

原子力等エネルギー・資源、持続可能社会 に関する調査報告（中間報告）

令和 6 年 6 月

参議院資源エネルギー・持続可能社会に関する調査会

目 次

第 1	調査の経過	1
第 2	調査の概要	3
1	参考人からの意見聴取及び主な議論	3
	(1) エネルギー安全保障の確立に向けた論点（令和 6 年 2 月 7 日）	
	意見の概要	
	特定非営利活動法人国際環境経済研究所副理事長兼所長	
	山本 隆三 参考人 ...	3
	一般財団法人日本エネルギー経済研究所研究理事	
	久谷 一朗 参考人 ...	7
	公益財団法人自然エネルギー財団常務理事 大野 輝之 参考人 ...	11
	主な議論	15
	(2) 脱炭素社会の実現に向けた論点（令和 6 年 2 月 21 日）	
	意見の概要	
	公益財団法人地球環境産業技術研究機構システム研究グループ	
	グループリーダー・主席研究員 秋元 圭吾 参考人 ...	30
	つばめ B H B 株式会社名誉会長 渡邊 昌宏 参考人 ...	36
	一般社団法人Climate Integrate代表理事 平田 仁子 参考人 ...	39
	主な議論	44

(3) 資源エネルギー分野のイノベーション（令和6年4月17日）

意見の概要

国立研究開発法人産業技術総合研究所理事長兼最高執行責任者

石村 和彦 参考人 ... 59

東京工業大学科学技術創成研究院特命教授・全固体電池研究

センター長

菅野 了次 参考人 ... 63

山梨県公営企業管理者

村松 稔 参考人 ... 66

主な議論 70

2 政府に対する質疑 85

3 委員間の意見交換 97

第3 主要論点別の整理 108

エネルギー安全保障 108

エネルギー政策 111

再生可能エネルギー 113

イノベーション 115

原子力政策 117

脱炭素社会 118

人材育成 122

第 1 調査の経過

参議院資源エネルギー・持続可能社会に関する調査会は、原子力等エネルギー・資源、持続可能社会に関し、長期的かつ総合的な調査を行うため、第210回国会（臨時会）の令和4年10月3日に設置された。

本調査会における調査テーマについては、理事会等における協議を経て、「資源エネルギーの安定供給確保と持続可能社会の調和」とすることとした。

この調査テーマの下、調査の1年目においては「資源エネルギーと持続可能社会をめぐる情勢」を調査項目として取り上げて調査を行い、令和5年6月7日に中間報告を取りまとめ、議長に提出した。

調査の2年目においては「資源エネルギーの安定供給確保と持続可能社会の調和に向けた論点整理」を調査項目として取り上げて調査を行うこととした。

第213回国会（常会）においては、令和6年2月7日、エネルギー安全保障の確立に向けた論点について、参考人特定非営利活動法人国際環境経済研究所副理事長兼所長山本隆三君、一般財団法人日本エネルギー経済研究所研究理事久谷一郎君及び公益財団法人自然エネルギー財団常務理事大野輝之君から、2月21日、脱炭素社会の実現に向けた論点について、参考人公益財団法人地球環境産業技術研究機構システム研究グループグループリーダー・主席研究員秋元圭吾君、つばめBHB株式会社名誉会長渡邊昌宏君及び一般社団法人Climate Integrate代表理事平田仁子君から、4月17日、資源エネルギー分野のイノベーションについて、参考人国立研究開発法人産業技術総合研究所理事長兼最高執行責任者石村和彦君、東京工業大学科学技術創成研究院特命教授・全固体電池研究センター長菅野了次君及び山梨県公営企業管理者村松稔君から意見を聴いた後、各参考人に対し質疑を行った。

また、5月15日、これまでの参考人からの意見聴取等を踏まえ、エネルギー安全保障・脱炭素社会をめぐる内外情勢、電力システム改革の概要、資源エネルギー分野のイノベーション、気候変動対策・SDGs目標をめぐる内外情勢及び日本の取組等について、岩田経済産業副大臣及び八木環境副大臣から説明を聴いた後、

両副大臣及び政府参考人に対し質疑を行った。

これらの調査を踏まえ、同日、中間報告の取りまとめに向けた委員間の意見交換を行った。委員からは、エネルギー安全保障の確立及びその確立に向けた国際協調の必要性、エネルギー安全保障の確立及び国内産業発展のために再エネ設備の国産化を促進する重要性、化石燃料依存の国の形を変えるための国産エネルギー開発の重要性、多様な電源の組合せによるエネルギーのベストミックス創造の必要性、ハイブリッド市場の概念が必要との総括の上に立って電力システム改革の検証を行う必要性、原発推進・石炭火力発電維持の方針を見直して再エネの最大限の普及拡大を図る必要性等について意見が述べられた。

なお、令和5年9月、アイスランド及びドイツ連邦共和国における資源エネルギー・持続可能社会に関する実情調査並びに両国の政治経済事情等視察のため、本院から議員団の派遣が行われたことから、本調査会の調査に資するため、令和6年2月7日、その調査の概要報告を聴取した。

第2 調査の概要

1 参考人からの意見聴取及び主な議論

(1) エネルギー安全保障の確立に向けた論点（令和6年2月7日）

参考人の意見の概要及び質疑における主な議論は、次のとおりである。

（意見の概要）

特定非営利活動法人国際環境経済研究所副理事長兼所長 山本 隆三 参考人

エネルギーの安全保障問題の歴史上の扱われ方の変遷から説明する。

人類が利用していたエネルギーは産業革命まで、薪、水（水車）、風（帆船等）であった。最も利用していたのは化学エネルギー、すなわち食物で、食物を摂取した人間や牛馬の力でエネルギーにしていた。産業革命が始まり石炭の利用が本格的に始まった。19世紀は石炭の時代、20世紀は石油の時代としばしば言われるが、実は20世紀半ばの1950年代まで石炭がエネルギーの主力だった。第一次世界大戦で石油を使う船艦、航空機、戦車が登場したことで、その調達が軍事上の大変な問題となったが、1950年の日本の一次エネルギー供給を見ると、石炭が約85%、水力が約11%であり、ほとんどのエネルギーを自給していた国であった。欧州も石油の消費量は日本より少し多いもののほぼ同様だった。世界を見ると、石炭に依存しつつも、石油と天然ガスの消費量も相当あった。当時、世界のエネルギーの半分近くは米国一か国が利用していたが、その米国が戦前から石油と天然ガスを民間で利用していた。そのため、世界全体で見ると、この米国の影響で石油と天然ガスが多いものの、石炭に依存している状況が続いていた。

1950年代から1970年代にかけて日本も欧州も戦後復興で経済成長が著しくなってエネルギーが必要になった。一方、日本の石炭生産量は1960年頃をピークに急落し、その減少分を埋めたのが非常に安価で中東からの豊富な石油であった。日本の石油輸入量の推移を見ると、1950年時点ではほとんどなかったが、1973年には膨大な量を輸入していた。同年は第4次中東戦争を契機に第1次石油危機が起

きた年で、石油価格は4倍になり、石油を売らないといった脅しもあって世界は混乱した。1973年の日本の一次エネルギー供給の75%以上は石油が占め、エネルギー自給率は10%を切っていた。その頃まで、日本を含め世界の大半はエネルギー安全保障について考えていなかった。それは、中東の石油は安価でいつでも買えると考えていたためである。1950年に96%だった日本の自給率は、石油依存となって急落し1973年には10%を切ったが不安には感じていなかった。しかし、石油危機で日本を始め主要国は不安になりエネルギーの分散を始めた。

2021年時点で、日本、そして世界も石油、石炭、天然ガスなどエネルギー供給の分散が非常にうまく進んでいる。しかし、世界のエネルギー供給の8割は依然としてCO₂を排出する化石燃料に依存している。この化石燃料の利用をあと30年程度で本当に止めることができるのかは大きな問題である。

このように分散が進んでうまくいっていると思っていたところに出てきたのがロシアである。すなわち、世界で石炭、天然ガス、石油といった化石燃料の全てを自給できる国は恐らく米国とロシアしかなく、両国は2大エネルギー大国となっている。化石燃料輸出は、米国は国内消費が多いため、ロシアが天然ガスの世界輸出量の約20%、石炭の世界輸出量の約18%と、世界一になった。

日本はロシアから石油や石炭を輸入しているが、それほど大きな輸入量ではなかった。ロシアに大きく輸入を依存してしまったのは欧州であり、ウクライナ侵略開始前の2020～2021年の輸入量を見ると、天然ガスの4割程度、石炭、原油の各4分の1程度をロシアからの輸入に依存していた。このように欧州のロシア依存が非常に高まっていた中で2022年2月24日にウクライナ侵略が起きた。実は以前からロシアは、天然ガス価格の上昇を目的として欧州向け天然ガス輸出量を減らし、収入増となったが、これはウクライナ侵略の戦費調達のためだったのだろう。

侵略開始後、欧州はロシアからの化石燃料輸入を減らそうとする一方、ロシアはエネルギーの枯渇で欧州が音を上げるのを待つという戦略に出た。その結果、化石燃料価格が高騰し、欧州主要国の電気料金は非常に上昇した。イタリアの家庭用電気料金は政府補助後でも約4倍に、ドイツ及びフランスの電気料金は50%程度上昇したままとなった。イタリアの電気料金の大幅上昇は、電源構成の半分

を天然ガスに依存していたからである。同じく天然ガス依存度の高い英国は国内需要の半分以上を北海油田で得ていて、輸入依存度は比較的低かった。

欧州以上に化石燃料依存度の高い日本の電気料金が3割程度の上昇で済んだのは、化石燃料価格の上昇率が異なる点にある。欧州の天然ガス価格がコロナ禍の頃と比べ40～50倍であるのに対し、日本のLNG価格はそれほど上がっていない。これには理由があり、欧州は2000年代初めに天然ガスの安価調達のため、長期契約からその都度価格を決めるスポット契約へと変更していったからである。日本は7～8割を長期契約で調達しているが、欧州はロシアが原因で天然ガスのスポット価格が高騰したのでそれを購入せざるを得なかった。

石炭価格も天然ガスの価格上昇に影響されて10倍程度上昇したが、これは天然ガス価格の高騰を受けて欧州が石炭火力の利用率を増やしたため、この石炭価格の上昇は日本の電気料金にも影響を与えた。もう一つ注目すべきことは、脱炭素やコロナ禍も化石燃料価格や電気料金の上昇に大きな影響を与えたことである。石油と天然ガスを生産する世界の大手エネルギー企業は、脱炭素を理由に投資額を絞り始めた。そこにコロナ禍で飛行機や自動車の燃料消費量が急激に下落したために、大手企業は更に生産を絞った。その後、需要が回復してもなかなか生産量は回復せず、米国の原油生産量が2019年水準に回復したのは2023年である。

今、G7は全て脱ロシア、脱化石燃料を図らなければならず、2023年のG7首脳宣言において、洋上風力を7～8倍、太陽光を3倍程度にするとした。また、多くの国が原発の利用意向を示しており、2023年にフランスを中心に発足した原子力同盟にはEU27か国中14か国が参加しイタリアや英国もオブザーバーとして参加している。原発が注目されるようになった理由として、当然に脱炭素、脱ロシアはあるが、もう一つ見逃せないことは世論の大きな変化である。プーチン大統領の侵略開始前、EU内の原発反対派の割合は41%だったが今は15%である。EUで最も原発反対の多かったドイツでも脱原発支持率は大幅に減ったが、これは、例えば電気料金が上がると暖房が使えなくなるかもしれないと国民が非常に心配しているということだろう。

こうした状況においてインフレが起きた。日本の消費者物価指数も上がってい

るが、欧州に比べると大したことはない。今後、我々はインフレの影響を安全保障上も考えなければならない。すなわち、再エネ発電設備は大量の鉱物を必要とし、また、コンクリートやセメント、鉄鋼等の資材も必要とするためインフレの影響を大きく受ける。もう一つ大切なことは、こうした資材の基になる鉱物の供給国は中国ということで、脱ロシアを進めた結果、中国依存が進むという大きな問題を抱える可能性がある。

日本は、2050年脱炭素に向けて、2030年度の一次エネルギー構成、電源構成で化石燃料の使用量を減らす目標を立てている。この再エネ増加は悪いことではなく、日本のエネルギー自給率の上昇には再エネが3～4%寄与している。ところが電力供給は不安定化する。これは、電力需要と太陽光発電量のカーブが一致している夏は良いが、冬は太陽光での発電がなくなる夕方に電力需要のピークが来ているため、発電設備がないと停電する。毎年のように冬に関東で停電危機と言われるのは、発電設備が減ってきたからである。2016年の電力市場完全自由化の結果、電力会社は利益が出ない石油火力発電所を閉鎖せざるを得ず、夕方以降の電力供給設備が不足するという事になっている。

また、再エネのコストが高いことも問題である。第6次エネルギー基本計画の参考資料の試算において、2030年の大規模太陽光発電コストは11.2円とされている。ところが、再エネを遠隔地から送電しなければならず、あるいは時間的に電気が不足するときの対応を考えると統合費用が必要になるため、大規模太陽光発電コストは19.9円となっている。

再エネ設備を導入すると、中国依存という問題が生じる。中国は、太陽光の発電設備導入やモジュール生産で世界の4分の3近くと圧倒的なシェアを占め、日本政府が今後注力するとしている洋上風力設備の製造で6～7割を占めているということで、中国依存度が上がってくるという問題がある。

最後に原発について、日本の地域別電気料金を見ると、原発稼働済の九州、関西が突出して安くなっている。原発新設時の高コスト問題等が指摘される中、世界で原発を低工費、予定どおりの工期で建設している国は中国、ロシア、韓国であることを考えなくてはならない。米国やフランスが原発を造れなくなったのは、

建設が20～30年中断し、人材が不足して技術の継承ができなくなったからで、原発を建設しようとしても工期も工費も間に合わない。一方、中国は既設原発が55基、建設中の原発は20基以上ある。フランスが手間取りフィンランドでようやく運転開始した欧州加圧水型炉（EPR）は、中国がフランスと米国の技術で欧州に先駆けて建設し、既に運転開始している。

以上のことから、将来を考え、多様な電源を維持する必要がある、一つの電源に依存していると非常時に大変なことになる、多様な電源をコストや脱炭素の問題を考えながら維持すべきである、ということをよく考えてほしい。

一般財団法人日本エネルギー経済研究所研究理事 久谷 一郎 参考人

日本の立ち位置について確認すると、特に第1次・第2次石油危機以降、日本は省エネ、エネルギーミックスの多様化、中東依存の削減に取り組んできたが、結果は必ずしも芳しくない。1973年と比べて、エネルギー効率と一次エネルギーの分散度は大きく改善し、自給率は2000年代初頭にかけて原発と再エネの利用によって改善した。その後、自給率は東日本大震災後の原発停止で悪化し、また、電源の分散化も原発の再稼働が容易に進まず若干劣後している。そして中東依存度は1973年よりも更に悪化している。つまり、自給率は非常に低く、電源の分散化にはまだ若干の余地があり、中東依存度はまだまだ改善しなければならないのが現状の立ち位置である。

次に、今あるリスクと将来のリスクの両方を考えなければいけないという視点である。

まず、2050年に向けて炭素中立化を目指す地球温暖化問題とエネルギー安全保障問題は、基本的に親和性の高い方向性、すなわち地球温暖化対策では省エネ、そして再エネ・原子力といったゼロエミッションエネルギーを使用していく、こうしたことが自給率向上、エネルギーコスト引下げになるということで、双方に利益のある政策である。一方で、その途中段階についても十分に考える必要がある。エネルギーシステムの作り替えには、過去の経緯を見ても10年、20年という非常に長い時間が掛かるため、2050年にかけて化石燃料は使用されていくが、こ

の2030、35、40年という途中段階の化石燃料の安定供給については、まだ十分に議論されておらず道が見えない。また、これから様々な環境変化が起きる。直近では、ロシア、中国の動き、米国の大統領選挙といったものがある。こうした外部環境の変化に加え、エネルギーシステムを作り替えることで様々な安全保障上のリスクも変化する。こうしたことを踏まえた対策が必要である。

炭素中立に至る過渡期のリスクに焦点を当てると、十分な代替供給手段がない限り、今あるシステムを壊してはいけない。2050年に向けて化石燃料の需要は減少していくが、このペースに合わせて化石燃料の供給能力を減らしていかなければ危険である。拙速な供給能力の削減を行うと、ある時点から価格が上がる、あるいは供給さえできない状況が起り得る。化石燃料は世界に依存しているため、世界で供給能力を維持していかなければ途中で危険な目に遭うかもしれず、このことは正に現在、世界が経験している事象である。

今般、欧州が天然ガス供給危機に陥った原因の一つは集中であって、ウクライナ侵略前はロシアからの供給が39%と高かったことが根本的な原因と考える。もう一つは再エネ導入を強く進めたことで、古い石炭火力発電、国によっては原発を早急に減らしてきた結果、天然ガス供給代替のバックアップが十分にできなかったことである。こうした事態を受けて、欧州では脱炭素目標の修正、バックアップの維持、ガス関連投資の増強を行っている。このことは過渡期の供給力を確保し続けなければ危険な目に遭うということを端的に示している。

化石燃料輸入のリスクも引き続きある。日本は2022年時点で原油の95%を中東から輸入しており、万が一ホルムズ海峡で何かあれば供給が止まる可能性がある危険な状態にある。LNGと一般炭については、アジア太平洋地域あるいは米国から輸入できることもあって、石油に比べて分散が進んでいる。輸送経路のリスクも多く、現在、紅海で活発な海賊行為が行われており、日本の船も襲われている。この地域はエネルギーの大動脈になっているため、このシーレーンの安全確保も引き続き極めて重要である。

今後、化石燃料供給の確保の上で、新たな上流投資、資源開発が必要になるが、従来は、天然ガスであれば日本は世界最大のバイヤーであって、日本が買うとの

コミットがあれば資源開発できるという状況だったが様変わりしている。脱炭素目標を2060年、70年と遠く設定している中国やインドは、引き続き長期契約で化石燃料を調達できるため、今後の資源開発では中国、インドその他途上国等のプレゼンスが高まっていく。このことが日本にとってリスクになるかはまだ分からないが、化石燃料開発におけるパワーバランスは次第に変わっていく。

LNGは、今の日本のエネルギー供給において極めて重要なことに間違いない。現在、世界各地で新たな追加投資がされているので、2030年頃にかけてはLNG供給能力の積み上げが十分期待できるものの、その後は将来の需要に追いつかない可能性がある。今後、脱炭素を進める中、世界中で天然ガス開発に逆風が吹くかもしれない。そのため、化石燃料は使用しているのだから投資は必要とのメッセージを発していかなければ、日本への天然ガス供給も危うい可能性がある。先日米国が、日本を含むFTA非締結国向け輸出認可の一時停止を発表した。今後の影響を注視する必要がある、場合によっては米国でさえ将来の供給を危うくする可能性があるというリスクがある。

石炭は、現在供給の70%を豪州に依存しており、その豪州は現在の労働党政権が非常に環境寄りで、国内の脱炭素化政策を強化しているため、当然、それは石炭産業、LNG産業にも影響してくる。その結果として、日本が頼りにしているLNG・石炭輸出に何らかの影響が出てくることを懸念している。また、インドネシアも重要な相手国だが、国内需要が増加しており、2022年には政府が石炭輸出を停止したことがある。つまり日本への石炭供給は豪州、インドネシアといえども必ずしも万全ではないことを踏まえておくべきである。

日本国内の供給網のリスクについては、自然災害によるエネルギー供給網の破断が頻発しており、令和6年能登半島地震でも大きな被害が発生し、その回復は容易ではない。今後もこうした自然災害は常に発生し得るため備えが重要である。また、エネルギーインフラの経済性低下という問題がある。人口減少そして省エネの進展によって需要が減少していくとエネルギーインフラの経済性の悪化が進んでいく。最も端的な例が石油供給で、ガソリンスタンドは最盛期に全国6万か所あったが、現在は半分以下になり、特に生活の足として自動車が欠かせない地

方部で大幅に減少している。こうしたことが水道インフラで顕在化しており、恐らく電力、ガスのインフラでも起きていく。こうしたエネルギーインフラをどう維持していくかを真剣に考えなければならない。

国内の危機対応能力の維持強化について、まず国内で柔軟性のあるエネルギー供給力は電力であって、石炭火力、ガス火力、原子力、再エネとバックアップしやすいシステムになっているため、その代替可能性を残しておくことが非常に重要になる。また、石油需要の減少は間違いないが、その利便性、貯蔵の容易性、そして国防の観点からも、石油備蓄の維持は非常に重要である。

この先、脱炭素に向けて中軸となる戦略は、需要の電力化と電気をクリーンにしていくことである。そうしていくことで最終消費に占める電力割合は、2021年時点の29%から間違いなく増え、エネルギー全体が省エネで減っていく中で電力だけは少なくとも横ばいあるいは増えていくため、電力の安定供給が非常に重要になる。かつ、あらゆるものをインターネットにつないでコントロールしていくことが浸透するので、サイバーセキュリティが重要になる。ウクライナ、米国ではサイバー攻撃でエネルギーインフラが止まってしまったことがあり、日本でもこうしたことが起こり得るので、このサイバー対策が必要である。

技術のセキュリティの重要性については、例えば、太陽光、風力、蓄電池といった分野で中国の優勢が顕著になっており、経済安全保障の観点から、テクノロジー供給国の多様化を図ることも重要な視点である。一方で、中国の巨大マーケットは安価で良い製品を豊富に供給してくれる有益な面もあり、完全に排除するよりも、別の新たな供給源も用意しておくということだろう。また、重要鉱物についても様々なプロセスが中国に集中しており、この点からは、研究開発、省資源、代替資源あるいはリサイクルといった技術開発、そして世界全体で公正な貿易が行える環境の維持が重要になる。

エネルギー安全保障と市場に関し、日本のエネルギー供給を担うのは民間企業であって、基本的には経済原理、市場原理で活動しており、多くの場合、経済原理はエネルギー安全保障と整合するが、整合しない場合もある。すなわち、価格が上がれば供給力が増え、価格が下がれば供給力が下がるという自動調整機能が

働く。また、より経済的な方法が選択されていくメリットもある。一方、エネルギー安全保障の観点からすると、安いエネルギーや手段に集中して分散化が容易に進まないことが起こり得る。また、民間の立場からすればコスト削減が重要であり、余剰やバックアップを持つことも容易でない。ガソリンスタンドのように不採算事業切りのようなことが起こってしまうため、これを回避するには、何らかの政策の関与、政治的決断が必要になるだろう。

公益財団法人自然エネルギー財団常務理事 大野 輝之 参考人

国連気候変動枠組条約第28回締約国会議（C O P 28、2023年12月）の最終合意では、エネルギーシステムにおいて化石燃料からの脱却を進めること、その方法として2030年までに世界の自然エネルギー設備容量を3倍、エネルギー効率の改善率を2倍にすることが決定された。化石燃料からの脱却が世界の目標となった時代背景の中で、エネルギー安全保障をどう実現するかを考えなければならない。

考えるヒントとなるのが国際エネルギー機関（I E A）の様々なレポートである。「2023年版世界エネルギー見通し（W E O）」で、ファティ・ビロル I E A 事務局長は、1973年と現在のエネルギー危機には三つの違いがあるとその冒頭で述べている。1点目は、1973年のエネルギー危機は専ら石油危機だったのに対し、現在の危機は複合的な危機であって、ロシアが引き起こした天然ガスの危機に加え化石燃料を原因とする深刻な気候危機への対応が求められていることである。2点目は、1973年には存在しなかった化石燃料に代わる太陽光、風力、効率化、電気自動車（E V）といった技術が確立し、直ちに利用可能になっていることである。3点目は、1973年にはなかった I E A が、各国が自国の特徴に合った対策を進めていく上で必要となる道標を提供していることで、W E O は S T E P S、A P S、N Z E の三つのシナリオを示している。

S T E P S は、現在各国が取っている政策をそのまま実施した場合のエネルギーの未来を示したもの、A P S は、各国政府が発表した政策強化の公約が守られた場合の予測を示したもの、N Z E は、1.5℃目標を達成するために必要なエネルギー変化を示したもので、2050年に温室効果ガスの実質排出ゼロを達成するの

はN Z E だけである。これらのシナリオの気温上昇予測を見ると、S T E P S は、2100年時点で2℃目標は達成できず約2.4℃になってしまい、A P S は、2℃目標は達成するが、1.5℃に達せず1.7℃になってしまい、唯一N Z E が、一旦1.6℃近くにはなるが、2100年に約1.4℃となって1.5℃目標を達成するとしている。

全エネルギー供給の変化についてN Z E のロードマップを中心に見ると、化石燃料割合は現在の78%から2050年には23%へ減っていく。なお、S T E P S でも2030年には化石燃料消費がピークを打つとしている。一方、自然エネルギーは2030年までにほぼ倍増し、2050年には全エネルギー供給の67%を占める。より端的な変化が起きるのは電力で、最も早く脱炭素化し、エネルギー全体の脱炭素化の先導役になることが期待される。まず、エネルギー供給全体に占める電力割合は増え、電化の進展によって総発電量は2022年から2050年の間で2.6倍になる。中でも太陽光、風力を中心に自然エネルギー発電が増え、2030年に59%、2050年には89%を占めるとしている。注目すべきは、S T E P S でも2050年に70%、A P S でも80%と、どのシナリオでも自然エネルギーの発電割合は非常に増える見通しということである。原発発電量も増えるが、その割合は現在の9%から2050年に微減し8%となるとしている。脱炭素電源の中では原発も一定の役割を果たすだろうが、圧倒的に自然エネルギー電力の果たす役目の方が大きいということがI E A の見通しであって、既に米国やE U で実際の政策に反映されている。米国では、2022年8月にインフレ抑制法が可決され、その際、バイデン大統領は「エネルギー安全保障を強化し、米国内で米国の労働者が太陽光パネル、風力タービン、E V を生産する雇用を作り出す」との声明を出し、脱炭素化だけでなくエネルギー安全保障も追求する方針を鮮明にした。E U は、ロシアの化石燃料に依存したことで非常に大きなダメージを受けたが、2022年5月にリパワーE U プランを策定し、化石燃料依存を終わらせる、気候危機に挑むといった目標を立てて自然エネルギー、クリーンエネルギー効率化目標を引き上げる方向で転換を図っている。

このようにI E A を含めて自然エネルギーを増やしていく方向に変わった理由は様々だが、最大の要因は再エネ発電コストの劇的な低下である。ブルームバーグの統計によれば、太陽光発電コストは14年前に比べて10分の1に低下し、新設

電源の平均発電コストは、太陽光発電も風力発電も 1 kWh 当たり 4 セント台まで下がっている。他方で原発は 22.5 セントと非常に高い。なお、I E A のレポートには、統合コストを含めても自然エネルギーが安価であるとの分析も示されている。

こうした状況を踏まえると、これからのエネルギー安全保障はこれまでとは異なる考え方が必要である。第一に、化石燃料は 2030 年代まではエネルギー供給の多くを占めるため、その確保は引き続き重要であること。第二に、化石燃料消費は 2030 年までにピークを迎えると予測され、C O P 28 ではこの 10 年間で化石燃料からの脱却を進める行動を強化するとしていることを踏まえ、化石燃料・発電への新規投資は、座礁資産とならないよう慎重に検討する必要があること。第三に、自然エネルギーの重要性である。N Z E では自然エネルギーが 2050 年には電力供給の 9 割、全エネルギー供給でも 3 分の 2 を占めるということ。こうなってくると、自然エネルギーを自国でしっかりと確保すること抜きにはエネルギー安全保障は実現しないという時代に入っていくことが非常に大きなパラダイム転換である。

国際再生可能エネルギー機関（I R E N A）のレポート「新たな世界」（2019 年 11 月公表）では、再エネが中心となる時代の中で、エネルギー供給はもはや少数の国家が独占するものではなく、大半の国々がエネルギー自立を実現できる能力を持つようになり、自国の発展と安全保障を高めることができるという将来ビジョンを描いている。日本のエネルギー安全保障は、これまで専ら化石燃料の確保を目指してきた。引き続きその観点重要であるが、今後を考えると国産可能な自然エネルギーをいかに増やしていくかが非常に重要になる。

日本において大量の自然エネルギー確保のポテンシャルは非常に大きい。洋上風力発電は、日本の領海と排他的経済水域（E E Z）とを合わせて 1,128 GW のポテンシャルがある。漁業権との調整等々があるため、この全部が実現できるわけではないが 10 分の 1 だけでも相当な洋上風力発電が実現できる。2023 年 12 月に 3 海域で入札があり、2 海域で再エネ賦課金ゼロ、つまり実現しても公的負担のないレベルでの入札が行われている。太陽光発電も建物の屋根や低未利用地を使うことで 1,465 GW のポテンシャルがあり、2023 年 11 月の入札では、最低落札額が 7.94 円と、卸売電力の平均価格を下回っている。こうした傾向が続けば、太陽光発電も

国民負担なしで導入できていくだろう。

今後、電化が進む中、製鉄、セメント等々、電化による脱炭素化ができない分野にはグリーン水素を使っていくことが必要になり、これについては、太陽光発電や風力発電の大量導入によって需要を上回る発電時間帯に、その余剰電力を使いグリーン水素を製造し、産業の脱炭素化等を進めていく方向が考えられる。

