

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04597

研究課題名(和文) 超伝導界磁方式リムドライブ海潮流発電システムに最適な新形式タービンの研究

研究課題名(英文) Study of new contra-rotating turbine for superconducting rim-drive tidal turbine generator

研究代表者

和泉 充 (IZUMI, MITSURU)

東京海洋大学・学術研究院・教授

研究者番号：50159802

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,380,000円

研究成果の概要(和文)：高効率の海潮流発電の実現を目的として、二重反転タービン翼を設計した。強度要件を満たし、等速二重反転タービンより性能が向上させた異速反転タービン翼となっており、設計目標の発電量を達成する仕様とすることができた。このタービン直結の発電機の界磁極として超伝導バルク材を導入した。前後の2基のタービンから構成されるタービンユニットに適した新形式の界磁-電機子構造をもつ同期機を提案した。前方タービンは内側の電機子と一体となって回転し、後方タービンは、外側の電機子と一体となって回転する二重電機子構造となり、今後において十分実現可能な新しい異速二重反転タービン直結の超伝導同期発電機の基本概念を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自然エネルギーを利用した発電では、太陽光や風力の利用とともに、発電量の予測が比較的容易で、風力発電の場合の空気の密度に比較して約850倍の密度の水流や海潮流の運動エネルギーを利用するタービン発電システムは、海洋開発や地域等における電源構成の手段となる。本研究では、前後の2基のタービンから構成され、タービンユニットの下流で旋回流を極力少なくするように設計される二重反転タービン翼において、異速反転タービン翼を開発した。このタービン直結の発電機として二重の電機子をもつ新形式の同期機を考案し界磁極として、超伝導バルク材を適用して潮流や海流のエネルギーの有効利用に貢献する新システム概念を構築した。

研究成果の概要(英文)：A counter rotating turbine blade was designed to realize highly efficient sea tidal power generation. The blades meet the strength requirements and have improved performance over the counter rotating turbine. A superconducting bulk material was introduced as a field pole for the generator directly connected to the turbine. A field-armature structure suitable for a turbine unit consisting of two turbines is proposed. The forward turbine rotates in unison with the inner armature and the rear turbine rotates in unison with the outer armature. The basic concept of a new superconducting synchronous generator with a direct connection by way of twined armature to a counter rotating turbine has been established.

研究分野：.船舶海洋工学、超伝導工学、応用物理学

キーワード：海洋資源 エネルギー 二重反転 新形式タービン 海潮流発電 超電導発電機 高温超電導バルク材

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1)海流や潮流の運動エネルギーは、海水の密度が空気の約 850 倍であることから、これを有効に電力変換すれば、大きなエネルギー源となりえる。また、風車の風況に比較して潮流や海流の流況に依存する発電量の予測は比較的容易とされ、水流や海潮流を利用したタービン発電が期待されている。

(2)高い出力密度の超伝導発電機やモータの開発は近年大きく進展した。大出力の洋上風力超伝導発電機の研究も進み、液体水素を超伝導発電機の冷却に使う研究が進んでおり、将来の水素社会における海洋利用ともリンクされる。

(3)タービンについては、複数のタービンを前後に配置する二重反転方式のタービンに着目し、発電機では、固定子外周部(リム)に界磁を配置するリムドライブ形式の発電にまず着目し、最終的に超伝導発電機と相性が良いと予想される新形式のタービンとその機構を研究する。

2. 研究の目的

流体機器、超伝導回転機、材料と付着生物等に関する研究者が知見を結集し、タービンと発電機、さらに適切な冷却系も一体とする「超伝導界磁方式リムドライブ海潮流発電システムに最適な新形式タービン」の成立性について実現可能な設計を構築とする。実際の運用上、汚損などで実施効率に大きな影響があると考えられる付着生物等の影響も考慮して、最終的なタービンの形式決定に資する。

