

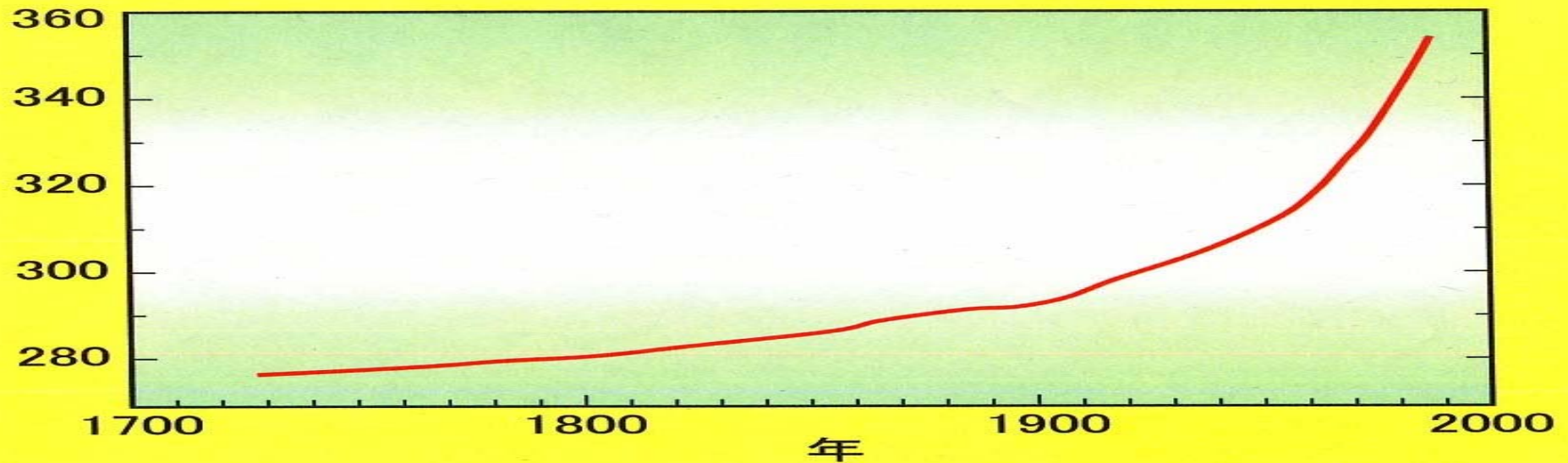
# 地球環境科学総論

- ・ 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

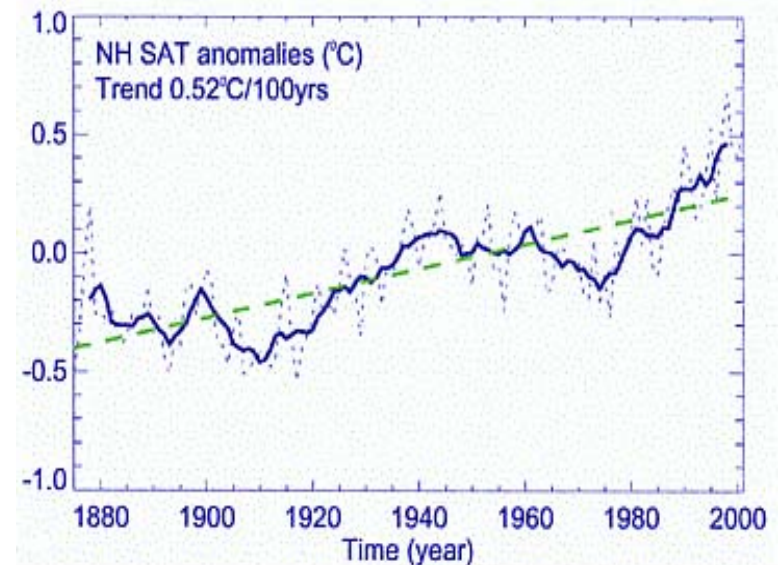
- ・ 地球環境は破壊されつつある
- ・ 二酸化炭素→地球温暖化→海面上昇、熱帯性風土病、異常気象、降水量変化
- ・ CO<sub>2</sub>は70年で倍増
- ・ CO<sub>2</sub>排出を減らすためにはどうするか？
- ・ 種々の疑問と反対意見
- ・ 多くの人を説得：温暖化の重大性と緊急性
- ・ 科学性に裏打ちされた説明

