

令和3年6月

原子力等エネルギー・資源に関する調査報告
(中間報告)

参議院資源エネルギーに関する調査会

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) 地域偏在など資源を巡る国際動向（令和3年2月10日）	
	意見の概要	
	東京大学大学院工学系研究科教授 縄田 和満 参考人	3
	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 持続可能社会部長・上席主任研究員 清水孝太郎 参考人	6
	三菱商事株式会社常務執行役員天然ガスグループCEO 西澤 淳 参考人	10
	主な議論	16
	(2) 資源開発の新たな可能性（令和3年2月24日）	
	意見の概要	
	東京大学名誉教授 山富 二郎 参考人	36
	早稲田大学理工学術院教授 所 千晴 参考人	41
	東京大学副学長・生産技術研究所教授 岡部 徹 参考人	46
	主な議論	51

(3) コロナ後及びカーボンニュートラルに向けての新しいエネルギー政策
(令和3年4月21日)

意見の概要

京都大学名誉教授

公益財団法人地球環境戦略研究機関シニアフェロー

松下 和夫 参考人 …… 68

東京大学公共政策大学院特任教授

有馬 純 参考人 …… 73

東北大学東北アジア研究センター・同大学院環境科学研究科教授

明日香壽川 参考人 …… 79

主な議論 …… 85

2 政府に対する質疑 …… 107

3 委員間の意見交換 …… 124

第3 主要論点別の整理 …… 134

鉱物資源の安定供給等 …… 134

気候変動とカーボンニュートラル …… 140

第1 調査の経過

参議院資源エネルギーに関する調査会は、原子力等エネルギー・資源に関し、長期的かつ総合的な調査を行うため、第200回国会（臨時会）の令和元年10月4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、理事懇談会等における協議を経て、「資源エネルギーの安定供給」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「エネルギーの安定供給」を調査項目として取り上げて調査を行い、令和2年6月10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「資源の安定供給等」を調査項目として取り上げて調査を行うこととした。

第204回国会（常会）においては、令和3年2月10日、地域偏在など資源を巡る国際動向について、参考人東京大学大学院工学系研究科教授縄田和満君、三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社持続可能社会部長・上席主任研究員清水孝太郎君及び三菱商事株式会社常務執行役員天然ガスグループCEO西澤淳君から、2月24日、資源開発の新たな可能性について、参考人東京大学名誉教授山富二郎君、早稲田大学理工学術院教授所千晴君及び東京大学副学長・生産技術研究所教授岡部徹君から、4月21日、コロナ後及びカーボンニュートラルに向けた新しいエネルギー政策について、参考人京都大学名誉教授・公益財団法人地球環境戦略研究機関シニアフェロー松下和夫君、東京大学公共政策大学院特任教授有馬純君及び東北大学東北アジア研究センター・同大学院環境科学研究科教授明日香壽川君から意見を聴いた後、各参考人に対し質疑を行った。

次いで令和3年5月12日、これまでの参考人からの意見聴取等を踏まえ、レアメタルを始めとする鉱物資源をめぐる国際情勢、鉱物資源に関する日本の安全保障、新型感染症の感染拡大を起因とするエネルギー情勢の変化、カーボンニュートラル実現に向けた施策等について、江島経済産業副大臣及び笹川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、国際動向を踏まえた資源の安定供給確保は上流から下流まで抜かりのない政策手段を組み合わせた戦略的取組による必要性、日本の国力維持・向上及びカーボンニュートラル実現のため原子力の最大限の活用の方針転換する必要性、鉱物資源の適切かつ安定的な調達のため資源調達先の多角化と資源自給率の向上に直結する資源リサイクルの必要性、商業ベースに乗るような資源回収・リサイクルシステムの早期確立の必要性、カーボンニュートラルに向けた電源構成において再エネ割合増加に伴う電気料金の負担増に係る国民参加の対話型議論の必要性、資源産出国の環境や人権への配慮のための国際ルール策定に日本が主導的役割を果たす必要性、カーボンニュートラルは原発ゼロと省エネ推進及び再エネの飛躍的普及で実現する必要性等について意見が述べられ、これらを受けて主要論点別の整理を行った。

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) 地域偏在など資源を巡る国際動向（令和3年2月10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)

東京大学大学院工学系研究科教授 縄田 和満 参考人

本日は、私が30年ほど取り組んでいる、レアメタルを中心とする鉱物資源の安定供給に関して意見を述べる。

まず現状について簡単に報告すると、資源・エネルギーに関する政策として「新国際資源戦略」が新たに策定され、実行主体である独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）に係る法改正が行われている。レアメタルに関しては、更なる需要拡大が予想される。また、中国による寡占が進んでおり、輸出禁止という事件が実際に起きている。

レアメタルには特に地域偏在性が強いものが存在する。二次電池等で非常に重要なコバルトは、全世界で十数万tしか使われていないが、その半数は、政情が不安定で、人権問題等で騒がれているコンゴ民主共和国に依存している現状がある。また、レアアースの製錬等では圧倒的に中国の割合が大きい。レアアースを含むレアメタルは数十種類あり、全世界における使用量は、多いもので二百数十万t、少ないもので数十tであるが、正に産業のビタミンとなっており、これらがないと多種多様な製品が作れない。

鉱物資源は価格変動が非常に激しい。最近、コロナ危機で大きく落ち込んだが、特に中国の需要復活に伴って上昇している。事情次第で価格が2倍、3倍、物によっては10倍になることもある。加えて、ロンドン金属取引所（LME）等のきちんとした市場が存在するベースメタルとは異なり、レアメタルの価格は、メタルブリテン社やメタルズウイーク社等からの聞き取りによって決まるような

実態がある。つまり、市場がまだないかあるいは未成熟という事情があるため、価格も非常に上下することになる。金属鉱物資源に関する新型コロナウイルス感染拡大のこれまでの影響は、ベースメタルについては大きな障害が予想されており、レアメタルについては現状では比較的需要が緩んでいるが、何が起こるか分からない。リチウム、ニッケル、コバルト等については、先述のように、資源国の偏りだけでなく、製錬も中国に偏っているという現状がある。一国の政策、さらには資源国等で内乱等が発生した場合、世界中の供給に大きな影響が出ることになる。

また、現在、米国と中国の関係が問題になっているが、将来、それがかなり影響していく可能性があることを指摘しておく。中国では、一斉に規制を緩めたことで生産過剰になっており、再び国家管理に戻そうとしている。

さらに、今後はレアメタルのリサイクルの取組も必要である。ただし、技術的には鉱石を取り出すのと同じであるため、製錬所がないと日本でリサイクルができないこととなるが、レアメタルを含む製品を他国で製錬するのでは、安全保障・安定供給の上で、ほとんど役に立たない。

次に、国際エネルギー機関（I E A）の報告書「Global EV Outlook 2018」では、今後レアメタルの需要が大きく伸びると予想されている。同報告書によると、2017年には100万台以上の電気自動車（E V）の新車が発売され、その半分以上は中国におけるものであったが、路上で使用されているE Vは300万台を超えて、2016年より50%増加したとのことである。電池の価格は低下傾向にある。また同報告書では2017年当時におけるE V等の増加予測を行っているが、その後のカーボンフリーやカーボンニュートラルに向けた動向や、日本を含む世界各国がE Vやプラグインハイブリッドカー（P H V）への転換を始めたことにより、恐らくE V等の増加はこの予測よりもずっと多いと予想される。つまり、レアメタルや必要な金属類を確保できず、カーボンニュートラルの実現のためのE Vをそもそも造ることができなくなるという問題が世界中で起こることが予想される。

では、具体的にどの程度必要かに関して、代表的なベースメタルである銅の需

要について予測した研究を用いて説明したい。

内燃機関を用いる普通の自動車における銅の平均的な使用量は23kg、ハイブリッドカー（HV）で40kg、PHVで60kg、EVで83kgである。現在主に販売されている普通のガソリン自動車がEV等に換わると、銅の使用量は4倍になる。また、銅のようなベースメタルで比較的自由に取引されているものでも、世界全体の使用量は2008年の1,811万tから2017年の2,346万tに増加した。

そして、ここからは私の予想だが、これまでどおり自動車等についての構造変化がないと仮定したとしても、各国の経済成長により、2030年の銅需要は10%ほど増加する。問題は、EV等の導入でどれほど増えるかである。この研究は2019年4月に実施したもので、現在の想定より一桁少ない予想となっているが、それによって銅のようなものでも5%程度増加すると考えられる。更に言えば、コバルトのような世界で十数万tしかないものが、EVのために世界中で使われるようになると、よほどの新技術が出てこない限り、桁が違うぐらい足りなくなることになる。

また私は2008年の秋頃に執筆した論文において、中国がレアメタルの供給を政治のカードとして切ってくることを論理的に説明し、その経済的影響を調べた。当時、日本のレアアースの中国依存度は既に100%近くになっていた。レアアースは金属的にはそれほどレアではないが、中国の廉売によって他国の鉱山が潰れたために中国が独占するに至ったという歴史がある。今後再び中国以外で探鉱を始めても同じようなことが起きる可能性がある。また、中国以外での探鉱も必要だが、製錬技術を中国が押さえている限り状況は変わらず、そこがネックになってしまうことがある。これに関連して、世界貿易機関（WTO）の紛争解決制度は、これまで輸入規制を主に扱ってきたが、中国の輸出規制に関して世界各国からWTO協定違反ではないかとの議論があり、2009年に訴訟になって上級委員会で審理され、最終的に訴えた側が勝訴した。さらに、レアアースに関する輸出規制に関し日本が2012年に初めてWTOで中国を訴えた訴訟があるが、こちらも中国の規制がWTO協定違反と判断された。

レアメタル等を中心とした資源の安定確保に関する指針としては、まず上流権

益の確保がある。当然それとペアになるのが資源国との友好関係・互恵関係である。また、資源輸出に関するWTO等による国際的な枠組みの導入や技術開発が必要になる。レアメタルは副産物として回収されることが多く、その経済的な回収のための技術を確立していかなければいけない。これは、裏を返せばリサイクルということになる。さらに、価格決定メカニズムを含めた市場環境の整備、最後に備蓄ということになる。

国際的な枠組みについて簡単に説明すると、今までは関税及び貿易に関する一般協定（GATT）第20条g号の天然資源に関する保存が問題となっていたが、昨今の状況からすると、資源国が、軍備に使われる可能性があるとして、同第21条の安全保障例外を持ち出してくるおそれがある。現在、民生品と軍事品の境がほとんどなくなっているので、この安全保障例外を持ち出された場合にどうするかについて、日本がそれなりに国際的発言力を持つため、事前に対策を取っておくべきである。

これに関連して、当然ながら、日本の唯一かつ最大の資源である人材の育成が必要になり、特に私のような大学人にとっては重要になる。今までは人材というどうしても技術部門が多かったが、国際交渉での枠組みづくり等に積極的に参加できる人材が必要である。

最後に、レアメタルの備蓄に関しては、私も委員を務める総合資源エネルギー調査会の資源・燃料分科会で見直しを行っている。

三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社

持続可能社会部長・上席主任研究員 清水 孝太郎 参考人

国際希土類工業協会のメンバーであり、国際標準化機構（ISO）の循環型経済とレアアースの二つの専門委員会委員を務めている経験を踏まえ、レアメタルを事例にして説明する。

レアメタルは少量ながらも様々な用途に使われており、それがなければ製品として完成しないというものであり、産業のビタミンとも呼ばれている。レアメタルは和製英語だが、次第に外国でも使われるようになってきている。レアという

言葉の意味どおり、地球上の存在比で見るといずれも極めて少量しかない。

ただ、レアアースは科学的にはそこまでレアではない。その元素の存在比を見ると、亜鉛やコバルト等と希少性はそれほど変わらず、レアアースより希少性が高い元素は多くある。レアアースは、その名が与える印象とは異なり、実は地球上に大量に存在する。レアアースの供給量が限られている理由は、副産物として排出されるトリウム等の放射性物質の処理が大変なため、採掘が難しいことにある。

日本は資源の大半を海外からの輸入に依存しており、資源の重要度を評価するクリティカリティ評価を行っている。同様の評価は欧米でも行われている。グラフの縦軸に供給リスク、横軸に産業上の重要度、つまり供給が途絶えた場合の日本経済に与えるダメージ（脆弱性）を取り、グラフの右上にあるものがより重要度が高く日本経済にとってインパクトが大きく大事なものであることを示している。より実態に即した新評価方式での結果を見ると、自動車産業の切削加工に不可欠なタングステン、光ファイバーや半導体に不可欠なゲルマニウム、そして自動車の排ガス触媒に用いられる白金が右上に並ぶ。

このグラフの原点からの距離をクリティカリティ強度として順番に並べると、一見カントリーリスクが余りない印象のアルミニウムは、自動車や様々な日用品に使用されており、重要度は大変高い。そのほか、白金、飛行機の方法等に用いられるチタンといったクリティカリティ強度が高いものが見えてくるが、従来のクリティカリティ強度の観点には入っていないもので、最近盛んに言われているものに、安全保障がある。

特に米国地質調査所（USGS）では、中国やロシア等を意識した非連携国に依存する資源の割合を25%まで下げるという具体的な目標を掲げている。また日本でも、防衛白書において、中国、ロシア、北朝鮮、イランを脅威であるとする表記もある。脅威国であるこの4か国からの調達が25%以上を占めるのを見ると、アルミニウムはロシア等からの輸入が多く、マグネシウム、タングステンは中国に依存、またリチウムイオン二次電池の一部の材料やフライパンのテフロン加工の材料に使われるフッ素も中国依存である。さらに、触媒となるバナジウ

ム、自動車の排ガス浄化触媒となるパラジウムがあり、これらは環境規制を満たすために不可欠で、少量ながらも重要性が高い資源である。これを安全保障の観点から分類したのを見ると、脅威国からの輸入割合が多くて安全国からの輸入が少ない、つまり脅威国以外に頼る先がない資源に注意する必要があることが分かるが、いずれも中国に依存していることが特徴的である。代表的なものが、レアアース、タングステン、フッ素、難燃補助剤としても使われるアンチモンである。またロシア依存が高いものにパラジウムがある。以上のものが非常に重要度が高い資源である。反対に、関係国と連携しながら今後も安定的に供給確保できると見られる資源もあり、銅等のベースメタルに比較的多い。

日本の鉱物資源の輸入シェアを見ると、多くの資源、特にレアメタルについて、脅威国とされる中国に依存していることが分かる。逆に安全国からの輸入は特定の資源に限られている。

輸入依存度が高いならば、違う国に振り替えればよいという考えもあろうが、日本にとって新しい購買先になり得る国を含めて考えても、やはり中国に依存している元素が依然として多く、特にレアメタルでは多いことが分かる。そうであるならば、新しい鉱床を開発すればよいのではないかという考えで、まさにJOGMECや資源エネルギー庁が海外での権益獲得のために取り組んでいる。埋蔵量の分布を見ると、安全国でも脅威国でもない国が少し増えてはいるものの、幾つかの元素は依然として脅威国に集中している。このため、抜本的な対策を取らない限り、常に安全保障上のリスクを抱え続けることになる。

このようにいずれの元素も中国との関係が大変深いのが、特にレアアースについては、中国は鄧小平の頃から「中東に石油あり、中国にレアアースあり」として寡占・独占を進め、中国の強みを出す産業構造に変えていく政策を長年行ってきた。尖閣諸島中国漁船衝突事件の後に中国政府が実施したレアアースの輸出規制も、中国の一連の戦略、政策方針の延長線上にあった。

レアアースに係る自由貿易をゆがめるような中国の行いに関しては、WTOにおける訴訟を経て改善された。しかしその裁定が出た頃に、中国からISOの中でレアアースに関する国際ルールを作っていこうという提案が出された。このよ

うに、中国は市場ルールの中で影響力を高めようとしていると思われる戦略を新たに打ち出してきている。この国際標準化を含め、鉱物資源を取り巻く各国の動向を見ても、資源、循環経済、環境規制の話等様々なものが交ざり、正体が分からないところがある。私の経験からは、輸出管理の強化、サプライチェーン再構築、国際標準化の三つの観点が、大事なポイントになると思われる。このサプライチェーン再構築とは、自分の経済圏内で雇用を増やす、技術力を高めて競争力を高めるなどをいい、輸出管理強化とは異なる意味合いである。

鉱物資源分野で大きな鍵となるのは、中国、日本、欧州、米国、豪州、カナダの6か国である。まだ中国が経済的に発展しておらず日本への輸出を重視していた頃は日中レアアース交流会議があったが、それも途絶え、今は日米欧三極クリティカルマテリアル会合という政府間の議論の場がある。

ここからは視点を変えて、資源の安定供給（利用）に向けてという観点を紹介する。今回のコロナ禍による影響、また、より少ない資源で豊かな生活を送ろうとする循環経済という考え方が出てきているが、これまでとは必要となる資源の種類・量が変わってくる。今後生まれてくるこれまでとは異なる傾向の資源需要に注目しなければならないという意味で、循環経済の動きを紹介したい。

我々人類は今まで、資源を大量消費することで利益を生み出し、国全体では国内総生産（GDP）の拡大に結び付けてきた。しかし、そのままでは次々と資源を消費し続けなければGDPが上がらない、豊かにならないということになる。そこで国連環境計画（UNEP）は、経済発展と資源消費を切り離すデカップリングによって循環経済社会に変えようとしている。ISOでも循環経済の国際ルールが議論されており、資源の消費量や採掘量を減らしながら、企業の利益、国のGDPを上げていこうという取組が重視されている。

従来のビジネスと循環経済型ビジネスの相違は、前者は一株式会社の中で利益をいかに最大化するかという観点に立つもので、後者は、サプライチェーン横断的に、資本横断的に物をうまく回しながら、すなわち、物が工場から出荷された後も効率よく使われるような仕組みを作りながら、かつユーザーの満足度が高くなるなど付加価値の拡大を促すものと言われている。

特にアフターコロナは循環経済型ビジネスの契機となる。社会では確実に消費が分散化し、集まった消費活動から、自宅や、都会以外での消費が増えてくると思われる。製造業においても、限界はあっても分散化は進んでいく。その結果、必要とされる資源の量・種類が従来どおりではなくなってくる可能性がある。この変化に対応するのが循環経済型ビジネスであると考えている。

このように、生産、消費の分散化が進む社会にも対応できるビジネス形態に変化する必要がある、それに伴い必要となる資源も変わるものと予想される。これらの変化に対して鍵となるのは、物理的に離れているような人々、会社をつなぐIoTと考える。

資源のない日本にとって、資源の安定供給は大変重要な課題であるが、それだけを追いかけていたのでは、製造業等は産業の変化に対応できない。コロナ禍を一つのきっかけとした産業の変化に応じて、資源の調達というものを改めて考え直す必要がある。

三菱商事株式会社常務執行役員天然ガスグループCEO 西澤 淳 参考人

総合商社における天然ガス、液化天然ガス（LNG）事業の責任者という立場から、カーボンニュートラルの実現に向けた天然ガスの役割について述べる。

前半はグローバルなエネルギー消費の概観を整理し、後半は持続可能な開発目標（SDGs）の17の目標のうち、エネルギーと特に関係が深い貧困、健康、環境という三つのテーマの解決に向けて天然ガスが果たすべき役割や政策支援について述べる。なお、天然ガスも化石燃料であるにもかかわらず、その利用を継続させて利益を得ようとしているのではないかとの批判が一般の方から出されることが最も困ることである。我々としては、エネルギー消費の現実やテクノロジーの進化のスピード等を見極めながら、できる限り迅速にカーボンニュートラルを実現することが重要と考える。同時に、いかにコストを現実的に下げながら目標達成を着実に進めるか、地に足が着いた議論が必要と考える。

世界の一次エネルギーの供給量は、原油換算で日量3億バレルである。バレルという単位は約1590のたるを指す。これは昔、たるで原油を運んでいたことに由

来する。すなわち世界では毎日3億個の原油のたるに相当する一次エネルギーを消費していることになる。その内訳は、石油が全体の3分の1の1億バレル、石炭が4分の1の7,000万バレル、天然ガスが5分の1の6,000万バレルであり、以上の化石燃料が現在も8割を占めている。

バイオマスは8%であるが、この中には薪や牛糞等の原始的な燃料が含まれる。途上国ではいまだにこうした燃料が生活の中で利用されており、深刻な健康被害を引き起こしている。これを入れれば、世界の一次エネルギー消費量の9割近くが、燃やすとCO₂が排出される燃料によるものである。

再エネは過去20年間で約4兆ドルの投資が行われたが、いまだに一次エネルギー供給量の3%に過ぎない。コスト削減が日進月歩で進んでおり、今後大きな伸びが期待されるが、それには莫大な投資が必要となる。また再エネが伸びるほど自然頼みであるがゆえの間欠性という弱点が露呈し、これを補うための蓄電池の技術開発に莫大な投資が必要となる。

世界第5位のエネルギー消費国である日本の消費は日量約800万バレル、世界の3%弱である。再エネが大分増えてきたとはいえ、化石燃料の割合は84%と、世界と同等かそれ以上である。人類は一日に3億個のたる分のエネルギーを消費しており、その約9割が化石燃料等のCO₂を排出するエネルギー源である。カーボンニュートラルの実現は、人類がいまだに挑戦したことのない壮大なプロジェクトであり、そうであるからこそ、この達成に向けてしっかりと道筋を持たなければいけないと考える。

今後の一次エネルギー需要はアジアで大きく伸びる見通しである。アジアの経済成長なくして日本も世界も成長はないと言っても過言ではない。アジアの経済成長を支えるエネルギーをいかに確保し、同時にカーボンニュートラルに向けた歩みを着実に促すことができるかが問題だと考える。

IEAによる、今後10年間の一次エネルギー需要増減見通しに関する資料を見ると、日本と欧州は省エネの効果もあり、エネルギー消費自体の減少が見て取れる。また化石燃料消費も石炭を中心に減少する。

一方、中国、インド、その他アジア諸国については、石油と石炭は中国で横ば

いか微減だが、インドやその他アジア諸国では大きく伸びると予想される。再エネ等も拡大するが、経済性、技術、インフラ等の点で克服すべき課題は多く、今後も石炭、石油、天然ガスに依拠せざるを得ない実情が見て取れる。

世界の一次エネルギー供給の5分の1を占める天然ガスについて、より詳しく述べる。気体である天然ガスをマイナス162℃にすると、液体であるLNGになり、体積が600分の1になる。これを特殊な設備の船で輸送し、再度気化して導管で流して使っているのが日本の天然ガスである。世界の天然ガス需要は29億tで、そのうちLNGは12%の3.6億tに過ぎない。大分成長してきたが、市場としてはまだ小さい。日本は公害対策を主な背景として1969年にアラスカから輸入して以来50年以上がたち、現在は世界最大の輸入大国である。ただし中国やインド等のアジア諸国が今後大きく輸入を拡大していくため、恐らく1、2年以内に中国の輸入量が日本を抜くと思われる。

世界のLNG市場は、今後10年で現在の約3.6億tから約5.5億tへ、2億t成長すると想定されている。その7割を中国、インド、パキスタン、バングラデシュあるいは東南アジア等、特に中国とインドが牽引する。新型コロナウイルス感染拡大の状況下でもこの両国のLNG需要が大幅に伸びた結果、2020年の世界のLNG需要はプラス成長を維持した。

以上が、世界の一次エネルギーの概観と天然ガス、LNGの見通しである。

本日私が述べたいことは、世界のエネルギー需要が大きく伸び、化石燃料も伸び、特にアジアでは石油や石炭の需要も相変わらず伸びることが想定される中で、持続的な経済成長を支えるエネルギーであるLNGの先進国である日本が、今後いかなる役割を果たし得るかということである。

天然ガスの供給促進は、SDGsの17の目標のうち、貧困、健康、環境という三つのテーマと深く関わりがあると考ええる。

まず貧困問題は、SDGsの冒頭に掲げられたテーマである。貧困撲滅のための解は経済成長であり、それを支えるためにはエネルギーが必要である。そしてそのエネルギーは合理的な価格であることかつ信頼できることが重要である。この二つの要件を満たすエネルギーは何か。安価で豊富に存在するとされる石炭や

石油との競合が重要であり、発電においても、自動車の燃料、家庭や工場の熱需要を満たす意味でも、天然ガスが最も有効な代替エネルギーだと考える。天然ガスの輸入インフラが不足するアジア諸国では石炭に優位性があるように考えられているが、天然ガスは石炭に十分競合し得る発電燃料である。また、アジアでガソリンやディーゼルの需要が今後大きく伸びていくが、これに代わるクリーンで安価な自動車用燃料としても、天然ガスが急成長している。さらに供給の信頼性を示す資料によると、日本が輸入するLNGの供給国は石油に比べて地域性に富み、また天然ガスは世界中に広く大量に分布している。

二つ目の健康というテーマについては、途上国では硫黄酸化物（SO_x）や窒素酸化物（NO_x）の排出が多い。石炭や石油に加え、牛糞や薪等の原始的な燃料がいまだに大量に使われており、呼吸器系の疾患による犠牲者が毎年500万～600万人とも言われている。大気汚染のランキング上位は全てアジアの都市である。これらの都市や国々に、日本が1960年代以降に導入したLNGを導入していくことが最も有効な解決手段であり、喫緊の課題であると考えている。一足飛びに再エネを導入するという考え方もあるが、大規模で安定的な電力供給システムがなければ経済発展や安定した生活への道のりは険しいと言わざるを得ない。

最後に環境問題、カーボンニュートラルの話である。CO₂排出量を比較すると、天然ガスが、SO_x、NO_xのみならずCO₂排出の面でも石炭や石油に比べて非常に有効であることが一目瞭然である。最新鋭の天然ガス火力発電は最新鋭の石炭火力発電と比べても大幅にCO₂排出量が減少し、半分以下とも言える。

また重要な点として、再エネには間欠性の問題があり、太陽光発電や風力発電等の再エネの利用促進と天然ガス火力発電は不可分である。コストの問題を度外視したとしても、自然を相手にする太陽光発電や風力発電を電力供給の主軸に据えることはできない。蓄電池での補完が理想だが、蓄電池の技術は発展途上であり、コストも含めて、未知のものに依拠するだけではエネルギーの安定供給、再エネの普及はままならない。したがって、現実には緊急時の調整電源としての即応性も含め、天然ガス火力発電を主軸の一角として堅持あるいは拡大することが

必要不可欠である。

再エネと蓄電池だけで、あるいは巷で言われている再エネ電源を利用したグリーン水素だけで、カーボンニュートラル等のSDGsを達成することは極めて難しく、橋渡し役として現実的かつ最適な解を模索することが必要になる。2050年のカーボンニュートラル実現に向けては、再エネ拡大に努力を傾注する一方で、天然ガスを活用した現実的な手法を進めるべきと考える。

一つ目は、石炭や石油の消費をできるだけ天然ガスに置き換えていく努力をすることである。

二つ目は、天然ガスやLNGのカーボンニュートラル化を図ることである。天然ガスやLNGの生産と消費の過程で生じるCO₂を地下貯留するCCS、森林再生等で吸収する植生手法、カーボンリサイクリングで得られるクレジットと相殺し、LNG、天然ガスのカーボンニュートラル化を進めるということである。

三つ目は、火力発電のゼロエミッション化である。旧型の石炭火力発電を廃止する方向は当然として、その上で、今後操業を継続する高効率の石炭火力発電に天然ガスから生産されるブルーアンモニアを、あるいは天然ガス火力発電に天然ガスから生産されるブルー水素を、それぞれ混焼して、火力発電のカーボンニュートラル化、ゼロエミ化を図っていくということである。化石燃料のカーボンニュートラル化で重要となるのは、二酸化炭素回収・利用（CCU）と二国間クレジット制度（JCM）である。海外の天然ガス生産地でLNGやブルー水素、ブルーアンモニアを製造する過程で生じるCO₂を、CCSにて永久的に地下貯留する。このCCSに関し、様々な実証実験が行われているが、その適地は日本には極めて乏しい一方、海外には多く存在する。したがって、日本としてCCS適地を海外に確保することが、新たな資源戦略として必要になってくる。具体的な適地は、地層的・政治的な安定性を考慮すると、豪州、米国、カナダ、中東といった地域が考えられる。

加えて、日本の火力発電所から排出されるCO₂を相殺することが必要となる。例えば、森林再生等でCO₂を吸収する植生CCS分のクレジットがある。また当社でも投資を行っている、コンクリートにCO₂を封じ込める技術による

クレジットもある。こうしたクレジットと日本で排出されるCO₂を相殺する手法が大事になり、その際必要なのが、JCMである。これはパリ協定の中で既に強く認識されており、次回の国連気候変動枠組条約第26回締約国会議（COP26）でより具体的な話が行われると理解している。JCMメカニズムを日本として十分確保していくことが現実的な手法として求められる。

昨今の新型コロナウイルス感染拡大や油ガス価格下落の影響もあるが、カーボンニュートラルに向けて化石燃料への風当たりが強まってきている中で、2020年に国際石油資本等が軒並み石油やガス開発への投資を大幅に削減し、場合によっては削減を継続するということが起きている。探鉱活動は前年比33%、資源発見量は93%、LNGプロジェクトの投資決定は94%、それぞれ減少している。こうした状況が続くと、石油同様、特に天然ガス、LNGの生産が将来的に危ぶまれる。需給がかなり逼迫して価格の大幅上昇というリスクを招きかねない。その意味でも、政策的により強く資源開発を推進していくことが求められている。

以上をまとめると、2050年までのカーボンニュートラル達成は、人類共通の重要な政策目標であり、必達である。一方、3億バレル近い一次エネルギー需要の全てを再エネと蓄電池、あるいは再エネ由来のグリーン水素等で賄うのは非現実的である。技術は開発途上であり、コストが莫大なものになることに加え、それだけに頼ろうとすると時間が足りないことは自明である。目標達成のための現実的な方法とプロセスについて議論、検証し、理解を広めることが、今行うべき重要なことである。そこでの天然ガスの役割は極めて大きい。まずは特にアジアの経済発展を担う途上国で石炭や石油の消費を減らし、SO_x、NO_x、CO₂の排出がはるかに少ない天然ガス、LNGへの転換を進めるとともに、既存の石炭や天然ガス火力発電施設の低炭素化、脱炭素化を進めて最大限有効活用することで、無駄な投資を減らし、目標達成を早め、コストを削減することが可能になる。

こうした構想を支える天然ガス開発のために、LNGの投資決定を増やしていかなければならない。急速に需給が逆転した場合、石油やガスの価格高騰を招き、これに伴い更に石炭に傾斜する国が現れてくる。そうならないように、総合

的に資源開発の政策的な支援を行う必要がある。

最後に、日本を含めたアジアの事情は、欧州等とは異なる。諸条件に恵まれた欧州とは異なるアジアの現実を踏まえて対応していかなければならない。アジア諸国が一つとなって国際社会に訴求していくことが極めて重要と考える。

(主な議論)

【資源安全保障】

問 日本は金属鉱物の産出がゼロに近く、輸入に頼らざるを得ない。特に、主な産出国で輸入元である中国が、国として資源の管理や備蓄を行う中で、日本の安定的な資源調達の方途が課題となっている。

政府は鉱物資源の供給源の多角化、中国以外からの資源調達も考えていると報じられているが、安定調達のためにどのような取組をすべきか伺う。

答 中国との取引は政策的、政治的な影響を受けるので、その他の国で権益を得るのが一番安定する。それには上流部門への参入が必要となるため、国やJOGMEC等による直接的な関与も考えられるが、情報開示が取り分け重要となる。

鉱物の世界は山師の世界と言われ、大企業でもだまされた例が多数ある。そこで、民間企業では困難な当該地域における資源開発の可能性に関する情報開示を国やJOGMECがしっかりと行う必要がある。これがきちんに行われていれば、投資しようというファンドや企業等が現れると思われるため、国が最も力を入れるべき部分と考える。

答 鉱物資源の供給源に関して中国以外での多角化を進める場合の課題として、中国依存が大きいレアアースを例にすれば、コストの問題がある。

価格競争力を是正するとの観点からは、中国が、本来負担すべき放射性物質の処理コストを含む環境保全コストを負担するようになっていく、又は可視化するようにしていくことが大事になる。

また、レアメタルの採算性を上げるには、採掘に伴う副産物全部を売却してコストになる部分を減らす必要があるため、副産物全般にわたる需要を確保す

る新たな市場を作ることも大事な要素である。

HV等には、レアアース17元素のうち磁石の原料となるネオジムや耐熱性を高めるためのジスプロシウムが使われるが、鉱山開発のコストを賄うにはこれら以外のレアアースも売り切る必要があるため、需要の確保が大事である。

問 鉱物資源の上流権益の確保について、ベースメタルは投資して回収するというビジネスモデルがある程度確立されていると思うが、レアアース等レアメタルはどういう商流になっているのか。また、権益確保のために国としてどういうサポートができるのか伺う。

答 レアメタルの多く、物によってはそのほとんどが副産物として産出されることが非常に困った点である。そうすると、その副産物が資源として回収されるのか、それとも石にすぎないとして回収されないかは経済性で決まることになる。そのため、副産物に着目した投資や技術開発が必要になるが、余り注目されてこなかった。現在は副産物として採算に合わなくても、投資なり技術開発なりをしておいて、必要が生じた場合に新規参入できる体制を整えることがレアメタル等の上流権益の確保では重要である。

問 レアメタルのクリティカリティ評価は、多種多様なレアメタルについて、各々の重要性を考慮して戦略的に取り組まなければならないとのことだが、最近の状況変化も踏まえて、特に重点的に取り組むべきもの及びその内容を伺う。

答 レアメタルには数多くの種類があり、その確保の方法には上流権益確保、国際協調、技術開発等があるが、最も簡便な方法は備蓄である。30年ほど備蓄制度に携わってきた立場から見ると、備蓄の現状と望ましい姿とでは相当ずれが生じているため、臨機応変に変えていく必要がある。従来はJOGMECを中心に進めてきたが、今後は国が中心となり積極的に関与していくことになる。

鉱種に着目すると、ジスプロシウムを中心とする重希土類は中国以外の生産地が余りない。ベトナム等でも調査を行っているが、放射性物質の問題があって開発が進んでいないのが現状である。

また、航空機や合金の需要が減少しているため余り問題視されていないが、

二次電池に使用されるコバルトも、画期的な技術革新が生じてそれが不要となるようなことが起きない限り、重点的な対応が必要である。資源の安定供給の観点からは、日本の産業が現在の技術で成り立つようにするには、重希土類及びコバルトが重要と考える。

問 レアアースについて、資源そのものの枯渇、あるいはコストとの関係からの枯渇を現時点で想定する必要性について伺う。

答 レアアースは地質学的には豊富に存在するが、政治的な問題や規制の問題、鉄道や道路がないために生じるコストや投資回収の観点から、現実的な鉱山は少ない。また、技術的に開発可能なレアアース鉱山は実は多くあるが、世界のレアアース需要がパナマックスタンカー（パナマ運河を航行できる最大のタンカー）2隻程度しかないため、収益を回収できる市場がなかなかない。二つも三つも鉱山を開発することは、現実的には経済的に困難と認識している。

問 レアアース開発の限界は鉱床以外の要因によるとのことであれば、世界のレアアース供給の9割を占める中国の優位性は、具体的にどこにあるのか伺う。

答 レアアースは17元素の総称であり、業界では牛の一頭買いに例えることも多い。例えば牛を一頭買ってサーロインの部分だけ欲しいとなると、残りは無駄なコストになるため、満遍なく17元素を使い切る必要がある。その需要を確立し、投資に見合う収益を上げることが、中国以外では難しいのが現状である。中国は、世界の工場のような形で少ない需要も確保できることに加え、政府が国家備蓄の名目で余剰分を買い上げるなど、一般の市場経済国とは少し状況が違っていると認識している。

