

特集(2) 建築における省エネルギー

空調システム、蓄熱システム計画と省エネルギー効果

Analysis and Evaluation of Energy-Saving Effects for Air Conditioning Systems and Thermal Storage Systems

加藤 晃*
Akira Kato

1. はじめに

空調システムと省エネルギー効果につき、システムシミュレーション結果を基に述べる。空調システムの省エネルギー設計において、熱量と省エネルギー手法の熱損失・熱利得の関係を最初に説明する。続いて、熱源システムの例として蓄熱方式・コ・ジェネ方式の試算例を、最後に高層化に伴い話題となる搬送エネルギーの省エネルギーを述べたい。

空調システムの省エネルギー効果は、石油エネルギーの有効利用ということで、消費エネルギー量（電力・ガス）が評価値となる。又、都市部の夏季における電力不足から、ピーク電力もエネルギーの有効利用という面で評価される。夏のピークを主に運転される空調システムは、特にピーク電力への影響を省エネルギーの評価値とすべきであろう。年間使用率の少ない空調システムは、出来るだけ設計せず、ピークを増すシステムは極力少なくする工夫が必要といえる。

2. 空調システムの省エネルギー設計

空調システムの省エネルギー設計は、熱量及び消費エネルギーを軽減する二面で検討される。目的とする空調負荷（室内負荷+外気負荷）に対し、空調システムで発生する熱量損失を減少し、空調システムで利用できる熱量利得を利用することが、熱量に関しての省エネルギーである¹⁾。図-1に空調負荷と熱損失・熱利得の関係を示す。熱損失・熱利得は室内・空気系・水系の各空調システムでそれぞれに存在する。室内の過冷・過熱の損失、同時冷暖房の室内混合損失は室内の熱損失の代表となる。ダクト断熱損失・ダクトもれ損失は空気系の熱損失であり、全熱交換器による熱回収や外気冷房は、空気系の熱利得である。熱損失を防止し、熱利用を採用し、省エネルギー設計を行うことに

目的とする空調負荷 (Q_L)
$Q_L = \text{室内負荷} + \text{外気負荷}$

[室内空調システム] ↑ Q_L

室内供給熱量 ($Q_R = \mu_R \cdot Q_L$)	
室内熱量係数 (μ_R)	
(損 失)	(利 得)
(室内空調システム)	(室内空調システム)
<ul style="list-style-type: none"> 過冷過熱の損失 同時冷暖房の室内混合損失 	<ul style="list-style-type: none"> 照明排熱の効率的除去 冷暖房負荷の相殺 (室内混合利得)

[空気系空調システム] ↑ Q_R

空気系供給熱量 ($Q_A = \mu_A \cdot Q_R = \mu_R \cdot \mu_A \cdot Q_L$)	
空気系熱量係数 (μ_A)	
(損 失)	(利 得)
(空気搬送システム)	(空気搬送システム)
<ul style="list-style-type: none"> ダクト断熱損失 (1.03) ダクトもれ損失 (1.05) 冷房時ファン発熱 空気過剰搬送損失 	<ul style="list-style-type: none"> 暖房時ファン発熱
ATFでチェック	
(空気系空調システム)	(空気系空調システム)
<ul style="list-style-type: none"> 再熱損失 ダクト混合損失 	
(外気導入システム)	(外気導入システム)
<ul style="list-style-type: none"> 外気の過剰取入 	<ul style="list-style-type: none"> 全熱交換器による熱回収 外気冷房

[水系空調システム] ↑ Q_A

水系供給熱量 ($Q_W = \mu_W \cdot Q_A = \mu_R \cdot \mu_A \cdot \mu_W \cdot Q_L$)	
水系熱量係数 (μ_W)	
(損 失)	(利 得)
(水搬送システム)	(水搬送システム)
<ul style="list-style-type: none"> 配管断熱損失 (1.03) 冷房時ポンプ発熱 水過剰搬送損失 	<ul style="list-style-type: none"> 暖房時ポンプ発熱
WTFでチェック	
(水系空調システム)	(水系空調システム)
<ul style="list-style-type: none"> 配管混合損失 蓄熱損失 	

