

# 工業用冷却塔

## Cooling Tower for Industrial Use

(冷)生産部 技術課  
吉川 洋 征  
Hiroyuki Yoshikawa

Basic theory and types and history of cooling tower were described in the previous article. This paper describes tower components and some designing points to be paid attention for noise reduction, visible plume abatement and power saving etc. Some of major tower components have been replaced by plastic materials to achieve design requirements for weight-saving, high performance efficiency and long service-life. Once much effort was consumed to develop low noise cooling towers to meet governmental regulations. Now, power saving and visible plume abatement have become new concerns.

### まえがき

当社が冷却塔の製造販売を開始して25年になるのを機会にこれまでの経験をまとめ最近の冷却塔の発展・現状について紹介することを企画した。

前回は冷却塔に関する基礎理論、冷却塔の種類と変遷について説明したが、今回は冷却塔の構成要素、設計上の留意事項などについて紹介する。

設計上の留意事項に関しては、冷却塔を設計あるいは購入、販売する際に必要な事項、最近の傾向を紹介することにし、個々の詳しい説明は別の機会に譲ることとした。

### 1. 冷却塔の構成要素と材料

冷却塔の構成要素を大別すると

- 送風装置
- 通水/散水装置
- 充填材部
- 水沫除脱装置
- 集水装置
- 躯体/外壁/ルーバ構造

となる。向流型、直交流型冷却塔とも多少形状の差はあっても、これらの要素にて構成される。(第1図)

#### 1.1 躯体材料

材料面からまず躯体に着目すると、木材、鋼、鉄筋コンクリートが代表的なものでありプレハブ化による軽量化、短納期化のニーズの多い国内市場では木製または鋼製冷却塔となる場合が多い。

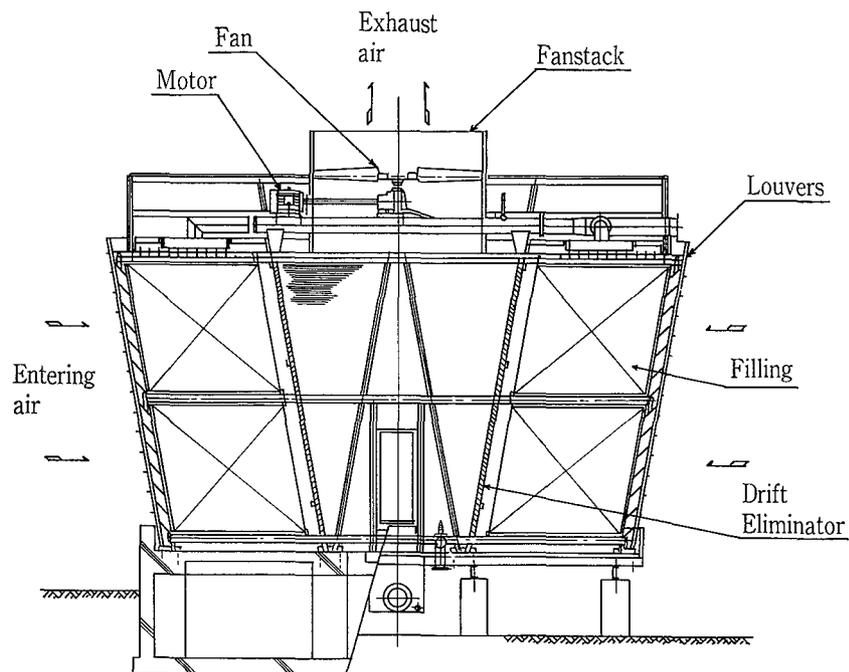
海外では現地製品使用を要望されるケースが多く、木材、鋼、鉄筋コンクリートなどのうちから現地の事情に適した材料が使用される。また冷却塔のフルセットが商品になるのではなく、特に鉄筋コンクリート製の場合は、躯体の設計図面が商品となると言ったケースも生じている。

