

## 地球環境と建築設備

豊橋技術科学大学 田島昌樹

### 講義範囲

#### 1 章

- 1.1 地球環境時代における空気調和・給排水衛生設備
- 1.2 空気調和・給排水衛生設備と都市・地域生活とのかかわり
- 1.3 建物における空気調和・給排水設備の要点
- 1.4 建築計画と空気調和・給排水衛生設備とのかかわり

#### 1.1 地球環境時代における空気調和・給排水衛生設備

**建築環境工学の使命：快適な室内環境を最小のエネルギー利用で達成すること**

（井上書院，最新 建築環境工学[改訂4版]）

対象は人間 キーワードは**省エネルギー**

自然環境，都市環境，建築環境，室内環境（快適空間）

- ・ 地球温暖化 温室効果ガスによる（CO<sub>2</sub>が代表的）
- ・ ヒートアイランド現象 都市の中心部が郊外よりも高温になる現象
- ・ オゾン層の破壊 フロンガス等による 有害な紫外線が増える

##### 1.1.1 地球環境・建築検証と建築設備

###### 図 1.1-1 地球環境・建築憲章

長寿命，自然共生，省エネルギー，省資源・循環，継承

##### 1.1.2 エネルギー・水消費と環境問題

###### 図 1.1-2 世界の二酸化炭素排出量の内訳（2013年）

<https://www.env.go.jp/content/000177854.pdf>（環境省，2021年の値）

###### 図 1.1-3 日本の温室効果ガス排出量の推移

###### 図 1.1-4 日本の部門別の二酸化炭素排出量（間接排出量）の推移

<https://www.env.go.jp/content/000310244.pdf>（環境省，2023年の値）

地球全体としての年間平均エネルギー収支

<https://astro-dic.jp/wp-content/uploads/energy-balance.png>（日本天文学会）

###### 図 1.1-5 日本の一次エネルギー供給の推移

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2023/01.html>

（資源エネルギー庁，2021年度の値）

エネルギー自給率 上記 URL

京都大学大学院<sup>1</sup>によると 1935～1940年：約80%，1945年：100%，1970年以降：約20%未満

<sup>1</sup> 内藤克彦（京都大学大学院 経済学研究科 再生可能エネルギー経済学講座 No.185 新型コロナウイルスとエネルギーセキュリティ），[https://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable\\_energy/stage2/contents/column0185.html](https://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/stage2/contents/column0185.html)

## オゾン層破壊

HCFC 特定フロン，HFC 代替フロン，新冷媒 HFC（R32）への転換

## 水資源問題

図 1.1-6 地球温暖化が水資源に与える影響

### 1.1.3 建築のライフサイクル

#### LCA

図 1.1-9 事務所ビルのライフサイクルコスト・二酸化炭素の試算例

#### LCCO<sub>2</sub>

図 1.1-10 事務所ビルの LCCO<sub>2</sub>における省エネルギー化・長寿命化の削減効果の試算例

図 1.1-11 建物と設備の耐用年数

#### コラム CASBEE

BEE=Q/L

建築物環境配慮制度(CASBEE 名古屋)の概要

<https://www.city.nagoya.jp/jigyou/category/39-6-3-10-5-0-0-0-0-0-0.html>

## 1.2 空気調和・給排水衛生設備と都市・地域生活とのかかわり

### 1.2.3 空気調和設備と都市設備との相互関係

図 1.2-7 ヒートアイランド現象の要因

コラム 都市の熱汚染と健康被害・気温感応度

### 1.2.4 給排水衛生設備と都市設備の相互関係

水利用と CO<sub>2</sub>排出量，下水のエネルギー利用

### 1.2.5 BCP・建物機能継続

Business Continuity Plan，近年では東日本大震災，新型コロナウイルス

表 1.2-1 病院施設における BCP 設備計画の事例

## 1.3 建物における空気調和・給排水衛生設備の要点

### 1.3.1 空気調和設備の構成と概要

図 1.3-1 空気調和システムの例

図 1.3-2 空気調和設備における熱と空気の流れの例

### 1.3.2 給排水衛生設備の構成と概要

図 1.3-3 給排水衛生システム概要（一般ビル）

### 1.3.3 ビル管理システムの必要性

BEMS : Building and Energy Management System

図 1.3-5 BEMS の概念図

表 1.3-1 BEMS 機能の分類表

## 1.4 建築計画と空気調和・給排水衛生設備とのかかわり

### 1.4.2 建築・構造計画と環境配慮

図 1.4-1 断面構成と設備の留意点

図 1.4.2 平面計画と設備の留意点（基準階平面図）

### 1.4.4 地球環境に配慮した建築・設備技術

建築物省エネ法（建築物のエネルギー消費性能の向上等に関する法律）

2025年度より全ての規模の建物で義務化

<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/shoenehou.html>（国土交通省，建築物省エネ法）

一次エネルギー消費量計算により適否判断，外皮性能 PAL\*（Perimeter Annual Load）を使用

図 1.4-8 建築物の一次エネルギー消費量基準における算定フロー

BEI（Building Energy Index）：設計一次エネルギー消費量<sup>註</sup>÷基準一次エネルギー消費量<sup>註</sup>

註：事務機器などエネルギー消費料は除く

大規模非住宅の BEI 基準の引き上げ，事務所等は 0.8

<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001390008.pdf>（国土交通省，2024年4月～）

ZEB：Net Zero Energy Building

図 1.4-10 ZEB化への達成フロー

ZEBの定義（延べ面積 10,000m<sup>2</sup>以上の建築物）

<https://www.env.go.jp/earth/zeb/detail/01.html>（環境省，ZEB PORTAL）

ZEB：	省エネ＋創エネ	BEI ≤ 0
Nearly ZEB：	省エネ＋創エネ	BEI ≤ 0.25
ZEB Ready：	省エネ	BEI ≤ 0.5
ZEB oriented：	省エネ	BEI ≤ 0.6（事務所・学校・工場等）

## 演習問題

問1 地球環境と建築設備に関する次の設問について、内に当てはまる最もふさわしい語句を選択肢から選べ。同じ番号の空欄には同じ解答が入るものとする。

- ① 2014年のエネルギー自給率は、およそ1%であり、2発電の発電量がゼロであったことが理由の一つであるといわれている
- ② 日本における建築物の建設時にかかるCO<sub>2</sub>排出比率に比べ、運用時にかかるCO<sub>2</sub>排出比率は、3値であることから、省エネルギーに配慮した建築設備が必要となっている
- ③ BEMSは室内環境とエネルギー性能の最適化を図るためのビル管理システムで、4、5、エネルギー管理システムの総称である
- ④ 建築物省エネ法では、非住宅建築物の省エネルギー性能は、外皮の性能を表す6などを用いて、建築設備の性能を表す7で評価される
- ⑤ BEIは設計7を基準7で除した値であり、この値が8方がエネルギー消費量は小さいことを表す
- ⑥ ZEBの達成には、建築設備で消費されるエネルギー量の削減を9に、10の導入により、正味（ネット）ゼロとなる建築である

### 選択肢

- |          |               |
|----------|---------------|
| a. 3     | l. 在室状況管理     |
| b. 6     | m. 品質管理       |
| c. 20    | n. PAL*       |
| d. 水力    | o. BCP        |
| e. 太陽光   | p. LCA        |
| f. 原子力   | q. 一次エネルギー消費量 |
| g. 大きい   | r. 二次エネルギー消費量 |
| h. 小さい   | s. 再生可能エネルギー  |
| i. ほぼ同等の | t. エネルギー削減技術  |
| j. 建物    | u. 考慮せず       |
| k. 環境    | v. 必須         |

# 空気調和の概要と設備計画

2025.10.08 (火)

株式会社日建設計  
高井 智広

空調に期待される役割と機能の解説、室内の温熱環境および空気質環境に関する評価指標と設計条件の設定方法、空調負荷計算方法についての基礎知識研修

# 講義内容 (目次)

テキスト：空気調和・衛生設備の知識 改訂4版

## 2.1 空気調和設備の概要

- 2.1.1 空気調和設備の役割
- 2.1.2 空気調和方式の種類
- 2.1.3 空気調和設備（中央方式）の構成
- 2.1.4 空気調和設備の計画

## 2.2 室内の温熱環境・空気環境

- 2.2.1 温熱環境評価指標のあらまし
- 2.2.2 温熱環境評価指標
- 2.2.3 室内空気環境と汚染源

## 2.3 空気調和の負荷

- 2.3.1 空調負荷の概要
- 2.3.2 設計条件
- 2.3.3 空調負荷の計算方法
- 2.3.4 湿り空気線図と空調プロセス
- 2.3.5 空調装置負荷と装置容量

## 2.8 換気システム

- 2.8.1 換気の目的と概要
- 2.8.2 換気関連法規と必要換気量
- 2.8.3 換気方式
- 2.8.4 居室の換気
- 2.8.5 外気二酸化炭素濃度の実態
- 2.8.6 居室以外の換気

## 演習問題①～③

## 2.1.1 空気調和設備の役割

### 空気調和（空調）

= 空間の使用目的の要求に応じて、その空間内の空気の温度、湿度、気流速度、清浄度などを適切に調節すること

#### (1) 保健空調（保健用空気調和）・・・建物の空調

- ・ 建築空間内に居住する人間の健康や快適性の維持を目的としている。
- ・ 建築物における衛生的環境の確保における法律（建築物衛生法）により、一定の条件を満たす施設の空調条件の基準が定められている。

表 2.1-1 建築物衛生法における室内環境基準 ※赤字：R4年度改正 改正後の基準

項目	管理基準値	
温熱環境	温度	17～28℃/18～28℃ （設計基準目安：夏期 26℃/冬期 22℃）
	相対湿度	40～70%RH （設計基準目安：夏期 50%RH/冬期 40%RH）
	気流	0.5m/s以下
空気環境	浮遊粉じん量	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下
	二酸化炭素（CO <sub>2</sub> ）	1,000ppm以下
	一酸化炭素（CO）	10ppm以下/6ppm以下
	ホルムアルデヒド	0.1mg/m <sup>3</sup> （0.08ppm）以下

#### (2) 産業空調（産業用空気調和）

- ・ 産業用途に用いられる空調であり、工場の製造工程や貯蔵における製品の品質維持、工場の労働者の労働環境の維持等を目的としている。

## 2.1.2 空気調和方式の種類

### 空気調和の方式

- ①中央熱源方式：機械室に設置した熱源設備から冷水・温水を空調機に供給
- ②個別分散方式：屋外機と屋内機を冷媒で接続

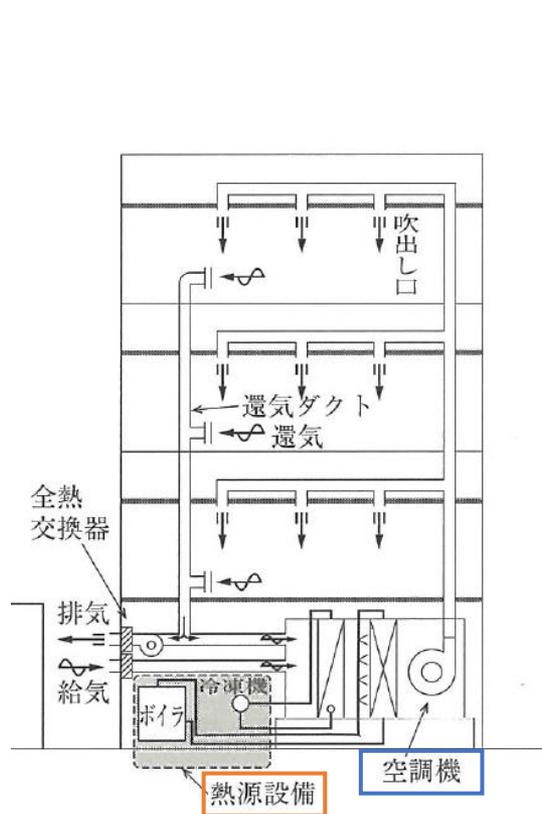


図2.1-1 空気調和設備（中央方式）の例

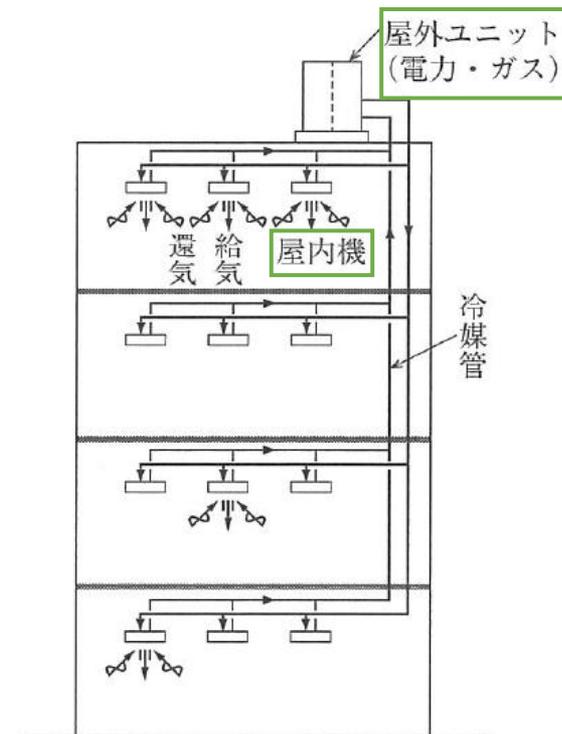


図2.1-2 空気調和設備（個別分散方式）の例

## 2.1.3 空気調和設備（中央方式）の構成

### 空気調和設備の装置構成

- ・ 熱源設備、配管・ポンプ
- ・ 空気調和機、送風機、ダクトなどから構成

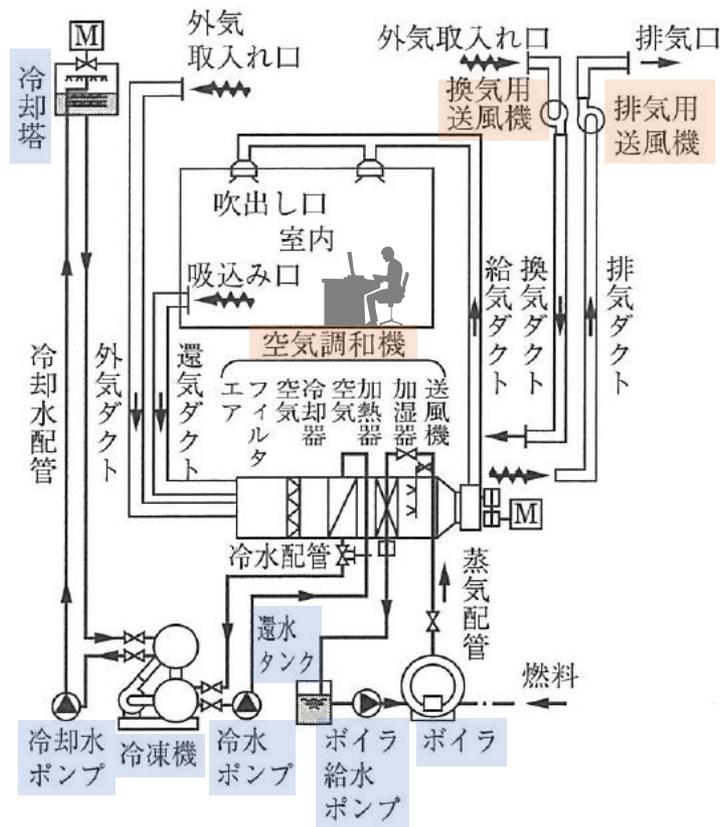


図2.1-3 空気調和設備の装置構成

#### 熱源設備

##### 【夏期】

- ・ 熱源設備（冷凍機）で製造した冷水を空気調和機に供給
- ・ 冷却塔で熱を大気に放熱

##### 【冬期】

- ・ 熱源設備（ボイラ）で製造した温水又は蒸気を空気調和機に供給

#### 空気調和機

##### 【夏期】

- ・ 外気、還気（室内空気）の混合空気を空気調和機に供給される冷水で冷やした後に室内に供給

##### 【冬期】

- ・ 外気、還気（室内空気）の混合空気を空気調和機に供給される温水又は蒸気で温めた後に加湿して室内に供給

## 2.1.3 空気調和設備（中央方式）の構成

### （1）熱源設備

冷房・暖房するための冷水、温水・蒸気を製造

#### ◆代表的な熱源機器

#### ・冷凍機、ヒートポンプ

##### ○水熱源（冷却塔など利用）

- ①ターボ冷凍機（冷水）
- ②吸収式冷凍機（冷水）
- ③吸収式冷温水発生機（冷水、温水）

##### ○空気熱源

- ④空冷ヒートポンプチラー  
（冷水、温水）

#### ・ボイラ（温水、蒸気）

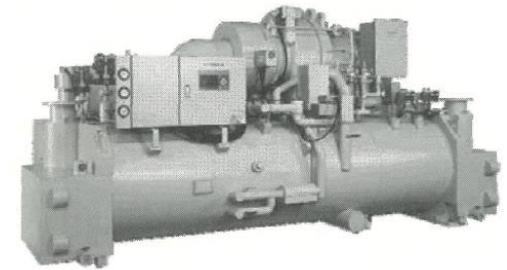


図2.5-8 遠心冷凍機（M社）

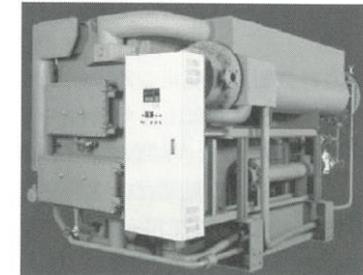


図2.5-13 二重効用吸収冷凍機（K社）

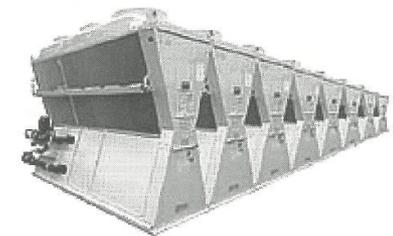


図2.5-14 空冷ヒートポンプチラー（T社）

## 2.1.3 空気調和設備（中央方式）の構成

### (2) 空気調和機（AHU：エアハンドリングユニット）

基本機能：空気を冷却・除湿、加熱・加湿、ろ過、換気を行う

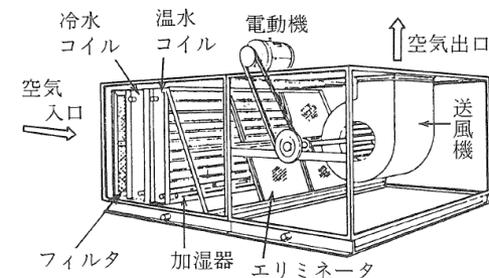
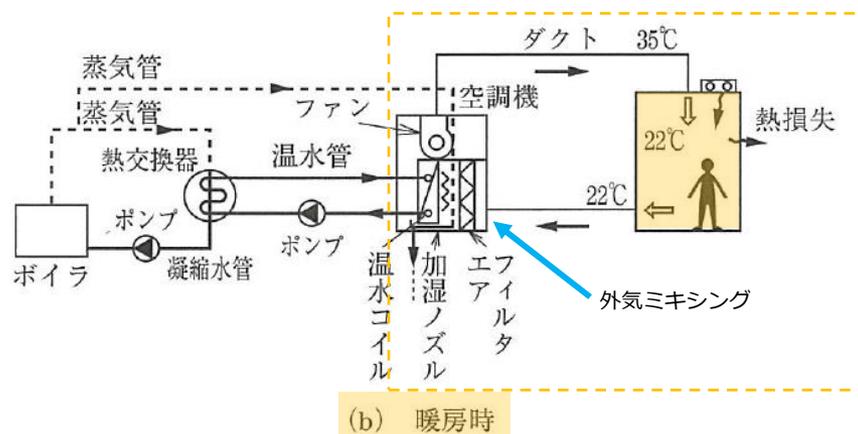
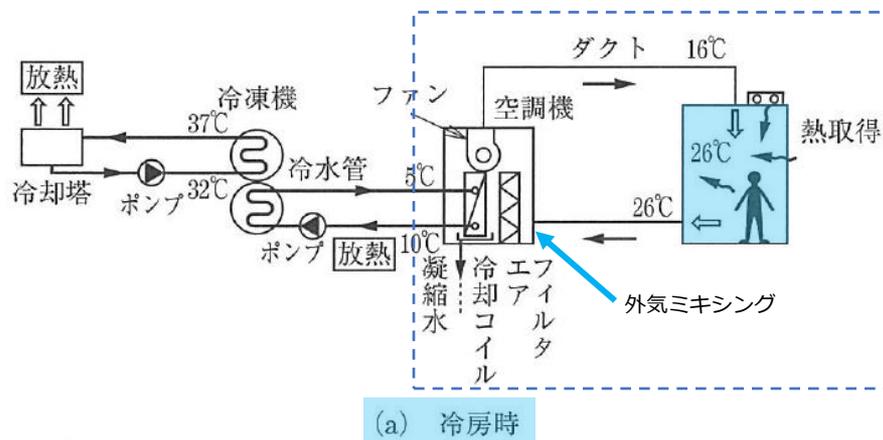


図2.6-20 空気調和期 (b)横型

図2.1-4 空気調和設備の流れの例

## 2.1.3 空気調和設備（中央方式）の構成

### (3) 熱搬送設備

空気：送風機、ダクト、吹出口・吸込口

水：ポンプ、配管

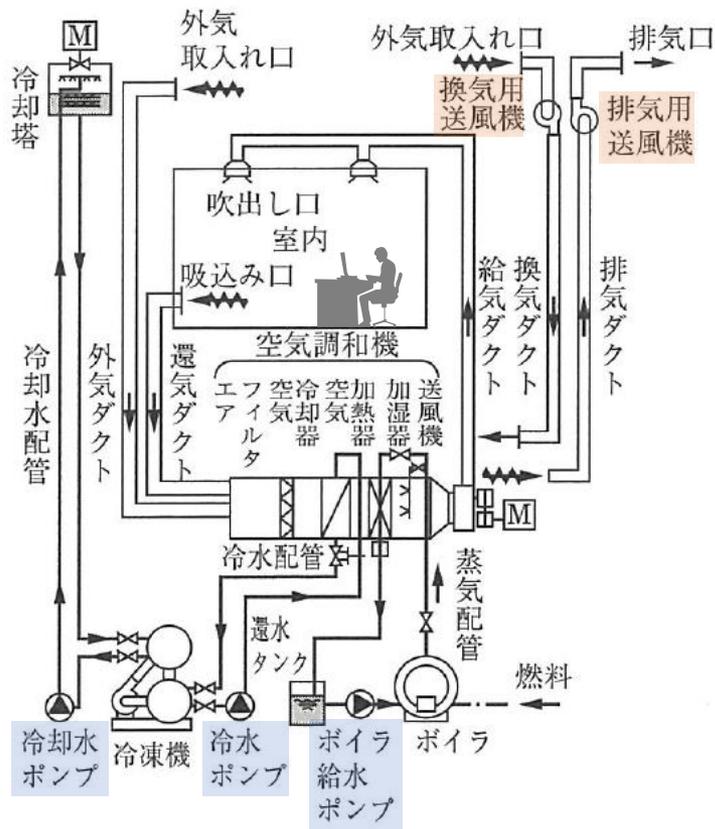


図2.1-3 空気調和設備の装置構成（再掲）

## 2.1.4 空気調和設備の計画

### 空気調和設備の計画・設計プロセス、空気調和設備の設計フロー

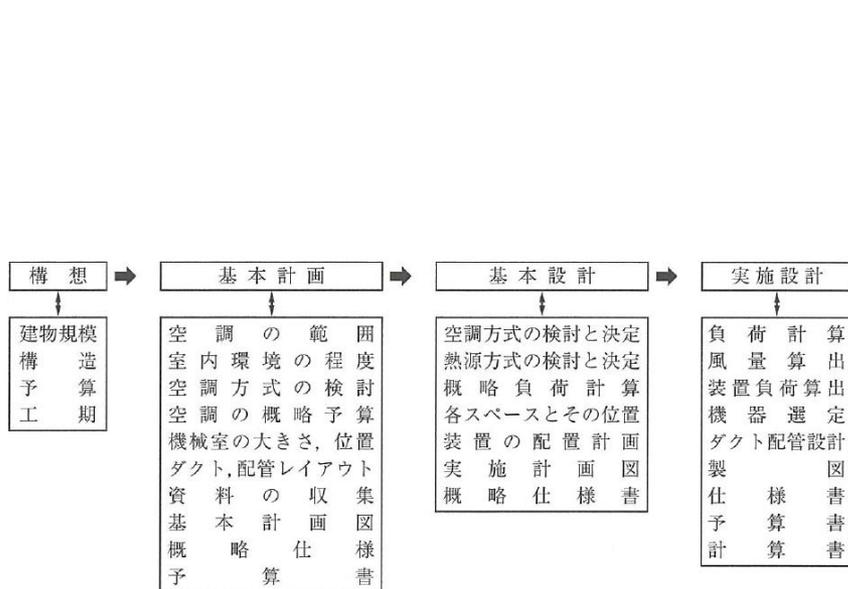


図2.1-5 空気調和設備の計画・設計作業フロー

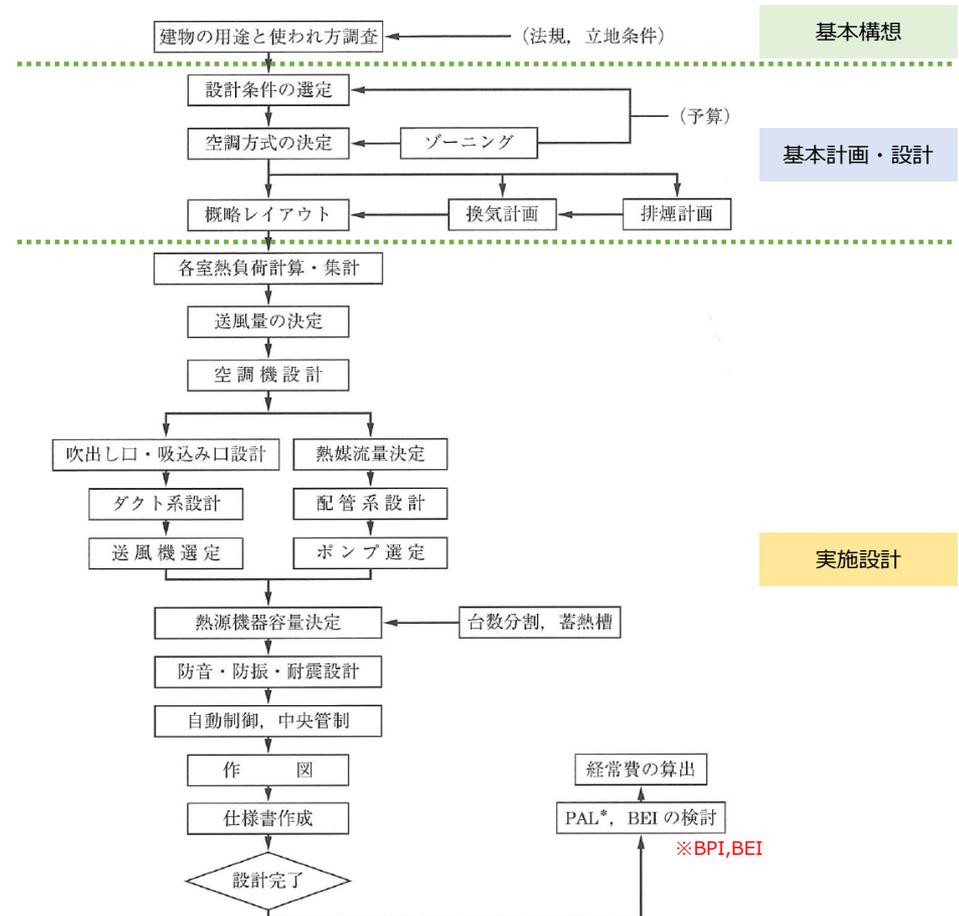


図2.1-6 空気調和設備の設計のフロー

## 2.2.1 温熱環境評価指標のあらまし

### 温熱環境評価指標

#### ①物理的計測指標

物理的な計測機器にて直接求めることのできる指標

→乾球温度、湿球温度、グローブ温度

#### ②主観的経験的指標

実験により被験者の主観的判断により温熱環境要素を組み合わせる表示する指標

→有効温度 (ET)

