

台本-清心中学3年向け地球温暖化の遠隔授業

スケジュール

現場確認

2月16日(土)14時~16時

台本の最終読み合わせ

2月16日(土)22時~(あかねさんの都合を要確認)

本番

2月18日(月)

集合:8時?

1時限:8時45分から9時30分

3時限:10時35分から11時20分(10:20 集合)

4時限:11時30分から12時15分

注意事項・要確認事項

・司会:講師は生徒の顔が見えないし、生徒も講師の顔が見えない。大変やりにくいので、生徒の反応を代弁してくれる人が教室でマイクを持って、教室の反応を講師に伝えて欲しい。

- 講師の説明で聞き取りにくかった箇所で、「えっと、もう一度お願いします。」
- 映像で生徒たちに注目してもらいたいものを指差して、「あれあれ・・・」
- 講師の説明の要点を繰り返す。
- 講師からの質問、生徒からの質問を中継する。

講師はカメラ操作で両手が塞がっていて台本が読めないの、台本どおりに話せないため、司会は画面と音声に応じてリアクションを入れて欲しい。

・参考資料(光合成、地球温暖化、仮想3D空間、講師略歴。配布するかどうかはハルさん、隅田先生に任せます):

https://docs.google.com/document/d/1iRZo5WoCPSA8w_dDI9hOVEGtLRrOwsyNVbCNAedBz3E/edit?usp=s_haring

・SL環境音(クジラの歌声、恐竜の咆哮)をSkypeに入力:コンパネとSkypeでマイクの代わりにMixerを登録すればよいが、Farwellで隣接シムのメディア音が混線するので断念。かめい君の持ち込みPC

直前確認事項

(各メンバーのPC)

- ① コンパネでスピーカとマイクのデバイスを確認。Skypeの基本で入力先を「通常のデバイス」であることを確認。
- ② Farwell上空の温暖化展示フロアで、球体表示(メディア共有)が見えるか確認。バンド幅を1100kbpsに設定。NASA/GEOSS-5は当初はWindを選択。
- ③ 西村:Farwellが最もテキストが重いので、Farwellでテキスト読み込んだ状態で待機。描画距離256m。WindLightの選択を確認。別アカをGeoffroyで待機。
- ④ 参照する画像に番号を付して表示する用意。
- ⑤ プロモーション動画のリピート再生準備。

(会場での調整)

- ① Skypeのグループ通話、画面共有、司会、西村、アカーシャ、サイピア側PCのSL環境音(くじらと恐竜)の音声バランス

1. co2sosの紹介(駆け足)と香川先生の話

<http://maps.secondlife.com/secondlife/Geoffroy/209/35/24>

西村はマングローブの森で待機。アカーシャ、アブリルはGeoffroyのサイピアの入口付近で待機。

(西村:Geoffroyを別アカで撮影。)



司会: 皆さん、こんにちは。

司会を担当します、NPO法人co2sosの活動のお手伝いをしている岡山大学1回生の田中です。さっそく、本日のバーチャル科学館について、ご紹介させていただきます。バーチャル科学館とは、世界中の専門家が仮想3D空間に作っている科学館のことをいい、宇宙や地球温暖化をテーマにしたものなど、様々な分野の科学館があります。

司会: 今画面に映っているこの建物、どこかで見たことありませんか？(質問1)

(あっさり流す)

こちらは、バーチャル世界にある岡山市内の科学館「人と科学の未来館サイピア」です。co2sosはここで、いろいろな場所で測定している現在の二酸化炭素濃度を公開しています。この場所を訪れる世界中の人達が、地球温暖化の要因といわれている二酸化炭素に興味を持っていただければと考えて作ったものです。

さて、今日の授業は海洋研究開発機構、ジャムステックの西村さんです。

西村: (画面をFarwellに切り替え) 西村です。よろしくお願いします。アバターはこういう顔です。

司会: 西村さんは、横浜の自宅からこの映像を遠隔操作されています。

西村: なので、私の方からは皆さんの顔も見えないし、声も聴こえません。ですので、質問があつたら、いつでもいいので、司会のあかねさんに手を振ってくださいね。

(画面をGeoffroyに切り替えてアカーシャ、アブリルを撮影)

司会: こちらに映っているアバターが助手のアカーシャさんです。

アカーシャ: アカーシャと申します。西村さんはパソコン操作で大変忙しいので、私が今日の案内役になります。どうぞよろしくお願いします。

司会: その隣のかわいい女の子はアブリルちゃんです。実はこちらでパソコンを操作しているかめい君です。(かめい君、立って礼をする)

皆さん、もう一人、福山大学の香川先生です。(西村:ウェブカメラ映像に切り替え)

香川: モデルとは何か？

司会: では西村さん、アカーシャさん、よろしくお願いします。

アカーシャ: ではまずサンゴ礁の海からスタートしましょう。

(ここまでで10分) 10:43 11:37

2. 地球の海

<http://maps.secondlife.com/secondlife/Farwell/208/45/81>

2.1 マングローブの森

アカーシャ: ここはアビス海文台、海の天文台って書きます。仮想3D空間の中に作った海と地球の科学博物館です。(あたりを見回す) ではこの木を見てください。ちょっと変わった形で、根っこがタコの足のようになっています。これはマングローブといって、熱帯から亜熱帯地方の海岸にあります。ここから海の中

にはいっていくことにします。(カメラ:アビスの全景～マングローブの森～マングローブの呼吸根～海中トンネルの入口)



2.2 サンゴ礁 (ザトウクジラ)

アカーシャ:ここがサンゴ礁の海です。周りを見ながら海中トンネルを進んでいきましょう。あかねさん 何か不思議な声が聞こえませんか？(質問2)

(アプ ril:クジラの歌声のボリュームを上げる)

