

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月30日現在

機関番号：12614

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22810010

研究課題名（和文）バロー峡谷を介した北極海への海洋熱フラックスの推定

研究課題名（英文）Estimation of oceanic heat flux to the Arctic Ocean through Barrow Canyon

研究代表者

溝端 浩平（MIZOBATA KOHEI）

東京海洋大学・海洋科学部・助教

研究者番号：80586058

研究成果の概要（和文）：西部北極海における海氷減少は、太平洋水流入による海洋温暖化によるものである。継続的な現場観測が困難な北極海では、海洋温暖化を監視する代替手法の開発が喫緊の課題である。本研究では、バロー峡谷の上流域である Pt. Hope～Pt. Lay における海上風および海面水温を用いた回帰式から北向き順圧流量・流速傾圧第一モードの構造・水温鉛直プロファイルを得ることで、バロー峡谷を介した北極海への現実的な海洋熱フラックスが推定できることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Oceanic warming due to inflow of Pacific Water is a key factor of recent sea ice reduction in the western Arctic Ocean. In the Arctic Ocean, it is hard to maintain *in-situ* measurements continuously. Hence, the development of alternative method to monitor oceanic warming is an urgent issue. In this study, we developed regression models for northward barotropic transport, 1st baroclinic mode and vertical profile of temperature at Barrow Canyon, using NCEP wind data and satellite sea surface temperature. Using those models, realistic oceanic heat flux through the Barrow Canyon was estimated.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,250,000	375,000	1,625,000
2011年度	1,150,000	345,000	1,495,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：環境（共通基礎研究）

科研費の分科・細目：環境動態解析

キーワード：北極海、海洋熱フラックス、海氷、衛星リモートセンシング

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

(1) 地球気候システムを理解する上で、海水減少の要因解明と今後の海水予測は重要な課題である。一方、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) による地球温暖化予測モデルでは、北極海の海水面積・分布を精確に再現されていない。つまり、現行の予報モデルは北極海における海水減少の過程を見逃している。

(2) 西部北極海で海水激減が起こっている海域には太平洋起源の夏季水 (以下、夏季太平洋水) が分布しており (Shimada et al., 2001)、海水激減域と一致する。夏季太平洋水は、ベーリング海峡から北上しバロー峡谷を介して北極海へ流入する。ベーリング海峡からの海洋熱フラックスはすでに Mizobata et al. (2010) で推定されている。しかしベーリング海峡からの熱量全てがノースウインド海嶺に到達するのではなく、実際にはバロー峡谷に到達するまでに大気側へ熱が奪われる。一方、NCEP 等の再解析データでは沿岸域の太平洋水を解像できないため、精確な大気海洋間の熱収支を見積もることはできない。

2. 研究の目的

北極海の海水激減域へ到達する太平洋水の熱量とその変動を知るために、バロー峡谷を介した北極海への海洋熱フラックスを高精度で見積もる事を目的とする。

3. 研究の方法

複合衛星データ (海上風・海面水温)・係留系観測データを用いて、北極海バロー峡谷における流量・熱フラックス時系列を推定する手法を開発する。基本的には Mizobata et al. (2010) の方法を踏襲する。現場の流速・熱フラックス時系列は、日本・カナダ共同観測プロジェクト Joint Western Arctic Climate Studies (JWACS) によって、バロー峡谷で展開されてきた係留系による観測データから得る (図 1)。

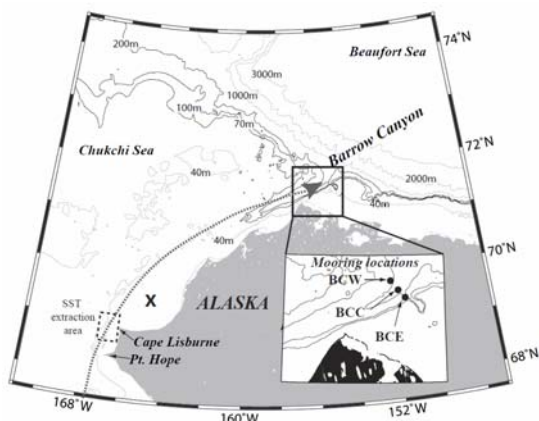


図 1: バロー峡谷における係留系の配置、および海上風抽出海域 (X、Point Hope~Cape Lisburne) と海面水温抽出海域 (破線矩形)

(1) 順圧流量時系列の推定

2001 年から 2007 年にかけて展開されてきた、バロー峡谷における係留系 (3 系) による音響ドップラー流速計 (ADCP) の観測値 (東西・南北成分) を使用する。ADCP 観測値から、3 係留系の測線に直交する (北極海へ向かう方向) 流速成分の鉛直プロファイルを準備する。まず流速プロファイルを鉛直平均し、各係留地点における順圧流速成分を求める。次に各点における順圧流速成分の時系列を最もよく説明する、バロー峡谷周辺域の海上風成分を調べる。ここでは NCEP 再解析海上風グリッドデータを使用する。具体的には、風速データのバロー峡谷周辺における各グリッドで、観測された風速から (360° 方向に) 10° 毎に射影した風速成分の時系列を求める。順圧流速成分と風速成分の時系列から、各係留地点における「風と順圧流速の回帰式」を求める。このとき沿岸域での風による湧昇・沈降によりセットアップされる地衡流の影響を考慮する。具体的には、風成分と流速の同時相関だけでなく、流速計測時より慣性周期前の風速時系列を用いたラグ相関も行う。得られた回帰式から、順圧流速時系列を得る。さらに北極海国際測深データ (IBCAO) により求めたバロー峡谷断面積を用いて、1999~2010 年までの順圧流量の時系列を求める。

