

JAXAにおける航空機用MW級 電動推進系試験設備の構築

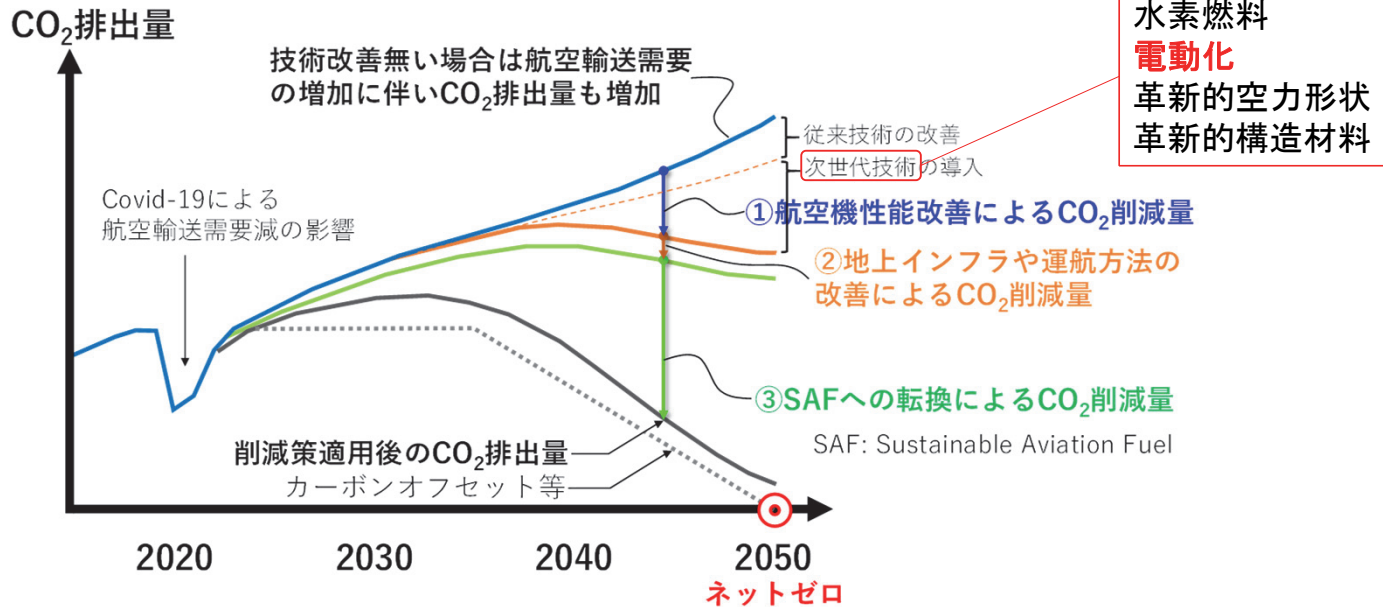
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
航空技術部門 MEGAWATTプロジェクトチーム

小林宙

2025年11月25日

- 1.背景
- 2.設備概要とサブシステム仕様
- 3.駆動系性能
- 4.運転方式
- 5.今後の展望

背景 (1 / 5) CO₂排出量削減目標



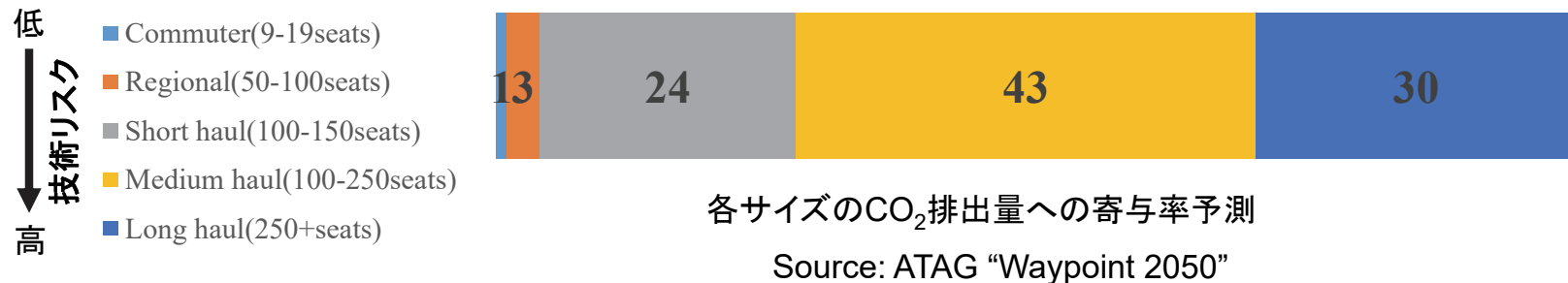
航空業界のCO₂削減目標と削減シナリオ※1

● 2050年の“**ネットゼロ・カーボン**”達成に向けて、SAF、水素と共に**推進系を含めた電動化**への期待が高まっている。

背景 (2/5) 排出量内訳

○旅客機におけるCO₂排出量寄与率

- ・電動化推進系の適用対象のクラスが航空機全体のCO₂排出量に対してどの程度寄与するかによって、排出量削減インパクトは異なる。
- ・2050年における各サイズの寄与率は下図のように推定される。



- CO₂削減が目的ならば、旅客機を適用対象とすることが必須
 - 単通路機は技術リスクと効果のバランスが良く有力な適用対象
- 単通路機を対象に電動推進系適用を検討