#### ③熱平衡式に基づく指標

→作用温度 (OT) 、予想平均申告 (PMV) 、新有効温度 (ET\*) 、標準新有効温度 (SET\*)

## 2.2.1 温熱環境評価指標のあらまし

### (1) 人体と環境との間の熱収支

人体がある環境にさらされた場合、その熱収支は以下の式で表現

$$M - W - C_{\text{sen}} - E_{\text{tat}} = C + R + E + C_d + S \quad (2.2-1)$$

ここに、 $M$ ：代謝量  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$W$ ：仕事量  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$C_{\text{sen}}$ ：呼吸による顕熱放熱  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$E_{\text{tat}}$ ：呼吸による蒸発放熱  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$C$ ：皮膚からの対流放熱  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$R$ ：皮膚からの放射放熱  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$E$ ：皮膚からの蒸発放熱  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$C_d$ ：皮膚からの伝導放熱  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$S$ ：人体の熱収支バランス量  $[\text{W}/\text{m}^2]$

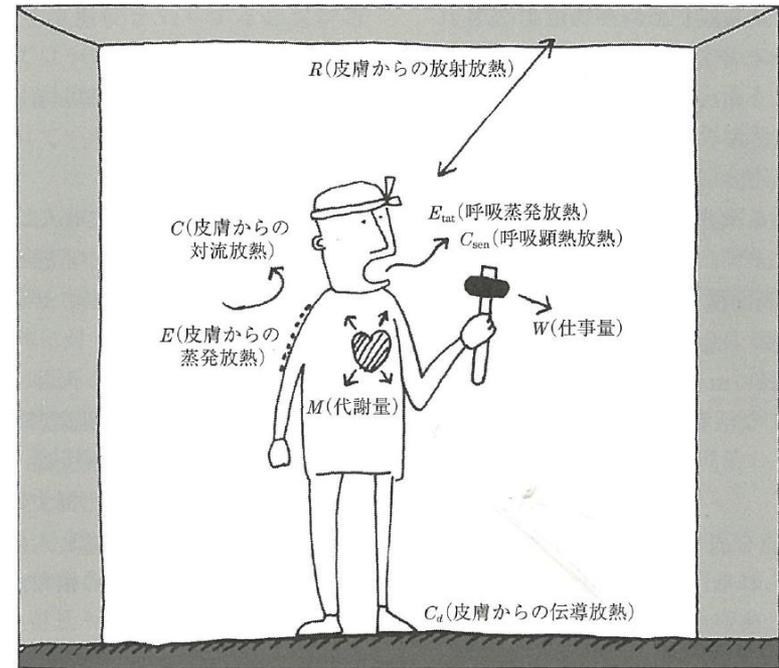


図 2.2-1 人体の熱収支

熱収支バランス量 $S$

- ・定常状態では、 $S=0$
- ・非定常状態では、 $S>0$ で人体への熱の蓄熱で体温上昇  
 $S<0$ で人体の身体冷却により体温低下

## 2.2.1 温熱環境評価指標のあらまし

### (2) 温熱環境の構成要素

①代謝量、②着衣量、③空気温度、④放射温度、⑤気流、⑥湿度

#### (a) 代謝量 【単位：met】

人体の単位表面積当りの放熱量

$$A_D = 0.202m^{0.425}l^{0.725} \quad (2.2-2)$$

ここに、 $A_D$ ：体表面積 [m<sup>2</sup>]

$m$ ：体重 [kg]

$l$ ：身長 [m]

代謝量計算例（椅座安静状態）

・身長：1.7 m

・体重：62 kg

⇒ 体表面積 $A_D = 1.71 \text{ m}^2$

・事務作業（椅座静位）→ 1 met (58.2W/m<sup>2</sup>)

代謝量 =  $1.71 \times 58.2 \div 100 \text{ W/人}$

表 2.2-1 さまざまな活動の代謝量

活動	met
休息時	
寝床時	0.7
安静時	0.8
椅座静位	1.0
起立時	1.2
歩行時	
3.2 km/h	2.0
4.8 km/h	2.6
6.4 km/h	3.8
事務作業時	
読書・椅座静位	1.0
タイプ・ワープロ	1.1
ファイル整理・椅座	1.2
ファイル整理・立位	1.4
歩き回る	1.7
物を運ぶ・持ち上げる	2.1
運転時・飛行時	
自動車運転	1.0 ~ 2.0
通常飛行	1.2
その他の作業	
調理	1.6 ~ 2.0
掃除	2.0 ~ 3.4
縫物	1.8
その他の活動	
ダンス	2.4 ~ 4.4
テニス・シングル	3.6 ~ 4.0
バスケットボール	5.0 ~ 7.6

※1 met = 58.2 W/m<sup>2</sup>

## 2.2.1 温熱環境評価指標のあらまし

### (b) 着衣量 【単位：clo】

衣服の断熱性能を表す単位としてcloが用いられる。

1clo = 0.155m<sup>2</sup>・K/W ※数値が小さければ薄着、大きければ厚着

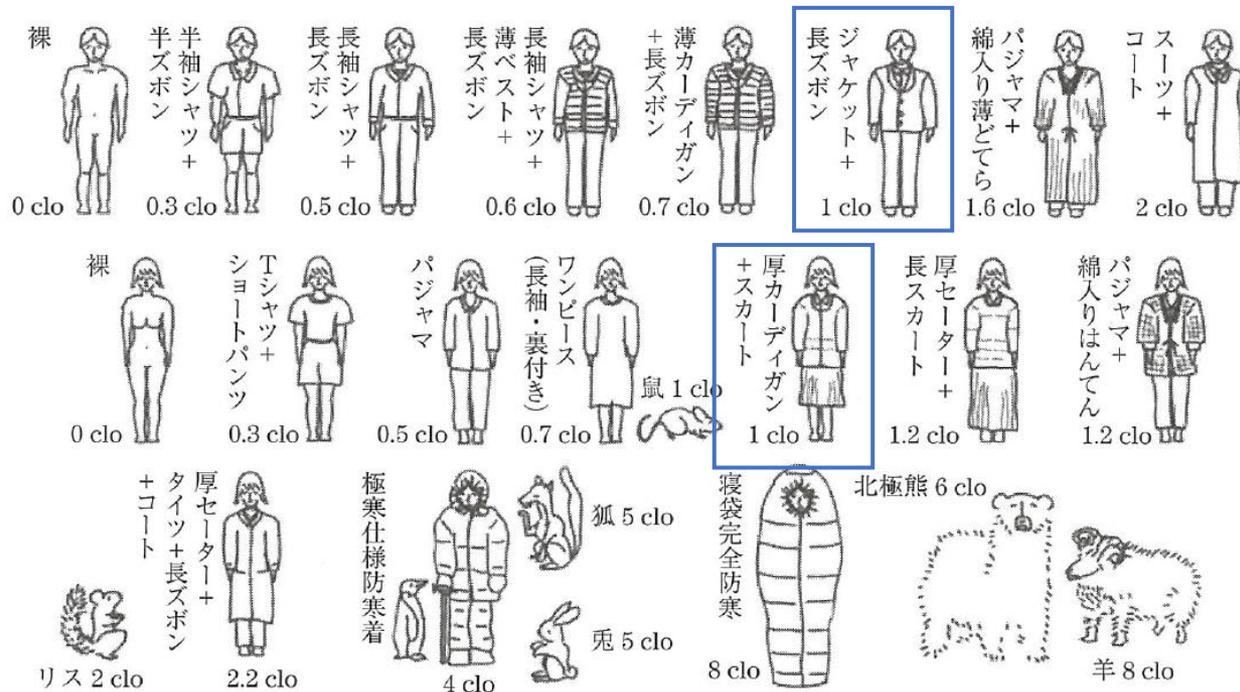


図 2.2-2 代表的な着衣とclo値

## 2.2.1 温熱環境評価指標のあらまし

### (c) 空気温度 【単位：℃】

身体周辺の空気温度（人体の重心近くの温度）

### (d) 放射温度 【単位：℃】

平均放射温度※という概念が適用され、在室人員位置に放射温度計を設置して計測

※実際の不均一な放射場において、在室者が周囲環境と放射熱交換を行うのと同量の放射熱交換を行うような均一温度の仮想閉鎖空間の表面温度

### (e) 気流 【単位：m/s】

空気の動きに起因して人体は冷却効果を感じる

### (f) 湿度 【単位：％】

低湿度の状態は人体の発汗による冷却効果を助長し、  
高湿度はその効果を阻害することにより、温熱感に影響を与える

## 2.2.1 温熱環境評価指標のあらまし

### (3) 空気の物理的性質

- ・ **絶対湿度**【単位：kg/kg (DA)】

乾き空気（大気中の成分から水蒸気を取り除いた空気）1kg当りの水蒸気質量

- ・ **相対湿度**【単位：%】

ある気温で大気中に含まれる水蒸気量をその温度の飽和水蒸気量で除したもの

- ・ **湿球温度**【単位：℃】

水の蒸発潜熱により温度が低くなり、周囲の水蒸気圧が飽和に達し、平衡するとともに、温度低下も停止するときの温度

- ・ **露点温度**【単位：℃】

その空気と同じ絶対湿度（水蒸気分圧）をもつ飽和空気の温度

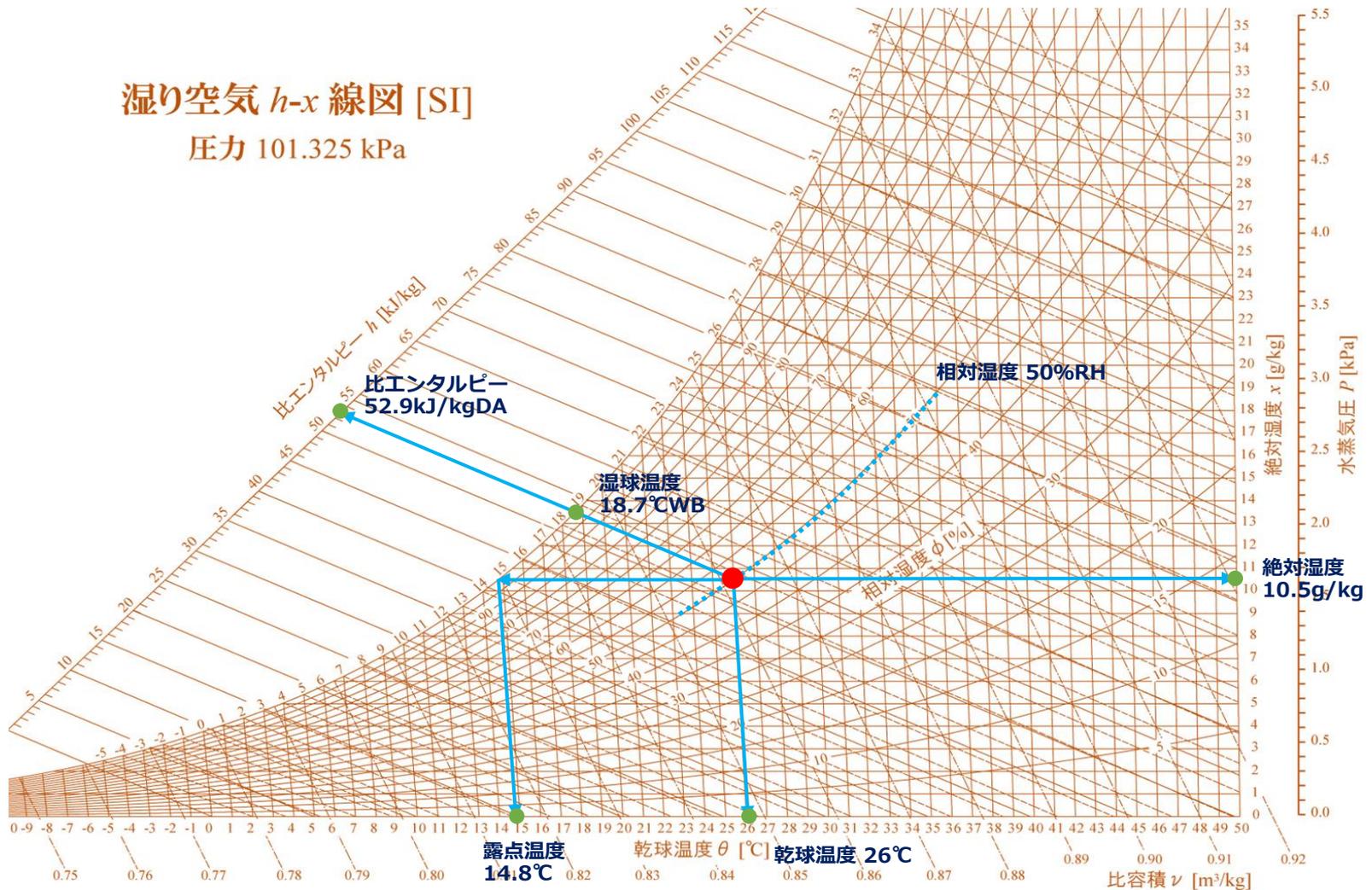
- ・ **比エンタルピー**【単位：kJ/kg (DA)】

単位質量当りのエンタルピー（ある温度を基準として測った液体中に含まれる熱量）

湿り空気の比エンタルピーは0℃の湯き空気を基準値とし、乾き空気1kg当たりで表している。

## 2.2.1 温熱環境評価指標のあらまし

## (3) 空気の物理的性質 . . . 湿り空気線図



湿り空気線図

## 2.2.2 温熱環境評価指標

### 温熱環境評価指標

- (1) 有効温度 (ET)
- (2) 予想平均申告 (PMV)
- (3) 作用温度 (OT)
- (4) 新有効温度 (ET\*)
- (5) 標準新有効温度 (SET\*)

表1・1・3 代表的な快適性評価指数とその特徴

項目	PMV	ET	SET*	DI	WBGT
温度	○	○	○	○	○
湿度	○	○	○	○	○
平均風速	○	○	○	×	○
放射 (輻射)	○	×	○	×	○
代謝量	○	○	○	×	×
着衣量	○	○	○	×	×

PMV：予測平均温冷感申告 ET：有効温度  
 SET\*：新標準有効温度  
 DI：不快指数 WBGT：湿球グローブ温度指数  
 ○：組み込まれている ×：組み込まれていない

冷凍空調便覧 (第6版) より

## 2.2.2 温熱環境評価指標

### (1) 有効温度 (ET)

- 相対湿度100%で静穏気流の等温環境に維持された人工気候室ともう一つの人工気候室を使用し、椅座で安静に滞在したときに、二つの気候室で同等の温熱環境が得られたときに、一方の気候室の乾球温度・湿球温度・気流速度を総合化して、相対湿度100%の気候室の温度を有効温度としたもの。
- 寒冷環境や快適温熱環境時に湿度の影響が過大評価となる。
- 蒸暑環境では気流の効果が的確に評価できない。

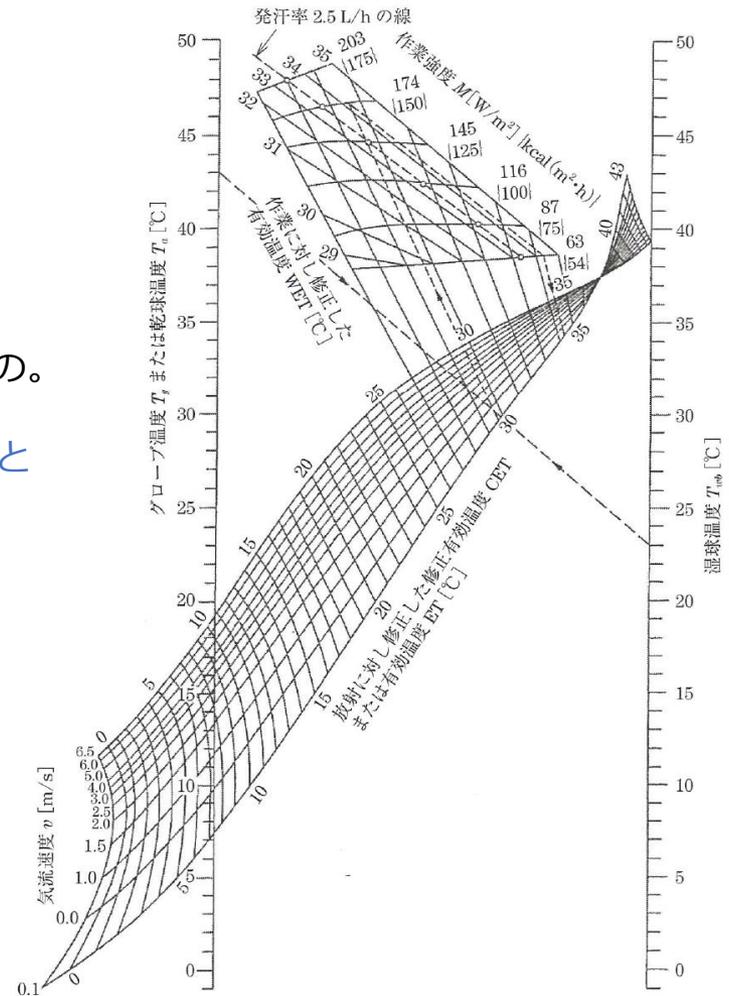


図 2.2-3 有効温度線図

## 2.2.2 温熱環境評価指標

### (2) 予想平均申告 (PMV)

- ・ 快適方程式(1973年 P.O.Fangerにより提唱 )

皮膚面からの蒸発放熱量を、  
着衣の表面からの蒸発による人体が感じない蒸発熱と  
発汗による蒸発とに分離する方程式

- ・ 予想平均申告 (PMV : Predicted Mean Vote)

快適方程式の計算結果と申告調査実験との  
関連性のもとに、

“- 3 から + 3”までの 7 段階の評価数値を規定

- ・ 快適域

1984年 ISO-7730として国際規格化され、

温熱環境 6 要素を代入することにより、大多数の人が  
感ずる温冷感を表す数値

$-0.5 < PMV < +0.5$  ,  $PPD < 10\%$  を推奨

予想不満率PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)



図 2.2-4 PMVのスケール

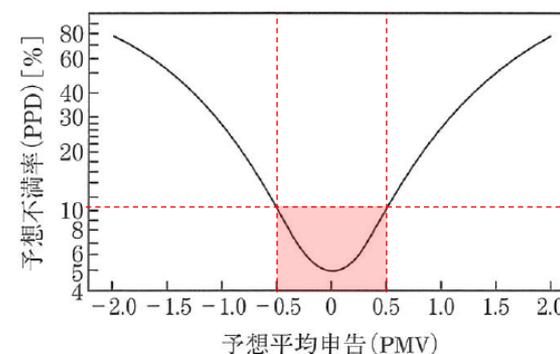


図 2.2-5 予想平均申告PMVと  
予想不満率PPDの関係

## 2.2.2 温熱環境評価指標

### (3) 作用温度 (OT)

- ・ 気温と平均放射温度が異なる環境を気温と平均放射温度が等しい環境の気温に換算して表示する。空気温度と平均放射温度の対流熱伝達率と線形放射熱伝達率の重み付け平均で表される。

$$t_o = \frac{h_c t_a + h_r t_r}{h_c + h_r} \quad (2.2-3)$$

ここに,  $h_c$ : 人体の対流熱伝達率

[W/(m<sup>2</sup>・℃)]

$h_r$ : 人体の線形放射熱伝達率

[W/(m<sup>2</sup>・℃)]

$t_a$ : 空気温度 [℃]

$t_o$ : 作用温度 [℃]

$t_r$ : 平均放射温度 [℃]

## 2.2.2 温熱環境評価指標

### (4) 新有効温度 (ET\*)

- ・有効温度(ET)が相対湿度100%を基準にしているのに対して、  
現実に多くありうる湿度状態で感覚的になじみやすい相対湿度50%に換算して表現される。
- ・評価項目 (気温・平均放射温度・湿度)

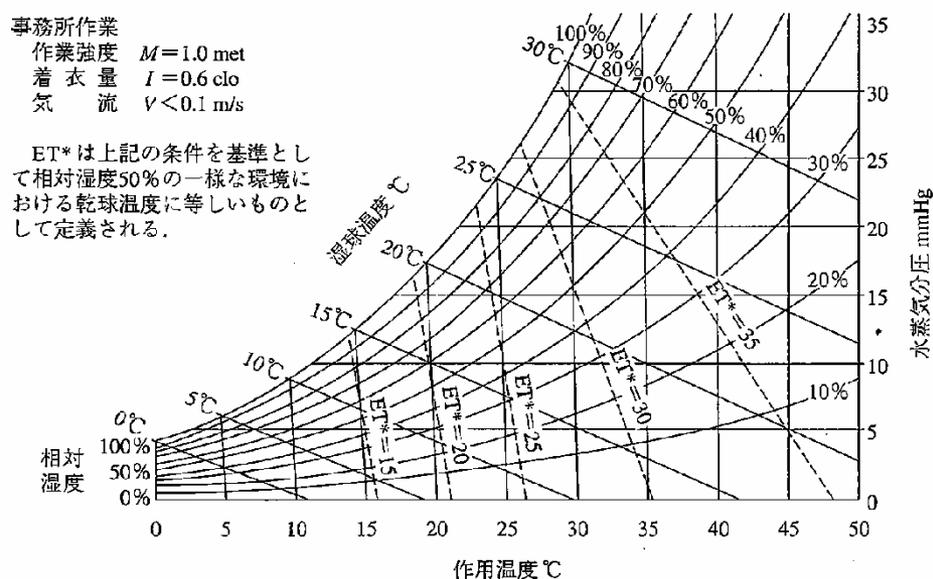


図1-1-7 ASHRAE 55-92 (1989-Fundamentals)<sup>6)</sup>

作用温度と新有効温度 (空気調和・衛生工学便覧より)

## 2.2.2 温熱環境評価指標

### (5) 標準新有効温度 (SET\*)

- ・新有効温度 (ET\*) の評価項目 (気温・平均放射温度・湿度) に  
着衣量・代謝量・風速の3項目を付加したもの。

- ・標準新有効温度 (SET\*)

椅座静位(1met)、着衣量0.6clo



、静穏気流、平均放射温度 = 空気温度という標準状態に

において定義された新有効温度

※快適に近い範囲においては、

標準新有効温度 (SET\*) と予想平均申告 (PMV) の評価値に大差はない。

表2.2-3 標準新有効温度 (SET\*) と  
温冷感、生理学的状態の関係

SET* [°C]	温冷感	生理学的状態
>37.5	非常に暑い, 非常に不快	体温調節ができない
34.5~37.5	暑い, 許容できない	おびただしい発汗
30.0~34.5	暖かい, 不快	発汗
25.6~30.0	やや暖かい, やや不快	軽い発汗, 皮膚血管 拡張
22.2~25.6	快適, 許容できる	中性
17.5~22.2	やや涼しい, やや不快	皮膚血管収縮
14.5~17.5	涼しい, 許容できない	軽い体冷却
10.0~14.5	寒い, 非常に不快	ふるえ

## 2.2.3 室内空気環境と汚染源

### 室内環境基準

表 2.1-1 建築物衛生法における室内環境基準（再掲） ※赤文字：R4年度改正 改正後の基準

項目		管理基準値
温熱環境	温度	17～28℃/18～28℃ （設計基準目安：夏期 26℃/冬期 22℃）
	相対湿度	40～70%RH （設計基準目安：夏期 50%RH/冬期 40%RH）
	気流	0.5m/s以下
空気環境	浮遊粉じん量	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下
	二酸化炭素（CO <sub>2</sub> ）	1,000ppm以下
	一酸化炭素（CO）	10ppm以下/6ppm以下
	ホルムアルデヒド	0.1mg/m <sup>3</sup> （0.08ppm）以下

### 室内空気汚染源

表 室内汚染物質とその発生源の例（空気調和・衛生工学便覧より）

発生源	汚染物質
人体	粉じん, 細菌, ウイルス, たばこ煙（喫煙者）CO <sub>2</sub> , におい, アンモニア
建材	ラドン, アスベスト, ガラス繊維, ホルムアルデヒド, VOCs
燃焼器具	粉じん, ミスト, CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , 炭化水素, VOCs
生活用品	
・化粧品・日用品	アルコール, ケトン, アルデヒド, エステル, エーテル
・家具と衣類	スチレン, ビニルクロライド, アルデヒド, エーテル, エステル
・殺虫剤	クロルピリホス, ダイアジノン, フェノブカルブ
・防虫剤	パラジクロロベンゼン
・観葉植物の鉢	かび, 花粉, におい
機器類	
・空調機・ダクト	粉じん, 細菌, 真菌, 脂肪族炭化水素, MVOCs
・加湿器	粉じん, 細菌, 放線菌, 真菌, におい, MVOCs
・冷却塔	レジオネラ属菌
・プリンタ	オゾン, 微粒子

## 2.3.1 空調負荷の概要

### (1) 空調負荷の計算方法

- ・ 顕熱負荷 (S) : 温度変化を伴う熱負荷
- ・ 潜熱負荷 (L) : 湿度変化を伴う熱負荷
- ・ 全熱負荷 (T) : 顕熱負荷 + 潜熱負荷、 $SHF = \text{顕熱負荷} / \text{全熱負荷}$

