

## アップデート エネルギーの未来

本研究会は2020年12月7日、田中伸男氏をオンラインでお招きし、世界のエネルギー動向および日本のエネルギーの将来について幅広く議論した。現在、日本エネルギー経済研究所（IEEJ）特別客員研究員の田中氏は、2007年から2011年まで国際エネルギー機関（IEA）事務局長を務められた。田中氏には2012年12月の第一回にも同じテーマでお話しいただいております。この度のインタビューは氏のその後の見解にふれる貴重な機会となった。

最初に、化石燃料、特に天然ガスが現在も重要であり続けている点について話を伺った。2012年の見解から展開はあるだろうか。

8年前に天然ガスの黄金時代が到来したのは、北米でシェールガス・ブームが起こったからこそである。それ以来、アメリカからの——中でも液化天然ガス（LNG）の——輸出が世界のエネルギー市場の構造を変えた。要するに、温室効果ガスの主要な排出源が石炭から天然ガスに取って代わりつつあるのだ。

こうした傾向は今後も続くだろうが、天然ガスの生産者にとって状況はより複雑になってきている。最近、政府や産業界からカーボンニュートラルの目標が発表されたことで、天然ガス部門でも脱炭素化への動きが余儀なくされるだろうし、達成までの時間は予想以上に短いかもしれない。同部門にとって大きな課題は、製造施設からのメタン漏出と、迅速かつ大規模な二酸化炭素回収・貯留（Carbon Capture and Storage: CCS）の実現可能性の二つである。

前向きな話をいえば、コストは高くつくものの、水素が未来のクリーンな燃料として期待できる。水素を燃焼させても排出されるのは水蒸気だけだからだ。しかし、水素を作る方法に応じて、排出の観点から見た意味合いは異なる。日本は「ブルー」もしくは「グリーン」水素をエネルギーミックスに加えること

を目指すだろう。

「グリーン水素」は太陽光や風力といった二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出ゼロ（ゼロエミッション）のエネルギー源から生成されるもので、水を酸素と水素に分離するのに電気分解が用いられる。一方、「ブルー水素」は天然ガスを使って生成されるが、CCSに頼ってCO<sub>2</sub>排出を抑制する。

ただし水素には貯蔵と輸送の困難が伴う。解決策の一つとなりうるのが、「ブルー」もしくは「グリーン」製法によるアンモニアで、これは燃料としてもエネルギーの貯蔵体としても、また水素の運搬媒体（キャリア）としても利用できる。アンモニアには水素分子3個と窒素分子1個が含まれるが、純粋な水素に比べると貯蔵および輸送が容易なのだ。アンモニアも水素同様、燃焼の際にCO<sub>2</sub>を直接排出することがなく、副産物として水と窒素が発生するだけである。「ブルーアンモニア」はブルー水素から作られる。ちなみにサウジアラビアは最近、40トンのブルーアンモニアを日本へ輸送した。これに関連して、温室効果ガスを排出しない「グリーンアンモニア」はグリーン水素から作ることができる。

続いての質問は、CCSの実現可能性に関してである。

田中氏によれば、CCSの大規模な展開は可能である。たとえばノルウェーでは、CO<sub>2</sub>排出1トン当たり約60ドルの支払いが義務化されたカーボンプライシング制度の導入によって、CO<sub>2</sub>帯水層貯留技術の開発が促された。世界中の化石燃料関連企業も、生産性の低下した油田で原油を増産するためにCCSを利用している。

炭素排出に価格を付ける強力なメカニズムと政府の支援によって、こうしたCCSに関するプロジェクトは今後も増え続けるだろう。IEAの見積りによると、CCSが採算の取れる程度にまで普及するには、1トンのCO<sub>2</sub>排出に140ドルもの値



段を付けることになる。これはカーボンニュートラルの実現にどうしても不可欠な条件である。ここまで強力な価格のシグナルがないと、脱炭素化を達成することはできない。

続いて、脱炭素化の達成期日によっては、天然ガスがいわゆる座礁資産（社会環境の激変によって価値が大きく低下した資産）となるリスクから、CCSや天然ガスへの投資が回避されることがあるだろうか、との質問が寄せられた。

もしブルー水素やブルーアンモニア、CCSが急速かつ大規模に展開されなければ、座礁資産が生まれてしまうだろう。化石燃料がそうなるのを抑えるには、これら低排出の新しいビジネスモデルの中で既存の炭化水素資源をいかに利用するかについて、生産国が早急に検討しなければならない。

こうした傾向に対策を講じている興味深い例にサウジアラビアがある。同国は一方において、グリーン水素やグリーンアンモニアの生産を世界への輸出用に拡大しようとしており、そのために大規模なプラントを建設した。だが同時に、サウジアラビアの国営石油会社サウジアラムコは、ブルーアンモニアの生産に向けて日本との協力を試みている。

このようにサウジアラビアは目前に迫る未来をよく理解している。急速な気候変動を受けて脱炭素化への圧力が世界中に強まる中、化石燃料の需要がこの先も続くかについては大きな疑問符が付く。サウジアラビアのような炭化水素資源の生産国は、こうした問題への答えとして化石燃料由来のブルー水素を考えているのである。

