

## 食品工場の総合空調と省エネルギー対策

ダイナエア株式会社  
代表取締役 宮内彦夫

### 1. はじめに

暫く前になるが、ある新設生鮮加工場で業界に先駆けて HACCP に取り組み低温管理を徹底したところ、工場内に黒カビが蔓延し何度も駆除を行ったが再発を繰り返し、遂に操業を停止し、大規模な改修に追い込まれた例を耳にした。温度に比べ兎角湿度は見過ごされることが多く低温環境にしてみても初めて影響に気付く例が多い。冷却器自体がカビの温床と化す場合もある。また、別の工場では大量の外気導入に際し低温ラインを用いる徹底した外気システムを作動させ始めたが、ランニングコストが嵩み真夏のピークでシステム稼動を制限しなければならない事態になっている例を耳にした。いずれの問題も食品工場空間の安全性を確保しつつエネルギー削減も図らなければならないと言う時流に沿ったものであるが、相矛盾する問題を内包するので一方に偏りすぎて芳しくない結果をもたらしてしまう場合がある。

本稿では、空調を総合的に構成する上で基幹となる外気処理において、工学・化学作用を応用する高効率・多機能 HB(ハイブリッド)液体除湿剤式外気処理装置について述べる。

### 2. 高効率外気処理

食品工場空調においては管理温度、換気導線<sup>1</sup>、清浄度等考慮すべき要素は多いが最も大きなエネルギー負荷は他の施設空調同様、外気湿度とその処理エネルギーが根底を成すと思われる。表1. は食品工場事例の空調条件を纏めたものである。

表 1.

床面積	m <sup>2</sup>	1,000
高さ	m	5
外気条件		34 57.8%RH
屋内条件		20 50%RH
換気回数		7回/h

空調負荷	全熱量 kw <sup>2</sup>	顕熱 kw	潜熱 kw
屋内負荷 夏	116	99	17
外気負荷 夏	257	99	158
屋内負荷 冬	81	79	2
外気負荷 冬	270	177	93

一般に食品工場では屋内においてスチーム、粉体、油分等の発生する場合が多く比較的換気量が多い。また生モノを扱う加工場では低温管理が行われるため換気処理による熱エネルギー量は増大する。加えてこうした条件下の室排気は熱交換回収装置などの適用を困難としているため外気処理が重要となる。

図 1. は表 1. 工場における空調負荷の内訳比率である。外気潜熱<sup>2</sup> がもっとも大きな負

荷であることがわかる。外気潜熱処理には大きなエネルギーを必要とするためしばしば省略<手抜>が行われるが、外気潜熱処理を省略すると夏季において屋内は高湿度となり、冬季には過乾燥状態を招く。従来この外気処理は潜・顕熱を一体処理する<過冷却再熱式>が主流であったが、一部化学的固体除湿剤を使うロータ方式、液体除湿剤を使う液体除

空調 内・外負荷比率

外気の潜・顕熱比



図 1

湿剤式除湿装置なども併用されてきた。しかし除湿剤を用いる方式は固体・液体ともに別途冷熱・100 前後の温熱供給を要するため適当な排熱が利用可能な場合を除き過冷却再熱式よりも反って運転コストが高む場合が多かった。これに対し HB 液体除湿剤式外気処理装置では内蔵する小汲上げ温度差ヒートポンプによる凝縮熱併利用により高い COP = 効率と除湿能力同等の加湿能力も持つに至った。

