

令和元年度卒業論文

室内実験による地球温暖化の  
シミュレーション

福岡工業大学 工学部  
知能機械工学科

16E1026 鈴木 輝河

16E1033 中川 公太

指導教員 河村 良行 教授

# 目次

第1章.	前書き	1
第2章.	温室効果実験装置概要	3
2.1	温室効果実験装置	4
2.2	従来の実験装置との比較	5
2.3	ガス封入空間の作製	8
2.4	黒体放射板の作製	9
第3章.	実験方法	11
3.1	実験手順	12
3.2	注入する電力計算	13
3.3	装置内のエネルギー関係式	14
3.4	二酸化炭素濃度計	15
3.5	メタンガス濃度の決定方法	16
第4章.	高解像度透過分子吸収データベースによる計算	18
4.1	黒体の分光放射輝度	19
4.2	二酸化炭素ガスの赤外線吸収率	21
4.3	計算による二酸化炭素ガスの赤外線吸収率	22
4.4	メタンガスの赤外線吸収	23
4.5	計算によるメタンガスの赤外線吸収率	24
第5章.	二酸化炭素ガスによる実験	25
5.1	大気中の二酸化炭素ガス濃度と本実験装置との比較	26
5.2	理論温度と実験結果との比較	27
第6章.	メタンガスによる実験	28
6.1	大気中のメタンガス濃度と本実験装置との比較	29
6.2	理論温度と実験結果との比較	30
6.3	大気中のメタンガス濃度変化	31
第7章.	まとめ	32
	参考文献	34

謝 辭..... 3 5

付 録..... 3 6

# 第1章

## 前書き

現在、地球上では地球温暖化が深刻な環境問題となっている為、テレビや新聞で温暖化についての記事が報道されている。また世界各地では、自然環境や人々の暮らしに被害が現れ始めている。このまま温暖化が進むと高潮や沿岸部での洪水、陸・海域での生態系への影響など多くのリスクを伴う。このような問題は、対策・研究を行わない限り、さらに悪化し大きな被害をもたらすと考えられている。

そのため我々は、温暖化の原因とされている、二酸化炭素ガスやメタンガスなどの温室効果ガスが、地球の温度上昇にどれほどの影響を及ぼしているのかについて計測を行った。

また地球温暖化の研究は、多岐にわたり屋外で行われている。しかし屋内での実験は行われていないため、我々は前年度の装置を改良し、室内で定量的に温室効果ガスによる温度上昇を測定することを本研究の目的とした。

## 第 2 章

# 温室効果実験装置概要

## 2.1 温室効果実験装置

近年, 地球温暖化が深刻な環境問題となっていることが広く知られている. 地球温暖化とは, 図 1 に示すように地表に降り注いだ太陽エネルギーが温室効果ガスにより宇宙に発散されにくくなっていることが原因だとされている.

そこで我々は, 室内実験で地球温暖化をシミュレーション出来るよう装置を大幅に改良した.

本実験装置を図 2 に示す. 本実験装置は地球温暖化をシミュレーション出来るよう地表を黒体放射板, 大気をガス封入空間内のガス, 宇宙を液体窒素で簡略的に模擬している. 液体窒素は 77K であり, 本来の宇宙空間は 3K と知られている.

しかし, シュテファン=ボルツマンの法則から物体が放射するエネルギーは表面温度の 4 乗に比例することから, 室温の 4 乗に比べるとこの二つは近似できると考えた為, 宇宙は液体窒素で再現している.

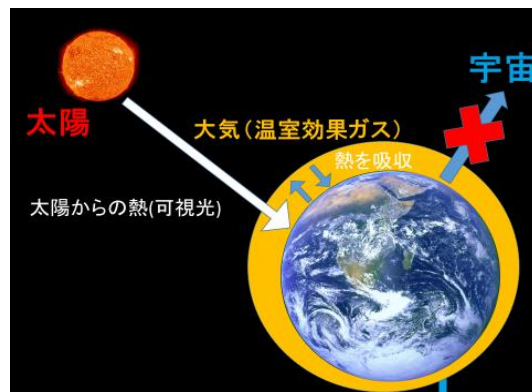
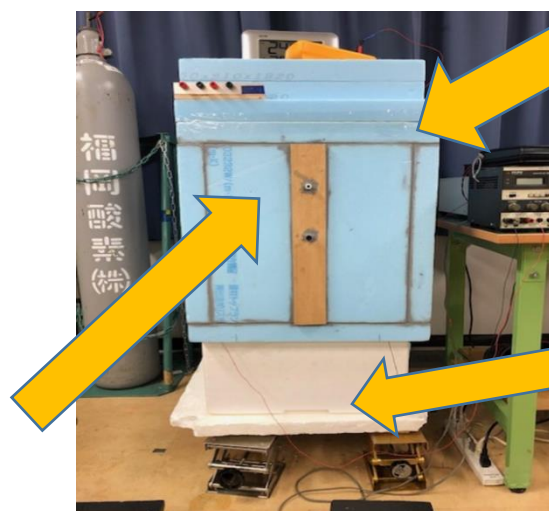


図 1 地球温暖化の仕組み

黒体放射板 (地表)



ガス封入空間  
(大気)

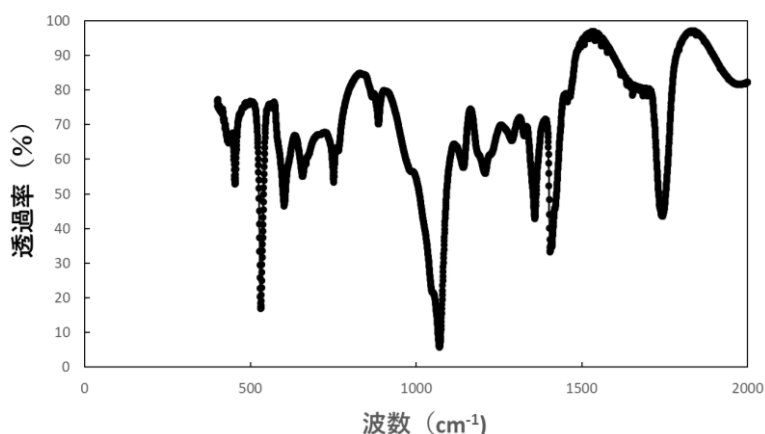
液体窒素 (宇宙)

図2 温室効果実験装置

## 2.2 従来の実験装置との比較

従来の実験装置では、液体窒素と測定対象ガスとの混合を防ぐ為、ポリ塩化ビニリデン（サランラップ、0.011mm）を使用していた。しかし、フーリエ変換赤外分光装置（FT-IR, アジレント）を用いてポリ塩化ビニリデンとポリエチレン（0.015mm）の赤外線透過率を測定した際、赤外放射の強い部分である  $800\text{cm}^{-1}$  前後での透過率を見た場合、図3に示すようにポリ塩化ビニリデンは約65%、ポリエチレンは約85%とポリエチレンの方が透過率が高いため、ポリエチレンを使用した。

また、この透過率を測定するために使用したフーリエ変換赤外分光装置とは、試料に赤外線を照射し、透過または反射した赤外線を検出器で検出し、フーリエ変換を用いて分光し、各波数の透過率の分布を示す赤外スペクトルを取得する装置である。