背景 (3/5) 推進系方式

適用対象

電動化方式

不選定 選定

- 単通路ジェット機
- 多通路ジェット機

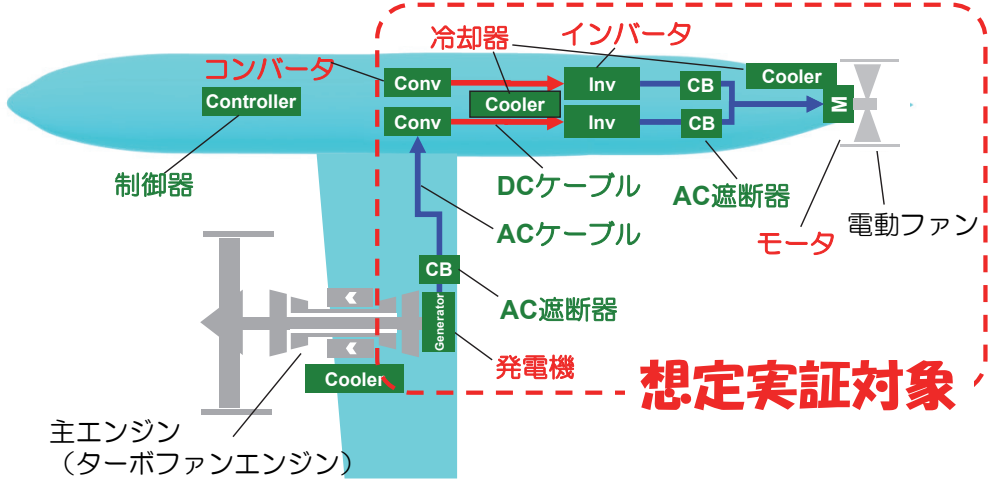
- 全電動
- ハイブリッド

航続距離
500km
既存機並み
例：5000km以上

ハイブリッド方式

- シリーズハイブリッド
- パーシャルハイブリッド

出力
20MW級
2MW級

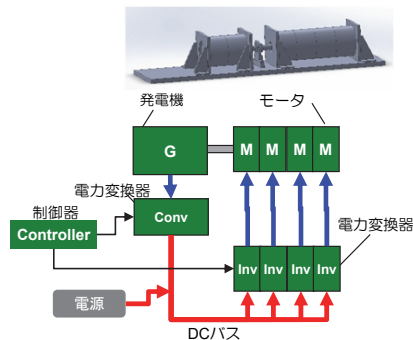


電動ハイブリッド推進系構成例

背景 (4/5) MEGAWATTプロジェクト

世界初の実証を目指す

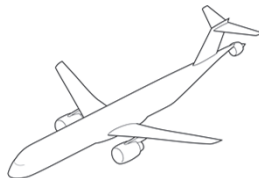
MW級供試体予備実証試験



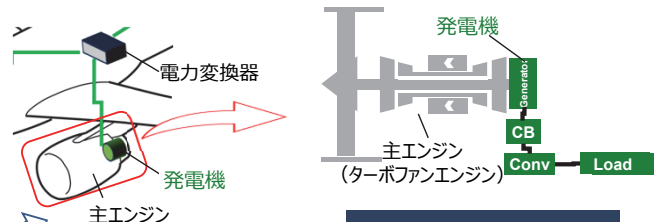
MW級発電電動機試験装置

全機CFD/対応遷音速風試

$M = 0.78$,
風洞 $Re = 3.2e6$



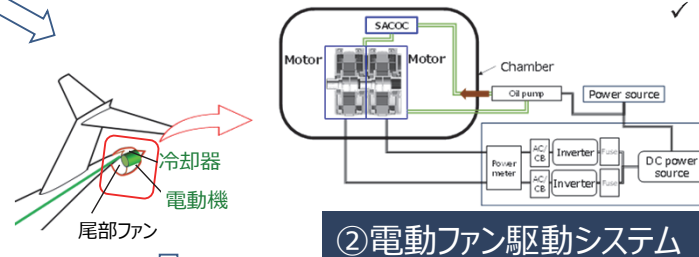
エンジン-発電機統合実証試験



① 電力源システム

- ✓ 実ターボファンエンジンの低圧軸に永久磁石型発電機を統合
- ✓ 低圧軸結合発電機の負荷抜けに対するエンジン保護機能

高空環境実証試験



② 電動ファン駆動システム

- ✓ ジェット旅客機巡航高度相当環境（低温・低圧・高速）におけるMW級電動機の熱自立運転

全機燃費性能評価

背景 (5 / 5) 電動推進系試験設備の現状

University of Nottingham, Power Electronics and Machines Centre (PEMC)

- **0-3 kV DC** voltages
- 100kW cooling infrastructure
- Multi-voltage distribution system with **+20MW** of power capability
- Ultra High Speed Test Rig

日本自動車研究所 (JARI)

- **400kW** (20krpm)
- **DC500kW** (1kVdc) available

秋田大学 電動化システム
共同研究センター

- **400kW** (20krpm)
- **DC500kW** (1kVdc) available

NASA Armstrong Test Facility, NASA Electric Aircraft Testbed (NEAT)

- **1MW** Electrical Dynamometer (7krpm)
- **3.3MW** Mechanical Dynamometer (Water Brake)
- Up to **3.75MW** Electrical Power

<https://www.nottingham.ac.uk/research/groups/pemc/home.aspx>

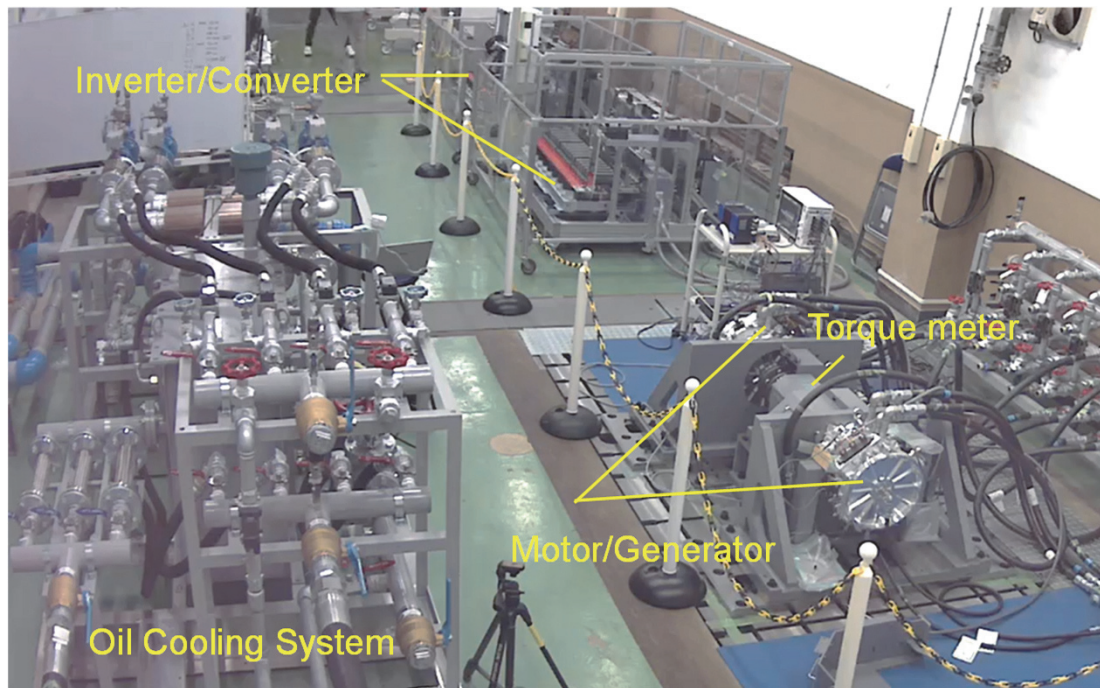
Joseph W. Connolly et.al "Tutorial: Electrified Aircraft Propulsion Approaches for Modeling and Electrical Hardware-in-the-Loop Testing"

[大型モータダイナモ設備 | 日本自動車研究所](#)

[貸出設備 | 新世代モーター特性評価ラボ](#)

