

空調設計条件および機器選定の余裕度による 省エネルギー・室温への影響に関する研究

平岡 雅哉^{*1} 菰田 英晴^{*2}
奥宮 正哉^{*3} 尹 奎英^{*4}

東日本大震災後において電力需要逼迫を経験したわが国では、建築物の省エネルギー意識が向上している。省エネルギーをさらに推進するためには、空調負荷計算において照明負荷やコンセント負荷など従来の内部発熱負荷条件の見直しを中心に、空調機器選定にあたっての余裕度の見直しが急務である。本研究ではオフィスビルを中心に採用が広がるビル用マルチ空調システムを対象としてモデル建物を設定し、適切な熱負荷計算プログラムやシステムシミュレーションツールを利用し、内部発熱条件や機器選定にあたって室外機の同時稼働率としての余裕率を変化させ、その省エネルギー性能を評価した。また、エネルギーの側面のみならず、室内温度への影響、ならびにイニシャルコストへのインパクトなど総合的に評価を行った。本研究におけるケーススタディーにより、建築主と設計者の空調負荷条件や機器の余裕率などの合意形成を行なうことの重要性を示した。また、適切に機器容量を選定することで、快適な温熱環境を確保するとともに、省エネルギー運用、ひいてはLCCの抑制の可能性についても示した。

キーワード：ビル用マルチ型空調システム・室内内部発熱密度・余裕率・シミュレーション・エネルギー消費量・イニシャルコスト

1. 研究の目的

東日本大震災後において電力需給逼迫を経験したわが国では、エネルギーの需要者側のパラダイムシフトが起きた。具体的には照明の照度抑制やLED化やコンセント負荷の抑制が定着している。一方、空調の設計条件、特に内部発熱条件は、震災前と変わらず過大に設計されていることが多い。特にテナントオフィスビルでは、オフィスの商品企画として従前のレベルとなっている。省エネルギーをさらに推進するためには、照明負荷を中心とする内部発熱負荷など空調負荷条件の見直しのみではなく、年間を通した効率的な運用を目的とした機器選定の安全率の見直しも急務となっている。安全率と省エネルギーの研究については、本学会の小委員会において継続的に研究されている。¹⁾²⁾

既往の研究では平岡らの研究³⁾で、事務所建物のビル用マルチエアコンの年間にわたる詳細性能評価が検証されている。また、山田・野部らの研究⁴⁾では、多くの建築物を

対象とした計測実例により、実負荷に比べて過大な機器が低負荷で非効率運用されている実態が報告されている。BEMSを用いた空調システムに関連するデータ分析では低負荷での運転時間が非常に多くなっている。これは、ビル用マルチ空調システムの熱源が個別分散されたシステムであるため顕著な傾向となっている。一方、LED照明の採用、PCや複合機の小型・省エネルギー化といった技術革新が進み、これまで以上の省エネルギーが図られている⁵⁾。このため、建築主との合意形成のための設計と条件として採用されてきた照明、機器の室内発熱密度がより小さくなる期待がある。室内発熱密度の減少により、従来の過大な設計手法通りに機種選定を行えば低負荷領域での運転が増長され逆にエネルギー多消費となってしまうことが懸念される。

文献⁶⁾では、竣工年別の主熱源方式の採用比率が示され、1983年は、中央熱源が約80%でビル用マルチ型空調システム(EHPおよびGHP)が約20%であったものが、2011年には、中央熱源が約32%、ビル用マルチ型空調システムが約68%と凌駕している。用途・規模別では、事務所・商業用途の5000 m²以下ではビル用マルチ型空調システムが

*1 鹿島建設(株) SHASE 技術フェロー

*2 鹿島建設(株) 正会員

*3 名古屋大学 SHASE 技術フェロー

*4 名古屋市立大学 正会員

80%を占める。全用途においても延床面積 50,000 m²以上でも、20%を占めるなど採用例の伸びは大規模建築物においても著しい。また、中央熱源は竣工後、試運転調整や制御パラメータチューニングなどで余裕度に起因し得る問題に対応できる余地はあるが、ビル用マルチ型空調システムは竣工後のシステムチューニングの対応策に限られる。そこで本研究では、ビル用マルチ型空調システムを対象とし、モデル建物に対してシミュレーションツールを利用することで、負荷計算条件や機器選定の余裕度安全率などを変化させ、その省エネルギー性能や温熱環境への影響、ならびにインシタルコストの変化を評価した。エネルギーの側面のみならず、室内温度を中心とする居住環境への影響について同時にかつ総合的に評価を行った。ケーススタディーを通じて今後の空調計画条件のあるべき方向性を示した。

2. 検討概要

図-1 にシミュレーションを中心とする検討フローを示す。室内発熱密度を変化させた各ケースにおいて、ピーク負荷の算出と装置容量の設定、時刻別年間負荷の算出、室内温度の算出、エネルギー消費量の算出、およびインシタル・ランニングコストを算出した。ピーク負荷計算は、MicroPEAK2010 を用いた。

選定された装置容量より、時刻別の年間熱負荷計算を行った。外気処理方法はシステム容量算出に影響が大きいことから、全熱交換器と外気処理空調機の2方式に分けて検討を実施した。この計算結果を用いて、選定時熱負荷が不足し、未処理負荷が発生する場合の室内環境状態およびその時間数の評価を行った。

同時に年間熱負荷計算結果を境界条件として、LCEM ツール Ver.3.0⁶⁾を利用してエネルギー消費量を算出し、エネルギー性能についての評価を行った。

最後に、算出されたエネルギー消費量よりランニングコストとインシタルコストの評価を行い、総合評価を実施した。

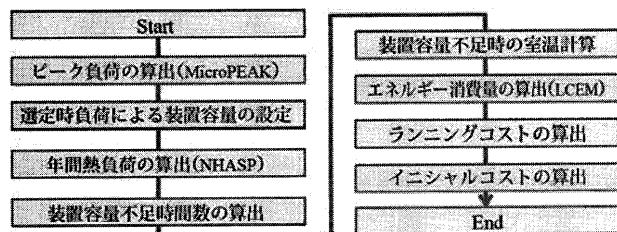


図-1 検討フロー

3. 検討モデルと計算条件

3.1 建物概要、空調システム概要

検討対象とした建物は、中規模程度の標準的なビルで、ビル用マルチ空調システムが採用されており、その性能評価も実施されている³⁾。表-1 に建物概要、図-2 に基準階平

