



## 設備を中心としたLCCO<sub>2</sub> 算出手法の開発

### (1) 検討の全体像

LCCO<sub>2</sub>検討部会長  
東京大学大学院 坂本 雄三



## はじめに

### □ LCCO<sub>2</sub>算出手法の開発について

- 建築物の簡易なLCCO<sub>2</sub>計算手法の構築
- 設計段階での活用
- CADとの連携





## 検討の体制

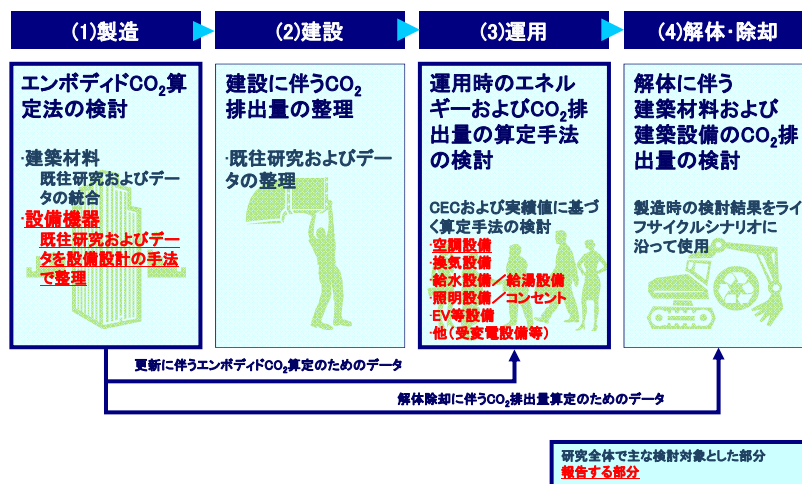
- LCCO<sub>2</sub>検討部会
  - 東京大学大学院 坂本雄三
- 運用時のCO<sub>2</sub>排出量およびエネルギー量の検討
  - 空調設備・換気設備
    - 千葉大学 川瀬貴晴
  - 給水設備・給湯設備
    - 神奈川大学 岩本静男
  - 照明・コンセント・輸送設備と変圧器損失
    - 株式会社大林組 斎藤満
- エンボデイドCO<sub>2</sub>の検討
  - 鹿島建設株式会社 佐藤正章

2007.11.1 NILIM

3



## LCCO<sub>2</sub>算出手法の検討概要



2007.11.1 NILIM

4



## 設備を中心としたLCCO<sub>2</sub> 算出手法の開発

### (2) 検討内容

国土技術政策総合研究所  
建築研究部 建築新技術研究官 澤地 孝 男



## 運用時のエネルギーおよびCO<sub>2</sub>排出量

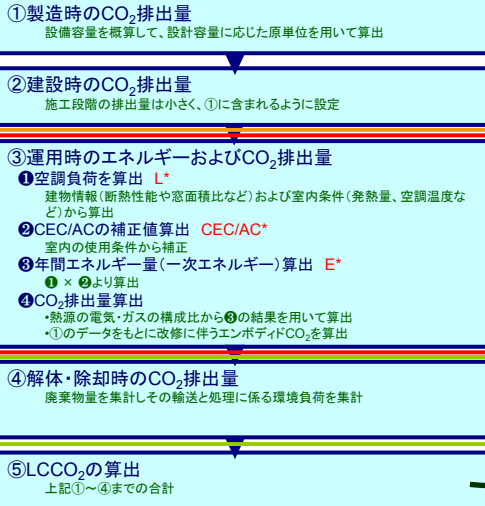
### □1. 空気調和設備





## 空調設備のLCEおよびLCCO<sub>2</sub>の算出フロー

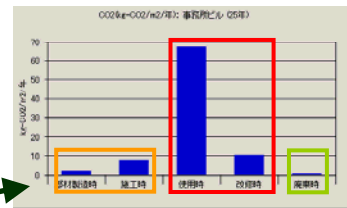
### 本研究における算出フロー



省エネ基準における  
使用条件が決められたCEC/AC  
 $CEC/AC = E \div L$   
 $E$ : 一次エネルギー消費量  
 $L$ : 仮想空調負荷

本研究における  
実使用条件を反映したCEC/AC\*  
 $CEC/AC^* = E^* \div L^*$   
 $E^*$ : 実条件での一次エネルギー消費量  
 $L^*$ : 実条件での空調負荷

この場合一次エネルギー消費量は  
 $E^* = L^* \times CEC/AC^*$  で算出できる



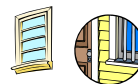
2007.11.1 NILIM

7



## 年間空調負荷L\*の簡易予測法

- $L^*$ の予測式は地域別に作成(旭川、東京、那覇)。
- $L^*$ はペリメータゾーン／インテリアゾーン別、及び、冷房／暖房別に  
分けて予測式を作成
  - ①  $L_{C,I}$  = インテリアゾーンの年間冷房負荷[kWh/(m<sup>2</sup>・年)]
  - ②  $L_{H,I}$  = インテリアゾーンの年間暖房負荷[kWh/(m<sup>2</sup>・年)]
  - ③  $L_{C,P}$  = ペリメータゾーンの年間冷房負荷[kWh/(m<sup>2</sup>・年)]
  - ④  $L_{H,P}$  = ペリメータゾーンの年間暖房負荷[kWh/(m<sup>2</sup>・年)]
- 次式で合成し、建物全体の年間空調負荷とする。  
 $L^* = 3.6 \times \{A_I(L_{C,I} + L_{H,I}) + A_P(L_{C,P} + L_{H,P})\}$   
 ただし、 $A$ は面積[m<sup>2</sup>]。



2007.11.1 NILIM

8



## L\*の簡易予測式作成のためのシミュレーション(1)

- 熱負荷計算プログラム「NewHASP」を使用。
- シミュレーションにおける変動因子は以下の8項目(各項目における設定の詳細は表1を参照)
  - ①建物形状:2ケース(次スライド参照)
  - ②地域と冷暖房期:3ケース(東京、旭川、那覇:冷暖房期が異なる)
  - ③窓の大きさ:5ケース
  - ④断熱仕様:3ケース
  - ⑤窓の仕様:5ケース
  - ⑥空調の設定温湿度:3ケース
  - ⑦空調運転時間:3ケース
  - ⑧内部発熱密度:3ケース
- $2 \times 3 \times 5 \times 3 \times 5 \times 3 \times 3 \times 3$   
=12,150ケース

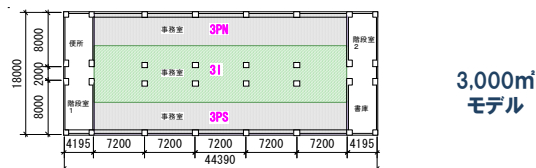
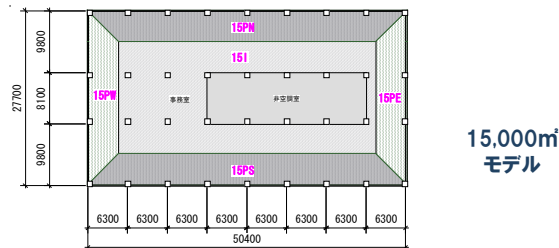
2007.11.1 NILIM

