

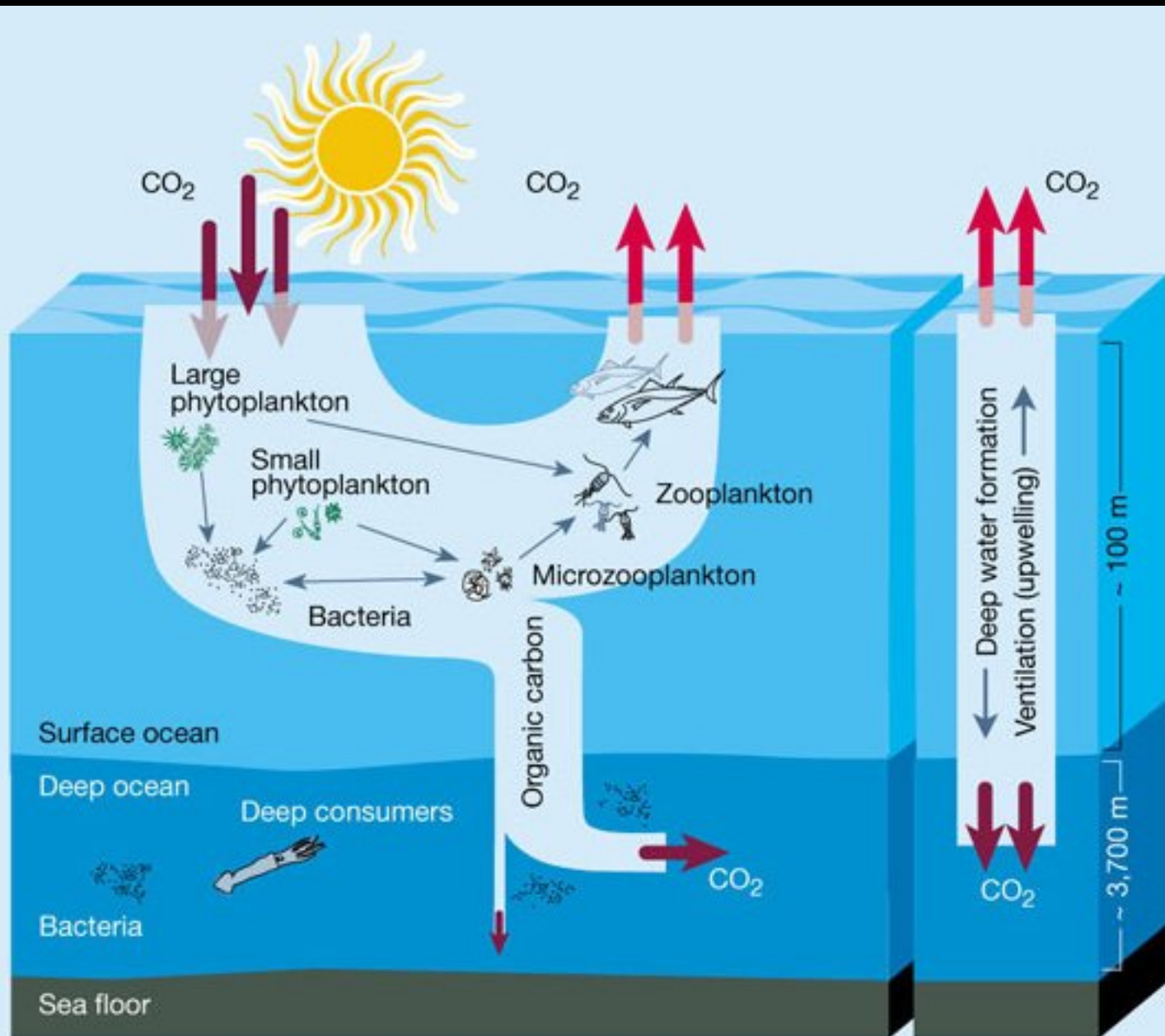
陸から大気を通して海へと運ばれるミネラル 大気化学は「アイアンシェフ」

伊藤彰記 （ 海洋研究開発機構 ）

1. 鉄仮説
2. 海洋生態系にとって砂漠の砂は栄養になるのだろうか？
3. 砂漠起源ではなく別に発生源があるのだろうか？
4. 陸から海へと運ばれるミネラルは、大気中の化学反応によって栄養塩に変化するのだろうか？
5. まとめ