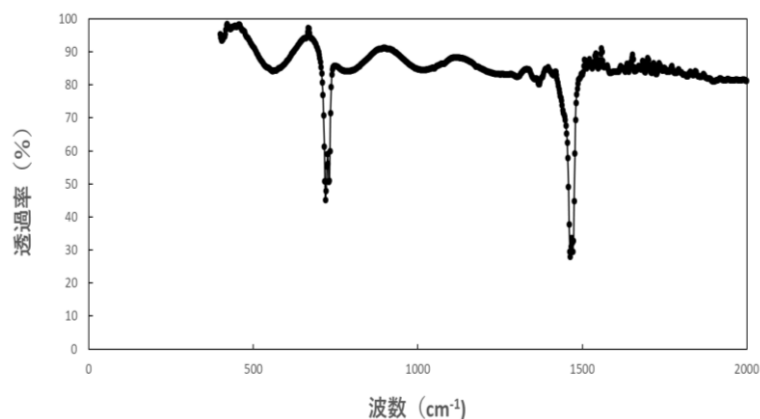


(a) ポリ塩化ビニリデン

(b) ポリエチレン

図3 薄膜フィルムの赤外線透過率

また、従来の実験装置では地球温暖化の火付けとも言われている第二次産業革命時（1850年頃）の二酸化炭素濃度278ppmを模擬できるよう、ガス封入空間が230cmまで延長されていたが、装置が大きすぎるために装置の高い場所と低い場所において温度差とが問題そこで本



で試験ガスが生じることであった。年度は装置



を短くし、これまで木材で作られていたものを熱伝導率の値が小さいポリスチレンフォーム断熱材を使用して作成することで、外気からの熱流入を小さくし、装置全体を断熱することを可能にした。装置図を図4に示す。



(a) 装置改良前



(b) 改良後

図4 装置概観

木材で作られている装置よりも、ポリスチレンフォーム断熱材で作られた装置の方が側面から受けるエネルギーは小さくなる。本実験装置が側面から受けるエネルギー $P$ を求める式は

$$P = \lambda \times S \times \frac{\Delta T}{L} \quad (2.1)$$

となる。ポリスチレンフォーム断熱材の熱伝導率  $\lambda$ ，面積  $s$ ，温度差  $\Delta T$ ，厚さ  $L$  を代入すると

$$P = 0.036 \times \frac{0.3 \times 0.55 \times 4}{0.1} \times 4 = 0.95W \quad (2.2)$$

0.95Wとなる。しかし本実験では黒体放射板に 15.4W電力を注入して実験を行っている。したがって、15.4Wのうち0.95Wであるため考慮しなくていいと考える。



図

5 実験装置の側面からのエネルギー

## 2.3 ガス封入空間の作製

ガス封入空間は、黒体放射板から放射される赤外線が液体窒素の表面まで導く

役割がある。そのため、ガス封入空間の壁は赤外線反射率の高いことが求められる。そこで赤外線透過率を測定したフーリエ変換赤外分光装置を用いてアルミテープの赤外線反射率を測定した。その結果を図6に示す。図6から赤外放射の強い部分である  $800\text{cm}^{-1}$  前後での反射率が約86%と高い事が分かる。

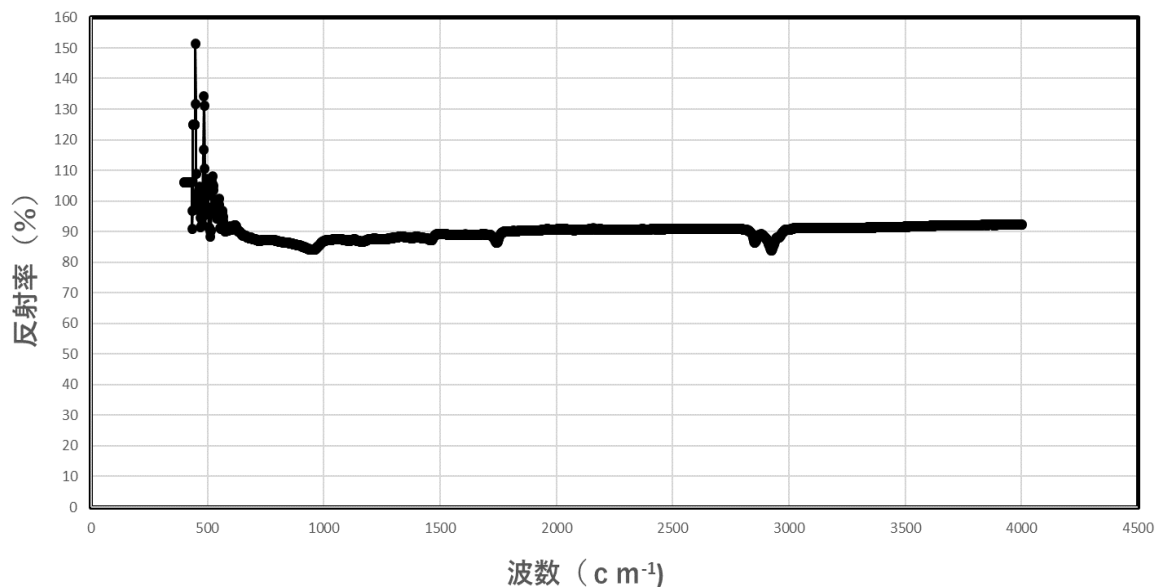


図6 アルミテープ赤外線反射率

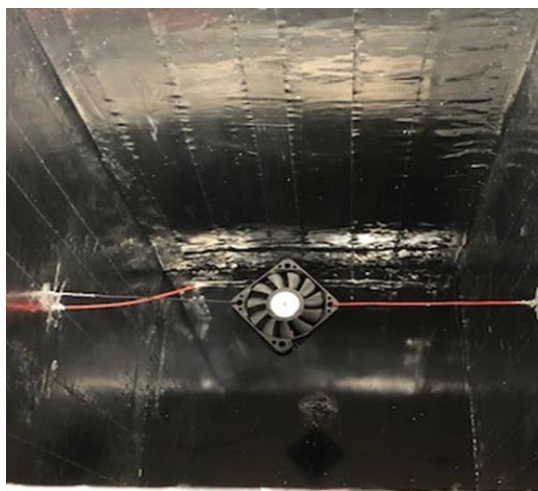


図7 ガス封入空間内部

また、装置が小さくても場所によって濃度にばらつきが見られたため、ガス封入空間内には小型のファンを取り付けた。これによって濃度を一定に保つことが可能となっている。



図8 小型ファン

## 2.4 黒体放射板の作製

地表を模擬した黒体放射板には、厚さ 0.3mm で 300mm×300mm のアルミ平板を使用し、銅線を貼り付けていない面を黒色のラッカースプレーで黒色に着色した。また、電源電圧からの任意の電力の注入により、ヒーターが過熱される仕組みとなっておりヒーターの抵抗値は  $6.3\Omega$  である。

加熱された際、温度分布が一様になるように直径 0.26mm のポリウレタン銅線を 5mm 間隔で貼り付けている。温度が一様になっている事を確認するためにサーモグラフィを用いて写真を撮影した。その図を図 9 に示す。

また、5mm 間隔でポリウレタン銅線を貼り付ける際は図 10 のように 5mm 間隔にノコギリで切れ目を入れた木の治具を使用して貼り付け作業を行った。

実験を行う際、黒体放射板の温度を測定する必要があるため黒体放射板には K 型熱電対を取り付けた。従来は  $\mu\text{v}$  計で温度を測定していたが、今回は図 11 のようにデジタルマルチメータを使用しているため、第三者が見ても温度が分かるように出来ている。

