インフラ海外展開懇談会
中間取りまとめ

参考資料

令和２年５月

（１）エネルギーインフラ輸出を取り巻く社会情勢

社会情勢Ⅰ　増大・多様化する市場

社会情勢Ⅱ　地球規模課題

社会情勢Ⅲ　国際動向

（２）日本による貢献の姿について

議題Ⅰ　拡大する再エネ市場とそれに伴う系統の柔軟性確保ニーズにどう対応すべきか

議題Ⅱ　各国の事情に応じたSDGs達成をどうサポートすべきか

議題Ⅲ　新たなソリューション型ビジネスや革新的技術をどうリードすべきか

（１）エネルギーインフラ輸出を取り巻く社会情勢

社会情勢Ⅰ　増大・多様化する市場

社会情勢Ⅱ　地球規模課題

社会情勢Ⅲ　国際動向

（２）日本による貢献の姿について

議題Ⅰ　拡大する再エネ市場とそれに伴う系統の柔軟性確保ニーズにどう対応すべきか

議題Ⅱ　各国の事情に応じたSDGs達成をどうサポートすべきか

議題Ⅲ　新たなソリューション型ビジネスや革新的技術をどうリードすべきか

社会情勢Ⅰ　増大・多様化する市場(1)　エネルギー需要の拡大

- 人口増加・経済成長に伴い、**世界のエネルギー需要は今後も拡大**。
- 世界のエネルギー需要拡大を**牽引する中心はアジア太平洋地域へ**（需要増の**７割が集中**）。
- 脱炭素化に向け、**世界全体で再エネシフト**が進む見込み。

特に、アジア太平洋地域では、2030年までに北米を上回る需要が新たに、2040年までには欧州の2倍程度の需要が新たに生まれ▽再エネ(水力除く)の割合は8%⇒29%に急拡大▽化石燃料の割合は相対的に減少するも約5割を占める。

（出所）IEA“World Energy Outlook2019” Stated Policies Scenario

社会情勢Ⅰ　増大・多様化する市場(2)　アジア太平洋地域

- アジア太平洋地域でも**再エネシフトは急ピッチ**で進む。
- 一方で人口増等により**電力需要も急拡大**。**化石燃料も、供給を支える重要な電源として活用**しつつ、**脱炭素化を進めていく**。

（出所）IEA“World Energy Outlook2019”
Stated Policies Scenario
インドネシア、ベトナム、タイはIEEJ Outlook 2020より

社会情勢I　増大・多様化する市場 (3)　電源導入見込み①

- 発電容量ベースでは、アメリカ・EUにおいて化石燃料発電設備が減少することを除き、あらゆる電源が増加傾向。特に、太陽光・風力等の**再エネ設備が大幅に拡大。**
- アジア等の新興国は、再エネ・化石燃料等多様なエネルギー源を活用し電力需要の増大に対応するため、**ガス・石炭火力を今後も拡張するニーズが底堅く存在**。これらの電源は設備稼働率が高く、発電電力量ベースでみるとその割合が増加し供給を支える。

2040年までの変化 (地域別・発電容量 GW、2018年比)

2040年までの変化 (地域別・発電電力量 TWh、2018年比)

（ASEANについて、p.8に詳細）

(出所)IEA “World Energy Outlook2019” (Stated Policies Scenario)（注: 電源種別の積み上げで合計値を算出しているため、IEAのレポートに記載のある合計値とは異なる場合がある。）

社会情勢I　増大・多様化する市場 (3)　電源導入見込み②

- IEAの持続可能な開発シナリオでは、太陽光・風力の割合を更に拡大させるとともに、石炭火力発電については、新規で建設される設備と廃止になる設備の合計で、発電容量・発電電力量ともに削減するシナリオを想定。

2040年までの変化 (地域別・発電容量 GW、2018年比)

（ASEANについては、p.8に詳細）

2040年までの変化 (地域別・発電電力量 TWh、2018年比)

（出所）IEA “World Energy Outlook2019” (Sustainable Development Scenario)（注: 電源種別の積み上げで合計値を算出しているため、IEAのレポートに記載のある合計値とは異なる場合がある。）

（参考）新型コロナウイルスの影響下におけるエネルギーの重要性

- 経済活動の停滞により、2020年の世界の電力需要は大きく減少する見込みだが、医療活動やオンライン経済活動を維持する上で、**電力の安定供給が不可欠であると再認識。**
- 再エネの普及拡大による電力アクセスの改善がより一層期待されるとともに、新興国をはじめとし財政悪化の可能性も懸念される中、化石燃料などの安価な電力供給を新興国が志向する可能性がある。環境社会に配慮しつつ、**信頼性のある電力インフラの整備を引き続き進めていく必要**がある。

- コロナウイルスの危機によって引き起こされた大きな混乱は、**現代社会がどれだけ電気に依存しているかを強調**。
- アフリカでは、何億人もの人々が**電気にアクセスできずに生活しており、病気やその他の危険に対してはるかに脆弱**。
- コロナウイルス危機によって、**電力関係のインフラやノウハウの持つ重要な価値が明確に示された**。
- **クリーン・エネルギー技術の台頭で将来の電力システムが変化した場合においても、その信頼性を維持するために政策立案者が何をすべきか等について極めて重要な示唆**をもたらした。

– IEA ビロル事務局長

緊急時、安定した電力供給は必要不可欠

新型コロナウイルスの重症患者が使用する人工呼吸器は、電源に繋いで稼働しており、医療機関への電力供給が止まると患者の命が守られない（予備電源もあるが、容量は半日ほど）。

また、現在リモートワーク等も進んでいるため、一般家庭への安定的な電力供給も経済活動を支えるために必要不可欠。

新型コロナ対策として、再エネの普及拡大による電力アクセス向上も

2020年4月16日、アディスアベバにおいて、アフリカ連合委員会（AUC）と国際再生可能エネルギー機関（IRENA）は、アフリカの新型コロナウィルスへの対応を強化するために、大陸全体で再生可能エネルギーを前進させるために緊密に協力することに合意。

（出所）IEA　HP “The coronavirus crisis reminds us that electricity is more indispensable than ever”
IRENA HP “Renewable energy solutions will provide fast response to the global coronavirus pandemic and build more resilient energy systems.”

（参考）ASEANにおける2040年までの電源導入見通し（IEA）

- ASEANの電源導入について、新規設備の追加と既存設備の廃止の分まで細分化してみた場合、公表政策シナリオでは、石炭火力・ガス火力が、太陽光・風力と同水準以上、建設されることとなる。
- 一方、持続可能な開発シナリオでは、**40GW程度の既設石炭火力の廃止が見込まれるが、2040年までに、USC、IGCC等の高効率石炭火力の新設や、負荷追従型への改修、CCUS技術の適用が求められる**とされている。

ASEANにおける電源導入見通し（2040年までの追加・廃止電源）

＜公表政策シナリオ＞

＜持続可能な開発シナリオ＞

（出所）IEA, Southeast Asia Energy Outlook 2019

社会情勢Ⅰ　増大・多様化する市場(4)　資源ポテンシャル（化石燃料）

- 各国における電源構成の選択の背景には、**資源の偏在性やエネルギー安全保障、コストの観点等が影響**を及ぼしている。
  - 天然ガスは、地政学的リスクが相対的に低く、温室効果ガスの排出も少ない資源。
  - 石炭は、可採年数が長く、先進国を含む世界各地にバランス良く存在し、国際政治情勢に左右されにくい資源。

可採年数

地域別資源埋蔵量

※石炭には褐炭、天然ガス・石油にはシェールを含む
出所；BP統計2019

＜天然ガス産出国の例＞

インドネシア

- ガスの産出国であるが、ガス需給の逼迫に伴い、LNG関連インフラを整備し輸入を推進するとともに、国産ガスの利活用も進めている。
- 2028年までに導入計画中のガス火力（＋12GW）の8割が、電力需要が今後伸びると予想されているスマトラ島や島嶼部で、小型設備が中心。

インドネシアの電源構成（2017年）

出所；IEEJ Outlook 2020

＜石炭産出国の例＞

ポーランド

- 石油と天然ガスの大宗をロシアに依存。
- 長期エネルギー戦略草案において、エネルギー効率改善等とともに、国家エネルギー安全保障を確保する為、陸上風力等の導入量の拡大、原子力の新規導入等と併せて、石炭火力について、低減を図りつつも、2040年時点で褐炭340万kW、石炭763万kWの規模を見込む。2030年の電源構成に占める石炭の割合は56～60%が目標。

ポーランドの電源構成（2018年）

出所；World Energy Balances 2019, IEA

社会情勢Ⅰ　増大･多様化する市場(5)　資源ポテンシャル（太陽光）

- 太陽光の賦存量にも**地域的な偏り**は存在。
  - 中東やアフリカ、豪州内陸のような砂漠地帯では晴天率が高いため年間の日照量が多く、太陽光発電設備の実発電効率（定格出力に対する実発電量）が高い。また、未利用の遊休地が多い為、メガソーラー設置が比較的容易。
  - 他方、アジア太平洋地域では降水量が多く、砂漠地帯と比較すると実発電効率が低い。また、人口密集地域であり、未利用の遊休地が少ない為、メガソーラーの設置場所には限界もあり。

（出所）Global Solar Atlas 2.0 Photovoltaic power potential

社会情勢Ⅰ　増大・多様化する市場(6)　資源ポテンシャル（風力）

- 風力の賦存量にも**地域的な偏り**は存在。
  - 欧州の北海沿岸部では平坦な土地に偏西風が吹くことから、年間を通じて安定的な強い風力エネルギーを得られる。また、北海沿岸部は遠浅の地形の為、着床式洋上風力にも適する。
  - 他方、アジア太平洋地域は、一部の沿岸部を除き、欧州と比較して風速が低く、また、台風等の影響から、年間を通じた安定的な風力エネルギーは得にくい。

（出所）Global Wind Atlas 3.0 Power Density Potential

社会情勢Ⅰ　増大・多様化する市場(7)　国際連系線の状況

- 欧州の送電系統は、**欧州全体で一つの送電網を形成**しており、国・地域間で電力を融通しやすい状況。その中には、原発立地が可能な国、再エネに適した国等があり、域内全体で連系し、電力需給変動を調整することで、化石燃料依存を減らす取組を進めている。
- 他方、例えば、ASEANは、「ASEAN Power Grid」として、国際送電線の整備を進めているものの、現時点では**国・地域ごとの独立性が高い系統**。広域連系が難しい島嶼部もあり。

	発電電力量 (億kWh)	再エネ	水力	原子力	石油	天然ガス	石炭	国際連携線
イギリス	3,355	28%	2%	21%	2%	41%	7%	●(フランス、オランダ、アイルランド)
フランス	5,570	8%	9%	72%	2%	7%	3%	●(イギリス、ドイツ、イタリア等)
ドイツ	6,477	30%	3%	12%	2%	14%	39%	●(フランス、オランダ、ノルウェー、ポーランド、スイス等)
イタリア	2,940	23%	12%	0%	5%	48%	12%	●(フランス、ギリシャ、オーストリア、チェコ等)
スペイン	2,734	25%	7%	21%	6%	23%	17%	●(フランス、ポルトガル、モロッコ)
ポーランド	1,700	13%	2%	0%	1%	6%	78%	●(ドイツ、チェコ、リトアニア等)
ハンガリー	329	10%	1%	49%	1%	24%	16%	●(スロバキア、クロアチア、オーストリア等)
チェコ	859	9%	2%	33%	0%	4%	51%	●(ドイツ、ポーランド、オーストリア、スロバキア)
ウクライナ	1,545	1%	6%	55%	1%	5%	32%	●(ポーランド、ハンガリー、スロバキア等)
ロシア	10,922	0%	17%	19%	1%	47%	16%	●(中国、フィンランド、エストニア等)
トルコ	2,973	10%	20%	0%	1%	37%	33%	●(シリア、ギリシャ、ブルガリア)
サウジアラビア	3,489	0%	0%	0%	36%	64%	0%	●(UAE、クウェート、バーレーン)
南アフリカ	2,507	3%	0%	6%	0%	0%	90%	●(モザンビーク、スワジランド、ボツワナ等)
米国	42,637	10%	7%	20%	1%	31%	31%	●(カナダ、メキシコ)
カナダ	6,583	6%	60%	15%	1%	9%	9%	●(米国)
メキシコ	3,221	6%	10%	3%	12%	59%	10%	●(米国)
ブラジル	5,894	16%	63%	3%	3%	11%	4%	●(アルゼンチン、ベネズエラ、パラグアイ等)
アルゼンチン	1,453	2%	27%	4%	8%	57%	2%	●(ブラジル、ウルグアイ、ペルー等)
日本	10,610	8%	8%	3%	10%	38%	33%	×
韓国	5,627	3%	1%	26%	3%	22%	45%	×
豪州	2,578	9%	6%	0%	2%	20%	63%	×
中国	66,022	8%	18%	4%	0%	3%	68%	●(ロシア、モンゴル、ベトナム、ミャンマー等)
インド	15,322	8%	9%	3%	2%	5%	74%	●(ネパール、ブータン)
インドネシア	2,549	5%	7%	0%	8%	22%	58%	●(マレーシア)
マレーシア	1,645	1%	16%	0%	1%	38%	44%	●(タイ、シンガポール)
ベトナム	1,987	0%	45%	0%	0%	21%	34%	●(中国、ラオス、カンボジア)
世界	256,063	8%	16%	10%	4%	23%	39%	−

（出所）欧州員会、"Loop flows – Final advice"より作成）、(Countries or areas except France, Hungary, and Czech) BP Statistical Review of World Energy 2018.（France, Hungary, Czech) IEA Electricity Information (data in 2015).