※顕熱と潜熱は熱量が同じでも熱の性質や熱処理プロセスが異なるので  
空調負荷計算においては区別して扱う

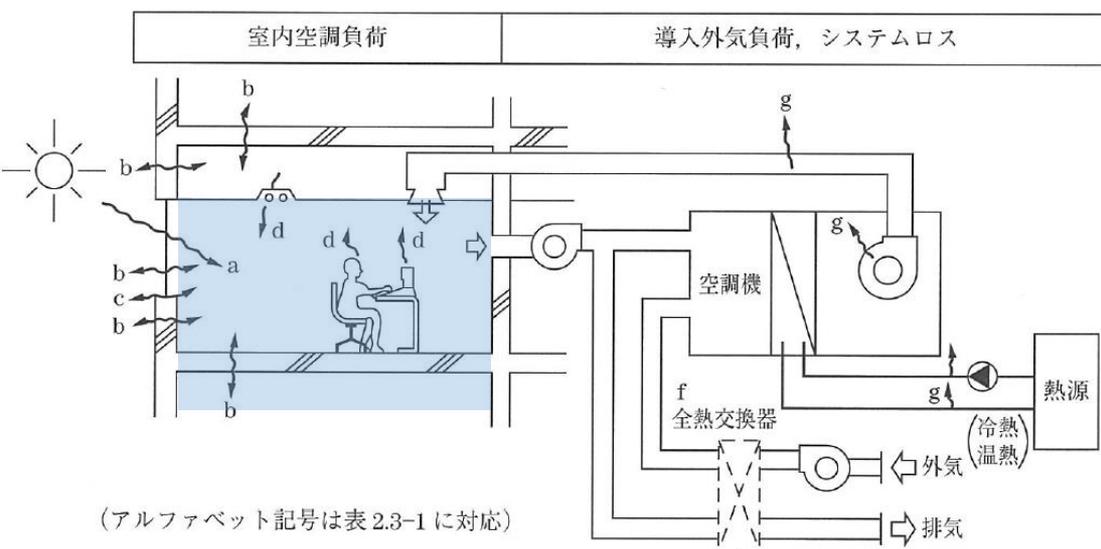


表 2.3-1 空調負荷の構成要素の分類

構成要素の内容	記号	顕熱負荷	潜熱負荷	記載箇所
ガラス窓からの日射熱負荷	a	○		2.3.3 [2]
屋根, 外壁, ガラス窓, 内壁, 地下壁のような壁体からの通過熱負荷	b	○		2.3.3 [3]
すきま風の熱負荷	c	○	○	2.3.3 [4]
照明, 人体, 室内機器などが発生する室内発熱負荷	d	○	○	2.3.3 [5]
空調停止時間帯における室温変動による蓄熱負荷	e	○		2.3.3 [6]
導入外気負荷	f	○	○	2.3.3 [7]
システムロス (空調装置の熱取得・熱損失)	g	○		2.3.3 [8]

図 2.3-1 空調負荷の発生部位

## 2.3.1 空調負荷の概要

### (2) 空調負荷計算の位置づけ

建物条件・空調条件から空調負荷を計算する。  
空調負荷をもとに空調機器の選定・設計が行われる。

### (3) 空調負荷計算法の分類

主として壁体の熱計算方法と室温変動の考え方により3つに分類

#### (a) 定常計算法

壁体の両側の温度が一定で安定した状態にあると想定した最も簡易な計算方法  
※最大暖房負荷計算などに使われる

#### (b) 周期定常計算法

室内温度が一定で、壁体の室外側の条件が周期的（一般に1日周期）に変動するものと想定して、壁体の熱容量の影響を考慮する計算方法 ※多くの最大冷房負荷計算に使用

#### (c) 非定常計算法

室内温度及び壁体の室外側の条件が変動するものと想定して、壁体の熱容量の影響を考慮する計算方法 ※年間空調負荷シミュレーションプログラム（HASP/ACLID等）

## 2.3.2 設計条件

### (1) 設計室内条件

- ・室内居住者が快適と感じる空気状態（温度・湿度・外気導入量など）
- ・室内で発生する熱負荷（人体・照明・OA機器など）
- ・部屋の使用状況、空調運転時間など

表 設計室内条件 事務室の例

	室内温度条件				内部発熱条件				空調運転時間
	夏期		冬期		人員		照明	機器	
	温度 [°C]	湿度 [%RH]	温度 [°C]	湿度 [%RH]	密度 [人/m <sup>2</sup> ]	実数 [人]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	
事務室	26	50	22	40	0.2	-	10	30	8:00~18:00

・外気量は30m<sup>3</sup>/(h・人)とする。

## 2.3.2 設計条件

### (2) 設計外気条件

- ・対象地域の温度・湿度・日射量・風向・風速・地中温度など
- ・設計外気条件は対象地域の気象観測値を統計処理して決定される

※ASHRAEの技術諮問委員会（Technical Advisory Committee）により提案された、一定期間の観測記録の超過確率による統計手法（TAC手法）を用いることが多い。

表 2.3-2 MICRO-PEAK/1987 設計用気象データ  
（東京地区 TAC（超過確率）5%）

時刻	冷房設計条件					暖房設計条件				
	乾球 温度 [°C]	絶対湿度 [g/kg(DA)]	法線面 直達日射量 [W/m <sup>2</sup> ]	水平面 天空日射量 [W/m <sup>2</sup> ]	水平面 夜間放射量 [W/m <sup>2</sup> ]	乾球 温度 [°C]	絶対湿度 [g/kg(DA)]	法線面 直達日射量 [W/m <sup>2</sup> ]	水平面 天空日射量 [W/m <sup>2</sup> ]	水平面 夜間放射量 [W/m <sup>2</sup> ]
2	26.4	17.4	0	0	26	0.2	1.4	0	0	128
4	26.2	17.8	0	0	26	-0.6	1.5	0	0	127
6	26.7	17.6	235	106	24	-0.7	1.4	0	0	128
8	29.0	17.6	553	240	24	0.2	1.4	0	12	126
10	31.3	17.9	623	323	24	0.7	1.4	0	47	130
12	33.0	17.9	663	360	26	2.1	1.5	0	52	135
14	33.2	17.6	660	292	26	2.6	1.2	0	47	136
16	31.5	17.5	530	215	26	3.5	1.3	0	23	134
18	30.4	17.9	93	64	24	3.2	1.5	0	0	130
20	28.8	17.9	0	0	24	2.0	1.5	0	0	129
22	27.4	17.9	0	0	26	1.0	1.4	0	0	129
24	26.7	17.9	0	0	26	0.5	1.5	0	0	129

表 2.3-3 冷房設計用外壁面日射量の例  
（東京地区 7/31 TAC（超過確率）5%）

時刻	水平面	北 垂直面	東 垂直面	南 垂直面	西 垂直面
2	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
6	159	106	276	52	52
8	576	120	559	145	120
10	866	162	428	309	162
12	993	180	180	376	215
14	840	145	145	283	490
16	497	112	107	107	557
18	77	58	31	31	120
20	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

## 2.3.2 設計条件

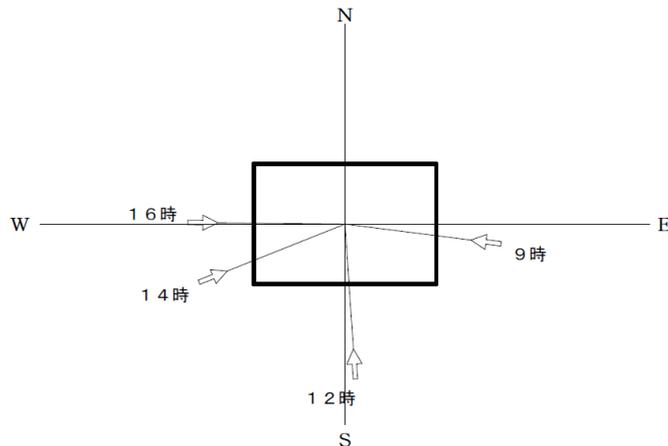
### (その他) 建物条件 (負荷計算用)

- ・建物立地 (方位・高度)
- ・外皮 (壁・窓ガラスなど) の構成部材 (材質・厚み等) や形状 (傾斜角度、庇など)
- ・室内の構成部材 (材質・厚み等) や形状 (天井高さなど)

建物方位・太陽方位図

建物方位角

0.0°



構造	番号	材 料	厚 さ $l$ [m]	熱伝導率 $\lambda$ [W/(m·K)]	$l/\lambda$ $\gamma_a$ [m <sup>2</sup> ·K/W]	熱通過率 K [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
		外表面熱伝達率 $\alpha_{o1}$			0.043	
	1	押出成形セメント板	0.06000	0.430	0.140	
	2	ポリスチレンフォーム	0.02500	0.036	0.694	
	3	空気層熱抵抗			0.070	
	4	石こう板・ラスボード	0.00950	0.170	0.056	
5	石こう板・ラスボード	0.01250	0.170	0.074		
		内表面熱伝達率 $\alpha_{i1}$			0.111	
					1.188	0.8

地 区	大阪			
	9 時	12 時	14 時	16 時
太陽高度	47.1°	75.5°	60.6°	36.5°
太陽方位	-82.7°	-3.8°	68.0°	90.6°

図 IPAC入力例 (建物方位・太陽方位)

図 IPAC入力例 (外壁仕様)

## 2.3.3 空調負荷の計算方法

### (1) 計算対象日時

#### 冷房負荷計算

- ・ 一般には建物全体の最大冷房負荷が発生することの多い7月下旬～8月中旬
- ・ 部屋の方位・構成によっても異なる（例えば西向きの室では16時など）

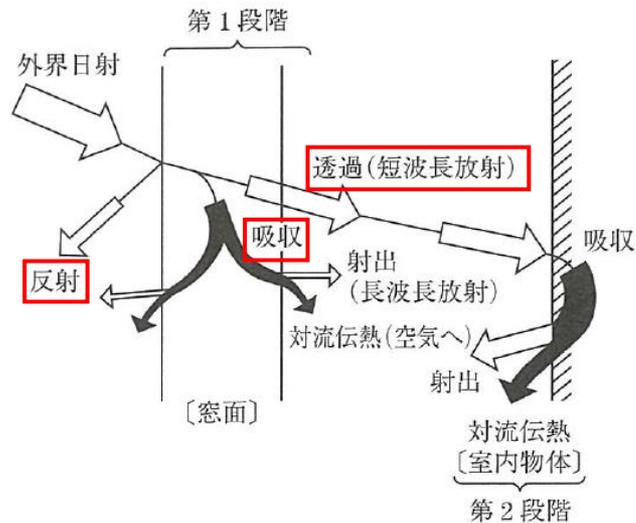
#### 暖房負荷計算

- ・ 朝の暖房開始時間に発生する傾向
- ・ 安全を見て、室内発熱を見込まない計算（人体・照明・機器発熱）

## 2.3.3 空調負荷の計算方法

### (2) ガラス窓からの日射熱負荷（顕熱）

- ・ガラス窓からの日射熱負荷が変動が大きく、冷房負荷計算への影響大
- ・透過及び吸収後の放熱により室内に入る比率を**日射取得率**と呼ぶ
- ・**外部遮へい**（庇等）及び**内部遮へい**（ブラインド・カーテン）も考慮



$$q_G = I_G \cdot A_G \cdot k_s$$

(2.3-1)

ここに、 $q_G$ ：ガラス窓からの日射熱負荷 [W]

$I_G$ ：標準ガラスの日射熱取得 [W/m<sup>2</sup>]

$A_G$ ：正味ガラス面積 [m<sup>2</sup>]

$k_s$ ：遮へい係数

図 2.3-2 日射による流入熱の2段階

## 2.3.3 空調負荷の計算方法

### (3) 壁体からの熱負荷（顕熱）

- 壁体の両側で温度差がある場合、壁体通過熱負荷が発生（2.3-2式）
- 熱通過率（熱貫流率） $[W/(m^2 \cdot K)]$ 
  - ：壁体両側の温度差が1Kのときに、 $1m^2$ 当り単位時間に通過する熱量
- 相当外気温
  - ：外気温に加えて日射などの影響を考慮した温度
- 実効温度差（ETD\_Effective Temperature Difference）
  - ：コンクリート壁のように熱容量が大きい場合に時間遅れを考慮  
1日周期で変動する相当外気温と室温の差に時間遅れを考慮した温度差

表 2.3-5 冷房設計用実効温度差の例（コンクリート150mm厚）

時刻	水平面	北 垂直面	東 垂直面	南 垂直面	西 垂直面
2	6.7	3.3	3.6	3.7	5.2
4	4.3	2.2	2.4	2.5	3.5
6	2.9	1.6	1.8	1.7	2.4
8	4.2	2.1	4.4	1.9	2.4
10	9.5	3.6	9.1	3.8	3.6
12	16.8	5.6	12.1	7.3	5.7
14	23.6	7.6	12.7	10.7	8.7
16	26.9	8.9	12.5	12.3	13.0
18	25.3	9.1	11.3	11.6	15.6
20	20.0	8.1	9.4	9.6	14.0
22	14.5	6.3	7.2	7.4	10.6
24	10.0	4.7	5.2	5.3	7.6

$$q_w = U_w \cdot A_w \cdot \Delta\theta \quad (2.3-2)$$

ここに、 $q_w$ ：壁体通過熱負荷 [W]

$U_w$ ：壁体の熱通過率  $[W/(m^2 \cdot K)]$

$A_w$ ：壁体面積  $[m^2]$

$\Delta\theta$ ：内外温度差 [K]

### 2.3.3 空調負荷の計算方法

#### (4) すきま風の熱負荷（顕熱・潜熱）

- ・ 窓サッシの隙間、外壁自体の隙間、扉の開閉などにより生じる
- ・ すきま風量(QI)の計算方法には換気回数法、すきま長さ法、外壁面積法などがある
- ・ 室内を陽圧側とし、すきま風が入りにくい計画とすることが重要

$$q_{IS} = \frac{c_p \cdot \rho \cdot \Delta t \cdot Q_I}{3600} \quad (2.3-3)$$

$$q_{IL} = \frac{\gamma \cdot \rho \cdot \Delta x \cdot Q_I}{3600} \quad (2.3-4)$$

ここに、 $q_{IS}$ ：すきま風の顕熱負荷 [W]

$q_{IL}$ ：すきま風の潜熱負荷 [W]

$c_p$ ：空気の定圧比熱

[J/(kg(DA)・K)]

$\gamma$ ：水の蒸発潜熱 [J/g]

$\rho$ ：空気の密度 [kg(DA)/m<sup>3</sup>]

$\Delta t$ ：室内外乾球温度差 [K]

$\Delta x$ ：室内外絶対湿度差

[g/kg(DA)]

$Q_I$ ：すきま風量 [m<sup>3</sup>/h]

## 2.3.3 空調負荷の計算方法

### (5) 室内発熱負荷

#### (a) 照明発熱 (顕熱)

- ・ 設置される照明器具の形式と台数をもとに計算
- ・ LED照明：照明効率が高く消費電力 (= 照明発熱量) が小さい

$$q_L = W \cdot h \cdot \alpha \cdot \beta \quad (2.3-5)$$

ここに、 $q_L$ ：照明発熱負荷 [W]

$W$ ：照明器具ワット数 [W]

$h$ ：発熱単位 [W/W]

$\alpha$ ：使用率

$\beta$ ：冷房負荷となる比率

#### (b) 人体発熱 (顕熱・潜熱)

- ・ 作業強度により発熱量は異なる。  
静座時で顕熱+潜熱≒100W/人程度。

$$q_{HS} = N \cdot h_S \cdot \alpha \quad (2.3-6)$$

$$q_{HL} = N \cdot h_L \cdot \alpha \quad (2.3-7)$$

ここに、 $q_{HS}$ ：人体発熱顕熱負荷 [W]

$q_{HL}$ ：人体発熱潜熱負荷 [W]

$N$ ：作業強度別在室者定員 [人]

$h_S$ ：作業強度による1人当りの顕熱量 [W/人]

$h_L$ ：作業強度による1人当りの潜熱量 [W/人]

$\alpha$ ：在室率

#### (c) 機器発熱 (多くは顕熱)

- ・ 設置されるコピー機、パソコンなどの事務機器などの発熱

## 2.3.3 空調負荷の計算方法

### (6) 蓄熱負荷 (顕熱)

- ・ 間欠空調の場合、連続運転時では発生しない特有の負荷が発生 (負荷増)
  - ・ 蓄熱負荷は**運転開始時**に多くなる
  - ・ 冷房計算時は蓄熱負荷がピークに対して小さい (無視することが多い) が、東面は蓄熱負荷と最大負荷が重なる可能性があるので冷房負荷に限り割増しをする
  - ・ 暖房計算時は全負荷に対する蓄熱負荷が大きく、最大暖房負荷が発生する運転開始時に蓄熱負荷が多い
- ⇒**方位係数**を用いて割増しなどを行う

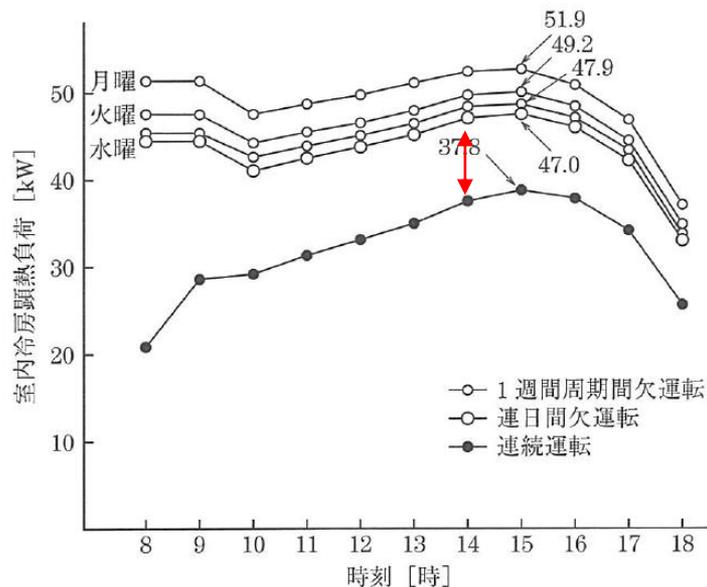


図 2.3-4 冷房計算の例

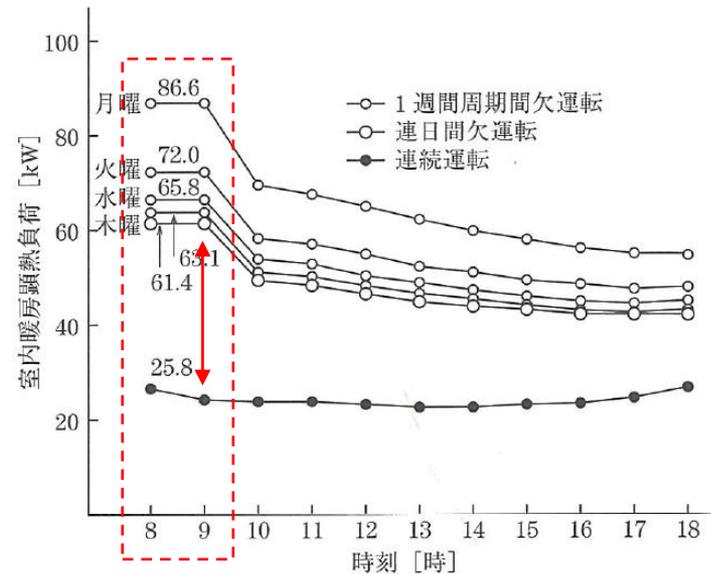


図 2.3-5 暖房計算の例

### 2.3.3 空調負荷の計算方法

#### (7) 外気負荷（顕熱・潜熱）

- ・必要外気量に対しての負荷
- ・全熱交換器を用いれば熱負荷低減が図れる

$$q_{FS} = \frac{c_p \cdot \rho \cdot \Delta t \cdot Q_F}{3600} \quad (2.3-8)$$

$$q_{FL} = \frac{\gamma \cdot \rho \cdot \Delta x \cdot Q_F}{3600} \quad (2.3-9)$$

ここに、 $q_{FS}$ ：導入外気の顕熱負荷 [W]

$q_{FL}$ ：導入外気の潜熱負荷 [W]

$Q_F$ ：導入外気量 [m<sup>3</sup>/h]

$c_p$ ,  $\gamma$ ,  $\rho$ ,  $\Delta t$ ,  $\Delta x$  は式(2.3-3), (2.3-4) に同じ

#### (8) システムロス（顕熱）

- ・送風機やポンプに投入された動力が熱に変わることによる熱負荷
- ・ダクトや配管からの熱ロス
- ・湿度制御のための再熱負荷 他
- ・係数により、全体負荷に対して割り増しして想定

## 2.3.3 空調負荷の計算方法

### オフィスのエネルギー消費構造

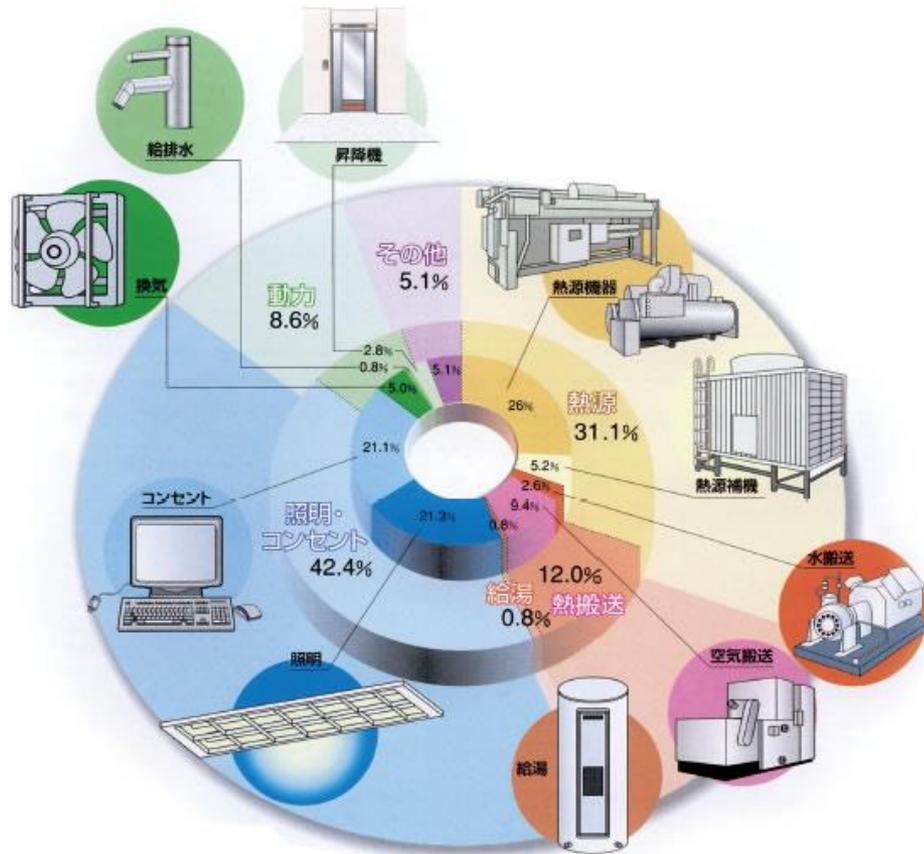


図 省エネルギーセンターHPより

#### 熱源

熱源本体：冷凍機、冷温水機、ボイラ、他

補機動力：冷却水ポンプ、冷却塔、冷温水1次ポンプ、他

#### 熱搬送

水搬送：冷温水2次ポンプ

空気搬送：空調機、ファンコイルユニット、他、

#### 給湯

熱源本体：ボイラ、循環ポンプ、電気温水器、他

#### 照明・コンセント

照明：照明器具

コンセント：事務機器、他

#### 動力

換気：駐車場ファン、他

給排水：揚水ポンプ、他

昇降機：エレベータ、エスカレータ、他

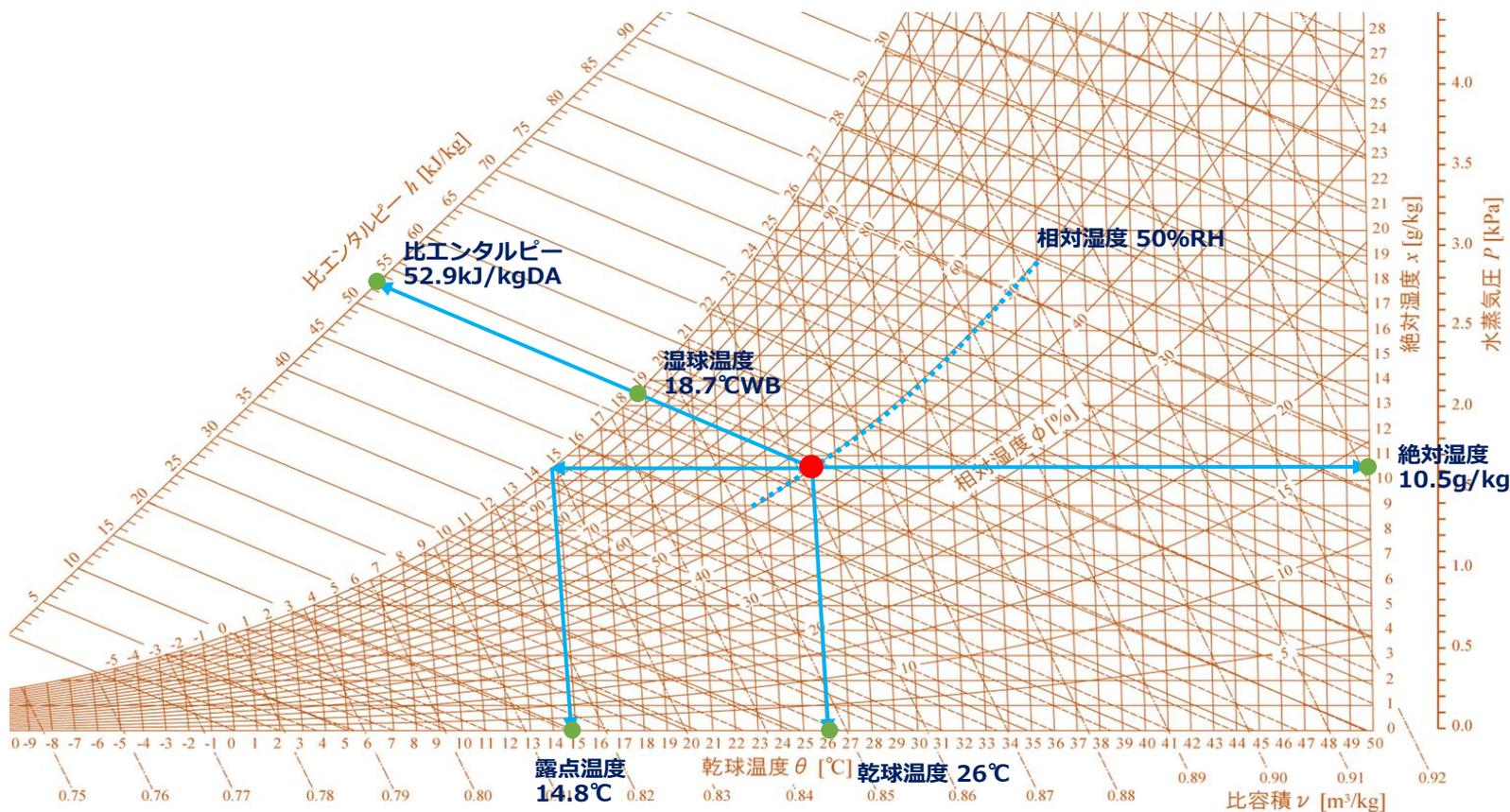
#### その他

トランス損失、店舗動力、他

## 2.3.4 湿り空気線図と空調プロセス

### (1) 湿り空気線図

- 空気の全圧 $P$ を一定にすると、乾球・湿球温度、エンタルピー、相対湿度などの状態量はそのうち2つが定まると、他の値も定まる。



湿り空気線図（再掲）

## 2.3.4 湿り空気線図と空調プロセス

### (2) 空調プロセスと湿り空気線図の使い方

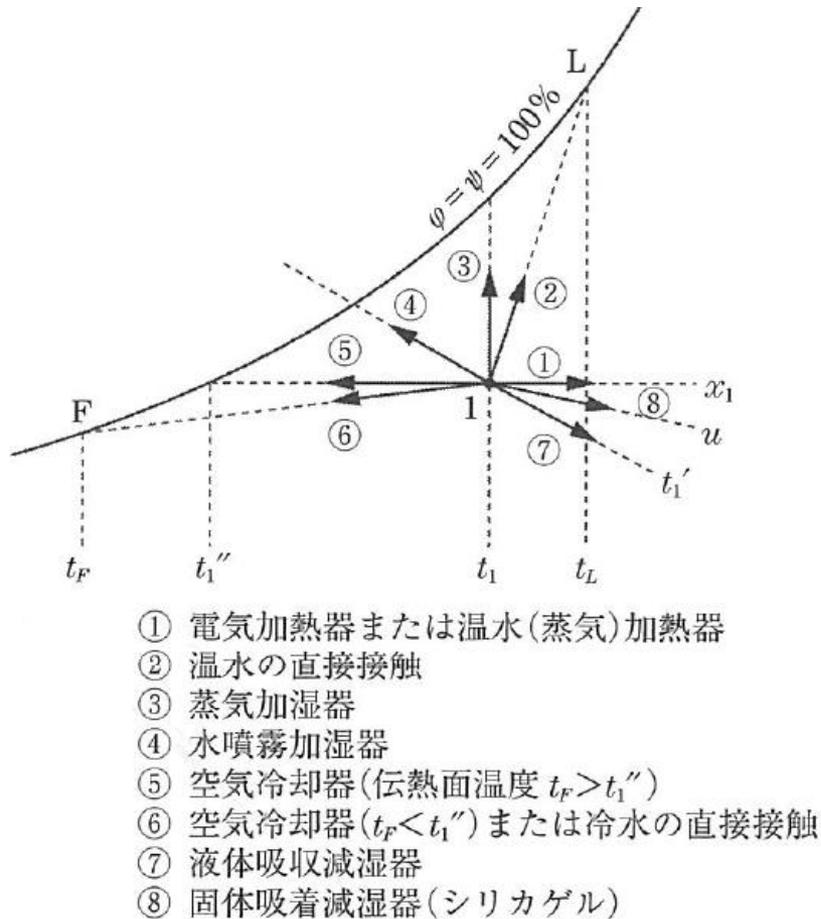


図 2.3-9 湿り空気線図上での状態変化 (h-x線図)

