

エネルギー情勢懇談会提言

～ エネルギー転換へのイニシアティブ ～

平成30年4月10日

エネルギー情勢懇談会

| | |
|---|----|
| <u>はじめに</u> | 2 |
| <u>第一章 エネルギーを巡る情勢変化</u> | 3 |
| ~可能性と不確実性、その中での国家戦略 | |
| 1. 戦後 5 回目のエネルギー選択 | |
| ~非連続の革新を次々と生み出すためのエネルギー戦略を | |
| 2. 脱炭素化に向けた技術間競争の始まり | |
| ~可能性の一方でその帰趨は不確実 | |
| 3. 技術の変化が増幅する地政学的リスク | |
| 4. 国家間・産業間の競争が金融も巻き込み本格化 | |
| 5. 今問うべきは、日本の潜在力を顕在化させる打ち手 | |
| <u>第二章 2050 年シナリオの設計</u> | 11 |
| ~野心的な複線シナリオ、科学的レビュー、システム間比較 | |
| 1. 複雑で不確実な状況下での 2050 年シナリオの基本設計、エネルギー戦略の評価軸 | |
| 2. 野心的な複線シナリオの採用 | |
| ~あらゆる選択肢の可能性を追求 | |
| 3. 科学的レビューメカニズム | |
| 4. 電源別コスト検証から脱炭素化エネルギーシステム間のコスト・リスク検証への転換 | |
| <u>第三章 野心的な目標、各選択肢が直面する課題、対応の重点</u> | 19 |
| <u>第四章 シナリオ実現に向けた総力戦対応</u> | 22 |
| 1. 総力戦対応 | |
| 2. 世界共通の過少投資問題への対処 | |
| 3. 4 層の実行シナリオ | |
| <u>おわりに</u> | 26 |

はじめに

エネルギー情勢懇談会(以下、懇談会と略)は、経済産業大臣から「2050年のエネルギー戦略に関するシナリオ如何」との要請を受け検討を始めた。

エネルギーの選択は、平時においては、年間の電気代約 16 兆円、化石資源輸入額約 15 兆円にものぼる巨額の負担を伴う選択であり、石油危機や福島第一原発事故時のような有事となれば、国民生活や経済活動全般にわたって重大な影響を及ぼすものである。したがって、国民の関心は極めて高い。内外の情勢を客観的に把握し、世界の様々な試みを学び修正し取り入れなければならない。

こうした問題意識に立ち、懇談会は、例えば、論点となる原発に関して、脱原発のドイツ、原発維持の英国からの有識者の見解をヒアリングするなど、主要な論点について異なる方針、異なる立場に立つ内外の有識者 14 名を招聘した。フルオープンで検討を行い、委員同士の議論などを経た上での結論がこの提言である。

提言をとりまとめるに当たり、踏まえた点が 3 つある。

第一に、**福島第一原発事故が原点であるという姿勢は一貫して変わらない**。我が国は、原子力の位置づけを考察し続ける責務がある。2050年のエネルギー戦略を構想するに際して、エネルギーの選択肢の一つである原子力の検証・検討は不可避であり、この提言は、福島第一原発事故の教訓をどういう形で示していくのかという問いかけへの回答でもある。

第二に、現在のエネルギー基本計画は 2030 年を目途としたものであり、策定から 4 年が経過したが、この間の変化は**可能性と不確実性の双方を高めている**。新しい脱炭素社会実現の可能性への期待が高まる一方で、技術革新の主導権を巡る国家間競争の帰趨は不確実である。可能性と不確実性とを今生じつつある情勢変化の本質ととらえ、我が国が主導性を発揮できる条件を提示した。

第三に、戦後一貫した**エネルギー選択の思想はエネルギーの自立**である。膨大なエネルギーコストを抑制し、エネルギーの海外依存構造を変えるというエネルギー自立路線は不変の要請である。今回のエネルギー選択には、**これにパリ協定発効に見られる脱炭素化への世界的なモメンタム**が重なる。そして、こうした課題への取組は、いつの日か化石資源が枯渇した後にどのようにエネルギーを確保していくかという問いへの答えにつながっていく。エネルギー技術先進国である我が国は、脱炭素化エネルギーの開発に主導的な役割を果たしていかなければならない。このためには、技術革新による非連続のエネルギー転換が不可欠であり、今から政策・産業・金融が向かうべき大きな方向を提示した。

提言の副題は「**エネルギー転換へのイニシアティブ**」、その設計の基本は「**野心的だが複線型のしなやかなシナリオ**」。こうしたシナリオと**科学的レビューメカニズム**で構成する。実行の基本は「**総力戦**」。脱炭素化へ向けた新たなエネルギーシステムの確立に向けた政策強化、国際的なエネルギー転換アライアンスの形成、エネルギー産業・インフラの再編強化、資金循環メカニズムの 4 つで構成される。

このような認識に立って、情勢変化、シナリオ設計、各選択肢の課題、実行戦略の 4 点にわたる具体的提案を、以下展開する。

1. 戦後 5 回目のエネルギー選択 ～非連続の革新を次々と生み出すためのエネルギー戦略を

我が国は、戦後、4 度のエネルギー選択を経験してきた。高度成長期には石油という選択肢へ転換し、石油危機後は脱石油に向けてガス・原子力・石炭・省エネと選択肢を拡大し、さらに京都議定書以降の温暖化重視の中ではガス・原子力という選択肢を強化し、そして福島第一原発事故を受けて再生可能エネルギーを選択肢として本格的に加え、改めて省エネを強化するという選択をしてきた。このように我が国は、エネルギーを巡る情勢変化に伴う時代の要請に応じて、技術の革新を武器に、あらゆる選択肢の可能性を追求し、豊かな国民生活と強い経済の実現を目指す歴史を歩んできた。

そして今、我が国は、戦後 5 回目のエネルギー選択を構想すべき局面にある。きっかけは、パリ協定の発効を受けた 2050 年視線でのエネルギー戦略の具体化だが、我が国がエネルギー選択に改めて向き合うべきより本質的な変化が生じ始めている。

懇談会では、ここ数年の変化を「10 の変化」に要約し、異なる立場に立ち、異なる戦略を掲げる内外の多様な有識者を招聘し、公開の場での議論を積み重ねてきた。その過程で見えてきた風景は、脱炭素化というキャッチフレーズの下で繰り広げられる「エネルギー技術の覇権」を目指した国家間の熾烈な競争の世界である。この競争の中では、石油メジャーや電力会社といった既存のメガプレーヤーもビジネスモデルの変革を模索し、旧来の資源国もその国家運営モデルを根幹から問われる事態となっている。エネルギー小国である日本が、事態に漫然と受動的に対応し、世界的なエネルギー転換を巡る競争の中で埋没すれば、他国のエネルギー技術に依存するという新たなエネルギー安全保障上のリスクにさらされる。

振り返れば、我が国は、戦後の大きなエネルギー転換を技術の力で乗り切ってきた。高度成長期には欧米を手本として、短期間に、かつ成長を損なうことなく石油への転換を成し遂げ、石油危機後は欧米をリードして世界に冠たる省エネ国家を確立した。90 年代に入り温暖化問題が浮上する中で、低炭素化技術により成長と温暖化対応の両立が可能であることを世界に提示した。こうした過去のエネルギー転換と異なり、これからの 2050 年に向けたエネルギー転換には質的な困難が伴う。なぜなら、①非連続の技術開発でしか達成できないゴールであるが故に確立した先行モデルがなく、②自国市場の拡大をバックに投資資金を引き付ける新興国がメインプレーヤーとして台頭する中で、③日本は、自国市場の拡大見込みが乏しい中で、低炭素化分野での成功体験を生み出したこれまでの産業・インフラ・政策の構造を変革していかなければならないからである。

エネルギーは、それなくしてはあらゆる活動が成り立たない、国家・経済・社会の礎である。「エネルギーは供給されて当たり前」。こうした感覚が我々の中にあるとすれば、それは、これまでの我が国の仕組みが成功裡に機能している証拠である一方、これが、変革期のエネルギー転換に挑む上での「壁」となりかねない。今、共有すべきは、増大するリスクへの危機感であり、急ぐべきは、危機感に基づくたかな戦略の策定である。

