HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ビル暖房における運転実績の検討（I）
Author(s)	落藤，澄；浅野，賢二；沢登，龍彦
Citation	衛生工学，14，45-66
Issue Date	1967-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/36188
Type	departmental bulletin paper
File Information	14_45-66.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

ビル暖房における運転実績の検討〔Ⅰ〕

落藤　澄*
沢登龍彦**
浅野賢二***

Investigation on the Actual Heating Situation of Office Buildings

Kiyoshi OCHIFUJI
Tatsuhiko SAWANOBORI
Kenji ASANO

Abstract

How much are the capacity of the boilers, actually being used for the heating at the general office buildings in Sapporo City? And, how the heating equipments of those buildings are operated?

To examine these subjects, the authors investigate the rated output of the boilers, the quantity of fuel consumption and heating cost of the each buildings. And they discuss the load factor and thermal efficiency of those boilers.

Then they dig up some problems and give some advice to the heating engineering.

1　はじめに

暖房とは室を所定温度にある期間保つことを云う。この暖房と室温の関係は，外界条件，建物の熱特性，設備の熱特性，ボイラーの運転方法などによつて決まる。暖房の設計は，これらの要素を考慮して，最も経済的な建物，暖房設備およびボイラーの運転方法をみつけることである。しかし各要素，あるいはその綜合特性は非常に複雑であり，現在の煩雑な理論的解析をそのまま設計に持込むことは問題である。

しかるに実際の設計は，これらの要素を充分検討することなく，経験によつて行なつている。そのため暖房設備に無駄ができたり，実際の運転に不都合が生じている。

＊衛生設備工学講座助教授
＊＊産業環境工学講座助教授
＊＊＊衛生設備工学講座助手

本論文の目的は，実際のビル暖房の実態を調査し，問題点を抽出するとともに，それを検討することによつて，今後の暖房設計法の足掛りをつくることである。

また別の目的は，ビル側の立場から，実際の暖房が，既設の設備を有効に利用して経済的な運転をしているかどうかを診断することである。普通，設備設計者と設備管理者との間に技術的提携がみられない。したがつてビル側が設備に適した運転方法を必ずしも行なつていない。暖房期間の長い寒冷地において，僅かのボイラー効率の相違が，熱経済に影響するのである。

そこで今回は規模の大きな事務所建築を対象に，設備概要，使用状態，燃料消費，暖房経費およびボイラー効率についての実態を検討する。

2　建物および暖房設備

札幌市の中心街において，昭和３０年より同４０年までの１０年間に建設された事務所建築で，延床面積が５０００㎡以上，あるいは建築面積が1,０００㎡以上の建物は３０軒ほどあり，このうち官庁建築が７軒，民間建築が２３軒となつている。

各建物の暖房方式は，直暖８軒，空調２２軒，さらに民間建築に限れば直暖２軒，空調２１軒となつていて，空調が非常に普及していることがわかる。

また各建物の燃料は，重油焚１７軒，石炭焚１３軒であるが，昭和３７年以後に建設された建物では，重油焚１１軒，石炭焚２軒となり，ほとんどの建物が重油を採用している。

そこで，これらの建物から，比較的規模の大きい民間ビル９軒を選び，建物と暖房設備の概要，建物の使用目的および設備面積について検討を加える。

2—1　建物および暖房設備の概要

表—１に建物と暖房設備の概要を示す。いずれの建物も鉄骨鉄筋コンクリート造の多層建築で，かつ暖房は空気調和方式によつている。表中，暖房面積率とあるのは，延床面積に対するもので，７０％～８５％にわたつている。ただし暖房面積には，調和空気の流通経路と云う立場より廊下階段を含めている。外表面積率とは，外気に接する表面積と延床面積の割合で，３０％～５０％を示し，小さな建物程その比率が増す傾向にある。また窓率は１５％～２０％と建物による差は少ない。

平均熱貫流率とは，窓および外壁の面積平均でありＦビルを除くと　2.0～2.5 $\mathrm{Kcal}/\mathrm{m^2 \cdot h \cdot deg}$ の値をとる。

空気調和方式は，中央ダクト，各階ユニット，二連ダクトなどである。そのゾーニング数が5～40系統と建物によつて著しく相違する。いずれの建物も，窓側ペリメータゾーンに直暖の放熱器をおくか，またはスリット吹出口を設けて窓あるいは外壁に沿つて温風を吹付けている。しかしその風量は，全送風量に比べると僅かである。

一般に全館暖房の定常状態における建物の暖房負荷は，窓あるいは外壁からの貫流失熱と隙間風による失熱である。もし空調によつて室内を常に正圧に保つならば隙間風を考慮する必要はなく貫流失熱のみとなる。したがつて室の暖房は，窓あるいは外壁近く，すなわちペリメータゾーン付近に行なうべきである。それに対し夏の冷房負荷は，インテリアゾーンにも照明あるいは人体発熱などの負荷が生じ　しかも窓あるいは外壁ゾーンの負荷と同じ程度，場合によつてはそれ以上の値を示す。した

表－1　建物および暖房設備の概要

		単位	Aビル	Bビル	Cビル	Dビル	Eビル	Fビル	Gビル	Hビル	Iビル
用途			貸事務所	貸事務所	貸事務所	貸事務所	貸事務所	貸事務所	貸事務所	貸事務所	貸事務所
構造			鉄骨鉄筋コンクリート	鉄骨鉄筋コンクリート	鉄骨鉄筋コンクリート	鉄骨鉄筋コンクリート	鉄骨鉄筋コンクリート	鉄骨鉄筋コンクリート	鉄骨鉄筋コンクリート	鉄骨鉄筋コンクリート	鉄骨鉄筋コンクリート
建設年度			昭和37年	昭和37年	昭和39年	昭和31/40年	昭和39年	昭和39年	昭和39年	昭和39年	昭和36年
規模	地下	階数	2	2	2	2	3	2	3	1	2
	地上		9	9	9	9,11	12	9	9	8	9
	塔屋		3	3	2	1, 2	3	2	4	3	2
敷地面積		m^2	2,551	2,549		2,511	2,616	859	1,268	1,365	908
建築面積		m^2	2,492	2,438	1,030	2,318	1,972	782	1,176	999	
延床面積		m^2	25,957	24,949	10,530	23,349	28,669	8,255	13,475	8,407	8,282
階高	基準階	m	3.2	3.2	3.4	3.5	3.2	3.2	3.3	3.5	
	機械室	m	4.3	4.3	4.5	4.6	5.5	4.0	5.5	4.9	
暖房面積率		%	83	83	72	77	83	71	76		
外表面積率		%	42	42	50	35	32	58	42	16.5	
窓率		%	17	17	14	15	22	21	14	24.3	
平均熱貫流率		kcal/degm^2	2.2	2.6	2.3	2.1	2.4	1.5	2.3		
空調方式			各階ユニット	各階ユニット	中央ダクト	中央ダクト	各階ユニット 中央ダクト	中央ダクト 一部直暖	二連ダクト	各階ユニット	各階ユニット
ゾーニング数			32	41	5	8	17	4		12	
ボイラー常用出力		t/h	7.5	5	5	6	12	4	6	2	3
燃料			石炭	重油	重油	重油	重油	重油	重油	重油	重油
給湯・設備			あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	

がつてインテリアゾーンに対しても充分空調しうる方式でなければならない。

その意味からして冷房中心の関東・関西の空調方式を暖房中心の北海道で，そのまま採用することは望ましくない。対象ビルの空調方式においてこの問題を特に考慮して設計してある例は少ないと云える。

2—2 部門別の面積および容積比率

建物の部門別の面積比率を付表—1に示す。収益部門は全館に対し６５％～７５％を示す。そして建物の規模が大きい程比率が増す傾向にある。この収益部門は，事務，集会，車庫，店舗にわけられ，その内訳の比率（事務７０％～９０％，集会５％～１６％，車庫５％～１５％，店舗０～１０％）から判断して，対象とした建物は典型的な貸事務所建築の形態を有し，建物間に用途上の大きな相違が認められないと云える。

