

講演「プランクトン化石にみる過去の海洋環境変動」(その2)

高知大学海洋コア総合研究センター 特任助教 松井 浩紀



3 海洋コアの研究例

海洋コアを使ってどんな研究ができるのかについて、私自身が博士論文として発表した内容の一部を紹介します。

熱帯の暖かい海の東と西に注目して、海水温の差がどうであったか、その復元を行いました。熱帯太平洋と聞いて、どんなイメージを持たれますか。日本から遠く離れていますので、なかなかイメージすることが難しいと思うのですが、ニュースでは、エルニーニョ、ラニーニャということばが出てきます。

これは熱帯太平洋の西ですね、これがオーストラリア、東に南アメリカがあります。熱帯域では、東から西に向かって貿易風が吹いています。この貿易風によって、熱帯の暖かい水が東から西に流され、西にたまります。一方で、東は、暖かい水が西に移動しているので、それを補うように、深いところ、下から冷たい水が上がってきます。なので、熱帯太平洋では、東と西で温度の差がかなり大きいことが特徴です。エルニーニョとラニーニャですが、貿易風が何らかの原因で弱まるもしくは強まるということが数年単位で起きます。その原因は、まだよく分かっていませんが、貿易風が弱まると、東西の温度の差が小さくなる。これがエルニーニョ現象です。一方で、貿易風が強まると西と東の温度の差がさらに大きくなります。これをラニーニャ現象と呼んでいます。こういった現象は、熱帯域だけでなく、地球全体に大きな影響を及ぼすので、熱帯域の気候は地球全体と密に関わっています。

こういう現象は数年スケールで起きますが、海洋コアは数年スケールの変動は基本的に研究することはできません。これは、海洋コアにたまっているプランクトン化石は、1センチたまるのに、少なくとも千年かかります。なので、海洋コアを分析していると、千年、もしくは数万年といったスケールでものごとを見ることになります。今回は、すごく長期的なスケールで熱帯太平洋の気候というものを考えてみたいと思います。

3. 海洋コアの研究

熱帯太平洋の研究～私の博士論文～

Vertical thermal gradient history in the eastern equatorial Pacific during the early to middle Miocene: Implications for the equatorial thermocline development

Hiroki Matsui¹, Hiroshi Nishi², Azumi Kuroyanagi², Hiroki Hayashi³, Minoru Ikehara⁴, and Reishi Takashima⁴