従って当社ではこれらのいずれの要求にも対応できる技術、製品をそろえニーズに答えている。

#### 1.2 躯体外の構成材料

躯体外の材料に関しては全般に軽量化、プラスチック化による現地組立工数の低減などの合理化の傾向にある。

例えば、ケーシング、ルーバには現在、アスベストセメ



第1図 直交流冷却塔の構造  
Fig. 1 Structure and components of crossflow cooling tower

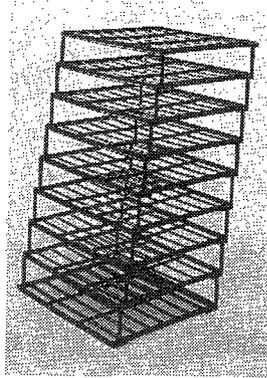


写真1 スプラッシュ型充填材  
Photo.1 Splash type filling

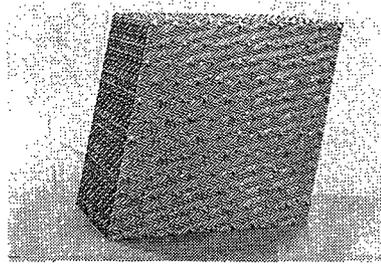


写真2 フィルム型充填材  
Photo.2 Film type filling

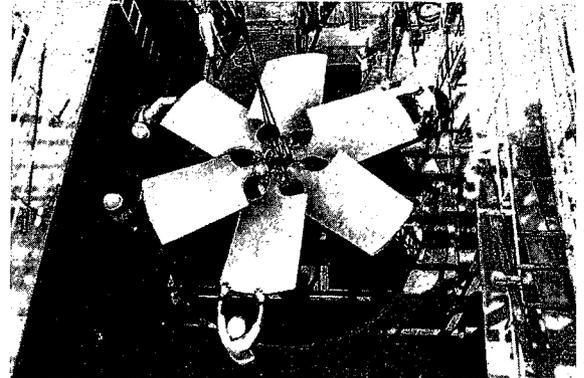


写真3 低騒音型送風機  
Photo.3 Low noise fan

ント波板が多く使用されているが、小形冷却塔に使用されているPVC、FRPなどが徐々に大形冷却塔にも適用される傾向にある。

ファンスタックは鋼製かFRP製であるが、軽量化できること、効率の良いベルマウス形の形状を得やすいことなどからFRPを標準としている。

### 1.3 機能面から見た構成要素

一方、機能、性能面から構成要素をみると、送風機充填材、水沫除脱装置の改良が着目される。しかしながらここでもプラスチック化による形状選択の自由度拡大の貢献が大きい。

充填材は、かつては木材によるスプラッシュ型のものが使用されていたが、現在ではプロセス循環水の水质が比較的良好な場合は、薄いプラスチックシートを成形した高性能なフィルム型充填材を使用している。

水质が良くない場合はスプラッシュ型充填材を使用しているが、これも最近ではプラスチック成形品を使用している。(写真1, 2)

送風機はアルミニウム合金かFRP製が一般的であるが、当社はFRP製を標準としている。

当社の送風機は直径2m弱から10m程度のものまであり、運転停止時の手動操作による可変ピッチ形軸流送風機を標準としている。翼断面も小口径の中空タイプのものから厚肉中空の低騒音タイプまで種々のニーズに対応、選択できる体制をとっている。(写真3参照)

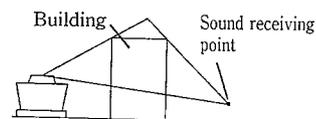
水沫除脱装置(エリミネータ)もかつては木材を使用していたが、最近では水沫の捕集効率の良いプラスチック製のものに替っている。当社のエリミネータでは水沫の飛散損失で通常0.1~0.001%程度が可能で、特別に設計したものは0.0001%が可能なものもある。したがって既設のエリミネータの取り替え要望も多い。

これら充填材、エリミネータは流体力学的検討も加え現在も改良が続けられている。

## 2. 設計上の留意点

冷却塔は大気により水を冷却する装置であることから、まず水と空気の性質を理解し利用することが重要である。

このことに関しては前回に説明したので今回はそのほかに冷却塔を設計、選定するにあたり留意すべき点、例えば騒音、白煙、省エネ運転などについて説明する。



第2図 建屋の遮音壁としての利用

Fig. 2 Use of building as sound barrier

### 2.1 騒音対策

冷却塔が発生する騒音源として主なものは送風機音と落水音で、そのほかに減速機、電動機などがある。

これに対して騒音対策の基本として

- (1) 音源、すなわち発生音そのものを減少する。
- (2) 距離による音の減衰効果を利用する。
- (3) 音源近くか、逆に受音点近くに遮音壁を設ける。

ことが考えられる。

これらの対策の基本を騒音源と対比しながら説明する。

#### 2.1.1 送風機騒音

冷却塔の最も大きな騒音源の一つである送風機騒音はよく回転数の5乗に比例するといわれる。

即ち、送風機騒音レベルを  $SPL_r$  とすると

$$SPL_r = 10 \log \left( \frac{rpm}{rpm_0} \right)^5 \text{ dB}$$

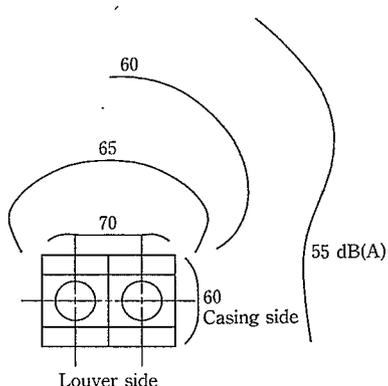
として表わされ回転数が $\frac{1}{2}$ になると15dBの減音となることを示す。しかしながら単に回転数を半減すると風量すなわち冷却能力も半減することから、これをカバーするために翼断面を幅広で厚肉のAirfoil型にする方法が採られている。これが低騒音ファンである。ちなみに普通の送風機は翼先端の周速度で60m/s前後が多く、低騒音ファンは40m/s前後が多い。

