

# 中規模事務所建築における空調システムの劣化率算定手法に関する研究

## Study on the estimated method of deterioration ratio of air-conditioning systems installed in middle-scale office buildings

原 英 嗣<sup>\*</sup> , 尾 島 俊 雄<sup>\*\*</sup>  
Eiji HARA , Toshio OJIMA

In this research, the technique of presuming how far degradation of the air conditioner affects the amount of energy consumption, when the building is used is established theoretically. Therefore, the fluctuation tendency of the amount of energy consumption across the ages of middle-scale office buildings are clarified first, and it presumes about the factor. Further, the calculation technique of degradation rate of the air conditioner is created theoretically, and the degradation rate across the ages of each building is computed. Moreover, the relation between preservation expense and degradation rate is analyzed. Finally, a case study is performed, the operation expense of an air-conditioning system is computed, and the economics of the system is evaluated.

**Keywords:** office building, air-conditioning system, deterioration ratio, maintenance cost, energy consumption

事務所建築、空調設備、劣化率、保全費、エネルギー消費量

### 1. はじめに

現在、東京都23区のオフィスビルは民生ビルの中で延べ床面積比において、約20%を占めると言われている。今後、新築需要よりもリニューアル需要が大きくなり、また省エネルギー性が求められている中で、空調設備の更新ならびにシステムの選定は、重要な課題である。

図1<sup>1)</sup>より、オフィスビルの中で、中規模オフィスビル(本研究では、延べ床面積2,000m<sup>2</sup>~20,000m<sup>2</sup>を中規模建築とする)は述べ床面積比で全体の約3分の1を占めており、大規模建築と比較し、保全形態は万全でなく、また図2<sup>2)</sup>より小規模ビルと比較して、その空調システムは、様々である。

前報<sup>3)</sup>において、保全費の経年による増加傾向を指摘し、経済寿命を用いることによって、空調設備の更新時期を算出する方法を提示した。この時、空調設備の劣化として、メーカーへのアンケートにより、法定耐用年数までに初期値の20%まで低下するという仮定を用いた。

しかし、空調設備の劣化量を測定するには、累積装置負荷ならびに累積消費エネルギー量を測定しなければならず、各種測定器が設置されている設備では測定が可能であるが、設置されていない建物では、空調設備の劣化によるエネルギー損失

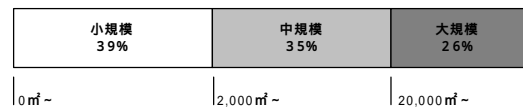


図1 東京都23区におけるオフィスビルの規模別割合 (延べ床面積比)<sup>1)</sup>

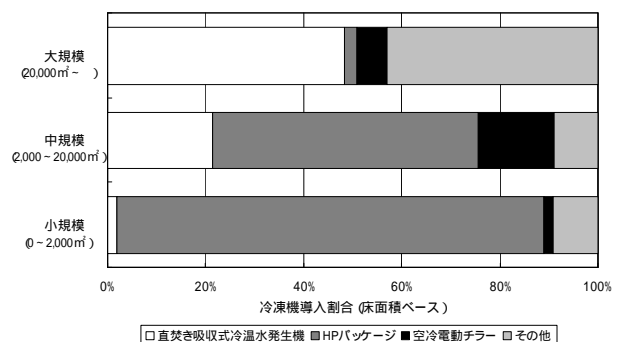


図2 東京都23区における事務所建築の冷熱源機器の導入割合(床面積ベース)<sup>2)</sup>

は算出困難であると考えられる。

そこで本研究では、建物が使用される上で、空調設備の劣化がエネルギー消費量にどれほど影響を与えるかを推定する

\* 早稲田大学理工学部建築学科 助手・工修

Research Associate, M. Eng., Dept. of Architecture, Waseda University

\*\* 早稲田大学理工学部建築学科 教授・工博

Professor, Dr. Eng., Dept. of Architecture, Waseda University

表1. 調査対象建物概要

建物名称	Aビル	Bビル	Cビル	Dビル	Eビル	
所在地	東京都港区	東京都中央区	東京都中央区	東京都新宿区	東京都港区	
建物種別	賃貸事務所ビル	賃貸事務所ビル	賃貸事務所ビル	大学研究棟	賃貸事務所ビル	
竣工年	1965	1960	1931	1991	1982	
延べ床面積	18,868㎡	9,368㎡	7,843㎡	20,893㎡	20,086㎡	
建築面積	1,682㎡	922㎡	881㎡	1,964㎡		
階数	地上9階,地下3階	地上9階,地下2階	地上8階,地下1階	地上9階,地下1階	地上9階,地下2階	
空調設備概要	設置年	1992年～	1990年～	1992年～	1991年～	1982年～2001年
	空調方式	個別方式	セントラル方式(中央方式)	セントラル方式(各階ユニット)	個別方式	セントラル方式(各階ユニット)
	主熱源設備	閉回路式水熱源ヒートポンプ	氷蓄熱システムボイラー	冷温水発生機	ビル用マルチパッケージ	冷温水発生機
	熱源種	電気	電気、重油A	ガス	電気、ガス	電気、ガス

手法を理論的に提案する。その為に、まず中規模事務所建築の経年によるエネルギー消費量の増減傾向を明らかにし、その要因について推定する。その上で、空調設備の劣化率算定手法を理論的に作成し、各建物の経年による劣化率を算出する。また、保全費と劣化率との関係を分析し、最後にケーススタディを行い、劣化率算出手法の妥当性と空調システムの稼働費を算出し、経済性から見た場合のシステムの評価を行う。

