

ビルにおける各種空調方式の比較評価に関する研究

田 中 辰 明 岡 建 雄
安 江 進

Study on Comparison of Investment and Operation Costs for Various Air-conditioning Systems

Tatsuaki Tanaka Tatsuo Oka
Susumu Yasue

Abstract

Investment and operation costs for various air-conditioning systems were compared assuming office buildings of 10,000 and 20,000 m². Heats for air conditioning were assumed to be produced by (1) turbo refrigerator and gas fuel boiler, (2) gas absorption refrigerator, (3) air-source heat pump without storage, and (4) air-source heat pump with storage. Annual expenses including investments for air-source heat pump with heat storage, gas absorption refrigerator and turbo refrigerator with gas fuel boiler were almost the same. The air-source heat pump with storage is 5 percent higher compared with the three other systems.

概 要

大阪に建つ10,000m²と20,000m²の事務所ビルについて各種熱源方式、空調方式による設備費、運転費の相違を調査した。熱源方式として(1)ターボ冷凍機とガス焚温水ボイラの組合せ、(2)ガス焚冷温水発生機、(3)空気熱源ヒートポンプ(非蓄熱方式)(4)空気熱源ヒートポンプ(蓄熱方式)について比較検討を行なった。年経費では蓄熱式空気熱源ヒートポンプ、ガス焚冷温水発生機、ターボ冷凍機+ガス温水ボイラは概ね同程度の年経費となり、非蓄熱式空気熱源ヒートポンプはこれらの熱源方式に比べて5%程度多い年経費が必要となる。

1. はじめに

空気調和設備の設計で最も大切なものは空調方式の決定と熱源方式の決定である。空調方式の決定では設備費、運転用エネルギー、運転費、設備スペース、運転時間帯、建築構造、ゾーニングの問題などを考慮して行なわなければならない。熱源方式の決定では設備費、運転用エネルギー、運転費、公害防止、部分負荷、熱源機械室の面積と位置などを考慮して行なわなければならない。

本報告では事務所建築に焦点を当て、省エネルギーの観点から、各種熱源による設備費、運転費の相違を明確にしようとしたものである。

大阪に建つ仮想の延べ床面積 10,000 m² と 20,000 m² の事務所ビルを設定し、熱源方式は現在事務所建築でよく採用されている次の4方式を選定して計算を行なった。

- (1) ターボ冷凍機とガス焚温水ボイラの組合せ
- (2) ガス焚冷温水発生機
- (3) 空気熱源ヒートポンプ(非蓄熱方式)
- (4) 空気熱源ヒートポンプ(蓄熱方式)

熱源方式4方式、建物規模2通り、合計8通りの概略設計と計算を行ない、各々のエネルギー消費量、年経費を算出した。

実際の空気調和設備の設計にあたっては、対象とする建物について、最適な熱源方式を設計者が豊富な経験から選択しているはずである。本研究においては現時点でのエネルギー消費量と年経費についてのみ検討したが、実際の設計ではこれ以外の要因が設計を決定してしまう場合もあることをお断りしておく。今後共、例えば情報化のますますの発展などにより最適と考えられる熱源方式も変化するものである。

2. 試算の対象とした事務所ビル

延べ床面積 10,000 m² と 20,000 m² の事務所ビルを想定し、いずれも地下 2 階，地上 9 階とした。図-1 に延べ床面積 10,000 m² の事務所ビルの基準階平面図を示すが、延べ床面積 20,000 m² の事務所ビルもツインコア形式の同様の形態である。機械室はいずれも地下 2 階に位置し、空調システムは各階ユニットにファンコイルユニット方式を併用したものである。蓄熱槽は、基礎梁の間の空間を利用したもので、10,000 m² の事務所ビルでは 700 m³、20,000 m² の事務所ビルでは 1,200 m³ の容量とした。蓄熱運転に当っては日中13時から16時まで熱源の運転を停止させて、定時調整割引きを利用し、夜間はいずれも22時から熱源の運転を開始し、夜間電力を最大限に利用しようとするような運転計画とした。

