

教養学部総合科目
「環境・エネルギー問題を考える」

環境問題への
GIS(地理情報システム)の利用

平成19(2007)年4月27日(金) 5限

工学部システム創成学科 教授
山口 一

1

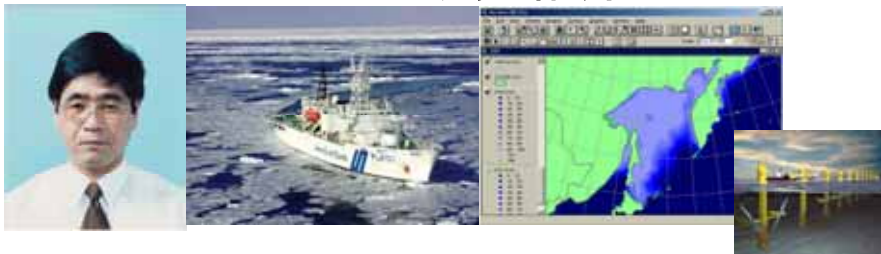
この科目の幹事教員
の高橋先生から頼ま
れたアナウンス

システム創成A
オープン・スペース・ラボ

- 5月18日(金)のこの時間+ α 。
- システム創成学科 環境・エネルギーシステム
コース(E&E)の多くの研究室の研究紹介。
- 教員だけでなく、先輩(専門課程学生&大学院
生&若手研究員)の話が聞ける。
- 文理融合が必要な分野。
- 食事と飲み物が出る。
- 場所や内容等の詳細は、後日アナウンス。

2

山口の研究紹介



- 氷海環境変動数値予報
 - 海水と海洋の変動を、生態系を含んで同時に数値シミュレーションし、氷海環境変動の数値予報技術を開発している。
- マルチスケール海洋環境シミュレータとGIS(地理情報システム)の統合による地球環境マネジメント支援システムの構築
 - 氷海や生態系を含む、グローバル及びローカルな海洋環境が表現可能な海洋環境シミュレータを開発している。これをGISに接続し、結果表示がinternetを通して素早くできるようにして、迅速かつ効率的な政策提言ツールとして活用できる地球環境マネジメントシステムの構築を目指している。
- 海流・潮流発電
 - 水はエネルギー密度が高いため、風車より1桁小さい大きさの水車で同等の発電量が得られる。しっかりした発電量予測と環境影響評価を行った上で、本格的な海流・潮流発電装置の実現まで持って行きたい。

大学院環境海洋工学専攻のパンフレットより、要約。
(学部E&Eのパンフレットでは、学生さんへのメッセージ的なものを載せている)

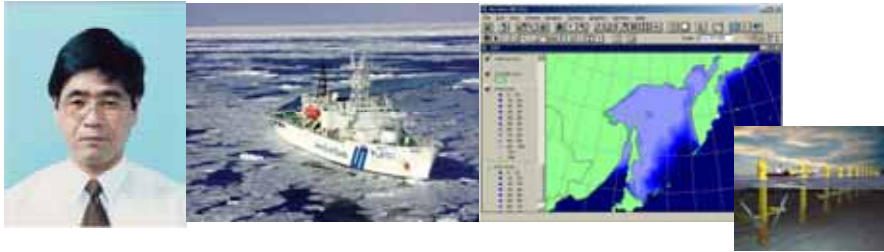
3

こっちにも是非

五月祭研究室公開

- 平成19年5月26日(土)、27日(日)両日。
- 1998年から毎年やっていて、好評。
- システム創成学科の企画ともタイアップ。
- 研究室ホームページ
<http://www.fluidlab.naoe.t.u-tokyo.ac.jp/>
で、アナウンス中。
「研究室での生活」のページの中ほどに、これまでの研究室公開の様子を、写真入りで紹介。来場者のアンケート回答(感想)も見られる。
- 長いURLを打ち込みたくなければ、「FLUIDLAB on the Net」が「応用流体工学研究室」で、インターネット検索掛けてみてください。
もしくは、この総合科目のホームページの「山口」の名前をクリックして、私のページに飛んで下さい。その一番上に五月祭研究室公開案内ページへのリンクがあります。4

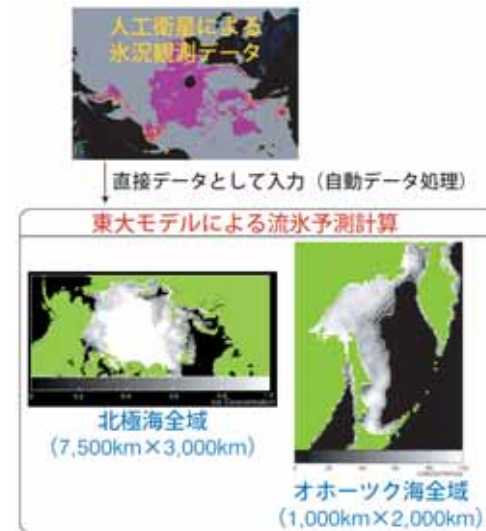
本日の講義



- 氷海環境変動数値予報
 - 海水と海洋の変動を、生態系を含んで同時に数値シミュレーションし、氷海環境変動の数値予報技術を開発している。
- マルチスケール海洋環境シミュレータとGIS(地理情報システム)の統合による地球環境マネジメント支援システムの構築
 - 氷海や生態系を含む、グローバル及びローカルな海洋環境が表現可能な海洋環境シミュレータを開発している。これをGISに接続し、結果表示がinternetを通して素早くできるようにして、迅速かつ効率的な政策提言ツールとして活用できる地球環境マネジメントシステムの構築を目指している。
この一部を
- 海流・潮流発電
 - 水はエネルギー密度が高いため、風車より1桁小さい大きさの水車で同等の発電量が得られる。しっかりした発電量予測と環境影響評価を行った上で、本格的な海流・潮流発電装置の実現まで持って行きたい。

5

私がGISを始めた動機(1)



- 流氷による危険性。
- 気象・海象への大きな影響。
- 流氷が植物プランクトンを育て、豊かな海にする。
- 流氷の数値予報を研究。

詳細は研究室公開にて

6

私がGISを始めた動機(2)

- インターミッション(眠気覚まし)
- 10分程のビデオを見て下さい
- オホーツク海で海氷ができる場所(世界初の貴重な映像です)
- オホーツク海流氷観測共同研究プロジェクトの一部で、NHKスペシャルで放映されたものの抜粋
- 大気海洋間の熱交換への氷の影響

7

私がGISを始めた動機(3)

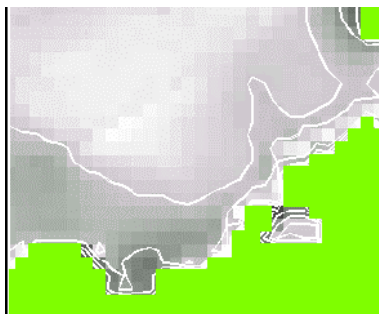
- 数値予報を始めて、すぐにデータマネジメントに困った。
- 気象データ、海洋データ、海水データ、生態系データ、種々さまざまなデータが必要。それぞれ、別のところにいろんな形、いろんな品質で存在する。計算に必要なデータ変換(データ準備)だけでヘトヘトになる。
- 予報結果を利用しようとする、資源データ、人口データ、輸送ルートデータ、開発計画データ等々、切りがない。
- GISを使えばよい！！(GISがどんな物かは後で)

8

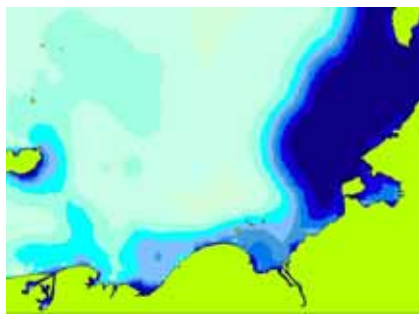
私がGISを始めた動機(4)

すぐに出た効果: 流氷予報計算の検討作業が、こんなに変わった。

昔の結果表示



GIS上での結果表示



東シベリア海の一部

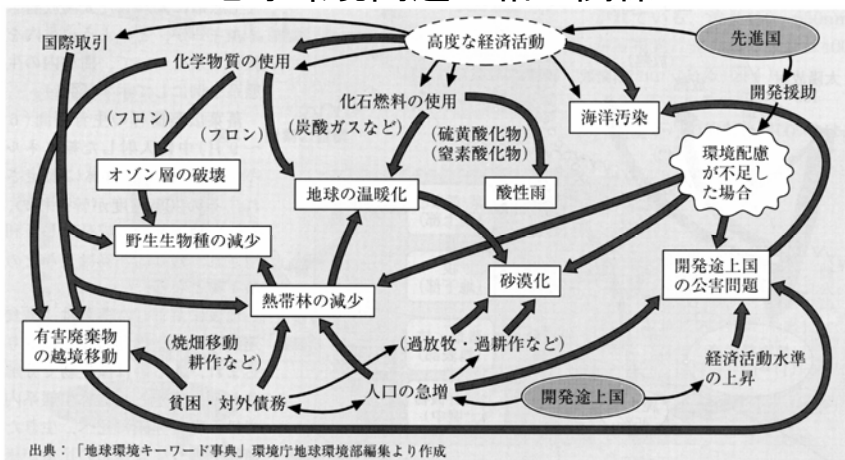
計算結果を評価するのにも使える。→環境影響評価への利用。

本日の講義内容

環境影響評価(EIA)と地理情報システム(GIS)

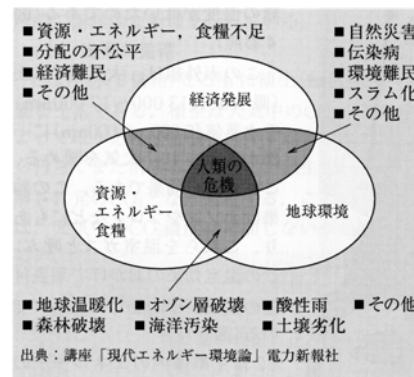
- 開発と環境保全を両立させる持続可能な発展の必要性
- 少し横道にそれて:「だから、これからは海洋が重要!(面白い!)」を、ごく短く
- EIAとその特徴
- EIAプロセス
- GISとは?
- 環境影響評価に適するGISの特徴
- GISを用いたEIAの例
- 持続可能な発展に向けて

