

第6回ECLAIRオープンフォーラム ハイブリッド電動推進適用に向けたMW級エンジン内蔵発電機の開発

IHI

Original Issue : Oct. 24th, 2023

株式会社IHI
航空・宇宙・防衛事業領域 技術開発センター
制御技術部 エレクトリフィケーショングループ
主査 蛭間 厚

CAUTION

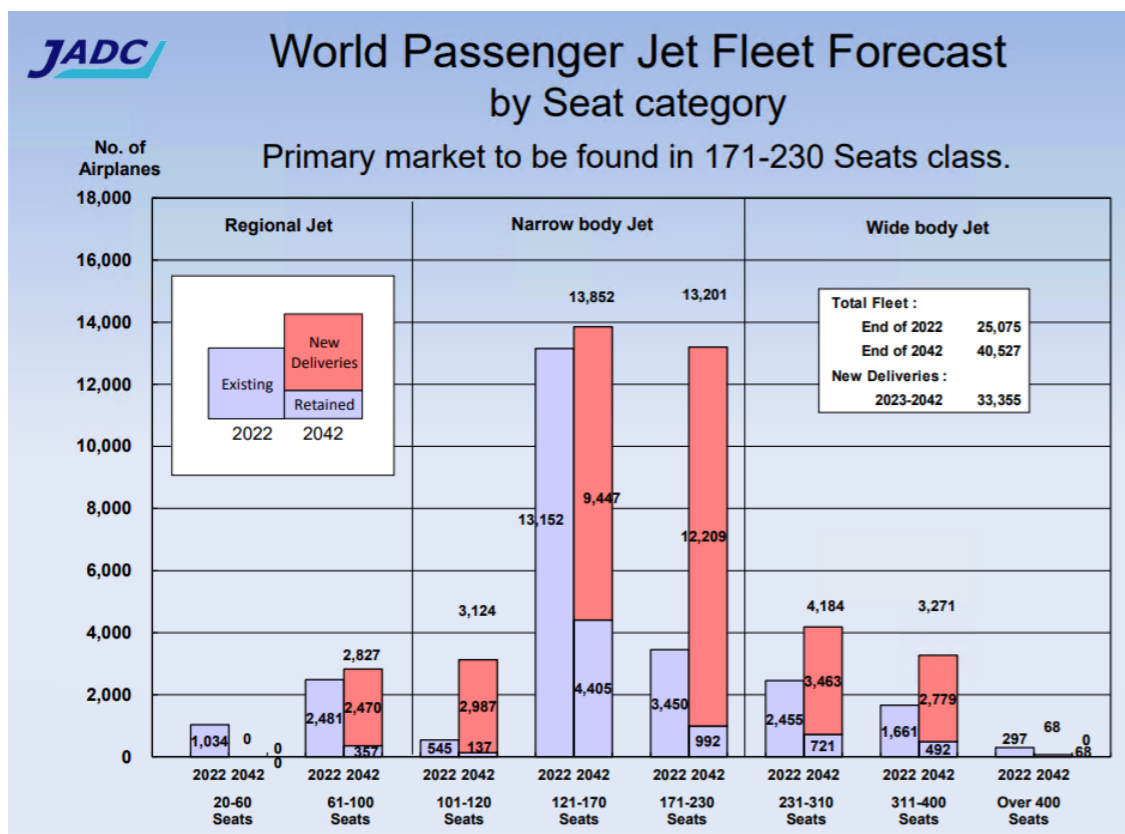
The document always requires prior written consent of IHI for
(1) Its reproduction by any means,
(2) Its use for any purpose other than those for which it is supplied.

Agenda

- 1.背景
- 2.エンジンのエネルギー効率視点で考える電動化
- 3.IHI電動化コンセプト
- 4.発電機の技術課題
- 5.発電機の開発計画
- 6.まとめ

1. 背景

- 2050年 Net Zeroに向けて各方面で方針が検討されている。
- 機体としてはSingle Aisleが最も多いと予想されており、ビジネスとしてSingle Aisle機体サイズにおける燃料消費量改善を考えることが、将来ビジネスに向けて最も重要であると考えます。
- IHIとしては、2030年代 Single Aisle機体における燃料消費量削減の検討を進めている。



