

## 深海底の緩やかな起伏が表層海流と海面水温前線を生む

～亜寒帯の表層海流と強い海面水温前線をつくり出す新メカニズムを発見～

### ポイント

- ・北海道沖合 1,000 km に位置し黒潮を源とする海流（磯口ジェット）は、気候変動や水産資源に重要。
- ・深海底の緩やかな地形が、磯口ジェットのような表層海流を効果的に作り出すメカニズムを発見。
- ・同様の海底起伏は世界中に存在するため、中高緯度の様々な海域への本メカニズムの適用に期待。

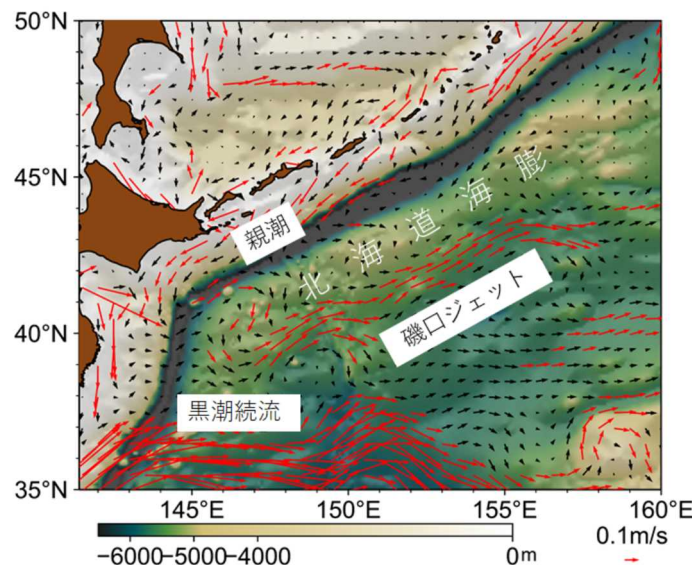
### 概要

北海道大学低温科学研究所の三寺史夫教授らの研究グループは、水深約 5,500m の深海におけるわずかな海底起伏が、実は海の表面の海流や水温前線をコントロールしている、という新たな海流形成メカニズムを発見しました。

2000 年代になって、北海道の東方 1,000 km の沖合に黒潮を源とする海流（通称・磯口ジェット；下図）が見出されました。温かい黒潮水を運ぶ磯口ジェットは、親潮による亜寒帯海水との間に強い水温前線を作るため、その周辺海域は好漁場となっています。またその変動は、北半球規模の気候変動を引き起こす要因であることも最近の研究でわかってきました。しかし、磯口ジェットがなぜ岸から 1,000 km も離れた海域に安定して存在するのか、その形成メカニズムは謎のままでした。

本研究では、従来見過ごされてきた、水深約 5,500m の深海底における 500m 程度の低い緩やかな海底地形（北海道海膨）が、渦－地形相互作用を通して海洋表層\*1 の磯口ジェットと海面水温前線を驚くほど効率的に生み出すという、新たなメカニズムを発見しました。背の低い緩やかな海底地形は世界中の海のいたるところにあるため、中高緯度の様々な海で、今回発見した海流形成メカニズムが働いていることが予想されます。本研究を基礎にした海洋学、水産学、気候学の進展が期待されます。

なお、本研究成果は、2018 年 3 月 22 日（木）公開の Nature Communications に掲載されました。



海表面流速（矢印）と海底地形（カラー陰影）。海底地形は深海底の起伏（5,000～6,000m）を強調表示。

## 【背景】

2000年代に入って、北海道の東方約1,000km沖合に黒潮を源とする海水の通り道が発見されました(1pの図; Isoguchi et al., 2006)。岸から遠く離れた北太平洋の中にもかかわらずほぼ同じ場所を通る特徴を持ち、準定常ジェット、あるいは発見者にちなんで磯口ジェットと呼ばれています。

磯口ジェットは黒潮を源流とする温かく塩分濃度の高い海水を、黒潮が沖へと流れる房総沖から北海道沖の緯度帯まで運ぶため、親潮からの冷たい亜寒帯の海水との間に、北太平洋で最も強い水温前線(水温の異なる海水がふれあう断面)をつくります。近年、磯口ジェットの強さの変動に伴って海面水温が大きく変化し、それが北半球規模の気候変動を引き起こすことがわかってきました。

磯口ジェットは、水産資源への影響も大きいことが知られています(Wagawa et al., 2014)。たとえば、日本の太平洋沿岸で生まれたマイワシなどの小型浮魚類の稚幼魚は、餌料の多い亜寒帯へと回遊する際に磯口ジェットを利用しています。さらに磯口ジェットが形成する海面水温前線は成魚にとっても好餌場となるため、周辺海域に小型浮魚類が多く分布することが知られています。