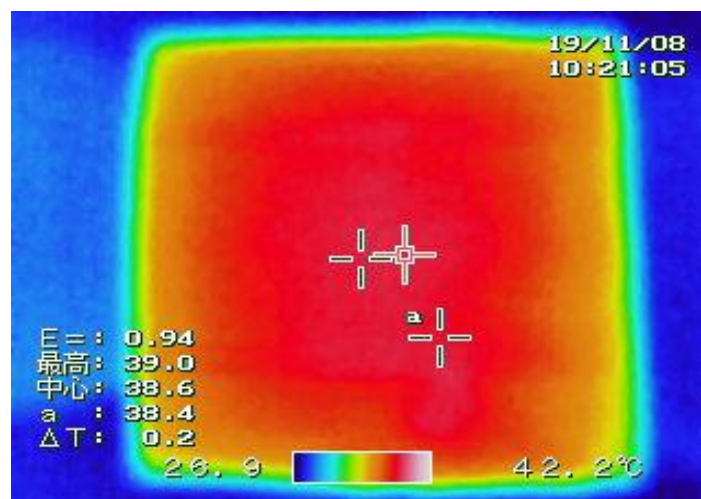


図9 サーモグラフィによる温度分布



図10 木で作成した治具

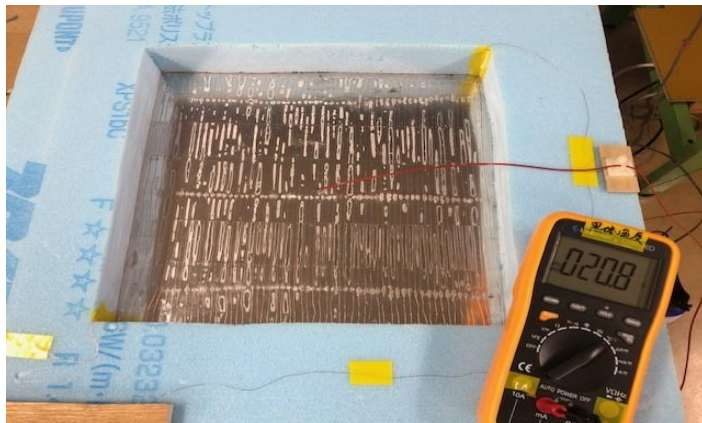


図11 熱電対を取り付けた黒体放射板

# 第3章

## 実験方法

### 3.1 実験手順

1)～8) の手順で実験を行った。

- 1) 実験装置下部ポリエチレン部分の結露を防ぐため, ガス封入空間に乾燥窒素ガスを入れる.
- 2) 液体窒素で冷やされる前の状態の温度を記録する
- 3) 発泡スチロールに液体窒素を入れる
- 4) 装置全体が冷えるのを待つ
- 5) 電源電圧から任意の電力を注入する
- 6) 二酸化炭素ガス濃度計または風船の準備をする
- 7) 実験するガスをガス封入空間に溜め, 小型ファンを回しガス濃度を一定にさせる.
- 8) 各濃度での温度を測定する

上記のように実験を進めていく. ただし, 二酸化炭素 0%の時とメタンガス 0%の時はいずれも乾燥窒素 100%の時である.

また, 実験装置を図 12 に示す.

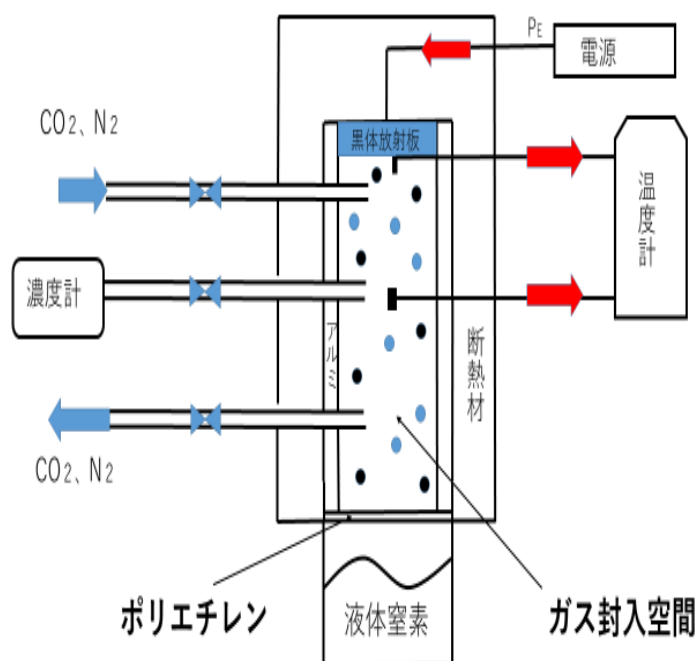


図 12 実験装置システム

### 3.2 注入する電力計算

本実験では実験装置に注入する電力として  $15.4W$  を用いた. ここでは  $15.4W$  を使用した理由について説明する.

まず太陽光線(約  $1366\text{W}/\text{m}^2$ )は地球の断面積に当たる. ここでの地球の半径は  $r$  とする.

しかし, 地球は球体であり球体全てに太陽エネルギーを当てたとすると, 地球の断面積( $\pi r^2$ )を表面積( $4\pi r^2$ )で割ることにより, 単位面積あたりで地球が受け取るエネルギーとなる為, 式(3.1)より受け取るエネルギーは約  $342\text{W}/\text{m}^2$  となる.

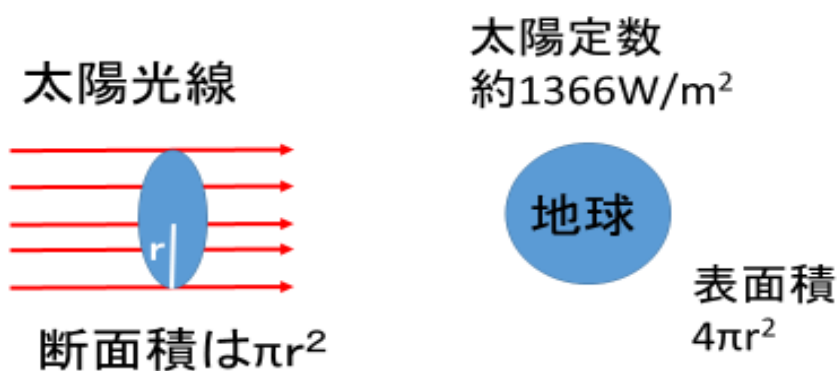
$$1366 \times \frac{\pi r^2}{4\pi r^2} = 342(\text{W}/\text{m}^2) \quad (3.1)$$

しかし, 地球は雲で覆われており, その他にも大気中の塵なども存在している為, それらが太陽光線を反射したり, 吸収されたりするため実際には太陽からの入射エネルギーを 100%とすると地表に届くものは半分の 50%しかない.

つまり, 地表が受け取っている太陽エネルギーは  $342\text{W}/\text{m}^2$  の半分の値である  $171\text{W}/\text{m}^2$  となる.

上記の関係を用いて本実験において黒体放射板に注入する電力は

$$171(\text{W}/\text{m}^2) \times 0.09(\text{m}^2) = 15.4\text{W} \quad (3.2)$$



となる.

図 13 地球の受けるエネルギー関係<sup>2)</sup>

### 3.3 装置内のエネルギー関係式

図 14 の  $P_E, P_B, P_R, P_X$  はそれぞれ黒体放射板に入る太陽エネルギー, 黒体放



射板からの熱放射，ガスに吸収された後，黒体放射板に戻ってくる熱放射，装置の壁などから受ける一定の熱放射を示している．この装置の理論温度を求める場合，放射=入射の関係式を用いることにした．図 14 より放射と入射のつりあい式は，

$$P_B = P_E + P_X + P_R \quad (3.3)$$

となる．ここで  $P_B$  はシュテファン=ボルツマンの法則から  $\sigma \varepsilon T^4$  とあらわす事ができその値に面積 ( $S=0.09\text{m}^2$ ) をかけた値であらわす． $P_R$  についてはガスに吸収された後，上下に半分ずつ熱放射されるため  $P_B$  を半分にした値に吸収率  $A$  をかけることで表す事ができる．以上のことを式としてまとめると式は，

$$\sigma \varepsilon S T^4 = P_E + P_X + \frac{1}{2} \times \sigma \varepsilon S T^4 \times A \quad (3.4)$$

となる．また理論温度を求める為に式変形をすると，

$$T = \left( \frac{P_E + P_X}{\sigma \varepsilon S \left(1 - \frac{A}{2}\right)} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (3.5)$$

となる．この式に各濃度での吸収率を代入することで各濃度での理論温度を計算する事が可能となる．

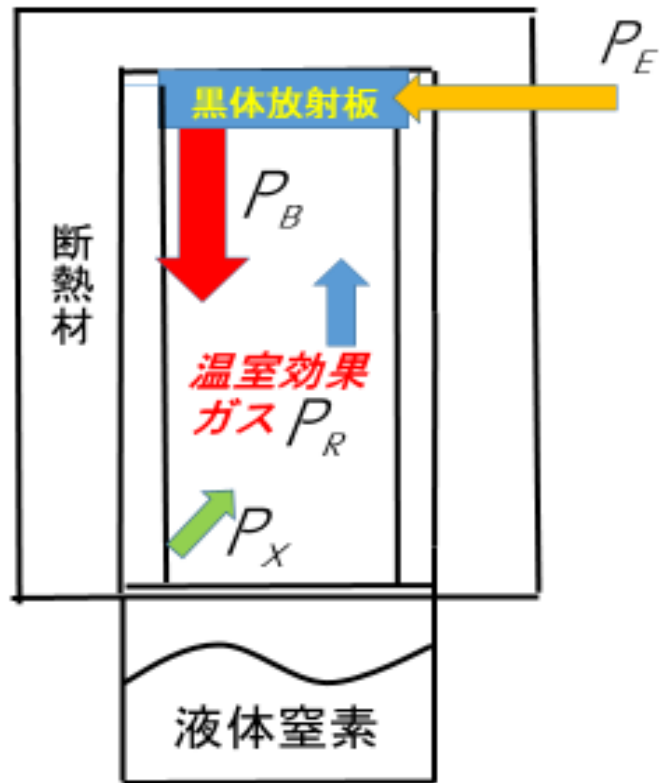


図 14 エネルギー関係

### 3.4 二酸化炭素濃度計

本実験に於いて二酸化炭素ガスを使用する場合, 図 15 の二酸化炭素濃度計(新コスモス電機株式会社製 XP-314) を用いて二酸化炭素ガスの濃度を測定した. 濃度計は空気中での測定は正確であるが, 実際の実験では測定のベースは窒素であるため窒素を用いて濃度計の設定を行った.

- 1) ビニール袋内の空気を全て抜き, その中に窒素を 100%溜める
- 2) 袋の中に濃度計を入れてゼロ点を設定する.  
(方法としては濃度計の AIR ADJ を 3 秒程度長押しする.)
- 3) ガス封入空間に入れ濃度を測定する



図 15 二酸化炭素濃度計

### 3.5 メタンガス濃度の決定方法

メタンガスを用いての実験では二酸化炭素ガスの実験とは違い、低い濃度での実験となるため濃度計は使用せず、風船と実験装置の体積比で濃度を求めた。まず、実験装置のガス封入空間の体積は、

$$V = 30 \times 30 \times 55 = 49500(\text{cm}^3) \quad (3.6)$$

となりこれの 1%は  $495(\text{cm}^3)$  となるため、この 1%を再現するために風船の半径  $r$  を 4.9cm と設定した。

球の体積の公式を用いて式にすると、

$$V = \frac{4}{3} \times \pi \times (4.9)^3 \cong 493(m^3) \quad (3.7)$$

となり, 約 1%を模擬できる.

実験では 1~6%の濃度を使用した. その為 1%を再現し, 流入回数でそれぞれの濃度を調整した.



図 16 メタンガスを封入した状態

## 第4章

# 高解像度透過分子吸収データベース による計算

## 4.1 黒体の分光放射輝度

分光放射輝度とは、放射源の表面上の点からある方向へと放出される放射束を表す物理量である。

そこで高解像度透過分子吸収データベースから、地表からの分光放射輝度 (288.15K) を求めた。<sup>3)</sup> 図 17 は分光放射輝度を出す際の設定を示し、図 18 は、その際の分光放射輝度である。

Blackbody Calculator	
Inputs	Results
<b>Units:</b> Watts Wavenumber (cm-1) Kelvin <b>Blackbody Properties:</b> Temperature: 288.15 K Emissivity: 1 Recession Velocity: 0 km/s	Radiant emittance: Radiance: Peak spectral radiance: Wavelength of peak:
Wavenumber 3000 cm <sup>-1</sup>	Spectral Radiance:
Lower Limit 0 cm <sup>-1</sup> Upper Limit 3000 cm <sup>-1</sup>	Band Radiance:

図 17 分光放射のスペクトル設定

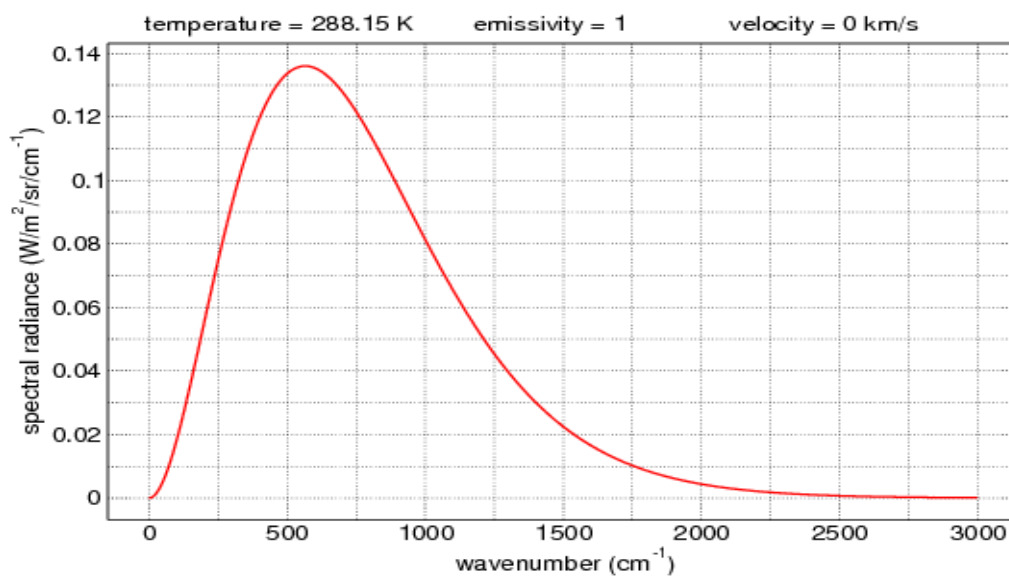


図 18 分光放射のスペクトル

分光放射輝度を波数によって出せるようにプランクの法則を使って計算した。これは後で吸収率と掛け合わせる際にプロット数を合わせるためである。プランクの法則は、

$$I(k) = \frac{2h}{c^2} \times \frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{k_b T}} - 1} \quad (4.1)$$

である。

$I(k)$ : 分光放射輝度 [W/m<sup>2</sup>/sr/cm<sup>-1</sup>],  $h$ : プランク定数 =  $6.63 \times 10^{-34}$  [m<sup>2</sup>·kg/s],  
 $\nu$ : 周波数 [Hz],  $c$ : 光速 =  $3 \times 10^8$  [m/s],  $k_b$ : ボルツマン定数  $1.38 \times 10^{-23}$  [m<sup>2</sup>·kg/s<sup>2</sup>/k],

$T$ : 地球の平均気温 = 288.15 [K] である。しかし、公式を使ったがうまくいかなかったため、数値を合わせた。固定数  $\frac{2h}{c^2} = A$  と置き、spectral Cal の分光放射輝度と波数を代入して  $A$  を求める。例として spectral Cal の 600 [cm<sup>-1</sup>] のときの 0.122 [W/m<sup>2</sup>/sr/cm<sup>-1</sup>] で計算をする。まず、

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = ck_1 = 100ck = 3 \times 10^{10} \times k \quad (4.2)$$

となり、 $k$ : 波数 [cm<sup>-1</sup>],  $k_1$ : 波数 [m<sup>-1</sup>] である。よって、

$$0.122 = A \times \frac{(3 \times 10^{10} \times 600)^3}{e^{\frac{h \times 3 \times 10^{10} \times 600}{k_b T}} - 1} \quad (4.3)$$

となり、 $A = 4.42 \times 10^{-40}$  となった。この  $A$  をプランクの法則に使用して、分光放射輝度と吸収率のデータ数を合わせた。よって、分光放射輝度は

$$I(k) = 4.42 \times 10^{-40} \times \frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{k_b T}} - 1} \quad (4.4)$$

となり、この結果を元に、波数を変えて分光放射輝度が出せるようになった。

## 4.2 二酸化炭素ガスの赤外線吸収率

理論温度  $T$  を求めるために必要なガスの吸収率  $A$  を高解像度透過分子吸収データベースを使用し求めた。その為、装置の長さ、圧力、ガスの体積混合比を実験に合わせて設定した。（この時、温室効果ガス以外は赤外線吸収のない窒素を使用）

またガス温度は、実験によって変化し詳しい温度が不明なため地球平均気温の 288.15 (K) で考えた。

図 19 は二酸化炭素ガスの吸収率を求める際の設定である。

Observer Gas Cells Source Plot Options My Settings Batch Jobs

Gas Cell Description

No. of Gases: 2 Line List: HITRAN2016 No. of Cells: 1

Length (cm) 55  
Pressure (mbar) 1013.25  
Temperature (K) 288.15

Gas	Isotopologue*	VMR*
CO2	All	0.82
N2	All	0.18

Calculate Clear Plots Reset All Help

図 19 二酸化炭素ガス 82%時の吸収の計算画面

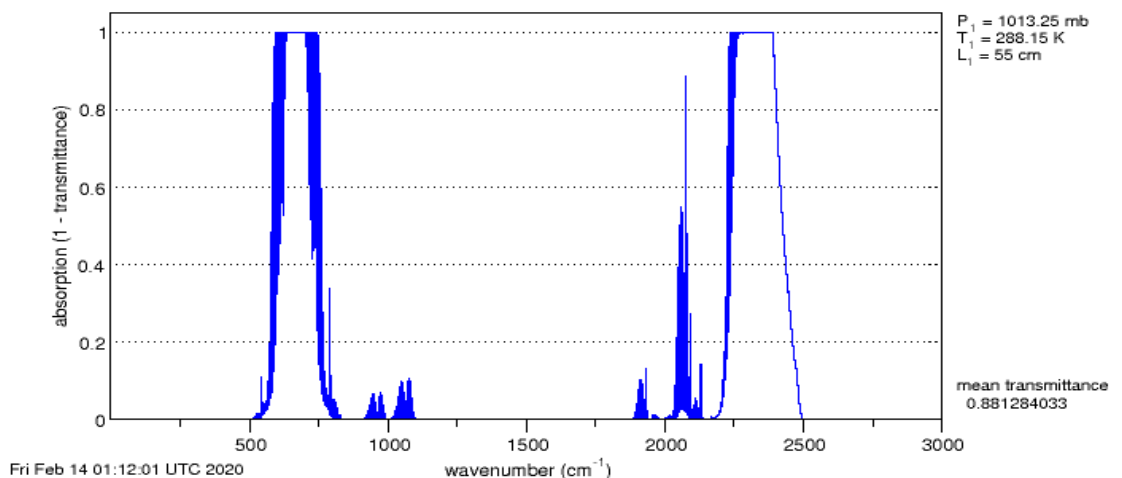


図 20 二酸化炭素ガスの吸収(二酸化炭素 82% 窒素 18%)



### 4.3 計算による二酸化炭素ガスの赤外線吸収率

理論吸収率は、分子・分光データベースを用いて吸収率と黒体放射板の分光放射を算出し解析する事により求められるが、吸収率のデータが波数範囲  $0\sim 3000\text{cm}^{-1}$  の間に約 70 万ある。しかし分光放射輝度のデータ数が 500 ほどしかなく、同じ波数での解析が不可能であるため分光放射輝度のデータ数を 70 万に出来るよう、4.1 章において分光放射の公式を導き出すことで、70 万のデータを取得する事が可能となった。

二酸化炭素ガス 82%と分光放射輝度を掛け合わせたものを図 21 に示す。

青色の分光放射輝度、オレンジ色の二酸化炭素の吸収から面積比から吸収率を求めた。またグラフより、二酸化炭素ガスの吸収は  $600\text{cm}^{-1}$  付近で多く吸収しており、その他の波数ではさほど吸収がない事が分かる。グラフから求めた吸収率は約 15%となった。

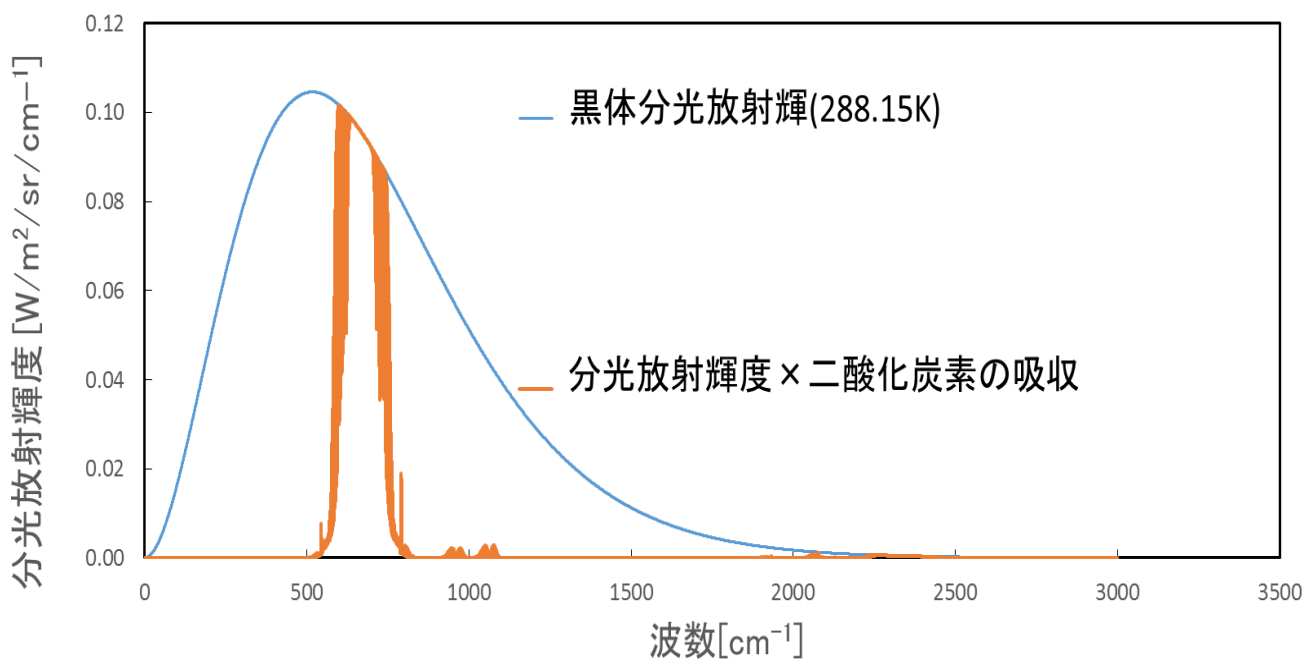


図 21 二酸化炭素ガス 82%の時の吸収と分光放射輝度

また実験時の二酸化炭素濃度約 0, 10, 30, 50, 70, 80%の吸収率を同様にして求めた。その時の各二酸化炭素ガス濃度と吸収率の関係を図 22 に示す。

ここでは二酸化炭素ガス以外は、実験と同じように赤外線吸収のない窒素を使用している。またグラフより 55cm の実験装置にわずか 10%の二酸化炭素ガスを

いれただけで、吸収率が増えている事が分かる。その後は、緩やかに吸収率は上昇し80%付近では吸収率が飽和傾向になっている事が分かる。

以上のことから、吸収率  $A$  より理論温度  $T$  を求める事が可能となった。

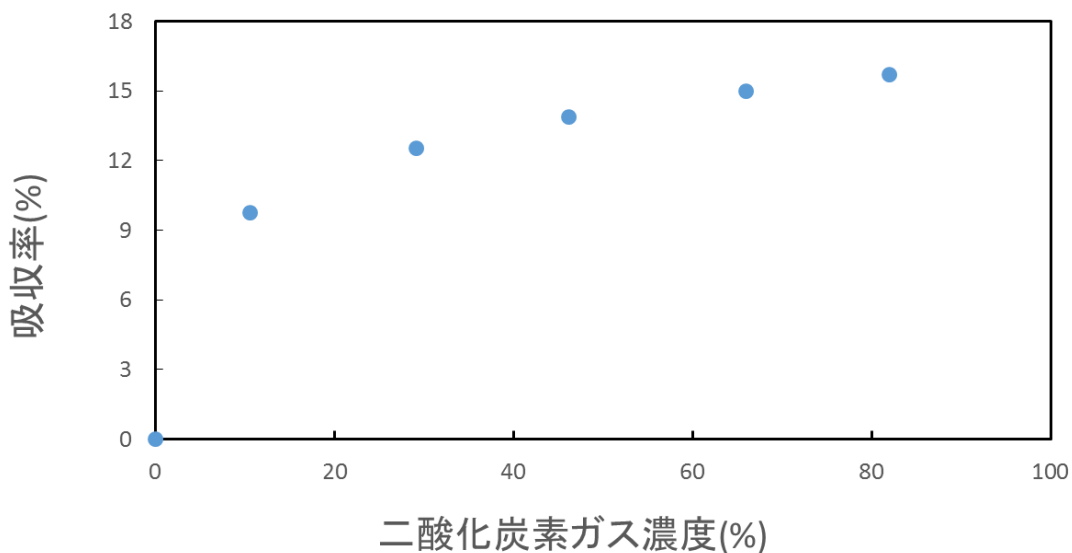


図 22 二酸化炭素ガス濃度と吸収率の関係

#### 4.4 メタンガスの赤外線吸収

メタンガスの吸収についても、二酸化炭素ガスと同様に行った。その為、装置の長さ 55cm, 圧力は 1 気圧, ガスの体積混合比を実験に合わせて設定した。(この時, 温室効果ガス以外は赤外線吸収のない窒素を使用)

またガス温度は, 実験によって変化し詳しい温度が不明なため地球平均気温の 288.15 (K) で考えた。

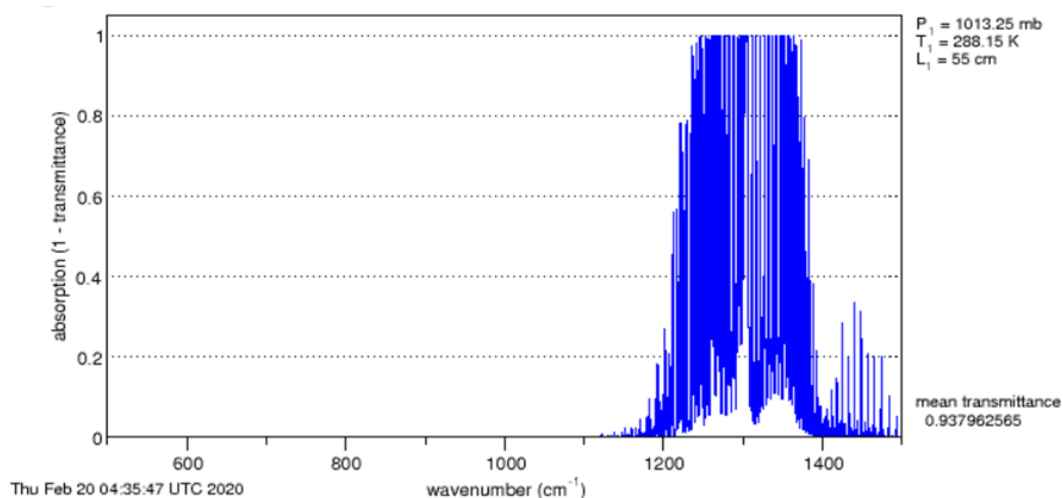


図 23 メタンガスの吸収 (メタンガス : 3% 窒素 : 97%)

#### 4.5 計算によるメタンガスの赤外線吸収率

メタンガスの吸収は, 4.3 章で述べた二酸化炭素ガスの吸収と同様にして求めた。

図 24 のグラフは, メタンガス濃度と吸収率の関係である. 55cm の本実験装置にメタンガス濃度 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6% を封入した際, 計算によって吸収率を求めた。

図 24 のグラフより, わずか 55cm の実験装置に 1% のメタンガスをいれただけで急激に吸収率が増加していることが分かる。またその後は, 吸収率は飽和傾向ではなく緩やかに上昇している。ここから求めた吸収率により, 実験での温度上昇と我々の理論計算による温度上昇を比較することが可能となった。

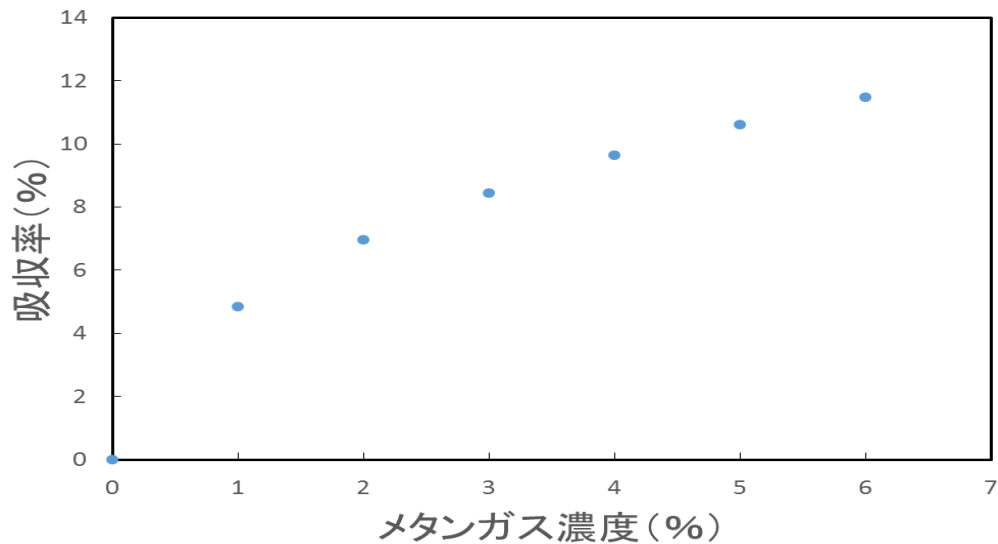


図 24 メタンガス濃度と吸収率の関係

## 第5章

### 二酸化炭素ガスによる実験

## 5.1 大気中の二酸化炭素ガス濃度と本実験装置との比較

実大気と装置との比較を簡略化するため、大気を実験装置と同じ形状と仮定し、1気圧の空気の柱と考えた。その場合の空気の高さは、

$$h = \frac{P}{\rho g} = \frac{1.01325 \times 10^5}{1.29 \times 9.8} \cong 8015(m) \quad (5.1)$$

となる。この8015mの空気の高さから、現在大気中に存在する二酸化炭素濃度408ppm<sup>4)</sup>(気体の割合0.03%)を考慮すると、

$$8015m \times 408ppm \cong 3.3(m) \quad (5.2)$$

となり、これは55cmである本実験装置に、二酸化炭素ガスを100%封入すると、大気中に存在する二酸化炭素ガスの約17%に相当する。

$$\frac{0.55}{3.3} = 0.1666 \cong 17(\%) \quad (5.3)$$



図 25 実大気を空気の柱とした際の二酸化炭素ガスの高さ

## 5.2 理論温度と実験結果との比較

二酸化炭素ガスが黒体放射板の温度上昇に、どれほど影響があるかの実験を行った。二酸化炭素濃度約 0, 10, 30, 50, 70, 80%と増加させ、その時の黒体放射板の温度上昇を図 26 に示す。

オレンジ色の実験値からは、二酸化炭素ガスが増加するにつれ温度上昇している事が分かる。また青色の理論値からも同様に、温度上昇の傾向が見られた。ここから、大気中に存在する二酸化炭素濃度の約 17%という低い濃度で、約 6°Cの温度上昇が見られることから、低い濃度での影響は大きいと考えられる。

また、液体窒素と測定対象ガスの混合を防ぐためにあるポリエチレンや多少のガスの漏れなどから、実験値と理論値で温度差が出たと考えられる。

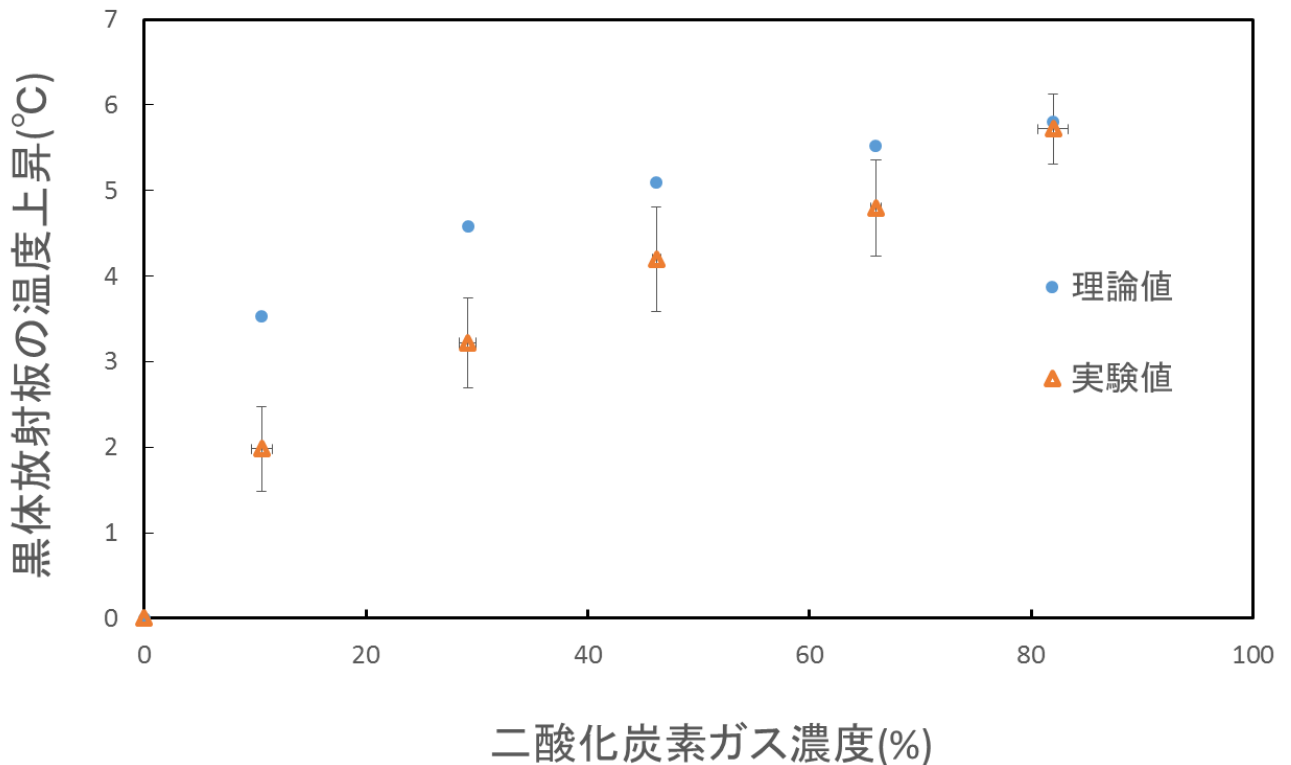


図 26 二酸化炭素ガスによる黒体放射板の温度上昇

## 第6章

### メタンガスによる実験

## 6.1 大気中のメタンガス濃度と本実験装置との比較

二酸化炭素ガス同様に，実大気と装置との比較を簡略化するため，大気を実験装置と同じ形状と仮定し，1気圧の空気の柱と考えた．その場合の空気の高さは

$$h = \frac{P}{\rho g} = \frac{1.01325 \times 10^5}{1.29 \times 9.8} \cong 8015(m) \quad (6.1)$$

となる．この 8015m の空気の高さから，メタンガスの割合は，現在大気中に存在するメタンガス濃度 1.87ppm を考慮すると，

$$8015 \times 1.87\text{ppm} \cong 0.015(m) \quad (6.2)$$

となり，この 0.015m は装置に換算すると

$$\frac{0.015}{0.55} \times 100 \cong 3\% \quad (6.3)$$

約 3%となるため，本実験装置に約 3%の濃度を入れることにより，大気中に存在するメタンガス濃度を再現する事ができる．

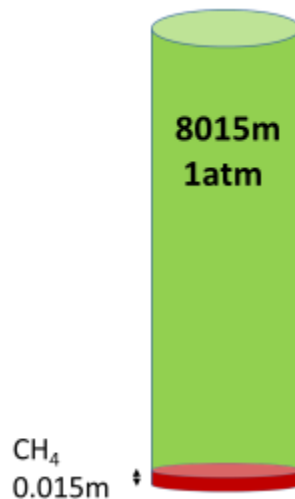




図 27 大気中のメタンガスを凝縮した時の高さ

## 6.2 理論温度と実験結果との比較

メタンガスが黒体放射板の温度上昇に、どれほど影響があるかの実験を行った。メタンガス濃度約 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6%と増加させ、その時の黒体放射板の温度上昇を図 28 に示す。

