

<http://godfoot.world.coocan.jp/kyusyuritsu-keisan.htm>

地表温度より温室効果ガス(二酸化炭素、水蒸気)による熱放射の吸収率を推定

([Excelを用いた地球温暖化計算](#))

Excelを用いた科学技術計算が第2版になりました 30年10月!

[amazon: Excelで操る! ここまでできる科学技術計算 第2版](#)

楽天: [Excelで操る! ここまでできる科学技術計算 \[神足 史人\]](#)

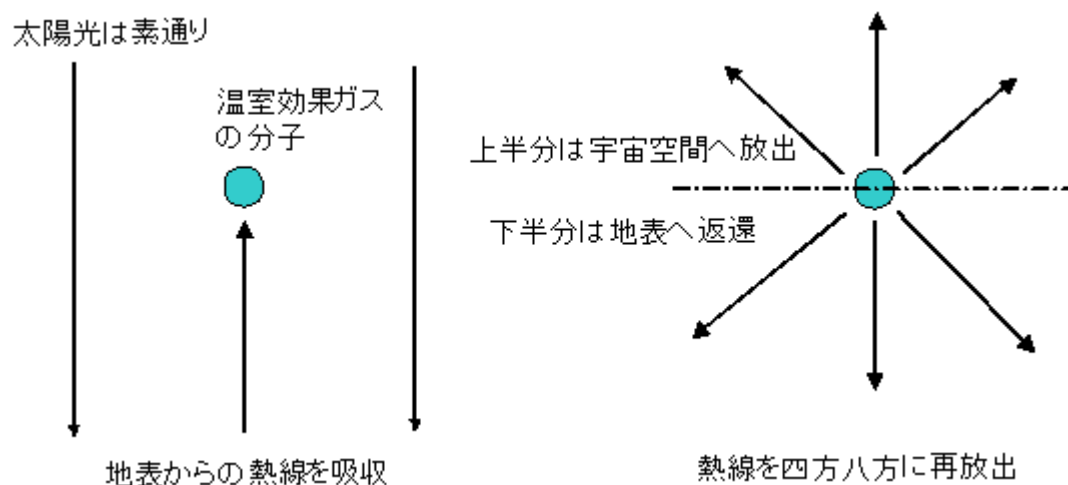


図1 温室効果ガスの説明

エネルギーの高い太陽光は大気中の温室効果ガス(CO₂,H₂O)を素通りするが、地表から宇宙空間に放射されるエネルギーの低い熱線は温室効果ガスの分子に相当量吸収される。一旦熱線を吸収した分子は熱線を四方八方に再放出するため、熱線の半分は宇宙空間に放出され、もう半分は地表に返還される。この性質が大気中の二酸化炭素、水蒸気による温室効果であり、この吸収率が高くなるほど、温室効果は大きくなる。

ここでは、大気温度より温室効果ガスによる熱放射の吸収率を推定する。



感想をお聞かせ下さい

[裁かれる自動車（中公新書 431）](#)

西村肇著

[環境科学](#)

化学工学会

[Excelで気軽に化学工学](#)

[環境問題はなぜウソがまかり通るのか\(2\)](#)

[偽善エコロジー—「環境生活」が地球を破壊する（幻冬舎新書（た-5-1））](#)

[理科年表 平成 23 年](#)