日本も最近、水素経済への莫大な投資を発表したが、その中にはCO<sub>2</sub>排出削減ならびに現存する石炭資産の座礁を防ぐ試みとして、水素もしくはアンモニアを石炭と組み合わせた発電計画が含まれている。このモデルはアジアの他の国や地域でも再現可能だろう。

続いて、間隙の多い日本の地質特性を踏まえて、CCSの実現可能性に関する質問が寄せられた。

CCSは場所次第で陸と海のどちらでも可能であり、すでに実験的なプロジェクトがいくつか始まっている。地震を誘発することへの懸念から日本におけるCCSの展開に反対の声が上がっているものの、日本で地震の頻度がすでに高いことを考えると、こうした懸念が妥当であるかは定かでない。

とはいえ、元になる化石燃料を燃焼する際にCCSを実施すると費用が大きくかさむ。そのため、生産者側がCCSを用いてブルー水素もしくはブルーアンモニアを製造し、その燃料を最終消費者——この場合は日本——に輸送する方がおそらくは賢明である。そうしたブルー水素の経済規模を拡大するには時間がかかるだろう。また製鋼所やセメント工場のようなエネルギー消費者は、彼らのCO<sub>2</sub>排出がエネルギー投入時のみなら

ず製造工程の大部分で生じるため、やはり脱炭素化のために自前のCCSを必要とするかもしれない。しかしCCSの本格的な展開を考えるなら、化石燃料の生産国がこれを引き受けるのが最も賢明である。

次に、原子力に関する質問があった。2012年の見解から展開はあるだろうか。我々は原子力エネルギーについて、どれだけ楽観的であるべきなのか。

ヴァーツラフ・シュミルのようなエネルギー専門家は8年前、原子力エネルギーの未来について悲観的であり、彼らは今も悲観的であり続けている。エネルギー部門を原子力に有利な形で再編するには非常に長い時間がかかるだろう。

これまで世界のエネルギー供給に原子力の占める割合がおおよそ5%を上回ることはなかった。しかし田中氏は原子力エネルギーについて、慎重ながら楽観視する姿勢を依然として崩していない。太陽光をはじめとする再生可能エネルギーは必要だが、原子力もまた維持されるべきである。

そうはいつても大型軽水炉のパラダイムを維持することは、この炉のデザインにまつわる事故のリスクおよび影響の巨大さゆえに、もはや現実的ではないだろう。これらのシステムを建設し維持する費用も膨らむ一方のため、日本において軽水炉は建設が不可能なまでに高つく。現・経済産業相も最近、古くなった原子力発電所を同じデザインで建て替えることは目下考えられない、と述べている。

原子力産業にとって唯一の希望は、小型モジュール炉（SMR）である。この原子炉のデザインは規格化されており、工場生産される。そうすることで費用を抑えることができ、また同技術の規制やライセンス供与も容易になる。SMRの稼働率は柔軟に変化するもので、太陽光や風力といった自然条件に左右されやすい再生可能エネルギーも十分に用いることができる。こうしたモデルを試用した国はまだないが、原子力エネルギーによる発電に希望があるとすれば、まとまった数のSMRを導入することが唯一の道である。アメリカでは、エネルギーミックスを拡大かつ分散化するために原子力の小型モジュール技術の利用を提唱する「フレキシブル・ニュークリア」キャンペーンが始まっている。

原子力にはもう一つ、廃棄物という課題がある。現在の軽水炉の寿命を40年、60年、さらには80年まで延ばせば、それだけ多くの放射性廃棄物が生じるだろう。こうした事態を緩和する一つの方法は、核廃棄物から回収したプルトニウムを燃料として燃やすことで廃棄物の放射能を減少させる、高度な原子力システムを導入である。統合型高速炉（IFR）はまさしくその機能を果たす。日本はアメリカと、この原子炉のデザインを多目的試験炉（VTR）で実験するための協力覚書を交換している。

IFR 技術は福島原発事故で溶融した燃料デブリの処理に利用することすら可能である。IFR 技術を福島の核廃棄物で実験してうまく行けば、これを日本中の使用済み核燃料に用いることができる。しかし、同技術が日本の世論に受け入れられなければ、こうしたアプローチは前進しないだろう。

日本はまた核拡散リスクの問題も考えなければならない。北朝鮮は日本をめぐってミサイルを発射することが習慣となっている。もう一つの核保有国である中国は、東アジア地域の主要プレーヤーである。イランは核兵器の開発を試みており、彼らが成功すればサウジアラビアもきっと後に続くだろう。核がテロリストや犯罪者の手に渡ることも懸念の一つである。これらのグローバルな核拡散リスクを軽減しなければならない。

IFR のデザインは核拡散リスクがゼロとはいえないが、その危険は小さい。IFR のプラントから純プルトニウムを得ることは難しいのである。だから、くり返しになるが、もし日本が原子力技術を発展させるなら、この設計アプローチを採用すべきだ。それでも国際原子力機関 (IAEA) が不拡散義務を監督および検証する権限を強化する必要があるだろう。

