



CO₂ 濃度は上空でもどんどん増えている！

ついに 400ppm 時代に突入！

2012 年 5 月、気象庁がある事実を発表しました。それは、岩手県大船渡市綾里において、観測史上初めて日本国内の CO₂ 濃度の月平均値が 400ppm を超えた、という内容でした。400 という大台に乗った話題性により報道もされました。2013 年、2014 年には他の国内観測地点でも月の平均値が 400ppm を超え、観測史上最高値を更新しています。

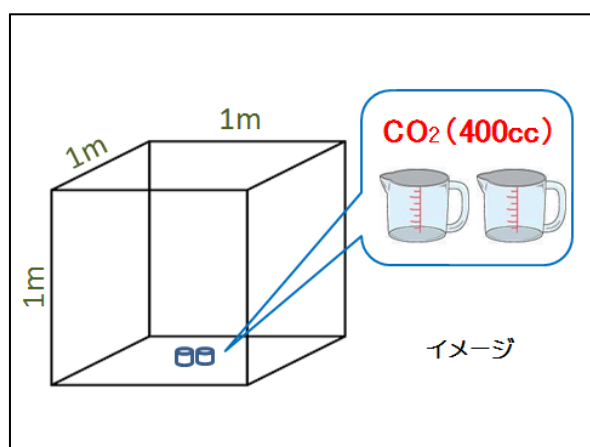
この 400ppm というのは一体どのくらいの濃度なのでしょう？

まず、単位の確認をしましょう。「ppm」は parts per million の略で、分子の数の比率を示します。全体の分子が 100 万個あるとき、対象となる物質の分子がいくつあるか、ということです。

従って、CO₂ 濃度が 400ppm というのは、全体の分子が 100 万個あるとき、そのうち 400 個の分子が CO₂ である状態を意味します。

…といってもどのくらいなのか想像しにくいですね。そこで、具体的な分量で比率を見てみましょう。

1 辺が 1 メートルのサイコロ(立法体)があるとします。その内側の空気の中になどのくらいの CO₂ が含まれているか？ 濃度 400ppm なら、400cc、つまり 200cc の計量カップ 2 杯分ということになります。



1 立方メートルのなかの 400cc、と聞くと、あまり多くないという印象をもつのが自然かもしれません。そして、

それが 5 ccとか 10 ccくらい増えたり減ったりすることにどんな意味があるのでしょうか？

温室効果と地球温暖化

まず「温室効果」と「地球温暖化」について考えてみましょう。このふたつの言葉はどちらもよく用いられ、同じニュースや記事のなかで両方が登場することもしばしばあります。しかし、注意しなければならないのは、**両者は同義語ではない**、ということです。お互いに密接な関係はありますが、異なるものです。

地球を覆う大気の層は、太陽からのエネルギーは通しやすく、逆に地球から逃げていくエネルギーは通しにくいという性質を持っています。このため、地球の表面を暖める役割を果たして、それが温室効果と呼ばれる現象です。温室効果そのものは悪者ではありません。それどころか、人類はじめ地球上の生物の多くにとって生存のために欠かせないものです。温室効果がなければ、地球は現在の平均気温より 30 度以上も低い氷の惑星になってしまいます。

大気のなかで、温室効果をもたらす気体は複数あります。これらの気体は「温室効果ガス」と呼ばれます。「温暖化ガス」と呼ばれることもありますが、ここでは温室効果と地球温暖化の違いをはっきり示す目的もあり、「温室効果ガス」という表現を用います。

温室効果ガスのなかで最も頻繁に話題となるのが CO₂ です。大気中の CO₂ 濃度は地球の歴史のなかで常に変化してきました。しかし、18 世紀にイギリスで起こった産業革命を機に人類が石炭などの化石燃料を大量に使うようになって以来、急激な増加をするようになりました。20 世紀後半には石油が燃料の中心になって増加のペースはさらに速くなっています。そして、1990 年代から地球温暖化が世界的な関心テーマになっているにもかかわらず、国際社会は今日に至っても抜本的な対策を打ち出せていません。このため CO₂ が特に大きな問題となっているのです。

大気のなかの CO₂ 濃度が高まることで温室効果も大きくなります。それでは地球温暖化、すなわち気温上昇



CONTRAIL をドキュメントする (DoCONTRAIL)



も同じ率で進んでいるのかというと、実はそうとも言えません。これは、地球上の気温を決める要因には様々なものがあり、それらが複雑に影響しているからです。大気中の CO₂ 濃度というのは、その様々な要因のひとつにすぎません。ある時期に CO₂ 濃度が上昇しても、ほかの要因が強く作用して気温上昇にすぐにつながらないこともありうるのです。実際、近年は気温上昇の傾向が緩んでいます。この状態は、「ひと休み」を意味する「ハイエイタス」と呼ばれています。

気温の変動をめぐる複雑な因果関係のメカニズムについて、少しずつ理解は進んでいるものの、少なくとも現在の科学の力では完全に解明することはできません。

このように、温室効果ガスの上昇がすなわち地球の温暖化を意味するわけではありません。しかし、地球温暖化の主たる原因である温室効果ガスの濃度が、人間活動によってかつてない速度で高まっている状況は間違いありません。たとえ最近の数年間の気温の変化が大きくなくても、近い将来に小休止が終わって急激に気温上昇が起こる可能性もあります。地球温暖化のもたらす様々なリスクが消えたわけでは決してありません。

