

# 八千代高校模擬講義 衛星からみた環境変動

近藤昭彦(千葉大学CEReS)

地球温暖化は人類にとって脅威か

衛星からみた地球は変わっているのか

地球温暖化の影響に対するステレオタイプからはなれて考えてみよう



## 高等学校の科目

数学、物理学、化学、生物学、地学、...

～学 内容が体系づけられた  
学問分野

## 大学で学ぶ学問

まだ体系づけられていない分野  
⇒環境(学)・・・人と自然の関係  
知識を応用、活かすことができる力

地学や地理学って、暗記することが多いからいや!

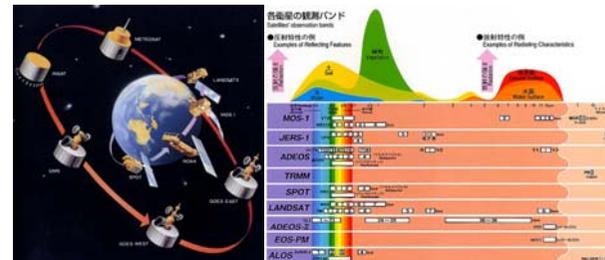


まだわかっていないことも多いし、知識を応用することができれば社会に役立てることができるかも



## 衛星リモートセンシングとは何か

宇宙空間を飛行する人工衛星から、可視光(目に見える)と赤外線(目に見えない)の光(電磁波)で地表を撮影した画像



現在、様々な衛星が運用されており、その画像の地上分解能は0.6m～1km程度なので、目的に応じて様々な衛星画像を利用することができます

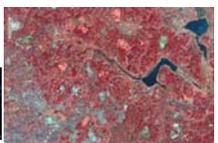
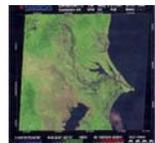
## 衛星リモートセンシングの歴史

30年以上も観測を続けている  
その間になにが起きたか

1972	ランドサット1号
1986	もも1号(海洋観測)
1992	JERS-1(資源観測)
1996	みどり1号(地球環境観測)
2002	みどり2号(地球環境観測)
2006	だいち(地図作成、災害観測)

多岐な用途に活躍中

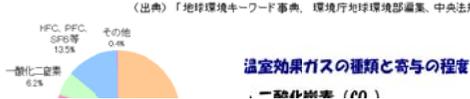
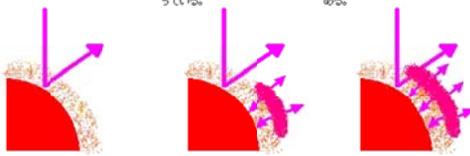
1972	国連人間環境会議(ストックホルム会議) 人間環境宣言
1992	リオデジャネイロ環境サミット 持続可能な開発のための行動計画「アジェンダ21」
2002	地球温暖化、生物多様性、ヨハネスブルク環境サミット 持続可能な開発に関する世界サミット



## 地球温暖化とは

温室効果のメカニズム

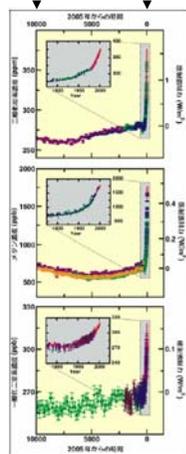
- 太陽から届く日射エネルギーの約7割は、大気と地表に吸収されて熱になる。
- 地表から放射された赤外線の一部は大気中の温室効果ガスに吸収され、地表を適度な気温に保っている。
- 人間活動により、大気中の温室効果ガスの濃度が急上昇しており、地表の温度が急上昇するおそれがある。



温室効果ガスの種類と寄与の程度 (一部は数値は%)