自然エネルギーの時代になればエネルギー安全保障の心配が全てなくなるということではない。自然エネルギー発電やEV製造のために必要な希少鉱物は、生産国がコンゴ民主共和国、豪州、チリ、中国といった国に偏っており、その確保は引き続き重要な問題になる。また、太陽光発電、風力発電の生産能力が中国に集中しており、太陽光発電モジュールの生産能力を見ると中国が8割を占め、このまま更に太陽光発電が何倍にもなれば、極端に中国に依存することになるという非常に大きな問題がある。この点について米国も欧州もようやく問題点を把握し、自国あるいは域内で太陽光発電の生産能力を強化する取組を始めている。日本の場合は、米国や東南アジアの国々、欧州等の同志国の中で供給能力を高めていくことがエネルギー安全保障上も非常に大事である。

こうした観点からは、現在の日本のエネルギー政策は、自然エネルギー増への転換が不十分ではないかとの懸念がある。日本の2050年エネルギーミックスは自然エネルギー電力の割合を50～60%としているが、IEAのNZE 90%、APS 80%、STEPS 70%と比べて極めて低い。自然エネルギー電力がこの程度では、どうしても化石燃料を使い続けることにならざるを得ない。また、エネルギー安全保障の観点からは四つの懸念がある。第一に、発電部門でも3割近くを化石燃料に依存し続けること、第二に、電力以外でも化石燃料への依存が続くこと、第三に、グリーン水素やグリーンアンモニアの重要性が増していくが、国内の自然エネルギー発電設備が足りなければ輸入の必要が生じて輸入依存が続く懸念があること、第四に、回収したCO₂の貯留適地が国内にないためその処理も海外に依存することになって新たな海外依存が発生することである。

今後、次期エネルギー基本計画の改正に向けて、エネルギー安全保障、脱炭素を実現するエネルギー政策の在り方について議論することが必要だろう。

(主な議論)

【エネルギー政策】

問 日本がこれから目指すべきエネルギー政策の具体的な形と、それをどういった計画で進めていくべきか伺う。

答 明確なことは、2050年の世界はCO₂を余り排出しない電気と水素の社会になっていくということである。化学工業や高炉製鉄業といった分野は電化が困難で、例えば自動車用鋼板の製造は、高炉から電炉に換えると製品の質が落ちて使えないものが出てくるため、こうしたところは水素になる。問題は、水素製造のための電源で、再エネ由来の電力で製造すると水の電気分解装置の利用率が非常に低下するが、この装置は非常に高価なため、8～9割利用しなければ安価な水素は製造できない。水素自給率を高めようとする、フランスや米国で考えられているように、小型モジュール炉（SMR）等を設置し、その隣でSMRの熱と電気を用いた水の熱分解、電気分解が必要になる。

2050年の社会は水素と電気の世界となって再エネと原子力が主体になるだろうが、もう27年程度しかなく、その間に日本を含む世界が化石燃料消費ゼロにできるわけがない。化石燃料の消費量は現在も増え続けており、世界は依然としてエネルギーの8割を化石燃料に依存している。したがって、化石燃料消費ゼロを目標にしつつ、化石燃料をどう使用しどう残していくかを考える必要がある。そこで同時に重要になるのは同盟関係である。米国の石油協会が、米国は水素を安価に製造できると発表した、これは天然ガスから水素を製造して排出されるCO₂を全て油田で回収し、製造した水素は輸出するというものだろう。そうした水素ならば、日本の自給率には貢献しないものの、少なくとも同盟関係という中では安心して購入できるだろう。したがって、2050年に化石燃料利用は残ると思うが、その調達先を同盟国にしていくことが必要である。

答 今後、電気が主力になっていくことは間違いない。例えば、電気7対熱3、電気8対熱2と、非常に電気に偏ったエネルギーシステムになっていくイメージを持っている。そしてその電気は、再エネ、原子力、一部は水素、アンモニア等により作られる。CCS（CO₂回収・貯留）付き火力発電もあるかもしれ

ない。熱利用はグリーン水素等を使っていくことになる。ただ、海外依存が増えていく可能性はある。日本エネルギー経済研究所は、水素、アンモニア、液体合成燃料については、現時点では国内で製造するより輸入する方が安価と評価しており、経済性の観点から輸入するとなると、できるだけ同盟関係にある国、安全な国から輸入する、また、分散化していくことが基本になる。

問 次期エネルギー基本計画は、地球温暖化対策に偏り過ぎた現計画からエネルギー安全保障を基本とした計画へと軌道修正していく必要があると考えるが、見解を伺う。

答 第6次エネルギー基本計画は、2050年脱炭素を目標として策定されているが、実現は相当難しいだろう。実現しようと思えば可能だろうが、電気料金の高騰という点を考えると非常に難しいと思う。そこで2050年脱炭素目標をどうするか、これについてはもっと楽観的に考えた方が良いのではないかと思っている。例えば、気温が1.5℃以上上昇したら本当に地球は壊滅的になるのかということとはよく考える必要があろう。グテーレス国連事務総長は地球は沸騰していると言うが、地球温暖化対策に関わる国際機関は国連の機関なので、自分の機関の存在価値を示さなければならないということだろう。エネルギーの分散、電源の分散といったことを考えながら、一つのものに依存しないという形が大切であって、エネルギー基本計画の見直しに当たってはそうした視点も重要である。

問 エネルギー自給率を上げるためには、次期エネルギー基本計画において、ヒートポンプ技術を再エネ利用技術として位置付けて強力に推進していく必要があると考えるが、見解を伺う。

答 ヒートポンプは、欧州では再エネと位置付けられている。日本企業が非常に強みを持つ技術のため、日本もその位置付けを十分に考えなければいけない。世界のヒートポンプ供給を見ると、中国メーカーが5割というデータもあり、日本が得意とする技術の優位性が中国に奪われることは非常に不安であるため、その位置付けを十分に見直し、日本のエネルギー自給率に換算して、政府

としても後押しするような政策が必要だろう。

問 電力システム改革の評価を伺う。

答 電力システム改革は、一言で言えば失敗である。電気料金の変動には様々な要因があるものの、少なくとも下がる方向に動いていないからである。電気料金は本来、小売ではなく発電設備で競争しなければ下がらないが、発電設備が増えているわけでは必ずしもない。また、大手電力会社の体力が弱ったことも問題で、投資ができなくなっている。例えば石油火力発電所の閉鎖によって停電するかもしれないと分かっているにもかかわらず、自由化された市場では利益が出ない施設は閉鎖せざるを得ず、そうすると電力供給が不安定化する、そうした点でも余りうまくいかなかったと思う。電力のシステム改革は諸外国でもうまくいっておらず、英国の取組も継ぎはぎ、日本も2016年以降は継ぎはぎで、一つのものにはまとまってきていない。

問 市場原理の観点から、現在のガソリン補助金（燃料油価格激変緩和補助金）をどう考えるか伺う。

答 市場原理を機能させる観点からは、補助金はやめた方がよい。ガソリン価格の上昇局面では消費を抑制してもらいたい、補助金が入ると価格が上がらず消費抑制効果が働かなくなってしまう。ガソリン補助金は、一時的に非常に大きな負担を軽減していくという意味で意義のある政策ではあるが、これが継続してしまうと市場が機能しなくなってしまうので、早めになくす方がよい。

【エネルギー安全保障】

問 日本のエネルギー安全保障の総合的な戦略の課題を伺う。また、エネルギー安全保障の概念及び原子力についての国民の理解の重要性について諸外国の状況等を伺う。

答 主要国では自給率をいかに向上させるかが非常に大きな問題で、最も簡単なのは再エネ、次は原子力で、これは燃料を一度装着すれば1年以上使え、燃料

が国内にあるので自給率に勘案できる。課題は、再エネを導入していくとコストが上がることである。そしてドイツで原発支持が増えたのは国民理解が進んだからである。現在、ドイツの家庭用電気料金は1 kWh当たり日本の2倍程度と、負担が大変になってきている。そこでドイツ政府は固定価格買取制度(FIT制度)による消費者からの徴収をやめて、全て税負担へと制度を変えた。しかしながら、ウクライナ侵略前、消費支出のうち10%以上をエネルギーが占めるエネルギー貧困と言われる層は欧州全体で10%に満たないと言われていたが、現在ドイツのエネルギー貧困層は4割を超えている。そうなってくると、暖房を使えないから電気料金、ガス料金を下げてほしいとなって、国民理解が深まるのである。日本では意図的に電気料金を上げることはできず、エネルギー安全保障の問題に関して国民理解を深めることは容易でない。身近な問題になってきて初めてどうするべきかとなっていくのだろう。

問 ロシアからのパイプラインが遮断された欧州がLNG輸入を増加させるようになると、日本のLNG調達能力はかなり落ちて、それが価格に反映されていくのではないか、見解を伺う。

答 LNG市場を原油のような成熟した市場に発展させていくことは一つの答えである。原油市場には非常に多くの取引参加者がおり、その結果、世界のどの国で買っても大して価格は変わらず、誰でも買える状態になっている。理想としては、LNGもより多くの買主、売主が参加し、誰でもいつでも同じような価格で買える状況になってくれば、日本もそれほど心配することはない。アジアの国々は更なるLNG利用を考えており、日本がそうした国々を支援し、より多くの人々がLNGを利用するようにしていくことが一つの方向である。

問 2050年にエネルギーを自給できず、海外依存が高まっていく場合に備え、国民が個人としてできる防衛策を伺う。

答 家庭でできることは、蓄電池が安価になったら設置すること、節電として家電製品をエネルギー消費量の低いものに換えていくといったことだろう。

答 ガス湯沸かし器から電気温水器等に換えるなど、なるべく各家庭で太陽光由来の電気を利用し尽くす形にすれば、震災等があっても自立してエネルギーを利用していくシステムができるかもしれない。

問 重要鉱物の精製は主に中国となっているが、現場の安全の問題や環境汚染の防止の取組に各国で差があり、対策コストのより少ない国で精製されているとの懸念も聞かれる。そこで、そうした問題を解決する上でも、公正な貿易のため、日本の製錬技術を守っていくために、日本が国際的にできることを伺う。

答 日本にも昔はアルミニウムの製錬産業があったが、エネルギーコストが高くて撤退したという歴史的な経緯があり、さらに人件費、環境対策コストの問題がある。足尾銅山鉱毒事件のような事例が起こり得ることが鉱物の製錬であって、適切な環境保護の対策をしなければならず、当然、環境規制が緩い方が低コストで製錬でき、どうしてもそうした国の方が強くなる。作業従事者そして生活者を守る観点から、最低限守るべきルールを決めることができれば、製錬産業に関わる人たちを守り、かつ世界の競争の土台を整えることができる。そうした公正な土台の中で各国企業がひとしく競争していく環境を作ることが健全だろう。

問 日本のエネルギー政策を考える上で、非常に重要になってくる中国の中長期的なエネルギー戦略を伺う。

答 中国は現在、再エネ市場、石炭火力発電所の建造、原発と、あらゆるもので世界最大の状態で進んでいる。今後の中国の変化を考えるに当たって、まず、ベースラインとして人口が減少していく国であることは踏まえておく必要があつて、日本が過去数十年間経験してきた難しい経済・社会情勢をこれから経験していくことになるだろう。また、足下では景気が余り良くないと言われているが、再び成長軌道に乗って新技術を展開していく国になるのかを注視する必要がある。さらに、中国の国際戦略も大きなポイントである。日本も過去には米国と貿易戦争など様々な確執があつたが、同様のことが成長段階にある中国と

米国との間で続いていくだろう。最も懸念されることは、中国の領土に係る野心が先鋭化した場合、日本にとっても非常に大変なことが起こることで、その可能性に留意する必要がある。そういった場合、現在多くを依存している中国の製造能力、供給能力といかに付き合っていくかは、非常に難しくかつ重要な問題である。

問 電気料金が大幅に上がったイタリアと比べ、ドイツの電気料金の上昇が原子力発電割合の高いフランスと同程度だった理由を伺う。

答 ドイツの電気料金が余り上がらなかったのは、国内の石炭火力の発電量を増やしたからである。ドイツの電源構成を見ると、3割近くは石炭火力で、しかもより多くCO₂を排出する褐炭の火力発電を増やしたが、これは、天然ガス価格が上がったためほかに方法がなかったからである。そして輸入炭価格も上がったものの、そのコスト上昇の影響を受けない国内の褐炭が使えたため、ドイツはイタリアのように電気料金が大幅に上がるといった状況にはならなかった。このように国内の褐炭を維持していたことは、ある意味ドイツのエネルギー安全保障だったのだろう。

【脱炭素社会】

問 ロシアのウクライナ侵略によって、欧州を始めとする各国では、石炭火力発電への回帰等、脱炭素化の取組を後退させるような動きが見られ、また、途上国の経済発展に伴って世界全体での温室効果ガスの排出が増えていくとの見込みもあり、地球規模のネットゼロ実現はなかなか容易ではないと見られる中、今すべきことを伺う。

答 1.5℃目標達成は、まだ可能性は残っているものの非常に難しくなっていることは間違いない。これまで世界は様々な努力をしてきたが、残念ながら十分ではないということだろう。ただ、困難であっても諦めるわけにはいかない。なすべきことは明確で、エネルギー効率化の徹底と自然エネルギー電力の増加という2点に最大の政策努力を注入することが最も必要である。

問 エネルギー安全保障と地球温暖化対策とを両立させつつ経済成長を生み出す経路を伺う。

答 気候変動対策とエネルギー安全保障との整合性の観点からは、省エネ、再エネそして原子力が鍵であって、これらの技術を利用したエネルギーコスト低減による日本産業の強化や輸出競争力の向上は、一つの重要な経路である。また、エネルギー関連の技術革新によって日本の技術が世界より優れている、使いやすいと評価されれば、そうした技術の輸出によって経済成長もしていく。いずれにしても、この3分野で日本が努力していくことが経済成長につながる道である。なお、再エネ、原子力、省エネだけでうまくいくといった話が多いが、そうではなく、様々な技術が必要になってくる。すなわち、カーボンニュートラルは非常に難しい挑戦で、この3分野だけで完全にうまくいくかはよく分からない部分があって、新技術のイノベーションも当然あると思われ、そうしたものを日本で育てていくことが非常に重要である。

問 火力発電における水素・アンモニア混焼を研究する日本企業からは、今後エネルギー需要が伸びる中、石炭を使いたいアジア諸国の脱炭素化を進める上で日本の石炭火力発電での混焼技術がいかせるのではないかといった話も聞く。そこで、日本のものづくりの技術もいかしながら、アジアや途上国の脱炭素化を進めるための方策を伺う。

答 脱炭素化を進める中でよく受ける批判が、今更化石燃料に投資しても仕方がないという議論である。長期的に化石燃料関連技術の役割が減っていくのはそのとおりだが、現在、アジアのエネルギー需要は大幅に増えており、それを賄うには適切な化石燃料の供給設備が必要となる。将来必要なくなるから投資するなどは酷な話で、投資しなければエネルギー供給ができなくなるので絶対にしなければならない。したがって、現在の化石燃料への投資を、将来いかに脱炭素化していくのかを考えるべきで、それを実現し得る技術が、例えば水素混焼、アンモニア混焼、あるいはCCSとなる。こうした技術に対しては化石燃料の延命といった批判もあるが、今あるエネルギー需要に適切に応えつつ、将

来の脱炭素にも備えていくことができる一挙両得の技術と考えている。日本はこの分野で特に力を入れている数少ない国の一つで、途上国が現実的に抱えるニーズに応えられるのは、正に日本のテクノロジーであって、それを発展させていくべきである。

問 CO₂削減のために政策を進める一方で、大量の樹木を伐採するような大型再開発事業を進めてCO₂排出量が増えてしまうことは、矛盾した政策であって持続可能なまちづくりとも言えないとの観点からの大規模な都心再開発への見解を伺う。

答 持続可能な都市づくりの在り方は、総合的に考える必要がある。大規模なビル開発はすべきでないとの議論もあるが、ビルの更新が進むことでエネルギー効率化が進み、その中で再エネ利用が進むものもあるため、そうした観点から総合的に緑の保全とエネルギー転換を図っていくことが必要である。

【再生可能エネルギー】

問 全てのエネルギーを再エネで賄う時代は来るのか伺う。

答 そういう時代が来ると思っているが、当然一直線での実現は難しく、様々な工夫が必要なことも間違いない。ただ、太陽光や風力は変動が大きく、こうした変動電源だけで電力供給の安定化が可能かとなると難しい点もあろう。そこで、太陽光や風力でグリーン水素を製造し、水素で発電していくことも含めて取り組むということだろう。また、化石燃料が全く必要ないかという点、確かに様々な議論があって、特に高温の熱利用が必要な場合には化石燃料の利用にCCSも併用することはあり得る。

いずれにしても、9割方は自然エネルギーによって電力その他のエネルギーも供給されていく時代になっていくと考えている。日本の場合はその点が政策の中心に位置付けられていないことが最も心配なことである。

問 日本の風土に合わせた再エネ普及拡大の可能性及び必要な政策的支援や課題を伺う。

答 電源を一つのものに頼るのは危険で、多様な電源が必要なことは間違いない。ただ見逃してはならないことは、自然エネルギーは一つではないということである。太陽光、風力、地熱、バイオマス、水力と日本は幸いに全ての自然エネルギー資源に恵まれている。地熱は世界3位の保有量で、水力は東日本大震災前から約10%の電力供給を担っており、急峻な地形で雨も多いという条件に恵まれている。また、バイオマスについても国土の相当部分が山林である。したがって、こうしたものをいかして日本にふさわしい自然エネルギー社会を作っていく必要がある。その一方で、やはり中心になるのは風力発電と太陽光発電である。洋上風力発電について、日本は遠浅の海が少ないが、日本風力発電協会の調査によれば91GWを超える着床式の可能性があるとされており、浮体式も技術開発が非常に進んできていて政府も力を入れている。日本の産業との関係では、先駆的に技術開発してビジネスチャンスにしていく機会もあるので、技術開発を進めていく必要がある。太陽光発電については、今後、広大な土地使用は難しく、山林を切り開き自然破壊をするようなものとなってはならないが、建物の屋上、インフラ施設の屋上等への設置、ペロブスカイトといった日本発の技術もある。それらを含め、多様な自然エネルギー発電を利用していく必要がある。

問 2035年に電力供給の80%程度を自然エネルギーで賄うべきとの参考人の見解について、自然エネルギー導入に取り組む地元では、生活やなりわいの問題から反対する人もおり、やはり国が全国的に指針を示して自然エネルギー導入に取り組むべきものとするが、見解を伺う。

答 2035年に電力の80%程度を自然エネルギーで供給することについて、現在改めてその進め方を検討しているが非常に難しい。しかし、1.5℃目標達成には、2035年までにCO₂65%削減の域まで達しなければ困難であると分かってきている。ただ、ほかの国、例えば欧州は非常に高いレベルに達している。加えて、

中国も再エネ電源比率を大幅に増加させていて、2028年には電力の5割は再エネになるとのIEA予測には驚いた。日本は太陽光発電の導入も非常に遅れており、このままでいくと現状の22%程度が4年後でも26%程度にしかない可能性がある。そうすると、その時点で中国は電力の5割を再エネで賄っていることになり、日本企業は競争上非常に不利な状況に立っていく。具体的には、日本に立地する企業が製造する製品は、電力のCO₂排出係数が高く環境に良くない製品とみなされてしまう。そうした意味では、日本経済にマイナスを与えないためにも自然エネルギーを増やす必要がある。ただ、目標を立てても地元の合意がなければ実現できない。日本は3.11後に急いでFIT制度を整備し、準備不十分なまま2012年に開始したことで様々なトラブルが起きた。そこで、この制度を総括し、より地元と共生する形で自然エネルギーを増やしていくことに力を割いていく必要がある。

問 欧州等は送電網の国際連系で電力を安定的に融通できるが、島国の日本において再エネの安定供給という壁をどう乗り越えていくべきか伺う。

答 再エネの中心である太陽光発電・風力発電には変動性があり、いかに安定供給を確保するかは大きな問題である。ただ研究・経験が蓄積されてきており、送電網の運営、水素の生産、バッテリーへの蓄電、需要のコントロールで8割程度までは安定供給できることが見えてきている。そのため、日本で遅れている蓄電池開発をいかに急いで進めていけるかが大切である。また、日本は島国ではあるが電流規模は英国三つ分程度と非常に大きく、九つある電力会社管内を送電網で結んでうまく需給調整していくことで、十分にバランスを取っていける。

問 今後かなりの円安が進む可能性があると考えており、今からでも再エネへの投資を増加させていくことも重要ではないか伺う。

答 再エネ設備は輸入依存度が非常に高く、現在日本で使われている太陽光パネルのほとんどが国産ではない。そのため、円安が進行すれば大きな影響を受け、

再エネへの設備投資は困難になり、また、工事費等もインフレの影響を受けるので発電コスト自体に影響があるだろう。

答 現在の日本のエネルギーコストの高さの多くが為替に影響されているため、今後更に円安が進行すれば、外的要因によらず、日本だけエネルギーコストが高くなっていくことも十分起こり得る。再エネ設備の国産化率は低く、太陽光パネルも風力発電機材も輸入が非常に多い。いずれにしても、輸入に依存する限り、化石燃料でも再エネでも発電コストは上昇してしまうだろう。

答 日本は化石燃料への依存度が非常に高く、現在十数兆円が化石燃料購入費として毎年海外に流出している。円安が進めば更に購入費が増加していくことは間違いない。そのため、自給率を高めるためには再エネを増やしていく必要があるが、現在は太陽光モジュールについても中国依存度が非常に高い。注意すべきことは、太陽光発電のモジュール、風力発電のタービンへの投資額は太陽光発電と風力発電のコスト全体の2～3割で、あとの7割程度は国内での建築費等であることである。そのためインフレの影響は当然あるものの、輸入と比べれば大きな影響はない。いずれにしても、特に太陽光発電については、国内の供給能力を増やしていくことが重要なことは間違いない。太陽光パネル生産のトップは20年前には日本のメーカーが独占していたが、自然エネルギーの増加が日本のメインの政策にならない中で国際的なランキングを下げてしまったということで、こうした過ちを繰り返さないことが非常に大切である。

問 日本では、長い間、グリーンイノベーションを使った成長戦略と言われてきたにもかかわらず、グリーン産業が日本で伸びてこなかった理由、また中国で進んできた理由を伺う。

答 これは中国の非常に上手な政策といった面がある。太陽光発電、陸上・洋上風力発電、そしてEVも、世界最大の市場は中国である。中国政府は、国内で大きな将来の市場を作るため、まず国内で大量に導入する。このことが世界一の再エネ大国になっている理由であって、その目的は国内で製造業を育てることである。こうした計画経済のようなことは、他国では容易でない。このサブ

ライチェーンを完全に作り上げている中国企業に日本企業が対抗していくことはかなり困難であって、例えば部品数が非常に多い洋上風力発電設備はサプライチェーンが出来上がっているため、そこに日本企業が食い込んでいくことは困難といったことも考える必要がある。

【原子力政策】

問 再エネを含む発電施設を造ればそれぞれ何らかの課題が生じることは理解するが、特に原発の使用済燃料、高レベル放射性廃棄物、いわゆる核のごみの処分問題への対応案、あわせて原発に対する見解を伺う。

答 地震国である日本において重要なことは、多様な電源を有していなければ対応できないということである。令和6年能登半島地震では、120万kW規模の北陸電力七尾大田火力発電所で揚炭・給炭設備が倒壊・損傷して発電できなくなり、大規模停電が起きてもおかしくなかったが停電は起きなかった。これは福井県内にある関西電力の原発からの電気があったからである。なお、北陸電力志賀原発は地震発生時に稼働していたとしても問題はなかった。電源は5回線のうち2回線が切れたが3回線は維持されていた、非常用電源や非常用電源車があったなど、福島原発事故の教訓を踏まえ二重三重の安全策が取られていたということである。なお、使用済燃料の最終処分地が未決定といった問題は確かにある。ただ、北海道で調査が行われているところで、政府が力を入れて取り組んでいるので、やがて決まるものと思う。

答 脱炭素化の推進が世界の使命になっている現在、原発をどう位置付けるかは非常に意見が分かれる問題である。ただ、明言できることは、原発が役割を果たすにしても、主役では全くないことは世界の共通見解になっており、脇役的位置にとどまるものとして考えていく必要がある。すなわち、発電コストや1基当たりの建設コストが非常に高く、新規開発が容易でないということがある。こうした弱点を克服するものとしてSMRが喧伝されているが、実用化はほとんど進んでおらず、現在稼働しているのは中国とロシアのものだけで、それらの設備利用率は二十数%とうまくいっていない。SMRと言えば米国ニュース

ケール社の取組が最も実用化に近いということで高い関心が寄せられていたが、コストが高くなり十分な顧客が見込めないということで、2023年秋に開発中断を発表した。このように経済面だけ考えても困難な実態にある。さらに、地震大国の日本において安全性の問題は避け難い。志賀原発には様々な評価があろうが、これと同時に考えるのは、能登半島突端の珠洲に原発開発計画があったことである。今回、2基の設置予定地だった場所が非常に大きな揺れに見舞われ断層も動いた。このように日本の場合は、世界全体で直面している原発の高コストに加え、安全性の観点から検討していく必要がある。

使用済燃料の処分は現世代の責任であり、様々な方法で議論を喚起して、何とか処分をしていく方法を見付けなければならない。ただ、使用済燃料の処分地を見付けることが更に原発を推進するためのものではないことを明確にしなければ、国民合意を図ることは難しい。今後原発はフェーズダウンをしていくが、今あるものはこれまでの世代の責任として取り組むべきであることを前提にした上で合意を図っていく必要がある。

問 政府の原発優先の姿勢自体が再エネ普及推進の障害になっているのではないかとという点も併せて、原発と再エネの関係を伺う。

答 太陽光、風力という変動電源をいかに電力供給の安定化に結び付けていくかを考えると、自然エネルギー以外の電源には柔軟性が必要である。フランスでは原発についても非常に柔軟な運用をしているが、日本ではそうした運用を許すような状況になっていない。九州のように太陽光発電が増えている地域の需給状況を見ると、原発が一定程度、電力を安定的に供給しているため、太陽光の発電量が多いときには余剰が生じて出力制御をすることになり、せっかく太陽光で発電した電力が使われずに捨てられてしまうという残念な状況も起きている。そこで、原発の運用についても、自然エネルギー発電のフル活用の観点から検討していく必要がある。

問 再エネの開発も過渡期にある中で、日本の原子力技術をいかしてアジア太平洋地域での脱炭素化に貢献できることはあるか伺う。

答 日本の原子力技術は非常に厳しい状況にある。現在世界で原発を工期・工費どおり建設できる国はロシア、中国、韓国しかないのではないかと。東欧で始まった原発建設の入札には韓国が指名された。原子力技術・人材の維持のためには、やはり原発を継続して建設するということが重要なのだろう。米国が約30年ぶりに新たに建設に着手したボーグル原発ではエンジニアが見つからず中国から招へいし、フランスでも約20年ぶりの原発新設に非常に手間取っている。

政府は原発建て替えと言うが、現実的には建て替えや新設が進まず、技術継承、人材維持ができなくなるだろう。米英には原発建設を支援する制度があるが、日本にはない。日本は以前は総括原価主義で、建設すれば電気料金で回収できたが、今は電力自由化で将来の電気料金が分からず、収入が予測できない中で、数千億円規模の投資が可能な会社はあるのかということである。英国は政府保証の制度を整備した。C O P 28の開催を機に、日本も参加して原発設備容量を2050年までに3倍にするとの宣言があった。このためには、世界で1,000基以上の新型原子炉、SMRだと数千基が必要である。そして、その建設はどの国が担うのか。世界は米国、フランス、英国に注目しているが、実際に建設するのは韓国等になってくる可能性があるだろう。日本は、1年間に30兆円、40兆円にもなるこの大きな市場の確保のための人材と技術の維持に向け、国内における再稼働以外の建て替え、新設を考えなければ、東南アジア支援どころではなく、韓国、中国に助けてもらうことになることを心配している。

問 エネルギー自給率がO E C D諸国で最も低い韓国は高い原子力技術を維持しているとのことだが、エネルギー安全保障を原発で確保しようと考えているということか伺う。

答 韓国では原発が22基稼働し電力需要の3割程度を賄っており、東日本大震災前の日本の割合に近い。韓国の難しいところは政権が交替すると方針が大きく変わること、前政権は脱原発を掲げ工事中の原発の建設を中止した一方で、

現政権は原発を活用する方針で現在2基建設している。一つの電源への依存度を高めることは危険ではあるものの、電力需要の3、4割を原発としていくことが現政権の考え方だろう。もう一つの狙いは、原子力技術を利用することで輸出市場まで獲得していくということで、実際にアラブ首長国連邦（UAE）で原発を4基受注しており、追加で3基を発注との話、ポーランドが大型原発を発注するといった話がある。

（２）脱炭素社会の実現に向けた論点（令和６年２月21日）

参考人の意見の概要及び質疑における主な議論は、次のとおりである。

（意見の概要）

公益財団法人地球環境産業技術研究機構システム研究グループグループリーダー・主席研究員 秋元 圭吾 参考人

カーボンニュートラル実現への展望について、理想と現実のギャップを理解しつつ柔軟性を有した実効性ある対策をとるという観点で説明する。

世界主要国のCO₂排出量は、全体基調として増大を続けている。若干減少した時期には世界の国内総生産（GDP）も相当減少しており、GDPとCO₂排出量のカップリングは続いている。米国や欧州、日本といった主要先進国でCO₂排出量が順調に減少する一方で、中国やインド等の途上国で猛烈に伸びてきており、結果として世界のCO₂排出は減ってはいない。

