



AN ASSESSMENT OF THE CONVENTIONAL GLOBAL WARMING NARRATIVE

Richard Lindzen

With a comment by Nic Lewis

従来の地球温暖化説は正しいのか

リチャード・リンゼン

監訳 杉山大志 訳 木村史子

The Global Warming Policy Foundation
Technical paper 5

従来の地球温暖化説は正しいのか

リチャード・リンゼン

監訳 キヤノングローバル戦略研究所研究主幹 杉山大志 訳 木村史子

本稿は、Richard Lindzen, [An Assessment of the Conventional Global Warming Narrative](#) の本文を、The Global Warming Policy Foundation の許可を得て翻訳したものである。

目次

著者について.....	2
概要.....	2
1. 一般的な説.....	3
2. 地球の温度とは？.....	6
3. 地球の気候はどうなっているのか？.....	10
4. 熱帯と極域の温度差はどうやって決まるのか？.....	13
5. 熱帯の気温に安定性をもたらすものは何か？.....	14
6. CO ₂ は気候のどこに関わっているのか？.....	15
7. 影響.....	17
8. 私たちはどこに向かっているのか.....	17
謝辞.....	18
参考文献.....	18

著者について

リチャード・S・リンゼンは、マサチューセッツ工科大学のアルフレッド・P・スローン記念名誉教授（大気科学）である。

概要

温室効果の一次元的な描像と、その中で二酸化炭素が果たす役割は、現在の気候と地球温暖化の説明の主流となっている。このメカニズムにおける二酸化炭素の役割は、現在の気候や地球温暖化に関する説明を支配している。本稿では、この一次元的な考え方を簡単に紹介する。そして次に、三次元の気候系を扱う上での欠点について述べたいと思う。まず、一次

元の温度と現実の地球の温度がどのように対応するかを決めることが課題である。地球は多くの気候レジームを持っているというのが伝統的な認識であった。さらにいえば、熱帯と極域の温度差は数千年の間に大きく変化しているが、同時に熱帯の温度はほとんど変化していない。一般的に言われているのは、熱帯での小さな変化が高緯度で増幅されるという仮定である。ただこの仮定には何の根拠もない。むしろ、この差は大気と海洋の動的な熱流束によって決定され、その中でも大気中の傾圧不安定性によるものとされるという説が支配的である。平均気温の変化は、主に熱帯と極域の差の変化によるものであり、温室効果によるものではないのである。熱帯からの熱流束が大きく変化しても熱帯の気温は安定していることは、熱帯の放射対流応答に強い負のフィードバックが存在することを示唆している。最後に、いわゆる気候変動の影響について述べたい。

1. 一般的な説

まず、気候変動に関する一般的な書物 (Emanuel 2018, Krauss 2021, など) でよく紹介されている温室効果について簡単に説明しよう。図 1 は、惑星のエネルギーバランスについての説明に使用される図である。

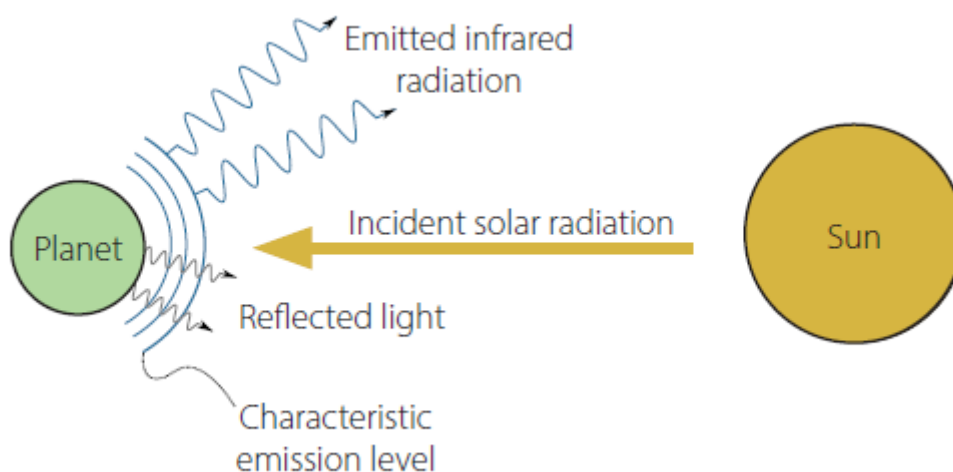


図 1：ある惑星の放射収支。

惑星と太陽は球体であるが、実際には平均的な数値が一次元的な描像に適用される。したがって、純入射太陽放射（入射から反射を差し引いたもの）は、惑星の放射する赤外線と釣り合わなければならない。太陽は高温のため、その放射は主に可視光線である。一方、地球は温度が低いため、放射は赤外線に偏る。地球大気には赤外線を強く吸収する成分（主に水蒸気と雲、わずかに CO₂、オゾン、さらに微量成分）が存在する。そのためこれ以上吸収が

起きないという高度まで到達しないと、大気から放射線を宇宙に逃がすことができない。この高度は「特性放射高度」と呼ばれ、温室効果において重要な役割を果たす。特性放射高度における温度が 255 ケルビン (K) であるときにバランスがとれる。

温室効果ガスを考える場合、もう一つのプロセスである熱対流を考慮しなければならない。放射だけでは対流が不安定になる。地表がその上の空気より十分に暖かくなり、対流が発生し、それが大気の深部まで浸透する。重力を受けている気体の対流は、断熱過程における低減率により気温が低下する。乾燥した大気では g/c_p (g は重力加速度、 c_p は乾燥した空気の定圧での熱容量) で与えられ、結果は約 9.8K/km となる。凝縮した湿った大気では断熱過程を経て気温が下がる。湿った大気では、凝縮が冷却を伴うので、状況はより複雑になるが、低減率は約 6.5K/km となる。放射対流平衡については Goody and Yung (1989) を参照されたい。赤外線吸収ガス (例えば温室効果ガス) を加えると、特性放射高度が上昇し、対流のためにこのレベルは 255K より冷たくなる。このため、純粋な入射放射との平衡を保つためには、255K まで温め直す必要があり、この高度以下の大気全体の温度を上昇させることになる。これが、いわゆる「温室効果」の仕組みである。図 2 にその様子を示す。