「エネルギー技術」という新たな覇権の獲得に向け、国家レベルでの技術革新競争を主導する。新たな技術を次々と生み出す産業・人材基盤を持つ国となる。企業・個人といった需要家の主体的な選択がエネ

ルギー転換を加速する環境を生み出す。この基礎の上に、資源国・新興国なども含め、国際社会と新たなエネルギーの相互依存関係を構築する。このためには、技術を中心とした強固なエネルギー安全保障を確立し、経済社会の安定と発展を確保するための**主体的・能動的なエネルギー転換への戦略が必要**である。これが**2050年に向けた第五のエネルギー選択**の意味となる。

(関連資料①)

戦後日本のエネルギー選択。我が国は大胆なエネルギー転換を経験し、これを乗り越えてきた。脱炭素化に向けた複数の選択肢の帰趨は見通しがたい難しさがある中で、第五の選択は、エネルギー安全保障の根幹を決める「技術覇権」の獲得戦略となる。

2. 脱炭素化に向けた技術間競争の始まり ～可能性の一方でその帰趨は不確実

【再生可能エネルギーへの期待の高まり】

ここ数年で、ガス価格はシェール革命により低下した。再生可能エネルギーの価格は、FIT 制度などによる大量導入を背景に、海外では大きく低下している。電気自動車(EV)に関しても、主要国による政策支援を通じた大量導入により、車載用蓄電池の価格が低下し始めている。

これらを契機に、再生可能エネルギー・蓄電・デジタル制御技術を組み合わせた分散型の脱炭素化エネルギーシステムへの挑戦が、石油・電力・ガス・自動車・IT など幅広い産業を巻き込んで加速しつつある。大規模な電力会社やガス会社の中には、自らが築き上げてきた中央集中的なエネルギー供給体制に変革をもたらすものとして、再生可能エネルギーを中心とした分散型エネルギーシステムの開発に着手する企業も出始めた。こうした経営改革の試みが、金融資本の支持を集め、政策と同調すれば、**エネルギー転換による脱炭素化が経済成長を損なうことなく実現できるとの期待も生じている。**

一方、現在の**太陽光・風力といった再生可能エネルギー**は、火力発電による補完が必要であり、**それ単独では脱炭素化を実現することはできない。**天候次第という間欠性の問題から、供給信頼度は低く、その依存度が高まるほど自然変動によって停電を防ぐための品質の安定(周波数の維持)が困難になる。再生可能エネルギーを大量に導入するためには、発電効率を更に向上して設置面積を抑制するとともに、火力や原子力とは異なる発電立地となるため、送電網の増強投資を通じたネットワーク全体の再設計を行う必要がある。また、分散電源として活用するためには小型の蓄電システムの開発を要する。

このように、**再生可能エネルギー単体による電力システム**は、自立化や脱炭素化に向けて、現段階では課題が多く、発電効率の向上、火力依存からの脱却や蓄電システムの開発、分散ネットワークの確立などの**技術革新競争がこれから本格化する。**

【再生可能エネルギーの革新が他のエネルギー源の革新を誘発】

再生可能エネルギーやガスの価格低下は、**他の化石エネルギーや原子力の技術革新を誘発し**、再生可能エネルギーに対抗、あるいは共存する動きも出ている。

褐炭をガス化して水素を製造し、その過程で発生する CO2 を経済的に CCS 処理(炭素固定化)することで、脱炭素化エネルギー源に転換する日豪の取組が始まっているが、現段階では実用化のレベルに達していない。再生可能エネルギーと蓄電池を組み合わせたシステムが脱炭素化に向けた登山口の 1 つだとすれば、このような**化石燃料の脱炭素化の試み**もその 1 つと言えよう。

原子力も例外ではない。米国では、大型原子炉の安全運転管理を徹底して 80 年運転を実現しようとする動きなどに加えて、再生可能エネルギー価格やガス価格の低下が進む中で、**小型原子炉の開発**も始まっている。投資期間を短縮し投資適格性を高め、再生可能エネルギーとの共存可能性を目指した新しいコンセプトに基づく挑戦であり、英国・カナダなどでも同様の試みが民間主導で生じている。このように大型炉・小型炉を問わず、社会的要請に応えるイノベーションへの挑戦が世界で始まっている。

【技術間競争の帰趨の不透明性】

政策支援による大量導入が生んだ再生可能エネルギー価格の低下と EV 化の加速、民間主導のシェール革命とガス供給構造の変革。これらはより高度なエネルギーシステムへの転換を求める本格的な技術間競争を生み、主要国の政策転換がこれを加速、そして産業と金融の対応を促す。こうした**エネルギー転換・脱炭素化に向けたダイナミックな競争のプロセスが世界中で始まり、2050 年を見据えた新たなエネルギー構造への転換の「可能性」が高まった**ところに、この数年間の技術的な**情勢変化の本質**がある。

その一方で、現時点では、**経済的で脱炭素、変動するエネルギー需要を単独で満たす完璧なエネルギー技術は実現していない**。「可能性」はあるが、技術間の競争は始まったばかりであり、**いつ・どこで・誰が勝者になるのか、その帰趨は未だ不透明**である。すべての国・企業が覇権を握る可能性、チャンスがある。「不確実性」、ここに今のエネルギー情勢変化のもう 1 つの本質がある。

したがって、今の情勢変化の背後には、**エネルギー転換による脱炭素化の「可能性」と「不確実性」**の 2 つの本質があるとみた上で、**可能性に着目した大胆さと、不確実性に着目したしなやかさ**の複眼的視点で 2050 年のシナリオを構想しなければならない。

(関連資料②)

投資額と設備量では火力・原子力を凌いでいる再生可能エネルギーだが、実際の電力発電量では主力ではない。

(関連資料③)

脱炭素化へのチャレンジは実に多様。再生可能エネルギーへの期待は高いが、世界で繰り広げられるチャレンジはそれだけではない。

3. 技術の変化が増幅する地政学的リスク

【地政学的リスクの増大】

技術の変化はエネルギーを巡る地政学的なパワーバランスに影響を与える。米国のシェール革命や再生可能エネルギーの価格低下により、中東に偏在する石油に依存した構造から、石油よりも普遍的に存在する再生可能エネルギー・ガス主体の構造への転換が実現すれば、各国はもはや特定の国の影響力に左右されることのないエネルギーの民主化がもたらされるとの見解がある。

その一方で、IEA によれば、2040 年段階で、2 度シナリオという CO2 削減に向けた極めて野心的なシナリオであっても、一次エネルギー供給に占める化石燃料の比率は、先進国で 53%、新興国にあっては 63% という比率を占める。再生可能エネルギーは、先進国でも 32%、新興国で 29%を占めるに過ぎず、[世界のエネルギー情勢は石油による地政学的リスクに大きく左右される構造が依然続く](#)。

中国、インド、東南アジアの電力需要の増勢は、それぞれ米、EU、日の需要に相当するとの予測があること、中国の足下での急激なガスシフトがアジアの LNG 価格を 2 倍に跳ね上げたことが示すように、[伝統的な化石資源価格変動のリスク](#)を無視することはできない。IEA の 2040 年時点での石油価格の予測は、100ドル超から 40ドルまでと幅があるが、このことは、産油国の国家財政の不透明さがかつてなく大きいことを意味し、[産油国のエネルギー構造に伴う不安定性が地政学的リスク](#)を高める可能性もある。少なくとも過渡的には、エネルギーをめぐる地政学的リスクは、緩和するのではなく増幅すると見ることが妥当である。

【地経学的リスクの顕在化】

そして、もう一点注目しなければならない点、それは、中国やインドといった新興のエネルギー大国が、需要面・供給面でメインプレーヤーとなり、[経済的な影響力を通じて政治的なパワーを発揮する、いわゆる「地経学的リスク」が顕在化](#)しうる、という点である。