また日本は、いかなる原子力政策を採るにせよ、自らの手で核兵器を製造するつもりがない旨を明確にしなければならない。我々はこの点を核兵器禁止条約への参加を通じて国際社会に表明すべきである。日本はこれまでずっとアメリカの核の傘による保護を必要としてきたがゆえに、同条約を調印することはできないと主張してきた。しかし日本は核兵器なき世界を実現する上で重要な国であるから、不拡散外交により積極的に関与すべきなのである。

朝鮮半島の非核化を考えると、日本はたとえば再処理によって抽出されたプルトニウムを軽水炉で利用するサービスを提供するのがよい。北朝鮮が保有すると見られる兵器用プルトニウムはたった 40 キロだが、これに比べて日本の民生用プルトニウム保有量は 47 トンに上るため、40 キロくらい増えたとしてもどうということはない。こうしたアプローチから北朝鮮の核兵器を減少させることができれば、日本の原子力が平和利用のためにあることを国際社会に示すのに役立つだろう。また日本はこの種の不拡散外交におけるリーダーシップをてこにして、国連における影響力を増大することもできる。

続いて、原子力エネルギーおよび不拡散をめぐる日米韓三カ国協力の可能性について質問があった。こうしたアプローチのメリットには依然として説得力があるだろうか。

田中氏の答えは肯定的だが、政治的な障害が生じる傾向も指摘した。とはいえ、三カ国には共通の利益がある以上、核拡散に耐性ある技術ならびに非核化に関する共通のアジェンダを発展させることができるだろう。韓国には数多くの軽水炉がある

ため、北朝鮮の濃縮ウランを希釈した上で燃焼させることができるものの、韓国によるプルトニウムの民生利用は禁止されており、それが国際法上認められているのは国連安保理常任理事国と日本だけである。これは日本が反核兵器外交を展開するための、またとない好機である。こうしたアプローチにアメリカのバイデン新政権がより積極的な姿勢を示すのを願うばかりだ。

次に、COVID-19 が世界のエネルギーをめぐる展開に与える影響について質問があった。

コロナ禍の中で人々のライフスタイルが変化し、リモートワークの機会が増えて飛行機による移動が減ったことで、石油の需要は劇的に減少した。問題はこうした変化がいつまで続き、今後これまでのように石油の需要が回復するか否かである。

2008 年のリーマンショック後には石油需要の回復と増加が見られたが、コロナ禍では状況が異なる。対応すべき第二波および第三波が伴うことで、需要の回復が抑えられてしまうからだ。

国際石油資本の BP は最近の報告書で、石油需要がほぼピークを迎え、間もなく横ばい状態に入るとの見通しを示した。気候変動をめぐる政府と民間部門の意欲次第で、2019 年は世界の石油需要がピークを迎えた年にすらなりうるという。BP はまた、こうした需要予測の変化ならびにコロナ禍でさらに加速しつつある化石燃料からの脱却を見越して、2020 年第 2 四半期に最大 175 億ドルの減損損失を計上することを明らかにした。

同時に、世界中の投資家や金融機関、政府、企業がカーボンニュートラルとサステナビリティの実現を目標とすることで、化石燃料をめぐるプロジェクトへの融資は減少し、かつ高利になっている。金融部門が多くの変化を推進してきており、その一例は、金融安定化を図る国際機関の金融安定理事会 (FSB) が設置した「気候関連財務情報開示タスクフォース (TCFD)」である。この作業部会は、企業が気候関連のリスクと機会に関する情報を開示するための枠組みを形成する。こうした需要サイドの取組みは重大であり、TCFD の動向は今や日経新聞でほぼ毎日報じられている。より多くの企業が、これらサステナビリティにつながる情報開示および実績強化の要請に応じるにつれて、同様のことを自社のサプライチェーンにもますます求めるようになってきている。これによって広範かつ急速な変化がもたらされている。

COVID-19 は経済全体のデジタル化をも加速させている。こうした変化の中心にあるマイクロソフトやアップルのような大企業は、気候変動をめぐる野心的な行動に取り組むとも発言しており、中には 2030 年までにカーボンニュートラルの達成を目指す例も見られる。従って、デジタル化と脱炭素化はある意味で軌を一にした現象なのである。かかる傾向はすでに大方の予想を大きく上回るスピードで展開しており、今度のコロナ禍

はこうした展開をただ加速させたにすぎない。

田中氏はもう一つの重要な論点、ジェンダーバランスにも言及した。この問題はエネルギーや気候変動に直接結びつかないと思われるかもしれないが、そうではない。日本は過去数年間に二つの関連する「恥」をさらしてきた。一つは、2019年にスペインで開かれた国連気候変動枠組条約第25回締約国会議(COP25)で、日本が石炭の持続的な利用と輸出を批判され、「化石賞」を二度も授与されたことだ。もう一つの恥は、世界経済フォーラムによって発表された世界各国のジェンダー平等を数値化したランキングで、日本の順位が121位だったことである。政治における女性の参加についてはもっと悪く、日本は144位である。安倍政権はジェンダーバランスの見直しを提唱していたが、残念ながら成果はそれほど上がっていない。