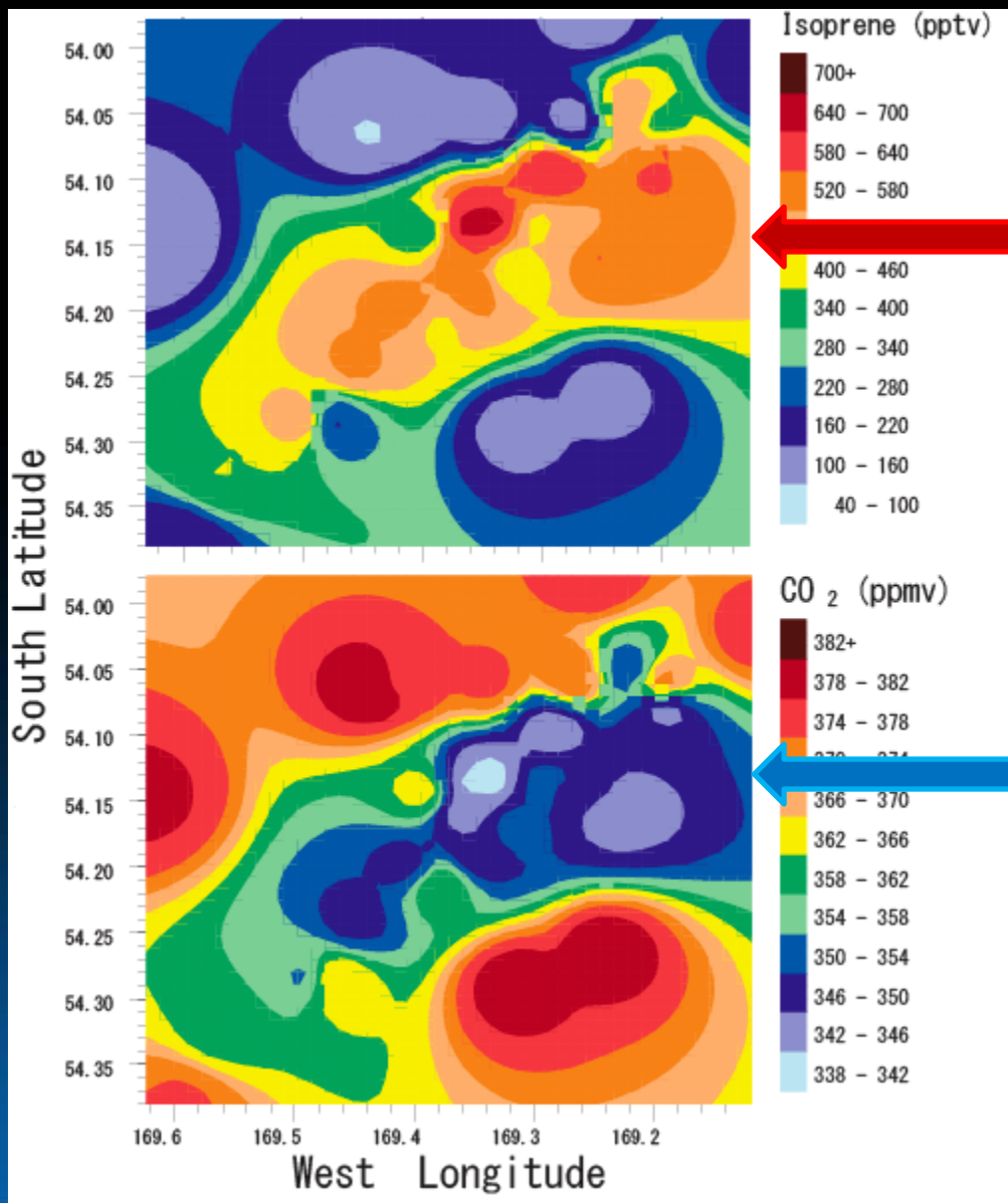


大気中二酸化炭素濃度を減少させる生物ポンプ



USEI
KUSHIN

海洋への鉄散布実験



揮発性炭化水素放出

二酸化炭素吸収

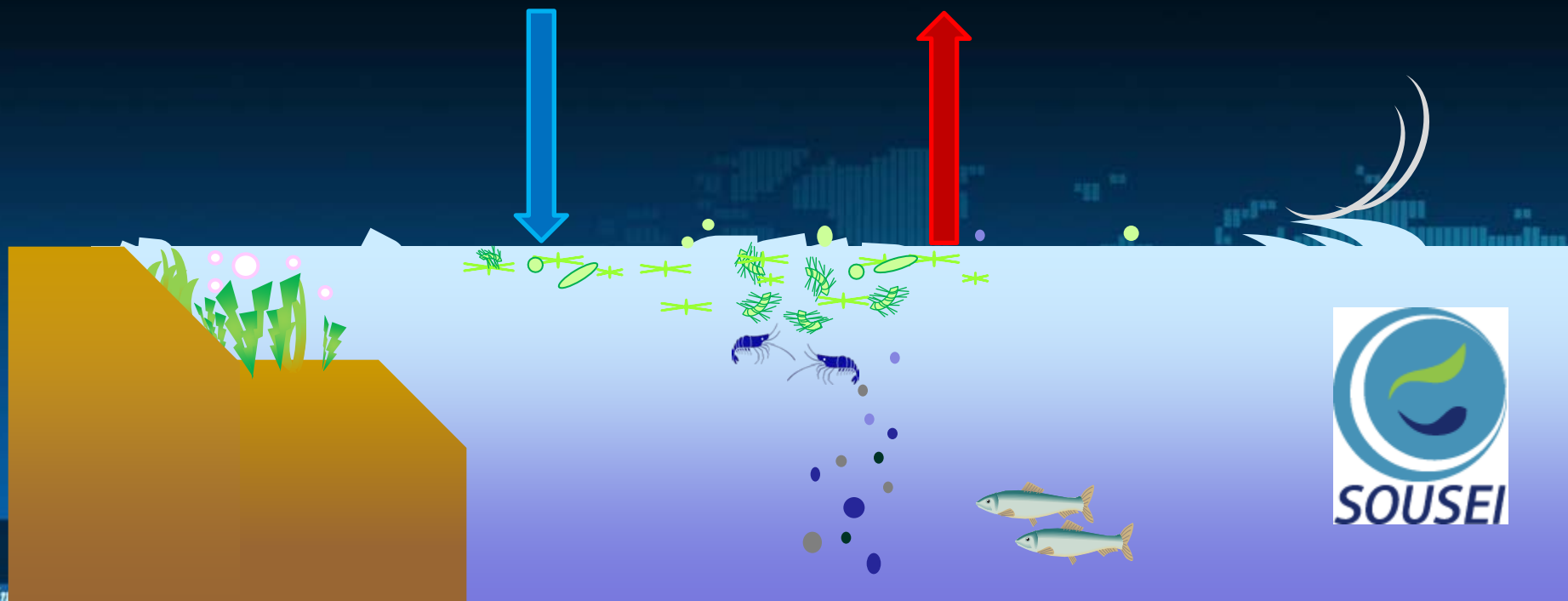
(Wingenter et al., PNAS, 2004)