持続可能な発展の必要性 地球環境問題の相互関係

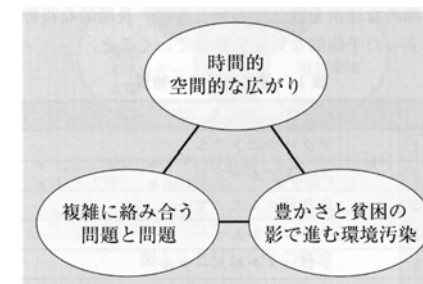


3Eトリレンマ

3Eトリレンマ



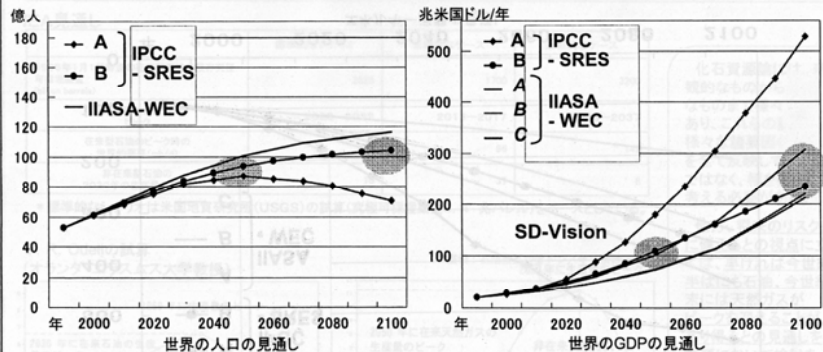
3つのE (Economy, Energy, Environment) のトリレンマ



時空間的に拡がる問題

将来展望①〔世界の人口・経済〕

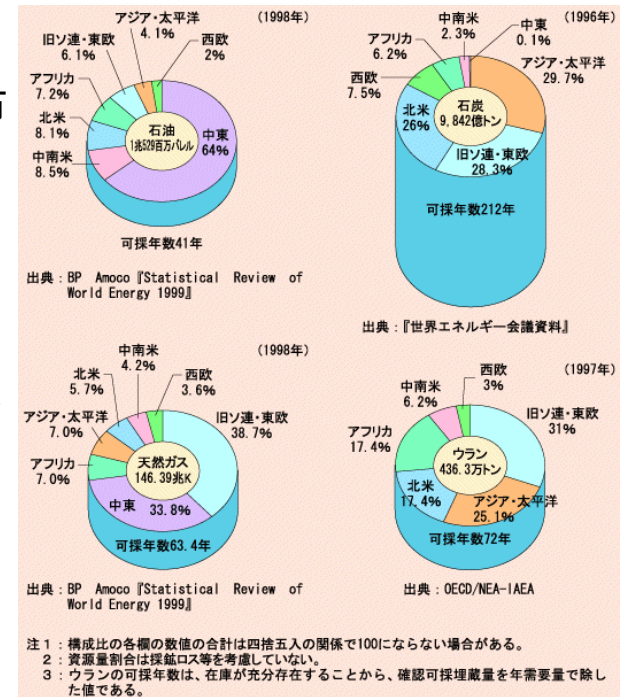
○ 世界の人口は増加し、経済(GDP)も成長し続けるものと見通される。



13

主要なエネルギー資源の分布と可採埋蔵量

- 石炭の埋蔵量が多いが、炭素の塊なので、発生熱エネルギーあたりのCO₂排出が多い。
- 天然ガス(ほぼ100%メタン、CH₄)は、炭素とともに燃える水素が最も多く、CO₂排出が一番少ない。NO_x、SO_x排出もなく、化石燃料の中ではクリーンエネルギー。



経済成長とエネルギー供給

- 人口増加、発展途上国の成長とともに、地球規模の経済成長は止まらない。
- エネルギー資源の将来予測は大変難しいが、石油生産は2030年頃がピーク、天然ガス生産は今世紀末がピークと言われている。
- 石炭は、クリーン利用技術の開発が不可欠。
- CO₂隔離技術との相互発展が必要。
- 原子力とどう付き合うか?
- 再生可能エネルギー(風力・海流・潮流・バイオマスなどの自然エネルギー利用)で、何処まで賄えるか?

15

エコロジカル・フットプリント

- 環境・生態学(エコロジー)と足跡(フットプリント)を組み合わせた造語。
- ある地域の人間を支えるのに、必要な面積。
- 消費資源の量を、平均的な生物学的生産量の土地面積に換算。
- 穀物は、その生産に必要な耕作地面積。牛豚などの陸上起源食料は、それを飼育する穀物に換算。
- 魚介類消費は、それに相当する漁場面積。
- エネルギー資源としての石油などの燃焼は、排出CO₂を吸収する森林面積。ただし、海洋への吸収は、考慮しない。
- 水力発電は、ダムや貯水池の占有面積
- などなど

16

表2-1-2 各国のエコロジカルフットプリント

国名	人口 (人)	エコロジカルフットプリント (ha/人) (A)	実際に供給可能な面積 (ha/人) (B)	環境に対する「負債」 (ha/人) (A-B)
世界合計	5,744,872,000	2.85	2.18	0.67
日本	125,769,000	5.94	0.86	5.08
アメリカ	269,439,000	12.22	5.57	6.66
ドイツ	81,909,000	6.31	2.48	3.83
中国	1,232,456,000	1.84	0.89	0.96
ニュージーランド	3,720,000	9.54	15.80	-6.26
エチオピア	56,789,000	0.85	0.68	0.18
パングラディシュ	120,594,000	0.60	0.08	0.52
ブラジル	151,533,000	2.60	11.56	-8.96

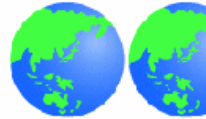
注：端数処理の関係から、各行における計算は必ずしも一致しません。

出典：WWF Living Planet Report 2000.1 (2000年)

世界中の人々が日本人と同様の生活をすると…

$$\frac{5.94}{2.18} \approx 2.7$$

つまり、地球はもう



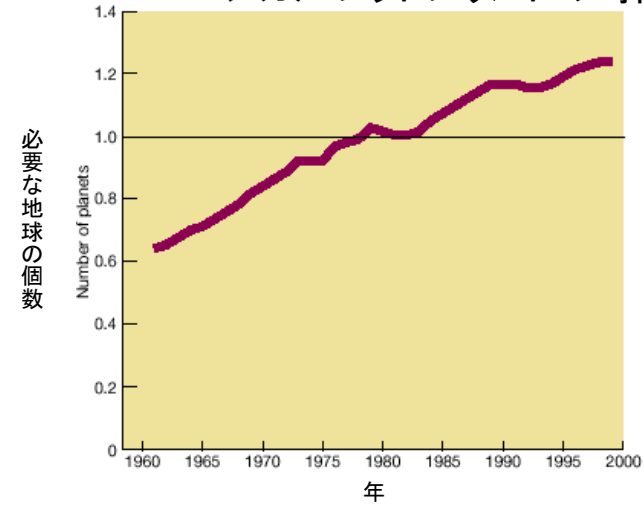
必要です

世界合計でさえ、
 $(2.85)/(2.18) = 1.31$
 既に1を超えている！

持続可能な発展の必要性

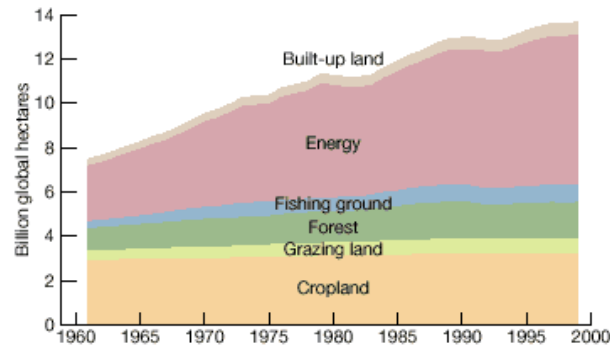
地球個数換算の

エコロジカルフットプリントの時間変化



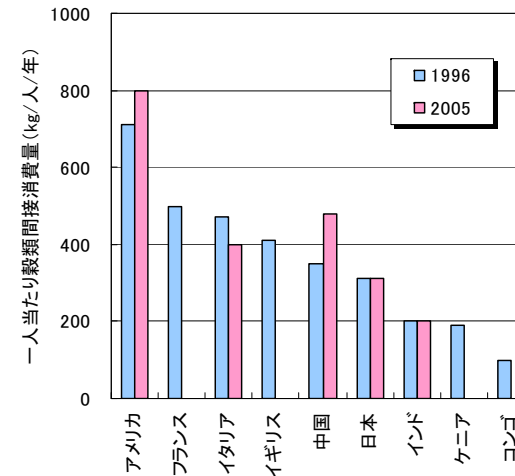
「環境効率性」の
 向上は必要不可欠

エコロジカルフットプリントの内訳



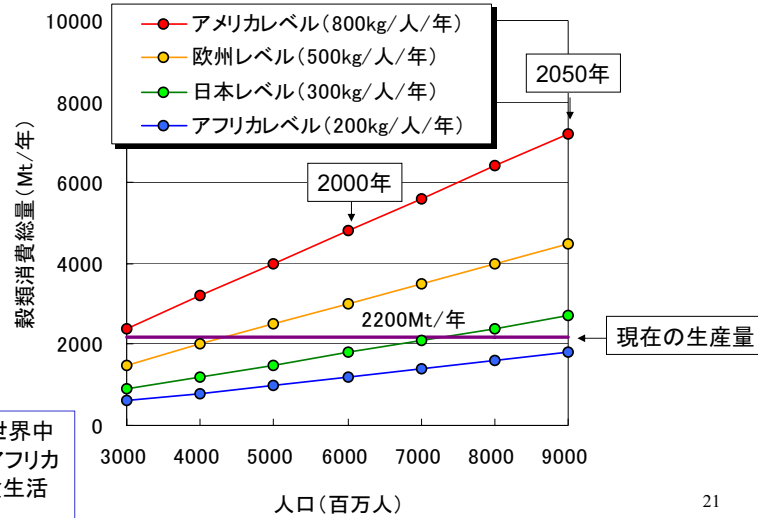
1961年から1999年の間、人類によるエコロジカルフットプリントは年間平均1.6%の割合で増大している。(世界人口の増加のスピードはこれより若干速く年間1.8%である)

生活レベルの違いを食料(穀物換算)を例にとって比較する



日本は魚介類依存
 が高いため、日本に
 対して甘めの数字に
 なっている。

生活レベルの違いを食料(穀物換算) を例にとって比較する



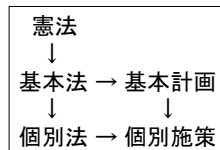
50年後に世界中の人々がアフリカレベルの食生活になる?