↑ Q_W

熱源負荷 (Q_W)

* (株)日建設計 大阪構造設備事務所設備部長
〒541 大阪市中央区高麗橋4-6-2

図-1 空調負荷と熱損失・熱利得

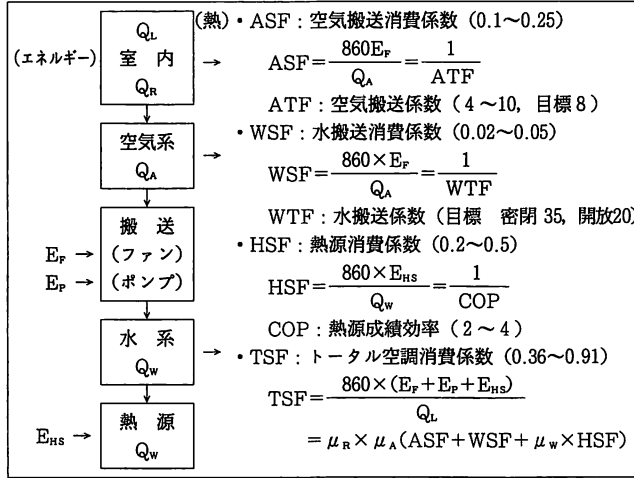


図-2 トータル空調システム

より、目的とする空調負荷 (Q_L) に対し、室内 (Q_R) ・空気系 (Q_A)、水素 (Q_w) に供給する熱量が過大にならないようにする。 Q_w/Q_L は 1.2 を越えないことが望ましいとされている。

空調システム (熱源・空調機・ファン・ポンプ) で消費するエネルギー入力を下げる工夫は、トータル空調システムの省エネルギーといわれる。図-2に熱量と消費エネルギーの関係を示す。熱源システム効率を示す成績係数 (COP) の概念を、ファン・ポンプの搬送系にも採用し、空調システム全体の評価指標にしたものである。空調システムに供給されるエネルギー入力は、熱源・ポンプ・ファンの3種類に代表される。そしてこれからの合計入力を下げることが省エネルギーである。エネルギー消費係数は、入力エネルギーを目的効果 (空調負荷) で割ったもので成績係数の逆数となる。空気搬送系・水搬送系・熱源系のシステム消費係数を加算することでトータル消費係数を求められることが特徴となる。一般に定格の消費係数は、空気搬送系で0.1~0.25、水搬送系で0.02~0.05、熱源系で

0.2~0.5となり、熱源系の影響が大きく、トータルは、定格で0.6、年間で0.8を越えないよう計画する。

図-3に省エネルギー予算の一例を示す。大規模事務所ビルの例で、一般的な設計 (原型) と省エネルギー設計を対比している。原型と省エネ型の消費エネルギーの差が省エネルギー効果 (量) であり、照明・熱源・空調機が多いことがわかる。設計と運用で照明用電力を減らし、熱源・搬送の空調システムの省エネルギー設計が、省エネルギーのポイントであり、最近のニューオフィスでは、コンセント (OA設備) の容量減少がこれに加わる。

3. 蓄熱システム (水・氷) の省エネルギー効果

蓄熱空調システムは、需要者側にとっては安価な深夜電力の利用および契約電力の低減、電力供給者側にとっては電力負荷の平滑化というメリットがある一方、蓄熱槽からの熱損失、最適運転制御の難しさ、機器COPの低下 (氷蓄熱)、搬送動力の増加 (氷蓄熱) 等々のデメリットもある。

一般に空調システムの省エネルギーは、エネルギー消費量で判断されるので、蓄熱式のような電力型空調システムは、年間電力消費量で評価される。又、最近のように夏場のピーク電力不足においては、ピーク電力の軽減も、都市エネルギーの有効利用という見地で省エネルギーの内に含む必要があると考える。