研究目的

○来る推進系電動化時代に備え、MW級電動推進系試験設備を国内に構築する



1.背景

2.設備概要とサブシステム仕様

3.駆動系性能

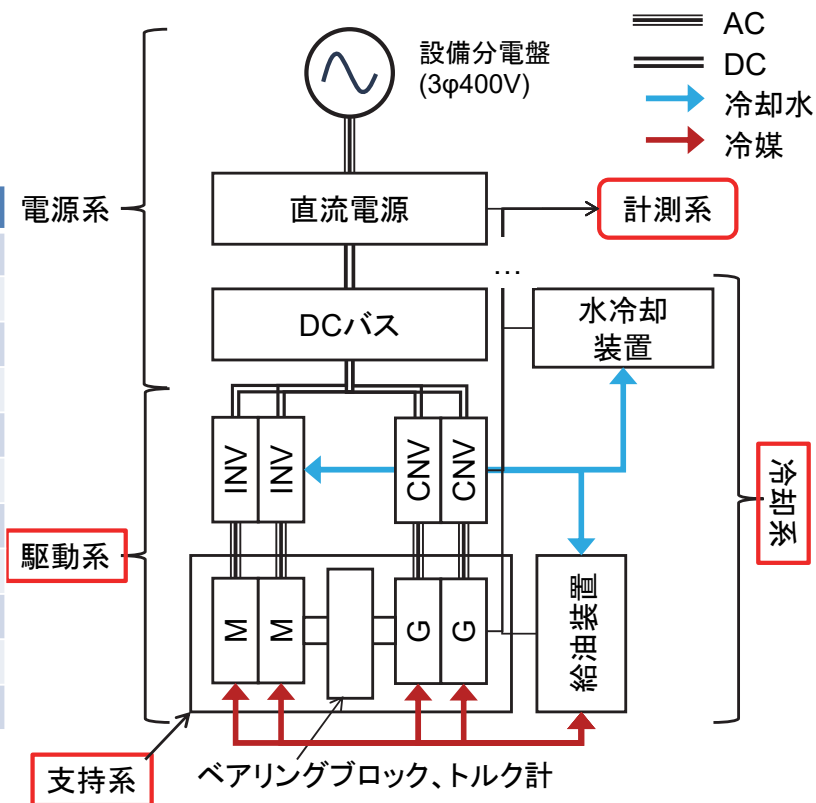
4.運転方式

5.今後の展望

設備構成と基本仕様

主要構成・仕様

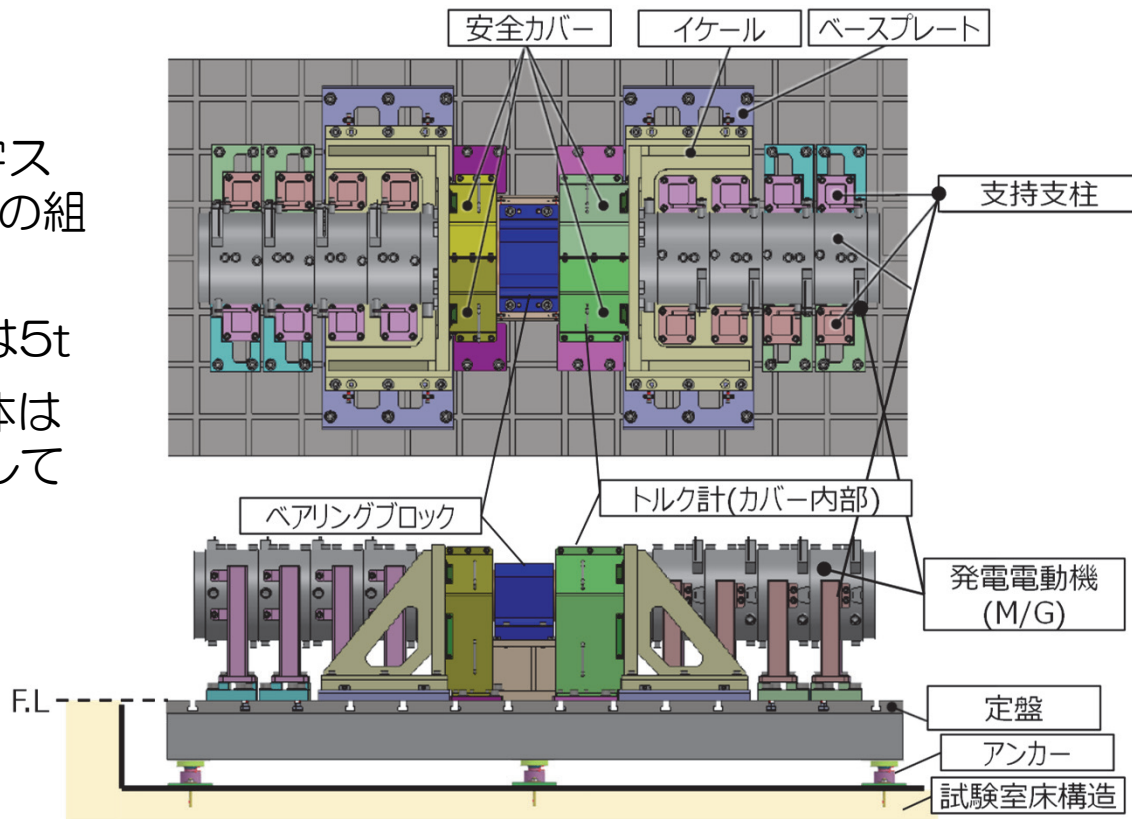
項目	仕様	備考
定格容量[MW]	2.0	M/G 各4台運用時
定格回転数[rpm]	10000	
M/G型式	PMSM	
冷却方式	直接油冷	
冷媒種	PRF-23699等	入れ替え可
INV/CNV方式	SiC 2 level	
直流部最大電圧[V]	1000	
基本波周波数[Hz]	2000	
キャリア周波数[Hz]	10000	標準値
放熱容量[kW]	320	
冷却水流量[L/min]	1000	



