

[私の体験からのアメリカでの省エネルギー]



1968年、私がアメリカの設計事務所で働いていた頃、当時の空調システムは、

- CAV (定風量)
- VAV (インレットベーンコントロールによる可変風量)
- Dual Duct (二重ダクト方式)
- High Pressure Induction (インダクション方式)
- ターボ冷凍機と吸収式(蒸気)冷凍機(直列運転と、並列運転の組み合わせ)
- Pneumatic Control (空気式制御、大型ビル)

といったもので構成されていた。

このころは省エネルギーへの関心はなく、ちょうど、日本最初の高層ビルである、三井霞ヶ関ビル建設のための調査団が、勝田千利東工大教授を団長として私の勤務していた Syska & Hennessey 社を訪問した時期であった。

1970年4月、最初の「地球の日」は「Earth Day」と呼ばれ、ニューヨークの五番街の交通を正午をもって全てストップさせた。この頃の関心は、核による地球の汚染や自動車排気による汚染であったように思う。

これは、日本に導入されて「歩行者天国」と呼ばれた。

当時、私が設計した例として、ロックフェラーセンターのうちのアメリカンアヴェニューに沿った50階建ての3つのビルがあるが、その中で省エネルギーのケーススタディとして、空調コイルの温度差を、従来5℃であったものを2℃から10℃位の中で選定して循環水量を減ずると共に、熱源機器の近くの空調器には水量を多く、圧力損失を大きくし、遠くの空調器には水量を少なく、圧力損失を小さくして、全体の圧力バランスを良くするというところを行った。又、建物は冬季は就業時間外でも絶えず10℃以上の温度に保つために、マンハッタンの室内照明のうち外壁近くものは、いつも点灯しているとか、熱損失をカバーするために、ペリメーターにはフィンチューブラジエーターを設けて、室内を一定温度に温めていることを知った。さらに、蒸気吸収式冷凍機とターボ冷凍機は、冷房負荷に応じて直列につないで運転したり、個別に運転したりしていた。

1973年10月のオイルショック時に、化石燃料の枯渇に対する不安のため、空調システムはエネルギー消費の観点から見直された。当時はそれをBC(エネルギー危機前=Before Energy Crisis)と呼び、紀元前、紀元後、のように認識した。

1974年、空調システムの見直しの必要性から、エネルギーマネジメントの業務が始まった。当初は、自然エネルギーの保存保護の専門家や技術者が、短期間で実現できるものからスタートした。

ASHRAEでは、その業務を、エネルギー按分、マスタープラン、従来方式、監視、レトロフィット、法規、モデルコンピュータ、Co-generationの観点で取り上げている。

1980年代に入ると、エネルギー供給の不安定によりエネルギーコストが不安定となったため、代替エネルギーの開発と実験的採用が進められていった。新しい手法でそのコストをカットする方法が考えられた。

例えば、・太陽熱 (→投資コストが大きく、回収が難しい)

・原子力 (→ライセンスを取るのが厳しく、環境に対して限られた開発のみが許された)

・地熱・風力・潮力

等である。

私が当時見学した先として、サンタクララ市 (サンフランシスコの50マイル南) があるが、それは、市がソーラーコレクターシステムを所有し、それを貸し出して月決めて料金を回収するシステムとなっており、レンタルアグリーメントとして市が接続費 (connection fee) を負担し、Monthly rental feeを使用者に支払ってもらうというものであった。ソーラーシステムのペイバックは15~20年かかるといわれるが、このコレクターの技術的ポイントは、各家庭が持っているプールを利用し、ソーラーコレクターはボール紙・銅板・アルミ・ステンレスと種々の材質のものが異なるコストにより開発されたことであるが、全て5年以上の保証だと言っていた。

ソーラーシステムに理想的な地域のサンタクララ市は、有名なオリンピック選手スピッツをサンタクララスイミングクラブから生んでいる。省エネルギーのための管理として、温水プールには使用しない時は必ず全体にカバーをして、熱ロスを防いでいる。

アトランタ市では、Georgia Power Company の省エネルギースタディの例として、建物の方位、形状、外装仕上をコンピューターシミュレーションし、オーバーハングした外部を建築的に実現した。外壁のガラスは、断熱ガラスとし、内側にメッシュスクリーンのブラインドを設けている。

設備は、インテリアはVAV (可変風量) システムで、各階に設置された空調器からエンタルピー制御により100%外気を供給し、インダクションBOXを天井プレナムに設けて、最小換気回数とした。また、エキステリア (外壁付近) は、powered induction box +電気ヒーター+ダンパー付として、照明onのとき60%までのみの運転としていた。照明は、天井全体照明から作業スペースのみの照明を採用した。

その建物では、熱源としてターボ冷凍機と、排熱利用のダブルバンドルコンデンサーを使用 (650 RT×2台 +260 RT×1台) し、電動と温水焚をパラ、シリーズに用いていた。

