



植物の力は空にも届く

「ノコギリの刃」の謎

大気中の CO₂ 濃度が年を追うごとに増えていることの次に気づくのは、折れ線グラフの線がノコギリの刃のようにギザギザの形をしていることです。これはなぜでしょうか？

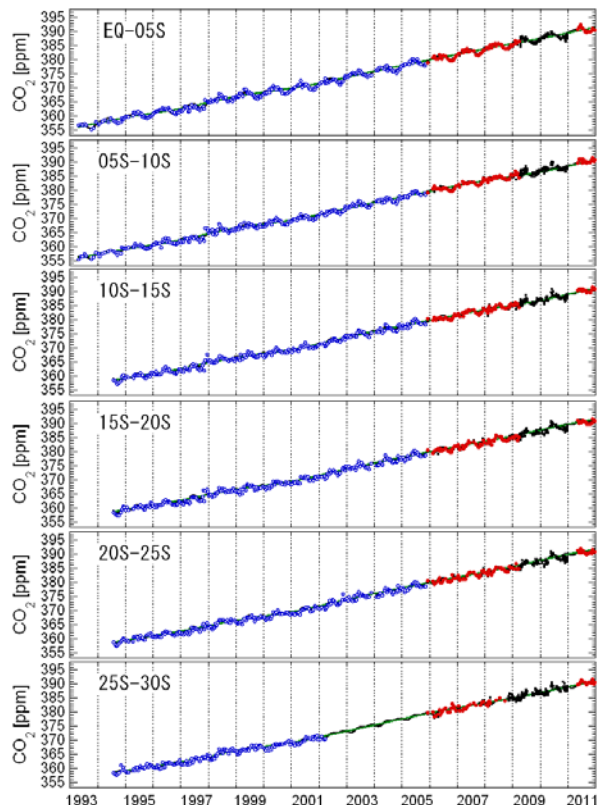
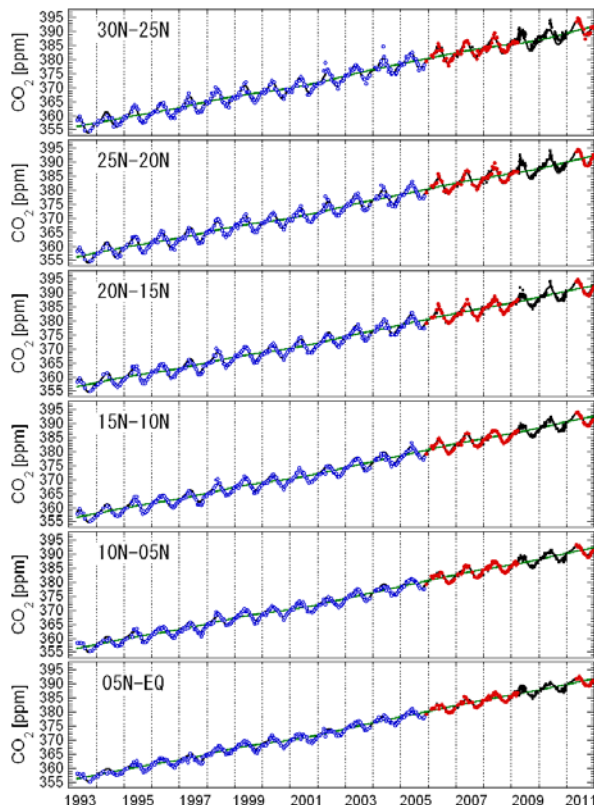
答えはズバリ、植物の光合成です。植物は光合成をする際に CO₂ を吸収して、O₂ を放出します。この現象は「炭素を固定する」という表現で説明されることもあります。光合成活動は夏に最盛期を迎え、より多くの CO₂ が植物に取り込まれます。このため、夏から秋にかけて大気中の CO₂ 濃度は減少します。

反対に、秋が終わる頃には光合成活動が少なくなり、植物自身がおこなう呼吸(O₂を吸収して CO₂を放出)の影響のほうが大きくなります。このため、大気中の CO₂ 濃度は高くなりはじめます。冬から春にかけて濃度は高くなり続け、再び夏が訪れる前にその年の最高レベルに達します。そして、夏がくると光合成がまた活発になり、CO₂ 濃度が下がります。このような一年のなかの

動きを季節変動と呼びます。グラフがのこぎりの歯のようにギザギザになっているのは季節変動を示しているのです。経年変動と同じく地表付近の観測では既に見られていた現象ですが、上空でも季節変動があることが航空機観測によってきちんと示されました。

1993年から続く観測のなかで、特に CONTRAIL が持つ強みのひとつが、日本とオーストラリアを結ぶ航路でデータを取り続けてきたことです。北半球から南半球まで様々な緯度でデータを蓄積してきたため、緯度別の傾向を調べることも可能となります。それを示すのがこの一連のグラフです(CONTRAIL プロジェクトより提供)。

合計 10 個のグラフのうち、左側が北半球、右側が南半球の上空の CO₂ 濃度です。左側は、一番上が北緯 25-30 度、その下が北緯 20-25 度・・・と順番に緯度を下げて赤道に近づきます。一番左下は北緯 0-5 度です。右側は一番上が赤道付近の南緯 0-5 度、その下が南緯 5-10 度・・・と順番に緯度を上げていきます。一番右下が南緯 25-30 度の空域です。また、それぞれのグラフの横軸は時間、縦軸は CO₂ 濃度です。