出典 : http://www.jadc.jp/files/topics/184_ext_01_en_0.pdf



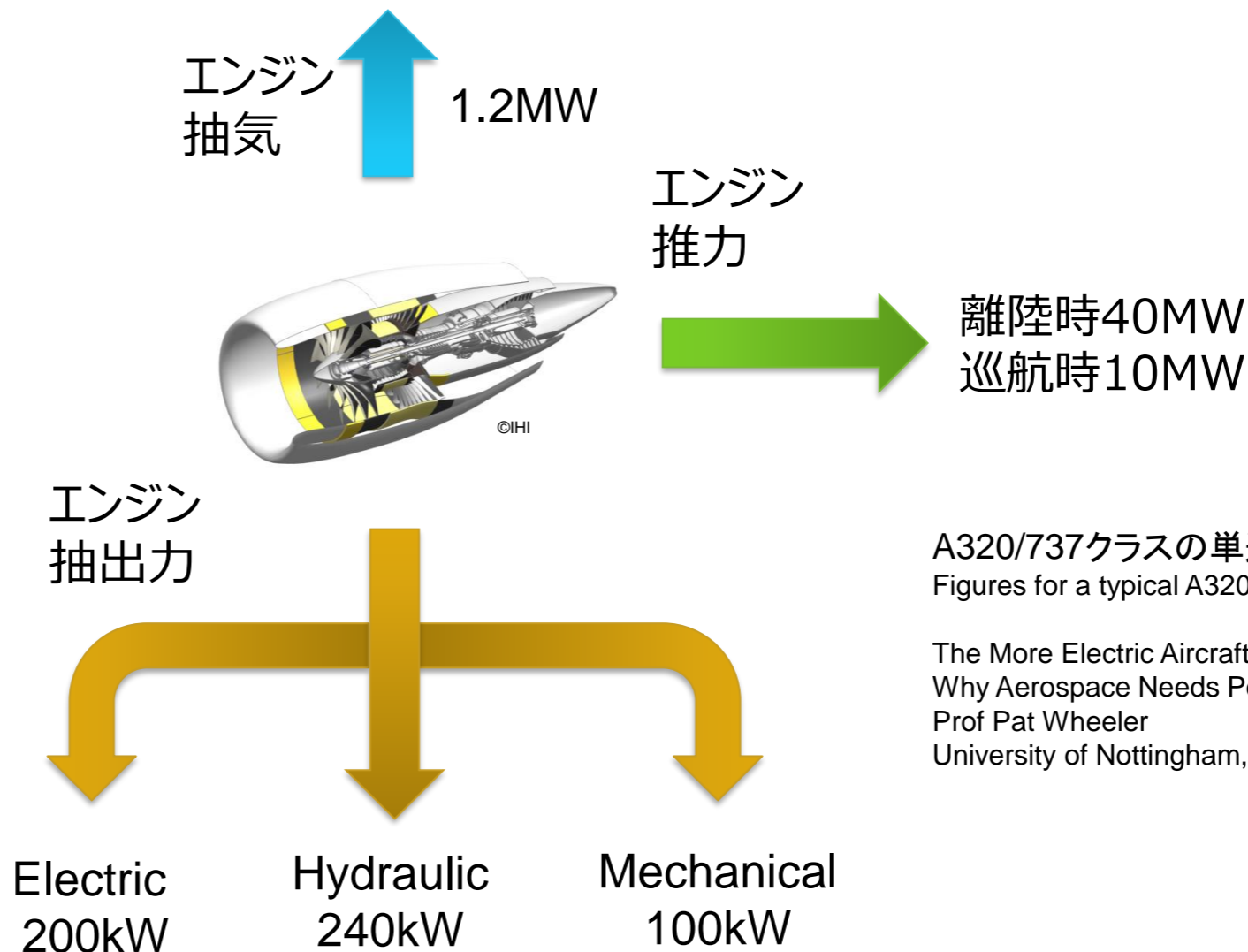
2. エンジンのエネルギー効率視点で考える電動化

- 航空機ジェットエンジンは、推力以外に抽気・抽出力が求められており、Single Aisleクラスを想定すると巡航時では推進動力に対して～17%を抽気・抽出力として使用している。

- 既存単通路機における抽気・抽出力
≒1.7MW

離陸時のエンジン
推力動力に対し
～4%

巡航時のエンジン
推進動力に対し
～17%



A320/737クラスの単通路機を想定
Figures for a typical A320/737 size aircraft

The More Electric Aircraft
Why Aerospace Needs Power Electronics?
Prof Pat Wheeler
University of Nottingham, Nottingham, UK