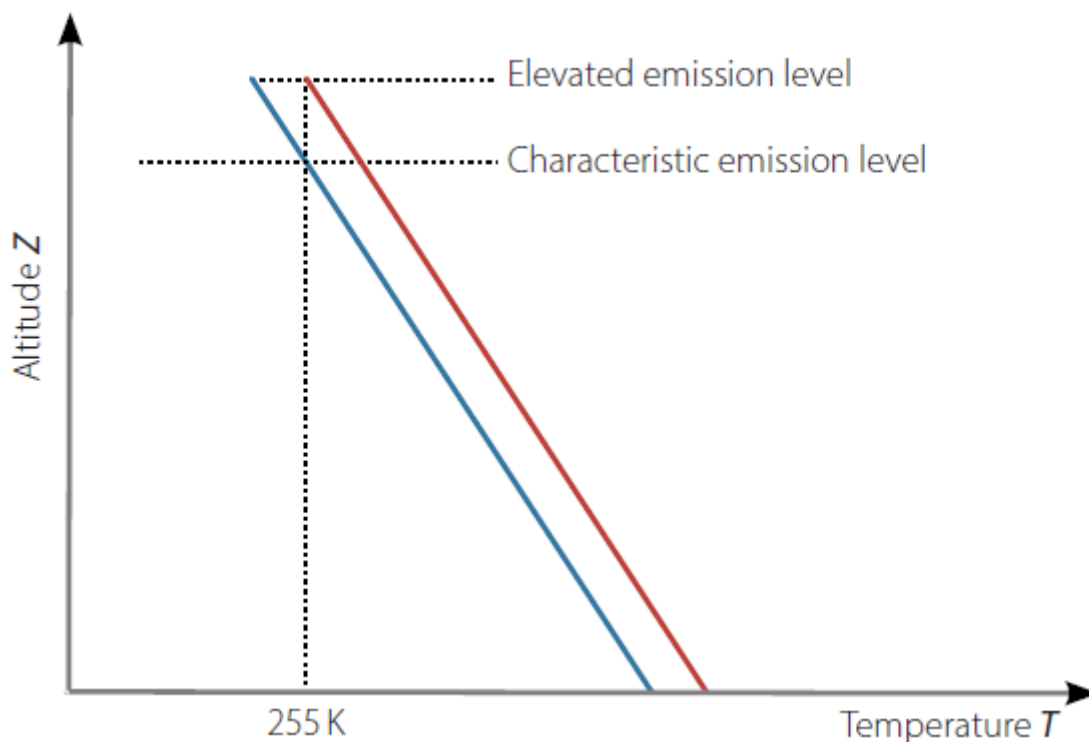


図 2: 一次元的な温室効果。

この効果は一般にアレニウスの式やフーリエに起因するとされているがこれは正しい解釈ではない。初期の科学者たちは、ある種の気体が熱の放射を吸収することは認識していた

が、対流の役割については理解していなかったのである。

一次元的なアプローチは、太陽系内の様々な惑星間の相対的な違いについて、いくつかの洞察を与えてはくれる。そして現在の地球温暖化に関する議論のほとんどが、その単純さゆえに一次元的アプローチに基づいていることに留意すべきである。しかし、これから述べるように、地球の複雑な3次元的な性質を説明するには、1次元的なアプローチは基本的に不十分である。

簡単に言うと、産業革命前のCO₂濃度から始まり、その濃度が2倍になるとどの程度温暖化するかと問いかけるとする。答えは、温暖化はCO₂の対数であり（CO₂の吸収帯はほぼ飽和しており、吸収は吸収線の羽の部分に関連づけられる）つまり2倍するごとに同じだけの温暖化を引き起こす。その割合は3.5W/m²程度で、通常の放射束の2%程度であり、結果として1°C程度の温暖化につながる。

この結果には議論の余地はないと思われる。通常、2%は小さいと考えるかもしれない。上層巻雲、下層雲、海流などの一般的な変動が、日常的にこの程度の放射収支の変動を生み出しているからである。つまり、「ルシャトリエの原理」に従って、気候系はこのような強い力に十分に対応することができるのである。雲やその他の要因に関する我々の理解が極めて不十分であることはIPCCも認めているが、地球温暖化に関する懸念は、水蒸気や雲などの変動がCO₂の影響に対抗するのではなくむしろ増幅するように作用するとしている点、つまり言い換えれば、本質的にそれらは負のフィードバックではなく正のフィードバックであると仮定されている点である。**ほとんどの懐疑論者(私を含む)が焦点を当てているのは、温室効果そのものよりもむしろ、これらの仮定の重大さなのである。**

このように、一次元的な視点が重視されることは理解できなくもない。物理学者や宇宙物理学者にとって、一次元的な視点は非常に魅力的なものである。なぜなら、一次元的な視点であれば、必要最小限の事柄しか扱われず、しかも、その事柄をマスターしたように感じられるからである。私がここで言いたいのは、このような人たちは、放射伝達には詳しいが、流体力学には疎いことが多いというである。加えて、よく知っているはずの多くの人々がこれを真に受けていたのだ。その理由は、この粗雑なアプローチでさえ、フィードバックに極めて疑問ある特性を必要とし、不十分な精度の放射伝達計算を伴うからであった。要するに、この単純化されすぎたアプローチでさえ、もっと良い評価を得ることが要求されたのである。

温室効果については、上記のような説明が一般的であるが、多くの予測では、GCMと呼ばれる大規模な大気モデルを参照している。この略語の本来の意味は、「大気循環モデル」(general circulation model)である。最近では「全球気候モデル」(global climate models)と

呼ばれることが多くなっているようである。これらのモデルは実際の大気の複雑さを多くを含んでいるが、対流（つまり積乱雲）、雲一般、乱流などのプロセスを扱うための空間分解能を備えておらず、その結果、疑わしいパラメータを設定してしまっている。これらのモデルには、任意のフィードバックを含めることができる。これによって、モデルは多種多様な結果を生み出すことができる。しかし、これらのモデルにおいても、CO₂増加による壊滅的な変化を予測することはできていない。さらに、彼らは現在の気候さえも適切に表現していない（Boyle, 2006）。彼らは、大気と海洋の自然な内部変動を表現するのが特に苦手で、ほとんどすべてのモデルが、一般的に使用されている地球温度の測定値の変化を正しく予測することができていないのだ。また、過去の気候を適切にシミュレートすることさえできない。このことは、地球温暖化説を最も支持してきたモデラーの何人かも公然と認めている（Hausfather et al., 2022）。

地球温暖化問題に対するほぼすべての議論は、フィードバック、モデルの不備、そしてもう一つ、様々なことが変化したという主張（いわゆる「影響」）に焦点が当てられてきた。この問題については、後で簡単に触れることにする。

2. 地球の温度とは？

現在の気候に関する議論の特徴のひとつは、地球の温度に注目していることである。これは一次元的な図式においては明確だが、地球は一次元ではないし、地球の温度という概念自体問題が多く、非常に誤解を招きやすい指標である。

