

Digitalization を活用した最新技術について ～ 脱炭素社会に向けて! ～



特集 2

三菱重工フォークリフト&エンジン・ターボホールディングス株式会社
代表取締役社長 前川 篤 氏

三菱重工フォークリフト&エンジン・ターボホールディングス株式会社 (Mitsubishi Heavy Industries Forklift, Engine & Turbocharger Holdings, Ltd.・略称・M-FET) の前川です。

私は 1976 年に三菱重工業株式会社 (以下、三菱重工) に入社し、長年、大型発電を中心とするエネルギー事業に携わってきましたが、2011 年から、三菱重工のなかでは少し異質の「中規模な量産品事業」の責任者となりました。2016 年には M-FET を設立し、名前のとおり、フォークリフト、エンジン・エネルギー、ターボチャージャーの事業をまとめています。また、2014 年から国家プロジェクト TRAFAM (Technology Research Association for Future Additive Manufacturing) の理事長を務めています。

本日は発電分野、輸送分野などの経験も踏まえ、脱炭素社会に向けて Digitalization を活用した最新技術の一端を紹介します。

1. はじめに

脱炭素 (De-Carbonization) 社会への取り組みでは、従来の既存技術だけでは対応できぬ状況になっており、Digitalization が不可欠の時代となってきました。ここで言う Digitalization とは IoT, AI, Image Processing, Voice Cognition, AM (Additive Manufacturing), Robotics 等のデジタル技術です (図 1)。

発電では再生エネルギー、原子力、水素活用、CO₂・貯蔵がありますが、洋上風車、太陽光、水素焼きガスタービン、SOFC、CCS/EOR を、輸送では自動運転、電動化、燃料電池、交通システムを議論します。そして最後に AM の最新状況を説明します (図 2)。

将来の De-Carbonization 時代の電力と水素は、機械だけでなく情報も含めて密接に連結されるものと考えられます (図 3)。



図 1. Digitalization を活用した De-Carbonization への対応



図 2. 各産業分野における CO₂ 削減動向



講師 前川 篤 氏

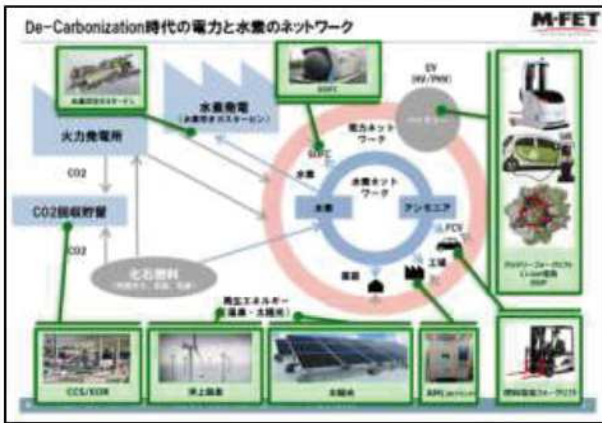


図3. De-Carbonization時代の電力と水素のネットワーク

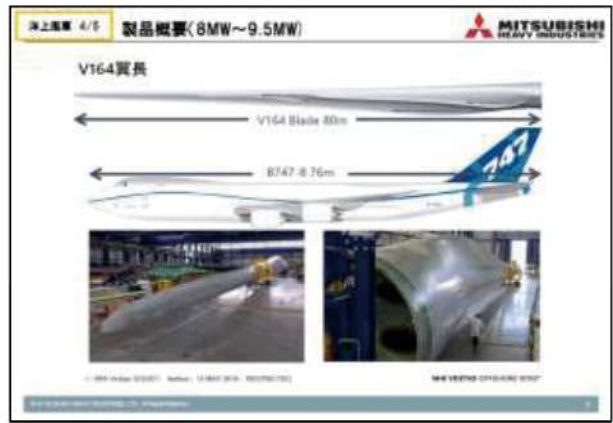


図5. 洋上風車2 製品概要 (8MW ~ 9.5MW)

