

人工物環境システム

第1部 環境情報の把握



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

授業計画	第1部 環境情報の把握(担当:作野)	授業予定日
	1. 環境情報把握の概要	4/14
	2. 都市環境のモニタリング	4/21
	3. 海洋環境のモニタリング	4/28
	4. 大気環境のモニタリング	5/12
	5. 第1部試験	5/19
	第2部 環境のモデル化と解析(担当:陸田)	
	6. 人工物と大気・海洋環境の相互作用モデル(1)	5/26
	7. 人工物と大気・海洋環境の相互作用モデル(2)	6/2
	8. 人工物と都市環境の相互作用モデル	6/9
	9. 人工物と海洋・生物環境の相互作用モデル	6/16
	10. 第2部試験	6/23
	第3部 環境影響の評価(担当:濱田)	
	11. 人工物のライフサイクルと環境影響	6/30
	12. ISO14000	7/7
13. ライフサイクルアセスメント(LCA)	7/14	
14. ライフサイクルアセスメント(LCA)	7/21	
15. 第3部試験	7/28	



「関心のある環境問題を2つあげなさい」という問いに対する回答

- ・地球温暖化 26
- ・水質汚染 10
- ・オゾン層破壊 8
- ・大気汚染 5
- ・地下資源の枯渇 5
- ・森林伐採 3
- ・海面上昇 3
- ・砂漠化 2
- ・エネルギー 2
- ・気候変動 1
- ・騒音 1
- ・酸性雨 1
- ・水 1
- ・ごみ 1
- ・人口 1
- ・食料 1

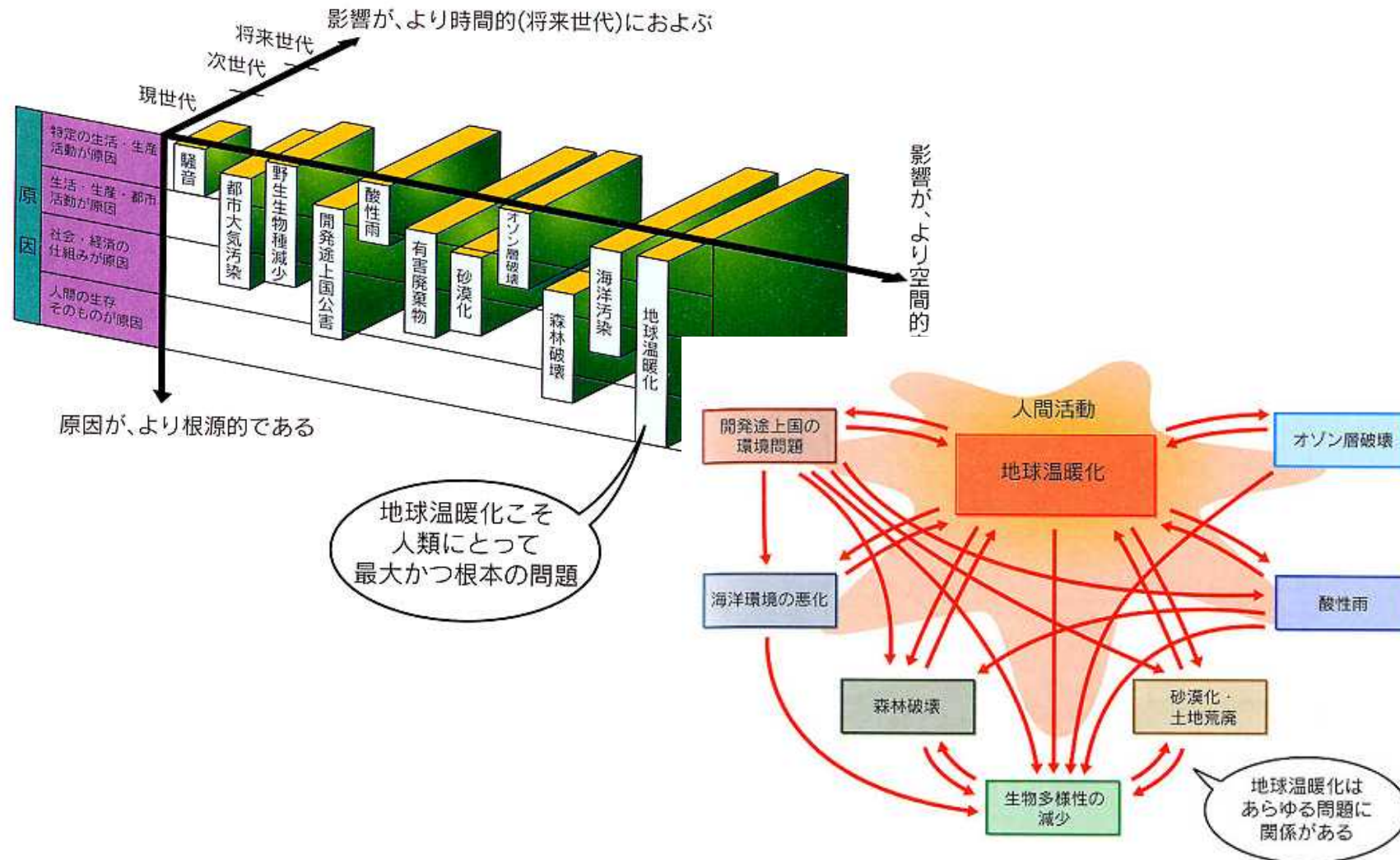


「環境情報を2つあげなさい」という問いに対する回答

- ・ **温室効果ガス(CO₂)** 15
- ・ エコカー 10
- ・ エコ家電 6
- ・ エネルギー 4
- ・ **オゾン層** 4(オゾンを含む)
- ・ **降水量** 2
- ・ 燃費 2
- ・ リサイクル 1
- ・ 環境行政 1
- ・ **人口増加** 1
- ・ **気温** 1
- ・ **海面上昇** 1
- ・ 京都議定書 1
- ・ Eco-Priceless 1
- ・ 自然 1
- ・ **雪** 1
- ・ 資源 1
- ・ **森林・砂漠の規模** 1

都市環境のモニタリング

地球温暖化とは？



海洋環境のモニタリング 地球温暖化問題における海の位置づけ



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



海洋環境のモニタリング 炭素循環モデル



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

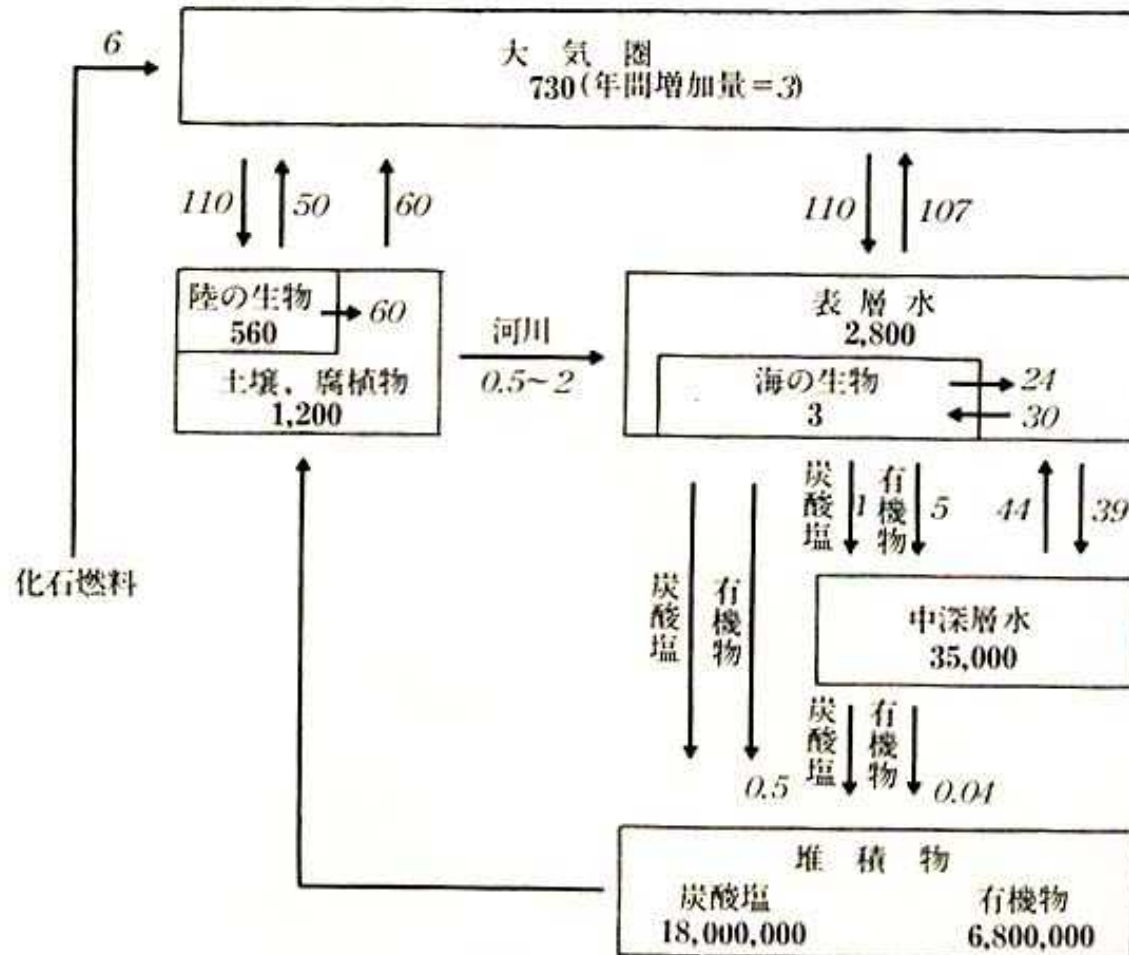
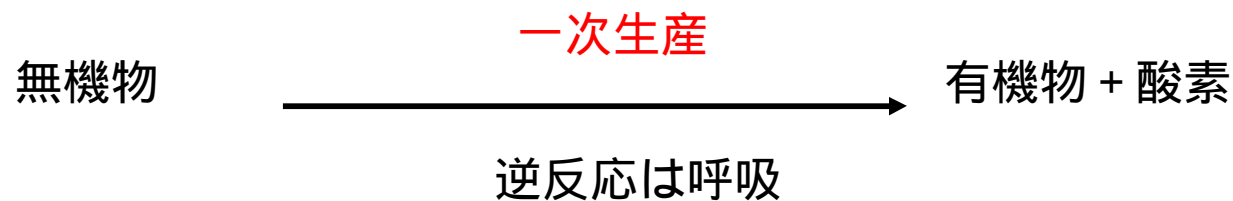
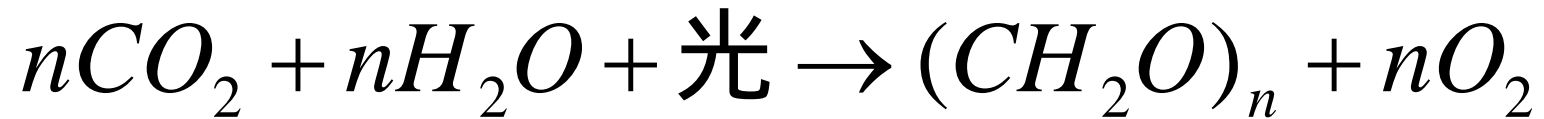


図 5.10 IGBP による炭素循環モデル (IGBP の資料をもとに作成)

注：単位は、存在量 (太い数字) が Gt, 移動量 (斜体数字) が Gt/年.