## 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。

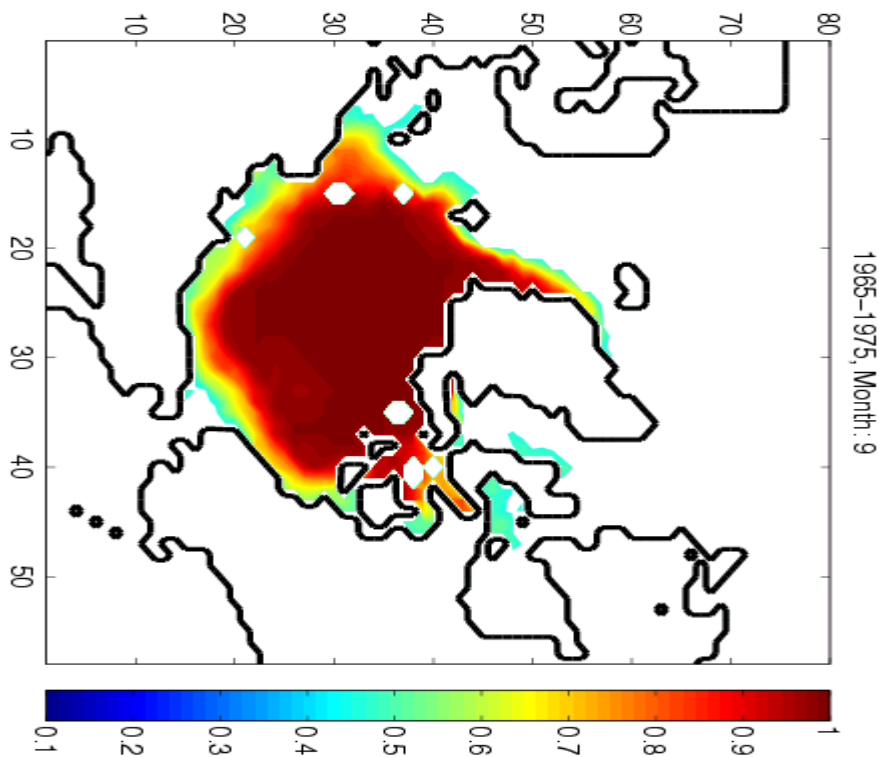


全地球平均気温

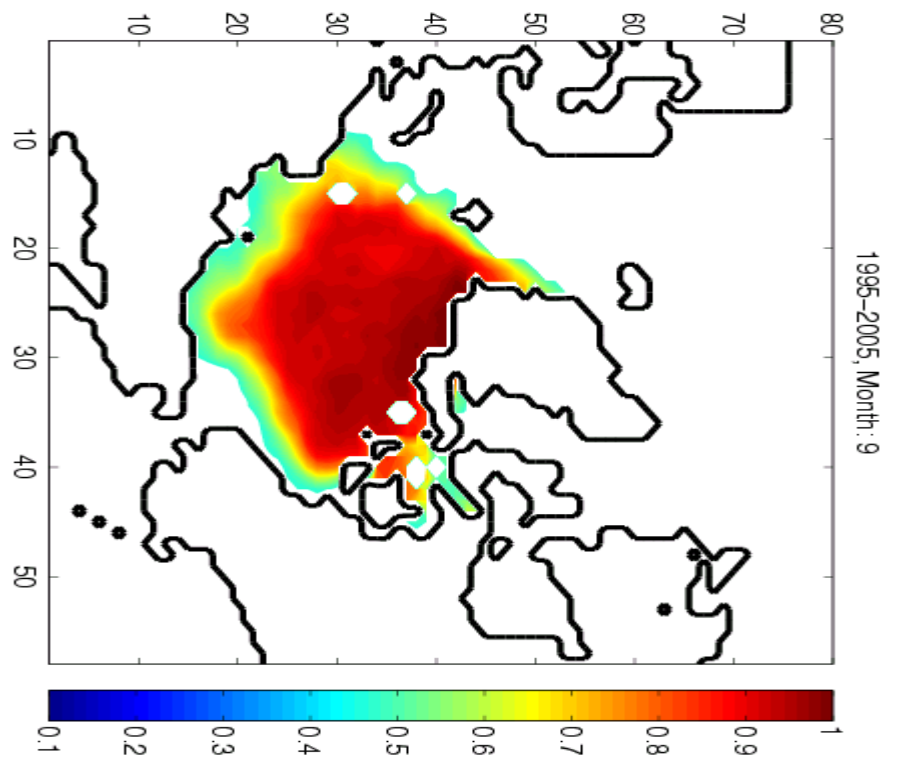
# 観測された北極海の海水変化

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？
  - ・ CO<sub>2</sub>排出をどれだけ減らせばいいの？
  - ・ CO<sub>2</sub>排出を減らしても経済は大丈夫？
- 
- ・ 「恐竜時代のようなCO<sub>2</sub>濃度になるから大変」だけで十分な説得力があるだろうか。

# 温暖化は二酸化炭素のため？

- ・ 槌田敦氏の主張
- ・ 「CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>が増減する」
- ・ しくみ(物理化学生物の法則)を調べる
  - CO<sub>2</sub>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
  - CO<sub>2</sub>が原因: CO<sub>2</sub>濃度と気温変化を比較
  - 気温が原因: 気温とCO<sub>2</sub>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

