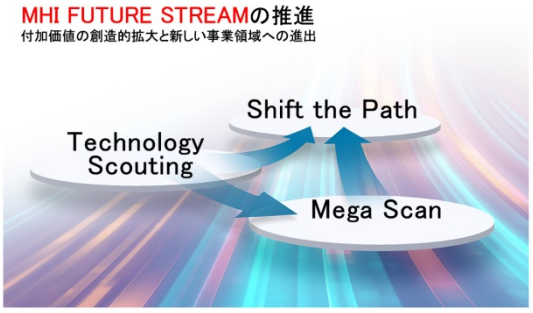
MHI FUTURE STREAM が描き出す当社グループの方向性

Future of Our Group Drawn from “MHI FUTURE STREAM”



秋山 陽 *1
Yo Akiyama

古屋 孝明 *2
Takaaki Furuya

三菱重工グループが，機械システムの提供を通じて，これからも社会・人に貢献し続けるためには，社会課題・人の価値観・技術革新等の急激な変化への対応力を備え，持続的に成長できる企業となる必要がある。

MHI FUTURE STREAM は，当社グループの事業を取り巻く政治・経済・社会・技術の変化について，中長期視点で俯瞰し，想定される複数シナリオに基づき，事業の向かうべき方向性を見いだす活動である。本報では，既報[(1)]で述べた MHI FUTURE STREAM を構成する3つの取組み，すなわち Mega Scan, Shift the Path, Technology Scouting に関し，注目すべきメガトレンド，それに向けた当社グループ事業シフトの方向性，及び新たに共創プラットフォームとしてオープンした Yokohama Hardtech Hub の取組みについて述べる。

1. はじめに

当社グループは創業以来，社会インフラを構成する機械システム製造を通じて，社会の進歩に貢献してきた。そのような中，近年では，社会課題の複雑化や人の価値観の多様化，デジタル化や機能性材料・バイオ等の技術革新，さらにはコロナ禍に伴う人々の行動変容が重畳し，社会インフラを取り巻くニーズや価値観は，不確実かつ不連続に変化している。

当社グループはこれからも，社会への貢献を担う機械システムメーカーであることは変わらないが，当社グループを取り巻くステークホルダーに対して価値を提供し，貢献し続けるためには，目指す将来社会の姿を描き出すとともに，当社グループが果たすべき役割を再認識し，それに向けた変革を続ける必要がある。

MHI FUTURE STREAM は，当社グループの事業が向かうべき方向性を見いだす活動である。

2. 将来社会を展望し事業シフトを促す MHI FUTURE STREAM

MHI FUTURE STREAM は，“Mega Scan”，“Shift the Path”，“Technology Scouting”の3つの取組みで構成されている（図1）。

