

## 地球温暖化問題の数学

### 1 気候変動の歴史

この 30 年の気温の上昇が異常に激しい、と言われるが、そんなことはない。過去 1000 年ほどを見ても、この程度の気温上昇は頻繁にあり、少しも異常ではない。様々な時間スケールで見る必要がある。この百年で見ると、おおむね、上昇。直線近似ができる程度。

その中で、1940 年から 75 年まで下降している。1910 年から 40 年まで急上昇、75 年から 2005 年まで上昇、など。

1600 年前後の小氷河期、400 年かけてそれからの回復の過程、と見ることができる。その前は 1000 年前後の「中世温暖期」、日本では平安時代。900 年から 1300 年までの 400 年間の温暖期。その前に 600 年から 900 年への急速な上昇がある。600 年から 700 年は「飛鳥奈良の寒冷期」であった。1700 年からの 300 年間の上昇は 600 年からの 300 年間の上昇とよく似ている。

上昇期・下降期と温暖期・寒冷期の概念の違いに注意しよう。

近藤 [2] の p. 53 に榎田を引用した古い時代の気候がある。100 年から 700 年の 600 年を古墳時代の寒冷期。

また 8000 年前の気候最適期、これに触れる。

### 2 CO<sub>2</sub> の循環

#### 1. 年間放出量を一定として

人間界からの CO<sub>2</sub> をその他の CO<sub>2</sub> から区別する理由はないだろう。

人間界からの化石燃料由来の CO<sub>2</sub> が大気中に放出され、その一定量 (58% と言われたり 56% と言われたりする) がそのまま蓄積する、という説がまかり通っている。それは大変奇妙で不自然な「理論」である。

それよりは、「1 年後に 74% が残存する」という形の 指数的变化 を考えるのが普通の態度ではないだろうか (74% は仮の数値である)。

#### 1. 年間取り込み量を一定として

大気中の CO<sub>2</sub> は絶えず入れ替わっている。年間 (仮の数値だが) 210 Gt (ギガトン) ほどの CO<sub>2</sub> を海と陸から取り込み、化石燃料の消費など人間界からの 7 Gt を合わせれば計  $B := 217 Gt$  を大気は取り込み、(基本的には) 同量をまた海と陸に返している<sup>\*1</sup>。この CO<sub>2</sub> の量の表現では、それは炭素の質量に置き換えられている。

---

<sup>\*1</sup> 榎田敦氏の論文 [1] の中に

IPCC によれば、大気中の CO<sub>2</sub> の量は約 730 ギガトンであるが、毎年約 120 ギガトンを陸と交換し、約 90 ギガトンを海と交換している。つまり、大気中 CO<sub>2</sub> は毎年 30% が入れ替わり、大気中に残るのは 70% である。

その内訳は,

はじめに, 年間取り込み量  $B$  がある時点で一気に全量が投入される場合を考えよう。1 年後には  $0.74B$  つまり放出量の 74% が残留する。 $a := 0.74$  とおいて,  $t$  年後の残留量は  $Ba^t$  である。 $a$  は 1 年後の倍率を示す正数で, 今の場合 “1 年残留率” であり, 減少することは  $a < 1$  に当る。

しかし, この 1 年の変化は, 途中の連続的な過程を通じて実現される。互いに逆の自然対数関数, (自然) 指数関数により

$$k = \log a, \quad a = e^k$$

として  $a$  に対応する負数  $k = \log 0.74 = -0.301$  が定まり,  $k$  は途中の減少過程での “瞬間の” 伸び率を 1 年当りに換算したものを表す (乗法的な条件  $a < 1$  に対応して, 加法的に  $k < 0$  である)。これを “無限小伸び率” と呼ぶことにする。(仮の数値ではあるが) 以後  $k = -0.3$ ,  $a = \log k = 0.7408$  で議論を進めよう。)

実際には,  $\text{CO}_2$  は 1 年に一度まとめて放出されるわけではなく, 定量  $B$  が年間にわたって均等にならした形で放出される。時点  $t$  における無限小時間  $dt$  に放出される  $\text{CO}_2$  の量は  $B dt$  であるから<sup>\*2</sup>, その分について時点  $T (> t)$  に残留する量は

$$B dt a^{(T-t)} = B dt e^{k(T-t)}$$

である。この微分式を  $t = 0$  から  $t = T$  まで積分すると

$$\begin{aligned} \int_0^T B e^{k(T-t)} dt &= \left[ -\frac{B}{k} e^{k(T-t)} \right]_0^T \\ &= -\frac{B}{k} (1 - e^{kT}) = -\frac{B}{k} (1 - a^T) \end{aligned} \quad (1)$$