このように磯口ジェットは気候変動や水産資源にとって重要な海流ですが、なぜ岸から1,000 kmも離れた北太平洋の中に形成されるのか、その根本的なメカニズムは未解明でした。

## 【研究成果】

本研究は、このような磯口ジェット形成の謎を解いたものです。太平洋の深さ5,500mの深海底にある、従来見過ごされてきた背の低い緩やかな起伏(北海道海膨)が、実は海洋表層の磯口ジェットと海面水温前線を作り出していることを発見しました。

1pの図を見ると、磯口ジェットは高さ500m程度の北海道海膨に沿って流れていることがわかります。従来この高さの海底地形は、海洋表層の流れに影響を及ぼすことはない、と考えられていました。しかし、図1を見ると、表層の厚さ(\*1参照)がこの海膨付近で緯度線に平行な分布から大きく歪んでいます。もともと表層は亜寒帯海域で薄く、中緯度域では厚いのですが、亜寒帯の薄い表層(水色の部分)が海膨に沿って北海道沖まで南下しているのです。そして、そのすぐ東側の比較的厚い表層(ピンクの部分)との間で層厚(層の厚さ)に大きな差違を作ることにより、磯口ジェットが形成されています。図2はこの説明を模式的に示したものです。

では、従来無視できると考えられてきた背の低い海膨が、いかにして磯口ジェット形成を担うのでしょうか。その原因は、海洋中に数多く存在する半径数10kmの渦と海底地形との相互作用によって生じる海膨上深層の時計回り循環(図2と図3の黄色の矢印)にありました。海洋表層の厚さは、ロスビー波<sup>2</sup>と呼ばれる波動によって伝えられます。通常、ロスビー波は西向きに進みますが、海膨上では、この時計回り循環によってロスビー波の伝搬が南西向きに曲げられ、亜寒帯起源の薄い表層を北海道沖まで南下させることがわかりました。そして図3に示すとおり、この薄い層を運ぶロスビー波と、北緯40度の近くを西向きに伝搬する中緯度のロスビー波が会う海膨上に、磯口ジェットが形成されるのです。これは、本研究によって見出された、表層海流と海面水温前線の新たな形成メカニズムです。

以上の結果は、海洋研究開発機構が作成しているJCOPE(日本沿海予測可能性実験)の海洋再解析データを用いることによって得たものです。また、同様の形成メカニズムは、気象研究所の海洋モデルでも確認されました。本研究は、文部科学省・科学研究費補助金「表層と中層を繋ぐ北太平洋の子午面循環：その三次元構造と変動メカニズムの新たな描像」(H26-28年度、研究代表 三寺史夫)のサポートを受けて実施されました。

## 【今後への期待】

北海道海膨に類するゆるやかな起伏は、世界の海のいたるところにあります。したがって、本研究で見出した表層海流形成のメカニズムは、磯口ジェットに限らず様々な中高緯度海域で働いている可能性があります。三寺教授らの研究グループは、単純化された地形を用いた理論的な研究も行い、このメカニズムの一般化を進めています (Miyama et al., 2018)。【背景】でも述べたとおり、海洋表層海流と水温前線は、中高緯度の気候変動や水産資源変動に大きな影響を及ぼします。現在進行中の文部科学省・科学研究費補助金 新学術領域研究「海洋混合学の創設：物質循環・気候・生態系の維持と長周期変動の解明」(<http://omix.ori.u-tokyo.ac.jp>) では、磯口ジェット周辺域での餌料生産の豊かさについても研究を進めています。今後、本研究を基礎とした研究の進展が期待されます。

なお、本リリースは、1) 北海道大学 三寺史夫 教授, 中村知裕 講師, 西川はつみ 研究員, 2) 海洋研究開発機構 美山 透 主任研究員, 古恵 亮 主任研究員, 3) 大分大学 西垣 肇 准教授, 4) 国立極地研究所 中野渡拓也 研究員, 5) 水産研究・教育機構 和川 拓 研究員, 6) 気象庁気象研究所 藤井陽介 主任研究官, 7) 東京大学 伊藤進一 教授 による共同リリースです。