問 参考人は資料において「多少経済性が劣るとしても、中国以外の鉱山を買い支えていく必要がある」と記述している。レアアースに関し、中国が様々な意味で、寡占できる経済的あるいは市場としての特性を持つ中で、中国以外の鉱山を支えていくためには、具体的には何が課題となるか伺う。

答 昔は世界中にレアアース鉱山があったが、価格競争で中国に負けて閉山していった。その理由として、中国は、国家の介入に加えて環境面でのコストを払っていなかったことが大きい。少なくとも10年前は、他国では到底許されな

いようなひどい状況で操業し、正当な環境コストを含まない安い価格で世界市場を独占した。中国自身もそれを認識していると思われるので、環境対策を適切に講じていない鉱山からは買わないという国際的な枠組みができれば、必然的に他国の鉱山でも採算が取れるようになってくる。ただし、現状では新規開発の鉱山と既存の鉱山とでは初期投資が異なるので、新規開発で利益を出すのは難しいのが実情である。

問 レアアース等レアメタルの国際競争の激化や中国依存の過多が長らく指摘されているが、国際的な枠組みの構築はなかなか進まない。こうした中、どのような場で、またどのような国際的ルールを作っていくべきか伺う。

答 恐らく現状では日本が中国に何を言っても余り影響がないだろうが、国際的な枠組みの中で禁止事項を決めれば、かなりの足かせになる。新しい枠組みを作るのは時間も労力も掛かるので、WTOを始めとする既存の枠組みの中で、ルールを明確化する外交的努力が必要になる。さすがに国際的な枠組みが決まれば、これを破るのは国際的な非難もあるので難しいだろう。

関連して昨今の動きとして気に掛かるのが、米国等による安全保障を理由とする制限が行われる可能性である。実際、GATT第21条にはそれに類する規定がある。安全保障を理由に輸出が禁止された場合、日本の産業は困ることになるので、そうしたことを行わない、行うと損になるという認識を国際的に確立しておく必要がある。

問 中国によるレアメタルの寡占が進んでいること、価格交渉や国際的な合意形成が行われる会議の議長国に中国になっていることは、この10年、15年の大きな変化であると考えます。

一方、米国にバイデン政権が誕生したことで、米中の関係にも変化が起こることが予想されるが、参考人から話を伺ってエネルギー政策は外交そのものだと感じた。

今後、中長期的な戦略を描いて全政府を挙げて取り組んでくる中国との関係において、単に中国を牽制するのではなく、かつての日中レアアース交流会議のように、共同や協力といった体制を作るという方向性を見出すことは必要な

のか、現実的な面も含めどう考えたらよいか伺う。

答 中国との関係で特に問題になるのは、中国が資源国であるだけでなく、製錬等の技術も含めて圧倒的な存在感があるということである。

2010年の尖閣諸島沖での中国漁船衝突事件を発端として、中国は日本に対して事実上、レアアースの禁輸措置を行ったが、当時と今とでは状況がかなり変化している。以前は同水準であったGDPは、今では中国が日本の倍以上となっている。また、日本では製錬等がほとんど行われていないため、経験が重要な製錬等の技術水準も中国の方が高くなっている。加えて、既にEVの新車販売では中国が世界の過半数を占めている。すなわち中国は、自らレアメタルを使用する市場も有している。

このように資源の安全保障関係の問題はより重要性を増している。

答 中国によるレアメタルの独占を、欧州、米国、豪州の人たちはアンヘルシー（不健全）であるという言い方をしており、大変同感である。国際会議等の場では、日本だけではなく、米国、豪州、カナダといった資源国と協力して供給源の多様化を進めるべきではないかという話をしている。

一方、中国が品質、価格の点で最良のレアメタルを供給している事実には変わりはなく、その調達をゼロにする、中国との関係を全て切るとするのは非現実的である。例えば、USGSが目標に掲げているように、中国からの調達を25%未満にするなど、過度に頼ることなく、中国以外の国も選択肢として持つような付き合い方があるのではないかと考える。

問 日本は、レアアース等を始めとする資源の多くを中国からの輸入で賄ってきたため、中国のみに依存しないよう供給源の多角化を図るという話になっている。しかしながら、仮に新たな資源国が見付かって輸入先を変更したとしても、その国が中国のように経済発展もして権利も主張する、強調するという事になれば、同じ事態を招くこともあり得る。

資源が少ない先進国が、資源を求めて原産国で乱開発を行い、場合によって住民を立ち退かせ、劣悪な労働環境で酷使し、環境を汚染するなど過去繰り返されてきた。それが先進国による途上国への開発援助の実態となってきた面

が否定できない。このような歴史を繰り返さないためには何が必要か伺う。

答 先進国は、開発や投資を行うに際して、環境保全や搾取が生じないこと等まで考える必要があるということである。

また、資源国による資源管理の強化は、中国に限らず、最近ではインドネシアのニッケル鉱石輸出禁止の例があり、将来的にもこうした動きは強まる。資源国も付加価値が高いものを売りたいため、高付加価値化の技術に関する支援ができない国には資源を売らないということになることから、その意味での国際協調、技術開発が重要と考える。

答 指摘の点は資源開発の分野では大変悩ましく思われている点である。責任ある調達についてJOGMECや資源国の方と議論する機会がある。そこで言われるのは、資源国からすれば環境保全も大事ではあるが、それは自国の資源を先進国に持っていかれるだけで自国民には何もメリットがない、すなわち、産業も発展しない、人材・教育も全然高度化しないとといったことが一番足下の問題として存在するとのことである。その点、日本は、資源を買うだけ買ってお金さえ払えばいいというのではなく、外務省や国際協力機構（JICA）が現地国のキャパシティ・ビルディング（能力向上）等で貢献しており、資源国から大変高い評価が得られている。現地の環境保全はもちろんのこと、その資源開発によって現地の人々がどのように豊かになれるのかというプランを現地と一緒に作っていくようなことが大事である。

問 レアメタルの代替材料の開発には、元素だけではなく、製造過程における技術革新等による使用量の抑制も含むという理解でよいか伺う。

答 代替材料技術開発は、研究としては大変重要である。ただ、従来バランスを保っていた資源需要の形が崩れて採算性が取れない鉱山が増えたり、中国の独占の追い風となってしまうこともあった。代替材料技術開発は、市場の構造とのバランスを勘案しながら進めることが大事である。

【資源リサイクル】

問 日本に天然の鉱物資源はないが、都市鉱山という言葉もあるように、携帯電

話を含む多様な製品が大量に存在する。しかし、そこに含まれる資源がきちんと分離、再利用されていないという課題があるため、製錬所をしっかりと造ってリサイクルを行うことが必要である。その際には、技術や人材の問題があるとも考える。そこで、製品の中で眠っている大量の資源を分解して十分に再利用しているのか現状を伺うとともに、不十分だとすれば、今後無駄なく再利用していくための、企業の努力や国の役割等に関する課題を伺う。

答 まずリサイクルの流通システムを確立することが重要と考える。リサイクルの代表である紙のように、回収する流通網を今後確立していくこと、例えば、携帯電話を買い換えた際はリサイクルに回るようなシステムが重要である。また、メーカーは部品として他社から購入することから、そこに使われている資源の種類や含有量が不明な製品がかなりある。このため、製品のマテリアルフローを確立すると、部品に何が使われているかが分かるようになり、適切なシステムが見えてくる。現状は、製品として輸出するが、実際には外国でリサイクルを行っていることがある。そのため、当該製品のどこにどのような種類や量の資源があるのかを調べ、日本国内におけるマテリアルフローを確立することが第一歩である。

問 リサイクルの課題解決には、企業が連携して更に取り組むべきなのか、あるいは国がその仕組みづくりに乗り出すべきなのか。国と企業の役割分担に関する見解を伺う。

答 当然、最終的には企業が責任を持つようにしないと産業として成り立たないが、何もない最初の段階でマテリアルフローを作成することは個々の企業にはできない。したがって、その部分に関しては国が資金面で補助することに加え、特にマテリアルフローに係る情報開示に関しては国の役割が非常に大きいと考える。

問 リサイクルは、そもそも製錬所がなければできないという話があった。中国からの調達を一定程度に抑えた場合、他国の協力か自国でのリサイクルに頼ることになるだろうが、日本では、製錬所に対する設備投資や政府の支援が十分なのかどうかについて認識を伺う。

答 日本のリサイクルは十分ではないと言わざるを得ない。例えば、日本では、廃材を外国に輸出して部品を回収してもらっている。現在はそれほどではないが、中国は以前、山の上から硫酸を流し、それを下で受け止め、有用金属だけ取って流すというような環境に有害なことを行っていた時期があり、コスト的に太刀打ちできなかった。

現在我々がレアメタルの最大の恩恵を受けているのは携帯電話であるが、EVはそれが1tになったものと考えればよく、そのための大量のレアメタルを、リサイクルも含めてどのように調達するかが課題である。ただリサイクルが成り立つためには少なくとも10年、15年程度の期間が必要であり、それまでは新規の資源に頼らざるを得ない。中国との関係は非常に難しくなるが、だからこそ相互理解が必要と考えている。

答 リサイクルは循環経済、環境の観点からだけでなく、安全保障上も大変有効な施策であると考えている。欧州では、「サーキュラー・エコノミー・パッケージ」を公表している。一見これは環境のためのもののようにだが、安全保障の観点も含むものとして取り組まれている。

何でも無尽蔵にリサイクルができるわけではない。都市鉱山を念頭に置いた場合、都市鉱山の探査、開発を天然鉱山と同じように行っているかということ、実はほとんど行っていないのが現状である。天然鉱山と同様に都市鉱山の探査、開発を行っていかなければ、リサイクル産業の発達の観点からも障害となる。また、研究開発も自然と衰退し、良い就職先がないので、誰も研究開発を行わなくなる。

リサイクル産業の多くは製錬産業であるが、それが衰退することで、結果的に技術者が中国にしかいないような状況になってしまい、日本で何か新しい材料開発、リサイクルを行おうとしても、技術者がいないという大きな問題が生じる。産業の発展、維持拡大がまずは重要で、その次には人材の育成・確保が大事な点である。

問 循環型社会や新型コロナウイルス感染拡大の影響で早まっていると思われる分散化の流れが、レアアースを含む資源及びエネルギーの使用量、需要量に与

える影響について見通しを伺う。

また、ITの進展やAIの導入が資源の使用量・需要量に与える変化もあると考えるが、その観点から見た今後の見通しについて伺う。

答 循環経済の目標自体が資源消費量の減少であるため、循環経済が進展すれば恐らく資源需要は減少するものとする。例外はあろうが、カーシェアリングのように、従来10台程度必要だったものが、稼働率向上によって5台で済むというものもある。シェアリングは循環経済型ビジネスの一形態だと理解しているが、その進展に伴って資源需要の量も減少していくと考える。

循環経済型ビジネスの進展で重要な要素は、稼働率の可視化である。マテリアルフローの考えに近いが、出荷された製品の所在や使用状況等がどの程度可視化されるかが重要なポイントになる。IoTが一定程度進めば、循環経済型ビジネスも進展し、天然の鉱山資源に毎回一から依存しなくても済む可能性はある。

答 分散型エネルギーは非常に有効な手段と考える。基本的には再エネが中心になると思われ、その推進は極めて重要と考える。

ただ需要そのものは、今後5Gの利用が拡大し、クラウドの需要等が急激に伸びていく。このため、今度取りまとめられる第6次エネルギー基本計画の前提となる電力需要についても、2050年には現在の120～130%程度になる見込みとも聞いており、これをどう捉えるかが問題である。当然、電化の促進は避け難いとも考えられるため、節電を十分に浸透させていく必要がある。

問 循環型社会やシェアリングにおける稼働率向上は、資源の有効活用になると考える。また、分散化に大変期待しているが、これは資源利用の面でもいわゆる省資源化に働くと考えてよいか、見解を伺う。

答 循環経済型ビジネスの考え方における分散化とは、物理的な分散というよりは、一定程度の利用者の分散を意味している。その意味では、稼働率が上がり、共有が進むが、そこでの資源はゼロにはできないことから、資源の重要性は変わらないと考える。

問 アフターコロナは循環経済型ビジネスへの転換を進めていく必要があるが、

資源分野にどの程度の期間で影響が出てくるのか伺う。

答 アフターコロナの資源循環型ビジネスへの転換は、時間軸もさることながら、恐らく企業間の合意形成が最大の課題になると考える。もし資本の力で合意形成を図るのであれば、プラットフォーマーと称される形態も循環経済型ビジネスとして成立する可能性が十分にあり、そのスピード感次第と考えている。

ただ、国際基準標準化の観点では、資本力を背景に強引にサプライヤーを従わせようとするのは公平でなく、各々の意見や立場等を踏まえながら進めていこうとしているため、1～2年では済まないと考える。

問 アフターコロナの循環経済型ビジネスへの転換が、資源分野にどの程度影響を与えるかについて伺う。

答 製品の稼働率が上がれば、当然新規の生産は減少すると見込まれる。ただ今後の資源管理は、鉱石や金属だけを対象と考えるのではなく、場合によっては、多少直せば使える部品等も新たな形の資源、すなわち都市鉱山よりも少し広い概念として見ていかなければならない。

問 経済産業省が2019年12月に行った、E S G投資（環境・社会・ガバナンス要素も考慮した投資）に関する調査では、機関投資家の約2割が、投資判断において廃棄物・資源循環を中長期で考慮すべきだと答えていた。今後は、リサイクルやリユース等、廃棄、循環までを見越した開発が一層、国際的な投資の判断要素となっていくと思われるが、その際の政治上の課題について伺う。

答 I S Oでは、現在、何が投資の対象になり得るかについての分類を国際標準で作っていくための議論がなされている。そこでは気候変動に対応しているかどうかが一番の優先議題となっていると聞いている。しかしながら、それだけでは偏りがあるため、循環経済にもものっとったビジネスモデルを持続可能な投資の対象として、機関投資家等に促していこうとしている。そのため、そのようなビジネスを展開しなければ、国際資本調達等の面で課題が出てくると考える。

問 参考人の「国内の製造業が取り組むべき変化」という資料に、「資本主義の

限界」との記載があるが、その意図するところを伺う。

答 循環経済型ビジネスと従来型ビジネスの一番の違いは、資本単独で利益を最大化しようとするかどうかという点にあると考える。

現在の資本主義は、無限の資源を利用できることを前提に発達してきたが、ここに至って資源には制約があることから、従来型の資本主義には限界があるという趣旨である。

さらに、循環経済型ビジネスでいうと、従来の連結決算の範囲外の資本横断的な事業者も含め、サプライチェーンや物の設計を見直さなければならず、そうすると現在の株式会社理論の枠外も含めてこうした取組を進めていかなければいけないという意味で、資本主義の限界と記した。

【エネルギー資源】

問 総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会が2020年2月に取りまとめた提言を受けて、同年3月に経済産業省が「新国際資源戦略」を策定した後、大分状況が変化してきた。具体的には新型コロナウイルス感染拡大の問題とこれに伴う需給やサプライチェーンの問題、また日本では菅義偉内閣総理大臣による2050年カーボンニュートラル実現の宣言、米国ではバイデン政権誕生後すぐのパリ協定復帰に関する大統領令への署名、中国では2020年12月の輸出管理法の施行等である。

同戦略には、LNGについて調達先の多角化によるセキュリティー強化やアジアの需要の取り込み等の今後の方策が示され、それに基づいて政府は取組を進めている。

参考人からは、CCS等による天然ガスのカーボンニュートラル化やJCM等について言及があった。分科会委員として同提言の取りまとめに関与した立場から、同戦略策定後の状況変化も踏まえ、政府として特に取り組むべき施策について伺う。

答 「新国際資源戦略」の内容に沿った形でお答えすると、一つはLNG調達先の多角化である。

安全保障の観点からも多角化は望ましいが、今後LNGの需要が急速に伸びていく中で、カタール、豪州、米国、ロシア等、年間生産量1億tを目指すような国としっかりとした関係を結んでいくことが極めて重要である。

当社は従来から東南アジアでLNGプロジェクトを進めているが、資源が徐々に枯渇する傾向にある。こうした日本近隣の重要な資源地を大事にしつつ、大規模なサプライヤーやホスト国と強固な外交・経済関係を結び、LNG調達の大きな動脈を築いていくことが重要と考える。

需要の拡大については、石炭をガスで代替していくことが重要である。特に東南アジアや南アジアの途上国における天然ガス火力発電への支援が充実されれば、LNG市場の拡大に寄与し、LNGの安全保障に寄与していくと考える。

問 LNG開発投資のサポートは本当に重要と考える。LNGの上流開発について、日本は金融面において他国に若干先んじて様々なサポートを受けることができると思われる。また株式会社日本貿易保険（NEXI）やJOGMECも投資ができるようになったので、開発投資の支援ツールは多くあると思うが、国として更にどのような取組をすべきか伺う。

答 上流開発という面では、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構法の改正等もあり、政策的な支援体制はかなり充実してきている。ただ様々な制約のある民間企業の出資については、支援体制をもう少し拡充してもよい。

また、天然ガスは、化石燃料であるという宿命から拡大に限界が生じる可能性がある。LNG自体のカーボンニュートラル化、ブルーアンモニア、ブルー水素等を考えた場合、CO₂を地下に貯留するCCSが極めて重要になってくる。日本にはなかなかCCS適地がないことから、海外で実施するための適地をしっかりと確保し、そこにJOGMECの政策的な支援を得ていくことが、新しい日本の資源戦略として大事になってくる。

さらに、JCMも非常に重要である。日本政府は現在十数か国と締結しているが、その大半が途上国であり、より大きな仕組みを構築していくことが重要である。

問 今後再エネが大幅に増えていったと仮定すると、その電力供給量の変動幅も大きくなるため、LNG調達は長期契約、スポットのどちらをとっても日本特有の構造的な難しさがあると思われるが、見解を伺う。

答 天然ガスの供給構造は日本も韓国もLNG依存だが、日本特有と言っても差し支えない。太陽光発電や風力発電が増えた場合、気象条件の悪化に対して蓄電池を用いても電力供給量が不足することが想定され、調整電源として火力発電が必要になるが、その中では天然ガス火力発電が一番クリーンである。

LNGの安定調達には長期契約が必要であるが、それだけだとテイク・オフ・ペイ条項による引取りが基本であり、引き取らない場合でも支払義務があるため、こうした長期契約自体を変えない限り縛られてしまう。とはいえ、こちらが必要とするときだけ引き取るという契約はできないため、長期契約とスポットのバランスを取ることになる。そうなると、備えのために締結した多くの長期契約によって生じる余剰分を市場に売却する必要性が生じるため、マーケティングの実力を付けることが非常に重要である。そこで、商社を通さずに日本のユーザー自らが、LNG市場の主なハブであるシンガポール等に人を派遣して、LNGをさばく動きも強化されている。

なかなか難しい課題だが、確かに構造的な問題はあると考える。

問 天然ガスについて経済産業省はLNGばかり念頭に置いているが、一つの大きなツールとしてのガスパイプラインの可能性について見解を伺う。

答 ガスパイプラインの可能性は数年ごとに議論されるが、現実的には非常に難しい。ロシアからあるいは朝鮮半島経由で輸送する以外の選択肢はほとんどないが、政治的な問題や漁業補償の問題やコストの問題もある。

LNGはある意味パイプラインと同じであり、どこにでも輸送できる。また、ガスパイプラインの契約を結んだ相手国で政治的な問題が起こったときに輸送が停止してしまうリスクを負うくらいならば、やはりLNGの利用が常道と考える。

問 日本国内のガスパイプラインが相当整備されていると思うが、この拡充の必要性や民間投資の難しさに関する議論を踏まえ、国内のガスパイプラインにつ

いて見解を伺う。

答 国内のガスパイプラインについては、各エリア同士を結ぶ大きな導管（トランクライン）を造る構想もなくはないが、投資とリターンが見合わないと思われる。なぜなら、LNGは基本的にどこにでも輸送できるからである。例えば関東圏で不足した場合、関西圏向けのLNGを関東圏で荷揚げすることもできるという意味で、フレキシブルに曲げられるパイプラインとも言えるLNGを強化する方が理にかなっている。

問 2021年1月、新電力の電気料金が急騰したことにより、日本中がある種パニックになった。卸電力市場でkWh当たり10円弱だった価格が250円を超えたという話も聞いており、電気料金が5倍、10倍になるということが現実的に起ころうとしていた。ただ、国から直接の節電の呼びかけはなかったもので、国民の多くはそこまで逼迫しているとは思っていなかったのではないか。一方、電力供給はぎりぎりの状態で、その要因の一つが天然ガスの不足にあったと聞いている。そこで天然ガスの輸入の状況が厳しくなった理由を伺う。

答 2020年12月末から2021年1月中旬にかけて、卸電力市場価格が高騰した。その背景の一つにLNG不足によって十分に天然ガス火力発電所の操業を上げられなかったことがある。もちろん電力需要の急激な上昇等、LNG以外の要因もあり、いろいろな条件が重なり未曾有の嵐が起こる、いわゆるパーフェクトストームに近い状況だったと考える。

まず需要面への影響としては、日本だけでなく、中国、韓国も厳しい寒波に襲われた。こうした事情により、突然電気の需要が急増した。当然、暖房用となるLNGの需要も急増し、スポット市場での調達が難しくなった。

そして供給面では、複数のLNG液化プラントの同時不調により生産量が減少した。これには、新型コロナウイルス感染拡大等の間接的な影響もある。また、米国からLNGを輸入する際に船舶が通過するパナマ運河が規制され、通航に支障が生じた。さらに、スポット調達分を運ぶ船舶の不足等、様々な状況が重なっている。

そこで同様の事態に備え、LNGを備蓄してはどうかという意見もあるが、

LNGは性質上気化するため、備蓄に適した製品ではない。LNGは、安定供給を受ける長期契約を締結していれば問題ないが、この数年、できるだけスポット調達を増やして供給の柔軟性を確保しようというのが電力会社及び政府の方針であった。今回の件は、LNGの安定供給の確保に向けた、長期契約とスポットとの調達比率の在り方についての教訓であったと考える。

問 世界各国でのLNG液化プラントの不調、中国や韓国を中心に襲った寒波、パナマ運河での渋滞という中で、総合商社として取った対応について伺う。

答 スポット市場でLNGを調達できないかという問合せは来るが、日本の商社のほとんどが、スポット市場に出てくるLNGをあまり持ち合わせていない。また、大手のサプライヤーも即時の需要に対応することは難しい。当社もおよそ2か月前にスポットカーゴを販売しており、ほとんどのサプライヤーには急な需要に対応できる余力が残されていないのが実情である。

しかしながら、当社は石油火力発電所を動かすための石油基地を国内に有しており、これをフル稼働させた。瞬間的には、国内に供給された発電用の石油のうち、当社が半分以上を賄ったという意味では、貢献できたと考える。

問 LNG不足は免れたが、電気料金が相当上昇したという問題は残っている。国民への電力の安定供給という視点が重要だと考えており、報道によれば、日本の電気料金の上昇は海外の市場から驚きをもって見られたとのことである。海外ではLNGの在庫状況は公開が当たり前であり、それを基に調整や予想が可能であるが、日本ではそのようになっていないとのことである。そこで日本の電力市場の情報公開の状況について伺う。

答 電力会社やガス会社がどの程度の在庫を持っているかという情報は、一般的には公開されていないというのが実情である。これは私企業の情報であるため、公開するか否かは別の議論であるが、仮に公開されていたとしても、問題の本質的な解決には至らないと考える。

問 電力の安定供給は非常に重要であり、今回のように電力供給が逼迫する状況になったときに、電気料金の急騰を防ぐために、どのような仕組みを整えていけばいいのか伺う。

答 非常に難しい問題であるが、安定供給を重視するのであれば、LNGスポット市場での調達比率を高め過ぎることはリスクがあると考えます。元々日本のLNG調達は全て長期契約であったが、市場が大きくなり、長期契約として固定化されると天然ガス火力発電の運用の柔軟性が失われるとの観点から、日本の電力会社、ガス会社及び政府は、徐々にスポット調達を増やす方針を取ってきた。このこと自体は間違っていないが、スポット調達を増やし過ぎると安定供給を損なうリスクがあるため、サプライヤーと長期契約を結ぶことが重要である。ただ、LNGの長期契約価格は、通常、原油価格に連動して上下するので、原油価格の変動リスクをなるべく抑えることを契約に盛り込むことが重要である。

また、長期契約がなければ、LNGの投資決定は進みづらい。大量の資金や資本を必要とするため、ファイナンスを組まなければならない、そのためにはキャッシュフローの裏付けが必要である。小さなスポット市場に依拠しているとキャッシュフローがマイナスになるリスクがあるため、銀行はなかなか資金を貸してくれない。ただ、固定価格のようなメカニズムを入れ込むことで、ファイナンス面での問題も解決できるため、そういった長期契約の締結に力を注いでいく必要がある。

問 日本にも横浜港を中心に、袖ヶ浦や富津といったところにLNGのバンカリング基地が存在しており、バンカリング拠点のハブであるシンガポールと地理的に役割を分担し、日本も同じ役割を担っていこうという流れがあったと思うが、その現状と将来展望について伺う。

答 LNGバンカリングの現状と将来展望については、ここ数年、船舶で燃料として使用する重油やマリンディーゼルをLNGに替えようとする動きが出てきている。当社も数年前に欧州で事業を始めたが、原油価格が下がると天然ガスへの切替えはなかなか進まない。

また、国際海事機関（IMO）が定めている船舶の排出ガス規制には罰則規定がないこと等から、これまでLNGバンカリングの利用は進んでいないが、今後、規制が強化され、罰則規定または社会的ペナルティが課せられるという

ことになれば、より浸透していくと考える。

【気候変動とエネルギー】

問 日本の天然ガス火力発電の発電効率は必ずしも良いとは言えず、旧型では40%程度との指摘もある。廃熱の二次利用等を含めた効率向上により燃料消費を減らし、CO₂排出削減にもつなげることが非常に重要であると思うが、現在の課題や改善すべき点について伺う。

答 旧型の天然ガス火力発電所もまだ稼働しており、発電効率が40%程度のものも残っているかもしれない。他方、発電効率が55%程度、場合によっては60%近くなるような新しい技術を使用した新型の発電所に、次々と切替えが進んでいると認識しているが、更なる切替えを促進するための政策誘導が必要であろうと考える。

問 CCSは日本の土地には適さないとのことだが、具体的にはどういう土地が適し、どの国のどういう土地を想定しているのか、さらに、その環境影響評価をどう行おうとしているか伺う。

答 CCSは、二つに大別される。一つは海上や陸上の地下約1,000～3,000mの石油やガスを掘り尽くした油ガス田の構造部分にCO₂を圧入するというものであり、これが一般的な形のCCSである。もう一つは、完全に遮蔽され水が溜まっている帯水層でCCSを行うものであるが、これまでほとんど行われていない。帯水層は比較的様々な場所にあるが、実際にCCSに適した帯水層をこれから開発していく必要がある。

CCSに適した土地は、やはり石油や天然ガスを大量に生産している国、例えば米国、カナダ、豪州にある。豪州には、年間2,000万tのCO₂を長期間貯留できる規模のものがあり、当社は最近、覚書を締結したところである。こうしたところへの資本投入は民間が行わなければならないが、国の支援があれば非常に大きな投資となると考える。ただ、CCSについては、かなり長期にわたってモニタリングをしていかなければならない。コストは掛かるが、モニタリングをきちんと行うことが前提になる。

問 カーボンニュートラルを目指す上でCO₂削減は大事であるが、日本が排出したCO₂を海外に輸送してCCSを行う際、受入国との間に互恵関係は存在するものなのか伺う。

答 互恵関係は存在し得ると考える。日本で排出したCO₂を物理的に輸送するのではなく、そのCO₂を海外であらかじめオフセットしておくというイメージである。日本で排出したCO₂自体を回収し、液化して輸送し、現地で再度気化させて地中に貯留するという方法もあり、研究をしている。難易度はかなり高いが、全く不可能だとは思わない。

互恵関係とは、あくまでも当該二国間における関係の結び方によるため、例えば、LNGの輸出国やアンモニアの製造・輸出国が、輸出を伸ばすために製造時に排出されるCO₂をあらかじめその国の地中に貯留することは、互恵関係を構築するのに十分な理由になる。

【資源エネルギー分野における人材育成】

問 研究開発人材に関する意見のほかに、政治・経済、国際関係等に通じた、交渉が可能な人材の育成が急務であるとの指摘があったが、具体的にどう取り組めばいいのか。政府、アカデミア、民間がそれぞれ抱える課題と対処方法を伺うとともに、また海外ではどのように人材の厚みを増しているのか、その具体的な取組について伺う。

答 資源関係の技術面における人材育成は、日本には現場がなくてできないため困難は伴うが、米国やカナダ、豪州等の大学と共同で技術面に取り組むことになるだろう。

また、余り主張されていないが、WTO等の主要ポストを取りに行くことが重要である。そのためには語学だけではなく、国際法等の専門知識にも通じた、その任に堪え得る人材を育成していかなければならない。

さらに、大学の立場から考えると、日本の人材は資質に比して国際機関における重要なポストに占める割合が非常に低い、その一つの理由として博士号を持っていないという問題がある。国際機関で活躍するには博士号がないとな

かなか難しいのが現状であるので、積極的に取得するような支援システムがあれば日本の発言力も増すものと思われる。

資源分野で言うと、日本は結構期待されている。国際機関の様々なポストのうち、必ず一つは東アジアに割り当てられるが、特定の国だけに偏るのは良くないという流れもあるので、それを考慮に入れた人材育成が必要である。

問 仕事がある中国に人材が集中しているとのことであつたが、技術人材を日本国内で育成するにはどうすればよいのか。例えば、EV等の心臓部に関しても特定家庭用機器再商品化法（家電リサイクル法）のように、国内に流通の仕組みを作り、人材が活躍できる場を設けること等があると考えるが、どのように取り組めばよいのか伺う。

答 技術人材をどう育成していけばよいかという点については、日本国内には今では釧路炭鉱や海底炭鉱等一部しか残っていないが、たとえ規模は小さくとも目に見える形で産業が残っていれば技術が伝承される。あるいはそうした産業を、最低限の需要や採算性を確保できるようにしてきちんと残していくことが、技術人材の育成では大事である。

また、製造や掘削に関する技術者の重要性は言うまでもないが、循環経済の分野等では、技術も理解しつつ語学が堪能で、英語で日本の立場を主張したり反論したりという民間外交のようなことができる人材が、市場ルールの形成という点では重要である。

問 外国と比較すると、日本のJOGMECや経済産業省等には、十分に専門性がある人材がいけないという課題もあるかもしれない。そうした政府やアカデミア等の各分野における課題に対してどのように対処すべきか伺う。

答 当社の天然ガスグループは、グローバルなエネルギー市場で戦える人材の育成を一つのスローガンにしている。具体的には、英語は当然であり、広い経験も重要だが、とにかく現場に出ることが必要である。ただ、現場が不足しているとそれができない。例えばLNGの大きなプロジェクトでオペレーターを担えば、現場に多数の人を出すことができる。そして実際に全ての意思決定を仕切るなど、非常に多様な経験を積むことができる。当社は日本で初めてLNG

のオペレーターとなった。インドネシアの比較的小さなプロジェクトだが、そこを経験した若者は大きく成長して帰ってくる。したがって、現場を持つことが非常に重要になっている。

また、何といっても挑戦する意欲が重要である。日本人の国民性もあって、どの企業や社会にもある減点主義文化を、できるだけ変えていく必要がある。

最後は、自分で考える能力をどう養うかである。メディアの情報を深く考えずに受け入れたり、エネルギーの分析をさせれば、政府がこう言っているという話をするなど、自分の頭では何も考えていなかったりする。

こうした点を変えていくためには、若い世代に対して、日本では根本的に足りていない哲学や文学等のリベラルアーツを勉強させることが重要と考えており、当社の研修ではこれを積極的に取り入れ始めている。

問 参考人は、中国のレアアース輸出抑制策への対策の一つとして、代替材料開発、使用量低減技術開発を通じて、レアアースの需要自体の伸びを抑制していくことを挙げていた。新たな埋蔵資源の発掘だけではなく、代替材料開発を視野に入れることが重要であるが、そのためには広く基礎研究を行う必要がある。そこで選択と集中と称して事業や収益に直結する研究開発に予算を特化するのではなく、大学、民間を問わず、基礎研究の支援を強化していくことが求められると考えるが見解を伺う。

答 まさにそのとおりである。日本の唯一かつ最大の資源は人材であるため、代替材料開発に対応できるレベルの人材を民間や大学で育てていくことが非常に重要である。

(2) 資源開発の新たな可能性 (令和3年2月24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)

東京大学名誉教授 山富 二郎 参考人

本日は鉱物資源開発というテーマで意見を述べる。

最初に、国内外の四つの鉱山を紹介する。

一つ目の埼玉県秩父の武甲山では、大正時代から石灰石の採掘が始まり、現在三つの鉱山会社が年間約600万tの石灰石を採掘している。私はその一つで技術顧問を務めている。日本の石灰石は非常に良質であるほか、唯一自給可能な資源として100年以上の量があると言われてきたが、最近は50年分を切っている。石灰石の半分はセメントの原料として使用される。セメントは、国内で年間約6,000万tが生産されているが、セメント工場は1tのセメント当たり約470kgの廃棄物を原料や燃料として受け入れている。

二つ目の岐阜県神岡鉱山には、スーパーカミオカンデというニュートリノの観測施設が設置されている。これは、同鉱山の坑内に東京大学宇宙線研究所が5万tの水をためるタンクを造り、ニュートリノを捉えるセンサーを設置したものである。現在、同研究所は、このスーパーカミオカンデの5倍の規模のハイパーカミオカンデの建設に取り掛かっており、2021年度に掘削工事の開始、2027年度に観測が予定されている。私もこれに携わっているが、総額650億円の予算のうち、147億円が海外からの貢献分となっている。

三つ目に、南アフリカ共和国にはウエスタンディープという世界で最も深い金鉱山の一つがあり、ここに潜ると空気の重さを感じる。

四つ目のチリのカセロネスという露天掘の銅鉱山は、アルゼンチンとの国境に近い標高約4,000mの高地にある。ここはウエスタンディープとは対照的に、気圧が平地の60%しかない。2013年に操業を開始し、100%日本の資本で賄われ、総額42億ドルが投資されている。

次に、資源開発のプロセスについて説明する。資源開発は、鉱床の探査・探

鉱、プロジェクト評価、鉱山に必要なインフラを建設する開発工事、そして生産の段階に至る。生産とは、鉱床から鉱石を採掘する採鉱、鉱石の中から有用な鉱物を分離する選鉱、そしてその有用鉱物を製錬所に送り金属を抽出する製錬というプロセスをいう。

鉱物・エネルギー資源は非常に多様である。本日はそのうちの金属鉱物資源について述べる。金属鉱物資源といっても、元素周期表に多くの金属元素があるように、鉄からレアアースまで多種多様に存在する。

USGSのデータと英国のBP社のデータを用いて、資源価格と資源生産量との関係を見ると、貴金属類を除き、生産量が増えるほど資源価格が下がる傾向にある。また生産額が多い順に並べると、原油、石炭、天然ガス、鉄鉱石と続く。さらに可採年数は、USGSのデータによるとレアアースとバナジウムが他の資源と比較して桁違いに長く、また100年以上のものには石炭、アルミ、白金族があるが、我々になじみが深い銅、金、鉛、亜鉛等は、原油や天然ガスよりも短い。