エコロジカルフットプリントによる 評価の問題点

- 全て、現在の生産能力を基準としている。
- 環境調和型生産の能力を上げればよい。
- 地球表面の3割に過ぎない陸上の生産能力をどれだけ上げられるか?
- 地球表面の7割を占める海洋の可能性に期待するべき。

これで良いのか? 日本政府

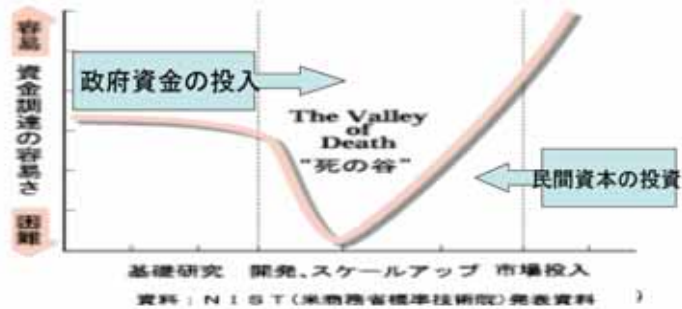
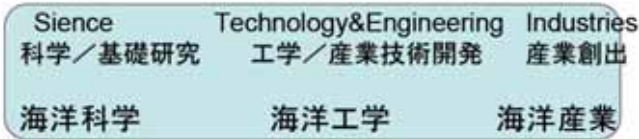
	アメリカ	オーストラリア	中国	韓国	日本
海洋(基本)法	Ocean Act 2000		National Plan for Marine Development	海洋開発基本法	なし
海洋(基本)政策	National Ocean Policy	Oceans Policy •Regional Marine Planning •Coastal & Marine Planning	China Ocean Agenda 21	Ocean Korea 21	なし
海洋管理主管(大臣)	National Oceanic & Atmospheric Administration, NOAA	National Ocean Ministerial Board	State Oceanic Administration, SOA	海洋水産省	なし



海洋技術フォーラムの立ち上げ

- 2005年1月
- 東大の海洋工学の教員が呼びかけ
- NGO、ボランティア団体
- 分野横断、All Japan体制
- さまざまな国への提言
- 海洋立国のための技術ベースのシナリオ

科学から技術へ 技術から産業へ



25

「海洋基本法案」

2007年自公民の議員立法により、通常国会で成立の見通し

○目的:海洋の平和的・積極的な開発・利用と 環境保全の調和をはかる新たな海洋立国を実現する。

○基本理念

- (1)海洋の開発と利用は我が国 経済社会の存立基盤
- (2)海洋環境が良好に保たれることは人類の存続基盤
- (3)海洋の安全確保は重要、取り組みを積極的に推進
- (4)海洋の開発・利用・環境保全のため、科学的知見が重要、充実を図る。
- (5)海洋産業は経済社会の発展基盤、国民生活の安定性向上の基盤、健全な発展を図る。
- (6)海洋の開発、利用、保全を総合的かつ一体的に行う
- (7)海洋に関する施策の推進は国際協調の下に行う

○具体的措置

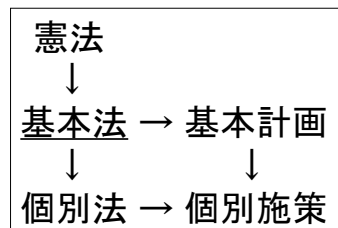
- (1)海洋政策担当相の任命
- (2)内閣府に首相を議長とする総合海洋政策会議の設置
- (3)海洋基本計画の策定

○ポイント

- (1)総合的かつ計画的な海洋に関わる施策の実施
- (2)基本計画を策定して、EEZの開発や海域の安全保障
- (3)政策の一貫性を持たせるため、担当大臣をおく。

海洋基本法

- ・ 終わりではなく、始まり。



27

必要な海洋技術の例

○『海洋地球観測探査システム』(うち、次世代海洋探査技術)*

日本の技術的優位性を活かし、世界に先駆けて海中・海底・海底下を自由に調査・探査する次世代システムを構築する

- ・「ちきゅう」による世界最高の深海底ライザー掘削技術の開発
- ・次世代型深海底探査技術の開発

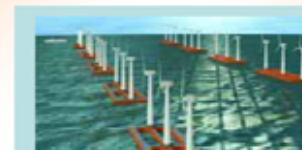


地球深部探査船「ちきゅう」

○外洋上プラットフォーム技術

海洋に賦存する膨大な未活用資源及び海洋空間有効利用の基盤技術を推進

- ・洋上プラットフォームの研究開発



浮体式洋上風力発電所への応用イメージ図

えうご期待

冬学期総合科目(F:数理・情報一般)
「持続可能社会実現のための海洋利用」

28

これからの海洋への取り組み

- 海を知る(科学する:観測と予測計算)
 - 海を利用する(技術の開発)
 - 海を糧として生きる(産業の創出)
- 正しい情報の適切な提供 ↓ ↑ 社会的合意
- 対立ではなく協調
- 社会的コンセンサス

このループを、GISを使って早く回したい。

環境影響評価(EIA)とその特徴

定義: 環境影響評価とは、事業の実施が環境に及ぼす影響について環境の構成要素に係る項目ごとに調査、予測及び評価を行うとともに、これらを行う過程においてその事業に係る環境の保全のための措置を検討し、この措置が講じられた場合における環境影響を総合的に評価すること、定義されている。

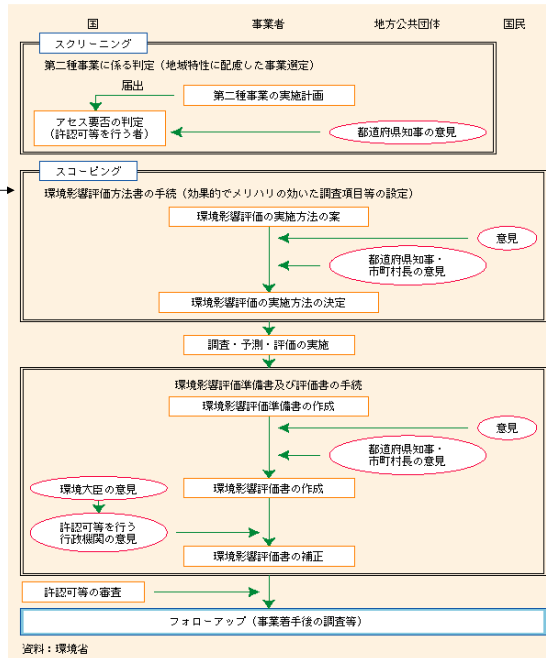
特徴:

- 問題点を事前に把握して解決
- 広範な環境影響を予測し把握
- 固有な地域特性を考慮した評価
- 利害関係者間の調整機能を重視
- フィジカルな現象面と社会面が対象
- 未知・不確定性を伴った解決策
- 事実の認識プロセスと評価システムの峻別
- 社会合意形成システムとしての機能
- 多様な意見の取入れが可能なシステムの確立

日本の環境影響評価法

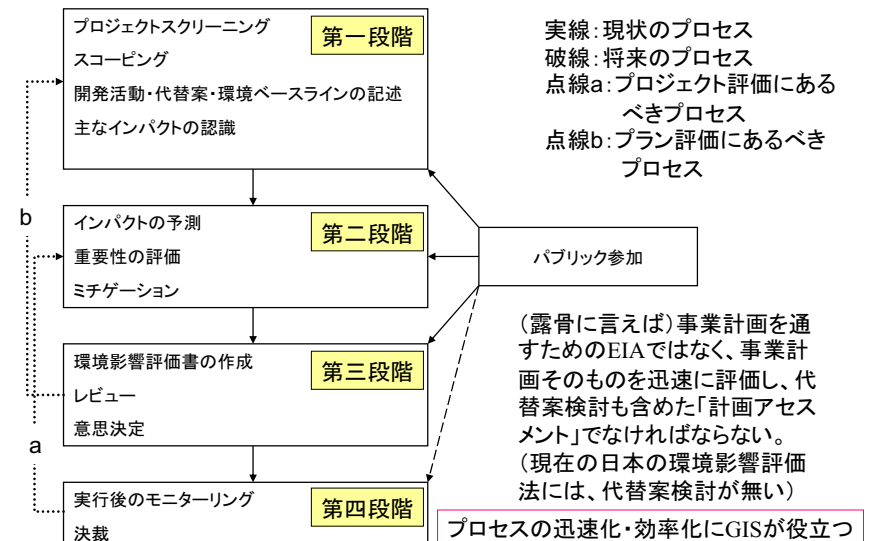
- 1997年成立
- 先進諸国では一番遅い
- それまでは閣議決定による行政指導

図7-5-1 環境影響評価法の手続の流れ



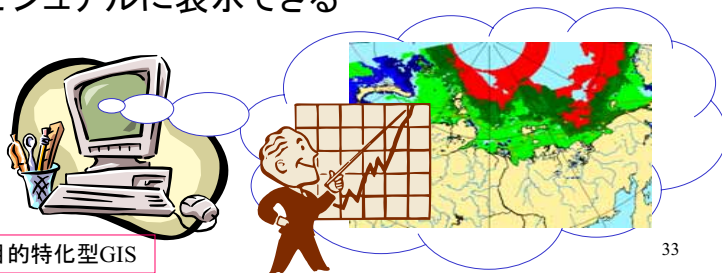
資料: 環境省

環境影響評価(EIA)プロセス



GISとは？

- GIS (Geographic Information System)
 - 地理的に位置付けられたデータ、地域特性を有するデータを取得・照合・分析・表示するためのシステム
 - 地図との連動で、データ、解析結果を分かりやすくビジュアルに表示できる



カーナビは、目的特化型GIS

GISとその構成

定義：

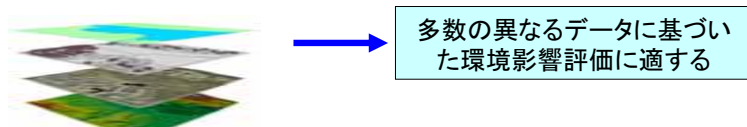
- Geographic Information Systemの略。
- Spatial Information Systemともいう。
- 空間データを系統的に取得・構築、管理、分析、表示・伝達するコンピュータシステム

