

平成31年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「高伝達特性・低コストを目指した、海中自立発電向け
新型IPM式磁気ギアの研究開発」

研究開発成果等報告書

令和2年5月

担当局	東北経済産業局
補助事業者	株式会社プロスパイン 国立大学法人東北大学

目 次

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-2 研究体制

1-3 成果概要

1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論一（1）

2-1 IPM式磁気ギアの開発

2-2 ポールピースASSY最適化の開発

2-3 フィールド試験

2-4 プロジェクトの管理・運営

最終章 全体総括

3-1 研究開発成果のまとめ

3-2 今後の進め方及び事業化の方向性

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1) 研究開発の背景

- 近年、我が国周辺海域の水産資源を狙って違法操業を行う外国漁船が増加している。現在その対策は船舶や航空機による監視に限られ、しかも年々経費が増大している。
- この対策として関係省庁、自治体は広範囲に効率よく漁船の操業状況を監視できる海中監視システムの導入を検討しているが電池を電源とした場合、保守コストが膨大となる等の課題があり実現していない。
- この課題解決として、常時電源確保が可能なメンテナンスフリーの海中自立発電機の開発が強く望まれており、本研究開発ではこの自立電源として海水の潮流や海流でタービンを回転しその回転を増速して発電機を回す仕組みであり、増速機としてメンテナンスフリーの観点から非接触で回転を増速できる磁気ギアを用いる構想である。
- この必要な要件として、水流への抵抗が小さくなるように回転軸に垂直な断面積ができるだけ小さく、高トルク、高伝達効率を有する高効率磁気ギアの開発が待望される。
- 本申請企業の(株)プロスパインは平成26年来より国の研究プロジェクトにおいて潮流を利用した潮流発電用にSPM型磁気ギアを開発した実績持っている、このSPM型磁気ギアに対し、更に伝達効率が優れ且つ伝達トルクを大きくできる可能性を有するIPM型磁気ギアを開発するものである。

2) 研究目的

- 本研究では海中自立電源での使用を考慮し、発電効率改善のために、より伝達特性が高く且つ、生産コストを低減した海中自立電源用の新型IPM式磁気ギアを開発することを目的とする。
- その目的達成のため、東北大学中村研究室の磁気ギアの先進的研究をベースに、既存SPM式磁気ギアを構成材質・磁気回路から見直し、まず磁場解析シミュレーションで、海中自立電源用磁気ギアとして、設定した体格内で、伝達トルク20N・m、伝達効率98%以上の磁気ギアを開発する。

1-2 研究体制

1) 研究組織

○株式会社プロスパイン

株式会社プロスパイン R&Dセンター

○国立大学法人東北大学

東北大学大学院工学研究科技術システム

総括研究代表者（PL）
株式会社プロスパイン戦略企画室
取締役室長 渡部 達也

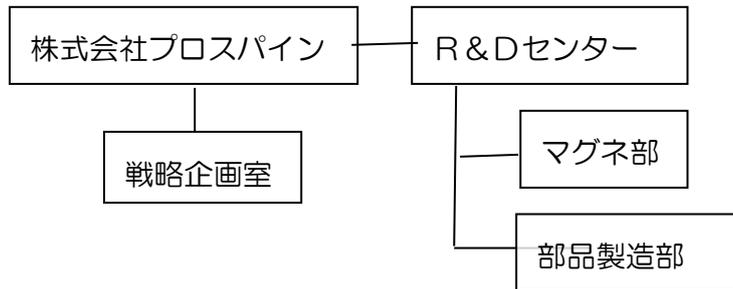
副総括研究代表者（SL）
国立大学法人東北大学大学院工学研究科
技術社会システム 教授 中村 健二

2) 管理体制

○事業管理機関 株式会社インテリジェント・コスモス研究機構

○研究機関

株式会社プロスパイン



国立大学法人東北大学

国立大学法人 東北大学大学院工学研究科

3) 管理委員指名、研究者名、協力者

管理員

株式会社インテリジェント・コスモス研究機構

氏名	所属・役職
内田 龍男	代表取締役
田村 光男	プロジェクト・マネージャ

研究員

株式会社プロスパイン

氏名	所属・役職
渡部 達也	取締役・戦略企画室室長
操谷 欽吾	取締役・R&Dセンター センター長
鈴木 雄真	R&Dセンター 主任研究員
立谷 雄一	R&Dセンター 主任研究員
大石 悠平	R&Dセンター
佐藤 勝	マグネ部 部長
門田 賢二	マグネ部 課長
大柳 信宏	マグネ部

東北大学

氏名	所属・役職
中村 健二	大学院 教授

協力者

氏名	機関名・所属・役職
稲福 学	株式会社沖縄経営システム 代表取締役
経塚 雄策	長崎大学 海洋未来イノベーション機構 教授
北条 啓文	株式会社神戸製鋼所 鉄粉本部 主任部員
今泉 健治	NTTドコモCS 衛星サービス事業部 営業部課長
高田 健一	宮城県産業技術総合センター 電子応用技術開発班 班長
佐藤 宏毅	宮城県経済商工部 自動車産業振興アドバイザー
中江 嘉久	椿本興業株式会社 横浜支店SD長

4) 当該研究開発の連絡窓口

○株式会社プロスパイン

R&Dセンター 主任研究員 立谷 雄一

営業部 課長 大沼 学

1-3 成果概要

本研究開発により、磁気ギアの設定した体格内において磁場解析とそれに基づく実機製作、評価を行った結果、目標とする伝達特性を得ることができた。又、この磁気ギアを搭載した水中発電装置による実験においても想定する発電特性を得ることができた。

具体的には個別の研究サブテーマ毎に以下の通りまとめる。

1) I PM式磁気ギアの開発

- (1) I PM磁気ギアの構造設計、詳細設計を磁場解析シミュレーションを活用して行い、その最適結果に基づきI PM式磁気ギアを製作した。その結果、設定した磁気ギアの体格にて、目標とする 伝達トルク20N・m 以上、伝達効率98% 以上（但、機械損は除く）が達成できた。

又、海中自立電源用として必要な起動トルクも1N・m 以下の目標特性を得た。

2) ポールピースASSY最適化設計

(1) ポールピースの材質選定

磁気ギアの伝達特性を左右する重要部品であるポールピースを3種類の材質について検討した。材料メーカーより磁化特性評価用試験ピースを入手し、直流及び交流下の磁化特性を実測し、その結果を磁場シミュレーションに反映させた上で、磁場解析を行い、最適な材質、形状を導きだした。その結果と伝達特性、生産性を考慮してポールピース材質として純鉄組成の圧粉磁心（神戸製鋼所製 ML25D）を選定した。

