



# エネルギー・環境 への視点

エネルギー問題と環境問題は表裏一体。

エネルギーミックスと整合的なものとなるよう設定された日本の温室効果ガス削減目標だが、  
原子力再稼動に遅れが目立ち、削減目標達成に黄信号が灯っている。

「環境」「原子力発電」「高レベル放射性廃棄物」など、

エネルギー・環境をめぐる各側面について、各分野の専門家・有識者の意見を聞いた——

# CO<sub>2</sub>排出ゼロへ、世界観を覆す大転換を

江守正多 国立環境研究所 気候変動リスク評価研究室長



えもり せいた  
国立環境研究所 気候変動リスク評価研究室長  
1970年神奈川県生まれ。東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了。博士(学術)。97年国立環境研究所入所。06年温暖化リスク評価研究室長等を経て、11年より現職。専門は地球温暖化の将来予測とリスク論。気候変動に関する政府間パネル第5次評価報告書主執筆者。著書『異常気象と人類の選択』『地球温暖化の予測は「正しい」か?』『「怖い」か?』『温暖化論のホンネ〜脅威論と「懐疑論」を超えて』など。  
<http://www.nies.go.jp/researchers/100101.html>

気候変動リスクが高まっている。過去100年で世界の平均気温は1℃高くなり、海面は平均20cm上昇した。酷暑や豪雨、台風、ハリケーンなどの異常気象も温暖化によって激甚化し、頻度が増す傾向にある。例えば200年に1度の異常気象というところ、自分が生きている間に起きないと思うかもしれないが、実際は、毎年200分の1の確率で起きる可能性がある。温暖化が進むとそれが100分の1、50分の1と徐々に確率が上がっていく。

特に深刻なのは途上国の被害だ。南太平洋などの小さな島国は海面上昇によって将来的には自国が水没してしまうという絶望感を抱えている。東南アジアでは台風や豪雨による洪水が頻発し、インドなどでは熱波で毎年のように数千人もの人々が命を落としている。

中東やアフリカでは深刻な干ばつが難民発生の一因となり、周辺地域の秩序を不安定化させている。シリア内戦も記録的な干ばつによる食料不足と都市人口急増が遠因と言われている。

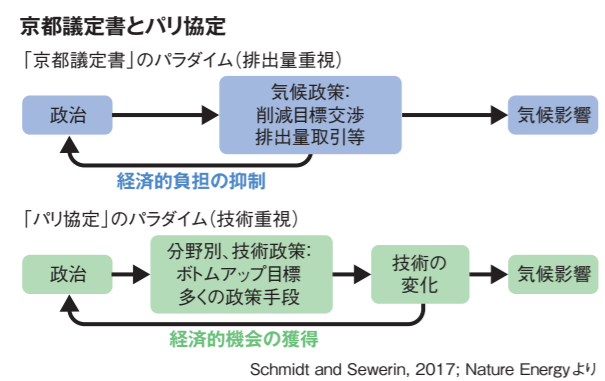
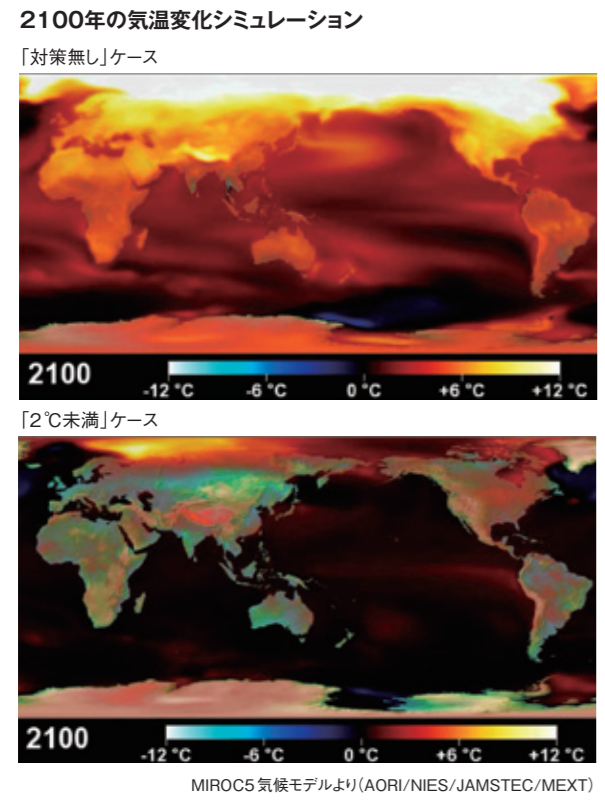
温暖化問題が難しいのは、被害を受けるのが、温室効果ガス排出の「当事者」たる先進国・新興国でなく、これまで温暖化にほとんど責任がない途上国ということだ。まして、これから生まれてくる将来世代は全く責任がないにもかかわらず、より影響が深刻化した世界で生きていかざるを得ない。こうした地域間・世代間の不公平に対し、「クライメイト・ジャスティス」(気候正義・気候の公平性)を実現すべきという声が上がっている。これは、先進国の人々が引き起こした気候変動の責任を認識し、途上国の人々が被害を受