*1 技術戦略推進室 ビジネスインテリジェンス&イノベーション部 主席部員 工博
*2 技術戦略推進室 技師長

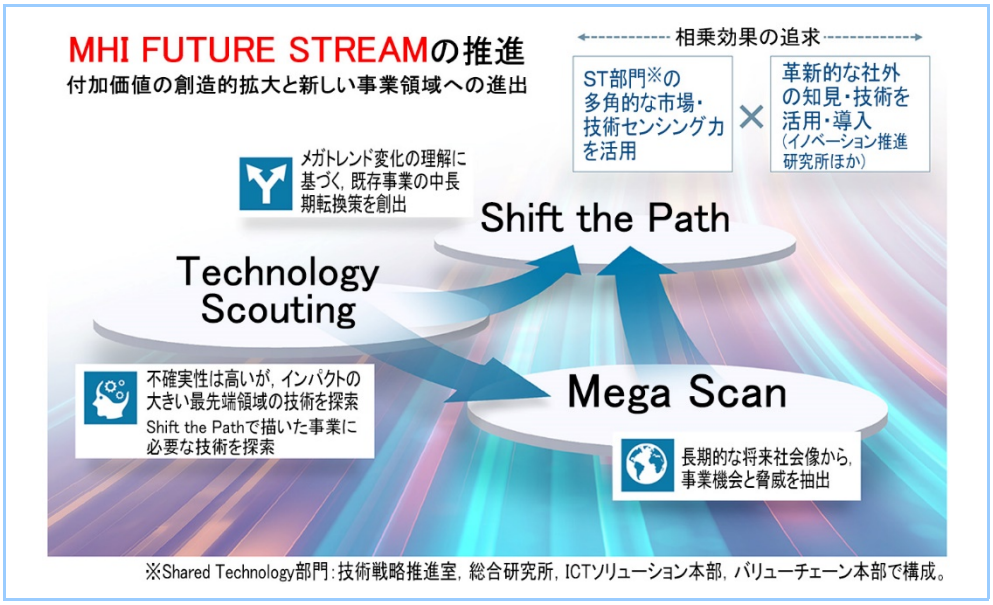


図1 MHI FUTURE STREAM の3つの取組み

“Mega Scan”では，10～20 年後の未来の社会像を俯瞰的に捉え，市場と技術に関する幅広い可能性を考慮した変化シナリオを描き，事業機会を案出する。本活動では，社内外の有識者・イノベータとの対話を重ね，市場・技術に対する多角的な視点に基づき，未来を洞察・展望する。特に近年では，気候変動等の地球の環境保全や有限な資源活用を視野に入れた持続的成長などの社会課題や，米中摩擦等を起点した越境規制，デジタル・バイオ等の技術革新の加速，そしてコロナ禍を契機とした人の行動変容や，グローバル化経済を背景としたサプライチェーンの脆弱性の露呈など，将来社会に影響し得る大きな動きが，同時多発的に生じている。“Mega Scan”では，こうした変化を単体の現象として捉えるのではなく，その全体像の変化を洞察する。

“Shift the Path”では，“Mega Scan”の洞察・展望から，市場と技術のイノベーション仮説を描き，そこから見いだされた事業機会を“探索”する。“Shift the Path”では，既存事業に関連しない新事業や，複数事業に横断した事業機会など，現在の事業部門では芽出しや育成が難しいテーマを取扱い，シェアドテクノロジー部門が主体となり，ベンチャー企業等の社外パートナーも交えたアジャイルな事業開発チームで，試作・試行による検証等を行い，“深化”のプロセスへと引き渡す（図2）。

“Technology Scouting”では，二つの観点から取組んでいる。一つは，“Mega Scan”における中長期の洞察・展望に大きな影響を及ぼす可能性を秘めた破壊的技術を，もう一つは，“Shift the Path”で描いたイノベーション仮説を実現するために必要な技術を，社外パートナーと共創する。

