

機関番号：82109

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20540433

研究課題名（和文）山岳・海峡地形がモンスーンと海洋環境変動に及ぼす影響のメカニズム解明

研究課題名（英文） Influence of large-scale mountains and ocean gateways on the evolution of monsoon and ocean environment

研究代表者

鬼頭昭雄 (KITOH AKIO)

気象庁気象研究所・気候研究部・部長

研究者番号：50354452

研究成果の概要(和文):山岳上昇により降水域及び降水量が変化し、アジア大陸の縁辺海の河口と沿岸域で塩分コントラストが形成され、海洋環境に影響を及ぼすことが明らかとなった。高解像度モデルでは沿岸域での塩分コントラストがより明瞭となる。海峡開閉実験からは、パナマ地峡が閉じることで、北太平洋の亜寒帯域の変化を通じて、東アジアモンスーンが夏季に強められ冬季に弱められることが、また対馬海峡は宗谷岬における水位の上昇を引き起こし、宗谷海峡における日本海からオホーツク海に向かう流れを強めてオホーツク海に冷水帯を形成するという役割を果たしていることが示された。

研究成果の概要(英文): Mountain uplift experiments show that sea surface temperature, surface wind fields, precipitation and sea surface salinity are strongly influenced by mountain uplift. Enhanced Asian monsoon due to mountain uplift causes stronger seasonal coastal upwelling in the Indian Ocean and freshening in the Bay of Bengal, Yellow Sea and East China Sea. Mountain uplift experiments using a higher resolution atmospheric general circulation model reveal that the spatial pattern of precipitation becomes finer as resolution increases, and that there is a sharper contrast in the salinity distribution near the coastal regions. Experiments in which the Panamanian Gateway is closed, opened and re-closed suggest that reorganization of the ocean current due to closure of the Panamanian Gateway induces a cooler and drier climate with a permanent halocline and sea ice in the sub-arctic Pacific. Tsushima current influences cold water in the Sea of Okhotsk.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	0	1,500,000
2009年度	1,400,000	0	1,400,000
2010年度	500,000	0	500,000
総計	3,400,000	0	3,400,000

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:古気候、古海洋、山岳上昇、海峡開閉、アジアモンスーン

1. 研究開始当初の背景

モンスーンが大規模山岳地形の影響を受けているであろうということは1970年代の大気

大循環モデルの実験研究で初めて指摘された。また近年には、大気海洋相互作用を陽に表現できる大気海洋結合モデルを用いて、

大規模山岳がモンスーンや東アジアの気候に及ぼす影響について研究がなされている。しかしながら大気海洋結合モデルの解像度は約280kmと粗く、狭くて急峻なヒマラヤ山脈や対馬海峡(約200km)といった山岳・海峡の詳細な地形を表現しておらず、これらのモンスーンや海洋環境変動への影響は明らかにされていない。一方、最近急速に大気モデルと海洋モデルのそれぞれにおいて高解像度化が進められてきた。その結果、ヒマラヤ山脈等の急峻な地形が高解像度大気モデルで表現できるようになってきた。また、対馬海峡等の狭い水路地形が高解像度海洋モデルで表現できるようになってきた。このため、これら高解像度大気モデルと高解像度海洋モデルを用いたモンスーンと海洋環境変動への山岳・海峡地形の影響とそのメカニズムを明らかにするモデル実験による研究が可能となった。

2. 研究の目的

本研究では、大気海洋結合モデル、高解像度大気モデル、高解像度海洋モデルの3種類のモデルを用いた実験データを解析して、山岳・海峡地形がモンスーンと海洋環境変動に及ぼす影響のメカニズムを解明することを目的とする。

3. 研究の方法

大気海洋結合モデルによる大規模山岳の逐次上昇実験結果から、大規模山岳が大気海洋相互作用に及ぼす影響について解析する。高解像度大気大循環モデルによる大規模山岳の有無実験結果から、ヒマラヤ山脈／チベット高原がアジアモンスーンに及ぼす影響について解析する。さらに高解像度海洋大循環モデルによる対馬海峡開閉実験結果から、対馬海峡が北太平洋及びその縁辺海の海洋環境変動に及ぼす影響について解析する。

