂製の取り付け部材に過剰な負荷をかけることになり、破損につながる可能性があります。樹脂製ハウジングを取り付ける際には、適切な樹脂製配管支持ガイドラインを使用してください。

## X. 保管と操作環境条件

ご購入いただいた分離膜モジュールは、不適切な取り扱いや保管により損傷する場合があります。適切な保管手順を以下に記載いたします。ご質問がある場合には、当社担当者までご連絡ください。

**保管手順：**分離膜モジュールを適切な取り扱いすることは非常に重要です。分離膜モジュール内部の損傷を最小限にするために、分離膜モジュールを落下、衝突、衝撃を与えないように注意してください。洗浄と乾燥が完了した後、汚染物質が分離膜モジュールへの混入を防ぐために、すべての接続部を閉じたまま、乾燥した密封可能な厚手のプラスチック袋 (0.08 mm 以上) または収縮包装材で梱包、保管を推奨します。

**重要項目：**分離膜モジュールに接続している配管に過度の負荷がかかり、変形しないように全てのプラスチック配管接続部は適切な支持体を設置してください。

**温度：**分離膜モジュールは、49 °C 以下の温度で乾燥した状態で保管してください。分離膜モジュールは 5 °C 以下で保管した場合は、室温に戻してから使用してください。

**湿度：**分離膜モジュールは、相対湿度 60 % 以下の環境で保管することをお勧めします。湿度は分離膜モジュールに影響しませんが、高湿度条件の場合に保管用の段ボール箱に影響が出る場合があります。

**保管：**分離膜モジュールは水平に保管してください。ステンレス製ハウジングの 10x28 インチの分離膜モジュールは段ボール箱または木箱に梱包しています。FRP ハウジングの 14x28 インチ、10x28 インチ、8x20 インチおよび 6x28 インチの分離膜モジュールは段ボール箱に梱包されています。8x40 インチおよび 8x80 インチの分離膜モジュールは個別に袋に入れられ、パレットに載っています。分離膜モジュールは落下、粉砕、または衝撃を受ける危険のない安全な場所に保管する必要があります。分離膜モジュールおよびシステムが、常に安定した環境で、水平に適切に固定されていることを確認してください。分離膜モジュール/システムが転倒、落下、滑り、それによる怪我、ユニットの損傷、または他のシステム構成部品の破損を引き起こす可能性のある様な動作をしないことを確認してください。

**保管期間：**4 年間保管した分離膜モジュールの中空系サンプル (室温、相対湿度 60 % 以下、収縮包装材に入れ、箱には入っていない状態) は、その物理的特性にいかなる変化も示しませんでした。

**直射日光：**分離膜モジュールは、元の箱または他の不透明な箱に保管し、直射日光が当たる場所に保管しないでください。

## XI. 分離膜モジュールの殺菌、洗浄及び定置洗浄 (CIP)

詳細な取り扱い説明は、当社より提供しております「洗浄ガイドライン」を参照ください。詳細は当社担当者にお問い合わせください。

## XII. 化学的適合性

一般的なガイドラインについては、当社担当者にお問い合わせください。

## XIII. カートリッジの交換

詳細な説明については、当社より提供しております「カートリッジ交換説明書」を参照ください。もしくは、当社担当者にお問い合わせください。

## XIV. 困ったときは

問題	推定される原因	対処方法
出口溶存気体濃度が設定値より高い あるいは、 使用後の性能低下	中空系膜の汚染	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 分離膜モジュールを洗浄してください。「洗浄ガイドライン」を参照ください。</li> </ul>
	運送時に使用した保護キャップや包装が外されていない	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 分離膜モジュールをシステムに設置する前に、すべての接続部に取り付けられている運送用の保護キャップ、キャップカバー、包装が取り除かれていることを確認してください。</li> </ul>
	スウィープガスの汚染	<ul style="list-style-type: none"> <li>● スウィープガスの純度を確認してください。</li> </ul>
	スウィープガスの流量不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 供給ラインからのスウィープガスの漏れがないか確認してください。</li> </ul>
	分離膜モジュールごとのスウィープガス流量が不均一	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 複数の分離膜モジュールを使用する場合、それぞれの分離膜モジュールのスウィープガスの流量を測定し、調整してください。</li> </ul>
	スウィープガスラインもしくは真空ラインに空気の漏れ込み	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ガス側のフランジ接続を確認して、閉めてください。</li> <li>● ガス側を加圧し、以下のようなリークテストを実施してしてください。               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 石鹸水テスト：泡の出る箇所を探してください。</li> <li>- 加圧テスト：加圧後一定時間静置し、圧力低下をモニターしてください</li> <li>- 漏電検知システム</li> </ul> </li> <li>● 真空引き運転、スウィープガス導入運転時のデータを収集します。</li> <li>● 当社担当者に連絡をします</li> </ul>
	真空度が低い 真空システムへ空気の漏れ込み	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 真空ポンプが適切なサイズか、真空マニホールドがシステムの排気量に対応できるようなサイズかを確認します。</li> <li>● 空気漏れがないかを確認します。 中空系外側（液体）出口側の溶存気体濃度がシミュレーションプログラムの最大範囲内の場合には、漏れは分離膜モジュールの後の真空ラインで起こっている可能性があります。</li> <li>● 分離膜モジュールが水で満たされた状態で、分離膜モジュールを真空引き運転を行い、真空状態が維持されることを検証します。 真空ライン中に凝縮水が溜まっていないか確認します。               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 真空ラインは分離膜モジュールよりも下側に設置、または下向きに傾斜があるかを確認します。傾斜がない場合には、再度配管の接続を行ってください。</li> <li>- 中空系内側（真空/スウィープガス）出口の水の排出が通常の想定範囲を超える場合には、真空ラインを分離膜モジュールから取り外し、当社担当者にご連絡ください。</li> <li>- 凝縮水は通常、起こりうる現象のため、真空マニホールドを断熱してください。</li> </ul> </li> <li>● より大容量の真空ポンプを取り付けてください。</li> </ul>
	分離膜モジュール内部、もしくは真空ライン中に凝縮水が残っている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 運転を停止している際に分離膜モジュールを濡れたままにしておくと、中空系内側に水分が凝縮する場合があります。               <ul style="list-style-type: none"> <li>- セクションVI-Bに従って、中空系内側（真空/スウィープガス）に凝縮水した水はガスを流して取り除きます。</li> <li>- ガス側出口からの水の排出が止まるまで、高流量のスウィープガスの供給を行います。</li> <li>- 水の排出が継続するようであれば、当社担当者にご連絡ください。</li> </ul> </li> <li>● 真空ライン中の凝縮水がたまっている場所を探します。               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 真空ラインが分離膜モジュールより下向きに接続されていることを確認してください。</li> <li>- 下向きに接続されていない場合には、再度配管の接続を行ってください。</li> <li>- 凝縮水は通常起こりうる現象のため真空マニホールドを断熱してください。</li> </ul> </li> </ul>
	液体温度が設計仕様よりも低い	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 温度を上げてください。</li> </ul>
	液体流量が設計仕様よりも高い	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 流量を下げてください。</li> </ul>
スウィープガスの流量が低い	<ul style="list-style-type: none"> <li>● スウィープガスの流量を上げてください。</li> </ul>	
分離膜モジュールごとの液体流量が不均一	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 複数の分離膜モジュールを使用する場合、それぞれの分離膜モジュールの液体流量を確認、調整してください。</li> </ul>	