一人当たりCO₂排出量には、各国の通常のCO₂排出量である生産ベース排出量と、例えば中国で製造した鉄を欧州が輸入して使用した場合に製造時の排出量を欧州側に付け替えてカウントする消費ベース排出量がある。日本も消費ベース排出量の方が多いが、欧米、とりわけスイス、スウェーデン、フランスそして英国等の多くの国で、かなり消費ベース排出量が多い。これは、エネルギー多消費産業、CO₂原単位の高い産業が海外に移転して物の形で買っており、代わりにコンサル業や保険、金融等のサービス業でGDPを稼ぐ構造になっているためである。よって、見掛けのCO₂排出量に捕らわれずに、世界全体でCO₂をどう削減するかという視点でなすべきことを考える必要がある。

世界のGDPと発電電力量には強い相関関係があり、発電電力量の増大なくして経済は発展しないというのがこれまでの状況であった。日本を含む主要先進国に限っては、この傾向は若干変わりつつあるが、それはエネルギー多消費産業が海外に移転しているだけで、世界全体では引き続き非常に強い相関関係が見られ、エネルギー、特に電力は非常に重要な財であるということである。

続いて、世界のCO₂排出量の推計について、まず、気候変動に関する政府間パ

ネル（IPCC）の報告書が、過去に排出量はどう推移すると見込んでいたのかを、2007年時点でのベースラインの予想、すなわち仮に温暖化対策を世界が講じないとした場合のCO₂排出量の推移に係る推計で見ると、2019年実績値は2007年予想の最高値に近い。このことは、世界でこれだけ費用を掛けて温暖化対策を講じてきたのに、2007年予想の最悪ケースの辺りにしか位置していないということである。先進国よりもCO₂原単位が高い途上国への移転が起こるため、予想以上に世界のCO₂排出量が増えてしまっている。

パリ協定の下で各国が提出している2030年のNDC（国が決定する貢献）を積み上げても、パリ協定の2℃目標、1.5℃目標とは大きなギャップがあり、仮にNDCを達成したとしても最悪のケースではプラス2.9℃程度になる可能性さえある。1.5℃目標を掲げて取り組むこと自体は良いが、中国、インドといった非常に排出量の大きい国が大幅削減しない限りこのギャップは埋まらない。

各国は様々な温室効果ガス削減目標を提出している。日本は2030年度に46%減（2013年度比）、米国は2030年に50～52%減（2005年比）であり、一方、中国はCO₂排出量をGDPで割った形のCO₂原単位目標で提出しているため、GDPが成長すれば自動的に減っていくような目標となっている。このように目標の出し方にばらつきがあって比較が困難なため、CO₂の限界削減費用で比較した。限界削減費用とは1 tの追加的な削減達成に要する費用で、一般的にはカーボンプライスに相当する。日本は2013年度比46%減達成のために450ドル/t CO₂程度掛かるという相当限界削減費用が高い目標を出している。そのほか、英国、EU、米国、スイス等も限界削減費用が非常に高い。一方、中国は37ドル/t CO₂、インド等はゼロドル/t CO₂とされているが、これはCO₂原単位目標で提出しているため、見通しどおりGDPが成長すれば自動的に目標達成になるというもので、無理にCO₂を削減するような努力なしに提出目標を達成できる。国ごとに、これだけ差があるということは、限界削減費用の高い国から低い国にエネルギー多消費産業やCO₂原単位の高い産業が更に移転していくリスクが高いということで、そうすると、世界全体のCO₂は一層減らないということになりかねず、これをどう調和していくかは重要だが非常に難しい課題である。東西冷戦終結後の

世界協調の時代に、これだけ気候変動問題に取り組んできたが期待した成果を得られていないということで、分断された世界になってきている今の時代では一層難しくなっている。

I P C C の統合評価報告書で示された、気温が1.5℃を超えずに安定化していくシナリオでは、2035年に世界で求められる水準は2019年比60%減とされている。これはC O P 28のグローバル・ストックテーク（G S T）の決定でも言及された。しかし、実際には既にほぼ1.5℃に達しており、現実には、このシナリオの達成は困難と見られる。I P C C は多くのシナリオを評価しているが、1.5℃を超えない目標を達成するシナリオは数が最も少ない。一方、1.5℃を若干超えて1.7℃程度になった後2100年に1.5℃に戻ってくるシナリオでは、2035年の排出は少し緩やかになるとされており、大分見え方が違ってくる。こうした点も意識しながら今後の気候変動政策を考える必要がある。

他方、長期的に考えると気候変動には非常に大きなリスクがあって気温の安定化は重要なため、カーボンニュートラル達成はいずれ目指すべき道である。そこで、どのような対策で実現し得るかを整理した。

まず、省エネに取り組むことがまず重要ではあるが、既に省エネが相当徹底している日本の企業、特にエネルギー多消費産業においてはかなり困難である。ただ、もう少し社会全体でエネルギー構造や産業構造を変えていく手段、例えばデジタルトランスフォーメーション（D X）活用によるシェアリングエコノミーやサーキュラーエコノミーといったものの実現を追求していくことは重要である。

次に、エネルギーは、原子力、再エネ、C C S 付き化石燃料の原則三つしかない。それぞれ一長一短があって万能なものは一切ないため、どう組み合わせしていくかが大事である。ただ、C C S なしの化石燃料が残るケースもあり得る。脱炭素とは異なり、カーボンニュートラルには植林、ブルーカーボン、B E C C S、D A C C S 等のオフセット手段が存在している。B E C C S はバイオエネルギーを使用し、排出されたC O₂を回収・貯留するため負の排出になるというもので、D A C C S は大気中のC O₂を直接回収して地下に埋めるものである。コスト等、様々な問題はあるが、カーボンニュートラル達成にはこうしたものも含めて考え

る必要がある。また、回収したCO₂は地下に長期的に埋める必要があり、国内でどの程度可能かという課題はあって、埋め切れない場合は回収したCO₂を海外に輸送して貯留するという手段もある。さらに、もし国内で再エネが十分使えない若しくは高い、又はCCS適地が国内に少ないということであれば、海外の再エネやCO₂の貯留層を利用するという手段がある。この場合、再エネ由来ならグリーン水素やグリーンアンモニアに変える。水素に窒素を加えればアンモニアになって利便性が増すほか、CO₂を合成して合成メタン（e-methane）や合成燃料（e-fuel）にするという手段もある。また、CCSについてもブルー水素やブルーアンモニアという手段もあるので、カーボンニュートラルの手段になる。こうしたものをどう組み合わせる強靱な取組としつつ、リスクを分散させながらCO₂を減らしていくかを考える必要がある。自動車燃料のカーボンニュートラル化を例にすると、EVは大変重要だが、ハイブリッド車やプラグインハイブリッド車で極力削減し一部を負の排出技術でオフセットする、e-fuelを使用する等、様々な手段があり、より費用対効果の高い形を追求していくことが重要である。

I P C Cの最新の報告書では、カーボンニュートラルについて、各部門の排出量を全てゼロにする以外にも様々な手段があるとして、カーボンニュートラル達成時に残余の部門別排出量とそれをオフセットする五つの典型的なシナリオを挙げている。このうちLD（低需要）シナリオは、CO₂排出量を相当減らして植林だけでオフセットできるという非常に美しい絵姿のものだが実現は困難で、ほかのシナリオは、植林だけでのオフセットは難しく、残余の排出量を認めるとともに植林のほかにB E C C SやD A C C Sといった負の排出でオフセットするとしている。I E Aもネットゼロエミッションシナリオを示しているが、これはLDシナリオに近く、各部門の排出量が2050年でほぼゼロとなり、オフセット手段の貢献は非常に小さいとする、かなり極端なものである。こうしたことから、もう少し幅を持って検討することが重要である。I E Aのネットゼロエミッションのシナリオを2021年版と2023年版で比較すると、国際的なエネルギーの情勢変化が見えてくる。太陽光発電は目標量を非常に増やしており、これは順調に世界で展開してきたことを反映している。原子力発電も上積みしており、この2年間で世

界的な原発の見方が大きく変わりつつあることを反映している。逆に風力発電はここに来て足踏み状態、また、水素、アンモニア、CCSはなかなか普及が進んでおらず、下方修正している。

原発については、IEAが2050年ゼロエミッション達成に最低限必要な設備容量等の見通しを公表しており、主要先進国は微増から横ばいだが、新設はかなり増えるとしている。これまで中国等の増大は見通していたが、主要先進国でもカーボンニュートラル対応で原発の重要性が増していることを反映している。

再エネは、太陽光、風力共に順調にコストが下がり化石燃料発電の平均単価を下回る水準になってきており、競争的な電源であることは間違いない。ただ、日本と世界との価格差はまだ大きく、太陽光、風力共に倍以上の開きがある。これは自然環境の条件も重なっており、努力しても超えられない部分があるものと考ええる。こうした価格差が残るということは、海外の再エネを使って水素やアンモニア、合成燃料系に変えて輸入した方が経済効率的な可能性もあるということで、そうしたオプションを含め、日本は全体最適を考えていくことが重要である。

再エネの拡大は必須だが、日本は電力系統が非常に細いため、欧州や米国等と同様の議論はできない。再エネ50%程度導入時の試算では、系統増強等に6～7兆円掛かるとされる。そのため、再エネ拡大の必要性は理解するものの、余りに拡大しすぎると、再エネは設備利用率が非常に低いことから、車が走らない高速道路を造るような非常に効率の悪いものになってしまう。そのため費用便益分析をしっかりと行った上で必要な増強をしていくことが重要である。

IPCC報告書のポテンシャル推計は、再エネをかなり安いとしているが、これは太陽光、風力単独でのコストであって系統連系コストは含まれていない。とりわけ日本は系統連系に係る統合費用が大きいと、どのようなコストが掛かってくるのかをよく理解しながら適正な展開を図っていくことが重要である。

日本の2050年の部門別・技術別の排出削減ポテンシャル・コストに関する当機関の推計によると、原発は大体20～50ドル/tCO₂程度、次にCCS、そして水素・アンモニア発電となって、非常に高額な部分にDACCS、e-fuelやe-methane等がある。安い技術から順番に使っていくことで全体のコストを小さくしていく

ことが重要である。

太陽光、風力には安価なところもあるが、発電量が増えてくると、条件の悪いところを使わなければならない、系統の統合費用等が相当高くなるというように、幅が非常に広いということを理解する必要がある。太陽光、風力は化石燃料や原発よりも安くなったとの主張自体は正しいものの、量を増やすと更にコストが高いところが出てくるため、余りコストに幅がない原子力をどう増やすかは非常に重要で、いずれにしても、様々な技術を組み合わせなければ安くできない。

2050年カーボンニュートラルへの移行プロセスも非常に重要であって、適切な技術を、時間を考えながら展開していくことが重要であるという分析を我々の機関は提供している。こうした分析を材料として、国や金融機関を含めた企業が適正な投資を行い、また、日本と世界のコスト差を意識しながらカーボンリーケージを起こすことなく、実効性ある排出削減を着実に進めていくべきと考える。

例えば、費用対効果の高い対策を講じた場合の合理的なCO₂排出量は、我々の分析では、日本のガス、鉄鋼部門において直線的に下がっていくのではない。ガスはCO₂原単位が小さいので、一時的に排出量が増えても1.5℃目標等とは矛盾せず、鉄も高炉を一挙に電炉に替えたり鉄をなくしたりするわけにはいかない、といったプロセスの理解が重要である。

最後にまとめると、正味ゼロ排出の実現は非常に重要である一方で、1.5℃目標を、少なくとも1.5℃を1回も超えることなしに実現することはほぼ不可能であって、目標を掲げることは必要だが、ある程度の柔軟性を持った戦略が必要である。

日本を含む主要先進国で排出量が減ってきているのは、エネルギー多消費産業、CO₂原単位の高い産業・プロセスが途上国へ移転している結果である可能性が非常に高い。そうすると世界全体のCO₂は減少しないこともあり、日本のエネルギー安全保障や経済安全保障等も意識しながら戦略を考えていく必要がある。

カーボンニュートラルの実現には、省エネ、再エネ、原子力、CCUS（CO₂回収・有効利用・貯留）、CO₂除去技術（CDR）、水素系燃料、電化といった様々な技術が必要で、どれも排除することなく取り組む必要がある。とりわけ資源に乏しい日本は、技術のより好みをしている状況ではなく全方位で考える必要

がある。当初は電化及び再エネ一辺倒だった欧州も、CO₂が減少しないことによりやがて気付く始めて、急速に全方位に変わっている。日本は言うことは常に慎重だが、欧州よりも立派に実現しており、しっかり取り組んでいくことが重要である。

最後に、移行過程が重要であって、例えばe-methaneやe-fuel、アンモニアは既存インフラを利用して混合比率を変えていけることから、こうした技術も柔軟性という点で大変重要である。こうしたものも含めて、戦略を総合的に考える必要がある。

つばめBHB株式会社名誉会長 渡邊 昌宏 参考人

当社は、110 年程前に開発されたアンモニア製造技術のハーバー・ボッシュ法（HB法）を超える技術を開発しようと、2017年に設立された。当社の技術とは、東京工業大学の細野秀雄名誉教授が開発したエレクトライド触媒を用いることで、HB法に比べて低温・低圧でアンモニアを合成できるものである。窒素は三重結合という非常に安定した気体で、この三重結合を上手に切り離すと水素と結合してアンモニアができる。エレクトライド触媒はこの三重結合をはさみで切るような特性を有しており、当社はこの社会実装を目指している。実証プラントでは、HB法と比べて反応温度を約 100℃下げ、反応圧力 4 分の 1 を達成した。

アンモニアは世界で 2 億 t 生産されており、その約 85%は農業用肥料、約 15%はうまみ調味料のアミノ酸、ナイロン 6 等の化学繊維、火力発電所における脱硝、化学品、半導体の窒化膜の生成に使われている。今後、2030 年、2050 年に向けて CO₂フリー燃料や水素キャリアといった形でも使われていくと想定されている。

アンモニアの課題について、まず、アンモニアが行き届かず窒素肥料が不足しているアフリカ等の地域において食料事情が非常に悪化していることがある。これは、港では約 250 ドル/t のアンモニア価格が、陸送や貯蔵で 3 倍程度となり、アフリカ各国には、そうした高価なものを購入できない現状があるからである。そのため、できるだけアンモニアが行き届く仕組みを構築していくことが当社の役目である。また、世界の CO₂排出量の 1～2%をアンモニア生産が占めており、この CO₂排出量をいかに削減していくかが大きな課題である。

アンモニアは、化石燃料から SMR（水蒸気メタン改質）法で水素を生産し、HB法を用いるグレーアンモニア、CCUS 又は CCS で CO₂ を回収した化石燃料由来の水素によるブルーアンモニア、再エネで直接水電解等を含めて水素を生産し、空気中の窒素を取り入れるグリーンアンモニアの 3 種類ある。今後、2030 年にはグレーが余り伸びず、ブルーとグリーンが伸び、2040 年には 1 億 5,700 万 t が、2050 年には 2 億 8,000 万 t がグリーン又はブルーになっていく。また、用途として、現在の肥料・産業のほか、将来的には船舶燃料や燃料・水素キャリアとしても使われる予想である。

一方、日本の現在のアンモニアの国内生産量は 80 万 t 弱、使用量は 100 万 t で、経済産業省は、使用量は 2030 年に 300 万 t へ、2050 年に 3,000 万 t へと増えると想定しているが、これだけの量を輸入に頼るとなると、エネルギー安全保障の問題が浮かび上がる。

アンモニアの業界構造については、まず触媒の供給、触媒プロセスの供給をつかさどるライセンサー、ライセンスを受けてアンモニアの設備を造るライセンサー、さらに、プラントでアンモニアを生産するプラントオーナーがいる。現在、ライセンサーは欧米 4 社だけで、ここへの日本の技術強化が必要であり、当社はこのライセンサーを目指している。ライセンサーには、千代田化工建設株式会社、東洋エンジニアリング株式会社、三菱重工業株式会社、日揮ホールディングス株式会社等、多数の企業が参加しているが、建設への関与だけである。そしてプラントオーナーは日本に 4 社ある。

当社は、脱炭素アンモニアが必要な地域に、必要量を安定的に供給することで、世界の食料危機の改善に寄与できるのではないかと考えている。そうした意味で、太陽光、風力、水力といった分散型再エネを使って水を電気分解し、グリーンアンモニアの製造設備を農地の中に整備すれば、アンモニアの輸送コストは全く掛からなくなる。例えば 500 t 程度のアンモニアが必要な場合、35 m²程度あればアンモニア製造設備を農地の一角に整備することで、十分にその地域の農業を賄える肥料を生産できる。一方、日本で 2050 年に 3,000 万 t のアンモニアが必要となれば、海外の再エネで生産し輸入することとなるため、できる限り海外で日本の

技術が使われるようにし、そこで生産し輸入することが重要だろう。

当社の現在の取組については、まず、アンモニアの大量生産を可能とする新たな触媒の開発を、国のグリーン投資スキーム（G I S）及びグリーンイノベーション基金を用いて進めている。これまで当社が使用している触媒はルテニウムという非常に高価な希金属のため、ルテニウムを使わない触媒開発に取り組んでおり、2025 年春には大量生産に適した新触媒を発表できると見込んでいる。この新触媒の開発後には、2030 年を目標に、国産高効率のアンモニア製造技術ライセンスを目指して、欧米 4 社に加え当社といった絵を描いていきたい。

また、2023 年には株式会社 I N P E X のアンモニア実証プラントを受注した。このプラントは新潟県柏崎市に建設中で、2025 年 8 月には稼働予定である。ここでは天然ガスから水素を生産し、そこで出た C O₂ を C C S で地中に埋設し、当社はその水素を使ってアンモニアを生産する形となる予定である。ただ、電気料金が高いため水素価格が非常に高くなるという大きな問題があって、市場流通するような価格で生産できるかという点と非常に難しい。

当社の技術を、電気料金の安いところで活用するため、2023 年 1 月、U A E のアブダビ国営石油会社（A D N O C）と共同スタディ契約を締結した。また、アンモニアによる農業貢献のため、2022 年 6 月にラオスのグリーンアンモニア関連の調査事業に関する協力覚書をラオス政府と交わした。現在、ファイナンスを含めた事業スキームを作成中で、2024 年 8 月頃までにはある程度のめどが付くだろう。このほかタイでの事業も近々に決まる予定である。今注目しているのは南米で、特にブラジルはサトウキビ栽培が盛んだが、アンモニア入手に多額の費用が掛かるため、当社の設備導入の話を進めている。さらに、ポーランドの企業と共同し、ウクライナのブチャ市のグリーンインダストリアルゾーンという再エネ暖房システム整備という新たなプロジェクトを手掛けようとしている。

当社の技術インフラには、多くの機器を導入して新触媒を開発中の東京工業大学内 R & D センター、川崎市において 2019 年 12 月から 24 時間運転を継続している実証プラントがある。こうしたインフラには多額の資金が必要で、また、要員確保が非常に難しい実情にある。

今後、輸入依存の日本の体質で大丈夫なのかを早急に議論する必要がある。また、輸入の際は、信頼できる国と組む方法もあるが、ウクライナのように突然隣国が襲ってくる状況の中で、LNG価格もアンモニア価格も上昇している現状にある。こうしたことを踏まえると、相手国が非常に重要になり、岸田総理が豪州とアンモニアのサプライチェーンを構築すると言っても、果たして同国が適切なのかは考える必要がある。

また、多少困難ではあっても、日本がどこまで自国生産可能かを考えることも必要だが、そのためには、絶対に電気料金の低減化が必要である。

水素・アンモニア関連の各国の政策を見ると、特に米国は、アンモニア、水素を生産する事業者にとって非常にメリットがあり、高い電気料金もカバーできる補助金を出すと英断したことは素晴らしい。また、チリはグリーン水素国家戦略を策定し、2030年には世界一安価なグリーン水素を生産しようとしている。

日本発の技術でアンモニアを世界に広げていくためには、まず、市場の創出を官民で実施できることが必要である。すなわち、化石燃料ベースのエネルギー・製品価格に計上されない外部不経済の内部化と、当社の技術の利用者が脱炭素のメリットを享受できるシステム、グリーンプレミアム、米国のようなグリーン製品の市場創出が必要である。また、研究開発だけでなく、事業開発まで含めた支援が必要である。最後に、事業を行っていると大企業の壁が非常に厚い。そのため、大企業のイノベーションを創出できるような、補助金によるファイナンス支援が必要である。

一般社団法人Climate Integrate代表理事 平田 仁子 参考人

気候変動は、経済、科学、技術、貿易、企業活動、雇用、生活や健康に関わる幅広い問題であり、正に政治の課題である。

まず、気候変動の危機について説明する。産業革命が始まり、工業化が進展してきたことによって、人間は大量の化石燃料を燃やしCO₂を排出してきており、世界の平均気温も1850年頃から一気に上昇している。このように、気候変動の問題は人間活動に起因する人災である。世界気象機関の測定では、産業革命以来、

世界の平均気温は2023年に1.45℃上昇しており、既に1.5℃目標に近づきつつある。こうした事態に対して、2022年のCOP27でグテーレス国連事務総長は、各国の取組は不十分であって、この問題に真剣に向き合うようにと訴えた。

このままでは気温が2.5～2.9℃まで上昇し、極端な高温や大雨といった事態に見舞われる。既に森林火災、豪雨、また日本での熱波、ヒマラヤの氷河の融解等、世界が大きな影響を受ける大変深刻な事態である。この30年程度、日本においても政府が気候変動問題への取組を進めてきたが、気候変動リスクへの認識はやや緩慢過ぎたのではないか。既に、地球温暖化、海水温上昇の影響が農業、漁業等、様々なところに出ており、災害の甚大化に伴って経済被害や生活再建への費用も甚大になっていく。そして、日本はサプライチェーンでつながる多くの国々の影響を受けて、価格高騰、資源枯渇に直面していく。何より、人々が健康を害し、命が奪われるような事態になっており、若い世代や将来世代の基本的人権を剥奪するような事態に突き進みつつある。

次に、気候危機回避に求められることについて、まず、1.5℃上昇に抑える努力を諦めてはならないということである。目標は2050年カーボンニュートラルであって政府も同じ方向に向かっていると思う。さらに、2030年までに世界の温室効果ガスの排出をほぼ半減することが重要だが、現実とのギャップが非常に大きいことから、2030年までにいかに迅速かつ大胆に排出削減を実現できるかが、我々が立たされているチャレンジである。

石炭、石油、ガスからのCO₂排出を1.5℃目標に整合させるためには、急速な排出削減が必要で、最大の排出原因である石炭に至っては、2030年までの7年弱で8割の排出削減が必要となる。石炭火力発電を優先的に減らさなくてはならないことはG7でも合意されている。日本は温室効果ガス排出量を堅調に減らしてきたが、2050年実質ゼロに向けて2030年度に46%削減し、50%の高みを目指すという目標を必ず達成する必要がある。加えて、世界に模範を示す意味でも更なる削減を目指して、今できることを考えていくことが経済大国としての重要な役割であり、責任である。日本は化石燃料のほぼ100%を輸入することで各国の化石燃料生産を支えると同時に、途上国の化石燃料を基本とするインフラ開発を支援し

てきた。そのため化石燃料への国際的な公的支援は日本が最も多い時期もあった。今後の途上国支援は化石燃料から脱炭素型に転換していくことが重要である。なお、国際的な団体による気候変動対策についての評価で日本は常に落第点、石炭火力からの脱却についての評価でもほぼ常に最下位となっているが、これは石炭火力発電所の全廃に踏み込めていない数少ない先進国だからである。

こうした状況を前提に、脱炭素社会の実現に向けた論点を説明する。

1点目は、化石燃料から脱却するシステムチェンジに勇気を持って取り組むことである。C O P 28で化石燃料からの脱却に合意したのは、正にこのシステムチェンジが必要だからである。そこで重要なことは、使用するエネルギーを最大限に少なくして高効率化を進め、再エネを使用し、更に可能な分野で電化をするという流れである。つまり、エネルギー集約型の経済社会を分散型にしながら、世界、仕事、物の決め方、人々の価値観を変えていくという経済社会の大転換を目指すべきである。

2点目は、化石燃料を大量に使う既存インフラから脱炭素型インフラへの転換であって、電力を含む既存インフラを使い続けるだけで1.5℃水準を超えるほどのC O₂排出が見込まれるため、その変革は急務である。根本的な変革が必要な領域は、エネルギー、工場・公共施設を含む住宅・建築物、運輸、食のシステムと、いずれも経済を支える柱であるが、これを変えていくことが重要で、国レベルのみならず全ての地域で暮らし、仕事と結び付けて転換していくことが重要である。

3点目は、温室効果ガス排出量の半減という大変なチャレンジでは、大規模排出源を確実に削減へ導いていくことである。日本の最大の排出源は石炭とガスを合わせた火力発電で、次に車を中心とした運輸、そして鉄やセメント等の製造業である。私たちの経済を支えてきたこうした大事な分野を、いかにしなやかに、十分に、速やかに、痛みを伴わず、むしろ経済を育成しながら転換していくのが中核とならざるを得ない。

次に、水素・アンモニア等の利用について、政府は水素社会推進法案とC C S事業法案を閣議決定し第213回国会で審議予定と理解している。水素・アンモニア等が脱炭素化に必要な技術であることに疑いはないが、その作り方と使い方を見

極めて進めていかなければ脱炭素化の足を引っ張ることにもなる。そこで4点目は、水素・アンモニア等の作り方について、現在の化石燃料からの製造過程では大量のCO₂を排出し、運搬・採掘の過程ではメタンも排出するという事、地中に埋めるCCS技術も全てのCO₂の捕捉は困難で、大変なコストの上乗せになるということである。一方で、再エネから製造した水素が唯一クリーンな水素だと水素関係の科学者グループは断言している。しかしこの法案は全ての水素を低炭素水素として一まとめにして推進しているところがあり、投資を化石燃料にひも付いた水素に振り向けても回収できない負の資産の量産にもなりかねない。推進すべきはグリーン水素であることを明確にした上での法案であるべきである。

5点目は、水素・アンモニア等の使い方について、水素が絶対に必要な用途は肥料や製鉄等で、化学原料、大型船や航空機等にも必要で、こうした分野だけでも太陽光や風力の5倍に相当するような量の水素等が必要になる。このため、そこへの推進が重要になってくるが、運輸、発電、産業・家庭・業務の中低温熱供給等は水素利用に競争力がない、すなわち再エネをそのまま電気として使う方が簡単で安い。したがって価格が高く扱いの難しい水素・アンモニアは、本当に必要な用途に絞って推進していくことが重要で、まずはその整理が必要である。

6点目は、導入するエネルギーは再エネということである。米国ローレンス・バークレー国立研究所の2035年日本の電力部門の脱炭素化の可能性に係るシナリオ分析によると、発電・蓄電・送電の設備投資等の運用における費用便益分析では、再エネを2035年までに70~77%程度導入するシナリオが最も安価となった。同シナリオは、石炭火力発電なくLNG火力発電所新設もなく、電力安定供給が可能としている。そして、このシナリオにおいて最も大きな役割を果たしていくのが洋上風力発電で、これを実現できれば何よりも石炭等の輸入コストを減らせて最も費用効果的に脱炭素できる。現在、政府は再エネ推進の一方で、火力発電へのアンモニア・水素混焼という最も費用的には競争力のない分野に投資しようとしているが、ほとんどCO₂が減らず、その投資の妥当性は再考が必要である。

7点目は、住宅・建築物のゼロエミッション化、すなわち省エネに当たる部分だが、日本はこの部分の対策が遅れているためにポテンシャルが大きい。2022年

の建築物省エネ法改正で省エネ基準は一步進んだが、世界は更に高い基準で義務化していく流れになっており、速やかに更なる高断熱化を進めることで、健康的にCO₂を大きく削減する道ができる。

以上を踏まえて、提言を述べる。

一つ目は、国の目標と政策を1.5℃目標に整合させることである。2024年からエネルギー基本計画の改定が始まることと承知している。そして、国連の下で2035年、2040年の目標を設定することになっている。日本は、高い意欲的な目標を掲げ、そこに向けて取り組む意欲を世界に示し、経済的に、そして脱炭素化の進展を先導すべきで、そのためには、エネルギーの検討の議論と同様にNDCの議論を進め、グリーントランスフォーメーション（GX）の戦略に反映させてほしい。目標の目安として、温室効果ガス排出削減は2035年に70%減、2040年に80%減、再エネについては2040年にほぼ100%を目指すことを提言する。

二つ目は、第6次エネルギー基本計画の再エネ主力電源化、最優先の原則の実現を図る制度強化を丁寧に進めることである。太陽光発電の出力抑制も行われているが、コストの市場メカニズム、そして再エネの優先使用によって、再エネを抑制することなく、より上手に使用できる。そして、洋上風力を速やかに進めるためのセントラル方式の導入、浮体式の高い導入目標を掲げることで、風力発電産業の育成という明快なシグナルを市場に示してほしい。

三つ目は、住宅・建築物の断熱を強化して、新築の建物には再エネ導入を義務化することである。

四つ目は、脱炭素技術の再選定の必要性である。革新的技術が必要なのは、グリーン水素の推進、洋上風力を中心とした再エネ拡大のための送電網の強化、運用及び保守点検を含めた洋上風力関連技術や港湾整備等で、それ以外は既存の技術を最大限に広げていく支援が必要である。そして、変化していく産業、特に化石燃料産業に依存している人々や地域への雇用支援も必要である。GXは総花的な支援だが、本当に重点を置くべきところはどこなのか、新たな目標と方向性を持ってその都度見直すべきである。そして、しっかりとしたカーボンプライシングで市場全体に脱炭素化を進めていくシグナルを発信すべきである。

五つ目は、化石燃料からの脱却が目指すところであって、日本は水素・アンモニアという名の下、今もLNG火力発電開発を進めているが、化石燃料の資源開発から脱却していく道をいかに進められるかに力を傾注すべきである。そして、途上国の脱炭素化を進めるような支援を大きく拡大すべきである。

（主な議論）

【脱炭素社会】

問 グリーンエネルギーを拡大するためには、脱炭素の価値を織り込んだ商品・サービスとはそもそもどういったもので、その普及にはどういった価値創造、マーケティング等の手段が必要かなどを考える必要があり、そのための消費者の行動変容や価値変容を起こさせることが大事だが、需要者側の視点に立った方策を伺う。

答 消費ベースの視点から政策的に考えると、基本的にはカーボンプライシングは一つのやり方だろう。欧州も消費ベースでCO₂排出量がなかなか減少しないという認識を有しており、現在、炭素国境調整措置を導入しようとしている。要は、輸入の部分で同じように価格を付けることで消費行動自体を変えてしまうような動きを取ろうとしているのである。この課題は、鉄鋼を例にとると、鉄は欧州では輸入が多く、日本では輸出が多い。輸出品に対して炭素国境調整措置を掛けると恐らくWTO（世界貿易機関）違反になるということが学者の大部分の見解で、欧州の案も輸出品に掛けるものにはなっていない。日本の場合は欧州と異なって輸出が多いため、輸出の際にリベートとして減じなければ、日本の製品価格がカーボンプライシングで引き上げられ、結局、日本の製品の優位性が失われ売れなくなってしまう。要するに、世界全体で排出削減の協調性が取られていなければ、政策手段としては難しい。DXのような形で、消費行動を世界全体で誘導していくということはあるが、これは将来的な技術進展がなければできず、もう少し先の課題になろう。

答 脱炭素の付加価値を一般の人々が理解できるようにすることが大切である。

例えば、日本郵船株式会社が東京湾でアンモニア燃料を用いたタグボートの試

験運航を2024年に始める予定である。化石燃料を用いた方が確実に安価だが、アンモニア燃料を用いるために開発された新エンジンが世界で認められてきた。すなわち、世界のタグボートがアンモニア船に変わっていきこうという流れが日本から醸し出される。このように、物の価値は価格だけではないというように物の見方が変わってくるだろう。また肥料についても、ラオス政府がグリーン肥料を一つの売りにしようと考えており、グリーンというものに対する一つの考え方を、国を挙げて変えていきこうという動きにあると認識している。

答 価格メカニズムを効かせることが大変重要である。最近、電力小売会社は、太陽光発電の日中の発電量が多いときに電気料金が下がってくる状況を見える化している。そうすると、給湯器や食洗機を日中に使うなど、人々の消費行動は大きく変えられる。このような再エネの変動を吸収することもできる大きなポテンシャルが需要側にある。また、これまで気候変動の問題は我慢を強い過ぎた感がある。一人一人がエアコンの調整や電気の消灯という面倒なこと、少し不便なことを善意でしなければいけないといったメッセージを発し過ぎた。これからは、行えば得になる、格好が良い、楽しくなるといった新しい価値を作っていくことが重要である。こうしたことは個人の行動というよりも、正にインフラである。新しい価値を創造していくという意味では建物は良い例で、断熱の効いた建物は快適で健康に良く、そして省エネになる。個人の行動ではなくインフラが変わっていくことによって快適性、豊かさを高めていくことは実現可能であって、新しい社会を作り出す楽しい元気の出るプロジェクトだと消費者に見えるような形で伝えていくことが、大変化を生み出す材料になる。

問 政府はこれまでもグリーン化による成長を打ち出してきていると思うが、製品やサービスの創出プロセスを脱炭素化しても新たな価値が生み出されるものではないという現実を直視した政策、議論を展開すべきではないか、見解を伺う。

答 大変厳しい指摘にほぼ賛同するが、若干異なるところもある。確かに生産プロセスを変えてコストを上げると資本生産性が低減するため、成長を生み出す

ことはなかなか難しいことが現実である。ただ、この問題は気候変動による大きなダメージの可能性との兼ね合いだろう。すなわち1.5℃目標のような非常に厳しい目標の達成のために掛ける費用と、気候変動によるダメージ緩和のための便益とを比較して議論すべきである。特に日本ではダメージ緩和コスト、すなわち排出削減コストが非常に掛かることから、便益よりも費用の方が大きくなるかもしれない。ただダメージは読み切れないところがあって、そこに成長があるかもしれない。また、日本だけが非常に厳しい排出削減対策を講じれば、決して経済と環境の好循環は生まれない。現在の国際情勢を考えると、何とか限界削減費用の差を埋めて世界で協調することが非常に難しいことは理解しつつ、そこを諦めるのではなく探求したい。

問 参考人は、日本を含めた主要先進国のCO₂排出量は低下しているものの、エネルギー多消費産業、CO₂原単位の高い産業・プロセスの途上国へのシフトが続いているため世界全体ではCO₂排出量が上昇し続けており、このことが欧米のCO₂排出減の大きな理由としているが、政府はこうした認識を有しているのか、見解を伺う。

答 この問題に海外研究者とも連携して取り組んできた私の発信が十分行き届いていないため、政府にその認識が十分伝わっていないかもしれない。この課題は大変重要であり、研究で得た客観的事実を基に引き続き発信を続けたい。

問 日本はこれまで常に気候変動対策で世界を主導してきており、狭い理念に基づくことが多いEUは、常に日本の後追いであるとの参考人の認識を、日本の社会や国民が有していない状況を変えていかなければいけないと思うが、見解を伺う。

答 欧州ではCO₂排出量が思うように減少していないとの焦りがある中で、再エネ・電化一辺倒では排出削減は困難との認識が急速に強まっており、原発の利用や熱心さを失っていたCCSが復活し、e-fuelやe-methaneにも急速に焦点を当て始めている。一般的に、欧州は気候変動問題で良いことをして日本は後

追いという認識がある。しかし、欧州は先に高い目標を掲げるが実現のところ
で元に戻ってしまうのに対し、日本は実現可能な目標を着実に進めている。日
本はこのことをしっかり認識、自負して取り組んでいくことが大事である。

問 原発はクリーンと言えるのか伺う。

答 脱炭素を進める上で、気候変動問題に取り組む環境団体は明確に、CO₂だけ
の問題ではない、環境負荷やリスクのある原発は選ばない、との立場で共通し
ている。以前から、原発は運転中にCO₂を排出しないのでCO₂排出削減に効
果的との議論があり、日本もそれを旗印に原発を推進してきたところもある。
しかし米国ローレンス・バークレー国立研究所の2035年までのシナリオにおけ
る費用対効果を見ると、火力発電でのアンモニアや水素の混焼が高コストで選
択肢に入らないだけでなく、原発の新增設も入ってこない。また、原発が少な
いシナリオでもコストは余り上昇しない。原発を推進すべきか否かといった価
値判断の問題は、非常に重要な倫理的な問題をはらむが、コストそして技術の
安定性からも脱炭素の選択肢にはならない。日本において新しい原発は2030年
代に1基と見込まれているが、脱炭素への寄与分はないに等しく時間も掛かる。
そして原発再稼働で一旦はCO₂を削減できても、結局は古くなって廃炉にす
る過程でその分を補う電源が必要になる。しかし新たな原発は間に合わず、結
局再エネとなる。こうして高いコストとリスクを掛けて回り道して原発を進め
るよりも、今から再エネを最大限に進めていく方向にかじを切ることが、環境
的にも経済的にも、また社会的にも最も良いシナリオと判断している。そのた
め、原発がほとんど稼働していない現時点から、化石燃料をいかに減らしてい
く道筋を描くのかということが日本にとって妥当な道筋だろう。

問 脱炭素社会実現のために重点的に訴えるべき対象を伺う。

答 国内において一人一人の個人の努力に訴えかけることは、様々な価値観があ
るため、現実として大変難しいだろう。そのため、脱炭素に向かうという明確
なシグナルを価格に反映させていく、正にカーボンプライシングによって、環

境に悪いことをするとコストが掛かり、良いことをするとコストが掛からないという経済的な仕組みで誘導していくことが重要である。GX推進法の下でカーボンプライシングの導入が決まったが、その緊急性に対して緩やか過ぎるスケジュール感である。こういった価格シグナルを与えることができるのかはこれからの検討だが、CO₂ 1t当たり1万円程度といったレベルで導入している国もありながら、日本はCO₂をほとんどただで排出してよい状況である。これだけ大きくなっている環境問題に対して、CO₂排出に制約のない国であり続けたことはシグナルとして全く不十分であって、カーボンプライシングは一つの方法である。

京都議定書は、先進国のみに排出削減義務があって途上国に義務がないので横流しもできたが、パリ協定では、途上国も同じように目標を持って世界全体でカーボンニュートラルに取り組んでいこうとしており、途上国の脱炭素化と一緒に取り組んでいる現状である。例えば、インドネシアは石炭産出国だが、再エネ導入が非常に進んで導入コストも下がっており、こうした多くの島々がある国では、日本が展開しようとしているアンモニア等の技術よりも分散型再エネへの高い関心を感じた。日本だけでなく、様々な国がこうした国に支援しており、その多くはグリーンに向かっている。COP28において再エネの発電容量を3倍にすると決定したことで大きなビジネスが生まれていくのはグリーンであって、そこに競争が生まれていくときに、日本がこういった技術で途上国を支援していくのが重要である。マーケットを取り込んでいくために、できるだけ早急に再エネ技術やソフト面での支援等に踏み込まなければ、日本の国内産業も何で稼いでいくのかということにもつながると思うので、世界も視野に入れた、日本の関係者への大きなシグナルに期待したい。

問 日本政府はアジア・ゼロエミッション共同体(AZEC)の枠組みを通じて、途上国に技術力とリーダーシップで支援していこうとしているが、この評価について伺う。

答 東南アジア諸国は、日本の政府や企業に対する信頼が非常に厚く、欧州や米

国よりも、日本とパートナーシップを組むことに対する期待と信頼があると常に感じる。アジアの先進国として、特にCO₂排出量の多いアジアの国々と連携することは非常に重要な日本の国際的役割である。

一方で、各国の特性を踏まえてどのような技術や支援を進めていくのかについては、水素は再エネ由来にするとといったことが途上国にも当てはまる。化石燃料から水素やアンモニアを製造するためのサプライチェーンに巻き込むとなると、また新たな化石燃料事業のためのインフラを途上国で整備することになり、そうするとそこから再び脱却するために高いコストが掛かるということもある。排出削減を日本よりももっと早く大胆に進めるための支援においては、技術の選定が非常に重要である。もちろん、途上国で一挙に再エネ100%にするのは、先進国よりも更に難しく、段階を経る必要があるものの、未開発で技術が日本ほど先進化していないからこそ、再エネを導入しやすい環境は大いにある。途上国への再エネ導入支援を強力に進め、一足飛びに再エネでクリーンな途上国にしていくことへの支援において、日本の役割は非常に大きい。

【カーボンニュートラル】

問 2050年カーボンニュートラルに向けたエネルギーのベストミックス策定に当たって、日本が重点的に取り組むべきことを伺う。

答 カーボンニュートラル目標は日本だけの問題ではなく、世界と調和できなければ、どんなに日本が努力したとしてもカーボンリーケージしていつてしまうため、よく政治の意思が足りていないとも聞くが、全ての国に同じような政治意思がない限りは難しい。その上で日本がなすべきことは、まずあらゆる技術を使うことで、コストが合わずうまくいかないものも出てくるだろうが、今の段階で捨てられるような技術はない。もう一つは、デジタル技術によって社会構造を変えるということである。サーキュラーエコノミーやシェアリングエコノミーを誘発して低エネルギー需要社会を作ることには、まだまだ余地があると考えており、そうなればSDGsとの同時達成にも寄与できる可能性がある。ただ、サーキュラーエコノミー等と言っているだけでは進まず、やはり技術が

必要であって、新しいデジタル技術を使いながら物の循環もデジタルで見ているようにするといった進め方が重要だろう。

問 カーボンニュートラル実現のためには、様々な対策を組み合わせたコスト効率的な排出削減の追求が重要であるとの参考人の指摘があったが、現在の政府はそれを重視しているのかどうか、見解を伺う。

答 排出削減は、より安価なところから対策を講じていくことが重要である。一方で、あらゆる技術に制約があるため、どれか一つばかりを利用することにはならない。再エネは安価になっているため、その拡大は重要だが、導入量を拡大すると非常にコストが掛かってくる。原発は安価で、その拡大は全体のコスト削減になるため大変重要である。一方で、水素系エネルギーやDACCS等は、最も高コストな技術ではあるが、カーボンニュートラル達成を目指す以上、技術開発等を進めていくことは重要である。ただ、普及のタイミング、普及や展開の量については、全方位での取組が重要だが、海外情勢も考慮しながら適切なタイミングで適切な量を展開していかなければ、日本のコストばかり上昇させてしまう。

問 2050年カーボンニュートラルに向けた過渡期をどうするかが大事な視点で、この過渡期についての考え方を伺う。

答 カーボンニュートラルというと全部門で一律に削減するイメージが浮かんでしまうが、そうすると、部門間でのカーボンプライスが異なってきたら全体のコストを引き上げてしまう。そのため部門間の相違を理解しながら合理的な排出削減策を講じることが日本、そして世界全体でのカーボンニュートラルの近道であり、そうした戦略をしっかりと考えていく必要がある。なお、アンモニアの混焼率は、最初は20%かもしれないが、徐々に増やしていくこと、そしてアンモニア自体も初期のグレーから、ブルー、グリーンへと変わっていく中で、この両方が効いてCO₂排出量が大きく低下していく道筋を描ける、そうした理解が必要だろう。

問 日本が有する技術力や産業構造を踏まえ、2050年を見据えて、どのような国・地域と協調関係を取っていくべきか伺う。

答 エネルギー種等によって強みのある国は異なる。産業構造という部分では、アジア地域はものづくりが非常に強く、日本も先進国の中では相対的にものづくりが強い国としての地位を維持している。そうした技術力や産業構造を考えると、やはりアジア、特に東南アジア等を中心に連携していくことが基本になってくる。他方、中東は再エネやCCSのポテンシャルも大きいことから、石油や天然ガスの中東依存とは別の形での連携が非常に重要である。さらに、リスクが小さいという点では、米国は天然ガス、石油といったエネルギー資源が非常に豊富で、風力のポテンシャルも非常にあるため、エネルギー面での連携も重要である。

問 日本国内のカーボンニュートラルの低コストでの実現に向けては、国内だけでのCO₂排出削減でなく、コストの安い海外のDACCS等と組み合わせるなどの方策に、産業のみならず国も一緒に取り組む必要があるが、どう進めるべきか、また二国間クレジット制度（JCM）の評価を伺う。

答 日本が2050年温室効果ガス8割減の目標を掲げていた頃は、8割減の中に海外での貢献量を含むと明記されていたが、2050年カーボンニュートラルの目標になってからそこが無くなっている気がしており、政府を含めてカーボンニュートラルを国内だけで達成するかなのような思い込みができていているように思う。ただ、海外の方が安価にできるポテンシャルは高く、DACCSは正にそうである。再エネが安価でCO₂貯留ポテンシャルのある国では、日本とかなり異なり低コストで実施できる可能性がある。そのため、日本で実証して技術を蓄えることは重要だが、その技術を海外で展開して、クレジットの形で日本が削減にカウントすることは、世界全体の費用対効果の高い対策として非常に重要だろう。

JCMも大変重要な取組だが、二国間のプロジェクトとなるとなかなか量を稼げない。そのため、これをいかに拡張できる形にしていくのかは大変重要な

課題であって、政府、国会も含めて問題意識を持って取り組む必要がある。

問 日本は2050年のカーボンニュートラルに向けて取り組んでいるが、中国は2060年、インドは2070年と、各国で目標年が異なることが産業にとって不利なところがあると言われている。特に日本の鉄鋼業は、外貨を稼ぐ産業であるとともに地域の雇用も守っているため、これが他国で生産することになると大打撃を受けることから、日本としてこの目標年の違いにどう取り組むべきか伺う。

答 中国は2060年、インドは2070年カーボンニュートラルとしているが、そもそもこの目標を守るのかといったところは理解しておく必要がある。日本のライバルは、特に鉄鋼業では、中国、韓国、インドであって欧州や米国ではない。そうした状況の下で、ライバル国のCO₂排出削減のペースはよく理解しなければならない。すなわち、2050年カーボンニュートラルは、明確な目標があるところに向かって進むことができるという面では良い目標だが、ライバル国等がどの程度削減しているのかを注視しながら、絶対に2050年に実現ということだけでなく、裕度を持ちながら戦略、対策を進めていくことが重要である。そうしなければ、結局、中国やインドに需要を取られ、むしろ世界のCO₂排出量は増加することになるため、そこにしっかり取り組む必要がある。

問 GDPを増やすためには投資が非常に重要であるところ、2024年2月の第1回クライメート・トランジション利付国債入札は入札が弱かったとの評価があるが、見解を伺う。

答 GDPを増やししながらCO₂排出量を下げていく戦略を考えなければならず、そのためにも限界削減費用が世界的に協調している必要がある。そうすれば、日本はエネルギー効率が非常に高く、カーボンニュートラルに資する様々な技術を有していることから、成長に資する形で戦略を描けるだろう。ただ、限界削減費用は世界的に大きな差異があるため、日本がカーボンリーケージしていくリスクがある。そこで、いかに移行プロセスを進めていくのが重要である。そうしたことに資するために、政府もGX経済移行債を発行するという形で、

しっかり取り組むということだろう。この取組自体、非常に重要と考えている。国際的にもグリーンの論調が強かったが、やはり景気が悪くなると皆手を引いていくわけである。景気の良いときには言葉に釣られてグリーンに投資し、しかも投資するとそこにバブルが発生するので、更にリターンが良く見えてしまう。したがって、CO₂排出量をいかに着実に削減していくか、それに資することにどう寄与するのが重要である。今回の入札への評価は評価として、正しいことを行っていると思うので、それを着実に進めていくことが大事である。

【再生可能エネルギー】

問 太陽光パネルや風力発電設備は、中国が大きなシェアを有しており、エネルギー安全保障の面から、こうした一国依存をどう考えるか伺う。

答 中国では生産、利用を含めて再エネが急速に拡大し、世界のサプライチェーンを占有するような状況になっている。一方で、この問題は日本だけでなく、再エネに取り組む全ての国々にとっての安全保障問題であるため、既に様々な努力が始められている。まず、2030年頃にはリサイクルの時代に入ってくるので、そのリサイクル品を使うこと。また、国産エネルギーを使うこと。そして、再エネに必要な重要鉱物も中国が独占しているため、エネルギー消費を大きく減少させる省エネを行うこと。さらに、日本は都市鉱山だと言われたりもしており、そうしたリサイクル資源を使うこと。こうした努力を進めると同時に、重要鉱物のサプライチェーンについて、米国や欧州等との国際的な協力にしっかり取り組み、安全保障を確実にしていくことをアジェンダとして進めていくことが極めて重要になっていく。なお、現在中国に大きく依存していることが、再エネ推進を止める理由には全くなならない。再エネにも天然資源が必要だが、その必要量と環境への影響は我々が現在使っている石油や石炭、ガスと比べると少なく、再エネの方が圧倒的にクリーンであることに間違いない。そのため、これまで日本が資源の輸入で抱えてきた安全保障の問題を、今後は再エネでしっかりとクリアしていくためのルール作りとパートナーシップが非常に重要になっていく。そして、これは国際社会との連携で解決していくべきであり、

解決できる部分でもあろう。

問 地熱発電にはベースロード電源になり得るとの期待を非常に持たせる要素はあるものの、リードタイムの長さや探査、掘削の難しさ等からなかなか進んでいないが、この地熱発電のポテンシャルを伺う。

答 地熱発電には大きく期待しているが、全体から見ると楽観視はしていない。掘削してみなければ分からないという非常に大きなリスクがあるので、そうした面で事業化し難いところがある。ただ、独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構（JOGMEC）が探査を支援するなど、投資リスクの大きいところは政府が持つ、リスク分担するという形になってきている。技術の可能性として見ると、探査技術が最も重要である一方、投資リスクも非常に大きいため、そこを確実に進められるブレークスルーがあれば前に進めていけるだろう。いずれにしても、どういう技術においてもその可能性を捨てることなく、しっかり幅広に取り組むことが必要で、それぐらい日本は追い込まれている、全てにおいてハンディキャップを負っているということだろう。

問 地域と共生可能な再エネの普及の必要性に係る見解及びそのために必要な政策、課題を伺う。

答 地域共生は大変重要で、現在開発中のペロブスカイト太陽電池をこれまで設置の難しかった所に設置していくようなことはあろう。ただ、再エネの量的な規模を考える必要があり、その拡大は必要だが日本全体のエネルギーを賄えるような状況ではないため、全体のシステムの中でその重要性や課題、限界を認識し、様々な技術を使っていくことが大事である。

答 つばめBHB株式会社のアンモニア製造小型プラントによる地域分散型の取組は、サプライチェーンが全て不要になるためサプライチェーンから出るCO₂も削減できる。ただ、再エネ全体で本当にできるのかとなると、蓄電池が必要になってくるなど、変動電源をいかにコントロールするかが重要になってくる。こうした課題の解決には初期投資が掛かってくることから、これを平準化でき

るように3年程度で形にしたい。

答 環境破壊型の再エネを進めていくことは本末転倒である。地域には再エネへの期待も不安もある。そこで1点目は、再エネを導入する際はあらかじめ地域と十分に協議し、情報を公開し、地域が納得するというプロセスが必要ということ。2点目は、大企業が東京からやってきて利益だけ持っていくことへの批判も疑念もあるため、地域に確実に利益を還元する仕組み、地域が主体的に参加できる仕組みとすること。3点目は、地域において産業を興していくことで、地域の過疎化や産業衰退への不安に対して、人材育成と雇用も創出すること。地域と共生した再エネを進めていくには、この3点の後押しが必要である。

【水素・アンモニア】

問 アンモニアや水素の自国生産のため、日本が重点的に行うべきことを伺う。

答 事業を行うには初期投資が掛かるため、これをできるだけ下げて運営費を入れていく形で取り組む必要がある。そもそも電気料金が安くなれば最も良いが、現状のままであれば、生産量に合わせた脱炭素メリット、カーボンプライスといったものを加味した中で、総合的に初期投資の形が見えてくるとよい。運営費自体はほとんど人件費のためそれほど下げることはできず、結局、初期投資をいかに下げていくかが大きな要素となる。そのため、米国の補助金のように、1生産当たり幾らの補助といったことができるとういだろう。

問 海外では、アンモニアを含むグリーンテクノロジーの技術開発や設備投資に多くの補助金が出ているとのことだが、日本のアンモニアへの投資額は十分かなど、課題を伺う。

答 プロジェクトの動き方は各国の施策によって全く異なる。例えば、グリーンプロジェクトは、アフリカ13件、中東12件、オセアニア34件、南米15件となっている。また、アジアではブルーのプロジェクトが7件のみで、グリーンのプロジェクトはない。北米ではブルー22件、グリーン1件、欧州ではブルーとグリーンが半分ずつの24件である。つばめBHBはブルー案件を注視しており、

ブルーのグリーン化で何かできないか、例えば米国のブルーからグリーンに転換するための補助金を利用して全体的なプロジェクトの創設を手掛けること等を検討している。今後、世界がどう動いてきているのかを注視しながら、それに適した形でのプロジェクト創設を考えていきたい。

問 つばめBHBがライセンサーを目指す道筋、その時期の目途や課題、世界を視野に入れた今後の見通しを伺う。また、肥料としてのアンモニアの安全性を伺う。

答 当社がライセンサーを目指す道筋は、当社の触媒を使ったアンモニア生産をどう見せていくのかから始まる。したがって、まず市場を開拓して当社の触媒を使った設備を三つから四つ示していけるものに仕立て上げることが重要である。ただ、当社の技術の導入について経営者に売り込みに行くと、経営者の多くは、面白い、脱炭素に貢献できると言ってくれるが、現場からはなぜ新しい技術を入れなければいけないのかといった意見が出てくる。これがイノベーションのジレンマである。日本経済団体連合会は大企業にオープンイノベーションを促進するよう言っているが、現場からは、なぜ新技術を導入しなければならないのかと単純に問われてしまう。こうした経営者は前向きでも現場はそうではないことの繰り返しが非常に苦しかった。しかし、そうしたことを乗り越えて、株式会社INPEX、タイ、ラオスの案件と、一つ一つ手掛けていくことで、当社は新しいライセンサーとして世界で認識されてくるものと考えている。そうした中で、企業との連携といった話もあって、三菱ケミカルグループ株式会社や日本郵船株式会社等16社ほどの当社の株主と意見を交換しながら、新しい分野にチャレンジしていきたい。また今後の見通しについては、2025年8月に新潟で、CCS、メタネーション、アンモニア製造という一連のプロジェクトが始まる予定である。

なお、肥料としてのアンモニアの安全性については、アンモニアは単独でそのまま畑にまくこともできて臭いだけが問題である。また、カリウムやリン酸等と合わせて肥料にすることもでき、CO₂とアンモニアを合成してできる尿

素は臭いも全くない。最も簡単なのは硫酸とアンモニアを合成してできる硫酸アンモニウムで、これも肥料として有効で臭いもない。アンモニアは爆発の危険性はなく、漏えいしたときの臭いをいかに防ぐかが重要で、設備自体も漏えいがないようになっている。

問 つばめBHBの海外進出の展望及びその際のリスクを伺う。

答 東南アジアについては、前職でミャンマーの銅製錬プロジェクトに携わったが、政権が転覆してしまった。また現在カンボジアも非常に難しい状況にある。そうしたことを含め、東南アジアは政権の安定性をいかに測っていくかが大変重要である。さらにラオスは、中国が一带一路で鉄道を敷設するなど基本的には中国寄りである。したがって、東南アジアと中国との関係を注視していくことも重要である。今後の展開について、南米で政局が安定しているチリ、ブラジル、パラグアイは非常に風力発電に向いている場所であり、太陽光発電についても非常に広大な土地があるということで、サプライチェーンからできるだけ切り離された形で現地生産すれば、かなりのメリットが出てくるだろう。再エネは3セント/kWh程度と安価なため、効率的に安い製品ができる。中東は安定的な太陽光発電が可能なため事業を行っていききたい。

日本は燃料アンモニアに非常に力を入れているが、欧州も米国もアンモニアを燃料に使うことは余り考えておらず、ほとんどが水素キャリアとして使われている。水素キャリアとしてアンモニアを活用するには、クラッキングというアンモニアを水素と窒素に分解する技術が必要になるが、当社はこれまで主に水素と窒素の合成に取り組んできた。そこで当社は、大量のアンモニアを製造可能な触媒の開発と同時に、アンモニアのクラッキングに必要な触媒の開発についても東京工業大学と共同で取り組み始めた。この技術があれば、当社が欧州、米国でも受け入れられる十分な素養ができると考えている。

問 メタネーション技術は今後社会でどう役立っていくのか、また社会実装に向けた残る課題を伺う。

答　メタネーションで生成されるe-methaneは非常に重要で、これはCCU、CO₂利用という部分もあるが、むしろ水素の利用形態の一つだと考えた方がよい。水素の液化には非常にエネルギーを要し、新たなインフラが必要となる。しかし、e-methaneは水素にCO₂を合成することで都市ガス成分とほぼ同様となり、既存の都市ガスのインフラにそのまま混ぜることができるため、システム全体として見ると、カーボンニュートラルに資する形になっていく。このことはe-fuelも同様で、既存インフラを活用し、徐々に混ぜて量を調整できるメリットがある。海外情勢において、他国が排出削減していないのに、日本のコストばかり上げていくと競争力を失ってしまうため、最初は1%、そして20%、30%と増やしていくなど、柔軟性のある戦略を取れるというメリットがある。

メタネーションの課題には、まずコストの問題がある。e-methaneコストの大半は水素製造コストであって、これをどう下げるかは水素系エネルギー全般に当てはまる課題である。もう一つは、CO₂帰属の問題である。例えば、豪州でCO₂を回収し、水素と合成したe-methaneを日本に輸送すると、日本での燃焼時にCO₂を排出するので、豪州ではCO₂排出量が減るが日本では増えてしまう。これはバイオマスも同様で、豪州で植林しCO₂を吸収した樹木をバイオマス燃料として日本に輸出すると日本でCO₂が排出される。現在のIPCCのインベントリ（温室効果ガスの排出ルール）は、バイオマスについて、吸収側はカウントせず実際に排出する側もゼロとカウントしている。ただ、e-methane、e-fuelについては帰属のルールがなく、日本に輸入した際に、排出をどちらの国に付けるのかという問題が生じる。バイオマスのルールに沿うのであれば、利用サイドでCO₂をゼロとカウントすることは、水素の活用の面からも合理的で、欧州はその方向で話が進んでいるが、全く国際ルールがないため、その整備は非常に重要かつ喫緊の課題である。

（３）資源エネルギー分野のイノベーション（令和６年４月17日）

参考人の意見の概要及び質疑における主な議論は、次のとおりである。

（意見の概要）

国立研究開発法人産業技術総合研究所理事長兼最高執行責任者

石村 和彦 参考人

国立研究開発法人産業技術総合研究所（産総研）のカーボンニュートラルに向けた取組を中心に説明する。

まず、私の経歴を紹介すると、A G C株式会社（旧旭硝子株式会社）会長を務めた後、2020年に産総研理事長に就任した。経済界では現在も経済同友会副代表幹事を務めている。同会の環境・資源エネルギー委員会委員長在任時には再エネ電源構成比率40%やカーボンプライシングの導入を提言し、科学技術・イノベーション委員会委員長在任時にはオープンイノベーションの重要性を提言した。