面図を示す。基準階フロアは、6つのゾーンに分かれており、その各ゾーンに個別分散システムの室外機が1つ設置されている。それらのゾーンはさらに6つのエリアに分かれており、各エリアに1つの室内機が設置されている。なお、各ゾーン間、各エリア間に間仕切り壁は設定していない。計算対象としたのは基準階1フロアであるが、一部評価はそのうちDゾーンを中心に行っている。

表-2 に運転条件を示す。平日は通常運転、土日曜は運転停止とした。外気は、東京の標準気象データ(1990年代)を用いた。

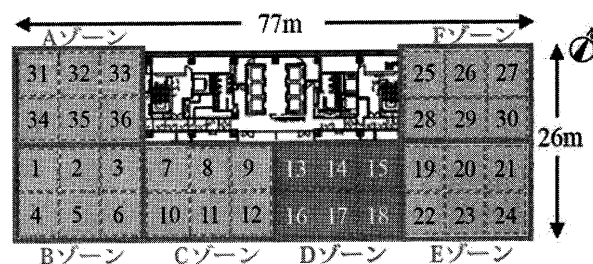


図-2 基準階平面図

表-1 計算対象建物概要

主用途	事務所、共同住宅
所在地	東京都港区
延床面積	33,350.75 m ² (事務所: 22694.88 m ²)
階数	地下2階、地上15階、塔屋1階
窓ガラス	高性能 Low-E ガラス(S _c =0.29)
構造	SRC・S造、一部RC造

表-2 空調運転条件

	設定温度 [°C]	設定湿度 [%]	絶対湿度 [g/kg]	予熱時間	運転時間
冷房設定	26	50	10.6	1時間	9:00 ~ 19:00
暖房設定	22	40	6.6	2時間	9:00 ~ 19:00

表-3 負荷計算スケジュールデータ(ピーク・年間計算共 [%])

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
照明	冷房	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	50
	暖房	0	0	0	0	0	0	0	50	50	50	25
人体	冷房	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	50
	暖房	0	0	0	0	0	0	0	25	25	25	13
機器	冷房	20	20	20	20	20	20	20	100	100	100	75
	暖房	5	5	5	5	5	5	5	25	25	25	6.3
室間換気	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0

時刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
照明	冷房	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
	暖房	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0
人体	冷房	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
	暖房	25	25	25	25	25	25	0	0	0	0	0
機器	冷房	100	100	100	100	100	100	20	20	20	20	20
	暖房	25	25	25	25	25	25	5	5	5	5	5
室間換気	0	0	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50

各内部発熱のスケジュールデータを表-3 に示す。年間熱負荷計算では、ピーク負荷計算の内部発熱スケジュールに対し、実績値などに配慮して発熱量を抑えるような見込みが多い。本研究では発熱密度の実態値を想定し、抑えたケーススタディーを行なっているため、両者同一のスケジュールデータを用いた。MicroPEAK2010 では、すきま風とは別に、壁のない隣接するエリアごとの換気量を設定で

空調設計条件および機器選定の余裕度による省エネルギー・室温への影響に関する研究

きることから、時間帯に応じてエリア間の換気量を表-3に示すとおり室間換気を設定した。室間換気はペリメータゾーンとインテリアゾーンの間で換気するよう設定した。

例えば、ペリメータ12番とインテリア9番の間で非空調時間帯に0.5回/h換気されることとした。ただし、コーナ部の4~5番、23~24番、26~27番、ならびに31~32番は計算上ペリメータ間での換気とした。

4. 検討ケース

表-4に室内発熱密度検討ケースを示す。検討ケースは、実務上有意なケースとして内部発熱条件は次に示す。大、中、小、極小の4ケースを設定した。発熱密度「大」は現在もテナントオフィスとしての商品性を考慮して広く採用されている。標準設計条件、「小」はコンセント発熱など運用実態に適合したもので本社ビル系で近年採用される条件、「中」はその中間とした。「極小」は照明をLED+タスクアンビエントとするなど最新の省エネルギービルを指向した設計条件を設定し、それぞれの条件によって選定されたピーク選定時熱負荷をA~Dとした。

選定時熱負荷については、室内発熱密度だけでなく、余裕率を考慮した検討もあわせて行った。文献³⁾における研究成果として、図-4に対象建物における2008/4/1~2009/3/31の年間最大定格容量に対する空調運転時間帯を抽出した室外機負荷率と室外機頻度区間積算電力消費量の関係を示す。室外機の負荷率は約30~40%が中心となっている。相対度数で見ると、負荷率50%で90%以上と負荷率50%以下の運転になっていることが分かる。負荷率60%で98%、負荷率80%でほぼ100%とかなり余裕がある。さらに、文献⁸⁾では東日本大震災以降での内部発熱条件は一層小さくなっていることが確認されている。これらの室外機の機器選定における同時使用としての余裕率が相当高いことにより、余裕率を変化させるスタディーも実施した。図-4は1つの計測事例によるものであるが、本研究の余裕率検討の参照値とした。余裕率のパターンは、上記事例より1.0、0.8、0.6、0.5とした。なお、本研究における熱負荷計算の余裕の見込みは、後述する図-5のフローに従い経年係数、能力補償係数を安全率として見込んでいる。実務においては熱負荷計算に対し、メーカーの設定された機器容量は製造上段階的であり、さらに余裕を見込むことになるが、本研究では、より汎用的な結果を導くため、装置熱負荷に上記の安全率を見込んだものを機器容量とした。

表-5に室内発熱密度と装置選定時熱負荷計算ケースを示す。表-4の室内発熱密度ごとのピーク選定時熱負荷計算と余裕率の検討ケースの一覧を示す。選定時熱負荷計算に余裕率を乗じたものが各ケーススタディーの装置容量としている。

表-4 室内発熱密度検討ケース

室内発熱密度	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
発熱密度	大	中	小	極小
照明[W/㎡]	20	15	15	5
照明	Hf蛍光灯 (調光なし)	Hf蛍光灯 (調光あり)	Hf蛍光灯 (調光あり)	LED照明 (タスクアンビエント)
人員密度[人/㎡]	0.2	0.125	0.125	0.125
機器発熱[W/㎡]	30	30	15	10