2. 発電

2-1 洋上風車

三菱重工は、デンマークの Vestas Wind Systems A/S と洋上風力発電設備合弁会社である Mitsubishi Vestas Offshore Wind A/S (以下、MVOW) を設立し、お互いのシナジー効果を発揮して、新たなグローバル・リーダーを目指しています。

洋上風車の発電容量は、数年前の1MWから8～9.5MWの時代へと大きく変わってきました。この大容量の実現には長翼製造技術の進歩が貢献しています。風車の主翼はボーイング747の全長とほぼ同じ長さの80mであり、直径は164mとなります。MVOWはこの主翼を、2011年に建設した英国南にあるワイト島の生産工場で製造しています。

洋上風車では夜・昼の区別なく発電できるため、余剰電力が発生します。これを利用して「Power to Gas」、即ち、余剰電力から水素に代表されるガスを製造し、脱炭素社会をサポートしています。(図4・5・6)



図6. 洋上風車工場@英国ワイト島

2-2 水素焼きガスタービン

日本の主な1次エネルギーの変換先は電力が全体の43%を占めており、この電力分野におけるCO₂削減は非常に大きな効果があります。現在は天然ガスを燃料としたガスタービン・コンバインド発電が主流ですが、このガスタービンの燃料に水素を使うことができれば、大量の水素消費、大量の水素生産につながり、エネルギー・サイクルを抜本的に変革できる可能性があります。



図4. 洋上風車1 製品概要 (8MW ~ 9.5MW)

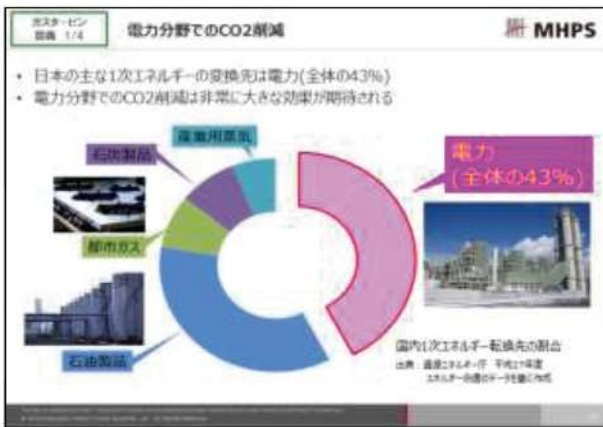


図7. 電力分野でのCO₂の削減

三菱日立パワーシステムズ株式会社 (以下、MHPS) では、大型高効率ガスタービンで水素30%混焼試験を行い、本年1月に成功させました。これにより、天然ガス焚きに比べて10%のCO₂排出量低減を達成したことになります。

例えば500MW規模の発電プラントで20%の水素混焼を行えば、燃料電池自動車10～13万台相当の大きなインパクトがあります。しかしながら、水素は燃焼速度が速く、通常の燃焼方式では逆火(フラッシュバック)が発生しやすいため、水素専焼(100%水素)を達成するには逆火を抑制する特別構造の燃焼器開発を行う必要があります。



図8. 水素30%混焼試験に成功



図9. NEDO水素混焼/専焼事業

また、MHPSはオランダで天然ガス焚きガスタービン・コンバインド発電における水素焚き転換プロジェクトに参画しています。これは出力1,320MW(3系列)のNUON発電所のうち、1系列を2013年までに100%水素焚きに切り替えるというものです。これが成功すれば、水素社会の実現に向けて大きく前進し、製造、輸送・貯蔵、利用のサプライチェーンの構築、導入が必要となります。



図10. オランダNuon水素焚き転換プロジェクト

2-3 SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)

九州大学伊都キャンパスをはじめとして、250KWのSOFCをコアとしたハイブリッド発電の実証が開始されました。SOFCにマイクロガスタービンをボトムングとしたハイブリッドシステムです。非常にコンパクトにまとめられたものであり、累積発電時間も9,500時間を超えています。

今後、SOFCを更に大容量化し、ガスタービン・コンバインドと組み合わせたトリプルコンバインドにより、発電効率70%を目指す研究もなされてい

ます。



図 11. 250Kw ハイブリッド実証機 (九州大学伊都キャンパス)

