

26aRC-6 二酸化炭素濃度と気候の変動機構について

海洋研究開発機構・地球環境フロンティア研究センター 河宮未知生

On the mechanism of the variations in CO₂ and climate

JAMSTEC Michio Kawamiya

大気中で近年 CO₂ 濃度が急激に上昇していることで、地球の気候が変化することが懸念されている。地球史的な視点で見た場合、数千万年あるいは数億年のタイムスケールでは現在よりも CO₂ 濃度が高かった時代も珍しくないと考えられているが、氷床コアなどからある程度直接に大気中の CO₂ 濃度が測れる過去約 50 万年にかけては、今日ほど CO₂ 濃度が高かった時代はなかった（図 1）。人間活動による大気組成の改変は、地質学的時間スケールで見ても地球が長らく経験してこなかったような気候状態をもたらす可能性がある。

20 世紀の後半以降については、大気から直接採取したサンプルを分析することにより、高精度の CO₂ 濃度時系列が得られている。現在では CO₂ 濃度を測定する観測点は約 100 点にも及び、こうしたデータを解析することで地球規模の炭素循環に関して様々な情報が得られる。観測された CO₂ 時系列が見せる興味深い性質の一つに、長期トレンドを除去した後のデータに見られる 4–5 年周期の変動がある。Keeling (1989) が最初に指摘したとおり、この変動にはエルニーニョが深く関係している。

全球規模で見たとき、エルニーニョは気温上昇と降水低下をもたらすと言われている。そうした変動が CO₂ 濃度に影響を与える機構としては、(1) 旱魃による陸域生態系の生産力低下、(2) 昇温による土壌有機物の分解促進、(3) 乾燥による森林火災の増加、が指摘されている (Steffen et al., 2004)。なお、大気–海洋間における CO₂ 交換量の変動は主たる原因ではない。エルニーニョ発生の際に CO₂ 濃度は増えることが知られているが、エルニーニョ発生時には太平洋赤道域の湧昇流が減って高濃度の溶存無機炭素を含む深層水が海面に到達しにくくなり、海洋から大気への CO₂ 放出が減少し大気中 CO₂ 濃度を逆に下げる方向に働くことが知られているため、またその変動の振幅自体も大きくはない (Le Quèrè et al., 2000)。なお上記 3 つの機構の相対的寄与の大きさについては、現在研究者の間で議論が行われている状態である (例えば Zeng et al., 2005)。

なお、4-5年周期の変動において気温がCO₂濃度に先行して変化することから、最近のCO₂濃度の長期的な上昇傾向も、気温上昇の結果なのではないか、特に、海洋へのCO₂溶解度が低くなったせいではないかと考える向きがあるが、これには無理がある。

最近100年間での気温や海面水温の上昇は1°Cに満たない程度である(IPCC, 2007)。1°Cの水温上昇でCO₂の溶解度は(温度依存性はあるものの)4%減少する。この溶解度減少に対応して海洋中の溶存無機炭素も減少するが、「緩衝効果(あるいは、ルベール効果)」と呼ばれる現象のためその減少量は4%ではなく、その1/10ほど、0.4%である(たとえば野崎, 1994)。海洋表層に含まれる無機炭素は1,000Pgほどであるので、1°Cの海水温上昇で4Pg(炭素量換算)のCO₂が大気中に放出されることになる。これは大気中濃度に換算して2ppmほどであり、マウナロアにおけるCO₂濃度直接観測が始まった1958年から現在までのCO₂濃度増加量60ppmに比べわずかな量でしかない。全球平均で1°C程度の海水温上昇では、大気中のCO₂濃度上昇を定量的に説明できない。

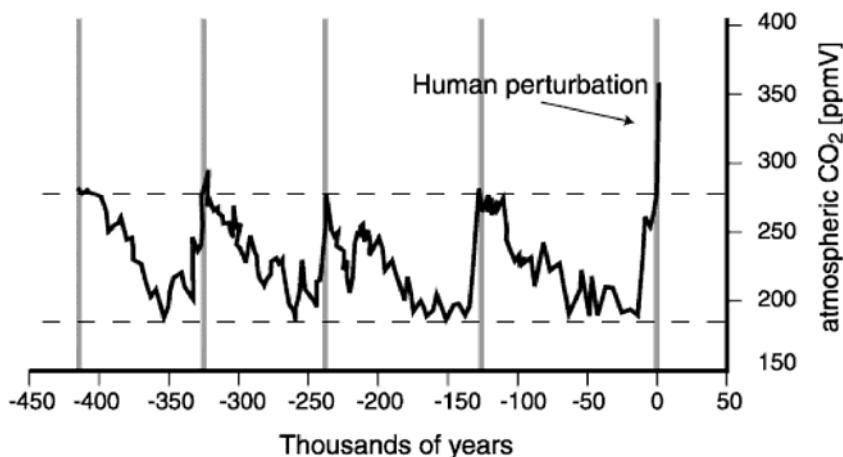


図 1: ポストークのアイスコアから得られたCO₂濃度(Petit et al., 1999)と、最近のCO₂濃度直接観測データ(Keeling and Whorf, 2005)をつなげて示した時系列。Steffen et al. (2003)による図を改変。