支持系

○特徴：

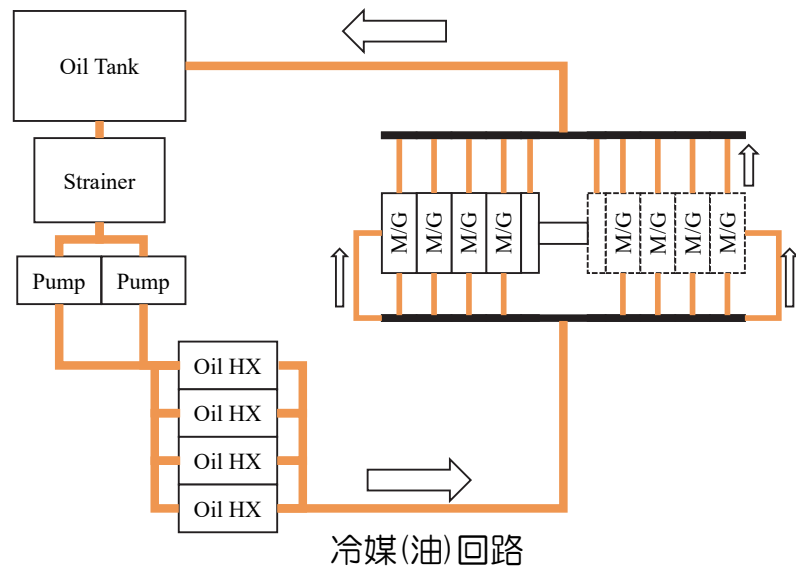
- ・オーソドックスなT字スロット定盤+イケール類の組み合わせ
- ・搭載可能供試体重量は5t
- ・大型(φ800超)供試体はイケール類をかさ上げして対応
- ・試験室床は強化済



冷却系

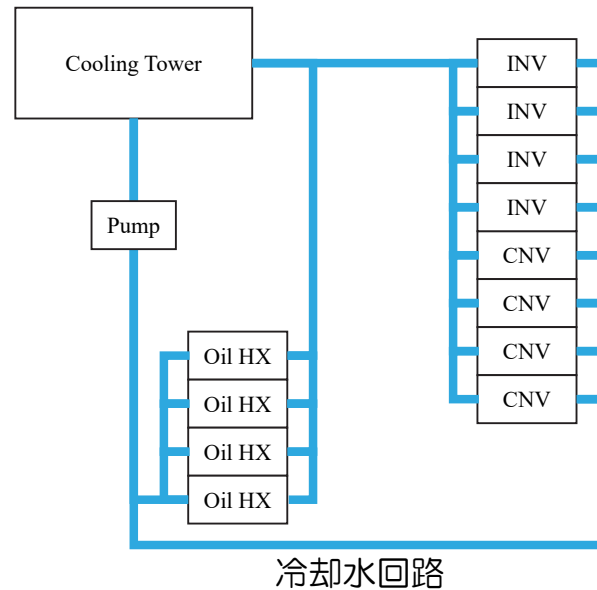
○冷媒(油)系統：

- PRF-23699に対応
- ユーザ側でも使用可能な配油機能有



○冷却水系統：

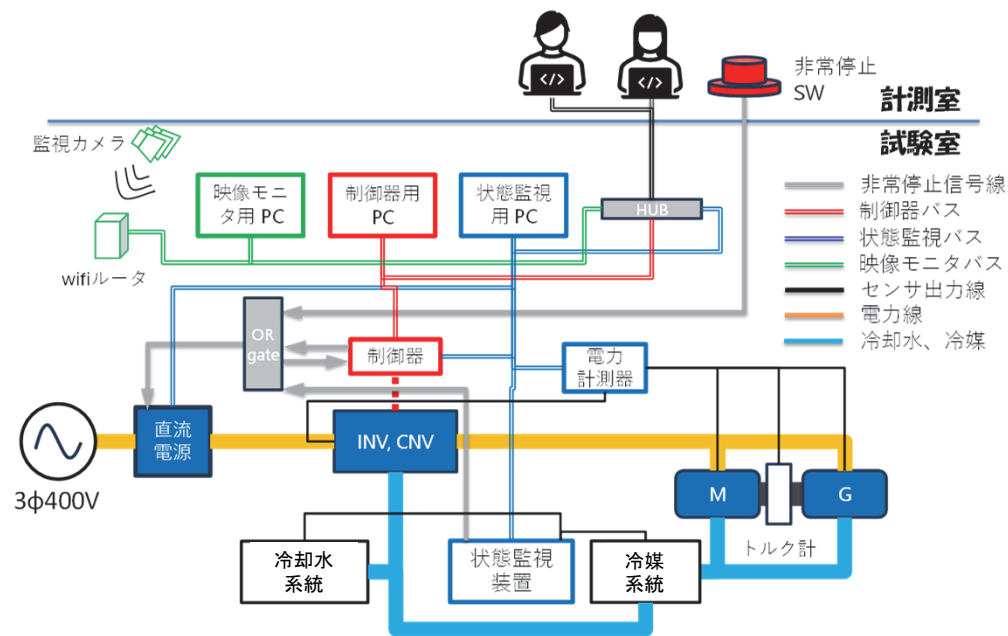
- HXとINV/CNVに並列で供給
- 流量はHX側バルブで調整
- 冷却水もユーザ側にて提供可能



計測系

○特徴：

- ・ 供試体性能計測と共に、ヘルスモニタ・非常停止指令を供試体とは別室で実施



計測項目

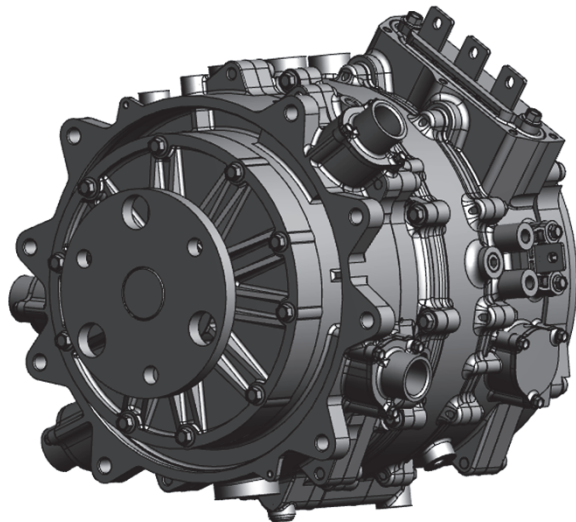
計測対象	物理量	計測手法	
M/G	端子電圧	電圧プローブ	パワーアナライザ
	相電流	電流プローブ	
	軸トルク	トルク計	
	回転数	レゾルバ	
	各部温度	熱電対	
	冷媒圧力	圧力センサ	
	冷媒流量	流量センサ	
	冷媒温度	熱電対	
	振動加速度	加速度センサ	
INV/ CNV	直流電圧	電圧プローブ	パワーアナライザ
	直流電流	電流プローブ	
	変調率	制御器内部変数	
	d軸電流指令値	制御器内部変数	
	q軸電流指令値	制御器内部変数	
	回転数指令値	制御器内部変数	
	冷却水温度	流量センサ内蔵	
	冷却水流量	流量センサ	
	給油装置	冷媒流量	流量センサ
冷媒圧力		圧力センサ	
冷媒温度		熱電対	
水冷却装置		冷却水流量	流量センサ
	冷却水圧力	圧力センサ	
	冷却水温度	RTD	
	直流電源	直流電圧	内蔵電圧センサ
直流電流		内蔵電流センサ	

