

空調設備の更新時における蓄熱槽導入に関する研究

田中辰明 岡建雄
小宮英孝 安倍隆
渡辺真知子 遠藤富信
(本社 建築本部 設備設計部)

Installation of Heat Storage Tank at Existing Office Building in Renewal of Superannuated Air-conditioning Facilities

Tatsuaki Tanaka Tasuo Oka
Hidataka Komiya Takashi Abe
Machiko Watanabe Tominobu Endo

Abstract

Assuming that a heat storage system is installed in a typical existing office building when its superannuated airconditioning facilities are renewed, this paper describes the economic effect of introducing a heat storage tank in the building. The heat storage system is appraised from both technical and economic viewpoints, comparing increased cost for construction of the heat storage tank with reduced cost for operation due to cheaper midnight electricity supply. The following results are obtained: A heat storage tank installed between basement beams is uneconomical because of insufficient volume and difficulty in construction due to restrictions of the building code with regard to structural strength. A heat storage tank laid underground at space available outside the building is shown to be economical because of sufficient volume and ease of construction.

概 要

典型的な既存事務所ビルを対象に、老朽化した空調設備の更新時に蓄熱槽を導入すると仮定して、その経済的効果を試算した。蓄熱槽を設置するために必要な工事費用の増加、および夜間電力の利用による運転費の低減を比較し、経済的側面と技術的側面から蓄熱槽導入を評価したものである。この結果、地下ピットを利用する蓄熱槽は建築構造耐力上の制約が多く、経済的に不利となったが、建物外部の空地に蓄熱槽を埋設する方法は容量も充分確保でき、経済的にも成り立つ可能性があることが明らかとなった。

1. はじめに

ビル空調用蓄熱槽は昭和48年度までに約400件、23万 m^3 建設されているが、そのほとんどが新設ビル用であり、既設ビルに導入された例は数件である。電力のピークシフト等蓄熱槽のもつ固有の特性を考慮すると、既設ビルにも蓄熱槽が導入できればその社会的効果は大きいものになる。一方、最近では経済の低成長化等により建物の使用年限が長くなる傾向にある。そのため設備更新が实际的な課題となってきており、設備更新時に蓄熱槽が導入できれば、その経済的効果についても期待できる。本報告は既設ビルでの蓄熱槽導入を設備更新の一手法と

して考え、実在する事務所ビルを対象にして、工事費見積り、運転費算出を行ない、技術的側面と経済的側面から蓄熱槽導入を評価したものである。

蓄熱槽の特長として、安価な夜間電力を利用して夜間に冷水、あるいは温水を蓄熱槽内に蓄えておき、日中それを空調機に送り、冷暖房を行なうという機能がある。この場合は比較的大きな蓄熱槽容量が必要となる反面、長時間運転が可能となるために設備機器容量を縮小できる。蓄熱槽の容量が小さい場合は日中の数時間、冷凍機を停止させ、その間は蓄熱槽から冷水を供給する方法もある。この場合、夜間電力は使用できないが、定時調整契約による基本料金の低減が適用される。

実際に蓄熱槽を適用した場合を想定して、設備機器の稼動状態をシミュレートすると、全負荷運転が可能となり、高い効率で運転できる。冷凍機本体の電力消費量の40～50%を占める冷却塔等補機の運転時間も短縮され、一般に蓄熱槽からの熱損失を10%としても、合計された消費電力量は非蓄熱方式の20%程度少なくなる。このような観点から蓄熱方式は省エネルギーシステムと呼べよ

う。

一方、省エネルギー手法として、外気冷房や全熱交換機の設置は広く行なわれているので、本建物も設備更新時には省エネルギー手法が採用されるのが一般的であろうと想定して、蓄熱槽ばかりでなく、他の省エネルギー手法を適用した場合の経済的効果についても試算した。

冷暖房熱源に消費されるエネルギー量はビル全体で消費されるエネルギーの約4分の1程度である。ファンやポンプ等搬送用に約4分の1、照明用に約4分の1、残りはその他のエネルギー消費となるので、搬送や照明の省エネルギー効果は実際には相当大きくなると考えられるものの、本研究では熱源関係の省エネルギー化に焦点を絞った。

2. 対象とした既設ビルと空調システム

図-1に対象とした既設ビルを示す。地上9階、地下2階、延面積11,187m²の典型的な事務所ビルで昭和36年に竣工している。実際には設備更新の時期に差し掛っていないが、設備機器が耐用年限に達したと想定して設計を行なった。実在するビルを対象としたのは、特殊な条件が生じる可能性があるものの、蓄熱槽導入に対する実際的な問題が浮き彫りにされると考えたためである。空調システムは図-2に示されるように、7系統の空調機に対して夏季は冷水、冬季は蒸気が送られている。FCUはなく、蓄熱槽導入に好都合となっている。