特に、太陽光パネルや EV を支える蓄電、デジタル化技術、原子力といった脱炭素化を担う技術分野での中国の台頭は著しい。我が国の太陽光パネルの自国企業による供給は、ここ数年で大きく低下し中国に依存している。「エネルギー技術先進国＝日米欧」という構図は与件ではない。エネルギーサプライチェーンのコア技術を自国が握り、その革新をリードする[「技術自給率」\(国内のエネルギー消費に対して、自国技術で賄えているエネルギー供給の程度\)](#)という概念の重要性を再確認すべき事態になっている。

【送電網にまつわるリスクへの備え】

石油の時代においては、石油パイプラインやガスパイプラインが持つ地政学的な含意が意識されてきた。脱炭素化に伴いエネルギー転換が進んだ世界では、送電網へのサイバー攻撃リスク、再生可能エネルギーの自然変動リスク、国際送電網を通じた地経学的リスクへの対応など[送電網に関連したリスクへの対応](#)を意識しなければならない。

【エネルギーを巡る過渡的なリスクの高まり】

以上のように、過渡的にはエネルギー情勢は不安定化する。また、エネルギー転換後の世界でも、コア技術を自国で握らない限り地経学的なリスクは残る。当面、**エネルギーを巡るリスクは高まる**という認識で、2050年シナリオを構想しなければならない。

(関連資料④)

IEAによれば、パリ協定を想定した2度シナリオであっても、化石燃料には一次エネルギー供給の半分を依存することになる。

(関連資料⑤)

新興国の電力需要の増大は日米欧の需要に相当するインパクトを持つ。

(関連資料⑥)

中国のガスシフトはアジアのLNG価格の下方トレンドを一変したのがその典型。

(関連資料⑦)

中国は、太陽光、原子力、送電網、EVで実力。

(関連資料⑧)

再生可能エネルギー・電化の世界は石油の世界よりも民主的との期待。しかし現実は違う。

4. 国家間・産業間の競争が金融も巻き込み本格化

主要国はエネルギー転換・脱炭素化への大胆な戦略を表明しており、国家間の覇権争いが本格化している。

【野心的だが決め打ちしない主要国の戦略】

主要国が提示している戦略は、総じて、野心的だが、その達成方法はコミットせず、かつ、自国利益に資することを狙っているという点でしたたかである。どの国も化石依存という課題を抱えつつも、エネルギー転換による脱炭素化に向けた「変革の意思」を躊躇なく表明し、自国に合わせた政策設計に取り組みながら、国際世論を巧みにリードしている。その上で、方針通りの成果が得られていなくても、また、新たな試みが新たな課題を生み出すという現実があったとしても、「野心的な意思へのコミットメントが生むモメンタム」とそこから生じる「可能性」は無視できず、変革への競争は加速度を増していくと考えられる。

【欧米の主要企業の戦略も野心的だがしたたか、そして多様に】

欧米の主要エネルギー企業も、野心的かつ柔軟な経営戦略を競い合う。電力会社やガス会社といった公益企業も、伝統的な石油企業も、従来の戦略や自社の主力事業をしたたかに維持しつつも、新たな技術の可能性を追求するという野心的な展望を語っている。既存のコア分野への投資を継続しながらも、「エネルギー転換・脱炭素化」を掲げ、新規分野への進出を表明し、企業戦略全体への金融資本市場の支持を得て主導権を競い合っている。その戦略は各社ごとに異なり多様だが、その焦点は「成長する世界への展開とエネルギー転換・脱炭素化」にある点で概ね一致している。

【金融による勝者選別の動きはこれから本格化】

金融資本市場においては、エネルギー転換・脱炭素化競争の勝者を見極めようとする動きが始まっている。足下では、石炭へのダイベストメントのような動きに注目が集まっている。

しかし、エネルギーシステムは、技術と企業、インフラ、政策が密接に関連したものであり、既存のシステムの改革には時間も調整コストも伴う。エネルギーシステムの中ではそれぞれの「パーツ」が存在している理由・背景があり、これを理解した上で、システム全体での構造変化を企図しなければ、システム全体のパフォーマンスが落ち、長期的な投資先としての持続可能性も損なわれる。

長い目で見れば、金融資本市場においても、「時間軸を設定したエネルギー転換・脱炭素化シナリオ」を掲げる企業経営にこそ、長期的な企業価値が見出され、注目が集まることになると考えられる。

5. 今問うべきは、日本の潜在力を顕在化させる打ち手

ここ数年の情勢変化の本質を「可能性」と「不確実性」に求めるとすれば、今問うべきは、日本のリスクと可能性を見極め、可能性を顕在化するための打ち手を構想することである。

エネルギー転換に向けた取組は、必ずしもバラ色の世界ではない。全てのエネルギー源には光も影もある。技術・インフラ・産業構造・政策体系が複雑に絡み合うところに、エネルギー構造の特徴があり、その変革には時間もコストもかかる。こうした現実を直視し、エネルギーを巡る自国の置かれた環境に合わせて、戦略を構築できた国が優位に立つ。

もともと資源に乏しいエネルギー小国である日本は、むしろこれをばねに資源の乏しさを技術でカバーしてきた。しかし、足下では、低炭素化分野での新興国の台頭が著しく、日本の存在感は相対的に低下している。さらに今、脱炭素化分野での技術革新競争が本格化し、ゲームの構図が変わりつつある中で、仮に、低炭素化のみならず脱炭素化分野でも、世界のエネルギー構造変革への挑戦に躊躇すれば、日本のリスクは顕在化する。

他方、脱炭素化エネルギーシステムはなお開発途上であり、各国の挑戦も試行錯誤のステージにある中、日本は、水素・蓄電・原子力といった脱炭素化技術の基盤を持ち、かつ、資源国と新興国、先進国と緊密な関係を構築している数少ない国である。

こうした日本が保持する大きな可能性を秘めた技術的な資産をどのように活用していくのか、どのような手を打てば日本の潜在力が開花しうるのか。こうした視点で 2050 年に向けたシナリオのあり方を次章で検討する。

(関連資料⑨)

主要国の 2050 年シナリオ。大胆だが決め打ちせずしなやか。

(関連資料⑩)

欧米企業のシナリオ。大胆に自己否定的なゴールを提示する企業も。旧公益事業であってもその戦略は驚くほど多様。

(関連資料⑪)

低炭素分野では日本のポジションは低下。他方、脱炭素化分野では主要なポジションを確保。

第二章 2050年シナリオの設計

～野心的な複線シナリオ、科学的レビュー、システム間比較

1. 複雑で不確実な状況下での2050年シナリオの基本設計、エネルギー戦略の評価軸

【複雑で不確実な状況下での2050年シナリオの基本設計】

第一章で述べたように、2050年という長期展望には、技術の可能性と不確実性、情勢変化の不透明性が付きまとう。蓋然性を持ったエネルギー構造に関する予測も成立しない。複雑で予測困難な環境下での2050年シナリオは、エネルギー基本計画で採用した2030年という単一ターゲットのPDCAサイクルでは対処できない。複線型で、状況変化に応じて重点化を行い、それに足下の打ち手を的確に適用させていく柔軟なシナリオの設計が必要である。不確実な状況を360度の視野で観察し、最新の情報に基づき重点を決め、速やかに行動、その評価を新たに情報として取り入れ、しなやかに目指すべきゴールを修正していく。こうした、野心的なゴールを掲げつつも、状況変化に応じてこれを設定し直すしなやかさが必要となる。

したがって、2050年シナリオの設計としては、第一に可能性と不確実性に着目した野心的な複線シナリオとし、第二に不透明な情勢の下、技術や政策の重点をしなやかに設定・修正するための科学的レビューメカニズムを導入し、第三に電力のみならず、熱システム、輸送システムなども包含した脱炭素化エネルギーシステム間のコスト・リスク検証を採用する。