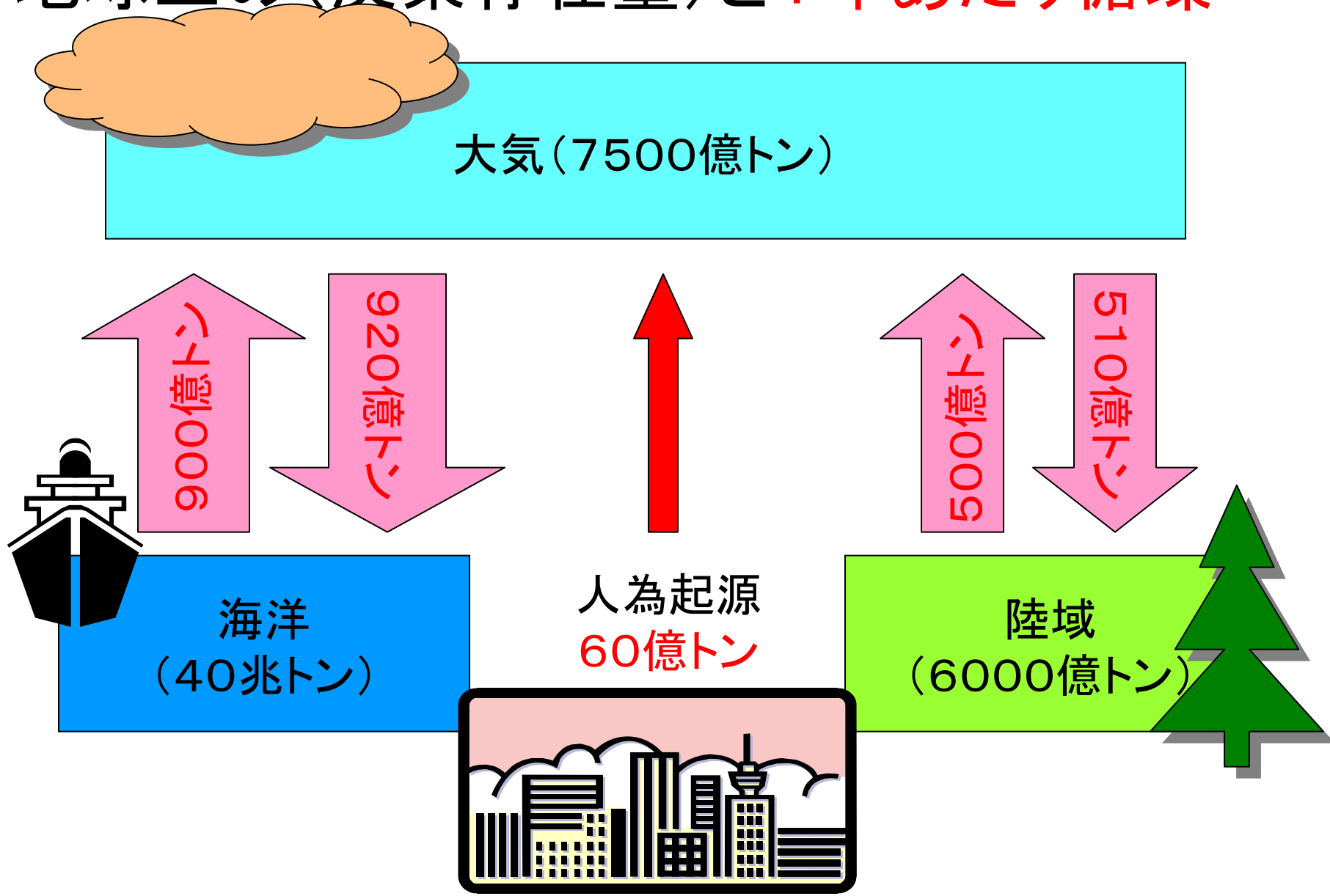
海水温上昇、氷床融解

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・地球環境科学研究所  
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