図-4は、水・氷蓄熱のピーク電力を比較したものである²⁾。実態に沿った検討を行うために、熱負荷および電力負荷を調査した10物件につきシステムシミュレー

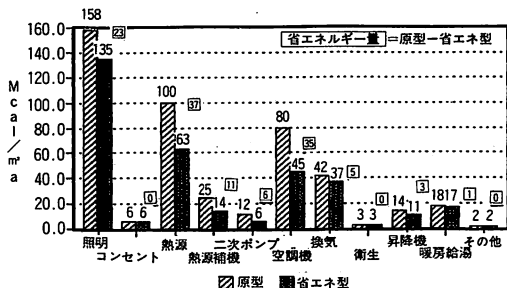


図-3 省エネルギー予算

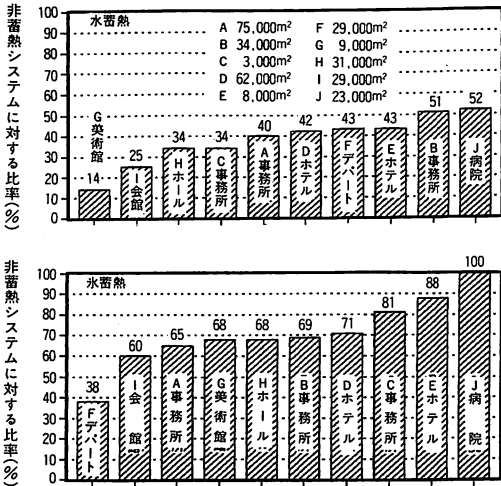


図-4 水・水蓄熱のピーク電力

ジョンを行い算出した最経済ケースである。水蓄熱の場合、非蓄熱システムの約4割程度に低減される建物が多く、特に熱源容量が非蓄熱システムより大きく減少できる美術館・会館にその効果が大きい。水蓄熱の場合、非蓄熱システムの約7割前後に低減しているものが多いが、デパートは特に低く、C事務所、Eホテルは高めでJ病院は全く減少していない。

図-5は、年間電力消費量の比較である。水蓄熱の場合、100%を中心に上下に分布し、建物により省エネとなるもの、ならないものに分かれる。C事務所、Eホテルは小規模の建物で、非蓄熱システムは熱源台数が少なく部分負荷運転が多いのに対し、蓄熱システムでは熱源が定格運転されるため省エネルギーとなっている。非蓄熱システムを上回る建物は、蓄熱槽の熱損

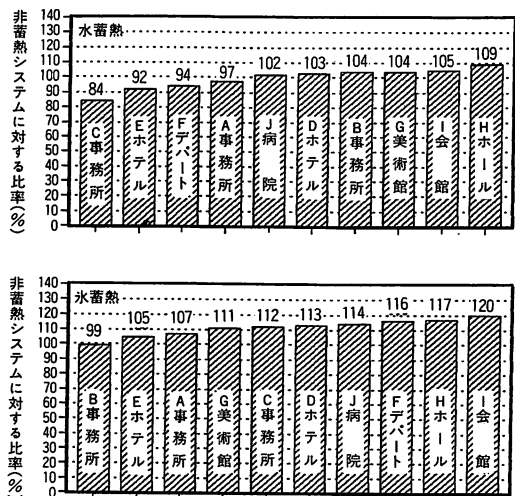


図-5 水・水蓄熱の年間電力消費量

失によるものであり、特にHホールのように空調日が少ない建物では、電力消費量がかなり増えている。水蓄熱の場合、製氷時のCOPの低下により非蓄熱システムより増加するケースがほとんどである。例外的にB事務所では1%の省エネルギーとなったが、部分負荷運転が改善されたものである。

図-4・5より、蓄熱の省エネルギー効果は、ピーク電力の軽減という広義の意味では効果があるが、年間電力消費量の狭義の省エネルギー効果は、殆んど無いことが分る。

4. コージェネシステムの省エネルギー効果

熱源システムで、省エネルギー効果が大きいといわれるコージェネレーションシステムの試算例を示す。

図-6がガスエンジン・コージェネレーションのモデルシステムである。ガスエンジンの場合、排熱温度が低いため温水取り出しとなり、冷房は温水吸収式の冷凍機を利用する。この冷凍機は一重効用の効率の低いものとなる。ガスタービンの場合は排ガスから蒸気を取り出し蒸気吸収冷凍機が使える。これは二重効用の効率の高い冷凍機であるが、地方、ガスタービンの発電効率が低く、排熱回収効率そのものも近い。

