

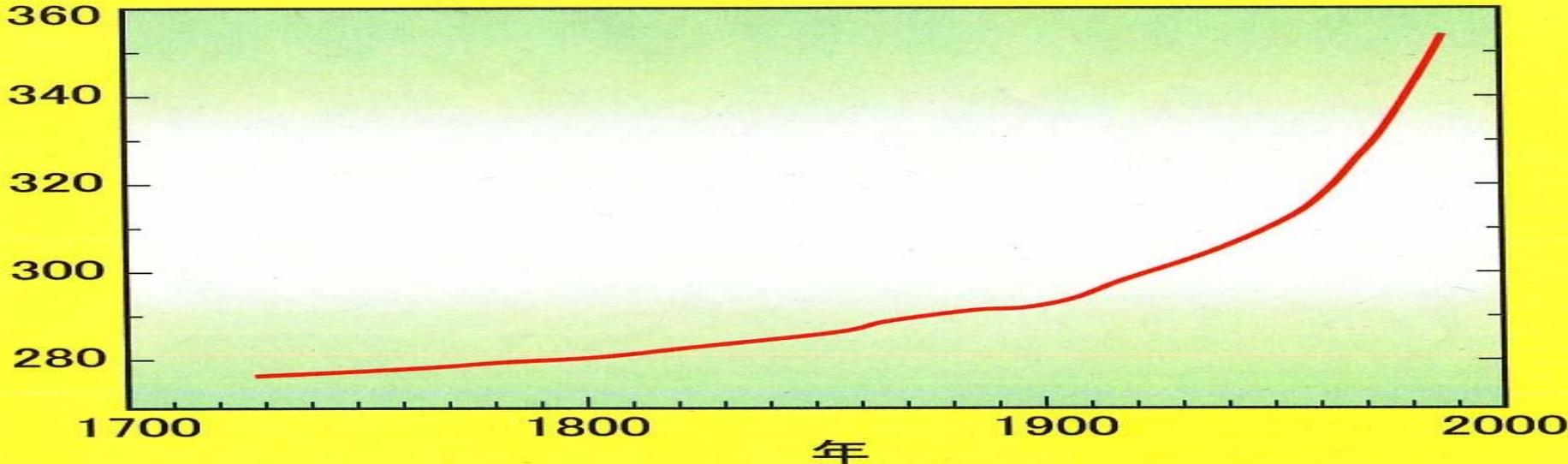
地球環境科学総論

- ・ 10午前：池田：概論
(地球環境の概観と課題提起、社会影響、国際関係)
- ・ 10午後：山中：地球温暖化
(実態としくみ、生態系への影響、京都議定書)
- ・ 11午前：長谷部：オゾン層破壊
(大気の様子、成層圏オゾン減少、広域大気汚染)
- ・ 11午後：東：オゾン層破壊の生態系影響
高田：地球温暖化の生態系影響
- ・ 14午前：田中：環境修復(汚染物質の影響)
- ・ 14午後：笹：水循環(森林保全)

地球環境科学の意義

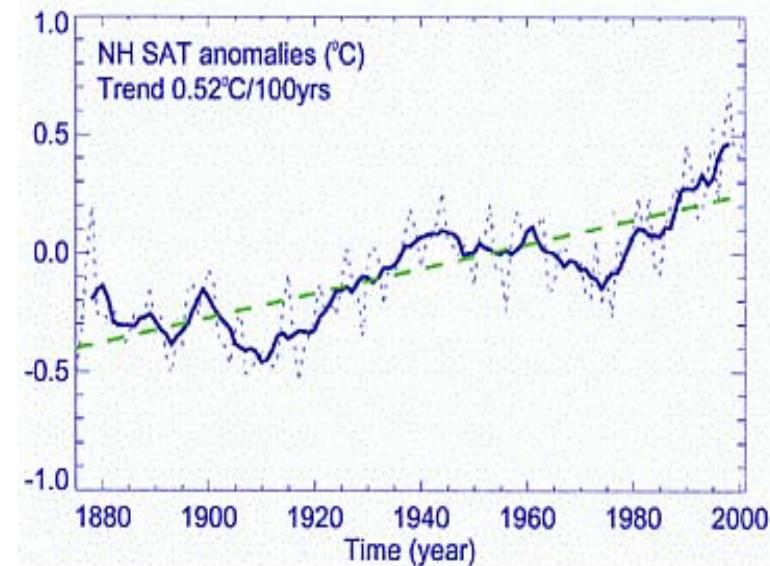
- ・ 地球環境は破壊されつつある
- ・ 二酸化炭素→地球温暖化→海面上昇、熱帯性風土病、異常気象、降水量変化
- ・ CO₂は70年で倍増
- ・ CO₂排出を減らすためにはどうするか？
- ・ 種々の疑問と反対意見
- ・ 多くの人を説得：温暖化の重大性と緊急性
- ・ 科学性に裏打ちされた説明

炭酸ガス濃度 (100万分の1)



