



# クリーンルーム/環境試験室

## 奥野技術研究所

### 1. はじめに

人々の日常生活を取り巻く各種の製品は小型化・精密化が進み、それらの製品の製造工程の多くがクリーンルーム内に設置されるようになってきている。こうした製品は半導体を使う機器類に限らず、医療用品はもちろんで、各種石油化学製品、食品、衣料品にまで多岐にわたっている。

本稿では、当社が取り扱うクリーンルーム、環境試験室について紹介する。

### 2. クリーンルーム

#### 2.1 クリーンルームの定義

1999年改定のJIS Z8122 (コンタミネーションコントロール (清浄度管理)<sup>※1</sup>用語) より、クリーンルームの定義を以下に示す。

コンタミネーションコントロールが行われている限られた空間

空気中における浮遊微粒子、浮遊微生物が限定された清浄度レベル以下に管理され、また、その空間に供給される材料、薬品、水などについても要求される清浄度が保持され、必要に応じて温度、湿度、圧力などの環境条件についても管理が行われている空間。

清浄度規格

JIS、ISO、FED-STD-209D (FS単位)、FED-STD-209E (IS単位) が主なものである。ISO規格と整合させるためのJIS B9920の改定作業が進んでいる。基礎規格は、99年に制定されたISO 14644-1である。

Cleanrooms and Associated Controlled Environments-Part1 : Classification of Air Cleanliness

工業用のIndustrial Clean Room (ICR) と微生物制御を含むBiological Clean Room (BCR) に大まかに分けられ、室圧設定は用途により異なる。

#### 2.2 クリーンルームの4原則

クリーンルームは以下の4つの原則を守ることで維持される。

持ち込まない。

- a. 気密性・室圧制御。
- b. 取り入れ外気の清浄化。
- c. エアシャワー、パスボックス、粘着マットなどの設置。

発生させない。

- a. クリーンルーム専用衣類・内部機器の導入。
- b. 加湿器・清掃水の純水化。  
発生したものを速やかに排除する。
- a. 循環用清浄化フィルタを設置し濾過効果を高める。
- b. 集塵、局所排気、清掃用具の導入。  
堆積させない。
- a. 気流制御により、無循環空間を作らない。
- b. 表面が平滑な室内材の使用。
- c. 定期的な清掃の実行。

#### 2.3 奥野技術研究所のクリーンルーム

当社のクリーンルームは、断熱パネルを用いて内外の熱を遮断するとともに、一般空調仕様とオーダーメイドで組み込む特殊精密空調を用意している。各種オプション、高反射型省エネ照明、静電気対策、ルーム内ブース、クリーンベンチ、エアシャワーなど専用機器を取り揃えて対応している。

### 3. 環境試験室・恒温恒湿室

環境試験室は、温度・湿度 (場合によっては気圧) をそれぞれ制御することによって、試験対象物に環境負荷を与えることができる実験室である。また、恒温恒湿室は環境試験室の範疇に含まれるもので、一般的に中温度域、中湿度域において一定温度、一定湿度 (それぞれの変動域は5%前後) の極めて安定した環境を提供する室であり、温湿度変化の影響を受けやすい精密製品の製造・測定に使用される。

近年はHEPAフィルタを備えることで清浄度も兼ね備えた室も多く設置され、この傾向は年々進んでいる。

#### 3.1 環境試験室・恒温恒湿室のコンセプト

環境試験室・恒温恒湿室は、その求められる特殊性からランニングコスト削減が度外視される場合が多い。さらには清浄度も求められるようになっているため、空気調和機の運転を止められないケースが大多数を占める。また、温湿度の変動幅の大きい直膨式の環境試験室では、加熱・冷却・加湿・除湿のマッチポンプ機能は欠かせないが、中温湿度域の一定安定連続運転が目的の恒温恒湿室においては、全ての機能が必要となるわけではない。これらの理由から機能の削除・統合を模索するに至った。