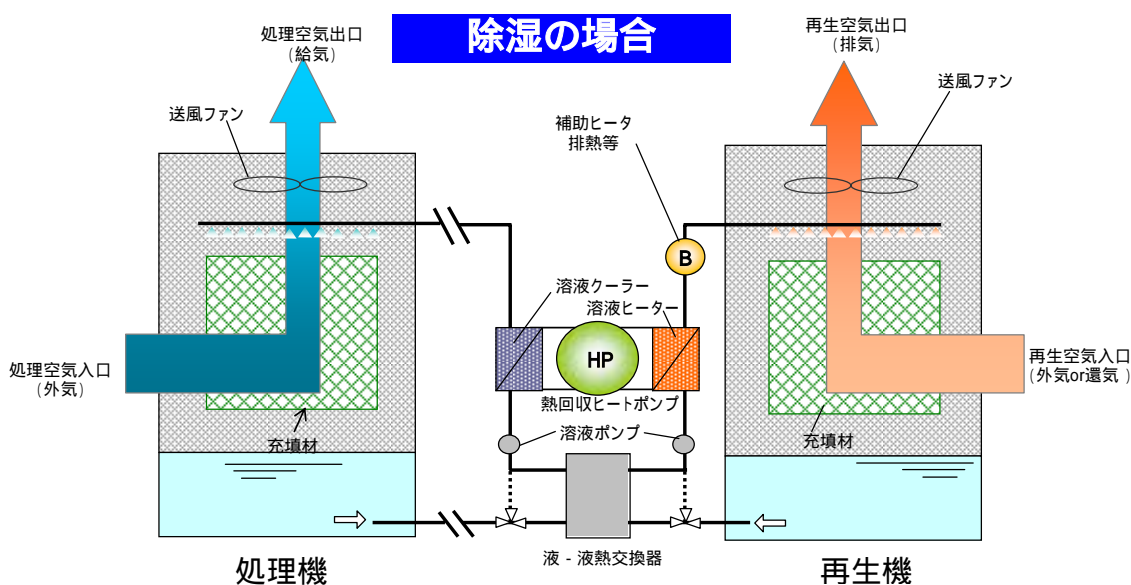


図 2 .

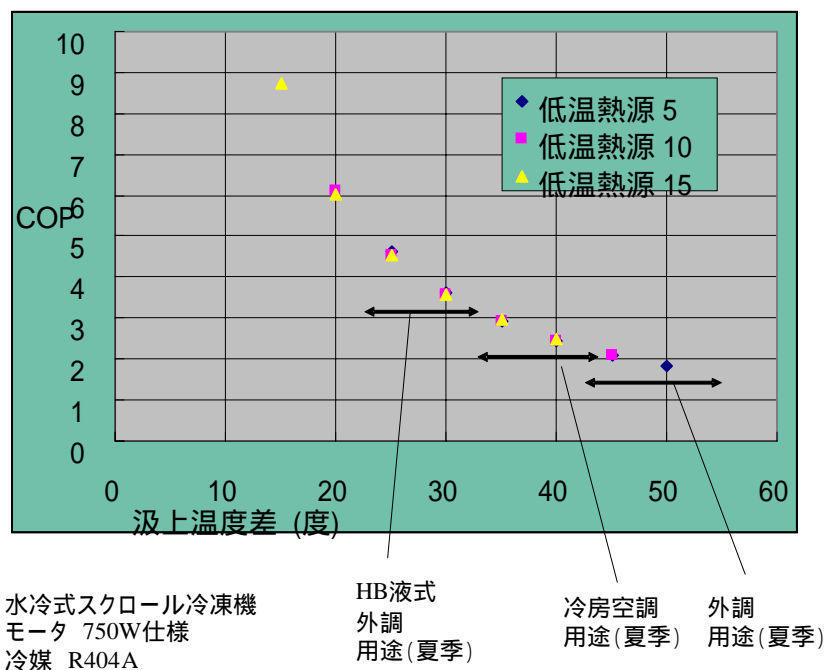


図 3 .

除湿剤に塩化リチウム (LiCl) 水溶液を使用する除湿装置の歴史は古く、特に食品工業界においては固体除湿剤ロータ式が大勢を占めるようになってからも根強い支持を獲得してきた。これに対し HB 液体除湿剤式外気処理装置は除湿専用装置ではなく高効率外気処理を旨とした加・除湿両用機であって設置性、整備性なども在来空調機同等のものとなっている。

図 2 . は HB 液体除湿剤式外気処理装置の構造図である。内蔵されたヒートポンプの熱両端 (蒸発・凝縮) 共に熱利用されている。従来型の外部熱供給型と比べ内部構造的に大きく異なる点はこのヒートポンプサイクル利用にある。エアコンなどの一般空調用に比べ両端の熱利用そのもので効率は 2 倍であるが、加えて高効率運転が可能な専用仕様となっている。図 3 . は其の専用ヒートポンプの運転状態と他用途のヒートポンプの運転状態の違いを表している。所謂 < 汲上温度差 > <sup>3</sup> が小さく効率が低いことを表している。内蔵ヒートポンプ熱を利用できる程度の熱であることから冷・温熱共にエクセルギー領域が広く排熱を容易に利用し易い。例えばヒートポンプを内蔵しないで地下水 (冷熱) 小型コジェネ排熱 (温熱) といった組み合わせによる運転も可能である。