D. venezuelana



P. siakensis

Matsui et al., 2017
Paleoceanography and Paleoclimatology

熱帯域の海水温の差を復元

3. 海洋コアの研究

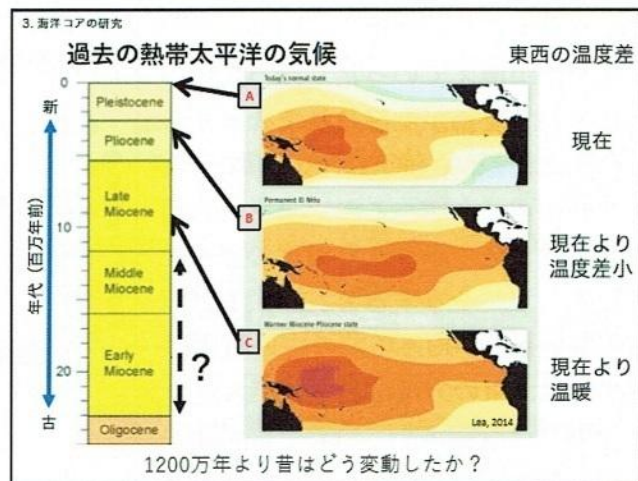
熱帯太平洋の気候～東西のコントラスト～



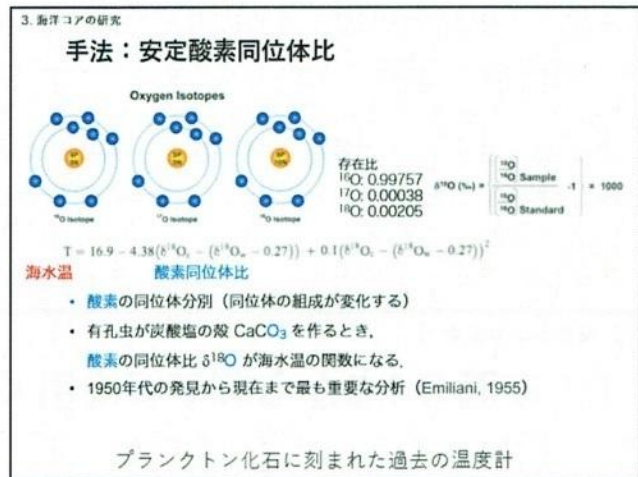
エルニーニョ : 東西の温度差が小さくなる
ラニーニャ : 大きくなる

熱帯域の気候は地球全体と密に関わる

この図は、年代の軸が、こちらは現在ですね、ここが一千万年前、二千万年前です。すごく古くて、なかなかイメージしづらい部分があります。非常に長期的なタイムスケールでの気候の状態の変化を考えていきたいと思います。東西の温度コントラストは、現在はこのような状態、温度コントラストがある状態です。今までの研究によって、例えばこの300万年前は、東西の温度のコントラストが弱まっていたと報告、議論されています。一方で、900万年前にさかのぼると、東西で温度コントラストはあるけれども、現在と比べて、東西とも温暖であるという研究が行われています。私は博士論文で、さらに古い時代の気候状態を復元しました。

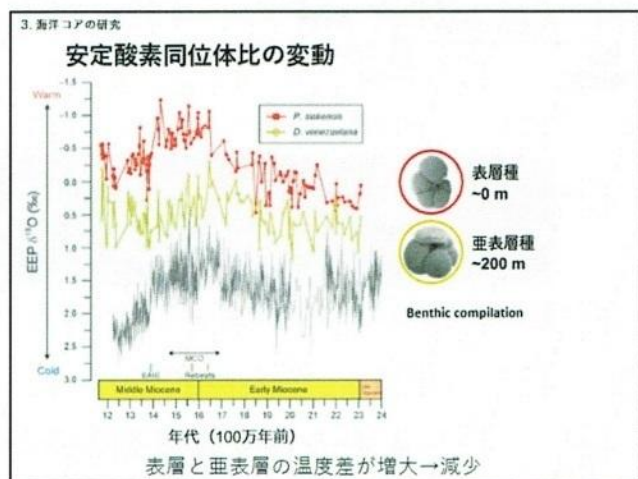


過去の海水温の復元は、安定酸素同位体比を使いました。酸素原子は、中性子の数が異なる、同位体といますが、酸素原子が自然界に3つ存在しています。99%以上は質量数16の原子(^{16}O)、0.2%は質量数18の原子(^{18}O)です。 ^{17}O というのは少なすぎるので、基本的にはこの ^{16}O と ^{18}O の割合の違いをみてやることになります。こういった酸素の同位体の組成、どちらがどれだけ含まれているか、が変化することを同位体分別といいます。具体的には、プランクトンが炭酸カルシウムの殻を作るときに周りの海水の酸素を取り込みますが、そのときの ^{16}O と ^{18}O の割合が海水温の影響を受けることが分かっています。つまり、酸素同位体比の変動は、海水温の変動を記録しています。プランクトンが記録している過去の温度計ですね。



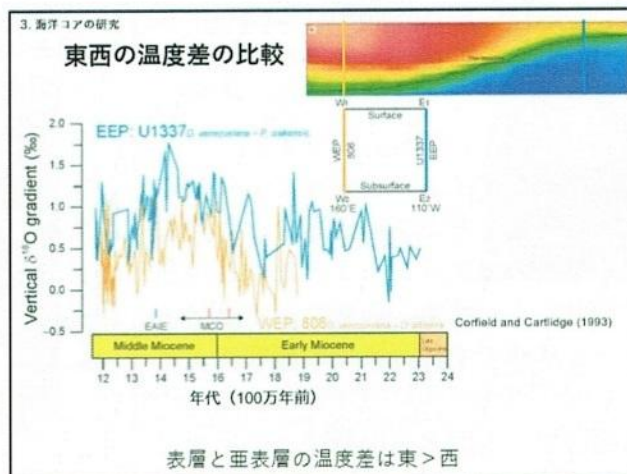
この図は、1,200万年前から2,400万年前について、海洋コア試料を使って、プランクトンの酸素同位体比、暖かいのか冷たいかを見たグラフです。上の方が暖かく、下が冷たいですね。赤いところ、0メートルに住む種が暖かくて、200メートルに住んでいる種が冷たい、これが基本的な情報です。

