

合格対策

田中毅弘・坂本英雄著

建築設備士試験
設備編



まえがき

本書の読者であれば、すでにご存じのように、建築設備士は、建築設備全般に関する知識および技能を有し、建築士に対して建築設備の設計、工事監理に関する適切なアドバイスを行える資格で、今後、その進展に伴い、ますます、その重要度が増してくるものと考えられます。

本書は、新しい切り口から編集された、「建築設備士第一次試験」(学科)のうち、「建築設備」に関する受験対策書です。

そもそも、市販されている「建築設備士」に関する受験対策書や、それに類する書籍は少ないのですが、既刊書は過去の問題を中心とした問題集が多く、それらも、かなり頁数がある百科事典タイプのものや、過去問題とその簡単な解説書がほとんどです。

そこで、このような「建築設備士」の受験対策書の現状に鑑みて、本書では以下の特徴を有するものとして企画いたしました。

- (1) 多忙を極める合格をめざす読者に対して、能率的に学習できるように、過去問題の出題内容を踏まえて、技術的な知識をできるだけわかりやすくし、ポイント学習できるように多めに章を設定して、読者自身がそれぞれに活用できるよう工夫した。
- (2) それらの知識を確認すべく、適宜、計算問題とともに、各章ごとに正誤を問うスタイルの「例題」を配し、各章に関連した即戦力、実践力に磨きがかかるように工夫した。

以上が、他の類書と大きく違う特徴といえます。

ぜひ、合格をめざす読者が本書を十二分に活用して、反復的にかつ体系的に学習していただき、本試験の即戦力、実践力を養い、身につけ、1日も早く建築設備士試験に合格できることを祈念いたしております。

末筆ながら、本書の刊行にあたり、理工図書の柴山斐呂子代表取締役社長をはじめ、編集部皆様に感謝の意を表します。

2024年初秋
田中毅弘、坂本英雄

第 I 部 空気調和設備

第 1 章 環境・伝熱

- 1.1 屋内外の環境 1
- 1.2 温熱環境 4
- 1.3 空気汚染、室内環境に関連した物質 10
- 1.4 伝熱 13
- 1.5 結露とその対策 24

第 2 章 湿り空気線図

- 2.1 湿り空気の性質 29
- 2.2 湿り空気線図 31
- 2.3 露点温度と結露 36

第 3 章 空調負荷と送風量

- 3.1 空気調和と空調負荷の概要 39
- 3.2 空調負荷の種類と計算法 39
- 3.3 冷房負荷 42
- 3.4 暖房負荷 46
- 3.5 送風量 46

第 4 章 空調計画

- 4.1 省エネルギー手法の概念 51
- 4.2 空気調和計画による省エネルギーの手法 53
- 4.3 熱源方式の選定による省エネルギー手法 56
- 4.4 蓄熱槽方式 58
- 4.5 省エネルギー基準 61
- 4.6 省エネルギーの評価方法 65

第 5 章 空気調和設備、暖房設備

- 5.1 空気調和設備の構成 77
- 5.2 空気調和設備の方式と設置方法による分類 78
- 5.3 熱の運搬方法による分類 78
- 5.4 省エネルギーを重視した方式 81
- 5.5 ユニット型空気調和機 83
- 5.6 暖房設備 84

第 6 章 換気と換気設備

- 6.1 自然換気と機械換気 88
- 6.2 自然換気 88
- 6.3 換気量と換気回数の計算 91
- 6.4 機械換気 96
- 6.5 換気設備の留意事項 97

第7章 配管、ポンプ、ダクト、送風機	
7.1 空気調和設備の配管	99
7.2 ポンプ	103
7.3 ダクトとその付属品	106
7.4 送風機、送風量の決定と計算	113
第8章 機器	
8.1 冷凍機	118
8.2 熱源方式	120
8.3 冷却塔	121
8.4 ヒートポンプ	122
8.5 ボイラー	123
8.6 全熱交換機器	126
8.7 成績係数	126
8.8 空気浄化装置	129
8.9 加湿器	131
第9章 排煙設備	
9.1 煙制御の基本	135
9.2 自然排煙設備と機械排煙設備	136
9.3 排煙設備の規定	138
9.4 附室の排煙設備	139
9.5 告示に定められた加圧防排煙設備	140
9.6 排煙設備、避難についての留意点	143
第10章 自動制御	
10.1 自動制御の意義	145
10.2 各種のフィードバック制御方式	146
10.3 自動制御の基本構成	147
10.4 二位置制御	147
10.5 比例制御	148
10.6 複合制御	149
10.7 DDCシステム	149
10.8 中央監視システム	149
10.9 BEMS	150
10.10 DR(デマンドレスポンス)	151
第11章 音響・振動	
11.1 音の属性	153
11.2 騒音	158
11.3 防音と遮音	161
11.4 吸音	166
11.5 振動	171

第Ⅱ部 給・排水、衛生設備

第12章 給水設備

12.1	流体の基礎知識	177
12.2	水と健康、水質基準	181
12.3	給水のしくみ、給水の方式	183
12.4	使用水量と必要圧力	188
12.5	給水設備用機器材料	190
12.6	貯水槽、給水ポンプ	192
12.7	機器容量の算定	197
12.8	給水管径の決定	202
12.9	給水設備とその工事における留意事項	203

第13章 給湯設備

13.1	給湯設備の基礎知識	208
13.2	給湯方式と配管方式、供給方式、循環方式	209
13.3	給湯機器、循環ポンプ、貯湯槽	212
13.4	給湯設備等の留意事項	216

第14章 排水設備と通気管

14.1	排水設備	218
14.2	トラップと阻集器	219
14.3	排水槽、排水ポンプ	223
14.4	給水管、給湯管、排水管	225
14.5	通気管	229
14.6	排水設備に関連した例題	231

第15章 衛生器具

15.1	衛生器具設備の概要	239
15.2	大便器、小便器、その他の衛生器具	240
15.3	設備ユニット	244
15.4	衛生器具の種類別所有数	245

第16章 排水処理、し尿浄化槽、雑用水設備、厨房除害設備

16.1	排水処理、し尿浄化槽設備の概要	247
16.2	し尿浄化槽の設備・種類、処理工程、 合併処理のし尿浄化槽、浄化槽の保全、運転管理	247
16.3	雑用水の利用、雑用水設備、雑用水および雨水の管理、 厨房除害設備	257

第17章 消火設備、ガス設備、給・排水特殊設備、施工・材料の留意点

17.1	消火設備	262
17.2	ガス設備	269
17.3	建築物内の廃棄物処理と廃棄物処理設備	274
17.4	その他の給・排水特殊設備、施工・材料の留意点	279

第Ⅲ部 電気設備

第 18 章 電気設備の基礎

18.1	電気回路に係る自然法則・現象	284
18.2	用語の定義	288
18.3	電気設備の図記号	291
18.4	直流回路の基礎計算	292
18.5	直流回路の応用計算	293
18.6	交流回路の基礎知識	295

第 19 章 電気設備計画

19.1	配線設計	298
19.2	接地工事	299
19.3	発電機・電動機	301
19.4	防災設備	302
19.5	その他の設備計画について	303

第 20 章 受変電設備

20.1	区分開閉器	307
20.2	断路器	308
20.3	主遮断装置	309
20.4	進相コンデンサ	310
20.5	変圧器	311
20.6	力率改善に必要なコンデンサ容量の算出	313
20.7	その他受変電設備に係わる計算	314

第 21 章 予備電源設備

21.1	自家発電設備	317
21.2	コージェネレーション設備	319
21.3	蓄電池設備	321
21.4	無停電電源設備(U P S)	323

第 22 章 照明設備

22.1	照明に関する用語	325
22.2	照明方式	326
22.3	照度計算	327
22.4	ランプの特徴	329

第 23 章 動力設備	
23.1 電動機の種類	331
23.2 誘導電動機の構造	331
23.3 誘導電動機の手速度制御	331
23.4 誘導電動機の手特性曲線	332
23.5 誘導電動機の手始動方式	333
23.6 電動機に係わる保護規程	334
第 24 章 防災設備	
24.1 各種防災設備と法令	337
24.2 各種防災設備と非常電源の組合せ	338
24.3 自動火災報知設備	339
24.4 その他の防災設備の基準	340
第 25 章 情報通信設備	
25.1 テレビ共同受信設備	342
25.2 LAN設備	344
25.3 その他主な情報設備	345
第 26 章 雷保護設備	
26.1 外部雷保護設備の設置基準	347
26.2 受雷部システム	347
26.3 引下げ導体システム	349
26.4 接地システム	350
26.5 内部雷保護設備	350
第 27 章 幹線・配線設備	
27.1 許容電流による電線サイズ	353
27.2 電圧降下を考慮した電線サイズ	354
27.3 電圧降下の計算例	354
27.4 工事方法の種類と適用範囲	355
27.5 各種工事と電線の収容数	355
27.6 保安に関する項目	356
第 28 章 機器・材料	
28.1 受変電設備の機器	362
28.2 予備電源設備の機器	363
28.3 照明機器	364
28.4 配線材料	365
28.5 再生可能エネルギー機器	365

第 29 章	輸送設備	
29.1	エレベータ計画	368
29.2	エレベータの配置	369
29.3	エレベータの仕様	369
29.4	非常用エレベータ	370
29.5	災害時のエレベータ挙動	371
第 30 章	施工計画・申請手続	
30.1	施工計画	373
30.2	工程表の特徴	373
30.3	申請手続	375
第 31 章	施工管理・維持管理	
31.1	安全管理体制	377
31.2	維持管理	378
第 32 章	契約・積算業務	
32.1	建設業法	382
32.2	積算業務	383
	事項索引	388

第1章 環境・伝熱

1.1 屋内外の環境

(A) 地球温暖化、ヒートアイランド現象

(1) 地球温暖化

地球は、太陽光のエネルギーを受けて温められている一方、この温められた熱エネルギーを宇宙空間へ放出している。この双方の反復運動がバランスよく行われることによって、我々人類が住みやすい平均した温度が保持されている。

ところが、二酸化炭素（CO₂）などの温室効果ガスの濃度が上がると、温められた熱を宇宙空間に放出する運動が妨げられ、地球が温室バリアーで包まれた状態になり、地表の温度が必用以上に上がってしまう地球温暖化とは、このように、地球表面の大気や海洋の平均温度が長期的に見て上昇する現象である。地球温暖化は、人間の産業活動に伴って排出された温室効果ガスが主因となって引き起こされている。

(2) ヒートアイランド現象

ヒートアイランド現象は、都心部の気温が郊外に比べて島状に高くなる現象で、例えば、東京においては過去 100 年間に年間の平均気温が約 3℃ 上昇するなど、大都市において特に顕著にあらわれている。なお、都心部と郊外との温度差は 3～5℃ あるといわれている。

その主な原因を示すと

- ① アスファルトの道路は昼間の太陽の熱射で深層まで高温となり、夜間に蓄積された熱が放出される。
- ② 樹木は、大量の水を空气中に吐き出している。緑地面積が小さくなると、植物や地表からの水分の蒸発量が減少し、蒸発潜熱が減少する。
- ③ 都市への人口集中によって、各種のエネルギー使用量が増え、排熱量が増加する。
- ④ 高層建築物などの壁面で多量反射するため、都市の構造物が加熱されやすくなる。

なお、ヒートアイランド現象の緩和には、緑化の推進などが有効であるとされている。なぜなら、緑には、その蒸散作用などによって、気温の上昇を抑える効果があるからである。

また、都市部にある建築物の屋上に高反射性塗料を塗ることにより、ヒートアイランド現象を抑制する効果が期待されている。

(3) 湿度

湿度は、大気中に含まれる水蒸気量を示すもので、気象上は相対湿度で表されるが、空気調和負荷計算などでは絶対湿度が用いられる。

湿度の日変化は、気温の日変化と、ほぼ逆の状態になる。これは、大気中に含まれる水蒸気量があまり日変化しないのに対して、日中の気温が上昇することによって飽和水蒸気量が増大し、その結果、湿度が低下するためである。一方、湿度の年変化は、夏期に高く、冬期に低くなるので、とくに夏期は高温多湿となって、不快な気候状態となる。

気温と湿度は、人々の生活に影響するところが大きく、建築物に対しても、結露を生じさせる要因となるなど、快適性や良好な衛生環境を保持する上で、さまざまな作用を及ぼす。

図1.1は、月平均の気温と湿度をプロットし、12ヵ月を結んだもので、クリモグラフという。気候図の一つで、地球上での各地域における気候の特徴を把握するのに便利である。

(B) 風と気圧

(1) 風

風は、風向と風速でその性質が決まる。風向とは、風の吹いてくる方角をいい、一般に図1.2のように16方位で表される。

わが国の風向は、夏期には太平洋側の高気圧から中国大陸側の低気圧に向かって吹き、冬期には逆に大陸側から太平洋側に吹くことが多い。しかし、地上近くを吹く風は、地形や障害物によって一定した風向にならない場合がある。

風速は、空気の流れの速さを示し、メートル毎秒 [m/s] で表示され、風速データは、測候所等の地上10[m]以上の高さの開放した場所での観測地で、市街地の低層建築物と風通しの良い高台や高層建築物での風速はかなり異なり、補正を必要とする。図1.3に示すように、ある場所で吹く風の状態を表したものを風配図といい、もっとも頻度の高い風向を最多風向あるいは卓越風という。