調査結果がある。インフラが十分整備されている日本では、途上国で起きているような甚大な被害を想像しにくいかもしれない。温暖化対策は生活の質を上げるか下げるかと問うた調査でも、世界は「上げる」が3分の2だが、日本は「下げる」が3分の2。日本人にとって温暖化対策は「節約」「我慢」「辛抱」「負担」するイメージだ。

温室効果ガス排出ゼロ社会の実現には、世界観を覆すトランスフォーメーション(大転換)が起きないといけない。例えば産業革命のように、価値観が一変し、従来の常識が通用しなくなるほどの大転換。身近な例を挙げ

れば「分煙」もそう。30年前は職場でも街なかでも、どこでも煙草が吸えた。病院の待合室にさえ灰皿があったが、今では考えられない。同様の変化は、エネルギー分野でもいつか必ず起きるだろう。再生可能エネルギーが安くなり、蓄電技術や系統安定化技術も進み、全ての電源がCO<sub>2</sub>フリーになって、「昔の人はCO<sub>2</sub>を出しながら発電していたなんて、信じられない!」と常識が変わる。転換がいつになるかはわからないが、少なくとも世界はその方向に舵を切り始めた。技術革新が、その動きを後押ししている。

京都議定書とパリ協定の比較図



Schmidt and Sewerin, 2017; Nature Energyより

例えばライドシェアアプリの登場で、クルマは所有するものからシェアするものになり始めた。いくら「環境に配慮しよう」と理念を振りかざしても有意な変化は生み出せなかったが、イノベーションが起きればライフスタイルは変わっていく。

ゼロエミッションへ、全電力を100%再生で賄うのはかなり先だとしても、同じくCO<sub>2</sub>を出さない電源として原子力を選ぶかどうか。社会でよく議論して判断すべきだ。次世代の頃にはイノベーションによって全く違う発想の原子炉ができてくるかもしれない、それが十分安全で廃棄物も少ないなら、使っていくという判断もあるだろう。

京都議定書が採択された1997年、COP(気候変動枠組条約締約国会議)の交渉は、CO<sub>2</sub>削減という負担を他国に押しつけ合うゲームだった。それから20年、パリ協定は、脱炭素化に向けた「機会の奪い合い」へとパラダイムシフトした。ゼロエミッションをめざすことには世界が合意した。ではその過程で脱炭素社会という大転換後の世界で主導権を握るのは誰か。競争のルールが変わったとき、それに気づかず競争に参加している者は「カモ」になるだろう。日本はゼロエミッションに出遅れていないか。杞憂であることを心から願う。