## 2. 中規模建築におけるエネルギー消費量及び保全に関する調査概要

ここで、中規模建築のエネルギー消費量ならびに保全費の調査を行った。表1に調査対象建物の概要を示す。Dビルを除いて建物用途は、賃貸事務所ビルである。Dビルは大学研究棟であるが、主用途が研究室であり、機能的に事務所と変わらないと判断し本研究対象とした。

空調設備概要は、Aビルは1992年にセントラル方式から現在の閉回路式水熱源ヒートポンプに、Bビルは1990年に氷蓄熱システムに、Cビルは1992年に吸収式冷温水発生機へとそれぞれ空調設備のリニューアルを行っている。DビルとEビルに関しては、竣工当初から同じシステム(ビル用マルチパッケージエアコン、吸収式冷温水発生機)を用いている。

調査内容は、建物概要、空調設備概要、また空調設備の更新もしくは、竣工時からの保全費、エネルギー消費量の変化についてである。

## 3. 各建物の保全実態

本研究における保全費の調査対象は、各建物の空調システムに関する保全費のうち、図3で示す保全形態のうち機器ユニットの更新を除いた物理的劣化回復保全とする。

図4に各建物の保全費の経年変化を示す。また、図5には、2001年度におけるサブシステム別累積保全費比率を示す。サブシステムは、熱源(熱源機器、熱源廻りポンプ類、冷却塔)、空調機器(AHU、パッケージエアコン類)、ダクト、配管、制御(中央監視、制御機器類)とした。図4より、Dビルの保全費は、契約保守により毎年度同額の費用が発生している。またBビル、Cビルは、保全費のピークが明確に現れており、個別空調であるAビル、Dビルは、空調機器と制御に費用が発生してい

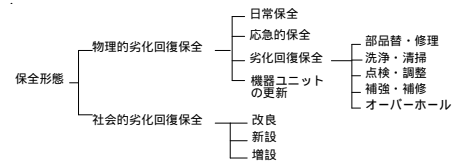


図3 保全形態の分類

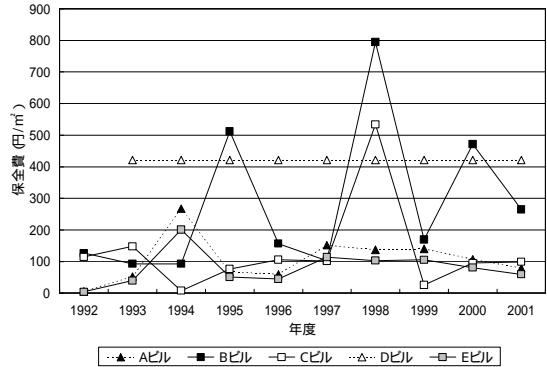


図4 空調システムの保全費

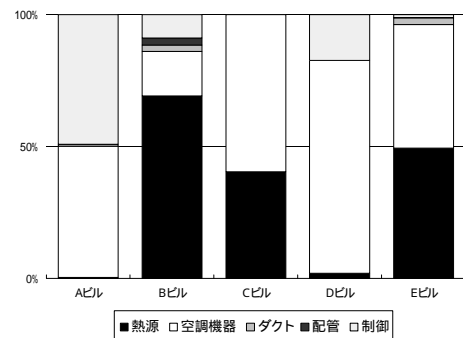


図5 サブシステム部位別累積保全費比率

るのに対し、Bビル、Cビル、Eビルは、主に熱源、空調機器に費用が発生していることがわかる。

## 4. エネルギー消費量の経年変化

図6に本研究で用いるエネルギー消費量の分類を示す。

図7に延べ床面積当たりの総エネルギー消費量(一次換算値)の経年変化を示す。電気、ガス、重油をそれぞれ熱量一次換算し、足したものである。熱量換算値を表2に示す。

図7より、2001年度時点において、Eビルが最もエネルギー

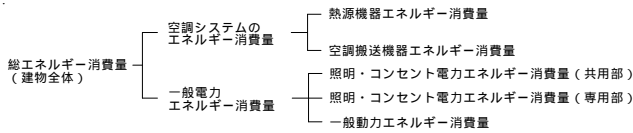


図6 エネルギー消費量の分類

表2 熱量換算値<sup>3)</sup>

	一次換算値	二次換算値
電力	10,256 kJ/kWh	3,600 kJ/kWh
都市ガス(13A)	46,046 kJ/Nm <sup>3</sup>	46,046 kJ/Nm <sup>3</sup>
重油	40,144 kJ/L	40,144 kJ/L

消費量が大きく、2,434MJ/m<sup>2</sup>・年である。最も少ないのは、Bビルで、1,475MJ/m<sup>2</sup>・年である。経年変化は、Eビルを除いて増加傾向にある。Eビルは、省エネルギー対策を実施しているため減少傾向にあった。各建物のエネルギー増加率は、Aビルは1994年基準で1.19倍、Bビルは1995年基準で1.10倍、Cビルは1992年基準で1.38倍、Dビルは1997年度基準で1.05倍、Eビルは1990年基準で0.92倍となっている。