なぜ飛行機で測るのか？

地球温暖化の原因となる温室効果ガス、そのなかでも特に注意すべき CO₂ の大気中の濃度は、地球温暖化という現象の正確な解明と対策のためにも継続的に監視することが必要です。しかし、従来の観測の大半は地表付近に限られていました。ここに限界があったわけです。なぜなら、地表付近地球を覆う空気は上下左右に動き続けているのですが、この三次元の動きを正確に知るには上空の観測も必要だからです。その上空の観測は、技術的にも費用的にも地上付近の観測よりはるかに困難となります。そのため、十分な観測がおこなわれず、上空はデータの空白域であると考えられてきました。

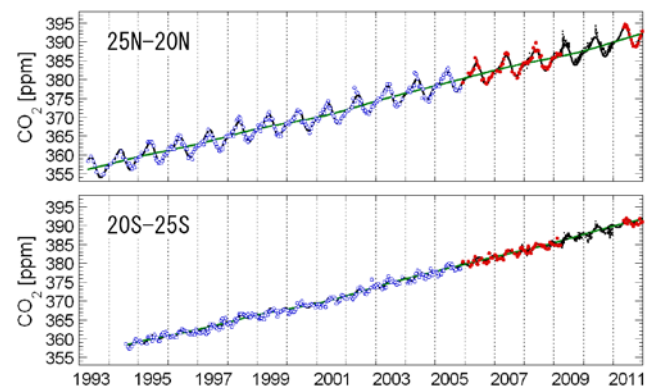
技術面と費用面の課題を解決する策として考えられたのが民間航空会社の定期旅客機を活用した観測でした(初期の挑戦の人間ドラマは第 3 章をご参照ください)。そして、いくつかの段階を経て、現在の CONTRAIL に至る長期的な観測体制が整えられてきま

した。長期間にわたって多くのデータを集めることで、信頼度の高い科学的知見となります。

まず、基本中の基本として、年を追うごとの全体的な傾向を見てみましょう。いわゆる「経年変化」という見方です。

JAL 旅客機による 1993 年から 2011 年までの間の観測結果をつないでみると、**上空の CO₂ 濃度は確実に増加している**ことがわかります。このような経年的な傾向は、地表付近の観測では以前から見られていました。旅客機観測のチームの成果は、地表と同じような増加傾向が上空でも進んでいることを、科学的なデータで示したことにあります。

前述のとおり大気は三次元の動きを絶えず続け、全地球規模で混ざり合っています。従って、地表付近だけ増加して上空で増加しないということは考えにくく、上空でも増加しているというのは当然といえば当然のことです。それでも、データの裏付けがなければ仮説に過ぎないところ、CONTRAIL のデータが「事実」として目に見える形で示したのです。



旅客機による上空の CO₂ 濃度観測の結果 (CONTRAIL プロジェクト提供)。北半球 (上図、北緯 20-25 度)、南半球 (下図、南緯 20-25 度) とも確実に増加していることが分かる。

ここで少し脇道にそれますが、大切なことをひとつお話ししましょう。CO₂ 濃度の経年変化を示すグラフを一見すると毎年一定の傾きで上昇しているように素人の目には見えてしまいます。ところが、専門家の目で見ると、年ごとの差が確実にあるそうです。例えば、非常に大規模な森林火災のあった年や、エルニーニョの年には通常と異なる傾向が生じることが分かっています。これ



CONTRAIL をドキュメントする(DoCONTRAIL)



は、気温の変化によって陸上の植物の活動が影響を受けるなどの要因によるものと考えられますが、因果関係について更に詳しい研究が進められています。一つの成果が次の研究課題を生み出す。終わりのないサイクル、それが科学研究というものなのでしょう。

さて、本題に戻りましょう。1993年から約20年間のデータを見ると、排出源から遠く離れたはるか上空や南半球においてもCO₂濃度が上昇し続けていることが分かります。そのペースは、長い地球の歴史のなかでも前例のないもので、しかも近年の更なる加速も実際に起こっています。ちなみに、人類は過去250年の間にCO₂濃度を約120ppmも増加させてきたのですが、このうちの20ppmは最近の10年程度の間が増えたものです。

ところで、人間が大気中に放出したCO₂のうち、実はおよそ半分は海や植物によって吸収されています。地球が人間活動の後始末を手伝ってくれているわけです。とはいえ、残り半分は自然界で吸収できる能力を超えて大気の層のなかに蓄積されていきます。このためCO₂濃度が高くなり、温室効果も大きくなるのです。大気のなかでCO₂がどう運ばれるのか、海や植物がいつどこでどのくらいのCO₂を吸収しているのかについてはまだ完全に分かっていません。CO₂のC(炭素)が地球全体のなかでどう動いているのか？この「炭素循環」の解明に世界の科学研究が取り組んでいます。

以上見てきた背景のもと民間航空会社の旅客機によるCO₂観測が実施されてきました。将来の地球温暖化をする研究が世界で進められていますが、その予測には幅があります。また、温度が上昇すると海や植物のCO₂吸収にどう影響するのかについてもまだ正確なことは分かっていません。より正確な予測をして、適切な対策を講じるためには、科学的に信頼できる観測データを積み上げることがまず基本となります。地球規模でのCO₂の循環を解明するためには、上空で広い範囲を長い期間にわたって観測することが不可欠であり、それがこのプロジェクトが世界の研究者の注目を集めている理由なのです。