

# NIRA 政策レビュー

www.nira.or.jp

July 2008 No. 28

## 温暖化問題を技術革新で

総合研究開発機構 (NIRA) 理事長 伊藤元重

### 技術のみが世界を救う

200年以上前に、トーマス・ロバート・マルサスは、古典的著作となった『人口論』の中で、人口が増え経済が成長するにつれて、食料が絶対量で不足するので、それが人口や成長の膨張を止めると主張した。このマルサスの主張はそれから200年、いろいろな人によって少しずつ形を変えながら主張され続けてきた。これだけ人口が増えればいずれ食料が不足する、石油が枯渇する、水が不足する、といった議論だ。

非常に説得的な議論ではあるが、この200年間、世界はマルサスの予言したようにはならなかった。人口が急速に増えたのにもかかわらず食料不足は起こっていない。飢餓に苦しんでいる国があることも事実ではあるが、それは世界レベルでマルサス的な状況が起きているということではない。

この200年、マルサスの予言を覆してきたのは、技術革新である。次々に起きる技術革新が、人口膨張や経済拡大に伴う食料や資源の不足をカバーしてきた。その意味では、この間の技術革新が人類を破滅から救ってきたと言ってもよい。

### 新たな「マルサスの現象」としての気候変動問題

温暖化ガスが大気中に蓄積されることで地球の気候変動問題が深刻になるということは、もっとも新しい形のマルサス的な現象である。しかも、これは人類がこれまで出合ったもっともやっかいなマルサス的な現象である。

地球気候変動の問題に立ち向かうためには、技術革新の力を借りるより他に道はない。この号において専門家の方々が紹介しているように、様々な省エネ・温暖化ガス排出抑制などの技術が模索されている。こうした技術の利用可能性を高めていくことが急務の課題となる。また、皆さんが指摘されているように、こうした技術は個々の技術として考えるのではなく、社会や経済の仕組みとワンセットで考える必要がある。産業構造、

都市の姿、人々のライフスタイルなどが、新しい技術とマッチして、初めて技術の持つパワーが最大限に活用できるのである。

### 技術革新を推進するために

ウィリアム・ボーモル教授はその名著『Free-Market Innovation Machine: Analyzing the Growth Miracle of Capitalism』という本の中で、技術革新を促進して社会に定着させるのは市場メカニズムである、ということを明快に述べている。研究室の中での研究や天才の発明であれば、いつの時代にもすばらしいものが存在した。しかし、そうした発明や発見が社会に広く利用されるためには、技術開発競争を刺激し、技術の利用を促進する市場メカニズムが必要なのである。

環境技術についても、研究室などでの研究は大いに奨励されなくてははいけない。専門家の研究が一つの鍵になることは間違いない。しかし、そうした研究に巨額の市場の資金が流れ込み、企業間で開発競争が起き、そして研究開発の結果を積極的にビジネスとして活用するようなメカニズムがないかぎり、本質的な形で技術の波及は難しいのではないだろうか。

ここに地球的なレベルでの環境問題への取り組みの重要性がある。個人的な意見を申し述べれば、現在行われているような計画的な温暖化ガス排出削減の政治的な交渉や企業現場での自主的取り組みに加えて、排出権取引や炭素税など市場的手法のより積極的な活用が必要であると思う。結局は、世界中の企業や個人、そして社会が、環境負荷のコストを直接的に認識することが、新たな技術革新を促進し、その利用を広げるもっとも効果的な方法であるからだ。

伊藤元重 (いとう・もとしげ)  
 東京大学経済学部卒。米国ロチェスター大学Ph.D。  
 専攻は国際経済学、流通論。1993年東京大学経済学部教授、96年同大学大学院経済学研究科教授、現在に至る。2006年2月よりNIRA理事長。最新著書は『キーワードで読み解く経済』[2008] NTT出版。



# エネルギー環境技術の現状と展望

東洋大学 教授/NEDO技術開発機構 技術参与 久留島守広

## 1. はじめに

世界全体のエネルギー消費は、人口の増加・経済発展に伴い拡大し続けている。図表1のように中国・インドをはじめとして発展途上国のエネルギー消費の増加傾向に歯止めがかからない中、世界各国では地球温暖化対策として原子力の見直しなどととも、省エネルギー・新エネルギーの開発・導入の推進を重要な施策として位置づけている。

このような状況において、資源エネルギー庁では「石炭火力発電の将来展望研究会」を設立、クリーン・コール技術の開発とアジアへの移転、さらに二酸化炭素回収・貯留CCSの実施を中心とした報告書(2007年3月、座長筆者)をとりまとめた。本報告をはじめ、エネルギー白書及び新・国家エネルギー戦略などで策定された地球温暖化に対応するための技術・政策課題について、ここでは個別技術課題は略し基本的方向のみ概観する。

## 2. 省エネルギー技術とアジア各国との連携

省エネルギーは、工業プロセスのみならず、家電、建設設備、自動車等についても現在官民あげて新たな技術へのチャレンジが行われているが、個々の技術課題による対応はもとより、今後は社会システムの転換・抜本的プロセス革新による対応等が基幹となる。

例えば、既に多くの産業界で導入されつつあるモーダルシフト、コージェネレーションによる地域冷暖房、運輸分野へのバイオマス燃料導入E3などとともに、地域のインフラの革新に

よる住生活・交通一体となった取組み、さらに産業プロセスとしても製鉄における水素活用、金属製錬における湿式プロセスへの転換などが期待されている。

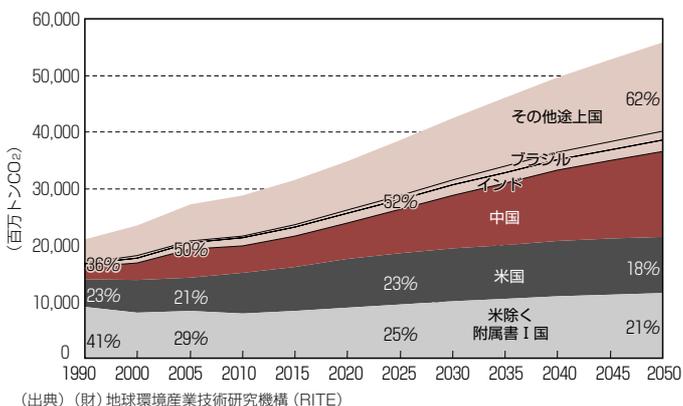
さらに、わが国の先進的な省エネルギー技術のアジアをはじめとする世界への移転は、エネルギー資源の節減・地球温暖化への対応としての効果は極めて大きいものであり、その方向を以下に示す。

