

I

級

建

築

士

受

験

基

本

テ

キ

ス

ト

要
点
整
理

で

ル

ア

ユ

ジ

イ

ウ



学科Ⅱ
(環境・設備)

第三版

大
脇
賢
次

I

級

建

築

士

受

験

基

本

テ

キ

ス

ト

ウ
イ
ジ
ユ
ア
ル
で
要
点
整
理



学科Ⅱ
(環境・設備)

第三版

大脇賢次

はじめに——本書の特徴と使い方

本書は1級建築士試験を受験する方を対象として、学科Ⅱ（環境・設備）の**本格的な基本テキスト**として書いたものである。

平成21年度より、従来の学科Ⅰが「計画」と「環境・設備」の2科目に分離され、学科試験は合計で4科目から5科目に増え、また従来の5肢択一式から4肢択一式となる新試験制度がスタートした。そこで、本書は新試験制度と近年の学科試験の難化傾向に対応すべく、新しく豊富な内容を載せたものとなっている。

本書の第1の特徴は、初めて1級建築士試験を受験する方でも、**容易に内容が分かるように平易な文章で要点を整理し、また多くのイラスト、表などを載せてヴィジュアルなものにしたこと**である。そのほかにも、本書には次のような特徴がある。

- ・最新試験の内容も含む、過去の試験問題を参考にしてつくられ、しかも新試験制度に対応した内容で構成されている。
- ・1人でも学習できるように、分かりやすく要点が整理されている。
- ・各頁の欄外に**用語**や**メモ**が挿入されている（これらは用語の定義や受験の際に留意してほしいことについて書かれている）。
- ・公式の理解を助けるため、例題を入れている。
- ・各章の終わりに、重要な内容の問題を精選した演習問題が載せられている（各章を読み終えた段階で問題を解いてみることをすすめる）。
- ・試験によく出るところがすぐ分かるように**太字**になっている。

以上のような特徴により、本書は学科Ⅱ（環境・設備）を学ぶ方にとって、1冊で十分なものとなっている。

1級建築士試験は、基礎的な実力のある方でも、試験のための合理的で集中した勉強をしなければならない。しかも、受験する方は働いており、時間的な制約のある方がほとんどなので、より効率のよい勉強をする必要がある。本書はそのために役立つように心がけて執筆したつもりである。

本書が十分に活用され、1級建築士試験に合格することに役立てば幸いである。

平成23年3月

第三版に当たって

平成25年に『1級建築士受験 基本テキスト 学科Ⅱ（環境・設備）第二版』を刊行してから3年がたったが、その間の本試験において新しい内容が出題されたので、それらの内容を加えて第三版として刊行することにした。

1級建築士試験は年々難しさを増しているが、本書を十分に活用し合格されることを願う次第である。

平成28年11月

大脇賢次

アート・ディレクション／デザイン＝水野哲也（Watermark）

学科試験について

1 級建築士の学科試験は毎年 7 月下旬に行われている。科目および科目ごとの試験内容、設問数、試験時間は下記の通り。計 5 科目、設問数は計 125 問で、**4 肢択一式**で行われる。

学科	試験内容	設問数	試験時間
学科Ⅰ（計画）	建築計画、建築積算等	20 問	2 時間
学科Ⅱ（環境・設備）	環境工学、建築設備（設備機器の概要を含む）等	20 問	
学科Ⅲ（法規）	建築法規等	30 問	1 時間 45 分
学科Ⅳ（構造）	構造力学、建築一般構造、建築材料等	30 問	2 時間 45 分
学科Ⅴ（施工）	建築施工等	25 問	

※（公財）建築技術教育普及センター発表の「平成 28 年一級建築士試験受験要領」をもとに作成

1 級建築士試験の受験要領の詳細については、
公益財団法人 建築技術教育普及センターのホームページ <http://www.jaeic.jp/> をご確認ください。