次に、調査で得られたエネルギー消費量データから、各建物の空調システムのエネルギー消費量及び一般電力エネルギー消費量の経年変化を推定する。エネルギー消費量は、建物ごとの用途別消費量の経年変化を比較するため、熱量換算値には二次換算値を用いる。

空調システムのエネルギー消費量は、熱源機器と空調搬送機器のエネルギー消費量の和とする。Aビル、Dビルは個別方式のため、熱源機器と搬送機器が同一設備内にあるので、各個別機器の消費エネルギー量の推定を行う。Bビル、Cビル、Eビルに関しては、熱源機器と搬送機器が別々であるので、これらのエネルギー消費量を別々に推定する。

また、推定手法の共通事項として、各月の稼働日を設定する。稼働日は、平日を1日、土曜日を0.5日、日曜日・祝日を0日として、各月の稼働日を換算する。最終的に、各年度の夏期(6月～9月)、中間期(4月～5月、11月)、冬期(12月、1～2月)における稼働日1日当たりのエネルギー消費量平均値を算出する。

Aビルは、調査より1994年～2001年までの各月における建物全体の電力消費量データと、2002年度の夏期、中間期における代表日(平日)の時刻別の専用部の電灯、動力電力消費量データが得られた。建物Aは、閉回路式水熱源ヒートポンプの為、空調システムのエネルギー消費量は、専用部の動力

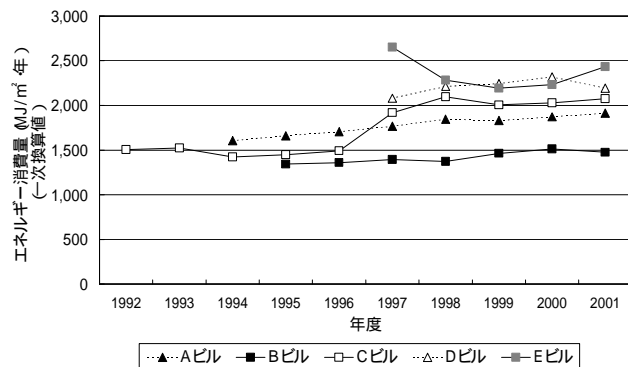


図7 各建物のエネルギー消費量の経年変化

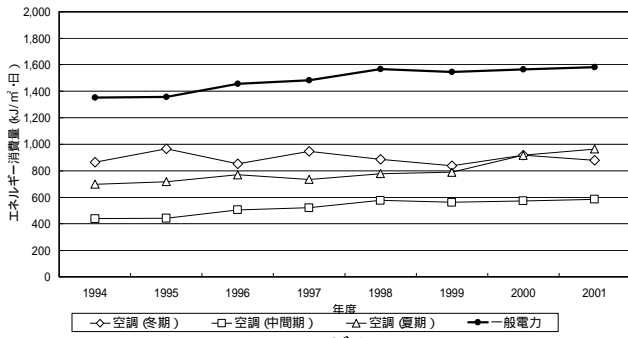
電力消費量から算出した。また専用部の電灯電力消費量データから照明・コンセント動力エネルギー消費量(専用部)を算出した。各月の電力消費量データから稼働日換算した値を用いて、夏期、中間期の空調システム及び照明・コンセント動力(専用部)のエネルギー消費量を減算した値は、それぞれ、643kJ/m<sup>2</sup>・日、681kJ/m<sup>2</sup>・日となり、これらの平均値662kJ/m<sup>2</sup>・日を照明・コンセント電力エネルギー消費量(共用部)と一般動力エネルギー消費量の合計値とした。以上より、各年度の一般電力エネルギー消費量は、照明・コンセント動力エネルギー消費量(専用部)と空調システムのエネルギー消費量の比率及び照明・コンセント電力エネルギー消費量(共用部)と一般動力エネルギー消費量の合計値とした。よって、空調システムのエネルギー消費量は、建物全体のエネルギー消費量から一般電力エネルギー消費量を減算した値とした。

Bビルは、調査より2001年7月～2002年8月における熱源機器及び空調搬送機器の詳細な日別電力消費量データ及び1995年度から2001年度までの各月の電力消費量データ、重油消費量データを得た。詳細データより、中間期における空調搬送機器の電力消費量の稼働日平均は、226kJ/m<sup>2</sup>・日である。中間期において一般電力エネルギー消費量と空調搬送機器のエネルギー消費量比率の経年変化が無いと仮定し、中間期の電力消費量データに同比率を乗じて一般電力エネルギー消費量を算出した。夏期の空調システムの電力消費量は、電力消費量データから一般電力エネルギー消費量を減算した値とする。また、冬期は重油焚きボイラーを使用している為、重油消費量から冬期の熱源機器のエネルギー消費量を算出した。