1万年前 ここが最近



温室効果ガスの濃度は  
上がり続けている



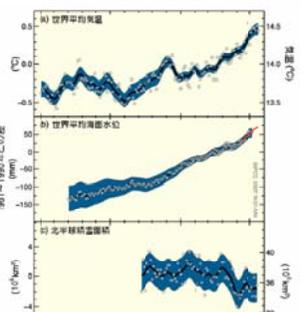
放射強制力をもたらす要素

放射強制力要素	放射強制力 (W/m <sup>2</sup> )			
温室効果ガス	2.30 (1.65~3.00)	1.88 (1.45~2.40)	0.48 (0.43~0.53)	0.19 (0.14~0.24)
オゾン	0.09 (0.05~0.13)	0.07 (0.02~0.12)	0.01 (0.00~0.02)	0.01 (0.00~0.02)
エアロゾル	-0.5 (0.0~ -1.0)	-0.2 (0.0~ -0.4)	-0.1 (0.0~ -0.2)	-0.1 (0.0~ -0.2)
雲	-0.5 (0.0~ -1.0)	-0.4 (0.0~ -0.8)	-0.1 (0.0~ -0.2)	-0.1 (0.0~ -0.2)
地表反照率	0.01 (0.00~0.02)	0.01 (0.00~0.02)	0.01 (0.00~0.02)	0.01 (0.00~0.02)
太陽放射	0.12 (0.05~0.20)	0.12 (0.05~0.20)	0.12 (0.05~0.20)	0.12 (0.05~0.20)
人為放射合計	1.8 (0.6~3.0)	1.8 (0.6~3.0)	1.8 (0.6~3.0)	1.8 (0.6~3.0)

(気象庁: IPCC第4次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約)

## 温室効果ガスの濃度増大 によって何が変わったか?

気温、海面水位及び北半球の積雪面積の変化



気温と海水準は上昇し、積雪面積は減少する

海面水位上昇に対する寄与↓

一番は熱膨張、次に氷河と氷山の寄与が大きいこと注目

表 SP4-1 観測された海面水位の上昇率と様々な要因による寄与の推定値 (注: 5, Table S.3)

海面水位上昇の要因	海面水位の上昇率 (mm/年)	
	1993-2003	1993-2003
熱膨張	0.42±0.12	1.6±0.5
氷河と氷床	0.50±0.18	0.77±0.22
グリーンランド氷床	0.05±0.12	0.21±0.07
氷河氷床	0.14±0.41	0.21±0.35
海面水位上昇に寄与する個別要因の合計	1.1±0.5	2.8±0.7

観測された海面水位上昇率から算出された寄与の推定値

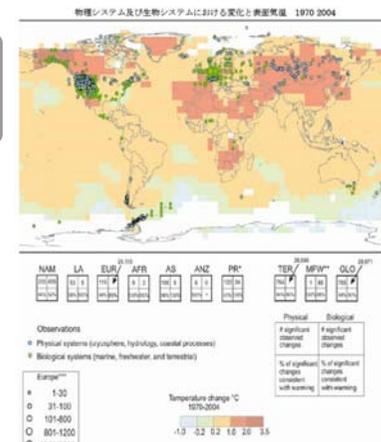
(気象庁: IPCC第4次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約)

## IPCC第四次報告書では確実に温暖化は進行していることが確認されました

その影響がすでに顕在化しています。ところで、何が起きているのでしょうか



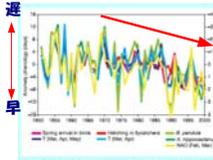
世界各地から様々な変化に関する証拠が集まってきました



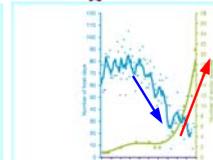
● 雪氷圏、水循環、沿岸域における変化の証拠

(IPCC第4次評価報告書に対する第2作業部会からの提案: 承認された政策決定者への要約: 環境省訳)

春の季節現象が早まっている



この図は「不都合な真実」にも採用されていますね



ドイツのワルサーさんは、様々な生態系の最近の変化について纏めています

例えば、春の渡りの来訪の時期、鳥 (flycatcher) の孵化、植物の芽生えの時期が早まっています (左)

右の図は南スイスでは、冬の凍結日数が減り (→)、外来の樹種が増えています (→) ことを示しています



Walther et al. (2002): Ecological responses to recent climatic change. NATURE. 416, 389-395.

