



石坂 丞二 教授      相木 秀則 准教授      三野 義尚 助教

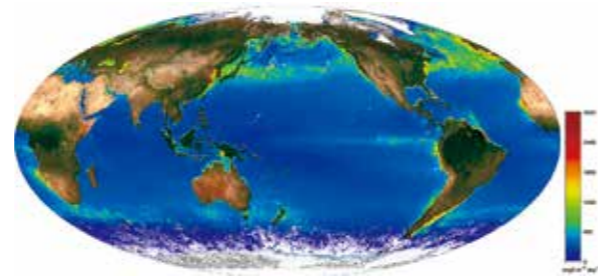
## 海洋観測・衛星リモートセンシング・数値シミュレーションにより、海洋の物理・化学・生物過程の自然の変動と、人為的な変化を明らかにする。

地球の表層の約7割は海洋に覆われており、表層に存在する水の97%が海水からなっています。そのため、海洋は地球上のエネルギーの流れや物質の循環を大きく左右しており、気候や気象にも強く影響しています。また、そこには多くの生物があり、人間の食料となるばかりではなく、二酸化炭素のような物質の循環にも影響をしています。これだけ広い海洋ですが、人間生活の影響を著実に受けており、特に陸域から淡水など供給のある沿岸域では赤潮が起こるなど生態系が直接的な影響を受けている他、人間の引き起こす気候の変化とも密接に関連し合っています。

私たち海洋学研究室では、最新の人工衛星による観測や数値シミュレーションによる研究を、海洋の現場観測も行いながら進めています。海洋の熱収支や流れ・波浪が大気環境とどのように相互作用し、気候や台風などの気象現象とどのように関連し合っているのか、これによって起こる海洋の流れや混合過程が海洋の一次生産者である植物プランクトンを基盤とした海洋生態系にどのように影響を与えているのか。逆に生態系が物理現象や気候へ影響する可能性はないのか。互いに関連し合う、海洋の物理・生物・化学過程、さらに気候や気象現象まで含めて研究しています。

### リモートセンシングによる地球上の海色に関する研究

宇宙から地球上の海の色を測定する海色リモートセンシングは、海洋の一次生産者である植物プランクトンやその生息環境に関して、地球規模での観測が可能です。最近では植物プランクトンの全体量から、水に溶けた二酸化炭素を有機物に変換する一次生産速度、あるいはどのような種類の植物プランクトンがいるのかまでわかるようになりつつあります。これまでは空間解像度1kmの衛星が一般的でしたが、2017年末には解像度250mの日本の衛星GCOM-Cが打ち上げられ、沿岸域での詳細な観測が可能となります。また静止衛星を利用することによって、一日以内の短い時間スケールでの現象の観測が可能になってきています。一方で、大気中のエアロゾルの存在は、海洋を観測する上では誤差要因となりますが、同時にエアロゾルからの物質供給が植物プランクトンの増殖に重要であることも指摘されています。海洋学研究室では、このような海色リモートセンシングに関する、技術的な研究からその応用研究までを行っています。



海洋の一次生産分布

海洋では微生物である植物プランクトンが光合成を行って有機物を作り出しています。一次生産速度はこの光合成による有機物の作られる速度で、この図で緑の海域は有機物が作られる速度が速い海域で魚類等の生産も高くなっています。一方、青の海域は生産速度の遅い海域で、海の砂漠と呼ばれています。この速度は、温暖化で問題となっている大気中の二酸化炭素濃度にも影響を与えます。



(1)



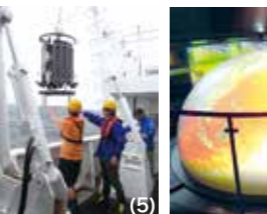
(2)



(3)



(4)



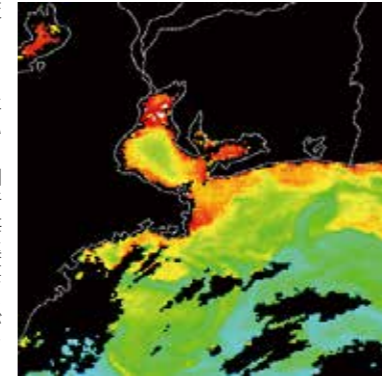
(5)