### (a)加熱

- ・絶対湿度：一定、相対湿度：低下

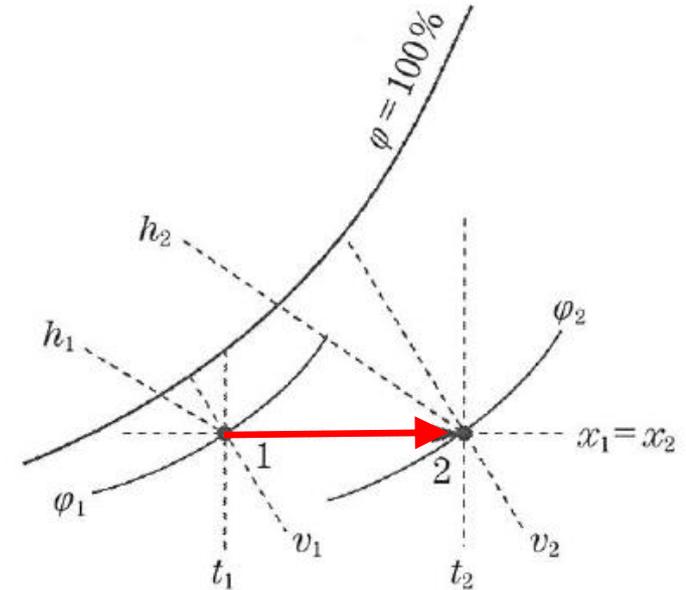


図 2.3-10 電気加熱器などによる加熱



## 2.3.5 空調装置負荷と装置容量

## (1) 空調機の装置負荷 (中央熱源方式の空調機の場合)

$$V_1 = \frac{3600q_{cs}}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta t_{cs}}$$

$$V_2 = \frac{3600q_{HS}}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta t_{HS}}$$

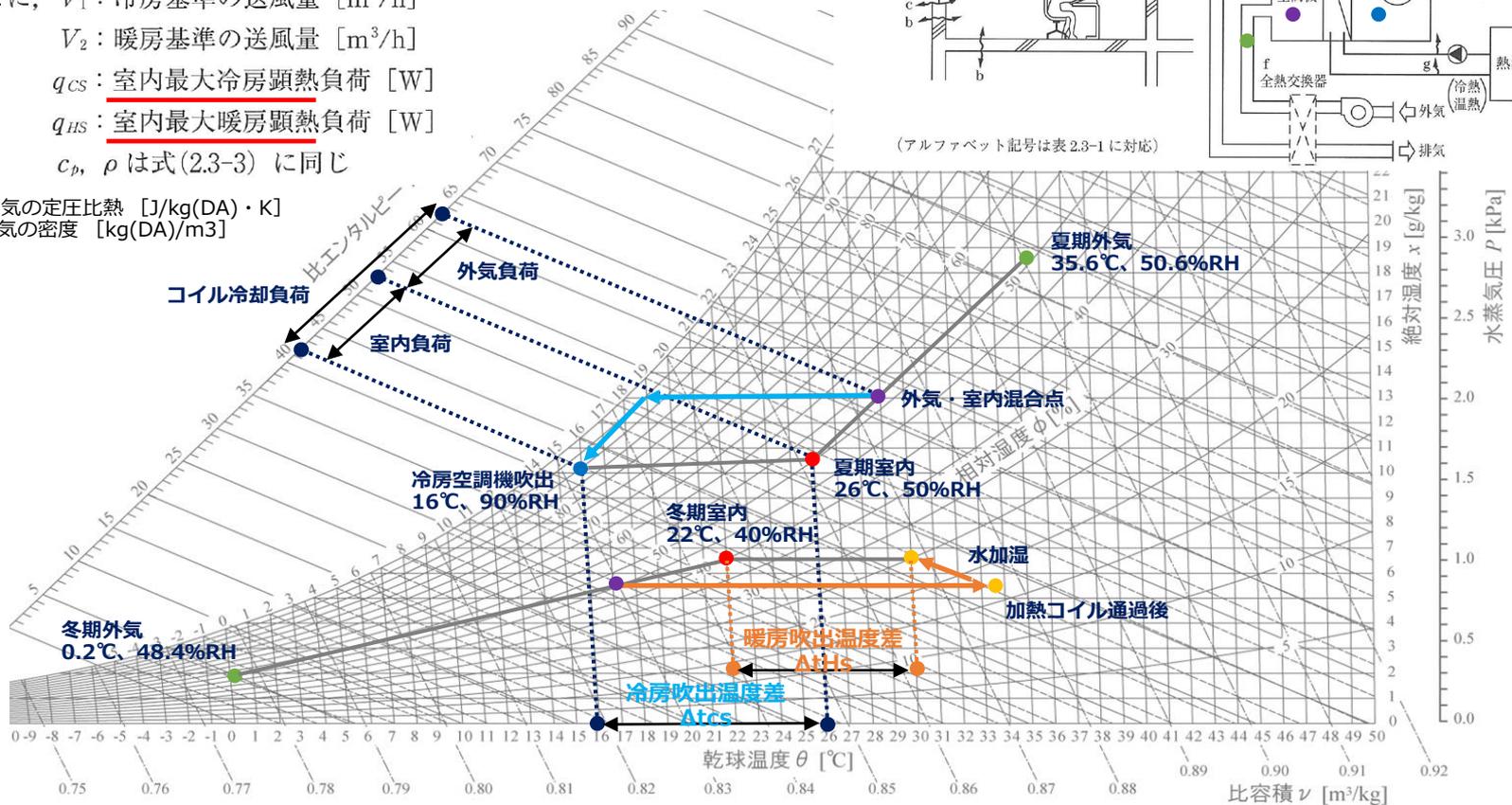
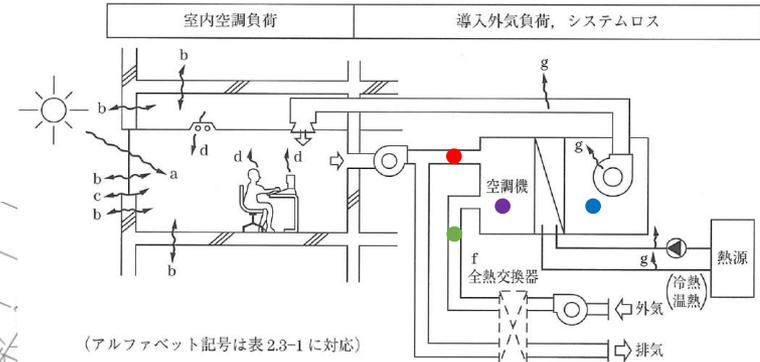
(2.3-14)  $\Delta t_{cs}$  : 室内設定温度 - 吹出温度(2.3-15)  $\Delta t_{HS}$  : 吹出温度 - 室内設定温度ここに、 $V_1$  : 冷房基準の送風量 [m<sup>3</sup>/h] $V_2$  : 暖房基準の送風量 [m<sup>3</sup>/h] $q_{cs}$  : 室内最大冷房顕熱負荷 [W] $q_{HS}$  : 室内最大暖房顕熱負荷 [W] $c_p$ ,  $\rho$  は式(2.3-3) に同じ $c_p$  : 空気の定圧比熱 [J/kg(DA) · K] $\rho$  : 空気の密度 [kg(DA)/m<sup>3</sup>]

図 冷房時、暖房時の湿り空気線図上での動き (空調機の場合)

## 2.3.5 空調装置負荷と装置容量

### (2) 熱源の装置容量

- ・ 冷凍機容量

空調機冷却コイル負荷合計 + 配管等の熱ロス + ポンプなどからの熱取得

- ・ ボイラ容量

空調機加熱・加湿負荷合計 + 配管等の熱ロス + 運転開始時の蓄熱負荷

- ・ 蓄熱槽容量

1日サイクルの蓄熱と放熱がバランスするように熱源容量と蓄熱槽容量を決定

- ・ ポンプ容量

冷房・暖房最大負荷から決定

## 2.8.1 換気の目的と概要

- ・自然または機械的手段により、室内の空気と外気を入れ替えることで室内の空気質の保全を図る。
- ・省エネを考慮して、最小限の外気取入量で目的が達成されるシステムを構築

表 換気の目的と対象室

換気の目的		対象室
室内空気の浄化	室内で生じる粉塵・有害ガス・臭気などの汚染空気を室外に排出し、室外から正常な空気を供給する。	居室、便所、厨房、病室など
熱の排除	厨房などのレンジ、工場の電動機類などから発生する熱を室外へ排除する。	厨房、機械室、屋根裏など
酸素の供給	室内の居住者や燃焼機器の燃焼のために必要とする酸素を室外から供給する。	湯沸室、厨房、ボイラ室など
水蒸気の排除	室内で発生する水蒸気あるいは多湿の空気を室外に排出して結露を防止する。	浴室、厨房、床下、屋根裏など

## 2.8.2 換気関連法規と必要換気量

### ・法規以外に各自治体の条例などにも配慮が必要（より厳しい値）

※この表に記載されている法規が全てではない。また、法規改正が行われている場合もある。

表2.8-1 法規による換気量の基準

室名	換気量	条件	法規
居室	$20 \times \frac{\text{床面積} [\text{m}^2]}{\text{1人当りの占有面積} [\text{m}^2/\text{人}]}$ [m <sup>3</sup> /h] 以上	・機械換気（第一～第三種） ・換気のための窓を有しない場合、1人当りの占有面積 10 m <sup>2</sup> 以内	建築基準法 施行令第 20 条の 2
興行場（劇場、映画館等）および集会場の客席	$20 \times \frac{\text{床面積} [\text{m}^2]}{\text{1人当りの占有面積} [\text{m}^2/\text{人}]}$ [m <sup>3</sup> /h] 以上  75 m <sup>3</sup> /(h・m <sup>2</sup> ) ただし、空調のあるときは、全風量 75 m <sup>3</sup> /(h・m <sup>2</sup> ) 外気量 25 m <sup>3</sup> /(h・m <sup>2</sup> )	・機械換気（第一～第三種） ・1人当たりの占有面積 3 m <sup>2</sup> 以内  ・床面積の合計：400 m <sup>2</sup> 以上 第一種換気 150～400 m <sup>2</sup> 第二種換気 150 m <sup>2</sup> 以下 第三種換気 ただし地下にあるときは 第一種換気	建築基準法 施行令第 20 条の 3
地下建築物	30 m <sup>3</sup> /(h・m <sup>2</sup> ) ただし、空調のあるときは、全風量 30 [m <sup>3</sup> /(h・m <sup>2</sup> )] 外気量 10 [m <sup>3</sup> /(h・m <sup>2</sup> )]	・床面積：1 000 m <sup>2</sup> 以上 第一種換気 1 000 m <sup>2</sup> 未満 第二種換気 ただし、一般建築物における地階の場合は、地下建築物とはならないので対象外とする。	東京都建築安全条例 第 56 条、第 57 条および 第 59 条
屋内作業場（事務所等）	30 [m <sup>3</sup> /(h・m <sup>2</sup> )]	・1人当りの気積が 10 m <sup>3</sup> 以内、または、窓面積が床面積の 1/20 以内のとき。	東京都建築安全条例 第 73 条の 23～24
屋内駐車場	換気回数 10 回/h 以上	・窓または閉口部の面積が床面積の 1/20 以内のとき。	労働安全衛生規則 第 577 条、第 600～601 条 事務所衛生基準規則第 2～5 条
	床面積に対して 25 m <sup>3</sup> /(h・m <sup>2</sup> ) 以上	・床面積 500 m <sup>2</sup> 以上で、窓の面積が床面積の 1/10 以内のとき。	駐車場法施行令第 12 条
調理室等火気を使用する室	40 × 理論廃ガス量 × 燃料消費量	・機械換気設備（換気扇およびこれに類するもの）	東京都建築安全条例第 31 条の 2
	30 × 理論廃ガス量 × 燃料消費量 20 × 理論廃ガス量 × 燃料消費量 (理論廃ガス量は表 2.8-2 による)	・フードにより排気をする機械換気設備（ただし、フードが、告示に規定する排気フードである場合）	建設省告示 第 1326 号 昭 45 年
高圧ガス保安法対象機械室	法定冷凍能力 1 t 当り 0.4 m <sup>3</sup> /min 以上 詳細な規定については各自治体の規 準による。	自然換気…0.03 m <sup>3</sup> /t 以上の有効開口面積 ・東京都は機械換気を推奨している。	高圧ガス保安法 冷凍装置の施設 規準（高圧ガス保安協会 自主規準）

表2.8-2 理論廃ガス量

燃料の種類		理論廃ガス量
燃料の名称	発熱量	
都市ガス	—	0.93 m <sup>3</sup> /(kWh)
LP ガス（プロパン主体）	50.2 MJ/kg	0.93 m <sup>3</sup> /(kWh)
灯油	43.1 MJ/kg	12.1 m <sup>3</sup> /kg

建設省告示

## 2.8.3 換気方式

### (1) 機械換気方式

機械的手段を利用して行う換気方式

#### (a) 第一種換気

機械給気 + 機械排気 (等圧)

#### (b) 第二種換気

機械給気 + 自然排気 (正圧)

#### (c) 第三種換気

自然給気 + 機械排気 (負圧)

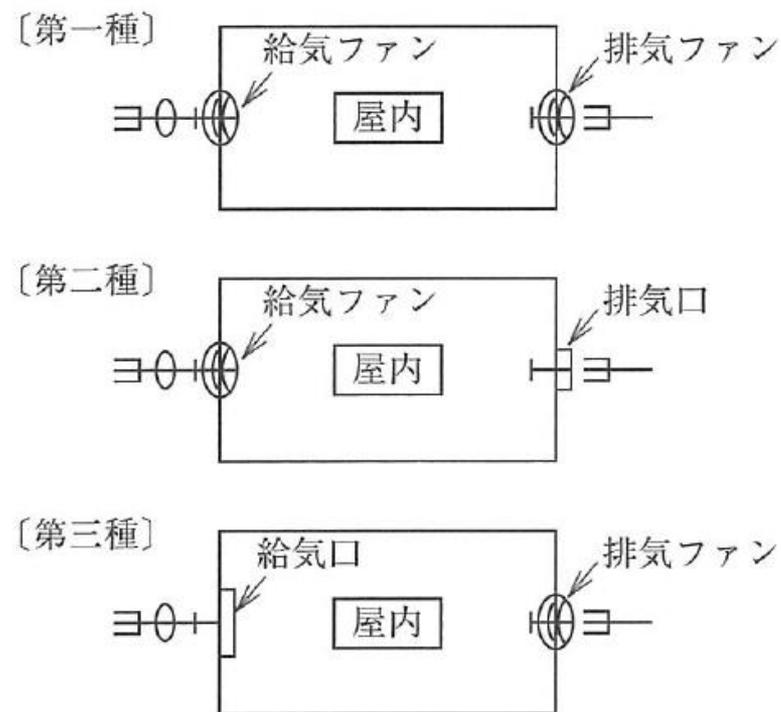


図2.8-1 機械換気の種類

## 2.8.3 換気方式

### (2) 自然換気方式

外部風や温度差に基づく空気の密度差を利用した換気

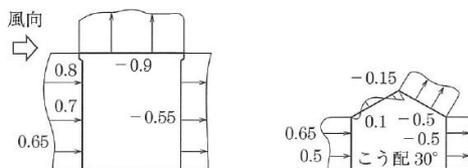
#### 【風による換気力】

$$P_w = \frac{C\rho_o v_o^2}{2} \quad (2.8-1)$$

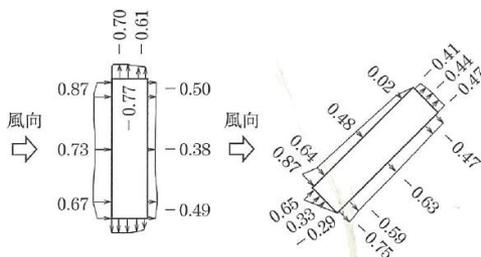
ここに、 $P_w$ ：風による換気力 [Pa]

$\rho_o$ ：外気の密度 [kg/m<sup>3</sup>]

$v_o$ ：風圧係数



(a) 断面分布 (Brit. St. Code, Baturin)



(b) 平面分布 (谷口)

図2.8-2 風圧係数の例

#### 【温度差による換気力】

$$P_i = h(\rho_o - \rho_i)g \quad (2.8-2)$$

ここに、 $P_i$ ：温度差による換気力 [Pa]

$h$ ：給気口と排気口の高さの差 [m]

$\rho_o$ ：室外空気の密度 [kg/m<sup>3</sup>]

$\rho_i$ ：室内空気の密度 [kg/m<sup>3</sup>]

$g$ ：重力加速度 [m/s<sup>2</sup>]

#### 【空気速度と開口両端の圧力差】

$$\Delta p = \xi \frac{\gamma}{2g} v^2 \quad (2.8-3)$$

ここに、 $\Delta p$ ：圧力損失 [Pa]

$\xi$ ：圧力損失係数

$\gamma$ ：空気の比重量 [kg/m<sup>3</sup>]

$v$ ：空気の開口通過速度 [m/s]

$g$ ：重量加速度 [m/s<sup>2</sup>]

## 2.8.4 居室の換気

居室換気の目的：在室人員の健康保全

$$Q = M / (K - K_o) / 10^{-6} \quad (2.8-4)$$

ここに、 $Q$ ：必要換気量 [ $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ ]

$M$ ： $\text{CO}_2$ 発生量 [ $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ ]

$K$ ：定常状態における室内  $\text{CO}_2$  許容濃度 [ppm]

$K_o$ ：設計外気  $\text{CO}_2$  濃度 [ppm]

表2.8-3 人体からの作業強度別 $\text{CO}_2$ 発生量

エネルギー代謝率 RMR	作業程度	$\text{CO}_2$ 吐出し量 [ $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ ]	計算採用 $\text{CO}_2$ 吐出し量 [ $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ ]
0	安静時	0.0132	0.013
0~1	極軽作業	0.0132~0.0242	0.022
1~2	軽作業	0.0242~0.0352	0.030
2~4	中等作業	0.0352~0.0572	0.046
4~7	重作業	0.0572~0.0902	0.074

[注] 基礎代謝時の酸素消費量を  $0.0122 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ 、安静時の酸素消費量を基礎代謝時の 20% 増とすると、作業時の酸素消費量は

$$0.0122(\text{RMR} + 1.2)$$

呼吸商を 0.95 とすると、二酸化炭素吐出し量は

$$0.011(\text{RMR} + 1.2)$$

表2.8-4 人員1人当りの必要換気量 [ $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ ]

作業強度	外気 $\text{CO}_2$ 濃度 [ppm]				
	300	350	400	500	600
安静	19	20	22	26	33
事務作業 (SHASE-S102)	29	31	33	40	50
極軽作業	31	34	37	44	55
軽作業	43	46	50	60	75
中等作業	66	71	77	92	115
重作業	106	114	123	148	185

## 2.8.5 外気二酸化炭素濃度の実態

東京都内中心部におけるCO<sub>2</sub>濃度はおおむね400ppm以上

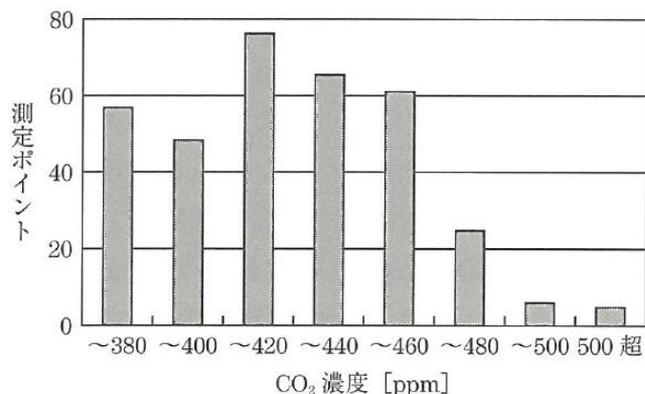


図2.8-3 東京都内CO<sub>2</sub>濃度実測例

表2.8-5 外気量に関する法規・基準など

法律, 条例, 基準, 指針名	基準値 [m <sup>3</sup> /(h・人)]	備考
建築基準法	20	←最低基準
東京都建築設備行政に関する設計・施工上の指針(2003年版)	20	
特定建築物における建築確認時審査のためのガイドライン	おおむね 25	(財)ビル管理教育センター(平成17年)0.5回/hのすきま風を考慮
東京都建築安全条例における興行場	空調時 25	非空調時 75 以上
空衛学会換気規格 SHASE-S 102 換気規準・同解説	30 以上	原則は仕様規定 事務所作業で外気濃度 350 ppm の場合

表2.8-6 室内CO<sub>2</sub>濃度に関する法規・基準など

	法律・条例他	基準値 [ppm]
一般環境	建築基準法, 建築物衛生法	1 000
	学校環境衛生基準	1 500
	興行場条例	1 500
	公衆浴場ならびに旅館業衛生管理	1 500
	屋内プール(都条例細則)	1 500
	カナダの住宅における室内環境基準	3 500
	ASHRAE Standard 62-2001	1 000
労働環境	SHASE-S 102 換気規準・同解説	1 000(総合的指標) 3 500(単独指標)
	労働安全衛生法 事務局衛生基準規則	1 000
	日本産業衛生学会許容濃度	5 000

〔注〕 二酸化炭素単独の指標としては 3 500 ppm という数字が示されている。ただし、単独指標を用いる場合には、その他に一酸化炭素、浮遊粉じん、二酸化窒素、二酸化硫黄、ホルムアルデヒドなどについての確認が必要になる。

## 2.8.6 居室以外の換気

居室以外の換気の目的：熱・水蒸気・有毒ガスの除去、燃焼必要外気量等

表 非居室の換気方式等（国交省\_建築設備設計基準より）

室名	換気対象要因					換気方式			換気回数 [回/h]		
	臭気	喫煙	熱	燃焼ガス・酸素供給	湿気	有毒ガス	自然換気	第一種換気		第二種換気	第三種換気
便所・洗面所	○									○	5~15 (使用頻度大 15)
ロッカー室・更衣室	○						△			○	5
書庫・倉庫・物品庫	○	○		○		○				△	5
暗室	○	○								○	10
コピー室、印刷室	○	○								○	10
映写室		○								○	10
配膳室	○	○		○		△				○	8
シャワー室				○		△				○	5
浴室	○			○		○				△	5
脱衣室				○		△	△	○			5
食品庫	○						○			△	5
厨芥置場	○						○				15
喫煙室		○					△			○	計算式

備考 ○：一般的に採用する方式  
△：採用してもよい方式

室名	換気対象要因					換気方式			換気回数 [回/h] 等	
	臭気	熱	燃焼ガス・酸素供給	湿気	有毒ガス	自然換気	第一種換気	第二種換気		第三種換気
ボイラー室、吸収冷温水機室		○	○				○	△		計算式
圧縮式冷凍機室					○		○		△	5、計算式
吸収式冷凍機室		○					○		△	5~10 <sup>*1</sup>
コージェネレーション設置室		○	○				○			計算式
空調・衛生機械室		○					○		△	5
受水タンク室				○			○		△	4
オイルタンク室					○		○		△	5
高圧ガスボンベ室					○	△	○		△	5
電気室		○					○		△	計算式
配線室 (EPS)		○					△		△	4
発電機室				○			○		△	4 <sup>*2</sup>
エレベーター機械室		○					○		△	計算式
駐車場 (無窓)					○		○		△ <sup>*3</sup>	10 回/h、25m <sup>3</sup> /(h・m <sup>2</sup> )
〃 (有窓)					○		△		○	10

備考 ○：一般的に採用する方式 △：採用してもよい方式

注 \*1 高圧蒸気及び高温水配管からの放熱分については、別途考慮する。

\*2 燃焼ガス等の換気分は、別途考慮する。

\*3 屋外に直接通じる給気口が有効に配置され、確実な換気が確保できる場合とする。

# 演習問題 1

下記条件時の必要換気量  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] は①～④のどれが正しいか。

- ・ 作業程度：極軽作業  $\text{CO}_2$ 吐出量： $0.022\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$
- ・  $\text{CO}_2$ 許容濃度： $1,000\text{ppm}$
- ・ 外気 $\text{CO}_2$ 濃度： $370\text{ppm}$

- ①  $32 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$
- ②  $35 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$
- ③  $38 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$
- ④  $41 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$

## 演習問題 2

下記条件時の冷房時の空調機風量  $V$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] は①～④のどれが正しいか。

- ・ガラス面からの日射熱負荷 6,000 W
- ・壁からの伝熱負荷 1,000 W
- ・照明発熱 3,000 W
- ・人体発熱 (顕熱) 3,000 W
- ・人体発熱 (潜熱) 2,500 W
- ・機器発熱 9,000 W
- ・外気負荷 (顕熱) 7,000 W
- ・外気負荷 (潜熱) 8,000 W