鉄散布による冷却効果

雲による太陽光の反射増加

二酸化炭素減少 エアロゾル増加

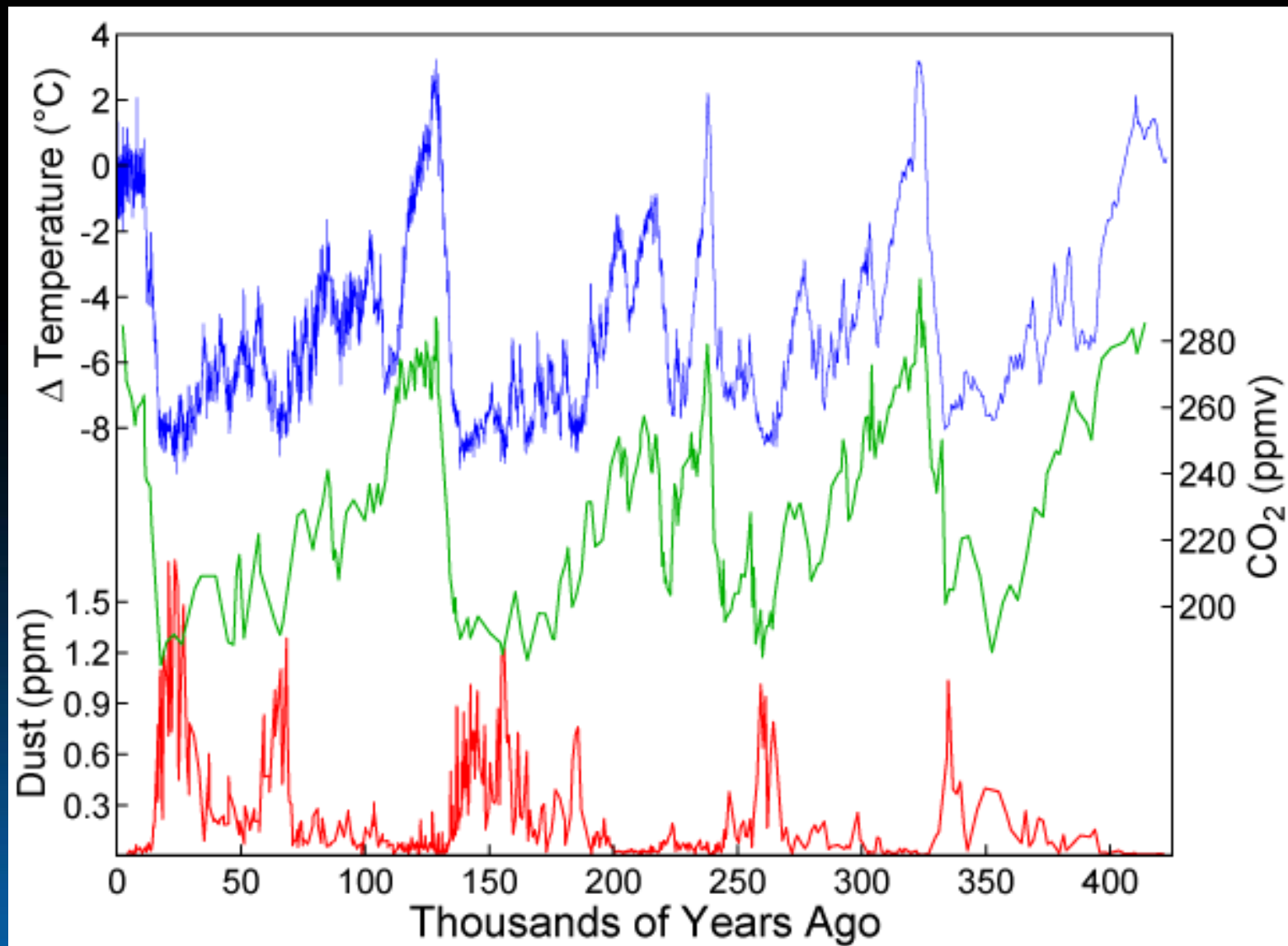


サハラ砂漠から大気を通して海へと運ばれるミネラル



KAKUSHIN

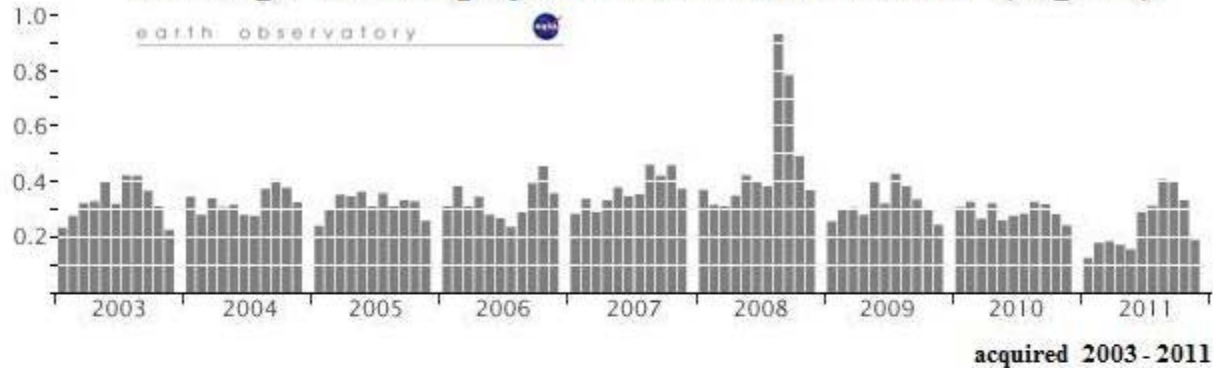
過去40万年間の気温、二酸化炭素濃度、ダスト量の変化



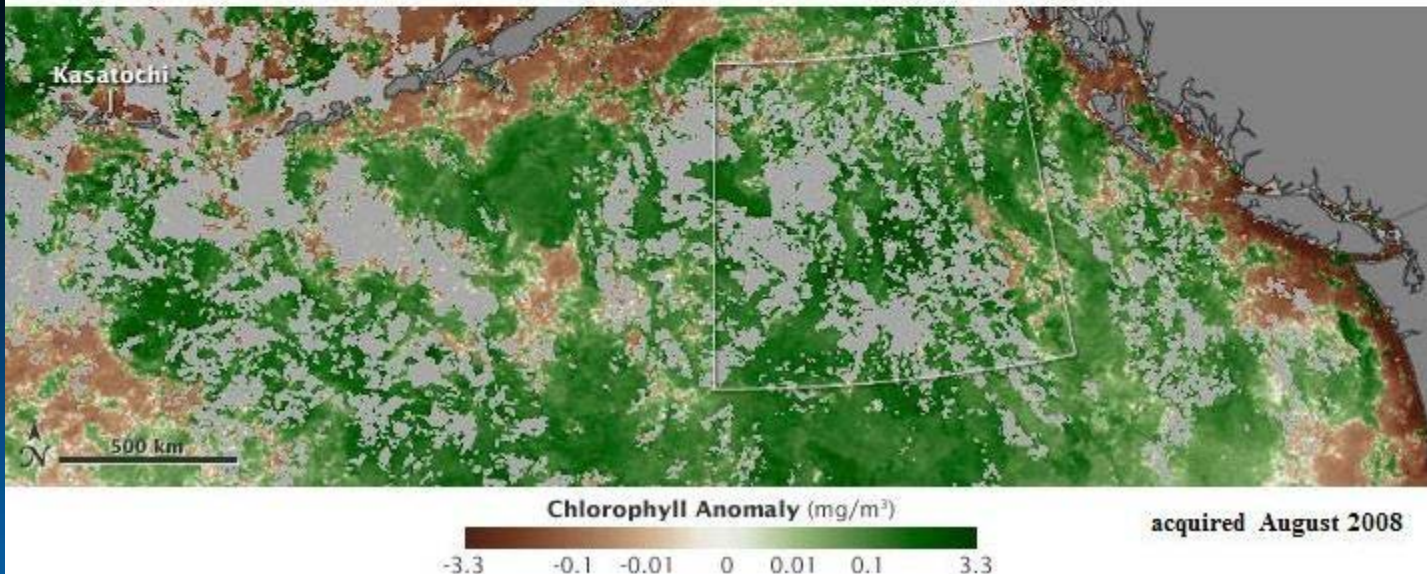
TSUKUBA
UNIVERSITY
KAKUSHIN

カサトチ火山の海洋肥沃化

Average Chlorophyll in the North Pacific (mg/m³)



North Pacific Chlorophyll Anomaly



SOUSEI
KAKUSHIN

海洋生態系にとって砂漠の砂は栄養になるのだろうか？

土壌中の鉄溶解度
(鉄の全質量に対する水溶性鉄量の割合)
0.1%

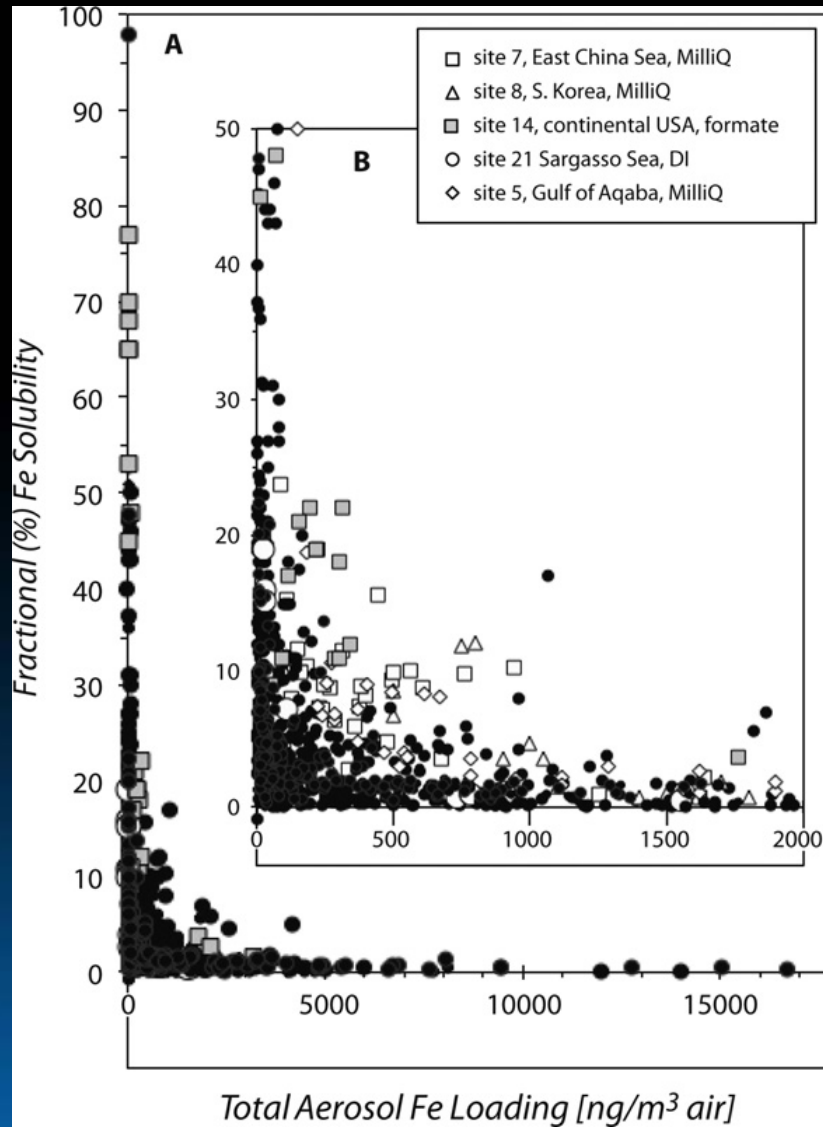


鉱物中の鉄含有率3.5%



KAKUSHIN

エアロゾル中の鉄溶解度は幅広い範囲で観測



(Sholkovitz et al., 2012)



KAKUSHIN

砂漠起源ではなく別に発生源があるのだろうか？

土壌中の鉄溶解度
(鉄の全質量に対する水溶性鉄量の割合)
0.1%

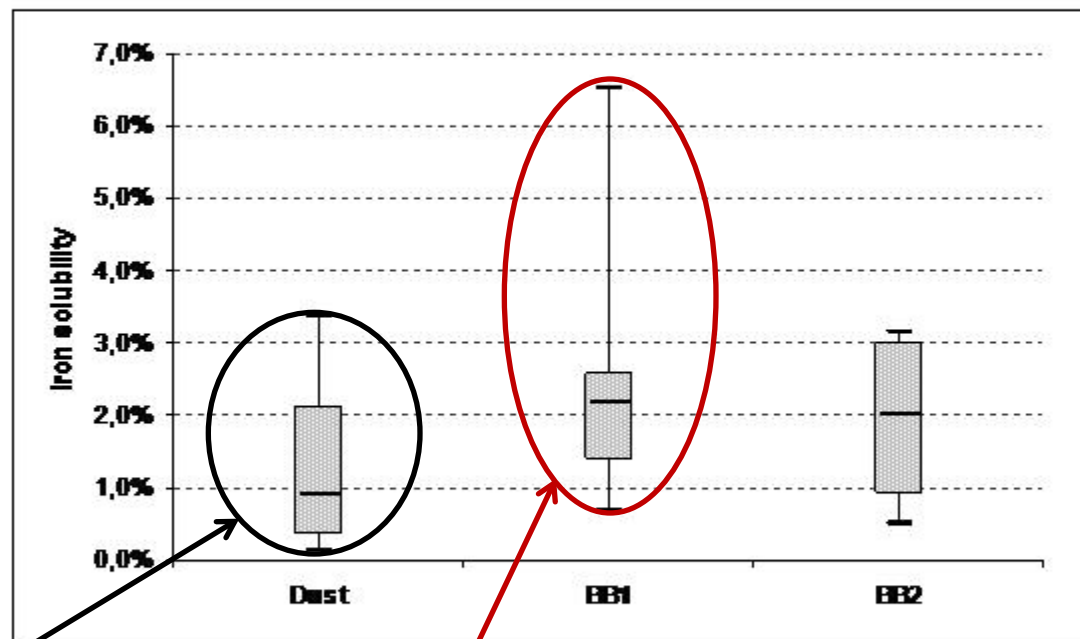


海洋上の鉄溶解度
6%



SOUSEI
KAKUSHIN

植生燃焼の影響により鉄は水に溶けやすくなる



砂漠起源

植生燃焼起源

(Paris et al., ACP, 2010)