次に機械室部門は，全館に対し５％～１０％である。この比率と建物との規模の相関はない。空調方式に関しては，中央ダクト方式と二連ダクト方式が各階ユニット方式に比べ若干小さい値をとつている。しかし各建物の比率の相違は主に，ビルによつて機械室を必要以上に広くとつたり，逆に狭くとつたりしているために生じたものと思われる。機械室面積のほぼ半分は空調部門で占め，さらに空調部門の大半は空調器室で占められる。したがつて空調方式の複雑な建物ほど，空調部門の割合が大きい。ボイラー室と燃料庫・灰庫は，機械室の１０％～１５％，全館の0.５％～1.５％の面積比率である。

次にシヤフト部門は全館に対し５％～１０％である。一般にシヤフト，廊下階段，便所給湯などの共用部分は，建物の大きい程延床面積に対する比率が減少し，建物の利用率を増す傾向にある。ただシヤフト面積の比率は建物規模ばかりでなく空調方式によつても相違する。付表—１より，中央ダクト方式の比率が各階ユニット方式に比べ明らか大きくなつている。

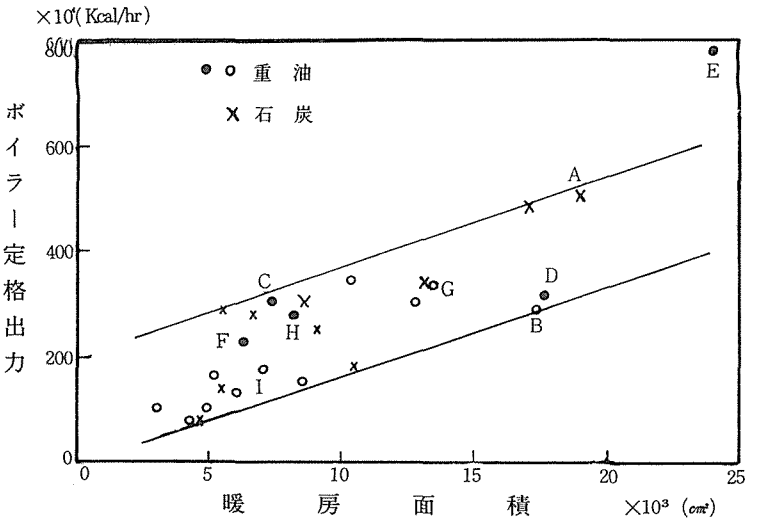
付表—２にＡ・Ｂビルの容積一覧を示す。全館に対する収益部分は５５％，機械室部門は１０％，シヤフト部門５％の比率である。天井裏スペースは，約２０％となる。天井裏は配管スペースと考えられるので，機械関係スペースの総計は，機械室１０％，機械シヤフト２％（シヤフト部分），天井裏２０％の合計３２％となり，非常に大きな容積を占めていることになる。建築は空間を創造し，それを利用するものである。したがつて今後天井裏スペースすなわち配管スペースをより機能的，合理的に設計することが必要である。

付表—３～４に，Ａ・Ｂビルの方位別窓率を参考まで示す。両ビル共，東・南で車道に面している。

付図—1～3は，各建物の基準階平面図，および外壁，窓の構造を示したものである。

2—3 ボイラー容量と暖房面積

図—１は各建物のボイラー容量を暖房面積について表示したものである。建物は，Ａ～Ｉビルのほかに最初に述べた３０軒を対象にしている。図—１によると，ボイラーの定格出力は暖房面積の増加につれ増す傾向にあるが，そのはばは大きい。暖房面積がほぼ同じ建物で，ボイラー容量が２倍も違うものすらある。また外表面積について整理しても同じことが云える。勿論，ボイラーを暖房以外の給湯あるいは融雪の目的に使用している所もあり，一概に比較できないのであるが，給湯負荷は暖房負荷に比べ非常に小さいこと，融雪は通常ボイラーの余力利用であることの理由から，その相違は無視できる。



図－1　暖房面積とボイラー容量の関係

一般にボイラー容量は，

① 外気温

② 不作為暖房（人体，照明，日射など）

③ 設定室温のプログラム

④ 建物の熱的特性

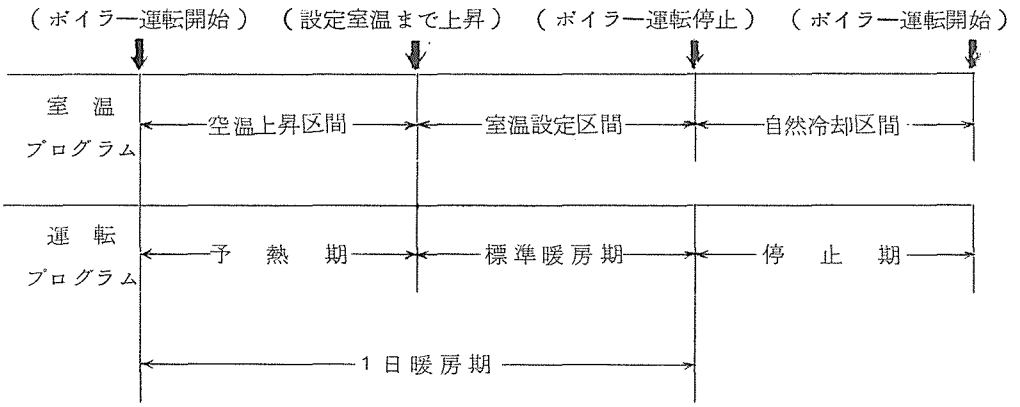
⑤ 暖房設備の熱的特性

⑥ 暖房運転のプログラム

などを考慮して決めるべきものである。従つて，ボイラー容量の比較をするに際し，各建物の各項目を検討する必要がある。ただA～Iビルの対象建物が画一的な事務所建築であることから，①～④に関し大きな相違はないと云えよう。ただ⑥の運転プログラムで，予熱時間は建物によつて異なり，それがボイラー容量に大きく影響することは推定される。いずれにせよ，既設建物のボイラー容量がこれらの条件を考慮して設計したとは考えられず，各建物間の大きな相違は，いかに設計法があいまいであるかをしめしている。

3　暖房の運転実績

A～Iビルの暖房は，日曜日は休止し，月～金曜日は朝9時頃までに設定室温に上昇するよう運転を開始し，ほぼ17時まで室温を一定に保ち，以後建物の1部を除いて暖房を停止する。また土曜日は，ほぼ正午に暖房を停止する。ここで暖房運転のプログラムおよび設定室温のプログラムを次のように区分する。



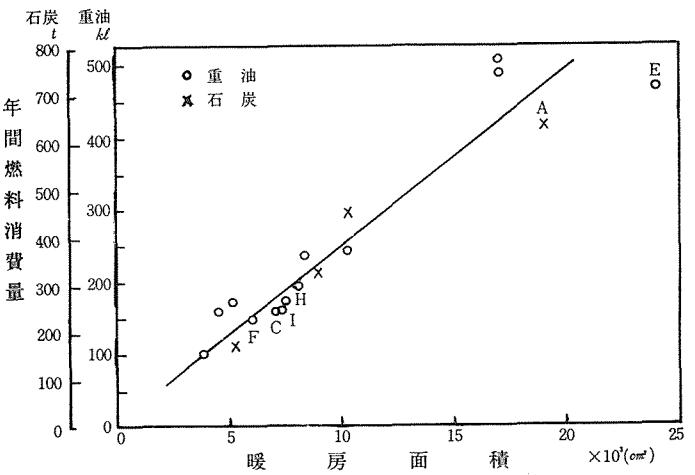
3—1 燃料消費量

a）年間燃料消費量

図—2に各建物の昨シーズンの年間燃料消費量を暖房面積について示す。縦軸の石炭消費量は1tonを重油0.65klに相当とみて目盛つてある。冬期以外の季節に給湯を行う建物も含まれているが，暖房面積と消費量との相関がかなり明確に出ており，単位暖房面積当り年間消費量は重油250kl/m²年，石炭380t/m²年前後である。

b）1日燃料消費量

図—1中黒点で示した重油焚の建物（C・D・E・F・Hビル）につき，昨シーズンの最低気温を示した日を含む週と月曜日に最も低い気温の谷を示した週を選び，単位暖房面積当りの1日重油消費量を示すと図—3となる。なお，日平均外気温，日平均風速，水平面日射量および室温設定区間の平均室温を併記してある。これらの資料は，ビル側あるいは気象庁のデーターである。これによると，規模の小さい建物程，単位暖房面積当りの燃料消費量が大きくなつている。その理由は，