註
本書の内容は、原則として、平成 28 年 4 月現在の建築関係法令等に基づいている。また、演習問題は過去の試験問題をもとに作成し、問題を一部改めた。

本文中で用いられている略称の正式名称は以下の通り。
建基法……建築基準法
建基令……建築基準法施行令
JIS……日本工業規格

目次

はじめに——本書の特徴と使い方..... 3

学科試験について 4

第1部 環境工学

1	日照・日射	10
---	-------	----

1-1 日照 10

1-1-1 太陽の位置と日照 10

1-1-2 日影 13

1-1-3 日ざし曲線 21

1-2 日射 22

1-2-1 太陽光線 22

1-2-2 日射量 23

1-2-3 日射・日照調整 26

1-2-4 日射の取得性能と遮へい性能 29

1-3 演習問題 31

2	採光・照明	38
---	-------	----

2-1 採光 38

2-1-1 視覚と光 38

2-1-2 光の単位と法則 39

2-1-3 昼光率 43

2-1-4 採光計画 49

2-1-5 明視 52

2-1-6 グレア 53

2-2 照明 56

2-2-1 全般照明と局部照明、
照明の省エネルギー対策 56

2-2-2 直接照明と間接照明 56

2-2-3 建築化照明など 57

2-2-4 照度基準 58

2-2-5 光源の種類と特徴など 59

2-2-6 照明計算 62

2-3 演習問題 66

3	色彩	74
---	----	----

3-1 色彩 74

3-1-1 色彩理論の基本用語 74

3-1-2 色の3属性 75

3-1-3 マンセル表色系 75

3-1-4 オストワルト表色系 77

3-1-5 XYZ表色系 77

3-1-6 色の対比 79

3-1-7 色と感覚 80

3-1-8 色彩計画 81

3-2 演習問題 83

4	室内・外部環境	88
---	---------	----

4-1 室内・外部環境 88

4-1-1 室内環境 88

4-1-2 室内空気汚染 94

4-1-3 外部環境 96

4-1-4 地球環境 99

4-2 演習問題 103

5	換気	108
---	----	-----

5-1 換気 108

5-1-1 換気の目的 108

5-1-2 全般換気と局所換気など 108

5-1-3 必要換気量 110

5-1-4 換気回数 114

5-1-5 自然換気と機械換気 115

5-1-6 自然換気量 117

5-2 演習問題 124

6	音響	130
---	----	-----

6-1 音響 130

6-1-1 音の性質 130

6-1-2 音の単位 131

6-1-3 レベルの合成 134

6-1-4 騒音 136

6-1-5 遮音 139

6-1-6 吸音 143

6-1-7 騒音防止対策 146

6-1-8 音響計画 147

6-1-9 床衝撃音 150

6-2 演習問題 152

7	熱・結露	158
---	------	-----

7-1 熱 158

7-1-1 3つの伝熱 158

7-1-2 壁体の伝熱 159

7-1-3 熱貫流率(K)と熱貫流抵抗(R) 161

7-1-4 熱貫流量など 163

7-1-5 暖房時の室内の熱損失 165

7-1-6 外皮平均熱貫流率 166

7-1-7 熱容量と室温変動 166

7-1-8 断熱 167

7-2 結露 168

7-2-1 湿度と露点温度 168

7-2-2 結露 169

7-3 演習問題 175

第2部 建築設備

8	空気調和設備	182
---	--------	-----

8-1 空気調和設備 182

8-1-1 空気調和設備の目的と基本計画 182

8-1-2 空気調和設備の基本的な構成 184

8-1-3 空気調和機の構成 185

8-1-4 ダクト、吹出口と吸込口など 187

8-1-5 空調方式 190

8-1-6 省エネルギー空調方式 196

8-1-7 自動制御方式 198

8-1-8 冷凍機と冷却塔 199

8-1-9 クリーンルーム 205

8-1-10 暖房 207

8-1-11 蓄熱槽など 210

8-1-12 換気設備 212

8-2 演習問題 214

9	給排水・衛生設備	220
---	----------	-----

9-1 給水設備 220

9-1-1 給水設備の役割など 220

9-1-2 給水方式 221

9-1-3 給水配管 223

9-1-4 受水槽 225

9-1-5 配管材料 226

9-1-6 さや管ヘッダ工法 226

9-2 排水・衛生設備 228

9-2-1 排水・衛生設備 228

9-2-2	衛生器具	235
9-2-3	設備機器の防振材、耐震設計	237
9-3	浄化槽・給湯設備・ガス設備	238
9-3-1	浄化槽	238
9-3-2	給湯設備	239
9-3-3	ガス設備	240
9-4	演習問題	242

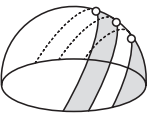
10	電気設備	248
10-1	電気設備	248
10-1-1	電源設備と受電方式	248
10-1-2	屋内配線方式	252
10-1-3	配線材料	253
10-1-4	配線工事	254
10-1-5	配線工事での留意点	257
10-1-6	避雷設備・雷保護システム	258
10-1-7	動力設備	260
10-1-8	情報通信設備	260
10-2	演習問題	262

