



相木 秀則 教授



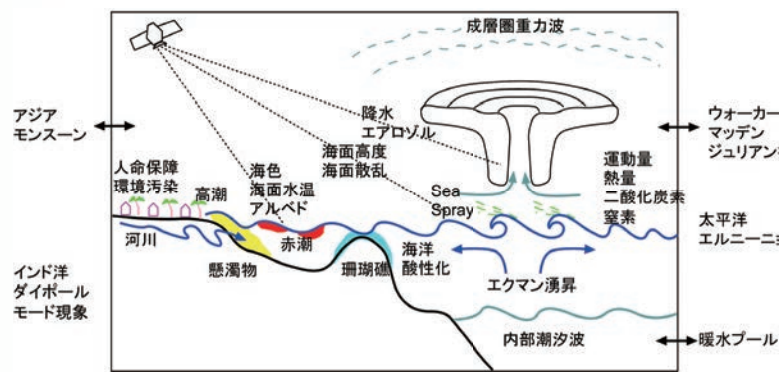
三野 義尚 助教

## 数値シミュレーション・海洋観測・衛星リモートセンシングにより、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。

21 世紀に入ってから海洋熱波が頻発する中で、私たちの生存基盤となってきた日本周辺域の温和な気候、豊かな水・水産資源は、今後も持続しうのでしょうか？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おり、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、人間生活の影響を着実に受けており、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、数値シミュレーションの研究、海洋の現場観測、最新の人工衛星による観測データの解析などを進めています。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。

### 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

私たちは ISEE 気象学研究室と協力して大気モデル CRESS と海洋モデル NHOES と波浪（海面の風波やうねり）モデルの結合コードの開発を行ってきました。これにより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います。大気と海洋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、さらに海面の白波被覆率や海面近傍における乱流散逸率や同じく海面近傍における塩分（降水・河川起源）のような新しい物理変数を核として、観測研究とモデル研究の両輪を進めます。これらにより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



(1)



(2)



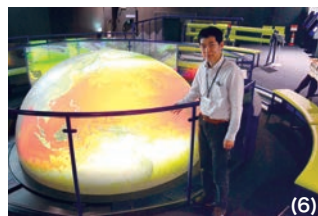
(3)



(4)



(5)



(6)

### 海上の波しぶきの観測

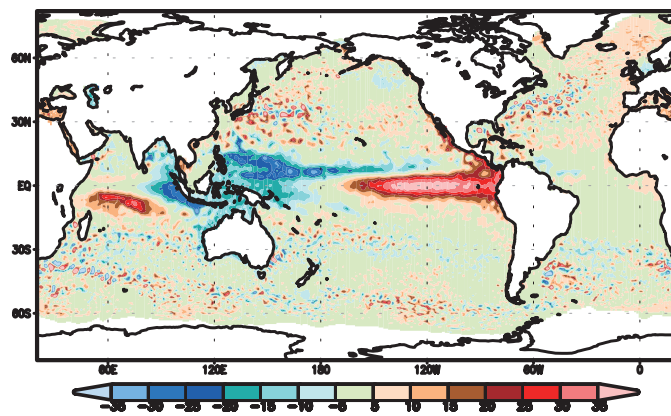
台風通過時の海面では強風によって波浪が発達し無数の白波砕波が発生します。その 1 つ 1 つの波の峰が強風に引きちぎられて大量の飛沫が海上数 10m の高さに浮遊します。大粒径の飛沫は質量が大きいため大気海洋間の運動量・熱・CO<sub>2</sub> 輸送において重要な役割を果たします。小粒径飛沫は海洋性エアロゾルとなって上空数 km で雲の凝結核となるとともに大気の放射収支に寄与します。私たちは、海上波しぶき光学粒子計とそれを用いた測定システムを開発しました。この測器は 8 粒径レンジ 0.1 秒毎の分解能を持つのが特徴であり、2017 年 8 月に台風 5 号が和歌山県海上観測塔に接近した際に風速 23 m/s、波高 3.8 m の環境下での測定に成功しました。この波しぶき計は、2022 年 7 月に北海道沖での航空機と船舶の同時観測、さらに 2022 年 10 月～2023 年 2 月に南極観測航海で使われました。この研究の面白さは、物理分野と化学分野の両方に寄与することです。