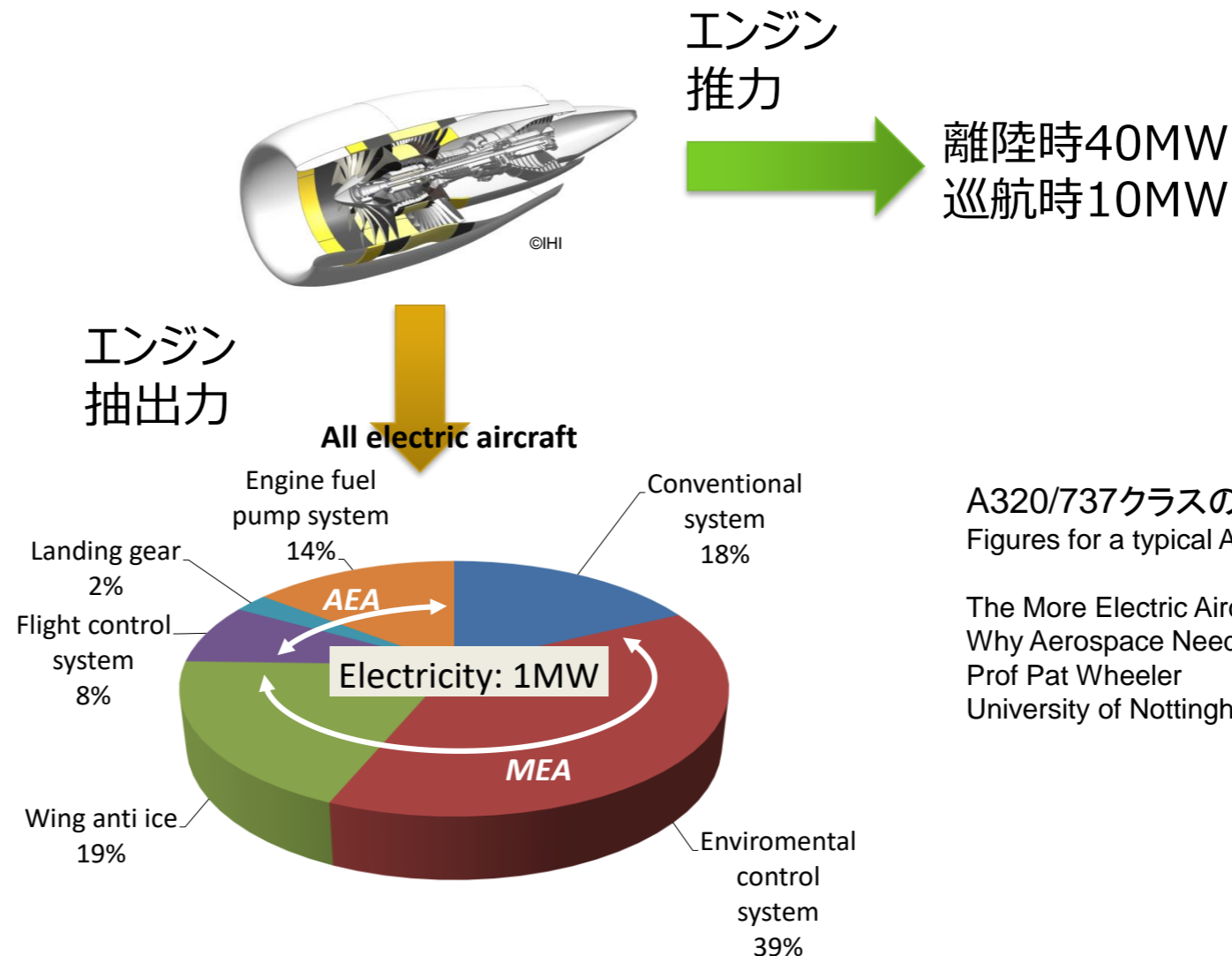
2. エンジンのエネルギー効率視点で考える電動化

- 抽気や油圧，機械による抽出力は伝達効率が悪いから、これらをすべて電動化するだけで，Single Aisle 巡航時でおおよそ7%の出力削減が見込まれる

システム全電動化で、
0.7MWの抽出力削減

⇒

巡航時のエンジン
推進動力に対し
~7%の出力削減

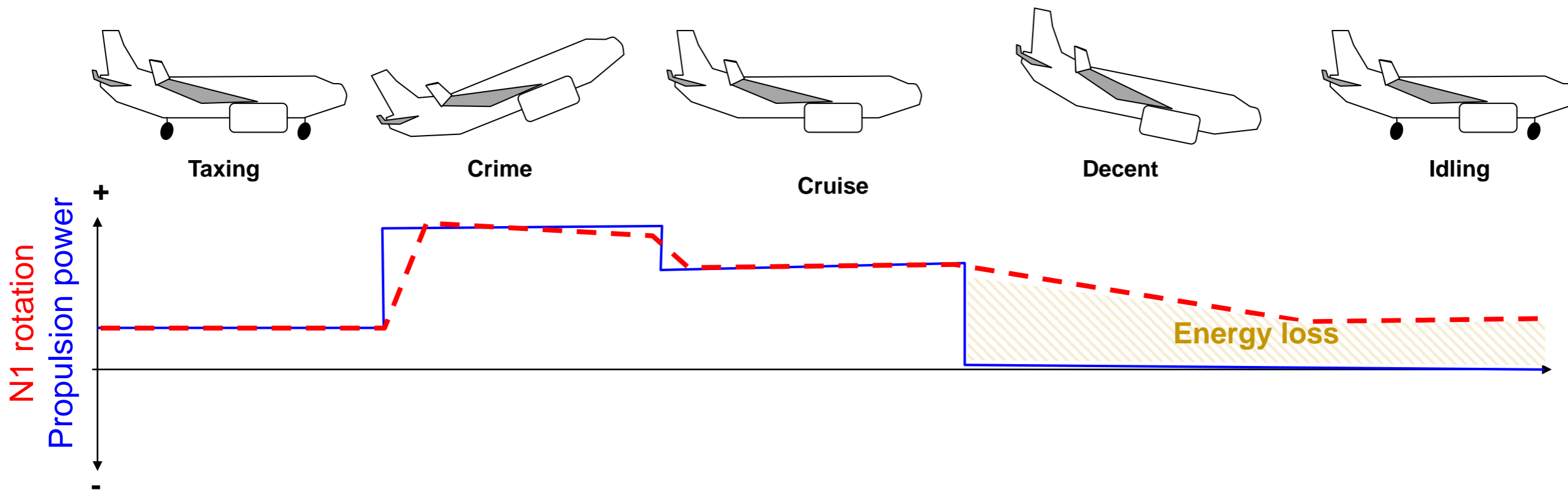


A320/737クラスの単通路機を想定
Figures for a typical A320/737 size aircraft

The More Electric Aircraft
Why Aerospace Needs Power Electronics?
Prof Pat Wheeler
University of Nottingham, Nottingham, UK

