

平成21年度 建築基準整備促進補助事業
22. 業務用建築物の省エネルギー基準に関する検討

「業務用建築物のためのエネルギー 消費量評価手法に関する基礎的調査」

東京電機大学
東京大学大学院
岡山理科大学
千葉大学大学院
東京理科大学
社団法人 空気調和・衛生工学会

1.1. 本事業のコンセプト

省エネルギー性能(基準)の総合評価手法の確立

省CO2・省エネの実現

事後検討: 計測に基づくエネルギー量の把握

実使用下での状況が不明瞭なものが多く、
妥当性・合理性・中立性の
高いデータの収集が必要

パラメーターの同定

建物条件:(地域、用途、使用状況、発熱状況、建物グレード .etc)

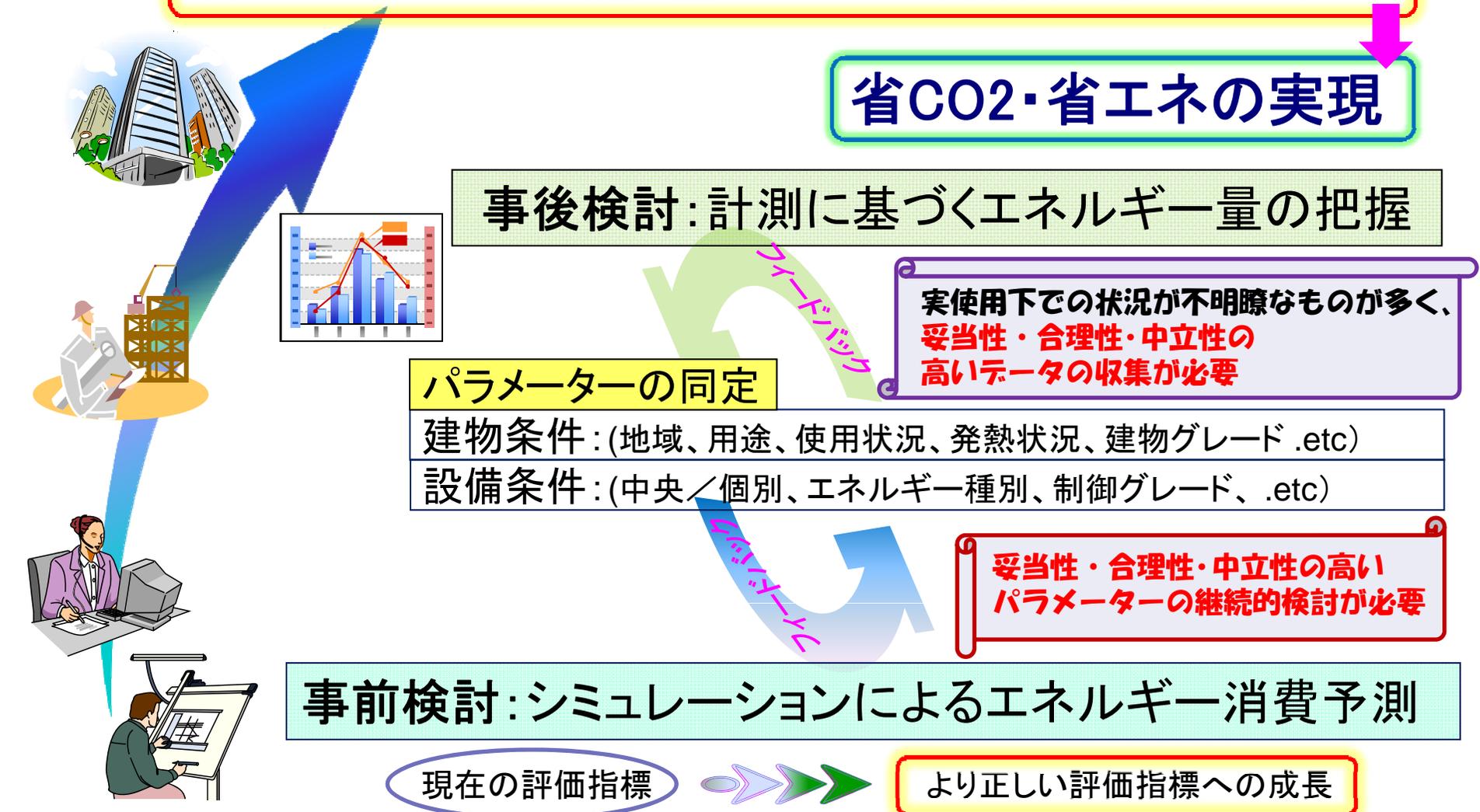
設備条件:(中央/個別、エネルギー種別、制御グレード、.etc)

妥当性・合理性・中立性の高い
パラメーターの継続的検討が必要

事前検討: シミュレーションによるエネルギー消費予測

現在の評価指標

より正しい評価指標への成長



1.2. 調査の体制

国土交通省住宅局、国土技術政策総合研究所

↓ 補助金

↑ 成果報告書

建築研究所

() 共同研究

■ 全体会議

調査業務総括責任者：射場本忠彦（東京電機大学）

(イ) エネルギー消費量に着目した総合的な評価方法の検討

代表者：坂本雄三（東京大学）

(ロ) 中央方式空気調和設備における熱源システムの入出力
特性データの収集分析

代表者：柳原隆司（東京大学）

(ハ) 個性分散型空気調和設備の入出力特性データの収集分析

代表者：吉田治典（岡山理科大学）

(ニ) 各種の業務用建築物における照明設備計画と照明エネ
ルギー削減手法に関する調査

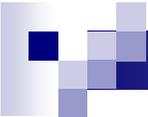
代表者：井上 隆（東京理科大学）

(ホ) 各種の業務建築物における内部発熱に関する調査

代表者：川瀬貴晴（千葉大学）

■ 第三者評価委員会

(社) 空気調和・衛生工学会



2. エネルギー消費量に着目した 総合的な評価方法の検討

2.1. 検討目的・概要

外皮と全設備に着目した総合的な評価方法評価方法の検討を最終的な目的とし、本年度は以下の項目の検討を行った。

- ① 総合的な評価方法の枠組み検討
- ② 既存及び新たな評価指標の特性分析
- ③ アメダス気象データによるPAL地域区分の検証
- ④ 建物エネルギーデータ(DECCE)による地域区分の検討
- ⑤ 建物エネルギーデータ(DECCE)による建物用途区分の検討

2.2. 総合的な評価方法の枠組み検討

■ 建築物の省エネ関連制度に関する現状調査

日本: PAL・CEC及びポイント法

英国: “Energy Performance Certificate”と“Display Energy Certificate”

独逸: DIN V 18599「建築物のエネルギー消費」

米国: “ENERGY STAR”

■ 新たな省エネ総合指標(総合的な評価方法)の提案

①総合CEC: CECを総合化した指標

$$CEC_t = \sum E_i / \sum E_{oi}$$

E_i = 当該建物の設備iの消費量(CECの分子)

E_{oi} = 設備iの基準消費量(CECの分母)

i = 設備種類(空調、照明、給湯、換気、エレベーター)

②基準達成率: 百分率で示した①の逆数

$$A_t = \sum E_{oi} / \sum E_i \times 100$$

■ ③省エネルギー率: 基準値から削減したエネルギーの百分率

$$ERR = \sum (E_{oi} - E_i) / \sum E_{oi} \times 100$$

①②③、どれも E_i と E_{oi} から計算する指標

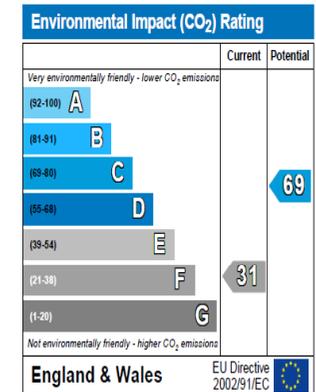
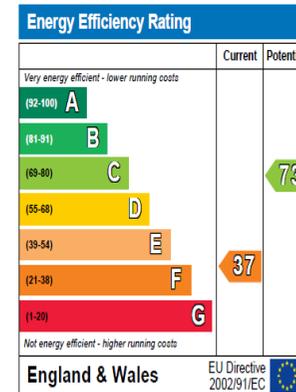
PAL, CECの基準値

	ホテル・旅館等	病院・診療所等	物品販売店舗等	事務所等	学校等	飲食店等	集会所等	工場等
PAL	420	340	380	300	320	550	550	-
CEC/AC	2.5	2.5	1.7	1.5	1.5	2.2	2.2	-
CEC/V	1.0	1.0	0.9	1.0	0.8	1.5	1.0	-
CEC/L	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
CEC/HW	給湯量/配管長の値に応じて、1.5~1.9の間で定める。							
CEC/EV	1.0	-	-	1.0	-	-	-	-

Energy Performance Certificate評価事例



This home's performance is rated in terms of the energy use per square metre of floor area, energy efficiency based on fuel costs and environmental impact based on carbon dioxide (CO₂) emissions.



