

第12回 環境研究シンポジウム

気候変動と科学技術

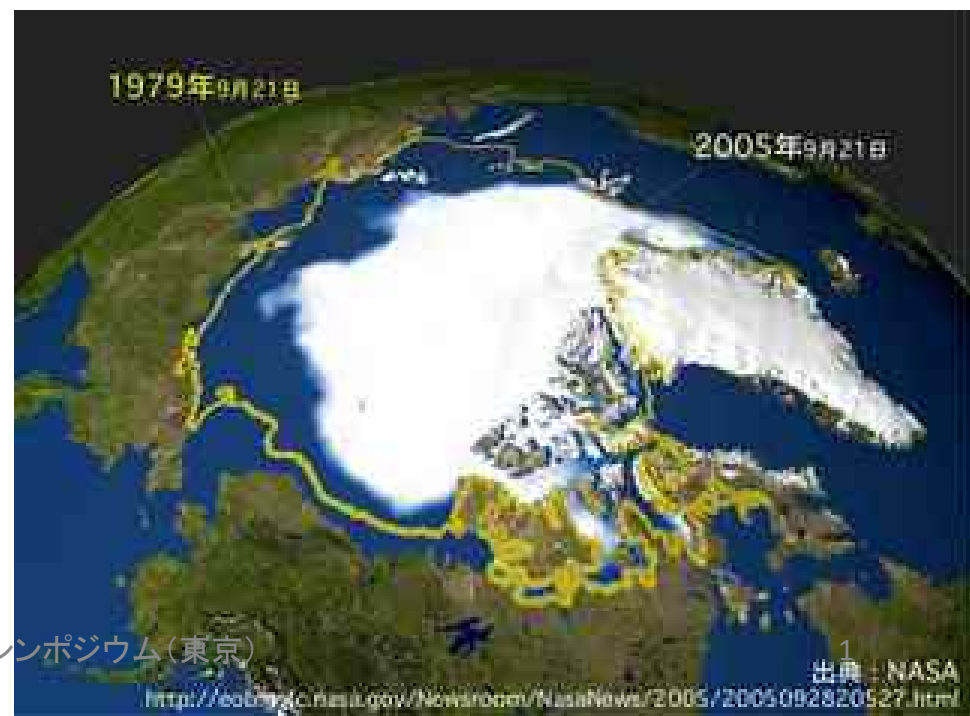
考えよう地球の未来！

北極海の海水融解は海洋生態系にどう影響するか？

筑波大学生命環境系長・教授
白岩 善博



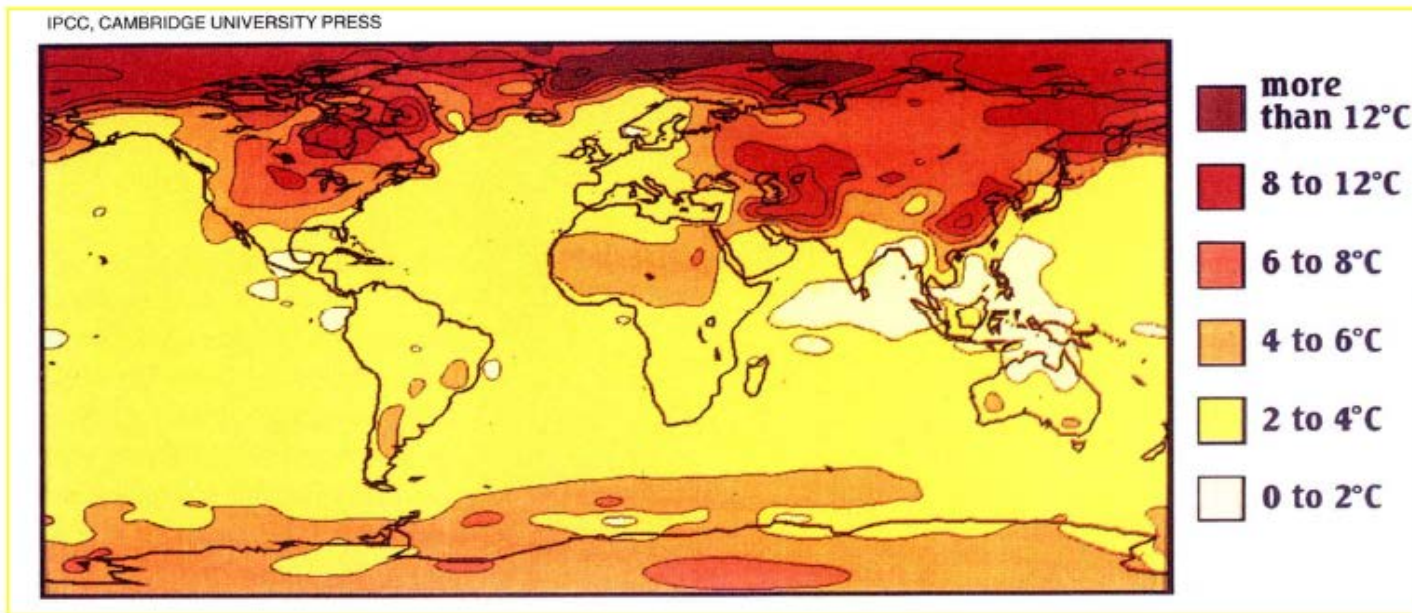
2014年環境研究シンポジウム(東京)



人為起源の地球温暖化

北極域で温暖化が増幅

北極温暖化増幅という



北極温暖化増幅は人為起源の温暖化をアイス・アルベド フィードバックが増幅することで起こる。北極圏は**自然変動**が大きいいため、すべてを人為起源とすることには問題がある。

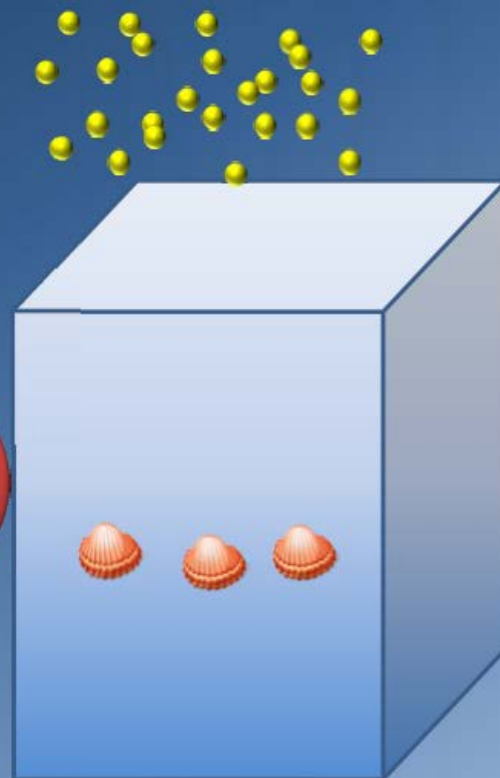
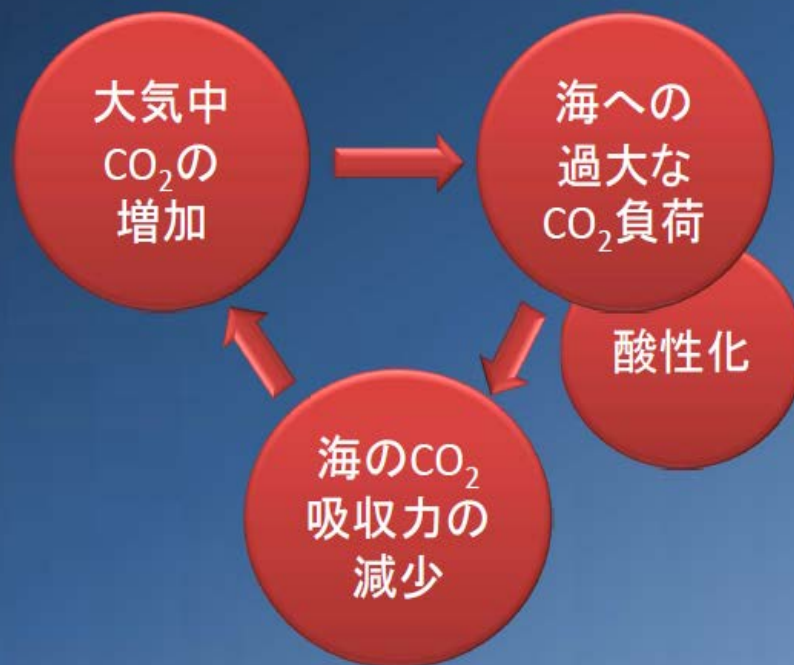