構成：

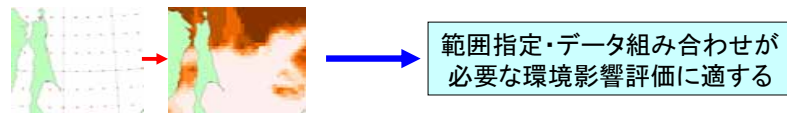
- ハードウェア：コンピュータと入力、出力設備。
- ソフトウェア：ArcGIS (ARC/INFO、ARC/VIEW)、MAPINFO、SIS、GeoBASICなど。
- データ：空間データ
- ネットワーク対応しているものが多く、パブリックコメントの収集を通じた社会的合意形成ツールとしても有効利用できる。
(GISのネットワーク機能を利用したものが、Internet地図情報サービス)³⁴

環境影響評価に適するGISの特徴

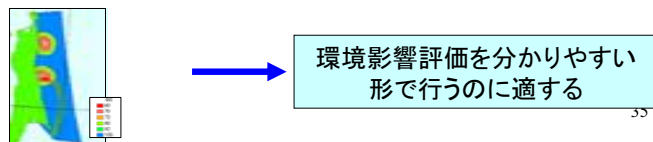
地理位置(空間座標)の軸に様々なデータを統合管理機能



空間検索・空間演算などの解析機能が整備されている



電子地図との連動で、データ・解析結果を分かりやすく表示できる



GISを用いた環境影響評価例 東京湾環境修復技術適用プランの評価

- 背後に首都東京を抱える、海上交通の要所
- 図中白線より以北を東京内湾、以南を東京外湾と呼ぶ
- 1950年代より汚染が深刻化
- 1970年代に法的規制を行い、汚染は横ばい傾向
- COD(化学的酸素要求量)濃度は年平均3mg/l程度で推移
→生物の棲みにくい環境



東京湾衛星画像³⁶

昨年度の当研究室の卒論：研究室を超えたコラボレーション

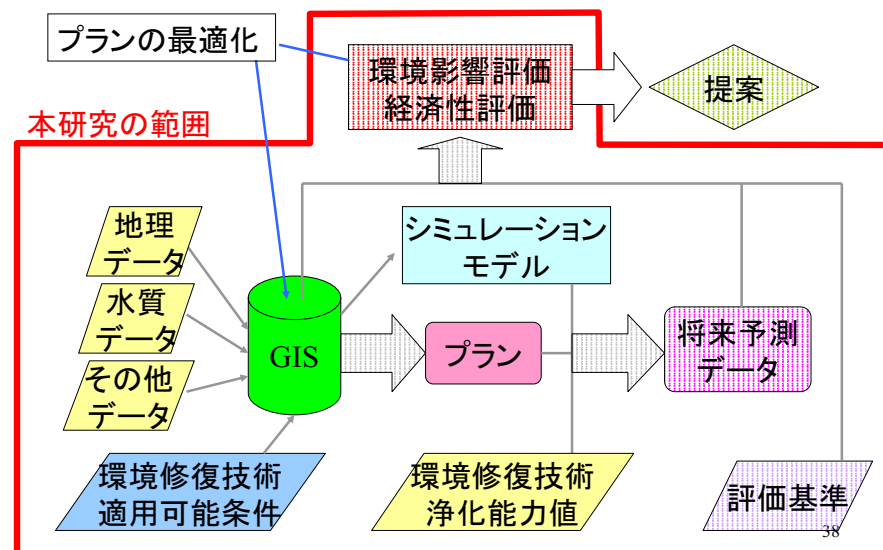
環境修復技術

- 流入負荷量の削減
家庭での負荷量削減、下水処理など
- 内部負荷量の削減
陸域からの窒素・リンの削減、浚渫など
- 海域の自浄能力回復
干潟造成、藻場造成、アマモ場造成など

本研究では「**海域の自浄能力回復**」技術に注目

37

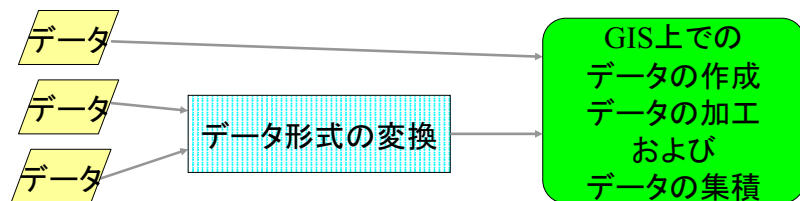
システムの流れ



38

データベースの構築

- 現状では海域のデータが散在
- 東京湾における環境影響評価にはデータベースの構築が不可欠



39

データ①

地理データの詳細

項目	ソース	時空間	フォーマット	加工・処理
水深	JODC		500mメッシュ	スプライン補間
底質	貝塚(1993)		本	作成
東京湾沿岸土地利用	国土交通省 国土地理院	1994	10mメッシュ	クラスタリング
勾配	JODC		500mメッシュ	空間解析による算出

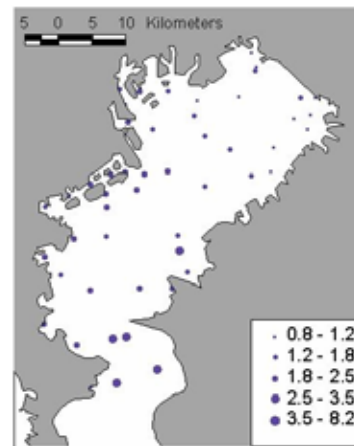
40

データ②

水質データ

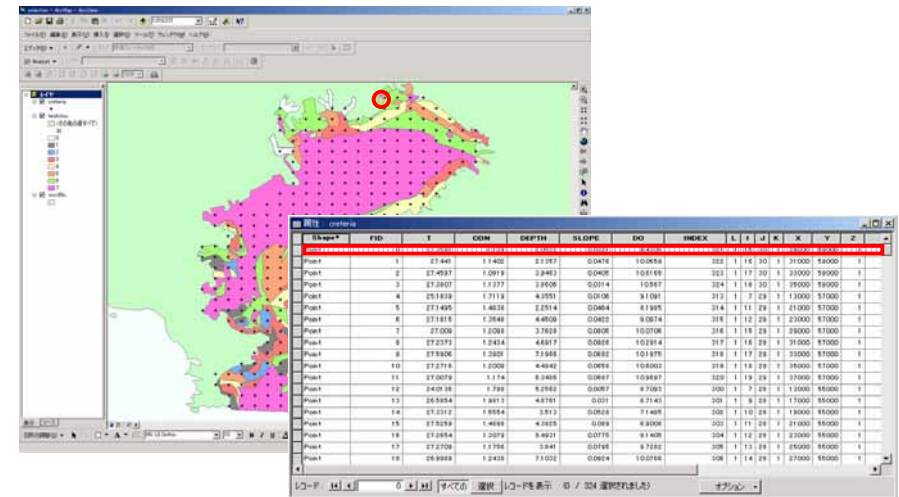
「水温」、「溶存酸素」、「透明度」はいずれも、データソースが東京湾環境情報センター、データ期間は1989-1999、観測点データであったものをスプライン補間によって加工した。

「流速」は観測データが少なく、北澤ら(2003)のモデルによる数値シミュレーションの結果を用いた。



透明度の観測点データ⁴¹

GISデータベースの形式

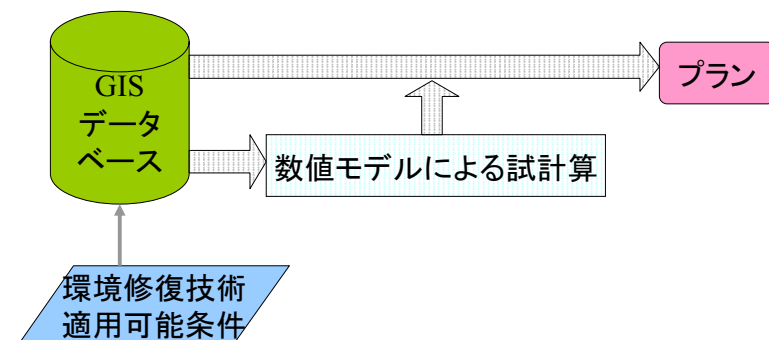


環境修復技術に関する調査

- 上月ら(2001)のアンケート結果より
干潟、藻場、アマモ場の候補地は、東京湾でも見つけられる可能性が高い
- 河村(1995)より
かつての東京湾には、藻場・干潟・ヨシ原が多く見られた