(2) ポールピースホルダーの材質選定

ポールピースを固定するポールピースホルダーは、渦電流損失を抑える目的から非金属材料が求められ、さらに高い機械強度性能を加味する必要があるといわれている。本研究では、CFRP、塩ビ、CNFを含有する複合樹脂を検討した。その結果、高破壊強度、低膨潤性、ポールピースとの高い接着強度の観点で比較検討し、要求特性に最も合致するCFRPを選定した。

(3) ポールピースASSY評価

磁気ギアの製品として、実際に負荷を与えながら回転寿命試験を行なった。途中寿命伝達特性、異音等の異常の有無を評価ながら、通算3000時間の耐久実験を行った。その結果、磁気ギアとしての性能の劣化、異音発生等の異常は見られず、目標とする信頼性は達成できた。

3) フィールド試験

開発する磁気ギアの応用先の一つである水中発電装置の発電実験を平成30年度に回流水槽実験設備（九州大学応用力学研究所所有）にて行った。水中発電装置として目標機能・性能を確保できていることが確認でき、磁気ギアの増速機の伝達特性、始動トルクも十分な結果が得られ、水密機能も確保できていることが確認できた。

この結果をもとにスケールを実海域でのフィールド試験と大型水槽(JAMSTEC)

での曳航試験に移し、①流速&発電能力、②タービンの始動性、③磁気ギアの水密機能、④発電電力による衛星通信機能確認、⑤水レンズ方式の姿勢制御機能を評価した。その結果、⑤のタービン姿勢制御能力に課題が残るものの他の4つの項目は目標とする機能、性能を確保出来ている事を確認した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

○株式会社プロスパイン

R&Dセンター 主任研究員 立谷 雄一

営業部 課長 大沼 学

○国立大学法人東北大学大学院

工学研究科 技術社会システム

教授 中村 健二

第2章 本論一（1）

2-1 IPM式磁気ギアの開発

1) 最適なIPM構造の検討

開発するIPM式磁気ギアの構造として図 1 に示す4つの方法について検討を行った。

（磁石体積は全て同じ体積）

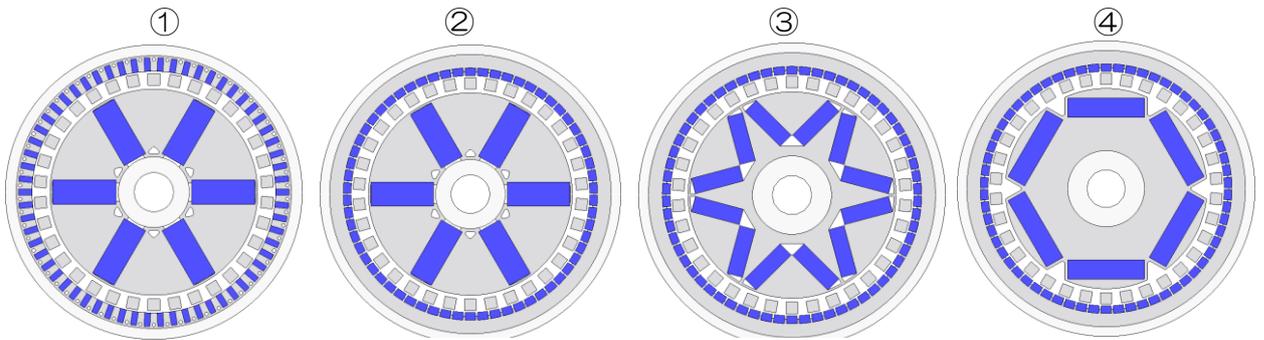


図1 IPM式磁気ギアの内外側回転体磁石の各磁石配置

- ① : 内外とも回転体磁石ともIPMスポーク配置
- ② : ①に対し外側回転体のみSPM配置に変更
- ③ : ②に対し内側回転体磁石をIPMV型に変更
- ④ : ②に対し内側回転体磁石をフラット型に変更

上記①～④の4つのパターンについて伝達トルクを磁場解析にて求めた。その結果を図2に示す。

この伝達トルク解析結果をもとに各種磁石配置の磁気ギアを製作し、伝達トルク、伝達効率等の伝達特性を比較検証し、IPM磁気ギアの仕様を決定する。

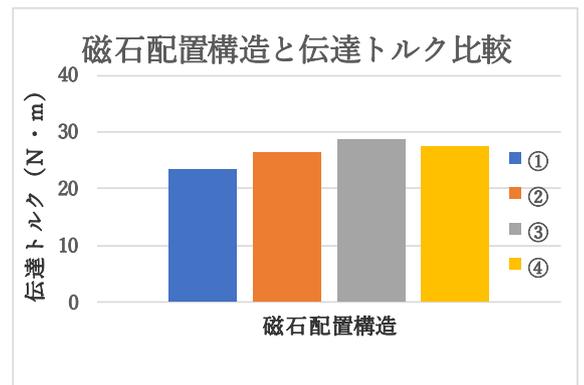


図2 各種IPM磁石配置の伝達トルクの磁場解析結果

2) 推奨する磁気ギア仕様の設定。

磁場解析を参考に、伝達特性に影響を与える3種の諸元（磁石配置・ポールピース材質・磁石ヨークとブリッジ位置）の各組み合わせによる実機確認にて伝達特性を評価して、磁気ギアの仕様を決定した。その結果、伝達トルクと伝達効率いずれも最適な組み合わせ仕様の存在は見つからず、推奨する磁気ギアを、伝達効率重視型と伝達トルク重視型にまとめた。

以下に伝達効率重視型及び、伝達トルク重視型の設計仕様を表1に、そのイメージ図を図4に示す。製作評価して得られたそれぞれの伝達特性を図5に示す。又、参考までに完成したIPM磁気ギアの製品外観写真を図3に示す。

尚、海中自立電源用の磁気ギアについては、海中でのタービン起動性も考慮し、タービン、発電機を含め総合的に判断して決定する。

表1 トルク重視磁気ギアと効率重視磁気ギアの各諸元表

テストNo. ／諸元	T18 (トルク重視)	T28 (効率重視)
外側磁石ホルダ	SUS	CFRP
外側ヨーク+磁石	SPM	IPM
ポールピース+ホルダ	珪素鋼板	圧粉磁心
内側ヨーク+磁石	IPM (F型)	IPM (V型)
最大伝達トルク	27.1 [N・m]	17.6 [N・m]
伝達効率	MAX 98%	MAX 98.3%