9



## L\*の簡易予測式作成のためのシミュレーション(2)

- シミュレーションに使用した建物モデル



2007.11.1 NILIM

10



## L\*の簡易予測式

- シミュレーション結果をサンプルデータとして、重回帰式を作成し、それを予測式とした。
- $L_{C,I} = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3$
- $L_{H,I} = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3$
- $L_{C,P} = C_0 + C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + C_4X_4 + C_5X_5 + C_6X_6$
- $L_{H,P} = D_0 + D_1X_1 + D_2X_2 + D_3X_3 + D_7X_7$

変数	変数の内容	単位
X1	1日の空調時間	h
X2	1日の内部発熱量	Wh/m <sup>2</sup>
X3	空調時の設定温度（暖房：22°C、冷房°Cからの差）	°C
X4	外壁の熱貫流率	W/(m <sup>2</sup> K)
X5	窓の熱貫流率	W/(m <sup>2</sup> K)
X6	窓面積比	-
X7	外皮の平均熱貫流率	W/(m <sup>2</sup> K)

2007.11.1 NILIM



## 簡易予測式から得られる年間負荷のバラツキ

(X=シミュレーション、Y=簡易式)

$\varepsilon$  = 絶対誤差

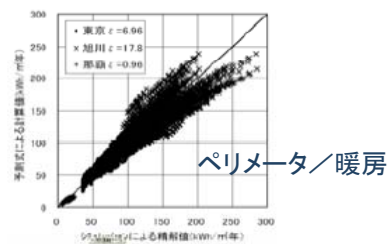
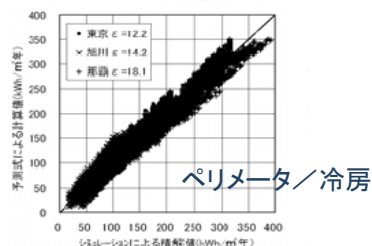
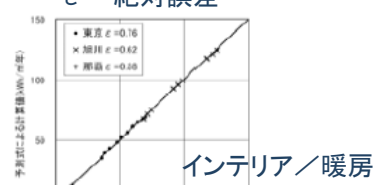
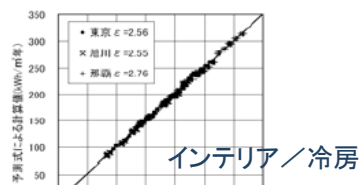


図3-3 ペリメータの年間冷房負荷の比較

図3-4 ペリメータの年間暖房負荷の比較

2007.11.1 NILIM

12



## L\*簡易予測式の適用と検証例

□ 一定の精度を有していることが確認できた

(X=シミュレーション、Y=簡易式)

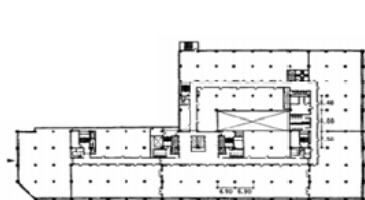


図4 平面がL字型の建物モデル (1ビル)

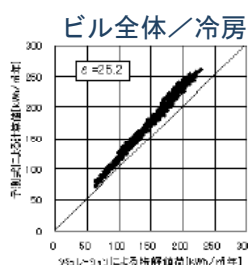


図5-1 ビルにおける年間冷房負荷の比較

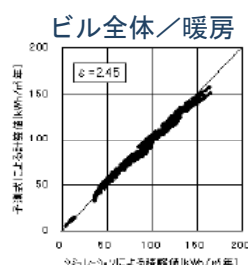


図5-2 ビルにおける年間暖房負荷の比較

2007.11.1 NILIM

13



## 各種省エネ手法によるEおよびCEC/AC計算

この建物モデルを用いて、CEC/AC\*やE\*、CO<sub>2</sub>排出量の検討を行った

用途・建設地	事務所、東京
規模	延床10,126.58m <sup>2</sup> 、地上11F 地下1F PH1F

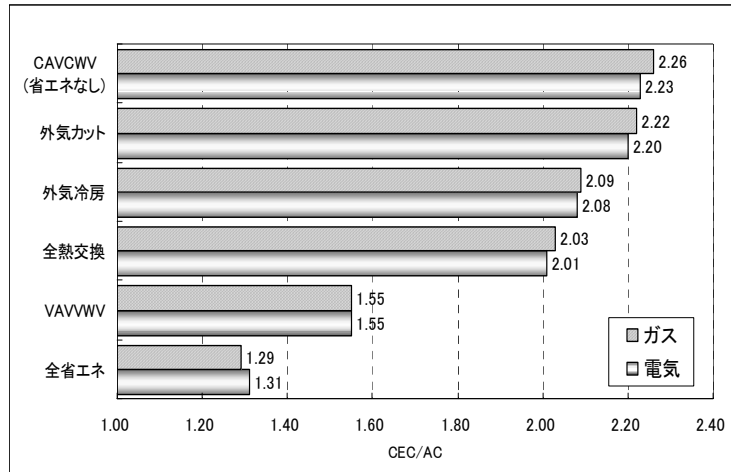
ケース	名称	概要
基準	CAV,CWV	ガス:冷温水発生機、電気:ヒートポンプチラー
1	外気カット	基準ケース+外気カット(立ち上り1時間)
2	外気冷房	基準ケース+外気冷房
3	全熱交換機	基準ケース+全熱交換器(ファン追加)
4	VAV,VWV	基準ケース+ VAV,VWV
5	全省エネ	1+2+3+4(熱源機器容量の適正化)

2007.11.1 NILIM

14



## 各種省エネ手法によるEおよびCEC/AC計算



2007.11.1 NILIM

15



## 室内の使用条件を考慮したCEC/AC値の補正

前述の建築モデルを用いて、dBECStにより以下のケースの計算を行い、補正值に関する検討を行った

No.	空調時間	内部発熱密度	内部発熱密度の内訳		
			照明	人	機器
1	10時間(8-18)	高	25W/m <sup>2</sup>	0.2人/m <sup>2</sup>	30W/m <sup>2</sup>
2	13時間(8-21)				
3	16時間(8-24)				
4	10時間(8-18)	中	25W/m <sup>2</sup>	0.2人/m <sup>2</sup>	20W/m <sup>2</sup>
5	13時間(8-21)				
6	16時間(8-24)				
7	10時間(8-18)	低	15W/m <sup>2</sup>	0.1人/m <sup>2</sup>	15W/m <sup>2</sup>
8	13時間(8-21)				
9	16時間(8-24)				

※人の発熱量:119W/人(作業指数3)

2007.11.1 NILIM

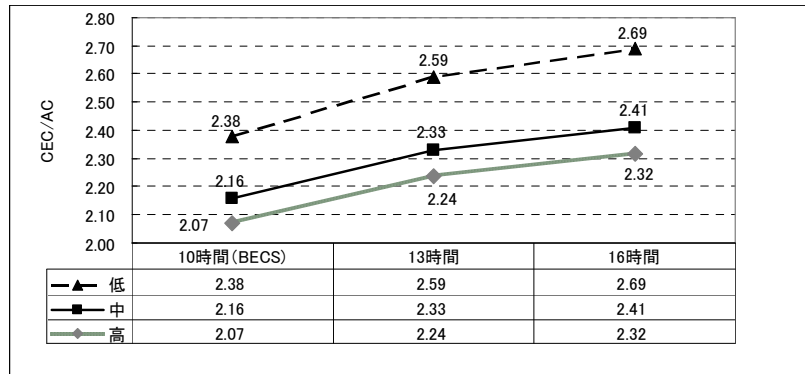
16





## 室内の使用条件を考慮したCEC/AC値の補正

dBECSを用いたCEC/ACの計算結果



- ・CEC/ACは、内部発熱密度の高低と空調時間の長短に影響を受ける
- ・内部発熱密度が同一の場合、空調時間の延長に伴いCEC/AC値が増加
- ・空調時間が同一の場合、内部発熱密度の低下に伴いCEC/AC値は増加

