

## 新たなエネルギー情勢と日本への示唆

日本エネルギー経済研究所 常務理事  
計量分析ユニット担任 山下 ゆかり

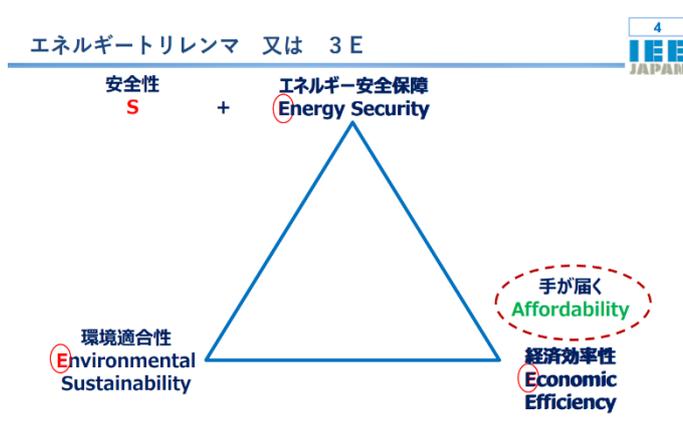
### 始めに

日本のエネルギー政策については今年が第7次の新しいエネルギー基本計画を作る年度になっています。本日は国際的な情勢がどの様になっているかを説明したうえで、エネルギー基本計画の策定について背景として頭に入れておくと思われ易くなると思われる事柄について説明したいと思います。

### ○ 二度の石油危機後はエネルギーの多様性確保

皆さんは第一次石油ショック、第二次石油ショックも記憶に新しい方々だと思いますが、これは石油をもっと使う方向に進んでいた所に物理的に石油が手に入らないという事態が生じたものです。そのため、エネルギー政策の対応としてはエネルギー源の多様化やエネルギーの供給元の多様化を図ってきました。石油一辺倒になりつつあったものを石炭を輸入をしてでも石炭火力として使う、あるいは液化天然ガス(LNG)を海外から輸入して使う、原子力も日本の技術なので使うといったように、新たにこの3つを入れて多様化を進めてきました。この後、福島事故があり、安全のために一時的に止めてチェックをして新しい安全規制の下で再稼働してゆくことになりました。原油価格は石油危機の後も一旦は上がりましたが、最近は落ち着いているという状況です。

### ○ エネルギートリレンマ S + 3E



日本のエネルギー政策の根幹は安全性(S)を第一にして以下に述べる3Eを整えることが基本です(S+3E) ①エネルギー安全保障(Energy Security)、日本はエネルギーの9割以上を海外に依存しているためエネルギー安全保障が第一に考えるべき重要要素です。②環境適合性(Environmental Sustainability)、パリ協定以降世界的にベースとして考えなければならない気候変動問題への対策です。③経済効率性(Economic Efficiency)、海外ではAffordability(手に入る価格で)ということが

多いですが、3つ目は経済性の確保です。

### ○ 責任ある投資

気候変動対策が重要であるということは特にこの10年くらい言われてきたことですが、「責任ある投資」原則では企業が投資をするときに気候問題に配慮した選択をしなければならない。ESG投資では環境・社会・統治に配慮する。そのような正しい選択をする企業に投資をするとして、機関投資家や金融機関が基準を設けて投資をする動きが活発化していました。気候変動対策一辺倒、3つのEの中の1つのEだけが強調される状況が続いていました。

### ○ 欧米に対しても3つのEが重要

ウクライナでロシアの侵攻が始まってロシアへの経済制裁として先進諸国がロシアからエネルギーは買わない決断をしましたが、その影響を強く受けたのがEU諸国でした。エネルギー安全保障のことを忘れていたわけではありませんが、EU諸国のエネルギーのロシアへの依存度は非常に大きかったので、彼らは困りました。しかも、その前から電力の供給が安定しないという問題があり、天然ガスへのニーズが一時的に非常に高まることで価格が上がっていました。加えて、ウクライナ侵攻でロシアからパイプラインガスを買っていたEU諸国があちこちから代替の天然ガスを買いはじめたことから、2021年終わりから2022年の初めにかけて世界中のガス価格が上昇したのです。ガスの供給不足でエ

エネルギー安全保障の重要性を再認識したうえで、世界的な化石燃料と電力価格の高騰でインフレが市民生活を襲ったため、手が届くエネルギー価格が確保できない問題も一挙に表面化して、欧米においても3つのEが重要であると新たに認識されたのです。

### ○ 各国は複数の課題に直面(2021年～2022年前半)

2021年を通して色々な事が起こっていました。

- ・ コロナ過が続き景気回復に遅れ
- ・ 気候変動問題への対応の必要性は変わらず基本
- ： グラスゴーで開催のCOP26前後にカーボンニュートラルに向けた連合が相次いで成立（金融、企業等）
- ・ 2021年は年初から各国で再エネ電力不足や天候不順等の複数の原因による電力の供給不足が発生
- ： 2月にテキサス州に寒波。風力発電が動かなくガスが供給できず輪番停電に
- ： 秋から冬にかけて欧州のイギリス、スペイン、ドイツで風が吹かず、風力発電が不足したことで、天然ガスを燃やして足りない電力を供給する必要性が生じて、欧州のスポット市場が高騰、その影響はアジアにも及んだ。
- ・ 2022年2月ロシアのウクライナ侵攻で原油及びガス価格が急騰。石炭・電力価格も高騰
- ： 欧州をはじめとするガス供給不足の顕在化と原子力、石炭への回帰
- ： ウクライナ問題と主要国によるロシア経済制裁の影響
- ・ 6月の猛暑（欧州西部、日本）と電力供給不足

