



Ultra Clean Facility

ウルトラクリーン実験施設



大阪大学大学院工学研究科附属
超精密科学研究センター

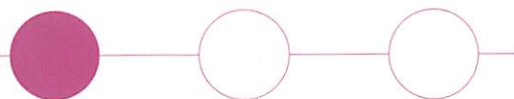
Research Center for Ultra-Precision Science and Technology

■ 21世紀プラザ外観	2
● ■ 21世紀プラザ平面図	3
■ ウルトラクリーン実験施設 (UCF) の概要	5
● ● ● 1. クリーンルーム	6
1.1 はじめに	
1.2 微振動対策	
1.2.1 微振動に対する設計	
1.2.2 微振動測定結果	
1.3 特殊アース	
1.3.1 微小静電気の除電によるノイズ対策	
1.3.2 電気抵抗測定結果	
1.4 クリーン環境に求められる要件	
1.4.1 流入防止	
1.4.2 発生防止	
1.4.3 拡散防止	
1.4.4 除去技術	
1.5 クリーンルームの構成と性能	
1.5.1 空調システム1	
1.5.2 空調システム2	
1.6 静電気対策	
1.6.1 内装材の選定および接地	
1.6.2 クリーンイオナイザー	
1.7 空調・用役システム	
1.7.1 熱源機器	
1.7.2 配管系統	
1.7.3 ダクト系統	
● ● ● 2. 超高純度ガス供給システム	14
2.1 はじめに	
2.2 超高純度ガス供給システムの構成と特徴	
2.3 超高純度ガス供給系の要素技術	
2.3.1 Cr ₂ O ₃ 不働態処理	
2.3.2 Cr ₂ O ₃ 不働態膜の水濡れ特性	
2.3.3 Cr ₂ O ₃ 不働態膜の耐腐食性	
2.3.4 Cr ₂ O ₃ 不働態膜の非触媒作用	
2.3.5 配管・ガス部材	
2.3.6 窒素ガス供給設備	
2.3.7 ループ配管の採用	
2.3.8 オートシリンダーキャビネット	
2.3.9 ガス超高純度精製装置	
2.4 排気系の要素技術	
2.4.1 排ガス処理装置	
2.4.2 緊急保安装置	
2.4.3 PSA式窒素発生装置	
2.5 ガス漏洩検知警報システム	
2.5.1 ガス漏洩検知器	
2.5.2 ガス漏洩検知警報盤	
2.6 高性能小型メタルガスカート継手	
2.7 集積化ガスシステム	
● ● ● 3. 超純水供給・高機能薬液洗浄システム	24
3.1 はじめに	
3.2 超純水供給システムに求められる要件	
3.3 超純水供給システムの構成と特徴	
3.3.1 一次純水製造システムの機能と特徴	
3.3.2 超純水製造システムの機能と特徴	
3.3.3 高圧超純水供給システムの機能と特徴	
3.3.4 廃液回収・処理・監視システムの機能と特徴	
3.4 新しい要素技術	
3.4.1 新型電気再生式連続イオン交換処理装置	
3.4.2 イオン吸着膜	
3.5 超純水の可能性	
3.6 高機能薬液洗浄システム	
3.6.1 はじめに	
3.6.2 高機能洗浄システムに求められる要件	
3.6.3 高機能洗浄システムの構成と特長	
3.6.4 少排気量型クリーンドラフトチャンバーの構造、及び各部の名称	
3.6.5 エアシール機構の構成	
● ● ● 4. 中央監視システム	38
4.1 中央監視システムの特徴	
4.2 中央監視システムの構成	
4.2.1 中央監視装置	
4.2.2 監視カメラ設備	
4.2.3 拡声設備	
4.2.4 入退室管理設備	
4.2.5 非常通報設備	
4.3 安全管理システム	
4.3.1 ユーザーと管理者に対する情報伝達	
4.3.2 危険信号の検知	
● ● ■ 大阪大学吹田キャンパス配置図・交通案内図	44

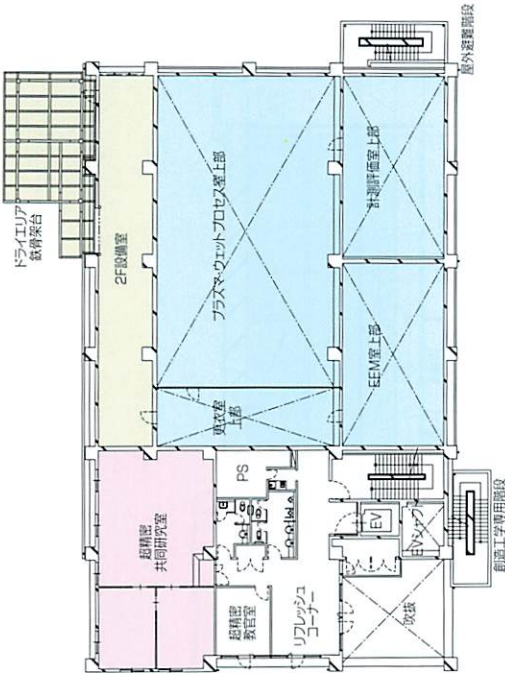
CONTENTS

目次

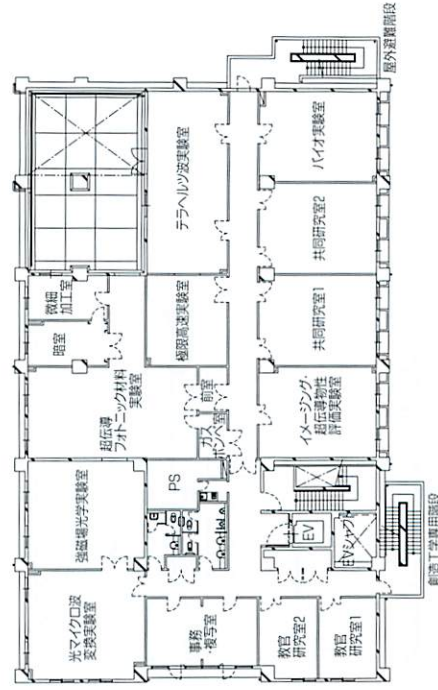
■ 21世紀プラザ外観



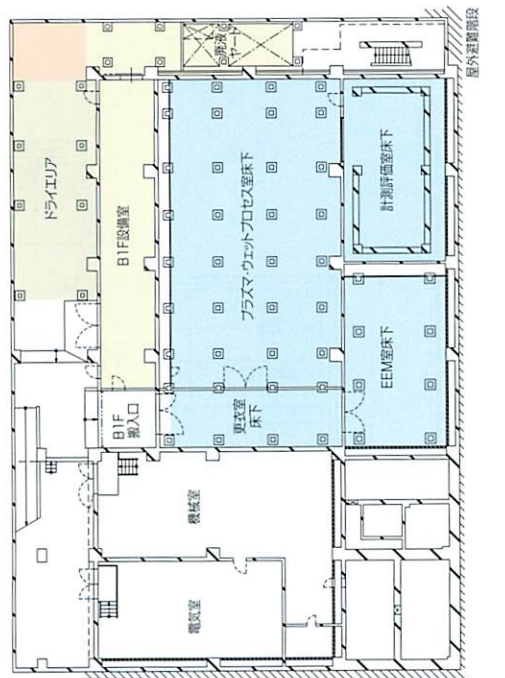
■ 21世紀プラザ平面図



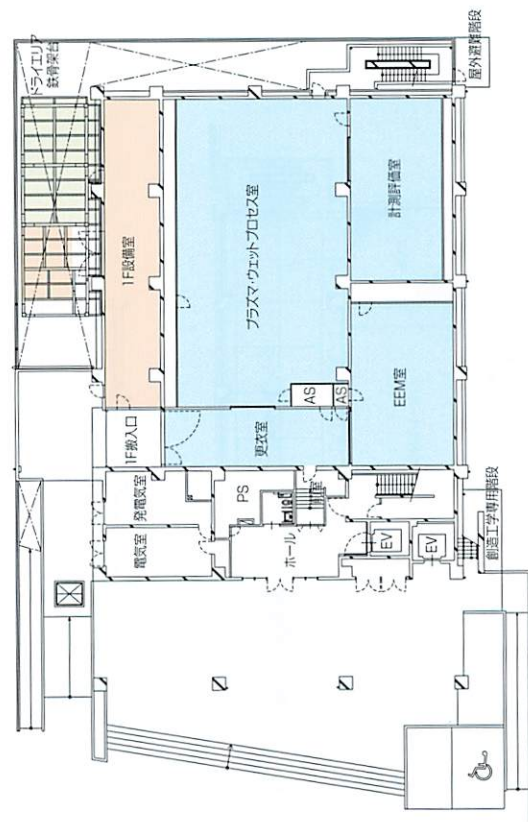
2階平面図



3階平面図



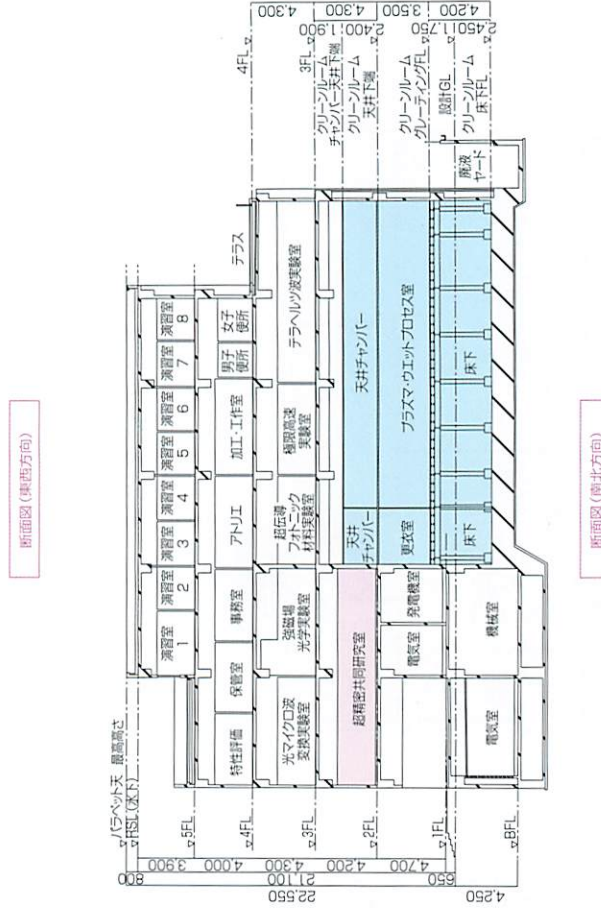
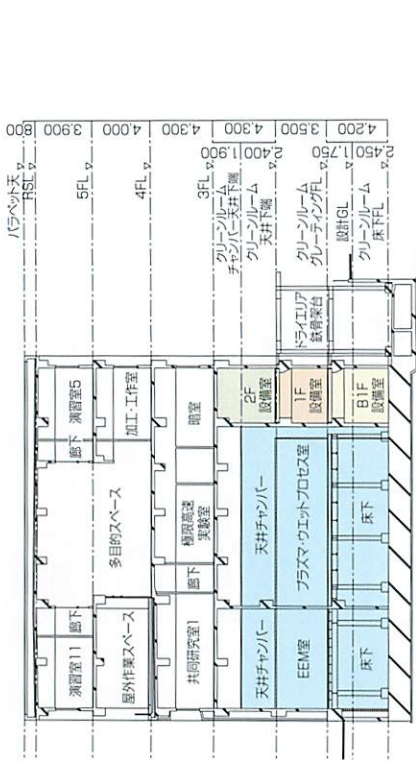
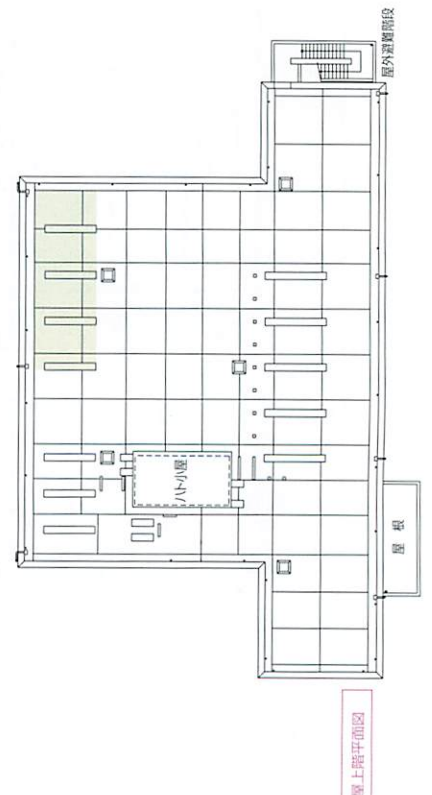
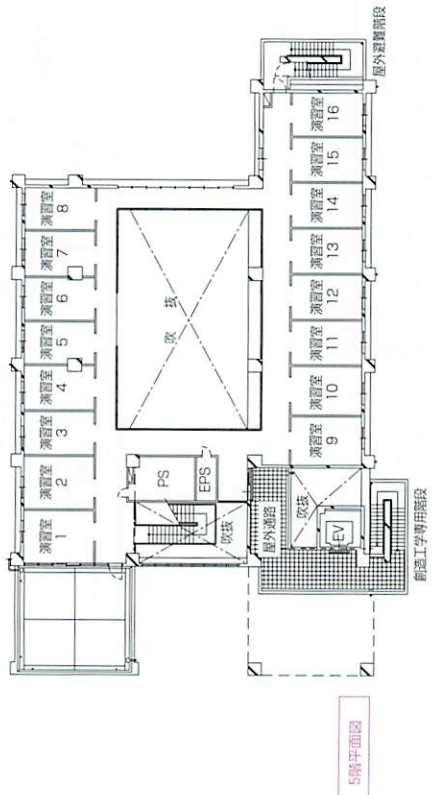
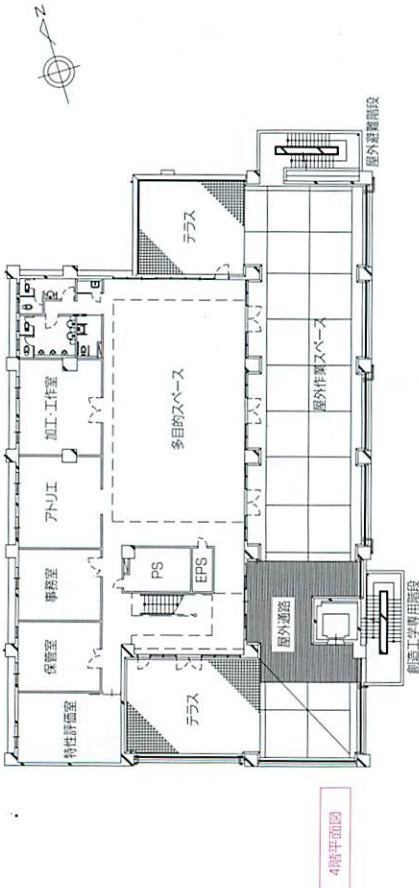
B1階平面図



1階平面図

- クリーンルームエリア
- ガス供給設備エリア
- 空調・用役供給設備エリア
- 超純水供給設備エリア
- 研究スペース

21世紀プラザ平面図



- クリーンルームエリア
- ガス供給設備エリア
- 空調・用役供給設備エリア
- 超純水供給設備エリア
- 研究スペース

ウルトラクリーン実験施設(UCF)の概要

平成16年3月に竣工したウルトラクリーン実験施設は、世界最高性能のクリーンルーム技術、超高純度ガス技術、超純水技術が導入された最先端研究施設です。本実験施設は、大阪大学大学院工学研究科21世紀プラザ(地下1階、地上5階建て)の地下1階から地上2階までを占有するClass1(粒径 $0.1\mu\text{m}$ 以上の粒子が 1ft^3 当たり1個以下)の超清浄なクリーンルームであり、温湿度、騒音、微振動、静電気、化学汚染物質濃度等のあらゆる要素に関しても世界最高レベルの環境性能を達成しています。また、不純物濃度1ppb以下の超高純度なプロセスガスを安定に、かつ安全に取り扱うことが可能な超高純度ガス供給システム、水中のあらゆる不純物の濃度を1ppb以下(金属イオンについては1ppt以下)に低減した、世界最高レベルの超純水を製造・供給可能な超純水供給・高機能薬液洗浄システムを有しています。そして、これらのシステムを監視し、安全管理機能や自動通報機能を備えた中央監視システムも整備されています。さらに、省エネルギー・省資源対策も要所に盛り込まれた設計になっています。このような優れた実験環境を提供する本実験施設は、平成13年4月に「究極の物づくり」のための卓越した研究拠点として大阪大学大学院工学研究科に開設された超精密科学研究センターの研究の場となるものです。

ところで、超精密科学研究センター設立の基盤となっているのは、平成8年度～14年度の文部科学省COE大阪大学・超精密加工研究拠点「完全表面の創成」における数々の研究成果です。このCOEでは、まず、新しい「物づくり」技術開発に必要な独自のクリーンルームを提案し、世界最高レベルの超高純度ガス、超純水、高機能薬液洗浄系を備えた研究施設ウルトラクリーンルームを完成しました。そして、独自の超精密加工法であるEEM(Elastic Emission Machining)、プラズマCVM(CheMical Vaporization Machining)、超純水のみによる電気化学加工法や、画期的な超高速成膜法である大気圧プラズマCVD(CheMical Vapor Deposition)を開発しました。また、それらを具現化する世界で唯一の加工・成膜装置を製作し、加工・成膜表面の計測評価法も確立しました。その結果、世界最高性能のX線ミラーや次世代の半導体基板である超薄膜SOI(Silicon On Insulator)ウエハ等の開発に成功し、国際的に高い評価を得ました。これらの研究をさらに継続して発展させるべく設立された超精密科学研究センターは、平成15年度に精密科学専攻、物質・生命工学専攻(応用表面科学講座)とともに文部科学省21世紀COEプログラムに採択され、「原子論的生産技術の創出拠点」を形成することになりました。「原子論的生産技術」とは、製造プロセスに利用する物理・化学現象を原子・電子論的立場から理解し、精密に制御することによって極限まで活用する独自の「物づくり」技術のことです。21世紀の基礎科学や先端産業では、機械加工等の従来の製造技術では不可能な、原子レベルの精度をもった電子・光デバイスが必要とされています。「原子論的生産技術」は、それらの「究極の物」を創り出すためのキーテクノロジーです。21世紀COEでは、文部科学省COEで得られた最先端技術シーズを実用化するとともに、さらに新しい「原子論的生産技術」を創出します。また、重力波望遠鏡、X線顕微鏡、次世代EUV(Extreme Ultra-Violet)リソグラフィ等の高精度ミラーや、SOIやSiC、GaNを基板とする半導体デバイス等、最先端科学技術の進展を左右するようなキーデバイスを創るために、他大学や他研究機関との学-学、官-学、産-学の連携・協力を積極的に進めます。

このように、超精密科学研究センターは、最先端の科学技術分野から要請される「究極の物づくり」に挑戦します。しかし、そのためには、実験結果に悪影響を及ぼす汚染物を徹底的に除去した理想的な実験環境が不可欠です。例えば、プロセス装置を設置し、試料を取り扱う環境としては、大気中に微粒子や化学汚染物質等のないクリーンルームが必要です。また、ガスを用いるプラズマCVMや大気圧プラズマCVDプロセスでは、不純物のない超高純度ガスが必要であり、水を用いるEEMや超純水電気化学加工プロセスにおいては、汚染物質を全く含まない超純水が必要になります。ウルトラクリーン実験施設は、理想的な実験環境を構築するために、クリーンルーム技術、超高純度ガス技術、超純水技術のあらゆる要素に関し、文部科学省COEにおいて活用したウルトラクリーンルームで蓄積したノウハウに加えて、世界最高レベルの最新技術を導入して建設されています。超精密科学研究センターでは、引き続きウルトラクリーンルームにおいて基礎研究を行い、新しい「原子論的生産技術」を開発します。また、ウルトラクリーン実験施設を学-学、官-学、産-学の共同研究プロジェクトを推進する場として最大限活用し、得られた最先端技術シーズを実用化することにより、未踏分野を切り拓くために不可欠な電子・光デバイスを開発して社会に貢献します。そして、このような理想的な実験環境において最先端の研究に携わることにより、物理学のセンスを持った「物づくり」の研究指導者を育成します。

以下の各章では、クリーンルーム、超高純度ガス供給システム、超純水供給・高機能薬液洗浄システム、中央監視システムについての詳細を説明します。

● 1.クリーンルーム

1.1 はじめに

クリーンルームとは温度、湿度、気流、圧力、特に空気中の微粒子（パーティクル）を一定の範囲内に制御する為に作られた部屋であり研究施設等あらゆる分野で利用されています。一般にクリーンルームと呼べるのは粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上の粒子が 1ft^3 当たり100,000個以下の空間ですが、UCF (Ultra Clean Facility) では、粒径 $0.1\mu\text{m}$ 以上の粒子が 1ft^3 当たり1個以下となっておりClass1という高清浄なクリーンルームとなっています。さらに温湿度($\pm 0.1^\circ\text{C}$)・騒音(55dB[A])・微振動(0.1gal)・静電気さらには化学汚染物質濃度に至るあらゆる要素に関し、世界最高レベルの環境性能を実現しています。本施設で実現される環境性能は、研究用クリーンルームの域に留まることなく半導体工場、病院、製薬施設さらには食品工場に用いられるあらゆるクリーンルームを凌駕するものです。また本施設は、以上の様な理想的な研究環境を創成すると同時に地球環境に配慮し、省エネルギー・省資源対策を要所に盛り込み、研究施設特有の負荷変動に対しても追従できるシステムとなっています。とりわけ微振動対策、静電気(微小ノイズ)対策については建築設計から施工に至るまで一貫した品質管理により後述する高度な性能を得る結果となっています。

1.2 微振動対策

1.2.1 微振動に対する設計

計測評価室において使用する実験装置は、振動により影響を受ける機器が多いため、グレーティング床面での振動を、加速度0.1gal以下、振動振幅 $1.0\mu\text{m p-p}$ 以下に抑制する必要があります。そこで、UCFが設置される建築建物(21世紀プラザ)の建設にあたり、数値シミュレーションにより以下の三項目の検討を行い、建築計画を立案しています。