地球温暖化の進行

二酸化炭素は産業革命以来
段々と増加し、21世紀末に
現在の2倍になるであろう。
気温は自然変動しながら、上昇
しつつある。

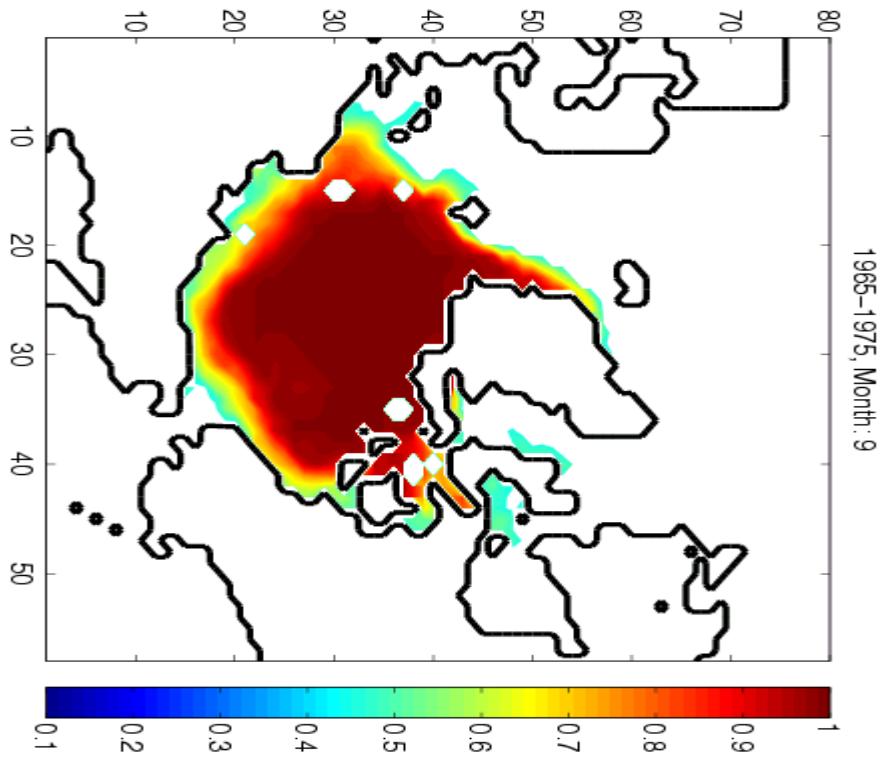


全地球平均気温

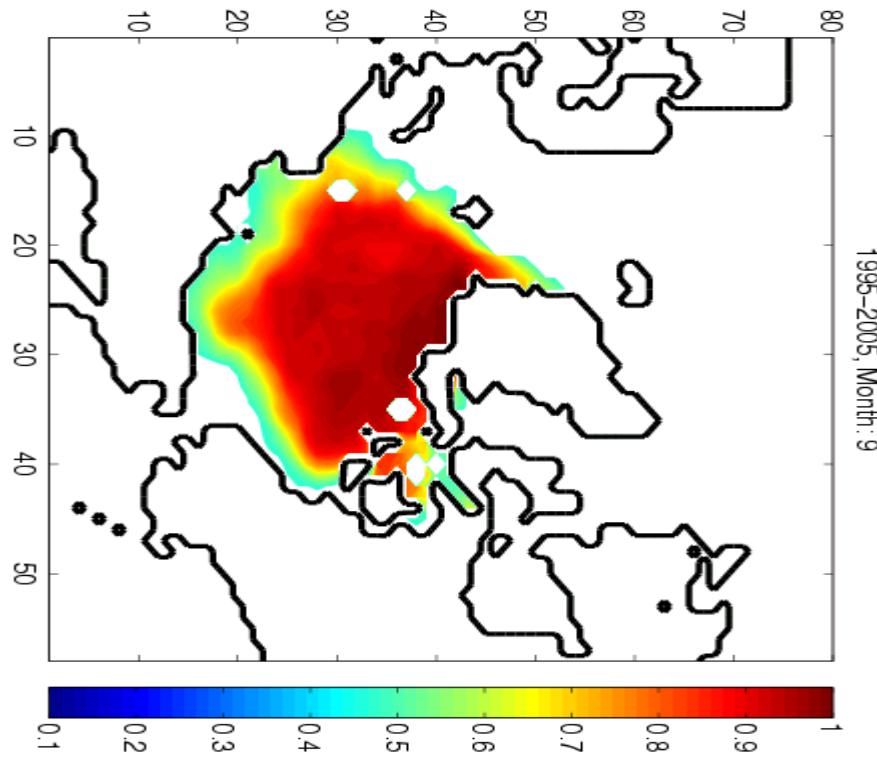
観測された北極海の海水変化

Ice reduction is significant in last 30 years.

1965-75, Sep



1995-2005, Sep



クイズ

温暖化が進むと海面が上昇します。それは

- (あ) 海水が熱で膨張する
- (い) 北極海の氷が解ける
- (う) 南極大陸の氷が解ける

ためです。

正解 (あ)

地球温暖化をめぐる議論

- ・本当に温暖化しているのか？
- ・温暖化は二酸化炭素のためか？
- ・これからどのくらい温暖化するの？
- ・CO₂排出をどれだけ減らせばいいの？
- ・CO₂排出を減らしても経済は大丈夫？
- ・「恐竜時代のようなCO₂濃度になるから大変」だけで充分な説得力があるだろうか。

温暖化は二酸化炭素のため？

- ・ 植田敦氏の主張
- ・ 「CO₂の増減が気温の昇降を決めるのではなく、気温昇降によってCO₂が増減する」
- ・ しくみ(物理化学生物の法則)を調べる

CO₂変化のみによる気温変化は小→水蒸気

- ・ 事実(時系列データ)を調べる

原因が先、結果が後に起きる

CO₂が原因: CO₂濃度と気温変化を比較

気温が原因: 気温とCO₂変化を比較

地球温暖化とは

温暖化の理解と将来予測

人間活動によって二酸化炭素が増える

二酸化炭素が増加すると熱をとじこめる

大気モデルを用いた将来予測(水蒸気、雲)

