

みずほ産業調査

2019 No.2

62

資源・環境制約がもたらすビジネスチャンス
～注目領域における日本企業の打ち手を探る～

みずほ銀行

One
シンクタンク

目 次

資源・環境制約がもたらすビジネスチャンス ～注目領域における日本企業の打ち手を探る～

1. 総論：資源・環境制約がもたらす事業環境の変化と日本企業に求められる取り組み	1
2. 再生可能エネルギーの活用拡大に伴うビジネスチャンス	13
3. 浮体式洋上風力発電の導入拡大に伴う浮体サプライヤーの新たなビジネス機会	37
4. 再生可能ガス活用によるガス事業の低炭素化	48
5. 食料資源を取り巻く環境変化と新たな取り組みとしての代替食・植物工場	57
6. 環境負荷軽減に向けた中期的な現実解としてのハイブリッド車	71
7. 素材産業が先導する EV のライフサイクル環境性という新たな価値創造	86
8. 車載用 LiB リサイクルは日本企業にとってビジネスチャンスになるか	95
9. 廃プラ規制がもたらすビジネスチャンス ープラスチックリサイクル・代替素材開発ー	110
参考文献一覧	128

1. 総論：資源・環境制約がもたらす事業環境の変化と日本企業に求められる取り組み

【要約】

- ◆ 中長期を見据えると、現状の延長線上では、需要増加によって資源不足や環境負荷増大といったリスクの顕在化が想定される。そうした持続可能性に対する危機意識がグローバルで共有され、社会・経済構造を変革する機運が高まっている。そこで、本稿では資源・環境制約がもたらす事業環境の変化によってどのようなビジネスチャンスが生じるのか、機会を捉えるために日本企業にはどのような取り組みが求められるのかを考察した。
- ◆ 持続可能性に対する危機意識から国際的な取り組みが活発化し、ステークホルダーのニーズや行動の変化を引き起こしている。持続可能性の確保に向けた取り組みが加速している背景には近年におけるテクノロジーの著しい進歩もあり、事業環境は大きく変化しつつある。環境負荷低減と経済成長の両立を目指す政策が打ち出される中、日本企業が新たな機会を捉えていくためには、メガトレンドを見定め、政策的サポートも活用しながら、中長期的な視点でのビジネスモデル構築が求められている。
- ◆ 本稿では、日本産業にとって影響度の大きい分野としてエネルギー、食品、自動車、素材を採り上げた。次章以降では各分野の中からビジネスチャンスとなり得るテーマにフォーカスし、中長期を見据えて日本企業に求められる取り組みを考察している。
- ◆ 資源・環境制約がもたらす事業環境の変化は、新たな市場の創出により様々なビジネスチャンスにつながり得るが、機会を捉えるためには多くの課題が山積している。具体的には経済性の確保、社会受容性の醸成といった課題があり、それらを踏まえたビジネスモデル構築に向けた取り組みの方向性は、①日本企業の強みを活かした海外市場開拓、②異業種連携によるバリューチェーン構造の転換、③新たな付加価値訴求による社会受容性の醸成という3点に整理できると考えられる。そして、中長期の時間軸における変革への対応は民間企業のみでは限界があり、政策的サポートも求められる。
- ◆ 本稿で考察した取り組みはSDGsの方向性とも一致するものである。新たなビジネスモデル構築に向けた仲間作りの共通言語としてSDGsを活用し、競争優位確立と社会的課題解決の両立を実現することが、ビジネスモデルの持続可能性を高めるだろう。資源・環境制約がもたらす新たな潮流の中で、変化によって生じるビジネスチャンスを捉え、日本企業が新たな市場を創出・拡大し、グローバル競争力を向上させていくことに期待したい。

1. 資源・環境制約がもたらす新たな潮流

(1) 背景・問題意識

現状の延長線上では、資源不足や環境負荷増大といったリスクが顕在化していく

中長期を見据えると、新興国を中心とした人口増加や所得水準向上により、今後もグローバル需要は増加し続けると想定される。需要の増加は、食料や水、レアメタルを含む金属等の鉱物、セメントや砂等の建築材料といった限りある資源の不足懸念を強め、様々な産業に調達リスクや供給制約といった影響を与える可能性がある。また、需要増加は廃棄物や排出物の増大をもたらすため、気候変動を始めとする地球環境への負荷増大にもつながる。実際、近年の世界各地における異常気象・自然災害の増加により社会・ビジネスへの悪影響拡大が指摘されており、環境負荷のさらなる増大がもたらす影響への懸念もある。すなわち、現状の延長線上では、需要増加によって資源不足や環境負荷増大といったリスクが顕在化・拡大していくと想定されるのである。

持続可能性に対する危機意識により、社会・経済構造を変革する機運の高まり

本稿では、どのようなチャンスが生じるのか、機会を捉えるための取り組みを考察

資源不足や環境負荷増大といったリスクを踏まえ、将来にわたって必要となる需要をいかに満たし続けていくかという持続可能性に対する危機意識が高まり、対策の必要性がグローバルで共有されつつある。将来の持続可能性を確保していくために、産業革命以降の大量生産・大量消費をベースとした現状の社会・経済構造を変革していく機運が高まっているといえる。

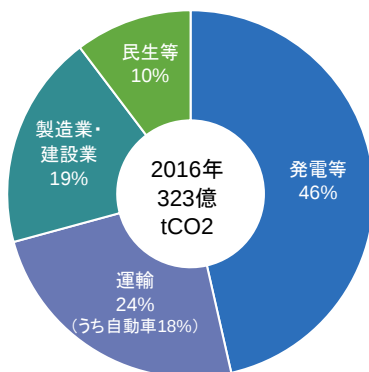
後述するように、持続可能性の確保に向けた取り組みが広がることで各産業の事業環境は大きく変化すると考えられる。資源・環境制約により直接・間接的に生じる事業環境の変化は、既存ビジネスをディスラプトすると同時に、新たな市場の創出によりビジネスチャンスをもたらし得る。そこで、本稿では資源・環境制約がもたらす事業環境の変化によってどのようなビジネスチャンスが生じるのか、機会を捉えるビジネスモデルを構築するために、日本企業にはどのような取り組みが求められるのかを考察した。

(2) 資源・環境制約がもたらす事業環境の変化

パリ協定などの国際的な取り組みが活発化

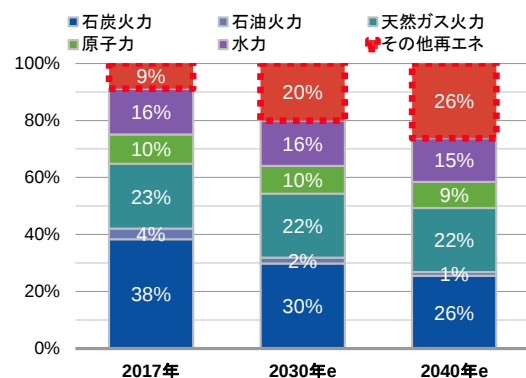
持続可能性に対する危機意識から国際的な取り組みが活発化している。その代表的事例は 2015 年 12 月に採択されたパリ協定だろう。各国が自主的に温室効果ガスの排出削減目標を掲げており、世界的に環境政策は強化されていくと予想される。このような脱炭素の潮流は多くの産業に影響をもち、企業も戦略的に対応していくことが求められるだろう¹。主な温室効果ガスである CO₂ の排出量が多い産業としては、セクター別排出量の 46%を占める電力と 18%を占める自動車挙げられる(【図表 1】)。電力産業では、欧米を中心に再生可能エネルギー(以下、再エネ)へのシフトが既に進展してきており、グローバルで大きな変化が起きると想定される(【図表 2】)。自動車産業では、各国・地域において燃費規制強化などを通じたガソリン車から電気自動車(以下、EV)などへの転換が図られており、中国のように EV 化・国産化を産業政策の一環として推進しているケースもある。さらに、その他の産業でも CCS(CO₂ 回収・貯留)技術を始めとする様々な次世代技術の開発促進によって CO₂ 削減の取り組みが広がっている。

【図表 1】世界のセクター別 CO₂ 排出量



(出所) IEA, CO₂ Emission from Fuel Combustion
より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 2】世界の電力電源構成見通し



(注) New Policies Scenario

(出所) IEA, The World Energy Outlook 2018 より、
みずほ銀行産業調査部作成

¹ 脱炭素に向けた各産業での取り組みについては、みずほ銀行「産業界の脱炭素化実現までの道のり ～事業性と環境性の両立に向けて～」『Mizuho Industry Focus Vol.207』(2018 年 4 月 5 日) 参照。

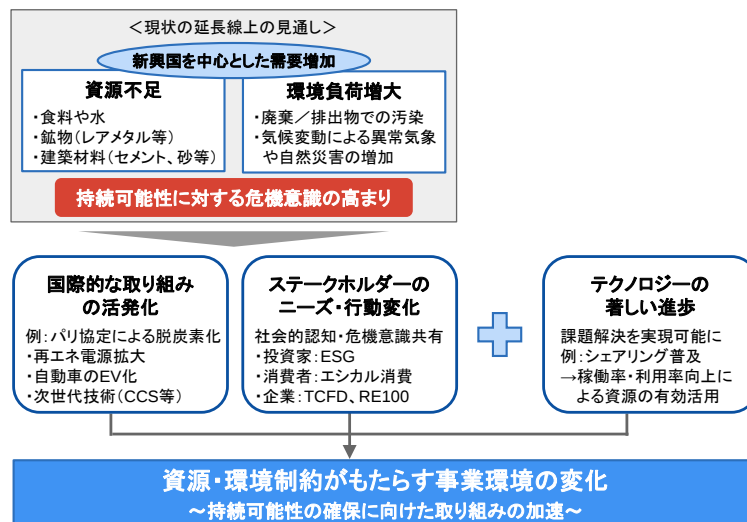
投資家や消費者、取引先等のステークホルダーのニーズ・行動変化

テクノロジーの進歩は持続可能性の確保に貢献し、事業環境を大きく変化させる

国際的な取り組みの進展・拡大は、社会的な認知を高めるとともに危機意識が共有され、投資家や消費者、取引先といった多くのステークホルダーのニーズや行動の変化を引き起こしている。例えば、持続的成長のために企業が重視すべきとされる環境（Environment）、社会（Social）、企業統治（Governance）の3つの観点を考慮するESG²、環境性やフェアトレード³等に配慮した商品を購入する、もしくは配慮されていない商品を購入しないといった消費行動を取るエシカル消費などが広がっている。投資家や消費者のニーズ変化への対応のみならず、そうした社会的要請にプロアクティブに応えようとする企業の取り組みも広がりつつある。自社が及ぼす気候変動への影響を情報開示するTCFD⁴や、事業に必要な全電力を再エネで賄うことを宣言するRE100⁵、さらには、サプライチェーン全体でのサステナビリティ確保に向けた取り組みの一環として取引先から同様の対応を要請される可能性もあるだろう。

持続可能性の確保に向けた取り組みが加速している背景には、近年におけるテクノロジーの著しい進歩もある。つまり、従来では解決が困難だった課題に対するブレイクスルーが実現し、もしくは実現が視野に入ってきたことで、新たな市場が創出されているのである。例えば、シェアリングエコノミーの普及は見ず知らずの人とのマッチングを可能とするテクノロジーの進歩が一因である⁶。シェアリングによるモノの稼働率・利用率の向上は、資源の有効活用や環境負荷の低減に資するイノベーションといえる。こうしたテクノロジーの進歩による新たなソリューションは持続可能性の確保に貢献し、事業環境を大きく変化させつつあると考えられる（【図表3】）。

【図表3】資源・環境制約がもたらす事業環境の変化



（出所）みずほ銀行産業調査部作成

² ESGの動向については、みずほフィナンシャルグループ「ESGと企業経営について」『Mizuho Research & Analysis no.16』（2018年5月1日）参照。

³ フェアトレードとは、途上国の原材料・製品を適正価格で取引することにより生産者の生活改善・自立を促す貿易の仕組み。

⁴ TCFDとは、金融安定理事会（FSB）が設立した「気候変動関連財務情報開示タスクフォース」のことであり、気候変動がもたらすリスクと機会に関する情報開示を企業に促すことで、金融市場の安定化を図るもの。

⁵ RE100とは、国際NGOのThe Climate Groupが2014年に発足させた環境イニシアティブであり、参加企業は事業運営の使用電力を100%再エネで調達する目標を表明する必要がある。2019年7月末時点において、グローバルで191社、うち日本企業が20社参加しており、2019年以降に参加表明した日本企業が7社あるように、参加企業は増加傾向である。

⁶ シェアリングエコノミー普及の背景については、みずほ銀行「シェアリングエコノミーが日本産業に与える影響 ～脅威を好機とするために、日本企業が採るべき戦略とは～」『Mizuho Industry Focus Vol.209』（2018年6月21日）参照。

(3) 持続可能性の確保と新たな機会創出の両立を目指す取り組み

企業のイノベーションを政策的に促し、環境政策と経済成長の両立を図る動き

気候変動対策などの環境政策では、需要もしくは供給に対してディスインセンティブやインセンティブを与え、需給を調整するといった政策的誘導が一般的である。具体的には、環境税のような環境負荷が大きい事業への課税やガソリン車に対するナンバープレート規制のような需要の制限措置、あるいは再エネ電源の普及促進に向けた FIT(固定価格買取)制度のような助成制度がある。但し、このような対応は成長阻害や財源確保などの課題があり、持続可能性を確保していくためには経済性の観点も含めた取り組みが不可欠である。そこで、従来型の規制・補助金政策にとどまらず、企業のイノベーションを政策的に促すことにより、新たな市場の創出を通じて環境政策と経済成長の両立を図る動きが出てきている。

EU が推進するサーキュラーエコノミーは環境負荷低減と経済成長を両立する政策

EU が推進するサーキュラーエコノミー政策(“Circular Economy Package” 2015 年 12 月発表)は、環境負荷低減と経済成長の両立を目指す EU の成長戦略である(【図表 4】)。資源の対外依存度を下げ、資源価格の変動による経済・産業への影響を抑えるために、新たなビジネスチャンスやイノベーションの創出を促進することで、EU の競争力を高めるためのものと位置付けている。環境への影響を最小限にしながら、持続可能な方法で限りある資源を効率的に使用するために、バリューチェーン構造を従来の生産・消費・廃棄という直線型から循環型へ転換することを狙いとしている。

サーキュラーエコノミーはモノの潜在的な付加価値を見出して成長につなげる

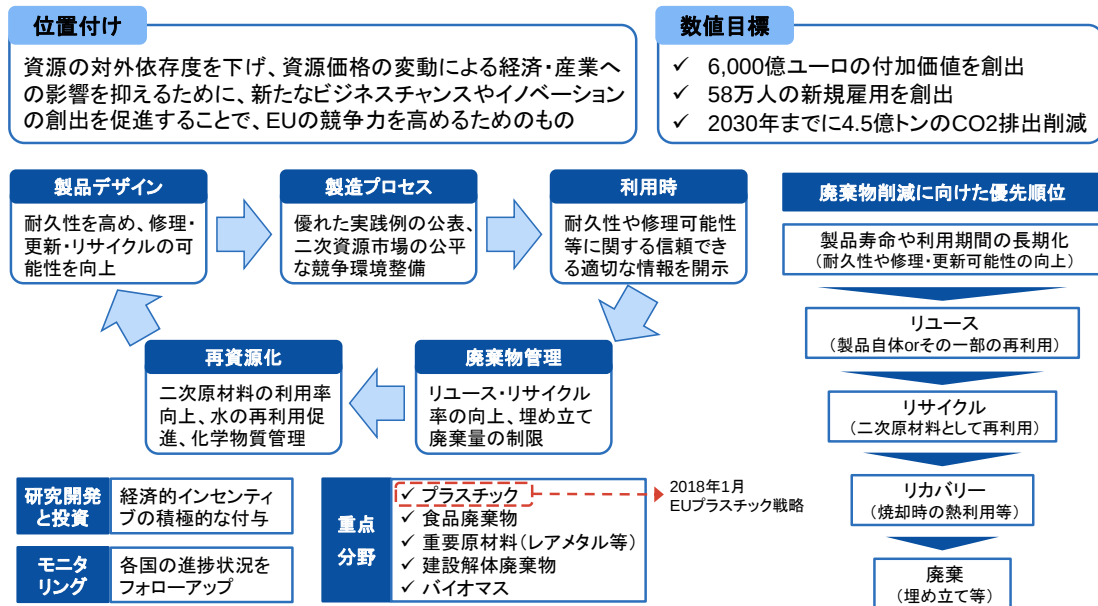
サーキュラーエコノミー政策の中では、製品デザイン、製造プロセス、利用時、廃棄物管理、再資源化という製品ライフサイクルのステージ別で具体的な取り組み方針を示している。ここには 3R(Reduce/Reuse/Recycle)の考え方に加え、シェアリングやモノのサービス化などの従来とは異なるモノの使われ方や、耐久性や修理可能性を高めることで製品寿命や利用期間の長期化を図るといった観点も含まれている。モノ・製品の潜在的な付加価値を見出し、新たな市場創出、経済成長につなげる狙いとみられる。また、プラスチック、食品廃棄物、重要原材料(レアメタル等)、建設解体廃棄物、バイオマスの 5 つを重点分野として定めている。特に、EU ではプラスチックのリサイクル率が 25% 未満と低く、その廃棄物が問題となっていることを背景に、サーキュラーエコノミー実現に向けてプラスチックリサイクルの推進が重視されており、2018 年 1 月には「EU プラスチック戦略」が公表された。なお、中国が廃プラスチックを含む廃棄物の輸入を 2017 年末から停止したことや、アジアにおけるプラスチックごみ問題への関心の高まりがあり、廃プラスチックに関する国際的な取り組みが広がっている。

サーキュラーエコノミーの経済効果は大きい

サーキュラーエコノミーの経済効果は、EU の報告書(2019 年 3 月)によれば、2016 年時点で関連産業の雇用が 400 万人以上(2012 年対比 6%増)、修理・リユース・リサイクル等の循環型経済活動による付加価値が約 1,470 億ユーロと試算されている。グローバルでは、2030 年までに 4.5 兆ドルに及ぶという試算⁷もあり、大きなビジネスチャンスが存在しているといえよう。

⁷ アクセンチュアの試算によれば、2030 年までにグローバル全体の経済効果は 4.5 兆ドルであり、その内訳は、無駄になっている資源の代替で 1.7 兆ドル、使われていない遊休資産の活用で 0.6 兆ドル、まだ使える製品の活用で 0.9 兆ドル、捨てられている素材価値の回収で 1.3 兆ドルとしている。

【図表 4】 EU のサーキュラーエコノミー政策概要



（出所）欧州委員会「Circular Economy Package」等より、みずほ銀行産業調査部作成

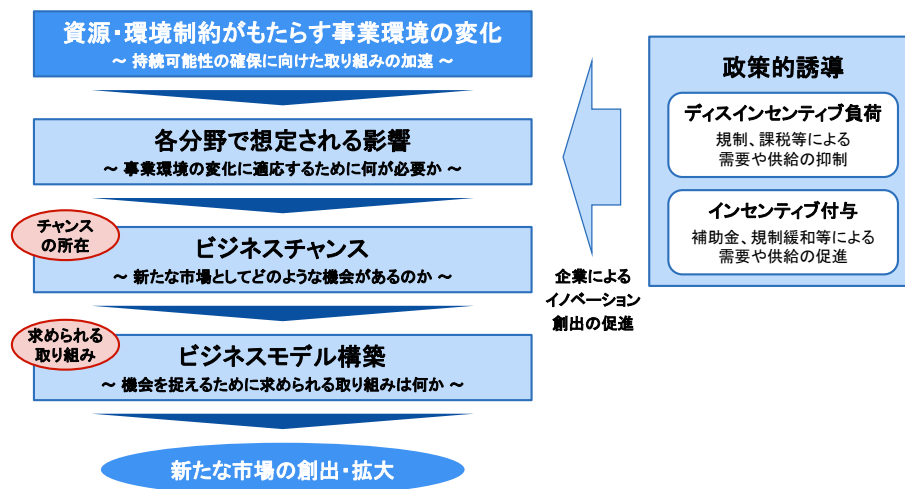
日本でも政策が打ち出される中、新たな成長や市場の創出を図っていくべき

日本政府が2019年6月に策定した「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」においても、イノベーションを通じた環境と成長の好循環の実現が掲げられ、環境負荷低減と経済成長の両立を目指す政策が打ち出されている。温室効果ガス排出を2013年度比で2030年までに26%、さらに2050年までに80%削減するという高い目標に向け、イノベーション創出を促すための取り組みが進められようとしている。資源・環境制約への対応が不可欠であることを踏まえれば、事業環境の変化をチャンスにつなげるべく、適切な規制とサポートを組み合わせるなどの政策的な後押しにより、官民連携で新たな成長や市場の創出を図っていくべきであろう。

日本企業には新たな機会を捉えるために変化への適応が求められる

これまでの大量生産・大量消費型の社会・経済構造から資源消費の抑制や効率性向上といった循環型への構造転換は、資源・環境制約がもたらす新たな潮流として不可逆的に進む事業環境の大きな変化・ゲームチェンジと認識すべきである。こうしたゲームチェンジは、既存ビジネスをディスラプトするリスクをはらむと同時に、新たな市場の創出により様々なビジネスチャンスをもたらし得る。新たな機会を捉えるためにはこれらの変化への適応が求められ、ビジネスモデルの抜本的な転換といった大胆な取り組みや、難易度の高い課題を乗り越える必要もあるだろう。日本企業が機会を捉えていくためには、不可逆的に進むメガトレンドを見定め、政策的サポートも最大限に活用しながら、中長期的な視点でのビジネスモデル構築が求められているのである（【図表 5】）。

【図表 5】本稿の着眼点



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

2. 本稿の構成と概要

新たな潮流による事業環境の変化は、あらゆる産業・企業にとってリスクとチャンスをもたらす。そのうち、本稿では日本産業にとって影響度が大きい分野としてエネルギー、食品、自動車、素材を採り上げた。

エネルギー、食品、自動車、素材は日本産業への影響が大きい

エネルギーは、再エネ拡大による脱炭素化という大きな転換に直面している。化石燃料のほぼ全量を輸入に依存している日本にとっては、エネルギーセキュリティ向上に資する上、新たな市場創出のチャンスと考えられる。食品は、輸入依存度が高い点でエネルギーと類似している。中長期的には気候変動による食料生産への悪影響が懸念されており、食料供給の安定化・効率化に資する取り組みの意義は大きい。自動車は、日本を代表するリーディング産業であるが、CASE⁸と呼ばれる大きな変化に直面しており、このうち電動化では脱炭素の潮流や燃費規制強化などの各国・地域における政策により、不可逆的な流れであることを踏まえた取り組みが求められる。素材は、自動車等のユーザー産業とともに発展してきた日本産業のけん引役の 1 つであるが、ユーザー企業やその先の消費者のニーズ変化への対応が求められる。脱炭素や脱プラスチックなどの動きに合わせた新たな素材開発・ソリューション提供が期待されている。

次章以降ではビジネスチャンスとなり得るテーマを考察

これら 4 つの分野において、資源・環境制約がもたらす影響は広範に及ぶと考えられるが、次章以降では各分野の中からビジネスチャンスとなり得るテーマにフォーカスし、中長期を見据えて日本企業に求められる取り組みを考察している（【図表 6】）。以下、4 つの分野ごとに採り上げている注目すべきテーマの概要を紹介したい。なお、本稿における考察は今後 10 年、2030 年頃を目安とした中長期を展望しているものの、テーマ特性によって時間軸の長短は異なっていることに留意いただきたい。

⁸ CASE とは、Connected、Autonomous、Sharing & Services、Electric といった自動車産業を取り巻く 100 年に一度ともいわれる各種変化の頭文字を並べて称したもの。

【図表 6】 本稿の構成と採り上げるテーマ

エネルギー	2章 再生可能エネルギーの活用拡大に伴うビジネスチャンス	【再エネ供給モデル】FIT制度に依存しない再エネ供給モデルの構築
		【既設風力発電活用】FIT期間が終了した風力発電の有効活用に向けた取り組み
		【家庭用ディマンドリスポンス】家庭用の電力需要者による電力需給の調整力確保
	3章 浮体式洋上風力発電の導入拡大に伴う浮体サプライヤーの新たなビジネス機会	【浮体式洋上風力発電】日本企業の強みを活かし得る浮体サプライヤー事業への参入
	4章 再生可能ガス活用によるガス事業の低炭素化	【再生可能ガス】長期的なガスの脱炭素化を見据えた水素・バイオガス等の利用拡大
食品	5章 食料資源を取り巻く環境変化と新たな取り組みとしての代替食・植物工場	【代替食・植物工場】環境負荷を抑制し健康志向にも合致するサステイナブルな食料生産
自動車	6章 環境負荷軽減に向けた中期的な現実解としてのハイブリッド車	【ハイブリッド車】長期的なEV化や環境規制強化への対応策としてHEV技術を活用
素材	7章 素材産業が先導するEVのライフサイクル環境性という新たな価値創造	【自動車構造材軽量化】EV化に向けてライフサイクル全体の環境性も含めた素材提案
	8章 車載用LiBリサイクルは日本企業にとってビジネスチャンスになるか	【LiBリサイクル】EV化による需要増加を見据えたLiBリサイクル市場の創出
	9章 廃プラ規制がもたらすビジネスチャンスープラスチックリサイクル・代替素材開発ー	【リサイクル・代替素材】世界に先駆けた代替素材用途開発、リサイクル技術の海外展開

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

エネルギー分野は再エネ拡大・脱炭素化等の課題が多岐にわたる

エネルギー分野では、前述の通り再エネ拡大・脱炭素化という大きな転換に直面している。日本の課題としては、FIT 制度に依存しない再エネ供給モデルの構築・普及、再エネ電源の更なる拡大による主力電源化、そして電力に限らないエネルギー消費における脱炭素化など多岐にわたっている。その中からエネルギー分野に関して、「再エネ供給」「浮体式洋上風力発電」「再生可能ガス」と3章にわたるテーマを採り上げた。

第2章は再エネの主力電源化に向けた活用拡大に着目

第2章では、再エネの主力電源化に向けた大きな課題である FIT 制度に依存しないビジネスモデルと再エネ拡大に伴い電力需給の調整力確保が必要になるとの問題意識の下、そこから生じるビジネスチャンスを考察した。本章は3つの論点から構成されており、1点目が FIT に依存しない再エネ供給モデルである。RE100 への参加など気候変動対策に先進的な企業の再エネ調達ニーズを切り口とした新たなビジネスモデルの方向性を展望している。2点目が既設風力発電の有効活用である。立地や系統の制約を踏まえれば既設風力発電の有効活用は重要であり、FIT 期間が終了してエコノミクスが変わることに着目し、課題を乗り越えるための打ち手について検討している。3点目が家庭用ディマンドリスポンスであり、火力に依存しないクリーンな調整力の確保に向けて従来とは異なる需要者側での調整手段に着目した。各家庭へのスマートメーター普及や需給調整市場の新設といった環境整備状況を活かし、異業種連携や非化石価値訴求といった打ち手による市場創出の可能性について検討している。

第3章は技術的難易度が高いが潜在力の大きい浮体式洋上風力発電を採り上げ

第3章では、長期的な温室効果ガス排出量の大幅な削減、そのための再エネ主力電源化に向けて飛躍的な増加が不可欠と考えられる洋上風力発電に着目した。このうち、既に普及が始まっている着床式よりも適地が広く、2030年以降の市場拡大が期待される浮体式洋上風力発電を採り上げた。浮体式は技術的な確立が途上であり、日本企業が造船やインフラ建設などで培ってきた高度な技術や経験値を活かした浮体サプライヤー事業への参入機会について考察している。

第4章は長期的な脱炭素化対応として再生可能ガスに着目

第4章では、温室効果ガス排出削減に向け、ガス利用における非化石燃料へのシフトについて採り上げた。エネルギー消費の低炭素化に向けて、現状では相対的にクリーンとされる天然ガスへのシフトが選択肢の1つであるが、長期的にはガスも含めて非化石燃料への転換が必要と考えられる。欧州の事例分析を踏まえ、環境意識の高い需要家の取り込みや既存ガスインフラの有効活用等を通じた日本における再生可能ガス事業の方向性を検討している。

食品分野(第5章)は持続可能な新たな食料生産として代替食・植物工場を採り上げ

食品分野では、食料需要がグローバルで拡大していく中、持続可能かつ安定的な食料生産のあり方に関する注目が高まっている。その方法は農業の競争力強化やサプライチェーンにおける食品ロス削減といった多様な取り組みが想定されるが、食料自給が相対的に劣後している日本で期待される取り組みとして、第5章では従来の一次産業とは異なる新たな生産手法を採り上げた。具体的には、今後の市場拡大が見込まれる代替食と植物工場である。代替食では、畜産等による食料供給が飼料や水などの多くの資源を使用するという問題意識、サステナビリティや健康志向に対する関心の高まりに着目した。先行する欧米市場を踏まえながら、日本の代替食市場拡大や海外展開に向けて日本企業に求められる取り組みを検討している。植物工場は、市場拡大やグローバルなニーズ獲得に向けて、販路確保やアライアンス構築による規模の経済性の発揮とともに、生産可能な品種拡大による新たな需要の獲得といった打ち手を考察している。

自動車分野(第6章)は現実的な環境負荷低減策であるHEVを採り上げ

自動車分野では、EV化が不可逆的な流れとなっているが、現状では経済性やインフラ面など普及に向けた課題が多数存在しており、環境負荷低減に向けた自動車産業の中長期的な道筋が明確とはいえない。そこで、第6章では現実の制約を踏まえながら、日本企業が持つ技術力を持つハイブリッド車(HEV)について採り上げた。長期的なEV化の進展を前提としつつ、海外市場でのハイブリッド車の販売拡大やそのための完成車メーカー・サプライヤーに求められる戦略について検討している。

素材分野はユーザーのニーズ変化や規制強化への対応が必要

素材分野では、ユーザーのニーズ変化に応えることが求められる中、その代表例は上述の自動車EV化による変化への対応だろう。車体の軽量化ニーズの高まりに加え、車載用LiB(リチウムイオン電池)需要の増大に伴うLiBリサイクルの必要性も増すと考えられる。また、環境負荷低減の観点から世界的に取り組みが進みつつある廃プラスチックに関する規制への対応も注目すべき論点である。そこで、素材分野に関して、「自動車構造材」「車載用LiBリサイクル」「廃プラスチック規制対応」と3章にわたるテーマを採り上げた。

第7章はEV普及に向けた自動車構造材の変化に着目

第7章では、EV普及のために求められる自動車構造材の軽量化について、単純な重量のみならず、CO2排出量という環境性に着目した。自動車走行時や消費電力製造時に加え、構造材製造時のCO2排出量やリサイクル性も含めたライフサイクル全体の環境性を定量的に分析した上で、鉄鋼・アルミ・CFRP(炭素繊維強化樹脂)等の素材を有効に組み合わせるマルチマテリアル構造の必要性について考察し、中長期的には素材メーカーが環境性という新たな付加価値を自ら提案していくことについて提言している。

第8章は車載用LiB需要の増大に伴うLiBリサイクルを採り上げ

第8章では、EV化に伴って需要増加が想定される車載用LiBについて、それに使用されるレアメタルが長期的には需給逼迫となる懸念に着目し、LiBリサイクル市場の創出の可能性について採り上げた。LiBリサイクル市場の規模やリサイクルコストを定量的に試算することによって、市場が今後拡大して

いく可能性について検討している。その上で、LiB リサイクルをビジネス機会とするために、アライアンスによるリサイクルコスト低減や中国への進出可能性といった打ち手について考察している。

第9章は廃プラスチック強化への対応としてリサイクル・代替素材に着目

第9章では、廃プラスチック規制の強化に対して素材メーカーに求められるリサイクルや代替素材の取り組みについて採り上げた。リサイクルでは、当面の現実的な選択肢としてサーマルリサイクルへの国際的理解が必要なことや、アジアでのプラスチックごみ問題対策として日本の3R政策で培った廃棄物等の社会システム構築ノウハウが活用できる可能性を検討している。代替素材では、プラスチックの使い捨てや廃棄に関する規制強化に対応し、高い技術力を持つ日本企業がバイオ素材や紙素材を活用してプラスチックの機能性を代替するための打ち手を考察している。

以上、本稿の概要を紹介させていただいた。詳細に関しては、ぜひとも各章をお読みいただきたい。次節では、これらの各テーマの考察を通じて導き出された日本企業の取り組み方向性について概観する。

3. 変化に適応したビジネスモデルの構築に向けて

資源・環境制約は様々なチャンスにつながり得るが、課題は山積

本稿における各テーマで採り上げているように、資源・環境制約がもたらす事業環境の変化はリスクになると同時に、新たな市場の創出により様々なビジネスチャンスにつながり得る。但し、そうした変化は中長期の時間軸で生じてくるものであり、変化に適応して機会を捉えていくためには多くの課題が山積している。具体的には、ビジネスの前提条件となる経済性の確保が求められる。コスト低減によって採算性を確保していくことや、技術を確立して安定的な供給体制を構築していく必要がある。また、新たな市場の創出には社会受容性の醸成も課題となる。例えば、新たな技術・サービスについてはユーザーの懸念を払拭して安心感・信頼性を高めること、リサイクル等の普及には消費者側の行動変容を促すといった取り組みが必要となるだろう。

中長期を見据えて日本企業に求められる取り組み方向性

いずれの課題も一朝一夕に解決するものではないが、新たな市場を創出してビジネスチャンスを捉えていくために、日本企業には中長期を見据えた取り組みが求められる。これらの課題を踏まえ、機会を捉えるためのビジネスモデル構築に向けた取り組みの方向性は、①日本企業の強みを活かした海外市場開拓、②異業種連携によるバリューチェーン構造の転換、③新たな付加価値訴求による社会受容性の醸成という3点に整理できると考えられる。

①日本企業の強みを活かした海外市場開拓

日本企業の競争力低下が叫ばれて久しいが、環境性能などの技術水準においては決して世界に引けを取るものではなく、環境負荷低減といった社会的要請の高まりに対して、日本企業の強みを活かす余地は大きいだろう。例えば、ハイブリッド車は、長期的なEV化の過程における当面の現実的なCO2排出削減策としての重要性が高まると考えられる。また、廃プラスチック問題への対応が喫緊の課題となっているASEANに対して、日本が培ってきたリサイクル技術を展開する取り組みも進んでいる。他方、ビジネスチャンスを国内からグローバルに拡大していくには、日本企業単独での取り組みには限界があり、地場企業との連携といった方法も求められるだろう。このような日本企業が持つ技術力等の強みを活かした課題解決によって、グローバル需要を獲得していくことが期待される。

②異業種連携によるバリューチェーン構造の転換

前述の通り、循環型の社会・経済構造への転換が不可逆的な潮流であるということは、企業のバリューチェーン構造も大きな転換を迫られることになる。例えば、本稿で採り上げた素材分野の車載用 LiB リサイクル、廃プラスチック規制対応、自動車構造材の軽量化では、いずれもリサイクルが重要なポイントの 1 つになっている。循環型への転換は、多くのプレイヤーとの連携による新たな技術やビジネスフローの確立が求められ、既存の事業領域拡大や新規参入によってビジネスチャンスを捉えることができるだろう。また、需要は見込めるが技術が確立されていないものとして、例えば浮体式洋上風力発電がある。浮体サプライヤーと風力タービンの各メーカーが自社の強みを活かしたアライアンスを構築して技術確立を目指すことは、新たなバリューチェーンを構築し、ビジネスチャンスを創出する取り組みといえる。解決すべき課題の難易度が増すことで、自社の技術や顧客を囲い込みしていた従前の自前主義から、様々なプレイヤーと仲間作りをしながらエコシステムを構築していく方法へのシフトが求められているのである。

③新たな付加価値訴求による社会受容性の醸成

環境性といった新たな価値創造や、ビジネスモデル転換の鍵となる新たなテクノロジー・サービスに対する社会受容性を醸成させなければ、新たな市場の創出やその拡大は難しいだろう。RE100 の広がりのように環境性を重視するユーザーが増えていることを活かし、そうしたユーザー層を取り込みながらコスト低減を図っていくことで、需要を拡大していく取り組みが求められる。さらには、ビジネスモデルの差別化を図るために、規制や既存のルール枠組みにとどまらない先進的な取り組みを主導していくことも有効であろう。例えば、EV 化に向けた自動車構造材の変化に関して、EV が消費する電力の発電時における環境性も勘案した Well to Wheel⁹の考え方にとどまらず、素材の製造時やリサイクル時に排出される CO2 排出量も含めたライフサイクル全体での環境性を新たな付加価値として訴求していくことが考えられる。このような社会的要請に先んじた付加価値訴求による新たな市場の創出は、他社と差別化された競争優位の確立が期待できるだろう。それは、ビジネスモデルの持続可能性を高めるために重要な要素となるものである。

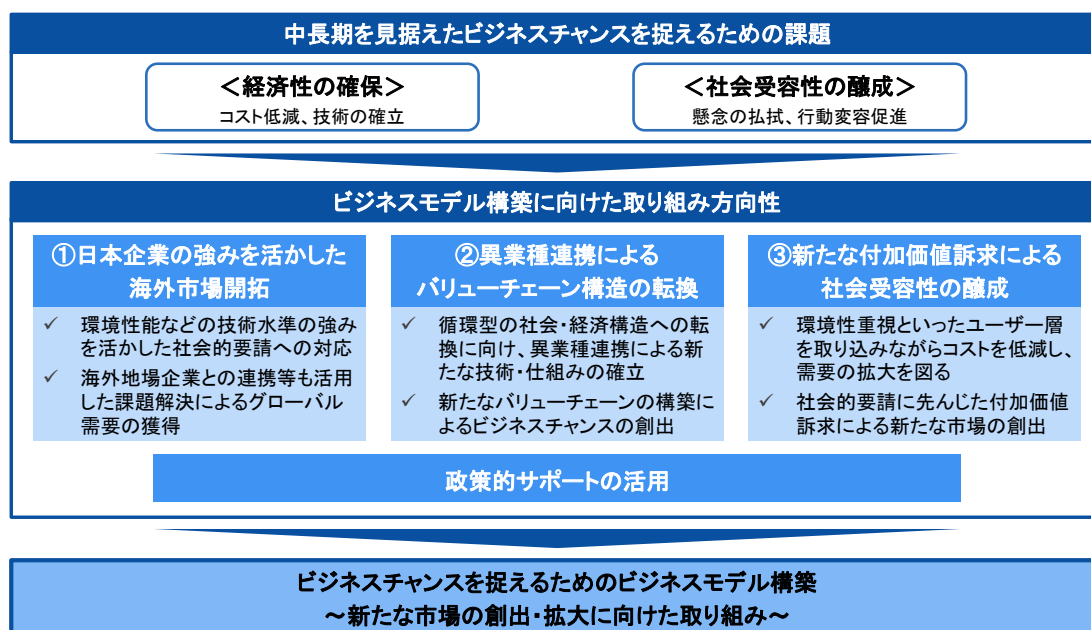
民間企業のみでは限界があり、政策的サポートも求められる

そして、中長期の時間軸における変革への対応は民間企業のみでは限界があり、政策的サポートも求められる。企業が将来への投資を継続できない要因の 1 つにビジネスの予見性が確保できないことがあり、中長期の時間軸で政策的な支援の方向性が示されれば、新たな領域のビジネスも進めやすくなるだろう。日本企業がグローバルで競争力を高めていくためには、国際的なルール作りへ積極的に関与し、官民が連携して日本企業のプレゼンス向上に資する取り組みを進めていくことが期待される。また、政策的サポートを充実させることにより、日本企業が中長期を見据えたグローバル戦略を策定できる事業環境作りも重要であろう。

以上のような取り組みによって、事業環境の変化に適応し、ビジネスチャンスを捉えるためのビジネスモデル構築が求められるのである(【図表 7】)。

⁹ Well to Wheel とは、走行時の CO2 排出量を勘案する従来の Tank to Wheel に加えて、燃料をタンクに入れるまでの CO2 排出量まで勘案する考え方。EV の場合は、消費電力の発電段階における CO2 排出量まで勘案すべきとしており、日本政府が 2019 年 6 月に示した自動車の新たな燃費規制案で導入を検討している。

【図表 7】中長期を見据えて日本企業に求められる取り組み方向性



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

4. 持続可能なビジネスモデルの構築と SDGs への貢献

本稿で考察した
取り組みは注目
されるSDGsの方
向性とも一致

本稿で考察した資源・環境制約がもたらすビジネスチャンスとそれを捉えるための取り組みは、2015 年 9 月に国連で採択された SDGs¹⁰の方向性とも一致するものである。SDGs が対象とする社会的課題は、本稿で採り上げた資源・環境制約よりも広い概念であるが、課題に対応する必要性や持続可能性に対する危機意識はグローバルで広く共有されているといえる。実際、ESG 投資の拡大などとも合わせて、多くのグローバル企業が SDGs への貢献を事業戦略に一体化させようとしており、日本でも経団連が SDGs を踏まえて企業行動憲章を改定し、成長戦略として“Society 5.0 for SDGs”の推進を提言するなど、国内外問わず産業界でも SDGs への注目度が高まっている。

競争優位確立と
社会的解決の両
立がビジネスモ
デルの持続可能
性を高める

今後、新たなビジネスモデルの構築に向けて仲間作りの重要性が増していくと想定される中、SDGs はその共通言語、共有可能なビジョンと位置付けられるだろう。様々な事業者・プレイヤーとの協働によって新たなエコシステムを創り上げ、社会的課題の解決に資するソリューションを提供していくことが、新たな機会をつ捉えるための近道ではないだろうか。持続可能性に対する危機意識が高まっているからこそ、従来とは異なる協業・アライアンスが可能であり、この機会をつ捉え、他社と差別化された競争優位の確立と社会的課題解決への貢献の両立を実現することが、ビジネスモデルの持続可能性を高めることにつながるだろう。

¹⁰ SDGs とは、2030 年に向けた持続可能な開発目標として 17 のゴールと 169 のターゲットを掲げ、政府や国際機関、NGO に限らず企業も含めた全てのステークホルダーによる社会的課題の解決を目指した共通目標。

日本企業の新たな市場創出・拡大による競争力向上に期待

資源・環境制約は事業環境を大きく転換するゲームチェンジとなり得るものであり、本稿で考察したテーマ以外にも様々なビジネスチャンスが存在する。こうした新たな潮流の中で、日本企業が事業環境の変化によって生じるビジネスチャンスを捉え、新たな市場の創出・拡大を推進することにより、グローバルプレゼンスを高めながら競争力を向上させていくことに期待したい。

みずほ銀行産業調査部

総括チーム 小嶋 健太

kenta.ojima@mizuho-bk.co.jp

2. 再生可能エネルギーの活用拡大に伴うビジネスチャンス

【要約】

- ◆ 2019年6月に閣議決定された「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」において、今世紀後半に脱炭素社会の実現を目指すことが明記された。中長期的に温室効果ガス排出を削減していくため、日本において再生可能エネルギー（以下、再エネ）の活用拡大が期待される。一方、再エネの活用拡大に向けても、①支援制度からの自立化、②開発用地の確保、③調整力の確保といった制約が存在する。
- ◆ 再エネの支援制度からの自立化に対する要請が強まる中、今後新たに再エネの導入を進めていくためには、支援制度に依存しないビジネスモデルの構築が求められる。一方で需要家側の動きに目を向けると、ESG投資拡大に伴い企業による再エネ調達の実践が活発化しつつある。かかる中、需要家企業に対する再エネ供給が、支援制度に依存しない新たなビジネスチャンスとなる。需要家企業に対する再エネ供給では多様なビジネスモデルが想定されるが、他電源比で再エネのコストが高い日本の事業環境を踏まえると、モデル全体のコスト低減や、再エネが持つ価値を複合的に提供するモデルの構築が求められる。その実現にあたっては、再エネ発電事業者と、小売電気事業者や需要家企業との連携が選択肢となる。小売電気事業者や需要家企業にとっても、電力事業の競争力強化やコスト競争力のある再エネ調達の実現に繋がる可能性がある。
- ◆ また、再エネ導入拡大のためには開発用地の確保が必要となるが、系統制約から、従来の新規開発ペースの維持が困難になることが予想される。再エネの確実な主力電源化を実現するためには、既設発電所の運転長期化・リパワリングによる有効活用が不可欠となる。既設発電所は中長期的に再エネ電源としての価値が高まり、発電事業者をはじめ、様々な事業者がビジネスチャンスが拡大することが期待される。発電事業者は、FIT期間終了を見据え、これまで以上に運転段階に主眼をおいた事業運営が求められるため、オペレーション・メンテナンスの最適化や長期安定的な事業運営の確保が課題となる。それを乗り越えるためには、AI・IoTを活用するケイパビリティの拡充や部材調達安定化を企図した他社との連携、事業の予見性向上に取り組む必要がある。政府には既設発電所の活用を政策上明確に位置づけ、支援を行うことが求められる。
- ◆ 再エネの拡大に伴い、調整力の重要性が増すと予想される。しかし、温室効果ガス削減という制約を踏まえ、電力事業者が安定供給を実現するためには、これまで調整力を担ってきた火力発電に加え、クリーンな調整力の確保が求められる。かかる中、需要側を制御するディマンドリスポンスが選択肢となる。とりわけ、スマートメーターの普及やIoT技術の進展等により、家庭用需要をアグリゲートし、制御する家庭用ディマンドリスポンスが新たなビジネスチャンスになると予想する。電力事業者が家庭用ディマンドリスポンス事業で競争力を発揮するためには、需要を制御するデバイスへのアクセスを確保することが鍵となるため、事業者自身による家庭への機器の導入促進や、機器メーカーやハウスメーカーとのアライアンスが戦略オプションとなる。機器メーカーやハウスメーカーにとっても、顧客に対してディマンドリスポンスの効用を追加的に訴求する等の営業活動の高度化を通じて、事業機会が広がると考えられる。
- ◆ 温室効果ガスの排出削減に伴う事業環境の変化は、再エネ発電事業者および電力関連事業者と、これら事業者の取り組みを支える多様なプレーヤーにビジネスチャンスをもたらす。当該ビジネスチャンスの獲得に向けた、事業者の取り組みが進展することに期待したい。

1. はじめに

温室効果ガス排出量削減に向けた国際的な取り組みが進展

2015年12月のCOP21において、京都議定書に代わる地球温暖化対策の国際的な枠組みである「パリ協定」が採択された。同協定では、今世紀後半に世界全体の温室効果ガス的人為的な排出量と、吸収源による除去量との均衡を目指すとしており、温室効果ガス排出量削減に対する国際社会の要請は強まりつつある。

日本も温室効果ガスの長期大幅削減を目指す

日本は、パリ協定における中期目標として、温室効果ガス排出量を2030年度に2013年比26%削減する目標を提出している。また、2019年6月には「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」を閣議決定した。この長期戦略では、脱炭素社会を最終到達点として掲げ、それを今世紀後半のできるだけ早期に実現することを目指すとして、2050年までに80%の温室効果ガス削減に取り組むとしている。

再エネに対する期待は高まっているが制約条件も存在

日本が温室効果ガスの長期大幅削減を目指すにあたり、排出量全体の約9割を占めるエネルギー部門においても脱炭素化に向けた大胆な挑戦が求められる。政府はエネルギー部門の温室効果ガス排出の削減に向けて、電力供給における非化石電源比率の引き上げや、電化率の向上、化石燃料利用における低炭素燃料への転換等を推進している。非化石電源比率の向上を図る上で、2018年7月に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」において再エネの主力電源化に向けた取り組みを進めていくことが明記されたように、温室効果ガスを排出しないエネルギー源である再エネの活用拡大に対する期待が高まっている。一方、その実現に向けては以下の制約が存在する。

制約①支援制度からの自立化

第一に、政策的な支援制度からの自立化が必要な点である。2012年7月に開始された固定価格買取制度（以下、FIT）は再エネの導入拡大をけん引してきた一方、買取費用の増加に伴う国民負担の増大や、電力系統の運用に係る課題を顕在化させつつある。今後、新たに再エネの導入を進めていくためには、再エネの支援制度からの自立化が求められる。

制約②開発用地の確保

第二に、開発用地の確保が必要な点である。再エネの新規開発においては、風況・日射量等の資源量や開発費等を踏まえた経済性と、地域社会の理解等の社会的受容性が確保された開発用地が必要となる。かかる制約を踏まえた上で、再エネの活用拡大に取り組む必要がある。

制約③調整力の確保

第三に、調整力の確保が必要な点である。太陽光発電や風力発電は、天候等により出力が変動する自然変動電源であることから、その活用には電力需給を一致させるための調整力が必要となる。再エネの活用拡大に伴い、日本全体で必要となる調整力の量も増加することが見込まれるため、この調整力を温室効果ガス排出の制約を踏まえつつ効率的かつ効果的に確保することが求められる。

各制約を起点としたビジネスチャンスを考察

以下では、第2節で支援制度からの自立化、第3節で開発用地の確保、第4節で調整力の確保の観点から、電力・再エネを取り巻く事業環境の変化とかかる変化がもたらすビジネスチャンスを考察する。

2. 需要家企業に対する再エネ供給

2-1. 需要家企業による再エネ調達の活発化がもたらすビジネスチャンス

(1) 再エネの支援制度からの自立化に対する要請

再エネに対する期待の高まり	第1節で述べた通り、温室効果ガス排出量削減に対する国際的な取り組みが進展する中、日本のエネルギー部門においても中長期的に温室効果ガスの排出削減が求められる。かかる中、「第5次エネルギー基本計画」で再エネの主力電源化に向けた取り組みを進めていくことが明記されたように、温室効果ガスを排出しない再エネの活用拡大に対する期待が高まってきている。
足下はFITにより再エネの導入拡大が進展	日本では、2012年7月に開始されたFITが再エネの導入拡大をけん引してきた。FITの下では、再エネ発電事業者は再エネから生み出される電力を、一定の利潤が配慮された価格で、長期間にわたり売電することが可能である。また、再エネ発電事業者は、発電計画の作成および発電計画と発電実績との乖離(以下、インバランス)の調整責任が免除されている。かかるFITの仕組みは、再エネの事業予見性を高め、再エネに対する新規投資を促進してきた。
FITの下での再エネ導入拡大に伴い課題が顕在化	一方、FITによる買取費用の総額は2019年度に3.6兆円程度に達すると見込まれており、FITの下での再エネ導入拡大による国民負担が増加しつつある。また、再エネ発電事業者に対するインバランス調整責任の免除といったFITの仕組みは、再エネの出力変動に備えて確保する調整力の増大に繋がっており、電力系統の運用を一層難しいものにしつつある。
FITの抜本的見直しが実施される見込み	FITは初期段階における再エネの導入促進を目的に時限的な特別措置として導入されたものであり、FIT法上にも2020年度末までに抜本的な見直しを実施する旨が記載されている。政府は前述の課題を踏まえて、①更なるコストダウンと国民負担の抑制、②長期安定、③電力システムとの統合と変容する需要への適合の3点を基本方針として、再エネが自立していくための橋渡しとなる支援制度の在り方を検討している。
FITの抜本的見直しの検討状況	2019年8月に公表されたFITの抜本的見直しに関する中間整理 ¹⁾ によると、政府は再エネを競争力のある電源への成長が見込まれる「競争電源」と、地域において活用され得る「地域活用電源」に分けて支援制度を検討する方針である。競争電源に含まれる大規模事業用太陽光発電や風力発電に対する支援制度の方向性としては、再エネ発電事業者自らが相対取引や市場取引を通じて電気を販売し、インバランス調整や市場の電力価格、系統負荷等を意識した投資・発電を促す仕組みを目指すとしている。
再エネの支援制度からの自立化が求められる	電源の種類によって導入進展や技術確立の度合いが異なるものの、総じて再エネの支援制度からの自立化に対する要請は強まる方向にある。日本において今後新たに再エネの導入を進めていくためには、支援制度に依存しないビジネスモデルの構築が求められる(【図表1】) ²⁾ 。

¹⁾ 再生可能エネルギー大量導入・次世代ネットワーク小委員会「中間整理(第3次)」参照。

²⁾ 【図表1】の3段目・4段目に該当する住宅用太陽光発電設備を活用したビジネスモデルは、みずほ銀行「プロシューマーを取り込む電力ビジネスモデル①～分散型リソースを活用するビジネスモデル構築の課題～」『Mizuho Short Industry Focus 第167号』(2019年2月26日)、みずほ銀行「プロシューマーを取り込む電力ビジネスモデル②～米国住宅用太陽光発電市場で広がるTPOモデル～」『Mizuho Short Industry Focus 第168号』(2019年3月5日)、みずほ銀行「プロシューマーを取り込む電力ビジネスモデル③～ドイツの蓄電システムを活用したクラウド・コミュニティモデル～」『Mizuho Short Industry Focus 第169号』(2019年3月12日)、みずほ銀行「プロシューマーを取り込む電力ビジネスモデル④～日本での分散型リソースを活用するビジネスモデルの構築に向けて～」『Mizuho Short Industry Focus 第170号』(2019年3月19日)などを参照いただきたい。

【図表 1】再エネ発電設備の全体像および本節の検討対象

FIT開始前に導入された再エネ発電設備	- FIT開始前に導入された設備 – FIT前に導入された後に、FIT適用を受けた設備は除く - 水力発電および地熱発電が中心
支援制度の下にある再エネ発電設備	- FITおよび現在検討されている新たな支援制度の適用を受ける設備 – FIT前に導入された後に、FIT適用を受けた設備を含む 2012年以降、事業用太陽光発電を中心に増加
FIT買取期間終了後の再エネ発電設備	- FIT買取期間終了を迎える設備 2019年以降、住宅用太陽光発電・風力発電等を中心にFIT買取期間が終了する設備が増加する見込
支援制度に依存しない再エネ発電設備 (本節の検討対象)	FITおよび現在検討されている新たな支援制度の適用を受けずに導入される設備 – FIT前に導入された設備やFIT買取期間終了後の設備を除く

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

(2) 需要家側で活発化する再エネ調達の取り組み

需要家企業による再エネ調達の動きが拡大

需要家側の動きに目を向けると、温室効果ガス排出量削減に対する国際社会の要請が強まる中、近年は企業において再エネを調達しようとする取り組みが活発化しつつある。

気候変動対策が企業の評価に影響する可能性

需要家企業の再エネ調達が活発化している背景には、環境・社会・ガバナンス要素を投資判断に組み込む ESG 投資が拡大していることが挙げられる。世界の ESG 投資の市場規模は 2018 年に約 30.7 兆ドルと 2012 年比で約 17.4 兆ドル増加しており、着実に資金の流れに変化が生まれつつある。また環境分野では、企業の気候変動対策に関する情報開示・評価を行う国際的な環境イニシアティブの影響が高まりつつあり、気候変動対策への取り組み状況が企業の評価に影響を与える可能性が高まってきている。かかる中、気候変動対策を踏まえた持続的成長の観点から、需要家企業において再エネ調達ニーズが拡大しているのである。

再エネ調達 100%をコミットする需要家企業も出現

環境イニシアティブの一例として、需要家企業の再エネ調達を推進する RE100 が挙げられる。RE100 は事業運営で使用する電力を 100%再エネで調達することを目標に掲げる環境イニシアティブで、国際環境 NGO である The Climate Group が 2014 年に RE100 プロジェクトを発足したことから始まった(【図表 2】)。RE100 に参加する企業数は年々増加しており、2019 年 7 月末時点において世界全体で 191 社、日本企業 20 社が参加している(【図表 3】)。

再エネ需要増加にとどまらない効果が期待

日本では産業・業務用の電力需要は電力需要全体の約 7 割を占めることから、環境イニシアティブに参加する企業のように野心的な再エネ調達目標掲げる需要家企業が増加すれば、再エネに対する需要も増加する。加えて、これらの需要家企業は再エネ調達の実現に向けて自ら発電所の開発に乗り出すケースや、発電所の開発を資金面等で支援する可能性もある。需要家企業による再エネ調達の活発化は、単なる再エネ需要の増加にとどまらない副次的な効果をもたらすことも期待される。

【図表 2】 RE100 の参加条件

遵守事項
- 再エネ100%に向けた宣言 - グローバルに全事業所が対象 - 毎年の報告書提出 - 再エネ発電、消費は第三者監査を受ける
調達方法
- 再エネ発電設備を保有 - 電力系統接続の有無は問わない - 市場で発電事業者または仲介供給者から再エネ由来の電力を購入 - 再エネ証書の購入 - 再エネ発電事業者との電力購入契約締結等

(出所) RE100 公開情報より、
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 3】 RE100 に参加する日本企業

企業名	再エネ100%達成年	中間目標
リコー	2050年	2030年に30%
積水ハウス	2040年	2030年に50%
アスクル	2030年	2025年に80%
大和ハウス	2040年	—
ワタミ	2040年	2035年に50%
イオン	2050年	—
城南信金	2050年	2030年に50%
丸井グループ	2030年	2025年に70%
富士通	2050年	2030年に40%
エンビロ・ホールディングス	2050年	—
ソニー	2040年	2030年に30%
芙蓉総合リース	2050年	2030年に50%
コープさっぽろ	2040年	2030年に60%
戸田建設	2050年	2040年に50%
大東建託	2040年	—
ユニカミルタ	2050年	—
野村総合研究所	2050年	2030年に36%
東急不動産	2050年	—
富士フイルムホールディングス	2050年	2030年に50%
アセットマネジメントOne	2050年	—

