

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22740303

研究課題名(和文) 船舶・衛星・フロート観測による北太平洋亜寒帯域の中規模渦に関する研究

研究課題名(英文) Studies on mesoscale eddies in the subarctic North Pacific based on shipboard, satellite and float observations

研究代表者

上野 洋路 (Ueno, Hiromichi)

北海道大学・大学院水産科学研究院・助教

研究者番号：90421875

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：船、衛星、フロート観測データを用いることにより、北太平洋亜寒帯中西部における中規模渦の物理的性質および生物場への影響を調べた。その結果、アラスカ湾北部で形成される海洋中規模渦の一つであるキーナイ渦の中心付近の水塊が、形成直後から約4年間に冬季混合層過程、水平貫入、渦-渦相互作用などによって変質する様子が初めて明らかになった。また、中規模渦が動物プランクトンに大きな影響を与えていることが示された。

研究成果の概要(英文)：Mesoscale eddies in the western and central subarctic North Pacific were studied through analyses of satellite altimeter data and data from shipboard and Argo float observations. We found that the core water of a Kenai eddy formed in December 2006 south of the Kenai Peninsula was modified by surface cooling, cold water intrusions and eddy-eddy interaction. We also found that mesoscale eddies had a significant impact on zooplankton community.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学 気象・海洋物理・陸水学

キーワード：海洋中規模渦 北太平洋亜寒帯域

### 1. 研究開始当初の背景

北太平洋亜寒帯域の海洋変動は、二酸化炭素の吸収などを通じて世界の気候変動に重要でありながら、観測の少なさなどから十分な研究がなされてこなかった。しかし、衛星・フロート観測により、より多くのデータが得られるようになったことから、近年、急速にその実態が明らかになりつつある。

北太平洋亜寒帯域東部のアラスカ循環では、多数の中規模高気圧性渦（直径数百キロの時計回り渦）が観測され、その物理・化学的性質とアラスカ循環の物理・化学・生物環境への影響が研究されてきた。例えば Crawford (2002)、Whitney and Robert (2002)、Crawford et al. (2005)は、アラスカ湾東岸で形成された中規模渦の大部分はアラスカ循環の中心部へ向かって西向きに伝播し、高温低塩かつ栄養塩・動植物プランクトンを豊富に含む沿岸水を沖へ輸送することを指摘した。

それに対し、亜寒帯域中西部における中規模渦研究はこれまで東カムチャツカ海流・親潮海域に限られていた(例えば Yasuda et al., 2000, Isoguchi and Kawamura, 2003)。そこで我々は、主に衛星海面高度・衛星クロロフィル a 濃度データを解析することにより、アラスカ湾北西部で形成された中規模渦がアラスカ湾北西部に沿って西進し、西部亜寒帯循環中央部に到達することを発見、それらの渦（アラスカ湾北西部渦）が亜寒帯循環中西部の水温・塩分・循環場、さらには生物生産場に顕著な影響を与えていることを示した (Ueno et al., 2009; Ueno et al., 2010)。

### 2. 研究の目的

亜寒帯域中西部における、過去の中規模渦研究では、主に衛星観測データを用いて研究が実施されてきた。しかし、中規模渦の物理的性質とその生物生産への影響を理解するためには、海洋内部の物理・生物過程のより詳細な理解が必須である。そこで、本研究では、衛星観測データに加えて、船舶観測、フロート観測データを併せて用いることにより、中規模渦の物理的性質とその生物生産への影響の更なる理解を目指した。

本研究では、中規模渦が海洋の物理・化学・生物場と与える影響を理解する上で必要不可欠な「中規模渦の変質過程」について理解することを第一の目標として研究を行った。さらに、中規模渦が生物場と与える影響の把握を目指し、中規模渦と動物プランクトン分布の関係に関する研究を実施した。

### 3. 研究の方法

衛星海面高度データ、衛星クロロフィル a 濃度データ、北海道大学水産学部附属練習船おしよる丸・学術研究船白鳳丸による海洋観測

データ、Argo フロートデータを使用した。本研究の基本となる渦検出は、衛星海面高度データを用いて、Okubo-Weiss パラメータと呼ばれる渦検出方法により実施した。また、船舶を用いて中規模渦内外での動物プランクトンを採取することにより、中規模渦の動物プランクトンに対する影響を調べた。また、衛星観測データで得られた中規模渦の位置情報を過去のセディメントトラップデータと併せることにより、渦が動物プランクトンに与える影響を検討した。