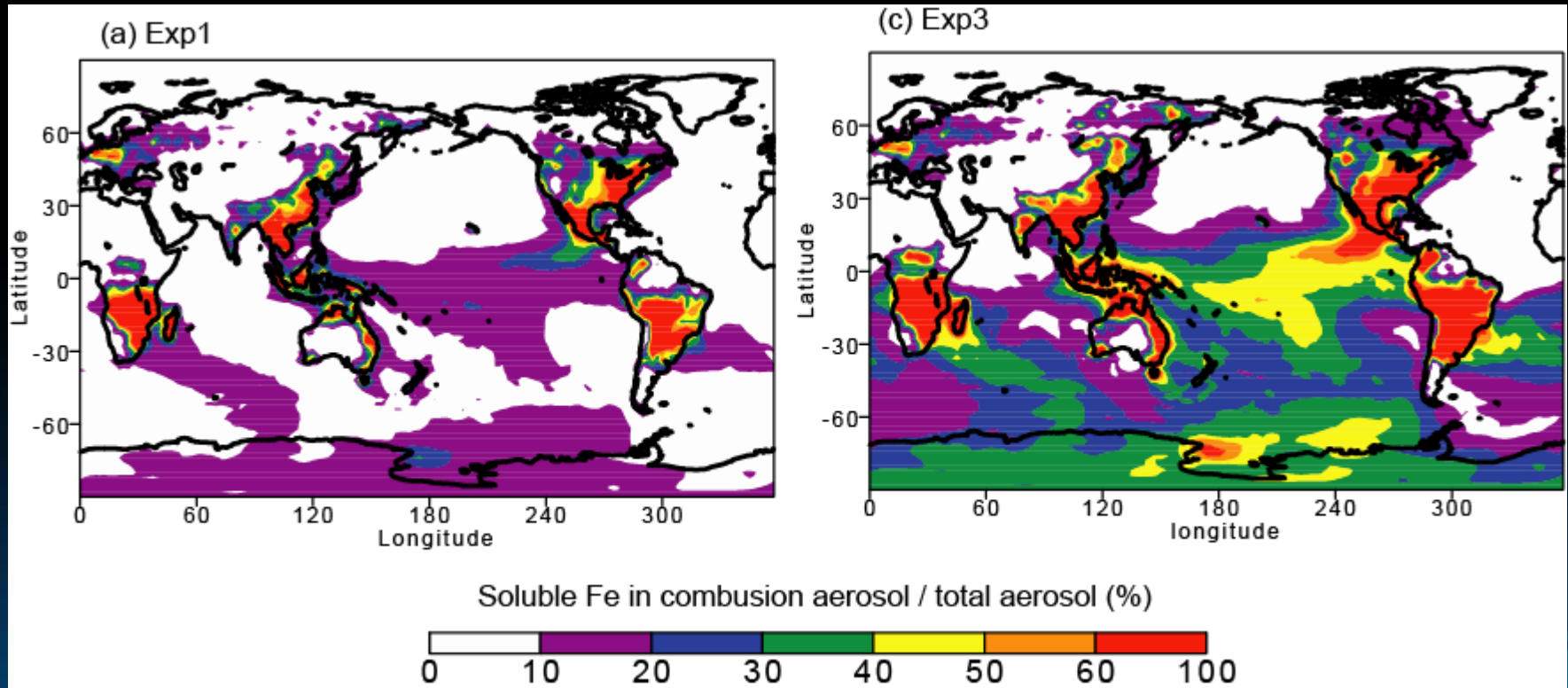


SOUSEI
KAKUSHIN

植生燃烧起源の水溶性鉄供給量の寄与

4% 鉄溶解度

18% 鉄溶解度



(Ito, JMSJ, 2012)



SOUSEI
KAKUSHIN

仮説：船舶起源の燃焼粒子による水溶性鉄供給

室内実験で同定された化学組成

Ferric sulfate salt
 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9(\text{H}_2\text{O})$



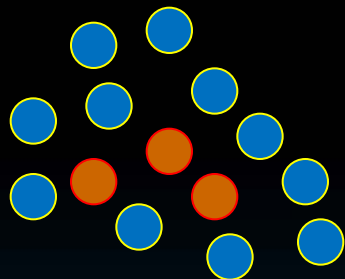
(Schroth et al., 2009)