海洋生物によるCO₂固定反応(光合成反応)



$$\text{純一次生産量} = \text{総一次生産量} - \text{呼吸量}$$

海洋環境のモニタリング 地球上の一次生産能力



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

表 5.8 地球の純一次生産力と植物の生物量

生態系のタイプ	面積 (100万km ²)	単位面積当たり の純一次生産 (g/m ² /年)		世界の純 一次生産 (10億 t/年)	単位面積当た りの生物量 (kg/m ²)		世界の 生物量 (10億 t)
		範囲	平均		範囲	平均	
熱帯多雨林	17.0	1,000~3,500	2,200	37.4	6~80	45	765
熱帯季節林	7.5	1,000~2,500	1,600	12.0	6~60	35	260
温帯常緑樹林	5.0	600~2,500	1,300	6.5	6~200	35	175
温帯落葉樹林	7.0	600~2,500	1,200	8.4	6~60	30	210
北方針葉樹林	12.0	400~2,000	800	9.6	6~40	20	240
疎林と低木林	8.5	250~1,200	700	6.0	2~20	6	50
サバナ	15.0	200~2,000	900	13.5	0.2~15	4	60
温帯イネ科草原	9.0	200~1,500	600	5.4	0.2~5	1.6	14
ツンドラと高山荒原	8.0	10~400	140	1.1	0.1~3	0.6	5
砂漠と半砂漠	18.0	10~250	90	1.6	0.1~4	0.7	13
岩質および砂質砂漠と氷原	24.0	0~10	3	0.07	0~0.2	0.02	0.5
耕地	14.0	100~3,500	650	9.1	0.4~12	1	14
沼沢と湿地	2.0	800~3,500	2,000	4.0	3~50	15	30
湖沼と河川	2.0	100~1,500	250	0.5	0~0.1	0.02	0.05
陸地合計	149.		773	115		12.3	1,837
外洋	332.0	2~400	125	41.5	0~0.005	0.003	1.0
湧昇流海域	0.4	400~1,000	500	0.2	0.005~0.1	0.02	0.008
大陸棚	26.6	200~600	360	9.6	0.001~0.04	0.01	0.27
藻場とサンゴ礁	0.6	500~4,000	2,500	1.6	0.04~4	2	1.2
入江	1.4	200~3,500	1,500	2.1	0.01~6	1	1.4
海洋合計	361		152	55.0		0.01	3.9
地球(規模)合計	510		333	170		3.6	1,841

海洋環境のモニタリング 一次生産量とクロロフィルa濃度の関係



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

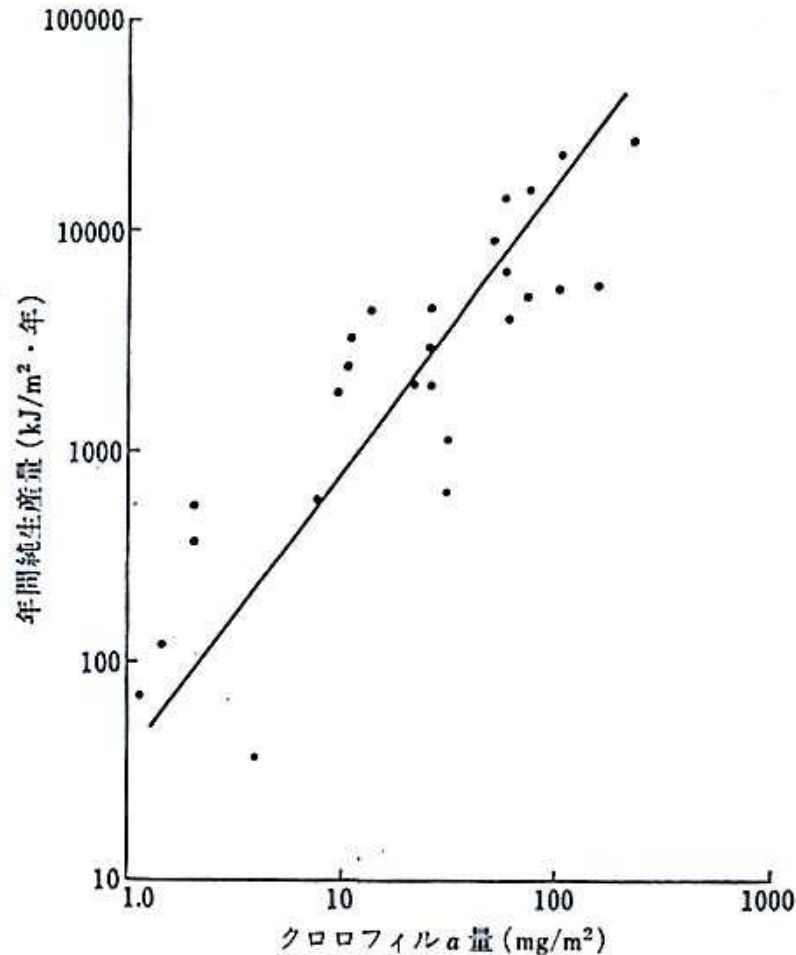


図 5.2 IBP の研究における世界の湖沼のクロロフィル a 量と植物プランクトンの年間純生産量の関係 (Brylinsky, 1980)

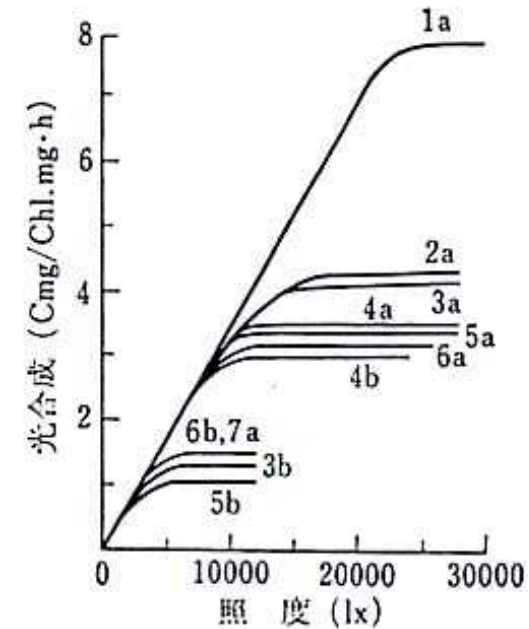


図 4.3 種々の海域で得られた植物プランクトンの光合成-光曲線。
a : 表層の植物プランクトン,
b : 有光層下部の植物プランクトン。
1 : 熱帯, 2~4 : 温帯の夏季, 5
と 6 : 寒帯の夏季, 7 : 温帯の冬季
(Steemann Nielsen & Hansen, 1959).

海洋環境のモニタリング 海は何色か？



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



口絵3 徳島県椿泊に発生した赤潮（詳細は2章8節参照，
写真提供：水産航空株式会社）



口絵4 東京湾に発生した青潮（船橋港上空から撮影，
詳細は2章8節参照）

海洋環境のモニタリング
　　廣大ぶどう池は何色か？



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

ぶどう池の色は？



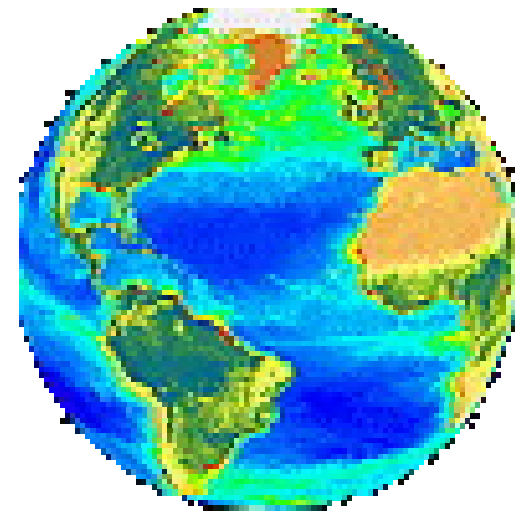
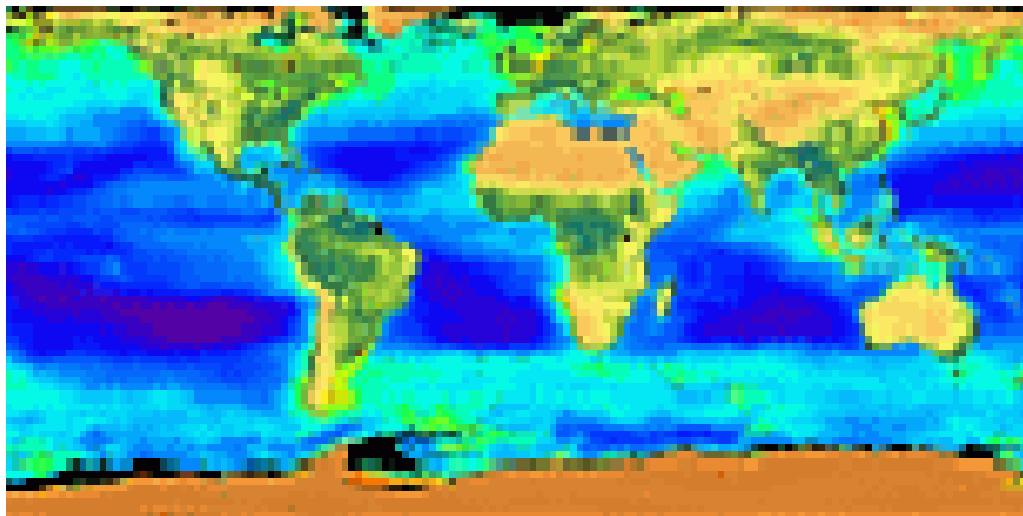
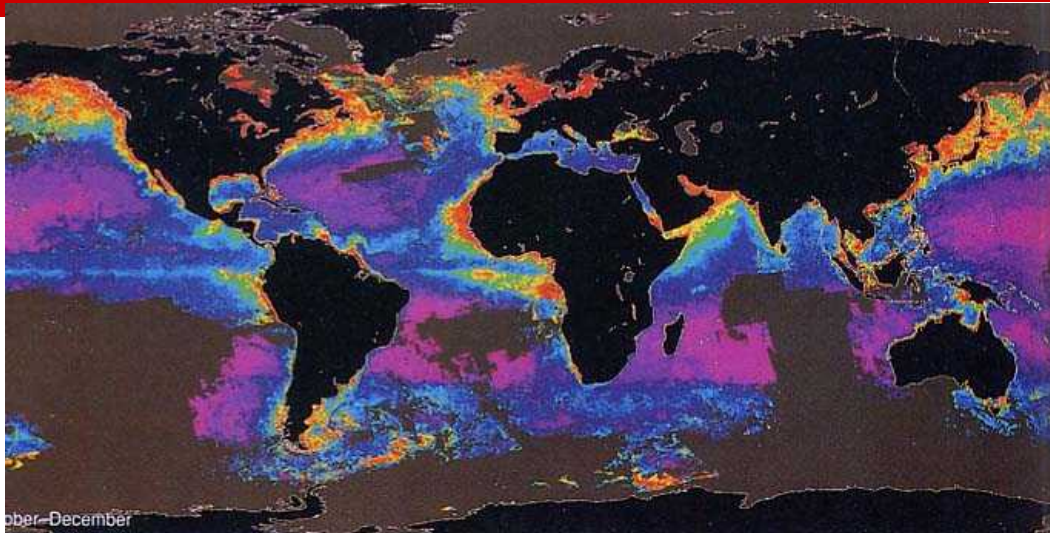
湖に発生したアオコ