DIN18599における33種類の建物使用条件(抜粋)

建物用途	使用時間帯	使用日数	冷房時間帯	暖房時間帯	給気湿度範囲 (g/kg)	最小外気導入量 (m ³ /hm ²)
個室型事務所	7-18	250	5-19	5-19	6-11	4
オープンタイプ事務所	"	"	"	"	"	6
会議講義室	"	"	"	"	"	10-20
冷凍庫付小売店舗	8-20	300	6-21	7-21	"	20m ³ /h人
冷凍庫無し小売店舗	"	"	"	"	"	"
教室	8-15	200	6-16	6-16	"	30m ³ /h人

2.3. 既存及び新たな評価指標の特性分析

◆分析概要

- ・モデル事務所建物（地上8階建、延床面積15,000m²）にて、既存数値シミュレーションプログラムを使用して、消費エネルギー量を算出
- ・モデル建物の①内部発熱条件、②空調運転条件、③空調設備仕様を変化させたケースを計算
- ・算出結果を各種省エネ指標にて比較
既存指標：一次エネルギー消費量原単位、CEC/AC'
新たな評価指標：総合CEC、基準達成率、省エネルギー率、他

2. エネルギー消費量に着目した総合的な評価方法の検討

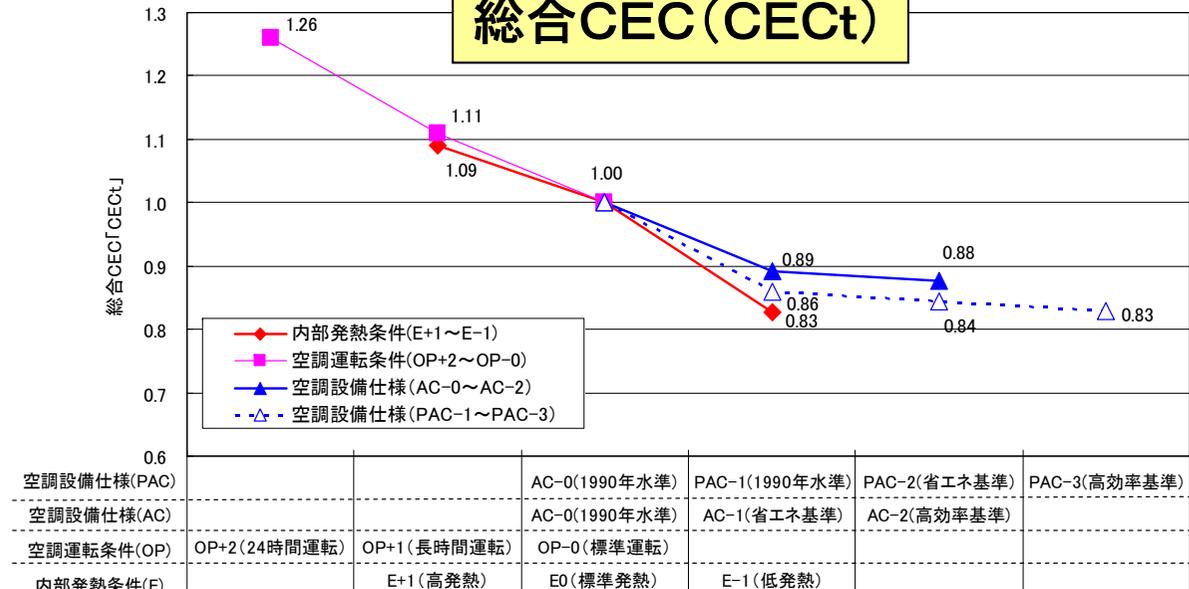
◆ 検討結果

新たな評価指標では、内部発熱条件、空調運転条件、空調設備仕様による影響が反映された結果となった。

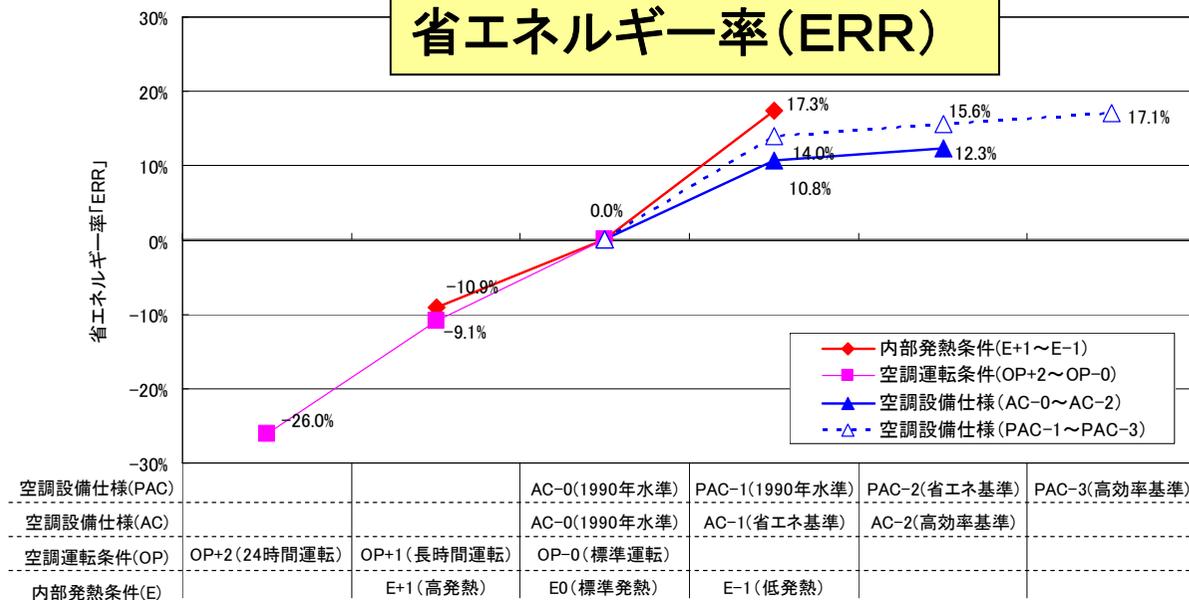


省エネ指標として問題がないことを確認した。

総合CEC (CECt)



省エネルギー率 (ERR)