これら二つの恥はつながっている。気候変動の緩和とジェンダーには関連があるからだ。一例を挙げると、気候変動の影響はそれぞれのジェンダーに一樣でなく、女性の方が負担は大きい。さらには、経営陣のジェンダーバランスがとれた企業の方が、気候変動に関するリーダーシップを発揮し、本腰を入れて行動する傾向が見られるとの研究もある。そのため、TCFDが作成する気候変動緩和のための枠組みに、ジェンダーバランスへの取り組みの報告を盛り込むことが有益だろう。

次に、脱炭素化を目指す投資家や経営者から日本が受けている圧力について質問があった。最近の報告が明らかにしたところでは、財界における低炭素電力需要の高まりに合わせるだけの再生可能エネルギーが日本にはなく、結果として主要企業の一部は事業の海外移転を検討しているという。こうした圧力が強まると、日本のエネルギー供給を脱炭素化する上で何が政治的に可能かをめぐる計算の条件も変わってくるだろうか。

これは今ようやく起こりつつあることで、ますます本格的になるばかりだろう。これまでソニーやパナソニックを含む約40の日本企業が、自らの事業活動で消費する電力をすべて再生可能エネルギーで賄う「再エネ100%」を表明している。アマゾンも間もなくこの仲間入りを果たすだろう。こうした取り組みが需要側の巨大な圧力となって、CO2排出削減のためエネルギーミックスにアンモニアもしくは水素を加えるにせよ、あるいは石炭の利用を完全に止めるにせよ、やがては電力会社も低排出エネルギーの供給を増やさざるを得なくなるだろう。たとえば日本には洋上風力発電のチャンスが十分にある。大きな課題の一つは、日本の電力市場が依然として、電力供給網が十分につながっておらず改革に及び腰の地域独占電力会社9つを中心に構成されていることだ。しかしカーボンニュートラルの達成には電力市場の変容が不可避であり、事態はいよいよその方向に動き始めた。

続いて、石油の需要がピークを迎えたとすれば、日本はエネルギー安全保障をめぐって多少なりとも安心してよいだろうかとの質問が寄せられた。もし日本の輸入燃料への依存が低下すれば、そのぶん海外からの供給途絶を心配せずに済むだろうか。

田中氏によれば、我々は自己満足に陥るべきではないが、現在進行中の変化は日本にとって巨大なチャンスである。今や日本以外の世界各地ではデジタル化に加えて、企業が気候変動をはじめ不確実性の増大の中で社会とともに持続的な成長を図る、いわゆる「サステナビリティ・トランスフォーメーション」がかなり急速に起こりつつある。日本はこれまで行動を遅らせてきたが、COVID-19のおかげで前進しようとしている。我々はエネルギー資源をLNGから水素に転換しなければならない。日本政府はまたカーボンニュートラルの実現計画を発表しており、その目標に資源を注ぎ込んでいる。

日本が水素経済に参入したのは10年以上も前のことだが、当初の目標は未だに達成されていない。その間、中国は水素経済にますます本腰を入れて取り組むようになり、たとえばトラックやバスの水素利用を増大させている。欧州委員会が2019年に公表した気候変動対策「欧州グリーンディール」でも水素は中核を占めている。つまり現在の日本の技術と目標はすでに時代遅れであり、交通やモビリティの領域だけでなく発電や産業応用に関しても、今よりずっと野心的な目標と政策が求められている。

水素経済を切り開いたのは日本かもしれないが、後を受け継いだのは他の国々であり、日本は彼らに遅れを取ってしまった。現状に甘んじる余裕などないのである。

我々の課題の一つは、政権交代のたびに政策も変化することだ。新たな政府が過去のサステナビリティをめぐる関与を引き継がなければ、民間部門が長期計画を策定するのは困難になる。

最後の質問は、日本のエネルギーシステムのサイバー攻撃に対する脆弱性についてである。我々はサイバー領域に関連する安全の度合いをいかに評価すべきだろうか。

この問題の重要性は増大する一方である。デジタルインフラや電気自動車などに依存すればするほど、サイバーセキュリティ関連のインシデントを回避する重要性も高まる。田中氏は自分の専門外であると断りつつ、日本にはサイバー関連のリスクと脅威を監視し、それらに対処するためのより集権化された政府機関が必要であると指摘した。現在の菅政権は社会全体のデジタル化、いわゆるデジタル・トランスフォーメーションを推進し、将来の計画策定に向けてデジタル庁の創設を検討しているが、その新しい権限の重要な部分をサイバーセキュリティが占めるべきである。



それから数週間後の2020年12月21日、本研究会はシェル主任政治アナリストのチャー・オン・コン氏をやはりオンラインでお招きし、シェルのエネルギーと気候変動に関するシナリオについて伺った。前回コン氏にご報告いただいたのは2013年11月、エネルギーの将来を描いた「海」と「山」という二つのシナリオをシェルが発表した後のことだった。

最初の質問は、過去7年間で以前の「海」と「山」のシナリオがどこまで現実化し、いかなる展開を見せたのかであった。二つのシナリオに照らして、この7年をどう評価すべきだろうか。