# 2030年のその先へ、 新增設に着手すべきとき

渥美寿雄

近畿大学理工学部電気電子工学科教授



あつみ ひさお

近畿大学理工学部電気電子工学科教授／同原子力研究所教授(原子力材料・エネルギー材料学)  
1959年大阪府生まれ。大阪大学工学部卒、同大学院博士後期課程修了。ドイツ・マックスプランク研究所客員研究員、近畿大学講師、助教授などを経て現職。「エネルギーと水素」をキーワードに、核融合炉における水素工学、クリーンエネルギーシステムについて研究。講演や子供向け実験教室のほか、中学校・高校への出前授業や学校教員向けセミナーの講師なども務める。  
[http://www.kindai.ac.jp/sci/education/faculty\\_and\\_research/07\\_atsumi\\_hisao.html](http://www.kindai.ac.jp/sci/education/faculty_and_research/07_atsumi_hisao.html)

2011年の東京電力福島第一原子力発電所事故から6年余り、事故直後に比べると人々の原子力に対する見方が変わってきた。私は大学以外での対外的な知識普及活動にも関わっており、事故直後は放射線の影響はどうか、日本は大丈夫か、といった懸念を抱く人々をよく目にした。しかし最近では18歳選挙の開始もあり、原子力政策が論点になったことから、「原子力のことを知りたい」という人が増えてきた。特に中高生などの若い世代は柔軟で、大人のような固定観念がない。きちんと学んで冷静に判断しようとしている。

ただ、こうした場でよく耳にするのは、「安全・安心のため原子力をゼロにするのはわかりやすいが、原子力がなぜ必要かはわかりにくい。安いから?」という声。エネルギー選択の基準が「安全性」と「経済性」し

かイメージできていない人は多い。しかし基準はそれだけではない。「エネルギー安全保障」も考慮すべき極めて重要な基準だ。国産資源か、輸入資源なら輸入国との関係はどうか、供給量は確保できるか、価格は安定しているか。また「環境性」もエネルギーを選択する上で、切り離せない大切な基準だ。CO<sub>2</sub>排出量はどうか、大気汚染・水質汚染等を起こさないか――。

これら4つの基準を総合的に考えると、原子力は抜きん出て優秀だ。福島第一の事故を起こしてしまっただけで、「安全性」は現時点では「○」ではないが、他は「○」。そもそも日本が原子力を導入した理由は、資源小国の「エネルギー安全保障」。輸入に依存しては国の基盤は極めて脆弱だ。原子力発電の燃料であるウランも全て輸入だが、燃料交

えると国は成り立たない。だからこそ、それぞれの国の固有事情を考慮してエネルギーを選択しなければならない。1986年にチェルノブイリ事故を起こしたウクライナは、事故当時の原子力比率が26%だったが、2016年には52%と倍増。新增設も進み、現在も2基建設中だ。背景には、天然ガスの大部分をロシアから輸入していたが、ロシアとの関係悪化により原子力に頼らざるを得なくなったという事情がある。一方、資源のない日本が原子力を選ぶのは安全保障という固有事情があるからだ。ちなみに将来、可採年数5万年とも言われる海水からのウラン抽出が実用化すれば、四方を海に囲まれた日本にとってはまさに「純国産」エネルギーとなり、安全保障問題を一気に解決する可能性もある。

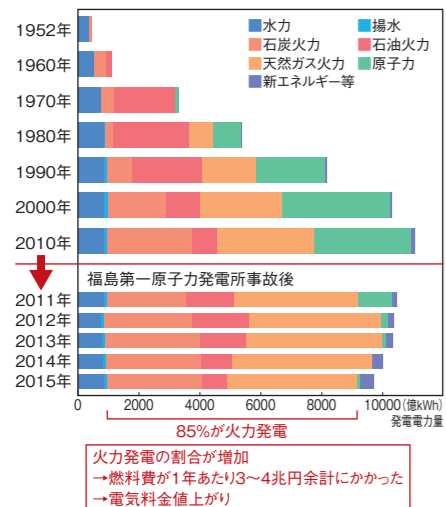
そういなかで14年、政府はエネルギー基本計画をまとめ、15年に2030年の原子力比率を20〜22%とした。事故前の約30%からは引き下げたにしても、このままではその達成は危うい。事故後に決められた40年廃炉を全ての原子炉で適用すると、建設中の大間と島根を加えても15%にしかない。運転期間の延長は必須であり、仮に50年まで延ばせばなんと達成できるが、2030年以降は廃炉が相次ぎ、急激に原子力比率が低下する。遠い将来には供給安定性やコストも含め、再エネに期待したいが、この時点ではまだまだ難しい。そのため、原子力は、運転延長のみならず新增設への取り組みも着実に進めておくべきだ。地元の合意や地質調査等を含めると、発電所建設までには十数年から20年ほ