建築物に風があたると、風上側ではその表面に圧力が加わり、風下側では圧力が減じられて、

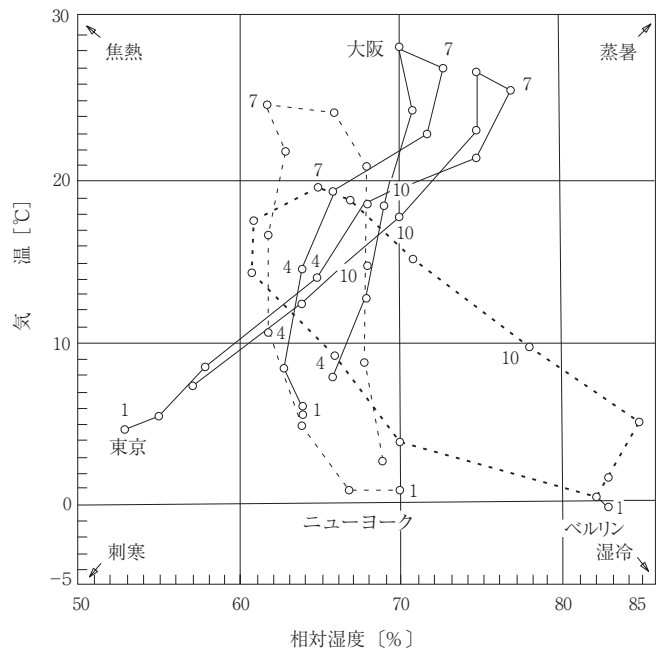


図1.1 クリモグラフの一例

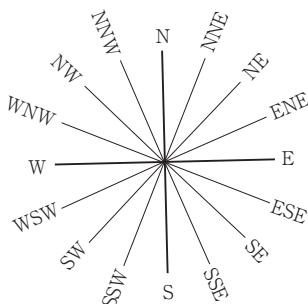


図1.2 風の16方位

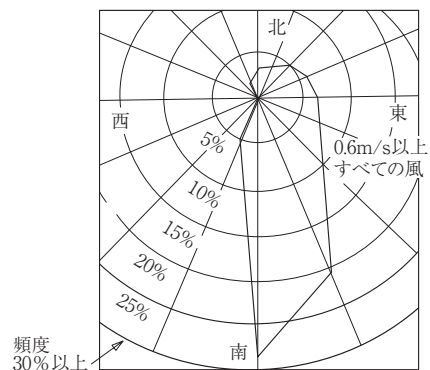


図1.3 東京における風配図の例 (8月、午後2時の計測例)

建築物にいろいろな方向からの力が加わる。このような建築物に作用する力を風圧力といい、局地的な強風や突風、さらに台風などによって大きな被害を受けやすい。それを防ぐには軒の出を浅くしたり、屋根勾配を緩やかにするほか、屋根ぶき材料が飛散しないように下地を緊結するなどの配慮が必要である。

また、高層建築物の周辺では、その建築物によって風向や風速が変化して、局地的な強風が起こり、付近の建築物に被害を及ぼすことがある。これがいわゆるビル風である。ビル風は、高層建築物や大規模な建築物群周辺の狭い範囲で発生するもので、建築物の形状・配置や周辺の状況などにより、非常に複雑な風の流れとなる。ビル風の評価には、風速増加率を用いる。風速増加率は、計画建築物の建設前における風速と計画建築物の建設後における風速の比のことである。ビル風は、時として風害となりうる。これを防止するには、外壁の出隅部分を曲面にするなど工夫して、周辺への影響を少なくする。また、隅角部では、建築物の壁面に沿った風の流れが、隅角部で建築物から離れる現象を、一般に、剥離流れという。つまり、剥離流は、風は建築物にあたると、壁面に沿って流れていくが、建築物の隅角部のところまで来ると、それ以上壁面に沿って流ることができなくなり、建築物から剥がれて、流れ去っていく。この建築物の隅角部から剥がれた風は、その周囲の風よりも早い流速をもち、ビル風の現象のひとつといわれている。なお、剥離流以外のビル風の現象としては、吹き降ろし、逆流、谷間風、開口部風、街路風の渦領域、吹き上げなどの現象がある。さらに、強風によって超高層建築物などに生じる振動(揺れ)は、水平変位が大きい場合もあり、人によっては船酔いの症状を起こすことがある。

(2) 気圧

大気中においては、地上の物体表面に働く圧力で、単位水平面積上にある上空までの大気の重量によって決まる。一般に、水銀柱の高さ760 [mm] の場合を1気圧とする。SI単位系では、圧力をPa (パスカル) で表す。

(C) 気温と湿度

(1) 気温

人々の生活は、その地域の気候から、いろいろな影響を受ける。とくに、気温は、大気中の空気の温度をいい、室内温度に対しては外気温、湿度を求めめるために乾湿計のガーゼを巻き湿した方の示度である湿球温度に対しては乾球温度という。外気温は放射などの影響がないように百葉箱内に設けた温度計で測定する。

気温は、太陽エネルギーなどの影響で絶えず変化し、季節によって、1年を周期とする年変化と、1日を周期とする日変化を繰り返す。気温の日変化は日の出のころに最低となり、以後上昇して午後2時頃最高となる。1日の最高気温と最低気温との差を日較差といい、その地域の気温の日変化の程度を表すものである。わが国では、どの地域でも、ほぼ10℃前後で、比較のおだやかな日変化を示す。また、晴天日は昼間の受熱量も多いが、夜間放射も大きく、曇った日より日較差が大きくなる。

気温の年変化を年較差といい、一般に月別平均気温で示される。年較差とは、年間の最高気温と最低気温との差のことである。一般に、高緯度地域ほど大きくなる傾向といえるが、この違いは、主として冬期の温度によって生じる。各地域によって、月別平均気温による年変化の程度は異なり、札幌で約26℃、東京約22℃、鹿児島約21℃、那覇約12℃で、緯度の高低によって差が

ある。

(2) デGREEデー (度日、Degree-day)

冬期、建築物における暖房に必要な熱量、あるいは燃料費などを計算するときには、デGREEデー (度日、Degree-day) を用いる。つまり、暖房をある設定温度とした場合、屋外における気温の日平均が、設定温度よりも低くなった日について、気温と設定温度との差を求め、これを全冬期間にわたって積算し、各地の寒さの目安としたもので、 $D_{28-18}=30000$ (暖房時の設定温度を28℃とし、18℃以下の日に暖房する場合の度日数は3000) などと表示する。なお、デGREEデーの単位は [℃・day] である。なお、デGREEデーは冷房の期間でも設定可能である。

1.2 温熱環境

(A) 快適条件 (温熱条件)

人体は常に熱を発生している。その熱を発散しすぎると寒く感じ、発散が足りないと暑く感じる。

人間の体感、すなわち、暑さ寒さの感覚は、基本的には温度、湿度、風速、放射 (周囲壁面からの放射) の四つの要素による。環境4要素は室内環境の物理的要素である。そして、さらに室内快適環境を検討する場合に、人間側の要素の作業量 (メット値)、着衣量 (クロ値) を加えて、環境6要素という。環境要素を表す尺度の関係を表1.1に示す。なお、表中の△は、多少なりとも尺度に考慮されることを表す。

(B) 不快指数 (Discomfort Index, DI)

快適環境の評価で最も簡単なものが不快指数で、気温 (乾球温度) と湿球温度 (湿度の指標) から求める

$$DI=0.72(\text{乾球温度}[\text{℃}]+\text{湿球温度}[\text{℃}])+40.6$$

これは夏期における屋外の蒸し暑さしか示すことができない。

DIの値が75以上で「やや暑さを感じる」、80以上で「暑くて汗が出る」、85以上で全員「不快」とされる。

(C) 作用温度 (Operative Temperature, OT)

気温、気流、放射の影響を数値化することによって、体感温度を示す尺度であり、湿度の影響は加味しない。一般に、発汗の影響を小さい環境下における熱環境に関する指標として用いられ、

表 1.1 環境要素を表す尺度

	温度	湿度	風速	放射	作業量	着衣量
不 快 指 数	○	○	×	×	×	×
作 用 温 度	○	×	○	○	×	×
有 効 温 度	○	○	○	×	×	×
修 正 有 効 温 度	○	○	○	○	×	×
新 有 効 温 度	○	○	○	○	△	△
標 準 新 有 効 温 度	○	○	○	○	○	○
PMV (予測平均申告)	○	○	○	○	○	○

空気温度と平均放射温度の重み付け平均で表される。たとえば、無風 (0.2m/s 以下) の場合における作用温度 (OT) は、次式のように、気温 (T_i) と平均放射温度 (MRT) との相加平均に等しくなる。主に放射暖房の設計に使用されている。

$$OT \cong \frac{T_i + MRT}{2}$$

T_i : 気温 (室温)、MRT: 平均放射温度 (Mean Radiant Temperature)

ここで、平均放射温度 (MRT) とは、温度が異なる壁体に囲まれた人体表面の放射熱取得量と、これに等しい放射熱が取得できるような室の均一な放射温度をいう。近似的には、室内の平均表面温度となるが、厳密には在室者の位置などで異なる。なお、平均放射温度 (MRT) は、グローブ温度、空気温度及び気流速度から求められる。

作用温度は、主に発汗の影響が小さい環境下における熱環境に関する指標として用いられ、空気温度と平均放射温度の重み付け平均で表される。

(D) 有効温度 (ET)

これは、ヤグローなどによって研究されたもので、感覚温度、実効温度ともいわれている。有効温度は、室内空気の温度、湿度、風速の三つの要素の組み合わせから図表によって求める体感から示す一つの尺度である。この三要素の組み合わせによる体感とまったく同じ体感を与える湿度 100%、風速 0 のときの気温で表す。たとえば、ET20℃ というのは、20℃、100%、無風時と同等に感じる、あらゆる温度、湿度、風速の組み合わせの状態を示すもので、多数の被験者を使っての実験から導き出された指標である。ET17℃ ~ 20℃ の範囲を快感帯、特にそのなかで湿度 40% ~ 60% の範囲を最適快感帯という。

(E) 修正有効温度 (CET)

有効温度 (ET) は、周壁の放射の効果を考えていないので、乾球温度の代わりにグローブ温度を用いて図表によって求める。すなわち、温度、湿度、風速、放射熱によって体感を表す。

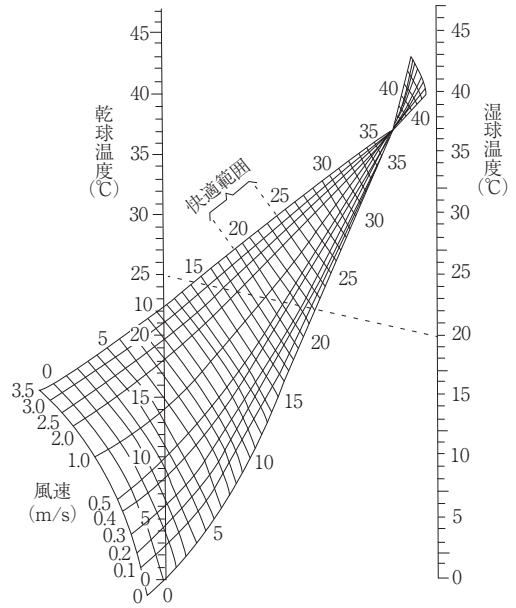


図 1.4 有効温度表 (静止して上着を脱いだ場合) (日本建築学会編『建築設計資料集』)

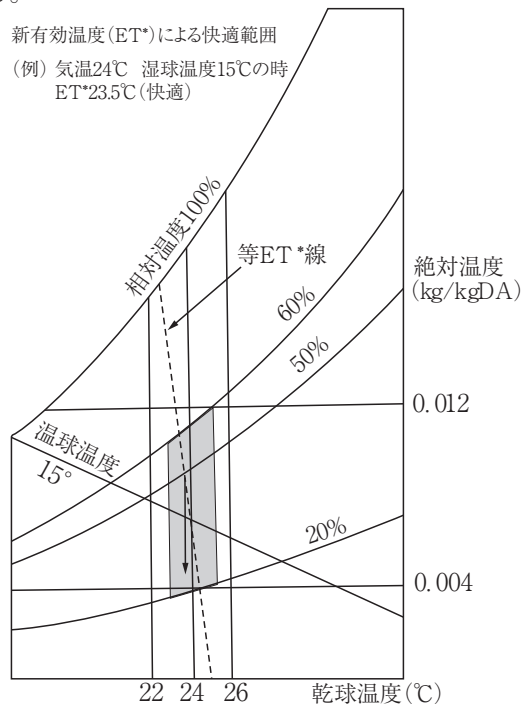


図 1.5 新有効温度 (ET*) のイメージ

(F) 新有効温度

新有効温度 (ET*, イーティースター) は、温熱4要素を室内環境の要素とし、これに人間側の要素として作業量、着衣量を加えたものである。有効温度は湿度100%を基準にしているが、新有効温度は湿度50%、風速0m/sを基準としている。新有効温度は、椅子に座っている状態(作業量)で、ワイシャツ程度の軽装(着衣量)の人に適用されるものである。

(G) 標準新有効温度

標準新有効温度 (SET*, エスイーティースター) は、温熱4要素に加え、作業量、着衣量も考慮した指標である。新有効温度 (ET*) は、任意の作業量、着衣量で個々に算出され、同一の作業量、着衣量の時だけしか快適度を比較できない。そこで、標準新有効温度は、相対湿度50%、椅子に座った状態、着衣量0.6clo、風速0m/sの状態に標準化して、異なる作業量、着衣量の時にも、それぞれの快適度を比較できるように工夫した指標である。SET*では、22.2～25.6℃が快適許容できる範囲である。なお、SET*が20℃の場合であっても、必ずしも温冷感は「快適、許容できる」という範囲になるとはいえない。

(H) PMV (予測平均温冷感申告) と PPD (予測不満足者率)

デンマーク工科大学のファンガー (P.O.Fanger) 教授が、1967年に快適方程式の導出を発表し、これを出発点として人体の熱負荷と人間の温冷感を結びつけたPMV (Predicted Mean Vote、予測平均温冷感申告) およびPPD (Predicted Percentage of Dissatisfied、予測不満足者率: その温熱環境に不満足・不快さを感じる人の割合) の提案をし、ISO7730 (1994) ともなっている。

人体の熱的快適感に影響する要素は、室内の温熱感覚に関係する六つであるが、PMVは、室温、放射温度、相対湿度、気流速度の四つの物理的要素と、人間側の要素である在室者の着衣量と人体の代謝量といった二つを考慮した温熱環境指標である。

これらの要素に関して、その複合効果を、どのように評価するかについての理論である。快適方程式に、この六つの要素を代入すると、人間が、その時、暖かいと感じるか、寒いと感じるかを「7段階の評価尺度による数値」で表している。