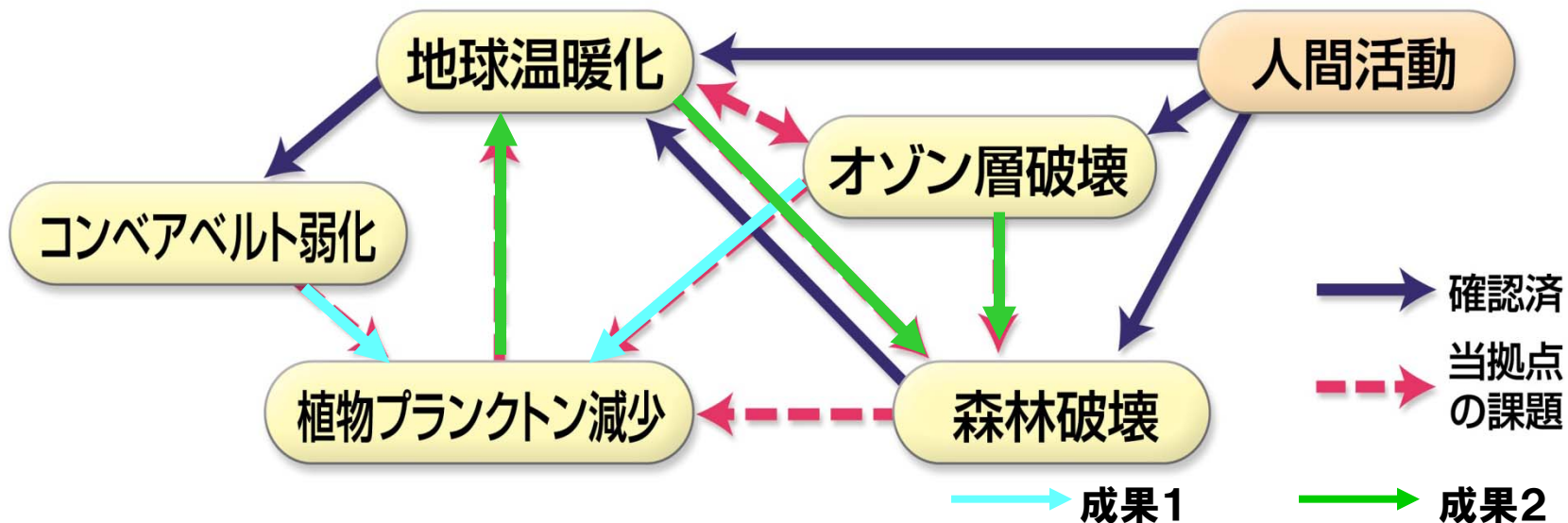
正のフィードバック(悪循環)を誘引して

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

## 本拠点が開始時に提起し、解明・定量化に貢献

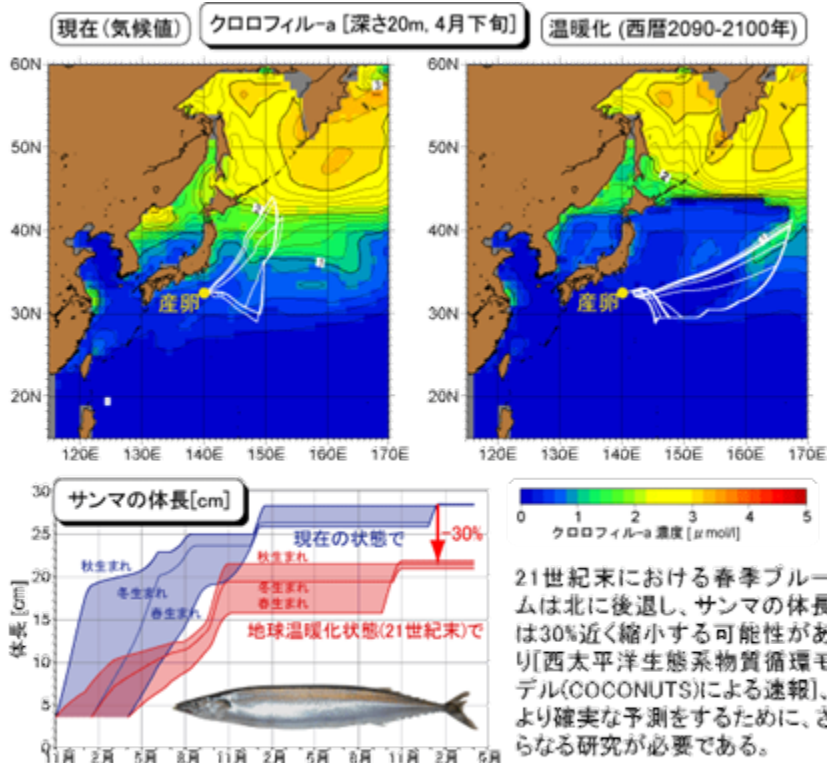


# 地球温暖化

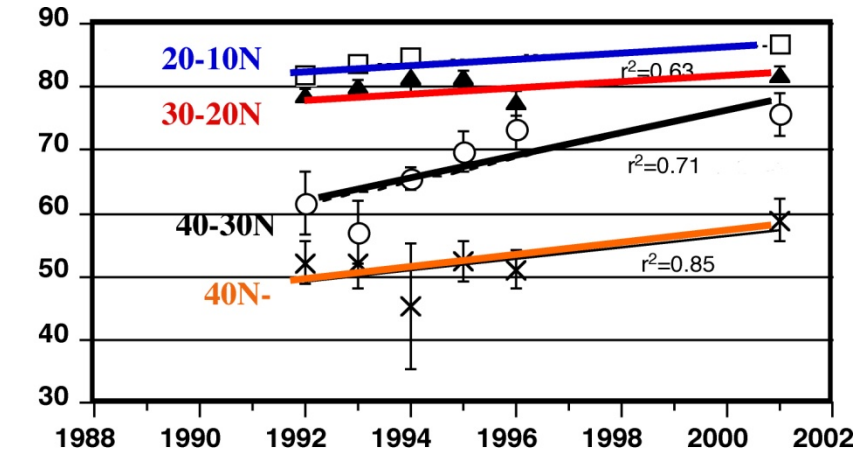
## 二酸化炭素倍増 (温暖化進行)で植物 プランクトン減少

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



Proportional of 3 μm > 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

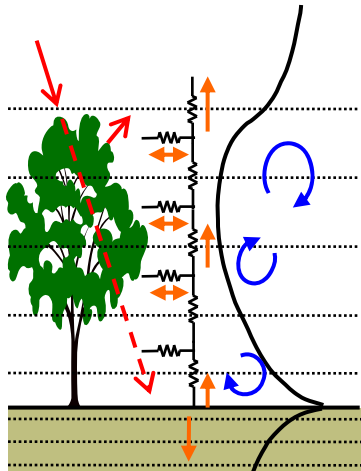
## 大気・陸域生態 結合モデルにより 炭素固定量を予測

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説明・予測

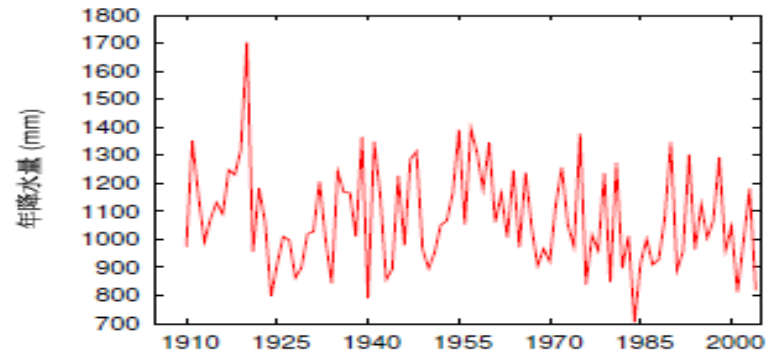
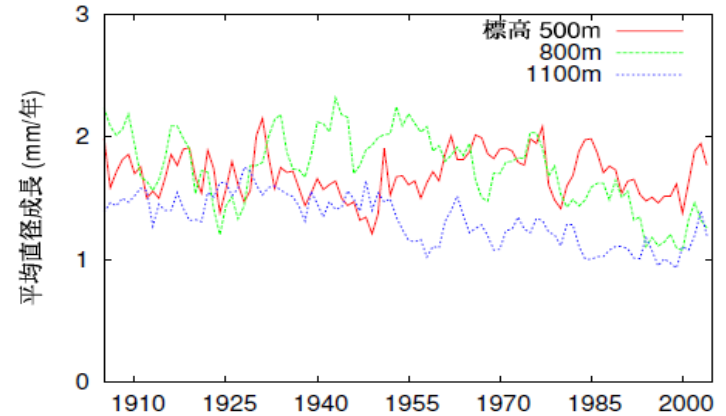
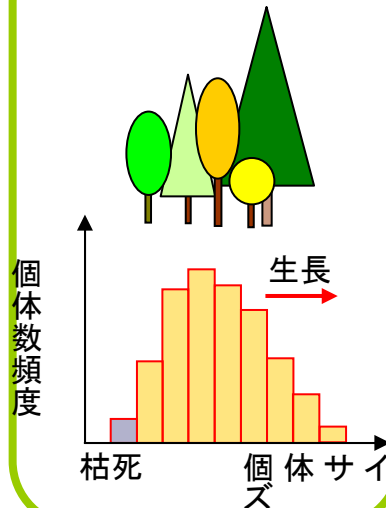
群落微気候サブモデル



光合成  
呼吸

キャノピー  
バイオマス

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
- ・ 紫外線は土壌細菌を減らし、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