これら3つの取組みを回すことで，将来社会の姿を描き，社会インフラを構成する機械システム供給者である当社グループの事業シフトの方向性を定める。

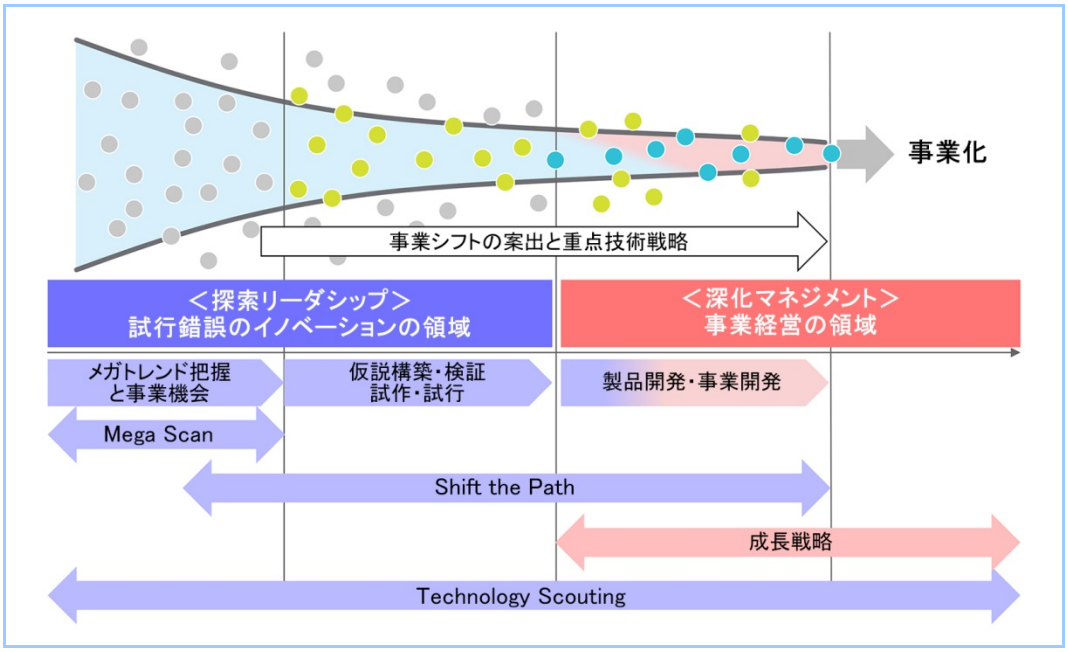


図2 MHI FUTURE STREAM からの事業シフト/新事業による成長戦略への展開
（青：シェアドテクノロジー部門が主導，赤：事業部門が主導）

3. 機械システムの進化と，自然と人と機械の関係

本章では，機械システムを軸に将来社会を展望するに当たり，その進化の方向性について述べる。機械システムはこれまで，技術革新とともに非連続な変化を遂げてきた。外燃機関の発明は，工場の機械化を進め，人々を重筋作業や繰り返し作業から解放し，内燃機関の発明は移動体の進化を通じて，人々に移動やものの運搬の自由をもたらした。そして今，革新材料や微細加工技術を背景としたパワーエレクトロニクス技術の進展により，内・外燃機関駆動から電気駆動（あるいはハイブリッド駆動）へと進化しつつある。機械システムの電化により，環境性・保守性・制御性や機能・性能が向上するとともに，機能集約や高速回転化による小型化，設計自由度の拡大に伴う機械システムの形態変化が起こる。こうした機械システムの電化は，将来の脱炭素社会に必須と考えられる。

また，上記で述べたような電化と同時に，デジタル技術の進化を背景とした，機械システムの知能化が加速している。ここでは，機械システムの知能化とは，機械が有する精度やスピードや持続耐久性を得るための自律化・自動化を単に指すのではなく，ビジネス・運転の知識や安全・安心等の倫理感による人の判断と機械システムとが連動し，人と協働・共生する機械システムと定義している。

機械システムの自動化はこれまで，人が行っていた繰り返し作業を自動化し，人と分業する形で進んでいたが，近年の AI 技術の進化が，視覚等の情報からの特徴量抽出を可能としたことでその用途が広がり，予め人が行動パターンを逐一入力する計画型から，過去の運転データを用いた予測・学習型へと変化し，機械システムが熟練の人の知識を蓄積しつつ，機械と人が共存する形へと進んでいる。結果として，機械システムでは，ハードウェアの改造といった，長時間の PDCA サイクルだけではなく，ソフトウェアの改良における短時間の OODA サイクルでの機能・性能の向上がなされている※。

（※PDCA：Plan（計画） Do（実行） Check（評価） Action（改善），OODA：Observe（観察），Orient（判断），Decide（意思決定），Act（行動））

機械システムと人との協働・共生では，機械の価値や役割だけでなく，それを組入れる人・組織・意思決定のあり方についても再考する必要がある。機械は通常，スピードや精度，繰り返し耐久性が人よりも優れるが，複雑化していく機械の動作に対して盲目的な信頼を置くことは，誤動作

が生じるリスクや，緊急・例外的な事象に対処できなくなるリスクをもたらす。人が機械を使いこなしていく中で，その動きを理解すべく，シミュレーションとテストを数多く行うが，それを組織知として蓄積していく仕組みが必要である。人の安全・安心に関する用途では特に，ビジネス・運転知識だけでなく，労働に対する価値観や倫理観に照らして，人と機械との役割を定義する必要がある(図3)。