エネルギーに関する結論の基本的な部分は妥当だった。我々は二つのシナリオが設定した範囲のどこかにいる。エネルギー問題の検討にあたって考慮すべきは、供給・需要・気候への影響の3つであり、これらの視角から見ると我々はおおむね軌道の上にある。

シェルのシナリオチームは気候変動モデルを独自に編み出したわけではなく、マサチューセッツ工科大学(MIT)の研究者との協力による。しかしシナリオが二種類あり、どちらも世界の平均気温上昇を産業革命前と比べて2°Cよりも十分低く抑えるという目標にはつながらないために、「これはあなた方チームの予測の幅を示しているのか」と尋ねられる。この目標を条約として定式化したのが、2016年に締結されたいわゆるパリ協定である。そこでパリ協定締結後の2018年に、我々のチームは「空」と名付けた新しいシナリオを発表した。これは、世界がいかにパリ協定の目標を達成できるかを展望した野心的なものである。共同で作成にあたったMITの研究者によると、「空」シナリオの下では世界の平均気温上昇が産業革命前と比べて1.7°Cにまで抑えられる。

「空」シナリオの根底にあるのは、パリ協定の目標達成に何が必要かをめぐる技術的な分析である。もう一つの認識すべき重要な点は、同シナリオにおいて世界のエネルギー需要が特に低所得国において増大し続けるため、脱炭素化の必要性もさらに高まると想定されていることだ。エネルギー需要は日本や西欧諸国のような場所では低下するかもしれないが、サハラ以南のアフリカや中東、南アジアといった地域では必ず増大する。我々の分析には国連の人口予測が用いられている。人口が増大して生活水準が上昇すれば、エネルギー需要も否応なく高まる。我々のシナリオは脱物質主義の涅槃やユートピアの類を想定しているわけではない。そうではなく、我々が想定するのは、環境に特段の負荷をかけることなく、すべての国でそれなりの生活の質が保たれながら、しかし21世紀を通じてエネルギー

需要が倍増する点も織り込まれた、エネルギー需要と生活水準の一つのあり方なのである。

「空」シナリオは、実質ゼロ排出(ネットゼロ)計画を検討する助けにもなる。現在、ますます多くの政府や企業、金融機関などが、特定の時期までにネットゼロを達成するための野心的な目標を設定している。これらの目標は我々すべてに重要な基準となっている。

シェルの「空」シナリオによると、すでに存在する技術によってパリ協定の諸目標に到達することが現に可能である。たとえば核融合のように、開発および普及に成功した暁には状況を一変させる潜在的技術もあるにはあるが、それらは十分に実証されていないため、「空」シナリオでは分析の対象外とされている。

しかし、技術の実現可能性は検討すべき問題の一部にすぎない。我々はネットゼロ実現に関し、政治的意志および世論の盛り上がりという点からも考えなければならないのである。この点について今後の展開は未知数であり、「空」シナリオではそれらが起きるように思考様式の変化が求められている。同シナリオを「野心的」と呼んだのはこうした意味においてである。

「空」シナリオは2018年に発表されたが、それ以来、気候変動に関わる諸団体から変化を求める声が上がっている。アメリカやその他の国ではいわゆる「グリーン・ニューディール」や、サステナビリティを利用した雇用創出および他の社会財供給をめぐって、政治家の間で議論が活発化するとともに政策も真剣なものとなってきている。気候変動をめぐる行動は他の問題解決に役立ち現状の改善にもつながると人々に示すことができれば、ネットゼロに必要な政治的動員を達成する見込みはある。

そうした中、2020年にコロナ禍が発生し、エネルギーの未来に大きな疑問が投げかけられた。2020~21年に我々が経験しているのはいずれ消え去る一時的な異常音のようなもので、その後には以前の行動に回帰することができるのか。はたまたこれは現状に生じた重大な断絶の前触れで、政治や経済のこれまでのやり方は続けられなくなるのだろうか。「より良い状態への復興(Build Back Better)」という考えは人々の支持を集めることができる。そのためには不平等のような問題に取り組む必要がある。たとえば、フランスの黄色いベスト運動のような集団による反発と抵抗は、不平等の是正に取り組まずして気候変動危機に対処することはできない点を示している。

グローバルに拡大したコロナ禍への対応にも同様の教訓が見て取れる。いくつかの先進国では社会的な不平等や社会的保護の不足、またガバナンスの非効率によって、コロナ危機が不必要に悪化してしまった。反対に中国や韓国、台湾、日本、オーストラリア、ドイツ、ニュージーランドは、これまでのところコロナ禍への対応で最も成果を上げている国々である。これらの

国々も完璧ではないが、それでも国家がこの種の複合的課題に大変うまく対処できることを全体的に示している。鍵となる問題の一つは、指導者が国民感情に通じているとともに、彼らの注目と支持を集めているかどうかだ。経済と社会の新しいあり方は、我々の生活様式がコロナ禍それ自体と我々の対応によっていかに変化するかにかかっているために、コロナ禍の今後の展開が将来のエネルギー需要を理解する鍵となるであろう。