目次

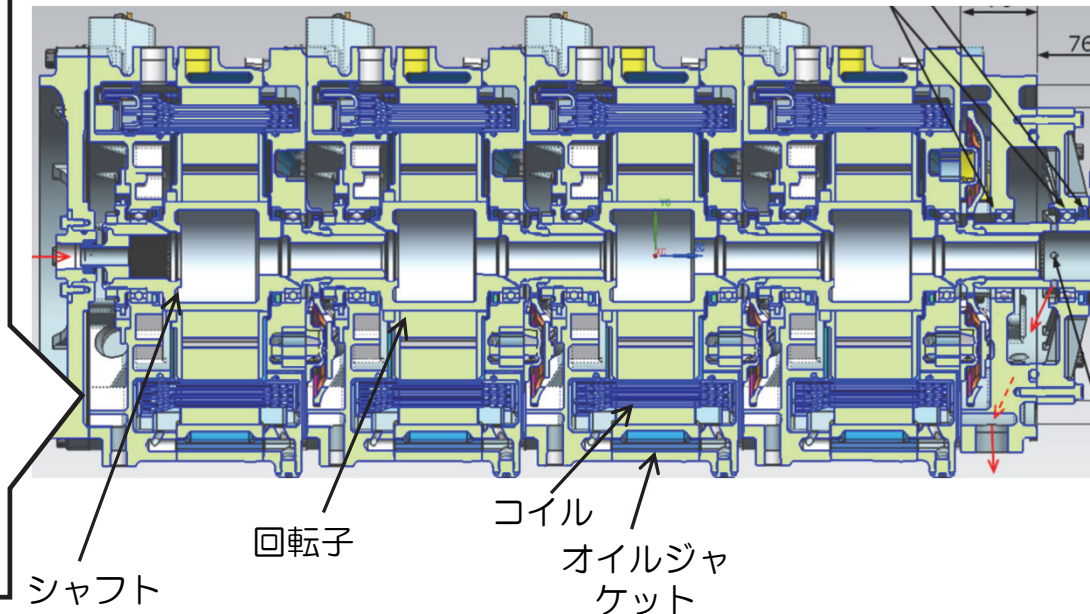
- 1.背景
- 2.設備概要とサブシステム仕様
- 3.駆動系性能
- 4.運転方式
- 5.今後の展望

駆動系 M/G (1/4)

OM/G概要



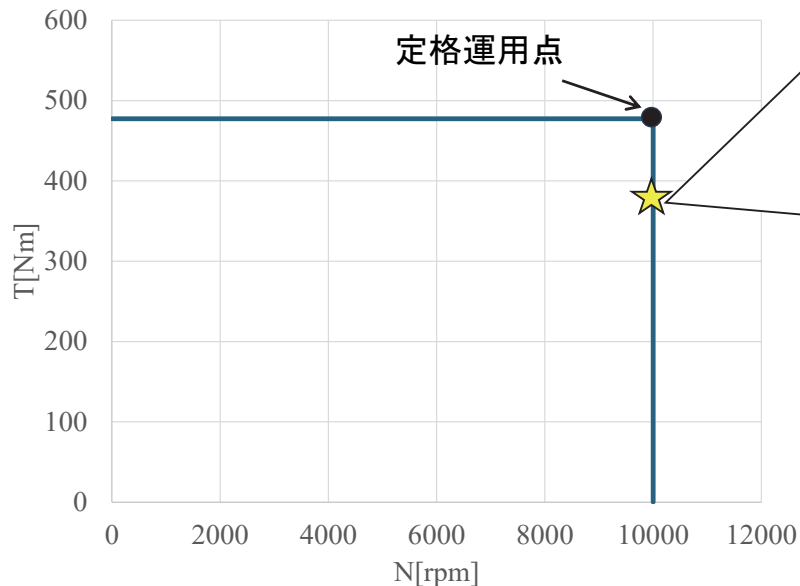
500kW級永久磁石型同期モータ
(7.34kW/kg, 10krpm)



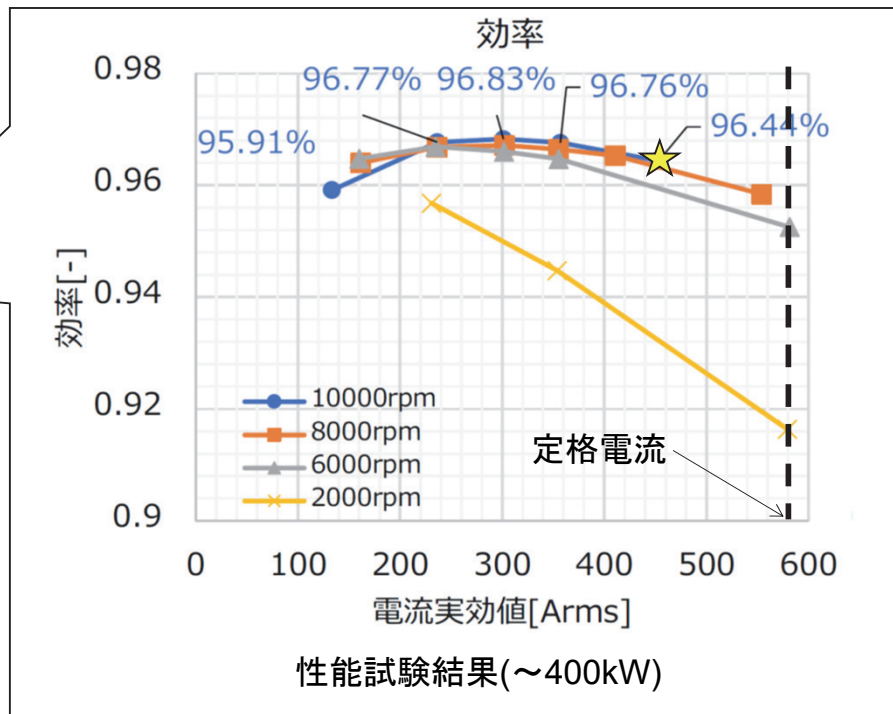
4連結(定格2MW)形態

駆動系 M/G (2/4)

○駆動性能(1/2)