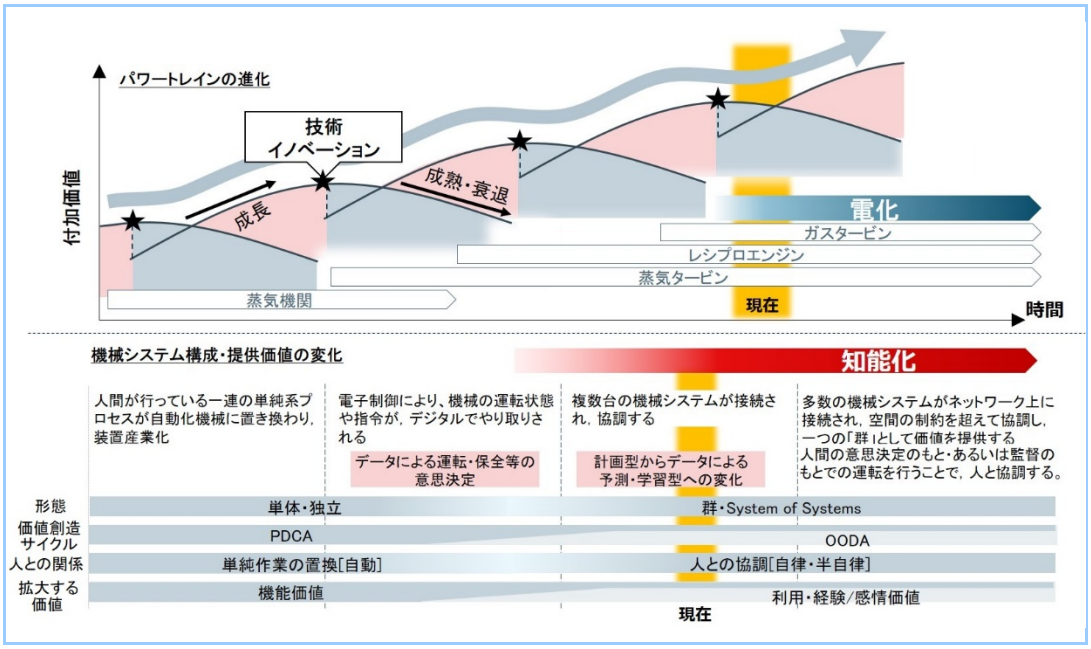


図3 機械システム進化と電化・知能化

機械システムはデジタル技術と融合し，その形態が変化していく。近年では，知能化された機械システムの利用範囲が，工場やプラントのような大型の生産・供給設備だけでなく，より消費・需要側へと広がっており，個人などの多様なニーズに柔軟に対応するべく機能分化され，相互接続された機械同士が連携し一つの群として，価値を提供する方向へと進むことが想定される。

このような知能化の進展は，機械と人との関係を変え，より人に密接な存在として進化し，さらには自然との関係も変える。もはや単なる道具ではなく，人と自然との共生関係を築くためのパートナーとなっていくであろう。AR(Augmented Reality)や VR(Virtual Reality)等の人間拡張技術やセンサー技術の進化とともに，医療・健康や生物・自然環境生態の物質代謝メカニズムに対する科学的な理解が進むことで，植物・微生物・動物・人と自然環境の物質代謝プロセスと機械システムの機能が段階的に補完され，地球資源の有限性を担保しつつ共生進化していくことが想定される。

4. 社会インフラのニーズと提供価値の変化

4.1 脱炭素化社会に向けた社会インフラの変化

前章で述べた通り，機械システムは技術革新によってその姿を変え続けてきたが，同時に，経済発展の段階に応じた社会からのニーズ変化を受けて，その提供価値も変わり，それにより人の暮らしや産業構造を変えてきた。

戦後の復興と経済成長の中では，人々の生活レベル向上に向け，エネルギーや産業財の需要増大に対応しつつ，環境汚染を防止する大規模なエネルギー・産業インフラや，経済成長と連動した人やものの輸送を担う交通インフラの整備ニーズが高まっていた。当社グループは，社会からのニーズに応じて，エネルギー・環境プラントや船舶・航空機等の機械システムを供給し，グローバル社会の進歩に貢献してきた。

近年では，気候変動問題を背景とした脱炭素ニーズが，世界全体を取り巻く大きな潮流となっている。当社グループでもカーボンニュートラルの実現に向け，機械の性能や運用の高効率化に

より CO_2 排出量を“減らす”こと，再生可能エネルギーの利用や電化やカーボンフリー燃料の製造・利用等により，CO_2を“出さない”こと，そして排出された炭素を回収・固定化し，有価物生成などにより CO_2 を“活用する”こと，の3つ方向性で新しい機械システムの開発に取り組んでいる（図4）。