どかかる。今、新增設に着手しないと、日本を維持できない。

それには社会的合意形成が不可欠だ。これまでも国や事業者は合意形成の土台となる情報を数多く発信してきたが、反対する人の声ばかりがクローズアップされ、「何か隠しているのでは」と批判されてきた。ホームページやパンフレットで、一方的に情報公開するだけでなく、教育現場などにも積極的に出て説明し、根拠のない批判にはしっかり反論する。そうした議論を多くの人に聞いてもらうことで、合意形成も進むのではないかと。何より人々は、原子力の「顔の見えなさ」に漠然とした不安を抱いている。巨大技術、巨大設備だが、動かしているのは生身の人間。それを知ってもらうのが社会受容の第一歩だ。

## エネルギー・環境への視点

日本の発電方法と発電電力量の推移



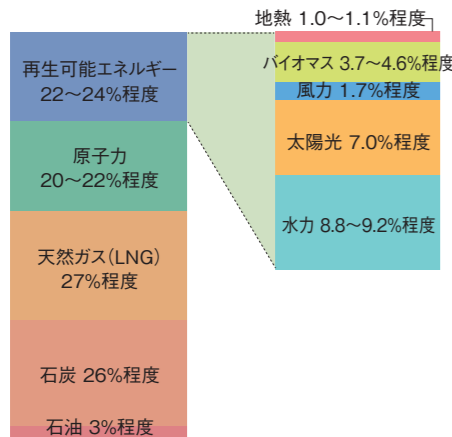
「エネルギー白書2017」に基づく渥美氏の資料をもとに作成

### 発電方法を選択する4つのキーワード

- 「エネルギー供給」としてどうか
  - 供給の安全保障
    - 国産でなく輸入偏重なら「国富流出」(貿易赤字で国の経済として問題)
    - どの国から輸入するか(国同士の関係、輸入経路の安全性)
    - 将来的にも使い続けることができるか(資源の枯渇、価格高騰がないかどうか)
  - 供給の安定性
    - 量として十分に供給できるか
    - 質は良いか(時間的に出力が変動しないか)
- 「発電コスト」としてどうか
  - 産業界は、外国と厳しい価格競争にさらされている。電気料金が製品コストに直接反映される
- 「環境負荷」(環境への影響)はどうか
  - 二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出は低く抑えられるか
  - 平常の運転時に大気汚染、水質汚染を起こさないか
- 「安全性」はどうか
  - 重大な事故を起こさないか→国民の合意が得られるか

渥美氏の資料をもとに作成

### 2030年度のエネルギーミックス



資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し」(2015.7)をもとに作成



# 地層処分へ、 膠着状態打開への一歩

佐々木隆之 京都大学大学院工学研究科教授



ささき たかゆき  
京都大学大学院工学研究科教授  
(原子核工学)  
1968年兵庫県生まれ。92年北海道大学理学部卒、97年京都大学大学院理学研究科修了、博士(理学)。京都大学准教授を経て、2015年より現職。より安全で効率的な、廃棄物処分および核エネルギー資源リサイクルプロセスの確立を目的として、アクチノイド元素をはじめとする放射性核種の熱力学的特性に関する研究を行っている。  
[https://www.ne.t.kyoto-u.ac.jp/ja/research/introduction/n\\_material](https://www.ne.t.kyoto-u.ac.jp/ja/research/introduction/n_material)