(注) 2019 年 7 月末時点の情報

(出所) RE100 公開情報より、みずほ銀行産業調査部作成

(3) 需要家企業に対する再エネ供給がビジネスチャンスに

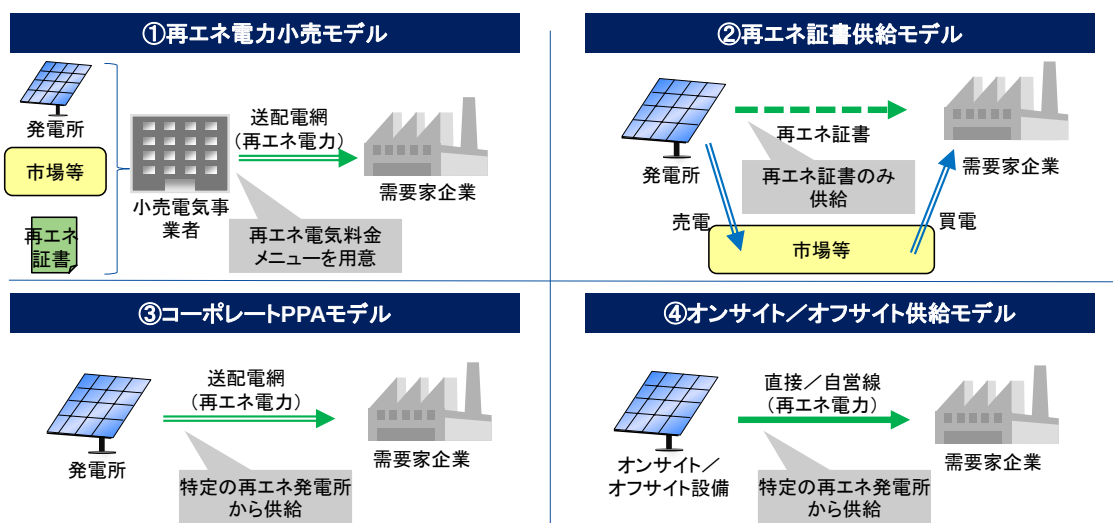
支援制度からの
自立化に繋がる
可能性

前述の事業環境変化を踏まえると、再エネ発電事業者にとって、支援制度に依存しないビジネスモデルを構築し、今後拡大が見込まれる需要家企業の再エネ調達ニーズを捉えていくことが新たなビジネスチャンスとなり得る。

諸外国では多様
な再エネ供給モ
デルが出現

実際に企業による再エネ調達が活発化している諸外国では、需要家である企業に対する再エネ供給手法(以下、再エネ供給モデル)として、多様なモデルが出現している。以下では、主な再エネ供給モデルである①再エネ電力小売モデル、②再エネ証書供給モデル、③コーポレート PPA³モデル、④オンサイト／オフサイト供給モデルの概要を説明する(【図表 4】)。

【図表 4】 主な再エネ供給モデル(イメージ)



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

³ Power Purchase Agreement(電力購入契約)の略。

①再エネ電力小売モデル

再エネ電力小売モデルは、再エネ発電事業者が再エネ発電所から生まれる再エネ価値付きの電力（以下、再エネ電力）や再エネ証書を小売電気事業者に供給し、小売電気事業者が市場からの電力調達等と組み合わせて再エネ電力を供給する電気料金メニューを設計して需要家企業に提供するモデルである。電気料金メニューの契約期間は単年度であるケースが多く、契約価格は通常の電気料金に再エネ価値分のプレミアムを上乗せするケースが多い。プレミアム水準は国・地域によって異なるが、例えば米国における 2016 年のプレミアム平均価格は非住宅顧客向けで 1.7 セント/kWh であった。

②再エネ証書供給モデル

再エネ証書供給モデルは、再エネ発電事業者が再エネ発電所から生まれる再エネ電力のうち電力部分を市場等で売却した上で、証書化された再エネ価値のみを、直接もしくは第三者の仲介を通じて需要家企業に供給するモデルである。再エネ証書の価格は国・地域毎の再エネ証書の需給状況等によって異なる。例えば、米国における 2017 年の証書価格は 0.05 セント/kWh 以下の水準であった⁴。

③コーポレート PPA モデル

コーポレート PPA モデルは、再エネ発電事業者が需要家企業と PPA を締結し、特定の再エネ発電所から送配電網を利用して需要家企業に再エネ電力を供給するモデルである。需要家企業への電力供給にあたり小売電気事業のライセンスが必要な場合、再エネ発電事業者あるいは需要家企業による当該ライセンスの取得や、小売電気事業者を介するスキームの構築が行われる。PPA は発電所の新設時に締結され、10 年以上の長期契約であるケースが多い。供給価格は、再エネのコストに送配電網の利用に伴う託送料金が上乗せされた価格が基準となる。

バーチャル PPA と呼ばれる手法も存在

なお、このコーポレート PPA モデルにはバーチャル PPA と呼ばれる手法も存在する。これは、再エネ発電事業者が需要家企業と PPA を締結した上で、特定の再エネ発電所から生み出される再エネ電力のうち電力部分は市場等で売却し、証書化された再エネ価値のみを需要家企業に供給するモデルである。バーチャル PPA は、再エネ証書供給モデルと類似しているように見えるが、特定の再エネ発電所からの供給である点と契約期間が長期である点が異なる。

④オンサイト／オフサイト供給モデル

オンサイト／オフサイト供給モデルは、再エネ発電事業者が需要家企業の敷地内あるいは周辺に設置された再エネ発電所から、直接あるいは自営線を利用して再エネ電力を供給するモデルである。再エネ発電所の設置・所有は、需要家企業自身が行う場合もある。供給価格は、再エネおよび自営線のコストが基準となる。

再エネ供給モデルの利用状況

諸外国において、再エネ供給モデルはどのように利用されているのであろうか。2017 年における RE100 参加企業全体の再エネ調達の内訳をみると、再エネ電力小売モデルと再エネ証書供給モデルによる調達が合計 81%と高い比率を占めている。また、コーポレート PPA モデルによる調達の比率が 2015 年の 3%から 2017 年には 16%まで増加している（【図表 5】）。再エネ供給モデルは、モデル毎に供給可能な再エネの量・価格、契約期間、外部からの評価等に差があるため、これらの特徴の差が需要家企業の調達構成に影響していると考えられる。

⁴ 米国 Voluntary 市場における Renewable Energy Certificate の価格。

再エネ電力小売モデル・再エネ証書供給モデルの特徴

再エネ電力小売モデルや再エネ証書供給モデルでは、供給元になる再エネ発電所が多数存在していることから、コーポレート PPA モデルやオンサイト／オフサイト供給モデルと比較して、迅速に大量の再エネを短期間の契約で供給することができる。このことから、需要家企業にとって再エネ電力小売モデルや再エネ証書供給モデルは、必要となる再エネを短期的に大量調達でき、将来的な調達方法の変更も実施しやすい調達手法であると考えられる。

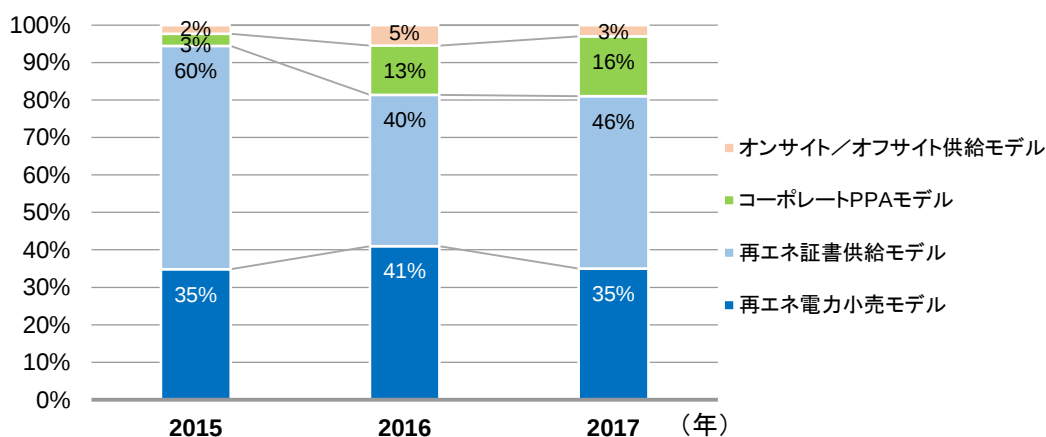
コーポレート PPA モデル・オンサイト／オフサイト供給モデルの特徴

コーポレート PPA モデルやオンサイト／オフサイト供給モデルでは、特定の再エネ発電所の新設時に契約を締結することから、1 契約当たりの再エネ供給を開始するタイミングや再エネ供給可能量は限定される。一方、再エネのコスト低下が進展している地域では、これらのモデルは電力会社が提供する通常の電気料金水準を下回る価格で再エネ電力を供給できる可能性がある。その場合、通常の電気料金水準に一定のプレミアムを上乗せする再エネ電力小売モデルや、需要家企業が別途電力を調達する必要がある再エネ証書供給モデルと比較して、コスト競争力のある再エネ供給を実現できる。

コーポレート PPA モデル等は外部評価も高い

また、コーポレート PPA モデルやオンサイト／オフサイト供給モデルによる調達は、再エネ普及拡大に資する取り組みとして、環境イニシアティブから高く評価されるという特徴もある。これらのモデルは、長期契約の締結によって再エネの事業予見性を高め、その普及拡大を支援していると捉えることができるためである。このことから、需要家企業にとってコーポレート PPA モデルやオンサイト／オフサイト供給モデルは、外部評価が高く、地域次第では経済的メリットのある再エネ調達手法である。

【図表 5】 RE100 参加企業における再エネ調達構成の推移



(出所) RE100 公表資料より、みずほ銀行産業調査部作成

ビジネスチャンスの取り込みには再エネの「売り方」の工夫・検討が必要

日本においても需要家企業による再エネ調達の取り組みが活発化する中、支援制度から自立した多様な再エネ供給モデルの展開が期待できる。一方、再エネ発電事業者がこのビジネスチャンスを取り込むためには、FIT を利用した再エネ発電事業とは異なる能力が求められる。FIT の下では、送配電事業者⁵に再エネの買取義務が課されており、再エネの供給価格および供給期間も FIT により定められていたことから、再エネ発電事業者は供給価格の範囲内で再エネを開発する能力が求められる環境にあった。これに対して再エネ供給

⁵ 旧 FIT 法では小売電気事業者。

モデルでは、事業者が顧客を開拓して再エネ供給に係る諸条件を交渉する必要があり、その供給方法も多様である。従って、再エネ発電事業者が再エネ供給モデルに取り組む上では、後述するように再エネの「売り方」（再エネ供給モデルの構築）まで検討していくことが重要となる。そのため、再エネ発電事業者には顧客開拓や需給調整に必要となるリソースとケイパビリティを、自社の取り組みや他社とのアライアンスを通じて獲得・強化していくことが求められる。

2-2. 需要家企業に対する再エネ供給の展開に向けて

(1) 再エネ供給モデル構築に向けた課題

日本の事業環境を踏まえたモデル構築が必要

これまで述べてきた通り、支援制度から自立したビジネスチャンスとして期待される再エネ供給モデルであるが、その実現に向けては日本の事業環境を踏まえたビジネスモデルの構築が求められる。特に、諸外国と比較して日本では再エネのコスト競争力が低いという点に留意が必要である。

日本の再エネは他電源比でコストが高い

日本では FIT の下で再エネの導入が進展したことで再エネのコストは着実に低下してきたものの、未だ他の電源と比較してコスト競争力のある水準には至っていない。例えば、最もコスト低減が進んだ太陽光発電（出力 10kW 以上）の FIT 買取価格は、2012 年度の 40 円/kWh から 2019 年度には 14 円/kWh⁶ まで低下したが、2018 年度の卸電力市場平均価格 10 円/kWh⁷と比較すると、依然割高な水準にある。以上の点を踏まえると、再エネ発電事業者には需要家企業をひきつけるためには、下記 2 点の対応が求められる。

①モデル全体のコスト低減が必要

まず、モデル全体でコスト低減を図る取り組みが求められる。再エネ供給モデルにおいて需要家企業が負担するコストは、再エネのコストに加え、電力需給の調整コスト、送配電網の利用に伴う託送料金等から構成される。これらを考慮したモデル全体のコストをいかに低減できるかが、顧客獲得において重要となる。

②モデルの高付加価値化が求められる

次に、他の事業者との差別化や顧客に対する訴求力向上のため、付加価値を高める取り組みが必要となる。そのためには、顧客となる需要家企業のニーズを深く掘り下げた上で、温室効果ガス排出量の削減にとどまらない価値を提供するモデルを構築することが重要となる。

(2) 課題を踏まえた再エネ供給モデル展開の方向性

オンサイト供給モデルは早期に競争力を獲得し得る

多様な再エネ供給モデルの中で、日本においても比較的早期にコスト競争力を獲得し得るモデルとしてオンサイト供給モデルが挙げられる。2018 年度の需要家企業に対する産業用電気料金は 17.3 円/kWh であり、2019 年度の太陽光発電の FIT 買取価格を上回る水準にある。このことから、託送料金が生じないオンサイト供給モデルでは、需要家企業の立地や電力消費の状況次第では電気料金水準以下で再エネを供給できる可能性がある。まずはコスト競争力を確保できる需要家企業の施設に対して、オンサイト供給モデルを提供することが有効と考える。

⁶ 出力 10kW 以上 500kW 未満の設備の買取価格。500kW 以上の設備は入札制度の対象。

⁷ 日本卸電力取引所のシステムプライス(30 分毎)の 2018 年度単純平均値。

調整コストの低減に向けた取り組みは2点

次に、モデル全体のコスト低減を図るためには、必要となる調整コストの低減に取り組むことが重要となる。太陽光発電や風力発電等を利用する場合、天候等によって出力が変動するため、再エネ供給と顧客需要のバランスを一致させることが難しい。この出力変動によって生じる調整量を可能な限り低減することや、必要となる調整を低いコストで実施することが求められる。そのための打ち手として下記2点が挙げられる。

①出力予測精度の向上

出力変動によって生じる調整量を可能な限り低減する取り組みとして、再エネ発電所の出力データや天候予測技術を活用し、再エネの出力予測精度の向上を図ることが有効である。出力予測精度の向上を図ることで、必要となる調整量を正確に把握できることに加え、発電計画と発電実績の乖離に伴うインバランスコストを抑制することが可能となる。こうした取り組みの一案として、再エネ発電事業者がこれまで開発してきた発電所の発電量データの蓄積と、小売電気事業者の需給調整ノウハウを活かして、両者の連携により、調整コストを抑えた再エネ電力小売モデルを開発することが考えられる。この取り組みは、小売電気事業者にとっても需要家企業の再エネ調達ニーズを捉えることが可能となり、電力小売事業の競争力強化に繋がるだろう。

②調整手法の検討

また、必要となる調整を低コストで実施する取り組みとしては、再エネ発電所への調整機能の実装や、電力市場の活用、需要側による調整等を比較して、モデル全体でコスト低減できる調整方法を採用することが有効である。例えば、需要家企業に低コストで出力調整が可能な生産設備がある場合、当該設備を出力変動の調整弁とすることも検討できよう。この取り組みは、顧客企業にとっても自社リソースの有効活用により、コスト競争力のある再エネ調達を実現することに繋がる。

付加価値の向上に向けては顧客企業と共にモデルを構築

再エネ供給モデルの付加価値を高める取り組みとしては、再エネが持つ価値を複合的に提供するモデルを構築することが有効である。再エネには、温室効果ガスを排出しない点に加えて、需要地に近接して開発できる点といった価値も存在する。これらの価値を組み合わせたモデルを構築できれば、モデルの付加価値を高めることができる可能性がある。例えば、送配電網が脆弱な地域における需要家施設の建設時に、近隣に再エネ発電所を開発して自営線を通じて再エネを供給することや、大規模集中電源や送電網が災害等により機能を喪失する緊急時に備えて、施設の非常用電源として機能するモデルを構築すること等が考えられる。こうした取り組みでは、顧客企業によってニーズが異なるため、顧客企業と共にモデル構築に取り組んでいくことが重要である。

(3)再エネ供給モデルの将来展望

事業者と需要家企業の持続的成長に繋がる可能性

需要家企業による再エネ調達は活発化しつつあるが、更なる普及に向けては再エネ供給のコスト低減と付加価値向上が不可欠である。需要家企業の持続的成長に向けた取り組みを再エネ発電事業のビジネスチャンスと捉えることで、支援制度に依存しないビジネスモデルを構築できる可能性がある。この取り組みによって生まれる再エネ供給モデルは、発電から消費に至るまでの一連のプロセスを合理化するとともに、再エネが持つ価値を今まで以上に活用することにも繋がる。再エネ発電事業者と、小売電気事業者や需要家企業の連携により、事業者と需要家企業の双方の持続的成長に繋がる取り組みが活発化することに期待したい。

3. 既設風力発電の運転長期化・リパワリングによる有効活用

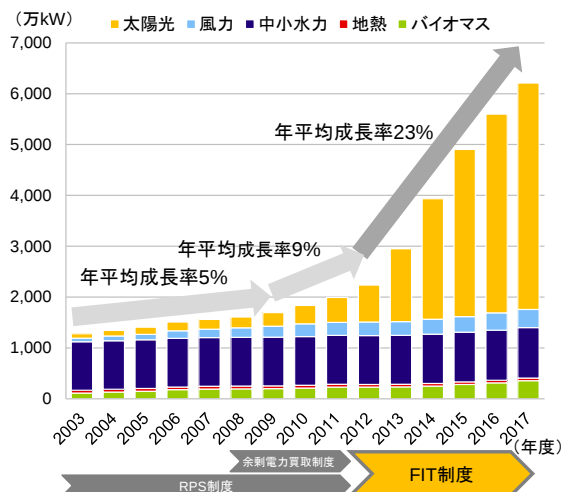
3-1. 既設の発電所を活用するビジネスチャンスの拡大

(1) 再エネ導入拡大に向けて直面する課題

再エネ比率は上昇しているものの、更なる導入が求められる

日本において、再エネは 2003 年の「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法(以下、RPS 法)⁸」、2009 年の「太陽光発電の余剰電力買取制度」により徐々に導入されはじめ、2012 年に FIT が導入されて以降、新規開発が本格化し、設備容量が右肩上がりに増加してきた。再エネ発電設備導入量は太陽光発電を中心に増加しており、再エネが電源構成に占める割合は、2017 年度に水力を含めて 16%となっている(【図表 6、7】)。国の政策方針である「第 5 次エネルギー基本計画」上、再エネの主力電源化に向けた取り組みを進めていくことが明記されており、一層の再エネ導入の拡大が求められている。

【図表 6】再エネ発電設備容量の推移

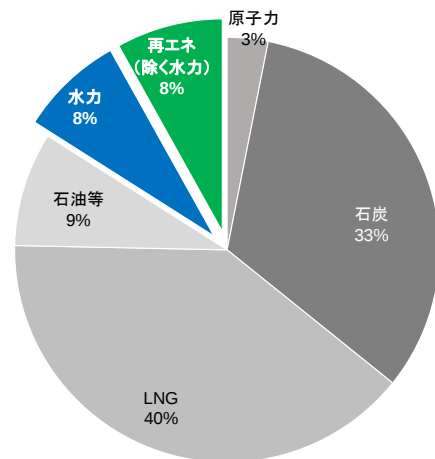


(出所) 経済産業省資料より、
みずほ銀行産業調査部作成

再エネ拡大における系統制約が顕在化

電力の安定供給には、系統全体で電力利用量と発電量を一致させる必要があるが、日本における再エネ導入は、電力の需要地と、再エネ資源に恵まれた地域が必ずしも一致しない環境にある。このため、地域間連系線の容量不足による再エネ電源の出力制御や、電力の管轄地域内の送電線の容量不足によって系統増強が必要となり、導入にあたって多大な時間とコスト負担が生じるという、再エネ導入における系統面の制約が顕在化している(【図表 8】)。例えば、風力発電は政策上、将来的に大型電源として活用される方針であり、累積導入量の拡大が期待されているが、その立地には複数の条件を満たす必要がある(【図表 9】)。このうち、風況や土地利用等の条件を満たす適地が、地域間連系線や地域内送電線の容量が不足している北海道や東北等に偏在しているため、風力発電は特に系統制約の影響を受けやすい電源である。

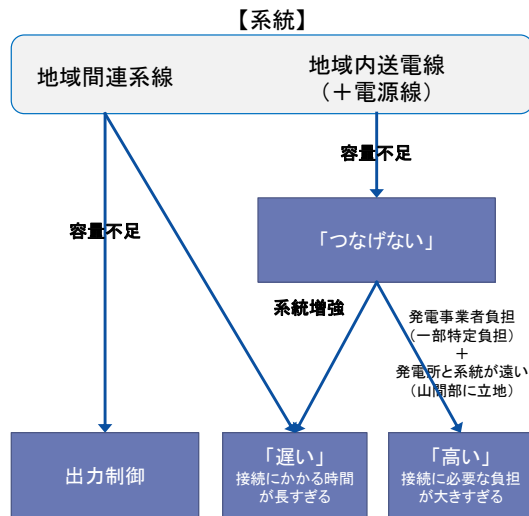
【図表 7】電源構成(2017 年度)



(出所) 総合エネルギー統計より、
みずほ銀行産業調査部作成

⁸ 電気事業者に対して、一定量以上の新エネルギー等を利用して得られる電気の利用を義務付けることにより、新エネルギー等の利用を推進する制度。電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法(FIT 法)が 2012 年 7 月から施行されたことに伴い、廃止された。

【図表 8】系統制約のイメージ



(出所) 資源エネルギー庁資料より、
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 9】風力発電所の立地条件

項目	内容
風況	年間平均風速が一定水準以上
土地利用	発電機設置(組立・離隔)に十分なスペース 土地利用規制(農地、森林、公園等)のクリア 賃貸借契約等
送電線	連系可能な容量を持つ送電線が近傍にある
輸送道路	重量物・長尺物の運搬が可能な道路・港湾 が利用可能
地域環境	自然環境: 鳥類等生態系への影響、 景観への影響 社会環境: 騒音問題(住宅からの距離)
地元協力	行政、住民のサポートが得られる

(出所) 一般社団法人風力発電協会資料より、
みずほ銀行産業調査部作成

従来の新規開発
ペースの維持が
困難に

かかる系統制約の克服に向けて、既存系統を最大限活用する「日本版コネクト&マネージ⁹⁾」等の新たな系統利用ルールを導入に向けた取り組みが進められている。また、各地で系統増強の工事や計画が進められているが、系統の新増設には多大な時間と費用が伴うことから、系統制約を要因として、従来の再エネの新規開発のペースを維持することが困難となることが予想される。

(2) 既設発電所の活用に伴うビジネスチャンス

再エネ主力電源
化には既設発電
所活用が不可欠

このような状況下、国が政策目標として掲げる再エネの確実な主力電源化を実現するためには、新規設備の導入拡大に加えて、既に開発が行われ、運転を行っている既設の発電所を有効活用することが不可欠となる。

既設の発電所の
活用にあたって
様々な事業者の
ビジネスチャンス
が拡大

こうした政策的必要性を踏まえると、既設の発電所は、中長期的には再エネ電源としての価値が高まることが予想され、既存の発電事業者は所有する設備を有効活用するビジネスの展開によって、収益機会を拡大することができると考えられる。また、そのようなビジネスを展開していくにあたっては、発電事業者が直面する課題を解決するケイパビリティを持つ事業者や、再エネ発電事業に新たに参入する意欲を持つ事業者においても、ビジネスチャンスが生まれることが期待される。

本節では既設の
風力発電所の活
用に向けた取り
組みを記載

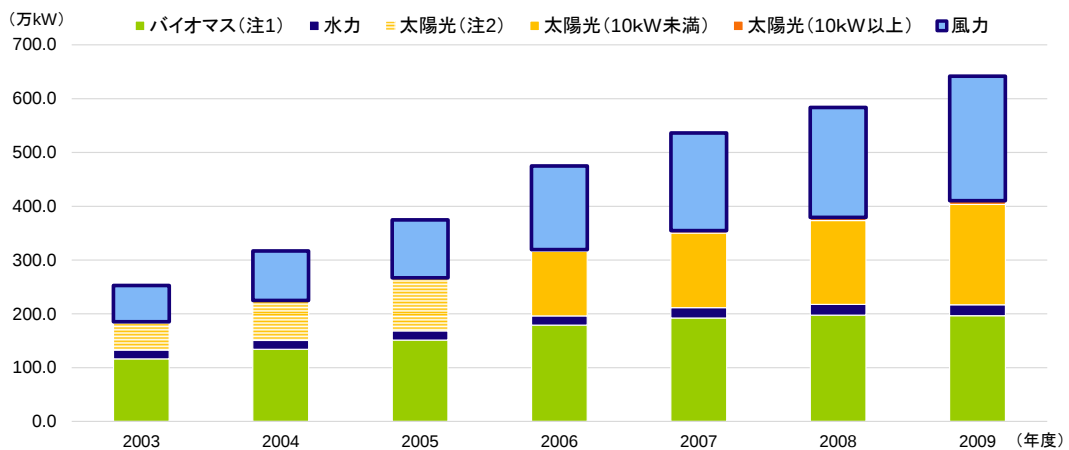
既存の再エネ発電設備のうち、住宅用太陽光発電(出力 10kW 未満)は 2019 年以降、制度適用後 10 年を迎え、FIT 期間が終了する設備が現れることから、自家消費もしくは電力会社への売電による発電の継続に向けた対応が進められているところである¹⁰⁾。また、事業用太陽光発電(出力 10kW 以上)は 2012 年の FIT 導入以降に増加したことから、20 年間の FIT 期間の終了を迎える設備は 2032 年以降に多く現れる見込みである。他方、風力発電は RPS 法の下

⁹⁾ 想定潮流の合理化、N-1 電制、ノンファーム型接続の 3 つからなる、既存の系統をできるだけ有効活用しつつ再エネを大量導入していくために、一定の条件の下で系統への接続を認める取り組み。

¹⁰⁾ 脚注 2 参照。

で事業用太陽光発電に比べて早く導入が進み、同法のもとで建設されたほとんどの設備は FIT に移行していることから、2030 年頃には 200 万 kW 以上の既存設備が FIT 期間の終了を迎えるものと考えられる¹¹（【図表 10】）。本節では、今後の FIT 期間の終了を見据え、事業用の既存設備の中でも、特に早期に事業環境の変化が生じると考えられる、既設の風力発電の有効活用に焦点を当て、発電事業者をはじめとした様々な事業者のビジネスチャンスと、それを取り込むための課題と打ち手について考察する。

【図表 10】RPS 法における認定設備容量の推移



(注 1) バイオマスについては旧一般電気事業者が保有する石炭火力発電所のバイオマス混焼を含む

(注 2) 2002～2005 年の太陽光については出力を合算で算出

(出所) 資源エネルギー庁資料より、みずほ銀行産業調査部作成

既設風力発電所の 4つの利点

①風況が良好な 立地

既設の風力発電所は、以下の 4 つの利点を有することを背景に、中長期的に再エネ電源としての価値が高まっていくことが想定される。

第一に、風況がよく、発電実績が十分な場所に立地している点である。風力発電の新規開発時においては、風況データの収集や自然条件・社会条件等の調査を行った上で、事業規模を想定し、最低でも 1 年以上に及ぶ風況観測、データ処理・解析、風況シミュレーションを行う必要がある。既に発電実績のある発電所を活用する場合、こうした手続きを合理化・簡略化することが可能であると考えられる。

②電源線および 系統接続の確保

第二に、発電所と系統を結ぶ電源線が既に確保されていることが挙げられる。発電所を新たに設置する際には、発電所から電力系統へ連系し、送電を行うために必要となる設備である電源線を、通常、発電事業者の負担により設置することが必要となる。特に風力発電は発電所の出力規模が大きく、系統から離れたところに設置されやすいことから、電源線の設置コストが高くなりやすい。既設の発電所を活用する場合には、既に設置されている電源線を活用することが可能である。加えて、同時最大受電電力量が増加しない場合には系統への接続申込を省略できる可能性がある¹²。

¹¹ FIT における各電源の買取期間は、住宅用太陽光(10kW 未満):10 年、地熱:15 年、事業用太陽光(10kW 以上)・風力・中小水力・バイオマス:20 年。運転開始からの期間が FIT による買取期間を経過していない RPS 認定設備は FIT への移行が認められているが、その買取期間は最初に電気の供給を開始した日から FIT に基づく供給開始までの期間が控除される。

¹² 接続検討については、同時最大受電電力量が増加する場合には再度接続申込が必要となるが、出力増減がない発電設備の変更の場合、要否確認の結果により、申込を省略できる場合がある。また、要否確認を行わず、申込も可能。

③コスト抑制

第三に、コストの抑制である。タワーや基礎等の償却済かつ継続利用可能な設備を使用することで、建設時の新たな設備の輸送・据付コストを軽減することができる。加えて、将来的に必要となる既存設備の撤去費用をまかなう収益を捻出するための発電期間を確保することが可能である。建て替え時には、風車の大型化や高効率化により設置基数を削減することで、建設期間を短期化し、建設費を抑えることも検討可能である。

④立地地域の受容性

第四に、立地地域の受容性が挙げられる。既設の風力発電所は立地地域に根付いているケースが多く、地域社会との信頼関係が醸成されていると考えられる。既設の発電所が廃止されれば、地域の雇用や税収が減衰する可能性があり、既設発電所の有効活用は立地地域にもメリットがあると考えられる。

既設の発電所の活用方法

こうした利点を持つ既設の風力発電所の FIT 期間終了後の具体的な活用方法として、以下の 2 つの選択肢が考えられる。

①運転長期化

1 つは、運転を長期化することである。基礎やタワー等の設備寿命の長い設備は使用を継続しつつ、ナセル、ロータ、ブレード等の交換が必要な部品を取り替え・メンテナンスすることにより、設備全体を長寿命化し、FIT 期間が経過した後、5～10 年程度運転を継続していくことが考えられる。この場合には、設備全体の安全性の確保や、そのための費用が増加することへの対応が必要となる。

②リパワリング

もう 1 つがリパワリング、すなわち既存の設備と同じ出力、場合によっては出力増強を行った上で、発電所内に新たに発電設備を建設し直すことである。この場合、隣接した土地の確保が可能かといった点や、出力増強する場合に系統接続申込が必要となる点について検討が必要となるが、最新の設備を導入することによる発電効率や安全性の向上が期待できる(【図表 11】)。

【図表 11】既設再エネ発電所の活用方法

	利点	留意点
既存設備運転継続 (部品交換等)	・コスト負担が小さい ・基礎等の償却済の設備の有効活用により、コスト競争力が高い ・廃棄費用の拠出を先送り可能	・交換対象となる部品の見極めが必要 ・交換部品の安定調達が必要 ・出力の増強が困難 ・安全性確保のため費用増加の可能性
リパワリング (既存設備を廃止、全面的に設備更新)	・最新設備による発電効率の向上 ・新規設備による安全性確保 ・設備容量の拡大も検討可能	・基礎を含めた設備導入のコスト負担 ・既存設備の廃棄費用の拠出が必要 ・系統接続申込が必要(出力増強時)

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

欧米ではリパワリング市場が拡大

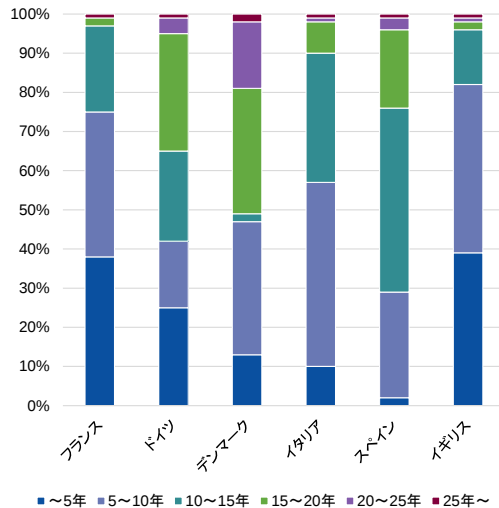
日本に比べて風力発電の導入が先行してきた欧米では、リパワリングの実績が増加している。欧米では風力発電の運転期間は 20～25 年とされており、特にデンマークやドイツ、オランダのような 1980 年代から導入されてきた国では、2015 年頃からリパワリングが活発化している(【図表 12、13】)。

リパワリングに向けた政策の議論も進められる

欧米で 1990 年代に導入された風力発電設備は出力が数百 kW、ハブ高が 60m 程度と小規模なものが大宗であることから、リパワリングによる出力増強の効果が大きいと考えられる。なお、20～30 年前と比べて、環境規制や許認可

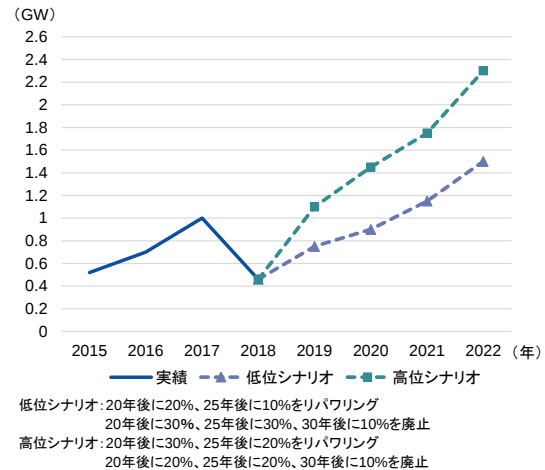
手続きが厳格化・複雑化していることから、その克服に向けた議論も行われている。

【図表 12】欧州風力発電所の経過年数
(2018/8 時点)



(出所) Wind Europe 資料より、
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 13】欧州リパワリング容量の見通し



(出所) Wind Europe 資料より、
みずほ銀行産業調査部作成

日本でも既設発電所の活用が必要となり、発電事業の収益機会が拡大

系統制約の顕在化により、新規開発の先行きが不透明となる中、日本においても先行する欧米にならい、既設の発電所を有効に活用していくことが必要となり、様々な事業者においてビジネスチャンスが拡大することが期待される。既存の発電事業者においては、上述の 4 つの利点に加えて、前節で述べた再エネ需要の拡大や、投資回収の進捗による発電コストの低下によって、所有する発電所の価値が中長期的に高まっていくことから、発電事業の収益機会が拡大していくと考えられる。

FIT 期間終了を見据え運転段階に主眼を置いた事業運営が必要

発電事業者がこうした収益機会を獲得していくためには、FIT 期間の終了という事業環境変化に対応していくことが必要となる。FIT の下では、一定期間(風力発電の場合は 20 年間)、一般送配電事業者¹³が発電電力量の全量を固定価格で買い取る義務を負うこととなっている。このため、発電事業者は運転を開始するまでの開発段階に主に注力してきたと考えられる。他方、FIT 期間終了後は固定価格買取がなくなるため、発電事業者が自ら売電先や売電価格を決定することとなる。発電事業者が FIT 期間終了後も事業を継続するためには、現在のような FIT 期間中においても、設備利用率の向上やメンテナンスの効率化等を図るべく、運転段階に主眼を置いた事業運営が求められる。

既存発電事業者以外のビジネスチャンスも拡大

また、発電事業者が設備利用率の向上やメンテナンスの効率化を図るにあたっては、乗り越えるべき課題に直面することから、既存の発電事業者以外の事業者においても、ビジネスチャンスが拡大すると考えられる。加えて、今後再エネ発電事業への参入を検討する事業者においても、リパワリングのタイミングを捉えた新規参入といった形でビジネスチャンスが到来する可能性がある。

¹³ 旧 FIT 法では小売電気事業者。

3-2. ビジネスチャンスを活用するための課題と打ち手

(1) ビジネスチャンスを活用するための課題

ビジネスモデル構築への課題	発電事業者が FIT 期間の終了を見据え、既設の発電所を活用したビジネスモデルを構築していくにあたり、以下のような課題に対応していく必要がある。
O&M の最適化	第一に、オペレーション・メンテナンス(以下、O&M)の最適化である。具体的には運転実績データの蓄積・活用、および部材の安定調達が課題となる。
データ蓄積と活用	発電事業者が既存設備を活用するにあたって、適切な判断を行うためには、設備導入当初のデータを適切に保管することと、運転時における設備の損傷・摩耗状況等のデータを収集することが不可欠である。発電所の運転時に風量や圧力、振動、温度等の実績データを収集し、導入当初のデータと比較・解析することにより、設備疲労をタイムリーに把握することができ、適時適切な対象部材の交換・メンテナンスが可能となると考えられる。
日本では収集したデータをメンテナンスに活用できる事業者が少ない	日本国内では、SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)と呼ばれる、サイト全体の運用状況を監視する「遠隔監視制御システム」が、多くの風力発電所で導入されている。他方、CMS(Condition Monitoring System)と呼ばれる、振動センサ、変位センサ、温度センサ等を風力発電設備に取り付け、センサを通じて対象箇所のデータ収集を遠隔で行って、異常を早期に検出する「状態監視システム」の導入が十分に進んでいない。この背景として、収集したデータを活用して分析し、異常の早期検出や保全の向上に繋げることができる事業者が少ないことが指摘されている。
部材の安定調達	また、メンテナンスの実施時には部材の安定調達が課題となる。
日本の風車は少量多種の構造	日本では、風力発電が導入され始めた 1990 年代においては、数百 kW 規模の風車が主流となっていたが、海外同様に大型化に向けた取り組みが進められ、2000 年代からは 2MW 規模の風車が開発・実用化されてきた。風車のメーカーは発電所によって様々であり、国産メーカーである三菱重工業、日立製作所、日本製鋼所等に加え、海外メーカーの風車も多数導入されていることから、少量多種の構造となっている。
交換用部材の安定調達によりメンテナンスが迅速化	データを活用した設備点検によって、メンテナンスの対象と時期を適切に見極めた上で、交換を要すると判断する場合には、事業者が部材を安定的に調達する必要があるが、長期運転を考慮すると、部品によっては在庫切れや、メーカーが製造を終了しているケースもあり得ると考えられる。このため、メンテナンスを迅速に行い、設備利用率を向上させるためには、交換用の部材を安定的に調達できることも重要となる。
安定的事業運営	第二に、長期安定的な発電事業運営の確保が課題となる。
事業の予見可能性確保	FIT 期間の終了により、発電事業者は自ら売電先を見つけ、売電価格の交渉をしなければならなくなる等、事業環境が大きく変化することとなる。このため、発電事業者が安定的に事業運営していくには、FIT 期間後の発電事業の予見可能性を向上させることが重要となる。 また、FIT 期間終了後の既設発電所の活用については、現状、制度的な措置も十分に行われていない。FIT 法に関連して制定されている「事業計画策定

ガイドライン」においても、「FIT 法に基づく調達期間終了後も、適宜設備を更新することで、事業を継続するように努めること」と言及されている程度である。

(2) 課題を乗り越えるための打ち手

事業者に求められる取り組み

こうした課題を乗り越えるため、発電事業者においては、①蓄積したデータを体系的に整理・分析するケイパビリティの確保、②メンテナンス体制の最適化、③需要家の巻き込みが求められる(【図表 14】)。

発電事業者がこうした打ち手を講じることで、既設の発電所の活用に取り組むことは、発電事業を取り巻く他の事業者においてもビジネスチャンスの獲得に繋がると考えられる。

①データ管理・分析に強みを持つ事業者との連携

発電事業者が最適なオペレーション環境の構築、保全の高度化を進めていくためには、収集したデータを体系的に整理し、AI や IoT 等の技術を活用して分析し、最適運用の予測や事故の予兆把握を行うことが考えられる。

このため、発電事業者がデータの管理・分析に強みのある事業者と連携し、上述の SCADA のデータを CMS のデータと統合・分析することによって、一層高精度な異常判定や故障予測を実現し、設備利用率の向上や適切な維持管理による運転長期化、リパワリングの判断が可能となると考えられる。

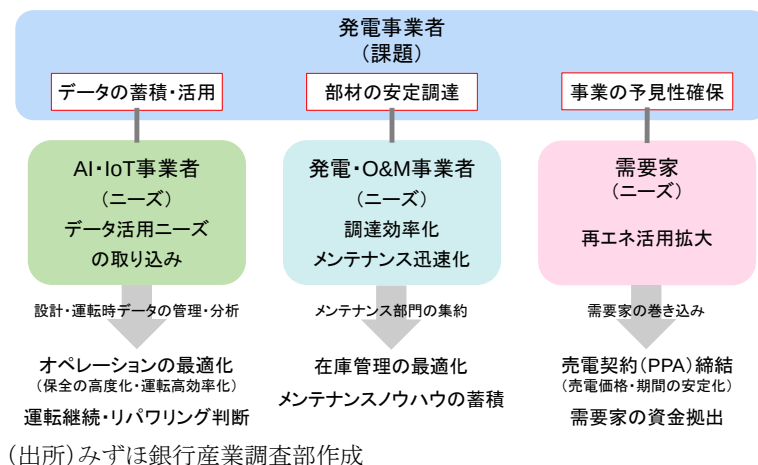
②安定調達に向けたメンテナンス部門の集約

こうした取り組みにより、発電事業者が部品交換やリパワリングの判断を行い、既存設備のメンテナンスを行うに際し、部材を安定的に調達するための打ち手として、発電事業者同士もしくは O&M 事業者がメンテナンス部門を集約することが考えられる。これにより、同じメーカー・機種の風車の部材の在庫管理が最適化され、スムーズな融通が可能となる。加えて、製造を終了している部品のリエンジニアリングを行う場合のコストも抑制することができると考えられる。ノウハウの蓄積により、迅速なメンテナンスを実現することも可能となる。

③事業の予見性確保のための需要家の巻き込み

また、FIT から自立化した再エネ発電事業の予見性を確保するための打ち手として、発電事業者自らが RE100 加盟企業等の再エネニーズの高い需要家と相対し、価格や期間の交渉を行い、売電契約を獲得することや、リパワリング時の資金拠出等による需要家の事業参画を促す取り組みが考えられる。

【図表 14】課題を踏まえたビジネスモデルの考え方



政府に求められる
取り組み

こうした事業者の取り組みを支援すべく、政府においても安定的な事業環境の構築に向けた取り組みが求められる。

既設電源活用の
位置づけを明確
化

政策上、FIT 期間後の既設発電所の活用を明確に位置づけることで、発電事業者の適切なメンテナンスが促され、運転長期化・リパワリングへの取り組みが活発化すると考えられる。また、リパワリング時における環境アセスメントや土地利用の許認可等の手続きを合理化・緩和することにより、事業者においても長期的な事業運営を見据えた対応が可能となる。

産業基盤の構築
のための支援

加えて、安定的な事業環境を支える産業基盤の構築のためには、発電設備の機器性能の向上や保全技術の向上を目的として、技術開発や人材育成に対する支援が必要となる。その一環として、例えばデータ活用による長期運転やリパワリングに取り組む意欲を持つ事業者が保有する、国内導入数の多い 2MW 以上の規模の風力発電所に対して、補助金等により、既存設備への上述の CMS 等の設備の導入を支援することも一案となる。

こうした政策的な支援により、既設発電所の活用のインセンティブが増し、事業者におけるビジネスチャンスの更なる広がりが見込まれる。

(3) 今後の展開

既設の発電所の
活用により過渡
期を越え、再エネ
拡大を推進

2030 年、その先の 2050 年の再エネ主力電源化に向けて、再エネ導入拡大のボトルネックとなっている系統制約の克服や、洋上風力発電等の新たな技術確立による新規設備の導入を進めていくことが期待される。FIT 期間が終了する 2020 年代～2030 年代は、このような取り組みの実現に向けた過渡期となると考えられることから、長期運転やリパワリングによる既設の発電所の有効活用を並行して進めていく必要がある。

本節では現在発電事業を運営している事業者を主眼に、FIT 期間後を見据えた事業運営について取り上げた。一方、再エネの主力電源化の方針を踏まえると、新たに発電事業に参入する事業者の出現も予想され、リパワリングのタイミングはこうした事業者の事業参入の契機となり得る。また、発電事業者によっては、FIT 期間の終了を見据え、発電事業から撤退するケースも考えられる。本節のような取り組みにより、既設の発電所の活用をビジネスチャンスとして捉えることができる事業者が、他社の既存設備を取得し、運転長期化、リパワリングを行うことにより、設備容量を増やし、発電事業者としての地位を確立していくような展開も想定できよう。

4. 家庭用ディマンドリスポンス

4-1. 再エネ拡大に伴う調整力の重要性の高まりと環境制約に伴う調整力の脱炭素化

再エネの拡大と
調整力の重要性
の高まり

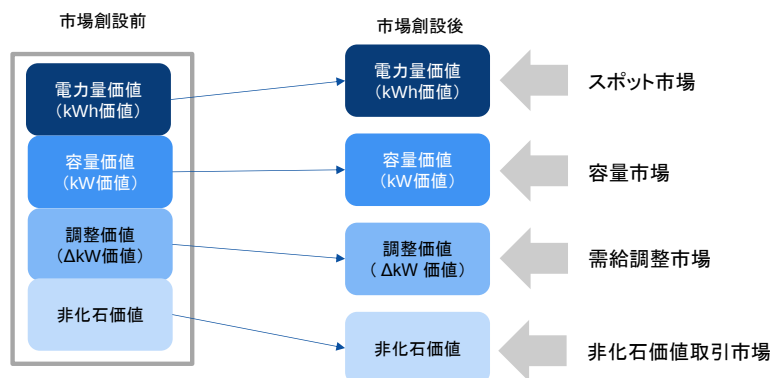
第 1 節で述べた通り、日本の長期戦略では、温室効果ガス削減という制約に対応するために、自然変動電源たる再エネの主力電源化が目指されている。このことは、自然変動電源に対する調整力の役割がこれまで以上に重要な位置づけになると予想される。これまでも、電力の需給調整では、出力を機動的に調整することが可能な火力発電や揚水発電等の調整力は電力の安定供給の観点で重要な役割を果たしてきた。今後、十分な調整力を確保することは、日本における再エネ導入可能量を底上げし、日本の温室効果ガス削減に貢

献することに繋がると考えられる。

需給調整市場の 創設

「第5次エネルギー基本計画」においても、調整力の効率的かつ効果的な確保の重要性が謳われ、効率的な調整力を確保する政策的手段として需給調整市場等の整備が挙げられている。需給調整市場とは、これまで電力が有していた電力量の価値(kWh 価値)、容量(供給力)の価値(kW 価値)、調整力の価値(Δ kW 価値)、化石燃料ではない非化石電源に由来する電気であるという非化石価値等のうち、 Δ kW 価値を市場化し調整力としての価値を経済的に顕在化させるものである。今後、調整力は需給調整市場¹⁴を通じて、 Δ kW 価値に基づく収益を得ることが可能になる(【図表 15】)。

【図表 15】電力の価値と電力関連の新市場のイメージ



新市場の創設により、電力の価値を分解して取引が可能に

(出所) 経済産業省資料より、みずほ銀行産業調査部作成

調整力に対する 脱炭素化の機運 の高まり

調整力がますます重要になり、かつ経済的に評価されてくる中で、当面は、従来通り火力発電や揚水発電の柔軟な活用等が行われるものと考えられる。しかし、中長期的な観点では、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」の中でも、「調整力の脱炭素化」と言及されている通り、温室効果ガスを排出する火力発電以外の調整力についても、新たに確保していくことが重要と予想される。かかる中、新たな調整力として、再エネ発電設備自身の調整機能の活用や、連系線を活用した電力の広域融通や、コージェネレーション(熱電併給)、定置用蓄電池といった供給力の確保に加え、需要側を制御するデマンドレスポンス¹⁵等の多様な選択肢¹⁶の可能性が模索されている。

4-2. 調整力の脱炭素化と新しいビジネスチャンスとしての家庭用デマンドレスポンス

(1) 温室効果ガス削減と必要供給力削減に資する調整力としてのデマンドレスポンス

安定供給のため に同時同量が不 可欠

電力の安定供給のためには、発電量と需要量を常に一致させる「同時同量」に基づく、電力融通が重要となる。これまで日本においても、電力会社は同時同量を達成するべく、電力の最大需要に応じて必要な供給力を十分に確保することを通じて、電力の質が維持されてきていた。

¹⁴ あらかじめ予測不能な需給変動に対応するために必要な供給力(調整力)を取引する市場。需給調整市場では、主に一般送配電事業者が需給一致のために必要な調整力を発電事業者若しくは小売事業者から調達することが想定されている。

¹⁵ 需要家側のエネルギーリソースの保有者もしくは第三者が、そのエネルギーリソースを制御することで、電力需要パターンを変化させること。

¹⁶ 中長期的には水素・燃料電池といった次世代の調整力の可能性も模索されている。

現状、主な調整力として活用されるのは石油火力および揚水発電

需要に対する供給力を確保するために、電力事業者は、安価かつ昼夜を問わず継続的に運転するベースロード電源、ベースロード電源の次に安価でかつ需給変動に対応できるミドルロード電源、発電コストは高いものの出力に機動的に対応できるピークロード電源の 3 種を機能的に使い分けてきた。日本における調整力としては、ピークロード電源である石油火力および揚水発電が主な役割を果たしている。

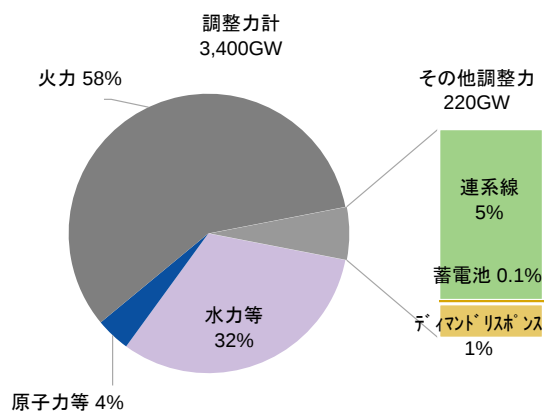
需要側の制御を通じて同時同量が可能に

このように十分な供給力を確保することは重要であるが、ディマンドリスポンスは、需要家側を制御することを通じて、機動的に対応できるピークロード電源を確保することと同等の機能を果たすことが期待できる。すなわち、需給調整の断面で、需給ギャップが生じる可能性があった場合、これまでは発電コストの高いピーク電源としての石油火力の焚き増し等、供給側で調整することにより、同時同量を維持してきていたが、ディマンドリスポンスにより需要側を制御することで、供給側の調整を行わずとも、同時同量を実現することが可能となる。そのため、従来型の発電主体の調整力を補完するものとして、需要家側を制御するディマンドリスポンスが位置づけられると考える。

世界においてもディマンドリスポンスが拡大する見込み

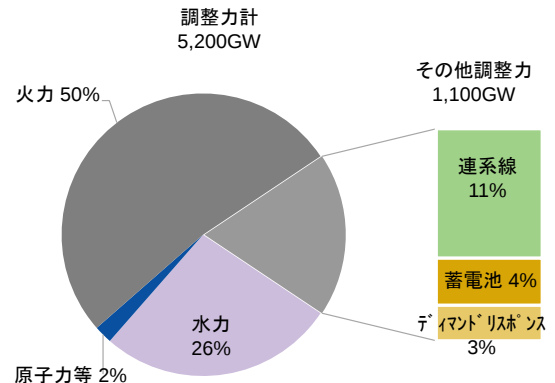
このディマンドリスポンスは、連系線活用や蓄電池と並ぶ重要な調整力となると期待されている。IEA の見通しでは、全世界の電力システムにおいて、2017 年時点で 3,400GW 存在する調整力のうち、ディマンドリスポンスは 1%程度であるものの、2040 年に向けて、調整力は 5,200GW に増加し、ディマンドリスポンスもその 3%を占めるようになるとされる（【図表 16、17】）。

【図表 16】2017 年の調整力の容量構成



(出所) IEA, World Energy Outlook 2018 より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 17】2040 年の調整力の容量構成



(出所) IEA, World Energy Outlook 2018 より、みずほ銀行産業調査部作成

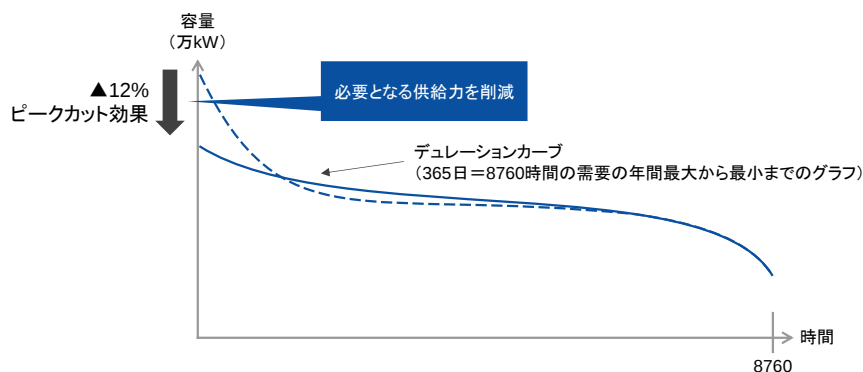
ディマンドリスポンスの増加による脱炭素化

ディマンドリスポンスに注目する理由として 2 点挙げたい。まず、これまでピークロード電源として活用されてきた高コストかつ化石燃料由来の火力発電が代替すれば、火力発電の発電量を抑制することを通じて化石燃料由来の温室効果ガスの排出を削減することが可能であることである。

調整力の中でも
ディマンドリスポ
ンスは国民負担
の軽減に貢献

2 点目が、調整力の中でもディマンドリスポンスは、国民全体の負担軽減を期待できることである。ディマンドリスポンスを活用することによって、需要管理を通じて、最大需要を抑制すれば、安定供給上必要な供給力の削減が可能となる。日本におけるディマンドリスポンスは、2015 年の「長期エネルギー需給見通し」の検討において、実証結果に基づき、2030 年時点で最大で 12% のピーク需要を抑制することが期待されている（【図表 18】）。ディマンドリスポンスによって、より効率的な電力需給構造を構築することができれば、電気料金の低減が可能となる。このように、ディマンドリスポンスは社会的意義のあるエネルギーリソースの一つと位置づけられる。

【図表 18】ディマンドリスポンスのピークカット効果のイメージ



(出所) 資源エネルギー庁資料より、みずほ銀行産業調査部作成

ディマンドリスポ
ンスは需要家側
にもインセンティ
ブが存在

さらに、ディマンドリスポンスは、需要家にとってもメリットがある。電力事業者が提供するディマンドリスポンスプログラムに参加する需要家は、事業者の要請に基づいて、自らの需要を制御することにより、対価として報酬を得ることができるからである。事業者側から得られる報酬としては、需要家の抑制が可能な容量(kW)に基づくものや、需要家の制御量(kWh)に応じたもの等、事業者との契約により様々な類型が想定される。

(2) 今後のビジネスチャンスとしての家庭用ディマンドリスポンス

ディマンドリスポ
ンスは、「電気料金
金型」と「インセン
ティブ型」の 2 類
型

需要家側で需要を制御するディマンドリスポンスの中には、大別すると 2 形態が存在する。一つ目の形態は、電力事業者が電力の需給動向に応じて、時間帯別に電気料金の価格差をつけることにより、需要家側で電力の消費のパターンを変化させる「電気料金型」のディマンドリスポンスである。「電気料金型」のディマンドリスポンスは、需要家自身が、電気料金削減効果を狙い、自発的に機器を制御し消費パターンを変えることでディマンドリスポンスが実現されるというように、需要家の手動による機器のオペレーションが前提となることが多い。そして、二つ目の形態は、電力会社と需要家との間で事前にディマンドリスポンス契約を締結し、需給動向に応じて電力事業者が遠隔から需要家側の需要を制御することで需要家側に報酬を付与する「インセンティブ型」である。

産業界を中心に
すでに「電気料金
金型」のディマンド
リスポンスは導入
が進む

前述の「第 5 次エネルギー基本計画」においても、ディマンドリスポンスの第一歩として「電気料金型」のディマンドリスポンスが位置づけられ、次の段階として「インセンティブ型」のディマンドリスポンスに言及している。「電気料金型」のディマンドリスポンスの多くは、需要側で時間帯別の時間料金を踏まえ、手動で電力の需要を制御するものであり、既に産業界を中心に操業体制を夜間にシフトさせる等の取り組みにより、導入が進んでいる。

省エネ法上のメリットも、産業界がダイヤモンドリスponsを導入するインセンティブに

産業用需要家にとっては、ダイヤモンドリスponsに参加することで、報酬が期待できることに加え、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（以下、省エネ法¹⁷）」におけるインセンティブがあることも背景にあると考えられる。省エネ法では、電気需要平準化時間帯と呼ばれる電力需給の平準化を推進する必要があると認められる時間帯におけるピークシフトは、省エネ法上の定期報告において合理的なエネルギー使用として勘案することが認められている。つまり、産業用需要家は、需給逼迫時に、ダイヤモンドリスponsとしてピークシフトを行うことで、省エネ法上の便益を得ることも可能となる。

「インセンティブ型」のダイヤモンドリスponsも一部導入が進む

「インセンティブ型」のダイヤモンドリスponsについても、従来より、大口需要家と電力事業者との間の需給調整契約における随時調整契約という形で存在していた。随時調整契約は、電力トラブル等により需給が逼迫する懸念が発生した際に、電力料金の割引を電力会社から受ける代わりに、電力会社からの事前通告に基づき、大口需要家が電力の使用を制御するという契約であり、2016 年度夏季の電力需給検証では、486 万 kW の随時調整契約が需給計画見込まれていた。