社会情勢Ⅰ　増大・多様化する市場(8) 電源種別のコストの推移

- **再エネのコストは大幅な低下**が見込まれる。米国や中国では、2030年代に、太陽光の電源コストが石炭火力の電源コストを下回る。
- 他方、石炭資源が豊富・安価なASEANでは、**石炭火力が当面コスト競争力を有する**見込み。

LCOE：Levelized Cost Of Electricity（均等化発電原価）
建設費や運転維持費、燃料費など発電に必要なコストと利潤などを合計して、運転期間中の想定発電量で割ったもの。

電源別発電コスト（LCOE）　[米ドルセント/kWh]

（出所）
日本エネルギー経済研究所
“IEEJ Outlook2020”

（参考）発電コストの分布　例：ASEAN

- 再エネのコスト低下傾向は顕著だが、風況・日照等の自然条件や地理的条件に左右されるため、**コスト帯に概して幅あり**。

ASEANにおける各種電源のコスト帯分析

（出所）自然エネルギー財団 Renewable Energy to Replace Coal Power in Southeast Asia（BloombergNEFによるデータ）

（参考）自然変動再エネの導入拡大とそれに応じた系統の柔軟性確保

- IEAによれば、自然変動再エネ（太陽光・風力）の**発電電力量シェアに応じて系統側の対応には段階的なフェーズ**が存在し、**シェアが概ね10%を超える断面から、系統の柔軟性確保が重要なフェーズに入る**と分析している。
- 例えば、東南アジア全体では、2018年時点で変動再エネのシェアは１%程度であり、今後、再エネの急拡大と電力需要の拡大に直面すると、先進国より短期間でフェーズがシフトし、調整力や系統投資の必要性が顕在化すると見込まれる。

系統側の対応のフェーズ

フェーズ	系統側の状況・必要な対策
6	変動再エネの余剰電力を合成燃料や水素等の形で季節間で貯蔵することも必要。
5	変動再エネの余剰電力を吸収するために運輸や暖房等の電化を進めることが有効。
4	特定の期間における変動再エネの割合が増え、より安定的な系統運用が求められる。
3	需給バランスの大きな変動に対応するため系統の柔軟性が重要となる。
2	需給ギャップが現れ始めるが、系統への影響は大きくない。
1	系統に顕著な影響はない。

変動再エネのシェア
高
低

（出所）IEA “Status of Power System Transformation 2019”

各国の変動再エネ比率とIEAによるフェーズ分類

IEAでは、変動再エネの発電シェアが、概ね10%を超えるとフェーズ３以上と分類。
フェーズ３以上では、系統の柔軟性確保が重要となり、系統の柔軟性確保のための追加投資（系統増強、予備力、蓄電池、デマンドレスポンス等）が必要になると分析している。

Phase 1 - No relevant impact on system
Phase 2 - Minor to moderate impact on system operation
Phase 3 - VRE determines the operation pattern of the system
Phase 4 - VRE makes up almost all generation in some periods

（出所）IEA “ASEAN Renewable Energy Integration Analysis”

社会情勢Ⅰ　増大・多様化する市場(9)　エネルギービジネスの多様化

- 先進国・新興国を問わず、**エネルギーインフラのビジネスの多様化**が進んでいる。
  - ・デジタル等の新技術の活用
  - ・分散型システムの拡がり（未電化地域におけるミニグリッド・オフグリッド等含む）
  - ・既存設備の刷新
  - ・ベンチャーも含めた現地企業とのパートナーシップ

エネルギー関連ビジネスの投資トレンド

エネルギー業界のリーダーは、エネルギー革命を牽引する「デジタル化」、「脱炭素化」、「分散化」のトレンドを認識しなければならない

Christoph Frei,
Secretary General of
the World Energy Council

エネルギーセクターにおけるデジタル化ペースは加速している。エネルギー企業によるデジタル技術への投資も、ここ数年急激に増加した

International
Energy Agency

新たな技術が登場する中、我々は立ち止まっているわけにはいかない。デジタル化に留まらず、文化自体にも変革が訪れている。

Bob Yeager,
President of Emerson's Power
& Water Solutions business

ミニグリッド・オフグリッドについて

インド、ミャンマー、アフリカ諸国等の未電化地域では、大規模電源のかわりに、小規模再エネと蓄電池、IT等を組み合わせて、地域に電力を供給する、新たビジネス形態の拡大が見込まれる。

ルワンダ、ケニア等

- 2019年8月、三菱商事が、分散電源事業を展開する英国BBOXX社に出資参画。
- アフリカを中心とした12カ国の未電化地域で、太陽光発電や蓄電池を組み合わせた分散型電源による電力供給を手掛ける。

タンザニア

- 2018年8月、丸紅が、地域密着型電源事業を手掛けるWASSHA社へ出資。
- キオスク（小売店）に太陽光パネルを設置し、LEDランタンの充電・レンタルサービス等を行う。

Marubeni　DBJ　UTEC　JICA

出資 → WASSHA

（代表企業のみ記載）

社会情勢Ⅱ　地球規模課題(1) SDGｓ・エネルギーアクセスの課題

- 持続可能な開発目標(SDGs)では、2030年までに、「**すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保**する」ことが掲げられている。2000年以降、世界で12億人が**新たに電力アクセス**を得た（そのうち**45%に当たる5.4億人は石炭火力**による）が、**未だ新興国等では8.4億人が未アクセス。**
- 特に送配電網の整備が不十分な地域を含め、**再エネや分散型システムが果たす役割が今後期待**されるが、新興国の電力需要急増が見込まれる中で、安価かつ信頼できるエネルギー供給の観点では、再エネだけでの対応には限界も存在。

2000～2015年で新たに電力アクセスを得た人数

（出所）IEA World Energy Access（2017年）

いまだに電力アクセスが無い人数

（出所）国連「SDGs Report 2019」 2017年時点の数字

新興国の電力需要（TWh）

メガソーラー:
1基あたりの年間発電量約2.5GWh
（容量2MW、稼働率14%）として必要基数を試算

（出所）APEC Energy Demand and Supply Outlook (2019); IEA World energy Outlook (2019);World's top exports; IOP science; IESR Indonesia's Coal Dynamics; statista; World Atlas;

新興国の再エネ導入に係る懸念事例

発電コスト（ベトナムの事例）

- 太陽光・風力の拡大により発電費用は増加。
- 需要家の電気料金を固定化する政策により、ベトナム電力総公社EVNの負担が増加。

※越EVNの負担
約6.8セント/kWhの発電コストに対し、現在の、太陽光・風力の買取費用が7.09～9.5セント/kWh
（参考）
ドイツでは、再エネ推進のために国民の電気料金に課せられている再エネ関連賦課金の負担が、現在、4人家族で3,500円/月超。

系統安定性（インドネシアの事例）

- 2015年に5MWのメガソーラーを導入した地域（火力等の他電源は計30MW程度）で、発電の変動量を調整できずブラックアウトが頻発。
- トルコのIPPが保有する火力発電所と急きょ契約することにより、地域の系統安定化を図っている。

社会情勢Ⅱ　地球規模課題(2) ESG投資

- 国連サミットや国連気候変動枠組条約締結国会議（COP）等により、**世界的にSDGs・ESG投資への取組が進展**。日本も、一層の取組推進・貢献が求められている。

世界における気候変動対策への取組

国連持続可能な開発サミット	**持続可能な開発を目指す国際目標を採択** • 2015年9月の国連サミットで、全ての国が普遍的に取り組むべき「Sustainable Development Goals(SDGs)」を採択
国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）	**気候変動問題への対応に向け、国際的枠組みの構築を推進** • 2011年のCOP17にて「全ての国が参加する新たな枠組み」に向けた議論を開始、2015年のCOP21でパリ協定を採択。 **パリ協定のポイント** • 産業革命前からの世界の平均気温上昇を「2度未満」に抑える。加えて、平均気温上昇「1.5度未満」を目指す • 温室効果ガスの排出削減と吸収の対策を行う「緩和」と、既に起こり始めている温室効果ガスによる影響への「適応」に分け対策を打つ • 全ての国が削減目標を5年毎に提出・報告・レビュー、5年毎に世界全体での実施状況を検討する

「気候変動に関する政府間パネル 1.5℃報告書」の主なポイント

- 人為起源による気温上昇は、産業革命以前と比較して約1°C に到達。現在のトレンドが続けば、2030年から2052年の間で1.5℃を超えるであろう。
- 1.5℃で安定化を図るためには、CO2排出量が急速に削減し、2030年までに対2010年比で約45%減少、2050年近辺までに正味ゼロに到達が必要。1.5°Cで安定化を図るための緩和コストは、2°Cシナリオよりも平均で3～4倍高い。
- 各国の削減目標全てを達成しても、1.5℃での安定化は困難。2030年以降排出削減を加速しても、1.5℃に抑制できないだろう。
  （※1.5℃に整合的な排出経路の2030時点での排出量は、NDC全てを達成した場合の同時点の半分の水準。）
- なお、1.5℃に整合した緩和オプションは、持続可能な開発目標（SDGs）全般にわたって、シナジーとトレードオフ双方を伴うが、総じてSDGsと整合的。

日本における主な取組状況

- 2019年時点で日本のSDGs達成度は162か国中15位[1]
- 特に、エネルギー関連CO2排出量削減といった、気候変動対策に関する取組の遅れが指摘されている。
- ESG投資においては近年急激な増加がみられるものの、欧米対比で依然低水準であり、より取組の推進が必要な状況

＜機関投資家によるESG投資の割合(%)[2]＞

	2016年	2018年	(2016比)
欧州	52.6	48.8	-3.8
米国	21.6	25.7	+4.1
カナダ	37.8	50.6	+12.8
豪/Nz	50.6	63.2	+12.6
日本	3.4	18.3	+14.9

海外における主な取組状況

- 2018年、欧州委員会はサステナブル・ファイナンスに関するアクションプラン策定
- 主要施策の一つが、環境的にサステナブルな経済活動の定義や基準値を定める「EUタクソノミー」
  - 2021年末までに気候変動緩和・適応、2022年末までにその他４つ（水・循環・汚染削除・生態系）の環境目的のEU基準を採択予定

1.SDSN「サステナブル・ディベロップメント・レポート2019」
2.各地域の機関投資家に調査票を送付/回収する形で集計されたもの
（出所）GSIA「2018 Global Sustainable Investment Review」

（参考）地域別の発電部門のCO2排出量の現状と今後の見通し

- 公表政策シナリオでは、欧州・北米・日本等ではCO2排出量が下がる一方、インド及びアジア太平洋地域における排出量が伸び、全体としては横ばいに推移する見通し

地域別発電部門のCO2排出量の見通し：
公表政策シナリオ

（参考）地域別発電部門のCO2排出量の見通し：
持続可能な開発シナリオ

注: 地域別の積み上げで合計値を算出しているため、IEAのレポートに記載のある合計値とは異なる場合がある
出所: IEA "World Energy Outlook2019"