## XIV. 困ったときは (続き)

問題	推定される原因	対処方法
液体側の圧力が高い	運送時に使用した保護キャップや包装が外されていない	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 分離膜モジュールをシステムに設置する前に、すべての接続部に取り付けられている運送用の保護キャップ、キャップカバー、包装が取り除かれてることを確認してください。</li> </ul>
	中空系外側に (液体側) に微粒子が蓄積している	<ul style="list-style-type: none"> <li>● プレフィルタを確認してください。</li> <li>● 洗浄ガイドラインを参照して、分離膜モジュールを洗浄してください。</li> <li>● 微粒子が酸またはアルカリで可溶化する場合、適切な溶液で溶解させ、洗浄してください。</li> <li>● 分離膜モジュールを交換してください。</li> <li>● 液体流量を確認してください (製品の流量、圧力条件を超えないでください) - 最大流量は、本ガイドラインの表5を参照ください</li> </ul>
中空系内側 (真空/スweepガス) への大量の液体の漏れ	液体が正しく液体の入口側 (中空系外側) に接続されていない	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 配管接続を確認し、正しい接続にしてください。</li> </ul>
	Oリングのずれおよび破損、劣化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 必要に応じ、分離膜モジュールのカートリッジの交換取扱説明書を参照しOリングを交換してください。</li> <li>● 当社担当者にご連絡ください</li> </ul>
	分離膜モジュールの完全性がない	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 水を使用して中空系外側を0.41 MPaまで加圧してください。</li> <li>● 中空系内側 (真空/スweepガス) からの水の排出が大量に出ていないか確認してください。</li> </ul>
	中空系膜の親水化 (界面活性剤、油分やアルコールが中空系内には入り込むと、膜が親水化を起こす可能性があります)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 分離膜モジュールを洗浄し、水でよく洗浄してください。</li> <li>● 液体を取り除き、しっかりと中空系膜を乾燥させてください。乾燥手順は洗浄ガイドラインを参照してください。</li> </ul>
ナットが動かなくなる	ナットをボルトに急いで締め付ける	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 摩耗を避けるため、ナットは、手でゆっくりと締めてください。</li> </ul>
	電動ツールを使用した (過剰なトルクにより、ネジに異常が生じるリスクが高まります)	



本書に記載してある事項、技術上のデータ並びに推奨は、すべて当社の信頼している実験に基づいていますが、その正確性若しくは完全性について保証するものではありません。使用者は使用に先立って製品が自己の用途に適合するか否かを判断し、それに伴う危険と責任のすべてを負うものとします。売主及び製造者の義務は、出荷当時に所定の仕様適合しないことが証明された製品を取り替えることまたは代金を返還することに限定され、それ以外の責任は負いません。本書に記載されていない事項、特定目的への適合性、若しくは推奨は、売主及び製造者の役員が署名した契約書によらない限り、当社は責任を負いません。

3M、Liqui-Cellは、3M社の商標です。



スリーエム ジャパン株式会社  
フィルター製品事業部

<http://www.3mcompany.jp/filter/>

Please Recycle. Printed in Japan.  
© 3M 2020. All Rights Reserved.  
LC-1156-A (0720)

カスタマーコールセンター

製品のお問い合わせはナビダイヤルで

 **0570-011-211**

8:45~17:15 / 月~金 (土日祝年末年始は除く)