太陽光が地表に到達するエネルギー

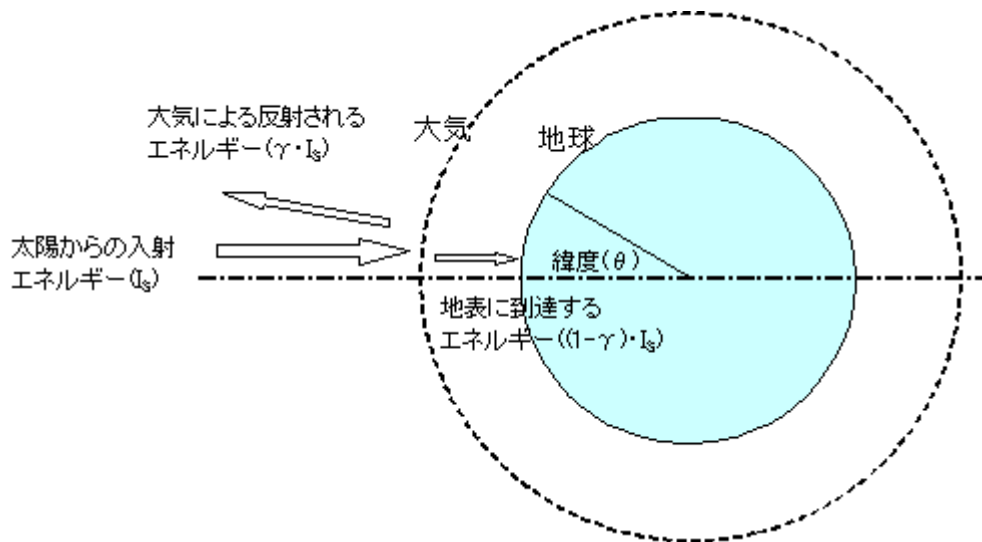


図 2 太陽からの入射エネルギーが地表に到達するモデル

太陽からの入射エネルギー(I_s)は $1370\text{W}/\text{m}^2$ (太陽定数)である。入射エネルギーのうち反射率(γ)の割合でエネルギーが宇宙空間へ反射される。反射率(γ)は30%と実測されている。地表に到達するエネルギー(I_1)は朝、昼、夕方、夜を含めて1日で平均する必要がある。地球の半径の2倍の領域を円周の長さ($2\pi \times$ 地球の半径)で平均するため円周率 π で割ることになる。また緯度(θ)により太陽光の入射角が異なるため、地表に到達するエネルギー(I_1)は(1)式となる。

