

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：17701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656537

研究課題名(和文) 離島周辺海域における黒潮を利用した海流発電の適地のマッピング

研究課題名(英文) INVESTIGATION OF THE KUROSHIO CURRENT IN THE TOKARA STRAIT FOR OCEAN CURRENT POWER GENERATION

研究代表者

山城 徹 (YAMASHIRO, Toru)

鹿児島大学・理工学研究科・教授

研究者番号：20158174

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円、(間接経費) 420,000円

研究成果の概要(和文)：現場観測結果および数値計算結果を用いて、黒潮を利用した海流発電の適地を調べた。その結果、トカラ海峡は海流発電の適地であることを明らかにした。特に、口之島と中之島においては、黒潮の強流帯が沿岸近くに位置していることを示した。口之島北端部と中之島南端部の水深60m以浅の海域において、0.8m/s以上の流速が水平方向に約1.5km以上にわたって分布していた。また、数値モデルの計算結果からは黒潮の海流エネルギーによって口之島、中之島の全世帯の電力をまかなえることを示唆した。

研究成果の概要(英文)：Suitable places for ocean current power generation in the East China Sea and the southern region of Honshu, Japan were examined using the data of observation and numerical simulation of current velocity of the Kuroshio. As a result, the Tokara Strait is shown to be one of the suitable places for ocean power generation, using the strong current of the Kuroshio. Moreover, it is found that the Kuroshio flows with a speed greater than 0.8m/s above 60m depth north of Kuchino-shima and south of Nakano-shima Islands.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海流発電 黒潮 トカラ列島 口之島 中之島 奄美大島 製氷施設

1. 研究開始当初の背景

(1) 潮流発電システムについては、英国やノルウェーで大型発電技術の開発や実証が進められている。特に、英国 MCT 社の潮流発電システムは、SeaFlow 計画や SeaGen 計画によって、今や商用化の実験段階にある。日本では弘前大学が津軽海峡、徳島大学が鳴門海峡、日本大学が来島海峡、九州大学が長崎辰ノ瀬戸でそれぞれ実験研究を行なっている。このように潮流発電に関する研究は世界各地で行われているのに対し、わが国では海流発電に関する研究はほとんど行われていないのが現状である。

(2) 研究代表者は 2008 年 5 月に黒潮が流れる九州南方トカラ列島沿岸で測流を行ない、これらの島の極めて近くで 2m/s 以上の黒潮流速を観測している。英国 MCT 社もこの調査結果に大変興味を示し、ツインローター(ローター直径:16m)式の発電装置 1 台で、島々に設置されている小規模ディーゼル発電装置(200kW 以下の発電ポテンシャル)よりもはるかに大きい発電ポテンシャル(約 500kW)を黒潮から得ることが可能である旨のコメントを出している。本研究開始当初の背景としては、このような国内外の研究動向と離島の電力事情があった。

2. 研究の目的

黒潮の海流エネルギーのポテンシャルを把握し、海洋エネルギーの研究・実験拠点として離島を活用することを目指し、以下の 2 点を明らかにする。

(1) 既存資料解析と現場観測によって、九州南方トカラ列島周辺海域で、海流発電適地を具体的に明らかにする。

(2) 黒潮を利用した海流発電で期待できる発電量を算定するとともに、離島部漁協への聞き取り調査を基にトカラ列島での海流エネルギーの利用方法を検討する。

3. 研究の方法

(1) 海洋情報研究センター(MIRC)の黒潮流軸データセット(1955年~2011年)を用いて、日本南岸の黒潮流軸の平均的な位置とその偏差を調べ、トカラ海峡が他の海域よりも海流発電に適していることを確認する。

(2) 鹿児島大学水産学部は 2005 年~2007 年に鹿児島港と那覇港の間を就航する「フェリーなみのうえ」に ADCP を搭載し、トカラ海峡を横断する線上で、深さ 48m を第 1 層として 24m 間隔で海底直上まで、流速曳航観測を測定した。このデータを解析し、トカラ海峡の黒潮の流速特性(平均絶対流速、流向の安定度、基準流速 1m/s の頻度)を調べる。