(1)「超伝導界磁方式のリムドライブ発電システム」の界磁 - 電機子模擬モデルにより発電機キイハードの成立性を明らかにする。

(2)タービン直結の超伝導発電機に適した「低回転・高トルク型のタービンの設計」、具体的には「二重反転タービンの設計と性能評価」を行って、総合的な性能シミュレーション等によりタービン発電システムとしての成立性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1)超伝導発電機、超伝導リムドライブ基本設計を行う。発電機の電磁解析シミュレーションの成果を糾合して、超伝導界磁 - 電機子構造が決まり、タービン・超伝導発電機一体型発電システムの成立性を明らかにする。

(2)二重反転プロペラの設計プログラムをタービン設計用に改造し、効率良くトルクを発生する二重反転タービンの設計を進める。具体的な二重反転タービンの設計では、性能・変形予測ソフトを整備する。性能推定プログラムは船用プロペラ性能解析 SQCM をベースに新たに開発する。海潮流の速度から生成トルクを計算する。この解析にもとづき、二重反転タービンを設計する。

4. 研究成果

本研究の成果は、新形式の超伝導同期発電機の設計と二重反転タービン翼から成る新形式タービンの設計に分けられ、以下に述べる。

(1) 新形式タービン直結同期発電機の構成と試設計

超伝導リムドライブ基本設計

まず、界磁 - 電機子構造について、1 MW 級の出力を想定した海潮流発電への新たなアプローチとしてタービン直結の海流発電機の試設計を行った。研究においては、まず突極型の超伝導界磁極について、バルク材の適用の前段階として鉄心と高温超伝導界磁巻き線による同期発電機の設計を行っており、さらに永久磁石界磁でバルク界磁を模擬し、1 MW クラスのタービン直結海流発電機への適用を検討した。この段階でタービン設計において述べる想定流速と直径の検討から、500 kW のタービン 2 基をもって 1 MW システムを構成することとなった。ここに、二重反転タービンは等速反転と異速反転の両方のケースを想定した。設計例として定格流速は 2.5 m/s、発電能力は 500 kW (発電機出口出力)、ロータ直径は 14.5 m、設計水深は 30 m 程度としている。あわせてリムドライブ形式について、これまでに報告されているリムドライブ推進器やリムドライブ形式の二重反転タービン発電機(OpenHydro DCNS 社や In line Thruster/In line Propulsor VOITH 社)のようにタービン外周部に界磁極や電機子と一体の固定子を配置するよりも、前後 2 組のタービン翼と一体となって回転する電機子を発電機の外周と内周に配置し、固定子を外周、内周の電機子の間に配置しタービン懸架構造体と一体とすることが望ましいとの結論となった。図-1 にそのコンセプトを示す。この場合、発電機を駆動するのは、構造体の外周にタービン翼と一体となって回転する 2 つの回転子である。固定子外周上には平板状に成型したバルク材を界磁極として配置するが、その表面、裏面の両面から、前後タービンの二重反転によって時計、反時計方向に回転する電機子に磁場を及ぼすことで発電に至る。この超伝導同期発電機では、従来のほとんどの同期機のように、回転軸上に界磁極はなく、空心の固定子外周部(リム)に界磁を設置する。このような構造をとることにより、界磁極を挟む 2 重の電機子に相互干渉のない鎖交磁束が得られる。

界磁 電機子模擬モデル

界磁 - 電機子構造の妥当性を検証するため模擬モデルの概要を図-2 に示す。界磁に利用するバルク材は、超伝導磁石として、体積効果による熱容量から冷却の停止によっても急激なクエンチ

を起こす可能性はほとんどなく、熱サイフォン方式冷却により 3 T 以上、最大 5 T (テスラ) 近傍の強大な磁束を着磁して利用できる。長時間の連続運転による界磁磁束の劣化や熱侵入による温度の急速な上昇による磁束分布の変化の測定を行って、基本設計の成立性を検証した。