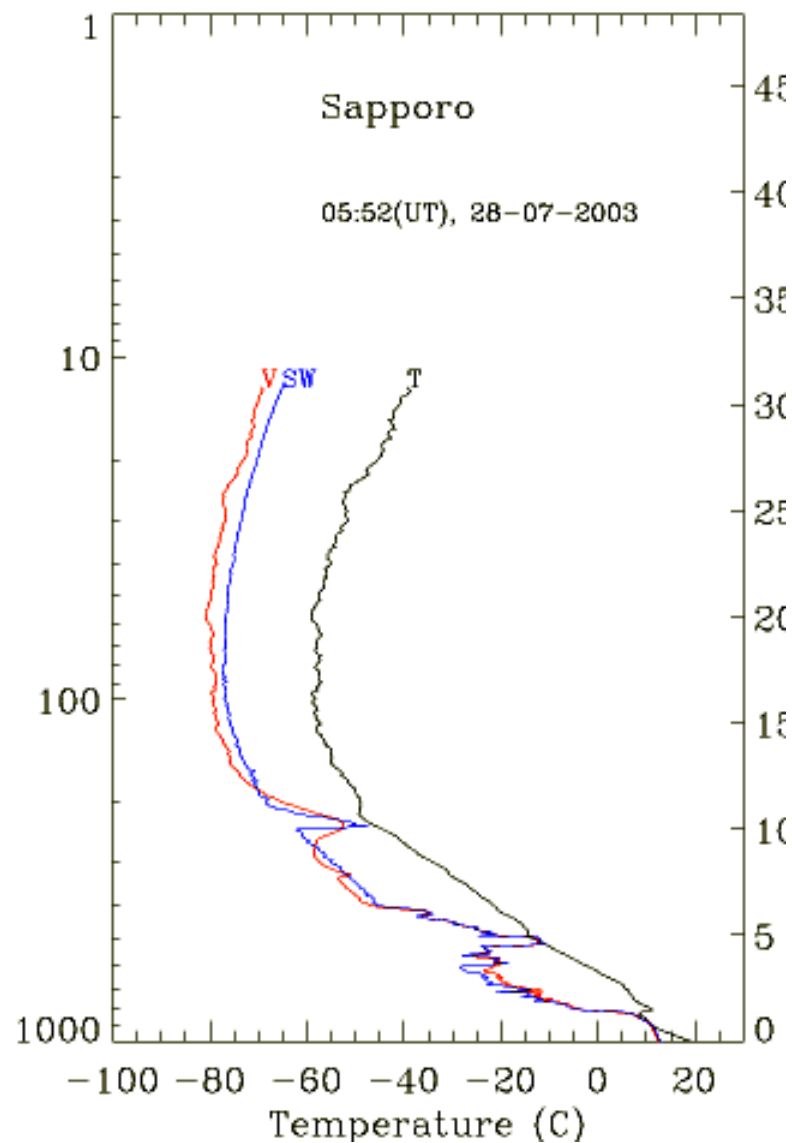
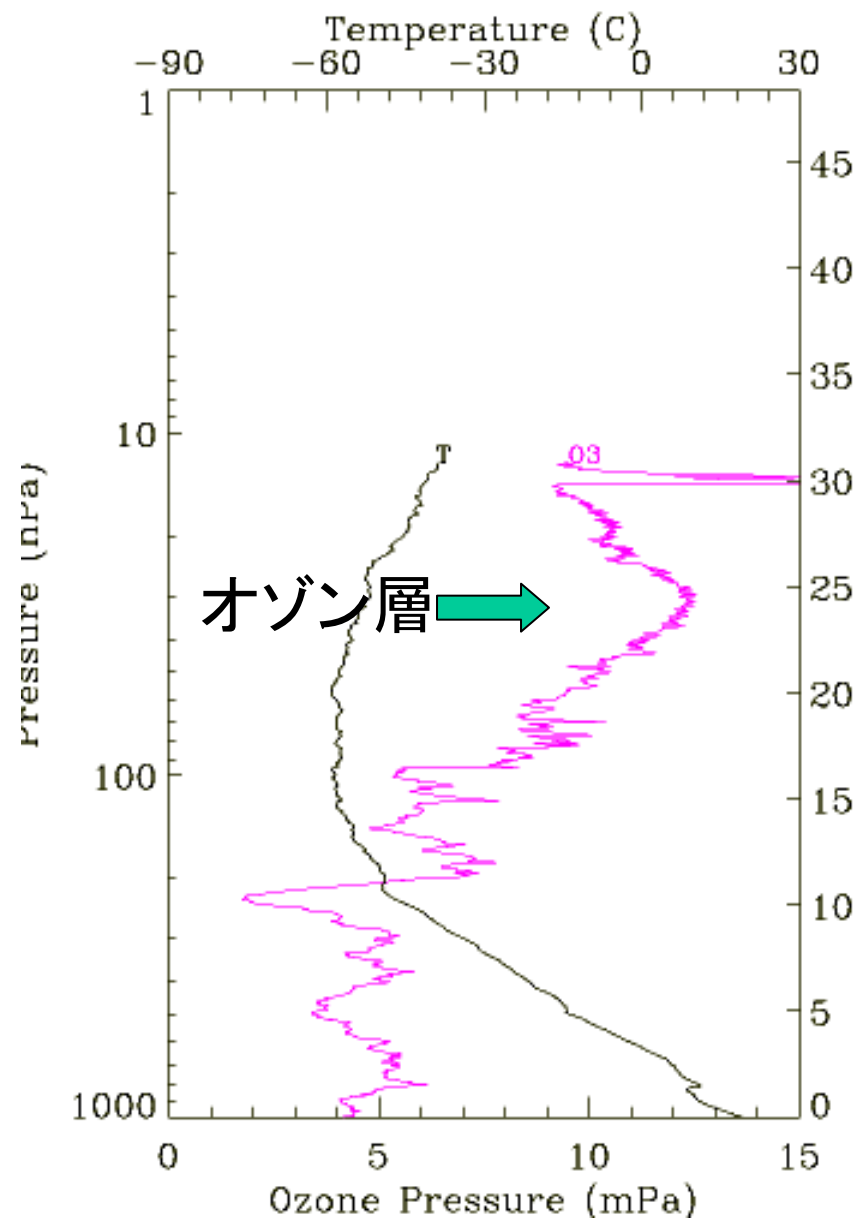