CONTRAIL をドキュメントする(DoCONTRAIL)



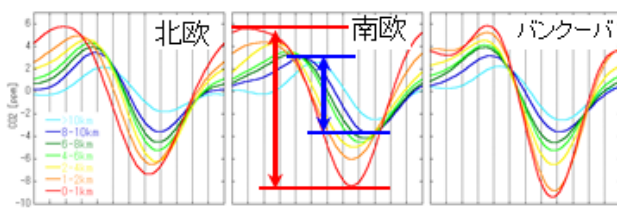
どの緯度のグラフも、経年変動としては全般的に増加傾向にあることが分かります。そして、季節変動のギザギザもすべての緯度で見ることができます。でも、のこぎりの刃の鋭さにはばらつきがあります。これはなぜでしょうか？

ヒントは季節変動の最大の原因である光合成です。ギザギザが鋭いということは、光合成の効果が大きい季節と小さい季節との間の差が大きいことを意味します。光合成をするのは植物。その植物の多くは陸地にあります。もうお分かりでしょうか。答えは陸地面積の多さにあるのです。

地球全体のうち陸地面積の割合は約3割。それ以外の約7割は海です。北半球と南半球で分けて計算すると、北半球では陸地が約4割。それに対して南半球では2割にも至りません。北半球には全地球の陸地の3分の2以上、南半球と比べて倍以上の陸地が存在するのです。陸地の多い北半球には植物も南半球より多く、従って光合成の効果も大きくなり、ギザギザが鋭くなる、というからくりなのです。

次の疑問として、地表付近の現象である光合成の効果が、どのくらい上空まで見られるのか、ということが挙げられます。大気が三次元方向に混ざり合うとすると、地表付近の季節変動が上空ではあまり関係ないのではないかということも考えられます。

これまでの観測により、緯度別かつ高度別でも CO₂ 濃度の推移を示すことが可能なので、この疑問にも答えることが可能となっています。まずは光合成が盛んな北半球で見てみましょう。下の3つのグラフは、ヨーロッパと北米における1年の間の推移を示しています (CONTRAIL プロジェクト提供)。横軸は時間を示しており、各グラフの左端が1月、右端が12月です。縦軸は CO₂ 濃度です。色別にたくさんの曲線があるのは、高度別にデータを分けているためです。



まず気付くのは、これらの曲線のすべてが季節変動を示していることです。従って、植物の光合成の効果は

はるか上空にも届いていることとなります。

次に、地表付近の赤と、地上 8,000~10,000 メートルのはるか上空の青を比べてみましょう。赤の地表付近のほうが上空より季節変動が大きいことが分かります。光合成をする植物が存在する地表に近いほうが、光合成の増減による季節変動をはっきり示すというのは、ごく当然のことと理解できます。

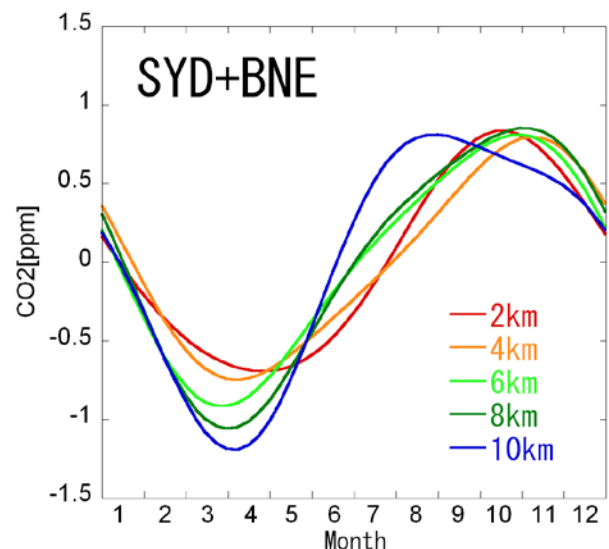
ここで、北半球と南半球の特徴の違いを整理しておきましょう。両者を単純に比べた場合、北半球のほうが陸地は多く、産業活動も多いため CO₂ 排出も多くなっています。一方、植物も南半球に比べて多いので、光合成の効果も大きい、ということになります。

北半球と南半球の比較 (相対的な特徴)

	北半球	南半球
陸地	多い	少ない
産業活動	多い	少ない
CO ₂ 排出	多い	少ない
光合成	多い	少ない

南半球に向かって流れる CO₂

それでは南半球の高度別データを見てみましょう。オーストラリア(シドニーおよびブリスベン)の航路のデータを示すのが下のグラフです (CONTRAIL プロジェクト提供)。北半球のと違って、上空のほうが地表付近よりもギザギザが鋭くなっています。これはなぜでしょうか？





CONTRAIL をドキュメントする (DoCONTRAIL)



答えは、はるか上空(対流圏の上部)で北半球の空気が南半球に運ばれているからなのです。地表面の近くでは北半球と南半球の間の空気の交換はしにくいという性質がありますが、高度 1 万メートル近くでは一部の空気が南北間を移動していることが分かりました。このため、北半球の CO₂ 濃度の季節変動が、数か月という移動時間を経て、南半球のはるか上空の季節変動を助長している構造も明らかになりました。

上空での北半球から南半球への大気の移動という現象は、最大で高度約 12,000 メートルのはるか上空を飛ぶ航空機で絶えず測っているために示すことのできた CONTRAIL 独自の科学的な知見です。大気の動きを三次元で実際に捉える、という壮大な観測活動の成果のひとつの実例といえるでしょう