アジア諸国においては、図表2のように中国、インドのGDP単位当たりのエネルギー消費原単位は日本の約9倍、タイは約6倍、インドネシアは約10倍等とエネルギー効率が低いのが現状である。また、これらアジア諸国は輸入石油への依存度が高く、脆弱なエネルギー需給構造改善のためにも省エネルギーの推進が急務となっている。

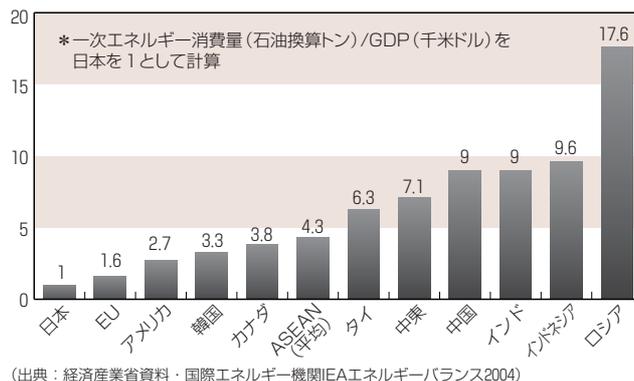
このため、優れた省エネルギー技術を持つわが国産業界によりこれら各国への省エネルギー設備輸出・技術移転促進を図ることは、先進国首脳会議G8(本年7月北海道洞爺湖開催)に向けたわが国政府の基本方針とされており、新たなビジネスチャンス・京都議定書の下での排出枠確保のみならず当該国の経済発展にも資するもので、両国にとりまさにウィンウィンとなりえる。

さらに、国際枠組みとしてのセクター別アプローチ(産業分野別のエネルギー効率比較をベンチマークとする)は、省エネルギーの推進のために有効な手法であり、この考えの下で省エネルギー・新エネルギー技術移転を推進するアジア太平洋パー

◆図表1 世界の二酸化炭素排出量(将来見通し)



◆図表2 わが国と世界各国とのエネルギー効率の対比: GDP単位当たりのエネルギー消費



トナーシップ（APP、筆者も日本側委員）の取組みに産業界とも積極的に参加し、さらにポスト京都議定書としての制度としての活用も望まれる。

### 3. 新エネルギー技術の現状と展望

新エネルギーへの期待は大きいものの、安定供給の観点からは出力の不安定性たる課題を抱えており、また高コスト等の克服が必要である。

現状の電力供給システムは、火力（化石燃料）発電・原子力発電など既存の大規模集中型発電システムをベースとしているが、将来を見通すとエネルギー資源の供給制約の面からみても、各種新エネルギーとの組合せによる分散型最適ネットワークの構築が望まれる。さらに、商品化されつつある小型燃料電池などを中心とした小規模発電・熱供給では、一般家庭が発電機能を持つようになり、自立したエネルギー・ハウス、コミュニティも可能となる。

さらに、図表3のように発電所の廃熱・CO<sub>2</sub>と植物工場（ここでは地球環境工場と仮称）を組み合わせ、バイオマスで発電・熱供給さらには原料供給を行えば、農業とエネルギー産業とのシナジーによる新しいビジネスモデルによる地域変革も可能となる。

一方、多くの分散電源が拡大すると既存の主系統へ及ぼす影響や信頼性などに問題が生じてくる。また、社会のIT化は高品質の電力への要望も高く、分散電源の普及の前提としてこれらの解決策を早急に検討しなければならない。

その一つの方向が、東京工業大学・柏木孝夫教授他の提唱によるマイクログリッドともいわれる新しいエネルギーネットワーク概念の導入である。

このマイクログリッドの概念は、各種新エネルギーを組み合わせるIT技術をフルに活用し制御・運用、安定した電力・熱供給を行うシステムのことである。前述のように新エネルギーは

出力の不安定等、系統側に影響を与えるという課題を抱えているが、数種の新エネルギーを適切に組み合わせ、これらを制御するシステムを開発することにより、コミュニティ内で安定した電力・熱供給を行うことが可能となり、既存の主系統へ及ぼす負荷を低減させることができ、系統と分散型の双方にウィンウィンの関係をもたらすことが期待される。

### 4. CCS技術への期待と産業化への課題

上記については、紙面の制約につき他著者の論考に期待するが、わが国産業界・社会へ受け入れられるために、社会的受容性の確保、法制度の整備及び経済性の向上とその費用負担に関し国民的合意が前提となる。これらは、筆者の下記NEDOホームページにおける報告を参照頂ければ幸いである。

<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/1020/1020-01.pdf>

### 5. おわりに

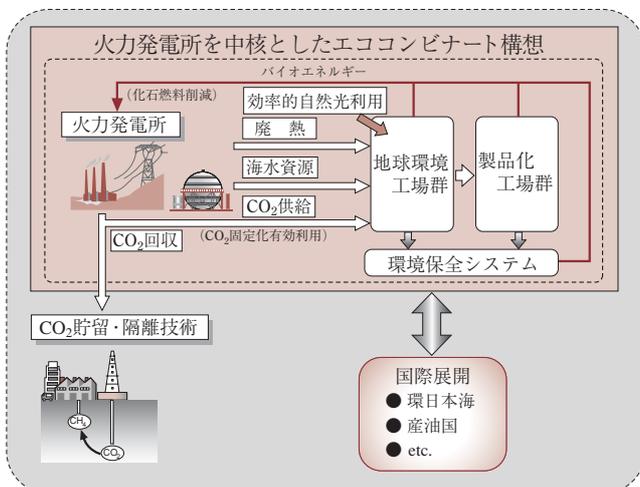
このように、CO<sub>2</sub>排出削減のための方策である省エネルギー及び新エネルギーの国内外での導入促進、さらに原子力発電の着実な展開を図るとともに、環境調和型資源としての化石燃料の活用、例えば二酸化炭素分離回収型の石炭火力と地中貯留CCSを活用したエネルギー・システムを志向することが望まれる。