2007.11.1 NILIM

17



## 室内の使用条件を考慮したCEC/AC値の補正

$$\text{CEC/AC}^* = \text{CEC/AC} \times \alpha \times \beta$$

表4 空調時間の補正係数  $\alpha$

内部発熱密度	空調時間		
	10時間(BECS)	13時間	16時間
高	1.00	1.08	1.12
中(BECS)	1.00	1.08	1.12
低	1.00	1.09	1.13
補正係数	1.00	1.08	1.12

表5 内部発熱密度の補正係数  $\beta$

内部発熱密度	空調時間			補正係数
	10時間 (BECS)	13時間	16時間	
高	0.96	0.96	0.96	0.96
中(BECS)	1.00	1.00	1.00	1.00
低	1.10	1.11	1.12	1.11

2007.11.1 NILIM

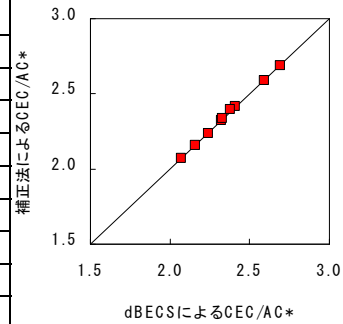
18



## 室内の使用条件を考慮したCEC/AC値の補正

CEC/AC\*の精算値と推定値の比較

No.	内部発熱密度	空調時間	dBECSによるCEC/AC*	補正法によるCEC/AC*
1	高	10時間	2.07	2.074
2		13時間	2.24	2.239
3		16時間	2.32	2.322
4	中	10時間	2.16	2.160
5		13時間	2.33	2.333
6		16時間	2.41	2.419
7	低	10時間	2.38	2.398
8		13時間	2.59	2.589
9		16時間	2.69	2.685



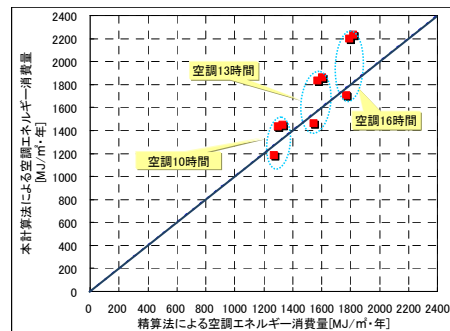
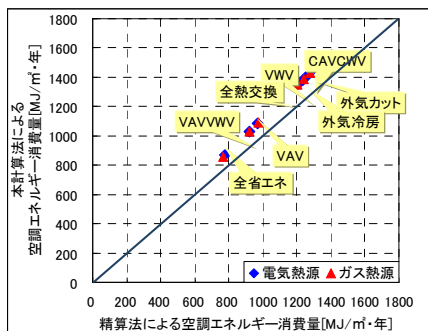
2007.11.1 NILIM

19



## 室内の使用条件を考慮したCEC/AC値の補正

精算法(dBECS)による年間空調エネルギー計算値と補正法を使用した年間空調エネルギーの比較



補正法は基準条件(空調10時間、発熱中密度)の結果を空調負荷はその1で示した手法を使用

2007.11.1 NILIM

20



## CO<sub>2</sub>排出量の算定方法に関する検討

### □ CO<sub>2</sub>排出量(kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>年)の計算式

#### ■ <電気熱源の場合>

$$C = E \times a \times c1 \quad (\text{式2})$$

#### ■ <ガス熱源の場合>

$$C = b \times E \times a \times c1 + (1 - b) \times E \times c2 \quad (\text{式3})$$

#### □ ただし

E: 一次エネルギー消費量[MJ/m<sup>2</sup>年]

a: 電気換算係数 0.1[kWh/MJ]

※省エネ法昼間: 9.97[MJ/kWh]の逆数

b: ガス熱源の場合の電気の使用比率

c1: 電気のCO<sub>2</sub>排出係数

c2: ガスのCO<sub>2</sub>排出係数



## CO<sub>2</sub>排出量の算定方法に関する検討

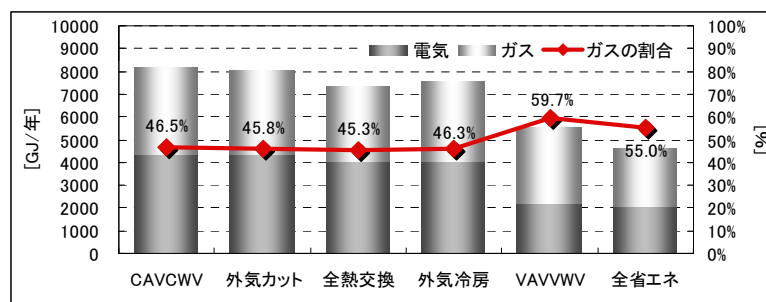
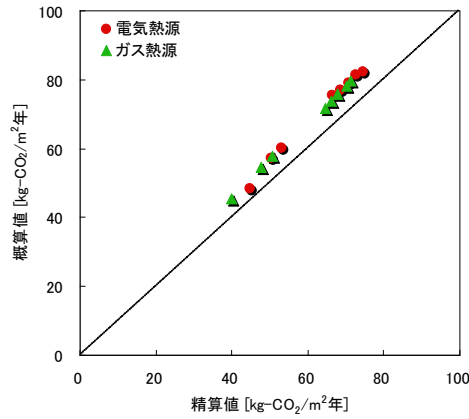


図 ガス熱源の場合の一次エネルギー量に占めるガスと電気の割合

今回の検討では、ガス熱源方式において、電気とガスの使用比率が  
ほぼ1:1であるため **b=0.5** とした



## CO<sub>2</sub>排出量の算定方法に関する検討



約10%の差となっている

特定の電気事業者をモデルとしていないため、環境省・経済産業省の「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(平成18年11月)」に示されたCO<sub>2</sub>排出係数(0.555[kg-CO<sub>2</sub>/kWh])を使用して各試算を行った。

2007.11.1 NILIM

23



## CO<sub>2</sub>排出量の実績値注と計算値の比較

実績のエネルギー消費量から換算したCO<sub>2</sub>排出量 と 建築の諸条件をもとに算定した概算値(本研究の手法)によるCO<sub>2</sub>排出量の比較を行った

表7 試算条件

	北海道Aビル	東京都Bビル	沖縄県Cビル
外壁熱通過率[W/K・m <sup>2</sup> ]	0.5	0.5	1.5
窓壁熱通過率[W/K・m <sup>2</sup> ]	1.7 (複@12mm)	1.7 (複@12mm)	5.0 (単版)
窓面積比[%]	40%	40%	40%
内部発熱密度[W/m <sup>2</sup> ]	標準条件	標準条件	標準条件
空調時間[h](実績)	10.5	11.0	8.5
空調設定温度[°C]	標準条件	標準条件	標準条件
CEC/AC目標値(設計値)	0.47	0.89	1.14