図—2 暖房面積と年間燃料消費量の関係

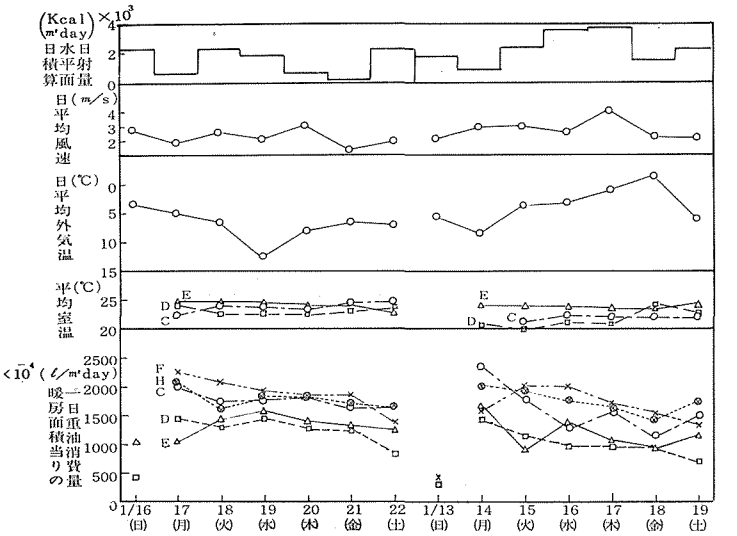


図 — 3　曜日別重油消費量

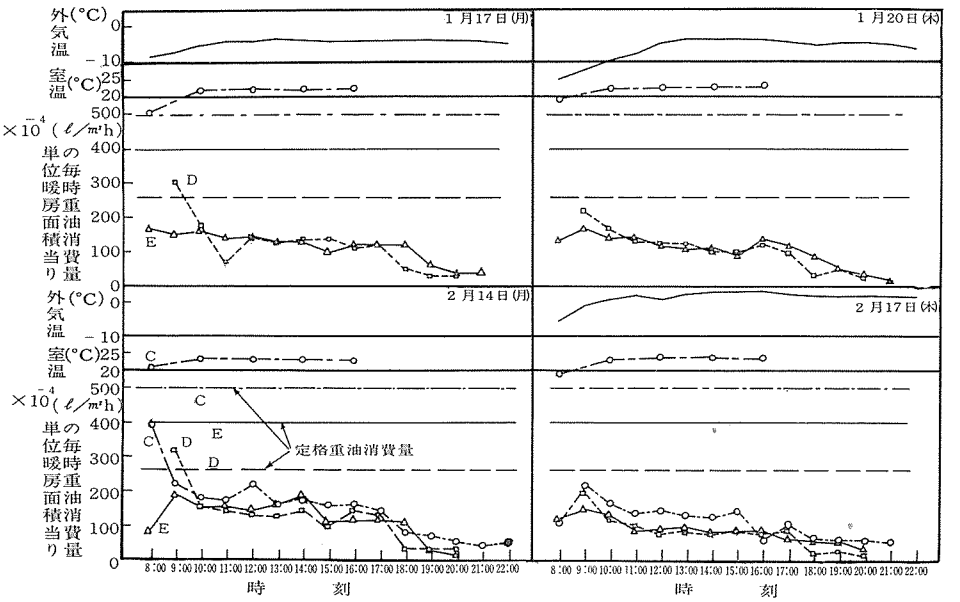
暖房面積に対する外表面積の割合が建物の規模で異なるためであろう。昨シーズンの最低気温は1月20日（木），朝7時の−18℃であり，日平均外気温では前日の水曜日に生じている。したがつて月曜日以外のウイークデイの最大暖房負荷は，最低気温を示す当日か翌日におこるが．両日とも月曜日の負荷よりも小さい。また，予熱を考えるとき，普通の事務所建築では前日が暖房休止日である月曜日が大きいことは云うまでもない。したがつて，シーズンを通し，最も負荷の大きくなる日は，前日あるいは当日に最低気温を示す月曜日であり，今シーズンは2月14日にあたる。なお，各建物の室温はほぼ同じとみることができる。

c）時刻別消費量

上記2週の月曜日と木曜日について時刻別の毎時燃料消費量の把握できるC，D，E，ビルにおける消費量と暖房面積の関係を示したのが図—4である。暖房面積当りの消費量は各建物ともほぼ同じ値を示している。各建物の予熱時間はCビル1時間30分，Dビル1時間，Eビル2時間である。ただし，これにはボイラーその他の装置予熱時間も含む。

1月17日（月）について，ほぼ同じ面積のDビルとEビルの予熱期に注目すると，毎時燃料消費量がEビルはDビルの40％である。これは，予熱時間が1方が1時間で他方が2時間であることによる相違とみてよい。一般に，予熱時間が長い程毎時予熱量すなわちボイラー容量は小さくてすみ，逆に全予熱量は大きくなる。その極限は連続暖房であり，間欠暖房の予熱割増を必要としないかわりに燃料を最大に消費する。

予熱期と定常期における毎時消費量の比率は，C〜Eビルに関する限り1.3〜2.2となり，予熱時間の短かい建物程この範囲内で大きい値をしめす。この比率は，ただちに予熱期と定常期における暖房の熱量割合を意味するのではない。その理由は，まず予熱は建物ばかりでなく暖房装置にも必要であり，全て暖房（建物を暖めること）に利用できないこと。またボイラー効率も予熱期と定



図－4　時刻別重油消費量

常期で異なると思われるからである。間接暖房の装置予熱は主にボイラーである。したがつて次節で述べる予熱期と定常期の蒸発量の比は，より正確に暖房の熱量割合を表わすことになり，その比は若干小さくなる。ところで．定常期における外気負荷は全負荷の半分ぐらいを占めている。予熱期において，この外気を導入しないならば，外気負荷の余力を建物の暖房に利用できる。もし全く外気を導入しないならば，定常期と同じ運転状態で約2倍の熱量を建物に供給できるわけである。したがつて実際の予熱期と定常期における建物への供給熱量の割合は，前記比率より大きくなる。このように空調建物のボイラー容量は，外気負荷の問題を考慮して設計しなければならない。

図－4に各ボイラーの定格重油消費量を直線で示してある。この値と実消費量の比は燃料に基づく負荷率である。次節で詳しく負荷率について述べるが，ここで各建物のシーズンを通じての最大負荷率をみると，Cビル８０％，Dビル１２０％，Eビル５０％である。CビルおよびEビルのボイラーは大きいといえる。とくにEビルは過大であり，かつその容量が有効に利用されていない。ボイラー容量に関する限り，2時間の予熱時間をもつと短縮する能力を持つている。Eビルが実際にこのような運転を余儀無くされているとすれば，その原因は空調器容量がボイラー容量に比べ小さく，暖房能力を制限させているものと推察される。

ボイラー容量は，本来前節で述べたように建物の熱的特性，装置の熱的特性，室温および建物のプログラムなどを考慮して決めなければならない。ただ通常のビル暖房は，間欠運転であり，したがつてボイラー容量は予熱の強さによつて決まる。従来からの簡便法①として定常負荷の何割増というのがある。しかし，その割増が，装置の予熱に対するものか建物の予熱に対するものか背後の思想が明確でなく，また割増率の根拠もあいまいである。いずれにせよボイラー容量に関しては，ある割増を考えて設計をしている。それに対し放熱器（熱交換器）には，とくに割増をみていない。