（参考）輸出信用の国際ルール：OECD輸出信用アレンジメント

- **各国の公的輸出信用機関**が行う輸出に対する公的支援に係る供与条件の不当な緩和を規制し、輸出企業間の物・サービスの輸出における**質と価格に基づく公平な競争（Level Playing Field）を確保**することが目的。
- 2015年11月、**石炭火力セクター了解**が策定され、石炭火力に対する輸出信用による支援条件を、**以下の通り制限（2017年1月1日施行）。**
- 同セクター了解には本年6月までにレビューを行うことが規定されている。

＜石炭火力セクター了解の概要（最長償還期間）＞

蒸気条件	500MW超	300MW以上	300MW未満
USC（超々臨界） ≧593℃ ＞240Bar	12 年	12 年	12 年
SC（超臨界） ＞550℃ ＞221Bar	供与不可	10年（低所得国・低電化率国・島嶼国向け等）	10年（低所得国・低電化率国・島嶼国向け等）
SUB-C（亜臨界） 221Bar＞	供与不可	供与不可	10年（低所得国・島嶼国向け等）

（注）当初、本セクター了解には、上記によらず施行前と同様の支援を可能とする経過措置が盛りこまれていたが、同措置の適用条件を満たす案件が見込まれなくなったことを理由として、2019年7月に同措置を終了。

（参考）国際ファイナンスルールを巡る動向

- OECD加盟国間においては、公的輸出信用機関が行う輸出に対する公的支援における、供与条件の不当な緩和による過当競争は、貿易歪曲効果をもたらし、ひいては世界貿易の発展を阻害する懸念があるとの認識から、OECD輸出信用アレンジメントを策定。
- 一方で、近年、**輸出する能力・技術のある新興国も台頭しており、透明性や債務持続性可能性、Level Playing Fieldを確保するため、より広い枠組みにおける国際ファイナンスルールの策定も求められている**。
- そこで、2012年には、非OECD諸国を含めた輸出信用ルールの策定に向けた議論を行うための作業部会として、**IWG（The International Working Group on Export Credits）**の設置が米中両政府より発表され、現在、**IWGにおける議論が継続中。**

【OECD輸出信用アレンジメント及びIWG参加国】

社会情勢Ⅱ　地球規模課題(3)ESG投資（石炭火力関係）

- オバマ前米大統領のイニシアティブを契機とし、OECDや世銀などの国際開発銀行で**石炭への投融資を絞る動きが顕在化**。特に欧州の国際開発銀行は、石炭だけでなく、ガスも含む化石燃料への投融資も制限する動き。
- 一方で、効率の低い石炭火力への支援からは手を引き、高効率技術や新技術など、世界の脱炭素化に資する石炭火力について支援を実施する方針を維持する金融機関も存在。

機関名	方針
世界銀行 (WB)	2013年、エネルギーセクターの支援に係る新たな方針「Toward a Sustainable Energy Future for All / Directions for the World Bank Group's Energy Sector」を発表。 新設石炭火力への融資は、石炭以外に使える選択肢がない場合に限ると決定。2017年、2019年以降石油・ガスの採掘に融資しないことを表明。
欧州投資銀行 (EIB)	2019年、エネルギープロジェクトに対する新たな融資方針「EIB energy lending policy」を決定。2021年末までに排出削減対策していない全ての化石燃料プロジェクト（ガス火力含む）への支援を停止する方針。
欧州復興開発銀行 (EBRD)	2019年、2019～2023年のエネルギープロジェクトに対する新たな融資方針 (Energy Sector Strategy) を採択。同戦略では、「**一般炭採掘や石炭火力発電事業 (既存プラントの更新または新設を含む) には資金を供給しない**」と明記。
アジア開発銀行 (ADB)	2009年のエネルギーセクターの支援方針 (Energy Policy) を採択。流動床、超臨界、超々臨界などの高効率石炭火力技術や脱硫技術の導入を促す、IGCC等の次世代技術も技術的・経済的に実現可能になれば支援するとの方針を明記。
アフリカ開発銀行 (AfDB)	**石炭から撤退**することを表明 (2019年9月)
アジアインフラ投資銀行 (AIIB)	2017年のEnergy Sector Strategyにおいて、**非効率な既存設備のリプレイス、システムの信頼性にとって不可欠である場合や代替手段がない場合でのみ**高効率な石炭火力発電を支援する旨記載。

社会情勢Ⅱ　地球規模課題(4) ESG投資（石炭火力関係）

- 国内では、３メガバンクが、石炭火力発電セクター向けファイナンスについて、それぞれ融資方針を公表。
- 新設の石炭火力発電所建設を資金使途とする融資は、**原則として実行しない旨を表明**。但し、それぞれ条件を列挙しつつ、高効率技術や新技術などは**個別に検討**するとしている。

＜国内の金融機関＞

MUFG環境・社会ポリシーフレームワーク (2019年5月15日公表)	サステナビリティへの取り組み強化について (2020年4月15日公表)	ESGに関するリスクの考え方について (2020年4月16日公表)
「**新設の石炭火力発電所へのファイナンスは、原則として実行しません。**但し、当該国のエネルギー政策・事情等を踏まえ、OECD 公的輸出信用アレンジメントなどの国際的ガイドラインを参照し、他の実行可能な代替技術等を個別に検討した上で、ファイナンスを取り組む場合があります。また、温室効果ガス排出削減につながる先進的な高効率発電技術や二酸化炭素回収・貯留技術（CCS）等の採用を支持します。」	「**石炭火力発電所の新規建設を資金使途とする投融資等は行ないません。**（運用開始日以前に支援意思表明済みの案件は除きます。） 但し、当該国のエネルギー安定供給に必要不可欠であり、且つ、温室効果ガスの削減を実現するリプレースメント案件については慎重に検討の上、対応する可能性があります。また、エネルギー転換に向けた革新的、クリーンで効率的な次世代技術の発展等、脱炭素社会への移行に向けた取り組みについては引き続き支援していきます。 」	「**新設の石炭火力発電所への支援は、原則として実行しません。** なお、超々臨界圧などの環境へ配慮した技術を有する案件、および改訂前に支援をしている案件については、慎重に対応を検討する場合があります。また、二酸化炭素回収・貯留（Carbon dioxide capture and storage/CCS）など、カーボンリサイクルに資する技術開発を支持します。」

社会情勢Ⅱ　地球規模課題（5）ESG投資（石炭火力関係）

- 各国の公的輸出信用機関等は、基本的に、OECD輸出信用アレンジメントの石炭セクター了解に基づき対応を行っているが、新規融資を停止している機関も一部存在。他方、同アレンジメントに非加盟の国は拘束されていない。
- 日本は、エネルギー基本計画（2018年閣議決定）において、**世界の脱炭素化をリードしていくために低炭素型インフラ輸出支援**を掲げており、石炭火力発電所の公的支援については、**原則、世界最新鋭である超々臨界圧（USC）以上の発電設備について導入を支援**することとしている。

＜海外の公的輸出信用機関等＞

機関名	方針
Hermes (独)	**OECD輸出信用アレンジメント・石炭セクター了解以外の制限的運用なし**。
EXIM HU（ハンガリー）	**OECD輸出信用アレンジメント・石炭セクター了解以外の制限的運用なし**。
U.S. EXIM Bank (米)	一定の条件下を除き**石炭火力向け新規ファイナンスを停止を発表**（2013年12月）。
EDC (加)	Climate Change Policy (2019年1月28日付)にて、**石炭火力関連への新規ファイナンス停止を発表**。 既存石炭火力における回収・貯蔵・排出削減設備は例外。
The Export-Import Bank of China（中）	制限に関する規定なし（中国は、OECD輸出信用アレンジメント非加盟）
ECGC Ltd.（印）	制限に関する規定なし（インドは、OECD輸出信用アレンジメント非加盟）

＜日本の公的輸出信用機関（JBIC,NEXI）による石炭火力発電所の輸出に対する支援実績の内訳＞

	輸出設備容量合計[MW]	割合
超々臨界（USC）	7,115	72%
超臨界（SC）	2,520	26%
亜臨界（sub-C）	200	2%

（出所）JBIC、NEXI公表情報から経済産業省作成
※2015年度以降、公的支援を実施した案件の累計

（参考）電力分野における資金調達手法の動向

- エネルギー分野の資金調達では、**プロジェクトファイナンス**の手法がよく取られており、**多様なステークホルダー**に配慮した事業の実施が求められる傾向にある。
- 今後は、大規模な発電所の建設プロジェクトのみならず、都市部や未電化地域等で、分散型システムの活用が広まることで、再エネや急速起動性・応答性に優れる火力発電等の**中小規模のプロジェクトも増加**すると見られている。

＜世界におけるプロジェクトファイナンス(PF)市場規模の推移＞

（出所）Project Finance Internatinal "LEAGUE TABLES"
LEAGUE TABLESにおいて、Powerに分類される案件の組成額合計

＜分散型電源の拡がり＞

- 2030年までに新規にエネルギーアクセスを得られる人口のうち、ミニグリッド・オフグリッドによるアクセスが約半数。
- 再エネのコスト低下や、需要家側の効率的な機器、新たなビジネスモデルの組合せが、特に地方におけるエネルギーアクセスの状況を大きく変える。
- 遠隔地や島嶼部等を中心に、分散型電源が、コスト効率が最もよい選択肢となる。

（出所）Energy Access Outlook 2017, IEA

（参考）公的金融機関の役割

- 新興国を中心にエネルギーを含むインフラ整備の資金需給ギャップの存在が指摘されており民間投資のより一層の喚起が必要。
- 多様なリスクを緩和し、案件組成を推進するためには、民間の金融機関のみならず、公的セクターによる、市場やニーズの変化に応じた支援策の充実が求められている。

＜電力分野におけるプロジェクトファイナンスの事例＞

インドネシア Jawa 1　Gas to Power案件

- 丸紅・双日・プルタミナ社が出資する事業会社及びこれら３者と商船三井等が出資する事業会社が、大型ガス火力発電所と浮体式LNG貯蔵・再ガス化設備（FSRU）を建設。25年間にわたりインドネシア国営電力公社に対して売電。
- 発電事業とLNG関連事業を一体として開発するGas to Power向けのプロジェクトファイナンス案件としては、アジア初

【公的金融】

✓　異なる事業を組み合わせた複合的なリスクに対応

台湾Changfang & Xidao洋上風力案件

- 台湾海峡の洋上風力発電プロジェクトに対して、三菱重工が50%出資する海外日系企業MHI Vestasが、風力タービンの製造・据付・保守を請け負う。主機を欧州工場で製造。
- 本ポロジェクトのスポンサーはデンマークのインフラファンドであるCopenhagen Infrastructure Partners。

【公的金融】

✓　日本企業のグローバルなサプライチェーンも支援

✓　インフラプロジェクトにおけるステークホルダー多様化に対応。

社会情勢Ⅲ 国際動向

- 日本は、「**質の高いインフラ投資に関するG20原則**（2019年 G20大阪サミット）」を普及・実践中。また、諸外国とともに協力する**第三国連携**に係る取組も推進。
- 2016年に提唱した「**自由で開かれたインド太平洋**」については、米英豪等とインフラ整備等の開かれた協力を推進。その取組の中心として、2017年11月に「**日米戦略エネルギーパートナーシップ（JUSEP）**」を発表し、地域における自由で競争力のあるエネルギー市場の構築及びエネルギー安全保障の強化に向けた共通のコミットメントを確認。
- 中国との間でも、2018年に「**日中第三国市場協力フォーラム**」を開催。開放性、透明性、経済性、財政健全性等の国際スタンダードに沿った、第三国の利益となるプロジェクトの形成を政府間で後押し。

質の高いインフラ投資に関するG20原則
（2019年6月　G20大阪サミット）

1. 持続可能な成長や開発の達成のための、インフラによる正のインパクトの最大化
2. ライフサイクルコストを考慮した経済性向上
3. インフラ投資への環境配慮の統合
4. 自然災害及び、その他のリスクに対する強靭性の構築
5. インフラ投資への社会配慮の統合
6. インフラ・ガバナンスの強化