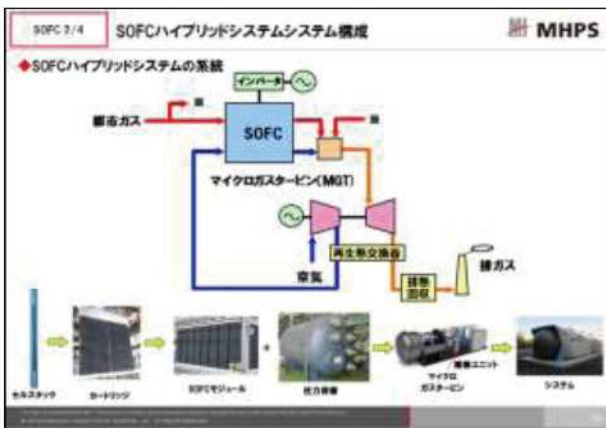


図 12. SOFC (Solid Oxide Fuel-Cell) ハイブリッドシステム構成

2-4 CCS・EOR

脱炭素社会に向けて非常に重要な役割を果たす CCS (CO₂ Capture & Storage), EOR (Enhancement Oil Recovery) を紹介します。

米国テキサスにある Petra Nova プロジェクトは、日米の業界プレイヤー及び米国エネルギー省 (United States Department of Energy - DOE), 日本の国際協力銀行 (Japan Bank for International Cooperation - JBIC) の支援を受け、世界最大の CO₂ 回収設備 (4,776 t/日) により、EOR を実現したものです。

まず、発電会社 NRG Energy が運営する石炭焼き発電所の排出ガスから三菱重工の CO₂ 回収技術により CO₂ を回収。更に JX 石油開発により回収された CO₂ を、枯渇されたと言われる油田に圧入し、乳化された CO₂ により、岩盤の隙間などに残っている油を回収するという、画期的なシステムです。

2016 年より商業運転を開始し、成果を上げており、昨年 4 月に完成式典が行われ大きな反響を呼びました。まさに「CO₂ 回収」と「エネルギー回収」を先進技術で達成したものです。



図 13. 三菱重工の CO₂ 回収技術

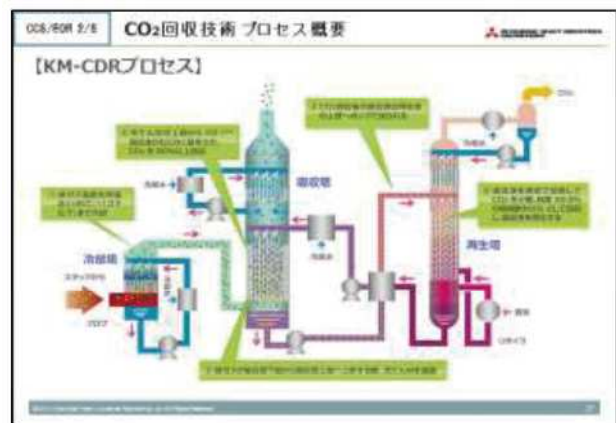


図 14. CO₂ 回収技術プロセス概要



図 15. Petra Nova プロジェクト (世界最大の CO₂ 回収プラント)



図16. Petra Nova プロジェクト完成式典 (2017年4月13日)



図18. 遠隔管理システム

2-5 トリプルハイブリッド発電

最近、デマンドレスポンス対応としてLi電池の積極利用とともにDigitalizationを用いて発電の安定稼働をサポートする遠隔監視システムが登場しました。具体的には太陽光 (PV) + Li電池 + ガスエンジン (レシプロ) を組み合わせたトリプルハイブリッド発電が建設されています。

これらは現状システムの強みをうまく生かしたものであり、「再生エネルギーの活用 (PV)」、「迅速なデマンドレスポンス対応 (Li電池)」、「安定運転 (ガスエンジン)」を行うものです。これらの設備には様々なセンサーを取り付けたIoT及び膨大なデータをAI機能を用いて処理し、安定稼働に貢献しています。