$$I_1 = (1 - \gamma) \cdot I_s \cdot \cos(\theta) / \pi \quad \dots (1)$$

(1)式は地軸の傾きによる季節の変化を考慮していないため、1年の平均(春分の日、秋分の日)となる。

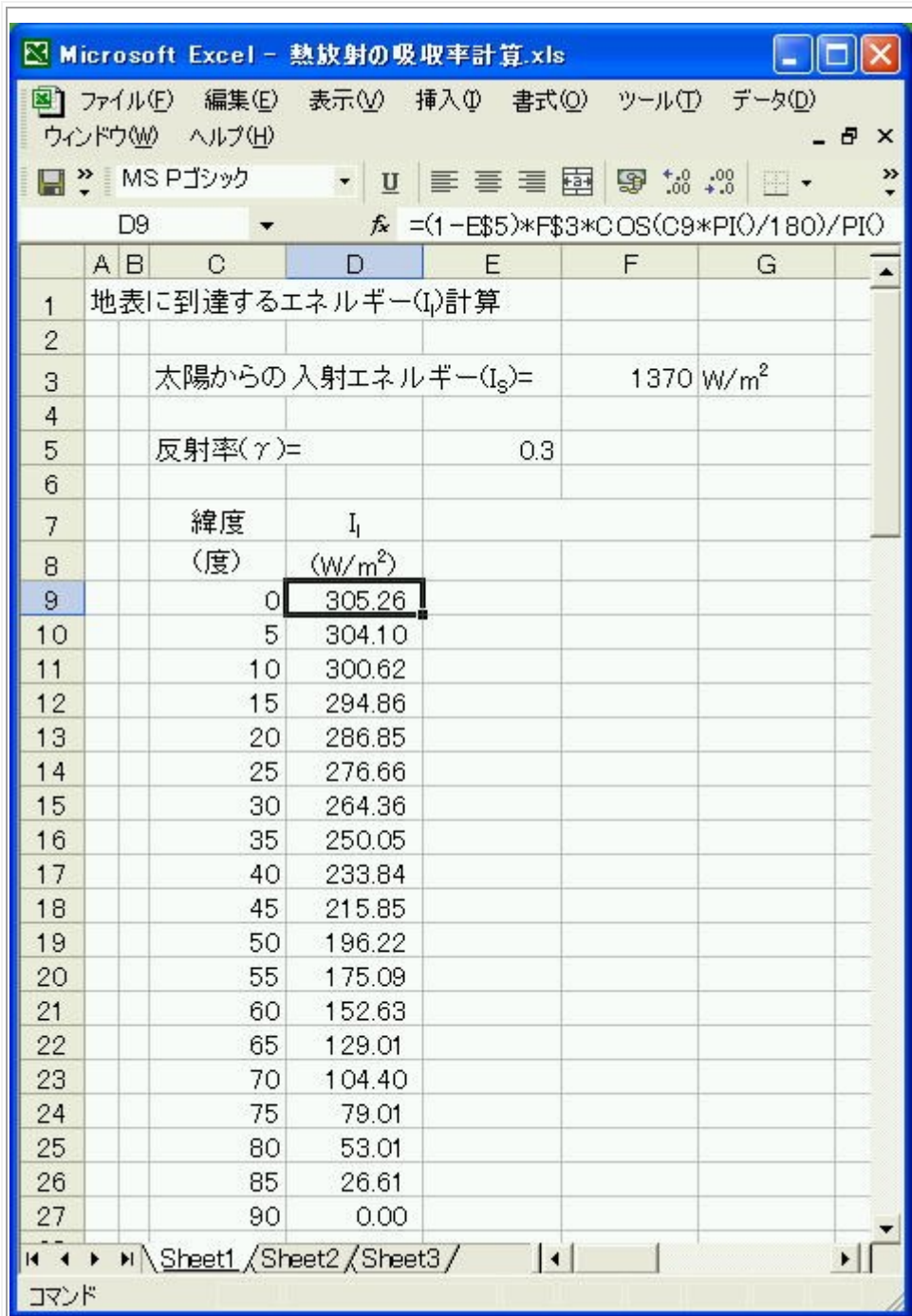


図3 エクセルを用いた地表に到達するエネルギー計算

大気と放射エネルギーの流れモデル

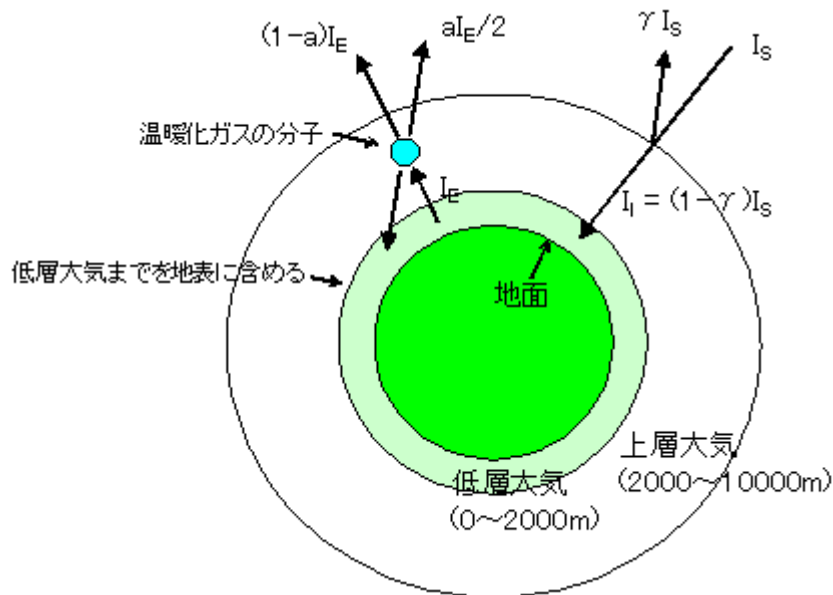


図 4 大気と放射エネルギーの流れモデル

常識的には地面から 10000m までを大気するが、図 4 の様に大気を低層大気(0~2000m)と上層大気(2000~10000m)に分離し、2000m 以下の底層大気を地表に含める。そうした理由は、地面と低層大気との熱の授受は、放射伝熱よりも蒸発と降雨の潜熱移動のほうが大きいからである。緯度25度の年間降水量を 2.5m とみて、水の潜熱(気化熱)を 2250J/g とすると、図 5 のエクセルによる計算で、潜熱移動は 178W/m² となり、この地帯への入射エネルギー 277W/m² の 64% にもなる。

	A	B	C	D	E
2					
3			年間降水量	2.5 m/年	
4				7.92745E-08 m/s	
5			1 m ² の領域の1秒間の降水量		
6				0.07927448 cm ³	
7					
8			水の気化熱	2250 J/g	
9					
10			潜熱移動	178 W/m ²	
11					