・杭打ち込み深さ

21世紀プラザ建設地におけるボーリング調査の結果から地表から20mの深さまで掘り込むことにより、N値 ≈ 50 の固い地盤が現れることが明らかになっています。よって、建物すべての杭を地表から20mの深さまで打ち込むこととしています。

・マットスラブ

構造物の水平面の大きさが大きくなればなるほど加振力が失われ、地動の入力損失が大きくなります。とりわけ図1.1に示すシミュレーションの結果から主要な外部振動源である車両通行時の振動(周波数=10Hz、地表の伝播速度=200m/s)は、20m四方の構造物を構築する事でほとんど伝達しない事が明らかになっています。そこで、今回はUCFクリーンルーム部全域の基礎を20m四方のマットスラブとして設置し、振動を抑制することとしています。また、日常的な作業すなわち980N程度の荷重がかかった時の変位量を数値シミュレーションし(表1.1)、変位量を $1\mu\text{m}$ 以下

に抑えるためには、スラブ厚が1500mm以上必要であることが明らかになっています。

表1.1 荷重印加時の固有振動数並びに変位量

スラブ厚	固有振動数(Hz)	最大変位量(μm)
1,500mmの場合	11.7	0.73
1,300mmの場合	10.1	1.1
1,000mmの場合	7.77	2.4

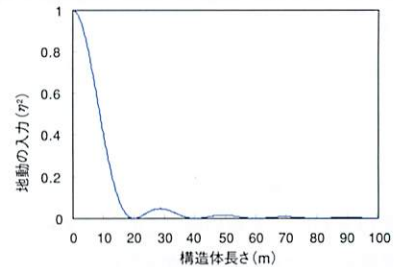


図1.1 地動の入力損失のパワースペクトル

・高剛性架台

杭の打ち込み深さ、マットスラブ等の対策により地下スラブ上での振動抑制ができていても、グレーティング架台上(作業面)での剛性が保たれていなければ意味がありません。よって、クリーンルームとしての空気の流れも考慮した解析モデルにより数値シミュレーションを行い(図1.2)、鉄筋コンクリート製の高剛性架台の構造を決定しています。

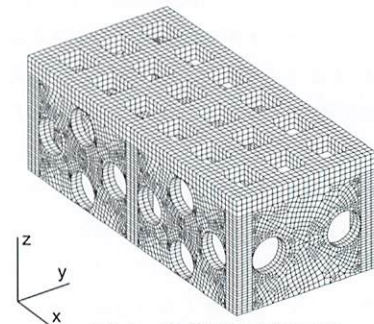


図1.2 高剛性架台解析モデル

1.2.2 微振動測定結果

前述した微振動対策より、下図に示す有効な結果を得る事ができています。

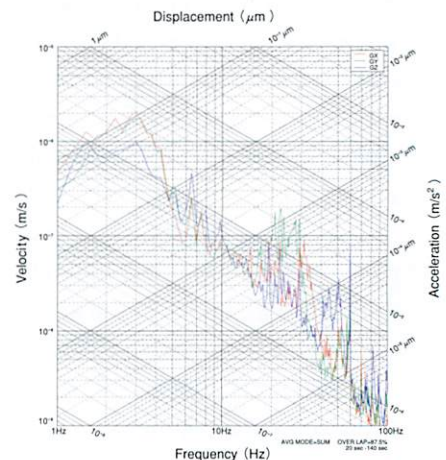


図1.3 床微振動スペクトル(計測評価室)

1.3 特殊アース

1.3.1 微小静電気の除電によるノイズ対策

ナノテクノロジーという言葉に代表されるように、技術の進歩により電子デバイスの微細化が進み、製造・分析装置に対し微小な静電気によるノイズの影響が大きくなっており、建物内外部が有する帯電電位を抑えるため、できる限り速やかに除電する必要があります。そこでUCFでは、従来からのステップアース（連結アース棒88ヶ所）に加えメッシュアースを併用し、接地抵抗0.19Ωという世界最小レベルの特殊アースを作りだしています。この特殊アースはクリーンルーム内すべての配電盤の中に取められ、装置電源を接続する際に合わせて接地でき、簡易に利用できるものとしています。又、その他一般的なD種アース、避雷用、躯体用、実験用等10種類ものアースを独立して設置しており、一般電動機械等から発生するノイズが特殊アースに干渉するのを防止すると共に、様々な用途に適したアースを区別して利用できるようにしています。



図1.4 特殊メッシュアースおよびステップアースの施工

1.3.2 電気抵抗測定結果

各アース種別の接地抵抗測定結果を表1.2に示します。

表1.2 接地抵抗測定結果

記号	接地種別	接地形式	測定値(Ω)
E(ACD)	A種,B種,D種	銅板 900mm×900mm×1.5mm	9.0
E _B	B種銅板	900mm×900mm×1.5mm	7.0
EA(S)	A種銅板	900mm×900mm×1.5mm	6.5
ED1(実)	D種銅板	900mm×900mm×1.5mm	10.8
ED2(実)	D種銅板	900mm×900mm×1.5mm	12.6
ED(ELB)(実)	D種銅板	900mm×900mm×1.5mm	11.5
ED(ELB)	D種銅板	900mm×900mm×1.5mm	12.0
E(SP)	特殊	ステップ・メッシュアース	0.19
E(鉄)	特殊	鉄筋アース	0.17

1.4 クリーン環境に求められる要件

クリーンルーム環境を構築する上で以下の四原則に基づきシステム設計を行っています。

- 汚染物質の流入防止
- 汚染物質の発生防止
- 汚染物質の拡散防止（滞留・堆積防止）
- 汚染物質の速やかな除去

1.4.1 流入防止

クリーンルームの清浄度を維持する上で陽圧管理が絶対不可欠となります。そこでクリーンルーム内に排気風量を超える外気量を導入することで、クリーンルーム内を加圧します。超過分の空気量は微差圧ダンパーを介して室外へ排出し、室間の差圧制御を行います。今回、外気導入ダクト系に高機能ダンパーを設置していますので高度な室圧制御を実現しています。

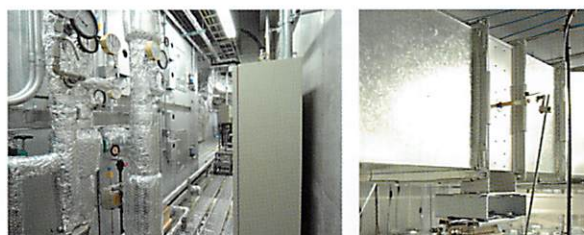


図1.5 外気調和機

図1.6 高機能ダンパー

1.4.2 発生防止

UCFでは、FFU（ファンフィルターユニット）にDCブラシレスモーターを採用し発塵量の低減を図っています。又、化学汚染物質の発生を低減するため低ボロン・低有機又はボロンフリーのPTFE（poly-tetra-fluoro-ethylene）製のフィルターを採用している他、ノンシールの内装工法、シール材から電線ケーブルに至るまで、低アウトガス対策品を使用することにより汚染物質の発生源を抑えています。



図1.7 FFU(DCブラシレスモータ採用)

1.4.3 拡散防止

汚染物質の拡散防止には垂直層流方式が理想的とされており、このため天井全面にFFUを設置することが必要とされてきました。しかし、UCFでは天井リターン式滞留域低減システムを採用しFFU未装着面に半閉止板を取り付け、室内・天井内間での圧力差による還気流（室内から天井内へ気流）を形成させる事で理想的な垂直層流の気流性状を実現しています。なお、滞留域の形成抑制に関しては気流制御のみならず、静電気対策も重要であり導電性能に優れたクロス・カーテン・鋼材・塗料を採用しています。



図1.8 半閉止板

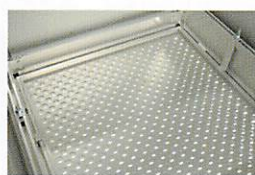


図1.9半閉止板(天井裏)

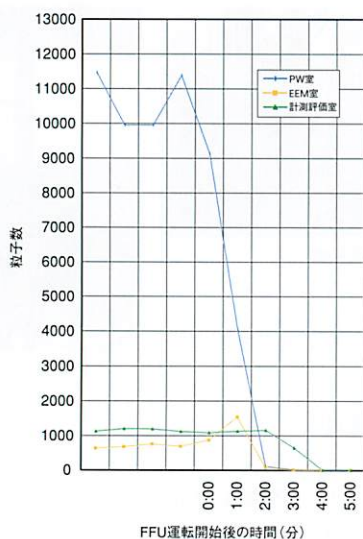


図1.10 清浄度回復特性



図1.11 フィルター配置

1.4.4 除去技術

導入される外気中の化学汚染物質除去には、外調機内のフィルター及び超低補給水型のケミカルウォッシャー[高砂熱学工業(株)製]を用いており、外部からの汚染物質侵入を防止しています。室内で発生する汚染物質を除去するため、FFUにて室内空気を平均1時間に120回循環させ、高性能フィルター(99.9999% 0.1 μ m)で濾過しています。また前述した半閉止板を用いず同じ清浄度を維持するためには、1時間に200回以上の空気循環が必要であり、半閉止板は省エネルギー運転にも貢献しています。さらにUCFでは、FFUの個別運転並びに個別周波数制御を可能としているので汚染物質発生源(実験装置配置)に合った効率的な除去効果が発揮できるものとなっています。



図1.12 ケミカルウォッシャー制御盤

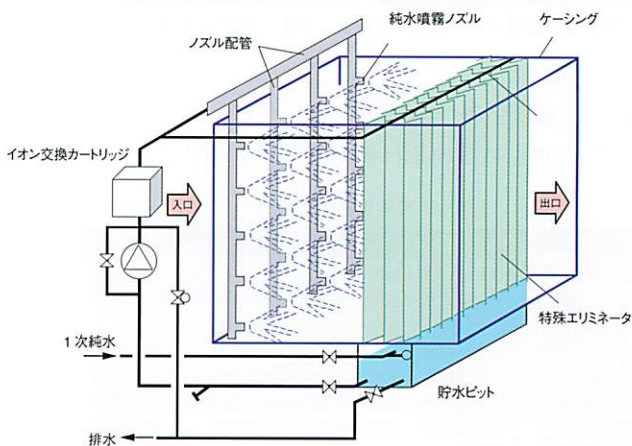


図1.13 ケミカルウォッシャーシステム概念図

表1.3 ケミカル測定結果

測定日 (計画値)	金属、ドーナント (ng/m ³)										酸・アルカリイオン (μg/m ³)		
	Na	K	Ca	Li	Mg	Si	B	P	Cl ⁻	NO ₂	NO ₃	SO ₄ ²⁻	
フィルター装着前	—	—	—	—	—	—	2	19	<0.1	0.8	0.4	0.6	
運転開始直後	—	—	—	—	—	—	2	11	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	
運転後1ヶ月	—	—	—	—	—	—	4	19	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	
運転後2ヶ月	—	—	—	—	—	—	<3	<10	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	

「—」については未検出

1.5 クリーンルームの構成と性能

UCFにおける部屋別の構成を表1.4に示します。表から全ての実験室においてClass1の清浄度を求めており、とりわけ計測評価室においては、許容される室温変動が $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、許容騒音値が55dB(A)以下と非常に精密な環境仕様となっています。本節では、UCFで採用した各室の空調システムに関して述べます。

1.5.1 空調システム1

プラズマ・ウェットプロセス室(PW室)、EEM室の空調システムについては、FFU方式による個別循環型とし、DCブラシレスモータ仕様のFFUを採用することで、従来のACモータ仕様のFFUに比べて高効率でより高度な個別エリア運転を可能としています。個別エリア運転制御が可能な事から、用途にあった最適最小運転ができ、また半閉止板利用によるFFU台数低減の結果、搬送動力の大幅な低減が

見込まれます。室内温度制御は 12°C の冷水によるドライコイル方式を採用し、湿度に関しては外調機の吹出露点温度を制御することで安定した温湿度環境を実現しています。さらにPW室の露光エリアにおいてフッ酸等の腐食性ガスが、万一発生した場合に備えてFFUのフィルターはすべて耐薬品性、耐水性の優れたPTFE製を使用しています。同様にEEM室においても純水を多量に使用する事から全てのフィルターにPTFE製を使用しています。

PW室ユーティリティエリア(床下)においては、配管・ダクトから発生する振動の伝播防止策として、支持架台をグレーティング架台とは独立に設置し、すべてのユーティリティ設備の支持を行っています。

更衣室の空調については、FFU方式とし温度制御をFCU(ファンコイルユニット)にて行っています。なおFFUフィルターには、低ボロン・低有機仕様のものを使用しています。

表1.4 クリーンルーム構成と性能

室名	床面積	天井高	清浄度 (at $0.1\mu\text{m}$)	温度変動	湿度変動	騒音条件
プラズマ・ウェットプロセス室	262.5 m^2	3.5m	1個/cft	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	$\pm 10\%$	65dB(A)
EEM室	87.5 m^2	3.5m	1個/cft	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	$\pm 10\%$	65dB(A)
計測評価室(床下含む)	87.5 m^2	3.5m	1個/cft	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	$\pm 10\%$	55dB(A)
更衣室	50.0 m^2	3.5m	1000個/cft	成り行き	成り行き	65dB(A)

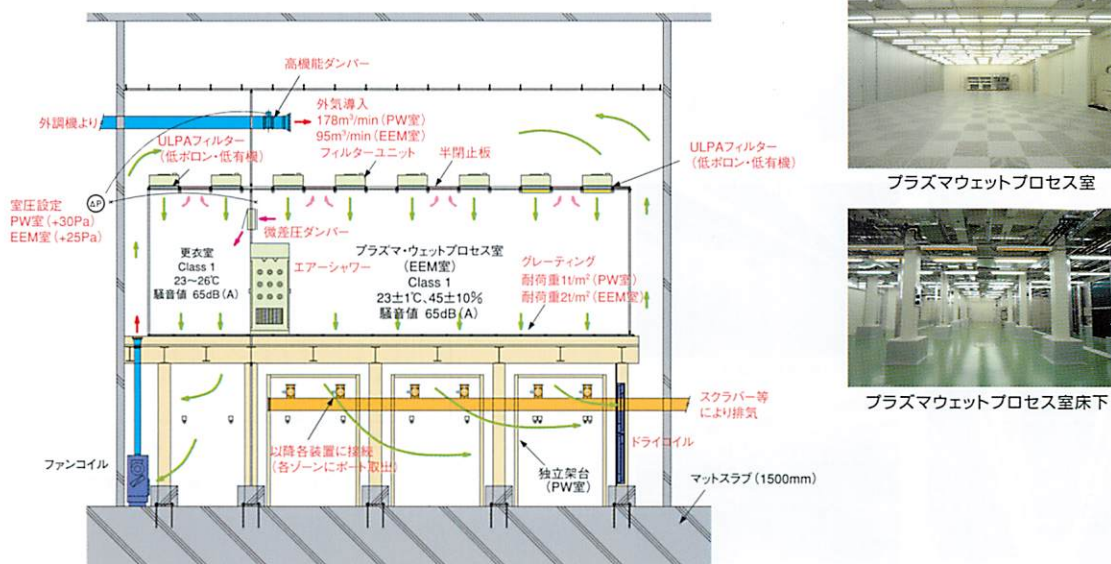
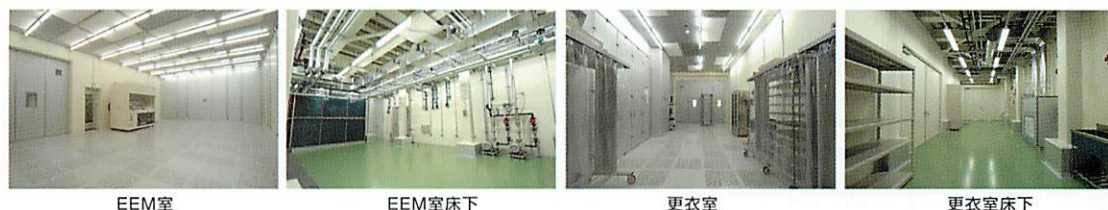


図1.14空調システム1(プラズマ・ウェットプロセス室・EEM室・更衣室)

1.5.2 空調システム2

計測評価室の空調システムは、DCブラシレスモータ仕様のFFUを設置しているため、他室と同様に個別エリア運転が可能なシステムとなっています。また温度精度並びに温度分布精度を上げる必要があるため全面にFFUを設置しています。一方温度制御については、ドライコイルの使用は他室と同様ですが、 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の厳しい温度精度を達成するため、グレーティング上下エリアでの装置熱負荷を考慮し床上用、床下用にそれぞれドライコイルを配置し、さらに小温度差 ($18 \rightarrow 19^{\circ}\text{C}$)、大水量仕様としています。またFFUから発生する騒音値を低減するため、FFUとフィルターの間に挿入する低圧損のサイレンサーを新たに開発し、クリーンルームにおいて非常に厳しい条件である55dB(A)以下を達成しています(図1.17)。なおフィルターは、低ボロン・低有機仕様のものを採用しています。ユーティリティ設備支持についても嫌振対策としてPW室と同様に支持架を独立に設置し、ドライコイルもそれで支持しています。



図1.16 低圧損サイレンサー付きFFU

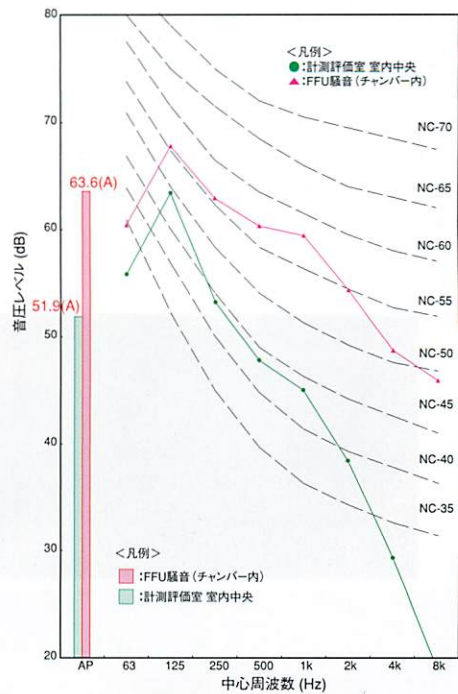
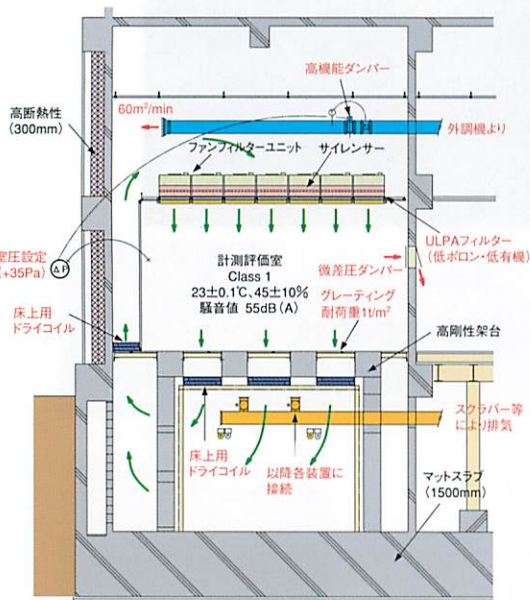


図1.17 騒音測定結果



図1.15 空調システム2 (計測評価室)

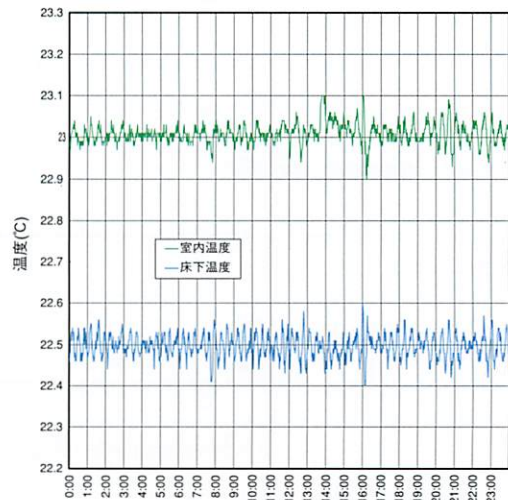


図1.18 計測評価室 温度推移

1.6 静電気対策

1.6.1 内装材の選定および接地

内装材に発生する静電気は、汚染物質の付着の原因となり清浄度に影響を及ぼすため、今回のような高 cleanliness 空間においては静電気対策が必要不可欠となります。よって UCF ではクリーンルームの天井フレーム、パネル、クリーンクロス、塗床にいたるすべての仕上げ材が、表面固有抵抗値 $1 \times 10^9 \Omega / \square$ 以下という導電性の優れたもので構成されています。またこれらの仕上げ材を、前述した接地抵抗の非常に小さいアース (E (鉄) = 0.17Ω) へ金属配線で接地しているため、確実な除電効果が得られます。

1.6.2 クリーンイオナイザー

内装材に導電性の物を選定し、それらを確実に接地する事で建物内部に発生する静電気を抑制する事が可能です。しかしながら、UCF で使用する研究試料には、ガラス基板や高分子基板など導電性に乏しく帯電しやすいものが存在します。この様な絶縁性の研究試料が帯電することで、試料表面へ汚染物質の付着が著しく生じ、実験結果に重大な影響を与えます。そこでこのような絶縁性試料の帯電を防止する為、静電気を中和させるクリーンイオナイザーを設置しています。本イオナイザーは電極針に高純度単結晶シリコンを採用している為、電極針自身の磨耗がなく微粒子および重金属類の発生を極限まで抑制しています (図 1.20、1.21 発塵比較グラフ参照)。さらに放電対極バイアス電圧制御により、オフセット電圧 $\pm 5V$ という精密な除電性能と交流の低電位放電方式による低ノイズ化を実現しています。UCF では、室内の FFU 直下いずれの場所においても、絶縁試料を帯電させることなく扱うため、イオナイザーを可動式ラックに設置しています (図 1.22)。図 1.19 に本イオナイザーからの距離と除電時間の関係を示します。