司会:ああ、なんか聞こえます。何かな？(生徒に聞く)アツサリ流す。

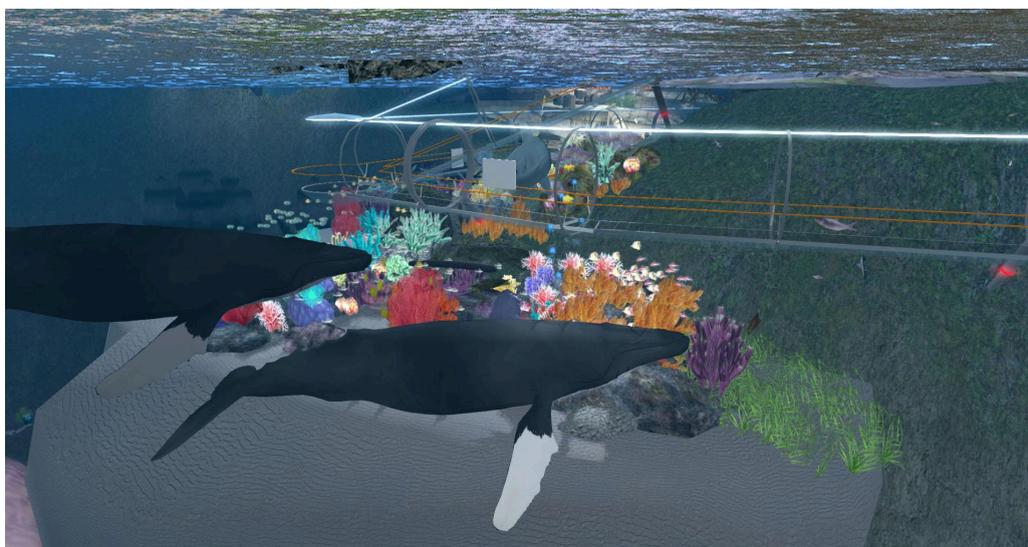
アカーシャ:そう、クジラの歌声です。そのクジラが見えてきました。

司会:大きいですね！

アカーシャ:なんというクジラか分かりますか？(質問3)

司会:三択 ①シロナガスクジラ、②マッコウクジラ、③ザトウクジラ

アカーシャ:そうです。ザトウクジラです。胸ビレがとても大きいのが特徴です。そしてもうひとつ、クジラのなかで一番歌が上手です。ではこのザトウクジラの背中に乗ってみましょう。西村さん？



西村:前の方に何か集まっています。(カメラ:オキアミをズーム) これは「オキアミ」といって、大きさは3cmから6cmぐらいで、「動物プランクトン」の一種です。



司会: 小さなエビみたいですね。これが動物プランクトンなんです。

アカーシャ: ザトウクジラはとても大きな体ですが、食べ物はこんなに小さな動物プランクトンです。口を大きく開けて、群れごと一飲みで食べちゃいます。時には小魚(シシャモ、ニシン、サバ)も食べてしまいます。

アカーシャ: では、ここで皆さんに質問です。ザトウクジラにたべられてしまう、小さなオキアミ自身は何を食べてるか分かりますか？3択で考えてみてくださいね。あかねさんお願いします。(質問4)。

司会: 3択を一度全部読み上げてから 再度順番に読んで挙手をするように促す。

①海水の中に溶けている栄養を食べる。②とても小さな生物を食べる。③クジラの糞を食べる

西村: そう、正解は②のとても小さな生物を食べる。です。その生物の名前を「植物プランクトン」と言います。どこにいるかというと…… 残念ながら目には見えません。なかには1cmぐらいのものもあるけど、ほとんどは1mmの1/1000ぐらいなので、海水が少し色づいているようにしか見えません。空よりももっと高く、このように宇宙の人工衛星から広い面積を見下ろすとわかります(画像に切り替え)。(注: 赤潮やアオコは岸からでも分かる)

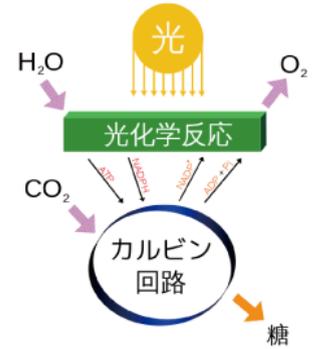
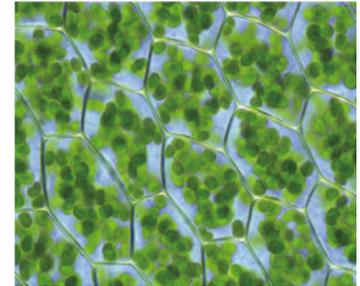
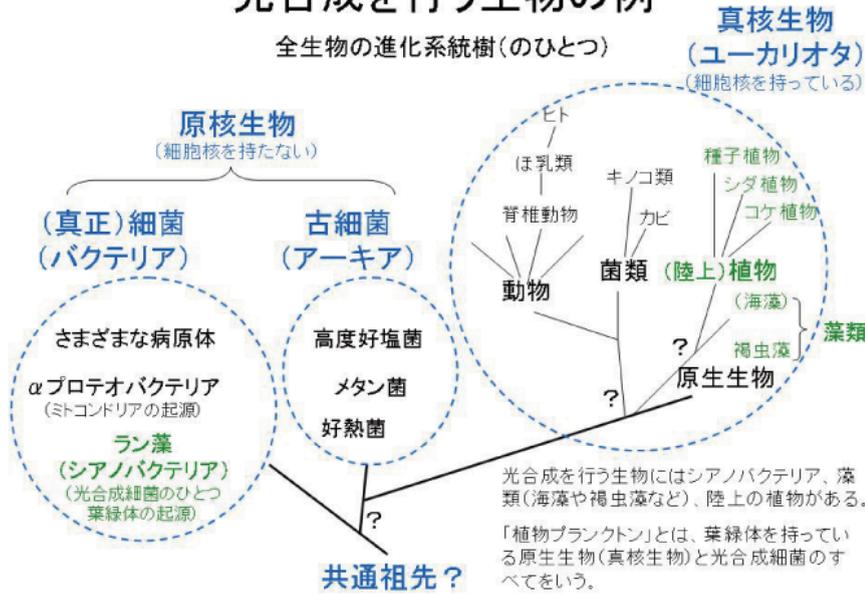