(2) 傾圧流速鉛直プロファイル・時系列の推定

夏季のように表層に暖水が存在する場合、順圧流量だけでなく、傾圧流量も熱フラックスに寄与する。そこで流速の傾圧構造を求める。まず 1. で得る ADCP 鉛直流速プロファイルの時系列 (順圧成分は除去) に対して主成分分析を行い、卓越する傾圧構造 (第一主成分、傾圧第 1 モードに相当) を調べる。次に「流速=ゼロとなる水深」と「表層と海底直上における流速差の時系列」を得る。この 2 パラメータにより、傾圧流速プロファイルが求められる。次に各点における「表層と海底での傾圧流速差の時系列」を最も良く説明する海上風成分を、1. と同様の手法で調べ、各係留地点における「風と流速差の回帰式」を求める。回帰式から傾圧流速差の時系列を得る。流速ゼロの水深、流速差の時系列から、傾圧流速鉛直プロファイルの時系列を推定する。

(3) 鉛直水温プロファイルの推定

バロー峡谷に設置された係留系には、水温鉛直プロファイルが取得できるように、CTDセンサー（電気伝導度・水温・圧力計）が配置されていた。そこでCTD観測値からまず水温鉛直プロファイル（深度10m毎）の時系列を準備する。バロー峡谷上流側の衛星海面水温データ（ \circ ）と各深度の水温データとのラグ相関を取り、現場水温を最もよく説明する海面水温の海域およびラグを明らかにする。最後に得られた回帰式から、現場水温を推定する。

(4) 海洋熱フラックス

得られた順圧流量、傾圧第一成分、水温鉛直プロファイルから、海洋熱フラックスを計算する。

4. 研究成果

(1) 順圧流量

図2はバロー峡谷周辺海域におけるNCEP各グリッドにおける風速 45° 成分（30時間前の）と順圧流量との相関係数マップである。この図から、少なくとも30時間前にPoint Hope~Cape Lisburne付近でセットアップされた地衡流によって、バロー峡谷の順圧流量が変動することが示唆された。NCEPデータは6時間毎であるので、さらに1時間毎のデータへと整形し解析した結果、バロー峡谷における順圧流量は、27時間前のPoint Hope~Cape Lisburneにおける風速 45° 成分と高い相関が示された。また、バロー峡谷直上においては、13時間前の風速 60° 成分と順圧流量との間に高い相関が示された。13時間は同海域における慣性周期であり、Point Hope付近と同様に地衡流のセットアップが順圧流量の変動に寄与していることがわかった。

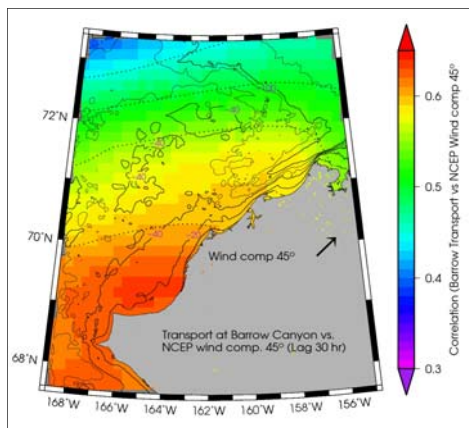


図2：各NCEPグリッドにおける風速 45° 成分（30時間前）とバロー峡谷順圧成分との相関係数マップ。

得られた風速成分と順圧流量との関係より、

以下のような重回帰式が得られた。

$$\text{順圧流量 (Sv)} = 0.014x(\text{風速 } 45^\circ \text{ 成分@バロー峡谷, 13時間前}) + 0.098(\text{風速 } 60^\circ \text{ 成分@Point Hope, 27時間前}) + 0.774(\text{Sv})$$

無風状態で約 0.8Sv となっており、これはベーリング海峡からの流量に相当するものである。順圧流量は2海域の風速成分から高い精度で求めることができることがわかった（図3、 $R^2=0.575$ ）。