明らかに、平均気温ではない。そもそも、エベレストと死海を平均することにどんな意味があるのだろうか。代わりに使われるのは、平均偏差（各観測地点における30年間の平均値からの偏差と定義される）である。この偏差は、実は広く分布した高密度なデータポイントのごくわずかな残りである。これらのデータポイントは、LindzenとChristyが最初に行った研究(2020)の更新版である図3に示されている。温度目盛りに注目してほしい。ほぼ20°Cの範囲に広がっているのだ！

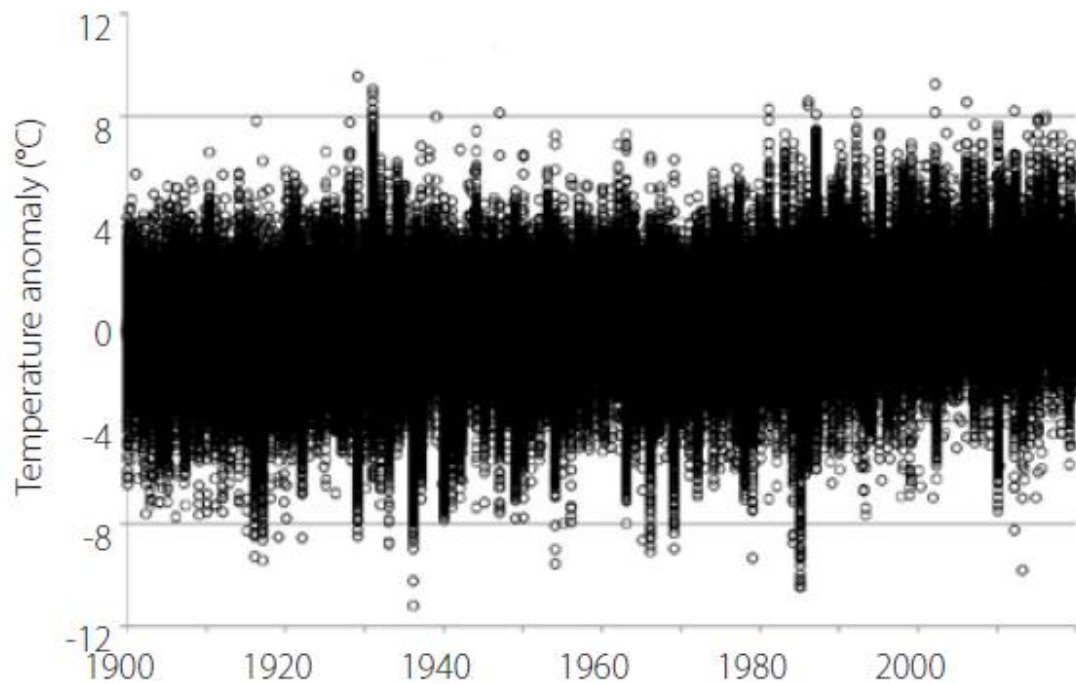


図 3: 各観測点における季節別気温偏差。

The Berkeley Earth Surface Temperature Data(BEST)を使用。

図 4 は、平均値とデータポイントの両方を示している。平均はオレンジ色の境界線に黄色の点で示されている。偏差が非常に小さいため、どの時間帯でも、ほぼ同じ数の観測点で寒冷化と温暖化が起こっている。