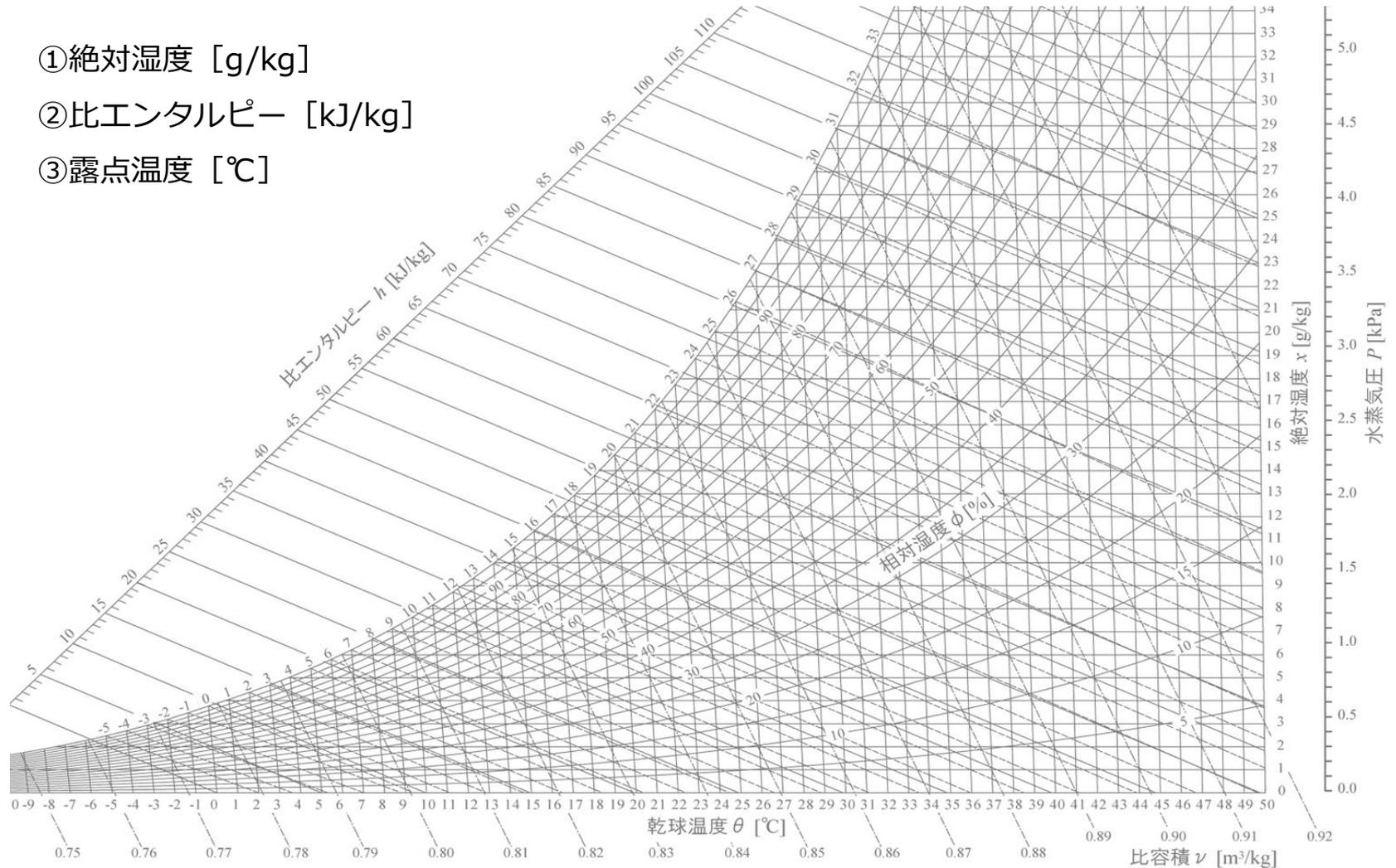
- ・室内条件 : 26°C、50%RH
- ・空調機吹出温度 : 15°C
- ・空気の定圧比熱 1,000 [ $\text{J}/\text{kg}(\text{DA}) \cdot \text{K}$ ]
- ・空気の密度 1.2 [ $\text{kg}(\text{DA})/\text{m}^3$ ]

- ① 6,000  $\text{m}^3/\text{h}$
- ② 6,700  $\text{m}^3/\text{h}$
- ③ 7,900  $\text{m}^3/\text{h}$
- ④ 10,800  $\text{m}^3/\text{h}$

## 演習問題 3

22℃・40%RHの温湿度条件時の下記数値を求める。

- ①絶対湿度 [g/kg]
- ②比エンタルピー [kJ/kg]
- ③露点温度 [℃]



# 省エネルギーとマネジメント

(参考テキスト：「空気調和・衛生設備の知識」)

- 2. 10 空気調和設備にかかわる省エネルギー技術(P.134)
- 2. 11 空気調和設備のマネジメント(P.146)

2025年10月8日(水)  
新菱冷熱工業株式会社  
田上 賢一

© SHINRYO CORPORATION. All rights reserved.

# 省エネルギーとマネジメント

テキスト：「空気調和・衛生設備の知識」

- 2. 10 空気調和設備にかかわる省エネルギー技術(P.134)
- 2. 11 空気調和設備のマネジメント(P.146)

第一講義	14:45~15:20	35分	(P. 1~36)
休憩	15:20~15:30	10分	
第二講義	15:30~16:05	35分	(P. 38~64)
休憩	16:05~16:15	10分	
演習問題	16:15~16:45	30分	(P. 66~71)

## 2.10 空気調和設備にかかわる 省エネルギー技術

2.10.1 負荷を抑制する技術

2.10.2 再生可能エネルギーを活用する技術

2.10.3 エネルギーを有効に利用する技術

(テキスト：P.134～145)

### 2.10 空気調和にかかわる省エネルギー技術(P.134)

事務所ビル全エネルギー消費量の**40～50%**  
→**空気調和に要するエネルギー**  
(熱源、水搬送、空気搬送)



2.10.1 **負荷を抑制**する技術

2.10.2 **再生可能エネルギー**を  
活用する技術

2.10.3 **エネルギーを有効に利用**  
する技術

**CO<sub>2</sub>排出量削減のためには省エネ技術が必要**

## 2.10.1 負荷を抑制する技術

### 2.10.1 〔1〕断熱の強化 (P.134)

現状ほとんどが内断熱

外断熱が効果的

表 2.10-1 外断熱と内断熱の特徴

	外断熱	内断熱
室温	○ コンクリートがバッファとなるため室温の変動が少ない。また、躯体からの放射熱で暖房時には室温が低くても暖かく、冷房時には室温が高くても低く感じる。	△ 冷暖房や日射の有無によって室温の変動が大きい。
断熱性能・熱橋	○ バルコニーなどの突出部で熱橋が生じるが、コンクリートの熱容量が大きいため温度の低下は少ない。	△ 床、間仕切り壁、バルコニーなどで冷熱橋が生じ、冬期に室温の低下が起こりやすい。
結露の発生	○ 暖房時に室内に面するコンクリートは低温部がなく、結露が発生しにくい。	△ 適切な防湿層を設けないと、室内の水蒸気が断熱材を通過してコンクリート表面に達し、結露を起こす可能性がある。特に、熱橋部で著しい。
空調の立上り	△ 長時間空調停止後（連休明けなど）では、躯体温度が低下（夏期は上昇）しており、立上りに時間がかかる。	○ 室内の空気のみを冷暖房するので立上りが早い。
設備能力	○ 小出力での継続運転が向いている。小さい能力の機器で高効率な定格域で運転することで省エネルギーにつながる。	△ 立上りの快適性確保のために出力を大きくする必要がある。このため、温度安定後は間欠運転や低負荷での運転となる。
日射による躯体への影響	○ 断熱層により日射熱から構造体を守ることができ、また、外壁表面温度の変動が少ないため躯体のき裂が起こりにくく耐久性が向上する。	△ 外壁表面の変動が大きく、伸縮により構造体にき裂が生じる可能性があり、耐久性の悪化を招く。
施工性・コスト	△ 室外に施すため、防水・防火性能に注意が必要。凹凸部が多いと施工に手間がかかる。	○ 室内に施すため、おおむね簡便。
改修工事への対応	○ 内断熱や無断熱の建物を外断熱改修できる。建物外側の工事なので、建物を使用しながらの施工が可能。	△ 建物内側の工事なので、建物を使用しながらの施工は困難。断熱を補強しても結露対策にはならない。

## 2.10.1 〔2〕日射の遮蔽 (P.135)

### (a) 窓ガラス

#### 1. 単層構造

- ①透明フロートガラス
- ②熱線吸収ガラス
- ③熱線反射ガラス

#### 2. 複層構造

- ①上記3つのガラスを組み合わせた複層ガラス
- ②高断熱複層ガラス (Low-e ガラス使用)
- ③遮熱高断熱複層ガラス (Low-e ガラス使用)
- ④調光ガラス
- ⑤自動調光ガラス

## 2.10.1 〔2〕日射の遮蔽 (P.135)

### (a) 窓ガラス

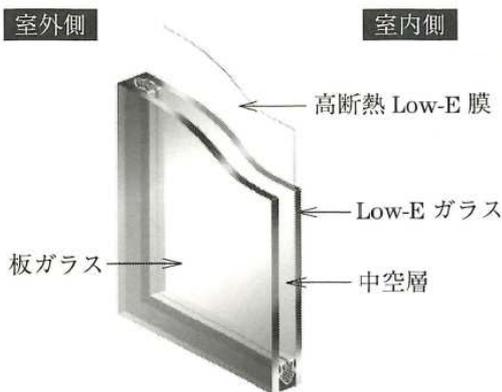
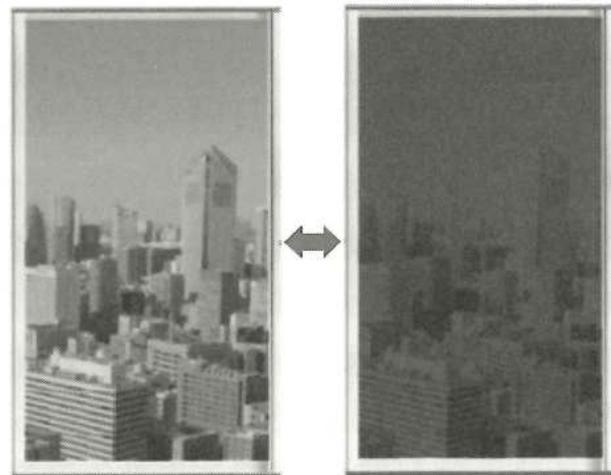


図 2.10-3 遮熱高断熱ガラスの構成例 (N 社)\*

**Low-eガラス:**  
ガラスに特殊金属膜を  
コーティング処理  
放射率が低い→0.1以下  
一般ガラスは0.85

ガラス表面温：25℃

ガラス表面温：70℃



可視光透過率：63.2%  
日射透過率：57.7%

可視光透過率：12.6%  
日射透過率：29.0%

図 2.10-4 高機能ガラス (自動調光ガラス) の例 (N 社)

**夏期: 太陽熱を入りにくく**  
**冬期: 太陽熱を入りやすく**

## 2.10.1 〔2〕日射の遮蔽 (P.135)

### (b) ルーバー・外ブラインド

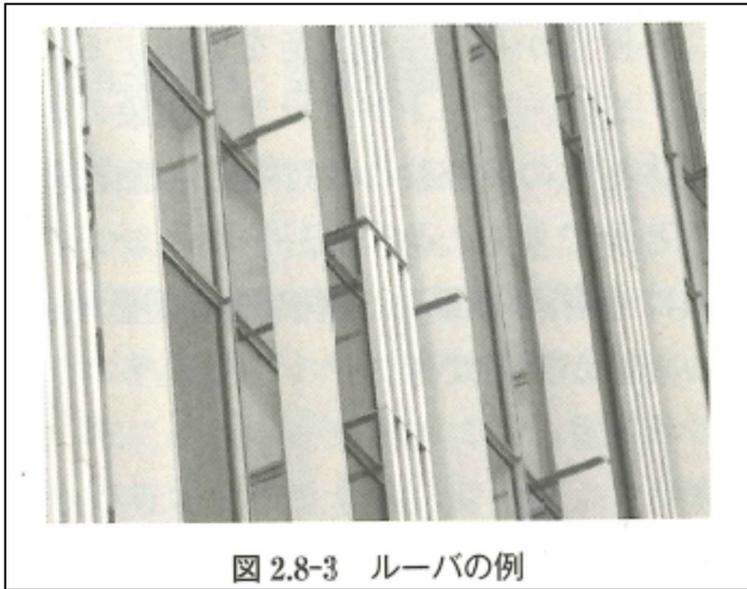


図 2.8-3 ルーバの例

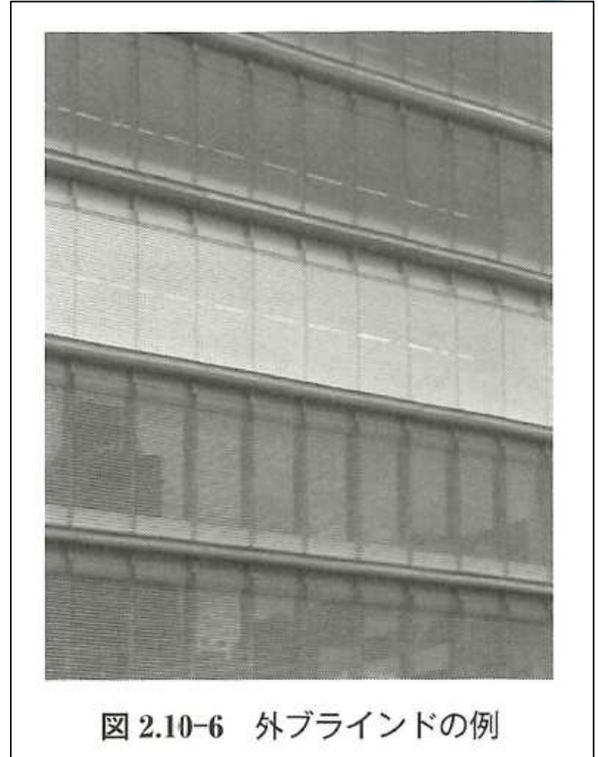


図 2.10-6 外ブラインドの例

大きな窓を有するガラスカーテンウォールの建物に多い。

台風による強風が多い日本では設置例が少ない。

## 2.10.1 〔2〕日射の遮蔽 (P.136)

### (c) エアフローウィンドウ・ダブルスキン

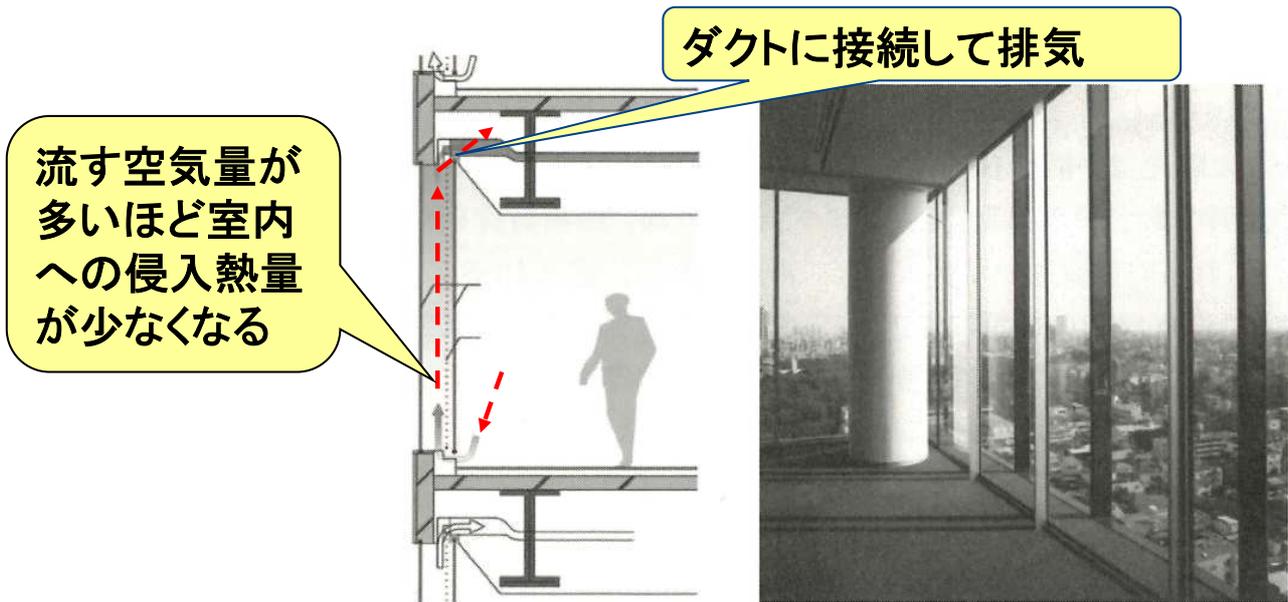


図 2.10-7 エアフローウィンドウの構成と例

#### エアフローウィンドウ導入のメリット

- ・外気と室内との熱緩衝帯となることで、**ペリメータ部の温熱環境を向上させる**
- ・**冷暖房負荷の低減に寄与、省エネルギーに貢献**→**ペリメータレス空調が可能**

## 2.10.1 〔2〕日射の遮蔽 (P.137)

### (d) 屋上・壁面緑化、屋上散水、外壁・屋根の日射遮へい

・太陽熱高反射塗料(遮熱塗料)  
太陽光線中の50%を占める赤外線  
を大幅に遮断。

・屋上緑化  
建物の屋上スラブに芝生等の植栽  
を敷き詰め、日射の遮蔽や植物自体  
の蒸散作用で回りを冷却する。

・屋根散水  
建物の屋上スラブに直接散水し、水の蒸発により気化熱の発生  
により熱を奪って冷やす。(打ち水効果)

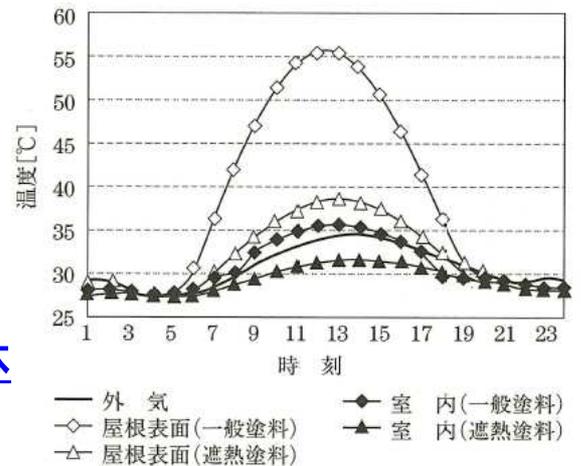


図 2.10-9 遮熱塗料の効果試算事例

→ヒートアイランド現象の緩和にも有効 (地球温暖化防止)

## 2.10.2

### 再生可能エネルギーを活用する技術

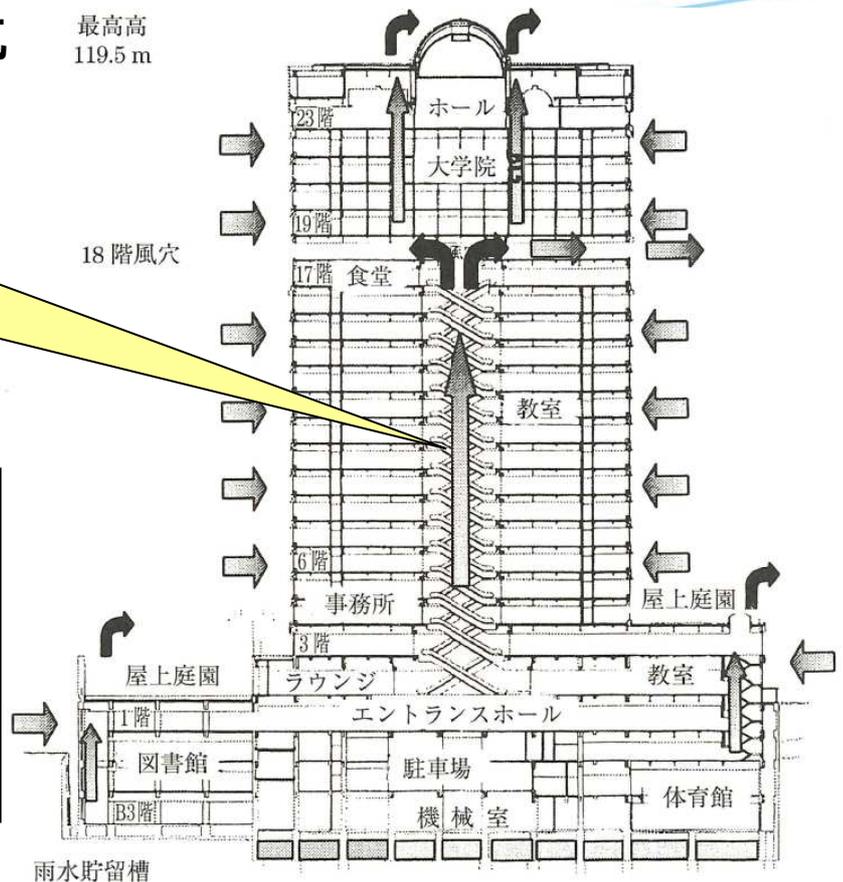
## 2.10.2 〔1〕 自然エネルギー利用 (P.137)

### (a) 自然通風・自然換気

最高高  
119.5 m

空気の温度差を利用した**ドラフト効果**で気流形成

**ナイトパーズ**  
夜間に外気導入により  
躯体を冷却  
→朝方の冷房立ち上り  
時の負荷低減  
**冷凍機負荷の軽減**



雨水貯留槽

13 © SHINRYO CORPORATION. All rights reserved.

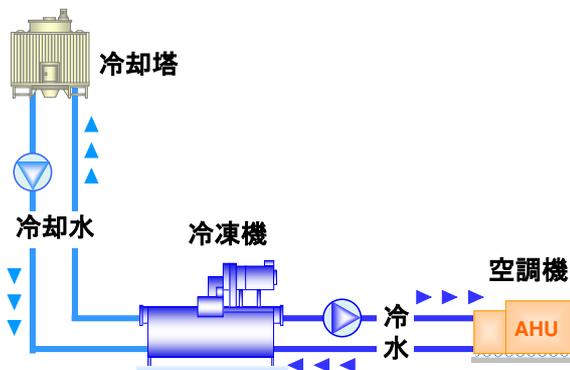
図 2.10-11 ボイドを利用した自然換気の場合\*

## 2.10.2 〔1〕 自然エネルギー利用 (P.138)

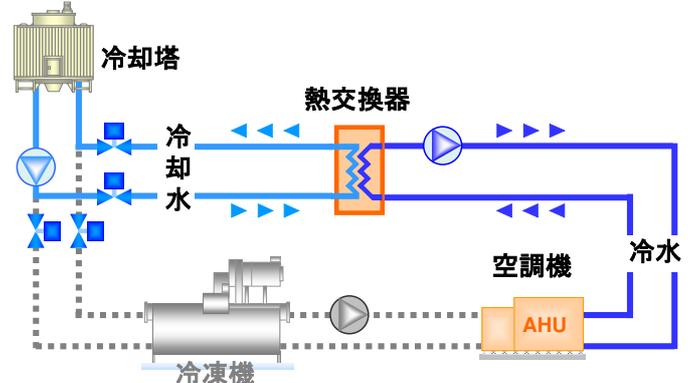
### (b) フリークーリングシステム

- 冬期を中心に外気温度が低い時期に冷凍機を運転せず、外気を利用し冷水を製造し、空調を行うシステムで、冬期冷房負荷のある場合に使用。

#### 従来システム



#### フリークーリング導入後



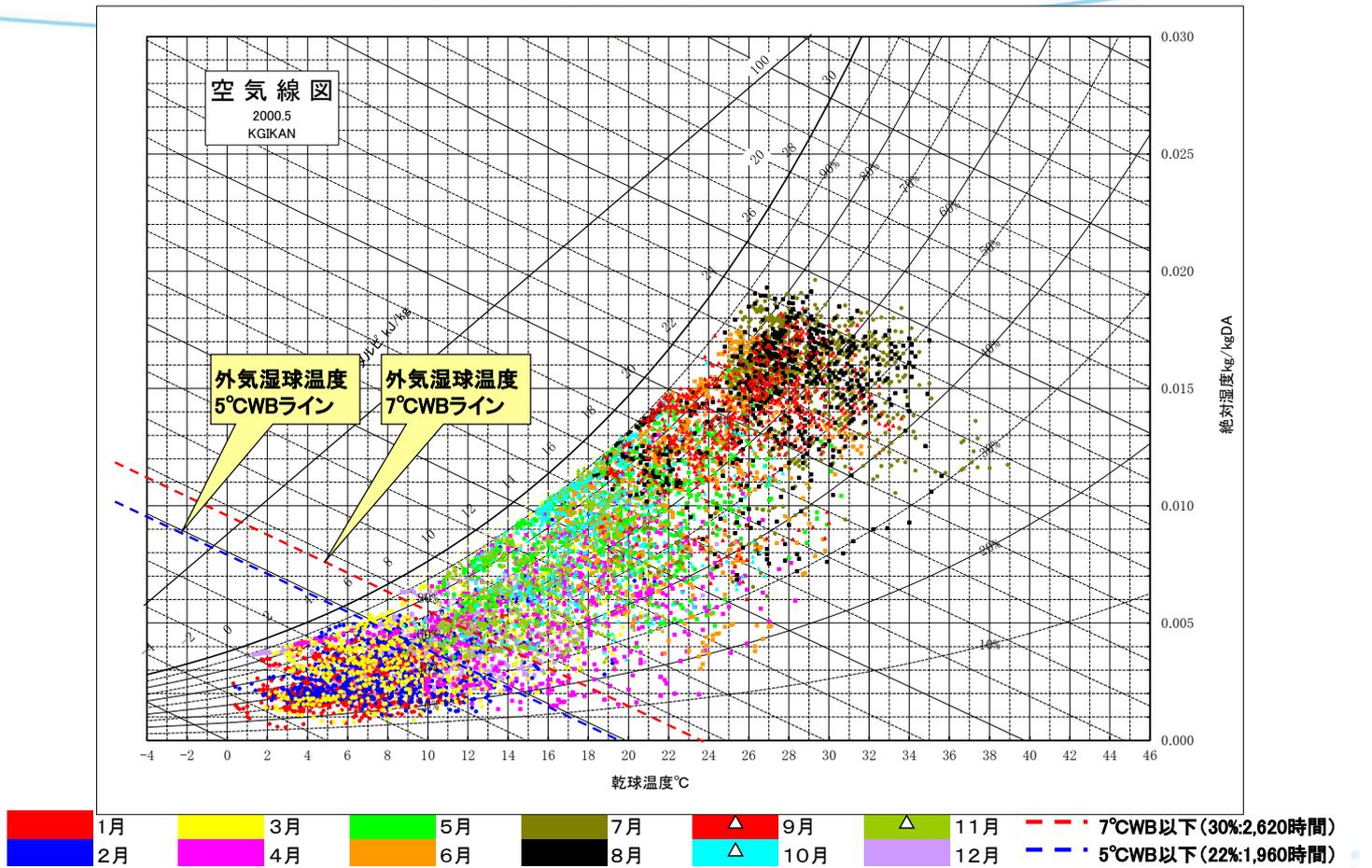
#### フリークーリング導入のメリット

- ・従来冷凍機で製造していた冬期の冷熱負荷にあたる熱量を、フリークーリングにより賄い、その分の消費電力量の削減が可能。

14 © SHINRYO CORPORATION. All rights reserved.