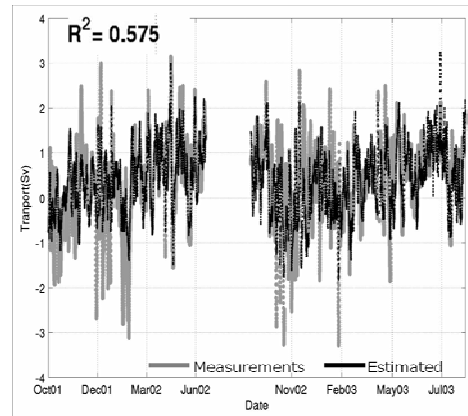


図3：順圧流量の時系列。灰色実線は現場観測結果、黒色実線は推定結果を示す。

(2) 傾圧成分

現場流速プロファイルから傾圧成分を除き、主成分分析を行ったところEOF第一モードは典型的な傾圧第一成分の特徴を示していた（図4）。つまり同海域では、本来必要な成層構造の知識なしに、傾圧第一成分として流速のEOF第一モードを使用することができ、かつ順圧流速とEOF第一モードで流速プロファイルはほぼ説明できることがわかる。

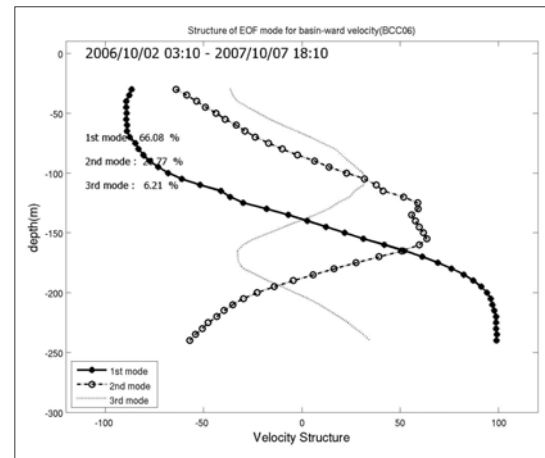


図4：順圧成分を除いた流速プロファイルに主成分分析を行った例。傾圧第一モードの特徴を持つEOF第一

モードが全体の分散の 60~70%を説明する

ここでEOF第一モードの上層と下層の流速差時系列を用意し、風速成分との関係を調べた。順圧流量と同様に、Point Hope Cape Lisburne における風速 45° 成分(30時間前)との間に高い相関関係が認められた ($R^2=0.3465$)。これにより傾圧第一成分も海上風から求められることがわかった。

(3) 水温鉛直プロファイル

水温鉛直プロファイル推定については、上流側の衛星海面水温データを使用した(図1、破線矩形領域)。

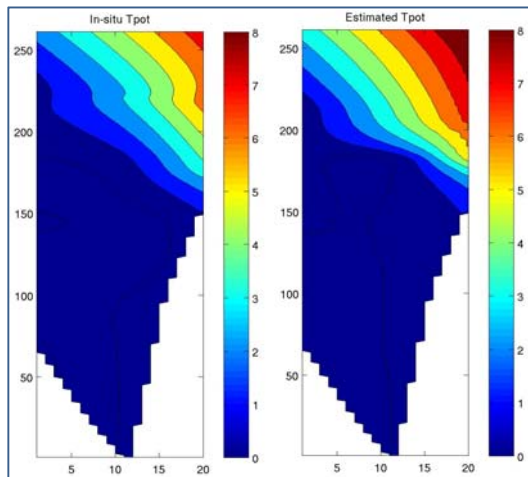


図5：2006年9月における水温断面図の比較。左が現場観測結果、右が推定結果。

図5は現場観測および衛星海面水温より推定した2006年9月の水温断面図である。推定結果は若干過大評価気味ではあるが、2層構造など概ね良好であった。

(4) 海洋熱フラックス

得られた順圧流量、傾圧成分、水温鉛直プロファイルから海洋熱フラックスを試算した。図6は海洋熱フラックスに関する現場観測結果および推定結果の時系列である。

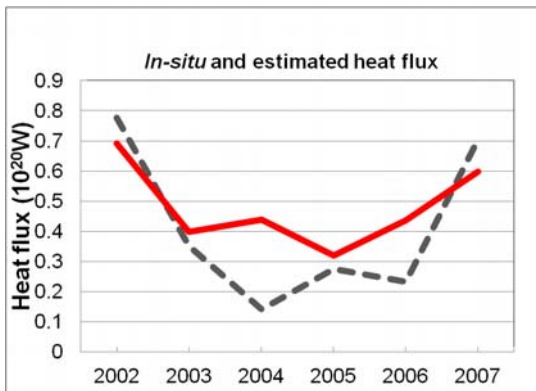


図6：9月~10月における海洋熱フラックスの比較。

黒破線が現場観測結果、赤実線が推定結果。

2004年、2006年に誤差が認められるものの、現在使用できる風速および海面水温データにより、バロー峡谷の海洋熱フラックスの経年変動を再現できることがわかった。

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 0件)

[学会発表] (計 1件)

溝端浩平・島田浩二、バロー峡谷を介した流量・海洋熱フラックスの推定、日本海洋学会春季大会、2010年3月14日、東北関東大震災のため、講演要旨集での発表となった

[その他]

ホームページ等

<http://www2.kaiyodai.ac.jp/~mizobata/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

溝端浩平 (MIZOBATA KOHEI)

研究者番号：80586058

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