2.4. アメダス気象データによるPAL地域区分の検証

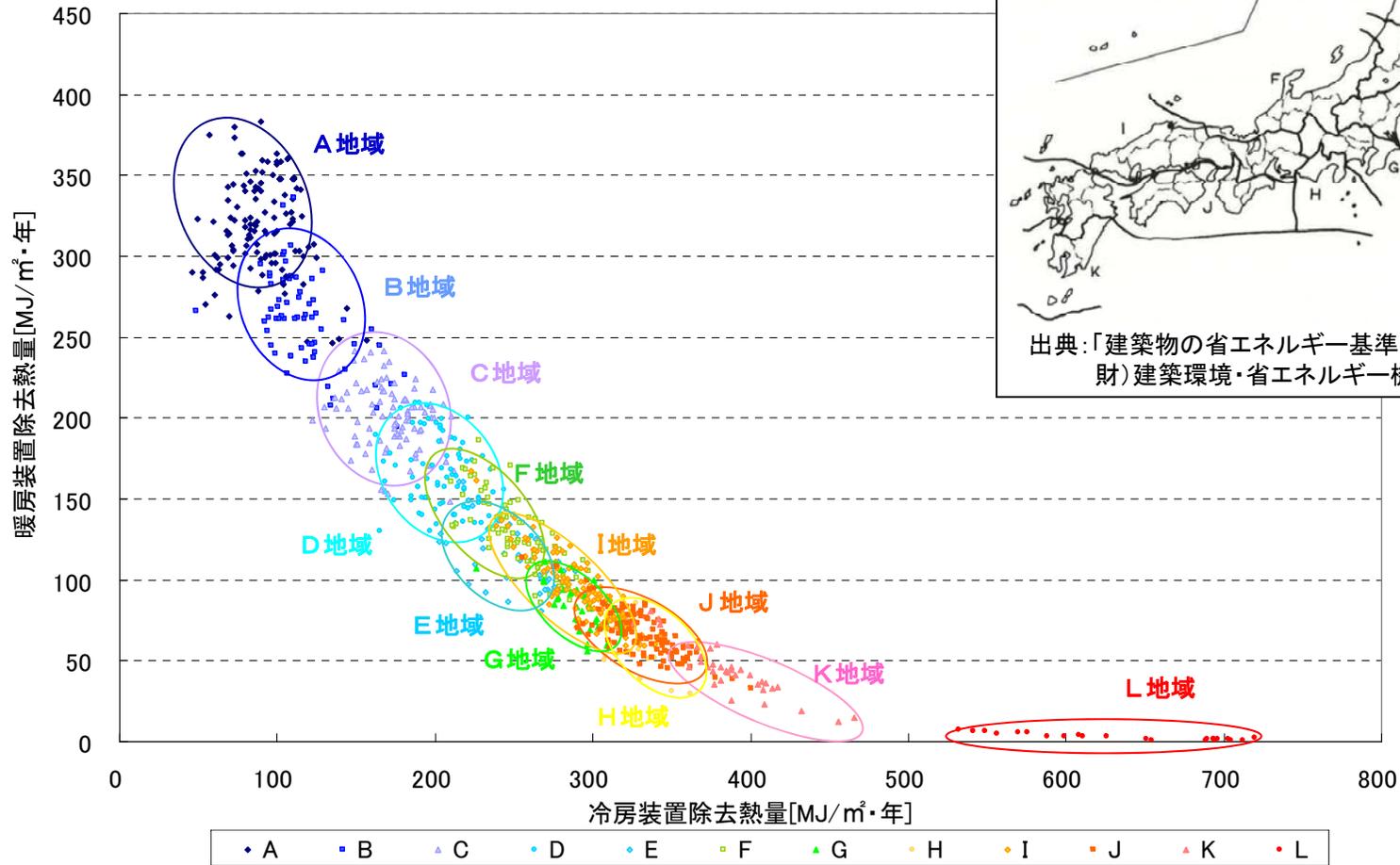
◆分析概要

- ・モデル事務所建物(地上8階建、延床面積15,000m²)にて、既存熱負荷計算プログラム(New HASP/ACLD)を使用して、ペリメータ熱負荷を算出
- ・拡張アメダス気象データにて全国842地点を計算
- ・PAL地域区分によるペリメータ熱負荷(PAL)の傾向を分析
⇒ **PAL地域区分の妥当性を検討**

◆分析結果

地域区分毎に、同様の傾向(まとめり)となっている。

⇒ **地域区分の妥当性が確認できた。**



冷房負荷と暖房負荷の関係

2.5. 建物エネルギーデータによる建物用途区分の検討

- 検討の目的
 - 全国の既存建物のエネルギー消費量データを用いて、現行CECの建物用途区分の妥当性を検討する。

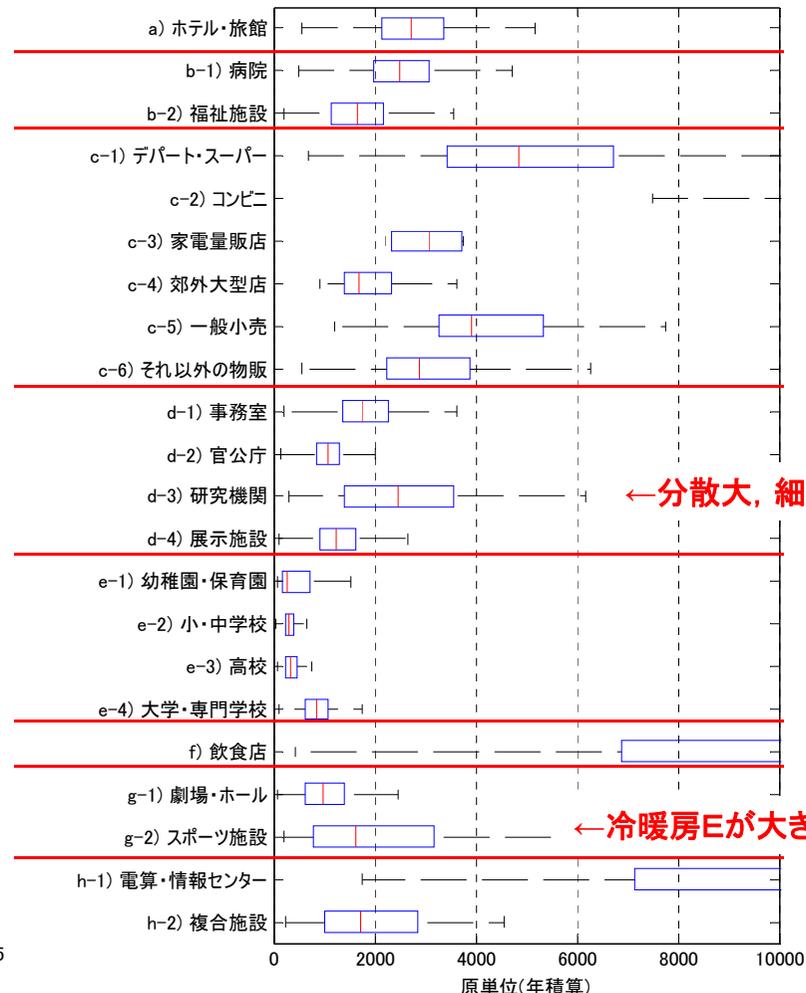
- 使用するエネルギー消費量データ
 - 前章と同じ
 - 今回の検討では、平成20年度の調査結果 10000件のデータのうち、CECⅢ地域のデータのみを利用する。

■ 年積算エネルギー消費量原単位の比較

⇒ より詳細な建物用途区分が必要である

左図の拡大版

CECの建物用途区分

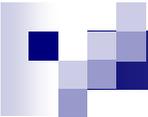


建物用途別一次エネルギー原単位(最大値、四分位値、中央値)

■ 考えられる用途分類

CECの建物用途区分		考えられる建物用途区分
a) ホテル等	ホテル, 旅館	ホテル・旅館
b) 病院等	病院, 老人ホーム, 身体障害者福祉ホーム	病院, 福祉施設
c) 物販店舗等	百貨店, マーケット	デパート・スーパー
		コンビニ
		家電量販店, 郊外大型店, 一般小売, それ以外の物販
d) 事務所等	事務所, 官公署, 図書館, 博物館	事務所, 官公庁, 展示施設
		研究機関 (さらに細分類の可能性あり)
e) 学校等	小学校, 中学校, 高等学校, 大学, 高等専門学校, 専修学校, 各種学校	幼稚園・保育園, 小・中学校, 高校, 大学・専門学校
f) 飲食店等	飲食店, 食堂, 喫茶店, キャバレー	飲食店
g) 集会所等	公会堂, 集会場, ボーリング場, 体育館, 劇場, 映画館, パチンコ屋	劇場・ホール
		スポーツ施設 (さらに細分類の可能性あり)
h) 工場	工場, 畜舎, 自動車車庫, 自動車駐車場, 倉庫, 観覧場, 卸売 市場, 火葬場	電算・情報センター 複合施設

より詳細な建物
用途区分が妥
当と思われる。



3. 中央式空気調和設備における熱源システムの入出力特性データ収集分析

3.1. 調査目的

- 中央方式空気調和設備の熱源システムの、エネルギー消費量および供給熱量に関するデータを収集
- データ分析の収集データの取り扱い方法・集計方法を整理

3.2. 調査概要

調査対象建物

名称	略称	用途
事務所建物 (1A)	事務所 1A	テナントビル
病院建物 (1B)	病院 1B	総合病院
事務所建物 (1C)	事務所 1C	自社ビル
複合施設 (1D)	複合施設 1D	ホテル・オフィス 商業・駐車場