西村: この植物プランクトン、「植物」っていうけど、自分でも泳ぎまわることができて、生物をkのように分類すると、動物でも植物でもない「原生生物」と言います。でも陸の植物のように、「葉緑体」というものを

体内に持っています。(画像を見せる)この画像は陸上の植物の葉緑体なのですが、太陽の光エネルギーを使って二酸化炭素を吸収し、酸素と栄養となる糖を作り出します。これを「光合成」と言います。

光合成を行う生物の例

全生物の進化系統樹(のひとつ)



アカーシャ: この「植物プランクトン」が今日の授業の主人公なので、みなさん覚えておいてください。

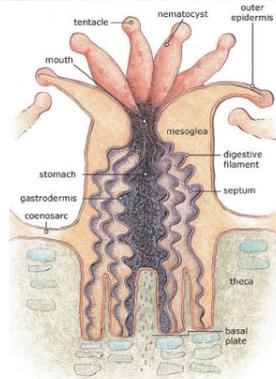
司会: 植物プランクトンは陸上の植物と同じように光合成をするけど、自分で泳ぎまわることもできるんですね。

(サンゴ礁)

西村: そうですね。(カメラをサンゴ礁に向ける) 今度はさきほどから見えているサンゴ礁の話です。



西村: サンゴはこの一つが大きな生き物なのではなくて、(カメラでズームアップ) このちいさなぶつぶつが、「ポリプ」といいます。(画像を見せる) ポリプはこの画像のように、イソギンチャクを簡単にしたような形で、その大きさは1mmから1cm足らずでいろいろです。



西村:このポリプが何万も集まって石灰質の骨格を作ります。この枝のようなものの本体が骨格ですね。ポリプと骨格とでさまざまな色、さまざまな形のサンゴ礁ができます。

司会:へー、サンゴってそれぞれ一つの生き物じゃなくて、小さなポリプが集まったものなんですね。

アカーシャ:実はこのサンゴ礁にも、さっき紹介した「植物プランクトン」がいます。

ここで皆さんに質問です。「植物プランクトン」どこにいるんでしょう？こちらも3択で考えてね。あかねさんお願いします。(質問5)

司会:3択を一度全部読み上げてから 再度順番に読んで挙手をするように促す。

① 周りの海水の中にある。② サンゴの中に住んでいる ③ サンゴは植物プランクトンの一種である。

西村:実はポリプの中に住んでいます。(画像を見せる)このポリプ、茶色っぽいものが透けて見えてるでしょう。これが褐虫藻という植物プランクトンです。大きさは1mmの1/100ぐらい。この褐虫藻が昼間は光合成で二酸化炭素を吸収し、酸素を出し、栄養をポリプに渡します。

アカーシャ:この褐虫藻、海水温が上がりすぎると(30度以上)、ポリプの体内から逃げ出してしまいます。そこで質問です。この現象をなんと言うか聞いたことがある人、いますか？(質問6)

司会:生徒に聞く(あっさり流す)

アカーシャ:そうそう、サンゴ礁が白くなる「白化現象」といいます。ポリプは半透明なので、褐虫藻が逃げ出してしまうと石灰質の骨格の白がそのまま見えるから白くなるわけです。

それでもポリプはちゃんと生きていますが、褐虫藻から栄養をもらえなくなります。だから自分で動物プランクトンを捕まえたりしながら、褐虫藻が戻ってくるまでなんとか頑張ります。

司会:へー、白化したらサンゴは死んでしまって、元には戻らないと思っていました。

西村:だいたい夏が過ぎれば水温が下がるので、回復するのが普通。だけど水温が高い期間があんまり長いと、死滅しちゃう場合もあります。

アカーシャ:とりあえず、ここでは、陸上の植物も、海の植物プランクトンも、二酸化炭素を吸収して酸素と栄養を作り出すということと、それに頼って、ほかの生物が生きている、ってことを覚えておいてくださいね。

司会:陸上の植物や海の植物プランクトンが二酸化炭素を吸収して、酸素と栄養を作り出しているってお話でした。ここまでで西村さんに質問がある人?(質問7) あとで隅田先生に質問してもらえたら、必ず返事を返します。」

アカーシャ:ではいよいよ地球温暖化の話に進みます。テレポート

(ここまでで25分)(目標: 3時限:10時52分 4時限:11時53分 1時限:9時10分

3. 地球温暖化の予測

3.1 地球シミュレータ

<http://maps.secondlife.com/secondlife/Farwell/161/175/3501>

(アプリア: 不必要な音をミュート)

アカーシャ:ここは先ほどのアビス海文台の上空3500mにある展示フロアです。

私たちの前にずらっと並んでいるのは、西村さんが普段働いている、海洋研究開発機構の横浜研究所にある「地球シミュレータ」というスーパーコンピュータです。西村さん?