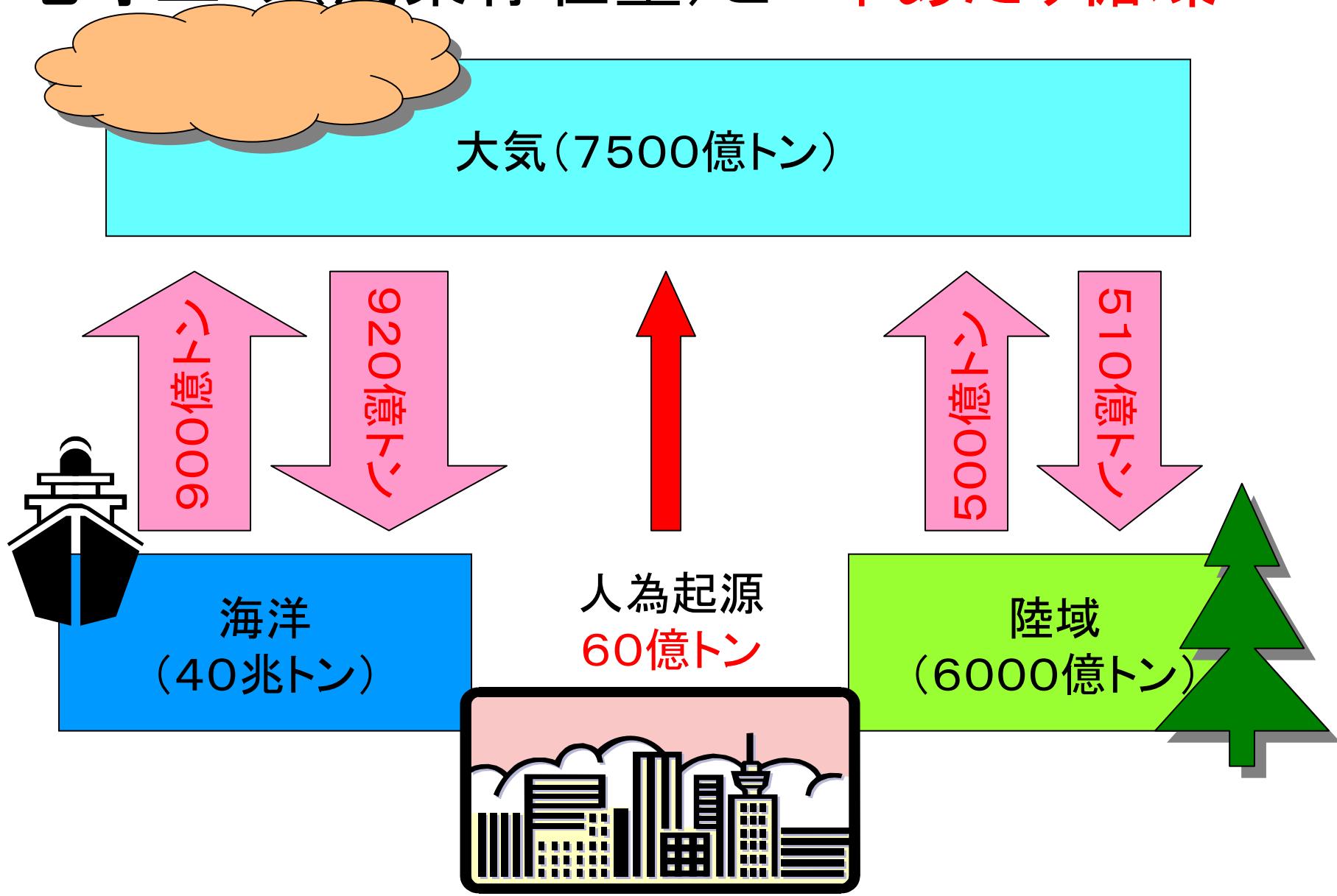
海洋と大気の結合モデル

海水温上昇、氷床融解

炭素循環

海と陸の炭素がめぐる:木が育ち、死に、腐る

二酸化炭素は地球をめぐる 地球上の(炭素存在量)と1年あたり循環



京都議定書

- ・先進国が率先して二酸化炭素の排出を減らす
(日本は1990年に比べて6%を2010年までに)
- ・世界で60億トン炭素／年 = 1トン／人年
(米加豪:6トン、日欧:3トン、中:1トン)
- ・森林吸収に排出削減の半分程度を頼る
- ・森林は炭素吸収能力は1200億トン(20年間分)
 - 森林吸収に頼るわけにはいかない
- ・1990年よりも排出が増えている
では、どうするのか

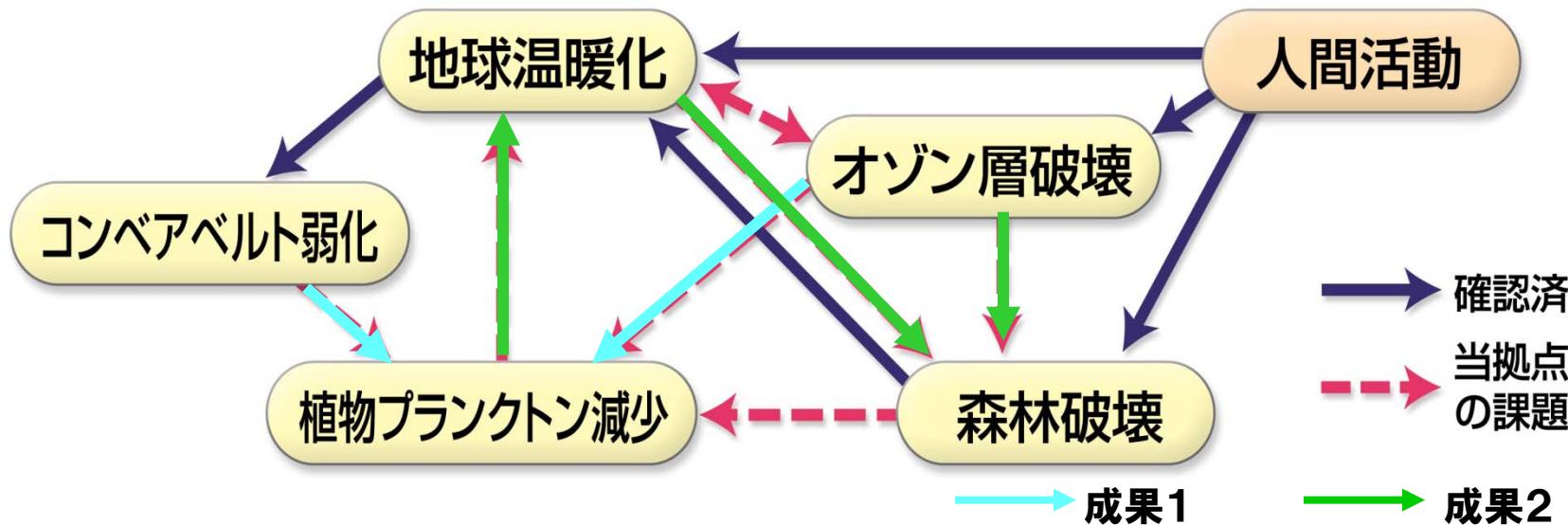
21世紀COE 生態地球圏システム劇変の予測と回避

北海道大学・地球環境科学研究院
低温科学研究所

生態地球圏システム劇変とは
人為起源の環境変化が**生態系**と**地球圏**の持つ
正のフィードバック(悪循環)を誘引して
環境の自律回復を不可能とするために起こる
100年スケールの劇的な変化
例えば、森林破壊と地球温暖化進行の相互促進

劇変のメカニズム

本拠点が開始時に提起し、解明・定量化に貢献

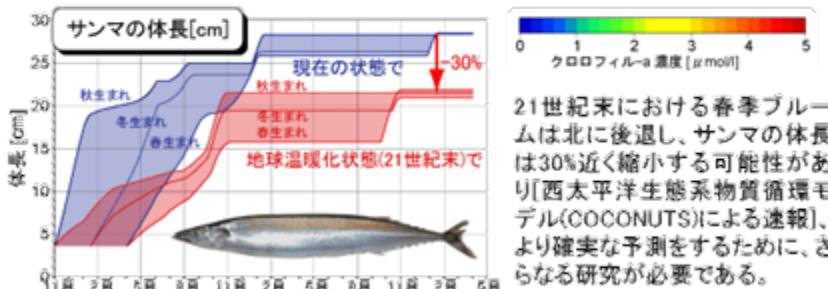
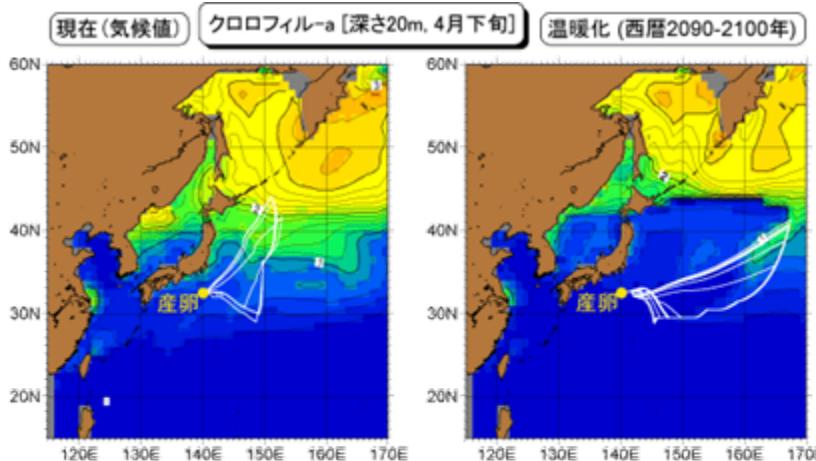