「自由で開かれたインド太平洋」

一定の政治的安定を遂げ成長著しい「アジア」と、潜在力あふれる「中東・アフリカ」の連結性を向上させていくことで、地域全体の安定と繁栄を促進する。

JUSEP声明署名式
（2019年11月
インド太平洋ビジネスフォーラム
@タイ・バンコク）

社会情勢Ⅲ

（非公表）

（参考）政府レベルでの取組（１）

- 各国において、**生活・経済を支える重要な社会基盤である電力インフラ**の整備に係る意思決定には、政府・公的機関等が携わっており、**政府間での対話や働きかけが有する意義は大きい**。
- 日本は、閣僚級会談やエネルギー政策対話等の様々な機会を通じ、**相手国の事情やニーズを把握しつつ、政策課題や人材育成支援等のエネルギー分野での協力をパッケージで議論**。

◆日インド・エネルギー対話

- 「日印エネルギー転換協力プラン」及び「系統安定化ロードマップ」に基づき、印のエネルギー転換を促進。
- 本協力プランでは、電力、再エネ、省エネ、石炭、石油天然ガスの協力に加え、水素についての協力や電気自動車分野との連携など、新たな分野での協力を促進。

◆日インドネシアエネルギーフォーラム

- 日本、インドネシア政府関係者及び企業等が出席。
- プレナリーセッションにおいて、両国政府及び企業からそれぞれの取組について発表。
- 個別セッションにおいて、両国関係者間で個別案件について議論。

◆日タイエネルギー政策対話

- 2015年2月の日泰首脳会談でエネルギー分野における二国間協力の重要性が確認され、同分野での政策対話の創設を合意。
- 石油、天然ガス、石炭、再生可能エネルギー、省エネルギー及び包括的なエネルギー戦略に加え、スマート・エネルギーに関する今後の進め方などについて議論。

（参考）政府レベルでの取組（２）

- 特に、**「電力マスタープラン」**の策定について、多くの国から日本に対する協力要請があり、**アジア・アフリカを中心に支援を実施中**。
- マスタープランは、電力需給予測や環境社会配慮を踏まえ、エネルギー政策の方向性や電源整備の計画等を定めるものであり、**深いエンゲージメント**につながる。

◆経産省による協力例（フィリピン）

- 2016年の日比首脳会談での議論を契機として、2017年にはフィリピン・エネルギー省(DOE）と経済産業省の間にて「フィリピンの電力分野におけるアクションプラン」を手交。
- これまで、アクションプランに基づき、電力制度の調査分析・課題抽出、民間事業者向けのO&M研修、マスタープラン策定支援等を実施。

◆JICAによる協力例（スリランカ）

- スリランカ政府の要請に基づき、JICAが2040年までの「電力マスタープラン」策定に協力。併せて、再エネの導入検討のほか、バッテリー等の系統安定化設備の導入についても検討を実施。

（参考）政府レベルでの取組（３）

- APEC（アジア太平洋経済協力）において、インフラの「質」を担保するための指針を議論。2014年に**「APECインフラ開発・投資の質に関するガイドブック」**を策定し、2018年に改定。インフラの質を評価する項目として、**開放性、透明性、経済性、財政健全性**等の要素が位置づけられている。
- また、ガイドブックに基づき、**支援活用エコノミーの入札制度・運用状況の評価**を実施し、評価結果に基づく**能力構築支援（キャパビル）を行い**、**各エコノミーの法制度改善**に向け取り組んでいる。

現行ガイドブックで定義されている5要素

APECピアレビュー・能力構築支援

●日本が実施するAPECピアレビュー・能力構築支援

・APEC各エコノミーのレビュー受入表明を受けて、対象セクターの法制度レビューを実施。
・また、レビューの結果を踏まえて、専門家による研修能力構築支援を実施。
・これまでにフィリピン、ベトナム、インドネシアが本支援を活用。

APEC各エコノミーのインフラ調達を強化・改善

（参考）政府レベルでの取組（４）

- 更に、APECにおいて、2016年には、電力インフラに焦点を絞った評価指針**「APEC質の高い電力インフラガイドライン」**を策定。
- 同ガイドラインでは、**火力発電所の質を担保する要素**を６つ定め、①ＦＳ・計画・建設期間、②営業運転期間における質を評価する指標 等を定義。②の指標については、2020年３月に、**「火力発電インフラの質の測り方並びに運用及び管理要件」として国際標準化**された。

「APEC質の高い電力インフラガイドライン」で定めた評価指標

質を担保する６要素	①初期性能	②可用性	③停止復旧能力	④環境・社会配慮	⑤安全性	⑥ＬＣＣ（ライフサイクルコスト）
（Ⅰ）ＦＳ・計画・建設期間	・完工実績 ・要求性能遵守 ・不良施工実績	・不良保守実績	・長期計画外停止発生実績	・環境法令違反実績 ・住民雇用実績	・死亡事故発生実績	・①～⑤を加味したLCC
（Ⅱ）営業運転期間		・熱消費率増分 ・需給調整能力	・計画外停止率	・Sox,Nox,CO2の排出率 ・排水の水質 ・住民雇用率	・労災死者数	・①～⑤を加味したLCC

「営業運転期間の評価指標」は「火力発電インフラの質の測り方並びに運用及び管理要件（ISO37160）」として、国際標準化（2020年３月）。

（１）エネルギーインフラ輸出を取り巻く社会情勢

社会情勢Ⅰ　増大・多様化する市場

社会情勢Ⅱ　地球規模課題

社会情勢Ⅲ　国際動向

（２）日本による貢献の姿について

議題Ⅰ　拡大する再エネ市場とそれに伴う系統の柔軟性確保ニーズにどう対応すべきか

議題Ⅱ　各国の事情に応じたSDGs達成をどうサポートすべきか

議題Ⅲ　新たなソリューション型ビジネスや革新的技術をどうリードすべきか

日本のエネルギーインフラ輸出による貢献

●日本のエネルギーインフラ輸出を通じ、**各国における社会課題解決・SDGs達成に貢献**するとともに、**日本企業のイノベーションを推進し、競争力を向上をはかり、海外のインフラ需要を経済成長に取り込む**ことを一層目指すべきではないか。

＜取組コンセプトのイメージ＞

2010　2020　2030　2040　2050

・新興国を中心とする需要の拡大・多様化へ
・SDGsやパリ協定を踏まえた社会課題解決・地球環境意識の高まり
・国際動向の変動

エネルギー転換・脱炭素化に貢献

日本が既に実績/技術力を有する領域

日本が技術開発・進化を先進的に進めている領域

国内産業の育成も含め今後強化していく領域

エネルギー転換・脱炭素化の実現に向け、日本が多様なソリューションを提供し続ける

この懇談会においてご議論をいただきたい３つの観点

議題Ⅰ　拡大する再エネ市場とそれに伴う系統の柔軟性確保ニーズにどう対応すべきか

議題Ⅱ　各国の事情に応じたSDGs達成をどうサポートすべきか

議題Ⅲ　新たなソリューション型ビジネスや革新的技術をどうリードすべきか

議題Ⅰ 拡大する再エネ市場とそれに伴う系統の柔軟性確保ニーズにどう対応すべきか

- 欧州から拡大する脱炭素化の潮流に伴うダイベストメントおよびESG投資の動きを背景に、**再エネ市場は今後も急速な拡大が見込まれる**。
- 機器市場は、一部を除き欧州・中国の企業が席巻する構図。

世界の発電容量拡大の見通し（2019-2040）

出所: IEA "World Energy Outlook2019" (Stated Policies Scenario)

再エネの電源種別の市場概況（課題と現状）

●太陽光

-従来の結晶シリコン型ではコモディティ化が進み、低コストを武器とした中国勢が市場を席巻。

- 日本企業のシェアは極めて限定的（約４％）

●風力

＜陸上＞

- 技術成熟度の高い欧州勢、堅調な内需に支えられる中国勢が席巻。

＜洋上＞

- 欧州勢が優位。日立撤退により、日本は純国産風車メーカーを失う。

●地熱

- 日本企業でシェア約７割。技術優位性あり。
- 初期の資源探査リスクが高く、国の制度設計等により開発が進まない国も存在。

議題Ⅰ 拡大する再エネ市場とそれに伴う系統の柔軟性確保ニーズにどう対応すべきか

- 機器売り戦線では海外プレーヤーが台頭するも、**分野別では、一定のシェア**をもつ国内プレーヤーや、**最新技術**でプレゼンスをもつ企業が存在。

洋上風力関連メーカーの現状

タービン

ブレード

カップ積層型カーボンナノチューブ

- 16倍の耐衝撃性と68倍の耐摩耗性、高い防錆性も持ち、ブレード・タワーの塗料として活用が期待
- NEDOの支援を受け、量産技術を開発中

NEDO　GSI Creos

変換器

SiCパワー半導体

- 変換器の電力損失低減と小型軽量化を実現
  - 変換器セルの体積を21%、重量を14%低減
- NEDOのPJとして技術検証が完了

NEDO　MITSUBISHI ELECTRIC

出所: Credit Suisse Global Offshore Wind; NEDO資料; 富士経済レポート; エキスパートインタビュー; 文献調査;

電線・ケーブルの世界シェア

出所：令和元年度インフラ・システム輸出基盤調査報告書(経済産業省)より抜粋
注）上位10社のみを記載しているため、合計は100%とならない

地熱発電用タービンの世界シェア

出所：日本地熱協会HPを基に経産省作成

ペロブスカイト系太陽電池の開発

出所: 積水化学HP

・ペロブスカイト太陽電池は日英の共同研究から生まれた技術
・近年急速に発電効率が向上しているとともに、従来型の10分の１以下の軽量化やフレキシブル化が可能なため、従来にない太陽電池の用途開拓が期待出来るものとして関心を集めている
・日本勢では、東芝、積水化学（写真）、パナソニック等が、大型モジュールで世界最高効率を記録するなど世界でもトップ水準の成果を挙げている

議題Ⅰ 拡大する再エネ市場とそれに伴う系統の柔軟性確保ニーズにどう対応すべきか

- 国内ユーティリティ企業の海外売上比率は、海外勢と比較してまだ低いが、各社とも**積極的な海外展開目標**を掲げている。

ユーティリティ企業の海外展開の現状

出所：エネルギー情勢懇談会（2018年４月10日）資料抜粋

国内ユーティリティ企業の海外持分容量（現状と将来目標）

出所：経産省（各社HP、ヒアリングより作成）

議題Ⅰ 拡大する再エネ市場とそれに伴う系統の柔軟性確保ニーズにどう対応すべきか

- 国内ユーティリティ企業の海外事業への参画は、**洋上風力発電で顕著**。**風車の大型・高性能化、欧州での発電コスト低減等を背景に、市場はアジアにも拡大**。
- 日系商社・ユーテリィティ企業は**欧州・台湾**のプロジェクトに積極的に出資参画している。

世界の洋上風力発電容量導入見通し

商社・ユーテリィティ企業の出資参画事例

	風力発電所	容量（MW）	参画企業
欧州	白 ノースウィンド	216	欧州住友商事
	白 ノーベルウィンド	165	欧州住友商事
	独 ブーテンディーク	288	伊藤忠欧州
	仏 Parc éolien en mer de Dieppe - Le Tréport	496	住友商事
	仏 Parc des Iles d'Yeu et de Noirmoutier	496	住友商事
	蘭 ルフタダウネン	129	三菱商事
	英 ガンフリートサンズ	173	丸紅,JERA
	英 レースバンク	573	欧州住友商事
	英 ギャロパー	353	欧州住友商事
	英 トライトンノール	860	J-POWER,関西電力
	英 モーレイイースト	950	関西電力
台湾	フォルモサ	2,578	JERA
	雲林	640	双日、中国電力、四国電力
	ハイロン	1,044	三井物産
	ジャンホワ	500	丸紅

出所: BIS Research Global Offshore Wind Energy Market- Analysis & Forecast (2018-2023) ; 4C Offshore
注）商社・ユーティリティは、七大商社と十電力会社に加え、JERA、J-POWERを対象に調査（2020年4月8日時点データ）。対象企業の子会社やJVの出資プロジェクトは除く