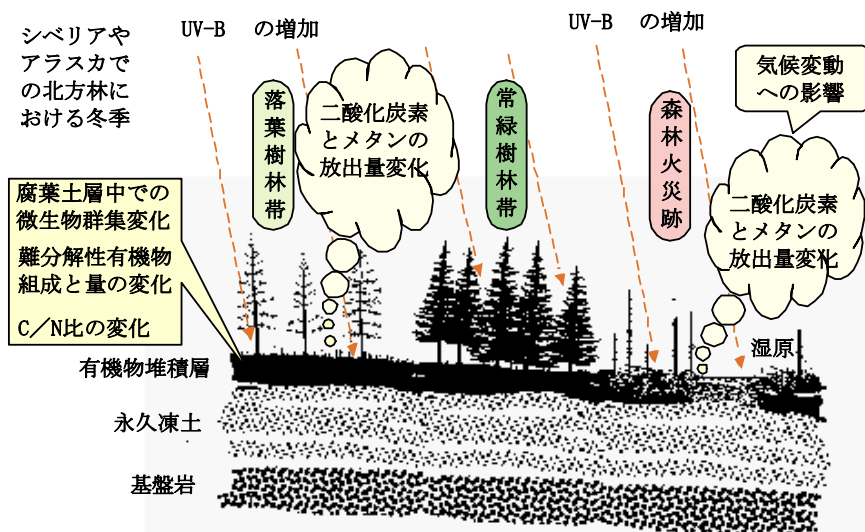
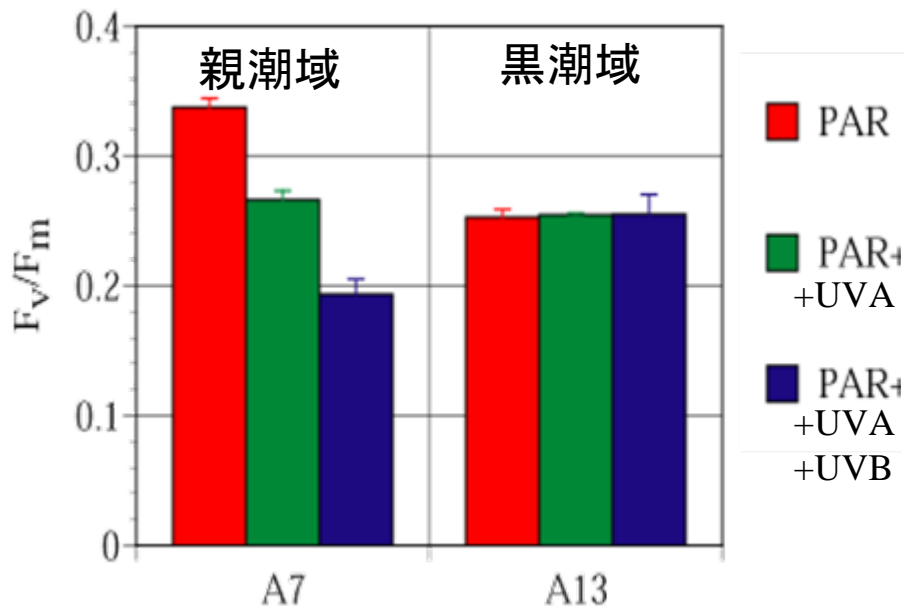
# 札幌上空のオゾン・ゾンデ観測