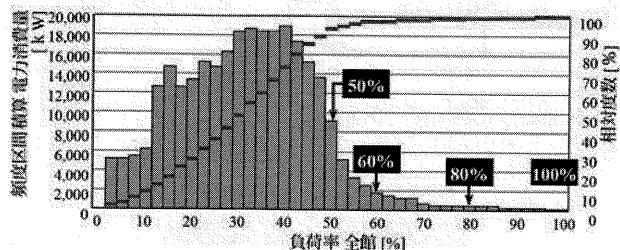


図-4 Kビルの室外機負荷率と室外機頻度区間積算電力消費量の関係³⁾

また、年間熱負荷は表-6に示すように、上記ケーススタディーにより、選定された装置容量に対し、室内発熱密度はピーク負荷計算と同様に選定時熱負荷Aに対しては、年間計算の発熱密度はCASE1(発熱密度大)としている。同時に選定時熱負荷Bに対してはCASE2、選定時熱負荷Cに対してはCASE3、選定時熱負荷Dに対してはCASE4としてケーススタディーを行なった。それぞれのケース表記は、「選A_余1.0_発1」とし、選Aは、選定時熱負荷パターン(A~D)、余1.0は余裕率パターン(1.0~0.5)、発1は室内発熱密度パターン(CASE1~4)を示し、たとえば、選定時熱負荷C、余裕率0.6、室内発熱密度ケース3の場合には、「選C_余0.6_発3」と表記する。外気処理方式は、外調機と全熱交換器方式の2種類にてシミュレーションを実施した。

表-5 室内発熱密度と装置選定時熱負荷計算ケース

ピーク熱負荷計算 室内発熱密度	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
ピーク選定時熱負荷	選定時熱負荷A	選定時熱負荷B	選定時熱負荷C	選定時熱負荷D
余裕率検討条件	1.0, 0.8, 0.6, 0.5	1.0, 0.8, 0.6, 0.5	1.0, 0.8, 0.6, 0.5	1.0, 0.8, 0.6, 0.5

表-6 年間熱負荷ケーススタディー計算条件

年間熱負荷計算装置	選定時熱負荷A×余裕率	選定時熱負荷B×余裕率	選定時熱負荷C×余裕率	選定時熱負荷D×余裕率
年間熱負荷計算 室内発熱密度	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4

5. 計算結果

5.1 選定時熱負荷計算

(1) 外調機方式

外調機方式では外調機により室内熱負荷の一部処理している。モデル建物の外調機の設定は夏期20℃、冬期22℃で運用されている。本スタディーでは、同じ条件とするために外調機の吹き出し状態は、夏期は26℃50%の等エンタルピー上で19.7℃湿度90%(13.1g/kg)、冬期は22℃40%で

吹き出すことと設定した。外気導入量は(各エリアの面積)×各ケースの人密度[人/m²]×30m³/h・人とした。室外機は室負荷と外気負荷を足した全熱で選定した。図-5に外調機の場合の機器選定フロー図を示す。

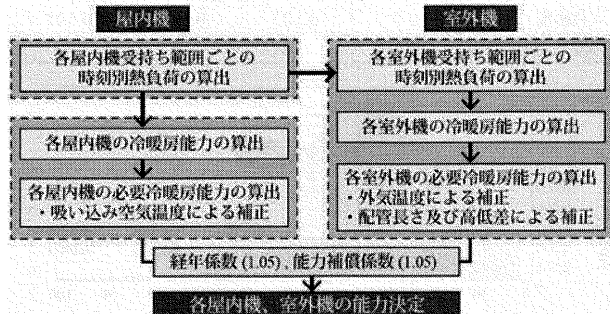
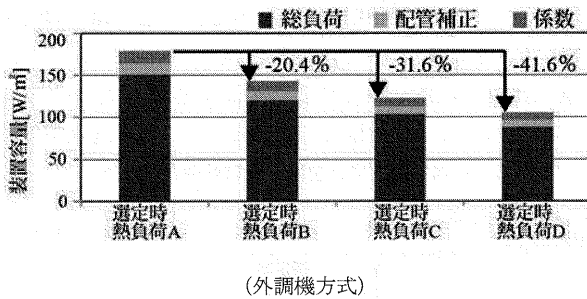


図-5 室内機・室外機 機器選定フロー図

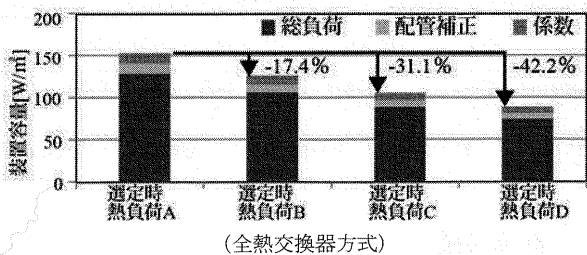
(2) 全熱交換器方式

全熱交換器は、熱交換効率を顕熱 55%、潜熱 40%と設定し、室内機で室負荷と外気負荷を処理することとし。外気導入量などは外調機方式と同じとした。

室内機・室外機の冷媒管長さ及び室内・屋外機の高差差による補正を行った。室内吸込空気温度による補正には室内設定温度を用いるとし、外気温度による補正、経年係数、能力補償係数による補正を行うことで室外機の必要冷暖房能力を算出している。これらの補正は実務上実施されるため本研究においても加算した。



(外調機方式)



(全熱交換器方式)

図-6 室外機系統 D ゾーンにおける選定時熱負荷

図-6に外調機、全熱交換器別の室外機系統 D ゾーンにおける選定時熱負荷 A~D の選定時熱負荷算出結果を示す。表-7に、室内発熱密度を変化させた場合の選定時熱負荷 A~D の室外機容量の算出結果を示す。実際の機器選定においては、製造メーカ、機種ごとに容量のランクは異なるが、本研究においては省エネルギー性能の傾向を把握するため