自然変動としての**北極振動**の役割に注目。

図1 北極振動による気温上昇(田中2013)

未来の海はようになる？

今後懸念されるシナリオ

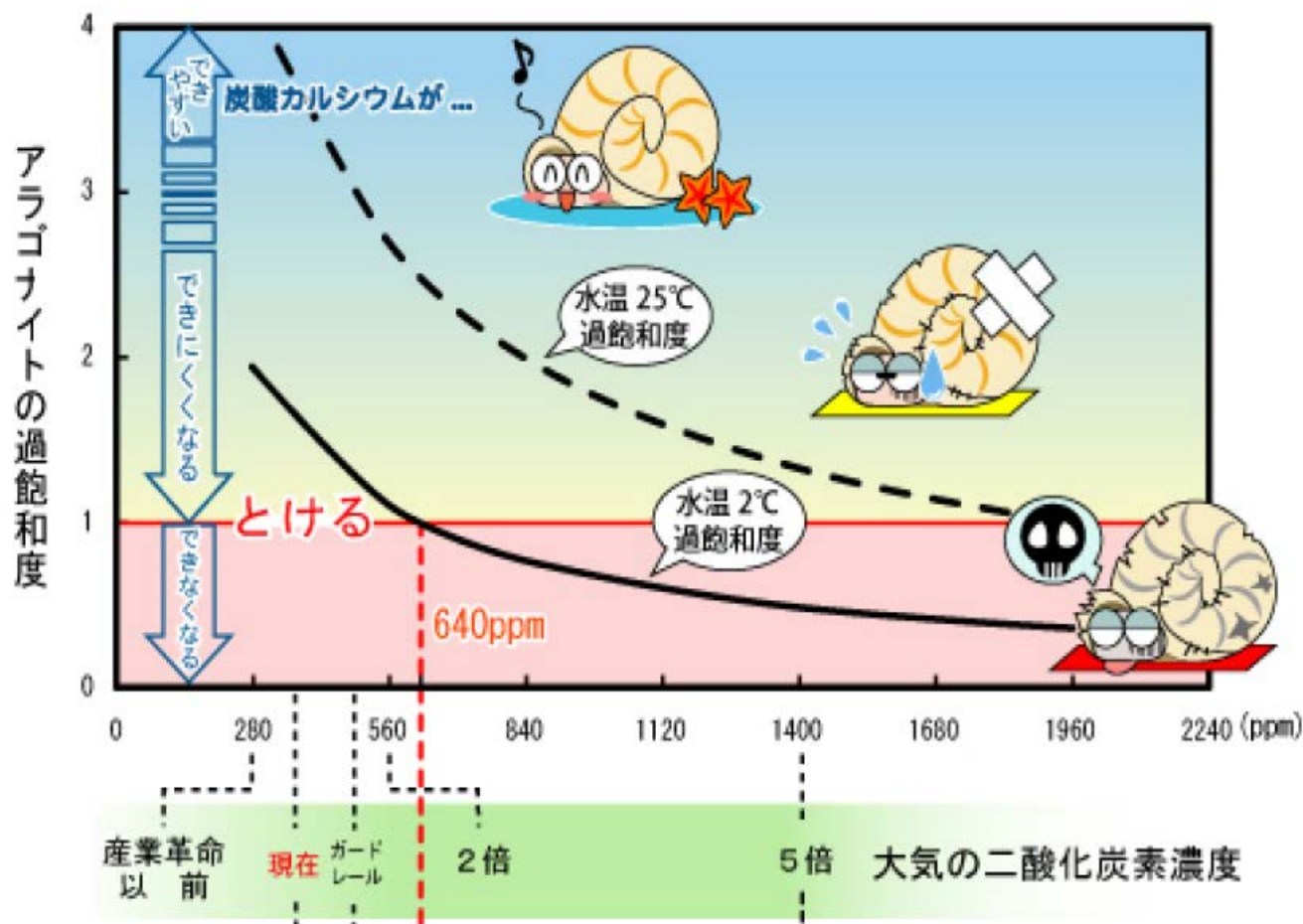


平成25年11月13日

第11回環境研究シンポジウム

図2 大気CO₂濃度上昇と海洋酸性化(小杉2013)

海洋酸性化の指標: アラゴナイト飽和度



サンゴの分布限界: アラゴナイト飽和度2.3

図3 海洋酸性化による生物の石灰殻溶解 (国立環境研究所HP)

