

## 潮汐混合の直接観測と潮汐 18.6 年振動に関わる 海洋・気候変動の解明

Direct observations of tidal mixing and studies on ocean/climate variability synchronized with 18.6-year period nodal tidal cycle

安田 一郎 (YASUDA ICHIRO)

東京大学・大気海洋研究所・教授



### 研究の概要

北太平洋亜寒帯海域・黒潮海域において潮汐混合・物理・化学・生物の観測を展開することにより千島・アリューシャンでの強い混合を実証し、鉛直混合過程と海洋物質循環・生態系に与える影響を明らかにする。潮汐 18.6 年変動を実証し、潮汐鉛直混合とその変動を組み込んだモデルを開発することにより、潮汐 18.6 年振動が海洋・気候に与える影響と過程を明らかにする。

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析・環境変動

キーワード：潮汐鉛直混合、長期大気海洋変動、海洋物質循環、海洋生態系

### 1. 研究開始当初の背景

海洋中の鉛直混合は熱や物質の鉛直拡散を通じて海洋循環・物質循環・生態系に大きな影響を与える。しかし、殆ど観測がなされてこなかったために、混合強度の分布や変動の実態は明らかではなく、気候・海洋のモデルにも組み込まれていない。一方、北太平洋亜寒帯海域の千島列島・アリューシャン列島海域では、強い1日周期潮汐流により大きな鉛直混合が発生していることが水塊解析などから予想され、その下流の親潮水が約20年周期で変化していることが示された。また日本の気候に大きな影響を与えるアリューシャン低気圧にも約20年周期の変動が存在する。月の公転軌道は18.6年周期で変動し、1日周期潮汐力の振幅は最大20%変動する。千島列島等での大きな潮汐混合が実証され、その混合が2割変化すれば、水塊や気候の約20年周期変動が説明できる可能性がある。

### 2. 研究の目的

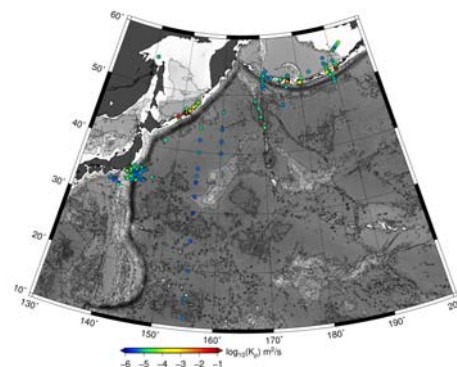
そこで本研究では、1) これまでほとんど直接観測が行われておらずモデルにも組み込まれていない北太平洋亜寒帯海域千島列島・オホーツク海、アリューシャン・ベーリング海域、及び黒潮域における海洋鉛直混合を直接観測し大きな潮汐混合を実証し、2) 大きな混合が生じるメカニズムを明らかにし、3) 混合過程が水塊形成・変質・海流・物質循環・生態系に及ぼす影響を評価すること、及び、4) 大きな鉛直混合が潮汐の18.6

年振動に連動して変動することに起因する海洋・気候長周期変動について観測データやモデルを用いてその存在と変動過程を明らかにすること、を目的とした。

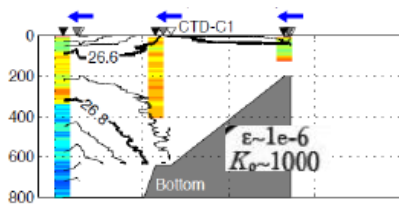
### 3. 研究の方法

強い潮流下でも潮汐鉛直混合を直接観測できる乱流観測システムを構築する。強い1日周期潮汐混合が予想されている海域を中心に、ロシア船や学術研究船白鳳丸・淡青丸を用いた航海を行い、乱流鉛直混合を観測し、理論やモデルと比較することで乱流発生過程を定式化する。海流・物質・生物観測と併せて、物質循環・生態系への影響を評価する。過去の観測データを解析し、潮汐18.6年振動の海洋・気候における存在を実証するとともに、潮汐混合とその変動を与えた海洋循環・大気海洋結合気候モデルを開発し、気候・海洋に対する潮汐振動の影響を評価する。