図-7にA事務所の省エネルギー効果、図-8にDホテルの省エネルギー効果を示す。電力量とガス消費量を発熱換算して、延床面積で割ったものを一次換算エネ

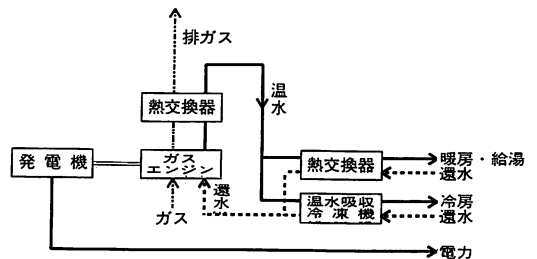


図-6 ガスエンジン・コージェネレーションのモデルシステム

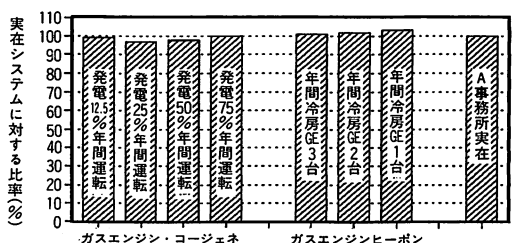


図-7 コージェネの省エネルギー効果 (A事務所)

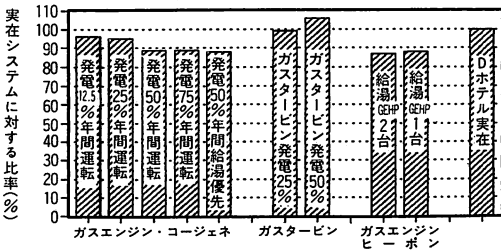


図-8 コージェネの省エネルギー効果 (Dホテル)

ルギーと呼び省エネルギーの尺度とする。

A事務所では、省エネルギー効果はあってもわずかである。Dホテルでは、ガスエンジンで給湯利用の場合10%程度の省エネルギーとなった。コ・ジェネは発電効率は系統電力よりも低いが高効率率は高い。従って、給湯のようにコ・ジェネ利用率が高いケースでは省エネルギー効果が出ている。

5. 搬送エネルギーの省エネルギー効果

冷風・温風で搬送できる室内処理用冷温熱量を搬送に要するファン消費動力で除したものを空気搬送システム効率 (ATF) と定義する。水搬送システム効率は、冷水・温水の冷温熱量に変わりポンプ消費動力で除したものとなる。空調システムの搬送エネルギーの省エネルギー評価に用い、WTFとATFの合成が総合搬送システム効率となる。

図-9にファン効率0.6の場合のATFの選定線図を示す。ATFは、ファンの全圧 (P) に反比例し温度差 (ΔT) とファン効率 (ηT) に比例する。即ちファン効率と温度差を大きく取り、全圧を小さくすることが省エネルギーになることが分かる。

例えば、各階ステップ空調機 (全圧P=60mmAq,

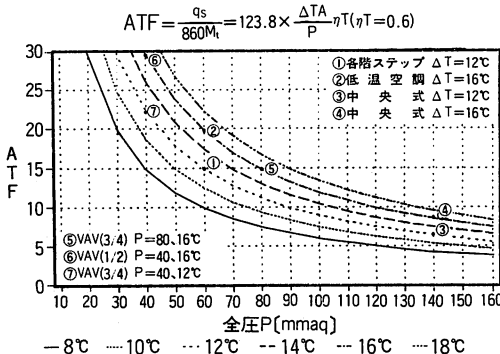


図-9 空気搬送システム効率 (ATF)

温度差 ΔT=12℃, ①) で設計するとATF=14.8となる。低温吹出空調 (全圧P=60mmAq, 温度差 ΔT=16℃, ②) を採用するとATF=19.8となり30%の省エネルギーとなる。又・冷凍機のCOPを4とすると、空気搬送エネルギーの影響が相対的に小さく、熱源ほどの省エネルギー設計が必要で無いことが判る。中央式空調機 (全圧P=140mmAq, 温度差 ΔT=12℃, ③) の時、ATF=6.4となり冷凍機効率に近づく。総合効率は、逆数の足し算になるので、空気搬送エネルギーの影響が大きくなったといえる。省エネルギーの工夫が必要となる。低温吹出空調 (④) によりATF=8.5に上がる。可変風量を採用し風量が75%, 50%になり、全圧が80, 40mmAqになったときATF (⑤, ⑥) は14.9, 29.8となり各階ステップと同等の値となる。中央式の場合、低温吹出・可変風量等の省エネルギーの工夫が必要となることが分る。