予測平均温冷感申告 (PMV) は、主に均一な環境に対する温熱快適指標であるため、不均一な放射環境、上下温度分布が大きな環境および通風環境に対しては適切に評価できない場合がある。一方、予測不満足者率 (PPD) は、人間が、ある暑い寒いの状態の時に何%の人が、その環境に不満足かを表すのに用いられる。なお、この指標は、執務空間など、通常、人が、居住する比較的、快適温度範囲に近い温熱環境を評価するのに適している。PMVが-2から+2の範囲

表 1.2 PMV の適用範囲と7段階の基準値

PMV の適用範囲		PMV の7段階の評価尺度	
PMV	- 2 < PMV < +2	+3	Hot 暑い
代謝量	0.8 ~ 4met	+2	Warm 暖かい
着衣量	0 ~ 2clo	+1	Slightly warm やや暖かい
空気温度	10 ~ 30℃	0	Neutral 中立
平均放射温度	10 ~ 40℃	- 1	Slightly cool やや涼しい
平均風速	0 ~ 1m/s	- 2	Cool 涼しい
相対湿度	30 ~ 70%	- 3	Cold 寒い

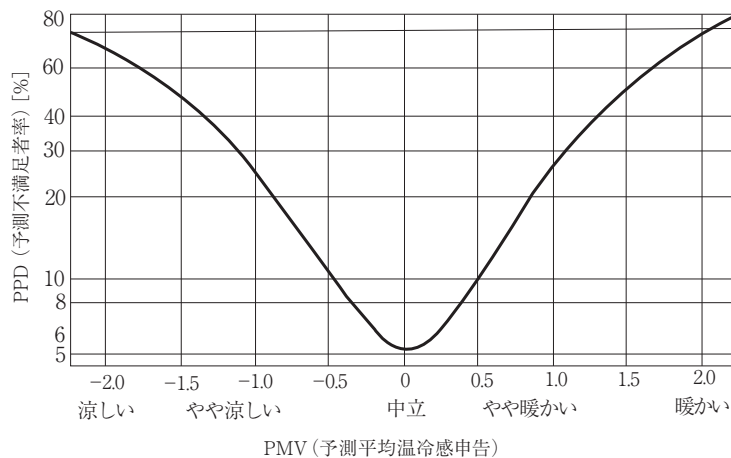


図 1.6 PMV と PPD の関係

内の温熱環境評価に用いるのがよいとされている。予測平均温冷感申告（PMV）の値が0に近づくに従って、予測不満足者率（PPD）は低くなる。ISO7730（1994）では、PMVが±0.5以内に収まり、かつ、PPDが10%未満となるような温熱環境を推奨している。

(I) 熱的快適性と局所的不快感

熱的快適性は「その温熱環境に満足を示す心の状態」として定義されるが、快適と感じる温度には個人差があるために、在室者の少なくとも80%が許容できる温熱環境とされている。

高齢者は代謝量が低下するので、やや高い温度が好まれ、実際の生活環境下では女性のほうが一般的に着衣量が少ないこともあり、女性のほうが男性よりも寒さを感じやすい。

また、次のような局所的な条件によって不快感を感じることもある。

(a) 周辺からの放射

暖かい天井、壁に対する周辺からの放射の不均一の限界は5℃以内、冷たい窓面に対する周辺からの放射の不均一の限界は10℃以内とされる。開口部（冷たい窓面）の断熱性が重要となる。

(b) 気流の乱れ・ドラフト

夏期には気流を増すことによって、涼感を得ることができるが、気流を増加させすぎるとドラフトを感じる。ドラフトとは「望まれない局部気流」と定義されるが、特に温度の低い冷たい気流によるドラフトは、コールドドラフトと呼ばれ、実際の温度以上に寒さを感じることになる。室内の気流の乱れは、冬期0.15m/s以下、夏期0.25m/s以下がドラフトに対する許容限界とされる。

(c) 室内の上下の温度

椅座（いす座）位の場合、くるぶし（床上0.1m）と頭部（床上1.1m）の上下温度差は、3℃以内とすることが推奨されている。

(d) 床面温度

通常の室内の床面温度としては、19～26℃が推奨され、床暖房装置がある時でも、その表面温度は29℃以下とすることが勧められている。特に体温よりも高い表面温度による暖房は、低温やけどを起す危険があり、避けるべきである。

(e) 温度変動

周期的な温度の変動は、その変動の許容範囲として、1.1℃以内、また、温度変動率では2.2℃/hを超えないこととされている。また、冷たい壁面による温熱の局所的な不快感を防ぐためには、放射の不均一性（放射温度の差）を10℃未満にすることが望ましい。冷暖房機器は、一般に、外部負荷の少ない場所に設置するより、外部負荷の多い窓付近に設置するほうが、良好な室内の温熱環境が得られる。

(J) 人体からの発熱

人体からの熱放散は、放射・対流・蒸発・飲食・呼吸・排泄物などによるが、人体からの発熱は室温を上げる顕熱と水蒸気を発生することによる潜熱とに分けることができる。例えば、空気調和の熱負荷では顕熱と潜熱に分けて扱っている。安静時には顕熱による発熱の比率が高いが、重作業になるほど潜熱による発熱の比率が高くなる。

(a) 顕熱

人体からの放射伝導などによるもので、安静時室温24℃のとき約58W/人である。重作業時には130W/人以上となる。

(b) 潜熱

人体からの水蒸気の蒸発による潜熱は、室温の高低、作業の状態などによって差は大きく、通常23～46W/人であるが、重作業時には210W/人以上にも達する。つまり、作業の程度に応じて代謝量が増えるにつれて、人体からの総発熱量に占める潜熱発熱量の比率は、一般に、増加する傾向にある。

(K) 作業量（代謝量）

作業量（代謝量）として、人体の代謝熱量を単位met（Metabolic Equivalent、メット）という運動強度を示す単位で表すことができる。椅座（いす座）位の安静時には身体表面積1m²当たり58.2W

表 1.3 人体からの放射熱量

作業状態	met	放射熱量 (W)		
		顕熱	潜熱	合計
いす座（安静時）	1.0	70	23	93
重作業（工場等）	3.7	162	210	372

の発熱量があるので、これを基礎代謝として1metとする。立って軽作業をしている時は2met、重労働時では6met以上と増大する。なお、着席安静時における日本人の標準的な体格の成人男性の作業量（代謝量）は、約100W/人である。

(L) エネルギー代謝率

エネルギー代謝率（Relative Metabolic Rate, RMR）は、労働代謝の基礎代謝に対する比率で表され、人間の作業強度を表す指標である。

$$\begin{aligned} \text{エネルギー代謝率} &= (\text{活動時総代謝量} - \text{安静時代謝量}) / \text{基礎代謝量} \\ &= \text{活動(労働)代謝量} / \text{基礎代謝量} \end{aligned}$$

(M) 着衣量

着衣量は衣服の断熱性を表す単位clo（クロ）によって表される。着衣なしの状態が0clo、普通の事務服で1clo、新有効温度測定時は0.6cloの着衣とする。

$$1\text{clo} = 0.155(\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$$

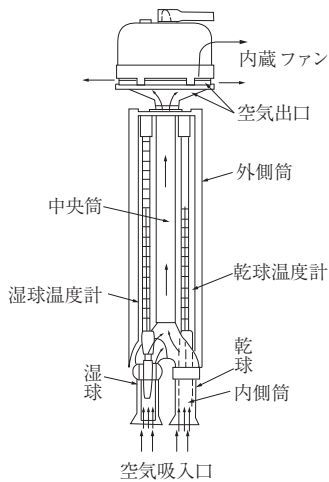


図 1.7 アスマン通風乾湿計

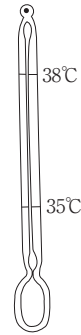


図 1.8 カタ計

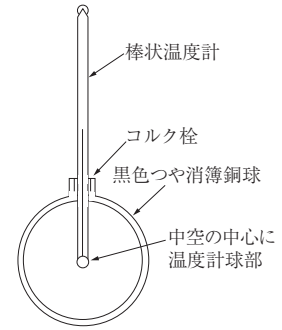


図 1.9 グローブ温度計

(N) 微気候

微気候とは、一般に、建築物や人体への影響が大きい地表面近くの気候、室内環境における建築部材付近や人体の皮膚付近の気候等をいう、微気候の概念は、住宅や街づくりに微気候デザインとして導入されている事例もある。

(O) 測定器具

(a) アスマン通風乾湿度計

周囲の放射熱の影響を防ぐために、温度計を2重の円筒で囲み、上部の付属ファンを回して感熱部に気流を与え、一定時間経過したのち、乾球と湿球の温度目盛を読み取るものである。

(b) カタ計

一種のアルコール寒暖計である。一定温度間の降下時間を計測して微風速を測定する。現在は、ほとんど用いられていない。

(c) グローブ温度計

中空の銅球の表面に黒ツヤ消しエナメル塗装をし、球の中心部に温度計を入れ、気温と周壁の放射熱の効果を温度で示す。

(d) 抵抗温度計

金属の抵抗が温度によって変化することを利用するもので、精密温度測定に適している。

(e) 熱線風速計

気流中に置いた熱線の温度は、電力による加熱量と風速による冷却量によるので、温度を一定に保つときの供給電力で風速が推定（計測）できる。風速の測定範囲、応答の善し悪しで数多くの種類があるので、目的にあったものを選択し、また、指向性のあるものが多く、気流の方向と検出部の指定方向を正しく合わせる必要がある。

(f) 赤外線サーモカメラ

モニター上にカラーで物体の表面温度を表示して、常温近くの表面温度を精度よく測定できる。建築物や配管の表面温度分布から断熱の欠陥を調査したり、人体の表面温度から、健康状態、快適性を調べることもできる。

1.3 空気汚染、室内環境に関連した物質

(A) 居住者の呼吸による室内空気の汚染

成人安静時の呼吸量を表 1.4 に示す。安静時で $0.012\text{m}^3/\text{h}$ 、普通の事務作業程度で $0.02\text{m}^3/\text{h}$ の二酸化炭素 (CO_2) を発生する。

CO_2 は、よほど高い濃度にならない限り、人体に有害ではない。むしろ、同時に、水蒸気、臭気その他の人体からの発散物の量も増大し、それらが空気の質を悪化させると考えられる。したがって、室内空気の CO_2 濃度をもって汚染の程度を示す指標とすることが広く行われている。

表 1.4 成人安静時の呼吸量

毎時呼吸量	240 ~ 360l
毎時 O_2 消費量	0.01 ~ 0.018 m^3
毎時 CO_2 発生量	0.006 ~ 0.013 m^3

- (注) 1. 安静時とは横臥安静ないし立位安静のことである。
 2. 女子は O_2 消費量以外は一般に男子より、やや小である。
 3. 児童は成人の 40 ~ 70%, 平均 50%.

(B) 二酸化炭素 (CO_2) の許容濃度

室内における CO_2 の許容量は、通常 1,000ppm (0.1%) 以下とされる (表 1.5)。多数の人間が継続して在室している時の許容量は 700ppm (0.07%)、2,000ppm (0.2%) 以上で相当不良をきたす。身体への有害性は 10,000ppm (1%) 程度以上から始まり、4% 以上では顕著になる。

(C) 一酸化炭素 (CO) の許容濃度

室内への新鮮空気の給気が不足し、室内空気の酸素濃度が低下すると、暖房器具等の燃料が不完全燃焼を起こし、一酸化炭素 CO を発生するようになる。CO は有毒であり、その許容量は、100ppm (0.01%) 以下とされている。表 1.6 に許容 CO 濃度と中毒症状を示す。各種法令による許容量は 6ppm (0.0006%) 以下とされている。

中毒症状の程度は濃度と呼吸時間との積で示され、濃度 (ppm) × (h) が 600 以上になると中毒症状があらわれるといわれる。人間は、空気中の一酸化炭素濃度が 1% を超えると、数分間で死に至る。開放型燃焼器具の使用によって、室内の酸素濃度が 18% 以下になると、不完全燃焼による一酸化炭素の発生量が増加し、一酸化炭素中毒の危険性が高くなる。なお、室内の酸素濃度が 18% 近くに低下した場合、人体に対しては生理的に大きな影響を与えにくい、開放型燃焼器具の不完全燃焼をもたらすおそれがある。

表 1.5 CO_2 濃度の許容量および生理的有害限度

濃度 (%)	意義	摘要
0.07	多数継続在室する場合の許容量	CO_2 そのものの有害限度ではなく、空気の物理的、化学的性状が、 CO_2 の増加に比例して悪化すると仮定したときの汚染の指標としての許容量を意味する
0.10	一般の場合の許容量 (1,000ppm)	
0.15	換気計算に使用される許容量	
0.2 ~ 0.5	相当不良と認められる	
0.5 以上	最も不良と認められる	
4 ~ 5	呼吸中枢を刺激して呼吸の深さ、回数を増す。呼吸時間が長ければ危険。 O_2 の欠乏を伴えば障害は速く生じ、決定的となる	
8	10 分間呼吸すれば、強度の呼吸困難、顔面紅潮、頭痛を起こす。 O_2 の欠乏を伴えば障害は、なお著しくなる	
18 以上	致命的	

表 1.6 許容 CO 濃度と中毒症状

濃度 (%)	許容度および呼吸時間と症状
0.01	長時間の呼吸時の許容度
0.02	2～3時間内に前頭に軽度の頭痛
0.04	1～2時間で前頭痛、吐き気、2.5～3.5時間後、頭痛
0.08	45分で頭痛、めまい、吐き気、けいれん、2時間で失神
0.16	20分で頭痛、めまい、吐き気、2時間で致死
0.32	5～10分で頭痛、めまい、30分で致死
0.64	10～15分で致死

(D) 浮遊粉じん

大気中の粒子状物質は、「降下ばいじん」と「浮遊粉じん」に大別され、さらに「浮遊粉じん」は、環境基準が設定されている粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子状物質 (SPM, Suspended Particulate Matter) とそれ以外に区別される。現在では、 $2.5\mu\text{m}$ 以下のものを PM2.5 として基準が設定されるようになった。