このような各種技術とその組合せをエネルギー・システムとして産業活動・地域に組み込んでいくことは、わが国のエネルギー・セキュリティ及び地球環境のためならず、アジアにおける持続可能な社会・経済発展を可能とし、新規産業・雇用の創出に資するとともに、わが国が当該分野で「グローバル・スタンダード」を構築し、まさに技術の「世界銀行」となるであろう。

#### 【参考文献】

- ・久留島守広：地中隔離技術，21世紀地球環境技術戦略の要，「Engineering」No.93，pp.14-17，2001.11
- ・桑木賢也，堀尾正毅，久留島守広，中川和明，村田圭治：CO<sub>2</sub>吸収セラミックスを用いた炭酸ガス高効率回収システムのご概念設計，化学工学会第33回秋季大会，2000.11
- ・株式会社日建設計：平成15年度NEDO委託調査報告書「植物工場等二酸化炭素分離技術の経済性等調査」2003.3
- ・World Energy Technology Outlook - WETO H2，[http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2_en.pdf)，pp.52-60
- ・久留島守広：地球ビジネスとしての地中隔離に向けての基礎的研究 - CO<sub>2</sub>分離・地中隔離・エココンビナートの導入 - 「資源と素材」Vol. 120 (2004.10.1) pp.677-680
- ・柏木孝夫：「マイクログリッドエネルギーシステム」(社)リビングアムニティ協会 ALIA NEWS Vol.89, 2005.9
- ・資源エネルギー庁：平成19年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2008），2008.5
- ・経済産業省：新・国家エネルギー戦略，2006.5

◆図表3 エココンビナート（仮称）の概念図



(出典：(株) 関総テクノスと筆者が共同作成)

久留島守広（くるしま・もりひろ）

1976年京都大学大学院修了・通商産業省入省。NEDOにて地球環境技術等を統括し97年米環境庁EPAより研究表彰受賞。その後、東京農工大学教授を経て2004年東洋大学教授。著書は『環境産業技術入門』（1998年、オーム社）、『国際環境共生学』（2005年、朝倉書店）など。

視点・論点

# 地球温暖化と原子力

(財)日本エネルギー経済研究所 村上朋子  
戦略・産業ユニット原子力グループリーダー

近年、多くの国・地域で地球環境への問題意識が高まり、また具体的な枠組み作りも本格化している。それに伴い、地球温暖化対策として有力な選択肢である原子力の重要性も更に広く深く認識され、新規建設に向けた具体的な動きも米国をはじめ各国で活発になっている。

本稿ではその原子力発電の利用拡大による地球温暖化ガス排出抑制効果について定量的な試算から得られる見解、及びそれを踏まえた世界の原子力発電利用拡大に関する今後の課題と展望を述べるものとする。

## 世界の原子力発電設備は2030年には5億kW前後に

2008年1月現在、世界では435基、3億9,924万kWの商業用原子力発電所が運転中である。2005年の原子力発電による発電電力量は約2.8兆kWh、全発電電力量に占めるシェアは15%、一次エネルギー消費に占めるシェアは7.0%であった。

世界エネルギー機関 (IEA) や (財) 日本エネルギー経済研究所による今後の見通しでは、いずれも概ね2030年には現在より10-40%多い4-5億kWの設備容量及び3.5-3.8兆kWhの発電電力量を予想しており、現在より原子力発電の規模は拡大することは確実とみられている。図表1に、(財) 日本エネルギー経済研究所 (以下、エネ研) による2030年までの世界の原子力

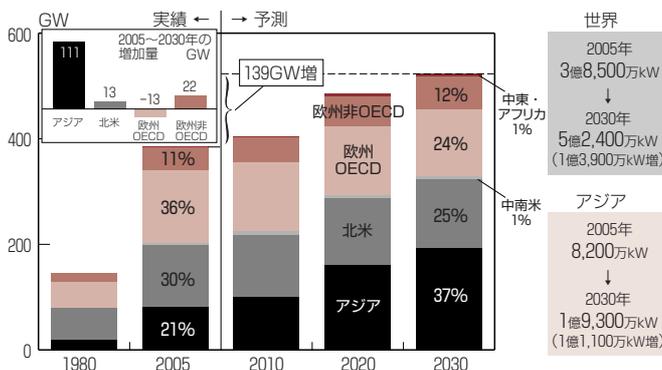
発電設備容量の見通しを示す。2005年時から約1.11億kWの増加が予想されるアジアを中心に、世界で約1.39億kW増加し、2030年には約5.24億kWとなると予想されている。

## 原子力導入でCO<sub>2</sub>削減に一定の効果—しかし原子力のみによる削減には限界

次に原子力の導入がどの程度CO<sub>2</sub>排出抑制に寄与するかを検討してみる。第一に見るべき点は、原子力発電がまだ一部の国でしか実用化されていないことである。電力需要の半分以上を原子力に依存する国も数カ国存在するものの、このような国は例外的であり、世界193カ国の約6分の5は原子力発電を有してすらいない。今後も2030年にかけて世界で最も多く開発されるのは石炭火力、次いで天然ガス火力であるとみられている。石炭火力は発電電力量の増大とほぼ同割合で増加し現在39%のシェアをほぼ維持、天然ガス火力は最も高率で増加し現在13%のシェアが2030年には20%となるのに対し、原子力は前述のように設備容量は増大するものの、シェアは現在より低下して10%となると予想されている。