(3) 九州大学応用力学研究所附属東アジア海洋大気環境研究センターで開発された数値モデル DREAMS(Data assimilation Research of the East Asian Marine System)の海況予測結果を基にしてトカラ海峡の黒潮の流速特性を調べる。

(4) 現場観測結果と DREAMS の数値計算結果を基にトカラ海峡の中で黒潮を利用した海流発電適地の候補海域を絞込み、候補海域で ADCP による流速曳航観測を実施し、海流発電適地を決定する。

(5) 海流発電の適地に決定した地点の海流エネルギーポテンシャル量と MCT(Marine Current Turbines)社の SeaFlow(300kW 装置、ローター直径 11m)の場合の発電可能量を評価する。

(6) 離島部漁協への聞き取り調査を基にトカラ列島での海流エネルギーの利用方法を検討する。

4. 研究成果

(1) 1955 年~2011 年の黒潮流路を図-1 に示す。最も興味深いことは、123°E~131°E の東シナ海、トカラ海峡では黒潮流軸の南北変位が小さく、流軸位置は 1.5°N の間に集中しているが、トカラ海峡の東側では流軸が南北に大きく変位し、四国南方では流軸位置が 4°N、本州南方では 5°N に広がっていることである。したがって、56 年間の平均流軸位置とその偏差を求めると、トカラ海峡での流軸位置の標準偏差は約 25km であり、123°E~143°E の範囲の中で最も小さい。言い換えると、黒潮流路はトカラ海峡で最も一定している。一方、黒潮の大蛇行流路と非大蛇行流路の遷移に関連して、伊豆海嶺上での流軸位置の標準偏差は約 104km(図-2)となり、トカラ海峡よりも約 4 倍大きかった。東シナ海での平均流軸は、沖縄本島の北西約 190km、奄美大島の北西約 160km に位置し、陸地から大きく離れているが、トカラ海峡での平均流軸は口之島付近に位置している。四国沖では足摺岬の南約 90km、室戸岬の南約 70km に位置し、紀伊半島沖では潮岬の南約 80km に位置し、これらの地点の水深は 1000m よりも深い。伊豆海嶺上では八丈島付近に位置している、したがって、黒潮流路が陸地の近くを通過する海域はトカラ列島近海と伊豆諸島近海であると言える。これらの結果は、トカラ列島近海が最も海流発電に適していることを示している。