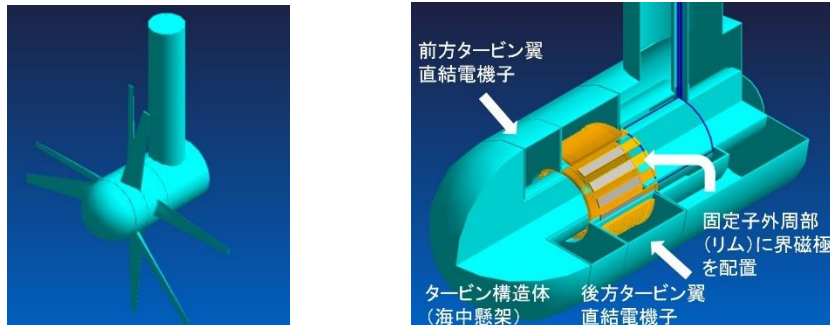


図-1 二重反転タービン直結超伝導発電機の基本概念図 (左: 全体 右: 発電部拡大)

図-3 は、界磁 - 電機子構造の妥当性を検証するため模擬モデルにおいて、界磁極を構成するバルク材を均一に 3 T まで着磁励磁し、その後、冷却システムを遮断して電機子領域の発電に寄与する鎖交磁束密度の温度・時間変化を昇温とともに追跡測定した結果を示す。測定磁場は、バルク材表面より離れた対向位置にある電機子端の磁場センサにより計測した。

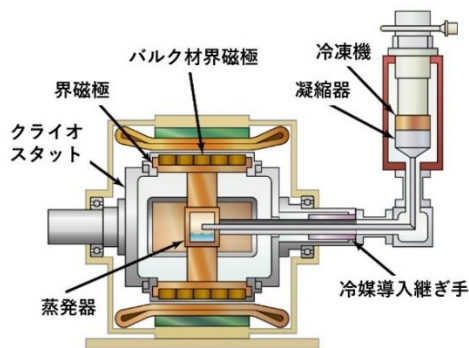


図-2 界磁 電機子模擬モデル概略

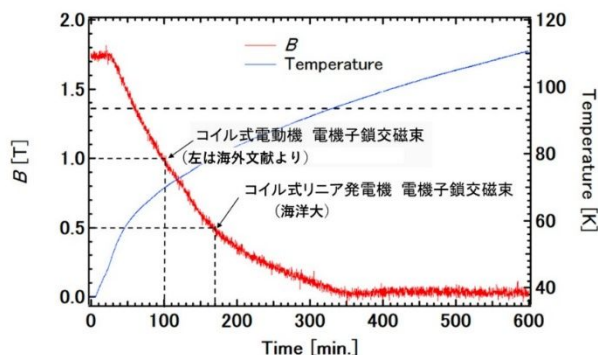


図-3 冷却システム遮断後の鎖交磁束密度の変化

界磁 - 電機子模擬モデルにおける、最大 300 時間の機械的負荷のもとでの連続運転による界磁磁束の劣化が測定誤差の範囲で見られないこと、また、図-3 に示すように、冷却停止による温度上昇による界磁磁束の変化の測定から、測定値の変化は連続的であり、急激な変化は見られない。この図からもクエンチ等は起きていない事が確認できる。電機子鎖交磁束密度がそれらの値に低下する温度はそれぞれ 69 K と 79 K である。本電動機運転時のバルク温度は 40 K 以下になるように制御されており、温度に十分余裕がある。従って、バルク着磁状態の温度変化に対する安定性は十分に確保されており、バルク温度変化に対する電動機性能の安定性は十分であると評価出来る。加えて、比較対象とした超電導コイル界磁電動機と比較して同等以上の安定性を持つことも指摘できる。

発電機性能シミュレーション・評価

今回の設計では、前方タービンは内側の電機子と一体となって回転し、後方タービンは、外側の電機子と一体となって回転する二重電機子構造とし、これらの 2 つの回転電機子の間に固定子として超電導バルク材を配置、着磁により、バルク磁石の両面を界磁磁束として利用する方式としている。発電機設計仕様を表-1 に示す。設計は、バルク材を界磁とする場合と永久磁石を界磁とする場合について行い比較検討した。

設計は、3D-CAD と MagNet 7 により行った。図-4 は発電機の断面界磁と電機子の配置を示す。それぞれの入力トルクは、タービン翼の選択と回転数で決まるが、前方、後方それぞれ 251 kNm, 188 kNm となる。タービン出力は合計 518 kW と下記で与えられている。