11	消火・防災設備	266
11-1	消火設備	266
11-1-1	火災の種類と消火方法	266
11-1-2	各種消火設備	267
11-2	防災設備	277
11-2-1	警報設備	277
11-2-2	避難設備、誘導設備、その他	280
11-3	演習問題	284

12	昇降機設備	288
12-1	昇降機設備	288
12-1-1	昇降機設備	288
12-2	演習問題	290

13	省エネルギー・維持管理	292
13-1	省エネルギー・維持管理	292
13-1-1	建築物の基本的な省エネルギー対策	292
13-1-2	建築物の省エネルギー手法	293
13-1-3	空調の省エネルギー指標	294
13-1-4	建築物のエネルギー消費量	295
13-1-5	冷暖房設備容量と機械室面積など	296
13-1-6	建築物の維持管理	297
13-2	演習問題	300

索引	304
----	-----



第1部 環境工学

1 | 日照・日射

1-1 日照

1-1-1 太陽の位置と日照

1. 太陽の位置による時刻の表し方

- (1) 太陽が真南にくる時刻を**南中時**という。南中時は経度の違いにより異なるため、日本の時刻表示は、東経 135°（兵庫県明石市）の地点での平均太陽時を中央標準時としている。
- (2) 平均太陽時
年間平均の 1 日の長さの 1/24 を 1 時間とした時刻法をいう。平均太陽時による 1 日の長さは、1 年を通じて常に 24 時間となる。
- (3) 中央標準時（日本標準時）
東経 135°の地点（兵庫県明石市）での平均太陽時をいう。これが日本での標準時となり、いわゆる時計の時刻となる。
- (4) 地方真太陽時（真太陽時）
ある地方のある月日の南中時を正午とし、次に南中するまでを 1 日とするものであり、その 1 日の長さの 1/24 を 1 時間とした時刻法をいう。地方真太陽時による 1 日の長さは、同じ場所でも 1 年を通じて変化する。
- (5) 地方真太陽時 T と中央標準時 T_s の関係を次に示す。

$$T = T_s + e + \frac{L - 135}{15}$$

e ：均時差（均時差とは地方真太陽時と平均太陽時の差をいい、最大で 16 分程度の差がある）

L ：東経

2. 太陽の位置の表し方 [図 1]

太陽の位置は季節や時刻とともに変わるが、その位置は**太陽高度** (h) と**太陽方位角** (α) によって表す。

(1) 太陽高度 (h)

地平面と太陽のなす角度をいう。太陽高度は南中時に最大となり、日の出や日没時に 0° となる。

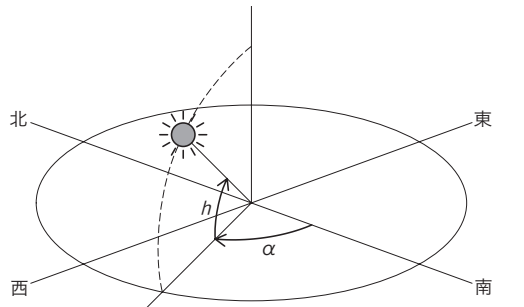


図 1 太陽の位置の表し方

h ：太陽高度
 α ：太陽方位角

☒ ☒

経度が 15°異なるごとに、南中時は 1 時間ずつずれる。

☒ ☒

後述する**日影曲線**を表す場合は、各地方ごとの**南中時**を基準とした**地方真太陽時**を使う。

太陽位置図

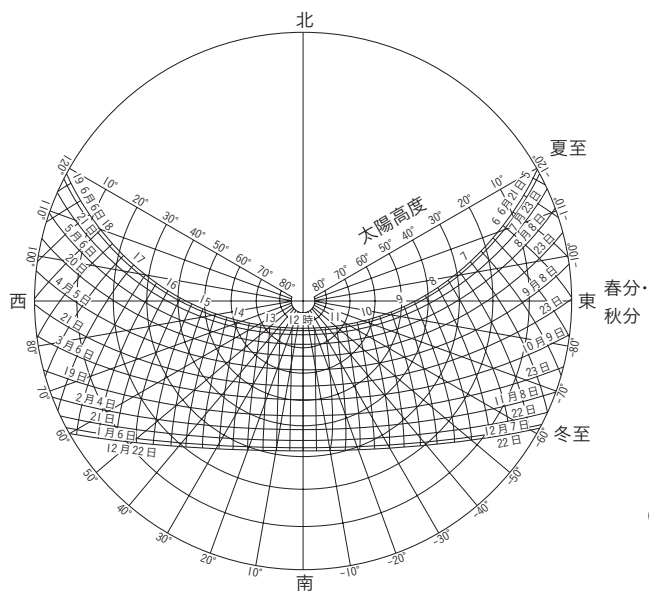


図 2 太陽位置図（北緯 35°）と太陽高度・太陽方位角の求め方

(2) 太陽方位角 (α)