【複雑で不確実な状況下でのエネルギー戦略の評価軸】

その上で、エネルギー選択は各国固有の環境を反映したものとする、という点を引き続き重視する。

我が国は、自国の化石資源に乏しい。国際的なパイプラインも国際送電線もない。中東依存度は主要国の中で突出して高い。長期のエネルギー需要は人口減少により量的に増大し続けるとは見込まれないが、電力の質への要求レベルが下がるとは考えにくい。成熟経済であるが故に、エネルギーインフラ(送電線、ガスパイプライン、ガソリンスタンド)が既に全国に張り巡らされている。エネルギー多消費産業を中心にエネルギー効率は極めて高い。この結果生み出されたのが、高信頼のエネルギー技術であり、それに基づくサプライチェーンを構成している。このことがエネルギー開発をこれから本格化する新興国やエネルギー転換に挑戦する資源国との連携を繰り広げるエネルギー外交上のレバレッジとなっている。他方、東日本大震災後の計画停電や燃料供給の停滞は、それまでのエネルギーインフラにも国民生活・経済活動へのリスクとなる脆弱性がある点を再認識させた。

4年前に策定したエネルギー基本計画は、これらを踏まえ、3E+Sをエネルギー選択の評価軸とした。この要請は変わらない。むしろ、第一章で指摘したように、エネルギー転換に向けた国家間の覇権獲得競争が本格化する、との認識に立てば、ここで示した我が国固有の状況を踏まえた、「より高度な3E+S」をエネルギー選択の評価軸として設定しなければならない。

具体的には、不確実な状況の中での対応力を重視し、

1) 安全最優先を、技術とガバナンス改革による安全の革新により実現する

- 2) 資源自給率に加え、**技術自給率向上と最大リスク最小化のためのエネルギー選択の多様化**を確保する
 - 3) 環境適合から、**脱炭素化への挑戦**に取り組む
 - 4) 国民負担抑制に加え、**自国産業競争力の強化**を図る
- の4点を、エネルギー選択の評価軸とすべきである。

すなわち、平時の 3E+S の視点に加え、**有事における最大リスク**(再生可能エネルギー系の自然変動リスク、原子力系の事故リスク、化石系の地政学的リスク、蓄電系のレアメタルリスク、先端技術の他国依存リスク)**を最小化するための対応力をも重視した、「より高度な 3E+S」**を目指すべきである。

2. 野心的な複線シナリオの採用～あらゆる選択肢の可能性を追求

【2050年という長期予見は困難】

2050年シナリオの設計は、長期的な目標の達成に向けたありうる打ち手を見出そうとする営みだが、目標が極めて野心的な水準である以上、**非連続の技術開発が必須**となる。そして、非連続の技術開発のいずれが将来的にエネルギー転換を担えるだけの確たる技術として成長しうるかを、足下の知見で見極めることは難しい。

【主要国の戦略比較、全方位の複線シナリオの有効性】

主要国は、再生可能エネルギーだけではなく、水力や原子力などの多様な脱炭素化手段を組み合わせ**たシナリオを採用**している。英国は、北海油田の枯渇、老朽石炭と原子力廃炉に直面する中で、全方位の脱炭素化戦略を採用、再生可能エネルギー拡大・ガスシフト・原子力維持・省エネを組み合わせ**てCO2削減に成功**している。

他方、ドイツは、再生可能エネルギー拡大で実現するシナリオを選択し、そのFITからの自立で先行した一方で、再生可能エネルギー拡大と原子力抑制に伴って石炭依存が減らず、2020年目標の先送りに見られるようにCO2削減が停滞し、電気代も高止まりしている。

また、現在、安価で脱炭素化に近いレベルでのCO2削減を達成している数少ない国・州は、変動再生可能エネルギーの大量導入国ではなく、フランスやスウェーデン、米国ワシントン州など、水力と原子力を主軸にする国・州に限られる。このことは、**現状の技術で安定的な脱炭素化のツールは主に水力と原子力であり、変動する再生可能エネルギーだけではまだ脱炭素化には及ばない**、という事実を示している。

【再生可能エネルギー拡大の鍵を握る送電網の有無、面積制約の克服】

エネルギー選択には国ごとの特殊性・固有性がある。①化石資源の賦存状況、②自然条件で決まる変動再生可能エネルギーの稼働率、③電力ネットワークやガスパイプライン網などの国際的なエネルギー連携状況、④エネルギー相対価格体系といった点が各国のエネルギー選択の出発点を左右する。こうした点に着目した場合、我が国のエネルギー環境は、国内炭を持つ一方で国際電力網を持ち再生可能エネルギー拡大が容易なドイツよりも、北海油田の生産が減少傾向にあり島国で国際電力網が乏しい英国に近いと言える。

再生可能エネルギーの変動を火力で吸収することを回避する有力な手立ての一つとして、国際連系線で再生可能エネルギー立地国と電力需要国を効果的につなぎ、より大きな電力プールを形成して、再生可能エネルギーの変動を吸収することがある。**ドイツやデンマークは隣国との電力の融通を電力需給の調整弁として活用**する中で再生可能エネルギーを拡大している。欧州ではEU大でこの試みに着手する。ノルウェーの水力発電をEUの送電網に組み込み、「グリーンバッテリー」として活用されることが期待されている。このような取組の中にあっても、再生可能エネルギー導入目標は3割程度にとどまっているのが現状である。高効率で低コストの蓄電技術が必ずしも確立していない現状で、EUという大きな閉じた電力市場全体で見れば、導入量の拡大にも自ずと限界があると見ることもできる。

国際連系線を活用した再生可能エネルギー拡大という戦略は、日本にとって様々な課題があり、丁寧に検証しなければならない。また、豪州の南オーストラリア州は、再生可能エネルギー4割を達成したが、嵐による大規模停電が発生したため、この対応の一つとして、州による補助7割で大型蓄電の配置を進めようとしている。このような豪州の試みから学ぶべきは多いが、蓄電池が高コストである中での挑戦であり、期待と懸念が相半ばするような状況である。

我が国は既に、面積当たりの再生可能エネルギー導入量は世界トップレベルにある。再生可能エネルギーにも立地の適地があり、大量導入を進めれば、いずれ面積制約に直面する。その制約を克服するためには、非連続なイノベーションによる発電効率の抜本的向上が不可欠となる。

【あらゆる選択肢の可能性を追求する野心的な複線シナリオの採用】

このように、(1)2050年シナリオに伴う不確実性、(2)の先行する主要国情勢から得られる教訓、(3)我が国固有のエネルギー環境の3点から判断すれば、再生可能エネルギー、水素・CCS、原子力など、あらゆる選択肢を追求する「エネルギー転換・脱炭素化を目指した全方位での野心的な複線シナリオ」を採用することが妥当である。

(関連資料⑫)

再生可能エネルギー・原子力・ガス転換・省エネの全方位で対処する英国。CO2削減を実現。脱原発で再生可能エネルギー拡大のドイツ。再生可能エネルギー拡大と原子力抑制、石炭横ばいで、CO2は減少せず電気代も高い。

(関連資料⑬)

一人当たりのCO2排出量。削減に成功しているのはフランスと英国。原子力と水力のミックスを実現している国と州が脱炭素の電力システムを実現している現実。

(関連資料⑭)

ドイツやデンマークは再生可能エネルギー大量導入、自然条件で生じる電力の余剰と不足は隣国との電力輸出入で調整。国際連系線が乏しい英国は再生可能エネルギー特化の戦略を採用せず。日本の環境は英国に近い。

(関連資料⑮)

EUは2030年再生可能エネルギー30%程度に向け、ノルウェーと国際連系線をつなぎ、ノルウェー水力を蓄電替わりにするという案がある。豪州では再生可能エネルギー4割となった南オーストラリア州では嵐の発生などで停電が発生。ガス火力のバックアップ不足が原因。州の7割補助で大規模な蓄電配備に挑戦するがその成果への評価はこれから。

(関連資料⑯)

2050年という長期のシナリオを考える上では、PDCAサイクルといった実現重視の直線的取組よりも、OODAサイクル(Observe, Orient, Decide, Action)といった多様な選択肢による複線シナリオの採用が適当。