海洋環境のモニタリング 衛星データから推定したクロロフィル濃度分布



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

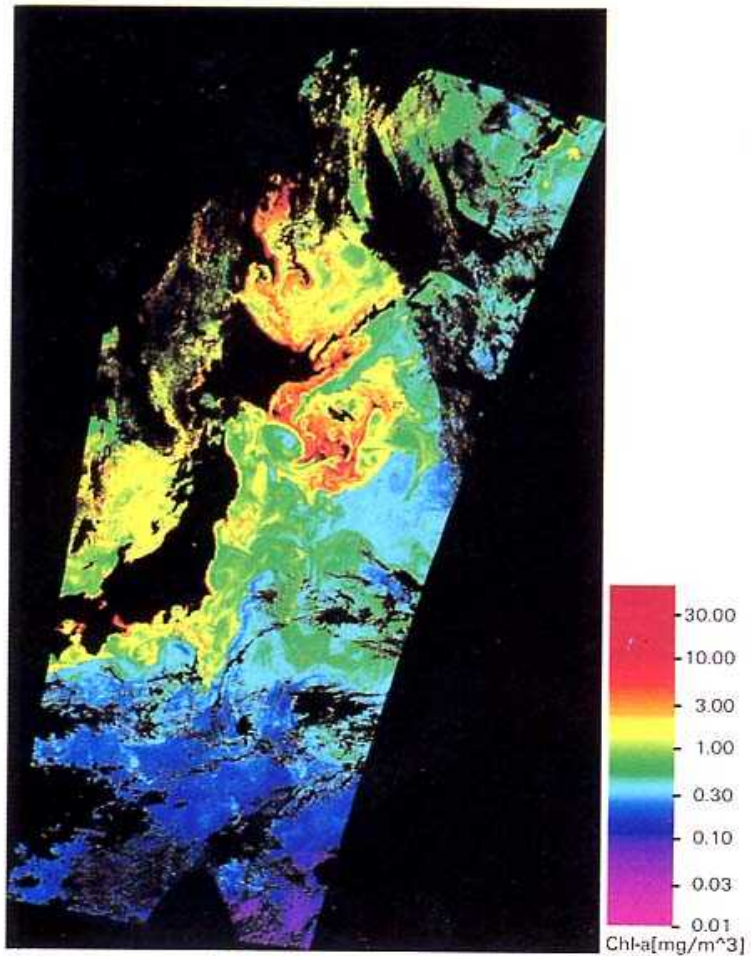


<http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html>

海洋環境のモニタリング 日本近海のOCTS画像

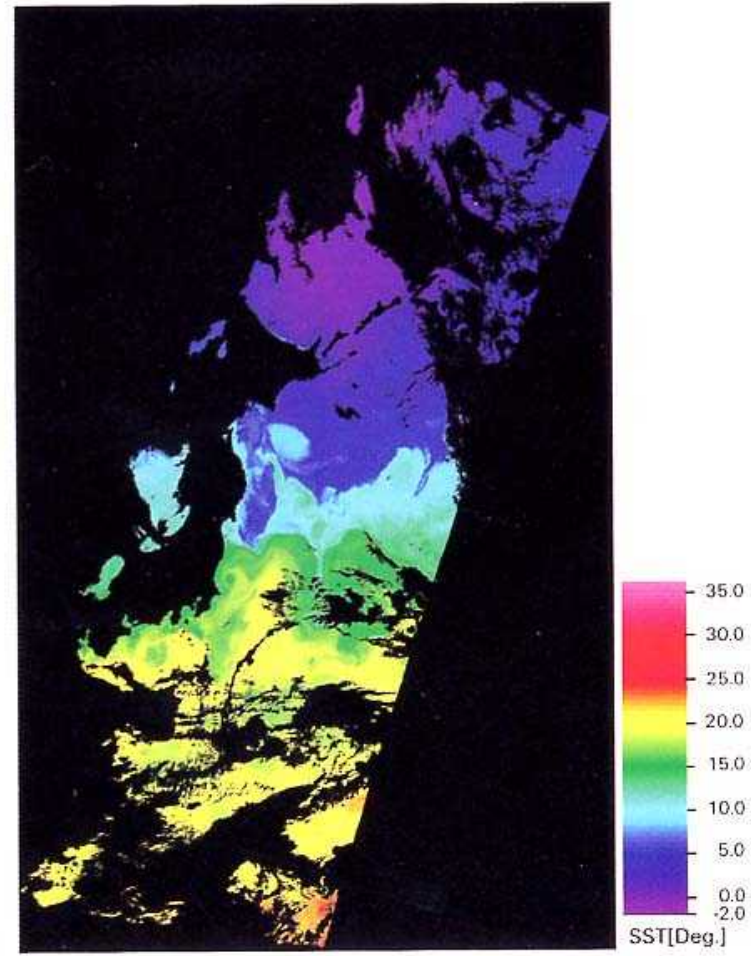


Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



ADEOS/OCTS Chlorophyll-a concentration image
(Apr. 26, 1997 01:37 UT / Japan)

NASDA



ADEOS/OCTS Sea Surface Temperature image
(Apr. 26, 1997 01:37 UT / Japan)