最近では低騒音ファンの開発により、他の方法、例えば距離による減衰を利用する方法と組み合わせ、冷却塔構造自身に遮音壁などの特別な工夫をしなくても騒音に対する要求をクリアーできるケースが多い。(写真3)

しかしながら、ある程度の騒音はさけられないので、境界線近くに冷却塔を設ける場合は遮音壁を設けるか、遮音壁の役を代替する建屋を利用する必要がある。(第2図)

#### 2.1.2 落水音

送風機音が比較的低音域の成分が大きいことに比べ落水音はホワイトノイズに近いので、簡単な遮音壁によりかなり減音される。



第3図 冷却塔騒音伝搬の指向性  
Fig. 3 Directionality of sound propagation

また直交流型冷却塔では向流型冷却塔に比べ、落水音は小さいので消音マットを施工した例はないが、向流型冷却塔では小形空調用冷却塔に用いられる消音マットを施工し減音した例がある。

### 2. 1. 3 減速機，電動機

減速機，電動機は通常，冷却塔の騒音源としては大きなものではないが，歯車などの加工精度不良，送風装置全体の据え付け不良などがあると異常音を発生するので，これらの不良箇所を調整または取替える必要がある。

### 2. 1. 4 騒音伝搬の指向性

冷却塔の騒音対策としては，設置場所を考慮し，境界線よりできるだけ距離をとることが必要であるが，冷却塔の設置方向によっても騒音がかなり異なるのでこの指向性を利用することも良い方法である。（第3図）

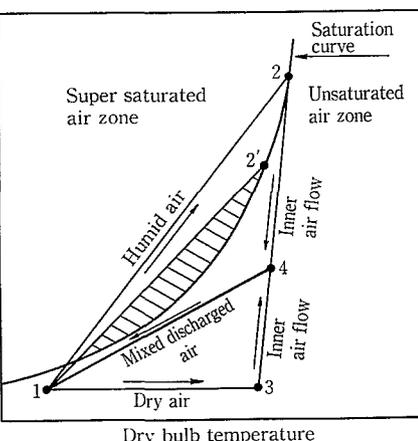
冷却塔は空気を取り入れるために開口（ルーバ面）がさけられない構造であるが，境界線方向にケーシング面を向けるとかなり減音するケースが多い。

### 2. 1. 5 騒音の規制

騒音に関しては騒音規制法の第三条第一項に基づく，特定工場等において発生する騒音について規制する地域として，具体的には各都市の条例によって規制されている。

冷却塔もこの条例の適用をうけることになるが条例の具体例を示すと下のようになる。

○東京都		[dB(A)]			
区域区分	時間区分	6:00 ~8:00	8:00 ~19:00	19:00 ~23:00	23:00 ~6:00
第1種区域 (住宅専用地区)		40	45	40	40
第2種区域 (住居地域)		45	50	45	45
区域区分	時間区分	6:00 ~8:00	8:00 ~20:00	20:00 ~23:00	23:00 ~6:00
第3種区域 (商業地域 準工業地域)		55	60	55	50
第4種区域 (工業地域)		60	70	60	55



第4図 乾湿併用形冷却塔の熱特性線図  
Fig. 4 Psychrometric characteristic of wet dry cooling tower

## 2. 2 白煙対策

冷却塔から排出される可視プルーム（白煙）は，単に蒸発した水が凝縮したものであり，これが特別に問題となるケースはこれまで少なかったが，時に日照障害，視覚障害，交通障害，地面または構築物への凍結，夜間の火災との誤認などの解消や低減の要望があり，最近，白煙対策冷却塔の要望は徐々に増している。

### 2. 2. 1 乾湿併用形冷却塔の概要

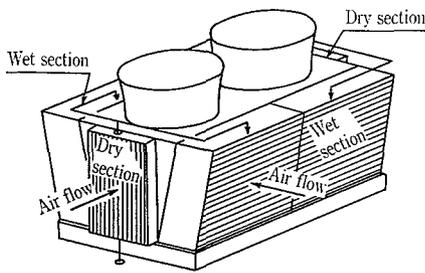
乾湿併用冷却塔は，従来の湿式冷却塔に乾式空気加熱器を組み込み，共通の送風装置で空気加熱および水冷却を行い，加熱された空気で排出空気中の白煙を低減するものである。