東京湾の歴史的変遷
現在の地形的な特徴から
藻場・アマモ場・干潟による環境修復を行う

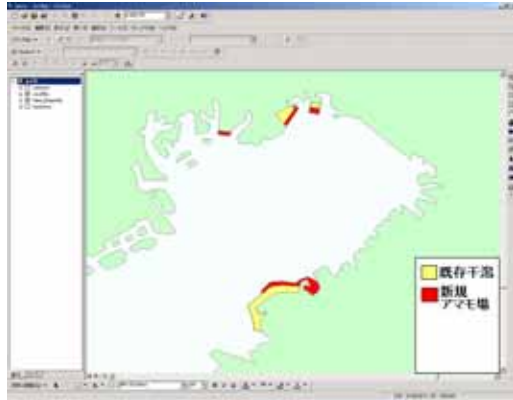
プランの作成



- 大まかには候補地の抽出とプランニングのプロセス
- 今回は藻場候補地は抽出されず

Plan1

既存の干潟の沿岸からさらに沖合に
アマモ場を造成。

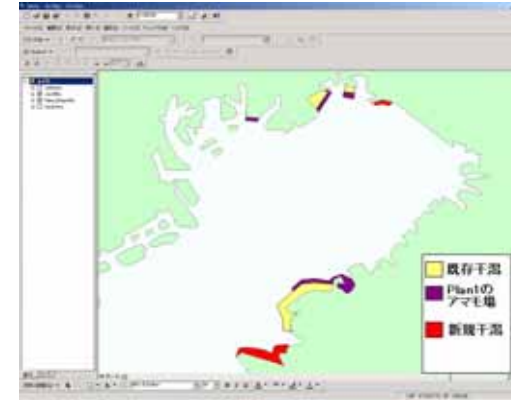


黄色い部分は既存
の干潟
赤い部分が新規に
造成するアマモ場

45

Plan2

Plan1に加えて
習志野付近と木更津付近に干潟を造成

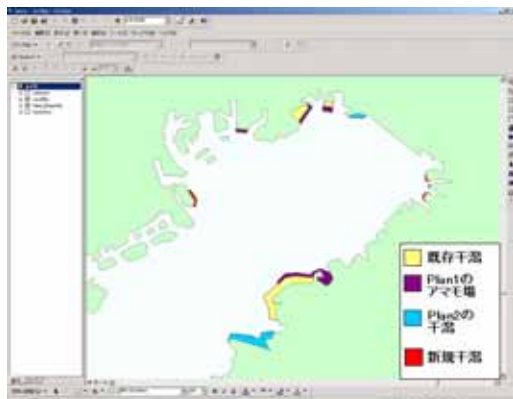


黄色い部分は既存
の干潟
紫の部分はPlan1の
アマモ場
赤い部分が新規に
造成する干潟

46

Plan3

Plan2に加えて
羽田付近と千葉港付近に干潟を造成



黄色い部分は既存
の干潟
紫の部分はPlan1の
アマモ場
青い部分はPlan2の
干潟
赤い部分が新規に
造成する干潟

47

数値モデル

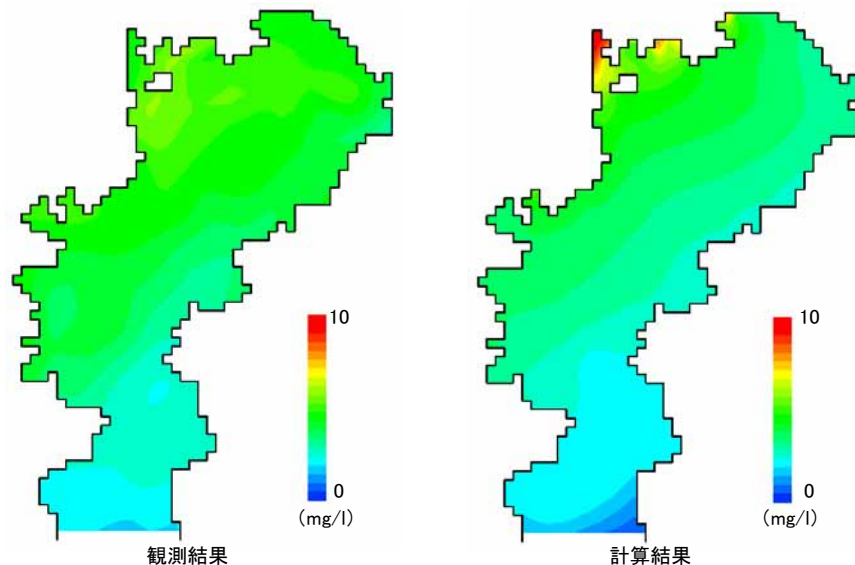
(コンピュータを用いた環境変動予測計算)

- 本研究で用いる数値モデルは、北澤助教授(東大生産技術研究所)による東京湾の物理モデルおよび化学・生物モデルの融合モデルである。
- 物理モデルはNS方程式と連続の式に基づいて海水の流動を計算している。
- 化学・生物モデルは浮遊系の化学物質・生物の挙動が基本的に流れ場に依存すると仮定し、移流・拡散方程式によって計算している。

現状の東京湾の水質について
良好な再現性がある

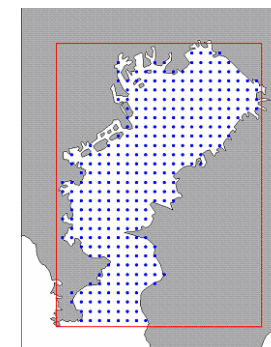
北澤ら(2003)より

計算結果例 化学的酸素要求量の水平分布(表層)



計算条件

- 計算領域と計算格子は右図
- 主な条件
 - 10河川からの流入
 - 開境界において潮汐の主要4分潮
 - 気象庁のデータによる気象条件などが考慮されている
- 本研究では10年間計算し、10年目の予測結果により総合評価を行う
- アマモ場・干潟の浄化能力は境界条件として挿入される



計算領域と計算格子

環境修復技術の浄化能力

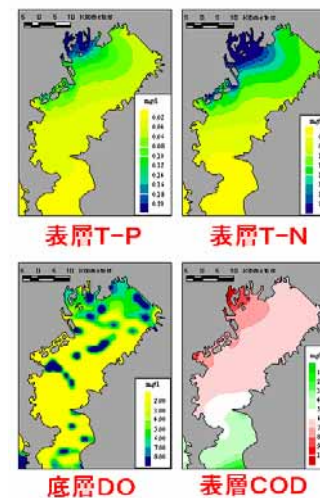
アマモ場の浄化能力

アマモの年生産力… $619\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ (小倉,1993)から
レドフィールド比および光合成の式(堀江,1989)により
無機態窒素除去量… $109\text{gN}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$
無機態リン除去量… $15.1\text{gP}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$
酸素供給量… $2.15\text{gO}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$

干潟の浄化能力

「人工干潟」実態調査委員会(1998)によれば
人工干潟生態系のほとんどはアサリが占めており、
アサリは海水中の有機懸濁物を濾過している(小倉,1993)
ことから、干潟の上を通過した海水中の
有機懸濁物の値が0となるように設定した

予測結果



数値シミュレーションによる
結果は左図のようになる

予測結果の出力例(7月Plan2)

定量評価(総量)

各プランについて、何も施さなかった場合の各指標の総量との変化率を算出した

各指標の年間総量変化率

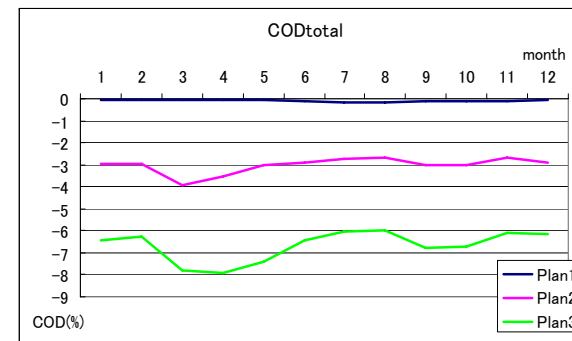
	DO(%)	T-P(%)	T-N(%)	COD(%)
Plan1	0.43	-0.98	-0.65	-0.11
Plan2	2.01	-3.76	-3.35	-3.26
Plan3	3.89	-7.21	-6.64	-7.11

- 各指標とも効果が見られた
- 環境修復技術を導入すればするほど効果も高くなっている

53

定量評価(濃度)

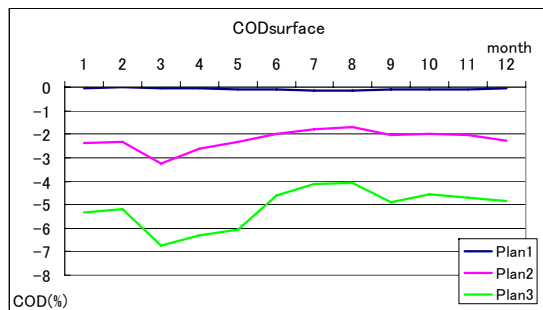
海域全体のCOD濃度の変化率の変動



54

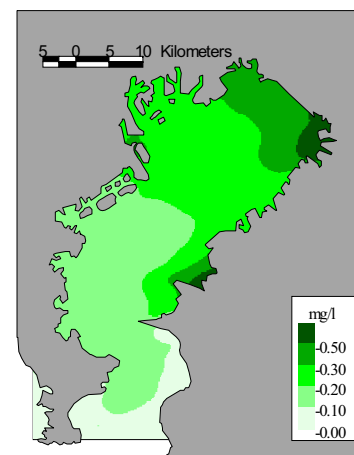
定量評価(濃度)

海域表層のCOD濃度の変化率の変動



55

効果の空間的検証

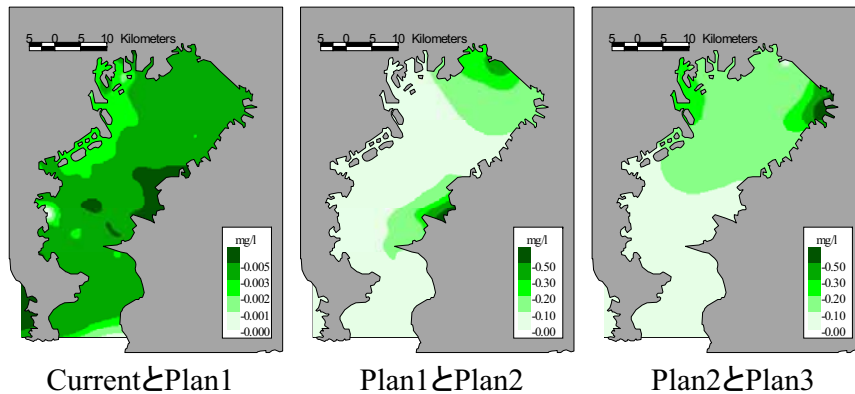


Plan3の浄化効果分布

- 海域全体に改善効果が見られる
- 汚染の集中しやすい湾奥部でも改善効果が見られた

56

プランごとの空間的比較

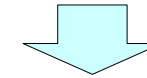


57

各プランの経済性比較

アマモ場造成のコストはおよそ40000円/m²(上月ら,2001)
 干潟造成のコストはおよそ17000円/m²
 (広島五日市干潟のデータより)

CODを1t削減するためにかかるコストは
 Plan1(アマモ場のみ) …16億円
 Plan2(アマモ場+干潟) …1.3億円
 Plan3(アマモ場+干潟+干潟) …0.9億円



費用対効果から考えると干潟のほうが経済性に優れているといえる

58

結論

- 東京湾をモデルケースとした環境修復技術適用のための環境影響評価支援システムが提案できた
- システムの利用によって従来の評価よりも現実的なデータに基づく、精度の高い評価をより効率的に行うことができる
- 数値モデルによる計算から、アマモ場・干潟の有効性が確認できた
 →浄化効果がある、湾全体に効果が及ぶ

59

成果

- データベースの構築
- 修復プランの作成とその効果予測
- 効果の空間分布予測
- GIS上での総合的評価、経済性評価

60

課題

- 評価の結果をプラン作成条件として考慮し、最適化モジュールを作成
- 経済波及効果も加味した、全面的な経済性評価

61

もっと単純な例で サクッと見てみましょうか？

北極海航路(新しい航路)の通行が増えた場合のカラ海(北極海のロシア側の一部)のゾウゲカモメへの影響
(簡単な数式による数量化)

62

GISを用いた環境影響評価例 (生態系への影響)