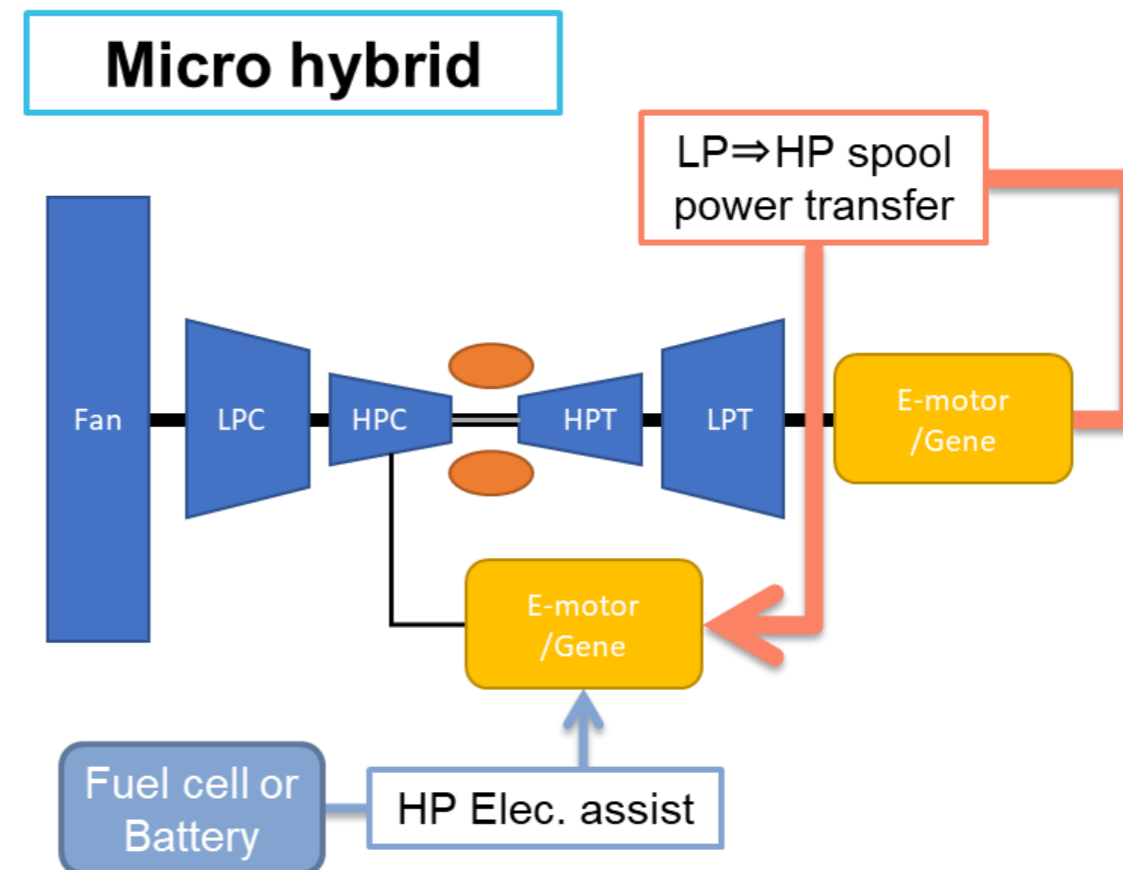
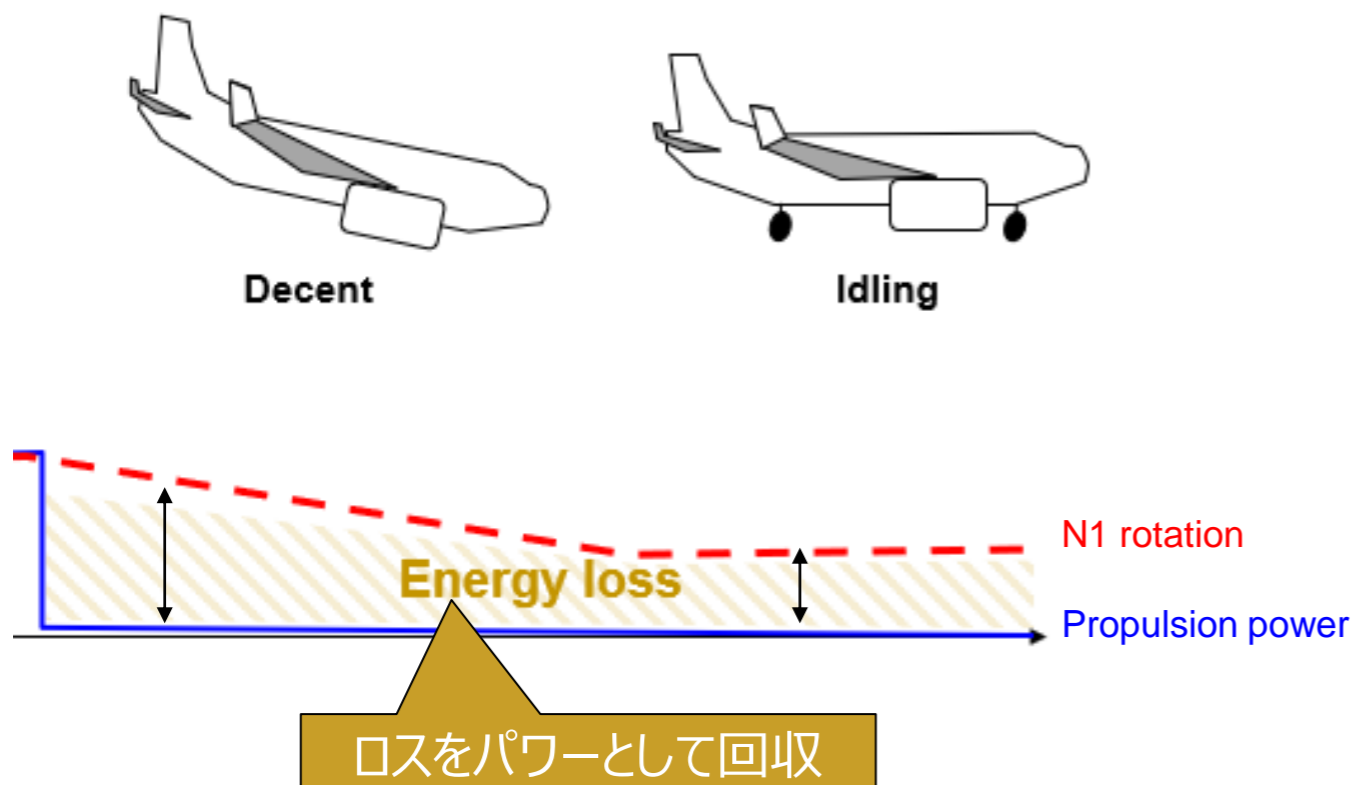
2. エンジンのエネルギー効率視点で考える電動化