ただ１．２の文献②によると室の必要熱量に予熱割増をしている例もある。しかし，その割増とボイラー側の割増との関係が明らかでない。

蒸気の放熱器は温度源である。蒸気ボイラーの特性から，放熱器の温度を設計圧力以上に高くできない。しかも許容圧力の変動範囲内では温度がほとんど変化ない。したがつて蒸気においては，過大な負荷を放熱器の温度上昇でまかなうことは不可能である。

もし定常負荷で放熱器を設計すれば，予熱期にどうなるかを考えてみると，室温は定常期２０℃，予熱期平均１０℃，放熱器温度は両者とも１００℃とみなすと，温度差が８０degと９０degになり，放熱量は定常期の約１割増となる。実際のビルにおいて予熱期の室温はもつと高く，温度差による放熱の増加はあまり期待できない。

このように，蒸気暖房の性質上，放熱器（熱交換器）にボイラーの割増に見合つた割増を行なわないと放熱器がネツクになつて予熱できないことになる。ただし注意すべきことは，放熱器は建物に対する予熱を対象にすればよいのに対し，ボイラーは装置と建物に対する予熱および配管損失を考えねばならないことである。間接蒸気暖房では，配管の予熱はごく僅かである。またビル暖房における配管損失は普通云われているほど大きくない。

放熱器の割増による弊害は各放熱器に自動制御機器をつけない限り，定常期にも予熱期と同じ放熱をしてしまい，室内を過熱するおそれのあることである。そのような時には断続運転にすることになるが室温の変動がはげしくなる。なお，温水暖房においては，過大な負荷に対し温度上昇（流量増加）によつてある程度まかなうことができるが，それにも限度があり蒸気暖房と同じ現象が生ずることになる。

3—2　暖房経費

表—２に暖房経費の推定値を示す。表中，修理費，燃料費，人件費は大体ビル管理の資料に基づいている。税金とは固定資産税のことで経年減少を示すが，他方修理費は増加するので両者あわせて返

表—２　暖房経費（推定値）

諸経費 / ビル名	暖房面積当り〔円/m²・年〕					正味利用熱量 10^3 kcal当り〔円/10^3 kcal〕				
	修税理金費	燃料費	人件費	年賦返済	総経費	修税理金費	燃料費	人件費	年賦返済	総経費
某ビル	37	140	167	215	559	0.30	1.13	1.35	1.73	4.49
某ビル	38	235	170	218	661	0.30	1.60	1.15	1.47	4.52
某ビル	49	228	237	207	711	0.36	1.60	1.68	1.46	5.08
某ビル	40	158	205	207	610	0.44	1.59	2.07	2.09	6.19
某ビル	58	195	140	404	797	0.41	1.61	1.15	3.10	6.28
某ビル	36	246	246	252	782	0.28	1.76	1.76	1.84	5.64
某ビル	43	216	262	216	737	0.32	1.60	1.93	1.60	5.45
某ビル	62	218	212	235	727	0.41	1.67	1.38	1.55	5.01

表の年賦返済の対象はボイラーまわり設備費と建設費である。
諸経費は昭和４０年のものである。

済期間はほぼ同額になるものと考えている。年賦返済は１５年返却，利子１割として計算してある。元金の対象はボイラーまわり設備費およびボイラー関係室の建設費であり，設計資料に基づいて推定した。総経費は暖房面積当り６００円～８００円，正味利用熱量当り 4.5円～6.0円であり，建物の規模が大きい程安くなつている。なお熱量当りの経費算出は，重油焚のボイラー効率を７０％，石炭焚で６０％として求めている。

4　ボイラーの運転実績

4—1　調　査　方　法

対象とした建物は，ボイラー負荷率に関しC～Gビル，ボイラー効率に関しC・Dビルである。実測した建物は，C・Dビルであり両ビル共給水流量計をとりつけている。実測は，燃料消費量，蒸気発生量，排ガス分析および排ガス温度について行なつた。燃料と蒸気量はビル側付属計器を使用し，予熱期１０分毎，それ以外は３０分毎に測定した。ただし蒸気量は給水流量計より求めており，測定前後におけるボイラー水位の相違による誤差については別に検討した。またこれらの計器を検討する機会がなかつたのでどの程度の誤差があるか不明であるが，これについてはいずれ検討する予定である。排ガス分析の試料は排ガス出口附近において採取し，オルザットガス分析装置を用いて分析を行なつた。また排ガス温度は，排ガス採取位置においてA－C熱電対で測定した。

C・Dビルのボイラー仕様は次の通りである。

Cビル　平川MP—504　常用出力 2.5 t/h，常用圧力 5 Kg/cm^2
　　2　基　　定格出力 2.9 t/h，最高使用圧力 7 Kg/cm^2
Dビル　平川MP—703　常用出力 2.0 t/h
　　3基　　定格出力 2.4 t/h

4—2　ボイラー負荷率*

１日の時刻別蒸気発生量，または燃料消費量の明らかなC・D・Eビルについて，厳寒期（昭和４１年1月１５日～２月２０日）における標準暖房期平均負荷率（９.００～１７.００）と，日平均負荷率の関係を求めると図—５のようになる。各ビルの予熱時間は，それぞれ 1，1.5，２時間である。これより，一般に実施されている予熱時間が１～２時間の範囲では，厳寒期において，おおよそ

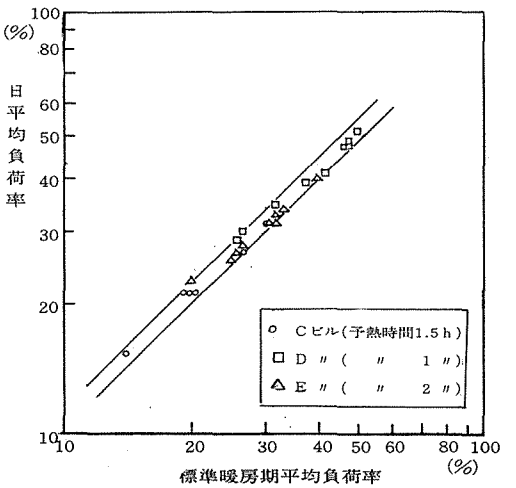
$$\frac{\text{日平均負荷率}}{\text{標準暖房期平均負荷率}} = 1.1$$

とみなすことができる。

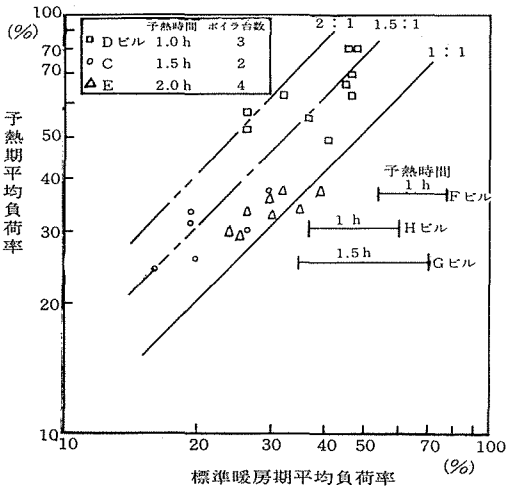
標準暖房期平均負荷率と予熱期平均負荷率については図—６のようになる。図より，Eビルにおけるシーズン最高の予熱期負荷率は，約４０％であるから，前節で述べたように，ボイラーからみれば３台でも充分であり，また予熱時間の短縮も可能である。F・G・Hビルについては１日燃料消費量がわかるのみである。これに対して図—５の関係から，標準暖房期負荷率を推定すれば，図—６の下部に記入した範囲になる。これより，F・G・Hビルのボイラー容量は，おおよそ妥当なものとみることができる。C・D・EおよびGビルのボイラーは，３パス形であり，F・Hビルのそれは，セ