本冷却塔は乾式部での空気加熱のための熱源として冷却後の戻り温水を利用し，新たな熱源を必要としない省エネルギー型の方策を採用しており，通常夏期などの可視プルームのない時期は湿式運転を行い，寒冷期または湿度の高い可視プルームの発生し易い時期に，乾湿併用運転を行うものである。

乾湿併用形冷却塔は，湿式部に組込む乾式部の容量を適切に選定することにより単なる白煙対策としての用途のみでなく，湿式冷却塔と乾式冷却塔の持つそれぞれの有利性を利用して，外気条件に適合した乾式単独運転，乾湿併用運転を適宜行うことにより補給水の節減，さらには極寒

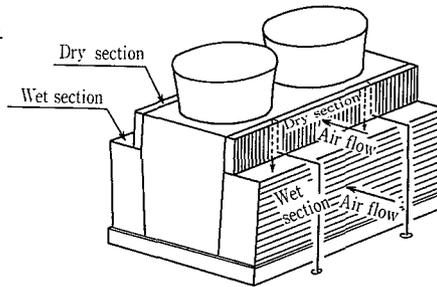
○大阪府		[dB(A)]			
区域区分	時間区分	6:00 ~8:00	8:00 ~18:00	18:00 ~21:00	21:00 ~6:00
第1種区域 (第1種住居 専用地域)		45	50	45	40
第2種区域 (用途指定の ない地域)		50	55	50	45
第3種区域 (商業地域準 工業地域)		60	65	60	55
第4種区域 (工業地域※)		60	65	60	55
第4種区域 (上記以外の 工業地域)		65	70	65	60

※既設の学校，保育所等の隣地の周囲50 m の区域



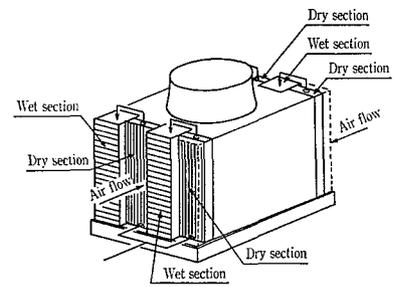
第5図 交叉流式乾湿併用形冷却塔 (C PWD)

Fig. 5 Cross path wet dry cooling tower



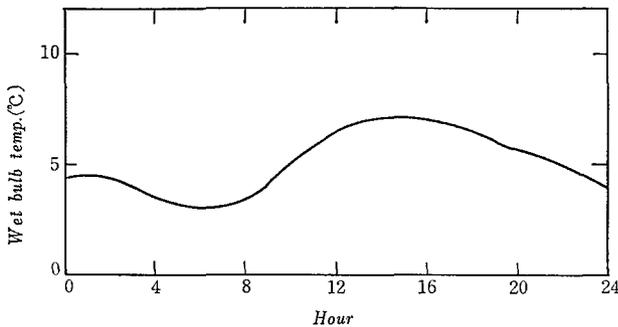
第6図 並流式乾湿併用形冷却塔 (P PWD)

Fig. 6 Parallel path wet dry cooling tower



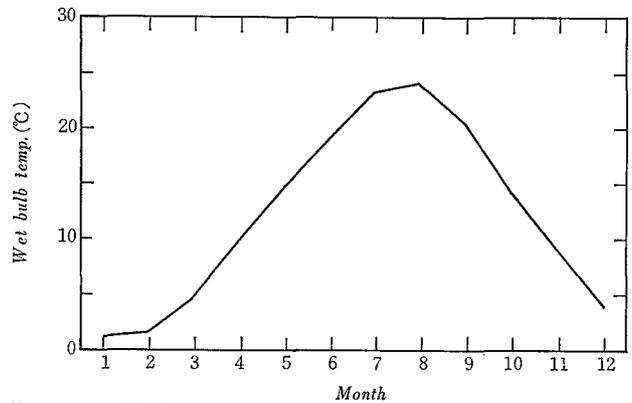
第7図 並流式乾湿併用形冷却塔 (P PWD)

Fig. 7 Parallel path wet dry cooling tower



第8図 湿球温度の日変化 (1975年3月当社実験センター)

Fig. 8 Daily change of average wet bulb temperature (observed at our proving center in March, 1975)



第9図 湿球温度の月変化

Fig. 9 Monthly change of wet bulb temperature (example)

期の凍結対策をはかることができる。

## 2. 2. 2 乾湿併用形冷却塔の熱特性

乾湿併用形冷却塔における可視ブルーム低減の原理は第4図の熱特性線図に示すとおりである。従来の冷却塔において送風機から排出される湿り空気の冷却、拡散過程は同図の直線2'-1であらわされ、過飽和域を横切る斜線部が蒸気の凝縮により白煙となる。