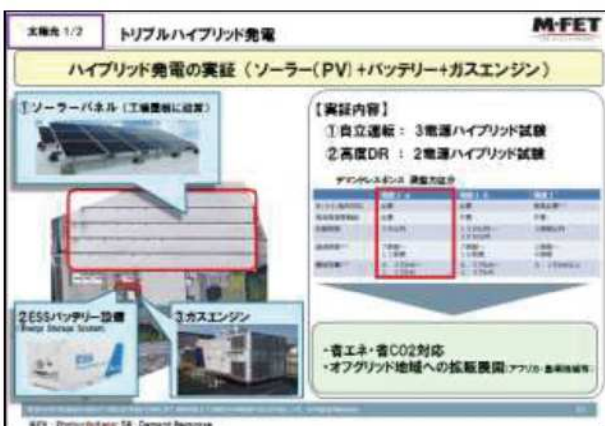


図17. トリプルハイブリッド発電

3. 輸送

3-1 電動化

最近、乗用車のEV化 (電動化) が誌上を賑わしているが、フォークリフトのEV化の実態は意外と知られていません。2017年度の乗用車のEV化は1%に過ぎませんが、フォークリフトは既に63%、即ちエンジン車は37%しかないのが現実です。これはフォークリフトでは「限定されたエリアのため、充電が容易であること」「限定された速度であること」「食品、製薬など環境衛生面」の利点から驚異的な比率となっています。従って、バッテリー材料の入手性、価格など多くの課題はあるものの、乗用車も60%程度は近いうちに達成すると予想されます。

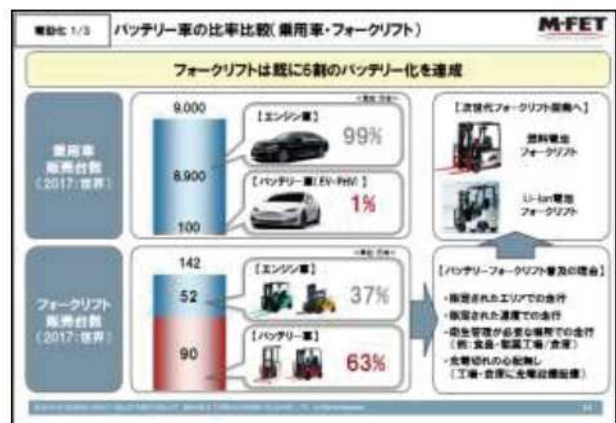


図19. バッテリー車の比率比較 (乗用車・フォークリフト)

最近のフォークリフトは鉛電池からLi電池に移行される傾向にあります。これは、充電時間が鉛電池では8時間、Li電池では1時間という短時間急速充電により連続稼働が可能になったことによります。

また、e-commerce による需要拡大に伴いフォークリフト運転手不足のため、AGF (Automated Guide Forklift) と呼ばれる無人機種へのニーズが非常に高まっています。特に、「Route Optimizer」と呼ばれるAI機能により最適運行ルートの自動選定、Image Processingを用いて衝突回避機能などを有するレーザー誘導型AGFが急拡大しています。



図20. Li-ion電池フォークリフト(2018年度市場投入予定機種)

サーが設置]、「フォークリフト運転手が自分で水素を充填」しています。ユーザーであるWAL-MARTから見た利点は「超短時間充電による稼働率向上」及び「クリーン化」にあります。鉛電池(8時間)、Li電池(1時間)に対して水素充填はわずか3分です。この魅力によりアメリカでは24時間稼働の配送センターを中心に適用が拡大しています。



図22. 環境問題への対応燃料電池フォークリフト



図21. 無人化・省人化ニーズへの対応

3-2 燃料電池活用

輸送分野において水素を用いた燃料電池活用は乗用車よりもフォークリフトが先行しています。日本でも積極的に水素活用すべく動いているものの、アメリカに大きく遅れをとっています。燃料電池フォークリフト(FC-FORK)は日本では2017年に100台程度であるが、アメリカでは既に16,500台が稼働しています。アメリカの大手スーパーマーケットの配送センターでは約300台のFC-FORKが24時間稼働しています。アメリカでは水素に対する法規制が緩和されており、「屋内に水素供給用ディスペン

3-3 GCCP (Global Common Communication & Control Platform)