に、装置負荷を補正した容量を選定時熱負荷とした。現行の一般テナントオフィスの設備容量に対して、より実態に近い発熱密度を反映している CASE3・選定時熱負荷 C において30%以上の選定時熱負荷削減が見込まれる。さらに、省エネルギー設計条件 CASE4・選定時熱負荷 D では40%以上の選定時熱負荷削減となった。

表-7 発熱密度 CASE1~4 選定時熱負荷[W/m²]

	CASE1 選定時熱負荷A		CASE2 選定時熱負荷B		CASE3 選定時熱負荷C		CASE4 選定時熱負荷D	
	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房
室外機zoneA	157.2	-130	126.1	-107	110.7	-102	95.5	-110
室外機zoneB	157.6	-114	126.5	-91.3	110.3	-86.3	95	-94.5
室外機zoneC	150.9	-101	120	-78	103.2	-73.9	88.1	-81.3
室外機zoneD	150.9	-101	120	-78	103.2	-73.9	88.1	-81.3
室外機zoneE	154.3	-118	124.4	-95.4	107.3	-89.8	92.8	-98.6
室外機zoneF	151.4	-130	120.2	-107	104.9	-102	89.7	-110

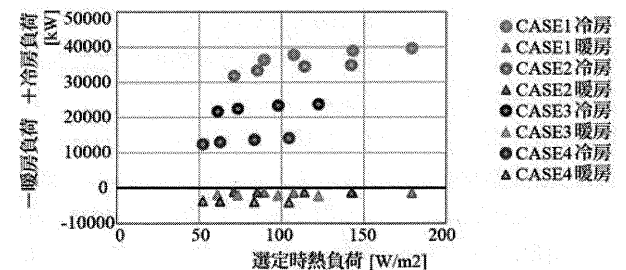
(外調機方式ケース)

	CASE1 選定時熱負荷A		CASE2 選定時熱負荷B		CASE3 選定時熱負荷C		CASE4 選定時熱負荷D	
	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房
室外機zoneA	134.9	-93.8	112.2	-84.7	95.8	-81.5	81.6	-90.3
室外機zoneB	135.3	-78	112.6	-69	95.5	-68	81.1	-74.8
室外機zoneC	128.7	-64.6	106.2	-56.5	88.6	-55.6	74.3	-62.4
室外機zoneD	128.7	-64.6	106.2	-56.5	88.6	-55.6	74.3	-62.4
室外機zoneE	132.8	-82.1	111.1	-73	93.3	-69.9	79.5	-78.7
室外機zoneF	129.1	-93.9	106.6	-84.8	90	-81.6	75.7	-90.4

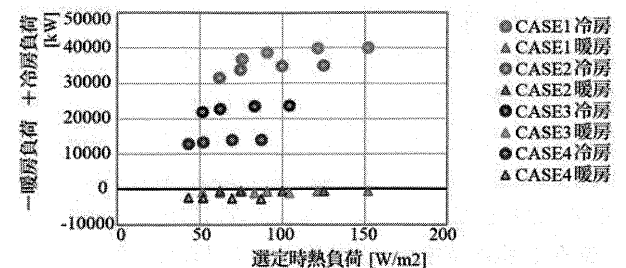
(全熱交換器方式ケース)

5.2 年間負荷計算

外気処理方法を含めた熱負荷の計算、および未処理負荷による室内温度の影響を検討するため、鹿島建設所有のNHASPを用いた。NHASPは鹿島建設で開発したツールであり、建築設備技術者協会により公開されているHASP⁹⁾に対して室温の出力が出来る機能を付加したものである。



(外調機方式)



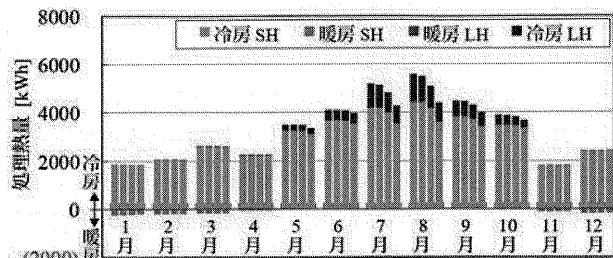
(全熱交換器方式)

図-7 全ケースの選定時熱負荷と年間冷暖房負荷との関係

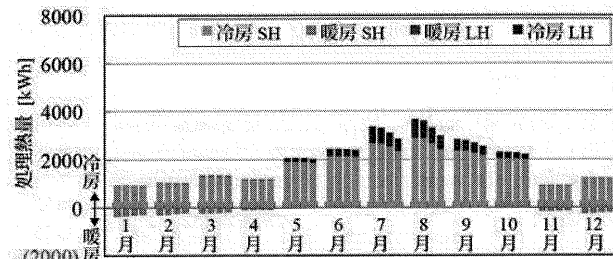
図-7に全ケースの選定時熱負荷と年間冷暖房負荷との関係を示す。図-8に月別熱負荷の比較を示す。本建物の負

空調設計条件および機器選定の余裕度による省エネルギー・室温への影響に関する研究

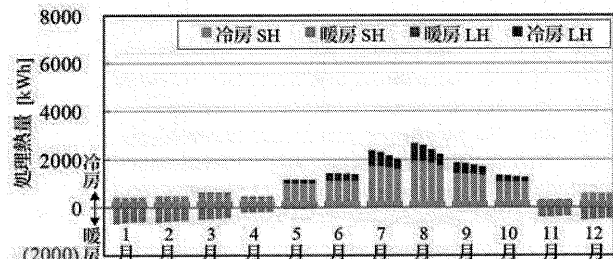
荷傾向は、室内発熱密度が特に大きい場合には冷房主体の負荷傾向となる。室内発熱密度にかかわらず、選定時熱負荷の余裕率が小さくなるに従い、未処理負荷が発生するため年間の熱負荷は小さくなっており、2つの外気処理方法ともに同じ傾向である。室内発熱密度が小さくなるに従い、冷房主体であった負荷傾向が、徐々に暖房負荷が増えることが分かる。