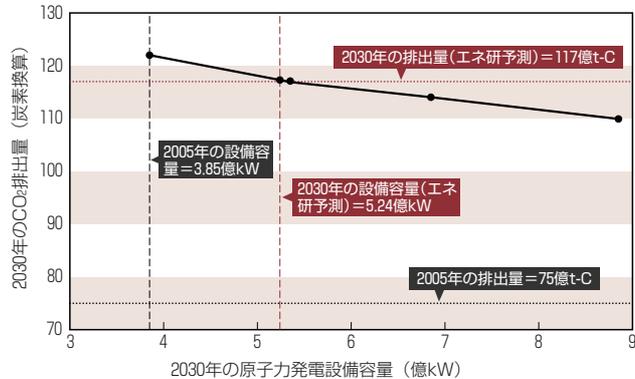
よく知られているように、従来型石炭火力発電所は天然ガス火力発電と比較してもCO<sub>2</sub>排出量が多く、発電部門における今後のCO<sub>2</sub>排出量増加の要因の大半は石炭火力発電の増加である。発電効率向上、二酸化炭素捕獲・貯留 (CCS) 技術等、排出量低減に向けた技術開発は進められているものの、技術の実用化・浸透には時間を要することから、石炭有効利用に伴う排出量増加抑制への効果は限定的とする見方が多い。エネ研では、輸送部門における化石燃料利用が依然として増加を続けることもあり、2005年に約75億トン (炭素換算) であった世界のCO<sub>2</sub>排出量は、2030年には約117億トンとなると予測している。この約42億トンもの増加を、原子力発電の利用拡大により抑制することがどの程度可能であろうか。ここで、化石燃料のうち最も排出原単位が多く、また今後世界で最も多く建設されると思われる従来型石炭火力の排出係数 (約1.0kg-C/kWh) を用いて、原子力発電導入によるCO<sub>2</sub>削減効果を定量的に計算した結果を図表2に示す。

◆図表1 世界の原子力発電設備容量の見通し



(出所) 実績値は日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向」2007年版、予測値は(財)日本エネルギー経済研究所「アジア/世界エネルギーアウトック2007」

◆図表2 原子力発電導入によるCO<sub>2</sub>削減効果



(出所) 2030年の設備容量及び排出量は(財)日本エネルギー経済研究所「アジア/世界エネルギーアウトック2007」、前提条件としてCO<sub>2</sub>排出係数=1.0kg-C/kWh、設備利用率=86%を使用

前述の通り、エネ研では2030年の原子力発電設備容量を約5.24億kW、CO<sub>2</sub>排出量を同117億トンと予測している。仮に全く設備容量が増加せず、その分を全て石炭火力が補うとすれば、CO<sub>2</sub>排出量は2005年実績から約45億トン増加の約120億トンとなる計算である。この結果より、原子力発電導入によるCO<sub>2</sub>削減効果は、2030年までのCO<sub>2</sub>増加量を約45億トンから約42億トンへ約6%低減するととまるといえる。

逆に、原子力発電の導入設備容量が2030年のエネ研予測より多い場合は追加的な削減が期待できる。例えば原子力発電設備容量が6.85億kW(2005年より3億kW増)の場合にはCO<sub>2</sub>排出量はエネ研予測より約3.31億トン(炭素換算)低減し約114億トンとなり、8.85億kW(5億kW増)の場合には約7.42億トン低減し約110億トンとなる。しかし、仮に新規に5億kWが導入され、設備容量が現在の2.3倍になったとしても計算されるCO<sub>2</sub>削減効果は23%程度である。5億kWとは、1基=130万kWとして換算すると385基であり、今後17-18基/年というハイペースで導入されなければ2030年までに達成不可能な設備容量である。

エネ研予測の1.39億kW増加は5基/年のペースであり、2008年現在の建設・運転開始ペースがこの程度であることから達成可能性はあるといえる。しかしながらそれによるCO<sub>2</sub>低減効果は数%にしかならず、輸送用燃料の効率向上や全般的な省エネルギー技術の向上・普及等と併せてはじめてCO<sub>2</sub>排出量の有意な低減が達成できると考えられる。すなわち、原子力の導入拡大は地球温暖化防止に寄与はするが、そのみでの解決は不可能である。省エネルギー技術・新エネルギー開発普及等、様々な対策を同時に進め、総合的な対応をしない限り、地球温暖化を抑止することは不可能であろう。

## 導入停滞すれば更にCO<sub>2</sub>増加：政策と先進国の支援が必要

2030年までに1.39億kW増加して5.24億kWとなるという予測についても、達成見通しの不確実性は高い。ドイツや英国等、比較的早期に原子力発電を商業化した国においては、2010年以降40年を超えて運転するプラントが多くなり、それらのリプレイスも現実的な問題となってくるが、新規建設計画が進捗せず古いプラントが閉鎖されていくのみでは、地球温暖化対策としての原子力発電の存在意義は更に低下する。原子力発電の電力量減少が再生可能エネルギーで補てんされるのなら、CO<sub>2</sub>排出量には増減が生じないが、石炭火力や天然ガス火力で補てんされる場合はCO<sub>2</sub>排出量が増加することとなる。この観点からは、やはり原子力発電のリプレイスは原子力発電、ないしは再生可能エネルギー電源で補てんされることが望ましい。そのためには事業者にとって十分に経済合理性のある実効的な政策が必要であろう。

これから原子力発電を新規に導入しようとしている国々にとっては、既存の原子力発電利用国以上に課題が多い。1950年代から60年代における日本の原子力発電商業化には、海外からの技術導入、組織体制や法整備等で10年以上を要したが、2008年の現在は当時と比較しても核拡散防止の枠組みや安全基準等が格段に厳しくなっており、要求される技術レベルも高く、それらの取得には相当の時間を要すると考えられる。安全確保や核不拡散を前提とした原子力発電の利用拡大にあたっては、先進的な技術や知見を有する国からの効率的な支援が重要な要件となるであろう。