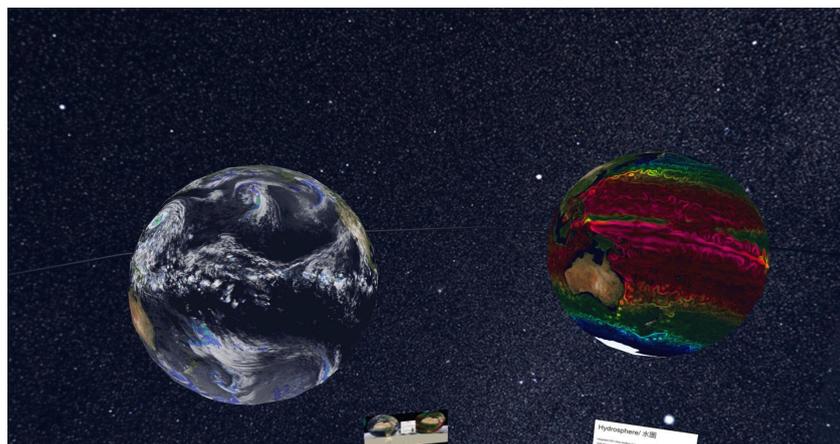


西村:この地球シミュレータ、地球温暖化研究では世界で最も活躍しているスパコンです。特に長期的な気候の変化に大きな影響を及ぼす海の中の流れを計算することを得意としています。

司会:へー、これが地球シミュレータなんですね。ずいぶん沢山並んでいますね。

3.2 五つの地球圏

アカーシャ:これから地球シミュレータによる計算結果を二つお見せしますね。



a) 気圏(大気)

(カメラ:衛星画像(下)とAFES計算結果(上)を見せる。)

アカーシャ:下の地球は衛星画像で、実際の地球に最も近い色にしてあります。上の地球は、地球シミュレータで大気現象を再現した計算結果です。西村さん?

西村:よく見ると、衛星画像の雲よりは、まだまだ粗いんですが、ここまで雲をちゃんと地球全体でシミュレーションしたのは地球シミュレータが最初です。

司会:へー、衛星画像とよく似てますね。

西村:ここが日本ですね。台風が近づいています。衛星画像と違うのは、雨の強さも青から赤へと表示できるのと、過去だけでなく未来も予測できる点です。

司会:ああ、計算だと予測もできるわけですね。

b) 水圏(海洋)

アカーシャ:隣(OFES)は海洋を再現するモデルです。実際の海の色と違って海水温と流速で色を変えています。赤いところが水温25度以上、青いところは水温5度以下。明るい色は流れが速い部分です。沢山の渦がずらずらっと行進しているようでしょう?

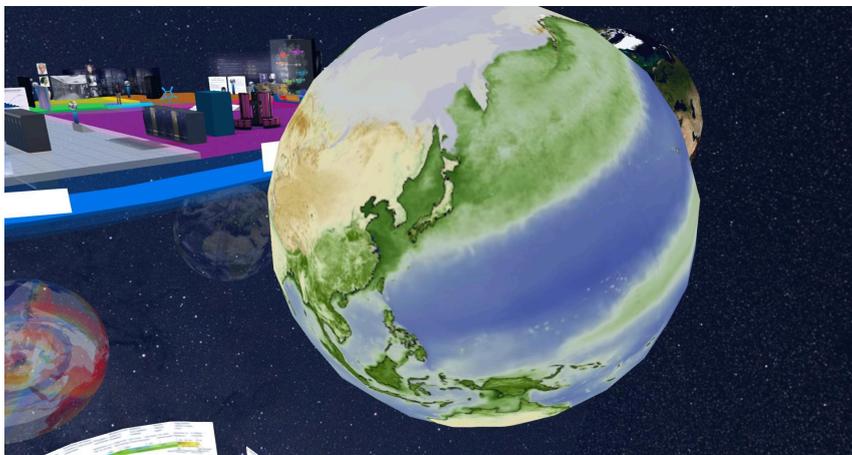
司会:へー、海の中には渦がいっぱいあるんですね。

西村:また日本を見つけましょう。このあたり、黒潮が蛇行しています。この蛇行や海の中の沢山の渦を地球全体で再現したのも、地球シミュレータが最初です。

司会:へー、地球シミュレータって凄いんですね。

c) 生物圏(植生と植物プランクトン)

アカーシャ:では3つ目の地球。これはシミュレーションではなくて、衛星観測データです。陸の部分の緑は植物の緑、また、海の部分の緑は、植物プランクトンの緑です。前半で陸の植物も海の植物プランクトンも、「葉緑体」というものを持っているのを覚えていますか?



司会:ああ、光合成をする葉緑体ですね?

アカーシャ:そうそう、その葉緑体の緑を人工衛星から観測したものです。夏、冬、夏...と10年間にわたる季節変化で緑がどのように変化するかを示しています。西村さん?

西村:やはり日本を見つけましょう。その西側にユーラシア大陸が広がっています。この点が北極点です。冬になって葉っぱが落ちたり、緑でなくなると、真っ白になります。(北極のまわりをマウスで示しながら)このあたりは、夏の間は「白夜」といって一日中太陽が昇っていて、緑が広がるし、冬になると「極夜」といって、一日中太陽が昇らないので、緑がなくなってしまいます。

司会:へー、緑色の部分が夏と冬でこんなに変わるんですね。

西村:海の中でも夏になると植物プランクトンが北極海の中まで広がります。

この緑の下にはもちろん、オキアミなどの動物プランクトンも大繁殖しています。ザトウクジラたちが北極海や南極海にまで出かけていくのはそのためです。

司会:海のいろんな生き物がこの緑のところに集まってくるわけですね。

3.3 co2の一年間の変化を考える

アカーシャ:では、今度は地球温暖化の原因である大気中の二酸化炭素が一年間でどう変化するか見てみましょう。西村さん？

(ここでNASA/GEOSS-5を風からco2に切り替える。そうすれば、西村PCの共有画面とアカーシャPCの動画が同期される)