太陽の方位と真南とのなす角度をいう。太陽方位角は南中時に 0° となる。真南から東の方へとした角度をマイナス（午前）、西の方へとした角度をプラス（午後）としている。

3. 太陽位置図 [図 2]

太陽位置図により太陽高度や太陽方位角などを求めることができる。

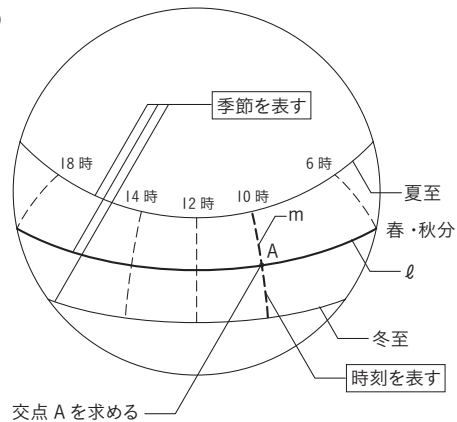
4. 季節別の太陽の位置 [図 3]

季節別の日の出や日没の時間、南中時の太陽高度を表 1 に示す。

表 1 季節別の日の出・日没の時間と南中時の太陽高度（地方真太陽時による、関東地方、北緯 36°付近）

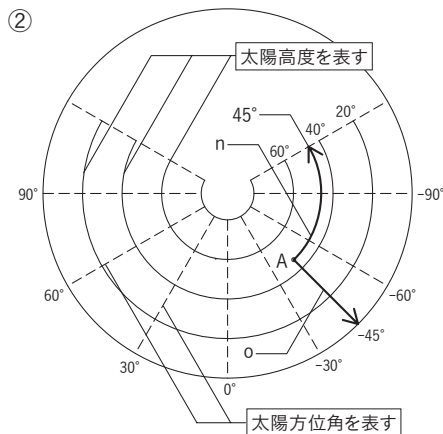
太陽の位置 季節	日の出	日没	南中時の 太陽高度
冬至	7 時 14 分	16 時 46 分	30°
春・秋分	6 時	18 時	54°
夏至	4 時 46 分	19 時 14 分	78°

①



太陽位置図を使って太陽高度と太陽方位角を求めるには、まず検討する季節と時刻の交点を求める。たとえば、春・秋分の 10 時における太陽高度と太陽方位角を求めるには、まず上図の春・秋分を表す実線 ℓ と 10 時を表す破線 m の交点 A を求める

②



次に、A 点より同心円に沿って線 n を下ろし、太陽高度の値 45° を求める。また、太陽方位角は A 点より放射状に線 o を下ろし、太陽方位角の値 -45° を求める

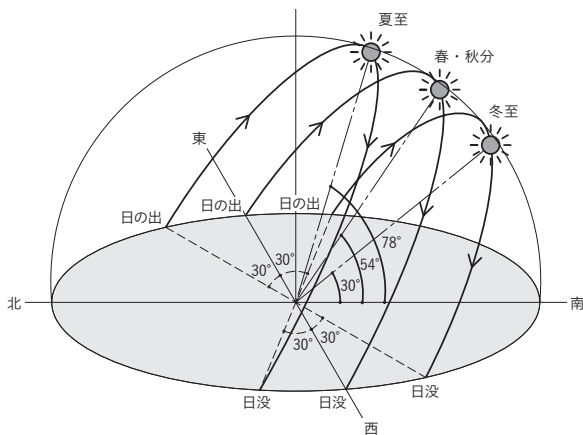


図 3 季節別の太陽の軌道（関東地方、北緯 36°付近）

例題 1

14 頁の図 8 の日影曲線図を使って、東京（北緯 $35^{\circ} 40'$ ）で 12 月 22 日（冬至）の地方真太陽時の午前 10 時において、地面に垂直に立っている長さ 4m の棒の日影の長さと方位を求めよ。