粒径が $10\mu\text{m}$ 以上のものは、痰とともに排出されるが、 $10\mu\text{m}$ 以下のものは、肺の奥まで吸収される。これらの人体への影響は、じん肺、気管支炎、肺水腫、ぜんそくなど吸収による直接的なもの、大気中の物質による日光の遮断が原因のくる病の発生増加のような間接的なものがある。

建築物衛生法（建築物における衛生的環境の確保に関する法律）における浮遊粉じんに関する基準は、中央管理方式の空気調和設備を設ける居室において、 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 以下とするように規定されている。

(E) シックハウスと化学物質による室内汚染

シックハウスとして問題になる背景には、①住宅の高気密化、②新築住宅の割合が多い、③新建材（天然のものから高加工品）の使用割合が高い、④家庭内薬剤（殺虫剤、芳香剤、消臭剤等）の多用、⑤施工時における接着剤の多用、⑥工期（乾燥期間）の短縮などの要因があり、多種の汚染源に囲まれているともいえる。

一方、物質が体内に入ってくる主なルートには、①呼吸による空気から、②食べ物や飲み物から、③皮膚が触れたものからなどがあり、このなかで、呼吸は24時間休みなく常時行われている関係から、空気から取り込まれるものの割合は非常に大きい、したがって、シックハウスの予防には、発生源に注意するとともに、換気が極めて重要となる。室温が高くなると、発散量が多くなり、汚染濃度が高くなる傾向がある。表1.7に厚生労働省が定めた主な室内濃度指針値を示す。表中、 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ は、 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ に換算できる。例えば、ホルムアルデヒドの場合、 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ は、 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ となる。なお、中央管理方式の空気調和設備を用いた居室において、許容されるホルムアルデヒドの量の上限は、 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ である。さらに、図 1.10 に、室内空気中における有機化合物の分類と沸点を示す。

表 1.7 厚生労働省が定めた主な室内濃度指針値

物質名	室内濃度指針値		主な用途、補足
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	
ホルムアルデヒド	100	0.08	工場で用いる木質材料用接着剤原料、防腐剤
アセトアルデヒド	48	0.03	接着剤原料、防腐剤
トルエン	260	0.07	接着剤、塗料などの溶剤
キシレン	870	0.2	接着剤、塗料などの溶剤
エチルベンゼン	3,800	0.88	接着剤、塗料などの溶剤
パラジクロロベンゼン	240	0.04	衣類の防虫剤、芳香剤
クロルピリホス	1	0.0007 (0.07ppb)	防蟻剤
総揮発性有機化合物 (TVOC)	400	—	—

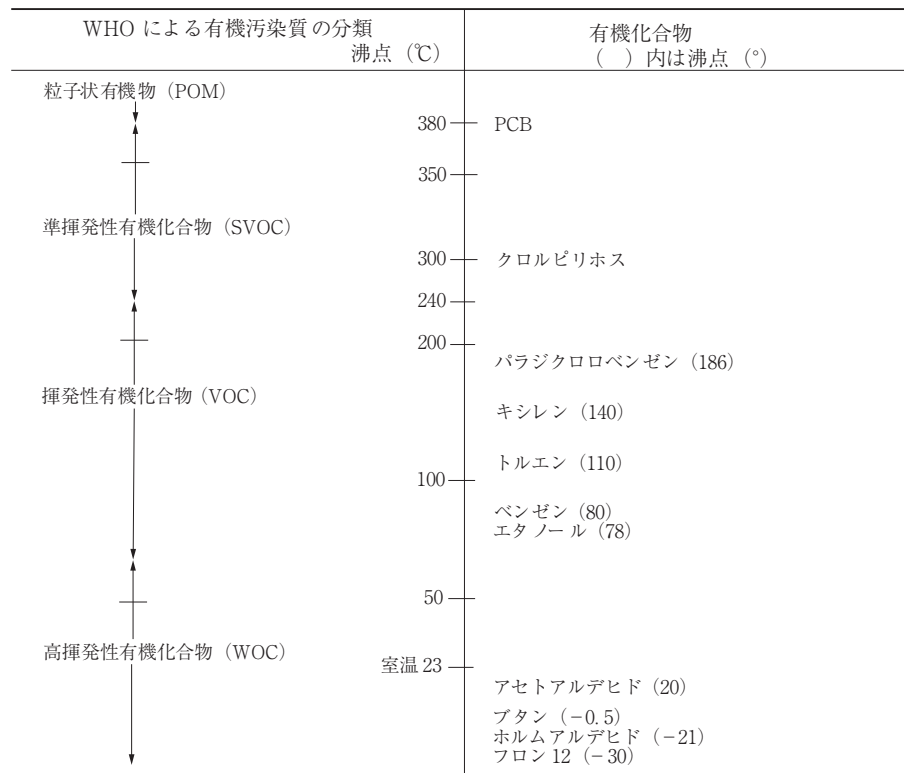


図 1.10 室内空気における有機化合物の分類と沸点

1.4 伝熱

(A) 伝熱過程と熱の性質

熱は、一般に高温部から低温部へと移動する性質をもっている。しかし、その移動は、場合によって、いろいろと異なる方法で行われている。例えば、室内の温度における熱の移動を考えた場合、窓や出入口を閉めきったとしても、高温側の空気中の熱が建築物の各部を貫通して、低温側の空気へ伝わるために変化する。熱の移動が激しい建築物の室内では、外気温の影響を大きく受け、特に、夏期や冬期には、不快な室内気温になりやすい。

一般に、建築物の各部に熱が伝わる過程は、図 1.11 のように、高温側の空気中

の熱は熱伝達され、材料の表面で熱対流や熱放射した後、材料内を熱伝導する。そして、材料と材料の間に中空層（空気層）が存在する場合、熱対流や熱放射された後、再び材料の表面から、一部は熱対流や熱放射され、低温側の空気へ熱伝達する。この伝熱過程の全体を熱貫流（または熱過程）という。

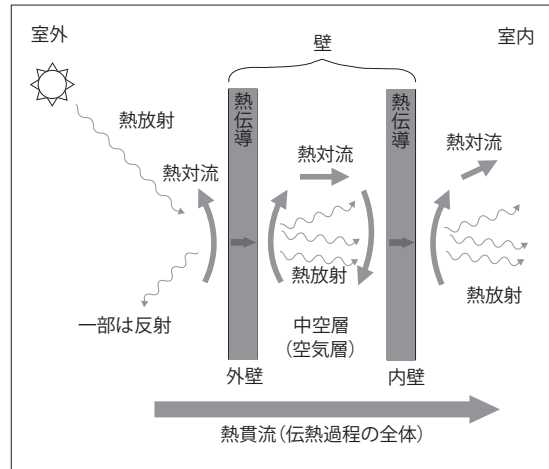


図 1.11 建築物における伝熱過程のしくみ

(B) 熱貫流量（熱通過量）

(1) 熱貫流量（熱通過量）とは

室内の温度は、建築物の各部に流入したり、各部から流出したりする熱量で変化する。熱貫流によって流入したり、流出したりする熱量を熱貫流量あるいは熱通過量という。主に建築環境工学の分野では、熱貫流量といい、建築設備工学の分野では、熱負荷計算などで熱通過量と表現されるが、基本的には両者とも同義である。

建築物は、正倉院の校倉造りやイヌイットの住んでいるイグルーと呼ばれる家のように、それぞれの物質が単独で用いられているということは稀で、一般には、いろいろな物質が組み合わせられて構成され、いろいろな物質で作られた壁とか屋根などの建築物を構成する部位全体の熱の通しやすさを示す尺度を熱貫流率（部位の両側における空気の温度差が 1°C のとき、 1m^2 当たりの通過熱量で $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ で示される）という。

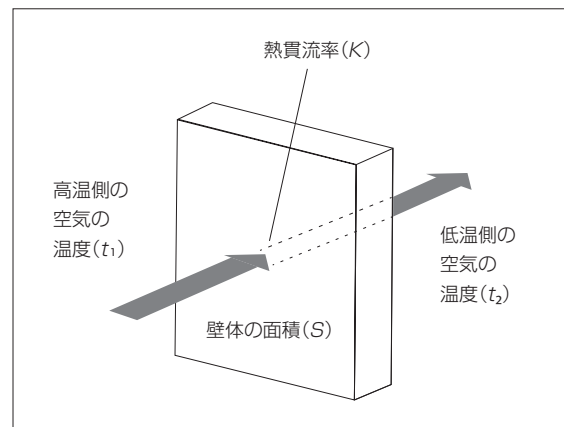


図 1.12 壁体の熱貫流量

断熱材を天井や壁に用いるのは、熱貫流率を小さくするのに有効なためである。例えば、建築物の要素別の熱貫流率が $3.64\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ であったのに、片面に 40mm のガラス繊維を張ることで、 $0.71\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ になる。また、材料の使い方によっては、熱伝導率の大きい材料でも熱貫流率の小さい部位をつくることも可能である。例えば、ガラスのように熱伝導率の大きい材料でも、ブラインドやカーテンを組み合わせただけで熱の移動は約 30% もカットできる。さらに、ペアガラスにしたり、ミラーガラスにすることによって、熱貫流率を大幅に小さくすることができる。

熱貫流率の小さい屋根や壁で構成された室内は、熱の流出入が少なく、外気温の影響を受けにくく、室内温度の変動が少ないということになる。草ぶき屋根の農家が温度変化が少ないのは、熱貫流率のきわめて小さい草ぶき屋根が全体を覆っているからである。

熱貫流量 Q は、前述した材料の熱の伝わりやすさを表す熱貫流率 K と高温側と低温側の温度差 $(t_1 - t_2)$ の積 ($Q = K \times (t_1 - t_2)$) で示すことができるが、この場合には、単位面積当たりの熱貫流量になる。図 1.12 のような壁体の熱貫流量を求める場合には、単位面積当たりの熱貫流量に壁体の面積 S をかけて、次式のようにして算出する。

$$Q = K \times (t_1 - t_2) \times S$$

ここで、 Q ：熱貫流量 [W]

K ：熱貫流率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

t_1 ：高温側の空気の温度 [$^{\circ}\text{C}$]

t_2 ：低温側の空気の温度 [$^{\circ}\text{C}$]

S ：各部（壁体・屋根など）の面積 [m^2]

上記の熱貫流率 K は、次式で求める。

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{R}$$

ここで、 K ：熱貫流率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

表 1.8 伝熱計算に用いる熱伝達率 α (単位： $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

室外側伝達率 α_1

冷暖房負荷		風速 [m/s]	熱伝達率 α_1
冬期暖房	市街	約 5	35
	郊外	約 7	41
夏期冷房	市街	約 3	23
	郊外	約 5	35

室内側熱伝達率 α_2

表面の位置及び熱流方向		熱伝達率 α_2
垂直		9
水平	上向	11
	下向	7

α_1 ：室外側の熱伝達率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

α_2 ：室内側の熱伝達率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

λ ：材料の熱伝導率 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]

d ：材料の厚さ [m]

R : 熱貫流抵抗 [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]

なお、同一仕様で断熱を施す場合、内断熱・外断熱にかかわらず、熱貫流率は同じ値となる。

熱伝達率 (α) とは、材料の表面と周囲の空気との間の熱の伝わりやすさを示すもので、単位は、 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ を用いる。伝熱計算に用いる熱伝達率を表 1.8 に示す。

(2) 熱貫流率、熱貫流抵抗の留意点

- ① 外壁を構成する各部材の熱伝導抵抗が大きくなると、一般に、熱貫流率は小さくなる。
- ② 単層壁の熱貫流抵抗は、同一の材料で壁の厚さを2倍にしても2倍にはならない。
- ③ 外壁表面の放射率が大きくなると、一般に、熱貫流率は大きくなる。
- ④ 屋外の風速が大きくなると、一般に、熱貫流率は大きくなる。
- ⑤ 外壁と屋根や床等との取合い部における熱伝導を考慮しない場合、あるいは断熱材の厚さや各部の熱伝導率が同じ場合、構造体の室内側での断熱（内断熱）、室外側での断熱（外断熱）にかかわらず、外壁の熱貫流率は等しくなる。

(3) 熱貫流率の計算

例題 1 (図 1.13)

$$\text{熱貫流率 } (K) = \frac{1}{\text{熱貫流抵抗 } (R_t)}$$

$$\text{熱貫流抵抗 } R_t = \frac{1}{\alpha_0} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + R_{\alpha} + \frac{1}{\alpha_i}$$

鉄筋コンクリート厚さ 150mm、中空層厚さ 25mm、合板厚さ 5mm

解答

$$\text{外側熱伝達} \quad \frac{1}{\alpha_0} = \frac{1}{35} = 0.029$$

$$\text{鉄筋コンクリート} \quad \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0.15}{1.5} = 0.100$$

$$\text{中空層 (空気層)} \quad \text{例題では、} \cong 0.180 \text{ とする}$$

$$\text{合板} \quad \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0.005}{0.180} = 0.028$$

$$\text{内側熱伝達} \quad \frac{1}{\alpha_i} = \frac{1}{9} = 0.111$$

$$R_t = 0.029 + 0.100 + 0.180 + 0.028 + 0.111$$

$$= 0.448 [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$$

$$K = \frac{1}{R_t} = 2.23 [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

(4) 平均熱貫流率

部分的に熱貫流率が異なる壁体の全体的な平均熱貫流率は、それぞれの部分ごとの熱貫流率に、その部分の面積率を乗じ、合計すればよい。

(例)

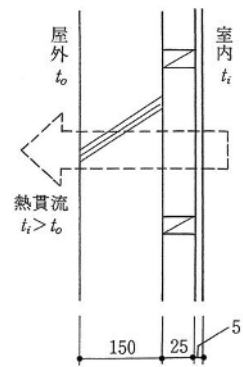


図 1.13 壁体の構造

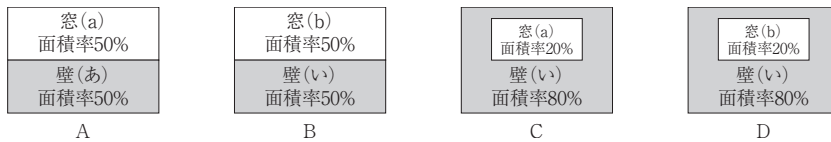


図 1.14 窓面積と平均熱貫流率

各部の熱貫流率は、下記の数値とする。

壁(あ)…… $2.0\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 壁(a)…… $5.0\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$