家庭では、ダイヤモンドリスponsは浸透していない

一方で、一般家庭においては、そもそも、個別の需要家の時間別の需要を把握するスマートメーターの導入が完了していないことや、一個人が手動で需要を制御することの需要家負担が課題となり、ダイヤモンドリスponsが浸透していない。また、2016 年の電力小売全面自由化以前は、低圧部門は規制料金であり、ダイヤモンドリスponsを促進するような柔軟な価格体系を設定することが難しく、加えて、電力会社が一般家庭のような小口のダイヤモンドリスponsのリソースをアグリゲート（集約）し、制御することも技術的に難しかった。

全世帯にスマートメーターが設置される見込み

しかし、家庭用の低圧スマートメーターについては、以前に比べて導入が進んでおり、エリア差はあるものの、2017 年度末で 7 割を越える設置率のエリアも存在する。さらには、全国的に 2020 年代早期に全世帯・全事業所にスマートメーターの設置をすることが目指されており、全世帯の需要を時間別に把握することが可能となる。

新しいビジネスチャンスとして家庭用ダイヤモンドリスponsが拡大する可能性

スマートメーターが各家庭に遍く導入されれば、IoT 技術の進展により、家庭用需要を時間別に把握し、需給動向に応じて家庭の需要を遠隔から制御することが技術的に容易になる。電力事業者の機器の遠隔制御は、需要家が手間をかけずにダイヤモンドリスponsに参加することを可能とするため、ダイヤモンドリスpons参加に対する需要家側の心理的障壁を低減する。また、電力小売自由化による柔軟な電力価格設定は、需要家のダイヤモンドリスpons参加を促進することも可能である。

電力事業者が、一般家庭におけるこれらの小口ダイヤモンドリスponsリソースをアグリゲートすることができれば、家庭用ダイヤモンドリスponsは、一つの調整力として活用されて、需給調整市場等から収益を得ることによって、新たなビジネスチャンスとして位置づけられるようになることが期待できる。さらに、電力事業者に加え、IoT 技術を強みとするアグリゲーター等の新規参入者にとっても、事業機会が広がると考える。

¹⁷ 省エネ法上、電気需要平準化時間帯において電気使用量を削減した場合、これ以外の時間帯における削減よりも原単位への改善率への寄与が大きくなるように評価。

4-3. 家庭用デマンドリスポンス事業を展開する上での課題と打ち手

(1) 事業展開上の課題と打ち手

家庭用デマンド
リスポンスを統御
する上で求めら
れるアグリゲーシ
ョン能力

家庭用デマンドリスポンスを事業展開する上で、電力事業者にとって求められるケイパビリティとして、電力の需給ギャップを踏まえ家庭用デマンドリスポンスを統御するアグリゲーション能力および家庭内の需要を制御するデバイスへのアクセスが挙げられる。

第一に、電力事業者は家庭用デマンドリスポンスと統御するアグリゲーション能力の向上が重要となる。家庭やビルといった消費単位毎の需要実績の把握だけではなく、需要予測を行って、予測に基づき実際に機器を制御するというマイクロレベルでのケイパビリティの確立が求められる。さらに、地域レベルでも、各消費単位を群として需要を把握し、予測、制御を行うことにより、家庭用デマンドリスポンスを一体のエネルギーリソースとして活用することができるようになる。スマートメーターの普及に伴って、電力事業者は各消費単位の需要データを獲得することが可能となる。各消費単位の需要データというビッグデータを活用し、電力事業者がこれまで有していた電力需要の分析・予測ノウハウをより高度化することで、各消費単位における需要の把握、予測、制御が可能となるようなケイパビリティを身に付けていくことが求められる。

需要を制御する
デバイスへのア
クセスも重要に

第二に、家庭内の需要を制御するデバイスへのアクセスを確保することが求められる。電力事業者が各家庭のデバイスを遠隔から制御する前提として、まずは、家庭内の機器がネットワークに接続されている必要がある。IEA の試算では、2015 年時点ですでに世界の家庭用機器による電力需要の 13%がネットワークに接続されているが、テレビや洗濯機等の家庭内の機器におけるデジタル化が進展することにより、2040 年には全世界の家庭用機器による電力需要の 50%がネットワークに接続されると見通されている。機器がネットワークに接続されていくことにより、デマンドリスポンスに資する潜在的なエネルギーリソースとして位置づけることのできる家庭内の機器の裾野はより一層拡大する。

電力事業者自身
による機器の導
入促進も一つの
戦略

家庭内の機器のネットワーク化の浸透を踏まえ、家庭用デマンドリスポンス事業を電力事業者が展開する上において、家庭内におけるネットワーク化された機器へアクセスすることが課題になる。これまで、電力事業者は、エコキュートやオール電化といった家庭内の電力関連機器をオール電化料金プランや省エネメリット等のエネルギーコスト削減を需要家に訴求しつつ、提供してきている。今後は、従来電力事業者が導入してきた電力関連機器についても、IoT 技術の進展により、ネットワーク化が進展していくと考える。かかる中、デマンドリスポンスにより生まれる経済的インセンティブを追加的に訴求しつつ、電力事業者が遠隔から制御可能なスマート機器を導入するといった電力事業者自身の取り組みは引き続き有効となる（【図表 19】）。

一方で、需要家は、家庭内のスマート機器を、エネルギーコスト削減メリットだけを求めて導入するとは限らない。むしろ、利便性の向上や生活の質やセキュリティの向上といったエネルギーコスト削減以外のメリットを求めて、スマート機器が各家庭に導入されていくことも想定される。そして、これらの他のメリットを訴求しつつ導入されるスマート機器については、機器メーカーやハウスメーカーといった他業界の事業者が各々の動機で導入促進を狙っていくものと予想される。

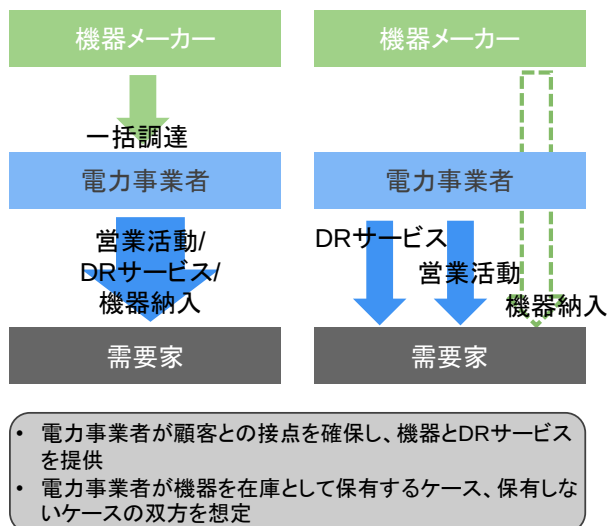
機器メーカーや
ハウスメーカーと
の提携も機器へ
のアクセスのた
めには有効な戦
略

かかる中、電力事業者単体でエネルギーコスト削減のみを訴求しつつスマート機器の導入を促す手段以外にも、スマート機器の導入を図る他の事業者と提携することにより、その事業者が導入したスマート機器へのアクセスを狙う、といった手段も有効となると想定される。その際、他の事業者がスマート機器の導入促進を行いつつ、電力事業者が追加的にディマンドリスポンスプログラムを需要家に対して提供する、といった役割分担が有効である。電力事業者がディマンドリスポンスを通じた経済的なインセンティブを需要家に追加的に与えることで、需要家にとってのスマート機器導入のメリットを更に高めることも可能である(【図表 20】)。

機器メーカーや
ハウスメーカーに
とってもメリットが
存在

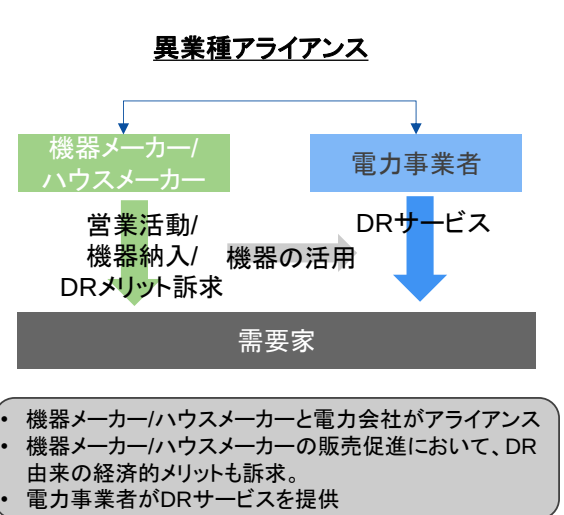
また、電力事業者とのアライアンスにより、機器メーカーやハウスメーカーは、自社でディマンドリスポンスノウハウを構築せずとも、顧客に対して電力事業者が提供するディマンドリスポンスの便益を追加的に訴求することが可能となる。例えば、機器メーカーやハウスメーカーがスマート機器やスマートハウスを顧客に対して営業をする際に、従来のスマート機器やスマートハウスの効用に加え、ディマンドリスポンスの効用も併せて訴求することにより、顧客に対してより高度な営業活動を行うことが可能となる。

【図表 19】 電力事業者自身による機器導入のイメージ



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

【図表 20】 異業種アライアンスのイメージ



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

(2) ディマンドリスポンス導入加速に向けた政策的措置

現在検討されている電力関連の新市場において、ディマンドリスポンスは、新たに容量市場および需給調整市場における入札が認められており、それぞれkW 価値およびΔkW 価値を発現させることにより、市場から収益を得ることが可能である。

ディマンドリスポ
ンスは非化石価
値収入を得られ
ない制度設計

一方で、調整力としての機能を持つ火力発電についても、ディマンドリスポンスと同様にkW 価値およびΔkW 価値を有するため、同じように両市場から収益を得ることが可能となる。ただし、その場合、従来からピークロード電源として活用されてきた火力発電とディマンドリスポンスは同等と扱われており、本来、ディマンドリスポンスは温室効果ガス削減効果があるにも関わらず、非化石価値由来の収益を得ることはできない。

現行の制度設計の下では、非化石価値は、エネルギー供給構造高度化法に基づく、小売事業者の 2030 年における非化石価値電源比率目標の算出において利用可能な環境価値として位置づけられている。そして、再エネ(太陽光、風力、水力等)および原子力が非化石価値を有する電源であると整理されている。そのため、ダイヤモンドリスポンスは非化石価値に基づく収益を得ることが認められておらず、環境価値が埋没してしまっている。

ダイヤモンドリスポンス拡大のため、環境価値を評価する制度設計が重要

ダイヤモンドリスポンスの拡大を目指すためには、温室効果ガスの排出量削減ポテンシャルがあるという環境に資するエネルギーリソースとしてその環境価値を評価し価値に見合った経済性を与える制度設計が重要と考えられる。経済的に評価されたダイヤモンドリスポンスの環境価値は、プログラムに参加する需要家へのインセンティブの原資となり得るものである。需要家へのインセンティブをより厚く付与することができれば、需要家のメリットも増し、ダイヤモンドリスポンスの浸透が加速すると考えられる。

(3) 家庭用ダイヤモンドリスポンス事業の将来的可能性

需要家を基軸とするプラットフォームへと成長するための橋頭堡としての家庭用ダイヤモンドリスポンス事業

分散型太陽光等の電源分散化が進展する中で、地産地消型のエネルギーシステムを脱炭素化する上で、発電側の分散型電源への取り組みと同時に、電力需要側のダイヤモンドリスポンス等の需要家への取り組みが競争力の源泉となる。分散型電源に加え、複数の小口需要をアグリゲートすることで同時同量を果たすことができれば、需要家を基軸とした、地産地消を実現する新たな電力プラットフォームとして位置づけることが可能となる。電源分散化という非連続な事業環境の変化に備え、電力事業者が需要家に根ざした電力の新しい脱炭素プラットフォームビジネスを展開するための橋頭堡として、家庭用ダイヤモンドリスポンスへの取り組みが拡大することに期待したい。

5. おわりに

ビジネスチャンス獲得に向けた事業者の取り組みに期待

日本が温室効果ガスの長期大幅削減を目指す中、エネルギー部門は中長期的な温室効果ガス排出の制約に直面する。この温室効果ガス排出削減に伴う事業環境の変化は、再エネ発電事業者および電力関連事業者と、これら事業者の取り組みを支える多様なプレーヤーにビジネスチャンスをもたらし得る。2050 年に向けてエネルギー転換・脱炭素に向けた挑戦が求められる中、当該ビジネスチャンスの獲得に向けた、事業者の取り組みが進展することに期待したい。

みずほ銀行産業調査部

資源・エネルギーチーム 野中 慎二

岡本 伊織

平野 智

shinji.nonaka@mizuho-bk.co.jp

3. 浮体式洋上風力発電の導入拡大に伴う浮体サプライヤーの新たなビジネス機会

【要約】

- ◆ 日本が温室効果ガス排出量の削減目標を達成する上では、洋上風力発電の導入拡大が不可欠である。洋上風力発電は着床式と浮体式の 2 つの方式に分類されるが、日本においては遠浅の海域が少ない為、浮体式の導入ポテンシャルが着床式よりも高い。今後の日本の洋上風力発電拡大において浮体式の果たす役割は大きい。そして、浮体式は、いまだ商用化に向けた取り組みの途上にある。
- ◆ 浮体式洋上風力発電の商用化に向けた課題としては、着床式に比べ①技術的に十分確立していない、②ライフサイクルコスト¹が高いという 2 点が挙げられる。技術については、浮体と風力タービンのバランスをとる最適な設計が難しい。また、ライフサイクルコストについては、浮体式は着床式に比べ、複雑な構造ゆえに初期コストが高いことに加えて、単機出力の規模が小さく、事業規模もまだ小さいことから量産効果がないといった要因がある。長期的に安定稼動可能な技術とライフサイクルコスト低減の両立に向け、複数の浮体構造形式の検証が進むが、一長一短があり、いずれの形式が優れているか、どの形式の経済性が高いかを判断できるに至っていない。
- ◆ 日本では、浮体式洋上風力発電の技術開発に向け、五島列島の杣島沖プロジェクト、福島沖プロジェクト、北九州沖プロジェクトの 3 プロジェクトの実証事業の実績がある。日本の機器サプライヤーは、3 プロジェクトに技術開発の担い手として参画し、中心的な役割を果たしている。さらに、一部の機器サプライヤーは発電事業者として、浮体式洋上風力発電プロジェクトを推進している。
- ◆ 日本の機器サプライヤーにとっては、今後拡大が期待される浮体式洋上風力発電の事業に参入する機会が残されているとみる。なかでも、浮体は設計難度が高いが、日本の機器サプライヤーが造船やインフラ建造等で培ってきた高度な技術が活用しうる領域であり、実証プロジェクトで積み上げている経験値を梃子とし、競争優位を築くことができると考える。浮体サプライヤーが事業として本格展開するにあたっては、技術面では風力タービンサプライヤーとの共同開発、コスト面では初期コストとランニングコストの圧縮に資する事業構造の作り込みが必要となろう。そして、発電プロジェクトの全体とりまとめの観点からは、国内外の海洋関連事業者や発電事業者とのアライアンスが選択肢となりうる。
- ◆ さらに、産業育成の観点から、浮体式洋上風力発電の自立化までは、浮体式と着床式を区分した FIT 価格の設定や、浮体式のパイロットプラント、大規模商用発電建設の加速に向けた公的な支援策の導入も検討に値するだろう。日本の浮体サプライヤーが国内浮体式洋上風力発電市場を創出すべく、官民挙げた取り組みに期待したい。

1. はじめに

温室効果ガス排出量削減には、洋上風力発電の導入拡大が鍵を握る

日本では、2050 年までに温室効果ガスを 2013 年比 80%削減する為に、排出量全体の約 9 割を占めるエネルギー部門において、再生可能エネルギーの導入拡大への取り組みが進められる方向性にある²。日本は、国土が狭く平地が少ないという陸地の地形条件から、太陽光発電や陸上風力発電の導入可能な適地が限られている。その為、再生可能エネルギーの導入拡大において

¹ ライフサイクルコストとは、建設、運転維持費、撤去費用を総発電量で割ったもの。

² 「2. 再生可能エネルギーの活用拡大に伴うビジネスチャンス」参照。

洋上風力は設備利用率が高く再エネ導入拡大に寄与する電源と期待される

日本では着床式よりも浮体式に適した海域が広い

2030 年から 2050 年にかけて、日本では浮体式が着床式の新設市場を上回る見通し

は、洋上風力発電の飛躍的な増加が必要となると考えられる³。

洋上風力発電は、陸上風力発電に比べて障害物が少ないために風を安定的に受けて風力タービンを回転させやすいことから発電効率が高く、昼夜問わず風が吹いている時間は発電可能なことから設備利用率⁴が高いとされており、再生可能エネルギーの導入拡大に大きく寄与する電源と期待されている。洋上風力発電は、海底に直接基礎を設置する着床式と、浮体を基礎として係留などで固定する浮体式の2種類に分類される。一般に、水深 50m を境として、水深の浅い海洋では着床式が適しており、水深の深い海洋では浮体式が適していると言われる。

国土全体が海に囲われた日本だが、水深の浅い海洋が少なく、着床式よりも浮体式が適している海域が広い。環境省が公表した「平成 21 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」においても、浮体式の導入ポテンシャルが着床式の 5 倍大きいと示されている⁵。

日本の洋上風力発電の市場規模について、日本風力発電協会が 2014 年に掲げた中長期導入目標値を参考にしたい。その導入目標値は、2030 年にかけて、着床式洋上風力発電 5.8GW、浮体式洋上風力発電 3.8GW、2050 年にかけて、着床式洋上風力発電 19GW(2030 年対比+13.2GW)、浮体式洋上風力発電 18GW(同年対比+14.2GW)となっている(【図表 1】)。つまり、洋上風力発電の新設市場は、2030 年から 2050 年にかけて浮体式が着床式を上回る規模になる見通しである。

【図表 1】風力発電導入実績と導入目標値

年度	風力発電導入実績と導入目標値(単位:GW)			
	合計	陸上	着床式 洋上	浮体式 洋上
2010 (実績)	2.48	2.45	0.03	0
2020 (目標値)	10.9	10.2	0.6	0.1
2030 (目標値)	36.2	26.6	5.8	3.8
2040 (目標値)	65.9	38.0	15.0	12.9
2050 (目標値)	75.0	38.0	19.0	18.0

(出所) 日本風力発電協会公開資料より、みずほ銀行産業調査部作成

2030 年以降の市場拡大が想定されるも、商用化に向けた課題あり

従って、日本の浮体式洋上風力発電は 2030 年以降に市場が本格的に拡大すると考えられる。日本の浮体式洋上風力発電の市場拡大は、国内外の発電事業者、機器サプライヤーにとってビジネス機会とみなされている。しかしながら、現時点では浮体式洋上風力発電は技術、コストの両面で商用化に向け

³ 2018 年 7 月に閣議決定された「第 5 次エネルギー基本計画」において、陸上風力の導入可能な適地が限られていることから、洋上風力の導入拡大が不可欠との記載あり。

⁴ 設備利用率とは、年間発電量÷{発電設備容量×365(日)×24(時間)}×100 により求められる安定稼働を示す指標である。

⁵ 秒速 7.5m の風速が吹く海洋で想定される設備容量は着床式洋上風力発電が 94GW であるのに対し、浮体式洋上風力発電は 520GW である。

た課題があり、これらの課題解決なくして浮体式洋上風力発電の市場拡大はない。

浮体式の商用化の課題解決のキープレイヤーになる浮体サプライヤーに着目し、考察

そこで、本章では浮体式洋上風力の商用化の課題、日本の浮体式洋上風力発電の現状を整理し、日本の機器サプライヤー、特に浮体を供給した又は供給する能力を有する企業が日本の浮体式洋上風力発電の市場拡大に伴うビジネス機会を捉える為に取りうる策について考察する。ここで浮体に着目する理由は、浮体を供給した又は供給する能力を有する企業こそが日本市場において商用化に向けた課題解決のキープレイヤーになると考えられる為である。本章では浮体の設計または製造を担う能力のある企業を浮体サプライヤーと定義する。

2. 浮体式洋上風力発電の商用化に向けた課題

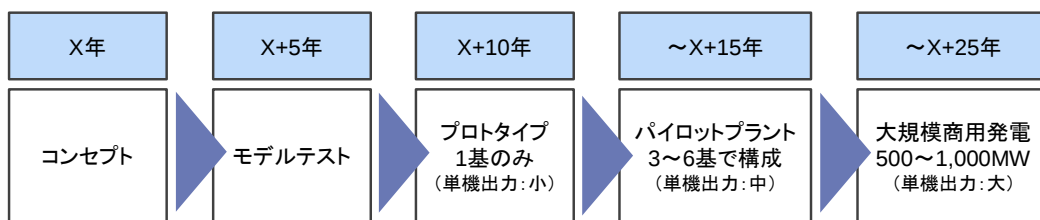
浮体式は商用化に向けた取り組みの途上

浮体式洋上風力発電は、世界的にみても、欧州で 8 機、日本で 5 機の導入実績⁶に限られ、それらの発電設備容量は合わせて 100MW にも満たない規模にとどまっている。浮体式洋上風力発電は商用化に向けた取り組みの途上にあり、本格的な商用化にはまだ時間を要すると考えられる。

商用化までのプロセスの過程で長期安定稼動が可能な技術の確立とコストの低減を実現

商用化に至るまでのプロセスのイメージは、【図表 2】に示した通りである。コンセプトを構築した後、社内施設でのモデルテスト・検証を経て、海洋上でプロトタイプ⁶の技術検証を実施する。技術面の課題を一定程度クリアした段階で、同一構造形式の 3～6 基で構成されるパイロットプラントを運転し、安定稼動の実績を積み上げる。最後に、大規模な商用発電プラントを運転し、長期安定稼動が可能な技術の確立とライフサイクルコストの低減を実現すると想定される。

【図表 2】コンセプトから本格的な商用化に至るイメージ



(注) 単機出力: 風力タービン 1 基あたりの発電容量

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

浮体式の商用化に向けた課題は技術とコストの 2 点

ここで浮体式洋上風力発電の本格的な商用化に向けた課題を、世界で 23GW⁷導入され、既に商用化ステージにある着床式との比較により説明したい。浮体式洋上風力発電の商用化に向けた課題は、着床式洋上風力発電に比べ、①技術が十分に確立していない、②コストが高いという 2 点が挙げられる。

⁶ 機とは、風力タービンと浮体の組み合わせを指す。過去導入された実績を指し、既に撤去された機も含む。

⁷ Global Wind Energy Council の開示資料より、2018 年末時点の数値。

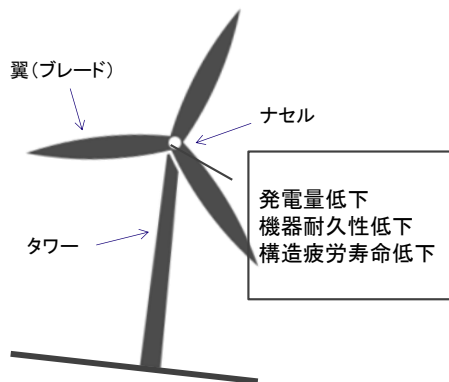
浮体式は風、波、潮流の影響を受け、技術的難度が高い

浮体式は傾斜により風力タービンの機器の耐久性が低下しやすい

まず、技術面の課題について整理する。着床式洋上風力発電は、海洋上で風力タービンを基礎に乗せて発電する形式であるが、その基礎は海底に固定されており、安定している。つまり、海洋上にはあるものの、基礎が波、潮流のエネルギーの影響を受けて傾斜することはない。それに対し、浮体式洋上風力発電では、浮体が洋上に浮かんでいるために、波、潮流のエネルギーの影響を受けて傾いてしまう。浮体基礎に搭載する風力タービンは傾くと荷重がかかり、本来の性能を発揮しない(【図表 3】)。その為、風力タービンの傾きを抑制するように、浮体の揺れる角度を調整する必要がある。そして、風、波、潮流のエネルギーを風力タービンと浮体の各々が受け、その影響が相互に作用する仕組みとなることから、これらの影響を総合的に勘案した発電設備の設計を行わなければならない、技術的難度は高い(【図表 4】)。

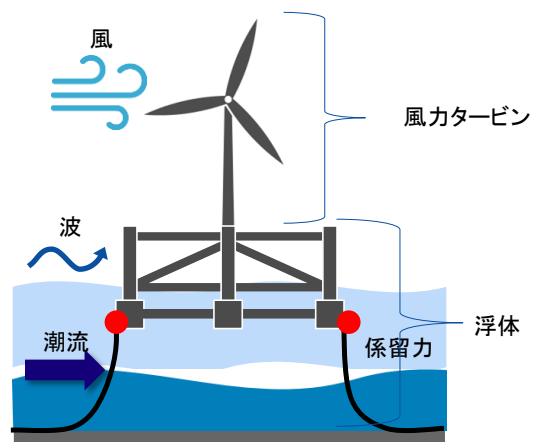
そして、浮体上で風力タービンを運転した場合、常時傾斜の影響を受ける為、風力タービンのナセル内部の機器の耐久性、風力タービンの構造疲労寿命の低下が想定される。その為、機器トラブルの頻度が着床式よりも高まる可能性が指摘される。さらに、浮体式洋上風力発電プラントを建設する場所の気象や海象条件に合わせた、最適な設計を個別に構築しなければならない。したがって、長期安定稼動するための技術の確立には、複数地点における長期間の運転実績を基とした検証が必要であり、現在の稼動数ではサンプル数が十分でないと言える。

【図表 3】 傾斜が風力タービンへ与える影響



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

【図表 4】 浮体式洋上風力発電イメージ



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

浮体式は浮体のコストが高いことから、着床式よりも初期コストが高い

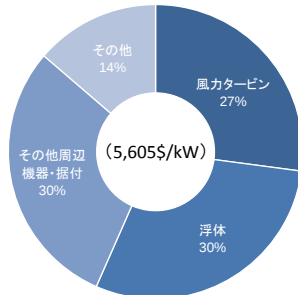
次に、コスト面の課題について整理する。浮体式洋上風力発電は着床式に比べ、主に浮体と基礎のコストの差から、初期コストが高い。米国の研究所 NREL⁸の試算では、同一の発電出力規模の場合、浮体式の kW あたりの資本費⁹は 5,606 ドルであり、着床式の 4,536 ドルに比べ、2 割程高い(【図表 5、6】)と評価されている。同一の発電出力規模を想定した場合、風力タービン及びその他の発電機器・付帯設備の価格は同程度であり、浮体式の浮体が着

⁸ NREL とは National Renewable Energy Laboratory の略。米エネルギー省に属する再生可能エネルギーとエネルギー効率に関する研究開発を行う基礎研究所。

⁹ 資本費は、電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法施行規則(平成 24 年経済産業省令第 46 号)第 5 条第 1 項第 6 号の規定に基づき経済産業大臣に対して提供する発電設備の設置に要した費用に関する情報のうち資本費(設計費、設備費、工事費、接続費、その他資本に充てられた費用をいう。)の合計額を指す。

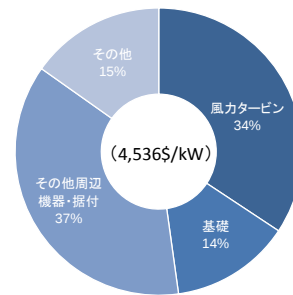
床式の基礎に比べて、資本費に占める構成比率が高いことがここで確認できる。

【図表 5】 浮体式洋上風力発電の資本費構成



(注) 風力タービン 5.64MW、セミサブ式
(出所) NREL, 2017 Cost of Wind energy Review より、
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 6】 着床式洋上風力発電の資本費構成



(注) 風力タービン 5.64MW
(出所) NREL, 2017 Cost of Wind energy Review より、
みずほ銀行産業調査部作成

浮体式はライフ
サイクルコストも
高い

また、浮体式洋上風力発電はライフサイクルコストも高い。これは、着床式に比べて単機出力の規模が小さく、事業規模もまだ小さいことから量産効果が全く無いことが要因として挙げられる。実際に、欧州の浮体式洋上風力発電の発電コストは 180～200 ユーロ/MWh 程度¹⁰と着床式の 3 倍以上である¹¹。

浮体式の単機出力の大型化は機器、据付、メンテナンスコストの低減に寄与

一方、欧州の業界団体 Wind Europe¹²は、浮体式の発電コストが、2030 年までに現在の着床式の発電コストを下回り、40～60 ユーロ/MWh 程度に下がるとの試算を公表している。この試算においては、浮体式のライフサイクルコストの引き下げの前提として、着床式並みの単機出力の大型化が織り込まれている。単機出力の大型化を実現できた場合、MW 当たりの機器、据付、メンテナンスコストが低減可能となる。また、同一の発電所出力規模の場合、単機出力の大型化により、浮体の設置数を削減することができ、据付、メンテナンスにおいて、海洋上での工事日数、工事延人員数、用船料を削減できる。しかしながら、浮体式洋上風力発電の技術はまだ確立されておらず、どの程度の規模の風力タービンが浮体上で機器性能を発揮し、一定の設備利用率を維持できるのかという点は、未知数である。

浮体が技術確立とコスト低減の鍵を握る

浮体式洋上風力の発電設備は主として、風力タービンと浮体で構成される。この内、風力タービンは、着床式洋上風力発電で技術が確立され、コスト低減が進んできた。また、着床式洋上風力発電の基礎も同様に技術の確立、据付を含むノウハウの蓄積により、コスト低減が図られてきた。しかしながら、浮体は、基礎とは全く構造が異なることから、新たに技術を確立し、コスト低減の方法を見出す必要がある。したがって、浮体式洋上風力発電の技術確立とコスト低減の達成において、鍵を握るのは浮体といえる。

¹⁰ 浮体式洋上風力発電の発電コストは、2018 年 10 月付 Wind Europe “FLOATING OFFSHORE WIND ENERGY A POLICY BLUEPRINT FOR EUROPE”から現在のコスト、2030 年のコストを抜粋。

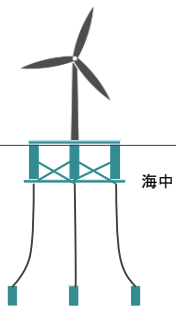
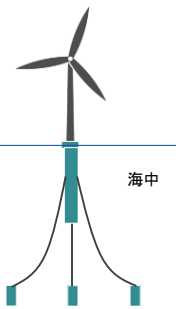
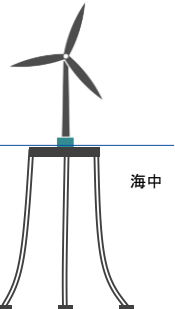
¹¹ 2019 年から初号機のインストールが始まる Borssele 洋上風力の落札価格 72.7 ユーロ/MWh と比較。

¹² Wind Europe とは、欧州の風力発電を推進する業界団体。

浮体の技術には一長一短があり、技術・コスト両面で最も優れているものは判断できない

長期安定稼動とコスト低減を同時に達成できる浮体の確立に向け、浮体式洋上風力発電では複数の浮体の技術の実証が続けられている。浮体の類型としては、セミサブ、スパー、バージと大きく3つが挙げられるが、それぞれの技術には一長一短があり、特定の技術が優れていると判断できるに至っていない(【図表7】)。また、各々の浮体の特徴に応じて、建造及び据付の初期コスト、修繕等のランニングコストが異なり、長期安定稼動に際してどの浮体類型が最も経済的かはまだ判別出来ていない。

【図表7】 浮体構造形式の特徴

浮体の類型	セミサブ	スパー	バージ
イメージ図			
浮体の建造コスト	△	◎	○
浮体の据付コスト	○	△	○
大規模修繕コスト	○	△	○
波の影響	○	◎	△
その他	場所を選ばない	水深100m程度	海象条件の厳しい場所は設置できない

(注)コスト、影響度低い◎>○>△コスト、影響度高い

(出所)浮体式洋上風力発電導入マニュアル、関係者ヒアリングより、みずほ銀行産業調査部作成

3. 日本の機器サプライヤーによる浮体式洋上風力発電の商用化に向けた取り組み

技術開発に向けた実証を3カ所で実施

日本では、浮体式洋上風力発電の技術開発に向け、3カ所で実証設備が導入された。環境省主導による五島列島の杵島沖プロジェクト、経済産業省主導による福島沖プロジェクト、NEDO 主導による北九州沖プロジェクトの3プロジェクトである(【図表8】)。この3プロジェクトには、日本の機器サプライヤーが技術開発の担い手として参画している。

杵島沖プロジェクトの実証後は、戸田建設が発電事業者の役割を担う

一つ目の五島列島の杵島沖プロジェクトは、戸田建設が開発したハイブリッドスパー型¹³の浮体に日立製作所の風力タービンを載せた風力発電設備である。2015年度には杵島沖から五島市崎山沖に浮体設備を移設して、実証フェーズを終えた。約2年半の実証においては目立ったトラブルはなかった。その後、風力発電設備を環境省から五島市に譲渡し、戸田建設の子会社が2016

¹³ ハイブリッドスパー型とは、プレキャストコンクリート製セグメントを下部に、上部を鋼製とするハイブリッド構造のスパー型(スパー型は【図表7】参照)。

年 3 月から発電事業を運営している。つまり、戸田建設は浮体の開発を手掛け、供給したのみならず、発電事業者の役割も担い始めた。

戸田建設が浮体
サプライヤー兼
発電事業者とし
て案件を推進

さらに、戸田建設は、当該発電設備から沖合へ風力タービンを 1km の間隔で最大 10 基配置する風力発電の拡大プロジェクトを計画している。このプロジェクトは 2021 年 4 月の運転開始を目標に、許認可の手続き中である。これは、日本初のパイロットプラントとなる予定である。このプロジェクトにおいて、戸田建設は浮体サプライヤー兼発電事業者として案件を推進している。

【図表 8】国内の浮体式洋上風力発電プロジェクトの概要

	琵琶湖沖	福島沖			北九州沖
稼働開始	2013年	2013年	2015年	2017年	2019年
現状	2016年～移設	稼働中	停止中	稼働中	稼働中
設備容量	2MW	2MW	7MW	5MW	3MW
風力タービン設計	日立製作所	日立製作所	三菱重工業	日立製作所	Aerodyn engineering
構造形式	ハイブリッドスパー	カラムセミサブ	V字型セミサブ	アドバンスドスパー	バージ式
浮体設計	戸田建設	三井造船 (現:三井E&S造船)	三菱重工業 (現:三菱造船)	アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド (現:ジャパン マリン ユナイテッド)	IDEOL 日立造船
係留索数	3本	6本	8本	6本	9本
水深	100m	120m			50m
離岸距離	1km	20km			15km
実施主体 (開始時の社名)	戸田建設 日立製作所 芙蓉海洋開発 京都大学 海上技術安全研究所	丸紅、東京大学、三菱商事、三菱重工業、 アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド、三井造船、 新日本製鐵、日立製作所、古河電気工業、清水建設 みずほ情報総研			日立造船 エコ・パワー 九電みらいエナジー 丸紅 グローバル 東京大学

(注 1) 実施主体は、各プロジェクト受託時点の社名を記載

(注 2) 北九州沖プロジェクトの浮体は IDEOL の設計に基づくもの

(出所) 浮体式洋上風力発電導入マニュアル、各プロジェクト公開情報より、みずほ銀行産業調査部作成

技術確立済の風
力タービンを乗せ
た 2MW の発電設
備のみ長期安定
稼働を実現

二つ目の福島沖プロジェクトは、世界で初めて複数基の実証を試みた浮体式洋上風力発電設備である。当該プロジェクトは、3 つの発電設備と 1 つの変電設備¹⁴で構成されている。それぞれ浮体設備の構造形式が異なっており、同一の海洋条件における複数の技術の比較が容易となっている。これらの内、2MW の発電設備は、三井 E&S 造船が開発したセミサブ型の浮体に日立製作所の風力タービンを乗せたものである。この 2MW の風力発電設備の実証の結果、風力タービンの稼働率は 95%、浮体の稼働率は法令上の定期点検を除き 100%と長期安定稼働を示した。5MW の発電設備はジャパン マリンユナイテッドが開発したスパー型の浮体に日立製作所の風力タービンを乗せたものである。台風による艀装品の補強工事を除き、浮体の稼働率は 100%に達したが、風力タービンの稼働率は商用化の目標値である 95%を達成できな

¹⁴ 世界初の浮体式洋上変電所。変電設備は日立製作所が、浮体はジャパン マリンユナイテッド(現社名)が供給。

かった。三菱重工業グループが浮体と風力タービンを手掛けた 7MW の発電設備は、風力タービンの油圧システムの技術的な課題から商用化は困難であり、撤去準備を進めるべきとの結論が 2018 年に出された。2MW、5MW の発電設備は稼働データの長期取得や維持管理費の低減可否検証の観点から、運転の継続が決定している。福島沖プロジェクトは 2MW の発電設備を除き、技術が確立されていない風力タービンを搭載した為、浮体の安定稼働の検証はできたものの、発電設備としての検証が不十分となっている。

北九州沖プロジェクトは欧州企業の技術を活用。維持管理費の低減に向けた研究開発に取り組む

三つ目の北九州沖プロジェクトは、日立造船が IDEOL の技術をベースに浮体を供給、2019 年 5 月から実証運転を開始し、2022 年 3 月まで継続を予定している発電設備である。当該プロジェクトは、浮体サプライヤーの日立造船が主導している。そして、従来の日本企業のための技術開発ではなく、欧州企業の技術を日本に転用した点に特徴がある。また、遠隔操作型の無人潜水機を使用した浮体の効率的な保守管理方法の技術開発を行い、稼働後の最適な O&M 方法を模索する試みを実施予定である。

4. 日本の機器サプライヤーの戦略方向性と求められる政策的後押し

機器サプライヤーにとってのビジネス機会になり得るかと打ち手は何かを考察

これまで、浮体式洋上風力発電の商用化に向けた課題と日本の浮体式風力発電の実証プロジェクトの現状について述べてきたが、浮体式洋上風力発電の実証プロジェクトに参画してきた日本の機器サプライヤーにとって、浮体式洋上風力発電への取り組みがビジネス機会になり得るのか、そして日本でビジネス機会を獲得する為の打ち手は何かについて、考察していきたい。

大型化の進展に伴い、浮体式の風力タービンへの参入余地は殆どない

まず、風力タービンについてである。風力タービンは着床式と浮体式で同一の機種を設置可能である。欧州の着床式洋上風力タービントップ 3 社である Siemens Gamesa Renewable Energy、MHI Vestas Offshore Wind、GE Renewable Energy は、10MW 超の大型風力タービンの開発を既に進めており、現時点で参入していない企業による浮体式への新規参入は技術の差から難しい。そして、日本の実証事業に参画していた風力タービンサプライヤーである日立製作所は、2019 年に自社風力タービンの新設からの撤退を公表した。日立製作所は、既存受注案件に対応する旨を公表していることから、既に進行中の案件への直接的な影響は軽微と考えられる。しかしながら、こうした状況下、日本で製造する風力タービンサプライヤーは皆無であり、ここから洋上風力の風力タービン事業に参入する余地は殆どないといえる。

着床式と浮体式は基礎構造が異なる為、基礎には参入できる可能性がある

次に、基礎部分となる浮体についてである。基礎部分は着床式と浮体式で、その構造形式が全く異なることから、着床式の経験がなくとも、浮体式への事業参入に可能性がある。浮体式洋上風力発電の浮体を手掛けるフランス IDEOL は浮体式のみに参入するプレイヤーであり、2010 年に創設された比較的業歴の浅い会社である。凡そ 60 名のエンジニアを擁する浮体式洋上風力発電の浮体専門の EPC 企業¹⁵である。浮体の設計は技術難度が高いが、造船やインフラ建造で培ってきた高度な技術を有する日本のプレイヤーは多数存在する。実際、日本の実証プロジェクトに参画している戸田建設、三井 E&S 造船、三菱造船、ジャパン マリンユナイテッド、日立造船は、実証での経験値も梃子に、浮体事業に参入する機会が十分残されていると考えられる。

¹⁵ IDEOL の事業領域は、浮体を構成する基礎の基本設計・詳細設計、係留システムコンポーネントの調達、建設のモニタリング、そして洋上での設置作業(係留システムの敷設・テスト、浮体の曳航、係留ラインと電源ケーブルの浮体への接続)である。

日本の浮体サプライヤーが、浮体事業に参入し、市場を創出していくにあたっての競争軸は、①技術の確立、②コストの低減、③発電プロジェクトの全体とりまとめへの対応であるとみる。そして、欧州の浮体サプライヤーも洋上風力事業に取り組みを始めている状況下では、日本の浮体サプライヤーには、早急な取り組みが求められる。

風力タービンサプライヤーとの共同技術開発による最適な機器設計の実現

まず、技術確立の観点では、自身が設計する浮体にとどまらず、風力タービンの特徴や機器性能及び浮体と風力タービンの相互関係を理解した上で、海洋条件に合わせた発電設備としての全体設計能力が必要となろう。そして、発電設備の最適設計が設備利用率の向上と長期安定稼働の実現に直結すると考えられる。浮体サプライヤーが単独で発電設備の技術開発を行うことは難しいと思われ、浮体サプライヤーは風力タービンの設計を担う風力タービンサプライヤーと共同で技術開発を行うことが有効な策となるだろう。ただし、各設計のコア技術の開示が前提となることから、風力タービンサプライヤーとの共同開発の合弁会社設立等、踏み込んだアライアンスが具体的な打ち手として考えられる。

コスト低減では自社工場での製造を前提にしないサプライチェーンの構築とメンテナンスコスト低減に向けた技術開発

次に、コスト低減の観点では、初期コストとランニングコストの圧縮に資する事業構造の作り込みが必要となろう。浮体サプライヤーは、初期コスト削減にあたっては、①浮体のコアパーツのみを自社工場で製造し、その他の大型パーツ等は発電プラント建設地の協力企業に製造を委ねるといった分業体制の構築や、②発電プラント建設地近辺での完成品組立設備の確保、③大型タービンを搭載可能な浮体構造技術の確立による浮体設置数の削減が打ち手として考えられる。また、浮体サプライヤーは、メンテナンスコストの低減にあたり、①風力タービンの耐久性低下を防ぐ為に浮体の傾斜を抑制する設計や、②メンテナンス時に洋上に浮かぶ発電設備に乗り込みやすい浮体の設計、③ドローン等を活用した無人メンテナンスに適した発電設備の設計等の研究開発の継続が打ち手として考えられる。

プロトタイプからパイロットプラントへの移行時に全体とりまとめ能力が必要

第三に、発電プロジェクト全体のとりまとめ、つまり新設プロジェクトの検討において必要となる、立地選定、各種調査、風力発電プラントの全体設計、風力タービン、浮体の調達、送電関連の設計、調達までを手がけられるエンジニアリング能力を有することが必要となろう。浮体式洋上風力発電の関連プレイヤーを整理すると、発電・送電設備の供給者、据付工事請負企業、エンジニアリング会社が存在し、複数のプレイヤー間で分業が成立している（【図表 9】）。

【図表 9】 福島沖プロジェクトの役割分担

発電設備	浮体基礎	ジャパン マリンユナイテッド 三井E&S造船、三菱造船
	風力タービン	日立製作所2機、三菱重工業1機
送電設備	変電設備	日立製作所
	送電線(含む海中・海底ケーブル)	古河電気工業
工事	据付工事	清水建設、日鉄エンジニアリング

(出所) 福島コンソーシアム開示資料より、みずほ銀行産業調査部作成

役割・機能の補完の為、国内外の海洋関連事業者や発電事業者とのアライアンスは選択肢となる

しかしながら、プロトタイプからパイロットプラントへの移行時には、案件を推進し、発電プロジェクト全体をとりまとめることができるプレイヤーは必要になるだろう。

現状、浮体サプライヤー単独では、全体のとりまとめは難しいとみられる。単独で担えない役割や機能の補完の観点からは、国内外の海洋関連事業者や発電事業者とのアライアンスは選択肢となるだろう。例えば、日立造船は、2019年にフランスの海洋再生可能エネルギー企業である Naval Energies¹⁶と、日本における浮体式洋上風力発電プラント建設に関する事業化可能性調査実施を公表した。これは日立造船だけでは全体とりまとめの経験が少ないことから、海洋エネルギープロジェクトの管理経験のある企業との協業による補完効果を狙ってのことと推察される。発電設備全体の中で浮体の重要性が高いからこそ、浮体サプライヤーが主体的にアライアンス締結に動き、発電プロジェクト全体をとりまとめていくプレイヤーになりうると考えられる。

政策面から市場創出を後押しすることも必要

加えて、このような浮体サプライヤーの取り組みと共に、政策面から市場創出を後押しすることも必要となろう。日本では、着床式洋上風力発電、浮体式洋上風力発電で FIT 価格が同一価格の 36 円/kWh に設定されている。そして、現行の洋上風力の FIT 価格では、事業採算に見合っていない状況である。日本では今後の再生可能エネルギー拡大に向けて電源毎の特性に応じた制度の在り方が議論されており、洋上風力は入札制の活用も必要と検討されている¹⁷。しかしながら、洋上風力ではコスト水準が大きく異なる着床式と浮体式は区別して議論を進めるべきである。着床式と浮体式の各々の長期的且つ具体的なコスト低減策を提示した上で、今後の制度の議論を進めることが必要である。また、FIT 価格の議論のみならず、浮体式のパイロットプラント、大規模商用発電建設の加速に向けた公的な支援策の導入も検討に値するだろう。

イギリスでは浮体式洋上風力にプレミアムを付与し、プロジェクト成立を支援

実際に、英国スコットランドは、世界初のパイロットプラントである Hywind Scotland プロジェクト¹⁸において再生可能エネルギー価値にプレミアムを付与することで、プロジェクト成立を支援した。英国スコットランドの再生可能エネルギー推進制度である Renewable Obligation Scheme¹⁹では、再生可能エネルギーの発電事業者は発電市場における売電収入に加えて再生可能エネルギーの価値に対する対価を受け取ることができる。この再生可能エネルギーの価値に対する対価は、着床式洋上風力発電では 1.8 ROC (Renewables Obligation Certificate) 分の価値と規定されているが、浮体式洋上風力発電である Hywind Scotland プロジェクトでは 3.5ROC 分の価値との認定を受けた。

10GW の洋上風力導入の経済効果は大きい

浮体式洋上風力発電による産業振興の観点から政策による支援策の導入の意義は大きいと考えている。仮に、10GW の洋上風力発電の導入が実現した場合、日本風力発電協会によれば、直接投資 5～6 兆円程度、その経済効果

¹⁶ Naval Energies は、海軍艦艇の製造業などを展開する Naval Group の子会社で、海洋や沿岸地域での再生可能エネルギー施設および関連設備の設計・製造・設置・メンテナンスのバリューチェーン全体の管理を手掛ける企業。

¹⁷ 2019 年 8 月 5 日開催、第 17 回総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会の中間整理(第 3 次)(案)参照。

¹⁸ ノルウェー企業 Equinor が主導し、2017 年に稼働を開始した 6MW の発電設備 5 基で構成されるプロジェクト。

¹⁹ 英国イングランド、ウェールズ、スコットランド地域で導入されている電力小売企業は、販売電力の一定割合を再生可能エネルギーによる発電設備から購入しなくてはならないという制度。実際は、再生可能エネルギーによる発電施設に発電実績 1MWh ごとに付与される証明 (Renewables Obligation Certificate) を購入義務の電力量分を入手しなくてはならず、ROC のみの売買も可能である。

13～15 兆円程度、雇用創出効果 8～9 万人程度になると試算されている。浮体は資本費の約 1/3 を占めることから(前掲【図表 5】)、1～2 兆円程度の市場規模が想定され、浮体供給を一つの産業として確立する意義は大きいと言える。

日本の浮体サプライヤーは、日本の浮体式洋上風力発電の市場創出、拡大に向け、国内外の発電事業者、海洋関連事業者とも協業し、取り組みを加速すべきである。

5. おわりに

浮体式洋上風力
発電は世界最先
端の新技术とい
う位置付け

第5次エネルギー基本計画において、世界最先端の浮体式洋上風力発電や大型蓄電池などによる新技术市場の創出など、新たなエネルギー関連の産業・雇用創出も視野に、経済性等とのバランスのとれた開発を進めていくことが必要であると述べられている。

技術差別化によ
る海外展開も中
長期的には検討

風力タービンでは大手3社体制を崩せる可能性が殆どないのに対し、浮体であれば参入の機会はある。浮体サプライヤーは、造船やインフラ建造で培ってきた高度な技術、実証プロジェクトによる経験値を梃子に、日本市場で技術確立とコスト低減を早期に実現していくことが求められる。そして、技術差別化による海外展開を中長期的には検討していくべきだろう。

官民挙げた取り
組みに期待

産業育成の観点からは、民間企業の努力のみならず、浮体式洋上風力発電の自立化までは、各種制度設計や新たなパイロットプラントへの支援を含め、官民を挙げた取り組みに期待したい。

みずほ銀行産業調査部
自動車・機械チーム 田村 多恵
tae.tamura@mizuho-bk.co.jp

4. 再生可能ガス活用によるガス事業の低炭素化

【要約】

- ◆ パリ協定以降、温室効果ガス排出抑制への社会的要請が、エネルギー事業環境に変化をもたらしている。足下では再エネ電源の導入拡大が議論の中心であるが、長期的には、電力のみならずエネルギー消費全体の低炭素化・脱炭素化にも取り組む必要があると考えられる。
- ◆ 天然ガスは、化石燃料の中では相対的にクリーンなエネルギー源として、中期の時間軸では、低炭素化に向けた選択肢の 1 つと捉えられている。一方で、長期的には都市ガス等の天然ガス利用にともなう温室効果ガス排出の削減も議論の対象となり得る。
- ◆ ガスの低炭素化・脱炭素化に向けた取り組みとして、欧州を中心に、「再生可能ガス」の利用拡大に向けた取り組みが拡大しつつある。仏 Engie は、環境意識の高い需要家のニーズに応えるべく、2050 年にかけて、再生可能ガスの供給を大幅に拡大する方針を打ち出している。
- ◆ 今後、長期的には日本においても、ガスの低炭素化・脱炭素化への取り組みが、安定的なガス事業継続に向けた課題となる可能性がある。日本のガス事業者には、コスト面等の課題を克服して、日本国内での再生可能ガス供給の事業モデル構築、及びアジア等への展開によって新たな事業機会を捕捉することに期待したい。

1. はじめに

資源制約に起因する、ガス事業を取り巻く環境変化とビジネスチャンスについて考察

小資源国である日本にとって、天然ガスを含む化石燃料を利用し続ける限り、エネルギーを輸入に依存せざるを得ないという「資源の供給制約」がエネルギー事業環境の前提となる点は従来から不変である。加えて、近年では、2015 年のパリ協定採択以降に一層強まりつつある温室効果ガス排出抑制に向けた国際社会の要請に応えるために、ガスを含む化石燃料利用が制限されるといふ「資源の利用制約」にも注目が集まっている。本章では、「供給制約」と「利用制約」という 2 つの資源制約に起因するガス事業を取り巻く環境変化、及び今後のビジネスチャンスについて考察したい。

2. 低炭素化とガス事業を取り巻く環境変化

(1) 低炭素化と再生可能エネルギー発電

パリ協定後の世界では、温室効果ガス排出削減が重要に

2015 年に採択されたパリ協定では、21 世紀後半に世界の温室効果ガスの人為的排出と吸収の均衡を達成することが、世界全体での目標として定められた。同協定では、当該目標の達成のために、「温室効果ガス低排出型の発展のための長期的戦略」を立案することが各締約国の努力義務として定められている。日本や欧州等の主要締約国は、国連気候変動枠組条約に提出済みの長期戦略において、温室効果ガスを 2050 年までに基準年対比 75%~95% 程度削減、または排出量ネットゼロという野心的な目標を掲げている。

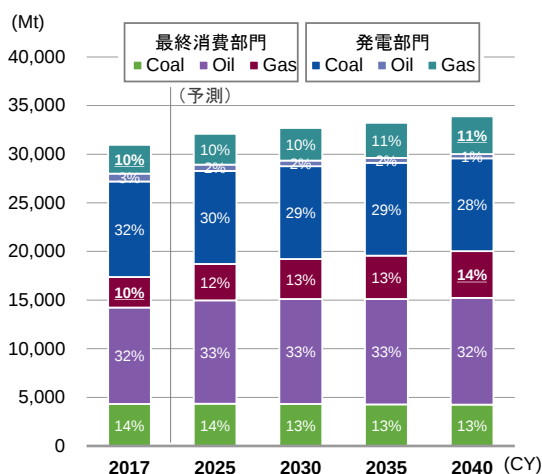
各国は再エネ導入拡大を目指す

各国の温室効果ガス排出削減戦略において中心的な役割を果たすのが、再生可能エネルギー発電（以下、再エネ）等の非化石電源の導入拡大である。例えばドイツでは、2050 年にかけての長期的な時間軸で、ほぼ全ての電力を再エネで賄うことを目標として定めている。日本についても、2018 年に閣議決定された「第 5 次エネルギー基本計画」において、2050 年までの CO2 排出 80%削減に向けて再エネの主力電源化を明記した上で、2019 年 7 月に策定された「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」では、再エネを経済的に自立し脱炭素化した主力電源とすべく、コスト低減や系統制約の克服のための方策について述べられている。

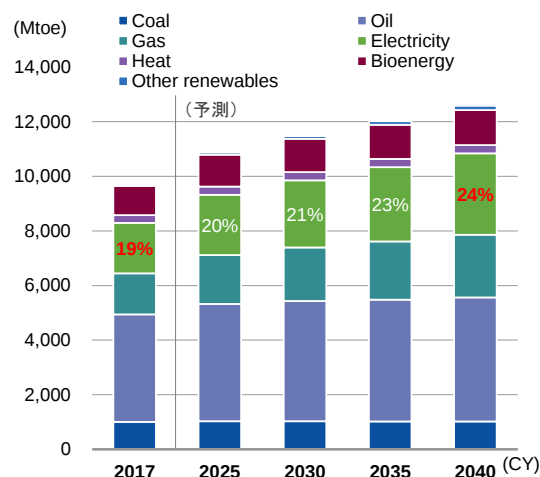
2050 年までの長期的時間軸では、電力以外のエネルギー消費の低炭素化・脱炭素化への取り組みも必要

一方で、こうした再エネ電源等の活用は、電力部門における温室効果ガス排出削減策として有効ではあるものの、低炭素化・脱炭素化のための取り組み全体の中では、その一部を占めているに過ぎない点に留意が必要である。実際、エネルギー消費にともなう CO2 排出に占める電力部門からの排出の比率は、2017 年時点で約 45%にとどまっている（【図表 1】）。今後、電動自動車（EV）の普及による電力需要の拡大等の電化進展が予想されるものの、全てのエネルギー需要が将来的に電化されるのは、現実的なシナリオとは言えない。世界の最終エネルギー消費全体に対して電力が占める比率は、IEA の New Policies Scenario（以下、NPS）¹における 2040 年時点の予測で約 24%にとどまっている（【図表 2】）。21 世紀後半に世界の温室効果ガス排出を実質ゼロにするパリ協定上の目標達成のためには、電力のみならずエネルギー消費全体の低炭素化・脱炭素化について取り組みを進めていく必要があると考える。

【図表 1】部門別・二酸化炭素排出量見通し



【図表 2】世界の最終エネルギー消費見通し



(注) New Policies Scenario における見通し

(出所) 【図表 1、2】とも、IEA, World Energy Outlook 2018 より、みずほ銀行産業調査部作成

(2) 低炭素化と天然ガス

本章では、「再生可能ガス」について考察

電力のみならずエネルギー消費全体の低炭素化・脱炭素化を進める手段として、エネルギー消費の効率化、化石燃料利用の低炭素化、非化石燃料の活用拡大等が挙げられる。この内、化石燃料利用の低炭素化のためには、相

¹ IEA の見通しにおけるベースケースであり、現行の政策を前提とするシナリオ

対的にクリーンな化石燃料である天然ガスへのシフトが選択肢となることから、今後、天然ガス需要は増加してガス利用インフラへの投資等も進展すると考えられている。一方で、パリ協定上の長期目標を踏まえると、将来的には天然ガスを含む化石燃料から非化石燃料へのシフトが求められる可能性もある。本章では、非化石燃料である所謂「再生可能ガス(Renewable Gas)」の活用拡大により、今後の利用拡大・インフラ拡充が見込まれるガスの供給を低炭素化・脱炭素化していく可能性について考察する。

中期的には、天然ガスは低炭素化社会実現のための選択肢

天然ガスは、相対的にクリーンな化石燃料であり、熱量あたりの CO2 排出量が石油の 75%、石炭の 60%に抑制されることに加えて、窒素酸化物(NOx)や硫黄酸化物(SOx)の排出抑制を通じて大気汚染防止にも効果がある。これまで、発電部門における石炭から天然ガスへのシフト等のガス利用拡大は、低炭素化社会実現にむけた重要な選択肢の 1 つと考えられてきた。また、産業部門においても、利便性や環境面への配慮の観点から、石油・石炭から天然ガスへの燃料転換が進展する見通しである。日本の第 5 次エネルギー基本計画においても、天然ガスは、「長期を展望した環境負荷の低減を見据えつつその役割を拡大している重要なエネルギー源」として位置付けられている。「環境負荷が小さい化石燃料」という特長を背景として、世界の天然ガス需要は長期的に拡大していくと考えられている。IEA の NPS によると、世界の天然ガス需要は 2040 年にかけて+1.6%で増加し、化石燃料の中でもっとも高い需要の伸びを示す予測である(【図表 3】)。