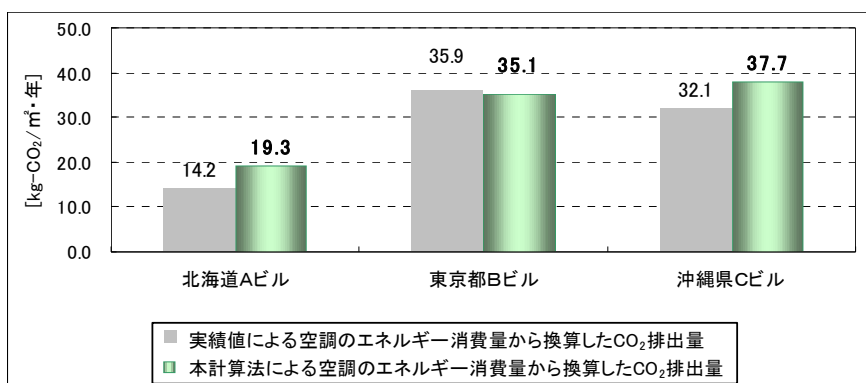
2007.11.1 NILIM

24



## CO<sub>2</sub>排出量の実績値注と計算値の比較

- 実建物の実績データと算定式によるCO<sub>2</sub>排出量の比較結果
  - 数件の計算を行い実績値と同オーダーとなる結果を得た



2007.11.1 NILIM

25



## 空気調和設備の運用時の検討 まとめ

- 年間空調負荷(仮想空調負荷)の予測式は、最上階の予測式の作成や地域の数を増大させるなどの課題が残っているが、一定精度を有していることが分かった
- CEC/ACを目標値に設定してエネルギー消費量及びCO<sub>2</sub>排出量を簡易に算出する手法を提案した
- 本計算法による計算結果は、精算法よりもやや過大に算出される(10~20%程度)が計算結果は安全側の評価となり、計算手法の簡便性を考慮すれば十分に意義のある手法であると考え
- 今後の課題
  - 様々な省エネルギー的手法、内部発熱密度や空調時間などの使用条件に係る自由度を増すことや多様な空調システム、建物用途にも対応可能とすることなどが必要である

2007.11.1 NILIM

26



## 運用時のエネルギーおよびCO<sub>2</sub>排出量

### □2. 給水設備・給湯設備



2007.11.1 NILIM

27



## 給湯設備の検討概要

- CEC/HWから、消費エネルギーを推定する方法を実測データにより確認し、提案した。

(1.1) ホテルにおける実測データに基づく解析  
－実測データとCEC/HWIによる値の比較－

(1.2) 給湯消費エネルギー詳細計算の試算

(1.3) 給湯システムによる年間消費エネルギーの簡易推定法  
－推定法の提案－

2007.11.1 NILIM

28



## (1.1) ホテルにおける実測データに基づく解析

### □ ー実測データとCEC/HWによる値の比較ー

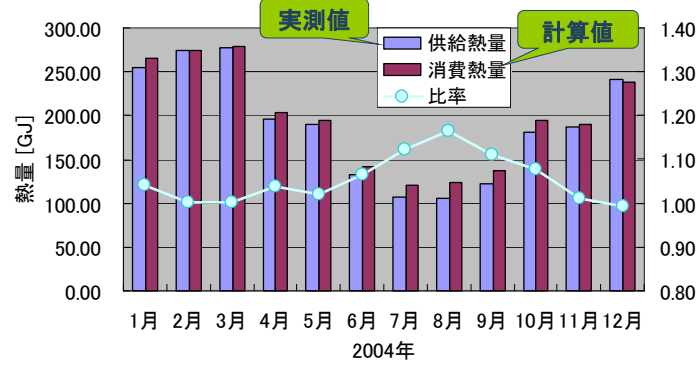


図-2 2004年のWホテル供給熱量とCEC/HW計算結果

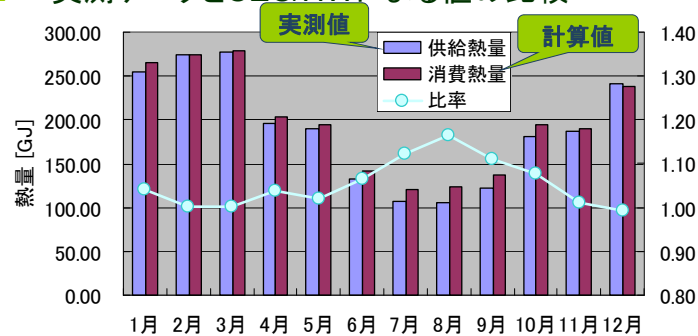
2007.11.1 NILIM

29



## (1.1) ホテルにおける実測データに基づく解析

### □ ー実測データとCEC/HWによる値の比較ー



年合計では、計算のほうが4%程度大きい  
→予測法としては十分な精度である

図-2 2004年のWホテル供給熱量とCEC/HW計算結果

2007.11.1 NILIM

30



(1.2) 給湯消費エネルギー詳細計算の試算  
 (1.3) 給湯システムによる  
 年間消費エネルギーの簡易推定法

□ CEC/HWによる簡易推定の手順

簡易計算の適用条件を確認



日給湯量、配管の保温仕様、熱源定格効率、  
 給湯システムの運転スケジュール等により

補正を加えたCEC/HWを算出



年間の給湯用途に関わる消費エネルギーを、  
 QHS(年間の仮想給湯負荷) × CEC/HW [kJ/年]

で求める。



(1.2) 給湯消費エネルギー詳細計算の試算  
 (1.3) 給湯システムによる  
 年間消費エネルギーの簡易推定法

□ CEC/HWによる簡易推定の手順

(1) 簡易計算の適用条件

- ・lx(一次側配管の合計長さ/日給湯量)が、  
 5~30[m/m<sup>3</sup>]程度の通常の配管計画であること
- ・保温仕様1~3に該当する妥当な保温がなされていること
- ・年間を通して熱源効率が大きく変化しない熱源設備であること  
 (ヒートポンプ系の熱源では困難)

表-3 保温仕様1~3の詳細

呼び径	40	50	125	
保温仕様1	30mm以上	40mm以上	50mm以上	空調和・衛生工学会 建築・設備の省エネルギー技術指針
保温仕様2	25mm以上	25mm以上	30mm以上	空調和・衛生工学会規格HASS010-2000
保温仕様3	20mm以上		25mm以上	建設大臣官房官庁営繕部監修の機械設備工事共通仕様書(平成5年版)

(注) 保温材は、熱伝導率0.044 W/(m·K)以下の材とする。





(1.2) 給湯消費エネルギー詳細計算の試算  
(1.3) 給湯システムによる  
年間消費エネルギーの簡易推定法

□ CEC/HWIによる簡易推定の手順

- (2) 43°C換算の日給湯量  $M$  [m<sup>3</sup>/日]を求める。
- (3) 総配管長(先止配管を除く)  $\Sigma L$  [m]を求める。
- (4) 設計仕様より保温仕様を選択する。保温仕様1の場合は  $a=0.011$ 、保温仕様2・3の場合は  $a=0.016$  とおく。
- (5) 年間平均水温  $t_w$  より年間の仮想給湯負荷を次式で算定する。  
$$QHS = 4.2 \times 365 \times M \times (43 - t_w)$$
- (6) 指標  $I_x = \Sigma L / M$  より求める。