露天掘と坑内掘という二つの採鉱方法について説明する。地表に近い鉱床は、地表から採掘を進めていくので露天掘と呼ばれ、地下深くか大きな山の中に鉱床がある場合は、坑内掘と呼ばれている。2010年時点の石炭、銅鉱石、鉄鉱石、金鉱石等の採鉱方法は、年間生産量300万t以上の大規模な鉱山では露天掘、それ未満の中小規模の鉱山では坑内掘が多い傾向にある。

露天掘と坑内掘の優位性を比較すると、露天掘には空間の制約がないため、大型機械による大規模な操業に適している。したがって、生産性や効率性が高く、コストも安い。さらに、エネルギー消費も少なく、保安成績も良い。唯一の制約は、景観や騒音、粉じん等の環境問題である。しかし、露天掘も深くなると、採掘場（ピット）の安定保持のために、周辺のズリと呼ばれる岩石も採掘しなければならなくなり、深くなるほどその負担が増えて優位性が失われる。現在、世界的に大規模なインドネシアのグラスベルグ鉱山やチリのチュキカマタ鉱山が坑内掘への移行を準備している。

鉱石と鉱物を区別するカットオフ品位について説明する。2010年時点で操業し

ている世界の銅鉱山の品位の分布を露天掘と坑内掘に分けると、露天掘の鉱石は低い品位でも採掘できることが分かる。また、産出物の品位が銅品位の世界平均0.72%を上回ったとしても、銅を抽出して銅地金を造るコストが高い場合には採算が取れないので、銅鉱石ではなく銅鉱物とみなされる。このように、カットオフ品位に影響を及ぼす要素としてはまずコストが挙げられる。コストが安ければカットオフ品位が低くなる。次に建値であり、金や銀等の貴金属類はロンドン金市場で、銅、鉛、亜鉛等の金属はLMEでの取引価格が世界標準となり、建値が上がればカットオフ品位が下がる。さらに副産物や、ヒ素、水銀等の有害元素の有無も関係する。こうした経済的要因以外にも、技術的要因、環境的要因、法制度等の条件を満たして初めて資源の採掘が可能となり、埋蔵量と呼ばれるようになる。

豪州において290件の探鉱プログラムの事例を調査した結果について述べる。探鉱から開発までを、鉱区の取得、概査、ボーリング調査、鉱量計算、プロジェクト評価、開発と六つのステージに分け、さらに、各ステージのコストも調査した。後のステージに行くほど経費が増えるが、開発にはそれまでと桁違いの経費が掛かるため、有望でないものはなるべく早い段階で落とし、最終的に開発に至ったのは12件であった。

カーボンニュートラルな社会の実現に不可欠となるバッテリーの原料として注目されるニッケル、コバルト、リチウムの現状を説明する。まず、ニッケル鉱石には硫化鉱と酸化鉱があり、硫化鉱は品位が高く坑内掘であるのに対し、酸化鉱は品位が低く露天掘である。ニッケル価格は2007年のピークの後、低迷が続いているため、坑内掘で硫化鉱を掘るカナダやロシアの鉱山からの産出量が伸び悩んでいる。一方で、インドネシア、フィリピン、ニューカレドニアでは、品位が低い酸化鉱からニッケルを掘り出しており、着実に生産量が増えている。特にフィリピンとインドネシアでその傾向が顕著である。

また、コバルトは、銅鉱石あるいはニッケル酸化鉱の副産物として採取される。コンゴ民主共和国の銅鉱石はコバルトに富んでおり、2000年頃から銅鉱山の生産量が増加し、現在は世界第4位となっている。これと歩調を合わせるよう

に、2000年頃に20%程度だったコバルトの占有率は、現在は60%を超えている。同国は、政情不安に加えて紛争鉱物の問題について国際社会から指摘を受けており、供給元としてのリスクを抱えている。一方、ニッケルの酸化鉱については、住友金属鉱山株式会社は、低品位の酸化鉱からニッケルを採取する際に、高温高压下で硫酸を掛けてニッケルを抽出するHPALと呼ばれる手法を世界に先駆けて商業化することに成功した。現在同社では、ニッケルに付随するその約10分の1の量のコバルトをHPALによって回収している。今後、HPALの研究開発の動向でコバルトの市況も変わってくると思われる。

最後に、リチウムは、鉱石起源の露天掘によるものと、ミネラルに富んだ塩水の湖から天日乾燥によって濃縮するものがある。後者はエネルギーが不要のため低コストだが、乾燥や濃縮に1年以上掛かるので生産拡大が難しい。リチウム価格の高騰に伴い、露天掘の鉱山が多く操業されるようになり、豪州が生産では首位となっている。

海洋鉱物資源、主に海底熱水鉱床について述べる。国とJOGMECは、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガン団塊、レアアース泥の四つを海洋鉱物資源と考えている。コバルトリッチクラスト及びマンガン団塊は、コバルト及びニッケルの資源として今後大いに期待されており、またレアアース泥は、重希土類を含んだレアアース資源として重要である。しかし、マンガン団塊とレアアース泥が賦存する水深4,000m以下から海上まで引き揚げる揚鉱技術の開発にはまだハードルがある。

2009年度補正予算で新調査船「白嶺」の建造が認められ、また、2010年度予算で同調査船に搭載する採掘要素技術試験機等の調達が措置された。そして2012年夏に、沖縄近海の海底熱水鉱床であるHakureiサイトで世界初の掘削試験を行ったが、同サイト以外にも幾つか有望な海底熱水鉱床が見付かっている。これらは非常に品位が高いが、これはROV（遠隔操作無人潜水機）が回収したサンプルの品位分析の結果であり、高いところを選んだ可能性がある。このため、今後ボーリング調査等によって資源量を確定していく必要がある。

2017年度にJOGMECが実施した海底熱水鉱床のパイロット試験では、白嶺

から下ろした集鉱機で集めた鉱石を、別の作業船から下ろした水中ポンプで水深1,600mから持ち上げ、16.4tの鉱石と模擬鉱石の回収に成功した。この試験結果を用いながら、2018年度には経済性評価も考慮する総合評価を行い、その後も引き続き商業化実現に向けた調査研究や技術開発を実施している。

また、JOGMECは2019年度から南鳥島沖の排他的経済水域（EEZ）に賦存するコバルトリッチクラストの調査を始めた。この北西太平洋の海山には平均でコバルトが0.64%、ニッケルが0.54%含まれるほか、若干の白金が確認され、将来のバッテリー原料として無視できない。さらに2020年7月には、水深約930mの拓洋第5海山で採掘試験を行い、649kgのコバルトリッチクラストを掘削した。

次に、海洋鉱物資源開発の商業化への課題について説明する。これには技術的な課題と非技術的な課題があり、まず、技術的課題について述べる。

コバルトリッチクラストの商業化規模としては、一日当たり、海から引き揚げたぬれたままの鉱石5,000tが必要と想定されていた。この想定に対し、2017年度のパイロット試験では、使用した試験機の重量は実用機の約10分の1で、揚鉱に使用したパイプの直径も半分だったため、商業化規模へと拡大したときに適用できるか、あるいは長時間の稼働性、耐久性という試験で測れなかったものをどうするかという課題が残っている。

また、揚鉱の際、水中ポンプの中で閉塞が起こる可能性があるので、海底で鉱石を破碎する必要性、さらに、非常に重要なスラリー（海水の中に鉱石の破片が混じった状態のもの）濃度の安定のための濃度調整用のタンクの必要性に関して検討を続けている。

最も大きな技術的課題は揚鉱水の問題である。鉱石の数倍の重さの海水をくみ上げる必要があるが、この揚鉱水を船上で処理できるのか。海外のベンチャー企業は、これを海底に排出するというで計画を立てていたが、その是非の検討も必要になる。

非技術的課題としては、未整備な国内外法制度、社会的受容性、海域を利用する他産業との共生等がある。さらに、商業化には、豊富な資源量を有する鉱床が

何よりも必要であり、今後も精力的な資源調査が求められる。

最後に、資源・素材分野の人材育成について述べる。私は、約半世紀前に鉱山開発論という講義を受けた際、1に鉱床、2に建値、3、4がなくて5に技術と教わった。それほど鉱山ビジネスには鉱床と建値が重要であると言いたかったのだと思うが、今は人材も必要である。

本日の3名の参考人全員が所属する資源・素材学会は、学生を対象とした資源・素材塾を開いている。これは2008年に、経済産業省と文部科学省の補助金によってスタートしたが、2012年度からは自前の資金で自立化に成功している。2019年度までに480名余りが修了し、うち220名は海外研修を体験している。

また、一般財団法人国際資源開発研修センター（JMEC）が、入社数年の日本人の社会人を対象とした資源開発研修や、製錬・リサイクル研修を実施している。こちらも2008年にスタートし、2020年までに333名が資源開発研修を、401名が製錬・リサイクル研修を修了している。JMECは、これまで28年間にわたり、開発途上にある非鉄金属資源生産国から政府関係者を研修生として招き、秋田県小坂町に在るJMEC国際資源大学校において3週間から3か月の研修を実施しており、延べ947名が修了している。2018年度に一度中断したが、2020年度はリモートで研修を再開している。さらに、東京で2014年度から1週間の海底鉱物資源開発基礎講座を開催し、5年間で52名が参加している。

このように、研修生が順調に育っており、卒業後もネットワークを作っている。特に日本人の研修生は、多くが海外の現場に赴任し、また資源・素材塾やJMECの講習の講師も務めている。

早稲田大学理工学術院教授 所 千晴 参考人

鉱石の選鉱や使用済み製品から固体資源を分離・濃縮する技術の研究開発を行っている立場から意見を述べる。

様々な研究者が各種シナリオに基づいて、銅、亜鉛等のベースメタルやニッケル等の金属の消費の伸びを推算している。それらのシナリオには、世界中が先進国のような成長を望むもの、協調しながら資源をやりくりしていくもの、自国の

セキュリティを重視し協調せずに資源を使用するもの等様々あるが、どのシナリオでも、今後金属の消費が大幅に伸びていくことが予想されている。2010年を基準とすると、カーボンニュートラルの目標となっている2050年には、最大で3.8倍まで金属の消費が伸びると試算されている。

電気があるところには銅が必要になるという意味で、我々はよく「銅は文化なり」と言っており、文化の質の向上に銅は非常に重要な金属である。銅の将来の需給バランスの試算を見ると、供給量は、鉱石から供給される第一次供給（天然資源）と使用済みのものをリサイクルして供給される第二次供給（人工資源）の二つから構成される。金属消費の伸びを推算したいずれのシナリオでも、ある程度の供給があるだろうと考えられているものの、この供給に対して需要の方が多いと予測されることから、研究者の間では供給不足が危惧されている。

また、昨今のカーボンニュートラルに向けた流れの中で、今後再エネや蓄エネ等の導入が拡大すると、現在の需給バランスとは異なり、特定の金属の需要が増えていく可能性が既に指摘されている。代表例を挙げると、EVの生産に伴いリチウムイオン電池が必要になると、コバルト、ニッケル、リチウム等の需要が急増する。また、磁石が必要になると、ネオジム、ジスプロシウム等のレアアースの需要が増える。このため、今の需給とは異なるところで、特定の金属の急激な需要増加により、結果として需給バランスが崩れることを、多くの人が懸念している。

資源には、天然資源、使用済みのものをリサイクルする人工資源、日本近海にある海洋資源があり、私はこの順番で重要と考える。

常に天然資源と人工資源のベストミックスが必要である。現在は天然資源の割合が多く、そこに人工資源を再使用している。今後、世の中において、環境負荷低減への要請が強まったり持続可能な開発に対する考え方が大きく変化したりすると、人工資源への要請が増えて徐々に天然資源と逆転する可能性もある。

また海洋資源は、一般的な天然資源と比べ、難処理性があるとともに一定程度の環境負荷の懸念もあるが、資源セキュリティ、技術の高度化、人材育成の観点から、今から継続的な技術開発を行っておくべきである。

国内の金属鉱山はほとんど休廃止鉱山になっているが、開発できる鉱山があるということは、人材育成、技術の継続の点で非常に重要である。

天然鉱物資源も、難処理化が進んでいる。銅鉱石の品位は、以前は1%を超えていたが、どんどん低下している。当研究室で銅鉱石を分析したところ、大部分が資源にならない脈石であり、その中に銅鉱物がぽつぽつと混じっている。その割合も大きさも縮小してきており、物理的な分離が難しいために費用が掛かるといように、難処理化が進んでいる。また、ヒ素含有銅鉱物が赤く点々と混じっており、銅鉱物よりも大きさは大きくなっている。毒性が高いヒ素は適切な処理が必要であり、濃度が高くなってきていることから難処理化が進んでいる。このため、環境負荷が低い分離技術の開発も必要になる。さらに、銅は採鉱の段階では1%未満であるため、選鉱の段階で分離・濃縮を行い、できるだけエネルギーを掛けずに20~30%程度にする。そこから熱や薬剤を使用して純度を上げ、最後は99.999%というような高純度の銅とする。日本の素材産業はすばらしく、こうした高純度の素材が多種多様な高機能製品作りに役立っている。それをしっかりと確保しながらも、鉱石自体が相当難処理化しているため、後で負荷を掛けないように前処理した上で分離・濃縮することが求められている。

環境に対する考え方も今後徐々に変わっていくものと考える。SDGsの考え方の基になったプラネタリー・バウンダリー（人類が生存できる限界）では、環境負荷を数種類の項目に分類・評価して懸念を示している。項目の一つである気候変動は現在、カーボンニュートラルに関する様々な考え方に基づいて議論されているが、環境問題は気候変動だけではなく、例えば土地利用の変化や生態系の破壊等も含まれる。

対象を得るためにどれぐらいの物質が関与したかで環境負荷を評価する関与物質総量（TMR）の考え方からは、例えば、ある金属を取り出す際、鉱石から取り出すよりも、パソコンをリサイクルすることで取り出す方がTMRは下がるという試算もある。金属や製品ごとに事情が異なるため一概には言えないが、環境に対するこうした考え方が広まってくると、天然資源よりも人工資源の利活用を図る方向になっていくと考える。

環境問題は非常に多種多様であり、カーボンニュートラルとTMRのような概念とが常に両立するとは限らない。このため、今後は、カーボンニュートラルと資源循環を同時に実現するに当たり、相反する可能性があるこの二つの概念の間のどこに力点を置くのが人類にとって最善かを考えていかなければならない時代になるだろう。

人工資源を利活用していくには、様々な課題がある。天然資源の開発フローと人工資源の利活用のフローを比較すると、後半の製錬及び精製は同様のプロセスであるのに対し、前半の上流部分が大きく異なることが分かる。

人工資源のプロセスで、天然資源の調査、採鉱に相当するのが、どこにどんな製品があり、どんな素材がどう分布しているかを調査するマテリアルフローアナリシス(MFA)の解析データである。また、こうしたプロセスによりどれだけ環境負荷の量を縮減できるかを試算するライフサイクル評価(LCA)がある。このような、人工物として存在する資源の種類と所在に関するデータを上手に集め、戦略的に活用していくことが、課題としてまずあると考える。

次に、天然資源の採鉱は、長い歳月にわたる太陽の恵みによって大規模に濃縮された鉱山を見付けて開発することになる。他方、人工資源は、高濃度ではあるが消費者の手元に分散しており、集めるのにエネルギーを要するため、効率良い方法を真剣に検討する必要がある。

天然鉱物資源の選鉱では、次の段階である製錬における負荷を抑制するための、分離・濃縮に関する技術開発が鍵となる。製錬と精製は、処理対象次第でバランスが変わるため、エネルギーを掛けずに新規の処理対象を分離・濃縮するための技術開発が必要となる。また、分離後に必ず排出される副産物の利活用やバランス良い使用の方法の検討も必要になる。

人工資源利活用が天然資源開発と大きく違う点は、使用済み製品には、使用に至るまでのデータが必ずどこかに存在しているはずというところであり、このデータを使用済みのところに正確に情報伝達することで、その後の処理フローが高効率化する可能性がある。この点については、個々の製品の情報セキュリティや競争等、様々な問題はあるが、可能な限り技術的あるいはシステムの的に解決す

ることにより、後の処理部分にその情報が伝達されるようにすることが、使用済み製品に係る資源データの情報伝達という概念と相互補完的と考えており、こうした新しい仕組みづくりが望まれている。

より詳しく説明すると、まず、MFAやLCAの活用や効率的な回収の必要性を示す一例として、日欧米における廃棄物処理業の会社規模を見ると、米国、フランス、ドイツに比べ、日本の企業の規模がまだ小さいことが分かる。MFAやLCAの利活用には、企業の規模が大きな経済的要素になるため、効率的な大規模化及びデータ収集をどのように実現するかが大事である。この点について、データを集約し戦略的に使っていくこと、すなわち製品の使用前の材料データと使用後にどのくらい機能が残っているかというデータを連携させて利活用する動脈連携が、大規模化や高効率化につながるものとする。

また、物理的な分離・濃縮の段階でも、まだまだ技術的向上の余地がある。現状の解体技術としては、破碎・粉砕又は手解体しか実用化されていないため、この二つの技術の間を埋めていくような、高効率で大規模でありながら精度も高い分離・濃縮技術の開発、また技術の全体的な引上げが必要になる。そのためには、得たい機能を可能な限り残しながら分離することが重要で、製品から原子、分子までのどのレベルでも分離が可能な技術開発が求められていく。そのような技術開発のためには、今後は製造段階から分離しやすい設計にするのも一つの選択肢であり、また、それがものづくりの一つの強みになるような価値観になっていけば、人工資源の利活用の世界も徐々に変わっていくものとする。

製錬の課題は、不純物をどう制御しながら分離し、副産物全部を利活用していくかに尽きる。現在でも、銅と亜鉛と鉛については製錬ネットワークを構築し、連携しながら20種類以上の金属を回収しているが、入口部分の鉱物や人工資源の変更に伴うバランスの変化への対応が課題である。特に、鉱石には含まれない樹脂やハロゲン等の元素が入ることで、新たな分離コンセプトに関する技術開発が求められる。

人工資源の利活用に対する世の中の要請が高まっており、素材側も責任ある素材生産を考え始めている。一例としては銅マークがあり、国際銅協会にお

いて、コミュニティー、労働環境、ガバナンス、環境、人権を評価し認証を与えるものである。この制度は欧州で始まったものであるが、日本でもこれに則した製品を生産し、あるいは使用すべきであるとの世論が強まっていく動きがある。

また製品側でも、自社製品を100%リサイクル素材で作る、あるいは100%再エネで製造すると宣言し、毎年レポートを出し始めた外資メーカーがある。かなり影響力があるメーカーがこういうことを始めているため、今後更にリサイクル率が高い素材の使用が求められていく可能性が高い。

さらに、リチウムイオン電池に関しても、EUではニッケル、コバルト、銅のリサイクル率を義務化する法案が提出されている。これは製品側にも、リサイクル率が高いものの使用や、製品の製造過程全体で排出したCO₂の量、すなわちカーボンフットプリントの報告等を義務化するものである。このような動きを見ると、素材側、製品側の両方で、少しずつ人工資源の利活用への要請は高まっていると考える。

最後に、連携と人材育成の重要性を述べる。既に国内でも学会等を通じ、または各大学や協会が、様々な考えの下に人材をつないでいこうとする試みを行っている。また、例えば欧州には欧州イノベーション・技術機構（EIT）ローマテリアルズという組織があり、これは資源から材料までの分野を全て統括して、人材育成、教育、研究、あるいは企業との連携まで全てを行う機関である。こうした、物事を一気通貫で見られる機関があるというのは大きなことで、非常に大きな存在であると考えられる。日本においても、鉱石だけではなく製品をも対象にして資源戦略を練っていくという意味において、各分野の連携と人材育成はますます重要になっている。

東京大学副学長・生産技術研究所教授 岡部 徹 参考人

金属鉱物の製錬には、鉱石からメタルを造るという従来型の冶金に加え、最近重要となってきたスクラップからの有用なメタルの取り出し（リサイクル）があり、それに関する環境問題やリサイクルの重要性、特に、本日はレアメタルを中心に意見を述べる。

レアメタルには様々な種類があるが、上位3か国だけでほとんど供給されるとよく報じられることから、特定の国にしか存在しないとの誤解が生じている。実はレアメタルは需要に対して大量に存在し、僅か3か国の供給だけで世界の需要が賅えてしまう。ただし例外的に白金だけは、現時点で南アフリカとロシアくらいにしか優良な鉱山が見付かっていない。レアアースは、中国以外にも鉱山や鉱床が数多く存在するものの、中国の供給だけで世界の需要が賅えてしまう。今後、安定供給が懸念されるレアメタルを挙げると、白金やタングステン等は供給障害が起こり得る。レアアースについては、2010年に中国の輸出規制が話題になった。いずれにしても、こうしたレアメタルはいずれも供給障害の危機がある。

レアアースの国別生産量の変化を見ると、以前はレアアースの大半が米国の鉱山で産出されていたが、2003年頃から米国からの供給がなくなっている。これは鉱山が枯渇したのではなく、中国による安価な供給に対しコスト競争力を失って閉山しただけのことである。現在、中国は確かにレアアースに関して世界で支配的地位にあるが、中国にしか存在しないわけではない。

その意味では、レアアースは枯渇することではなく、むしろ銅、亜鉛、鉛等のベースメタルの枯渇又は鉱石品位の低下、供給障害の方が懸念される。レアアースの生産量は11万tであり、そのほぼ90%を中国が占める一方、資源量は、陸上だけでも1億3,000万tが存在し、生産量の約1,000倍である。海洋には陸上の何百倍もの資源が存在するとの報道もあり、これも含めれば更に多いと思われる。このようにレアアースに関しては枯渇等のおそれは全くなく、資源量シェアが小さい豪州やインド等だけでも世界の需要を賅うことが可能である。それにもかかわらず、レアメタルの枯渇や資源供給制約ばかりがよく報じられるのは、技術制約や環境制約について報道されて利害関係者から強く指摘されると、一部の企業にとって不都合だからである。資源供給制約があるのは、主に南アフリカやロシアしか供給できない白金くらいであり、例えば、レアアースの一種であるネオジムは豊富に存在する。なおチタンのように、資源量は豊富でも技術制約があつてメタルにするのが困難なものもある。

レアメタルという言葉が一般的になったのは、恐らく2006年頃に日本経済新聞の一面に掲載されてからである。それまでは鉱山事故、詐欺、環境破壊関連等、社会面でしか取り上げられてこなかった。2010年頃になると、政治の問題でレアアースの供給障害が起こった。尖閣諸島沖での中国漁船衝突事件をきっかけとして外交問題、政治問題が表面化し、中国が突如、世界シェアの大半を占めるレアアースの供給を停止することを表明した。最も恩恵を受けていたのは、高性能なモーターの製造・販売を行う日本の産業界であったため、経済問題になった。

一般的にはレアアースの問題は上記の流れで見るが、専門家の視点では、単に、レアメタルを環境破壊しながら安く生産する中国の環境問題と、日本が技術を押さえている特許問題とのギャップによって生じた話である。こうした問題は、レアアース以外のレアメタルでも多く生じる。なぜなら、今後、航空機産業、自動車産業、原子力等のエネルギー産業が伸びると、飛躍的にレアメタルの需要が増すからである。さらに、例えばスマートフォンには、産業のビタミンと言われるレアメタルが、ごく少量ではあるが多種類使用されているように、我々の身の回りでもレアメタルが使われている。

先進国の人々はレアメタルを海外から輸入し、高性能なハイテク製品を作ることによって環境に貢献していると信じている。ただ、そのような物を製造する過程で多量の廃棄物が発生していることを理解することが最も重要である。

レアメタルを造るには鉱山、鉱石、製錬所が必要である。日本は、廃棄物が全て除去された地金を購入してハイテク製品を作っている。更に問題なのは、レアアース等の鉱石は放射性物質を含んでいることがあり、銅についても鉱石によってはヒ素、カドミウム、水銀等を含んでいることである。もちろん大抵の鉱山では、鉱石や廃棄物は適正に処理されているが、こうした有害物を含む廃棄物の処理がどこかで行われている。例えば、最近自動車の電動化が進み、電線に用いる銅の消費が増えている。1台の車で50kg程度使うようになってきた。銅を1kg造るには鉱石からだけでもその200倍の廃棄物が出て、その中にはヒ素、カドミウム、水銀等が含まれていることもある。50kgの銅を使うEVを製造する場合は、10tの廃棄物（鉱石）が出る。また排ガスを浄化する触媒には白金を数g使用する

が、それを造るには、その100万倍、数tの廃棄物が出る。それゆえ、環境に貢献していると思われているEVの背後には、膨大な量の廃棄物が生じることを理解いただきたい。工場のごみゼロ化もよいが、大本を考えたら環境に大きな負荷が掛かっていることも理解する必要がある。

日本において現在最も重要なことは、技術制約や環境制約を突破していくことである。幸い日本は、レアメタルの生産技術やそれに関わる環境技術が世界最高水準であり、非常に良い状況にあるため、今後は資源供給だけでなく、技術や環境に力を入れていくべきだと考える。

特に環境制約については、例えばレアアース、環境破壊等のキーワードでインターネット検索を行うと衝撃的な画像がいろいろと出てくる。私自身、様々な鉱山に足を運び、例えばレアアースの最大規模の露天掘り鉱山では、廃棄物を捨てたボタ山が本物の山のようにになっているのを見た。その鉱山はかなり高品位の恵まれた鉱山だが、多くの場合、ウランやトリウム等の放射性物質が混在しているため、そこで採れたレアアース鉱石を日本に輸入することができない。磁石のためにレアアースは欲しいが、レアアースを生産する場合、有害物を含む廃棄物も付随しており、それをどこかで廃棄しなくてはならない。

一般に鉱石の採掘と金属の製錬は行う場所が異なる。金属の製錬は相応のインフラを要するため都市部で行われるが、濃縮された鉱石から金属を取り出す選鉱の後に残る、濃縮された多量の有害物を廃棄しなければならない。日本でそれを行うには膨大なコストと手間が掛かるが、中国では、ほぼゼロコストで巨大な湖に鉱石由来の廃棄物をそのまま捨てることができる。ゼロコストで廃棄物処理ができる国とは勝負にならない。そのため、米国の鉱山はコスト競争力を失って閉山せざるを得なかった。しかし日本は中国に頼り続けるわけにもいかない。ただ、そのために、例えば豪州で鉱山を開発して日本にレアアースを供給するとなると、やはり金属を取り出す際に鉱石由来の有害物が発生するため、途中、例えばマレーシアで処理するというようなことになる。こうした問題をしっかり見据えつつ、レアメタルの資源戦略に取り組む必要がある。

もう一つ問題なのは、日本には技術があってもコスト競争力の問題で続々と製

鍊プラントが海外に移転していることである。中国は、例えばレアアースであれば、資源もそれを製鍊するプラントも全て押さえている。したがって日本も今後、様々な処理が可能な製鍊プラントを温存する施策が極めて重要になる。その理由は、高性能な飛行機や自動車、ロボットはいずれ必ず廃棄されるが、そこにはレアメタルが大量に使われており、それをリサイクルする必要があるためである。海外に委託するという発想もあるかもしれないが、幸い日本には優れた技術力が残っているため、それを懸命に維持して人材育成を進めていくべきである。車1台製造するには様々な金属が必要である。50kgの銅を取り出すのに10t以上の鉱石が使われており、白金も同様である。高性能モーターでも、レアアースやリチウムが何tも使われる。今後はこうした状況を見据えつつ施策を打ち出していくことが必要である。

レアメタルのリサイクル、すなわち廃棄物から分離した有価物であるレアメタルを、より純度が高く、高付加価値なものとするべき理由は、もったいないからである。「もったいない」という考えは世界には通用しないが、日本が誇るべき上位概念である。あともう一つ、環境の破壊を防ぐためにもリサイクルの推進は重要である。残念ながら現在の技術力では、貴金属以外のレアメタルは、リサイクルすればするほどトータルのコストが掛かる。そこでレアメタルのリサイクルへのモチベーションとしては次のようなことがある。すなわち、レアメタルは、地球が生んだ奇跡の物質を地表近くから取り出したものだが、採掘の際に環境を破壊し、製鍊で莫大なエネルギーを使っている。さらに日本は他国と異なり、廃棄物の処分場にも限りがある。その意味では、レアメタルのみならず、リサイクルが重要となる。

まとめとしては、人々が使う高性能電子機器には多量のレアメタルが使われており、そのリサイクルは我々の使命である。ただ残念ながら鉱物資源は、余りにも価値が低く評価され、ただ同然で採掘され、現状ではほぼゼロコストでゴミが廃棄されている。

ではどうすればいいかというと、バリュー・オブ・ネーチャー（鉱物（天然資源）が有する本質的価値）という考えを持っていただきたい。金属の生産には、

採掘、製錬、加工等のコストが掛かる。リサイクルの場合、まず回収コストが日本では非常に高額となる。回収して分離しても、金属として取り出す際に出る廃棄物の処理コストも日本では極めて高額となる。銅、鉛、亜鉛、鉄鋼といった大量に集まる金属や、貴金属のように単価が非常に高い金属は、リサイクルすれば利益が出る。一方で、リチウム、タンタルやレアアースは、リサイクルすればするほどコスト的には損失となるが、だからといって廃棄してはいけない。我々が知らないところで、鉱石から金属を取り出す際に環境が大きく破壊されている。つまり、バリュー・オブ・ネーチャーを大きく破壊しているのである。

鉱石自体がバリュー・オブ・ネーチャーが高く、しかも廃棄物処理には実は相当高いコストが掛かっている。現状では、ほとんどのレアメタルについて、リサイクルすればするほど、経済的な利得はなくビジネスとしては成り立たない場合が多い。しかし、レアメタルをリサイクルすることによって、バリュー・オブ・ネーチャーを保全し、人類は価値を生んでいるということを理解していただきたい。

日本の多くの研究者は素材からハイテク製品を作ることには一生懸命で、日本はこの分野でトップランナーである。今後は、廃棄された製品を資源として有効利用し、それを環境調和型の技術でしっかり利活用していくことが重要になる。

（主な議論）

【鉱物資源の安定供給】

問 今後様々な分野でレアメタルの需要が増加していく中で、日本に賦存する鉱物資源の現状を伺う。海洋鉱物資源も調査しているが、まだ課題が多く難しいという話であった。そこで、調査段階にある日本の陸地の鉱物資源に関し、採掘に至る可能性の有無について、参考人の立場や経験を踏まえての见解を伺う。

答 日本の鉱物資源の現状であるが、金属資源の大きなところとしては鹿児島県の菱刈に金鉱山がある。日本の金属鉱山は、1990年代半ばに、菱刈鉱山を除いてほとんど全滅状態になった。その理由は、当時、対米ドルの為替レートが

100円を切るまでの円高となったため、輸入鉱石が非常に安価になったのに対し、国内鉱山は、労賃や環境コストが高かったことから、立ち行かなくなってしまうためである。

今後は、金に関しては可能性があるかもしれないが、国内で鉱山を営むにはそれだけの環境コストが掛かるため、難しいのが現状である。複数の海外企業が菱刈鉱山の金鉱床の調査等を行い、開発可能性を検討したが、結局物にはなっていない。石灰石だけは自給可能だが、埋蔵量は急速に目減りしている。経済産業省は、2009年を最後に国内資源の埋蔵量統計の作成を中止した。その理由は、鉱石は輸入が多いので、海外の埋蔵量を調査する意味はあるが、国内はもう関係ないということだが、石灰石は継続すべきだった。

そういう理由で、政府は国内の陸上資源の埋蔵量調査は行っていないが、海洋鉱物資源については、懸命に取り組んでいる。

問 鉱山の探査、開発そして生産には成否の確率の問題があり、何より期間も相当掛かる。また、鉱物の生産に際し、どの資源がどういう技術革新によってどのくらい需要が伸びるかを予測した上で、技術開発や資源開発の投資を行う必要があるが、この点に関する日本の総合的な戦略の現状について伺う。

答 どの鉱山会社も長期的な戦略について検討しているが、20年、30年掛かっても鉱山の開発に至らなかった案件も多くある。今後はカーボンニュートラル等に関連する材料へのシフトもあるだろうし、また、銅は今後も非鉄金属の主力の地位を保ち続けると思われるため、これらに関しても長期的な戦略が必要である。なお、優良な銅鉱山は、現在は主に南米や環太平洋に位置しているが、開発が難しい案件が増えている。

問 レアアースの中国依存に関して、資源の採掘だけでなく、環境負荷や環境コストが問題となっているとの指摘があった。今後、中国の規制強化が進んだ場合に、日本が資源の安定供給を確保するため、現在の中国の規制と同程度で、取引相手の候補となり得る国・地域の有無、あるいはそうした戦略的な検討の状況について伺う。

答 中国では、尖閣諸島沖での中国漁船衝突事件を端緒とした日本に対する輸出

規制の後、レアアースの価格が高騰し、以前の価格には戻っていない。その結果として、かなり高コストでの生産が可能となったため、環境面での改善が相当進んでいる。ただ、日本と比べ、規制は厳しくなく、特に廃棄物処分の費用は桁違いに安い。このため、今後環境規制等が厳しくなると、結局は技術とコストの関係になるので、レアアースの価格が上がることになるのが重要なポイントである。

これに関連して、技術革新によって、これまで利用されていなかった資源が価値を生む可能性について述べる。例えば、120年前はアルミニウムもレアメタルであった。つまり、資源は豊富にあってもコモンメタルにすることができなかった。それが、技術革新によってレアメタルからコモンメタルになった。また、技術革新先導型の資源の有効活用の最近の例としては、シェールガスが挙げられる。昔は使い物にならない、コストが掛かる、技術もないと言われていたが、急にエネルギー資源に変わった。その意味では、チタンは幾らでもある資源だが、いまだ技術革新は起きず、レアメタルのままである。今後アルミニウムのような技術革新が起きれば一気にコモンメタルになる。

日本が今後取り組むべきことは、チタン、電池に使用されるニッケルやコバルト等の生産の技術革新、さらにリサイクルをこれからもリードし続ける国づくりである。

問 政府は第3次エネルギー基本計画で、鉱物資源の自給率について、2030年にベースメタルを80%以上、レアメタルを50%以上とするなどの目標を掲げていたが、これらに対する評価を伺う。

答 鉄鋼やベースメタルのように生産も需要も伸びない一定値のものは、施策や技術開発によってリサイクル率を高めることは可能である。ただ、レアメタルの場合は、スマートフォンの普及やEV等の登場に伴い急速に需要が増えている。このため、過去の製品から全量抽出したとしても需要に全く追いつかない。

問 海底熱水鉱床よりも水深が更に深いマンガン団塊とレアアース泥については、揚鉱技術が未開発なため、まだ難しいとのことであった。相当深いところ

に存在するこれらの開発可能性について、海外等での実証実験の状況も含めて見解を伺う。

答 海外では水深数千mの油ガス田から原油や天然ガスを採取しているが、それは、原油等が地層の圧力で上がる自噴能力を持っていることも一因である。マンガング塊やレアアースにはそのような動力源がないため、水深4,000～5,000mから人為的に揚げてこななければならない。

日本は既に1997年にマンガング塊の集鉱試験を終えているが、その後マンガング塊の揚鉱について経済的に見合う手法を発見できず、足踏み状態にある。一方、海外でもマンガング塊の集鉱試験を行おうとしている。ただし、鉱石を集めるだけで、揚鉱の方法はその次に考えるという段階で、やはり水深数千mという壁が厚い。

問 海洋鉱物資源のうち海底熱水鉱床開発における非技術的な課題は、法制度や社会の受容性、他産業との共生といった極めて重要な課題が多いが、これを乗り越え先に進むために参考となるような海外の事例等があれば伺う。