図3 IPM磁気ギア製品外観写真

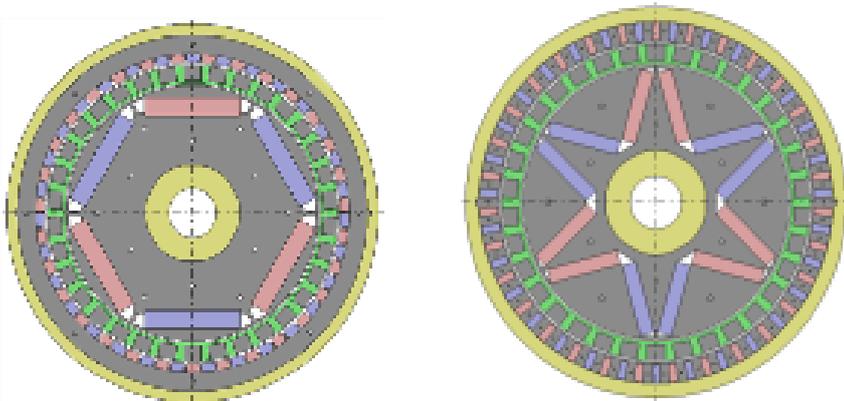


図4 F型磁石配置方式とV型磁石配置のイメージ図

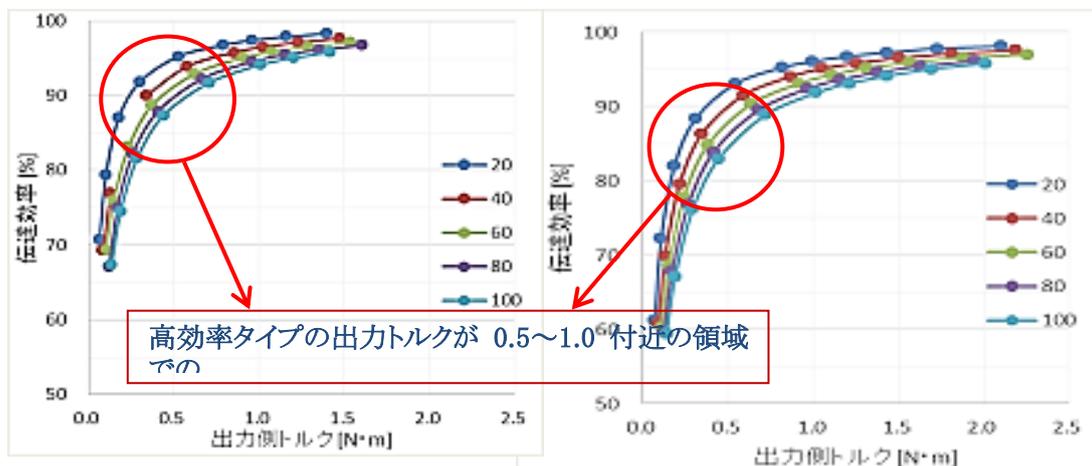


図5 IPM型磁気ギアの伝達特性図(左:トルク重視型、右:効率重視型)

3) 磁束漏れ対応により伝達効率向上案の提案

スポーク型 IPM 磁気ギアについて、軸方向磁束漏れが多く、伝達効率の低下や軸方向体格の制限される為、この対策を行った。対策はすべての改善策を取り入れた。改善箇所は以下の3点を実施した。

- ① 磁気ブリッジ位置の変更・・・ブリッジ位置をギャップ側から非磁性ヨーク側に変更
⇒これにより有効磁束が増え、伝達トルクの向上が図れる
- ② 軸方向漏れ磁束相殺用磁石・・・内側ヨークの両側面に漏れ磁束と逆向きの磁石を張り付け、漏れ磁束を打ち消し、併せて伝達トルクも向上も期待できる。
- ③ アモルファス合金の適用。(ヒステリシスロス低減等)

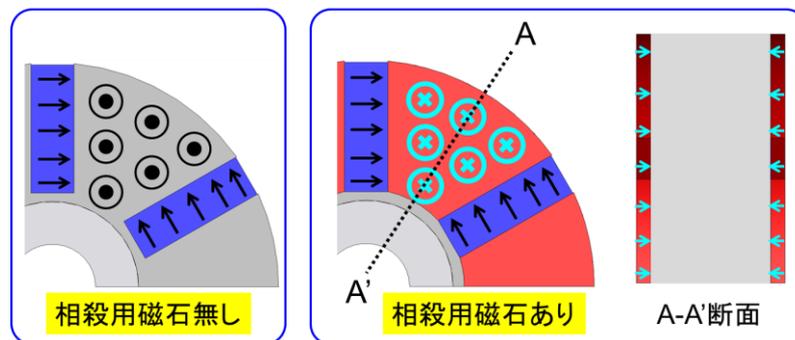


図6 キャンセル磁石付き IPM磁気ギアのイメージ図

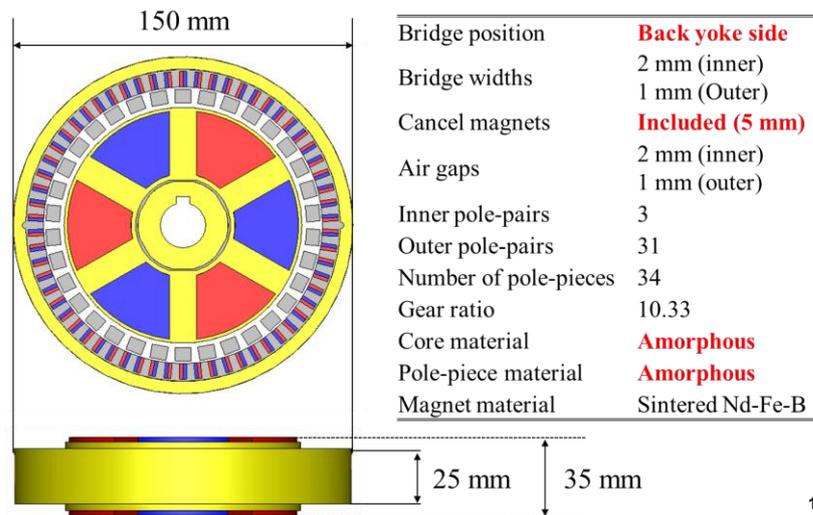


図7 キャンセル磁石付き IPM磁気ギアのイメージ図と主要部品の諸元

改善効果の確認。

図6、図7に示す諸元にてスポーク型 IPM磁気ギアを1台製作し評価した。製作した磁気ギアの製品外観写真を図8に示す。尚、伝達特性測定には東北大保有する(本サポイン事業にて製作)伝達特性測定装置を用いた。(図11)