乾湿併用形冷却塔では乾式部を通過して加熱された乾き空気と湿式部を通過した湿り空気が送風機によって混合して塔上より排出されるので、その排出空気の冷却拡散過程をできる限り過飽和域を通過しないように設計することにより白煙の低減を行う。第4図において直線1-2は湿式部、直線1-3は乾式部における空気の状態変化を示し、点2の湿り空気と点3の乾き空気が混合して、点4の状態となって塔より排出される。直線4-1が飽和曲線より下側(非飽和域)にある場合は、白煙の発生がないか、あるいはごくわずかとなり飽和曲線から下方に離れるほど可視ブルームは減少する。

## 2. 2. 3 乾湿併用形冷却塔の型式

乾湿併用形冷却塔は湿式部と乾式部を通過する空気流の方向によって次の2種の型式に大別される。

C PWD (交叉流式乾湿併用形冷却塔)

P PWD (並流式乾湿併用形冷却塔)

これら2種の型式はそれぞれに特長があり、採用にあたっては冷却塔の運転条件および環境条件などを勘案して最適な型式の選定を行う必要がある。第5～7図に乾湿併用形冷却塔の代表的な例を示す。

第5図のC PWDは乾式部を塔高分だけ設けることができ、プレナム部を広げれば幅も広くとれるため、1塔あたりの容量の大きな形式に有利である。

第6図のP PWDは大容量の冷却塔で、しかも小容量の乾式部を設置する場合に適している。大容量の乾式部をこの型式で設けようとするとう塔高が高くなり、また湿式部の構造を補強するか、鉄筋コンクリートなどに変更する必要がある場合がある。

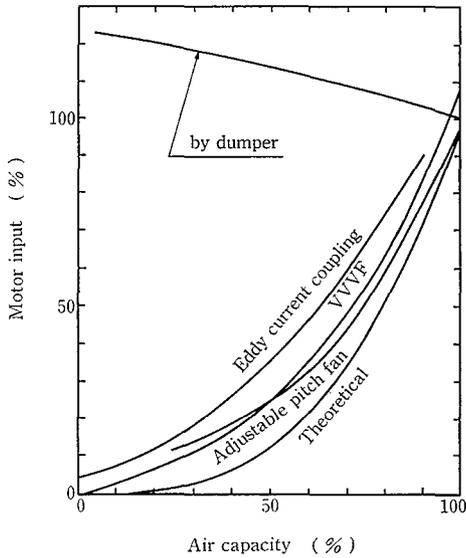
第7図のP PWDは第6図に示したP PWDよりも据え付け面積が大きくなり構造も複雑となるが、湿り空気と乾き空気の混合は良好となる。

## 2. 3 省エネ運転

### 2. 3. 1 省エネ運転の必要性

冷却塔は大気によって水を冷却するために通常、夏期の湿球温度を基準に設計されている。湿球温度には、第8、9図に示すように日変化や月変化が生じる。設計湿球温度としても通常27°Cが多く採用されるが、東京、大阪地区でも年に1%以下、26°C以上としても2%以下の発生頻度の温度を基準にしているの、省エネ装置と言われる冷却塔でも年間の大部分は過剰な能力で運転されることになる。これに対応するために、手動操作によるファンのON/OFFや、運転台数の制御、やや積極的には極数変換モータによるファンの回転数段階制御を月単位程度に実施するケースが多く現在も実施されている。

最近では、オイルショック後の電力料金の高騰をきっかけに、あらゆる設備の消費電力を削減する省エネ対策が行



第10図 制御方法による動力の比較  
Fig. 10 Comparison of the required power in various methods of air capacity control

われている。ただし、その後の円高によるオイル値下げなどの影響で省エネ投資を急がない傾向も一部にはあるが、省エネ対策そのものは冷却塔設計時の重要検討事項の一つとなっている。

冷却塔ではファンの動力費を節約するために外気温の変化や負荷の変動にあわせ、ファンの運転台数や回転数を自動的に変化させることにより、冷却水温度を適正にコントロールし省エネを図ることが増加している。

### 2. 3. 2 風量制御の方法

冷却塔ファンの風量制御の方法には、運転台数の制御、ダンパ開度による制御、ファン回転数制御、ファンピッチ角の制御がある。次に各方法の特長を述べる。また第10図に制御方法別の部分負荷時の動力の比較を示す。

#### 1) 運転台数の制御

複数のファンを備えた冷却塔の場合、その一部のファンをON/OFFさせることにより、冷却塔全体の風量を段階的にコントロールする方法である。ファン台数が多いほど制御段階が多くなり、きめ細かい風量制御が可能となるが、一般には他の方法と合わせて用いる場合が多い。