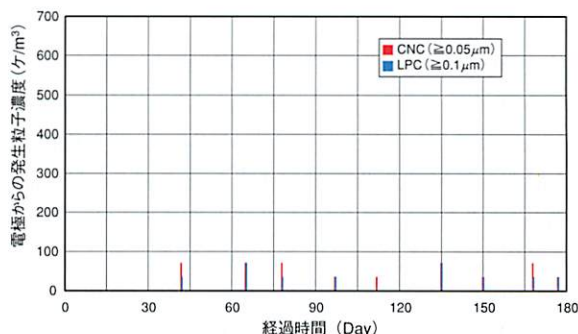


図 1.20 単結晶Si電極からの発塵量

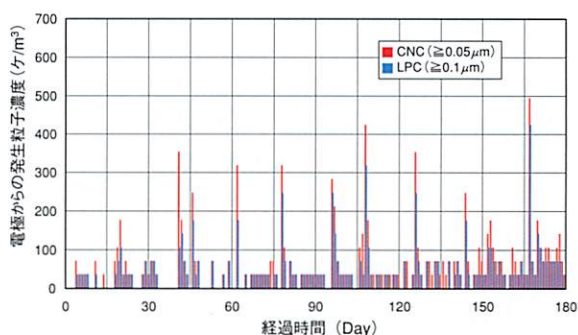


図 1.21 多結晶Si電極からの発塵量



図 1.22 大型基板対応可動式イオナイザー

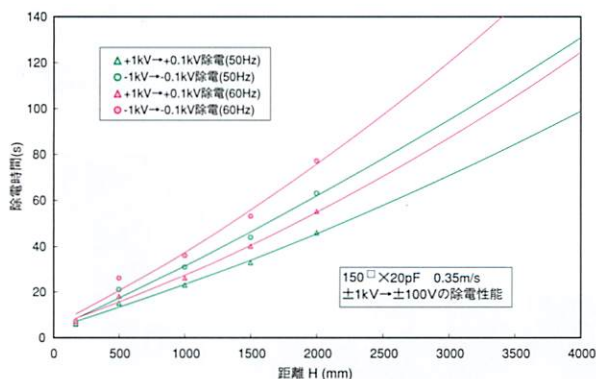


図 1.19 イオナイザーからの距離と除電時間の関係

1.7 空調・用役システム

1.7.1 熱源機器

冷熱源には、高効率のインバータ制御水冷スクリーチャー150RT (527kW) ×3台、熱源にはガス焼き温水ボイラー233kW ×2台を設置しています。UCFは、研究施設という特徴から年間の負荷変動が大きく、そのほとんどが部分負荷となります。よって今回採用の水冷チラーは、インバータ制御方式であると同時に、部分負荷特性に優れたものであり、同時に冬期には低冷却水温度 (15℃) を使用できるため、年間のエネルギー消費量の大幅な低減が見込まれます。又、省エネ対策として冬期外気条件により、冷却塔で冷水を製造するフリークーリングシステムを採用しています。

さらに冷熱源、温熱源とも複数台設置を行っている為、機器故障時・メンテナンス時の完全停止がなく、年間を通しUCFを運転する事が出来ます。また台数制御を行っている為、負荷に応じた最適な運転状態を維持できます。

1.7.2 配管系統

配管系統は、室内熱負荷を処理するドライコイル系統、外気熱負荷を処理する外調機系統および10℃、20℃の装置冷却水を生成する生産冷却水系統の3つに大別されます。ドライコイル系統では、室内熱負荷に応じてドライコイルの循環系統へ冷水を直接注入するブリードイン制御方式を採

用しているため、熱伝達効率もよく温湿度制御も非常に安定したものとなっています。また各部屋毎の配管系統が独立しているため、低負荷時における送水ポンプのインバータ制御を各部屋独立で行えることから、循環水量の削減による大幅な搬送エネルギーの低減が見込まれます。一方、外調機系統では、夏期において冷水による外気の冷却、冬期において温水による外気の加熱が行われますが、冬期には省エネ対策として冷水を通水し、導入外気からの冷熱回収を行っています。これにより導入外気のプレヒート・凍結防止の役割も担っています。また外調機の外気熱処理により発生する凝縮水を冷却塔の補給水として再利用しています。生産冷却水系統では、プレート熱交換器を介し10℃、20℃の冷却水をそれぞれ独立に生成しており、万一の漏水時のバックアップを考慮し、系統間にはバイパスを設けています。また各生産冷却水に使用する水は超純水製造設備より供給される超純水を採用し、これを常にオーバーフローさせる事で銅やSUS配管から溶出する金属イオンの濃縮および水質 (比抵抗・50kΩ・cm以上) の低下を防止しています。さらに各系統の冷水ポンプには吐出圧によるインバータ制御を組み込んでおり、低負荷時の省エネルギー対策を行っています。すべての系統の送水ポンプに関して複数台の設置を行っている為、故障時・メンテナンス時の連続運転を可能にしています。

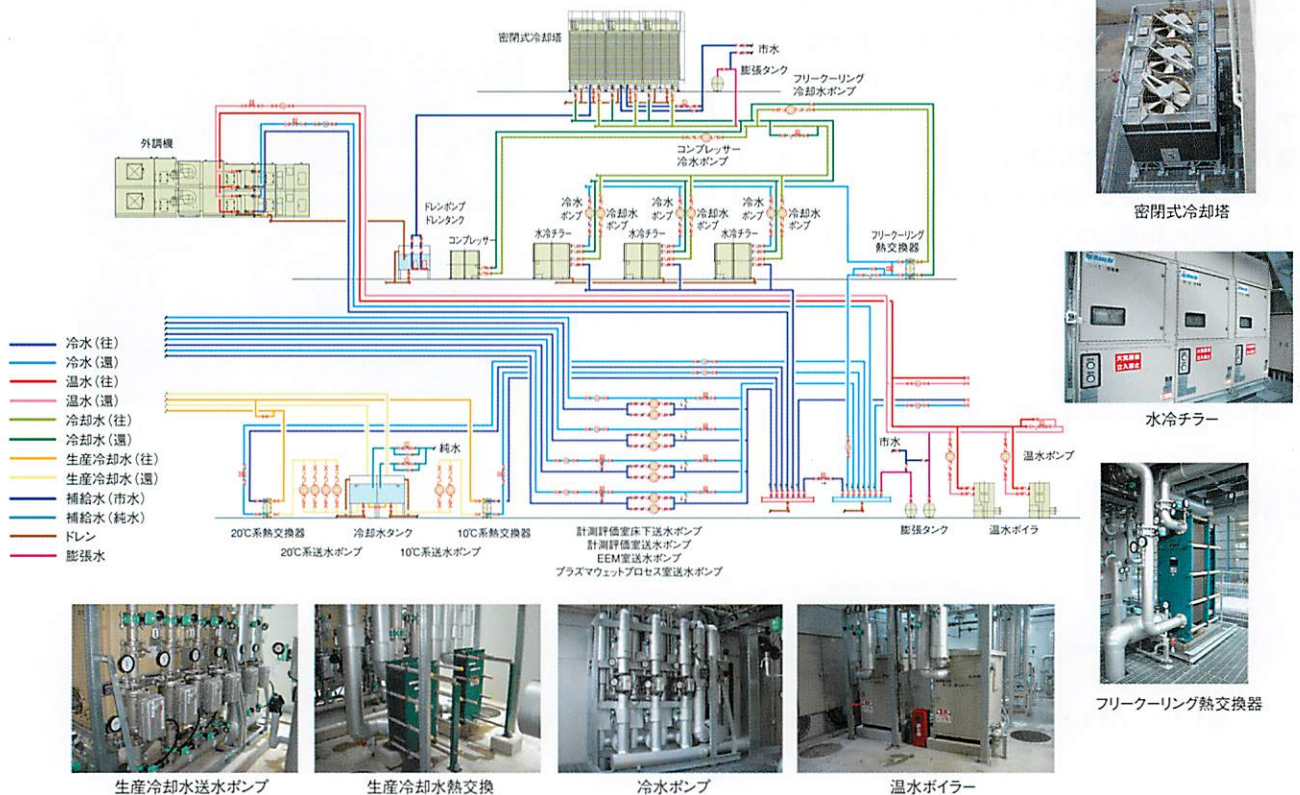


図1.23 熱源配管系統図

1.7.3 ダクト系統

ダクト系統は外調機により外気を導入する給気系統と熱、粉塵、さらに装置排気を排出する排気系統に大別されます。給気系統は各部屋毎の差圧を維持する為の高機能ダンパーと外調機から構成され、ダンパーには吐出圧によるインバータ制御を採用しています。更に外調機には極めて小さなL/G(純水量/空気量)で化学物質の高効率除去を実現できるケミカルウォッシャーを併用し、室内のケミカル対策

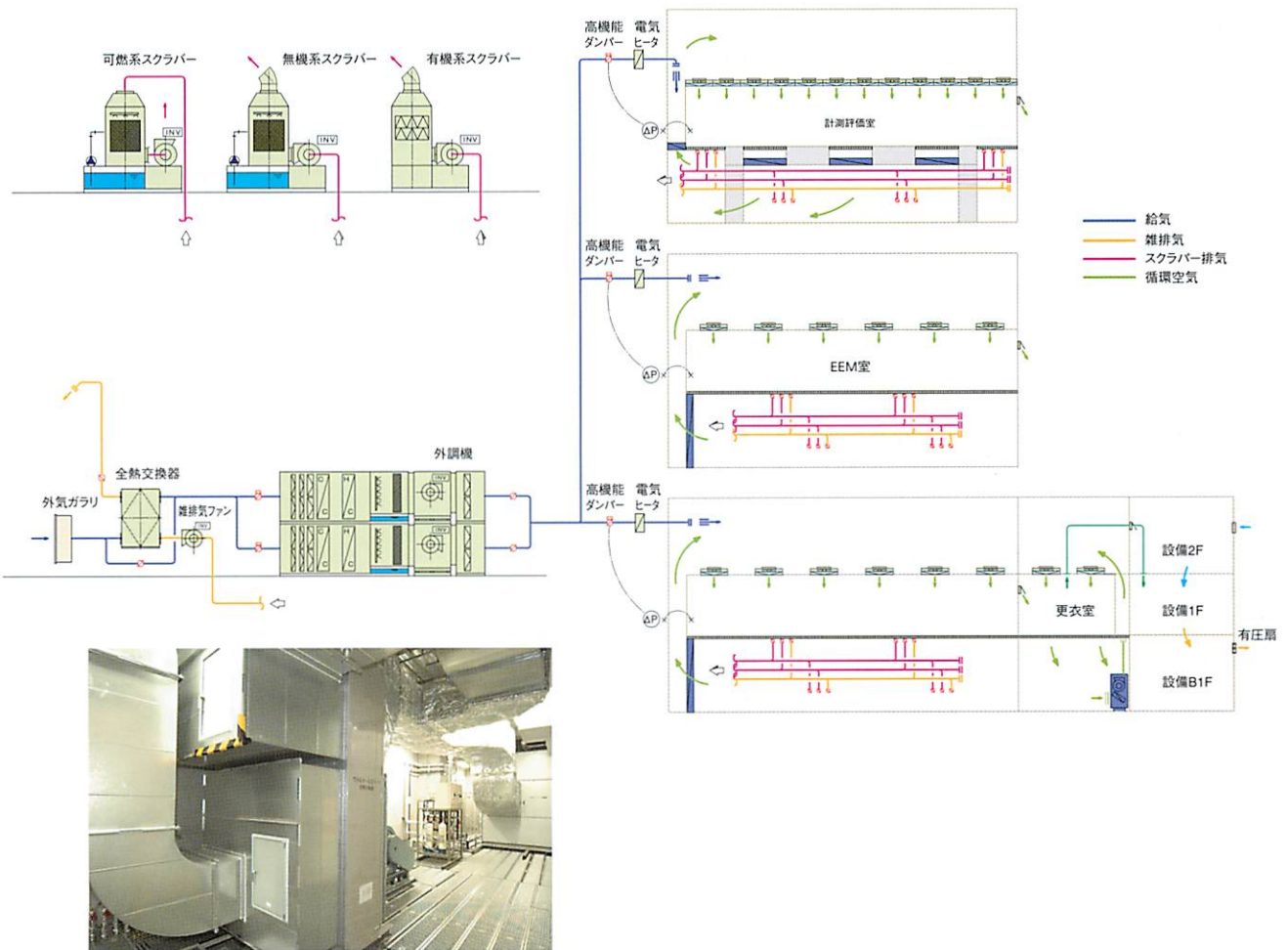
を行っています。排気系統は、雑排気・有機排気・無機排気・可燃排気系統から構成され、雑排気系統では全熱交換器を設置し、導入外気との熱交換を行っています。無機排気・可燃排気系統では洗浄塔による排気処理、有機排気系統では吸着塔による排気処理をそれぞれ行っており、排気の各系統において吸入圧力によるファンのインバータ制御を行い排気風量の適正化を図っています。



可燃・無機・有機系スクラバー



雑排気ファン



全熱交換器および外気調和機

図1.24 給・排気ダクト系統図

< 高砂熱学工業株式会社 >

● 2. 超高純度ガス供給システム

2.1 はじめに

ガスプロセスであるプラズマCVMや大気圧プラズマCVDにより、高性能な加工表面及び成膜表面を再現性良く得るためには、プロセス雰囲気の高純度化が不可欠です。そのため、超高純度ガス供給システムは、超精密加工技術を支える基盤として重要となっています。

超精密加工プロセスにおいては、チャンパー内に設置された被加工物や成膜基板表面がクリーンで、必要なガスが必要流量流れてくることが要求されます。ところが従来のガス供給系では、ガスを流すと、微粒子、カーボン、金属等の汚染が発生し、加工表面や膜品質が劣化するという問題が生じています。これは、配管表面の腐食や、触媒作用による反応性ガスの分解、水分の吸着などが原因であり、これらを防ぐためには、大量の高純度な不活性ガスで置換する必要があります。超高純度ガスを汚染せずにユースポイントに供給するには、ガス供給配管系のトータルなクリーン化が不可欠です。また、ガス供給系の理想像は、我々が慣れ親しんでいる水道方式です。必要な時にバルブを開ければ必要な超高純度のガスが必要流量流れ、使い終わればバルブを閉じるだけで十分という技術が、全ての特殊材料ガスに対して確立されることが理想です。

ここでは、本クリーンルームに導入した超高純度ガス供給システムの特徴および要素技術について説明します。

2.2 超高純度ガス供給システムの構成と特徴

本クリーンルームで使用可能なガス種としては、プラズマCVD系で He, Ar, N₂, SiH₄, PH₃, B₂H₆, CH₄, NH₃, H₂, NF₃, O₂の11種、プラズマCVM系で He, Ar, N₂, CF₄, SF₆, NF₃, O₂, Cl₂, H₂の9種が配管されています。

超高純度ガス供給システムは、液化窒素貯蔵タンク、シリンダーキャビネット(ボンベスタンド)、ガス精製装置、集積化ガスシステムの各装置から構成されており、それらの装置間は超高清浄配管により接続しています。

使用した配管材や各種単体機器(バルブ、継手、エルボ、ティーズ、圧力調整器、圧力センサー、フィルター、マスフローコントローラーなど)の内表面はすべてCr₂O₃不働態処理が施されており、ガス純度の劣化が生じないように配慮されています。また、これら単体機器は、自動溶接あるいは内表面をすべてCr₂O₃不働態処理された高性能小型メタルガスケット継手を用いて接続されています。なお、Cr₂O₃不働態処理の前処理には電解複合研磨(Electrochemical Buffing; ECB)および精密洗浄を行っています。

本UCF内の各実験装置への超高純度ガスの供給には、集積化ガスシステムを採用しています。オールメタルバルブやマスフローコントローラーは、小型メタルガスケットフランジシール方式により、上部着脱が可能で、メンテナンス性に優

れています。また、超高純度ガスのユースポイントにはオールメタル仕様の分流弁や二連三方弁、ストップ弁が適宜配置されています。オールメタルバルブはプラスチックマテリアルフリーであるため放出ガスが非常に少なく、超高純度ガス供給システムには最適なバルブです。

高純度窒素ガスは液化窒素貯蔵タンクから供給します。他のガスはシリンダーキャビネットおよびボンベスタンドからシリンダーによって供給します。

使用した部材として、ガス配管には溶接部近傍の耐食性劣化防止に適した低マンガン(Mn<0.05%)のSUS316L真空二重溶解材を採用しています。また、コーナー部の配管は曲げ施工でなく、自動溶接継手(エルボ・ティーズ)を用いています。この自動溶接継手についても、素材としては、超高純度配管用真空二重溶解材が使用されており、さらに内面はCr₂O₃不働態処理が施されています。

図2.4は、真空二重溶解材と一般材について溶接部内面状態を観察した一例ですが、真空二重溶解材の場合は、粗さが小さくきれいな溶接ビード部が得られ、耐食性にも優れています。

一方、有害な特殊材料ガスの排気は排ガス処理装置を通して行います。SiH₄, PH₃, B₂H₆, NH₃、ハロゲン系の各ガス系統には、専用の排ガス処理装置が設置されています。

また、クリーンルーム内で実験を行う上での安全を確保するために、シリンダーキャビネットの緊急遮断弁と連動しガス漏れによりガスの供給を遮断するガス漏洩検知警報システムを設置しています。

