



2021年11月英国グラスゴーで開催された国連気候変動枠組み条約第26回締約国会議(COP26)では、パリ協定で目標とされた「気温上昇を2℃、可能ならば1.5℃に抑制する」が強化され実質的に1.5℃が新たな目標とされた。このため2030年に10年比温室効果ガスを世界ベースで45%削減することが目標とされた。日本は13年比46%削減を30年目標としているが、世界全体で45%となれば、先進国はさらに高い目標達成が要求される可能性も高く、2022年6月にドイツで開催される先進7カ国首脳会議(G7)の席上で、温暖化対策に熱心な欧州諸国から目標引き上げを迫られる可能性もある。

30年目標に加え、米、英、カナダ、欧州連合(EU)、日本、韓国など主要国は、50年に温室効果ガスの排出量を実質ゼロにする脱炭素を宣言している。しかし日本の社会、経済情勢は、他の主要国と大きく異なっている。すなわち、日本は急速な少子高齢化社会に向かっており、社会を不透明感が取り巻く中で、企業が研究開発、設備投資を絞り、個人は消費を抑制する傾向にあるので経済が低迷していることだ。韓国も日本以上の少子化に向かっており、まだ人口は増えており30年頃から人口減が始まると予測されている。韓国には北朝鮮併合という人口を維持する最終的手段もあるかもしれない。

少子高齢化社会のなかで経済が低迷する日本は、他の主要国と同様の脱炭素戦略を実行することが可能なのだろうか。日本はドイツなどと同じく、再生可能エネルギー(再エネ)主力電源化を打ち出しているが、再エネが増加すれば、経済とエネルギー・電力供給にはどのような影響があ

海外の脱炭素政策から 日本が学ぶべきこと

常葉大学名誉教授 やまもと りゅうぞう 山本 隆三氏

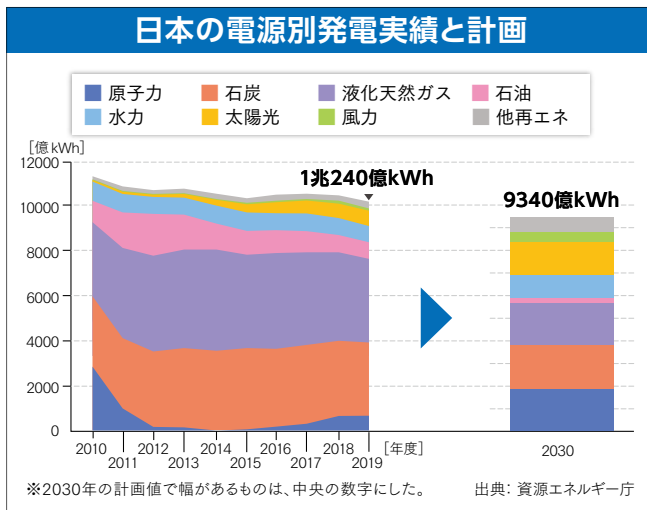
日本ほか、米、英、カナダ、EU、韓国など主要国は、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指すことを宣言しました。地球温暖化の原因である温室効果ガスは、私たちの日常的な経済活動・日常生活に伴い排出されています。こうしたことから、政府はカーボンニュートラルの実現に向けて、誰もが無関係ではなく、あらゆる主体が取り組む必要があると呼びかけています。

しかし、脱炭素政策を進めていく上で、日本の社会、経済情勢は、少子高齢化が急速に進むとともに経済が低迷するなど他の主要国と大きく異なっています。我が国に比べて先行しているとも言われる海外の脱炭素政策から、日本は何を学ばなければいけないのでしょうか。山本隆三氏が徹底分析します。

るのだろうか。再エネ導入において先行した欧州主要国、米カリフォルニア州から学ぶことは多い。さらに、脱炭素による「環境と経済の好循環」が謳われているが、どのように脱炭素戦略を実行すれば、地域に恩恵があるのだろうか。人口減少が急速に進むと予想される東北地方の地域活性化、少子化抑制につながる戦略を考えてみたい。