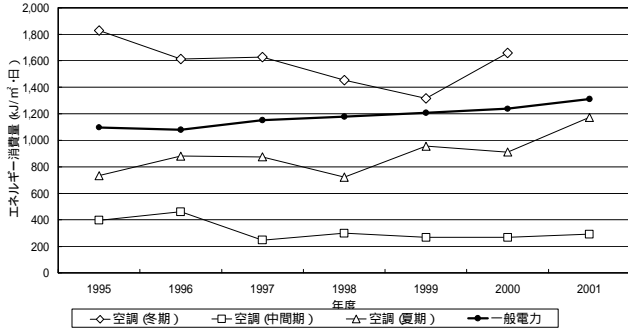
Cビルは、吸収式冷温水発生機を熱源としているため、各期とも空調用ガス消費量から熱源のエネルギー消費量を算出した。空調搬送機器のエネルギー消費量は、Bビルのデータより、空調機、ポンプの中間期における稼働日一日あたりの稼働時間を10時間とした場合の稼働率を算出し、Cビルの空調機及びポンプの消費電力より、それぞれに同稼働率を掛けて算出した結果、205kJ/m<sup>2</sup>・日を得られた。これを中間期における空調搬送機器のエネルギー消費量とし、Bビルと同様の手法を用いて経年の一般電力エネルギー消費量を算出し、夏期、冬期の電力消費量データから一般電力エネルギー消費量を減算して、夏期、冬期空調搬送機器エネルギー消費量を算出した。

Dビルは、空調システムをビル用マルチパッケージエアコンとしている。調査より1997年度～2001年度における建物全体の電力消費量データと各部屋の電力消費量データを得られた。各年度、各月の一般電力消費量は、各部屋の消費電力データと共用部の一般電力を建物Aのものを用いて、各月の一般電力エネルギー消費量を算出し<sup>注1)</sup>、また空調システムのエネルギー消費量は、建物全体の電力消費量データから、一般電力エネルギー消費量を減算したものをを用いた。

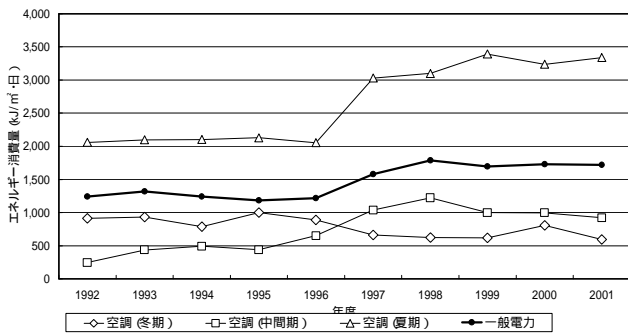
Eビルは、調査より1997年度～2001年度における各月の電力消費量及び空調用ガス消費量データを得られた。Eビルは、吸収式冷温水発生機であるので、建物Cと同様の手法より、熱源機器のエネルギー消費量は空調用ガス消費量から算



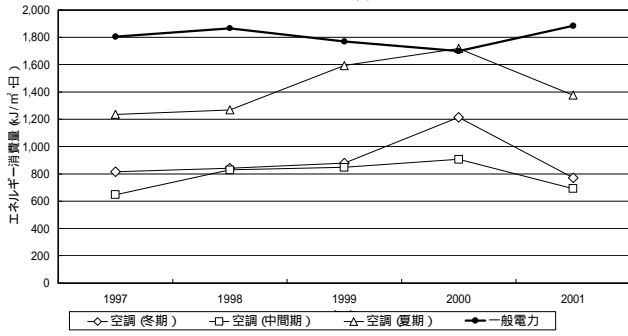
a. Aビル



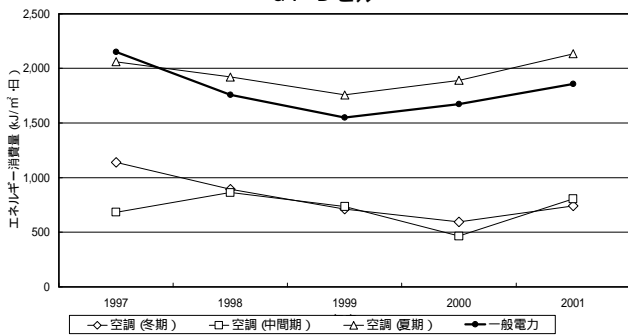
b. Bビル



c. Cビル



d. Dビル



e. Eビル

図8 各期における1日当たりの一般電力、空調システムのエネルギー消費量の経年変化(二次換算値)

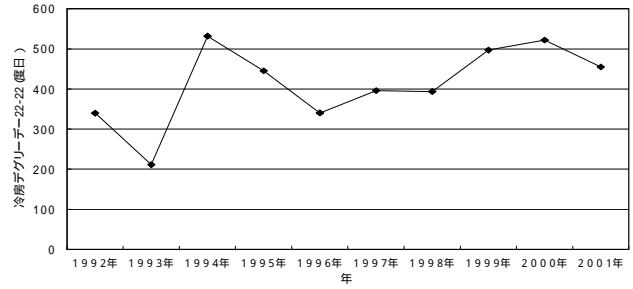


図9 夏期(6月~9月)における冷房度日(22-22)の推移

出し、中間期における電力消費量データから空調搬送機器エネルギー消費量を減算して、一般電力エネルギー消費量を算出した。また夏期、冬期の空調搬送機器のエネルギー消費量は、電力消費量データから一般電力エネルギー消費量を減算して算出した。

各建物の稼働日1日当たりの一般電力及び各期の空調システムのエネルギー消費量を図8に示す。

図8より各建物の基準年から2001年度までの一般電力の増加率は、Aビルは1.17倍、Bビルは1.19倍、Cビルは1.39倍、Dビルは1.04倍、Eビルは0.86倍となり、年間平均増加率はそれぞれ、0.02、0.03、0.05、0.01、-0.03となり、全体的な傾向は、一般電力は経年と共に増加傾向にある。