海上の波しぶきの観測

### 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

各種波動によるエネルギー伝達経路を同定することで、気候変動における波動の役割の解明を私たちは目指しています。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。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。海洋中には、時空間スケールの小さいものから順に並べると慣性重力波・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。海洋では、海岸線・海面・海底といった境界条件が波の性質を決めるという面白さがあります。私たちは励起・維持機構がまだわかっていない波動・渦の研究を進めます。



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)

### 大気海洋境界の数値シミュレーション

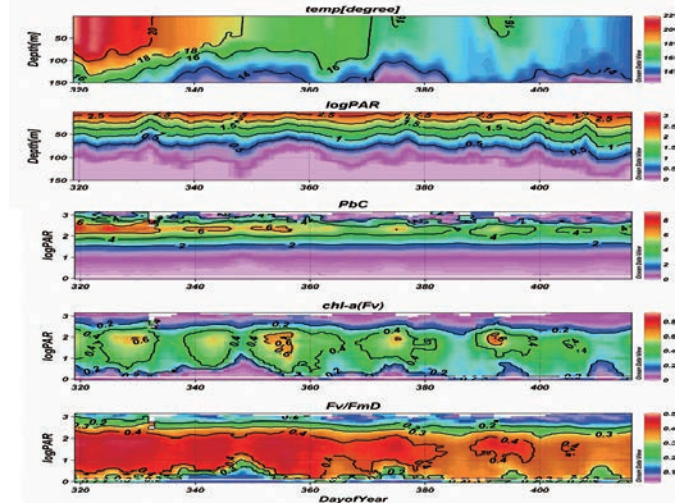
大気海洋境界における物理・化学・生物過程は、海表面での CO<sub>2</sub> 吸収や雲形成を介して地球の気候に影響します。大気海洋間の物質循環を左右する様々な物理量の交換は、主に海上風速と海面水温、ひいては波浪とこれにより生成する波しぶき粒子に深く関係します。私たちの研究は、観測とモデルの両方において従来の鉛直解像度では動態把握が不十分であった海面近傍、すなわち水深 10m から上空 1km の領域を対象とします。海上風速以外の物理量や大気境界層中のエアロゾルの鉛直プロファイル、海洋有光層中の塩分や生態系関連パラメータの鉛直プロファイルにも注目し、大気海洋相互作用の生物地球化学的側面の理解に繋げていきます。その基礎モデルとして私たちは、大気海洋境界層を連続した LES モデル研究を拡充します。このように海洋・気象・大気化学・土木工学の知見を組み合わせ、微細過程のメカニズムを解明することを目指しています。

### 海洋・地球・宇宙にわたる多圏を俯瞰するようなエネルギー論を展開

従来の研究による概算では、太陽のエネルギー放射が 10<sup>34</sup> J/yr (ジュール/年)、地球の大気・陸域・海洋などの表層圏に届く分が 10<sup>24</sup> J/yr、光合成によって固定される分が 10<sup>21</sup> J/yr、食糧となる分が 10<sup>19</sup> J/yr、人類の産業によるエネルギー消費が 10<sup>20</sup> J/yr のオーダーとなっています。このようなエネルギー量の相互比較にもとづく世界観と照らし合わせながら、私たちはフューチャーアースや地球温暖化問題における炭素収支の理解と肩を並べるような研究を進めます。

### 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

写真の説明: 左より (1) 回転水槽による高校生むけ体験学習、(2) 京都大学田辺中島観測塔にて、(3) 浦都市科学館にて、(4) 東シナ海での海水採取、(5) 伊勢湾での観測、(6) JAMSTEC 横浜研究所にて

Webページ: <http://marine.isee.nagoya-u.ac.jp/>  
連絡先: aiki@nagoya-u.jp (相木)