- また、アイドル状態では推力に使われないエンジンが回転しており無駄なエネルギーロスがある。



2. エンジンのエネルギー効率視点で考える電動化

- さらに、アイドル領域ではMEA要求電力以上に発電が出来れば、残ったエネルギーをエンジン推進に充てることもできる。



3. IHI電動化コンセプト

- IHIの強みを生かして全電動化とエンジンの無駄なエネルギー回収（LP軸回収）を実現するために、以下の電動化技術を開発している

<Key word> 電動化 & LP軸エネルギー回収

- Fuel cooling & Energy recovery ECS
- High power density electric turbo compressor (ETC)
- Fuel cooled air cooler
- Eliminate liquid-cooling
- High power density electric blower
- High heat exchange rate heatsink
- High power density motor
- High flow rate & High-pressure ratio

空調燃料排熱システム *1

Thermal Management
by air and fuel cooling

パワエレ空冷システム *2

Air-Cooling System
for power electronics

空気供給システム

for on-board FC System

エンジン内蔵発電機 *3

MW class Generator
(direct mount on LP spool)

電動燃料システム *4

Fuel-feeding System
(electric motor driven)

- Direct mount on LP spool
- High heat resistant insulation coating
- High power density

*1: RHEA : Ram air Heat Exchanger Abolished by fuel cooling integration

*2: AACs : Autonomous Air-Cooling System

*3: E3M : Engine Embedded Electric Machine

*4: MIFEE : Metering-integrated fuel-feeding electrification

4. 発電機の技術課題

- E3Mは、電動化の要求を考慮し1MWの発電能力が必要であり、加えて、現行機体の踏襲とLP軸エネルギー回収を考慮してテールコーンへの配置を前提とする。
=> 詳細は次ページから説明

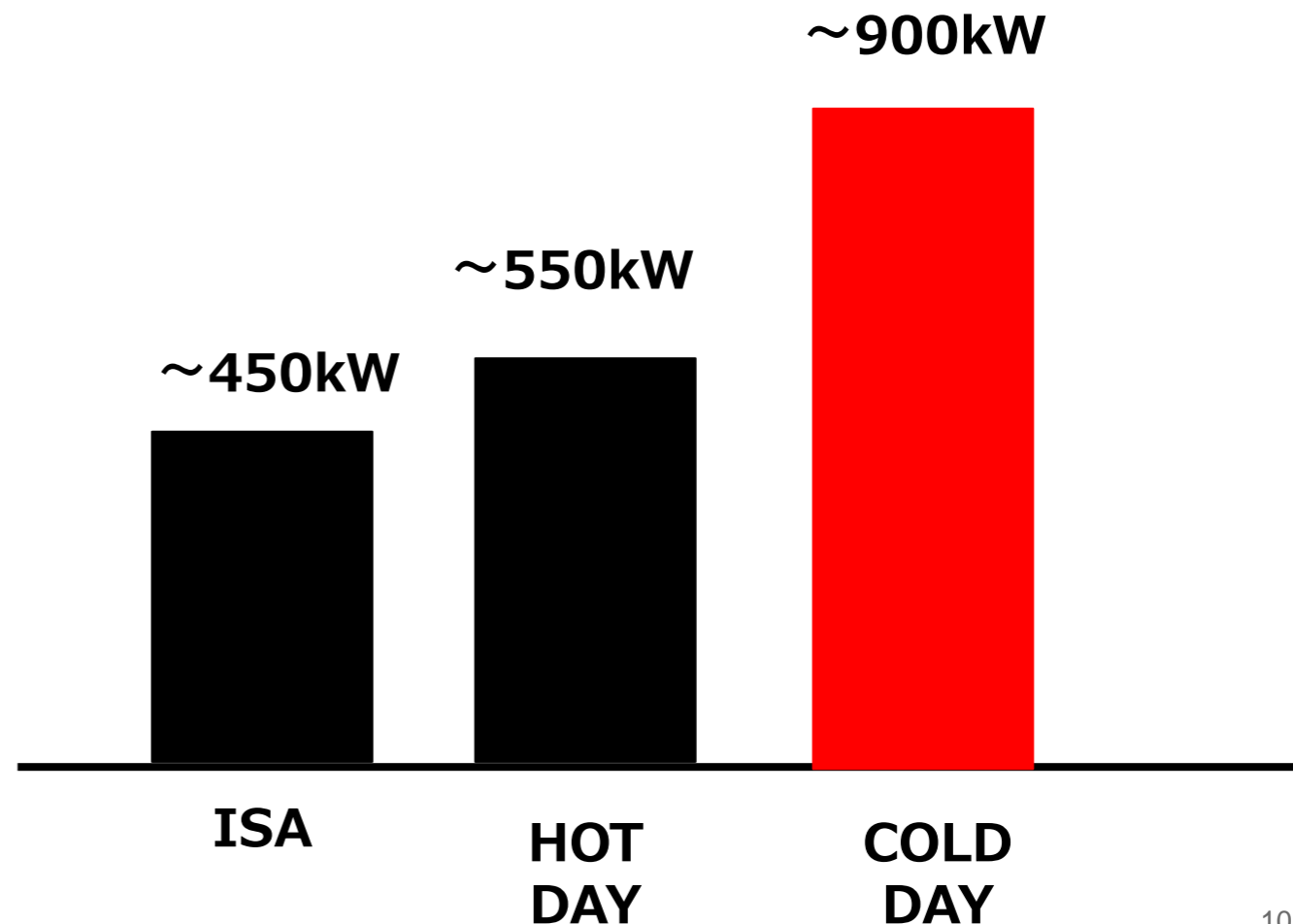
Key Word	E3M Concept	E3M Technical issues
電動化	出力 1MW	高出力1MW & 高耐熱技術の両立
LP軸エネルギー回収	テールコーン配置	