春のイベント

分類群	地域	観察された変化	期間
多数の植物	ヨーロッパ	開花、展葉が10年で1.4-3.1日程度早まっている	過去38~48年
18種の蝶類	北アメリカ	開花、展葉が10年で1.2-2.0日程度早まっている	過去35-63年
両生類	UK	10年で2.8-3.8日程度出現が早まっている	過去23年
野鳥	ヨーロッパ	産卵が早まっている	過去25年
	北アメリカ	渡りの時期が早まっている	過去30-60年

緯度および高度方向へのシフト

種類	場所	観察された変化	気候変化との関連
森林限界	ヨーロッパ	高標高帯への移動	気温の上昇
極圏の灌木植生	ユーロージランド	灌木の無かった場所への灌木の拡大	気温の上昇
山岳植生	ヨーロッパアルプス	10年で1~4mの上昇	気温の上昇
南極植生、軟体動物	南極	分布の変化	淡水の利用
動物プランクトン	カリフォルニア沿岸	暖水域の種の増加	気温の上昇
潮間帯の軟体動物	北大西洋		沿岸水温の上昇
魚類			
39種の蝶	北アメリカ	過去27年間で200kmの北方へのシフト	
ある種の蝶	ヨーロッパ	20世紀間で上へへ124m、北方へ92km	
低地の野鳥	コスタリカ	高山への分布の拡大	乾季の霧の頻度
12種の鳥類	イギリス	20年で18.9kmの北方への移動	冬の気温
キツネ	カナダ	赤キツネの北方拡大	気温の上昇
		黒キツネの分布減少	

Walther et al. (2002): Ecological responses to recent climatic change. NATURE. 416, 389-395.

確かに、温暖化にともなう生態系の変化は認められるようである

地球温暖化は私たちの生活にどんな影響を与えるのだろうか

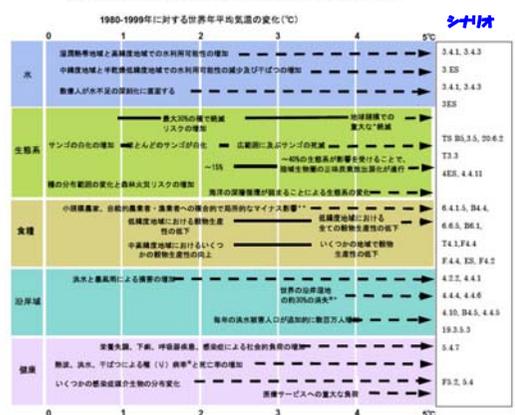


- 水
- 生態系
- 食糧
- 沿岸域
- 健康

に大きな影響がある!



世界平均気温の上昇による主要な影響 (影響は、適応の度合いや気候変化の速度、社会経済の経済力によって異なる)



シナリオ

人類の将来にとって悪い結果にならないように誘導するものも科学の役割

温暖化の影響とされるものを詳しく検討してみよう



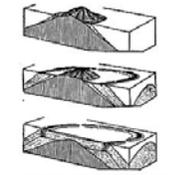
◆表I-3-1 地球温暖化の自然・社会経済への影響 (CO<sub>2</sub>濃度が2倍になった場合)

植生	今後100年間における気温の上昇により、地球の全森林面積の3分の1で植生が何らかの変化を受ける。病害虫・火災の増加等による森林損壊により大量のCO <sub>2</sub> が放出
氷雪圏	今後100年間で氷雪圏の1が消失、氷河・積雪の減少は河川・永久凍土に大きな影響が生じる可能
水資源	特に乾燥・性的大
食糧生産	熱帯・亜熱帯・半乾燥地域も含め最貧地域の飢饉の危険が増大
洪水・高潮	沿岸地域の高潮被害を受けやすくなる。人口増加を考慮しなくても現在の4,600万人から1億1,800万人に増加
健康影響	マラリアの潜在流行地域では、患者数が5,000~8,000万件増加するおそれ。気温上昇・洪水増加の影響としてコレラ等の非虫媒媒介性感染症も増加

(IPCC編・環境庁地球環境部監修「IPCC地球温暖化第二次レポート」中央法規(1996)より作成)

ほんとうに解決すべき問題は何か?

(渡辺光：新版地形学)



高184段の珊瑚礁(ダイオウ)



茅根(2006)

珊瑚礁の成因と現状



Crack in Male' reef widens

マレ島の珊瑚礁の亀裂が拡大!

- マレ島の海岸の先は、傾斜45度の急斜面
- 2002年に作業台船の過失が原因で崩壊が発生
- 表面は固結しているが、中は枝珊瑚、卓状珊瑚からなる未固結の堆積物
- その周辺に多数の亀裂が発見 (岡山大学、菅浩伸先生による)

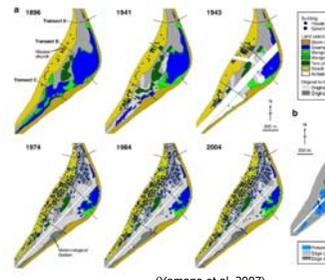
守ろうとしているのは何?