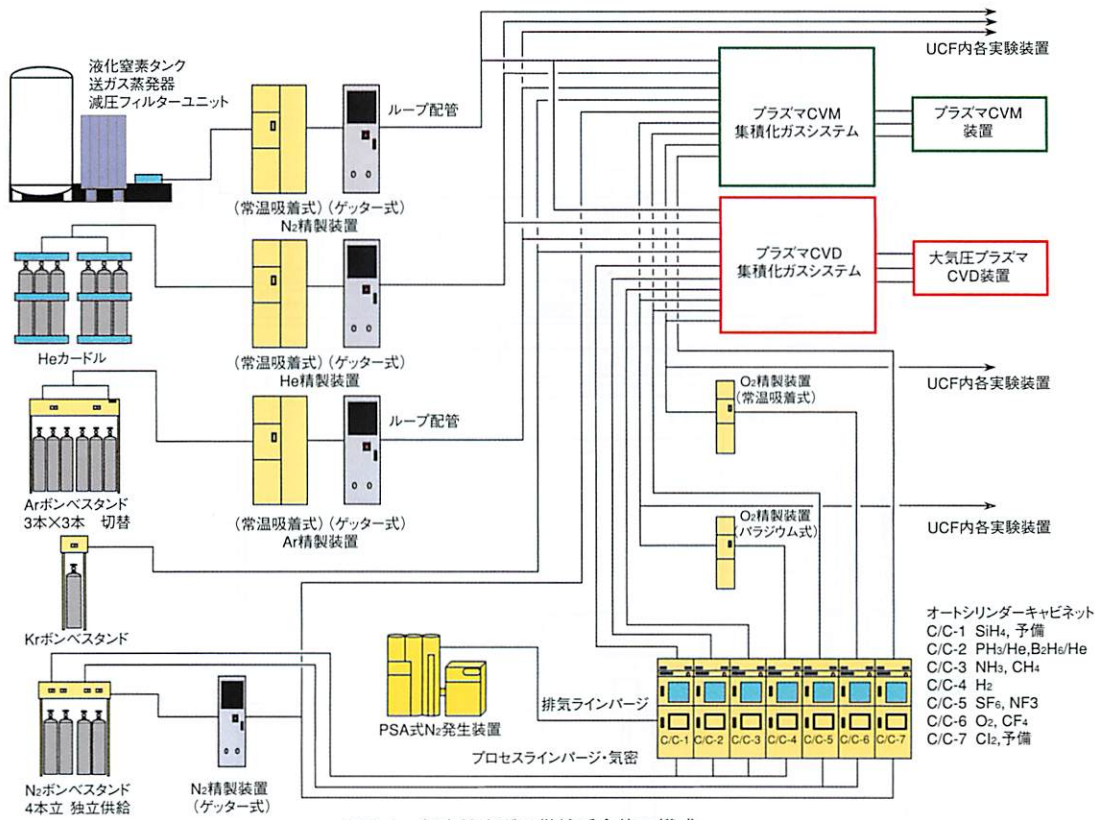


図2.1 超高純度ガス供給系全体の構成

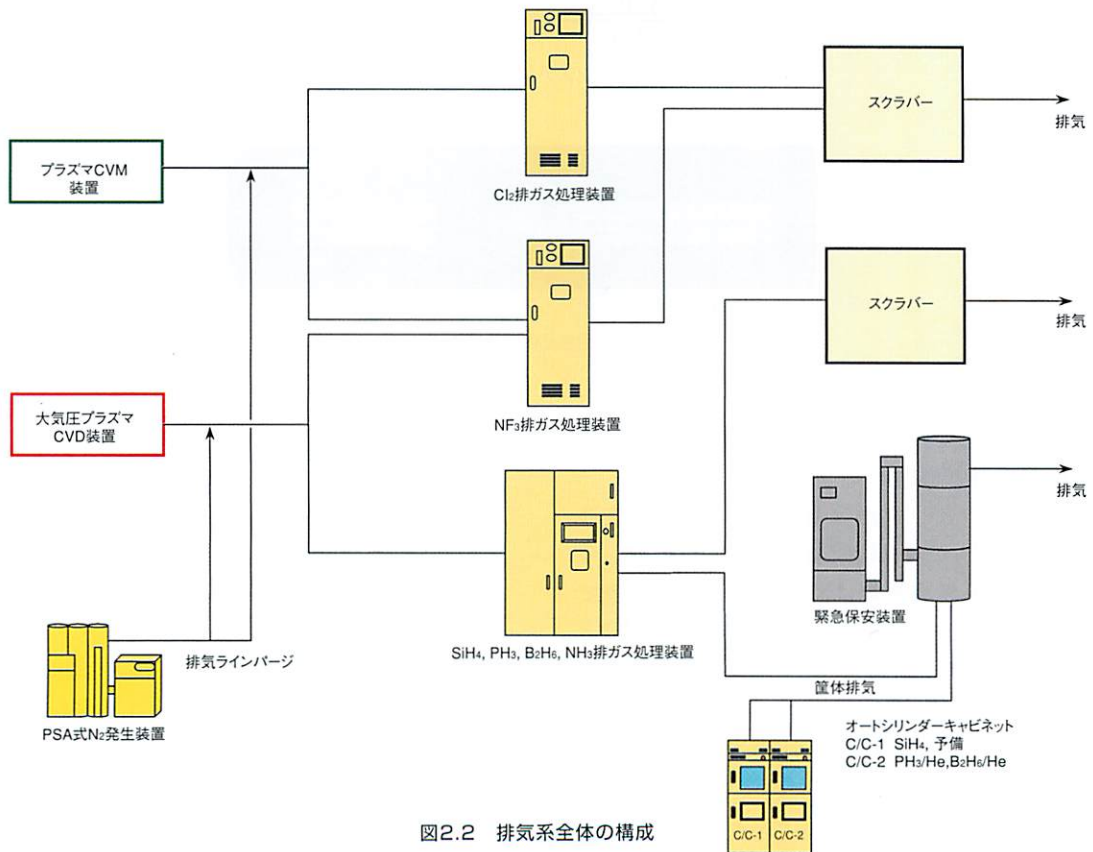


図2.2 排気系全体の構成

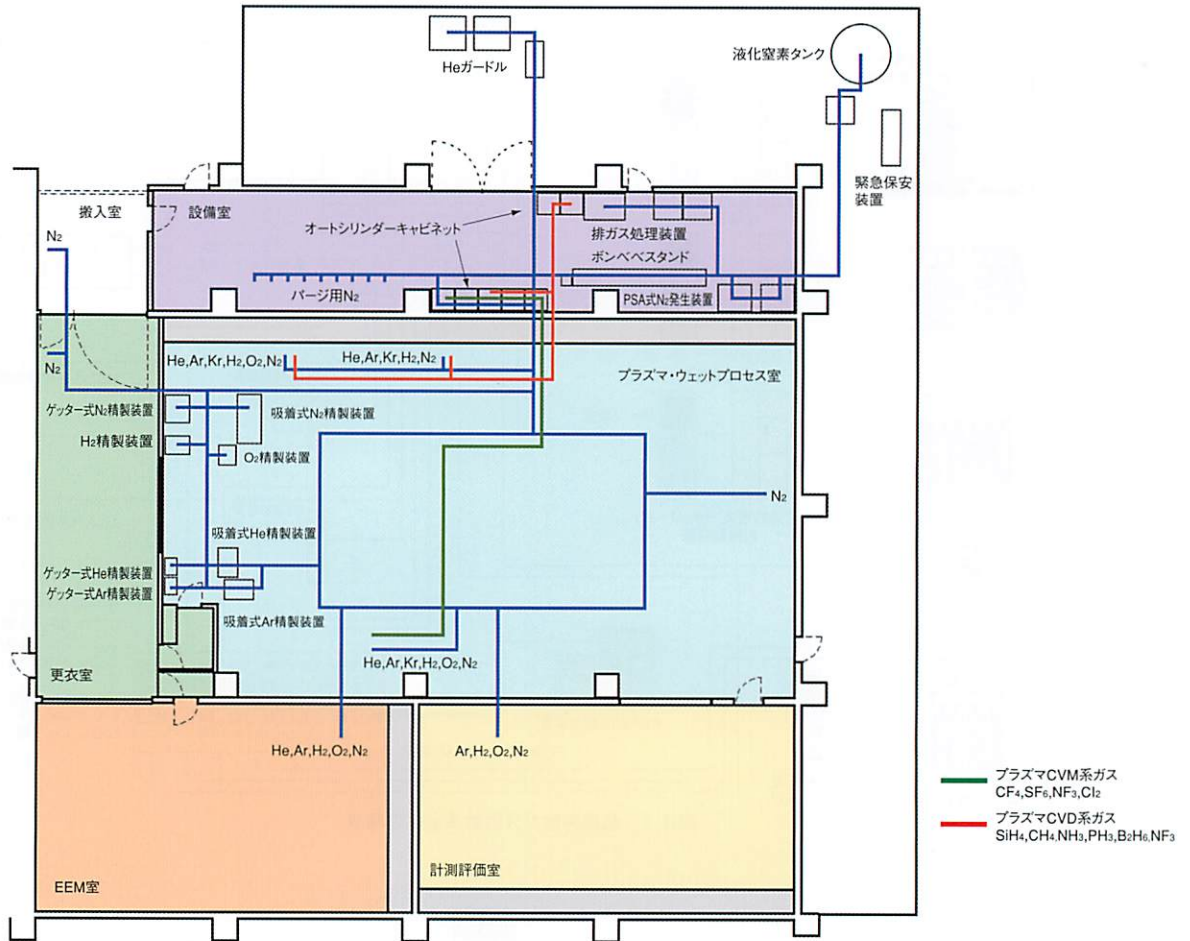


図2.3 システム全体の平面図



真空二重溶解材 一般材
図2.4 溶接部内面状態の比較

2.3 超高純度ガス供給系の要素技術

2.3.1 Cr₂O₃不働態処理

従来の電解研磨 (EP) 処理は薬液中での不働態処理であったため、不純物が表面に吸着し易い処理でした。今回採用したCr₂O₃不働態処理はドライ雰囲気での処理であり、ステンレス表面を強還元性雰囲気下で酸化することによって、Crの選択酸化を行い100%のCr₂O₃不働態膜を表面20nmの厚さで形成しています。

ガス供給系に用いているSUS316Lはオーステナイト系ステンレスで面心立方格子構造を持つことから、Crが拡散しにくく、Cr₂O₃不働態膜の形成が難しい材料です。しかし、

表面を電解複合研磨 (ECB) することにより表面付近の粒径を小さくし (バイルビー層の形成)、Crの粒界拡散を促進した結果、表面に100%のCr₂O₃不働態膜を形成することが可能になりました。

X線光電子分光 (XPS) によるCr₂O₃不働態膜の深さ方向の成分分析の結果、図2.6に示しますように、表面から約20nmの深さまで、耐腐食性に劣るFe成分の検出されない、100%Cr₂O₃不働態膜が形成されています。

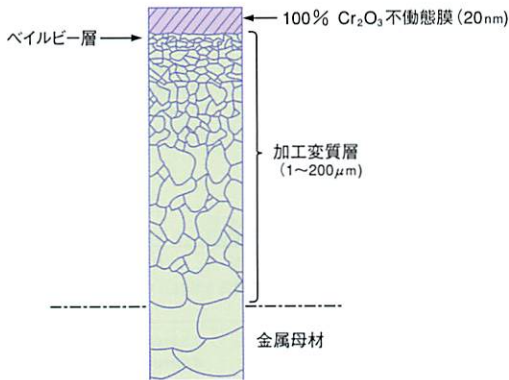


図2.5 ステンレス表面に形成された加工変質層の模式図

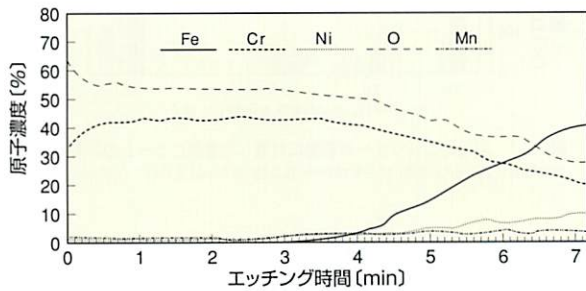


図2.6 X線光電子分光 (XPS) によるCr₂O₃不働態膜の深さ方向の成分分析結果

2.3.2 Cr₂O₃不働態膜の水洩れ特性

水分の吸着における活性化エネルギー (0.04eV) が室温のエネルギー (0.026eV) とほぼ同等であることにより、室温でのパージにより不純物濃度1ppb以下のガス供給が可能です。電解研磨 (EP) 処理の配管2mでは10時間のパージ後でも水分濃度は約3ppbですが、Cr₂O₃不働態処理の配管であれば、4時間のパージで1ppb以下の水分濃度に低減できます。

図2.7は、従来の電解研磨 (EP) 処理配管と Cr₂O₃不働態処理配管の水洩れ特性を比較したものです。サンプルチューブ2m、1/4”、Arガス流量1.2L/分で流通したときの、チューブ出口のガス中に含まれる水分濃度を大気圧イオン化質量分析計 (APIMS) で測定した時の結果を示しています。

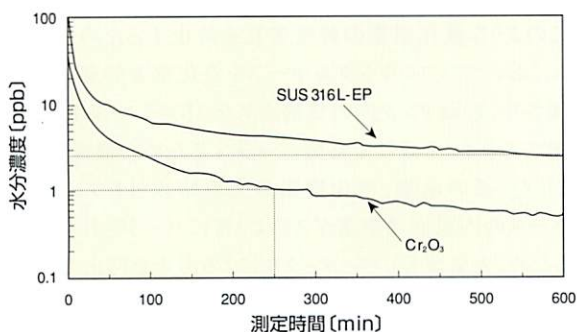


図2.7 従来の電解研磨 (EP) 処理配管とCr₂O₃不働態処理配管の水洩れ特性の比較
サンプルチューブ: 1/4”×2m, Arガス流量: 1.2ℓ/min (室温)

2.3.3 Cr₂O₃不働態膜の耐腐食性

Cr₂O₃不働態膜は、腐食性を有するハロゲン系特殊材料ガス (HCl, HBr, etc) に対し完全な耐食性を示し、ステンレスに起因する金属汚染を完全に抑制します。電解研磨の (EP) 処理の表面ではHCl, HBrによって、表面は腐食されます。耐食性に優れるといわれるハステロイでも表面の腐食は確認されますが、Cr₂O₃不働態処理表面では腐食性ガス成分は表面に吸着するのみであり、完全な耐食性を示します。

図2.8は、各チューブの試験片を反応管に入れ、200℃で6時間のベーキングを行った後、100%のHBrガスを20cc/min、120℃で120時間流通した腐食試験前後の表面の走査型電子顕微鏡 (SEM) 写真です。

従来の電解研磨 (EP) 表面では、試験前は粒界がはっきりと見えますが、試験後には完全に腐食していることがわかります。これに対してCr₂O₃不働態処理表面では、腐食試験前後において表面に変化はなく、HBrによって一切腐食が発生していない様子がわかります。

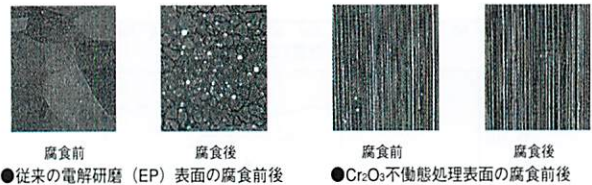


図2.8 HBrによる腐食試験前後の表面SEM観察例
腐食テスト条件: 100%HBr 20cc/min, 120°C×120時間 前処理条件: Arベーキング (200°C×6時間)

また、図2.9に示します様に、従来の電解研磨 (EP) 表面では、腐食により深さ方向にBrが検出されていますが、Cr₂O₃不働態処理を施した表面は、表面に吸着しているのみで、深さ方向には検出されていません。

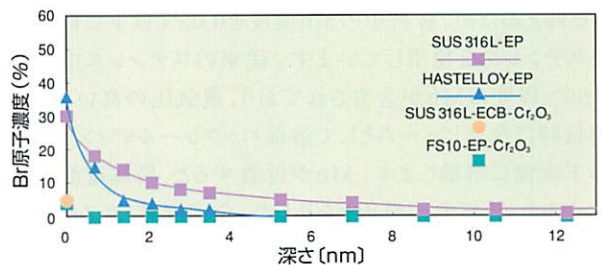


図2.9 腐食試験後のX線光電子分光計 (XPS) による、深さ方向の成分分析の結果
腐食テスト条件: 100%HBr 20cc/min, 120°C×120時間 前処理条件: Arベーキング (200°C×6時間)

2.3.4 Cr₂O₃不動態膜の非触媒作用

反応性を有する特殊材料ガス(SiH₄、PH₃等)に対し触媒作用を示さないため、ガスを分解することなく安定な供給が可能です。

図2.10は、100ppmに希釈したSiH₄を1mの各種サンプルチューブに流し、出てきたガス中のSiH₄濃度および水素濃度をモニターした結果です。上側の図はSiH₄濃度の推移、下側の図はSiH₄の分解により発生する水素濃度の推移を示しています。

チューブは加熱することにより、触媒作用が顕著に表れます。従来の電解研磨(EP)処理配管よりもCr₂O₃処理配管の方がより高温で分解が起こっており、触媒作用が少ないことがわかります。Niチューブでは室温でもシランの分解が起こり、最も低温の約200℃で完全に分解が起こっています。

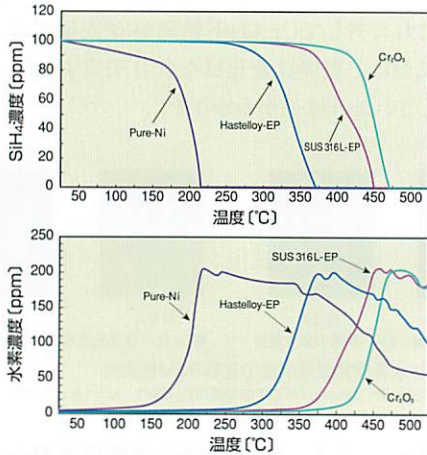


図2.10 各種配管材料の触媒効果によるSiH₄の分解特性
腐食テスト条件：サンプルチューブ1/4" X 1m, SiH₄濃度100ppm (Ar希釈), 流量26.3cc/min, 20°C/h. 上側の図：SiH₄濃度の推移, 下側の図：水素濃度の推移

2.3.5 配管・ガス部材

HCl、HBrによる腐食の原因となるマンガン(Mn)ヒュームを抑えるため、材料中のMn濃度を0.05%以下に低減したステンレスを使用しています。従来のステンレス中には0.65%程度のMnが含有されており、蒸気圧の高いMnは溶接時に金属ヒュームとして溶接バックシールディングガスの下流側に飛散します。Mnが付着すると、局部電池を形成するため、腐食の原因となります。今回配管・ガス部材として採用したステンレス(SUS316L)は真空二重溶解により、材料中のMnを0.05%以下に低減した材料を使用しています。

図2.11は、各種サンプルチューブの溶接時にSiウエハー表面へ付着した金属ヒュームを全反射蛍光X線分析装置(TRXRF)により評価した結果を示します。上側の図はウエハーを+2kVに印加した場合で、下の図は-2kVに印加した場合です。Siウエハーへの電圧の印加に関係なく、溶接時に発生する金属ヒュームは蒸気圧の高いMnが多く、材料中のMn含有量に比例しています。

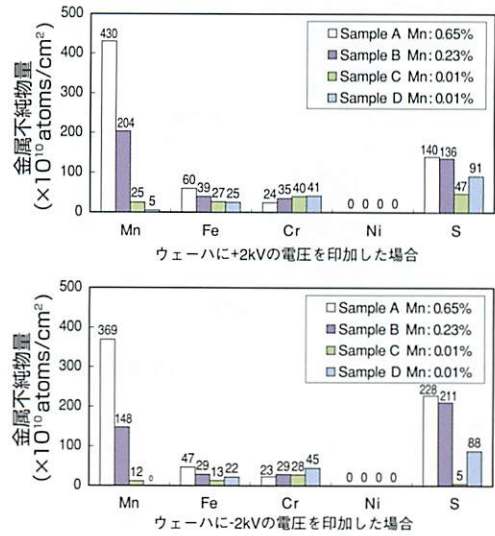


図2.11 溶接時にSiウエハー表面に付着した金属ヒュームの評価結果
溶接条件：7.5rpm X 2周, ビード幅2mm, B.S.G：60/min, A.S.G：120/min

2.3.6 窒素ガス供給設備

工場からの液化窒素は、タンクローリーで輸送し、液化窒素貯蔵タンクに貯蔵します。その純度は99.999%の純度を有しており、本システムではプロセス用、パージ用の窒素ガスとして使用します。プロセス用窒素としては、タンクからの窒素ガスを精製装置により超高純度に精製して使用します。そのため、精製装置の負荷を最小限に抑えるため、タンクへの窒素充填時にその純度を劣化させない施策が必要となります。

液化窒素の品質を劣化させる原因の一つとして、タンクローリーからタンクへの充填時に使用するフレキシブルホースの内表面に吸着した大気成分、および付着した異物の混入が考えられます。通常、液化窒素の充填にはタンクローリーに積載されたフレキシブルホースを使用します。この場合、フレキシブルホースは大気に曝されているため大気成分やパーティクルで汚染されています。特に精製装置にとって大気成分の混入は大きな負荷となります。充填前にパージが実施されるとはいえ、このような汚染要因を完全に排除することは困難です。

このような液化窒素の純度劣化を防止するため、本システムにおいてはフレキシブルホースを液化窒素貯蔵タンクに付属させ、貯蔵タンク内の気層ガスをフレキシブルホースに供給するラインを設けて常時パージするための機能を付加しました。その結果、液化窒素の充填時以外もフレキシブルホースの内表面は窒素ガスにより常にパージされることになるため、大気成分、パーティクルによる汚染を抑止できます。



図2.12 液化窒素タンク

2.3.7 ループ配管の採用

通常の配管施工では、メイン配管から分岐した配管をユースポイントまで延長していきますが、配管長が長くなると、一箇所で大流量のガスを使用した場合、一時的に他の末端部分で供給圧力が低下する場合があります。また、未使用のユースポイントがあった場合、その配管部分にガスの滞留部が発生し、水分をはじめとする不純物の脱ガスが純度劣化の原因となります。

本システムでは、ユースポイントの多い超高純度窒素、超高純度アルゴンラインにループ配管を採用しています。このことにより、どのユースポイントにも安定した流量、圧力、純度のガスが供給できます。



図2.13 超高純度ガス供給配管

2.3.8 オートシリンダーキャビネット

シリンダーキャビネットの立上げ、立下げおよび容器交換時におけるバージ操作の自動化、さらには各種センサーを装備することによる状態管理と素早い異常の発見により、危険性の高い特殊材料ガスを安全に且つ安定に供給できます。シリンダーキャビネットの操作および異常発生時の表示は12インチ大型液晶タッチパネルによって行われ、優れた機能的・操作性を有しています。

また、配管系はクリーン化技術を取り入れた設計・施工によりガス滞留部を低減し、ガスの純度を劣化させることなく特殊材

料ガスを供給することが可能です。さらに、超高純度ガス供給配管と同様にCr₂O₃不動態処理を施した部材を採用しています。



図2.14 オートシリンダーキャビネット

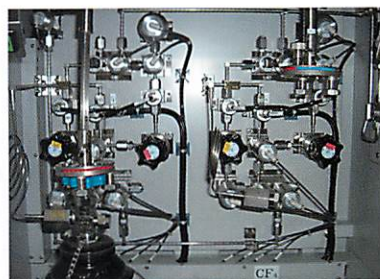


図2.15 キャビネットの内部

2.3.9 ガス超高純度精製装置

N₂、He、Ar、O₂、H₂の各ガスは、精製装置により不純物の濃度を1ppb以下に低減した超高純度ガスです。N₂、He、Arについては、カートリッジ交換に高額な費用がかかるゲッター式ガス精製装置の寿命を延ばすため、前段に常温吸着式ガス精製装置を設置した2段階精製方式を採用しています。標準的な常温吸着式精製装置では除去できないCH₄はゲッター式ガス精製装置の寿命に大きな影響を与えるため、本システムにおける常温吸着式精製装置としてはCH₄の反応筒を装備した機種を選定し、後段のゲッター式精製装置の長寿命化を図っています。また、H₂の精製には、原理的に最高純度のH₂ガスが得られるパラジウム合金膜透過式精製装置を採用しています。



図2.16 吸着式ガス精製装置



図2.17 ゲッター式ガス精製装置



図2.19 緊急保安装置

2.4 排気系の要素技術

2.4.1 排ガス処理装置

各排ガス処理装置は大気圧プラズマCVD装置およびプラズマCVM装置からの排気ガス中の有害成分をTLV値以下に除害します。各排ガス処理装置には、内部にバイパスラインを設け、除害カートリッジにおいて目詰まり等による圧力上昇があった場合、メインラインからバイパスラインに切替えることにより、排ガス処理装置上流側のフレキホース等の破損を未然に防止します。また、除害カートリッジ交換の際にも、バイパスラインに切替えることにより、排ガス処理装置に流入するパージガスを停止することなく作業でき、メンテナンス性が向上しています。

2.4.2 緊急保安装置

通常の運転状態では、シリンダーキャビネットや排ガス処理装置等の筐体は、本装置のバイパスラインを通じて、ブローアで吸引されています。SiH₄、B₂H₆、PH₃がそれぞれの筐体内で漏洩した場合、ガス漏洩検知器が作動して警報盤から当装置へ緊急排気を行うための信号が送られ、自動的にバイパスラインからメインラインに切替り、除害筒を通じて無害化されます。この機能は、通常運転時に大気が常に除害層を通過して除害剤が劣化することを防止するために有効です。

また、シリンダーキャビネット内のガスの漏洩が止まらない場合を想定し、ポンペ1本分のガスが処理できる能力を備えています。



図2.18 排ガス処理装置

2.4.3 PSA式窒素発生装置

プロセス排気ラインを爆発下限界以下あるいは乾式除害装置の導入許容濃度以下に希釈するために窒素ガスが使用されます。一般的には液化窒素貯蔵タンクから供給される窒素が使用されますが、常時供給が必要であること、高純度が必要ないこと、ランニングコストを下げることを考慮して、PSA式窒素発生装置により希釈用窒素を供給するシステムとしました。また、装置の故障時やメンテナンス時に備えて、バックアップとして液化窒素貯蔵タンクからの窒素ガスを切替供給できるシステムになっています。