議題Ⅰ 拡大する再エネ市場とそれに伴う系統の柔軟性確保ニーズにどう対応すべきか

- 再エネに加えて、**デジタル技術を活用した送配電・小売分野**へのポートフォリオシフトは、海外大手企業の買収という形でも積極的に進められている。

日立によるＡＢＢ買収

日立製作所は、ABBの買収により分散電源における**送配電システムを獲得**。パワーグリッド事業とデジタル技術を融合させ、**エネルギー分野のイノベーションを起こすプラットフォーム構築を目指す**。

	発電	送配電	小売
HITACHI Inspire the Next	・火力発電プラント監視・制御システム ・停電時用法管理システム改良 ・PCS ・メガソーラー ・その他発電ソリューション	・UHV送電、超高圧送電 ・HVDC周波数変換 ・電力系統監視制御システム ・電柱敷地管理システム ・配電予実残管理システム ・EMS（エネルギーマネジメントシステム）	・蓄電システム ・制御システム保守サービス ・MDMS（メーターデータマネジメントシステム）
ABB	・保護制御システム ・遠隔監視制御システム ・需給調整市場管理システム	・保護制御システム、遠隔監視制御システム、需給調整市場管理システム ・デジタル変換所システム、高圧直流送電（HVDC）システム ・GIS　他	・EV充電システム ・蓄電システム ・マイクログリッドシステム ・需給調整市場管理システム
買収後のシナジー	**需給調整市場管理システムに基づくデータを用いた新ソリューションの創成**	**送配電分野における世界トッププレーヤへ**	**需給調整市場管理システムによるマイクログリッドにおける需要データの獲得**

＊グレー字：日立子会社のソリューション

Source) ABB, Hitachi NRIA Analysis

出所：令和元年度インフラ・システム輸出基盤調査報告書(経済産業省)より抜粋

三菱商事、中部電力によるエネコ社の買収

・蘭で小売規模２位の電力会社の売却入札に参加し、シェル等のライバルを制し、優先交渉権を獲得。今後、最大100%の株式を約5000億で取得（出資比率　三菱商事：80%、中部電力：20%）
・多数の再エネ資産を持ちグリーンブランドとしての地位を確立しているだけでなく、三菱商事と3件（計1.2GW）の洋上風力発電事業で協業した実績が有り、買収後は欧州内外での再エネ事業の強化を志向。

出所：エネコ社　HP

（参考）JOGMECの地熱発電に係る国際的な活動実績

JOGMEC支援実施個所

JOGMEC専門家による
キャパシティビルディングセミナーの様子

主な国・地域	概要
ニュージーランド	平成27年7月に締結したMOUに基づき、JOGMECとGNS Science間で技術協力に係るワークショップを平成28年より交互に主催し、双方が抱える技術課題や人材育成等の情報を交換。
米国・イタリア	平成25年3月にJOGMECとEPRI（米国電力研究所）の間で共同研究契約を締結し、EGSに関する共同研究を開始。JOGMECから柳津西山地熱発電所での涵養技術等について情報等を実施するとともに、ガイザースやラデルロ地域の涵養技術を収集した。
アイスランド	平成24年2月、超党派地熱発電推進議員連盟とアイスランド外国貿易大臣によるMOU締結を受け、当該MOUの付属文書をJOGMECとアイスランド国立エネルギー機関の間で署名。地熱分野の人材育成等の情報交換を実施。
東南アジア・トルコ	地熱ワークショップにおいて、インドネシア、フィリピン、トルコ等へのキャパシティビルディング活動を実施。
東アフリカ（ケニア等）	オルカリア地熱発電所の拡充に向けて、ケニア政府関係者や電力公社に対し、微小地震探査解析等の専門家を派遣し、数十名に対して知見を共有。また、ケニア、タンザニア、ジプチ等からの地熱技術者を招聘してキャパシティビルディングを実施。
国際フォーラム等	TICAD7でのUNIDO主催ワークショップやIEA-GIA（Geothermal Implementing Agreement）等において、日本の地熱開発の現状等について紹介。

（出所）JOGMEC

（参考）日系企業の海外配電事業への参画事例

- 東京電力と中部電力は、新興国において**日本の技術を生かした送配電網を提供**することを目的とした共同出資会社 グリーンウェイ・グリッド・グローバルを設立。
- カンボジアの配電事業やフィリピンでのマイクログリッド事業に出資参画。

グリーンウェイ・グリッド・グローバル概要

所在：シンガポール
設立：2018年7月12日
資本金：4億5,000万円
出資企業：
東京電力パワーグリッド、中部電力、ICMG

目的：
新興国で電力供給の設備や運用体制に課題が残る中、日本の技術を生かした送配電網を提供すること

事業内容：
1. アジア地域を中心とした、送配電事業とそれに付随する発電事業及び次世代インフラ事業へのプロジェクト投資、事業運営
2. 新規事業インキュベーション
3. グローバルリーダー人財育成

参画事例

カンボジアの配電事業

カンボジアで事業を展開するシンガポールの配電事業者
サンイーの株式の8割を取得し、カンボジアの配電事業に参画
- 出資額は240万米ドル（約2億6,000万円）

日本で培った**豊富な技術と高品質なオペレーションなどの強みを活かし**、高品質かつ信頼度の高い電力を供給していくことができると考えている

東京電力ホールディングス担当者

フィリピンのマイクログリッド事業

シンガポールのClean Grid Partners Pte Ltd（CGP）が目指す1億ドル規模の東南アジア・マイクログリッドプロジェクトのうち
2千万ドルを出資し、フィリピンでのマイクログリッド事業へ参画
- 本プロジェクトは、フィリピン・マイクログリッド事業ポートフォリオ6千万ドルを3-4年で建設する計画
- 第1号案件は、フィリピンのパラワン島における太陽光発電＋蓄電池＋ディーゼル発電に電力網を合わせたハイブリッドマイクログリッド事業展開

出所：NNAアジア経済ニュース; ICMG HP

（参考）英ブリストル市の取組と日系企業の参画事例

- 英ブリストル市は、従来2050年までとしていた計画を前倒し、2030年までにカーボンニュートラルを達成することをコミットする**「City Leap Project」を推進中**。スマートなエネルギーシステムを構築し、この分野で英国をリードする自治体を目指している。
- 現地参画企業とパートナーシップを構築した日本企業も存在。

英ブリストルのスマートシティプロジェクト概要

参画企業：
Bristol Is Open（BIO）
※ブリストル市は他にも広く参画企業・パートナーを募集している模様。
- 市とブリストル大学が共同で立ち上げたJV
- 2016年、BIOとNECがパートナーシップ締結

目的：
スマートシティ関連の革新的なサービスの創造

期待されるサービス展開領域：
- 渋滞緩和などの交通領域
- 廃棄物管理
- エンターテインメント
- エネルギー供給管理 など

日本企業の提供ソリューション(NEC)

ブリストル市への**クラウドシティオペレーションセンター（CCOC）の提供を検討**
- NECが開発した産業別スマートサービスの状況可視化、データ分析、シミュレーションなどを行うための共通基盤となるシステム

CCOCを活用した幅広いサービス展開を検討
- まず、在宅介護、市中監視、交通監視の領域の可視化を実現
- 今後、エネルギー供給管理、廃棄物管理、エンターテインメントなど、幅広いサービスを展開

ブリストル市の
City Operation
Centerの様子

出所：Energy Service Bristol HP、 NEC HP

議題Ⅱ　各国の事情に応じたSDGs達成をどうサポートすべきか

※再エネについては議題Ⅰで取り扱ったため本議題では主に化石燃料に関して必要な取組を取り上げる

- SDGsの達成に向け、新興国における**エネルギーアクセスの向上**が重要。**再エネの普及拡大**と共に、安価な電力の安定供給を支える**高効率な化石燃料の発電技術が果たす役割は依然として存在**。
- 各国が、国内経済やエネルギー安全保障等の観点も踏まえながら、いかに脱炭素化を実践していくかが課題である中で、**信頼性のある技術を有する日本の貢献機会は大きく、各国の政策形成に建設的に関与（エンゲージメント）することが重要**。

SDGs（抜粋）

7. すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する
…
7.2　2030年までに、世界のエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を大幅に拡大させる。
…
7.a　2030年までに、再生可能エネルギー、エネルギー効率及び先進的かつ環境負荷の低い化石燃料技術などのクリーンエネルギーの研究及び技術へのアクセスを促進するための国際協力を強化し、エネルギー関連インフラとクリーンエネルギー技術への投資を促進する。
7.b　2030年までに、各々の支援プログラムに沿って開発途上国（中略）の全ての人々に現代的で持続可能なエネルギーサービスを供給できるよう、インフラ拡大と技術向上を行う。

エネルギーアクセスの欠如がもたらす影響例

健康被害の発生	**薪から発生する有害物質による、深刻な健康被害の発生** • 電力アクセスの無い地域では、ガスの代わりに薪を使用 • 薪の燃焼時に発生する煙の有害物質を吸い込むことにより健康を害し、年間約300万人以上の直接的な死因となっている（WHO試算）
教育・保健医療水準の低下	**医療サービス提供や学習機会の喪失** • 気温が高く、電力アクセスも不足するアフリカ等の地域では、熱に弱いワクチンの運搬・保管が難しく、はしかや髄膜炎といった感染症の予防接種が十分行えていない。
日常生活・事業展開の阻害	**電力コスト上昇による、家庭・事業者の資金繰り圧迫** • 外国から燃料を輸入し小型のディーゼル発電機で、電力アクセスを確保している地域が多くみられ、電気料金の負担が大きく、日常生活の質向上や事業展開の負担となっている。

議題Ⅱ　各国の事情に応じたSDGs達成をどうサポートすべきか（ガス火力①）

- **大型ガスタービン市場は、これまで日米独伊の4社で市場を占めてきているところ。**
- 今後、集中電源としての大型、再エネの変動を機動的に補う調整用電源としての中小型ともに**需要が堅調に推移する見込み。**

※ガス火力は石油や石炭火力と比べCO_2排出量が少ない（GTCC平均:376g/kWh, 石油:695g/kWh, 最新鋭USC:795g/kWh）

サイズ別ガスタービン世界シェア(2015-2019)

出所；McCoy Power Reportsより経産省で作成

サイズ別ガスタービンの販売数予測

出所；McCoy Power Reports;
※McCoyレポートの商品別売上見込から各年の販売見込みを集計

ガス火力の将来についての見方

重工メーカA：再エネの変動性をバランスすることができるガスの重要性は増す。

重工メーカB：新興国では大規模なガス火力も必要とされるが、今後は、先進国・新興国を問わず、分散型エネルギーシステムが広まっていくため、それに即して、中小型のサイズのガス火力の需要が件数としては多くなっていくだろう。

重工メーカC：再エネシフトを進めているASEANを中心に、50-60MWのガス火力コンバインドサイクルの案件が出ている。

議題Ⅱ　各国の事情に応じたSDGs達成をどうサポートすべきか（ガス火力②）

- **高効率な大型ガスタービン**や**将来的にカーボンゼロを実現する水素ガスタービン**の研究開発においては**MHPS/Siemens/GEがリード**。中国や韓国においても国家目標として技術獲得を目指すも、当面は**優位性を確保**。

⇒再エネ、分散型電源が拡大していく中で、効率的かつ負荷調整力の高いガス火力発電が今後担う役割や日本が提供すべきソリューションはどのようなものか？

大型ガスタービン性能例

企業	機種	出力 (C/C)	熱効率 (C/C, LHV)	負荷変化率 (GT単体)
GE	9HA.02	838MW	64.1%	70MW/分
Siemens	SGT-9000HL	870MW	63%以上	85MW/分
MHPS	M701JAC*	818MW	64.0%	66MW/分

出所；各社ホームページより作成
*M701JAC(2015)モデルの値を使用

水素焚きガスタービン開発（NEDO:水素利用等先導研究開発事業）

（出所）MHPS

NEDO実証事業で、数百ＭＷ級発電事業者向け大型ガスタービンに適用可能な水素専焼ドライ低NOx燃焼器の開発を推進。
天然ガスに30%水素混焼試験水素を混ぜても安定燃焼できることを確認。
MHPSは、蘭Vattenfallの出力132万kW級発電所を水素焚きに転換するプロジェクトに参画。初期FSで水素燃焼への転換が可能であることを確認済。**2025年まで100%水素専焼へと切り替える計画を推進中。**

ガスタービン技術の保護に対する考え方

重工メーカA：競合国は最新鋭機種の技術を求めるが、当社が出せるのは一つ前の世代まで。他製品で過去に大変な目にあった。

重工メーカB：高温部品の素材技術・加工ノウハウは競合国には出さない。これはどこの重工メーカでも同じ。

議題Ⅱ　各国の事情に応じたSDGs達成をどうサポートすべきか（石炭火力①）

- **新興国**を中心として、高効率な石炭火力には**底堅い需要が存在**。
- 欧米企業やコスト競争力の高い中国企業と並び、日本企業は特に海外におけるUSCの受注実績で一定シェアを確保。長期的品質の確保や充実したアフターサービス等に対する評価が高く、**日本の果たす役割は引き続き大きい**。

個社情報のため
非公表

石炭火力用ボイラー受注シェア
(中国市場除く世界: 2014-2018)

石炭火力用蒸気タービン受注シェア
(中国市場除く世界: 2014-2018)

（出所）McCoy Power Reportより経産省作成

議題Ⅱ　各国の事情に応じたSDGs達成をどうサポートすべきか（石炭火力②）

- 石炭火力は、**環境負荷を更に低減**するための取組が不可欠。
- **日本企業は、高効率化及びIGCC、バイオマス混焼、アンモニア混焼等**の先端分野に取り組んでいる。また **O&Mの分野**でも、メーカーと電力会社が連携してオペレーションに入り込み、IoTを活用しながらプラントの高効率・最適運用を実現している実績を有する。
- 一方で、中国・インド企業もUSCの製造能力や、低コスト・デリバリーの速さを武器に新興国市場へ進出。SC,Sub-c等の低効率機器の輸出・信用供与条件において、**国際的なファイナンスルールに縛られない等の優位性**もある。また、欧米企業も、中国のファイナンスを活用して第三国に輸出しているケースがあり。

⇒アジア太平洋地域を中心とし今後エネルギー需要拡大が見込まれる新興国に対し、日本（企業、公的機関）の果たすべき役割はどのようなものか？

日本企業の持つ低炭素化技術の例

（個社情報のため非公表）

（参考）石炭火力へのアンモニア混焼に関する技術開発

- IHIが、微粉炭ボイラ用のシングルバーナーにアンモニアを10～20%程度混焼して、安定燃焼とNOx排出量の抑制する実証に成功。今後、微粉炭焚ボイラの3段バーナーでの最適燃焼方法を検証中。

エネルギーキャリアの性状

	沸点（℃）	水素密度 (kg-H/m3)
アンモニア	－33	121.0
メチルシクロヘキサン	101	47.3
液化水素	－253	70.8

電力会社の取組

	中国電力	中部電力、IHI
取組内容	水島発電所２号機（15.6万kW）において、2017年７月に0.6%アンモニア混焼試験を実施。	中部電力で、2017月12月からラボ試験を実施。 IHIは、2017年12月、2018年1月の計2回、4MW相当のボイラに20%混焼試験を実施。

アンモニアの特徴

- **燃焼時にCO2を排出しない、カーボンフリー燃料**。ただし、アンモニアは水素から製造される。
- アンモニアは、常圧下で－33℃又は、常温下で8.5気圧で液化するため、**LNGや水素に比べ液化が容易**。
- また、**水素密度も高く（液体水素の２倍程度）**、水素キャリアとしても有望な物質の一つ。
- 日本には**既に2.5万tの外航船で輸入**しており、年間約20万tの輸入実績がある。世界には、4万t、８万t級の大型タンカーもあり、大型タンカーで輸入することで輸送コストを大幅に低下。
- 石炭火力には、10～20%程度の混焼であれば**大きな改修することなく発電可能**。また、既に火力発電ではNOx対策用の触媒としてアンモニアを利用しており、既存インフラを活用することが可能。そのため**石炭火力発電のCO2対策として電力会社の関心が高い**。

（参考）日本の石炭火力における環境技術

- 日本メーカーは世界最高水準の環境技術を有し、国内の石炭火力発電所からの大気汚染物質排出量は、諸外国の環境規制値を大きく下回る。

（出所）JCOAL資料より

（参考）調整電源としての石炭火力の応用事例

- ドイツでは、石炭火力が調整電源としての役割を既に担っており、新興国においても、再エネの普及拡大時に、石炭火力が調整電源として利用されることが想定される。

ドイツにおける稼働設備容量の実績（従来型電源）

（2017年11月の実績）

- 系統の柔軟性は、従来型の化石燃料の発電所によって提供されている。
- 特に、ガス火力のみならず、石炭火力も需給調整のためにますます負荷追従モードで運用されている。

（出所） OECD/IEA "Status of Power System Transformation 2018"

インドネシアにおける稼働設備容量の見通し

（ジャワ/バリ/スマトラ島における再エネ最大限導入シナリオの2027年10月1週目の見通し）

- 石炭及びGTCCが、コスト効率の観点ではベース電源として用いられるのが好ましいものの、高い系統柔軟性を提供する電源として利用可能であるとされている。

（出所） IESR A Roadmap for Indonesia's Power Sector : How Renewable Energy Can Power Java-Bail and Sumatra (2019/2)

（参考）日本企業のO&Mでの強みの例

- 日本の電力会社は、**適切なO&Mにより運転効率を長期にわたって維持・改善し、環境・費用面での負荷を抑制する技術に優れる**。
- 海外の発電所へ運営参画の他、長年培ったノウハウと最新のIoT等を活用した**O&Mサービス**や**人材育成**等のサービス提供も実施中。更に、**再エネ分野でもO&Mの海外展開の意向**あり。

日本企業のO&M技術

✓通常、発電所の性能は、時間の経過とともに劣化し、結果として熱消費率が増加（＝運転効率が低下）する。

✓日本企業は適切なO&Mの実施により、長期にわたって発電所の運転効率を維持するノウハウを有している。

（個社情報のため非公表）

日本企業のO&Mソリューションサービスの例

- 遠隔監視サービス
  - 異常予兆検知
  - 熱効率監視
- コンサルティングサービス
  - 運営状況診断
  - 長期メンテ計画レビュー
  - 性能診断
- 人材育成サービス
  - 人材育成プログラムの提供
  - 海外研修生の受入

AI技術やIoTを活用したビックデータ分析により、設備不具合の予兆を検知

ケニアの地熱発電所の運営能力改善のためのコンサルティングを実施

（出所） JERA、キューデン・インターナショナルのHP等から経産省作成

議題Ⅲ　新たなソリューション型ビジネスや革新的技術をどうリードすべきか

- エネルギーの**供給側・需要家側それぞれで新たなソリューション**が生まれており、**世界で活躍できる分野に成長**させていくことが重要。
- 日本としてどの領域に注力／投資していくか、リスクも踏まえた検討が必要。

		概況・取組事例
供給サイド	水素インフラ	• 水素技術のNEDO国際実証プロジェクト • 三菱商事が出資する独ハイドロジーニアスLOHCテクノロジーズによる「液体有機水素キャリア（LOHC）」の技術開発 等
	小型モジュール炉	• 米国GE日立ニュークリア・エナジー社と日立GEニュークリア・エナジー株式会社が共同で開発を進める出力30万kWの小型モジュール炉 等
	カーボンリサイクル	• CO2-SUICOM（中国電力、鹿島建設、デンカ、ランデス） ー セメントの使用量を削減 • 藻類カーボンリサイクル技術　ー CO2を利用した微細藻類の生成　等
	省エネ	• ZEB/ZEHの普及・実証支援 • ZEBの国際標準化、海外実証事業の支援　等
需要サイド	DR/VPP/EMS	• 東芝は世界最大規模のVPP事業者「ネクストクラフトヴェルケ」との協業検討 • 日立はABBを買収しスマートシティや産業分野を中心としたデジタルソリューションビジネスの拡大を目指す。
	EV/P2P	• ブロックチェーンの実証研究の①環境権取引システム②EV充電システム③P2P電力取引システム④データ認証システム（オフチェーン技術を活用した EV 充放電の履歴管理（中部電力、Nayuta、インフォテリア））
	⋮	

議題Ⅲ　新たなソリューション型ビジネスや革新的技術をどうリードすべきか

- 水素社会の実現のためには、水素の**製造、輸送・貯蔵、利用までの一貫したサプライチェーンの構築**が必要不可欠。
- **技術開発・実証や導入支援**を通じ、**水素供給コストを低減**させ、**商用化を目指す**。

製造

・都市ガスなどから水素製造

・工業プロセスからの余剰の水素

国内再生可能エネルギー

太陽光発電で作った電気を用いた水素製造の実証（オリパラの際に活用）

出所：東芝エネルギーシステムズ（株）

海外からの水素輸入

豪州の石炭や
ブルネイの天然ガスを用いた
水素製造・
日本への海上輸送の実証

出所：川崎重工業

輸送・貯蔵

水素ステーションの整備支援

利用

燃料電池自動車の導入支援

運輸分野

家庭用燃料電池の導入支援

エネファーム

民生分野

水素発電の検討

ガスタービン

発電分野

産業プロセスでの水素利用・技術開発

製鉄プロセスにおける水素利用

産業

（参考）水素基本戦略（2017年12月関係閣僚会議決定）

水素基本戦略（2017年12月関係閣僚会議決定）のポイント

○ **2050年を視野に入れたビジョン＋2030年までの行動計画**

○ **水素を再エネと並ぶ新たなエネルギーの選択肢として提示**

⇒ **世界最先端を行く日本の水素技術で世界のカーボンフリー化を牽引**

○ **目標：ガソリンやLNGと同程度のコストの実現**

（現在: 100円/Nm^3 ⇒ ‘30年: 30円/Nm^3 ⇒ **将来: 20円/Nm^3**）

〈第2回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議〉

＜水素の低コスト化のための３条件＞

供給と利用の両面での取組が必要

【供給側】
① **安価な原料**（＝海外褐炭、余剰再エネなどの活用）
② 大量に製造・輸送するための**サプライチェーンの構築**

【利用側】・・・③ 大量の利用（**自動車** ⇒ **発電** ⇒ 産業）

①②供給側の取組

○安価な原料で水素を大量製造

➢ 褐炭(石炭の1/10以下) や海外再エネ(国内の1/10程度)を活用。

○国際的なサプライチェーン構築により大量輸入

➢ **日オーストラリア間／日ブルネイ間の国際水素輸送プロジェクト**により、褐炭水素製造や水素の大量輸送技術の開発を進め、’30年頃の商用化を目指す。

○地域の再エネを最大限活用

➢ **福島（浪江町）の水素拠点化**に向け、世界最大級の再エネ水素製造実証を通じて、将来の余剰再エネ活用の先駆けとする。福島産水素は’20年オリパラでも活用。

③利用側の取組

○FCV/FCバス/水素ステーションの普及加速

➢ ‘20年代後半のFCV関連ビジネス自立化に向け、
①**低コスト化技術開発**（ステーションコストを’20年までに半減）、
②**規制改革**（ステーション無人化の実現等）、
③**ステーションの戦略的整備**（’18年設立の新会社が整備加速）
を進める。

➢ FCVのみならず、バス、フォークリフト、さらには、トラック、船等への用途展開により**水素利用の横展開**。

○水素発電の商用化・大量消費

➢ **世界初の水素発電所（神戸）**が年明けから実証運転開始するなど、‘30年頃の商用化に向け、実証・技術開発を推進。

（参考）水素産業の主な国内・海外企業の保有技術・実績例

- 欧米各国においても各分野での実証実験や商用化が進捗しているが、水素の製造や輸送・供給等の領域においては**日本が先行している分野が存在。**

主な企業の保有技術・実績例

	水素製造	水素輸送・供給	水素利用	
	水の電気分解	ステーション	混焼・専焼発電	FCV・バス・商用車
国内代表企業	本田技研工業 HONDA ・コンプレッサなしで昇圧が可能な高圧水電解システム 旭化成 AsahiKASEI ・アルカリ型の大型水電解装置	JXTGエネルギー JXTGエネルギー ・41ヶ所のステーション運営実績 ・MCHを開発中 岩谷産業 Iwatani ・液化水素供給に強み ・エンジニアリング/運営を実施	MHPS MHI ・水素リッチ燃料対応の発電機の実績があり、オランダで専焼実用化予定 川崎重工 Kawasaki ・拡散型混焼の実証実験に成功 ・ドライ型製品化を推進	トヨタ自動車 TOYOTA ・市販化で先行、20年以降は次期モデルを投入と国内1千台/月販売予定 本田技研工業 HONDA ・GMと共同設立の工場で20年より量産予定
海外代表企業	PDC (米国) pdc ・電解装置、蓄圧器等を備えたパッケージングを導入 McPhy (フランス) McPhy ・再エネと結びついた製造装置の事業展開	FirstElement Fuel等 (米国) FE FUEL ・小型が多く、低コスト H2 Mobility等 (ドイツ) ・約80ヶ所のステーション開設	Vattenfall等 (スウェーデン) VATTENFALL ・23年オランダで発電開始のためプロジェクト進行中 ENEL等 (イタリア) enel ・専焼のガスタービン実証プロジェクトを実施	現代自動車 (韓国) HYUNDAI ・13年からリース販売、18年にSUVモデルも投入 ダイムラー (ドイツ) DAIMLER ・20年代後半よりFCトラックの量産を予定

日本の優位性関連事例

先進的な技術を保有・実証を実施

- 2020年に世界最大級の水素製造・貯蔵施設の開設を予定（Iwatani 等）
- 海上輸送による国際サプライチェーンの実証、世界初の液化水素運搬船の進水（Kawasaki 等）

豊富な供給インフラ

- 水素ステーションの数が100ヶ所以上と世界一（JXTGエネルギー Iwatani 等）

(出所) 富士経済 2019年版 水素関連市場の将来展望、旭化成 HP、川崎重工 HP、現代自動車 HP、ダイムラー・トラック HP

議題Ⅲ　新たなソリューション型ビジネスや革新的技術をどうリードすべきか

- カーボンリサイクルは、**CO2を資源として捉え、これを分離・回収**し、鉱物化や人工光合成、メタネーションによる**素材や燃料への再利用**等とともに、大気中へのCO2排出を抑制するもの。CO_2の利用（Utilization）について、世界の産学官連携の下で研究開発を進め、非連続的イノベーションを進める取組。
- 省エネ、再エネ、CCSなどとともに、**カーボンリサイクルは脱炭素化に向けて鍵となる取組の一つ**。

カーボンリサイクル

CO2-SUICOM（中国電力、鹿島建設、デンカ、ランデス）

セメントの使用量を大幅に削減しCO2排出量を削減

藻類カーボンリサイクル技術

CO2を使用し微細藻類の光合成による成長を促進、原材料として様々な製品を製造

人工光合成

ネーションプロセス

再エネ由来メタンによって同量の天然ガスを代替することでCO_2を削減

（参考）CO2吸収型コンクリート（CO_2-SUICOMの例）

- 化学工場等から副生される消石灰（$Ca(OH)_2$）から特殊混和剤（γ-$2CaO \cdot SiO_2$）を製造し、セメントを代替。
- **セメントの使用量を大幅削減**することにより、**製造時のCO2排出を削減**。
- また**混和材がCO2を吸収**。炭酸化反応により緻密化し、**より硬化なコンクリートとなる**。

【事業者】 中国電力、鹿島建設、デンカ、ランデス

【CO_2-SUICOMの概念】

【CO_2排出量の評価結果】

【 CO_2-SUICOMの特徴】

- 強度は一般的なコンクリートと同等
- 耐摩耗性が一般的なコンクリートよりも高い
- 中性に近いため環境（植物等）に優しい　　等

【 CO_2-SUICOMの課題】

✓ 一般的なコンクリートはアルカリ性なので、鉄筋の周囲に腐食防止の働きをする被膜ができるが、CO_2-SUICOMは中性に近いので、被膜ができず鉄筋が錆びやすい。

✓ 高濃度CO_2で養生させる必要があるため屋外での養生が困難。

⇒ 現状では、道路ブロックやコンクリート打込時の型枠として採用。

【道路ブロック】

【型枠】

木製型枠を用いた場合

CO_2-SUICOM埋設型枠を用いた場合

（参考）カーボンリサイクル実証研究拠点の新設

- 広島の大崎上島町では、石炭をガス化した上で燃焼させる**石炭ガス化複合発電（IGCC）とそこから発生するCO2を分離回収する実証事業を実施中**。
- この場を活用し、**CO2を資源として有効利用するカーボンリサイクル研究のための実証環境を整備**していく。
- バイオ燃料、化学品、炭酸塩など、様々なカーボンリサイクル技術の「ショーケース」として、万博などの機会も活用しつつ、世界中にアピールする。

大崎クールジェンの全景

大崎上島・カーボンリサイクル実証研究拠点

藻類バイオ技術や触媒、炭酸塩化等に係る研究者が集い、研究開発・実証事業を集中的・横断的に実施することにより、研究開発を加速化。

（参考）ASEANに求められるCCUS

- **ASEAN**では今後も火力発電の需要が底堅く存在する中、**脱炭素化の実現のため**には、**CCUSの導入は不可欠**。
- GCCSI調査によると、**アジア各国で100億トン程度の貯留ポテンシャル**があるとの調査結果もあり、CCUSの進展が進めばポテンシャルは更に増える見込み。**新興国からも高い関心**が寄せられている。

東南アジアにおけるCO2排出削減シナリオ

東南アジアにおける貯留ポテンシャルとCO2排出量

	貯留ポテンシャル (億ton) GCCSIより提供	2016年 化石燃料由来CO2排出量 (億ton) World Energy Outlook 2018より
タイ	100	2.45
インドネシア	76.5	4.55
ベトナム	120	1.87
マレーシア	280	2.16
フィリピン	230	1.15
ミャンマー	-	0.21
インド	470-1430	20.77

出典：GCCSI、World Energy Outlook2018より

東アジア各国のCCUSの関心動向

【インドネシア】 アジア開発銀行が、2015年より**GundihサイトにおいてFSとパイロットプロジェクトの実証**を支援。**Center of Excellenceを設置**し、同国におけるCCUS研究開発・ネットワーク拠点として、CCUS法規である大統領令の策定も進めている。

【ベトナム】 石炭火力発電のCO2対策が求められる。石油・天然ガスの生産国であるため、既存の石油・ガス関連法規制において、3次攻法（CO2含む）による**EORを実施できる可能性**は高い。

【シンガポール】 UNFCCCに提出した長期戦略において、自国のCO2排出削減にCCUSは重要であり、自国に有望なCO2貯留地がないため、**他国や企業とパートナーシップを結ぶことでCO2貯留を可能にしていく**、と掲げている。

【タイ】 **エネルギー省にCCSタスクフォースを設置し、ロードマップを作成**。ただし、コストの問題で、CCSよりはCCUに関心あり。

【マレーシア】JOGMECが、2020年3月18日に、JX石油開発株式会社及びマレーシア国営石油会社ペトロナスとの間で、**将来的な事業化を見据え、CCS技術を用いた**ガス田開発に関する共同スタディ契約を締結。

（参考）日本の有するCCUS技術

- 日本ではRITEが長岡で１万トン、JCCSが苫小牧で３０万トンの圧入を完了。CCSの操業技術と知見・データを蓄積。
- CO2貯留率の向上等の効果が期待されている**マイクロバブル技術**、貯留層モニタリングを安全かつ効率的に実施可能な**光ファイバー技術**、低コスト分離回収技術である**固体吸収材や分離膜を開発。**
- CCUS技術を早期確立し、普及拡大を目指すため、**JCMの活用や海外のCO2輸送によるCCSなど、あらゆるオプションを追求**しつつ、海外展開していくことが必要。

マイクロバブル圧入技術および光ファイバー技術

・秋田県においてマイクロバブル実証試験を実施し、その有効性を確認(2019)
・中国君倫(ジュンルン)石油へのマイクロバブル CO2特許技術の提供(2018.11)
・米ノースダコタの研究機関EERC(Energy and Environment Research Center)とRITE間でマイクロバブルと光ファイバーについての研究協力に関するMOU締結予定。大規模CCSサイトにおける当技術の適用を検討

光ファイバーによる地層ひずみ計測結果

マイクロバブル(左：イメージ、右：実証試験の様子)

分離回収技術

・固体吸収材については、関西電力（株）舞鶴発電所にて実用化試験を計画中
・分離膜ついては、IGCCなどへの適用を視野にRITEにて研究開発を進めている
・米国テキサスPetra Nova ProjectにおけるCO2回収プラントにおいて三菱重工等が参画

出所： 三菱重工プレスリリース

苫小牧CCS実証事業

苫小牧CCS実証試験センター

・我が国初の大規模CCS実証試験。
・2019年11月に累計CO2圧入量30万tを達成。

（参考）我が国が持つ強みを活かしたインドネシアにおけるCCUSの取組状況

- 「二国間クレジット（JCM）取得等のためのインフラ整備調査事業」にてFSを実施。
- 2020年2月、日尼CCUSシンポジウムを開催。尼側は、石油ガス総局及び電力総局から参加があり、**石油ガス田開発及び電力分野におけるCCUSに関する具体的な関心**が示された。
- 尼側は、設備の導入を伴う具体的な日尼共同CCUSプロジェクトの実施を期待しており、今年度は個別プロジェクトについて、より詳細なFSを実施予定。

〈二国間クレジット（JCM）取得等のためのインフラ整備調査事業におけるFSの概要〉

	コンセプト	圧入計画
東ジャワ (Sukwati)	超臨界CO2輸送による高効率輸送を実現し、同国初のCO2-EORによるCCUSの実現及びJCMプロジェクト化を図る	実証は2年で約12万トン 商用規模で20年で約1300万トン
Gundih	生産中のガス田を対象にした東南アジア圏で最初のCCSの実証研究プロジェクト	30万トン/年×10年(天然ガス増産も目的)

〈日尼CCUSシンポジウム参加者〉

- インドネシア側：エネルギー鉱物資源省、石油ガス上流部門特別執行機関（SKK-MIGAS）、Pertamina UTC、国立バンドン工科大学、現地石油ガス関連会社
- 日本側：経済産業省、在尼日本国大使館、（公財）深田地質研究所、JOGMEC、石油上流分野各社、電力会社、商社、エンジニアリング会社、シンクタンク
- 国際機関等：IEA-GHG、GCCSI
（総計８０名）

議題Ⅲ　新たなソリューション型ビジネスや革新的技術をどうリードすべきか

- 原子力は、「**実用段階にある脱炭素化の選択肢**（エネルギー基本計画）」。
- 近年、安全性等を追求するという観点から**イノベーション創出**に向けた取組が諸外国を中心に進展。**小型モジュール炉（SMR）**もその一例。

小型モジュール炉（SMR）

・出力30万kW未満の小型原子炉の総称。様々な種類の燃料・冷却材を採用した設計が存在。

・安全性の向上を実現しつつ、初期投資コストの抑制を実現する等、従来型の炉型が抱える課題を解決する可能性がある。

・一方、新しい技術概念に対する規制対応が必要といった課題も存在。

【SMRの例】

➢ NuScale

・1基あたり6万kWのモジュールを複数並べて設置する設計（最大12基）。

・自然循環により、電源や注水設備なしで冷却が可能となるデザイン。

➢ BWRX-300（GEH）

・1基あたり30万kWの出力。

・自然循環により、電源や注水設備なしで冷却が可能となるデザイン。

・ポンプ等の従来設備を徹底的に簡素化。

（参考）原子力の国際市場について

- 国際原子力機関（IAEA）によれば、原子力は、**世界の電源構成において、長期的に重要な役割を果たす見込み**。
- 近年、原発を新規導入する新興国を中心に、**中国・ロシアが積極的に海外展開を推進。**