【解説】

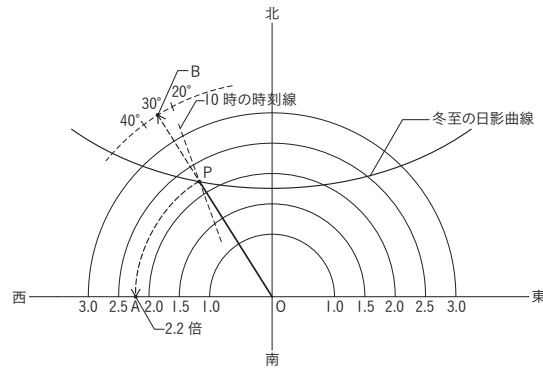
冬至の日影曲線と 10 時の時刻線との交点 P より同心円に沿って下ろし、東西軸上の A 点の倍率である 2.2 倍を求める。

棒の長さは 4m であるから、日影の長さは、この長さに倍率 2.2 を掛けた値になる。

日影の長さ $4\text{m} \times 2.2 = 8.8\text{m}$

また、日影の方位は OP を伸ばして、B 点の方位角である 30° を求める。

日影の方位 北から西へ 30°



例題 2

下の図 A は、ある地点の冬至における日影曲線図である。図 B の P 点において、冬至における建物による日影時間を求めよ。

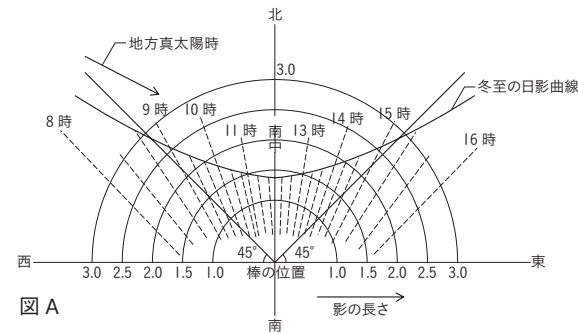


図 A

【解説】

1. 日影の方向を検討する

日影の方向については、次の図 C の太陽が A から B までの位置にいる間が、P 点に日影が生じる可能性がある。図 D の日影曲線図でそれらの時刻を読みとると 45° の線 ℓ と冬至の日影曲線との

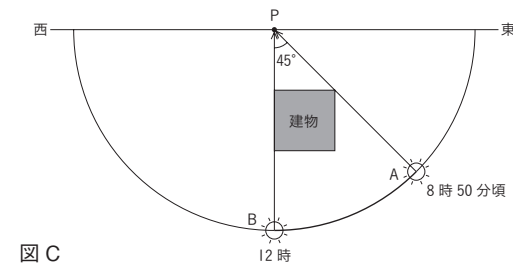


図 C

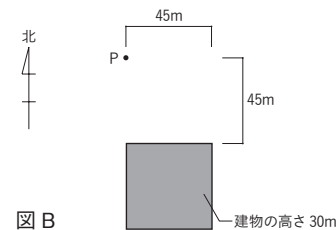


図 B

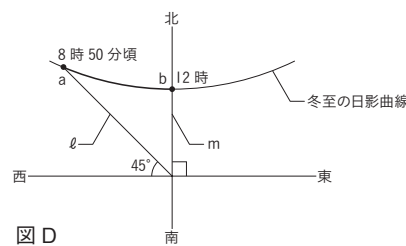


図 D

交点 a から 8 時 50 分頃となる。また垂直の線 m と冬至の日影曲線との交点 b から 12 時となる。

2. 日影の長さを検討する

日影の長さについては、図 E に示すように真北方向に 45m（建物の高さ 30m の 1.5 倍）以上となる場合に P 点に日影が生じる可能性がある。図 F の日影曲線図で、南北方向へ建物の高さの 1.5 倍の水平な線 n を引き、冬至の日影曲線との交点 c の時刻を求めると 10 時 20 分頃となる。

3. 1 と 2 より P 点に日影が生じる時間を求める

1 の日影の方向と 2 の日影の長さの両方を満たす時間が建物により P 点に日影が生じる時間である。したがって、8 時 50 分頃から 10 時 20 分頃までの約 1 時間 30 分が求める日影時間である。