### ○ G7各国の一次エネルギー自給率とロシアへの依存度

欧州はドイツを筆頭に石油、天然ガス、石炭のロシアに対する依存度が大変大きく、ドイツの場合は石油：34%、天然ガス：43%、石炭：48%もあるので供給停止になった場合の他国への影響度は非常に大きかったと言えます。彼らは気候変動対策として従来から発電用エネルギーを化石燃料（特に石炭）から再エネに変更しようとしていました。加えてウクライナ侵攻後の経済制裁ではロシアからのパイプラインによる天然ガス供給を大きく減らすことになりました。天然ガスは移行期のエネルギーとして必要だったので当然他から購入する、そこでLNGをアメリカから購入しました。そこでアメリカからの輸出量が欧州に向けられることになりアジア向けが減ってしまいました。

日本は各国と長期的輸入契約を結んでいるので欧州程の大きな影響を受けませんでしたが、アジアの途上国は影響を受けました。これらの国々では気候変動対応として石炭から天然ガスにかえてCO<sub>2</sub>排出量を抑えようと計画していましたが天然ガスが手に入りにくくなったのです。

### ○ G7各国インフレーション

ここで2021年～22年のG7各国のインフレ率を見てみましょう。エネルギーのインフレ率はイタリアと英国で高いのですが、英国ではそれ以外の価格の上昇も激しく影響が大きかったようです。

それに比べて日本は落ち着いて見えますがエネルギー価格が安定しているからです。これは先ほども触れた通り、日本が各国からLNGを長期契約で調達しているのが大きな要因だと思います。

エネルギー安全保障で大切なのは供給と需要のバランスです。このバランスはギリギリではいけません。例えば電力で言えば、異常気象により突然の豪雨や台風で電力が足りなくなることがありますので、供給の予備力を持っている事が大事です。従って十分な供給力や供給余力を確保するために適

G7各国の一次エネルギー自給率とロシアへの依存度

- G7のうち、わが国の一次エネルギー自給率は最も低い状況。
- ロシアへのエネルギー依存度については、各国により状況が異なるが、特にドイツやイタリアはロシアへの依存度が高い。

国名	一次エネルギー自給率 (2020年)	ロシアへの依存度 (輸入額に占めるロシアの割合) (2020年)		
		石油	天然ガス	石炭
日本	11% (石油:0% ガス:3% 石炭:0%)	4% (シェア5位)	9% (シェア7位)	11% (シェア7位)
米国	106% (石油:103% ガス:110% 石炭:115%)	1%	0%	0%
カナダ	179% (石油:276% ガス:13% 石炭:232%)	0%	0%	0%
英国	75% (石油:101% ガス:53% 石炭:20%)	11% (シェア3位)	5% (シェア4位)	36% (シェア1位)
フランス	55% (石油:1% ガス:0% 石炭:5%)	0%	27% (シェア2位)	29% (シェア2位)
ドイツ	35% (石油:3% ガス:5% 石炭:54%)	34% (シェア1位)	43% (シェア1位)	48% (シェア1位)
イタリア	25% (石油:13% ガス:6% 石炭:0%)	11% (シェア4位)	31% (シェア1位)	56% (シェア1位)

出所：産業技術環境局・資源エネルギー庁

切な投資をしなければならないという認識が非常に強まりました。

これまでは安定供給と言えば化石燃料（特に石油）しか考えなかったのですが、これからは電力も安定供給を確保しないといけないという認識が深まりました。

仏では実はウクライナ侵攻前に原子力発電の依存度を減らすという政策をやめています。マクロン大統領はロシアのウクライナ侵攻前の 2023 年 2 月 10 日に新たな原子力政策を発表しました。まずは 6 基、必要であれば 8 基の新設をすると発表したのです。フランスにおいて再エネ 100%で電力を賄うことは経済的にあり得ないというコスト計算の結果から、原子力を増やす結論に達したとの事です。

また、「EU タクソノミー」という環境上の持続可能性を満たす真にクリーンな事業に正しく投資が行われるよう、様々な技術を持続性の有無で定義づけるという枠組制度において、当初クリーンエネルギーとして入ってはいなかった原子力を、フランスによる強い働きかけで最終的に入るよう位置づけました。福島原発事故以降は国際的にも各国が過度に原子力の利用を避けようとしていましたが、エネルギー安全保障の確保、ネットゼロに向けた多様性の確保の観点から原子力の重要性を認める動きが始まりました。

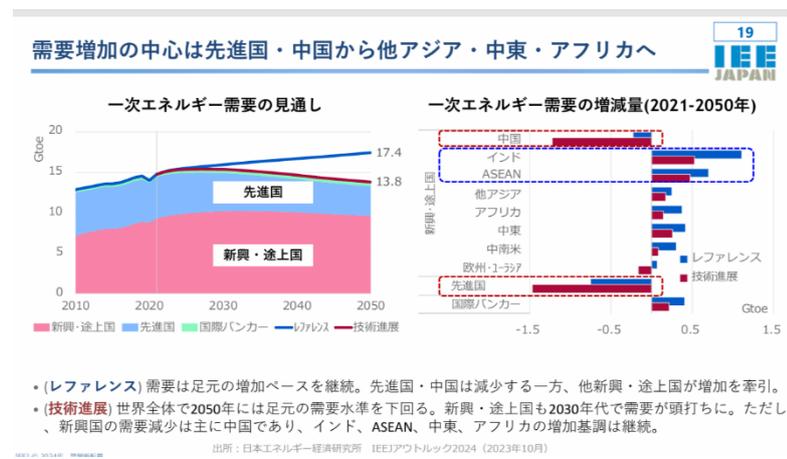
### ○ 中東情勢の緊迫化

日本はほぼすべてのエネルギー源を輸入しています。特に石油は中東からの輸入量が多いのですが、その中東で今様々なことが起こっています。石油貿易では通過時のリスクが高いチョークポイントがいくつかあります。日本はホルムズ海峡、マラッカ海峡、などを通して石油を輸入しているのでチョークポイント比率は一番高く、その中東依存度も石油危機の後一番低い時（1987年）で67.9%まで下がりましたが、今は確か 94%位になっていると思います。そのため、日本は中東情勢について気にする必要があります。