# 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



紫外線増加の土壌への影響  
紫外線と温暖化によってメタンが大気へ放出

極域土壌への紫外線  
によってメタン放出？

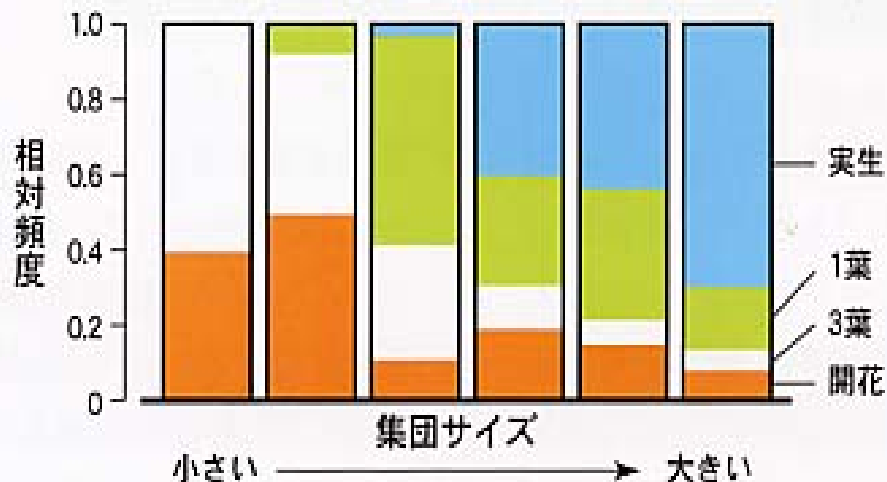
# 生態機能低下と生物多様性

- ・ 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

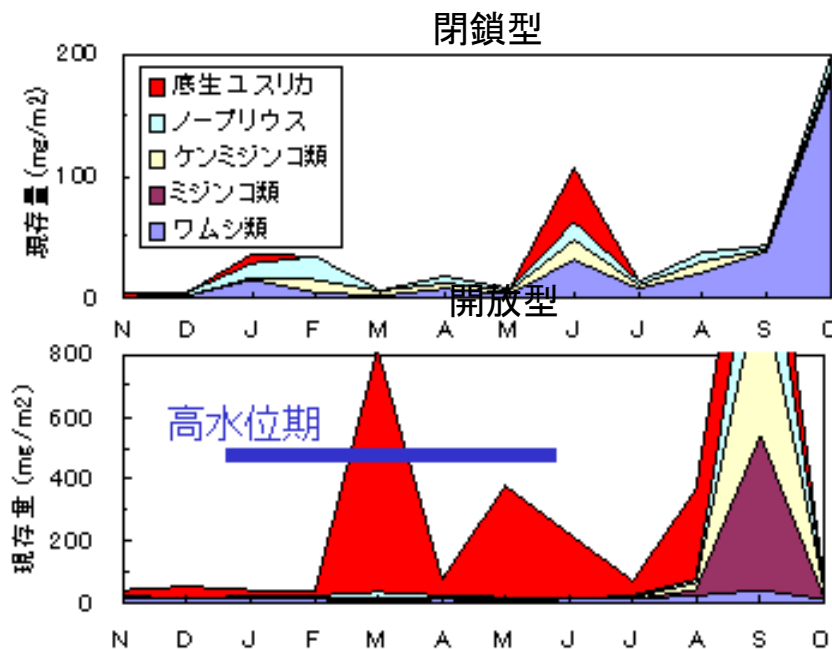
# 生物多様性の維持

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

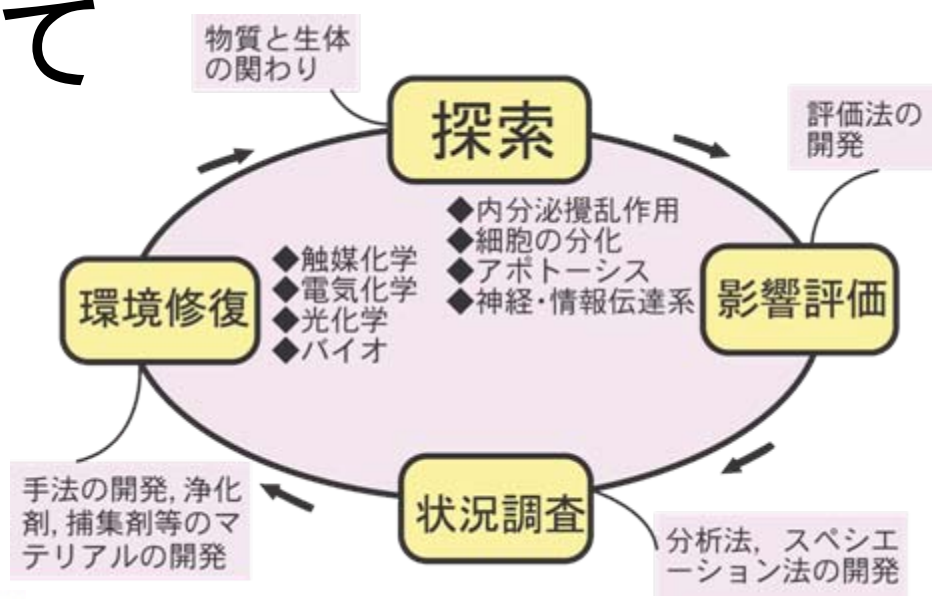
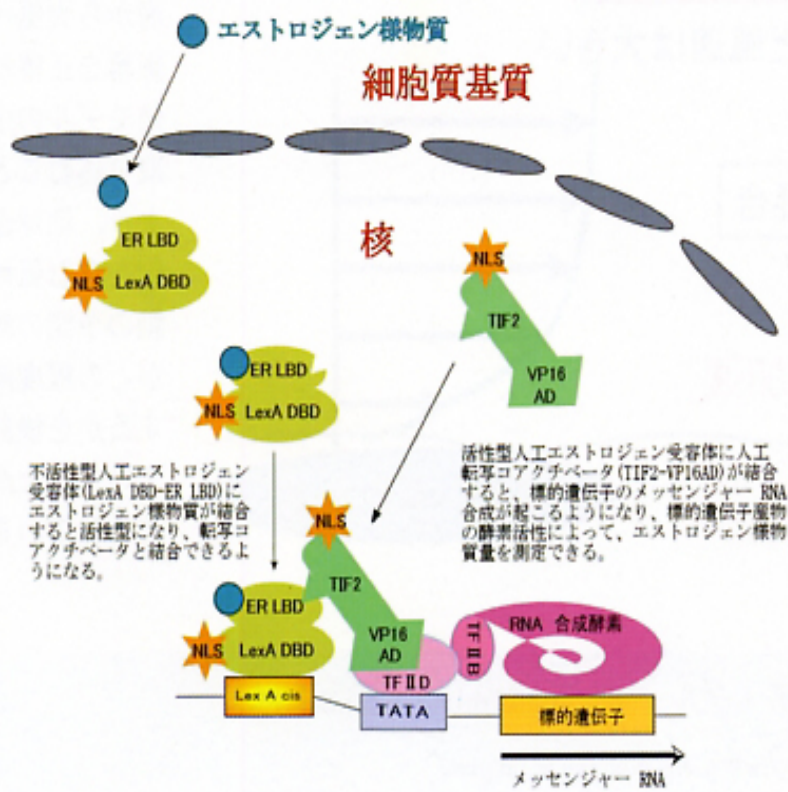