＊脚註　付録（１）参照

クショナル形である。また，各建物とも間接暖房ではあるが，その方式も異なるので，これについてはさらに多くのデーターによる比較が必要である。



図－5　標準暖房期と1日の平均負荷率の関係



図－6　標準暖房期と予熱期の平均負荷率の関係

4—3　ボイラー効率*

CおよびDビルにおける，3パス形ボイラーの標準暖房期平均ボイラー効率と平均負荷率との関係は，図－7のようになる。ボイラー運転時間③基準の負荷率を考えた場合，要求される同じ暖房負荷に対しては当然負荷率も同じ値になるが，燃焼状態（バーナー燃焼時間，燃焼周期など）はバーナーの特性その他により一般に異なる。バーナー燃焼時間が短かい間欠燃焼においては，バーナー停止中ダンパーなどよりの空気漏えいによる熱損失がある反面，炉内温度の低下により放熱損失が減少する。今回の調査においては，ボイラー効率に及ぼすバーナー燃焼状態の影響は，図－7のように認められなかつた。ただし，データーは燃焼時間率③が約20％以上のものである。このように，ボイラー効率と負荷率，あるいは，ボイラー効率と燃焼状態に明らかな相関関係は無いと云える。

また，CビルとDビルとでボイラー効率に差が認められるが，ほぼ70％～85％の範囲におさまつている。ボイラーの運転において問題となるものの一つに空気比（空気過剰係数）および排ガス温度がある。図－7の運転状態における排ガス分析によればそれぞれ表－3のようになる。

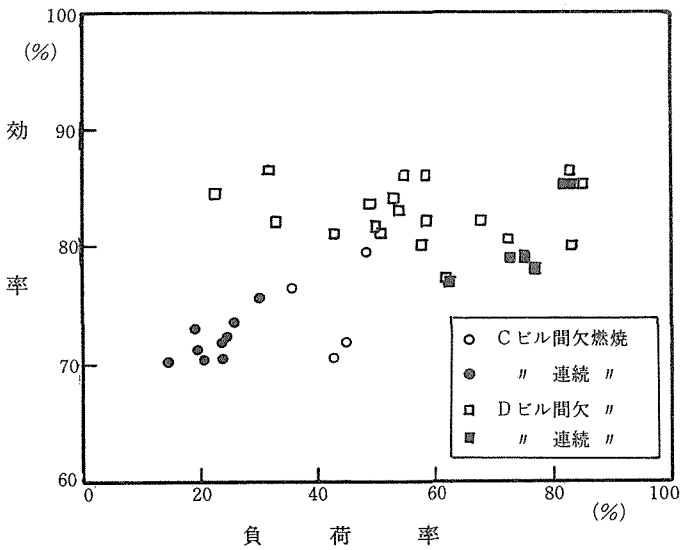
排ガスの採取に際しては充分注意し，バーナー停止直前のものは含まれていない。それにも拘わらずかなりの変動があるのは，バーナー付属の一次，二次空気用ダンパー

表－3　排ガスの性状

	CO_2 %	空気比	排ガス温度℃
Cビル	7.2～13.2	1.14～2.08	270～350
Dビル	9.8～12.6	1.19～1.53	275～295

$(CO_2)max = 15\%$とする。

＊脚註　付録(2)参照



図－7　負荷率と効率の関係

の精度および外界条件によるドラフト変化のためとも考えられる。

なお1日間のボイラー効率は標準暖房期の効率より低く，その差は約5％となる。それは，1日間の場合，ボイラーおよび補給水の予熱を考えているのに対し，定常時の標準暖房期の場合考えていないためによる相違であり，同じ効率といつても意味が違うのである。この日ボイラー効率はシーズンを通して同じでなく，厳寒期の1．2月は軽負荷時の10．4月よりも高い。しかし，その差はごくわずかで前述の軽負荷率によつて効率が変わらないことを裏付けている。

5 あ と が き

1. 比較的規模の大きな事務所建築の暖房は，ほとんど空調方式で，かつ重油焚である。また各建物の使用状態に大きな相違はみられない。
2. 各ビルのボイラー容量と暖房負荷の相関は認められない。
3. ボイラーの負荷率は，建物によつてまちまちであり，厳寒期の予熱時においてすら，かなり低い値をしめす例もある。そのうちの1つは，ボイラー容量が過大なもの，他の1つは，空調器容量が過小なものである。
4. このように，ボイラーと空調器に，容量の上で適正なバランスがとれていないと，ボイラーに余力があつても熱交換器で暖房能力が制限されてしまう。とくに蒸気の熱交換器は放熱に対し温度源となるので，過大な負荷を放熱器の温度上昇でまかなうことはできない。したがつてボイラーに予熱割増を考えるならば，熱交換器にも考慮しなければならない。
5. 標準暖房期のボイラー効率はかなり高く，70％～85％である。またビルによる効率の相違は明らかに認められる。
6. ボイラー効率は，負荷率にほとんど影響されない。すなわち低い負荷率における効率の低下は僅かである。
7. ボイラー効率は，燃焼状態にあまり影響されない。すなわち標準暖房期での連続燃焼と間欠燃焼

による相違は認められない。

8. 1日間のボイラー効率は，標準暖房期の効率より若干低くなる。その差は約5%前後である。すなわち，1日間のボイラー効率には，ボイラー本体および補給水の予熱を考えているためであり，定常時の効率と内容を異にする。

また1日間のボイラー効率は，シーズンによつて若干違うが，その差はごく僅かである。

9. 過去において，ボイラー効率を高発熱量で求めた例がある。それは有効発熱という立場から，低発熱量で算出すべきである。前者の効率は後者のそれよりも1割ほど低くなる。また，暖房効率およびボイラー効率をデグリ・デイの負荷計算から統計的に求めるのは，建物の熱特性がシーズンを通し同じであり，かつ熱抵抗がわかるものに限り，正確に推定できる。しかし風による換気量の変動，窓開放による通気量の増加を考えると，熱特性が同じとは云い難く，しかもその影響を一般に過少に評価しがちである。したがつて負荷計算によるボイラー効率は実際よりもかなり小さな値となるおそれがある。

10. 熱管理のため計器を取付けている建物はほとんど無い。したがつて，ビル側の運転状態が適当かどうかを判断することは難しい。少なくとも燃料系統とボイラー還水系統に流量計を取付け，熱管理を行なえるようにすべきである。

附録〔1〕ボイラー負荷率の算出

各建物における運転時のボイラー負荷率を次の方法によつて求めた。

蒸気発生量がわかる場合

$$\text{ボイラー負荷率}=\frac{\text{換算蒸発量(Kg/h)}}{\text{定格出力(Kg/h)}}$$

燃料消費量のみわかる場合

$$\text{ボイラー負荷率}=\frac{\text{重油消費量(Kg/h)}}{\text{定格重油消費量(Kg/h)}}$$

ただし，定格重油消費量はボイラーメーカーが推す値を採用した。この場合，ボイラー効率はそれぞれ異なつているがいずれも80%以上である。燃料消費量に対してボイラー運転時間の不明なものは，その建物の実情を考慮の上で仮定した。

附録〔2〕ボイラー効率の算出

暖房時におけるボイラー運転は，一般に数台が並列運転されており，ときには個々のボイラーがそれぞれ異なる圧力範囲においてバーナー制御されている場合もある。従つて個々のボイラー効率を求めても相互に影響し合う要素を検討するのが困難となるので平均的に取り扱つた。今回調査したもの（図－6参照）は1台のみ運転の場合と2台並列運転の場合とであるが，後者のものは平均的に取り扱かつたときと1台ずつ個々に扱かつたときとで特に差は認められなかつた。バーナーが連続燃焼か間欠燃焼かは，その排ガス温度変化より知ることができる。これによつて連続燃焼あるいは間欠燃焼区間を求め，次式より各区間の平均ボイラー効率を算出した。

$$\text{ボイラー効率}=\frac{\text{給水量}\times(\text{発生蒸気のエンタルピー給水のエンタルピ})}{\text{燃料消費量}\times\text{燃料の低発熱量}}$$