使用済燃料の再処理で生じる「高レベル放射性廃棄物」は、ガラスと混ぜて固める「ガラス固化体」として30〜50年冷却貯蔵した後、放射線レベルが十分に下がるまでの数万年以上、生物圏から離れた場所で安全に隔離する必要があります。日本は既にガラス固化体換算で2万本以上の高レベル放射性廃棄物を持ち、その処分は避けて通れない重要課題だ。

処分方法については、日本でも40年以上前から研究開発を進め、1999年には核燃料サイクル開発機構(現・日本原子力研究開発機構)が「地層処分は技術的に実現可能」とする研究開発成果を公表。翌2000年、「最終処分II地層処分」とすることが法律で定められ、実施主体として原子力発電環境整備機構(NUMO)が設立された。

以来、国とNUMOは全国各地で説明会を

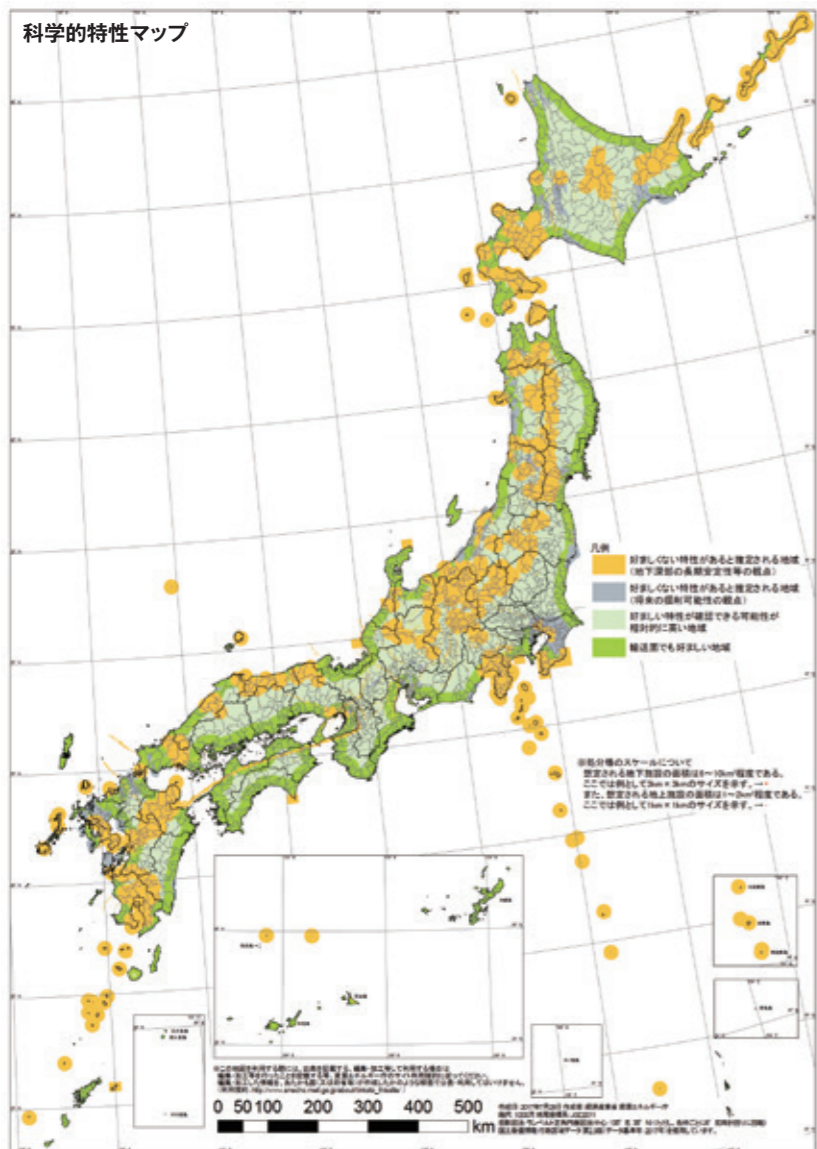
開催するなど、地層処分への理解を得るため活動してきたが、原子力への不信不安、国民の知識不足、説明側の体制不備等々で、膠着状態が続いてきた。