## 論文情報

論文名	Low ocean-floor rises regulate subpolar sea surface temperature by forming baroclinic jets (深海底の背の低い起伏が傾圧ジェットを形成し亜寒帯の海面水温を規定する)
著者名	三寺史夫 <sup>1</sup> , 美山 透 <sup>2</sup> , 西垣 肇 <sup>3</sup> , 中野渡拓也 <sup>4</sup> , 西川はつみ <sup>1</sup> , 中村知裕 <sup>1</sup> , 和川 拓 <sup>5</sup> , 古恵 亮 <sup>2</sup> , 藤井陽介 <sup>6</sup> , 伊藤進一 <sup>7</sup> ( <sup>1</sup> 北海道大学低温科学研究所, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構, <sup>3</sup> 大分大学工学部, <sup>4</sup> 国立極地研究所, <sup>5</sup> 水産研究・教育機構日本海区水産研究所, <sup>6</sup> 気象庁気象研究所, <sup>7</sup> 東京大学大気海洋研究所)
雑誌名	Nature Communications
DOI	10.1038/s41467-018-03526-z
公表日	英国時間 2018 年 3 月 22 日 (木) (オンライン公開)

## お問い合わせ先

北海道大学低温科学研究所 教授 三寺史夫 (みつでらふみお)

T E L 011-706-5478 F A X 011-706-7142 メール [humiom@lowtem.hokudai.ac.jp](mailto:humiom@lowtem.hokudai.ac.jp)

U R L <http://wwwoc.lowtem.hokudai.ac.jp/>

## 配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール [kouhou@jimuhokudai.ac.jp](mailto:kouhou@jimuhokudai.ac.jp)

### 【用語解説】

- \*1 海洋表層 … 本稿では海面から海水密度  $1,027.2\text{kg/m}^3$  までの深さを指す。図 1 によると、北太平洋の表層は亜寒帯海域で薄く（500m 程度。水色）、中緯度で厚く（700m 程度。ピンク色）なっていることがわかる。
- \*2 ロスビー波 … 地球回転の効果が緯度によって違うことで生じる長周期波動のこと。もし背景に流れがなければ、ロスビー波は層厚の変形を西向きに伝える。

### 【参考文献】

Isoguchi, O., H. Kawamura, and E. Oka, Quasi-Stationary Jets Transporting Surface Warm Waters across the Transition Zone between the Subtropical and the Subarctic Gyres in the North Pacific, *Journal of Geophysical Research*, 111, C10003, doi:10.1029/2005JC003402 (2006)

Miyama, T., H. Mitsudera, H. Nishigaki, and R. Furue, 2018: Dynamics of a Quasi-Stationary Jet along the Subarctic Front in the North Pacific Ocean (the Western Isoguchi Jet): An Ideal Two-Layer Model. *J. Phys. Oceanogr.*, 48, 807-830, doi:10.1175/jpo-d-17-0086.1.

Wagawa, T., S. Ito, Y. Shimizu, S. Kakehi, D. Ambe, Currents Associated with the Quasi-Stationary Jet Separated from the Kuroshio Extension. *Journal of Physical Oceanography*. 44, 1636-1653, doi: 10.1175/JPO-D-12-0192.1 (2014)

【参考図】

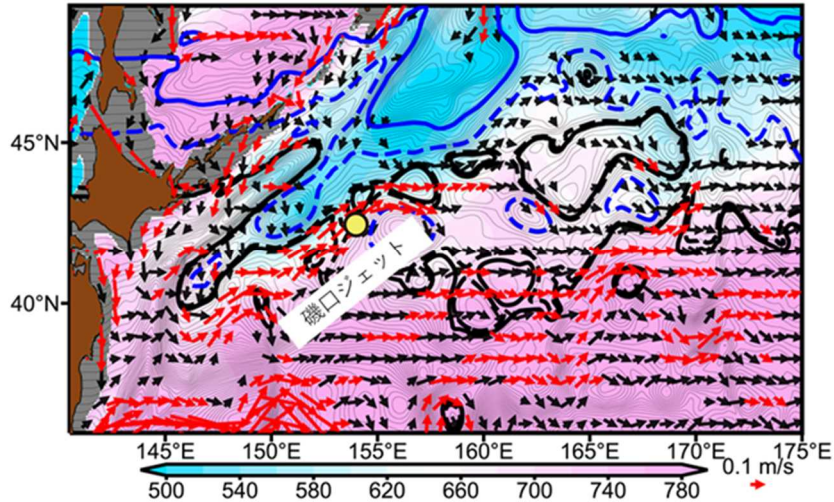


図1 表層海流（矢印）と海洋表層の厚さ（密度  $1,027.2 \text{ kg/m}^3$  の深さ；カラー陰影）。黒の実線・破線，青い実線・破線，細い線は，それぞれロスビー波と呼ばれる波動の伝搬経路を表す。黄色の点は，高緯度から南下する薄い層（水色の部分）と北緯 40 度近傍を伝搬する中緯度の厚い層（ピンクの部分）が出会う海域。磯口ジェットは黄色い点を中心に形成される。