地球温暖化

二酸化炭素倍増 (温暖化進行)で植物 プランクトン減少

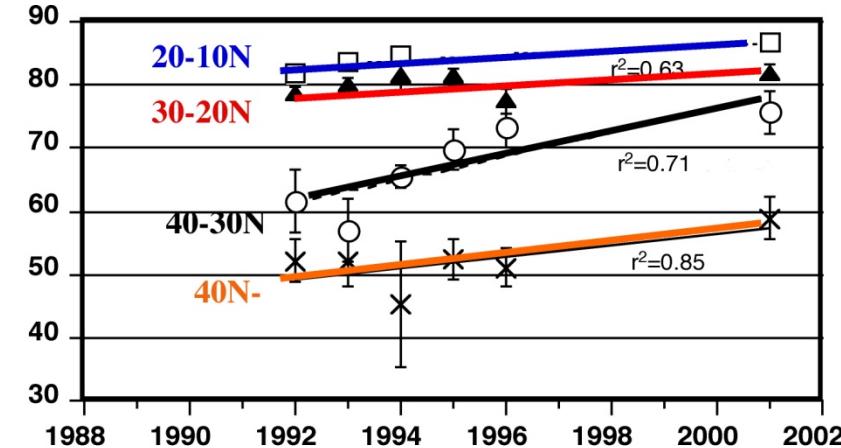
Yamanaka et al. (2004)

北西太平洋の生態系・生物化学・物理モデル
地球温暖化の進行によって生物生産が低下



21世紀末における春季ブルームは北に後退し、サンマの体長は30%近く縮小する可能性があり[西太平洋生態系物質循環モデル(COCOONUTS)による速報]、より確実な予測をするために、さらなる研究が必要である。

Proportional of $3 \mu\text{m} > \text{chl-a inventory}$
to total (%)



温暖化によって海洋生態系が変化
北太平洋では円石藻が増え、炭酸アルカリ度が減少し、二酸化炭素が大気へ放出

温暖化が
プランクトン種を変え
二酸化炭素を放出
雲を作る？

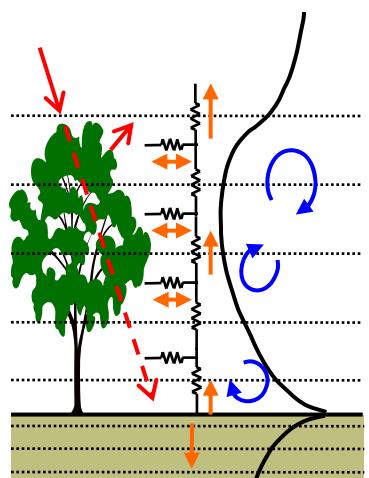
生態系と環境の相互作用

大気・陸域生態 結合モデルにより 炭素固定量を予測

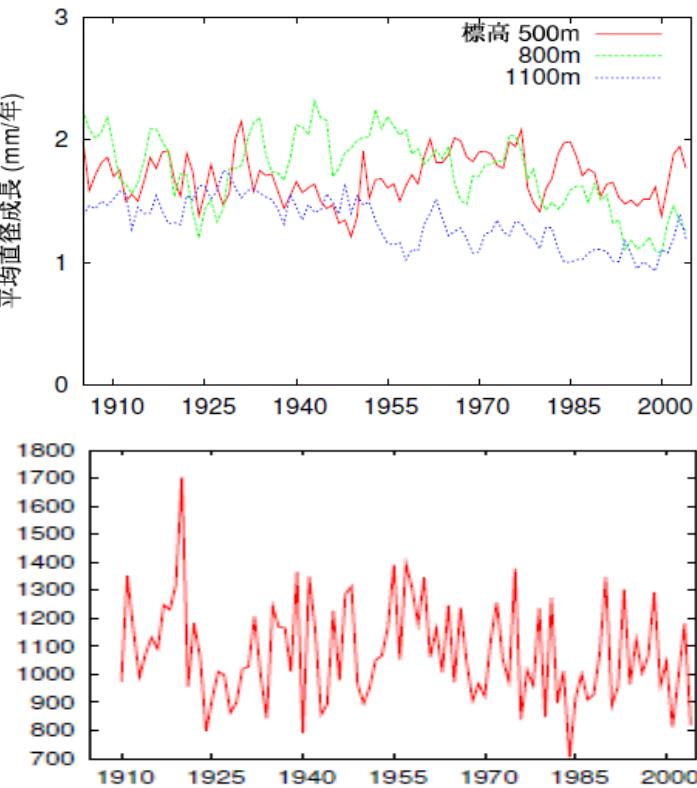
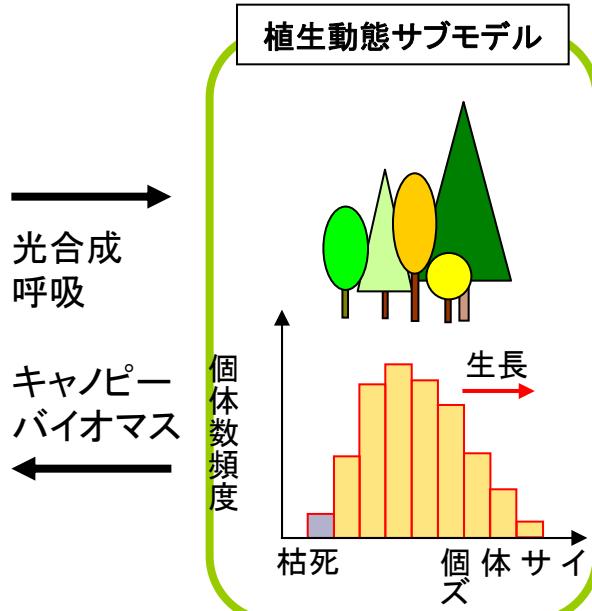
Watanabe et al. (2004)