開放系では  
環境が適度に変動し  
多様性が保たれる

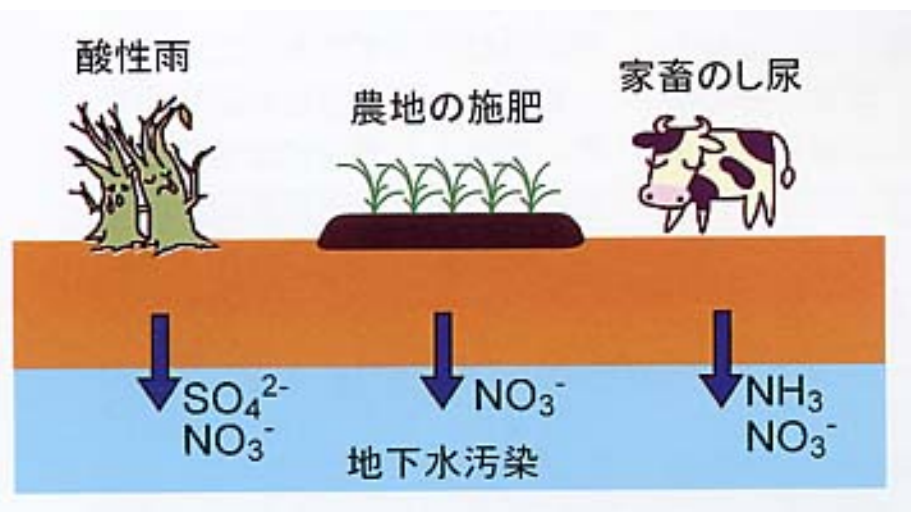
# 環境修復をめざして

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



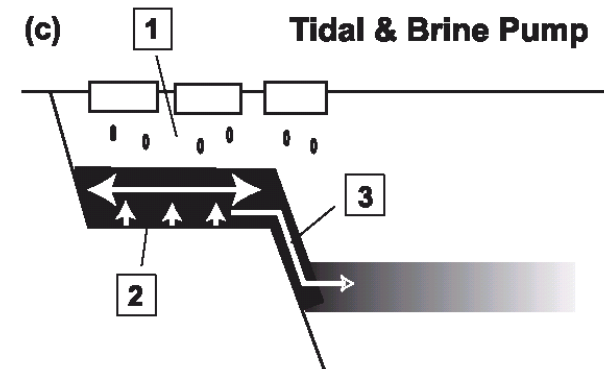
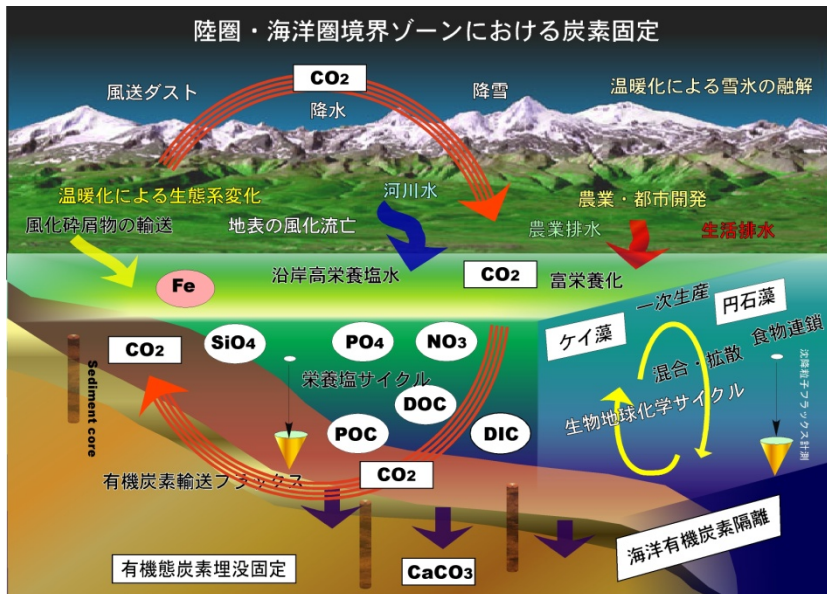
# 陸から海へ：陸圏物質の海洋影響

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  
海水生成にともなう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
- ・ CO<sub>2</sub>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

- ・ 現実には、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

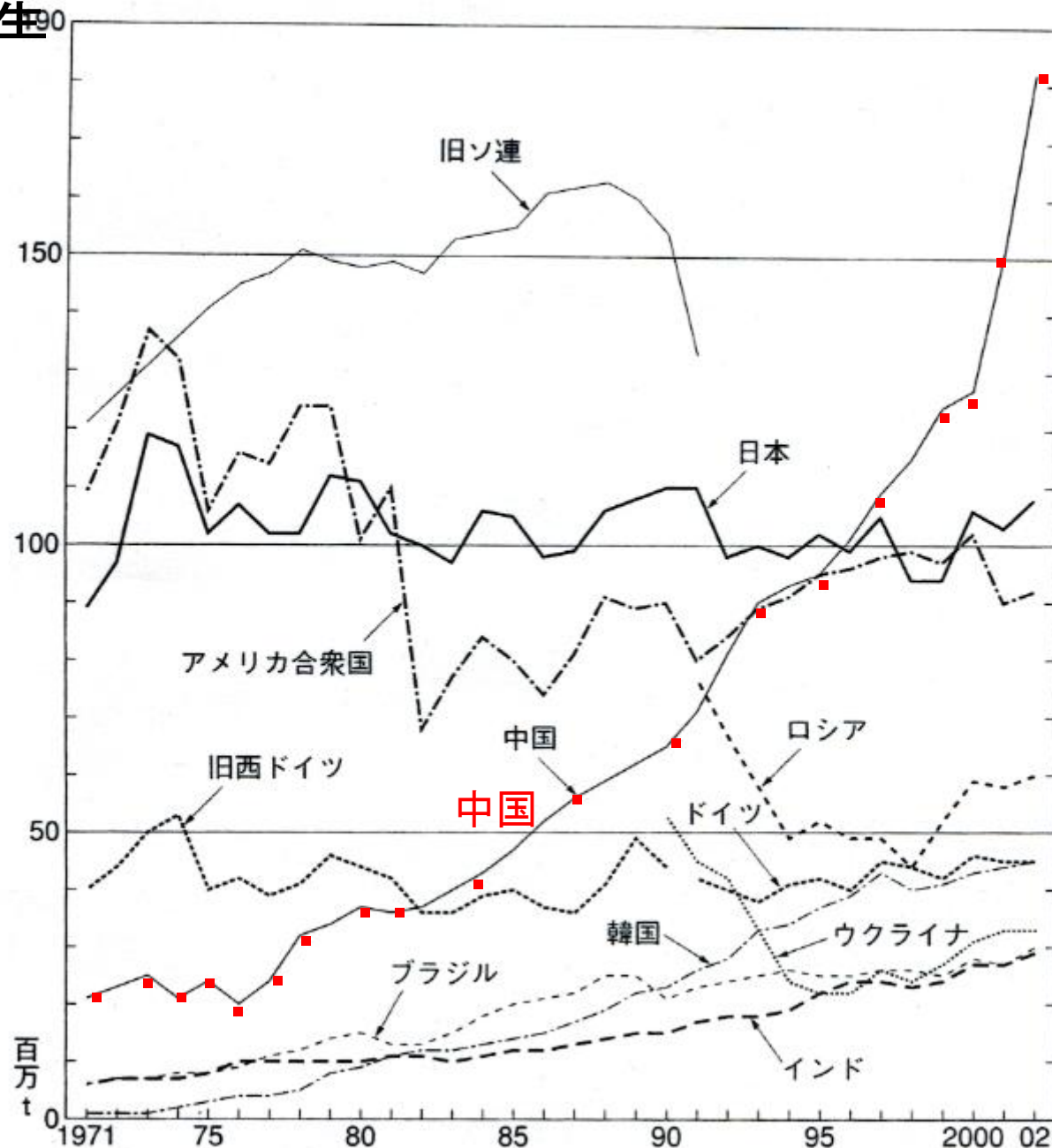
図 7-3 主要国の粗鋼生産と地域別の粗鋼生産割合

# 各国の粗鋼生産

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
- 途上国が先進国の仲間入り
- 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