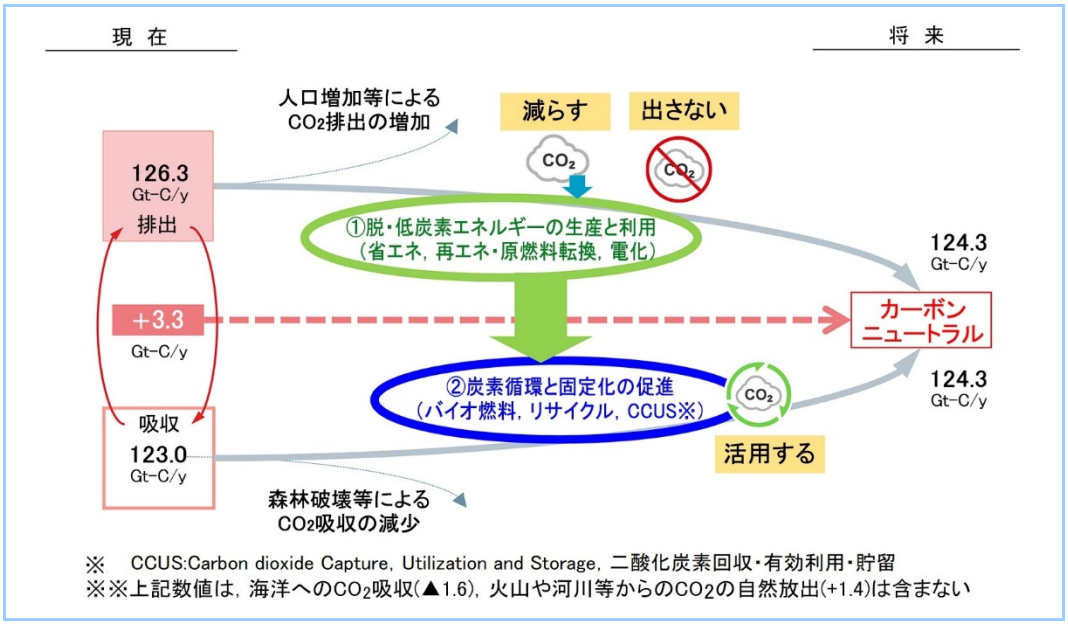


図4 カーボンニュートラルに向けた取組みの方向性(文献(2)に基づき作成)

具体的には，従来機器の高効率化により，CO_2 排出を“減らす”ことはもとより，エネルギー分野では CO_2 を“出さない”ための水素・アンモニア対応や，“活用する”ための炭素回収・貯蔵/転換利用に取り組むとともに，モビリティ分野では電化と脱化石燃料利用を，産業分野では製鉄等の大規模需要におけるカーボンフリー燃料への転換等に取り組む（図5）。