それに伴い、夏期の空調システムのエネルギー消費量は、Aビルは1.38倍、Bビルは1.60倍、Cビルは1.62倍、Dビルは1.11倍、Eビルは1.04倍となり、また年間平均増加率はそれぞれ、0.05、0.09、0.06、0.02、0.01となり一般電力よりも増加傾向にあることがわかる。

一方、冬期の空調システムのエネルギー消費量は、Aビルは1.02倍、Bビルは0.91倍、Cビルは0.65倍、Dビルは0.95倍、Eビルは0.65倍となり、また年間平均増加率はそれぞれ、0.002、-0.02、-0.04、-0.01、-0.07と全体的に減少傾向にあることがわかる。

また、図9に夏期における冷房度日(22-22)の経年変化を示す。1992年~2001年まで210~530度日の幅で推移していることがわかる。各建物の基準年からの夏期の空調システムのエネルギー消費量の増加率と比較し、外気温度の増加率以上の建物もあり、以上の調査結果より、夏期におけるエネルギー消費量の増加は、外気温度の変化と内部発熱による冷房負荷の増大、空調システムの劣化によるものが考えられる。

### 5. 空調システムの劣化率算出理論

そこで、以下に空調システムの劣化率を算出する手法を提案する。本研究における劣化率とは、空調システムの効率の基準年からの低下の割合と定義する。

図10のように、空調システム稼働n年目における夏期の空調負荷 $Q_n$ は、室内負荷 $q_n$ 、外気負荷 $L_n$ とすると、式(1)のように表せる。

$$Q_n = q_n + L_n \quad \dots(1)$$

図9より経年による外気負荷の冷房度日に比例するとし、また内部発熱は、ほとんど一般電力消費量と等しいと考えると、以下

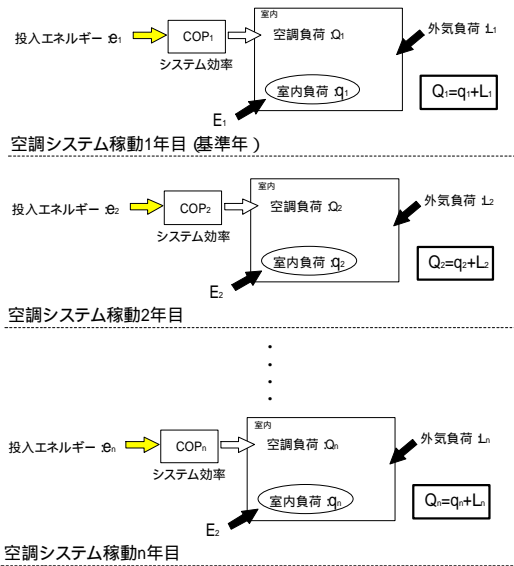


図10 夏期の空調負荷概念

の条件が成り立つとする。

$$L_n = a_n L_1 \quad \dots (2)$$

$$q_n = E_n \quad \dots (3)$$

$E_n$ : 一般電力消費量

$n$ :  $n$ 年目の基準年からの冷房度日(22-22)比率

また、空調システム効率COPは、経年により劣化するので、稼動 $n$ 年目までの劣化率を $f_n$ とすると、稼動 $n$ 年目の空調システム効率COP $_n$ は、式(4)で表せる。

$$COP_n = COP_1(1 - f_n) \quad (\text{但し } f_1 = 0) \quad \dots (4)$$

よって、式(4)より稼動 $n$ 年目の空調システムの消費エネルギー量を $e_n$ とすると、式(1)は、式(5)のように表せる。

$$Q_n = e_n \cdot COP_n \quad \dots (5)$$

また、稼動1年目(基準年)から稼動 $n$ 年目までの各エネルギー消費量の差を $\Delta e_n$ 、 $\Delta E_n$ とする。

$$e_n - e_1 = \Delta e_n \quad \dots (6)$$

$$E_n - E_1 = \Delta E_n \quad \dots (7)$$

(但し $\Delta e_1 = 0$ 、 $\Delta E_1 = 0$ )

$$Q_n - Q_1 = (q_n + L_n) - (q_1 + L_1)$$

式(2)、(3)、(5)より

$$e_n \cdot COP_n - e_1 \cdot COP_1 = (E_n - E_1) + (a_n - 1)L_1$$

式(4)、(6)、(7)より

$$(e_1 + \Delta e_n) \cdot COP_1(1 - f_n) - e_1 \cdot COP_1 = \Delta E_n + (a_n - 1)L_1$$

$$f_n = \frac{\Delta e_n - \frac{\Delta E_n + (a_n - 1)L_1}{COP_1}}{e_1 + \Delta e_n} \quad \dots (8)$$

また $L_1$ は、式(1)より以下の式で表せる。

$$L_1 = e_1 \cdot COP_1 - E_1 \quad \dots (9)$$

よって、稼動1年目(基準年)における空調システムのCOP、空調システムの消費エネルギー、一般電力の増加量ならびに冷

房度日の経年変化がわかれば、空調システムの劣化率が推定できる。

## 6. 各空調システムの劣化率の算出

式(8)を用いて、各建物の空調システムの劣化量を推定する。

各建物の一般電力及び空調システムのエネルギー消費量及び冷房度日は、3項で算出した値を用いる。また基準年における空調システムCOPは、簡易的に各種カタログ、文献より作成した熱源機器のCOP及び調査結果より推定した空調システムのエネルギー消費量より以下の式を用いて算出する。空調システムのCOPを表3に示す。

$$COP_1 = \frac{e_A \cdot COP_A - e_B}{e_1}$$

COP $_1$ : 基準年における空調システムのCOP

COP $_A$ : 基準年における熱源機器のCOP(表3設定値)