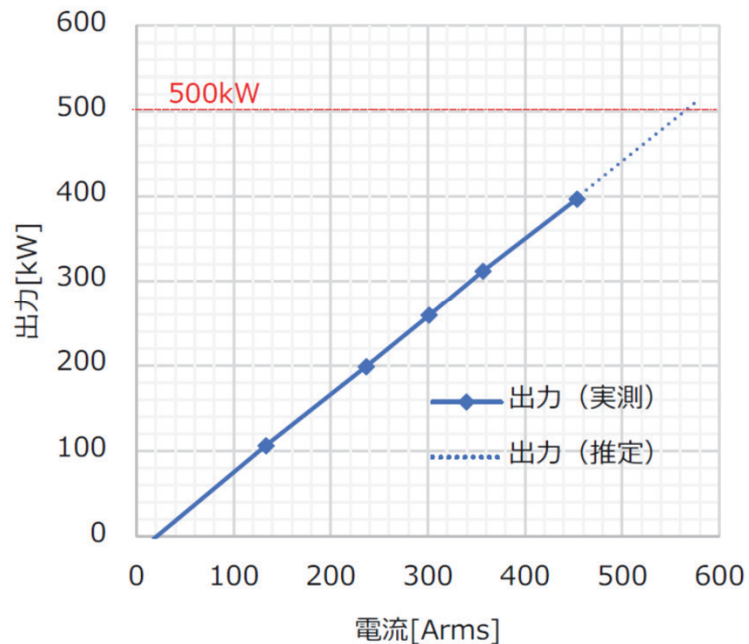
当該M/Gの運転可能領域と試験運用点



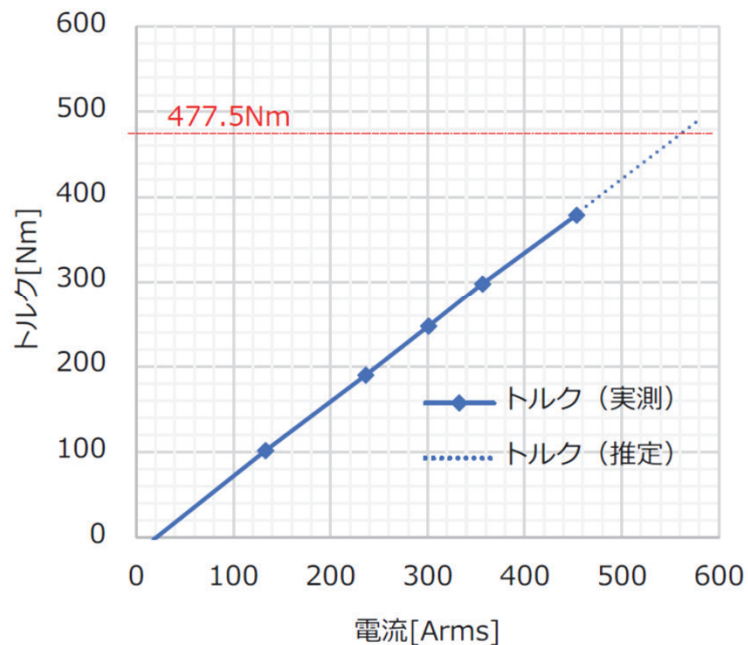
駆動系 M/G (3/4)

○駆動性能(2/2)

10000rpm 電流×出力



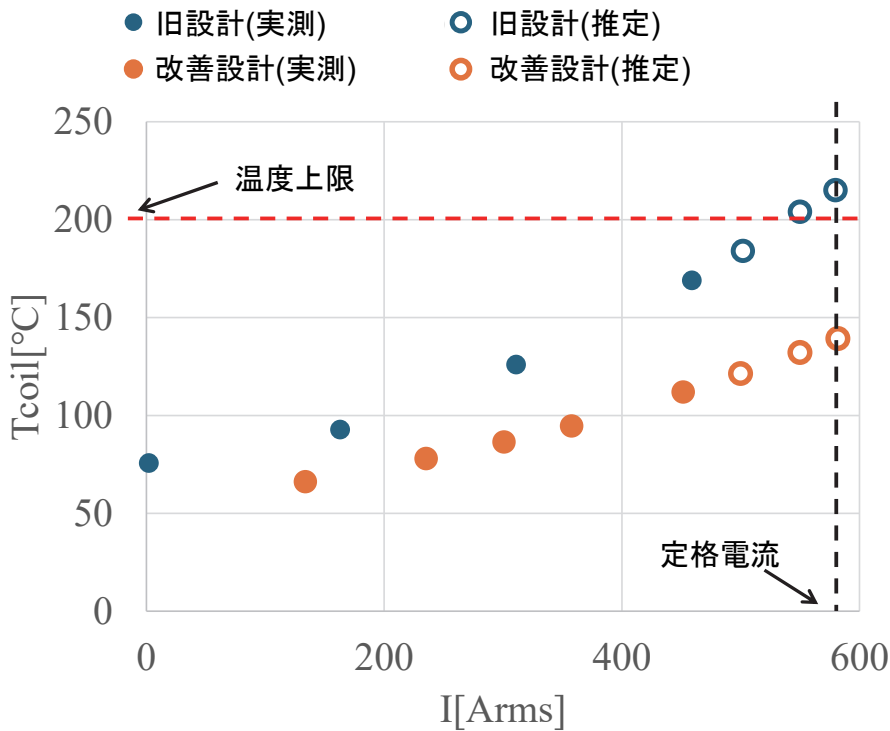
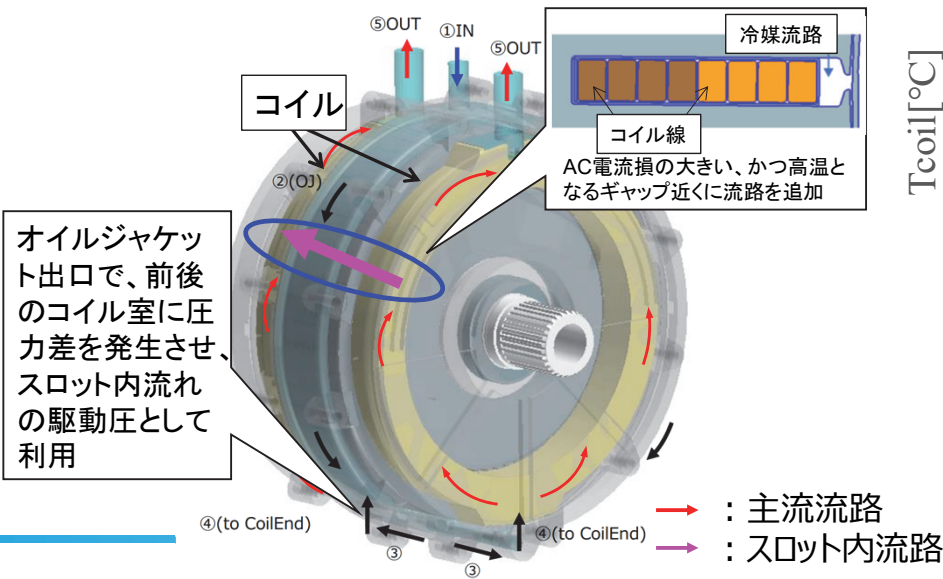
10000rpm 電流×トルク



駆動系 M/G (4/4)