1. ゾウゲカモメの生息域を表示

63

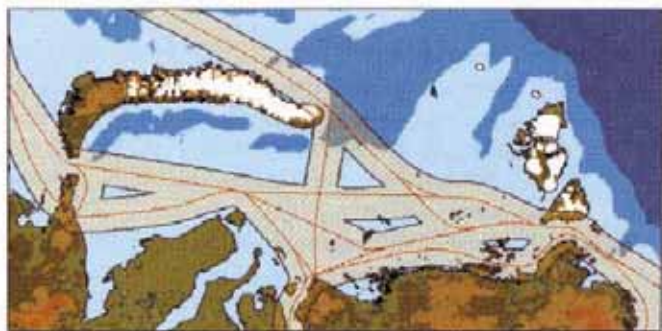
GISを用いた環境影響評価例 (生態系への影響)



2. 想定される航路を表示

64

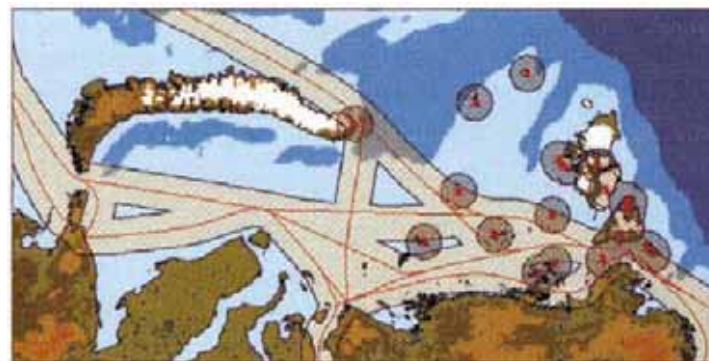
GISを用いた環境影響評価例 (生態系への影響)



3. 船舶の航行の影響が直接及ぶ範囲を表示

65

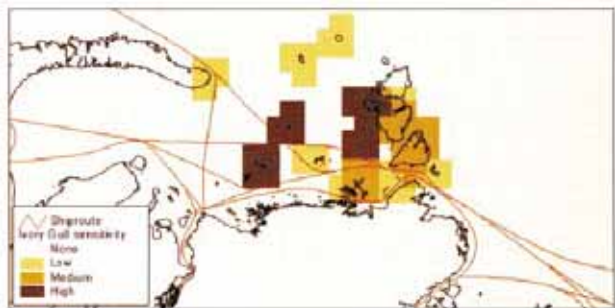
GISを用いた環境影響評価例 (生態系への影響)



4. ゾウゲカモメの生息域と重ねて表示

66

GISを用いた環境影響評価例 (生態系への影響)



5. ゾウゲカモメに対する危険度（汚染度）を
想定した式により計算して、色の濃さで表示

67

GISはまだ発展途上

- 3次元データが直接扱えない。
地中、海中、空中の問題を扱うにはまだそれなりの工夫が要る。
- 時間変化するデータを扱えない。
時刻毎にデータファイルを分ける必要がある。
- つまり、現在は2.5次元。4次元GISの開発が必要。(それが、次ページ以降の次世代GIS)

68

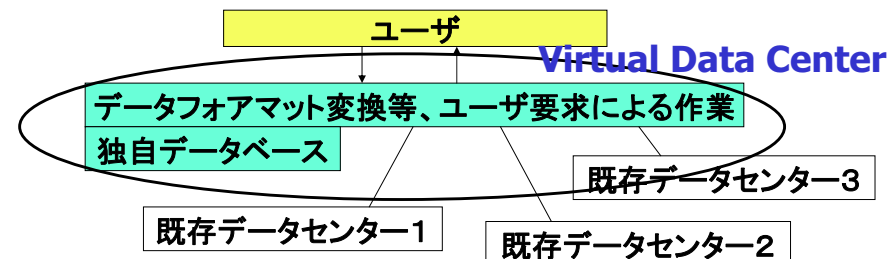
持続可能な発展に向けて

1. データ・センターの必要性
2. データ活用
 - a. モニタリングと自然環境シミュレータ
 - b. 地球環境マネジメント支援システム

69

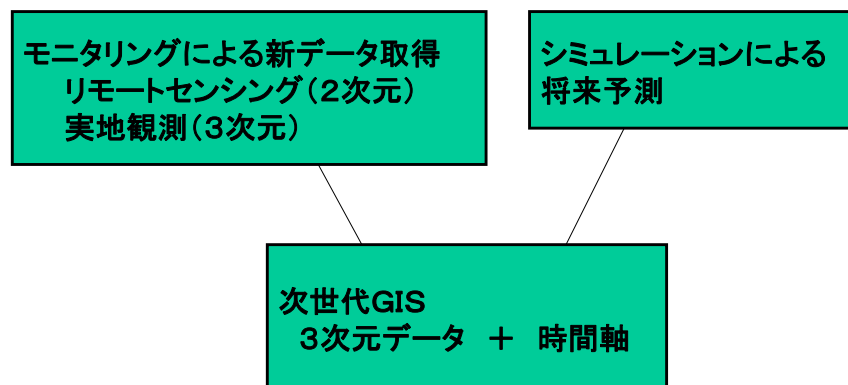
(Virtual)データ・センターの必要性

- データベースとGISは不可欠
- 常に**最新**のデータを、**統合**して持つ
→Dynamic Environmental Atlas
- 国の枠組みを越えたデータセンターの設立を



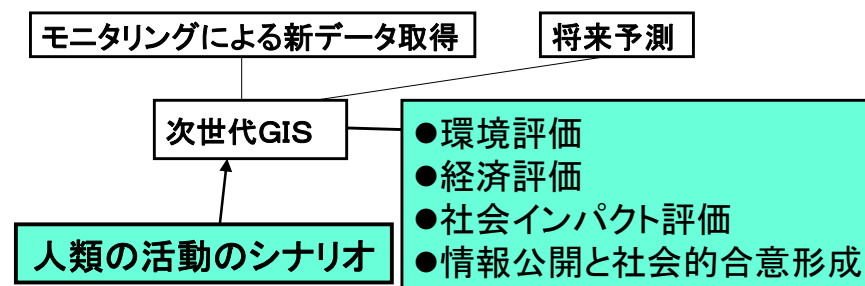
70

データ活用 モニタリング、環境シミュレータ



71

データ活用 環境マネジメント



大規模開発計画の、
環境アセスメントから計画アセスメントへ
PDCA (Plan-Do-Check-Action) サイクルの効率的遂行

72

レポート課題

- 環境問題へのGISの利用の具体例を2つ以上調べ、その内容を説明すると共に、将来どういう改良が必要か論評せよ。

トピックス(地球温暖化の一側面)

- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 気候変動に関する政府間パネル

1988年11月 設立
1990, 第1次報告書
1995, 第2次報告書
2001, 第3次報告書
2007, 第4次報告書

第1作業部会(物理科学的根拠): 1/29~2/1, パリ
気象庁のホームページに政策決定者向けサマリ(SPM)の翻訳あり。
第2作業部会(影響、適応、及び脆弱性): 4/2~4/6, ブリュッセル
環境省のホームページに政策決定者向けサマリ(SPM)の翻訳あり。
第3作業部会(気候変化の緩和): 4/30~5/3, バンコク
以後、2回のIPCC総会にて、各報告書及び総合報告書承認の予定。

マスコミ報道だけでなく、せめて、SPMくらいは読みましょう。

1

IPCC第三次報告書の 地球温暖化ガス排出シナリオ



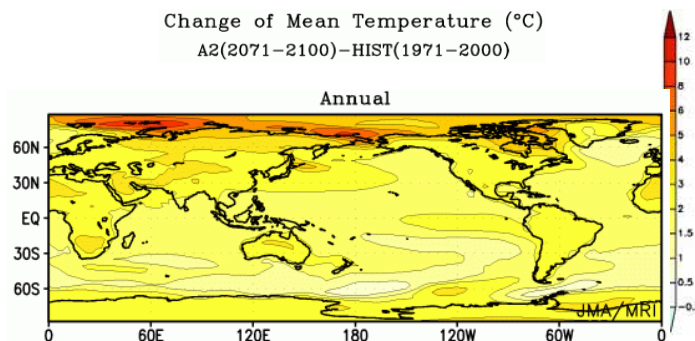
A1F1: 化石エネルギー源重視

A1T1: 非化石エネルギー源重視

A1B: 全てのエネルギー源のバランス重視

2

地球温暖化予測と永久凍土



気象庁による地表気温上昇予測。

100年後の温度上昇(30年間のアンサンブル平均の差)。

A2シナリオ。

地球全体では平均2.5°Cの上昇。

3

電力中央研究所の計算

IPCC特別報告書SRES(2001)のシナリオの特徴

● A1Bシナリオ

グローバル化が進む世界。低い人口増加率(0.2%)、高い技術進歩(3%高成長)。A1Bは多種類の燃料をバランス良く使用するシナリオ。世界経済の地域格差は縮小へ向かう。

● B1シナリオ

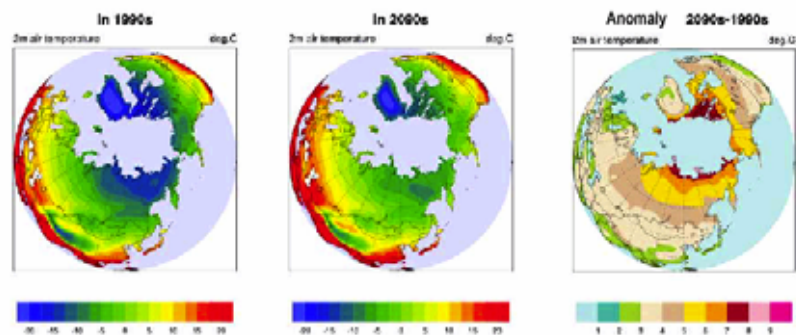
グローバル化が進む世界。低い人口増加率(0.2%)、情報・サービス産業中心の経済構造変化(2.5%成長)。環境の持続可能性を重視。