選A_余 1.0-0.5_発1 全熱交換器方式



選C_余 1.0-0.5_発3 全熱交換器方式

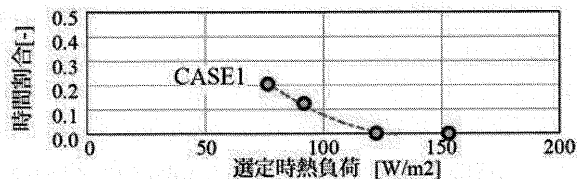


選D_余 1.0-0.5_発4 全熱交換器方式

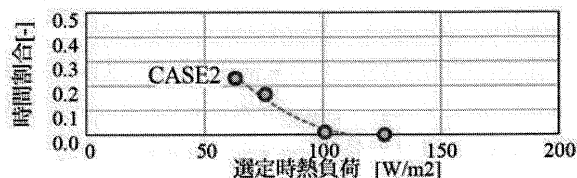
図-8 年間熱負荷

5.3 超過時間数と代表室温度の算定

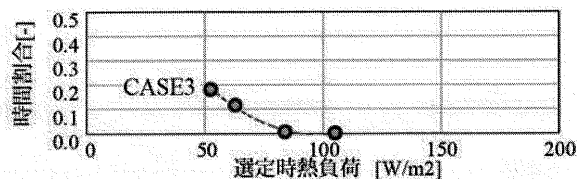
NHASP で算出された室内温度を用いて表-2 に示す室内設定温度未処理負荷による条件を満足できない時間数を集計した。図-9 に選定時熱負荷と超過時間数の関係を全熱交換器方式、外調機方式のそれぞれについて示す。集計対象とした室は窓に面したエリアとした。なお、横軸に選定時熱負荷、縦軸に時間数割合(比率)を示す。「選A_余 1.0-0.5_発1~4」では、CASE4 のプロットが4つあり、選定時熱負荷の値が大きい順に余裕率1.0、0.8、0.6、0.5の時間割合を示す。また、CASEが1から4までプロットしている。「選B_余 1.0-0.5_発2~4」では、余裕率が1.0から0.5に対して、CASE2から4の値を示す。



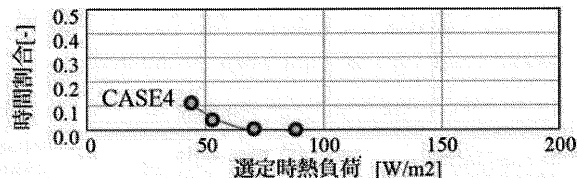
検討パターン 選A_余 1.0-0.5_発1 (全熱交換器方式)



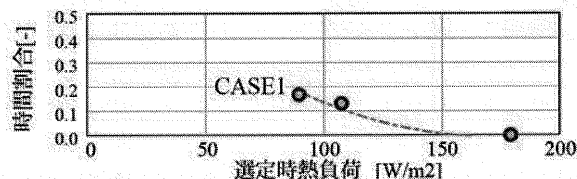
検討パターン 選B_余 1.0-0.5_発2 (全熱交換器方式)



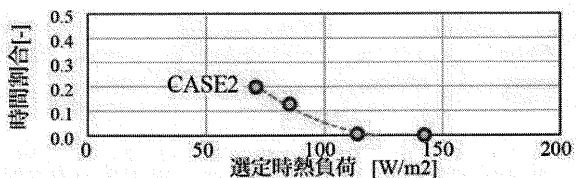
検討パターン 選C_余 1.0-0.5_発3 (全熱交換器方式)



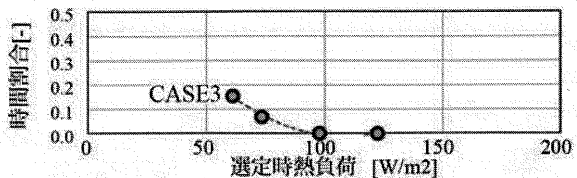
検討パターン 選D_余 1.0-0.5_発4 (全熱交換器方式)



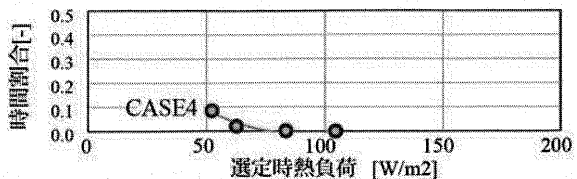
検討パターン 選A_余 1.0-0.5_発1 (外調機方式)



検討パターン 選B_余 1.0-0.5_発2 (外調機方式)



検討パターン 選C_余 1.0-0.5_発3 (外調機方式)



検討パターン 選D_余 1.0-0.5_発4 (外調機方式)

図-9 選定時熱負荷と超過時間数の関係

全空調運転時間が 2450 時間であるため、許容できる超過時間数の上限を 25 時間（超過時間割合 0.01）と設定する。全熱交換器方式では、選 A の場合 CASE1 と 2 の余裕率 0.5 と 0.6、選 B の場合 CASE2 と 3 の余裕率 0.5 と 0.6、選 C の場合 CASE3 の余裕率 0.5 と 0.6、CASE4 の余裕率 0.5、選 D の場合 CASE4 の余裕率 0.5 が超えている。同様に、外調機方式では、選 A の場合 CASE1 と 2 の余裕率 0.5 と 0.6、選 B の場合 CASE2 の余裕率 0.5 と 0.6、CASE3 の余裕率 0.5、選 C の場合 CASE3 の余裕率 0.5 と 0.6、CASE4 の余裕率 0.5、選 D の場合 CASE4 の余裕率 0.5 と 0.6 が超えている。

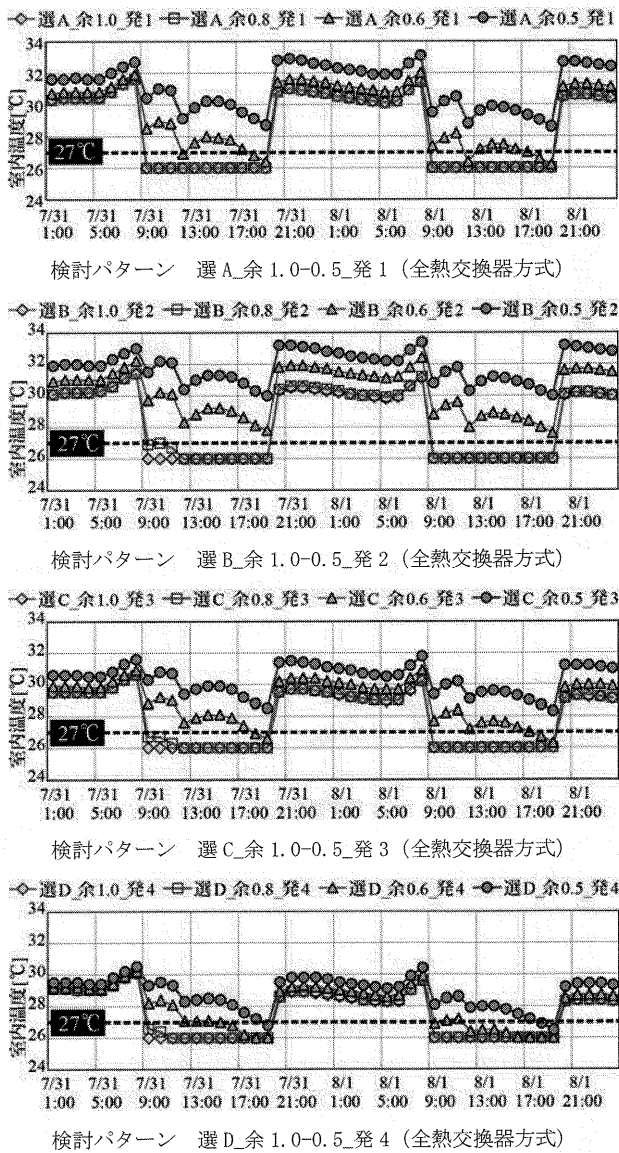


図-10 に夏期ピークにおける室温計算結果を示す。「選 A_余 1.0-0.5_発 1」では、余裕率 0.6、0.5 で 28°C を超えて

おり、1.0、0.8 では設定温度である 26°C となっている。「選 C_余 1.0-0.5_発 3」では、余裕率 0.5 は 29°C、余裕率 0.6 では 28°C を超えており、余裕率 1.0、0.8 では 27°C 程度となっている。「選 D_余 1.0-0.5_発 4」では、余裕率 0.5 は 28°C、余裕率 0.6 では 27°C を超えており、余裕率 0.8 では 26.5°C 程度となっている。

図-11 に年間の室内温度頻度分布を全熱交換器方式、外調機方式別に示す。全熱交換器、外調機ともに、選定時熱負荷 B の余裕率 0.8 以上において 26°C を超える分布がほとんどなく環境として十分に満足していることがわかる。

以上のことから、室内温度を確保しながら省エネルギー性能を向上することができると同時に、実態を反映した室内発熱密度である CASE2、選定時熱負荷 B を内部発熱条件の基本として選定時熱負荷を考えることが最も適当であると考えられる。年間のシミュレーションも同条件の CASE2 において、余裕率 0.8 まで絞っても室内温度への影響が小さいと考えられる。

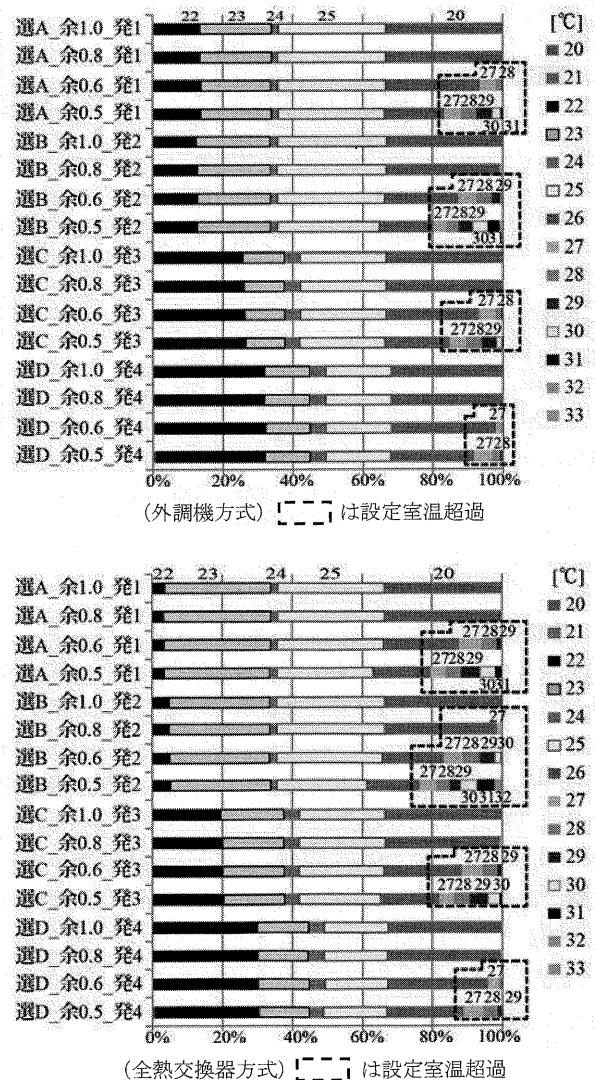
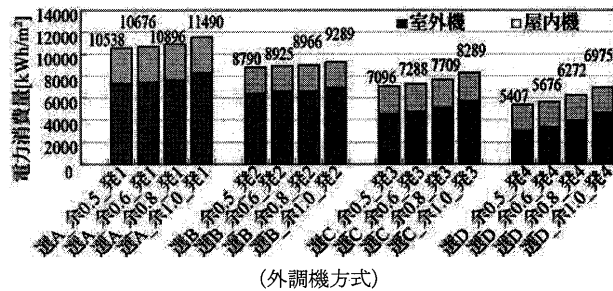


図-11 室内温度頻度分布 (運転中のみ抽出)

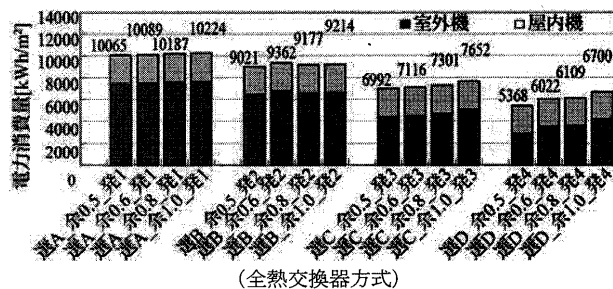
空調設計条件および機器選定の余裕度による省エネルギー・室温への影響に関する研究

5.4 エネルギー消費量の算定

エネルギー消費量は、LCEMツール⁷⁾を利用して算出した。今回採用したシステムでは、ビル用マルチ型空調システムの加湿オブジェクト、冷暖同時オブジェクトが必要であったが、LCEM ツール Ver3.03 には組み込まれていなかったため、これらを新たに作成して検討を行った。ビル用マルチ型空調システムの加湿オブジェクトは、空調機(気化式加湿)オブジェクトを利用し、冷暖同時オブジェクトについては、BEST¹⁰⁾で採用されている機器特性を利用して作成した。