統一した基準で整理するため測定項目

- ◆ 運転フラグ／主機，一次ポンプ，冷却水ポンプ，冷却塔
- ◆ 入口温度，出口温度，流量，熱量／冷温水，冷却水
- ◆ 負荷率，電力量，ガス量，油量／主機，一次ポンプ，冷却水ポンプ，冷却塔
- ◆ 一次エネルギー消費量，CO2排出量，／主機，一次ポンプ，冷却水ポンプ，冷却塔
- ◆ COP，WTF，効率／主機，一次ポンプ，冷却水ポンプ，冷却塔
- ◆ 年，月，日，曜日，時刻，時刻別料金指標，外気DB，外気WB，外気エンタルピ
(※本調査での測定項目は、上記項目のうち必要な項目のみである。)

⇒ 収集したデータの整理手法や統一したデータファイルの提案を行った。
データ欠損や異常値の処理方法の提案を行った。



今後、統一した基準で整理したデータでの評価が可能となる。

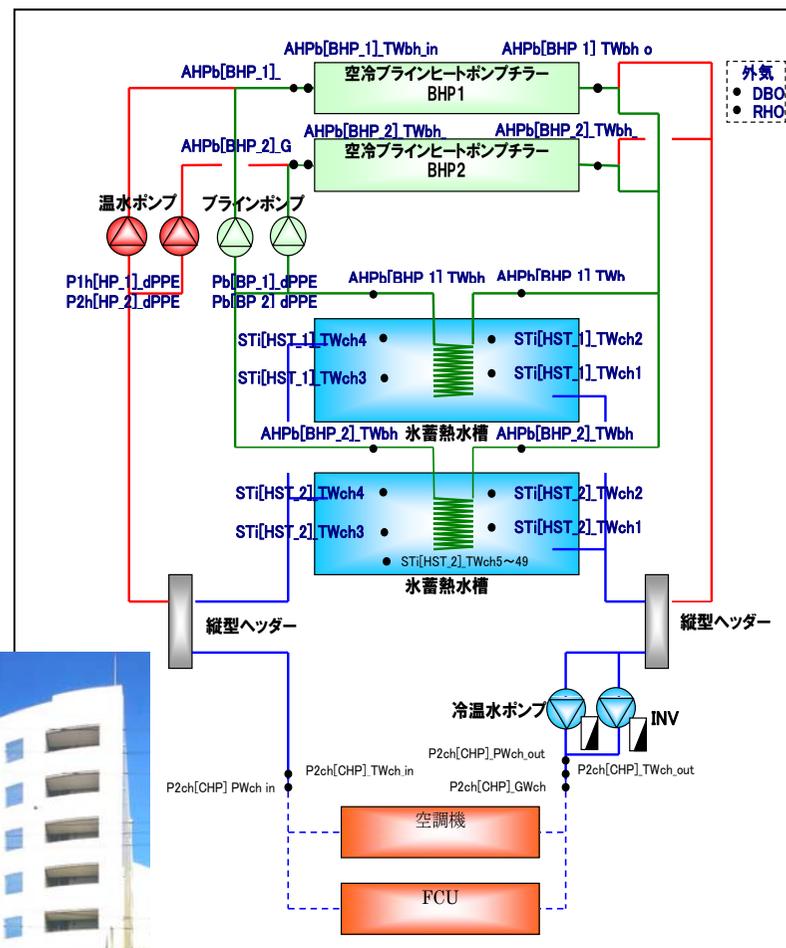
3.3. 調査結果(事務所建物1A)

◆建物概要

- (1) 建物名称 : 事務所1A
- (2) 所在地 : 東京都中央区
- (3) 竣工年月 : 1988年8月
- (4) 建物用途 : 事務所 (テナント)
- (5) 建物規模 : 地上9階, 地下2階
- (6) 延床面積 : 5,400m²

◆設備概要

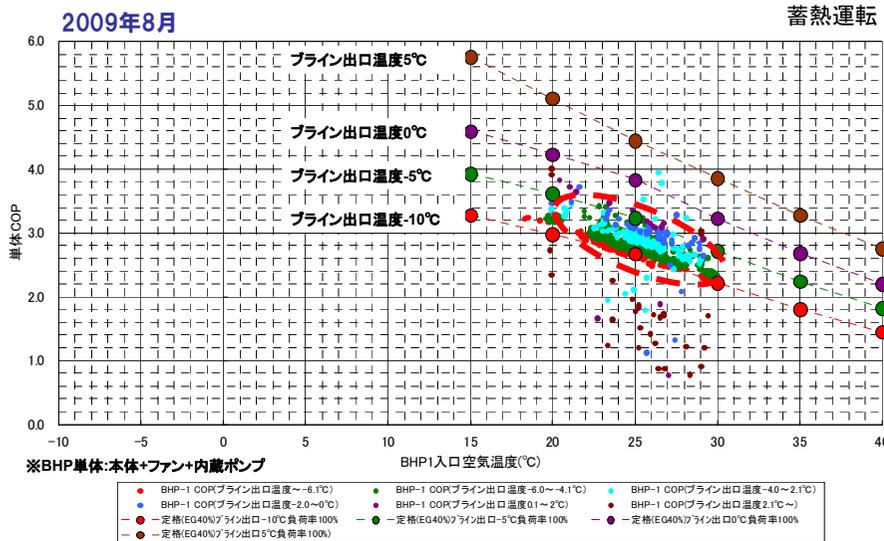
- (1) 熱源器:
ブラインヒートポンプチラー(90HP)x2基
- (2) 蓄熱槽:
スタティック型氷蓄熱槽(64m³)x2基
- (3) 二次側空調設備:
空調機+ファンコイルユニット(各階)



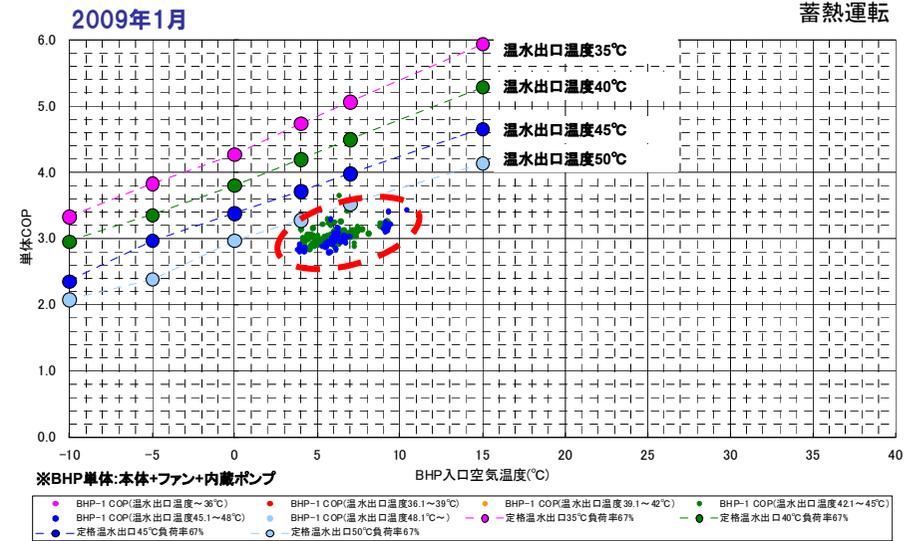
熱源系統図(事務所1A)



◆ 調査結果分析(事務所1A)



(8月)



(1月)

BHP入口空気温度と単体COPの関係

実測データを元に、機器特性に関する分析を行い、実運転時の特性データを得た。その結果、多くの熱源機器で機器特性値を満足しないことを確認した。

今後の課題

- ・分析方法の更なる改善を検討
- ・評価ノウハウの集積

4. 個別分散型空気調和設備の 入出特性データの収集分析

4.1. 調査目的・概要

個別分散型空調システム(GHP, EHP)について、次の2項目の検討を行った

① 入出力特性計測手法に関する検討

出力(熱処理量)の計測方法は種々の方法が提案されているが、各手法がどの程度精度を持つかに関する定説はなく、計測の複雑さや整理の作業量も異なる。そこで、**熱処理量を推定する種々の方法を同じシステムに同時に適用**して、各手法の具体的な計測法や計測精度の特質について相互比較して整理した