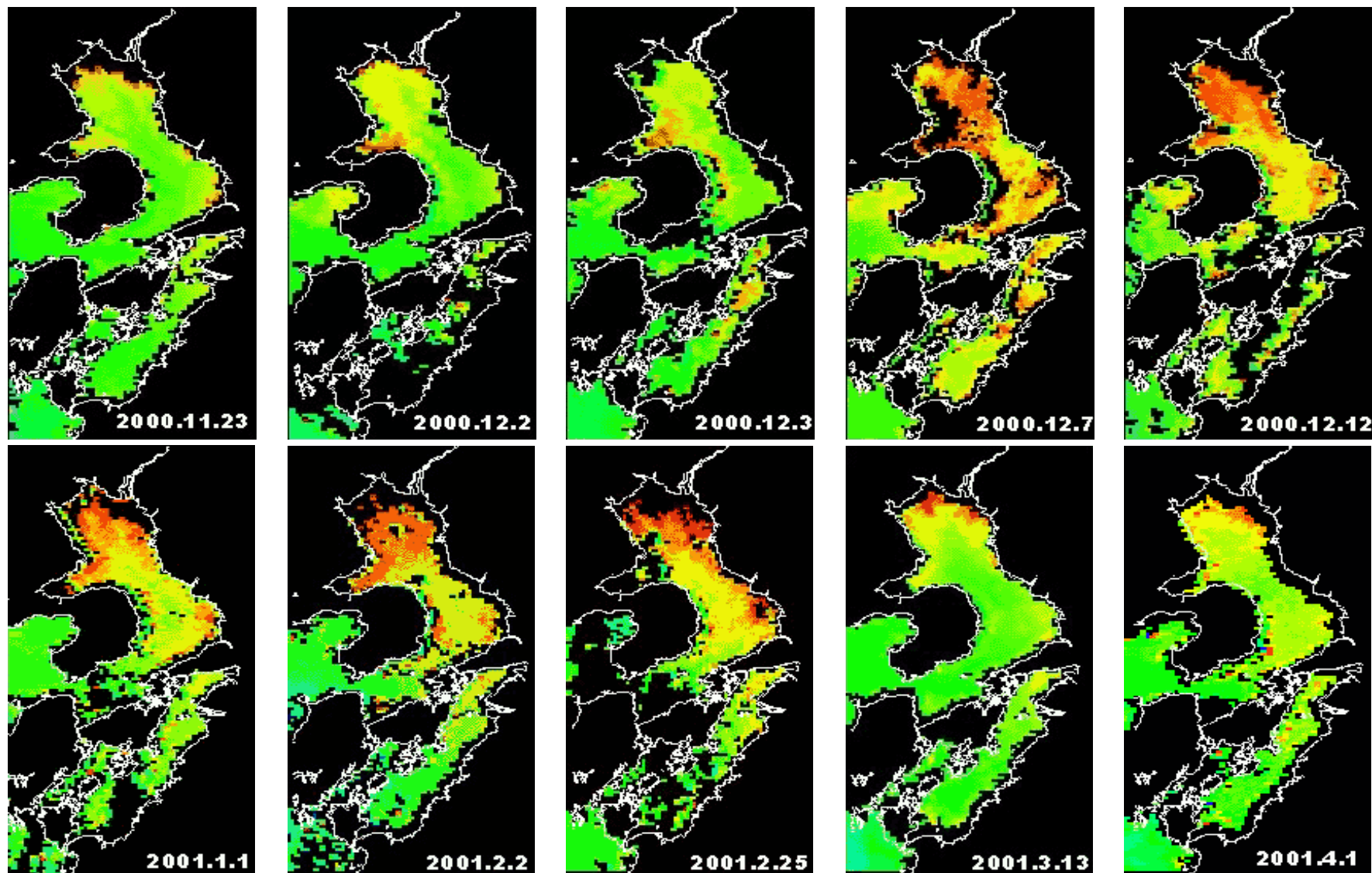
NASDA

海洋環境のモニタリング

SeaWiFSデータを使った赤潮解析



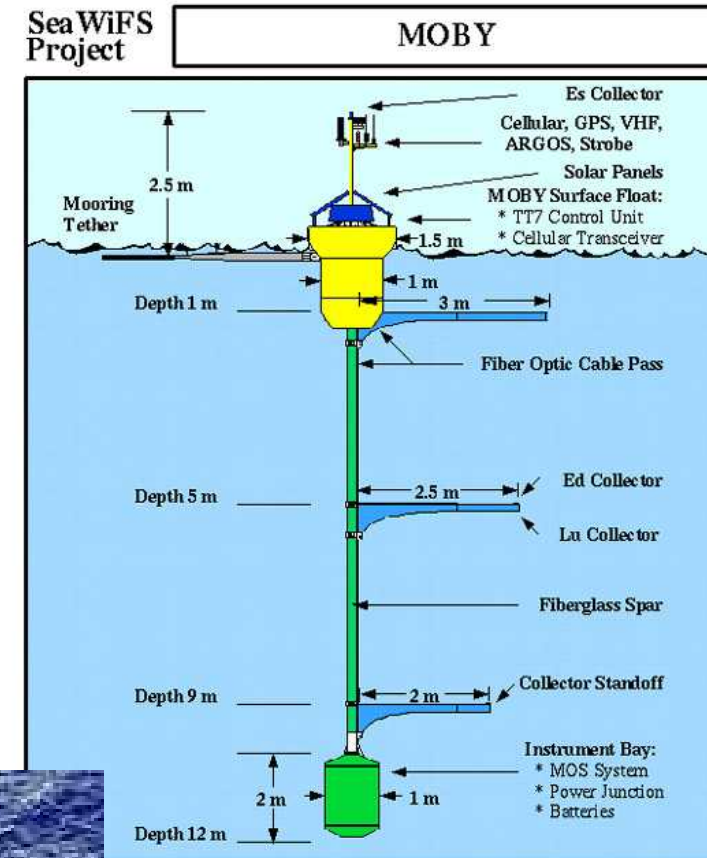
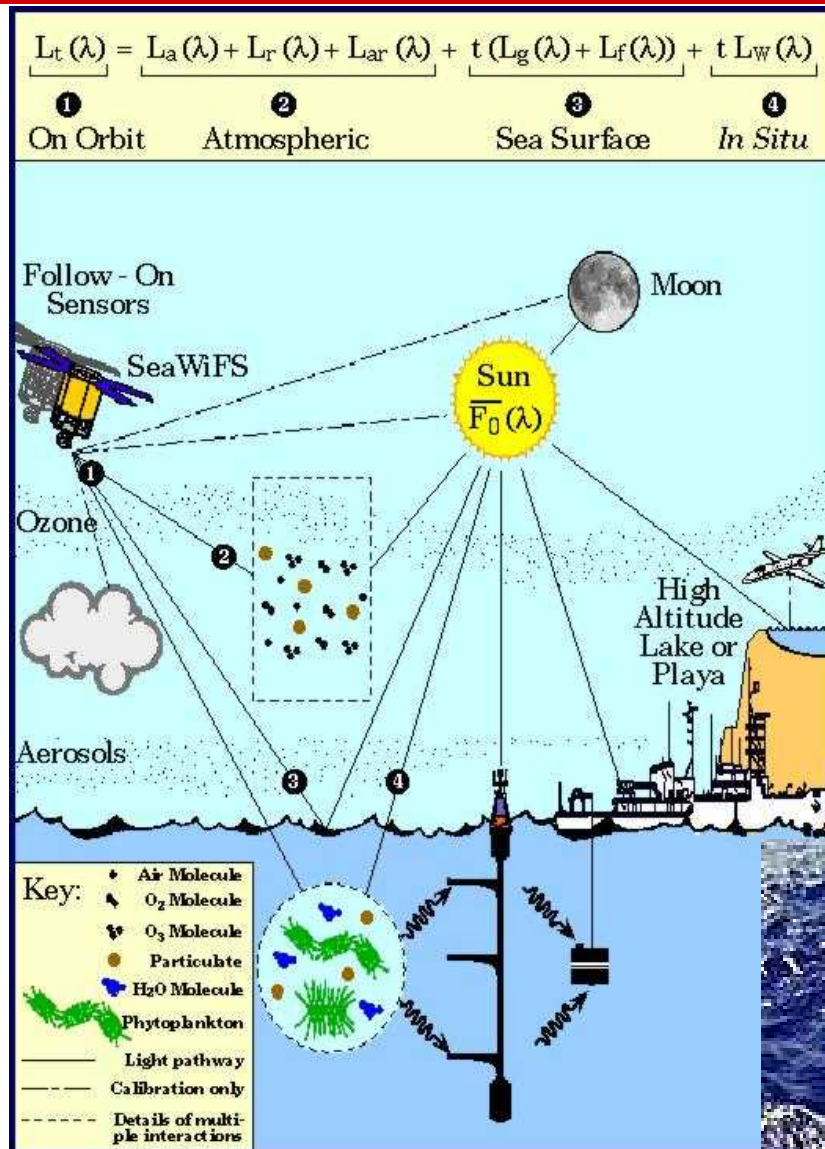
Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



海洋環境のモニタリング 衛星データの検証作業



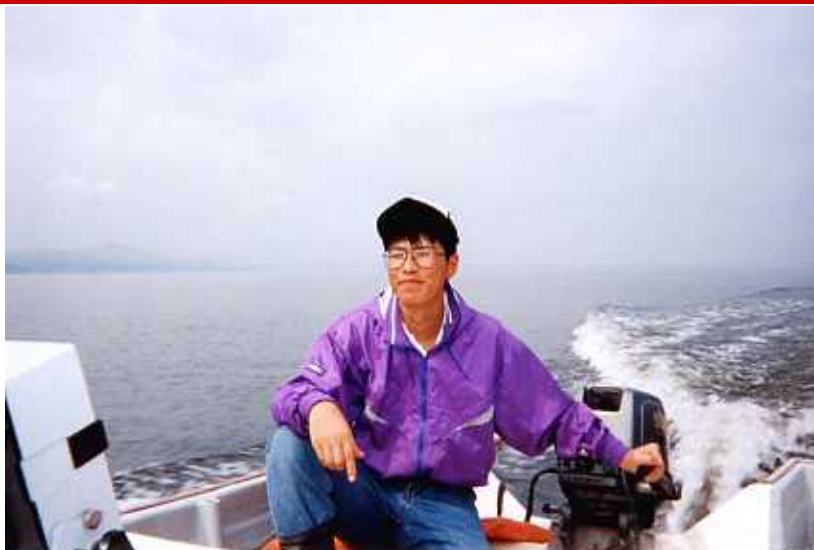
Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



海洋環境のモニタリング 船舶調査によるクロロフィル計測



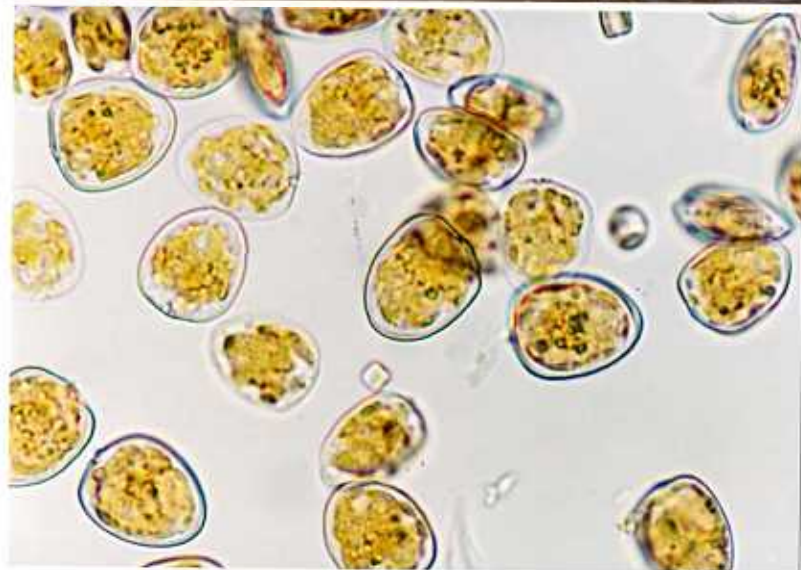
Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