(外調機方式)



(全熱交換器方式)

図-12 年間電力消費量

図-12に「選A_余1.0-0.5_発1」、「選B_余1.0-0.5_発2」、「選C_余1.0-0.5_発3」、「選D_余1.0-0.5_発4」の場合の外調機、全熱交換器別の電力消費量を示す。外調機の場合、室外機の余裕率を1.0から0.5と変化させるとエネルギー消費量も削減する。選定時熱負荷もAからDに変化させるとエネルギー消費量も削減している。これは、機器効率が高い負荷率で空調運転されること、特に効率が下がる負荷率20%以下のON-OFF領域の運転が少なくなることの効果と考えられる。未処理負荷による室温上昇のリスクを考慮しながら選定時熱負荷は小さく選定することが好ましいと考えられる。特に、室内発熱密度CASE3,4である場合にその削減効果が大きい。この傾向は、全熱交換器方式も同様である。室内発熱密度が大である選定時熱負荷Aである場合に余裕率を下げるに従い、室外機が過負荷状態である時間数が多くなるため、発熱密度が中、小、極小の選定時熱負荷B、C、Dと比べると削減幅は大きくない。また、図-12において「能力が足りないために処理熱量が低下した時間帯があり、結果的にエネルギーが減った影響」と「部分負荷効率の改善による影響」の大小については、たとえば「選D_余0.5_発4」と「選D_余1.0_発4」との比較では、前者

が約20%、後者が約80%であり、部分負荷効率の改善による影響が全般的に大きいと考えられる。

5.5 イニシャルコスト、ランニングコストの算定

図-13に外調機、全熱交換器における室内発熱密度や空調機器選定に影響のある部分のイニシャルコストを示す。イニシャルコストは日々刻々と変動しているが、傾向を把握するために設計概算として算出した。外調機の選定時熱負荷Aを1.0として基準化している。コスト算出の内訳項目は、照明、分電盤、動力盤、幹線(単相、三相)、受変電(単相、三相)、空調(外気処理系統)、空調(冷暖同時室外機)と、1フロアにおける設備にかかるコストを想定したため、動力盤、幹線、受変電などのように建物全体にかかるものについては、1フロア相当に按分している。エネルギー消費量と同様であるが、選定時熱負荷がAからDになるにつれ大きくイニシャルコストが削減されていることがわかる。照明についてはケースDのみ、LED照明によるタスクアンビエント照明と設定しているため照明器具のコストが小さくなっている。

図-14に「選A_余1.0-0.5_発1」、「選B_余1.0-0.5_発2」、「選C_余1.0-0.5_発3」、「選D_余1.0-0.5_発4」の場合の外調機、全熱交換器別のランニングコストを示す。基本料金は考慮せず、電力の従量料金20円/kWhとして算出した。エネルギー消費量と同様の傾向があった。

6. まとめ

ビル用マルチ型空調システムにおける、シミュレーションを中心とした空調負荷内部発熱条件および機器選定の余裕率を変化させた場合の省エネルギー性能、室内温熱環境への影響ならびにエネルギーコスト・イニシャルコストのケーススタディーを行ない、以下の知見を得た。

- 1) 東日本大震災後の建物の節電運用による内部発熱抑制による冷房負荷の減少を考えた室内発熱密度を考慮すると、内部発熱条件は選定時熱負荷B以下とすることが妥当と考えられ、本スタディーでは従来と比較して選定時熱負荷Bの場合30%以上の空調機器容量削減が見込まれる。
- 2) 余裕率を考慮した場合、機器容量を最大空調負荷計算に対して小さく設定する方が室外機は高効率運転をしてON-OFF運転を避けられることから省エネルギーとなる傾向がLCEMツールによるケーススタディーで分かった。
- 3) 余裕率のケーススタディーにおいて、適切に機器を小さくした場合の、未処理負荷による室温超過の度合いの傾向を示した。選定時熱負荷Bにおいては、年間計算CASE-1,2においては0.8以上の余裕率では大き

な室内温度の上昇の問題が無いことが分かった。実際の設計において、妥当な内部発熱率と余裕度の設定により、快適環境と省エネルギーを達成することができると考えられる。本研究における余裕率 0.8 という数値そのものに普遍性は高くないと考えられるが、余裕率を妥当に低く設定することが省エネルギー上、重要であることを示している。

4) 空調装置容量を小さくすることで、インシヤルコストは、空調機器のみならず受変電設備や幹線動力設備

の削減につながり、大きなインシヤルコスト削減効果があることが確認された。

温熱環境を問題の無い範囲で若干の設定値を超えることを許容しながら、ビル用マルチ空調システムに対して省エネルギー性と経済性を獲得する設計手法を示した。本研究の成果により、より省エネルギーに配慮した空調機器容量選定が推進されること、また建物の使われ方、グレード等に配慮した空調機器容量の選定に対する合意形成が進むものと考えられる。

