

ショートコース内未回答質問

[菅沼先生・石輪先生] (菅沼先生より補足回答)

Q. 非常に面白かったです。ありがとうございました。年代測定のところで生成率を使いますが、極域では生成率の変化に対してどういう補正をされていますか？極の方が宇宙線の侵入が大きいのので補正が必要ないほど生成率が安定していますか？

A. 感想ありがとうございます。宇宙線生成核種生成率は、基本的に試料採取地点の標高と緯度から理論的に求められる宇宙線入射量で補正をしていますが、南極の場合は更に、恒久的に低い気圧の補正があり、さらに年代の古い試料には地磁気強度変動補正のような補正法も提案されていると思います。現在は複数の補正法が存在しておりますので、適切なものを選んだり、併用・併記したりしております（もしくは再計算は容易なので、基本データをサブリメントとして提示します）。

Q. do we expect abrupt loss of ice? any engineering idea to prevent such non linear loss? いきなりあいすがなくなるってことあるのですか？ engineering idea to prevent such non linear loss

A. 説明不足で申し訳ありません。

Abrupt と言っても、数千年スケールの話です。

Rate で言いますと、平均で 0.1 ~ 0.2 m/year 程度であり、これは現在観測されている西南極での氷床融解スピードと同程度となります。

“When constrained over centennial timescales past rates of thinning are comparable to modern rates. This implies that modern thinning has the potential to be sustained for some time into the future.” Small et al., 2019 QSR (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277379118307728?via%3Dihub>)

南極氷床の融解では、温暖水塊の流入による氷床底での融解がメインですので、工学的には手出し不可能ではないかと思えます。私見ですが。

Q. 宇宙線核種の測定には加速器質量分析計を用いるメリットは何でしょうか？

A. そうですね、ベリリウムの同位体比、 10^{-11} ~ 10^{-15} で測定可能なのは AMS のみです。

[黒川先生]

Q. 黒川さんはどのようにしてプログラミングを学ばれたのですか？地球化学を主に学んでいる学生がプログラミングを始めるのにあたって、アドバイスはありますか？

A. 学部生時代にプログラミング演習を受講したことが土台になりました。その後は研究で必要になるたびに少しずつ技術を身につけてきました。私は Fortran という言語を最初に学びましたが、最近ではより便利な Python or Matlab から始めるのが良さそうです。

Q. 大量の水が散逸した後も三角州が形成されていたということ？

A. そうですね。三角州が形成していた時代(約 35 億年前)以前にも水が散逸していたし、その後も散逸していった、ということです。

Q. 水から水素ができる反応には Fe の酸化が関係しているのでしょうか？だとすると両者の量関係は大丈夫でしょうか？

A. 私の研究では大気中の水蒸気が紫外線を浴びて解離して水素ができることを想定しています。ただ、蛇紋岩化反応でできる水素の散逸が寄与していたという説もあります(Chassefiere & Leblanc 2011 EPSL)。探査データにもとづく後者の量的検討は業界の今後の課題です。

Q. 水岩石比の違いにより異なるスペクトルのモデルが導かれる部分について、より詳細に教えていただけないでしょうか？どのように推定可能なのでしょうか。

A. 水岩石比からまず化学平衡の鉱物組み合わせを予想します。その後、各鉱物の実験室スペクトルから計算した光学定数 (refractive indices) を使って混合物の模擬スペクトル (Hapke model と呼ばれる輻射輸送モデルを使います) を計算しています。

[八田先生]

Q. WOA2013 のマップをお示しになりましたが、硝酸塩の濃度が南極大陸の周囲で極めて高いのはなぜでしょうか？

A. しっかり、質問していただきまして、嬉しいです。

さて、硝酸塩がなぜ南極周辺で高いのかについてですね。

実は、これは、海洋大循環と栄養塩のリサイクルと密接に関わっています。そもそも、栄養塩（硝酸塩、リン酸塩など）の北太平洋での鉛直分布を見ると、一般的には、表面で濃度が低く、深くなるにつれて、その濃度が上昇します。

およそ水深 1000 – 1500 m のあたりで、ピークを迎え、その後多少濃度は低くなります。この栄養塩というのは、水の中に溶けている化合物であり、表面が少ないのは、植物プランクトンの光合成に使われているからです。そして、その植物プランクトンも、動物プランクトンなどに食べられて、食物連鎖の一部になり、その後、死んでしまった動物プランクトンや魚などの生物は、分解されていきます。濃度が深さとともに上昇していくのは、そのためです。面白いのは、栄養塩の分布と溶存酸素の鉛直分布図を比較してみると、溶存酸素の最低値を示す深度と、硝酸塩やリン酸塩の最高値が示す深度は、ほぼ一致しています。（ケイ酸塩は、もう少し深い深度になっていることにも気づくかもしれませんね）これは、マリンスノーなどとして沈んできた有機物が、バクテリアなどによって「分解」（酸素消費）され、栄養塩が固体から溶存形態へと変化したことの表れです（これを栄養塩の無機化、栄養塩の再生と言います）。その後、濃度がわずかに低くなるのは、今度は、水深によって異なる水塊が存在しているため、ももとの有機物の量や素性の違い、無機化の度合い（水塊の滞留時間の違い）や、他の水塊との混合などが考えられます。

さて、話を戻しますが、南極大陸の周辺は、海氷の形成（ポリニア）や海山の存在、また風などによって、活発な水塊の沈み込みが起っています。ですので、冷たく冷やされた海水が沈み、代わりに深いところにあった水が湧き上がる（湧昇）現象が起っています。その時に深くに存在していた栄養塩を多く含む海水が表面へと運ばれていると考えられています。ですので、南極海の周りは、硝酸塩濃度が高くなっているのです。

ちなみに、鉄の話をしました。鉄は、先ほど書いた無機化が起っても、物質の表面に吸着する力（スキャベンジング）が強いので、大量の粒子が存在するような場所では、その濃度が低くなってしまいます。ですので、南極の周りで、硝酸塩が高くても、鉄の濃度は低いという水塊が生まれ、「鉄不足海域」となってしまうのです。

もしわからないことがあれば、連絡ください。