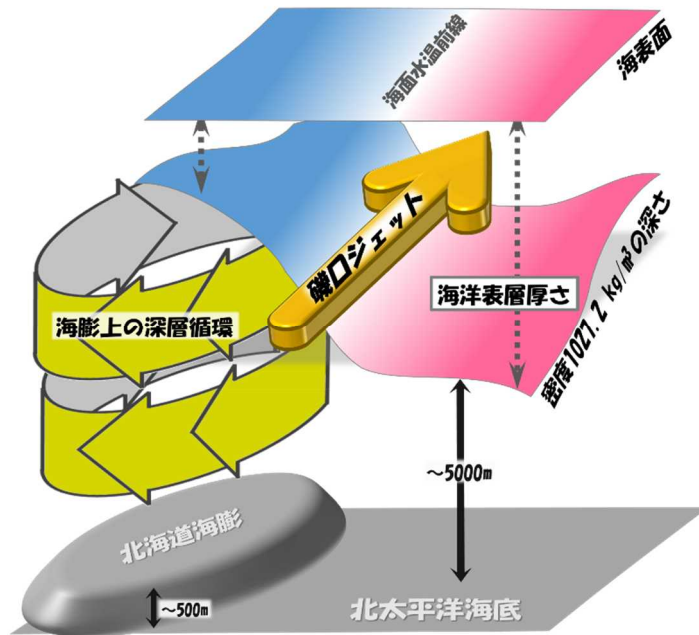
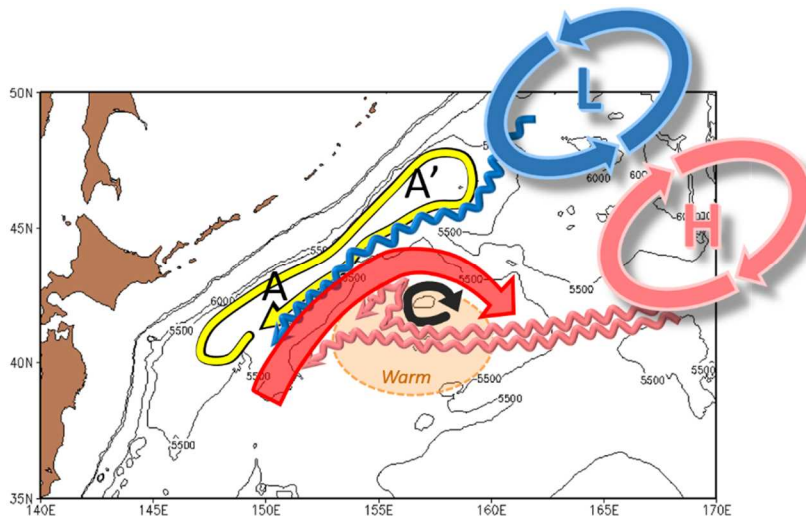


図2 磯口ジェットの三次元的描像。中緯度起源の厚い表層をピンク，亜寒帯起源の薄い表層を青で表す。層厚が急激に変化するところに磯口ジェットができる。磯口ジェットの海域では，中緯度（黒潮起源）の温かい水と亜寒帯（親潮起源）の冷たい水が出会うため，海表面に水温前線が形成されることになる。すなわち，この水温前線を挟み，表層の厚さ変化に伴う圧力差が生じることで，磯口ジェットが形成される。

亜寒帯起源の薄い層は，北海道海膨上に生じる深層循環に乗って北海道沖まで南下する。北海道海膨は北太平洋の水深に比べて非常に低い地形にもかかわらず，表層の磯口ジェット形成に必要な不可欠であることを，本研究は明らかにした。



**図3** 磯口ジェット形成の概念を地図上に示した図。等深線は深度 5,500m を表し，地形 A-A'は北海道海膨を表す。黄色矢印は，海膨上深層の時計回り循環である。この深層循環に乗って，亜寒帯起源の薄い表層がロスビー波（青波線矢印）と呼ばれる波動として北海道沖まで南下する。一方で，中緯度側の比較的厚い表層は，北緯 40 度付近を西向きに伝わる（ピンク色波線矢印）。この二つのロスビー波が出会う北海道海膨上に，磯口ジェット（太く赤い矢印）が形成される。warm の領域では，磯口ジェットの影響で亜寒帯にもかかわらず海面水温が高い。黒い矢印は，直下の海山上での深層循環を表す。青とピンク色の楕円は，亜寒帯と中緯度の風の回転成分をそれぞれ模式的に描いたものである。L は低気圧，H は高気圧を表す。