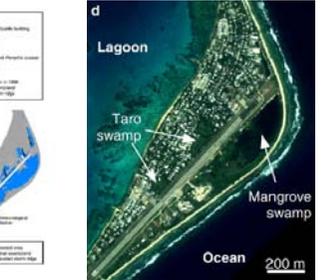
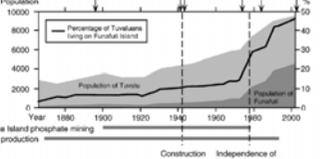
ツバル、フナフチ

人口増加 都市化 地形改変 ⇒高潮に対する脆弱性増加

●地球規模の問題と、地域の問題の関わりを理解しよう



人口が増えている!



(Yamano et al., 2007)

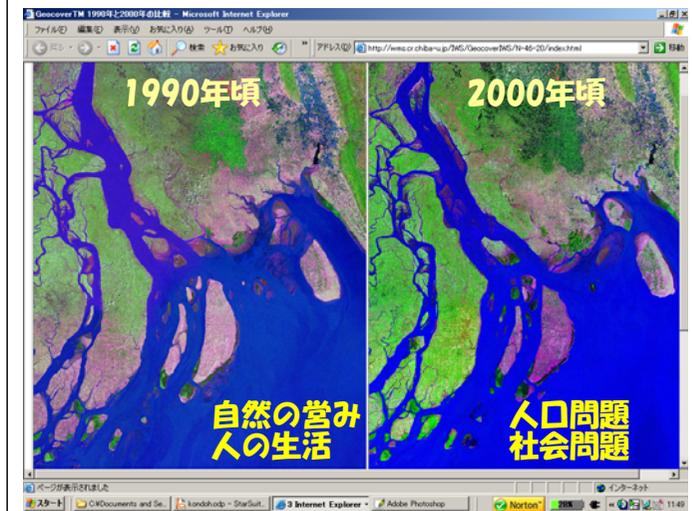
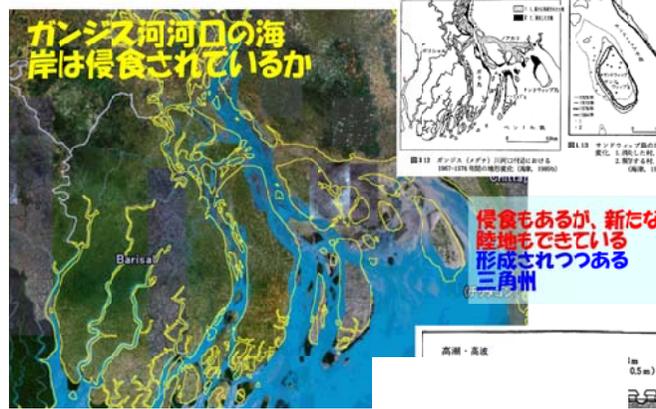
**地球温暖化が悪なのはまず、社会的弱者に影響が及ぶから**

しかし、貨幣経済に取り込まれたさんご礁の島では...

海水面の上昇に伴い、太平洋の海拔の低い島国に住む人々は、すでに家から避難しなくてはならなくなっている。

**観光開発、建設、都市化、人口問題、排水、ゴミ問題、フランドーション、...**

- ・現在起きている問題
- ・将来起こるかもしれない問題
- ⇒ 理学と社会学の融合
- ⇒ 様々な利害関係者の調整



**インドのファラッカ堰**



◆表I-3-1 地球温暖化の自然・社会経済への影響 (CO<sub>2</sub>濃度が2倍になった場合)