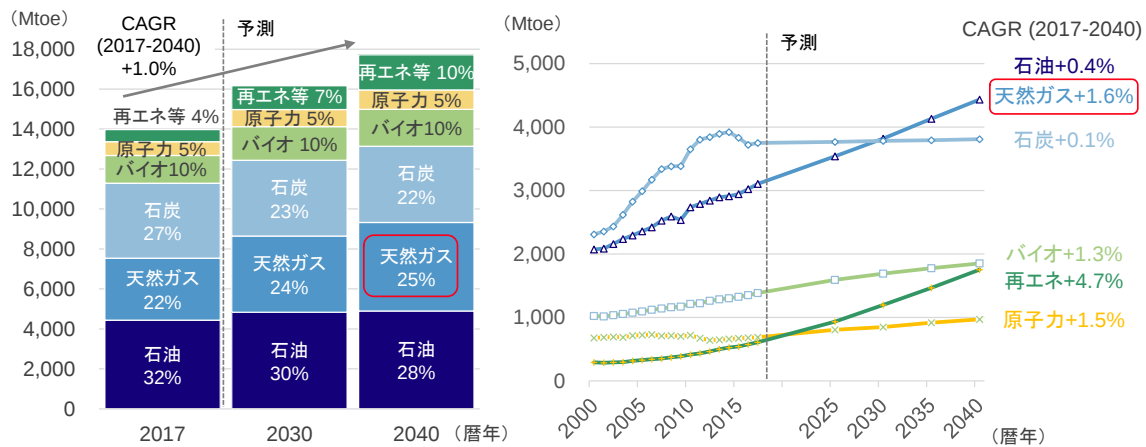
天然ガスも主要な温室効果ガス排出源の 1 つ

しかしながら、天然ガスは化石燃料の中では相対的にクリーンであると同時に、温室効果ガスの主要な排出源でもある。天然ガス利用にともなう CO2 排出は、発電部門での消費による排出と最終消費による排出を合計すると、エネルギー消費にともなう CO2 排出全体の約 20%を占めている。加えて、今後も化石燃料由来の天然ガスの利用継続を前提として、前述の長期的なガス需要拡大を勘案すると、2040 年には、天然ガス利用にともなう CO2 排出がエネルギー消費にともなう CO2 排出全体に占める比率が約 25%まで高まる見通しである(【図表 1】)。今後、各国の長期的な温室効果ガス削減目標の達成に向けて、特にパリ協定における主要国の中期目標以降に当たる 2030 年頃から、天然ガス利用における低炭素化・脱炭素化の議論が活発化する可能性に留意が必要である。

天然ガスの「利用制約」は、ガス事業者のビジネスモデルに対する脅威となり得る

既存のガス事業者にとって、こうした天然ガスの「利用制約」の高まりは、長期的な事業継続に対する脅威となる。ガスインフラを保有して発電用や産業用・家庭用等のガスを供給するガス事業者にとって、天然ガスの利用制約は現在のコア事業の縮小に繋がる点で、直接的な影響を受ける。加えて、需要の拡大にともない巨額の投資で構築したパイプライン等のインフラが、将来的に十分な利用率を確保できなくなった場合、ガスインフラが投資回収できない座礁資産となるリスクもある。ガス事業者が、長期的な温室効果ガス排出削減目標との整合性を満たして安定的に事業を継続するためには、化石燃料由来の天然ガスだけを利用し続けるのではなく、再生可能ガスの活用を拡大することで、ガス供給の低炭素化・脱炭素化を図ることが有力な選択肢になると考える。

【図表 3】世界のエネルギー源別一次エネルギー需要見通し



(注) New Policies Scenario における見通し

(出所) IEA, World Energy Outlook 2018 より、みずほ銀行産業調査部作成

3. 再生可能ガスに関わるビジネスチャンス

(1) 再生可能ガスに関わる技術的選択肢

再生可能ガス製造には、複数の技術的選択肢が存在

「再生可能ガス」は、化石燃料である天然ガスと異なり、製造段階での CO₂ 吸収が利用段階での CO₂ 排出を相殺することで、利用しても CO₂ の総排出量が増加しない脱炭素化されたガスである。再生可能ガスの製造には、複数の技術的な選択肢が存在する。農業廃棄物等から生成されるバイオガス／バイオメタンの活用は、欧州等で徐々に広がりを見せつつある。また、CO₂ フリー水素を利用してメタンを生成するメタネーションも、有力な選択肢となる。再生可能ガス製造の技術的選択肢は、何れも現状では開発の初期的段階にあり、生産施設も比較的小規模にとどまることから、将来的にどの技術が商用規模で利用されるのかは依然として不透明である。

選択肢①: バイオガス／バイオメタン

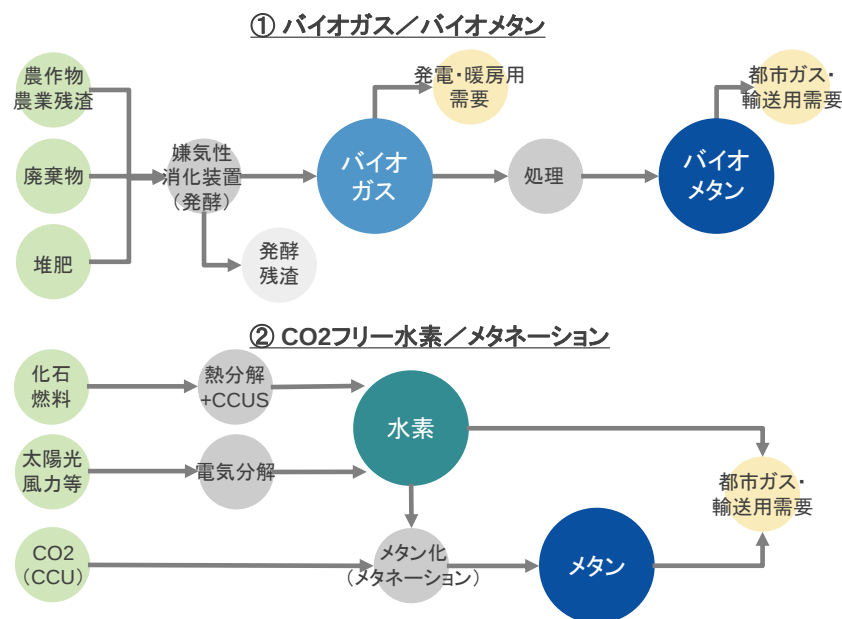
バイオガスは、農業残渣物等の有機性廃棄物を嫌気性消化装置で発酵させることで生成されるガスである。バイオガスは、農場や水処理場に隣接する小規模プラントで生成されて、熱電併給システム(CHP)等で地産地消されるのが一般的である。バイオメタンは、バイオガスからメタンを抽出することで製造される。主成分が化石燃料由来の天然ガスと同じメタンであるため、熱量等の品質次第で既存のガスパイプラインに注入して利用することが可能となる。

選択肢②: 水素／メタネーション

水素の製造方法は、化石燃料の熱分解と水の電気分解の 2 つに大別される。化石燃料の熱分解に CCUS²技術を組み合わせて製造段階で排出される CO₂ を回収するか、再エネ由来の余剰電力で水を電気分解することで、利用段階だけでなく、製造段階でも温室効果ガスを排出しない CO₂ フリー水素の製造が可能となる。水素は、発電・輸送用燃料等のエネルギー源として直接利用することも可能であるが、パイプライン等の既存のガスインフラ・機器を活用するためには、水素と CO₂ を反応させるメタネーション技術でメタンを製造することが選択肢となる(【図表 4】)。

² Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage: CO₂ の分離・回収・利用貯留

【図表 4】 再生可能ガス製造の概要



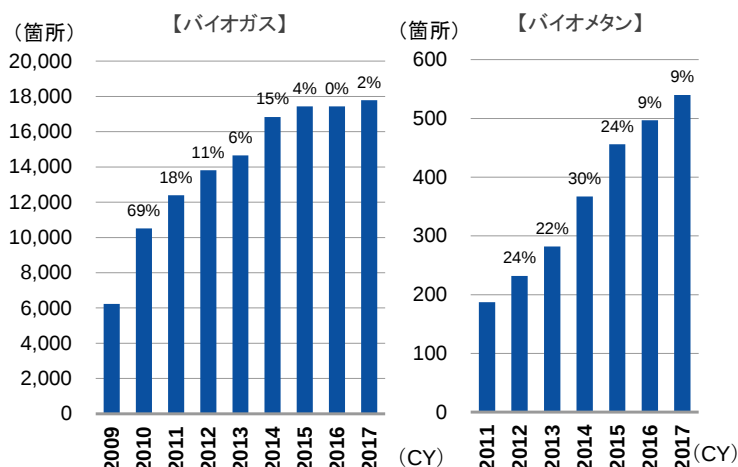
(出所) 各種資料より、みずほ銀行産業調査部作成

(2) 欧州における再生可能ガス利用拡大の取り組み

欧州では、再生可能ガスの活用が徐々に拡大

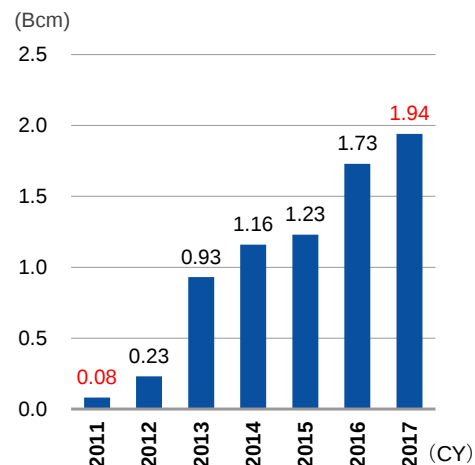
欧州におけるバイオガス／バイオメタンを中心とする再生可能ガスの活用は、エネルギー供給全体に占める割合は小さいながらも、徐々に拡大しつつある。バイオガス製造プラントは、ドイツ・イタリア・フランス等を中心に欧州域内で建造が進展しており、2009 年から 2017 年にかけて、年率+14%で増加している（【図表 5】）。また、ガスパイプラインに注入して利用されるバイオメタンは、2017 年の欧州における生産量が約 1.9bcm となり、2011 年の約 0.1bcm から大幅に増加している（【図表 6】）。本項では、再生可能ガスの利用が徐々に拡大しつつある欧州各国の中でも、フランスの事例に注目したい。

【図表 5】 欧州におけるバイオガス／バイオメタンの製造プラント数推移



(注) 【図表 5】の数字は前年度比増加率

【図表 6】 欧州におけるバイオメタン生産量推移



(出所) 【図表 5、6】とも、European Biogas Association, Statistical Report 2018 より、みずほ銀行産業調査部作成

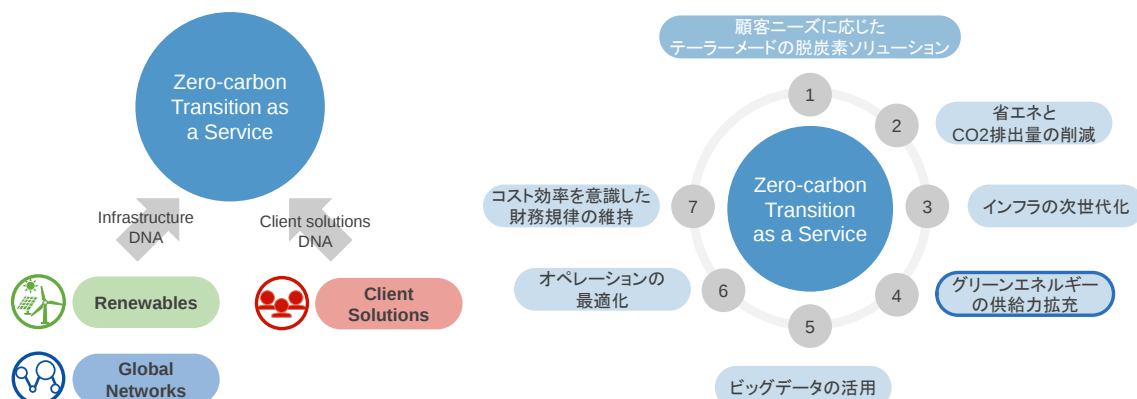
フランス政府は、再生可能ガスの導入拡大を政策的にサポート

フランスでは、2050 年までに国内ガス供給を 100%再生可能ガスに切り替えることも検討されている。フランス政府は、バイオメタン等の再生可能ガスの利用拡大を促進する方針の下、2011 年にバイオメタン供給に対する Feed-in Tariffs(以下、FIT)制度を導入した。フランスの FIT 制度では、ガスネットワークに供給されたバイオメタンについて、ガス供給事業者が生産者から 15 年間にわたり固定価格で買い取ることを保証している。FIT 制度の下でガス供給事業者を支払われるバイオメタン買い取りの余剰コストが、天然ガスや石油製品等の消費に関わる税収によって賄われることで、エネルギー利用に係る低炭素化・脱炭素化を促進することが企図されている。また、フランスでは FIT 制度と合わせて、再生可能ガスの Guarantee of Origin(原産証明)制度も導入されており、各ガス供給事業者の消費者に対する再生可能ガス供給を証明できるようになっている。

Engie は、再生可能ガス供給量を長期的に拡大する方針

政府のサポートを活用しつつ、自社の再生可能ガス供給拡大を目指しているのが、フランス最大のガス事業者 Engie である。Engie は、元はフランス国営ガス公社 Gaz de France で、2005 年の株式公開、2008 年の仏 Suez との合併等を経て、2015 年に Engie と改称してグローバルにガス・電力事業を展開している。Engie は、2019 年に公表した新たなビジネスモデルである“Zero-carbon Transition as a Service”において、顧客の低炭素化・脱炭素化ニーズに対応するソリューションを提供することで自社の成長に繋げる方針を打ち出している(【図表 7】)。Engie は、自社が供給するエネルギーの低炭素化・脱炭素化を推進するための選択肢として、再エネ発電に加えて、再生可能ガスの活用を強化する方針である。具体的には、2030 年までに自社がパイプラインネットワークに供給するガス全体の 10%、2050 年までに自社がフランス国内で供給するガスの 100%を再生可能ガスに切り替える目標を掲げている。Engie は、“Mon Gaz Vert(=My Green Gas)”と名付けられた一般家庭顧客向けのガス販売プランにおいて、各顧客のガス消費量の 10%に相当するバイオメタンをパイプラインネットワークに供給することで、顧客に対して間接的に再生可能ガスを供給している。加えて、法人向けでは、Monoprix、Carrefour 等のスーパーマーケット等に、配送用トラックの燃料等として利用される再生可能ガスを提供しており、顧客の脱炭素化・低炭素化ニーズに対応するメニューを拡充しつつあると言える。

【図表 7】 Engie の“Zero-carbon Transition as a Service”の概要



(出所) Engie IR 資料より、みずほ銀行産業調査部作成

(3) 日本における再生可能ガスの利用拡大に向けた課題

環境意識の高い
需要家のニーズ
が、再生可能ガ
ス供給事業への
取り組みの起点
となる

再生可能ガス活用に向けた取り組みの進展は、フランスにおける Engie の事例が示唆するように、温室効果ガス排出削減に向けた政府の取り組みに加えて、環境意識が高い企業等の需要家側のニーズが起点になると考えられる。近年は、日本でも一部事業者のエネルギー利用の低炭素化・脱炭素化への取り組みが加速しており、事業運営で使用する電力を 100%再エネで調達する取り組みである RE100 に、世界の加盟企業 189 社のうち日本企業が 20 社参加している。これまでのところ、こうした環境意識の高い事業者の取り組みは非化石「電力」に集中していると考えられるが、長期的には、「ガス」においても需要家から低炭素化・脱炭素化への要請が高まる可能性がある。日本国内における足下の都市ガス市場の規模は約 5 兆円であり、仮に都市ガス供給の一部でも再生可能ガスに切り替わった場合、相応規模の市場が生まれるものと見込まれる。ガス事業者にとっては、再生可能ガス供給によって、顧客に対して低炭素化のための選択肢を提供することが、顧客獲得や既存顧客の維持のために有効な打ち手になると考えられる。

コストの低減が
再生可能ガスの
課題

再生可能ガス供給の事業化に向けて、もっとも重要な課題の 1 つがコストの低減である。前項で言及したフランスの FIT 制度におけるバイオメタン買取価格は、生産規模や原料による差異があるものの概ね \$15/mmbtu~\$30/mmbtu の水準であり、化石燃料由来の天然ガス対比で高コストになっている。また、再生可能ガス供給のコスト構造の中で削減余地が大きいのが、技術が十分に確立されていない製造段階でのコストと考えられる。供給コスト低減のために、当初、価格が高くとも環境負荷の小さいエネルギー源を選好する事業者への供給でノウハウを構築しつつ、長期的には再生可能ガスの製造・供給のスケールを拡大することで、天然ガス対比でもコスト競争力を持ちうるエネルギー源へと育てることが重要となる。

ガス事業に関す
る規制が、再生
可能ガス利用の
障壁となる可能
性も

また、日本において、再生可能ガスを既存の化石燃料由来の天然ガスに混ぜて、都市ガスとして利用することを想定する場合、ガスの熱量規制が普及の障壁となる懸念がある。日本では、標準熱量制と呼ばれる規制の下、ガスネットワークに供給される都市ガスの品質は比較的厳しい制約を受けており、バイオメタン等の再生可能ガスは当該熱量規制を満たさない可能性がある。現在、資源・エネルギー庁のガス事業制度検討 WG において議論されている、一定の熱量範囲に収まれば導管への注入を認める熱量バンド制への移行等のガス事業の規制緩和に関する議論を注視する必要がある。

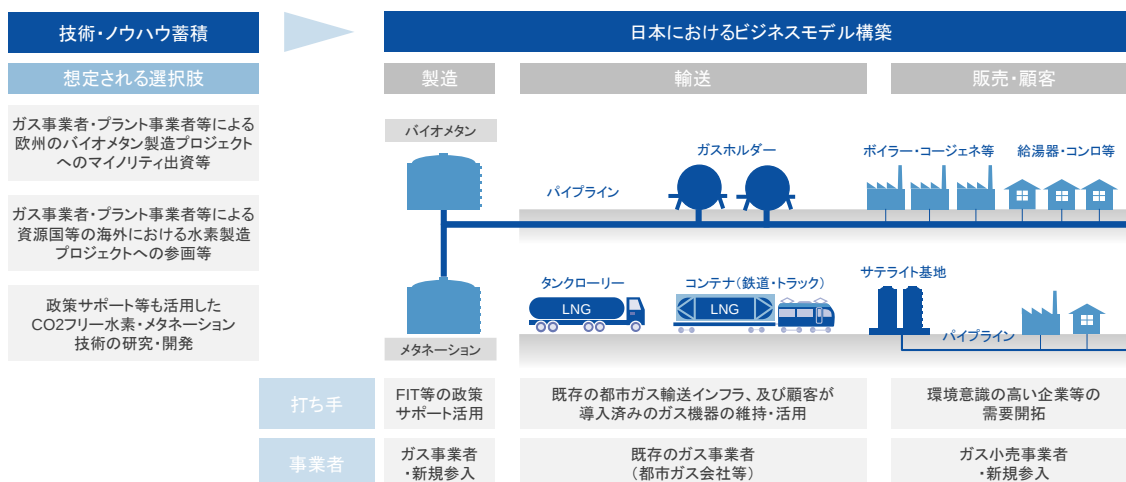
(4) 日本企業による再生可能ガス事業のビジネスモデル構築の可能性

日本の都市ガス
事業者が、国内
の環境意識が高
い需要家に対し、
再生可能ガスを
供給するビジネ
スモデル

日本における再生可能ガス供給のビジネスモデルは、都市ガス会社等のガス小売事業者が、既存のガスインフラ・機器を有効活用しつつ、低炭素化・脱炭素化されたガスを環境意識の高い事業者等向けに供給することで成立するものと考えられる。再生可能ガスのビジネスモデル構築におけるポイントとして、第一に、既存インフラの活用による初期投資コストの抑制が挙げられる。再生可能ガスは、主成分が化石燃料由来の天然ガスと同じメタンであり、一定の条件を満たせば天然ガスとの混合や既存インフラを活かした再生可能ガスへの全面的な切り替えが可能である。再生可能ガス事業の輸送・供給面での事業主体としては、既にパイプライン等のガスインフラを有する都市ガス事業者（一

般ガス導管事業者、及び特定ガス導管事業者)が有力と言える。第二に、再生可能ガスの供給拡大のためには、環境意識の高い事業者等の低炭素化・脱炭素化ニーズに訴求する販売メニューを提示することで、需要を開拓することが重要と考えられる。2017 年 4 月からガス小売市場が全面自由化されている状況に鑑み、販売面では、既存の都市ガス事業者にとどまらない多様な事業者が参入してコスト競争や販売メニューに工夫を凝らすことで、再生可能ガスの多様な販売モデルが確立されることも期待されよう(【図表 8】)。

【図表 8】再生可能ガス事業のビジネスモデル構築イメージ



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

再生可能ガスの製造ノウハウ習得のため、欧州での事業参画が日本企業の選択肢

需要に応じた再生可能ガス供給の確保のためには、日本企業による再生可能ガス製造の技術・ノウハウ確立も必要となる。日本企業が再生可能ガス事業のノウハウを習得するためには、日本を含む他地域に先行して再生可能ガス利用の拡大が進行する欧州において、当該事業に参画することが選択肢となる。本節 2 項で言及した通り、欧州では、既に多数のバイオガス／バイオメタン製造プラントが稼動しており、パイプラインを通じて需要家に供給されている。こうしたバイオメタン製造プロジェクト等実際に参画することで、先行する事業知見を習得することが有用と考えられる。

日本政府はメタネーション等の技術革新を支援する方針

また、日本政府は、再生可能ガス製造手法の 1 つであるメタネーションについて、他のカーボンリサイクル技術³とともに、企業のイノベーションに資する研究開発等を支援する方針を打ち出している。加えて、メタネーションの原料となる水素のサプライチェーン拡充についても、資源国等との協力関係を強化する方針である。こうした政府のサポートも活用して、日本企業が再生可能ガス製造に係る技術開発に積極的に取り組み、その効果が現れることが期待されよう。

再生可能ガス製造を価格面からサポートする政策も有効

再生可能ガスの生産拡大に向けて、再生可能ガスの製造を価格面からサポートする政策も有効と考えられる。前述の通り、再生可能ガスの課題の 1 つは、化石燃料由来の天然ガス対比でコストが高いことである。フランスの事例からも見て取れるように、再生可能ガスの普及・拡大過程では、当初、再エネ発電と同様の FIT 制度により長期固定価格での買取を保証することで、製造コスト回収の予見可能性を高めることが効果を持つと考えられる。

³ CO2 を資源と捉えて回収・利用する CCUS の類似概念。水素と CO2 を反応させてメタンを生成するメタネーションも含まれる。

再生可能ガスは、日本のエネルギー安全保障にも資する可能性

日本企業による、アジア等での再生可能ガス事業展開にも期待

最後に、再生可能ガス事業拡大がもたらす、日本のエネルギー供給、及び日本企業の事業拡大に資するメリットにも言及しておきたい。

再生可能ガスの活用は、エネルギー安全保障の確保という日本のエネルギー政策上の目標達成に資する。本章の冒頭で述べた通り、日本のエネルギー事業環境にとって、化石燃料を輸入に依存するという資源の「供給制約」が前提となっている。然るに、製造過程で必ずしも化石燃料を利用しない再生可能ガスの活用拡大は、日本のエネルギー自給率を高めることで、エネルギー安全保障の確保にも貢献し得ると考えられる。

日本企業にとって、再生可能ガス供給のノウハウ構築は、長期的には海外での事業拡大にも資する可能性がある。今後、エネルギー需要が拡大するアジアでは、国境を越えるガスパイプライン網が未発達で、液化天然ガス(LNG)等の化石燃料の輸入依存も高まる等、エネルギー事業環境が日本と類似してくると考えられる。日本の事業者にとっては、国内で構築した再生可能ガスの供給システムをアジアに適用していくことで、更なる事業機会捕捉に繋がるだろう。

4. おわりに

天然ガスは、化石燃料の中では相対的にクリーンなエネルギー源であり、2030 年までの時間軸では低炭素化社会の実現にむけた重要な選択肢の 1 つと考えられている。一方で、21 世紀後半に温室効果ガス排出を実質ゼロにするというパリ協定上の長期目標達成のためには、ガス事業継続の前提として、ガスの低炭素化・脱炭素化への取り組みを求められる可能性がある。

低炭素化・脱炭素化されたガスである「再生可能ガス」供給への取り組みは、欧州を中心に既に始まりつつある。今後、日本やその他地域でも、温室効果ガス排出削減に対する社会的要請や、環境意識の高い需要家のニーズが起点となり、長期的な時間軸で、ガス事業は構造転換を迫られる可能性がある。日本企業には、長期的な事業環境変化の可能性に先手を打って対応することで、安定的なガス供給事業の継続、及びアジア等の海外において新たな事業機会を捕捉することを期待したい。

みずほ銀行産業調査部
資源・エネルギーチーム 松村 諒
ryou.matsumura@mizuho-bk.co.jp

5. 食料資源を取り巻く環境変化と新たな取り組みとしての代替食・植物工場

【要約】

- ◆ 食料資源を取り巻く環境変化を考察するにあたり、2050 年の食料需給を見ると、需要の増加に加えて供給面での気候変動等のリスク要因もあり、中長期的な需給逼迫懸念には留意が必要である。日本においても調達リスクに直面する可能性は排除できない中、官民一体で一次産業の高度化や食品ロス削減等も進められつつある。消費者のサステナビリティ意識の向上や企業としての SDGs 達成に向けた取り組みの必要性も高まる中、本章では食料資源に係る課題解決手段として期待される「新たな素材や加工技術の開発・活用」として「代替食」、「新たな生産手法の確立・拡大」として「植物工場」について考察する。
- ◆ 代替食は食料資源の効率的な活用という観点で有効な打ち手となり、健康志向とサステナビリティへの意識の高まりを受け、日本企業にとってビジネスチャンスになる。国内では商品開発、マーケティング、販路拡充面での戦略が求められ、海外では代替食企業との連携が有効である。原料調達や安全性の訴求といった課題に留意しつつ、代替食分野への日本企業の取り組みが期待される。
- ◆ 次に、植物工場は気候変動の影響を受けない栽培方法であり、野菜の安定調達ニーズの高まり等を受けて市場が拡大傾向にある。植物工場事業者には、野菜の調達側である川下企業やコスト削減に資する異業種との win-win のビジネスモデル構築が求められる。また、栽培技術を高めつつ、海外展開に向けて、テクノロジー活用による味や栄養のローカライズや海外植物工場事業者と付加価値の訴求に向けた取り組みも期待される。
- ◆ 日本の食品業界は将来も高品質かつ多様な食料の安定供給という役割を果たすため、市場の拡大、技術力や効率的な資源の活用という面でビジネス機会が高まり、ポテンシャルを有する代替食や植物工場等、新たな分野への積極的な取り組みが望まれる。

1. 食料資源を取り巻く事業環境の変化を受けた日本企業の新たな事業機会

(1) 食料資源制約の可能性

持続可能な食料
生産への議論の
高まり

国連が定めた SDGs(持続可能な開発目標)達成に向けた機運が高まる中、食品業界においては、水や土地といった資源の制約、環境負荷の軽減を前提として、人々の食料需要を持続的に満たしていくための生産のあり方について、議論が高まりつつある。この背景の一つとして、FAO(国際連合食糧農業機関)による報告書“The future of food and agriculture”では、気候変動等のリスク要因が食料需給に負の影響を与える可能性について警鐘が鳴らされている。

世界人口の増加
や所得増加等を
背景に需要が拡大し、生産量の
増産が必要

上記報告書によると、2050 年の食料需要は 2012 年対比で約 50%増加すると推計されている。増産を必要とする要因として、世界人口の増加、所得増加に伴う新興国を中心とした食肉需要の増加、また食肉需要に伴う飼料を含めた穀物需要の増加等が挙げられており、つまり、生産量も約 50%の増産が必要となる。

気候変動が供給面への大きなリスク要因に

供給面についてはいくつかのリスク要因が指摘されている。中でも、気候変動が大きなリスク要因になると予想される。IPCC¹の「1.5℃特別報告書」(2018年)による分析では、産業革命時の世界平均気温から1.5℃上昇した場合、小麦等の穀物の減収や、栄養成分の低下が起こり、もしこれが2℃に達した場合には、更に負の影響が大きくなると予測されている。一方、気温上昇の見通しについて、IPCCはCO2排出量削減等温暖化対策に十分取り組んだ場合でも、2050年までに1.5℃上昇する可能性が高いとしている(【図表1】)。実際、気候変動により2030～2049年の作物収量が減少すると予測する研究数の割合が70%を超える等、中長期的には、食料供給へのマイナス影響増大が懸念される状況にある(【図表2】)。

水資源や土地の制約も食料供給へのリスク要因

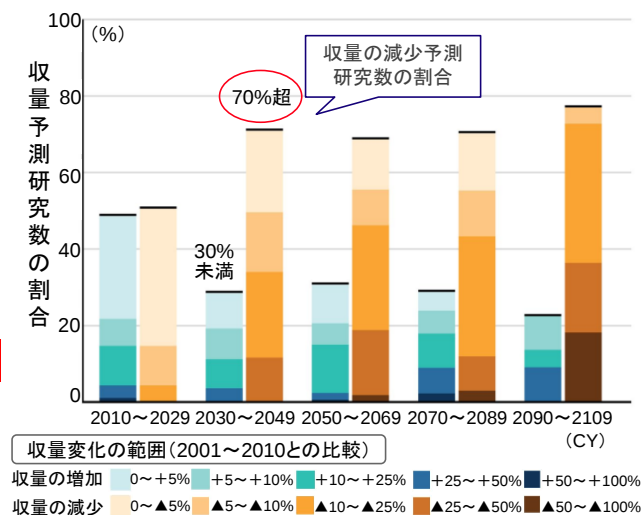
気候変動以外のリスク要因として、食料生産の基盤である水資源と土地の制約が挙げられる。OECDの推計によれば、2050年の世界の水需要は、2000年対比で約1.5倍に達する見込みである。こうした需要の拡大は、地域によって深刻な水不足を引き起こし、農業生産にとって脅威となり得る。次に土地については、耕作可能地の伸び悩みと土壌劣化が懸念されている。開発途上国の工業化や砂漠化の進行を要因とした耕作可能地の拡大鈍化や、長期的な化学肥料や農薬の投入と気候変動を背景に進行する土壌劣化による単収の伸び悩みが懸念され、食料需給へ負の影響を及ぼす可能性が指摘されている。以上の通り、食料供給に関連するリスク要因の顕在化が懸念される中、中長期的な視点で、食料生産の増大に資する取り組みの必要性が高まりつつあると言えよう。

【図表1】気候変動による気温と収量への影響

年	シナリオ① 温暖化対策に 十分取り組んだケース (基準年からの上昇気温)	シナリオ② 温暖化対策に 取り組まなかったケース (基準年からの上昇気温)
1850～1900 (基準年)	0.00℃	
1986～2005	+0.61℃	
2006～2015	+0.97℃	+0.98℃
2016～2025	+1.16℃	+1.27℃
2026～2035	+1.35℃	+1.55℃
2036～2045	+1.49℃	+1.90℃
2046～2055	+1.55℃	+2.31℃
生産物	1.5℃温暖化	2.0℃温暖化
イネ トウモロコシ 小麦	減収、栄養成分低下	減収・栄養成分低下 の程度がより大きい

(出所)IPCC「第5次評価報告書」、
「1.5℃特別報告書」より、
みずほ銀行産業調査部作成

【図表2】気候変動による作物収量の変化



(出所)IPCC「第5次評価報告書」より

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (気候変動に関する政府間パネル)の略称で国際的な専門家による地球温暖化についての科学的な研究の収集、整理のための政府間機構。

(2) 事業環境の変化を受けた日本企業の対応と新たな事業機会

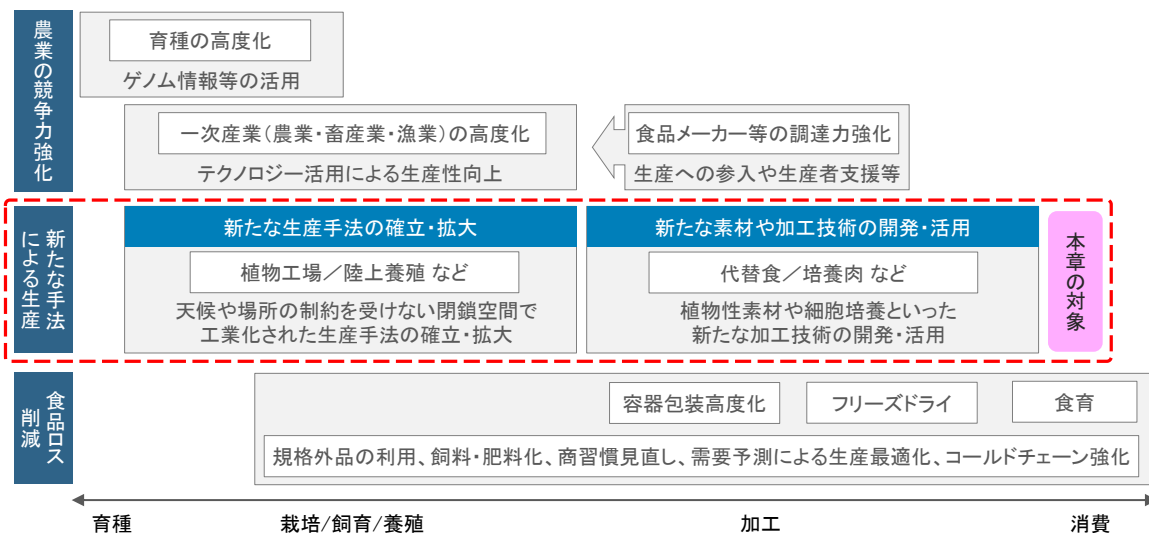
日本が調達リスクに直面する可能性は今後、一段と高まる可能性

国内では、人口減少に伴い食料需要の頭打ちが想定されるものの、担い手不足や担い手の高齢化に伴う供給制約は需要の減少以上に深刻と言える。また、食料需給の逼迫・調達リスクは既に国内において顕在化した事例が存在する。例えば、1993年の冷夏の影響で農作物の生産に影響が生じ、緊急の輸入が進められた。2006年から2008年にかけては穀物等の国際価格の急騰を受けて、食料物価の大幅な上昇に見舞われた。2019年に入ると、豚コレラの発生により中国が欧米産豚肉の調達を急増させ、日本においても調達価格の上昇という影響を受けている。新興国の食料調達拡大や気候変動による不作等に伴い、日本が調達リスクに直面する可能性は今後、一段と高まる可能性がある。日本のみならず、グローバルにおいて食料の安定調達や国内生産増強の必要性は高まっていくと考えられよう。

「育種の高度化」、「一次産業の高度化」や「食品ロス削減」といった取り組みが進展しつつある

このようなリスクを踏まえ、現在、日本では食料の自給率向上を目的に、官民一体で農業の競争力強化に向けた取り組みが進められている。具体的には、ゲノム情報等の活用による新たな育種技術の開発・高度化を通じた「育種の高度化」や、ICTや各種センサーによる計測、データやAI、精密制御可能な各種デバイス導入等のテクノロジー活用を通じた「一次産業の高度化」に向けた動きが進展しつつある(【図表3】)。同時に農産品や食品の有効活用の観点から、規格外品の利用や商習慣の見直し、消費者向けの食育強化等といった「食品ロス削減」に向けた取り組みについても、サプライチェーン全体で開始されつつある。

【図表3】食料資源を取り巻く事業環境の変化を踏まえた対応



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

日本企業は長年調達力強化に向けた取り組みに注力してきた

日本の食品メーカー等においては、長年、調達力強化に向けて、自社または食品卸や商社等と原材料の安定調達網を築くとともに、生産への参入や生産者支援に取り組んできた。将来の原材料調達網の維持、強化に向けて、食品メーカー等は他社と共同での生産者支援や調達も進めていくと考えられる。

日本企業は調達面でリスクが高まり、先行きを見据えた打ち手が必要に

しかしながら、前述の通り、中長期的な食料供給リスクの顕在化に対する懸念が広がり、今後、食料需給の逼迫に係る議論が高まっていく可能性が高い。日本の食料自給率(カロリーベース)は過去最低の 37%へ落ち込み、海外からの輸入に依存する日本企業は、調達面でのリスクが高まる可能性が潜在的に高いと言える。更に、食品ロスや脱プラスチックに関する情報や企業の取り組みが浸透することで、消費者の食品購買におけるサステナビリティ意識の向上が見込まれる。同時に、企業として SDGs 達成に向けた取り組みの必要性も高まりつつある中、先行きを見据えた打ち手が必要となつてこよう。

「新たな素材や加工技術の開発・活用」、「新たな生産手法の確立・拡大」に向けた取り組みが重要性を増していく

食料自給という点で相対的に劣後している日本において、弱みを強みに変えていくためのイノベーションとして「新たな素材や加工技術の開発・活用」と「新たな生産手法の確立・拡大」に向けた取り組みが、農業の競争力強化とともに、重要性を増していくと考える(再掲【図表 3】)。これらは気候変動や異常気象の影響、食料生産の基盤である水資源や耕作可能地の制約を受ける従来型の一次産業に対して、工場等の閉鎖空間における工業化された加工や栽培方法であり、持続性の高い新たな取り組みとして有効と思われる。

代替食、植物工場について考察

「新たな素材や加工技術の開発・活用」、「新たな生産手法の確立・拡大」のいずれにおいても様々な取り組みが図られている。次節以降で、それぞれ代表的な取り組みとして、日本の市場においては黎明期の段階だが、健康志向等の高まりを受けて市場拡大のポテンシャルが大きい「代替食」、安定調達ニーズを捉え市場拡大のステージにあり、かつ豊富な工場運営経験やノウハウを有する「植物工場」を採り上げ、ビジネスモデルや戦略について考察する。両者とも、食料資源への対応に資するという点に加え、近年における消費者ニーズの変化を捉えることができるという点からグローバルでポテンシャルが大きく、生産性向上の面からも注目度が高い。日本企業にとっては、環境変化を受けたリスクへの対応とビジネスチャンスの獲得の両立に繋がる分野と言えよう。

2. 代替食

(1) 代替食への関心の高まりと市場のポテンシャル

代替食とは従来と異なる素材で代替して作られた食品をいう

代替食とは、環境への配慮や健康志向の高まりといった観点から、従来とは異なる素材で代替して作られた食品のことをいう。代替食には、穀物や野菜といった植物性(欧米ではプラントベース/Plant Based と呼ばれる)の素材を使った「肉代替品」や「乳代替品」に加えて、従来の畜産に代替して牛から採取した細胞を培養して作られる「培養肉」等が含まれ、近年欧米を中心に商品開発が活発化している。

代替食は食料需給対応の解決策となる

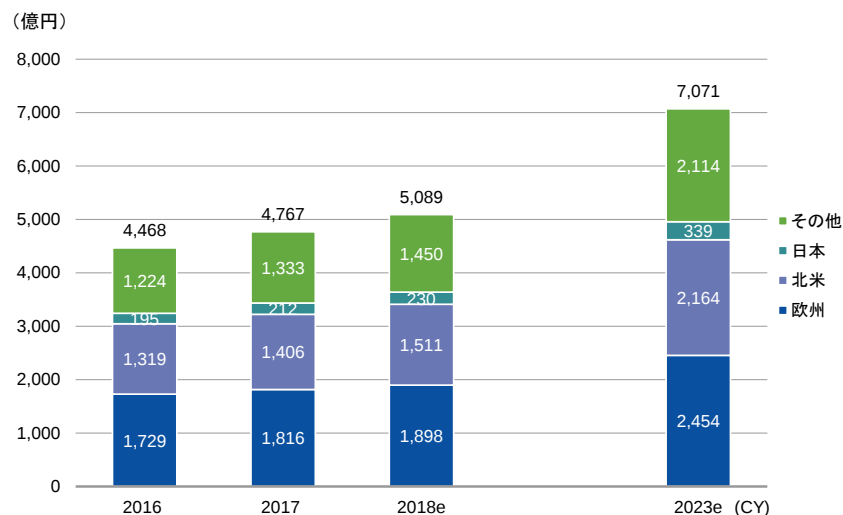
代替食への関心が高まる第一の理由は、製造段階での資源使用量や環境負荷が小さく、食料資源への対応、持続可能な生産という観点で有効な打ち手の一つとなるためである。畜産物を 1kg 生産するためには、その何倍もの飼料穀物を使用する必要がある。例えば農林水産省の試算では、とうもろこし換算で、牛肉 1kg を生産するにあたり 11kg、豚肉で 7kg、鶏肉で 4kg が必要である。新興国における人口増加と食肉需要の拡大を背景として、畜産用の飼料穀物の需要量はますます拡大する見込みであり、食料需給を逼迫させないためには、穀物利用量をいかに抑えられるかが重要となる。また、畜産は生産段

階において、家畜から温室効果ガスが排出され、かつ多くの水や土地を利用するという環境負荷も生じる。他方、肉や乳製品を植物性素材で代替する代替食、細胞から培養して作られる培養肉は、環境負荷低減の効果が大きい。ミシガン大学の試算によると、2019年5月にナスダックに上場した代替食メーカーBeyond Meatのえんどう豆由来の代替肉製造に係る資源使用量は、一般的な畜産に対して、CO2排出量を90%、水資源を99%、土地利用を93%、エネルギー使用量を46%削減できるという。また、培養肉についても、研究所で細胞から培養するという新たな技術を使うことで、畜産と比較して水や土地の使用量が少なく済むと指摘されている。このように、増大する食需要を賄いつつ、サステナブルな食料生産を行うために、代替食や培養肉がソリューションの一つとして期待されている。

健康志向の高まりを受け、代替食市場は欧米中心に拡大

代替食への関心が高まる第二の理由は、健康志向の高まりである。従来ベジタリアン層が相応に存在した欧米では、彼らのニーズに応えるために、スーパーにベジタリアンコーナーが設けられ、様々な植物性素材を活用した商品の開発が行われてきた経緯があり、代替食へのエントリー層としてベジタリアンが重要な役割を果たしてきた。近年は、ベジタリアンに加えて、自身の健康の観点から代替食の消費に積極的なフレキシタリアン層²を新たなターゲットとすることで、代替食市場は拡大傾向にある。例えば、調査会社Markets and Marketsの試算によると、世界全体で代替肉市場は2017年から2023年までに1.4倍に拡大し、7,000億円に達する見込みである(【図表4】)。世界の加工肉市場はEuromonitorによると2023年に20兆円超となる見通しであり、全体に占める割合は小さいものの、高い成長性には期待が集まっている。

【図表4】代替肉の市場規模の推移



(出所) Markets and Markets, Meat Substitutes Market – Global Forecast to 2023 より、みずほ銀行産業調査部作成

大手も参入して競争が激化

大量生産技術の確立や環境負荷低減への貢献には時間を要し、本格的な代替食市場の拡大については長期的な目線が必要である。しかし、一定の需要や生産技術の確立により、ベンチャーだけでなく大手企業の参入が見られるようになってきたことは、近年の特筆すべき動向と言えよう(【図表5】)。例えば

² ベジタリアンではないが、健康に配慮してベジタリアン風の食事を週に一度摂取するといった形で菜食を実践する層のことで、欧米ではミレニアル世代を中心に拡大している。

ダノンは2017年にプラントベースミルク企業の WhiteWave Foods を買収して以降、コア事業を“Essential Dairy and Plant Based Products”と位置づけ、欧米中心にプラントベース食品事業を展開している。また、ネスレやユニリーバも、2017年と2018年にそれぞれ代替肉ブランドを買収し、自ら市場に参入した。こうした企業の狙いは、消費者の多様化するニーズを捉えるために、商品ポートフォリオを拡充することにあると考えられる。代替食のムーブメントは小売サイドでも既に起こっており、欧米の大手食品スーパーではプラントベース食品専用コーナーが設置されて広く販売されていることに加え、小売企業によっては独自のプライベートブランドを設立してプラントベース食品を製造・販売するケースもある。欧米の代替食市場は、ニッチ市場から多くの企業が入り混じった競争市場へと成長しつつあると言えるであろう。

【図表 5】代替食関連の買収・出資事例

時期	ターゲット企業			買い手/出資企業	形態	金額
	企業名	国	コアビジネス			
2018/12	The Vegetarian Butcher	オランダ	植物性食品(肉代替)	Unilever	買収	非公表
2018/4	Ojah BV	オランダ	植物性食品(肉代替)	Kerry Group	買収	USD\$24.6Mn
2018/2	Terrafertil	エクアドル	植物性、オーガニック食品	Nestlé	出資	非公表
2018/1	BC Bio	フランス	オーガニック食品	大塚製薬/ Nutrition & Santé	買収	非公表
2017/12	Pacific Foods	アメリカ	植物性、オーガニック食品	Campbell Soup	買収	USD\$700Mn
2017/9	Sweet Earth Natural Foods	アメリカ	植物性食品(肉代替)	Nestlé	買収	非公表
2017/8	Impossible Foods	アメリカ	植物性食品(肉代替)	Bill Gates, Khosla Ventures, Horizon Ventures 等	出資	USD\$75Mn
2017/8	Memphis Meat	アメリカ	植物性食品(肉代替)	DJF, Bill Gates, Richard Branson, Cargill 等	出資	USD\$17Mn (Series A)
2017/7	Daiya Foods	カナダ	植物性食品(乳代替)	大塚製薬	買収	CAD\$405Mn
2017/4	WhiteWave Foods	アメリカ	植物性食品(乳代替)	Danone	買収	USD\$12.5Bn
2017/3	Lightlife Foods	アメリカ	植物性食品(肉代替)	Maple Leaf Foods	買収	USD\$140Mn
2016/12	Oatly	スウェーデン	植物性飲料(乳代替)	Verinvest & China Resources	出資	非公表
2016/10	Beyond Meat	アメリカ	植物性食品(肉代替)	Tyson Foods, Leonardo Wilhelm DiCaprio, 三井物産 等	出資	非公表
2015/9	Quorn Foods	イギリス	肉代替	Monde Nissin	買収	GBP\$550Mn
2014/11	Gardein Protein International	カナダ	植物性食品(肉代替)	Pinnacle Foods	買収	CAD\$175Mn
2014/2	Just	アメリカ	植物性食品	Li Ka-Shing, Jerry Yang, 三井物産 等	出資	USD\$23Mn (Series B)

(出所) 公開情報等より、みずほ銀行産業調査部作成

日本は欧米とは
代替食の発展経
路が異なる

一方、日本国内での需要は未だ小さい。ベジタリアンを一つの起点として成長してきた欧米の代替食市場に対して、日本での発展経路が異なるためと考えられる。日本では、大豆等の植物性たんぱく質を消費する食文化が従前から根付いており、動物性たんぱく質中心の欧米諸国と比較して、植物性たんぱく質への代替というムーブメントがそれほど起こってこなかった経緯がある。

日本では健康志
向とサステナビ
リティへの意識
の高まりが代替
食市場の拡大要因
になる

しかしながら、日本においても、近年の健康志向の高まりによって、今後代替食需要が拡大する可能性があると考えられる。欧米では、ナチュラル・オーガニックなものが健康とされることが多いのに対して、日本では食品の栄養面や機能性が重視される傾向にある。詳細は後述するが、日本企業は大豆等の加工技術や機能性訴求の強みを発揮することで、健康志向の高まりを受けた市場拡大の後押しが可能である。また、健康志向に加え、食品ロスや脱プラス

チックに対する取り組み強化を受け、将来的に消費者のサステナビリティへの意識が日本でも高まることで、食品の購買にも影響を与える可能性がある。こうした消費者ニーズの変化によって、日本の代替食市場の発展が期待される。

(2) 代替食市場におけるビジネスチャンスを取り込むための打ち手と課題

チャンスを取り込むための打ち手

日本企業には、国内外でポテンシャルのある代替食市場におけるビジネスチャンスを取り込むために、市場ステージの違いを踏まえた打ち手が必要となる。欧米では、ベンチャーや大手企業が代替食ブランドを持ち、商品を製造・販売していることに加え、小売企業もプライベートブランド商品を開発・販売して市場に参入している。更に、それを支える受託製造企業の存在もあり、競争環境が構築されている。一方、日本では、肉代替や乳代替の商品開発に携わる事業者は未だ少数で、大豆肉ブランド「ゼロミート」を生産する大塚食品や、大豆たんぱく質素材を提供する不二製油等、限られた企業による市場という位置づけである。実際、【図表 4】で示したように、日本の足下の代替肉市場規模は 200 億円程度と、欧米に対して乖離があるのが現状である。

日本国内における打ち手

未だアーリーステージにある国内においては、食品企業自らが市場を創っていく動きが必要になる。具体的には、国内では、①「商品開発」と②「マーケティング」、及び③「販路開拓」において、効果的な取り組みが求められよう。

① 商品開発面で日本企業の強みである食品加工技術の活用

第一に、商品開発については、味・食感と、健康機能の両面での研究が必要であり、これに対して日本企業の強みである食品加工技術を活かすことで、よりおいしく、消費者に受け入れられやすい商品の開発が実現できる可能性がある。例えば、不二製油は 50 年以上大豆たんぱくを取り扱ってきた実績を活かし、多様な大豆肉素材を取り扱っているほか、味の素の取り扱い食品加工用酵素等の素材を、植物性食品の加工に活用できる可能性があると考えられる。

商品開発においては原料調達課題となり得る

代替食の商品開発にあたっては、原料調達が課題となることが想定される。代替食の原料として使われているのは、大豆、えんどう豆、ナッツ、アーモンド、ココナッツ、小麦、米、ひよこ豆等、多くの種類があり、複数を組み合わせて商品が製造されることが多い。代替食市場が拡大していくにつれて、こうした原料の調達網確保の状況が競争力を左右する可能性がある。

自給率の高い原料や新たな素材の活用が有効

日本企業の対応として、国内自給率が比較的高い原料をうまく活用し、日本ならではの代替食製造を行っていくといった強みを活かす取り組みが期待される。例えば、亀田製菓傘下で玄米製品を取り扱うマイセンは、玄米と大豆を組み合わせたベジタリアンミートを製造・販売している。また、欧米では大豆離れ(ソイフリー)の流れも進展しつつあるため、大豆以外の素材を使った代替食開発にもポテンシャルがあると想定される。

培養肉も将来的にソリューションになり得る

更に、穀物等の原料調達に依存しないモデルとして、培養肉の研究が将来的に進むことが期待される。培養肉は研究所で牛や豚の細胞を培養してミンチ肉やステーキ肉を作り出すもので、究極的には穀物等の原料調達に依存しないビジネスモデルを実現できる。グローバルで見ても未だ研究段階にあり、商用化には至っていない技術であるが、日清食品ホールディングスやインテグリカルチャー等、既に培養肉研究を開始している国内事業者も存在する。今後食料需給へのソリューションとして実用化が期待される分野である。

②マーケティング面では「健康」を切り口とした認知向上が打ち手となる

第二に、日本では、高齢化の進展や消費者の健康志向の高まりを捉え、機能性に着目したマーケティングが有効と考えられる。既に、大豆たんぱく質の機能性に着目し、機能性表示食品やトクホ商品が開発された実績がある。コレステロールを抑える等、機能性を表示して消費者にマーケティングしていくことでより認知度を高め、リピート層を増やしていくことが可能になる。

食の安全性の訴求も必要

加えて、消費者への浸透のためには、安全性の訴求も必要となるであろう。代替食や培養肉は、新しい食のカテゴリであり、消費者が安心して食べられることをメーカー側が発信していくことが求められる。

各種制度を活用した情報発信が求められる

例えば Impossible Foods は、植物素材で肉のうまみを再現するために、大豆等から抽出された化合物ヘムを使用している。当社は米食品医薬品局の基準をクリアすることで、世間にその安全性について発信している。日本企業が自ら代替食や培養肉を開発していく際にも、認証制度や、機能性表示といった健康食品制度を活用し、消費者の認知向上を図っていく必要がある。

③販路開拓面で、日本企業は海外先行企業のように多様な販路開拓が求められる

第三に、代替食の多様な販路開拓が求められる。Beyond Meat や Impossible Foods はバーガーチェーンと連携し、外食シーンで植物肉バーガーを販売している。また、オートミルク最大手の Oatly は、スターバックス等コーヒーチェーンへの売り込みによって新市場を開拓し、販路を拡大させてきた。日本企業も、多様な販売ルートを用いて、消費者の受容性を高めていく施策が必要となるであろう。

中食や介護食分野でも展開可能性あり

日本においては、欧米のような外食チェーンでの展開のみならず、中食や介護食分野等、日本の人口動態や社会構造に合わせた展開方法も検討し得るであろう。おいしさと栄養面の両方を訴求した植物性食品の需要が、様々な食事シーンや場所で高まることが期待される。

海外では日本企業の強みを活かした代替食企業との連携スキームの構築が求められる

最後に、日本企業が海外のマーケットへ進出していく場合には、海外企業との柔軟な連携戦略を取っていくことが有効と考えられる。マーケティングを自社で担い商品の製造は現地企業と連携する、研究開発面で協働する等の方法が考えられ、日本企業は自身の強みを活かして、バリューチェーンの一部を担っていくことが有効な選択肢になり得る。例えば、研究開発面での強みを活かした連携事例として、不二製油が 2019 年 5 月に発表した、チーズ代替品の製造に係るコンソーシアム設立が挙げられる。これは、蘭食品研究企業 NIZO、蘭 HAS 応用科学大学、蘭乳業メーカー Royal Bel Leerdammer、植物性食品メーカー Daiya Foods、不二製油の 5 社が、より高品質な植物性たんぱく質ベースのチーズ代替品を製造することを目的としたもので、各社は植物性食品に係る専門家としての知見や設備を提供し合い、革新的な商品開発を進めるとしている。この事例のように、日本企業には、自社の強みを活かして、海外事業者との連携スキームを柔軟に構築していくことが求められるであろう。

3. 完全人工光型植物工場

(1) 植物工場事業への関心の高まりとポテンシャル

植物工場は野菜の周年・計画生産が可能な施設であり、「新たな生産手法」として期待される

植物工場は生産性向上、CO₂削減、水資源の有効活用、土地の効率的な活用等、様々な資源制約に係る課題の解決手段に

国内のみではなくグローバルで、植物工場は市場拡大のポテンシャルを有している

完全人工光型植物工場（以下、植物工場）は、施設内で作物の生育環境（光・温度・湿度・CO₂・養分等）を完全に制御するとともに、生育予測を行う施設園芸で、野菜等の周年・計画生産が可能な栽培施設である。従来の生産と異なり、栽培の場所や天候、土壌の性質に左右されない「新たな生産手法」による栽培方法であり、食料資源への対応や持続可能な生産という観点でも有効な打ち手と考えられる。太陽光を利用した太陽光型植物工場も存在するが、人工光を使用し環境を完全に制御できる点において、打ち手としてのポテンシャルが大きく異なっている。

資源制約に係る課題解決という観点から見た植物工場の主な特徴は以下の四点が挙げられる。一点目は、植物の生育に適した環境に制御可能で、縦方向に栽培設備を積み上げる多段式が採用可能なため、単位面積当たりの収量が高まり、生産性が向上する点である。二点目は、グローバルで都市化が進む中、都市近郊での栽培が可能となり、輸送に伴い排出されるCO₂の削減等、フードマイレージ³の問題を解決する手段になり得る点である。三点目は、水のリサイクル技術を高めることで、水の使用量を露地栽培の9割以上削減可能な点である。四点目は、閉鎖空間での栽培で、気候変動に伴う収穫の影響を受けない結果、栽培の場所を選ばず、新たな農地開拓も必要が無いため、環境負荷の軽減が期待される点にある。

国内に限らず、海外においても、異常気象が増加傾向にあることに加え、食料需要の拡大、経済発展に伴う食の欧米化の進展や健康志向の高まりにより、先進国・新興国双方で、無農薬栽培による安全で新鮮な野菜の供給システムとして植物工場が注目されつつある。現在、米国においては9割以上のレタスを西海岸のカリフォルニア州やアリゾナ州で栽培し、大消費地である東海岸に輸送する中、フードマイレージの問題を契機とした地産地消ニーズを捉え、現地スタートアップ企業中心に植物工場事業者が工場の展開を進めている。加えて、食の安心・安全ニーズの高まりや都市拡大に伴い農地の遠隔地化が進み、物流コストが問題視される中国、気候や水不足により食料の輸入に依存する中東等、植物工場市場拡大のポテンシャルを有している地域は多いと考えられる。

(2) 国内における植物工場ビジネスの課題と事業環境変化

採算で苦しむ植物工場事業者が多い

背景として、コスト面、販売面、生産技術面で課題を抱える

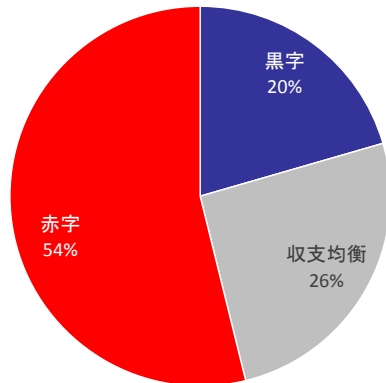
これまで多くの事業者が国内において植物工場事業に参入してきたものの、過去に市場をけん引してきたベンチャー企業の倒産や、大手企業も採算を確保できず撤退する等、苦戦を強いられているケースが多い。植物工場事業者の収支状況に係る調査結果では、黒字を確保しているプレイヤーは2割にとどまっている（【図表6】）。

