

予習確認プリント

学年：_____ 学籍番号：_____ 名前：_____

・全天日射，直達日射，天空日射とはどのようなものですか？3者はどのような関係にありますか？

・太陽からの熱エネルギーが大気圏内でやり取りされる様子をできるだけ詳しく図に表してください。

・建物や地面に対する日射の受熱量は，季節や方位によってどのような特性がありますか？また，どのような違いがありますか？

※予習の段階に比べて，授業を聞き終わった段階では，何がわかりましたか？

第 13 回目 (熱エネルギーとしての) 日射 (教科書 pp. 76~78)

※おおよそ板書の 1 面が, 配付資料の半ページに相当 (のつもりでスペースを確保)

◎ 前期の後半の学修内容: 太陽 (「量」と「変化」に着目!)

建築の分野からみた太陽の役割

|

└熱エネルギーの供給源└エネルギーの量はどのくらいか?

|

└どのように変化するか?

|

|

└光エネルギーの供給源└エネルギーの量はどのくらいか?→後期の光環境の授業で扱う

└どのように変化するか?

第 11 回目 太陽の位置→1 日の中でどのように変化するか?

季節の変動の中でどのように変化するか?

太陽が動いた結果→第 12 回目 太陽と連動して, 影はどのように変

化する (動く) か?

○ 今日の内容: 地球と宇宙の間での熱エネルギーのやりとりをイメージできるようにしよう

1 建物全体の熱エネルギーの出入りについての復習 (教科書 p. 45 参照)

→特に, 窓面からの日射取得についての復習

2

3

補足 1)

補足 2)

4

1 建物全体の熱エネルギーの出入り, 特に, 窓面からの日射取得についての復習 (教科書 p. 45

日射に関する熱エネルギーの出入り

参照)

└熱取得 (他に, 内部発熱熱取得, 暖房熱もあり)

| ・窓透過日射熱取得

|

└熱損失 (他に, 換気による熱損失, 内壁貫流熱損失もあり): (室内の気温-外気温) に比例

・外壁貫流熱損失

・窓貫流熱損失

[相当外気温] = [外気温] + [相当放射温度] (配布プリント p. 41 参照)

[外壁の日射吸収率] × [日射量] + [外壁の放射率] × [屋外面の夜間放射量]

[総合熱伝達率]

2 窓が受ける日射エネルギーと太陽の位置の変化との関係

例) 窓の位置を変えてみる

→単位面積あたりに入射する日射エネルギーを計算すると

⇒現実には時間によって窓の大きさは変わらない⇒室内に入ってくる日射量が変わる!

→「壁や窓の位置」と「太陽の位置」との関係は重要

⇒考えたい窓や壁の向き：

その特徴（教科書 p. 77 の図には訂正あり→このプリントの 113 ページにも掲載）

・夏：

・冬：

③ 太陽と地球の間の熱エネルギーのやりとり

→どのような経路で、太陽から地球、さらに建物まで熱エネルギーが届くのだろうか？

⇒次のページを横一面に使って記入するので、注意

補足 1) 日射（短波放射）と長波放射

地球放射（教科書 p. 76 の図では「地面放射」。気象学の用語としては「地球放射」が一般的。）

地球は大気に向かって（長波長）放射を行っている。教科書 p. 138 も参照。

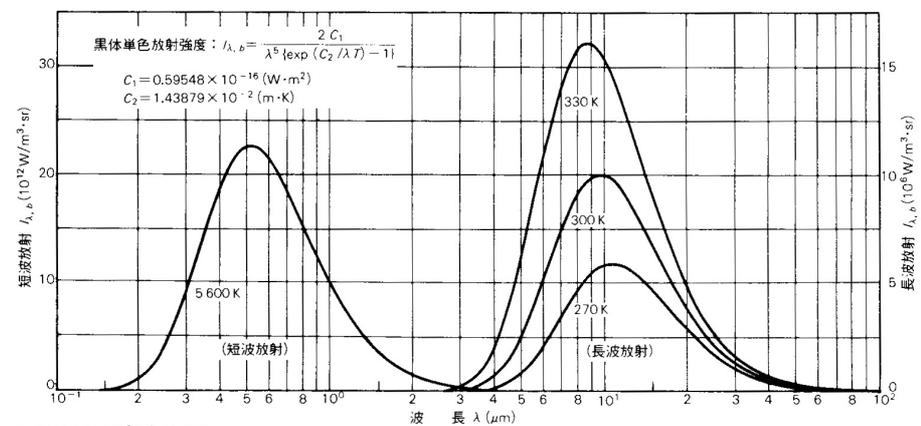
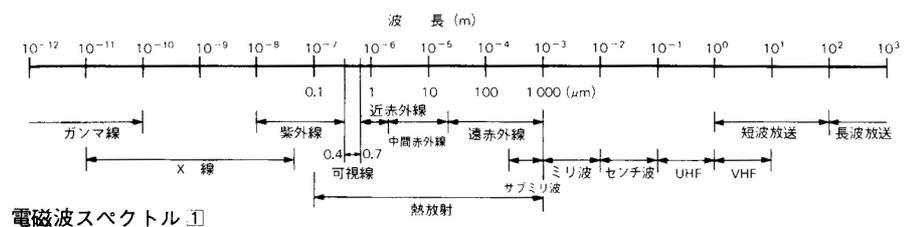
→約 288K の黒体が熱エネルギーを放射していると考えればよい（下図を参照）。