植生	今後100年間における気温の上昇により、地球の全森林面積の3分の1で植生が何らかの変化を受ける。病虫害・火災の増加等による森林損壊により大量のCO <sub>2</sub> が放出
水雪圏	今後100年間で山岳氷河の3分の1から2分の1が消失、氷河・積雪の減少は河川流量の減少をもたらす ・永久凍土の融解等
水資源	特に乾燥・半乾燥地域で 性大
食糧生産	熱帯・亜熱帯では生産量の増加が期待されるが、半乾燥地域や冷帯の取壊地域での飢饉の危険が増大
洪水・高潮	・沿岸地域の高潮被害を受けやすい人口は、人口増加を考慮しなくても現在の4,600万人から1億1,800万人に増加 ・マーシャル諸島では90%、バングラデシュでは18%の土地が海没。一部の島嶼国では、コストは実施不可能な額になる
健康影響	マラリアの潜在的発症地域は、患者数が5,000~8,000万件増加するおそれ。気温上昇・洪水増加の影響としてコレラ等の非虫媒介性感染症も増加

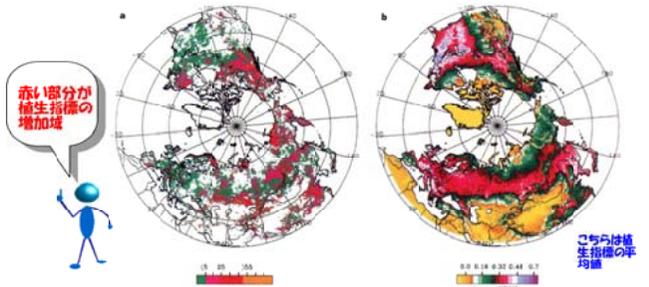
(IPCC編・環境庁地球環境部監修「IPCC地球温暖化第二次レポート」中央法規(1996)より作成)

**植生はどうなっているの**

**ほんとうに解決すべき問題は何か?**

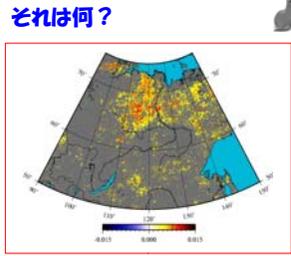
10~20年間継続して撮影された衛星データから高緯度における植生活動が活発になっていることが明らかとなった

温暖化により、消雪が早まり、生育期間が延びた

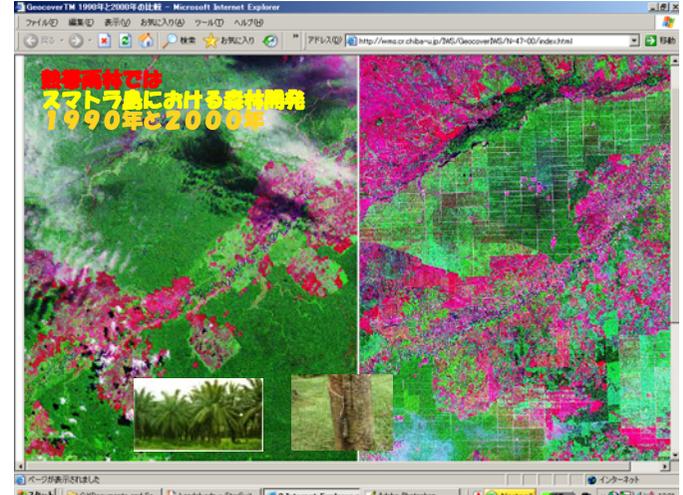
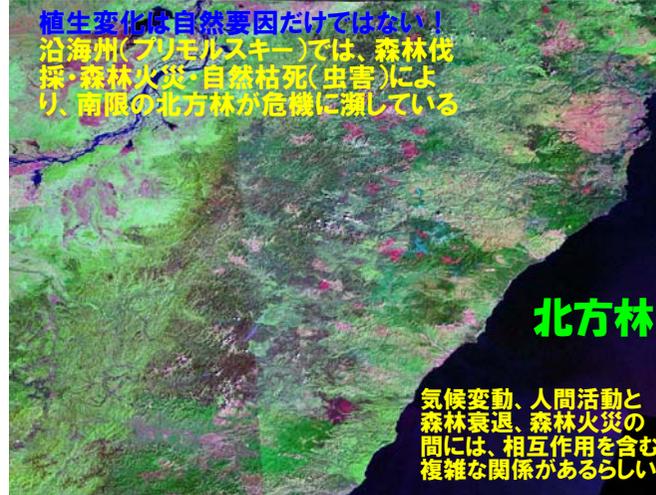