図2.20 PSA式窒素ガス発生装置

2.5 ガス漏洩検知警報システム

2.5.1 ガス漏洩検知器

ガス供給設備およびユースポイントの各所に配置された検知器の指示値は、検知警報盤に集中して表示されると共に、検知器本体でも表示されます。



図2.21 ガス漏洩検知器

2.5.2 ガス漏洩検知警報盤

ガス漏洩検知警報盤では、ガス供給設備およびユースポイントの各所に配置された検知器の指示値が表示されます。また、オートシリンダーキャビネット、ボンベスタンド、精製装置、排ガス処理装置、緊急保安装置からの異常警報を受け取り、安全を確保するための緊急遮断等の必要動作を行わせるとともに、中央監視盤に異常信号を出力します。

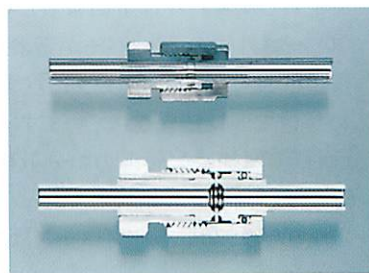


図2.22 ガス漏洩検知警報盤

2.6 高性能小型メタルガスケット継手

従来のメタルガスケット継手は、シール部（ガスケットとスリーブの線接触部）で外部リークに対する気密性確保と配管からの応力負荷の両方を受け持っていたため、振り等の外部からの力に弱く、漏れの原因となっていました。

そこで、この継手は外部リークに対する気密性を確保する部分と外部応力の負荷を受け持つ部分を分離した構造になっています。また、図2.23を見ると分かるように、従来継手に比べサイズは約30%小型になっています。



上:高性能小型メタルガスケット継手
下:従来タイプのメタルガスケット継手

図2.23 従来継手とのサイズの比較

図2.24に、今回採用した高性能小型メタルガスケット継手の締め付けとシール構造を示します。また、その機能と特徴を以下に列挙します。

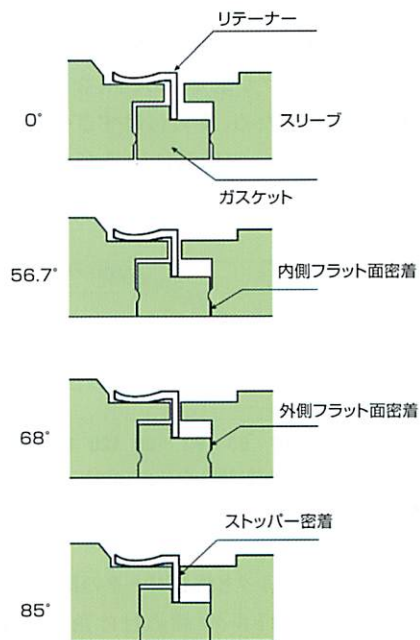


図2.24 高性能小型メタルガスケット継手の締め付け状態とシール構造

1) 締付方法

リテーナーによって取り付けられたガスケットを挟み込み、ナットを手締めします。次にスパナ等を用いて締め付けることによってスリーブを前進させ、ガスケットをスリーブのシール形状に塑性変形させることでシールを確保します。尚、ナットの内側にはベアリングが内蔵されていてナットの回転力は吸収され推力のみがスリーブに伝わるため、スリーブの共回りを防止します。また、ナットの締め付け角度によりガスケットとスリーブの接触部が断続的に増加します。手締めの状態を原点として締め付けていくとまず突起部にガスケットが食い込んでいきナットの回転角度が56.7度で内側のフラット面が密着します。さらに締め付けていくと68度で外

側のフラット面が密着しガスケットは全面密着した状態になります。85度でスリーブ外周のストッパーが密着します。規定締め付け角度は90度です。外部リークに対する気密性は約30度の締め付けで既に確保されています。規定締め付けによる接触面積の増加は配管応力の分散保持を目的としています。締め付け後のガスケットとスリーブ、チューブの内径は同一になるため、全くデッドスペースはありません。

2) 締め付けトルクとナットの回転角度の関係

図2.25に締め付けトルクとナットの回転角度の関係を示します。ガスケットとスリーブの接触面積が締め付けと共に増加していくことにより、トルク曲線はリニアではなくカーブします。規定締め付け角度は90度、締め付けトルクは110kgf・cmです。従来のメタルガスケット継手の場合、トルク曲線がリニアなため締め付けを感覚的に行うのは困難でした。この継手は規定締め付け量を過ぎると、ナットがほとんど回転しないでトルクが急激に大きくなるので締め付け感が得られます。そのため、締め付けすぎや締め付け不足といったヒューマンエラーの低減に効果があります。

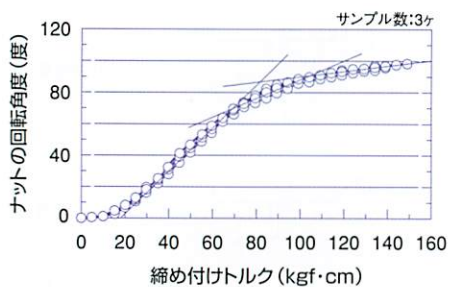


図2.25 締め付けトルクとナットの回転角度の関係

図2.26に締め付けトルクと外部リークの関係を示します。40kgf・cmの締め付けトルク（締め付け角度では約30度）で外部リークはヘリウムリークディテクターの検出感度以下となっています。規定締め付けトルクの110kgf・cm²まで十分なマージンがあります。

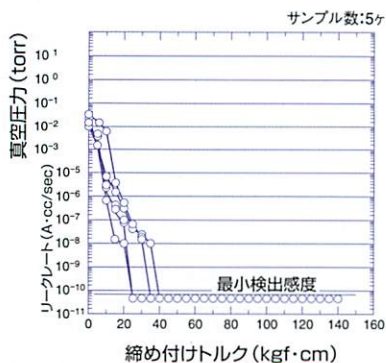


図2.26 締め付けトルクと外部リークの関係

3) 締め付けトルクと共回り角度の関係

本体を固定し、ナットを締め付けていったときのスリーブの共回り角度を測定しました。共回り角度は0.1度以下であり非常に良好です。従来の継手でベアリングを用いた場合は0.3～0.5度、ベアリングを用いない場合は、約20～30度になります。共回りが小さいことにより、ガスケットとスリーブにスベリがなく安定したシール性が確保できるとともに、施工による微粒子汚染の心配がありません。

4) ねじりリーク試験結果

締め付けを行った継手をヘリウムリークディテクターに接続しナットの端面から100mm離れた部分をナットが緩む方向に振った時のリークを調べました。従来の継手では5度のねじりで 10^{-10} Pa・m³/sec (10^{-9} A・cc/sec) オーダーのリークが発生しましたが、この継手は70度のねじりまで一切リークが検出されませんでした。75度のねじり操作中にリークが検出されましたが、このリークもねじり操作を終了するとヘリウムリークディテクターの検出感度以下となりました。85度までねじりリーク試験を継続しましたが、結果は同様でねじり操作中にのみリークが検出されねじり操作を終了すると外部リークは一切検出されませんでした。試験終了後のガスケットを観察した結果、シール面を横切るキズ(カジリ)の発生がなく接触面積の増加がリーク防止に有効に働いていることが分かりました。

5) 超高感度リーク試験結果

超高真空チャンバーを用いてチャンバー封じきりによるビルドアップ法で継手の外部リークを試験しました。その結果、継手単体でのリークレートは 2.98×10^{-16} Pa・m³/sec (2.94×10^{-15} A・cc/sec) 以下であることが確認できました。

2.7 集積化ガスシステム

集積化ガスシステムは超高純度ガス供給システムに求められる条件を満たしつつ小型化や施工性、メンテナンス性を考慮したガスシステムです。従来のガスシステムはマスフローコントローラーやバルブといった単体機器や配管を継手で接続し構築されていましたが、集積化ガスシステムは2本ボルトによるメタルガスケットフランジシール方式で直接単体機器を接続します。この方法により各機器の着脱を一方から且つ他の機器に関係なく可能とする上部着脱方式や小型化が可能となりました。図2.27に一例としてプラズマCVM用集積化ガスシステム(16系統)の写真を示します。また、以下に本ガスシステムの特徴を列挙します。

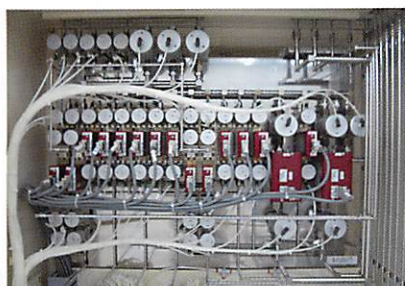


図2.27 プラズマCVM用集積化ガスシステム(16系統)の外観写真

1) メタルガasketフランジシール方式について

新型小型継手とシール部分の設計は同じで、低トルクで外部リークに対するシール性を確保しました。また、外部応力に対してはフランジ本体部が受ける構造としています。ボルト1本当たり7kgf・cmのトルクで外部リークはヘリウムリークディテクターの検出感度以下となります。規定締め付けトルクは50kgf・cmです。フランジシール方式としてメタルCリング方式も提案されていますが、外部リークに対する信頼性の面で不安があり現場での担当者による交換には不向きです。

2) 水道方式による超高純度ガス供給システムの確立

Cr₂O₃不働態処理とオールメタル機器の採用、メタルガasketフランジシール方式による集積化により必要な時にバルブを開閉するだけで特殊材料ガスの供給が可能な水道方式によるガス供給システムが確立できました。

3) 上部一方向着脱式によるイージーメンテナンス

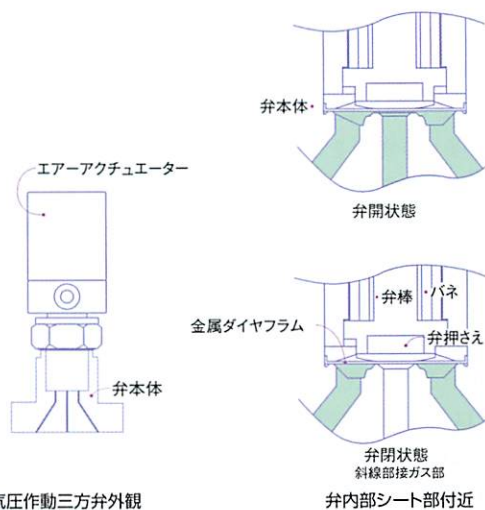
マスフローコントローラーは一方向から容易に着脱が可能なメタルガasketフランジシール方式で集積化されています。従来のガスパネルの場合、例えばマスフローコントローラーを交換しようとする、前後のバルブ等の固定を緩めなければなりませんでしたが、この方式だと交換したいマスフローコントローラーの両端のボルトを外すだけで他の部品は一切さわることなく短時間で交換できます。そのため大気開放による汚染を最小限に抑えることができます。

4) 小型化

本クリーンルームにおける集積化ガスシステムの横幅は900mmで、全ガスのやり取りが上面からという同一条件で従来方式に比べ約30%小型化されています。

5) 特殊三方弁の採用によるデッドスペースフリーフロー

特殊三方弁とは、図2.28に示すような内部経路を持ったバルブです。このバルブを用いることでデッドスペースフリーなフローが実現できます。



空気圧作動三方弁外観

図2.28 特殊三方弁の内部流路

6) ガス制御パネル

図2.29にガス制御パネルの外観写真を示します。操作盤を移動式にし、半径約10m以内の自由な位置から遠隔操作でき、従来のものより操作性が格段に上がりました。グラフィック銘板上に各バルブの開閉スイッチ(照光式)を設け操作性を良くしています。また、バルブの開閉状態がすぐに認識できます。充填、パージ、回分パージ等の各モード切替えにより操作は容易です。さらに、各種インターロックにより安全設計しています。

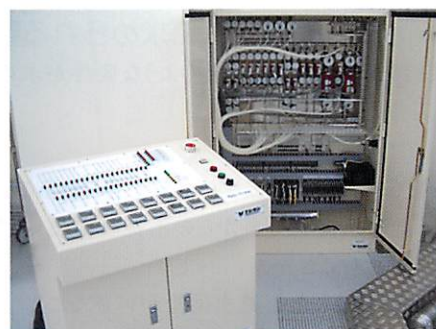


図2.29 ガス制御パネルの外観写真(プラズマCVM用16系統)

< ジャパン・エア・ガズ株式会社 >
< 株式会社フジキン >

3. 超純水供給・高機能薬液洗浄システム

3.1 はじめに

超純水とは、多くの不純物を含む水からその不純物一つ一つ取り除く操作を施した結果得られる極めて人工的な水です。その限りなく純粋な水を超純水と称しています。

水が多くの物質を分散、浮遊させ、また溶解させる力は驚異的なものであり、水から不純物を取り除くことは容易ではありません。このため、超純水を製造し安定供給するには、クリーンな単位操作技術、材料技術、システム化技術、メンテナンス技術およびそれを支える高度分析技術といった総合力が必要になります。近年、半導体や液晶をはじめ、各種電子部品の洗浄用超純水は、電子技術の進歩とともに今では超々純水と呼ばれるほど高い純度が要求されるようになりました。

では、超純水とは具体的にどのようなものなのでしょうか？「高度に精製された超純水は、たとえば言えば50mプールいっぱいのお水に、耳かき一杯ほどの物質が混ざっているようなものです。」

ちなみに私たちが毎日飲んでいる水道水は、同じプールに200kg(ドラム缶数本分)もの物質が入った状態と考えられますから、その純度の高さはけた違いです。あらゆる不純物を取り除き、限りなくH₂Oに近づけた水。それが超純水なのです。

ここでは、UCFに設置された超純水供給システムについて、求められる要件とシステムの特徴及び要素技術について説明します。

3.2 超純水供給システムに求められる要件

超純水供給システムには、下記のような要件が求められています。

- 不純物を極限まで低減した水質が得られること
- 装置・供給系構成材料からの不純物溶出、バクテリアの発生がないこと
- 連続かつ安定した超純水供給が可能なこと
- 省エネ・節水・省資源・省廃棄物であること
- 酸アルカリ等の再生薬品を使用しない=要処理排水を排出しない、環境を考慮したシステムであること
- 装置メンテナンスが簡便なこと

本UCFでは、最先端の要素技術を導入し、現状で可能な最高レベルの超純水を供給することの出来るシステムの構築が要求されています。また、システムの維持・管理の為の研究者の負担を減らすとともに、研究スペースを確保する為のメンテナンス性及び省スペース化にも積極的に取り組むことが求められています。

3.3 超純水供給システムの構成と特徴

本UCFに設置された超純水供給システムは上述の要件を満たす為に、以下のブロックから構成されています。

- 一次純水供給システム
- 超純水製造・循環供給システム
- EEM加工液回収・精製・循環供給システム
- 超純水電解加工・洗浄液回収・精製・循環供給システム
- 廃液回収・処理・監視システム

図3.1は、システム全体の構成図を示しています。また、図3.2は本UCFにおける超純水供給システム配管、図3.3は本UCFにおける廃液回収・処理・監視システム配管です。このシステムで得られる超純水の水質を、表3.1に示します。

表3.1 大阪大学UCFにおける超純水水質

項目	UCF水質	単位
比抵抗 at 25℃	18.2	MΩ・cm 以上
微粒子 0.05μm以上	5.0	個/ml 以下
生菌数	0.1	個/L 以下
TOC	1.0	μgC/L 以下
溶存酸素	1.0	μgO/L 以下
シリカ	0.1	μgSiO ₂ /L 以下
ホウ素	0.1	μgB/L 以下
Na	0.5	ngNa/L 以下
K	0.5	ngK/L 以下
Fe	0.1	ngFe/L 以下
Cu	0.1	ngCu/L 以下
Cr	0.1	ngCr/L 以下
Ni	0.1	ngNi/L 以下
Zn	0.1	ngZn/L 以下
Pb	0.1	ngPb/L 以下
Al	0.1	ngAl/L 以下
水温	23.0±1.0	℃
圧力	0.2	MPa以上

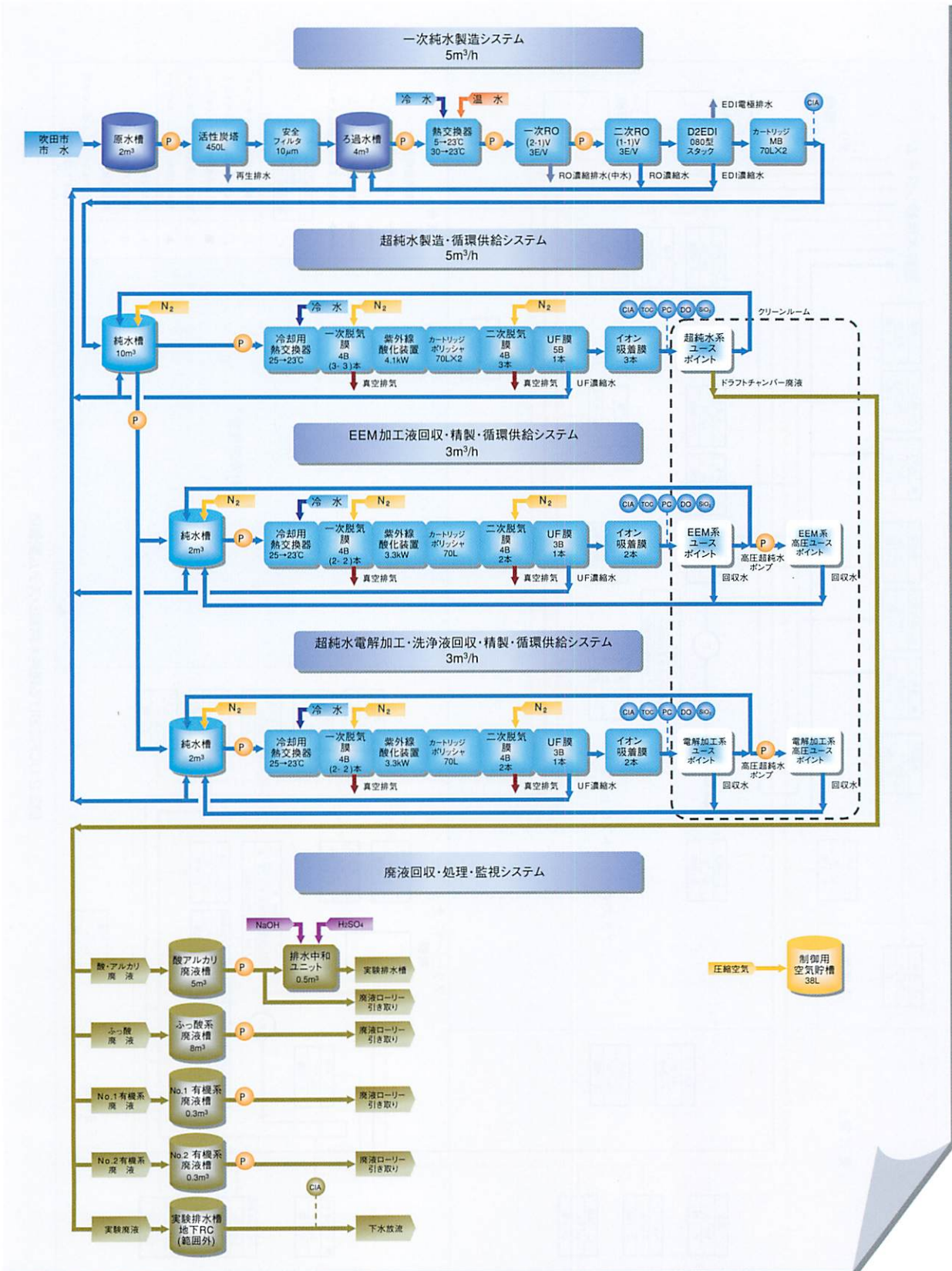


図3.1 UCFにおける超純水供給システム全体の構成図

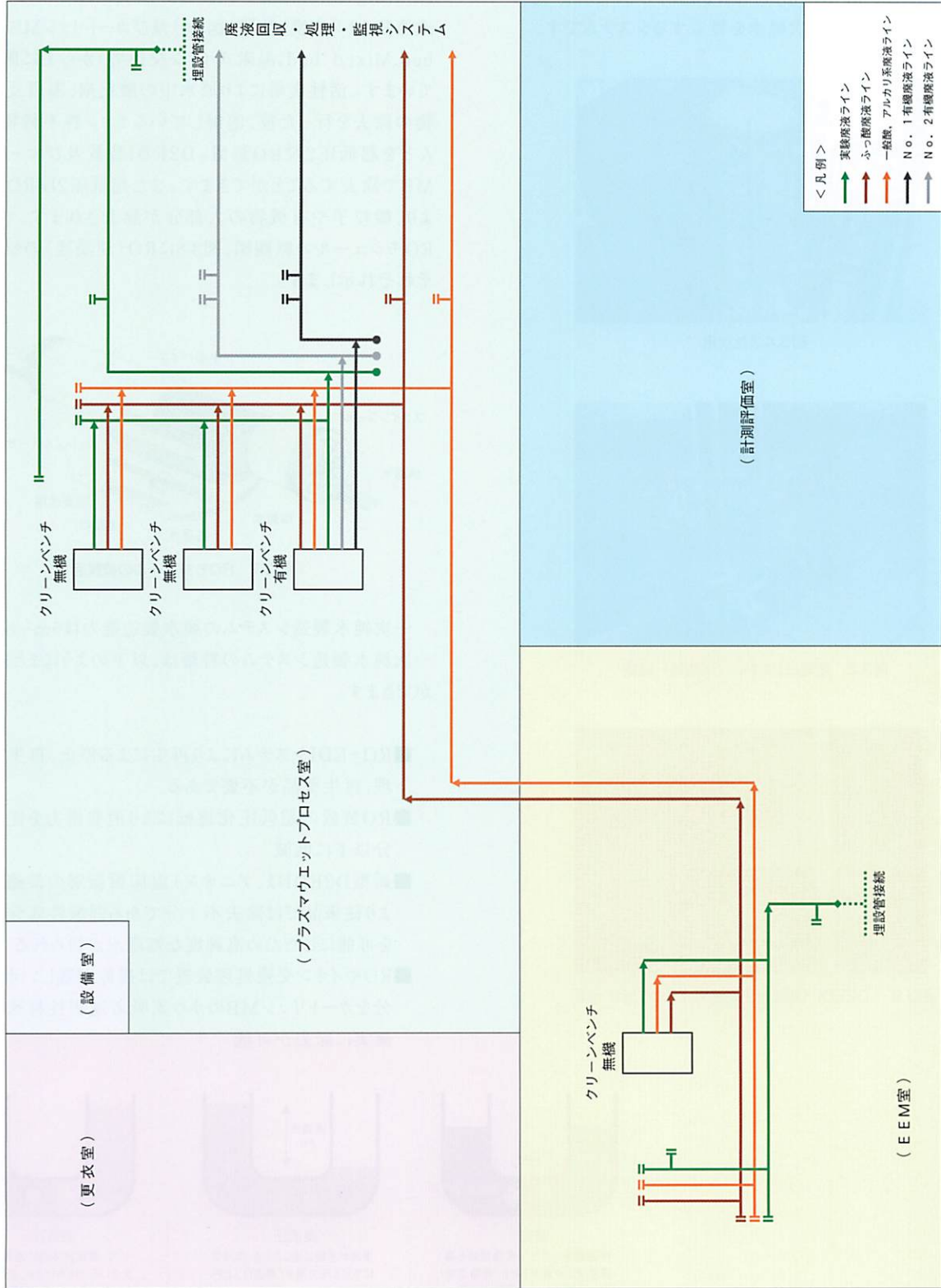


図3.3 UCFにおける廃液回収・処理・監視システム配管図

3.3.1 一次純水製造システムの機能と特徴

一次純水製造システムは、原水（市水）からイオンや微粒子、有機物（Total Organic Carbon; TOC）等の不純物の大部分を除去した一次純水を製造するシステムです。