バルク材は 50 mm x 50 mm x 20 mm の矩形材を平面配置して適切な着磁により捕捉磁束を内外両面に対向する電機子に対して構成する。表-2 に解析結果を示す。ここでは、バルク材を一様に 7 T に着磁励磁して界磁極に対向する電機子端で 2 T を超える鎖交磁場を示している。表から、発電機トルクは 232 kNm, 178 kNm となる。発電機出力は合計 468 kW を得た。前方タービンは内側の電機子と一体となって回転し、後方タービンは、外側の電機子と一体となって回転

する二重電機子構造となる。

表-1 発電機設計仕様

Speed	16 [rpm]
Generator diameter	2 [m]
Rotor	Armature winding (copper)
Stator	HTS bulk ($GdBa_2Cu_3O_7$)
	Permanent Magnet (NdFeB)
Gap width of center	15 [mm]
Number of poles	16
Teeth	M600 - 50A

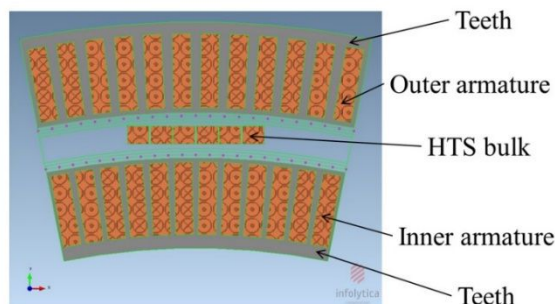


図-4 新形式タービン直結同期発電機の構成

表-2 二重電機子構造にもとづく二重反転タービンに対応した外周および内周電機子と界磁磁束にもとづく最大トルクと最大出力バルク材 (HTS bulk) と、永久磁石 (PM) の 2 つの材料を界磁に応用した場合の比較

	Outer armature		Inner armature	
	HTS bulk	PM	HTS bulk	PM
Maximum torque [kNm]	178	32	232	52
Maximum power [kW]	171	30	297	66

バルク材を界磁とした場合、特に本研究で界磁 - 電機子模擬モデルにおいて使用した Gd 系バルク材の捕捉磁束の同期運転下での安定性は、我々のこれまでの研究から実証されており、本研究による長時間にわたる鎖交磁束の安定性および冷却遮断時の長時間にわたる緩慢な磁束の変化は、同期機界磁としての着磁応用技術やパルス着磁、熱サイフォン冷却についての先行研究成果をふまえ、次に述べる新形式の異速二重反転タービンの求める出力およびトルク性能について、十分実現可能な発電機概念に至ったと結論できる。

(2)タービン部の設計と性能・シミュレーション解析

二重反転タービンと性能解析

二重反転タービンは、流れの方向に水平な同軸で上流側と下流側のタービン翼が反対方向に回転する型式で設計される。この方式で反転する前後のタービンからなるタービンユニットの下流において旋回流がなくなるように設計すると、流れ込む運動エネルギーを無駄なく回転エネルギーに変換できる。

タービンの性能解析法としては、古くからの翼素運動量理論、揚力面・揚力体理論、CFD 等がある。本研究では、九州大学がプロペラ用に開発した SQCM をタービン用に拡張した性能解析プログラムコードを先ず、性能評価法として用いた。SQCM とは揚力面理論の一種である QCM と翼形状を厳密に表すための Hess-Smith 法を組み合わせた計算法である。

この計算法は等速反転ばかりでなく異速反転状態に対しても性能計算などが可能である。また、タービン翼は翼根部において周速比が小さい場合、翼が失速状態で作動するが、失速モデルの導入により、この現象が考慮されたプログラムコードとなっている。

この計算法は等速反転ばかりでなく異速反転状態に対しても性能計算などが可能である。また、タービン翼は翼根部において周速比が小さい場合翼が失速状態で作動することからこのことを考慮したプログラムコードとなっている。

等速と種々の異速反転状態で作動するタービンに関して、模型計測結果と予測計算との比較を行った結果、スラスト係数 CT とパワー係数 CP は、等速反転時ばかりでなく、異速反転時においても、非常に良く一致し、信頼性が高い性能計算法であることを確認した。