3. 科学的レビューメカニズム

2050年へ向けて「野心的な複線シナリオ」を採用した場合、その射程が2050年の長期を展望したものであることから、その過程で、技術と世界情勢は予見しがたい形で大きく変動する。その中で、「より高度な3E+S」を満たすエネルギー選択をしなやかに実行していくためには、最新の技術動向と情勢を科学的に把握して、透明な仕組み・手続の下、各選択肢の開発目標や相対的重点度合いを柔軟に修正・決定していく「科学的レビューメカニズム」が必要となる。

このメカニズムが担う機能は、エネルギー選択を具体化する上で極めて重要であり、以下のような多層的な検証メカニズムとしなければならない。

- 1) 世界のエネルギー情勢と技術革新の進展度合いを、内外の人的ネットワークを駆使して収集し解析する。
- 2) その帰結に即して、主要な選択肢が、研究段階なのか、実証段階なのか、実用段階なのかといった点を統一した技術的評価軸で比較検証する。
- 3) 併せて、最大リスクの最小化の視点から、各選択肢が持つ最大リスクの管理のための技術的可能性も見極める(再生可能エネルギー系の自然変動リスク、原子力系の事故リスク、化石系の地政学リスク、蓄電系のレアメタルリスク、先端技術系の他国依存リスクなど)。
- 4) また、自国技術の優位性の検証も重要であり、各選択肢における他国との比較優位構造も見極める。
- 5) こうした客観的・多面的・専門的な分析により、選択肢ごとの開発目標を設定するとともに、選択肢の相対的重点度合いを判断し、それに応じて政策資源の重点化を決めていく。

こうした機能を担う科学的レビューメカニズムは、「冷静かつ改革志向のエネルギー選択に関する意思決定のインフラ」の1つとなる。英国は2050年シナリオを5年ごとにレビューする仕組みを導入し、この作業を支える気候変動委員会を組織して、科学、経済、政策の観点から分析を提言し、シナリオの機動的な修正を行っている。米国には、エネルギー省(DOE)の下に、エネルギー情報局(EIA)という分析部局とエネルギー高等研究計画局(ARPA-E)という仕組みが用意されている。

こうした先行例を参考にしながら、

- 1) エネルギー情勢分析と学術・技術に関する人的ネットワークの形成
 - 2) エネルギーに関する経済的・技術的なデータベースの構築と公開、共有
 - 3) 後述する脱炭素化エネルギーシステム間のコスト・リスク検証手法の開発と公開
 - 4) 国民的関心に応えるためのエネルギー情勢判断の基礎材料の提供
- といった仕組みをどうするか、具体化する必要がある。

また、このような科学的レビューを通じて、国民に対してエネルギーに関する最新の情報を正確に提供し、幅広く伝え、理解を深めて、国民一人ひとりが暮らしの中で主体的なエネルギー選択を行えるよう促すことが重要である。

エネルギー情勢の変化は速い。このため、科学的レビューメカニズムの具体化に向けた議論を早期に開始すべきである。

4. 電源別コスト検証から脱炭素化エネルギーシステム間のコスト・リスク検証への転換

エネルギー転換・脱炭素化の選択肢をどう整理し、比較するか。この点に関しては、2030年目途のエネルギー基本計画では、電力システムに関する電源別コスト検証というアプローチを採用した。これに対して、2050年シナリオは、電力・熱・輸送システムといったエネルギーシステムに関して、低炭素化を進め、脱炭素化に挑戦するものとなる。

そこで、「電源別のコスト検証」から「①蓄電系、②水素系、③炭素固定系、④原子力系、⑤デジタル系などの脱炭素化エネルギーシステム間でのコスト・リスク検証」に転換する。これにより、電力・熱・輸送といったエネルギーシステムの脱炭素化の技術的成熟度などを横断的に把握することが可能となる。

【電力システムにおける脱炭素化エネルギーシステムの例】

・電力システムの脱炭素化としては、例えば、太陽光などの変動再生可能エネルギーをメインとしつつ、その間欠性を蓄電や水素といった電力貯蔵システムで補う「再生可能エネルギー・電力貯蔵系システム」、海外の再生可能エネルギーやCCSを施した褐炭など、安価なエネルギー源を水素ガスあるいは合成ガス(メタン)に転換する「水素・合成ガス化システム」、水力・地熱・原子力などの「既存の脱炭素系システム」が考えられる。なお、これ以外にも「デジタル技術で統合する分散型システムによる省エネの高度化」などが考えられる。

- ①再生可能エネルギー・電力貯蔵系システム: 変動電源(太陽光、風力) + 蓄電池・水素による貯蔵
- ②水素・合成ガス化系システム: 海外資源の水素ガス化・合成ガス化
- ③既存の脱炭素電源系システム: 水力、地熱、原子力
- ④デジタル技術で統合する分散型システム

・今回の簡易試算では、これらシステムの足下での成熟度について、現状の電力システムのコスト・リスク(kWh当たりベース電源10円、ピーク電源15円、LNG火力12円など)をベンチマークとして試算した。

【輸送システムにおける脱炭素化エネルギーシステムの例】

・輸送システムの脱炭素化としては、例えば、電化と水素化、そして自動運転などによる交通量制御といったアプローチが考えられる。

- ①電力システム + EV・PHV
- ②水素システム + FCV
- ③自動運転による交通量制御

・電化と水素化の成熟度を評価するアプローチとしては、例えば、現状の商用車で主流のディーゼル系、乗用車で主流のガソリン系のコスト・リスクをベンチマークとして評価することが考えられる。

【熱システムにおける脱炭素化エネルギーシステムの例】

・熱システムの脱炭素化としては、例えば、電化、水素化、合成ガス化といったアプローチが考えられる。

- ① 電力システム + 電化
- ② 水素化
- ③ 合成ガス化

・これらの技術の成熟度を評価するアプローチとして、例えば、石炭、石油、天然ガスによる現状の熱システムのコスト・リスクをベンチマークとして評価することが考えられる。

【電力システムに関する2つの脱炭素化エネルギーシステムの簡易シミュレーション結果からの示唆】

- 1) **再生可能エネルギー・電力貯蔵系システム**: 変動電源(太陽光、風力) + 蓄電池・水素による貯蔵
- ・太陽光、風力について電力需要のピークの数倍の容量を導入し、その余剰電力を気象変動に備えて数日間分貯蔵する。必要となる再生可能エネルギーの発電容量と貯蔵規模は、再生可能エネルギー価格と貯蔵価格、そして各国の自然条件で決まる。
 - ・蓄電システム、水素システムの価格は高く、足下の再生可能エネルギー価格と貯蔵システムコストの総計は、蓄電システムの場合 95 円/kWh、水素の場合 56 円/kWh となる。太陽光や風力の単価が FIT 制度の中長期目標である 7 円/kWh 程度まで低下するとしても、蓄電システムの場合 69 円/kWh、水素の場合 32 円/kWh となる。
 - ・ベースであれば 10 円/kWh、ピークであれば 15 円/kWh をベンチマークとして仮定した。この実現には、①面積効率向上のための再生可能エネルギーのコスト引き下げと発電効率の向上(1/5 程度)、②蓄電コストの引き下げ(1/28 程度)、③水素システムコストの引き下げ(1/3~1/11 程度)が必要となる。こうした大幅なコスト引き下げは、**大量生産効果だけで実現可能なレベルではなく、技術革新によるブレークスルーが必要となる。**
- 2) **水素・合成ガス化系システム**: 海外資源の水素ガス化・合成ガス化
- ・海外の再生可能エネルギーや CCS を施した褐炭などを水素化あるいは合成メタンガス化する。
 - ・水素製造、水素キャリア、合成ガス化のいずれも実用段階にはなく、再生可能エネルギー水素で 136 円、褐炭水素で 198 円、再生可能エネルギー合成ガスで 46 円、褐炭合成ガスで 134 円となる。
 - ・現状の LNG 火力価格(12 円/kWh)をベンチマークとして仮定した。この実現には、①水素製造システムのコスト引き下げ(1/15~1/26 程度)、②水素キャリアのコスト引き下げ(1/29 程度)、③合成メタンガス製造システムのコスト引き下げ(1/35~1/59 程度)を要する。**いずれも大量生産効果だけで実現可能なレベルではなく、技術革新によるブレークスルーが必要となる。**

