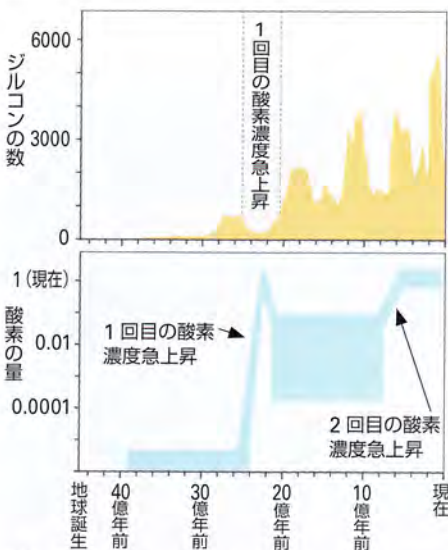


プレートの運動が酸素を増加させた

大気中の酸素濃度が2回にわたり急上昇した原因にせまる

地球の大気中に多くの酸素が含まれるようになったのは、微生物の光合成が原因だというのが“常識”だ。しかし地球の表面をおおう「プレート」の運動も、酸素濃度の上昇におおいに関係があることが、東京大学大気海洋研究所の横山祐典教授をはじめとする研究グループによって明らかにされた。この成果は、2016年5月に地球科学専門の科学雑誌『Nature Geoscience』に掲載された。



(上) 年代測定された多数のジルコンのサンプルについて、横軸を年代、縦軸をその年代のジルコンのサンプル数(当時のジルコンの存在量に対応すると考えられる)としたグラフ。1回目の酸素濃度急上昇の直前に、ジルコンの数が増加している。(下) 地球の大気中の酸素濃度の変遷。折れ線グラフに幅があるのは、推定値に幅があるため。1回目の酸素濃度急上昇のあとに酸素濃度が減っているが、その理由には複数の説があり、はっきりとはわかっていない。

上の二つのグラフは、横山祐典東京大学教授提供の資料をもとにして作成した。

地球が「生命の星」である理由の一つは、太陽系のほかの惑星とくらべて、酸素が圧倒的に多く存在しているからだ。地球の酸素濃度は、約25～20億年前と、7～5億年前の2回にわたって急上昇したことがわかっている。

酸素濃度が上昇した原因は、シアノバクテリアなどの微生物が行う光合成によるものだと考えられている。しかし、シアノバクテリアの誕生と、1回目の酸素濃度上昇の時期は、ずれているため、酸素濃度が急上昇した理由は、ほかにもあるはずだ。

プレートの沈みこみで酸素濃度が急上昇

研究グループは、まずジルコンというケイ素を多く含む鉱物について、過去の10万個分近くの年代測定データを見直した。この調査の結果、ちょうど1回目の酸素濃度上昇期の直前にあたる時期に、ジルコンが急増したことがわかった。

ジルコンは、マントル(地殻の下層の岩石の層)に水が供給されるとつくられやすくなる。ということは、プレート(地殻とマントル最上部で構成される岩盤)が別のプレートの下に沈みこむ活動、すなわち「プレートテクトニクス」がこの時期にはじまったと考えられる。プレートが海水と一しょに沈みこむので、水がマントルに供給されたというわけだ。

もともと大陸地殻は、鉄やマグネシウムを多く含む黒っぽい「苦鉄質」でつくられていた。しかしプレートテクトニクスの開始とともに、ジルコンなどのケイ素を多く含む灰色の「珩長質」の大陸地殻に置きかわっていった。

苦鉄質の岩石に含まれる鉄は酸化されやすい(酸素を消費しやすい)。一方、珩長質の岩石は、苦鉄質の岩石の約100分の1しか酸素を消費しない。つまり大陸地殻が珩長質に変化し、酸素が消費されにくくなったことが、1回目の酸素濃度急上昇のしくみだと考えられるのだ。

需給バランスが逆転し、再度酸素濃度が急上昇

では、2回目の酸素濃度上昇はなぜおきたのだろうか。研究グループは、炭素の循環のシミュレーションも行った。

火山活動によって大気中に二酸化炭素が放出されると、光合成によって二酸化炭素から有機物がつくりだされ、同時に酸素も生成する。また、二酸化炭素は、海水にとけるなどすると、炭酸塩に変化する。もし有機物や炭酸塩などの炭素を含む物質が、陸地で風化されたり、海洋で分解されたりすると、酸素が消費され、再度、二酸化炭素を発生させる。

ところが、水深の浅い大陸棚や陸地には、有機物や炭酸塩などの炭素を含む物質が堆積する。堆積した炭素を含む物質は、雨や川がけずった土砂が上に積もり、大陸地殻の中に閉じこめられやすい。すると、閉じこめられた物質は、酸素を消費しにくくなる。

また、沈みこむプレートに炭酸塩を含む物質が増えると、火山は爆発的に噴火するようになるとともに、より多くの二酸化炭素を大気中に放出するようになる。その結果、光合成によって酸素の生成量が増える。

以上の炭素循環において、大気中の酸素の生成量が消費量を上まわると、あるタイミングで酸素濃度が急上昇することが、シミュレーションによって明らかになった。これが2回目の酸素濃度急上昇のしくみだと考えられる。

「今回の研究チームは、私のような気候変動の専門家だけでなく、岩石や大気化学、地質学、惑星科学など、さまざまな分野の専門家によって構成されています。だからこそ従来の常識にとらわれない成果が出せたのだと思います」(横山教授)。

(執筆：今井明子)

協力

横山祐典 東京大学大気海洋研究所教授