ソーラーコレクターシステムを所有しており、それはパラボラ型真空方式で、その蓄熱槽は建物外部の土中に埋められていたが、効率80%でComputer Control (digital control) を有し、他と比べてエネルギー消費を47%減と目標とした。

ただしこの建物は、室内側の負荷をあまりに小さくしたために、従来の温度差で空調空気を吹き出すと吹出し空気量が減ってしまい (換気回数が4回/H以下にもなり)、室内に温度むらを生じるという弊害もあった。

1980年代の法規として BOCA (Building Officials & Code Administrator) National Building Code (法規) による省エネルギー内容は、建築 (Architect のLicense による) 機械・電気・給排水・消火 (Professional Engineer のLicense による) のそれぞれの法規に指示されているが、建物に関しての、コードによる省エネルギーの処理では、

- ① 室内温度と外部の温度との差から冷房や暖房が要求されるので、それを暖房度日、冷房度日という指数 (デグリデイ) で年間の冷暖房に必要なエネルギーを計算する。
- ② デグリデイに応じて断熱の要求量が決められている。
壁、屋根、床、ドーム、ガラスを含んだ壁、空気層のあるもの等

↓

- ③ 熱貫通率、熱貫通抵抗、すきま風係数を算出する。
- ④ 緯度によって、熱貫流量はこれ以下にすると決められている。
北に行けば行くほどこの数字は大きくなるので、南に比べればある程度熱損失は認められている。これにより、ある程度外部の気候条件の影響は建物の外部 (周) でカットされ、地域が異っても同じような内部になるようにされている。

建物断熱という、地域の天候に応じてその厚さを決めたオーバーコートにより、内部はどこでも同じ負荷となるようにしている。

設備に関しては、室内温度 21℃ (冬) 25℃ (夏)

相対湿度 30%以下 (冬) 自由 (=快適帯) (夏) を目安とし、

- ・ある規模のものは100 %外気冷房ができること (8500 CMH、約11RT位負荷以上)

→ただで冷房するシステム

- ・機械換気→建物を使用していない時はシャットオフ、自動又は手動ダンパー閉、風量低減装置を持つ
- ・冷却と加熱は共通ゾーンに同時に行わないようにシステムを考える。

=単一ダクト) の場合
=マルチゾーン)

- ・再熱、予冷は必ず冷却空気と加熱空気とリセットする。

=二重ダクトの場合

冷却と加熱は日時でなく、シーケンス制御 (順次作動させる)

- ・但しVAVはOK

機械 (器) のCOP、EER (Energy Efficiency Ratio) (基準は16,000kcal/H) が決められているのは、冷凍機、ボイラー、ヒートポンプ等である。

立上り負荷については別の補助システムを考慮して運転制御する。

空気熱搬送効率としてAir Transport Factorがあり、(全空気方式の場合)

$$ATF = \frac{\text{顕熱で取り除かれる分}}{\text{給気+還気のファンの動力インプット}} > 5.5 \text{ 以上になる場合に採用}$$

水-空気方式の場合は、これにあらず、

サーモ：13℃-24℃(冬) 21℃-29℃(夏)

ヒューミディ：加湿30%以下に保ち、除湿は60%以下にしない

この時代アメリカでは省エネルギーについては陸軍、海軍が分析、研究し、又、国防省も特別のプログラムを持って取り組んでいた。NASAのData Baseとして、現在アメリカの主要都市ばかりでなく、日本の主要都市の1時間毎の気温及びデクリアワーが1年間8600ポイント(365日×24時間)のデータベースとしてファイルされているのは、この頃の姿勢と考えて良い。

(これが、年間のエネルギーコストを地域的に試算する時に大きな役に立っている。)

二重ダクト方式は開発がおくれ

→否定的

インダクションシステムはエネルギー消費が大きいため

→否定的

この間に日本でビルマルチ方式が開発されたが、これはエネルギーとは異なる問題有り。

- (アメリカの法規では、冷媒ガスの漏れが、全てのユニットから一つの部屋内に起こる危険を考慮して、装置容量の大きさ制限がある。……人間の安全性上の観点)

1990年代 地球環境への影響への配慮としてフロンガスや、炭酸ガスの問題

(オゾン層の破壊と、温暖化)

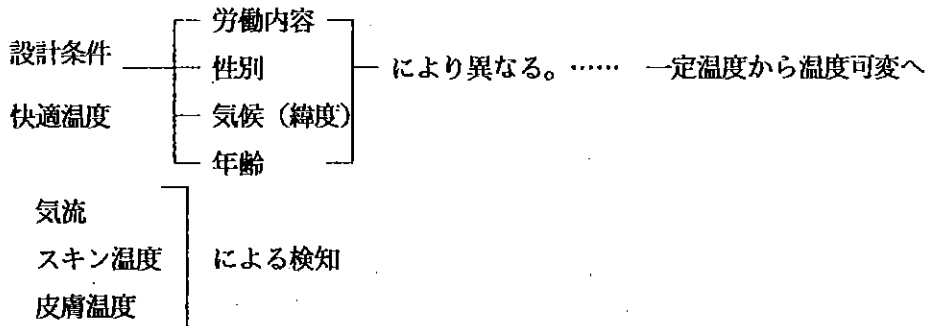
IAQ 人間に対する環境の見直し

[現代のアメリカに於ける省エネルギーへの取り組み方]