【脱炭素化エネルギーシステムによるアプローチの意味】

以上はあくまで、暫定的な試算であるが、ここから見出せることは、原子力や水力、地熱といった脱炭素化の選択肢は実用段階にあるが、**再生可能エネルギーのベースロード化の鍵を握る蓄電や水素、化石資源の脱炭素化の鍵を握る水素や合成ガス、このいずれの選択肢も開発段階にある**という点である。また、各選択肢には固有のリスクがあり、この管理が技術的にどこまで可能かという検証も必要である。こうした点も含め、科学的レビューメカニズムの中で、専門的かつ中立的な検証を継続して行い、**選択肢の熟度を共有できれば、このこと自身が、選択肢間の競争を加速する効果を持つようになる**と考えられる。

さらに、この脱炭素化エネルギーシステムによるアプローチは、**よりダイナミックなエネルギー転換を促す効果**もある。蓄電・水素・デジタル化といったシステムの開発からスタートし、合理的なコストで実用化に至れば、現状、実用段階の脱炭素化の選択肢が原子力や水力、地熱などに限られている世界から、多くの電源が脱炭素化し、かつ需要変動にも機動的に対応することが可能となり、さらに熱と輸送システム

の脱炭素化の進展にもつながり、加えて小型化技術のブレークスルーにより、電力・熱・輸送のシステムがコンパクトなエリアで完結する分散型エネルギーシステムの可能性をも高めていく。

こうしたダイナミックなエネルギー経済社会の実現を加速することにもつながるという問題意識の下、**脱炭素化エネルギーシステム間のコスト・リスク検証の具体的な設計を急ぐべきである。**

(関連資料⑰)

エネルギー転換・脱炭素化の選択肢の検証には、「電源別のコスト検証」から「脱炭素化のシステム間でのコスト・リスク評価」に転換することが重要となる。

(関連資料⑱)

システムコストの検証を通して、技術間競争を促してイノベーションを促進していく方法論を設計していくことが必要。たたき台のイメージを提示。

(関連資料⑲)

再生可能エネルギーと蓄電池で系統需要全体を賄おうとする場合、再生可能エネルギー容量と蓄電容量の最適解の検証が一つの論点となる。

第三章 野心的な目標、各選択肢が直面する課題、対応の重点

エネルギー転換・脱炭素化への挑戦は、電力・熱・輸送システムの脱炭素化への挑戦と、海外での脱炭素化貢献による国内を大幅に超えるグローバルな排出量削減、この両面での取組に他ならない。これが、我が国が掲げるべき野心的な目標となる。

他方、第二章で指摘したように、現状、脱炭素化エネルギーシステムの選択肢は複数存在するが、変動するエネルギー需要に単独で対応が可能な実用段階の選択肢はなく、あらゆる選択肢にはそれぞれの特徴、光と影がある。野心的な目標を着実に実現していくためには、最新の情勢と技術の動向を見極め、「より高度な3E+S」の評価軸に基づき、その時点で最適な形で、複数の脱炭素化エネルギーシステムを組み合わせ、国内と海外での脱炭素化へ向けた取組を着実に進めなければならない。

このため、まず、脱炭素化エネルギーシステムに関するあらゆる選択肢について、人材・技術・産業基盤を強化し、官民が結束して課題解決に挑戦していくことが必須である。この挑戦の成果が、科学的レビューメカニズムを通じて冷静かつ客観的に評価され、その選択肢の位置づけが決まる。こうした問題意識の下での主体的な挑戦と選択肢間の競争が、我が国のエネルギー選択の幅を広げ、困難な状況を切り開くこととなる。

政府としても、エネルギー転換に資するプロジェクトを的確に選択し、民間による投資の予見可能性を高めながら、技術開発や人材の育成・確保への取組の充実など、重点的な政策資源の投入を強化していくことが求められる。

【主要な選択肢の課題解決方針】

再生可能エネルギーの課題解決方針

- ・ 価格低下とデジタル技術の発展により、電力システムにおける主力化への期待が高まっている再生可能エネルギーに関しては、**経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指す**。地熱・水力などの安定した再生可能エネルギーの増強のための取組、太陽光などの変動する再生可能エネルギーの課題解決を進める。
- ・ このために、まず国内再生可能エネルギー価格を国際水準並みに引き下げ、FIT 制度による補助からの早期自立を図り、既存送電網の開放を徹底、補完電源としての火力容量維持の仕組みを早期に整える。
- ・ これと並行して、さらなる大量導入と経済的に自立し脱炭素化した主力電源化に向け、**技術革新によるブレークスルーを要する課題に正面から取り組まなければならない**。すなわち、面積的な制約の克服のための発電効率の抜本的向上、調整力の脱火力依存に向けた高性能低価格の蓄電池や水素システムの開発、需給調整をより精緻に行うためのデジタル技術の開発、再生可能エネルギーの分布に応じた送電網の増強、分散ネットワークの開発といった本質的な課題の解決に向け、これを可能とする**人材・技術・産業基盤の強化に直ちに着手する**。

原子力の課題解決方針

- ・ **福島第一原発事故を経験した我が国としては、安全を最優先し、経済的に自立し脱炭素化した再生可能エネルギーの拡大を図る中で、可能な限り原子力発電への依存度を低減する**との方針は堅持する。
- ・ 現状、**実用段階にある脱炭素化の選択肢である原子力**に関しては、世界的に見て、一部に脱原発の

動きがある一方で、エネルギー情勢の変化に対応して、安全性・経済性・機動性のさらなる向上への取組が始まっている。

- ・ 我が国においては、更なる安全性向上による事故リスクの抑制、廃炉や廃棄物処理などのバックエンド問題への対処といった取組により、**社会的信頼の回復がまず不可欠である**。このため、**人材・技術・産業基盤の強化に直ちに着手し、安全性・経済性・機動性に優れた炉の追求、バックエンド問題の解決に向けた技術開発を進めなければならない**。福島第一原発事故の原点に立ち返った**責任感ある真摯な姿勢や取組**こそ重要であり、これが我が国における原子力の社会的信頼の回復の鍵となる。

火力の課題解決方針

- ・ 可能性と不確実性を伴う情勢変化の下、エネルギー転換・脱炭素化が実現するまでの**過渡期において、内外で化石エネルギー源はなお主力**であり、地政学的リスクへの対応に向けて自主開発を継続する。
- ・ この中で、過渡期の方針は、**よりクリーンなガス利用へのシフトと非効率石炭のフェードアウト**、世界における石炭利用の低炭素化支援に向けた**高効率クリーンコールに傾注**する。
- ・ 長期を展望すれば、脱炭素化への挑戦も同時並行で展開し、CCS と組み合わせた**水素転換を日本が主導し、化石燃料再生を資源国・新興国とともに実現**する。

熱システム・輸送システムの課題解決方針

- ・ 現状、熱システム、輸送システムとも、化石燃料に大きく依存しているが、電化・水素化への転換を可能とする技術革新が進みつつあり、その可能性を追求する。まずは、高温の熱や超大型輸送など電化や水素化への難易度が高い領域を除き、**中温～低温の熱や小型・中型車を軸に、電化や水素化に向けた技術革新を深化**させていく。
- ・ これに加え、自動車の CV(Connected Vehicle)化や再生可能エネルギー・熱エネルギーの分散利用も組み合わせ、電化、水素化、電動化、分散デジタル化をベストミックスさせることで、両システムの脱炭素化を進める。
- ・ さらに、重要なことは**インフラ整備の課題**である。熱システムと輸送システムは、化石資源の利用を前提としたエネルギーインフラ(天然ガスパイプラインやガソリンスタンド網)が形成され、国民生活の基礎を担っている。こうした今あるエネルギーインフラの機能を損なうことなく、電化・水素化したインフラを整備することは容易なことではない。技術革新の進展と歩調を合わせて、インフラ更新への道筋について共通の目標を持ち、予見可能性を高めながら対処しなければならない。