### 4. 研究成果

(1) 本研究ではまず、キーナイ渦の伝播特性および変質過程を調べた。キーナイ渦は、北太平洋東部亜寒帯域北岸に位置するキーナイ半島南方で形成され、アラスカ湾北西部に沿って西方に伝播する中規模高気圧性渦のことであり、Rovegno et al. (2009) によって発見された。この渦は、アラスカ湾北部に位置するキーナイ半島の南方で形成、陸棚水を中心付近に保持して南西に伝播すると指摘されているが、その伝播経路、中心付近に保持した海水の特性がどのように変質するかなどについては分かっていなかった。

衛星海面高度データ解析の結果、2006 年 12 月に形成されたキーナイ渦は、2009 年 2 月頃に 163°W 付近で 2 つに分裂、西側の渦は、アリューシャン列島に沿って西進、175°E 付近でその西方に位置していたアリューシャン渦に吸収されることが示された。東側の渦は 170°W 付近からアリューシャン列島を離れ南西に伝播した (図 1)。

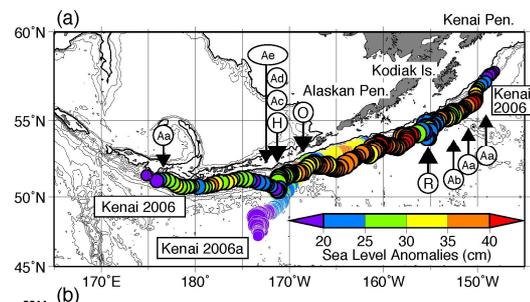


図 1 : キーナイ渦の伝播経路。円半径は Okubo-Weiss パラメータから推定した渦半径の半分に相当、色は海面高度アノマリを示す。「0」はおしよる丸、「H」は白鳳丸、「Aa」～「Ae」はアルゴフロートによる渦観測を示す。

Argo フロートデータ解析からは、冬季混合層過程や水平貫入などによって渦中心付近の水塊が変質する様子を捉えることができた。特に渦形成直後に渦中心付近に存在していた Argo フロートにより、渦形成直後の冬

季混合層過程により渦中心付近の水塊が大きな変質を受けることが示された(図2)。また、キーナイ渦が分裂後に相互に接近、相互作用を行ったことが示された。この相互作用の前後で渦中心付近の水塊が完全に異なることが示され、渦-渦相互作用が中規模渦の水塊構造に大きな影響を与えることが示された。

おしよる丸・白鳳丸による渦横断観測により、上記水平貫入水の起源は北太平洋亜寒帯外洋水、および渦南縁付近に存在し沿岸水と外洋域水の中間の性質を示す遷移域水であることが示唆された(図3)。外洋水・遷移域水が水平貫入した層はその上下層より1以上も低温であることもあり、渦形成時に獲得した高温の中層水塊の低温化に寄与していると考えられた。

渦中心付近の水塊の変質過程に関しては、これまでに報告が少なく、本研究が示した観測事実に基づく結果は、今後の中規模渦による熱・物質輸送研究に大いに貢献すると考えられる。