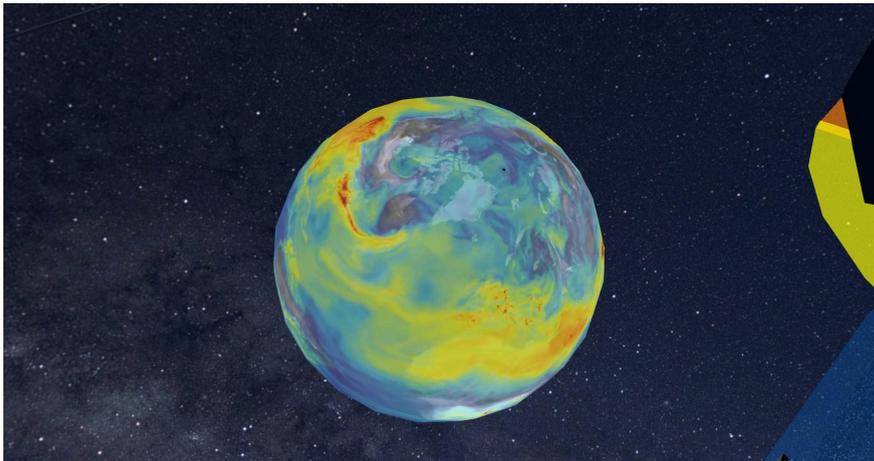
西村:これはNASAの研究所が開発した大気中の二酸化炭素の変化を再現するモデルです。1月1日から始まって12月末までシミュレーションします。

(アカーシャ:何月か読み上げる)

西村:今日の最後の質問。夏に北極の回りの二酸化炭素がすごく減る理由？(質問8)

司会:(生徒たちに周りの人と相談して答えてもらう。もし三択にするなら)

- ① 夏になると、二酸化炭素が暖められて上空に逃げってしまうから。
- ② 夏になると、二酸化炭素が北極の海に溶け込んでしまうから。
- ③ 夏になると、陸の植物や海の植物プランクトンが二酸化炭素を吸収してしまうから。



西村:ヒントはさっき見てもらった3つ目の地球の陸の植物と海の植物プランクトンです。

司会:生徒たちに周りの人と相談して答えてもらう

西村:夏場は森や植物プランクトンが二酸化炭素を吸収してしまうから。逆に冬は葉っぱが落ちたり、太陽の光が当たらなくて光合成が働かなくなって、二酸化炭素がどんどんたまってしまいます。

司会:植物の光合成のせいだったんですね。植物がこんなに二酸化炭素を吸収しているって、みなさん、びっくりしません？

ではこれまでのシミュレーションの話、質問がある方？(質問9)あとで隅田先生に質問してもらえたら、必ず返事を返します。」

(ここまで35分)(参考:9時20分、11時10分、12時05分)

4. 恐竜時代

アカーシャ:最後のおまけとして、大気中の二酸化炭素が今より何倍も多くて、地球がすごく温暖化していた1億年前、恐竜が栄えていた地球にタイムトラベルします。

<http://maps.secondlife.com/secondlife/Fort%20Nowhere/130/81/1102>



アカーシャ:ここはPre-Historica(プレヒストリカ)という恐竜の世界を再現した博物館のミュージアムショップです。

この先にあるタイムトンネルを通ると、次元の狭間に到着。そこから”Prehistoric Plains”(プレヒストリック・プレーン)に入ると、一億年前、白亜紀の平原に到着します。



(描画距離を1024mに。WindLightをPreHistorica3に、FlyCamで周りを見渡し、火山噴火を見せる)



アカーシャ:この時代、南太平洋で巨大な火山活動が長く続いていました。そのせいで気温は今より十数度高くて、南極も北極も氷がなくて「無氷河時代」と言われています。

(参考:産業革命前:280ppm、現在:400ppmで1.43倍。)

アカーシャ:さっそくプテラドンを捕まえましょう。



ステゴザウルス、ディプロドクス(体長30m 草食)、ティラノザウルス(肉食)

西村:このように仮想3D空間は恐竜が生きていた頃の環境も再現して恐竜がどのように生きていたかを考えるのにも使われています。というところで今日の話を終わります。どうもありがとうございました。

司会:何か質問ありませんか?

(ここまで40分)(9時25分、11時15分、12時10分)

プロモーションビデオ4分

想定問答

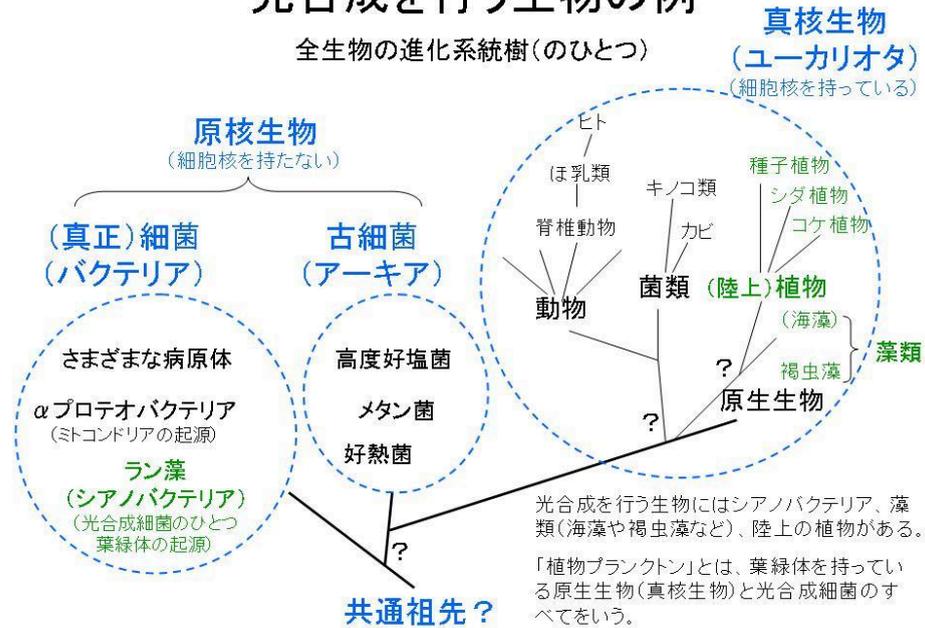
Q. 植物プランクトンって植物なのか動物なのか、どちら?