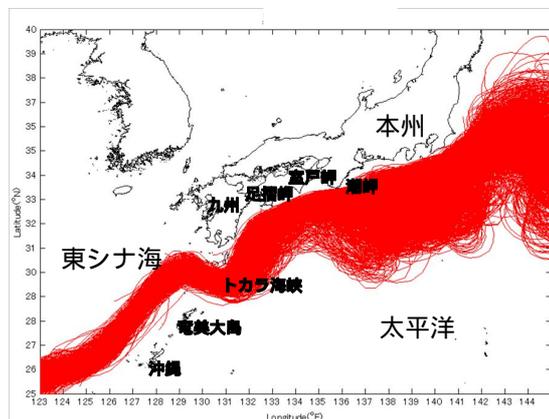


図-1 1955 年~2011 年の黒潮流軸の位置

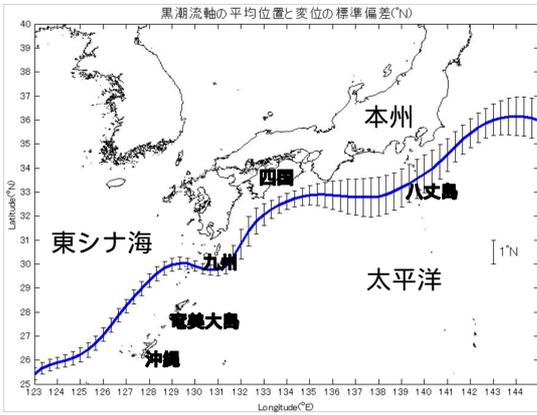


図-2 黒潮流軸の平均位置とその標準偏差

(2) 2005年～2007年の3年間に対して平均した、トカラ海峡 KG 線上の深さ 48m における流速の水平分布を図-3 に示す。ADCP 記録は瞬時の記録であるために、黒潮だけでなく潮流や吹送流などの成分も含まれているが、平均することによって、潮流や吹送流の成分は除去されるであろう。トカラ海峡全域において黒潮は東南東方向へ流れ、島影部分を除くと、流速は口之島や中之島、諏訪之瀬島が点在するトカラ海峡北部の方が諏訪之瀬島以南のトカラ海峡南部よりも大きいことが分かる。また、最大流速は、屋久島と口之島の間で観測され、0.83m/s の値を示している。

2005年～2007年の3年間に対して平均したトカラ海峡 KG 線上の絶対流速の鉛直断面を図-4 に示す。絶対流速の分布については、口之島と中之島、諏訪之瀬島の存在によって、3つの流速コアが形成されていることが特徴である。流速の最も大きいコアは屋久島と口之島の間であり、このコアでは 0.8m/s の流速が 100m 深まで、0.7m/s の流速が 200m 深まで存在している。この次に流速の大きいコアは中之島と諏訪之瀬島の間であり、このコアでは 0.7m/s の流速が 80m 深まで存在している。最後のコアは諏訪之瀬島のすぐ南にあり、100m 深～200m 深で 0.6m/s の流速を示している。したがって、トカラ海峡を通過する黒潮は3つの流速コアを形成し、屋久島と口之島の間にあるコアと中之島と諏訪之瀬

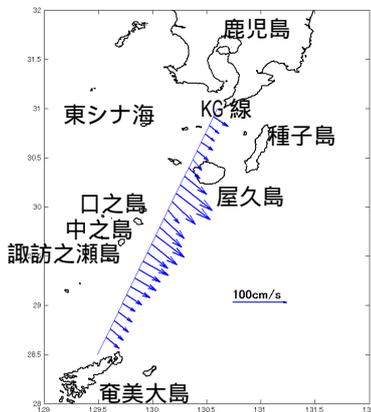


図-3 KG 線上の黒潮の平均流速分布

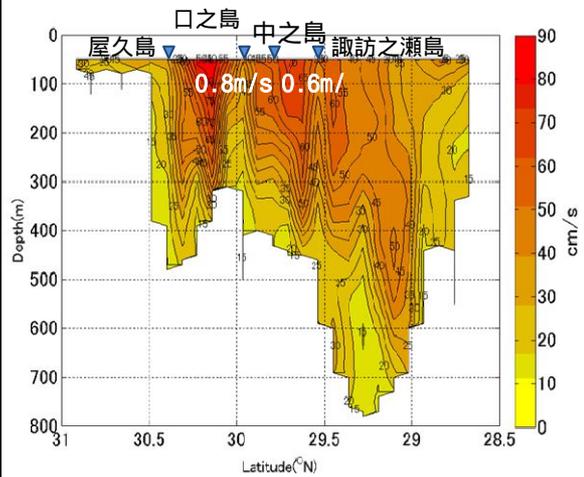


図-4 トカラ海峡での黒潮の絶対流速

島の間にあるコアで流速が大きい。

(3) DREAMS の結果を用いてトカラ海峡の深さ 50m における 2008～2011 年の通年のスカラー平均流速を図-5 に示す。トカラ海峡では中之島と諏訪之瀬島の周辺では水深が 200～1000m ほどの海域において 1m/s を超える流速がみられる。したがって、これらの海域では、IHI 社などが開発をしている水中浮遊式海流発電装置で発電するのに必要な流速 1m/s (海流発電のおおよその目安) と水深 200～1000m の両条件を満たす流れが、中之島、諏訪之瀬島周辺では東西に約 1.4km に渡って存在する可能性を示唆した。