写真-1 東京大林ビル本館

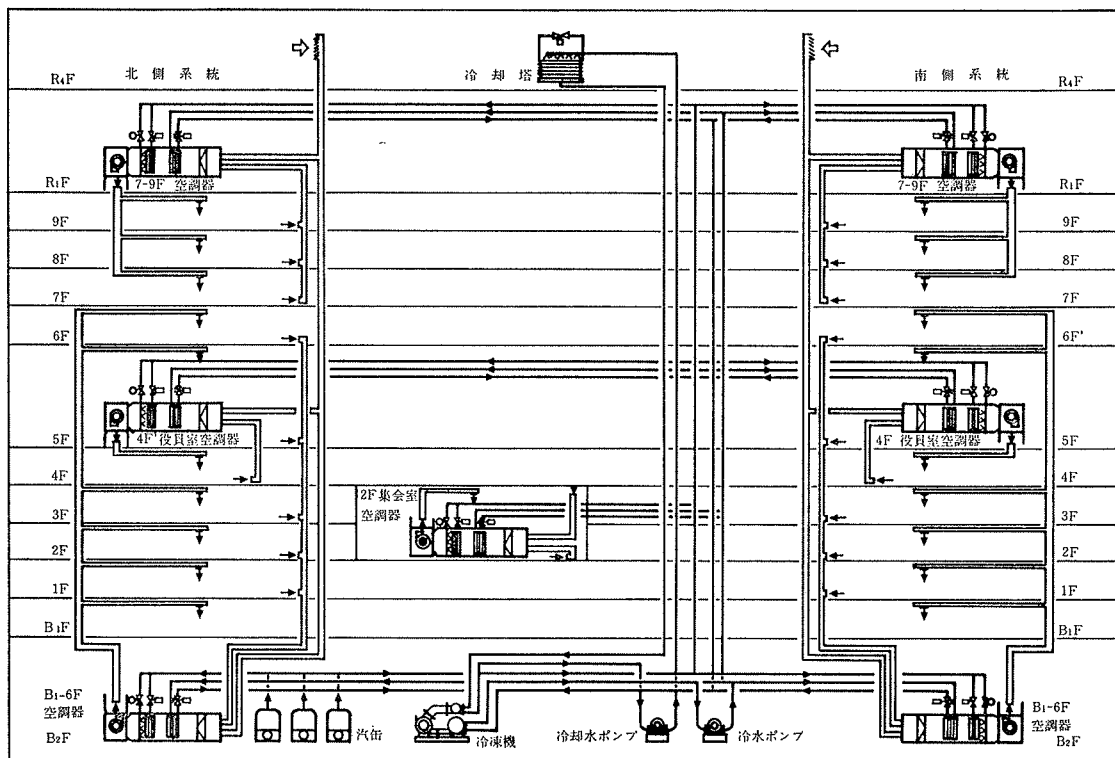


図-1 現在の空調システムの配管系統図

3. 省エネルギー化と蓄熱槽導入手法

蓄熱槽導入を評価するために次の6通りの更新条件を想定して設計を行なった。

(1) 既存設備更新

更新を要する空調設備を交換し、現状の空調システムを維持する。

a. 冷熱源設備 現在のターボ冷凍機 (340RT) と蒸気セクショナルボイラーを更新する。

b. 空調機 全空調機を更新する。

c. 配管設備 冷却水配管, 冷水配管, 蒸気配管, オイル配管を更新する。

d. ダクト設備, 換気設備, 自動制御設備は既存のものを使用する。

(2) 省エネルギー更新

蓄熱槽を導入せずに現状の空調システムを省エネルギー化して更新する。

a. 冷熱源設備 既存のターボ冷凍機とボイラーを撤去し, スクリューヒートポンプ (260RT) を導入し, オイルヒーターにタイマー制御を組み込む。

b. 空調機 既存7系統の空調機を撤去する。更新する空調機は10,000CMH以上はエアホイルトイプのリミットロードファン, 10,000CMH以下はシロッコファンを使用する。加湿は水スプレー, コイルは冷温水コイルである。

c. 配管設備 既設の冷却水配管, 冷水配管, 蒸気配管, オイル配管を撤去し, 冷媒配管, 冷温水配管, 加湿用給水配管を新設する。

d. 空調ダクト設備 原則として既設ダクトを使用する。全熱交換機設置に伴い, 一部の給気, 還気ダクトを改修する。換気設備は既存のものを使用する。

(3) 省エネルギー更新+VAVシステム

省エネルギー更新(2)にVAVシステムを加えたものである。VAVシステム導入による送風機風量調整はインバータバン制御方式としており, VAVユニットは26個である。