今回、この両方の差をとります。差をとると、この青い線のようになりますが、これは、温度の差を見ること



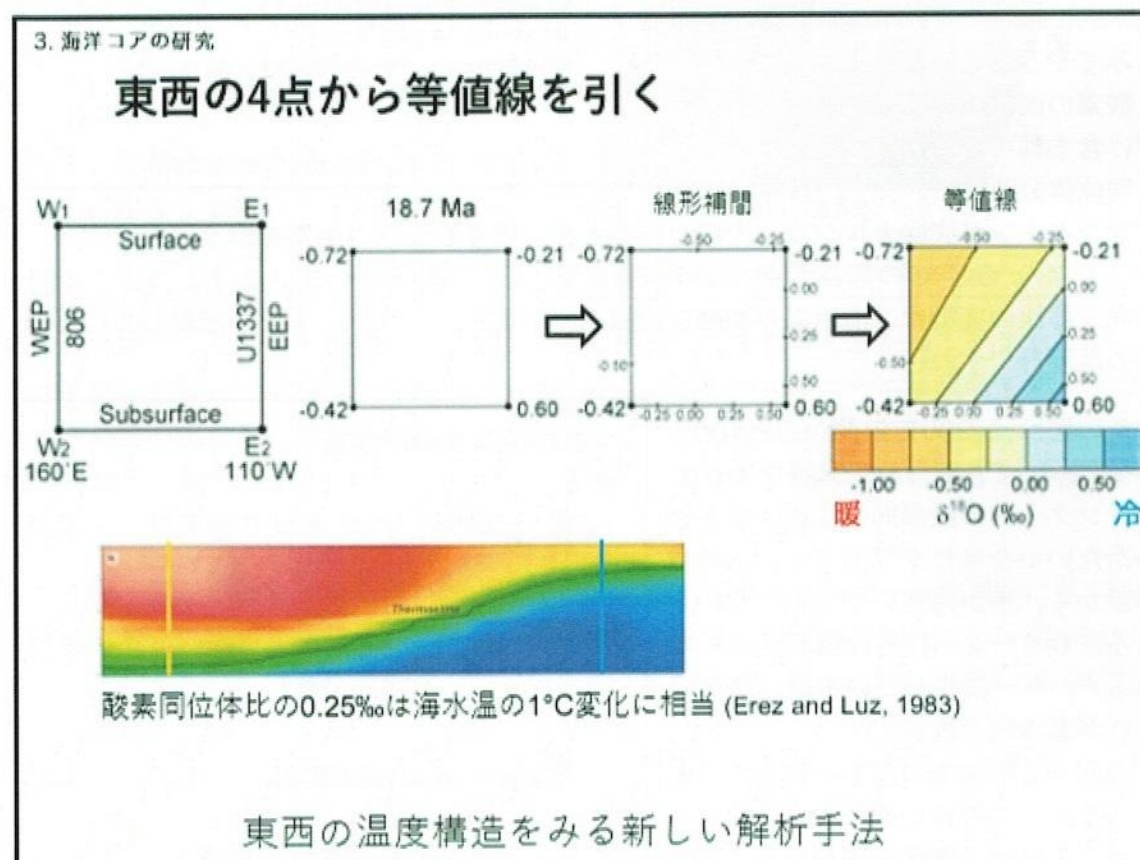
になります。新しい時代に向かって、温度の差が増えていったり減っていったりという変動が記録されています。

今見た情報は、東の水色の線で示したものです。今回、このデータと、西のオレンジ色で示された温度の差を比較しました。そうすると、この、1,200万年前とか1,600万年前の古い時代は基本的に、東の方ほど温度差が大きい、西の方が温度差が小さいことが分かります。