## ワンパスで外気処理できる除湿能力

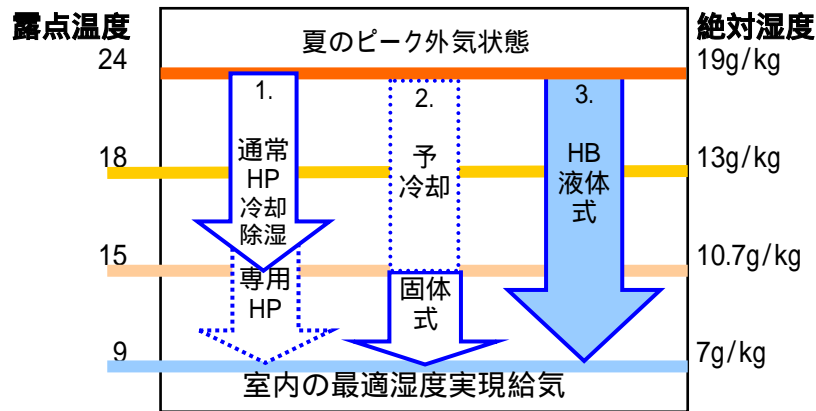


図 4 .

図 4 .は外気潜熱処理における 1.過冷却再熱法 2.固体除湿剤方式 3.HB 液体除湿剤方式の外気 給気間のプロセスを表している。表 2.はその際の特徴を記している。1.2.方式に比べ 3. HB 液体除湿剤方式は一挙に給気湿度に達することが可能且つ逆転加湿も容易である。

表 2 .

1.過冷却再熱方式	一般冷却による露点は15 前後が限界。これ以上下げると大電力が必要。温度が下がりすぎてしまうので加熱が必要。= <ストーブを焚きながら冷却> 除湿専用
2.固体除湿剤方式	循環で使えば限界点は低いがワンパスでは予冷却が必要。 除湿専用
3.ハイブリッド液体除湿剤方式	外気処理領域では大きな除・加湿能力がある。

### 3 . 場内環境の向上

食品工場にとってエネルギー削減と共に重要な点は場内衛生環境の維持である。食中毒関連菌・カビに対してはドライ化が必要であるが過乾燥は従事者の健康に関わる。その他場内環境維持に必要な要素を列挙し 3 種類の外気処理方式を比較したものが表 3.である。HB 液体除湿剤方式の優れた多機能性が伺える。

表 3.

	○充分あり 一部あり ×なし (追加・補助機器は除く)		
	過冷却再熱方式	固体除湿剤方式	HB液体除湿剤方式
1 除湿	○	○	○
2 加湿	×	×	○
3 冷却	○	×	○
4 加熱	○	×	○
5 消臭	×		○
6 除塵		×	○
7 除菌	×		○

図 5.は外気が HB 液体除湿剤処理装置を通過する際の除塵性能を示したものである。液

体除湿剤自体の滅菌・消臭性能はこの除去率が高くなければ効果がないので重要な要素である。実際菌類等の単独浮遊ケースは稀で何らかの浮遊塵に付着している場合が多いのでより重要を増す。液体処理の場合溶液によるワッシャリングを想定し溶液粒子の飛散を心配する向きもあるが HB 液体除湿剤処理装置ではワッシャリングは行わず、多層界面接触として溶液微粒子の発生を極力抑え、処理溶液温度を低く抑えるため平均粘度は 2.0-3.0mPa/sec と高く飛散が起こり難いメカニズムとなっている。