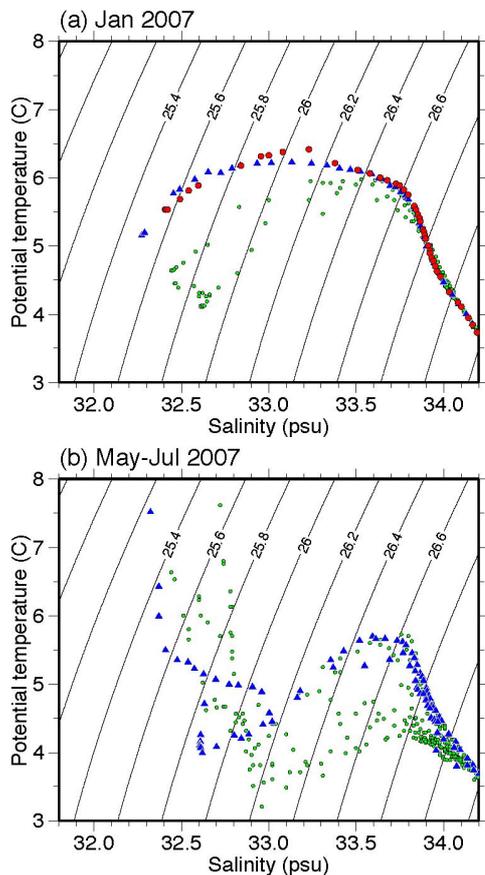


図2: Argo フロートによって取得された2007年(a)1月、(b)5-7月の水温塩分ダイアグラム。赤は渦中心付近、青は渦中心周辺、緑は渦外部を意味する。

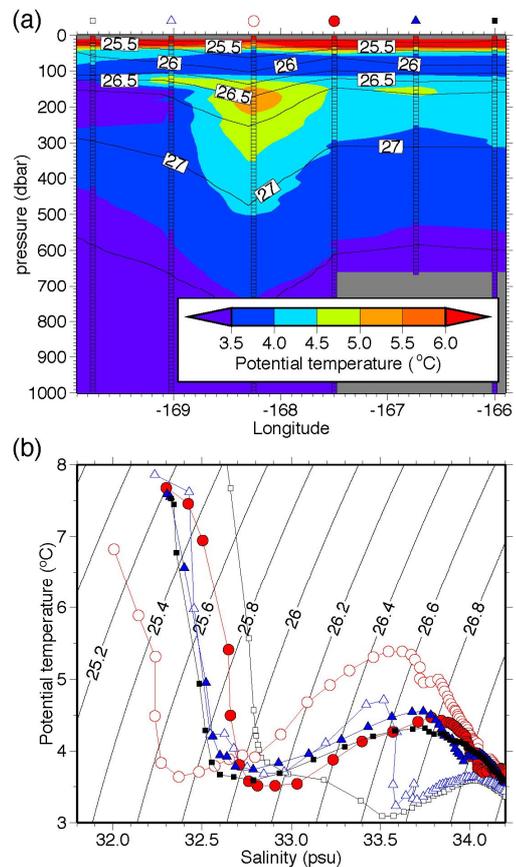


図3: おしよる丸航海で取得したXCTDデータを用いたキーナイ渦(a)東西断面、(b)温位-塩分ダイアグラム(2009年6月)。

(2) 北太平洋亜寒帯域の観測定点ステーション SA (49°N, 174°W) において1990年から2005年までの15年間にわたり継続して採集された海洋沈降粒子試料を用いて、中規模渦が動物プランクトン(放散虫)に与える影響を検討した。放散虫とは珪酸塩の骨格を持つ海洋動物プランクトンであり、その生産量や地理的分布は海洋環境の変化を反映する。中規模渦と植物プランクトンの一次生産との関係については、多くの研究例があるが、動物プランクトンとの関係を時系列で長期にわたり明らかにしたものは、本研究が初めてである。

中規模渦は沿岸水を外洋域に運ぶことが指摘されていることから、沿岸域に特徴的な群集を形成する *Rhizoplegma boreale* という種に着目して研究を行った。海洋沈降粒子中の放散虫群集の季節・経年変化と衛星観測による海面高度データの解析から、アラスカストリームを西進する中規模渦がステーション SA 付近を伝播する時期とステーション SA の放散虫フラックスの増加時期が一致することを発見した。放散虫群集は珪酸塩の骨格が海底堆積物中に化石として保存されるため、衛星観測データのない時代における中規模渦の指標として役立つ可能性がある。

(3) 2010年7月に実施した北海道大学水産学部附属練習船おしよる丸 60日航海における海洋中規模渦横断観測によって得られた動物プランクトンデータを解析することにより、アリューシャン列島南方で形成された中規模渦(アリューシャン渦)が動物プランクトンのカイアシ類の分布に与える影響を調べた。その結果、アリューシャン渦内外でカイアシ類の個体数や発育段階が異なることが示され、アリューシャン渦内における高い生物生産がカイアシ類の分布や発育段階に影響を与えていることが示唆された。また、アリューシャン渦内に分布していたカイアシ類はおおむね外洋性の種であることが示され、その原因としてアリューシャン渦が比較的外洋で形成されたことや、おしよる丸による観測前に渦-渦相互作用が生じていたことなどが推測された。

海洋中規模渦が生態系に与える影響に関しては、国内外で様々な研究が実施されているが、その多くは中規模渦が植物プランクトンに与える影響に関する研究であり、バイオマスとしても重要な動物プランクトンであるカイアシ類の分布や発育段階に海洋中規模渦が影響を与えていることを示したという点で、本研究は学術上大きな意義を持つと考えられる