これが何を意味しているかですが、これは現在の海水温ですが、現在だと西に暖かい水があって、浅いところと深いところの温度差は小さい。東は冷たい水が上がってきているので、浅いところと深いところの温度差は大きいのです。現在見られている環境と一緒にいるのですが、東西の温度の差は古い時代にもしっかりと存在していた。熱帯の気候状態が一貫していたことが過去のデータから分かります。

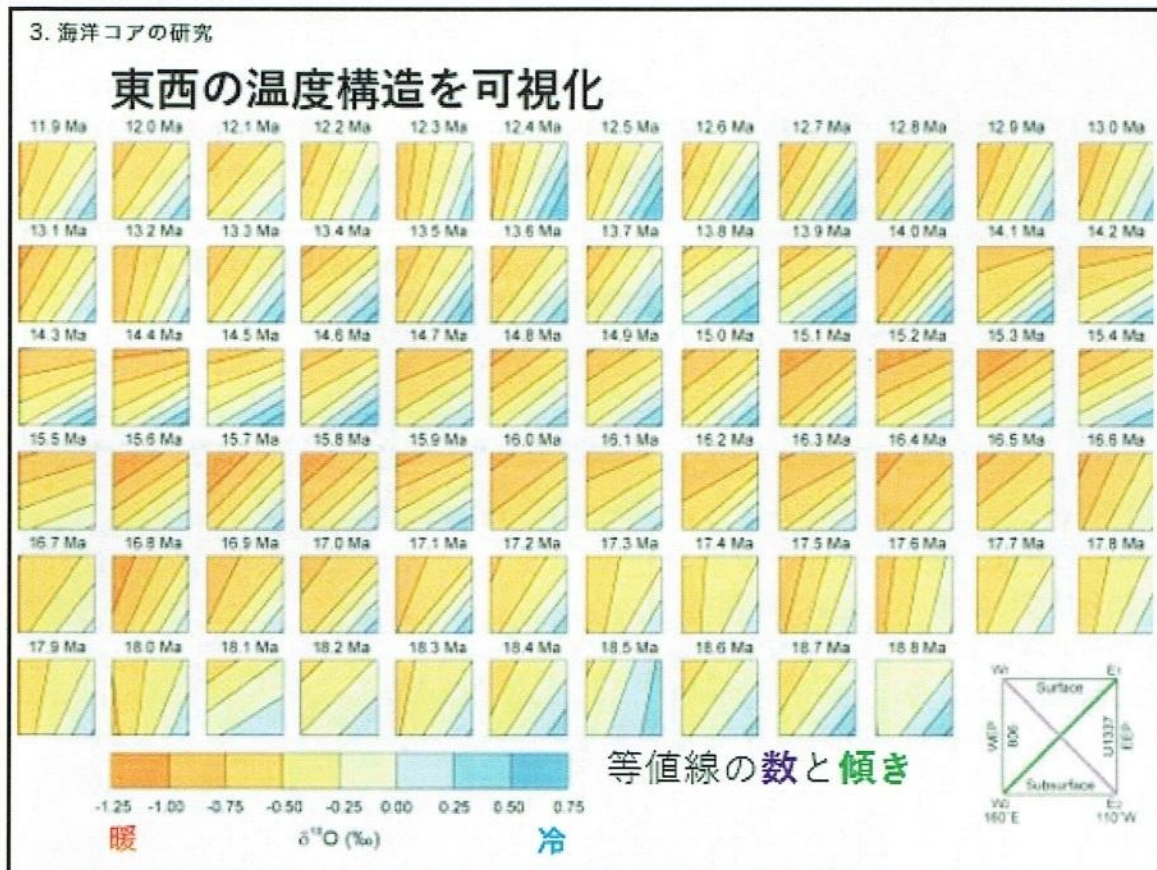
ここで、もう一步、考察を進めます。東と西の両方をこのようにまとめます。今、東と西、浅いところと深いところと、4つのデータがあります。この4つのデータの値から、線形補間、分かりづらいかもしれませんが、4つのデータに基づいて等しい値の線