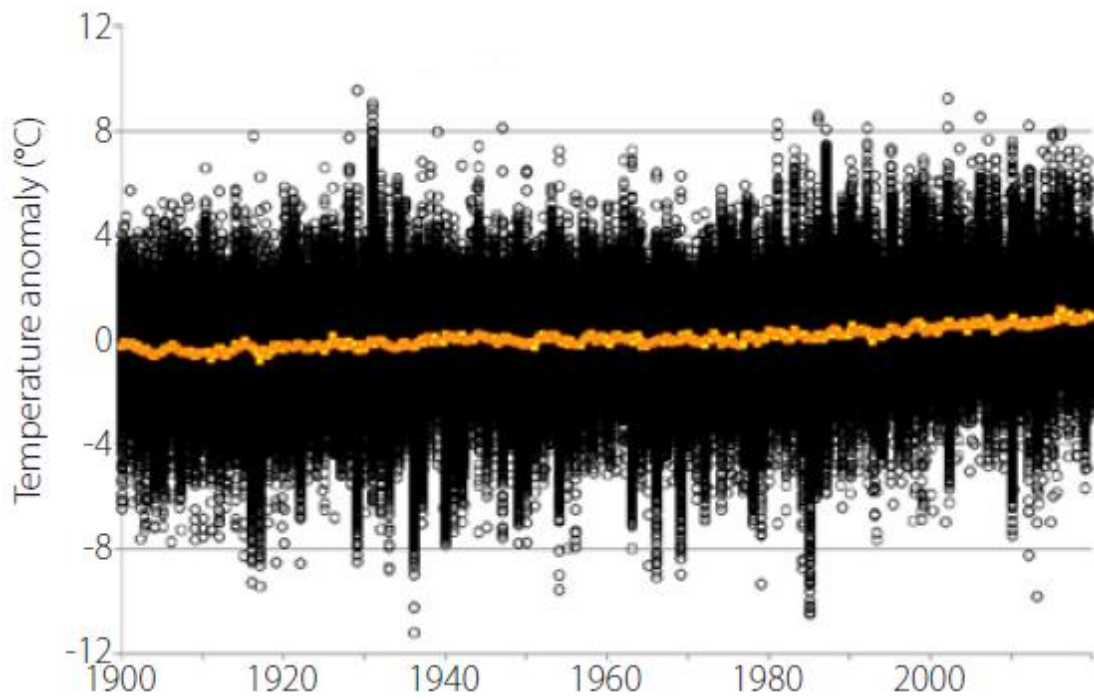


図4：図3と同じ。ただし、平均値を表示。

これを目立たなくするために、平均値をデータポイントなしで表示し、温度目盛りは1桁ほど拡大する。その結果が図5である。

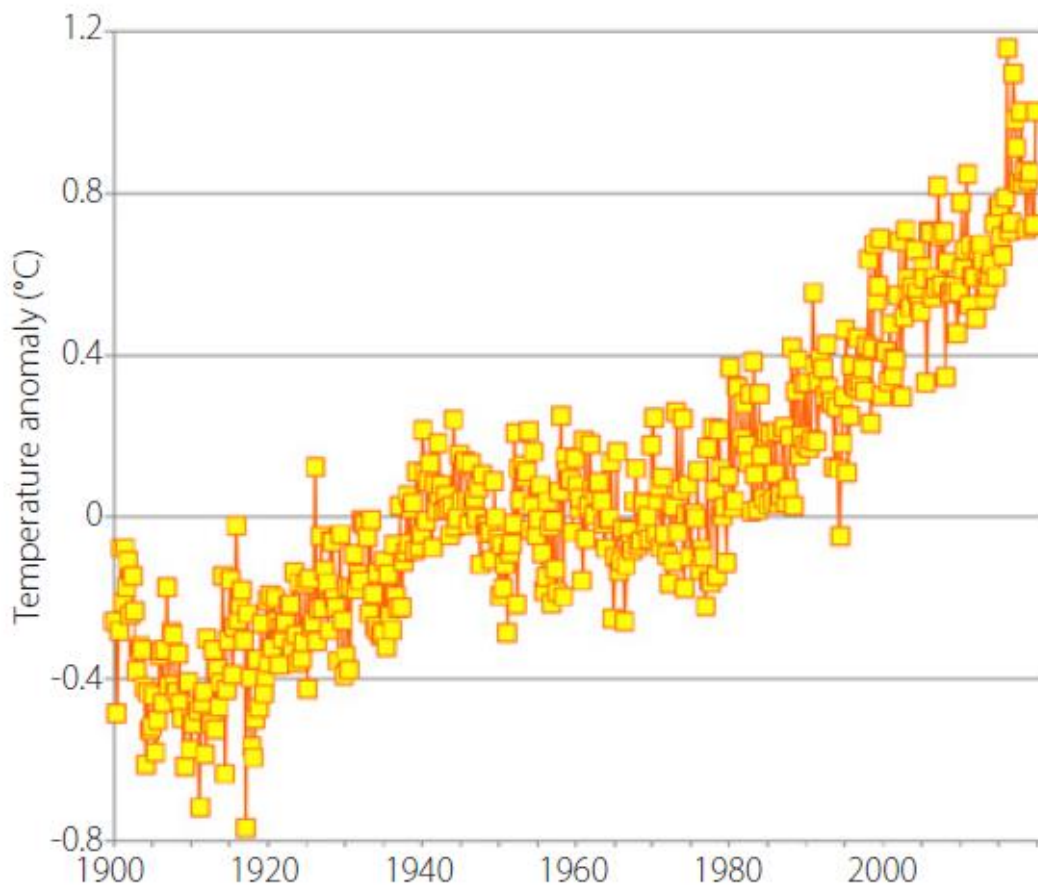


図 5: 気温の平均偏差推移 (データポイントなし)。

目盛りを大きくしてデータポイントを省略すると、まだ本当に小さな温度変化について話しているという事実は覆い隠されてしまう。あと 0.5°C 上昇すれば大惨事になると言われているが、このような状況を視野に入れておくことは重要である。そこで、図 6 では、平均値の小さな変化を、私たちが日常的に対処している変化と比較している。

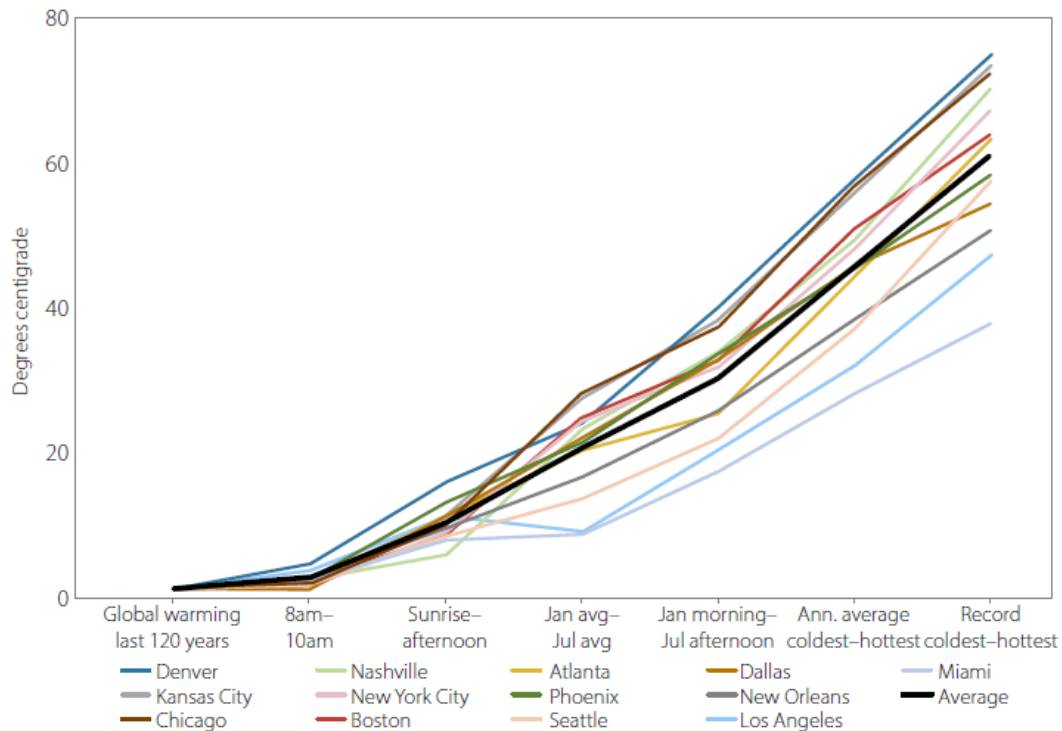


図 6: 人間や自然界がすでに対処しているさまざまな気温の変化。

国連の「気候変動に関する政府間パネル (IPCC)」の第 1 作業部会報告書 (科学を扱う部分) は、 0.5°C の追加の温暖化が存亡の危機をもたらすとは決して言っていないことは、注目に値するだろう。実際、この報告書は存亡の危機を示唆するものでは全くない。いったい、このような主張はどこから来るのだろうか？数十年にわたり、(少なくとも) 一般市民と公共政策の気候に関するシナリオの周辺では確実なことが主張されてきたにもかかわらず、危機-行動要求派の支持者にとっては、政策行動が十分に積極的ではなかったためか、緊急の終末的事態として誇張がエスカレートしてきたように思われる。言うまでもなく、これは気候科学の根底にある現実を明らかにする上で建設的な役割を果たしてはいない。

3. 地球の気候はどうなっているのか？

1980 年頃までの気候科学は、非常に小さな分野であったことは言うまでもない。実際、1990 年当時の MIT では、気象学、海洋学、海洋地球化学、地質学など、気候に関連する研究を行っている者は誰も気候科学者と呼ばなかった (今日では、すべての研究者がそう呼ばれているのだが)。事実 1970 年代まで、気候に関する気象学の文献は、温室効果を強調するどころか、言及すらしていなかった (Climatology, Haurwitz and Austin, 1944, Climate, Pfeffer, 1960, Atmosphere, Weather and Climate, Barry and Chorley, 1970)。その代わりに、彼らは当時 (そして現在もそうだが) 確認された多種多様な気候レジームを解明することに関心を