前述のように原子力発電利用拡大によるCO<sub>2</sub>削減効果は限定的である。しかし、だからといって積極的な導入促進策を怠れば、導入ペースが更に遅くなり、CO<sub>2</sub>が増加し、他の対策に注力する必要が生じる。これは事業者や消費者に過剰な負担を強いて経済発展を阻害する等、別の問題が生じる可能性もある。他の削減対策にも注力しつつ、特にこれから経済成長が著しいアジア、電力消費量の多い米国やロシア等の国々における原子力の利用拡大も併せて図っていくことが、エネルギーを総合的にみた観点からの地球温暖化対策として必要であるといえる。

村上朋子(むらかみ・ともこ)

東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻修士課程修了。2004年慶應義塾大学にて経営学修士(MBA)取得。専攻は原子力工学、経済学。2007年5月より(財)日本エネルギー経済研究所戦略・産業ユニット原子力グループリーダー。

論点の背景

# 二酸化炭素隔離貯留技術 (CCS) の現状と課題

国立環境研究所 地球環境研究センター温暖化対策評価研究室 芦名秀一  
NIESポスドクフェロー

## 1. 2つの温暖化対策：削減と隔離

地球温暖化問題の本質的解決には、世界全体での二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)をはじめとした温室効果ガス排出量大幅削減に向けた取り組みが不可欠である、との認識が世界の潮流になりつつある。日本でも、安倍前首相が「美しい星へのいざない：Cool Earth 50」にて、2050年までに世界全体の温室効果ガスを自然界の年間吸収量と同レベル(現状の半分)まで低減させることを提案するなど、徐々に取り組みの必要性が認知されつつあるといえる。

一般に温暖化対策というと、省エネルギーの促進や太陽光発電の普及、バイオ燃料の導入などの温室効果ガスをそもそも出さないようにする対策(削減)を指すことが多い。一方で、温暖化対策が本質的に大気中の温室効果ガス濃度の増加抑制であることから、温室効果ガスを排出しても大気へ出て行かないようにする手段(隔離)もまた温暖化対策であり、様々な対策が検討、研究されてきている。本稿では、後者の代表例である二酸化炭素隔離貯留技術(Carbon dioxide Capture and Storage、CCS：炭素回収・固定技術とも呼ばれる)に着目し、概要および課題、将来展望を紹介する。

## 2. CCS技術の概要

ひとくくりにCCSと言っても、その実質は(1)回収、(2)輸送、(3)貯留の3段階から構成される多段階技術である。CCS技術の一連の流れの一例を図表1

に示す。一般には、発電所などの燃焼排ガスから物理的・化学的手段によりCO<sub>2</sub>を回収してローリー車やパイプラインにて貯留地点に輸送し、地下や海中へ圧入・隔離される。なお、燃料電池や水素自動車などのシステムでは、燃焼前にCO<sub>2</sub>を回収するケースもある。

### 2.1 CO<sub>2</sub>回収技術

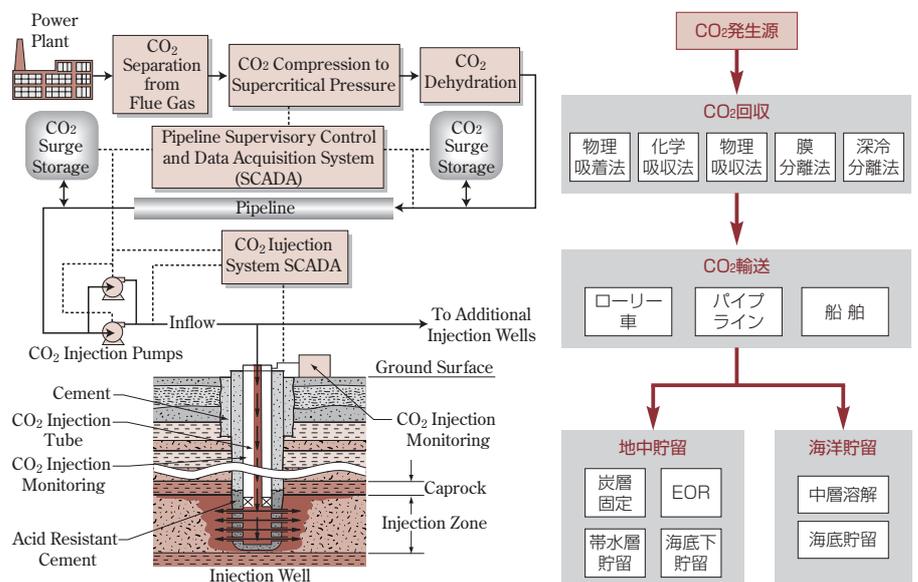
回収技術には、物理吸着法(固体吸着剤に吸着させる)、化学吸収法(吸収液に溶解させる)、物理吸収法(吸収液に高圧のCO<sub>2</sub>を物理的に吸収させる)、膜分離法(CO<sub>2</sub>だけが透過する膜で選り分ける)、深冷分離法(極低温で液化後に沸点の差を利用して分離する)の大きく

5種類がある。これらは適用先に向き不向きがあり、例えば火力発電所では高温かつ大量の燃焼排ガスを短時間で処理する必要があることから化学吸収法や物理吸収法が選択されることが多いなど、CO<sub>2</sub>発生源の規模と特性によりいずれの技術が効率的であるかは様々に検証が進められている。また、回収に要する費用も技術とその適用先により幅広いが、一例としてGlobal Energy Technology Strategy Program (GTSP)\*による試算結果を図表2に示す。

### 2.2 CO<sub>2</sub>輸送

回収したCO<sub>2</sub>は、ローリー車、パイプライン、船舶などにより貯留地点まで輸

◆図表1 CCS技術の構成例



([http://www.pnl.gov/gtsp/docs/gtsp\\_reportfinal\\_2006.pdf](http://www.pnl.gov/gtsp/docs/gtsp_reportfinal_2006.pdf), p.14)