となる。

## 2. 定常量と交換率

つまり, 毎年の放出量が  $B$  のとき, 放出の始まりから  $T$  年後の  $\text{CO}_2$  の蓄積は  $-(B/k)(1 - a^T)$  であり,  $T \rightarrow \infty$  のとき, それは  $-B/k$  に収束する。蓄積量は定常状態  $-B/k$  に達して安定するのである。今の無限小伸び率  $k = -0.3$  という設定のもとで,  $-B/k = 0.333B$  である。つまりこのモデルでは,  $\text{CO}_2$  の大気中の蓄積は年間取り込み量  $B$  の 3.3 倍程度 (3 年分強) で押さえられる。この定常残留量を  $C$  とする。定常状態  $C$  では 1 年間の取り込み量 (大気への入り) と放出量 (大気からの出) がバランスするわけで, 放出量は負の値  $-B$  で表現される。個別の  $\text{CO}_2$  分子はすべていずれは出て行き, 決して 蓄積しない ことに注意しよう。

$$C = -\frac{B}{k}, \quad kC = -B \quad (2)$$

である。

---

と書いてある。一方, 年間の化石燃料の使用, 森林破壊, あるいはセメント産業など, 人間界由来の  $\text{CO}_2$  放出量は 6 ギガトンとも 7 ギガトンとも言われている。7 ギガトンとして, これは全循環量 21.7 ギガトンの 3.2% ほどに過ぎない。

<sup>\*2</sup> “1 日” に対して  $dt$  がとる値は  $1/365 = 2.74 \times 10^{-3}$  である。

年間取り込み量  $B = 217 \text{ Gt}$  に対して定常蓄積量  $C = 723 \text{ Gt}$  となる。

(2) の第 2 式の意味を考えよう。無限小時間  $dt$  には  $C$  の  $k dt$  倍である  $kC dt$  だけ  $\text{CO}_2$  の量が増化する（大気からの「出」として負である）。その 1 年間の総和である

$$\int_0^1 kC dt = kC \int_0^1 dt = kC$$

が、放出量  $-B$  と一致するのである。

1 年残存率  $a = 74\%$  のもとでの、定常量  $C$  中の“交換率”が  $-k = 30\%$  ということになる。年間取り込み量  $B$  は、定常量  $C$  に達した後はその中の“年間交換量”として新しく位置づけられる。

#### 4. 自然の $\text{CO}_2$ 循環について

先の脚注にある大気中の  $\text{CO}_2$  の量は約 730 ギガトンは、上の定常蓄積量  $C = 723 \text{ Gt}$  に対応するもので、値も近い。ただし 2007 年の IPCC 第 4 次報告書では、蓄積量  $C$  は  $750 \text{ Gt}$  となっている<sup>\*3</sup>。交換率  $-k$ 、年間交換量  $B$ 、定常量  $C$  の間の式をまとめよう。

$$-k = \frac{B}{C}, \quad B = -kC, \quad C = \frac{B}{-k}$$

### 3 人間界からの $\text{CO}_2$

自然界からの  $\text{CO}_2$  210 Gt と人間界由来の  $\text{CO}_2$  6 から 7 Gt について、取り込み後の挙動が区別される理由はない。

Keeling の発想は、自然な  $\text{CO}_2$  については、上述に近い循環を認めながら、それに加わる人工の  $\text{CO}_2$  は別の振る舞いをする、というものである。それは二つに分かれる。およそ半量はそのまま大気中に残留する。残りの半量は自然の循環に合流する、という感じのものである。

このような発想は荒唐無稽である。しきりのない大気の大気圏で、このような分離は、「エントロピー増大の法則」に矛盾する。したがって、両者の混合が唯一の可能なモデルである。

そうだとすれば、 $7 \text{ Gt} / 217 \text{ Gt} \div 3\%$  に過ぎない人工の  $\text{CO}_2$  だけについてその削減を図っても、ほとんど効果はないだろう。

かりに  $\text{CO}_2$  による地球温暖化が正しいとしても、3% の人工の部分について削減しても、大気中の  $\text{CO}_2$  濃度を削減することにつながらないだろう。槌田氏、近藤氏の論考を参照して下さい。たとえば [13]。

取り込む  $\text{CO}_2$  の総量が増えると、地球の処理能力に限界があり、残留率  $a$  が大きくなる（交換率  $-k$  が小さくなる）ことが起こるだろう。このときは定常残留量  $C$  が増大する。

このように、一定のパラメーター  $a$  あるいは  $k$  の元の定常的循環のモデルを維持しながら、長期的なレベルでのパラメーターの変動という二段構えで考えるのが、扱いやすいし、実態に即してもいる。

$\text{CO}_2$  の濃度の長期的な上昇の傾向は事実である。

<sup>\*3</sup>。  $C = 750 \text{ Gt}$  から出発すると、 $k = -0.3$  はそのままとして、交換量は  $B = 225 \text{ Gt}$  と計算され、はじめの  $B = 217 \text{ Gt}$  より少し多い。現実には、これらの値は正確な測定にはほど遠い推測値であるし、多少の違いを議論しても無意味である。