答 JOGMECが注目しているのは、国際海底機構（ISA）が公海における深海底の鉱物資源に関する開発規則（マイニングコード）を作成しようとしていることであり、日本のEEZ内についてもそれを参考にして作ることになる。

また、海底熱水鉱床やコバルトリッチクラストの掘削試験等、日本が行っている活動から得られたデータを、ISAが行おうとしている法整備や環境整備に対して積極的に発信し活用していくべきであるとJOGMECや政府は考えているようである。

【鉱物資源と環境】

問 環境問題をシビアに考える日本が、環境問題を全く考えずに資源開発を行っている中国に対し、資源は輸入しつつ、環境問題の改善を促すために、これからの外交交渉等において必要となるものは何か伺う。

答 過去の日本と同様、成長戦略を取る国は、国策として環境問題の優先順位が

少し低くなるが、これは仕方がない。現在の中国は環境コストが相当低いが、ある程度豊かになったり、様々な問題が顕在化してくると、日本もそうだったように、環境コストを上げてくるものと考ええる。ただ、そうなるとまた他に環境コストが低い国が出てくる。特に鉄鉱石等とは異なり、レアメタルは需要が少ないため、供給量が多い上位3か国だけで世界中に供給できてしまうことから、どうなっていくのかは分からない。

日本は実際には、貴金属を含むという条件付で、廃棄物を海外から相当輸入しており、世界中で取り合いをしている。例えば、自動車排ガス浄化触媒に使われる白金やロジウムを含む白金族を海外で懸命に集めて、日本に持ち帰り製錬している。また電子基板のスクラップでも、金の品位が高いものは輸入している。その理由は、日本が今はそういった特殊金属の製錬が得意だからである。このように、日本は環境を害さずに有用な金属を取り出す技術について今はトップランナーであるので、今後も戦略として強化していくべきである。他方、日本は安い物を処理するコストではどうしても勝てない。

問 日本は廃棄物からレアメタル等を取り出す技術が世界最高水準とのことだが、中国で天然鉱石からレアアース等を抽出する際に、日本の優れた技術を役立てて協力する余地はあるのか伺う。

答 かつて日本では、銅、鉛、亜鉛等の非鉄産業が一気に開花して日本の産業が加速度的に成長した。現在も1兆円規模の非鉄産業の企業が多数存在する。しかも、高い環境コストを払わなければならないのに、電子基板等のスクラップを輸入して環境に適合する形で富を生み続けている。日本の製錬技術はすばらしいが、最近では中国も技術力が大きく向上している。少し前までは中国の製錬会社は技術的に劣ると考えられてきたが、今は多くのものが中国に抜かれていると認識を改める必要がある。特にレアアースの生産に関しては、もはや中国の方がはるかに進んでいると考えた方がよい。ただし、例えば高性能の磁石等、最終製品の製造まで含めると、日本の方が進んでいる。かつては日本が中国に技術を指導する立場にあったが、残念ながら現在は、中国に赴いて様々なものを学ぶ立場へと変わりつつある。最終製品の製造についてはトップラン

ナーかもしれないが、製錬に関しては中国に抜かれつつあるのが現状である。

問 世界的に見れば、EV製造に不可欠な物質のうちレアメタルが枯渇する可能性はない一方で、レアアースは供給源が偏在し、製錬所も環境対策が不十分な国に偏っていると指摘されている。そこで、国内における製錬所の整備が必要と考えられるが、リサイクルを含め、環境コスト面での困難があれば、環境規制を緩めて環境コストを下げなければ行うことは難しいのか、国内のレアメタルの製錬環境の充実に向けた施策の在り方について見解を伺う。

答 日本は環境規制が非常に厳しいため、レアメタルの製錬ができず、有害物質の処理にコストがかなり掛かるのは事実である。そこで、環境規制が緩い特区のようなものを作るのも一案である。

一例を紹介すると、米国アリゾナ州のある鉱山では、山に硫酸を直接掛けて銅鉱石を溶かし、下方にできた硫酸銅の池から銅を取り出すということが行われている。これは極端な例ではあるが、米国等では、現在もそういう方法で多くの銅が生産されている。日本ではこうしたことはもちろん不可であるが、米国等と同様に、日本でも地域によって環境規制を緩めればよいと思う。

問 リチウムイオン電池に使用されるリチウムの代表的な産出国であるチリでは、リチウム鉱床があるアタカマ塩湖において、地下水のくみ上げ過ぎによる生態系や住民生活への影響が指摘されていると聞く。また、リチウムイオン電池に使われるコバルトの中心的産出国であるコンゴ民主共和国では、採掘自体が水質や農作物を汚染するほか、鉱山労働者が一日1ドル程度の劣悪な労働環境で働き、7歳の子供まで使われているなど、人権問題に関する批判もあると聞く。

EVはクリーンであることを特長として掲げてリチウムイオン電池を搭載するが、そのために新たな環境汚染や搾取、あるいは人権問題の拡大をもたらしている。地球全体で見ると、自然環境や人間社会への負荷が拡大していることがうかがえる。こうした、川下のリサイクルだけでは対応できない問題について対応が必要と考えるが、どのような具体策が求められるのか、見解を伺う。

答 EVは、使用時は非常にクリーンだが、製造段階における環境負荷を含むラ

ライフサイクル全体で評価しなければいけないという考え方も大分根付いてきているとは思う。

EUの法案からは、製品側にもできるだけクリーンな材料を造ろうという努力が感じられる。より上流側のコバルトやリチウムの採掘についても、カップマークのような、人道的にも環境的にも安心で、安全に造られた素材であるという認証制度が広がる可能性があり、製造側の日本も、認証されたものをより多く使用することが求められていくものと考ええる。

また、リチウムもコバルトも資源として有していない日本にできることはリサイクルだと思うが、現状では経済的に成り立たない可能性が高い。そのため、リユース等の様々な方法による努力をしているが、リチウムイオン電池の資源循環について日本も直ちにきちんと考えるべき時期に来ている。

答 リチウムの採掘、特にチリのアタカマ湖での環境破壊について説明する。アタカマ砂漠は、湧き水はあるが、一年中雨が降らないような場所であり、地下にあるかん水と呼ばれる塩水のリチウム採掘現場は、周囲に人がいないため、どれだけ掘っても誰も困らない。ただし、EVを1台造るには2t以上のかん水を掘り出す必要があるが、現状では、EVを造るためではなく、塩化カリウムを大量採掘する際の副産物としてリチウムを採取している。

問 環境への配慮や、持続可能な社会を作る観点から環境や人権の問題は重要だが、日本では経済が優先されて話し合われぬ。他方、欧米諸国は、環境問題や人権問題を、外交や経済を優位に動かすために使っている部分があると聞く。環境への配慮を証明するだけでなく、本当の意味で経済を成長させていく上で、どのような視点で国際認証の取得について考えていくべきか、関係産業以外においても考える必要があるのではないか。この視点から、人工資源の利活用に関する素材生産側の責任ある対応の一例としてカップマークという評価制度の紹介があったが、誰がその認証を得ているのか、また日本にどのように影響するかについて伺う。

答 カップマークは、銅の素材であるインゴット（製錬された金属の鋳塊）に対する認証制度であり、それを造る鉱山、製錬所、資源・素材企業が国際銅協

会から認証を取得する。日本の大手の銅製錬所や資源・素材企業もこの認証を取得している。これは日本ではなく外国の制度であり、諸外国、特に欧州はこうしたことを戦略的に進めてきている。

問 環境問題には、人権問題や労働問題の側面があり、これに対処する必要から、銅に関してはEU主導により、カッパーマークという一定の国際的なガイドラインができていたとのことである。他の素材についてもこうしたガイドライン的なものの策定が必要と考えるが、例えば日本がそれを主導できるのか、あるいは世界でそういった協議会を作るなどの動きがあるのか、現状を伺う。

答 銅は非鉄の中でも主軸の金属であるためこういった動きができてきているが、その他の金属については情報を持っていない。ただ、EUを中心に、金属全体のトレーサビリティ確保に向けた動きがあり、世界的にその方向にあることは間違いない。それをEUが主導している理由は、EUの産業を守り、EUの価値観が世界に行き渡るようにという、ある意味での戦略からである。

そういう中で、日本が特定の金属に関する指標を策定することは考えづらいが、金属全体のトレーサビリティを高めるという部分におけるEUの先導的な動きに対して、日本もきちんと意見を言える立場にあることが非常に重要である。そういう意味では、日本はこういった部分を俯瞰的に見た上で、英語で、EUの様々な動向に対峙できる、意見を言える人材が不足しているため、そのような人材を育成し、物を言える立場を確立しておくことが重要である。

問 バリュー・オブ・ネーチャーという考え方について、アカデミアや国際的なシンクタンクにおける議論の現況について伺う。また、このような考え方を制度に実装するにはどうすればよいか伺う。

答 この概念が普及すると産業界にとって困ることが多い。コストがひたすら掛かり、加えて環境破壊に対するペナルティがあるからであり、非常に難しい概念である。ただ、自然が持つ価値をあまりにも壊したり、爪痕を残したりしてはならないが、そうする以上は、徹底的にリサイクルを行うべきと考える。なぜならば、レアアースの採掘によって環境が破壊され、放射性物質等が排出されることもあるが、リサイクルであればコストも手間も掛かるが有害物質はも

う排出されないというメリットがあるからである。ただ現在の経済は、コストを負担せずにかに安く物を作るかというところで勝負しているので、コスト的には全く見合わないバリュー・オブ・ネーチャーという考えを導入することで困る人が多いのも確かである。

問 鉄道やバスは自家用乗用車と比べて単位輸送量当たりのCO₂排出量が少ないことから、環境負荷を減らすためには自家用乗用車から公共交通機関へのシフトを促す必要があると言われてしている。今後はEVが増加し主流になると考えられるが、そのような状況においても公共交通機関は環境負荷が少ないと言えるのか伺う。

答 電車を始めとする公共交通機関は、資源消費のみならず、エネルギーの観点からも大変エコである。他方、EV等は、高速道路で渋滞に巻き込まれることもあり、すこぶるエコではない。資源消費のみならず、エネルギーや社会性の観点からも、将来は公共交通機関へのシフトを重点的に進めるべきである。自家用の乗り物は、CO₂を出さないとしても、趣味の世界でよいのかもしれない。これには様々な意見があり、レアメタルを大量に使用しても自動運転の車を推進すべきという考えもあるかもしれないが、私はそうではないと考える。

問 現在、深刻な新型コロナウイルス感染拡大に伴い、自動車の利用やマスクの廃棄物等が増加しており、環境負荷が増大していることから、新型コロナウイルス感染拡大と環境問題について、特に資源環境の観点からの課題を伺う。

答 新型コロナウイルス感染拡大に伴う移動制限により、エネルギー面での環境負荷が少し下がったという報告もあるが、一部のプラスチックごみやマスクの廃棄物等は増加していると言われてしている。プラスチックごみやガラス等は、機能は相当高いが、金属と比べて元素としての経済価値はそれほど高くない。これらを我々がどのように資源としてうまく利活用していくかは大変大きな課題である。

プラスチックやガラス等は、その機能を余すところなく使い、ごみにしないという処理法が求められる。そのため、地産地消に近い、金属よりも更に小さな範囲内で上手に機能を使う仕組みづくりをしていかなければならず、そのた

めの分離や後処理技術の開発も必要である。

さらに金属の観点から言えば、現在、製錬所でもプリント基板等の一部の樹脂を受け入れているが、副産物に影響が出ることから極めて限られている。このため、樹脂のリサイクルについては、製錬所側も更にどういう寄与ができるかを検討する必要がある。

そのときに考えなければいけないのが副産物への影響であるが、副産物を上手にサプライチェーンに乗せる、つまりごみにせず利活用することができれば、もう少し販路を広げることができると思う。特に、鉛やヒ素等の金属の有害物質は拡散していくものではないため、少し混じっていても上手にコントロールして利活用していくという考え方もあり、金属に限らず、入口から出口まで広く見ていくことが大事であると思う。

【資源リサイクル】

問 技術や資金ではなく、鉱床が持つ地質学的な自然条件によって採掘できる鉱量が決まるということではよいのか伺う。また自然破壊を進行させないためにも、コストが掛かっても都市鉱山の開発、金属リサイクルを押し進めていくことに賛同しているのか伺う。

答 自然条件によって鉱量が決まるか否かは難しいところであるが、深く掘ることが難しいケースは現実に存在するし、掘ることができてもコストが掛かる。このため、制約を受けることはあり得る。私は鉱山が専門であるが、リサイクルによる金属の回収は必要だと思っており、今後も鉱種や金属種が広がっていくことを望んでいる。

問 国内での採鉱が難しいとなると、リサイクルということになる。日本は貴重な資源をリサイクルする技術は相当進んでいるが、それが経営として成り立つにはまだ非常に厳しいという意見もあった。リサイクルの技術開発は、対象によっても異なると思う。その選別も含め、製錬までの段階で非常に大きな技術開発が必要になると考えるが、見解を伺う。

答 鉱物の分離は、解体・分離、濃縮を行う部分と、それを更に純度を高精度に

上げる精錬部分の二つに大別される。日本は後者については非常に優れているが、前者はまだ発展途上と思われ、特にリサイクルにおいて、技術としてきちんと確立されていない部分がある。そのため、目まぐるしく変わる色々な製品に合わせて技術開発をしていく、規模も大きくしていく、企業も技術力を付けていくということが非常に大事である。

問 日本におけるレアメタルに関する厳しい環境制約は、今後、技術研究によって解決できるのか伺う。

答 廃液や有害物質を排出しないレアメタルリサイクル技術の開発は、技術的には実現可能でもコストが見合わないことが多い。一例を挙げると、自動車のモーターに使われていた高性能磁石の廃棄物からレアアースを回収しリサイクルする際、有害な廃液を一切出さない技術を企業と共同で開発した。このように、環境意識が高い企業は積極的に取り組むが、コストが見合わないことが多い。ただ、環境コストの負担が一般的になれば条件が変わるので、こうした試みを国として応援してもらいたい。

環境調和型の技術開発は、日本が非常に得意としている分野であるため、今後注力すべき重要分野である。ただ、それを担う人材育成が危機にひんしていることが最大の問題である。

問 人工資源利活用の課題として、解体・分離の高効率化が挙げられている。現在の解体技術には、自動車のシュレッダー処理等の破碎・粉碎と家電の人力解体があるが、この両者の間を埋める特殊機械やロボット等の様々な未確立の技術に関する現状と課題について伺う。

答 それぞれの企業において、解体を自動化すべきとの課題認識に則して取り組んでおり、自社製品の全てを解体できるロボットを作り、インターネット上でアピールしている企業もある。ただ、自社製品であれば全ての情報があるためそれが可能であるのに対し、大規模なりサイクルでは様々な製品を扱うことから、自動化はそう簡単なことではない。このため、この分野に日本が誇る画像認識等のAI、ロボットといった自動化に関する技術が投入されていくことを期待している。将来的に破碎・粉碎に代わるものとして、使用済みの自動車が

何らかの外力を与えることで素材ごとに分解されるような分離技術ができれば、分解された素材はリサイクルできることから、世界は大きく変わると思われる。ただ、分離技術の開発だけでは難しいところもあるため、使用後に何らかの外力で分解されるような仕組みを製品側にも考えてもらいたい。仕組みと技術の両方で革新的に飛躍することを期待している。

問 金属のリサイクルについて、製品がリサイクルを経て再び製品となる過程が連携していないとの意見があった。同一企業内であればトレーサビリティに取り組むモチベーションはあるだろうが、実際には他社との関係やコストの問題等がある。そういう中で、政策的にトレーサビリティを進め、金属リサイクルを進めるモチベーションを高めていくための方策について伺う。

答 非常に重要な論点である。20年も前から易分解設計やインバース・マニュファクチャリングという製品のリサイクルを前提にしたものづくりの概念があったにもかかわらず、思うように進んでこなかったのは、正に製品側にモチベーションやインセンティブがなかったためである。それが現在、少しずつ世論や環境に対する意識の高まりで変化しているのではないかと期待している。

EUでは、既に全てのリチウムイオン電池を対象とする種類別の回収率やリサイクル率の目標設定、カーボンフットプリントの申告の義務化等を内容とする法案が提出され、法律で認められたリチウムイオン電池しか取り扱わないことで製品の差別化を図ろうとしている。日本でも同様の動きが起これば、資源循環に向けて大きく一歩前進することになる。そうしたインセンティブが製品側に発生する社会を作っていかなければならない。

問 これまで日本は、資源循環よりも経済的合理性を優先してきたが、最近ビジネスと資源循環が結び付いてきたことに注目しており、ビジネスが、加速度的に資源循環を推進するキーワードになると考えている。今後、日本が都市鉱山の金属リサイクルと関連技術で世界と戦っていくために、何がビジネスを後押しし、また何が必要になるのか伺う。

答 資源循環はバランスが大事である。例えば、貴金属のリサイクルをする場合には、貴金属だけでなく、付随する樹脂やガラス等全てのものの再利用も考え

なければならぬ。

もし政治や仕組みの面で支援が得られるのであれば、経済的に回収した後の残りの部分が、消費の段階でうまく利活用されるような仕組みづくりの後押しが考えられる。日本では鉛やヒ素等の有害物質が僅かでも含まれれば廃棄物として最終処分しなければならないが、全てを再利用するためには、有害物質が多少含まれていても管理できるものであれば極力活用するとの考え方にのっとり、樹脂やガラス等をサプライチェーンにうまく乗せていく仕組みづくりが非常に重要である。

この点の解決、すなわち再利用がうまくいけば、リサイクル資源も入ってくるようになるため、一部の経済的に価値がある金属だけでなく、あらゆるものが円滑に循環していく契機になると考える。

問 日本の廃棄物リサイクル産業は、欧米に比べて非常に規模が小さいとのことだが、その理由や経緯について更に詳しい説明を伺う。また規模が大きいと経済面で大きな利点があるとのことだが、国内外におけるその具体例について伺う。

答 日本のリサイクル業者が特定製品のスクラップや廃棄物処理業から生じたという経緯がある。この廃棄物処理には過去に様々な経緯があり、物を越境させることができない、広く集められない、ためられないなどの様々な規制の中で適切に処理されてきた。それは廃棄物処理としては非常に大事なことだが、一方、資源として利活用するビジネスとして考えた場合、広く集められない、ためられないということは足かせになっている場合もある。製品ごとに下請業者が処理してきた経緯から、現時点では多種多様な製品を広く集めて事業を拡大するまでに発展していないものとする。

リサイクル産業の大規模化のメリットは、欧米企業が実証しているとおりである。広く集めることで安定した市場が生まれ、廃棄物が良質な資源としてきちんと取り扱われてそこに集められれば、自分たちが分離したいバランスに合ったものを広く集めてくることのできるため、メリットは大きい。そのため、一定の規模を確保することは、リサイクルにおいて非常に重要と考える。

問 都市鉱山等のリサイクルの必要性について消費者が認識したきっかけは、小型家電や携帯電話等を回収して集めた金属で2020年東京オリンピック・パラリンピックのメダルを作ろうという運動であった。国民や行政が、都市鉱山等への関心を持ち続け、さらにはレアメタルをどのようにして国内できちんとリサイクルしていくかという観点からの、国民や行政に向けたメッセージを伺う。

答 オリンピック等のメダルの件は、人工資源のリサイクルへの理解を広げる非常に貴重な機会であった。さらに最近では、日本の重要な価値観である、もったいない精神に基づいて様々なものの有効活用を図る取組がなされるようになった。元来、日本国民にこうした意識があるため、リサイクルやリユースは比較的根付きやすいと考える。廃棄物は混ぜればごみだが、分ければ資源であるということを言い続けている。消費者が廃棄する際にある程度分けるようにし、それを大規模に集めてリサイクルする仕組みづくりが非常に重要である。その際に何を分ければよいかは、真剣に考えなければならない。

答 一般社会へのアピールは非常に重要である。レアメタルのリサイクルが今後重要性を増すことは確実であり、オリンピック等のメダルを全てリサイクルした材料で作るなどの取組は非常に重要である。経済的には見合わないが、持ち物は全てリサイクルしたもので作るべきであるなど、国会議員にはそうしたことを広くアピールしていただきたい。

問 秋田県小坂町を出発点とするDOWAホールディングス株式会社は、日本は資源小国だが実は資源がたくさんあるとして、都市鉱山の開発に相当早い段階から取り組んできた。その後の都市鉱山の開発や分離の取組状況や、これが先進事例として今後も広がっていく可能性を秘めているのかどうかについて現状を伺う。

答 DOWAホールディングス株式会社は、明治期の前身企業以来、秋田県小坂町に鉱山と銅の製錬所を有しており、非常に特殊な鉱石の処理能力を持っていた。そこで、グループ会社のDOWAメタルマイン株式会社において、製錬所をリサイクル専用の炉に造り替えた。最初は効率が悪かったりしたため、試行錯誤を続けていたようだが、既に解決したものと思う。

答 都市鉱山の概念は、東北大学の南條道夫教授が古くから提唱している。鉱石から金属を造るものであった時代にあっては、スクラップから金属を取り出すという概念は、残念ながら評価されなかったが、最近は大量の貴金属やレアメタルを電子機器に使うようになり、そのリサイクル価値が上がり注目されるようになったという経緯がある。

日本の非鉄会社はスクラップから有価物を取り出す技術も大変優れているので、都市鉱山からのレアメタルのリサイクルに関して、日本の企業は、正に世界のトップランナーである。

【資源分野における人材育成】

問 参考人が日本学術会議の特任連携会員として参加した総合工学委員会の持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会が2008年に行った提言である「鉱物資源の安定確保に関する課題とわが国が取り組むべき総合的対策」を拝見した。当時も、レアアース等レアメタルに関する中国の需要急増を背景とした需要の逼迫、価格の高騰、安定供給への懸念等が指摘されており、その中でも人材育成の必要性が語られていた。それから10年が経過しても現場の人材不足が続いているということであれば、受け止めた政治の側の責任もあるのではないかと考える。将来どの段階でどういう経過で花開くか分からない分野はたくさんあるため、現在花形であるか否かにかかわらず、その基礎研究、特に大学での研究分野に対する支援を充実させることが必要と考えるが、見解を伺う。

答 大学の基礎分野での研究は非常に重要である。我々は、はやり廃りにかかわらず、百年の計をもって、資源及び関連分野の研究の柱を守りながら前に進んでいく必要がある。ただ、その具体的な進め方には難しいところがあり、研究資金等が近い将来花開くと思われる分野に配分されているのも事実である。資源分野においては、支援が乏しい状況は変わらない。今後の研究者や学生のためにも基礎分野への研究資金の配分は守られるべきだと考える。

問 人材育成については、複数の企業や研究所が、連携して様々な研修や教育を

行っている事例の紹介があった。知識を伝えるのであればこうしたネットワークの取組が優れていると思うが、他方、日本の研究体制を考えると、大学等において、資源開発や製錬、リサイクル等について一貫通貫で体制を作っていくことが重要と考えるが、大学の現状を伺う。

答 若手研究者を育てることは将来につながるもので非常に重要である。ただ現状では、採鉱の分野は、人材不足に苦しんでいる。他方、選鉱や製錬の分野には学生の注目も集まっているので、うまく人材育成が行われていると思われる。

鉱山での採鉱は、研究の対象というよりも、技術者の育成に主な役割があったため、大学で採鉱を研究するには、大規模なものが必要になるなど、研究を継続的に行うのは非常に難しい。そして何より国内で鉱山が少なくなっているため、実際の現場にある問題を取り上げて解決手段の研究を行う機会が減っており、なかなか難しく悩ましい。

問 人材育成の重要性の観点から、EITについて伺いたい。素材等の研究職は、最終製品が見えている分野とは異なり、子供の頃からの経験に基づいて思い描く就職先には至りにくい分野だと思われる。そういう中で、EITは最終製品にも着目しているということであるので、この点に関する詳細な説明と、日本がこの取組を導入する際の政策的な課題について伺う。

答 消費に近い分野や花形の分野、分かりやすい分野には、良い人材が集まりやすいが、素材産業はその縁の下の力持ち的なところがあり目立たない。このため、我々も懸命にアピールはしている。

日本では、資源、素材、材料、製品と全て分野が分かれているほか、大学の分野、省庁、そして研究所も分かれているので、相互の連携が取りづらい。その一方で、EITローマテリアルズでは、資源の採鉱から採鉱、選鉱、製錬、材料にするところまでが一貫通貫になっているため、資源の制約やレアメタル使用における望ましいバランス等の情報が、材料側まで行き渡りやすい。日本はどちらかと言えば製品優位で、製品に必要なレアメタルを探すという構図になっており、双方向になっていない。

少なくとも、資源側から製品側に対し、使ってほしいレアメタルのバランス

等の情報を伝達できるようにならなければ、この分野の発信力はないと考える。このため、現在の仕組みを急に変えることは難しいが、大学だけでなく、省庁や研究所も含めて、互いにプロジェクトや連携を強化していくところから始める必要がある。

問 採掘の分野は見えづらく、職業や研究に人材が集まりにくいことに加え、採掘現場自体も日本にはないということでは、人材が来ても技術を磨くことも難しいのではないかと考えるが、今後どのようにして採掘分野の人材育成を行うのか伺う。

答 私の学生時代は、日本の石油会社がアラビアで石油の権益を獲得したり、秋田県の黒鉱鉱床という金属鉱床が新たに発見されたりという資源ブームの時代であったため、興味を持ってこの道に入った。

日本は、安く資源を輸入し製品にすることを基本としていた。しかし、2004年以降、中国の影響も強くなったと思うが、世界的な需要の高まりの中で代金を出すだけでは資源獲得が困難となり、リスクを取りながら資源を調達するという方向に転換せざるを得なかった。そこで、資源分野における人材育成が必要との認識に基づき、補助金を得て人材育成を開始した。現在も状況は基本的に変わっておらず、今後も資源価格や資源調達に関して、隣国等と競争しながら資源の採掘を行うことになる。そのために海外の鉱山の権益を獲得し、それに見合った人材を送ることが必要になることから、メインのオペレーターにはなれなくても、一人で海外の鉱山技術者と張り合えるようなタフな技術者の養成が必要だと考える。

答 30年前は、非鉄冶金、特殊金属製錬は人気なかったが、今では未来材料であるチタン、レアメタルという非常に重要な分野になりつつある。このことは教育において大事なことである。

非鉄材料に様々な人材を誘導すべく、その重要性、将来性を懸命にアピールしてきたが、全然インパクトがない。そこで、材料のプロセス分野に興味を示す人がいたら、将来性があり、国として大事であるとして、背中を押していただきたい。

(3) コロナ後及びカーボンニュートラルに向けての新しいエネルギー政策

(令和3年4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)

京都大学名誉教授

公益財団法人地球環境戦略研究機関シニアフェロー 松下 和夫 参考人

2050年温室効果ガスネットゼロの課題は何かというテーマについて述べる。

最初に、気候変動と新型コロナウイルス感染拡大について考える。いずれも人類の生存に関わる、国際社会が協調して取り組むべき重要問題であり、その背景には経済のグローバリゼーションと都市集中がある。21世紀に入り、この20年間で重症急性呼吸器症候群（SARS）、中東呼吸器症候群（MERS）に続いて3度目となるパンデミックの発生は、気候変動や無秩序な開発による生態系の変化等が要因と指摘される。また、社会の格差の拡大により、貧困層や弱者への影響が大きくなっている。したがって、高い危機意識と実効性のある対策が必要である。気候変動と新型コロナウイルス感染拡大に関する対策の共通点は、信頼できる科学的知見、生活や経済の在り方自体を大きく変えること、国際社会による協調的対策、大規模な財政出動の必要性である。相違点は、気候変動対策ではより質の高い暮らし、人々の幸福に貢献する経済システムへの移行がやり方によっては可能であるのに対し、新型コロナウイルス感染拡大対策では場合によっては質の高い暮らしを犠牲にすることも必要となる。

こうした観点から、現在「より良い回復」すなわち「グリーン・リカバリー（緑の復興策）」が国際的に提唱されている。国連は、新型コロナウイルス感染拡大の教訓を学び、より良い社会の構築、すなわちより平等かつ包摂的で、グリーン、強靱な社会・経済への移行を提唱している。より良い社会の構築には、気候危機の回避が不可欠である。「グリーン・リカバリー（GR）」とは、新型コロナウイルス感染拡大により被害を受けた経済と社会を、環境に配慮した低炭素で災害に強いレジリエントな社会・経済に移行することとされている。

現在、新たな国家発展戦略としてゼロエミッションが取り上げられる潮流が生まれている。言わば経済的にも脱温暖化を達成しないと生き残れない脱炭素大競争時代が始まっている。

その先鞭を着けているEUは、温室効果ガス等の排出を減らしながら雇用を創出し、持続可能な社会へ変革する新しい成長戦略である「欧州グリーンディール」を2019年12月に発表し、欧州を世界初のカーボンニュートラルの大陸にすることを標榜している。その財政的裏付けとなるのが計1.8兆ユーロ（約230兆円）に上る次世代EU復興基金であり、その30%が気候変動に当てられる。また、欧州気候法案、炭素国境調整措置等について検討を行っている。「欧州グリーンディール」は2050年までに排出量ネットゼロを、加えて2030年目標（40%）の55%削減への引上げを目指している。また2020年6月に、投資案件が環境面から見て持続可能であることを明確化する規則「グリーン・タクソノミー」が成立している。欧州の復興計画を支える次世代EU復興基金は、通常予算とは別に、EU委員会が債券を発行して金融市場から7,500億ユーロを調達するものである。債券の償還財源として、使い捨てプラスチック賦課金、炭素国境調整措置、EU排出量取引制度の対象部門拡大、デジタル課税等が検討されている。

EUの議論の注目点は、第一に、成長戦略として脱炭素化が必要との認識がある。第二に、脱炭素化時代の産業の姿を具体的に描き、そこに至る道筋と政策手段を議論している。第三に、グリーンディールを進めることでEUの基準やルールを国際化している。例えば、投資の持続性に係る基準は、ESG投資の世界共通の基準になることが想定される。炭素国境調整措置は、温暖化対策が取られていない製品に関税を課すことを通じて、EU域外の国に対して環境対策を迫るアプローチである。また、力を入れている水素戦略では、水素の定義や基準について主導権を握ろうとしている傾向が見られる。

次に米国は、バイデン大統領が就任直後にパリ協定復帰を指示し、野心的な選挙公約の実現に取り組んでいる。選挙公約では、2050年までに経済全体で温室効果ガス排出ネットゼロ、2035年までに電力部門からのCO₂排出ゼロを掲げる。また、持続可能なインフラとクリーンエネルギーに対する8年間で2.3兆ドルの

投資等を発表している。さらに、温室効果ガスの排出規制とインセンティブの再強化、環境正義の実現を目指している。

同大統領の基本的なコンセプトは、気候政策を通じたクリーンな雇用の創出であり、2021年3月に発表された法案の名称も「アメリカン・ジョブズ・プラン」となっている。8年間で2.3兆ドルというと、毎年GDPの1%に相当し、その25~50%が気候変動関連と言われている。同大統領の気候変動政策に対する評価は、全体として過去のどの大統領と比べても野心的な内容であり実質的な「グリーン・ニューディール」(GND)と言えよう。また、ジョン・ケリー元国務長官を気候変動問題担当の大統領特使に、ジーナ・マッカーシー元環境保護庁長官を気候変動問題に係る国内政策調整担当の大統領補佐官に任命するなど、ホワイトハウスと全省庁を挙げた強力な布陣となっている。政治的な実現性や戦略性を持っていることが特徴的で、共和党と民主党の議席が拮抗している上院の共和党の支持を必要としないという形で行政命令等を通じて政策を進めているほか、雇用や生活改善に焦点を当てることで国民の支持を得ようとしている。

次に中国は、習近平国家主席が2020年9月の国連総会で、CO₂排出量を2030年までに減少させ、2060年までにネットゼロにすることを表明した。世界最大排出国によるこの方向転換は大きな意味がある。その後、2020年12月には、GDP当たりのCO₂排出量、一次エネルギー消費量に占める再エネ等の非化石エネルギーの割合や風力発電と太陽光発電の設備容量の目標を引き上げた。2021年6月には、炭素排出権取引制度を本格的に稼働する予定である。さらに、EV等の新エネルギー車(NEV)に係る「NEV産業発展計画」を発表し、新車販売に占める割合を2025年までに20%、2035年までに50%以上にし、ガソリン車の販売は禁止するとの方向性も出している。中国のNEV生産・販売は世界最大であり、上位20社のうち7社が、上位10社のうち3社が中国メーカーである。日本は14位に日産が、17位にトヨタが入っている。自動車の電化、NEV化によってCO₂削減とエネルギー安全保障に寄与する。そして電源を再エネにし、自動車の電化等と再エネによる電源をインターネットで融合して促進すること等を通じて大気汚染対策、地球温暖化対策、エネルギー安全保障を同時に達成し、地域経

済も振興する。それにより脱炭素社会と持続可能な発展を実現するというシナリオを描いている。なお、2020年8月までのG20各国によるグリーンな投資を見ると、いわゆる緑の復興支出は比較的少ない状況にとどまっている。

日本は、菅総理大臣が2020年10月の所信表明演説で、2050年までの温室効果ガス排出ネットゼロを宣言した。これはパリ協定実現に必要な目標であり、画期的であるが、実現は容易ではない。日本の1990年以降の温室効果ガス排出量の実績、2030年目標、2050年ネットゼロ目標を描いたグラフを見ると、最近の減少傾向を加速させ、2030年目標をより上積みし、2050年目標を達成するのは非常に困難だが挑戦しなければならない課題となっている。一方英国は、温室効果ガス排出量を1990年以降着実に減らし、2030年目標も57%削減から68%削減に引き上げた。報道では2035年の目標を78%削減とするなど、COP26議長国として頑張っていることがうかがえる。

21世紀経済は、言わば脱炭素市場獲得をめぐる脱炭素大競争時代であり、それに向けて経済社会変革の道筋や政策手段、財源を検討し、脱炭素社会ビジョンと緑の産業政策を構想する必要がある。経済産業省は2020年12月に「グリーン成長戦略」を発表し、主要14産業部門別に野心的な目標と成長戦略を定めた。野心的な目標設定自体は評価されるべきだが、実現はこれからの懸かっており、幾つか課題もある。例えば、2030年の削減目標や再エネ目標の強化の方向性は示されていない。また2050年のエネルギーミックスには石炭火力発電に関する言及がない、CO₂排出量が多い鉄鋼等の素材産業については取り上げていない、といった問題がある。電力部門の脱炭素化、再エネの大量導入、石炭火力発電の廃止は不可避である。戦略ではその実現手段やスケジュールを検討する必要がある。

日本版の緑の復興と脱炭素社会移行を考える際には四つの前提がある。第一に、2030年までの温室効果ガス削減目標の強化である。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）等では2030年までに1990年比で少なくとも45%削減とされ、2013年比でいうと50%以上削減になる。第二に、地球温暖化対策計画とエネルギー基本計画の改定において再エネを増やして石炭火力発電と原子力発電を減らすことに加え、エネルギー消費量自体も減らす必要がある。第三に、石炭火力発