4. 発電機の技術課題 --- 要求出力

- Single Aisleの全電動化を考慮すると、～900Wの電力供給が必要。1MWあれば十分許容できる。



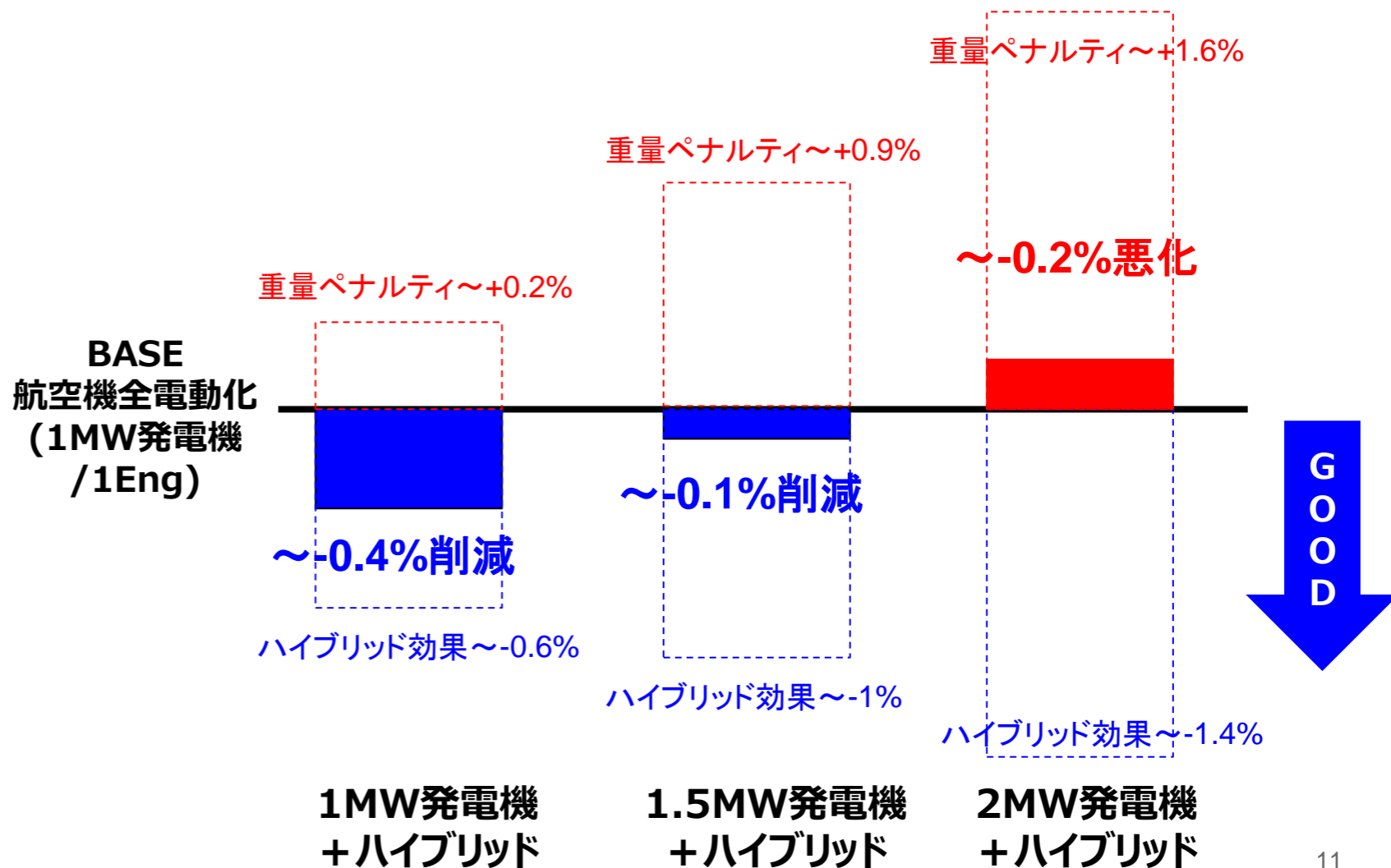
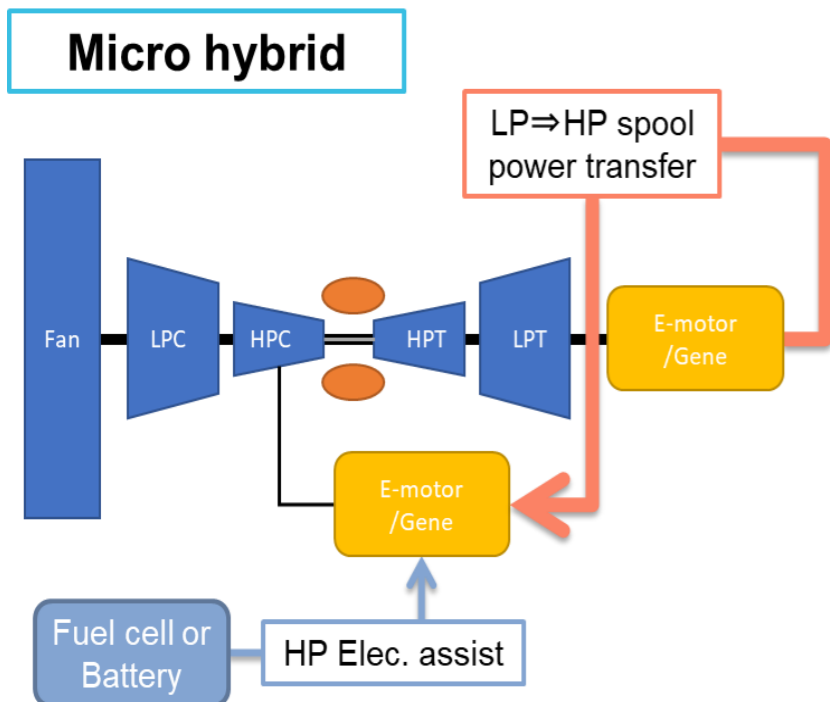
Single Aisleで機体電動化した場合の最大要求電力
(フライトパターンごと)