再エネ主力電源化がもたらす 電気料金上昇

【図1】



昨年策定された第6次エネルギー基本計画では、30年度までの再エネによる発電量の比率を36%から38%としている【図1】。19年度の再エネ比率19%を倍増させることになるとなるが、水力発電所の

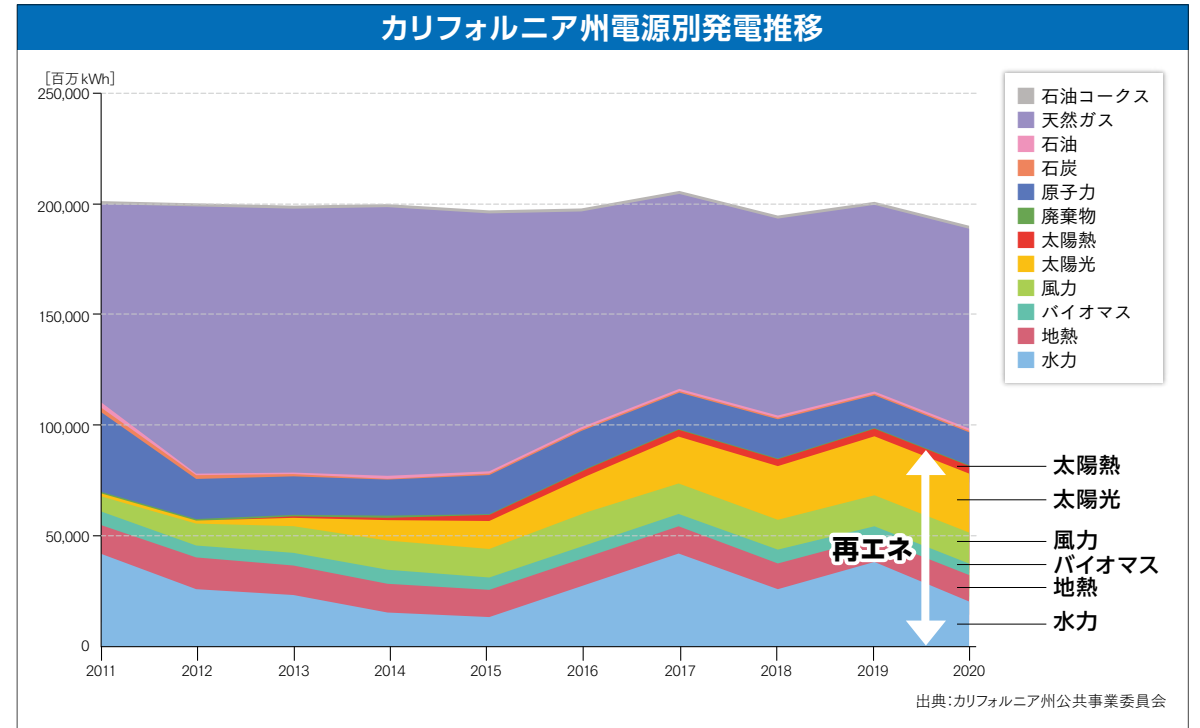
【図3】

2030年主要電源別発電コスト		
電源	新設設備2030年発電コスト (円/kWh)	発電+統合コスト (円/kWh)
石炭火力	13.6~22.4	13.9
LNG火力	10.7~14.3	11.2
原子力	11.7~	14.4
陸上風力	9.9~17.2	18.5
洋上風力	26.1	—
事業用太陽光	8.2~11.8	18.9
住宅用太陽光	8.7~14.9	—

出典:発電コスト検証ワーキンググループ資料

欧州でも再エネが電気料金を上昇させている事情は変わらない。いま、EU27カ国で、家庭用電気料金が最も高いのは、FITにより再エネ導入を進めたドイツ、次

【図2】



開発余地は少ないことから、主として太陽光、風力発電設備を大きく増加させることが想定されている。太陽光は今の約2倍、風力は5倍以上だ。再エネ設備を設置する場所の問題が解決するとしても、発電コストの上昇は免れないだろう。