二重反転タービン

今回設計するタービン翼は、発電機の構造や機能、性能などの点から異速反転二重反転方式とし、具体的に設計を行った。500kW の発電量を得るためのタービン翼の設計条件は次の様に与えた。

流入流速: 2.5 m/s □ タービン直径: 14.5 m □ 前後タービンの発生トルクはそれぞれの回転数に比例する □ 発電効率; 0.92

これらの設計条件に対して、製作のしやすさ、信頼性、性能などを考慮して、平面形状を決めた。ピッチ分布は翼根部が失速しやすいので、有効迎角が半径方向に一樣になる翼端低減型ピッチ分布とした。翼断面形状は模型試験により、その性能が把握されている翼断面を用いたが、強度を考慮した翼厚分布とした。

設計された二重反転タービンMTN03とMTN04の主要目を表-3に示す。

表-3 設計された二重反転タービンMTN03とMTN04の主要目

要目[単位]	記号	前方タービン翼	後方タービン翼
		MTN03	MTN04
翼数	Z	3	4
直径[m]	D_T	0.2500	0.2500
ボス比	x_B	0.2381	0.2381
ピッチ比(0.7R)	$P_{T,0.7R}$	0.2795	0.2270
翼平面形状		台形	台形
ソリディティ、Solidity	σ	0.0568	0.0568
翼断面形状(翼厚)		NACA63系	NACA63系
翼断面形状(キャンバー)		NACA a=1.0系	NACA a=1.0系

等速反転から異速反転で作動するこのタービンの予測性能曲線から後方タービンの回転数が小さくなればなるほど、パワー係数の最大値は大きくなり、最大値を与える周速率は大きくなっていることが、模型試験と性能解析計算から見出した。

三つ目の設計条件を満たす作動点を見つけるために種々の回転数比に対して、回転数比と前後タービンの発生トルク比が一致し、かつパワー係数が最も大きい点を探す必要がある。最終的に設計回転数比は 12:9 とした。

図-5 に設計されたタービンへの各流入速度に対する作動点をプロットした。その結果、流入流速が 2.5 m/s の時、前方タービンは 12.2 rpm で、後方タービンは 9.14 rpm で回り、発電量は 516 kW になる。よって、設計条件の流体力学的性能を満たすタービン翼が設計できたことになる。

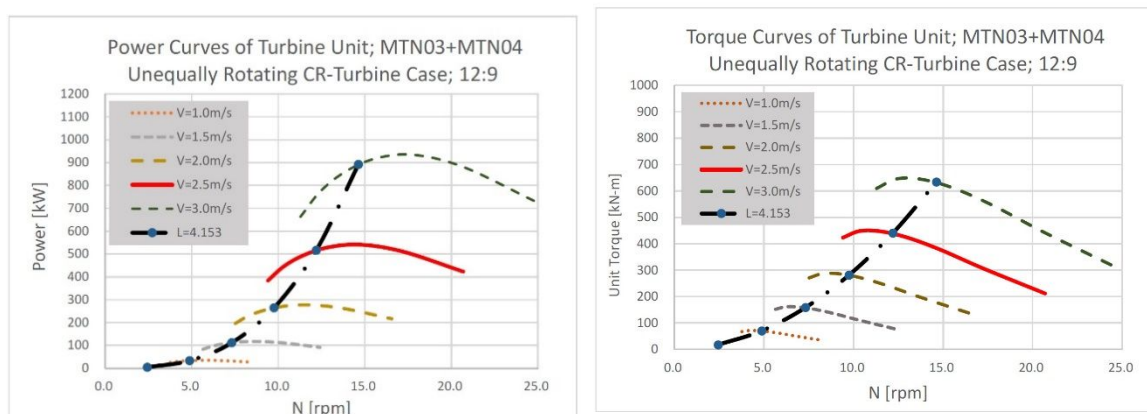


図-5 異速二重反転タービン出力の流入速度に対する動作点、出力(左)およびトルク(右)