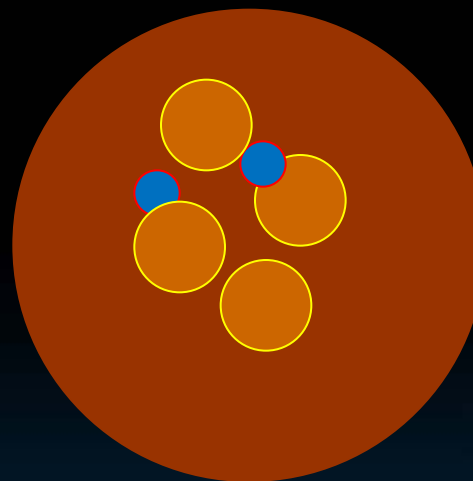
KAKUSHIN

「船舶起源」仮説を提唱

重油燃焼粒子



土壌粒子



水溶性鉄

不溶性鉄



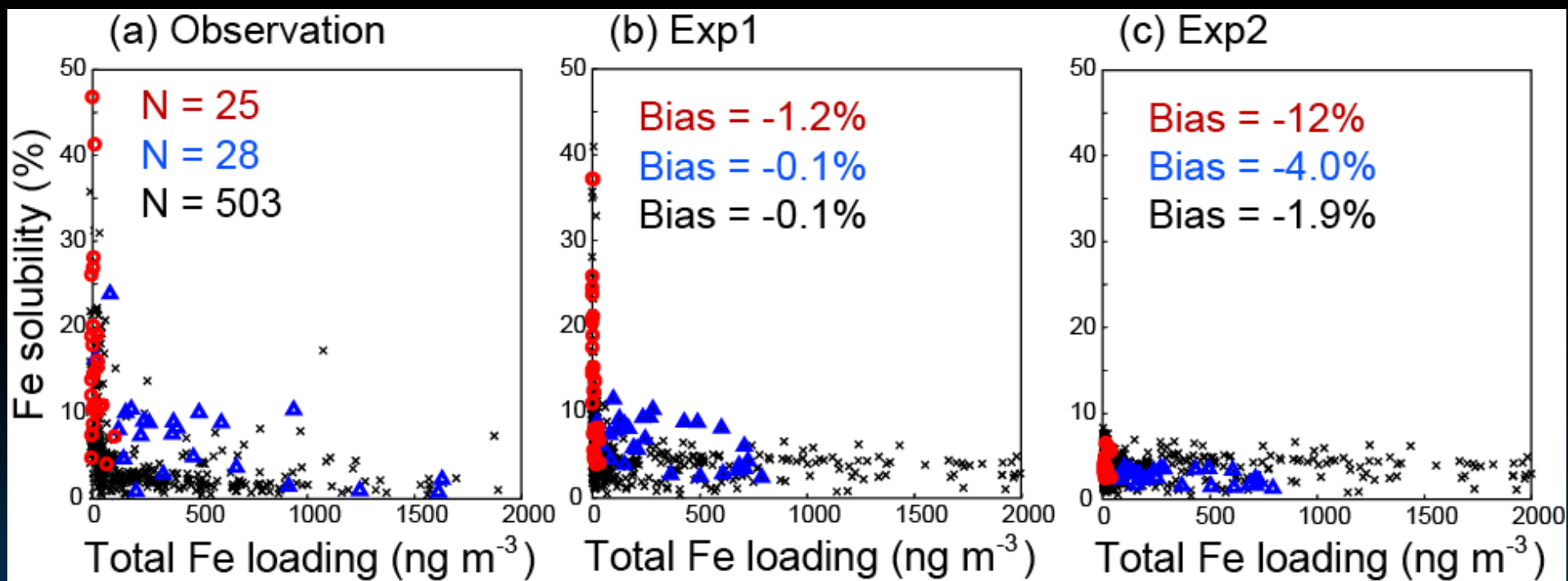
KAKUSHIN

発生源による違いを考慮に入れた数値モデルの結果

観測

改良後のモデル

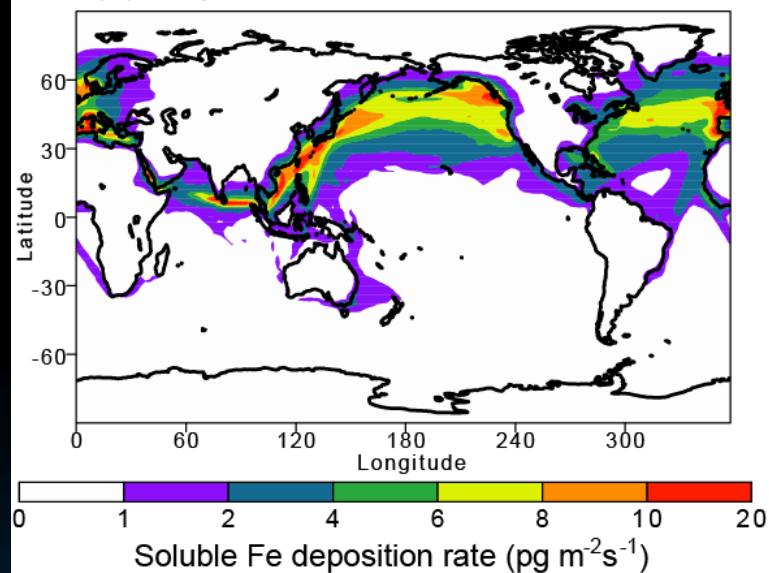
従来のモデル



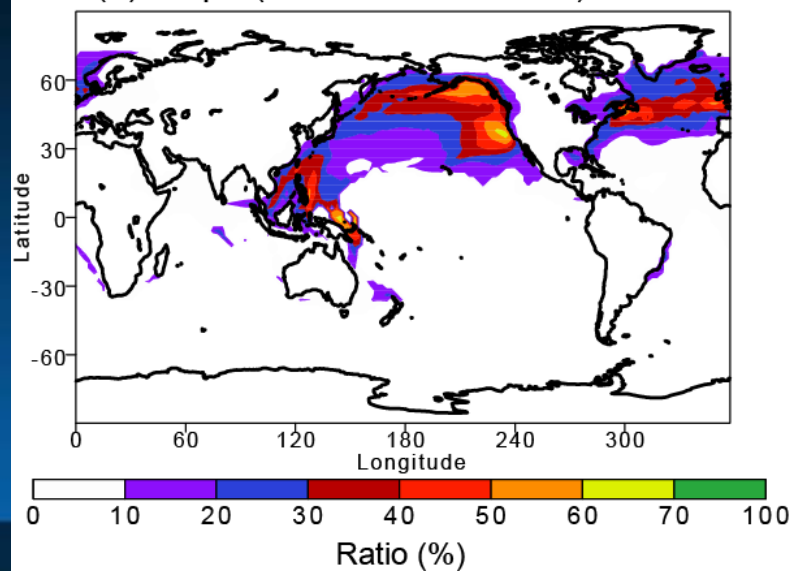
SOUSEI
KAKUSHIN

水溶性鉄供給量の将来予測

(a) Ship in 2100



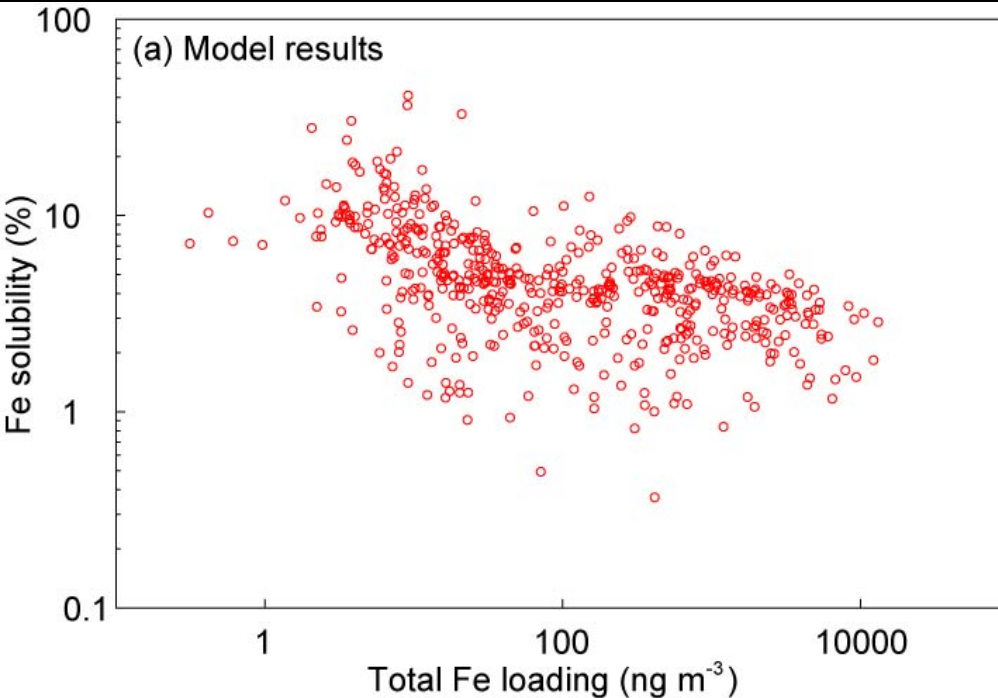
(b) Ship / (Combustion + Dust)