### ○ 2030年以降の加速が必要

気候変動は重要であるという中で、各国がどこまで地球温暖化ガス（GHG）の削減をやっているかチェックしたいと思います。IPCCの第6次報告書に入っている図ですが、各国が提出している2030年目標を全て積み上げると足元から比べると少し減るくらいです。2050年までにネットゼロにするのに比べるとまだ相当高い位置にあり2030年以降相当頑張らないと達成できません。背景として考えられることの一つに発展途上国における今後の人口の伸びが挙げられます。2019年に総人口77億人だったのが2050年には97億人になるのが国連の見通しです。足元で10億人がまだエネルギーへのアクセスがないとも言われており、今後合わせて30億人の人々にエネルギーを届けつつ、脱炭素化する必要があります。このような理由で削減が緩やかになってしまいます。

### ○ エネルギー増加は先進国、中国からインド、中東、アフリカへ



19図は日本エネルギー経済研究所から毎年出している見通しのレファレンスシナリオと技術進展シナリオです。この2つで見た時に、先進国や中国では既にエネルギー消費量の削減は始まっていますが、途上国、新興国では2040年までは増えます。その中で中心になるのがインド、ASEAN、アフリカ、さらに中東、中南米と続きます。これから経済が成長したり人口が増える国々ではエネルギー消費が増えていく

可能性が非常に強いと思われます。

そんな中でどのようなエネルギーから二酸化炭素が排出されているかですが、電力については脱炭素化のオプションが色々あります。非電力と言われる例えば鉄、セメント、化学製品を作るところでは熱が必要ですが、熱需要をどうして脱炭素化をするか今の技術では難しい所です。交通部門、船舶や飛行機、自動車もEV化されてくればその電力が脱炭素化されてくれば可能性はありますが、運輸部

門と製造業でまだまだ技術開発もコストダウンが必要なために電力に比べると時間が掛ってしまうのです。CO<sub>2</sub>排出量については技術進展シナリオとレファレンスシナリオの両方で下げて行きますが、これは先進国が担い手の中心になります。今後 2050 年迄を見た時に残ってしまう CO<sub>2</sub>排出量は圧倒的に新興国に残ってしまうことになり、先進国であっても非電力部門からの排出量が残っている可能性があります。これをどうするかというのが求められている重要な技術開発の目標になります。

### ○ 2050 年カーボンニュートラルへのアプローチ

2050 年カーボンニュートラルを各国が宣言しましたが、その方法は後から考えるようで、まだまだ各国がどうやって達成するか見えない状況です。但し、大まかにはどこの国もアプローチは同じです。

まずは、ある活動をするために必要なエネルギーはなるべく少ない量で済みます。つまり省エネをする。次になるべく電力を使う。ゼロエミッション電源になるべくシフトしその電力を使う。つまりエネルギー消費の中で電力の占める割合をなるべく増やしてゆくのが次のアプローチです。どうしても化石燃料利用が残ってしまう製造業や運輸部門はそこで使っている化石燃料から CO<sub>2</sub>を出さないように脱炭素化したり、出た CO<sub>2</sub>は纏めて地中に埋める CCS をする。どうしても残る CO<sub>2</sub>はこれまでに大気中に残っている CO<sub>2</sub>を取ってきて埋める DACCS (DAC:大気中から直接 CO<sub>2</sub>を取る)技術を使う。そして全体的にカーボンニュートラルに持ってゆく作戦です。

日本が今出している 2030 年までのエネルギー基本計画の目標を見てみると、計画よりも原子力が使えてないのでエネルギー自給率が悪く、目標に達していませんが、それ以外は概ね順調に見えます。特に再エネは最初の目標の 22-24%は既に達成していて新しい目標に向かって順調に進んでいます。しかし先程指摘したように、2030 年以降もっと深堀りの必要があり、現在の 2030 年目標を達成する見込みであっても安心はできません。

### ○ G7 各国における 2030 年の電源計画

そもそも日本の目標を他の国の掲げる目標と比較すると、世界的に知られた脱炭素化の国ドイツの再エネの割合は 80%です。イギリスも 95%を低炭素化と言っており、実際に石炭火力は 0 になっています。カナダ、ノルウェーなど水力発電の多い国も再エネが多いので 90%を示しています。比べて日本は再エネもさほど無く、原子力も再稼働を待っていて停滞しています。再エネ+原子力では

	2030年電源構成目標			備考
	再エネ	原子力	火力	
日本	36~38%	20~22%	41%	日本は、第6次エネルギー基本計画において、2030年度の電源構成目標を示し、2021年10月に閣議決定。
米国	2035年に電源脱炭素化(内訳なし)			米国は、2030年の電源構成目標は定めていない。他方、2021年に提出したNDCにおいて、2035年までに電力部門の100%を脱炭素化するとの目標を示している。
英国	95%を低炭素化			2030年までに電力の95%を低炭素化するという。英国は、エネルギー安全保障戦略において、2050年までに原子力発電比率を25%に引き上げる目標を発表。
フランス	内訳なし			仏国は、2030年の電源構成目標は定めていない。原子力については、2050年までに最新の原子力炉を建設、さらに8基の建設に向けた検討を開始する方針を発表。
ドイツ	80%	0%	20%*	ドイツは、2023年の再エネ法改正により、2030年の再エネ目標を65%から80%まで増加。
イタリア	72%	0%	28%*	イタリアは、2022年に環境・エネルギー政策の統合的枠組みを示す「エネルギー転換計画(PEI)」を公開。電源構成の再エネ比率について、2030年までに72%とする目標を発表。
カナダ	90%	10%*		カナダは、気候変動に関する目標の達成に向け、2022年に「2030気候変動対策計画」を公開し、2030年までに電源構成の90%を脱炭素電源化する目標を発表。