を引きます。等高線みたいなイメージですね。温かいところから冷たいところまで等値線を引いて、解析しました。それでは、今から1,200万年前とか1,800万年前とかの古い時代を10万年ごとに、10万年ごとの情報が一体何のことなのかと問われるとなかなか答えに困るところがあるのですが、時系列で古いところから新しいところに向かって見ていき、熱帯域の温度構造がどのように変わっているのかというのを見たいと思います。

例えば、まずはこの古い時代 (18.8~16.7Ma) に注目すると、線の数が比較的少ない、3本・4本というような数です。それが新しい時代 (15.6~11.9Ma) になると、5本・6本と、線の数が増えていく、こういう違いがあります。もう一つは、この傾きに注目していただいて、古い時代は勾配が急ですがけれども、この区間 (16.5~13.8Ma) は少し緩やかになっている。そして、より新しい時代で、この傾きが急になる。傾きに注目することで、時系列の変化が分かります。

今の情報をすごく簡略化して、1,500万年前、1,800万年前を、一番初めに紹介したこちらの3つの図と比較すると、1,500万年前は東西で温度差が小さくなるような状態が起きていただろう。しかし、300万年前と比べると、より温暖。一方で、1,800万年前は、温度のコントラストはあるけれども、900万年前より温暖であると。熱帯の温度構造が長期的にどのように変動しているのかを復元した、1つの研究例になります。



3.5 研究船

研究の話をいったん置いて、船の話に戻りたいと思います。アメリカの掘削船ジョイデス・リゾリューションの話を先にしましたが、日本の白鳳丸とフランスのマリオン・デュフレームを使って、インド洋の南の海域にも行ってきました。

白鳳丸航海は、2019年、今年ですね、の1月から2月にかけて、観測・研究に行きました。この時期が非常に大切でして、日本は冬なのですが、南半球は夏です。夏に行くのが大切です。南半球の高緯度域は、冬は海水が張ったり風が強くなったりするので、夏に観測に行く必要があります。白鳳丸は、全長が100メートルぐらいありますけれども、この写真は、白鳳丸と海鷹丸という東京海洋大学の船が同じところに停船していて、両船研究者一同で集まった壮行会のようすです。

先ほどの写真は12か国から参加者が集まって、かなり国際的な航海だったのですが、こちらは日本人が中心です。異なる研究の一面というか、海外研究者と協力して行う航海もあれば、日本のグループが団結して進める航海もあるということです。

白鳳丸航海で、採泥ですね、海洋コアを採取しています。これは掘削とは違って、掘削ほど深く掘ることはできません。掘削は海底から100メートル200メートルと掘ることができるのですが、白鳳丸の採泥は、基本的には10メートル、15メートルぐらいです。これは、船の上で1メートルごとに分けています。こうした海洋コアを半分に割ります。半割して中身が見える状態にして、先ほど紹介した肉眼記載もしくは顕微鏡での観察を行っています。



白鳳丸航海から引き続き、マリオン航海にも乗船しました。これはフランスの船です。120メートルぐらいあり、より船体が安定しているので、60メートル70メートルぐらいのコアを採取することができます。実際にどんなようすで採泥をしているかですが、ここに数トンを超えるような非常に重い重りが付いています。下にパイプがつながっていて、自由落下で海洋コアを採取しています。



研究航海で写真をいくつか撮っていますが、今回、南半球の高緯度域に行っていますので、非常に限られた日ですけれども、オーロラを見ることができたり、ペンギンを近くで見ることができたりしました。

基本的に、船での研究は非常に大変で、例えば12時間連続で仕事をする、もしくは4時間仕事をして8時間休み、また4時間仕事をする。そういう仕事は、肉体的にも精神的にも大変なので、合間合間に少し心を休めることをする生活です。



アメリカの船では、基本的にアメリカの料理、脂っこい料理が出ましたけれども、日本の船では、このとき、お正月ということもあって、おせちが出てくることもありました。それから、フランスの料理は、これは本当に期待していいと思いますけれども、素晴らしくて、ワインが出てきたり、ハムとかチーズとか、恵まれすぎているぐらいですね。こういうのもあって、十分に研究環境をサポートするような体制があるということです。また、国による文化とか、慣習の違いとかも現れているのかなと思います。



(続く 文責 南)