4. 研究成果

(1) 大気海洋結合モデル実験

気象研究所の大気海洋結合モデルによる大規模山岳上昇の感度実験データからモンスーンと海洋環境季節変動に関するモデルデータセットを整備した。大気モデルの空間解像度は約280kmである。山岳高度は0%(山なし)、20%、40%、60%、80%、100%(現在条件)、120%、140%の8ケースである。山岳高度が現在の状態のモデルデータを衛星観測降水データ、大気再解析データ、世界海洋データベース、海洋観測船データ、衛星観測海水デー

タと比較した結果、モデルにおけるモンスーン及び海流・海面水温・海氷といった海洋環境の再現性が良好であることが分かった。

大規模山岳が上昇するにつれて強化されるモンスーンによる、風向風速、気温、降水量の変化と、海水温、塩分といった海洋環境の季節変動の変化について解析した。山岳がない場合にはモンスーンによる降水が北緯10度あたりの熱帯域に集中するのに対して、山岳が高くなるにつれて強い上昇気流を伴った降雨域が東アジア沿岸域から内陸に移動し、チベット高原の南東に多雨域を生ずることが分かった。多雨域が降水量を増してアジア大陸の内陸部に進入していくとともに、大河川からの流出水がより多く流入する南シナ海、黄海、東シナ海で低塩化する一方、その水の供給源である蒸発が強められるアラビア海で高塩化するということが分かった。その結果、海洋においてアジア大陸の縁辺海の河口と沿岸域で塩分コントラストが形成されることが明らかとなった。これらのことは、過去の山岳上昇によるモンスーンと海洋環境の変化が水循環の変化を引起し、陸上及び海洋の生態系に大きな影響を与えてきたであろうということを示唆しており、テクトニクスの変化と気候変動及び生物進化の連動関係を知る上で重要な知見を得た。

大陸氷床の存在した最終終氷期極大期の気候再現実験のエネルギー論的解析を行った。その結果、最終終氷期極大期の大西洋域では、北米大陸氷床の山岳効果により、ジェットと非定常擾乱の順圧的な相互作用が強化されることがわかった。これは、太平洋域では擾乱とジェットとの相互作用が氷期ではむしろ弱まるのと対照的である。

(2) 高解像度大気モデル実験

高解像度大気モデルによる山岳の上昇感度実験データセットを整備した。大気モデルの空間解像度は280km、120km、60kmの3つであり、それぞれについて現在気候実験と山無し実験がある。

解像度が上がるにつれて地形性降水が明瞭になる。チベット高原南縁での降水ベルト、夏季モンスーンに伴うインド西岸の降水の極大域、冬季モンスーンによるベトナムの降雨域が60km格子モデルではよく表現されている。日本付近では梅雨降水量の再現性が良くなり、西日本に降水量の極大域が現れるようになる。山岳の降水への影響もよりシャープに現れてくる。

急峻なヒマラヤ山脈によるアジア大陸での降

水プロセスの変化を調べた結果、解像度が上がるにつれて地形性降水が明瞭となり、モンスーンにともなう沿岸域での降水変化の水平コントラストが大きくなることが明らかとなった。このことは南シナ海、黄海、東シナ海での低塩化とアラビア海での高塩化のコントラストもさらに大きくなる可能性があることを示唆しており、古気候・古海洋の復元結果と詳細に比較検討する意義がある。

(3) 高解像度海洋モデル実験

海峡地形がモンスーンと海洋環境に及ぼす影響のメカニズムを解明するために、対馬海峡と宗谷海峡および太平洋ゲートウェイのひとつであるパナマゲートウェイのモンスーンと海洋環境への影響を調べた。高解像度海洋モデルによる実験の結果から、対馬海峡が閉じている場合には、宗谷海峡から北海道オホーツク海沿岸に夏季形成される冷水帯が形成されないことがわかった。また、パナマゲートウェイが閉じたことで北太平洋の亜寒帯域に永年塩分躍層が形成され、海面で水温が低くなり流氷を形成するようになり高気圧性の大気循環場が強められることによって、東アジアモンスーンが夏季に強められ冬季に弱められることが示された。