$e_1$ : 基準年における空調システムのエネルギー消費量

$e_A$ : 基準年における熱源機器のエネルギー消費量

$e_B$ : 基準年における空調搬送機器のエネルギー消費量

表3 各空調システムのCOP設定

建物名称	熱源機器名称	熱源機器COP	空調システムCOP(基準年)
Aビル	閉回路水熱源ヒートポンプ	2.97	2.97
Bビル	氷蓄熱システム	3.60	1.64
Cビル	吸収式冷温水発生機	1.08	0.78
Dビル	ビル用マルチパッケージエアコン	2.70	2.70
Eビル	吸収式冷温水発生機	1.08	0.58

図11に、各空調システムの経年による劣化率を示す。

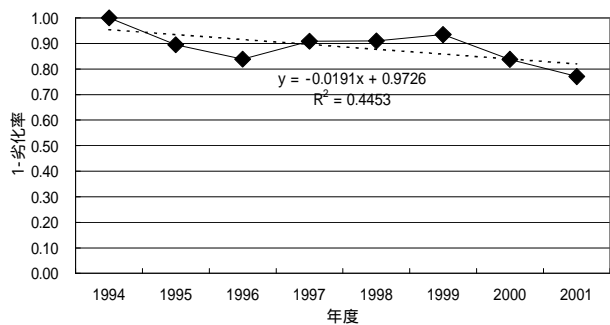
劣化率の経年変化は、年度ごとに増減があるが、全体的な傾向として、(1 - 劣化率)は減少していくことがわかる。全体的な傾向を把握する為、近似式を作成すると、Aビル(閉回路水熱源ヒートポンプ)では0.019、Bビル(氷蓄熱システム)では0.012、Cビル(吸収式冷温水発生機)では0.020、Dビル(ビル用マルチパッケージエアコン)では0.073、Eビル(吸収式冷温水発生機)は0.22となる。

Bビルの近似式の相関性が低い原因として、1998年にオーバーホールを行っている為に、(1 - 劣化率)が回復していることが考えられる。1998年以降の近似式を作成すると、0.058となる。

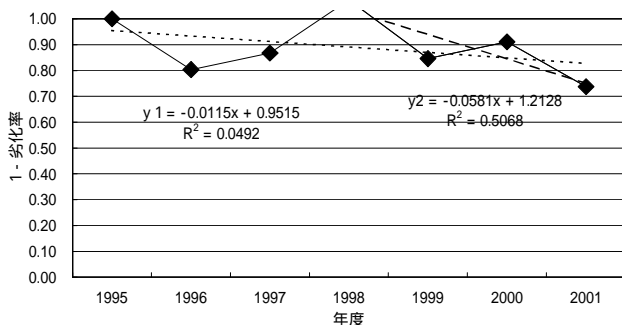
Eビルの年間平均劣化率が高いのは、他のビルと比較し空調システムの稼動年数が基準年(1997年度)において既に15年経過しており、また2001年度にはシステム更新していることから、システムとして摩耗期間に入っている為と考えられる。

(1 - 劣化率)の年間変化量と保全費の関係を分析する。図12に結果を示す。図12よりDビルは、保全費が契約保守のみであることから保全費と劣化率との関係性は見出せなかった。またEビルは、摩耗期間に入っているにもかかわらず、保全費の変化がそれほど無いために、劣化の進行が加速した結果ほぼ垂直の関係になっている。

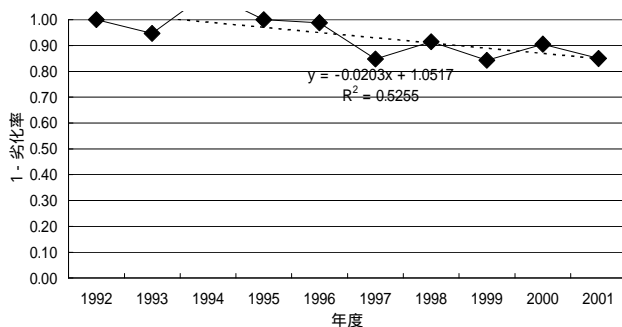
Aビル、Bビル、Cビルに関しては、保全費と劣化率との関係は、ほぼ比例関係にあると考えられる。また、保全費を掛けていても、ある額以下では、(1 - 劣化率)が負の方向、つまり劣化



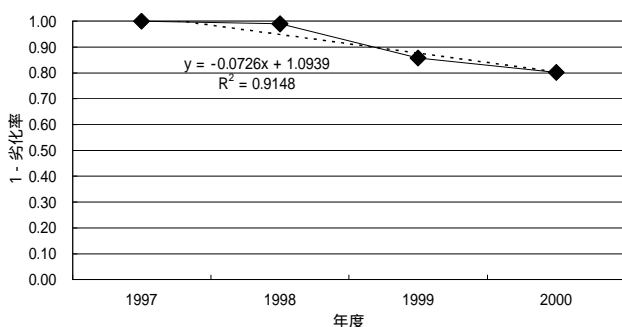
a. Aビル (閉回路式水熱源ヒートポンプ)