(1.2) 給湯消費エネルギー詳細計算の試算  
(1.3) 給湯システムによる  
年間消費エネルギーの簡易推定法

□ CEC/HWIによる簡易推定の手順

- (7) 給湯システムの運転スケジュールを設定して、補正係数  $f$  を決定する。

$$f = p \cdot r^2 + q \cdot r + 1.000$$

$$r \text{ (停止時間比)} = \text{停止時間[時間]} / 24\text{時間}$$

$$p = 6.546 \times 10^{-5} \cdot I_x^2 - 0.009068 \cdot I_x$$

$$q = 1.231 \times 10^{-5} \cdot I_x^2 - 0.001898 \cdot I_x$$



(1.2) 給湯消費エネルギー詳細計算の試算  
(1.3) 給湯システムによる  
年間消費エネルギーの簡易推定法

□ CEC/HWによる簡易推定の手順

(8) 熱源定格効率 $\eta$ より、次式からCEC/HWを求める。

$$\text{CEC}/\text{HW} = f \cdot (a \cdot I_x + 1.06) / \eta$$

(9) 年間の給湯用途に関わる消費エネルギーを、  
 $\text{QHS} \times \text{CEC}/\text{HW}$  [kJ/年]  
で求める。



給水設備・排水設備にかかる検討 まとめ

□ 給水設備・排水設備に係る消費エネルギーを整理した。

(2.1) 給水設備に関する消費エネルギーの予測  
給水のためのポンプ動力

(2.2) 排水設備に関する消費エネルギーの予測  
排水のためのポンプ動力

(2.3) 雨水利用設備、排水再利用設備の場合  
搬送する場合の動力 + ブロアー動力



## 運用時のエネルギーおよびCO<sub>2</sub>排出量

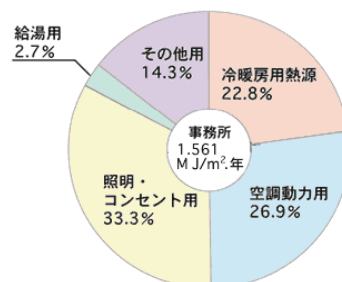
### □3. 照明・コンセント・輸送設備と変圧器損失



## 照明・コンセント・EV他の消費の背景

照明・コンセントのエネルギー消費は、建物全体のエネルギー消費量に占める割合がかなり大きい

分離して計測されていないため、消費の実態がわからず、消費量予測は困難であった。



事務所ビルのエネルギー消費及び割合  
\*空調調和・衛生工学会第58巻第11号

分離されたデータの収集と積み上げ式計算のハイブリッドで考える

照明・コンセントに加え、エレベータ（EV）他の電気設備も考慮



## 照明・EV他予測法作成のための検討方法

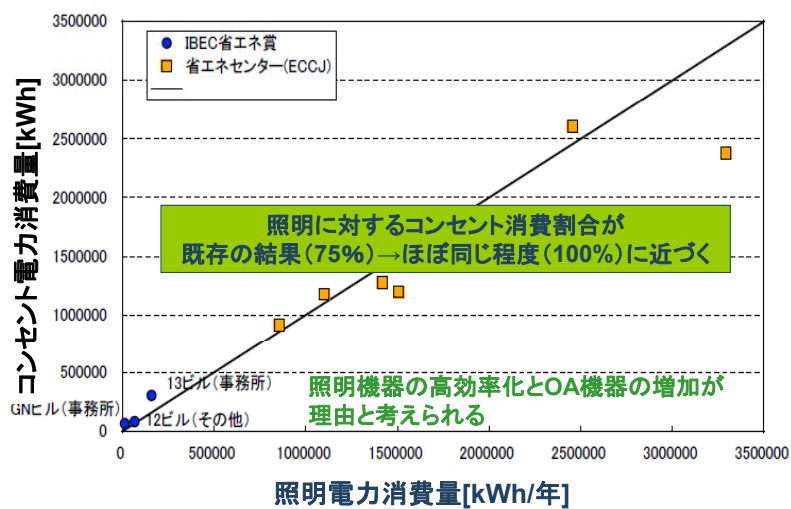
- 対象： 事務所ビル・商業施設
- 照明・コンセント消費構造の分析と予測法構築
  - 照明単独の実績値収集と消費構造分析
  - 光束法による照明器具台数の積み上げ式計算
  - 照明電力消費量の予測 ← CEC/Lの算定構造をベースに
  - コンセント単独の実績値収集と消費構造分析
  - OA密度に応じた3段階の電力消費密度(W/m<sup>2</sup>)
  - コンセント電力消費量の予測
- 照明・コンセント消費簡易計算ツールの作成
- EV他→既存手法を実測値・ヒアリングを踏まえて修正

2007.11.1 NILIM

39



## 照明・コンセント消費構造の分析(事務所ビル)



2007.11.1 NILIM

40



## 照明・コンセント消費構造の分析(商業施設)

□ 推定の例  
(某百貨店)



ベース照明



演出照明(スポットライト)

店鋪名	B百貨店										項目	トータル 電力 (W/m2)	
	ベース照明					演出照明							
フロア	照明1 (W/台)	照明1 台数	照明2 (W/台)	照明2 台数	基準面積 (m2)	電力 (W/m2)	照明3 (W/台)	照明3 台数	照明4 (W/台)	照明4 台数	基準面積 (m2)	電力 (W/m2)	
B1F	160	2	60	2	13	33.8	60	2	75	1	13	15.0	48.8
1F	200	2	60	1	13	35.4	60	1	0	0	13	4.6	40.0
2F	↑											9.2	36.9
3F	↑											13.8	38.5
4F	↑											13.8	38.5
5F	160	2	60	2	13	33.8	60	2	0	0	13	9.2	43.1
6F	100	2	60	2	13	24.6	60	3	0	0	13	13.8	38.5
7F	100	2	60	2	13	24.6	60	3	0	0	13	13.8	38.5
8F	100	2	60	2	13	24.6	60	3	0	0	13	13.8	38.5
9F	90	2	0	0	13	13.8	60	2	0	0	13	9.2	23.1
平均						26.8						11.7	38.4

ベース照明と演出照明の使用実態に関する  
現場調査から、照明の消費状況(W/m<sup>2</sup>)を推定

2007.11.1 NILIM

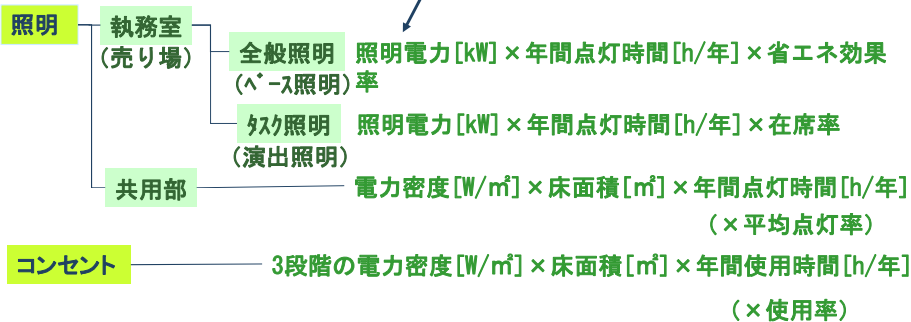
41



## 照明・コンセント予測法の概要

□ 事務所ビル(商業施設)照明・コンセント消費の予測法

光束法による照明器具割り付け計算(積み上げ)