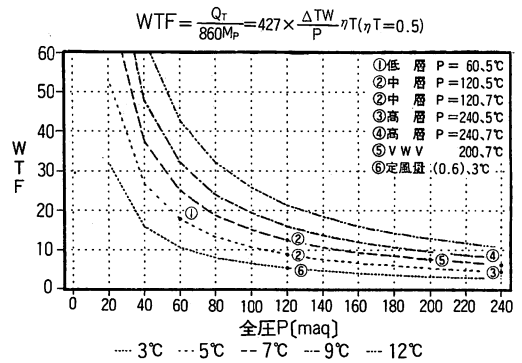


図-10 水搬送システム効率 (WTF)

図-10にポンプ効率0.5の場合のWTFの選定線図を示す。低層建物または密閉システムのポンプ (全圧60mAq, 温度差 ΔT=5℃, ①) の場合、WTF=17.8となる。この値は、各階ステップの空気搬送と同等といえる。超高層ビルの場合、地域冷暖房のためサージタンク方式にすることが多い。その場合・中層ブースターポンプ (全圧120mAq, ΔT=5℃, ②) 高層 (全圧240mAq, ΔT=5℃, ③) となり、WTFは8.9, 4.4となる。即ち、250mの超高層の高層ブースターポンプの消費エネルギーは、熱源と概ね同値となり、熱源並みの省エネルギーを計画する必要があるといえる。温度差を7℃ (④) にすると6.2に上昇する。サージタンク方式 (揚水方式) の場合、可変水量としても揚水圧は必要のために効率上昇は少ない。高層揚水で200m必要とすると、水量は減少してもWTFは7.5 (⑤) と変水量方式の効率上昇は顕著でない。

総合搬送システム効率は、ATF・WTFの逆数の合成となる。中層(ATF14.8, WTF12.5), 高層(ATF14.8, WTF6.2)の合成は、中層6.8, 高層4.4となり、特に高層は熱源効率と同等の消費エネルギーを必要とするので、大温度差、動力回収、熱交換密閉方式等の省エネルギー計画を実施する。

6. おわりに

空調システムの省エネルギー設計と省エネルギー効果を、蓄熱方式・コ・ジェネ方式・搬送システムを中心に述べた。空調システムは、熱源・空調・搬送を統合したシステムであり、熱量と消費エネルギーの関係を持つ複雑なシステムといえる。そのため、省エネ

ギー評価は、年間消費エネルギーをシステムシミュレーションしないと判断できないことが多い。

省エネルギー評価の指標として、年間消費エネルギー、ピーク電力を採用したが、地球環境と都市電力環境から、この二要素を同時に検討する必要があると感じている。

参 考 文 献

- 1) 建築・設備の省エネルギー技術指針(案) 空気調和・衛生工学会 省エネルギー小委員会
- 2) 蓄熱式空調システム(水蓄熱と氷蓄熱)の有効利用に関する研究 加藤他 空気調和・衛生工学会学術講演論文集('89 名古屋)

後援行事ごあんない

国際シンポジウム

「エネルギー・環境危機克服の海洋エネルギー開発」開催について

主 催：室蘭工業大学,
 (財)寒地港湾技術研究センター
 後 援：エネルギー・資源学会, (財)日本機械学会,
 (財)土木学会, 国際水理学会(IAHR) 他
 日 時：1993年8月26日(木)・27日(金)
 場 所：室蘭工業大学
 (〒050 室蘭市水元町27-1)

使用言語 英語

◎連絡先

〒050 室蘭市水元町27-1
 室蘭工業大学建設システム工学科
 環境水理研究室気付 ODEC'93
 TEL 0143-47-3361, 47-3176
 FAX 0143-47-3406