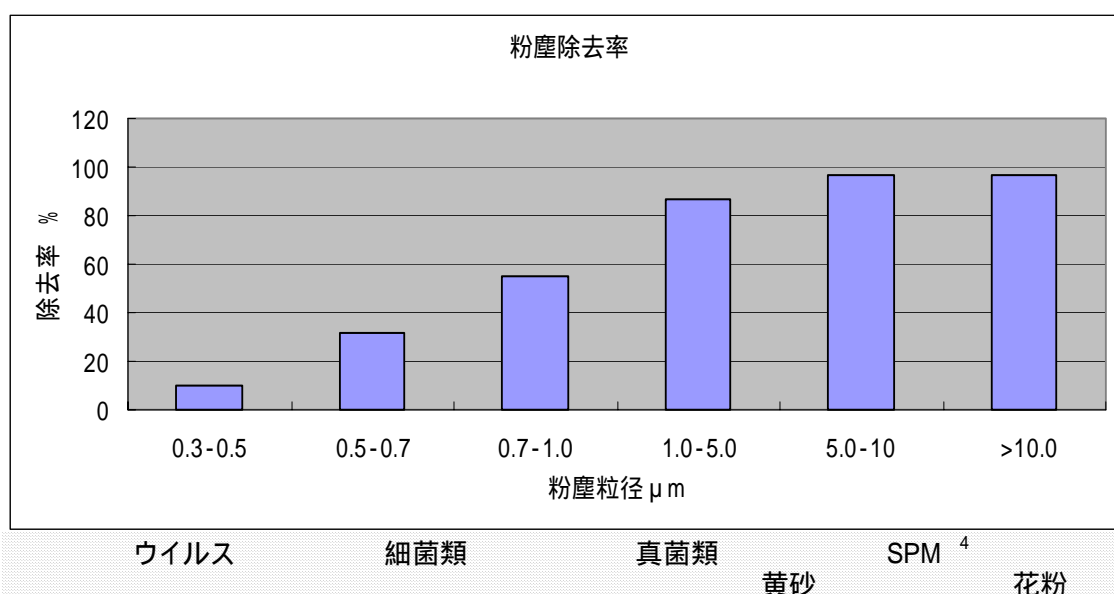


図 5.

表 4. は溶液 (LiCl 水溶液) の殺菌性能例を示したものであるが、一旦溶液中に捕らえられた菌類が離脱する可能性は溶液粘性などから低く、効果の要点は死滅までの時間よりやはり捕集率 (除塵率) が重要であると考えられる。

表 4.

#### 塩化リチウムの殺菌力

供試菌種(0.1mg菌量)	大腸菌	プロテウス菌	黄色ブドウ球菌	緑膿菌
37 殺菌時間 (>min)	10	60	60	10
濃度 (>%)	20	20	30	20

表 5. は VOC (揮発性有機化合物) に対する溶液 (LiCl 水溶液) の吸収実験例である。溶液は湿度の吸収ばかりでなく水蒸気分圧<sup>5</sup>との相関で優れた吸収性を発揮する。米国においてはこの多様な吸着性能に着目し、塩化リチウムを媒体とする NBC (核・生物・化学) 防御フィルタを開発中との情報がある。

表 5

	ホルムアルデヒド	アンモニア	トルエン	ベンゼン
種類	HCHO test24	NH3 test23	C7H8 test23	C6H6 test21
除去率	94.3%	89.1%	61.5%	94.8%

#### 4. 空間伝熱（熱拡散）

食品工場ではしばしば高天井、大空間の構造であることが多い。こうした空間では伝熱手段として対流に配慮するとダクト等の設備が大掛かりとなり送風動力も大きくなる。ところが、調湿の施された空間においては水蒸気分圧駆動による気相水分流が発生し拡散が起こる。

建物概要

面積	90m × 30m	2,700m <sup>2</sup>
容積	平均5.5m	14,850m <sup>3</sup>

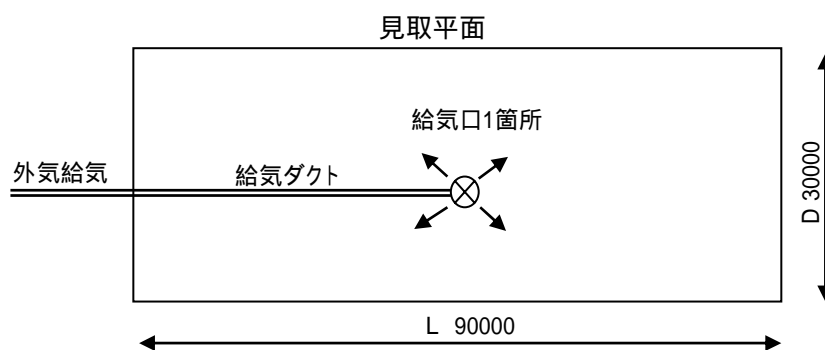


図 6.