A. そもそも、生物を「動物」と「植物」のどちらかと質問したのが間違い。

「植物」というのは、昔は光合成を行う生物すべてとされていたんですが、いろんな生き物が知られるようになって、この図を見てください。

光合成を行う生物の例

全生物の進化系統樹(のひとつ)



このバクテリアとアーキアはちょっと置いておいて、こちらの真核生物という集まりを見てもらうと、動物、菌類、植物のほかに原生生物というものがあります。褐虫藻は葉緑体を持つ原生生物ということになります。植物プランクトンとしてはこの原生生物のほかに、こちらの中の光合成細菌もあります。

A. 植物プランクトンはどんな姿？

Q. なかには1cmぐらいのもあるが大部分は1mmの1/1000ぐらいで、肉眼では見えない。水が少し色づいた程度。宇宙から広いエリアを見ることでようやく分かる。

(参考)

赤潮は毒性のある植物プランクトンで、夜光虫の場合もある。これは岸からでも見える。アオコも見える。

Q. 地球温暖化は間違っているのでは？

A. 地球温暖化は間違っていると主張する本には、まともな出典が付いていないものが多い。内容が類似していることが多く、それらに対して研究者が反論しているが、それにちゃんと答えたのを見たことがない。

Q. 地球が温暖化した方が暮らしやすくなるのでは？

A. 温暖化によるメリットとデメリットの両方があり、全体としてデメリットが大きいかどうかを国際社会が判断して決める必要がある。

適地を求めて自由に移住できた過去ならともかく、今は国境が定められていて、避難民の問題は大きな社会問題になる。

いずれにしても、急激な温暖化は生態系が追い付かず、大きな問題になる。

Q. 気温が100年間で1度高くなったぐらいで、そんなに悪影響はあるのか？

A. 別資料で回答済み。

Q. 海面が2100年までに40cm~80cm上昇しても、堤防は数mの波に耐えられるようになっているので、問題ないのでは？

A. 河川や下水道による水はけは平均海面高さに依存するので、海面が上昇すれば、それだけ洪水や高潮に対して浸水が長引くようになる。特に砂浜は、少しの海水準の上昇によって大きく浸食される。

人口は沿岸に偏っているので、大きな問題。

グリーンランドや南極大陸の陸の上の氷床が海に滑り落ちようになったら、大きな海面上昇になる。

Q. 気象観測が行われていない**昔の気温はどうやったら分かるか？**

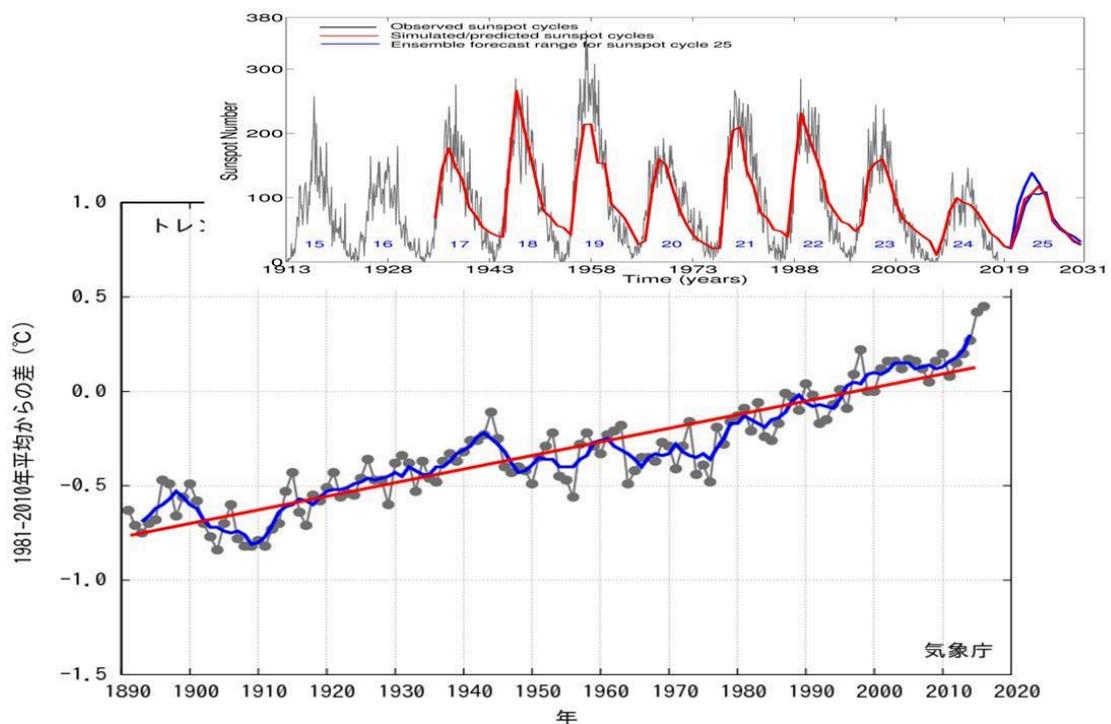
A. 測定機械による気象観測が始まったのは西暦1800年代の初頭。それ以前は、木の年輪、鍾乳石、南極やグリーンランドの氷床コア、海洋や湖沼の堆積物コア、サンゴ礁、花粉、古文書、ワイン農家の記録などから復元している。

Q. **カオス現象のために長い期間の予測は不可能では？** 予測に幅がありすぎて信用できない。モデルの予測結果を平均しているが、どのモデルも同じように偏っていたら平均値も偏ってしまう。

A. 沢山計算して平均する方法で、2週間ぐらいまでは比較的よく合うようになってきた。それを越えて数年～10年先の予測は難しい。20年先～100年先までの予測は過去の気候について実験してみた結果、沢山のモデルの計算結果を平均すると、おおまかな傾向としては比較的良く合っているの、将来に対しても十分に役立つ。