電からの撤退である。国内では段階的に廃止し、海外への石炭火力発電所建設への支援を停止する。第四に、環境政策や経済成長政策として、本格的炭素税の速やかな導入等のカーボンプライシングが必要である。1990年代以降、諸外国ではCO₂排出量削減とGDP成長を両立させるデカップリングが進んでおり、それが炭素税の導入により加速している。他方、日本ではCO₂排出量が増加する一方、GDPは横ばいにとどまっている。名目GDP 1万ドル当たりのCO₂排出量の推移を見ると、1990年代には日本はスイスに次いで少なかったが、その後、欧州各国に追い越され、米国にも追い付かれつつある。また、現状1 kWh当たりのCO₂排出量は、主要国の中で日本が一番多い。日本における再エネ拡大の障害の一つが送電線網にあると言われている。地球環境戦略研究機関の研究によると、欧米諸国で運用されている市場誘導型の送電線運用を行えば、空き容量なしとされている北海道内の既存の基幹送電線が有効に活用され、再エネ導入量を大幅に増やせる可能性があることが示されている。

緑の復興から排出量ネットゼロへの移行の課題は七つある。第一は、脱炭素社会ビジョンの明確化である。国民に我慢を強いるだけではなく、より豊かで夢のある生活、日本の将来像、新しい経済と生活の姿を明確化する必要がある。第二は、日本版の緑の復興策である。技術、社会システム、ライフスタイル等、社会のあらゆる分野で政策を導入し、ゼロカーボンで持続可能な経済への移行が必要である。第三は、自立・分散型の地域社会、すなわち地域循環共生圏を作ることである。地域資源を活用し、より多くの雇用を地域で創出する必要がある。第四は、計画と規制によるガバナンスとして、炭素予算の導入や再エネの大幅拡大、脱化石燃料の加速等の必要性である。第五は、参加型・熟議型プロセスである。これまで日本のエネルギー環境政策等では、行政側と一部の産業界や専門家だけで議論されてきたため、国民の参加等、民主的プロセスを経て戦略を形成し、実施することが必要である。第六は、脱炭素化への移行には当然産業構造の転換が必要となるため、言わばエネルギー多消費型産業からクリーンな産業への労働者の移行への支援、すなわち「公正な移行」の必要性である。最後に第七として、独立した科学的助言に係るシステムの必要性である。

日本は、個々の脱炭素技術においては最近まで世界的にも優位な地位を占めてきたが、政府の脱炭素の野心的目標設定の立ち遅れ、カーボンプライシング等の経済的刺激策の導入不足、石炭火力発電等への過度な依存等から、現状では脱炭素市場獲得をめぐる国際競争に遅れをとっている。個々の産業技術の強みを生かしながら、デジタル化への対応も含め、日本全体としての脱炭素に向けた経済社会変革が必要である。

東京大学公共政策大学院特任教授 有馬 純 参考人

カーボンニュートラルに向けた課題について意見を述べる。

カーボンニュートラルが進むべき方向であることは間違いないが、コストが掛かることを常に認識しなければならない。

菅総理大臣が2050年ネットゼロエミッションを表明する前に、2050年温室効果ガス80%削減、2030年26%削減という従前の目標を前提にモデル計算を行った。すると2030年に向けて限界削減費用がだんだんに上がっていき、2030年以降は急速に上がり、2050年には6万円/tCO₂になるという試算結果になった。この試算を更に上積みした分析も行って見たところ、モデルとして成り立つ最大の削減幅95.3%で見ると、限界削減費用は2050年時点で60万円/tCO₂になった。これは、2050年の目標を80%削減から100%削減にした場合、そのコストが2030年から非線形的に上がると考えた方がよいということである。

また、2021年4月22日からの米国主催気候サミットを前に、菅総理大臣がNDC、すなわち日本の2030年の温室効果ガスの削減目標の引上げを表明するという話も聞いている。2030年目標の大幅引上げということになれば、当然2030年時点の限界削減費用も大きく上がり、恐らく目標引上げの大部分が再エネ目標を積み上げるという形になるだろうと考える。

導入までのリードタイムが短いのは太陽光発電ということになるが、日本では既に相当導入されている。絶対量では世界第3位であるが、日本は平地面積が非常に限られており、国土面積当たり、平地面積当たりの導入量は世界一となっている。今後、更に拡大しようとするれば、日照条件が悪いところに設置することに

なり、コスト増の要因になってくる。また、太陽光パネルの価格は最近大きく下がってきているが、直近では工事費が下げ止まっており、土地造成費や接続費は、太陽光発電のシェア拡大に伴ってむしろ上昇傾向にあるとの数字もある。さらに、自然環境保全を目的として、太陽光発電施設の設置を抑制する条例を制定する地方公共団体が最近非常に増えてきており、直近5年間で5倍超に増加している。したがって、太陽光発電を際限なく増やすわけにはいかないと考える。

洋上風力発電については、経済産業省が2020年12月に発表した2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略の中で特筆されており、今後の役割が期待されているということであろうが、その有望地域とされている能代や津軽等の風況と欧州の北海地域の風況とを年間を通じて比較すると、日本では冬は欧州並みに風が吹くものの、夏は吹かない。このため、年間の設備利用率は欧州よりも20%程度低く、この状況で欧州並みの発電コストを実現するのは極めて難しい。換言すれば、相当高い買取コストを設定しないと採算が合わない。したがって、2050年に向けて爆発的なイノベーションが起きない限り、洋上風力発電に依存した温室効果ガスの削減策は、電気料金の上乗せ要因になる可能性が非常に高い。

先程来、私がコストを強調しているのは、日本の産業用電気料金が高いからである。

世界的に見ると太陽光パネルの価格が大きく下がっており、風力発電のコストも下がっているのは事実である。しかし、忘れてはならないのは、変動性再エネの割合が増大すれば、それを電力システムに吸収するための接続コストや送配電網コスト等の様々なシステムコストが増加するということである。総発電量に占める割合が10%から30%になったときに、各電源のシステムコストがどの程度拡大するかを示した経済協力開発機構（OECD）のグラフによれば、天然ガス火力発電、石炭火力発電、原子力発電は、システムコストがほとんど生じないが、変動性再エネについては生じる。しかも、割合が増大するとその金額も上がってくる。単体の再エネの発電コストだけでなく、こうした部分も併せて考えていかなければ、将来を見誤ると考える。

日本の産業用電気料金は非常に高いと述べたが、国際比較を見ると、日本は米国のほぼ2倍、中国、韓国のほぼ1.5倍という水準になっており、日本の製造業の産業競争力を大きくむしばむ要因の一つになっている。しかも、日本と比較的に近い水準にあるとされるドイツの実態をよく見ると、電力多消費産業の電気料金において、電気税、再エネ賦課金、洋上風力に伴う送電網の賦課金、託送料金等が大幅に減免されている。したがって、ドイツの電力多消費産業が実際に負担している電気料金は、日本の約2.5分の1から3分の1であり、表向きの産業用電気料金よりも、実際は非常に安い料金が適用されているということである。ドイツはその分、家庭用電気料金が非常に高くなっており、国にとって重要な産業を保護するという意図がある。日本の既に非常に高い産業用電気料金が更に上がり続けると、製造業の国際競争力、さらには雇用に悪影響が出る可能性が高い。この点はよく認識しておかなければいけない。

再エネの拡大について、国民の支持は非常に高いと思われる。ただ、インターネットの意識調査等によれば、再エネの普及に8割以上が賛成であるものの、その半分は電気料金に再エネ賦課金が計上されている事実を知らず、36%は計上を知っているが金額は知らない。計上と金額の両方を知っている人の約7割は、今の賦課金金額が高過ぎるという見方をしている。また、再エネ普及のための費用負担を受け入れる人は全体の66%であるが、電気料金に占める賦課金の許容可能な割合を尋ねると、1%未満、5%との回答が合わせて約7割を占めている。

家庭用電気料金に占める再エネ賦課金の割合は、既に11%に達しているが、再エネに依存した形で温室効果ガス削減目標を上積みすれば、再エネ賦課金の割合が更に上がることになり、国民の負担感が増してくることも忘れてはならない。こうしたことを考えると、脱炭素化に向けた選択肢はできるだけ多く持っておいた方がよい。

I E Aによれば、原発の運転期間延長は、あらゆる選択肢の中で最も費用対効果が高いとのことである。

日本には、運転期間の上限は40年、延長は20年を上限に一回限りという規制があるが、こうした規制を設けているのは日本だけである。また日本では、原発の

安全性に係る適合性審査が非常に遅れているが、その間は原発が稼動していないにもかかわらず、上限40年という運転期間の時計が回り続けている。原発の耐久年数はどれだけ放射線にさらされるかで考えるべきであり、その物理的な年数で測るべきではないということを考えると、これは合理的ではない。また現状の運転期間制度では、安全性のための投資回収の見通しが立たず、廃炉判断をする事例も出つつある。

欧米を見ると、再エネも拡大し、原子力発電も使っていくというのが主流である。米国バイデン政権は、再エネも原子力発電もCCSも、使える選択肢は全部使ってカーボンニュートラルを目指すとのことである。日本では、ドイツのように脱原発をしている国の事例が声高らかに紹介されるが、EU全体では原子力発電は引き続き活用する方針である。

1年を通して一日単位でkWh当たりのCO₂排出量を表す欧州電力マップでは、一年中ほぼCO₂排出量が少ない状態が継続しているのは、安定的な非化石電源である原子力発電、大規模水力発電を有するフランス、ノルウェー、スウェーデンである。ドイツは、排出量が増減するところがあるが、これは、当然風が吹く日と吹かない日があることによる。

また、IEAの「World Energy Outlook 2020」で公表されているパリ協定と整合的な2040年のシナリオによれば、日本は再エネの拡大に加えて、原子力発電の割合も現在より更に拡大することが想定されており、両者合わせて8割を非化石電源にするという方向性が示されている。

カーボンニュートラルを目指す国の極めて多くが将来にわたって原発を活用していこうとしており、脱原発が国際的な潮流であるということではない。

特に、日本が国産技術として営々と培ってきた原子力技術を使わずに脱炭素化を目指すことは、合理的ではない。さらに、エネルギー安全保障の観点から技術の国産度も重視されてきていることを考えれば、なおさら、なぜ国産技術である原子力発電を活用しないのかという思いがある。

各電源のコスト競争力も国によって異なる。

米国、特にテキサス州等では、非常に風況が良好で、風力発電の導入量が極め

で多く、実際コストも安い。また、メガソーラーも、米国のように土地が非常に広いところでは、大量に設置できてコストが安くなるが、日本は土地が狭隘で海が深いなどの事情もあり、同様に再エネ資源を持っているとはいえ、その賦存量は国によって違いがあるということは厳然たる事実である。

日本の原子力発電は、他国と異なり、まだ相対的にコスト競争力が高い。もちろん、これからメガソーラーや風力発電といった再エネのコストは下がるだろうが、変動性再エネの増加に伴うシステムコストの上積みを見ると、コストは減額方向だけではない。原子力発電についても、安全コストの上積みによりコストは上がると思うが、原発による発電量は膨大であるため、kWh当たりのコスト増はそれほど大きなものではない。少なくとも、選択肢として原子力発電を排除するのは合理的ではない。

日本の温室効果ガスの排出量は世界全体の3～4%であり、むしろ日本が考えなければならないのは、将来において世界の温室効果ガスの帰趨を握るアジア地域の低炭素化、脱炭素化にどれだけ貢献できるかである。中国は2030年でCO₂排出量がピークアウトすると言っているが、インド、ASEANはこのままでは引き続き2030年、40年、50年にかけてCO₂が増え続けることになる。そのため、こうした国々が受け入れやすい形での現実的な低炭素化、脱炭素化の選択肢をどのように日本が提供できるかが非常に大事になってくる。その際に忘れてはならないのは、我々にとって非常に関心が高い温暖化問題は、全ての国における最優先事項ではないということである。

国連のアンケート調査によれば、スウェーデン等では気候行動が最優先事項であるが、中国、インドネシアでの優先順位は、それぞれ15位、9位である。国の経済発展段階の違いや貧困層の規模によって、その国の、SDGsの17目標における優先順位が違ってくることは当然である。そういう中で低炭素化、脱炭素化を進めるには、そうした国々が受け入れやすい安価な技術であることが絶対的に必要である。コストが増加してまでも脱炭素化を進めるというのは、受け入れられない可能性が高い。

また、忘れてはならないのは、中国はこの状況を極めてしたたかに活用してい

るということである。

中国は、先進国における温暖化対策、端的に言えばドイツの固定価格買取制度（FIT制度）等を利用して自国のパネル産業を大きく成長させた。また、2060年のカーボンニュートラル実現を表明することで脱炭素化の潮流を作り、中国製のパネル、蓄電池、風車、EVへの需要拡大を期待しているところがある。また、中国発のネットワークのようなものも提唱しているが、これは世界での中国の影響力を増すことにつながる。

当面中国は、化石燃料に依存して経済成長するため、先進国の脱炭素化により化石燃料の需要が下がれば、中国の調達コストは下がる。実際、中国は、足下の新型コロナウイルス感染拡大からの回復策において大量の石炭火力発電所の設置計画を出している。また、先進国が化石燃料技術から撤退し、輸出をやめた場合の穴を埋めるのは、中国の石炭火力発電技術になる。日本の原子力発電技術が衰退すれば、世界の原子力発電市場において中国、ロシアの商機が拡大することになる。

このように、今の脱炭素化をめぐる国際的な情勢は、どちらの場合でも中国にとって非常に有利な状況にあることを、地政学的な観点から認識をしておいた方がよい。今、米国ケリー特使が中国の目標引上げあるいは前倒しを懸命に働き掛けているが、中国はこれを様々な交渉材料として使おうと考え、2021年3月の全国人民代表大会では目標の前倒しのようなことは一切発表されていない。非常にしたたかである。

脱炭素化は進めるべき方向であるが、コストを伴うことは忘れてはならない。環境保全と経済成長は常に両立するものではなく、方法を考えなければいけない。再エネ資源は国によってばらつきがあり、日本のように国土が狭く、海も深いところでは、欧米や中東に比べて再エネ資源にどうしても恵まれていない側面がある。再エネだけに依存した形で2030年目標を引き上げたり、2050年の脱炭素化を追求したりすると、間違いなく高コスト化を招く。既に日本の産業界は世界で最も高いコストに直面している。それが更にコスト増に直面することになれば、産業競争力、雇用、さらには脱炭素化に向けた技術開発の体力を奪うことに

なる。

翻って欧州を見ると、ドイツの事例にあるように、崇高な理想を掲げつつ、足下では産業を極めてしたたかに保護している面がある。日本も今後はそうしたことを考えなければいけない。

したがって、既に非常に高いコストを負担している日本の状況を考えると、カーボンニュートラルを目指すにあたっては、エネルギーコストあるいは温暖化対策コストについて定期的に国際比較をしてレビューを行い、日本経済が不均衡に高いコスト負担をしていないかをチェックするメカニズムが必要である。

また、日本の温暖化対策コストをできるだけ抑えよとの観点からは、使える選択肢は全部使うべきである。その観点で、国産技術である原子力発電を長く使っていくことは、エネルギー安全保障、温暖化防止、経済効率という面で合理的である。

原発の運転期間上限40年、延長上限20年一回限りといった制約も見直すべきである。また、第4次エネルギー基本計画以来、踏襲されている原発依存度を可能な限り低減するという枠は取り払った方がよい。その結果、原子力発電が再エネよりも高コストであれば使わなければよいのであって、少なくとも自らの手足を縛る必要はない。

東電福島第一原発事故以降、日本では、エネルギーに関して、原発か再エネかという二者択一的な非常に不毛な議論が支配的であったが、これからカーボンニュートラルというまさに未曾有の野心的な目標に立ち向かわなければならないのであり、使える手段は全部使えるようにしておくことが合理的である。

東北大学東北アジア研究センター・同大学院環境科学研究科教授

明日香 壽川 参考人

これまでの約20年間、日本の温暖化対策やエネルギー対策、特に2030年、2050年におけるエネルギーミックスについて、どのようなものが理想的か、その経済効果や悪影響等にどのようなものがあるかについて、細かく定量的な計算や議論を行ってきた。その研究結果を、2021年2月に「レポート2030」と題する冊

子にまとめて公表した。本日はこの中身である日本版G R戦略を紹介しながら、日本の今後の在るべき姿、具体的には好ましいエネルギーミックス、その際に実現可能なCO₂排出削減量、その実現に当たってのメリットとデメリットについて述べる。

G RとGNDは、基本的に中身は同じである。前者は、新型コロナウイルス感染拡大からのリカバリーという趣旨で、特にEUで使われている。一方米国では後者の方が圧倒的に多く使われている。その背景には、フランクリン・ルーズベルト元大統領がニューディール政策を始めたことに加え、新型コロナウイルス感染拡大前から、同国の若者の間でGNDをエネルギー政策として推進すべきとする動きがあった。ある意味では若者の支持がバイデン政権誕生につながったこともあり、バイデン大統領もGNDを自らの温暖化対策、エネルギー政策として打ち出している形になる。

国際再生可能エネルギー機関（IRENA）は、世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く抑えるシナリオで、実際に様々な対策を講じた場合の、雇用の増減に係る推計を公表している。送電網、省エネ、再エネ関係については雇用が増える一方で、温暖化対策であるため化石燃料関係の雇用は減少し、原子力関係も次第に減っていくと見込まれている。世界全体で見ると、圧倒的に再エネ、省エネ、送電網関係の雇用の増加の方が大きいとされる。

今後議論になるだろうが、バイデン大統領が温暖化問題の打合せや記者会見等で、温暖化という言葉よりもジョブという言葉が4～5倍多く使っているほど、雇用が世界で最も重要視されており、雇用を増やすためには再エネや省エネの推進が非常に効果的だとされる。それがGND、G Rの最大のポイントと言っても過言ではない。

IEAが公表した、エネルギー別の雇用創出数や温室効果ガス排出削減コストに関する資料を見ると、例えば、メガソーラーは多くの雇用を生み、温室効果ガス排出削減コストも低いため望ましいとされる。一方、水力発電所や原発の新設はそれほどの雇用創出はなく、温室効果ガス排出削減コストが高いことに加えて時間も掛かるとされている。そのため、迅速に雇用を生み、かつ温室効果ガス排

出削減プロジェクトとして効果があるものは、太陽光発電等の再エネや省エネであることは明らかである。また火力発電は、雇用を余り生まない上に温暖化対策には全くならないとされている。すなわち I E A が、少なくとも原発等の新設は温暖化対策としては余り望ましくないということをデータで示している状況である。ただし、これは米国のデータであり、国によってコストは変わるため、各国の事情をある程度は考える必要はある。

米国のエネルギー関連投資会社であるラザード社は、毎年、各発電エネルギー技術のコスト比較を行っている。2010年以降のデータを見ると、原子力発電が圧倒的に高く、石炭火力発電も高いのに対し、天然ガス火力発電、太陽光発電、風力発電は極めて安くなっている。風力発電は2011年頃には既に石炭火力発電や原子力発電よりも安くなっているのが米国の状況である。

米国エネルギー省情報局（E I A）も毎年同様の調査結果を公表している。この中で補助金なしの発電コストを見ると、原子力発電は圧倒的に高く、石炭火力発電も高いのに対し、太陽光発電、風力発電はその半分から3分の1程度になっている。EUや中国も、加盟国や地域による違いはあるものの、同様の傾向にある。

全体的な傾向として、再エネは導入が進めば進むほど、価格が下がってコモディティ化するため、太陽光パネルもパソコンと同様に、急速に価格低下、サイズの縮小化や軽量化が進んでいる。それが太陽光発電でも風力発電でも起きている。システムについても、AIを一層積極的に活用してより競争が激しくなることで、より高度なものをより安価に実現できるようになることを目指している。

GND、GRについては、現在様々な国の政府や研究機関が提案を行っている。そこで共通しているものとして、産業、業務、家庭、運輸の各分野における細かい計算に基づく実際の投資額、経済効果及び雇用創出数、そしてCO₂排出削減効果等が挙げられる。また大気汚染も非常に大きな問題であり、各国のGR等では大気汚染対策としてPM_{2.5}の排出削減効果等も検討されている。さらに電力価格の見込みや、どの地域でどの時間帯に電力不足になる可能性があるかという電力需給バランス、そして非常に重要な、どの産業にどのように転換してい

くかという雇用転換対策も共通の要素として挙げられる。さらに、財源の問題も同じく重要である。国債か、民間資金か、国債であれば財源や償還期間等の償還システムについて細かく計算して検討を進めた結果を、各国が報告書や提案の形で公表している。米国や韓国は政府が出しており、EUも公表している。

米国のバイデン大統領は政権誕生前から2035年の電力部門のCO₂排出ゼロを公約としていたため、そのブレンになっているカリフォルニア大学の研究者たちが、各分野の経済効果、雇用創出、電力価格、政策等に関し、非常に詳細な報告書を出している。「2035ザ・レポート」と名付けられた同報告書は研究者の間では必見とされるようなものであり、その影響を受けて我々も「レポート2030」を公表した。これは、米国だけでなくEUや韓国の報告書等も参考にしている。また若者にも興味を持ってもらうための工夫も凝らしている。

温室効果ガス排出量の削減目標について、日本政府がどういう数値を示すのか、またそれ自体の公表の有無もわからないが、具体的な数字が現在議論されている。CO₂排出量は基本的にはエネルギーの使い方次第であるため、再エネや省エネの割合によって決まる。そのため、「レポート2030」では2030年には再エネの割合を44%等とした上で、CO₂排出量は1990年比55%削減としている。なお、CO₂の削減目標を見る際に、日本は2013年を基準としているのに対し、例えばEUは1990年、IEA等は大体2010年、米国は2005年基準とするなど、相当複雑な状態になっている点に注意が必要である。2013年比というのは、見かけ上日本にとって有利な数字であり、1990年比の場合と比べて8～9%程度水増ししている状況であることを考慮しなければならない。上記の試算を2013年を基準にすると、61%削減となる。

この試算の削減目標の数値や影響について考える際に、全体での投資額、エネルギー支出削減額、雇用創出等を見てみると、まず投資額は今後10年間の累積で約200兆円なので、毎年20兆円のうち約5兆円を公的資金、約15兆円を民間資金と考えている。再エネや省エネ関係の多くのビジネスは利益が出るものとなっているため、基本的には民間資金で賄うとの考え方に基づいている。

次にエネルギー支出削減額は、今後10年間の累積で約358兆円を見込んでい

る。これは、これまで海外に払っていた毎年約17兆円の化石燃料費が国内で回ることによる。コストを考える際に、それが投資か否かという点に加え、そのお金が海外に流出するのかそれとも国内で回るのかということも考える必要がある。さらに投資が生まれれば基本的にGDPの付加価値が増えるため、今後10年間で現在のGDPの予想額より205兆円分増えると計算している。

さらに、今後10年間で大気汚染による2,920人の死亡を回避すると見込んでいる。実は日本では石炭火力発電の影響で、100万人当たり9.74人が、がん、脳梗塞、心筋梗塞により早期死亡している。大気汚染による死亡者数は、日本でも世界全体でも非常に多い。

「レポート2030」のGR戦略では、例えば再エネやEV、業務部門、ビルの改修等に必要な投資額を具体的に試算している。

GR戦略によるCO₂排出削減の内訳について、そのポイントは、既存の技術のみで2050年にCO₂を93%削減でき、残りの7%はコストが大きくなる可能性があるが、現在実用化されていない革新的な技術が必要ということである。ただし93%は現在の技術で実現可能という点が非常に重要である。

GR戦略の経済合理性として、いわゆる対策設備投資額とエネルギー支出削減額を比較した。エネルギー支出削減額は、基本的に光熱費とガソリン代等が下がるという数字である。その原資は、海外に流れていた毎年17兆円が国内に回ることであり、エネルギー支出削減額に対して投資額は小さい。これはGR等の報告書では定番の計算であり、GR戦略を進めた方が大きな経済合理性を持つことを示している。さらに2030年までのGDPを見ると、化石燃料の売上げは減少するが、その分各家庭の所得が増えて投資が生まれることで、GDPが増加すると計算している。

「レポート2030」において、最も重要で真剣に考えなくてはならないのは、雇用転換についてである。エネルギー転換やカーボンニュートラルには、メリットだけでなくデメリットもある。そのデメリットとは、確実に失業者が出ることである。冒頭で紹介したIEAやIRENAのデータでは、全体では雇用は増えるが、中には失う雇用もあるとされており、それは化石燃料関連や鉄鋼産業等を指

すと考える。我々は日本においてエネルギー転換で影響を受ける人々の数や、各産業が現在の日本経済で担っている役割について、かなり詳細に議論している。これまでは、労働組合も含めて余り雇用転換の議論が行われてこなかったが、もはや真剣に議論せざるを得ない状況になっている。そうしなければ逆にカーボンニュートラルへのソフトランディングはできず、各国では既に、こうした条件闘争の状況に入っていると言っても過言ではない。日本の場合、いわゆるCO₂を大量に排出するエネルギー多消費産業は主に六つあり、それらにおける雇用者数は15万人程度と考えられる。原子力発電産業の雇用者数は5万人と言われており、計20万人の雇用について考えなければならないという問題がある。

一方、日本でエネルギー転換によって生じる新たな雇用者数を計算したところ、年間で254万人である。これは産業連関表に基づいて推計したものであり、現状とは異なる点もあるだろうが、大まかなエネルギー転換のイメージはこれでつかめると考える。米国でも、政府が毎年、各産業で必要となる雇用者数に関するデータを公表している。トランプ政権下でこうしたデータは握り潰されたが、そのデータ作成の関係者が自らの資金やクラウドファンディングを活用して同様のレポートを毎年出している。そのレポートによると、いわゆるクリーン産業における2019年時点の雇用者数は計335万人であり、化石燃料、原子力発電分野の雇用者数はそれぞれ119万人、7万人である。米国では既に、エネルギー転換により雇用が増える分野での雇用者数がそれ以外の分野の数倍になっており、欧州や中国も同様の傾向にあると思われる。中国は、数百万人の石炭関連労働者のリストラを真剣に考えなくてはならない状況である。まさにエネルギー転換を行うことで国全体の雇用創出を増やそうとしており、一方で雇用されない人々については、失業手当や教育等、様々な対応を実施することを国が決めている。日本がこうした議論をいつ開始するかは分からないが、早く始めれば始めるほどソフトランディングできるということはあるかと考える。

電力価格については、原発は安くなることはないと思われるが、再エネは10年後には安くなり、賦課金もほぼなくなると思われるため、計算すると、発電コスト、総額そして単価のいずれの点でも、我々のGR戦略を取った方が安くなると

考える。米国のシンクタンクによる、GNDに関する報告書の多くは似たような数字を出している。

さらに日本の場合に重要なのは、電力需給の安定性である。カーボンニュートラルの実現に向けた議論の中で、電気料金の高騰や電力不足、停電を懸念する声は多い。そのため日本の各電力管区で、例えば再エネや省エネを推進するとともに、石炭火力発電を停止して原発も稼働させないというシミュレーションを行った場合に電力不足は起こるか否か、起こるとしたらその具体的な地域や時間帯、季節に関する分析を詳細に行った。過去3年間の各電力管区のデータを用いて、再エネ発電量が最も少なかった日や、電力需要が非常に大きくて再エネ発電量が少なかった日を選び、その日に石炭火力発電も原子力発電も稼働しないという仮定に基づくシミュレーションを行った。結論としては、北陸電力及び四国電力管区で電力不足が生じる可能性が高く、省エネを余り行わないと北海道電力管区も厳しくなるというものであったが、それは現在、原発や石炭火力発電に依存しているからである。だが、電力不足の可能性が特に高まるのは夏の夕方だけであり、その際には、他の電力管区からの融通や需要側の調整も可能であり、蓄電池の導入も急速に進んでいるため、対応策はある。

原発がないと日本全体で電力不足が生じるというイメージを持つ人が大多数である。もっと詳細かつ具体的に時期や時間帯についての議論を行うべきであるが、残念ながらそこまでには至っていない。「レポート2030」には、北陸電力及び四国電力管区でどの時間帯にどの程度電力不足が生じる可能性があり、その場合に関西電力からどれだけ融通すればよいということも詳細に記載されているため、読んでいただきたい。

(主な議論)

【カーボンニュートラルとエネルギー】

問 参考人の資料には、脱炭素社会移行への四つの前提として、2030年までの温室効果ガス排出削減目標を更に深掘りしていくこと、石炭火力発電と原子力発電を減らして再エネを増やしていくこと等が挙げられている。これらの前提を

当てはめると、2030年の具体的な電源構成はとなると想定するか伺う。

答 2030年の排出削減目標は、間もなく行われる米国主催の気候サミットを一つのメルクマールとして決まってくる。一つの基準として、I P C Cの報告書によると、気温上昇を1.5℃に抑えるというパリ協定の目標を達成するためには、2030年までに、先進国も途上国も含め世界全体で45%削減が必要とされる。これまでの議論において、先進国の方が責任が大きく能力も高いことから、少なくとも50%、60%、70%等、更に高いレベルを目指すべきであるとされており、現実には、英国、EU等はそのレベルを表明している。「少なくとも45%」とはそういう意味である。基準年に関しては、2013年を基準とすると50%以上となる。

現状の電源構成において、石炭等の化石燃料の割合は非常に高い。原子力発電は、原発の再稼働が現実的に難しい状況にあり、大きく増やすことはできない。そのため、再エネの目標を更に高く、少なくとも40%以上にする必要がある。

問 欧米のGR、GNDは雇用を増やすためのものであるという話を伺い、現在の日本のカーボンニュートラル政策とは異なる位置付けであると改めて感じた。新型コロナウイルス感染が拡大する中で、非正規労働者やフリーランス、特に女性や若者への影響は今も大きく、雇用の脆弱さが浮き彫りになった。GRやGNDとして掲げる以上、暮らしと雇用の安定に結び付く政策であることが大事である。この点に関連して、再エネの特徴は、個々の発電量は小さくても、どの地域にもポテンシャルがあるということである。地域分散と地産地消でエネルギー開発を進めることが再エネ推進の鍵となり、GRという位置付けの上でも大事だと考えるが、見解を伺う。

答 GRでは、地域ごとの状況に応じ、地域の資源、人材、技術をいかして再エネ事業を興すことが重要である。一般的に、石炭火力発電や原子力発電といった大規模集中型電源と比べ、太陽光発電、風力発電等の小規模分散型電源の方が、雇用の創出力が強い。しかし、例えば都会の大資本によって、地域の人とは関わりなくメガソーラーや大規模風力発電施設ができると、地域の雇用や産

業振興につなげることは難しい。このため、地域循環共生圏と言われる地元の中小企業、金融機関、人材、技術を用いて、循環型の再エネ事業を興すことが大事である。

現在、幾つかの地域では、再エネ導入に当たり地元の住民等と若干のトラブルが生じている。デンマークやドイツでは元々地域主導型で、例えば農業組合や協同組合が出資して風力発電施設や太陽光発電施設を造る事例がある。そのような事例を参考にしながら、地域主導の再エネを広げて、地域の雇用を増やす方法が望ましいと考える。

答 政府のカーボンニュートラルの考え方も、GND、GRも、雇用が大事という意味では同じである。前者はいわゆる古いエネルギーシステムに関わっていた人たちの雇用で、後者は新しいエネルギーシステムで生まれる雇用である。その国にとってどちらが大事でどうするかというのは政治の話であり、どの国でも綱引きが行われており、単純な話ではない。

日本は石炭や石油を産出していないにも関わらず、保守的な古いシステムにこだわる人が非常に多い。しかし、いわゆるエネルギー多消費産業のGDP及び雇用における貢献率は圧倒的に減少し、この10年でエネルギー転換が大きく進んでいる。このように時代は確実に変わっているので、それを政治家がどう見極めて判断するかであると考えます。

問 FIT制度や市場価格をふまえて一定のプレミアムを交付する制度（FIP制度）について費用を負担している側が余りよく理解していないと思われるが、それらの政策の方向性についての説明を伺う。

答 FIT制度からFIP制度への移行によって、一部の再エネの購入価格に卸電力市場の市場メカニズムが働くという意味では前進だが、それでも補助であることには変わらない。特に、今後2030年の温室効果ガス排出削減目標を大幅に積み上げることになると、FIP制度であっても補助コストは非常に膨らむことになる。また、洋上風力発電を2030年に1,000万kW導入するとの参考値があるが、洋上風力発電は買取価格が依然として相当高いので、賦課金の拡大分は非常に大きくなる。

よって、政府がなすべきことは、F I P制度による産業部門や家庭部門への将来の負担見通しを常に透明性がある形で国民に示すことだと考える。F I P制度による負担が知らない間に電気料金に入っているというのは、負担させる側には便利かもしれないが、こういう時代であるので、透明性がある形で負担する側に対してどういうコストを負担しているのか、それが政府の施策によってどの程度拡大していくのかを明らかにしなければならない。その結果、産業部門と家庭部門とを問わず、受け入れられればそれでよく、受け入れられなければ政治に判断の変更を迫っていく必要があると思う。

したがって、政府が再エネにとどまらず温暖化対策について将来の負担見通しをきちんと国民に示すことが、今後ますます大事になってくると考えている。

問 再エネは、特に脱炭素化に向けて最大限導入すべきとは思いますが、既に相当量導入しており、限界が見えてきていると感じる。というのも、例えば、F I T制度は既に消費税換算で毎年1%程度の負担が生じていて、今後更に増えていくとみられる。

また、再エネの初期投資をある意味F I T制度という形で支援しているが、20年の買取期間終了後も事業が継続される保証はなく、太陽光パネルの廃棄等についても、ある程度対策はしているが、課題は残っている。

さらに、現在、各電源の発電コストの再検証を行っているが、調整力のコストという大きな問題がある。従来は火力発電が独立して存在していれば主たる調整力として計算に入れられたが、今後カーボンニュートラルということで無くなってしまうと、調整力の部分は蓄電池のコスト等を上乘せして計上せざるを得ないと思う。この調整力の扱いをどう考えればよいか伺う。

答 変動電源の扱いは、日本だけではなく、どの国も頭を悩ませており、国ごとの条件に応じて試行錯誤がなされている。

「レポート2030」においても、調整電源が必要となる電力管区や時間帯、季節を明確にして、蓄電池や揚水発電、域外融通、需要側の調整といった様々な選択肢を検討している。このように、地域、時間帯、時期ごとに考える必要が

あるとしか答えられないが、要するに、日本における再エネの割合は他国と比較して少ない。I E Aは電力の3～4割程度が変動電源になると調整力が非常に問題になるという報告書を公表している。しかし、それ以下であれば、各国は高額のコストを掛けて調整電源に係る対策を行うことはしておらず、きちんとした需要予測や揚水発電等の利用を可能にすることで対応している。

結局はビジネスとして成立するかどうかである。再エネのコストは圧倒的に低下しており、この10年で太陽光発電は10分の1、風力発電は3分の1になった。よって、調整力には追加的なコストが掛かっても、当然ビジネスとして成り立つので、コンサルタント業者等多様な業種が参入して、様々なアイデアが生まれ、様々な対策が安価な形で次々と導入されているということが現在起きている。

答 2015年の長期エネルギー需給見通し策定時に発電コスト検証ワーキンググループにおいて、電源ごとに想定したモデルプラントで発電コストを比較したが、その時点では太陽光発電にしても風力発電にしても調整力や統合コストは一切考慮されていなかった。しかし、今後、カーボンニュートラルに向けて2030年、2040年、2050年と必然的に変動再エネの割合を増やそうとする中で、こうした調整力や統合コストを度外視して、単体としての再エネのコストだけを比較しても、エネルギーシステム全体のコストの最適化を判断するには非常にミスリーディングとなる。

したがって、変動再エネであるがゆえに発生する固有のコストについては、それを上乗せした形でコストを比較しなければ、全体のコスト比較としては公平ではない。

答 調整力の問題については、基本的に四つの対策が考えられる。一つ目は従来の揚水発電や天然ガス火力発電等の利用、二つ目は既存の送電網の更なる強化による地域間の融通強化、三つ目は能力向上が著しい電力需要や天候の近未来予測、価格政策による需要側の調整、四つ目は蓄電池の開発、普及である。今後はこれらの能力向上を目指すべきである。