最新の交通システムでは、車両、軌道、駅における人の動き、物の動きなど様々な情報をデジタル化して統合管理する必要があります。これには、電話、信号、カメラ、エレベータ、運行スケジュールなどを中央制御室の仮想サーバーでデジタル化、プラットフォーム化し、オペレーションの自動化、安全運航に貢献するものです。



図23. GCCP (Global Common Communication & Control Platform)

4. 工場・その他

4-1 AM (Additive Manufacturing) の最新情報

(1) TRAFAM

5年前まではアメリカ、ドイツが先行しており、日本は大きく出遅れていましたが、経産省主導で我が国のモノづくり産業の発展のため、次世代型産業用3Dプリンタと超精密3次元造形システムの技術開発を目的に、近畿大学、東北大学、産総研、企業27社の参画を得て、2014年にTRAFAMが設立されました。

TRAFAMの正式名称はTechnology Research Association for Future Additive manufacturingであり、日本語では「技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構」となります。

本年度が5ヶ年計画の最終年度となります。超精密3次元造形システム、レーザービーム方式及び電子ビーム方式の金属3Dプリンタとも頑張っており、やっと世界最先端レベルに到達したものと思います。一部は既に先行して市場投入しつつあります。

3Dプリンタは「装置本体」に加えて、「パウダー技術」「シミュレーションを含めた制御ソフト開発」が重要であります。これに伴い、日本のAM、3Dプリンタ技術をサポートするため、本年4月に村松氏（富士通株式会社出身）をリーダーとする「株式会社金属積層造形サポートシステム」を立ち上げました。クラウドの積層造形データとシミュレーションをサポートしますので、ご期待ください。

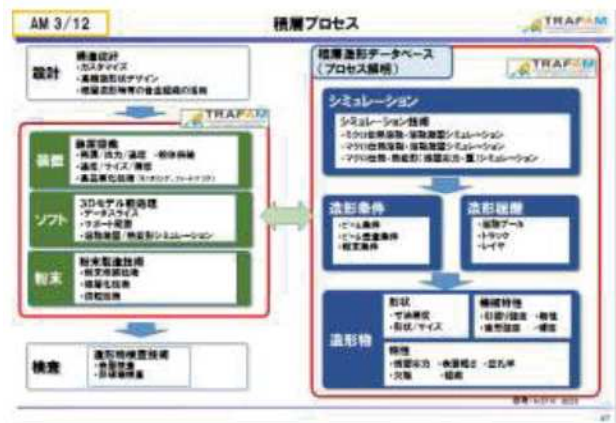


図25. TRAFAM 積層プロセス

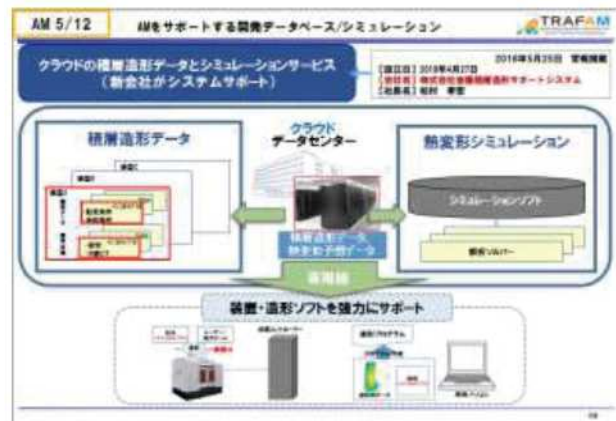


図26. AMをサポートする開発データベース/シミュレーション



図24. TRAFAM (次世代3D積層造形技術総合開発機構)

(2) 最近のAM先端状況

3Dプリンタも最近ではAMと呼ばれており、まさにTRAFAMの名前のとおり、Future Additive Manufacturingの時代となってきました。また、Connected Industriesの根幹であるDigitalization即ちIoT、AI、Image Processing（画像処理技術）、Voice Cognition（音声認識）に加えてAMが登場するようになってきました。

これにより、AMの役割も大きく変化しております。数年前まで、AMは製造・生産のイメージが強い時期でした。このため、TRAFAMでは「ひらめきを形に！設計が変わる新しいモノづくり」即ちAMは「設計・開発」を変えることを訴えてきました。