海洋環境のモニタリング 蛍光光度計によるクロロフィル計測



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



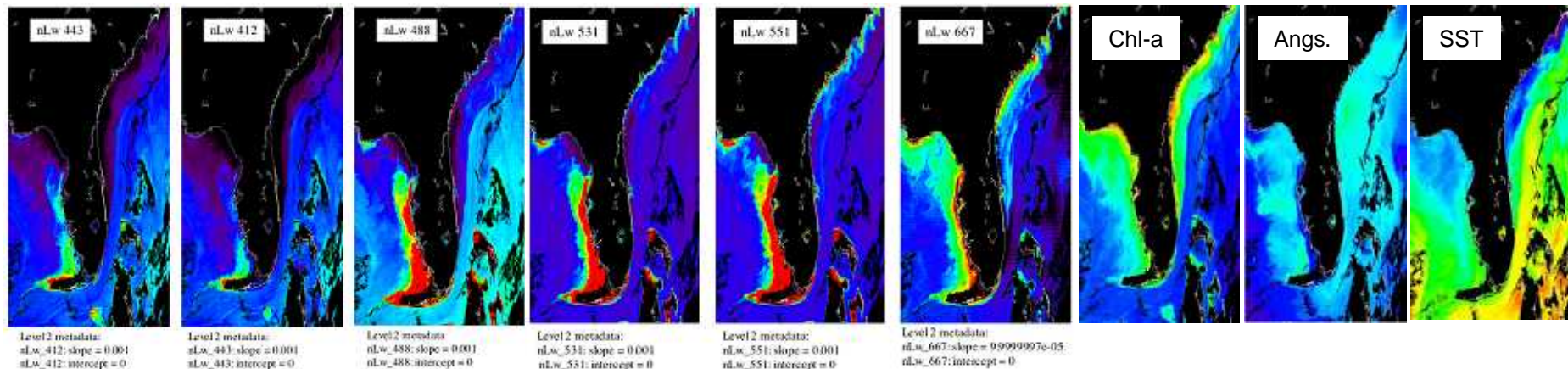
海洋環境のモニタリング

衛星データから作成される海洋関係プロダクトの種類



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

Geophysical Parameter Name	Description	Units	Level 2	Level 3
nLw_412	Normalized water-leaving radiance at 412 nm	mW·cm ⁻² ·μm ⁻¹ ·sr ⁻¹	Image and	Data details
nLw_443	Normalized water-leaving radiance at 443 nm	mW·cm ⁻² ·μm ⁻¹ ·sr ⁻¹	Image and	Data details
nLw_488	Normalized water-leaving radiance at 488 nm	mW·cm ⁻² ·μm ⁻¹ ·sr ⁻¹	Image and	Data details
nLw_531	Normalized water-leaving radiance at 531 nm	mW·cm ⁻² ·μm ⁻¹ ·sr ⁻¹	Image and	Data details
nLw_551	Normalized water-leaving radiance at 551 nm	mW·cm ⁻² ·μm ⁻¹ ·sr ⁻¹	Image and	Data details
nLw_667	Normalized water-leaving radiance at 667 nm	mW·cm ⁻² ·μm ⁻¹ ·sr ⁻¹	Image and	Data details
Tau_869	Aerosol optical thickness at 869 nm	dimensionless	Image and	Data details
Eps_78	Epsilon of aerosol correction at 748 and 869 nm	dimensionless	Image and	Data details
Chlor_a	OC3 Chlorophyll a concentration	mg·m ⁻³	Image and	Data details
K490	Diffuse attenuation coefficient at 490nm	m ⁻¹	Image and	Data details
Angstrom_531	Angstrom coefficient, 531-869 nm	dimensionless	Image and	Data details
SST	Sea Surface Temperature - 11micron	degrees Celsius	Image and	Data details
SST4	Sea Surface Temperature - 4micron (nighttime only)	degrees Celsius	See above	Data details



海洋環境のモニタリング

衛星データから作成される海洋関係プロダクトの種類



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

MODIS Aqua Level 3 Chlorophyll

Daily Mapped 4-km and 9-km files in HDF format (毎日)

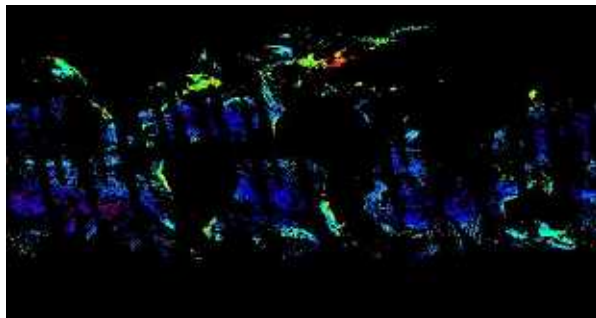
8Day Mapped 4-km and 9-km files in HDF format (8日毎)

Monthly Mapped 4-km and 9-km files in HDF format (毎月)

Seasonal Mapped 4-km and 9-km files in HDF format (季節毎)

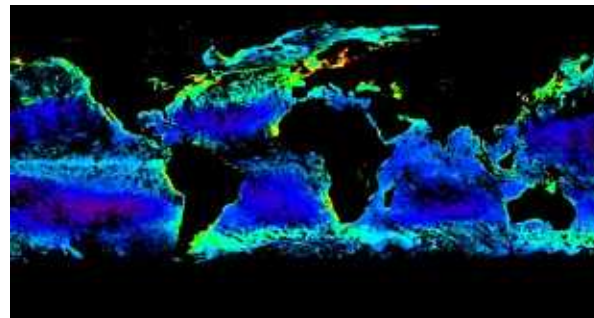
Annual Mapped 4-km and 9-km files in HDF format (年間)

毎日 (2008/4/20)

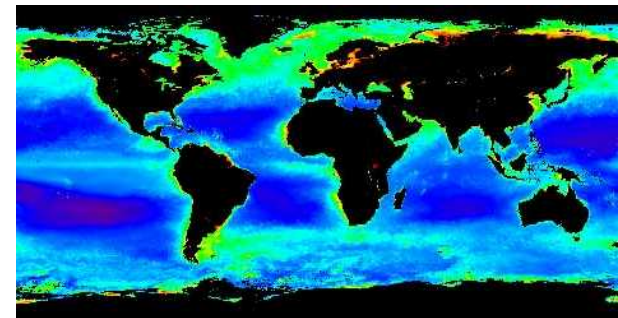


2日遅れくらいで更新

毎週



毎年



出典: NASA, <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/PRODUCTS/>



海色センサを用いた瀬戸内海の 二酸化炭素吸収量推定に関する研究

2007年度卒論生(海洋空間工学)の成果例



地球温暖化問題

CO₂削減が求められる

陸上と違い水域のCO₂吸収量はあまり知られていない

広域水域のCO₂吸収量を知ることは難しい

衛星リモートセンシングによるCO₂吸収量推定に期待

CO₂吸収量のパラメータとしてクロロフィル量、海面水温、日射量などが必要



目的

わが国で最大級のCO₂固定量が見込まれる瀬戸内海において、特に重要なクロロフィル量、海面水温について衛星海色・水温センサの利用可能性を検証する



<クロロフィル法による一次生産量(炭素固定量に相当)の推定法>

$$P_g = P^B(T, I) * \text{Chl-a}$$

衛星または実測値補間による推定

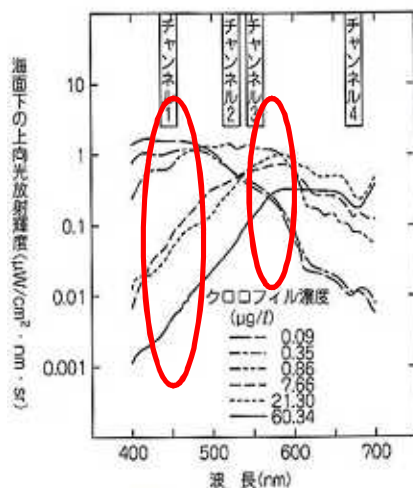
衛星から推定

P_g: 植物プランクトンの一次生産量
P_B: クロロフィルあたりの一次生産量

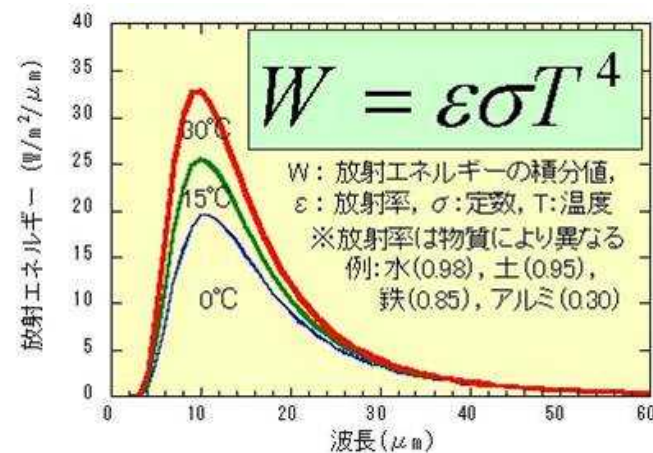
T: 水温
I: 日射量(水温のみの関数の場合もある)

<衛星によるChl-a推定法とSST推定法>

Chl-a

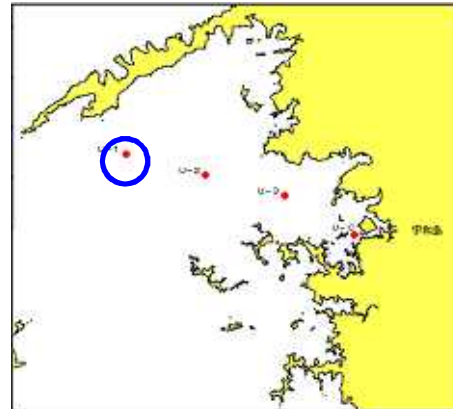
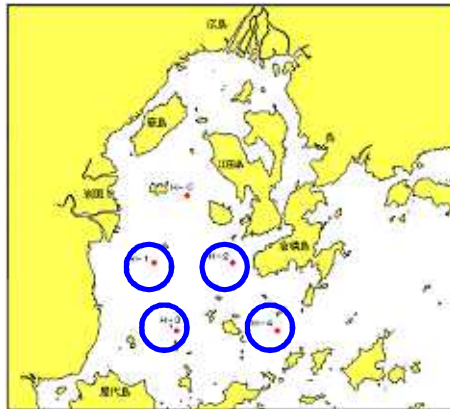


SST





広島湾を中心とした瀬戸内海



使用データ

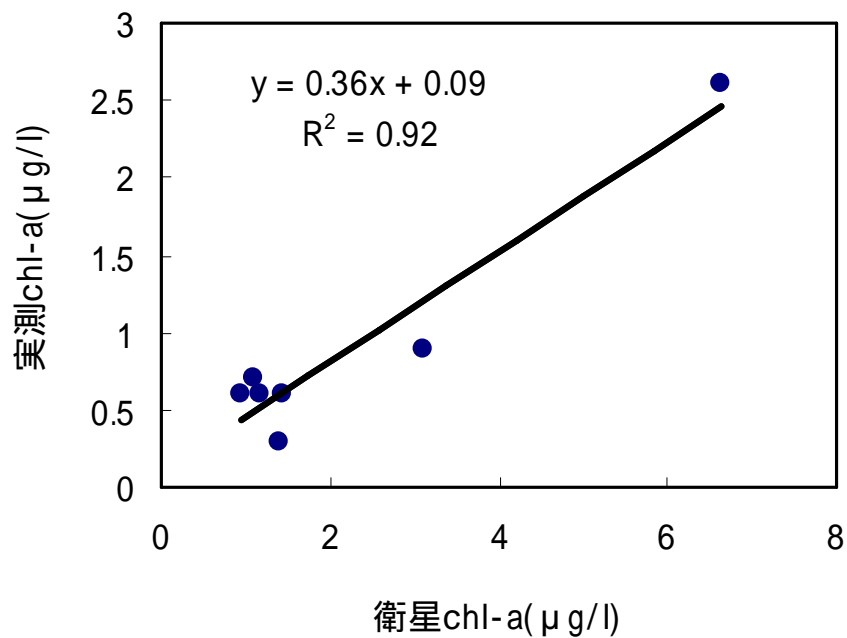
- 衛星データ・・・海色・水温観測衛星 Aqua/MODIS
- 実測データ・・・海上保安庁情報部(水深1m地点)