問 風力発電や太陽光発電については、導入が極めて限られていた当初は問題と

ならなかったが、地元では現在、山の上に風力発電施設を造る計画が持ち上がると、それが1万kWに満たないようなものであっても、景観、水脈や生態系への悪影響、低周波の問題等を理由に様々な反対が起きる。また、太陽光発電でも多くの農地が利用できなくなる、大雨時に河川の決壊につながったという議論があるなど、実は自然破壊につながっているのではないか。さらに、今後洋上風力発電を増やすと言うが、日本全体のエネルギーを賄うには日本海側のEEZ全てを利用する必要があるとの試算があり、そうすると漁業は断念せざるを得なくなる。こうした再エネの立地制約について見解を伺う。

答 日本では、陸上風力発電や洋上風力発電の問題もあるが、メガソーラーの問題が大きい。「レポート2030」では、メガソーラーはこれ以上新設せず、代わりに2030年にソーラーシェアリングを農地の0.8%、ルーフトップ太陽光発電を10%設置することを想定している。それぞれの数値の評価については議論があるだろうが、ソーラーシェアリングについては農家にとっても利益が出るものであり、実際に農林水産省も注力している。ルーフトップ太陽光発電については、例えば米国カリフォルニア州等では全ての新築建造物に設置を義務付ける法律も制定されており、カーボンニュートラルをどこまで真剣に考えるかということだと思う。

メガソーラーの場合は、従来の大型プロジェクトでは環境アセスメントがそれほど厳格ではなかったという政策の失敗や、外資系企業など立地地域外の企業が多かったのも事実である。したがって、政策の失敗であるならばその部分を修正すればよいだけの問題である。

答 再エネの立地制約の問題は今後だんだんと深刻化してくると思われる。特にメガソーラーは、比較的容易に開発できる場所は既にある程度開発し尽くしており、今後は土砂崩れの危険がある非常に脆弱な山の斜面等、条件が悪い場所や安全上問題がある場所に設置することになると思われる。よって、従来と同様の好条件の太陽光発電は困難になると考える。また、住宅のルーフトップ太陽光発電については、日本は個別の持ち家があまり大きくないこと、そもそも持ち家を持っていない人が多くいることも考える必要がある。

これらのことから、経済産業省は洋上風力発電に大きな期待を掛けているものと思われるが、漁業権に関して、漁業者の理解がどれだけ得られるか、補償金がどれだけ必要か、それが電気料金にどの程度上乘せられるかは不透明である。また、日本は洋上であっても夏は風が吹かないという大きな制約がある。

このため、2030年に1,000万kW、2040年までに3,000万～4,500万kWという参考値があるが、この数値がコスト度外視で独り歩きすることは危険だと考える。コストが8～9円/kWhまで下がること、国産比率が上がることとセットで考えずに、是が非でも導入量目標を達成するために多額の費用を掛けて無理やり建設すると、結局コストという形で最終消費者の負担となり、決して環境と経済の両立にはつながらない。

したがって、洋上風力発電は無限に整備できるのではなく、実際に開発してみると色々と厳しい立地制約が出てくると予想している。

答 まず、メガソーラー等による地域の自然環境の破壊や、地元住民との紛争の問題については、きちんとした土地利用計画をあらかじめ作成しておくことや、現行のアセスメント制度を適切に運用していくことが必要である。そして、地方公共団体によっては、地域再生や地域環境権、自然エネルギーに関する条例を定め、地域ごとに再エネを開発する際の地域との関与や調整について定めているところもあるので、そうした方法を検討することもできると思う。

また、洋上風力発電については、政府が非常に高い導入目標を示していること自体は海外からも含めて投資を呼び込む効果が大いだと思うが、様々な課題がある。このため、現在日本の風力発電メーカーはないものの、可能な限り日本の関連業界や地元企業がコンソーシアムを作り、海外の風力発電メーカーと組んで洋上風力発電を進めるといった工夫が必要である。一方で、漁業権等との調整、可能な限り利益が地元還元する仕組みづくり、そして、発生する様々な問題を試行錯誤しながら解決していくといった取組が必要ではないかと考える。

問 国土の7割を森林が占める日本において、現在、間伐材が問題となっている。こうした中、東京都檜原村では、まきストーブを復活させて化石燃料から

の転換を図るカーボンネガティブに取り組んでいる。家の改築に100万～150万円程度の費用が掛かるが、間伐材を利用することで若者の雇用を創出したり空き家に入居してもらったりといった様々な効果がある。まきストーブ1台でHV5台分のCO₂削減効果があるとの調査もあり、重要な取組と考えるが、こうした取組への評価と現状について伺う。

答 日本に豊富に存在する森林を活用して、カーボンネガティブにつなげていくことは大変大事な考え方だと思う。まきストーブの活用はCO₂削減につながると言えると思うが、問題はそうした取組を社会的なシステムとして十分に広げていくことができるかどうかである。いわゆるバイオマスエネルギーを使った発電や熱の利用は非常に望ましいが、そのためには、地域にもよるが、例えば間伐材の収集や運搬等のコストが非常に高いという現状があるようである。

したがって、CO₂排出削減だけを目標にすると非常に難しい。間伐材等の木質バイオマスの供給側の整備と、まきストーブは利用が増えて規格化すれば価格が下がると思われるが、利用側が間伐材等を利用できるシステムを作っていくことが大変重要と考える。これはまさに地域循環共生圏の考え方で、具体的な地域においてモデル事業をやっていくべきではないかと思う。

問 電気料金について、政府はグリーン成長戦略により上昇すると言っているが、参考人からは下げることができるといった話があった。電気料金においても、やはり省エネの工夫が更に必要ではないかと考えるが、見解を伺う。

答 電気料金が下がるかどうかは、省エネが進むかどうかにもよる。基本的に省エネと再エネの組合せであり、省エネが多ければ再エネはそれほど投入しなくてもよいし、再エネを投入すれば省エネはそれほど多くなくてもよい。したがって、省エネを進めることは、少なくとも日本には望ましい。

問 日本のエネルギーに関する新たな取組は、原発が足かせになってイノベーションを起こし切れていないのではないかと考えるが、日本がイノベーションを成し遂げるために何が必要か、見解を伺う。

答 日本は、かつて世界有数の太陽光パネルメーカーがあり、高い風力発電技術も有していた。また、HV等ではトップを走ってきた。しかし、残念ながらそ

うした様々な分野で世界のトップランナーと言えなくなっているのが現状である。

欧州の動向等を見ていると、温暖化問題を現実的に考え、科学的に必要とされる1.5℃という高い目標を、技術的な実現可能性が不明確であっても設定し、その達成に必要な技術開発や人材育成、研究開発等を進めている。そしてこれらを促進するために、FIT制度や炭素税等の再エネを優先する制度を設けている。このように高い目標を設定して、その達成のためにインセンティブを付与すると、新たな投資が起こって社会全体のシステムが変化していくということだと思う。

日本も2020年10月に菅総理大臣が2050年カーボンニュートラルを宣言したことで雰囲気が随分変わり、日本の主要企業が2050年、2030年までの目標を立てるといった動きが出ており、政治のリーダーシップは非常に影響が強いと考える。高い目標を立てて、そこに向けて投資や人材育成、研究開発等への資金を用意することが重要と考える。

問 カーボンニュートラルは、原発に依存しなくても可能か伺う。

答 技術的には可能であるが、非常に高いコストが掛かって、日本経済にとっては自爆のシナリオであると思われる。日本が利用できる技術を特段排除せず、使えるものは全て使うということならば、既存の原発をできるだけ長く稼働させることは、kWh当たりのCO₂コストで見ても温暖化対策として最も費用対効果が高いことは明らかである。米国では既存の原発の80年運転を認めつつある状況であり、日本もそうしたことも考えていくべきである。

したがって、諸外国と国際連系線を有しておらず、再エネ資源でも中東諸国や欧米と比べて様々なハンディを負っている部分がある日本が、カーボンニュートラルに向けて使える技術を使わないことは合理的ではないと考える。

【カーボンニュートラルと経済・社会】

問 EUが国際的な仕組みづくりを行っているが、日本がこれに取り残された場合、先行者利益が得られなくなることを懸念している。日本はどのように議論

に参画すべきか伺う。

答 EUは環境対策に熱心だと評価されている一方で、国際的な仕組みづくりを通じて、EUが作ったルールや基準を世界標準化するという戦略が見える。最近の例としては、投資における環境配慮の度合い等を、EUタクソノミーという形で議論しており、それが採択された場合、EUにおいては日本企業もそれに沿った形で投資しなければならなくなり、そしてそれが世界標準になる可能性が高い。そのため、こうした国際的なルールづくりについて、日本も早い段階から関与していく必要がある。これには様々な方法があるだろうが、多国間協議で主導的役割を果たすことや二国間協議での協議等において、日本独自の方法を生み出す場合はできる限り賛同者を増やして世界標準化していくこと、あるいは最初の段階からEUや米国との議論に参加するなどの努力が必要と考える。

問 カーボンニュートラル実現において、イノベーションと雇用創出は重要な視点と考えるが、そのために政治はどのような役割を果たすべきなのか伺う。

答 イノベーションは非常に重要だが、これまで政府は掛け声だけで終わっていた。日本の場合、産業政策の中でも特に再エネ、省エネに関しては、サンシャイン計画やニューサンシャイン計画、ムーンライト計画等様々なものがあったが、現在まで投資を続けている企業はない。これらの計画に関しては幾つかの報告書が公表されているが、国が何年までに国内でどのくらいの割合にするかななどの明確な数値目標を示さなければ、企業は、政府が余り真面目に考えておらず、将来性がないと判断して投資をやめてしまうなどと分析されている。

どの国でも産業政策で国、そして産業を成長させるために、政府が莫大な投資をしており、インターネット産業や軍事産業等はその例である。日本でも同様に、再エネや省エネに関して政府がより大きな数値目標を示して具体的な政策を実施する必要がある。

「レポート2030」では、省エネは利益が見込まれることから、工場に偏差値60程度のエネルギー効率を要請し、達成できなければ名前を公表する制度の導入を提案している。もちろん名前の公表には抵抗するかもしれないが、偏差値

70ではなく60のレベルを要求している。また、省エネは5年から15年で必ず利益が出る。

このように、アメとムチの両方が必要ではあるものの、政府の多少の後押しがあれば様々なものが変わると思う。また、EVの場合は、政府が掲げる数値次第ということもある。これはまさに他国でも行われていることであり、それぞれの企業の経営判断にもよるが、現在の日本企業は政府を見て経営判断してしまうことから、政策が非常に重要となってくるので、政治には頑張ってもらいたい。

問 電力多消費産業は極めて重要な分野だと思うが、こうした分野に日本はどう対応していけばよいか伺う。

答 電力多消費産業、そしてCO₂を多く排出する産業として典型的には、鉄鋼産業がある。鉄鋼産業は、基本的にはコークスの燃焼に伴いCO₂を排出するが、現在は、鉄鋼関係の企業も極力CO₂を減らすべく対策を検討している。一つは、電炉すなわちリサイクルした鉄鋼を原料として鉄鋼を造ることにより相当程度CO₂の排出が減らせる。もう一つは、究極的には水素を使った製鉄があるが、いずれもコスト増が課題である。例えばEUのように、CO₂を多く排出する産業に対策を求め、その結果必要となる追加的コストへの支援を行う方法がある。また、環境対策を取らない方法で造られた鉄鋼が域外から輸入された場合に関税を掛ける炭素国境調整措置が検討されている。鉄鋼は一定程度必要となるため、コストを掛けても生産し、一定の政策的な支援を行うことも検討する必要があると考える。ただ、世界全体で今後どの程度鉄鋼が必要か、それに代わるものはあるか、そしてどこで生産するかという点については、また別の議論があるだろう。

答 ドイツにとって鉄鋼産業は極めて重要な産業であるからこそ、産業用電気料金に様々な減免措置を講じている。EU全体で見ても、欧州排出量取引制度の中では、鉄鋼部門は、貿易の影響を受ける部門ということで、相当部分の無償配賦を受けている。これは実質上炭素税の減免と同様の措置である。

日本の鉄鋼産業が衰退してしまった場合、中国がその分のシェアを獲得する

だけの結果となってしまう。したがって、鉄鋼産業が脱炭素化や低炭素化を進めるための電炉化や水素還元製鉄等は、当然進めていくべきであるが、脱炭素化を進める際のコスト増に鉄鋼産業をそのまま直面させてしまうと恐らく衰退してしまうので、何らかのコスト増を防ぐ措置を講じなければならない。ドイツでは産業部門を高コストから守るために家庭部門がその分高いコストを負担している。これは政治的には極めて難しい話であり、日本で同じことを提案したら必ず反発を受けると思われる。カーボンニュートラルを進めるということは、日本の産業を守るために産業部門と家庭部門の負担の分担をどう考えるかという、これまで余り議論したくなかったことを議論しなければならないことだと考える。こうしたことも含めて国民理解を深めていかないと、カーボンニュートラルの実現は困難であるとともに、様々な技術の源泉になる大事な製造業基盤を日本に残すことができない。製造業が衰退してしまえば、技術革新の種もなくなってしまうことになる。その意味で、日本の鉄鋼産業は引き続き日本にとどまってもらいたいし、彼らが技術革新を行いやすい環境の整備が必要と考える。

問 農林水産省は、今般、「みどりの食料システム戦略」と題して、カーボンニュートラルに向けた取組、環境汚染の改善等に取り組む政策を示す。農業には農地と天候が不可欠な要素であるが、最近全国で頻発化、激甚化している自然災害に、地球温暖化が大きな影響を与えているのではないかと考えている。現在、熊本では8月の気温は37、38℃が常態化している。私が経営する牧場では、10年ほど前から急激に牛の熱射病が増えてきており、畜舎の遮熱対策等も懸命に行っている。温暖化の影響が農業現場を襲ってきていると感じる。持続可能な農業経営を続けていくことは、国民に対する安定した食料供給等の観点から不可欠であり、避けて通れない問題である。ただ、脱炭素社会に向けた取組に伴い、農家や生産現場に大きな負担が掛かることも想定される。農家に取組をお願いするには、温暖化をどう抑えていくかを明確に伝える必要がある。

そこで、農業における脱炭素化の取組により、温暖化を止めたり、一定程度は押し戻したりできるのか、見解を伺う。

答 日本でも、例えば農業現場で温暖化の影響が顕在化している。日本は先進国で、比較的対応が進んでいると考えられているが、国際的な評価では、温暖化の影響を最も受けている国の一つである。台風や洪水、熱中症といった問題も大きくなってきている。

温暖化対策では、原因となる温室効果ガスを減らす緩和策と地域ごとの影響に対する適応策が、車の両輪と言われている。農業では、地域ごとに、天候の変化に合わせて品種を変えたり、作付け時期を変えたりということも進められている。温暖化はできるだけ抑えても進行していくので、先を見通して、各地域での適応策を考えていく必要がある。また、都会ではヒートアイランドと温暖化の両方の対策をとり、都市が余り暑くならないようにする対策が重要である。したがって、緩和策と適応策の両方が重要である。

さらに付け加えると、例えば太陽光パネルの設置により地域の自然環境が破壊されたり、農業等とのトレードオフが生じたりすることがある。事前に土地利用を調整したり、地元で業者と相談して適切な対策をすること等により、例えばソーラーシェアリングのように太陽光パネルを農地の上に造ることで、農業生産を下げずに太陽光発電も行うといった、農業にとっても有益なシステムを検討していくべきと考える。

答 温暖化の議論では緩和策に議論が向きがちであり、各種リソースも振り向けられがちである。しかし適応策が非常に重要であり、温暖化の進行に伴う悪影響を考えると、適応策にも更にリソースを割かなければならない。加えて、それにより防げる被害については、緩和策に非常に多額な支出をするよりも、適応策にある程度の支出をする方が、全体としてのコストも下がると考える。農業もこの範疇に相当すると思われる。

ただ、温暖化の進行による農業被害への対策は、日本の貢献度としては微々たるものであり、今後の温暖化阻止には、インド、中国、ASEAN諸国における温室効果ガスの増大を止めることが決定的に重要である。日本全体で仮に温室効果ガス排出をゼロにしても、温度上昇を0.001℃防げるかどうかという程度である。よって、そういう国々が受け入れやすいようにまずは低炭素化か

ら始め、エネルギー消費あるいはCO₂排出量の増大を抑えながら経済発展をしていくために、例えば省エネ技術といった日本の優れたノウハウや技術を移転していくことが重要である。

また、二酸化炭素回収・有効利用・貯留（CCUS）や水素は、化石燃料に依存しているアジア諸国にとって不可欠の技術で、それを日本から可能な限り低コストで提供できるようにすべきであり、そのためのイノベーションが非常に重要である。

そうした取組がなければ、現在日本が経験している温暖化の影響を、日本だけの対応で止めることはできないのが事実である。グローバルな問題はグローバルに解決しなければならず、日本だけが我慢を重ねても解決できる問題ではないということについて農家の理解を得る必要がある。

答 たとえCO₂排出がゼロになっても、蓄積があるために温度は上昇する。1.5℃目標や2℃目標を考えたとき、現在の温暖化対策を100倍程度行わなければ実現できないのが現状である。また、当然世界全体で対策しなければならないが、先進国の責任というものもあり、各国が自国より他国の責任と考えると、誰も対策しなくなる。

温暖化問題では公平性が一つのキーワードである。今後インフラを整備し生活水準を上げるためにエネルギーを使う必要がある途上国を考えたとき、世界全体で2030年に45%削減するという目標でも、公平性を考えると先進国は70～80%程度削減しなければならないという議論があり、途上国等もそう考えている。よって、公平性という点では日本や米国が議論している数字では全然足りない。

農業に関しては、「レポート2030」において、2030年に農地と耕作放棄地の0.8%で、2050年には6%でソーラーシェアリングが導入されるという想定を置いた。その分はメガソーラーは入らない。またルーフトップ太陽光発電が2030年に全住宅の10%に導入されるとしている。こうした数字が多いかどうかは感覚の問題になる。農家の方々がどういう収入不足に悩んでいて、ソーラーシェアリングにするとどれくらい収入が増えて、それが面積のどのくらいにな

るかということも議論していく必要があり、農業の未来はある意味では明るいとも言える。

問 限界削減費用が上がっていくことは避けられない。そこで、国民への賦課金を増額するには、例えば低所得層への配慮や国民への説明をどう行っていけばよいか伺う。

答 ドイツの例では、産業部門について様々な減免措置が講じられており、FIT制度についても家庭部門が再エネ賦課金の相当部分を負担している。このように、電気料金の設計思想を変えることはあり得る。

ただ、家庭用の電気料金が上がると、逆進性があるため、特に貧困家庭にとっては非常に大きな負担になると考えられる。その場合、貧困家庭や低所得者層に対しては、エネルギー価格に介入する形ではなく、直接的な補助を行うことが経済的な効率性の観点からは望ましい。家庭の電気料金を上げる理由は、家庭は国際競争にさらされていないからである。これはある意味で劇薬のようなものであり、理解を得ることは非常に難しいと思われるが、現在のように家庭と産業の負担額に余り差を設けない形のままでカーボンニュートラルを推進することになると、国際競争にさらされた日本の産業は衰退する可能性が極めて高い。

問 ドイツでは、産業の保護すなわち競争力を守るために、産業用の電気料金をしっかりサポートし、それが結果的に家庭用の電気料金に跳ね返ってくるとのことであったが、どのようにしてこの問題を乗り越えたのか。政治が決定していく道筋に関し、知見を伺う。

答 ドイツでは、かつてシュレーダー政権で脱原発を決め、メルケル政権でそれを見直しつつあったが、東電福島第一原発事故を理由として脱原発に踏み切った。その際、国民の各層が参加する対話型の議論を相当長期間にわたり行った。したがって、ドイツの家庭部門は自らが負担する電気料金が欧州の中でも非常に高いことは十分分かっている。ただ、ドイツ経済はユーロにより相当下駄を履かされているところがあるため、それほど経済的な痛みを感じることなく高い負担を受け入れることができている。このため、原発を段階的に廃止し

て再エネを増やすコストを産業に代わって自らが負担するというところに、ある程度の理解はあるものと思われる。ただし、それが今後ともずっと続くかは分からない。数年前のドイツの総選挙において、エネルギーコストの上昇に伴い、いわゆるエネルギー貧困問題が生じていることが注目されたこともあった。脱原発に加えて脱石炭火力発電も行うとなれば、電気料金は更に上がる方向に行くだろう。そのため、どこまで消費者がそれを受容できるかは、今後の動向を見る必要がある。

問 「レポート2030」では、エネルギー転換による脱炭素によって主な影響を受ける産業の雇用者数を約15万人とし、これに原子力発電産業の約5万人を加えると約20万人としている。この人数について、間接的に影響を受ける雇用者数としては少ないと感じるが、学問的な検討を行う上では比較的スタンダードな物の見方であるのか見解を伺う。

答 スタンダードと考える。影響という言葉の定義にもよるが、すぐに仕事を失うわけではなく、電力会社で原子力の研究に従事していた人の配置転換等も含めた数字である。よって、雇用が全く失われないということではなく、エネルギー転換に伴うプラスの部分とマイナスの部分を政治的にどう判断するかということである。新規雇用はある意味では計算された数字であるため、将来必ずそうなるとは言い切れない一方、現在の雇用者数として計上されている人々が全て仕事を失うわけではない。かつて日本の炭鉱で約20万人の人員整理が行われたと言われている。今回は20万人全てが仕事を失うわけではなく、配置転換等を含めると、かつての日本の炭鉱問題よりは小さいと言えなくもない。まさにそうした議論をするためのたたき台として、このような数字を出したという意味がある。

カーボンニュートラルの流れにおいて日本が不利か有利かに関しては、圧倒的に有利であると考え。それは化石燃料を産出・輸出していないためである。欧米には石炭関連の労働者が数万人、十万人単位、中国には百万人単位で存在する。国際競争力において雇用は重要であり、結局どこの国でも大事であるが、そうした観点から日本は圧倒的に有利だという議論があり、私も正しい

と考える。

問 国連のSDGsの17目標について、その優先順位は国ごとに違うという話があった。確かに、SDGsは地球の限界を超えないことと同時に、貧困や格差の解消をもう一つの柱に据えている。貧困や格差は、限られた資源が不公正、不均等あるいは非効率に分配されていることを示しており、その是正は持続可能性につながるその位置付け自体は非常に大事である。

気候変動対策と貧困や格差の是正は、セットで進めるべき課題であり、本気で進めるには、社会の利益よりも企業の利潤追求を優先する在り方を変え、企業に社会的責任を果たさせる経済社会にすることが求められていると考えるが、見解を伺う。

答 日本企業全体が単なる経済的利益だけでなく、それぞれの方法でSDGsに貢献していくという機運が生まれてきている。ただ、企業がSDGsやESG投資に注力しすぎて経営が傾くと、現実の経済原則として誰も投資しなくなる。よって、利潤を追求しながらでも、その企業の持つ優れた技術等を通じてどう社会貢献できるかを考えているだろうし、グローバルに考えれば、先進国から途上国に対してどれだけ経済支援できるかということにもつながっていく。

先進国も厳しい経済の現状において、途上国支援拡大への余力がどれほどあるかは難しい問題であり、理想と現実の違いがだんだん明らかになってくるだろう。COP26あるいはそれ以降において、途上国は先進国の支援目標を現在の1,000億ドルから引き上げるよう要求してくるだろうが、新型コロナウイルス感染拡大で傷ついた経済を抱える先進国のうちどのくらいが対応できるのか、非常に難しい課題であり、すぐに答えは出ないだろう。

答 SDGsの17目標は、全体のパッケージとして進めていくべきと考える。誰も取り残さないということが全体のテーマであり、言わば基本的な人権の向上、人権の条件を確保しながら、プラネタリー・バウンダリーという地球の限界の中で経済活動を進めていくという発想である。例えば気候変動対策は、水問題、エネルギー問題、雇用問題等、全てと関わっており、推進する際は

CO₂の削減だけに焦点を合わせるのではなく、貧困や農業生産への影響を考慮した上で進めるべきである。すなわち、個別の政策や技術の導入だけでなく、全体としてシステムを変更するということが必要となる。

最近の動向として、IoT、AI、ICTといった情報技術が盛んになっており、より少ないエネルギーや資源投入によって、より良いサービスが提供できるような動きがある。テレワークやインターネット会議等の適切な利用によって、より少ないエネルギー、資源を投入して、より良いサービスを生み出すという経済に転換していくことが一つの道であると考えられる。

答 米国の場合、バイデン政権の温暖化対策であるGNDは、いわゆる新自由主義的な社会システムを変えようとしている。そのために、化石燃料産業への補助金を廃止して課税すること、温暖化対策に消極的だった大企業に対して課税や市場からの排除を行うことといった具体的な政策を導入している。新自由主義というシステムの変更が必要であるとするコンセンサスは米国政権の中にあると考える。

また、貧困と格差は非常に重要な問題である。温暖化問題に関し逆進性がある政策をとると貧困と格差が拡大してしまう。そこをどう上手に進めるかが重要で、GNDは、ガバニング・アジェンダ、指導的課題という形で、包括的に方向性を考える具体的な政策の考え方や仕組みであるとの言い方がされている。その中で、貧困、格差、ジェンダー、様々な差別も一緒に考えようというのが、米国でのGNDの流れであり、日本でそういった流れをどううまく作ることができるかは、これから次第である。

問 ガーナのスラム街では、若者が日給500円程度の賃金で先進国の電子ごみを焼却して金属を取り出す仕事に従事している。環境にも健康にも当然悪影響があるが、そういう実態がある。

参考人は国連の調査を例に挙げて、再エネの拡大も地球温暖化防止も重要だが、貧困から目を背けず、両立させることが大事だと述べていた。そこで、日本でも格差が広がる中、これらの両立に向けた最善の考え方について伺う。

答 SDGsの気候変動とそれ以外の対策のバランスをどのように取っていくか

については、日本と例えばインドネシアとでは、解が全く違ってくるし、インドともまた違うと考える。

C O P 25でグレタ・トゥンベリ氏が石炭火力発電の即時廃止を訴えていた頃、インド産業連盟のメンバーは、「同氏にはインドの、電気も水道も通っていない、絶対貧困線以下で生活する人たちの実態を是非見てもらいたい。インドにとっては、国内で利用できる石炭火力を、もちろんクリーンに使う必要があるが、利用禁止にすることは解にならない」と話していた。

グレタ氏の住む、非常に豊かで、原子力と水力で電力の大半を賄っているスウェーデンのような国と、インドのように依然として非常に貧しい人がいて、国内に化石燃料資源がある国のS D G sの追求の仕方は、おのずとバランスの取り方も違ってくる。それゆえ、世界で統一的な解というのは存在せず、各国がそれぞれ判断していかなければならないということだと思う。

【カーボンニュートラルと環境】

問 参考人の著作には、生態系崩壊の危機が人間生存の危機にもつながっており、環境問題、新型コロナウイルス感染症等のパンデミックもそれに当たるという文脈での記述がある。また参考人は、自然資源の利用を持続可能な範囲にとどめるべきという主張もしており、同感である。今、我々が取り組むべき問題は、単にCO₂の排出削減、カーボンニュートラルだけではなく、全体としていかに環境負荷を下げていくのかということである。CO₂排出を削減するために他の部分に環境負荷が生じているとすれば、それは望ましくなく、そこも含めた取組が必要であるが、政府のカーボンニュートラル政策は、いくらかCO₂排出削減に偏り過ぎているという懸念を持っている。

本調査会において、資源開発の観点から意見を述べた参考人からも、レアアース等の資源を大量に使用して製品を作り、CO₂は削減されても、資源開発の面で環境破壊が行われるようなことがあってはならず、その点も勘案しなければいけないという話があった。その点も含め、今後の政策において考えなければいけないポイントを伺う。

答 温暖化対策でCO₂を削減することは大変重要であるが、それだけが目的ではなく、目的はやはり、人類の安全かつ安心で豊かな生活を将来にわたってどのように維持していくかということである。

そういった考え方は従来から提唱されており、国連でも持続可能な開発という考え方が採択されている。これには様々な解釈があるが、一つの定義としてよく引用されるものにハーマン・デイリー氏が提唱する三つの原則がある。これは、資源を水や森林等の再生可能なものと石炭や鉄鉱石等の再生可能でないものの二つに分け、前者は再生できる範囲内で使っていく、後者はできるだけ早くそれに代替できるものが開発されるペースの範囲内で使っていくというものである。そのため、化石燃料を使用して発電している場合には、できるだけ早く再エネを使用するといった原則である。すぐに行うことはなかなか難しいが、そういった原則を念頭に置いてこれから環境政策全体あるいは資源政策全体を考えていくべきである。したがって、政府が提唱しているように、気候変動対策、リサイクル・リユースによる循環型経済、それから自然共生を三位一体として取り組んでいくべきであると考えている。

また、個々の対策がどの程度CO₂削減効果があるか、例えばEVとHVのどちらがいいのかなどについては、LCA、つまり製造から使用、廃棄までの全体を通してどれだけ環境に影響があるかをきちんとデータに基づいて客観的に評価していくことが必要と考える。

問 参考人の資料に、政府及びシンクタンクのGR、GND提案の共通要素が幾つか書かれている。CO₂の排出削減、PM2.5の排出削減、電力価格の引下げ、雇用確保といったこれらの要素を実現するに当たって、環境負荷の観点を入れていく必要があると考えるが、見解を伺う。

答 環境という言葉をどういう意味合いで使うかにもよる。もちろん、ある政策を実施すれば様々な影響がある。経済的影響、生態系に対する影響、雇用という問題もあり、日本だけではなく途上国の雇用問題、環境問題につながる可能性もある。

しかし、レアアースの問題に関して言えば、世界がデジタル社会に移行して

しまっていることが最大の要因であると思う。カーボンニュートラルを目指してリチウムやコバルトを使用したEVを造るという話はあるが、それ以前に、デジタル社会をやめるのかという問題もある。まさに、いわゆる南北問題のように、南と北の関係をどうそれぞれが協力し合い、責任を持って変えていくかということだと考える。したがって、環境への影響を直接カーボンニュートラルの話と結び付けるのはどうかと思う。

LCAは非常に重要である。CO₂に関して言えば、よくEVとガソリン車とではそれほどCO₂排出量は変わらないのではないかという話があるが、ガソリン車は利用時のCO₂排出量が圧倒的に大きいため、EVにすると、製造時を含めてもCO₂の排出量は大幅に削減される。また、誤解があるが、実は電気の使用量も削減される。したがって、いかにガソリン車の効率が悪いかということである。このように、それぞれ個別の問題はあるものの、当然、LCAの観点から議論している。

PM2.5はまさに環境影響の話であり、基本的には石炭を使えば大気に影響を与える。現在、世界全体で年間800万人が大気汚染で死亡しているという数字がある。そしてそれは過小評価ではないかという研究も数多く出ている。したがって、カーボンニュートラルを進めることは、総合的に人類にとってメリットは非常に大きいと考える。

問 2020年は、皮肉にも、新型コロナウイルス感染拡大で経済が低迷して環境が改善したと言われているが、一方で同年夏にはラニーニャ現象が発生し、その影響で米国では54℃、シベリアでは38℃、日本でも2021年3月の平均気温が100年ぶりとなる高温となった。経済の低迷による環境の改善と気温上昇が同時に発生することは矛盾しているようにも思われるが、この点について見解を伺う。

答 矛盾はしていない。化石燃料による発電が減ればCO₂排出が減るのは確かであり、実際に2020年のCO₂排出量は余り増えなかったと思う。しかし、IEAは2021年のCO₂排出量は逆に増加すると予測しており、それがまさしくブラウン・リカバリーである。そうならないように、再エネと省エネに投資す

ることで経済復興も雇用拡大もCO₂排出削減も実現するGRを目標としているが、理想と現実の問題はあるかと思う。

それでは、なぜ石炭火力発電に投資する国があるかという点、例えば中国の場合は、どうしても簡単に失業対策や雇用対策、雇用維持ができる石炭火力発電に頼るという問題がある。途上国と先進国との違いを考える必要があるが、少なくともグレタ氏は途上国に石炭火力の廃止は求めておらず、まず先進国が廃止すべきだと言っている。

また、エネルギーミックスを考える際には、様々なものに価格を付ける必要がある。ドイツは再エネ導入費用の負担者に対し、FIT制度は最初は負担額が高くなるが、10～15年で終了するため最終的には安くなると説得した。ドイツでFIT制度が終了する時期は大体2025年頃であり、日本のFIT制度は2030年頃に終了して賦課金もなくなる。

よって、我々が5年後、10年後の世代を考えて今投資するかどうかということである。それもコストではなく投資なので、日本で再エネビジネスによって雇用が多く生まれることを考える必要がある。

さらに、価格という意味では、電気料金に占める原子力発電の価格も示されていない。その意味では、原子力発電も含めて、国民が電気料金として何にどれだけ払っているかという開示が十分にできていないことは問題なので、是非法律を改正してほしい。

問 セルロースナノファイバーの環境面からの評価及び現在の利用状況について伺う。

答 私が理解するところでは、従来の製品よりも軽量で強度の高いものとして利用できるのであれば、様々な製造業において使用されることでCO₂削減にも寄与するのではないかと考える。

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3年5月12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)

【日本のエネルギー政策】

問 2021年4月22日、菅総理大臣が、2030年に向けた野心的な温室効果ガス排出削減目標として2013年度比46%削減を目指すことを表明し、米国主催の気候サミットにおいては、この日本の気候変動分野への積極的な取組がバイデン米国大統領等からも歓迎されたとのことである。こうした中、2020年10月から進められているエネルギー基本計画の見直しにおいても、現在取り組んでいる3E+Sの同時実現を目指すことが重要だと考える。また、決して容易ではない2030年排出削減目標達成に向けて、省エネやエネルギー転換を含め、全ての分野・部門において取組を推進していく必要がある。

政府は、2020年末策定のグリーン成長戦略を柱としてカーボンニュートラルの取組を進めており、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)に2兆円のグリーンイノベーション基金を設け、目標達成への挑戦を約束した企業に対して、10年間、技術開発や実証から社会実装まで一貫通貫で支援することとなった。新たな2030年排出削減目標が掲げられたことで、更なる支援策も必要と考える。そこで、エネルギー基本計画の見直しに向けた検討状況と目標実現に向けた支援策について伺う。

答 エネルギー基本計画の見直しに向けて、2020年10月からこれまで経済産業省総合資源エネルギー調査会基本政策分科会を11回開催し、2050年カーボンニュートラルや2030年排出削減目標に向けた課題等について議論を深めている。これらの目標を目指す中でも、3E+Sのバランスを取り続けることが重要であると考え。脱炭素化と安価なエネルギーの安定供給の両立に向け、エネルギー政策全体について集中的に議論を深めている最中である。2030年排出削減目標はこれまでの目標を7割以上引き上げるものであり、その達成は決し

て容易ではない。徹底した省エネ、再エネの最大限の導入、確立した脱炭素電源である原子力発電の活用、非効率石炭火力発電のフェードアウト等を着実に進める。2兆円のグリーンイノベーション基金は2050年カーボンニュートラル実現のために設けられたものである。新たな2030年排出削減目標の設定を踏まえ、技術、社会面での制約やコストにも配慮しつつ、産業の国際競争力の維持強化と両立できるよう、必要な投資を促す刺激策を含めて支援策の検討を加速していきたい。