温暖化対策に熱心な米カリフォルニア州は、CO₂排出量が相対的に多い石炭火力はむろんのこと、天然ガス火力まで廃止を進め、風力、太陽光発電設備の導入を進めた。その結果、水力発電を含む再エネ発電量は、全米平均の20%を大きく上回る43%に達した【図2】。CO₂は減少したが、21年前半の電気料金は、全米平均1kWhあたり10・96セントの1・7倍18・77セント。ハワイ州とアラスカ州を除けば、米国で電気料金が最も高い州だ。

30年に向け再エネ主力電源化を進めれば、日本でも同様の事態になると容易に想像できる。30年設備新設時の統合コストまで含めた発電コストは、太陽光が最も高く1kWhあたり18・9円だ【図3】。統合コストは、電気を安定的に需要家に届ける費用なので必ず発生する。この費用を含めて考えなければ本当のコストは分からない。

政府が力を入れている洋上風力のコストは示されていないが、21年度の固定価格買取制度(FIT)での価格は、着床式32円+税、浮体式36円+税だ。洋上風力設備の価格は下がっておらず、最近では上昇している。30年に向けてコストが大きく下がる余地があるとは思えない。しかも、コストが高い浮体式の設置が主になる見込みだ。

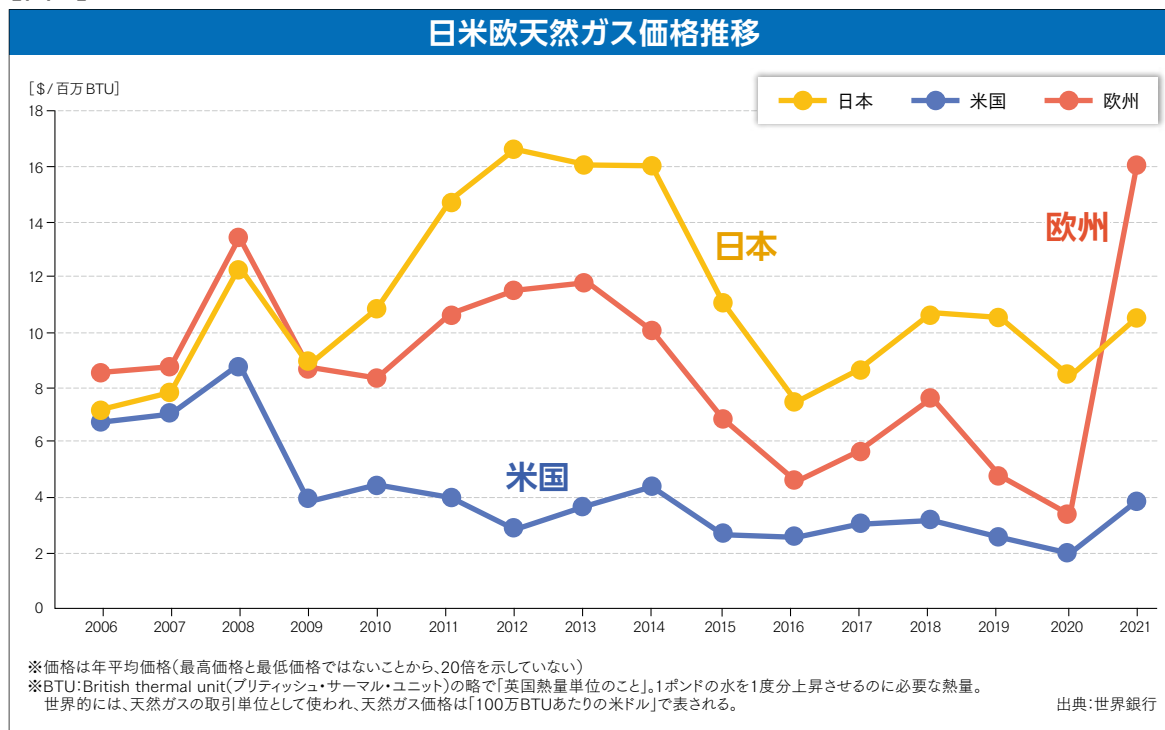
いで風力発電量が約半分のデンマークだ。ドイツの21年前半の家庭用料金は1kWhあたり約32ユーロセント。40円を超えており、日本の家庭用電気料金を大きく上回る。ドイツは、コロナ禍での電気料金上昇を避けるため、FITの一部を税金での負担にしたが、22年は約半分税負担とし、23年1月からFITの廃止も視野に入れていく。22年末の脱原発による電気料金上昇を防ぐためだろう。結局、再エネ導入を税金で進めることになる。再エネ導入がもたらしたものは、電気料金上昇だけではなかった。停電まで引き起こされた。