図 6. は外気除湿処理空気を導入する工場空間の概要である。通常の空調では、温度差 10 附近で 70,000m<sup>3</sup>/h の風量を必要とするが当該空間では 20,000 m<sup>3</sup>/h の外気処理給気によって表 6. に見られるような拡散結果が得られている。今後この拡散効果を応用するならこれまでの動力を用いた対流を基調とする給・排気に比べダクト、配管等伝熱設備の大幅な省力化が可能で既設設備の更新も容易である。

計測時の状況 (13 Sept. 2002)

	計測値		想定値	
外気	31.2	17.2g/kg	34.3	18.6g/kg
給気	16.5	4.3g/kg	17	3.3g/kg
給気量	22,000m <sup>3</sup> /h		20,000m <sup>3</sup> /h	
計測点	温度		絶対湿度DA g/kg	
	28.7		9.2	
	29.0		9.1	
	28.8		9.0	
	28.7		9.2	
	28.9		9.5	
	28.8		9.0	

計測点高 床面1.5m

表 6.

湿気移動に伴う熱拡散を考慮した空調はあまり例を見ないが、この現象に言及したいいくつかの論文ではこれまで支配的と思われてきた水蒸気分圧のみで説明することは不十分とし、水分ポテンシャルを取り上げている。事例に上げたような大空間では水蒸気分圧が支配的とも思われる結果であるが、居室等通気仕切りのある建物では水分ポテンシャル論を裏書するような現象が見られる。

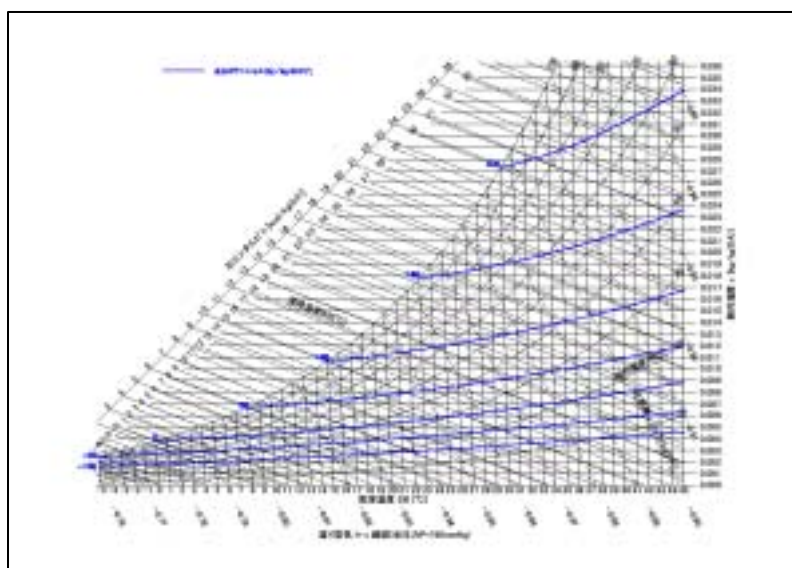


図 7.

図 7.は水分ポテンシャル線図であるが、例えば図 8.の冷凍倉庫のような構造に適用する場合一番入口近くの前室の湿度管理を徹底すればその奥にあるチルド、冷凍エリアの環境も改善されることになる。冷凍下の除湿は重要であるが露点温度<sup>6</sup>が低いほど除湿は困難となり一般に機器効率が低下するためチルド・冷凍用除湿装置を導入するよりも露点<sup>10</sup>前後の前室で調湿管理できれば効率が断然良いことになる。