問 現在のエネルギー基本計画で再エネの主力電源化を目指すこととされ、政府の説明でも再エネの最大限の導入を図っていくとのことであった。こうした取組は当然必要と考えるが、推進する上では、系統整備を含めたコストや出力変動の問題といった様々な課題もある。例えば太陽光発電はどこの農山村にもあるが、以前は優良農地だったであろう場所や、山の斜面にもあるのを見ると、適地の確保や地元との調整が大切だと感じる。

再エネに関して、カーボンニュートラルは大事であるが、この一面だけで捉えるのではなく、様々な側面を見ながら総合的に進めていかななくてはならない。太陽光発電を拡大していく中で優良農地が失われるようであれば、食料安全保障の観点から当然大きな懸念がある。また、再エネや先端産業に欠かせないレアアース等のレアメタルは資源の偏在性が高い場所、地政学的リスクが高い場所に偏っているため、その安定供給は重要な課題であり、資源に乏しい日本にとって再エネの推進が新たなリスクの増大にならないよう留意することも視点の一つである。様々な課題がある中で、再エネの主力電源化に向けた取組の促進について伺う。

答 再エネは2050年カーボンニュートラル実現に向けた鍵であり、基本方針として最大限導入していく。一方、その課題として、再エネ賦課金による年間2兆円超の国民負担の抑制、再エネポテンシャルが大きい地域と大需要地を結ぶ送電線の整備、立地制約の中で地域と共生する形での適地確保等が指摘されている。これらの課題克服に向けてあらゆる施策を総動員することに加え、太陽光パネル等を輸入に依存している実態を踏まえ、今後の導入拡大政策を産業政策

と両立して進める必要があると考える。

洋上風力発電に関しては、2020年12月、2040年までに3,000万～4,500万kWの導入目標を盛り込んだ「洋上風力産業ビジョン」を策定した。これを呼び水としつつ、予算や税制による設備投資支援や国内調達、コスト低減目標の設定、国内企業のマッチング促進等を通じて、強靱な国内サプライチェーンを形成していきたい。

太陽光発電に関しては、日本が他国に先んじて開発してきたペロブスカイト等の次世代型太陽電池の実用化を加速し、新たな市場の開拓・獲得を目指している。グリーンイノベーション基金も活用し、製品化も見据えた企業の取組を支援していく。このような取組を通じ、新たな産業創出や競争力強化を進め、国内企業の力をいかした経済と環境の好循環を実現したい。

問 国連のグテレス事務総長は、日本等のOECD加盟国が2030年までに石炭火力発電を段階的に廃止する必要があると述べている。またNPO法人気候ネットワークは、2030年までの石炭火力発電フェーズアウト計画を発表し、効率の低い技術から順に、建設中も含めて179基全てを段階的に廃止すべきだとしている。しかし、政府は非効率な石炭火力発電については休廃止を進めるものの、新規の建設は引き続き温存しようとしている。温室効果ガス2030年46%削減という目標において、2030年時点の石炭火力発電の基数及び設備容量における割合について伺う。

答 現状、石炭火力発電を含む火力発電が電力の安定供給の中核をなしている。他方、カーボンニュートラルを目指す上では、安定供給を大前提にしつつ、その発電比率の引下げが基本になる。この状況の下で、まずは非効率石炭火力発電をフェードアウトさせる方針であり、エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）の規制強化により原則非効率石炭火力発電について休廃止を求める。一方、電力安定供給との両立のため、設備は維持しながら稼働率を下げていく措置、また非効率石炭火力発電にアンモニア混焼等を導入して発電効率自体を最新鋭の超々臨界圧（USC）火力発電の水準にしていく取組を認めるといった措置により、非効率石炭火力発電所のフェードアウトと効率的なも

のへの転換を着実に進めていく。現時点において、2030年での基数及び割合は算定していない。

問 カーボンニュートラルは原発ゼロで実現すべきであり、十分可能な目標である。参考人からは、IEAの資料として、各エネルギーの温室効果ガス排出削減コストや雇用創出数が示され、メガソーラーが雇用を生みコストも小さい一方、原発新設は高コストで雇用も生まず、少なくとも温暖化対策としては望ましくないということが数字に基づいて説明された。原発新設の場合、太陽光発電や洋上風力発電に比べてコスト面で劣ると国際的にも指摘されていることについて、政府として把握しているか伺う。

答 現在、専門家による発電コスト検証ワーキンググループにおいて電源別の発電コストの議論を進めている。特に原発の発電コストについては2015年のコスト検証の際に整理された考え方を踏襲しており、新規制基準への対応を踏まえた追加的安全対策費の増額、東電福島第一原発事故への対応費用の増額等について、直近の状況を適切に反映できるよう検討を進めている。原子力発電のコストも含め、エネルギー政策に関しては様々な分析や意見があることは承知している。

問 石炭火力発電を廃止し、原発ゼロを実現した場合にも、エネルギーの安定供給は可能である。参考人は、過去3年間の各電力管区のデータを用いて、石炭火力発電ゼロ、原子力発電ゼロとした場合のシミュレーションを行った。北陸電力管区と四国電力管区で特に夏の夜に不足するが、そこさえ対応できれば問題ないとのことであった。ほかの管区から融通したり、需要側で調整したり、蓄電池を利用するなど、対策も様々考えられるという意見であった。

政府としても、石炭火力発電ゼロ、原子力発電ゼロを前提とした場合に、いっどこで電力不足が生じ得るのか、具体的な検討を行ったことがあるかについて伺う。

答 原子力発電、石炭火力発電、石油火力発電がない中で、再エネの導入が非常に伸びた場合、どういう形で安定供給を実現するかは大きな課題である。夏の夜の需要への対応や、また昼であっても太陽光や風がない場合のバックアップ

をどうするかという調整力の問題、地域の中の偏在への対応といった課題を、現在は火力発電が解消している。これを蓄電池若しくは連系線の大幅な増強で対応することも一つの方法と思う。ただ、実際に安定供給を考えていく中では、大変難しい面も多くあると考える。

参考人の試算では、最終エネルギー消費が約3割減少、すなわち電力消費も約3割減少する前提で計算がされているが、本当にこのとおりになるかが問題である。また、LNG火力発電をフル稼働させているが、夜間需要への対応としての蓄電池や非常に広いエリア相互における融通時の連系線容量がどの程度必要になるかといった問題も考える必要がある。さらに、電力の安定供給を考える際には、2021年1月に生じた需給ひっ迫や、2018年の北海道胆振東部地震、2019年の台風15号といった災害リスク対応を念頭に置いた上で、予備力も含めてシミュレーションする必要がある。例年、春と秋に、夏、冬に向けた需給ひっ迫に対する対応として電力需給検証を行っており、本日電力広域的運営推進機関で承認された「電力需給検証報告書」によると、2021年の夏は安定供給に最低限必要なぎりぎりのラインとなる予備率3.7~3.8%だった。さらに、2021年の冬は初めて0.2~0.3%安定供給ラインを割り込むという試算が出ている。供給力が厳しい状況にある中で、カーボンニュートラルは実現していかなければならない。様々な課題に対し根本的なところも含めて計算する必要がある。政府としても需給検証における検討とともに現実的な形での対応策をしっかりと考えていきたい。

問 核のごみや最終処分の問題同様、再エネ、新エネについても最終処分までに掛かるコストにも真摯に目を向けなければならない。太陽光パネルについては、既に廃棄の問題が出てきているが、最終処分に至るまでに発生する再エネの環境負荷やコストをどう考えるか、政府の見解を伺う。

答 太陽光パネルも含め、再エネを拡大していくときには、やはりライフサイクル全体で環境負荷や社会コストをどう抑えていくかという視点が大事だと考えている。その上で、太陽光発電については、多様な事業者が多く参画し、事業主体が変更されやすいという特性があるため、将来、太陽光パネルの放置や不

法投棄といった懸念がある。また、種類によっては鉛やセレン等の有害物質が含まれることがあるため、こうした懸念にも対応していく必要がある。もちろんパネルの適正処理については、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）に基づき事業者はその義務があるが、その際の費用をどのように確保するかが大事である。この点については、2020年6月に行われた、電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（再エネ特措法）の改正により、事業用の太陽光発電を対象に、源泉徴収的に調達期間終了前の10年間で外部積立てを行わせる仕組みを作ったところである。2022年7月から積立てを開始する予定であり、現在、それに向けた準備や周知を進めているところである。こうした取組を行いながら、ライフサイクル全体での環境負荷や社会コストに配慮しつつ再エネの拡大を進めていきたい。

問 2050年カーボンニュートラル実現に向け、2050年がどのような状況かは予想できないので、あらゆる技術に投資するという方向性は間違っていないと思うが、実行すれば必ず結果が出る技術に重点的に投資すべきであり、その観点からは大規模な浮体式洋上風力発電が適当と考える。長崎県五島市沖では海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（再エネ海域利用法）の第一号案件が進められており、現在、事業者選定の最終段階を迎えている。環境省、経済産業省及び国土交通省が支援してきたこの案件は、大規模な浮体式洋上風力発電所として世界初の商業運転になると見られていたが、諸般の事情でアジア初ということになると思う。

日本は着床式洋上風力発電の適地が限られており、また施設の建設に当たっては海外から輸入する方が安いと思えるほど国内のロジスティクスは多額の費用が掛かるので、海事産業との連携を非常に密にする必要もある。こうした中、今後は着床式洋上風力発電を着実に進めるとともに、浮体式洋上風力発電の実現に向けて民間、全省庁を挙げて応援すべきであるが、特に経済産業省が果たす役割は大きいと考えており、どのように取り組むのか伺う。

答 洋上風力発電は2050年カーボンニュートラル実現の切り札と考えている。

2020年12月に官民で「洋上風力産業ビジョン」を策定し、2030年までに1,000

万kW、2040年までに浮体式も含む3,000万～4,500万kWの案件を形成するという導入目標を設定した。しかし、日本が欧州と異なって遠浅の海が非常に少ない中で、4,500万kWという高い目標を達成するためには、深い海域でも導入余地が大きい浮体式洋上風力発電のコストを早期に低減し、導入拡大を図る必要がある。例えば山口県では、浅瀬に施設を建設しようとしたが、地域住民の大反対に遭って頓挫したという事例もある。浮体式の施設であれば地域住民に迷惑を掛けずに建設が可能となるので、浮体式の実証、商用プラントの実現は本当に大事である。したがって、2021年4月に策定した浮体式洋上風力発電の低コスト化を含む「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」、2020年度第3次補正予算で措置された2兆円のグリーンイノベーション基金の活用を通じて、戦略的に技術開発や実証研究に取り組みたい。

問 2011年から福島復興のシンボルとして、当時世界初となる複数基3基の浮体式洋上風力発電の実証研究が行われてきたが、残念ながら2021年度中に実証を終えて設備を撤去する方針となった。620億円を投じたこの事業によって得られた成果をどう評価しているのか。また、その成果を大規模な浮体式洋上風力発電の事業開発にどのようにいかしていくのか伺う。

答 同事業は2MW、5MW、7MWの3基の浮体式洋上風力発電施設の安全性、信頼性及び経済性を明らかにする目的で、複数基として当時は世界初の本格的な実証研究を実施した。2020年度末までにデータを取得して、事業全体の評価は2021年度に行うことにしている。既に浮体式洋上風力発電特有の技術的課題については、多くの知見が得られている。具体的には3種類の浮体式の実証研究によって、特性、風車と組み合わせた場合の挙動や制御方法、施設の設置・運用に関するマニュアル等の蓄積であり、これらがノウハウとしてしっかり整備できていると考えている。今後、再エネ海域利用法を着実に執行するとともに、こうした事業全体の評価を事業者が活用できるようにすることで、浮体式を含めた洋上風力発電の導入拡大に取り組みたい。

問 現在、再エネ海域利用法における入札が長崎県、秋田県、千葉県で進められているが、十分な議論を経ないままに入札制度を導入したために、入札する各

事業者が、地元との合意形成、環境アセスメント、地質調査、系統接続、漁業者との調整を全て行わなければならない。そして、それにもかかわらず、価格で事業者を選定する制度となっている。導入したばかりの制度ということで仕方ないと思うが、将来的には国が適地を示し、環境アセスメントも終わらせておくなど、環境を整えた上で入札を行うのが本来の姿であると思う。政府はその点を理解した上で、現在日本版セントラル方式の導入に向けて取り組んでいるが、同方式の実施内容及び今後のスケジュールについて伺う。

答 再エネ海域利用法に基づき、既にゾーニングによる長期の占用ルール、漁業関係者等地元との調整の仕組み等を用意したが、初期段階の基礎調査や系統確保等の取組を複数の事業者が重複して行っている点が非効率であるとの指摘を受けている。そこで、開発の初期段階から政府がしっかり関与して、より迅速かつ効率的に、風況や地質の調査、環境アセスメントの初期段階の調査、適時に系統確保等を行う、いわゆる日本版セントラル方式の確立に向けて、現在実証事業に着手している。具体的には、実証海域を選定する作業に入っており、都道府県及び事業者に対して2021年5月末を期限として情報提供を依頼している。また、必要な電力系統を国があらかじめ暫定的に確保するという仕組みについても整備を進めており、同年6月中に関係機関の規程等の改定を行う予定である。今後とも欧州各国の取組を参考にしながら、官民の適切な分担を含む仕組みの具体化に努めたい。

問 カーボンニュートラルの実現には更なる再エネ開発、水素利用、CCUS、蓄電池開発が不可欠だと考える。2兆円のグリーンイノベーション基金は諸外国に比べて乏しいと思われるが、地熱発電の研究開発の現状について伺う。

答 再エネは2050年のカーボンニュートラル実現に向けた鍵であり、最大限導入していくことが政府の基本方針である。そうした中で、地熱発電は、天候に左右されず、安定的に発電可能なベースロード電源として大変重要なものである。他方で、地熱発電は、目に見えない地下資源を利用するものであるため開発リスクが高く、掘削等の開発コストが高いこと、国内の地熱資源の8割が賦存する国立・国定公園関係法令の規制等があることという課題が存在してい

る。こうした課題を解決するため、経済産業省は、地下構造を把握するための探査技術、掘削コスト低減に向けた高能率・長寿命なドリルの研究開発等を進めている。さらに2021年度からは、国立・国定公園の外からでも公園内の地下を開発し得る斜め掘りの技術の研究開発にも取り組んでいる。

答 日本は基本的には潜在的な地熱発電大国のはずであるが、残念ながらまだ様々な障壁がある。例えば同じ火山国であるアイスランドのように、発電量の約6割という非常に大きな割合を地熱発電で賄っているという国もある。日本もその可能性があるが、環境省の規制の存在が大きい。今後地熱発電の開発をどうするか、どうしたら進められるかということについて、環境省が守っている部分とうまく整合性が取れるようにしっかり取り組んでいきたい。斜め掘りというのは、言わば外から突っ込むような、若干こそくな手段とも思えるため、正々堂々と地熱発電を活用し、かつ環境省が守るべきところも守れるような、王道の取組を進めていきたいと考えている。

問 2020年に菅総理大臣が掲げた、2050年までのカーボンニュートラル実現に向けたエネルギー政策に関し、CCSについて実用化が視野に入る状況になっていると聞くが、苫小牧以外に実証試験の候補地に手を挙げている地方公共団体がないと認識している。漁業関係者との調整という課題もあるのは承知しているが、まずCCUSについては、CO₂の大規模排出元であるコンビナート地区や火力発電所を中心に実装すればよいことは明らかである。また、仮にCCSが火力発電所に実装されたとしても、その分のコストが電気料金に上乗せされるのであれば、結果的に再エネよりも高コストになるため、コストの低減化に向けて実証技術開発が必要であり、実証試験の場所が1か所では不十分である。

そこで、今後の実証試験の実施に向けて手を挙げている地方公共団体はあるのか、また将来行う可能性がありそうなところがあるか伺う。

答 確かにコストの低減やCO₂の輸送の問題、関連制度の整備、貯留地の適地の確保は課題としてある。まだ、詰めなければいけない論点が相当多いことから、現時点では、苫小牧での実証成果をいかしながら、まず、CO₂の分離回

収技術の研究開発を通じた更なるコストの低減と世界に先駆けた液体のCO₂の船舶輸送の技術確立、これを目指すための実証試験、それからCCS事業に対する国内法制度等のビジネス環境の整備に関する検討、そして貯留適地の調査を行っていくということで、社会実装に向けて迅速に取り組んでいきたい。

また、今のところ実証試験を行う予定の地方公共団体はない。

【気候変動対策】

問 政府は、2030年度の温室効果ガス排出削減目標を2013年度比46%削減とすると表明した。従来の26%削減よりは上積みされたが、気候危機打開に求められる水準からは大きく立ち遅れている。この目標と、IPCCの「1.5℃特別報告書」との関係を科学的に説明できるのか伺う。

答 IPCCの「1.5℃特別報告書」においては、2050年前後に世界全体のCO₂排出量を正味ゼロ近辺とする必要があるとされており、2020年10月に菅総理大臣が表明した2050年カーボンニュートラルも、それを踏まえたものである。今回の2030年排出削減目標は、2050年カーボンニュートラルと整合的なものとして、次なる成長戦略にふさわしい野心的な目標であると考えます。目標達成は容易ではないが、今後施策を具体化し、着実に実行していくことが重要である。環境省としても、経済産業省を始め関係省庁と連携し、今後10年間で地に足が付いた取組を進めるため、再エネの最大限の導入や地域の脱炭素化等、施策の具体化を加速していきたい。

問 菅総理大臣は、2020年10月の所信表明演説で2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すと言明した。次いで2021年4月の気候サミットで、2013年度比で26%削減としていた温室効果ガス排出削減目標を46%削減に引き上げることを目指すとし、さらに、50%削減に向けて挑戦を続ける決意を表明した。

この積極的な政府の姿勢は評価するが、実現には様々な困難があるとの指摘がある。その要因として、参考人からはメガソーラーの太陽光パネルの大規模な設置場所が既になく、洋上風力発電においても安定的な風力が望めない

こと等が指摘された。現在、日本の発電電力量の大半を火力発電が占めているが、だからといって原子力発電に依存するという方向に行くことは難しいだろう。目標は掲げたが、実現に向けた裏付けは乏しく不透明だと考える。CO₂実質ゼロの実現は、国民の理解がなくては到底なし得ない。

現在、384の地方公共団体が2050年までのCO₂排出実質ゼロを宣言している。住民の理解を得るために地方公共団体としても大変苦勞しているが、国はこの現状をどのように捉え、進めていこうとしているか伺う。

答 現在各地方公共団体は、国の方向性を理解した上で2050年までのCO₂排出実質ゼロ宣言を行っており、人口規模で言うと1億1,000万人を超えている。更に理解が広がるように、政府としても取組に関する説明を丁寧に行っていかなければならないと考えている。

例えば再エネについて、それぞれの技術革新も進めていかなければならない。またもう一つ大事なことは、地域の合意形成の重要性であり、地域の合意なくして再エネを進めると、再エネに対する信頼を崩すことにもなる。技術革新も進んでおり、太陽光パネルについても、新たな技術を活用しながら、更に太陽光発電の可能性を広げていくことが重要と考えている。また、例えば地熱発電についても、開発のリスクをどう低減させていくか、ポテンシャルをどう活用していくかに関し、地域の理解がなければなかなか進まない。地方公共団体の理解と同時に地域住民が理解できるように、政府として人材育成も含めてきちんと丁寧な説明を行っていききたい。

問 カーボンニュートラルの実現に向けて、現在審議中の地球温暖化対策の推進に関する法律（地球温暖化対策推進法）の改正案では、条文に国民を位置付けるなどしているが、政府は、国民の理解や協力をどのように得ようとしているか伺う。

答 カーボンニュートラルを実現するためには、個人の消費におけるCO₂の削減も重要な観点である。国民生活の中で、例えば住宅や自動車を含めた公共施設の在り方等について理解してもらうことが、個人生活の変革にもつながる。一番身近な例で言うと、レジ袋の有料化が挙げられる。導入時には、厳しい指

摘も含めて様々な指摘があったが、現在では約7割の削減に成功している。これは国民の理解が得られたためと考えており、国民の理解がいかに大事かということの実例と考えている。

問 COP26では、カーボンプライシングについて何らかの合意に至る可能性があると思うが、炭素国境調整措置について日本がどのような準備を進めているか伺う。また、同措置の仕組みとWTO協定等との整合性について、政府の見解を伺う。

答 炭素国境調整措置は、国内の気候変動対策を進めていく際に、他国の気候変動対策との強度の差異に起因する競争上の不公平を防止することにより、カーボンリーケージが生ずることを防ぐものである。現在、その基本的な考え方について、経済産業省に設置された、世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会で議論が行われている。その中で、炭素国境調整措置は、その導入自体が目的であるべきではないが、国内の成長に資するカーボンプライシングの検討と並行しながら、制度設計に必要な製品の炭素排出量の評価手法等の国際的なルールの策定を日本が主導すべきだという考えが示されている。

WTOルールとの関係では、外国の製品に対して国内の同種の製品より不利ではない待遇を与えるという原則との関係が一つの論点となり得る。炭素国境調整措置がWTOルールに整合的か否かに関する先例はないが、税額の計算方法等において輸入品に不利な扱いがなされていないかなどの制度設計次第と承知している。引き続き、公平な競争条件を確保し、カーボンリーケージを防止する観点から立場を同じくする国々とも連携しながら対応していきたい。

問 温室効果ガスの排出削減や脱炭素化の取組の促進を図るためには、現在の排出量を正確に算定することが当然重要となる。そして、地方公共団体は、地球温暖化対策推進法に基づき、地球温暖化対策計画に即して具体的な温室効果ガス排出量の削減等の措置に関する実行計画を策定することとなっている。そのためには、まず、地方公共団体の区域内の温室効果ガスの排出量を調べる必要があり、区域内における電気やガスの消費量等のデータが重要である。この

データが地方公共団体実行計画を策定する基礎となり、国が温室効果ガス削減の政策を打ち出す基礎データにもなる。しかしながら、こうしたデータは、これまで、地方公共団体の依頼に基づいてエネルギー事業者が提供してきたが、電力・ガスの自由化後は提供されなくなり、地方公共団体が苦慮していると聞いている。

この点、環境省は実態を把握しているのか。また、電力自由化後に失われた情報が実際あるのか、現状の問題点について伺う。

答 地球温暖化対策の推進に当たっては、まず、現状のCO₂排出量等の把握が重要である。このため、区域内の排出量をより正確に把握したいと考える地方公共団体において、電力・ガス事業者から区域内のエネルギー消費量データの提供を受けるということが、地方公共団体が地球温暖化対策を推進する上で有効な方策の一つであると認識している。一方、地方公共団体において、従前、電力・ガス事業者から提供を受けていたこれらのデータについては、電力・ガス自由化以降提供を受けられなくなった事例が存在することは承知している。これまで、地方公共団体や全国知事会等の団体から本件に関する要望を受けるとともに、環境省としても、提供を受けられなくなった地方公共団体に関する調査を行っており、今後も状況把握に努めながら対応したい。

問 電力・ガスの自由化以降、地方公共団体がエネルギー事業者から区域内のエネルギー消費量のデータについて提供を受けられなくなった事案を環境省が把握しており、地方公共団体からも本件に関する要望があったのであれば、政府が温室効果ガス排出削減に係る大きな目標を掲げてもいるので、環境省は早急に改善の取組を打ち出すべきである。区域内の排出量の算定は、環境省の政策や環境省が所管する法律によって求められている。政策、制度が要求するこうした地方公共団体のエネルギー消費量等のデータは、事業者への依頼に基づくのではなくて制度的に確保されるべきであり、そうした方策を模索すべきと考えるが、今後の方針を伺う。

答 環境省が2020年度に開催した地球温暖化対策の推進に関する制度検討会の取りまとめの中で、「データ入手の効率性、市場競争への影響等に留意しつつ、

域内に供給された電力・ガスの使用量について地方公共団体が把握できるような具体的な方策を検討し、地方公共団体が域内の排出量をより精緻に推計できるようにすべきである」という提言を受けている。本提言を踏まえて、現在、具体的にどのような仕組みが考えられるかなどを資源エネルギー庁と検討を行っているが、地方公共団体の地球温暖化対策を一層推進するため、本件については引き続き議論を重ねていきたいと考えている。なお、結論を出す具体的な時期については、まだ決まっていない。

問 家庭部門のCO₂排出実態統計調査は、統計法に基づく政府の一般統計調査として実施されているもので、地方公共団体の依頼に基づき事業者が提供していたデータとともに、家庭部門のCO₂排出量を測定するものとして重要な統計の一つとなっている。そして、こうした統計の基となる調査票情報、すなわち個票データがCO₂排出量という目的変数に対する説明の要素になるものであって、家庭部門のCO₂排出削減や省エネを考える上で非常に重要なデータとなっている。

しかしながら、この個票データは、政策のほかには学術、教育目的のみでしか情報提供されないことになっていて、大変利用しにくく、手続の負担が大きいと聞く。菅政権は、デジタル庁の設立に動くなど、行政のデジタル化等に非常に前向きなので、国や行政が持っている公共に資するデータは積極的に公開するというオープンデータの推進も期待されている。こうしたオープンデータの観点や、国民、事業者の省エネ協力の観点から、匿名処理した個票データをエネルギー事業者等が広く活用できるようにすべきと考えるが、見解を伺う。

答 家庭部門のCO₂排出実態統計調査は、家庭のCO₂排出量やエネルギー消費量の実態を把握するために、統計法に基づく政府の一般統計調査として実施し、その結果を毎年度公表している。

統計法においては、調査票情報を匿名処理したデータについて、学術研究の発展に資すると認める場合、その他の一定程度の公益性が認められる統計の作成又は統計的研究を行う場合に一般からの求めに応じて提供することができる。よって、統計法令上、統計の作成又は統計的研究を行わない場

合、例えば誰でも自由にダウンロードできるようにすることは難しい。

ただ、この統計調査については、環境省で様々な分析を行っており、この分析結果を毎年公表するに当たっては、国民あるいは事業者に幅広く活用してもらえるように十分工夫したい。

問 CO₂を人為的に別の物質に変えるということは、化学産業が日頃製品を製造しているのと基本的に同様であり、電気を始め莫大なエネルギーを投入しなければならないという課題がある。しかし、CO₂を別の基幹物質に変える過程で、それ以上のCO₂を発生させてしまつては本末転倒になる。2050年までに真にエコロジーなカーボンリサイクルの革新的な技術の確立が必要と考えるが、見解を伺う。

答 カーボンリサイクルは、2050年のカーボンニュートラルという大きな目標に向けたキーテクノロジーとなる。加えて、これは日本に競争力がある技術でもある。したがって、国が支援することによってこの技術開発を促進することが大事であり、世界の先頭を行くことが可能と考える。

現在、政府の予算事業による支援の結果、既にCO₂を原料としたコンクリートは実用化されている。また、CO₂を吸収する藻によるバイオジェット燃料生産も実証が始まっている。さらに、水素と反応させてメタンを合成するメタネーション技術の研究が進んでいる。また政府による後押しを進めるため、2020年末にカーボンリサイクル実行計画を策定し、克服すべき技術面での課題、コスト、目標等について検討しているところである。

今後は、このような検討を土台に、グリーンイノベーション基金を活用しながら、コンクリート、燃料、化学品等の多様な分野において、日本が先頭に立てるようなカーボンリサイクル技術を確立し、更なるコスト低減や社会実装を世界に先駆けて進めていきたい。

【資源の安定供給等】

問 先般提出された総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会の報告書においては、銅を始めとするベースメタルについては、引き続き2030年までに自給率

80%との目標を掲げているが、かつて自給率目標を50%としていたレアメタルについては、今回は残念ながら鉱種ごとの安定供給確保に取り組むという記載にとどまっている。一方で、それには相当困難があるということは私も認識している。

確保競争の激化によってレアメタル市場で高騰が続く中で、特に上流権益確保にも財政上の制約があるのであれば、日本の限られたリソースの中でできることは、技術力をいかした代替素材の開発ではないかと考える。この代替素材、革新素材の開発にこそ国の予算を重点的に投入するべきと考えるが、予算の重点配分の考え方を含む強化策について伺う。

答 レアアースを含むレアメタルは、今後日本としても力を入れていかなければならないEVやIoT等の先端技術産業に不可欠なものであるが、地政学的なリスクが高い地域からの調達に依存しているのが現状である。レアメタルやレアアースに依存しない産業構造の構築が今後の日本の将来を決めると言っても過言ではない。

現在、経済産業省として予算措置を講じて幾つか技術開発に取り組んでおり、二つ例示する。まず、レアアースの使用量を減らした高性能磁石の開発を進めているところであり、耐熱性向上のために添加しているジスプロシウム等を使わずに従来と同等の性能を発揮できるモーターの実用化にめどが立ってきたところである。次に、コバルトあるいはリチウム等を使用しない亜鉛負極電池という非常に革新型の蓄電池の開発等も進めている。

経済産業省としては、日本の産業競争力を一層強化していくという観点から、引き続きレアメタルやレアアースを極力使わないモーターや蓄電池等の重要物資を国内で製造できる技術の開発にしっかり取り組んでいきたい。

問 石油の生産予測について、IEAが発行する「World Energy Outlook」から考察すると、将来は減産が進み、石油危機が起こると主張する者もいる。現状を考えると、あながち無視できない考えだと思われるが、世界全体の石油供給について、政府は今後危機が起こり得ると予測しているのか伺う。

答 IEAは、短期的には在庫水準が高く、市場には十分な供給がなされるもの

の、中長期的には継続的な上流投資が必要になるとの見通しであると承知している。足下では2020年前半の急激な油価下落による上流投資の減少や、昨今の中東地域における地政学リスクの高まりといった環境変化も起こっているの
で、石油のほぼ全量を輸入する日本にとって石油の安定供給確保の重要性は一層増しており、積極的な資源外交やリスクマネーの供給、供給源の多角化等を通じて石油の供給確保に万全を尽くしたいと考えている。

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3年5月12日、資源の安定供給等について、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）

滝波 宏文 君（自由民主党・国民の声）

中間報告書の取りまとめに当たり、資源の安定供給確保に向けた対応及び2050年カーボンニュートラルに向けたエネルギー政策の方向性について述べる。

まず、国際動向を踏まえた資源の安定供給確保についてである。鉱物資源は、我が国が高い競争力を持つ製造業に不可欠であり、そのほぼ全量を海外に依存している。カーボンニュートラルへの移行の鍵となるバッテリー、半導体等の生産にはレアメタル等が欠かせないが、鉱種ごとの地域偏在性が高く、価格の変動幅が大きいなど、安定供給の課題が数多くある。一方、今後、国際的な獲得競争は更に熾烈を極めていくと予想される。例えば米国電気自動車メーカーのテスラ社は、バッテリーに必要なリチウム等について、米国内の鉱床の権益確保や資源メジャーとの調達交渉に乗り出している。世界最大手の中国バッテリーメーカーのCATL社は、カナダの資源会社に出資し、アルゼンチンのリチウム開発に乗り出したとの報道もある。また、その多くを中国に依存するレアアースについては、過去、輸出が止まるレアアースショックが発生するなど、常に供給途絶リスクをはらんでいる。

これに対し、鉱山権益の確保による供給源の多角化や製錬工程も含めたグローバル・サプライチェーンの強靱化、資源外交の向上、WTOなどでのルール作りへの関与、国家備蓄制度の充実など、上流から下流まで抜かりなく政策手段を組み合わせ、戦略的に取り組むべきである。あわせて、従来のサプライチェーンを超えた、資源開発の新たな可能性を追求する必要がある。新規鉱山開発のリスク・コストが上昇傾向の中、リサイクル資源の技術やレアアースフリーの磁石等、省資源・代替技術開発は大きな可能性を秘めている。持続可能な開発の観点からも、こうした取組を更に進めることが必要である。

もう一つの可能性が、国産の海洋鉱物資源である。我が国領海及び排他的経済水域は世界第六位の広さであり、南鳥島周辺などにはレアアースを含む鉱物資源のポテンシャルが存在する。これを利用可能とするためには、十分な資源量の把握や生産技術の開発、経済性の確保、環境影響の評価など、解決すべき課題が数多く存在している。しかし、海外の政策等に左右されないよう国家戦略として、商業化に向けた取組を計画的に進めていくことが重要である。

以上のように、資源の安定供給確保には多くの課題があるが、現実的で責任ある資源政策を進めていかなければならない。

次に、カーボンニュートラルに向けたエネルギー政策の方向性についてである。菅義偉総理は、2050年カーボンニュートラル宣言に続き、2021年4月の米国主催気候変動サミットにおいて、2030年度における我が国温室効果ガスの排出を2013年度比46%削減を目指し、更に50%の高みに向け挑戦を続けていくことを表明した。これまでの目標を7割以上引き上げるものであり、大変意欲的な目標である。一方で、その達成は決して容易ではない。資源が乏しく、周囲を海に囲まれた我が国では、エネルギー安全保障、経済性、環境適合、そして安全性の「3EプラスS」を、全て単独で満たすエネルギー源は存在しない。

カーボンニュートラルを目指す上で、再エネは最大限活用すべきであるが、再エネの出力変動に対応した調整力の確保や、平地や遠浅の海が少ないなど我が国における立地制約、そしてFIT、固定価格買取制度で既に消費税1%分を超えている国民負担増大などの問題は避けられず、再エネ導入には限界もある。

我が国の国力維持・向上とカーボンニュートラルとを実現させるためには、最新炉リプレースの検討を含め、自由諸国最高級の国産技術であり、準国産エネルギーとして海外にも、そして天候にも左右されず、安定・安価・大容量の電気を供給できる原子力の最大限の活用に向け、しっかりとかじを切ることが不可欠である。そうしないと、人材も技術も、そして立地も維持できない。

以上のとおり、現実的かつ責任ある資源エネルギー政策を進めていきたいところ、よろしく願います。

塩村 あやか 君（立憲民主・社民）

本調査会 2 年目の調査の締めくくりに当たり意見を表明する。

初めに、資源の安定供給について、日本国内における鉱物生産はほぼゼロと、海外依存が顕著な実態にある。カーボンニュートラル実現のためには、レアアースやコバルトといったレアメタルが欠かせないが、レアメタルは、主に中国やアフリカで生産されており、こうした国では、環境配慮に欠けた生産や人権侵害の懸念される労働といった深刻な問題があると言われる。そこで、鉱物資源を適切な方法で安定的に調達をするためには、資源調達先の多角化の取組とともに、一日も早い海外依存からの脱却、すなわち、資源自給率の向上に直結する資源リサイクルの取組が欠かせない。

また、資源リサイクルは、鉄やアルミなどのベースメタルでは既に広く行われているが、レアメタルなど、製品にごく少量使われる貴重な資源はまだ十分ではない。そこで、製品のトレーサビリティ確立等によって、リサイクルをしやすい環境を整えるとともに、効率的かつ安定的な回収方法の実現に向けた研究開発により一層支援することが重要である。

さらに、鉄道やバスなどの公共交通機関の積極的な利用により、資源消費だけでなく環境負荷も大きく下げることが可能となり、社会性という意味でも、将来的にも重点的に進めるべきであるとの参考人の意見を忘れてはならない。また、再エネによるエネルギー供給の実現によって、エネルギーの自給自足を目指すことのメリットを強調しておきたい。燃料資源の海外依存を回避することで、年間17兆円から20兆円の海外への国富流出を止められるとともに、エネルギー安全保障を高めることが可能となる。

次に、地球規模の課題であるカーボンニュートラルについてである。令和 2 年 10 月、菅総理はカーボンニュートラルを宣言した。国際的にも経済規模が大きな日本がこうした宣言をしたことは、大変重要なことである。ただ、他の国の動きに比べるとやや遅きに失したとも思われるため、日本は総力を挙げてカーボンニュートラルに取り組む必要がある。