Chl-a: 2005年から2006年までの使用可能データを使用
SST: 2005年から2007年までの使用可能データを使用

衛星データと実測データの比較

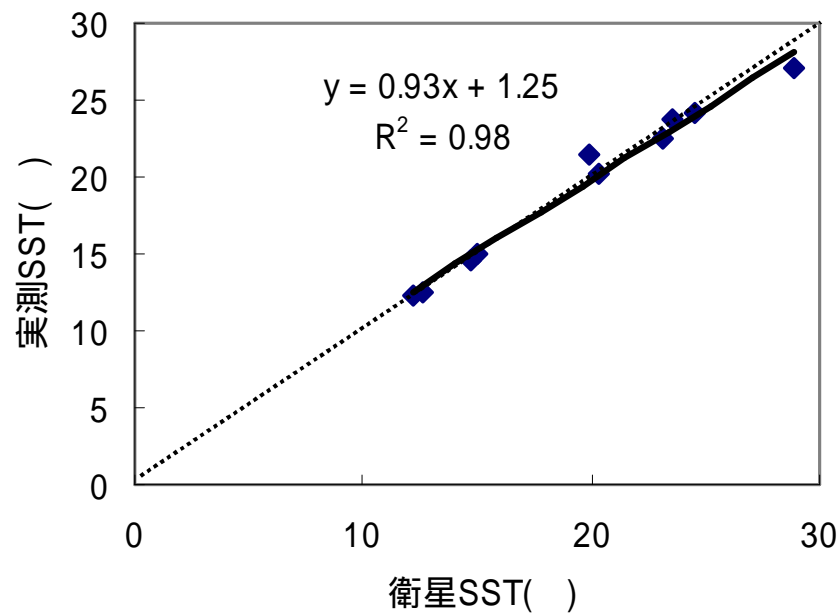


Chl-aについて



- ・衛星データは実測データに比べて約3~4倍
- ・RMS誤差(精度): 0.26(μg/l)

SSTについて



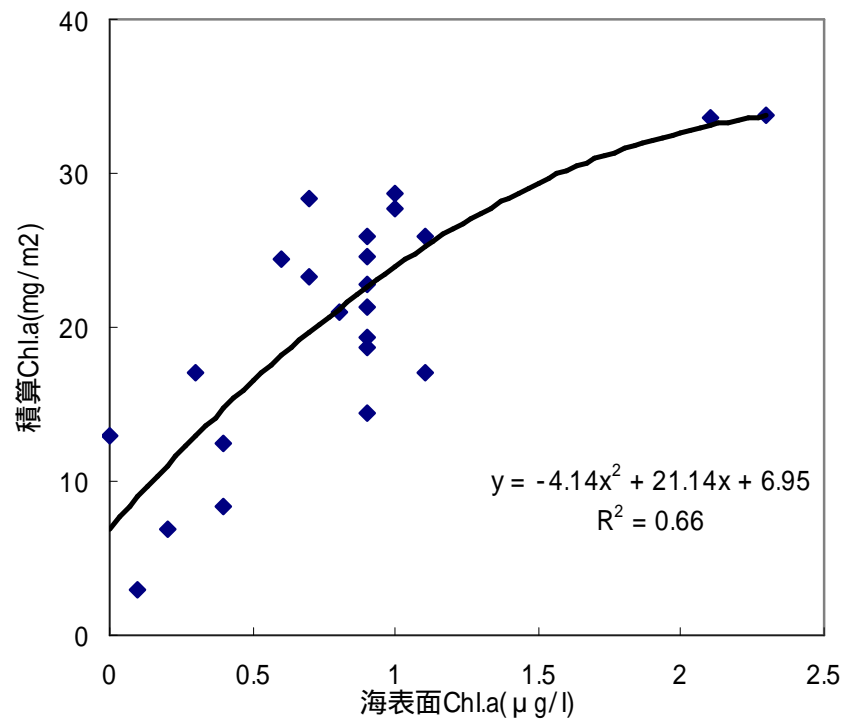
- ・傾きは約1
- ・RMS誤差(精度): 0.75()

海表面Chl-aと積算Chl-aの比較



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

積算Chl-a・・・有光層(透明度の2.8倍)内のChl-aの積分値



海表面Chl-aから
積算Chl-aの推定可



Chl-aデータ

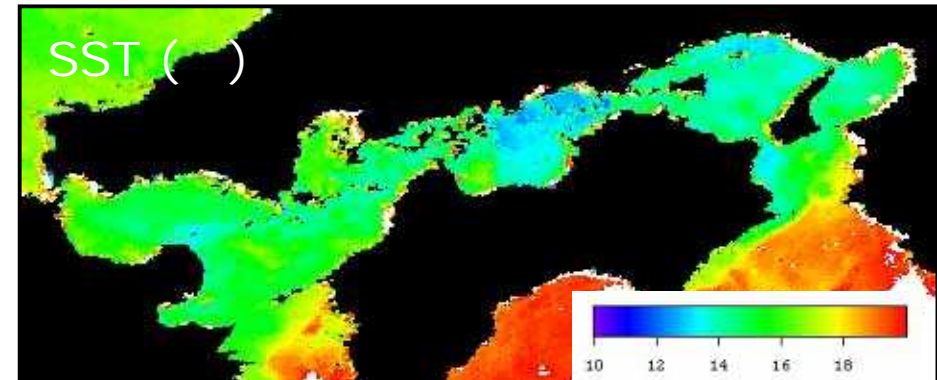
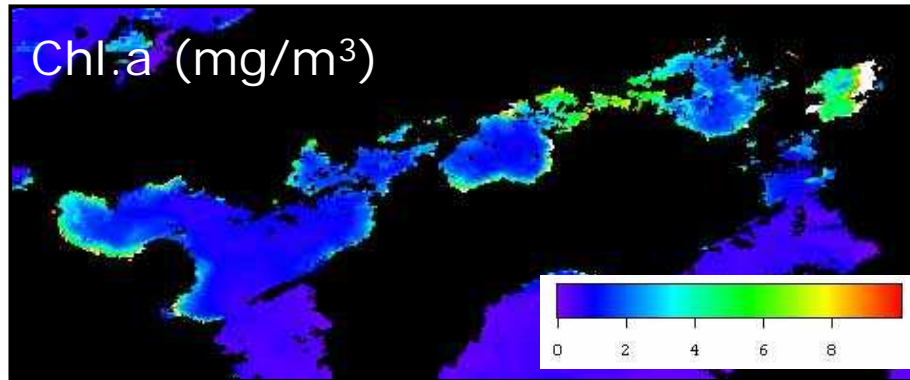
SSTデータ

一次生産量マップの作成

衛星から計算された 瀬戸内海の総一次生産量マップ

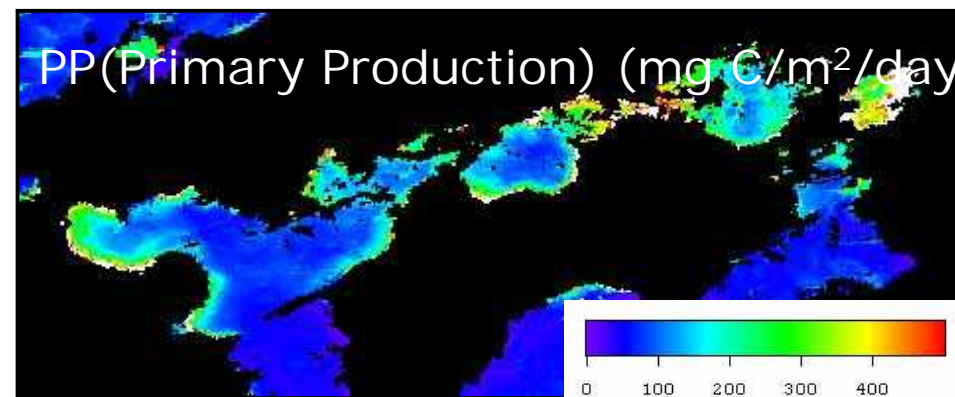


Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



$$P^B = 3.24 * \text{EXP}(0.0647 * T) \quad (\text{岩熊・安野, 1981})$$
$$P_g = P^B * \text{Chl-a}$$

衛星推定: 0-500 mg C/m²/day
従来研究: 67-875 mg C/m²/day
(Tada et al.1998, 10m水深に換算)



