



自然界のリズムが気候変動を生み出す

寒くなってきましたね。そろそろ冬のコートを着て出かけた
い、そんな時期になりました。春、夏、秋、冬という季節の移
り変わりは毎年繰り返します。自然界のリズムですね。今年 5
月号 (vol.29) では、地球はおよそ十万年という長い周期で氷
期（寒い時期）と間氷期（温かい時期）を繰り返すリズムを持
っていて、氷期から間氷期への移り変わりの激しい気候変動を
人類がどう生き延びたかというお話をしました（図1）。今回
は、そんな氷期・間氷期のリズムがなぜ起こるのかを紹介した
いと思います。

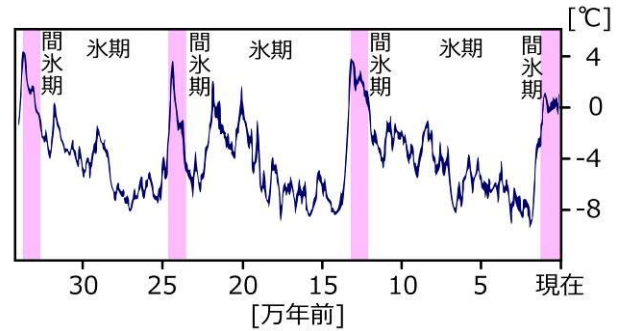
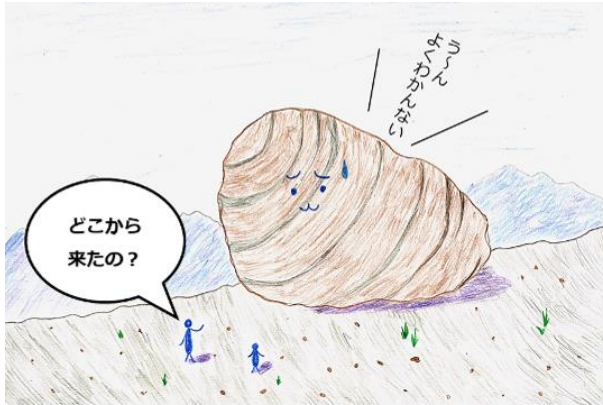


図1 過去 34 万年間の気温の変化を現在からの偏差で示して
いる。過去の気温は氷床の酸素同位体比から求められた。
（『スクエア 最新図説地学』を参考に作図）

迷子石はどこから、どうやって来た？

現在は比較的温暖な「間氷期」に当たりますが、およそ 2 万年前までは「氷期」でした。「過去に氷期があった」ということに人々が気づいたきっかけは、「迷子石」というものの存在です。18 世紀ごろに地質学者が山を調査して見つけた巨大な石は、その下にある岩盤の岩石と種類が全く違っていたのです。この巨石はどこから来たのでしょうか？この巨石と同じ種類の岩石はなんと何百キロも北にあったのです。ではどうやってここに来たのでしょ



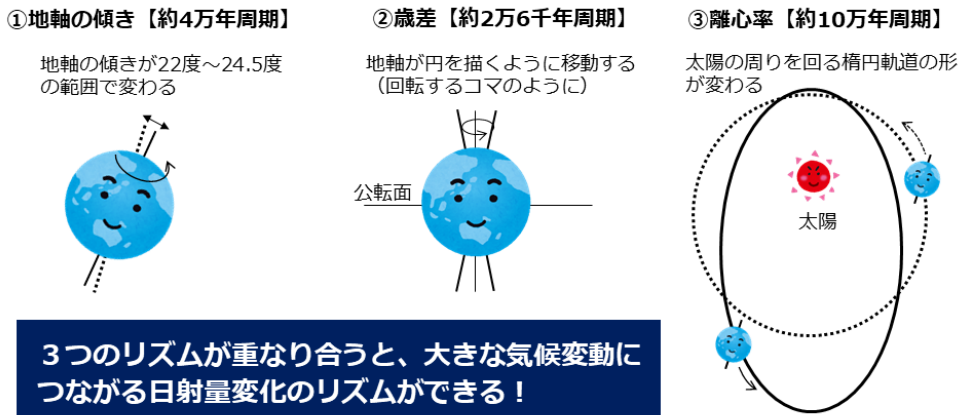
う？洪水で運ばれてきた？それにしても大きすぎます。答えは氷河です。氷期に成長した氷河にのっかってベルトコンベアのように運ばれ、氷河が融けたところで落とされたのです。つまり、迷子石がある場所は過去に氷河が広がっていたということが分かるのです。このような証拠から、ヨーロッパやアメリカの学者達が過去にどの範囲に氷床（氷のかたまり）があったのか調べた結果、イギリス全土、ヨーロッパの北半分、北米大陸はニューヨーク辺りまで、一度でなく、何度も氷床に覆われたことが分かりました。