FLORIDA KEYS

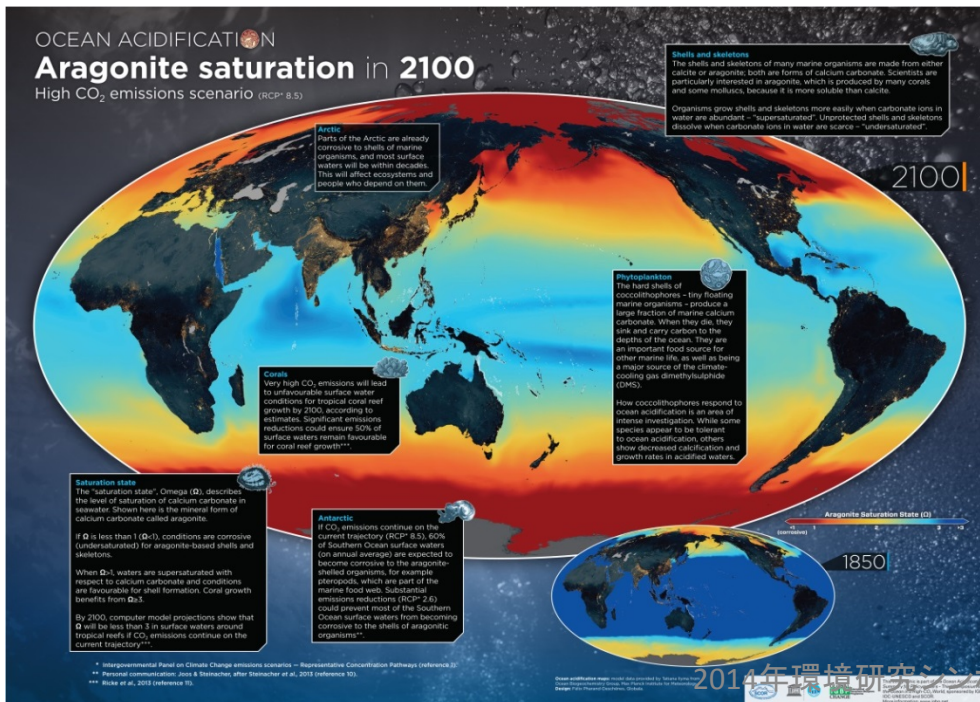


1980



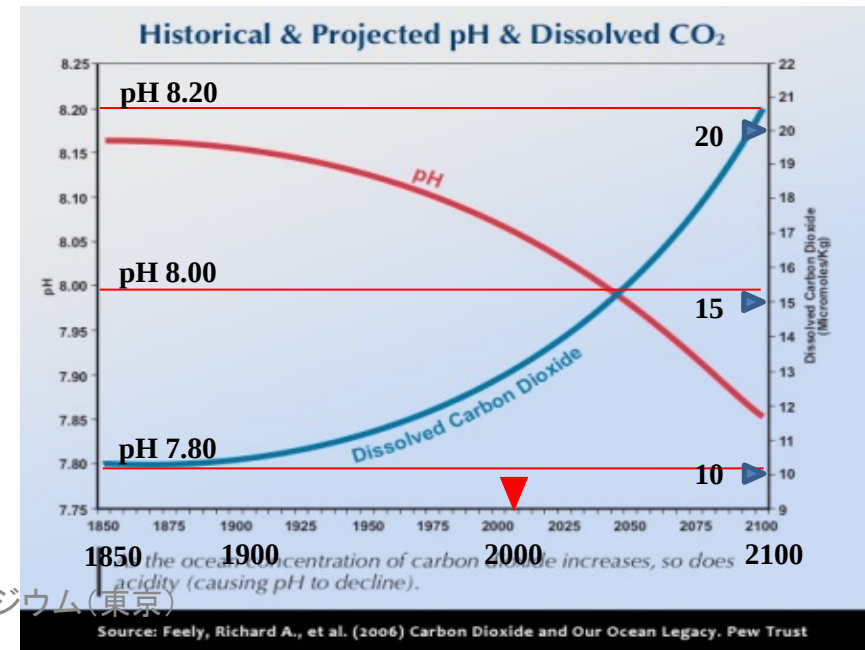
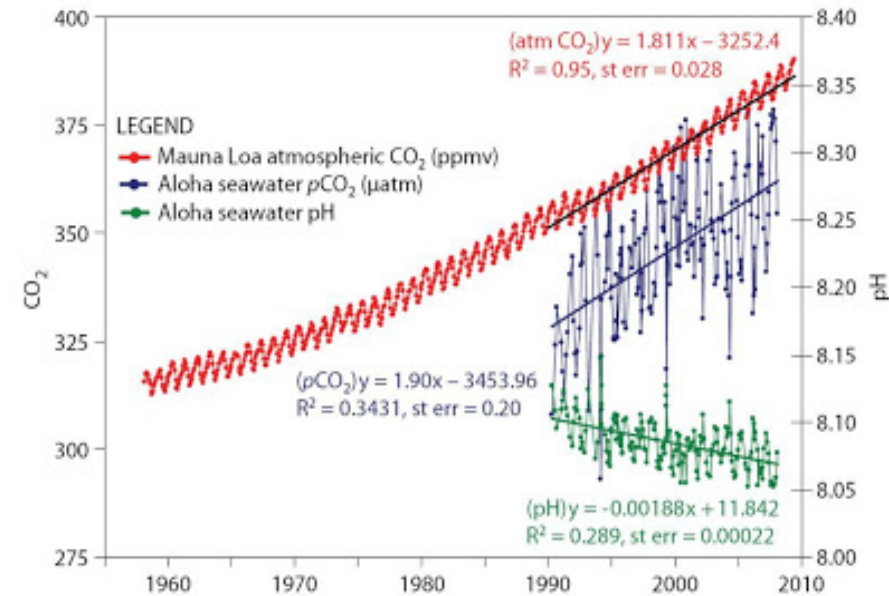
2010

If Ω is less than 1 ($\Omega < 1$), conditions are corrosive (undersaturated) for aragonite-based shells and skeletons. Coral growth benefits from $\Omega \geq 3$.
By 2100, computer model projections show that Ω will be less than 3 in surface waters around tropical reefs if CO₂ emissions continue on the current trajectory.

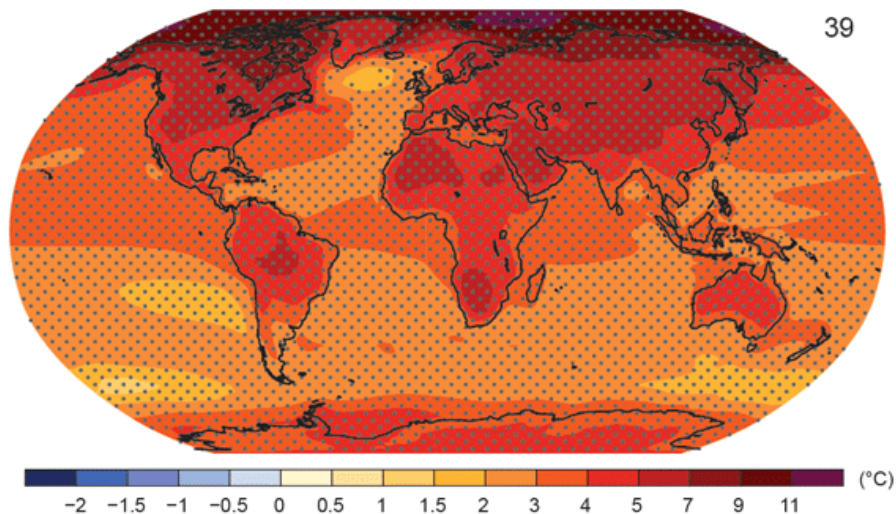


Arizona's Institute For Energy Policy

Solutions without Subsidies

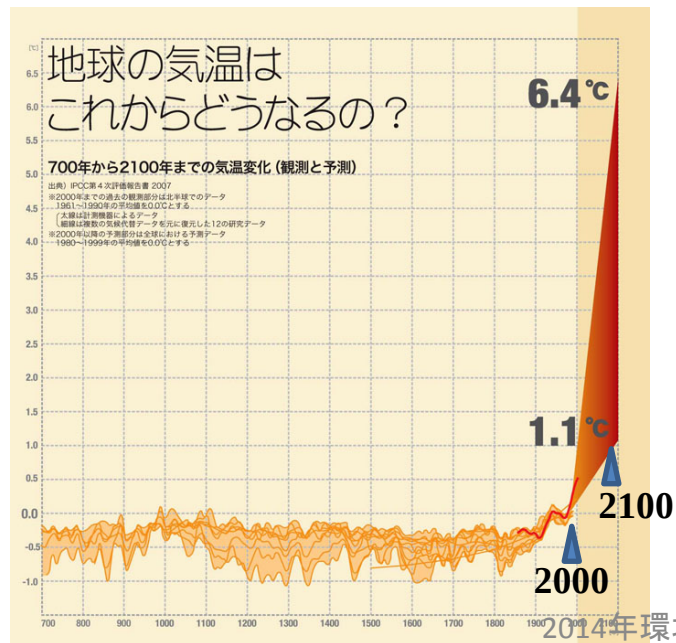


地球温暖化の予測



1986-2005年の平均気温から

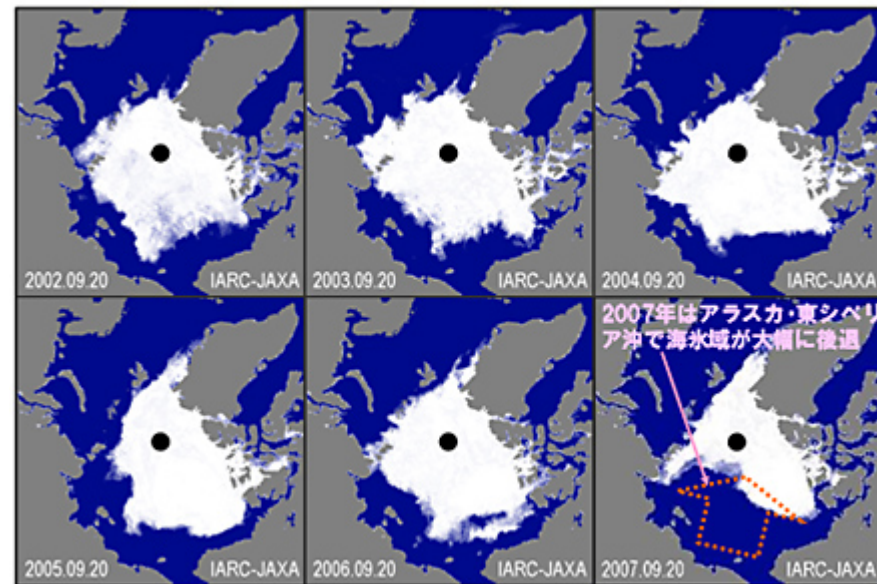
21世紀末(2081-2100年の平均)までの気温の変化の予測



2014年環境研究シンポジウム(東京)

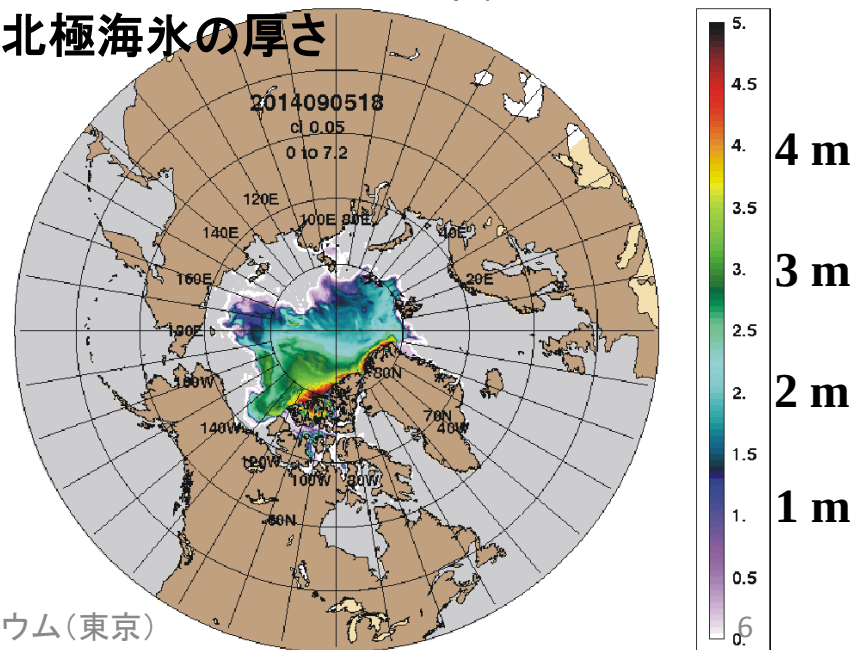
北極海氷の変動(2002 - 7)

by Moriyama (JAMSTEC)