経済産業省所管の特定国立研究開発法人である産総研には、単なる研究だけではなく、研究成果で社会課題解決と産業競争力強化を行うというミッションがあり、主に実用化に近い研究を実施している。現在、約2,200名の研究職員と約700名の事務職員、それ以外に企業や大学からの研究員、総勢約1万 명이活動している。2022年度の総収入額は、補正予算を含めると1,800億円程度、活動拠点はつくばを中心とした全国12か所で、活動領域は7領域と非常に広く、原子力以外はほぼカバーしている。

我々の大きな目標は、産総研が中核となって企業や大学、公的機関とも連携しながら、日本の中に次々とイノベーションが生み出されるような「ナショナル・イノベーション・エコシステム」を作っていくことで、その実現のためには、研究成果の速やかな社会実装が不可欠である。そういう意味では、社会のニーズから研究をしていく必要があり、実施機関として2023年に株式会社AIST Solutionsを設立した。そして同社が社会課題に貢献する事業を提案し、産総研がそれに必要な研究開発を行っていく。なお、同社は現在、マーケティング人材を中心に約160名の体制で活動している。

カーボンニュートラルの実現に向けた研究開発は、7領域のうちのエネルギー・環境領域で主に行っている。ただ、この領域ではデジタル、バイオ、材料等の様々な技術が必要になるため、他領域も関与して、産総研全体として総力を挙げてカーボンニュートラルの問題に取り組んでおり、また、政府のエネルギー政策と密接に連動しながら研究開発を行っている。

カーボンニュートラルの実現に向けた産総研の取組を紹介する。

まず、国家戦略に基づく技術開発についてである。

カーボンニュートラル、CO₂排出削減に向けた国家戦略は、電力分野、非電力分野、省電力、省エネルギー、そしてネガティブエミッションと幅広い分野で様々な研究をしていく必要があるというものである。国の革新的環境イノベーション戦略に挙げられた世界のカーボンニュートラルを可能とする革新的技術として設定された39テーマのうち、34テーマは産総研が関与して取り組んでいる。例えば、風力発電は風車を制御して発電電力量を向上させる研究、地熱発電は持続的・効果的に発電するための地熱のモニタリングの実施である。

こうした研究は、主にゼロエミッション国際共同研究センター（GZR）で基礎的な研究を中心に、福島再生可能エネルギー研究所（FRE A）で再エネを中心に実施している。GZRはG20各国・地域の賛同を得て世界の英知を結集すべく設立された研究機関で、FRE Aは東日本大震災からの復興支援の一環として2014年に福島県郡山市に開所した研究所である。

国家戦略に基づく技術開発の代表例を五つ紹介する。一つ目は、ペロブスカイト太陽電池である。日本発の技術であるペロブスカイト太陽電池は、既存の一般的に使用されているシリコン太陽電池の10分の1以下の重さになると言われている。軽くてどこにでも付けられるということから、自動車、耐荷重の低い工場や倉庫の屋根、ビル・住宅の壁面等へも設置できる太陽電池として期待されている。産総研は独自材料を開発し、24%以上という世界最高レベルの変換効率を達成、2030年の本格的な社会導入を目指して、耐久性向上、量産化、大面積化に関する研究開発を進めている。

二つ目のアンモニアは、燃料として直接使用できる水素エネルギーキャリアで

ある。産総研は、東北大学と共同で100%アンモニア燃料のガスタービン発電に世界で初めて成功し、現在、この技術の実証研究を関係企業と共同で進め、2025年の実用化を目指している。

三つ目はe-fuelで、これは CO_2 と再エネ由来の水素を反応させて得られる液体合成燃料のことで、欧州を中心に実証事業が始まっているが、コスト低減が最大の課題である。産総研は低コスト化に向けて、 CO_2 と水の共電解システムと、このシステムによって得られた一酸化炭素（ CO ）と水素との反応を組み合わせたe-fuelの一貫製造プロセスを開発している。これは世界的に見ても新しい効率的なプロセスであり、現在、産総研内にベンチプラントを整備し、2024年中の運転開始を目指している。

四つ目は CO_2 を大気から直接分離・回収するDACという技術で、こうして得られた CO_2 と水素を使ってe-fuelを作る仕組みにしていきたい。DACの実証は欧米を中心に進められているが、現行の技術は多量の熱エネルギーを消費するシステムになっている。産総研では、原理的に熱を必要とせず、高い選択率で大気中の CO_2 を濃縮できるイオン液体を用いた膜分離法に注目し、現在、モジュールの開発を進めている。2026～2027年頃には実証装置を設置、2030年頃には市場に出していきたい。

五つ目は水電解装置の性能評価である。太陽光等変動するエネルギーを有効利用するには、電気エネルギーによって水を水素へと分解し、化学エネルギーとして貯蔵する技術が重要になる。産総研では、再エネの大量導入という状況を想定し、大型の水電解装置の性能を評価できる世界的にもユニークな拠点を構築、ここを活用して、関係企業と共に、更なる効率の改善など実用化に向けた実証研究を進めていく。

次に、企業との共同研究の例を二つ紹介する。

一つ目は、清水建設株式会社との共同研究で、水素を活用したビルのゼロエミッション化を可能にする技術の開発である。産総研の水素吸蔵合金技術と同社のエネルギーマネジメント技術を組み合わせて水素エネルギー利用システムを開発し、現在、低コスト化への取組を加速させている。また、水素吸蔵合金を活用し

て、山梨県で生産したグリーン水素を東京都が利用する社会実装事業を臨海副都心の青海地区で開始している。

二つ目は、日立造船株式会社との共同研究で、国内で毎年約230万 t 発生している下水汚泥を水素等に転換する独自の装置やプロセスの開発に成功した。この技術によって、下水処理場の省エネや低炭素化が可能になり、現在、その実証化に向けて、スケールアップとしてフィールド試験を計画中である。

続いて、共通基盤データの整備・提供に関する取組を紹介する。

カーボンニュートラルに向けて、各製品に起因するCO₂排出量を、いわゆるカーボンフットプリントで可視化し、低炭素製品が選ばれるようにすることが重要である。カーボンフットプリントの算出には、サプライチェーン全体のCO₂排出量を見積もる必要があり、信頼できるデータベースが必要である。産総研は、ほぼ全ての種類の製品や原材料のCO₂排出原単位を網羅したIDEAという世界3大データベースの一つを作成・提供している。カーボンニュートラルへの国際的な流れの中で日本の製品が競争力を持つには、その優位性が適正に評価される必要がある。そのためにも、フェアな正しい計算方法と実態を正確に表したデータベースが世界で使われるようにしていくことが重要であり、IDEAが世界標準になるよう取り組んでいる。

さらに、海外の研究機関との国際連携に係る取組を紹介する。2019年に当時の安倍総理の提案によって、カーボンニュートラルの実現に向けたG20各国・地域の主要な研究機関の国際連携を進める枠組みとして、RD20が設立された。この国際会議は、産総研が主催して毎年開催しており、太陽光発電や水素等の分野における標準化等に向けた議論や若手研究者育成のための取組を進めている。

最後に、カーボンニュートラルに向けたイノベーションについて私見を述べる。カーボンニュートラルの動きを海外企業も積極的に捉え、市場獲得に向けて技術開発を精力的に実施している状況がある。また、各国政府もそうした企業に多額の支援を行っている。そのような中、日本もスピード感を持って研究開発を進めていくことが重要である。例えば、水素やアンモニアの製造、利用等についてはまだまだ日本にはチャンスがある。一方で、水素やアンモニアなど低炭素化プロ

セスは、技術開発によって実用化できても、当面は現状よりもコストアップになるだろう。また、開発した技術で海外市場を獲得できるかどうかは国際的なルールに依存するところが大きいことから、日本がルール作りをリードしていくことが重要である。例えば国境調整付きのカーボンプライシングは一つの合理的な手法である。カーボンプライシングは低炭素製品への転換促進に有効な方法だと考えられるが、海外からCO₂排出量の多い、安価な商品が入ってきては意味がなく、輸出競争力への悪影響も出るだろう。したがって、国境調整付きのカーボンプライシングにより産業競争力を維持しつつ、日本が先行してカーボンニュートラルを推進して世界に広げていくべきである。あわせて、IDEAのような合理的なカーボンフットプリントの算出方法を国際的なルールとすることによって、国際的にフェアな課金を実現していくことが重要である。

東京工業大学科学技術創成研究院特命教授・全固体電池研究センター長

菅野 了次 参考人

電池は、エネルギーをためる役割を担う、エネルギーを効率良く利用するための重要なデバイスで、現在、EV、電力貯蔵等での利用を目標に開発競争が激化している。通常、電池には電解液を用いるが、その液体部分を固体にしようという基礎研究の取組を紹介する。

固体電池は古くから知られていたが、エネルギーを蓄える電源の主力となるとは考えられていなかった。しかし、2011年に我々が液体電解質の特性と同等若しくはそれ以上の材料を固体で発見したことを契機として、固体電池が次世代の電池のトップバッターとして躍り出た。

まず、電池の歴史について述べる。電池は1800年にボルタが発明し、その後、鉛蓄電池、マンガン乾電池が相次いで開発され、1990年にはニッケル水素電池が、1991年にはリチウムイオン電池が開発された。鉛蓄電池は現在も産業を支える重要なデバイスである。画期的なリチウムイオン電池も開発から30年を経てようやくEVに搭載された。このように、電池は開発に時間が掛かり、かつ、一旦社会に受け入れられると長く使い続けられるデバイスである。リチウムイオン電池の

画期的な点は、それまでの電池では水溶液の電解液を使っていたところ、有機溶媒系の電解液を使うことで水の分解電圧である1.2Vを打ち破った点で、この電池がようやく車の主力電源として使われようとしている。

この次の電池があるのかが基礎研究の大きな目標である。電池は、言わばエネルギーの缶詰で、単位体積、単位重量当たりエネルギーを多く詰め込めるほど良い電池となる。鉛蓄電池からリチウムイオン電池、さらに様々な次世代の電池が提案され、それに向かって、各国・地域で電池の開発が行われており、固体電池がリチウムイオン電池の次のデバイスだろうと期待されている。ただ、15～20年前のロードマップには固体電池は存在しなかったのであり、いかに新しいデバイスを見付け出すかということは、ロードマップを書く上でも重要である。

電池の電解質を液体から固体にするだけでは、エネルギー密度はそれほど変わらないように見えるかもしれないが、実は積層ができることで多くのエネルギーを詰め込むことができる、安全性が向上する、充電が早くできるなど、固体電池には様々なメリットが期待できる。これまで、そうしたメリットを基礎研究で示すことができなかったため、固体電池は認識されていなかったが、現在、次世代のデバイスとして開発が行われているところである。固体電池は主に硫化物系と酸化物系に分類でき、我々が主に研究している硫化物系は、主な自動車メーカーや電機メーカーが様々なチップ型電池や車載用の大型電池の開発を真剣に行っている状況である。

固体電池は1970年代から延々と開発が進められており、これまで不連続な様々な発見、発明があったが、特に、我々が2011年に固体電解質のL G P S物質系（リチウム・ゲルマニウム・リン・硫黄で構成）を発見し、この物質が液体電解質以上のイオン導電率を持つと報告したことがターニングポイントとなって、産業界が開発に乗り出し、現在の状況にある。鉛蓄電池は現在も主力電源として使われ、リチウムイオン電池は開発から30年経って主力電源としての地位を占めるようになった。我々電池の開発者にとっては、今後100年にわたってリチウムイオン電池が主力電源であるべきかという基本的な問いがある。やはり次の電池が次の時代を担うべきとの考えが、次世代の電池を開発するモチベーションになっており、

その一つに固体電池がある。

固体電池実現の鍵は、固体の中をまるで液体の中のようにイオンが動く物質をいかに探すかである。現在、そうした物質が銅イオンでは存在し、リチウムイオンでもようやく当然に存在するようになったという状況である。また、イオンが動く物質開発の歴史も古く、イオン導電率の高い物質が発見され、抵抗が低下したタイミングで固体電池を作るという繰り返しが1960年代から延々と続いてきている。2010年代に発見されたLGP S物質系を始め、幾つかの固体電解質材料が液体電解質並みの材料特性を持つことが判明し、現在、それを基に固体電池が開発されている状況にある。我々は、2000年にThio-LISICONという材料を最初に発見し、それをベースに2011年、2016年と物質を開発して展開し、その電池の特性が非常に優れていることを報告してきた。イオン導電体の論文数は、2010年、2011年頃から急増し、非常に活発で競争の激しい研究分野になっている。

我々の研究を振り返ると、2000年に基となる材料を開発し、2011年に液体電解質並みの材料を発見した。2016年に材料を少しバージョンアップして固体電池を作り、全固体電池が高出力特性に優れていることを基礎研究で初めて明らかにし、その優位性を提案した。さらに2023年にはリチウム金属を負極に使うなどして、次世代の固体電池の存在を報告した。こうして長い年月を掛けて固体電池の将来像を示すことができた。また、高出力で高エネルギーな電池ほどエネルギーデバイスとしての特性が優れており、リチウムイオン電池は双方共に良い大変優れた電池ではあるが、固体電池はそれ以上に高出力で、充電速度も速くなる可能性があることを基礎研究の段階で示すことができ、これ以降、固体電池を次のエネルギーデバイスとして見てもよいのではないかという雰囲気になった。

電池を実用デバイスにするためには電池の製造プロセスが非常に重要である。材料を混ぜ合わせてシートにし、電極を貼り合わせて実デバイスに仕上げるという製造プロセスの成否によって、実デバイスの特性が決まる。このプロセスは日本の産業の非常に強いところであり、これを最大限活用して開発が行われている。

新たな形態の電池の開発には様々な課題が存在するが、課題が明らかになれば、日本の技術者は大変優秀なため、いつの間にか解決するのではないかと楽観的に

見ている。基礎研究に携わっている研究者として、2023年まで文部科学省や国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）関連の産学連携のプロジェクトを進めてきた。そこでは、産業と基礎研究者が一緒になり、競争領域ではなく協調領域の開発を行い、我々の成果を産業にフィードバックするという取組を行ってきた。その過程では、基礎研究の役割、産業の役割、両者の中間地点、こうしたことをどう乗り越えるか、様々に考えることがあり、産業と基礎研究との会話が大変重要であるということを述べておきたい。

今後、電池は、ますます重要な役割を担うと考える。電池の特性が向上すれば、これまで考え付かなかったデバイスが可能になるということもあろう。基礎研究、そしてそれを産業に展開する開発研究がますます重要になると考える。

山梨県公営企業管理者 村松 稔 参考人

山梨県は、2012年に東京電力株式会社（現東京電力リニューアブルパワー株式会社）と共同して甲府市の米倉山に10MW（当時国内最大級）の太陽光発電所を設置した。これを契機に、将来的に再エネの導入拡大を図っていくことを想定したときに、特に太陽光発電は天気次第、すなわち出力の調整はできず、出力自体も大変不安定という欠点があるため、これを克服しなければ効率良く再エネの導入が進まないという問題意識から、蓄電技術に着目した研究開発に取り組んできた。水素については、2016年度から東京電力ホールディングス株式会社、東レ株式会社や他の様々な企業、研究機関と共同し、国の支援等も受けながら取り組んできたところである。

山梨県企業局は、企業会計による独立採算の公営企業であって、住民からの税収ではなく、売電収入や利用者からの利用料によって、温泉事業、地域振興事業、電気事業の3事業を実施している。電気事業については、水力発電所等33か所の発電所で年間約5億kWhの電力を供給し、年間収入は50億円程度で10億円程度の純利益を上げている。そして水素関連事業は電気事業の中で実施している。なお、電気事業から得られた収益を活用して様々な地域貢献の取組も行っており、一例として、絵画を購入して県立美術館に寄託・展示したり、一部を一般会計へ繰り

出して環境保全や教育等の施策推進に役立てたりしている。

水素エネルギーは、カーボンニュートラル実現のためのキーテクノロジーの一つとして、世界中から注目を集めている。水素は、化石燃料の改質や水の電気分解等、様々な資源や方法により生成できるため、国際情勢の影響を受けやすい石油等に比べて安定的に調達できる可能性が高いと考えられる。また環境面では、エネルギーとして利用する際に地球温暖化の一因であるCO₂を一切排出しない。さらに、電力や熱エネルギー等、幅広く利用できる。このため、余剰の再エネを活用して水素を製造、貯蔵しておき、大規模停電や災害等の非常時に活用するといった使い方も可能となる。水素の製造方法は化石燃料等から作る方法と水を電気分解して作る方法とに大別され、さらに、発生又は放出されるCO₂の有無によって区分されている。我々が開発したシステムは、太陽光等の再エネ由来の電力で水を電気分解してグリーン水素を製造するもので、電力から気体の水素を作ることからパワー・ツー・ガス（P2G）と呼称している。

やまなしモデルP2Gシステムは、固体高分子（PEM）形の水電解装置で水素を製造するもので、水を電気分解して発生した水素と酸素のうち、水素のみを透過させる性質を持つ高効率な電解質膜を用いる方式を採用している。このPEM形は、水道水をろ過した純水のみを原料とするため、生成される水素の純度が極めて高い、薬品類を一切使わないため安全・安心である、電力の変動への応答性が極めて迅速で気象条件により刻々と変動する再エネとの相性が大変良いといった特徴がある。さらに、東レが開発したこの電解質膜を用いることで、従来膜を利用したシステムに比べて同一の電力量で2倍の水素の製造が可能である。

こうした特徴から、太陽光発電による電力供給量が多く価格が低廉な時間帯に水素を製造することで、より安価な水素製造が可能になる。また、デマンドレスポンス的な運用により、太陽光発電の出力制御等の問題の解決にも寄与できる。さらに、エネルギーの地産地消の推進やエネルギー安全保障の強化への貢献が期待されるとともに、熱エネルギーを多く使用する工場等にP2Gシステムを設置してグリーン水素を供給することにより、再エネ由来の電力の活用等と組み合わせた、より完全に近い形での脱炭素化が可能と考える。

2050年カーボンニュートラルの実現に向けては、省エネの取組と再エネの利活用 of 徹底的な追求によって、化石燃料への依存度を低減することが不可欠である。日本のエネルギー最終消費に占める電力の割合は3割程度で、残り7割を占める熱需要をいかに脱炭素化させるかが重要である。我々が開発したP2Gシステムにより、再エネ由来の電力でグリーン水素を製造し化石燃料に置き換えていくという間接電化の推進によって、CO₂の発生を大幅に削減することが可能である。

米倉山電力貯蔵研究サイトの周囲には、11MWの太陽光発電所が設置されており、その内側にP2Gシステムを始めとする実証設備が整備されている。また、同研究サイトに隣接して、次世代エネルギー関連の実証開発に取り組む事業者が入居する研究開発棟及び次世代エネルギーの学習施設が整備されており、研究開発から普及啓発まで一連の機能が集積したエリアとなっている。

P2G実証棟では、国と国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の支援により、1時間に360Nm³、約30kgのグリーン水素の製造が可能な1.5MWの水電解装置を核とするP2Gシステムを構築している。ここで製造した水素は2021年6月から県内外の工場等へ輸送、利用されており、グリーン水素の製造から輸送、利用までを通じたサプライチェーンの社会実証に取り組んでいる。この一環として、利用する水素がグリーンであることを証明する山梨県知事名義の証書を発行している。現状では、国等の認証制度がないため、山梨県独自の取組として行っているものである。このように、水素がグリーンであることを可視化して提供することで、グリーン水素によるエネルギー転換への関心を高めていきたい。

水素社会の実現に向けて、米倉山での開発実証の成果を広く国内外へ普及させるため、2022年2月に東京電力ホールディングス、東レ、山梨県の3者で、株式会社やまなしハイドロジェンカンパニー（YHC）を設立し、国内初のP2G事業会社として、新たな技術開発や国内外へのシステム導入に取り組んでいる。現在進行中の主なプロジェクトは三つある。一つ目はシステムの大容量化を目指す取組で、10MW級の大容量化モデルの開発を進めており、将来的には100MW規模のシステムの実現につなげていきたい。二つ目は小型パッケージの開発である。500kW

の水電解装置とその稼働に必要なシステム一式をコンテナに格納することでコンパクト化を図っている。三つ目は海外事業で、インドとインドネシアにおける事業化可能性調査に取り組んでおり、インドでは自動車製造工場へのシステム導入に向けた調査、インドネシアではインドネシア国営の石油会社と連携して地熱発電を活用したグリーン水素とグリーンアンモニアの製造実証に向けた調査を行っている。

国内プロジェクトとしては、グリーンイノベーション基金事業を活用して、山梨県北杜市のサントリー天然水南アルプス白州工場及びサントリー白州蒸留所にP2Gシステムの導入を進めており、2025年の稼働を予定している。工場隣接地には国内最大規模となる16MWのシステムを導入してグリーン水素を製造し、製造した水素をパイプラインで工場へ送り、水素ボイラーの熱源として活用する予定である。また、福島県との連携協定に基づくプロジェクトは、NEDO事業を活用して、福島県田村市の工業団地内の半導体用ガラス工場に14.8MWのシステムを導入し、バーナー燃料としてグリーン水素とグリーン酸素を供給することとし、余剰分の水素は周辺地域へ輸送して、地域経済圏内における水素利用にも取り組むことにしている。

コンパクト化の取組としては、2024年2月に大成ユーレック株式会社川越工場に500kWワンパッケージモデルを導入した。この際は、組立工場でP2Gシステム一式をコンテナに格納し、コンテナごと搬送して現地に設置した。5月からの本格稼働後は、製造されるグリーン水素をコンクリート養生用の熱源として利用することとしている。また、東京都との共同実証事業として、2022年10月に締結したグリーン水素の活用促進に関する基本合意書に基づいて、2023年5月から東京ビッグサイト内に設置した燃料電池用に、米倉山で製造したグリーン水素を供給している。さらに、都内では初となる水素製造拠点として、現在、大田区京浜島内の都有地にコンパクトモデルを設置するプロジェクトを進めており、稼働後は都有施設等での水素の活用が予定されている。

国においては、現在国会で審議中の水素社会推進法案に基づいて、カーボンニュートラルの実現に向けた具体的な施策が講じられていくものと承知してい

る。大規模かつ効率的な水素等サプライチェーンの構築に向けて、国は、大規模発電利用型、多産業集積型、地域再エネ生産型の三つのイメージ例を示しており、やまなしモデルは、地域再エネ生産型を担い得ると考えている。輸入水素の活用を前提とする他の例と並行して、地域再エネ生産型の供給拠点を全国各地にバランス良く整備していくことで、国全体として着実な水素利用が図られていくものとする。また、各地で地域単位の水素サプライチェーンの構築を進めることにより、水素社会の実現に向けて、大規模な水素利用の素地となる水素Readyな社会の輪が広がっていくと確信している。

山梨県及びYHCは、水素社会推進法案の審議状況等、国における施策の動向を注視しながら、速やかに価格差支援制度等の募集にエントリーできるように、現在、水素のオフテイカー（引き取り手）となるパートナーを募集している。こうした取組を通じ、やまなしモデルP2Gシステムの国内外への普及拡大に取り組み、カーボンニュートラル社会の実現に積極的に貢献していきたい。

（主な議論）

【イノベーション】

問 日本は先進諸国の中でもオープンイノベーションの予算が少ないという問題点について見解を伺う。

答 日本の民間企業の研究開発費は14兆円程度で世界第3位だが、その中で大学や産総研のような公的機関に投入している額は約1,000億円と非常に少ない。中国の研究開発費は60兆円程度で、そのうち3.5兆円程度をオープンイノベーションに投入している。ドイツは日本より民間企業の研究開発費は少ないが、日本の数倍もの額をオープンイノベーションに投入している。また、日本の大きな問題は、民間企業と大学等との共同研究に費やされている額が平均して1件当たり約260万円しかないことで、この額でイノベーションが起こせるのか疑問である。企業から見ると大学に研究開発の一部をアウトソーシングしているイメージで、これではほとんどイノベーションは起こらない。

日本企業がトップダウンで、自社のポートフォリオを変えるような研究開発

をオープンイノベーションで進めるところまでいかないと、本当の意味でのイノベーションは起こらないだろう。また、研究機関も現状のようなアウトソーシングに甘んじているのではなく、企業との共同研究で企業のポートフォリオを変えていこうという積極的なアプローチが必要である。研究機関も企業も意識を変えて、オープンイノベーションで本当にイノベーションを創出し、そして企業のポートフォリオを変えて、もう一度世界での産業競争力を強化するという覚悟が必要だろう。そのために産総研はAIST Solutionsを設立し、企業との大型連携を推進する体制を整えたところである。

問 全固体電池の研究開発と社会実装に向けて、リチウムイオン電池の轍を踏まないために、国としてどのような産学連携に向けた役割を果たしていくべきか伺う。

答 イノベーションを起こすための大学での基礎研究は、数十年単位の非常にスパンの長いものであり、成果の有無にかかわらず継続することが非常に重要である。ただ、継続すること自体が目的になってはいけないという点は心しなければならない。また、産業側が考えていることを基礎研究側も知る必要があり、逆に、産業側の技術者も基礎研究のどこにポイントがあるのかを知る必要がある。そうした会話によって、産業側は出た芽に早く注目でき、基礎研究側も産業の課題が分かって進めやすくなることから両者間の会話が大変重要であって、そのような場をプロジェクト等で形成できれば最も良い。また、これまでのイノベーションを起こす流れは、芽が出て、それがいわゆる死の谷を越えて産業に移管するという一直線の流れであった。産業に弱みがあるところはそれでよいが、産業に強みのあるところではなかなかうまくいかないように固体電池の研究で強く感じたところである。すなわち、一旦実用化に至ると一段落したとして終わりがちだが、実用化後も課題が山のように出てくる。そのため、それをもう一度基礎研究にフィードバックすることによって、また新しい種が出てくる。こうしたことは現場サイドの交流でのみ出てくるものである。

問 山梨県企業局という公営企業が研究開発に関与する意義やその際の留意点等、研究開発に関わる上での基本原則を伺う。

答 企業局の電気事業で得られた収益を、どのような形で県民に還元していくかということで種々の取組を行っている。その中で、グリーンイノベーション推進ということで、エネルギーを切り口に、電気分野の専門職が培ってきた様々なノウハウをいかしつつ、純利益もうまく活用しながら具体的に県民に還元していこうということで取組を進めており、研究開発もその一環で実施している。まずは技術をしっかりと確立し、その先に山梨県の経済に開発成果を還元させていくような取組を産業政策の所管部局と連携して行っている。研究開発を行う上での留意点は、公営企業といっても役所の一部であるため、中立性には十分留意しなければならない、契約締結の上でも客観性を確保しながら公正に実施していくことは、最低限注意しなければならない点である。

問 産総研という大規模な研究機関の職員とAIST Solutionsという少数精鋭のマーケティング人材とをつなぐオペレーションはどう行っているか伺う。

答 AIST Solutionsは2023年4月に設立された組織で、外部からの採用者も含めた約160名の職員のほとんどがマーケティング人材であり、その役割は、社会のニーズ・課題は何か、そしてそこから逆算してどのような研究をすべきかを考えることである。それに従って産総研は、既にシーズがあるならそのシーズとニーズをマッチングさせてリソースを投入し、もしシーズがなければメンバーを集めてシーズを作るということに取り組んでいる。そして、単にその研究成果としてシーズを世の中に出すだけではなく、サプライチェーンの中の複数の企業を組み合わせ、そのシーズでどのようなビジネスモデルが作れるのかということまで考えてコーディネートしていくのがAIST Solutionsの役割である。したがって、シーズを適用していくというよりも、逆算してシーズを生み出すという形になっている。

オペレーションは、AIST Solutionsの代表取締役社長が産総研の社会実装責任者を兼ねており、産総研の経営会議にも出席して、方針を共有しながら行っ

ている。そして、トップダウンでの実施が最も早いので、AIST Solutionsの代表取締役社長と私が企業のトップに事業提案に行くことがある。そうした際、産総研の研究者とAIST Solutionsのコーディネーターとが一緒に作戦を作るといったことに取り組んでいる。

【再生可能エネルギー】

問 水素、蓄電池、ペロブスカイト太陽電池等の新技術、エネルギーに関する地域と連携した普及・開発の必要性、また、それを進める上で産業振興につながるという観点での課題や可能性を伺う。

答 山梨県環境・エネルギー部に所属していた当時、日本各地、特に山間地への太陽光発電設備の設置が大きな問題になっており、知事の命を受けて森林への設置を適正化する条例制定に携わった。再エネに関して当時から知事が言っていたのが、地球環境のために良いと言いながら地域の環境を壊すということはある得ないということであった。太陽光発電も風力発電もそれ自体は決して悪いものではないが、良い形で導入する努力をしないでおくと悪者になってしまう。地域と連携した普及・開発の重要性は水素事業も同様で、やはり地域住民にしっかりと事業内容を説明し、理解を得ながら進めていくことは絶対条件である。現在、山梨県内で米倉山に次ぐ拠点として、サントリー天然水南アルプス白州工場及びサントリー白州蒸留所への大規模なP2Gシステム導入を進めており、これは設置計画当初から地域住民にしっかりと説明して理解を得ながら進めている。

答 地域というのは大変重要で、地場産業やその地域に根差した教育に関与するというのがポイントだろう。蓄電池の分野では、関西で次世代人材を育成する事業が行われていて、蓄電池関連産業が主要産業となっている地域で、そうした産業の企業が、特に高等専門学校をサポートしている例があり、私もそこで講義をする機会がある。蓄電池は製品として車に搭載されるだけでなく、材料、製造機械と非常に裾野の幅広い産業である。地方にはその強みをいかした産業があって、その地域での教育が大変重要と思っている。