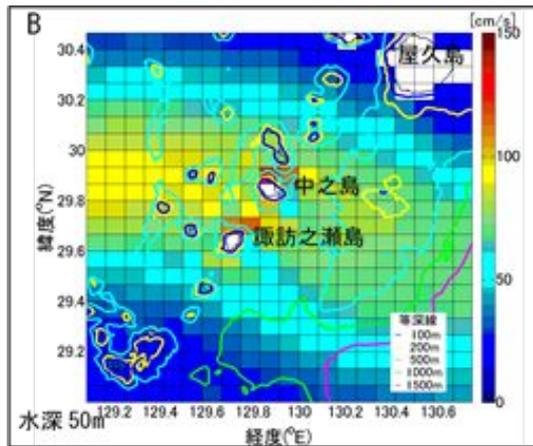


図-5 トカラ海峡のスカラー平均流速分布 (通年)

(4) 鹿児島大学水産学部の ADCP による流速曳航観測と DREAMS の計算結果から口之島および中之島周辺海域に適地候補を絞り込み、2012年9月4日～5日に口之島と中之島の南北端で ADCP による流速曳航観測を実施した。黒潮の他に潮流や吹送流等の成分を含んでいる可能性があるかもしれないが、口之島北端 A 線上では 0.8～1.0m/s の流速が水平方向に約 2km に渡って分布するのに対し (図-6)、島の南端 B 線上では流速がほとんどの場所で 0.1m/s 以下である (図-7)。一

方、中之島北端 C 線上では流速が最も大きくて 0.4m/s 程度であるのに対し (図-8)、南端 D 線上では 0.8m/s の流速が水平方向に約 1.5km に渡って分布する (図-9)。この結果は、黒潮の強流域が、口之島北端と中之島南端では水深 60m 以浅の沿岸部まで存在していることを示唆している。