送される。ローリー車の利点には、既存のタンクや車台を流用できること、回収場所の制限が低いことが挙げられるが、輸送時にCO<sub>2</sub>が排出される（ガソリン・ディーゼル車の場合）、間欠的輸送であるなどの欠点を持つ。船舶の場合は、ローリー車とほぼ同様の利点欠点に加えて、一度に大量輸送が可能であるという利点がある一方で、港湾間での輸送に限定されるという欠点がある。パイプラインでは、輸送時のCO<sub>2</sub>排出がほとんどない、輸送に関する時間制限が薄い、大量の連続輸送が可能といった利点があるが、実現にはパイプラインの新設が不可欠である、輸送地点が固定されるといった欠点がある。

### 2.3 CO<sub>2</sub>貯留

輸送されたCO<sub>2</sub>は、大きく分けて地下（海底も含む）、海底、海中の3箇所のいずれかに貯留される。このうち海底および海中への貯留は、ロンドン条約（1972年の廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約）にて禁止されていることから、2008年6月時点では実施不可能である。

地下貯留には、図表3に示すように枯渇した石油・天然ガス井への貯留、キャップロックに囲まれた深地下水層への貯留など、いくつかの種類がある。この中には、生産中あるいは生産量が低下しつつある油田や天然ガス田にCO<sub>2</sub>を圧入し、CO<sub>2</sub>を貯留するとともに内部の原油や天然ガスを得る手法（石油・天然ガス増進回収法）のような、追加的な便益が得られるような貯留法もある。なお、日本では油田や天然ガス田が少ないことから、現時点では主に深地下水層への貯留が中心に考えられている。

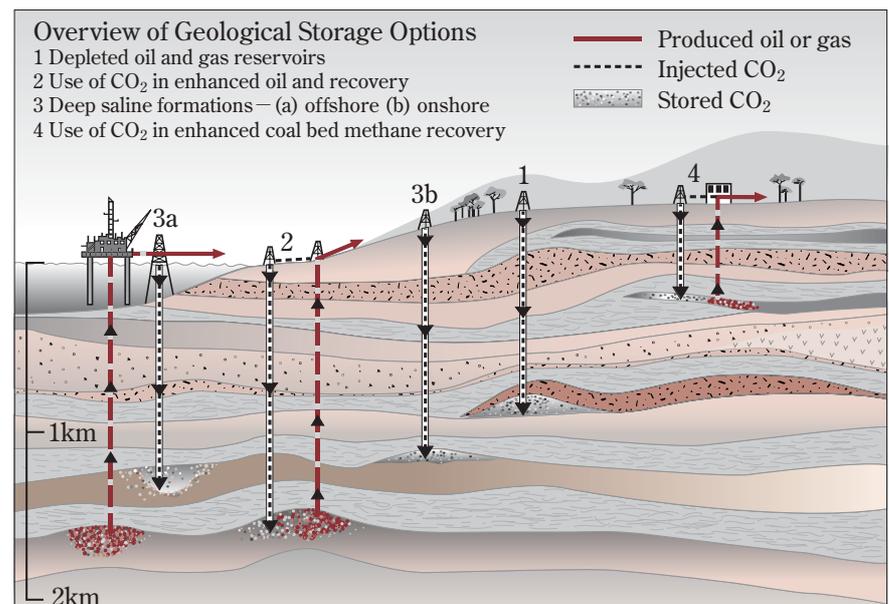
前述のGTSPが2006年4月にまとめたレポート※では、世界全体の地中貯留可能量（理論値）を11兆トンCO<sub>2</sub>以上、2005

◆図表2 CCSによるCO<sub>2</sub>回収費用の試算例

Plant Type	Capture Process(es)	Cost Estimates for Capture & Compression	Factor(s) Driving Cost of Capture and Compression
Steam Rankine Power	Chemical Absorption (amines)	\$25-\$60/tCO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> content in flue gas stream, capital cost and energy requirements for solvent cycling
IGCC Power	Physical Absorption	\$25-\$40/tCO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> content in flue gas stream, capital cost
Refinery Flue Gas	Chemical Absorption/ Flue Gas Recycling	\$35-\$55/tCO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> content in flue gas stream and capital cost, energy requirements for solvent cycling (if applicable)
Steel	Flue Gas Recycling/ Chemical Absorption	\$20-\$35/tCO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> content in flue gas stream and capital cost, energy requirements for solvent cycling (if applicable)
Cement	Flue Gas Recycling/ Chemical Absorption	\$35-\$55/tCO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> content in flue gas stream and capital cost, energy requirements for solvent cycling (if applicable)
Ethanol (Fermentation)	NA	\$6-\$12/tCO <sub>2</sub>	No capture cost for pure CO <sub>2</sub> stream; compression cost only
Ethylene Oxide (Process Stream)	NA	\$6-\$12/tCO <sub>2</sub>	No capture cost for pure CO <sub>2</sub> stream; compression cost only
Ammonia (Reformer Gas)	NA	\$6-\$12/tCO <sub>2</sub>	No capture cost for pure CO <sub>2</sub> stream; compression cost only

([http://www.pnl.gov/gtsp/docs/gtsp\\_reportfinal\\_2006.pdf](http://www.pnl.gov/gtsp/docs/gtsp_reportfinal_2006.pdf), p.33)

◆図表3 様々な地中貯留方式



([http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages\\_media/SRCCS-final/SRCCS\\_TechnicalSummary.pdf](http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages_media/SRCCS-final/SRCCS_TechnicalSummary.pdf), p.16)

年の世界CO<sub>2</sub>排出量（266億トンCO<sub>2</sub>）と比較して400年分以上と試算している。地域的に見ると、米国が3.9兆億トンCO<sub>2</sub>、カナダが1.3兆億トンCO<sub>2</sub>に対して、日本は15億トンCO<sub>2</sub>、中国では3,900億トンCO<sub>2</sub>、西欧は260億トンCO<sub>2</sub>と見積もられており、貯留可能量は地域偏在性が高く、必ずしもCO<sub>2</sub>排出量の地域分布とは一致しないことがわかる。