出所：エネルギー基本政策分科会資源エネルギー庁資料「今後のエネルギー政策について」（2023年6月28日）

50%を超えますが、火力が未だ 40%もあり他の国とそもそも掲げる目標に違いがあります。しかし実際にはどこの国もこれからやらなければならないことが多くあります。火力は減らす必要がありますが、足元では結構な量の火力を使っています。ドイツは石炭への依存度が 33%、天然ガスが 15%なので 50%近く化石燃料を使っています。新興国は石炭を多く使っているのだからまずは天然ガスに変えてそれから水素に変えていくことを計画していますが、未だ天然ガスへの移行が進んでいません。

炭素中立に向かっていく手前の移行期としてまずは天然ガス、次に天然ガスを水素に変えて行く夢を描いていますが、天然ガスへの移行が中々進んでいません。何処の国もまだまだ課題を抱えています。

### ○ COP28 UAE ドバイで開催

2021 年グラスゴー、22 年のエジプトに次いで昨年 11 月にアラブ首長国連邦のドバイで COP28（第 28 回国連気候変動枠組み条約締約国会議）が開催されました。資源国で開催された COP としてどんな結果が出せるか注目されました。今回はグローバルストックテイク（GST）と言って各国が出した 2030 年目標に対して、進捗状況を確認することが必要で、その結果、GHG 削減の傾きが少しでこれから深堀りも必要になる事が認識されて、今後 2035 年に向けてもっと高い目標を設定しなければ

らない事が認識されました。今年の COP はアゼルバイジャンで開催されます。アゼルバイジャンは中央アジアの資源国で、ガスが沢山出る資源国がホスト国になる 2 回目の COP の開催となります。

#### ○ グローバルストックテイクに関する決定文書

2030 年までの目標は大分甘いことがわかりましたが、COP28 では 1 つ目の数値目標として地球温暖化を 1.5℃に抑えるには CO<sub>2</sub>を世界全体で 2030 年までに 43%、2035 年までに 60%削減するという目標を掲げました。また、2 つ目として再エネ電源の設備容量を 2030 年までに 3 倍に、3 つ目として省エネの改善比率を倍増にすることが謳われました。

日本や新興国にとって重要だったのは、「公正で秩序ある衡平な形での化石燃料からの移行を進める」Just Transition と言われますが、このことが認められて、欧州が出来るから再エネ中心での削減をするのではなくそれぞれの国の事情に応じて別の道筋で削減する道を選ぶことで、欧州とは別の道でゆっくり削減したりすることへの理解が共有されました。

#### ○ 電力供給不測の懸念

今後エネルギー利用の電化を進める中で、日本でも電力供給不足の懸念があります。最大の問題は 2016 年度の小売り全面自由化以降、電力の供給量が徐々に落ちていることです。特に火力が減っています。再エネ導入拡大と共に、届出制となった発電事業への参入は増加し、発電事業者数は 2016 年度の 495 社から 2022 年度には 814 社へ増えました。新しく参入する電力事業者は再エネを持って参入する一方で、火力発電の供給量は減ってしまっているというのは日本だけではなく、世界中で見られる現象です。火力発電の廃止の実績(2017~2021 年)としては 2,100 万 kW あまりの設備が廃止されましたし、今後 2026 年までに 2,600 万 kW 超が廃止されてゆく見通しとなっています。今後は石炭より LNG 火力の廃止が多くなります。もう一つの問題は動いていても再エネが充分発電しているときは火力による発電は減らさなければなりませんので設備利用率が下がる悩みがあり効率が悪くなります。この様に変動する再エネ発電に対して相性が良い火力発電がどのようにして維持できるかが課題となっています。

#### ○ 今後の電源供給量の確保

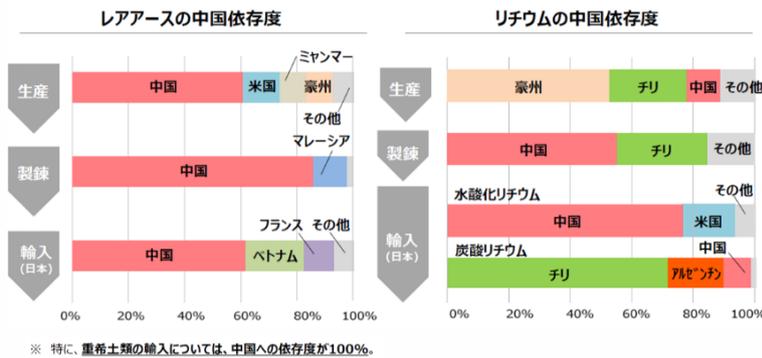
一番大事なのは構造的対策です。何かあった時にどうするか、予備電源をどのようにして確保するのか、長期的に必要なベースロード電源をどのようにして確保するのか、発電しすぎた電力をどう貯めておくか、例えば揚水発電があります。電源を増やすためには地域間の送電線の整備が必要です。構造的対策が必要です。足りないときに買ってくる卸電力市場だけでなく、あらかじめ確保しておく容量市場も作られています。オークションで発電業者から購入する仕組みも作りました。また、長期に電源を確保するために新しく投資をする時にそれに対してお金を付けて行く長期脱炭素電源オークションも今年 1 月から始まりました。