最近のAMは更に進化し、「設計・開発」から「経営の事業形態」まで変えるようになってきました。「No inventory」「No waste」「Digital Transportation」の3点です。

「No inventory」ではAMにより短時間で製造で

きるため、従来のサービス事業の予備品（スペアパーツ）が不要となり、経営負担となる在庫量を大きく低減でき、B/S（バランスシート）改善に役立ちます。

「No waste」ではAMではパウダーの有効利用により材料費用を大幅に節約できます。

「Digital Transportation」では従来は完成品を飛行機、船などで輸送しておりますが、AM機械をお客様の近傍に設置すれば、物の輸送が不要、即ちデジタル輸送となり、地産地消が実現します。まさに生産体系、輸送体系のdisruptive（破壊）となります。

以上のようにAMを含めたDigitalizationで世界が大きく変わりつつあり、皆さんもよく注視しておいてください。



図 27. 流れ生産から1個生産へ

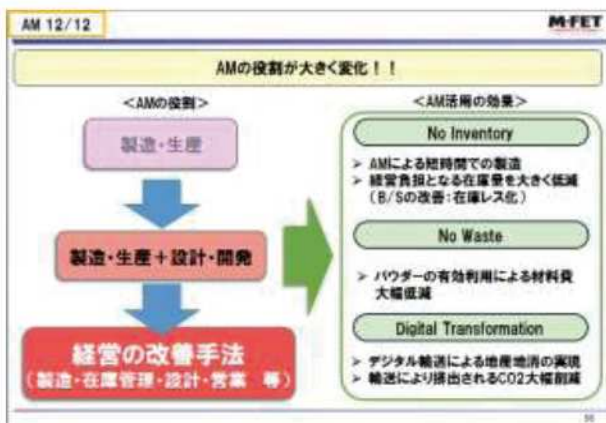


図 28. AM の役割が大きく変化

4-2 最新の海外情報

2015年から本年2018年まで毎年1月にDavos（スイス）で開催される世界経済フォーラムに参加しています。ここでは政治、経済、先進技術など多くのテーマが議論されますが、その一部を紹介しま

す。

Davos 会議ではテーマ毎のセッションとその合間をぬって海外リーダーとの個別面談（バイ・ミーティング）を行うため、4日間、ぎっしりの予定となります。

ここでも De-carbonization と Digitalization の話題は非常に多くなってきました。

2016年

“Stop to Think: Big Data VS Human Touch”

（ビッグデータを使えば、人の行動、心まで読めるか？）

2017年

“Ask About: 3D Bio-Printing”

“Strategic Update: The Future of Production”

2018年

“Creating a Shared Future in a Fractured World”

How can we build an inclusive future for all in a world that has become politically, economically and socially fragmented? (分断された世界で、分かち合う未来をどう作るか?)

“De-carbonizing”

De-carbonizing is quickly becoming the trend in the world economy (脱炭素は時代の流れ。)

“Governing advanced technologies”

How can we govern and control the risk factors of AI, IoT and 3D printing technologies?

Risk factors; Change in Production Systems, Employment, Cyber attacks, etc.

(AI, IoT, AMをどうコントロールするか? 放っておけば、サイバー攻撃のリスクに晒される。)



図 29. Davos Meeting (January. 2016, 2017)



図30. Davos Meeting (January, 2018)

5. さいごに

ここ数年、ビジネスが大きく変わり、変革が我々の組織の外から起こっています。

日経平均 225 社の総資産が 600 兆円に対して、シリコンバレーで代表される Google と Apple のたった 2 社だけで 200 兆円の時代です。この激しい流れの中でどう生きるべきか？ 悩ましい限りです。シリコンバレーを訪問すると「Sustainable Growth」ではなく、「Disruptive からの Growth」の現実があ

ります。我々技術者はものごとの本質を見極め、過去のしがらみを捨てて、新しい時代を築きたいものです。

最後になりますが、Amazon の Dr. Didascalou による IoT の定義が面白いので紹介します。IoT は単に「Internet of Things」ではなく、IoT = Intelligence of Cloud Orchestrating of Things と位置付けています。



図 31