4

高緯度地域の100年後の気温上昇

A1B シナリオ

2m Air Temperature



1990年代

2090年代

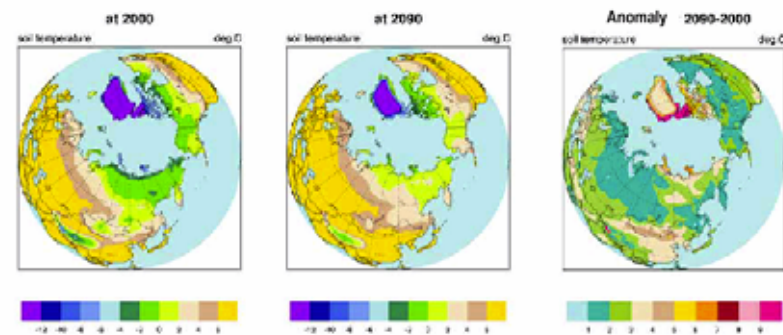
両者の差(100年後)

5

高緯度地域の100年後の土壌温度

A1B シナリオ

Soil Temperature (3m depth)



1990年代

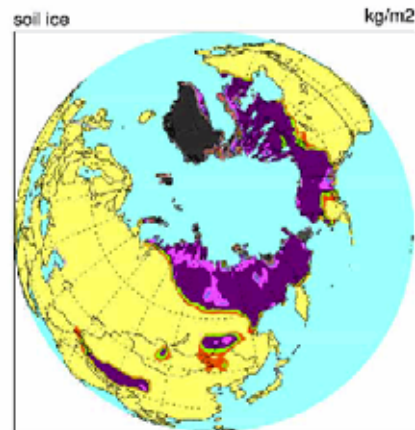
2090年代

両者の差(100年後)

6

土壌中の氷の量の変化(Kg/m²)

DISTRIBUTION OF SOIL ICE at 1870s



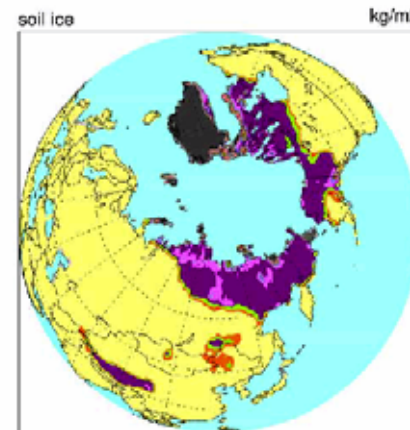
1870年代
(10年平均)



7

土壌中の氷の量の変化(Kg/m²)

DISTRIBUTION OF SOIL ICE at 2000



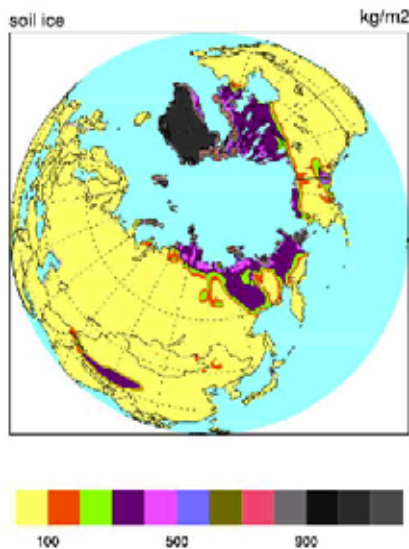
2000年代
(10年平均)



8

土壌中の氷の量の変化(Kg/m²)

DISTRIBUTION OF SOIL ICE at 2030

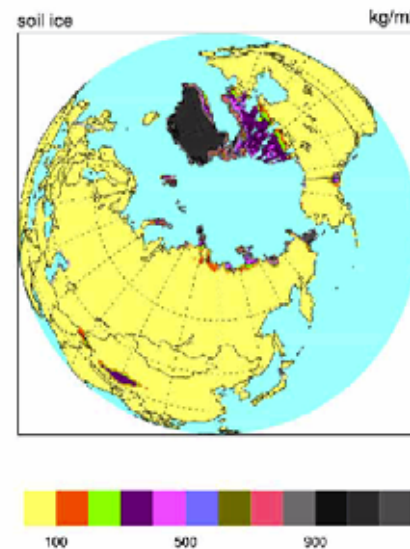


2030年代
(10年平均)

9

土壌中の氷の量の変化(Kg/m²)

DISTRIBUTION OF SOIL ICE at 2090

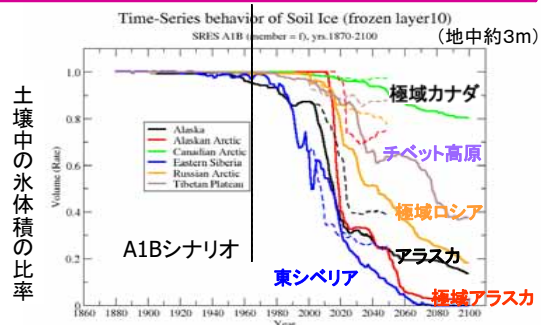


2090年代
(10年平均)

10



高緯度地域の凍土融解(予測)



土壌中の氷体積の比率

<http://criepi.denken.or.jp/press/2004/11-29.html>

11

凍土融解と建物被害の現状



Building damaged due to permafrost thawing in Cherdyn (near Khatanga River), Russia.

無対策の被害例:ロシア



BP operations center, Prudhoe Bay, Alaska, built on pilings to resist damage from thawing permafrost.

凍土融解を想定し、支持杭の上に軽量建屋を建設:被害無し(アラスカ)

出典: Impacts of a warming arctic, Arctic Climate Impact Assessment, 2004, Cambridge University Press.

12

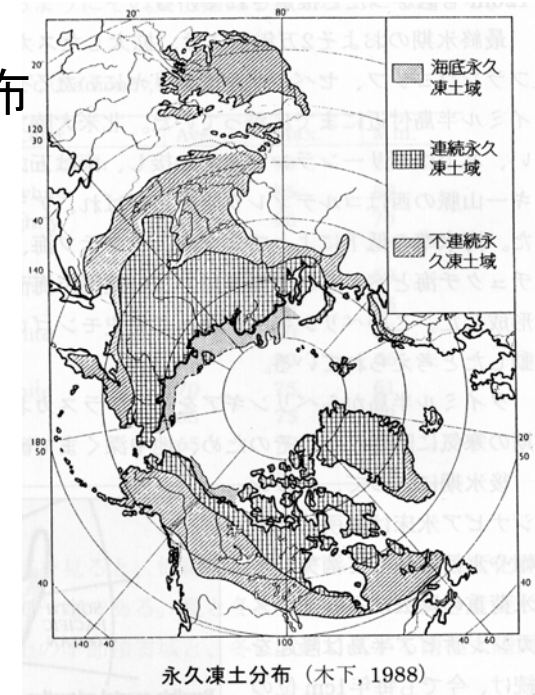
decade. Native people have long relied on both drinking water and fish from these waters. Rivers also provided access by boat to hunting grounds that can no longer be reached.

The potential for many shallow streams, ponds, and wetlands in the Arctic to dry out under a warming climate is increased by the loss of permafrost. As permafrost thaws, ponds connect with the groundwater system. They are thus likely to drain if losses due to downward percolation and evaporation are greater than re-supply by spring snowmelt and summer precipitation. Patchy arctic wetlands are particularly sensitive to permafrost degradation that links surface waters to groundwater. Those along the southern limit of permafrost, where increases in temperature are most likely to eliminate the relatively warm permafrost, are at the highest risk of drainage. Indigenous people in Nunavut (eastern arctic Canada) have observed recently that there has been increased drying of rivers, swamps, and bogs, to the extent that access to traditional hunting grounds and, in some instances, migration of fish, have been impaired. There is also a high risk of catastrophic drainage of permafrost-based lakes, such as those found along the western arctic coast of Canada.



凍土の融解水のバランスは微妙：洪水を引き起こすか？、気温上昇による蒸発で地表の乾燥化(植生の変化)が進むか？

永久凍土分布

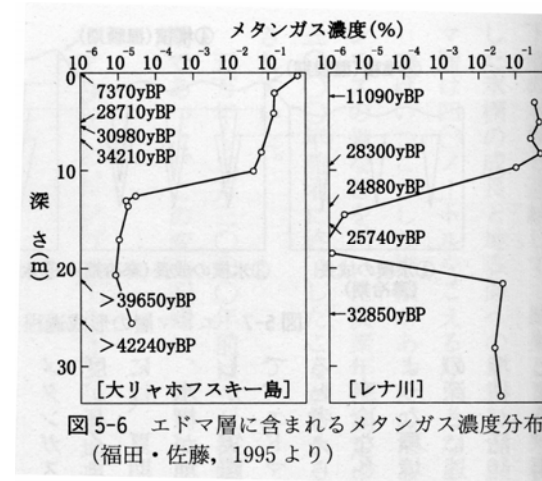


エドマ層



エドマの景観 (写真：福田正己)

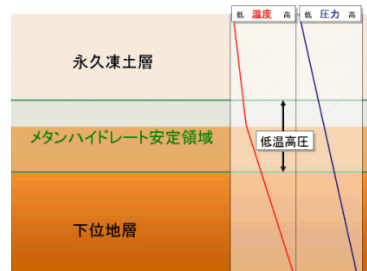
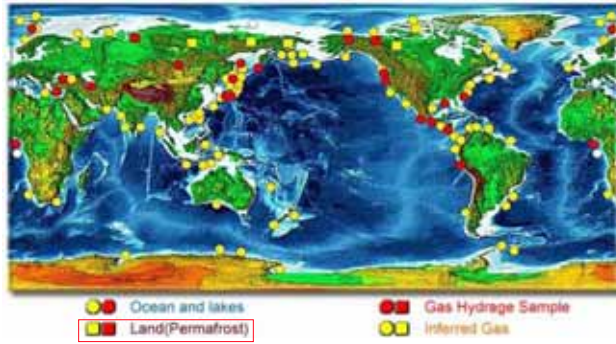
エドマ層内のメタン含有量