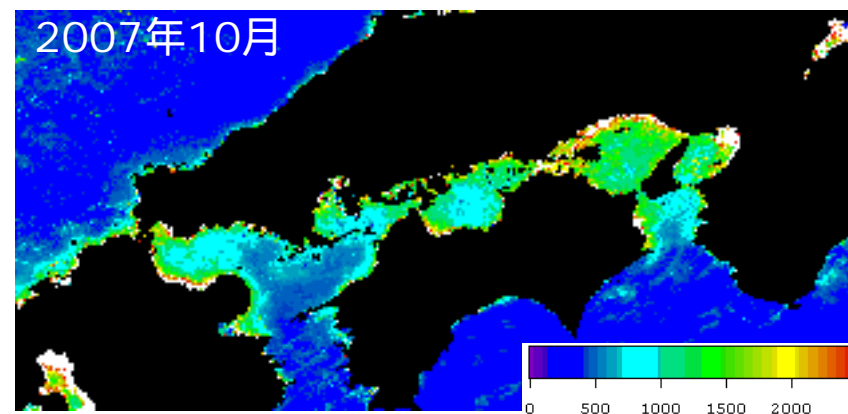
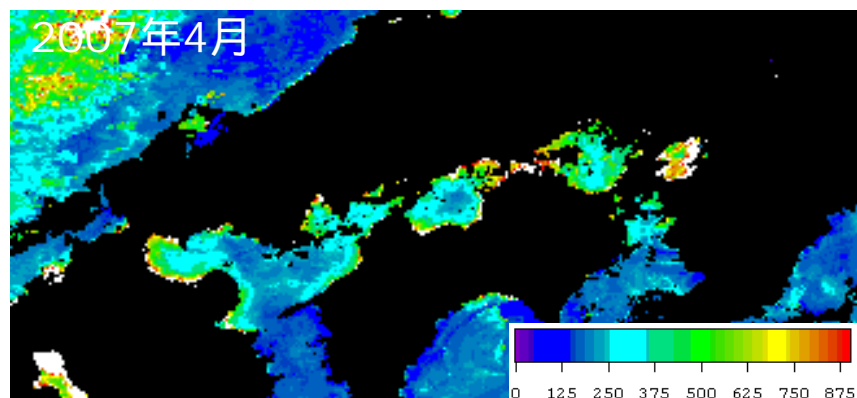
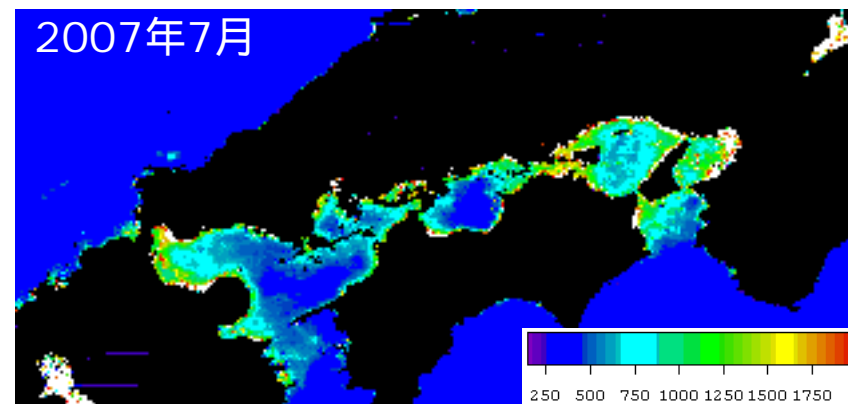
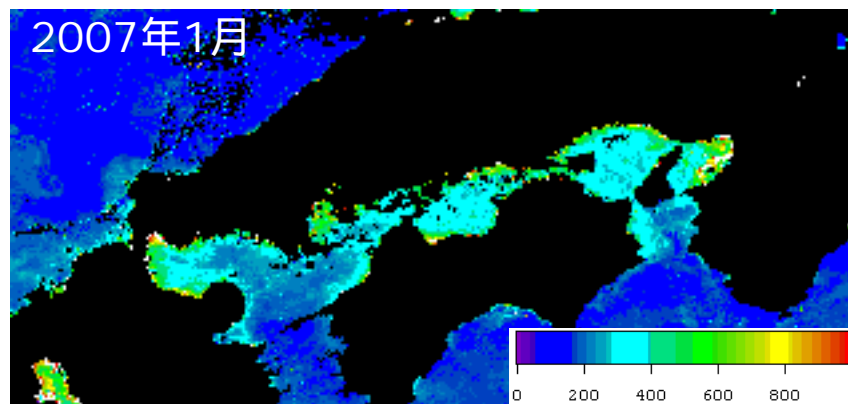
衛星データ: 2007年4月の
月平均(東京情報大学提供)

従来の研究と同程度の一次生産量(CO₂吸収量)分布が衛星から推定可能

衛星から計算された 総一次生産量マップの季節変化



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University





- ・衛星と実測データを比較した結果、Chl-aについては相関係数 $R=0.92$, RMS誤差 $0.26(\mu\text{g/l})$, 傾きが 0.36 であった
- ・衛星と実測データを比較した結果、SSTについては相関係数 $R=0.98$, RMS誤差 $0.75()$, 傾きが 0.93 であった
- ・表層Chl-aと有光層積算Chl-aを比較した結果、相関係数 $R=0.84$ という高い相関を得て、このことより海表面Chl-aから積算Chl-aを推定することができた
- ・衛星から得られたデータを使用して作成した一次生産量マップは従来の研究結果と同程度の値であったことから、比較的高い精度で衛星から一次生産量を推定することが可能であった

今後の課題

データセット増加を目指し、年毎のChl-aの時期的変化による一次生産量マップ作成を試みる



- ・化学物質汚染……………有機水銀, 薬品, 農薬などが原因
- ・赤潮や青潮……………生活排水などが原因
- ・ヘドロ・悪臭……………生活排水・工場排水などが原因
- ・石油汚染……………タンカーによるオイル漏れなどが原因
- ・海のごみ……………ゴミの海洋投棄

➡ 赤潮や青潮, 海洋汚染に関係する海洋監視は, 人工衛星画像でも行われている

海洋環境のモニタリング

衛星が映した赤潮(鹿児島湾と東京湾)

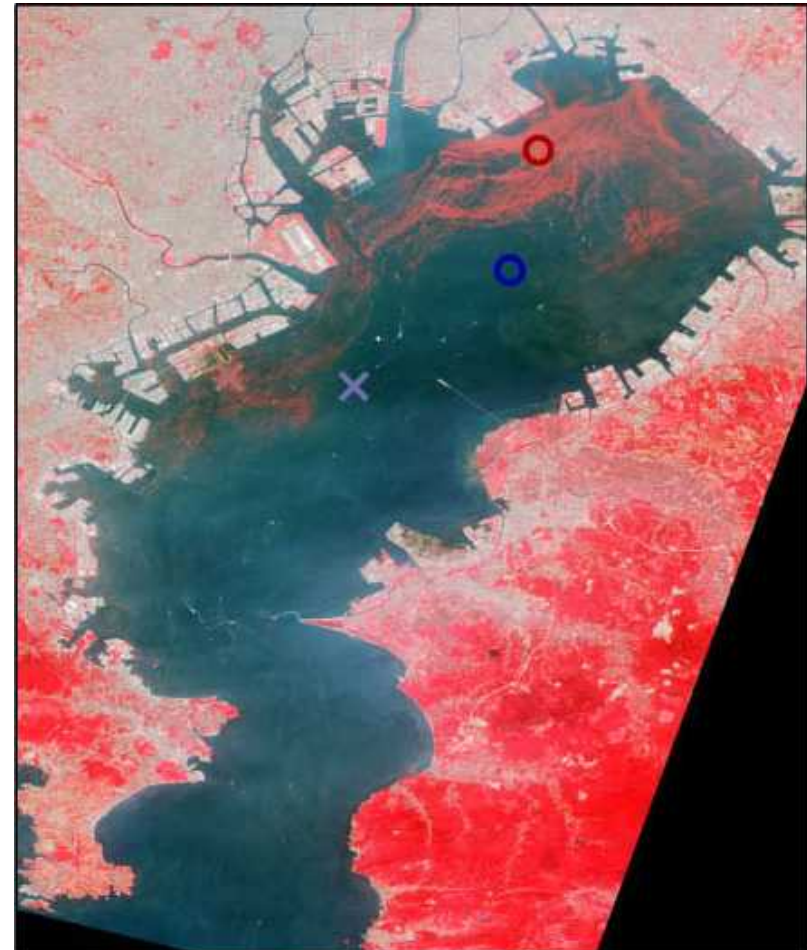


Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

衛星「だいち」が映した鹿児島の赤潮(夜行虫)



衛星「だいち」が映した東京湾の赤潮(渦鞭毛藻)



出典: JAXA , http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/jav2_060407.htm

海洋環境のモニタリング

衛星が映した赤潮(島根沖日本海)



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



観測日:2007/5/23
元データ:ALOS/AVNIR-2 (JAXA提供)
画像処理:作野裕司(広島大学)

海洋環境のモニタリング プランクトンの種類と海色の関係

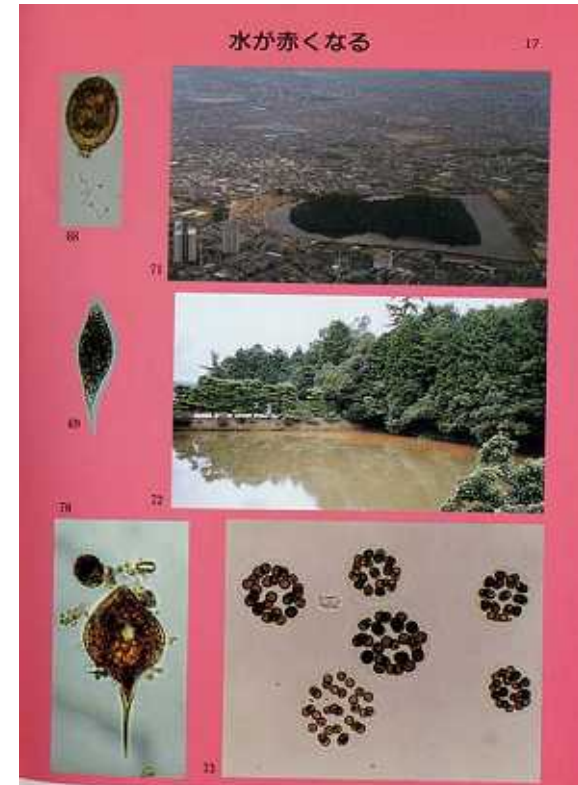
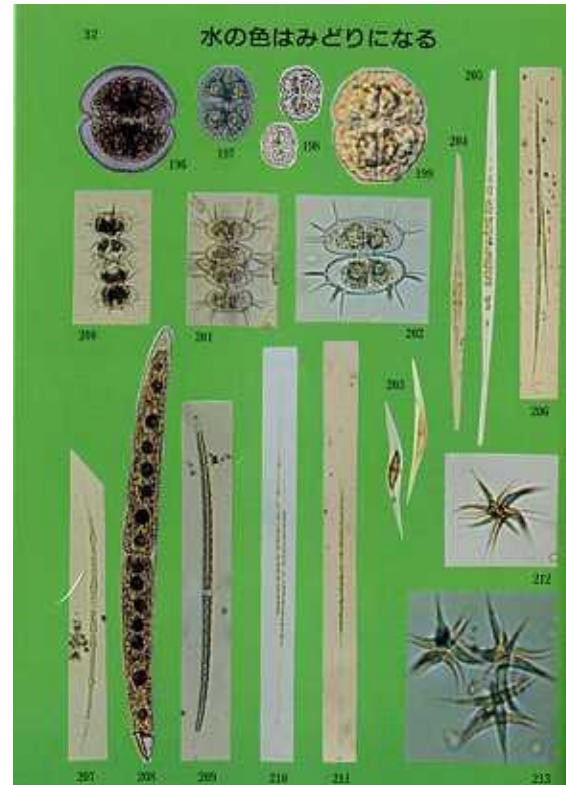
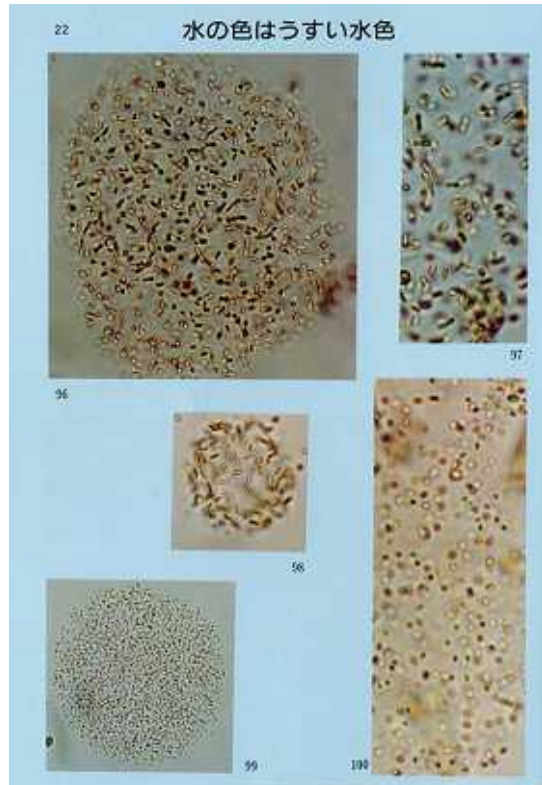


Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

青

緑

赤



< 代表的な赤潮プランクトンの色 >

赤・桃赤色：夜光虫，黄褐色：渦鞭毛藻・珪藻，緑色：ユートレプチュラ

海洋環境のモニタリング 青潮発生時の海の画像



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



出典：海上保安庁水路部

海洋環境のモニタリング 青潮発生のおきみ



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

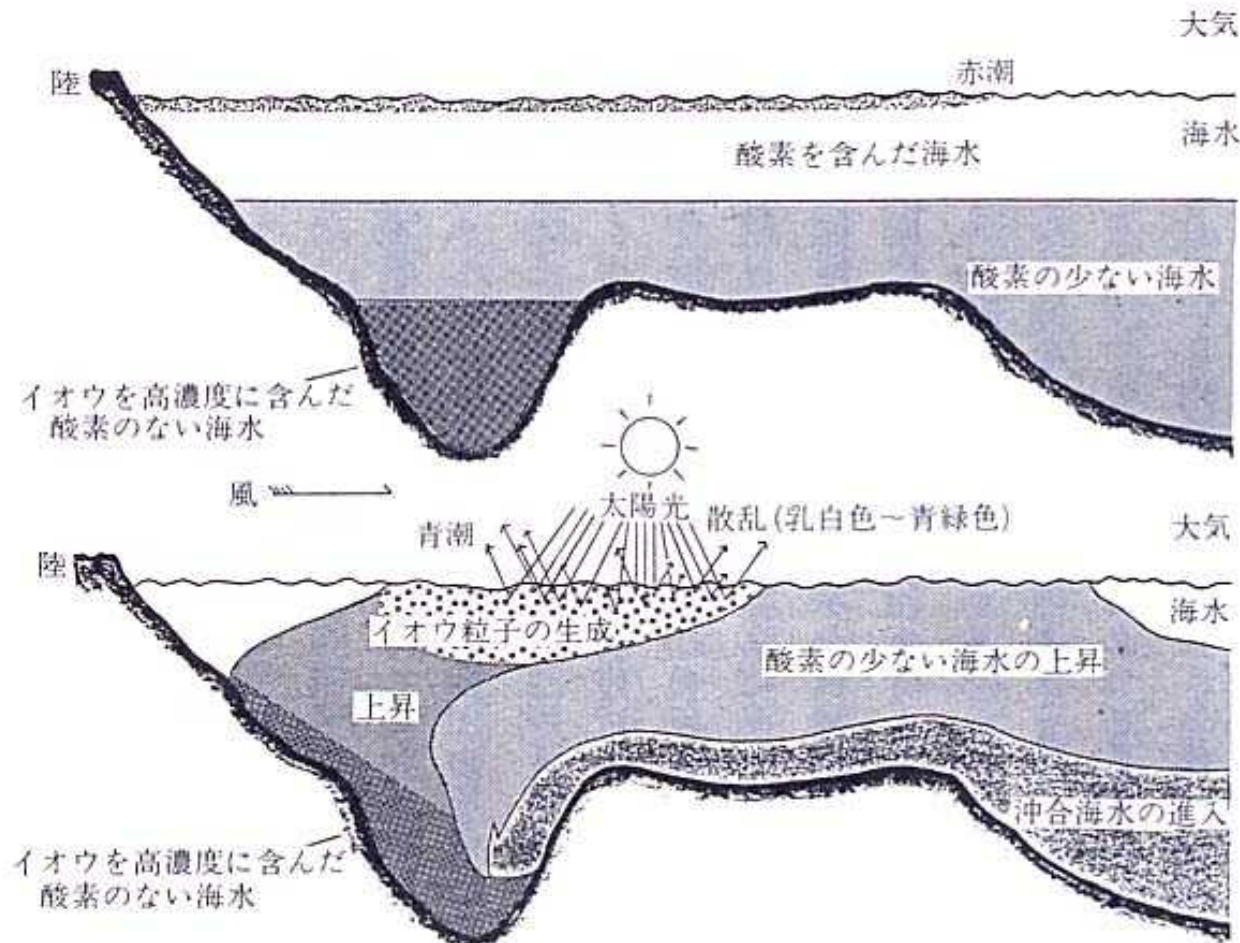


図 3-33 青潮の概念図 (近磯晴氏提供)

(上) 夏季成層期の東京湾北部の様子, (下) 青潮出現の様子 (陸側から沖に向かって風が吹き, また沖合海水の進入の度合いが大きいときに, 無酸素水が湧昇して青潮となる).

海洋環境のモニタリング 原油流出時の衛星画像の映り方



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



対象海域をヘリコプターから撮影した画像海面で光って見えるのがオイルスリック(油膜)

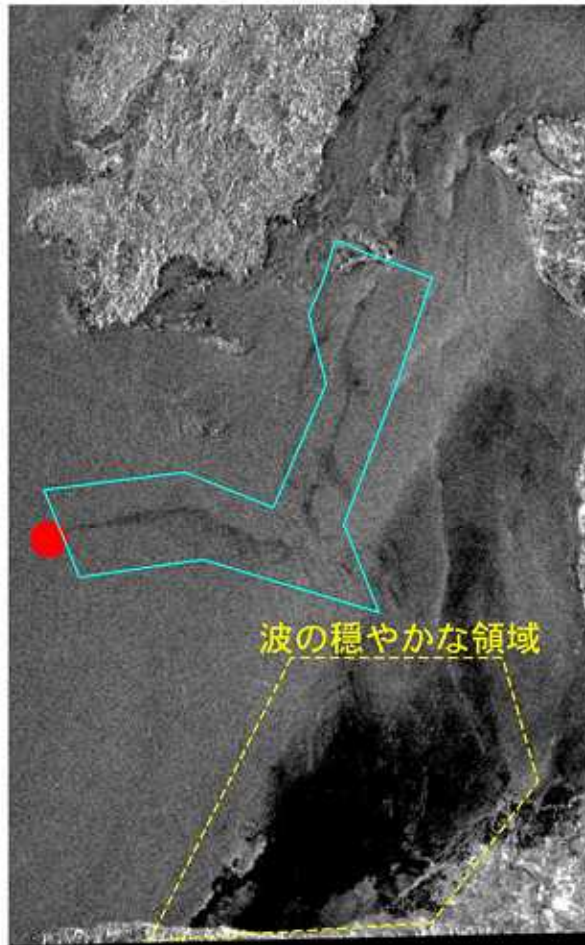


対象海域のALOS(だいち)高分解能モード観測画像黒い帯状に写っているのがオイルスリック

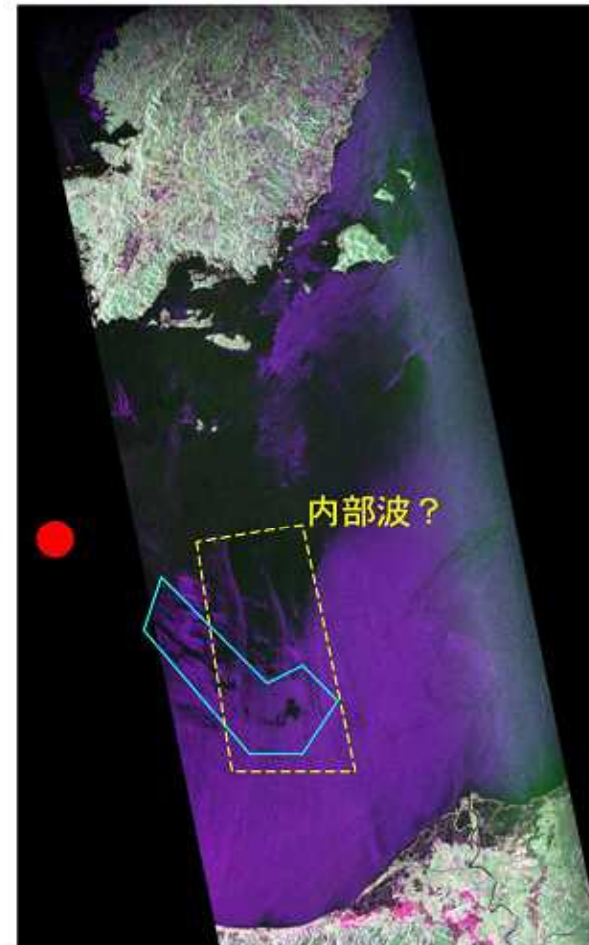
海洋環境のモニタリング 衛星画像からオイルを検出できる理由



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



8/25 02:14:03 (Descending)
ALOS PALSAR(L-band)_ScanSAR



8/27 14:22:44 (Ascending)
ALOS PALSAR(L-band)_Pol. 23.1d.