【参考】 10 時 20 分頃の建物の日影図とその前後の時刻の建物の日影図

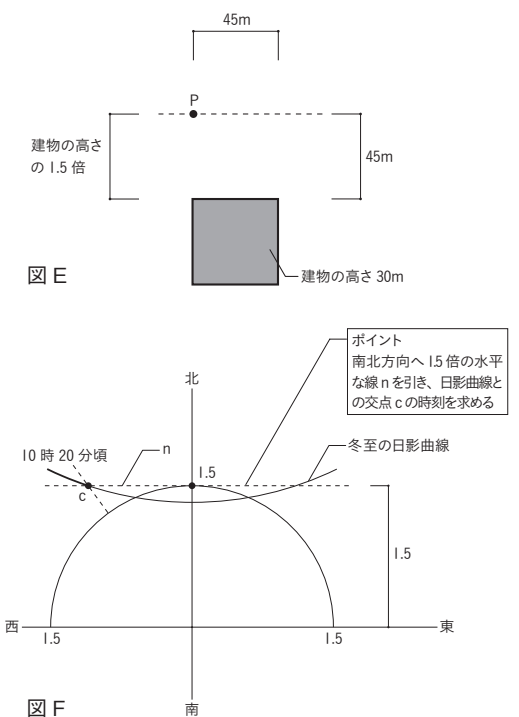
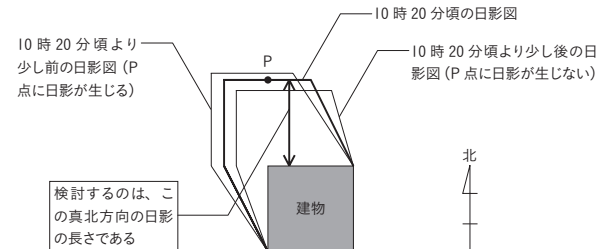


図 F

例題 3

下の図 A は、ある地点の冬至における日影曲線図である。図 B の P 点において、冬至における建物による日影時間を求めよ。

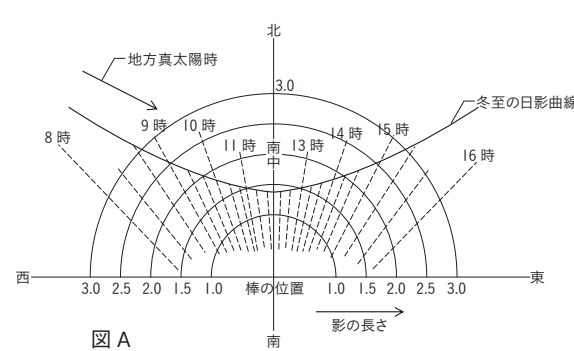


図 A

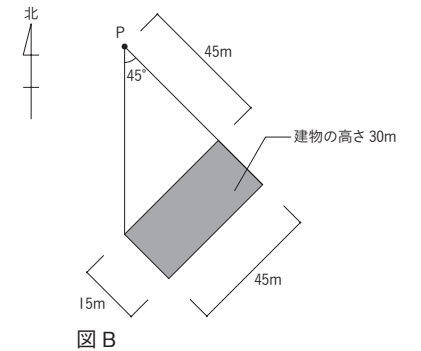


図 B

- した場合の窓ガラスの日射遮へい性能を表す指標を**日射遮へい係数**という。
- (2)日射遮へい係数は、次の式のように、窓ガラスから室内に透過や放出して流れ込む日射量の割合を表す**日射熱取得率**を分子に使った**指標**なので、日射遮へい係数の値が大きいほど、日射熱取得が大きく、すなわち**日射遮へい効果が小さい**。
- (3)日射遮へい係数は、空調負荷計算などに使われる。

$$\text{日射遮へい係数} = \frac{\text{任意の窓ガラスの日射熱取得率}}{\text{厚さ 3mm の透明ガラスの日射熱取得率}}$$

メモ

前述の日射遮へい効果と日射遮へい係数を混同しないようにする。

1-3 演習問題

問題 1

図 A は、ある地点における水平面上に立てた単位長さの鉛直棒の冬至における日影曲線である。この地点において、図 B に示す建物 1 と建物 2 の日影を考慮した、P 点における冬至真太陽時の 8 時から 16 時の間の日影時間は、次のうちどれか。