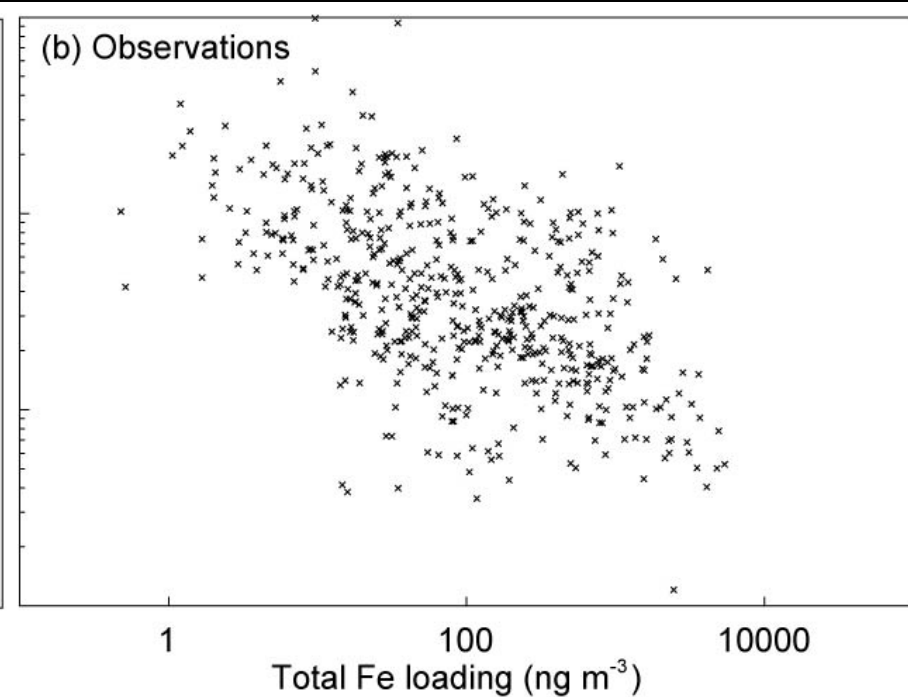
SOUSEI
KAKUSHIN

大気中の化学反応によって栄養塩に変化するのだろうか？

計算値



観測値



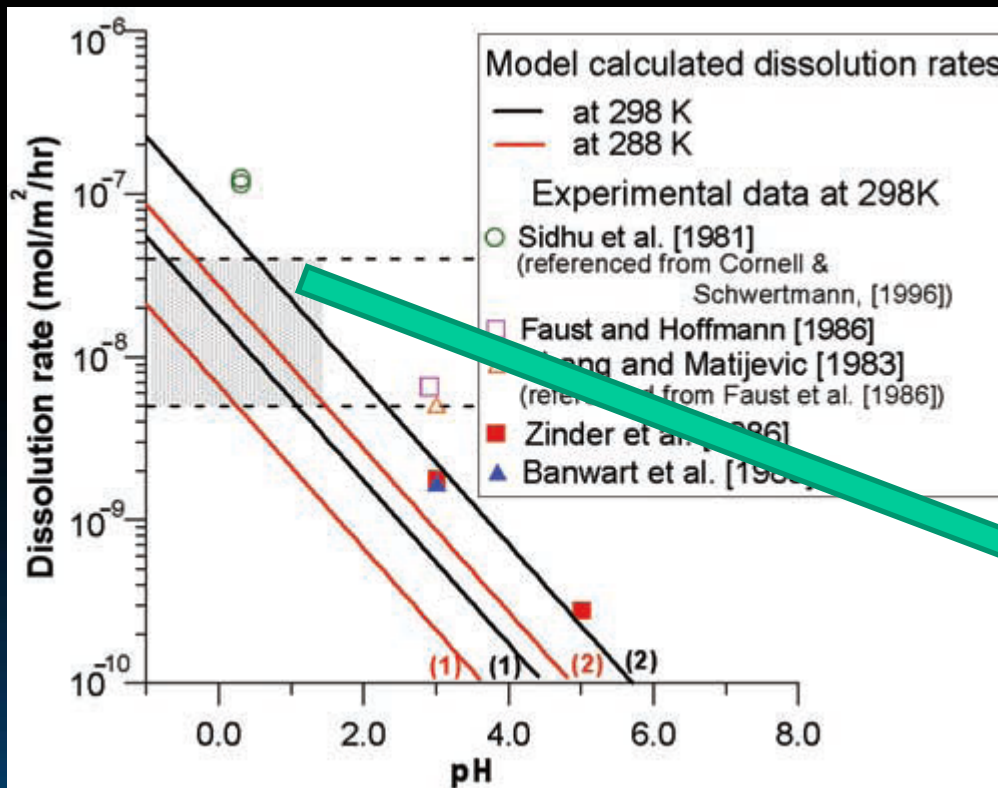
SOUSEI
KAKUSHIN



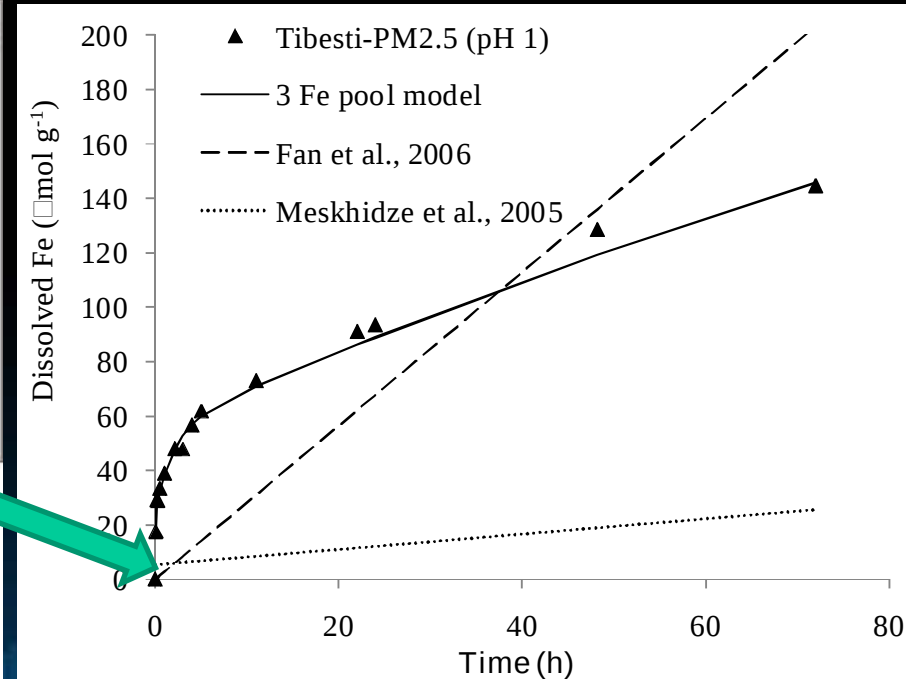
仮説：地質学的な違いによる鉄溶出速度の違い

数値モデルで用いられる鉄溶出速度

室内実験で測定された鉄溶出速度



(Meskhidze et al., 2003)



(Shi et al. 2011)



SOUSEI
KAKUSHIN

地質学的な違いを考慮に入れた数値モデルの開発

ヘマタイト



→ 不溶性鉄：22%

ノントライト(スメクタイト)

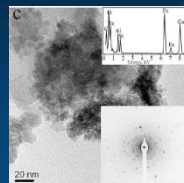
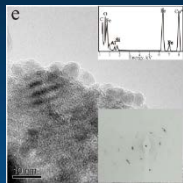