#### ○ 日本は太陽光発電の導入量はトップレベル

平地面積あたりの太陽光設備容量はドイツの 2 倍以上あります。国土面積当たり容量もドイツに勝っていますが、日本の方が山地が多いので、日本は頑張っていると言えます。但し太陽光に偏っているのが悩ましい所です。日本の太陽光設備容量は毎年増えています、増加率は下がっています。従って最近政府は風力発電を造るよう後押しをしています。日本は今後再エネをどのように増やすかが課題となっています。再エネ供給適地は限られており、北海道や九州、四国です。また、国内の連携性を確保のために、本州、北海道間の送電線の強化が計画されています。

#### ○ クリティカルマテリアルの特定国への依存

電力を使えば使う程必要なマテリアルと資源があります。特に再エネ電力を使う程必要な資源がある事が分かってきました。それはリチウム、コバルト、ニッケルなどで、蓄電池やモーターなどに使われます。しかし、これらのマテリアルは世界中のどこにでもあるものではないので問題になっているのです。また精錬・加工するの必要があり、精錬所は中国に偏って存在するため、経済安全保障の観点から重大な課題だと認識されています。2050 年までの長期の間の需要量を試算して埋蔵量(リサイクルする量も埋蔵量に含む)と比べてみると、需要が多くて足りなくなる可能性の有る物はニッケルとコバルトです。2030 年までに瞬間でも足りなくなる可能性の有るものとしてはコバルト(蓄電池)、リチウ



出所：エネルギー基本政策分科会資源エネルギー庁資料「今後のエネルギー政策について」（2023年6月28日）

ム(蓄電池)、ジスプロシウム(風力)、ネオジム(風力)があります。これらは中国で多く精錬されているので心配の種です。リチウムはこれまで世界で水酸化リチウムとして中国から 60%輸入しているので輸入先を分散化しようと、日本は炭酸リチウムとしてチリやアルゼンチンなどから輸入し始めています。こうしたクリティカルマテリアルはどこで取れるのかだけでなくどこに

精製能力があるのが重要で先進国は 1980 年代に手放してしまっています。特にアメリカは環境規制が厳しく多くを手放しました。今後は加えてリサイクル技術の向上や代替品を使う方向に進むことも重要です。

○ 原子力は利用期間の延長や新增設が必要

もう一つのクリーンエネルギーの原子力ですが、日本では昨年、40 年と定められる寿命に再稼働にむけて止まっていた期間を加えて稼働が出来るように決定しました。現在まだ安全審査の申請をしていない原子炉も数えると 2030 年で原子力発電所は 36 基ありますので 20~23%シェアは何とか達成できるかもしれませんが、今後徐々に 40 年あるいは延長申請して 60 年の寿命を迎えて 2050 年では 23 基、2060 年では 8 基まで減ってしまいます。日本では岸田総理が 2022 年に再稼働を急ぎ、新增設の検討をするようにと一歩踏み込んだ発言をしました。今後クリーン電源として再エネに対してベースロードを供給するものとして原子力を考えているならば新增設を考える必要があります。これは次の原子力の議論の焦点になります。既に述べたように、世界的に原子力が再び注目される背景にはフランスが最大 14 基の新增設を宣言したことや、韓国も新政権になって脱原発をやめるなどの動きがありました。1980 年に脱原発を決めたスウェーデンも経済性の観点からその後政策を転換し、新設について検討しています。また他の国でも検討する国が続々と出ているので後押しになっています。

○ 世界の原子力の動向：ロシア、中国製からの離脱

原子力の問題意識には戦略的な懸念もあります。現在世界で新增設を計画している原発の半分以上はロシアと中国製になっています。このまま先進国が脱原発を進めると新しい原発はロシアと中国製ばかりになってしまいます。ウクライナ侵攻の前からポーランドやバルト三国は原子力の新增設を考えていました。その理由は、既存の発電所がロシアの技術で造られていて、有事の際に電力供給をロシアによって止められてしまう可能性を恐れるからです。従って、昔からロシアの技術に頼らない発電所を造ろうと思っていました。そこでポーランドは昨年ウエスチングハウス製の原子力発電所を造り始めました。これはエネルギー安全保障の確保としてのロシア対策が大きいと思います。

○ GX 脱炭素電源法の成立

昨年原子力の寿命として設定されている 40 年に安全審査などで停止された期間を足して良いと決めた脱炭素電源法(GX)ですが、これは電源に関する 5 つの法律を束ねて整理したものです。重要な特徴の一つは再エネと原子力をクリーン電源として並べて位置付けたことだと思います。福島原発事故の後、論争は再エネか、原子力か、黒か白かばかりでした。再エネのパートナーとして原子力もありだよ。とあまり声高に言う人がいませんでしたが、今回の法改正で政府が初めて言いました。クリーン電源として原子力もありますと言えたのはこの電源法の重要なポイントだと思います。

再エネがどうしてまたここで位置付けられたかということ、増える量が段々減速している現状があります。建設適地が少なくなっている事に加えて、これはパネルの参入業者が壊れたパネルを廃棄したままにしたり、山の中の樹木を切ったまま設置せず荒廃した森が残ったままだったりする無責任な業者が出てきたので、地元の人に依る再エネの設置反対運動まで起こっているのです。今までのクリ