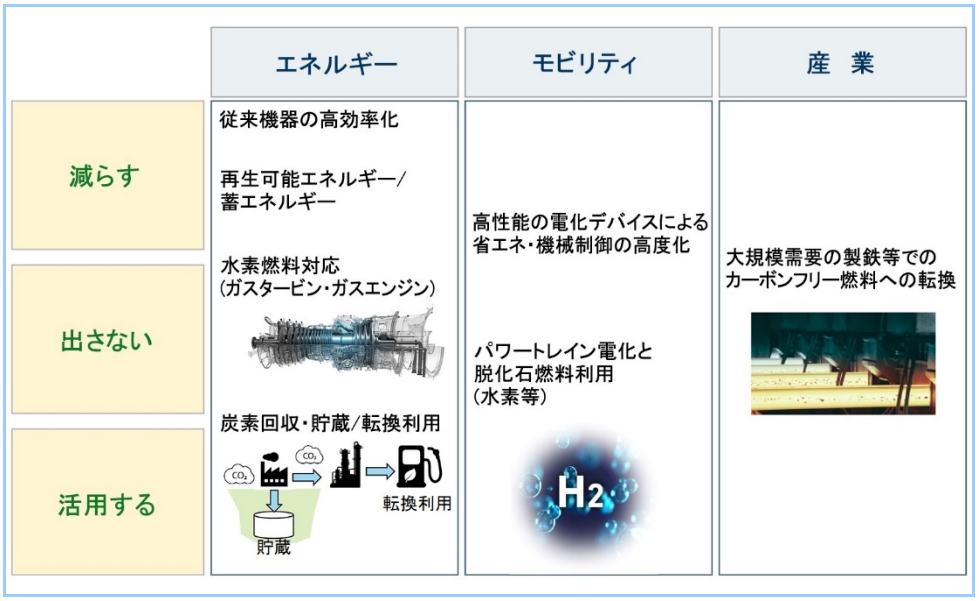


図5 カーボンニュートラルに向けたエネルギー・モビリティ・産業分野での取組み例

4.2 持続的成長に向けた複合的な解決策の探索

気候変動への問題意識が高まり，脱炭素社会に向けた取組みが世界的に喫緊の課題となる一方で，地球の有限資源を有効活用・保全する循環社会や，生物多様化を含む自然共生社会に向けた取組みも活発化している。こうした将来の持続可能な社会に向けた取組みは，多様な地域文化や価値観に依存するが，相互に連関していることから，それぞれが単一の解決策ではなく，複合的な解決策が求められている。例えば，生態系への影響が課題視されている，海洋プラ

スチック問題も，プラスチックのマテリアルフロー全体では，枯渇性資源の大量消費や焼却による温室効果ガスの増加，埋立地の逼迫など，様々な社会課題を内包しており，リデュース(使用の削減)・リサイクル(再資源化)・リユース(再利用)ならびに，ポリエチレンやポリプロピレン等のバイオマスプラスチックの利用増加を見据えたエネルギー回収など，バランス良く，複合的に解決する策が求められる。(図6)。

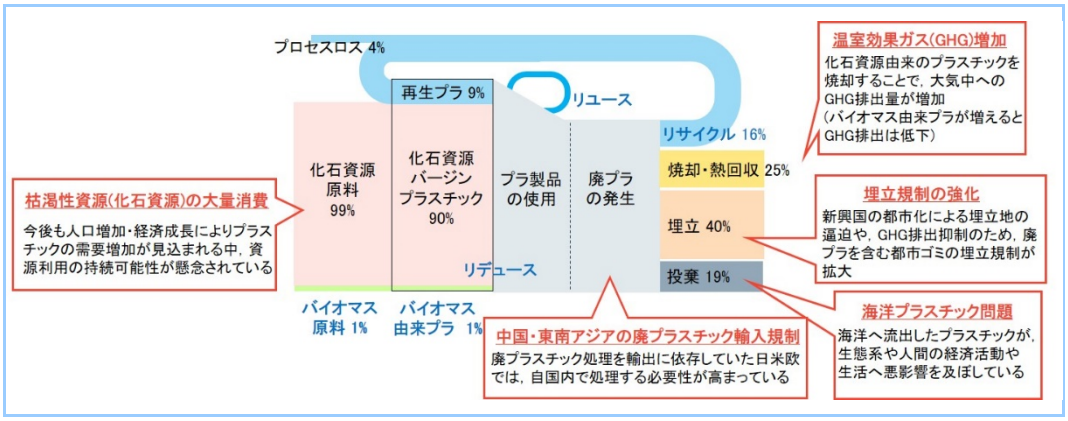


図6 プラスチックのマテリアルフローと関連する社会課題(世界全体，2016 年)
(文献(3)に基づき作成)

また，自動車等のモビリティ領域では，環境負荷の評価が，車単体(Tank to Wheel)から，エネルギー資源まで遡ること(Well to Wheel)へと進むが，それに加えて，自動車の材料・燃料の採掘・開発や製品製造や廃棄リサイクルまでの，バリューチェーン全体での環境負荷に関する評価(Life Cycle Assessment)が注目されている。さらには，デジタル技術の進歩を背景に，多様な情報伝達手段が発達し，物理的な移動を伴わないコミュニケーションが可能となりつつあり，社会全体におけるモビリティインフラのあり方も大きく変化することが想定される。

このような変化に対応するには，製品単体の脱炭素解決策だけでなく，ビジネス活動では不可視になりがちな範囲の影響を踏まえた製品・サービスを開発していく必要がある。当社グループでは，こうした複合的な社会ニーズに対して，自然と生命の物質代謝メカニズムの科学的理解が中長期的に進み，デジタルやバイオの技術革新により装置産業化する事業領域として“ライフ”に着目している。