採算性が厳しい背景には、建物や設備投資に伴う初期投資の大きさに加え、エネルギーコストを始めとするランニングコスト高を背景とする高コスト体質、販路確保の難しさや歩留率の低さ、生産可能品種がレタス等の葉物野菜中心に限定される点にあると言える（【図表7】）。また、生産コスト高を背景に、植物

³ 食材が産地から消費地へ運ばれるまでの、輸送に要する燃料やCO₂排出量をその距離と重量で数値化した指標。

工場野菜の販売価格が露地野菜に比して高価格となることから、販売面で伸び悩み、採算確保が難しいビジネスと言われてきた。

【図表 6】植物工場の収支状況(2017 年調査)



(出所) 日本施設園芸協会「大規模施設園芸・植物工場実態調査・事例調査」より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 7】植物工場の課題

コスト面	・建物や設備投資に伴い初期コスト大 ・ランニングコスト大(エネルギーコスト、人件費等)
販売面	・不十分な自社販路や取引先開拓 ・工場野菜への消費者の認知の低さ
生産技術面	・品質・生産の安定化(歩留率) ・生産可能品種の拡大

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

足下で大規模に展開し、黒字を確保する植物工場事業者が出現

全体的に見て、苦戦するプレイヤーが多いものの、足下で大規模に展開し黒字を確保する植物工場事業者が出現しつつある。現在の植物工場ビジネスにおけるトレンドとして、「①大規模化」、「②業務用ニーズの獲得」、「③テクノロジーの活用」が挙げられる。

①「大規模化」について、足下でスケールメリットの享受を目的に、大型な植物工場が拡大傾向

現在の植物工場の生産能力ランキングを見ると、2017 年以降稼動したものが上位を占め、今後も日産で 3 万株以上の大規模な工場が計画されている(【図表 8】)。植物工場はコスト構造上、水道光熱費、減価償却費、人件費、その他がそれぞれ約 4 分の 1 を占めるが、減価償却費や人件費は、工場の大規模化を進めることでスケールメリットが効き、黒字化や収支均衡を達成しやすくなる特徴を有する(【図表 9】)。但し、生産量を拡大すれば、それに見合った売り先の確保が必要になるという点で、販売力がより重要となつてこよう。

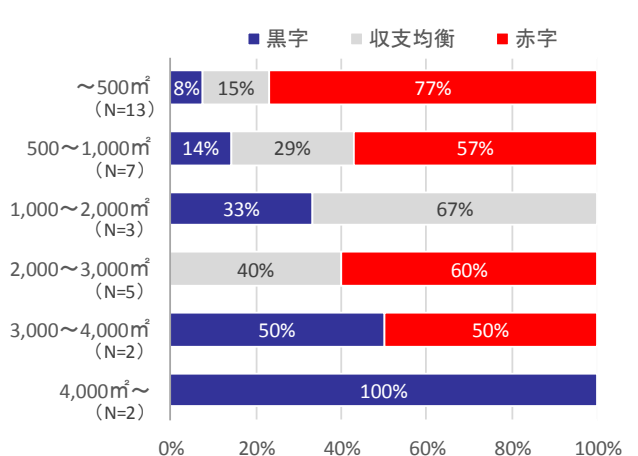
【図表 8】植物工場の生産能力ランキング(株数ベース)

	事業主	日産(株)	稼動時期
1	彩葉生活(東京電力エナジーパートナー他)	(注)40,000	2020年予
2	MGCファーマックス(三菱ガス化学)	32,000	2019年予
3	スプレッド	30,000	2018年
4	ブライムデリカ	(注)30,000	2019年
5	Jリーフ(JX ANCH他)	30,000	2020年予
6	ベジノーバ(東芝プラントシステム)	(注)30,000	2020年予
7	福井和郷	27,000	2018年
8	スプレッド	21,000	2007年
9	パイテックベジタブルファクトリー	17,000	2017年
10	パイテックベジタブルファクトリー	17,000	2018年
11	セイノーホールディングス	16,000	2019年予
12	晃商	15,000	2017年
13	パイテックベジタブルファクトリー	15,000	2017年
14	イノベタス	12,420	2015年
15	平和ハウジング	12,000	2018年

(注) 重量ベースでの開示は 1 株を 100g 換算し順位付け

(出所) 各社ホームページより、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 9】面積別の収支状況(2017 年調査)



(出所) 日本施設園芸協会「大規模施設園芸・植物工場実態調査・事例調査」より、みずほ銀行産業調査部作成

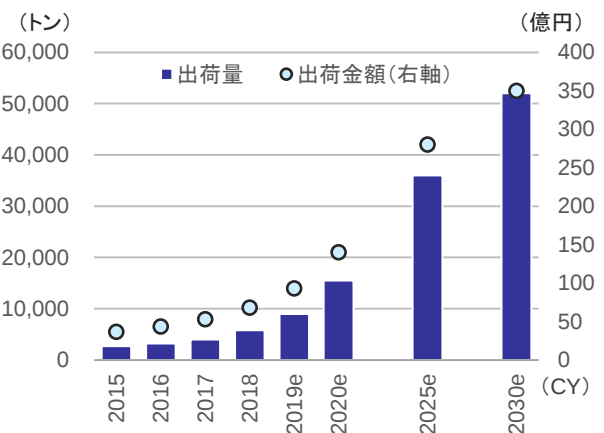
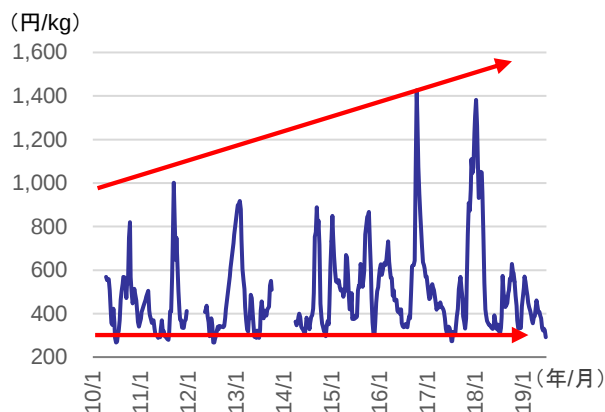
②「業務用ニーズの獲得」は、川下サイドの植物工場野菜に対する安定調達ニーズが高まり進展

植物工場野菜は主力のレタスでもシェア 1%程度に過ぎず、市場拡大のポテンシャルを有している

国内においては、近年の天候不順や異常気象による野菜価格のボラティリティ上昇を受けて、川下サイドの定時・定量・定質・定価での安定調達ニーズが高まりつつある(【図表 10】)。加えて、植物工場野菜は衛生面で優れた閉鎖環境での水耕栽培によって、無農薬栽培が可能となるとともに菌数が抑制され、保存性が向上している。そのような付加価値の訴求を通じて、販売先は従来のスーパーを中心とする小売用に加え、中食・外食等の業務用へ広がりつつある。2018 年にファミリーマートが植物工場からの調達拡大を公表し、今後全国へ展開していく方針である。また、プリマム系列のプライムデリカがセブン-イレブン・ジャパン専用の植物工場を稼働させる等、大きな需要先であるコンビニエンスストア業界が、サラダやサンドウィッチ向けに取り扱いを決断した。

既に述べたように植物工場の主力生産品であるレタスについて見ると、国内全体の需要は、サラダの喫食機会の高まり等を背景に拡大し、足下で約 55 万トンとなっている。植物工場からの出荷量は大型の工場建設が続くものの、現在は 1 万トン未満と市場シェアは 1%程度に過ぎない(【図表 11】)。天候不順等によるレタスの需給逼迫を受けた価格の高騰も見られ、特にメニューやレシピに組み込まれるため、欠品が許容されにくい業務用において市場拡大のポテンシャルが高いと考えられる。将来的に、大規模化の進展によるコスト競争力強化を受け、2030 年頃に 5 万トンを超え、レタス需要の 10%を代替すると予想されている。

【図表 10】日本のレタス価格の推移(小売価格) 【図表 11】植物工場レタスの出荷量・金額の推移と見通し



(注) データ制約上、一部不連続となっている。

(出所) 農林水産省資料より、みずほ銀行産業調査部作成

(出所) 富士経済「農林水産ビジネスの最前線と将来展望

2019」等より、みずほ銀行産業調査部作成

食品メーカーも植物工場に関心を高めている状況

また、食品メーカーにおいても、キューピーが植物工場事業に参入している。加えて、2019 年にハウス食品グループは、植物工場事業者のファームシップとの業務提携やグループのファンドからの出資を通じて、ハーブを始めとする農作物の安定生産、新たな市場創出に向けた研究開発を目指す等、植物工場への関心を高めている。

③テクノロジーの活用について、各種データの分析や、機械化・自動化を進め、生産性を向上

そして、テクノロジーの進歩とその活用が挙げられる。足下の植物工場では、栽培棚に LED 照明や各種バロメーターのセンサー等、様々なデバイスからデータを収集の上、栽培環境と収穫量を分析し、生産性向上に取り組んでいる。加えて、植物工場の大規模化と歩調を合わせ、一部のプレイヤーで工場の機械化・自動化を進めつつある。例えば、植物工場事業者であるスプレッドは、2018 年秋に稼働させた新工場で、栽培工程について苗の育成から収穫まで

のフェーズを自動化し、人件費の抑制を通じて、価格競争力の向上を目指している。

(3) 植物工場ビジネスの普及に向けた異業種連携のあり方

植物工場のビジネスの普及に向けて、異業種との協業が求められる

ビジネスモデルとして、川下側の調達力強化を目的とした植物工場野菜の共同調達

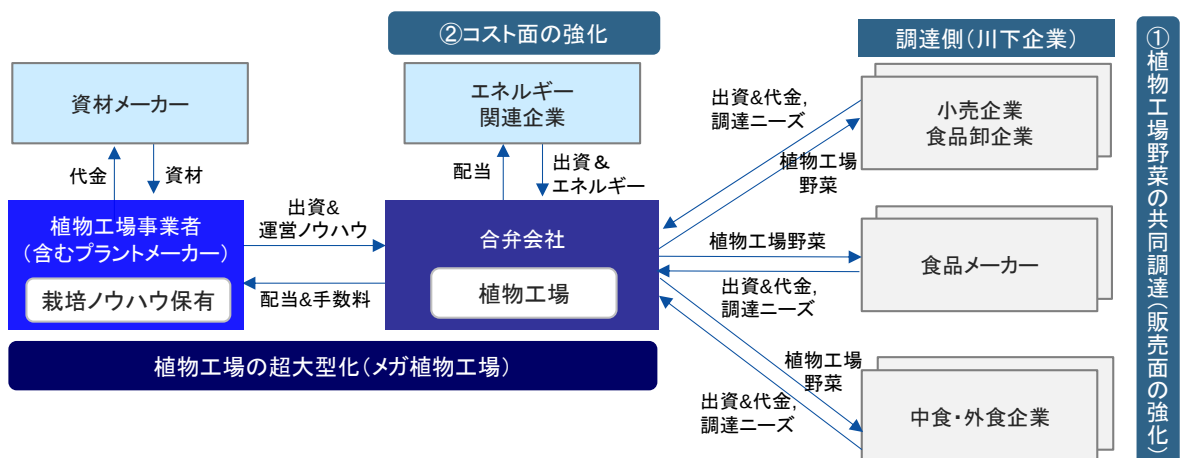
ランニングコスト削減に向けたエネルギー関連企業との協業も有効

以上の通り、植物工場ビジネスを取り巻く事業環境の変化が追い風となっている。更に、今後国内では競合となる露地栽培の担い手減少も見込まれる中、ビジネス機会は高まると考える。前述の課題について一部で克服しつつあるが、①販売面、②コスト面の強化を通じた植物工場ビジネスの普及に向けて、植物工場事業者は、win-winの関係を構築可能な異業種との連携が必要となる。

まず、①販売面の強化に向けては、食品メーカー等の安定調達ニーズに応えることが有効であろう。調達側の食品メーカーや中食・外食企業の目線に立つと、現状は個社毎に原材料を調達の上、商品やサービスの差別化を図っている。しかしながら、今後、国内でも農産品の安定調達リスクの高まりが懸念される中、調達力強化を目的とした「植物工場野菜の共同調達」のニーズが高まると考えられる(【図表 12】)。食品メーカー等では、将来的に他社との協調領域の見極めが事業戦略において重要性を増し、調達面では協調領域として検討の余地があると思われる。植物工場では、汎用的な作物の大量生産と共に、個社のこだわりの作物を栽培レシピ毎にスペースを分けて栽培する等の対応も可能であろう。

また、②コスト面の強化を目指し、電力費用を始めとするランニングコスト削減に向けて、省エネ技術やコスト削減に資する設備運用ノウハウに長けたエネルギー関連企業との協業も考えられよう。エネルギー関連企業側からすると、自社のエネルギー需要拡大、遊休地の活用、インフラ企業としての地域活性化への貢献といったメリットが期待できる。以上の通り、植物工場事業者側からすると、「異業種と協働によるメガ植物工場」の展開がビジネスモデルとして考えられる。

【図表 12】 植物工場の発展に向けたビジネスモデル(異業種との協働によるメガ植物工場)



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

本ビジネスモデルによる超大型化を通じて植物工場事業者側、調達側の双方にメリット

海外市場の取り込みを目指すにあたり、コスト削減に資する業種や販路を有する川下企業との連携が必要

本ビジネスモデルはフードバリューチェーン強化に向けたクロスセクターでの取り組みであり、調達側では出資割合に応じて調達量を決定する等のスキームを検討できよう。植物工場事業者側として、作物の販売の安定化に繋がり、日産 10 万株超といった超大型化(メガ植物工場)や、調達資金の活用による機械化・自動化も期待可能と見る。それらを通じて、コスト競争力を高められる結果、植物工場事業者側、調達側の双方がメリットを享受できる仕組みである。

販路となる調達側やコスト削減に資する異業種との連携を目的としたビジネスモデルは、植物工場事業者がグローバル展開を目指すにあたっても有効と考えられる。海外において、自社が主となり植物工場の運営を担うのか、現地企業に対し植物工場や栽培ノウハウを提供するのかは、自社の体制や経営資源の状況、現地企業の意向等に応じて異なるものの、いずれのケースも規模拡大に繋がる現地での安定的な販路の確保が重要となる。日本の川下企業の現地需要のみでは大規模な工場建設は難しく、販路となる現地川下企業との協業が求められる。同時に、植物工場事業者は、国内での量産化を通して培った栽培技術の標準化によるコスト削減、蓄積されたデータによる更なる生産性向上を通じて、植物工場の輸出、展開がビジネス機会として期待されよう。

(4) 植物工場ビジネスの更なる発展に向けて

植物工場ビジネスの更なる発展に向けて、品種の拡大が期待される

品種の拡大に向けて種苗メーカーとの連携が不可欠

植物工場市場はグローバルで競争が激しくなりつつある

前述の植物工場の課題のうち、コスト面や販売面については「異業種との協働によるメガ植物工場」の展開により、競争力が高まろう。植物工場ビジネスの更なる発展に向けて、生産技術面での課題として挙げた植物工場野菜の生産可能品種の拡大が重要な論点となる。植物工場事業者にとっては、川下企業の調達力強化に向けて、ニーズを踏まえた作物の品種拡大、量産化技術確立が求められる。現在の技術では、人工光は太陽光と比較し光量が弱いいため、人工光でも生育が早く、かつ可食部が多いレタスを中心とする葉物野菜が中心になっている。今後、一部生産は開始されているものの、イチゴ・トマト等の果菜類、根菜類等への展開・量産化が必須である。

品種の拡大を目指すにあたり、植物工場専用の種子の開発が必要不可欠である。現状、植物工場野菜は市場規模が小さく、種苗メーカーに植物工場を想定した研究設備等が不十分なため、植物工場事業者が露地用の種子から植物工場野菜に適したものを選択し、栽培している。前述のメガ植物工場構想を通じたマーケット拡大に加え、植物工場での通年栽培を通じた収穫、つまりデータ取得機会の多さや環境制御が可能という強みを活かし、調達側のニーズを踏まえた種子の開発、品種の拡大が期待される。

次の論点として、植物工場事業者が海外展開で成功を収めるための方策を見ていく。日本の植物工場分野は工場稼働数が世界で最も多い等、研究及び商業化の面においてグローバルでリードしてきたと言われている。しかしながら、海外企業を見ると、米国ではスタートアップ企業である Plenty、AeroFarms や Bowery Farming 等が、大規模な資金調達を実行し、ソフトウェアエンジニアの雇用やテクノロジー企業、大学、研究機関との連携を進めている。中国でも LED 関連企業の中科三安が中国国内の研究機関と協業し大型の植物工場を稼働させ、米国ラスベガスに進出を果たす等、グローバルでの競争が激しくなりつつある。

海外展開にあたり、異業種連携やテクノロジー活用により強みを発掘・強化していく必要

日本の植物工場事業者も、海外進出を進めているものの実証レベルの植物工場が多い。豊富な工場運営経験を活かした良質な栽培データや運営ノウハウが強みと考えられるが、海外企業も多額の資金を調達の上で大規模化に取り組みつつあり、差別化が困難な方向にあると思われる。今後、AIを活用した栽培レシピ探求、環境制御、工場レイアウト設計や工場の自動化が期待される中、AI人材の確保や精密機械メーカー等との更なる連携が不可避である。また、海外では国ごとに味や栄養のローカライズが求められる中、前述の栽培可能な品種の拡大に加え、植物工場事業者同士、あるいは国や大学等を含めた産官学一体でのマーケティング、研究・開発を通じて、精緻に味や栄養をコントロールすることが可能となれば、海外進出の強みとなる。

国やグローバルでの連携による植物工場野菜の付加価値の訴求も必要であろう

海外展開にあたっては、政策面での後押しも進みつつある。現在、国内外で植物工場の栽培環境能力を適切に評価する規格・基準が無い中、農林水産省では日本農林規格(JAS)を制定し、調達側での取引判断材料としての活用を目指している。植物工場の海外展開に際しても支援材料となることが期待されるが、国としてJASの有用性を海外に向けて訴求していくことが重要となる。また、海外ではオーガニック認証を受けた作物がプレゼンスを築いている。国内に加え海外の植物工場事業者とも連携し、新鮮でおいしいことに加え、サステナブルな栽培かつ無農薬といった植物工場野菜の付加価値について、マーケット創造を目指して訴求していく取り組みも求められよう。

4. おわりに

食品産業の役割は食料の安定的な供給

日本の食品産業は、消費者が「食」を通じて豊かな生活を享受するために、長年にわたり、高品質かつ多様な食料の安定的供給という役割を果たし続けてきた。しかしながら、これまで考察してきた外部環境の変化を踏まえると、日本企業にとって調達面でのリスクが潜在的に高まる懸念があり、こうした役割を将来にわたって持続的に担い続けるためには、新たな取り組みが求められる状況にある。

食品関連企業はビジネス機会としてのポテンシャルを有する新たな分野への積極的な取り組みが望まれる

本章では、食品業界にとって先行きを見据えた「新たな素材や加工技術の開発・活用」として「代替食」、「新たな生産手法の確立・拡大」として「植物工場」を代表例として採り上げた。代替食は欧米の大手プレイヤーが取り組みを積極化させるとともに、植物工場もプレイヤーによる資金調達が活発化する等、グローバルの潮流として注目が高まっている。これらは市場拡大が期待されるとともに、技術や資源の効率的な活用という面で日本の食品関連企業にもビジネス機会としてのポテンシャルがある。また、メインストリームとなることで、従来のサプライチェーンが置き換わるリスクも有しており、変化への対応の巧拙が事業の明暗を分けると考えられる。サステナビリティ分野への取り組みが他社との差別化に繋がる可能性も有する中、自ら、または他社との提携・アライアンスを通じた積極的な取り組みが望まれる。

みずほ銀行産業調査部
流通・食品チーム 加古 惇也
日高 大輔
鷹嘴 直子
junya.kako@mizuho-bk.co.jp

6. 環境負荷軽減に向けた中期的な現実解としてのハイブリッド車

【要約】

- ◆ 自動車産業では、環境規制強化を背景に電動化が推し進められている。完成車メーカーはこの潮流を受け、車両として一切 CO₂ を排出しないゼロエミッション車(電気自動車(EV)等)を含む電動車¹の新たなエコシステムの構築に向けた取り組みを進めている。特に、世界で最も厳しいとされる燃費規制を導入する欧州や、一定台数以上の EV やプラグインハイブリッド車(PHEV)の製造・輸入を義務化する NEV 規制²を導入する中国では、EV を中心とした電動車の普及が進むとみられ、地場メーカーに加え、それらの市場を得意としてきた欧州系完成車メーカーは積極的な EV・PHEV 投入を打ち出している。
- ◆ 環境負荷軽減の観点からは、中長期的には CO₂ 排出ゼロ(ゼロエミッション)である EV・燃料電池車(FCV)の普及が求められる。一方で、EV が本格的に普及するためには、車両価格の低減、航続距離の伸長や充電時間の短縮、充電インフラの問題等が解決される必要がある。これらの課題が解決されるには今しばらくの時間が掛かることに加え、足下では EV が使用する電気の生成に際し発生する CO₂ も勘案した Well to Wheel ベースの燃費向上の概念を導入する機運も高まっており、当面の最も実効性の高い現実解はハイブリッド車(HEV)になるとみる。
- ◆ 日系完成車メーカーは、これまで HEV に関する技術的な優位性を積み上げてきた。一方、海外市場での HEV の販売台数は極めて限定的である。日系完成車メーカーは、HEV 技術を収益に転換するため、HEV の有用性を磨き、HEV の拡販を進めていくことが重要になる。そのためには、①各国市場のニーズに合致した HEV ラインナップの拡充、②HEV のコスト競争力の更なる向上が必要となろう。特に、コスト競争力の観点では、欧州系完成車メーカーが導入を進める 48V マイルドハイブリッド(48V M-HEV³)や、規制・補助金に下支えされる EV 等に打ち勝つためのコスト低減策の遂行が欠かせない。
- ◆ 足下、日系完成車メーカーは、HEV の拡販に向けた取り組みを推し進めている。具体的には、①比較的簡素な HEV システムへの絞込みによるコスト低減や、集中開発による燃費改善により、自社の HEV の競争力を高める取り組み(ホンダ)、②EV で培った技術を転用することで、低コストで開発した HEV システムを提携先に広げ、規模の経済を追求する取り組み(日産)、③特許実施権の無償提供と有料サポートを通じた量産効果により自社の HEV のコストを低減する取り組み(トヨタ)が挙げられる。今後は、これらの取り組みに加え、サプライヤー戦略を駆使した電動車部品単位でのコスト低減も重要となろう。
- ◆ 上述のとおり自動車の電動化は避けられない潮流であるが、足下の世界自動車販売台数に占める電動車の割合は約 5%程度に過ぎない。日本が世界に誇る HEV の技術は中期的な現実解といえ、日系完成車メーカーにとって電動化は大きな機会と捉えられる。
- ◆ CASE(Connected, Autonomous, Sharing & Services, Electric)と呼ばれる、自動車産業を変革しうる変化の中において、日系完成車メーカーには HEV により生み出されたキャッシュを、EV を含む新規領域に投資していくことが求められる。

¹ 本章では「電気自動車、プラグインハイブリッド、燃料電池車、ハイブリッド車、マイルドハイブリッド車(脚注 3 を参照)」と定義。

² 3 万台以上のエンジン車を生産・輸入する企業に、生産・輸入台数の一定比率以上の「NEV クレジット」取得を義務付ける規制。「NEV クレジット」は新エネルギー車(New Energy Vehicle)と定義される EV・PHEV・FCV の生産・輸入により獲得可能。

³ ハイブリッド車の一種で、通常の乗用車に搭載されている発電機を強化し、エンジンの補助モーターとして利用できるようにしたもの。欧州完成車メーカーは通常の車両用電源で用いられる定格電圧(12V)を 48V に昇圧する規格を提唱。

1. はじめに

環境規制強化に伴う自動車の「電動化」

地球温暖化等に対する環境意識の高まりは、各国の燃費規制や排ガス規制といった規制面の強化や、新エネルギー車(NEV:New Energy Vehicle、EV、PHEV、FCV)に対する補助金等を通じ、完成車メーカーのパワートレイン戦略に影響を及ぼし、自動車の「電動化」を推し進めることに繋がっている。

中期的な現実解となる HEV

日系完成車メーカーは、他国の完成車メーカーに先駆け電動車の開発に取り組むことで技術的な優位性を築き上げてきた。本章では、電動車の中でも中期的な現実解となる HEV に焦点をあて、日系完成車メーカーの機会と求められる取り組みについて考察する。

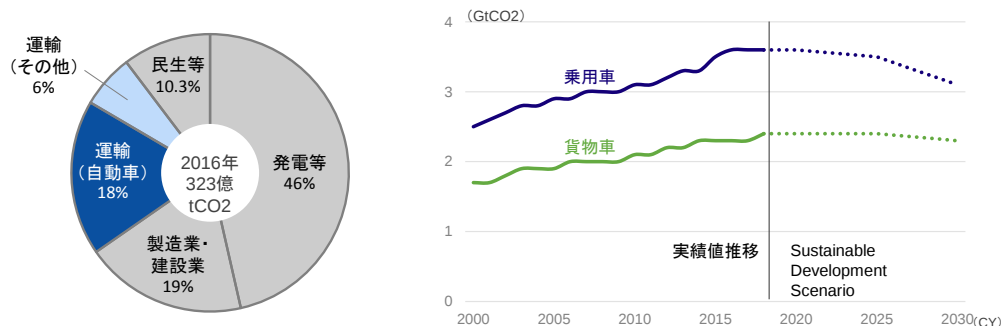
2. 自動車電動化の背景と環境負荷軽減に向けた中期的な現実解

(1) 環境意識の高まりを受けた自動車に対する環境規制強化の動き

自動車の CO2 排出量の削減が求められるが、足下は増加の一途

自動車の環境負荷は大きい。国際エネルギー機関(IEA)によれば、世界の CO2 排出量のうち 24.3%を運輸部門が占め、その 74.4%が自動車からの排出となっている。また、同機関が策定した持続可能な開発シナリオ(SDS:Sustainable Development Scenario)においても、自動車の CO2 排出量の早急な削減・抑制が求められているが、自動車の保有台数がグローバルで増加し続ける中、CO2 排出量も増加の一途を辿っている(【図表 1】)。

【図表 1】セクター別 CO2 排出量割合と運輸分野(乗用車・貨物車)での CO2 排出量の推移



(出所) IEA, CO2 Emission from Fuel Combustion より、みずほ銀行産業調査部作成

主要国の環境規制は、自動車の「電動化」、特に EV への対応を求める内容

地球温暖化や大気汚染に対する環境意識の高まりを受け、主要国・地域では自動車に対する環境規制の強化を推し進められている。企業平均燃費規制(Corporate Average Fuel Economy: CAFE 規制)、排ガス規制の強化に加え、一定比率以上の新エネルギー車の生産・輸入を義務化する中国の NEV 規制の導入や米カリフォルニア州の ZEV 規制⁴の強化が進むほか、中長期的には欧州を中心に 2025 年～2040 年を期限とした内燃機関車の都市部への乗り入れ禁止に向けた法案の検討が進められている。特に、世界で最も厳しい目標値の CAFE 規制を導入している欧州、及び NEV 規制が導入される中国では、「電動化」、なかでも車両としての CO2 排出がゼロとなる EV が規制値達成には欠かせず、完成車メーカーはそれらの国・地域を中心にゼロエミッション車の導入に向けた対応を求められている。

⁴ カリフォルニア州、他 9 州が導入する規制で、一定台数以上の自動車を販売するメーカーに、その販売台数の一定比率の、クレジットの納付を義務付けるもの。クレジットは、ZEV (Zero Emission Vehicle) と定義される EV・PHEV・FCV の販売により付与。

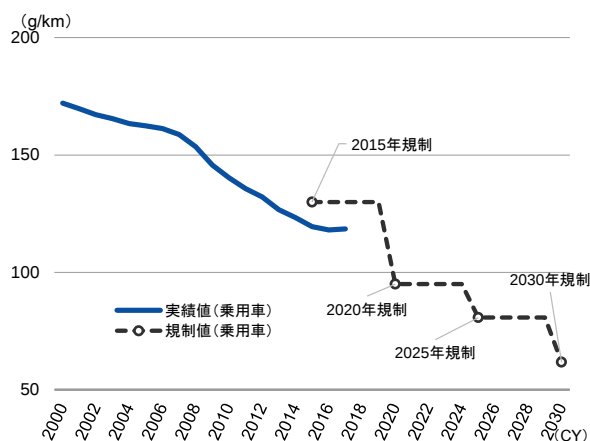
欧州では世界で最も厳しい CAFE 規制が更に厳格化

2021 年規制値も非常に高いハードル

欧州では、従前より他国より厳しいとされていた CAFE 規制が 2019 年 4 月に見直され、より厳格な CO₂ 排出削減目標が設けられた。新たな規制では、2030 年までに 2021 年比▲37.5%の CO₂ 排出削減が求められる。また、完成車メーカーは、各社の平均車両重量に基づき算定される CO₂ 排出量の規制値を達成できなければ、その超過排出量と販売台数に基づき罰金の支払いを求められる(【図表 2】)。

まずは 2021 年規制値の達成が必要となるが、2017 年の全メーカー平均実績値は 119g/km であり、2021 年基準値 95g/km の実現には、約 20%の燃費改善が必要となる。当行試算⁵では、この燃費改善を EV の拡販のみで実現しようとする、2017 年時点の EV の新車販売全体に占める市場シェアから +14%pt 上昇、EV・PHEV が同程度普及する想定では同シェアを EV: +9%pt・PHEV: +9%pt 上昇させることが必要となる。2018 年の西欧 5 カ国⁶における EV・PHEV のシェアがそれぞれ 1%弱にとどまることを踏まえると、非常に高いハードルであると言え、EV・PHEV 等の電動車の早急かつ大規模な投入が完成車メーカーには求められる(【図表 3】)。

【図表 2】 燃費実績の変化と規制値の関係(欧州)



(注 1) 2020 年は 2021 年と同じ規制値が設定されているが、段階適用期であり本格適用は 2021 年となる

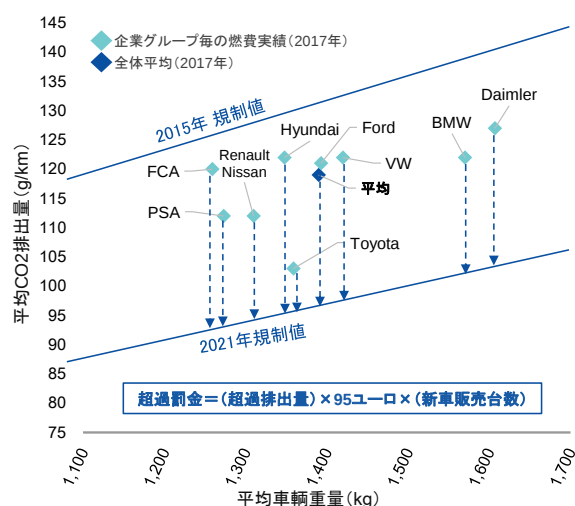
(注 2) 2025 年、2030 年規制では排ガス測定方式が変更となる。図の数値は現行方式ベースの試算値

(出所) EUR-Lex HP より、みずほ銀行産業調査部作成

規制面の優遇や、補助金を背景に世界一の EV 市場となった中国

中国では、渋滞や大気汚染の深刻化への対応として、主要都市においてナンバープレート規制⁷が導入され、ガソリン車の流入が抑制されている。一方で、新エネルギー車は、無償でのナンバープレートの割り当てに加え、専用・優先駐車場などでの優遇を受けられるほか、政府から補助金を受けられる制度となっている。これらの制度を背景に中国では EV の販売が急速に増加しており、足下では世界一の EV 市場となっている(【図表 4】)。

【図表 3】 企業グループ別燃費実績と規制値(欧州)



(注) 規制値は各社の平均車両重量に応じて決定する

(出所) ICCT, CO₂ emissions from new passenger cars in the EU より、みずほ銀行産業調査部作成

⁵ 燃費想定は、EV: 0g/km、PHEV: 49g/km(プリウス PHV)。EV 等の導入に伴うスーパークレジット(目標基準値の緩和)を上限値 7.5g/km まで適用する前提。

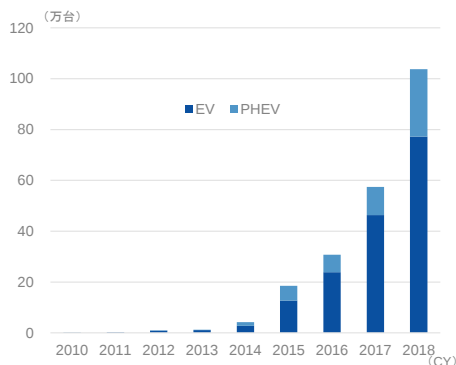
⁶ 西欧 5 カ国(ドイツ、フランス、イタリア、スペイン、英国)

⁷ 上海市、北京市等 7 都市で導入されているナンバープレートの発給を制限する規制。通常、抽選や競売により登録枠を取得する必要があるが、一部都市を除き、新エネルギー車は無償での登録枠の獲得や優先的な割当を受けることが可能。

補助金廃止後は各種規制が、EVの供給を推し進める

新エネルギー車に対する補助金は徐々に縮小されており、2020年には廃止予定であるが、その他の優遇策や、中国における燃費規制であるCAFC規制(Corporate Average Fuel Consumption)と、一定比率以上の新エネルギー車の生産・輸入を義務化するNEV規制が、完成車メーカーによるEVの供給を強かに推し進めていくと見られる(【図表5】)。

【図表4】新エネ車販売台数推移(中国)



(出所) MARKLINES より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表5】NEV 規制の概要(中国)

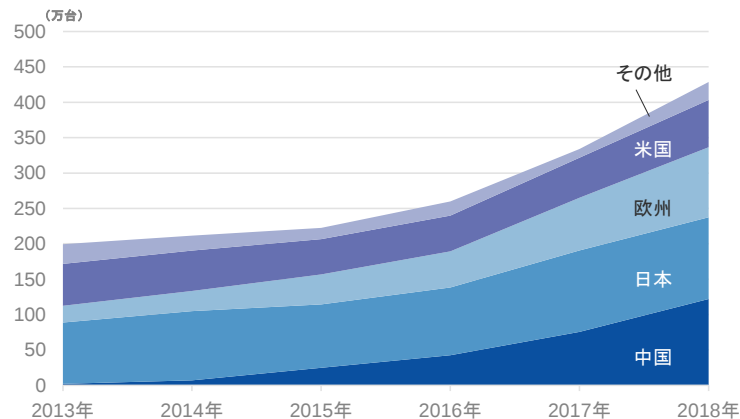
対象車種	□ EV、PHEV、FCV (=中国における「新エネルギー車(新能源汽车)」)
政策目的	□ エンジン車の燃費改善と新エネ車産業の発展
規制対象	□ エンジン車を3万台以上生産・輸入している企業
要求 クレジット	□ エンジン車の生産／輸入台数に以下の比率を掛けた水準 ✓ 2019年:10% ✓ 2020年:12% ✓ 2021年以降:別途制定※ (※2019年7月公布の修正案では2021年以降、2%ずつクレジットを高める方針)
取得 クレジット	□ 車種・純電動走行距離に応じ、以下のクレジット獲得を認める※ EV: $=0.012 \times R + 0.8$ (R=純電動走行距離(km)) PHEV: $=2$ (但し、純電動走行距離50km以上) FCV: $=0.16 \times P$ (P=燃料電池系統出力(kW)) (※上記修正案では、EVのクレジットが半減する等、より多くの新エネ車生産・輸入が必要となる予定)

(出所) 中国工信部資料より、みずほ銀行産業調査部作成

(2) 規制強化を受けた完成車メーカーの電動車シフト

環境規制強化を受け、完成車メーカーは積極的に電動車シフトを進めており、電動車市場は2016年以降、日・米・欧・中を中心に急速に拡大している(【図表6】)。

【図表6】電動車市場規模の推移



(注) EV、PHEV、HEV の合計販売台数の推移

(出所) Fourin「世界自動車調査月報」より、みずほ銀行産業調査部作成

VW は欧州・中国を中心にEVに関連する多方面の取り組みを展開

世界最大手である独 Volkswagen(以下、VW)は、2019年3月に更新した電動車戦略において、2028年までにEVを約70車種投入し、10年間で2,200万台のEV生産を目標として掲げている。また、EVを稼ぐことのできる持続可能な製品とすべく、量産効果によるコスト低減、技術の外販、調達先の確保に加え、利用インフラの整備など多方面にわたる取り組みを、VWにとって重要性の高い欧州、及び中国市場を中心に展開している(【図表7】)。

【図表 7】 Volkswagen グループの電動車戦略

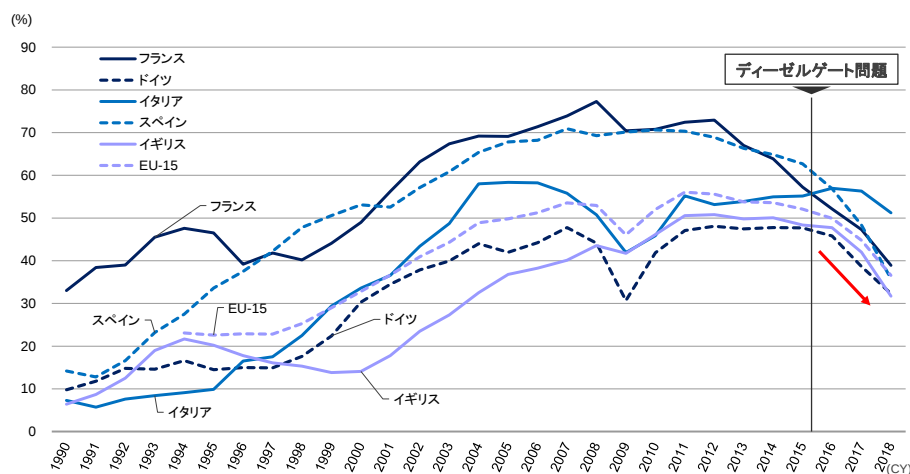
販売計画	▶ VWブランド単体で2025年までにEVを20モデル発売し、EVの年間販売台数を100万台にする
モデル投入	▶ 2028年までに商用車を含む12ブランドで約70モデルのEVを発売
プラットフォーム	▶ EVプラットフォーム「MEB」を導入。複数セグメントに対応可能で開発コスト抑制に寄与 ▶ 上記と別にSEATブランドで廉価版MEBの開発中
生産立地	▶ 2028年までの10年間でEVを2,200万台生産。そのうち1,160万台を中国で生産
調達	▶ 2025年の必要電池容量を300GWh/年(従来の計画では150GWh/年)と上方修正 ▶ サプライヤー4社(LG Chem、Samsung、SK Innovation、CATL)からの調達だけでは必要量を確保できないとし、ドイツに電池セルの自社工場を開設(2022年内に生産開始)
パートナーシップ	▶ 希望する完成車メーカーには原則MEBを供給する方針 ▶ 独スタートアップ「e.Go Mobile」への供給を2019年5月に発表したほか、Fordとも交渉中
充電インフラ	▶ BMW、Daimler、Fordとともに「IONITY」を設立。超急速充電ネットワークの構築を目指す ▶ 上記とは別に、独自の充電ステーションを欧州に3.6万カ所設置する計画

(出所) 当社公表資料より、みずほ銀行産業調査部作成

従来、環境規制への解であったディーゼル車が低迷する中、電動車シフトが重要に

従来、欧州系完成車メーカーは、ガソリン車に比べ燃費の良いディーゼル車を販売することで CAFE 規制の達成を図ってきたが、2015 年に発覚した VW のディーゼルゲート問題⁸を契機に、欧州の主要都市においてディーゼル車の乗り入れ制限が適用されることとなった。また、規制を受けディーゼル車の中古車価格・下取り価格が低下したことや、ディーゼル車への信頼の低下等から、消費者のディーゼル離れが進んでおり、EU15 カ国でのディーゼル車販売台数シェアは 2015 年の 52.1%から直近 2018 年では 36.6%まで低下した(【図表 8】)。このような状況下、VW をはじめとした欧州系完成車メーカーは厳格化する欧州 CAFE 規制への対応にあたり電動車シフトを推し進めている。また、VW は中国においても高いシェアを誇っているが、NEV 規制や CAFC 規制(中国の燃費規制)への対応としても電動車シフトが必要となっている。

【図表 8】 欧州主要 5 カ国と EU15 カ国での新車販売におけるディーゼル車比率の推移



(出所) ACEA HP より、みずほ銀行産業調査部作成

⁸ VW のディーゼル車が、検査時だけ有害な排気ガスの排出を減らす違法ソフトウェアを搭載した事件(2015 年 9 月に発覚)。

(3) 消費者の電動車シフトはあまり進んでいない

EVは公共交通事業者等の購入が多く、純粋な商品性でEVを選ぶ消費者は少ない

EV 普及にはコスト・利便性等の課題が多く時間がかかる

前述の通り、環境規制の強化を受け、欧州系や中資系の完成車メーカーを中心に供給サイドのEVを中心とした積極的な電動車シフトが打ち出されているが、需要サイドである消費者の意識はまだ本格的にEVに向いているとはいえない。中国では新エネルギー車の1/4～1/5がタクシー・バス等の公共交通事業者向けとなっているほか、完成車メーカーが自社で設立したレンタカーやライドシェア企業にEVを納入する事例も見られることから、補助金やナンバープレート規制といった外部要因を控除した純粋な商品性のみで取ってEVを選択する消費者はあまり多くないと言える。

今後、EVが真に消費者から求められる製品となるためには、割高な車両価格の低減、中古車価格の改善といったコスト面の課題に加え、航続距離の伸長や充電時間の短縮、充電インフラの拡充といった利便性の改善が課題として残されており、本格的な普及には時間を要するものと思われる(【図表9】)。

【図表 9】EV の普及に向けた課題

コスト	車両価格	電池のコスト等から、エンジン車やHEVとの価格差が依然大きい ーEV⇒日産 リーフ:324.3万円～、三菱i-MiEV:294.8万円～ ーHEV⇒トヨタ アクア:178.5万円～、日産Note(e-Power):142.1万円～
	中古車価格	電池の劣化が影響し、中古車価格・下取り価格はエンジン車より下がりやすい
	電池リサイクル	使用済み車載電池から回収される材料の市場価値は、リサイクルコストを下回っており、現時点では経済性を見出せる状況にない
	電費	日産・リーフ:2.9円/km < トヨタ・アクア4.1円/kmとHEVと比較しランニングコストは安い、新車販売価格の差は100万km以上走行しなければ回収できない
利便性	航続距離	三菱i-MiEV:164km、日産リーフ:322km ⇔ 内燃機関車:1,000kmを上回る車種が多数
	充電時間	通常充電で5時間以上、急速充電でも約30分必要
	インフラ	充電器は日本で約3万台普及するも、うち急速充電器は1万台未満であり、給油所(3万カ所以上)と比較すると十分とは言えない

(注)1km 当たりコストは、日産・リーフ:電費 114wh/km、トヨタ・アクア:燃費 34.4km/L、ガソリン代:140 円/L、電気代:25 円/kwh と想定し試算(補助金は考慮していない)

(出所)各社 HP、経済産業省資料より、みずほ銀行産業調査部作成

(4) 中期的な環境負荷軽減に向けた現実解としての HEV

環境負荷軽減の観点から、EV の開発等への取り組みは不可欠

一方、EV の普及には課題が多く中期的には HEV が現実解となる

ここまで述べてきたとおり、車両のゼロエミッション化、即ちEV・FCVへの抜本的な移行が環境負荷軽減の観点からは必須であり、環境規制強化や完成車メーカーのEVラインナップの拡充を受け、ゼロエミッション車へのシフトは、中長期的に続くものとする。故に日系完成車メーカーも競合他社に遅れを取ることなく、EVの開発及びその普及に必要な取り組みを加速させることが肝要となる。

一方で、コスト・利便性の観点からEVの本格的な普及にはまだ解決すべき課題も残る。長期的には、これらの課題が解決されEVは普及すると予想するが、中期的な環境負荷軽減に向けては、低燃費で航続距離が長く、新たなインフラ投資を必要としないHEVが現実解になるものと思われる。

(5) CO₂ 排出削減の本質的な解決に向けた議論が本格化

CO₂ 排出の本質的な削減に向け Well to Wheel 等に関する議論が本格化

日本政府は Well to Wheel の概念を導入する方針を表明

CO₂ 排出ゼロと見做されてきた EV の見方が変わる可能性

化石燃料の比率により EV の環境負荷が異なる可能性も

また、各国における規制の見通しも HEV の重要性を高めつつある。足下では、CO₂ 排出削減という本来の目的達成に向け、従来の規制が対象としてきた自動車直接排出する Tank to Wheel での CO₂ だけでなく、各燃料・エネルギーの製造段階である Well to Tank での CO₂ 排出も勘案した Well to Wheel、更には車両製造時の CO₂ 排出も考慮したライフサイクルコストに関する規制の議論が国内外で進められている。

実際に、2019 年 6 月に日本政府から示された新たな燃費基準に関する報告書では、EV についても電力消費量(電費)を燃費に換算して計算する方式が導入されており、これまで燃費規制の対象外とされてきた EV・PHEV についても燃費規制の対象に含める方針が示されている(【図表 10】)。

政府案を元に EV である日産リーフの Well to Wheel ベースでの燃費を当行で試算したところ 43.5km/L となり、新測定基準(WLTC⁹)対応車の中で、最も燃費が良い HEV であるカローラスポーツの燃費 30.0km/L と比較しても、極めて燃費の良い製品と評価できる。一方で、欧・米・中では、現時点で EV が一律 CO₂ 排出ゼロ(0g/km、0g/マイル、0L/100km)と見做されていることを踏まえると、電費という新たな要素により EV の環境性に対する見方が変わる可能性がある。

また、日本の政府案で使用される係数は、日本の 2030 年のエネルギーミックスで想定される Well to Tank の CO₂ 排出量に基づき設定されており、仮に同様の規制が新興国等の発電時の化石燃料比率が高い国で導入される場合には、EV の環境負荷が日本で計算される以上に重いと評価されることも考えられる(【図表 11】)。

【図表 10】政府案での燃費算出方法
(Well to Wheel、単位 km/L)

ガソリン車	FE _G	
ディーゼル車	FE _D ÷ 1.1 ^{※1}	※1:ガソリン対比の精製／輸送効率等を勘案
LPガス自動車	FE _{LPG} ÷ 0.74 ^{※1}	
EV	6,750 ^{※2} ÷ EC	※2:送電効率から導出
PHEV	プラグイン走行(外部電力を使用)と非プラグイン走行の燃費・電費の逆数を加重平均し算出 $UF \times \left(\frac{1}{FE_{CD}} + \frac{1}{6.75 \times EC \times R_{CD}} \right) + \frac{1-UF}{FE_{CS}}$ 燃費電費燃費 プラグイン非プラグイン	

(注) FE: 各燃料での燃費[km/L]、EC: 交流電力消費率[Wh/km]

UF: 充電電力走行距離割合(外部電力で走行する距離の割合)

E₁: 一充電消費電力量[kWh/回]

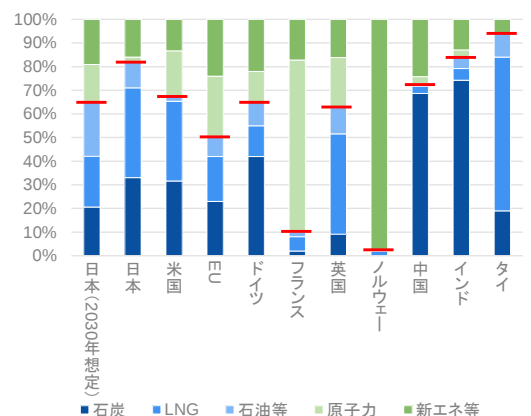
R_{cd}: プラグインレンジ(外部電力で走行する距離、[km])

FE_{cd}: 外部電力使用時の燃費[km/L]

FE_{cs}: 外部電力を使用せずに走行する際の燃費[km/L]

(出所) 経済産業省 HP より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 11】主要国の発電供給割合(2015 年)



(出所) IEA, Key World Energy Statistics 2017 より、みずほ銀行産業調査部作成

⁹ World harmonized Light vehicles Test Cycle の略。乗用車及び小型商用車の燃費や大気汚染物質の排出レベルについて国際的に整合した標準試験方法である WLTP(P は Procedure)に基づく測定手法。日本では 2018 年 10 月より全面移行。

欧州ではライフサイクルコストの評価方法を検討

欧州においては、2019年4月に交付された新CAFE規制で、車両の製造・リサイクルも含めたライフサイクル全体でのCO₂排出の評価方法確立に向けた検証を2023年の中間レビューまでに進めることが表明されている。

中国のNEV規制の修正案では燃費性能の高い車種を評価

中国では、2019年7月に政府より示されたNEV規制の修正案において、一定の燃費水準を満たす内燃機関車を「低燃費乗用車」とし、それらに対応して取得する必要があるNEVクレジットの数を緩和(通常の内燃機関車の0.2台分に換算)する方向性が示された。従来、NEV規制では燃費効率の高い内燃機関車を考慮していなかったが、大気汚染の緩和、CO₂排出量の削減に本質的に対応する狙いがあると思われる、現状の内燃機関車の燃費を踏まえると、この対象にはHEVが該当することになると見込まれる。

本質的なCO₂削減に向け高まるHEVの重要性

日本、欧州、中国における規制見直しの潮流は、単に本格的普及に向けた課題が残っているEVの導入を促すだけの政策では、本質的なCO₂排出削減にはならないことと同時に、中期的なCO₂排出削減にあたっては、内燃機関車と同等の利便性を誇る内燃機関付き電動車、即ち、HEVの増加も併進していく必要があることを示している。

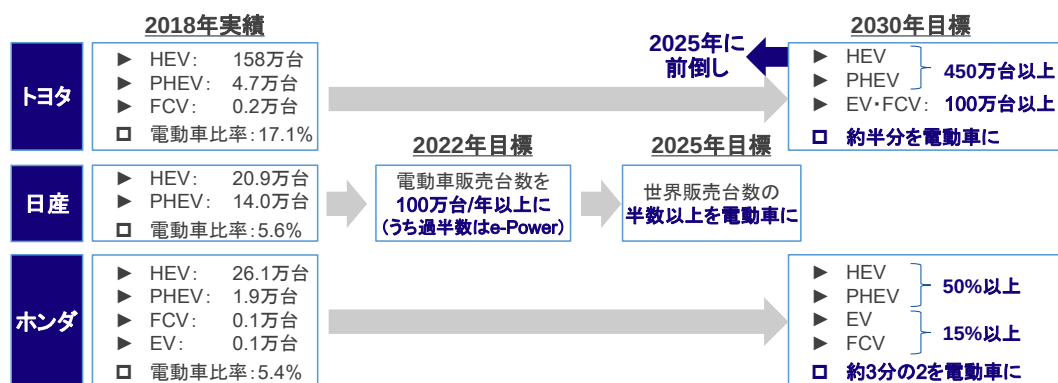
3. 日本企業に求められるHEVを収益に繋げるための取り組み

(1) 海外市場でのHEV拡販に向けて求められる取り組み

中期的な現実解であるHEVは、電動化対応の中核を担う

前述のとおり、EVの普及には時間を要する一方で、HEVは高い燃費効率を誇ると同時に、他の電動車に対して相対的にコストが割安で、消費者に高い利便性を提供することができることから、厳しさを増す環境規制を達成するための現実解となり得る。日系完成車メーカーが掲げる電動化目標においても、HEVの占める割合は高く、中期的な電動化対応に向け、中核を担う位置づけとなっている(【図表12】)。

【図表12】日系各社の電動車販売実績と中長期の電動化目標



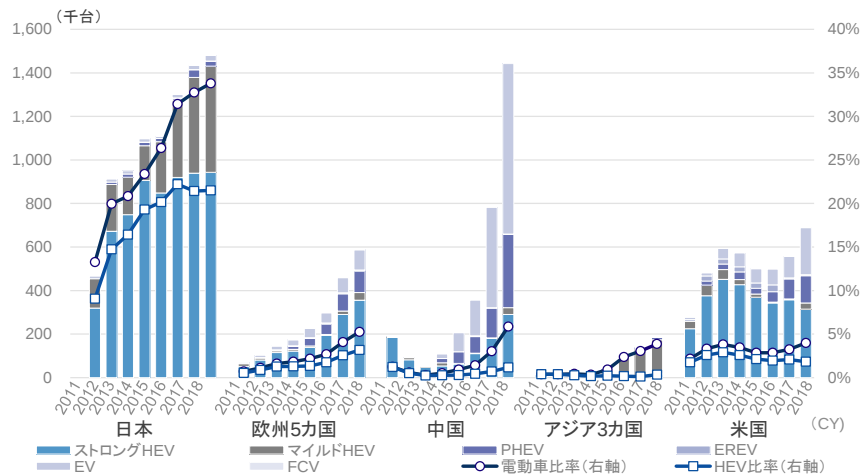
(注) 2018年販売実績は、トヨタは当社公表数値、日産・ホンダはMARKLINESより集計

(出所) 各社HP、MARKLINESより、みずほ銀行産業調査部作成

日本以外でのHEVのシェアは低く、市場創出に向けた取り組みが重要

一方で、必要とされる技術水準の高さから、日系以外の完成車メーカーはこれまで殆どHEVに取り組んで来ておらず、グローバルで見るとHEVの普及は極めて限定的である。日系完成車メーカーが市場シェア90%強を占め、HEVの中心市場である日本を除き、主要国・地域でのHEVの販売シェアは、足下5%にも満たない状況であり、今後いかにしてHEVの市場を作っていくのが重要となる(【図表13】)。

【図表 13】主要地域における電動車の販売台数の推移



(注 1) 電動車比率、HEV 比率は各地域の新車販売台数に占めるそれぞれの車両の割合

(注 2) マイルド HEV は、12V マイルドハイブリッド等、48V M-HEV 以外の規格も含む

(注 3) 欧州 5 カ国(イギリス、ドイツ、フランス、イタリア、スペイン)

アジア 3 カ国(インド、タイ、インドネシア)

(出所) JATO JAPAN より、みずほ銀行産業調査部作成

欧州でのトヨタの
成功に見られる
ようにラインナッ
プ拡充が重要

欧州においては近年、ディーゼル車の代替として、トヨタの HEV が販売を伸ばしているが、その背景にはトヨタが欧州において積極的に車種ラインナップを拡充してきたことがあると考えられる。今後、主要市場で HEV の販売を伸ばしていくには各国市場の特性を見極めながら車種ラインナップを拡充していくことが必要となる(【図表 14】)。

【図表 14】主要国・地域における HEV 量販モデル数(2018 年)

	トヨタ	ホンダ	日産
日本	26 /47	11 /19	5 /20
米国	10 /30	3 /15	1 /22
欧州5カ国	9 /27	0 /4	0 /23
中国	3 /11	1 /19	1 /14
アジア3カ国	0 /20	0 /11	0 /18

(注) 各国・地域における 2018 年の販売台数が千台以上のモデルを量販モデルと定義
(HEV モデル数/全パワートレインモデル数)

欧州、中国、アジアについては、ガソリン車と HEV の併売モデルがガソリン車として合算されている場合があり、実際の HEV 量販モデル数は記載より多い可能性がある

(出所) MARKLINES より、みずほ銀行産業調査部作成

中国は今後 HEV
が拡大していく可
能性が高い

中国では、景気減速等から新車販売が前年を大きく下回る状況下、日本車は、燃費や乗り心地、高品質を背景にブランド価値が高く、下取り価格が相対的に高いことから足下販売が好調である。なかでも、HEV はまだ規模こそ大きくは無いが順調に販売を拡大しており、新エネルギー車に対する補助金の縮小や、一部都市でのナンバープレート規制の緩和¹⁰が進む中で、消費者にとっての HEV の魅力は相対的に増しているものと思われる。

ライドシェア等の
新しい需要への
対応も重要

また、中国ではライドシェア市場が急速に拡大しているが、稼働率が高い商用利用では、HEV のガソリン車対比での圧倒的な燃費の良さが事業性の向上にプラスの影響を及ぼすため、ライドシェアに適した HEV を投入するなど、車

¹⁰ 新車販売促進策として、ナンバープレート発給制限の緩和を行うもの。2019 年 6 月に広州市と深圳市で実施。

の使われ方の変化に対応したラインナップ展開は今後重要性が高まるだろう。

アジアでは燃費改善ニーズは大きく、ASEAN 等で HEV 市場の拡大が見込まれる

アジアでは、自動車利用者の年間走行距離が2～3万 km とされ、約1万 km/年とされる日本と比べ格段に多いことに加え、都市部では渋滞が深刻であることから、低速走行や発／停車時の燃費改善効果の大きい電動車の潜在的なニーズは高いといえる。一方で、アジアは規制や補助金といった自動車の電動化を後押しする政策が限定的であったこともあり、電動車の普及はほとんど進んでいない。特に EV は、充電インフラ等の課題が大きく、財政的な問題から EV の購入を支える補助金も十分ではないため、HEV が現実解となり得る。なかでも、ASEAN 地域は日系完成車メーカーのシェアが8割強となっており、影響力も大きいことから、日系がリードする形で HEV を拡大させることが重要となろう。特に、電動車に対する投資優遇が厚いタイを中心に、サプライチェーンの構築を進めていくことになると考えられる。