② システムの実働特性に関する分析

実験室試験などにより、JISなど標準運転下での機器単体の性能は実態が明らかになりつつあるが、実運用下では室外機と複数の室内機とが熱負荷に応じて様々に稼動し標準運転とは異なる様相を呈するため、動作実態が明らかではなく、そのシステム性能は不明である。そこで、**機器用のメンテナンスチェッカー**を利用して複数システムの運転データを収集し、それらを比較・分析した

4.2. 調査方法・調査建物

① 入出力特性計測手法に関する検討

- 次の3つの建物の運転データを収集・分析した。

大学建物(2A) 研究室 EHP (1系統、40.5kW、室内機5台)

大学建物(2B) 事務所 GHP (2系統、45kW、室内機6台ずつ)

大学建物(2C) 実験室 発電機能付GHP (1系統、56kW、室内機8台)

② システムの実動特性に関する分析

- 次の4つの建物の運転データを収集・分析した。

中規模事務所建物(2D) EHP (全5系統、総馬力 54HP)

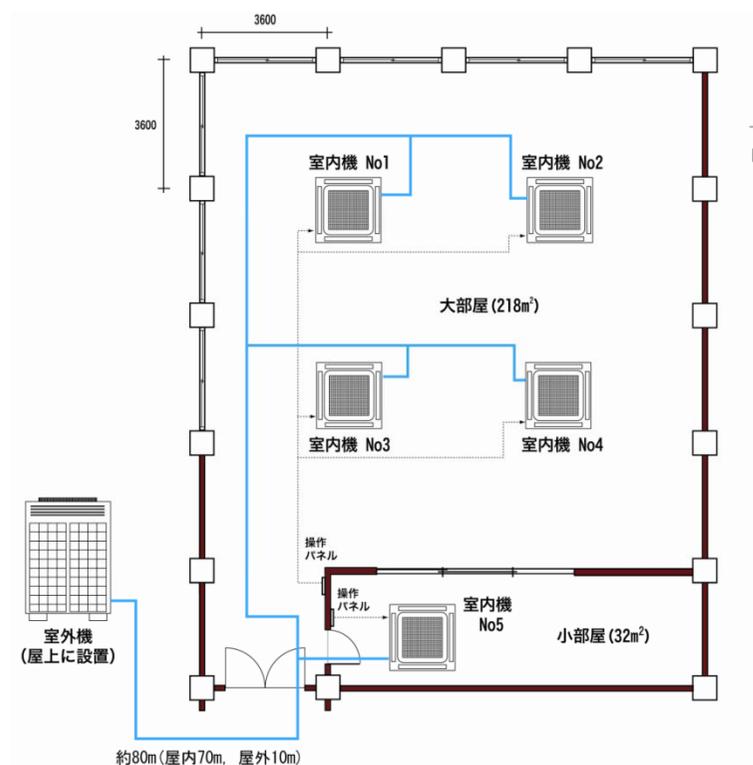
中規模事務所建物(2B) EHP (全3系統、総馬力 60HP)

中規模事務所建物(2C) EHP (全3系統、総馬力 106HP)

大学建物(2A) EHP (全1系統、総馬力 16HP)

4.3. 調査結果例(大学2A)

- 大学の研究室(250m²)
- EHP(冷暖切替型)
- 室内機5台, 室外機1台
- 室外機(冷40.5kW、暖50.0kW)
- 室内機{大部屋4台}
(冷8.0kW、暖9.0kW)
- 室内機{小部屋1台}
(冷11.2kW、暖12.5kW)
- 2009年12月から計測

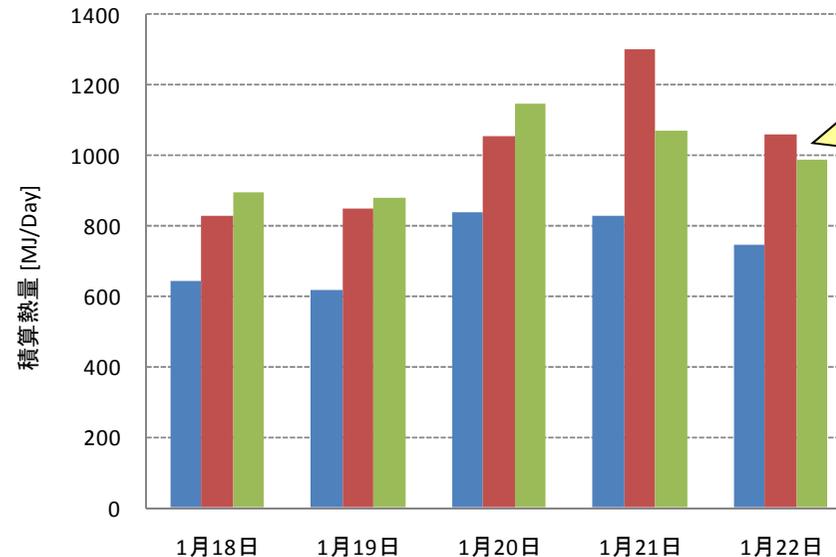


計測対象室平面図(大学2A)

◆ 熱処理量算出結果の比較

- 室内AE法(青), 室外AE法(赤), 推定法(緑)による熱量を比較.
(ただし, 室外AE法の熱量 = 室外機処理熱量 + 圧縮機動力)

⇒ 算出された熱量は、**室外AE法 > 推定法 > 室内AE法** となる傾向
 室外AE法と推定法の差は10%, 室内AE法と推定法の差は20%



各計測方法による推定出力の比較を行い、計測精度の特質を明らかにした。

	1月18日	1月19日	1月20日	1月21日	1月22日
■ 室内AE法	643	620	839	828	745
■ 室外AE法	830	849	1056	1300	1059
■ 推定法	896	882	1145	1068	990

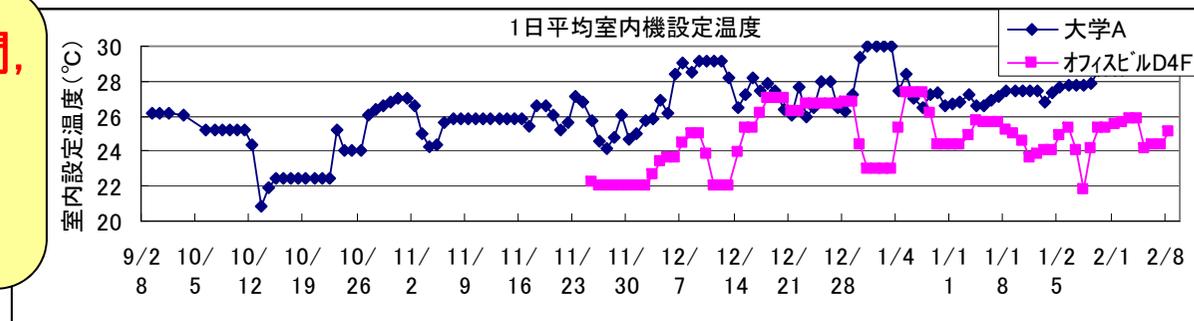
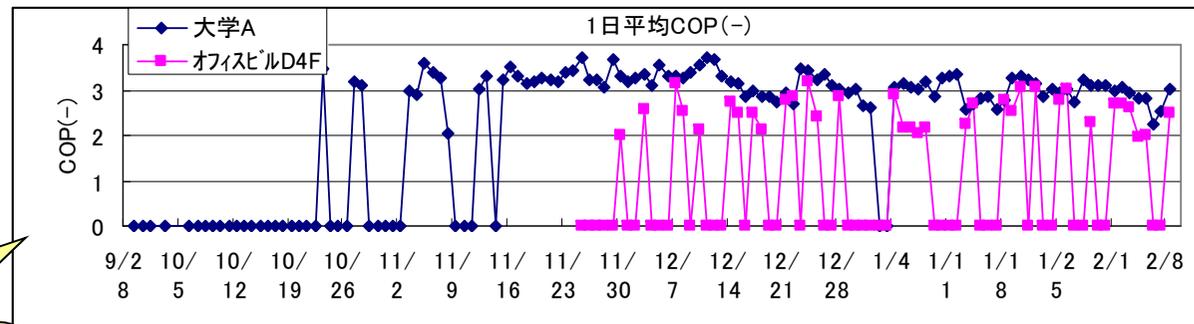
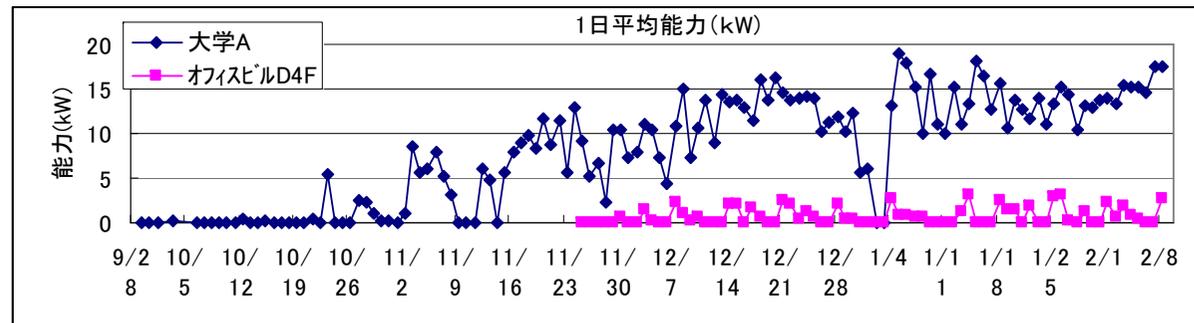
算出方法の違いによる日積算熱処理量(大学2A)