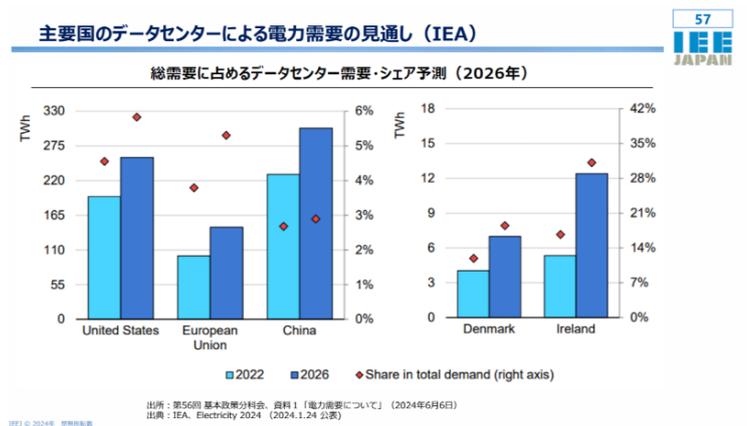
ーンなイメージからダーティーなイメージに変わりつつある現状もあり政府が乗り出して対応を含めて導入を支援する必要があると認識しました。また、これまで太陽光に偏っていたものを洋上風力にも拡大する必要があります。

### ○ 電力需給が増える懸念

なぜ政府がそこまでやるかという点、これから電力需要が増えるかもしれないという心配もあるからです。いままでエネルギー基本計画では足元の減少傾向を基に将来の電力需要は節電をベースに減らしてゆく方向でした。しかし、色んな投資を見てみると増えていくことが懸念されます。増えていく場合に今迄はこれだけの再エネで充分だと思っていたのでは足りず、さらに増やす必要が有ったり、変動する再エネだけでは電力供給が安定しないため、原子力の新增設を含めて電源をどう確保するか心配に移ってきています。

### ○ 主要国のデータセンター電源需要見通し

これは国際エネルギー機関(IEA)の見通しですが右図の左側の図は比較的大きな国のデータで、アメリカ、EU、中国でのデータセンターの 2026 年までの電力需要に占める割合を示しています。現在の 4% から 2026 年までに 6% 位まで増える予測です。右側はデータセンターのある小規模な国であるデンマーク、とアイルランドのデータで、アイルランドは 14% から 30% 近くまで大幅に伸びます。又、データセンターは 24 時間 365 日稼働なので、



このような先行している国の状況を見ると電力需要の大幅な伸びが心配になります。また AI 導入が進んでゆくと仕事の効率化が進みますが何でも AI 任せにすると効率化による電力消費の減少とは逆に電力需要が増えることも考えられます。電力広域的運営推進機関 (OCCTO) の一番新しい 2033 年までの需要見通し (2024 年 1 月) を見ると、前回 (2023 年 1 月) 迄減少傾向としていた需給見通しが増化傾向に変わっています。これはデータセンターが増えたり、半導体工場の増加で電力需要が大幅に増えるの見込んでいるからです。半導体工場が北海道や九州に増えるのは産業政策の上からだと Welcome になると思います。地域の雇用が生まれ、人が集まれば他の産業の発展にもつながります。しかし、電力のことを考えると心配なのです。

### ○ データセンターによる電力需要

データセンターが増えることで電力需要が大幅に増える事に対しては専門家の意見が「少し増える派」と「大幅に増える派」とに分かれます。これは世界の見通しでも同じです。AI が増えれば効率化が進むのでそんなに増えないだろう。一方で、テキサス州のように大幅に増えるだろうと 2 つに分かれますが、現時点の専門家の意見は大幅に増えるのかそれほど増えないのか「分からない」だそうです。日本は今後もデータセンターの建設予定が多くありますので電力需要の増加が心配ですが、増えるけれど、そこまで大幅に増えるかという点については国際的にも国内で意見が分かれます。

### ○ データセンターの脱炭素電源確保の動き

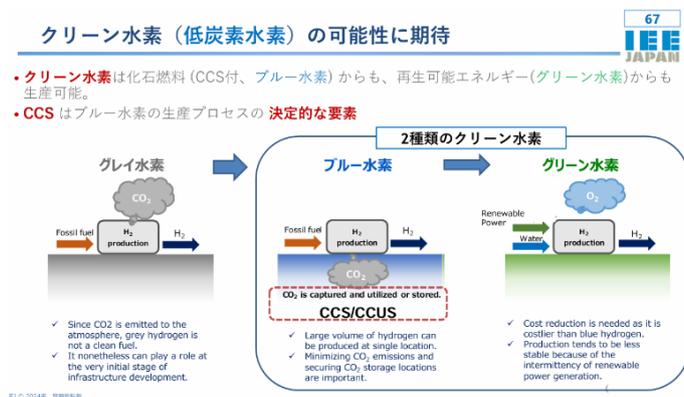
企業は自分のデータセンターはクリーンエネルギーを使えば良いとの事で引っ越していきます。例として Google 社は地熱発電のエネルギーを利用すべく 2023 年にネバダ州に引っ越ししましたし、Amazon 社はテキサス州にある原子力発電所直結のデータセンターを買収して利用しています。アメリカで SMR という小型のモジュール型原子力発電の開発が盛んに行われていますが、データセンターでの利用を視野に入れるデータ産業の後押しもあるのではないかと思います。

### ○ 非発電部門の脱炭素化の課題

Hard- to- abate 部門と言いますが、省エネをして電化して脱炭素化をしても、残ってしまう化石燃料の利用が多い部門をどうするのかは大きな課題です。最初の方で非発電部門の電化は難しいと言いま

したが、実際に将来見通しをするとエネルギー由来の CO<sub>2</sub>排出量がどこで残ってしまうのか、技術進展シナリオという、とにかく頑張るといふ日本エネルギー経済研究所の技術進展シナリオでも 2050 年には Net-Zero には届きません。残ってしまうものの結構な量は非発電部門になります。非発電部門は、鉄やセメントや化学製品などの製造業や、飛行機、船舶などの運輸部門が中心です。今ある技術の中ではバイオガス、バイオ燃料、地熱位しかなく、化石燃料に代わる代替エネルギーの選択肢が非常に少ないので将来を描くときに対応が難しい部門とされています。

## ○ クリーン水素の可能性



現在、水素やアンモニアは主に天然ガスから作っています。これまでのように特段の CO<sub>2</sub>削減手段を取らない場合はグレイ水素と呼ばれています。日本が提唱しているのは水素を作る時に元の化石燃料の生産国には CO<sub>2</sub>を埋める場所があるはずだから CCS で埋め戻して CCS 付きの水素として日本に輸出して貰えばブルー水素と呼ぶクリーンな CO<sub>2</sub>なしで作られた水素として使えるはずだというものです。（左図）水素は石炭や石油からも作れます。

実際にオーストラリアからはブラウンコールという現地で持て余している石炭からアンモニアを作り CCS をして日本へ運ぶことを実証しました。

## ○ CO<sub>2</sub>排出量の多い製鉄製造業

どうして非電力部門の排出量にこだわるかという、例えば鉄鋼業で脱炭素化をする場合、今まで石炭を使って高炉法でコークスを使っていたものの代わりに水素を使って行う方法、天然ガスによる直接還元を水素で行う方法、スクラップをなるべく活用して電炉で作る方法と 3 種類くらいありますが、この鉄の脱炭素化をきちんと行わないと日本の場合は大変なことになる。日本の CO<sub>2</sub>排出量を部門別に示すと製造業が 37%で先進国の中でも高い割合です。そして製造業のなかでも鉄鋼が 36%で一番です。高炉法で石炭に代わるものとして、あるいは、直接還元法で天然ガスに代わるものとして水素を使った粗鋼生産が重要な研究分野になっています。

## ○ 電力をためるグリーン水素

再生可能エネルギーの電力で水を電気分解して水素を作る方法があります。ヨーロッパで再エネは自然に任せて非常にたくさん発電する時と、余り発電しないときがありますが、多く発電する時の余剰電力を今は捨てています。これを貯めることが出来れば必要な時に使えますが、例えば蓄電池ではせいぜい一週間の蓄電です。もっと長い期間、季節を超えて貯める必要がある場合の有効な手段としては水素があります。そのために、ヨーロッパでは再エネから作るグリーン水素は電力をためる方法としても注目されています。日本では再エネはあまりないので、まずは化石燃料で作った水素を CCS 付きで作ってもらってブルー水素として輸入することを考えています。

## ○ 水素をアンモニアにして輸入

水素を輸入する時にいろんな方法がありますが、液化水素にする方法、あるいは科学的処理をして輸入する方法等がありますが、現時点ではアンモニアにして輸入するのが一番簡単でコストも安い方法です。アンモニアは燃料としても使えるのでアンモニアを直接輸入する方法も検討し始めました。また石炭火力も日本の技術は進んでいますがそこにアンモニアを 20%位混焼すると CO<sub>2</sub>排出量を LNG 火力並みまで落とすことができるとして技術開発を進めています。

水素は色々な作り方があり今迄は色を名前に付けて区別していましたが、そしてグリーンが良い、ブルーは良くない等とイメージ論争がありましたが、大事なものは水素がどれだけの CO<sub>2</sub>の排出を伴って作られているかということなので、色ではなく、水素 1kg 当たりの CO<sub>2</sub>排出量という炭素集約度の数字で明確に区別しようと昨年の G7 で日本が提唱し、欧米でも浸透しつつあります。石炭から作った水素でも CCS をすれば 93%回収するのでギリギリ使えます。

## ○ 苫小牧での CCS の実証実験

日本でも水素社会を推進するための法律で色々決めて助成金を出すことを始めました。水素社会推進法が今年5月に成立し水素技術を持った企業の動きが激しくなってきます。CCS事業法も水素社会推進法と同様に今年5月に成立し、日本でもこれから CCS を行うための法的枠組みが決まりました。苫小牧でデモンストレーションが終ったところですが、今後、より細かいルール策定と共に推進されることとなります。

## ○ ネガティブエミッション技術

CCSだけではなく CCUS という回収した CO<sub>2</sub>を有効利用するという技術があります。取ってきた CO<sub>2</sub>をセメントや岩石に吸着させたり合成メタン等の合成燃料を作るなど色々なやり方がありますが、CO<sub>2</sub>を取りだしてもう一度使用するので、カーボンリサイクルと呼ばれます。また大気中に既にある大昔に発生した CO<sub>2</sub>を取って CCS で地下に埋めることはネガティブに使うということでネガティブエミッションと呼ばれます。

## ○ 炭素循環経済 (Circular Carbon Economy)

今まで行ってきた省エネとか再エネ利用、水素やアンモニアなど CO<sub>2</sub>を排出しないエネルギー源への代替で大気中に発生する量を減らします。加えて、CO<sub>2</sub>を何かにくっ付けるなどして利用する Reuse や化学変化をさせて Recycle させて、それでも大気中に残っているものは Remove して地下に埋めま。イギリスのシナリオの例では、最後に残った CO<sub>2</sub>はネガティブエミッションと言って大気中にある CO<sub>2</sub>を持ってきて埋めるということで帳消しにして炭素中立にしています。最後に我々が目標としているカーボンニュートラルにするために CCS や CCUS という技術が必要になってきます。

## 終りに

カーボンニュートラル脱炭素化を目指す世界は個別の国だけで出来るものではなく協力したり連携したりしてやらなければなりません。且つその先には供給側、企業だけではなく消費者、我々一人一人が必要であると認識して、我々のアクションが炭素排出量がどのような結果になるか考えて行動する必要があります。コストがかかり全て高めになりますので、我々もこの痛みを分けていかなければなりません。政府がカーボンニュートラルに投資をするということは我々の税金が使われることなので政府が何処に何を投資するか我々も一緒に考えていく必要があります。