よせていた。これらは一般に、図7に示すようなケッペンの分類で表現される。

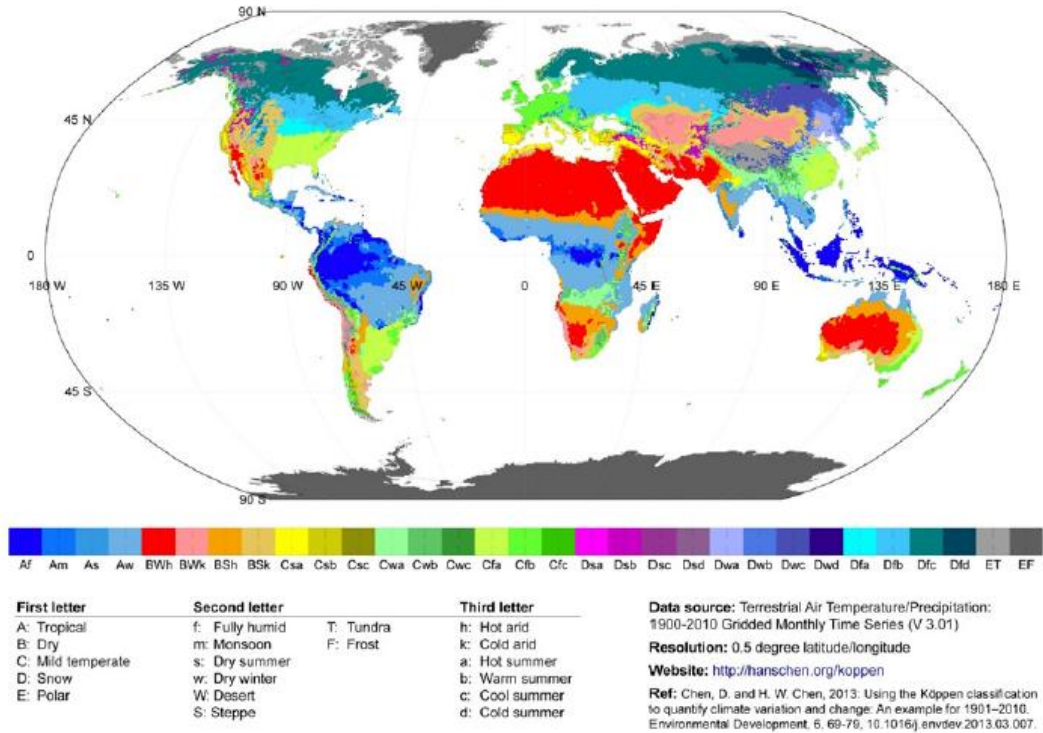


図7: ケッペンの分類による気候帯の世界地図。

これらの現象の説明の多くは、概して物語的な話である。これは地球科学では珍しいことではない。私のような理論家の場合、より数学的かつ集中的にアプローチする傾向がある。ハドレー循環や定常波のような特徴を特定しようとするのだ。そして海洋学者には、それぞれ独自の特徴がある。例えばミランコヴィッチは、氷河の周期を生み出す軌道の変動を見事に特定した。このことは、より最近の論文 (Roe, 2006, Edvardsson et al, 2002) で実質的に裏付けされている。そして、興味深いことに、どのアプローチも、ケッペンの図の多くの特徴を決定するいくつかの平均「温度」があると想定するほど単純ではない、また、CO₂のような単一の主要原因も想定していないのだ。

気候変動を考える上で、ソ連の気候学者ブディコとイズラエリ (1991) は、気候変動の多くは熱帯と極域の気温差の変化として現れると指摘した。つまり熱帯の気温はほとんど変化しておらず平均気温の変化は、ほとんど熱帯-北極の気温差の変化によるものである。このことは、図8でより明確に示されている。

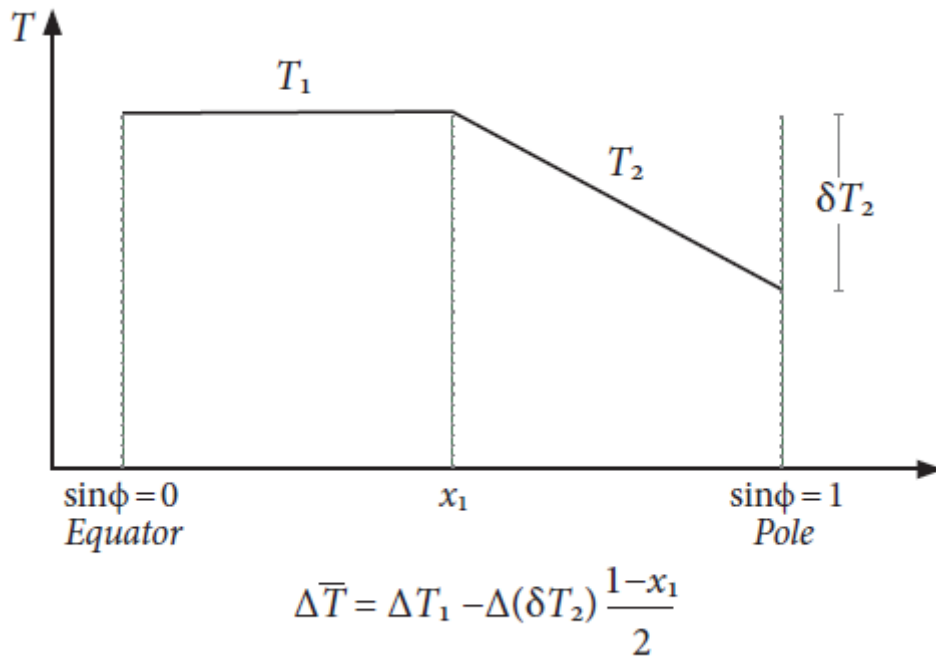


図 8：赤道 ($\sin \phi = 0$) と極域 ($\sin \phi = 1$) の間の子午面温度分布の簡略図。

なお、 ΔT_1 が小さいと ΔT は $\Delta(\delta T_2)$ に支配されることになる。大きな気候変動については、こういったことが起きているのだ。重要なのは、 $\Delta(\delta T_2)$ は ΔT_1 に対する反応ではないこと、言い換えれば、熱帯で起こっていることを増幅するものではないことである。もちろん、 $\Delta(\delta T_2)$ が小さい時期には、 ΔT が ΔT_1 に支配される可能性はあるが、その時期は大きな気候変動は起こらないであろう。

1980年代になると、古気候学が発展し、気候の歴史のいくつかの側面がより明確になってきた。過去 100 万年程度の氷河の周期的な変動がより明確に捉えられるようになり (Imbrie and Imbrie, 1979)、また始新世 (5000 万年前) のような温暖期もより明確になった (Shackleton and Boersma, 1981)。その結果、氷河期も温暖期も赤道付近の気温は現在とあまり変わらないが、熱帯と高緯度の気温差は大きく変化していることが示唆されたのだ (表 1)。