(6)

## 日本周辺海域の海洋生態系における気候変動や人間活動の影響に関する研究

日本周辺海域は古くから多くの魚が漁獲される生産の高い海で、現在でも多くの水産物が水揚げされています。日本の多くの内湾では、1970年代から人口の増加や近傍の工業化などに伴って赤潮や貧酸素化などの環境問題が起きており、最近では栄養塩の総量規制など環境を良くするための政策もとられていますが、環境が本当によくなっているのかの評価は分かれず。一方、東シナ海や日本海など日本周辺の縁辺海では、近隣諸国の発展に伴って、環境の状況が変化していると考えられます。またこれらの海域では、地球規模の気候の変動や変化の影響も受けていると考えられます。

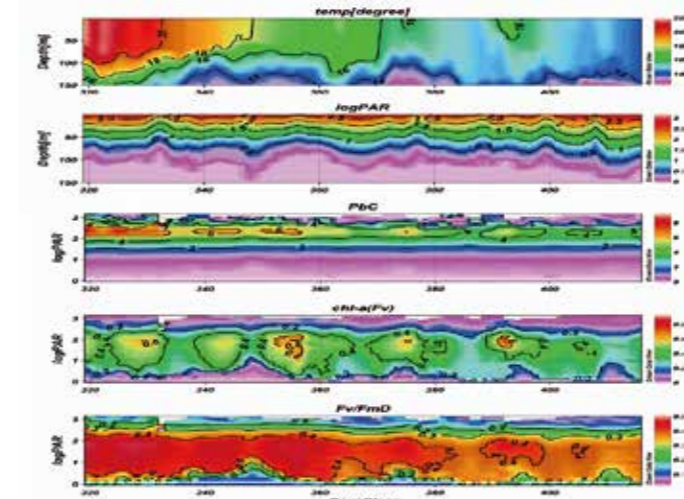


衛星海色による伊勢湾プランクトンの分布

海洋学研究室では、他大学・研究機関との共同研究で、長年にわたってこれらの海域において光学や生物学的な観測を行っています。現場での観測データと人工衛星データを解析することによって、これらの海域の植物プランクトン量や群集構造の変動・変化とその環境要因との関係を明らかにしています。また、台風など極端気象がどう海洋生態系に影響を与えているかの研究も行っています。

## 高速フラッシュ励起蛍光法による海洋基礎生産力の実測

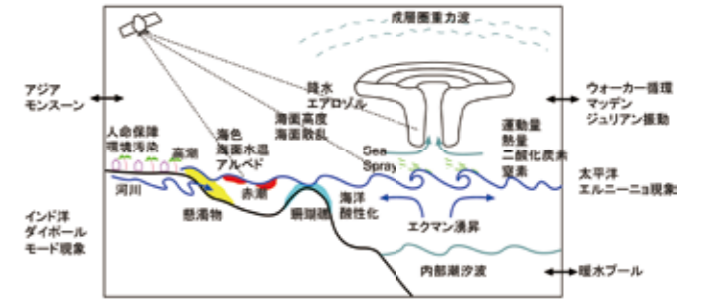
近年、衛星リモートセンシングによって海洋の基礎生産力の広域分布が推定されるようになりましたが、その実利用のためには実測値で検証することが不可欠です。しかしながら、船舶観測における培養法を用いた実測は時間・労力コストが大きいため、時空間的に検証データが不足しているのが現状です。そこで、私たちの研究室では、高速フラッシュ励起蛍光法(FRR法)を用いた基礎生産力の実測手法の確立を目指しています。FRR法は海水中の植物プランクトンに対して青色光を高速で点滅照射し、得られた蛍光の短時間変動(〜1秒間)からプランクトン1細胞当たりの光合成パラメータを算出します。この測定を係留ブイやプロファイリングフロート等を用いた観測と組み合わせることで、連続的に基礎生産力をモニタリングすることが可能になります。また極めて高い時間分解能をもつため、従来の船舶観測では捕捉できなかったような、様々な時間スケールの環境変化に対する植物プランクトンの生理学的応答を明らかにすることが期待されています。