答 風力、太陽光、地熱といった再エネは分散型電源であって、日本の様々な場所で発電できるという意味では、各地域の発展に寄与できる可能性のある電源である。それと同時に、再エネ由来の電力の送電効率が悪いならば、エネルギーの地産地消という面で、再エネが地域の発展に寄与できる可能性が十分ある。もちろんその地域に電気を直接使用する産業が生まれればよいが、再エネ発電の変動分を水素等で貯蔵しながら抑制していければ、地域産業に貢献できる可能性も十分ある。F R E Aは再エネ研究だけではなく福島復興ということで、再エネ関係の様々な材料やシステム開発で中小企業を支援している。再エネ発電自体も地域発展に寄与できる可能性があるが、それらを支える部材に関連する産業も、様々な地域に分散している中小企業を活性化できる可能性がある。

問 日本のエネルギー自給率は産総研の取組によってどの程度まで上げていけるのか、向上の見込みはあるものなのか伺う。

答 日本で自立できているエネルギー源は再エネしかない。しかし、2030年あるいは2050年までという期限では、再エネ100%は恐らく難しいと思う。

問 行政が実施する電力政策において、広域自治体だからできること、基礎自治体だからできることをどう見ているか、また、その連携の重要性を伺う。

答 一般的に、都道府県は広域自治体、市町村は基礎自治体ということで、例えば経済分野では、都道府県内の産業政策は広域自治体である都道府県が担当する。山梨県も、県内への企業立地や産業集積といった様々な施策や事業の企画立案及び実施は県の産業政策部が担当している。政策部門の知事部局と公営企業の我々では、担当すべき仕事の性質がおのずと異なってくるものと思う。我々、山梨県企業局の電気事業は、山梨県の電力政策をどうするかではなく、実際に発電して電力を供給し、利益を得て、県民生活の向上に役立てるものである。公営企業で電気事業を行っている都道府県は幾つもあるが、どこまでやるかは各公営企業の考え方による。山梨県企業局としては、これからの再エネの導入拡大を考えたときに、蓄電技術が必要との問題意識で取組を進めてきた。

問 山梨県企業局として電気事業を実施してきた中で、自治体主体で行うことのメリット及びデメリットを伺う。

答 山梨県企業局は、自治体と言っても独立採算制の公営企業であって、民間的な立ち位置もある。ただ、中立的な立場で多くの企業、大学等と様々なことを調整しながらプロジェクトを成立させ、推進しているという面で、自治体の企業部門という公的な立場は非常に有効だったと考える。また、国に対する様々な要望や調整を自治体が担当することによって対民間ではないという部分で理解を得やすいところもあっただろう。

問 全固体電池について研究者の立場から、水素貯蔵実用化について現場の立場から、それぞれの参考人より説明があった。産総研でも研究が進められているこの二つのアプローチについての評価、今後の実用化に向けた課題等を伺う。

答 再エネ電源安定化のための解決策の一つは蓄電池である。蓄電するには、現時点で一般的には揚水発電所が最も大規模である。全固体電池は、当面は自動車等の移動体への適用となろう。大きなものではNAS電池のようなものがあるが、容量的にはまだまだ小さい。

再エネ由来の電力は地産地消、すなわちその地域で使っていくことがまず一つである。発電分を全てその場で使えば最も効率が良いが、どうしても過不足が出るので何らかの調整が必要となる。これまで変動電源を調整していたのはLNG火力発電で、これに代わる変動を抑える要素としては、回転系の発電機、大規模なタービン系発電機が必要になる。LNG火力発電を使っているのはカーボンニュートラルが実現できないので、最終形としては水素やアンモニアが必要になろう。ただ、自動車についてはタービンではできないため蓄電池が絶対に必要である。また、全てをタービン系で調整する必要はなく、数日間程度の規模であれば、局所的にNAS電池のようなものも有効である。しかし、非常に大きな変動をそれで調整しようとするとは非常にコストが掛かることから、LNG火力発電を水素やアンモニアの回転系で代替していく必要がある。

問 超臨界地熱発電に係る産総研の取組を伺う。

答 超臨界地熱発電は、地表に近い所を利用する地熱発電と違い、より深いマグマだまりに近いような、地表から数kmの所を狙う発電である。温度と圧力が非常に高いことから発電効率が高い可能性がある。もう一つ重要なことに、非常に深い所であるため、温泉に全く影響を及ぼさずに発電できる可能性がある。既に100万kW級、つまり原発1基程度の規模の可能性がある場所が数か所あると言われており、実現可能性としては2040年以降になろう。

【水素】

問 水素需給の今後の在り方及び山梨県として国に求める支援を伺う。

答 供給側と需要側がバランス良く育っていかなければ、当然水素のサプライチェーンはできず、水素社会もなかなか見えてこない。現在、水素利用における一番の課題はコストである。国会で審議中の水素社会推進法案に基づく施策の実施が想定されており、そうしたものを活用して、具体的にオフテイクと一緒にどのような形で熱エネルギーを置き換えていくのかといった提案をしながら解決を模索していくことが重要である。

山梨県はこれまで案件に応じて、企業と膝を突き合わせて協議しながらプロジェクトを具体化させてきた。水素を利用する様々な施設や設備が具体的な案件に応じて必要になるため、国にはきめ細かな支援メニューを用意してもらいたい。また、水素の安全基準がまだ整備されておらず、現在、国が水素保安戦略に基づき検討しているものと承知している。そこで、実態に即した形で、余り重装備にならずに安全を確保しつつ、できる限りIoTやDXを活用しながら、効率的な形での基準を提示してほしい。

問 水素の輸送コストの低減方法を伺う。

答 輸送コストを抑えるためには、供給拠点と利用場所ができるだけ近接していることが望ましく、やまなしモデルP2Gシステムを、できれば全国各地、一定の圏域内にある程度バランス良く整備していくことが必要と考えている。そ

の際、主たる需要家にはパイプラインで供給するにしても、周辺の所にはトレーラーあるいはカードルで輸送するので、輸送コストをできるだけ抑えるためにも複数拠点を全国的に整備していく必要があろう。

問 2030年頃までに水素供給を開始する予定の事業者は、ファーストムーバーということで、経済産業省の事業支援で十分に支援されるが、それに続くセカンダムムーバーと呼ばれる新たな事業者への事業支援の在り方を伺う。

答 山梨県としてはファーストムーバーとしてやまなしモデルをしっかり展開していきたいと、水素社会推進法案の成立後に予想される価格差支援制度の募集への速やかなエントリーに向けて準備を進めている。これは2024年度が初回となるが、水素の需要家からすると募集期間が短く、全ての準備を間に合わせるの難しいと思うので、ある程度継続して募集して支援していくことを検討してもらえれば大変有り難い。

問 グリーン水素は自己証明だけでは信頼性の確保は難しいところがあり、第三者による認証も含め、今後こういった仕組みが望ましいか伺う。

答 水素は、国内だけでなく全世界で使われるエネルギーになるため、できるだけ大きな枠組みの中で認証の仕組みが構築されることが望ましい。我々は自らグリーン水素を製造して供給している立場で、電力の調達方法から始まってトータルで山梨県知事が証明するということで、過渡的な形ではあるもののこうした取組を行っている。

問 再エネの余剰電力を水素にして貯蔵し、地産地消を目指す山梨県の取組で、現在どの程度の電力需要を賄っているのか伺う。

答 2016年度から水素事業に着手し、技術的には3年ほど前に一定のめどが立った状況である。現在は更に大規模化して、山梨県北杜市のサントリー天然水南アルプス白州工場及びサントリー白州蒸留所に、世界最大級となる16MWのP2Gシステムを設置する取組を進めているところで、現時点ではこの水素で電力

を賄っている状況にはない。なお、我々としては、再エネを利用して製造した水素を電力に戻して使用するよりは、電化が難しい熱エネルギーのところをグリーン水素で代替していこうというのが主な考え方である。利用者が実際に水素を燃料電池として使用することは別として、地域のカーボンニュートラルを進めていく際は、やはり熱エネルギーの部分をいかにカーボンニュートラルにしていけるかが大きな鍵になってくるかと思い、そういう形での事業推進を考えている。

問 産総研はe-fuelの製造コスト面の課題をどのように克服しようとしているのか、早期実現の可能性を含めて伺う。

答 e-fuelは水素とCO₂から製造できるが、問題はコストである。産総研の固体酸化物形電解セル（SOEC）共電解システムは、CO₂と水を同時に電気分解するシステム、すなわちCO₂を電解してCOにし、H₂Oを電解してH₂を取り出す、これを同時に行うことで効率化することが大きなポイントである。従来と異なるこの方式を追求することでコストを下げていく。もう一つは、COと水素から液体燃料を作る際に必要となる高効率の触媒で反応効率を上げることでコストを下げていくということで、これについても産総研においてFT（フィッシャー・トロプシュ）合成法を用いた一貫プロセスを開発している。

いずれにしても、全てをe-fuelにする必要性は全くなく、水素で直接発電すればよいところや太陽光や風力で作った電気を直接使えばよいところも多い。それではなぜe-fuelが必要かという、液体燃料にすることでエネルギー密度が格段に向上するからである。もちろん、最終的には電池があればよいが、現在の電池のレベルだと飛行機に人を乗せて飛ばすことはできないが、液体燃料だと飛ばすことができている。そのため、e-fuelには脱炭素化の実現に一番近い技術として可能性があると思っており、コストはもちろん重要だが、用途としても必要なところがあると考え。e-fuelの価格は現在700円/ℓ程度とガソリンの5倍ほどだが、2030年には350～300円程度にすることが一つの目標である。水素価格が20円/Nm³になれば200円/ℓ程度まで下がると思われ、そうなれば、

カーボンプライシング等とうまく組み合わせることで、e-fuelを使用するインセンティブが働く可能性は十分出てくるだろう。

【全固体電池】

問 東京工業大学全固体電池研究センターに対する政府の支援等の現状及び政府への要望を伺う。

答 国と民間双方からの資金で研究を行っており、国からの資金がやや多い。研究費はなければ困る一方、あればあったで様々な課題も生じる面もあり、なかなか難しい。ただ、目的に向かって進めようとする場合、基礎研究面に関しては、やはり国からの支援が好ましいと思う。電池分野の研究開発をしている以上、競争領域と協調領域とで様々に考えることはある。ただ、協調領域は目に見えない基盤を作るところで国に支援してほしい、その基盤に基づいて競争領域が諸所で出てくるのが理想だろう。

問 全固体電池が実用化されると、これまでと異なる新しい用途、例えば飛行機にも実装できるようになるのかなど、その可能性を伺う。

答 例えばリチウムイオン電池の場合、実用化されてから車載向けとなるまで30年掛かっているように、電池はそれだけ開発やコスト低減に時間が掛かる。材料の基礎研究者は、材料の基本性能によって電池の限界が決まると考えている。リチウムイオン電池より上に限界のある材料を使えば、もう一つ上のレベルにたどり着くだろうということが基本的な考え方である。ただ実用化の初期のレベルでは、既に確立している電池に対抗することは、よほどのメリットがなければ難しいという基本的な課題がある。リチウムイオン電池の性能限界ということで、飛行機に実装するようなもう一つ上のレベルには行けないだろうといった課題があるが、全固体電池であれば更にもう一つ上のレベルに行くのではないかと。ただそこに行くにはかなり時間が掛かり、電池としても技術的に成熟する時間が必要だが、基礎研究者としてはそうした夢を語る必要がある。飛行機は魅力的なターゲットで、今は電池をメインの電源として動かそうとは

まず考えないが、それが考えられるようになることが次の出発点だろう。

問 地熱発電を全固体電池の充電等に活用できる可能性及び課題を伺う。

答 余剰電力を電池でためることは、電気でためて電気で使うので最も効率が良い使い方である。ただし、電池は高価な上、何か月もためることも厳しいという課題があり、水素や他の形を含め、一番効率の良いため方を模索している状況である。地熱エネルギーで発電した電気をためるには、大掛かりな蓄電設備が必要になる。例えばレドックスフロー電池やNAS電池のような、大型で価格が安く、運搬はしにくい電力貯蔵には向いているデバイスがあつて、こうしたデバイスについても現在開発が進んでおり、それをサポートする基礎研究も進んでいる状況にある。今後、様々な使い方を考えた電池の開発が、更に重要になるだろう。

【カーボンプライシング】

問 参考人は、合理的なカーボンフットプリント算定方法の国際ルール化等によって、国際的にフェアな課金を実現していくことを提言しているが、それは理想であつて極めてハードルは高く、日本だけ真面目に取り組んで企業の国際競争力が失われることのないように、研究開発と実装を考えていくべきではないか、見解を伺う。

答 国内のメーカーでカーボンプライシングを行おうとすれば、CO₂排出量の算定ルールを明確化しなければ、少なめに申告する企業が出てくる可能性があること、また、購入した原材料等を含めたトータルとしてのカーボンフットプリントを正確に算出する必要があることから、まず国内でのルール化が必要である。それと同時に、日本が厳格に算定ルールを適用したとしても、輸入品に対して炭素税を掛けるときにCO₂排出量を少なく申告されると損をしてしまう。そのため、算定ルールを国際的に標準化して遵守させていくことは、日本だけでは無理だとは思いますが、是非とも国全体として取り組んでほしい。それをした上でカーボンプライシングを実施していかないと、真面目に取り組む日本

だけが損をする可能性がある。一方で、フェアに実施されれば、CO₂排出量が少ないほど価値があることを皆が認めるわけで、そうすれば、国境調整で得られた税金をCO₂排出削減のための技術開発等に投入でき、更に国際競争力が強化される可能性がある。

問 CO₂排出量の算出をサポートするIDEAの現状を伺う。

答 IDEAは、世界に三つある環境負荷の定量的な評価に活用できるインベントリデータベース規格の一つで、是非とも普及させていきたい。この4月からは、AIST Solutionsにおいて、IDEAを導入すれば簡単に計算できるといった企業が使いやすい形でのパッケージ販売に取り組んでいる。

問 CO₂排出量可視化のためのドイツ、スイスそして日本の世界3大データベースは、それぞれに補完し合うものなのか、それともライバルになるのか、また日本のIDEAが世界的に支持されるために何が必要か伺う。

答 日本のIDEAは、ほかのデータベースに負けるわけにはいかないが、共存はできると思う。欧州のデータベースは欧州での製造がベースになっており、日本のものとは算出方法が異なる。ただ日本の場合は非常にフェアで、IDEAは計算方法の透明性が高いが、ほかのものには透明性がないため、国としても透明性を売りにして世界に広めていきたい、そのためには仲間作りが大事であって、日本国内は当然として、東南アジア諸国には是非とも使用してほしい。そうして仲間が増えれば世界も認めていく。ただデータベースは一つに絞る必要はなく、共存はできる。ただ、そのためには、どのデータベースも算出方法をクリアにして、自国に合ったものに変えていく必要があるが、クリアになっていないところは問題だろう。

【人材育成】

問 イノベーションの実現に向けた、企業、国、地方それぞれの研究機関等と大学との連携、次世代の研究者や技術者の育成策、次世代電池等の研究に携わる

後継者の課題を伺う。

答 教育はなかなか悩ましい課題であって、人口減少の中、いかにエネルギーデバイス開発に関与する人材を育成するかは大変重要である。現在、博士課程に進学する学生が減っており、修士課程の学生のほぼ全てが企業に就職するという状況にあるため、ある程度仕方ないところではあるが、大学の研究を更に魅力的に見せないといけないという点は、大学人として大いに反省するところでもあり、今後うまく展開していかなければならない点であると認識している。

こうした現状を踏まえて、エネルギーデバイス開発に関与する人材をどのように育成するか。その一番の早道に、企業に一旦籍を置いた技術者が再度大学に戻り、最先端のテーマに関する研究を行って博士号を取得する社会人ドクターという日本独自の制度がある。企業にはこの制度を大いに活用してもらいたい。もっとも、大学の研究内容が最先端で魅力的であることが大前提ではあるが、イノベーションを起こす場であるということで企業から若い人材が入ってくることが最も早い道筋と考えている。

問 イノベーションを起こしていくための人材の確保、育成について見解を伺う。

答 オープンイノベーションが大事ではあるが、本当は次々に発明してくれる天才がいれば必要ない。ところが、今の日本には天才が生まれる素地が少ない。教育がそこを変えていかなければならないが待っているわけにいかないため、オープンイノベーションが必要と思う。ただ根本的には人材が重要だろう。そういう意味で、日本の教育制度は非常に大事ではあるが、博士課程に進む者も非常に少なくなっており、産総研でも、博士を積極的に採用したいと思うが、難しくなっている。これを打破するため、産総研では2023年から修士採用を重視し、2024年からは修士採用者を対象に、業務として産総研で指定した研究課題を持って大学院に行かせ、産総研の費用で博士号を取得させるという仕組みを開始した。博士課程はその研究自体も大事だが、研究過程を通じて新たなことを生み出すという資質が備わる。こうした者を育成していかなければ日本にイノベーションは起こらない。産総研としても、そうした人材の育成にこ

れからも注力したい。

問 人材開発の重要性を踏まえた、教育界に必要な規制緩和や仕組みを伺う。

答 教育は重要だがなかなか難しく、変えるには技術開発以上に時間が掛かる面がある。大学教員にとって、コンスタントに科研費（科学研究費助成事業）を獲得し、それを基に研究、教育を行うことが基本である。その上で、様々なプロジェクトに関与して、産学協同であれば産学連携の下で、学生もある程度そこに寄与しながら大学の研究と産業の研究との両方を見る、経験することが非常に有意義である。ただ、それができる環境にあるというのは大学の中でも良い環境だろう。予算、研究内容もあって難しい面はあるが、そのような場を着実に広げていくことが重要であって、すぐには効果が出ないかもしれないが、コンスタントに続けることが重要である。

問 日本には天才が生まれる素地がないとの見方に関し、特に幼少期の教育の在り方を伺う。

答 天才は育つのではなくて勝手に出てくるということなので、勝手に育つ者を邪魔しないというのが私のこれまでの教育方針だが、ある程度教育をしなければならぬ場合もある。教育によってある程度のレベルになるノウハウは、当然大学の教育者は持っているが、教育をしたからといって一人の天才が出てくるかはまた別の問題で、邪魔しないことに尽きると思う。

問 修士と博士との相違について、経営者として、また産総研のトップとしての見解を伺う。

答 博士と修士は相当異なる。博士にはある分野で研究を極めるという経験があり、研究を自ら推進する能力、新たなものを生み出す能力が非常に高くなっていると思う。ただ、これまでの研究と適合した仕事に就きたい者が多く、企業側は、ポテンシャルは買うものの、その研究ではなく別のことをしてほしいということが多くある。そして博士にはそれはやりたくない者が大勢おり、企業

側はそうした者は困るということがある。これは産総研でも同様で、産総研が進めている研究を皆で推進しなければならないところ、今までやってきた研究をやりたい者が応募してくる。博士というポテンシャルは非常に大事だが、常に変化し新たなところに挑戦していくということを考えてもらう必要がある。そういう意味で、産総研は修士を採用し、有望な者には費用を負担し、大学院で指示した研究をしてもらって博士号を取得させるという取組を開始した。

問 これまで学生を育成してきた立場として、博士を民間企業で積極的に採用してもらうには何が必要だったのか伺う。

答 博士の就職については分野によっても異なる。エネルギー関連分野の博士の就職先は様々で、就職に困るということはずない。博士は、自分で考える時間を3年間持つ点が非常に有意義で、自分で考えて、自分でテーマを設定し、自分で課題を解決する、その訓練の期間と思っている。そのような訓練をした者は、どの分野へ行っても活躍できるというのが理想で、そのように教育してきたつもりである。その上で、博士課程に進むとなれば経済的な問題等様々あって、外国には、企業に就職するなら、企業の中で大学と連携して博士を育成するといった制度のあるところもある。今は、博士課程の制度そのものを考える時期にあるのかもしれない。

2 政府に対する質疑

参考人からの意見聴取等を踏まえ、令和6年5月15日、政府より説明を聴取し、質疑を行った。質疑の概要は、次のとおりである。

(主な質疑)

【エネルギー政策】

問 日本のエネルギー自給率は2022年度で13%と低く、化石燃料の輸入額は2022年で33兆7,000億円と莫大であるという状況についての経済産業省の受け止め、また、状況改善のために国が取り組むべき重要施策を重要な順に伺う。

答 エネルギー自給率が低い水準にある日本の状態は、国際的な燃料価格変動による影響を受けやすく、供給途絶リスクも抱えているため、持続的な経済成長の観点等も考えるとエネルギー安定供給の確保が不可欠と認識している。

日本はすぐに使える資源に乏しく、山と深い海に囲まれ、また国土の約70%が森林といった地理的条件下にある。こうした中でエネルギー安定供給を実現するためには、再エネ、原子力、脱炭素火力、水素等、あらゆる選択肢を確保する必要があるため、政策間の優先順位付けは難しい。政府としては、まずは化石燃料への過度な依存から脱却するため、徹底した省エネや、再エネ、原子力等のエネルギー自給率向上に資する脱炭素電源への転換を進めていく。

問 2022年度の日本のエネルギー自給率は、2020年度に比べ僅かに上昇したが、この要因及びこの傾向は持続可能なものか伺う。

答 エネルギー自給率は2020年度の11.2%から2022年度は12.6%へと上昇した。2020年度の電源構成は再エネ19.8%、原子力3.9%で、脱炭素電源比率23.7%だったが、2022年度には再エネ21.7%、原子力5.5%で、脱炭素電源比率が27.2%まで上昇したことがエネルギー自給率の上昇要因と考える。政府は、再エネや原子力等のエネルギー自給率の向上に資する脱炭素電源への転換を推進しており、エネルギー自給率の向上を含むエネルギー安全保障の強化のため、引き続きしっかりと取り組んでいく。

問 エネルギー自給率の向上、カーボンニュートラルの達成という二つの大きな目標達成のためには、再エネと原子力による安定した電力供給が必要と考えるところ、今後の政府の方針及び戦略を伺う。

答 G X推進戦略は、第6次エネルギー基本計画の方針も踏まえ、徹底した省エネの推進に加え、エネルギー自給率の向上に資する再エネや原子力等の脱炭素電源への転換を推進するとの方針を示しており、脱炭素電源の拡大が重要である。再エネについてはその主力電源化に向けて、北海道と本州との間の海底直流送電線整備を含む全国規模での系統整備に取り組むとともに、洋上風力の着実な案件形成、屋根への太陽光の導入強化、次世代再エネの技術開発や早期実用化等に取り組む、適正な国民負担と地域との共生を図りながら最大限の導入を進める。原子力については、まずは安全性の確保を大前提に地元の理解を得ながら再稼働を着実に進めていく。また、新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発、建設にも取り組む。エネルギー安全保障と脱炭素を両立するには、このように再エネと原子力の両輪で取組を進める必要があり、引き続きしっかりと取り組んでいく。

問 電力システム改革の検証は、発電事業の長期的な投資決定を、短期的な運用から切り離すハイブリッド市場という概念が必要であるとの考え方に立つて行うべきではないか、見解を伺う。

答 これまでの電力システム改革の結果、多くの事業者の電気事業への参入や卸電力市場の流動性の拡大等、一定の成果が出ていると認識している。一方で市場価格については、需給逼迫や燃料価格の高騰等による価格高騰、FIT・FIP電源の急速な導入による価格下落等、変動性が増していることも事実である。こうしたことで発電事業の予見性が低下する中で、脱炭素の流れも相まって火力発電所の休廃止が増加するとともに、発電所の新設が停滞し、供給力の低下に伴う安定供給へのリスクも顕在化している。確保された電源が競争を行う市場だけではなく、電源投資・電源維持のための市場も同時に整備する必要があるとの問題意識から、これまでも容量市場や長期脱炭素電源オークション

を整備してきている。電力システム改革については現在、審議会において検証を行っており、有識者からは長期脱炭素電源オークション等に関する課題提起もあった。一連の電力システム改革については、改正電気事業法の規定に基づき検証を進め、2025年3月までに取りまとめる。

問 ロシアのウクライナ侵略に伴うガソリン価格の高騰に対しては、政府の激変緩和措置で急激な高騰を防いできたところだが、今後の具体的な目標及び支援策を伺う。

答 ガソリン等燃料油の激変緩和事業については、中東情勢の緊迫化等を背景とした価格高騰リスクや様々な経済情勢を見極めるために、2024年4月末までとっていた措置を一定期間延長することとした。この事業は一時的な緊急避難措置として実施しているもので、GXや脱炭素化等を進めていく観点等も踏まえると、いつまでも続けていくものではない。一方で、この事業を取りやめることによる国民経済や経済活動への影響を考慮することも当然に必要である。今後、出口戦略を描いていく必要があるが、その際にはこうした点も含め、国際情勢、賃金動向も含めた様々な経済情勢やエネルギーをめぐる情勢等をよく見極めながら適切に対応していく。同時に、原油価格高騰への対応力を強化していくためには、クリーンエネルギー中心の社会、経済、産業構造への転換を図っていくことも重要である。

問 電力セクターへの投融資が世間のダイベストメントの風潮でなかなか付かない状況だが、石炭火力もLNG火力も脱炭素の実現には必要なため、政府による債務保証や貸付けといった支援措置を拡充する必要性を伺う。

答 長期的に脱炭素化を進めていく一方で、短期的に化石燃料の供給確保は必要である。特にLNGはCO₂排出量が比較的少なく、トランジション（移行）のための重要な燃料である。政府としては、積極的な資源外交やJOGMECによるリスクマネーの供給等を通じて權益獲得に向けた支援をしてきている。最近の動きとしては、豪州スカボログガス田開発プロジェクトに対しJOGMEC

によるリスクマネーの供給を行った。エネルギー供給源の多角化、安定供給に向けて、リスクマネーの供給を通じ、引き続き民間事業者の取組をしっかりと支援していく。

問 長期脱炭素電源オークションの初回入札結果の評価、次回以降の課題を伺う。

答 長期脱炭素電源オークションの初回入札の約定結果について、脱炭素電源の落札は401万kWとなった。水素、アンモニア、バイオマス、原子力、揚水、蓄電池など様々な電源種が落札され、脱炭素化のための新規投資をバランス良く促進する結果になった。また、LNG専焼火力についても、募集量600万kWの大半を占める落札があり、短期的に必要な供給力の確保につながるものと認識している。今後、半導体工場の新規立地やデータセンターの需要に伴い国内の電力需要が約20年ぶりに増加していく見通しとなっており、脱炭素電源への新規投資の重要性はますます高まっていくものと認識している。こうした環境の変化や初回入札結果を踏まえつつ、次回以降のオークションについても、募集量の在り方等について議論を深めていく予定である。今後ともしっかりと脱炭素投資を通じた供給力確保が進む事業環境を整備していく。

【エネルギー基本計画】

問 第6次エネルギー基本計画には2030年の具体的な電源構成が示されているが、他の先進国でエネルギー計画に電源構成目標は示されているのか、また、電源構成目標を示すのであれば、中長期的な電力需給の変動要因を整理し、少なくとも幅を持って示す必要性を伺う。

答 第6次エネルギー基本計画は、2030年度の電源構成を再エネ36～38%、原子力20～22%、火力41%、水素・アンモニア1%と示している。日本以外の先進国は、ネットゼロ実現に向けた脱炭素電源や再エネ比率等の目標を掲げているが、日本のように電源種別ごとの詳細な内訳までは示していない。例えば、2030年に英国は低炭素電源比率95%、ドイツは再エネ比率80%、米国は2035年の電源脱炭素化を目標に掲げ、EUは最終エネルギー消費に占める再エネ比率目標

を2030年42.5%と定めた上で努力目標として45%を掲げている。次期エネルギー基本計画における将来の電源構成の示し方については、今後検討していく。

問 第6次エネルギー基本計画では再エネ最優先の原則が示されているが、再エネは出力変動が大きく、原子力や火力等を含むバランスの取れた電源構成にする必要があつて、特定電源を最優先にする計画にするべきではないと考えるところ、見解を伺う。

答 再エネは脱炭素の国産エネルギー源であり、主力電源化を徹底し、最優先の原則で、国民負担の抑制と地域との共生を図りながら最大限に取り組むことが政府の方針である。その上で、S + 3 Eの全てを満たす完璧なエネルギー源が存在しないこと、今後の技術革新等の不確実性を踏まえると、原子力、火力、水素、CCUS等、あらゆる選択肢を追求し、バランスの取れた電源構成を確保することが重要である。

問 次期エネルギー基本計画は、産業の空洞化を生み出すことがないように、エネルギーコストの低減を重視して検討すべきではないか、見解を伺う。

答 エネルギーは国民生活や経済成長の基盤である。日本の国際競争力を高めて経済成長や賃上げ等につなげるためには、安定的で安価なエネルギー供給の確保を目指すことが重要となる。次期エネルギー基本計画の検討に際しても、エネルギー安定供給と脱炭素の両立を図るとともに、エネルギーコストにも十分配慮した上で進めていく。

問 原発の建て替えと新設の必要性をエネルギー基本計画に明記すべきではないか、見解を伺う。

答 原子力は再エネと共に脱炭素電源として重要な電源であり、エネルギー安定供給の観点からも、安全性の確保を大前提に活用を進めていくことが政府方針である。GX推進戦略において、地域の理解確保を大前提に、廃炉を決定した原発敷地内での次世代革新炉への建て替えを具体化し、その他の開発、建設は、

今後の状況を踏まえて検討していく、あわせて、必要な事業環境整備を進めるとともに、研究開発や人材育成、サプライチェーン維持・強化に対する支援を拡充するとの方針を示している。次期エネルギー基本計画については、世界のエネルギー情勢、イノベーションの状況等も踏まえ十分に審議を行う。