(4) 地下ピット蓄熱槽

地下ピットに蓄熱槽を設けて, 空調システムは省エネルギー更新(2)と同様としたものである。ただし, 冷温水ポンプは変流量とし, 可変速モータを使用している。地下ピットはEVピットや受水槽, 汚水槽に使用されており, 蓄熱槽として利用できるのは290m³であった。本ビルの地下ピットは容量が小さかったために, 蓄熱槽の容量を極力, 増大せしめるために余分のコンクリート部分を斫り落とした。また基礎梁に貫通穴を設けるために貫通穴はR-9, 300φの鋼管によって補強し, 構造上必

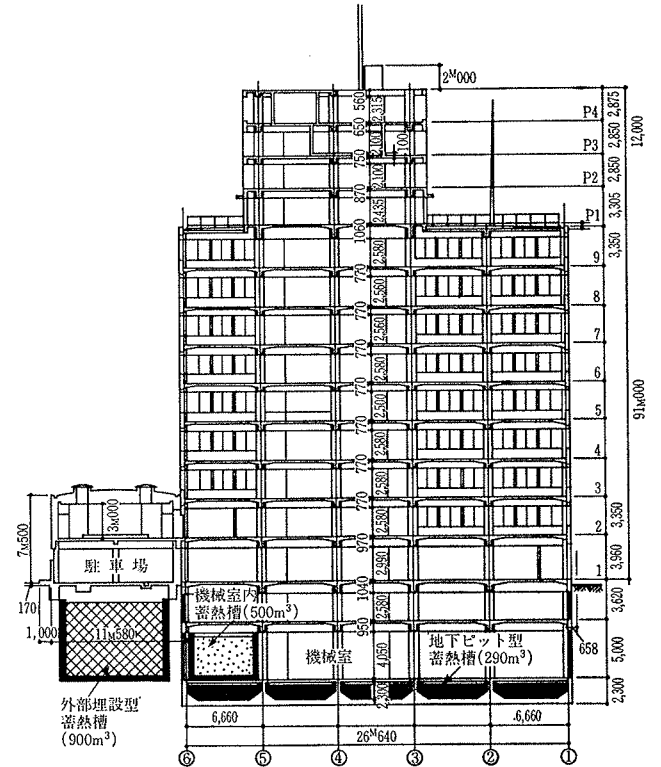


図-2 建物断面と蓄熱槽位置

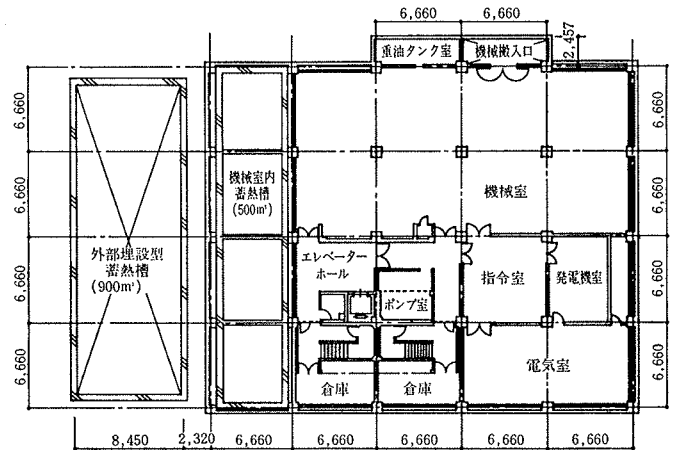


図-3 地下2階平面図と蓄熱槽位置

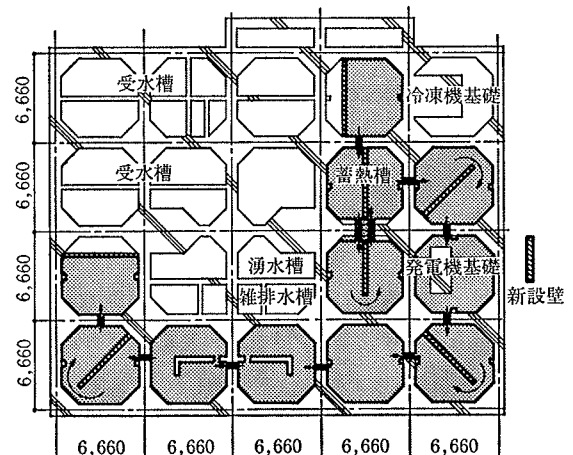


図-4 地下ピット平面図と蓄熱槽位置

要な部分はコンクリートを増打ちした。ヒートポンプ容量は 260 RT である。空調システムの運転は日中 2 時間のピークシフトとして、蓄熱運転は夜間電力料金が適用できる時間帯に行なうと想定した。