高速フラッシュ励起蛍光光度計(FRRF, 左写真)を搭載した係留観測システムで取得した時系列データ。3〜5段目:クロロフィル量、光合成速度、PS IIの最大量子収率

## 海洋圏の環境・災害問題についての数値シミュレーション

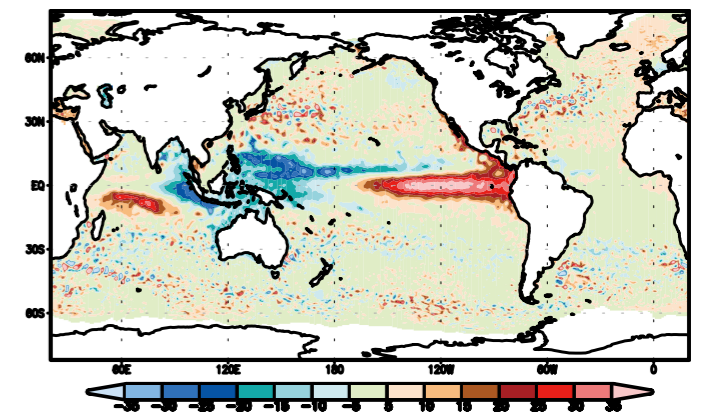
この研究の醍醐味は、海洋学・気象学・波動乱流・土木工学・計算幾何学の知見を組み合わせ、環境問題と災害問題に関する自然現象のメカニズムを解明することです。私たちは多圏結合モデルの一部としての海洋圏モデルの開発を継続し、それをを用いた数値シミュレーション研究を行っています。特に気象学研究室と協力して台風に代表される突発的な顕著現象に伴う高潮・高波などの海洋災害の予測精度の向上を目指してきました。大気モデルCReSS・海洋モデルNHOES・波浪(海面の風波やうねり)モデルの間の交換物理量は20種類ちかくあります。その表現方法の整合性について、私たちは数値計算による検証と理論発展を進めています。大気と海洋だけを結合した数値シミュレーションモデルは最近では珍しくありませんが、これに波浪モデルを加えているのは世界的に見ても最先端の研究の1つです。今後は海洋生態系モデルの導入や衛星観測との比較を充実させ、発展途上国の自然環境・災害問題の監視・予測に貢献します。



海洋圏の数値シミュレーション研究と多圏モデル・連携課題の模式図

## 太平洋・インド洋・大西洋・南大洋における各種波動と気候変動との相互作用の解析

海洋の波動全般の面白さは、海岸線・海面・海底といった境界条件が波の性質を決めることです。これによって波の捕捉・反射・回折が生じます。特に赤道域の海洋は「波動現象の宝庫」と呼ばれています。実際、海洋の赤道ケルビン波や赤道ロスビー波は、太平洋のエルニーニョ現象やインド洋ダイポールモード現象のような熱帯の気候変動において、重要な役割を担います。その他にも時空間スケールの小さいものから順に並べると海洋中には、海面波浪(風波)・津波・潮汐波・慣性重力波・ケルビン波・ロスビー波が存在します。また黒潮・メキシコ湾流・南極周回流のような基本流が不安定を起こして渦が形成されます。励起・維持機構がまだわかっていない波動・渦も多数が存在します。人工衛星による海面高度観測データの蓄積や3次元海洋数値シミュレーションの発達によって、これらの波動・渦を詳細に診断することが近年可能になってきました。私たちは各種波動によるエネルギー伝達経路を同定することで、新しい物理メカニズムの発見と、気候変動における波動の役割の解明を目指しています。



人工衛星搭載海面高度計によって観測された1997/1998年のエルニーニョ現象(cm)

写真の説明: 左より(1)IHP国際トレーニングコースでの集合写真、(2)高校生向け回転水槽による体験学習の様子、(3)長崎大学の練習船、(4)長崎大学の練習船による東シナ海での海水採取の様子、(5)三重大学の練習船による伊勢湾での観測、(6)JAMSTEC横浜研究所にて

Webページ: <http://co2.hyarc.nagoya-u.ac.jp/>  
連絡先: [jishizaka@nagoya-u.jp](mailto:jishizaka@nagoya-u.jp) (石坂)  
[aiki@nagoya-u.jp](mailto:aiki@nagoya-u.jp) (相木)