Period	ΔT (°C)
Eocene	≈ 20
Glacial maximum	≈ 60
Today	≈ 40

表 1 熱帯と高緯度の気温差。

赤道付近の気温の変動は、非常に小さくなっている。

4. 熱帯と極域の温度差はどうやって決まるのか？

今日の一般的な説の信奉者は、虚構の「極域の気候変動の増幅」を唱えている。一部のモデルは（その名誉のために）ここには表示しないでおく (Lee, et al, 2008)。しかし、この現象の物理的な根拠は、実は、よく知られている。これは、熱帯から極域への熱流束によって引き起こされているのだ。海流や多くの大気プロセスに関連した熱流束が存在する。しかし、熱流束を支配しているのは、主に対流によるもので、傾圧不安定性と呼ばれるもの (Pedlosky (1992), Holton and Hakim (2012), Lindzen (1990), あるいは地球流体力学の教科書のほぼ全てに記載されている) に関連しているのだ。

これらの不安定性は、不安定性を中和する温度分布をもたらすよう働くため、「制御」されている (Lindzen 2020, Lindzen and Farrell 1980)。輸送の一部が海洋輸送や定常波などの他のプロセスによるものであることは、傾圧不安定性による輸送の必要性を単純に排除する。しかし傾圧不安定性による熱輸送は、傾圧平衡の達成に必要不可欠である¹。

不安定性を制御する例としてよく知られているのが、下からの加熱による垂直対流である。実験室規模の非圧縮性液体では、温度が高さとともに低下し、暖かい液体ほど浮力が大きくなることから、対流不安定性が発生する。対流は温度の垂直勾配をなくすように作

¹ 簡単に解説した動画「DIYnamics: Baroclinic eddies in tank and in Earth atmosphere」をご覧ください。DIYnamics: Baroclinic eddies in a tank and in Earth's atmosphere "というビデオでは、暖かい縁から冷たい中心への熱流によって回転するタンクで、どのように傾圧の不安定性が発生するのかを見ることができる。

<https://youtu.be/5bnmaYOFerk?list=TLPQMzAwMTIwMjRkK1Y3llvMXA>。

ビデオの最後では、「全体の温度分布のコントラスト（差異）の変化は 渦の動きに影響を与えるので、気候変動が地球の渦を変化させ、それが原因で気象が変化する可能性はある」としている.. ここで注目すべきは 温暖化した世界では、このコントラストは減少すると予想されることである。

用する。圧縮性のある気体では、状況はより複雑になる。熱帯の気候では、対流によって湿った断熱的な温度低減率（温度が高さと共に減少する率）が生じる。放射対流平衡は熱帯に大きく限定される。熱帯からの熱流束が変化しても熱帯の気候は比較的安定しているため、熱帯の気候の安定性は、正のフィードバックではなく負のフィードバックが働いていることを示唆している。

ではなぜ、熱帯と極域で気温差があるのだろうか。理論的な研究の結果、平衡化は北極の対流圏界面である高度 6km 付近の温度のみを決定することがわかった (Jansen and Ferrari, 2013)。そこでは熱帯との気温差は実際に 20°C 程度であることが観測されており (viz Newell et al., 1972)、この差は始新世における熱帯と極域の気温差を特徴づけるものだ。現在における地表での気温差は北極における逆転層の存在と関連していると思われる、その逆転層の存在は氷や雪の存在と関連しているが、現在のところ完全には解明されていない。勿論、温室効果ガスの変化は何らかの影響を及ぼしていると思われるが、氷期サイクルに関しては、ミランコビッチ理論において重要な要素である地球軌道変動による変化は、夏の北極において 100W/m² のオーダーの日射量の変化をもたらしている (Roe, 2006) のに対して、CO₂ の変化は約 1.5W/m² の影響を及ぼしているに過ぎない。

平均値の変化が熱帯と極域の温度差の変化によるものであるとすると、温室効果は CO₂ の影響と見なすことは意味をなさない。それはある意味、原因と結果の混同である。

5. 熱帯の気候に安定性をもたらすものは何か？

すでに述べたように、熱帯の気候が比較的安定していることは、負のフィードバックを示唆するものであり、これが発生する可能性のある原因は数多く存在する。

GCM の中で正のフィードバックとみなされている現象は、モデラーたちが精力的にその根拠を探っているにもかかわらず、実際には観測や理論にほとんど根拠がない。

負のフィードバックで十分根拠があるのは、いわゆるアイリスエフェクトで、上層の薄い巻雲（強力な温室効果物質である）が地表面温度の上昇にともなって、その面積を減少させるというものである (Lindzen, Chou and Hou, 2000, Lindzen and Choi, 2021 and references therein)。このメカニズムは、初期のころの暗い太陽のパラドックス (Sagan and Mullen, 1972, Rondanelli and Lindzen, 2007) を説明するのに十分な強さを持っている可能性がある。このパラドックスは、太陽光度が現在より 30% 低かった 25 億年前の地球を指している。しかし、それにもかかわらず、観測は、地球が現在の気候に近く、氷の形跡がないことを示唆している。CO₂ を 2 倍にしても、放射収支に 2% しか影響を与えないこと

を思い起こしてほしい。

6. CO₂は気候のどこに関わっているのか？

明らかなことは、複雑な三次元的気候が、平均気温異常という「大きな数字が生み出す小さな差」によって規定され、その支配要因が CO₂という僅かな寄与によると考えるのは不合理だということである。地球の気候は、確かに大きく変動しているが、それは CO₂との因果関係を示す証拠にはならない。過去 70 万年の氷期サイクルについては、Vostok 氷床コアからのプロキシデータは、冷却が CO₂の減少に先行することを示している。(Jouzel et al.1987, Gore, 2006)。温暖化が CO₂の増加に先行したことも示すには、より高い時間的解像度が必要である (Caillon et al, 2003)。過去 6 億年程度の CO₂レベルと「気温」の再現を一般に発表している図 9a に示されているように、それ以前の変動については、気温と CO₂との相関は全く示唆されていない。

確かに、古気候学的な復元は、やや推測的である。しかし図 9b に示す Rothman (2002) による CO₂濃度の記録の変化の再現においても、有意な相関関係を示唆するものはない。

CO₂を「汚染物質」とするのは、実にばかげた話である。植物にとって肥料としての役割が大きく、現在、ほとんどすべての植物は CO₂に飢えている。もし私たちが現在の CO₂の 60%以上を除去するとしたら、その結果はどうなるか。その結果は悲惨なものですべての動物が飢え死にするだろう。また、このような CO₂削減は、放射収支の数パーセントの変化にしかならないので、特に寒い世界になることはないだろう。25 億年前に太陽放射が 30%減少しても、地球はそれほど寒くはならなかった。このことは、「初期の暗い太陽のパラドックス」と関連して、以前にも述べたとおりである。