衛星データを用いた別の指標からは、エコトーン(タイガとツンドラの境界域)における植生変動を捉えることができた

アラスカでは、ツンドラに灌木が侵入しているようだ



北方圏では、植生は確かに変わっており、温暖化の影響が考えられる



### 森林火災とエル・ニーニョ

伐採  
焼畑  
森林火災

### エル・ニーニョの発生と東南アジアの高温・乾燥

東風

(気象庁: [http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/data/el\\_nino/learning/faq/whatiselnino.html](http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/data/el_nino/learning/faq/whatiselnino.html))

### 森林火災は温暖化の影響か？

エル・ニーニョ → 高温・乾燥 → 森林火災

エル・ニーニョは異常気象ではない

オイルパームプランテーションによる火入れ

グローバル経済に飲み込まれた地域の産業  
伝統的な焼き畑は持続可能な農業

問題を包括的に理解しないと、本当に守るべきものが守れません

現在の問題 VS 未来の問題

(池田寛二編著)

### 表I-3-1 地球温暖化の自然・社会経済への影響 (CO<sub>2</sub>濃度が2倍になった場合)

植生	今後100年間における気候変動による森林面積の3分の1で植生が何らかの変化により大量のCO <sub>2</sub> を吸収する森林損壊により大量のCO <sub>2</sub> が放出される
水雪圏	今後100年間で山岳氷河・積雪の減少は河川流量の減少・永久凍土の融解によるCO <sub>2</sub> ・メタン放出
水資源	特に乾燥・半乾燥地域では水資源、水循環に大きな影響が生じる可能性大
食糧生産	熱帯・亜熱帯では生産量が低下し、乾燥・半乾燥地域も含め最貧地域の飢饉の危険が増大
洪水・高潮 (海面上昇1mの場合)	沿岸地域の高潮被害を受けやすい人口は、人口増加を考慮しなくても現在の4,600万人から1億1,800万人に増加 マーシャル諸島の一部では80%、バングラデシュでは18%の土地が海没。一部の島嶼国では対策コストは実施不可能な額になる
健康影響	マラリアの潜在的流行地域では、患者数が5,000~8,000万件増加するおそれ。気温上昇・洪水増加の影響としてコレラ等の非虫媒介性感染症も増加

地球温暖化は水害を増やすのだろうか

洪水: 長江, NO

ほんとうに解決すべき問題は何か？

### 洪水も地球温暖化のせい？

1998年長江洪水

1998年長江洪水は、中国が初めて海外にリアルタイムで報道を行った災害

1954年長江洪水

(ニュートンムック: 多発する自然災害)

### NHKの広報紙「ステラ」1999.2

省都の犠牲になった村

おすすめカルチャー

武漢を守るため、人為的に堤防を切った!?!...

### レーダー画像では湛水域がよくわかる

明の大堤

下は長江の本堤の写真であるが、左上の画像の●の位置

### ここは、最も多くの犠牲者を出した地域。武漢への水勢を緩和するため、わざと蛇行を誘っていた場所、やはり堤外地で破堤...人口稠密？

98年長江洪水は決して未曾有の災害ではなかった

報道により、全世界に洪水の実態が知らされ、地球温暖化と関連づけられるようになった

### ハリケーンカトリーナは何を教えたか

そして街は水に沈んだ

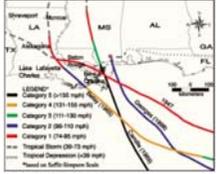
Special Report

ニューズウィーク日本版 2005.9.14

# ハリケーンカトリーナは未曾有のハリケーンだったか



カトリーナは最大時カテゴリー5、上陸時にカテゴリー3

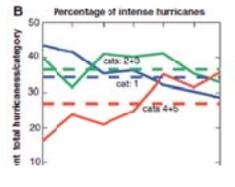
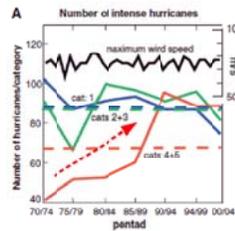


ハリケーンカトリーナの進路(上)と過去の主なハリケーン(下)

	カトリーナ	伊勢湾台風
上陸日	2005年8月25日	1959年9月26日
最低気圧	902hPa	894hPa
上陸時気圧	920hPa	929hPa
最大風速	77m/s	75m/s
上陸時風速	62m/s	45m/s
暴風域半径	180km	350km