ボイラー圧力は，Cビルにおいては2～3 Kg／cm² Dビルにおいては4～5 Kg／cm²の間で運転するようにバーナー制御を行なつている。したがつて，発生蒸気のエンタルピはそれぞれ2.5 Kg／cm²，4.5 Kg／cm²の値を用いた。給水温度は1時間毎に測定し，これより区間平均温度のエンタルピを求めた。普通，給水温度は40℃前後である。使用燃料はB重油で，高発熱量10500 kcal/Kg比重15／4℃0.9145のものであり平均40℃に加熱して使用される。よつて，低発熱量は9000 kcal／ℓ とした。ボイラーへの給水は，一般にボイラー水位の上限下限を定めフロートスイツチによるオンオフ制御で行なわれる。従つて任意区間の給水量には最悪の場合，1回当り給水量の2倍が誤差として含まれる。この量は，C・Dビルでそれぞれ200ℓおよび120ℓである。いま任意区間を1時間とし，負荷率50％の状態を考えるとそれぞれ14％および10％の誤差となり，任意時間が5時間のときは3％以下となる。今回求めた効率はいずれも5時間以上の区間における平均効率である。

文　献

1. 空気調和・衛生工学便覧　空気調和・衛生工学会
2. Heiz-und Lüftungstechnik　Rietschel/Raiβ
3. ビル暖房の実態調査　衛生工学第13号

付表－1　部門別面積比率

単位　%

	建物名	A ビル		B ビル		C ビル		D ビル		E ビル		F ビル		G ビル	
	項目	全館	基準階	全館	基準階	全館	基準階	全館	基準階	全館	基準階	全館	基準階	全館	基準階
部門別比率	収益部門	71.0	85.0	74.2	84.5	65.6	78.5	77.5	84.9	65.6	74.7	64.0	77.8	69.1	84.4
	機械室部門	10.2	3.8	10.0	1.9	9.9	—	5.2	—	9.0	2.7	9.2	—	6.6	—
	廊下階段ホール	9.4	6.3	9.5	5.8	11.8	9.0	8.5	7.0	17.5	15.5	10.3	7.2	12.2	3.9
	シャフト部門	3.7	3.5	3.9	3.3	7.2	8.5	5.9	5.1	4.6	3.9	11.7	11.7	7.9	7.9
	便所・給湯室	1.7	1.7	1.7	2.0	3.4	4.0	2.5	2.7	2.4	3.2	3.0	3.3	3.3	3.9
	管理関係	2.4	0.7	0.7	0	0	—	0.4	0.3	0.9	—	1.8	—	0.9	—
収益部門	事務部門	88.7		83.5		68.3		73.5		68.9		87.1		89.3	
	集会部門	2.9		7.1		13.3		10.6		7.7		5.4		—	
	車庫部門	4.5		5.7		11.5		10.6		13.9		4.9		10.6	
	店舗部門	3.9		3.7		6.7		5.3		9.5		2.6		0.1	
機械室部門	空調部門	65.2		58.7		60.3		64.4		50.4		41.3		46.1	
	給排水衛生部門	16.7		10.8		12.7		11.5		10.5		32.8		16.7	
	電気部門	12.8		18.1		18.4		13.5		20.1		17.4		19.9	
	エレベーター部門	5.1		6.9		4.1		5.4		7.1		8.5		11.3	
	監視部門	0		5.5		4.5		4.2		4.9		—		6.0	
空調部門	ボイラー室	11.3		18.1		19.5		12.8		12.4		20.0		16.0	
	燃料庫・灰庫	6.2		4.8		1.3		2.9		3.8		13.5		7.0	
	空調器室	74.0		77.1		79.2		84.3		83.8		22.8		70.0	
	送風器室	2.0		0											
	その他	6.5		0		0		0		—		43.9		7.0	
給排水衛生部門	ポンプ室	26.3		11.0		31.6		6.0		35.3		34.2		36.5	
	水槽室	30.0		34.2		16.7		28.9		14.7		24.8		20.6	
	浄化槽	43.1		47.1		51.7		65.1		50.0		38.0		38.1	
	塵芥処理室	0		7.7		0		0				3.0		4.8	
シャフト部門	エレベーターシャフト	43.8		64.1		36.1	32.0	45.9	47.8	47.2	58.7	27.9	14.2	66.8	70.7
	ダクトシャフト	20.1		22.5		56.0	60.9	47.8	47.4	26.7	12.6	65.3	80.0	23.1	20.2
	パイプシャフト	12.7		9.5		6.8	6.3	4.1	3.2	20.8	23.1	1.1	1.2	3.4	3.2
	配電用シャフト	18.4		0		0	0			—	—	—	—	3.6	3.2
	ダストシャフト	0		0.4		0.1	0.05	—	—	0.8	1.1	—	—	0.7	0.7
	煙突	5.6		3.2		1.0	0.75	2.2	1.6	4.5	4.5	5.7	4.6	2.4	1.9
空調非空調率	冷暖房空調面積	83.0	92.5	82.5	95.0	72.4	97.2	77.1	95.2	70.6	90.3	70.7	85.0	76.1	85.0
	機械換気面積	7.8	0	10.3	0	15.3	2.8	13.0	2.1	24.1	5.8	15.9	3.3	10.2	7.4
	非空調面積	7.8	7.5	7.2	5.0	12.3	—	9.9	2.7	5.3	3.9	13.3	11.7	13.7	7.6

付表－2　容積一覧

	A ビル				B ビル			
	全館について		基準階について		全館について		基準階について	
	容積(M^3)	比率%	容積(M^3)	比率%	容積(M^3)	比率%	容積(M^3)	比率%
収益室容積	47,130	54.3	4,471	62.6	49,812	56.0	4,547	63.0
機械室容積	10,231	11.7	295	4.1	9,243	10.4	89	1.2
廊下・階段ホール容積	7,458	8.6	481	6.7	5,720	6.4	400	5.5
シャフト容積	3,237	3.7	258	3.5	3,465	3.9	224	3.6
便所・給湯容積	1,167	1.3	114	1.0	921	1.4	9.1	2.0
管理室容積	1,428	1.6	42	0.6	665	0.8	0	0
計	70,651	81.2	5,661	79.1	69,836	78.9	5,351	72.3

付表－3　外表面積と窓率

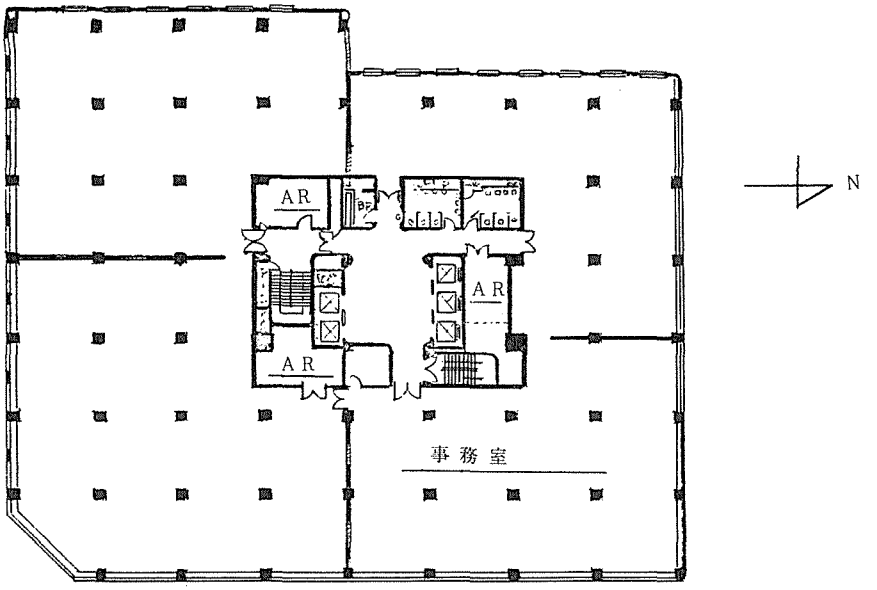
	A ビル		B ビル	
	外表面積(M^2)	窓率（%）	外表面積(M^2)	窓率（%）
地下	3631.8	0	3671.5	0
地上本館	10638.3	17.0	10552.9	16.5
塔屋	1025.4	27.0	1008.3	6.7
外気に接する外表面積	11384.5	17.9	11281.2	15.6
全外表面積	15215.5	15.8	14952.7	14.1