図5 エクセルによる潜熱移動計算

熱線のエネルギーと温度の関係式(ステファン・ボルツマンの法則)

黒体の表面から単位面積、単位時間に放出される熱線のエネルギー(I)はその黒体の絶対温度(T)の4乗に比例する。

$$I = \sigma T^4 \quad \dots (2)$$

σ : ステファン・ボルツマン定数=5.67・10⁻⁸W/(m²・K⁴)

絶対温度(K) = セ氏温度(°C) + 273.15

黒体とは外部から入射する熱放射などを完全に吸収し、また放出できる物体のこと。

人間も体温(36.5°C)により、波長の長い(目に見えない)熱線を放出している。地球も同様に熱線を放出している。

地表温度で決まる熱線エネルギー(IE)計算



Microsoft Excel - 熱放射の吸収率計算.xls

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T)
データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

C23 =AVERAGE(C4:C22)

	A	B	C	D
1	緯度25度近辺にある世界の地点の平均気温			
2				
3	地点名		平均気温	
4	Asswan		26.1	
5	Riyadh Obs.		26.0	
6	Abu Dhabi Bateen Airport		27.0	
7	Seed. Int'l Airport		28.3	
8	Karachi Airport		26.3	
9	Cherrapunji		17.3	
10	Kunming		15.0	
11	King's Park		23.0	
12	Taipei		22.3	
13	Alice Springs Airport		21.0	
14	Miami, FI		24.8	
15	Nassaau Airport		24.8	
16	Casa Blanca, La Habana		24.8	
17	Asuncion/Aeropuerto		22.6	
18	Sao Paulo		19.6	
19	Rio De Janeiro		23.8	
20	Windhoek		19.7	
21	Pretoria		18.4	
22	Chileka		22.4	
23		平均	22.8	
24				

図 6 緯度25近辺にある世界の地点の平均気温

地表からは地表温度で決まる熱線エネルギー(I_E)が放射される。ステファン・ボルツマンの法則に基づき、地表温度(T)より熱線エネルギー(I_E)が次式で計算できる。

$$I_E = \sigma T^4 \quad \dots (3)$$

図 6 より、緯度25度近辺の平均気温は 22.8°C である。この温度を用い地表からの熱線エネルギーを計算する。

	A	B	C	D	E	F
1	緯度25度における熱線エネルギー計算					
2						
3			地表温度	22.8 °C		
4				295.95 K		
5			I_E	434.9671 W/m ²		
6						

図 7 エクセルを用いた地表からの熱線エネルギー計算

温室効果ガスの吸収率の推定値は 73%

温室効果ガスの吸収率を a とすると、地表から放出される熱線エネルギー(I_E)のうち $a \cdot I_E$ が吸収され、残りの $(1-a)I_E$ が宇宙空間に放出される。大気層で吸収された熱エネルギー $a \cdot I_E$ の半分は地表に返還され、残りの半分 $a \cdot I_E / 2$ は宇宙空間に放出される。よって、宇宙空間に放出される熱エネルギーは次式となる。

$$\text{宇宙空間に放出されるエネルギー} = (1-a) \cdot I_E + a \cdot I_E / 2 = (1-a/2) \cdot I_E$$

熱バランスを考慮すると、宇宙空間に放出されるエネルギーは地表への入射エネルギー(I_i)と等しい。よって、(4)の方程式が成立する。

$$I_i = (1-a/2) \cdot I_E \quad \dots (4)$$

よって、吸収率 a が(5)式で求まる。

$$a = 2(1-I_i/I_E) \quad \dots (5)$$

図 8 のエクセルを用いた計算で、温室効果ガスの吸収率は 73%と推定できる。大気層中の二酸化炭素と水蒸気が実際にこの吸収率を示すかを確認する必要がある。

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3			地表温度	22.8 °C		
4				295.95 K		
5			I_E	434.9671 W/m ²		
6						
7			I_i	276.6588 W/m ²		
8						
9			吸収率の計算			
10						
11			I_i/I_E	0.636045		
12						
13			a	0.73		