(5) 機械室内蓄熱槽

機械室の一部を改造し、高さ 4 m 容量 500 m³ の床置き型蓄熱槽を構築する。水圧のために蓄熱槽の壁は新設とすることがあり、壁厚が 40 cm に達し、容量の減少を招いている。空調システムは地下ピット蓄熱槽の場合と同様であり、ヒートポンプ容量は 248 RT である。日中 4 時間のピークシフトを行なうとして、蓄熱運転は夜間電力を利用する。

(6) 外部地下埋設型蓄熱槽

図-3 に示されるように本ビルの北側には駐車場があり、その床下に蓄熱槽を埋設できる。日中 5 時間のピークシフトを行ない、冷熱源運転を 1 日 19 時間運転すると想定して深さ 6 m、容量 900 m³ の蓄熱槽を構築することを計画した。空調システムは地下ピット蓄熱槽の場合と同様であり、ヒートポンプ容量は 130 RT である。

以上の(1)から(6)の各空調システムに関して、設備設計、構造設計、施工計画、工事費見積りを行ない、年間の消費エネルギーと運転費を算出した。

4. 工事費と運転費

表-1 に各システムの工事費及び運転費の試算結果を示す。

省エネルギー化手法を導入したり、蓄熱槽を設置した場合は、概略設計を行ない、各機器の容量を決定した。蓄熱槽効率は地下ピット型で 0.7、機械室内蓄熱槽で、0.8、外部埋設型で 0.85 を採用した。冷凍機容量は省エネルギー化手法を導入すると、約 25% 減少する。地下ピット型蓄熱槽ではピークシフトによる基本料金の削減を目的としたので、冷凍機容量は縮小できない。機械室内蓄熱槽も冷凍機容量はほとんど削減できない。外部埋設型蓄熱槽では容量が充分確保できているために、熱源容量を 2 分の 1 に縮小できた。

ピークシフト量は運転方法にも依るが、機械室内蓄熱槽が最も大きく、次いで外部埋設型蓄熱槽、地下ピット型蓄熱槽となる。これはピークシフトによる割引料金を決定するものである。夜間へのシフト量はどの程度の夜間電力が使えるかを示したもので、外部埋設型蓄熱槽と機械室内蓄熱槽が同程度の量となっている。

工事費は既存設備更新で 1 億 4000 万円、省エネルギー更新で 2 億 1000 万円、更に VAV システムを追加すると、2 億 5000 万円程度になる。省エネルギー更新と比較して、地下ピット蓄熱槽は 4335 万円増加し、機械室内蓄熱槽は

3715 万円、外部埋設型蓄熱槽は 2865 万円増加する。建築工事の差額を蓄熱槽構築費と考えれば、蓄熱槽の単位容量当りの工事費は地下ピット蓄熱槽で 11 万円/m³、機械室内蓄熱槽で 7 万円/m³、外部埋設型蓄熱槽で 5 万円/m³ となる。このことから外部埋設型蓄熱槽が経済的に有利になる可能性が大きいと言える。さらに外部埋設型蓄熱槽は熱源機器の容量を削減でき、経済的に一層有利である。

運転費は基本料金、電力量料金の他に、夜間電力利用による夜間割引、日中数時間冷凍機を停止することによって得られるピークシフト割引がある。本研究ではこの割引制度を最大限利用できるように運転方法としているが表-1 に示されるように結果的に夜間割引よりもピークシフト割引の方が大きくなっている。割引の最も大きいシステムは機械室内蓄熱槽であるが、外部埋設型蓄熱槽は熱源機器が小さいので基本料金が安く、総額として見ると最も安い電力料金となっている。

水道料金は建物全体の費用で示してあるが、既設設備更新ではターボ冷凍機であるために冷却塔の補給水が必要となっている。この補給水のための水道料金は無視できない程の大きさとなっている。蓄熱槽を設けるシステムでは蓄熱槽の清掃に必要な換水のための水道料である。