○冷却

- ・外周部オイルジャケット及びコイルエンドのみの直接油冷では、コイル温度が許容値を超過する見込み。
- ・そこで、最も高温になるエアギャップ近くのコイルスロットに冷媒流路を設置することで、許容値以下にコイル温度を抑制できる見通しが得られた。



- 1.背景
- 2.設備概要とサブシステム仕様
- 3.駆動系性能
- 4.運転方式
- 5.今後の展望

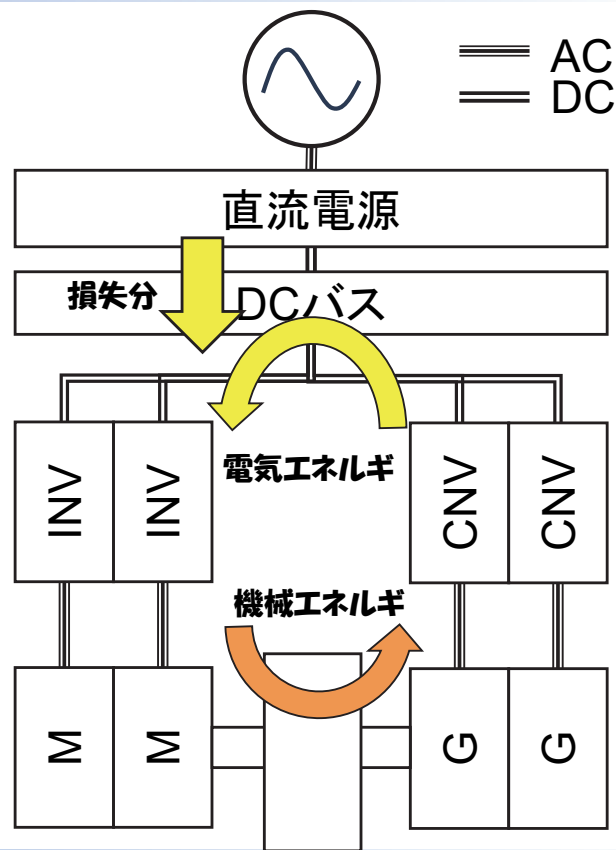
運転方式(1 / 2)

○Back to Back(B2B) 方式:

- 試験系の中に力行と回生要素が混在する場合に、回生要素(G, CNV)に投入されたエネルギーを、力行要素(M, INV)への供給エネルギーの一部として利用し、**試験系の中でエネルギーを循環させる**方式。

- この方式では電源系は、各要素の損失分の電力を供給すればよいから、**設備容量に対し電源容量を大幅に低減できる**。

※本設備では、電気エネルギーを直流部において循環させている。



運転方式(2/2)

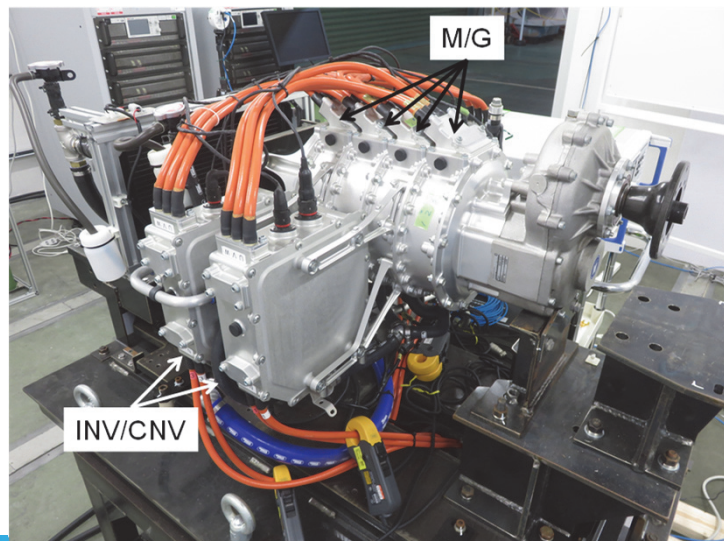
OB2B方式のフィージビリティ確認

- 20kW級M/Gを複数用いた実証を実施。
- 2台ずつのM/Gに対し、最大10kW程度の電力が循環し、 $P_{dc1}+P_{dc2} \div P_{dc3}+P_{dc4}+P_{dc}$ が成立している。