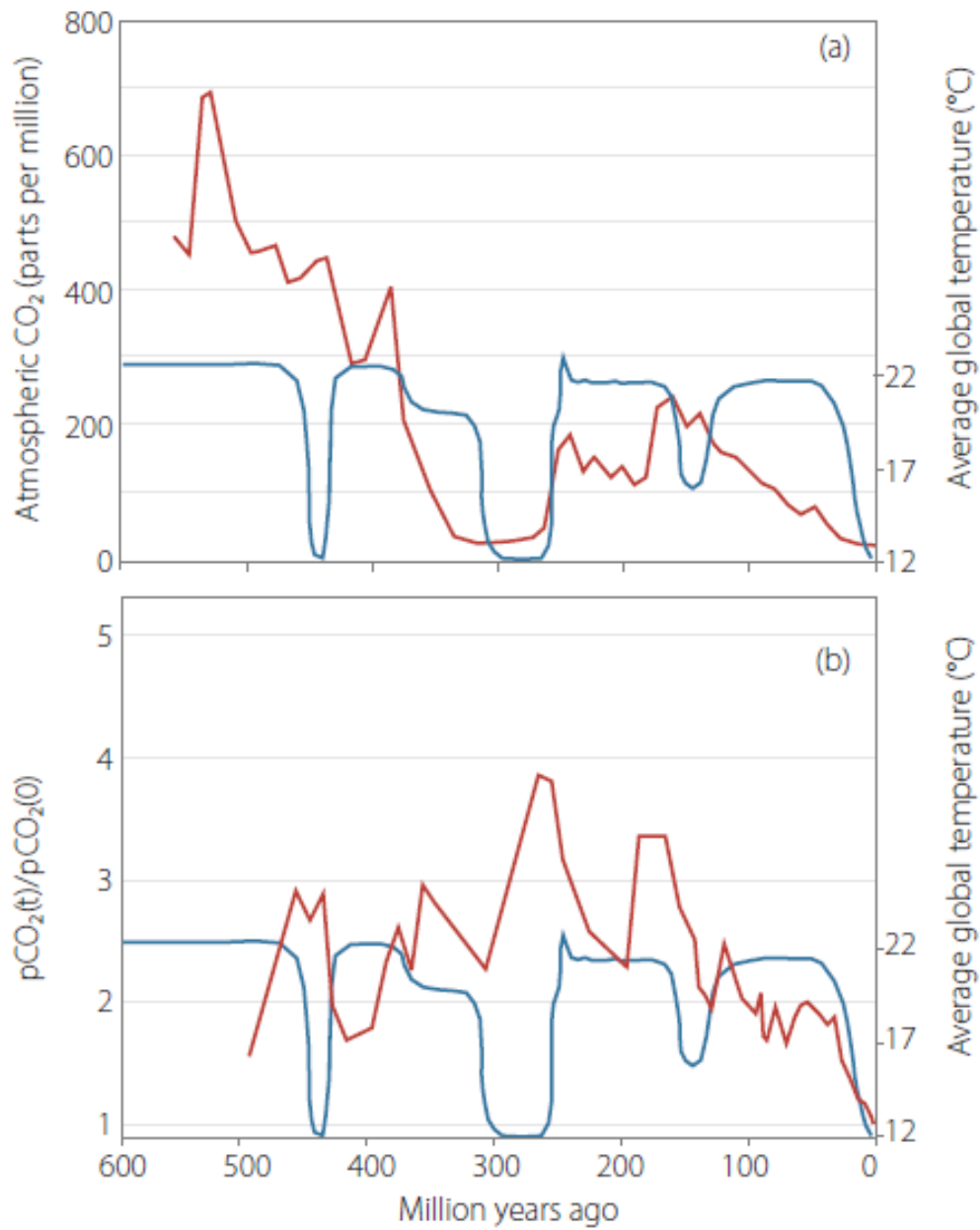


図9：気温とCO₂の古気候再現図。

Temperature reconstruction after CR Scotese. CO₂ reconstructions after (a) RA Berner and Z Kothavala (2001) and (b) Rothman (2002).

— Temperature
— Carbon dioxide

7. 影響

前述の議論は物理学に限定されたものであった。そしていわゆる「影響」の問題には触れていない。それはつまり、何か観察された変化が、即座に CO₂の影響の証拠として主張されるという問題である。2022年4月19日付のボストン・グローブ紙からのその典型的な事例を以下に挙げる。

「地球温暖化に関する警告がますます強まり、地球温暖化に起因する大火災や天候の悪化が相次いでいるにもかかわらず、新しい世論調査によると、マサチューセッツ州の住民は、3年前に比べて気候危機を非常に深刻な問題と考える人が減っている。」

こうなると、二酸化炭素を排出しないようにしなければならない、という結論に行き着く。このような推論の飛躍は極めて不合理である。そしてマサチューセッツ州の住民の常識には心打たれるものがある。懐疑論者が、主張されている変化が誤って伝えられている（過去2世代にわたって山火事が大幅に減少している）と指摘したくなるのも理解できる。だが残念なことに「もし主張されている変化が本当ならば、脱炭素化の必要性を示すものだ」とする、奇妙な提案だけがそのまま残ってしまっているのである。

8. 私たちはどこに向かっているのか

これはすべて、誤った「科学的」な物語を前提とした、準宗教的な運動である。この運動によって打ち出された政策によって、アメリカは自国のエネルギーシステムを弱体化させてしまい（このことが現在のインフレを引き起こす大きな要因となっている）、またその一方でロシアのノルドストリーム2ガスパイプラインに対する制裁を解除したのである。このパイプラインは、ドイツに供給するために使用されているウクライナ経由の既存のパイプラインを迂回するように設計されている。一方、EUの大半はシェールガスやその他の化石燃料の開発を禁止し、その結果エネルギーコストの上昇、エネルギー貧困の拡大、ロシアへの依存を招き、プーチン大統領の侵略に対抗する力を著しく低下させてしまった。

私たちがこのCO₂を悪者扱するという物語の不条理さに目覚めない限り、そのことが今後続く災害の始まりになる可能性が高いのだ。アイゼンハワー大統領が1961年の退任演説でこう述べている。