なお、年間空調を実施するものとし、運転条件は(社)空気調和・衛生工学会の熱負荷計算プログラム HASP の標準運転条件と同一に設定した。

3. 主要設備容量と設備費

建築設計図面をもとにダクト、配管の設計を行ない、主要設備機器容量の決定を行なった。

「熱源設備」の項目には熱源機器の他、冷却塔、冷却水ポンプ、冷温水ポンプを含めて検討を行なった。これらに含まれないものに、照明、コンセント、空調機、換気設備、衛生設備などがあるが、本研究では単に熱源設備ばかりでなく、これら設備を含めて検討を行なった。

表-1 は熱源設備の機器容量を示したもので、熱源機器の台数は 10,000 m² の事務所ビルで 1 台、20,000 m²、事務所ビルで 2 台としている。これら事務所ビルはツインコアを採用しているため熱負荷も小さく、一般ビルに比べて、機器容量も比較的小さなものとなっている。

表-2 にこれら事務所ビルの設備費を示す。設備費は空調設備工事費、電気設備工事費、蓄熱そう構築費、煙突工事費について算定した。この中で空調機、空調機廻り配管工事、ダクト工事、ファンコイルユニット配管工事の費用は熱源方式にかかわらず一定としている。熱源機器、熱源機器廻り配管、自動制御設備、ガス設備、煙突設備などは熱源方式によって

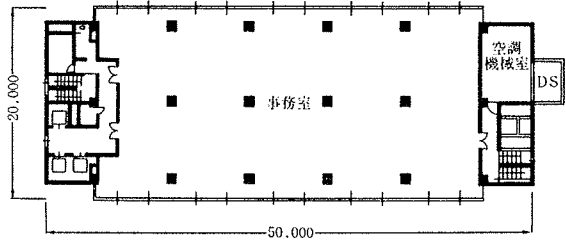


図-1 延べ床面積 10,000 m² の事務所ビルの基準階平面図

熱源方式	1	2	3	4
	ターボ冷凍機 ガス温水ボイラ	ガス焚冷温水 発生機	空気熱源ヒート ポンプ	空気熱源ヒートポンプ (蓄熱槽方式)
10,000m ² 事務所ビル	温熱源 ガス焚温水ボイラ 630,000Kcal/h (補機 1.5KW) 冷熱源 ターボ冷凍機 260 RT. (215KW)	二重効用ガス 冷温水発生機 260 RT 697,000kcal/h (補機26.5KW)	スクリュー空気熱 源ヒートポンプ 260 RT 696,000kcal/h (290KW, 補機5.45KW)	スクリュー空気熱 源ヒートポンプ 130 RT 354,000kcal/h (160KW, 補機3.6KW)
20,000m ² 事務所ビル	温熱源 ガス焚温水ボイラ 500,000Kcal/h (補機 1.5KW) × 2 冷熱源 ターボ冷凍機 200 RT (165 KW) × 2	二重効用ガス 冷温水発生機 200 RT 543,000kcal/h (補機23.5KW) × 2	スクリュー空気熱 源ヒートポンプ 200 RT 530,000kcal/h (230KW, 補機5.1KW) × 2	スクリュー空気熱 源ヒートポンプ 100 RT 204,000kcal/h (120KW, 補機2.9KW) × 2

表-1 4種の熱源の機器容量

単位：千円

項目	熱源方式	ターボ冷凍機, ガス温水ボイラ	ガス焚冷温水 発生機	空気熱源ヒート ポンプ	空気熱源ヒート ポンプ (蓄熱槽方式)
	10,000m ² 事務所ビル	空調設備	181,995	183,535	195,394
電気設備		101,391	95,149	101,984	101,807
蓄熱槽		0	0	0	17,040
煙突		3,200	3,200	0	0
総計		286,586	281,884	297,378	298,390
差額		0	-4,702	10,792	11,804
20,000m ² 事務所ビル	空調設備	278,028	281,762	325,490	295,116
	電気設備	182,352	176,312	183,594	179,378
	蓄熱槽	0	0	0	28,660
	煙突	3,800	3,800	0	0
	総計	464,180	461,874	509,084	503,154
	差額	0	-2,306	44,904	38,974