→→長波長放射で

は、日射（短波長放射）よりも弱い熱エネルギーを放射。

・曇天時には、雲量が多いほど、また雲が低層であるほど、夜間放射量は少ない。

（出典：参考文献 [3]，p. 100）



黒体放射強度分布 [2]

建築環境工学 I (第 13 回目) [火曜日・09:00～10:30・中講義室 2 (オンデマンド形式による遠隔授業)]

2021. 07. 13

環境共生学部・居住環境学専攻

辻原万規彦

・夜間放射 (実効放射) = [地面放射] - [大気放射]

※夜間だけではなく、昼間もあり。ただし、夜間の方が影響は大きい。

→冬の放射冷却は、この「夜間放射 (実効放射)」による

補足 2 太陽から放射される熱エネルギーを地上で受けると

- ・太陽光線の分光分布は、下図を参照。5600K の黒体が発しているスペクトルに近い
- ・およそ 400nm~700nm の範囲が可視光線→配付プリント 111 頁を参照
- ・太陽高度が低いほど、大気を通過する距離が長くなる
- ・大気圏内に入ると、水蒸気などに吸収されるので熱エネルギーが減衰する
→さらに、特定の波長の時に、大気中の CO₂ や H₂O, O₂, O₃ (オゾン) などに吸収され、強度が低くなる (ある波長の日射の熱エネルギーは、他の波長に比べて沢山吸収される)

※波長の単位 : 10⁰ μm = 1 μm = 10⁻⁶ m

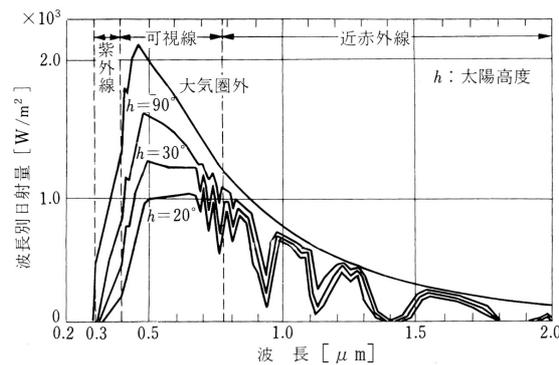
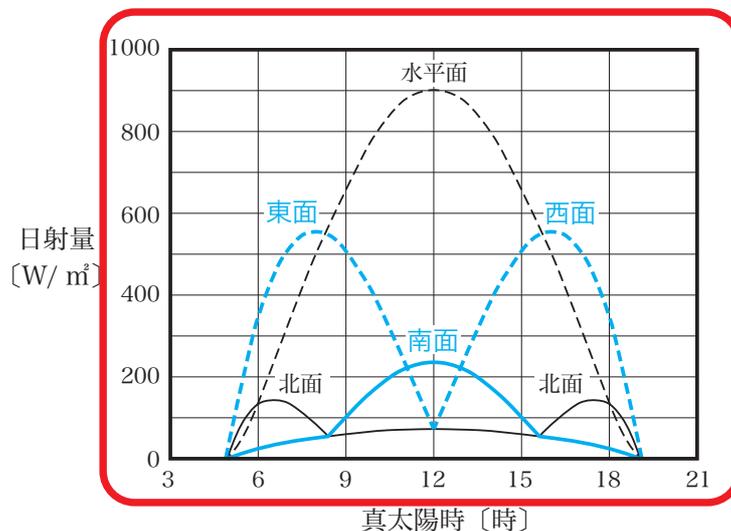


図 太陽光線の分光分布 (出典：参考文献 [1], p. 94) (1 μm = 10⁻⁶ m)

教科書 p. 77 の図 (夏至の建物各面の直達日射量) の差し替え→以下の図に差し替えてください



夏至の建物各面の直達日射量 (北緯 35°)

4 直達日射量と天空日射量の計算

晴天時の法線面直達日射量と水平面天空日射量は、理論的に導かれた下の式で計算できる。
 →下記で求める値はあくまで計算値であり、実際の値(气象台などで観測される値)とは異なる。

・法線面直達日射量 (J_D , [W/m²])

(下図も参照のこと。ただし、 J_O と J_D は、図中では I_O と I_n になっている。)

$$J_D = J_O \cdot P^{\frac{1}{\sin h}} \quad \langle 1 \rangle \text{ (ブーゲ (Bouguer) の式)}$$