1. 建物を外部の影響からcutする。
建物を外部の影響に対してpassiveにする（外部の影響を積極的に利用する）。
2. 機械設備について → 「人間の快適度又は室内要求条件にシステムが出来るだけ追従できればそれは省エネルギーになる。」

① 設計に関するもの

●室内設計条件の見直し



●ピーク負荷の低減 (ピーク時刻の移行、蓄熱とコージェネレーションシステムの効果)

●部分負荷の時に高効率で追従する。

- ・occupancy sensorによって部屋に人がいない時は照明が消える。

「New Federal Energy Code」 (新連邦コード) では、これが義務化された。

●発生熱源の低減→高効率の照明器具とランプ (GE本社の改造の例)

[4.75W/ft² → 1.60W/ft²] (約1/3の負荷に低減している)

●熱発生源をゾーニングにより排熱する (オフィス機器の効率化)。

●全体空調から部分空調へ……モジュール化する。

オフィスは個別になる……Personal Environmentと呼ばれる個人の快適空間の実現

●24時間連続運転によるピーク負荷の低減

predicting control
precooling
weather data (読み込み)

(運転しつづけることにより隙間風を防いだり、外気に排熱して冷房負荷を下げる)

●居住している部屋以外はOA導入をやめたり、温度制御をやめる。

●VAVシステムは、DDCcontrolにより従来問題とされていた冷房熱負荷が小さくなると風量も小さくなって必要外気量も減ってしまうという欠点をカバーして来ており、最小必要外気換気と温度制御を実現した (省エネルギーのための搬送風量や水量の低減は、二次側の問題の問題を解決する必要がある。)。

今後ASHRAEの基準では、居室必要外気量は増加となり、日本の例に置き換えると、20CFM/人・II から34CFM/人・II になるため、外気による熱負荷の割合は大きくなる。VAVはファン「周波数変換」によって省エネをはかることができる。

② 運転保守に関するもの

- 気象データ（天気予報）に基づき予測運転を考える（予冷等）。

毎日の日出、日入の時刻を考慮して、外部からの熱影響を事前に予測できるし、最高・最低温度の予測から最適な運転方法を考える。

- 氷蓄熱の運転時間帯

電気料金のしくみ（地域のutility supplyの条件に応じ）

例）サンフランシスコ どの曜日のどの時刻に電気を最も多く利用するかを考えて運転する。

8:30-12:00	中間
12:00-6:00	ピーク
6:00-9:30(夜)	中間
9:30-8:30	もっとも安い

（土日は一定料金）

（高温度差給気による搬送風量の低減と、ダクト断熱の増強、吹出口結露の問題解決が要る。）

- すきま風・断熱材不良・ドアの開け放しは、エネルギー消費の上で大きな不利となる。
- アメリカでは自動ドアは受け入れられない。
- 帰宅する時にどのように処置（運転停止）するかを考える。

ブラインドを閉める？ ドアを閉める？ ある一定温度に室温を保ち続けるため運転し続ける？

省エネルギーにはいくつかの方法があるが、大きく分けて設計及び施工に関するものと運転保守に関するものに分かれる。そして、この2点を取り巻く自然条件をどうカットしたり、利用したり出来るか、にかかっている。

まず、設計及び施工に関するものでは、①設計条件が何によって決められているかであり、そしてそれが適した設定であるか、過剰であるか、又は過少ではないかとのことであり、②番目はそのシステムの良否、特に分配に関するものであり、③番目は機械本体の効率である。

一方、運転保守に関していえば、主としてピーク負荷によって決定された装置容量やシステム分配を、その運転時刻や設定条件を変えることにより、どのように部分負荷に高い効率で追従できるかによっている。そして、ピーク負荷であろうと部分負荷であろうと、それを支配するシステムが当初の予測通り運転されるために必要十分な手入れを行うことにもある。

又、エネルギー消費の絶対量とは別に、ユーティリティのコストが時刻・季節・曜日でどのように異なっているか、その特性を適格に利用して、コスト（金額）を最小にすることも重要である。そして、これら全ての事項や現象が、建物・環境を取り巻く自然条件に支配されていることを考えて、これをカットしたり、又は利用したりして行うことも必須の事である。

TRANE社の「TRACE600」や、CARRIER社の熱計算のためのソフトを用いれば、PCで年間ランニングコスト試算ができるし、又、CADと組み合わせ、メーカーが開発したダクトサイズや配管サイズを決めて作図できるソフトは、搬送動力の低減から省エネルギー提案に役立つものと考えられる。