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

#### [雑誌論文](計5件)

Saito, R., A. Yamaguchi, I. Yasuda, H. Ueno, H. Ishiyama, H. Onishi, I. Imai, Influences of mesoscale anticyclonic eddies on the zooplankton community south of the western Aleutian Islands during the summer of 2010, J. Plankton Res., 36(1), 117-128, doi:10.1093/plankt/fbt087 (2014) 査読有

Ueno, H., I. Yasuda, S. Itoh, H. Onishi, Y. Hiroe, T. Suga, and E. Oka, Modification of a Kenai Eddy along the Alaskan Stream, J. Geophys. Res., 117, C08032, doi:10.1029/2011JC007506, (2012) 査読有

Ikenoue, T., H. Ueno, and K. Takahashi, Rhizoplegma boreale (Radiolaria): A tracer for mesoscale eddies from coastal areas, J. Geophys. Res., 117, C04001, doi:10.1029/2011JC007728, (2012) 査読有

上野洋路・大西広二, おしよる丸北洋航海における海洋物理観測, 月刊海洋, 2012年12月, 44巻12号, 668-672頁, 査読無

上野洋路・安田一郎・伊藤幸彦・大西広二・廣江豊・須賀利雄・岡英太郎, Kenai 渦の

変質過程, 月刊海洋, 2011年12月, 43巻12号, 756-762頁, 査読無

#### [学会発表](計9件)

Saito, R., A. Yamaguchi, H. Ueno, H. Ishiyama, H. Onishi, I. Imai, I. Yasuda, Influence of Aleutian eddies on calanoid copepods south of the western Aleutian Islands during summer, North Pacific Marine Science Organization (PICES) 2012 Annual Meeting, Vancouver Island Conference Centre (Nanaimo, Canada), 2013年10月17日

上野洋路・大江光穂・嘉山雄大・加藤尋樹, 北太平洋中高緯度域における中規模渦とクロロフィルの関係, 2012年度日本海洋学会秋季大会, 東海大学(静岡市), 2012年9月16日

齋藤類・山口篤・上野洋路・大西広二・今井一郎, 2010年夏季のアラスカンストリーム海域における動物プランクトン群集: 中規模渦の影響, 2012年度日本海洋学会春季大会, 筑波大学(つくば市), 2012年3月27日

Ueno, H., I. Yasuda, S. Itoh, H. Onishi, Y. Hiroe, T. Suga and E. Oka: Formation and modification of a Kenai eddy along the Alaskan Stream, 2012 AGU Fall Meeting, Moscone Center, (San Francisco, USA), 2012年12月4日

Ikenoue, T., H. Ueno, and K. Takahashi, A radiolarian tracer for mesoscale eddies from coastal areas in the central subarctic Pacific, ICES ANNUAL SCIENCE CONFERENCE 2012, Scandic Bergen City Hotel (Bergen, Norway) 2012年9月21日

Ueno, H., I. Yasuda, S. Itoh, H. Onishi, Y. Hiroe, T. Suga and E. Oka: Modification of a Kenai eddy along the Alaskan Stream, Ocean Science Meeting, Salt Palace Convention Center (Salt Lake City, USA), 2012年2月23日

上野洋路・安田一郎・伊藤幸彦・大西広二・廣江豊・須賀利雄・岡英太郎, Kenai 渦の変質過程, 2011年度日本海洋学会春季大会, 東京大学大気海洋研究所(柏市), 2011年3月24日

上野洋路・安田一郎・伊藤幸彦・大西広二・廣江豊・須賀利雄・岡英太郎, Kenai 渦の物理・化学・生物過程, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会 潮汐混合とオホーツク海・ベーリング海の物理・化学・生物過程: 白鳳丸 KH09-4 航海・おしよる丸・クロモフ 2006/2007

シンセシス，東京大学大気海洋研究所  
(柏市)，2010年12月1日

Ueno, H., H. Onishi, S. Itoh, I.  
Yasuda, Y. Hiroe, T. Suga and E. Oka:  
Observations of a Kenai eddy along the  
Alaskan Stream south of the Aleutian  
Islands, North Pacific Marine Science  
Organization (PICES) 2010 Annual  
Meeting, Oregon Convention Center  
(Portland, USA), 2010年10月28日

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

上野 洋路 (HIROMICHI UENO)

北海道大学・大学院水産科学研究院・助教  
研究者番号：90421875

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし