

長期低炭素ビジョン小委員会における検討状況について

平成 29 年 6 月 12 日 第 15 回

諸外国の長期戦略の概要
今後の検討について

平成 29 年 8 月 2 日 第 16 回

有識者からのヒアリング

- ・相澤 善吾 氏 一般社団法人海外電力調査会 前会長
「海外のエネルギー事情と低炭素化対策」
- ・笹俣 弘志 氏 A.T. カーニー株式会社
パートナー エネルギー・素材 プラクティス リーダー
「電力自由化の進展と電源ミックス及び CO2 排出量への影響」
- ・山田 光 氏 スプリント・キャピタル・ジャパン株式会社 代表取締役
「低炭素社会のエネルギー・ビジョン～ゼロベースでのパラダイム構築を～」

平成 29 年 9 月 5 日 第 17 回

有識者からのヒアリング

- ・ブラッド ペイジ 氏 グローバル CCS インスティテュート
チーフエグゼクティブ オフィサー
「世界の CCS の動向：2017」
- ・イングビット オンブストレット 氏 グローバル CCS インスティテュート
シニア クライアントエンゲージメント リード
「ノルウェーの CCS 活動」

平成 29 年 9 月 19 日 懇談会

有識者からのヒアリング

- ・岡本 浩 氏 東京電力パワーグリッド株式会社 取締役副社長
「低炭素化に向けた電力システムの方向性と課題」
- ・安田 陽 氏 京都大学大学院経済学研究科再生可能エネルギー経済学講座 特任教授
「再生可能エネルギーの系統連系問題はなぜ日本で顕在化するのか？」

平成 29 年 10 月 6 日 第 18 回

有識者からのヒアリング

- ・相澤 善吾 氏 一般社団法人海外電力調査会 前会長
「海外のエネルギー事情と低炭素化対策 - 海外の原子力発電の現状 - 」
- ・田中 伸男 氏 笹川平和財団 会長

「嵐の中のエネルギー・地球環境戦略 米国トランプ政権の外交とエネルギー地政学」
気候変動緩和策の国際協力に関する戦略的な検討について

平成 29 年 10 月 25 日 第 19 回

有識者からのヒアリング

・バロネス ブラウン オブ ケンブリッジ 氏 英国気候変動委員会 副会長
「The UK 's climate strategy」

平成 29 年 12 月 19 日 第 20 回

各国の長期戦略における大幅削減に向けた示唆について
国内外の研究機関等による定量的評価における日本の大幅削減に向けた示唆と
その道筋における課題等について

「カーボンプライシングのあり方に関する検討会」の検討状況について（報告）

【参考】中央環境審議会地球環境部会長長期低炭素ビジョン小委員会 委員名簿
(敬称略・50音順、全18名)

| | | |
|-----|-------|---|
| 委員長 | 浅野 直人 | 福岡大学名誉教授 |
| | 伊藤 元重 | 学習院大学国際社会科学部教授 |
| | 大塚 直 | 早稲田大学大学院法務研究科教授 |
| | 大野 輝之 | (公財)自然エネルギー財団常務理事 |
| | 小木曾 稔 | (一社)新経済連盟事務局政策統括 |
| | 荻本 和彦 | 東京大学生産技術研究所特任教授 |
| | 加藤 茂夫 | 日本気候リーダーズ・パートナーシップ 代表代行 |
| | 崎田 裕子 | ジャーナリスト・環境カウンセラー |
| | 下間 健之 | 京都市環境政策局地球環境・エネルギー担当局長 |
| | 末吉竹二郎 | 国連環境計画金融イニシアティブ特別顧問 |
| | 高村ゆかり | 名古屋大学大学院環境学研究科教授 |
| | 谷口 守 | 筑波大学システム情報工学研究科教授 |
| | 手塚 宏之 | (一社)日本鉄鋼連盟 エネルギー技術委員長 |
| | 根本 勝則 | (一社)日本経済団体連合会常務理事 |
| | 廣江 譲 | 電気事業連合会副会長 |
| | 増井 利彦 | (国研)国立環境研究所社会環境システム研究センター 統合環境経済研究室長 |
| | 諸富 徹 | 京都大学大学院経済研究科教授 |
| | 安井 至 | (一財)持続性推進機構理事長 |

平成 29 年度 長期低炭素ビジョン小委員会 有識者からのヒアリング実績

長期低炭素ビジョン小委員会においては、第 16 回から第 19 回(計 5 回。懇談会を含む。)にかけて大幅削減に不可欠と考えられる技術の見通しや世界の動向等について有識者からのヒアリングを実施したところ、その概要は以下の通り。(各ヒアリング資料に基づき環境省作成。なお、各回の発表スライド及び議事録は、環境省 HP にて閲覧可能。)

(電源低炭素化)

再エネは、大量導入の実現に向け、低コスト化、認可制度、分散型の供給システム構築等に更なる改善の余地。(相澤氏)

足元の状況変化として、電源開発への卸売市場価格の影響拡大と資源価格の低下に着目。将来の資源価格と原発比率が、電源ミックスに及ぼす影響について留意が必要。(笹俣氏)

低炭素社会に向けては、エネルギー供給システムに新たなパラダイム構築が必要。環境エネルギービジョンのキーワードは、低炭素化に加え、オール電化、コスト競争力、分散型システム。人口減少、低炭素、自由化、分散化、デジタル化に対応するため、システム設計、ビジネスにおいて柔軟性が求められる。(山田氏)

自由化・分散化・脱炭素化・デジタル化を契機に、長期にわたるエネルギーシフトがグローバルに需給両面で進む(Utility3.0)。変革を支えるプラットフォームとして、電力システム改革が必要。漸増が見込まれる電力需要に対応するため、低炭素電力供給手段の多様化(原子力、再エネ、高効率火力、CCS など)がより重要に。再エネ導入には 3 つの課題(経済性確保、出力変動に対する柔軟性確保、送配電ネットワークの容量確保)。(岡本氏)

世界で再エネ導入が加速するのは、費用便益が大きいため(日本においては定量的な議論少ない)。費用には、隠れたコスト(外部コスト)も含めるべき。新規市場参入者である再エネ事業者に関する系統連係の問題のほとんどが制度的要因に帰する。運用方法における変革が必要。(安田氏)

(CCS)

2 目標の実現のためには、CCS は世界で実装が見込まれる主要分野の一つ。導入のためには、強力な施策、技術革新、コストの低減等が必要。火力発電所のみでなく、産業部門での利用、CCS と組み合わせた水素ガスの製造等にも展望。(ペイジ氏)

20年を超える経験を有するノルウェーにおいては、国際レベル、国レベル、地域レベルの関連規制のもと、国営機関が推進に関与。炭素税が実施インセンティブに。(オンブストレット氏)

(英国の気候変動政策)

気候変動法に基づき、2050年に80%削減を目標とし、達成のための道筋としてカーボンバジェットを設定。設定に当たっては、エビデンスの収集、様々なステークホルダーとの対話、産業競争力への配慮を実施。近年では、カーボンプライスフロアの導入により、電力分野(特に石炭火力)からの排出が大幅に削減。産業向けには、カーボンリーケージのリスク回避のため、炭素価格負担への補償の仕組みあり。(バロネス・ブラウン氏)

(海外エネルギー事業)

各国の状況により、エネルギー戦略は異なる(例 英、仏:再エネ拡大、原子力推進。独:再エネの大量導入、ベース電源に調整力を期待。中:原子力、石炭火力をベース電源としつつ再エネ導入も積極的。)。電力の安定供給、低コスト化、再エネ導入の観点から、送配電網の増強、アンシラリーサービス市場の拡大等の動き。(相澤氏)

福島第一原発事故後、各国の原発に関する政策動向は様々(英、仏、フィンランド等:推進。中:積極推進)。独、スイス、ベルギー等:脱原発)。政策判断には、エネルギーセキュリティの論点に加え、社会受容性が大きい。(相澤氏)

エネルギー地政学の観点から、世界情勢は一層不安定、日本は引き続き中東リスクを抱える状況。エネルギー安全保障の観点から、電源の多様性、グリーンな電力の安定供給が重要。再生可能エネルギーの活用には、地域分散型のシステム思考が必要。原子炉技術は、第4世代に。統合型の高速炉は革命的進化(受動的安全性、使用済み燃料処理の補完等)。(田中氏)

(参考 各回の概要)

平成 29 年 8 月 2 日 第 16 回

相澤 善吾 一般社団法人海外電力調査会 前会長

「海外のエネルギー事情と低炭素化対策」

欧州は、気候変動対策重視。フランスは、化石燃料資源に乏しく、石油危機以降原子力を重視。社会党政権下、再エネ拡大+原子力維持の政策も、マクロン大統領誕生後、原発比率を下げるかどうかで揺れている。英国は、国内ガス資源枯渇の懸念から、エネルギーセキュリティ、環境対策として、再エネ、原子力推進へ政策強化。巨額の原子力投資資金の調達、EU 離脱の影響などが課題。ドイツは、石油危機以降、国内資源(石炭・褐炭)と原子力開発を推進。福島第一原発事故後、脱原子力へ。再エネの大量導入

により、これまでのベース電源に調整力を期待（FITの見直し、容量メカニズムの導入やエネルギー事業の見直し、系統の増強等の再エネ大量導入の課題への対応）。石炭火力の段階的閉鎖が、政治的にも大きな課題。米国は、オバマ政権下で「全てのクリーン・エネルギー開発」、石炭火力からの撤退、シェール革命で自給率を大幅改善。トランプ政権により気候変動政策後退懸念も、すでに動き出した州レベル、民間レベルの大きな流れは変わりそうもない（州により、原子力など大型系統をベース電源とする方向と、再エネなど分散型電源とスマートグリッドの活用等と、エネルギー事情等により二分化。石炭火力は、経済的理由から廃止の流れは止まらず。）。中国は原子力、石炭火力をベース電源としつつ、再エネの導入を積極的に進める。省エネ、天然ガスの拡大で、どれだけ石炭消費を削減できるかが鍵（特に大気汚染の観点から厳しい対応、消費量は下降気味。）。

欧州は、電力の安定供給・低コスト化、再エネ導入の観点から、地域の送電線ネットワークを更に増強予定。米国は、デマンドレスポンスや配電系統への接続電源増加により、送電線投資需要の見通し不透明（近年、アンシラリーサービス市場に注目。蓄電池も急速に普及し、商業的にも成功。）。中国は、急速な再エネ電源開発（特に風力発電）に伴い系統容量が不足、北西部からの直流送電線を建設。

我が国においては、再エネは、受け入れ機能、送電機能に改善の余地大。海外と比較して設置工事コストが2～3倍、工事以外（土地取得、認可、ファイナンス、マージン、設計）が2倍と高コストであり、設計・設置工事や認可制度の見直しが必要。再エネの大幅導入には、分散型電源、スマートグリッドなど新技術の開発導入を含むエネルギー供給システムの大きな見直しが必要。石炭火力に対するスタンスのあり方（エネルギー先進国も石炭依存国も石炭減少）、エネルギー環境問題に関する一般消費者の意識向上も論点。

笹俣 弘志 A.T. カーニー株式会社

パートナー エネルギー・素材 プラクティス リーダー

「電力自由化の進展と電源ミックス及びCO2排出量への影響」

電力自由化後の火力電源開発等に関する動向等を競争力の観点を中心に考察。

足下の2つの状況変化として、卸売市場活性化政策による売電価格想定 of 構造的変化（小売料金だけでなく卸売市場価格が意識され始めている。）と、資源価格の低下による火力発電の収益性の悪化（発電所建設計画に影響を与える要因）がある。他方、原発比率の低下や再エネの拡大は、小売料金を引き上げる要因となる。

資源価格（高・低）と原発比率（高・低）に応じたシナリオを紹介。電源ミックスとCO2排出量への影響を考察。資源価格が高いシナリオだと、現行の省エネ法、高度化法

の石炭火力の建設の抑制効果は限定的になる可能性。原発比率が低いと、系統電気料金が高くなり、分散電源の浸透が進みやすくなる可能性。

山田 光 スプリント・キャピタル・ジャパン株式会社 代表取締役

「低炭素社会のエネルギー・ビジョン～ゼロベースでのパラダイム構築を～」

低炭素社会に向けては、エネルギー供給システムに新たなパラダイム構築が必要。エネルギー政策の目的に環境エネルギー政策が加わり、システムは、規制モデルから、市場モデル、分散型モデルへ。市場デザインの新たな改革が必要。欧州エネルギー企業は、分散ビジネス（小売、配電、再エネ）を分離し、低炭素戦略を明確化。

環境エネルギービジョンのキーワードは、低炭素化に加え、オール電化、コスト競争力、分散型システム。5つのD（人口減少、低炭素、自由化、分散化、デジタル化）により、フレキシビリティのない設備、契約、ファイナンス、ビジネスは淘汰される。論点として、行政と法整備の一体化（産業・エネルギー・環境政策の統合）、カーボンプライシングの導入（中長期的な政策実現に向けての制度設計）、再エネの低コスト性と国防価値の意義（原子力を含めたトータルコストの議論）、上流投資・資源政策の見直し、インフラ利用の高度化（配電網と低圧取引プラットフォームの技術開発）、2030年、40年には、高圧取引プラットフォームと低圧取引プラットフォームができるイメージ。政策 이슈としては、既存のしがらみから離れたゼロベースでの検討（座礁資産の償却スキームの構築含む）、低圧分野での市場機能拡大の技術開発支援、オーバーコミットした上流投資や燃料契約の量と価格のヘッジとリスク管理の徹底。

平成 29 年 9 月 5 日 第 17 回

ブラッド ペイジ

グローバル CCS インスティテュート チーフエグゼクティブ オフィサー

「世界の CCS の動向：2017」

パリ協定目標の達成にはあらゆる排出削減策が必要。IEA のシナリオによれば、2 目標、2 超目標の実現には、CCS は電力部門のみならず、産業部門ともに実装が見込まれる主要分野の一つ。例えば、2040 年までに回収・貯留される必要のある CO₂ は、2 シナリオでは 3,800Mtpa（38 億トン）。

2 上昇を抑える手段として、仮に CCS の利用可能性が制限された場合には、（他手段による）緩和コストが 2 倍を超える。

大規模 CCS の計画、稼働状況は、世界各エリアで計 39 件（うち、稼働中 17 件）。うち、火力発電所への設置は 2 つ。

貯留サイトのポテンシャルは、世界的に存在する（日本の見込み量は 140Gt.）。強力

な政策が投資を後押し。CCS には「平等の政策支援（ポリシー・パリティ）」（例として、現状、投資額については再エネとの間に大きな差が存在）が必須。

コストは、現状で、約 120-130 米ドル/MWh あるいは 95 加ドル/t 等。実績、経験を重ねながら、また技術革新により、将来 20 - 30%削減可能。

法・規制は、欧州、北米の各国で進展している。長期的な責任は、様々なアプローチがあるが、究極的には政府が負うであろうという議論。

石炭火力発電との組み合わせのみでなく、産業（化学、鉄鋼、セメント等）エネルギーシステムにおける水素製造・利用等、CCS には大きな展望が存在。日本の回収技術は世界でトップクラス。

イングビット オンブストレット

グローバル CCS インスティテュート シニア クライアントエンゲージメント リード
「ノルウェーの CCS 活動」

ノルウェーにおける 2 つの CCS 事業について紹介（スライプナー（Sleipner）とスノービット（Snøhvit））20 年を超える CCS の経験。炭素税により最初の CCS プロジェクトが実現。2014 年、CCS に関する新たな戦略、CCS に特化した規制枠組みを打出し。

政府の政策は、2022 年までにフルスケール CCS を実証、研究開発（約 2300 万ユーロ/年の予算）と実証の推進。国際協力も重視（米国、EU 等）。

2015 年、Full-Scale プロジェクトを開始。CCS の推進は、国営機関が関与。排出源は、セメント工場、アンモニアプラント、廃棄物利用プラント（バイオ CCS）。輸送は、中間貯蔵サイトまでは船で、その後貯留地まではパイプラインで。2022 年までに操業を開始し、コスト削減、リスク緩和、技術実証、柔軟性に富んだ貯留ソリューションを他のプロジェクトに提示。

関連規制は、国際レベル（例えば、ロンドン議定書では、CO₂ 越境貯留が認められる改正がなされたものの、批准国が少なく未発効。）国レベル（石油法、大陸棚法、汚染管理法）地域レベルで構成（階層関係というより補完し合う関係）。産油企業への炭素税（約 67 米ドル/t）や ETS 制度が CCS 実施への財政的インセンティブを与えている。

平成 29 年 9 月 19 日 懇談会

岡本 浩 東京電力パワーグリッド株式会社 取締役副社長

「低炭素化に向けた電力システムの方向性と課題」

自由化・分散化・脱炭素化・デジタル化を契機に、長期にわたるエネルギーシフトがグローバルに需給両面で進む（Utility3.0：共創による新しいビジネスモデルへ。）

CO2 排出量の大幅削減には、需要側における電化によるエネルギー効率向上と、供給側の脱炭素化の同時達成が必要。我が国では人口減少・省エネ進展を考慮しても、長期的に電力需要が漸増する可能性があり、低炭素電力供給手段の多様化（原子力、再エネ、高効率火力、CCS など）が重要性を増す。

再生可能エネルギー導入拡大には、3つの課題（経済性確保、出力変動に対する柔軟性確保、送配電ネットワークの容量確保）。再エネの需要量が増えても、系統電源が賄っている残余需要のピークはあまり変わらないことから、将来は、電力量（kWh）の価値が低下、需給調整と容量市場の価値取引がより主体に。

需給両面の変革を支えるプラットフォームとして電力システムの変革が必要。我が国が得意とする技術領域を活かし、グローバルな問題解決に貢献していくことも重要。

安田 陽 京都大学大学院経済学研究科再生可能エネルギー経済学講座 特任教授

「再生可能エネルギーの系統連系問題はなぜ日本で顕在化するのか？」

世界で再エネ導入が加速するのは、費用便益費が大きく、外部コストが小さいため。しかし、日本においては費用便益に関する定量的な議論が少ない（コストばかりの議論になりがち）。便益は、将来も含め、市民の健康、地球環境にもたらす便益等を定量的に議論すべき。費用には、隠れたコスト（外部コスト）も含めるべき。

系統連系問題のほとんどが、技術的原因でなく、市場設計や法規制などの不備・不調和による制度的要因に帰する。欧州では、送電会社の責務で系統の増強や変動対策をし、結果的に社会コストが最適化されるが、日本では、新規市場参入者である VRE（変動性再生可能エネルギー）事業者に過度なリスク転嫁が行われている状況は、経済効率性を損ない、発電コストを不合理に押し上げる要因となる。欧州の例では、電力系統に連係できる風力発電の量を決めるのは、技術的・実務的制約よりも、むしろ経済的・法制的枠組みである。日本で 20%以上の風力発電等を導入のためには、その受け入れのための運用方法における変革が必要。海外では、送電ビジネスが発展し、設備投資も盛んにおこなわれている実態。連携線の利用率も、国内は相対的に低い状況で、改善の余地大。

平成 29 年 10 月 6 日 第 18 回

相澤 善吾 一般社団法人海外電力調査会 前会長

「海外のエネルギー事情と低炭素化対策 - 海外の原子力発電の現状 - 」

世界全体の原子力発電の政策動向等について紹介。福島事故後、各国で様々な対応が見られてきたが、イギリス、フランス、フィンランド等は推進、特に中国は積極推進。ドイツ、スイス、ベルギー等は脱原発へ。米国は州ごとに利用政策が異なるも減速傾向。

新たに建設中のプラントは、60 基、6450 万 kW。中国は、22 基の建設計画があり、2040 年には、日本、欧州、米国を抜きトップに（IEA の容量予想値：144GW）。

バックエンドの官 / 民役割分担は、日本は民であるのに対し、多くの国が官の分担。今後の議論の可能性。

原子力発電の政策に関する論点は、エネルギーセキュリティに加え、社会受容性が大きい。その他、環境性、安全性、経済性、政府や事業者に対する信頼性等。

田中 伸男 笹川平和財団 会長

「嵐の中のエネルギー・地球環境戦略 米国トランプ政権の外交とエネルギー地政学」

トランプ政権誕生を受け、エネルギー地政学の観点から世界のエネルギー情勢は一層不安定化。米国の中東からのエネルギー自立は今後の影響大。日本は引き続き、中東依存の地政学リスクを抱えている。原発をどうするかは、大きな選択。中国は、一帯一路政策の一環でパイプライン敷設含めた輸入戦略。

エネルギー安全保障の観点から、エネルギーの多様性等が重要。グリーンな電力（低炭素エネルギー）の安定供給、系統の拡充等が重要。

再生可能エネルギーの活用には、地域分散型のシステム思考が必要、蓄電技術の大幅な低コスト化が必要。CCS も 2 シナリオには必要な技術とされているが、更なる政策努力が必要。EV の大量導入も鍵。

原子炉の技術的進化は第 4 世代に。世界の高速炉開発は露中印がリード。統合型の高速炉は、次世代炉として革命的進化（ほぼ無限なエネルギー源、固有安全性（受動的安定性）、長期廃棄物処理技術、閉じられた核燃料サイクル、軽水炉の使用済み燃料処理の補完等の特徴。）。福島第一原発事故の教訓として、国民の理解にけじめをつけること、第 4 世代の高速炉の活用も視野に、安全の問題（安全停止の実験など安心を増やす政策を含む。）、廃炉・廃棄物等への対応を明確に準備することが不可欠。

平成 29 年 10 月 25 日 第 19 回

バロネス ブラウン オブ ケンブリッジ 英国気候変動委員会 副会長

「The UK 's climate strategy」

英国は気候変動法に基づき、2050 年に 1990 年比 80%削減を目標とし、達成のための道筋として 5 年ごとの排出量に当たるカーボンバジェットを設定（最新の第 5 期は 28 - 32 年で設定）。

政府から独立した気候変動委員会が実施状況をモニタリング、新規カーボンバジェッ

トのレベル等を提言。設定に当たっては、エビデンスの収集、様々なステークホルダーとの対話、産業競争力への配慮を実施。

近年では、カーボンプライスフロアの導入により、電力分野（特に石炭火力）からの排出が大幅に削減。

産業向けには、カーボンリーケージのリスク回避のため、炭素価格負担への政府からの補償の仕組みあり。

次期目標達成のためには、電源の更なる低炭素化、CCS 普及の戦略、自動車からの排出削減と建築物のエネルギー効率改善が主要な課題。

英国の製品・サービスの低炭素セクターは最も急成長を遂げている。英国は、1990 年以来、大幅排出削減を実現しつつ、経済面での大きな成長を同時に実現している。