謝 辞

本研究の実施に当たり、MicroPEAK2010 を用いた熱負荷計算等において中部電力株式会社 宮澤宏明氏（当時名古屋大学環境学研究所修士2年）の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 空調設備委員会システム容量と建築・空調シミュレーション法小委員会委員会成果報告書、建物の内部発熱・使われ方に関する実態調査と熱負荷・システムシミュレーションシ、平成 22.10, 空調和・衛生工学会
- 2) 空調設備委員会建築・空調シミュレーション法小委員会委員会成果報告書、空調シミュレーションにおける内部発熱、窓の熱性能に関する研究、平成 25. 10, 空調和・衛生工学会
- 3) 平岡雅哉ほか：個別分散型 HP パッケージシステムの性能評価に関する研究、第 1 報—実建物における年間性能評価、空調和・衛生工学会論文集 No. 169（平成 23-04）、p. 13~20,
- 4) 山田恭輔ほか：プローブ挿入法によるマルチパッケージ型空調機の運用実態調査、空調和・衛生工学会論文集 No. 193, 平成 25 年 4 月、ページ 19~26
- 5) 平岡雅哉ほか：個別分散型ヒートポンプパッケージの高度利用に関する研究（その 13）東日本大震災前後のエネルギー特性の評価、平成 25 年度空調和・衛生工学会大会論文集、平成 25 年 9 月、ページ 125~128
- 6) 空調和・衛生工学会：ビル用マルチパッケージ型空調システム、平成 26 年 9 月、P12~17, 空調和・衛生工学会
- 7) 時田繁ほか：ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発 第 1~3 報平成 17 年度空調和・衛生工学会大会論文集、平成 17 年 8 月、ページ 1957~1968
- 8) 留目頁行ほか：電気機器の消費電力の実態と節電への提言（第 2 報）—実測データに基づいた OA 機器の節電効果の評価—、2012 年電気設備学会全国大会論文集 平成 24 年 8 月、ページ 229~232
- 9) 建築設備技術者協会：HASP（動的熱負荷計算・空調システム計算プログラム）<http://www.jabmee.or.jp/hasp/>（参照年月日 2015 年年 1 月 23 日）
- 10) 品川 浩一ほか：外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その 73）冷暖同時型ビル用マルチエアコンの機器特性 平成 22 年度空調和・衛生工学会大会論文集、平成 22 年 9 月、ページ 2571~2574

（平成 27. 2. 4 原稿受付）

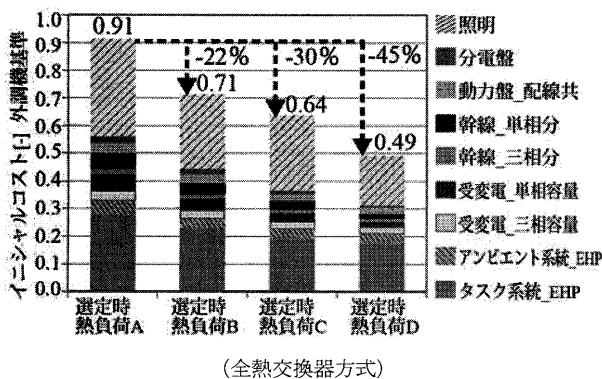
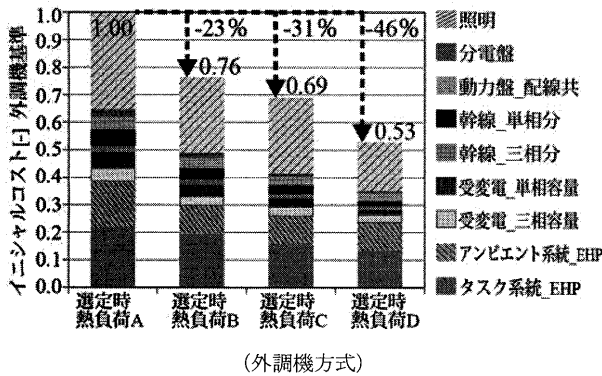


図-13 インシヤルコスト選定時熱負荷 A~D 計算結果

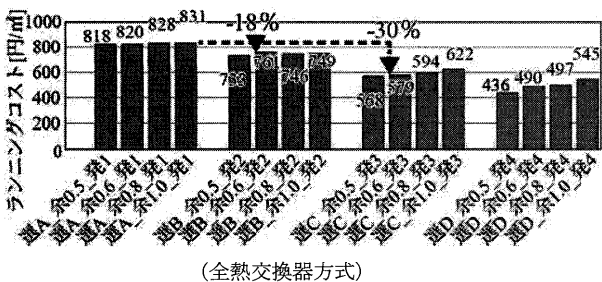
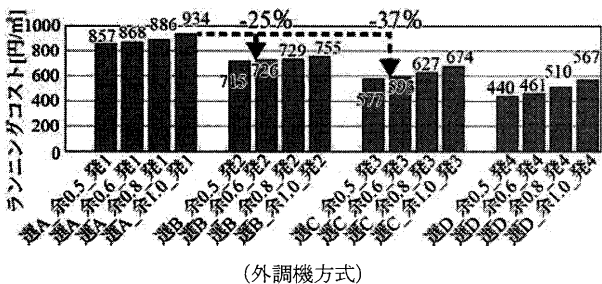


図-14 ランニングコスト計算結果

空調設計条件および機器選定の余裕度による省エネルギー・室温への影響に関する研究

Effectiveness of Air Conditioner Design Conditions and Room Temperature for Air Conditioning Equipment Selection on Energy Conservation and Thermal Environment

by Masaya HIRAOKA ^{*1}, Hideharu KOMODA ^{*2},
Masaya OKUMIYA ^{*3}, Gyuyoung YOON ^{*4}

Key Words: multipackage-type air conditioning system for building use, indoor heat generation density, demand factor, simulation, energy consumption, initial cost

Synopsis : The tight energy supply and demand situation in Japan in the aftermath of the Great East Japan Earthquake of 2011 has raised awareness of energy conservation in buildings. In order to achieve further energy conservation, a review of the margins applied in equipment selection is urgently needed as part of a review of the conventional internal heat generation load conditions such as the lighting load and power sockets in calculating the air conditioning load. Multisplit package-type air conditioning systems for building use have increasingly been adopted in office buildings and other buildings. In this research, a model building was established to study such a system.

Then, heat load calculation programs and the appropriate simulation tools were used to assess the building's energy conservation performance under different heat generation conditions, and the margin for the rate of simultaneous operation of outdoor units for equipment selection was varied. In addition to the energy aspects, an overall assessment was also performed for the effect on the indoor air temperature and initial cost. Moreover it was possible to ensure a comfortable thermal environment, achieve energy efficient operation, and reduce the life cycle costs (LCC) by appropriately the equipment capacities.

*1 Kajima Corporation, Fellow Engineer
*2 Kajima Corporation, Member
*3 Nagoya University, Fellow Engineer
*4 Nagoya City University, Member

(Received February 4, 2015)