米国では SUV 等のラインナップ拡充が必要

米国では、Tesla の EV を除くと電動車の販売は停滞傾向にある。トランプ政権による環境規制緩和の方針¹¹もあり、電動車に取り組む意義が他国比薄れていることに加え、米系シェアが高い SUV やピックアップトラックといった大型の車両に需要がシフトしていることも影響している。まずは、SUV 等に比重をおいた HEV ラインナップの拡充が求められるだろう。

HEV で稼いだクレジットを新たな収益源とすることも検討

また、米国では現行の燃費規制(CAFE/GHG 規制¹²)、特に GHG 規制において、直近 2017 年モデルイヤーの基準を達成できていない完成車メーカーが多く、過去のクレジット残高に頼っている状況である。それを踏まえると、HEV の拡販は、足下の基準達成のみならず、クレジットの売却による新たな収益機会の創出にも繋がりうるだろう。

48V M-HEV の台頭には留意を要する

一方で、HEV の対抗軸としては、HEV よりも低コストかつ技術的なハードルも相対的に低い 48V M-HEV の台頭が挙げられる。欧州系完成車メーカーは、規制への対応として 48V M-HEV を EV・PHEV と共に積極的に採用している。

足下は HEV の方がコストパフォーマンスが高い

48V M-HEV は、800～1,000 ドルのシステムコストに対し、内燃機関車に対する燃費改善効果は 10～20%とみられる。これに対し HEV は内燃機関車に対する燃費改善効果で 30%台を誇り、システムコストは 4 代目プリウス搭載の THS II で 15 万円程度と言われている。車種にもよるが、足下では HEV のコストパフォーマンスが 48V M-HEV よりも高いと言える(【図表 15】)。

【図表 15】日系ブランドのガソリン車、ハイブリッド車の燃費比較

完成車メーカー	トヨタ		ホンダ		日産	
	カローラフィールダー		フィット		ノート	
車種	1.5G(CVT)	HYBRID	15XL (FF)	HYBRID・L (FF)	S	e-POWER S
排気量(L)	1,496	1,496	1,496	1,496	1,198	1,198
車両重量(kg)	1,130	1,170	1,070	1,150	1,030	1,190
燃費(km/L)	23.0	34.4	22.2	34.0	23.4	37.2
燃費改善効果	33.1%		34.7%		37.1%	
希望小売価格(万円)	193.1	222.9	185.3	207.9	142.1	190.2
価格差(万円)	29.8		22.6		48.1	

(注) 燃費改善効果は、(HEV 燃費－ガソリン車燃費)／HEV 燃費で算出

価格差は、希望小売価格の差でありシステムコスト差ではない

(出所) 各社 HP より、みずほ銀行産業調査部作成

¹¹ トランプ政権は、CAFE 規制値を 2020 年以降据え置く方針を示すと共に、カリフォルニア州等の ZEV 規制の廃止を要求。

¹² 米国では NHTSA(運輸省道路交通安全局)が CAFE 規制で燃費、EPA(環境保護局)が GHG(Green House Gas)規制で CO2 排出量をそれぞれ規制しているが、両規制は換算同値となるように目標が共有されている。

48V M-HEV に対する優位性を維持するためには一層のコスト低減が必要

ただし、欧州系完成車メーカーは 48V M-HEV の共通規格を制定し、部品サプライヤーが自社の製品を複数の完成車メーカーに展開可能な環境を構築することで、部品サプライヤーに開発を促しており、今後、量産効果によるコスト低減が急速に進むものと思われる。日系完成車メーカーには、HEV の 48V M-HEV に対する優位性を維持し続けるためにも、これまで以上にコスト低減を進めていくことが求められるだろう。

(2) 足下の日系完成車メーカーの HEV 拡販に向けた取り組みと今後の方向性

日系完成車メーカーは技術・コスト面での優位性を更に磨くための取り組みを進めている

日系完成車メーカーは HEV において既に技術・コストの面で優位性を有するが、その優位性を更に磨くための取り組みを進めている。具体的には、①複数あった HEV システムを比較的簡素な HEV システムに絞込み、コスト低減を図ると共に、集中開発により燃費改善を更に進め、自社の HEV の競争力を高める取り組み(ホンダ)、②EV で培った技術を転用することで、低コストで開発した HEV システムを提携先に応用することで規模の経済を追求する取り組み(日産)、③特許実施権の無償提供を行う一方で有料サポートを通じシステムサプライヤーに近い立場で利益を確保しつつ、量産効果により自社の HEV のコストを低減する取り組み(トヨタ)である。以降、3 社の取り組みを考察する。

①ホンダはハイブリッドシステムを集約することでコスト低減を図る

ホンダは、これまでハイブリッドシステムとして、i-DCD(1 モーター、主に小型車)、i-MMD(2 モーター、主に中大型車)、SH-AWD(3 モーター、主に大型車)の 3 種類を展開し、車種・セグメント毎に使い分けてきたが、今後は、i-DCD、i-MMD に対応していた車種を i-MMD に集約することで量産効果の取り込みを図る方向性を示しており、システムコストを 2022 年までに 2018 年対比 25%低減し、ガソリン車と同等のレベルを実現することを目指している。

エンジンとモーターを明確に使い分けることで高い燃費を誇る

i-MMD は、トヨタの THS(トヨタ・ハイブリッド・システム)と同じシリーズ・パラレル式¹³に分類されるが、THS のような動力分割機構¹⁴は使用せず、クラッチを活用してエンジンと車軸を直接繋げる構造となっている。一般的にモーターは低速、エンジンは高速走行時の燃費効率が高いが、高速走行時にエンジンから直接動力を伝える形とし、低速走行時にはエンジンを発電に専念させ、モーターのみで駆動することで総合的な燃費改善を実現する。特に、高速走行時の燃費改善効果は大きく、トヨタ車に匹敵する燃費を誇る(【図表 16】)。

開発費を抑えながらラインナップの拡充を進める

また、i-MMD は複雑な動力分割機構がないため、幅広い車種・セグメントに展開しやすいシステムといえる。PHEV であるクラリティ PHV にも搭載されており、開発コストを抑えた効率的なパワートレインラインナップの拡充に貢献している。

部品のスペックの高さがコスト高に繋がっている可能性もあり、コスト低減は不可欠

一方で、特に低速領域においてモーターに頼る部分が大きいシステムとなっており、モーターを中心とした個々の部品コストが割高になってしまっている可能性がある。実際に、トヨタ・カローラスポーツとの比較においても、モーターの最大出力・最大トルクが大きく、単純比較はできないものの、価格面でもトヨタとの差が小さくはない。また、実際に i-MMD が搭載されている車両としても、【図表 16】に記載したホンダインサイトが最低価格車となっており、当社の掲げる小型車への i-MMD の展開に向けては、足下進めようとしているシステムコスト低減の取り組みが不可欠と見られる。

¹³ エンジンは発電機の役割に徹し、モーターのみで駆動するシリーズハイブリッド式と、従来のエンジンをサポートする形でモーターを配置するパラレルハイブリッド式の両面を持ち合わせた方式。

¹⁴ エンジンからの動力を「走行」「ジェネレーター発電」とに効率よく振り分ける無段変速機。

【図表 16】ホンダ・インサイト(i-MMD 搭載)とトヨタ・カローラスポーツ(THS II 搭載)の比較

完成車メーカー		ホンダ	トヨタ
車種		インサイト (LX)	カローラスポーツ (HYBRID G)
車両重量 (kg)		1,370	= 1,370
燃費	JC08(km/L)	34.2	= 34.2
	WLTP(km/L)	28.4	< 30.0
	市街地モード	25.8	< 29.4
	郊外モード	29.7	< 32.9
	高速道路モード	28.8	= 28.8
エンジン	排気量 (L)	1.50	1.80
	最大出力 (kW)	80	72
	最大トルク (N・m)	134	142
モーター	最大出力 (kW)	96	>> 53
	最大トルク (N・m)	267	>> 163
希望小売価格		326.1万円	> 252.7万円

(出所) 各社 HP より、みずほ銀行産業調査部作成

②日産の電動車戦略の中心はEVとe-POWER

エンジンを発電機と位置づけることで、熱効率の最適化を追求

欧・中での拡販に向けては、高速走行時の燃費改善が課題

リーフの技術の積極的導入や、販売戦略の工夫も有効と考える

3 社アライアンスを活用し量産効果を高めることも重要

日産は、2022 年の電動車の販売台数目標を年間 100 万台以上としている。日産の電動車の中核を担うのは EV と、EV の技術を転用することで、コストを抑えて開発されたシリーズハイブリッド式のシステムである e-POWER を搭載する HEV であり、なかでも 2022 年時点では電動車の半数強が e-POWER 搭載車になるとの見込みを公表している(前掲【図表 12】)。

エンジンを発電機としての役割に専念させ、モーターのみで駆動する e-POWER は、常に理想的な回転数・トルク(負荷)でエンジンを稼働させることで、搭載するエンジンの熱効率の最大化を図っている。現在発売されている e-POWER の熱効率は公表されていないが、当社の目標では 2025 年に熱効率 50%となっており、量産車種では最高の熱効率となる可能性が高い。

一方で、モーター走行が弱点とする高速走行時に、燃費が悪化する可能性がある。従来の日本の燃費測定基準(JC08)は、都市部の比較的低速での走行を想定した測定方法をとっていた。しかし、国際的に採用が進む WLTP では、“低速”、“中速”、“高速”、及び“超高速(日本では除外)”での測定が求められ、特に速度の高い領域での燃費を改善しなければ、他の HEV と比較し、燃費が悪化する懸念がある。

一つの対応策として、EV・リーフの空力(空気力学)の技術を積極的に取り込んでいくことが考えられる。リーフは直近フルモデルチェンジ(2017 年)に際し、最大航続距離を伸ばしたが、要因の一つが空力性能の進化といわれている。一方で、e-POWER を搭載するノートは直近のフルモデルチェンジが 2012 年であり、リーフの空力技術を取り込むことで燃費改善が図れる余地もあるだろう。また、低速走行が比較的多い日本での堅調な販売を踏まえ、走行環境が類似すると思われる ASEAN 市場や、シティーユースのユーザーに焦点を絞った販売戦略を取ることも有効だろう。

また、仏 Renault 及び三菱自動車とのアライアンスの活用も重要となるだろう。既に三菱自動車のもつ PHEV 技術を 3 社で活用していく方向性は公表されているが、e-POWER についても 3 社アライアンスを活用することで各社のラインナップ拡充と量産効果によるコスト低減を進めることができるだろう。

③トヨタは古くからHEVを開発し、燃費効率を改善し続けてきた

トヨタは、HEV への取り組みの歴史が古く、1968 年まで遡る¹⁵。現在の主流である「プリウス」は 1997 年に発売され、その後、ハイブリッドシステムの改良や、モーターの小型化に繋がるリダクション機構の導入等により燃費改善を進めることで、現在、最も燃費のよい HEV としての立場を維持している（【図表 17】）。

【図表 17】歴代プリウスの燃費実績

	初代	2代目	3代目	4代目
販売期間	1997～2003年	2003～2011年	2009～2015年	2015年～
ハイブリッドシステム	THS	THSII	リダクション機構付THSII	
燃費 (測定方法)	28.0km/L (10・15モード)	35.5km/L (10・15モード)	38.0km/L (JC08モード)	40.8km/L (JC08モード)

(出所) 当社公表資料より、みずほ銀行産業調査部作成

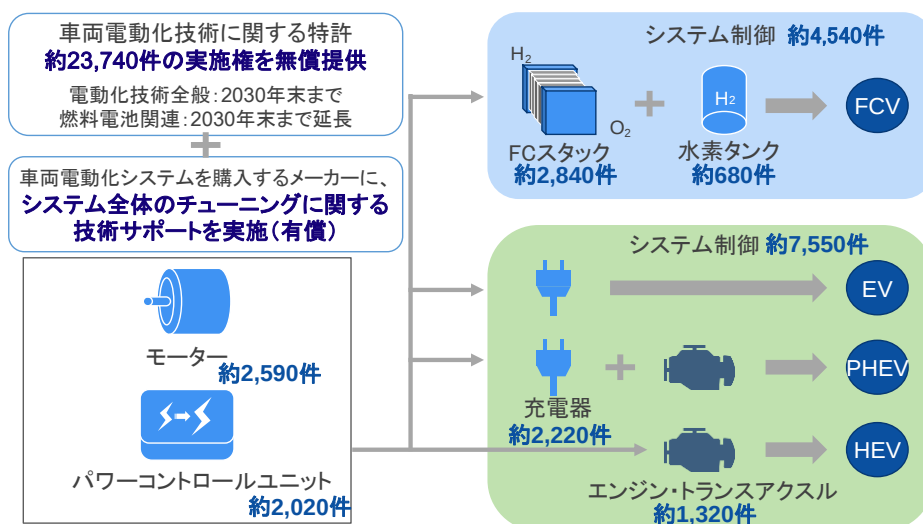
THS を積極的に他社に提供してきた

トヨタはこれまで自社のハイブリッドシステムである THS、及び後継の THS II を日産(2006 年)、マツダ(2013 年)、スバル(2018 年)に提供してきたほか、インドではスズキへの提供を予定するなど、他社への技術提供を進めてきた。

特許無償提供は、サプライヤーとしての利益確保と、HEV の競争力を高める取り組み

2019 年 4 月には、さらに踏み込んだ取り組みとして電動車関連技術の特許実施権の 2030 年までの無償提供を発表した（【図表 18】）。バッテリーを除く大部分の特許実施権が対象となるが、実際には特許情報のみでは生産が困難と見られる中、技術サポートを通じサプライヤーとして関与していく立場を表明している。本取り組みには、ハイブリッドシステムの外販による量産効果でコスト低減を図り、自社の HEV の競争力を高める目的があるものと考えられる。

【図表 18】トヨタによる電動車関連技術の特許実施権開放



(出所) 当社公表資料より、みずほ銀行産業調査部作成

THS を搭載した他社ブランドとの差別化戦略が重要となる

一方で、ハイブリッドシステムを外販することは、自社と同じ HEV システムを持つライバルを生み出すことになる。完成車メーカーとして自社製の HEV の販売台数を伸ばすためには、同種のハイブリッドシステムを搭載した他社ブランドとの差別化戦略が重要になるだろう。特許開放や技術サポートは行うものの、今回開放の対象に含まれなかったバッテリーに関する技術や、すり合わせ等のその他の技術までは明け渡さないオープン・クローズ戦略が求められよう。

¹⁵ 当時は HEV の性能に対応可能な二次電池が存在せず、1980 年代初頭にプロジェクトを中断。

(3) HEV のコスト競争力を高めるためのサプライヤー戦略

部品のコスト競争力も重要に

これまで述べてきた通り、日系完成車メーカーは HEV の拡販に向けたコスト低減の取り組みを進めているが、今後、コスト低減を更に進めるためには、ハイブリッドシステムを構成する部品のコスト競争力も重要となる。

自社向け内製部品では数量に限界がある

従来、日系完成車メーカーは、モーターやパワーコントロールユニット¹⁶等の自動車の電動化に関するコアコンポーネントの一部を内製してきた。しかし、自社向けの生産だけでは数量に限界があり、標準化されたユニット供給を狙う欧米メガサプライヤーに対し、今後、コスト競争力で劣後する可能性がある。

内製部品のサプライヤーへの集約とブランドを跨いだ電動化技術の共有

足下、日系完成車メーカーは、①内製電動車部品の開発・生産のサプライヤーへの移管・集約、②ブランド・車種を跨いだ電動化技術の共有により、規模を拡大し、部品単位のコスト低減を図る取り組みを進めている。本田は、2017 年に日立オートモティブシステムズと共に、従来は内製していた電動車用モーターの開発・製造、及び販売を行う合弁会社¹⁷を設立している。また、トヨタは、これまで自社工場で取り組んでいた HEV 用パワーコントロールユニット等の生産・開発を、2020 年にデンソーに移管・集約することについて 2019 年 4 月に発表した。日産は、仏 Renault 及び三菱自動車との 3 社アライアンスにおいて、2022 年までに電動化技術¹⁸を 3 社で共有していくことを掲げた。

サプライヤーを通じた他社への拡販によるコスト低減と技術力向上

トヨタと本田の取り組みは、HEV・電動車コアコンポーネントをサプライヤーに委ね、自社以外の完成車メーカーにも納入することによる量産効果で、コスト低減と技術力の向上を図る戦略と言える。また、日産は今後、一部の内製電動車部品のサプライヤーからの調達への切り替えや、3 社アライアンスでの部品調達先の一本化を進める可能性が考えられる。

サプライヤーは HEV の部品供給により事業構造の転換を押し進めていくべき

また、日系部品サプライヤーにおいても、日本で 20%を超える市場シェアを有し、日系完成車メーカーが海外での拡販を目論む HEV の部品供給に取り組む意義は大きい。HEV で使用されるモーターやインバーター等のコアコンポーネント、及び電池の制御や熱マネジメントを含む要素技術は、EV に転用可能であり、HEV の部品供給により、電動車固有の技術を磨くことは、EV が本格的に普及した際の競争力にも直結すると考えられる。サプライヤーは、エンジン車から EV へのシフトに伴う、自動車を構成する部品の変化に対応可能な事業構造の転換を、こうした取り組みを通じ押し進めていくべきであろう。

販路の獲得と電動化部品のシステム化が重要に

日系完成車メーカーの部品調達戦略を踏まえれば、日系部品サプライヤーには、コアコンポーネントの開発・生産を委ねてもらえる体制、調達先として選択してもらえる体制を構築していくことが求められるだろう。そのためには、電動車部品に関わる技術力や開発力に加え、ケイレツ外への拡販を進めていけるだけの販路、それを支えるグローバル供給力・資金力といった規模を十分に獲得していくことが重要となる。また、ケイレツ外への電動車部品の拡販にあたっては、電動車の開発において需要が高まる機電一体パワートレイン¹⁹に対応し、部品単品ではなく複数部品を組み合わせたシステムとして販売することが必要となる。システムで供給するためには、電動車部品のラインナップ

¹⁶ 電動車の電力を適切にコントロールするための部品、モーターを駆動するインバーターや、高電圧を降圧する DCDD コンバーター等で構成される。

¹⁷ 日立オートモティブ電動機システムズ。日立オートモティブシステムズ 51%、本田技研工業 49%出資。

¹⁸ 複数セグメントに展開可能な EV 専用共通プラットフォーム、EV モーター及びバッテリー、三菱自動車の PHEV 技術など。

¹⁹ モーターやインバーター等の「電気」部品と、減速機等の「機械」部品を一体化した駆動システム。

を拡充する必要があり、自社で構成部品の全てをまかないきれないケースにおいては他の部品サプライヤーとの連携も必要となるだろう。

機電一体での販売は構成部品の量販と、コスト競争力強化に寄与

トヨタケイレツのデンソーとアイシン精機は、2019 年 4 月に合弁会社 BluE Nexus を設立した。BluE Nexus はデンソーとアイシン精機が各々有する電動車部品を組み合わせた駆動モジュールの開発と、ケイレツ内外への販売を目的としている。この取り組みは、機電一体パワートレインの調達ニーズに対応することで、構成部品の販売増加を図り、電動車部品のコスト競争力強化、ひいてはトヨタの HEV を含む電動車のコスト低減に貢献することとなるだろう。

4. おわりに

HEV の販売は着実に増加。NEV 規制修正も追い風となる

足下では、欧州、中国を中心に HEV の販売が着実に増加しており、海外市場における消費者の HEV に対するニーズは高まりつつあると言える。また、中国の NEV 規制修正案では、新たに「低燃費乗用車」が適切に考慮される方向性が示されており、HEV の拡販に大きな追い風となるとみる。

大部分を占める内燃機関車は、HEV が代替し得る潜在市場

また、前掲【図表 13】で示した通り、日本以外の海外市場では電動化比率が 5%程度であるが、逆に言えば、残り約 95%の内燃機関車は、HEV が代替し得る潜在市場であるといえることができる。更に、新興国でも燃費規制等の導入が進んでおり、電動車に対するニーズは今後も高まっていくだろう。

規制の制度設計を自社に有利な形に引き寄せるためにも拡販が求められる

日系完成車メーカーには、拡販を通じて海外市場における、HEV のプレゼンスを向上させることで、規制の制度設計の変化を誘発し、その変化を自社にとって有利な方向に引き寄せることが求められる。拡販を進めるに当たっては、コスト低減等により HEV の経済性を更に向上させることと共に、車種ラインナップの拡充により各市場のニーズを的確に捕捉することが当面重要となろう。

部品のコスト競争力を高める取り組みも必要

また、日系完成車メーカーが HEV の経済性を高める上では、部品サプライヤーを活用し、電動化部品をグループ外にも拡販することで量産効果の取り込みを図るなど、ハイブリッドシステムを構築する部品のコスト低減にも取り組むことで、欧米メガサプライヤーに対しコスト競争力を維持し続けることが必要と思われる。

CASE への対応に向けて戦略の効率性も重要に

一方で、CASE と呼ばれる変化が目前に迫り、対応すべき領域が増加する中で、HEV の開発や戦略に割ける経営資源は限定的にならざるを得ないことから、これまで以上に効率的に収益を増やすための取り組みが求められる。

HEV の拡販で得られたキャッシュを新たな分野に投資することで、差別化要因を創出

また、トヨタの特許実施権の無償提供に見られるような、HEV の仲間作りの取り組みは、HEV がグローバル市場で浸透していく上で重要な取り組みである一方、パワートレインによる差別化が困難となる可能性がある。今後は、HEV により生み出されたキャッシュを、EV も含めた CASE への取り組み、自動運転技術の開発、ADAS(先進安全支援システム)の高度化、ユーザーエクスペリエンスを高めるための車室空間の企画・開発といった、新たな分野にアロケーションすることで、次世代自動車としての差別化要因を創出する取り組みが求められるだろう。

みずほ銀行産業調査部
自動車・機械チーム 鈴木 晃祥
akiyoshi.suzuki@mizuho-bk.co.jp

7. 素材産業が先導する EV のライフサイクル環境性という新たな価値創造

【要約】

- ◆ EV 普及に向けた電費改善要求は、自動車車体におけるアルミや CFRP といった軽量素材メーカーにとってのビジネスチャンスである。
- ◆ しかし、投資家や消費者の環境意識の高まりによって、EV のライフサイクル全体での環境性に対しても厳しい目線が注がれる方向にある。アルミや CFRP は鉄鋼と比べると素材製造時の単位重量あたり CO₂ 排出量が多いことから、これらの素材の採用によって自動車走行時の電力消費量を抑制するメリットが、素材製造時の CO₂ 排出量が増えるデメリットをどれだけ上回れるかということが重要となる。
- ◆ 車体構造部について、鉄鋼、アルミ、CFRP を用いた自動車を想定し、それぞれ素材製造時の排出量と、自動車が生涯の走行で排出する総量を合算した簡易ライフサイクル排出量を試算すると、素材製造時の排出量が無視し得ない規模になり、かつ EV においては軽量素材の排出量が相対的に増えることが確認された。
- ◆ EV の軽量化を着実にビジネスに繋げるためには、個々の素材で製造時の CO₂ 排出量削減に取り組む必要があるほか、アルミや炭素繊維ではいまだ確立されていないリサイクルシステムを持続的なものにするための技術開発も重要である。
- ◆ EV はマルチマテリアル構造に向かうことが現実的であり、素材メーカーには、他素材と組み合わせた設計で新たな機能を開発し提案していく発想が求められる。中長期的には、素材の高い環境性を自動車の価値創造につなげるべく、新たな価値を消費者に訴求するコンセプト設計を素材産業が先導することも期待される。

1. EV 化における軽量素材のビジネスチャンス

EV の普及には航
続距離の延伸が
課題

世界的な自動車の電動化は不可逆的な流れであると考えられる一方、電気自動車(EV)の普及に際しては、越えるべきいくつかの課題があり、航続距離の延伸はその1つである。

EV における航続距離とは、フル充電の状態から走行可能な距離を示す。単位電力あたりの走行距離、即ちガソリン車における燃費にあたる「電費」(km/kWh)と、搭載される電池の容量(kWh)の掛け算で示される。つまり、EV の航続距離を伸ばすためには、電池性能の向上と並び、電費の改善がカギを握ることになる。

ガソリン車の軽量
化は燃費規制が
けん引

従来のガソリン車においても、燃費改善は継続的に取り組まれており、そのため車体軽量化は、アルミやCFRP¹といった軽量素材メーカーにとってのビジネスチャンスと捉えられてきた。実際に、2015 年には米国において車体にアルミを全面的に採用したピックアップトラックの量産が開始されるなど、軽量素材の使用は拡大しつつある。更に近年は、各国・地域での燃費規制の強化によって、ガソリン車への軽量素材採用が促されるものと期待されている。

EV でも軽量素材
の採用は継続の
方向

EV においても、普及に向けて電費改善が課題である以上、車体軽量化が完成車メーカーにとっての重要な開発テーマであり続けることは間違いない。車体の構造材として、鉄鋼に代えてアルミや CFRP などの軽量素材を採用する

¹ 炭素繊維強化樹脂 (Carbon fiber reinforced plastic)。本章ではポリアクリロニトリル繊維を原料とする PAN 系炭素繊維を想定。

動きは、EV においても継続することが想定され、これらの素材メーカーにとってはビジネスチャンスになるだろう。

自動車のライフサイクル全体での環境性を重視する動き

一方、CO₂ 排出量削減という本来の目的達成に向けて、EV の消費電力を製造段階の CO₂ 排出量まで勘案すべきであるという Well to Wheel の考え方や、車両製造時の CO₂ 排出も考慮した自動車のライフサイクル全体での環境性を重視する考え方も浸透しつつある²。このような議論は、自動車を構成する素材の選択にも影響を及ぼす可能性がある。

利便性と環境性を満たす素材が選択される

従って、EV の車体に用いる素材は、安全性や乗り心地といった従来からの設計条件に加えて、経済性を考慮しながら、航続距離延伸という消費者の利便性と、CO₂ 排出量という環境性の双方の条件をも満たすものが選択されることになるだろう。利便性については軽量素材であるほど有利といえるが、環境性については、検証を要する(【図表 1】)。

【図表 1】EV 構造部材に求められる要件

		鉄鋼	アルミ	CFRP
経済性	国内平均単価(2018年実績)	67円/kg (熱延広幅帯鋼)	461円/kg (アルミ圧延品)	3,995円/kg (炭素繊維)
利便性	素材の比重 (軽量であるほど電費が向上し、航続距離が伸びる)	7.8g/cm ³	2.7g/cm ³	1.7~1.9g/cm ³
環境性	自動車のライフサイクルCO ₂ 排出量 (走行時の排出抑制が素材製造時のCO ₂ 排出増加を上回るか)	本章にて簡易ライフサイクル排出量を検証		

(注)鉄鋼の単価は輸出価格

(出所)財務省「貿易統計」、経済産業省「生産動態統計」、NEDO「技術戦略研究センターレポート」、炭素繊維協会ウェブサイトより、みずほ銀行産業調査部作成

走行時の電力消費量削減が素材製造時の CO₂ 排出量増加を上回るか

まず、EV の車体を軽量化して電費を向上することで、単位走行あたりの電力消費量を抑制することができる。Well to Wheel の考え方に則れば、発電時の CO₂ 排出量を削減できるため、車体に軽量素材を採用することは、EV の環境性向上に繋がるといえる。しかし、車体向けの軽量素材として採用拡大が期待されるアルミや炭素繊維は、鉄鋼と比べると素材製造時の単位重量あたり CO₂ 排出量が多い。従って、環境性という観点で見れば、軽量素材の採用によって走行時の電力消費量を抑制するメリットが、素材製造時の CO₂ 排出量が増えるというデメリットをどれだけ上回ることができるかが重要である。

次節以降、鉄鋼および代替素材としてのアルミと CFRP の 3 素材で、簡易なライフサイクル CO₂ 排出量を算出しながら、EV 化の流れをビジネスチャンスとして捉えるための素材メーカーの戦略を検討する。

² 詳細は「6. 環境負荷軽減に向けた中期的な現実解としてのハイブリッド車」ご参照。

2. 簡易ライフサイクル排出量試算

自動車の構造部
について、3 つの
素材で比較

自動車の構造部について、全て鉄鋼で製造する場合（重量 340kg³）と、全てアルミに置換する場合（鉄鋼重量に対して 67%に軽量化）、そして全て CFRP に置換する場合（鉄鋼重量に対して 45%に軽量化）の 3 パターンを考える⁴。

まずガソリン車で試算してみよう。簡易なライフサイクル排出量を、自動車 1 台に使用される構造材料を製造する際の CO₂ 排出量と、自動車 1 台が生涯を通じてガソリンを燃焼することによって排出する CO₂ の総量とを合算したものと定義する。

素材製造時の CO₂ 排出量は、鉄鋼と CFRP については日本で製造することを前提とする。鉄鋼は日本の鉄鋼産業における CO₂ 排出量実績を、粗鋼生産量実績で除して求めるが、そのうち天然資源由来の素材の排出原単位を推計して用いる。CFRP は実証実験における実績をそのまま用いた。アルミについては日本で地金の生産を行っていないため、日本が輸入するアルミ地金の平均排出量に、日本における板圧延の排出量を合算した（【図表 2】）。

走行時の CO₂ 排出量として、車体軽量化によって燃費が向上する効果を試算した。環境省の報告書を基に、100kg の車体軽量化によって km あたり約 4.0g の CO₂ 削減効果があるとの前提を置いた。

【図表 2】ガソリン車の簡易ライフサイクル排出量試算前提

	鉄鋼	アルミ	CFRP
製造時CO ₂ 排出量	2.2kg-CO ₂ /kg ^(注1)	6.8kg-CO ₂ /kg ^(注2)	20.2kg-CO ₂ /kg ^(注3)
構造部重量	340kg/台 ^(注4)	鉄鋼 × 67% ^(注5)	鉄鋼 × 45% ^(注5)
総走行距離	100,000km	100,000km	100,000km
燃費	22.0km/L ^(注6)	23.0km/L ^(注7)	23.7km/L ^(注7)
ガソリンCO ₂ 排出量	2.3kg/L ^(注8)	2.3kg/L ^(注8)	2.3kg/L ^(注8)

(注 1) 日本の鉄鋼産業における CO₂ 排出量（日本鉄鋼連盟）について、リサイクル由来の原単位を天然資源由来の 1/4 と仮定（日本鉄鋼連盟）し、天然資源由来の粗鋼あたり排出原単位をみずほ銀行産業調査部にて試算

(注 2) 日本が輸入する地金の平均排出量（電解製鉄・鋳造・地金輸送）と日本における板圧延の排出量合算（日本アルミニウム協会）

(注 3) 社）化学繊維技術改善研究委員会による実証実験実績

(注 4) 車体構造部の重量（NEDO）

(注 5) 軟鋼に対する等価機能部品重量（日本鉄鋼連盟）

(注 6) ガソリン乗用車の JC08 モード平成 29 年度燃費平均値（国土交通省）

(注 7) 有識者意見に基づく軽量化による CO₂ 削減効果の試算結果（環境省）より、みずほ銀行産業調査部推計
(注 8) ガソリン 1L あたり二酸化炭素排出量（環境省）

(出所) 日本鉄鋼連盟「鉄鋼業の地球温暖化対策への取組」、日本鉄鋼連盟「鉄鋼のリサイクルを考慮したライフサイクルインベントリ」、日本アルミニウム協会「アルミニウム新地金および展伸材用再生地金の LCI データの概要」、同「アルミニウム圧延品の LCI データの概要」、経済産業省「炭素繊維製造エネルギー低減技術の研究開発」、NEDO「車体軽量化に関わる構造技術、構造材料に関する課題と開発指針の検討」、国土交通省ウェブサイト、環境省「平成 27 年度セルロースナノファイバーを活用したモデル事業の推進計画の策定委託業務報告書」より、みずほ銀行産業調査部作成

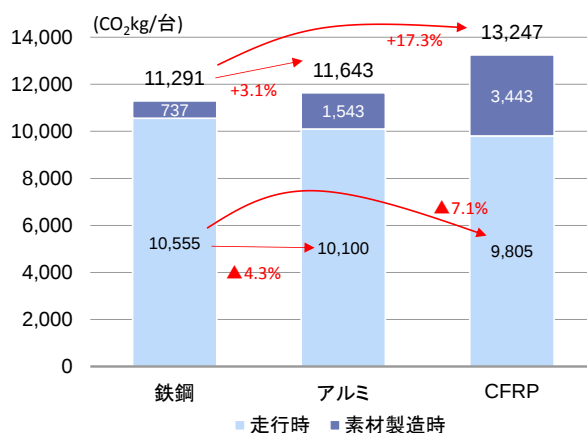
³ 車体全体の重量を 1,300kg と仮定した際のフレーム系と外板系の総重量（NEDO「車体軽量化に関わる構造技術、構造材料に関する課題と開発指針の検討」）。

⁴ 軟鋼に対する等価機能部品重量（日本鉄鋼連盟「鉄鋼のリサイクルを考慮したライフサイクルインベントリ」）を用いて試算。

素材製造時の排出量は無視し得ない規模

上記前提に基づき、ガソリン車の簡易ライフサイクル排出量を求めた(【図表3】)。構造部に軽量素材を用いることによって燃費が改善し、走行時に排出するCO₂総量は、鉄鋼素材の自動車に比べ、アルミで4.3%、CFRPで7.1%、それぞれ削減することができた。しかし、ここに素材製造時の排出量を足し合わせた簡易ライフサイクル排出量として比較すると、鉄鋼素材の自動車に比べて、アルミは3.1%、CFRPは17.3%多いとの結果となった。試算結果は【図表2】で示した前提の置き方次第であり、この結果のみをもって軽量素材のメリットを否定するものではないが、素材製造時の排出量が、軽量素材の環境性を論じる際に無視し得ない規模であることは確認できた。

【図表3】ガソリン車の簡易ライフサイクル排出量試算



(出所)【図表2】の前提を基に、みずほ銀行産業調査部作成

次に、3素材をEVで比較する。EVの重量や走行距離、軽量化による電費改善効果は、ガソリン車と同じと仮定する。

EVの走行時排出量は電力使用端CO₂排出係数を用いる

EVの走行時におけるCO₂排出量は、EV1台が生涯を通じて消費する電力の製造に係るCO₂排出量を用いる。排出原単位としては、日本国内で走行するEVを想定し、日本の電力事業からのCO₂排出量を販売電力量で除した、電力使用端CO₂排出係数の実績を用いる(【図表4】)。

【図表4】EVの簡易ライフサイクル排出量試算前提

	鉄鋼	アルミ	CFRP
電費	9.2km/kWh ^(注1)	9.6km/kWh ^(注2)	9.9km/kWh ^(注2)
電力使用端CO ₂ 排出係数	0.496kg-CO ₂ /kWh ^(注3)	0.496kg-CO ₂ /kWh ^(注3)	0.496kg-CO ₂ /kWh ^(注3)

(注1) 日産リーフ 62kWh バッテリー搭載車電費(JC08 モード)

(注2) 有識者意見に基づく軽量化によるCO₂削減効果の試算結果(環境省)より、みずほ銀行産業調査部推計

(注3) 電気事業連合会による2017年度実績値

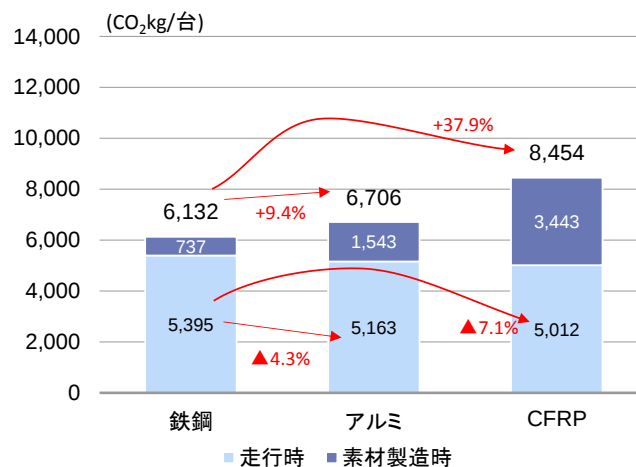
(出所) 日産ウェブサイト、環境省「平成27年度セルロースナノファイバーを活用したモデル事業の推進計画の策定委託業務報告書」、電気事業連合会ウェブサイトより、みずほ銀行産業調査部作成

EV では素材製造時の排出量の割合が増える

EV における簡易ライフサイクル排出量を見ると、各素材とも、ガソリン車と比べると走行時の排出量の水準が大きく低下しており、発電時の排出量を加味しても、EV の環境性は高いことが確認できる。しかし、その分簡易ライフサイクル排出量に占める素材製造時の排出量の割合が高まることになり、軽量素材の簡易ライフサイクル排出量は相対的に大きくなる。鉄鋼に対して、アルミは 9.4%、CFRP は 37.9% 増える結果となった（【図表 5】）。

つまり、EV に軽量素材を用いることによって、電費が向上して航続距離が伸び、消費者の利便性は高まるものの、環境性の面からは、「走行時の消費電力を抑制するメリット」が「素材製造時の排出量が多いデメリット」を上回ることが、EV ではより困難になるといえる。

【図表 5】EV の簡易ライフサイクル排出量試算



(出所)【図表 2、4】の前提を基に、みずほ銀行産業調査部作成

3. EV の軽量化ニーズをビジネスに結びつけるために

ライフサイクル排出量削減に取り組む必要

以上の試算より、軽量素材を用いることによって EV の電費改善および走行に係る CO₂ 排出量抑制が期待できることを確認できた一方で、素材製造時まで含めたライフサイクルで見ると、必ずしも環境負荷低減に結びつかない可能性があることが示唆された。電費性能の高い自動車が、かえって多くの CO₂ を排出するという矛盾を生じかねず、日本の素材メーカーは、この課題に対して真摯に取り組むべきである。

(1) 素材製造時の環境負荷低減

まず、素材製造時の CO₂ 排出量削減の対策が求められる。

生産プロセスの革新技術開発が進む

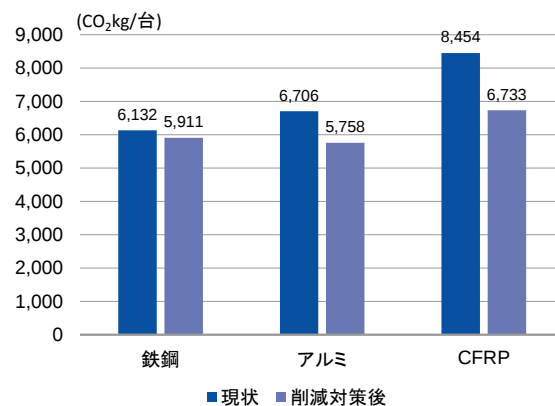
日本の鉄鋼業では、「革新的製鉄プロセス技術開発 (COURSE50)」プロジェクトにおいて、還元剤としてコークスの代わりに一部水素を用いる技術の実証実験を、2030 年までの実用化に向けて実施中である。CO₂ の分離・回収とあわせて、CO₂ 排出量を約 30%削減することを目指している。

アルミについては、CO₂ を大量に発生する製錬プロセスは海外企業が行っていることから、日本企業の対策としては、調達するアルミ地金を、再生可能エネルギーを用いて製錬されたものに切り替えることが考えられる。

3 素材の中では素材製造時の CO₂ 排出量が最大の CFRP では、排出量削減に向けた産官学連携の取り組みがある。2016 年に NEDO、東京大学、産業技術総合研究所、炭素繊維メーカー 3 社の協業により、従来に比べて CO₂ の発生を半分に抑える製造プロセスの基盤技術が開発された。

これらの対策が実現した場合には、いずれの素材においても自動車の簡易ライフサイクル排出量を削減することができる(【図表 6】)。特に生産プロセスの技術開発は、欧州素材メーカーも注力して取り組んでいるところであり、革新技術の実用化が、長期的な産業競争力に繋がる可能性を秘めている。

【図表 6】技術開発等による対策後の EV の簡易ライフサイクル排出量試算



(注 1) 鉄鋼は COURSE50 で素材製造時の排出量を 30%削減した場合

(注 2) アルミは地金調達を再生可能エネルギーによるものに切り替え、電解電力の排出量をゼロにした場合

(注 3) CFRP は NEDO の「革新的構造材料等研究開発」プロジェクトを前提に素材製造時の排出量を半減した場合

(出所) 日本鉄鋼連盟ウェブサイト、日本アルミニウム協会「アルミニウム新地金および展伸材用再生地金の LCI データの概要」、NEDO ウェブサイトより、みずほ銀行産業調査部作成

(2) リサイクルの推進

リサイクルの推進による排出量抑制

素材製造時の排出量を抑制するためのもう 1 つの方策として、リサイクルの推進が挙げられる。アルミの製造プロセスの中で CO₂ 排出量が最も多いのは、アルミ地金製造における排出量の 97%を占める電解製錬のプロセスである。また、CFRP は炭素繊維を製造する際、原料となるアクリル繊維を高温で焼成する工程で大量のエネルギーを消費し、CO₂ が排出される。鉄鋼においても、鉄鉱石をコークスで還元する際に、大量の CO₂ を発生する。リサイクル材は、これらの工程を経ないため、劇的に排出量を抑制することが可能になる。

鉄鋼で国際標準化された手法でリサイクルの効果を試算

素材のリサイクルを考慮した EV の簡易ライフサイクル排出量を試算しよう。但しここでは、2018 年に鉄鋼製品のライフサイクル環境負荷計算方法として国際標準化された、素材が一定の割合で無限にリサイクルされることを前提に、リサイクル材の環境負荷計算にバージン材の環境負荷を含める手法を用いる。リサイクル率は、鉄鋼における推定値を用いる(【図表 7】)。

【図表 7】リサイクルを考慮した簡易ライフサイクル排出量試算前提

	鉄鋼	アルミ	CFRP
リサイクルCO ₂ 発生量	0.5kg-CO ₂ /kg ^(注1)	0.9kg-CO ₂ /kg ^(注2)	3.1kg-CO ₂ /kg ^(注3)
リサイクル率	93.1% ^(注4)	93.1% ^(注4)	93.1% ^(注4)

(注 1) 日本の鉄鋼産業における CO₂ 排出量(日本鉄鋼連盟)について、リサイクル由来の原単位を天然資源由来の 1/4 と仮定(日本鉄鋼連盟)し、リサイクル由来の粗鋼あたり排出原単位をみずほ銀行産業調査部にて試算

(注 2) 日本が輸入する再生地金の平均排出量と日本における板圧延の排出量合算(日本アルミニウム協会)

(注 3) 社)化学繊維技術改善研究委員会による実証実験実績

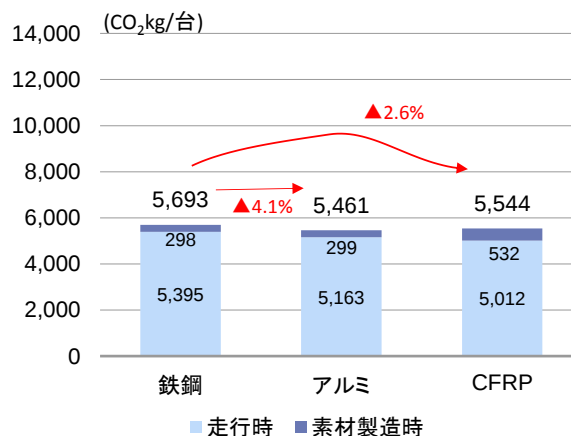
(注 4) 鉄鋼のライフサイクルインベントリで用いるリサイクル率推定値(日本鉄鋼連盟)

(出所) 日本鉄鋼連盟「鉄鋼業の地球温暖化対策への取組」、日本鉄鋼連盟ウェブサイト、日本アルミニウム協会「アルミニウム新地金および展伸材用再生地金の LCI データの概要」、同「アルミニウム圧延品の LCI データの概要」、経済産業省「炭素繊維製造エネルギー低減技術の研究開発」より、みずほ銀行産業調査部作成

軽量素材のリサイクル推進は EV 環境性向上のカギ

リサイクルを前提とすれば、各素材とも、素材製造時の排出量を減少させることが可能となる。特に軽量素材の鉄鋼に対するライフサイクル排出量は、アルミで▲4.1%、CFRP で▲2.6%と、この前提の下では鉄鋼を下回る水準まで低減できた。軽量素材のリサイクルの推進は、EV の環境性を高めるカギになる可能性が高い(【図表 8】)。

【図表 8】リサイクルを考慮した EV の簡易ライフサイクル排出量試算



(出所)【図表 2、4、7】の前提を基に、みずほ銀行産業調査部作成

軽量素材リサイクルは試算に用いた前提に至っていない

但し、ここではリサイクルの効果を明らかにするため、各素材のリサイクル率を一律 93.1%と仮定したうえ、無限にリサイクルを行うという鉄鋼製品の環境負荷計算前提を用いたが、アルミや CFRP のリサイクルの実態から見れば、この試算はあくまで机上の空論である。

アルミは高品質なアルミ製品へのリサイクル技術開発が課題

アルミ素材のリサイクルについては、アルミ缶のリサイクル率は 2018 年度実績で 93.6%と高いほか、自動車向けのアルミについてもホイールやダイカストは 9 割程度がリサイクルやリユースに回されている。しかし、自動車の車体軽量化で今後採用拡大が見込まれる板材や押出材については、現状はいまだ発生量が少ないことから、本格的なリサイクルシステムは確立されていない。技術的な観点からは、アルミは製品によって合金成分が異なるため、現状は成

分の許容度が高い鋳物へのカスケードリサイクル⁵が一般的であり、持続的なリサイクルシステムの確立には、より高品質なアルミ製品へのリサイクルの技術開発を進めることが不可欠である。

CFRP のリサイクル性の改善に向けた開発が進行

CFRP のリサイクルについては、CFRP を破砕後、加熱して樹脂と炭素繊維を分離する方法が一般的だが、加熱に時間やエネルギーを要することに加えて、炭素繊維が損傷するためリサイクル可能な製品が限定化されてしまう。このため、CFRP のリサイクルの大半がサーマルリサイクル⁶となっており、マテリアルリサイクル⁷の利用は一部にとどまる。

勿論、CFRP メーカーやリサイクル会社も手をこまねているわけではない。炭素繊維の技術開発や事業化で世界をリードしてきた日本企業は、リサイクルの領域においても、その技術蓄積を活かせるポテンシャルが高いといえる。炭素繊維の損傷を極小化する樹脂の除去技術や、熱分解時のエネルギー効率の改善など、リサイクル性の改善に向けた研究開発が進行中である。

リサイクルは循環型経済の構築の観点からも重要であり、世界共有の課題である。日本メーカーが依然優位性を持つ素材への知見を活かし、世界に先駆けて技術開発やビジネスモデル構築を狙うべき領域といえるだろう。

(3) 素材産業が先導する価値創造

環境性を新しい価値として提案

低環境負荷が自動車素材選択の条件となる方向である以上、環境負荷の低減は素材産業の使命である。日本の素材産業はこれまでも、省エネや技術開発を通じた環境性向上に取り組んできたが、これが素材の明確な価値として認められているとはいいがたい。素材産業は今後、自社製品に環境性という価値を付加するために、本来制約である環境性への要求を逆手に取り、それを自動車の新しい価値として自ら提案していくことを志向すべきである。

EV の構造材はマルチマテリアル化に向かう

但し現実には、消費者の環境意識は徐々に醸成されつつある段階にあり、ライフサイクルでの環境性の高さは、いまだ自動車の圧倒的なセールスポイントとなるには至っていない。EV の構造材は当面、安全性や乗り心地、価格など、従来から消費者が自動車に求めてきた要件をベースとして、長い航続距離を実現するための軽量化を目指していくことになるだろう。コストや生産キャパシティの制約もあるため、これまでの鉄鋼をベースとしながら、軽量素材の採用を部分的に増やしていくマルチマテリアル構造に向かうことが現実的である。

素材の組み合わせで新たな機能を提案

そこで素材メーカーには、「他素材を代替する」発想だけではなく、「他素材と組み合わせる」発想で自社製品が提供できる価値を検討し直すことが必要と考える。自社製品に他素材を組み合わせた設計で新たな機能を開発し、自動車に対して提供していく発想である。例えば、マルチマテリアル構造は素材ごとの分別が必要で、リサイクル性が低下する懸念があるため、廃車時に解体しやすい接合技術の開発や、それを利用した複合部材設計などは候補になるだろう。そのためには、自社製品のみならず他素材に対する深い知見が必要であり、異なる素材メーカーとの協業は選択肢となるだろう。

⁵ リサイクルをすることによって、元の製品の品質には戻らず、品質の低下を伴うリサイクル法。

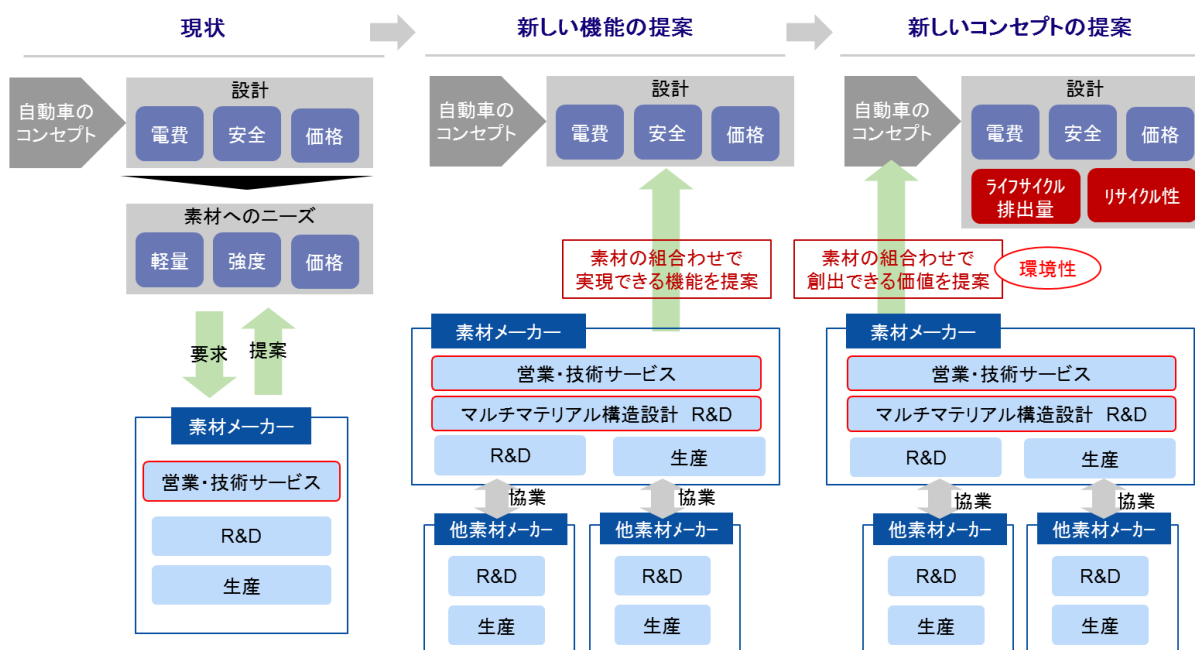
⁶ 廃棄物を焼却処理するだけでなく、焼却によって発生するエネルギーを回収・利用するリサイクル法。

⁷ 原材料として再利用するリサイクル法。

環境性を自動車の新たな価値として訴求するコンセプトを創造

一方で、中長期的にも素材の高い環境性が自動車の価値創造に繋がらないままでは、素材メーカーの技術開発が、そのままコストの増加のみに終わるリスクも否定できない。素材産業として、自動車のライフサイクルでの環境性を自動車の新しい価値として提案していくべきである。素材の組み合わせで自動車の新たな機能を実現する先には、環境性を自動車の消費者に対して訴求するコンセプトの創造を、素材メーカーが自ら先導することを目指すべきである(【図表9】)。

【図表9】素材の組み合わせで創造する新たな価値



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

日本の素材産業として新しい境地を拓く

CASE (Connected, Autonomous, Sharing & Services, Electric) の流れの中で、これまでになかった価値が自動車の魅力を左右する可能性があり、素材産業が価値創造を先導できる機会も拡大する方向である。各素材で世界をリードする技術を持った企業が揃う日本の素材産業は、各材料に対する深い知見を強みにすることができると期待される。国内の素材メーカー同士が手を組むことによって圧倒的な提案力を獲得し、日本の自動車産業の競争優位を自らけん引していく展望が描ければ、日本の素材産業として、新しい境地を拓くことになるだろう。

みずほ銀行産業調査部

素材チーム 大野 真紀子

尾崎 望

河瀬 太一

makiko.ohno@mizuho-bk.co.jp

8. 車載用 LiB リサイクルは日本企業にとってビジネスチャンスになるか

【要約】

- ◆ 近年の世界規模での自動車電動化により、車載用リチウムイオン電池 (LiB) の使用量が増加している。LiB の正極材にはコバルト・ニッケル・リチウムといったレアメタルが使用されているが、車載用 LiB 材料の需要拡大に伴い、長期的に見ればレアメタルの需給逼迫という懸念が顕在化するリスクがある。そのため車載用 LiB からレアメタルをリサイクルすることが注目されつつある。
- ◆ 本章では、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの市場規模とリサイクルコストを比較することで、レアメタルリサイクルの経済性並びに市場成長の可能性、ひいては車載用 LiB からのレアメタルリサイクルが日本企業にとってビジネスチャンスになるかどうかを検証した。結果、レアメタルリサイクル市場は一定の経済性を持ち、今後市場が拡大する可能性は十分あると言え、リサイクルコストの低減が、レアメタルリサイクル市場の成長性を左右する要素であることが分かった。
- ◆ 上記結果を踏まえ、レアメタル回収業者と中間処理業者が、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルをビジネスチャンスとしていくためには、次の 3 点が重要と考える。それは、① 企業間連携によるリサイクルコストの低減、② 官民連携による車載用 LiB リサイクルの早期事業化、③ 市場規模の大きい中国での事業展開の検討である。
- ◆ リサイクルコスト低減のためには、① エリア毎に担当の中間処理業者とレアメタル回収業者を選定し、1 拠点当りの処理量を増加させていくような取り組みが必要であろう。その際には、工程間の配送コストを極小化するために、近接する業者同士で組むことが重要である。加えて、電池の規格標準化に注力する自動車メーカーや電池メーカーとの連携も重要であろう。一方、② レアメタルリサイクルフローは各社共にリサイクル手法を研究・開発中であり、支出が先行する状態にある。早期事業化のための政策面からのサポートや仕組み作りが求められよう。また、③ 中国での事業展開を検討するに当たっては、中国で廃 LiB 集荷からレアメタル回収、更には LiB 正極材料への再生まで行うという、まさに Umicore が欧州で取り組んでいるような地産地消のビジネスモデルが求められるであろう。
- ◆ 車載用 LiB からのレアメタルリサイクルは日本企業にとって十分ビジネスチャンスになりうる。それをより確実なものにするために、企業間連携、官民連携を更に促進させ、廃 LiB が増加してくる 2025 年以降を見据えた準備を進めておくことが重要である。今こそ、日本が持つ技術力や緻密さを結集し、オールジャパンでこの問題に取り組み、最適解を見出すことに期待したい。

1. 足下の車載用 LiB 市場環境とレアメタルリサイクルの必要性

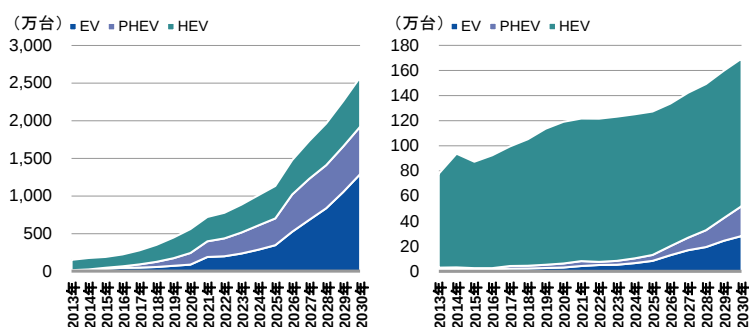
リチウムイオン電池の市場規模は急激に増加

近年、主要国における環境規制強化への対応に伴う次世代自動車¹の普及が目覚ましい。世界規模で自動車の電動化が進むことにより、当行の予測では、世界の新車販売台数は、2018 年の 350 万台から 2030 年には 2,500 万台を超え、国内においても同様に次世代自動車の普及が進む見通しである

¹ 次世代自動車: 本章では、EV (Electric Vehicle)、PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)、HEV (Hybrid Electric Vehicle) の 3 種類を指すものとする。

(【図表 1】)。かかる中、車載用二次電池の需要も年々拡大しており、その中でも他の二次電池対比でパワー(電圧)やエネルギー容量等に優れるリチウムイオン二次電池(LiB=Lithium-ion rechargeable Battery)の使用量が増加することが見込まれている。車載用 LiB の世界市場規模は、2016 年の 1.4 兆円から、2020 年には 3.4 兆円、2030 年には 9.7 兆円にまで拡大する見通しである(【図表 2】)。

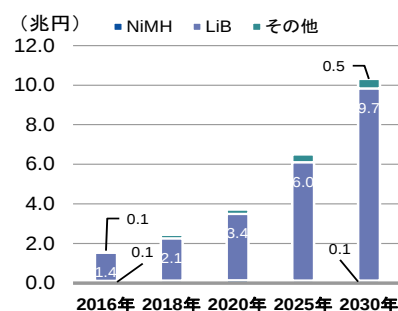
【図表 1】次世代自動車の新車販売台数推移
世界(左表)、日本(右表)