イライト



→ 難溶性鉄：77%

コロイド状オキシ水酸化鉄, 酸化鉄ナノ粒子



→ 易溶性鉄：3%



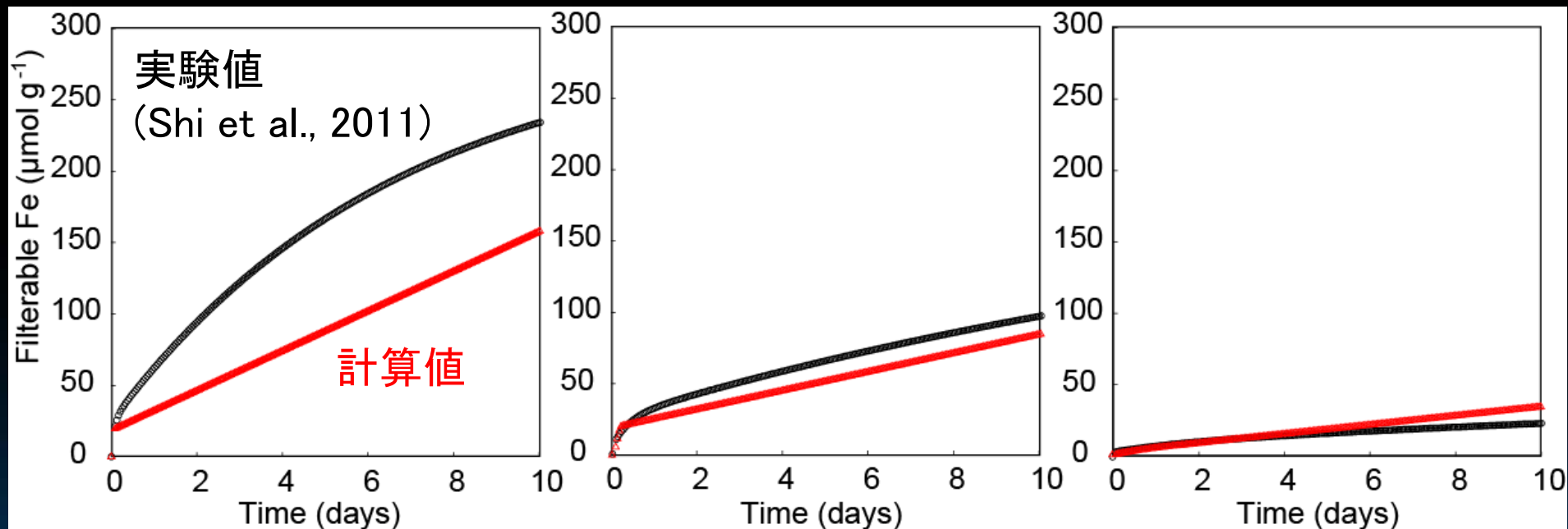
KAKUSHIN

鉍物エアロゾルの鉄溶出過程

pH = 1

pH = 2

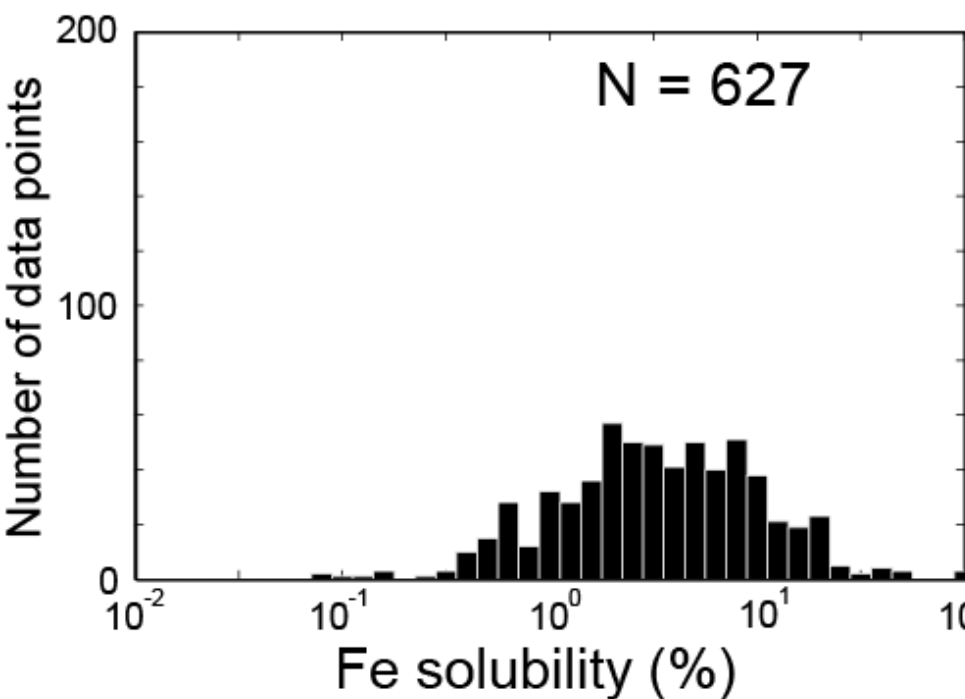
pH = 3



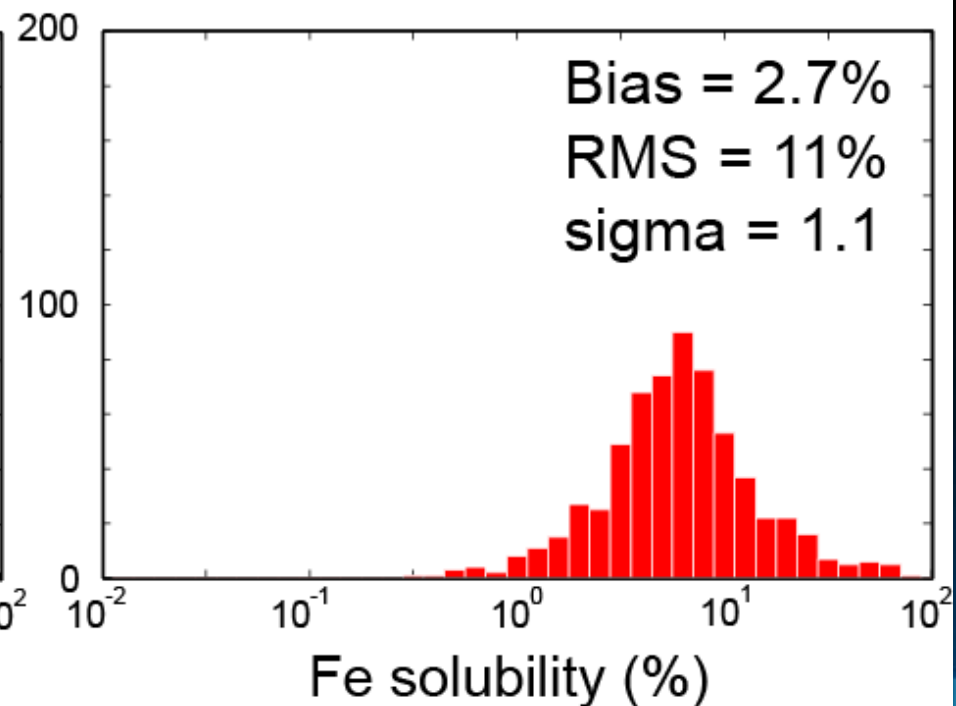
SOUSEI
KAKUSHIN

地質学的な違いを考慮に入れた数値モデルの結果

観測値



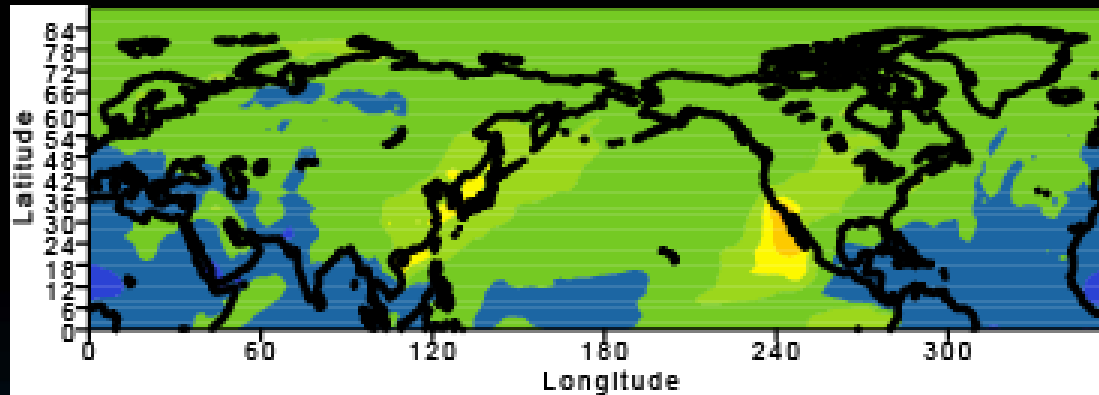
計算値



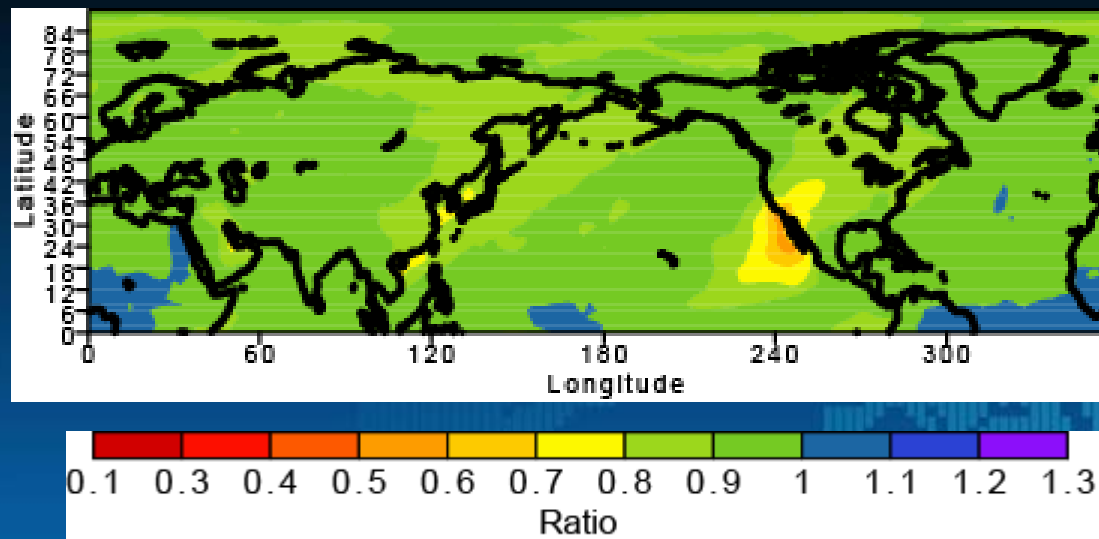
KAKUSHIN

鉱物起源の水溶性鉄供給量の将来予測

大気質改善に対する鉱物起源の水溶性鉄の沈着速度の変化