壁(い)…… $0.5\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 壁(b)…… $2.5\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$

∴ A の平均熱貫流率は $(5.0 \times 0.5 + 2.0 \times 0.5) = 3.5$

B の平均熱貫流率は $(2.5 \times 0.5 + 0.5 \times 0.5) = 1.5$

C の平均熱貫流率は $(5.0 \times 0.2 + 0.5 \times 0.8) = 1.4$

D の平均熱貫流率は $(2.5 \times 0.2 + 0.5 \times 0.8) = 0.9$ となる。

(5) 定常状態と不定常状態

屋外の外気温は一定ではなくて常に変動している。また、日射熱による影響もあり、外壁体の内部を流れる熱流は絶えず変化している。

しかも、この変動の要因と状況は複雑で、これを正確にとらえることは非常に難しい。そこで、外気温、室温とも一定で日射の影響もないとし、外壁体の熱流はどこでも一様にあると仮定して計算を行うのが、定常状態による熱計算といわれているものである。定常状態において、外部から室内へ流入する空気の質量は、室内から外部へ流出する空気の質量と等しい。

一方、変動の状態をできるだけ忠実に計算しようということも行われており、それは不定常状態の熱計算といわれている。

なお、「壁体内部の温度分布の計算」は定常状態と仮定した場合の計算である。壁体の定常伝熱は、壁体の両面の空気温度または表面温度を長時間一定に保った後も、壁体内の各部の温度が時間の経過によって変化せず、熱流量が一定な場合の伝熱過程をいう。

(6) 壁体内部の温度分布の計算

例題 2

熱貫流率計算の例で各部の熱抵抗の和を求めたが、これにより、壁体内部の各部分の温度分布を知ることができる。すなわち、内外温度差全体 (25°C) に対する各部の部分の温度差の比は、熱貫流抵抗全体に対する各部の部分抵抗の比に等しい (図 1.15 参照)。

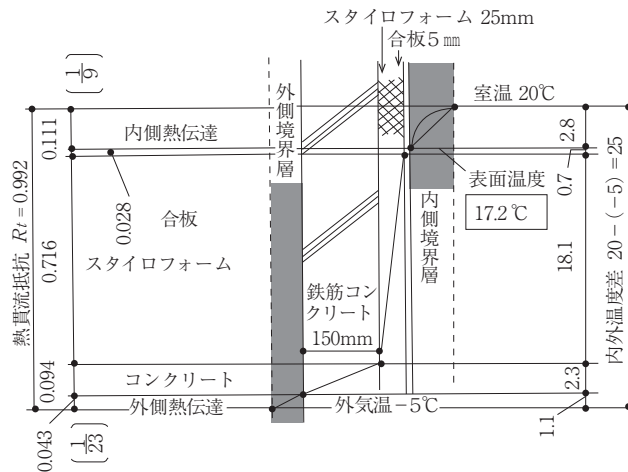


図 1.15 壁体の熱抵抗と各部の温度差（壁体の各部の温度差は熱抵抗に比例する）

数式に表した場合、下式のようなになる。

$$\frac{R_x}{R_t} = \frac{(t_i - t_x)}{(t_i - t_o)} \quad t_i - t_x = \frac{R_x}{R_t} (t_i - t_o) \quad \frac{\text{部分}}{\text{全体}}$$

t_i, t_o : 内外気温 t_x : 壁体内の任意点の温度

R_t : 熱貫流抵抗 R_x : 高温側空気から任意の点までの熱抵抗の和

解答

図 1.15 の例で

$$t_i = 20^\circ\text{C} \quad t_o = -5^\circ\text{C} \quad R_t = 0.992$$

$R_x = 0.111$ （室内側熱伝達抵抗）とおけば

$$20 - t_x = \frac{0.111}{0.992} (20 - (-5)) \quad t_x = 20 - (0.11191 \times 25) = 20 - 2.8 = 17.2^\circ\text{C}$$

となり、室内側表面温度が求められる。

(7) 熱貫流抵抗と表面温度の関係

室の内外の温度条件が同じであっても、熱貫流抵抗が変わると、室内側の表面温度が変わる。その関係は次の図 1.16 のようになる。

これらのことから、熱貫流抵抗が大きいほど、または熱貫流率が小さいほど、室内側表面温度の低下は小さく、室内温度に近くなることがわかる。また、断熱性能を高めることは、室温と室内表面温度の差を小さくすることにつながり、室内の上下の温度差も小さくすることができる。

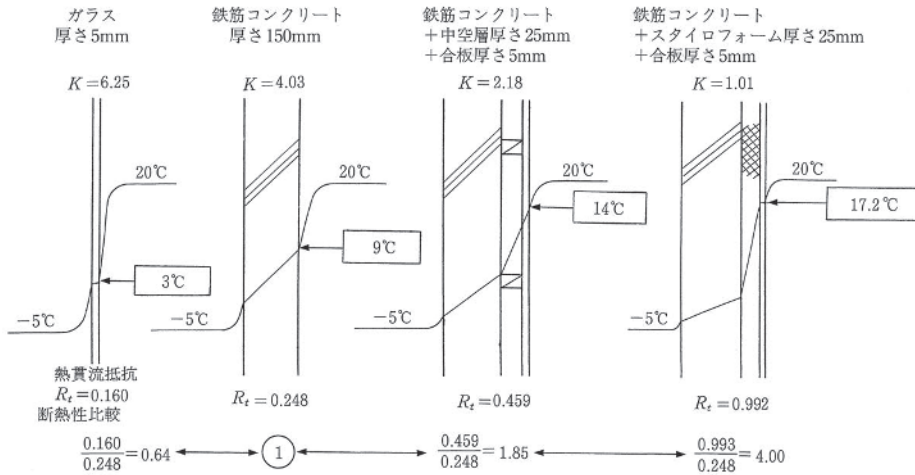


図 1.16 各種壁体の熱貫流抵抗と室内側表面温度の比較

例題3

図のような外壁において、イ～ホの条件によって計算した熱貫流率に最も近いものは、次のうちどれか。

条件

- イ. 屋外側熱伝達率：20W/(m²・K)
- ロ. 室内側熱伝達率：10 W/(m²・K)
- ハ. コンクリートの熱伝導率：1.6 W/(m・K)
- ニ. 押出発泡ポリスチレンフォームの熱伝導率：0.04 W/(m・K)
- ホ. せっこうボードの熱伝導率：0.2 W/(m・K)

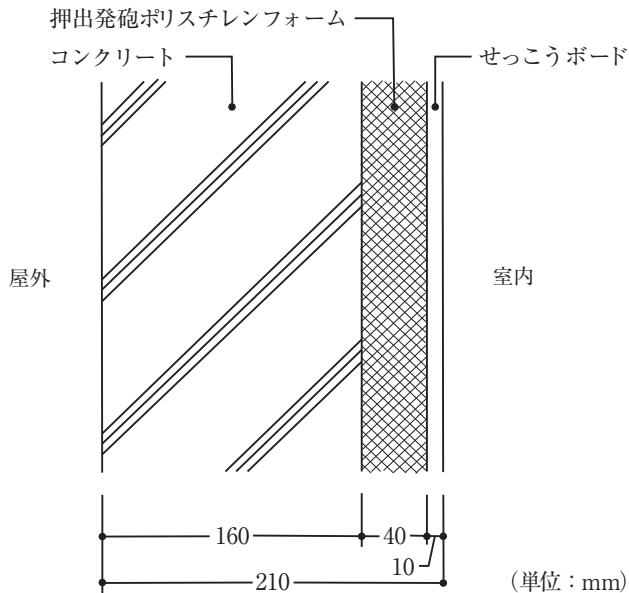


図 1.17 例題3の図

- 1. 0.5 W/(m²・K)
- 2. 0.8 W/(m²・K)
- 3. 1.3 W/(m²・K)
- 4. 2.0 W/(m²・K)
- 5. 2.4 W/(m²・K)

解答

熱通過率（熱貫流率） K ： $W/(m^2 \cdot K)$ は、

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_0} + \left(\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3}\right) + \frac{1}{\alpha_i}}$$

α_0 ：外表面熱伝達率 $W/(m^2 \cdot K)$

α_i ：内表面熱伝達率 $W/(m^2 \cdot K)$

d_1, λ_1 ：コンクリートの厚さ m 、熱伝導率 $W/(m \cdot K)$

d_2, λ_2 ：押出発泡ポリスチレンフォームの厚さ m 、熱伝導率 $W/(m \cdot K)$

d_3, λ_3 ：せっこうボードの厚さ m 、熱伝導率 $W/(m \cdot K)$

条件を式に代入して

$$K = \frac{1}{\frac{1}{20} + \left(\frac{0.16}{1.6} + \frac{0.04}{0.04} + \frac{0.01}{0.2}\right) + \frac{1}{10}} = 0.77$$

(C) 熱伝導と熱伝導率

(1) 熱伝導と材料の熱伝導率

スプーンの先を熱い湯に入れると柄の方まで熱くなっている。これは、スプーン自体には、何の変化も起こらずに、スプーン先端の熱だけが柄の方へ移動したために起こった現象である。これを熱伝導という。このように熱伝導は、熱エネルギーが主として、固体中を移動する現象で、その現象は、フーリエの熱伝導の基本式で表される。

$$q = \frac{r(\theta_1 - \theta_2)}{d}$$

ここで、 q ：通過熱量 [W/m^2]

r ：材料の熱伝導率 [$W/(m \cdot K)$]

θ_1 ：室外側の表面温度 [K]

θ_2 ：室内側の表面温度 [K]

d ：材料の厚さ [m]

同じ物質のなかでも、接触した異なる物質の間でも、熱伝導は起こる。物質によって、熱の伝わりにくいものと伝わりやすいものがある。前述した事例のスプーンでも、鉄の代わりに木のスプーンを使えば、いくら熱い湯につけても、手元はほとんど熱くならない。木は熱を伝えるにくい材料だからである。

また、薄いコンクリート板や鉄板で屋根や壁が作られている室では、屋外における寒暖の変化が直接、伝わって、不快であるが、これに板を内張りすれば、気温の変化はずっと和らぎ、さらに、畳や、じゅうたんを敷けば、もっと快適な状態が期待できる。これは、コンクリートや鉄よりも木の方が熱伝導率が低く、じゅうたんや、畳は、さらに低いため、外気温の変化を伝えるにくいからである。

物質が伝導によって熱を伝える場合、物質の性質によって、その熱の伝えやすさの度合に差があり、これを数値化したものが熱伝導率であり、単位は [$W/(m \cdot K)$] を用いる。

表 1.9 に各種材料の熱伝導率を示す。同表のように、代表的な建築材料である木、コンクリート、板ガラス、鋼、アルミニウムの熱伝導率を比べると 0.17、1.3、0.78、45、210 である。鋼の熱伝導率は、きわめて大きく、日なたに置いた自動車の室内は、たちまち高温になる。また、アルミニウムの場合、木の 1000 倍も熱を伝えやすいため、サッシの枠のようなわずかな面積からでも多量の熱の流出が起こる。これに対して、木は熱伝導率が小さく、外気温をよく遮断することは、正倉院のように空気調和設備のような装置がなくても 1000 年もの間、宝物を風化から守っていることがよく証明している。また、イヌイットの住んでいるイグルーという氷の家が意外と暖かいといわれているのも、氷の熱伝導率が小さいためである。

表 1.9 各種建築材料の乾燥状態における熱伝導率

建築材料	熱伝導率[W/(m・K)]
アルミニウム	210
鋼	45
タイル	1.3
コンクリート	1.3
かわら・スレート	0.96
スレート	0.96
板ガラス	0.78
木	0.17
パーテクルボード	0.15
木毛セメント板	0.15
合板	0.15
石こう板	0.14
壁・天井仕上用クロス	0.13
たたみ	0.11
軟質繊維板	0.046
フォームポリスチレン保温板	0.037
硬質ウレタンフォーム保温板	0.027

(2) 発泡性の保温材における熱伝導率

発泡性の保温材では、図 1.18 のように、空隙率が同じであれば、材料内部の気泡寸法が大きいものほど、熱伝導率は大きくなる。気泡寸法が小さいほど、空気層が細分化され、熱伝導率は小さくなる。

(3) 中空層（空気層）

壁体内部、天井裏、床下などの中空層（空気層）の熱抵抗を図 1.19 に示す。

中空層の熱の伝わり方は熱抵抗として示され、中空層の厚さや施工の程度によって大きく変わる。一般的な垂直空気層の場合でわかるように、気密性が下がると（密閉から反密閉）熱抵抗は 1/3 以下に低下する。また、中空層の厚さが 3～5 [cm] のとき、熱抵抗が最大で、さらに厚さが増すと、層内に対流が起こる関係で、かえって熱抵抗は低下する。

(D) 熱対流と熱放射

(1) 熱対流

やかんで湯を沸かすとき、熱を加えるのは、やかんの底の部分だけである。しかし、湯は、全体が、ほぼ同じ温度で上昇していく。これは、暖められた湯が熱をもって上方へ移動し、代わりに冷たい水が下方に動くためである。水や空気のような流体は、このようにそのもの自体が熱をもって移動する。これを熱対流という。

対流は、必ずしも熱い部分が冷たい方へ動くわけではなく、温度の高い部分が上方へ、低い部分が下方へ移動しようとするものである。このため、上から暖めると上方ばかり熱くなって、全体が均一に暖かにならない。対流暖房のときは器具を床付近に置き、冷房器具を上方に設けるのはこのためである。

熱対流に関する法則には、ニュートンの冷却則があり、次式で表される。なお、この式は水などの流体にも適用される。

$$q_c = \alpha_c (\theta_s - \theta_f)$$

ここで、 q_c : 通過熱量 [W/m^2]

α_c : 対流熱伝導率 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]

θ_s : 壁体表面温度 [K]