評価結果

*伝達トルク：改善前 13.9N・m に対して 20N・m まで改善（44% 向上）

*伝達効率：高速側 100rpmにおいて最大効率99.8%を達成。

大幅な改善効果を得られた。但し組立性にはキャンセル磁石装着ジグ等の検討要。

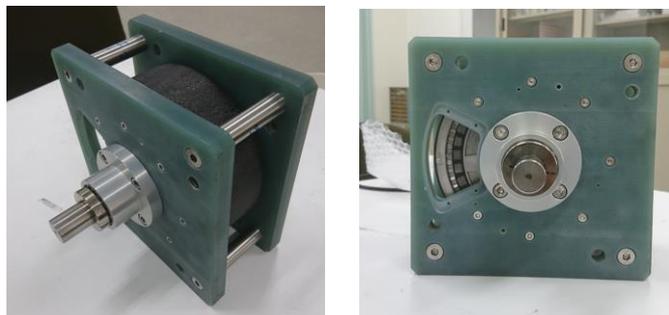
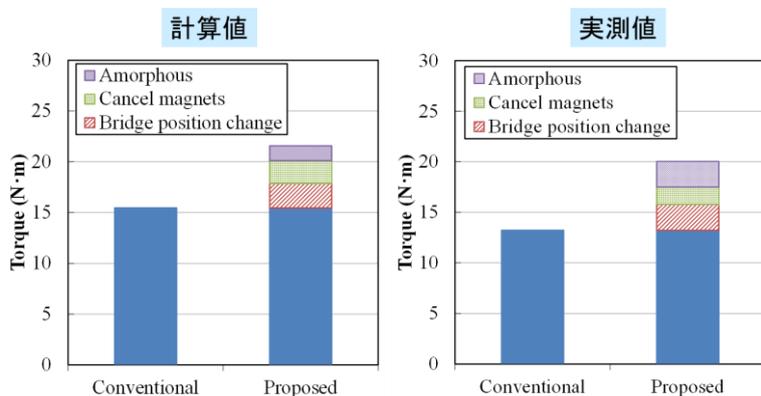


図8 磁束漏れを改善したキャンセル磁石付きスポーク型I-PM磁気ギアの外觀写真

改善効果を改善策毎にその効果を計算値と実測値で分析した。

その分析結果を図9にグラフ化した。併せて、伝達効率の改善効果も改善前と改善後の比較したグラフを図10に示す。



磁気ブリッジ位置の変更がトルク向上に最も寄与している

図9 各改善策毎の効果寄与度

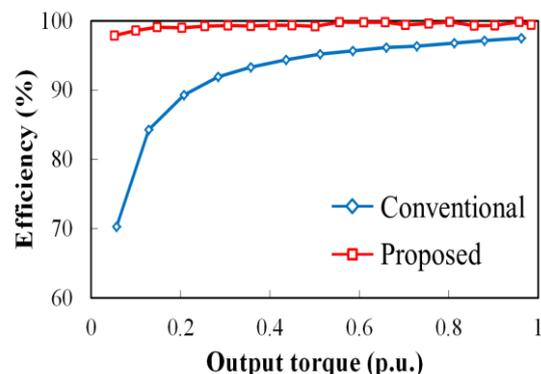


図10 改善前後の伝達効率特性

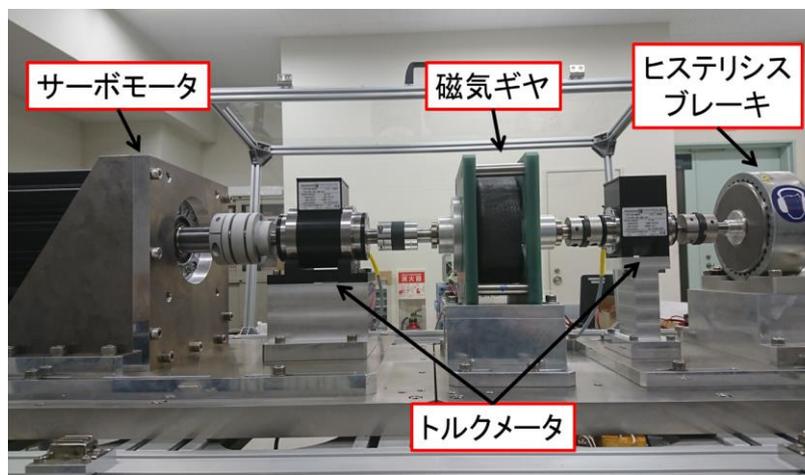


図11 磁気ギアの伝達特性評価装置と伝達特性測定状況写真（東北大所有）

2-2 ポールピースASSY最適化の開発

1) ポールピースの最適化検討

磁気ギアの伝達特性を左右する重要部材としてポールピースがあり、その材質として3種類（珪素鋼板、ナノメット、圧粉磁心）を選定し比較検討した。この磁性材の磁化特性測定のため各々のテストリングを製作し、高周波磁気測定を測定し比較した。測定周波数を100Hz、200Hz、400Hz、1000Hz 毎測定し、測定結果を図12にグラフ化した。尚、測定には図13に示す高周波磁気測定評価装置を用いて測定した。

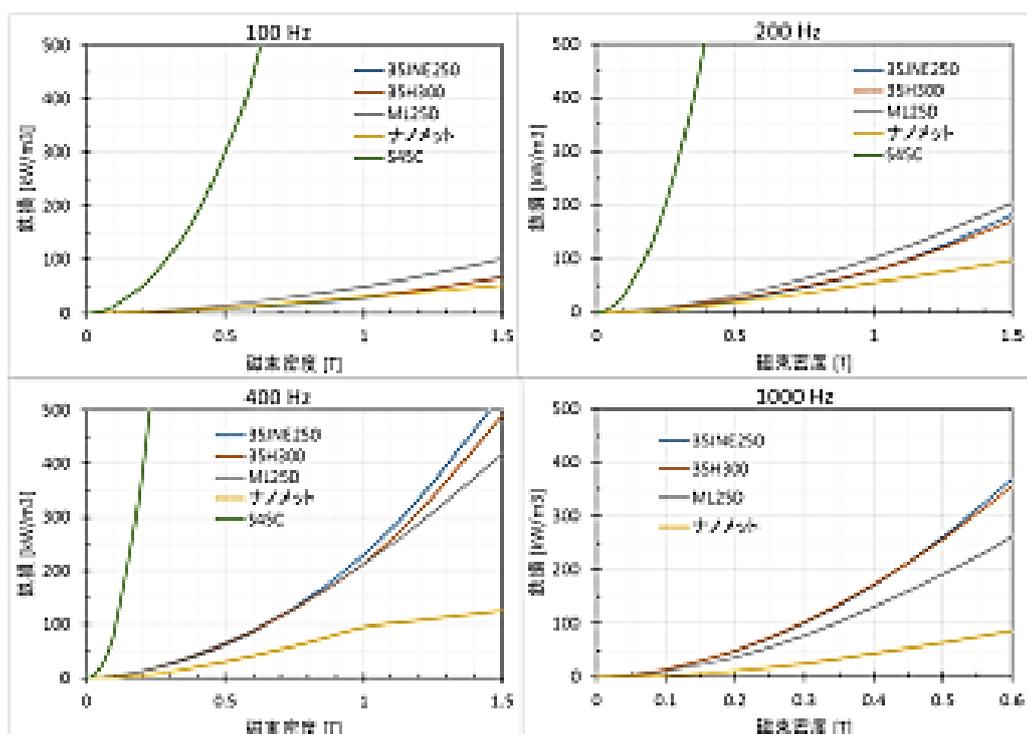


図12 各種軟磁性材の高周波磁気特性測定結果

結果について

ポールピース用素材として積層珪素鋼板（2仕様）、圧粉磁心、ナノメットの鉄損を測定した結果、ナノメットの損失特性が最も優れているが、トルク特性が劣ることが分かり、次善の損失であるが総合的に判断して圧粉磁心に設定した。