リズムとリズムが掛け合わさって大きな気候変動のリズムに

では、氷床の拡大・縮小はなぜ起こったのでしょうか？そして次の氷期はいつ訪れるのでしょうか？この謎に挑んだのがセルビア人のミランコビッチ（1879 年－1958 年）です。1879 年にオーストリア・ハンガリー帝国に生まれたミランコビッチは、ウィーンの大学で土木工学を学び、20 代のころはダムや橋脚の設計をするなど多くの建物の建築に携わりました。その後、30 歳のときに大学の応用数学の教授の職に就いたのが人生の転機になりました。同僚の気候学者との議論から、これまでの気候の研究は経験則に基づく研究が多いことに気づいたミランコビッチは、得意の数学で気候研究に挑む決心をしました。（裏へ続く！）

ミランコビッチが立てた仮説は、「地球の公転軌道、地軸の傾き、地軸の歳差運動^{さいさ}の変化（詳しくは図2）により、太陽光の地球への当たり方が変わる。これが氷期・間氷期サイクルを引き起こしている」というものです。彼

図2 地軸の傾き、歳差、公転軌道の離心率（軌道がどれだけ円から離れているか）の変化



は、過去に遡って天体の軌道計算を行い、それが周期的に変化することを示しました。さらに、軌道変化の結果起こる日射量（差し込む太陽光の量）の変化も計算しました。これらは人生全てをかけたとんでもない大仕事です（そのうちの10年近くは捕虜となり牢獄の中で計算したんだとか・・・）。

氷床が寒冷化を加速させる

ミランコビッチが立てた仮説で、もう一つ重要なことは、北半球の夏に日射量が最も少なくなるタイミングで氷期が始まるということです。北半球の夏の気温が下がると、冬に積もった雪が解けずに万年雪となる場所が増えます。白い雪は太陽光を反射し、太陽からの熱を地球外に逃がしてしまいます。するとその地域の気温がさらに低下します。そしてますます万年雪の面積が増え、ますます寒冷になり・・・というふうに万年雪の存在が寒冷化を加速させるのです。そして万年雪は氷床という分厚い氷のかたまりとなり、氷期の最も寒い時期にはニューヨークくらいまで氷床の末端が南下したのです。

なぜ北半球の日射量が効くのか、なぜ南半球ではないのか？という、南半球では、南極大陸の周りが海で囲まれているので、氷床が拡大しようとしても南極大陸の端までが限界です。従って、氷床による寒冷化のアクセルがあまり効かないのです。一方、北半球では、極域が大陸に囲まれていて、低緯度までずっと大陸があります。氷床が広がりやすいのです。北半球の日射量が重要である理由は、地球の大陸の配置と関係しているのですね。

そして、北半球の夏の日射量が最大になったタイミングで間氷期に向かい始めます。気温の上昇により氷床が融けると、現れた黒い地面が太陽光を吸収し、地球を暖めるようになるので、さらに氷床が融け、温暖になり、ますます氷床が縮小し・・・というように氷床の縮小が温暖化を加速させます。ミランコビッチの計算結果によると、このような日射量の変化はおよそ11万年周期で繰り返すとされ、「ミランコビッチ・サイクル」と呼ばれています。

実際はもっと複雑で、太陽活動の強弱や大気中の温室効果ガス（二酸化炭素など）の濃度の変化なども含めた様々なリズムが絡まり合うことで気候変動が起こっているようですが、ミランコビッチ・サイクルは氷期・間氷期サイクルのペースメーカーとして機能し、地球の気候システムに影響を与えていると考えられています。（金山）

[参考文献] 公益財団法人日立財団『環境サイエンスカフェ』講演録 第2回気候変動の科学・その2 2011年
横山祐典『地球46億年 気候大変動 炭素循環で読み解く、地球気候の過去・現在・未来』2018年、講談社

イベント

11/23 (月) 9:30~12:00 サケの観察会

12/13 (日) 10:00~12:00 クリスマスの飾りをつくろう！

12/19 (日) 18:30~20:30 ジオパークの星空観望会

詳細はこちら！