## 2.10.2 〔1〕 自然エネルギー利用 (P.138)

### (b) フリークーリングシステム



## 2.10.2 〔1〕 自然エネルギー利用 (P.139)

### (c) 太陽熱・太陽光発電

#### (1) 太陽熱

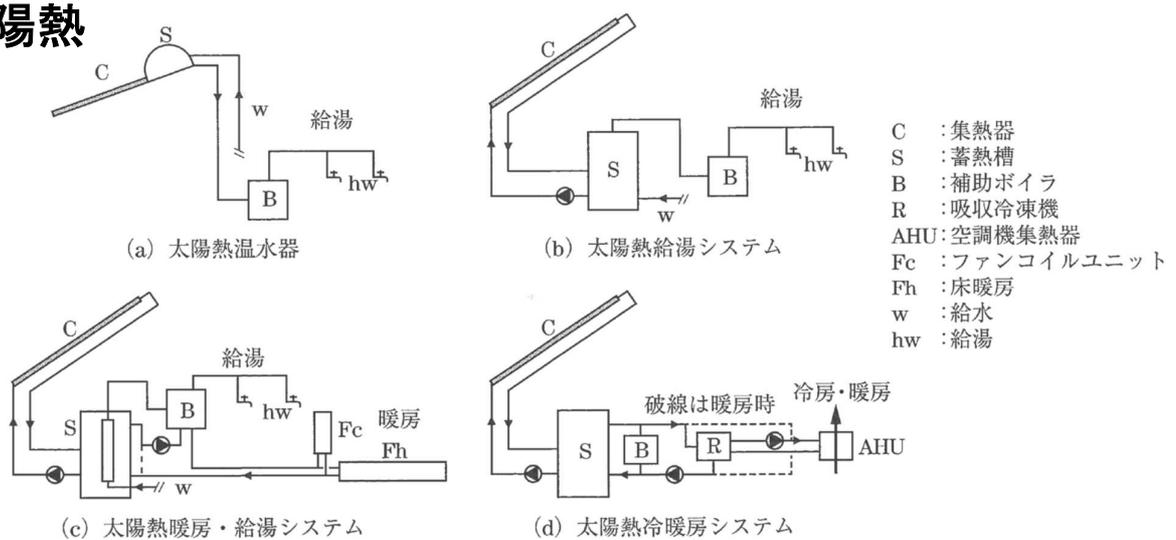


図 2.10-13 太陽熱利用システム (アクティブシステム)\*

#### (2) 太陽電池 (Photovoltaic, PV)

太陽光発電により電気を蓄電

変換効率は、8~20%弱→費用対効果が問題

※CO<sub>2</sub>を発生させない自然エネルギー発電設備として注目

## 2.10.2 〔1〕 自然エネルギー利用 (P.140)

### 太陽電池の種類

表 2.10-3 太陽電池の種類と特徴

種類	特徴							
	価格	効率	実発電量	高温対応性	経年劣化	薄膜化	日本での実績	
シリコン系	単結晶	△	15.5~20%	○	△	○	△	◎
	多結晶	○	15~16.5%	○	△	○	△	◎
	HIT	○	18~19%	○	○	○	△	○
	アモルファス	◎	10%以下	○	○	△	○	○
化合物系	CIS	◎	13~14%	◎	○	◎	○	○
	CdTe	◎	13~14%	◎	○	—	○	△

**系統連系型**・・・電力会社の商用電源と接続する  
**独立型**・・・・・・電力会社とは接続しない  
 系統連系には、余剰電力を電力会社へ売電する「**逆潮流**」がある。

#### セルモジュールとアレイ

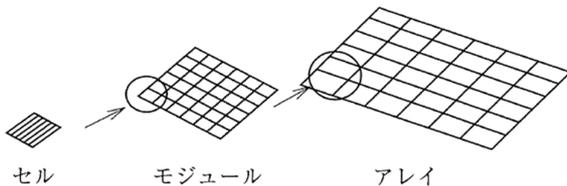


図 2.10-14 太陽電池の構成 (セル, モジュール, アレイ)

17 © SHINRYO CORPORATION. All rights reserved.

#### 系統連系のシステム構成

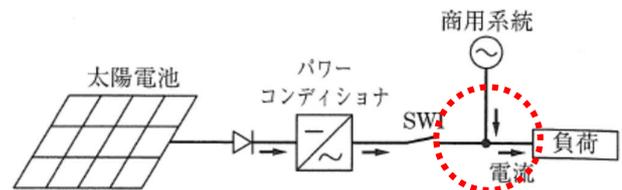


図 2.8-14 系統連系 (逆潮流なし) のシステム構成

SHINRYO

## 2.10.2 〔1〕 自然エネルギー利用 (P.140)

### 砂漠の大規模太陽光発電所



### 一般家庭の屋根上の太陽光パネル



### 建物一体型の太陽光発電システム



### 水上式太陽光発電システム



18 © SHINRYO CORPORATION. All rights reserved.

さわやかな世界をつくる  
SHINRYO

## 2.10.2 〔2〕 温度差エネルギー利用 (P.140)

### 温度差エネルギーの概要

- ①海水
- ②河川水
- ③下水
- ④地下水
- ⑤地中熱

#### 温度媒体

夏期……温度が低い

冬期……温度が高い

→熱を汲み上げる原理のヒートポンプに最適

夏期:冷却水(ヒートシンク:放熱)として

冬期:熱源水(ヒートソース:熱源)として利用可能

## 2.10.2 〔2〕 温度差エネルギー利用 (P.140)

### (a) 地中熱

#### (1)ヒートポンプ式地中熱利用システム

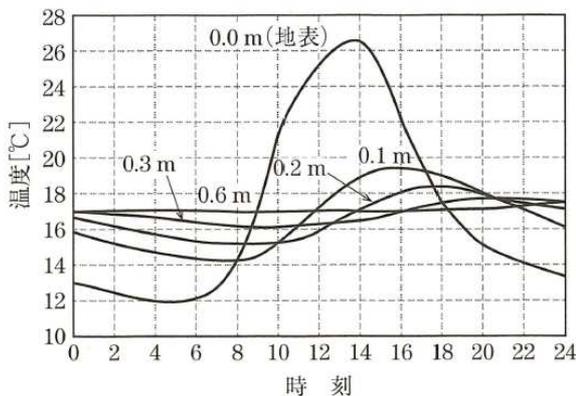


図 2.10-15 地中温度の日変動の例 (東京都)

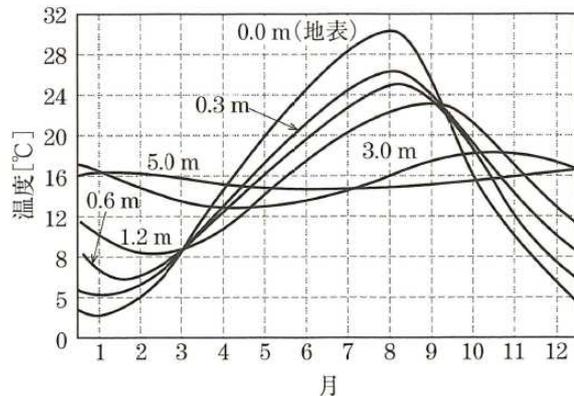


図 2.10-16 地中温度の月変動の例 (東京都)

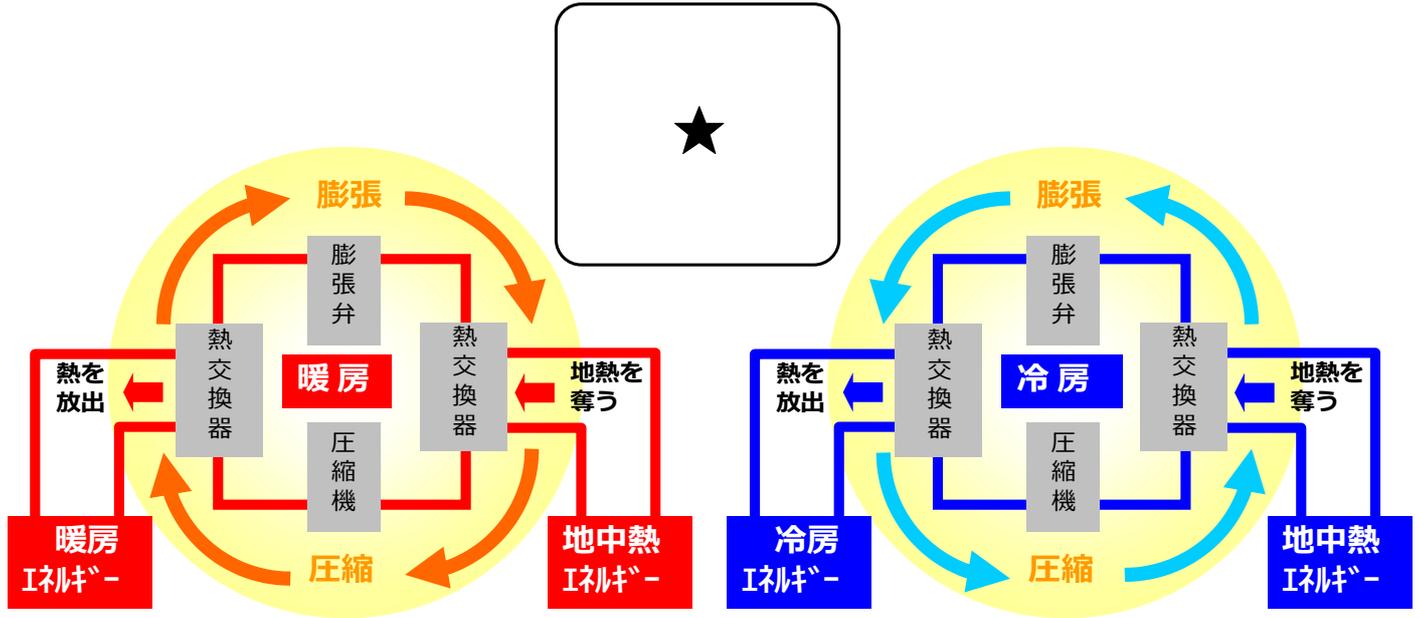
深さ50cmを超えると  
1日の地中温度はほぼ一定

深さ5mを超えると  
年間の地中温度はほぼ一定

地中熱利用量は、地中の温度や熱伝導率、地下水の状況により変化が大。継続利用により地中熱温度も変化し、温度差が小さくなる。

## 2.10.2 〔2〕 温度差エネルギー利用 (P.140)

### ヒートポンプ式地中熱利用システム



#### 地中熱ヒートポンプシステムのメリット

- ・冷房時は地中に熱を放出するため、冷房運転の省力化が可能。
- ・暖房時は地中の熱を汲み上げるため、暖房運転の省力化が可能。

## 2.10.2 〔2〕 温度差エネルギー利用 (P.141)

### (a) 地中熱

#### (1) ヒートポンプ式地中熱利用システム

表 2.10-4 地中熱利用システムの採熱方法の分類

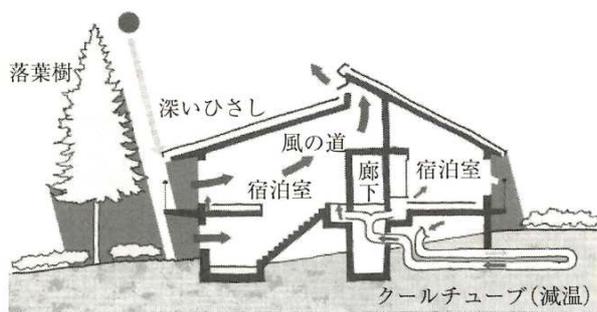
方式	ボアホール方式			杭方式		
	シングル Uチューブ	ダブル Uチューブ	二重管	杭+ Uチューブ	杭二重管	現場施工杭 (場所打ち杭)
名称	シングル Uチューブ	ダブル Uチューブ	二重管	杭+ Uチューブ	杭二重管	現場施工杭 (場所打ち杭)
水平断面						
垂直断面						

※ボアホール：地面などに垂直にボーリングマシンで空けた穴。

## 2.10.2 〔2〕 温度差エネルギー利用 (P.141)

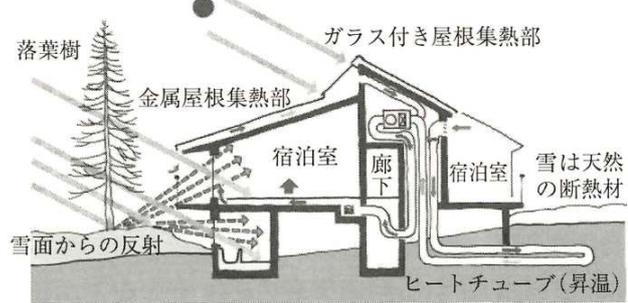
### (a) 地中熱

#### (2) ヒートチューブ・クールチューブ



夏期は、クールチューブによって冷やされた外気を取り入れる

(a) 夏期



冬期は、屋根面とクールチューブによって暖められた外気を取り入れる

(b) 冬期

図 2.10-17 クール/ヒートチューブの例

年間安定した地中温度を利用/地中のトレンチやパイプに外気を導入

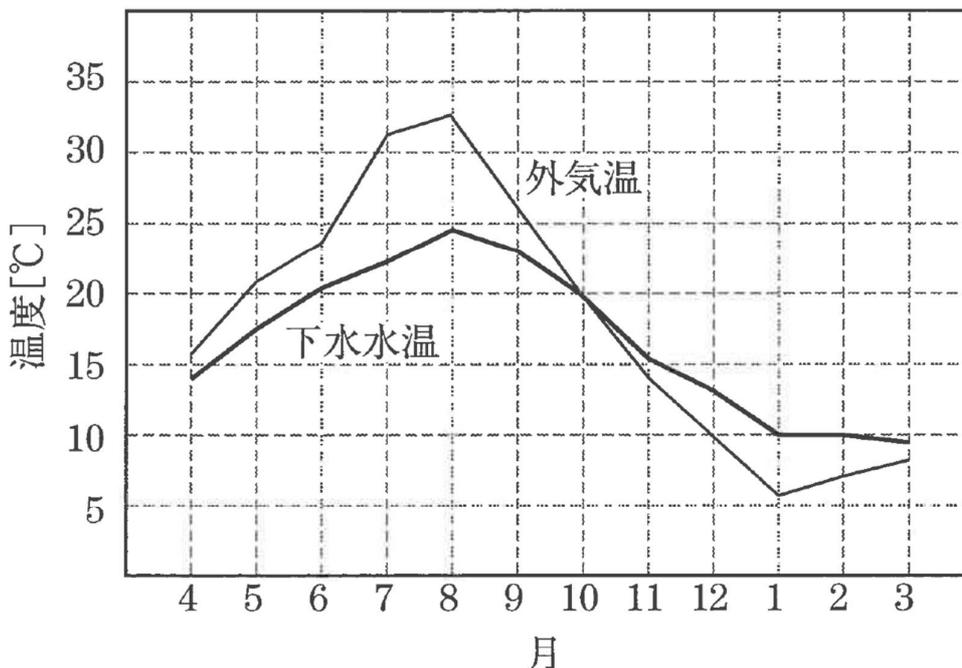
夏期:クールチューブによって冷やされた外気を導入

冬期:ヒートチューブによって暖められた外気を導入

## 2.10.2 〔2〕 温度差エネルギー利用 (P.142)

### (b) 下水熱

東京都内の下水水温の例



夏期:水温低い  
冬期:水温高い

図 2.10-18 外気温度と下水水温の関係 (東京都)\*

## 2.10.3

# エネルギーを有効に利用する技術

### 2.10.3 (1) 負荷平準化 (P.142)

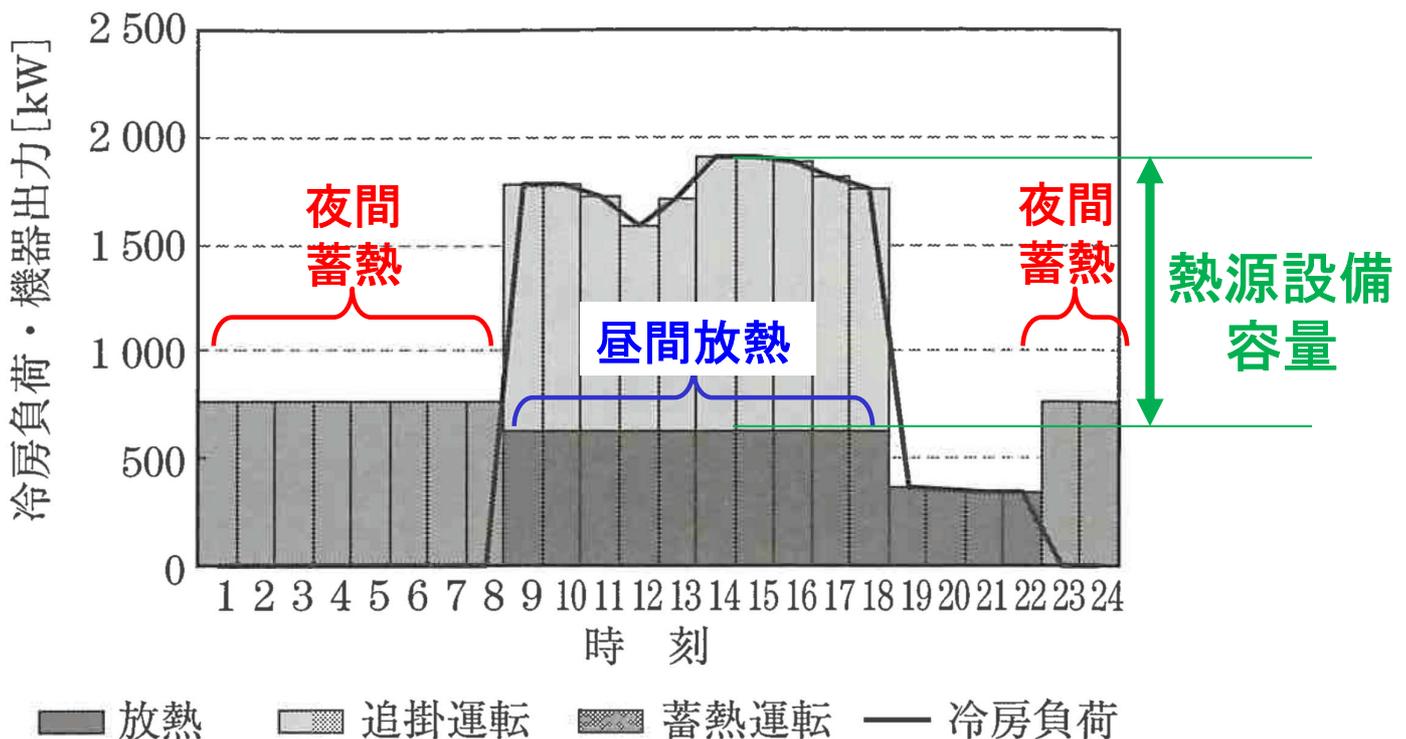


図 2.10-19 蓄熱システムによる負荷平準化のイメージ

## 2.10.3 〔2〕 搬送エネルギーの最小化 (P.142)

### ● 搬送設備

水側 : **VWV** (変流量: Variable Water Volume)

空気側: **VAV** (変風量: Variable Air Volume)

両者ともに、**インバータ制御**により、水量、風量を制御し搬送動力の低減を図る。

※インバータ制御 (**周波数を変化**させて**回転数を変化**)

#### <ポイント>

回転数の変化と、水量・風量、抵抗、動力の関係

**水量(風量)  $\propto$  回転数に比例**

**抵抗  $\propto$  回転数の二乗に比例**

**動力  $\propto$  回転数の三乗に比例**

## 2.10.3 〔2〕 搬送エネルギーの最小化 (P.143)

### ● 搬送設備

#### 大温度差送水・送風システム

→ 往還の温度差を大きくして、送水・送風量を少なくし、送風機ポンプの搬送動力を低減が目的

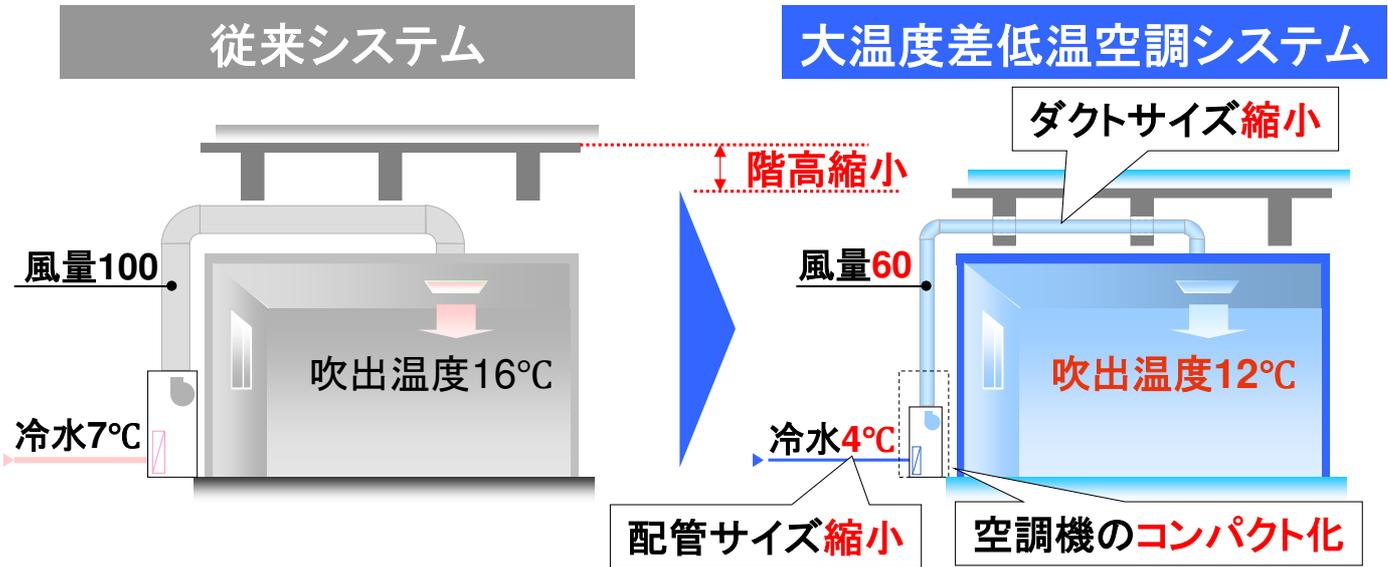
- ・大温度差送水のために空調機**コイルの列数が増加**する。
- ・コイル列数の増加に伴い、空調機内の**ダクト抵抗の増大**する。
- ・ダクト抵抗の増大に伴う**送風機の動力の増加**する。
- ・大温度差送風のために夏期送風温度の低下による**冷却除湿能力が増大**する。

省エネ効果を得るには、熱源一次側と二次側空調機器側との双方のバランスが肝要。

## 2.10.3 〔2〕 搬送エネルギーの最小化 (P.143)

### ● 搬送設備 **大温度差低温空調システム**

- 空気・水の温度差を大きくすることにより、搬送量を低減させ搬送動力低減で省エネルギーを実現する



- ・冷水往温度7°C→4°C ⇒ 水量の減少 ⇒ ポンプ動力の削減、配管サイズ縮小
- ・吹出温度16°C→12°C ⇒ 風量の減少 ⇒ ファン動力の削減、ダクトサイズ縮小

## 2.10.3 〔3〕 機器の高効率化 (P.143)

エネルギー	種別	放熱方式	熱源容量 kW(RT)	成績係数(COP) 出力/入力	特徴	
電気	圧縮式	ターボ冷凍機	水冷	320(90)~35,162(10,000)	4.0~6.0	フロン系冷媒を用い圧縮工程による冷凍サイクルにより冷水を製造。ヒートポンプでは冷凍サイクルを逆にすることで温水も製造可能。
		チリングユニット(チラー)	水冷	5(1)~700(200)	3.0~4.0	
		チリングユニット(チラー)	空冷	10(2)~350(100)	3.0~4.0	
		空気熱源ヒートポンプチラー	空冷	10(2)~420(120)	3.0~4.0	
都市ガス/灯油/重油	吸収式	冷温水発生機	水冷	70(20)~5,280(1,500)	1.0~1.3	ガス・油等の燃料の燃焼による吸収サイクルにより冷水を製造。冷媒は水、吸収剤には臭化リチウムを使用。
蒸気		二重効用吸収式冷凍機	水冷	350(100)~10,000(2,800)	1.0~1.3	

インバータ化による部分負荷時効率向上



小容量機をモジュール化し台数制御

## 2.10.3 〔3〕 機器の高効率化 (P.143)

### インバーターボ冷凍機

季節による冷却水温度変化を活用しターボ冷凍機の**回転数を制御**により**高効率運転が可能**。

インバータ制御



変流量運転⇒省エネ

負荷に応じ水量を変化させるインバータで電動機を変流量制御。

省エネルギーを実現



## 2.10.3 〔3〕 機器の高効率化 (P.143)

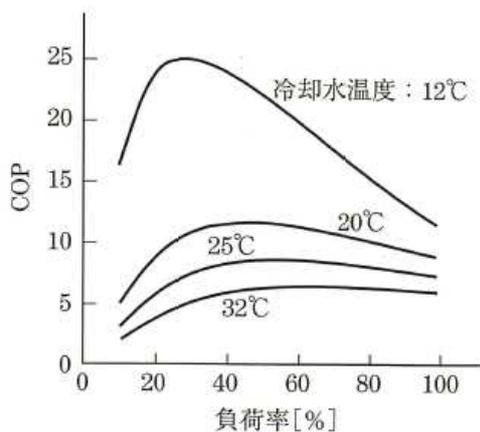


図 2.10-21 遠心冷凍機の成績係数の例 (M 社)

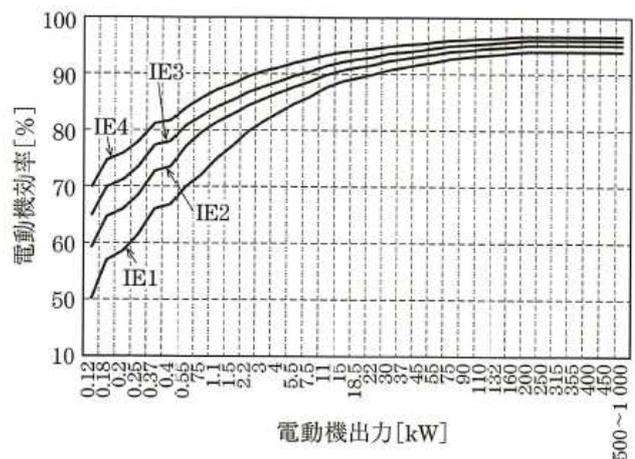


図 2.10-22 国際規格 (IEC 60034-30) に基づく電動機効率の例 (4 極, 50 Hz)