ARCC0.08-03.9 Ice Thickness (m): 20140907

北極海氷の厚さ



ベーリング海のプランクトンブルーム

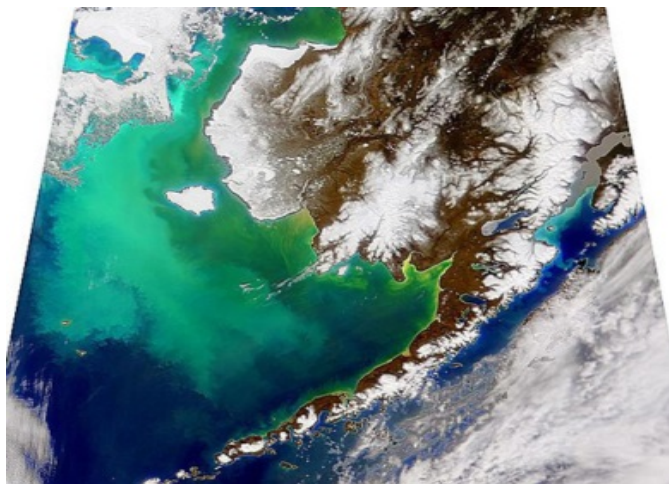
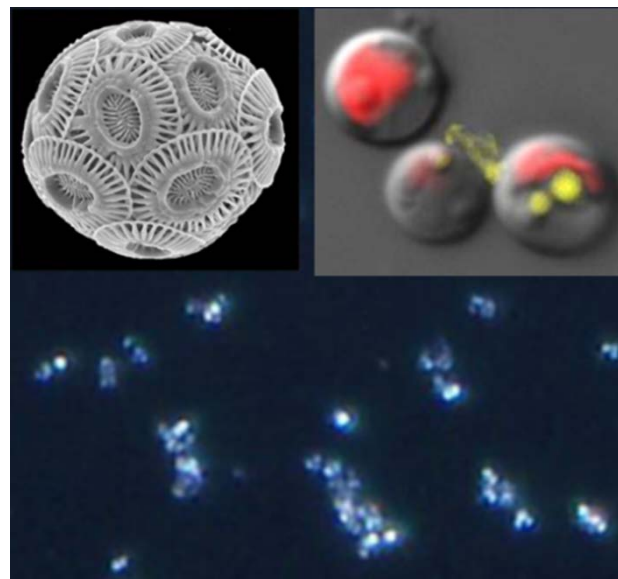
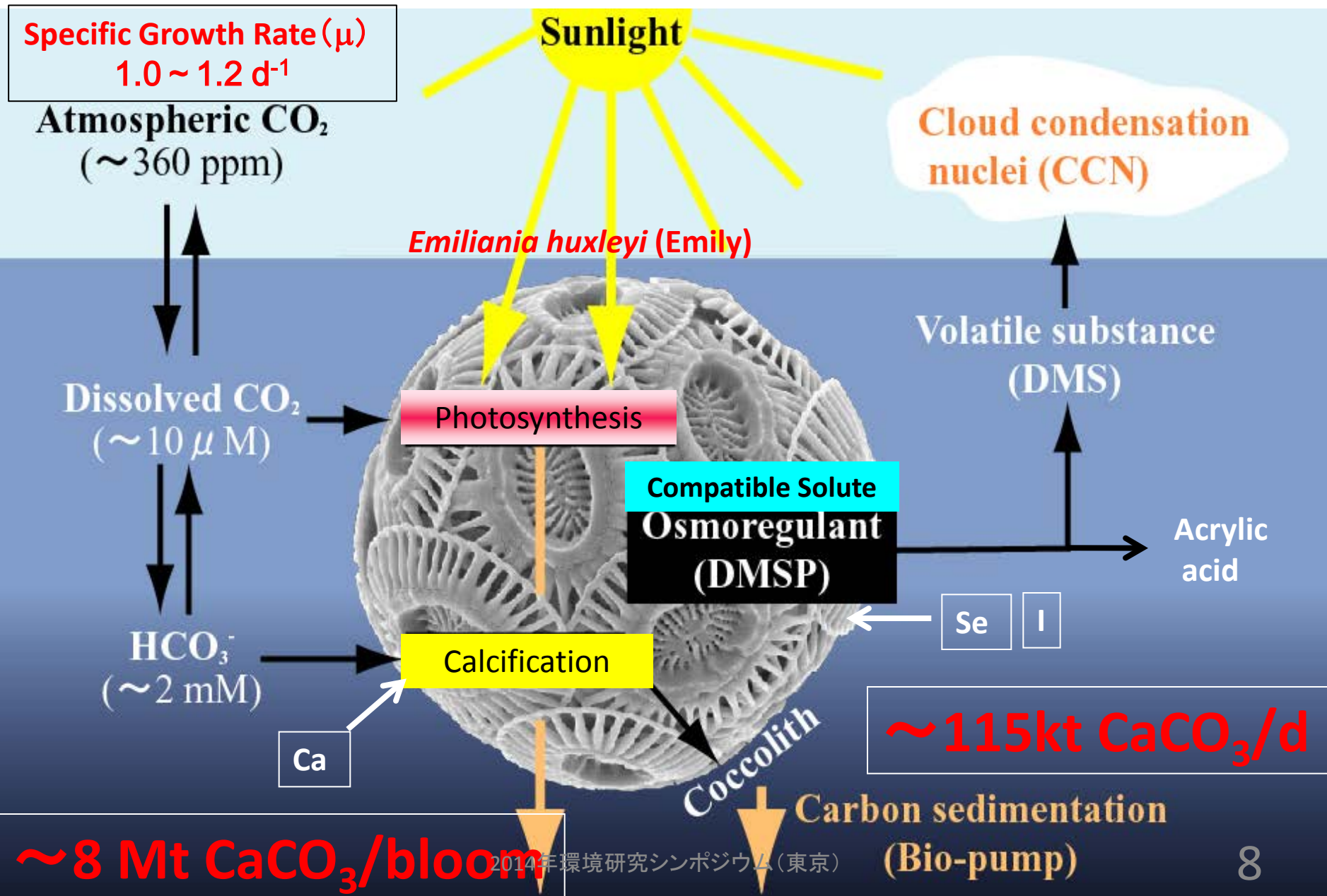


図5 1998年4月25日の衛星
(SeaWiFS)によるベーリング海にお
ける円石藻(緑色部分)の大規模増
殖画像(GES Disc, NASA)

円石藻 *Emiliania huxleyi*
(ハプト藻類)



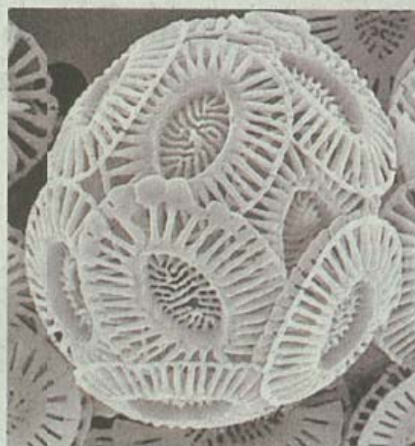
Carbon Sequestration by Coccolithophorids



Pan genome of the phytoplankton *Emiliana* underpins its global distribution

Betsy A. Read¹, Jessica Kegel², Mary J. Klute³, Alan Kuo⁴, Stephane C. Lefebvre⁵, John Miller⁹, Adam Monier¹⁰, Asaf Salamov⁴, Jeremy Young¹¹, Maria Aguilar¹², Karina Gonzalez¹⁴, Emily K. Herman³, Yao-Cheng Lin¹⁵, Jonathan Napier¹⁶, Jeremy Shmutz^{4,17}, Declan Schroeder¹⁸, Colomban de Vargas¹⁹, Frederic Verre²⁰, Peer¹⁵, Glen Wheeler^{18,22}, *Emiliana huxleyi* Annotation Consortium†, Joel B. Sponner^{23,24*}, Sonya T. Dyhrman^{23,24*}, Gernot Glöckner^{25*}, Uwe John^{2*}, Thomas Richards²⁶ & Igor V. Grigoriev⁴