1. 約 5 時間
2. 約 4 時間
3. 約 3 時間
4. 約 2 時間

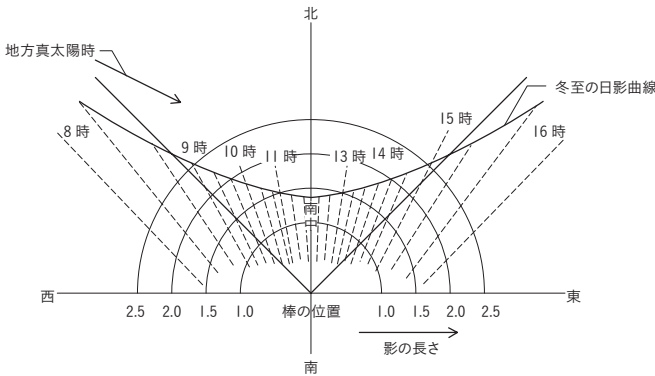


図 A

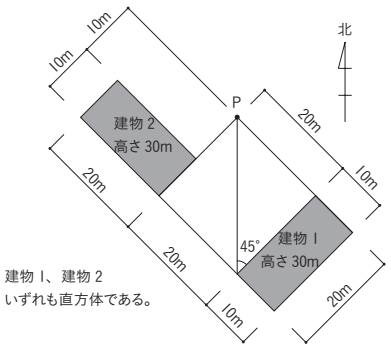


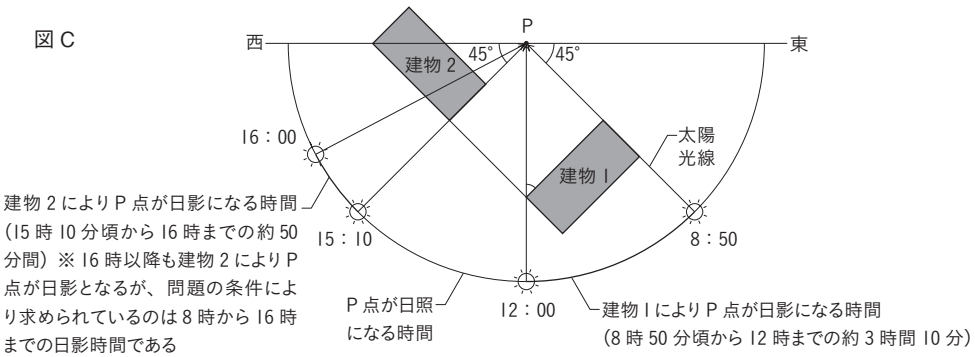
図 B

【解説】

①日影の方向を検討する

日影の方向については、図 C のように、建物 1 では 8 時 50 分頃から 12 時までの約 3 時間 10 分となる。また建物 2 では、15 時 10 分頃から 16 時までの約 50 分間となる。8 時 50 分と 15

図 C



建物 2 により P 点が日影になる時間
(15 時 10 分頃から 16 時までの約 50 分間) ※ 16 時以降も建物 2 により P 点が日影となるが、問題の条件により求められているのは 8 時から 16 時までの日影時間である

建物 1 により P 点が日影になる時間
(8 時 50 分頃から 12 時までの約 3 時間 10 分)

8 | 空気調和設備

8-1 空気調和設備

8-1-1 空気調和設備の目的と基本計画

1. 空気調和の目的

空気調和（エアコンディショニング）の目的は、室内の空気をその室内の使用目的に適した状態にするため、温度、湿度、気流、空気の浄化（清浄度）を適切に調整することである。中央管理方式の空調基準は、次の（1）～（4）のように定められている。なお、（ ）内の数値は、一般居室の基準である。

(1) 温度

17～28℃で外気との差が著しくないこと（夏：26～28℃、冬：18～22℃）

(2) 湿度

40～70％（50～60％）

(3) 気流

0.5m/秒以下（0.25m/秒以下）

(4) 空気

①浮遊粉じん量：0.15mg/㎡以下（粒径10 μm以下の粉じん）

②二酸化炭素濃度：1,000ppm以下

③一酸化炭素濃度：10ppm以下

④ホルムアルデヒド濃度：0.1mg/㎡以下

2. 空気調和設備の基本計画

(1) 建築物全体の用途や規模などにより、空気調和方式を決める。

(2) 大規模な建築では、方位別、用途別、階別などのゾーニングを行う。

(3) 各室の熱負荷を算定し、機器の容量や出力を決める。特に、開口部からの熱負荷を少なくすることが重要である。冷房負荷には、蛍光灯の安定器からの発熱量も考慮に入れる。

(4) 機器や配管の配置、吸込口や吹出口の位置を決める。

3. 空気調和設備の熱負荷計算

(1) 設計用外気条件に使われる **TAC 温度** は、実際の気象データを統計処理して得られた値であり、ある超過確率を設定して、まれに見られる猛暑などの要因を取り除いたものである。