図3.4 活性炭塔

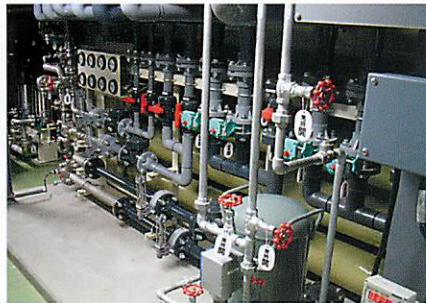


図3.5 超低压2段RO（逆浸透）装置

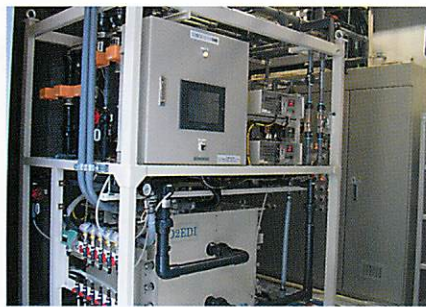
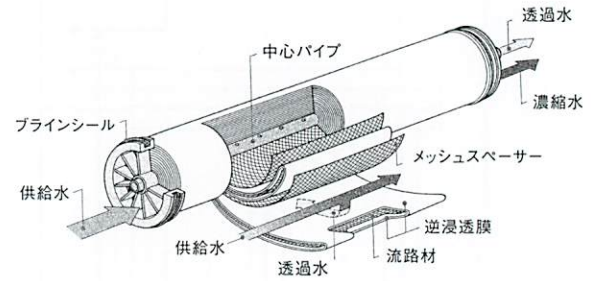


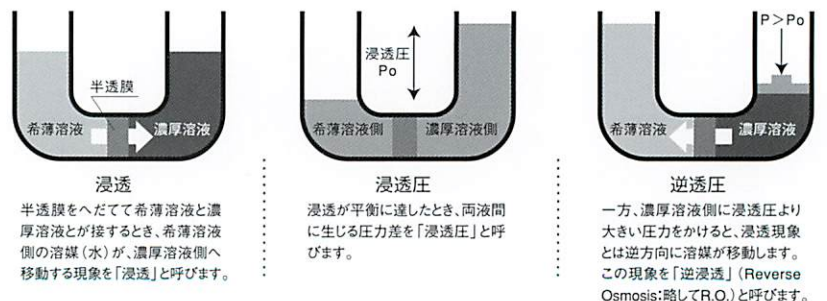
図3.6 D2EDI（電気再生式連続イオン交換）装置

本システムは、活性炭塔（図3.4）、超低压2段RO（Reverse Osmosis; 逆浸透）装置（図3.5）、D2EDI（Double Diluting Chamber Electro Deionization; 電気再生式連続イオン交換）装置（図3.6）及びカートリッジMB（Mono bed, Mixed bed; 混床式イオン交換塔）から主に構成されています。活性炭塔により原水中の酸化剤、濁質及び有機物の除去を行った後、溶解しているイオン性不純物のほとんどを超低压2段RO装置、D2EDI装置及びカートリッジMBで除去することができます。また超低压2段RO装置により、微粒子や有機物の大部分が除去されます。図3.7にROモジュールの概観図、図3.8にRO（逆浸透）の原理図をそれぞれ示します。



一次純水製造システムの純水製造能力は5m³/hです。一次純水製造システムの特徴は、以下のようにまとめることができます。

- RO+EDIシステムにより再生による停止、再生廃液処理、再生薬品が不要である
- RO装置の超低压化運転により消費電力を従来の半分以下に低減
- 新型D2EDIは、アニオン+混床樹脂層の最適配置により従来品では除去不十分である弱酸性成分の除去を可能にしたため高純度な処理水が得られる
- ROやイオン交換処理装置では排除が難しいハウ素成分をカートリッジMBのハウ素吸着選択性特殊樹脂で確実に除去が可能



3.3.2 超純水製造システムの機能と特徴 (超純水系・EEM系・電解加工系)

超純水製造システムは、一次純水を更にポリッシングして不純物を極限まで低減した超純水を製造し、クリーンルーム内の各ユースポイントに供給するシステムです。

超純水の系統は、超純水製造・循環供給システム(超純水系)とEEM加工液回収・精製・循環供給システム(EEM系)、超純水電解加工・洗浄液回収・精製・循環供給システム(電解加工系)の3系統に分類されます。

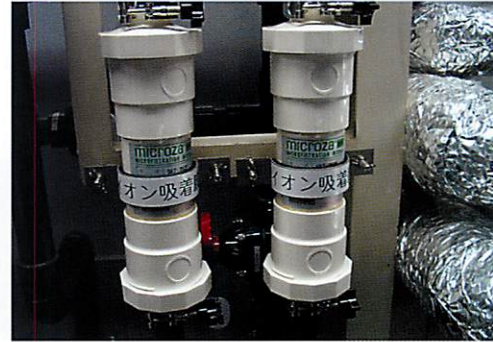


図3.12 イオン吸着膜



図3.9 UV (紫外線) 酸化装置



図3.10 カートリッジポリッシャ (CP)

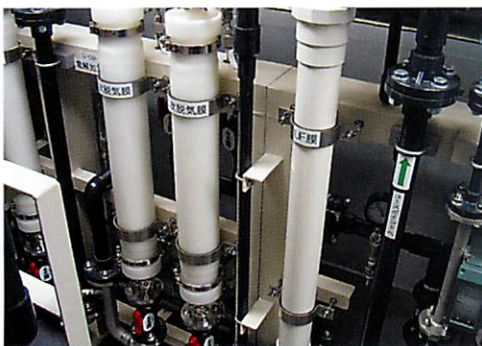


図3.11 脱気膜+UF (限外ろ過) 膜

本システムは、高効率低圧UV酸化(Ultra Violet Oxidation; 紫外線酸化, UV_{ox})装置(図3.9)、非再生クリーンイオン交換樹脂を用いたカートリッジポリッシャ(Cartridge Polisher; CP)(図3.10)、膜脱気(Membrane Deaerator; MD)装置(図3.11)、外圧型限外ろ過膜(Ultra Filtration; UF)(図3.11)及びイオン吸着膜モジュール(図3.12)から主に構成されます。まず、高効率なUV酸化装置では水への短波長紫外線(185nm)照射によりOHラジカルを生成させ、一次純水中に微量残留するTOC成分を酸化分解し、イオン交換処理で容易に吸着除去が可能な炭酸イオンあるいは有機酸イオンに変化させます。そして溶出物を低減したクリーンイオン交換樹脂で、残存する微量イオン成分を除去します。次にガス透過膜を用いた膜脱気装置では、超純水中の溶存ガスの除去を行い、ファイナルフィルターである外圧型のUF膜では0.1 μ m以下レベルの微粒子とともに、細菌やコロイド成分が除去されます。最終処理として、イオン吸着膜モジュールによりサブpptのレベルまで極微量金属イオンが除去されます。クリーンルーム内のユースポイント供給配管は、リバースリターン方式を採用し、超純水の滞留や逆流を防止します。また全系統とも配管材料には、内面の平滑化により自身からの溶出を低減したクリーンPVC(Polyvinyl Chloride; 塩化ビニル)配管を用いるとともに、施工において熱溶着工法を採用することで、管部からのTOC溶出を抑える配慮がなされています。図3.13に脱気膜モジュールの概観図、図3.14にUFモジュールの概観図をそれぞれ示します。

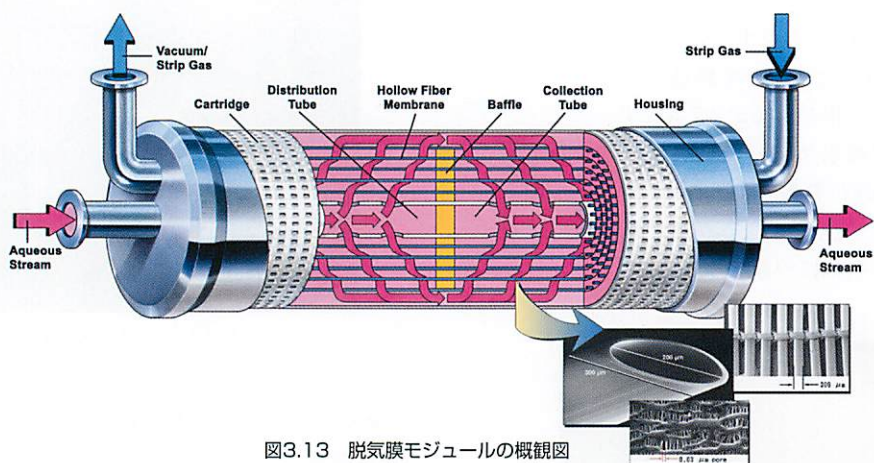


図3.13 脱気膜モジュールの概観図

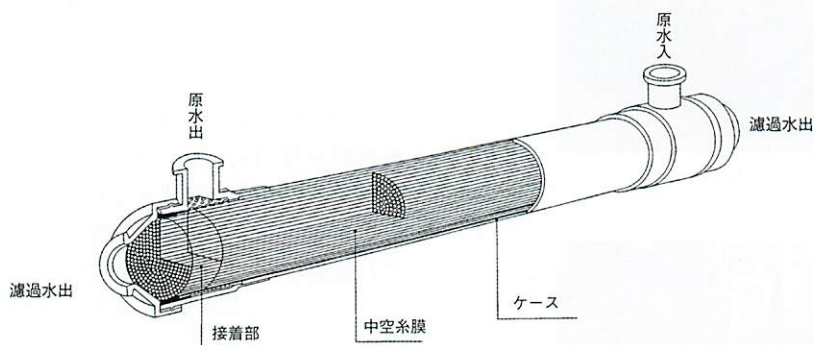


図3.14 UFモジュールの概観図

超純水製造システムの純水製造能力は超純水製造・循環供給システムは $5\text{m}^3/\text{h}$ 、EEM加工液回収・精製・循環供給システム用(EEM系)、超純水電解加工・洗浄液回収・精製・循環供給システム(電解加工系) $3\text{m}^3/\text{h}$ です。

また、運転開始後の供給超純水の水質管理用に、レーザー光散乱型パーティクルカウンター、紫外線酸化型TOCメーター、ポーラログラフ方式溶存酸素(Dissolved Oxygen; DO)モニター、高感度シリカメーターが設置されており、常時水質のモニタリングを行うことができます。

超純水製造システムの特徴は、以下のようにまとめることができます。

- 高効率低圧UV酸化装置、低溶出クリーンイオン交換樹脂、脱気膜、外圧型UF膜、イオン吸着膜及びクリーンPVC配管の溶着工法による配管システムの採用により、構成材料からの溶出を押さえるとともに、一次純水中に微量残留する不純物を極限まで除去した超純水をユースポイントに供給できる
- 最新メディアであるイオン吸着膜の採用により、サブpptレベルの微量金属不純物を除去し、ゆらぎのない高純度な超純水を供給することが可能である

3.3.3 高圧超純水供給システムの機能と特徴

高圧超純水供給システムは、不純物を極限まで低減した超純水を、高圧超純水ポンプにより高圧超純水とし、クリーンルーム内の各高圧系ユースポイントに供給するシステムです。

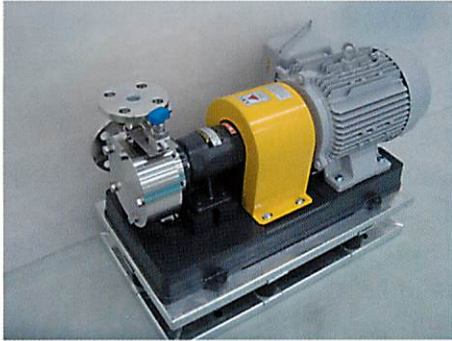


図3.15 クリーンポンプ

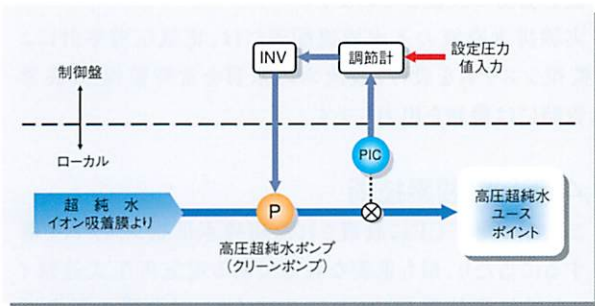


図3.16 高圧超純水ポンプの制御概念図

本システムは、EEM系用では最高圧力1.0MPa、電解加工系用では最高圧力2.8MPaで供給できる高圧超純水ポンプ(クリーンポンプ)(図3.15)、酸化膜処理を施工したステンレス配管を用いた高圧超純水配管及びインバータによる定圧制御システムから構成されます。

高圧系ユースポイントにおける超純水圧力は、制御盤に設置されている調節計にて任意の値に簡易に設定することができます。高圧系ユースポイント入口圧力をPICセンサーにて感知し、この値を元に調節計からインバータに対し適切な制御を行います。インバータは、制御信号を周波数に変換して、ポンプ吐出圧力(=ユースポイント圧力)が設定値となるようにポンプを運転します。図3.16に高圧超純水ポンプの制御概念図を示します。

高圧超純水ポンプに採用したクリーンポンプは特徴として、摺動部であるメカニカルシールを外装型とし、パーティクル排出機構を装備しています。パーティクル排出機構は、ポンプシール摺動部で発生した微粒子を、メカニカルシールよりシール水(=超純水)とともに系外へ排出する仕組みになっています。接液部は、SUS316を#400バフ加工した後、電

解研磨処理が施されており、内面平滑度を高めることによって付着微粒子が大幅に低減されています。また電解研磨処理により、内面接液部表面に不動態化層(酸化膜)を形成し、金属イオンの溶出を抑制しています。図3.17にクリーンポンプの構造図を示します。

高圧超純水製造システムの特徴は、以下のようにまとめることができます。

- 高圧超純水ポンプに渦流式クリーンポンプを採用することで、微粒子の発生を極限まで低減し、また脈動することなく高圧超純水を安定供給が可能である

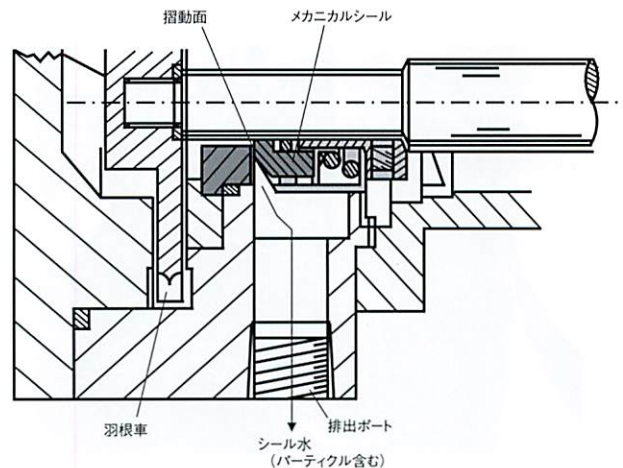


図3.17 クリーンポンプの基本構造図

3.3.4 廃液回収・処理・監視システムの機能と特徴

廃液回収・処理・監視システムは、クリーンルーム内のクリーンドラフトチャンバーより排出される、ふっ酸系廃液、一般酸・アルカリ系廃液、有機系廃液×2、実験排水廃液の全5系統の一般洗浄用廃液を分別回収するためのシステムです。



図3.18 排水中和ユニット



図3.19 廃液移送ポンプ設備



図3.20 酸・アルカリ移送設備

本システムは、各廃液をクリーンルーム外の廃液タンクに排出するために1/200の勾配をつけられた耐熱塩ビ配管、屋外廃液ヤードに設置された耐薬品・耐候性ポリエチレン製の各廃液タンク及び廃液をタンクローリーに個別に移送する設備（図3.19）から構成されます。廃液タンク内及び廃

液ヤード内は、上部に設置された排気処理装置によって常時排気されています。廃液ヤード上部に設けられたステージ架台上には、一般酸・アルカリ系廃液を硫酸およびかせいソーダを用いて中和処理し実験排水廃液に放流する大型の排水中和ユニット（図3.18）を備えています。排水中和ユニットは全自動化されており、酸・アルカリ系廃液槽に一定量以上の廃液が溜まると、排水中和ユニットに廃液を移送し中和処理を行います。中和完了後、実験排水廃液に処理水を放流し、完了すると待機状態となるサイクルを連続して繰り返します。中和用の硫酸およびかせいソーダ貯槽への薬品の補充張込み用には、酸アルカリ移送設備（図3.20）を備えています。自動液面制御を設けた酸アルカリ移送設備により、安全かつ効率的に排水中和ユニットを運用することが出来ます。

タンクローリーでの廃液引き取り作業及び排水中和用薬品補充張り込み作業はローカルで行えるよう、各々自動操作盤を現場に設置しています。

実験排水廃液の下水放流配管には、電気伝導率計による監視システムを設け、放流水の水質を常時監視し、異常水質時には警報を出力します。

3.4 新しい要素技術

ここでは、本UCFに設置された超純水供給システムを構成するに当たり、最も重要な装置である電気再生式連続イオン交換処理装置（D2EDI）及びイオン吸着膜の要素技術について説明します。

3.4.1 新型電気再生式連続イオン交換処理装置（D2EDI）

本超純水供給システムでは、イオン成分の除去のためには、イオン交換樹脂が最も基幹となる機能材として用いられています。しかしイオン交換樹脂は、イオンを吸着して取り込むことによって処理水中のイオン濃度を低減するものですから、吸着飽和に伴って酸・アルカリ薬品で定期的に再生処理あるいは、頻繁に樹脂そのものを交換する必要があります。また、従来のイオン交換処理では、運転条件によっては収量限界前にシリカ等の吸着能の低い成分の微量リークが始まることもあり、長期的に見て水質の不安定化を引き起こすことも課題となっていました。本システムで採用した電気再生式連続イオン交換処理装置は、イオン交換樹脂を電氣的に連続再生することが可能なため、従来のイオン交換処理装置のように、薬品による再生工程や再生廃液処理が不要であり、かつ装置を停止することなく連続して運転することの出来る環境にもやさしい技術です。

新たに開発されたD2EDI型では、弱酸（シリカ、炭酸）除去に有効なアニオン交換樹脂層と、高水質化に有効な混床イオン交換樹脂層の2つの脱塩室を、最適で独創的な構造に開発・設計されています。図3.21に新型電気再生式連続イオン交換処理装置（D2EDI）の構造図を示します。

新型電気再生式連続イオン交換処理装置（D2EDI）の特徴は、以下のようにまとめることができます。

- 第一脱塩室をアニオン専用とし、各脱塩室をアニオン除去、カチオン除去に対し最適配置することで、従来の弱点であった弱酸成分の除去性能を極限まで向上させることが可能である
- 再生不要のため、高水質を連続して安定供給することが可能である

3.4.2 イオン吸着膜

本超純水供給システムにおいて用いられるイオン吸着膜の役割は、超純水中に残留する超微量の金属イオン成分の除去です。これらは、超純水の段階で少なくとも1桁pptレベルまで低減された不純物です。その際に用いられるイオン吸着膜には不純物除去性能とともに、自身の低溶出性能が要求されます。

本システムでは、小型で大流量を実現するために、ポリエチレンの焼結体にイオン交換基を導入したメディアを採用しています。図3.22にイオン吸着膜モジュールの原理図を示します。

イオン吸着膜モジュールの特徴は、以下のようにまとめることができます。

- 超純水中のサブpptレベルの極微量金属不純物（金属イオン）を更に除去して、高純度でゆらぎのない超純水の安定供給が可能である
- 構成部材がクリーンで、モジュールからのTOC・微粒子等の吐き出しがないため立ち上がり迅速である
- 親水性メディアを採用して、親水化処理が不要である