(注) 2018 年以降は予測値

(出所) みずほ銀行「自動車電動化の新時代」『Mizuho Industry Focus Vol.205』(2018 年 2 月 6 日)より抜粋

【図表 2】車載用二次電池の市場規模推移(世界)



(注) 2018 年以降は予測値

(出所) 富士経済「エネルギー・二次電池・材料の将来展望 2018」より、みずほ銀行産業調査部作成

LiB にはレアメタルが多く使用されている

LiB の正極材にはコバルト・ニッケル・リチウムといったレアメタルが使用されており、それゆえ重量当りの価格が他の部材比で高価である。日本が価格競争力のある次世代自動車を生産していくためには、これらレアメタルの安定確保が重要課題であるが、急激な車載用 LiB 材料の需要拡大に伴い、長期的に見ればレアメタルの需給逼迫という懸念が顕著になってきている。そこで、まずは LiB 正極材に用いられる各レアメタルの需給動向について触れたい。

コバルトは最も需給逼迫が懸念されている

まず最も需給逼迫が懸念されているのがコバルトである。車載用 LiB 正極材の中で主流であるのが、コバルト・ニッケル・マンガンバランス良く使用した「三元系(NMC)」やニッケル酸リチウムを使用した「ニッケル系(NCA)」である(【図表 3】)。今後電池の省コバルト・ハイニッケル化²が進む可能性があるものの、最も性能バランスの良い NMC 系が伸びていくと予想されていることから、コバルトは今後着実な需要増加が見込まれている。但し供給面では、コンゴ民主共和国(DR コンゴ)等のカントリーリスクの高い国に資源が偏在していること、価格のボラティリティが高いこと、更にコバルトはバイプロダクト(副産物)であるため、コバルトを主目的とした鉱山開発が難しいこと等から、資源開発が進みにくいと推察され、中長期的には需要超過となる可能性がある(【図表 4】)。併せて、資源権益・製錬の大宗を中国が占めていることから、中国以外の国への供給が逼迫する事態も想定される(【図表 5】)。

コバルト価格は、2018 年 3 月に供給不足に対する懸念から LME 価格で 95.25 ドル/kg の高値を付けた。足下ではコバルト価格は落ち着きを取り戻し、2019

² 省コバルト・ハイニッケル化:コバルトが高価格であり、かつ価格変動のボラティリティが高いことから、コバルトの使用量を減らし、ニッケルの使用量を増やす取り組みを指す。

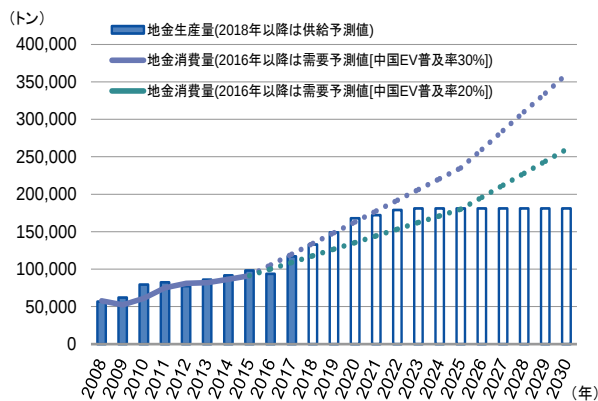
年 8 月時点で 32.60 ドル/kg 付近で推移しているが、前述した通り、今後の需給逼迫の可能性を勘案すると、中長期的には価格が高騰する懸念が依然としてあると言える(【図表 6】)。

【図表 3】LiB 正極材の主な種類と特徴

正極材	略称	価格優位性	容量	安全性	備考
コバルト系	LCO	×	△	×	熱暴走リスクがあり車載用ではあまり使用されない
マンガン系	LMO	○	×	○	価格面や安全性では優位も、容量面(航続距離)に課題
ニッケル系	NCA	×	○	×～△	安全性を考慮しAIを添加
三元系 (Ni、Co、Mn)	NMC	△	△～○ (組成による)	△	Co使用量削減へ技術開発が進められている (Ni:Co:Mn=5:3:2→6:2:2→8:1:1)
リン酸鉄系	LFP	○	△	○	価格面や安全性では優位も、容量面(航続距離)に課題

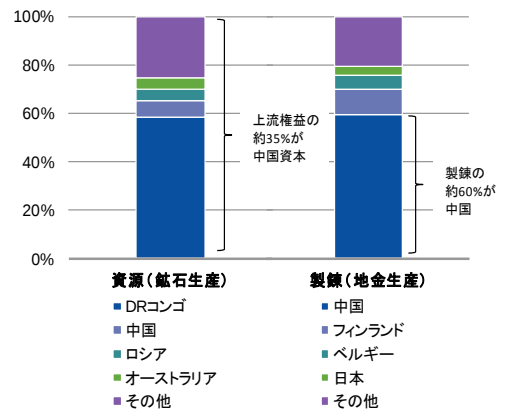
(出所)JOGMEC 資料より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 4】世界のコバルト需給予測



(出所)資源エネルギー庁資料等より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 5】コバルトの資源・製錬の各国シェア



(出所)JOGMEC 資料より、みずほ銀行産業調査部作成

ニッケルはステンレス需要が好調推移する見込みであり価格高騰の可能性はある

次に、ニッケルについては、最大用途であるステンレス需要(ニッケル需要全体の 65～70%)が中国を中心に伸びており、一次ニッケル³は需要超過となっている状況である。ステンレスの原料となる酸化ニッケル⁴は、フィリピンやインドネシアといったカントリーリスクが相応に高い国に偏在していることにも留意する必要がある。例えばフィリピンでは、環境保護政策の一環として、2017 年 1 月に 23 鉱山に閉鎖命令、5 鉱山に操業一時停止命令が出された。同年 4 月には既存のニッケル鉱山は対象から除外されたものの、露天掘鉱山の禁止令が出される等、鉱業政策には不安定さが見られる状況である。インドネシアについても、自国産業強化目的で、2014 年 1 月からニッケル鉱石の輸出を全面禁止にした。その後、2017 年 1 月に低品位のものに限り輸出を解禁したが、2022 年以降再び全面禁輸となる可能性もゼロではない。

³ 一次ニッケル:製錬所の生産物で、製錬所以外の消費者がそのまま使用できる形態のものを指す。具体的にはニッケル地金、フェロニッケル、硫酸ニッケル等。

⁴ 酸化ニッケル:ニッケルには酸化ニッケルと硫化ニッケルが存在し、一般的には酸化ニッケルはステンレス、硫化ニッケルは地金の原料となる。近年は酸化ニッケルから地金を生産する HPAL といった技術も開発されている。

なお、LiB 正極材向けは全ニッケル需要全体の 3%程度と言われているが、コバルトの使用量削減などを目的として、NMC のハイニッケル化が研究されていることを勘案すると、今後価格が高騰する可能性は十分あると言える。

ニッケル価格は、2016 年に LME 価格で 7.60ドル/kg という 2003 年来の安値を付け、市況は長らく低迷していたが、近年は上昇傾向にあり、2019 年 8 月時点で 2015 年以来最高値となる 16.25 ドル/kg を付けている(【図表 6】)。

リチウムは一時的に価格が高騰する可能性がある

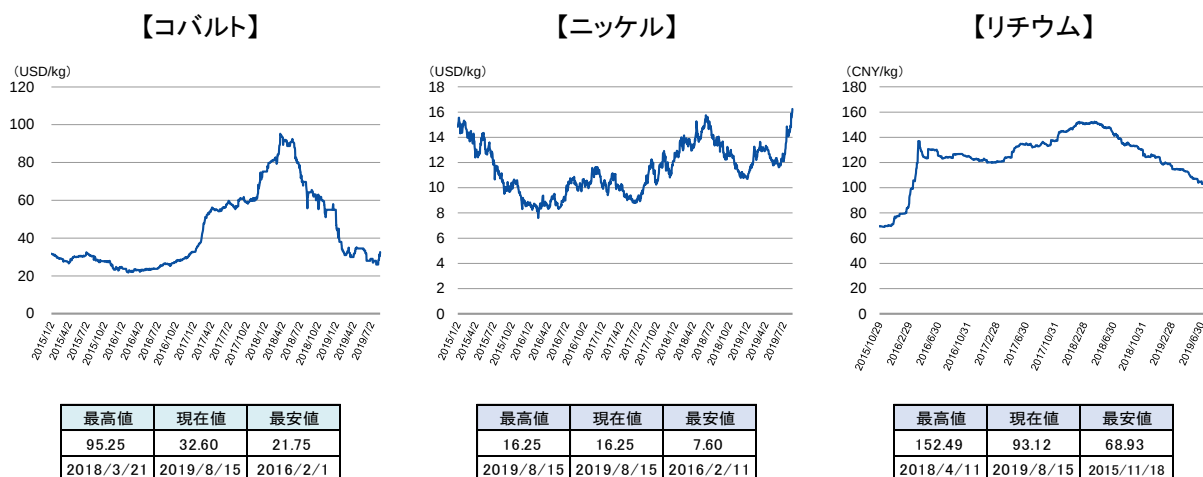
最後にリチウムについては、需要は拡大する見通しであるが、チリやアルゼンチンの塩湖のかん水⁵や蒙州の鉱山を中心として資源は豊富にあり、現状は供給過多、価格は低迷している。LiB 需要の高まりから 2023 年以降には再び供給不足になる可能性が指摘されているが、現在の価格では採算が取れず、開発プロジェクトがうまく立ち上がらない可能性がある。従って、供給不足が顕在化してから開発が進められることになるため、今後、一時的に価格が高騰する可能性が危惧されている。

リチウム価格は、2015 年以降、LiB 需要の拡大と共に中国市場の価格が上昇し、2018 年 4 月に 152.49 元/kg の高値を付けたが、以降供給過剰が鮮明となり、2019 年 8 月時点で 93.12 元/kg と下落傾向が続いている(【図表 6】)。

LiB からのレアメタルリサイクルの重要性は高い

このような価格上昇懸念に加え、上記レアメタルについては、日本企業による海外鉱山の権益獲得に向けた検討も国を挙げて進められてはいるものの、カントリーリスクや開発リスク等、様々な問題をクリアしていく必要があり、一朝一夕には解決できない。そのため、LiB からレアメタルをリサイクルすることの重要性は高いと言えよう。

【図表 6】各レアメタルの価格推移



(出所) Bloomberg より、みずほ銀行産業調査部作成

⁵ かん水: 塩化ナトリウムなどの塩分を含む水を指す。塩湖から採取されるかん水には、リチウムなどの鉱物が含まれている。

2. 車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの市場規模予測

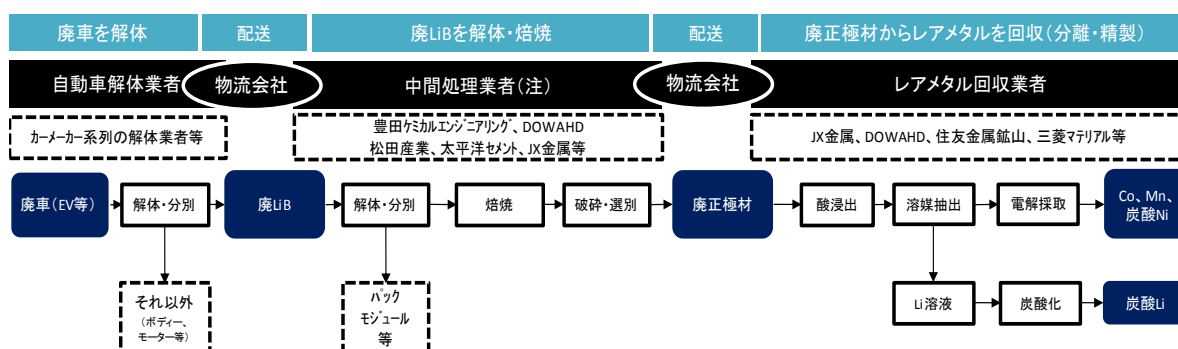
(1) レアメタルリサイクルのフローと収支構造

レアメタルリサイクル手法は現状確立されていないが、自動車解体・中間処理・レアメタル回収の 3 工程に大別

本項では、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの市場規模とリサイクルコストを推計していきたい。そのために、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルフローを踏まえた上で、リサイクルに関わる各プレイヤーの収支構造を確認しておく。まずレアメタルリサイクルフローについては、現状確立された方法はなく、各社が各々の手法を研究・検討している段階であるが、大きく自動車解体・中間処理・レアメタル回収の 3 工程で構成される。以下に一例を示す。2009 年に JX 金属、2016 年に太平洋セメントと松田産業がそれぞれ発表したフローによると、自動車解体業者によって解体された廃 LiB を、中間処理業者が解体・分別、焙焼することによって廃正極材を得、それをレアメタル回収業者が酸浸出により溶解し、溶媒抽出、電解工程を経てマンガン・コバルト・炭酸ニッケルを回収し、更にリチウム溶液の炭酸化工程を経て炭酸リチウムを回収する、というフローとなっている（【図表 7】）。

ここで留意しておきたいのは、廃 LiB からのレアメタルリサイクルは、レアメタル回収工程と中間処理工程の 2 工程から構成されており、それぞれ行う業者が異なる場合があるという点である。

【図表 7】レアメタルリサイクルフローの一例



（注）中間処理工程とレアメタル回収工程を同じ業者が行う場合もある

（出所）JX 金属、太平洋セメント、松田産業 IR 資料等より、みずほ銀行産業調査部作成

効率的なレアメタル回収工程の研究が進められている

効率的なレアメタル回収工程の研究開発については、非鉄金属業界を挙げて取り組みが進められている。国内銅資源・製錬最大手の住友金属鉱山は、まず乾式製錬工程によりコバルト・ニッケルを合金として回収し、その後、湿式製錬法により再び LiB 正極材として使用可能な硫酸ニッケルや、塩化コバルト・硫酸コバルトとして回収するという方法を、2019 年 4 月に開発した。

同じく銅資源・製錬大手の三菱マテリアルについても、日本磁力選鉱と協働し、車載用廃 LiB からコバルト、ニッケルを LiB 正極材にリサイクルするための実証実験を 2019 年 4 月から開始している。

前述した JX 金属についても、レアメタルリサイクル技術の高度化に取り組んでおり、硫酸ニッケルや硫酸コバルトといった、LiB 正極材として使用可能な硫酸塩で回収するための基礎技術を 2019 年 7 月に開発している。

中間処理工程もコスト低減に向けた取り組みが進められている

中間処理工程においても各種取り組みが進んでいる。松田産業と太平洋セメントは、2016年にセメント製造工程を利用した方法を検討していくことを発表した。中間処理工程においては、従来、廃 LiB 焙焼時における電解液の無害化工程にコストが嵩んでいたが、本フローでは、太平洋セメントの敦賀工場において、セメント製造工程で生じた排ガスを用いて LiB を焙焼し、そこで生じた有毒物質(フッ化水素)を含む排ガスを再度セメント工程に戻して処理することで、省エネルギーかつ排ガス処理コストの低いシステムを実現している。

国内資源リサイクル大手の DOWA ホールディングスは、中間処理工程の高度化に注力しており、廃 LiB を解体・分別せず、そのまま焙焼する工程を採用している。廃 LiB の解体時のコストや感電・発火リスクの低減が目的であると推察される。これに加え、2018年10月から一般社団法人日本自動車工業会が立ち上げた LiB の共同回収スキームに参画しており、現在7拠点登録されている電池リサイクル施設のうち、2拠点が当社のものである。

自動車メーカーも同様に研究開発を推進中

この他、自動車メーカーもリサイクルフローの研究開発を推進している。本田技研工業は、日本重化学工業や松田産業と連携しながら廃 LiB の中間処理、レアメタル回収について研究開発を続けている。トヨタ自動車については、これまでニッケル水素電池のリサイクルに注力してきたが、LiB についてもパナソニック等の電池メーカーと協働の上、取り組んでいく意向を示している(【図表 8】)。

【図表 8】 廃 LiB のリサイクル、中間処理に関する各社プレスリリース

分類	企業名	時期	内容
レアメタル回収	JX金属	2009年9月	廃LiB及び廃正極材からの有価金属回収に向けた実証実験開始
		2012年4月	廃LiBからのレアメタルリサイクル設備を竣工
		2019年7月	電池材料として使用可能な硫酸塩で回収するための新技術を開発
	住友金属鉱山	2019年4月	廃LiBからコバルト、ニッケルを回収するリサイクルプロセスを開発、パイロットプラント稼働開始
	三菱マテリアル	2019年4月	日本磁力選鉱と協働し、廃LiBからのコバルト、ニッケル等のリサイクル試験を開始
中間処理	DOWAHD	2010年11月	廃LiBリサイクルを商業化
		2018年12月	廃LiBの受入拡大するための再資源化ラインを稼働開始
	太平洋セメント	2016年10月	松田産業と協働し、セメント製造プロセスを利用した廃LiBからのレアメタルリサイクル方法を発表
	本田技研工業	2017年7月	日本重化学工業、松田産業と協働し、廃LiBを焼却せず還元熔融するリサイクル手法を開発
	トヨタ自動車	2019年1月	パナソニックと車載用LiBの合弁会社設立を発表、LiBリサイクルにも注力していく方針

(出所)各社プレスリリース、フォーイン「日本自動車調査月報」より、みずほ銀行産業調査部作成

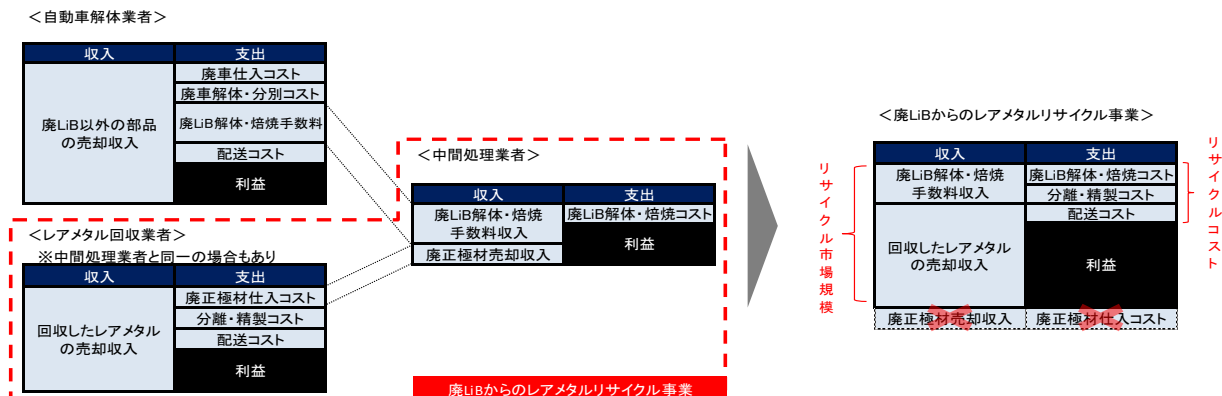
レアメタルリサイクル市場規模は、廃 LiB 解体・焙焼手数料と、回収したレアメタルの売却収入の合計

次に、レアメタルリサイクルフローにおける各プレイヤーである自動車解体業者、中間処理業者、レアメタル回収業者の収益構造イメージを示しておきたい(【図表 9】)。中間処理業者にとっての収入は、廃 LiB 解体・焙焼手数料と廃正極材の売却収入であり、発生するコストは、廃 LiB 解体・焙焼コストである。廃 LiB は廃棄物であるため自動車解体業者から手数料を受け取るが、廃正極材は有価物と考えられるためレアメタル回収業者に売却する、というビジネスモデルとなる。一方、レアメタル回収業者にとっての収入は、廃正極材から回収したレアメタルの売却収入であり、発生するコストは、廃正極材仕入コストと分離・精製コスト、配送コストと考えられる。

前述した通り、廃 LiB からのレアメタルリサイクルは、中間処理工程とレアメタル回収工程の2工程で構成されていることを考慮すると、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの市場規模を検証する上では、両工程を一体で考える必要がある。そのように考えると、市場規模は、中間処理業者における廃 LiB 解体・焙焼手数料と、レアメタル回収業者における回収したレアメタルの売却収入の合計であると見なすことができる。なお、中間処理業者で発生する廃

正極材の売却収入は、レアメタル回収業者で発生する廃正極材の仕入コストと相殺されるため、考慮しないこととする。

【図表 9】各プレイヤーの収支構造



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

(2)レアメタルリサイクルの市場規模

レアメタルリサイクル市場規模を検証する

本項では、廃 LiB 解体・焙焼コスト、廃正極材分離・精製コスト、及び配送コストで構成されるリサイクルコストと、廃 LiB 解体・焙焼手数料とコバルト・ニッケル・リチウムの売却収入で構成される市場規模を比較することで、レアメタル回収業者にとっての市場規模、並びにレアメタルリサイクルの経済性を検証する（【図表 10】）。

リサイクルコストは、LiB1 台当りのリサイクルコストに次世代自動車の廃車台数を乗じた数値とした。LiB1 台当りのリサイクルコストは、LiB1kg 当りの解体・焙焼コスト、分離・精製コスト、配送コストの合計値に LiB 重量を乗じた数値としている。

対して市場規模は、廃 LiB の解体・焙焼手数料収入とレアメタル売却収入の合計値とした。レアメタル売却収入は、市場価格と同水準で売却されると仮定し、各レアメタルの市場価格と廃 LiB1 台当りに含まれるレアメタル量、次世代自動車の廃車台数の 3 要素を乗じた数値とした。各レアメタルの市場価格は、2015 年以降の最高値、最安値、現在値(2019 年 8 月 15 日時点)の 3 種類で計算した。その他の定義詳細については【図表 10】を参照されたい。

次世代自動車の廃車発生台数については、LiB 寿命を一律 10 年とした場合(ケース 1)と、一律 15 年とした場合(ケース 2)の 2 通りで算出している。寿命を迎えた後、定置用として 5 年間リユースされた後にリサイクルされるのは、どちらのケースも同じである。なお、試算に用いた国内の次世代自動車の新車販売台数は前掲【図表 1】の通りである。

現在の技術水準であれば、LiB 寿命はケース 1 の通り 10 年程度が妥当な水準と考えられるが、今後、電池メーカーの技術の進歩や、効率的な LiB の形状や配列データの蓄積等による長寿命化を考慮し、LiB 寿命を長く設定したケース 2 でも検証している。

【図表 10】リサイクルコストと市場規模の計算式とその前提条件

■ リサイクルコスト(円)＝車載用LiB1台当りのリサイクルコスト(円)×次世代自動車の廃車台数(台)
＝車載用LiB1kg当りのリサイクルコスト(円)×LiB1台当りの重量(kg)×次世代自動車の廃車台数(台)

①、③、④ ② ⑤

■ 市場規模(円)＝レアメタル売却収入(円)＋廃LiB解体・焙焼手数料収入(円)
＝レアメタル売却価格(円)×車載用LiB1台当りに含まれるレアメタル量(kg)×次世代自動車の廃車台数(台)＋廃LiB解体・焙焼手数料収入(円)

⑥ ⑦ ⑤ ⑧

- ① 車載用 LiB1 台当りのリサイクルコスト
- ・ 解体・焙焼コスト、分離・精製コスト、配送コストの合計値に LiB 重量(②で詳細説明)を乗じた数値の合計値
 - ・ 解体・焙焼コスト、分離・精製コスト、配送コストは、出所記載の数値に消費者物価指数や重量当り物流コストを乗じた数値(③、④で詳細説明)
 - ・ なお、リサイクルコストには規模の経済性を考慮していない
- ② LiB1 台当りの重量
- ・ EV:250kg(日産リーフ)、PHEV:120kg(トヨタプリウス)、HEV:25kg(トヨタプリウス)と仮定
- ③ 解体・焙焼コスト、分離・精製コスト
- ・ 解体・焙焼コスト:159 円/kg×1.055(2012 年を 1 とした時の 2018 年の消費者物価指数)=168 円/kg
 - ・ 分離・精製コスト:206 円/kg×1.055(2012 年を 1 とした時の 2018 年の消費者物価指数)=217 円/kg
- ④ 配送コスト
- ・ 487.5 円/t キロ×1.327(2012 年度を 1 とした時の 2018 年度の重量当り物流コスト)=647 円/t キロ
 - ・ なお、移動距離は 400 キロと仮定(その場合に主要なリサイクル施設毎の集配可能範囲は下表の通り)
- | 主要リサイクル施設 | 半径400キロ圏 |
|------------|------------------------------|
| JX金属(敦賀) | 山口県岩国市、和歌山県全域、茨城県水戸市、新潟県新発田市 |
| JX金属(日立) | 三重県四日市市、石川県金沢市、千葉県全域、岩手県盛岡市 |
| 住友金属鉱山(東予) | 九州地方全域、中国地方全域、愛知県豊田市 |
| DOWAHD(秋田) | 北海道旭川市、栃木県宇都宮市 |
- ⑤ 次世代自動車の国内廃車台数
- ・ 当行が算出した 2030 年までの次世代自動車の新車販売台数を元に、以下 2 ケースで検証
 - ・ ケース 1:LiB 寿命を一律 10 年とし、その後、定置用として 5 年間リユースされた後にリサイクルされる場合
 - ・ ケース 2:LiB 寿命を一律 15 年とし、その後、定置用として 5 年間リユースされた後にリサイクルされる場合
- ⑥ レアメタル売却価格
- ・ 各レアメタルの市場価格を採用(Co、Ni:LME3 カ月先物価格、Li:China Lithium Metal 価格)
 - ・ なお、1USD=110 円、1CNY=15.8 円で計算
- ⑦ 車載用 LiB1 台当りに含まれるレアメタル量
- ・ 2015～2021 年における電池種類毎のレアメタル需要量予測値を新車販売台数で除した数値の平均値に、レアメタル回収時の歩留まり率(Co:94%、Ni:92%、Li:43%と仮定)を乗じた数値^(注)
 - ・ なお、使用される電池種類は簡便化のため全量 NMC 系と仮定する。更に、2034 年までの廃車には Ni:Co:Mn=6:2:2、2035 年以降の廃車には 8:1:1 が採用されているものとする
 - ・ その結果得られた数値は、2034 年までは Co:1.9kg、Ni:6.8kg、炭酸又は水酸化 Li:16.7kg、2035 年以降は Co:1.0kg、Ni:7.8kg、炭酸又は水酸化 Li:16.7kg である(EV、PHEV、HEV 各種の加重平均値)
- ⑧ 廃 LiB 解体・焙焼手数料収入
- ・ 中間処理業者にとつての売上を廃 LiB 解体・焙焼手数料収入、コストを③で算出した解体・焙焼コストと仮定
 - ・ コストは③で与えられているため、その数値を 100%から、主要中間処理業者 4 社⁶⁾の 2018 年度営業利益平均で除する 3.7%を引いた数値(96.3%)で除することによって、廃 LiB 解体・焙焼手数料収入が求められる

(注) 富士経済レポートの数値を参考に、みずほ銀行産業調査部算出

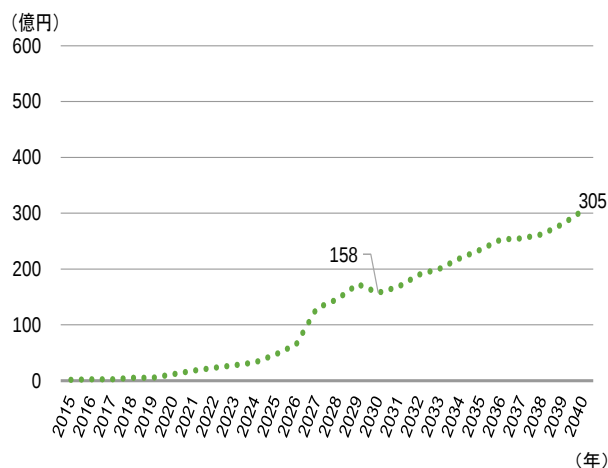
(出所) 経済産業省「H24 年 レアメタルリサイクルコストの経済性に伴う分析」、日本ロジスティクスシステム協会「2018 年度 物流コスト調査報告書」、富士経済「2017 電池関連市場実態総調査 下巻」、みずほ銀行「自動車電動化の新時代」 『Mizuho Industry Focus Vol.205』(2018 年 2 月 6 日)、各社ホームページ等より、みずほ銀行産業調査部作成

⁶ 主要中間処理業者 4 社: DOWA ホールディングス(株)、太平洋セメント(株)、共英製鋼(株)、松田産業(株)

まず、2040 年におけるリサイクルコストの規模を見ていきたい。破線がリサイクルコストの規模を示しているが、LiB 寿命を一律 10 年とするケース 1 では 305 億円、一律 15 年と仮定するケース 2 では 235 億円となり、次世代自動車の廃車台数が多いケース 1 の方が、リサイクルコストが大きくなるという結果が得られた（【図表 11、12】）。

【図表 11】リサイクルコスト＜ケース 1＞

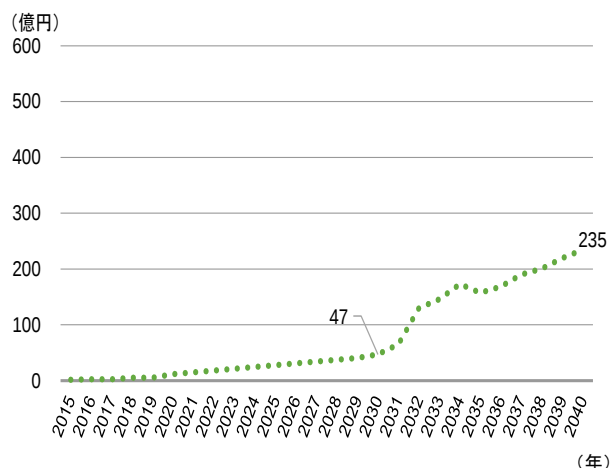
LiB 寿命を一律 10 年と仮定し、その後 5 年間リユースされるケース



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

【図表 12】リサイクルコスト＜ケース 2＞

LiB 寿命を一律 15 年と仮定し、その後 5 年間リユースされるケース



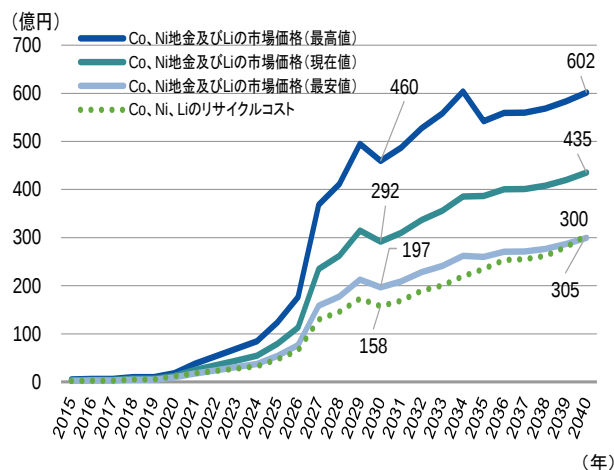
(出所) みずほ銀行産業調査部作成

2040 年における
レアメタルリサイ
クル市場規模は、
最大で 500～600
億円

これに、車載用 LiB からのレアメタルリサイクル市場規模のグラフを重ね合わせる。実線がそれぞれ、レアメタルの市場価格の最高値、現在値、最安値で計算した時の売却収入を示している。この時、2040 年におけるレアメタルリサイクルの市場規模は、ケース 1 では 300 億円～602 億円、ケース 2 では 260 億円～537 億円となり、リサイクルコストと同様に、廃車台数の多いケース 1 の方が、市場規模は大きいという結果が得られた（【図表 13、14】）。

【図表 13】レアメタルリサイクル市場規模＜ケース 1＞

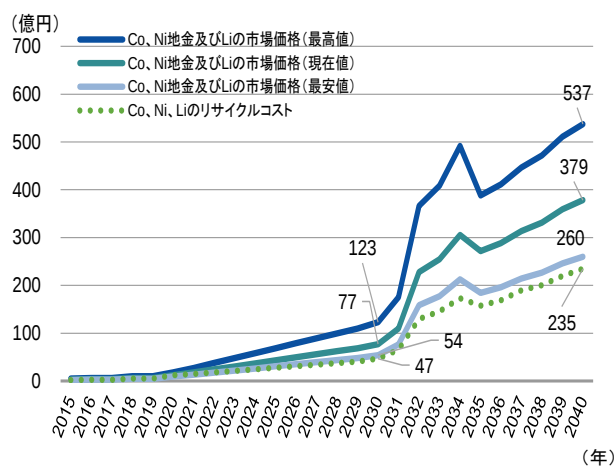
LiB 寿命を一律 10 年と仮定し、その後 5 年間リユースされるケース



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

【図表 14】レアメタルリサイクル市場規模＜ケース 2＞

LiB 寿命を一律 15 年と仮定し、その後 5 年間リユースされるケース



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

レアメタルリサイクル市場は、リサイクルコストを低減できれば成長余地は十分あり

それぞれのグラフで市場規模とリサイクルコストを比較すると、現在のレアメタル価格であれば黒字事業となることが分かる。前述の通り、コバルト・ニッケル・リチウムは、中長期的には需給逼迫による価格高騰の可能性が高いことも踏まえると、売却収入は増加傾向であることが予想されるため、レアメタルリサイクル市場は一定の経済性を持ち、今後市場が拡大する可能性は十分あると言える。加えて、当然のことながら、次世代自動車が予測よりも普及すれば、市場規模は更に拡大する。

なお、ケース 1 において、2030 年と 2035 年に市場規模が一時的に縮小するが、前者は 2014 年に増税前の駆け込み需要があり、2015 年はその反動を受けて次世代自動車の新車販売台数が減少したことが要因である。後者は前提条件で示した通り、2020 年に LiB のハイニッケル化が進行すると仮定しており、2035 年以降は、高価格なコバルトの使用量が従来よりも減少した LiB がリサイクルされるためである。

他方で、車載用 LiB からのレアメタルリサイクル市場規模には、2 点の下振れ要素が存在することに留意が必要である。

電池の技術革新の可能性はあるも、大きな市場規模の下振れとはならない見込み

1 点目は、電池や電池を取り巻く業界の技術発展である。前述のような効率的な LiB 形状等の電池に関するノウハウ蓄積に加え、全固体電池⁷の登場といった要因による電池寿命の長期化(レアメタルリサイクル機会の後ろ倒し)や、リチウム硫黄電池、リチウム空気電池、カリウムイオン電池等、レアメタルフリー電池の登場、更には自動車に搭載されるバッテリーマネジメントシステム(BMS)⁸の性能向上等が挙げられよう。但し、2020 年代の次世代自動車普及期においては現行の LiB が大宗を占めることが予想されている。LiB から他のアプリケーションへの変換期が今後存在するとしても、これまで構築されてきた LiB のサプライチェーンが一気に切り替わることは考えにくく、緩やかに切り替わっていくのではないだろうか。また、仮に電池寿命が 5 年程度長期化したとしても、ケース 2 で示した通り、市場規模の減少は限定的となる予測である。

レアメタル市場価格の下落による市場規模縮小も可能性は低い

2 点目は、車載用 LiB からのレアメタルリサイクル市場が経済性を持つ場合、レアメタルの市場価格が下落してしまう可能性があることである。ここで、世界における次世代自動車の新車販売台数と廃車台数(いずれも予測値)を比較すると、2030 年の新車販売台数が 2,577 万台に対して、廃車台数はケース 1 の場合が 190 万台、ケース 2 の場合が 54 万台であり、2040 年についても、新車販売台数が 3,942 万台に対して、廃車台数はケース 1 の場合が 1,132 万台、ケース 2 の場合が 560 万台である(【図表 15、16】)。廃 LiB からリサイクルされたレアメタルが、全て新車の LiB として再利用されたと考えたとしても、その割合は全体から見ると一部に過ぎないため、大幅に需給を崩す可能性は低いと考えられる。

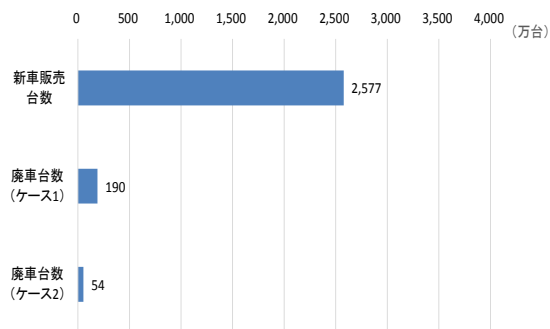
⁷ 全固体電池: 電池の正極と負極の間にある電解質が、従来の液体ではなく固体物質を採用している二次電池を指す。従来の二次電池と比較して安全性、寿命、エネルギー密度等に優位性があるとされている。

⁸ バッテリーマネジメントシステム(BMS): バッテリーパックに搭載されており、バッテリー間の充放電状態を把握し、バッテリーの劣化速度の均一化を図るシステムを指す。バッテリー間に性能差があると、電池寿命に悪影響を及ぼすことがある。

レアメタルは価格ボラティリティが高いため、リサイクルコスト低減が重要

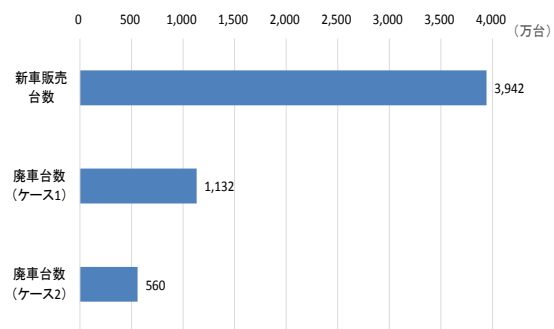
しかしながら、前項で見てきたように、コバルト・ニッケル・リチウムといったレアメタルはそもそも価格ボラティリティの高い金属である。車載用 LiB からのレアメタルリサイクル事業が恒常的に採算性を持つためには、現在各社が取り組んでいるような効率的なリサイクル手法を更に研究していくことで、リサイクルコストの低減を図っていくことが重要である。

【図表 15】新車販売台数と廃車台数の比較
(2030 年/世界ベース)



(注) 次世代自動車台数、予測値
(出所) みずほ銀行産業調査部作成

【図表 16】新車販売台数と廃車台数の比較
(2040 年/世界ベース)



(注) 次世代自動車台数、予測値
(出所) みずほ銀行産業調査部作成

3. 車載用 LiB リサイクルを日本企業にとってのビジネスチャンスとするために

ここからは、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルを日本企業にとってのビジネスチャンスとするために、具体的に何をすべきかを考えていきたい。それに先立ち、まずは世界的なリサイクルトップ企業であるベルギー Umicore の事例を紹介しておきたい。

欧州リサイクル大手 Umicore は、大量の廃 LiB を回収することで規模の経済性を発現させている

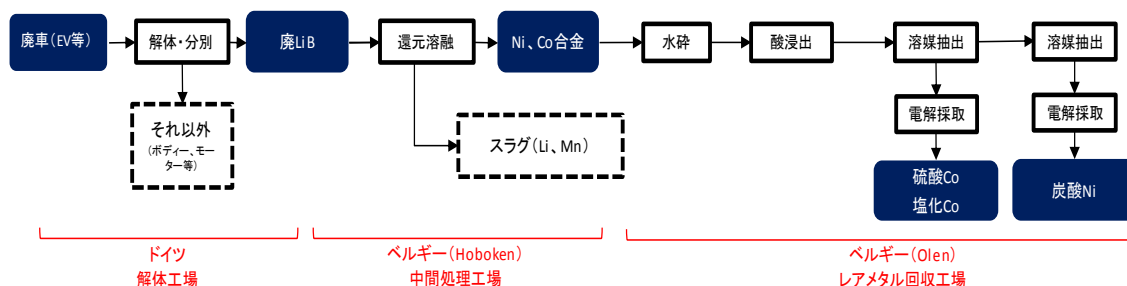
Umicore は売上高 30 億ユーロを超える、触媒事業、電池材料事業、リサイクル事業を手掛けるコングロマリット企業である。売上高の約 20% を占めるリサイクル事業では、欧州を中心にスクラップを集め、ドイツの解体工場、ベルギー (Hoboken) の中間処理工場、ベルギー (Olen) のレアメタル回収工場の順で貴金属やレアメタル等の有価金属の回収を行っている。例えばトヨタ自動車は、欧州において、車載用 LiB のリサイクル業務を Umicore に委託している。

Umicore のレアメタル回収プロセスは次の通りである。まず廃 LiB を解体せずにプラズマ炉で還元溶融し、コバルトなどの有価金属をメタルに濃縮する。メタルは粉碎後、酸浸出し、溶媒抽出によってコバルト、ニッケル製品を回収する。このプロセスではリチウムはスラグ⁹となるため回収はできないが、コバルトやニッケルを金属ではなく化合物として回収することで、再び正極材料として使用しやすくしている。現に、Umicore は今後ポーランドに正極材製造工場を建設し、ベルギーで回収したレアメタルを再び正極材料とするという、まさに地産地消のビジネスモデルを確立しようとしている。これに加えて重要なことは、ヨーロッパ中から集めた大量の廃 LiB を処理することで規模の経済性を発現させていることである(【図表 17】)。

⁹ スラグ: 金属の製錬に際し、溶融した金属から分離して浮かぶ滓^{かす}を指す。道路の路盤材やコンクリート骨材として用いられる。

同社の廃 LiB の年間処理能力は 7,000 トンであるのに対し、欧州大手リサイクル企業である独 Accurec の廃 LiB 処理量が年間 1,000 トンであることから、Umicore の処理能力の大きさがわかるだろう。Umicore は、今後の車載用 LiB の増加も見据えており、中国や欧米等にもリサイクル関連施設の建設構想を掲げる等、更なる事業規模の拡大を目指している。

【図表 17】 Umicore のレアメタルリサイクルフロー



(出所) ニッケル協会資料等より、みずほ銀行産業調査部作成

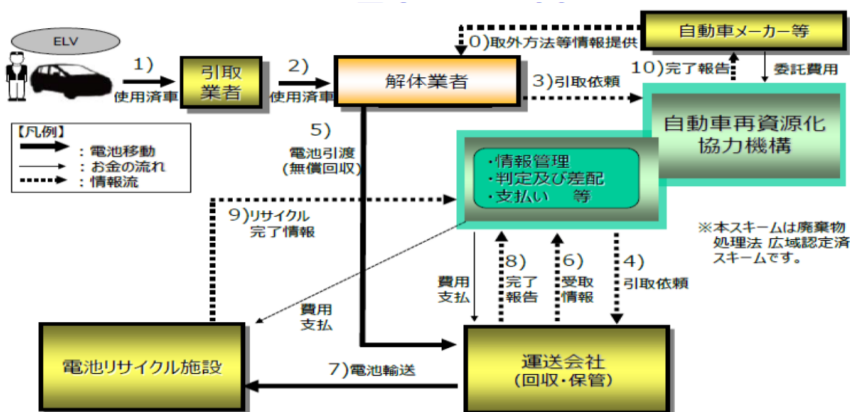
レアメタルリサイクルをビジネスチャンスとするには次の 3 点が重要

① 企業間連携を促進させ、リサイクルコストを低減させることが重要

前項で示したグラフからも分かる通り、次世代自動車の廃車が増加し、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの必要性が増してくるのは 2025 年以降と考えられる。その時、中間処理業者とレアメタル回収業者が、それをビジネスチャンスと捉えるためには、次の 3 点が重要と考える。

第 1 は企業間連携によるリサイクルコストの低減である。自動車解体工程と中間処理工程では、日本自動車工業会が構築した「廃 LiB の共同回収スキーム」が 2018 年 10 月から運用開始となっている。自動車再資源化協力機構の取りまとめにより、複数の自動車メーカーやディーラー等から発生する廃 LiB を効率的に回収することで、配送コストや廃 LiB1 台当りの解体・焙焼コストの低減を図る、というものである (【図表 18】)。

【図表 18】 日本自動車工業会による共同回収スキーム



(出所) 一般社団法人日本自動車工業会資料より抜粋

中間処理工程とレアメタル回収工程でも同様の考え方が求められるのではないだろうか。各企業とも、効率的なリサイクル工程の研究開発を進めているものの、各工程内の効率化にとどまっており、工程間を跨いだ効率化の検討は限定的であるのが現状である。前項で示した通り、国内におけるレアメタルリ

サイクルの市場規模が限定的であることも考慮すると、エリア毎に担当の中間処理業者とレアメタル回収業者を選定し、1 拠点当りの処理量を増加させていくような取り組みが必要であろう。その際には、工程間の配送コストを極小化するために、近接する業者同士で組むことが重要である（【図表 19】）。

【図表 19】 中間処理施設、レアメタル回収施設の最適化イメージ



(注) 本図表は中間処理後、レアメタルを回収する視点で作成しているため、共英製鋼に代表される電炉による中間処理業者は考慮していない
(出所) みずほ銀行産業調査部作成

また、自動車メーカーや電池メーカーは、価格競争力のある次世代自動車を生産することを目的に、今後、車載用 LiB の規格標準化による電池製造コストの低減に注力していく可能性がある（前掲【図表 8】）。両者がリサイクルシステムの構築を検討しているのは、電池製造コスト低減にはレアメタルリサイクルが必要不可欠であることも理由の一つであろう。仮に本件が実現すれば、廃 LiB の解体・焙焼コストや配送コストを低減できる可能性があるため、中間処理業者やレアメタル回収業者は、彼らの事業展望や動向についても十分把握しておく必要があるだろう。このように、各企業が業界横断的に連携することでレアメタルリサイクルフロー全体を最適化する取り組みが求められるのではないだろうか。

②官民連携を推進し、民間企業をサポートするための政策支援が求められる

第 2 は、官民連携による政策支援の立案である。日本企業の中間処理能力は、JX 金属が年間 600～1,000 トン、DOWA ホールディングスが年間 1,200 トンであり、2 社合計で年間 1,800～2,200 トンの処理能力である。前述したように、Umicore がベルギーに年間 7,000 トンの廃 LiB を処理できる設備を保有していることを考慮すると、処理能力に差があることがわかる。今後国内で発生する車載用廃 LiB 重量(当行試算値)が 2025 年で年間 3,000～3,300 トン、2030 年には年間 14,500～25,500 トンに膨れ上がるのに加え、民生用電子機器から発生する廃 LiB の存在も考慮すると、設備の更なる拡充が必要なのは明らかである。

しかし、日本では、レアメタルリサイクルの各工程が各社共に試験・研究段階にあり、支出が先行する状態にある。政府に求められるのは早期事業化のための政策支援であろう。そこで、まず考えられる政策としては、設備の更なる

増強が促進されるような補助金政策や償却負担優遇策、第三セクター等が設備を保有し、民間企業が運営を行うといった官民でのリスクシェアリング策といった、政策面からのサポートや仕組み作りが挙げられよう。加えて、家電リサイクル法や自動車リサイクル法のような、リサイクル料金をユーザーが予め負担するような仕組みや、リサイクルされたレアメタルが安定的に消費されるような仕組みの検討も、中長期的には求められていくのではないだろうか。

更に、車載用 LiB の多くは、リサイクルされる前に住宅定置用としてリユースされることが見込まれているが、各住居に分散した車載用 LiB の回収方法や、リサイクルするタイミングを見極めるための評価方法等を検討していくことも、車載用 LiB からのレアメタルリサイクルの事業化を目指す上で重要である。これらに対しても、官民連携の上で対応策を見出していくことが必要であろう。

また、これらの企業間連携・官民連携といった取り組みが進み、レアメタルリサイクルが日本企業にとってビジネスチャンスとなることによって、将来非鉄金属業界で懸念されている、中国の銅需要減退や銅生産内製化等に伴う国内製錬所の稼働率低下を補うような、副次的な効果も生まれる可能性があるということについても言及しておきたい。

③リサイクル市場の大きい中国で事業展開を検討することも重要

第3は海外での事業展開の検討である。次世代自動車(特にEV)市場が最も大きくなると予想されている中国では、廃LiBを何度もリユースする等、安全上の取り扱いに問題があることが言われており、いずれは適切にリサイクルして再度正極材料とすることが求められるようになるだろう。当行試算値では、2030年における中国の次世代自動車の新車販売台数が、日本の約8倍にもなる見込みであることを考慮すると、レアメタルリサイクルの市場規模も同程度まで成長するポテンシャルがあると考えられる。①、②と同時進行で、本項目についても検討を進めるべきであろう(【図表20】)。

中国での事業展開を検討するに当たっては、廃正極材の日本への輸送コストや中国内陸部の集配コスト等を考慮すると、日本のリサイクル施設を使用することは現実的ではないと思われる。中国で廃LiB集荷からレアメタル回収、更にはLiB正極材料への再生まで行うという、まさにUmicoreが欧州で取り組んでいるような地産地消のビジネスモデルが求められるであろう。そして、このような日本企業の海外投資に際しても、プロジェクトへの出資や債務保証制度の検討といった官によるサポートは重要な要素であると考えられる。

【図表20】車載用LiBリサイクルをビジネスチャンスと捉えるための具体的手段

	戦略	具体的手段
①	■企業間連携による、リサイクルコストを低減させるスキームの構築	■エリア毎に担当の中間処理業者とレアメタル回収業者を選定し、1拠点当りの処理量を増加させる ■電池の規格標準化の可能性を見据え、自動車メーカー、電池メーカーの事業展望や動向の十分な把握
②	■官民連携による、民間企業のコスト負担を軽減させる政策支援の立案	■設備の更なる増強が促進されるような補助金政策や償却負担優遇策 ■第三セクター等が設備を保有し、民間企業が運営を行うといった官民でのリスクシェアリング策 ■リサイクル料金をユーザーが予め負担するような仕組みや、リサイクルされたレアメタルが安定的に消費されるような仕組みの検討
③	■海外での事業展開の検討	■次世代自動車(特にEV)市場が最も大きくなると予想されている中国での事業展開を検討 ■中国で廃LiB集荷からレアメタル回収、更にはLiB正極材料への再生まで行うという地産地消のビジネスモデルの検討 ■プロジェクトへの出資や債務保証制度の検討といった官によるサポート

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

企業間連携、官民連携を促進し、2025 年以降を見越した準備を進めておくことが重要

各国で次世代自動車普及に向けた政策が推進される中、LiB 正極材に用いられるレアメタルの需給は今後逼迫していくと思われる。だが、これまで見てきたように車載用 LiB からのレアメタルリサイクルは日本企業にとって十分ビジネスチャンスになりうる。それをより確実なものにするために、企業間連携や官民連携を更に促進させ、廃 LiB が増加してくる 2025 年以降を見据えた準備を進めておくことが重要である。今こそ、日本が持つ技術力や緻密さを結集し、オールジャパンでこの問題に取り組み、最適解を見出すことに期待したい。

みずほ銀行産業調査部

素材チーム 河瀬 太一

大野 真紀子

尾崎 望

taichi.kawase@mizuho-bk.co.jp

9. 廃プラ規制がもたらすビジネスチャンス —プラスチックリサイクル・代替素材開発—

【要約】

- ◆ 廃プラスチック(以下、廃プラ)に関する規制強化の議論が各国で活発化している。日本では、2019年6月に政府がプラスチック資源循環戦略を策定しており、同戦略に含まれる野心的なマイルストーンを達成する手段の一つとして、プラスチックリサイクルの促進や、代替素材の導入が期待されている。
- ◆ 現在、日本でも廃プラ有効利用への取り組みが再注目されているほか、素材企業各社はバイオプラスチック、紙素材、その他素材といった、既存プラスチックの代替素材の開発を進めている。コストをはじめとして、解決すべき課題は山積しているものの、日本としては、更なるイノベーションの機会として捉え、新たなビジネスの創出を図るべきである。
- ◆ EUにおいては、循環経済の枠組みにおいて、プラスチックリサイクル産業が強化される見通しであり、関連産業への投資が活発化している。また、ASEAN各国でも廃プラ規制が強化されているが、増加するプラスチックごみに対して、回収・処理制度の整備が不十分であり、インフラ面を含めた制度設計が求められる。
- ◆ 今後、EUによるグローバルルールメイキングの動きや、EU企業によるアジア地域等へのアプローチが加速すると想定される。日本企業には、廃プラ対策をビジネスチャンスとして捉え、世界に先駆けた代替素材の用途開発や、優れた廃棄物回収やリサイクル技術の海外展開、さらには、海外企業やベンチャー企業との協業を通じたミッシングパーツの補完による市場創出が期待される。

1. 廃プラ規制を巡る国際動向

(1) 海外の動向

資源の有効利用や、海洋プラスチック問題等を背景に、廃プラに関する規制強化の議論が各国で活発化

持続可能な開発目標(SDGs)への対応が世界的課題として共通認識となる中、資源の有効利用や、海洋プラスチック¹・マイクロプラスチック²問題等を背景に、廃プラに関する規制強化の議論が各国で活発化している。2018年6月にカナダ・シャルルボワで開催された先進7カ国首脳会議(G7サミット)では、深刻化する海洋プラスチック問題の解決のため、使い捨てプラスチックの削減目標等を盛り込んだ「海洋プラスチック憲章」が採択された。議論を主導していた欧州連合(EU)では、Circular Economy(循環経済)の観点から議論が進展しており、2019年3月には、カトラリー(フォーク、ナイフ、スプーン、箸)やストロー等の特定の使い捨てプラスチック製品とプラスチック製漁具に関して規制や目標を導入する指令案が欧州議会で承認され、2021年までに各国で法制化が進む予定である。使用量削減の評価方法が未確定である他、回収制度の整備など、解決すべき課題が残るものの、2019年5月の欧州議会選挙を前に、政治主導で指令案を早期に導入する動きとなった。また、新興国でも規制・目標設定の動きが強まっており、例えばインドのモディ首相は2022年までに使い捨てプラスチック製品を廃止すると宣言する等、トップダウンで廃プラに関する野心的目標を標榜している。

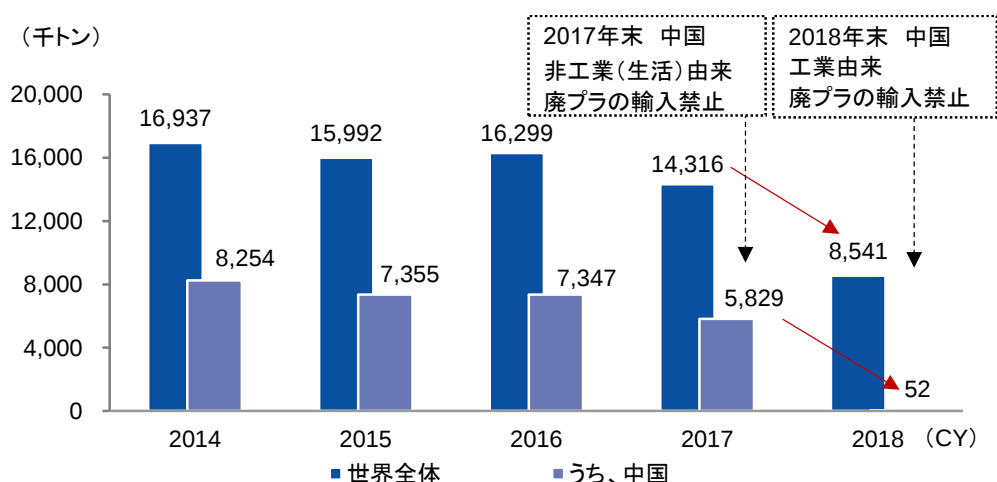
¹ 海洋に流出したプラスチックにより、海洋生態系への影響や、船舶航行、漁業における障害といった問題が指摘されている。2016年1月に開催された世界経済フォーラム年次総会(ダボス会議)では、2050年までに海洋中に存在するプラスチックの重量が魚の重量を超過するとの試算が発表されており、世界において廃プラの適正管理や排出抑制が課題となっている。

² 5mm以下の微細なプラスチックごみ。科学的な検証は途上であるが、魚介類等がマイクロプラスチックや、それに付着した有害物質を摂取し、生物濃縮によって海鳥や人間の健康にも影響することが懸念されている。

中国の廃プラ輸入規制により、輸出国での前処理工程が必要に

また、中国による廃プラ輸入規制も大きな影響を与えている。これまで、全世界の廃プラ輸入量のうち、半分程度を中国が輸入していた。しかし、環境対策を強める中国は、2017 年末より生活由来の廃プラ、2018 年末より工業由来の廃プラを輸入禁止とした（【図表 1】）。この規制により、廃プラを中国に輸出するためには輸出国で洗浄やペレット化処理などの工程が必要となった。これまで廃プラを中国に輸出していた先進国は、短期的には新たな輸出先として ASEAN 等の新興国への輸出を急増させたが、新興国も処理能力が足りないことや環境対応が進んでいることを背景に、同様に輸入の停止や規制対応に動いている。その結果、これまで廃プラを輸出していた先進国においても、自国・地域において廃プラを処理する必要性が高まっている。

【図表 1】世界と中国の廃プラ輸入量推移



(出所) Global Trade Atlas、JETRO 資料より、みずほ銀行産業調査部作成

グローバルブランドオーナーは代替素材への動きを強める

また、ユーザー産業の動きをみてみると、米 McDonald's や米 Starbucks などのグローバル企業は、SDGs への対応に戦略的に取り組んでおり、容器包装や製品におけるリサイクル材やプラスチック代替製品の使用目標を積極的に打ち出している。投資家の動きをみてみると、2018 年 6 月には、ESG(環境・社会・ガバナンス)投資を推進する米 NGO の呼びかけで、英 Aviva Investors や蘭 Robeco など 25 の機関投資家によるアライアンスが発足し、瑞 Nestle や、英蘭 Unilever などの消費財大手上場企業にプラスチック問題への具体的な対策を求めている。また、ノルウェー政府年金基金の運用を担うノルウェー銀行投資マネジメント部門は、企業に対して、プラスチックごみ対策等の海洋環境保全の取り組み強化や、関連情報の開示を求める方針を示している。こうした動きを踏まえると、廃プラ問題への対応は、規制への対応という捉え方では不十分で、規制の枠組み以上に加速していくものと考えられる。