### 3. CCS技術開発の現状

CCSを構成する個々の要素技術（回収技術、輸送技術、貯留技術）は、石油や天然ガスの採掘現場で広く使われているなど、既に実用段階にあるといえる。そのため、CCS技術に関する研究開発は、要素技術それぞれのさらなる効率向上や、適用範囲拡大に向けたシステムの総合的な開発およびその実証が中心となっている。世界的には、国内に石油・天

然ガス産業を抱える国々や石油産業がCCS技術の実証研究や導入を積極的に進めている。例えば、ノルウェーでは石油会社Statoilが北海ガス田でスライプナー (Sleipner) プロジェクトを、British Petroleum (BP) はアルジェリアで、Chevron、Exxon Mobile、Shellはオーストラリアで天然ガス田を利用したCCS実証研究プロジェクトを実施している。また、中国やインドといった自国に大規模な炭田を擁する発展途上国でも、安価な石炭を活用した経済発展とCO<sub>2</sub>削減とを両立するためにCCS技術に大きな期待を寄せており、貯留可能量の調査やCCS技術導入の可能性を検討し始めている。日本では、京都議定書目標達成計画や総合資源エネルギー調査会の2030年のエネルギー需給展望にて、具体的な数値はあげられていないが中長期的に有望なCO<sub>2</sub>削減技術としての位置を与えている。

### 4. CCS技術にまつわる課題

CCS技術に関する主要な課題のひとつに、貯留したCO<sub>2</sub>の漏出可能性とそれに伴うリスクの定量化が挙げられる。これは、過去火山性ガスなど自然現象を起因とした局地的なCO<sub>2</sub>濃度上昇によって、様々な事故が生じていることが広く知られているためである。これまでの研究により地中貯留の場合には、数千年～1万年貯留し続けたとしてもその漏出率は最大でも1%程度と試算されており、漏出可能性はきわめて低いものと考えられている。しかし、実際に油田や天然ガ

ス田以外でのCCSプラントの大規模稼働の経験に乏しいことから、実稼働条件下でどの程度漏出するのか、そのとき気温・生態系・植生などがどのように変化するのか、あるいは人間にどのような影響を及ぼすかはまだ十分理解されているとは言い難い。また数百年後、数千年後に、現世代が貯留したCO<sub>2</sub>が起因となって将来世代の自然や人間に影響があった場合に、いったい誰が責任を持つかという世代間の公平性に関する問題を指摘する研究者もいる。

CCS技術には上述の漏出可能性に加えて、CO<sub>2</sub>貯留量の現実的な限界量の評価、CCS設備稼働時のエネルギー消費量が大きい(石炭火力発電では、現時点では発電量の約30%がCCS設備に向けられる)などの経済性や、回収したCO<sub>2</sub>の輸送や圧入に対する社会的受容性(Public acceptance)に関する課題がある。現在、世界の様々な企業や研究機関がCCS技術自体の研究開発に加えて、CO<sub>2</sub>貯留の長期安定性や安全性の実証試験に取り組み、CO<sub>2</sub>漏出の可能性や漏出に伴うリスクを定量化し、CCS技術に対する不安を払拭できるような説明や、安全性の実証を進めているところである。

### 5. 将来展望

CCS技術は、排出された温室効果ガスを大気に放出せず地中あるいは海中へ隔離することによって、排出量そのものを削減する対策と同様の結果を得ることが可能となる。これにより、化石燃料依

存型の現代エネルギーシステムを維持したまま、温暖化問題を解決することも不可能ではない。しかし、この技術により温暖化問題は解決できたとしても、CO<sub>2</sub>排出量や化石燃料消費量が削減できるわけではないために、依然として化石燃料枯渇問題は喫緊の課題として在り続けるし、持続可能型社会に移行する際の障害ともなりうる。またCCS技術に対して厳しい見方をする研究者・識者の中には、現世代のCO<sub>2</sub>を貯留することは温暖化問題の単なる先送りである、との指摘をする者もいる。

地球温暖化に関する科学的知見が積み上がるにつれて、早期の温室効果ガス削減が求められるようになってきている。CCS技術は、長期的に見れば将来実現すべき持続可能なエネルギーシステムとはやや異なる方向性であるものの、大量のCO<sub>2</sub>削減を短期間で成し遂げるにはきわめて有効性の高い優れた技術である。そのため、恒久的な温暖化対策技術ではなく次世代への架け橋としての位置づけのもと、当面の温暖化対策のひとつとしてCCS技術を活用しつつ、同時に省エネルギー技術や新エネルギー技術の開発・普及を進めることが、望ましい温暖化対策の姿ではないだろうか。

※ [http://www.pnl.gov/gtsp/docs/gtsp\\_reportfinal\\_2006.pdf](http://www.pnl.gov/gtsp/docs/gtsp_reportfinal_2006.pdf)

芦名秀一 (あしな・しゅういち)  
2006年東北大学工学研究科技術社会システム専攻修士、博士(工学)。専門分野は機械・システム工学。同年4月より、(独) 国立環境研究所地球環境研究センターにNIESポスドクフェローとして勤務。

# 政策研究の最前線

## 道州制の行方 ——地方分権の究極の姿——

総合研究開発機構（NIRA） リサーチフェロー 和仁屋浩次

### 道州制の動向

道州制をめぐる議論が熱を帯びてきた。議論が本格化したのは、小泉内閣時の「骨太の方針2004」に、「地方分権の更なる推進に向けて将来への道州制の導入に関する検討を本格化させる」として、政府の施策の基本方針に掲げられたことに端を発する。この骨太の方針を受け、総理の諮問機関である第28次地方制度調査会では、「道州制の具体的な制度設計を検討すべき」との答申を行った。その後、総務大臣の諮問機関である道州制ビジョン懇談会や自民党の道州制推進本部などが相次いで中間報告をとりまとめるなど議論が活発化している。