### 4. これまでの成果



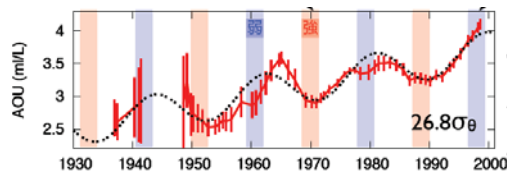
H20-22 年度に 9 航海、延 200 日以上 300 キヤストに及ぶ乱流計直接観測を北太平洋亜寒帯海域及び黒潮域を中心に展開し（図色つき○：色で鉛直平均鉛直拡散係数を表す）、千島列島・アリューシャン列島海域で通常の 10-1000 倍（カラーバーの黄色から赤）強い乱流鉛直混合が実際に生じていることを実証した。千島やアリューシャンでは、海山や島等の地形に捕捉された波動が 1 日周期の潮汐によって増幅された結果、海底から海洋中層にかけて強い潮流を生じ、潮流の鉛直方向の変化が大きい深度で強い乱流が生じていた。また、この強い潮流が斜面を駆け下る際に、極めて大きい乱流が発生し密度が鉛直に一様



化していることが直接観測から明らかとなった（左図）。

これまで実施した観測により、河川から供給された鉄が中層水に取り込まれ、千島列島やアリューシャン列島海域、陸棚縁辺での強い鉛直混合により上下に拡散され、表層にもたらされることが親潮域、ベーリング海グリーンベルトの生物生産維持に大きな役割を果たしていることが明らかとなった。

潮汐 18.6 年周期振動に伴う塊変動が、潮汐混合が大きい千島列島海域・アリューシャン列島海域を中心に親潮域、オホーツク海、ベーリング海の表層から中層に存在することが明らかとなった。1 日周期潮汐が強い期



間に、混合が強化され表層塩分が上昇、鉛直方向の水温・酸素濃度の極小や極大が削られて弱まる、という鉛直混合変動と整合的な変化を示した。

木の年輪などから再構成された約 300 年のデータを用いて長期気候変動指標の一つである太平洋 10 年規模振動 (PDO) に統計的に有意な 18.6 年周期変動を見出し、潮汐が強い（弱い）期間から数年後を中心に、日本東方海域が高温（低温）、赤道・太平洋東岸海域が低温（高温）、アリューシャン低気圧が弱い（強い）傾向が示され、18.6 年周期潮汐振動を用いた気候予測に道を開いた。

千島列島付近の鉛直混合を観測に倣い大きく設定し、18.6 年周期で振幅を 2 割変動させた大気海洋結合モデル実験を行った。千島列島で発生した変動が北太平洋西岸に沿って南下し、赤道域に到達し、エルニーニョ・ラニーニャの長期変動を引き起こす可能性

があることが明らかとなった。

## 5. 今後の計画

ロシア船による千島・オホーツク海域の航海、黒潮・伊豆海嶺域の航海を実施し、潮汐混合の実態とインパクトを明らかにする。ガイドと乱流計を合わせた次世代の海洋観測システムの実用化を行う。これまで得られた観測から強い乱流の発生過程を解析し、乱流発生機構を明らかにして定式化を改良する。定式化された潮汐混合を大気海洋結合モデル、海洋物質循環・生態系モデル等に導入し、潮汐混合とその 18.6 年振動が気候・海洋に及ぼす影響を明らかにする。

## 6. これまでの発表論文等（受賞等も含む）

S. Itoh, I. Yasuda, T. Nakatsuka, J. Nishioka, and Y. N. Volkov (2010) Fine- and microstructure observations in the Urup Strait, Kuril Islands, during August of 2006. *J. Geophys. Res. Oceans*, 115, C08004, doi:10.1029/2009JC005629

J. Nishioka, T. Ono, H. Saito, K. Sakaoka, and T. Yoshimura (2011) Oceanic iron supply mechanisms which support the spring diatom bloom in the Oyashio region, western subarctic Pacific, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, 116, C02021, doi:10.1029/2010JC006321

S. Osafune, and I. Yasuda (2010) Bidecadal variability in the Bering Sea and the relation with 18.6-year period nodal tidal cycle. *J. Geophys. Res.*, 115, DOI: 10.1029/2008JC005110.

I. Yasuda (2009) The 18.6-year period moon-tidal cycle in Pacific Decadal Oscillation reconstructed from tree-rings in western North America, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L05605, doi:10.1029/2008GL036880.

H. Hasumi, I. Yasuda and H. Tatebe, M. Kimoto (2008) Pacific bidecadal variability regulated by tidal mixing around the Kuril Islands. *Geophysical Research Letters*, 35, L14601, doi:10.1029/2008GL034406

安田一郎（研究代表者）：平成 23 年度日本海洋学会・学会賞（2011. 4）

伊藤幸彦（連携研究者）：平成 23 年度日本海洋学会・岡田賞（2011. 4）

ホームページ等

<http://lmr.ori.u-tokyo.ac.jp/feog/186.html>