各機関が発表している既存資料を参考に，分野ごとの温室効果ガス排出量の内訳を概略試算した(図7)。このように温室効果ガスの排出量の全体を俯瞰すると，発電等のエネルギーシステムや交通システムだけでなく，農業・畜産等での脱炭素化の様々なアプローチも見えてくる。

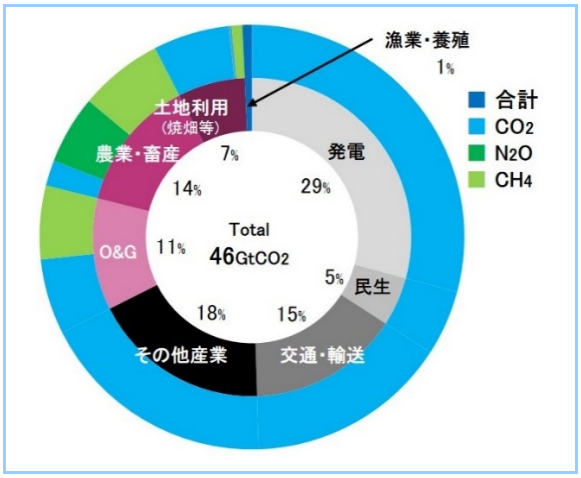


図7 温室効果ガス排出量内訳(2012 年，文献(4)～(7)に基づき概略試算)

こうしたアプローチは，個々の産業での温室効果ガスの排出低減だけでなく，隣接する領域への波及効果をもたらす。例えば，植物工場等による効率的な農業は，削減された耕地への植林による温暖化ガスの吸収増と生態系の多様化・保全や，需給一体の食の生産・供給を実現し，食品ロスの低減と気候変動に対する食の安定供給，運搬時の温暖化ガス排出量低減に寄与する。あるいは，バイオ技術の進歩を背景に開発が進む培養肉製造等の細胞農業により，疫病感染に対する食の安定供給とともに，畜産由来の CO_2 やメタン等の温暖化ガス排出量低減することなど，様々な手段を検討し得る。こうしたライフ領域での装置産業が，地産地消サイクルに組込まれれば，脱炭素社会だけでなく，循環社会や自然共生社会の実現に同時に貢献することができる。

当社グループでは，脱炭素，循環，自然調和型の社会の実現に向け，従来は不可視であった部分も含めた物質やエネルギーの流れの全体を捉え，様々な社会インフラの機械システムを手掛ける当社グループの特徴を生かしたアプローチを探索していく。

5. イノベーションを創発し，変革を起こすために

当社グループがこれまで行ってきた，分業化された効率的な生産により，確かなものづくりを果たす役割は，これからも変わらず重要であることは間違いない。一方で，前章までに述べたように，事業環境に大きな変化が生じており，当社グループには，社会ニーズに対応した絶え間ない変革が求められている。これらの変化に対応するには，従来の効率性や信頼性や確度を“深化”することだけでなく，俯瞰的あるいは長期的な視点に立ち，幅広い知識・見識や，その仮説に基づく試作・試行による“探索”が必要となる。そこで，MHI FUTURE STREAM では，当社グループの様々なステークホルダーや異業種の有識者との意見交換や，分業を敢えて行わず，少人数のチームが主体的に動く，アジャイルな試作・試行の仕組みを強化している。

具体的には，シェアドテクノロジー部門では，創案したアイデアを，創案者自らが短期間に製品・事業仮説として検証し，試作・試行を行う提案型研究を強化するとともに，従来進めてきた社外研究者との共同研究や，ベンチャー企業との協働プロジェクトに加えて，新たに横浜市本牧に Yokohama Hardtech Hub（以下，YHH）を開設し，ベンチャー企業との結びつきを加速する取組みを行っている。

YHH では，将来の社会インフラを形成する領域として，“環境・エネルギー”，“次世代モビリティ”，“機械の知能化・電化”，“次世代アグリ・フード”を掲げ，当社との協業を前提とせず，シード・アーリー段階のベンチャー支援と共創のためのプラットフォームを構築する。YHH は，AI・IoT（Artificial Intelligence・Internet of Things）等のデジタル技術革新と，量子・材料設計・微細加工・バイオ等のフィジカル技術革新を組合わせ，試作と検証の繰返しが重要となる技術領域で，今後の機械システム進化の中核となる“Hardtech”に挑戦するベンチャー企業に焦点を当て，国内では最大規模となる試作・実装実証を可能とする設備を備え，将来の社会ニーズに対応した機械システムの創造を目指している。