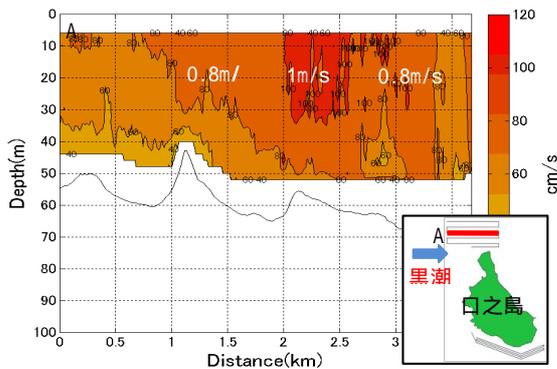


図-6 口之島北側の絶対流速の鉛直断面

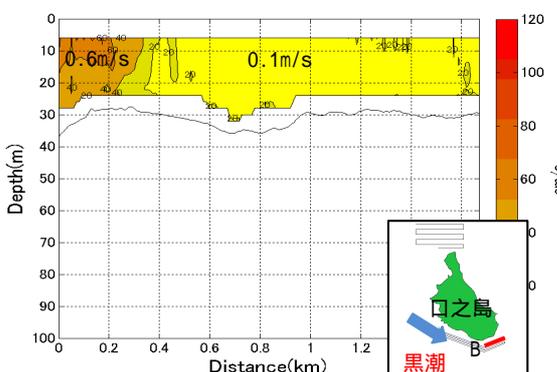


図-7 口之島南側の絶対流速の鉛直断面

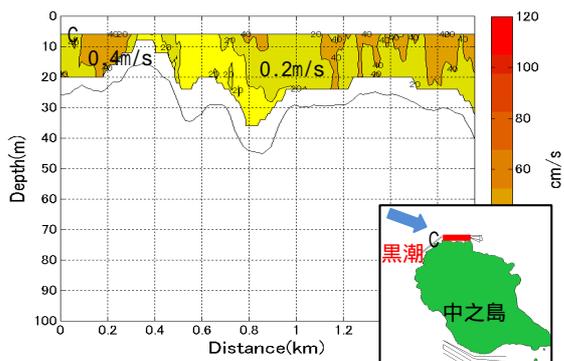


図-8 中之島北側の絶対流速の鉛直断面

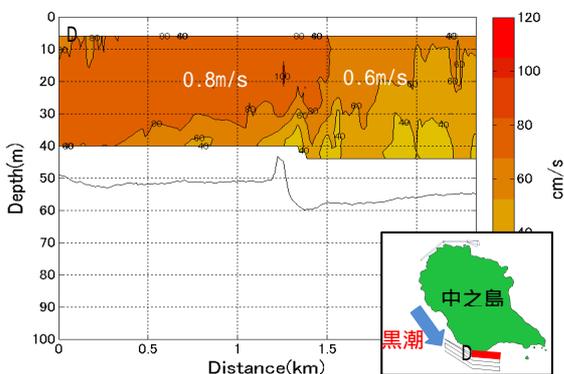


図-9 中之島南側の絶対流速の鉛直断面

(5) DREAMS の海況予測結果を基にして、口之島北端と中之島南端での黒潮エネルギー密度の変動を調べた。2011 年の日平均エネルギー密度の時系列を図-10 と図-11 にそれぞれ示す。中之島南側の海域のエネルギー密度が口之島北側よりも明らかに大きい。MCT (Marine Current Turbines) 社の SeaFlow (300kW 装置, ローター直径 11m) の場合は、流速が 0.66m/s 未満では発電ができないが、流速 1.42m/s 以上で 314kW の発電が可能である。この SeaFlow を設置したときには、口之島北側では、流速 0.66m/s 以上の発電可能日数は 280 日程度あるが (図-10)、流速 1.42m/s 以上で 314kW の発電可能日数は 0 日であった。一方、中之島南側では、発電可能日数が 340 日程度あり、その中で 314kW の発電可能な日数は 52 日程度あった (図-11)。したがって、中之島南側の方が口之島北側より発電効率が良いことがわかった。そして、SeaFlow 設置が理想的に稼働したとすると、口之島では年間 6.5×10^5 kW、中之島では年間 1.1×10^6 kW の発電が可能であろう。口之島には 88 世帯、中之島には 97 世帯あり一般家庭が年間に使用する電力を 3600kW とすると、両島とも全世帯で使用する電力を賄うことができる。

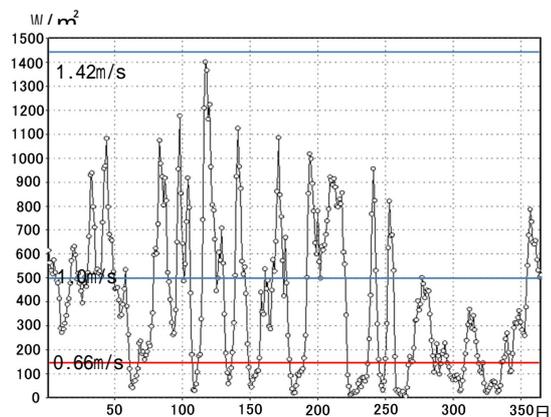


図-10 口之島北側のエネルギー密度の時間変動

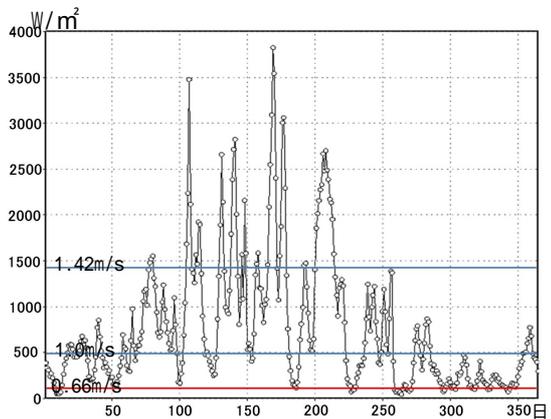


図-11 中之島南側のエネルギー密度の時間変動

(6) 口之島、中之島とも主たる産業は漁業と建設業であり、これらの産業の衰退に伴ってさらに人口減少が加速し、平成 22 年度の国勢調査によると口之島の人口は 138 人、中之