省エネルギー・分散型エネルギーシステムの課題解決方針

- ・ 再生可能エネルギーの小型化や高効率化、蓄電池や燃料電池システムの技術革新、輸送システムの電動化、そして需給制御を地域レベルで可能とするデジタル化技術やスマートグリッド技術の進展は、これらを効果的に組み合わせることで、**電力・熱・輸送のシステムをコンパクトに統合した効率的で安定、かつ脱炭素化につながる需要サイド主導の分散型エネルギーシステムの成立の可能性を**高めていく。
- ・ 自家発導入を率先して進めてきた鉄道・通信・病院・基地なども、エネルギー安全保障の観点から、革新的技術に裏打ちされた分散型エネルギーシステムの開発に関心を持つ。地域におけるエネルギー自立を目指す動きも加速する。エネルギー安全保障と地域、この双方の観点から、技術に裏打ちされ経済的で安定した分散型エネルギーシステムの開発を主導し、世界に提案するとの姿勢で臨む。

(関連資料⑳)

脱炭素化エネルギーシステムが直面する課題に向き合いながら、競争のダイナミズムを実現していく。

第四章 シナリオ実現に向けた総力戦対応

1. 総力戦対応

2050年に向けたエネルギー転換・脱炭素化の道のりは、可能性に満ちている反面、その過程には数多くの不確実性が横たわる。野心的な複線シナリオを追求し、第2章で述べた「より高度な3E+S」の要請を満たすには、世界の競争相手との相対的なポジションを常に意識し、先手先手を打っていく戦略性が求められる。

日本にとって、このプロセスは、挑戦的なものになる。国内のエネルギー市場の拡大が見込みにくい中、エネルギー転換・脱炭素化を巡るグローバル競争において強力な国家・企業群に伍していかなければならないからである。競争相手は、拡大する自国市場で大胆な実験を重ねながら、技術と人材というエネルギー安全保障の源となる資産を蓄えていく。

こうした中で必要なことは、「総力戦」での対応である。エネルギーは国家・経済・社会の礎であり、あらゆる活動の原点である。そのエネルギーが転換期に来ているという認識、危機感をまずは共有する。その上で、脱炭素化エネルギーシステムの課題を正しく抽出し、その解決に向けた果敢な挑戦を行う。同時に、したたかに脱炭素化技術による海外での貢献を行い、その過程でエネルギー転換の国際連携ネットワークを形成する。エネルギーインフラの再設計を実行し、総合力のあるエネルギー企業と地域に根差した分散型エネルギーシステムの経営を担える企業群を共に育成する。こうした対応により、長期的な視点で行動する金融資本の支持を得ていく。エネルギー転換に向け、政策・外交・産業・金融の好循環を実現することが何より重要である。

エネルギー転換のプロセスでは、技術と人材がエネルギー安全保障の源となる。2050年まで30年余り、現在の10代、20代の人材が2050年の中核を担う。「エネルギー転換へのイニシアティブ」は、長期にわたる技術と人材投資の戦略に他ならない。各選択肢の可能性を追求し、課題を克服して、最適なエネルギー選択につなげていくためには、官民を挙げて、継続的な技術革新と人材の育成・確保に挑戦していくべきである。

今我々に問われているのは、この「総力戦」の具体的な実行である。

(関連資料②)

総力戦として、360度対応を実行。

2. 世界共通の過少投資問題への対処

総力戦対応でエネルギー転換・脱炭素化を進めていく必要があるが、その際、エネルギー価格が変動する中での過少投資問題への対処は避けて通れない。

FIT 制度で補助を受けて大量に導入された再生可能エネルギーは、電力価格の変動を増幅し、かつ、政策支援を受けた分だけ価格水準の低下を招く。このことが、本来ならば市場で選択されるはずの他の電源の投資回収を阻害する。再生可能エネルギーの大量導入で先行するドイツでも、この事態を放置すれば、これからは、再生可能エネルギーも含めて、「いかなる投資も回収できなくなる」可能性がある」と指摘されている。

他方、技術開発投資、発電投資、送電網の増強投資、分散ネットワークへの投資、海外への投資など、エネルギー転換に向けてなすべき投資は目白押しである。また、低炭素化・脱炭素化・分散化への試みは同時に着手しなければ、世界のエネルギー競争に劣後するリスクがある。困難な投資環境の中で、必要な投資が確保される仕組みの設計が不可欠となる。

(関連資料②)

ドイツの有識者（マッティス氏）から「現在の市場設計は、この制度の中ではいかなる投資も回収されない」との声。過少投資問題への対応が必要に。

3. 4層の実行シナリオ

エネルギー転換・脱炭素化に向けた総力戦を具体的に実行していくためには、国内政策、エネルギー外交、産業・インフラ、金融の4層に関し、以下に掲げる方向性を基本として、取組を具体化・実行していくべきである。

○ エネルギー転換実現に向けたエネルギー政策の展開

エネルギー政策は、①税制・FIT などを通じ政府が国民の負担から得た資金を分配・投資する資金循環メカニズム、②事業規制などの規制・制度、③市場設計、の3つの基礎の上に成り立っている。

革新的な技術開発や投資については、科学的レビューの対象となる脱炭素化エネルギーシステムの進捗を見極め、相対的重点度合いを判断し、それに応じて政策資源を重点的に投入していかなければならない。東日本大震災以降、石油石炭税・電促税の負担に加え、地球温暖化対策税・FIT 負担が加わり、これらを総合すれば、既に年間3兆円規模に上る。エネルギー転換に資するプロジェクトを的確に選択し、技術開発や人材の育成・確保への取組の充実など、重点的な政策資源の投入を強化していくことが求められる。

また、市場における価格シグナルが、リスク投資を阻害しているとすれば、エネルギー市場設計に相当の工夫が必要である。主要国で先行するポスト電力自由化の市場設計の先行例にも学び、具体化すべきである。そして規制下におかれているネットワークの次世代化に向け、送電事業の効率化と並行して必要な送電投資を行う、新たな制度改革の検討に着手すべきである。

エネルギー転換に向けた過少投資問題に対処し、技術に基づくエネルギー安全保障を確保し、低炭素化から脱炭素化に向けたエネルギー転換を実現する。このために政策を展開するとの国の意思と方針を明確に打ち出し、民間の投資判断に予見可能性を与え、その行動を促すべきである。

○ エネルギー転換に向けた国際連携の実現

エネルギー転換・脱炭素化は日本一国で成し遂げられるものではない。日本のエネルギー企業がエネルギー転換に必要な投資の原資を十分に確保していくためには海外市場の獲得が欠かせない。我が国のCO₂排出量は約12億トンであるのに対し、世界の排出量は300億トンを超える。エネルギー転換による低炭素化と脱炭素化は、国内のみならず広く海外でも進めることが効果的である。このため、化石資源に依存する資源国や新興国と協調して低炭素化・脱炭素化に取り組むべきであり、エネルギー転換に向けた国際連携を日本が提唱し、新たなエネルギー外交を展開していくべきである。先に紹介したように、IEAの予測によれば、CO₂削減に向けた最も野心的な2度シナリオでも、2040年に化石燃料は一次エネルギー供給の過半を占め、再生可能エネルギーも原子力もその比率は拡大する。特定のエネルギーだけでなく、低炭素から脱炭素まで全方位でのエネルギー選択に関する技術を持つことで、資源国から新興国に至るまで、その経済的ステージに応じた提案が可能となる。このことが、我が国のエネルギー安全保障と世界のエネルギー転換への貢献・市場獲得にもつながる。エネルギー転換・脱炭素化に向けた国と国との協力が促されるインセンティブ設計も重要である。既存の二国間クレジット制度に加え、環境性能に優れた製品・サービス等が普及することによるCO₂削減貢献量の算定手法の提案、産業セクター別の国際的なトップランナー基準とその実現のためのベストプラクティスの提案など、我が国が世界のエネルギー転換に向けた公正・透明・有効なスキームを提案すべきである。