尚、圧粉磁心の粉末は神戸製鋼所製のML25Dとした。又、圧縮成形加工先として株式会社



図13 高周波磁気特性評価設備

ナパック社に協力をお願いし製作した。本磁気ギア用として、試作金型を製作し試行的にポールピースを加工し、品質、コスト、加工条件、仕様等の検証を行った。

その結果、試作したポールピースを磁気ギアに実装し、伝達特性、組み立て性を評価した結果、希望する品質を確保できていることを確認できた。参考までに粉末プレス装置の写真を図14に示す。(株ナパック殿提供)

この試作を通じて必要な磁気特性を確保するための
圧縮成形加工条件として以下の条件設定が得られた。

加工条件及び部品仕様

- プレス成型圧：12トン/cm²
- 熱処理（600度）で歪の緩和により磁気特性を回復
- 粉体密度管理 7.60~7.65 g/cm³
(磁化特性はこの管理でほぼ決まる)



図14 粉末プレス装置写真

2) ポールピースホルダー材質検討

磁気ギアの品質を確保するための重要部品として、ポールピースホルダーがある。このポールピースホルダーはポールピースが埋設され、対向する内外2つの回転体の磁石の磁力(図15参照)を受けるため、それに抗して強固な機械的強度を有し、変形等がないことが求められる。又、磁石磁束による渦電流の回避するため、非磁性、かつ低導電性が求められる。これよりポールピースホルダーの材質として非金属材料とした。具体的にホルダー材質として、塩ビ、CFRP及び、CNFを含有する複合樹脂を検討した。その結果、塩ビ材は強度が弱く変形する事、ポールピースとの接着性が悪く剥がれが頻発した。又CNF材は試験片を製作し評価したが、強度不足であることが分かり、ポールピースホルダーの材質は実装時変形がなく、ポールピースとの接着剥がれも発生しないCFRPを選定した。図16にポールピースホルダーのイメージ図を示す。

尚、将来構想として、ポールピース・樹脂の一体成形(インサート成形)を考えたい。

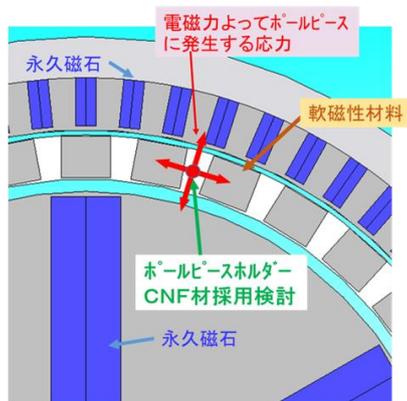


図15 IPM式磁気ギア構成図

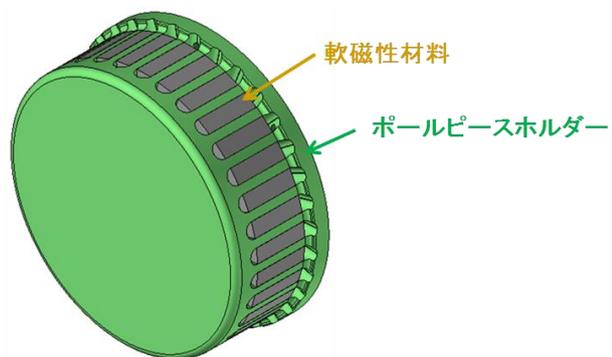


図16 IPM式磁気ギアのポールピースホルダー形状

3) 磁気ギアの耐久性試験結果

製作した IPM 式磁気ギアを回転速度、負荷を変化させ連続稼働し、磁気ギアの伝達特性の劣化の有無又、回転時の異音等の異常現象が発生しないかを検証した。又、併せて製品の外郭に熱電対を設置し、稼働時の表面温度を常時測定し、異常な発熱による温度上昇の有無を検証した。

試験台数は 2 台行った。 補助事業終了時点までの回転寿命試験は累計稼働時間 2800 時間/台まで行った。 尚、磁気ギアの連続運転には、補助事業で製作した信頼性寿命試験機（図 17）を用いた。

結果について

1 台の試験サンプルにて、試験実施 80 時間でポールピース剥がれる不具合が発生した。 現明した。 対策として速効型接着剤を常温硬化型でスリーボンド製 2087 に変更した。 その後 2800 時間の累積稼働時間にて良好に推移している。

又、磁気ギアの温度上昇は max 12℃まで、異常な温度上昇は見られなかった。

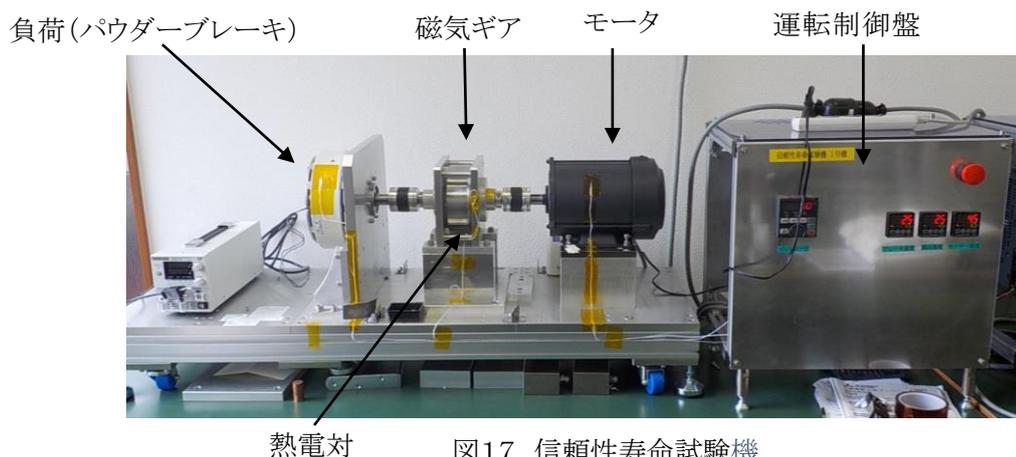


図17 信頼性寿命試験機

2-3 フィールド試験

開発した IPM 式磁気ギアの用途として海中自立発電機があり、その実現性を確認する磁気ギアを搭載した水中発電装置を製作し、回流水槽、曳航水槽での発電実験及び、実海域での係留、曳航実験を行った。