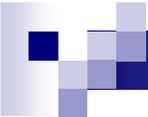
4.4. 実働特性計測結果(事務所2D, 大学2A)

■ 性能の変化(事務所2D・4階<31.5kW>と大学2A<50kW>)

1. 大学2Aの室内機設定温度は事務所2Dより3℃高く、夜間・休日を含め常時運転している(消し忘れか?)
2. 大学2Aの熱処理量, 消費電力量は, 事務所2Dに比べて大きい. 原因の1つとして運用法の差が考えられる. 効率(COP)は大学2Aの方が良い.

システムの使い方(運転時間, 運転モード, 設定温度など)が運転性能に大きな影響を与えることを確認した.





5. 各種の業務用建築物における照明設計画 と照明エネルギー削減手法に関する調査

5.1. 調査目的

業務用建築で使用される**照明エネルギー削減手法**
(**照明制御手法**)と**エネルギー消費量**の関係を把握
することを目的とした。

本調査では、照明エネルギー削減手法の種類を多く採用している先端的な建物(標準的な事務所を優先)で、照明を単独で計測可能な施設を複数選定し、調査を実施した。

5.2. 調査建物概要

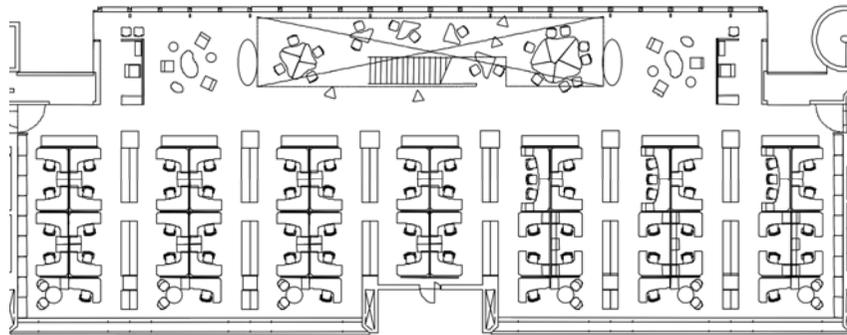
■ 調査建物・各建物の照明制御システム

	事務所建物 (3A)	事務所建物 (3B)	事務所建物 (3C)	事務所建物 (3D)	事務所建物 (3E)
所在地	神奈川県 横浜市	東京都 千代田区	神奈川県 横浜市	東京都 港区	茨城県 つくば市
竣工年月	2006年12月	2003年3月	1994年9月	2007年7月	1978年3月
建物用途	事務所	事務所	事務所	事務所	事務所
建物規模	地上4階 地下1階	地上14階 地下1階	地上11階 地下1階	地上15階 地下2階	地上7階 地下1階
延床面積	6,400m ²	21,000m ²	28,000m ²	34,000m ²	8,300m ²
制御方式	昼光利用照明制御	○	○	○	○
	スケジュール管理	○	○	○	○
	初期照度補正	○	○	○	
	タスク・アンビエント照明	○			
	人感センサー制御		○		○
	ブラインド自動制御	○	○	○	○
	隣接調光照明制御				○

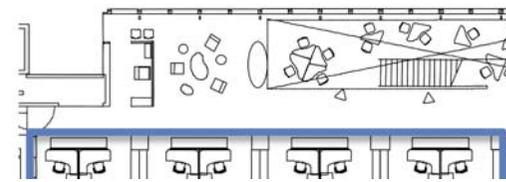
調査建物は、事務所建物5棟とし、このうち事務所建物(3A)と事務所建物(3E)については、照度分布・輝度分布測定を含む実測調査を実施し、事務所建物(3B)・事務所建物(3C)・事務所建物(3D)はBEMSデータから分析を行った。

5.3. 調査結果(事務所3A,3E)

- 事務所3Aでは、主としてタスク・アンビエント照明の省エネルギー効果に関するデータを取得した。



事務所3Aの照明設備計画図

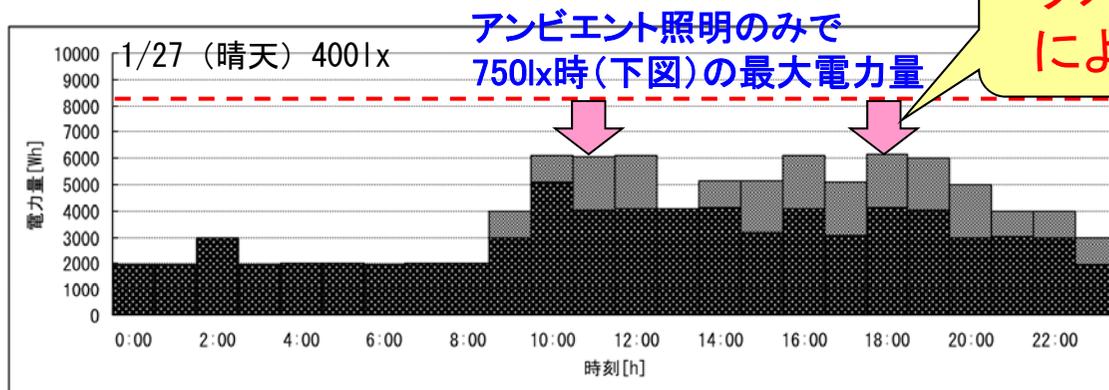


事務所3Eの照明設備計画図

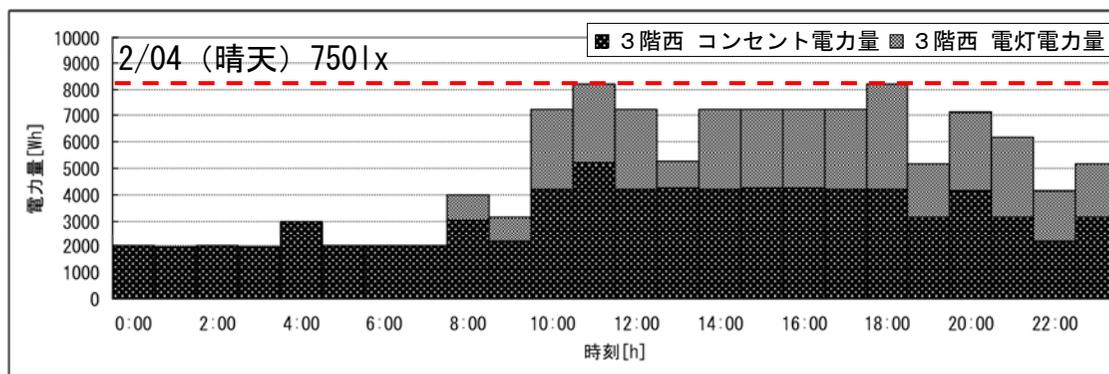


◆照明電力消費量(事務所3A)