大気境界層+植生モデル
気候変動と陸域生態系の相互作用を解明・予測

群落微気候サブモデル



植生動態サブモデル



樹木生長量と降水量の相関
800m以上では降水量が減ると生長が鈍化

気温上昇は
植物成長を促進
降水量減と凍土融解
で衰退

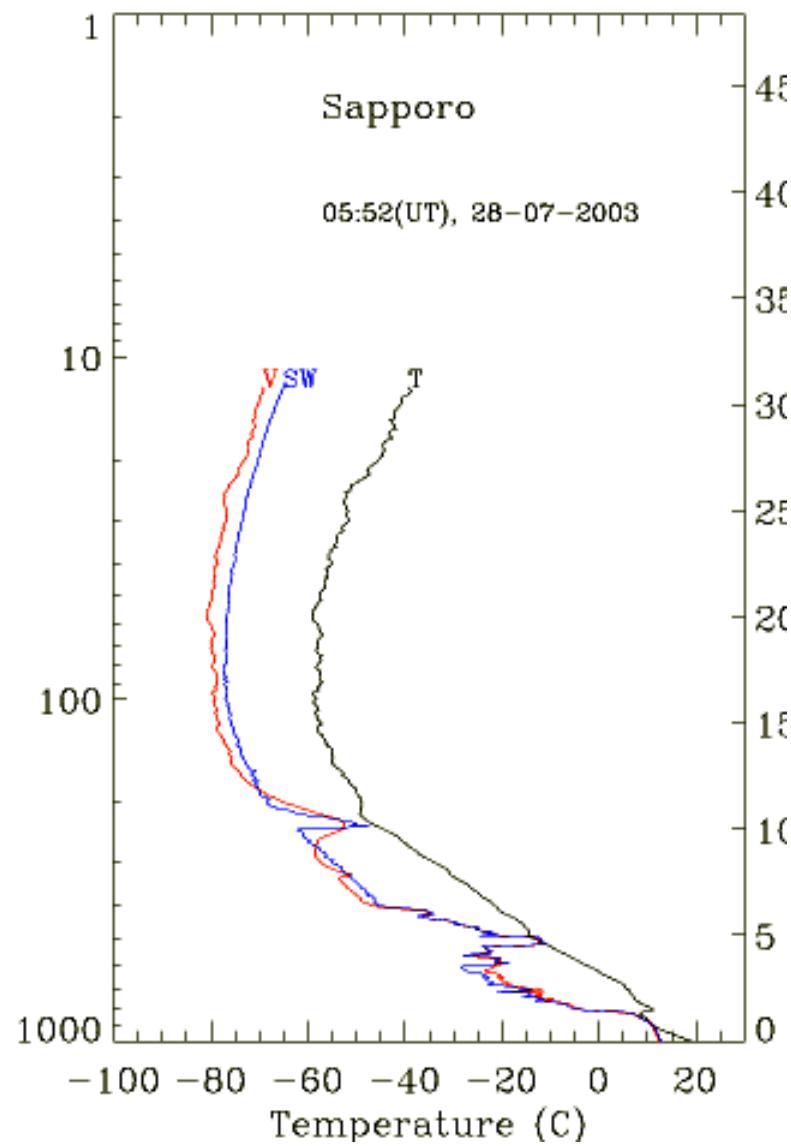
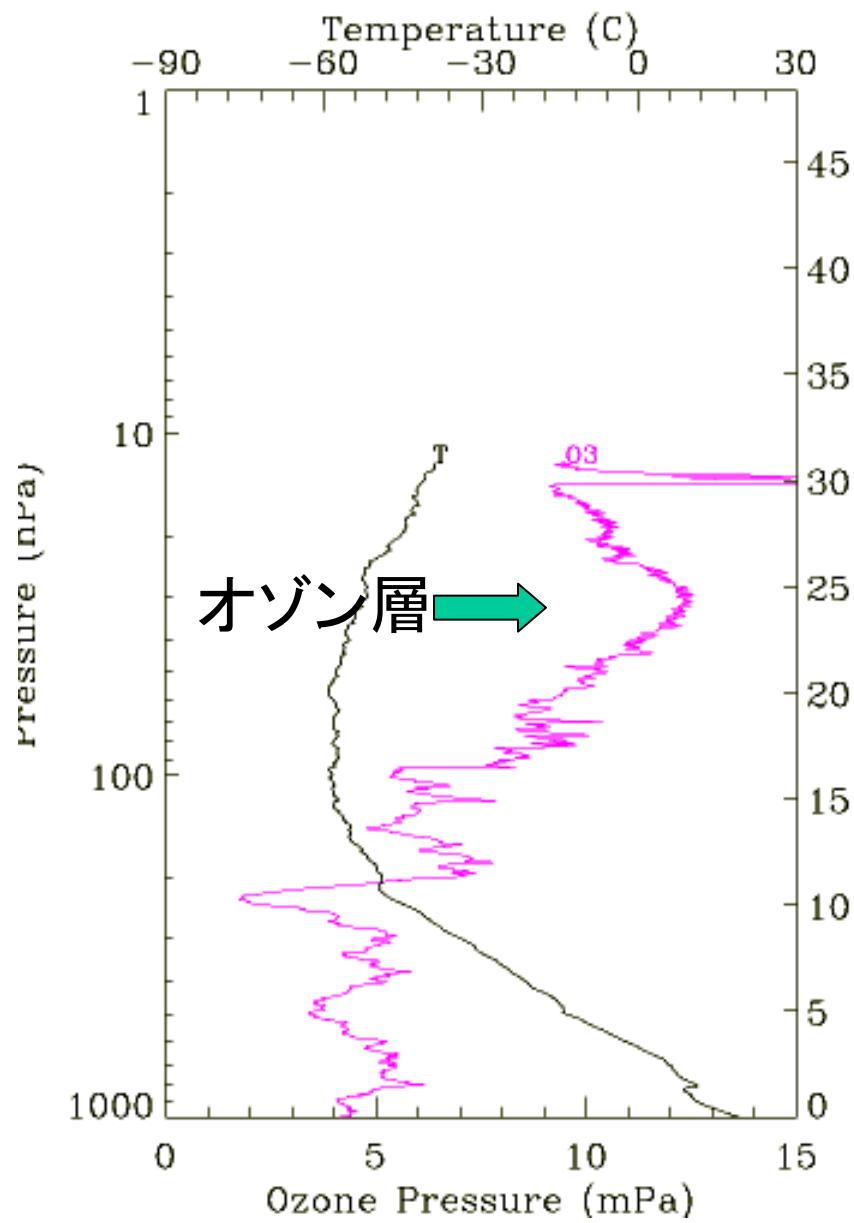
成層圏オゾン層破壊

- ・ オゾン=酸素原子が3つ
- ・ フロンが大気中(30km上空)でオゾンを破壊
- ・ オゾンが減ると紫外線が増え皮膚がんが増加
- ・ 植物も悪い影響を受ける
- ・ 特に微生物(バクテリア)への影響が大きい
- ・ 紫外線は土壤細菌を減らし、メタンガスを放出
- ・ メタンは温暖化を進める
- ・ オゾン層破壊が温暖化も促進する