リニア・ハクスレイと呼ばれる種のうち、欧州のドバー海峡や豪グレートバリアリーフなど異なる海域で見つかった13の系統(型)のゲノムを解析した。



ゲノム解読された円石藻。ボールのような形で、直径千分の3〜5ミリの筑波大提供

円石藻のゲノム解読

筑波大など 発生の原因究明へ

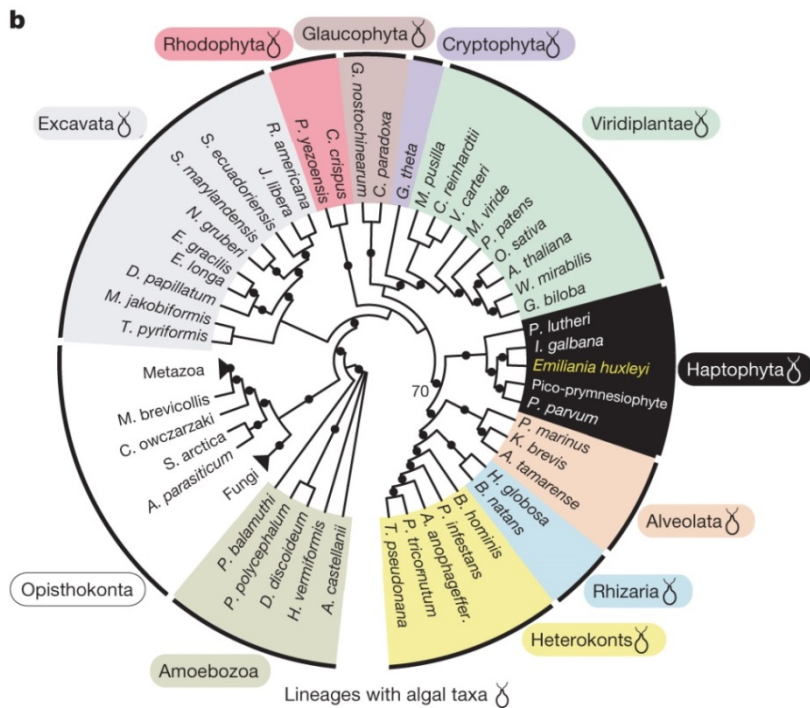
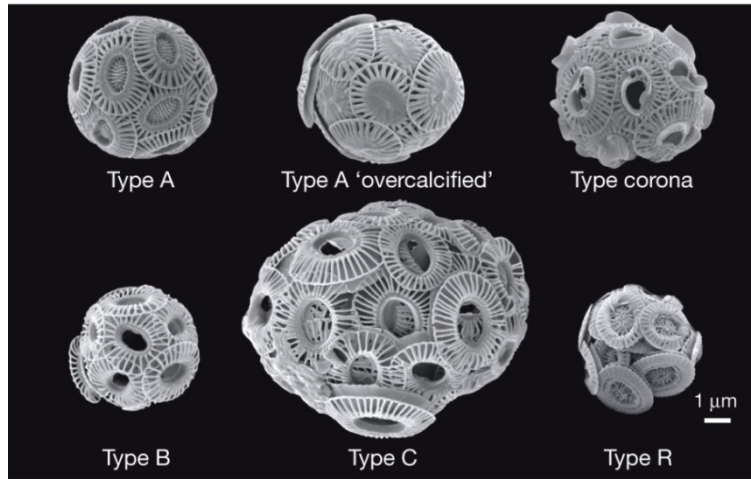
円石藻と呼ばれる植物プランクトンは遺伝子配列にかなり多様性があるため、温暖なサンゴ礁域から冷たい北極海まで広い海域で大発生できるらしいことが、筑波大や米カリフォルニア州立大などの国際チームの全遺伝情報(ゲノム)解析でわかった。

円石藻は、光合成をする

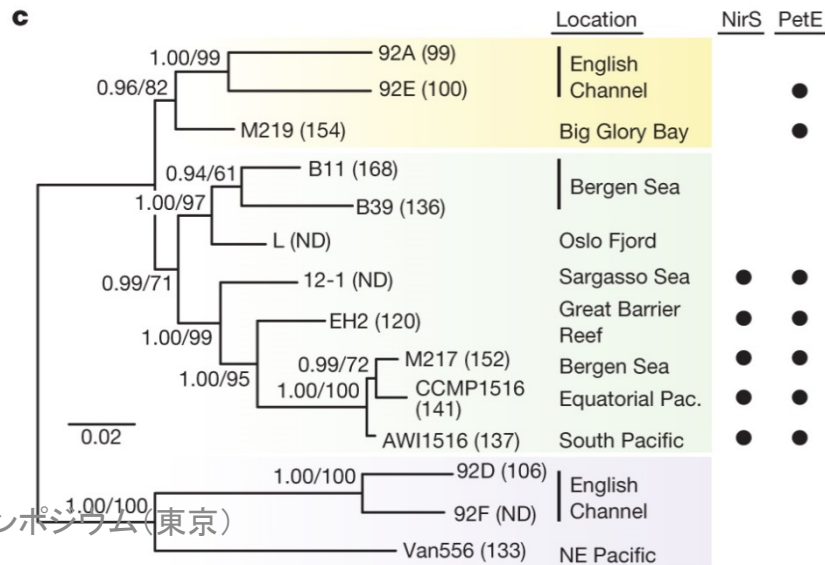
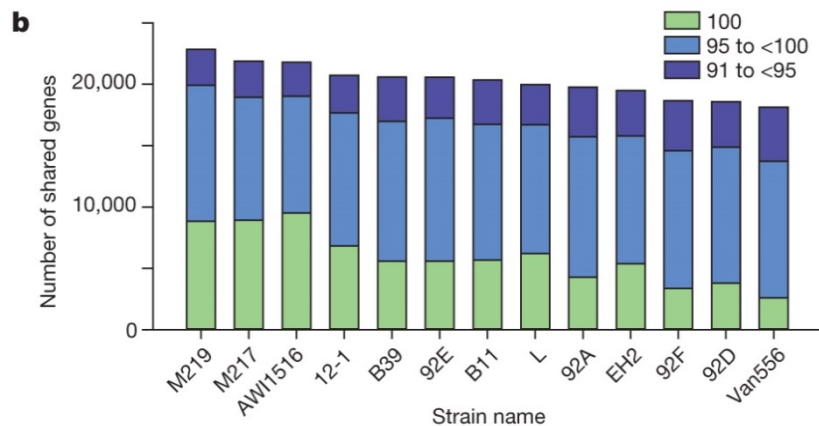
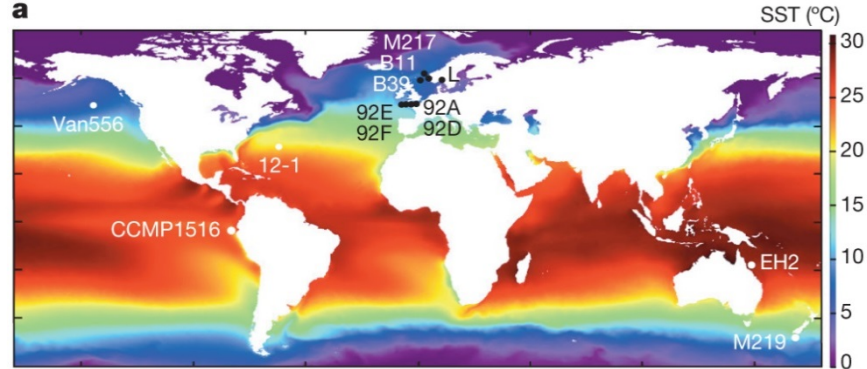
とともに、炭酸カルシウムでできた「円石」と呼ばれる殻を作る。広く大量に分布するため、地球規模の炭素循環や気候変動にも関わっていると考えられている。大発生すると海が白く濁る原因にもなる。