一方、目を地方に転じてみると、全国知事会の道州制特別委員会をはじめ、各都道府県においても道州制研究会等を設置するなど、地方でも道州制に向けた取り組みが始まっている。また、行政府のこうした動きに呼応するかのように、経済界においても日本経済団体連合会や経済同友会などの経済団体やシンクタンクなどが、道州制導入に向けた提言を積極的に行っている。

道州制の導入は単に行政単位や行政機能の変化という枠組みにとどまらず、生活圏や経済圏など国民生活にとって重要な領域にも多大な変容を促す可能性を秘めていることから、多種多様な主体の関心が高まるのは自明である。道州制は、国民誰もが見過ごすことのできない、「明治維新」や「戦後改革」と並ぶ大きな制度改革なのである。

### 制度疲労した中央集権体制

明治以来から続いている中央集権体制は、欧米諸国へのキャッチアップ、戦後の復興、高度成長など、豊かな国づくりを目指す上では絶大な効力を発揮した統治システムであったことに

は間違いない。しかし、ナショナルミニマムが達成され、経済が成熟し国民のもつ価値観が多様化した今日においては、中央集権体制は日本社会にさまざまな歪みをもたらすものとなっている。中央集権体制がもたらした問題としてまずあげられるのが、東京一極集中の問題である。権力と情報を集中的に掌握する中央官庁が東京にあることで、そこにヒト、モノ、カネ、情報と呼び込み、東京に政治・経済・文化などあらゆる機能が集中した結果、東京だけが繁栄をきわめ、地方は衰退するという構図が生まれた。また、人口減少、高齢化社会やグローバル化の進展など、急速に社会・経済情勢が変化していく中で、中央官庁の全国画一的な政策は、それぞれ異なった課題をもつ地域の事情に迅速かつ的確な対応ができなくなってしまった。

このような中央集権体制が生み出した問題を解決させるためには、中央集権体制そのものを変えるしか方法がないことが指摘されており、いかに地方分権型の行政システムへ脱却を図れるかが焦点となっている。そこで注目されているのが、地方分権の究極の姿である「道州制」なのである。

### 道州制の姿

では、道州制とはどのようなものであるのか。道州制の概念や内容については各方面よりさまざまな主張が出ており、いまだ統一した見解がないのが実情である。これらの主張でおおよそ共通していることは、「現行の47都道府県制を見直し、全国を『道』『州』などの広域的な単位に編成した上で、国から道州や基礎自治体に大幅な権限の移譲を目指すこと」ということができる。

道州制では、国の役割は、「外交」、「安全保障」、「マクロ経済政策」など国が本来果たすべきものに重点化し、内政に関す

ることは道州・基礎自治体が広く担うこととされている。これは国民生活に関することは、自己責任、自己決定のもと、地域自らがそれぞれの実情に即しておこなうことを意味する。ヨーロッパ自治憲章においてみられるように、地域課題はまずはじめは住民が自力で解決することが求められており、そこで解決できないような問題は基礎自治体でおこない、基礎自治体ができなければ広域自治体がおこない、広域自治体でも対応が困難になったとき、国がおこなうという、いわゆる「補完性の原理」が道州制の基本理念としてある。自己決定権のある地方自治を実現し、地域社会を活性化させていくことは、ヨーロッパ自治憲章の基本理念にみとれるように世界の潮流であるといえる。

日本においても、国が政策立案・制度設計を行い、地方は与えられたことを単に実施するという従来の構図を改め、住民本位の地域づくりを図るため、自らの創意と工夫と責任で地域の特性に応じた地域づくりができる行政システムに変革することが求められている。

道州制の導入により、地域が創意工夫のもとオリジナリティあふれる地域づくりができる環境をつくることで、現在の東京一極集中の国土構造を多極分散の方向へ再編されることが期待されているのである。

## 今後の展望

このように道州制の導入は、現在の国の構造を抜本的に変え

る可能性を秘めている。しかし、道州制導入にあたって検討すべき課題が山積しているのが現状である。上述した国と道州と基礎自治体の役割分担のあり方をはじめ、税財政制度のあり方、道州の区割りの問題など、議論集約に困難を伴うものばかりである。また、道州制は当然に地方分権推進の観点から制度設計がなされるべきであるが、道州制を単に国の行財政改革の一環として捉えている動きも見受けられるなど看過できない。また、強い政治指導力をもつ内閣が誕生しない限り、実現は困難であるという見方もある。

いずれにしても道州制の実現は一筋縄ではいかない。これらの課題を一つひとつ丹念に紐解いていき、道州制のあるべき姿を追求していく必要がある。そのためには、絶え間ない国民的議論・世論喚起が求められている。この道州制という大改革期に立ち合うことになった国民は積極的に議論に参加することが責務であり、覚悟をもって日本の将来の姿を選択しなければならない。道州制の成功のカギは国民一人ひとりの手に握られているといえよう。

和仁屋浩次（わにや・こうじ）

2000年琉球大学法文学部経済学科卒業後、沖縄県庁入庁。商工労働部情報産業振興課、企画部宮古支庁を経て、2007年4月より総合研究開発機構研究開発部へ出向。2007年11月より現職。

### 〈NIRAホームページ〉

NIRA政策レビューのバックナンバーをはじめ、NIRAの諸活動を紹介するホームページをご利用ください。  
<http://www.nira.or.jp/index.html>

2008年6月30日発行 ©財団法人総合研究開発機構

**NIRA** 総合研究開発機構  
National Institute for Research Advancement

編集発行人：伊藤元重 NIRA理事長  
編集主幹：加藤裕己 東京経済大学教授

〒150-6034 東京都渋谷区恵比寿4-20-3  
恵比寿ガーデンプレイスタワー34階  
電話 03-5448-1735 FAX 03-5448-1744  
e-mail: info@nira.or.jp <http://www.nira.or.jp/>

**R100**  
国産品の活用を推進しています