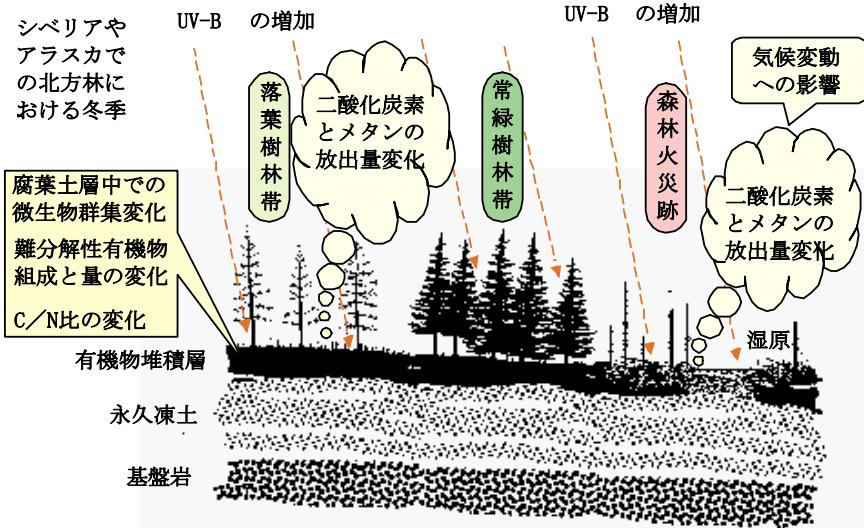
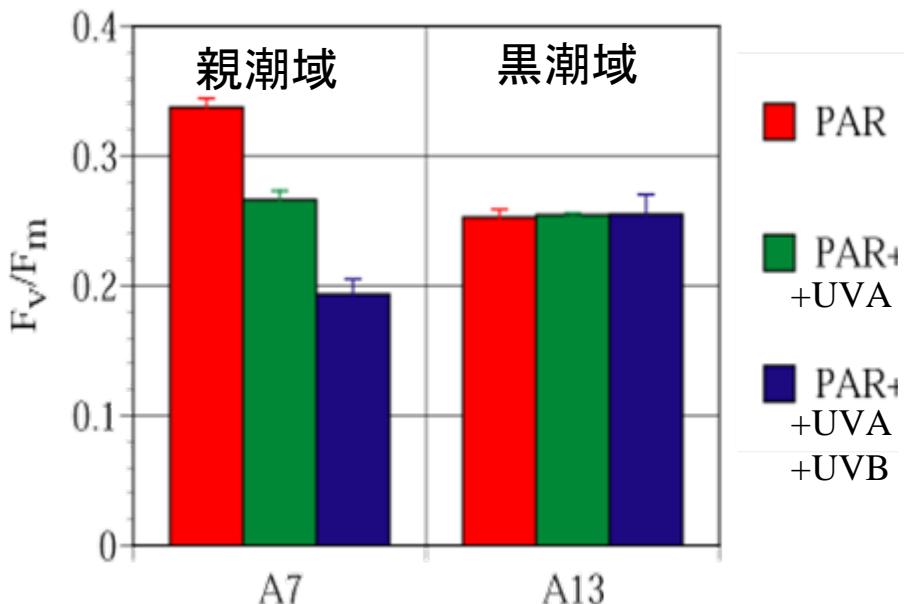
札幌上空のオゾン・ゾンデ観測



オゾン層破壊

親潮域プランクトンは
紫外線影響を受け
オゾン層破壊で減少

光合成効率の紫外線に対する感度
親潮域のプランクトンは紫外線に敏感



紫外線増加の土壤への影響
紫外線と温暖化によってメタンが大気へ放出

極域土壤への紫外線
によってメタン放出？

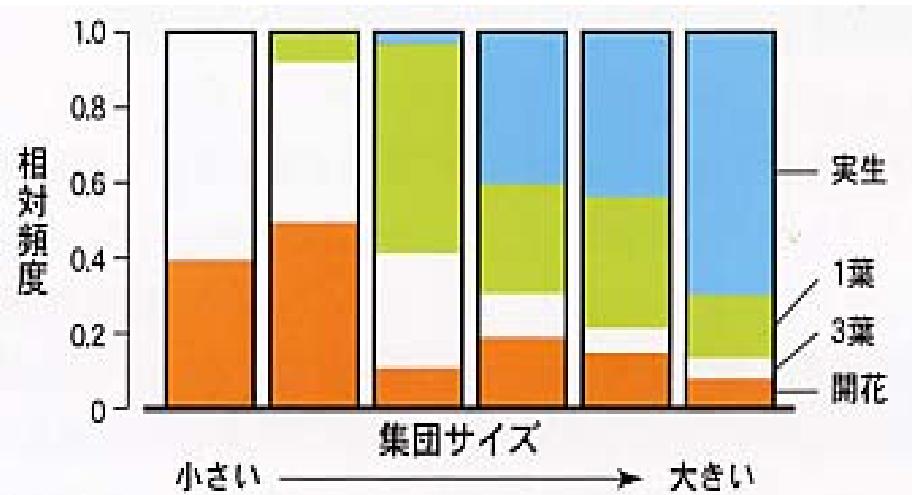
生態機能低下と生物多様性

- ・ 生物多様性の果たす役割
- ・ 種の多様性のみならず機能の多様性
- ・ 水圏生物多様性
 - 水質悪化の指標になる(水銀など)
- ・ 植生素過程モデル→物質循環の定量化
→大気・植生結合モデル構築と将来予測