付表－4　地上部分の方位別外表面積と窓率

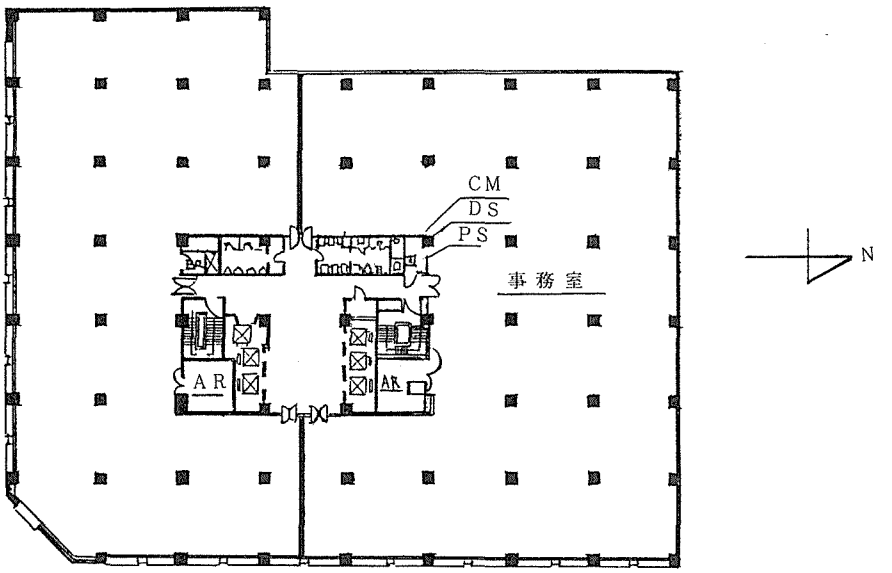
	A ビル		B ビル	
	外表面積(M^2)	窓率（%）	外表面積(M^2)	窓率（%）
東面壁	1676.1	43.0	1698.8	34.4
西面壁	1646.7	24.0	1636.8	39.2
南面壁	1359.4	37.4	1212,1	35.4
北面壁	1388.8	9.0	1370.2	0.3
全方位面積	6071.0	30.0	5917.9	28.6