4. 発電機の技術課題 --- 要求出力

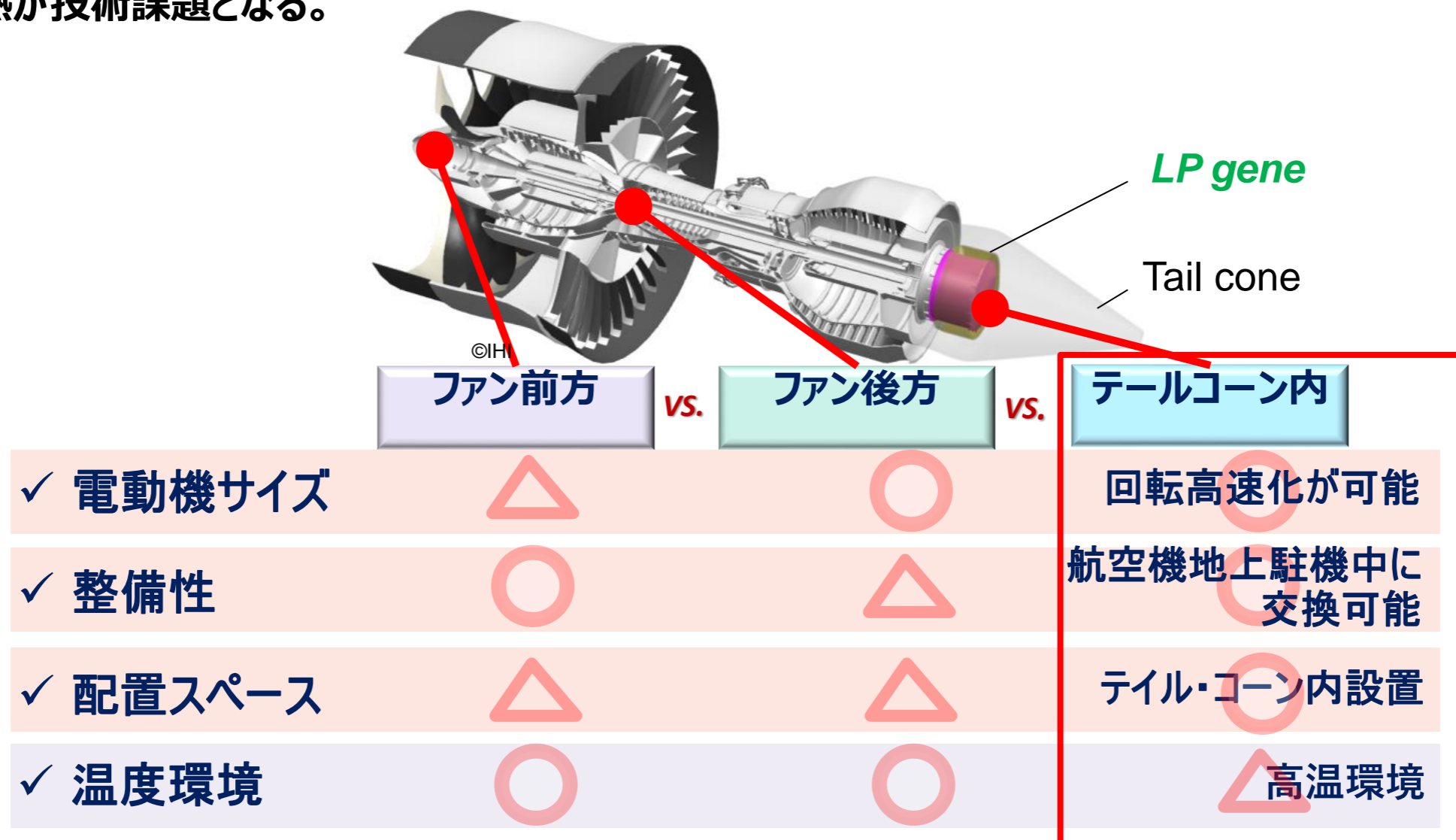
- ハイブリッド効果について、1MW以上になると重量ペナルティの影響で効果がなくなる。よって1MWが最適なサイズである。

Single Aisleで機体電動化+ハイブリッドにおける燃料消費量削減効果%



4. 発電機の技術課題 --- 配置

- LP軸直結と既存機体の活用を考慮すると、テールコーンへの配置が最適。ただしその際の技術課題として、高耐熱が技術課題となる。



4. 発電機の技術課題 --- 耐熱技術

- 電動機に適用可能な300℃耐熱絶縁被膜の開発を進めている
 - 高負荷時発熱に対応可能
 - 高効率化のための複雑形状巻線への塗装技術
 - エンジンオイル、コンタミ、熱サイクルに対応可能