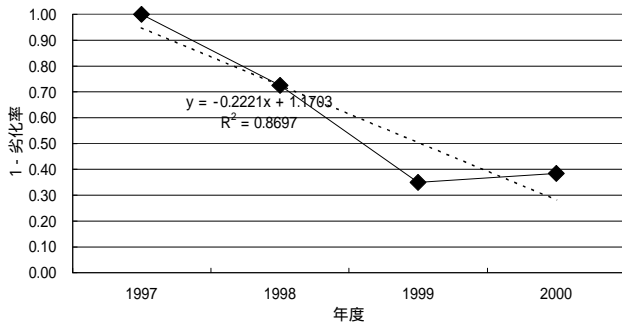
b. Bビル (氷蓄熱システム)



c. Cビル (吸収式冷温水発生機)

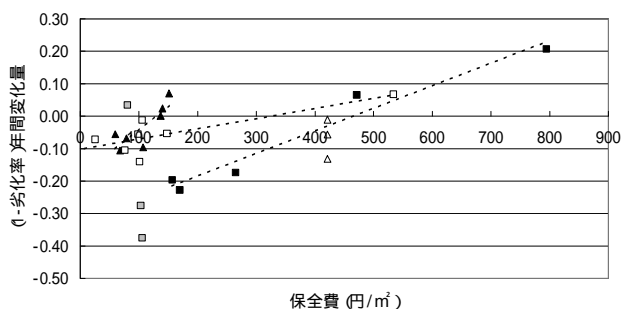


d. Dビル (ビル用マルチパッケージエアコン)



e. Eビル (吸収式冷温水発生機)

図 1 1 各建物の空調システムの劣化率の経年変化



▲ Aビル ■ Bビル ○ Cビル △ Dビル □ Eビル

近似式	Y=Ax+B		R2
	A	B	
Aビル	0.0015	-0.1872	0.6909
Bビル	0.0007	-0.3264	0.9575
Cビル	0.0003	-0.1019	0.6424

図 1 2 (1 - 劣化率) と保全費の関係

率が上昇していることから、保全行為は、空調システムの基本的な劣化に対し、それを緩和させる効果があると捉えることができる。

以上の結果より、保全費用を掛けている空調システムは、劣化率の進行が遅くなるが、基本的な劣化の進行は、進むと言える。

## 7. ケーススタディ

最後に本研究の調査結果を用いて、仮想事務所ビル (延べ床面積 10,000m<sup>2</sup>) において、Aシステム (Aビル): 閉回路式水熱源ヒートポンプ、Bシステム (Bビル): 氷蓄熱システム + ボイラ、Cシステム (Cビル): 吸収式冷温水発生機の空調システムを導入した場合の空調システムのエネルギー消費量の変化のケーススタディする。

Aビル、Bビル、Cビルの調査結果より、初年度における夏期の稼働日一日当たりの一般電力需要、冷熱負荷、及び評価年における各種設定を表 4 に示す。表 5 に各空調システムの設定を示す。

ケーススタディの結果、Aシステムでは、空調システムのエネルギー消費量は、初年度の 1.41 倍となり、Bシステムでは 1.55 倍、Cシステムでは 1.62 倍となる。これらの値は、調査結果から得られた値である 1.38 倍、1.60 倍、1.62 倍に対し、誤差が 4% 以内であることから、劣化率算出手法の妥当性がわかる。

表 4 ケーススタディ 設定 1

システム	一般電力比率 (1 - 劣化率)	冷房度日比率	初年度における需要設定	
			一般電力需要 (kWh/m <sup>2</sup> ・日)	冷房需要 (kJ/m <sup>2</sup> ・日)
Aシステム	1.17	0.77	0.334	1,660
Bシステム	1.19	0.74		
Cシステム	1.39	0.85		

表 5 空調システム 設定

システム	空調システム	熱種	空調システム COP	熱源
Aシステム	パッケージ (閉回路式水熱源ヒートポンプ)	冷熱	2.97	電力
		温熱	3.26	
Bシステム	氷蓄熱	冷熱	1.64	電力
	ボイラー	温熱	0.81	
Cシステム	吸収式冷温水発生機	冷熱	0.74	ガス
		温熱	0.83	

表6 ケーススタディ設定2

システム	空調システム	ケース1		ケース2		料金設定	需要量設定		
		劣化率/年	保全費 (円/年)	劣化率/年	保全費 (円/年)		需要量	初年度需要量	増加率
Aシステム	閉回路式水熱源ヒートポンプ	0.019	1,121,333	0	1,248,000	電力 19 円/kWh	冷熱需要量 1,590 GJ/年	夏期(6月~9月)の電力需要増加量を加算	
Bシステム	氷蓄熱	0.012	2,096,000	0	2,176,000	電力 19 円/kWh	温熱需要量 821 GJ/年	冬期(12月、1月、2月)の電力需要増加量を減算	
	ボイラー	0.013 (r1)	250,000	0.013 (r1)	250,000	ガス 55 円/Nm3			
Cシステム	吸収式冷温水発生機	0.012	4,491,429	0	4,662,857	電力 19 円/kWh ガス 55 円/Nm3	一般電力需要 930 MWh/年	2%/年	