2007.11.1 NILIM

42



## 照明・コンセント専用計算ツール作成(画面一部)

### 事務所ビル用ツール

照明・コンセント年間電力消費試算シート 事務所ビル(T&A照明)版					
■ □ の部分を入力する。 ● は任意の部分は任意入力方式には自動計算される。					
照明器具条件	記号	単位	備考		
照度	ILL	lx	-		
天井高	HT	m	-		
天井高変	HTC	2.0	m	-	
作業面高	WPH	0.7	m	-	
天井取付率			-		
天井面	80%	ref.1	0.8	[-]	
壁面	70%	ref.2	0.7	[-]	
床面	30%	ref.3	0.3	[-]	
照明設計条件	アンビエント照明設計照度				
アンビエント照明設計照度	Es	300	lx	-	
アンビエント照明器具条件	-100Vか200Vかどちらかを選択する。				
電圧	<input type="radio"/> 100 V <input checked="" type="radio"/> 200 V				
器具の消費電力	Flmp	2700	lm	-	
器具の種類	Flmp	77	W	-	
保守率	Mfmp	0.65	[-]	-	
照度器具取り付け高さ(床面から)	Hfmp	2.4	m	-	
天井照明の条件	-初期値(24W)				
天井照明の消費電力	Flskimp	24.0	[W]	-全数照明の場合は0を入れる。	
器具の消費電力	Flskimp	15.0	[W]	-初期値(15.0W)	
器具の種類	Flskimp	70	[W]	-	
概要値(有線部の集積値)	Nroom	10	室	-	
総取電の容量	Aoffice	640	m2	-	
コンセント数	Boffice	0.65	[-]	-有効執務室面積/室→床面積	
室→床面積積算値	Mtotal	1049.2	m2	-	
共用部面積積算値	Aacom	409.2	m2	-	

### 商業施設用ツール

照明・コンセント年間電力消費試算シート 店舗版					
■ □ の部分を入力する。 ● は任意の部分は任意入力方式には自動計算される。					
照明器具条件	記号	単位	備考		
照度	ILL	lx	-		
天井高	HT	m	-		
天井高変	HTC	2.0	m	-	
作業面高	WPH	0.7	m	-	
天井取付率			-		
天井面	80%	ref.1	0.8	[-]	
壁面	70%	ref.2	0.7	[-]	
床面	30%	ref.3	0.3	[-]	
照明設計条件	アンビエント照明設計照度				
アンビエント照明設計照度	Es	300	lx	-	
アンビエント照明器具条件	-100Vか200Vかどちらかを選択する。				
電圧	<input type="radio"/> 100 V <input checked="" type="radio"/> 200 V				
器具の消費電力	Flmp	8400	lm	-	
器具の種類	Flmp	90	W	-	
保守率	Mfmp	0.65	[-]	-	
照度器具取り付け高さ(床面から)	Hfmp	2.4	m	-	
天井照明の条件	-初期値(24W)				
天井照明の消費電力	Flskimp	24.0	[W]	-全数照明の場合は0を入れる。	
器具の消費電力	Flskimp	15.0	[W]	-初期値(15.0W)	
器具の種類	Flskimp	70	[W]	-	
概要値(有線部の集積値)	Nroom	10	室	-	
総取電の容量	Aoffice	640	m2	-	
コンセント数	Boffice	0.65	[-]	-有効執務室面積/室→床面積	
室→床面積積算値	Mtotal	1049.2	m2	-	
共用部面積積算値	Aacom	409.2	m2	-	

2007.11.1 NILIM

43



## EV他予測法の概要

- EV……………実測値とCEC/EV算定式をもとに予測式構築
- エスカレーター……メーカーへのヒアリングをもとに予測式構築
- 変圧器損失……電気設備学会マニュアルをもとに予測式構築

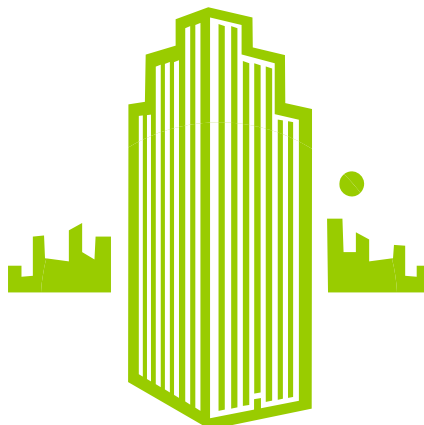
2007.11.1 NILIM

44



## エンボデイドCO<sub>2</sub>

### □設備に係るエンボデイドCO<sub>2</sub>



2007.11.1 NILIM

45



## 設備に係るエンボデイドCO<sub>2</sub>の検討概要

- LCCO<sub>2</sub>評価には、建設段階などにおける設備資機材の製造に係るCO<sub>2</sub>排出量が必要。  
(embodied CO<sub>2</sub>と略す)
- 設計の初期段階で、このembodied CO<sub>2</sub>を簡易に推定する方法の検討を行った。
- なお、研究全体では、事務所ビルの空調・衛生・電気・昇降機などの建築設備全体のembodied CO<sub>2</sub>の簡易算定法を検討したが、ここでは、空調に範囲を絞って報告する。

2007.11.1 NILIM

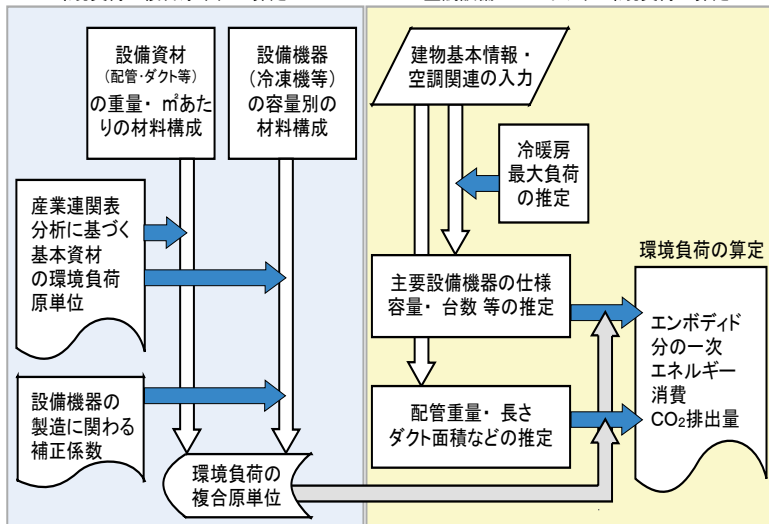
46



## 空調設備のエンボディ環境負荷の算定フロー

環境負荷の複合原単位の算定

空調設備のエンボディ環境負荷の算定



2007.11.1 NILIM

47



## 建物の基本条件の入力(抜粋)

区分	項目	単位
建物 基本 情報	地域 (寒冷/温暖/沖縄)	-
	延床面積	m <sup>2</sup>
	インテリア空調面積	m <sup>2</sup>
	ペリメータ空調面積	m <sup>2</sup>
	駐車場面積	m <sup>2</sup>
	地上階階数	階
	地下階階数	階
	エレベーター台数	台