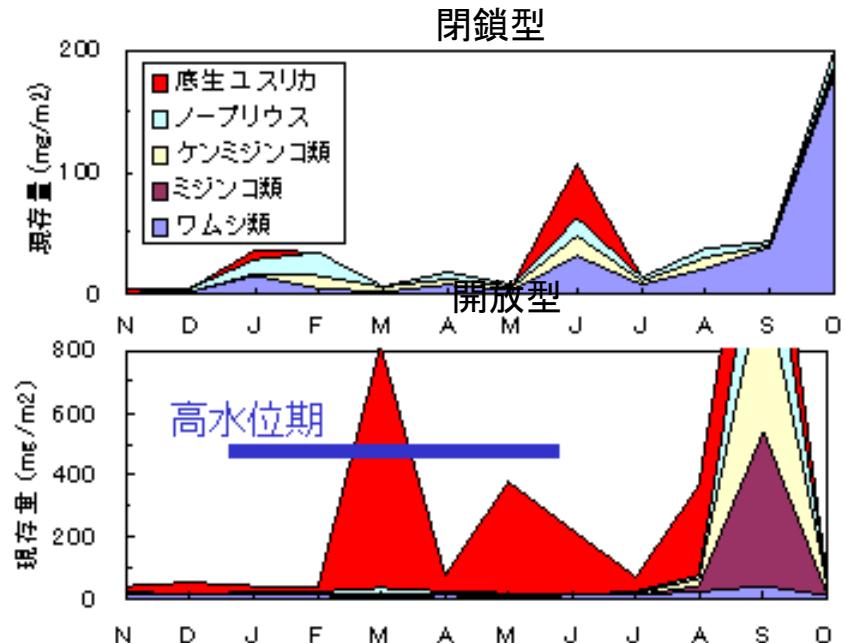
生物多様性の維持

生息域の分断は
生物多様性を
低下させる

オオバナノエンレイソウの生息域サイズ依存
生息域の分断は種の絶滅を招く



インドネシア拠点大学交流
開放型三日月湖は生物多様性が高い



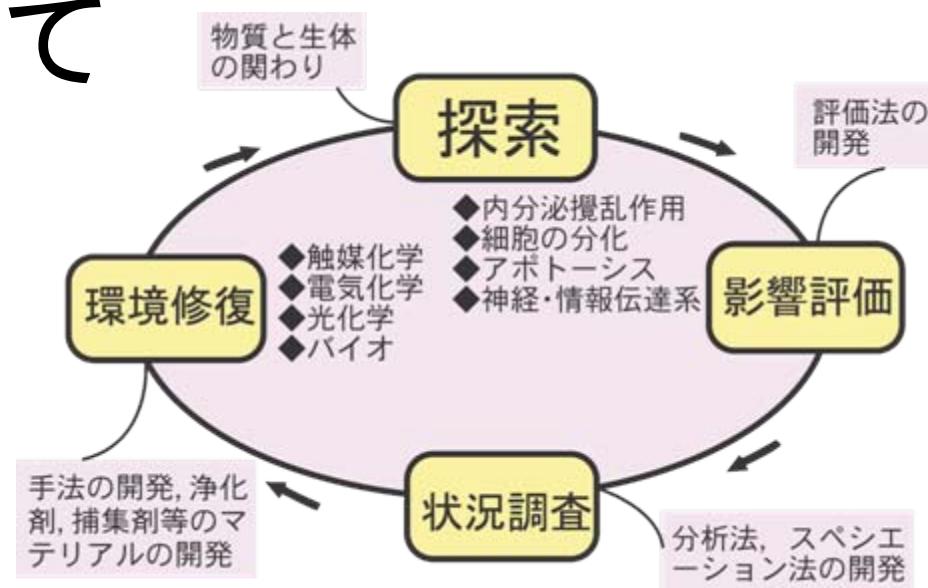
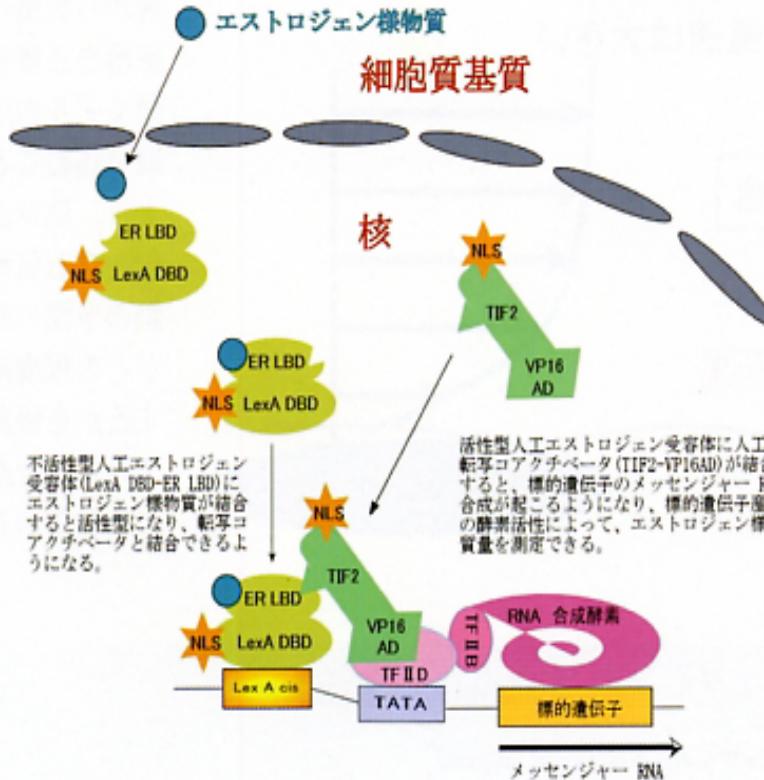
開放系では
環境が適度に変動し
多様性が保たれる

環境修復をめざして

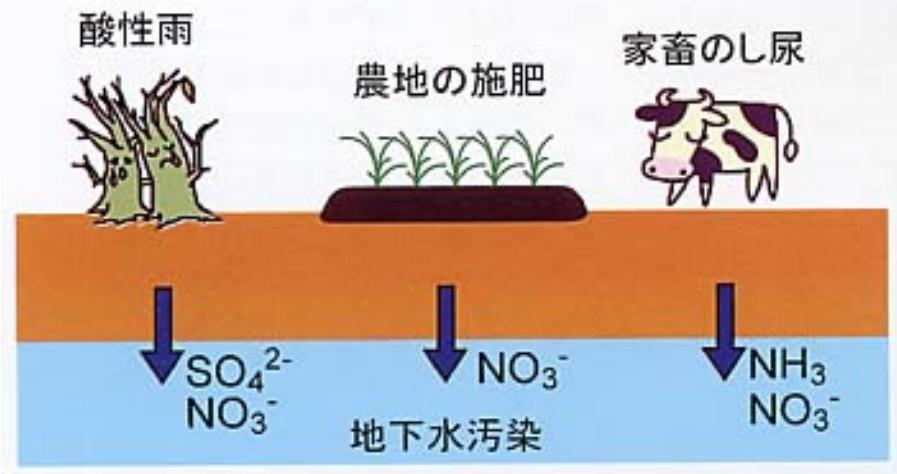
探索

微量有毒化学物質のスクリーニングに向けて

DNA組替えバイオセンサー



固体触媒による地下水浄化
硝酸化合物の除去を可能にする

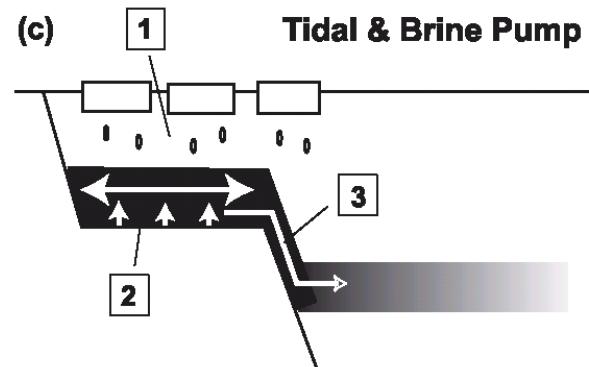
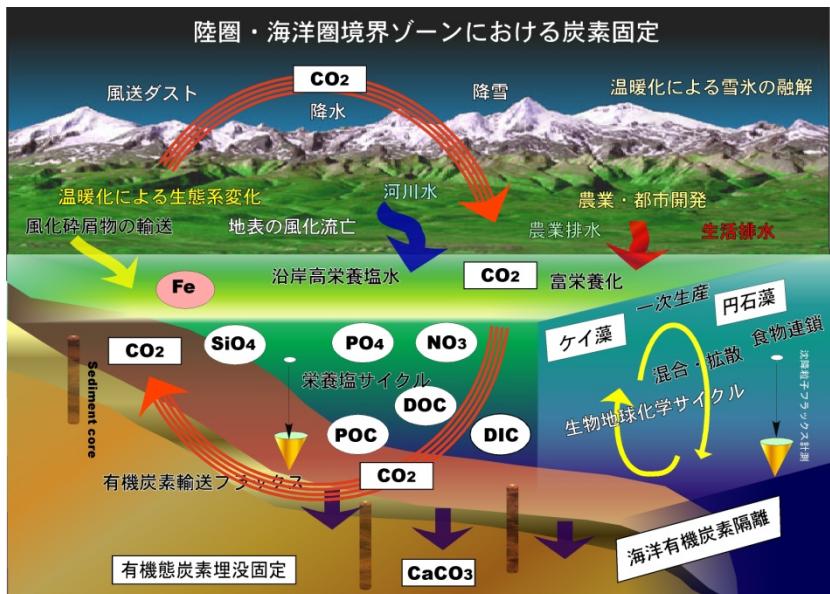


陸から海へ：陸圏物質の海洋影響

取組中
陸圏栄養素の
影響で生産性向上?
土地利用変化は?