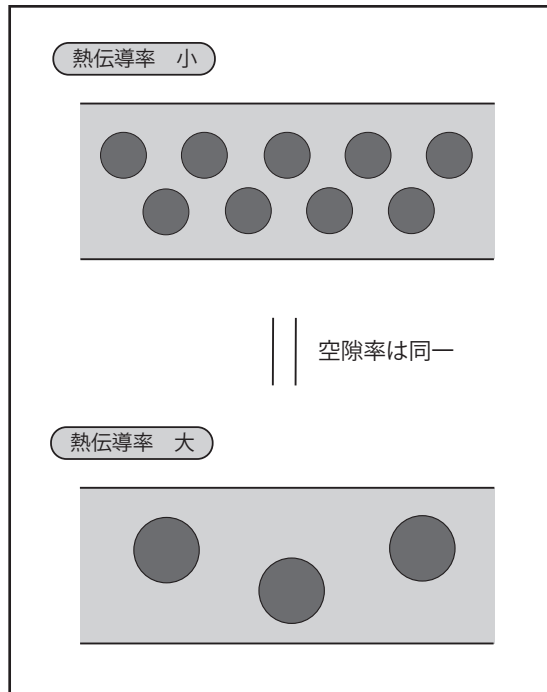


図 1.18 発泡性の保温材における熱伝導率のイメージ

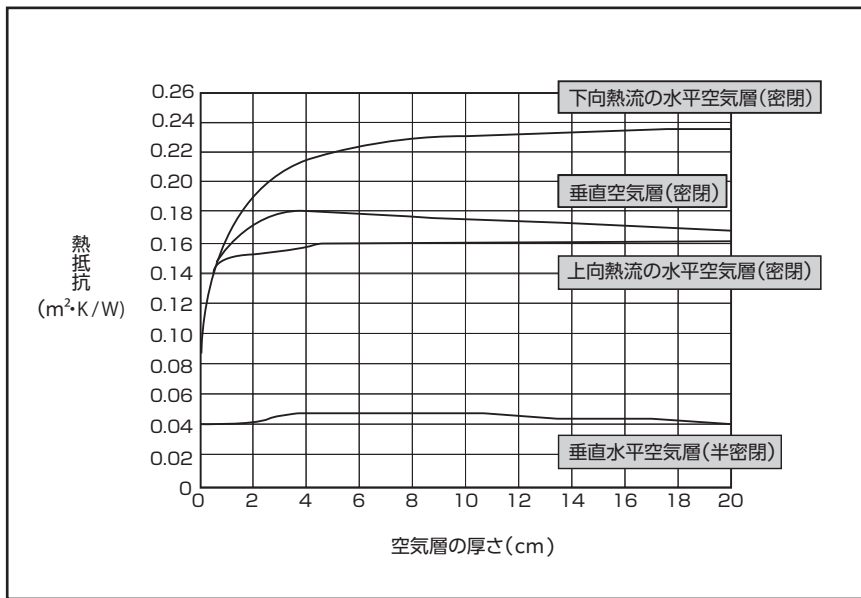


図 1.19 空気層の厚さと熱抵抗の関係

θ_t : 周囲の表面温度[K] (壁体表面から十分離れた場所の温度)

(2) 熱放射

熱い部分と冷たい部分の間に物質がない場合、熱は物資と物質との空間を、電磁波（主として波長の長い、目に見えない熱線）によって伝わる。これが放射である。太陽の日射しが暖かいのは、この放射によるものである。地球は、主として、太陽からの放射によって暖められる。放射は空気中でも真空中でも伝わるが、間に障害物があるとそこで遮られてしまう。昼間、晴れると気温が上昇するが、反対に夜間、よく晴れると冷える。これは地表の熱が放射によって、空に向かって発散して、気温が下がるのが原因である。これを放射冷却と呼んでいる。

室内の電気ストーブなどでは、主として、放射によって熱を伝えるので、熱線の方向にある対象物だけが極端に熱くなる。

熱放射の法則としては、シュテファン・ボルツマンの法則があり、次式で表される。

$$E_b = \sigma T^4$$

ここで、 E_b : 黒体の放射熱量[W/m²]

σ : シュテファン・ボルツマンの定数 [4.88×10⁻⁸(W/(m²・K⁴))]

T : 黒体の絶対温度[K]

(E) 熱容量

室の熱環境には、室内外における熱の流出入のほか、建築物の熱容量を考える必要がある。コンクリート造の建築物などの最上階や西日を受ける西端の室では、日が沈んで外気温度が低くなってから、室温がどんどん上昇して行くことがある。屋根や外壁が鉄板であれば、外気温の上昇につれて室温も上昇し続けるが、午後になって外気温が下がり始めると、直ちに室温も下がり始める。

一方、コンクリート壁のように、暖めにくく、冷めにくい場合、いったん壁自体が熱を吸収す

れば、これを放出するのに長い時間がかかる。このような壁は大量の熱を蓄えることができる。この場合、「壁の熱容量が大きい」と表現する。鉄板のように熱容量の小さい壁では、外気温は直ちに室に伝えられるが、コンクリート壁のように熱容量の大きい場合は、外気温が室に伝わるのに時間がかかり、気温のピークがずれる。

また、壁やその他の部分の熱容量が小さい室では、暖房を切った途端にどんどん冷え始めるが、熱容量の大きな室は、ぬくもりを残して、室温は徐々に下降して行くことになる。

断熱性が高く、熱容量の大きな屋根や壁で構成された建築物は、熱的性能が高いといえる。すなわち、直接、外気温に影響を受けにくく、室温が安定していて、より快適な室温を保ちやすいということである。なお、暖房時の室温変動に対する熱容量と断熱性の影響を図 1.20 に示す。

例えば、コンクリートの質量 2,400[g]、比熱 0.79[J/(g・K)]、グラスウール保温板の質量 20[g]、比熱 0.84[J/(g・K)]とすると、コンクリートの熱容量は、1,896[J/K]、グラスウールでは 16.8[J/K]となり、熱容量に大きな差があることがわかる。

熱容量は、一般的には、木造の壁よりもコンクリートの壁の方が大きい。木材の比熱は、1.03[J/(g・K)]であるので、木造の壁の質量を 600[g]とすると

コンクリート

$$0.79[\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})] \times 2,400[\text{g}] = 1,896[\text{J}/\text{K}]$$

木材

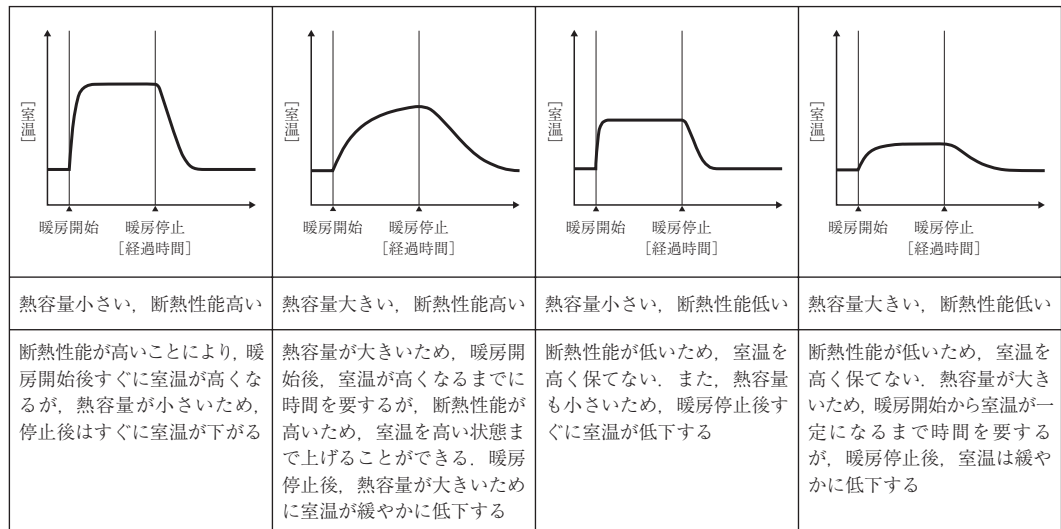


図 1.20 熱容量・断熱性能と室温変動の関係

$$1.03[\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})] \times 600[\text{g}] = 780[\text{J}/\text{K}]$$

(F) 基礎断熱工法

基礎断熱工法とする場合、床下換気孔を設置してはならない。断熱の基本は、住宅全体を断熱材ですっぽり覆ってしまうことである。外皮の断熱や気密の性能を高めることは、暖房時の室内の上下温度差を小さくすることにつながる。基礎断熱工法の場合に床下換気孔を設置することは、

その断熱区画（屋外と屋内の熱的な境界）に孔を開けてしまうことになるため、基礎断熱工法の場合は床下換気孔を設置しないこととしている。

基礎断熱工法は、床下換気孔を設置しないため、床下空間に湿気が滞留し、結露を発生させないために、床下地面の防湿措置を入念に行う必要がある。また、断熱材はシロアリの被害を受けやすいため、シロアリの生息地域では対策が不可欠である。そのために、基礎断熱工法とする場合は、次の要件を満たすことが必要である。

- ・床下防湿措置（防湿フィルム敷きあるいは、べた基礎等）を講じる。
- ・地面に講じる防蟻措置として、布基礎と一体となった鉄筋コンクリート造の、べた基礎等とする（ただし、寒冷地を除く）。

なお、建築基準法施行令第22条において、木造住宅の床下をコンクリートで覆う場合には、床下の換気は不要と明記されている。

1.5 結露とその対策

(A) 透湿と湿気貫流

室内を暖房や冷房（特に暖房したときに加湿）すると、室の内外に湿度差が生じる。湿度差が生じれば、当然、湿度の高い所から低い所へ湿気（水蒸気）が移動する。

水蒸気を含んだ空気が壁の表面にふれると、水蒸気の一部は壁の表面に吸着される。一方、水蒸気が吸着している壁の表面に乾燥した空気が当たると水蒸気は空気中にもどる。このような現象を放湿という。壁の両側で湿度が異なると、一方で吸湿、他方で放湿の現象が起り、水蒸気が壁を透して移動することになる。これが透湿または湿気貫流である。

材料の両側の空気の温度が等しく水蒸気圧に差のあるとき、定常状態において、この材料の単位面積を単位時間に通過する水分量（透湿量） w は次式で表される。

$$w = \frac{f_1 - f_2}{R_v} [\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}]$$

$$w = P \cdot (f_1 - f_2) [\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}]$$

ここに f_1 : 一方の面に接する空気の水蒸気圧 [Pa]

f_2 : 他方の面に接する空気の水蒸気圧 [Pa]

この R_v をこの材料の透湿抵抗 [$\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$]、 P を透湿係数 [$\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$] という。

材料が均質で厚さが d [m] であったとすれば、これを単位厚さに換算して、

$$r_v = \frac{R_v}{d} [\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}/\text{kg}]$$

を湿気伝導抵抗とよび、その逆数

$$p_v = \frac{1}{r_v} = \frac{d}{R_v} = P \cdot d [\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})]$$

を湿気伝導率と呼んでいる。

この値は、厚さや両面の水蒸気圧差とは比例しないこともある。

多層壁の透湿を湿気貫流といい、熱貫流の場合と同じように、その逆数は湿気貫流抵抗で、各

参考文献

- (1) 「建築設備士第一次試験受験対策講習テキスト」、(社) 日本設備設計事務所協会連合会・(社) 電気設備学会
- (2) 「ポイントで学ぶ 建築環境・設備学読本 (第3版)」、田中毅弘著、森北出版
- (3) 「合格対策 一級建築士受験講座 学科Ⅱ 環境・設備」、(社) 全日本建築士会編、理工図書
- (4) 「建築関係法令集」井上書院編

※上記、年度版の書籍については、本書完成に至る最新版を参考文献としました。

事項索引

【欧文 / 数字】		
211 条検査	253	
1号消火栓	264	
2号消火栓	264	
3Eリレー	302	
5分間集中度	368	
6面点検	193, 195, 215	
7条検査	253	
AHU	83	
A火災 (普通火災)	262	
A型接地極	350	
A種接地工事	300	
BEE	67	
BEEMS	151	
BEI	71	
BELS	70	
BEMS	150	
BF式	273	
BOD	180	
BOD 除去率	251, 254	
BOD 濃度	247	
BREEAM	70	
B火災 (油火災)	262	
B型接地極	350	
B種接地工事	300	
C/N比	279	
CASBEE	65	
CAV	79	
CB	309, 362	
CB形	309	
CET	5	
CF式	273	
clo (ク口)	8	
COD	180	
COP	126	
CWV方式	105	
C火災 (電気火災)	262	
C種接地工事	300	
dB	153	
DDCシステム	149	
Degree-day	4	
DI	4	
DO	251	
DR	151	
DS	362	
D種接地工事	300	
eマーク	75	
EDR	86	
EER	127	
ERR	68	
ET	5	
ET*	6	
ETD	42	
FCU	84	
FD	107	
FE式	273	
GBTool	70	
HEPA フィルター	130	
Hz	153	
ICT	55	
IPF	60	
kg/m3	177, 279	
kJ/kg	279	
LA	362	
LBS	362	
LEED	70	
LiBr	119	
LPガス	269	
met	8	
MLSS	251	
MTBF	379	
MTTF	379	
MTTR	379	
NC値	159	
NC曲線	159	
Nearly ZEB	72	
NPSH	104	
OT	4	
PAL*	63	
PC	362	
PF	362	
pH	179	
PMV	6	
PPD	6	
PUE	55	
PV	365	
P形	221	
RDF	279	
RMR	8	
S/N比	160	
SA	251	
SAT	41	
SC	363	
SD	251	
SDI	251	
SET*	6	
SIL	155	
SPL	155	
SPM	11	
SR	363	
SS	180	
STP ケーブル	303, 345	
SV	251	
SVI	251	
S形	221	
TAC 温湿度	40	
TEQ	279	
TL	162	
TR	362	
ULPA フィルター	130	
UPS	323	
UTP ケーブル	303, 344	
U形	221	
VAV	79	
VD	108	
VWV方式	105	
V結線	314	
ZEB Oriented	72	
ZEB Ready	72	
ZEB (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)	71	
ZEH (ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)	71	