### インバーターボ冷凍機採用のメリット

ピーク運転は年間数日のみ

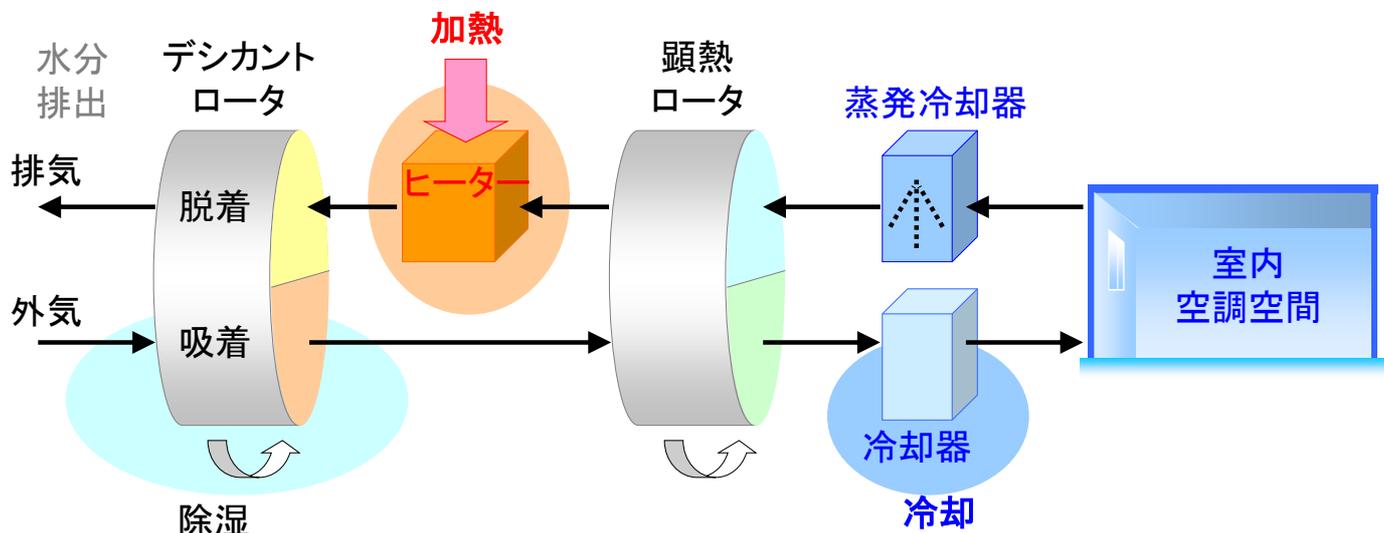
- ・定速機に比べ部分負荷運転時のCOP (成績係数) が高い。
- ・インバータ制御による電力消費量の削減効果大 (環境負荷低減)

## 2.10.3 [4] 潜熱顕熱の分離 (P.143)

### デシカント空調機

＜吸湿材を用いて直接的な除湿を行う空調システム＞

- ・デシカントロータ(吸湿材)が外気の水分を吸着(除湿)
- ・吸着された水分はヒーターで加熱された排気により脱着

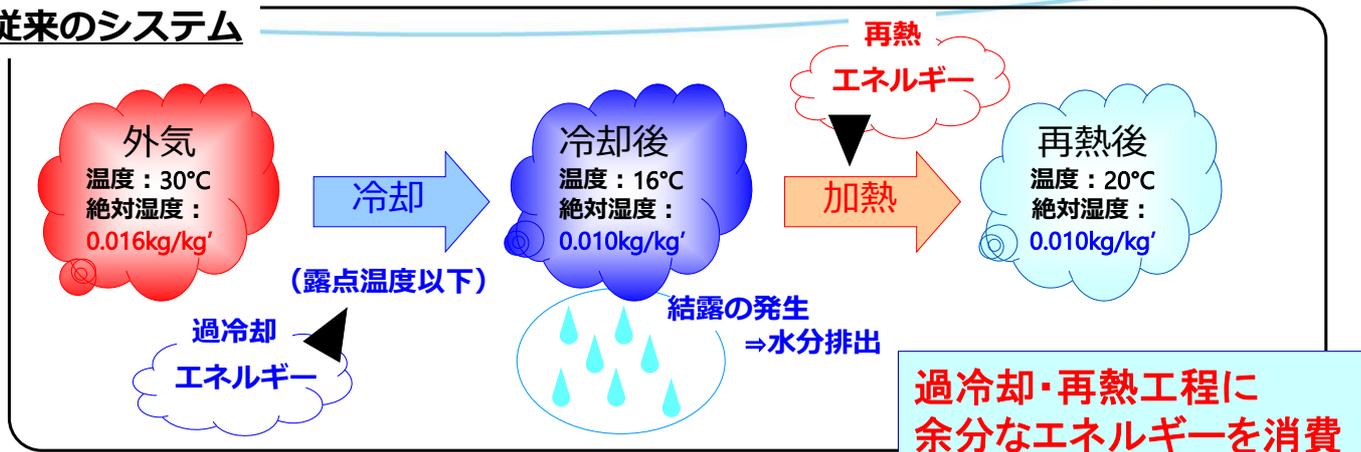


デシカント空調システムの構成

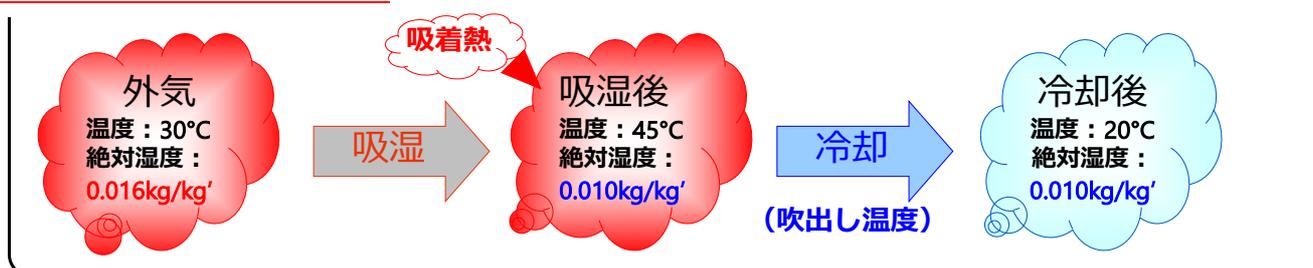
## 2.10.3 [4] 潜熱顕熱の分離 (P.143)

### 従来の空調機とデシカント空調機の違い

#### 従来のシステム



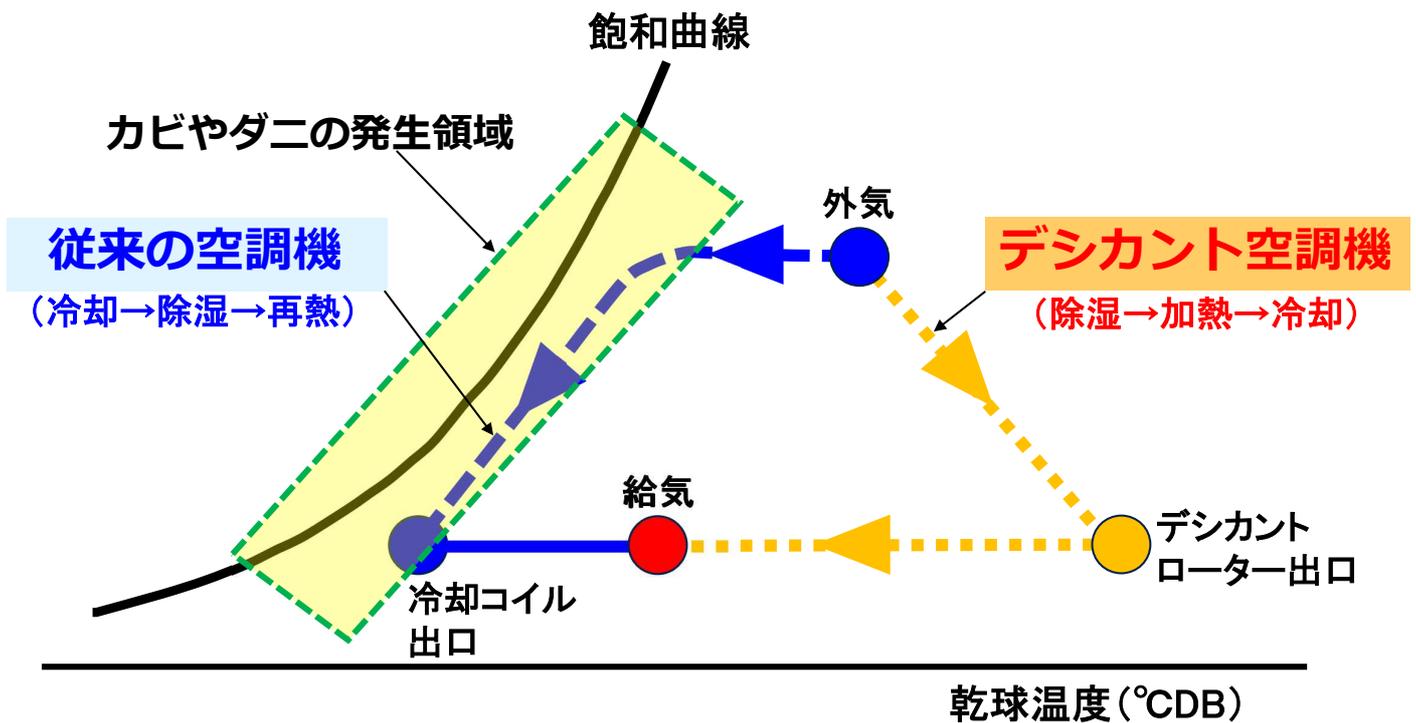
#### デシカント空調システム



- ・過冷却・再熱運転が不要で、省エネ効果が高い
- ・他空調機との組合せが容易で、併用する空調設備と運転コストの削減が可能
- ・再生用熱源には排熱を利用することが可能

## 2.10.3 [4] 潜熱顕熱の分離 (P.143)

### 従来空調機とデシカント空調機の違い (夏期冷房時)



## 2.10.3 [5] 創エネルギー (P.144)

### 「創エネルギー」の用語

#### 省エネルギー

エネルギー消費を削減

#### 創エネルギー

エネルギーを創り出す

#### 蓄エネルギー

エネルギーをためる



**カーボンニュートラル  
達成には必須！！**

	省エネルギー	創エネルギー	蓄エネルギー
自然エネルギー	太陽熱利用 地中熱利用 雪氷熱利用 自然換気・自然通風 外気冷房・フリークーリング	太陽光発電 風力発電 小型水力発電	蓄電池 蓄熱 (水・氷・潜熱蓄熱材)
機器の高効率化	高効率熱源 高効率モータ・ファン VAV・VWV ...	バイオマス発電 燃料電池 コージェネレーション	
建築計画	建物方位 高断熱・高遮熱 ...		

図 2.10-24 建物の空調設備に関する省エネ・創エネ・蓄エネの分類

休憩タイム：10分 15:20～15:30

## 2.10.3 〔6〕燃料電池・電力貯蔵システム

### ー コージェネレーションシステムの概要

コージェネレーションシステム (Cogeneration System: **CGS**)  
とは、**電力と熱を同時に供給するシステム**を言う。

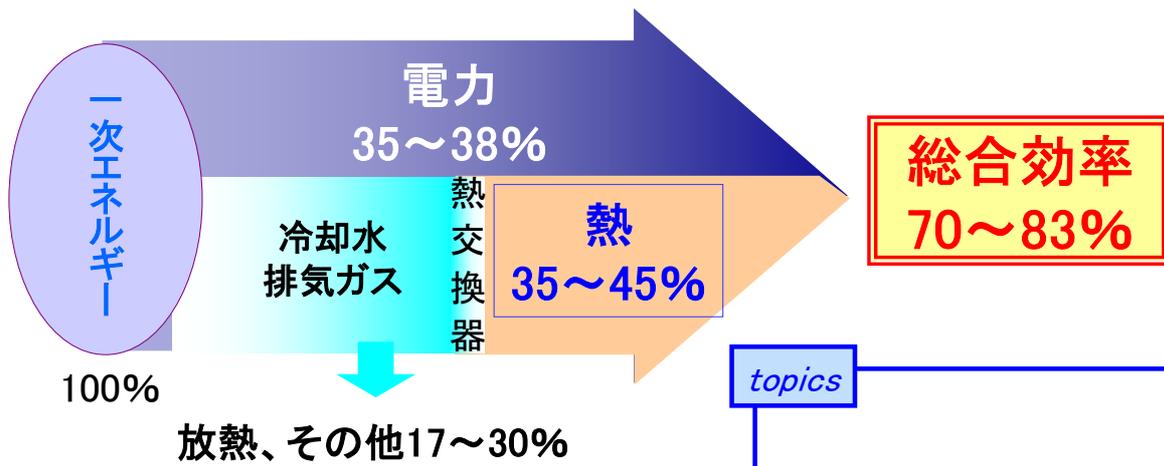
CO (二つの) + Generation (創る) …… **コージェネ**  
Mono (一つの) + Generation (創る) …… **モノジェネ**  
モノジェネは、発電のみで熱は排熱してしまう。

### <コージェネのポイント>

- ・発電電力と同時に熱の有効利用が可能で**全体のエネルギー効率が高くなる。**
- ・昼間運転により**電力需要の平準化及びピーク電力の緩和**を図る事が可能。

## 2.10.3 〔6〕燃料電池・電力貯蔵システム

### ー コージェネレーションシステムの概要



- CGS採用により**エネルギーコストの削減が可能**
- 燃料にガスや油を使用するため、**環境負荷低減には厳しい**

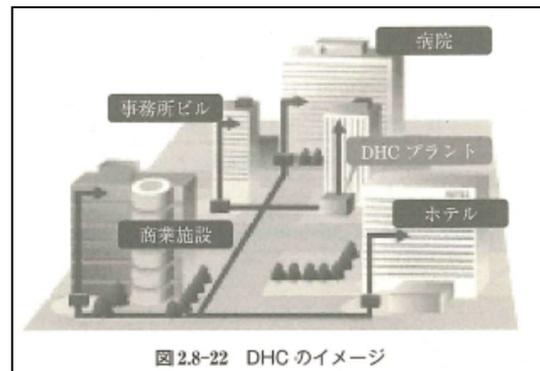
topics



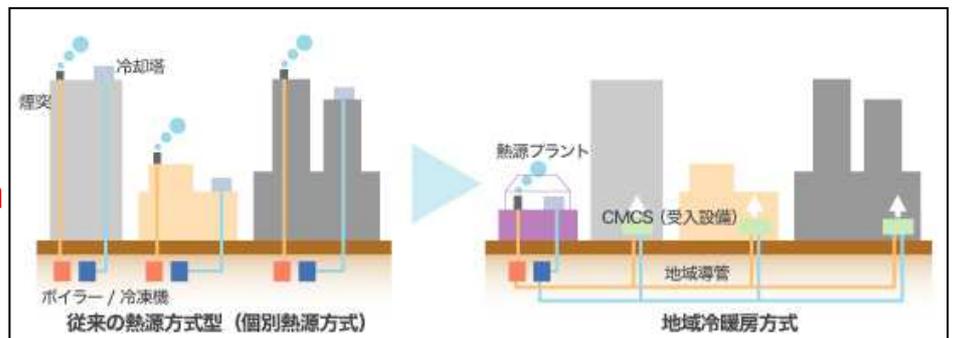
## 2.10.3 〔6〕燃料電池・電力貯蔵システム

### 地域冷暖房 (DHC: District Heating & Cooling)

- ・ 1ヶ所または数ヶ所のエネルギープラントから複数の建物に配管を通して冷水、温水(蒸気)を供給し、冷房、暖房給湯を行うシステム。

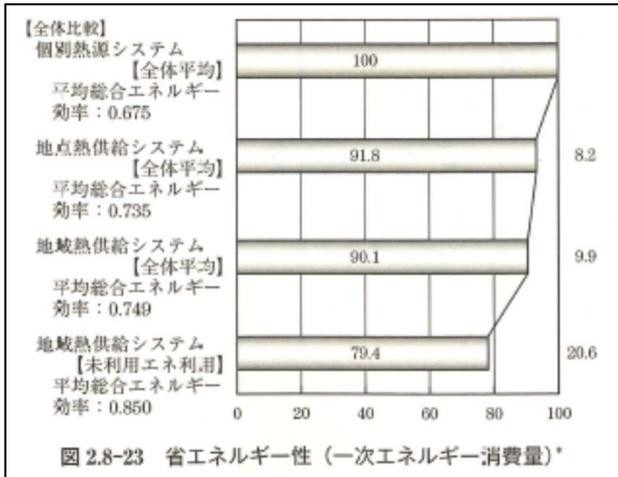


- ・ **熱供給事業法**の適用を受ける。
- ・ 熱源容量で**21GJ/h (5Gcal/h) 以上**を有する施設。



## 2.10.3 [6] 燃料電池・電力貯蔵システム

### 地域冷暖房のメリット



名称	平均総合エネルギー効率	エネルギー消費量
個別熱源システム	0.675	100
地点熱供給システム	0.735	91.8
地域熱供給システム	0.749	90.1
地域熱供給システム（未利用エネルギー利用）	0.850	79.4

### 未利用エネルギー

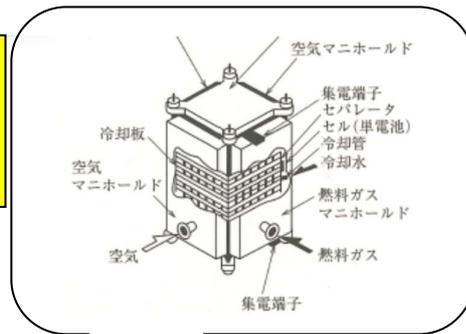
- ① 河川水、海水、下水のもつ温度差エネルギー
- ② ごみ焼却場、地下鉄の排熱の有効利用

(P.95 表2.5-14 未利用エネルギーを採用するDHC施設) → 参照

## 2.10.3 [6] 燃料電池・電力貯蔵システム

### (a) 燃料電池

水の電気分解で電力を発生  
 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$



	りん酸型	溶融炭酸塩型	固定酸化物型	固体高分子型
略号	PAFC	MCFC	SOFC	PEFC
電解質	りん酸	溶融炭酸塩	安定化ジルコニア	高分子交換膜
作動温度	約 200℃	約 650℃	約 1000℃	約 80℃
発電効率	40~45%	40~60%	45~65%	35~60%
排熱利用	温水、蒸気	蒸気	蒸気	温水
総合効率	70~80%			
燃料	都市ガス、メタノール			
	ナフサ			
	LPG	-	-	LPG
	石炭ガス			
	水素			
容量範囲	~1000 kW	200~3000 kW	1~300 kW	~300 kW

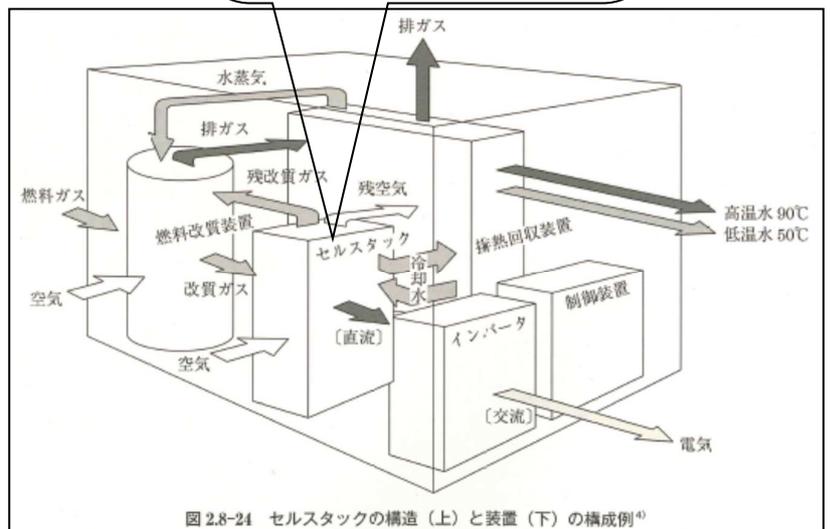


図 2.8-24 セルススタックの構造（上）と装置（下）の構成例<sup>4)</sup>

## 2.10.3 〔6〕燃料電池・電力貯蔵システム

### (a) 燃料電池 水素燃料自動車と燃料電池自動車 (FCV)

#### 1. ガソリンの代わりに水素を燃料にして走る自動車

従来のガソリンエンジンやディーゼルエンジンなどの内燃機関を改良し、水素を燃焼させる水素エンジンを備えた自動車。

→市販車無し。試作車あり。(トヨタのカラーラスポーツ。)

★水素ボンベが過大。後部座席が水素ボンベで埋まる課題あり。

#### 2. 燃料電池を水素と酸素の化学反応で発電しモータを回す自動車

発電に水素を使用するため「燃料電池自動車(FCV)」と呼ばれる。

→市販車はトヨタの「MIRAI」やマツダの「RX-8ハイドロジェンRE」

★既に量産化され、実用化されている。

## 2.10.3 〔6〕燃料電池・電力貯蔵システム

### (a) 燃料電池 水素自動車のメリットと問題点の整理

- ・水素自動車は走行時のCO<sub>2</sub>排出量は理論上ゼロ。水素製造の過程で多量のCO<sub>2</sub>が排出。総合的にはCO<sub>2</sub>排出量がガソリン車より多くなるケースもある。→ 原発問題と同じか？
- ・水素利用方式の選択→どちらを選ぶか？
  - ①水素を燃焼させる水素エンジンで動く自動車  
→内燃機関:水素エンジン自動車
  - ②水素と酸素の化学反応で発電しモーターで動く自動車  
→電気方式:燃料電池自動車(FCV)

※吸収式冷凍機方式か、ターボ冷凍機方式のどちらかと全く同じ！！  
→目的は省エネ・脱炭素、カーボンニュートラル化！！

## 2.10.3 〔6〕燃料電池・電力貯蔵システム

### (b) 電力貯蔵

- ① 余裕のある時間帯に電力を貯蔵し、ピーク時に使う**電力負荷平準化の方法**として注目。
- ② **料金が安価な夜間電力を貯蔵し、昼間のピーク時に放出。**
- ③ 自然エネルギー発電設備を導入した場合には、昼間に太陽電池の発電電力を貯蔵し、夜間放出するなど調整用として活用。

#### ④ 電力貯蔵設備

液化ナトリウム、液体硫黄、特殊セラミックからなる**NAS電池**の特徴は、エネルギー密度が高い、軽量、コンパクト、長寿命（約15年）、高耐久性（充放電4,500サイクル）、充放電ロスが少ない、メンテナンス不要など。

## 2.11 空気調和設備のマネジメント

### 2.11.1 マネジメントの要点

### 2.11.2 建物のエネルギー管理

### 2.11.3 中央監視・自動制御設備

### 2.11.4 コミッショニング

(テキスト：P.146～151)

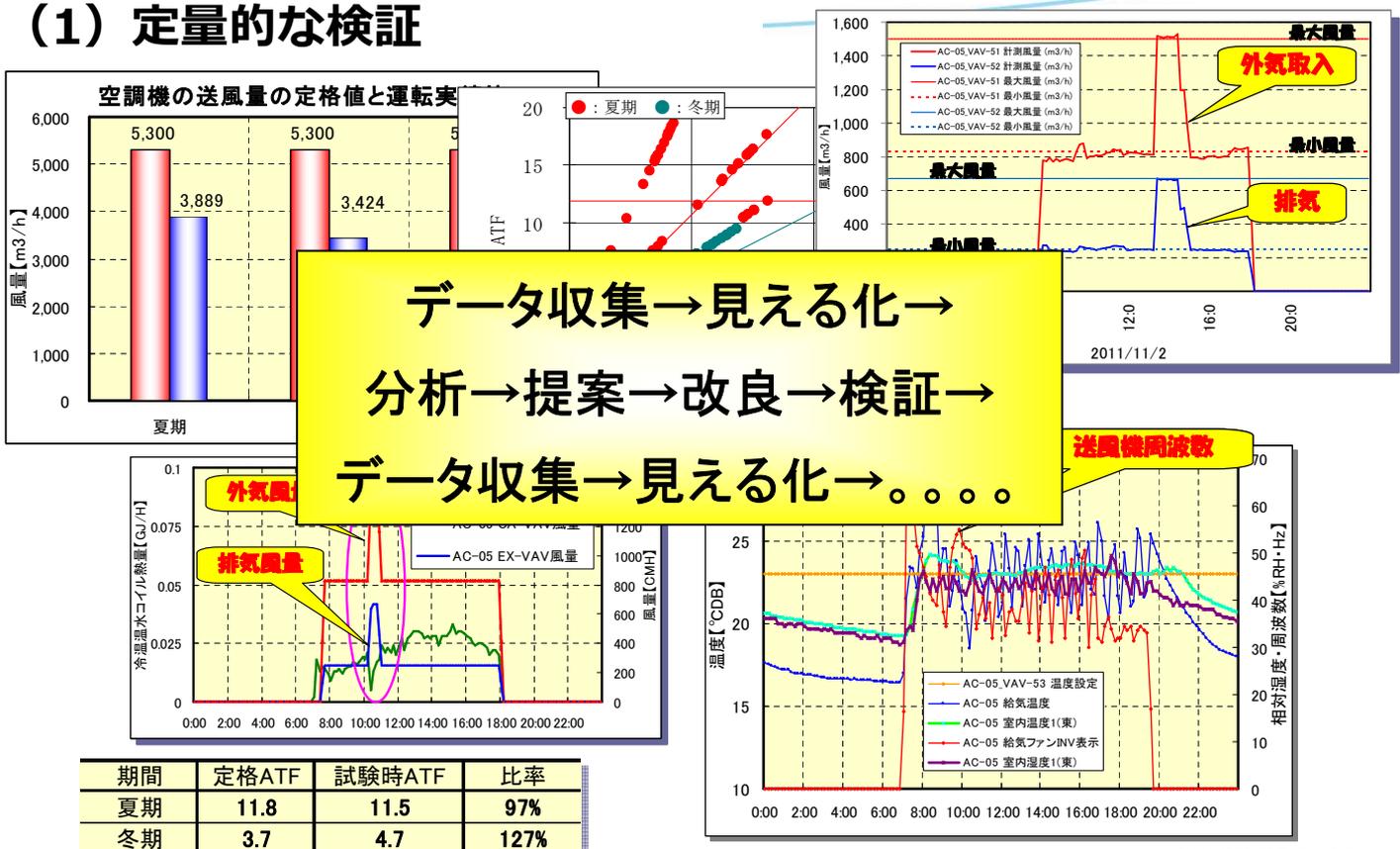
## 2.11.1 マネジメントの要点(P.146)

### (1) 定量的な検証

- ・ **空気調和設備の機能を適正な状態に維持する事が空気調和設備のマネジメントである。**
- ・ **「データなくして管理無し、管理なくして省エネルギーなし」**
- ・ **設計主旨通りの性能確認のためには、検証を行うための指標を定め、定量化するデータを収集し、見える化を図り分析が必須。**
- ・ **分析を行う際には「木を見て森を見ず」にならぬよう、建物全体と機器単体レベルの双方のバランスの取れた視点での分析を行う事が肝要。**

## 2.11.1 マネジメントの要点(P.146)

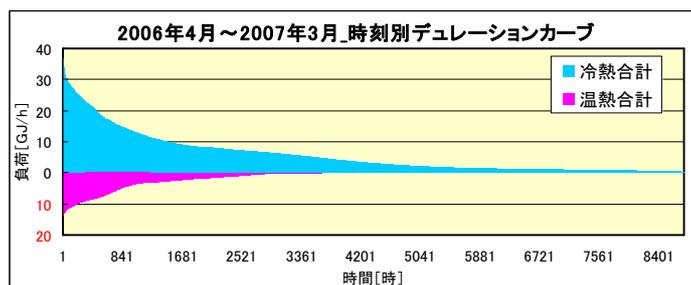
### (1) 定量的な検証



## 2.11.1 マネジメントの要点(P.146)

### (2) 各段階における関係者の適切な役割分担

- ・建設プロセスの関係者  
建物オーナー、設計者、施工者、保守管理運転者、居住者
- ・建物オーナー  
イニシャルコストを重要視し、設計・施工期間を短くしたい
- ・設計者  
設計＝ピーク負荷に対する設備容量選定という強い意識  
実際には、年間の冷房空調時間の8割は最大負荷の1/3以下。
- ・年間の大半が部分負荷運転。
- ・部分負荷運転では運転効率の低下を招く。
- ・オーナーと設計者との相互の理解と工夫による改善が肝要。