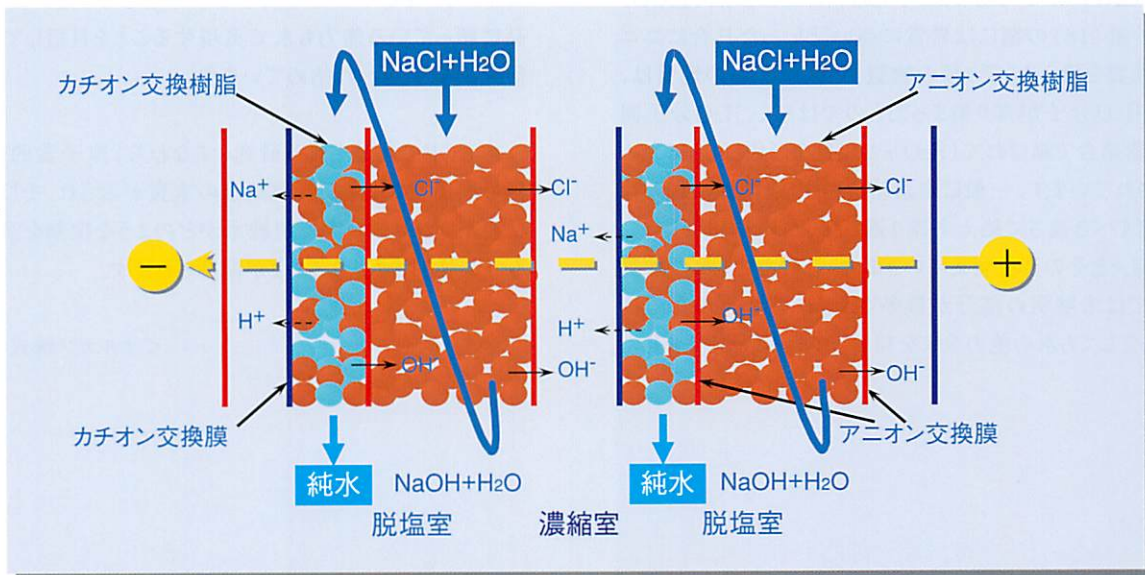


図3.21 新型電気再生式連続イオン交換処理装置（D2EDI）の構造図

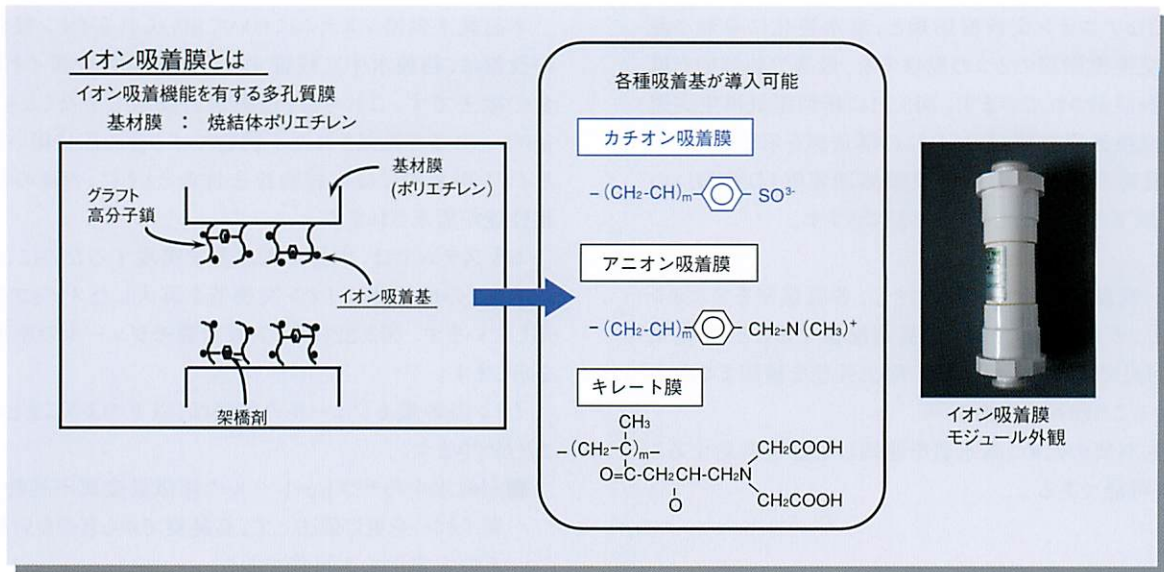


図3.22イオン吸着膜モジュールの原理図

3.5 超純水の可能性

我々にとって、もっとも身近な液体である水は、“固体(氷)が液体(水)に浮く”であるとか、“融点(0℃)と沸点(100℃)が、分子量(18)の割には異常に高い”といった具合にユニークな性質を備えた“変り種の物質”です。これらの性質は、単独のH₂O分子が寄り集まったものではなく、H₂O分子同士が水素結合で結ばれて(H₂O)_nの集団を形成しているためと説明されています。一般に水素結合の生成、消滅は10⁻¹²秒という驚くべき速さで絶えず繰り返され、水の集団(H₂O)_nも時々刻々とその形を変えていきます。このため、水の本質については未解明の部分が数多く残されており、現在の技術をもってしても水の能力全てを利用しているとは言えません。

洗浄力の高い水、おいしくて健康によい水、動植物の発育によい水、そして食品を腐らせない水など、現在は化学薬品に頼っている能力も水で実現することを目指して様々な研究開発が行われ始めています。

本UCFで実施される研究、すなわち「原子論的生産技術の創出」においても、超純水の本質が示され、そして様々な加工プロセスの中で超純水がどのような役割を演じているのか解き明かされることが期待されます。

<オルガノ株式会社>

3.6 高機能薬液洗浄システム

3.6.1 はじめに

原子レベルの超精密加工を実現する為には、加工前の試料表面から、微粒子、有機物、各種金属原子等の汚染物質を取除く必要があります。さらには、加工前の試料表面から酸化膜を取除くことが必要な場合もあります。また、加工後の試料表面の洗浄も重要になる場合があります。本クリーンルームにおいても薬液洗浄を行なうクリーンドラフトチャンバーを設置し、最先端の洗浄プロセスが行えるようになっています。

クリーンドラフトチャンバーは、無機薬液を使用する場合は塩化ビニル(PVC:Polyvinyl Chloride)板、有機薬液を使用する場合はステンレス板で製作された箱体を有しています。この箱体の中にウェハ等の試料を洗浄する為の各種洗浄治具を収納し、クリーンな空気を供給しながら、超純水や薬品により、LSIの基板となる大口径ウェハ、大型ミラー及び大口径レンズ等の各種試料を洗浄し洗浄により発生したガスを屋外に排気します。クリーンドラフトチャンバーの主機能は、供給される超純水や、使用される高純度薬液と洗浄治具等により決定されますが、付帯機能として重要なものに、洗浄工程で発生する各種の排気ガスを、いかに少ない排気量で外部に排出するかということがあります。排気する空気は、洗浄工程で発生する各種ガスに加えて、クリーンルーム内の空気を含んでいます。クリーンルームに取り入れる空気は、高度な環境条件を維持するために、高額の運転経費をかけて温湿度管理等を行っています。しかしその大半をクリーンドラフトチャンバーに取り込み、室外に排気しているため、排気量を削減することがクリーンルームの運転経費削減の大きな課題となっています。

本ウルトラクリーンルームに設置された各種のクリーンドラフトチャンバーは主要機能をはじめ少排気量機能を兼ね備えたものになっています。

以下では、本ウルトラクリーンルームに設置されているクリーンドラフトチャンバーの省エネルギー性能を中心に機器構成等について説明します。

3.6.2 高機能洗浄システムに求められる要件

高機能洗浄システムに求められる要件は、以下のようになります。

- ① 供給されたクリーンエア、超純水、超高純度ガスの品質を低下させること無く洗浄槽に供給することができ、かつ薬液洗浄プロセスにより発生した排気ガスの漏洩によるクリーンルーム内部の汚染が無いクリーンドラフトチャンバーであること。
- ② クリーンエアの排気量が極力抑えられた、少排気量形クリーンドラフトであること。
- ③ 次世代の大口径シリコンウェハ、高性能X線ミラー、ステッパ用大口径非球面レンズ等の大型試料の洗浄プロセスが可能であること。
- ④ フッ酸系廃液タンク、一般酸・アルカリ廃液タンク、有機廃液タンク2種、実験廃液排水の各種廃液を分別排水する事が可能であること。
- ⑤ 廃液量が少ない、省エネルギー、環境保護優先の洗浄プロセスが可能であること。

3.6.3 高機能洗浄システムの構成と特長

図3.2と、表3.2に本ウルトラクリーンルームに設置された、高性能薬液洗浄システムの構成を示しました。クリーンドラフトチャンバーは、計4台が設置されています。各クリーンドラフトチャンバーは、各々が屋外に設置された排気処理装置に接続され、チャンバー内を常時排気しています。また超音波洗浄装置が備えられ、最新の洗浄プロセスが可能となっています。

表3.2 高機能洗浄システムの構成表

設置場所の名称	寸法
プラズマ・ウェットプロセス室 ①無機薬液洗浄 クリーンドラフトチャンバー (2台)	(外形寸法) W1500×D1175×H2200 (シンク寸法) W1200×D600×H450
②有機薬液洗浄 クリーンドラフトチャンバー (1台)	(外形寸法) W2300×D1175×H2200 (シンク寸法) W2000×D600×H450
EEM室 ③無機薬液洗浄 クリーンドラフトチャンバー (1台)	(外形寸法) W2300×D1175×H2200 (シンク寸法) W2000×D600×H450

※シンク深さ寸法は、エアシール寸法(単位:mm)

高機能洗浄システムの大きな特徴としては、以下の項目が上げられます。

① 超高純度窒素ガス対応

超高純度窒素ガスの品質を出来る限り低下させずに供給するために0.5 μ m PTFEフィルタ内蔵のハンドガンを使用しています。

② 超純水シャワースプレー

各クリーンドラフトチャンバーは0.5 μ mのフィルター付きのハンドガンを有しています。

③ 分別排水機能

各クリーンドラフトチャンバーはフッ酸系廃液タンク、一般酸・アルカリ廃液タンク、有機廃液タンク2種、実験廃液排水に分別して排水する機能を有しています。

④ エアシール機能

各クリーンドラフトチャンバーは0.5~1.5m/sの風速の設定が出来るエアシール機能を有しています。シンク内が数ppmのHF蒸気で満たされている場合、ドラフトチャンバーの前面操作位置における気中のHF濃度は50ppb以下になります。かつ、エアシールを使用することによってベンチ幅1m当たりの排気量12m³/min以下に抑えることが出来ます。

⑤ フィルター

各クリーンドラフトチャンバーはシンク上部に耐薬品性に優れボロンの発生の無い高性能ULPA (Ultra Low Penetration Airfilter)を使用しています。

⑥ 本体パネル材料

各クリーンドラフトチャンバーは本体を構成する材料として、帯電防止処理を施した塩化ビニル(PVC:Polyvinyl Chloride)を使用し、塵埃の付着を最小限に止めています。なお、有機溶剤の洗浄用クリーンドラフトチャンバーはステンレス製です。

⑦ 蛍光灯

ウェットプロセス室のクリーンドラフトチャンバーは黄色タイプとなっています。

⑧ 廃液操作

各クリーンドラフトチャンバーは廃液時にチャイムが鳴るようになっています。

⑨ 安全対策

各クリーンドラフトチャンバーは各種インターロックによって安全対策を施しています。また、異常発生時に中央監視設備に信号を出力するようになっています。

(a) 液漏れ(中央監視設備に出力あり)

シンク下ドレンパンに液漏れセンサを設置し、液漏れがあった場合には、ブザーを鳴らします。

(b) 給水異常

純水の供給が停止した時、純水の有無を検知し、ブザーを鳴らします。

(c) 排気異常(中央監視設備に出力あり)

排気が弱まるか停止した時、排気センサが検知してブザーを鳴らします。この時ファンが稼動していた場合、ファンを停止して不用意に薬液の雰囲気周囲に拡散しないようにします。

(d) スクラバー異常

中央監視設備からスクラバー停止の信号が入力された場合、ブザーを鳴らします。この時ファンが稼動していた場合、ファンを停止して不用意に薬液の雰囲気周囲に拡散しないようにします。また、異常発生中はファンを動作させることが出来ないようにし、不用意に薬液の雰囲気周囲に拡散するようにします。

(e) ダウンフローファン異常(中央監視設備に出力あり)

ダウンフローファン用インバーターが異常を発生した場合、ブザーを鳴らします。

(f) エアシールファン異常(中央監視設備に出力あり)

エアシールファン用インバーターが異常を発生した場合、ブザーを鳴らします。

⑩ 安全対策(有機ドラフトのみ)(中央監視設備に出力あり)

有機溶剤を使用する有機ドラフトにはCO₂ガス自動消火装置が設けてあります。有機溶剤等から発火した場合、音声による退避アナウンスが流れ、CO₂ガスを放出し消火します。火災検知センサは熱と赤外線によって検知する方式です。赤外線センサーは炎特有のパターンを検知しますので、ホットプレート等を誤検知しないようになっています。

3.6.4. 少排気量型クリーンドラフトチャンバーの構造、及び各部の名称

装置正面からの写真を図3.23に、装置の構造及び各部の名称を図3.24に示します。図中の赤い矢印は、クリーンドラフトチャンバー内のクリーンエアの流れを示しており、シンク上方からのダウンフローと、シンク上部を水平方向に流れるエアシールの2系統があります。

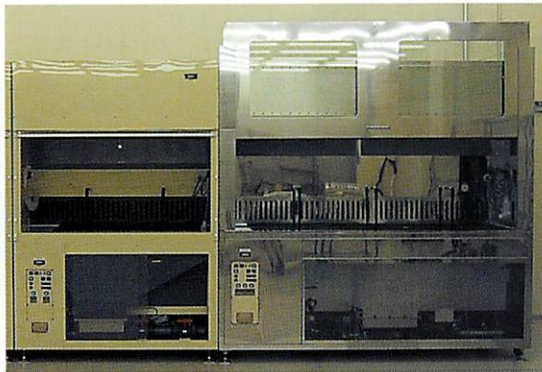


図3.23 ドラフト外観写真(左:無機タイプ、右:有機タイプ)

エアシールの風量は毎分数立方メートルに過ぎず、したがって総排気量は $1/3 \sim 1/4$ となります。

例えば煮沸水の水蒸気をシールするには厚さ50mm程度で 1m/s 以上の風速を持つ水平層流が必要です。

本ウルトラクリーンルームのクリーンドラフトチャンバーでは、

- ① 吹き出し口には整流用のハニカム格子板と通気抵抗を増やす濾布を設ける。
- ② 吹き出し風速の均等化を図るため、フード内にガイド板を設ける。
- ③ 吸込み風速の均等化を図るため、吸込みダクトに整流板を設ける。
- ④ 流し中央での風速低下を無くすため、吹き出口高さは45mm以上にする。

等の対策により、シンク上部において均一な水平層流を形成しています。

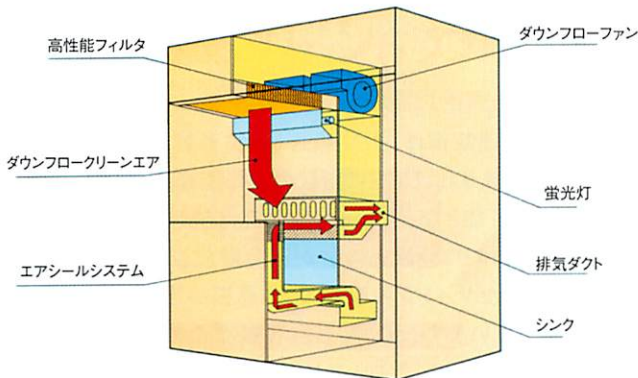


図3.24 ドラフトの構造及び各部の名称

3.6.5 エアシール機構の構成

プッシュプルエアシール方式クリーンドラフトチャンバーの基本構成を、通常型と比較して図3.25に示しました。小型送風機、高性能フィルターとダクトでつないだ吹き出しフード、及び排気ダクトとつながる吸込みフードによって流しを覆うエアシールを形成しています。

薬液を加熱して使用すると、槽から有害蒸気を含む流速 0.3m/s 程度の上昇気流を生じます。これをできるだけ拡散させないで排気する為、クリーンドラフトチャンバーでは 0.5m/s 程度のダウンフロー気流を吹き出させます。エアシール(水平層流)で薬液槽からの上昇気流を拡散しないうちにすぐに吹き払うと、その上部空間は清浄度を維持するだけで良く 0.1m/s 程度のダウンフロー気流で十分となります。

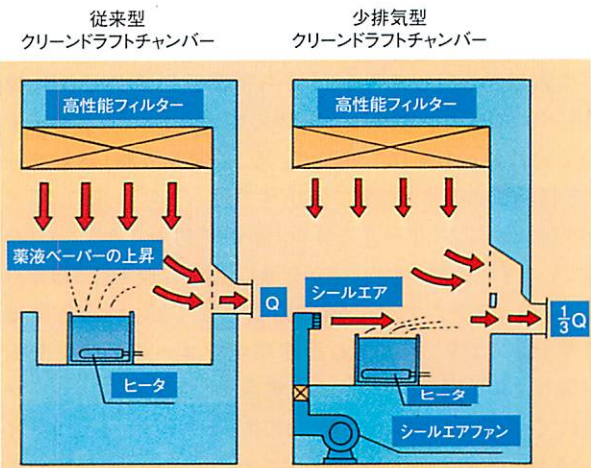


図3.25 エアシール方式クリーンドラフトチャンバーの基本構成と機能説明

<日立プラント建設株式会社>

● 4. 中央監視システム

4.1 中央監視システムの特徴

中央監視システムは、空調・用役設備だけでなくFFU設備、純水設備、ガス設備を一貫して運転・管理・監視が出来るシステムであり、現場点検等の省力化を図ると同時に、異常時・非常時の対応を迅速に行える自動通報機能、入退室管理、カメラによる監視さらには地震、火災時の通報を自動的に行う安全管理機能を兼ね備えた複合監視システムとなっています。また21世紀プラザと管理者が常駐する建物との距離が離れている事から、学内LANを通じ学内の遠隔パソコンからでもUCFの監視（閲覧のみ）が可能としています。

万一、中央監視システムに不具合が発生したり、メンテナンスをしている場合でも、UCF空調・用役設備の運轉制御が影響を受けないように自動制御はシングルループ調節計を採用し、独立性を持たせています。

4.2 中央監視システムの構成

4.2.1 中央監視装置

中央監視装置は、中央処理装置（CPU）・ディスプレイ・サーバー・プリンター・UPS・スイッチングハブ等で構成され、2階共同研究室とクリーンルーム更衣室の2ヶ所に設置されています。

中央監視システムは、設備ごとにグラフィック画面を作成し状態表示を行っていることから視認性に優れており、操作についてもマウスクリック主体の容易なものとしていますので操作性にも優れています。又、必要な計測・計量データを収集しトレンドグラフで表示する他、CSV形式によるデータ抽出ができ、データの解析・評価に利用できるようになっています。今回、学内LANを通じ遠隔監視を行う事から、これらのシステムすべてをOSに依存されないJAVA環境で開発しており、希望する動作環境をユーザー側で選択可能なマルチプラットフォームを実現しています。又、サーバーにて学内LANと中央監視のネットワークとを分離し、LAN側からのアクセスに対してファイアウォールを設定しているため、外部からの不正なアクセスに対して高いセキュリティを確保しています。



図4.1 中央監視システム（左：正、右：副）

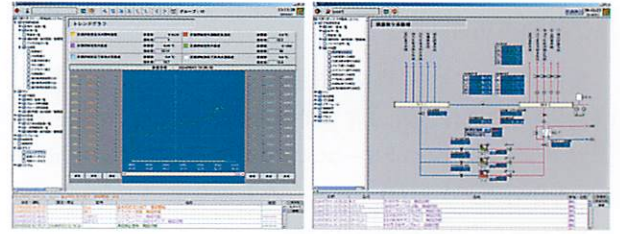


図4.2 中央監視システム表示画面

4.2.2 監視カメラ設備

監視カメラの画像は、学内LANのパソコンから容易にアクセスでき、遠隔から手軽に閲覧することが出来ます。またルーターにIPアドレスを設定している為、部外者からのアクセスを制限する事が出来ます。



図4.3 監視カメラ

4.2.3 拡声設備

UCF単独でアンプを設置している為、中央監視装置からの警報信号を受け、あらかじめ決められた内容をUCFエリアへのみ独立して放送する事が出来ます。また内線電話を利用した館内通話が可能で、あらゆる事態において迅速に対応できるようになっています。

4.2.4 入退室管理設備

入退室管理設備は、指紋照合器・制御装置・管理用パソコンから構成され、UCFは指紋のみの管理とし、最大200指まで登録可能となっています。入退室管理設備には、インターロックにより2つ以上の扉が同時解放されるのを防止する機能、またサイレンの鳴動により扉閉め忘れ防止の機能も具備しています。又、入退室者履歴や故障履歴等は監視カメラと同様に、学内LANを通じ個々のパソコンからでも閲覧する事ができます。



図4.4 入退出管理設備

4.2.5 非常通報設備

非常通報設備は中央監視装置からの警報信号を受け、あらかじめ決められた内容をメール又はポケベルにて送信、通知するシステムとなっています。メールについては履歴が残る利点がありますが、ポケベルについては受信者がどの状態でも受信する事ができ、即時性がある事から非常時・緊急時の対応が迅速に行えます。



図4.5 非常通報設備

4.3 安全管理システム

4.3.1 ユーザーと管理者に対する情報伝達

クリーンルームという隔離された環境で安心して研究を行う上で、安全の確保は絶対不可欠なものであり、火災、地震、設備の故障、ヒューマンエラー等による万一の事故発生に対する被害を最小限に抑える必要があります。

そこで当安全管理システムでは警報項目に応じたメッセージ(下表参照)を自動的にかつ迅速に通報する事ができ、UCF内で作業するユーザーに対して知らせる館内放送だけでなく、遠隔にいる管理者に対してもメール並びにボケベルにて同時に通知するシーケンスになっています。