今後は，当社グループから，ベンチャーの一員として YHH に参画することで，“Mega Scan”で見いだされた将来像の実現や見直し，“Shift the Path”で見いだされた事業機会の具体化や，“Technology Scouting”での技術革新の共創を図るとともに，分業で効率化された“ウォーターフォール型の深化”の業務だけでなく，自らが主体となり，幅広いネットワークの上に，試作・試行をスピーディに回すことで，成功率を向上させる“アジャイル型の探索”の業務を社内に根付かせ，探索と深化のプロセスをつないでいく MHI FUTURE STREAM へと進化させる。この取組みでは，専門分化が進み，急速に変化する技術革新と，多様化する社会ニーズに対する事業の目利き力を高め，スピーディに失敗と改善を繰り返す開発マネジメント力と，現行組織の枠組みを超えて仲間を募り，新しい社会実現に向けて挑戦する起業家精神を育む人財育成の場にもなり得ると考えている（図8）。

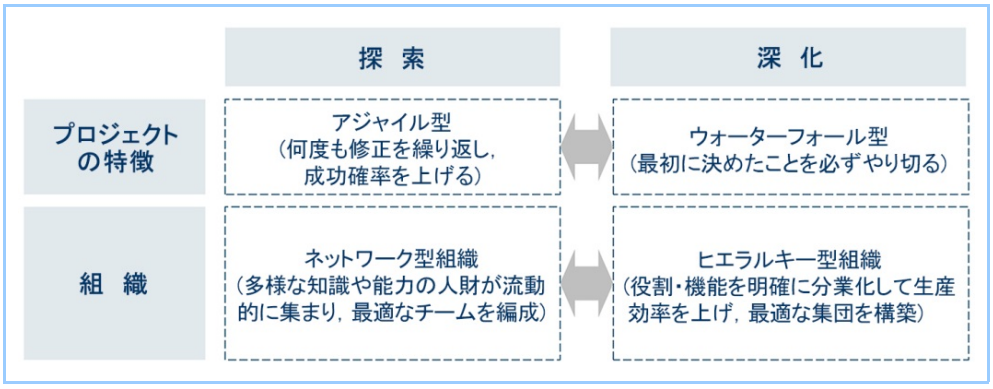


図8 探索と深化の特徴

6. まとめ

MHI FUTURE STREAM では，社会の抱える課題や技術進化，及びそれに伴う人と自然と機械システムとの関係を俯瞰的に捉えるとともに，当社事業の進むべき方向性を中長期視点で見いだす。こうした取組みを通じ，地球のいち住民として他の生態系に配慮し，影響を最小限にしながら，機械システムを含めた技術革新による環境適応と共生進化に貢献することが，当社グループの目指すべき将来像と考える。

当社グループを取り巻く事業環境の不確実性に対峙し，自然と調和した社会の持続的成長に貢献するには，今後 MHI FUTURE STREAM の重要性が高まる。当社グループは，従来の事業領域の枠にとどまらず，様々な領域で社外パートナーとの共創・探索に取り組み，変革を絶え間なく続けてゆく。

参考文献

(1) 秋山陽ほか，当社グループの未来を描き出す MHI FUTURE STREAM，三菱重工技報，Vol.57 No.1 (2020)
(2) IPCC, WORKING GROUP I CONTRIBUTION TO THE IPCC FIFTH ASSESSMENT REPORT CLIMATE CHANGE 2013: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS (2013) http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_Chapter06.pdf
(3) Mckinsey, How plastics waste recycling could transform the chemical industry (2018)
(4) IEA, Energy technology Perspectives, (2015), https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2015
(5) FAO, FAOSTAT, http://www.fao.org/faostat/en/#home
(6) FAO, Dataset Information, (2019) http://fenixservices.fao.org/faostat/static/documents/GM/GM_e_2019_final.pdf
(7) WRI, CREATING A SUSTAINABLE FOOD FUTURE, (2019) https://research.wri.org/sites/default/files/2019-07/F_REP_Food_Course4_web.pdf