2007.11.1 NILIM

48





## 熱源と空調の組み合わせ

空調方式		中央熱源方式		③個別熱源方式	
		①電気方式 <sup>※3</sup>	②ガス方式	電気方式	ガス方式
(a)AHU	Ra	○ <sup>※1</sup>	○		
(b)AHU+FCU	Rb	○	○		
(c)AHU+マルチAHP	Rc	△ <sup>※2</sup>	△	△	
(d)AHP	Rd			○	
(e)マルチAHP	Re			○	
(f)マルチGHP	Rf				○
		Relc	Rgas	Runit	

↑  
空調方式  
比率

熱源方式  
比率

※1 ○は、空調と熱源の組み合わせを示す。

※2 △は、熱源方式の併用を示す。

※3 地域: 旭川の場合の①電気方式は、温水ボイラを併用する。

2007.11.1 NILIM

49



## 冷暖房最大負荷推定の爲の情報

項目	単位	備考
コア配置	-	センターコア、サイドコアのどちらかを選択
主方位	-	0°:南-北、45°:南西-北東、90°:西-東、135°:北西-南東
外壁熱貫流率	W/(m <sup>2</sup> ・K)	0.5~2.5 の範囲で近似式を作成
窓熱貫流率	W/(m <sup>2</sup> ・K)	1.5~6.0 の範囲で近似式を作成
窓面積比	-	0.05~0.8 の範囲で近似式を作成
冷房ピーク負荷算定用		
1日の空調時間	h	10~16 (CECの条件は10)
1日の内部発熱量	Wh/ (m <sup>2</sup> ・day)	人体、照明、機器の一日の発熱量の積算値 360.5~1050.05 (CECの条件は600)
設定温度	K	夏期26°Cからの偏差 (-2~+2 CECの条件は0)
暖房ピーク負荷算定用		
1日の空調時間	h	10~16 (CECの条件は10)
1日の内部発熱量	Wh/ (m <sup>2</sup> ・day)	人体、照明、機器の一日の発熱量の積算値 360.5~1050.05 (CECの条件は600)
設定温度	K	冬期22°Cからの偏差 (-2~+2 CECの条件は0)

2007.11.1 NILIM

50



## 冷暖房の最大負荷の推定式

冷房最大負荷	$C_{max}[W]=A_p \times C_{maxp} \times K_{dir} + A_i \times C_{maxi}$
ペリメータ冷房最大負荷	$C_{maxp}[W]=a+b \times K_k + c \times K_m + d \times R_m + e \times H_c + f \times G_c + g \times T_c$
インテリア冷房最大負荷	$C_{maxi}[W]=a+e \times H_c + f \times G_c + g \times T_c$
暖房最大負荷	$H_{max}[W]=A_p \times H_{maxp} + A_i \times H_{maxi}$
ペリメータ暖房最大負荷	$H_{maxp}[W]=a+b \times K_k + e \times H_c + f \times G_c + g \times T_c$
インテリア暖房最大負荷	$H_{maxi}[W]=a+e \times H_c + f \times G_c + g \times T_c$

地域	冷房負荷			暖房負荷		
	ペリメータ (C <sub>maxp</sub> ) サイドコア	ペリメータ (C <sub>maxp</sub> ) センターコア	インテリア (C <sub>maxi</sub> )	ペリメータ (H <sub>maxp</sub> ) サイドコア	ペリメータ (H <sub>maxp</sub> ) センターコア	インテリア (H <sub>maxi</sub> )
東京						
a: 切片	8.32E+01	8.41E+01	1.31E+02	1.10E+02	1.22E+02	6.78E+01
b: 外壁熱貫流率	-4.40E+00	-3.48E+00	0	1.52E+01	1.26E+01	0
c: 窓熱貫流率	-1.14E+00	-4.63E-01	0	0	0	0
d: 窓面積比	6.97E+01	7.09E+01	0	0	0	0
e: 1日の空調時間	-2.49E+00	-2.27E+00	-4.02E+00	1.21E+00	1.08E+00	1.67E+00
f: 1日の内部発熱量	5.08E-02	4.38E-02	6.29E-02	-2.87E-02	-2.45E-02	-2.47E-02
g: 設定温度	-1.75E+00	-2.76E+00	1.25E+01	-6.50E+00	-6.62E+00	-9.53E+00

2007.11.1 NILIM

51



## 建物方位による補正係数 K<sub>dir</sub>

	基準0°	45°	90°	135°
サイドコア				
冷房補正係数	1.00	1.04	1.07	1.04
センターコア				
冷房補正係数	1.00	1.02	1.04	1.02

注) 暖房ピークは、方位による補正は行わない

2007.11.1 NILIM

52



## 機器容量・台数等の簡易推定

### 【ガス熱源方式＋空調機＋FCU併用】を例に説明

以下の仮定に基づき、熱源機器容量を自動選定

- 吸収冷温水発生機は2段分割を仮定、冷却塔も2台
- 冷水1次ポンプ・温水1次ポンプ・冷却水ポンプも各2台
- 冷水2次ポンプ、温水2次ポンプは3台分割とする。

区分	項目	記号	単位	パラメータ	概算式	備考
熱源	建物全体の冷熱源容量	Ces	kW	床面積	$Ces = C_{max} \times 1.1 / 1000$	余裕率1.1 個別方式を含む
	建物全体の温熱源容量	Hes	kW	最大負荷	$Hes = H_{max} \times 1.1 / 1000$	
	②ガス方式 吸収冷温水発生機 容量	Cabs	kW	熱源方式 比率 Rgas	●冷房負荷で決まる場合 (判定条件: $Ces / 1.3 \geq Hes / 0.87$ ) $Cabs = Ces \times R_{gas} / 2$ ●暖房負荷で決まる場合(上記以外) $Cabs = Hes \times R_{gas} \times (1.3 / 0.87) / 2$	×2台 冷房COP=1.3 暖房COP=0.87 を仮定
	冷却塔 流量	Qct	L/min		$Qct = Cabs \times (16.6 \times 860 / 3024)$ 冷却水流量: 16.6[L/(min・USRT)]	×2台

2007.11.1 NILIM

53



## 機器容量・台数等の簡易推定

### 【空調機＋FCU併用】を例に説明

- 空調機は各階1台で、循環風量9回/h×天井高さ2.6m
- ペリメータ30㎡あたり#600のFCUを1台設置
- 地下がある場合、駐車場・機械室・電気室・倉庫の換気量を標準的な換気回数より推定→1種換気として各2台ファンを設置

空調	空調対象階数	Nt	階	地上階数 地下階数	Nb ≥ 2の場合、 $Nt = Nf + Nb - 1$ その他の場合、 $Nt = Nf$	
	空調対象面積 (b)AHU+FCU	At	㎡	Ai, Ap	$At = Ai + Ap$	
	AHU台数	Nb1	台	空調方式 比率 Rb	$Nb1 = Nt$	AHUは各階1台 天井高さ2.6m
	AHU風量	Qb1	m <sup>3</sup> /h		$Qb1 = At \times Rb \times 2.6m \times 9回/h / Nt$	換気回数9回/h
	FCU台数	Nb2	台	$Nb2 = Ap \times Rb / (5 \times 6)$		奥行5m×幅6m に一台
FCU容量	Cb2	kW	$Cb2 = 5.64$ (#600を仮定)			