再エネ導入が引き起こした 電力供給不安

カリフォルニア州は98年に電力市場を自由化したのが、新規参入した供給事業者が電気の卸価格上昇を狙い意図的に電力供給量を絞り、結果大規模停電を引き起こしていった。自由化は中断され、いま大口需要家を除き市場は規制されている。規制当局、州公共事業委員会は、温暖化対策を進めるため電力会社に対し天然ガス火力を廃止し、大型蓄電池に置き換えるように指示した。電力会社は再エネ導入により利用率が低下し採算が悪化した天然ガス火力の廃止を進めた。その結果停電した。

20年8月米国西部は熱波に襲われた。デスバレーでは

【図4】



ければ停電するし、停電を免れても電気料金上昇、CO₂排出量増を招くことがある。安定供給には電源の多様化が必要だが、再エネ主力化は電源の多様化とは逆行する政策なので、発電量が天候次第の再エネ電源導入が不安定化をもたらすのは当然の帰結とも言える。脱炭素を再エネだけで行うのは難しく、原子力の活用を考えざるを得ない。それでは再エネ導入により、経済は活性化し、地域への恩恵はあるのだろうか。

再エネによる環境と経済の好循環はあるのか

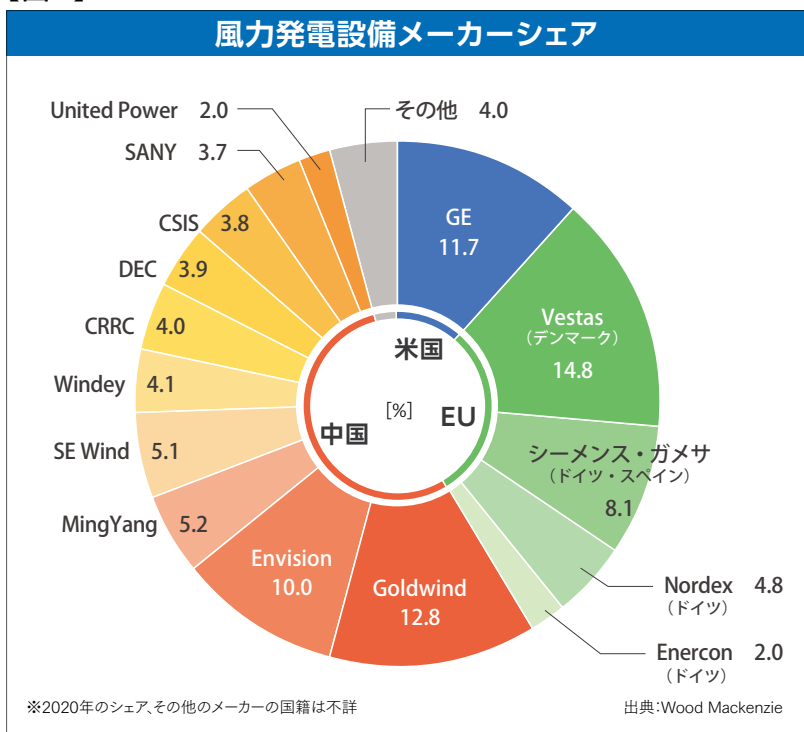
12年のFIT政策開始前、再エネ電源導入により日本で産業が育成され雇用が生まれるとの主張が聞かれた。10年の民主党政権の成長戦略にも「世界一の環境エネルギー大国を目指す」と謳われていた。特に2000年代、日本企業が世界の中で上位を占めていた太陽光パネル製造に期待する声が高かった。私が出演したNHKテレビの討論番組で太陽光パネル製造を担うのは中国企業になると説明したところ、大学にまで抗議の電話がかかってくるほど、多くの国民は期待していた。