図 8 エクセルを用いた温室効果ガスの吸収率計算

温室効果ガスがないときの地表温度

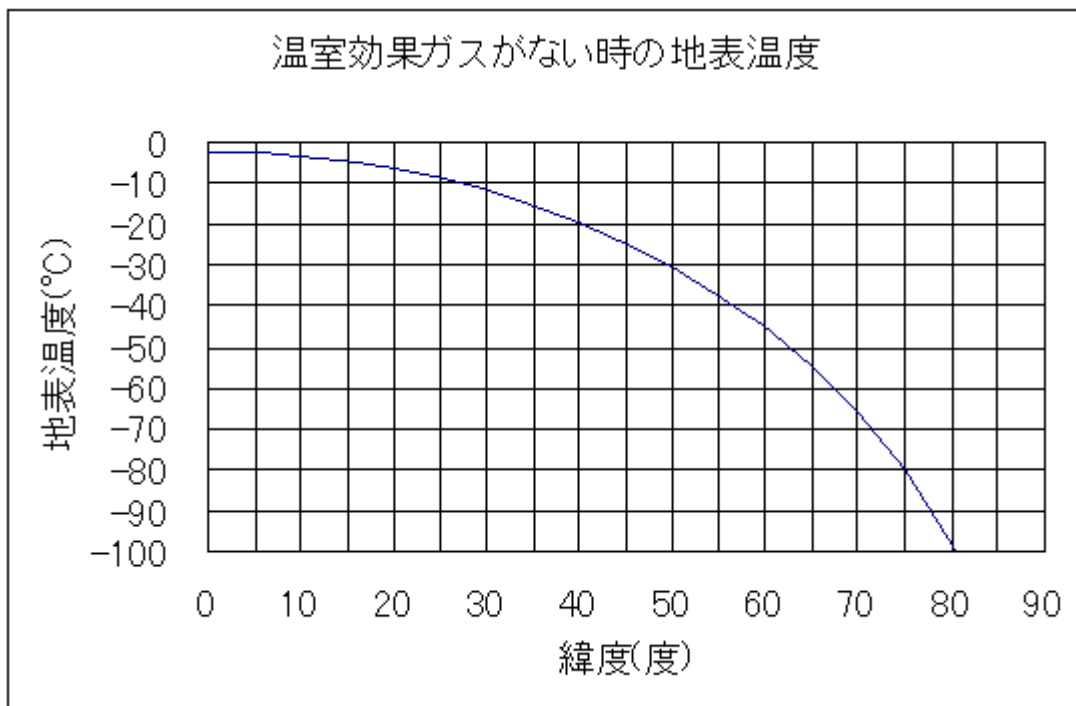


図9 温暖化ガスがないときの地表温度グラフ

いまや悪者扱いされている温室効果ガスだが、大気中にこれが存在しないとき、大気温度がどうなるかを求める。この場合、(4)式の吸収率(a)は0となり、次式が成立する。

$$I_i = I_e \quad \dots (6)$$

(6)式より、地表に到達するエネルギー(I_i)と地表から放射される熱線のエネルギー(I_e)が等しくなることがわかる。よって地表の温度(T)はステファン・ボルツマンの法則を逆算し、次式となる。