そこで当社は、加湿・除湿を1つの行程で処理する露点飽和方式を採用することとした。この方式は、高い温湿度の安定性が得られるとともに、大幅なランニングコストの削減も実現する。さらには故障要因や付随する機器を減らすことができ、CO<sub>2</sub>排出量も直膨式よりも低減できる。当社は、この露点飽和方式を積極的に活用し、長年に渡り研究している。

### 3.2 露点飽和方式

図1に空気線図の概略図を示す。空気線図とは、各温度の空気1kgがどの位の水分を保持できるかを示した図である。ここで、11.7℃の空気が100%の湿度（空気飽和）になった時、保持する水分量は0.0087kgsである。そして、この0.0087kgsの水分量は23℃の空気湿度50%の水分量と同じであることが図1よりわかる。露点飽和方式恒温恒湿は、この水の持つ露点温度の原理を十分に活用したものである。

例えば、所定温度に冷やした水を空気に散水し、まず11.7℃、100%の飽和空気を作り出す。その後、この空気を23℃まで加熱することにより、ルームへの吹き出し口では23℃、50%の空気を得ることができる。

原理は至ってシンプルであるが、実際に飽和空気を正確に作り出す散水システムや、所定の水温を何度に設定すべきかといったノウハウなど、長年の研究による当社の技術力がそこに集結されている。

通常の温湿度管理では、最初に空気を冷凍機で冷やして、強制的に低温、低湿の空気を作り出す。その空気をヒータで加熱し、さらに加湿器を使って所定の水分を与えるという方式を採り、これを一般に直膨式と呼んでいる。当社の露点飽和方式は、直膨式に比べ、様々な利点を持った方式である。

表1に、以下の条件で作成した露点飽和方式と直膨式の消費電力、排出CO<sub>2</sub>の比較を示す。

室の大きさ：30m<sup>2</sup>

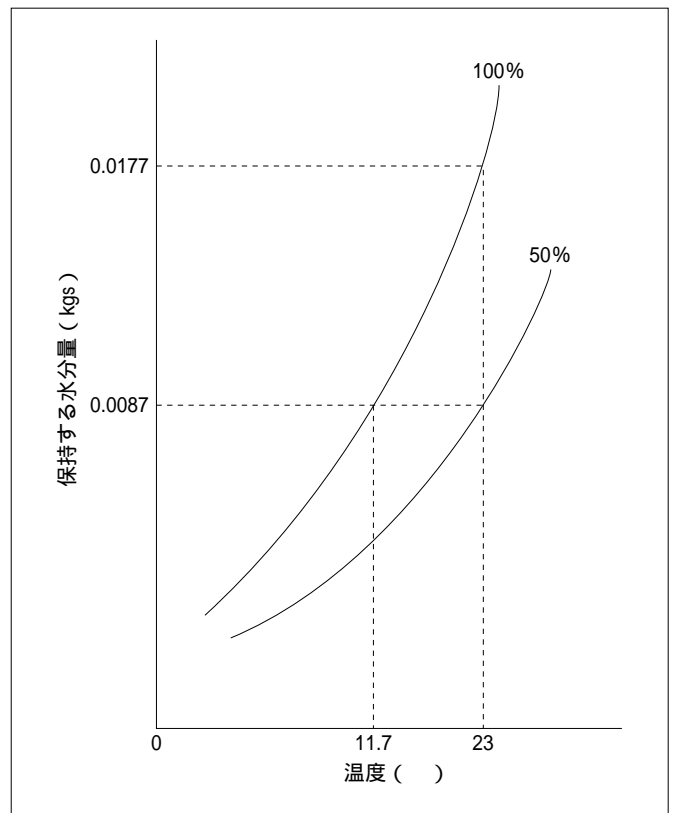


図1 空気線図

温度：23 ± 1

湿度：50 ± 2%RH

購入電力単価：9円/kWh

CO<sub>2</sub>排出係数：0.339（東京電力、2007年実績を採用）

露点飽和方式は、ランニングコストを年間77万円（電気料金67万円、CO<sub>2</sub>排出権益10万円（CO<sub>2</sub>排出権売買単価を4000円/tとした場合））抑える。また、CO<sub>2</sub>の排出を25t/年抑制するため、温暖化防止を宣言する企業が簡単に採用できるシステムである（1000ccの乗用車が20万km走行すると、30tのCO<sub>2</sub>を排出すると言われる）。これらの効果は、恒温恒湿室の大きさに比例する。