Q. 地球温暖化は二酸化炭素のせいではなく、**太陽活動のせいでは？**

A. この数十年間は太陽活動は縮小傾向にあるのに、地球の平均気温は上昇している。

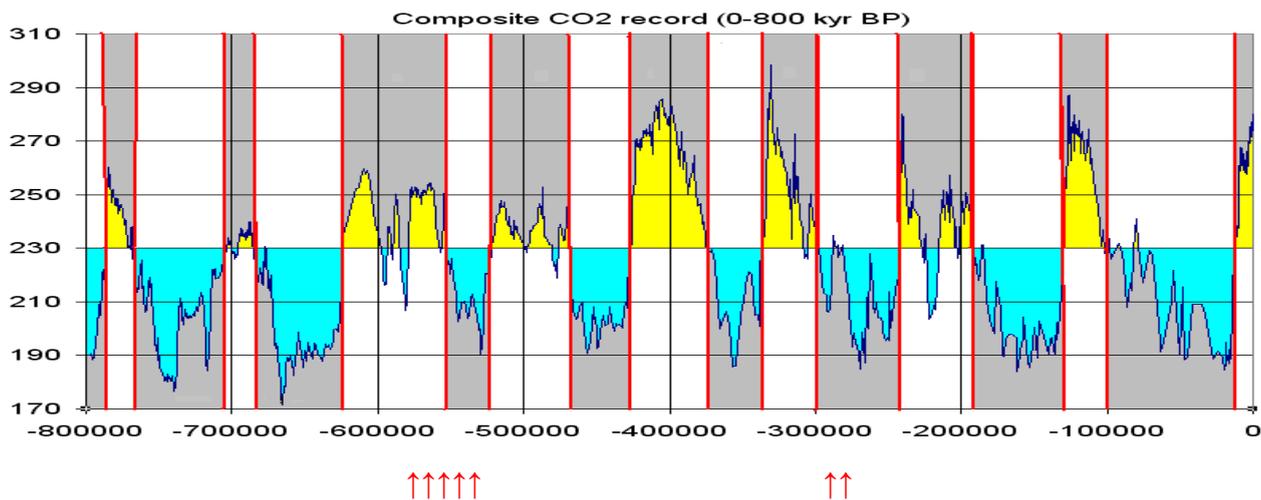


出典: Scientists rule out imminent sun induced cooling of climate (IISER)

<https://phys.org/news/2018-12-scientists-imminent-sun-cooling-climate.html>

Q. 今は氷期が終わって間氷期にあるけど、**そろそろ氷期が始まるのでは？**

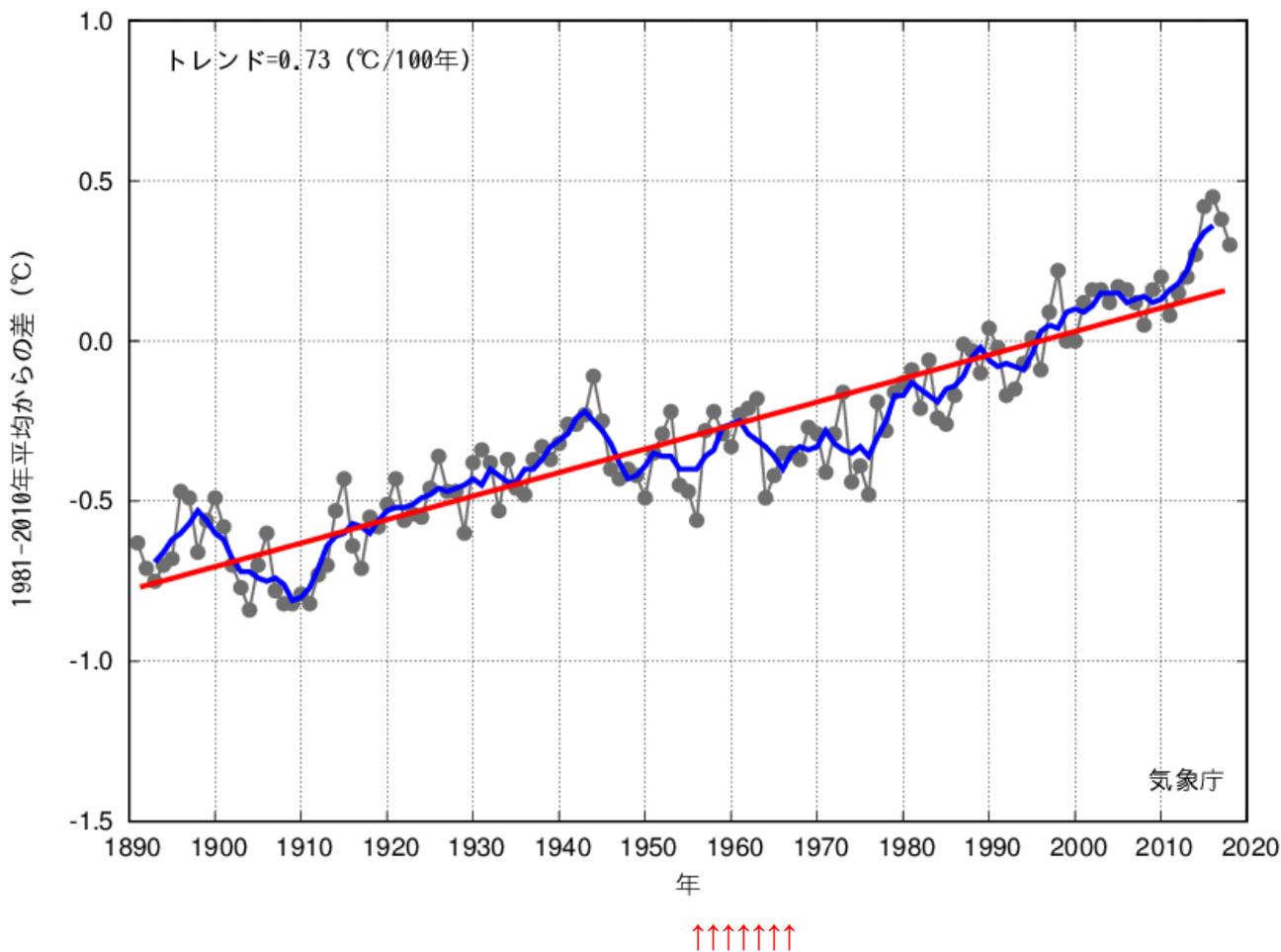
A. 氷期-間氷期サイクルは地球の公転軌道の離心率の周期的変化、自転軸の傾きの周期的変化、自転軸の歳差運動という3つの要因による日射量の変化が原因。それが現在に近い40万年前と比べると、まだまだ2万年ぐらいは氷期にならない。