#### 2) ダンパ開度の制御

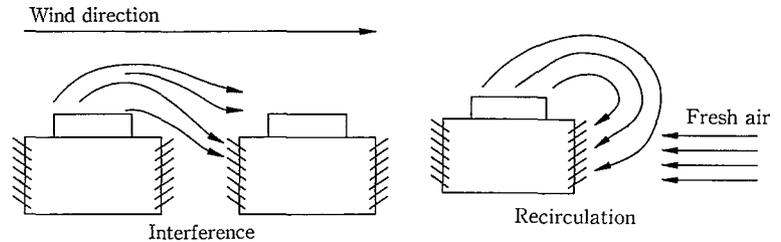
吸込ダンパ、あるいは吐出ダンパにより風量を制御することができるが、冷却塔の場合、一般に軸流ファンが使用されており、回転数一定の場合にはダンパにより風量を減らすと逆に所要動力は大きくなる傾向にあり省エネとはならない。

#### 3) ファン回転数の制御

ファンには次に示すファン法則がある。

- (1) 風量Qは回転数Nに比例する。  $Q \propto N$
- (2) 静圧Hは回転数Nの自乗に比例する。  $H \propto N^2$
- (3) 所要動力Pは回転数Nの3乗に比例する。  $P \propto N^3$

ファン法則は、ファン回転数を低下すれば、大きな省エネとなることを示している。すなわち、回転数を $\frac{1}{2}$ にすると、所要動力は $\frac{1}{8}$ に低下する。実際にはモータの効率やフ



第11図 冷却塔排出空気の干渉と再循環  
Fig. 11 Interference and recirculation of discharged air

ァン効率が低下するため理論値どおりとはならないが、それでも省エネの有効な方法の一つである。

次に可変速の方法として、極数変換モータや多段変速機による段階制御、インバータやうず電流継手による連続制御がある。

極数変換：4P/6P，4P/8Pあるいは4P/6P/8Pなどの2速または3速モータにより風量を段階的に制御するものである。

多段変速機：多段変速機をモータと減速機の間設置し、これを制御することによりファン回転数を2段または3段階に段階的に変化させるが、モータは常時100%運転である。

インバータ：誘導電動機の回転数は次式で示される。

$$N = \frac{120 \times f}{P} (1 - S)$$

ここに、

N：回転数            f：周波数  
P：極数                S：すべり

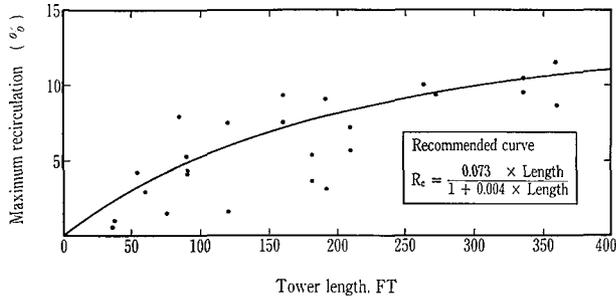
つまり回転数はf，P，Sのいずれかを変えることにより変化させることができる。このうち、周波数fを変化させ、回転数を制御する方法がインバータ(VVVF)を使用した周波数制御方法である。

最近のパワーエレクトロニクス技術の発展により大容量パワートランジスタが開発され、出力電流波形も正弦波に近くなり、トルク脈動による影響も問題にならなくなった。特に最近では容量アップとともにコストダウンもあって、冷却塔の省エネには欠かせない機器となった感が強い。

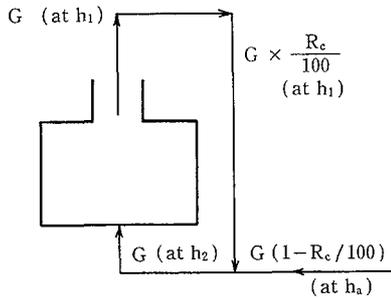
うず電流継手：かご形誘導電動機にうず電流継手をつなぎ、すべりを調整して可変速運転する方法であるが、継手ですべった分の電力は熱損失として捨てるため、効率は高くない。

#### 4) ファンピッチ角の制御

一般的な冷却塔ファンは、停止時に手でピッチ角を変更するが、運転中でも油圧、空気圧または電気的に自動的にファンピッチ角を変更できる自動可変ピッチファンを使用するものである。インバータによる回転数制御と同様の大きな省エネ効果が期待でき、しかもインバータ使用時に考慮すべき商用電源/インバータの切り替え、塔体との共振をさけるための回転数の一部のジャンプなどの煩らわしさもない。ただピッチ角制御部とファンがセットとして販売されることからハード的にはインバータより逆に複雑で市場性も少ないことから湿式冷却塔への適用例はいまだ少ない。