木曾川上空より弥富駅方向。下記URLより転載  
http://www.d1.dion.ne.jp/~kwx/isewan.htm



(大葉)

# 強烈なハリケーンは増えているのか？

80年代まで、カテゴリー4+5のハリケーンの数、割合は増えているが、最大風速は衰わっていない (IPCCでは傾向は認められるとしている)

## なぜ、未曾有の災害になったか？

- 堤防が決壊したこと
- ただし、堤防はカテゴリー3が基準
- 続いて、ハリケーンリタが襲来

ルイジアナ州とミシシッピ州 - 3つのEventがニューオーリンズを襲った-



カトリーナ

# ニューオーリンズは三角州(デルタ)の上に発達した都市 土地の性質を知らなかった...



(ニューズウィーク日本版 2005.9.14)



ミシシッピデルタの地形分類(上)と、地盤高分布(下) (水谷武司原図)



浸水深の分布(牧・林、2006)

(大葉・水谷・佐藤、2006)

# ミシシッピデルタ 1976年と2001年

ミシシッピ川は大量の土砂を運ぶ 鳥状三角州 上流に建設されたダムは川の運ぶ土砂を減少 海岸侵食



赤が失われた土地



サイズは6度×5度

# 東京下町低地はどうなっているのか

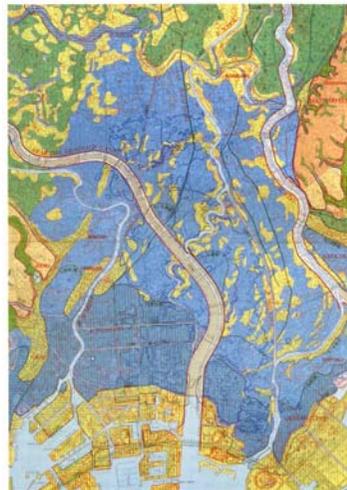


- 東京湾の過去の海岸線
- 赤：6～8世紀
- 緑：15世紀頃
- 青：1600年頃
- 紫：1880年
- 黄：1945年

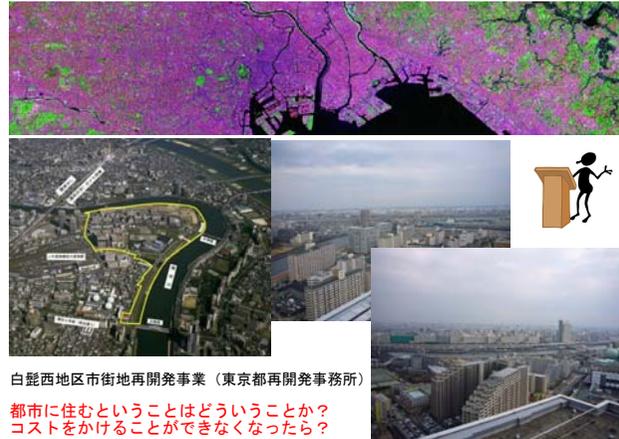
# 東京低地水域環境地形分類図

大矢雅彦ほか、「地形分類図の読み方・作り方」、古今書院、1998。  
久保純子、東京低地水域環境地形分類図

ビルに埋め尽くされた都会の下には、もとの地形が隠されており、災害時にはその性質を露わにする



# 生活基盤を維持するために様々な投資がなされている



白髭西部地区市街地再開発事業 (東京都再開発事務所)

都市に住むということはどういうことか？ コストをかけることができなくなったら？



高潮・防潮堤の配置状況(左)  
水門と排水機場の配置状況(下)  
(東京都江東治水事務所)

私たちは守られている 文明社会の野蠻人 になってはいけない

## ●地球温暖化と●現場の問題の関係

温暖化は確実に起こっている(IPCCの見解)

その主要な原因は人間活動らしい (IPCCでは「可能性が非常に高い」)

でも、影響とされているもののステレオタイプについては、もう  
すこし詳しく調べてみようよ

現在起こっている問題と、将来起こるかもしれない問題  
現在困っている人、将来もっと困るかもしれない人

様々な関係者の利害をどう調整するか? —環境問題—

環境問題は理学的研究を進める牽引力  
研究の成果を社会に役立てる時代  
理学と社会学の融合