最後に、タービン翼が強度上の問題が無いことを確かめる必要がある。このため、本研究で用いた性能解析法により各タービン翼における翼面圧力分布を求め、これに基づき強度解析を行った。この解析法では最大主応力と最小主応力、及び変形量が求められる。タービン翼の材質は、船用プロペラで用いられるアルミニウム青銅鋳物とした。引張強さ 590 N/mm² (590 MPa) 以上、伸び 15 % 以上、比重は 7.6 であると仮定して強度解析を行った。その結果、前方タービン翼での最大主応力は 79 MPa、最小主応力は -88 MPa であり、後方タービン翼での最大主応力は 96 MPa、最小主応力は -107 MPa であった。前後方向の変形量は 95 mm と 156 mm 程度であり、前後タービン翼が接触することはないことが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 右近 良孝, 白石耕一郎, 工藤 達郎, 金丸 崇, 安東 潤	4. 巻 xx
2. 論文標題 海潮流二重反転タービン翼の流体力学的設計	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会講演会論文集 第30号	6. 最初と最後の頁 289-292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Zhi Li, Naoki Maki, Tetsuya Ida, Motohiro Miki and Mitsuru Izumi	4. 巻 28
2. 論文標題 Comparative Study of 1-MW PM and HTS Synchronous Generators for Marine Current Turbine	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 5206605(6pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2018.2810302	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Zhi Li, Tetsuya Ida, Motohiro Miki and Mitsuru Izumi	4. 巻 27
2. 論文標題 Trapped Flux Behavior in Melt-Growth GdBCO Bulk Superconductor Under Off- Axis Field Cooled Magnetization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Appl. Supercond.	6. 最初と最後の頁 6800604(4pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2016.2639281	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Erasmus Shaanika, Kota Yamaguchi, Motohiro Miki, Tetsuya Ida, Mitsuru Izumi, Youhei Murase, Tamami Oryu, Toshiyuki Yanamoto	4. 巻 278
2. 論文標題 Comparison of simulated and experimental results of temperature distribution in a closed two-phase thermosyphon cooling system	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.	6. 最初と最後の頁 12022
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/278/1/012022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Kanemaru, Yoshitaka Ukon, Tatsuro Kudo, Koichiro Shiraishi, Hikaru Kamiirisa, Jun Ando	4. 巻 xx
2. 論文標題 簡便なパネル法を用いた潮流タービン性能計算法における 後流渦モデルについて	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会講演会論文集	6. 最初と最後の頁 5pp
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zhi Li, Tetsuya Ida, Motohiro Miki and Mitsuru Izumi	4. 巻 27(4)
2. 論文標題 Trapped flux behavior in melt-growth GdBCO bulk superconductor under off-axis field cooled magnetization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 6800604 (4pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2016.2639281	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zhi Li, Tetsuya Ida, Motohiro Miki, Hidekazu Teshima, Mitsuru Morita and Mitsuru Izumi	4. 巻 30(3)
2. 論文標題 Significant flux trapping in single grain GdBCO bulk superconductor under off-axis field cooled magnetization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 035019 (8pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6668/aa5702	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yan Liu, Bin Pan, Zhi Li, Hui Xiang, Jun Qian, Gehai Du, Simin Huang, Xin Yao, Mitsuru Izumi, Ying Wang	4. 巻 100
2. 論文標題 YBa2Cu3O7-d superconductor bulks composited by Y2BaCuO5 nanoparticles derived from homogeneous nucleation catastrophe	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the American Ceramic Society	6. 最初と最後の頁 3858-3864
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 武井 慎治, 和泉 充, 山口 康太, 井田 徹哉, SHAANIKA Erasmus
2. 発表標題 潮流発電への超電導バルク材の強磁場応用に関する研究
3. 学会等名 2020年度春季 第99回 低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinji Takei, Kota Yamaguchi, Erasmus Shaanika, Tetsuya Ida, Mitsuru Izumi
2. 発表標題 Study on application of superconducting bulk material to strong electromagnetic field in tidal current power generation
3. 学会等名 10th ACASC / 2nd Asian-ICMC / CSSJ Joint Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kota Yamaguchi, Mitsuru Izumi, Motohiro Miki