Q. 1998年から地球は温暖化していないと聞きました。

A. 世界の平均気温で確かに2000年～2010年までの10年間、温暖化の足踏み状態が続きました。これを「地球温暖化のハイエイタス」と言います。ところが2010年に入ってから平均気温がまた上昇し始めました。

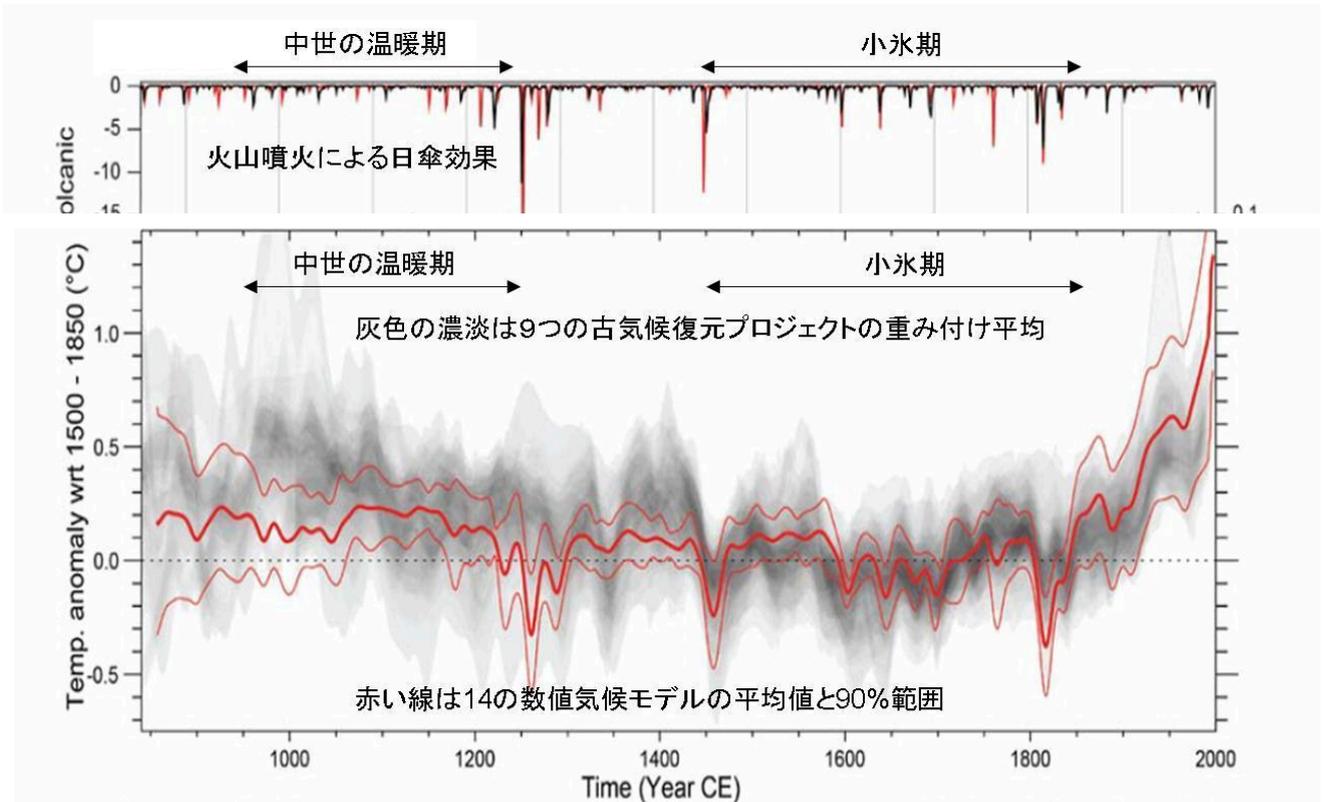
世界の年平均気温偏差



このように過去130年間を見ても、ある期間、自然変動によって寒冷化が進んだ時期もありますが、全体的な上昇傾向は変わりません。

Q. 白亜紀は火山噴火が活発で、地球が温暖化していたと言われましたが、火山が噴火すると、噴煙で太陽光が遮られて、寒冷化するのは？

A. 通常はそうです。



この図は過去1150年間の世界の気温と火山活動の関係を示し、火山噴火によって一時的に寒冷化することがわかります。

白亜紀の火山活動は普通の火山噴火の100倍ぐらいのものが何百年も続くもので、そのたびに一時的に寒冷化しても、それより大気中の二酸化炭素が増えて地球を温暖化する効果の方が高かったものと思われる。

Q. 地球温暖化を減らすには**どんどん植林すればいいんでしょうか？**

A. まずは工場や町から出るCO₂の排出を減らすのが第一。また森林を伐採したあとに必ず植林することが大事です。

例えば、森も年老いた森より若い森の方がCO₂を沢山吸収するので、今ある森林をどんどん伐採して植林し、伐採した木材は建築資材や紙に使い、それらを捨てる時は燃やさずに地中に埋めて炭素が大気に出ないようにすると、大気中の二酸化炭素を減らすことができます。ですが、これはこれで森に住むほかの生物の生態系が損なわれます。