島 143 人である。島内での住民への聞き取り調査によると、離島振興にとって漁業の再生が必要であり、そのためには、特に冷凍冷蔵庫の電力を海洋再生エネルギーに希望する声が多かった。

(7)結論：黒潮流軸データセットから、トカラ海峡が日本南岸域の中で黒潮を利用した海流発電に最も適した海域であることを明らかにした。次に、トカラ海峡を横断する ADCP による流速曳航観測結果と DREAMS の数値計算結果から適地海域を絞り込むと、黒潮強流帯は平均的にはトカラ海峡の口之島と中之島周辺海域にあることがわかった。さらに、これらの海域で ADCP による流速曳航観測を実施すると、口之島北端部と中之島南端部の水深 60m 以浅の海域において、0.8m/s 以上の流速が水平方向に約 1.5km 以上に渡って分布していることがわかった。これらの結果を総合的に判断して、口之島北端部と中之島南端部が海流発電の適地であると結論付けた。また、これらの海域の海流エネルギーを利用できると、DREAMS の数値計算結果からは、中之島および口之島全世界帯の電力をまかなえることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

國里 立紀・加古 真一郎・山城 徹・中川 智文・城本 一義、大島海峡における潮流エネルギーポテンシャルに関する研究、土木学会論文集 B3(海洋開発) 査読有、2014 年、Vol.70、No.2、印刷中

小牧 裕幸・山城 徹・城本 一義・仁科 文子、中村 啓彦・広瀬 直毅、海流発電適地選定のためのトカラ海峡周辺海域における黒潮調査、土木学会論文集 B3(海洋開発) 査読有、2013 年、Vol.69、No.2、pp. I_109-I_113

山城 徹、黒潮発電、トカラが最適地、かごしまタラソニュース(海の総合情報誌) 査読無、No.16、2013 年、pp.2-5

〔学会発表〕(計 6 件)

國里 立紀・加古 真一郎・山城 徹・中川 智文・城本 一義、大島海峡における潮流エネルギーポテンシャルに関する研究、第 39 回海洋開発シンポジウム、2014 年 6 月 26 日発表予定(新潟)

経塚 雄策・孫 慧慧・青柳 洋平・山城 徹、五島の奈留瀬戸/滝ヶ原瀬戸における潮流観測とシミュレーション、第 24 回海洋工学シンポジウム、2014 年 3 月 13 日(東京)

國里 立紀・加古 真一郎・山城 徹、数値モデルを用いた奄美大島の潮流シミュレーション、H25 九州大学応用力学研究所研究集会「海洋エネルギー利用に関するテクノロジー」、2014 年 1 月 11 日(福岡)

小牧 裕幸・山城 徹・城本 一義・仁科 文

子・中村 啓彦・広瀬 直毅、海流発電適地選定のためのトカラ海峡周辺海域における黒潮調査、第 38 回海洋開発シンポジウム、2013 年 6 月 27 日(鳥取)

山城 徹、海潮流発電に関連した九州周辺海域での黒潮と潮流調査、H24 九州大学応用力学研究所研究集会「海洋エネルギー利用に関するテクノロジー」、2013 年 1 月 25 日(福岡)

山城 徹、鹿児島島の潮流の物理環境、第 3 回かごしま産学官交流会「かごしまの次世代エネルギー研究と活用事例」、2013 年 1 月 23 日(鹿児島)

〔その他〕

海流発電 黒潮に適地、島振興期待、次世代エネ考(17) 鹿児島・九州の現場から、南日本新聞、2013 年 12 月 27 日掲載
2013 年 KKB 新春報道特別番組 Energy 2013 ~ 鹿児島島の挑戦 ~、鹿児島放送、2013 年 1 月 3 日放送

6. 研究組織

(1)研究代表者

山城 徹 (YAMASHIRO, Toru)
鹿児島大学・理工学研究科・教授
研究者番号：20158174