2. 発表標題 Study of Thermosyphon Cooling System for High-temperature Superconducting Machinery
3. 学会等名 2019 Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsuru Izumi
2. 発表標題 Superconducting rotating machines: Proof of concept and design study toward a blue economy
3. 学会等名 Third Kyoto University - Victoria University of Wellington Joint Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhi Li, Naoki Maki, Tetsuya Ida, Motohiro Miki, Mitsuru Izumi
2. 発表標題 Design of MW Level Synchronous Marine Current Turbine Generator within Confined Space
3. 学会等名 Grand Renewable Energy 2018 (GRE2018) international conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 右近良孝、上入佐光、白石耕一郎、澤田祐希、藤沢純一、金丸崇、安東潤
2. 発表標題 海潮流 2重反転タービンの実験的研究
3. 学会等名 第12回推進・運動性能研究会 (横浜)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhi Li, Tetsuya Ida, Motohiro Miki and Mitsuru Izumi
2. 発表標題 Comparative study of 1MW PM and HTS synchronous generators for marine current turbine
3. 学会等名 13th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2017), September 18-21, 2017, Geneve, Switzerland (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Erasmus Shaanika, Kota Yamaguchi, Motohiro Miki, Tetsuya Ida and Mitsuru Izumi
2. 発表標題 Comparison of estimated and experimental results of temperature distribution in a thermosyphon cooling system
3. 学会等名 The Cryogenic Engineering Conference and the International Cryogenic Materials Conference 2017 (CEC-ICMC 2017), Madison, Wisconsin, USA, July 9-13, 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mitsuru Izumi
2. 発表標題 Application of HTS for ship propulsion motor
3. 学会等名 International Symposium on Superconductivity (ISS2017) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Motohiro Miki
2. 発表標題 Design and Construction of Synchronous Machine using Bulk High Temperature Superconductor for Marine Application
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Processing and Applications of Superconducting (RE)BCO Large Grain Materials (PASREG 2017) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Zhi Li, Tetsuya Ida, Motohiro Miki and Mitsuru Izumi
2. 発表標題 Trapped flux behavior in melt-growth GdBCO bulk superconductor under off-axis field cooled magnetization
3. 学会等名 Applied Superconductivity Conference (ASC2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Mitsuru Izumi
2. 発表標題 Study of magnetization of Gd-Ba-Cu-O bulk high-temperature superconductors
3. 学会等名 Symposium on Materials for Energy and Environment Sustainability (招待講演)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 ラジアルギャップ型同期機および電動発電システム	発明者 和泉 充、山口康 太、武井慎治、井田 徹哉	権利者 東京海洋大学学 長
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-85441	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	白石 耕一郎 (SHIRAIISHI KOICHIRO) (40586591)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局 等・主任研究員 (82627)	
研究 分担者	上入佐 光 (KAMIRISA HIKARU) (10734212)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局 等・系長 (82627)	2019年3月退職
研究 分担者	池田 吉用 (IKEDA YOSHICHIKA) (40377073)	東京海洋大学・学内共同利用施設等・産学官連携研究員 (12614)	
研究 分担者	井田 徹哉 (IDA TETSUYA) (80344026)	東京海洋大学・学術研究院・准教授 (12614)	
連携 研究者	右近 良孝 (UKON YOSHITAKA) (90373430)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局 等・客員研究員 (82627)	2019年3月まで 2019年4月より研究協力者
連携 研究者	工藤 達郎 (KUDO TATSURO) (30358395)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局 等・客員研究員 (82627)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	藤沢 純一 (FUJISAWA JYUNICHI) (70505106)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局等・主任研究員 (82627)	
連携研究者	安東 潤 (ANDO JUN) (60211710)	九州大学・工学研究院・教授 (17102)	
連携研究者	金丸 崇 (KANEMARU TAKASHI) (90612127)	九州大学・工学研究院・准教授 (17102)	
連携研究者	牧 直樹 (MAKI NAOKI) (60287042)	東京海洋大学・学術研究院・博士研究員 (12614)	
連携研究者	三木 基寛 (MIKI MOTOHIRO) (60559475)	東京海洋大学・学術研究院・博士研究員 (12614)	2019年3月まで