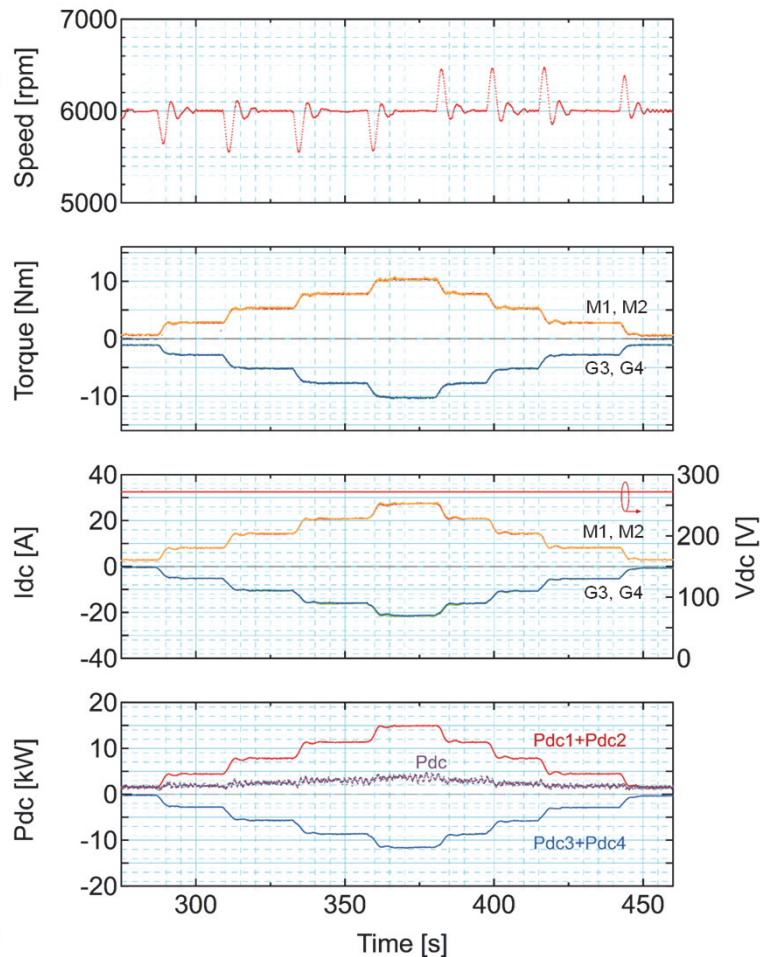
M側電力

G側電力

直流電源供給電力



確認試験に用いたM/G及びINV/CNV

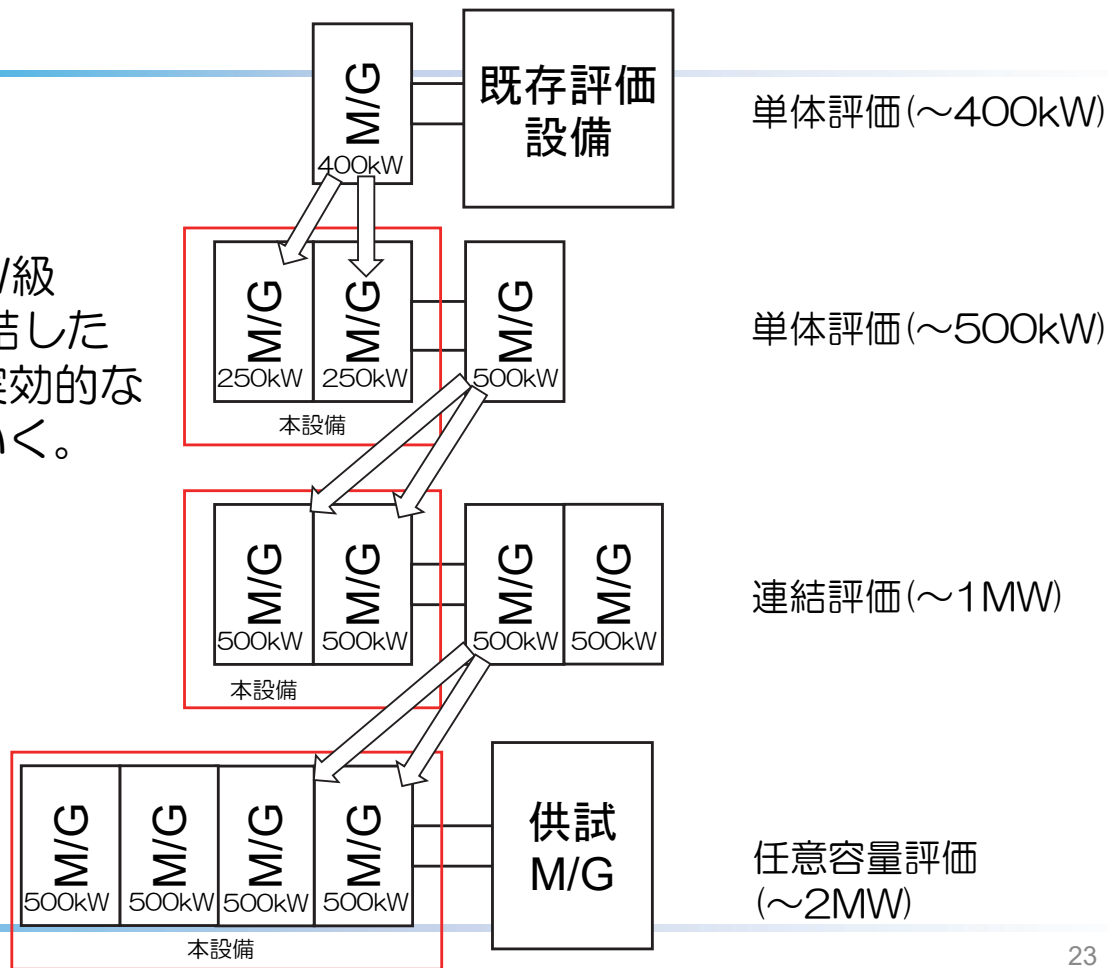


- 1.背景
- 2.設備概要とサブシステム仕様
- 3.駆動系性能
- 4.運転方式
- 5.今後の展望

設備容量増強ステップ

○Building Block方式:

M/Gの基礎単位となる500kW級PMSMを機軸に、駆動系を連結した形態で出力評価を繰り返し、実効的な設備定格容量の検証を進めていく。



任意容量評価
(～2MW)

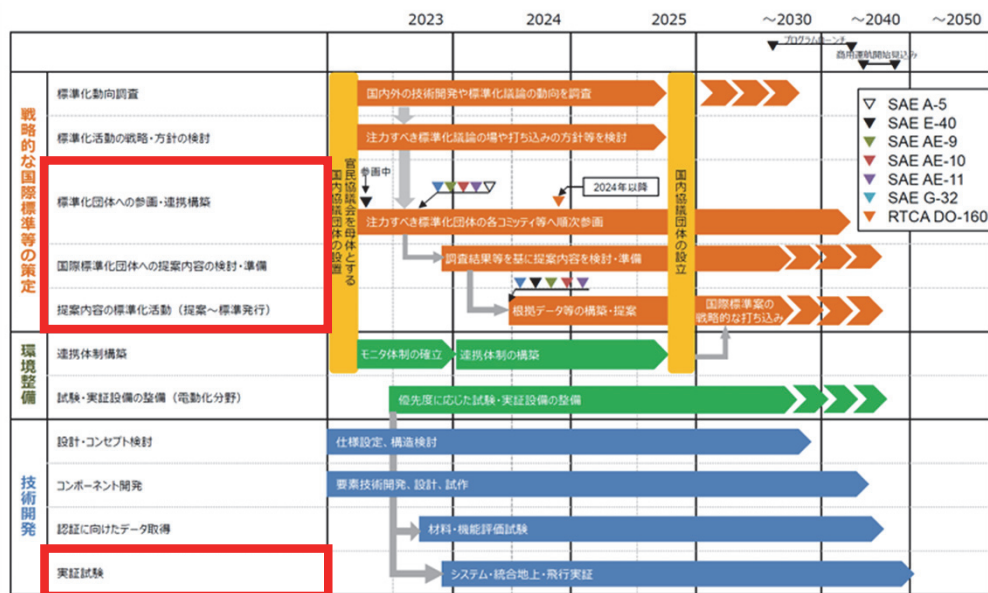
今後の運用

○現在、M/G1対1構成における負荷運転試験を開始。

○今後は、FY2026に1MW出力実証、FY2027にその結果を基にした高高度環境運転実証を予定。

○本設備は上記MEGAWATTプロジェクトの実証試験に加え、国際標準への提案さらには、電動推進系コンポーネントの認証に資するデータの取得に活用できるよう、整備を進める。

航空機の脱炭素化に向けた新技術官民協議会 - 国土交通省



まとめ

1. MEGAWATTプロジェクトの一環として、JAXAにおいて設備容量2MWの航空機用電動推進系性能試験設備を構築している。
2. 現在熱的健全性及びB2B運転方式のフィージビリティの見通しを得て負荷運転を実施しており、FY2026に1 MW出力の実証運転を予定している。
3. 今後は、当該設備をプロジェクトの完遂に活用すると共に、国際標準活動、認証取得に役立てるべく整備を進める。