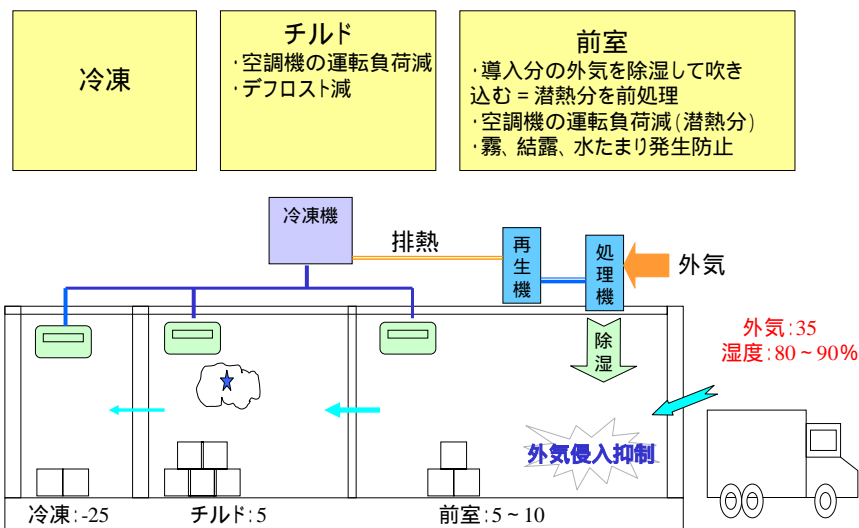


図 8.

## 5. おわりに

食品工場はしばしば低温管理を要求される上、湯気、スチームの発生が見られ原料素材そのものが圧倒的に有機物である。その上衛生管理が求められる点、例えば無機質な半導体工場などに比べると、クリーン化の上で非常な困難を伴う。試行錯誤の末、単なる換気扇設備となったり、局部的に解決しようとしてつぎはぎの連続になり、結局使用エネルギー量が増大し、肝心の時期に容量制御をかけてしまう等の事例を目にしたことがある。場内環境を維持するには換気が重要であるが、持ち込まれる湿度エネルギーを認識し対応する設備に配慮することが重要であろう。HB（ハイブリッド）液体除湿剤式外気処理装置は多機能性と高効率外気処理能力において貢献できる可能性が大きい。

## 注釈

- 1 給気から排気に至る経路。上手に清浄域、下手に汚染域を配慮する。
- 2 潜熱 湿度エネルギー 顕熱 温度エネルギー 全熱 潜・顕熱の和。
- 3 ヒートポンプの蒸発側(冷)と凝縮側(温)の温度差。
4. 排気ガス浮遊粒子状物質
- 5 "湿り空気の圧力はドルトンの法則に従い、乾き空気の圧力と水蒸気の圧力の和に等しい"、言い代えると"水蒸気分圧で水蒸気量を、すなわち湿度"を表す。また、湿り空気単位体積 (m<sup>3</sup>) あたりの重さ (kg) は乾き空気よりも軽い。
- 6 結露が発生する温度。絶対湿度表記のひとつ。



<参考文献>

- (1) 稲垣勝之：C116「LiCl 水溶液を用いた開放型吸収式除湿機の性能評価」2004 年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集
- (2) 眞下克之：最新技術セミナー「湿度制御技術の最新動向」,(社)日本冷凍空調学会 中部地区事業推進委員会,2007 年 7 月 25 日(名古屋)
- (3) 張莉：A112「LiCl 水溶液を用いたハイブリッド空調システムの性能評価」2008 年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集
- (4) 柚元 玲・田中辰明:(B-7)「リキッドデシカント空調機による浮遊真菌除去効果」平成 18 年 第 24 回空気清浄とコンタミネーション研究大会 発表論文
- (5) 黒河克己：「塩化リチウムによる空气中細菌の殺菌と除湿効果について」鉄鋼労働衛生 Vol.27 No.3
- (6) 藤井幸雄：「食中毒発生の気象学的考察」御茶ノ水医学雑誌 Vol27. No4, pp.363-371(1979)
- (7) NREL: Distributed Thermal Energy Technologies-Air Filtration for Homeland Security July 25, 2008
- (8) 盧 炫佑：「夏季における大空間の湿度と潜熱負荷のシミュレーション」日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)1999 年 9 月
- (9) 尾崎明仁・須貝 高：「水分ポテンシャルによる湿気移動解析」日本建築学会計画系論文集 第 488 号 17-24,OCT., 1996