特徴

- 出力容量：1MW@8,400rpm

➤ 高耐熱絶縁性

- ✓ 高負荷時発熱に対応可能
- ✓ 高効率化のための複雑形状巻線への塗装技

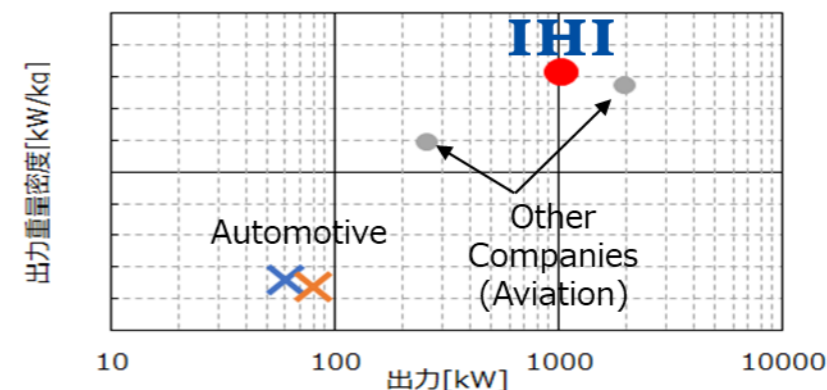


	耐熱性
E3M	300℃
EV用	~200℃
一般用	100~200℃

IHI 技報 Vol.57 No.4 (2017)
「航空機・エンジン電動化システムの技術開発」, 大依他

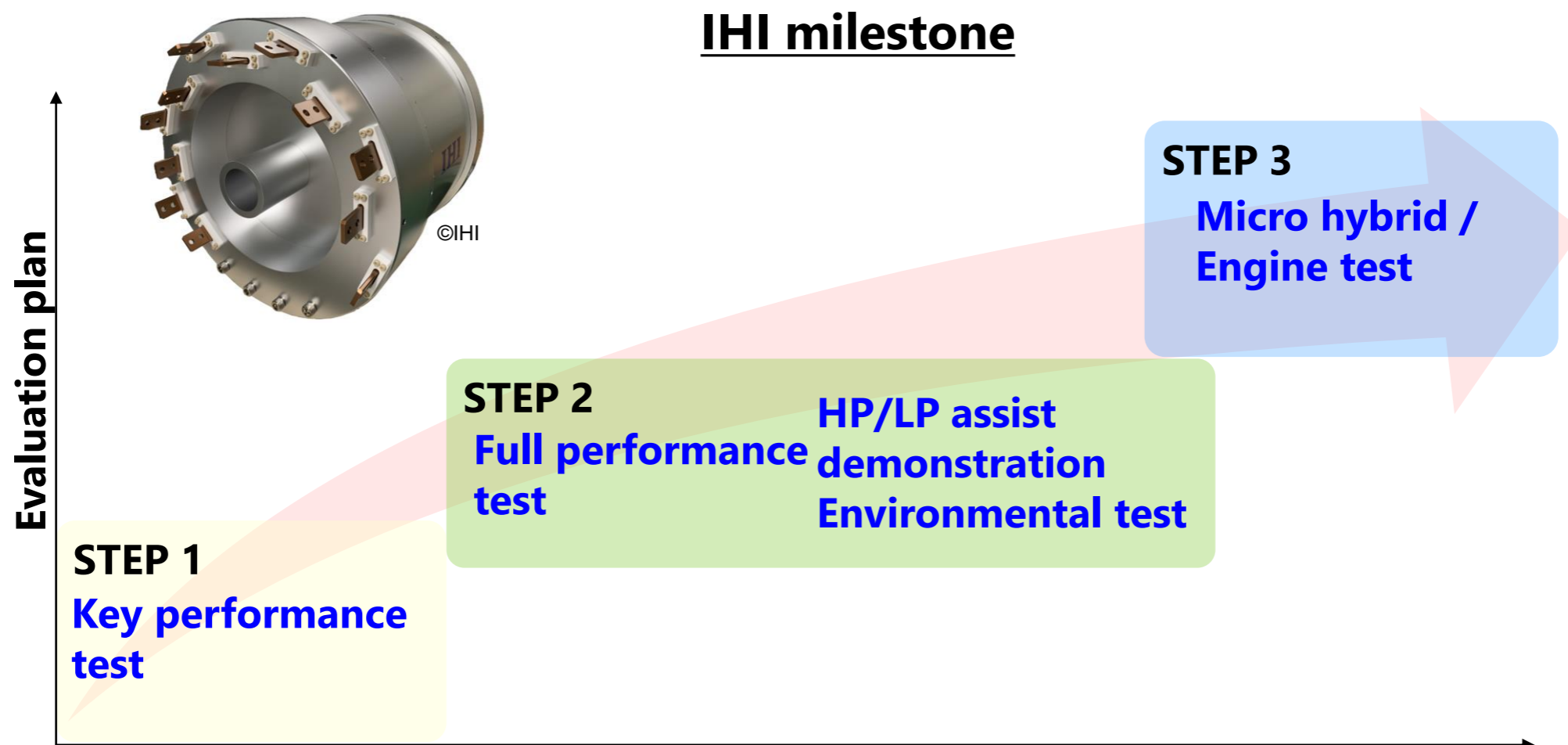
➤ 高出力密度

- ✓ EV用途の**5倍の出力密度**
- ✓ 航空用途でも**世界トップクラス**



5. 発電機の開発計画

- 発電機の開発は、2030 年代半ば頃の EIS に向けて、以下のマイルストーンに沿って進めている。



6. まとめ

- 航空業界は“Fly Net-Zero”に向けて各方面で技術開発が進められている中、特に需要が多く見込まれているSingle Aisleクラスにおける燃料消費量改善技術が最も重要となる。
- IHI はエンジンOEMとして独自の視点から航空機電動化システム、及び、ハイブリッド推進システムを提案している。
- IHI提案の電動化・ハイブリッド推進システムにおけるキー技術である発電機について、部品設計～試作まで完了し各種試験に移行している。今後は、JAXA殿含め外部と連携することで航空機搭載に向けた開発を加速する。

【謝辞】

- 本稿の成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務JPNP15005の結果得られたものである。

IHI
Realize your dreams