いま、日本で導入される太陽光パネルの約9割は輸入品。輸出の主体は中国だ。太陽光発電設備導入により潤ったのは、投資を行った再エネ発電企業とパネルを製造

摂氏54・4℃を記録するほどだった。日本のように蒸し暑くないカリフォルニア州では日没になればエアコンの使用は通常減少するが、あまりの熱波のため日没後もエアコンの使用は減らなかった。一方、日没になれば太陽光からの発電量はなくなる。8月15日、日没と同時に州内の一部地区を停電せざるを得ない事態になった。発電量が足りなくなったのだ。この停電後、公共事業委員会は一転、電力会社に天然ガス火力の廃止延期を指示することになった。再エネ主力電源化による供給不安と電気料金上昇は、昨年欧州でも引き起こされた。昨年前半、欧州では20年ぶりに風が吹かなかった。このため多くの国では天然ガスの回復を受け増加していた。このため多くの国では天然ガス火力の稼働率を上げ供給量を確保することになった。天然ガス需要量は増加したが、EUの天然ガス需要量の4割以上を供給しているロシアは供給量を増やさなかった。さらに、液化天然ガス(LNG)を供給している米国でのシェールガス生産もコロナ禍により減少したままで、欧州向け輸出数量も減少した。

その結果、天然ガス価格は前年の底値から約20倍に高騰し【図4】、多くの国が電気料金抑制のため補助金支出、税免除措置を取った。さらに、石炭火力発電設備を持つ英国、ドイツなどでは、天然ガス火力の利用も抑制し、代わりに石炭火力を利用し発電コストを抑えることになった。再エネの主力電源化を進めれば天候次第では発電量が不足することになり、その時に利用可能な発電設備がな

【図5】



した中国企業だ。パネル設置の地元が受けた恩恵はパネル設置の雇用だけだった。完成してしまえば、太陽光も風力発電設備も働いている人を見ることはない。パソコンがあれば遠隔地でも監視可能だ。

今後導入が進む洋上風力発電設備では地元雇用が生じ、新規事業が起こるのだろうか。いま、世界の風力発電設備の約6割は中国製だ。残りは欧州と米国企業【図5】。

かつて製造を行っていた日本企業はすべて撤退した。国際競争に勝てなかったということだ。日本において洋上風力発電設備導入が始まったとしても、日本企業が設備を供給できるようになる可能性はほとんどないだろう。習熟曲線により製造コストが下がっている中国、欧米企業と競争できる可能性はほとんどない。投資家が設備を選択する基準は企業の国籍ではなく、製品の競争力にあることは、太陽光パネルで経験した。

工事が複雑な浮体式発電設備の設置を担う主体は、都市部に本社を置く建設会社になり地元企業は下請けになる可能性が高い。設置が終われば雇用がなくなることも太陽光発電設備で経験済みだ。洋上風力発電設備を設置しても地元には雇用もお金も落ちない。FIT制度の下保証された買取価格で潤うのは、投資家だけだ。地元は上昇する電気料金の負担だけ行うことになる。

再エネの地産地消は、地元にある間伐材などを利用するバイオマス(生物資源)以外では、地元で投資家がいない限り地元之恩恵がある形では成立しない。バイオマス発電が作り出す雇用も主として林業であり、大きなものではない。エネルギー・電力供給で地域創生を考えると、あれば、雇用もお金も生まない再エネは適切ではない。大切なのは、雇用を生む付加価値額が高い産業を地元でつくり出すことだ。そんな産業はあるのだろうか。

水素製造に利用したとしても年間の製造量は数十万トンだ。一方、日本の高炉製鉄だけでも必要な水素の量は、年数百万トンになる。豪州からの水素ではまったく足りない。水素を輸送するコストも必要になる。欧州主要国、米国も水素社会を想定し水素製造に乗り出してきたが、主体は水の電気分解(電解)だ。むろん利用する電源は再エネか原子力になる。

米国政府は、ニューヨーク州とアリゾナ州の原子力発電設備の隣接地に電解設備を設置する事業に補助金支出を決めている。EUでは30年に1000万トンの水素を主として再エネ電源を利用し製造するプロジェクトが検討されている。EU内だけでなくモロッコなどにも太陽光、風力発電設備を設置し、どこかの再エネ電源が常に発電することで電解設備の稼働率を維持する狙いだ。さらにフランス政府は、原子力発電を利用する大規模電解設備を2カ所設置することを発表している。