$$T = (I_i / \sigma)^{1/4} \quad \dots (7)$$

図10のエクセルによる計算結果より、温暖化ガスがないときの地表温度はのきなみ0°C以下であり、かなり寒い。温室効果ガスに感謝する必要がある。

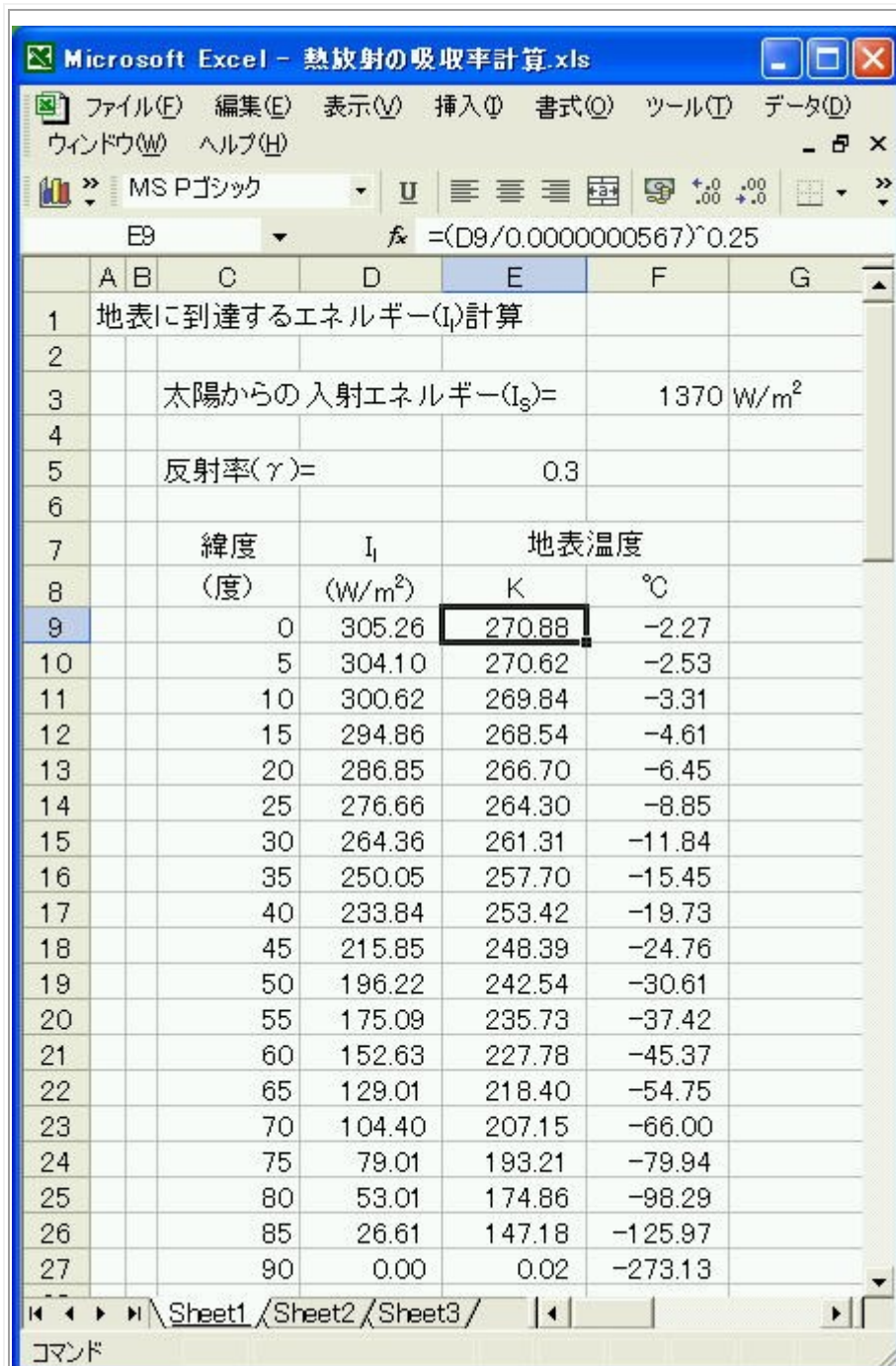


図 10 エクセルを用いた温暖化ガスがないときの地表温度

温暖化ガスの吸収率と地表温度の関係

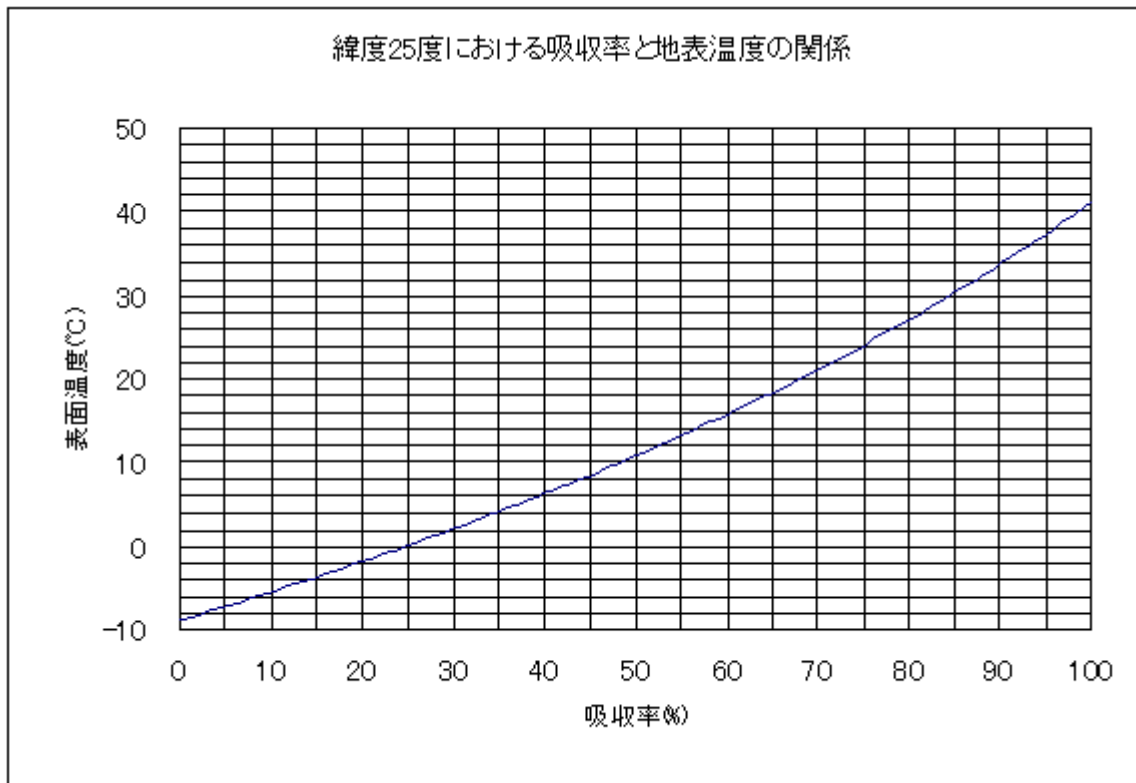


図 11 緯度 25 度における温暖化ガスの吸収率と地表温度の関係グラフ

温暖化ガスの吸収率(a)から地表温度(T)が次式により計算できる。

$$T = \{[I_i / (1 - a/2)] / \sigma\}^{1/4} \dots (8)$$

図 12 のように、エクセルを用い緯度 25 度における地表温度を計算し、図 11 のグラフを作成した。このグラフより、温暖化ガスの吸収率が増加すると地表温度が上昇することがわかる。大気中の二酸化炭素の増加にともないこの吸収率がどのように変化するかを調査する必要がある。

Microsoft Excel - 熱放射の吸収率計算.xls

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

MS Pゴシック 11 U

D7 $=((D$3/(1-C7/100/2))/0.0000000567)^{0.25}$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3			I ₁	276.66	W/m ²			
4								
5			吸収率	地表温度				
6			%	K	°C			