問 国連子どもの権利委員会の気候変動に焦点をあてた子どもの権利と環境に関する一般的意見26を踏まえ、気候危機対策に関心を持つ子供や若者の意見をエネルギー政策や環境政策に反映させる必要性を伺う。

答 環境問題、気候変動対策を始めとする国の政策は、若い世代も含む幅広い世代の様々な意見を聞き、立案していくことが大変重要である。2023年2月に閣議決定したGX実現に向けた基本方針は、パブリックコメントで若い世代を含めて幅広く意見を募って策定し、その後のGX政策の礎となった。また、職員にも若い世代は多く、世代を超えた闊達な議論が行われているものと承知しており、日々の業務においても、できる限り現場に出て問題意識を把握するように努めている。引き続き、経済産業省に根付いてきた現場主義の下、若者を始めとする国民の声を直接聞き、政策立案にいかしていく。

答 気候変動対策の検討プロセスにおいては、若者を始めとする様々な声に耳を傾けなければいけない。2021年に閣議決定された地球温暖化対策計画の検討の際には、審議会の構成員として気候変動に関する多様な分野の有識者等に参加してもらい、また、気候変動に関心を有する若者の団体からヒアリングを行うなど、透明性のある形で若者を含む様々な意見を広く聞いた。今後の地球温暖化対策計画の見直しプロセスにおいても、過去の事例も参照しながら、年齢層、性別、専門分野等のバランスに留意しつつ、若手事業者・有識者の参画やヒアリングの実施等、多様な者から意見を聞いていくことを考えている。なお、環境省において、若者、特に大学生や高校3年生そして学校を卒業した層の年代等々10名ほどと意見交換を行い大変参考になった事実もあり、意見を多数聞くことは大事だと思っている。

問 エネルギー基本計画策定の主要会議体である総合資源エネルギー調査会基本政策分科会委員に若い世代、特に20代、10代の委員がいるか伺う。

答 基本政策分科会委員には現時点で、10代、20代の委員はいない。

問 次期エネルギー基本計画の策定プロセスに、若者、子供が参画する場を設けること、できれば有識者会議に参加することの必要性について見解を伺う。

答 委員の選定は、エネルギー政策を進めていく上で必要となる学識経験者や専門家にバランス良く参画してもらう観点から行っており、年齢のみに着目した選定は行っていないが、若者を含む様々な立場の意見を聞いて施策を検討することは重要と認識している。次期エネルギー基本計画の策定に際しては、パブリックコメントの実施による様々な意見の取り込み、審議会の検討過程における様々な立場の団体へのヒアリングの実施、審議会と並行してホームページで常時広く意見を受け付ける意見箱の設置、全国各地での説明会・意見交換会の開催等を行っていく予定としている。加えて、既に、若者団体と経済産業省職員によるエネルギー政策に関する意見交換会を複数回実施しており、今後も実施予定である。引き続き、若者を含む様々な意見を聞き、議論を進めていく。

【再生可能エネルギー】

問 再エネには太陽光、風力、バイオマス、地熱等々あるが、今後最も期待される電源を伺う。

答 再エネについては、地域との共生を前提に、2030年度の電源構成比36～38%の目標実現に向けて最大限導入することが政府の基本方針であって、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスといった各電源の特徴と課題を踏まえつつ、施策を強化して取り組む。具体的には、設置までの期間の短い太陽光については、公共部門や工場、倉庫の屋根等への導入強化等に取り組む。洋上風力については、既に再エネ海域利用法に基づき合計約4.6GWの案件を創出しており、着実に案件形成に取り組んでいく。また、安定的な発電が見込める地熱、水力についても、事業性調査や資源調査、技術開発など必要な支援を行っていく。バイオ

マスについては、燃料を長期にわたり安定的に調達することが重要なため、使用する燃料の持続可能性を確認した上で、再エネ特措法に基づいて支援を行っていく。その上で、グリーンイノベーション基金等も活用し、ペロブスカイト太陽電池や浮体式洋上風力等、次世代の技術の開発や早期実用化にも取り組む。

問 水力発電事業に係る政府の具体的な目標及び支援策を伺う。

答 水力発電は安定した出力を長期的に維持できる重要な再エネであり、その発電比率は足下では7～8％程度だが、これを2030年度に11％まで引き上げることを目標としている。一方で、水力発電事業を行うには水量が豊富で落差が大きいといった地理的条件が必要だが、多くの有望地点は既に開発済みで、特に大規模水力発電については新規地点の開拓が難しい状況にある。このため、既存設備の修繕、建て替えによる最適化・高効率化やデジタル技術を活用した運用の高度化等を進めることが重要である。政府としても、増出力、増電力量を目的とした既存設備の更新あるいは改造に係る支援に取り組んでいるほか、今後、脱炭素電源への新規投資を促す制度である長期脱炭素電源オークションにおいても、水力発電の支援対象範囲を拡大する方向で検討している。また、中小水力については、FIT・FIP制度に基づく支援に加え、事業の初期段階における事業性調査等への支援等に取り組んでいる。引き続き、こうした支援措置を活用しながら、水力発電の最大限の導入に向けて取組を進めていく。

問 地熱発電について、政府は2030年度目標として導入率1％を目指しているが、更に高い導入率を目指すべきではないか、また、今後の地熱エネルギーの更なる開発のための方策を伺う。

答 地熱発電について、第6次エネルギー基本計画では2030年度の電源構成比率を1％としているが、この数字はFIT制度による導入予定量に加え、事業者が実施する初期調査等への支援、国内の約8割の地熱資源が存在する国立公園等を開発するための資源量調査等の導入加速化策による追加導入量を盛り込んだ野心的な目標である。2022年度の地熱発電導入比率は0.3％であって、これに

対して2030年度にその3倍の1%を目指すことは非常に高い目標ではあるが、まずはこれに向けてしっかりと取り組んでいく。

地熱発電の導入を進める上では幾つか課題があり、例えば、目に見えない地下資源の調査・開発によるリスク、コストの低減、あるいは温泉事業者を始めとした地元住民の理解の獲得等が主な課題である。こうした課題を克服すべく、経済産業省では、まずJOGMECによる国立公園等の有望地点における先導的な資源量調査を進めていく。また、事業者が実施する地表調査や掘削調査等への助成、探査段階への出資、運転開発段階での債務保証等の金融面の支援を行う。加えて、地元住民向けの勉強会の開催等、事業者による理解促進活動への支援を行う。こうした開発段階に応じた事業者が抱えるリスクの大きさを踏まえた切れ目のない支援を行っていくこととしており、地熱発電の導入拡大及び目標の達成に向けて引き続き取り組んでいく。

【原子力政策】

問 東京電力柏崎刈羽原発では、地元には不安や不信があり地元の合意も取れていない中で燃料装荷が行われたところ、地元理解や安全最優先といった原発再稼働の基本的な考え方及び今後の進め方を伺う。

答 柏崎刈羽原発では、2023年12月、過去の不適切事案に起因する原子力規制委員会による核物質防護に関する追加検査と適格性の再確認を終え、現在、東京電力による自主的な改善の取組が進められている。東京電力に対しては、信頼を得るには長い積み重ねが必要だが、失うのは一瞬である旨を重ねて伝えていくところで、このことを肝に銘じ、常に反省と改善を繰り返していくことが重要である。東京電力には、引き続き経営上の課題として重く受け止め、緊張感をもって対応してほしい。

今般の燃料装荷は再稼働そのものではなく、機器の健全性の確認プロセスの一環と承知している。東京電力には、こうしたことも含めて地域住民に丁寧に説明するとともに、原子力規制庁の指導の下、安全最優先で対応してほしい。

原発の再稼働は、原子力規制委員会が新規制基準に適合すると認めた場合の

み、地元の理解を得ながら進めることが政府方針である。地域の理解が得られるよう、柏崎刈羽原発の必要性、意義等について説明を尽くしていくとともに、令和6年能登半島地震で得た教訓を十分に踏まえ、内閣府原子力防災担当と連携しつつ、地域の避難計画を含む緊急時対応を取りまとめていくといったプロセスを踏みながら、地域の実情を踏まえ丁寧に進める。

問 国際協調の時代から国際競争の時代に突入した核融合技術開発の国際的な試験研究の状況、日本の取組や今後の展望を伺う。

答 核融合、フュージョンエネルギーは、エネルギー安全保障や環境問題の解決策として期待され、国際プロジェクトのITER計画等が推進されてきた。カーボンニュートラルに向けた動きの中、政府主導による科学的、技術的進展もあり、諸外国では民間投資が増加し、研究開発競争が加速している。例えば中国は、2050年代の発電実証に向けて、2025年からの要素技術獲得のための施設群であるCRAFT（夸父（こほ））の運転開始を予定するなど、政府主導で実験装置や原型炉の建設に向けて計画を強力に進めていると承知している。また、米国や英国では近年、フュージョンエネルギーの産業化を目標とした国家戦略を策定し、政府による独自の取組が力強く進められている。日本においても、国家戦略を2023年4月に初めて策定し、技術開発や産業育成等、関係省庁一丸で取り組んでいる。文部科学省としては、引き続きITER計画等の着実な実施とともに、これまで培った技術や人材を最大限活用し、国際連携も活用し、原型炉に必要な基盤整備を加速するなど、フュージョンエネルギーの早期実現に向けてしっかりと取り組む。

【カーボンニュートラル】

問 カーボンニュートラルを期限付きで表明していた国・地域は、2019年に121だったが、2024年には146と約20%増加したところ、その要因を伺う。

答 IPCCが2018年に公表した1.5℃特別報告書が一つの大きな転機になったと考える。パリ協定の元々の目標は、気温上昇2℃より下方に抑える、1.5℃に

抑える努力を継続することになっていた。しかし、この1.5℃特別報告書において、1.5℃と2℃ではかなり違いがあること、そして1.5℃を大きく超えない経路は2050年前後のネットゼロということが科学的に示された。こうした動きを受け、2021年のCOP26でグラスゴー合意がなされ、1.5℃にとどめるためには2050年前後にカーボンニュートラルを達成する必要があるということが世界共通の認識となり、G7やG20においてもこうした認識が継続され、世界に対してこれらを目指す呼び掛けが行われてきた。こうした世界的な機運の高まりによって、カーボンニュートラルを掲げる国が増加しているものと認識している。

問 カarbonニュートラルへの取組が遅れている国・地域の現状及びこれに対して日本ができることを伺う。

答 世界全体ではいまだにCO₂排出量が増加している。特に途上国、新興国で増え続けており、こうしたところの取組は大変重要である。そうした国々でのカーボンニュートラルの実現に向け、例えば、日本企業による優れた脱炭素技術の導入を通じた排出削減促進のためのJCMを展開しており、現在、29か国で250件以上のプロジェクトが展開中である。また、各国のネットゼロ目標の設定やその進捗管理といった途上国で脱炭素化を進めるための基盤整備、都市間で連携して脱炭素化に資する取組を共同して進めるといった支援を継続してきたところである。今後とも、日本の有するこうした脱炭素の技術やノウハウを世界に展開することで、世界全体の脱炭素に貢献していきたい。

問 2024年4月2日に公表された経団連カーボンニュートラル行動計画では、日本の温室効果ガス排出量が2022年度に減少した主な要因は、エネルギー・原材料価格の高騰や、半導体不足に起因する需給変動長期化、外需縮小等により、多排出産業を中心に産業部門の経済活動量が減少したこととしており、政府も同様の認識に立つべきではないか、見解を伺う。

答 経団連の行動計画は、日本の温室効果ガス排出量の2021年度から2022年度にかけての減少要因を、産業部門を中心に分析したものと承知している。

日本全体の温室効果ガス排出量は、同時期に約 2.5%減少したが、これは産業部門に加え、業務部門、家庭部門等、全体として捉えた場合には、節電や省エネ努力等の効果が減少要因の一つと考えられている。一方で、産業部門に焦点を当てた場合には、例えば、鉄鋼業では生産量の減少に伴うエネルギー消費量の減少が排出量の減少要因として挙げられている。今後、減少要因には業種ごとに相違があることも踏まえて、産業部門そしてそれ以外の部門を含め、詳細な要因分析を進める。

3 委員間の意見交換

参考人からの意見聴取等を踏まえ、令和6年5月15日、資源エネルギーの安定供給確保と持続可能社会の調和に向けた論点整理について、中間報告の取りまとめに向け、委員間の意見交換を行った。その概要は次のとおりである。（発言順）

藤井 一博 君（自由民主党）

本調査会は、3年間を通じた調査テーマである「資源エネルギーの安定供給確保と持続可能社会の調和」の下、この2年目は、論点整理として、エネルギー安全保障の確立、脱炭素社会の実現、そして資源エネルギー分野のイノベーションについて、計9名の参考人の方々から大変貴重な意見を伺うことができた。

日本が経済成長を続けながら各国と一緒に持続可能社会の実現に向けた課題を解決するためには、まずもって政府が令和5年7月に閣議決定をしたGX推進戦略の着実な実施こそが重要である。そして、その際、特に留意すべき三つの点、すなわちエネルギー安全保障の確立と国際協調、脱炭素社会への道筋、そしてイノベーションの社会実装について意見を申し述べる。

世界は、コロナ禍によって国際サプライチェーンの脆弱性に直面した。また、ロシアのウクライナ侵略は今なお世界中に多大な影響を与えている。さらに、脱炭素化に欠かせない多くの重要鉱物や再エネの主要部品等の生産が特定の国に集中している現状がある。こうした厳しい情勢の中、日本はエネルギー安全保障を急ぎ確立しなければならない。そのためには、地域と調和した再エネ主力電源化の一層の促進、安全性が確認された原発の最大限の活用等、あらゆる手段を講じることが不可欠である。

また、エネルギー自給率の低い日本にとって、資源エネルギーを安定的に調達することは死活的に重要である。そのためにも、資源国を含む諸外国等に対して再エネ導入を始めとする脱炭素化への強力な支援等を通じ、良好な関係を構築していくことは大変重要である。

再エネの主力電源化について改めて申し上げますと、日本の全国土面積の3分の2が森林であって太陽光発電の適地が限定される、地域のあつれきを招いている

等の声があることは承知をしている。しかし、土地制約の解決にはペロブスカイト太陽電池等が期待でき、海に囲まれた日本は洋上風力発電の高いポテンシャルも有している。

なお、日本は欧州と異なり、他国と電力を融通できないことが再エネ主力電源化へのハードルとの声がある。しかし系統接続ルールの見直しや系統の増強、そして蓄電池の研究開発が一層進んでいくことで、こうした点は解決できると思う。

脱炭素化とエネルギー安定供給の確保の両立のためには、原発の再稼働を、安全性の確保を第一に進めていく必要がある。日本の原発は、3.11の反省と教訓を踏まえ、世界で最も厳しい新規制基準の審査を受けている。また、原発を含むあらゆるエネルギーの活用は、資源に乏しい日本がエネルギー安全保障を確立するためにも必要である。さらに、原発は化石燃料を使わないため、脱炭素化への寄与が期待できる。ただし、原発事故の真摯な反省はひとときも忘れてはならない。そして福島復興と再生の加速化のために全力で取り組まなければならない。

イノベーションについては、日本の技術力を発揮することで、ペロブスカイト太陽電池の社会実装、洋上風力発電や地熱発電の一層の拡大が重要である。また、ガソリン車からEVや水素自動車への転換、安全で長時間使える全固体電池等の早期実用化が期待される。さらに、水素やアンモニア、メタネーション、CCS等の更なる研究開発、そして実用化が重要である。

資源エネルギー分野において世界が直面する様々な課題を解決するためにはイノベーションが不可欠である。このイノベーションを日本が牽引するという強い意志を持ち、総力を挙げて取り組んでいかなければならない。

最後に、参議院の調査会は、与野党の議員が会派を超えて長期的かつ総合的な課題に対し真摯に向き合い、その解決に向けて真剣に議論する場である。来年の最終取りまとめに向け、引き続きあるべき資源エネルギー・持続可能社会の姿について皆様と考えていきたい。

村田 享子 君（立憲民主・社民）

本調査会2年目は、資源エネルギーの安定供給確保と持続可能社会の調和に関

する論点ということで議論してきた。

昨年、この場で意見表明をした際にも、資源を持っている国から資源を持たざる国への輸出制限が、国際政治上の思惑としても利用され始めていると申し上げたが、問題は深刻化している。あわせて、脱炭素社会の実現は世界共通の目標ではあるが、各国の投資競争や他国への規制強化を強める要因ともなっている。日本に目を向ければ、名目GDPは、2023年にドイツに抜かれて4位となり、インドが日本の背後をうかがっている。

こうした中、日本経済を成長軌道に戻すには、まずもって資源エネルギーを国内で自給できる体制の強化が必要である。資源エネルギーをめぐるのは、ロシアのウクライナ侵略を契機とした価格高騰やLNG調達への影響、また不安定な中東情勢と石油調達への影響など問題が山積しており、エネルギーの海外依存が顕著な日本は大きな影響を受けている。

エネルギーの安全保障の確立に向けては、再エネの活用を推進し、エネルギー自給率を上げていく必要があるが、その再エネに関係する設備そのものが国産であることも重要である。この点において、非常に大きな中国の存在がある。再エネに関係する多くのもの、例えば太陽光パネルや風力発電設備等の中国製品が世界を席巻しており、製品に必須なレアメタル等の鉱物資源も中国が握っている現実がある。再エネ設備の国産化は、設備の円滑な保守点検等による安定的な稼働につながるとともに日本の産業発展にも寄与する。スケールメリットを持つ中国に対し、日本の産業が国内外の市場を獲得していけるよう、戦略的な国際標準化や国のトップセールスが必要と考える。

あわせて、設備の原材料となる鉱物資源の確保においても、国内のリサイクルを通じた自給率の向上を進めるべきである。日本は使用済みのパソコン、スマホ等の都市鉱山の宝庫であり、最小限の環境負荷で資源化できる優れた技術も有している。しかし、例えば政府の掲げる小型家電リサイクルの回収目標14万tに対し現状では約9万tにとどまり、また、使用済鉛バッテリーが海外に不法に輸出されるなど、せっかくの資源が有効に活用されておらず、国の主導の下で、事業者、消費者、自治体が一体となった取組が求められる。こうした資源循環は、資

源エネルギーの安全保障の確立だけでなく、脱炭素社会の実現にも資するものである。

日本は 2050 年カーボンニュートラルに向けて、資源循環、水素、アンモニア、CCUS 等の技術を活用しながら取り組むとともに、その技術の強みを海外でもいかすことが世界の脱炭素化にもつながる。また、カーボンニュートラルの目標年が中国は 2060 年、インドは 2070 年と各国異なる中で、G7 だけでなく G20、ASEAN 等の枠組みを活用し、世界一丸の取組を日本が牽引することが、日本の確実な経済成長にもつながるものと考ええる。

最後に、人材について申し上げる。イノベーションや原子力分野での使用済核燃料の処分や廃炉等、課題解決のための人材育成はもちろん、新しい技術を実際に製品にする過程においては、現場で働く方々の、匠の技を継承していくことも重要である。また、新しい産業の創出が期待される一方で、産業の変化に伴う雇用の公正な移行も国として支援していくべきと考える。

複雑化する国際情勢の中で、日本が自ら持つ技術や人材を最大限いかしていけるよう、更に議論を深めていきたい。

河野 義博 君（公明党）

2050 年カーボンニュートラルの実現と GX の実現に向けて、我々日本は、我が国らしい政策を長期的な視座に立って、世界を俯瞰しながら戦略的に、国益に資する形で目指していくべきである。

気候変動対策と経済発展そしてエネルギー自給率の向上は、今までばらばらに議論され、なかなか一つのテーマとして語られることはなかったが、国産の再生可能電源を増やしていくことを主軸に政策を展開することによって、このトリレンマを解消する大きな鍵になると考える。

2023 年の鉱物性燃料、化石燃料の輸入額は 27 兆 3,000 億円、前年の 2022 年は 33 兆 7,000 億円と、莫大な国富を流出させ続けている。それ以外にも、加えて、外交コストや膨大な労力を使い化石燃料を輸入している。結果、エネルギー自給率は 2022 年度に 13% と非常に厳しい水準にあることを理解しておかなければな

らない。

日本は、1921 年に輸入原油の石油精製事業を本格的にスタートさせた。その後、さきの大戦まで輸入が 9 割を占める状況にあった。そうした中、1941 年には、イギリス、アメリカ、オランダが日本への輸出を全面的に禁止することが端緒となって太平洋戦争に踏み切った。

100 年たった今、一次エネルギー自給率は僅か 13%という状況であり、かつ、化石燃料の輸入額は 33 兆円と、膨大な外交コストを掛けて国富を流出させている状況である。貿易赤字の大きな原因になることは論をまたないが、この金額というのは、令和 6 年度の一般会計予算は 112 兆円で、税収は 70 兆円であるが、税収の半分に上る額を輸入し続けているという現実である。

100 年間続いた、化石燃料依存の国の形を変える良いチャンスである。安価で安全で安定的に供給できる国産エネルギーは残念ながら見当たらない。そうした完璧なエネルギーが見当たらない中、様々な技術を使い、国内で地理的に分散させて開発を進めていくということが大切であると感じる。

再エネの大量導入が大事であるということは論をまたず、ほぼ全会派が賛成しているテーマだと考えるが、再エネで全て賄えるかということそうではない。急に再エネだけを増やそうとすれば当然コストアップにもつながり、不安定な電源であるため安定供給にも支障がある。

日本はこの半世紀、原発を通じて安定、安価な電力供給、エネルギー供給を目指してきたが、東日本大震災によってそれが頓挫し、現下の大変厳しいエネルギー需給構造を生み出している。原子力も、即時全面撤廃という議論は非現実的と考える。大規模な原発になるべく頼らない社会を中長期的に作っていくという議論がより本質的ではないか。再稼働が進む地域の電気料金が比較的安価であるという事実も受け止めるべきである。

火力発電が原発停止後の主力電源になっているが、その燃料となる LNG や石炭も、将来を見通して中長期的に、戦略的に権益を確保しておかなければならず、国が果たす役割は大きい。

水素、アンモニアも非常に重要なツールではあるが、政府は輸入に頼ろうとし

ている。公明党はその提言の中で、国産化を強く推し進めるべきであると申し上げてきた。政府方針にも、国産化という文字は入ったものの、その目標量は極めて少なく、更に一段と国産化を主軸として、水素・アンモニア政策は展開していくべきである。

石炭火力発電所のバイオマス発電化も重要なテーマであるが、燃料の国産化という視点も持ち続けなければならない。CCSやCCUSも有効な手段であるが、海外の化石燃料にCCS、CCUSを付けたものを輸入するのではなく、国産のCCS、CCUSの手段を、今後より一層広げていくべきであると考えている。

青島 健太 君（日本維新の会・教育無償化を実現する会）

必要は発明の母、ピンチはチャンス、災いを転じて福となす等々、日本と言わず世界中にこうした逆転の発想を促す格言やことわざが多く存在することは、そこに真実があるからだろう。

日本のエネルギー自給率は上がったとはいえ、2022年度時点で13%となっている。このエネルギーを他国に依存する日本の現状はピンチ、不安定であることは、今更、本調査会で、また国会議員諸氏に伝えることではない。一刻も早くこの現状を改善し、できるだけ他国に頼らない国の形を作らなければならない。

ロシアのウクライナ侵略、中東でのイスラエルとパレスチナの衝突、緊迫する世界情勢の中で、国会の中でも電気が付いている。能登半島の被災地を除けば、日本中の各家庭でも、電気代、エネルギー代が高騰しているとはいえ、まだ何とか電気が使えている。しかし、国民の皆様が必死にやりくりをして高い電気代を払っているが、こうした国民の我慢は、海外から輸入する石油、石炭、LNGなど、燃料費として、これらを供給する国々に支払われている。せつかく国民が稼いだ生活費がエネルギー代となって海外に消えていく。自給率の低さによって、私たちの富、国富が延々と海外に流出し続けている。

しかし、今、カーボンニュートラルの達成という新しいテーマに向かって、エネルギーの大改革が起ころうとしている。CO₂を出さない発電や電源を国内でどう広げていくか、このエネルギーの転換点を、ピンチではなくチャンスと捉え、

必要なサプライチェーンを構築し、カーボンニュートラルをかなえるエネルギー大国、環境立国としての日本をリデザインしていく、私たちには必ずそれができると思っています。そして、それこそが政府、国会の仕事である。

これからの主役は、CO₂を出さない原発を含めた再エネである。まずは、今ある原発を、厳格に安全性を確認して、しっかりと稼働させる。先行する太陽光発電は、既にかなり大きな電力を生み出している。問題は、これを効率良く使える技術である。四方を海に囲まれた日本にとって、洋上風力発電には大きな可能性がある。これについても、沖合で作った電力をどのように陸地に届けるか、様々な技術が求められる。多くの人が温泉に親しむ日本にとって、地熱発電も周辺住民の理解が得やすい発電かもしれない。これも最適地を見付ける精度と、数千mを掘るボーリングの技術が高まれば、大きなポテンシャルのある、日本ならではの発電になるはずである。

こうした多様な戦力をうまく組み合わせて、エネルギーのベストミックスを創造していく。そして、大事なことは、安価な海外の製品やシステムに頼るのではなく、こうした技術を自前で整備していくことである。そうでなければ、ここでも国富の流出が起こってしまう。

メジャーリーグのシカゴ・カブスで今大活躍する今永昇太投手は、身長 178cm。小柄な彼は、ストレート、変化球、持てるボールを駆使して大リーガーをきりきり舞いさせている。正にベストミックスで、その姿は日本のイメージと重なる。その彼のグローブには、「逆境こそ覚醒のとき」と刺しゅうされている。低い自給率、燃料費、原材料費の高騰、今、正に逆境の中にいる日本だが、だからこそ、集積された知恵と技術、これまでの経験の全てを注ぎ込み、エネルギーの自給自足に向かって新時代の日本を覚醒する。もう一度言う。「逆境こそ覚醒のとき」。

政府、経済産業省、環境省には、なお一層の画期的な取組をお願いする。

浜野 喜史 君（国民民主党・新緑風会）

令和 6 年能登半島地震の復旧において、北陸電力は送配電のみならず、発電、小売ライセンスの責を超えて様々な後方支援を行っている。私は、分社化前の旧

一般電気事業者における安定供給の確保に向けた強い気持ちが、今もしっかりと引き継がれていると感じた。

現在、電力システム改革の検証が進められているが、こうした現場の実態も踏まえつつ検証すべきである。そもそも電力システム改革は、安定供給の確保、電気料金の抑制、需要家の選択肢拡大を目的に始まったものだが、いつの間にか大手電力や新電力の間の競争状態を作ることが目的化してしまったと思わざるを得ない。

電力需給が厳しくなる事態が頻発し、2022年3月には全国初となる電力需給逼迫警報も発令された。電力自由化以降、大手電力は卸電力市場取引の拡大や再エネの拡大による稼働率の低下等を背景に固定費を回収できず、火力の休廃止を進め、結果として供給予備力の確保が難しくなってしまった。固定費の回収ができない火力を休廃止することは経済合理的な行動であり、発電事業の投資予見性を確保できなかった制度設計自体に問題があったと言わざるを得ない。

電力システム改革の検証は、改革の基本的な考え方に関する以下の総括の上に立ってなされるべきである。すなわち、発電、卸売と小売の分野を自由化し、多数のプレーヤーを卸電力市場に参入させることで、市場が発する価格シグナルによる短期的な発電設備の運用と長期的な電源投資の両方が最適化されることを期待していたが、この競争モデルは誤っていた。市場が発する価格シグナルに依存するだけでは、電源投資は過小となり、安定供給は確保できない。発電事業の長期的な投資決定を、短期的な運用から切り離すハイブリッド市場という概念が必要である。以上の総括である。

次期エネルギー基本計画には、原発のリプレースと新設の必要性を明記すべきである。長期脱炭素電源オークション等の支援策を政府は打ち出しているが、オークション以降の費用の上振れに対応していないなど、多くの課題を抱えている。原子力事業者が投資判断に踏み切れるような更なる制度を措置すべきである。

さらに、ヒートポンプを再エネ利用技術であると明確に位置付ける必要がある。経済成長を阻害せずに脱炭素化を図るのであれば、EUと同様に、エネルギー自給率向上のため、既に実用化されているヒートポンプ技術を活用した空気熱も再

エネルギーとして計上すべきである。

また、私は、グリーン成長戦略という響きの良い言葉で、日本が誤った方向に進まないか危惧している。カーボンニュートラルを進めていくに当たり、様々な分野への投資が加速化するが、製品、サービスの創出プロセスを脱炭素化しても新たな価値が生み出されるわけではない。グリーン成長の幻想から脱し、経済成長を阻害しないよう、いかに脱炭素化を進めるべきかに注力すべきである。

日本は、パリ協定に基づき、2030 年度に温室効果ガスの 46%削減、2050 年カーボンニュートラルを掲げている。世界各国も同様に高い目標を掲げているが、中国を始め本気度は不透明である。日本だけが厳しい排出削減を行えば、産業の国外流出を加速化しかねない。世界各国の脱炭素化に向けた取組状況を確認しながら、柔軟に実効性のある対策を打っていくべきである。

以上、エネルギーの安定供給、脱炭素化の両立を強く意識した政策の選択を求め、意見表明とする。

吉良 よし子 君（日本共産党）

日本のエネルギーをめぐる脆弱性の根本には、原発推進と石炭火力維持に固執し、国産エネルギーである再エネの開発、普及促進を後回しにしてきたことがある。そして、これらは脱炭素、持続可能社会の実現にも逆行する流れである。