化石燃料の購入代金のかなりが水素購入に回る可能性が高く、大きな産業規模になる。水素利用は、輸送部門でも広がると予測されている。

水素利用が広がる分野

高炉製鉄、化学会社などは、化石燃料に代わり水素を必要とするが、輸送部門でも水素が必要とされる。乗用

水素エネルギーと発電

いま、日本は原油、石炭などの化石燃料の輸入に年間約20兆円を使っている。脱炭素を進めれば、この輸入代金は不要になるが、代わりに再エネ設備の輸入が必要になる。さらに、必要になるものがある。水素だ。脱炭素は電源の非炭素化、再エネと原子力主体、を前提に電気を利用できるものは電気に切り替える。例えば、自動車だ。電気自動車为主体になれば、内燃機関が排出していたCO₂はなくなる。

ただ、高炉製鉄のように電気の利用が難しいものもある。鉄鉱石を石炭コークスで還元し粗鋼を生産する高炉製鉄を、スクラップを電気炉で熔融する電炉製鉄に置き換えることは難しい。高炉製鉄でしか製造できない製品があるからだ。脱炭素の中で高炉製鉄を維持するためには、石炭コークスに代わり水素を利用するしかない。CO₂に代わり水しか排出されなくなる。

水素は天然ガスあるいは石炭から製造されている。世界では年間7000万トンの水素が製造され、ドイツの年間排出量よりも多い約7億トンのCO₂が排出される。脱炭素社会で利用する水素を化石燃料から製造する場合には、製造時に排出されるCO₂を捕捉し貯留する必要がある。いま日本企業は豪州の褐炭から水素を製造し、日本に輸送する試行事業を進めている。排出されるCO₂は捕捉される。豪州の褐炭は発電に利用されているが、発電を止めすべて

車の電動化が進むが、長距離バス、大型トラックは航続距離を支える蓄電池が大型化することから、電動化することは難しい。長距離走行の自動車は水素を利用する燃料電池の利用が主体になると考えられる。欧州委員会は30年に販売されるEU内の大型トラックの17%が水素利用になると想定している。

自動車ばかりでなく、トンネルなどにより電化が難しく、また運行頻度の面からも大きな投資を伴う電化が困難な路線を抱える鉄道でも、ディーゼル列車に代わり燃料電池列車が主体になると思われる。すでに、ドイツでは実用化され、フランス、イタリアなども実用化する計画だ。大量の電池の搭載が難しい航空機では、水素と大気中から吸収するCO₂から製造する合成燃料の使用が主体になるものと考えられる。船舶の水素利用も実用化されるだろう。

輸送部門での水素利用を支えるインフラも必要とされる。長距離自動車の水素利用を支えるため、EUでは30年に少なくとも150キロメートルに1カ所の水素充填所が設置される計画だ。マイクロソフト社共同創業者ビル・ゲイツ氏は各空港に合成燃料製造基地の設置が必要になると指摘している。

水素を輸送するには零下253℃での液化が必要になる。輸送コストを考えると、水素を必要とする場所において水の電解により製造することが現実的だ。製造のための電気は非炭素電源である必要がある。EUのように広範囲に再エネ電源を設置し、電解装置が利用する電気を常に供

給することは、国土に制限がある日本では難しい。現実的な方法は、常に発電が可能な原子力の電気を利用することだ。ただ、水素が必要とされる地域すべてに原子力発電所がある訳ではない。そのため、電解装置に電気を供給する小型の原子炉、小型モジュール炉(SMR)の設置を検討することが必要になる。

水素製造で地域創生を

SMRの実用化は、米国、英国、フランス、中国、ロシアなどが取り組んでおり、米国で商業化されるSMR1号機はニュースケール社の設備になるとみられている。29年までに設置される計画だ。SMRは工場設備を製造し、現地で組み立てるもので、一つの炉の大きさは30万kWまでとされているが、英ロールスロイス社製のようにこれより少し大きいものもある。特徴は製造コストが安く、設置期間が短いこと、さらに安全性に優れていることだ。