## 2.11.2 建物のエネルギー管理(P.147)

- ・省エネルギー管理  
→建物全体および各消費先別のエネルギー消費量を把握。
- ・運用段階の建物のエネルギー消費特性の把握が重要。  
→原単位評価を行う。
- ・ここで言う原単位評価  
→単位延床面積当たりの年間一次エネルギー消費量  
(MJ/(m<sup>2</sup>・年))
- ・建物規模に関係なく相対的に建物のエネルギー消費特性を評価。
- ・建物ごとの年間一次エネルギー消費特性の原単位の例
  - 一般事務所 : 1,030 MJ/(m<sup>2</sup>・年)
  - ホテル宿泊 : 2,522 MJ/(m<sup>2</sup>・年)
  - 商業施設 : 3,205 MJ/(m<sup>2</sup>・年)

出典: ECCJ: 省エネルギーセンター: ビルの省エネルギーガイド2023より

## 2.11.2 建物のエネルギー管理(P.147)

### — 建物ごとの用途別エネルギー源単位【MJ/m<sup>2</sup>・年】



## 2.11.2 建物のエネルギー管理(P.147)

### 日本の最終エネルギー消費量の推移とGDP



- ・産業部門:0.7倍、家庭部門:1.8倍、運輸部門:1.5倍
- ・増加する消費エネルギーに対して**省エネルギー対策の重要性大。**

※GDP（国内総生産）：日本の国内で、1年間に新しく生みだされた生産物やサービスの金額の総和

## 2.11.2 建物のエネルギー管理(P.147)

### エネルギー管理の体制

継続的かつ効果的な活動のためには管理体制の確立が必須



## 2.11.3 中央監視・自動制御設備(P.148～151)

### 中央監視設備

電力監視、照明監視設備、防災監視設備、防犯監視設備などを中央で管理する設備を言う。

### BEMS (Building Energy and Management System)

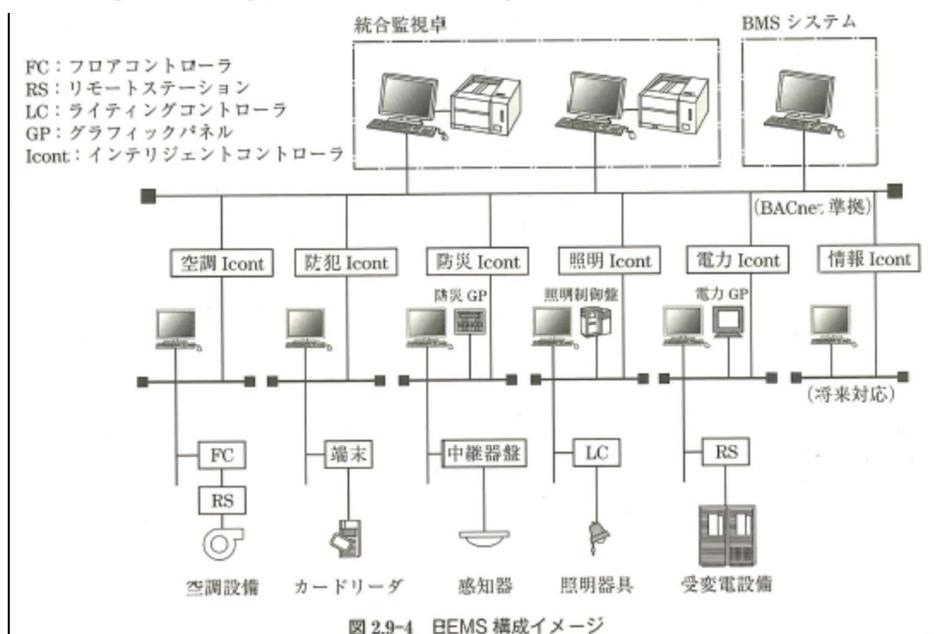
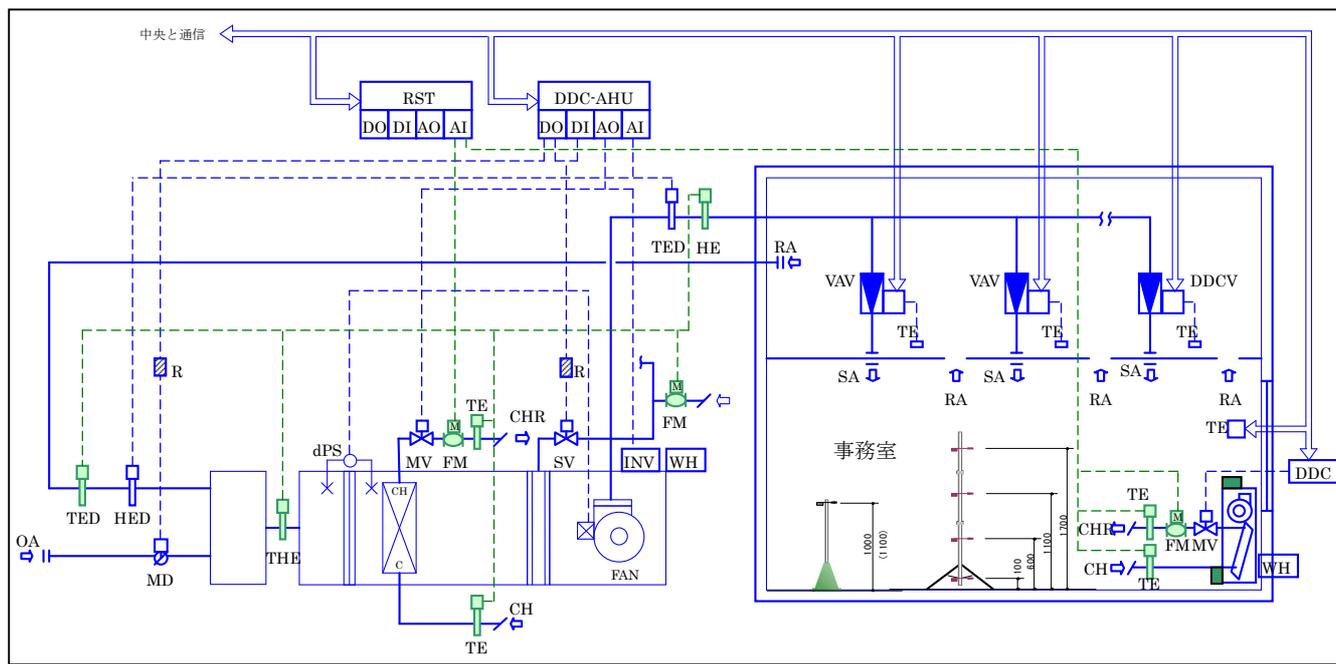


図 2.9-4 BEMS 構成イメージ

## 2.11.3 中央監視・自動制御設備(P.148~151)

### (1) 自動制御設備

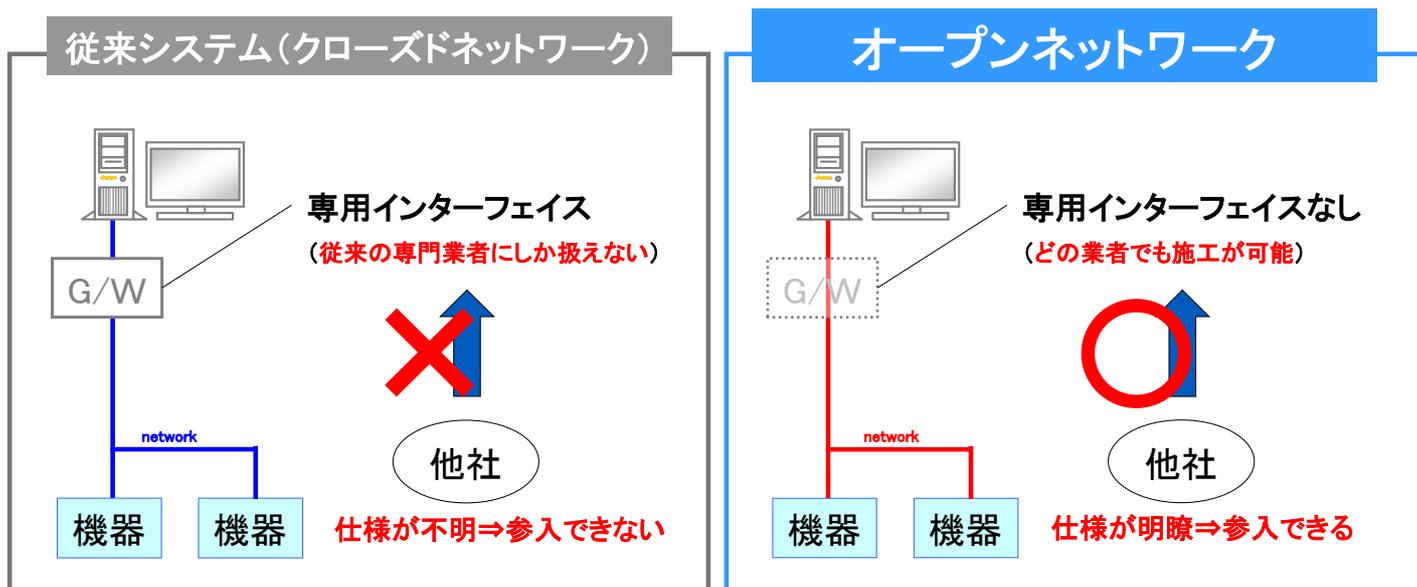
#### 空調機の自動制御計装図の例



※自動制御とは人間にたとえれば、頭脳・神経にあたるもの

## 2.11.3 中央監視・自動制御設備(P.148~151)

### (2) 中央監視設備



従来・・・監視設備製造メーカーの独自の通信プロトコルを採用  
 →メーカーが異なれば情報共有が困難(クローズド化)  
**BACnet**・・・代表的なオープンプロトコル(オープン化)

## 2.11.3 中央監視・自動制御設備(P.148～151)

### (2) 中央監視設備

中央監視システム



設備データ収集、制御・運転指令

計装・RS(リモートステーション)システムは工場内ユーティリティ設備の運転・制御、入出力装置であり、以下のような役割を担います。

運転

スケジュール運転、個別・連動運転、インターロック制御出力

制御

フィードバック制御、シーケンス制御、省エネ制御

データ入出力

状態、警報、計測値、計量値信号の入出力



設備信号入出力、制御出力、発停出力、設定出力

ローカル機器、装置、センサー

さわやかな世界をつくる

SHINRYO

## 2.11.3 中央監視・自動制御設備(P.148～151)

### (2) 中央監視設備



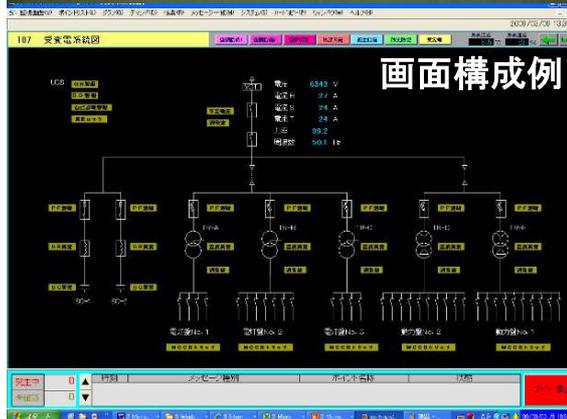
大規模中央監視(DHC)



画面構成例



小規模中央監視



画面構成例

## 2.11.4 コミッショニング(P.150～151)

### コミッショニング (Cxとは。 。 。 )

- ・建築設備システムが**建物の生涯にわたって**
- ・環境・エネルギー並びに使い易さの観点から使用者にとって最適な状態に保たれるように、
- ・求めに応じて**性能を診断・検証し、**
- ・必要に応じて発注者・所有者あるいは使用者に**性能改善法を提示することを目的とする。**
- ・ここに環境とは、
  - 第一に**室内環境の健康・快適性の保持**をいい
  - 第二に**エネルギー及び排出物質を最小限**にして地域・地球環境保全に貢献する事を意味する。

(SHASE-G-0006-2004 建築設備の性能検証過程指針より抜粋)

- Cxとはオーナーの意志を代行し第3者性で検証を実施
- Cxとはオーナーとの直接契約による報酬を得るビジネス

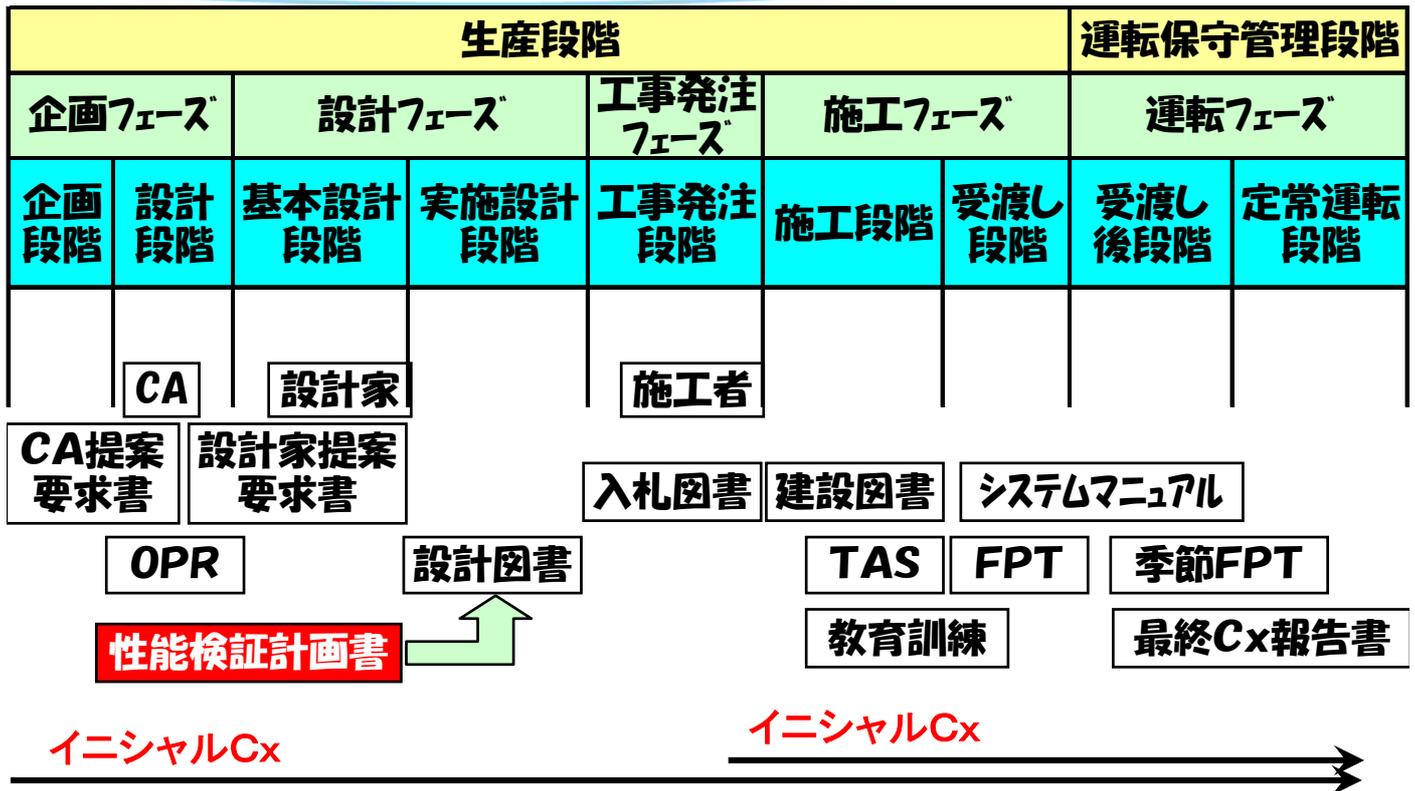
## 2.11.4 コミッショニング(P.150～151)

### コミッショニングのフェーズ

建築設備システムが**建物の生涯にわたって** . . . . .

1. 企画段階 (Program Phase)
2. 設計段階 (Design Phase)
3. 施工段階 (Construction Phase)
4. 受渡し段階 (Acceptance Phase)
5. 受渡し後段階 (Post-Acceptance Phase)
6. 運転管理段階 (Operation Phase)

## 2.11.4 コミッショニング(P.150～151)



## 2.11.4 コミッショニング(P.150～151)

### コミッショニング (Cx) がなぜ必要とされるか。。。。

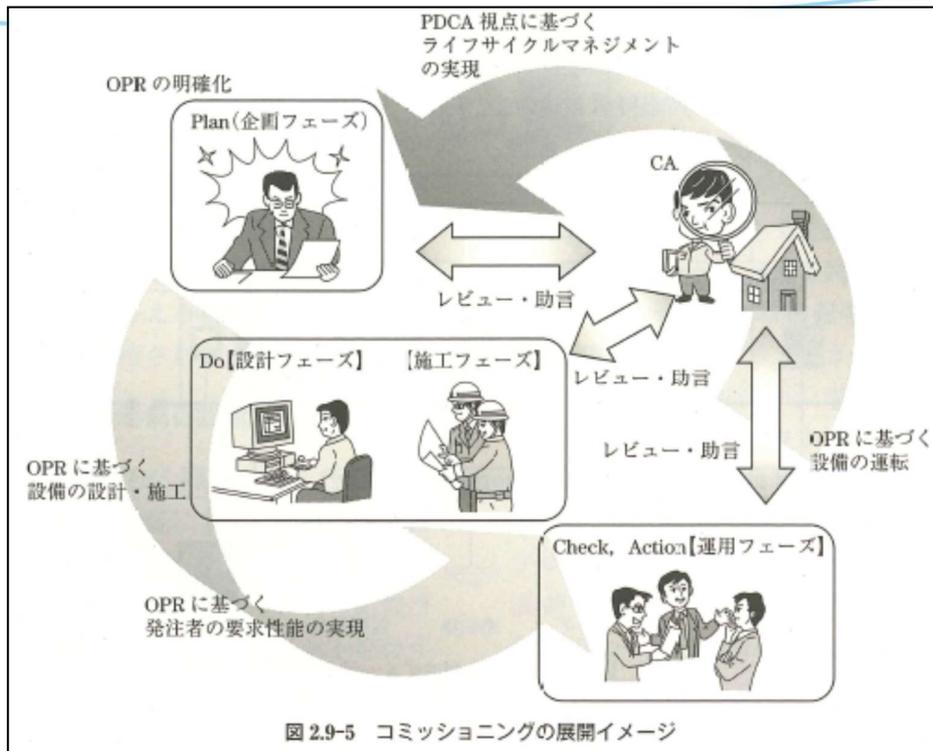
- (1) 新築物件が減少し建物のストックの保全意識の向上。
- (2) ライフサイクルの視点が重視。
- (3) 企業がISO14000をイメージだけではなく環境重視の象徴とし始めた。
- (4) COP3の約束に反してIT化、情報化がエネルギー消費を浪費。
- (5) 建築基準法改正により性能規定の適用から性能評価へのシフト化。
- (6) 竣工後の設備の不具合からエネルギーを無駄使いしていた事が判明。
- (7) 設計事務所の設計費の低下に伴う設計図のレベル低下。

(あとは現場まかせ)

日本では設備工事会社が試運転調整計画書を作り自ら実施するが、昨今の厳しいコストからこの過程が軽視され始めている。(引き渡して後はおしまい)

日本においてもCxの必要性が検討されるようになった

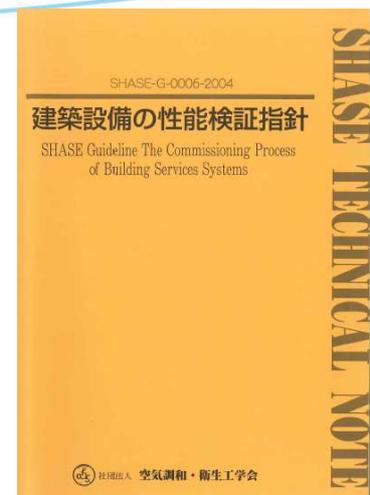
## 2.11.4 コミッショニング(P.150～151)



※OPR: 企画設計要件書……オーナーサイドから出される重要文書

## 2.11.4 コミッショニング(P.150～151)

**詳細は、SHASE-G-0006-2004  
建築設備の性能検証過程指針  
を参照。**



建築・建築設備の生産・維持保全活動のライフサイクルに亘る品質確保と運転管理の最適化、環境保全と省エネルギー実現を目指した指針。本指針は性能検証の意義と在りかた、性能検証過程の一般的なあり方を記述し、建築設備全般に共通な事項を包含する。コミッショニングを展開する上で、建設過程における各フェーズにおいて登場人物、必要ドキュメント等の必要事項を整理したもの。

**休憩タイム：10分 16:05～16:15**

**2025年度 空気調和・衛生工学会中部支部  
基礎知識技術研修会**

# 省エネルギーとマネジメント

(参考テキスト：「空気調和・衛生設備の知識」)

## 演習問題

## 演習問題－1

熱源方式・トータルエネルギー方式に関する次の(a)～(e)の記述のうち、**最も不適当なもの**は(イ)～(ホ)のうちどれか。

- (a) 地域冷暖房方式では、個々の建物では利用が難しい建物間の空調排熱利用、ごみ焼却排熱、下水排熱などの都市排熱利用がし易い。
- (b) 太陽熱を給湯や暖房に利用するシステムは、ソーラーシステムと呼ばれ、動力を利用して太陽熱を集熱するアクティブソーラーと、太陽熱を直接建物に導入して暖房に利用するパッシブソーラーがある。
- (c) 中央熱源方式の場合、小規模なケースを除いて熱源機器の台数は複数とし、低負荷時に低効率で大容量の機器を運転しないようにすることがエネルギー上有利である。
- (d) 温度成層型の水蓄熱槽は、蓄熱性能が良く、最近設計例も多くなってきたが、槽への流入速度が速いほど温度成層が効率よく形成される性質をもっている。
- (e) コージェネレーションシステムでは、電力と熱を有効に利用できることが不可欠の条件である。

- (イ) (a)
- (ロ) (b)
- (ハ) (c)
- (ニ) (d)
- (ホ) (e)

## 演習問題－2

エネルギー手法に関する次の(a)～(e)の記述のうち、**最も不適当なもの**は(イ)～(ホ)のうちどれか。

- (a) センターコアに対して、東西面にコアを配置することは、最大熱負荷の大きな東と西面を非空調空間として取り扱うことが可能となり、建築全体で合理的な空調計画とすることができる。
- (b) 外壁の色により建物への侵入熱量は差が生じ、一般に、暖房負荷が冷房負荷より大きい地方は白色系、冷房負荷が大きい地方は黒色系が望ましい。
- (c) ペリメータレスシステムは、窓部をエアフローウインドウやダブルスキンなどを用いて二重化し、建築的に日射遮へい性能や断熱性能を強化した省エネルギー手法である。
- (d) 壁面緑化は、日射遮へい等の熱環境調整機能のほかに、空気清浄化作用や保湿効果が期待できる。
- (e) 照明器具の自動調光制御は、窓からの自然採光と連動して照明器具の減光を行うので、消費エネルギーを大幅に削減することができる。

- (イ) (a)
- (ロ) (b)
- (ハ) (c)
- (ニ) (d)
- (ホ) (e)

## 演習問題一 3

省エネルギー制御に関する次の (a) ~ (e) の記述のうち、**最も不適当なもの**のみの組み合わせは (イ) ~ (ホ) のうちどれか。

- (a) 外気冷房制御は、主に中間期や冬期に冷房用熱源として外気を直接利用し、室内の温度・湿度を制御する。
- (b) 冷凍機の軽負荷での運転は、効率の低下を招くため、負荷に応じた台数制御を行う。
- (c) 可変速電動機での流量制御に比べて、調節弁による流量制御のほうが、省エネルギーの効果は大きい。
- (d) CO<sub>2</sub>制御は、室内CO<sub>2</sub>濃度をもとに外気取り入れ量を制御することで、外気負荷の軽減が図れる。
- (e) 排気熱回収制御は、室内から排気される熱を取り入れ外気で回収するもので、外気負荷の軽減が図れる。

- (イ) (a) と (c)
- (ロ) (a) と (d)
- (ハ) (b) と (d)
- (ニ) (b) と (e)
- (ホ) (c) と (e)

## 演習問題一 4

エネルギー手法と建築計画に関する次の (a) ~ (e) の記述のうち、**最も不適当なもの**は (イ) ~ (ホ) のうちどれか。

- (a) 自然換気は自然まかせなものであり、必ずしもいつも同じ快適な環境をつくることはできない。
- (b) 省エネルギー性から建物の形状を検討したとき、同じ面積であれば、平面形状が正方形の建物が熱負荷が最も少ない。
- (c) 自動調光機能は、新設時の余分な明るさを補正することや、窓からの自然採光と連動して照明器具の減光を行うもので、照明のエネルギー削減量は事務所では20%~30%程度である。
- (d) 夏の暑さに対して、緑の助けを借りたパッシブな対策として、樹木や芝の有効利用がある。
- (e) Low-Eガラスは、通常ガラスに微量のコバルト、鉄、セレンなどの赤外線吸収する金属を添加したガラスである。

- (イ) (a)
- (ロ) (b)
- (ハ) (c)
- (ニ) (d)
- (ホ) (e)

## 演習問題－5

自然エネルギー・未利用エネルギーに関する次の (a) ～ (e) の記述のうち、**最も不適当なもののみ**の組み合わせは (イ) ～ (ホ) のうちどれか。

- (a) 太陽エネルギーの利用方法としては、電気エネルギーに変換する太陽光発電と太陽熱を給湯や冷暖房に利用する太陽熱利用がある。
- (b) 風力エネルギーは、風向・風速が一定である安定したエネルギーである。
- (c) 地下水の温度は、大気に比べ年間を通じてほぼ一定であるので、熱源水や冷却水として利用することが可能である。
- (d) 下水は、大気に比べ冬は暖かく、夏は冷たいため、その熱の利用が可能である。
- (e) 河川水は、大気に近い温度となるため、ヒートポンプなどの熱源として利用するのは難しい。

- (イ) (a) と (c)
- (ロ) (a) と (d)
- (ハ) (b) と (d)
- (ニ) (b) と (e)
- (ホ) (c) と (e)

## 省エネルギーとマネジメント

(参考テキスト：「空気調和・衛生設備の知識」)

### 回答率

- 1. 5問正解 (100%) . . . **秀**
- 2. 4問正解 (80%) . . . **優**
- 3. 3問正解 (60%) . . . **良**
- 4. 2問正解 (40%) . . . **可**
- 5. 1問正解 (20%) . . . **可**

# 省エネルギーとマネジメント

(参考テキスト：「空気調和・衛生設備の知識」)

- 2. 10 空気調和設備にかかわる省エネルギー技術(P.134)
- 2. 11 空気調和設備のマネジメント(P.146)

## おわり

2025年10月8日(水)

田上 賢一