(2) 最大負荷計算において、照明、人体、機器などによる室内発熱負荷につ

メモ

空気の浄化（清浄度）とは、二酸化炭素などのガス濃度、浮遊粉じんの濃度、細菌の濃度を基準値以下にすることである。

メモ

冷房時に外気温度との差が大きいとヒートショックを起こすので、その差を5℃以内とする。

用語

冷房負荷：室内をある一定の冷房温度にするために必要な熱量をいう。冷房時の冷房負荷には、**外部負荷**と**内部負荷**がある。外部負荷は、外気の高温の熱、外壁やガラスから侵入した日射熱などであり、内部負荷は、室内で発生する人体、照明機器、OA 機器などの熱である。

いては、一般に**冷房時**は計算に含めるが、**暖房時**は安全側となるので、計算に含めないことが多い。

(3) 期間負荷の略算に使う**全負荷相当（運転）時間**とは、冷房または暖房負荷の年間の積算値を、最大熱負荷（熱源機器容量）で割った値である。すなわち「1 年間の実際の熱負荷の時間累計値」が「最大熱負荷」の何時間分に相当するかを表したものである。

全負荷相当（運転）時間 [h/年]

$$= \frac{\text{冷房または暖房負荷の年間の積算値 [kWh/年]}}{\text{最大熱負荷（熱源機器容量） [kW]}}$$

(4) 外部から窓ガラスを通して室内に侵入する熱は、「日射が直接ガラスを透過して侵入する熱」、「日射のうち、一度ガラスに吸収され、ガラス温度を高めた後、対流と放射によって室内へ侵入する熱」、「室の内外温度差によって侵入する熱」の3つに分類される。熱負荷計算上、一般にこの3つのうち前者2つはガラスを通過する透過日射熱として計算し、後者1つは室の内外温度差によって生じる貫流熱として計算する。

4. ゾーニング

(1) ゾーニングには、方位別、用途別、階別、使用時間別などによる分け方がある。ゾーニングは、小規模な建築では費用の関係から計画されないことが多いが、大規模な建築では必要となる。

(2) 核店舗、準核店舗、専門店街からなる大型ショッピングセンターでは、業態による営業時間や負荷特性を考慮して、熱源や空調システムをそれぞれで独立させることが望ましい。

(3) 室の方位、外周部と内部のゾーニング

①**夏期冷房時**のゾーン別熱負荷では、**西ゾーン・東ゾーンは南ゾーンより熱負荷が大きい**。

②カーテンウォールなどガラス窓の多い建物では、日照時間により東西南北の各ゾーンに分ける。

③建物の外壁より**5m 以内をペリメーターゾーン（外周部）**といい、それより内部を**インテリアゾーン（内部）**という。それぞれ適切な容量の空調を行う [図 1]。

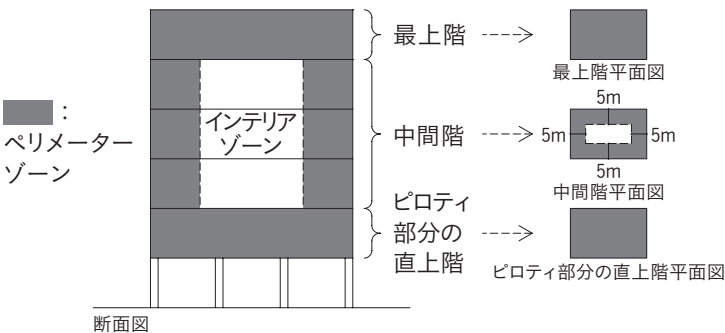


図 1 ペリメーターゾーンとインテリアゾーン

用語

暖房負荷：室内をある一定の暖房温度にするために必要な熱量をいう。暖房時の主な暖房負荷は、外壁やガラスから外部に流出する貫流熱損失と換気用として導入する外気やすき間風を加熱するための熱であり、これらから日射熱や人体、照明機器、OA 機器などの発熱分を引いたものが、実際の暖房負荷である。

用語

ゾーニング：エネルギー消費を有効に行うために、温度や湿度など空調条件や日照などによる負荷条件の違いにより、いくつかの系統（ゾーン）に分けることをいう。

メモ

ゾーニングには設備計画上のもの以外に、建築動線計画上のものがある。

メモ

天井の高いアトリウムでは、大きな上下温度差が生じやすいため、空調ゾーンを居住域（高さ3m以下または冷房吹出口の高さ以下）に限定することも検討する必要がある。