Δ - Y結線 (デルタースター結線)	312
Δ - Δ結線 (デルターデルタ結線)	312
%インピーダンス	298
【あ】	
アイリングの残響式	170
亜鉛めっき鋼管	225
赤水	195, 205
アスペクト比	106
アスマン通風乾湿計	29
アスマン通風乾湿時計	9
圧縮機 (コンパクター)	277
圧縮式冷凍機	118
圧縮式冷凍機の原理	118
圧力差による換気	89
圧力水槽	194
圧力水槽の容量	198
圧力損失	102, 131
圧カタンク方式	186
後向き羽根送風機 (リミットロードファン)	113
孔あき板	168
アネモ型	109
泡系消火設備	263
泡消火設備	267
安全管理体制	377
暗騒音	159
アンテナの利得	343
アンビエント空調	81
イーティースター	6
異種金属接触腐食 (ガルバニック腐食)	312
板状材料	168
一次エネルギー消費量	61
一次周波数制御方式	332
一次処理工程	248
一酸化炭素 (CO)	10
一般廃棄物	274
入隅	27
医療廃棄物	275
インテリアゾーン	55, 111
飲料用貯水槽の汚染防止	195

飲料水用貯水槽の構造要件	194
飲料水用貯水槽の留意事項	194
ウェーバー・フェヒナーの法則	153
ウォーターハンマー (水撃)	179, 191
ウォーミングアップ制御	55
請負契約	383
雨水	195, 218
渦巻きポンプ	103, 196
エアハンドリングユニット (AHU)	83
エアフィルターの性能評価	131
エアフローウィンドウ	43
エアフローウィンドウ方式	82
衛生器具	239
衛生器具設備	239
衛生器具の種類別所有数	245
易操作性 1号消火栓	264
エコキュート方式	213
エスイーティースター	6
エネルギー効率	55
エネルギー代謝率 (RMR)	8
エレベーター方式	276
エレベータの配置	369
エロージョン・コロージョン (かい食)	281
遠心式送風機	113
煙突	125
オイル阻集器	222
横流送風機 (クロスフロー形)	113
応力腐食割れ	281
オーバーフロー (溢水) 管	220
オームの法則	284
屋外消火栓設備	265
屋内消火栓設備	264
屋内排水管の満水試験	282
汚水	218
汚染除去容量	131
汚染除去率	131
汚染防止	195
汚泥処理工程	249
汚泥沈殿率 (SV)	251
汚泥日令 (SA)	251
汚泥密度指標 (SDI)	251
汚泥容量指標 (SVI)	251
音の回析	154

音の干渉	154
音の属性	153
音の速度	155
音の強さのレベルと音圧レベルの関係	155
音の強さのレベルの和	156
汚物ポンプ	225
音圧レベル (SPL)	155
音響エネルギー密度レベル (SIL)	155
音響出力とパワーレベル	155
温水式	85
温度差による換気	89
温熱環境	4
温風式	85
温風暖房機	124
【か】	
加圧防煙システム	97, 143
加圧防排煙設備	139, 140, 142
加圧防排煙方式	139
外気取入れガラリ	110
外気冷房	54, 83
開口部の設置条件	230
かい食	281
回転球体法	348
回転形	126
外皮の熱性能	63
開放型燃焼機器	95
開放型膨張水槽	215
開放型冷却塔	121
開放形	266
開放式水蓄熱槽	58
改良保全	379
化学的酸素要求量 (COD)	180
化学的性質	179
各階ユニット方式	80
各個通気方式	230
各種防災設備と非常電源の組合せ	338
カクテルパーティー効果	158
隔壁トラップ	221
火災成長期	263
火災の種類と消火器	262
加湿	32
加湿器	32

加湿器の種類	131	機械換気	88, 96	強化液系消火設備	262
ガス火災	262	機械式排水	219	供給方式	209, 211
ガス機器の給・排気方式	271, 273	機械排煙設備	137	共振透過	163
ガス機器の設置	271	気化式加湿器	132	強制排気式 (FE 式)	273
ガス設備	262	期間・年間空調	54	業務用自動ガス遮断装置	272
ガス設備の安全システム	270	期間空調	54	共鳴透過	163
ガスタービン発電機	301, 317	機器・配管の耐震	280	共用接地	290
ガス配管設備	269	機器接地	289	局所換気	96
ガス漏れ警報器の設置基準	272	機器の熱負荷	45	局所式給湯	209, 210
風圧力による換気	90	機器容量の算定	197	局所的不快感	7
カタ計	9	器具通気管	230	局所排気	82
活性汚泥浮遊物 (MLSS)	251	基準一次エネルギー消費量	71	局所排熱	82
活性汚泥法	249, 250	既設配管のライニング (管更生工法)	205	極数変換方式	332
合併処理浄化槽の満水試験	282	基礎断熱工法	23	局部抵抗係数	103
合併処理の、し尿浄化槽	249	機能用接地	289	許容電流	289, 353
過電流	289, 298	気密試験	268	許容濃度	10
過電流遮断器の省略条件	359	逆環水方式 (リバースリターン)	102	キルヒホッフの第一法則	285
可動防煙垂れ壁	97	逆勾配 (先上り)	100, 102	キルヒホッフの第二法則	285
過渡現象	294	逆止弁	191, 227	緊急ガス遮断装置	270, 272
加熱	32	キャピテーション・エロージョン	281	金属火災	262
加熱コイル	215	給・排気設備の選択	271	隅角部	3, 27
加熱能力	47	給・排水特殊設備	262	空気・水方式	80
可変水量方式 (VWV 方式)	105	吸音	166	空気音遮断性能の遮音等級	164
ガラスによる遮音	166	吸音率	167	空気式	146
ガラリ	110	吸音力	167	空気寿命	98
ガルバニック腐食	281	吸収式冷凍機	119	空気浄化装置	129
簡易水道	183	給水管	202, 225	空気層	20
簡易専用水道	184	給水設備とその工事	203	空気調和	39
換気回数	46, 91, 92	給水設備と方式	184	空気調和設備における状態変化	33
乾球温度	29	給水設備用機器材料	190	空気調和設備の構成	77
環境 4 要素	4	給水装置	184	空気調和設備の配管	99
環境 6 要素	4	給水のしくみ	183	空気調和設備の方式	78
環境性能効率 (BEE)	67	給水の方式	183	空気齢	97
環境要素	4	給水ポンプ	192, 196	空気の状態変化	32
換気量	89, 91	給水ポンプの設置	196	空気余命	98
間欠空調	54	給水ポンプの点検	197	空調負荷	39
管更生工法	205	給湯温度	208	空調負荷の計算	40
間接加熱式	211	給湯管	225	空調負荷の種類	39
間接排水	219	給湯機器	212	クーロンの法則	284
管端防食継手	226	給湯器の号数	212	クッターの式	103
ガントチャート工程表	373	給湯設備	208	区分閉閉器	307, 308
感度電流	289	給湯配管	213	グリース阻集器	222
気圧	3	給湯方式の種類	209	クリーンルーム	96, 97, 130
気温	3			クリティカルパス	374

クリモグラフ	2	高置水槽以下系統の試験圧力	282	仕切り弁 (スルース弁)	100
グリル型	109	高置タンク方式	186	軸動力曲線	104
グローブ温度計	9	鋼板製ボイラー (煙管式)	124	軸流式送風機	113
クロスコネクション	195	効率曲線	104	軸流吹出口	109
クロスフロー形	113	コージェネレーション	56, 319, 320	自己サイホン作用	222
クロ値	4	氷充填率 (IPF)	60	事後保全	379
計器用変成器	363	氷蓄熱方式	59	システム信頼性	379
計数法	129	コールドドラフト	7	自然換気	88
系統接地	289, 299	固体音	164	自然給・排気式 (BF 式)	273
系統連系	320	固体伝搬音	164	自然排煙設備	136
結露	24	固定形	126	自然排気式 (CF 式)	273
煙制御	135	個別制御	54	自然冷媒ヒートポンプ給湯機	216
減湿	33	コンクリート管	228	室温制御	54
建設業許可	382	混合 (空気)	32	湿球温度	29
建築環境総合性能評価システム	65	混合器	343	シックハウス	11
建築基準法による遮音規定	164	コンタミネーションコントロール	97, 130	湿気貫流	24
建築設備、機器と防振基礎	173	コンパクター	277	実効温度差 (ETD)	42
建築物省エネルギー性能表示制度 (BELS)	70	梱包機	277	室指数	329
建築物内から排出される廃棄物の分類	277			湿度	1, 3
建築物内の縦搬送方式	276	【さ】		室内騒音 (NC 曲線)	159
建築物内の中間処理設備	277	サージング	114	室内の上下温度	23
建築物内の廃棄物処理	274, 275	最終処分	278	質量則	163
顕熱	8, 30	最大使用電圧	288	質量法	129
顕熱比	30	最大負荷電流	314	自動制御	51, 83, 145
現場経費 (現場管理費)	385	ザイデルの式	91	自動縦搬送方式	276
コアンダー効果	110	作業量 (メット値)	8	自動巻取形	129
コインシデンス効果	163	雑排水	218	し尿浄化槽	247
高圧カットアウト (PC)	362	雑排水槽汚泥	277	し尿浄化槽設備の設置基準	247
高圧限流ヒューズ (PF)	362	雑排水ポンプ	225	し尿浄化槽の設置・種類	247
高圧交流負荷開閉器 (LBS)	362	雑排水おおよび雨水の管理	259	湿り空気	29
高圧遮断器 (CB)	362	雑用水設備	258	湿り空気線図	31
鋼管	100	雑用水の水質基準	257	湿り通気管	230
高気密・高断熱建築	96	雑用水の用途	257	遮煙方式	136
工事原価	384	雑用水の利用	257	遮音度	169
工事方法の種類と適用範囲	355	雑用水配管	258	遮音等級	164
公称電圧	288	作用温度 (OT)	4	遮音等級 Dr	165
孔食	281	酸アルカリ系消火設備	262	遮音等級 Lr	165
合成樹脂管	226	残響時間	169	遮音による騒音防止	162
合成樹脂ライニング鋼管	226	残響時間の計算式	169	社会的劣化	378
高性能フィルター	130	産業廃棄物	275	臭化リチウム (LiBr)	119
光束法	328	三次処理 (高度処理)	251	臭気指数	278
高置水槽	192, 193, 198	三方弁	102	修正有効温度 (CET)	5
		直だき吸収冷温水機	120	重力換気	88
				重力式排水	219

ジュールの法則	286	自力式	146	スティープンスのべき法則	154
主遮断装置	309	シロッコファン	113	ステンレス鋼管	226
受水槽	192	真空防止器	242	ストップ弁	100
受水槽の容量	198	伸縮継手	215	ストレージタンク	213
シュテファン・ボルツマンの法則	22	進相コンデンサ (SC)	10, 363	ストレーナ	101
手動制御	145	人体からの発熱	8	砂阻集器	222
主任技術者、監理技術者	382	人体の熱負荷	45	スプリンクラー設備	266
受雷部システム	347	伸頂通気管	230	スプリンクラーヘッド	266
瞬間式	209	伸頂通気方式	230	スプレー式加湿器	132
循環方式	211	振動	153	スモークタワー方式	97, 139
循環ポンプ	214	振動・伝達力	171	スルース弁	100
順勾配 (先下り)	102	振動加速度レベル	172	静圧	107, 113, 179
瞬時値	295	振動に関する規格	173	成績係数 (COP)	126
省エネルギー技術	72	振動に関する基準	173	静電式	130
省エネルギー基準	61	振動の影響	173	セイビンの残響式	169
省エネルギー基準適合認定マーク (e マーク)	75	侵入外気の熱負荷	44	生物化学的酸素要求量 (BOD)	180
省エネルギー手法	51, 56	新年間負荷係数 (PAL*、パルスター)	63	生物膜法	249
省エネルギーの評価方法	65	新有効温度 (ET*)	6	赤外線サーモカメラ	9
消音装置	111	水・冷媒方式	80	施工・材料の留意点	280
消火作用と消火器	262	吸上げ高さ	197	絶縁耐力試験	357
消火設備	262	水圧試験	268, 282	設計一次エネルギー消費量	62, 71
消火設備の留意事項	268	水管式ボイラー	124	設計給湯量	208
浄化槽 (合併処理浄化槽) の保守点検回数	253	水系感染原因の微生物	181	設計用鉛直地震力	173
浄化槽の保全、運転管理	252	水系消火設備	262	設計用地震力	280
消火面からの火災の種類	262	水撃	191	設計用水平地震力	173, 280
蒸気式加湿器	132	水撃作用 (ウォーターハンマー)	179	接合方法	226
蒸気配管	99	吸込口	109	節水こままり給水栓	189
小規模合併処理し尿浄化槽	249	水質基準	181, 257	絶対湿度	29
上水道	183	水質の指標	180	接地工事の種類	300
使用水量	188	水質の目標	257	接地システム	350
使用電圧 (公称電圧)	288	水質評価の項目	254	設備システムの高効率化評価指標 (ERR)	68
消毒	249	水素イオン指数	179	設備不平衡率	311
消費効率 (EER)	127	水素イオン濃度	179, 254	設備ユニット	244
消費電力	286	水槽の清掃	193	全圧	179
小便器	242	吹出口	109	全圧法	108
小便器の種類	242	吹出口・吸込口の種類	109	線音源	161
小便器の洗浄方式	243	水中ポンプ	196	全空気方式	78
情報通信技術 (ICT)	55	水道直結系統の水圧試験	282	洗浄タンク	191
照明の熱負荷	44	水道直結増圧方式	185	線状吹出口	109
初期火災	263	水道直結直圧方式	184	洗浄弁 (フラッシュバルブ)	241
処理工程	248	隙間風	88	全体制御	54
		隙間腐食	281	潜熱	8, 30
		スターデルタ始動方式	333	潜熱回収型ガス給湯器	214