第12図 塔長と再循環率 (CTIによる)  
Fig. 12 Maximum percent recirculation vs. tower length.  
Induced draft towers only.



$$Gh_2 = G(1 - R_c/100)h_a + G(R_c/100)h_1$$

Solving for  $R_c$ :

$$R_c = \frac{h_2 - h_a}{h_1 - h_a} \times 100$$

$h_1$  = Enthalpy of the discharging air  
 $h_2$  = Enthalpy of the inlet air stream  
 $h_a$  = Enthalpy of the ambient air  
 $G$  = Circulatory air quantity

第13図 再循環率の定義と熱平衡  
Fig. 13 Definition of  $R_c$  and heat balance

## 2.4 冷却塔据え付け位置

冷却塔を設置する場合、騒音の観点から境界線近くは望ましくないのは上述のとおりであるが、冷却性能上も排出空気の再循環、干渉防止に注意する必要がある。(第11図)

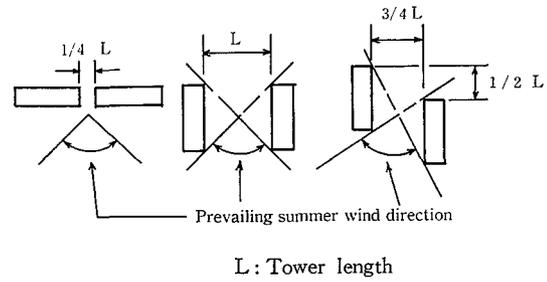
### 2.4.1 排出空気の再循環

冷却塔から排出された空気は無風状態では上空へ上昇し問題ないが、風がある時は塔の風下の方が圧力が低くなるので地面の方へ流されがちとなる。冷却塔が構築物の近くに設置されたり、セル数が多くなると排出空気の再循環が起りやすい。この再循環の割合を予測するのは困難であるが米国では種々の冷却塔における測定例から、冷却塔長さにより再循環率は第12図のように表わされるとしている。

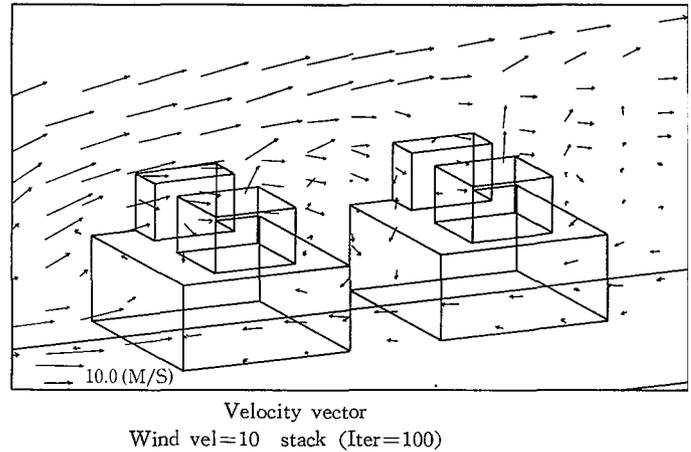
再循環率の定義、概念は第13図に示すとおりである。

### 2.4.2 排出空気の干渉

冷却塔の近くに他の冷却塔がある場合、風向によっては一方の冷却塔の排出空気が他の冷却塔によって吸込まれる。したがって既設塔の近くに新しく冷却塔を設ける場合は強風方向から十分ずらしてお互いに性能上の影響をさげ



第14図 冷却塔の干渉防止設置例  
Fig. 14 Proper tower orientation avoiding mutual interference  
(Nicholas P. Cheremisinoff, Paul N. Cheremisinoff  
「Cooling towers' selection, design and practice」)



第15図 干渉シミュレーション (例)  
Fig. 15 Investigation for interference (Example)

る必要がある。(第14図)しかしながら敷地上やむを得ない場合は、夏期のみ風向を考慮し、一部干渉を受けても良いように、あらかじめ湿球温度に影響を見込んで冷却塔を設計する方法もある。またこれらの影響度の予測には最近発達した電算機による流体(空気)のシミュレーションによる場合もある。(第15図)

なお、再循環もしくは干渉が起った場合、クロスフロー形冷却塔の場合、主としてルーバ上部より多湿の空気が吸い込まれ、まだ十分に冷却されていない温水と接触することから、カウンタフロー形冷却塔に比べ、再循環、干渉の影響は少ない。

## 2.5 冷却塔循環水の水処理

冷却塔循環水は

- (1) 金属類を腐食から守ること。
- (2) スケールの形成を防ぐこと。
- (3) 藻やスライムを調整すること。

を目的とし、薬品注入やブローダウンが行われる。

### 2.5.1 ブローダウン

冷却塔によって発散される熱量の大部分は循環水の一部が蒸発するための熱量であるが、蒸発によって溶解物は少しも除去されず、固形成分が濃縮される。このため循環水は腐食性またはスケール形成傾向が増してくる。