表4.1 警報管理項目一覧表

警報項目	メール内容	放送内容	ボケベル通報
火災	21世紀プラザ火災発生	火災発生。	直ちに避難してください。
酸欠(更衣室)	酸欠発生(更衣室)	酸欠発生。	直ちに避難してください。
酸欠(プラズマ・ウェット)	酸欠発生(プラズマ・ウェットプロセス室)	酸欠発生。	直ちに避難してください。
酸欠(EEM)	酸欠発生(EEM室)	EEM室、酸欠発生。	直ちに避難してください。
酸欠(計測評価)	酸欠発生(計測評価室)	計測評価室、酸欠発生。	直ちに避難してください。
H2漏洩(EEM)	H2漏洩(EEM室)	EEM室、水素ガス漏洩。	直ちに避難してください。
H2漏洩(計測評価)	H2漏洩(計測評価室)	計測評価室、水素ガス漏洩。	直ちに避難してください。
H2漏洩(プラズマ・ウェット)	H2漏洩(プラズマ・ウェットプロセス室)		
SiH4漏洩(プラズマ・ウェット)	SiH4漏洩(プラズマ・ウェットプロセス室)		
B2H6漏洩(プラズマ・ウェット)	B2H6漏洩(プラズマ・ウェットプロセス室)		
NH3漏洩(プラズマ・ウェット)	NH3漏洩(プラズマ・ウェットプロセス室)	プラズマ・ウェットプロセス室、プロセスガス漏洩。	直ちに避難してください。
CH4漏洩(プラズマ・ウェット)	CH4漏洩(プラズマ・ウェットプロセス室)		
NF3漏洩(プラズマ・ウェット)	NF3漏洩(プラズマ・ウェットプロセス室)		
Ci2漏洩(プラズマ・ウェット)	Ci2漏洩(プラズマ・ウェットプロセス室)		
HF漏洩(プラズマ・ウェット)	HF漏洩(プラズマ・ウェットプロセス室)		
H2漏洩(ガス設備室)	H2漏洩(ガス設備室)	H2漏洩(ガス設備室)	避難警報
SiH4漏洩(ガス設備室)	SiH4漏洩(ガス設備室)		
B2H6漏洩(ガス設備室)	B2H6漏洩(ガス設備室)		
NH3漏洩(ガス設備室)	NH3漏洩(ガス設備室)	ガス設備室、プロセスガス漏洩。	直ちに避難してください。
CH4漏洩(ガス設備室)	CH4漏洩(ガス設備室)		
NF3漏洩(ガス設備室)	NF3漏洩(ガス設備室)		
Ci2漏洩(ガス設備室)	Ci2漏洩(ガス設備室)		
HF漏洩(ガス設備室)	HF漏洩(ガス設備室)		
一括遮断	プロセスガス漏洩(一括遮断スイッチ)	プロセスガス漏洩。	直ちに避難してください。
外調機停止・故障	新鮮空気導入停止	新鮮空気導入停止。	直ちに避難してください。
クリーンベンチ排気停止(可燃系スクラバー故障)	可燃系スクラバー排気停止		
クリーンベンチ排気停止(無機系スクラバー故障)	無機系スクラバー排気停止		
クリーンベンチ排気停止(有機系スクラバー故障)	有機系スクラバー排気停止		
クリーンベンチ排気圧異常(有機)	有機ベンチ排気圧異常	クリーンベンチ、排気停止。	直ちに避難してください。
クリーンベンチ排気圧異常(ハイグレード)	ハイグレードベンチ排気圧異常		
クリーンベンチ排気圧異常(一般酸アルカリ)	一般酸アルカリベンチ排気圧異常		
クリーンベンチ排気圧異常(EEM)	EEMベンチ排気圧異常		
クリーンベンチ火災発生(有機)	有機ベンチ火災発生	クリーンベンチ、火災発生。	直ちに避難してください。
地震	地震発生	地震発生。	直ちに避難してください。
クリーンルーム設備異常(空調冷熱源)	空調冷熱源設備異常		
クリーンルーム設備異常(外調機フィルター差圧)	外調機フィルター差圧異常		
クリーンルーム設備異常(FFU)	FFU異常	クリーンルーム設備、異常です。	点検してください。
クリーンルーム設備異常(入退室管理設備)	入退室管理設備異常		
クリーンルーム設備異常(雑排ファン)	雑排ファン異常		
クリーンルーム設備異常(クリーンベンチ)	クリーンベンチ異常		
クリーンルーム設備異常(天井裏漏水)	チャンバー上部漏水		
クリーンルーム設備異常(圧空設備)	圧空設備異常	圧縮空気供給設備、異常です。	点検してください。
装置冷却水設備(20℃)	20℃冷却水設備異常	20℃冷却水設備、異常です。	点検してください。
装置冷却水設備(10℃)	10℃冷却水設備異常	10℃冷却水設備、異常です。	点検してください。
ガス供給除害設備(CC・BS)	CC・BS異常		
ガス供給除害設備(N2精製装置)	N2精製装置異常		
ガス供給除害設備(H2精製装置)	H2精製装置異常		
ガス供給除害設備(He精製装置)	He精製装置異常		
ガス供給除害設備(Ar精製装置)	Ar精製装置異常	ガス供給除害設備、異常です。	点検してください。
ガス供給除害設備(O2精製装置)	O2精製装置異常		
ガス供給除害設備(除害設備)	除害設備異常		
ガス供給除害設備(窒素発生装置)	窒素発生装置異常		
ガス供給除害設備(ガス検知器)	ガス検知器異常		
液体窒素タンクL	液体窒素タンクローリーコール	窒素残量 低下です。	ローリーを呼んでください。
液体窒素タンクLL	液体窒素残量ゼロ	窒素残量 ありません。	装置の窒素供給を停止して下さい。
廃液処理ユニット	廃液処理ユニット異常	廃液処理ユニット 異常です。	点検してください。
廃液タンクH(No.1有機)	廃液タンクローリーコール(No.1有機)	廃液タンク 満水です。	ローリーを呼んでください。
廃液タンクHH(No.1有機)	廃液タンク満タン(No.1有機)	廃液タンク 容量オーバーです。	廃液排出を中止してください。
廃液タンクH(No.2有機)	廃液タンクローリーコール(No.2有機)	廃液タンク 満水です。	ローリーを呼んでください。
廃液タンクHH(No.2有機)	廃液タンク満タン(No.2有機)	廃液タンク 容量オーバーです。	廃液排出を中止してください。
廃液タンクH(ふっ酸)	廃液タンクローリーコール(ふっ酸)	廃液タンク 満水です。	ローリーを呼んでください。
廃液タンクHH(ふっ酸)	廃液タンク満タン(ふっ酸)	廃液タンク 容量オーバーです。	廃液排出を中止してください。
廃液タンクH(酸アルカリ)	廃液タンクローリーコール(酸アルカリ)	廃液タンク 満水です。	ローリーを呼んでください。
廃液タンクHH(酸アルカリ)	廃液タンク満タン(酸アルカリ)	廃液タンク 容量オーバーです。	廃液排出を中止してください。
超純水製造設備異常(ユーティリティ)	超純水製造設備異常(ユーティリティ)		
超純水製造設備異常(前処理)	超純水製造設備異常(前処理)	超純水製造設備、異常です。	点検してください。
超純水製造設備異常(一次純水)	超純水製造設備異常(一次純水)		
超純水製造設備異常(超純水系)	超純水製造設備異常(超純水系)		
超純水製造設備異常(EEM系)	超純水製造設備異常(EEM系)	EEM用超純水設備、異常です。	点検してください。
超純水製造設備異常(電解加工系)	超純水製造設備異常(電解加工系)	ECM用超純水設備、異常です。	点検してください。
漏水(プラズマ・ウェット北)	漏水(プラズマ・ウェットプロセス室北)	水漏れ発生。	点検してください。
漏水(プラズマ・ウェット南)	漏水(プラズマ・ウェットプロセス室南)	水漏れ発生。	点検してください。
漏水(計測評価)	漏水(計測評価室)	計測評価室、水漏れ発生。	点検してください。
実験盤(プラズマ・ウェット)	実験盤(プラズマ・ウェットプロセス室)異常		
実験盤(EEM)	実験盤(EEM室)異常	実験盤 異常です。	点検してください。
実験盤(計測評価)	実験盤(計測評価室)異常		
実験盤(設備室)	実験盤(設備室)異常		
非常扉開	非常扉開	侵入者です。	注意してください。
停電	停電	停電です。	注意してください。

4.3.2 危険信号の検知

(1) 火災の検知

万一、UCF内で火災が発生した場合、図4.6から図4.8に示す感熱式センサー又は煙感知式センサーが作動し火災警報器のベルになります。それと同時に中央監視盤に火災信号が出力され火災時の避難放送が流れ、管理者に対しメールならびにポケベルのメッセージが送信されます。又、初期消火用として純水のポートを設置しており、バルブ操作にて簡易に放水できるようにしています。

一方、有機用ドラフトチャンバーには、温度センサー・炎センサーが独自で設置されています。2つのセンサーが同時に作動した場合、ドラフトチャンバーに付属されている炭酸ガス消火器が自動的に動作し消火を行います。それと同時に中央監視盤へドラフトチャンバーの火災信号を出力し、避難放送、メール、ポケベルによる通報を行います。

(2) 地震の検知

図4.6に示すようにUCF内に感震器が設置されており、3つの内2つの感震器が地震を感知すれば、中央監視盤に出力され異常放送、メール、ポケベルによる通報を行います。更にガス供給設備については遮断弁を自動的に遮断し、すべてのガスの供給を停止します。またガス焚きボイラーについては独自の感震器を持っており、地震を感知すれば緊急停止を行い都市ガスの供給を遮断します。

(3) ガス漏洩・酸素欠乏の検知

各ガス種の検知器が図4.6から図4.7に示すとおり設置されています。ガス許容濃度以上の値になると警報が出力されガス遮断弁が働き、ガスの供給を停止します。それと同時に中央監視盤にも出力され避難放送、メール、ポケベルによる通報を行います。

酸素濃度についても計測を行っており、許容濃度以下に低下した場合、その他のガス検知器と同様に中央監視盤へ出力します。又、新鮮外気の供給が停止した場合すなわち外調機が停止した場合にも酸素欠乏状態が生じるため、中央監視盤へ出力し避難を促します。

(4) 漏水の検知

図4.6および図4.8に示すようにクリーンルーム内並びにクリーンルームチャンバー上部に漏水センサーを配置しており、配管損傷等による水漏れが発生した場合、中央監視盤に出力され異常放送、メール、ポケベルによる通報を行い、早期に対処できるようにしています。

(5) 廃液タンクの満限検知

廃液タンクの液面管理を行っており、上限まで液面が達した場合はローリーコールを出力し管理者が引き取りの手配をします。更に廃液が流入し上限まで液面が達すると許容限界とし一切の廃液を停止するよう再度警報が出力されます。万一タンクからオーバーフローした場合でも一般排水系統へ流れ出さないように廃液タンク設置部をピット状の構造にしています。またその排出についてもポンプアップにて行い、常時排出している系統からバルブにて切替え、ローリーで引き取れるようにしています。

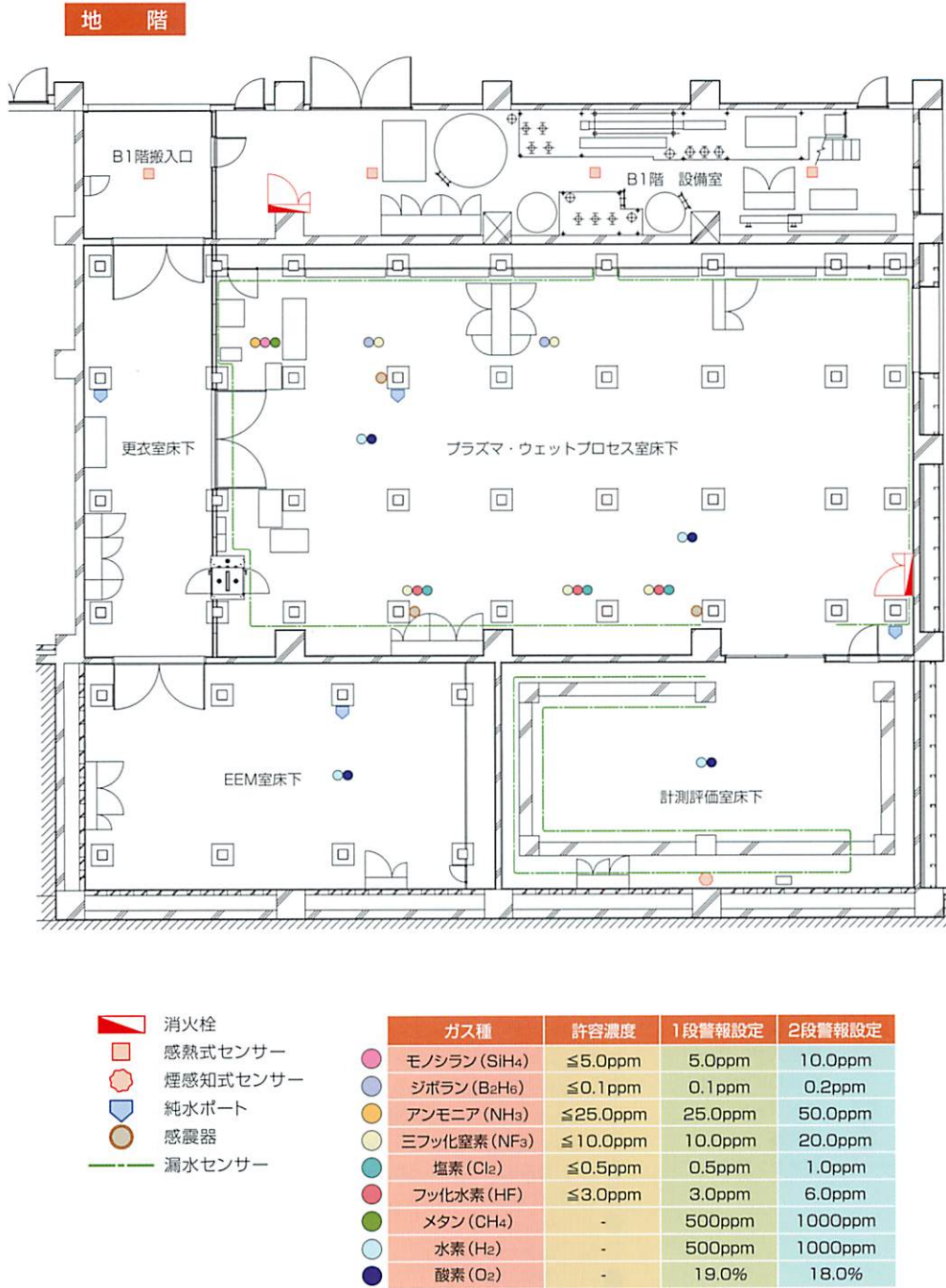
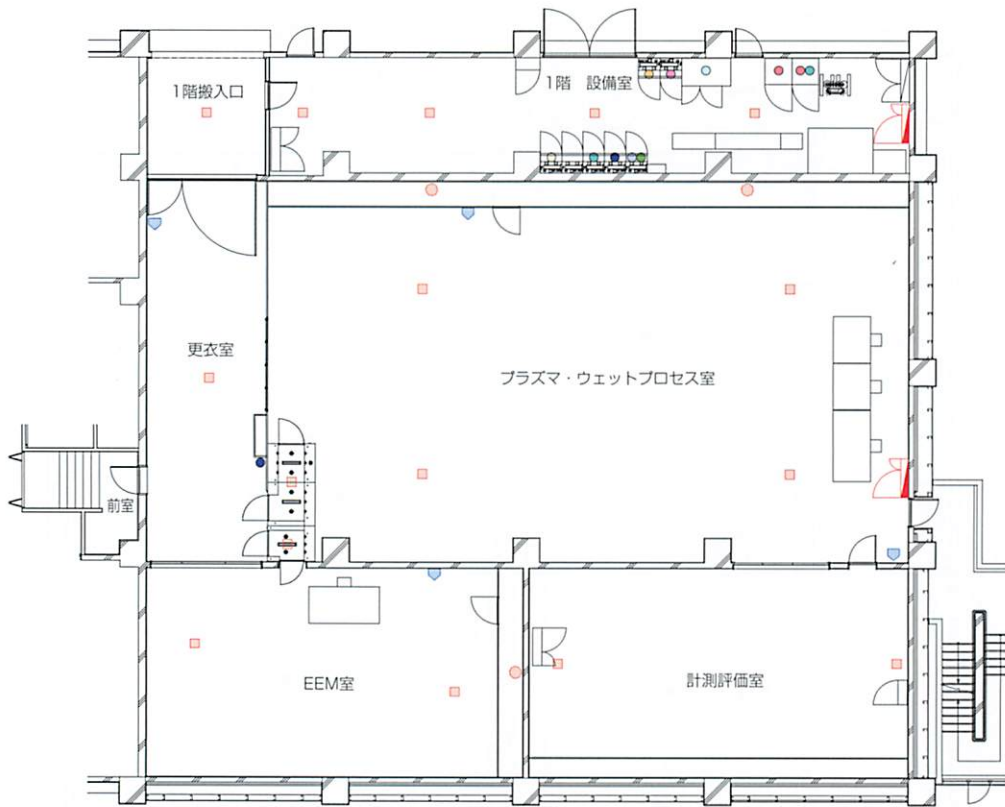



図4.6 安全管理システム (危機検知・発報系統)

1 階

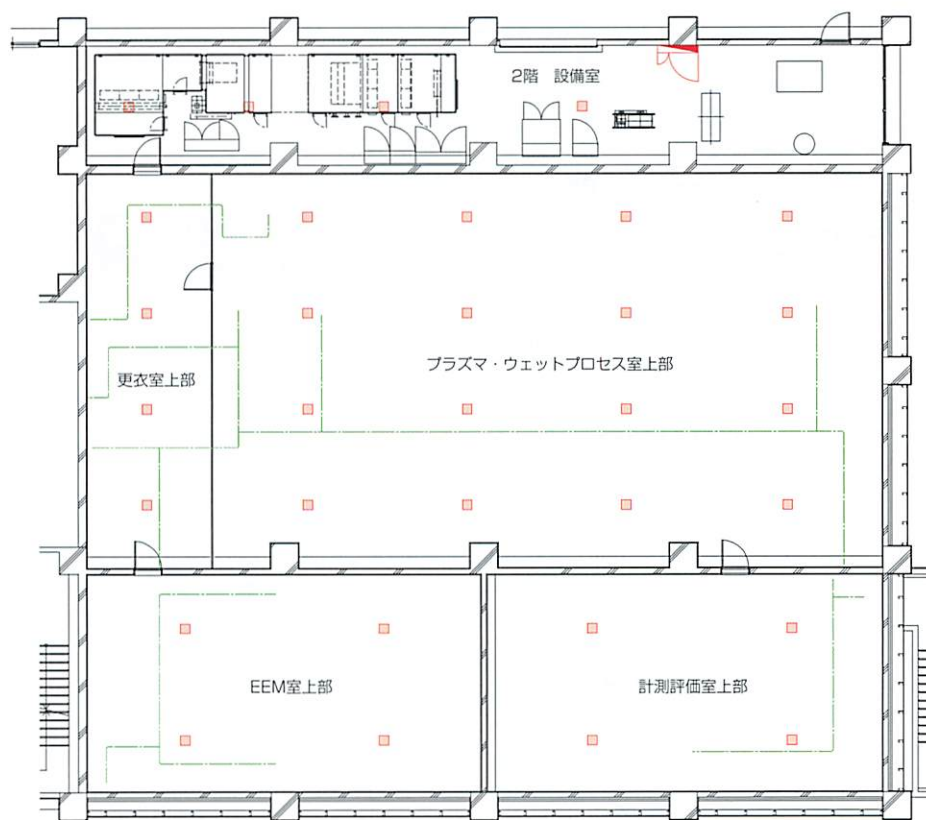


-  消火栓
-  感熱式センサー
-  煙感知式センサー
-  純水ポート
-  感震器
-  漏水センサー

ガス種	許容濃度	1段警報設定	2段警報設定
モノシラン (SiH ₄)	≤5.0ppm	5.0ppm	10.0ppm
ジボラン (B ₂ H ₆)	≤0.1ppm	0.1ppm	0.2ppm
アンモニア (NH ₃)	≤25.0ppm	25.0ppm	50.0ppm
三フッ化窒素 (NF ₃)	≤10.0ppm	10.0ppm	20.0ppm
塩素 (Cl ₂)	≤0.5ppm	0.5ppm	1.0ppm
フッ化水素 (HF)	≤3.0ppm	3.0ppm	6.0ppm
メタン (CH ₄)	-	500ppm	1000ppm
水素 (H ₂)	-	500ppm	1000ppm
酸素 (O ₂)	-	19.0%	18.0%

図4.7 安全管理システム(危機検知・発報系統)

2 階



- 消火栓
- 感熱式センサー
- 煙感知式センサー
- 純水ポート
- 感震器
- 漏水センサー

ガス種	許容濃度	1段警報設定	2段警報設定
モノシラン (SiH ₄)	≤5.0ppm	5.0ppm	10.0ppm
ジボラン (B ₂ H ₆)	≤0.1ppm	0.1ppm	0.2ppm
アンモニア (NH ₃)	≤25.0ppm	25.0ppm	50.0ppm
三フッ化窒素 (NF ₃)	≤10.0ppm	10.0ppm	20.0ppm
塩素 (Cl ₂)	≤0.5ppm	0.5ppm	1.0ppm
フッ化水素 (HF)	≤3.0ppm	3.0ppm	6.0ppm
メタン (CH ₄)	-	500ppm	1000ppm
水素 (H ₂)	-	500ppm	1000ppm
酸素 (O ₂)	-	19.0%	18.0%

図4.8 安全管理システム(危機検知・発報系統)

■大阪大学吹田キャンパス配置図・交通案内図



〈交通機関〉

- 阪急電車千里線 北千里駅下車 東へ徒歩約20分
- 北大阪急行 千里中央駅下車 阪急バス「阪大本部前」又は「茨木美穂ヶ丘」行で約15分、「阪大本部前」下車
- 阪急電車京都線 茨木駅下車 近鉄バス「阪大本部前」行で約30分、「阪大本部前」下車
- JR東海道本線 茨木駅下車 近鉄バス「阪大本部前」行で約20分、「阪大本部前」下車
- 大阪モノレール彩都線 「阪大病院前」下車