世界の原子力発電の見通し

＜世界の原子力発電容量（IAEA見通し）＞

2018年	3.96億kW	
2030年（高位）	4.96億kW	（1.3倍）
2030年（低位）	3.66億kW	（0.9倍）

出所：IAEA Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050（2019年）

東日本大震災以降の世界における原発新規着工基数（自国外市場）

出所：日本原子力産業協会『世界の原子力発電開発の動向 2019』

建設中の華龍１号（110万kW、パキスタン）

（参考）原子力分野の研究開発の動向

- 軽水炉技術の向上を始めとして、国内外の原子力利用を取り巻く環境変化に対応し、その**技術課題の解決のために積極的に取り組む必要**。
- その際、安全性・信頼性・効率性の一層の向上に加えて、再エネとの共存、水素製造や熱利用といった**多様な社会的要請の高まりも見据えた原子力関連技術のイノベーションを促進**するという観点が重要。

原子力の安全性向上

- 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえた、軽水炉の安全性等の向上に向けた技術開発を推進。

損傷しにくく、水素発生量の少ない新型燃料部材

小型炉（SMR)などの革新炉

- 多様な社会的要請の高まりに対応するため、革新的な原子力技術の開発を推進。
- 諸外国でも、米・英・加・仏・韓等で開発の動きがある。

SMR

高温ガス炉

溶融塩炉

NuScale社

- 2008年以降、米エネルギー省（DOE）やベンチャーキャピタルから総額約800億円以上の投資を獲得。
- 2016年、DOEがアイダホ国立研究所のサイト使用を許可。同研究所内で2026年後半に運転開始予定。
- 2017年3月に開始したNRCの設計認証審査は、2019年12月に第4段階まで終了(全6段階)。

カナダ国立原子力研究所(CNL)

- 2026年までにCNL管理サイト内で実証炉1基以上を建設予定。
- 2019年7月にSMR研究開発と建設のためのイニシアチブを設置し、企業との連携を推進中。

議題Ⅲ　新たなソリューション型ビジネスや革新的技術をどうリードすべきか

- 住宅・建築物分野における省エネに関し、政府は**ZEH（ゼッチ）/ZEB（ゼブ）の普及目標**を掲げ、**普及・実証支援**を行っている。
- また、**ZEBの国際標準化**、海外での**省エネ実証事業支援**等にも取り組んでいる。

ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）

■　2020年までにハウスメーカー等が**新築する注文戸建住宅の半数以上**で、2030年までに**新築住宅の平均**で**ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）の実現**を目指す。（第５次エネルギー基本計画）

- 国の補助事業を通じて、民間事業者における**自主的な取組みを後押しする仕組み**を2016年度より導入　（ZEHビルダー登録制度）
- 補助対象の住宅に係る**住まわれ方や光熱費等のデータを収集・分析**し、その結果を広く公開

ネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）

■　2020年までに**新築公共建築物等**で、2030年までに**新築建築物の平均**で**ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）を実現**することを目指す。（第５次エネルギー基本計画）

- 国の役割として、実証事業の成果を活用して**ZEBの設計ガイドライン**を作成（2016年度より）
- 2017年度からは、民間事業者における**自主的な取組みを後押しする仕組み**を導入（ZEBプランナー、ZEBリーディング・オーナー登録制度）

経産省の海外展開支援の取組の一部

◆国際標準化

・・・**ZEBの国際標準化**に向け、専門家、企業と政府関係者からなる官民ワーキンググループを運営。

◆NEDO実証事業

・・・日本の省エネ技術の有用性を示すため、**海外での実証事業を支援**

英国・マンチェスターにおけるスマートコミュニティ実証事業（ダイキン工業）

出所：NEDOウェブサイト

議題Ⅲ　新たなソリューション型ビジネスや革新的技術をどうリードすべきか

- 需要家側が需給バランス調整に貢献するVPPや、電力の個人間取引（P2P）、EV・蓄電池の活用等、IoTを含めた**様々な技術のエネルギーシステムへの活用**も検討されている。
- 国内において実証段階のものが多いが、東芝、日立等の主要プレーヤーは海外企業との提携等を通じ**グローバル展開を目指している**。東電、中部電など一部ユーティリティ企業も**海外プロジェクトへ投資**。

プレーヤ	国・地域	時期	分野	詳細
東芝	日本、欧州	2019	送配電（需給調整）	ネクストクラフトヴェルケに資本投資し日本、欧州におけるVPP事業に参画
	日本	2017	送配電（保守点検）	ドローンによる電力インフラの設備点検
日立	全世界	2018	送配電（需給調整、HVDC等）	ABBを買収し、分散電源のパワーグリッド・エネルギーマネジメントシステムビジネスを拡大。
三菱電機	日本、北米	2017	送配電	VPP、アグリゲーションビジネス、HVDC
NTT	米国	2018	送配電（DR、蓄電）	IoT×蓄電池を使ったDRビジネスを展開する米STEM社に投資
エナリス	国内	2017-2019	送配電（需給調整）	KDDIと共同でVPP実証事業を実施
NEC	国内	2019	送配電（需給調整）	2019年11月から分散エネルギーリソースを統合制御し、調整力を創出するクラウドサービスを提供することを発表
中部電力	国内	2018	小売（P2P）	ブロックチェーンの実証研究の①環境権取引システム②EV充電システム③P2P電力取引システム④データ認証システム（オフチェーン技術を活用した EV 充放電の履歴管理（中部電力、Nayuta、インフォテリア）） ビルや工場設備のエネルギー消費の無駄を調べ、省エネ方法を提案するIoT設備最適運用サービスを提供。
	国内	2017	小売	
関西電力	国内	2017	送配電	VPP実証
東電PG	国内	2019	送配電	NExT-e Solutions 株式会社は、蓄電池の 1 次利用後の有効利用を促し付加価値を最大化する蓄電池ライフサイクルマネジメント（以下：蓄電池 LCM）の実現に向けた協業について合意
東京電力	シンガポール	2018	小売	シンガポールを拠点としてマーケットプレイス「Synergy」開設に向けた PoC の共同開発の覚書をElectrify社と締結
東北電力	国内	N/A	発電/送配電	エネルギー管理　EMS, IoT、蓄電池
東電、MHPS	国内・台湾	2016	発電（燃焼調整）	IoTを使った火力発電の燃焼調整の自動化（実証）

出所：令和元年度インフラ・システム輸出基盤調査報告書(経済産業省)より抜粋

（参考）バーチャルパワープラント（VPP）に関する取組（1）

- 東芝エネルギーシステム社は、国内外への事業参入を目的にVPP世界最大手の独・ネクストクラフトヴェルケと技術・販売提携。2020年夏にも国内でサブスクリプション型のVPPサービスを開始予定。

東芝エネルギーシステムズ社とネクスト社提携

目的	両社の持つ知見・技術・商流を生かした競争力の高いVPP提供
ネクスト社概要	• 電源の統合と柔軟な売買によるデジタルソリューションで100%再生エネルギーの持続的な世界を目指す、VPP世界最大手プレイヤー • 多数の再生エネルギーを同時に制御する技術とバランシンググループ(複数事業者がグループとなり、需給バランシングを目指す仕組み)の形成に強み
今後の取組み	• バイオマス発電機制御の実証実験 • 発電機・蓄電池・需要の最適軍制御技術・電力市場取引技術を組み合わせたサービスの提供 • 日本や欧州での事業展開

東芝エネルギーシステムズ社の国内事業展開

2020年夏にサブスクリプション型のVPPサービスの提供開始を計画

- デマンドレスポンス、蓄電池の制御、独自AI技術による電力需要・発電量・市場価格の予測等5つのサービスを展開

ネガワットアグリゲーションシステム（DR）

蓄電池の制御イメージ

AIを活用した予測技術

出所：Next Kraftwerke HP、東芝エネルギーシステムズHP、日経「東芝エネルギーシステムズ、夏に仮想発電所サービス」

（参考）バーチャルパワープラント（VPP）に関する取組（２）

- 経済産業省では、バーチャルパワープラントの構築に向け、電気自動車を系統に連系し活用するV2G（Vehicle to Grid）の実証事業を後押し。

	V2G実証事業 -取組例（１）	V2G実証事業 -取組例（２）
参画企業	• 東京電力ホールディングス、東京電力エナジーパートナー、東京電力パワーグリッド、三菱自動車、日立システムズパワーサービス、静岡ガス	• 豊田通商、中部電力
概要	• EV/PHEVを活用したリソースアグリゲーション事業の実現を目的とした実証事業 - 複数実証サイトをオンラインで接続し，同時制御を目指す - EV/PHEVのモビリティ機能とV2G機能を両立させる仕組みとビジネスモデルを構築する	• 再エネの普及による環境負荷低減社会への貢献と、ユーザーへの電動車の新たな価値提供を目的とした実証事業 - 一般送配電事業者が構築した需給調整試験サーバーとのOpenADR連携を行い商業化に近い環境での試験を実施
イメージ		

出所：平成31年度「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金」（VPP）成果報告

（参考）ピアツーピア（P2P）に関する取組

- P2Pは個人間の電力取引を実現する仕組みであり、**安価での電力調達、省電力化への貢献**が期待されている一方、取引技術・法制度・運用面に課題が存在。
- こうした中で、日本国内においても、P2P電力取引の実証実験が開始されている。

P2Pの概要

○P2P：企業・個人間で電力を取引する仕組みで実証実験段階

- 小売業者を媒介しない電気売買のため、消費者にとっては安価な電力購入、販売者にとってはより高価な販売が可能になる見込み
- 再エネ電源との接続により、火力発電からの置き換えが進み、CO2排出量削減の期待

P2Pネットワーク　(出典)FAプロダクツHP

ブロックチェーンを用いた電力取引の仕組み　(出典)中部電力HP

○技術：ブロックチェーン技術を用いて取引を記録

- 高いセキュリティー性、契約トラッキング、スマートコントラクト(自動契約)等のメリットが存在

技術的な課題

- 拡張性：取引が増大した際の処理速度
- 相互運用性：各種方式を連携した際のセキュリティ
- 価値交換：取引の対価に利用される仮想通貨の法定通貨への交換可否

○その他の課題：制度・運用面での課題

- プロシューマーの扱い：法的にどう扱うか(ライセンス等)
- 電圧処理：小売業者供給とプロシューマー供給の電圧差をどう処理するか

P2Pの実証事例

○FAプロダクツ・ミライネクトら共同でのデジタルグリッド提供のデジタルグリッドプラットフォーム（DGP）を利用したP2P電力取引実証プロジェクト

- 直接民間企業間でDGPを介して行うP2P電力取引は初の試み
- 随時参加企業を募集し、ネットワークの拡大を目指す

プロジェクトの概要図　(出典)FAプロダクツHP

○中部電力のブロックチェーン技術実証実験

- P2P、環境価値取引、IoT機器認証、充電サービス等への適用をにらみ実証実験を継続中

2017年：再エネの環境価値を証券化し、市場・個人間取引する実証を実施

2018年：集合住宅でのEV等の充電を題材とした実証を実施

2019年：EWF*1に参画し、認証やP2P取引に関する実証を開始

*1Energy Web Foundation – グローバルのエネルギー分野のコンソーシアムでブロックチェーンオープンプラットフォームを提供

実証したP2Pシステム：購入したい販売者を選択
⇒時間帯別電力の表示
⇒必要な電気を選択して購入契約

議題Ⅲ　新たなソリューション型ビジネスや革新的技術をどうリードすべきか

- 日本は**「ビヨンド・ゼロ」**の高い目標を掲げて、「革新的環境イノベーション戦略」を策定。**世界の叡智を結集して研究**するとともに、**アジアなどにおける低炭素技術の海外展開を見据えた枠組みを構築**。
- また、**世界の投資家・金融界**と意識を共有することで、革新的技術を、ソリューション型ビジネスに、適切につなげていくことを目指している。

「革新的環境イノベーション戦略」（本年1月）
16の技術課題、39の開発テーマについて、コスト目標を明記し、具体的な研究開発体制や投資促進策を提示。

→世界全体でのストックベースでのCO_2削減「ビヨンド・ゼロ」を可能とする革新的技術を、2050年までに確立することを目指す。

◆CEFIA：Cleaner Energy Future Initiative for ASEAN　低炭素社会を目指す、官民イニシアティブ

◆産総研ゼロエミッション国際共同研究センター
G20の研究機関と連携して研究を実施。センター長は、吉野彰氏(ノーベル化学賞受賞者、旭化成名誉フェロー)

◆グリーンイノベーション・サミット
金融界、産業界、研究者のトップが総理官邸に集まり、国際的なエンゲージメントを強化。