\*1 稼働年数15年目に0.2の劣化率と設定

そこで、累積稼働費(光熱費+保全費)の経年変化及びエネルギー消費量に関するケーススタディを行う。ケーススタディ期間は、一般的に空調システムの更新年が20年前後であるため、最大25年目まで行うことにする。

ケースとして、ケース1:現状の劣化率、保全形態を維持した場合、ケース2:劣化率が0となる保全を行った場合の2ケースを設定する。年間の保全費用と劣化率の関係は、図12の結果を用いる。表6に各ケースの劣化率、保全費及び電気、ガスの単価、需要量の設定を示す。ボイラーに関して、本調査からデータが得られなかった為、劣化率を0.013/年、保全費を25万円/年とする。その他の条件として、空調システムの摩耗期間、物価変動及び気候変動を考慮しないことにする。

図13に累積稼働費の経年変化を示す。図13より、稼働年数20年目において、いずれのシステムもケース2が経済性のある保全形態であることがわかる。システムの比較では、Aシステムが最も経済性が高い。これは、システムCOPが高いことが要因である。また図14に稼働20年目におけるエネルギー消費量(一次換算値)を示す。ケース2のエネルギー消費量がケース1よりも低くなり、またシステム別では、Aシステムがもっとも有利となる。

以上より、保全に費用をかけることにより、経済的に有利となることがわかる。またシステム劣化を抑えることにより、エネルギー消費量も低く抑えられ、省エネルギー性も高くなる。

## 8. まとめ

本研究の成果として、中規模建築のエネルギー消費量及び、保全費の経年変化の実態を明らかにし、エネルギー消費量から空調システムの劣化率を算出するための一つの考え方を示した。また、劣化率と保全費の関係を明らかにし、最後にケーススタディにより劣化率算出手法の妥当性を明らかにし、また劣化率を考慮した稼働費のケーススタディを行うことで、空調システムにおける保全の経済的有利性を明らかにした。

しかし、ケーススタディにおいて、劣化率を暫定的にAビル、Bビル、Cビルの近似式の値を用いたが、Bビルに見られるように相関性が低い値を用いた場合、信頼性が低いと考えられる。また、Eビルに見られた摩耗期間における保全費と劣化率との関係性を明確にすることも必要である。今後の課題として、空調システムのライフサイクルを通しての劣化率及び保全費を解析することによって、年間の平均的な劣化率と保全費との関係性がより明らかになると考えられる。

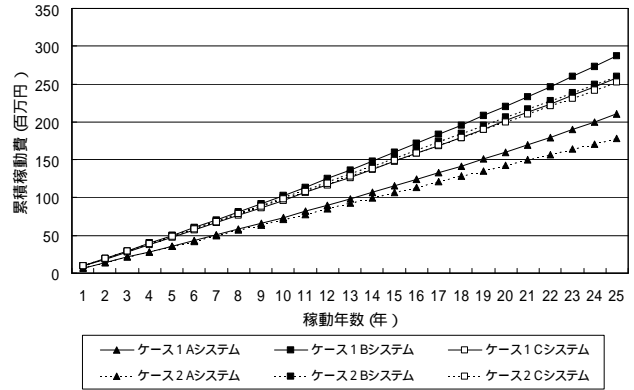


図13 累積稼働費の経年変化

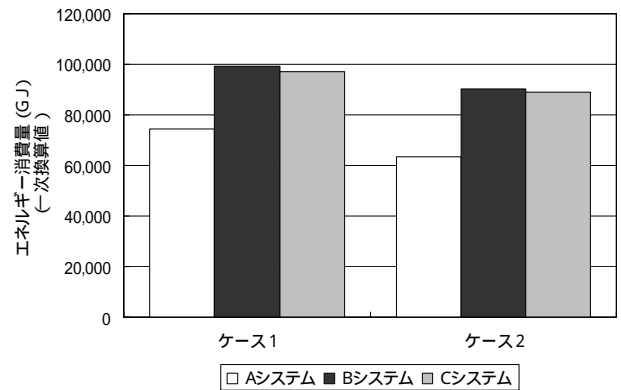


図14 稼働20年目におけるエネルギー消費量(一次換算値)

## 謝辞

本論文を書くにあたり、本研究の調査に快くご協力いただいた各オフィスビルの経営者並びにビル管理者の方々に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 東京都都市計画地理情報システムデータベース, 東京都都市計画局総合計画部, 1997
- 2) 足永靖信, 田中稔, 山本亨, 田口明美 冷熱源機器の導入割合を考慮した空調システムおよび関連機器の地域排熱量に関する研究, 空気調和 衛生工学会論文集, No.86, pp77~86, 2002.7
- 3) 原英嗣, 高偉俊, 尾島俊雄 事務所建築における空調設備の保全費予測と更新時期の評価手法に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第547号, pp209~214, 2001.9
- 4) 尾島俊雄研究室 建築の光熱水原単位, 早稲田大学出版部, 1999.5
- 5) 井上宇市 建築設備がケツブック, 相模書房, 2001
- 6) 木村建一 環境工学, 彰国社, 1996
- 7) 建築設備設計マニュアル 空気調和編, (社)建築設備技術者協会, 1992
- 8) 建設大臣官庁官庁営繕部監修: 建築物のライフサイクルコスト, 財団法人経済調査会, 1998

## 注

注1) DビルとAビルは、共に約20,000㎡であるため、共用部の電力消費量を同規模と捉えた。