○ エネルギー転換を担う産業の強化とエネルギーインフラの再構築

世界のエネルギー企業は、エネルギー転換のため、戦略を大胆に見直し、事業分野・ポートフォリオの組

み換えを行い、世界市場を舞台に展開している。他方、日本のエネルギー企業は、国内市場の依存度が高く、蓄電池・水素開発・次世代再生可能エネルギー・次世代原子力など、既存の枠組みを超えた取組はこれからという段階にある。電力・ガス・石油という伝統的な垣根を越えて、脱炭素化への挑戦を掲げたエネルギー転換経営戦略を構想する総合エネルギー企業の出現に期待したい。国の政策も、こうした高リスクだが可能性のある事業経営を促す方向で設計する必要がある。一方、分散型エネルギーシステムの世界は、各地域に根差した経営マインドにあふれる新興企業が担い手として登場する可能性がある。世界市場を舞台に活躍する総合エネルギー企業群と地域で分散型エネルギーシステムの開発を担う企業群、この世界と地域で活躍する企業群を生み出す事業環境を用意し、それぞれの強みを活かし、エネルギー転換・脱炭素化を加速する構造を作り出すべきである。また、この過程で、送電網の次世代化、分散ネットワークの開発などエネルギーインフラの再構築を加速すべきである。

○ エネルギー転換・脱炭素化に向けた資金循環メカニズムの構築

金融資本市場においても、エネルギー転換・脱炭素化競争の勝者を見極めようとする動きが始まっている。この金融産業に対して、受け身で対応するのではなく、国がエネルギー転換・脱炭素化に向けた政策・外交・産業・インフラ強化のシナリオを打ち出し、これと併せて、エネルギー転換・脱炭素化シナリオを掲げた経営戦略を企業サイドが提案する。こうした国・企業の能動的な提案が、内外の金融資本の支持を集め、必要な資金が供給されて、官民一体となった我が国主導のエネルギー転換・脱炭素化を加速するという、エネルギー転換・脱炭素化に向けた資金循環メカニズムを構築すべきである。

(関連資料③)

エネルギー転換のための4層の実行シナリオを構想。

おわりに

パリ協定が掲げる今世紀後半のネットゼロエミッションという脱炭素化の目標に向け、価格低下が著しい再生可能エネルギーが脱炭素化の主力を担う。世界のどの国にも存在する再生可能エネルギーがエネルギー構造の主役となれば、中東に偏在する石油由来の地政学的リスクから世界は解放され、民主的なエネルギー構造がすべての国のものになり得る。

これは、今生じている情勢変化から読み取れる一つの可能性である。

しかし、「**エネルギー転換へのイニシアティブ**」と題したこの提言が示す情勢変化の本質は、希望にあふれる楽観的なものではない。

再生可能エネルギー価格の低下はエネルギー転換の可能性を予見させはするが、再生可能エネルギーといえども完璧なエネルギーではなく、自立した脱炭素化に向けた課題は多くある。このため、いつ誰が何をもって脱炭素化技術の勝者となるのか、その帰趨は不透明で、脱炭素化を標榜したエネルギー技術の覇権獲得を巡る峻烈な国家間競争が始まっている。この過程で生じるのは、地政学的なリスクの増大であり、技術覇権の争いによる地経学的リスクの顕在化である。

我が国は世界的に見てもエネルギー自給率が低く、地政学的リスクにさらされやすい。エネルギー安全保障は、我が国にとって常に意識し最善かつ最大限の努力を傾注すべき課題である。2050年のエネルギーシナリオを構想するに際しては、可能性の背後にある不確実性や不透明性も認識し、脱炭素化の可能性を阻む本質的な課題を直視し、その解決に向けてあらゆる選択肢の可能性を追求する。これにより初めて、**技術の力で自国のエネルギー安全保障を担保**することができる。1975年に日本を訪れたリー・クアンユー元首相は、日本が国民一丸となって実現した省エネに衝撃を受け、日本の復活を確信したという。エネルギー小国日本は、今までも、そしてこれからも、エネルギー源の多様化・分散化に加え、技術の覇権を握ることで、はじめて自国のエネルギー安全保障が担保できる。また、国民一人ひとりの主体的なエネルギー選択がこれを実現する。

野心的だが複線型のしなやかなシナリオを設計する。科学的レビューメカニズムという新たな仕組みで、最新の世界情勢と技術動向を見極め、これに基づき目指すべき道筋を修正し決定する。低炭素化分野で成功を収めた今のエネルギー構造を基礎としながらも、**脱炭素化のあらゆる選択肢の本質的な課題の解決に向け総力戦**で臨む。国は、エネルギー転換を競争の中で加速させる仕組みを用意し、主力を担える本物の選択肢を生み出していく。正しい危機感の共有と、野心的な目標、そしてしなやかな対応。これにより、我が国が**世界のエネルギー転換を主導**し、本当の意味での**エネルギー安全保障を確立**し、**我が国の長期的な経済社会の発展と国民一人ひとりの暮らしを支える基礎**とする。

「エネルギー転換へのイニシアティブ」と題したこの提言が、国・産業・金融・個人といった各層の行動として結実して、日本のエネルギー戦略の基礎となることを願う。

エネルギー情勢懇談会 委員名簿(敬称略)

| | |
|-------|-----------------------------|
| 飯島 彰己 | 三井物産株式会社代表取締役会長 |
| 枝廣 淳子 | 大学院大学至善館教授、有限会社イーズ代表取締役 |
| 五神 真 | 国立大学法人東京大学総長 |
| 坂根 正弘 | 株式会社小松製作所相談役 |
| 白石 隆 | 公立大学法人熊本県立大学理事長 |
| 中西 宏明 | 株式会社日立製作所取締役会長 |
| 船橋 洋一 | 一般財団法人アジア・パシフィック・イニシアティブ理事長 |
| 山崎 直子 | 宇宙飛行士 |

エネルギー情勢懇談会 開催実績

平成 29 年 8 月 30 日(水)

第 1 回 「エネルギー情勢を巡る状況変化について」

平成 29 年 9 月 29 日(金)

第 2 回 「地政学リスクのトレンド等について」

ゲスト ポール・スティーブンス(英 王立国際問題研究所 特別上席フェロー)

アダム・シミンスキー(米 戦略国際問題研究所 エネルギー地政学議長)

平成 29 年 11 月 13 日(月)

第 3 回 「地球温暖化対策とエネルギー政策について①」

ゲスト ジム・スキー(英 インペリアル・カレッジ・ロンドン 教授)

マイケル・シェンバーガー(米 エンバイロメンタル・プログレス 代表)

平成 29 年 12 月 8 日(金)

第 4 回 「ゼロエミッション企業の経営戦略について」

ゲスト マティアス・パウゼンバイン(デンマーク オーステッド 本部長)

ラルフ・ハンター(米 エクセロン・ニュークリア 最高執行責任者)

平成 30 年 1 月 31 日(水)

第 5 回 「総合エネルギー企業の経営戦略について」

ゲスト ガイ・オーテン(英蘭 ロイヤル・ダッチ・シェル 上級副社長)

ディディエ・オロー(仏 ENGIE 上級副社長)

マリアンヌ・レニョー(仏 EDF 上級副社長)

平成 30 年 2 月 19 日(月)

第 6 回 「地球温暖化対策とエネルギー政策について②」

「脱炭素化に向けた次世代技術・イノベーションについて①」

ゲスト 内山田 竹志(トヨタ自動車 代表取締役 会長)

リチャード・ボルト(豪 ビクトリア州政府 経済開発・雇用・運輸資源省 次官)

フェリックス・マッティス(独 エコ研究所エネルギー・気候政策部 リサーチコーディネーター)

平成 30 年 2 月 27 日(火)

第 7 回 「脱炭素化に向けた次世代技術・イノベーションについて②」

「これまでのヒアリングの総括」

ゲスト アルン・マジュマダール(米 スタンフォード大学プレコトエネルギー研究所所長)

ジョン・ホプキンス(米 ニュースケール・パワー 最高経営責任者)

ファティ・ビロル(仏 IEA 事務局長)

平成 30 年 3 月 30 日(金)

第 8 回 「提言のとりまとめに向けた論点整理」

平成 30 年 4 月 10 日(火)

第 9 回 「提言のとりまとめ」