ニュースケール社のSMR【図6】のコストは7万7000kWの炉を12基設置し、ほぼ100万kWにしても3000億円以下。工期は3年とされている。電源喪失時30日間冷却可能とされている。ビル・ゲイツ氏が手掛けている新型炉では自然対流により冷却が行われるので、過酷事故に至る可能性は極めて低いとされる。

日本企業もニュースケール社に投資を行っているが、技

術導入を行い日本で製造し、電解装置と合わせ各地域に設置すると、付加価値額の高い雇用をつくり出すことが可能になる。化石燃料消費減により石油精製、ガソリンスタンドなど失われる雇用もあるが、それを補う雇用をつくり出すことも可能だろう。輸出も行うことが可能になれば、製造を行う地域にはさらに恩恵がある。

このための投資を地域一丸となって考える必要があるが、中心となるのは地域の電力会社と金融機関をはじめとした地元企業だ。大きな投資を行うことができる地域の企業は限られている。そんな中で、地域の中心となり投資を行うべき電力会社が投資のための体力を落としてきている。

原子力発電所の停止がもたらした大きな問題の一つは、地域の電力会社が発電設備への新規投資を行う力を失ってきたことだ。まず、脱炭素には必ず必要とされる既存原子力発電所の再稼働を進め、地域に競争力のある電気料金を提供する傍ら、電力会社が新規事業、投資に取り組む体力をつけることが先決だ。その上でSMRと電解設備の設置を輸送拠点、工業地帯などで検討することが必要になる。

大きな雇用をつくり出し、地域に貢献できる高付加価値を生む事業は限られている。脱炭素に向かうなかで考えるべき地産地消事業は、水素製造だろう。地域で雇用が増え、高付加価値の事業が育てば、少子化も止まる可能性が高い。地域創生を行う投資のため地元企業は体力をつける戦略をまず実行することが重要だ。脱炭素に残されている時間は多くない。

【図6】

ニュースケール社の小型モジュール炉

- 77MWモジュールの組み合わせ
- 工場で製造するので低コスト
- 建設期間は着工後36カ月
- 投資額は\$2850/kW
(12モジュール、924千kWで約2900億円)
- 操業費用も大型炉の75%
- 2027年に最初のモジュール



出典:ニュースケール社ホームページ



常葉大学名誉教授
山本 隆三

香川県生まれ。
京都大学卒、住友商事入社。石炭部副部長、地球環境部長などを経て、2008年、プール学院国際文化学部教授に。2010年4月常葉大学経営学部教授。2021年4月から現職。財務省財務総合政策研究所環境問題と経済・財政の対応に関する研究会、産業技術総合研究所「ベンチャー評価委員会」、経済産業省「産業構造審議会環境部会 地球環境小委員会 政策手法ワーキンググループ」委員などを歴任、現在、経済産業省「国際貢献定量化及びJCM実証可能性調査選定委員会」、「国内CEFA検討委員会」委員、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「民間主導による低炭素技術普及促進事業」/「低炭素技術による市場創出促進事業(実証前調査)」審査委員、21世紀政策研究所「気候変動問題に関する研究会」委員、日本商工会議所及び東京商工会議所「エネルギー環境委員会」学識委員、NPO法人国際環境経済研究所副理事長兼所長などをとつていている。

月刊誌「エネルギーレビュー」「Wedge/Infinity」、旬間「Edレポート」「フジサンケイビジネスアイ」紙での連載、また報道番組、書籍を通じ、エネルギー・環境政策に関する言論活動も活発に行っている。著書は「企業の意思決定のためのやさしい数学」(講談社プラスアルファ新書)、「温暖化対策と経済成長の制度設計」(共著、頸草書房)、「経済学は温暖化を解決できるか」(平凡社新書)、「夢で語るな、日本のエネルギー」(マネジメント社)、「脱原発は可能か」(エネルギーフォーラム新書)、「いま「原発」の復興」とどう向き合えばいいのか」(共著、PHP研究所)、「激論&直言日本のエネルギー」(共著、日経Bd社)、「Environmental Policies in Asian Countries」(共著、World Scientific社)「電力不足が招く成長の限界」(エネルギーフォーラム)など。