政府は、2023 年のGX基本方針で、脱炭素電源として原発を位置付け、原発回帰の姿勢を明らかにした。一方、2月21日の本調査会で、Climate Integrateの平田仁子参考人は、これから脱炭素を進める上では、気候変動に取り組む環境団体は明確に、このCO₂だけの問題ではない、環境負荷、リスクのある原子力は選ばないとし、コストそして技術の安定性という点からも、原発は脱炭素の選択肢にならないと明言した。令和6年能登半島地震によって志賀原発で様々なトラブルが続発したことを踏まえても、原発がエネルギーの安定供給にも脱炭素にも寄与しないことは明らかである。

また、平田参考人は、日本の気候政策が各国と比較して最下位クラスである理由として、G7で石炭火力は最大の問題だから全廃することを日本も含めて合意

しているが、まだ全廃に踏み込めていない数少ない先進国が日本だからであるとも述べた。GX基本方針では、水素、アンモニアと化石燃料の混焼発電にも投資するとしており、結局、原発と共に石炭火力の延命になってしまう。

日本はCOP25以来4回連続で化石賞を受賞しているが、今こそ原発推進、石炭火力維持を見直し、再エネを最大限に進めていく方向にかじを切るべきである。

2月7日の本調査会で宮沢洋一調査会長から報告があったとおり、私は昨年9月の参議院重要事項調査第三班の一員としてアイスランドとドイツを訪問した。アイスランドは再エネほぼ100%を実現し、ドイツは2023年4月に脱原発を実現して以降、再エネを増やし続け、その比率は、昨年時点で約4割、今年に入り5割を超えたと聞いている。これらの国々の取組を見れば、政治的決断により再エネの普及拡大が可能ということは明らかである。

また、再エネの普及拡大といったとき、環境破壊型ではない、地域共生型、地域と住民の力に依拠した活用を進めてこそ、大規模な普及が可能になる。4月17日の参考人質疑で、産総研の石村和彦参考人は、再エネ自身が非常に分散型の電源であり、各地方、地域の発展に寄与できる可能性がある電源だと言えると述べた。こうした再エネの可能性も最大限追求すべきである。

一方、これだけ気候危機の問題が叫ばれ脱炭素、持続可能な社会づくりが課題となっているときに、東京都の明治神宮外苑再開発のように、樹木をどんどん伐採し巨大なビルを林立させる再開発が、都市部を中心に進められていることは問題である。特に、都市部で問題となっているヒートアイランド現象を軽減するためには、今都市部にある樹木を守ることが必要である。行き過ぎた再開発をどんどん進めるのではなく、樹木の大量伐採に歯止めを掛け持続可能なまちづくりこそ進めるべきである。

最後に、気候危機による影響を受ける最大の被害者は今の若者たち、これから生まれてくる将来世代である。日本でも若い世代が気候危機について声を上げ行動している。「地球沸騰化の危機！次期エネルギー基本計画を議論する有識者会議に若者を入れてください&気候市民会議を開催してください！」と署名を集めている。こうした声に応え、気候危機の打開と持続可能な社会づくりのために行動

している若者、子供たち、市民の意見を、日本のエネルギー政策、環境政策に積極的に反映することも強く求め、意見とする。

第3 主要論点別の整理

本調査会は、今期のテーマを「資源エネルギーの安定供給確保と持続可能社会の調和」とし調査に着手した。2年目は「資源エネルギーの安定供給確保と持続可能社会の調和に向けた論点整理」に関して「エネルギー安全保障の確立に向けた論点」、「脱炭素社会の実現に向けた論点」及び「資源エネルギー分野のイノベーション」について、参考人からの意見聴取及びこれに対する質疑、政府からの説明聴取及びこれに対する質疑並びに委員間の意見交換を行った。

以下、本調査会における議論を主要論点別に整理した。

【エネルギー安全保障】

(エネルギー安全保障をめぐる情勢)

- ・世界は、コロナ禍によって国際サプライチェーンの脆弱性に直面した。また、ロシアのウクライナ侵略は今なお世界中に多大な影響を与えている。さらに、脱炭素化に欠かせない多くの重要鉱物や再エネの主要部品等の生産が特定の国に集中している現状がある。
- ・エネルギー安全保障は自然エネルギーを自国で確実に確保すること抜きには実現しない時代に入っていくことが非常に大きなパラダイム転換である。
- ・炭素中立に至る過渡期のリスクに焦点を当てると、十分な代替供給手段がない限り今あるシステムを壊してはならず、化石燃料の需要の減少ペースに合わせて化石燃料の供給能力を減らしていかなければ、途中段階で価格が上がる、供給すらできない状況が起こり得る等の危険な目に遭うかもしれず、このことは正に現在、世界が経験している事象である。
- ・ホルムズ海峡、紅海は、エネルギーの大動脈になっているため、このシーレーンの安全確保は引き続き極めて重要である。
- ・資源を持っている国から資源を持たざる国への輸出制限の問題は深刻化している。
- ・中国では、生産、利用を含めて再エネが急速に拡大し、世界のサプライチェー

ンを占有するような状況になっており、再エネに取り組む全ての国々にとっての安全保障問題である。

- ・ 自然エネルギーの時代になれば、エネルギー安全保障の心配が全てなくなるのではなく、自然エネルギー発電等に必要な希少鉱物の確保は引き続き重要な問題であるとともに、太陽光発電、風力発電の生産能力が中国に集中しているため、極端な中国への依存という非常に大きな問題がある。
- ・ 重要鉱物については様々なプロセスが中国に集中していることもあり、省資源、代替資源あるいはリサイクルといった技術開発、世界全体で公正な貿易が行える環境の維持が重要になる。
- ・ 重要鉱物の精製は、現場の安全の問題や環境汚染の防止の取組に各国で差があって対策コストのより少ない国で精製されている懸念がある。
- ・ 太陽光、風力、蓄電池といった技術において中国の優勢が顕著になっており、テクノロジー供給国の多様化を図ることも経済安全保障の観点から重要な視点である。
- ・ 中国の国際戦略において最も懸念されることは、中国の領土に係る野心が先鋭化すると、日本にとっても非常に大変なことが起こることであって、その可能性に留意する必要がある。

(日本のエネルギー安全保障)

- ・ 今後、石油需要の減少は間違いないが、その利便性、貯蔵の容易性、そして国防の観点からも、石油備蓄の維持は非常に重要である。
- ・ 今後、脱炭素を進める中、世界中で天然ガス開発に逆風が吹くかもしれないが、LNGは今の日本のエネルギー供給において極めて重要なことに間違いなく投資は必要であるとのメッセージを発していかなければ、日本への天然ガス供給も危うい可能性がある。
- ・ ロシアからのパイプラインが遮断された欧州のLNG輸入が増加すると、日本のLNG調達能力がかなり落ち、そのことが価格に反映されていく懸念がある。

- ・国内の危機対応能力の維持強化に関して柔軟性のあるエネルギー供給力は電力であり、石炭火力、ガス火力、原子力、再エネとバックアップしやすいシステムになっているため、その代替可能性を残しておくことが非常に重要になる。
- ・日本のエネルギー安全保障は、これまで専ら化石燃料の確保を目指しており、引き続きその観点は重要だが、今後は国産可能な自然エネルギーをいかに増やしていくかが非常に重要になる。
- ・日本の場合は、米国や東南アジアの国々、欧州等の同志国の中で太陽光発電の供給能力を高めていくことがエネルギー安全保障上も非常に大事である。
- ・日本のエネルギーコストの多くが為替に影響されるため、円安が更に進行すると、輸入に依存する限り化石燃料でも国産化率が低い再エネでも発電コストは上昇するだろう。
- ・日本のエネルギー供給を担うのは民間企業であり、安いエネルギーや手段に集中して分散化が容易に進まないことが起こり得るため、エネルギー安全保障の観点からすると、これを回避するための何らかの政策の関与、政治的決断が必要になろう。

(エネルギー自給率)

- ・エネルギー自給率の低い日本にとって、資源エネルギーを安定的に調達することは死活的に重要である。
- ・日本のエネルギー自給率は2022年度で13%と低く、化石燃料の輸入額は2022年で33兆7,000億円と莫大である。
- ・せっかく国民が稼いだ生活費がエネルギー代となって海外に消えていく。自給率の低さによって、私たちの富、国富が延々と海外に流出し続けている。
- ・エネルギー自給率の向上、カーボンニュートラルの達成という二つの大きな目標達成のためには、再エネと原子力による安定した電力供給が必要である。
- ・日本のエネルギー自給率が低い水準にある状態は、国際的な燃料価格変動による影響を受けやすく、供給途絶リスクも抱えている。

- ・エネルギー安全保障の確立に向けて、再エネの活用を推進してエネルギー自給率を上げていく必要があるが、再エネに係る設備そのものが国産であることも重要である。

【エネルギー政策】

(エネルギー政策をめぐる情勢)

- ・エネルギーは国民生活や経済成長の基盤であり、日本の国際競争力を高めて経済成長や賃上げ等につなげるためには、安定的で安価なエネルギー供給の確保を目指すことが重要となる。
- ・世界のGDPと発電電力量には強い相関関係があり、発電電力量の増大なくして経済は発展しないというのがこれまでの状況で、引き続きこの非常に強い相関関係が見られ、エネルギー、特に電力は非常に重要な財である。
- ・日本は省エネ、エネルギーミックスの多様化、中東依存の削減に取り組んできたが、結果は必ずしも芳しくない。
- ・エネルギーシステムの作り替えには、過去の経緯を見ても10年、20年という非常に長い時間が掛かるため、その途中段階を十分に考える必要がある。
- ・安価で安全で安定的に供給できる国産エネルギーは残念ながら見当たらず、そうした完璧なエネルギーが見当たらない中、様々な技術を使い、国内で地理的に分散させて開発を進めていくことが大切である。
- ・エネルギーのベストミックスの創造に当たっては、安価な海外の製品やシステムに頼るのではなく、再エネ技術を自前で整備していくことが大事である。
- ・2050年の社会は水素と電気の世界となり再エネと原子力が主体になろうが、それまでに世界が化石燃料消費ゼロにできるわけがないため、これを目標としつつ化石燃料をどう使いどう残していくかを考える必要がある。
- ・将来も化石燃料が全く必要ないかについては様々な議論があり、特に高温の熱利用が必要なところでの化石燃料利用へのCCS併用はあり得る。
- ・気候変動対策とエネルギー安全保障との整合性の観点からは、省エネ、再エネそして原子力が鍵で、これらの技術を利用したエネルギーコスト低減によ

る日本産業の強化や輸出競争力の向上は一つの重要な経路である。

- ・ C O P 28 において今後 10 年間で化石燃料からの脱却を進める行動を強化するとしていることを踏まえ、化石燃料・発電への新規投資は、座礁資産とならないように慎重に検討する必要がある。
- ・ 人口減少、省エネ進展で需要が減少するとエネルギーインフラの経済性悪化が進むため、どう維持していくかを真剣に考えなければならない。
- ・ ガソリン等燃料油の激変緩和事業は、この事業を取りやめることによる国民経済や経済活動への影響を考慮する必要がある。
- ・ 中国の中長期的なエネルギー戦略は、日本のエネルギー政策を考える上で、非常に重要になってくる。
- ・ アジアのエネルギー需要は大幅に増加しており、化石燃料の供給設備は将来必要なくなるから投資するなどは酷な話で、投資しなければエネルギー供給ができなくなる。
- ・ 中東は再エネや C C S のポテンシャルも大きく、石油や天然ガスの中東依存とは別の形での連携が非常に重要である。
- ・ 日本は都市鉱山の宝庫であり、最小限の環境負荷で資源化できる優れた技術も有しているが、こうした資源が有効に活用されていない。

(エネルギー基本計画)

- ・ 一つの電源に依存していると非常時に大変なことになるため、コストや脱炭素の問題を考えながら多様な電源を維持する必要がある。
- ・ エネルギーにはそれぞれ一長一短があり万能なものは一切ないため、その組合せが大事である。
- ・ 再エネは出力変動が大きく原子力や火力等を含むバランスの取れた電源構成にする必要があり、エネルギー基本計画は特定電源最優先の計画にするべきではない。
- ・ エネルギー自給率を上げるため、次期エネルギー基本計画にヒートポンプ技術を再エネ利用技術として位置付け強力に推進していく必要がある。

- ・第6次エネルギー基本計画は、2050年脱炭素を目標としているが、電気料金の高騰を考えるとその実現は非常に難しい。
- ・気候危機による影響を受ける最大の被害者は若者たち・将来世代で、こうした者の意見をエネルギー・環境政策に積極的に反映する必要がある。

(電力システム等)

- ・エネルギー全体が省エネで減少する中で電力だけは横ばいあるいは増加していくため、電力の安定供給が非常に重要になる。
- ・電力システム改革によって、電気料金の変動には様々な要因があるものの、少なくとも下がる方向には動いておらず、また大手電力の体力が弱まって投資できなくなっている。
- ・電力自由化以降、大手電力は卸電力市場取引の拡大や再エネの拡大による稼働率の低下等を背景に固定費を回収できない火力の休廃止を進め、結果として供給予備力の確保が難しくなっている。
- ・電力システム改革の検証において、発電事業の長期的な投資決定を、短期的な運用から切り離すハイブリッド市場という概念が必要である。
- ・電力の市場価格は、需給逼迫や燃料価格の高騰等による価格高騰、FIT・FIP電源の急速な導入による価格下落等、変動性が増している。

【再生可能エネルギー】

(主力電源化)

- ・太陽光発電・風力発電には変動性があるため安定供給をどう確保するかは大きな問題で、欧州等は送電網の国際連系で電力を安定的に融通できるが、それが困難な島国の日本で、この再エネの安定供給の壁をいかに乗り越えるかは問題である。
- ・再エネの量的な規模拡大は必要だが、日本全体のエネルギーを賄えるような状況ではなく、全体のシステムの中で、その重要性や課題、限界を認識し、様々な技術を使っていくことが大事である。

- ・日本は幸い太陽光、風力、地熱、バイオマス、水力と、全ての自然エネルギー資源に恵まれており、こうしたものをいかして日本にふさわしい自然エネルギー社会を作っていく必要がある。
- ・今後、電力その他のエネルギーの9割方は自然エネルギーで供給される時代になるが、日本ではこのことが政策の中心に位置付けられていないことが最も心配である。
- ・太陽光パネル生産のトップは20年前には日本のメーカーが独占していたが、自然エネルギーの増加が日本のメインの政策にならない中で国際的なランキングを下げてしまったということで、こうした過ちを繰り返さないことが非常に大切である。
- ・再エネは分散型電源であり、各地域の発展に寄与できる可能性のある電源である。
- ・再エネに関し、地球環境のために良いと言いながら地域の環境を壊すということはある。
- ・自然エネルギー導入に取り組む地元では、生活やなりわいの問題から反対する者もいる。
- ・既になかなか大きな電力を生み出している太陽光発電は、これを効率的に使える技術、洋上風力発電は沖合で作った電力を陸地に届ける技術等、様々な技術が求められる。
- ・水力発電事業を行うには水量が豊富で落差が大きいといった地理的条件が必要だが、多くの有望地点は既に開発済みで、特に大規模水力発電は新規地点の開拓が難しい。
- ・地熱発電の導入を進める上で、目に見えない地下資源の調査・開発によるリスク、コストの低減、あるいは温泉事業者を始めとした地元住民の理解の獲得等が主な課題である。

(再エネ発電コスト)

- ・I E Aを含め自然エネルギー増の方向に変わった理由は様々だが、最大の要

因は再エネ発電コストの劇的な低下である。

- ・再エネの大量導入が大事なことは論をまたないが、再エネで全て賄えるかというところではなく、急に再エネだけを増やそうとすれば当然コストアップにもつながり、不安定な電源であるため安定供給にも支障がある。
- ・再エネ拡大は必須だが、日本は電力系統が非常に細いため欧州や米国等と同様の議論はできず、再エネを余りに拡大しすぎると設備利用率が非常に低く非効率となり、系統連系に係る統合費用も大きいため、どのようなコストが掛かるのかをよく理解し適正な展開を図ることが重要である。
- ・日本と世界との再エネの価格差はまだ大きく、自然環境の条件も重なって努力しても超えられない部分があるため、海外の再エネを利用した水素やアンモニア、合成燃料系の輸入という経済効率的な可能性のあるオプション等、全体最適を考えていくことが重要である。

【イノベーション】

(イノベーションをめぐる情勢)

- ・資源エネルギー分野において世界が直面する様々な課題を解決するためにはイノベーションが不可欠であり、日本の技術力を発揮することでの、更なる研究開発、そして実用化が重要である。
- ・2050年カーボンニュートラルへの移行プロセスは非常に重要で、適切な技術を、時間を考えながら展開していくことが重要である。
- ・カーボンニュートラルは非常に難しい挑戦であり、新技術のイノベーションといったものを日本で育てていくことが非常に重要である。
- ・カーボンニュートラルの実現には、様々な技術が必要で、どれも排除することなく取り組む必要があり、とりわけ資源に乏しい日本は、技術のより好みをしている状況ではなく全方位で考える必要がある。
- ・カーボンニュートラルの動きを海外企業も積極的に捉えて市場獲得に向けた技術開発を精力的に実施し、また各国政府もそうした企業に多額の支援を行っている中で、日本もスピード感を持って研究開発を進めていくことが重

要である。

- ・開発した技術で海外市場を獲得できるかどうかは、国際的なルールに依存するところが大きく、日本がルール作りをリードしていくことが重要である。
- ・新しい技術を実際に製品にする過程においては、現場で働く方々の、匠の技を継承していくことも重要である。
- ・新たな形態の電池の開発には基礎研究の役割、産業の役割、両者の中間地点と様々な課題が存在するが、こうしたことを乗り越えるには、産業と基礎研究との会話が大変重要である。
- ・日本は先進諸国の中でもオープンイノベーション予算が少なく、民間企業と大学等との共同研究の額が平均して1件当たり約260万円しかなく、これではほとんどイノベーションは起こらない。
- ・電池を実用デバイスにするには、材料を混ぜ合わせてシートにし、電極を貼り合わせて実デバイスに仕上げる製造プロセスが非常に重要である。

(水素・アンモニア)

- ・水素の供給側と需要側がバランス良く育たなければサプライチェーンはできず、水素社会もなかなか見えてこない。
- ・水素・アンモニア政策は更に一層の国産化を主軸とした展開が重要である。
- ・グリーン水素・アンモニアの重要性が増していくが、国内の自然エネルギー発電設備が足りないと輸入の必要が生じ輸入依存が続く懸念がある。
- ・水素利用における一番の課題はコストである。
- ・2050年の世界はCO₂を余り排出しない電気と水素の社会になっていくが、再エネ由来の電力で水素を製造すると、水の電気分解装置の利用率が非常に低くなるため、安価な水素は製造できない。
- ・日本は電気料金が高く水素を国内で製造すると価格が非常に高くなり、市場流通価格でのアンモニア生産は非常に難しい。
- ・価格が高く扱いの難しい水素・アンモニアは、運輸、発電、産業・家庭・業務における中低温熱供給等では競争力がないため、本当に必要な用途に絞っ

て推進することが重要であり、まずその整理が必要である。

- ・水素・アンモニア等が脱炭素化に必要な技術であることは自明だが、作り方と使い方を見極めて進めなければ、脱炭素化の足を引っ張ることにもなる。
- ・メタネーションには、コストという水素系エネルギー全般に当てはまる課題、また輸入の際のCO₂帰属ルールが未整備といった非常に重要かつ喫緊の課題がある。

【原子力政策】

（原子力をめぐる情勢）

- ・脱炭素化の推進が世界の使命になっている現在、原発をどう位置付けるかは非常に意見が分かれる問題で、日本の場合は、世界全体が直面する高い原発コストに加え、安全性、技術の安定性の観点からの検討が必要である。
- ・大規模な原発になるべく頼らない社会を中長期的に作っていくという議論がより本質的である。
- ・原発を推進すべきか否かといった価値判断の問題は、非常に重要な倫理的な問題をはらむ。
- ・多くの国が原発の利用意向を示している理由には当然に脱炭素、脱ロシアはあるが、もう一つ見逃せないことは世論の大きな変化である。
- ・日本の地域別電気料金を見ると、原発稼働済の九州、関西が突出して安くなっている。
- ・太陽光等の変動電源を電力供給の安定化にいかに関わり付けていくかを考えると、自然エネルギー以外の電源には柔軟性が必要であって、原発に関してフランスでは非常に柔軟な運用をしているが、日本はそうした運用を許すような状況になっていない。
- ・令和6年能登半島地震によって志賀原発で様々なトラブルが続出したことを踏まえても、原発はエネルギーの安定供給にも脱炭素にも寄与しない。
- ・柏崎刈羽原発では、地元不安や不信があり地元の合意も取れていない中で燃料装荷が行われた。

- ・東京電力に対して政府から、信頼を得るには長い積み重ねが必要だが、失うのは一瞬である旨を重ねて伝えているところで、東京電力はこのことを肝に銘じ、常に反省と改善を繰り返していくことが重要である。
- ・次世代革新炉として取り上げられている核融合は、エネルギー安全保障や環境問題の解決策として期待されている。

(使用済燃料)

- ・いわゆる核のごみの処分問題への対応は重要である。
- ・使用済燃料の処分は、その処分地の選定が原発の更なる推進ではないことを明確にしなければ、国民合意を図ることは難しい。

(原子力人材)

- ・日本の原子力技術は非常に厳しい状況にあり、原子力技術・人材の維持のためには、原発を継続して建設することが重要だろう。
- ・日本は、世界の大きな原発市場を確保するための人材と技術の維持に向けて、国内で原発再稼働以外の建て替えや新設を考えなければ、東南アジア支援どころではなく、韓国、中国に助けをもらうことになるとの心配がある。

【脱炭素社会】

(脱炭素化をめぐる情勢)

- ・気候変動は、経済、科学、技術、貿易、企業活動、雇用、生活や健康に関わる幅広い問題で、この問題は、産業革命以降の工業化の進展によって、人間が大量の化石燃料を燃やしCO₂を排出してきていることから人間活動に起因する人災である。
- ・東西冷戦終結後の国際協調の時代に、これだけ気候変動問題に取り組んできたのに期待した成果を得られておらず、分断された世界になりつつある今の時代では一層難しくなっている。
- ・世界主要国のCO₂排出量は、全体基調として増大を続けているが、若干減少

した時期には世界のGDPも相当減少しており、GDPとCO₂排出量のカップリングは続いている。

- ・ 2050年脱炭素目標をどうするか、これについてはもっと楽観的に考えた方がよいのではないか。例えば、気温が1.5℃以上上昇したら本当に地球は壊滅的になるのかといったことはよく考える必要があるだろう。
- ・ 2030年までに世界の温室効果ガスの排出をほぼ半減することが重要だが、現実とのギャップが非常に大きく、いかに迅速かつ大胆に排出削減を実現できるかが、我々が立たされているチャレンジである。
- ・ 1.5℃目標に向けた正味ゼロ排出の実現は非常に重要な一方で、プロセスの理解が重要であって、少なくとも1.5℃目標を1回も超えることなしに実現することはほぼ不可能であり、目標を掲げることは必要だがある程度の柔軟性を持った戦略が必要である。
- ・ 1.5℃目標のような非常に厳しい目標達成のために掛ける費用と、気候変動によるダメージ緩和のための便益とを比較した議論が必要である。
- ・ 日本を含む主要先進国で排出量が減少してきているのは、エネルギー多消費産業、CO₂原単位の高い産業・プロセスの途上国への移転の結果の可能性が非常に高く、そうなると世界全体のCO₂は減少しない。
- ・ GDPを増やしながらCO₂排出量を下げていく戦略を考えなければならず、そのためにも限界削減費用が世界的に協調している必要があるが、限界削減費用は世界的に大きな差異があり日本がカーボンリーケージしていくリスクがあるため、いかに移行プロセスを進めていくのかが重要である。
- ・ 脱炭素社会の実現は世界共通の目標だが、各国の投資競争や他国への規制強化を強める要因ともなっている。

(脱炭素化と日本)

- ・ 世界に模範を示す意味でも温室効果ガスの更なる排出削減を目指し、今できることを考えることが、経済大国としての日本の重要な役割であり、責任である。

- ・カーボンニュートラルを国内だけで達成するかのような思い込みが政府を含めあるようである。
- ・再エネが安価でCO₂貯留ポテンシャルのある国では、カーボンニュートラルを低コストで実施できる可能性があるため、日本で実証して技術を蓄えることは重要だが、それを海外で展開してクレジットの形で日本が削減にカウントすることは、世界全体の費用対効果の高い対策として非常に重要だろう。
- ・製品、サービスの創出プロセスを脱炭素化しても新たな価値が生み出されるわけではない。
- ・カーボンニュートラル目標年が、日本は2050年、中国は2060年、インドは2070年と、各国で異なり日本の産業に不利なところがあると言われる。
- ・2050年カーボンニュートラルは、ライバル国等がどの程度削減しているのかを注視しながら、絶対に2050年に実現でなく、裕度を持ちながら戦略、対策を進めることが重要で、そうしなければ、結局、中国やインドに需要を取られ、むしろ世界のCO₂排出量は増加することになる。
- ・カーボンニュートラルには様々な手段があり、コスト等、様々な問題もあるが、それらの組合せで強靱な取組としつつ、リスクを分散させながら費用対効果のより高い形を追求していくことが重要である。
- ・2050年カーボンニュートラルに向けた過渡期をどうするかは大事な視点で、全部門で一律に削減するイメージがあるが、部門間の相違を理解しながら合理的な排出削減策を講じることが、日本そして世界全体のカーボンニュートラルへの近道であり、そうした戦略を考えていく必要がある。
- ・気候危機が叫ばれ脱炭素、持続可能な社会づくりが課題となっているときに、樹木を伐採し巨大なビルを林立させる再開発が進められている。

(脱炭素化とエネルギー)

- ・世界のエネルギー供給の8割は依然としてCO₂を排出する化石燃料に依存しており、化石燃料利用をあと30年ほどで止められるかは大きな問題である。
- ・化石燃料から脱却するシステムチェンジで重要なことは、使用するエネル

ギーを最大限に少なくして高効率化を進め、再エネを使用して可能な分野での電化という流れ、つまり、エネルギー集約型の経済社会を分散型にしながら、世界、仕事、物事の決め方、人々の価値観を変えていくという経済社会の大転換を目指すことである。

- ・化石燃料を大量に使う既存インフラから、脱炭素型インフラへの転換が急務であり、また温室効果ガス排出量の半減という大変なチャレンジでは、経済を支えてきた大規模排出源を、いかにしなやかに、速やかに、痛みを伴わず、むしろ経済を育成しながら転換していくのが中核となる。
- ・火力発電の脱炭素化に向けて、バイオマス燃料の国産化、国産CCS等の手段を今後より一層広げていくべきである。
- ・2050年カーボンニュートラルの実現には、省エネの取組と再エネの利活用の徹底的な追求による化石燃料への依存度の低減が不可欠で、日本のエネルギー最終消費の7割を占める熱需要の脱炭素化が重要である。
- ・カーボンニュートラル達成に向けて省エネへの取組が重要だが、既に相当徹底している日本企業、特にエネルギー多消費産業ではかなり困難であり、もう少し社会全体でエネルギーや産業の構造を変えていく手段、例えばシェアリングエコノミーやサーキュラーエコノミー等の実現の追求が重要である。
- ・グリーンエネルギー拡大のためには、脱炭素の価値を織り込んだ商品・サービスとはどういったもので、その普及にはどういった価値創造、マーケティング等の手段が必要かなどを考える必要があつて、そのための消費者の行動変容や価値変容を起こさせることが大事である。
- ・グリーン分野に大きなビジネスが生まれていくときに、日本が途上国をどういった技術で支援していくのが重要である。
- ・日本はアジアの先進国として、特にCO₂排出量の多いアジアの国々と連携することは非常に重要な国際的役割である。

(カーボンプライシング)

- ・カーボンニュートラルへの国際的な流れの中で、日本製品の優位性が適正に

評価されるためにも、各製品に起因するCO₂排出量をカーボンフットプリントで可視化し、低炭素製品が選ばれるようにすることが重要で、そのためにはサプライチェーン全体のCO₂排出量を見積もるための信頼できるデータベースが必要である。

- ・カーボンプライシングは、算定ルールを国際的に標準化し遵守させた上で実施していかなければ、真面目に取り組む日本だけが損をする可能性がある。
- ・合理的なカーボンフットプリント算定方法の国際ルール化等によって、国際的にフェアな課金を実現していくことは理想で極めてハードルが高い。
- ・カーボンプライシングは低炭素製品への転換促進に有効な方法だが、海外から日本にCO₂排出量が多い安価な商品が入ってきては意味がない。
- ・脱炭素化に向けて、カーボンプライシングを用いて、環境に悪いことをするとコストが掛かる、良いことをするとコストが掛からないという経済的な仕組みで誘導していくことが重要である。

【人材育成】

- ・人口減少の中、いかにエネルギーデバイス開発に関与する人材を育成するが大変重要である。
- ・博士課程はその研究自体も大事だが、研究過程を通じて新たなことを生み出す資質が備わる。こうした者を育成していかなければ、日本にイノベーションは起こらない。
- ・学生もある程度様々なプロジェクトに関与する、産学協同であれば産学連携の下、そこに寄与しながら大学の研究と産業の研究との両方を見る、経験することが非常に有意義である。
- ・博士は、自分で考える時間を3年間持つ点が非常に有意義で、自分で考えて、自分でテーマを設定し、自分で課題を解決する、その訓練の期間と思うが、博士課程に進むとなれば経済的な問題等様々あり、博士課程の制度そのものを考える時期にあるのかもしれない。