2007.11.1 NILIM

54



## ダクト・配管の簡易推定

### 【ガス熱源方式＋空調機＋FCU併用】を例に説明

下記の概算値※により、ダクト・配管量を推定。(表6参照)

- 空調ダクト: 0.42m<sup>2</sup>-ダクト / m<sup>2</sup>-延床面積
- 換気ダクト: 0.1 m<sup>2</sup>-ダクト / m<sup>2</sup>-延床面積  
     駐車場換気がある場合は、0.01 m<sup>2</sup>-ダクト / (換気風量 m<sup>3</sup>/h)
- 排煙ダクト: 0.1 m<sup>2</sup>-ダクト / m<sup>2</sup>-延床面積
  
- 冷温水配管 2.54 kg-配管 / m<sup>2</sup>-延床面積
- 冷却水配管 1.47 kg-配管 / m<sup>2</sup>-延床面積
- ドレン配管 0.6 kg-配管 / m<sup>2</sup>-延床面積

※ (社)空気調和・衛生工学会: 空気調和・衛生設備の環境負荷削減対策マニュアル, 丸善, 2001. 3



## 設備関連の資機材量の簡易推定(抜粋)

区分	項目	記号	単位	パラメータ	概算式
空調ダクト	(a)AHU	Adct	m <sup>2</sup> -ダクト	延床面積	$Adct = 0.56 \times Af \times Ra$
	(b)AHU+FCU			Af (m <sup>2</sup> )	$Adct = 0.42 \times Af \times Rb$
空調配管	冷温水配管(SGP)	Wpac'	kg-配管	延床面積	$Wpac' = 2.13 \times Af \times Ra$
	(a)AUH			Af (m <sup>2</sup> )	$Wpac' = 2.54 \times Af \times Rb$
	(b)AHU+FCU				
	冷却水配管(VLP)				
	①空冷HP	Wpct'	kg-配管	延床面積	$Wpct' = 0$
	②吸収冷温水発生机			Af (m <sup>2</sup> ) 熱源方式の比率 Rabs	$Wpct' = (1.04 \times 1.41) \times Af \times Rabs$
	ドレン管(SGP)				
	(a)AHU	Wpdr'	kg-配管	延床面積	$Wpdr' = 0.30 \times Af \times Ra$
	(b)AHU+FCU			Af (m <sup>2</sup> )	$Wpdr' = 0.60 \times Af \times Rb$



## エンボディ分の環境負荷算定

- 例えば、吸収冷温水発生機+架台+基礎の  
資材投入量、エンボディエネルギー、エンボディCO<sub>2</sub>は、  
(建築設備のエンボディ環境負荷データベースより)  
熱源容量 C<sub>abs</sub> [kW] とすると、下式により算定※される。
- 資材量 =  $11.31 \times C_{abs} + 3032$  [kg]
- embodiedエネルギー =  $229.5 \times C_{abs} + 35050$  [MJ]
- embodiedCO<sub>2</sub> =  $19.0 \times C_{abs} + 2999$  [kg-CO<sub>2</sub>]
- 更新周期 N=20年、修繕率R2=0.02/年 を用いて
- エンボディ分のLCCO<sub>2</sub> = embodiedCO<sub>2</sub> × (1/N+R2)  
= embodiedCO<sub>2</sub> × 0.07 kg-CO<sub>2</sub>/年

※算定方法: (社)空気調和・衛生工学会: 空気調和・衛生設備の環境負荷削減対策マニュアル, 丸善, 2001. 3  
 ※環境負荷原単位: 横山, 横尾, 岡: 2000年産業連関表によるエネルギー消費量・二酸化炭素排出量原単位の算出と建物評価, 日本建築学会 環境系論文集 NO.589 P.75, 2005.03



## エンボディ分の環境負荷算定DB

評価項目	変数(X)の単位	LC設定			資材量(a・X+b)		エンボディ(a・X+b)			
		端材率	更新周期	修繕率	kg		エネルギー MJ		kg-CO <sub>2</sub>	
					係数 a	定数 b	係数 a	定数 b	係数 a	定数 b
吸収冷温水発生機+架台+基礎	kW		20	2	11.31	3032	229.5	35051	19.0	2999
角型冷却塔+架台+基礎	L/min		15	2	0.95	2854	10.3	9994	0.85	986
AHU+架台+基礎	m <sup>3</sup> /h		15	2	0.20	1575	2.7	8441	0.23	787
FCU(床置)	kW		15	2	3.23	10	118.3	295	9.5	15
空調用ポンプ+架台+基礎	kW		15	2	0.19	486	1.7	3086	0.15	280
送風機システム(床置)	m <sup>3</sup> /h		20	2	0.26	49	0.6	127	0.068	14
空調ダクト	m <sup>2</sup> -ダクト		30	2	11.39		171.7		13.7	
換気ダクト	m <sup>2</sup> -ダクト		30	2	9.76		133.8		10.8	
排煙ダクト	m <sup>2</sup> -ダクト		30	2	13.65		177.0		14.4	
空調配管 (冷温水配管SGP)	kg-配管	5	20	2	1.77		41.8		3.4	
冷却水配管	kg-配管	5	30	2	1.34		25.9		2.1	
ドレン管 (排水管(SGP))	kg-配管	5	20	2	1.33		22.5		1.8	

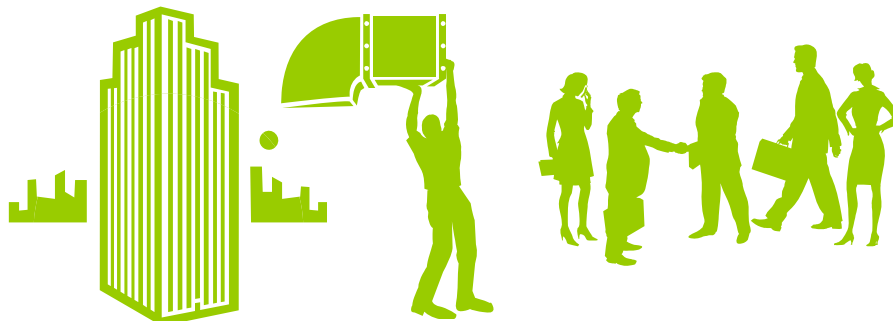


## 設備に係るエンボディドCO<sub>2</sub> まとめ

- 設備のembodied CO<sub>2</sub>が全体のLCCO<sub>2</sub>に占める割合は低い  
ため、可能な限り簡易な推定法を提案した。
- ここでは空調設備に限定して、その概要を示したが、同様な手順で、換気設備・衛生設備・電気設備のembodied CO<sub>2</sub>が求めることができる。



## まとめ





## LCCO<sub>2</sub>にかかる検討 まとめ

- LCEおよびLCCO<sub>2</sub>の算定手法について以下の範囲における概要を報告した
  - 運用時のCO<sub>2</sub>排出量およびエネルギー量の検討
    - 空調設備・換気設備
    - 給水設備・給湯設備
    - 照明・コンセント・輸送設備と変圧器損失
  - エンボデイドCO<sub>2</sub>の検討