実海域での実験に先立ち、まず回流水槽にてベンチテストを行い発電システムとしての機能および性能を評価した。その結果、発電効率は総合効率で 65% 以上、タービンが起動する流速は 0.3m/s と目標をクリアした。又、実装した磁気ギアは増速機（増速比：10.33）として、タービンと発電機間を連結（動力伝達）し、磁気ギアのポールピースホルダーにより発電機を水から隔離する水密機能の役割も持たせている。

このベンチ試験結果を受けて、スケールアップした磁気ギア、発電機によるフィールド実験を行った。尚、実海域（釧路漁港沖）でのフィールド実験は海域の状況が悪く一部の実験しか出来なかった。以下に実験結果をまとめた。

1) ベンチテストの実施結果の概要

実施に際してはアドバイザーの長崎大学経塚教授のご協力をいただき実施した。

評価内容は①発電特性、②タービン起動性、③磁気ギアの水密機能を評価した。

その結果、タービン、磁気ギア、発電機を含めた総合効率で 65%~70%が得られた。又、タービンについては、低流速 0.3m/s の流速から回転し始め、回転停止は 0.17m/s と良好な結果が得られた。 図18は回流実験した水槽と発電システムの全体図、図19に流速&発電電力の測定結果を示す。このP & W特性はエネルギーの原則のカーブと極めて近似していることがわかる。

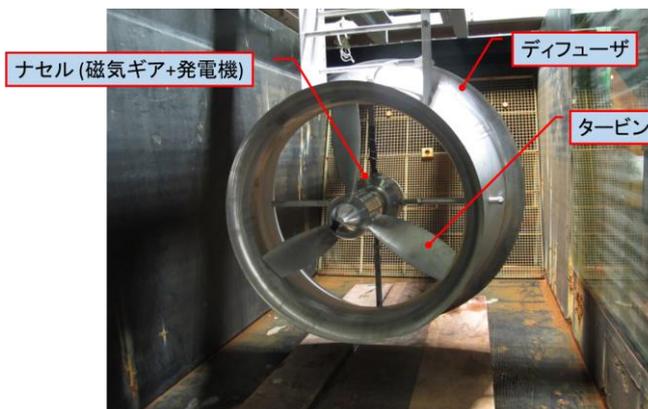


図18 回流水槽での水中発電実験の全体図

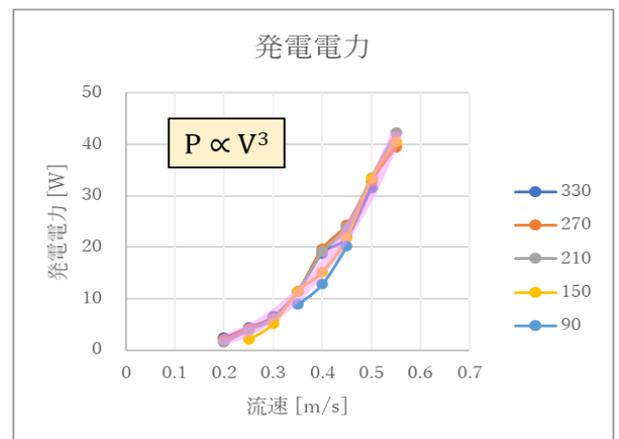


図19 回流水槽実験の流速&発電電力特性

2) 海洋実験（釧路）及び曳航実験（JAMSTEC）

回流実験結果を受けて、発電システムをスケールアップし実海域（釧路漁港沖の防波堤での係留発電実験を試みた。結果は、実験日は 2 日目から風が強く想定していた以降の実験が行えなかった。

これを補うため、日本海洋研究開発機構（JAMSTEC）の横須賀本部が所有する多目的実験水槽にて発電システムの曳航実験を行い発電特性、および発電した電力による衛星通信を行った。

潮流発電システム主要部品仕様（釧路漁港沖実験、JAMSTEC 水槽試験の仕様）

発電システム全体のイメージを図22、使用した磁気ギアのイメージを図20、発電機のナセル内部の断面図を図21に示す。

又、発電実験で使用した電源制御盤（プロスパイン製作）を図24に示す。

発電装置の各部の概略仕様を以下に示す。

- タービン仕様：直径φ60、CFRP材、3枚翼
- 増速器（磁気ギア）：増速比 10.33、トルク 27N・m
（外側SPM×内側IPMフラット配置）
- 発電機：200W/350rpm（SKY-HR200:スカイ電子製）