全熱交換機器	126
全熱量	30
全般換気	96
洗面器	192, 243
専用水道	184
創エネルギー技術	72
騒音	158
騒音基準	158
騒音に係る環境基準	159
騒音の許容量	158
騒音の測定方法	159
掃除用流し	243
相対湿度	29
相当外気温度 (SAT)	41
相当放熱量 (EDR)	86
送風機	113
送風機の運転特性	114
送風機の直列運転	115
送風機の並列運転	115
送風量	46
送風量の決定	46
増幅器 (ブースタ)	344
ゾーニング	53
ゾーン制御	54
阻集器	221
阻集器の種類	222
阻集器の目的	221
その他特殊設備	279
【た】	
ターボファン	113
ターミナルユニット	111
第1種換気法	96
第2種換気法	96
第3種換気法	96
大温度差空調方式	82
代謝量	8
耐震設計	173
大腸菌群	254
大便器	240
大便器の種類	240
大便器の洗浄方式	241
太陽光発電 (PV)	365
太陽熱利用温水器	213

ダイレクトリターン方式	105
卓越風	2
ダクト内圧力分布	107
ダクトの構造	106
ダクトの種類	106
ダクトの設計	108
ダクト併用ファンコイルユニット方式	80
多孔質材料	168
多重反射	171
タスク・アンビエント空調方式	81
タスク空調	81
ダストシュート方式	276
脱亜鉛腐食	281
ダブルスキン	54
玉形弁 (ストップ弁)	100
多翼送風機 (シロッコファン)	113
ダルシー・ワイズバッハの式	202
単一ダクト方式	78
タンクなしブースター方式 (ポンプ直送方式)	186
炭素鋼管	227
単に ZEB (『ZEB』)	72
ダンパー	108
暖房設備	84
暖房負荷	46
短絡電流	314
断路器 (ディスコン、DS)	308, 362
地域冷暖房システム	58
置換空調方式	82
地球温暖化	1
蓄煙方式	136
蓄電池の容量	321
逐点法	327
蓄熱槽の種類	58
蓄熱槽方式	58
窒素化合物	254
着衣量 (クロ値)	4
中央監視システム	149
中央式給湯	210
中空層	20
中空壁 (二重壁)	163
中性帯	89
鋳鉄管	227

鋳鉄製 (セクショナル) ボイラー	124
チューブ形ファン	113
厨房除害設備	260
超音波式加湿器	133
超高性能フィルター	130
直接加熱式	210
直列リアクトル (SR)	363
貯水槽	192
貯水槽の材質の特徴	194
貯水槽の清掃の留意事項	196
貯水槽の塗装の留意事項	194
貯湯式	209
貯湯槽	215
貯湯槽の安全装置	215
チラー	119
チリングユニット (チラー)	119
通気管	229
通気方式の分類	230
継手類	190
手洗い器	243
ディーゼル発電機	317
低温送風方式	82
定常状態	16
定常騒音	159
ディスプレイメント空調方式	82
定風量方式 (CAV)	79
定流量方式 (CWW 方式)	105
データセンター	55
滴下式加湿器	132
デグリーデー	4
デシカント空調方式	82
デシベル [dB]	153, 155, 172
出隅	27
デッドスポット	171
デマンドレスポンス (DR)	151
デルターデルタ結線	312
電圧降下	285
電圧降下の上限値	354
電位差	288
点音源	157
電気式	85, 146
電気集じん	129
電極式加湿器	132

電子空気式	146	二位置制御	147	【は】	
電子式	146	逃し管（膨張管）	215	パーソナル空調方式	81
電食	282	逃し通気管	215	バーチャート工程表	374
電線の収容数	355	二酸化炭素（CO ₂ ）	10, 39, 91	排煙設備	135
伝導熱	42	二酸化炭素系消火設備	263	排煙設備の規定	138
伝熱	13	二酸化炭素消火設備	267, 269	排煙方式	136
伝熱過程	13	二次処理工程	248	廃ガス量	95
電熱式加湿器	132	二次抵抗始動方式	334	配管材料	190
動圧	179	二次抵抗制御方式	332	配管の工法	100
透過損失（TL）	162	二重ダクト方式	79	配管の種類	99
統括安全衛生責任者	378	二重トラップの禁止	220	配管の腐食	280
透過率	167	日較差	3	配管方式	211
同期速度	331	日射遮蔽係数	42	配管類の管理	227
透湿	24	日射熱	42	排気ガラリ	110
等速法	108	二方弁	102	排気筒	271
等電位接地	290	二方弁制御方式	105	廃棄物	274
特殊消火設備	267	ニュートンの冷却則	21	廃棄物管理	276
特殊な通気管	230	ヌートセンの残響式	170	廃棄物処理法	274
特殊排水	218	音色	154	廃棄物の収集、運搬方式	276
特殊排水処理装置	252	熱貫流抵抗	15, 17	廃棄物の集積室	276
特殊フィルター	129	熱貫流率	13, 15	廃棄物の処理、中間処理	277
特性曲線	104, 114, 332	熱貫流量	13	廃棄物の処理室	276
毒性等量（TEQ）	278	熱橋（ヒートブリッジ）	26	廃棄物の定義と分類	274
特定元方事業者	378	熱源方式	53, 56, 120	排水管	227
都市ガス	269	熱水分比	32	排水管材料	227
都市ガスの供給方法	269	熱線風速計	9	排水管の管理	228
吐水口空間	195, 239	熱対流	21	排水管の勾配	228
度日	4	熱通過量	13	排水管の保守	228
トラップ	219	熱的快適性	7	排水処理	247
トラップの構造条件	220	熱伝導	19	排水設備	218
トラップの種類	221	熱伝導率	19	排水槽	223
トラップの封水が破られる原因	222	熱電比	57, 319	排水槽の構造	223
トラップの封水深	220	ネットワーク工程表	374	排水槽の保守管理	224
トラップの目的	219	熱放射	22	排水方式	219
ドラフト	7	熱容量	22	排水ポンプ	224
ドラムトラップ	221	年較差	3	排水ポンプの構造	224
トリクル充電（補償充電）方式	322	年間空調	54	排水ポンプの設置時の留意事項	225
ドレンチャー設備	267	燃焼に必要な空気量	95	排水ポンプの定期点検	225
【な】		粘性	177	ハイブリッド給湯システム	214
ナイトパージ	53, 83, 98	粘着式	130	バキュームブレーカー（真空防止器）	242
内部結露	26	ノズル型	109	破碎機	277
流し	243			バタフライ弁	227
等摩擦法	108			パッケージユニット方式	81

パッシブ技術	73	ふく流吹出口	109	弁の種類	100
発泡性の保温材	20	附室の排煙設備	139	変風量方式 (VAV)	79
はね出し作用	223	腐食と防食	180	ボイラー	123
パネルヒーティング	85	負触媒作用による消火法	263	ボイラーと安全	125
パルスター	63	物理的性質	177	ボイラーの概要	123
バルブ	101, 190, 226	物理的劣化	378	ボイラーの種類	124
ハロゲン化物消火設備	268	不定常状態	16	ボイラーの取扱い	125
パン型	132	浮動充電方式	322	ボイラー負荷	123
パンカルーバ型	109	不燃性ガス消火設備	269	防煙垂れ壁	97
半密閉型燃焼機器	95	浮遊粉じん	11	防煙ダンパー (SD)	108
ヒートアイランド現象	1	浮遊粒子状物質 (SPM)	11	防音と遮音	161
ヒートブリッジ	26	プラスチック管	228	防火ダンパー (FD)	108
ヒートポンプ	56, 122	フラッシュオーバー	269	放射性排水処理設備	279
ヒートポンプチラー	122	フラッシュバルブ	191	放射床暖房	85
比エンタルピー	30	フラッターエコー (多重反射)	171	防振基礎	173
微気候	9	フリーアクセス空調方式	82	防振材料	174
引込み管ガス遮断装置	270	ブリッジ回路	293	法定検査	253
引下げ導体システム	349	フレミング左手の法則	286	放熱器	86
火盛り期	97, 263	フレミング右手の法則	287	防露	191
比色法	129	プロパンガスの供給方法	270	飽和水蒸気量	37
微生物腐食	282	プロペラファン	113	飽和絶対湿度	29
必要圧力	188	分岐器・分配器	343	ボール弁	101
ピトー管	179	分波器	344	保温	191
避難	135	粉末消火設備	268	保護角法	348
ヒューズコック	270	平均吸音率	167	保護継電器	363
標準新有効温度 (SET*)	6	平均熱貫流率	15	保護レベル	347
表皮効果	353	平均放射温度	5	補償充電	322
表面結露	26	閉鎖形 (乾式)	266	保全予防	379
避雷器 (LA)	362	閉鎖形 (湿式)	266	ボルトトラップ	221
ビル・エネルギー管理システム (BEMS)	151	閉鎖形 (予作動式)	266	歩幅電圧	289
ビル風	3, 27	ヘーゼン・ウィリアムズの式	202	ポンプ	103
比例制御	148	ベーン付きファン	113	ポンプ制御	105
ファンコイルユニット (FCU)	84	壁体の貫流熱	42	ポンプ類	190
ファンコイルユニット方式	80	ペリメーターゾーン	55, 64	ポンプ直送方式	186, 198
風圧係数	90	ペリメーターレス化	55	ポンプの運転点	104
封水の運動による慣性	223	ヘルツ [Hz]	153	ポンプの種類	103
ブースタ	344	ベルトトラップ (わんトラップ)	221	ポンプの種類と用途	196
風速	2	ベルヌーイの式	102	ポンプの特性曲線	104
ブーミング現象	165	ベルヌーイの定理	177, 202	ポンプの能力と性質	197
風量調節ダンパー (VD)	108	弁 (バルブ)	190		
風力換気	88	弁 (バルブ) 類	226		
不快指数 (DI)	4	変圧器 (トランス、TR)	362		
複合制御	149	変動騒音	159		
		ベントパイプ	229		

【ま】

マイコンメーター	270
前処理工程	248
マクロセル腐食	281

マスキング効果	157	床面温度	7	連結送水管設備	268
マニングの式	103	ユニット形	9	連接地	290
マルチゾーンダクト方式	80	ユニット型空調和機	83	連続空調	54
マルチゾーンユニット	83	湯の種類	208	連続の式	178
ミキシングバルブ	209	湯の性質	208	連続負荷	298
右ねじの法則	286	湯水混合水栓（ミキシングバルブ）	209	ろ過効率	129
水と健康	181	揚程曲線	198	ろ過式	130
水の硬度	180	揚水ポンプの揚程・所要動力	198	露点温度	30
水配管	99	溶存酸素（DO）	251		
水搬送システム	277	揚程曲線	104	【わ】	
水噴霧式加湿器	131	翼形送風機（ターボファン）	113	ワイリーイートンの式	103
水噴霧消火設備	267	浴室に設置される器具	243		
溝状腐食	282	浴場設備	279		
密度	177	予想給水量	197		
密閉型燃焼機器	95	予測不満足者率（PPD）	6		
密閉型膨張水槽	215	予測平均温冷感申告（PMV）	6		
密閉型冷却塔	121	予防保全	379		
密閉方式	135				
未利用エネルギー	58	【ら】			
ムーディ線図	103	ラインディフューザ型	109		
無指向性音源	157	ラウドネス曲線	154		
無線 LAN のセキュリティ	345	ランドリー阻集器	222		
無停電電源設備（UPS）	323	力率	310, 313		
明瞭度	161	リバースリターン	102		
メートル・セイピン	168	リバースリターン方式	105		
メッシュ法	349	リミットロードファン	113		
メット（met）	8	硫酸露点腐食	282		
メット値	4	流体の基礎知識	177		
免震装置	175	了解度	161		
毛管現象	223	ループ通気方式	230		
元請負人の義務	383	ルーフドレン	259		
モリエル線図	119, 128	冷温熱源方式	56		
		冷却	33		
【や】		冷却消火法	263		
誘引（インダクション）ユニット方式	80	冷却塔	121		
		冷却塔の管理	121		
有効温度（ET）	5	冷凍機	118		
湧水ポンプ	225	冷凍トン	118		
誘導サイホン作用（吸出し作用）	223	レイノルズ数	103		
誘導電動機の始動方式	333	冷媒配管	99		
誘導電動機の特性格線	332	冷房負荷	42		
床衝撃音遮断性能	165	レジオネラ属菌	121		
床暖房	84	連結散水設備	265		
床吹出し空調方式	82	連結送水管（消防隊専用栓）	265		

【著者紹介】

田中毅弘（タナカ・タケヒロ）

東京都渋谷区生まれ。足利工業大学工学部専任講師、関東学院大学工学部助教授、東京工業大学大学院特別研究員、LEC東京リーガルマインド大学総合キャリア学部教授・学部長補佐、東洋大学理工学部教授を経て、現在、内閣府所管全日本建築士会理事。工学博士、Ph. D（人間行動学博士）

坂本英雄（サカモト・ヒデオ）

東京都八王子市生まれ。部品メーカー、施設管理会社を経て、現在、電気工事会社勤務。電気設備学会「第三種電気主任技術者受験対策講座」理論科目講師（2010-2018）、高度職業能力開発促進センター「高圧受変電設備設計」講師（2010-2012）、技術士（電気電子・総合技術監理部門）、第一種電気主任技術者、建築設備士他

合格対策 建築設備士試験 設備編

著者 田中毅弘 坂本英雄

2024年11月23日 初版第1刷発行

発行者 柴山 斐呂子

発行所 理工図書株式会社

〒102-0082 東京都千代田区一番町 27-2
電話 03 (3230) 0221 (代表)
FAX 03 (3262) 8247
振替口座 00180-3-36087 番
<https://www.rikohtosho.co.jp>
お問合せ info@rikohtosho.co.jp



© 田中毅弘 坂本英雄 2024 Printed in Japan ISBN978-4-8446-0948-3

印刷・製本 藤原印刷

本書のコピー等による無断転載・複製は、著作権法上の例外を除き禁じられています。内容についてのお問合せはホームページ内お問合せフォームもしくはメールにてお願いいたします。落丁・乱丁本は、送料小社負担にてお取替えいたします。

JCOPY <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書（誌）の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-5244-5088、FAX 03-5244-5089、e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。