「連邦政府による雇用とプロジェクトの割り当て、そして金の力によって、国の学者が支配されることになるのは目に見えており、深刻に受け止めなければならない。」

しかしながら私たちは、科学的研究と発見を尊重する一方で、公共政策が科学技術エリートの間になる危険性にも注意を払わなければならないのだ。」

Lindzen (2008, 2012)で詳しく述べられているように、米国政府は1990年代初頭までに現在のシナリオに賛同し、その結果、その対策のための予算を大幅に増やした。加えて、エネルギー部門の規模を考えると、それを再建する試みは、たとえ不必要で非効率的であったとしても、短期的に莫大な利益を得る機会を提供することになる。この機会は明らかに魅力的であり、強く支持されている。さらに、メディアは常に気候変動への警鐘を鳴らし続けている。そして、この警報は、実際には気候変動とはほとんど無関係な脱炭素化というテーマに対処する、いわゆる「解決策」を伴っており、同時に大きな、無意味な苦痛を私たちに課しているのである。

西側諸国の人々にとって、この全く根拠のない警告に関連する害悪を終わらせることは不可欠である。それがどんなに困難であろうとも。

謝辞

本論文の執筆にあたって、官民を問わず、いかなる機関や団体からも支援は受けていない。

しかし、ウィリアム・ハッパー氏、サイモン・スコット氏、ウィリアム・ポントン氏から有益な助言を得たことを深く感謝している。

参考文献

1. R.G. Barry and R.J. Chorley, *Atmosphere, Weather, and Climate*, Holt Rinehart and Winston, 1970.
2. R.A. Berner and Z. Kothavala, Geocarb III: A revised model of atmospheric CO₂ over Phanerozoic time, *American Journal of Science*, 301 (2001), 182–204.
3. J.S. Boyle, Upper level atmospheric stationary waves in the twentieth century climate of the Intergovernmental Panel on Climate Change simulations. *Journal of Geophysical Research* 111 (2006), D14101. <https://doi.org/10.1029/2005JD006612>.
4. M.I. Budyko and Yu. A. Izrael, editors, *Anthropogenic Climatic Change*, University of Arizona Press, 1991.
5. N. Caillon, J.P. Severinghaus, J. Jouzel, et al. Timing of atmospheric CO₂ and antarctic temperature changes across termination III, *Science*, 299 (2003), 1728–1731.
6. R.S. Edvardsson, K.G. Karlsson, M. Engholmoe, Accurate spin axes and solar

- system dynamics: climatic variations for the Earth and Mars. *Astronomy and Astrophysics*. 384 (2002), 689–701. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20020029>.
7. K. Emanuel, *What We Know about Climate Change*, MIT Press 2018.
 8. R.M. Goody and Y.L. Yung, *Atmospheric Radiation*, Oxford, 1989.
 9. A. Gore, *An Inconvenient Truth*, Emmaus, 2006.
 10. B. Haurwitz and J.M. Austin, *Climatology*, McGraw-Hill, 1944.
 11. Z. Hausfather, K. Marvel, et al, *Nature* 605 (2022), 26–29. doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-022-01192-2>.
 12. J.R. Holton and G.J. Hakim, *An Introduction to Dynamic Meteorology*, Academic Press, 2012.
 13. J. Imbrie and K.P. Imbrie, *Ice Ages: Solving the Mystery* (Macmillan, London, 1979).
 14. M. Jansen and R. Ferarri, equilibration of an atmosphere by adiabatic eddy fluxes. *Journal of Atmospheric Science* (2013). <https://doi.org/10.1175/JAS-D-13-013.1>.
 15. J. Jouzel, C. Lorius, J. Petit, et al. Vostok ice core: a continuous isotope temperature record over the last climatic cycle (160,000 years). *Nature* 329 (1987), 403–408. <https://doi.org/10.1038/329403a0>.
 16. L.M. Krauss, *The Physics of Climate Change*, Post Hill Press, 2021.
 17. M.I. Lee, M.J. Suarez, I.S. Kang, et al., A moist benchmark calculation for the atmospheric general circulation models. *Journal of Climate* 21 (2008), 4934–4954. <https://doi.org/10.1175/2008jcli1891.1>.
 18. R.S. Lindzen, An oversimplified picture of the climate behavior based on a single process can lead to distorted conclusions. *European Physical Journal Plus* 135 (2020): 462. <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-020-00471-z>.
 19. R.S. Lindzen, (2008, 2012) Climate science: is it designed to answer questions. arXiv:0809.3762, available as pdf file on www.arxiv.org, Physics and Society. Also in *Euresis Journal*, 2012, 2, 161-193.
 20. R.S. Lindzen and J.R. Christy, <https://CO2coalition.org/wp-content/uploads/2021/08/Global-Mean-Temp-Anomalies12.08.20.pdf>, (2020).
 21. R.S. Lindzen and Y.-S. Choi: On the observational determination of climate sensitivity and its implications. *Asian Pacific Journal of Atmospheric Science* (2011), 47, 377–390.
 22. R.S. Lindzen, B. Farrell, The role of polar regions in global climate, and the parameterization of global heat transport. *Mon. Weather Rev.* 108 (1980), 2064–2079.
 23. R.S. Lindzen *Dynamics in Atmospheric Physics*, Cambridge Univ. Press, 1990.
 24. R.S. Lindzen, M.-D. Chou, A.Y. Hou, Does the Earth have an adaptive infrared

- iris? *Bulletin of the American Meteorological Society* 82(3) (2001), 417–432.
25. R.S. Lindzen and Y.-S. Choi. The Iris effect: a review. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, <https://doi.org/10.1007/s13143-021-00238-1> (2021).
 26. R.E. Newell, J.W. Kidson, D.G. Vincent, G.J. Boer, *The Circulation of the Tropical Atmosphere and Interactions with Extratropical Latitudes*, vol. 1. MIT Press, 1972.
 27. J. Pedlosky, *Geophysical Fluid Dynamics*, Springer, 1992.
 28. R.L. Pfeffer (ed.), *Dynamics of Climate: The Proceedings of a Conference on the Application of Numerical Integration Techniques to the Problem of the General Circulation held October 26–28, 1955* (Pergamon Press, Oxford, 1960), p. 154.
 29. G. Roe, In defense of Milankovitch. *Geophysical Research Letters* (2006). <https://doi.org/10.1029/2006GL027817>.
 30. R. Rondanelli, R.S. Lindzen, Can thin cirrus clouds in the tropics provide a solution to the Faint Young Sun paradox? *Journal of Geophysical Research* 115 (2010), D02108. <https://doi.org/10.1029/2009JD012050>.
 31. D.H. Rothman, Atmospheric carbon dioxide levels for the last 500 million years, *PNAS* 99(7) (2002), 4167–4171, <https://doi.org/10.1073/pnas.022055499> (2002).
 32. C. Sagan and G. Mullen. Earth and Mars: evolution of atmospheres and surface temperatures. *Science* 177(4043) (1972), 52–56.
 33. N. Shackleton, A. Boersma, The climate of the Eocene ocean. *Journal of the Geological Society of London* 138 (1981), 153–157.