窒素酸化物排出量削減に対する鉱物起源の水溶性鉄の沈着速度の変化

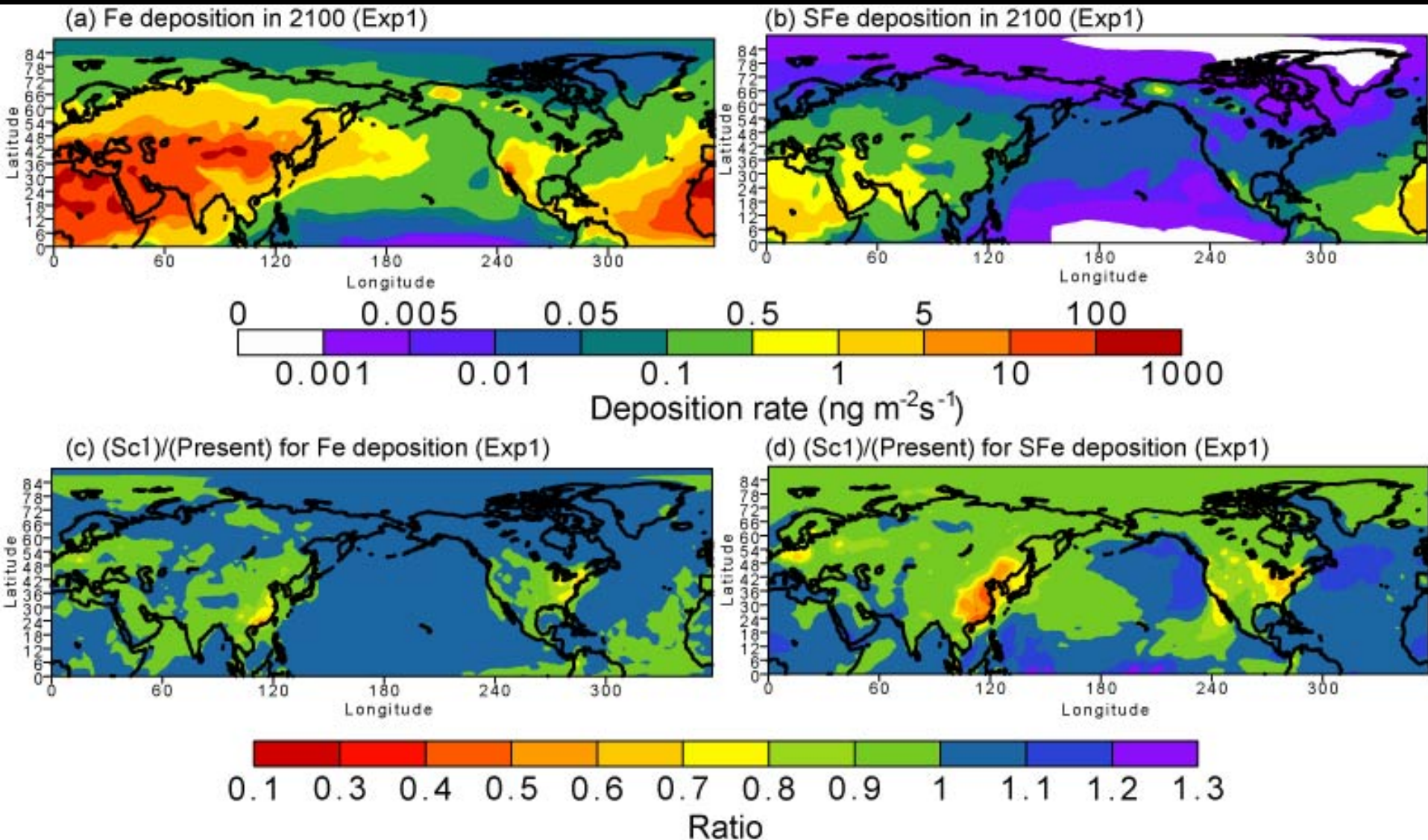


KAKUSHIN

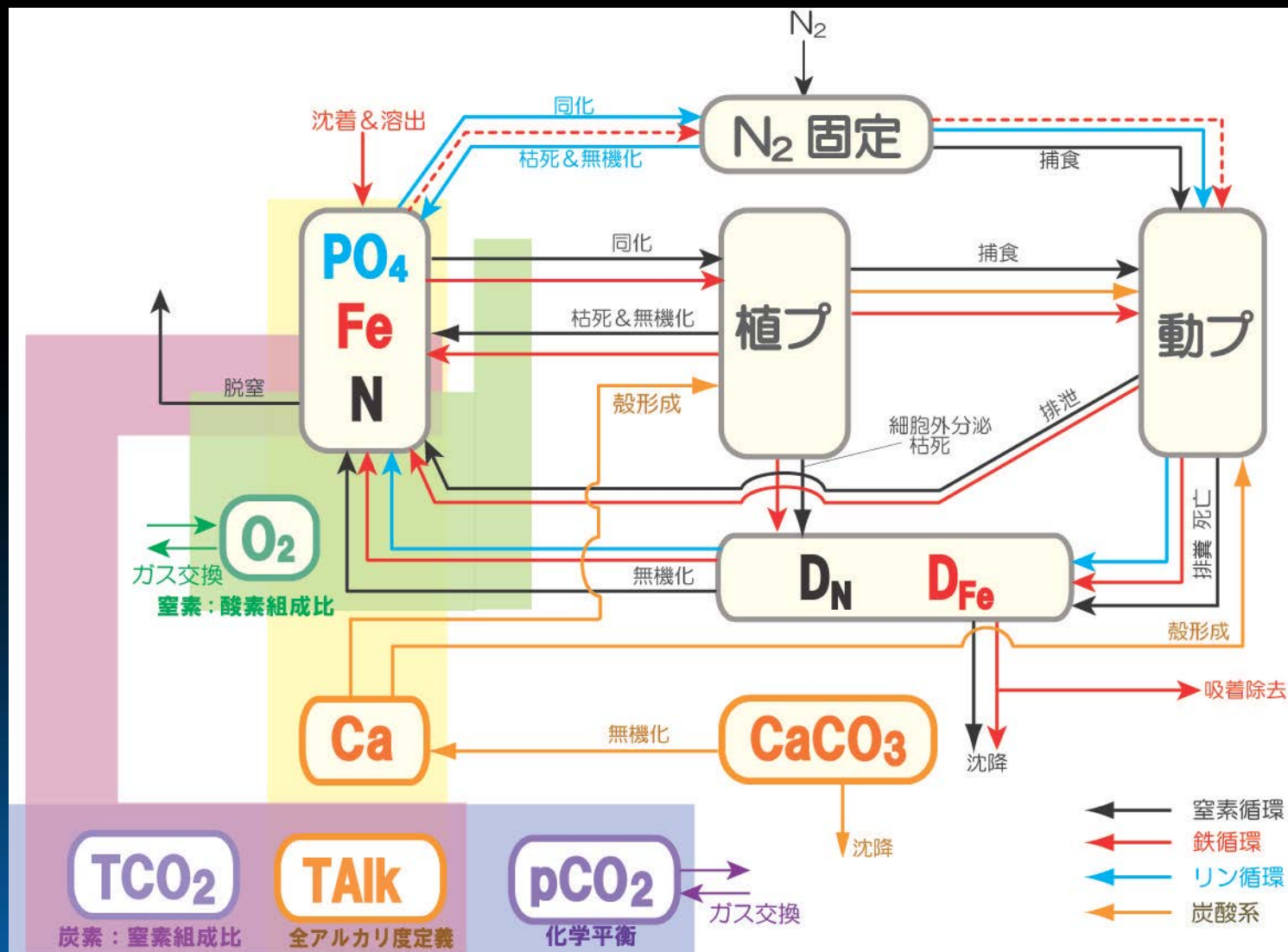
鉄および水溶性鉄供給量の将来予測

鉄の沈着速度

水溶性鉄の沈着速度



海洋生態系—物質循環モデル



SOUSEI
KAKUSHIN

まとめ

1. 砂漠の砂はそのままでは海水に溶けない。よって、生物が利用可能な形態ではない。
2. 砂漠起源ではなく、燃焼起源のミネラルが重要となる。
3. 海へと供給されるミネラルは、大気中の化学反応によって、生物が利用可能な形態へと変化する。
4. 今後、海洋鉄散布を海洋研究開発機構などで開発中の地球システムモデルを用いた数値シミュレーションにより、ジオエンジニアリングの効果の評価と、環境への様々な影響について検証を行う。



KAKUSHIN