蓄熱槽の清掃費は蓄熱槽の形状にもよるが、17 万円～36 万円程度の費用になる。

表-1 の評価の項には単純に工事費の差額を運転費の差額で除した値を償却年数として示した。既存設備更新(1)と比較すると、省エネルギー更新(2)は償却年数が 9.6 年であり、VAV システムを追加すると 14.1 年となる。

地下ピット型蓄熱槽(4)を既存設備更新と比較すると、償却年数は 13.7 年、省エネルギー更新(2)と比較すると 41.6 年となる。同様に機械室内蓄熱槽では既存設備更新(1)と比較して、償却年数は 10.3 年、省エネルギー更新(2)と比較して、11.5 年となる。最も経済的に有利な外部埋設型蓄熱槽(6)では既存設備更新(1)と比較して、償却年数は 8.1 年、省エネルギー更新(2)と比較して、5.8 年という数値が得られた。

この経済比較により外部埋設型蓄熱槽を採用すれば、経済性もある程度確保できると言える。

5. 結論

既設ビル空調設備の更新時における蓄熱槽導入効果を試算した。この結果、地下ピット利用型蓄熱槽は建築構造上の制約も多く、経済的に不利となったが、外部埋設型蓄熱槽は容量が充分確保でき、経済的にも成り立つ可能性があることが明らかとなった。蓄熱槽の特質として、

ケース	1	2	3	4	5	6	
概要	既設設備と同じものを更新	省エネ手法を導入して更新	ケース(2)の省エネ手法とVAVを導入して更新	省エネ手法を導入して更新	省エネ手法を導入して更新	省エネ手法を導入して更新	
蓄熱槽位置	なし	なし	なし	地下ピット	地下2階機械室	駐車場地下埋設	
蓄熱容量(m ³) η:効果	—	—	—	290(η=0.7)	500(η=0.8)	900(η=0.85)	
冷凍機容量(RT)	340	260	260	260	248	130	
ピークシフト量(KW×h)	—	—	—	341.7×2	325×4	170.5×5	
夜間へのシフト量(KW/年)	—	—	—	96,151	204,527	213,883	
工事費	a. 共通仮設工事	7,900	8,440	10,500	8,050	8,050	7,550
	b. 建築工事	11,380	20,790	25,790	51,930	53,450	68,030
	c. 電気工事	2,000	6,900	6,900	8,400	8,400	8,400
	d. 空調工事	108,200	157,570	188,900	166,450	159,350	137,350
	e. 諸経費	11,020	17,830	19,710	20,050	19,430	18,850
	計 (千円)	140,500	211,530	251,800	254,880	248,680	240,180
ケース1/ケース2との差(A)	—/—	71,030/—	111,300/—	114,380/43,350	108,180/37,150	99,680/28,650	
運転費	a. 基本料金(建物全体)	18,411	18,668	18,668	19,090	18,734	15,312
	b. 電力量料金(空調用)	9,349	11,814	11,196	12,211	12,265	12,742
	c. 夜間割引	—	—	—	-519	-1,106	-1,155
	d. ピークシフト割引	—	—	—	-1,599	-3,043	-2,007
	e. 燃料費(重油)	7,457	—	—	—	—	—
	小計 (千円)	35,217	30,482	29,864	29,183	26,850	24,892
	a. 水道料金(建物全体)	18,980	17,983	17,983	18,066	18,134	18,270
	b. ボイラ保守費	1,559	—	—	—	—	—
	c. 蓄熱槽清掃費	—	—	—	174	250	360
	小計 (千円)	20,539	17,983	17,983	18,240	18,384	18,630
計 (千円)	55,756	48,465	47,847	47,423	45,234	43,522	
ケース1/ケース2との差(B)	—/—	7,291/—	7,909/—	8,333/1,042	10,522/3,231	12,234/4,943	
評価 (A)/(B)	—/—	9.6/—	14.1/—	13.7/41.6	10.3/11.5	8.1/5.8	

表-1 各システムの工事費と運転費

大規模になる程、建設工事費も運転費も経済的に有利になるために、今後は複数のビルを一つの蓄熱槽で運転する等の新しいシステムを検討する必要があるだろう。

謝辞

本研究は関西電力(株)総合技術研究所との共同研究であり、藤田尊志主任研究員はじめ関係各位に深謝致します。

参考文献

- 1) 中原信生: ビル建築設備の省エネルギー, (財)省エネルギーセンター, (1983)
- 2) 空気調和・衛生工学会: 蓄熱式空調システム, (1982)
- 3) 空気調和・衛生工学会: 蓄熱槽の省エネルギー設計手法の研究, 東京電力委託研究成果報告書, (1981)