おそらく何らかの変化は起こるはずだ。たとえば我々はみな家で仕事をする量が格段に増え、移動が少なくなるかもしれない。休暇の旅行もある程度は抑えるかもしれない。だが根本的な変化は起こるのだろうか。この点になると先はまだまだ見通せない。エネルギー需要の近年の変化について詳しく検討すると、アメリカのシェールガス革命によって市場の構造が全面的に変化し始めていた2013年でも、需要と供給は依然として危うい均衡を保っていた。それが供給の急増によって、克服することの非常に難しい弱点がエネルギー市場にもたらされ、ついにはコロナ禍初期におけるサウジアラビアとロシアの原油価格戦争へと帰着した。しかし結局、両国とも損をする状況のため、お互いに手を引かざるをえなかった。

より多角的なエネルギーミックスに転換すべきことは誰もがみな分かっている。しかし我々の見るところ、再生可能エネルギーへの移行がさほど容易ではないために、化石燃料への依存は今後も長きにわたり続くだろう。それゆえ具体的な目標を掲げることは有益だし、いくつかのエネルギー転換は1970年代のフランスが原子力発電に重心を移したように早期に実現されるだろうが、必要なのはこうした動きを地球規模で我々の経済および社会にあまねく行き渡らせることである。経済の多角化に成功した産油国としてノルウェーがしばしば引き合いに出されるが、人口は少なく人々のまとまりがよいという同国の特質ゆえに、見習うべき事例であるとは必ずしもいえない。

主要産油国は変化の必要性をおおむねよく認識している。石油企業もエネルギー転換に取り掛からねばならないことを認識しているが、これには何十年と彼らの経営を支えてきたビジネスモデルの根本的再編が求められる。ただし成し遂げるのは不可能ではない。たとえばデンマークの電力会社オーステッド(旧ドン・エナジー)のように、化石燃料から再生可能エネルギーへの完全移行に成功した例もある。だがこれを達成するには、ビジネスモデルの変革を真剣に想定しなければならない。幸いにも「空」シナリオによれば、エネルギー転換には再生可能エネルギーだけでなく電化やCO2隔離など多くの方法がありうる。我々は転換というトンネルに入ろうとしているが、全員がうまく通過できそうにはない。このネットゼロ経済への移行を生き残れない企業やビジネスモデルが出てくる一方、生き残る

どころか新しいチャンスに恵まれて繁栄するものもあるだろう。

要するに「山」と「海」、二つのシナリオが発表されてから、実に多くの変化が生じたのである。コロナ禍、エネルギー転換、そしてシェルによる3つのシナリオのいずれを考えるにせよ、その大部分は我々が保健・経済・気候変動にまたがる現在の危機からいかに抜け出すと決断するかにかかっている。政府の短期的なアプローチではエネルギー転換がますます遅れることになりそうだ。代わりに、もし政府がグリーン・ニューディールやより良い状態への復興といった構想を真剣に受け止めるならば、我々のエネルギー転換はより速く、より一貫して進み、それは格差の縮小や他の社会経済的問題への対処にもつながるだろう。

今回のコロナ禍がもたらした主たる教訓の一つは、レジリエンスの決定的な重要性である。この概念は効率や短期的価値の最大化、また「ジャストインタイム」生産方式といった経済上の一般通念とは相容れない。レジリエンスへの投資とはすなわち、何らかの衝撃に際し、経済・社会・制度がそれを吸収して形を保っていられるよう、経済の構造全体を作り上げることを指す。たとえば、ドイツがコロナ禍の第一波を他国よりうまく乗り切った理由の一つは、彼らの医療制度に余力があったからだ。しかし短期的な効率を求めるあまり、すべてを必要最小限まで切り詰めてしまうと、危機への脆弱性は高まり、もがき苦しむことになる。

ジョセフ・スティグリッツやマリアナ・マッツカートといった経済学者は、こうしたレジリエンスをめぐる重要な教訓について論じている。不平等も彼らの議論の中では大きく扱われている。成長を取り戻すことに集中するのなら、不平等という問題は短期的にはさほど重要でないと見なされてきた節がある。だがそれでは社会は根本的に大変脆い状態となる。そうならぬよう、経済的な効率重視のアプローチなら最小化しようとするはずのレジリエンスの構築に、我々は投資する必要がある。

検討すべきもう一つの要因は、世界秩序における摩擦と軋轢の増大であり、その一例は米中の地政学および経済対立である。技術をめぐるリーダーシップは特に重要であり、この領域で両国の直接的な競争が始まっている。

ここで出席者から、シナリオプランニングや未来学には批判されやすい解釈上のジレンマがあるように思われる、とのコメントが寄せられた。一方では客観性が求められるが、他方では未来を想像するという行為に関わることで何が可能かを決定してしまう、というジレンマだ。

コン氏によれば、シナリオは予測や予想とは異なり、何が可能で何が起こりうるかを提示するものだ。シナリオには誠実さとともに、厳格な論理に基づくことが求められる。そして未来を描き出すことで、何がなされるべきかを明らかにするのであ