アンビエント照明による
机上面照度400lx
タスク照明使用



アンビエント照明による
机上面照度750lx
タスク照明未使用

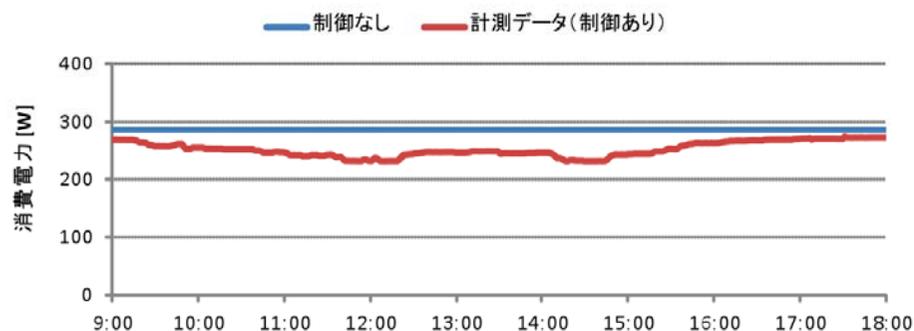


タスク・アンビエント照明による照明電力量削減効果

タスク照明の電力消費量分を考慮に入れても、
タスク・アンビエント照明(アンビエント照明の設定400lx)とすることで、
アンビエント照明のみで机上面照度750lx(オフィス照度基準値)を得る場合に較べて、
概算で約25%の電力消費量削減効果が期待できる。

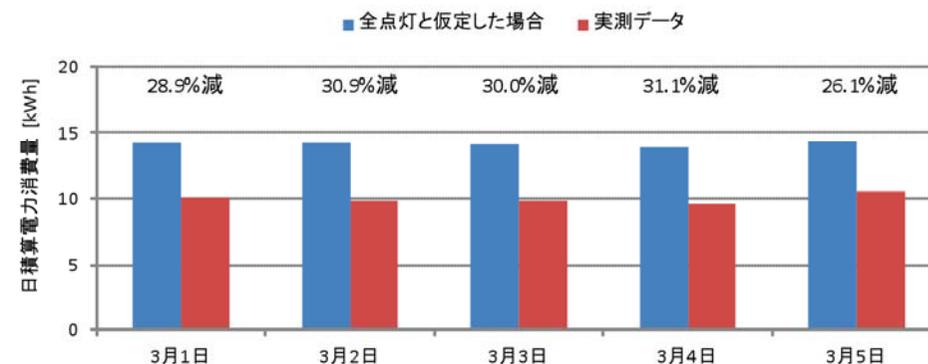
◆ 調査結果（事務所3E）

明るさセンサーの連続調光制御による省エネ効果



約12～17%の省エネ効果

人感センサーの段調光制御による省エネ効果



約30%の省エネ効果

6. 各種の業務用建築物における 内部発熱に関する調査

6.1. 調査目的・概要

空調設備設計において、**内部発熱**を適切に設定することは
合理的な最大負荷算定・年間冷暖房負荷算定を行う上で重要



高効率照明器具や省エネ型OA機器の普及に伴い、
内部発熱の設定が実態よりも過大になっている可能性がある

建築基準法や省エネ法等の整備・見直しや空調に係るエ
ネルギー消費の推定精度向上のためにも、内部発熱に関
する基礎的なデータ収集と分析が求められている



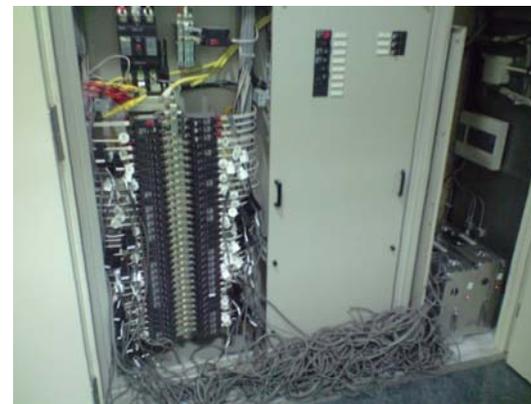
事務所ビルの執務室を対象に**照明・コンセント用の電力
測定**および**在室密度・執務室の使われ方調査**を実施

6.2. 調査項目

- 照明、コンセント使用電力
(最低1週間連続計測)
- 在室人員調査(最低1日;目視)
- 使われ方調査(設置OA機器、ブラインド;目視)
- 環境測定(温度、照度、CO₂;手動計測)
- 設計資料の収集(図面、分電盤内容表等)
- ヒアリング(入居部署、勤務時間等)



電力計測器



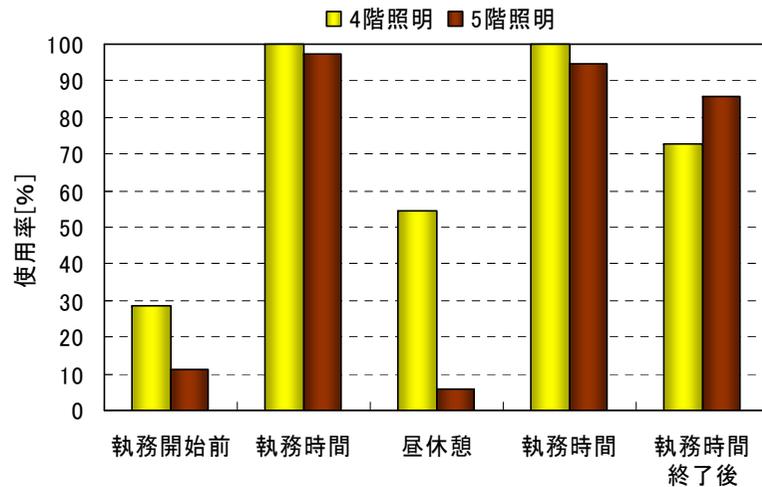
計測器設置状況

6.3. 調査建物

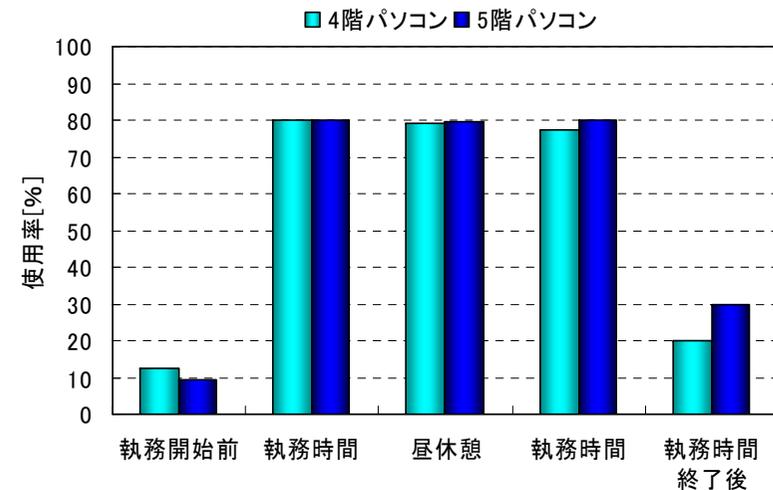
建物名	事務所建物(4A)	事務所建物(4B)	事務所建物(4C)	事務所建物(4D)
地域	東京	東京	九州	中部
建物用途	事務所・店舗	事務所	事務所	事務所・展示室
自社・テナントの別	テナント	テナント	自社	自社,テナント
延床面積概算	70,000m ²	12,000m ²	5,500m ²	700m ²
竣工年	2006年	1991年	2003年	
計測対象エリア1	4F事務室(765m ²)*1	7F事務室(553m ²)	4F事務室(393m ²)	3F事務室(148m ²)
対象エリア属性	専有部全体(倉庫・更衣室等を含む)	専有部全体	執務スペースのみ	自社使用(事務所・応接・便所)
業務内容	事務、営業、技術	事務、営業、技術	営業	事務、営業、技術
調査期間	2009.11.17~12.9	2009.12.17~12.25	2009.11.9~11.15	2010.1.28~2.3
計測対象エリア2	(該当なし)	8F事務室(553m ²)	5F事務室(350m ²)	(該当なし)
対象エリア属性		専有部全体	執務スペースと休憩スペース	
業務内容		事務、営業、技術	設計、企画	
調査期間		2009.12.17~12.25	2009.11.9~11.15	