こうした事態を打開するため、17年7月、国は火山・断層・隆起活動調査など最新の知見に基づく「科学的特性マップ」を公表した。最終処分地の選定時に考慮すべき科学的特性や、その分布を示したもので、一般の人々も自分の関係する地域の評価に関心を寄せ、地層処分を社会全体で考える端緒になることが期待されている。

但し、これで処分事業が一気に進むとは思えない。むしろ今回のマップ公表は、国民の理解を得るため、一つステップを戻してリスタートし、「手を挙げてくれる地域には法律に基づく選定調査を行い、一歩ずつ丁寧に進

術の研究が進んでいること、廃棄物を地中埋設した後も処分場を閉鎖するまでの100年以上、場合によっては取り出し(後戻り)が可能で、一定期間は地上で管理・監視できることなど、将来世代に委ねる選択肢についても、丁寧な訴えていく必要がある。もちろん受け入れ地域には最大の敬意や感謝の念を持つとともに、補償のあり方を国全体で議論できることなども伝えていく。

とはいえ、事業者や科学者が専門用語で語るだけでは、いくら丁寧な説明でも一般人々に理解してもらうのは難しい。ニュートラルな立場から、専門家の言葉を上手く「翻訳」してくれる人の助けも必要だ。例えば学校の先生、地域のお医者さんなど「この人の言うことなら聞いてみよう」という人にコーディネーターの役割を担ってもらい、わかりやすく伝えてもらう「しくみ」をつくる。そ



資源エネルギー庁ウェブサイト [http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/maps/kagakutekitokuseimap.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/maps/kagakutekitokuseimap.pdf) より(一部内容を削除)

めていきます。そのための第一歩を踏ませてください」というものだ。今後対話を重ね国民的理解の深化をめざしている。

長期的事業である以上、地質学的状態の変遷など不確実性の完全な排除は不可能だ。処分技術や予測評価の精度をさらに高めるべく、NUMOをはじめ国内外の研究機関が最新の知見を蓄積し続けているが、それでもなお不確実性は残る。むしろ研究が進めば進むほど新たな疑問が生じ、解決すべき課題が見えてくる。

我々専門家に求められるのは、こうした「科学的限界」について真摯に語ること。「これで10万年は大丈夫です」などと豪語すると、誰からも信頼を得られない。わからないことはわからないと率直に伝える姿勢が重要だ。同時に、放射性廃棄物を減容する分離変換技

術があるのではないかと、国民的理解が求められるのか。

マスコミの「トイレなきマンション」という常套句に対し、逆に国民が「それはちよつと違う」と思ってくれるようアプローチをしないと、思考停止・膠着状態は脱せない。

電気事業者には、国やNUMOが進める理解活動促進に積極的に関与する責任がある。しかしそれ以上に大事なものは、きちんと再稼働を実現し、日々の運転はもちろん、低レベルを含む廃棄物の貯蔵管理、さらには廃止措置——原子力に関わる全ての事業を着実に遂行し、国民との信頼関係を構築することだ。

資源小国の日本は、準国産エネルギー・原子力を再処理して高速増殖炉で繰り返し利用する「原子燃料サイクル」の確立をめざしてきたが、その見直しは厳しい。3・11後の逆風を受け、原子炉の新設やリブレースへの理解獲得も容易ではない。それでも再生可能エネルギーや蓄電技術が依然開発途上のなか、原子力と原子燃料サイクル路線を維持することは日本のような資源の少ない国の保険になる。

そしてそのための技術や知識の継承に、人材育成は欠かせない。私自身も、最終処分という難問に取って立ち向かう気概ある若者を、責任を持って育てたい。【曜】