11日付英科学誌ネイチャーに発表された論文によると、チームは代表的なエミ

Thomas Mock²³, Bernd Mueller-Roeber²⁴, António Pagarete²⁵, Micaela Parker²⁶, Ian Probert²⁷, Hadi Quesneville²⁸, Christine Raines¹⁸, Stefan A. Rensing^{29,30}, Diego Mauricio Riaño-Pachón³¹, Sophie Richier^{15,32,33}, Sebastian Rokitta³⁴, Yoshihiro Shiraiwa³⁵, Darren M. Soanes³⁶, Mark van der Giezen³⁶, Thomas M. Wahlund³⁷, Bryony Williams³⁶, Willie Wilson³⁸, Gordon Wolfe³⁹ & Louie L. Wurch^{40,41}



世界中の円石藻エミリアニアのゲノムを解読し比較解析



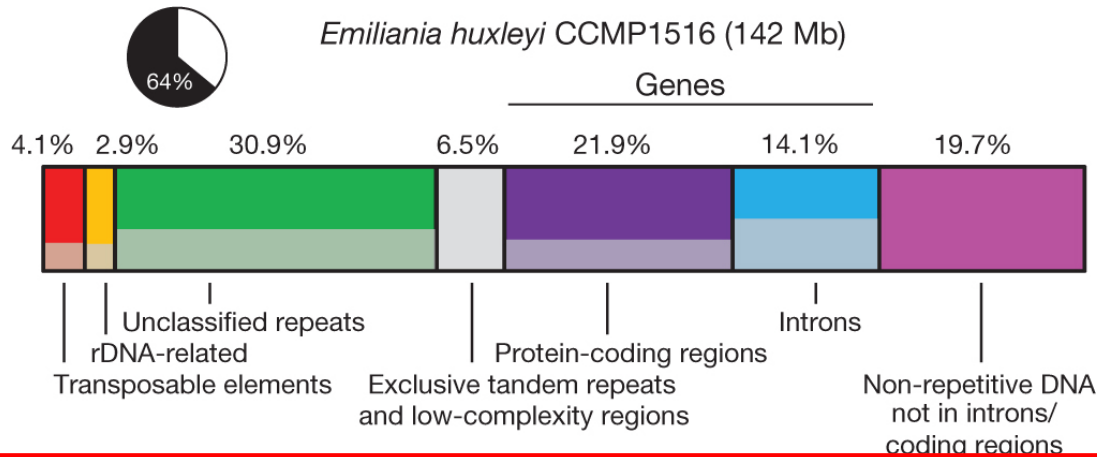
BA Read et al. Nature 499,
No. 7457, 209-213 (2013)
doi:10.1038/nature12221

nature

2014年環境研究シンポジウム(東京)

*E. huxleyi*の全ゲノム配列解読からパンゲノムの重要性を示唆

Relative composition of the *E. huxleyi* genome.

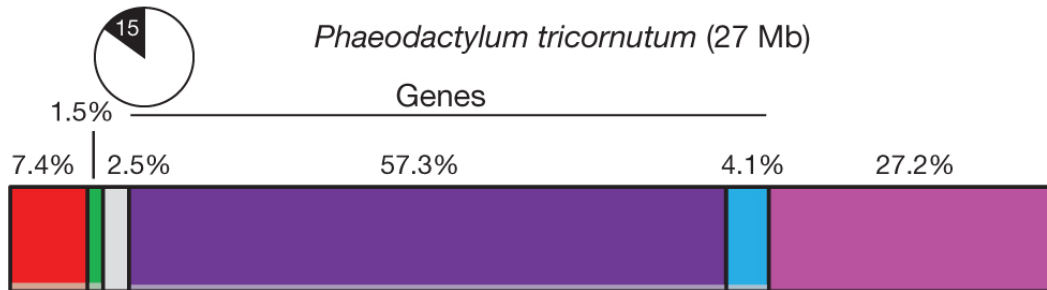


ハプト藻類・円石藻

ゲノムサイズ約142 MBp

遺伝子数30,569個

系統(株)間で大きな差がある



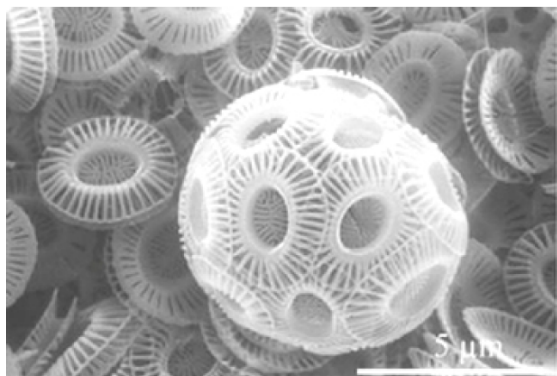
珪藻類

Read et al. 2013

ベーリング海における近年の植物プランクトン群集の大きな変化

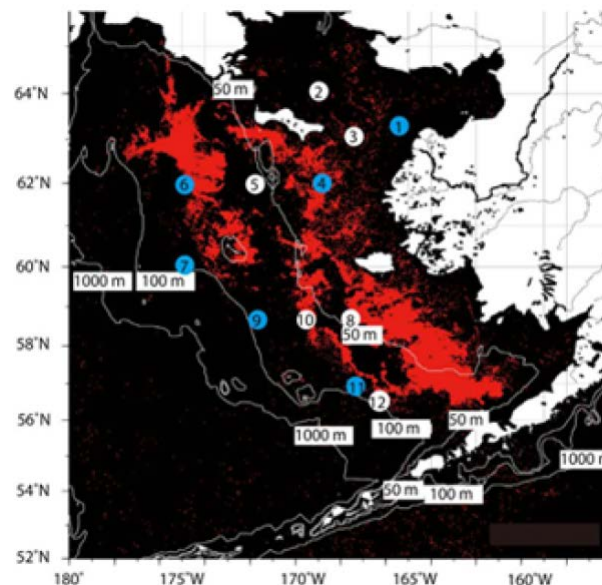
Harada et al.: GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES, VOL. 26, GB2036, 13 PP. doi:10.1029/2011GB004177

地球環境変動領域の原田尚美チームリーダーらは、近年のベーリング海東部陸棚域における円石藻ブルームの発生について、過去70年にわたる海底堆積物を分析・解析した結果、1970年代後半を境にその発生が顕著になっていること、さらにその要因は、温暖化の影響による可能性が高いことを明らかにしました。本成果は、我が国も魚資源を得ている、世界的にも豊富な水産資源の宝庫として知られるベーリング海において、生態系の底辺を成す低次生態系群集が昨今の温暖化の影響によって変化していることを明らかにしたものであり、近い将来の生物資源環境の変動予測に寄与する事が期待されます。



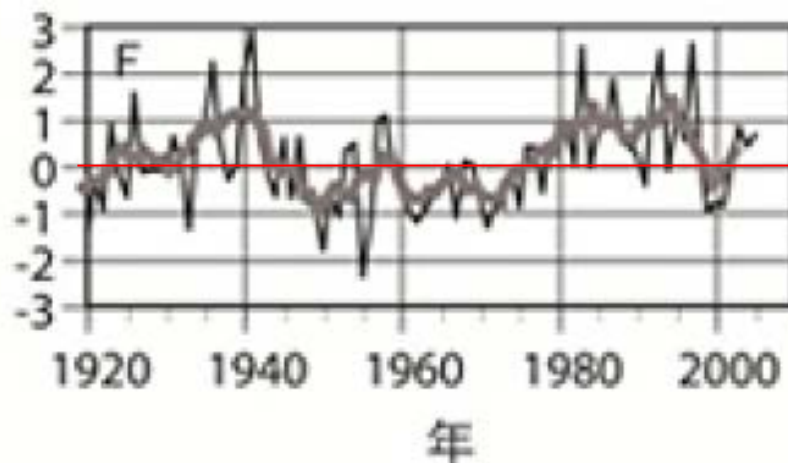
2006年MR06-04航海

(共著者として筑波大が一部を分担)



SeaWiFs (2000年9月)