以下に露点飽和方式の特徴を示す。

ランニングコストの削減

a. 冷凍機の2位置制御

直膨式では稼働中に常に100%の能力で空気を冷やし続けなくてはならないのに対し、露点飽和方式では水温が所定温度を外れた時のみ冷凍機を作動させる。このため、冷凍機の稼働率は直膨式の約60%程度となっている。

表1 消費電力と排出CO<sub>2</sub>の比較

項目		露点飽和方式	直膨方式
設備電力 (kW)	冷凍機	3.7	3.7
	ファン	0.8	0.8
	ヒータ	12	15
	加湿器	不要	8
	散水ポンプ	0.3	(不要)
	合計	16.8	27.5
消費電力 (kW)	冷凍機	稼働率 $3.7 \times 0.6 = 2.2$	稼働率 $3.7 \times 1 = 3.7$
	ファン	$0.8 \times 1 = 0.8$	$0.8 \times 1 = 0.8$
	ヒータ	$12 \times 0.6 = 7.2$	$15 \times 0.7 = 10.5$
	加湿器		$8 \times 0.5 = 4.0$
	散水ポンプ	$0.3 \times 1 = 0.3$	
	合計	10.5	19.0
ランニング コスト	使用電力量	$10.5\text{kW} \times 24\text{h} \times 356\text{日} = 91,980\text{kWh}$	$19.0\text{kW} \times 24\text{h} \times 356\text{日} = 166,440\text{kWh}$
	電力購入価格	9円/kWh	9円/kWh
	年間電気料金	827,820円	1,497,960円
	CO <sub>2</sub> 排出係数	0.339(kg - CO <sub>2</sub> /kWh)	0.339(kg - CO <sub>2</sub> /kWh)
排出CO <sub>2</sub>	年間CO <sub>2</sub> 排出量	$91,980 \times 0.339\text{kg}/1,000 = 31.2\text{t}$	$166,440 \times 0.339\text{kg}/1,000 = 56.4\text{t}$

## b. 加湿器がない

加湿器を使わない調湿のため、設備電力、消費電力ともに低容量で抑えることができる。また加湿器のメンテナンス費用も削減できる。

## c. 過冷却を行わない

直膨式に比べ冷却温度が常温に近いいため、ヒータへの負荷も少なくなる。

d. CO<sub>2</sub>排出量の低減

直膨式に比べ、CO<sub>2</sub>の排出量が大きく低減する。

## メンテナンスフリー

## a. 加湿器トラブルからの解放

恒温恒湿室をはじめとする環境試験室のトラブルの多くは加湿器を原因としており、全てのユーザーが経験することである。露点飽和方式ではその心配が一切ないため、高い信頼に繋がるものとする。

## b. 純水器、軟水器が不要

水を沸騰させることで加湿蒸気を得る加湿器は、スケール防止のため純水器や軟水器での対応を求められることがあり、フィルタ交換などのメンテナンスの手間も無視できない。当社の露点飽和方式は水温を10前後に保つため、スケールの心配が不要で、水道水がそのまま使える。

## c. 冷凍機の寿命が長い

冷却コイルが水の中にあり負荷が安定しているため、冷凍機の故障が少ない。日常のメンテナンスは、月に2度程度の循環水の交換のみである。

## 高精度制御

比熱の大きな水を温湿度管理に使用することは、その安定性において絶大なメリットとなる。一度所定温度まで冷やした水は、空気と異なりわずかな温度管理により高い精度を容易に保つ。またPID制御によるヒータバランスと組み合わせることにより、極めて高い温湿度の安定性が得られる。二重天井、アクセスフロアとの組み合わせにより、 $\pm 0.1$  の制御も可能である。

注1：限られた空間、製品などの内部表面または周辺について、要求される清浄度を保持するために必要とするあらゆる事柄について計画を立て、組織し、実施すること。