表-2 延べ床面積 10,000 m² と 20,000 m² の事務所ビルの設備費比較

異なり、これにかかわる費用も異っている。

空気熱源ヒートポンプの場合、熱源機器価格が同容量のガス焚冷温水発生機と比較して 2.5 倍程度高く、設備費全体も高価なものになっている。設備費ではガス焚冷温水発生機が最も安価で、蓄熱、非蓄熱方式にかかわら

ず空気熱源ヒートポンプ方式が高価なシステムとなっている。なお表一2の価格算定は実勢価格により見積りを行なったもので、この中には機器価格、工事費、取付費、試運転調整費、運搬費、現場経費などが含まれている。

4. エネルギー費

エネルギー消費量は各月の代表的な1週間の熱負荷変動を与えて、これに合せた設備機器の運転稼働状態をシミュレートし算出した。ここでターボ冷凍機と空気熱源ヒートポンプのモーター効率は93%、他のファンやポンプは85%とした。

冷却塔発散水量は循環水量の2%とし、蓄熱そうの水は年1回交換するものとした。表一3は用水費を比較したもので、ガス焚冷温水発生機の用水費が特に大きくなっている。

表一4はエネルギー費を示したもので、電力に関しては昭和57年度関西電力の電力料金規定を適用し、契約電力2,000kW以下の特別料金としている。ガス料金に関しては大阪ガスの料金規定を適用して算定を行なった。

延べ床面積10,000m²と20,000m²の事務所ビルではいずれもエネルギー費の変動は同様の傾向を示し、最もエネルギー費の小さいシステムは蓄熱方式による空気熱源ヒートポンプ方式、次いでガス焚冷温水発生機の順になる。蓄熱方式の空気熱源ヒートポンプでは夜間電力の適用によって熱源のエネルギー費は21~22%程度削減され、さらに定時調整契約により、10,000m²の事務所ビルでは180万円/年、20,000m²事務所ビルでは270万円/年の基本料金が削減されている。蓄熱方式を採用すると高効率運転が可能となり、熱源のCOP向上はもとより、冷却塔の運転時間も短縮でき、蓄熱そうの熱損失を10%としても、他のシステムに比較して省エネルギー的なシステムとなる。二次冷温水ポンプも変流量ポンプを想定しているために、他の熱源の場合に用いた定流量ポンプに比べて、エネルギー費は小さなものとなっており、低負荷の運転時間が長いことを示している。

5. 年経費

年経費の中で保守管理費の占める割合は大きい。保守人員は熱源に関係なく、10,000m²で3人、20,000m²

項目		熱源方式			
		1 ターボ冷凍機 + ガス温水ボイラ	2 ガス焚冷温水 発生機	3 空気熱源ヒート ポンプ	4 空気熱源ヒート ポンプ (蓄熱方式)
10,000m ² 事務所ビル	用水費	1,450	2,198	0	168
	揚水動力費	41	63	0	4
	合計	1,491	2,226	0	172
20,000m ² 事務所ビル	用水費	1,678	2,494	0	288
	揚水動力費	48	71	0	7
	合計	1,726	2,565	0	295

表一3 用水費 (単位:千円)