メタン(CH₄)はCO₂の26倍の温暖化ポテンシャルを有する。

↓
エネルギー資源として使えばよいが、大気中に放出されれば、温暖化をさらに加速する。

さらに、永久凍土層の下部には、大量のメタンハイドレートが眠っている



<http://www.mh21japan.gr.jp/>

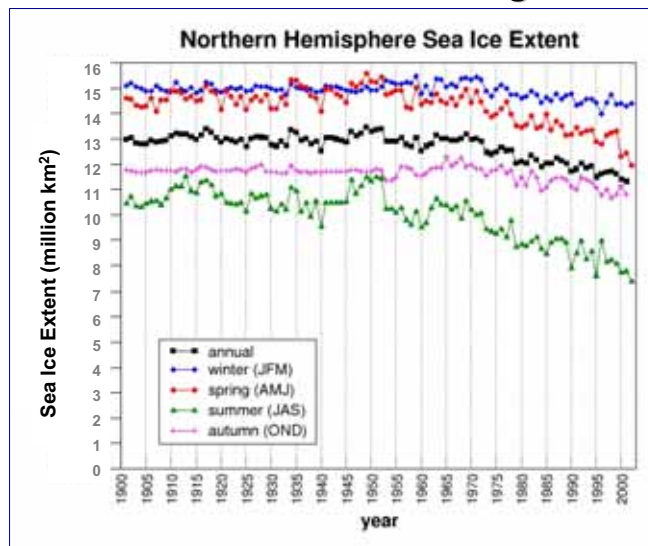
地球温暖化と海氷

18

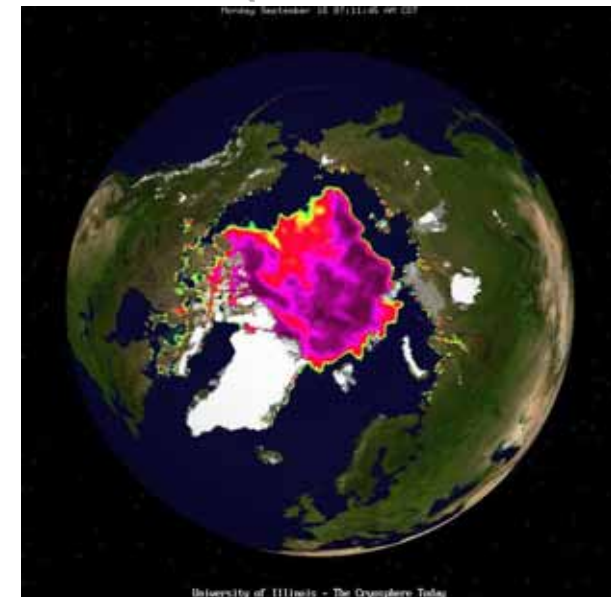
Sea Ice

Observational data show a decrease of coverage

- Decrease is largest in summer
- Decrease is largest since late 1980s

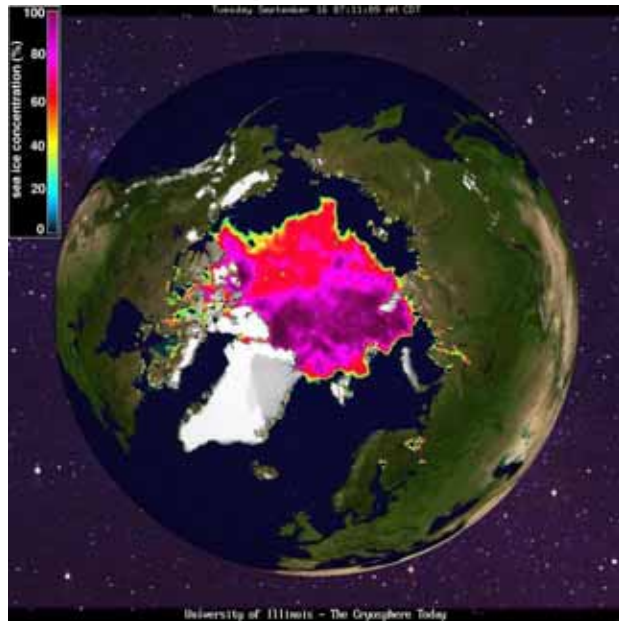


16 September 2002



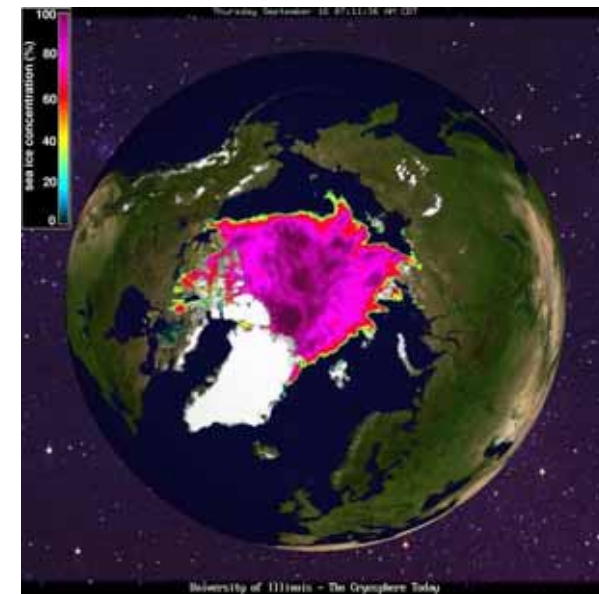
20

16 September 2003



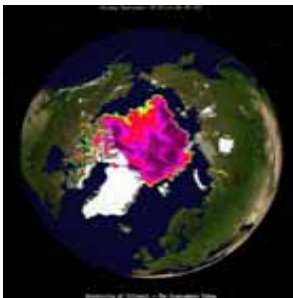
21

16 September 2004

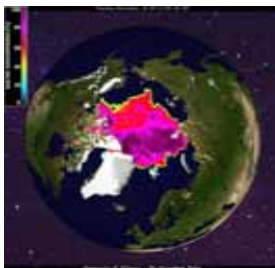


22

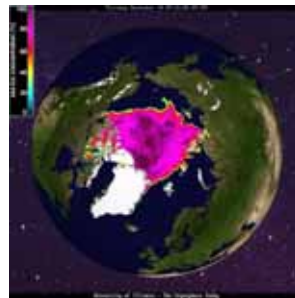
16 September 2002



16 September 2003



16 September 2004

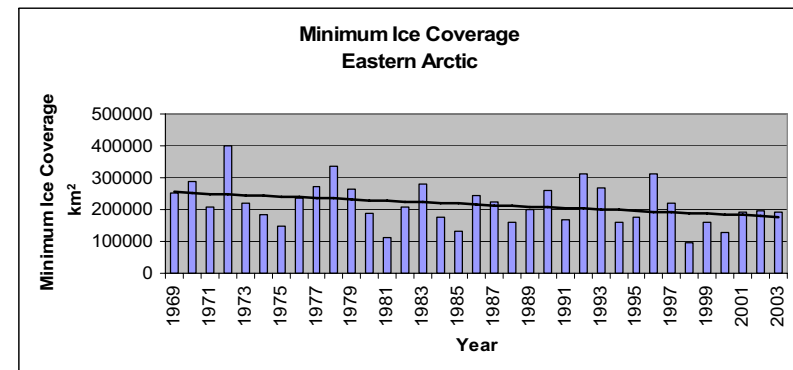


23

ACIA and the Northwest Passage

Regional Eastern Arctic

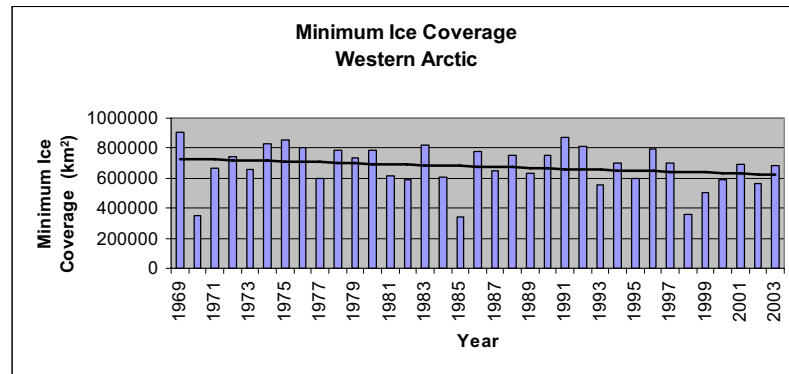
- Loss of Sea Ice Coverage
- Large Inter-annual Variability



Canadian Ice Service (2004) 24

Regional Western Arctic

- Loss of Sea Ice Coverage
- Inter-annual Variability

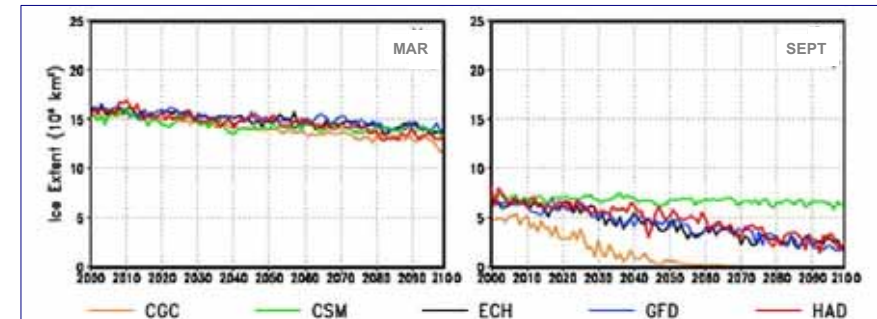


Canadian Ice Service (2004) 25

Arctic Climate Impact Assessment Climate model projections of sea ice extent: 2000 - 2100

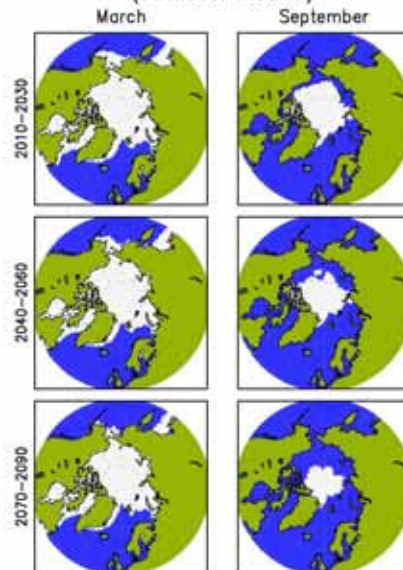
March

September



26

Arctic Climate Impact Assessment Projected Ice Extent (5-model median)



27

海氷減少のもたらすもの

- 陸氷(氷河・氷床)の流出→海面上昇
- 生態系の変化
- 海氷が地球規模の海洋循環(海洋大循環: ネットで調べて下さい)をもたらしている
→地球規模の熱・物質循環の低下
- 北極域利用の促進→資源開発、輸送(例えば、北極海航路): 持続可能型開発でなければならない。

28

地球大気の歴史

- ・ 南極氷床のドリリング

22万年前からの
大気の組成変化



22万年前からの
地球の温度変化

地球の気温は結構大きく変化している。現在の問題は、人為的な原因により、その変化が非常に大きいこと。地球がこれまで経験したことのない、大きな変化率になる可能性がある。