Usui et al. (2005)

統合プロジェクト：温暖化と生態系、陸域から沿岸に
陸圏の自然・人為影響が海洋に現れる



オホーツク海大陸棚から外洋中層、北太平洋へ
海氷生成とともに高塩分水とともに流出

確認済
結氷に伴う冷却水
生成により有機炭素が
海洋中層に注入

Ohshima et al. (2002), Seki et al. (2003)

みなさんはどうする？

- ・ 温暖化を精確に予測できるまで待つ
- ・ 当面は森林吸収に頼って京都議定書を実行
- ・ 燃料電池などの技術開発を進める
- ・ 政策(炭素税など)により生活スタイルを変える
- ・ CO2を地中に貯蔵する
- ・ 海洋吸収の効果を明らかにし、実行する
- ・ その他

地球温暖化の精確な将来予測

- ・ 予測幅が大: 21世紀末に1.4～5.8度の温暖化
(気候モデル間の違いは2～4度)
- ・ 複合効果を予測できない
- ・ 降水量の増減は局所的、農作物に影響大
- ・ シナリオを設定して、将来予測
(経済成長、環境への意識、技術開発、国際関係など)
- ・ 政治、経済、社会システム、社会心理、人口動態の変化を予測できない

国際関係と地球環境

- ・現実に、途上国は先進国より深刻な地球環境変化の影響を受ける
- ・先進国(超大国)の利益第一でいいのか
 - 一国内の民主主義には限界
 - 人々の善意にも限界
- ・途上国の環境保全技術、炭素排出を削減する技術を援助
- ・グローバルとローカルは両立or対立？
- ・Think globally, act locallyで足りるか？

Think globallyの条件

- ・ 我国の途上国(地域)への依存を認識
自給率(穀物24%、エネルギー20%)
輸出総額 先進国へ:途上国へ=1:1
輸入総額 先進国から:途上国から1:2
東アジア工業地帯内の相互依存
- ・ 先進国の環境汚染責任を認識
二酸化炭素を排出してきた
- ・ 途上国に後発性の利益(技術発展)をもたらす
我国だけの効率向上は責任逃れ
- ・ **社会制度、法の整備と執行、人の意識が鍵**

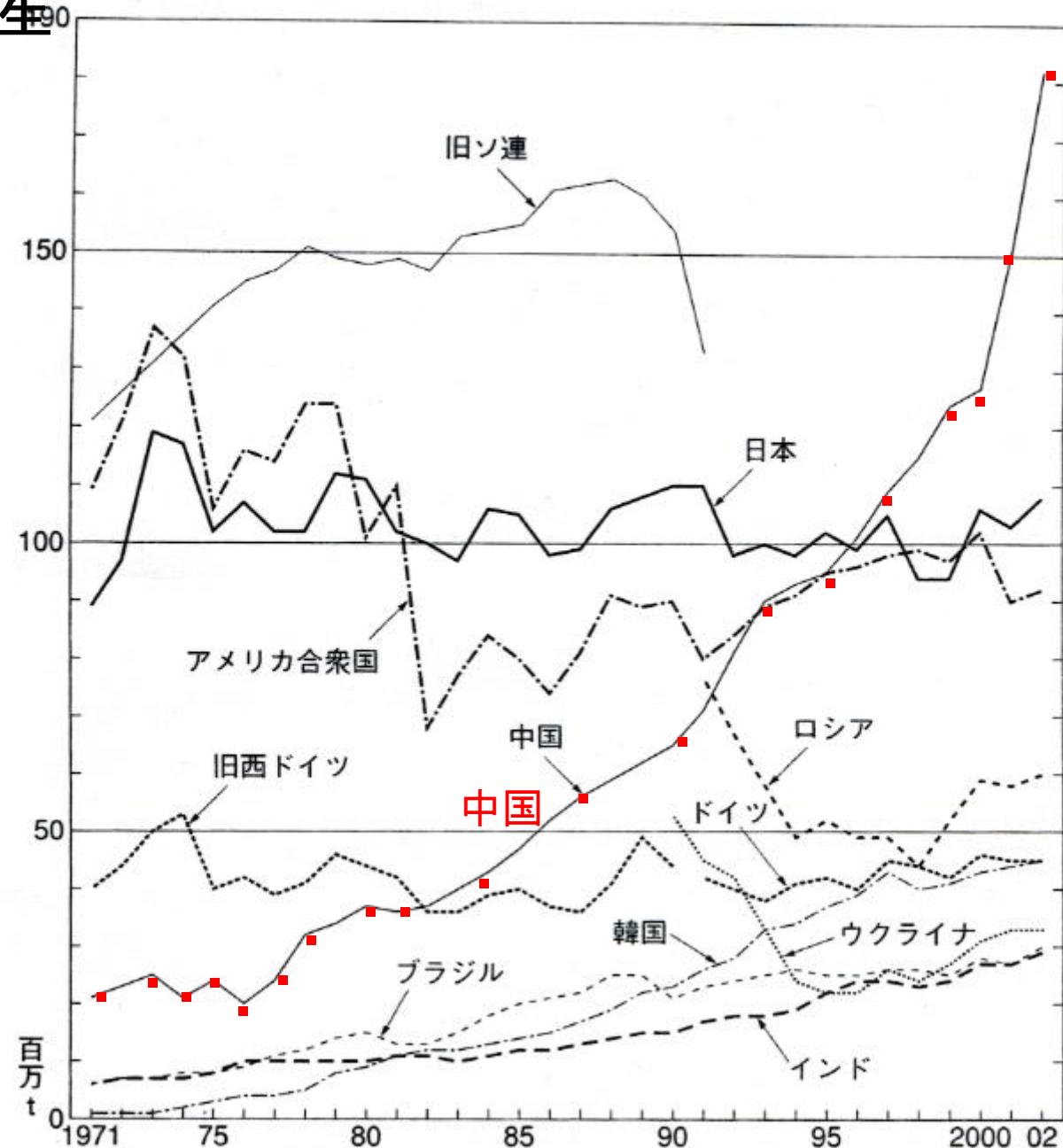
各國の粗鋼生産

図 7-3 主要国 の粗鋼生産と地域別の粗鋼生産割合

先進国から
発展途上国の
重工業地帯に
生産地が移動

重工業は二酸化
炭素を排出

先進国は
GDP／炭素を向上
しかし、実は
途上国に依存



Beyond Kyoto Protocol

- ・ 2010前後に達成することを目指した後
- ・ 20年後にどうなっているか
- ・ 降水が変わって、水資源の枯渇
- ・ 食糧問題＋肥料による富栄養化
- ・ 途上国が先進国の中間入り
- ・ エネルギー供給量の飛躍的増大
- ・ 人口増加(50年で2.4倍→50年後は?)
- ・ **最適化問題=持続可能なシステム**

時間内レポート#1

地球温暖化が進行するなら、温暖化の被害を少なくするために、あなたは次のどれを試みますか。それが役に立つしくみ、うまく働かない場合について書きなさい

- ・ 地球の大気や海洋のモデルを改良する
- ・ 森林を整備する
- ・ 燃料電池の開発を進める
- ・ 炭素税の導入に尽力する
- ・ 鉄を散布して海洋の植物プランクトンを増やす
- ・ 開発途上国に環境保全技術を導入する