次に、対馬海峡の役割を調べるために海峡開閉実験を行った。対馬海峡は宗谷岬における水位の上昇を引き起こし、その結果、宗谷海峡における日本海からオホーツク海に向かう流れを強めてオホーツク海に冷水帯を形成するという役割を果たしていることが示された。

山岳・海峡地形の変遷による日本近海の北太平洋における海洋の塩分躍層の変化が、大気・海洋間の二酸化炭素交換量の変化にどの程度の影響を及ぼしていたのかを定量的に見積もった。その結果、混合層の塩分が高いと冬季鉛直対流混合がより深まるので、深層の高炭素水が海面に運ばれて大気と接するようになり、海洋から大気に大量の二酸化炭素を放出するようになることが分かった。

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 3 件)

1. Motoi, T. and W.-L. Chan, 2010: Colder Subarctic Pacific with larger sea ice caused by closure of the Central America Seaway and its influence on East Asian monsoon: a climate model study. In: Monsoon Evolution

and Tectonics - Climate Linkage in Asia. [Clift, P.D., R. Tada and H. Zheng (eds.)], Geological Society, London, Special Publications, 342, xxx-xxx.

2. Kitoh, A., T. Motoi and O. Arakawa, 2010: Climate modelling study on mountain uplift and Asian monsoon evolution. In: Monsoon Evolution and Tectonics - Climate Linkage in Asia. [Clift, P.D., R. Tada and H. Zheng (eds.)], Geological Society, London, Special Publications, 342, 293-301.

3. 本井達夫、鬼頭昭雄、緑川貴、荒川理、笹井義一、陳永利、2008: 大地形の変遷と気候変動、地学雑誌, 17, 1015-1028

[学会発表](計 5 件)

1. 本井達夫、辻野博之、坂本圭: 対馬海峡が宗谷通過流とオホーツク冷水帯に果たす役割、2011 年度日本海洋学会春季大会、平成 23 年 3 月 23 日、東京大学柏キャンパス。

2. Motoi, T.: Impact of paleosalinity on mixed-layer features in the western North Pacific. 2010 AGU Fall Meeting, 2010.12.13, San Francisco, USA.

3. Motoi, T.: Sensitivity of ocean mixed-layer features in the North Pacific and its marginal seas to paleosalinity. 2009 AGU Fall Meeting, 2010.12.16, San Francisco, USA.

4. 本井達夫: 1985 年冬季の利尻・礼文島への流氷接岸。2009 年度日本海洋学会秋季大会, 2009.9.27、京都大学。

5. Motoi, T., W.-L. Chan, T. Miyakawa and N. Usui: Sea-ice flow from the Okhotsk Sea to the Pacific Ocean through the Nemuro Strait in 2008. The 4th PICES Workshop on the Okhotsk Sea and Adjacent Waters. 2008.8.28, 東京農業大学網走キャンパス。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鬼頭 昭雄(KITOH AKIO)
気象庁気象研究所・気候研究部・部長
研究者番号: 50354452

(2) 研究分担者

緑川 貴(MIDORIKAWA TAKASHI)
気象庁気象研究所・地球化学研究部・部長
研究者番号: 10414517

(3) 連携研究者

笹井 義一(SASAI YOSHIKAZU)
独立行政法人海洋研究開発機構・研究員
研究者番号: 40419130

陳 永利(CHAN WING-LE)
独立行政法人海洋研究開発機構・研究員
研究者番号:00443341

(4)研究協力者

本井 達夫(MOTOI TATSUO)
気象庁気象大学校・教授

村上 茂教(MURAKAMI SHIGENORI)
気象庁気象研究所・気候研究部・主任研究
官
研究者番号:80354455

注:本井達夫は 2008-2009 年度の研究代表
者