北太平洋十年
規模振動指数

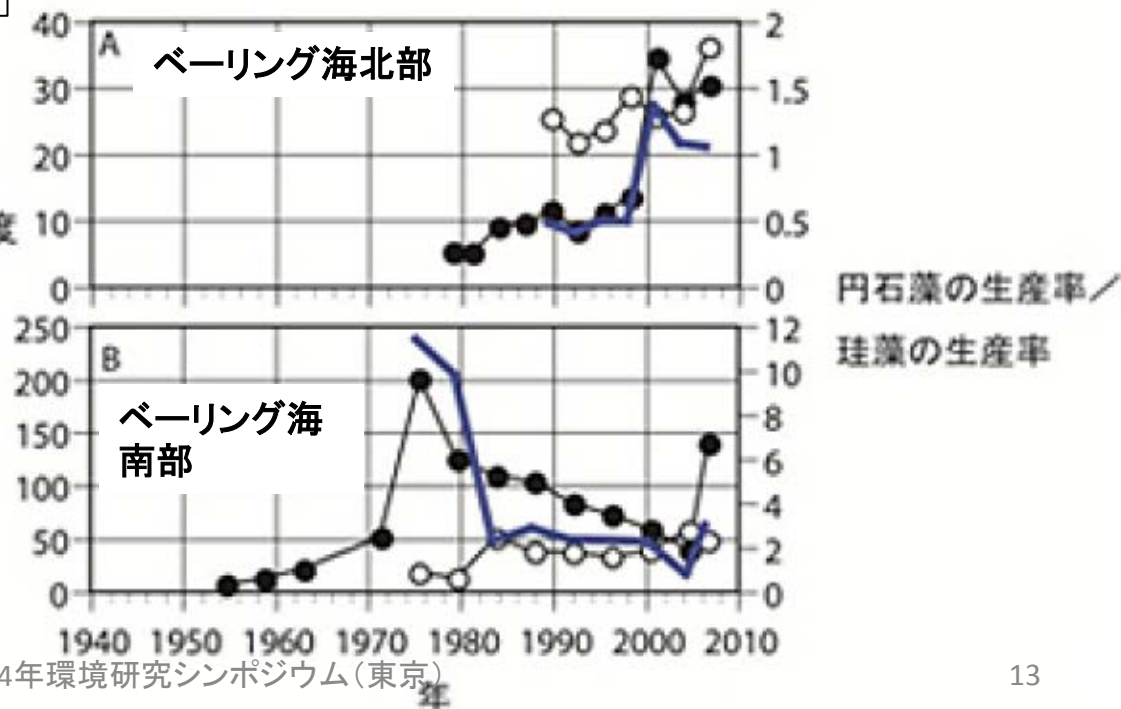


暖かいベーリング海
↕
寒いベーリング海

円石藻と珪藻の生産率の比が右肩上がりであることから、円石藻の生産率の増加が珪藻の生産率の増加を上回っているのがわかる。

● 円石藻バイオマーカー
○ 珪藻
— 円石藻の生産率／珪藻の生産率

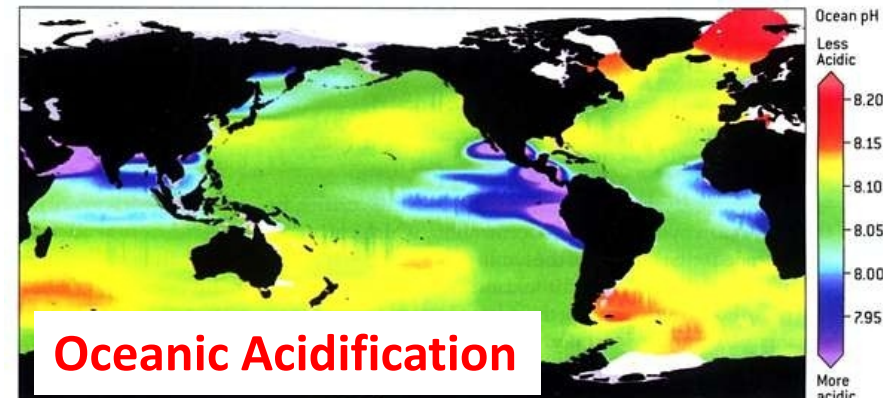
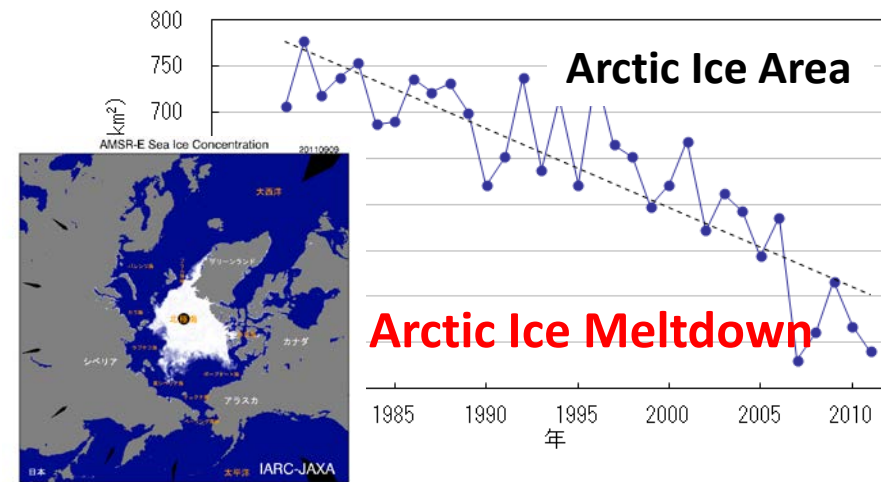
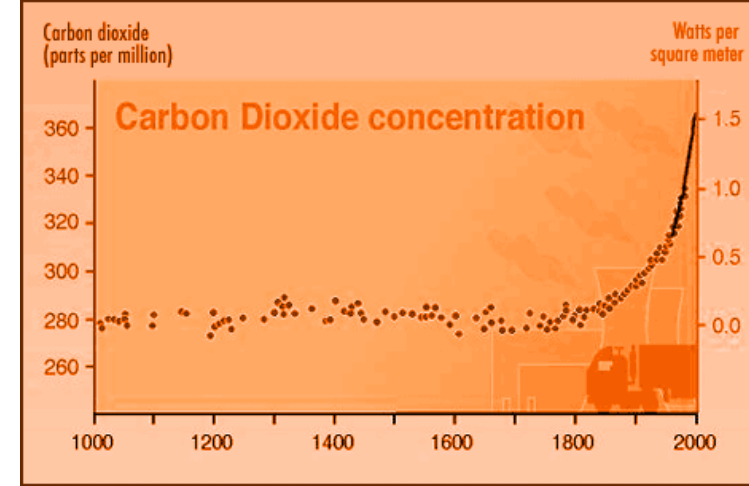
有機炭素含有量で規格化した
長鎖不飽和アルキルケトン濃度
($\mu\text{g g}^{-1}\text{MOC}$)
&
珪藻個体数
(count g^{-1})



北極海の海水激減： 海洋生態系へのイン パクト

文科省科研費基盤研究S
2010-2014
代表：原田尚美(JAMSTEC)

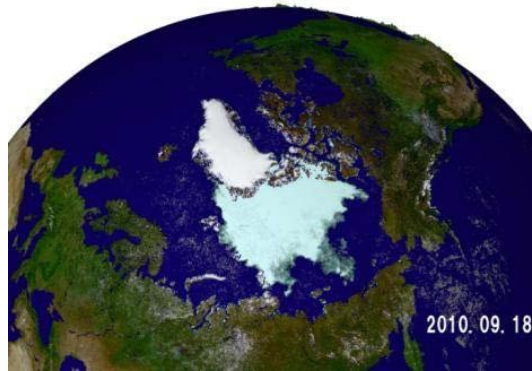
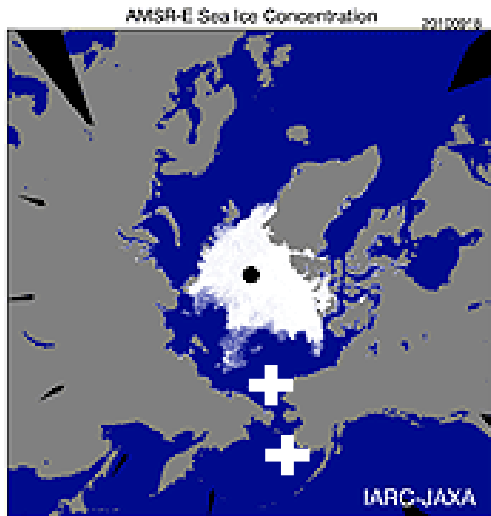
分担：白岩 善博
(筑波大学生命環境系)