※1:照明・コンセントの電力計測対象エリアが室全体ではないため、それぞれの対象面積は個別に設定する

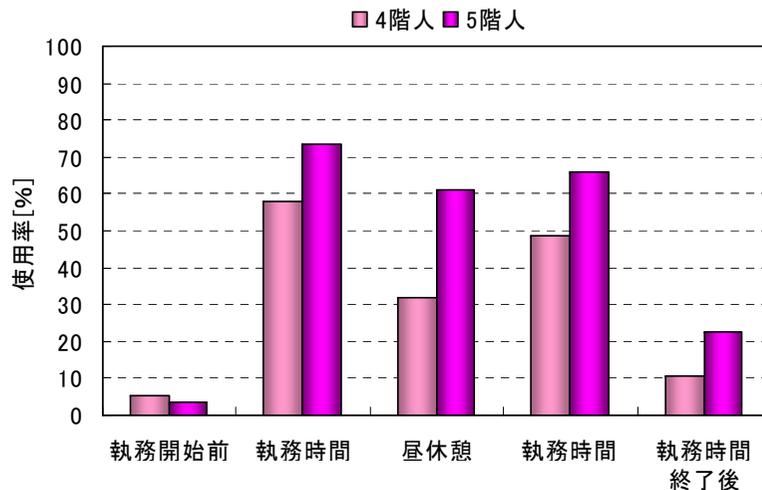
6.4. 使われ方調査結果(事務所4C)



照明の時間帯別使用率



パソコンの時間帯別使用率



人の時間帯別在室率

内部発熱原単位に影響する、
使われ方(使用率)の計測
データも得られた。

6.5. 調査結果（内部発熱量調査のまとめ）

各建物の照明・コンセントの平均内部発熱量を把握した。

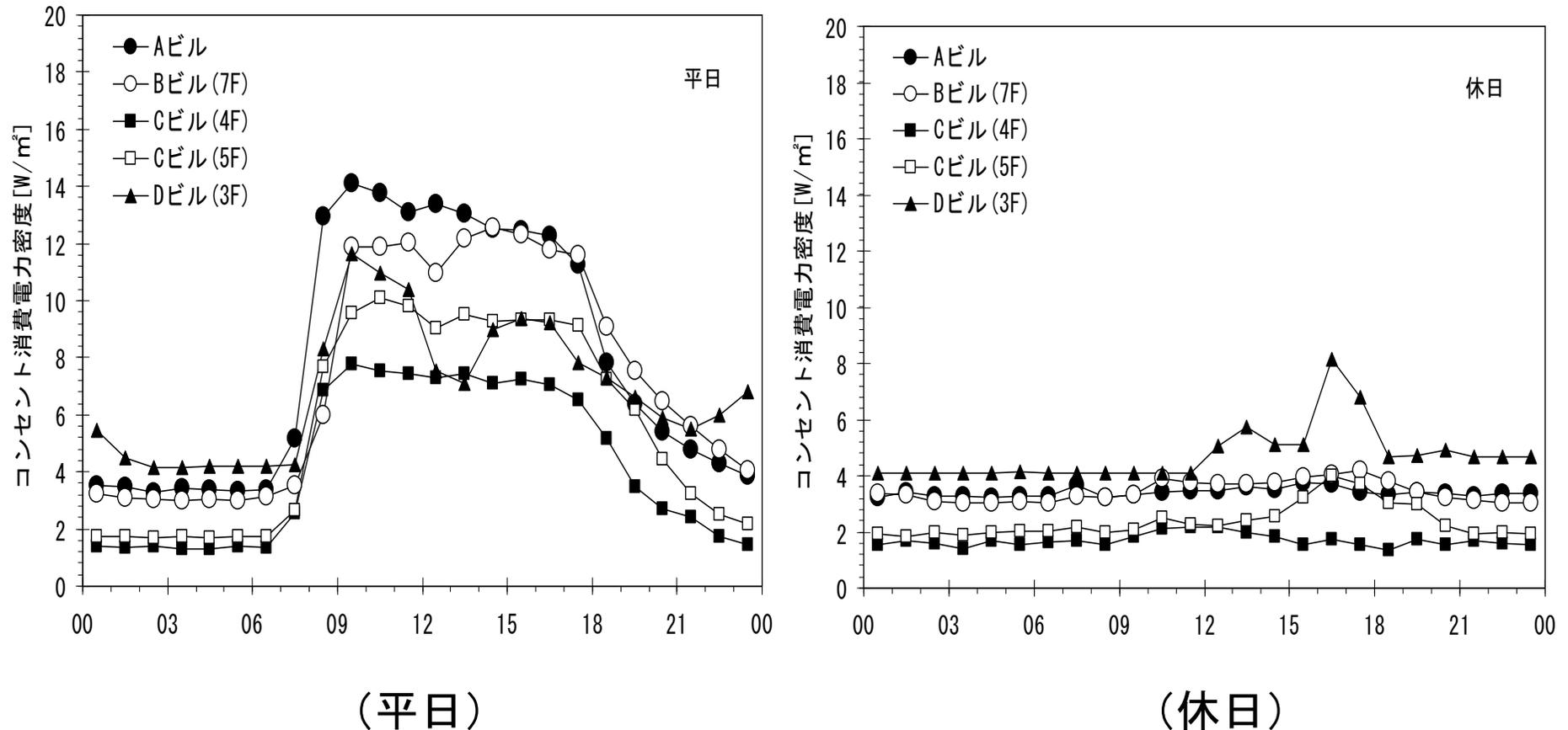
	建物	事務所4A	事務所4B	事務所4C	事務所4D
基本	エリア	4F	7F	4F	3F
	対象面積 [m ²]	765	553	393	144
人員	人員密度 [人/m ²]	0.162 (100%)	0.181 (100%)	0.104 (100%)	0.139 (100%)
	平均在室人員密度* [人/m ²]	0.091 (56%)	0.107 (59%)	0.055 (53%)	0.052 (38%)
照明	照明機器（ベース）	FHF32W	FL40W	FHF32W	FHF32W
	ルーバー等	無	無	無	無
	実測照度 [lx]	1030	619	480	1112
	平均電力消費密度* [W/m ²]	12.9	15.6	7.0	11.2
コンセント	一人当たりPC台数 [台/人]	0.944	1.040	0.976	1.000
	定格消費電力密度 [W/m ²]	48.4 (100%)	54.9 (100%)	33.5 (100%)	40.8 (100%)
	平均電力消費密度* [W/m ²]	12.8 (26%)	12.0 (22%)	7.2 (22%)	9.3 (23%)
	夜間電力消費密度 [W/m ²]	3.4 (7%)	3.0 (6%)	1.3 (4%)	4.2 (10%)
	1人当たり電力消費** [W/m ²]	140 (37+103)	112 (28+ 84)	131 (24+107)	178 (80+98)

*昼休みを除く平日就業時間の平均

**括弧内は夜間＋（平均－夜間）

◆コンセント消費電力密度時刻別変動

各建物の照明・コンセントの時刻別内部発熱量を把握した。



コンセント消費電力密度の時刻変動

7. まとめ

(本事業において)

中立機関による評価を経た「計測に基づく消費エネルギー量」の取得が緒についた

シミュレーションによる消費量予測のため、妥当性・合理性の高いパラメーターの検討を開始した(既往データの利用)

信頼性が高いデータの活用(予定)

省エネルギー性能(基準)の総合評価手法の確立

(より正しい評価指標への成長に向けて)

- 更に広範な建物(建物数・建物用途の拡充など)での計測データ収集の継続・公開が必要
- エネルギー消費量総合評価指標のためのパラメータ同定の継続的検討が必要 + (対象建物に応じた精度の見極め)