付図－１　各ビルの基準階平面図

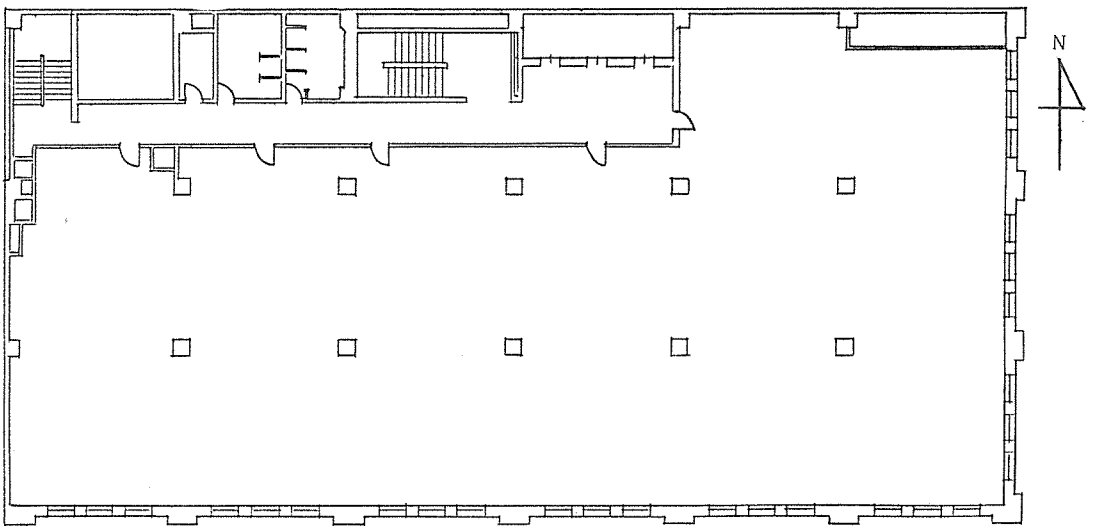
A　　ビ　　ル



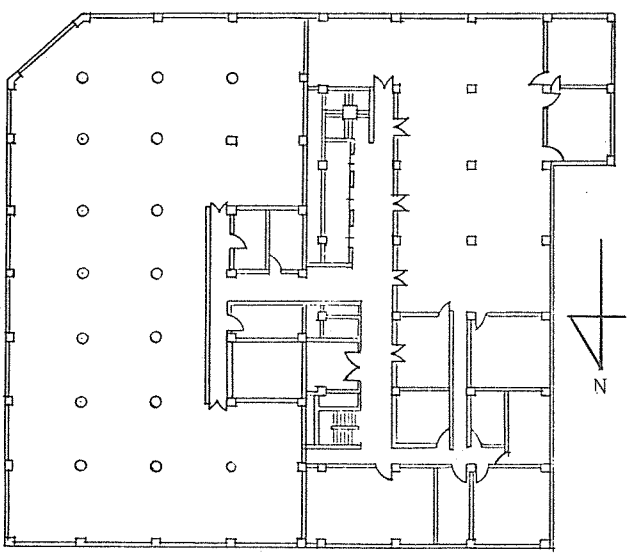
B　　ビ　　ル



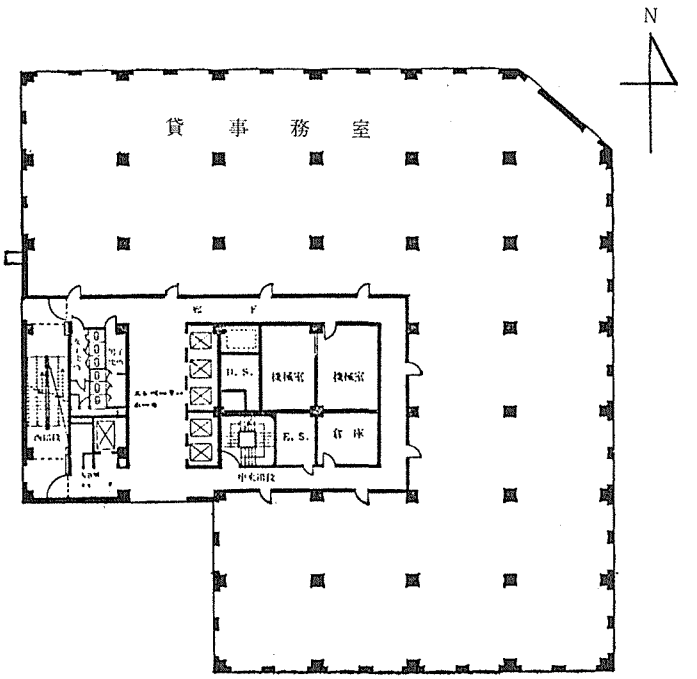
C　　ビ　　ル



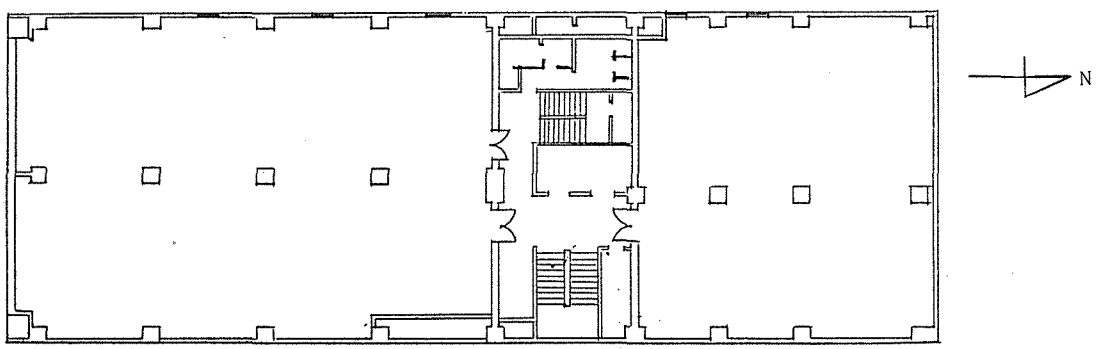
D　　ビ　　ル



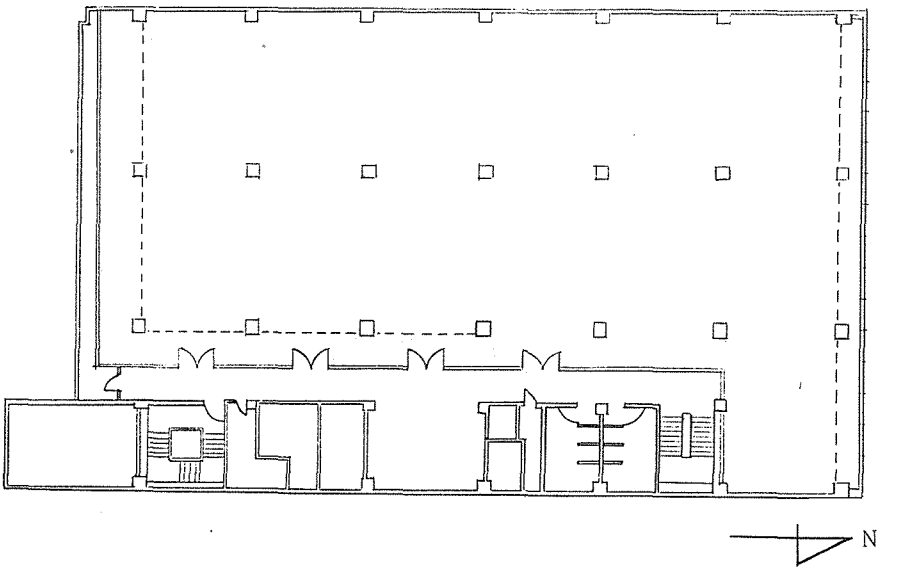
E　　ビ　　ル



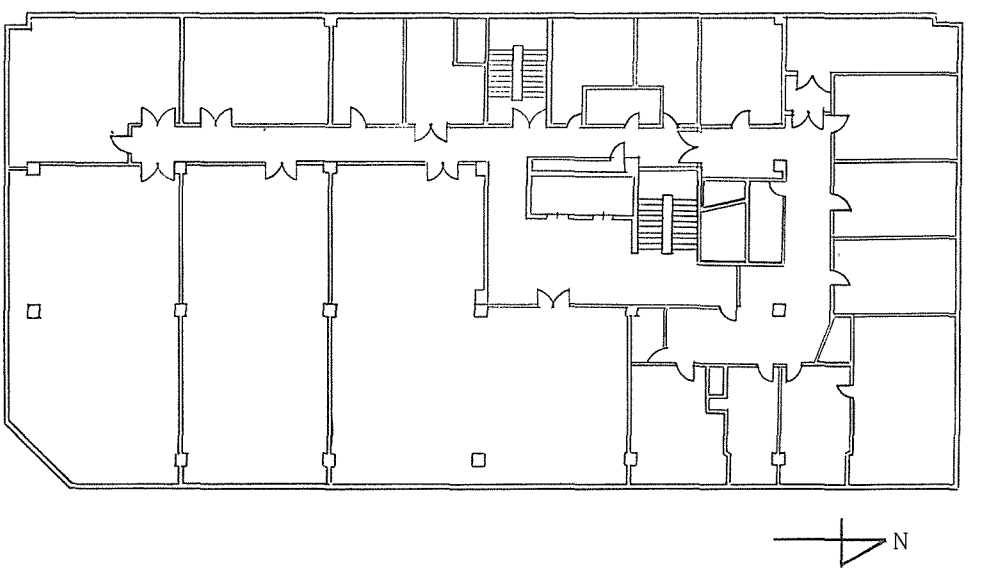
F　　ビ　　ル



G　　ビ　　ル

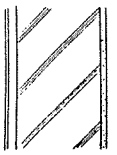


H　　ビ　　ル



付図－2　各建物の外壁構造

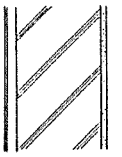
Ⓐ



1. 2. 3.

1. 磁器タイル
2. コンクリート
3. プラスター

Ⓑ

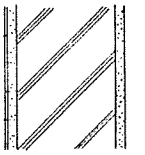


1. 2. 3.

1. 磁器タイル
2. コンクリート
3. プラスター

Ⓒ

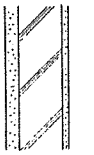
（S. E側）



1.2. 3. 4.

1. タ　イ　ル　11㎜
2. モ ル タ ル　34㎜
3. コンクリート350㎜
4. プラスター　30㎜

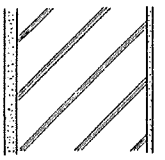
（W. N側）



1. 2. 3.

1. モルタル　45㎜
2. コンクリート150㎜
3. プラスター　20㎜

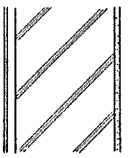
Ⓓ



1. 2. 3.

1. モルタル　40㎜
2. コンクリート450㎜
3. モルタル　20㎜

Ⓔ

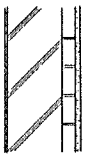


1. 2. 3.

1. 磁器タイル 40㎜
2. コンクリート350㎜
3. プラスター 20㎜

Ⓗ

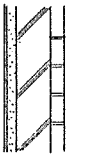
（W側）



1. 2. 3.4.

1. モ ル タ ル 10㎜
2. コンクリート180㎜
3. ドリゾール 50㎜
4. モ ル タ ル 20㎜

（E側）

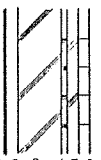


1. 2. 3.

1. 磁器タイル 40㎜
2. コンクリート120㎜
3. ドリゾール 50㎜

Ⓕ

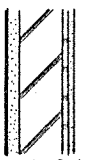
（S側）



1.2. 3. 4.5.6.

1. ステンレス　15 ㎜
2. 空　気　層　50 ㎜
3. コンクリート　150 ㎜
4. スタイロフォーム　25 ㎜
5. コンクリート　40 ㎜
6. テラゾーブロック　40 ㎜

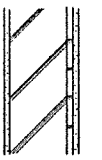
（N側）



1. 2. 3.4.

1. モ ル タ ル　50㎜
2. コンクリート　150㎜
3. スタイロフォーム　25㎜
4. モ ル タ ル　20㎜

（E. W側）

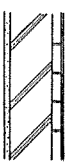


1. 2. 3.4.

1. モ ル タ ル　20㎜
2. コンクリート　200㎜
3. スタイロフォーム　25㎜
4. モ ル タ ル　20㎜

Ⓖ

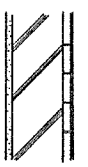
（E側）



1. 2. 3.4.

1. モ ル タ ル　20㎜
2. コンクリート　150㎜
3. ドリゾール　30㎜
4. プラスター仕上　3㎜

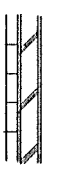
（W側）



1. 2. 3.4.

1. モ ル タ ル　20㎜
2. コンクリート　180㎜
3. ドリゾール　30㎜
4. プラスター仕上　3㎜

（N. S側）

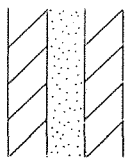
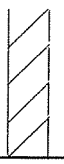


1.2.3.4.

1. スパントレル耐火パネル　40㎜
2. ホーロー鉄板圧接　12㎜
3. コンクリート　60㎜
4. 石綿板カラープリント合板10㎜

付図―3　各ビルの窓ガラス構造

様式	ビル名	M/M 外側ガラス	M/M 空気層	M/M 内側ガラス	M/M 合計厚み	備考
複層	Bビル	6	6	5	17	複層ガラス
	Cビル					
	Dビル	5	6	5	16	
	Eビル	6	6	5	17	
	Fビル	5	6	5	16	
	Hビル	5	6	5	16	
単層	Aビル	10			10	
	Gビル	5			5	



単層ガラス