る。コン氏はこの点をネットゼロへの道のりを例に説明した。我々は今世紀のどこかの時点でネットゼロ排出を達成しなければならない。シェルの「空」シナリオは2070年までの達成を想定しているが、より積極的な行動を通じてこの期限を早めることは可能である。しかし重要なのは、今日の状況ならびにエネルギー消費の増大をめぐる我々の認識を前提にすると、人類にとって安全な範囲に環境を安定させるには、今世紀の残された時間の中でネットゼロより踏み込んだカーボンネガティブを実現しなければならないという点である。これに関する議論はまだ足りないが、我々はCO<sub>2</sub>の排出を抑えるのみならず、温室効果ガスを大気中から大規模に取り除く必要がある。これは可能な話ではあるが、容易ではないだろう。

続いて、世界の平均気温上昇を産業革命前と比べて2°Cよりも低く抑える必要性について質問があった。この目標を達成し損ねた場合、我々にはどんな世界が待っているのか。またそうした事態を期して、どういった対応策を準備しておけばよいだろうか。

これは多くの人が必要死に取り組んでいる問題である。気温上昇をたった2.5°Cに抑えるだけでも、大規模なエネルギー転換が必要となる。もしこのレベルで止めるなら、これまで通りの道のりと比べれば改善かもしれないが依然として不十分であり、環境には重大な影響が及ぶだろう。

事実、我々が今越えたばかりの1°Cの気温上昇でも世界にはすでに重大な影響が及んでいる。たとえば最近、ニューヨークタイムズ紙はいわゆる環境移民に関する記事を3回にわたり連載した。これは大きな、しかし政治的にデリケートな問題である。我々シェルのシナリオでも気候変動に起因する人口移動に言及している。

この問題の一例は、シリアの紛争かもしれない。長引く干ばつのために大量の人々が都市に押し寄せた。統治上の問題を抱えるシリアの現状では、気候変動は乾いた火口に置かれたマッチのようなものだった。我々は今、多年にわたる内戦、地域の不安定化、そして故国を離れる大量の難民を目の当たりにしている。こうした現象が地球温暖化の進展に伴っていつそう拡大したらどうなるか、ただ想像してみればよい。それゆえ非常に重要となるのが、気候変動はすでに起こっており、その程度は深刻で、もし我々が問題に気づかなければ近い将来ごく急速に幻滅するだろうと認識することである。

次に、技術に関する質問が寄せられた。近年シェールガスとシェールオイルの生産拡大によって世界のエネルギー事情には変化が見られるものの、新しい技術が大規模に展開されるには時間がかかるため、広範なエネルギー転換もすぐには実現しない。同時に、技術は経済的に無理のない価格で、なおかつ社会的に受け入れられるものでなければならない。こうした要因を

織り込んだ上で、さしあたり将来性の最も高い技術開発とは何だろうか。たとえば業界関係者の多くによると、燃料としてもエネルギーの貯蔵・運搬手段としても有望視されているのは水素のようだが。

技術の進路を予測するのは非常に難しいが、状況の深刻さを考えると、あらゆる技術が必要とされるはずだ。たとえばシェルのシナリオでは、そもそも初期の水準がきわめて低いけれども、原子力の大幅な増加さえ見込まれている。原子力に関しては、事故の可能性を想定しておくことが重要である。原子力発電能力を急速に高めつつある国で大きな原子力事故が起こったらどうなるか。蓄電技術には緩やかながら確かな進歩が見られるため、これまで同分野に注ぎ込まれた資源を考えるとブレークスルーもありえる。

全体的に見ると、部門ごとに異なるアプローチをとることが重要と考える。ある部門は他に比べて脱炭素化が容易である。たとえば、航空業界や高温工業プロセスの脱炭素化は他に比べて難しく、時間も長くなるだろう。しかし、課題の多いこうした部門でもいくらかの進展が見られる。変化が起こるときの速さを見くびってはならない。インターネット革命がいかに我々の生活を変え、多様なITの応用がいかに我々の今日なすことすべてに影響を与えてきたかを想起すればよい。

気候変動対策のために気候や地球環境それ自体を大規模に操作する、いわゆるジオエンジニアリング（気候工学）という一連の技術も生まれつつあるが、これについては極めて慎重であるべきだ。地球の基本的条件に手を入れ始めると、その帰結を見通すことはできないからである。だが少なくとも我々はこの分野で研究が始まっている点を認識しておかねばならない。

続いて、シェルの「空」シナリオでは二酸化炭素以外の温室効果ガスも検討されているのかという質問があった。

コン氏は検討されていると答えた。シェルのシナリオチームは、世界の排出状況の複雑性や異なる排出経路それぞれに特有の温暖化の範囲を理解するために、MITの気候科学の専門家たちと継続的に共同研究を行っている。たとえばメタンの排出は非常に深刻な問題だ。メタンはシェール資源の生産からだけでなく、地球温暖化および北極のツンドラの解凍に伴うフィードバック効果を通じて排出される。コンクリートの製造も温室効果ガスの主要排出源の一つである。そのため人間の活動から様々な温室効果ガスが大気中に放出される経路は多様かつ複雑で、介入すべき領域も実に幅広いということになる。

次の質問は、コン氏が7年前の報告で言及した二つの対応策、すなわち「臨機応変 (Room to Maneuver)」と「改革の行き詰まり (Trapped Transition)」に関してである。シェルのチームは今もこれらの対応策を検討しているか。そうだとす