これを防ぐために循環水の一部を除去(ブローダウン)し、その水量に蒸発損失、水沫損失を見込んで新たに水を

補給しなければならない。

### 2. 5. 2 水沫損失（ドリフトロス）

ドリフトはごく少量の水が空気中へ水滴として運び去れることを意味し、蒸発損失と区別し水沫損失と称している。ドリフトは水滴から構成されているので溶解しやすい固形成分は水とともに除去される。水沫損失を最少に抑えるためにエリミネータが設けられるが、当社の製品における効果は既述のとおりである。

### 2. 5. 3 濃縮度

濃縮度は循環水中の塩類濃度が補給水中の塩類濃度の何倍になっているかを示す値で

$$\text{濃縮度 } N = \frac{C_R}{C_M} = \frac{\text{循環水中の塩類濃度}}{\text{補給水中の塩類濃度}}$$

と表わされる。

一方、補給水中の溶存塩類の流入とブロー水+水沫損失中の溶存塩類の排出が平衡し、定常運転されることから、

$$C_M \cdot \text{補給水} = C_R \cdot (\text{ブローダウン} + \text{水沫損失})$$

および、補給水=蒸発損失+水沫損失+ブローダウンより、濃縮度は次のようにも表わされる。

$$\text{濃縮度} = \frac{\text{蒸発損失} + \text{水沫損失} + \text{ブローダウン}}{\text{ブローダウン} + \text{水沫損失}}$$

通常この濃縮度を2~3に保てばスケール形成は少なくなるが、最近では薬品注入と併用しながら濃縮度を4~5程度で運転するケースが多い。

### 2. 5. 4 腐食、スケール、スライム

ブローダウンだけでは必ずしも循環水系での腐食やスケール形成の問題は解決できない。腐食には冷却水のpH、塩類濃度などが影響する。また大気中からの酸性ガスやアンモニアなどの影響により腐食性が急増する。このためpH調整や種々の抑制剤（リン酸塩など）を添加する方法がとられる。

スケールの形成成分は、炭酸塩、重炭酸塩としてどんな水にも存在するが、これらを硫酸で処理すれば炭酸塩より水溶性のある硫酸塩に変えることができる。時として水はスケールを形成する硫酸カルシウムを高度に含んでいるので、酸処理によって付加される硫酸塩との総量が一定の溶解度を越えると、硫酸塩が析出してスケールを形成することになる。

スライムは粘質性の物質で主体は細菌、かび、藻類である。これに砂塵、鉄サビなどが混じって泥状になっている。これが充填材に付着すると冷却性能の低下あるいは充填材の座屈などの障害を起す。このため塩素などによる殺菌、活性剤などによる付着防止などが必要となるが過度の塩素投入は金属に腐食を起すので注意を要する。

## 3. 冷却塔の性能評価

冷却塔の性能評価には、冷却塔の設計に必要な基礎温度条件、水量データがまず必要である。風量データに関しては必ずしも必要としないがファン馬力を測定する必要がある。

小形空調用冷却塔では工場において性能確認を実施することもできるが工業用冷却塔では、据え付け完了後に現地にて性能を確認することになる。この時、上述のデータはなるべく設計条件に近い状態で測定することが望ましい。このため通常、冷却塔の性能確認は夏期に実施される。これら性能試験の方法はD I N, A S M E, C T Iなどに定められているが、いずれもほぼ設計条件に近い状態で試験するように定めている。しかし実際は、設計条件より離れた状態でテストする場合もあり、この時はテスト結果を設計条件に換算しなおして評価することになる。

この場合の評価に便利な方法は、大気状態、負荷が変更した場合の冷却性能予想曲線をあらかじめ作成しておいて、この曲線を用いてテスト結果を補完して評価する方法である。そのほか、風量を測定して、冷却塔の設計法に基づいて評価する方法など種々あるが、どの方法を採用かは通常、仕様書で定められているかまたは、実際の運転状態にあわせて客先と協議のうえ、決定されている。

実際のテスト要領、解析手順などの詳細の紹介は別の機会に譲る。

## むすび

前回と今回の2回にわたり、冷却塔に関する基礎的事項について紹介した。紹介にあたっては最近の動きもあわせて記したが、産業界をとりまく状況があわただしく変化しようとしている昨今であるので、成熟製品として、比較的变化の少ないと言われる冷却塔でもどのように変化するか常に予測し、技術革新を続けねばならない。

個々に紹介した項目について、新しい動きがあればまた本誌面を借りて紹介したい。また説明を省略した事項も別の機会をみつけ紹介したいと考えている。今回の記事が読者諸兄の何らかの役に立てば幸甚である。