(2) 日本の動向

プラスチック資源循環戦略では「野心的」なマイルストーンを設定

日本でも、2019 年 6 月に政府として「プラスチック資源循環戦略」を策定した。重点戦略として、①プラスチック資源循環、②海洋プラスチック対策、③国際展開、④基盤整備が記載され、これらの戦略展開における目指すべき方向性として、ワンウェイ³プラスチックの排出削減等のマイルストーンを設定している（【図表 2】）。マイルストーンは、一定程度、産業界にも配慮が行われており、

³ ワンウェイとは、「通常一度使用した後にその役目を終えること」をいう。プラスチック資源循環戦略での表記のとおり。

事業者や消費者などが個別に目標達成を義務付けられることはなく、定義や基準年なども各主体が柔軟に設定できるとされている。他方、G7 サミットで提起された海洋プラスチック憲章よりも高い目標が掲げられ、同戦略でも記載されているように、「野心的」なマイルストーンとなっている。

【図表 2】日本のプラスチック資源循環戦略におけるマイルストーン

対象	内容	数値目標	時期	G7 海洋プラスチック憲章の類似目標	
				数値目標	時期
ワンウェイプラスチック (容器包装など)	排出抑制	累積で25%削減	2030年	不必要な使用を大幅に削減	-
プラスチック製 容器包装・製品	リユース又はリサイクル可能な製品デザイン(難しい場合は熱回収可能性を担保)	100%	2025年	100%	2030年
プラスチック製 容器包装	リユース又はリサイクル	60%	2030年	55%	2030年
全ての使用済み プラスチック	リユース又はリサイクル (熱回収を含め有効利用)	100%	2035年	100%	2040年
プラスチック	再生利用	倍増	2030年	50%以上増加	2030年
バイオマス プラスチック	導入目標	最大限(約200万トン)導入	2030年	- (日本独自の項目)	

(注) ハイライト箇所は、G7 海洋プラスチック憲章を上回る目標

(出所) 環境省資料、G7 海洋プラスチック憲章より、みずほ銀行産業調査部作成

廃プラ排出削減 やリサイクル処理 量拡大が必要に

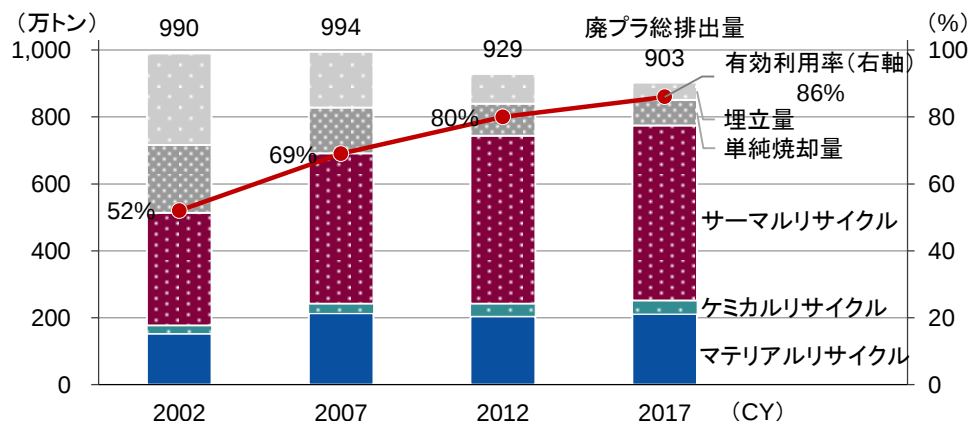
廃プラ問題への対応策としては、リデュース(発生抑制)、リユース(再使用)、リサイクル(再生利用)の 3R を組み合わせることが重要であり、日本は先進的に取り組んできた。リサイクルについては、日本では「マテリアルリサイクル」「ケミカルリサイクル」「サーマルリサイクル(エネルギーリカバリー⁴)」の 3 種類に分けられるが、これらのリサイクル手法を合わせた有効利用率は、2017 年で 86% まで上昇している(【図表 3】)。他方、日本政府が発表したプラスチック資源循環戦略におけるマイルストーンでは、「2035 年までに有効利用率を 100%」としており、このマイルストーンの達成のためには、埋立・単純焼却量をゼロにする必要がある。これまで中国や東南アジアへ輸出していた廃プラの国内処理量増加を考慮すると、今後、日本全体で 250 万トン規模/年の廃プラ排出削減、あるいはリサイクル処理量の拡大が必要となる(【図表 4】)。

代替素材の導入 という、素材サイ ドでのイノベーションに期待

従って、「野心的」なマイルストーンを達成するためには、単純にこれまでの施策の延長だけでは不十分であり、プラスチックリサイクルの促進に加えて、日本産業としても非連続的な取り組みが求められる。こうした中、有力な解決策のひとつとして、プラスチック代替素材の導入という、素材サイドでのイノベーションが期待されよう。例えば、マイルストーンに基づく、バイオマスプラスチックは、足下の 4.4 万トンを大きく上回る 70~80 万トンが必要となり、新たな需要創出や、供給拡大が求められる(【図表 5】)。そこで、次節では、素材産業の動きとして、プラスチックリサイクルに関する企業動向と、代替素材の開発動向について見てみたい。

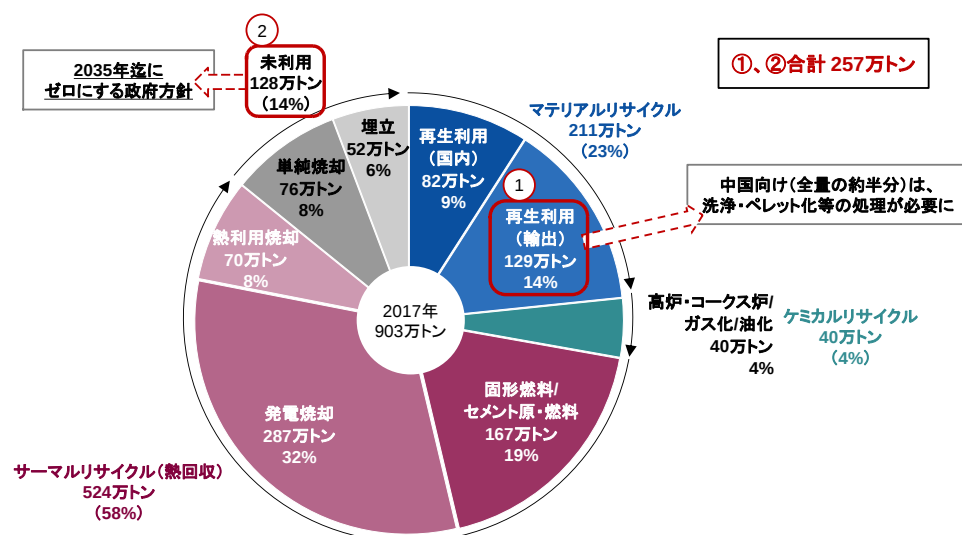
⁴ 物質としては再生利用されず、熱エネルギーとして回収されるサーマルリサイクルは、EU 等では、「エネルギーリカバリー」と定義され、リサイクルとは区別されている。

【図表 3】日本の廃プラ総排出量と処理状況



(出所) 一般社団法人プラスチック循環利用協会資料より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 4】日本の廃プラ処理状況 (2017 年)



(出所) 一般社団法人プラスチック循環利用協会資料より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 5】バイオマスプラスチック出荷量推計

	2016年度	2030年度
バイオマスプラスチックを含有するプラスチック製品国内出荷量 (目標値)	-	197万トン
うち、バイオマスプラスチック量	4.4万トン	70~80万トン

(注 1) 2016 年度値は温室効果ガス排出・吸収目録 (インベントリ) に基づく

日本バイオプラスチック協会推計値

(注 2) 2030 年度の国内出荷量 (目標値) は地球温暖化対策計画より引用

(注 3) 2030 年度のバイオマスプラスチック量は、CO₂ 削減効果及びプラスチックの焼却に伴う CO₂ 排出係数に基づく日本バイオプラスチック協会推計値

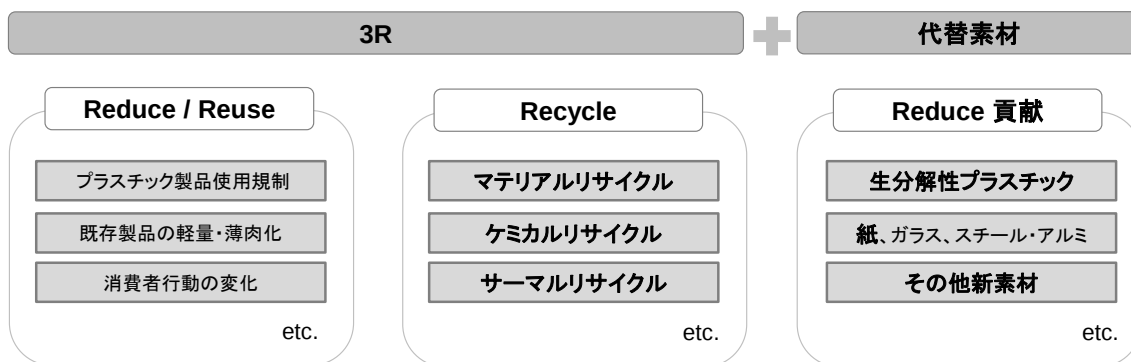
(出所) 環境省資料より、みずほ銀行産業調査部作成

2. 素材産業における廃プラ課題解決の方向性と企業事例

日本では、プラスチックリサイクルと代替素材開発が求められる

日本における廃プラ課題解決の方向性として、3Rの推進、および代替素材の活用による既存のプラスチック使用量の削減が求められよう(【図表 6】)。それぞれの手法には課題もあることから、複数の手段を組み合わせることで推進することが重要となる。以下では、事業拡大が期待されているプラスチックリサイクル(マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクル)、および代替素材(生分解性プラスチック、紙素材、その他新素材)の開発動向について述べていく。

【図表 6】 想定される廃プラ課題解決の方向性



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

(1) プラスチックリサイクルに関する企業動向

① マテリアルリサイクル

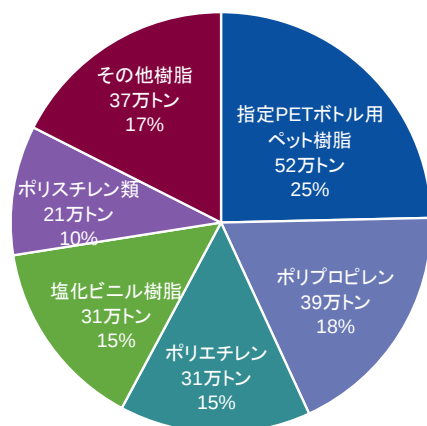
廃プラをプラスチックのまま製品原料として利用

マテリアルリサイクルは、廃プラをプラスチックのまま製品原料として利用する方法であり、国内には中小企業を含めて数百社程度のメーカーがある。2017年の廃プラ処理量のうち、マテリアルリサイクルは 211 万トンとされ、そのうち、海外輸出は 129 万トン、国内処理は 82 万トンであった。従前は、主に産業系の廃棄物を中心とした取り扱いであったが、近年は、容器包装リサイクル法や、家電リサイクル法等の制定により、消費者からの使用済プラスチックのリサイクルも増加している。

リサイクル PET 樹脂は、マテリアルリサイクルの 25%を占める

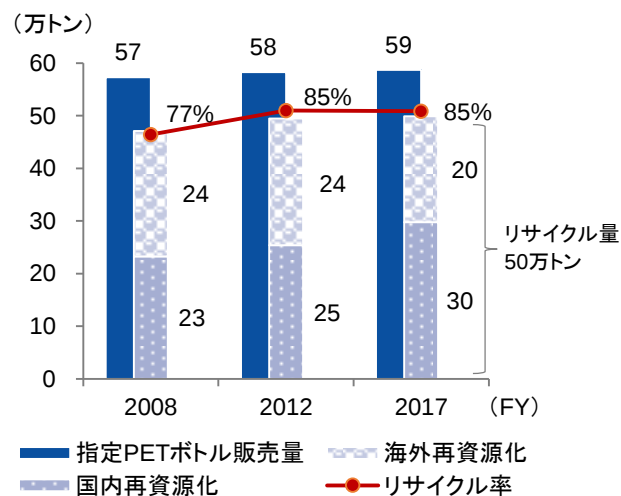
樹脂別に見ると、リサイクル PET 樹脂の市場が最も大きく、マテリアルリサイクルの 25%を占める(【図表 7】)。PET ボトルは、業界団体が、材料や着色についての自主設計ガイドラインを規定している他、地方自治体の分別・回収ルートが確立している。その結果、比較的不純物の少ない PET 樹脂を回収でき、他の樹脂と比べて再生利用が促進されやすい。PET ボトルリサイクル推進協議会によると、2017 年の指定 PET ボトルの販売量 59 万トンに対し、リサイクル量は 50 万トン(国内 30 万トン・海外 20 万トン)の市場規模を持つ(【図表 8】)。

【図表 7】 マテリアルリサイクルの樹脂別内訳



(注) アンケート結果を基に作成しており、
実際の数値とは異なる
(出所) 一般社団法人プラスチック循環利用協会
資料より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 8】 指定 PET ボトル販売量とリサイクル量



(出所) PET ボトルリサイクル推進協議会資料より、
みずほ銀行産業調査部作成

端材等の産業系
廃プラを中心に
マテリアルリサイ
クルが拡大

他方、産業系廃プラのうち、工場から出る端材や、生産・加工ロス、材料構成が分かっているため、マテリアルリサイクルに適している。また、自動車や家電といったリサイクル法により回収される廃プラは、食品やトイレタリー製品が含まれる消費財に比べて洗浄工程が少なく済む他、法制度で製品回収が義務付けられていることから、原料調達の安定性にも優れており、こうした製品のマテリアルリサイクルは今後も増加すると想定される。

リサイクル PET
の製品原材料へ
の採用を拡大

こうした背景下、マテリアルリサイクル事業への投資事例が増加している。リサイクル PET については、特にブランドオーナーやプラスチック成形加工メーカーによる資源活用の動きが強まっている。サントリーは、従前、協栄産業らとリサイクル PET を開発し、一部製品で導入を進めてきた。さらに、2019 年 5 月には、2030 年までにグローバルで使用するすべての PET ボトルに、リサイクル素材あるいは植物由来素材のみを使用し、化石資源由来のバージン PET 樹脂使用を廃止する方針を示している。また、食品トレー大手のエフピコは、スーパー等から回収した使用済 PET ボトルや PS トレー等を自社トレーに再生利用している。再生プラスチックが使用される製品の売上高は、2019/3 期で 37%まで上昇している。

豊田通商は、日
本最大のリサイ
クルコンパウンド
工場を設立予定

産業系廃プラのマテリアルリサイクル事業については、総合商社の豊田通商が、総合環境ソリューション大手の仏 Veolia らと、リサイクルプラスチックのコンパウンド⁵を行う合弁企業を 2018 年 12 月に設立している。使用済プラの調達、主に、①自動車、家電、②物流センターや SC の梱包資材、③パレット、コンテナといった、工場由来の廃プラや、BtoB で使われたパレットなどを回収・リサイクルして行う予定である。同社は、2021 年に、日本最大規模の製造能力 (4 万トン/年) となる新たなリサイクルコンパウンド工場を稼働させる計画であり、規模の経済を活かした競争優位性の確立を目指している。さらに、車載用プ

⁵ プラスチック材料に異種のプラスチックや着色剤、添加剤、充填材などを混合・分散すること。

	ラスチックについては、仏 Galloo Plastics の高度選別技術を導入することで、高品質・低コストでリサイクルプラスチックを製造でき、車載用においてもリサイクルプラスチックの採用増加が期待される。
低品質プラの原料化のため、効率的な前処理工程が課題に	市場拡大が見込まれるマテリアルリサイクルであるが、課題も残されている。まず、異物混入の少ない高品質な廃プラの安定調達という課題がある。地方自治体の分別・回収ルートで回収される品質の高い PET 樹脂は調達で競争となり、調達コストが上昇している。事業者ルートで回収（自動販売機横の回収箱などで回収）された廃 PET もあるが、不純物が多く、これまでは多くが中国等の海外に輸出されていたとされる。今後、こうした低品質の廃プラを原料化するため、樹脂選別や洗浄、異物除去といった前処理工程の効率化・能力拡大が求められよう。
リサイクル製品の付加価値向上が求められる	また、廃プラ原料によってリサイクル性が大きく異なり、現状は、全てのプラスチック製品をマテリアルリサイクルできるわけではない。例えば、消費者から回収されるプラスチックは、多品種や多層のプラスチックが使用されていることや、食品等の残渣処理で洗浄工程が必要であること、接着剤などで薄いフィルムが貼り合わされた製品があることなどから、選別・再生利用が困難、あるいは高コストとなる。こうした廃プラの多くはサーマルリサイクルで処理されている。また、プラスチック容器包装のマテリアルリサイクルが可能であっても、製品としては、パレットや日用雑貨といった品質要求の低い製品となる。その為、リサイクルプラスチックの品質を向上させるための技術開発等も求められる。さらに、マテリアルリサイクルにより、プラスチック製品の強度や耐久性といった物性低下も想定されることから、樹脂添加剤による補完の重要性も増加しよう。
②ケミカルリサイクル	
熱やガス等を使って化学的な方法で材料や製品にする	次に、化学産業を中心に、注目を集めているのが、ケミカルリサイクルである。ケミカルリサイクルは、熱やガス等を使って化学的な方法で材料や製品にする方法であり、高炉還元剤化、コークス炉原料化、油化、ガス化、モノマー・原料化の大きく 5 つに分類される。ケミカルリサイクルの中には、食品残渣の付着や、多品種、多層構造を要因としてマテリアルリサイクルで処理できない廃プラも取り扱うことが可能な手法もある。
昭和電工は、ガス化により、自社製品原料を製造	昭和電工は、川崎事業所でプラスチック製容器包装を高温でガス化し、水素や一酸化炭素ガスを製造するプラントを保有している。水素は、主にアンモニア合成の原料として使用されており、同社アンモニア事業に使う水素原料の概ね半分以上を賄っている。一酸化炭素は、二酸化炭素とした後、液化炭酸ガスやドライアイスとして外販している。原料調達は、一般廃棄物（容器包装リサイクル法に基づく入札）由来の廃プラであり、逆有償にて処理費用を受け取って処理している。2018 年度の入札では、年間約 5.7 万トン、処理単価は平均 39 千円/トンで調達している。
日本環境設計は、ポリエステル⁶のケミカルリサイクルを展開	ベンチャー企業の日本環境設計は、回収した衣料品に含まれるポリエステル繊維を解重合（ポリマー⁶からモノマー⁷に分解）して、合成原料であるポリエステルモノマーを製造している。2018 年には、東洋製罐グループホールディングスから、ペトリファインテクノロジーを買収し、使用済みの飲料用 PET ボト

⁶ 重合体。モノマーが多数結合した、重合度の高い分子。

⁷ 単量体。ポリマーの構成要素となる分子。

化学企業による、
ケミカルリサイク
ルの拡大に期待

ルのケミカルリサイクル(モノマーにまで分解し、精製した後、再び石油由来と同等の品質のポリエステルペレットを重合製造する)事業を展開する予定である。また、日本環境設計は同年に、三菱商事との業務提携、伊藤忠商事との資本・業務提携を行い、大企業のグローバルネットワークを活用した、需要喚起や製造・供給体制の構築を進めている。

過去、日本企業各社は、ケミカルリサイクルの事業化に取り組んできたが、廃プラの安定調達の問題やコスト改善が進まなかったことから、多数の企業が撤退してきた経緯がある。現在は、主に高炉・電炉メーカーの製鋼工程での原燃料としての取り扱いが多く、ガス化やモノマー・原料化事業は、化学企業数社での小規模な事業運営にとどまっている。これらのケミカルリサイクルも逆有償取引であり、基本的には、処理費用を受け取る形で処理しており、規模の拡大等により収益のアップサイドを狙うような事業の枠組みにはなっていない。しかし、前述したように、マテリアルリサイクルでの処理が困難な廃プラ処理も可能であることから、再度注目を浴びており、今後、サプライチェーン企業を巻き込んだ、安定調達・コスト低減の仕組みづくりや、化学企業各社の研究開発・投資による需要喚起が期待されている。

③サーマルリサイクル(エネルギーリカバリー)

燃焼処理により
得られる熱エネ
ルギーを利用

サーマルリサイクルは、廃プラを主燃料あるいは助燃材として利用することにより、その燃焼処理により得られる熱エネルギーを原料等の製造工程などに有効利用する手法である。具体的には、ごみ焼却熱利用、ごみ焼却発電、セメント原・燃料化、固形燃料化などがある。

各種リサイクル
手法を組み合わせ
た制度設計が
求められる

マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルは、一般的に廃棄物・リサイクル対策としてサーマルリサイクルより優先されており、ともにプラスチックの循環利用促進のために、重要性は増していくと想定される。但し、前述したように、コストやリサイクル技術のさらなる改善が必要とされ、全般的なプラスチック処理方法として普及・拡大させるためには相応に時間を要すると想定される(【図表 9】)。その為、現状では、これらの手法のみで全ての廃プラ処理を行うことは不可能であり、サーマルリサイクルを組み合わせた制度設計が必要である。実際に、日本では、廃プラ総排出量の約 6 割がサーマルリサイクルで処理されている。

【図表 9】プラスチックリサイクルの普及・拡大に向けた時間軸



(注)総合的な評価であり、樹脂別、手法別に差異があることに留意が必要

(出所)みずほ銀行産業調査部作成

サーマルリサイクルは、引き続き有効な活用方法

特に、廃プラは高い発熱量を持つことから、ごみ焼却発電は、石炭などの使用を抑制する上でも、有効な活用方法だと考えられ、処理量は増加してきた。また、RPF(固形燃料)利用は、石炭の代替利用とした場合、高い環境負荷削減効果が期待できるといった測定結果もある(【図表 10】)。各種リサイクル手法の開発により、条件は変動すると想定されるが、現時点においては、廃プラの処理方法の一つとして、引き続きサーマルリサイクルの有効活用も必要であると考えられよう。

ごみ処理の広域化等のさらなる推進が必要

他方、サーマルリサイクルの中で最も処理量が多いごみ焼却発電については、国内でのプラント新增設をしづらい状況にある。ごみ焼却発電の多くは地方自治体の保有であるが、今後、人口減少、ごみ排出量の減少が進む中、ごみ焼却発電の効率性は低下する恐れがある。財政状況が厳しい地方自治体では、プラント新設や更新投資コストの負担増加の問題が出てこよう。今後は、既存施設の発電効率向上が重要と考えるが、その為にも、ごみ処理の広域化などをさらに推進していく必要がある。

【図表 10】各種有効利用手法の環境負荷削減効果

手法		CO2排出量削減効果(B-A) (kg-cO2)	有効利用した場合		有効利用しない場合	
			有効利用により再生される製品	CO2排出量(A) (kg-cO2)	代替される一般の製品	CO2排出量(B) (kg-cO2)
マテリアルリサイクル		1.65 (1.14-2.13)	パレット	2.30	樹脂製パレット	3.95 (3.44-4.43)
		0.63			木材製パレット	2.93
ケミカルリサイクル ガス化(アンモニア製造)		2.11	アンモニア、炭酸ガス	4.98	天然資源から製造する アンモニア、炭酸ガス	7.09
サーマル リカバリー (エネルギー リカバリー)	RPF利用	2.97	固形燃料	2.89	石炭	5.86
	発電焼却 (発電効率12.8%)	0.73	焼却炉からの電力	2.71	系統電力	3.45
	発電焼却 (発電効率25%)	1.43	焼却炉からの電力	2.71	系統電力	4.15

(注)パレットは、最も低い場合と、最も高い場合のCO2排出量削減効果値を()に付記

(出所)海洋プラスチック問題対応協議会「プラスチック製容器包装再商品化手法およびエネルギーリカバリーの環境負荷評価(LCA)」より、みずほ銀行産業調査部作成

(2) 代替素材の開発動向

① バイオプラスチック

従来のプラスチック代替として期待されるバイオプラスチック

プラスチックリサイクルの重要性が増加するとともに、廃プラ問題の解決手段として、従来のプラスチックに代わる代替素材の開発も求められている。代替素材の一つとして注目されているのがバイオプラスチックである。バイオプラスチックは、「生分解性プラスチック」と「バイオマスプラスチック」の総称である(【図表 11】)。生分解性プラスチックは、微生物の働きにより最終的に水と二酸化炭素に分解される性質を持つプラスチックであり、原料は化石資源由来であれば、バイオマス資源由来もある。一方、バイオマスプラスチックは生分解性かどうかに関わらず、原料に植物などの再生可能な有機資源を含むプラスチックである。再生可能な有機資源由来であることから、燃焼してもカーボンニュ

ートラルと位置づけられ、気候変動対策として化石資源由来からの代替が期待されている。例えば、米ネイチャーワークス等が製造するポリ乳酸は、植物由来のでんぷんを発酵させて得られる乳酸を重合してできており、バイオマス由来かつ生分解性の性質を持つ。

生分解性プラスチックに注目が集まる

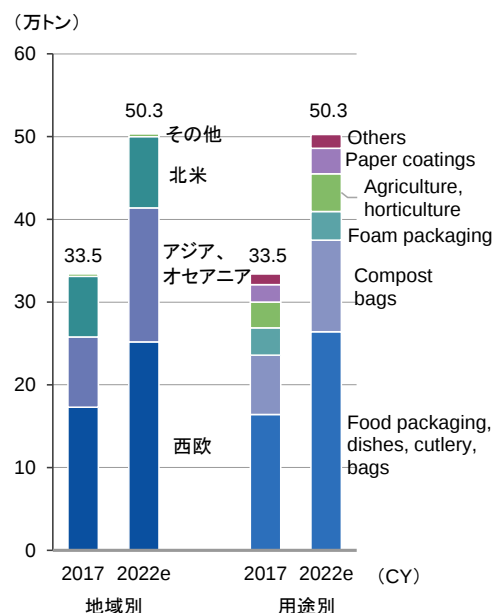
昨今の廃プラ規制や海洋プラスチック問題を起因として、改めて生分解性という点が注目されている。世界の生分解性プラスチック(ポリマー)の需要は、2017 年の 33 万トンから、2022 年には 50 万トンまで増加する見通しである(【図表 12】)。欧州を中心に、食品包装・容器等のワンウェイプラスチックの代替用途や、土壌でのコンポスト(堆肥化)処理に適した農業用資材や食品残渣(生ごみ)用袋といった用途での市場が拡大する見通しである他、回収が困難な漁具用途での製品開発も期待されている。

【図表 11】 代表的なバイオプラスチックの分類

	生分解する	生分解しない
化石資源由来	PBAT ポリグリコール酸	(従来のプラスチック) ポリエチレン ポリプロピレン PET
化石資源 × バイオマス資源由来	バイオベースPBS スターチブレンド・ ポリエステル樹脂	バイオPET バイオポリカーボネート バイオポリウレタン樹脂
バイオマス資源由来	ポリ乳酸 PHBH	バイオポリエチレン バイオPA11,1010
	生分解性プラ	バイオマスプラ

(注) PBAT: ポリブチレンアジペートテレフタレート、
PBS: ポリブチレンサクシネート、
PHBH: 3-ヒドロキシブチレート-co-3-ヒドロキシヘキサノエート重合体、
PET: ポリエチレンテレフタレート、
PA: ポリアミド(ナイロン)
(出所) 日本バイオプラスチック協会資料等より、
みずほ銀行産業調査部作成

【図表 12】 世界の生分解性ポリマーの需要



(出所) IHS Markit より、みずほ銀行産業調査部推計

環境変化に対応する日本企業

日本企業も、環境変化をビジネスチャンスとして捉え、新たな製品開発に取り組んでいる。

三菱ケミカルは、タイの PTTGC と合併で PBS を生産

三菱ケミカルは、タイ総合石油化学の PTT Global Chemical との合併企業で生分解性プラスチックの PBS を展開しており、2016 年よりタイにある年産 2 万トンのプラントで商業生産を開始している。一般的な生分解性プラスチックの中では高い耐熱性を持ち、繊維などとの相溶性も高いという特徴を有している。また、ポリ乳酸の改質剤としても使用される。原料のうち、約 60%分(コハク酸)を植物由来に切り替えており、今後、残り約 40%分(1,4 ブタンジオール)も植物由来へ転換した 100%バイオマス資源由来の製品を量産する方針である。

カネカは海洋生分解性に優れた PHBH を生産

また、カネカは、生分解性プラスチックの PHBH を製造している。他の生分解性プラスチックと比べて海洋中でも生分解が進みやすい特徴を持ち、2017 年 9 月には、民間認証団体から海水中で生分解するとの認証(30℃の海水中で 6 カ月以内に 90%生分解する等)を取得している。既にパイロットプラントの大型化を発表しており、約 25 億円を投資して生産能力を約 1 千トン/年から 5 千

トン/年へ増強し、2019年12月までに稼働させる計画である。さらに、2万トン/年規模の商業化プラント建設の検討も開始している。

②紙素材

機能性を付加した紙素材にも注目

次に、紙・パルプ企業の製品開発動向にも注目が集まる。プラスチック製ストローやレジ袋に対して紙ストローや紙袋での代替が想定されることに加え、紙・パルプ企業各社は機能性を付加した新素材によるプラスチック代替も狙っている。

日本製紙は、バリア性や保香性に優れた製品を開発

日本製紙は、酸素・水蒸気バリア性や保香性に優れた素材「シールドプラス」を開発し、既にシリアル等の食品包装用途で採用されている。木質素材100%からなる基材に製紙用水系塗工技術を活用したバリア塗工層を付与してバリア性を高めており、今後は軟包装や紙コップ、紙器等、各種包装への展開も検討している。また、2018年7月に紙化ソリューション推進室を設置し、「紙でできることは紙で」をコンセプトに紙素材製品のマーケティング強化を図っている。

王子HDは、プラスチック代替製品の研究開発を進める

紙・パルプ業界首位の王子ホールディングスは、2018年4月にイノベーション推進本部パッケージング推進センターを設置し、プラスチック代替製品の研究開発を積極的に進めている。生分解性プラスチックとパルプを複合化させたペレットの他、酸素・水蒸気バリア性に優れた食品包装紙、製紙ストロー原紙、紙製蓋も開発している。

③その他素材

石灰石ベースの新素材製造企業に大手企業が出資

その他注目される新素材としては、ベンチャー企業のTBMが製造する、石灰石を主原料としてプラスチックと混合する事でプラスチックの使用量を抑えた素材「LIMEX」がある。2018年には、伊藤忠商事や、大日本印刷、凸版印刷等が同社へ出資している。また、大日本印刷や凸版印刷等の印刷会社・コンバーターは、リサイクル性を高める単一素材(モノマテリアル)の軟包装製品開発や植物由来原料のインキ使用にも取り組んでおり、素材企業にとって重要な協業相手となろう。

④代替素材の普及に向けた課題

各種代替素材は経済性がネック

開発が進む各種代替素材であるが、化石資源由来の汎用プラスチックと比べるとコストは数倍となり、ユーザーにとっては経済性がネックとなる。コスト低減のためには販売数量の増加によって規模の経済性を働かせる必要があるが、ユーザー産業とのすり合わせには時間を要し、用途開発は一朝一夕には進まない。また、原料コストのようにコスト低減が困難な要素もあり、経済性を担保するのは容易ではない。

イノベーションによる新たなビジネス創出に期待

経済性以外にも、様々な課題が山積している(【図表13】)。機能性をどう担保するかという、より初期的な課題もある。機能性を補完するためには、素材企業間の連携も欠かせない。その他にも、リサイクル性向上、原材料の安定調達、適切な情報発信によるユーザーや市民の認識向上等、残された課題は多い。しかし、これまで3Rに先進的に取り組んできた日本としては、これをイノベーションの機会として捉え、新たなビジネス創出を図っていくべきであろう。

【図表 13】代替素材の主な課題

代替素材	従来のプラスチック代替として想定される課題(コストを除く)
生分解性プラスチック	・コンポスト(堆肥)化処理制度の整備、設備の普及 ・適切な情報発信によるユーザー・市民の認識向上 (製品によって生分解性が異なり、海洋中では生分解しづらいものもある等) ・海洋での生分解性評価方法の確立
バイオマスプラスチック	・植物資源の安定調達(食糧用途との競合等) ・リサイクル性の向上
紙素材	・機能性(耐水性、バリア性、強度等)の補完
その他新素材	・素材によって異なる(リサイクル性の向上、製品の安定供給等)

(出所) みずほ銀行産業調査部作成

3. ASEAN における企業動向と課題

プラスチックリサイクルや代替素材は日本以外でも事業機会に

使い捨てプラスチックの削減や廃プラ規制は世界各国の問題として認識されており、上述したプラスチックリサイクル事業や代替素材の販売は日本以外でもビジネスチャンスとなり得る。本節では、日本産業の今後の戦略を考察する上で、廃プラ問題への対応が喫緊の課題となっている ASEAN の動向を見てみたい。

ASEAN 各国でも、廃プラ問題への対策が進む

米ジョージア大学の J.R.Jambeck 教授らの調査によると、海洋プラスチックごみ発生量が多い上位 10 カ国のうち 5 カ国が ASEAN の国とされる(【図表 14】)。ASEAN 各国で廃プラを始めとする廃棄物が適切に処理されていない背景には、①急速な都市化の進展や生活水準の向上に廃棄物処理のインフラ整備が追いついていないこと、②関連法規制の整備も不十分なことなどが挙げられる。廃プラ問題に対する国際的潮流を受けて、各国政府は廃プラ問題への取り組みを加速させている(【図表 15】)。2019 年 6 月には、バンコクで開催された ASEAN 首脳会議において、海洋ごみの削減をうたった「バンコク宣言」が採択された。

【図表 14】海洋に流出したプラスチックごみ発生量ランキング(2010 年推計)

順位	国名	不法投棄プラ推定 (百万トン/年)	不法投棄プラ 世界シェア(%)	海洋廃棄プラ発生量 (百万トン/年)
1	中国	8.82	27.7	1.32-3.53
2	インドネシア	3.22	10.1	0.48-1.29
3	フィリピン	1.88	5.9	0.28-0.75
4	ベトナム	1.83	5.8	0.28-0.73
5	スリランカ	1.59	5.0	0.24-0.64
6	タイ	1.03	3.2	0.15-0.41
7	エジプト	0.97	3.0	0.15-0.39
8	マレーシア	0.94	2.9	0.14-0.37
9	ナイジェリア	0.85	2.7	0.13-0.34
10	バングラデシュ	0.79	2.5	0.12-0.31

(注) ハイライト箇所は ASEAN の国

(出所) Jenna R. Jambeck, Roland Geyer, Chris Wilcox, Theodore R. Siegler, Miriam Perryman, Anthony Andrady, Ramani Narayan, Kara Lavender Law, Plastic waste inputs from land into the ocean, *Science*, 347, 2015, pp. 768-771 より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 15】ASEAN 各国の主な規制内容

国名	主な規制内容
タイ	・2019年4月、政府が2030年までのプラごみ処理のロードマップの草案を承認 ・2022年までに使い捨てプラカップやストロー、厚さ36ミクロン以下のレジ袋などの使用を段階的に禁止 ・2027年にはプラスチックごみのリサイクル率を100%に
マレーシア	・2019年1月、2030年までの使い捨てプラゼロに向けたロードマップを策定 ・「基本ストローなし」の取り組み、レジ袋への公害手数料課税、生分解性プラの利用拡大
インドネシア	・2017年から2025年までに海洋プラごみの流出を70%削減する方針 ・地方政府を中心に使い捨てレジ袋の使用禁止を条例で制定する動きが加速
フィリピン	・プラ製ストローやレジ袋の使用を禁止する法案について、議会で審議開始
ベトナム	・2020年までに、従来のビニール袋類の使用を2010年対比65%削減する目標 ・2026年からは、自然分解しにくい従来のビニール袋の生産を全面的に禁止する方針

(出所) 各種公表資料より、みずほ銀行産業調査部作成

タイ大手化学企業は、積極的に廃プラ問題へ取り組んでいる

ASEAN 諸国の中でも、タイについては、政府が策定するロードマップ等の政策だけでなく、化学産業での取り組みも注目されている。タイは、ASEAN 最大の化学品生産能力を有し、複数の日系・欧米系化学企業が進出しているほか、ASEAN を代表する大手化学企業が存在しており、廃プラ問題に対して民間レベルで様々な取り組みが行われている。以下では、タイ大手化学企業の主な取り組みを紹介したい。

PTTGC は、マテリアルリサイクル工場を 2020 年末に建設する計画

前述のとおり、PTT Global Chemical は、タイにおいて三菱ケミカルとの合弁企業で生分解性プラスチックの PBS を生産しているほか、使用済み PET 製品や PE 製品のマテリアルリサイクルにも積極的に取り組む方針であり、2020 年末にかけてオーストラリア企業との協業で PET と PE のリサイクル工場を建設する計画である。当初の処理能力は年産 5 万トン进行予定しており、PET が 3 万 5,000 トン、PE が 1 万 5,000 トンとなっている。また、同社のバイオケミカル子会社である Global Green Chemicals は、サトウキビを原料とするバイオコンプレックス(バイオ燃料製造やバイオマス発電、化学素材開発等を行う複合工場設備)を 2021 年に立ち上げる計画であり、2023 年までに PE ベースの使い捨てレジ袋を全廃する目標を掲げている。

SCG Chemicals は、廃プラを使用した道路舗装材を提供

次に、廃プラ問題を解決するための国際的アライアンスである AEPW (Alliance to End Plastic Waste) にタイ企業として唯一参画している SCG Chemicals は、ダウ・ケミカルと共同で廃プラを使用した道路舗装材を提供するなどのマテリアルリサイクルに取り組んでいる。また、SCG グループ企業において、産業廃棄物のセメント原・燃料化や産業廃棄物処理発電などの取り組みがなされている。

Indorama は、ケミカルリサイクルの商業生産を予定

PET 樹脂生産世界最大手の Indorama Ventures は、欧州を始め世界各国でプラスチックリサイクル企業を買収し、需要拡大が見込まれるリサイクル PET 事業を強化しており、日本での事業化も検討するとしている。また、これまで取り組んできた使用済み PET ボトルを PET 樹脂やポリエステル繊維などに再生するマテリアルリサイクルに加えて、ケミカルリサイクルにも注力する方針であ

る。2018 年 9 月には、ケミカルリサイクル技術を保有するカナダのスタートアップ企業 Loop Industries と米国に合弁企業を設立し、使用済み PET やポリエステルをテレフタル酸ジメチルやモノエチレングリコールなどのモノマーに戻し、飲料や消費財向けの包装材として利用可能な PET に再生する研究開発を進めており、2020 年の早い段階で商業生産を開始する予定である。

タイにおけるプラリサイクル推進にあたっては根本的な課題が存在

このように、タイにおいては大手化学企業を中心に廃プラ削減に向けた取り組みがなされている。その一方で、タイ政府が掲げるプラスチック削減に向けたロードマップ達成に向けては国を挙げた取り組みが求められるが、タイにおけるプラスチックリサイクル推進に向けた課題は 2 点ある。

①廃プラをはじめとする廃棄物の高度で効率的な回収システムの構築が急務

1 点目は、廃プラをはじめとする廃棄物回収システムの欠如である。タイには、日本のような高度で効率的な現状存在していない。リサイクルの原料とも言うべき廃プラの効率的な収集がタイで廃プラリサイクルを推進していく上での最大の課題であると言える。タイ大手化学企業は独自に廃プラの回収を行っており、また民間の回収業者も一部存在するものの、一企業としての取り組みには限界がある。ロードマップ達成に向けては、国家レベルで大量の廃プラを効率的に収集する回収インフラの構築が急務であるが、コスト負担の主体を誰にするのかなど解決すべき点は多い。

②リサイクルに対する国民の意識向上を図るべく、幼少期からの教育が求められる

2 点目は、リサイクルに対する国民の意識の低さである。タイではごみの分別がほとんどなされていない上、ポイ捨ても多いのが実情である。前述した海洋プラスチックごみ発生量ランキングにおいてタイは第 6 位となっているが、その多くは陸上から流れ出た廃プラである。タイ大手化学企業は、循環経済に関する大規模なシンポジウムを定期的で開催したり、使用済み PET ボトルから再生した衣類を用いたファッションショーを開催したりするなど、積極的に啓蒙活動を行っている。また、タイの小売・商業施設大手企業である The Mall Group が同グループの全施設を対象として、2019 年 7 月よりレジ袋の有料化を開始し、廃プラの削減と国民の環境意識向上を図っている。タイのプラユット首相も国民にレジ袋の利用削減を呼びかけるなど、国を挙げて国民の意識改革に取り組む姿勢がみられるが、幼少期からの教育を徹底するなど、より一層の国民教育が求められよう。

ASEAN 諸国では廃棄物回収等のインフラ面の整備が重要

こうした課題は、他の多くの ASEAN 諸国にも共通しており、ビジネス展開を検討する上では、廃棄物回収等のインフラ面の整備が重要となろう。その上で、海外企業は、リサイクルの事業展開や、代替素材の販売、地場企業との協業の可能性等についても検討することになろう。以上を踏まえ、次節では日本企業が進むべき方向性について述べたい。

4. グローバル動向を踏まえた、日本企業が進むべき方向性

廃プラ対策をビジネス展開として捉えることが重要

日本産業にとって、廃プラ対策をサステナブルな活動として進めるためには、単なる社会貢献活動ではなく、ビジネス展開として捉えることが重要であり、実際、海外ではそうした動きが見え始めている。

循環経済の枠組みで、産業政策、規制作りが進行

EU では、循環経済の枠組みの中で、プラスチック規制に対する動きが加速している。2015 年 12 月に「Circular Economy Package」が発表され、プラスチックが優先分野の一つとして示された。これに基づき、2018 年 1 月には「欧州プ

ラスチック戦略」が発表され、①新たな投資・雇用の機会を創出、②2030 年までに EU 市場におけるすべてのプラスチック容器包装をリサイクル可能にする、③使い捨てプラスチック製品の削減、④海洋汚染対策としてのマイクロプラスチックの使用規制などが示された。このプラスチック戦略に基づき、2018 年から 2019 年にかけて、使い捨てプラスチック削減に関する EU 指令が、EU 各合議体(欧州委員会、欧州議会、閣僚理事会)で承認された。

循環経済に即した ビジネスモデル 構築

こうしたプラスチック規制を受けて、グローバルブランドオーナーによる環境配慮型素材採用の取り組みが加速している。Unilever は、「2025 年までに自社製品のプラスチック製容器包装をリサイクルまたはリユースできるものか、コンポスト化できるものにする。さらに、使用するプラスチックの 25%以上を再生材に切り替える」としている。また、Nestle も「2025 年までにプラスチックを含むすべての包装材料をリサイクルまたはリユース可能なものにする」としている。こうしたユーザー産業の目標は、成形加工企業、素材企業への要求に繋がっており、サプライヤーも、循環経済に即したビジネスモデル構築に動き始めている。以下、具体例を示したい。

BASF は、自社統 合工場で廃プラ リサイクルプロジ ェクトを推進

独化学大手 BASF は、生分解性プラスチック「エコフレックス」やポリ乳酸と複合化した「エコバイオ」の用途展開を積極的に行っており、生産能力を合計 7 万 4 千トン/年まで増強している。また、ケミカルリサイクル技術を用いた、「ChemCycling プロジェクト」を推進しており、2018 年 10 月には、実際に自社フェアブント(統合生産拠点)にて廃プラ原料を投入して油化し、基礎化学品を製造している。ケミカルリサイクルにより、複合素材のプラスチックや未洗浄のプラスチックなど、現在は再生利用されていない廃プラを再利用することを目指している。

Veolia は、買収や、 ブランドオーナー との提携を強化

また、Veolia は、プラスチックリサイクル会社の買収を進めると共に、Unilever と提携して使用済包装の回収・リサイクルのプロセス導入と事業モデル化を進める方針であり、まずはインドやインドネシアからスタートさせる。

循環型バリュー チェーン構築の ため、周辺企業と の連携が不可欠

こうした事例を見ると、動脈企業が循環型バリューチェーンを構築していくためには、自社のみの展開には限界があり、廃棄物管理会社や、包装材料メーカー等との連携が不可欠であると考えられる。例えば、ケミカルリサイクルに関しては、2019 年 3 月に、ベンチャー企業 4 社(英 Plastic Energy、英 ReNew ELP、瑞 gr3n、蘭 Ioniqa Technologies)によるケミカルリサイクルを推進する業界団体「Chemical Recycling Europe」が設立された。ベンチャー企業間での協力を強めるとともに、参画企業は、Unilever や、コカコーラといったグローバルブランドオーナーとの協業によるプロジェクトを行っている。こうした既存の枠組みを超えて新たな産業育成に取り組むために、バリューチェーンを捉えた企業間の連携が必要となろう。

EU 主導という世 界情勢を踏まえ た、日本企業の 進むべき方向性

上述のように、EU のプラスチック戦略や規制は、産業政策としての側面を併せ持っていると思われ、今後は EU によるグローバルルールメイキングの動き、EU 企業によるアジア地域等へのアプローチが加速するだろう。こうした世界情勢を踏まえて、今後、日本企業が進むべき方向性として 3 点述べたい。

①世界に先駆け た代替素材の用 途開発

1 点目は、素材企業とユーザー企業とのすり合わせや素材企業間の連携による、世界に先駆けた代替素材の用途開発である(【図表 16】)。上述のように、代替素材には課題が残されており、短期的に採用される用途は、カトラリーやストロー、レジ袋といった、機能性の要求水準が比較的低く、かつ各国の規制

対象となるような使い捨てプラスチック製品が中心となろう。他方、中長期的に市場規模の大きい容器・包装用途等での採用拡大を狙うためには、さらなる研究開発が必要となることから、代替素材製品による市場形成には懐疑的な意見もある。しかし、日本企業には、世界で初めて自動車用部品にバイオプラスチックのポリ乳酸を採用⁸し、世界で初めて飲料用 PET ボトルキャップの一部(30%分)にバイオプラスチックを採用⁹した実績がある。今後、日本の強みである素材企業とユーザー企業の緊密なすり合わせによって、世界に先駆けて用途開発を進めることが期待される。また、日本は高い技術を有した化学や紙・パルプといった素材メーカーや成形加工メーカーが集積しており、複数の素材を組み合わせて機能補完する、あるいは精密な加工技術で補完する、といったことが可能な素地が備わっている。

使用後の処理方法を含めた、+αによる付加価値提案を

また、今後はエンドユーザーの使用後の処理方法を含めた+αの付加価値提案が求められよう。具体的には、易リサイクル性の向上や、処理時の環境負荷低減といった発想が必要となる。更には、規制対応を中心とした機能性要求が低い分野での代替素材開発にとどまらず、将来的には自動車等の分野でも環境負荷の低い製品を生み出し、新しい価値を世界に提示するチャンスとするべきである。

②廃棄物回収やリサイクル技術を用いたソリューションの海外展開

2 点目に、日本が保有する廃棄物回収やリサイクル技術を用いたアジア等海外へのソリューション展開である。現に、日本の化学産業においては、主要化学企業や化学業界団体が、2018 年 9 月に「海洋プラスチック問題対応協議会」を設立し、海洋プラスチックごみ問題に関する情報分析・発信、科学的知見の蓄積を行うとともに、アジア新興国における廃プラ管理の向上支援を行うこと等を計画している。例えば、ASEAN 諸国の環境政策担当者に日本の廃プラ管理のノウハウや、廃プラの発生量や回収量を把握するための統計手法を伝授する予定である。こうした取り組みは、ASEAN 諸国における環境インフラの整備や、廃プラの循環利用の促進に貢献しよう。

日本の持つノウハウ・システム

過去を振り返ると、日本も経済発展とともに、廃棄物による環境汚染や、最終処分場の不足といった問題が発生した。しかし、廃棄物量の抑制や、分別の細分化、衛生的かつ効率的な収集・リサイクルシステムを構築し、課題を解決してきた歴史を持つ。また、サーマルリサイクルにおいては、高度な公害防止能力と高効率発電能力を併せ持ったごみ焼却発電の建設・運営実績を有している。経済発展が続く新興国に対しては、こうした日本の持つノウハウ・システムを活用してもらう取り組みが非常に重要である。

サーマルリサイクルの技術・システムを世界に認知させる取り組みが必要

例えば、タイでは年間 200 万トン以上の廃プラを排出しており、生活水準の向上に伴って、さらにプラスチック使用量は増加すると予想される。タイ政府は、使い捨てストローやプラスチックカップなどの使用を 2022 年までに段階的に廃止する目標を掲げるなど、規制導入を検討している他、プラスチックのマテリアルリサイクル、代替素材開発も重要なテーマとして取り組む方針である。しかし、タイのみならず、こうした取り組みはまだ緒についたばかりであり、技術や社会システムが確立するには時間を要する。その間の現実解として、サーマルリサイクルの技術・システムを、世界に認知させる取り組みが必要となろう。

⁸ トヨタ自動車が、2003 年 5 月発売のラウムのスペアタイヤカバーとフロアマットに、自動車用部品として世界で初めてポリ乳酸を原料として使用したプラスチックを採用(トヨタ自動車株式会社プレスリリース、2003 年 05 月 12 日)。

⁹ サントリー食品インターナショナルが、植物由来原料を世界で初めて 30%使用した飲料用 PET ボトルキャップを 2016 年に導入(サントリー食品インターナショナル株式会社プレスリリース、2016 年 1 月 8 日)。

求められる官民連携による技術・ノウハウのパッケージ輸出

但し、欧米の競合企業には、上述した Veolia や仏 Suez、米 Waste Management といった静脈産業メジャーが存在する。他方、日本の廃棄物処理・リサイクル事業者は各工程で細分化しているケースが多く、自社リソースのみでは海外展開が難しい企業も多い。こうした企業との競合において、日本企業は、ごみ管理ノウハウを含めて官民連携での受注獲得を目指すべきである。民間企業では、プラントメーカーや商社が中心的役割となろう。日本政府には、各事業体の技術・ノウハウのパッケージ輸出支援が一層求められる。

③協業によるミッシングパーツ補完

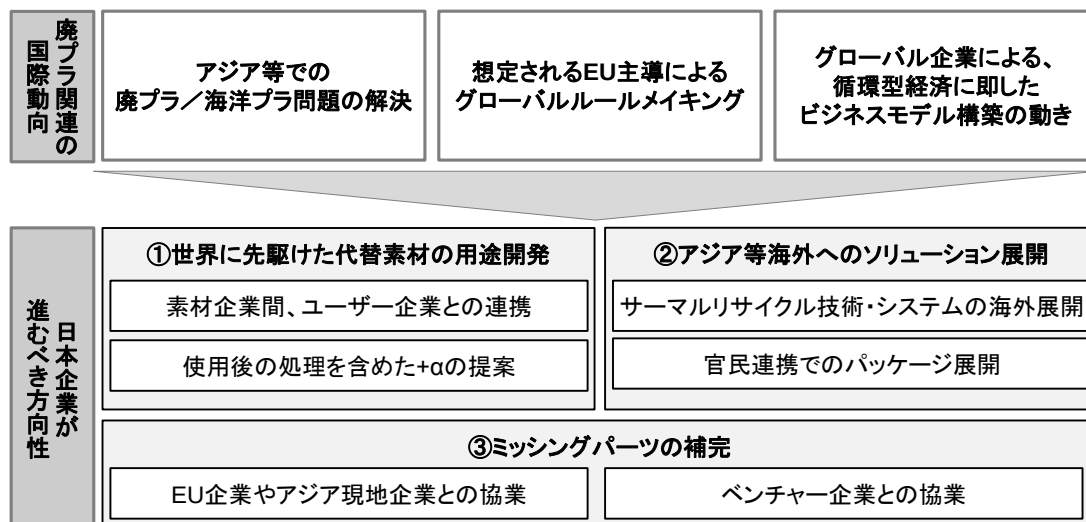
3 点目に、海外企業やベンチャー企業との協業による技術や原料安定調達等のミッシングパーツの補完である。各国で求める制度や技術は異なることから、プラスチックリサイクルや代替素材への関心が高いタイ大手化学企業のような地場企業や、アジア市場参入を図る EU 企業とのパートナーシップも有力な選択肢となろう。特に、化学や紙・パルプといった日本の素材メーカーはアジアでの豊富な事業展開実績を有しており、こうした経験を活かして現地企業と協業を行うことも効果的であろう。

大企業とベンチャー企業との協業による新たな市場創造

さらには、新たな市場創造に向けて、大企業とベンチャー企業との組み合わせも重要となろう。前述した、日本環境設計や、TBM など、素材産業ベンチャーの技術導入が期待されるほか、新たなビジネスモデルの構築を目指すベンチャー企業との協業も注目される。米国の環境ベンチャーである Terra Cycle は、大手消費財メーカーとパートナーシップを組み、リサイクル困難なプラスチック製の個別製品・容器を回収し、原料や製品としてリサイクルする事業を展開している。また、ガラスや金属製の耐久性のある容器を回収・再利用するサービス「Loop」を提供しており、日本においても、米 P&G 日本法人やサントリー、キリンホールディングスなどの食品・日用品大手と連携し、2020 年に同様のサービスを開始する予定である。リサイクルにおいては、原材料になる廃プラ調達の安定化や、再利用する容器包装の回収効率化が重要であり、こうしたベンチャー企業との協業によるミッシングパーツの補完も期待されよう。

以上のように、廃プラ対策をビジネスチャンスとして捉え、新たな市場を創造することを、日本企業には期待したい。

【図表 16】日本企業が進むべき方向性



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

みずほ銀行産業調査部

素材チーム 金本 兌基

アジア室 平野 恭広

taiki.kanemoto@mizuho-bk.co.jp

【参考文献一覧】

3. 浮体式洋上風力発電の導入拡大に伴う 浮体サプライヤーの新たなビジネス機会

資源エネルギー庁 (<https://www.enecho.meti.go.jp>)
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
(<https://www.nedo.go.jp/>)
環境省 (<http://www.env.go.jp/index.html>)
公益財団法人自然エネルギー財団 (<https://www.renewable-ei.org/>)
一般社団法人日本風力発電協会 (<http://jwpa.jp/>)
戸田建設株式会社 (<https://www.toda.co.jp/>)
日立造船株式会社 (<https://www.hitachizosen.co.jp>)
ジャパン マリンユナイテッド株式会社 (<https://www.jmuc.co.jp>)
三菱造船株式会社 (<http://www.msb.mhi.co.jp/>)
福島洋上風力コンソーシアム (<http://www.fukushima-forward.jp/>)
WindEurope (<https://windeurope.org/>)
Equinor ASA (<https://www.equinor.com/en/about-us.html>)
IDEOL (<https://www.equinor.com/en/about-us.html>)
Global Wind Energy Council (<https://gwec.net/>)
Scottish Renewables (<https://www.scottishrenewables.com/>)

4. 再生可能ガス活用によるガス事業の低炭素化

資源エネルギー庁 (<https://www.enecho.meti.go.jp>)
Engie S.A. (<https://www.engie.com/en/>)
European Biogas Association (<http://european-biogas.eu/>)
IEA, *World Energy Outlook 2018*

5. 食料資源を取り巻く環境変化と新たな取り組みとしての代替食・植物工場

FAO, *The future of food and agriculture – Trends and challenges*
FAO, *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*

8. 車載用 LiB リサイクルは日本企業にとってビジネスチャンスになるか

富士経済「エネルギー・二次電池・材料の将来展望 2018」
富士経済「2017 電池関連市場実態調査 下巻」
日本ロジスティクスシステム協会「2018 年度 物流コスト調査報告書」
経済産業省「H24 年 レアメタルリサイクルコストの経済性に伴う分析」
資源エネルギー庁「H31 年 鉱物資源政策勉強会検討のための基礎情報」
JOGMEC「2018 ニッケル市場の構造と動向」
ニッケル協会「2019 Battery Recycle ver.2」
日本自動車工業会「JAMAGAZINE 2018 年 9 月号」、「JAMAGAZINE 2016 年 3 月号」、「2018 次世代車の適正処理・再資源化の取組状況」
フォーイン「日本自動車調査月報 No.241 2019.4」

9. 廃プラ規制がもたらすビジネスチャンス ープラスチックリサイクル・代替素材開発ー

一般社団法人プラスチック循環利用協会「プラスチックリサイクルの基礎知識 2018」(2018)

©2019 株式会社みずほ銀行

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引の勧誘を目的としたものではありません。本資料は、弊行が信頼に足り且つ正確であると判断した情報に基づき作成されておりますが、弊行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しては、貴社ご自身の判断にてなされますよう、また必要な場合は、弁護士、会計士、税理士等にご相談のうえお取り扱い下さいますようお願い申し上げます。

本資料の一部または全部を、①複写、写真複写、あるいはその他如何なる手段において複製すること、②弊行の書面による許可なくして再配布することを禁じます。