れば、この7年間の気候変動をめぐる各国の取組みはどのように反映されているだろうか。

コン氏の説明によれば、「山」と「海」という二つのシナリオは「臨機応変」に対応する政府と「改革に行き詰ま」った政府をそれぞれ想定したものだ。いわゆる中所得国の畏が、起こりうる問題として注目すべきものの一つだった。中国のような中所得国はこれまで経済発展にかなりの成功を取ってきたが、彼らが中所得国の畏から脱け出すにはさらなる改革が必要となる。一例として、中国にはそのための野心的な計画がある。そして中国の振舞いは世界のエネルギー需要に多大な影響を与えるだろう。

大まかにいって、ほとんどの国が野心的な目標を設定するという点では上出来である。問題はパリ協定の目標をいかに達成するかだ。シェルは「空」シナリオで、炭素価格が1トン当たり最高200USドルまで上昇すると予想した。コロナ禍の中で起きていることを考えれば、国家は危機への対応に莫大な額を注ぎ込むのにやぶさかでないと思われる。目標は引き上げられたかもしれないが、我々はその高みに達する手段を確かに持っている。

最後の質問は、石油需要のピークをめぐるものだった。最近になってBPは、世界の石油需要がピークを迎えつつある、あるいはすでにピークを過ぎてさえている可能性を提起した。今後

の石油需要についてシェルはどのように見ているか。この点に関連して、ヨーロッパの石油企業のいくつかはカーボンニュートラルに向けた計画を発表している一方、アメリカの石油企業のいくつかは彼らよりもそうした目標を掲げることに消極的である。この違いは何によって説明できるだろうか。

石油需要の今後について、BPや他の石油企業の見通しにコメントを加える立場にはない。シェルに関していえば、2019年の我々はこれまでの「山」「海」「空」を改定するための研究を大きく進めており、2020年の第2四半期には新たなシナリオを発表する予定であった。ところがコロナ禍の発生により、我々はCOVID-19がエネルギー転換に与える影響を盛り込む必要があると認識した。この点を踏まえた新シナリオは、2021年第1四半期に発表されるだろう。

シェルのシナリオチームは気候科学者と幅広く連携している。我々の考えでは、エネルギー転換を回避することはできない。だがそうした転換のスピードを左右する選択をどう行うのか。エネルギー転換の一翼を担わなければならない、というのが我々の立場である。かつて我々は、石油の需要は2020年代、おそらく2025年頃にピークを迎えると考えていた。COVID-19がそうした趨勢を遅らせるか早めるかは我々の選択にかかっている。最終的に、正しい選択を下すか否かは我々次第なのである。

(翻訳：藤山一樹)



## グローバルな文脈での日本

### アップデート エネルギーの未来

2020年12月

#### 報告者

- ・田中伸男（笹川平和財団特別顧問）
- ・チャー・オン・コン（シェル主任政治アナリスト・シナリオチーム上席メンバー）

#### ディレクター

- ・田所昌幸（慶應義塾大学法学部教授）
- ・デイヴィッド・ウェルチ（ウォータールー大学バルシリー国際関係大学院教授）

#### アシスタント

- ・アラディン・ディアクン（Crisis Century）
- ・藤山一樹（京都大学特別研究員）
- ・李承赫（東北学院大学准教授）



### 田中伸男

笹川平和財団特別顧問（元会長）、「Innovation for Cool Earth Forum (ICEF)」運営委員長。2007 から 2011 年まで国際エネルギー機関 (IEA) 事務局長を務めた。その間、中国やインドら非加盟のエネルギー消費大国との連携強化に中心的な役割を果たし、2011 年 6 月には加盟国による石油備蓄の共同放出を主導した。1973 年の通商産業省入省以来、通商政策局通商機構部長をはじめ要職を歴任、また在米日本大使館公使として日米の二国間貿易問題に深く関与した。二度にわたり、経済協力開発機構 (OECD) 科学技術産業局長も務めた。



### チョー・オン・コン

シェル主任政治アナリスト、同社シナリオチーム上席メンバー。シェルで四半世紀以上にわたり各国の分析における政治情勢や政治リスクの提言、また外部環境の評価を行ってきた。これまで世界中の国際機関や政府、大学、企業のシナリオプロジェクトに参加してきた。オクスフォード大学サイード・ビジネススクールのアソシエイト・フェロー、王立国際問題研究所 (チャタム・ハウス) 客員研究員も務めている。

REEXAMINING  
JAPAN IN  
GLOBAL  
CONTEXT  
国際研究プロジェクト  
グローバルな文脈での日本  
SUNTORY FOUNDATION

国際研究プロジェクト「グローバルな文脈での日本」は、研究者や実務家が政策を意識しながら日本の社会学的研究を進める海外ネットワーク Japan Futures Initiative と提携しております。詳細はホームページをご覧ください▼  
<https://uwaterloo.ca/japan-futures-initiative/>



JAPAN FUTURES INITIATIVE  
日本の未来プロジェクト  
Hosted by the University of Waterloo・ウオータールー大学主催