7			0	264.30	-8.85			
8			1	264.63	-8.52			
9			2	264.96	-8.19			
10			3	265.30	-7.85			
11			4	265.63	-7.52			
12			5	265.97	-7.18			
13			6	266.32	-6.83			
14			7	266.66	-6.49			
15			8	267.01	-6.14			
16			9	267.36	-5.79			
17			10	267.71	-5.44			
18			11	268.06	-5.09			

コマンド

図 12 エクセルを用い温暖化ガスの吸収率から地表温度を計算

二酸化炭素濃度(ppm)の増加に伴う大気温度変化の計算

ここでは、二酸化炭素の濃度から温暖化ガスの吸収率を求め、大気温度変化の算出する。

参考文献

ほんとはどうか CO₂による温暖化 2008年2月 現代化学 東京大学名誉教授 西村肇 作
[西村肇先生](#)宅を訪問し、直接の御講義、御指導を受けました。

[理科年表 平成 25 年](#)

[Excel を用いた地球温暖化計算](#)

[福島原発事故シミュレーション](#)

エクセルを用いた
科学技術計算

[EXCEL を用いた科学技術計算](#)

[EXCEL のソルバーを用いた科学技術計算](#)

[EXCEL を用いた構造力学\(材料力学\)計算](#)

GOD FOOT

〒673-0036 兵庫県明石市松江62-14
(有)ゴッドフット企画



感想をお聞かせ下さい

脱線事故
シミュレーション

[JR福知山線 脱線事故シミュレーション](#)

(Yahoo Japan 掲載)

Copyright (C) GODFOOT 2008. All Rights Reserved.