昨年の本調査会において、私は、エネルギー政策におけるパラダイムシフトを

図る必要性について意見を表明した。しかし、再エネの主力電源化や石炭火力発電からの脱却は足踏み状態にある。日本における再エネの導入の状況について、FITの設備導入量で見ると、2014年、2015年には1,000万kW近くであったが、その後、600万kW台にとどまり、その上、国内の石炭火力発電所の廃止はほとんど進んでいない。その一方で、政府の施策を見ると、水素やアンモニアの活用といった目新しい施策が並ぶが、これらはいまだ研究開発の段階にある。一日も早い再エネの主力電源化、カーボンニュートラル実現のためには、限られた国の予算を再エネやこうした分野に集中することで世界を牽引するべきであり、石炭火力や原子力に浪費し続け、気が付くと日本がこの点でも時代遅れとなってしまう。

最後に、原発についてである。原発をめぐるのは、平成23年3月11日から10年たった現在も国民の不安が解消されないまま、ついに東電柏崎刈羽原子力発電所においてテロ対策の不備という国の安全保障上の問題が発生した。こうした大問題を引き起こした東電に原発を運用させてはならないことは言うまでもない。2050年カーボンニュートラルの実現のためには原発が必要であるとの声があることは承知している。しかし、原発事故は、一旦起きると取り返しがつかないことを誰もが知っている。その上、高い放射線を出し続ける使用済燃料の最終処分地さえ未決定のまま原発を利用して更に使用済燃料を増やすことは到底許されない。廃炉や核のごみの処分までを含めると、そのコストは他と比較できないほど莫大となる。エネルギー政策の在り方として、原発という負の財産は今すぐ断ち切らなければならない。そして、再エネという純国産エネルギーの最大限の活用を絞った施策を、堅実かつ着実に進めることこそが日本の進むべき道である。

コロナ感染症が現在も猛威を振っている。その一日も早い収束を図りつつ、コロナ後、そして未来に向け、社会経済の礎である資源エネルギーについて、与野党の枠を超えた議論が期待される本調査会の更なる活性化のために尽力していきたい。

河野 義博 君（公明党）

資源鉱物をめぐる状況及びカーボンニュートラルについて述べる。

資源鉱物をめぐる状況については、本調査会の参考人との意見交換において、調達先の多様化の重要性、また、国内で一旦利用したものを回収しリサイクルすることの体制の確立の重要性、さらに代替材料に係る研究開発を進める重要性と、大きく三つの論点があった。いずれの論点も長い間指摘され続けて繰り返し議論されている。特に、資源回収・リサイクルは、都市鉱山が大事であると長い間言われてきた中で、いまだにビジネスモデルとして確立されていないことが非常に問題であるため、早急に商業ベースに乗るような資源回収・リサイクルシステムを確立する必要がある、その過程において立法府が果たすべき役割は大きいものと考えており、議員各位、また政府もしっかりと後押ししてこれを進めていく必要がある。

次に、カーボンニュートラルについても本調査会で知見を深め意見交換を続けてきた。菅政権が誕生し2050年カーボンニュートラルという大方針を打ち出した。このこと自体は非常に高く評価をされるべきである。同じ時期、バイデン政権が米国で誕生した。バイデン政権も2050年カーボンニュートラルを明確に打ち出し、パリ協定に復帰した。見逃してならないことは、米国、中国、インドといった排出大国とどのように協調して地球温暖化を食い止めるかである。中国も2060年カーボンニュートラルを宣言した。2018年ベースで見ると、世界の排出量の約3割が中国、15%が米国、インドが7%である。こうした排出大国といかに協調して減らしていくかが鍵であり、どんなに国内で叫び続けても、これは国際協調の中で地球温暖化を食い止めていくという観点が大事であるので、やはり中国、米国が大きくかじを切ったことは看過してはならず、協調して取り組んでいかなければならない。

この過程で、論点として三つあると考えている。まず、国内のカーボンニュートラルに向けた取組は、国の形を変える良いチャンスである。日本は長らく食料や資源を海外に依存してきた。そこで、カーボンニュートラル実現に向けて、脱炭素という大きなテーマとエネルギー自給率の向上とを同時に実現していく必要

がある。また、鉱物資源燃料の輸入を最小限にとどめておくことが非常に大事ではないかと考えており、現在、電力の再エネ化が議論の中心になっているが、電力だけではなく、そもそも一次エネルギー供給の再エネ主力エネルギー化に取り組む必要があると考えている。日本は、毎年、化石燃料の輸入に約20兆円を費やし、直近10年間では毎年約12兆円から28兆円の幅で輸入し続けている。日本のエネルギー自給率は僅か12%で、原発がフル稼働していた2010年でも2割程度しかなかった。カーボンニュートラルは、そういった国の形を変える良いチャンスであり、そうした観点で進めていかなければならない。加えて、徹底的な省エネを、様々なロス率を減らしていくといった観点から達成していくべきであろうと考えている。

梅村 聡 君（日本維新の会）

今国会の調査において、専門家や有識者の方々、そして本日の質疑を通じ、様々な知見が得られた。幾つかの重要なポイントを述べたい。

まず、レアアースに代表されるような、地域偏在し、かつ日本の産業の命運を左右する資源の確保についての課題である。中国は、人件費のみならず、環境コストを極限まで切り詰め、環境に甚大な影響を与えつつ、正当なコストが含まれていない低価格で、世界のレアアース市場を押さえることに成功したということが言えると思う。レアアースについて言うと、資源そのものは潤沢にあり、精製コストや投資回収の観点から資源産出地が中国に集中したということが言える。そして、日本としても、例えば環境対策を適切に講じていない鉱山からは資源を購入しないとといったような行動を、国際的な枠組みで行っていくことが、結果として、中国一極集中を打開する切り札になるものと考えている。

また、日本、工業国としても、世界をリードすべき分野に資源リサイクルが挙げられる。リサイクルの技術革新そのもののみならず、ある製品のリサイクルのしやすさを高めることや、リサイクル率の目標設定、さらには製品の物質トレーサビリティ確保など、リサイクルを行うインセンティブが製品側に発生する仕組みづくりが重要で、そしてまた、そのような生産活動を行っている企業が適切

に評価される日本になることが重要であると改めて認識した。

脱炭素社会への移行、カーボンニュートラルの観点からは、2030年、2050年に向けての我が国の電源構成について、より現実的な路線を構築する必要がある。現状の電源構成と、そして石炭火力発電を漸減させていくということを考えると、やはり数字の上では再エネ割合が一定以上になっていくことが想定される。それを省エネと同時並行に進めたとしても、電力料金の負担増をどの程度許容することができるのか、これは多くの国民が参加する対話型の議論、そして熟議というものが必要になると考える。その議論が一定の幅の中に収束できるよう、政治側も行政側も適切にリードしていく必要がある、このことも指摘しておく。

最後に、これらの資源の安定確保に携わる人材育成を、国もしっかりサポートする必要性を指摘しておきたい。

資源の安定供給に関しては、国民の理解と納得を得られる現実的な、そして長期的視点に立った戦略的な取組に向けて、我々は引き続き真摯な議論を続けていかなければならない。

舟山 康江 君（国民民主党・新緑風会）

本調査会2年目のテーマである資源の安定供給等について、これまで3回にわたり参考人の方々から様々な意見を頂き、本当に有意義な議論だったと感じている。

現在、世界全体で取り組むべき大きな課題は、SDGs、持続可能な開発目標の実現であり、つまりは地球環境への負荷をできるだけ低減することである。CO₂削減は課題の一つであり、鉱物資源などの有限資源をいかに持続的に利用していくのか、生物多様性を失わずに節度ある開発に取り組んでいくのか、カーボンニュートラルに取り組む際に、是非この観点を組み込まなければならないということを強く感じた。

まず一点目、鉱物資源に関しては、有限資源であり途上国に偏在しているといった特徴がある。我が国として、この鉱物資源の安定供給の確保に向けた取組をしっかりと行っていくことは当然であるが、それに当たっては、やはり資源国

の環境や人権にもしっかりと配慮すべきである。その際、二国間での取組はもちろんのこと、多国間での国際連携、国際ルール作りに向けても、我が国が主導的な役割をしっかりと果たしていただきたい。

あわせて資源リサイクルの取組も重要である。参考人から御意見があったとおり、やはり資源のない日本としては、都市鉱山という言葉もあるとおり、様々な製品に入っているレアアース、鉱物資源類を、いかにリサイクルするのかということも非常に大事であるが、日本はリサイクルに取り組む業者が少なく規模も小さいとの指摘があった。そこで、リサイクルのインセンティブをしっかりと付与し、そしてまた、リサイクルしやすい製品作りも更に進めていくべきであり、こうしたことを国が主導していただきたい。

加えて、鉱物資源に頼らない代替素材の開発もまだまだ遅れているので、しっかりとこうしたところにも取り組むべきである。

もう一点の、カーボンニュートラルに向けたエネルギー政策に関し、大きく三点指摘したい。一点目は、ライフサイクル全体、つまり製造から廃棄までトータルとしてCO₂を始め環境負荷をいかに減らしていくかということへの配慮の必要性である。二点目は、今後のエネルギーの在り方として、地方の雇用確保のためにも小規模分散型の取組が鍵になると考える。各地で様々な再エネ事業が進められているが、残念ながら、特にメガソーラー建設に代表されるように、地域での反対運動、地域でのあつれき等、様々なトラブルが起きていることも事実である。そうした中で、農山漁村再生可能エネルギー法で、事前に基本計画を策定し、地域住民、自治体、事業者が一緒になった協議会でしっかりと議論して、合意ができたものからしっかりと再エネ事業に取り組んでいくという仕組みを作っている。これは一見時間がかかるようだが、事前の調整が行われることによって、結果的にあつれきを生むことなく地域の方々と共存しながらの取組になっていくと思われる。全体として、今後、カーボンニュートラルを実現するためには、この再エネの加速化も必要であり、是非こうした仕組みも更に前進させる必要がある。三点目は、再エネに加えて、省エネの取組も非常に重要であるということ。住宅部門を始め、様々なところで省エネの取組も進められてはいるものの、依然

として遅れており、取組の加速化が必要である。

地球への負荷をできるだけ低減させ、持続可能な生活を実現するためにも、今後とも本調査会を中心として議論を重ねていきたい。

山添 拓 君（日本共産党）

本調査会 2 年目の調査テーマである「資源の安定供給等」について意見を述べる。

気候変動対策は、地球上における人類の生存が懸かった問題であり、資源エネルギー政策検討の前提というべきである。地球の平均気温が産業革命前と比べ 1.2℃上昇し、集中豪雨や熱波、森林火災など、世界各地で既に目に見える深刻な事態が生じている。

I P C C、国連気候変動に関する政府間パネルが2018年に発表した特別報告書は、産業革命前に比べ 2℃上昇した場合、洪水や永久凍土融解などのリスクが 1.5℃上昇の場合よりはるかに高まると指摘し、早ければ2030年にも 1.5℃以上の上昇になると警告した。1.5℃の上昇は地球にとって臨界点であり、それを超えると温暖化を加速させる現象が連鎖し暴走を始める可能性も指摘される。2030年がその先の未来への分岐点と言っても過言ではない。

同報告書は、1.5℃上昇を抑制するには、2030年までに世界全体での温室効果ガス排出量を2010年比で45%削減し、2050年までに実質ゼロにする必要があるとしている。今般、菅政権が掲げた2013年度比46%減は、2010年比換算では42%減であり整合しない。EUや米国を始め先進国で50%以上の削減が当然のときに、世界第5位の排出国である日本が46%減では、世界の脱炭素のリーダーシップを取っていくとは言えない。

日本の温室効果ガス排出量の4割を電力部門が占め、排出量が最も多い石炭火力全廃が緊急の課題である。ところが、政府は、国内外で石炭火力発電を温存する政策を改めようとせず、新規の建設まで進めている。CO₂を出さないゼロエミッション火力をうたうが、実現の保証はない。2030年は目前である。石炭火力に固執することはやめ、直ちにフェーズアウト計画を策定し、海外の石炭火力発

電への支援を停止すべきである。

同時に、脱炭素電源として原発依存を強めようとする動きも看過できない。東京電力柏崎刈羽原発において、IDの不正利用に続き、テロ対策設備の機能喪失が発覚し、運転禁止命令の発出に至った。原発再稼働を進める他の電力会社においても、運転差止めや設置許可取消しを命ずる司法判断が相次ぎ、原発依存は前提を欠いている。東電福島第一原発事故から10年、安全神話の下で過酷事故を引き起こし、想定外であるとして責任を否定してきた政治の下で、新增設やリプレースはもちろん、老朽原発を延命してまで再稼働を強行することは断じて許されない。脱炭素は原発ゼロで十分に実現できる、再エネの抜本的な導入拡大が必要である。

本調査会では、カーボンニュートラルは進むべき方向だが、コストを意識することが必要であるとの意見も述べられた。しかし、明日香壽川参考人が指摘したように、世界の現状は、原発や石炭火力発電はコストが圧倒的に高く、太陽光発電や風力発電はその半分ないし三分の一となり、しかも低コスト化が加速する局面である。また、松下和夫参考人は、地域の資源、人材、技術を生かすことが重要と指摘した。石炭火力発電や原発といった大規模集中型電源と比べ、太陽光発電や風力発電といった小規模分散型電源は、雇用をつくる力も強く地域循環共生圏につながる。そのため、コロナ危機を経たグリーンリカバリーは、地域分散と地産地消のエネルギー開発で進めるべきである。

カーボンニュートラルは、原発ゼロと省エネ推進、再エネの飛躍的普及により実現すべきであって、それが政治の役割である。既に原発ゼロ基本法案とその実施法である再エネ推進法案が国会に提出されており、調査会委員の賛同を求める。

最後に、国連の持続可能な開発目標、SDGsは、地球の限界を超えないということと同時に、貧困や格差の解消を柱としている。気候変動対策や鉱物資源開発と貧困や格差の是正をセットで進める。そのためには、社会の利益より企業のもうけ、利潤追求を優先する新自由主義的な在り方を変え、企業には社会的責任を果たさせることが不可欠であることを強調する。

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」と定め調査に着手した。2年目となる本年は「資源の安定供給等」に関して「地域偏在など資源を巡る国際動向」、「資源開発の新たな可能性」及び「コロナ後及びカーボンニュートラルに向けての新しいエネルギー政策」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。

【鉱物資源の安定供給等】

(鉱物資源をめぐる国際動向)

- ・中国は市場ルールの中で影響力を高めようとしていると思われる戦略を新たに打ち出している。大事なポイントは、輸出管理の強化、サプライチェーン再構築、国際標準化の三つの観点になる。
- ・レアアースは、その多くを中国に依存し常に供給途絶リスクをはらんでいるため、鉱山権益の確保による供給源の多角化や製錬工程も含めたグローバル・サプライチェーンの強靱化、資源外交の向上、WTO等でのルールづくりへの関与、国家備蓄制度の充実等、上流から下流まで抜かりなく政策手段を組み合わせ、戦略的に取り組むべきである。あわせて、従来のサプライチェーンを超えた、資源開発の新たな可能性を追求する必要がある。
- ・レアアースに代表されるような、地域偏在し、かつ日本の産業の命運を左右する資源の確保について、日本としても、例えば環境対策を適切に講じていない鉱山からは資源を購入しないといった行動を、国際的な枠組みで行っていくことが、結果として、中国一極集中を打開する切り札になる。
- ・今まではGATT第20条g号の天然資源に関する保存が問題となっていたが、昨今の状況からすると、資源国が、軍備に使われる可能性があるとして、GATT第21条の安全保障例外を持ち出してくるおそれがある。その場

合にどうするかについて、日本がそれなりに国際的発言力を持つため、事前に対策を取っておくべきである。

- ・中国は正当な環境コストを含まない安い価格で世界市場を独占した。環境対策をきちんと行っていない鉱山からは買わないという国際的な枠組みができれば、必然的に他国の鉱山でも採算が取れるようになってくる。
- ・民間企業では困難な地域における資源開発の可能性に関する情報開示が行われていれば、投資しようというファンドや企業等が現れると見られるため、国が最も力を入れるべきである。

(鉱物資源の安定供給確保)

- ・昨今のカーボンニュートラルに向けた流れの中で、今後再エネや蓄エネ等の導入が拡大すると、現在の需給バランスとは異なり、特定の金属の需要が増えていく可能性が既に指摘されており、代表例を挙げると、EVの生産に伴いリチウムイオン電池が必要になるとコバルト、ニッケル、リチウム等の需要が急増し、磁石が必要になるとネオジムやジスプロシウム等のレアアースの需要が増える。このため、今の需給とは異なるところで、特定の金属の急激な需要増加により結果として需給バランスが崩れることを多くの人が懸念している。
- ・カーボンニュートラルへの移行の鍵となるバッテリー、半導体等の生産にはレアメタル等が欠かせないが、鉱種ごとの地域偏在性が高く、価格の変動幅が大きいなど、安定供給の課題が数多くあり、また今後、国際的な獲得競争は更に熾烈を極めていくと予想される。
- ・カーボンニュートラル実現のためには、海外依存が顕著なレアアースやレアメタルが欠かせないが、レアメタルは、主に中国やアフリカで生産されており、こうした国では、環境配慮に欠けた生産や人権侵害が懸念される労働といった深刻な問題があると言われる。鉱物資源を適切な方法で安定的に調達するには、資源調達先の多角化を図るとともに、資源自給率向上に直結する資源リサイクルへの取組が不可欠である。

- ・ 価格競争力を適正なものにするとの観点からは、中国が、本来負担すべき放射性物質の処理コストを含む、環境保全コストを負担するようにしていく、又は可視化するようにしていくことが大事になる。また、レアメタルの採算性を上げるには、その採掘に伴う副産物全部を売却してコストになる部分を減らすことが必要であり、副産物全般にわたる需要を確保するマーケットを作ることも大事な要素である。
- ・ 日本は、鉱物資源の安定供給の確保に向けた取組に当たって、資源国の環境や人権にもしっかりと配慮すべきである。その際、二国間での取組はもちろんのこと、多国間での国際連携、国際ルールづくりに向けても、日本が主導的な役割をしっかりと果たすべきである。

(海洋鉱物資源)

- ・ 日本の領海及び排他的経済水域は世界第6位の広さであり、南鳥島周辺等にはレアアースを含む鉱物資源のポテンシャルが存在する。この国産の海洋鉱物資源を利用可能とするためには解決すべき課題が数多く存在するが、海外の政策等に左右されないよう、国家戦略として商業化に向けた取組を計画的に進めていくことが重要である。
- ・ 海洋資源は一般的な天然資源と比べて難処理性があるとともに一定程度の環境負荷の懸念もあるが、資源セキュリティ、技術の高度化、人材育成の観点から、今から継続的な技術開発を行っておくべきである。

(鉱物資源と環境)

- ・ EVではなく鉄道やバス等の公共交通機関を積極的に利用することにより、資源消費だけではなく環境負荷も大きく下げることが可能となるため、社会性という意味においても重点的に進めるべきである。
- ・ 鉱物資源等の有限資源をいかに持続的に利用していくのか、生物多様性を失わずに節度ある開発に取り組んでいくのか、カーボンニュートラルに取り組む際に、是非この観点を組み込まなければならない。

- ・政府はカーボンニュートラルを打ち出したが、そこだけが突出することによって電力や資源の需要が高まり、ひいては途上国の環境へマイナスの影響がもたらされるなど、カーボンニュートラルという環境負荷低減のための動きが、逆に負荷を増大させることがあり得る。
- ・EVはクリーンであることを特長に掲げてリチウムイオン電池を搭載するが、そのために新たな環境汚染や搾取、あるいは人権問題の拡大をもたらしており、地球全体で見ると、自然環境や人間社会への負荷が拡大していると思われる。
- ・日本は環境規制が非常に厳しいため、レアメタルの製錬ができず、有害物の処理にコストがかなり掛かることは事実である。

(鉱物資源リサイクル)

- ・新規鉱山開発のリスク・コストが上昇傾向にある中、リサイクル資源の技術やレアアースフリーの磁石等、省資源・代替技術開発は大きな可能性を秘めているため、持続可能な開発の観点からも、こうした取組を更に進めることが必要である。
- ・ベースメタルとは異なり、レアメタル等に関する資源リサイクルはまだまだ十分ではないため、製品のトレーサビリティの確立等によってリサイクルをしやすい環境を整えるとともに、効率的かつ安定的な回収方法の実現に向けた研究開発を行うことにより一層支援することが重要である。
- ・資源回収・リサイクルは、都市鉱山が大事であると長い間言われてきた中で、いまだにビジネスモデルとして確立されていないことが非常に問題であるため、早急に商業ベースに乗るような資源回収・リサイクルシステムを確立する必要があり、その過程において立法府が果たすべき役割は大きい。
- ・日本が世界をリードすべき分野に資源リサイクルが挙げられるが、リサイクルの技術革新そのもののみならず、ある製品のリサイクルのしやすさを高めることや、リサイクル率の目標設定、さらには製品の物質トレーサビリティ確保等、リサイクルを行うインセンティブが製品側に発生する仕組みづくり

が重要であり、また、そのような生産活動を行っている企業が適切に評価されることが重要である。

- ・都市鉱山という言葉もあるとおり、様々な製品に入っているレアアース、鉱物資源類を、いかにリサイクルするのかということも非常に重要であるが、日本はリサイクルに取り組む業者が少なく規模も小さいため、リサイクルのインセンティブをしっかりと付与し、そしてまた、リサイクルしやすい製品づくりも更に進めていくこと等を国が主導する必要がある。
- ・最終的には企業が責任を持つようにしないと産業として成り立たないが、最初の段階でマテリアルフローを作成することは個々の企業では不可能である。したがって、その部分に関しては国が資金面で補助することに加え、特にマテリアルフローに係る情報開示に関しては国の役割が非常に大きい。
- ・日本は素材からハイテク製品を作る分野でトップランナーであり、今後は、廃棄された製品を資源として有効利用し、それを環境調和型の技術でしっかり利活用していくことが重要になる。

(鉱物資源の技術開発)

- ・鉱物資源に頼らない代替素材の開発にも、しっかりと取り組むべきである。
- ・日本において現在最も重要なことは、技術制約や環境制約を突破していくことである。幸い日本は、レアメタルの生産技術やそれに関わる環境技術が世界最高水準であり、非常に良い状況にあるため、今後は資源供給だけでなく、技術や環境に力を入れていくべきである。
- ・確保競争の激化によってレアメタル市場で高騰が続く中で、特に上流権益確保にも財政上の制約があるのであれば、日本の限られたリソースの中でできることは、技術力をいかした代替素材の開発であり、ここに国の予算を重点的に投入すべきである。
- ・素材開発においては、やはりパイオニアがグローバル市場を席卷するという構造がこれまでも実証されている。一番初めに実用化できる素材を市場に供給することが日本の産業の維持拡大を支えたと考える。

- ・天然鉱物資源の選鉱では、次の段階である製錬における負荷を抑制するための、分離・濃縮に関する技術開発が鍵となる。製錬と精製は、処理対象次第でバランスが変わるため、エネルギーを掛けずに新規の処理対象を分離・濃縮するための技術開発が必要となる。また、分離後に必ず排出される副産物の利活用やバランス良い使用の方法の検討も必要になる。
- ・物理的な分離・濃縮の段階でも、まだまだ技術的向上の余地がある。今後は、製造段階から分離しやすい設計にするのも一つの選択肢であり、また、それがものづくりの一つの強みになるような価値観になっていけば、人工資源の利活用の世界も徐々に変わっていくものと考ええる。

(資源の確保及び資源分野における人材育成)

- ・カーボンニュートラルに向けて化石燃料への風当たりが強まる中で、天然ガス、LNGの生産が将来的に危ぶまれており、需給がかなり逼迫して価格の大幅上昇というリスクを招きかねない。その意味でも、政策的により強くエネルギー資源開発を推進していくことが求められている。
- ・技術人材の育成については、たとえ規模は小さくとも目に見える形で産業が残っていれば技術が伝承される、あるいはそうした産業を最低限の需要や採算性を確保できるようにしてきちんと残していくことが、技術人材の育成では大事である。
- ・大学の基礎分野での研究は非常に重要であるため、はやり廃りにかかわらず、百年の計をもって、資源及び関連分野の研究の柱を守りながら前に進んでいく必要がある。
- ・資源リサイクルについては、少なくとも、資源側から製品側に対し、使ってほしいレアメタルのバランス等の情報を伝達できるようにならなければ、この分野の発信力はないため、大学だけでなく、省庁や研究所も含めて、互いにプロジェクトや連携を強化していくところから始める必要がある。
- ・日本がそれなりに国際的発言力を持つための事前対策として、今までは技術部門の人材育成が多かったが、国際交渉での枠組みづくりなどに積極的に参

加できる人材が必要である。

- W T O等の主要ポストを取りに行くことが重要である。そのためには語学だけではなく、国際法等の専門知識にも通じた、その任に堪え得る人材を育成していかなければならない。さらに、大学の立場から考えると、日本の人材は資質に比して国際機関における重要なポストに占める割合が非常に低いが、その一つの理由として博士号を持っていないという問題がある。

【気候変動とカーボンニュートラル】

(カーボンニュートラルに向けた取組)

- 気候変動対策は、人類の生存が懸かった問題であり、資源エネルギー政策検討の前提というべきである。
- 日本は、カーボンニュートラル実現に向けて、脱炭素という大きなテーマとエネルギー自給率の向上とを同時に実現していく必要がある。カーボンニュートラルは、国の形を変える良いチャンスであり、そうした観点で進めていかなければならない。
- 脱炭素社会への移行、カーボンニュートラルの観点からは、2030年、2050年に向けての日本の電源構成について、より現実的な路線を構築する必要がある。このため、再エネ割合の上昇が想定されることから、省エネと同時並行に進めたとしても発生する電気料金の負担増をどの程度許容できるかについて、多くの国民が参加する対話型の議論、熟議が必要になる。
- 現下の問題は、CO₂の排出削減、カーボンニュートラルだけではなく、全体としていかに環境負荷を下げていくのかである。CO₂排出を削減するため他の部分に環境負荷が生じているとすれば、それは望ましくなく、そこも含めた取組が必要である。
- 温暖化対策では、原因となる温室効果ガスを減らす緩和策と地域ごとの影響に対する適応策が車の両輪と言われている。温暖化はできるだけ抑えても進行していくので、各地域での適応策を先を見越して考えていく必要がある。

(原子力発電)

- ・日本の国力維持・向上とカーボンニュートラルとを実現させるためには、最新炉リプレースの検討を含め、自由諸国最高級の国産技術であり、準国産エネルギーとして海外にも、そして天候にも左右されず、安定・安価・大容量の電気を供給できる原子力の最大限の活用に向け、しっかりとかじを切ることが不可欠である。
- ・原発という負の財産は今すぐ断ち切らなければならない。そして、再エネという純国産エネルギーの最大限の活用を目的とした施策を、堅実かつ着実に進めることこそが日本の進むべき道である。
- ・脱炭素電源として原発依存を強めようとする動きがあるが、脱炭素は原発ゼロで十分に実現でき、再エネの抜本的な導入拡大が必要である。
- ・日本の温暖化対策コストをできるだけ抑えよとの観点からは、使える選択肢は全部使うべきであり、国産技術である原子力発電を長く使っていくことは、エネルギー安全保障、温暖化防止、経済効率という面で合理的である。原発の運転期間上限40年、延長上限20年1回限りといった制約も見直すべきである。
- ・諸外国と国際連系線を有しておらず、再エネ資源でも中東諸国や欧米と比べて様々なハンディを負っている日本が、カーボンニュートラルに向けて使える技術を使わないことは合理的ではない。

(再エネ・省エネ)

- ・再エネは、特に脱炭素化に向けて最大限導入すべきであるが、既に相当量を導入しており限界が見えてきている。例えばFIT制度は既に消費税換算で毎年1%程度の負担が生じていて、今後更に増えていくとみられる。
- ・各電源の発電コストの再検証が行われているが、調整力のコストをどう扱うかという大きな問題がある。従来は火力発電が独立して存在していたため主たる調整力のコストとして計算できたが、今後カーボンニュートラルということで火力発電が無くなれば蓄電池のコスト等を調整力に上乗せして計上せ

ざるを得ない。

- 2050年カーボンニュートラル実現に向け、2050年がどのような状況かは予想できないので、あらゆる技術に投資するという方向性は間違っていないが、実行すれば必ず結果が出る技術に重点的に投資すべきであり、その観点からは大規模な浮体式洋上風力発電が適当である。
- 核のごみや最終処分の問題同様、再エネ、新エネについても最終処分までに掛かるコストにも真摯に目を向けなければならない。
- 再エネの立地制約の問題は今後だんだんと深刻化し、特にメガソーラーは、比較的容易に開発できる場所は既にある程度開発し尽くしているため、今後は土砂崩れの危険がある非常に脆弱な山の斜面等、条件が悪い場所や安全上問題がある場所に設置することになると見られる。
- 分散型エネルギーは非常に有効な手段であり、基本的には再エネが中心になるため、その推進は極めて重要だが、電力需要は2050年には現在の120～130%程度になると見込まれており、これをどう捉えるかが問題であり、当然、電化の促進は避け難く、節電を十分に浸透させていく必要がある。
- カーボンニュートラルの実現に向けた議論の中で、電気料金の高騰や電力不足、停電を懸念する声は多い。
- 家庭用の電気料金が上がると、逆進性があることから、特に貧困家庭にとっては非常に大きな負担になるため、貧困家庭や低所得者層に対しては、エネルギー価格に介入する形ではなく、直接的な補助を行うことが経済的な効率性の観点からは望ましい。

(火力発電と技術開発)

- 2050年のカーボンニュートラル実現に向けては、再エネ拡大に努力を傾注する一方で、天然ガスを活用した現実的な手法を進めるべきである。
- LNGの安定供給を重視するのであれば、LNGスポット市場での調達比率を高めすぎるとはリスクがあり、スポット調達を増やしすぎると安定供給を損なうリスクがある。

- ・日本における再エネの主力電源化や石炭火力発電からの脱却は足踏み状態にある。一日も早い再エネの主力電源化、カーボンニュートラル実現のためには、限られた国の予算を再エネやこうした分野に集中することで世界を牽引すべきである。
- ・日本の温室効果ガス排出量の4割を電力部門が占め、排出量が最も多い石炭火力発電全廃が緊急の課題である。
- ・再エネ電源を利用したグリーン水素だけで、カーボンニュートラル等のSDGsを達成することは極めて難しく、橋渡し役として現実的かつ最適な解を模索することが必要になる。そこで、旧型の石炭火力発電を廃止する方向は当然として、その上で、今後操業を継続する高効率の石炭火力発電に天然ガスから生産されるブルーアンモニアを混焼して、火力発電のカーボンニュートラル化、ゼロエミ化を図っていく必要がある。
- ・2050年までのカーボンニュートラル目標達成のための現実的な方法とプロセスについて議論、検証し、理解を広めることが、今行うべき重要なことである。まずは特にアジアの経済発展を担う途上国で石炭や石油の消費を減らし、天然ガス、LNGへの転換を進めるとともに、既存の石炭や天然ガス火力発電施設の低炭素化、脱炭素化を進めて最大限有効活用することで、無駄な投資を減らし、目標達成を早め、コストを削減することが可能になる。
- ・化石燃料のカーボンニュートラル化で重要となるのは、二酸化炭素回収・利用（CCU）と二国間クレジット制度（JCM）である。
- ・二酸化炭素回収・貯留（CCS）が火力発電所に実装されたとしても、その分のコストが電気料金に上乗せされるのであれば、結果的に再エネよりも高コストになるため、CCSのコスト低減化に向けて実証技術開発が必要である。
- ・二酸化炭素回収・有効利用・貯留（CCUS）や水素は、化石燃料に依存しているアジア諸国にとって不可欠の技術で、それを日本から可能な限り低コストで提供できるようにすべきであり、そのためのイノベーションが非常に重要である。

- ・CO₂を人為的に別の物質に変えるということは、化学産業が日頃製品を製造しているのと基本的に同様であり、電気を始め莫大なエネルギーを投入しなければならないという課題がある。しかし、CO₂を別の基幹物質に変える過程で、それ以上のCO₂を発生させてしまえば本末転倒になる。そのため、2050年までに真にエコロジークなカーボンリサイクルの革新的な技術の確立が必要となる。

(カーボンニュートラルと経済・社会)

- ・世界で最も重要視されているのは雇用であり、雇用を増やすためには再エネや省エネの推進が非常に効果的だとされ、それがグリーン・ニューディール（GND）、グリーン・リカバリー（GR）の最大のポイントと言っても過言ではない。
- ・GRでは、地域ごとの状況に応じ、地域の資源、人材、技術をいかして再エネ事業を興すことが重要であるが、例えば都会の大資本によって、地域の人とは関わりなくメガソーラーや大規模風力発電施設ができると、地域の雇用や産業振興につなげることは難しい。このため、地域循環共生圏と言われる地元の中小企業、金融機関、人材、技術を用いて、循環型の再エネ事業を興すことが大事である。
- ・SDGsは、地球の限界を超えないことと同時に、貧困や格差の解消を柱としている。気候変動対策や鉱物資源開発と貧困や格差の是正をセットで進めるためには、社会の利益より企業のもうけ、利潤追求を優先する新自由主義的な在り方を変え、企業には社会的責任を果たさせることが不可欠である。
- ・各国政府及びシンクタンクのGR、GND提案の共通要素であるCO₂の排出削減、PM2.5の排出削減、電気料金の引下げ、雇用確保等を実現するに当たって、環境負荷の観点を入れていく必要がある。
- ・個々の産業技術の強みを生かしながら、デジタル化への対応も含め、日本全体としての脱炭素に向けた経済社会変革が必要である。

(国際動向と国際協力)

- ・アジアの経済成長なくして日本も世界も成長はない。アジアの経済成長を支えるエネルギーをいかに確保し、同時にカーボンニュートラルに向けた歩みを着実に促すことができるかが問題である。
- ・先進国が化石燃料技術から撤退し、輸出をやめた場合の穴を埋めるのは、中国の石炭火力発電技術になり、日本の原子力発電技術が衰退すれば、世界の原子力発電市場において中国、ロシアの商機が拡大することになる。
- ・日本も、環境対策に関する国際的なルールづくりについて、早い段階から関与していく必要がある。
- ・温暖化問題では公平性が一つのキーワードである。今後インフラを整備し生活水準を上げるためにエネルギーを使う必要がある途上国を考えたとき、世界全体で2030年に温室効果ガス排出を45%削減するという目標も、公平性を考えると先進国は70~80%程度削減しなければならないという議論がある。
- ・スウェーデンのような、非常に豊かで原子力と水力で電力の大半を賄っている国と、インドのように依然として非常に貧しい人がいて国内に化石燃料資源がある国のSDGsの追求の仕方は、おのずとバランスの取り方も違ってくる。それゆえ、世界で統一的な解というのは存在せず、各国がそれぞれ判断していかなければならない。
- ・温室効果ガス排出量の削減は、米国、中国、インド等の排出大国といかに協調して減らしていくかが鍵であり、国際協調の中で地球温暖化を食い止めていくという観点が大事である。
- ・日本が考えなければならないことは、将来において世界の温室効果ガスの帰趨を握るアジア地域の低炭素化、脱炭素化にどれだけ貢献できるかである。
- ・エネルギー消費あるいはCO₂排出量の増大を抑えながら経済発展するためには、例えば省エネ技術といった、日本の優れたノウハウや技術を移転していくことが重要である。