青 インペラと同回転数
 赤 インペラ回転数に対し10.33倍
 緑 隔壁（ポールピースホルダ）非回転
 黒 非回転部

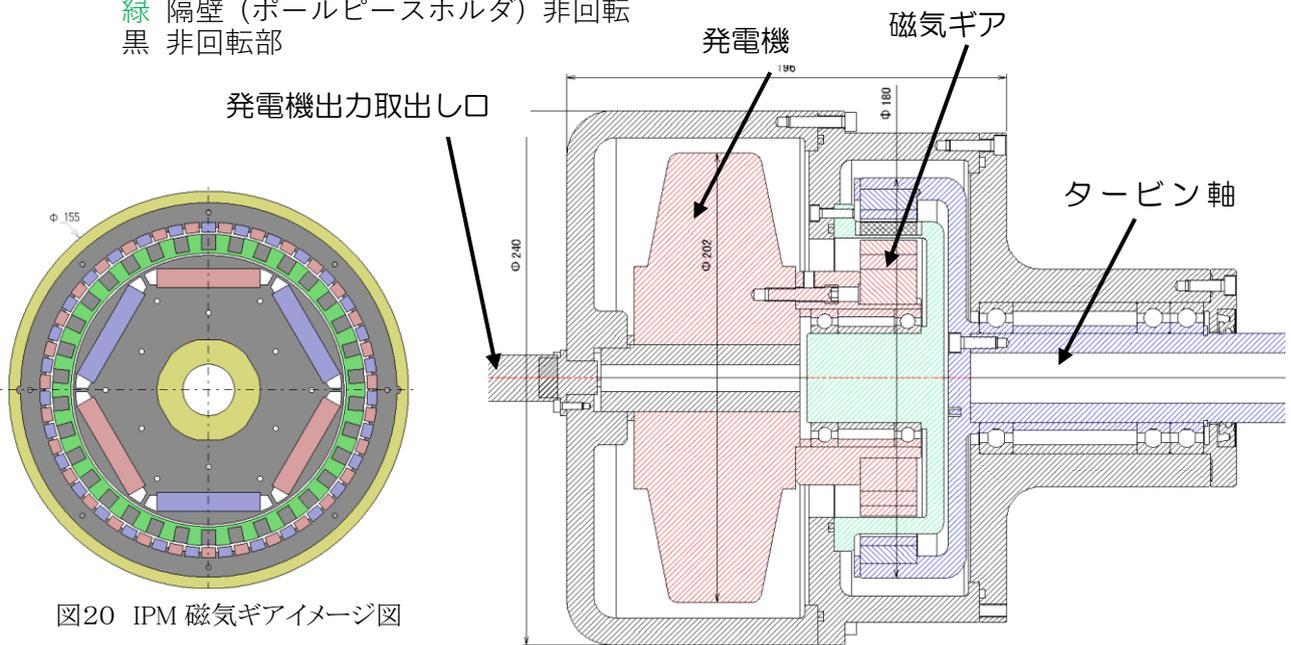


図20 IPM 磁気ギアイメージ図

図21 水中発電システムナセル部断面図

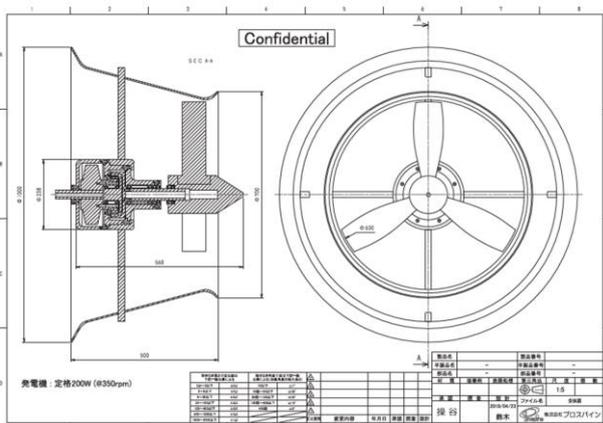


図22 水中発電システム実験の全体図



図23 多目的実験水槽全体写真

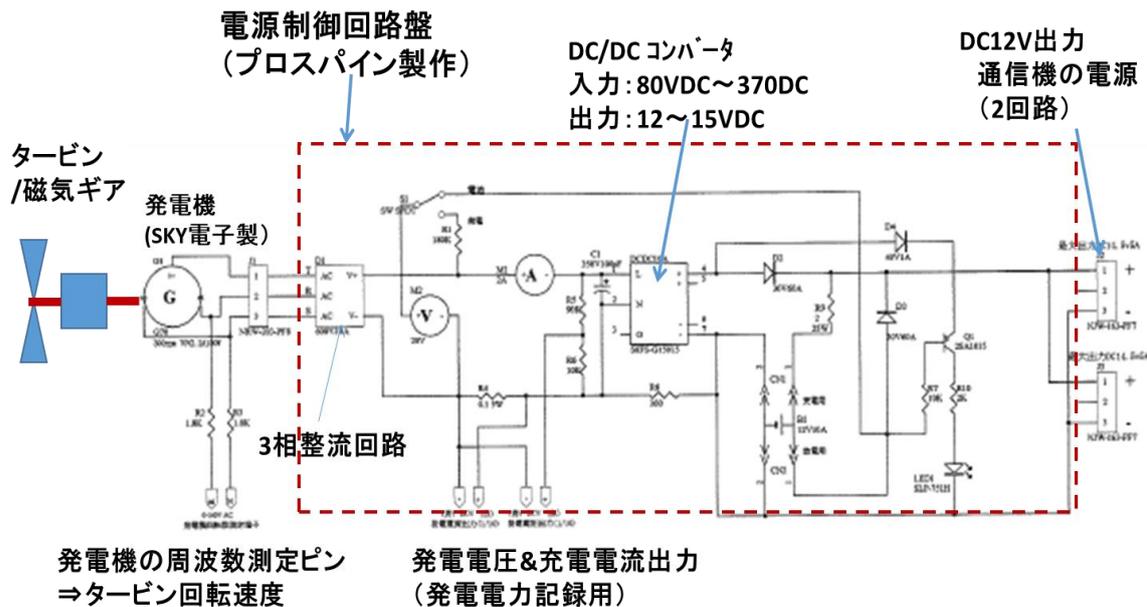


図24 発電実験で使った電源制御盤 (プロスパイン製作)

曳航実験結果 (NTTドコモ殿立ち合い実験)

全長40m間を走行台車を設定速度で移動させ、走行台車より吊り下げた発電装置より発電電力を走行台車の上部に設置した電源制御盤 (図24) に入力し電源制御盤のdc12V出力を通信衛星の電源に出力する構成となっている。この発電した電源を、実験する衛星通信システムの電源として取り出し衛星通信機能が正常に動作するか確認した。実験時間は多目的試験水槽の40m長さ間の走行時間 (約20秒程度) である。ただし走行停止して発電出力が得られなくなると、電源制御盤に内蔵したバッテリーの出力に切り替わり衛星通信の電源に供給するようになっている。

この自動切り替え機能も正常に動作することも併せて検証した。

その結果走行台車スピード 0.9m/s より発電電力が得られることが分かり衛星通信機能も正常動作していることが確認できた。又、電源の切り替えも正常に作動し、衛星通信機能は実証することができた。

低流速でも駆動するには始動トルクが小さいことが求められるが、今回の実験で得られた始動開始流速は0.3~0.4m/s でタービンが起動することがわかり、目標とする起動特性を得られていることが確認できた。(図25参照)

尚、課題として、発電装置を前後3か所にて、走行台車から水中にロープ吊り下げ方式としたが台車スピードが0.8m/s以上になるとタービン姿勢が安定せず、発電出力も振られ変動することが分かった。今回採用した水レンズ方式のタービンの方

向制御機能が不安定となった。ディフューザによる風見鶏機能を増やすタービン姿勢を安定化するには発電装置設置に工夫が必要である。(方向舵付加、アンカー、吊り下げの重心位置の検討等)