横軸の 3%の濃度が大気中に存在するメタンガス濃度を示し、6%が現在の 2 倍の濃度(未来)を表したものになる。

オレンジ色の実験値からは、メタンガス濃度が 2 倍になっても温度は上がり続ける結果となった。

さらに理論値から求めた温度上昇でも同様に、飽和傾向ではなく今後も温度上昇の傾向にあるといえる。

つまり、本実験結果からメタンガスが地球温暖化に与える影響は大きいと考えた。

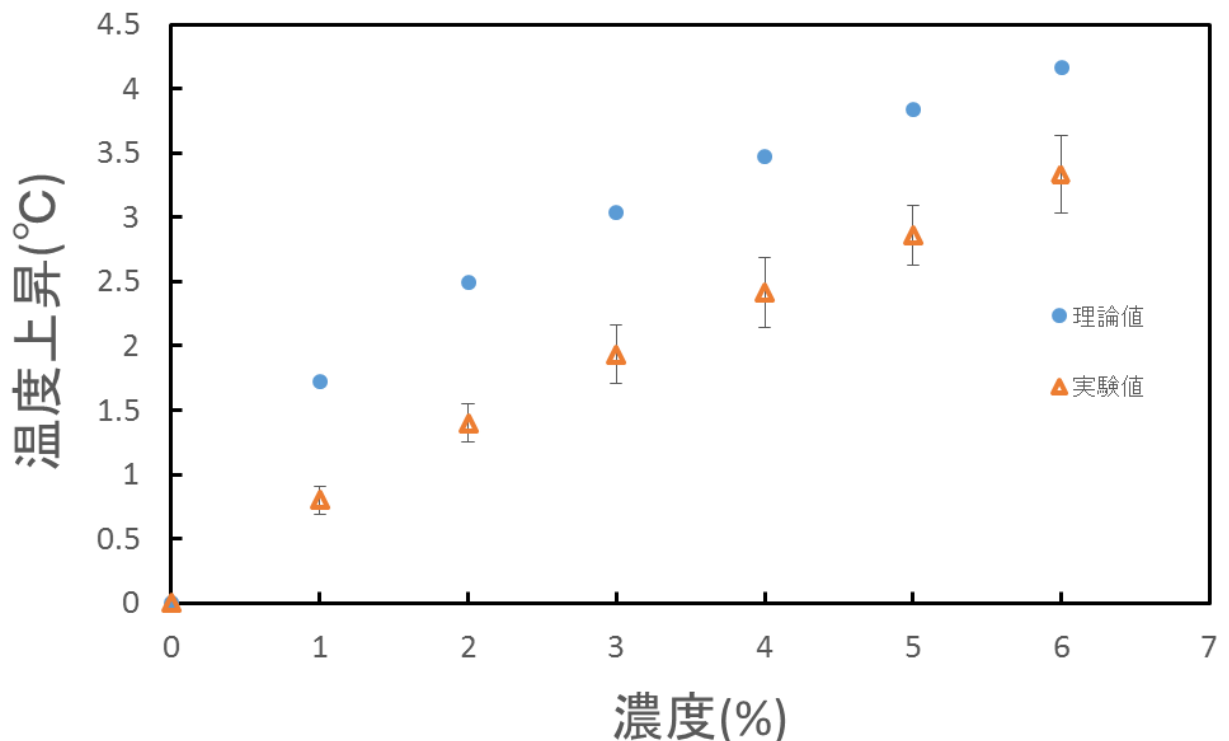


図 28 メタンガスによる黒体放射板の温度上昇

### 6.3 大気中のメタンガス濃度変化

図 29 に示すグラフは、温室効果ガス世界資料センターが、地球全体のメタンガス濃度の変化についてまとめたグラフである。

このグラフから、地球全体のメタンガス濃度は、2000 年頃は一時濃度上昇が止まっているが、その後の濃度は高くなっている事が分かる。

現在、メタンガスは二酸化炭素ガスに比べ濃度が低いですが、実験結果からメタンガスが地球の温度上昇に与える影響は大きいと考えられる。

また、メタンガスが増える原因として、永久凍土の融解、牛のゲップなどがあげられるが、それだけでなく、食品の廃棄などもメタンガスを増やす原因とされているため、私たちが普段の生活で生ごみを減らすこともメタンガス濃度をあげないための必要な行動である。

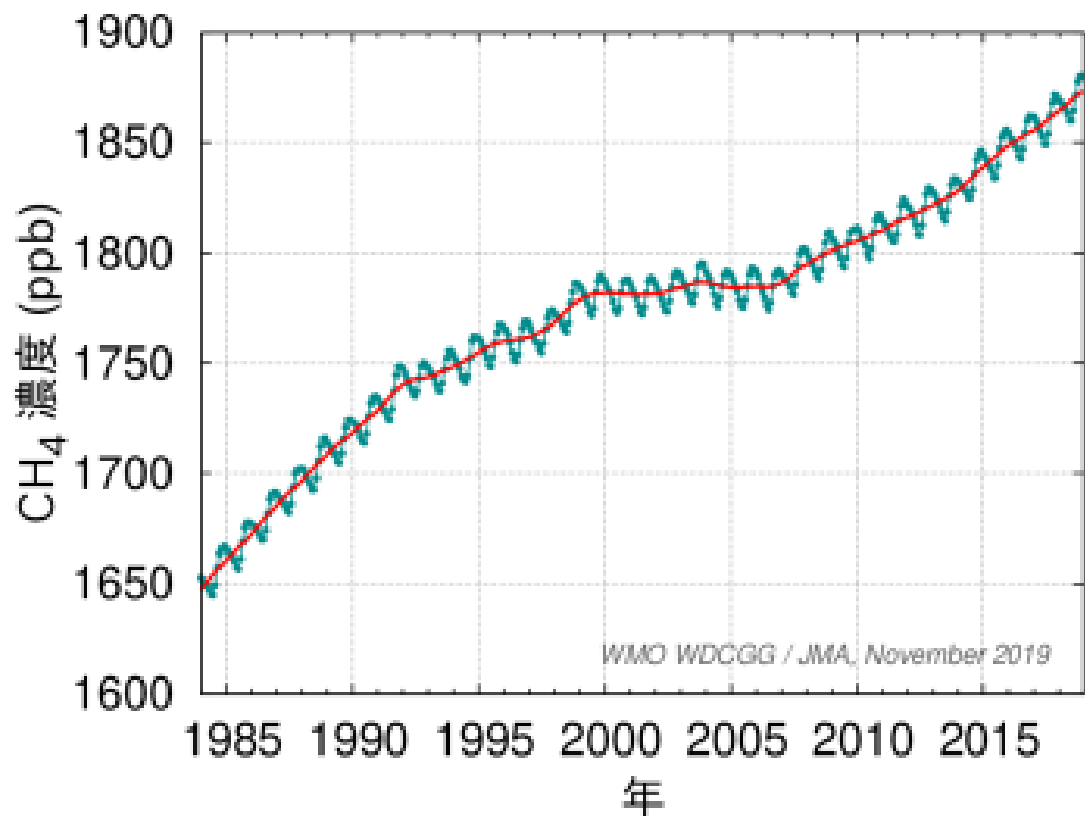


図 29 大気中のメタンガス濃度の傾向<sup>5)</sup>

## 第 7 章

### まとめ

本実験から分かったことを以下にまとめる

- 1) 二酸化炭素ガスでは，現在の大気中の二酸化炭素濃度(408ppm)の約17%(69ppm)の時点で 6°Cの温度上昇をしている事から，低い濃度での影響は大きい.

また我々が改良した装置でも，実験値と理論値の温度上昇の傾向が似ていることから，室内での地球温暖化のシミュレーションができる.

- 2) メタンガスについては，実験値，理論値共に二酸化炭素ガスのように温度上昇は飽和傾向にはないことから，地球温暖化に与える影響は大きく，実験より，メタンガス濃度が2倍になっても，約1.5°C温度上昇をしている事が分かる.

また，我々の実験装置では現在の大気中のメタンガス濃度を再現することができ，さらに濃度を高くしていくことでこれから先の濃度と温度上昇の関係について実験する事ができる.

## 謝辞

本研究を行うに当たり液体窒素を提供していただいた、エレクトロニクス研究所の皆様本当に有り難うございました。

また、本年度を最後に退職される河村良行教授 1 年間の福岡工業大学でのご指導ありがとうございました。

河村教授の厳しいご指導と優しい笑顔で、我々学生一同成長することが出来ました。今後の生活でも、教授の教えを大切に日々精進していきたいと思えます。

# 付録

## 液体窒素の汲み方

今回の実験で宇宙の温度を模擬するために、液体窒素を使用した。手順は 1)～10)の通りである。

(エレクトロニクス研究所資料より抜粋)

- 1) 皮手袋を着用する
- 2) 蒸気を飛ばすために扇風機を強で回す。(火災報知器の誤作動を防ぐため)
- 3) ハカリに汲み取る容器を置く
- 4) ポンプのブロー弁を開いて、パイプを容器に挿入する
- 5) 接続用真空ゴムをしっかりとめ込む
- 6) ブロー弁を閉める
- 7) 汲み取り容器を 3 分くらい冷やす
- 8) ゴム球をもみながら液体窒素を汲み出す
- 9) 汲み取り終わったら、ブロー弁を開き、パイプを外す
- 10) 全てを元に戻して終了