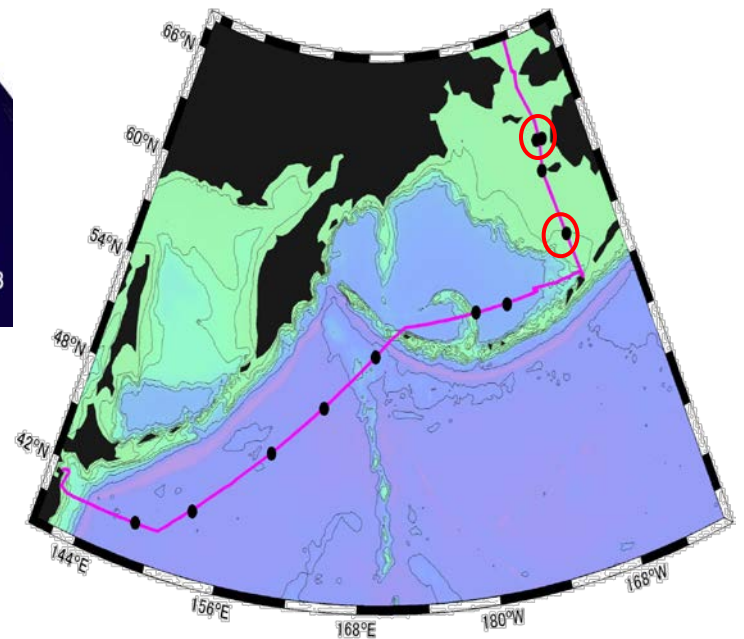
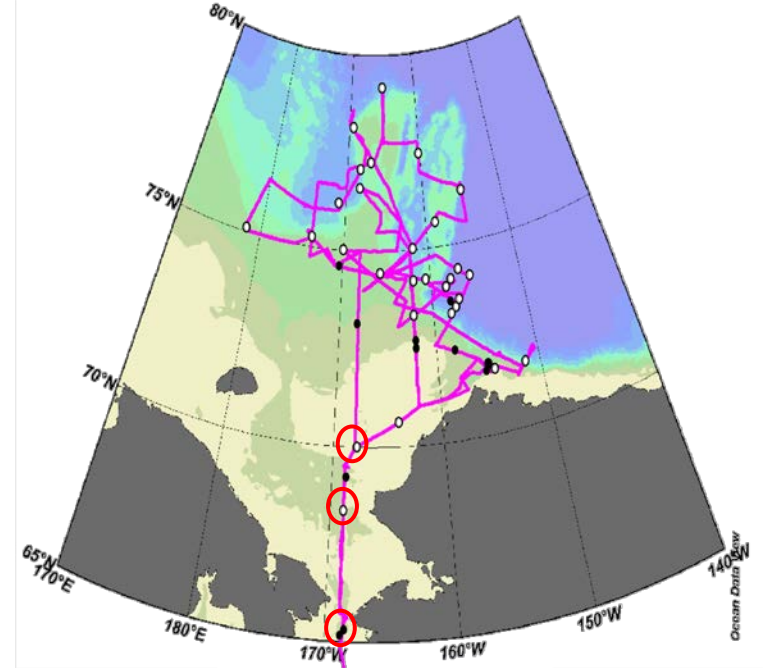
円石藻の北極海株培養株の確立に成功

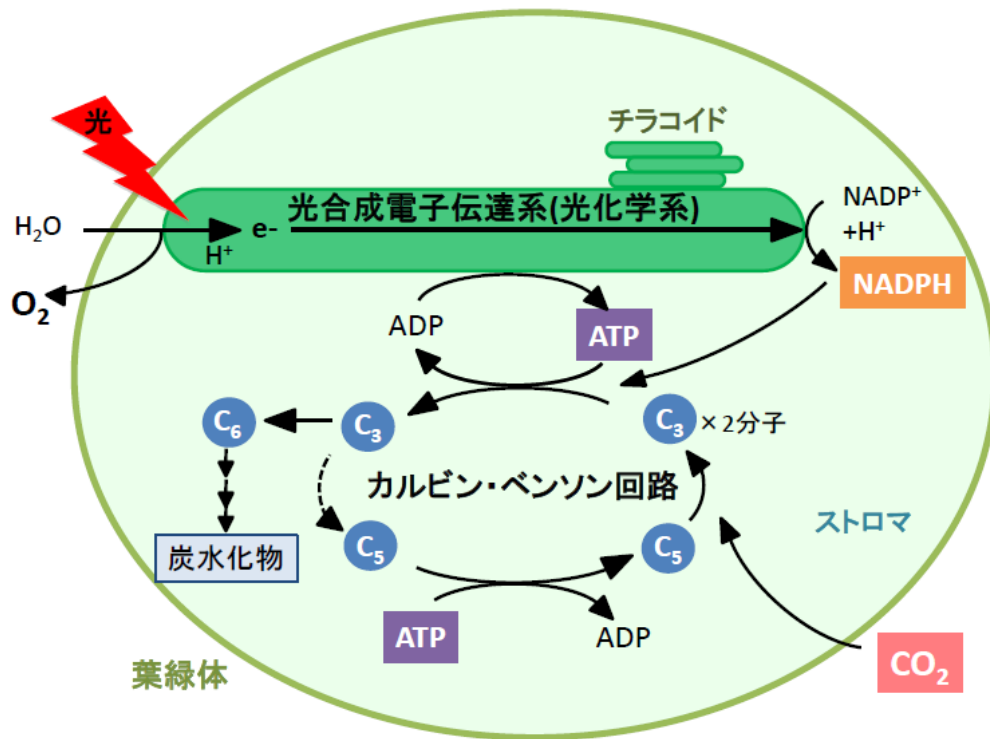
(2010(H21)年度)の「みらいMR10-05航海」で北極海～ベーリング海において採取した*E. huxleyi*をそれぞれ単離し、5株を単藻単離培養株として確立した(世界初の北極海産円石藻培養株の確立)。

円石藻新規北極株を国立環境研藻類カルチャーコレクション(文科省ナショナルバイオリソースプロジェクト (NBRP) 中核機関)に寄託。

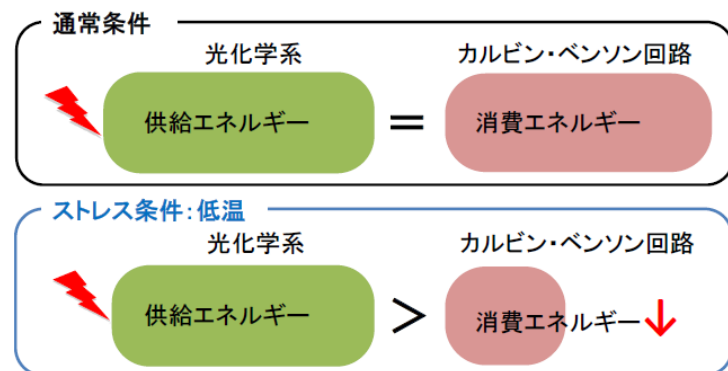


衛星AMSR2「しずく」が捉えた北極域の2010年9月18日の海水氷接度分布(宇宙航空開発機構)。十字印は2010年の「みらい」航海で円石藻の単離に成功した海域(筑波大学・JAMSTEC)





微細藻類における新奇な低温順化・
適応メカニズムと
北極海産円石藻類がなぜ低温の海で
も成長できるかのメカニズムを
光合成機構の解析から解明



まとめ

- ・北極海における円石藻・ハプト藻類の増殖拡大は、海氷融解による太陽エネルギーの供給増大や海水温の上昇による可能性が高い。
- ・円石藻類は、北極海の環境にうまくて適応している。また、その変動にうまく適応する能力を有する。
- ・これらの効果は海洋への一次生産物質の供給を増大させ、従属栄養生物の増加に寄与するポテンシャルを有すると考えられる。
- ・しかし、「北極海で何が起きているか？」の問いに総合的に答えることは現時点ではできない。なぜならば、食物連鎖の仕組みの解明と生物量が減少している生物を含め、その他の生物の情報は少ないためである。

「課題」

- ・海洋生態系変動の未来予測のためには、北極周辺の気候変動や環境変動の正確な予測と、その影響によりどのように一次生産システムが変化し、食物網に影響を与えるか、未来の生物資源生産の変動がどのように誘起されるかの解析が重要である。
- ・そのため、現在北極海に生息している生物、最近生育が増大傾向にある生物の生理学的特徴と環境応答メカニズムを解析することが重要である。
- ・食物連鎖の仕組みの解明が不可欠である。
- ・そして、それらを統合する精度の高い海洋生態系モデルの構築による未来予測が不可欠である。