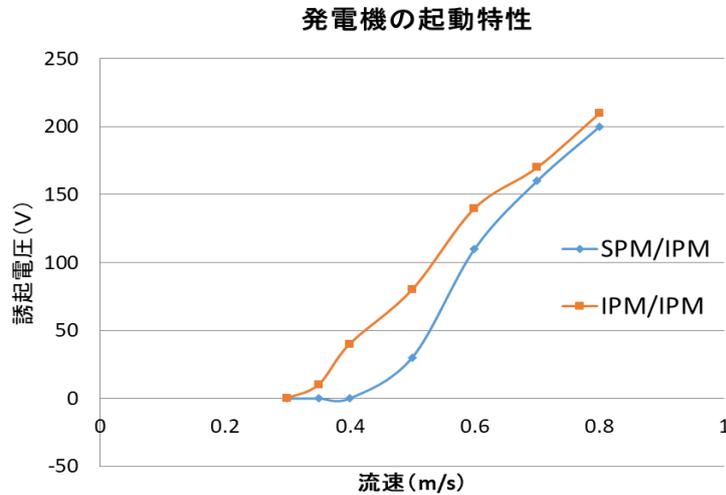


図25 曳航実験で得られた流速と発電機の誘起電圧

実験に使用して衛星通信システム

- ・ワイドスターII (NTTドコモ製): 衛星船舶仕様

電源仕様	入力電圧DC13.8V
消費電力	連続通信時 74.3W 以下
	待受時 47.4W 以下
	パケット通信時 75W 以下



図26 使用した衛星通信のアンテナ写真

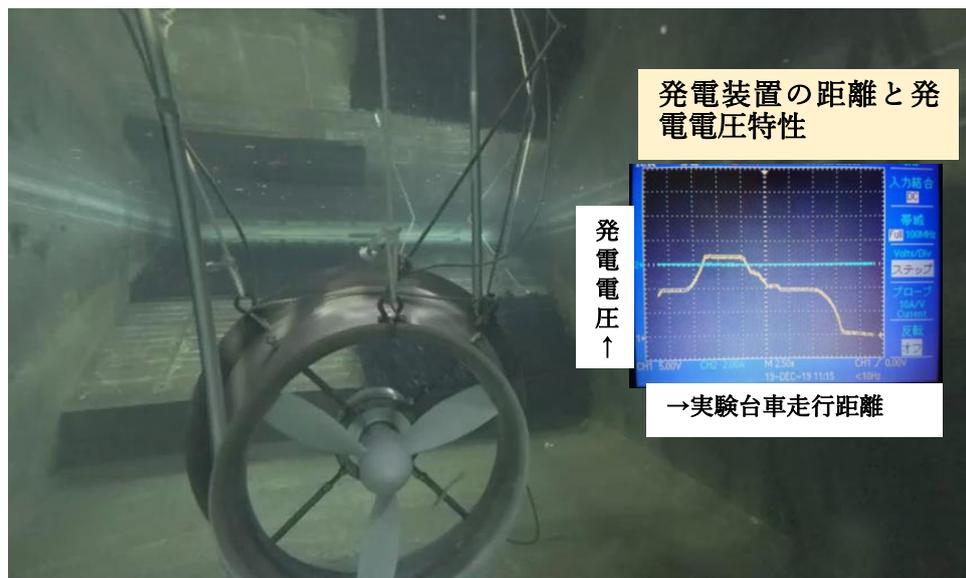


図27 曳航実験の様様: オシロスコープは走行台車のスタートから停止までの時間と発電電圧を記録

2-4 プロジェクトの管理・運営

事業運営をスムーズに進めるため、補助事業が主体となり、アドバイザー、協力者を交えた推進会議を年 2 回開催し、研究開発の進捗状況、課題等の共有化を図り進めた。又、推進会議とは別に共同研究者間では、随時打合せを行い、研究開発の進捗状況及び、経費の執行状況等についての確認を行った。

最終章 全体総括

3-1 研究開発成果のまとめ

- 1) 磁気ギアは非接触でトルクを伝達できるため、機械式ギアと比べて振動、騒音が小さく、保守性に優れるなどの特長を有する。その中で磁束変調型磁気ギアは他の磁気ギアに比べてトルク密度が高く、実用化が期待されており、企業の研究機関、大学等で研究が進められているが、広く市場には浸透していない。

本研究では磁気ギアの特長を最大限に活かす用途として、海中自立電源用の増速機として開発を進めてきた。その結果を以下に示す結果が得られた。

1. 史上初となるIPM構造の磁気ギアの開発により、設定体格内で伝達トルク22 N・m、伝達効率98%以上の高効率IPM型磁気ギアの開発できた。
2. 実海域でのフィールド実験、および大型水槽での曳航実験において、IPM 磁気ギアを内蔵した水力発電装置は、総合発電効率が60%以上を有する極めて高効率で、又、微流速(0.3m/s)でも発電可能であるなど水レンズ方式の有効性も確認できた。

この磁気ギアを増速機として使用すれば、磁気ギアの特長である非接触に起因する隔壁機能により、ナセル内の水密構造が可能となり、高価なメカニカルシール等不要となり、併せてメンテナンスフリーへの道も開ける。

3. この水中発電装置の可能性が見えてきたことにより、海洋に関する環境面、水産面等の課題に対し、AI、IOT を活用した課題化対応策が叫ばれているが、それらの課題に取り組む中で欠かせないのが自立電源の確保が重要な意味を持っている。今回の実験で、発電した電力による衛星通信が可能ことが確認されたことで、密漁の課題を抱えている日本の漁協（例えば釧路漁協）、又、浮漁礁用の電源などに使用し、さまざまなデータを衛星通信によりリアルタイムに状況確認可能になる。この結果を受けて今まで情報交換してきた、国内の複数の漁協とのコンタクトを海中自立電源の実現につなげていきたい。

2) 学会発表、論文、知財

(1) 学会発表、論文

1. 水穴裕真、中村健二、鈴木雄真、大石悠平、操谷欽吾

「埋込磁石型磁気ギアの性能向上に関する検討」、日本磁気学会
論文特集号、Vo1.3,pp.74-78.2019

2. 水穴裕真、中村健二、鈴木雄真、大石悠平、操谷欽吾

(2) 補助事業期間中に出願した特許

1. 特願2018-53877：名称「磁気歯車」
出願人 株式会社プロスパイン、国立大学法人東北大学
発明人 中村健二、鈴木雄真、大石悠平、瀧川真喜人
2. 特願2018-55085：名称「磁気歯車」
出願人 株式会社プロスパイン、国立大学法人東北大学
発明人 中村健二、鈴木雄真、大石悠平、瀧川真喜人
3. 特願2018-55086：名称「磁気歯車」
出願人 株式会社プロスパイン
発明人 鈴木雄真、瀧川真喜人、大石悠平、操谷欽吾
4. 特願2019-029505：名称「回転電機」
出願人 株式会社プロスパイン
発明人 中村健二、鈴木雄真、大石悠平、操谷欽吾

3-2 今後の進め方及び事業化の方向性

- 1) IPM 型磁気ギアについて、現在、車載用、情報機器用等、数社から引き合いがあり、検討を進めている。今回の研究開発で得られた知見、技術を盛り込み、ユーザの要求する性能、品質、価格を達成できるよう取り組んでいく。
又、隔壁機能、生産性等で優位なアキシナル型磁気ギアの事業化に向けた開発を進めていく。
- 2) 海中自立電源の事業化については、タービン、発電機等を含めたシステム全体の方向性を連携企業と調整し、又、今まで情報交換してきた漁業協同組合にアプローチし、衛星通信機能も含めた海中発電システムの設置に向けた実証実験の計画を進めていく。