## 4 温暖化について

さまざまな論点がある。

1. CO<sub>2</sub> が“温暖化ガス”であることは事実だとして、それだけではほとんど意味がない。実際にどれだけ気温を上昇させるかが問題である。それについて、IPCC の考えがおかしい、実際は CO<sub>2</sub> による温暖化効果はほとんど認められない、との主張に説得力がある。
2. 温暖化の原因は自然のもので、人工の原因は 1/6 程度という見解もある [5]
3. CO<sub>2</sub> の希少性。 CO<sub>2</sub> の濃度が上昇中とは言え、まだ 400 ppm = 0.04% に達していない。人工の CO<sub>2</sub> はその 3% として、

$$4 \times 10^2 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-2} = 12 \times 10^{-6}$$

であり、わずかに 12ppm である。

4. 温暖化ガスとしては、水蒸気が圧倒的に多い。30°C での飽和水蒸気濃度は 42000ppm、湿度が 50% としても CO<sub>2</sub> とは二桁違う。IPCC は水蒸気を全く無視している。(考えないことにしている。)
5. 水蒸気と雲については考察すべき課題が多い。水蒸気は冷却効果もある。雲量が温度を支配する。そして雲量を支配するものは？地球磁場、宇宙線、雲量、気温という連鎖(丸山 [3])。
6. CO<sub>2</sub> は生命にとっての基本、不可欠で貴重なものである。植物にとって現在の CO<sub>2</sub> は不足しており、成長がそれによって制約されている。不足という点でそれは窒素・リン・カリウムなどの肥料と同じである。CO<sub>2</sub> 濃度を 2 倍にして収穫が 1.8 倍、という種類の実験結果がたくさんある。
7. 温度と CO<sub>2</sub> 濃度増加はかなり密接な関係がある。しかし、基本的には温度の高低が原因で、CO<sub>2</sub> 濃度変化は結果である。  
そのことだけでも、CO<sub>2</sub> 温暖化説は破綻している。  
短期的に、温度が高いと CO<sub>2</sub> 濃度が上昇する [14], [11]。長期的には温度上昇に 800 年程度遅れて CO<sub>2</sub> が上昇する、という記述が多く見られる。  
それは深海を含めた海での循環が、その程度の時間スケールの事柄である、ということに関係しているのだろう。
8. 地球を理解するための「大気の物理学」が重要。「物質とエネルギーを循環させる定常開放系」という大気の捉え方。エントロピーの出入りが本質的である [1]。
9. 温暖化は自然要因が主であるとの主張は別として、人間由来の原因としても、CO<sub>2</sub> 以外の要因が大きい。森林・農地などの環境破壊、大気・水の汚染、都市のヒート・アイランド化。
10. 温度を定める要因としての太陽。
11. 基本的に、人類は温暖期に幸福であり繁栄した。寒冷期に不幸であり衰退した。
12. 大騒ぎの政治的・経済的・社会的背景。原子力発電の復活。「週刊朝日 2008/08/15号」

文献 [1] 植田敦：「CO<sub>2</sub> 温暖化説は間違っている」2006, ほたる出版 [2] 近藤邦明：「温暖化は憂うべきことだろうか」2006, 不知火書房 [3] 丸山茂徳：「地球温暖化論」にだまされるな！」2008, 講談

- 社 [4] ビョルン・ロンボルグ：「地球と一緒に頭も冷やせ！」2008，山形浩正訳，SoftBank Creative
- [5] 赤祖父俊一：「正しく知る地球温暖化」2008，誠文堂新光社 [6] 伊藤公紀/渡辺正：「地球温暖化論のウソとワナ」2008，KKベストセラーズ [7] S・フレッド・シンガー/デニス・T・エイヴァリー：「地球温暖化は止まらない」2008，山形浩生/守岡桜訳，東洋経済新報社 [8] 小島順：「CO<sub>2</sub> 循環を理解するための数学的枠組み」(「数学教室」2007年7月号)
- [9] ウェブサイト「環境問題」を考える”(管理者：近藤邦明，2000年開設)  
<http://env01.cool.ne.jp/index02.htm>
- [10] 槌田 敦「CO<sub>2</sub> を削減すれば温暖化を防げるのか」(日本物理学会誌, Vol.62, No.2, 2007) [http://env01.cool.ne.jp/global\\_warming/report/tutida01.htm](http://env01.cool.ne.jp/global_warming/report/tutida01.htm)  
(これはサイト [10] のページの一つである)
- 以下の [11] から [14] はすべてサイト [10] に収められている。
- [11] 近藤邦明/槌田敦：「CO<sub>2</sub> 濃度の増加は自然現象」(「日本気象学会誌「天気」への投稿論文，[10] に所収)
- [12] 槌田敦：「温暖化の脅威を語る気象学者のこじつけ論理」([10] に所収)
- [13] 近藤邦明：「二酸化炭素地球温暖化仮説とエントロピー」(「10」に所収)
- [14] 近藤邦明：「新版 Keeling のグラフ解釈に対する考察」
- [14] 丸山茂徳：「CO<sub>2</sub> 温暖化主犯説に物申す」