単位:千円

項目			熱源方式				
			1 ターボ冷凍機 + ガス温水ボイラ	2 ガス焚冷温水発 生機	3 空気熱源ヒート ポンプ	4 空気熱源ヒート ポンプ + 蓄熱槽	
10,000m ² 事務所ビル	熱源	電力	熱源本体	2824	1390	5301	4222
		熱源補機	1578	1743	3039	1205	
	ガス	1826	4382	0	0		
	搬送	6905	6905	6905	6550		
	照明・他	18205	18205	18205	18216		
	基本料金	電気	11412	9252	13020	9318	
		ガス	9	1085	0	0	
	エネルギー費合計			42756	42959	46536	39511
	差額			0	-203	3780	-3245
	20,000m ² 事務所ビル	熱源	電力	熱源本体	4277	1518	7412
熱源補機			2309	3294	4205	1745	
ガス		1900	6362	0	0		
搬送		11785	11785	11785	11317		
照明・他		34149	34149	34149	34149		
基本料金		電気	21852	17244	24564	18081	
		ガス	9	1546	0	0	
エネルギー費合計			76271	75902	82119	72200	
差額			0	-369	5848	-4071	

表一4 10,000m²と20,000m²の事務所ビルにおける年間エネルギー費 (単位:千円)

で5人とした。蓄熱システムでは夜間は無人の自動運転とする代わりに、群管理システムの導入を想定して、5万円/月の費用を見込んである。設備機器保守費はビル保守会社の見積りをもとに算定したもので、外注保守契約となる。蓄熱槽の清掃は年1回とし、600円/m³の単価とした。

本研究では設備の償却年数を15年、年利8%として、設備固定費の年経費を求めた²⁾。表一5に年経費を比較

する。10,000 m² 事務所ビルで最も年経費の小さいシステムは蓄熱式空気熱源ヒートポンプである。20,000 m² 事務所ビルではガス焚冷温水発生機となる。しかし、10,000 m² 事務所ビルにおいても20,000 m² 事務所ビルにおいても非蓄熱式空気熱源ヒートポンプを除くと、熱源方式による年経費の差額は180万円/年となり、年経費総額の1～2%以下に過ぎない。

熱源方式	項目	設備 固定費	エネルギー 費	用水費	設備機器 保守費	設備要員 人件費	環境衛生費	合計	差額
10,000m ² 事務所ビル	ターボ冷凍機、 ガス温水ボイラ	34,963	42,756	1,491	7,237	25,992	1,894	114,333	0
	ガス焚冷温水 発生機	34,390	42,959	2,226	7,019	25,992	1,894	114,480	147
	空気熱源 ヒートポンプ	36,280	46,536	0	7,830	25,992	1,894	118,532	4,199
	空気熱源ヒート ポンプ (蓄熱方式)	36,404	39,511	172	8,720	25,992	1,894	112,693	-1,640
20,000m ² 事務所ビル	ターボ冷凍機、 ガス温水ボイラ	56,630	76,271	1,726	11,679	38,592	2,819	187,717	0
	ガス焚冷温水 発生機	56,349	75,902	2,565	11,429	38,592	2,819	187,656	-61
	空気熱源 ヒートポンプ	62,108	82,119	0	12,660	38,592	2,819	198,298	10,581
	空気熱源ヒート ポンプ (蓄熱方式)	61,385	72,200	295	13,720	38,592	2,819	189,011	1,294

表—5 事務所ビルの年経費 (単位：千円/年)

6. 結論

10,000 m² と 20,000 m² の事務所ビルを対象に各種熱源の経済性を比較したところ、年経費では蓄熱式空気熱源ヒートポンプ、ガス焚冷温水発生機、ターボ冷凍機+ガス温水ボイラは概ね同程度の年経費となり、非蓄熱式空気熱源ヒートポンプはこれらの熱源方式に比べて5%程度多い年経費が必要となる。

謝辞

この研究は関西電力(株)総合技術研究所との共同研究として遂行された。常時ご懇篤なご指導を賜った同所の山下 浩主任研究員に深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 日本建築学会編：建築設計資料集成，Vol. 10，技術，丸善
- 2) 井上宇市：空気調和ハンドブック，丸善，(1982)
- 3) 中原信生，福島正之：熱源の最適設計のためのエネルギーアナリシス その1～5：空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，(昭和51～昭和53)
- 4) 田中辰明，岡 建雄：事務所ビルにおける各種空調方式の比較評価に関する研究，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，(昭和59. 10)，pp. 401～404