## 【質疑応答】

**Q:** 環境省のポテンシャル調査はこれからも色々な所に太陽光を設置できるのかについての調査でしたがこれを基にして十分かどうかの議論は無いのでしょうか。

**A:** 環境省のポテンシャル調査は資源エネルギー庁が主体となって基本エネルギー計画を議論する場である総合資源エネルギー調査会基本政策分科会やその下の会議体でも充分認識されています。ポテンシャルというものはそこが一つ一つ使えるかを更に検証しなければいけないということがあるそうです。耕作放棄地はポテンシャルに入りますがそこに十分な再エネの設備をつくれるか、また、今は反対運動も多いので社会需要性も含めて設置するか検討する必要があります。もう一つは日照や気候の問題があります。例えば、北海道も南部は雪も少ないので太陽光は大丈夫だとイギリス人が言ってました。気象や日照や風力や最近の激的な気象があるのでポテンシャルがあってもどれだけ利用できるのか稼働率を考慮する必要があります。ポテンシャルはありますがどの様にして生かすか考えるのがこれからだと思います。

今注目しているのはペロブスカイト太陽電池です。これは曲げたりでき非常に軽いので屋根とか壁に設置できほか日本国内の資源を使って国産技術で作れるので中国にお金が流れません。

**Q:** 核融合発電の現状と見通しは？

**A:** 民間のベンチャー企業の核融合の研究はアメリカやイギリスが多いと思いますが、2030年には商業ベースに乗ると言っている企業が半分以上います。国際協力で実施している ITER を核とした研究については、最近では 2060 年くらいと言われています。これから 10 年くらい研究を続けてその先に実験炉ということの様です。今私が知っている範囲ではこのような時間軸で進んでいます。

**Q:** 電力需要予測は常に後追いだと思いますが、将来需要に対して、この様な考え方でブレないエネルギー需要予測・対応を行うというメッセージはありませんか？

**A:** 後追い予測に対して対応していると思われるのは IEA が出している世界エネルギー見通しのバックキャストと言われる技術モデルがあります。2050 年に排出量がゼロになるようにモデルを計算して 2050 年にゼロにするためにはいつまでに何をするかという後ろから遡って計算する方法ですが、批判的ではありますが示唆が得られる部分もあります。国民に対する示唆ではありませんが企業に対してはどのような技術が選択肢に入っているというメッセージにはなります。

**Q:** CCS と CCUS について簡単に説明して下さい。

**A:** CCS は日本では既に行っています。北海度の苫小牧で実証実験を行っており石炭や石油を掘削した後の隙間に CO<sub>2</sub> を戻して埋め込みます。CO<sub>2</sub> を戻しながら今迄取れなかったもっと沢山の石油を押し出すことにも昔から使っていましたが、枯渇してもう使えなくなった油田やガス田に CO<sub>2</sub> をためることを CCS と言います。CCUS ではコンクリートなどに吸着させる他、水素に CO<sub>2</sub> を加えてメタンや液体燃料を作ります。これを天然ガスや石油の代わりに使います。但し、これを燃やした時にまた CO<sub>2</sub> が出てしまい課題は残ります。

**Q:** アメリカ大統領がトランプさんになった時エネルギー対策は大きく変わりますか？

**A:** もしトラですが、トランプさんは反環境派なのでバイデンの環境政策を巻き戻す方向だと思われませんがどこまで戻すか意見が分かれます。環境規制を緩めるので EV には向かい風になると思われま。バイデンさんの選挙対策である新しい LNG プロジェクトの許認可をストップする Pose の廃止考えられます。ものすごく大きな差があるとすると、やはり脱炭素化やカーボンニュートラルに向けて動いている企業に対して応援する支援金とか補助金とかが少なくなったり無くなってしまうところが一番大きな影響かもしれません。ただ、化石系の企業にとって締め付けが厳しかったので少し緩くなってエネルギートランジションに貢献して活躍の場が増えるかもしれません。欧州でも右派の台頭で反環境の方向に巻き戻される可能性があるため既に舵をきっている企業にとってどうなるのか懸念材料です。我々は環境問題や気候変動問題を重要課題とする方針そのものは巻き戻らないと思っていますが、スピード感が変わってくるので日本にとってチャンスか無駄な投資になるのか蓋を開けてみないと分かりません。

## 山下 ゆかり (やました ゆかり) 先生のプロフィール

(一財) 日本エネルギー経済研究所  
常務理事 計量分析ユニット担任

担任する計量分析ユニットは我が国のエネルギーミックスの議論に資する各種分析で貢献。毎年 10 月に発表する IEEJ アウトLOOK はタイムリーな分析と気候変動の実践的アプローチで世界に知られる。国際エネルギー機関 (IEA)、APEC、ERIA、IPEEC など、エネルギー分野の国際協力で活躍し、国際会議等での講演・モデレーター経験豊富。

2020 年国際エネルギー経済学会 (International Association for Energy Economics, IAEE) President. 国内では原子力小委員会や地球温暖化対策計画フォローアップ専門委員会を含む経済産業省、環境省等の委員を歴任。

## 【主な著書・論文】

「気候安全保障の時代」、国際問題研究所『国際問題』6月号2024年  
「混迷する国際情勢と国際エネルギー市場展望」、内閣府経済社会総合研究所『経済分析』第206号2023年

## 【共著】

『図解エネルギー・経済データの読み方入門』（平成16年10月、省エネルギーセンター）

翻訳（共訳）ウィリアム・ノードハウス著『原子力と環境の経済学』（電力新報社）

翻訳（共訳）ウィリアム・ノードハウス著『地球温暖化の経済学』（東洋経済新報社）

The Rise of Energy Efficiency, Yamashita, Y. N., Book Chapter, Japan's Energy Conundrum, - A Discussion of Japan's Energy Circumstances and U.S.-Japan Energy Relations, pp97-111, Sasakawa Peace Foundation USA 2018, ISBN 978-0-692-65270-1