ここで、 J_O : 太陽定数 [W/m²] →教科書 p. 76 参照

P : 大気透過率 (教科書 p. 76 の③を参照のこと。)

大気の透明度の指標 ($0 < P < 1$ の値を取る)。

季節や場所によっても値が異なる。

→ブーゲ (Bouguer) : ピエール・ブーゲ。18 世紀のフランスの天文学者。

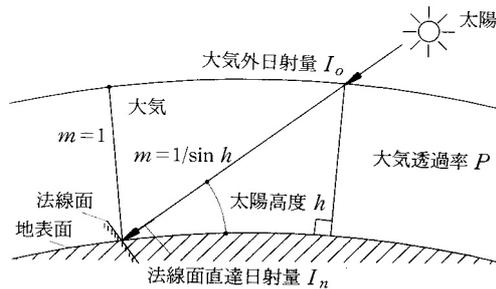


図 直達日射量 (出典：参考文献 [2], p. 99)

・水平面天空日射量 (J_S , [W/m²])

$$J_S = \frac{1}{2} \cdot J_O \cdot \sin h \cdot \frac{1 - P^{\frac{1}{\sin h}}}{1 - 1.4 \cdot \ln P} \quad \langle 2 \rangle \text{ (ベルラーゲ (Berlage) の式)}$$

ここで、

h : 太陽高度 ([°] もしくは [rad])

→1度1分1秒 (1° 1' 1") のように「度」を単位として角度を表す場合を度数法といい、

π radian (ラジアン, =180°) のように「ラジアン」を単位として角度を表す場合を弧度法と言う。

\ln : \log_e (e (= 2.71828...) を底とする自然対数) → \log_{10} は底を 10 とする常用対数

【注】 e : ネイピア数。自然対数の底。 $e = 2.7182818284\dots$

→高校で学修していない人は、自分で調べておくこと。数学 I と数学 II の教科書

『基礎 微分積分』(市東和夫・中田広光・八幡誠, 産業図書, 1999 年 4 月, ¥2,400 + 税, ISBN: 4-7828-9032-X) では, pp. 14~16 に掲載されている (解説は, p. 16)。

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e, \quad \lim_{x \rightarrow 0} (1 + h)^{\frac{1}{h}} = e$$

$$\frac{1}{\sinh} = \operatorname{cosech}$$

P : 大気透過率 (教科書 p. 76 の③を参照のこと。)

→ベルラーゲ (Berlage) : ヘンドリック・ベルラーゲ。20 世紀のオランダの地球物理学者。

・ 水平面全天日射量 (J_H , [W/m²])

$$J_H = J_D \cdot \sinh + J_S \tag{3}$$

→気象台などで測定されている日射量は一般にこの値

→窓面の日射熱取得や相当外気温の計算には、この「水平面全天日射量」を使う。

⇒室温に影響する

⇒建物全体の熱エネルギーの出入りの問題に戻る

【参考文献】(順に、タイトル、編著者名、出版社、発行年月、価格、ISBN。[] 内は熊本県立大学学術情報メディアセンター図書館所蔵情報)。

[1] 『環境工学教科書 第二版』(環境工学教科書研究会編著, 彰国社, 2000 年 8 月, ¥3,500 + 税, ISBN: 4-395-00516-0) [和書 (2 F), 525.1||Ka 86, 0000275620, 0000308034]
→第三版もあり (2020 年 2 月, ISBN: 978-4-395-32146-9) [和書 (2 F), 525.1||Ka 56, 0000387929]

[2] 『初めての建築環境』(〈建築のテキスト〉編集委員会編, 学芸出版社, 1996 年 11 月, ¥2,800 + 税, ISBN: 4-7615-2162-7) [和書 (2 F), 525.1||Ke 41, 0000216585, 0000216586]
→改訂版あり (2014 年 11 月, ISBN: 978-4-7615-2581-1) [和書 (2 F), 525||Ke 41, 0000367191]

[3] 『建築設計資料集成 1 環境』(日本建築学会編, 丸善, 1978 年 6 月, ¥7,500 + 税, ISBN: 4-3352-2313-7924) [和書 (2 F), 525.1||KE 41||1, 0000157165, 0000166428]

学年：_____ 学籍番号：_____ 名前：_____

【演習問題】

熊本（北緯 $32^{\circ} 49'$ ）における，春分の日（3月21日），夏至の日（6月21日）ならびに冬至の日（12月22日）の午前10時（真太陽時）の太陽の高度は，それぞれ 46.2° ， 62.1° ， 26.8° である。配付資料 p. 114 と p. 115 の式を用いて，それぞれの時の法線面直達日射量，水平面天空日射量ならびに全天日射量を求めよ。なお，太陽定数は， $J_0=1370$ [W/m^2] とし，春分の日，夏至の日ならびに冬至の日の大気透過率は，それぞれ 0.65，0.60 ならびに 0.75 とする。