

**2003 年全米環境対策会議が問い掛けるもの**

- キーワードは「技術開発重視」と「市場原理の活用」 -

## 要旨

1. 「経済成長こそが環境パフォーマンス向上のための源泉である」とするブッシュ大統領の姿勢は、2001年の政権発足以来、終始一貫している。直接規制と比べて排出権取引制度などの市場メカニズムを重視し、環境規制の経済に与える影響を最小限にとどめるとい方向性は、時に国内外の環境保護派からその消極性に対して非難の声があがっている。一方、環境対策に熱心な一部の州政府を中心に、大気汚染物質や温室効果ガス(GHG)に対する州独自の排出規制や再生可能エネルギー導入促進制度が始まっており、地方政府が連邦政府を先導する形で徐々に環境への取組みが進みつつある。
2. GHGの削減に関しては、2002年2月にGlobal Climate Change Initiative(GCCI)という政策が連邦政府から発表されている。GDP当たりのGHG排出量を2012年までに約18%削減するという目標は、経済成長を加味した排出削減を目指す本政策の大きな特徴となっている。削減手段としては、省エネまたは再生可能エネルギーに係る技術開発の促進、企業あるいは業界の自主的取組みの促進、排出権取引制度の導入など、緩やかなアプローチがとられる見通しである。ただし、仮にGCCIの目標が達成された場合でも、好調な経済成長が予想されることから、2012年の排出の絶対量は、2000年比13%増、1990年比31%増と試算されている。これは、京都議定書が米国に求めたレベル(1990年比7%削減)を大きく上回るものであり、環境推進派や州政府からも対策の手ぬるさが強く批判されている。
3. 一部の州では、独自のGHG排出規制を行うと同時に、市場からの排出権購入を認めている。また、排出権の発行および取引プログラムについては、企業、NGO、州政府など様々なレベルにおいて本格的普及に向けた準備が進められている。なお、排出権取引は、国家間や企業間で目標(もしくは排出枠)と比べた排出量の過不足を調整する手法である。経済全体として負担する削減コストの最小化を可能とするものであり、排出削減ツールの一つとして大きな役割を果たすものと見られている。
4. 火力発電所から排出される代表的な大気汚染物質であるNO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、水銀の削減に関しては、2002年2月にClear Skies Initiativeと呼ばれる政策が連邦政府から発表されており、現在実施のための法案が審議されている。法案の骨子は、上記3物質の排出量を2018年までに約7割削減するというものである。同政策を所管する連邦環境保護局(EPA)によれば、今後の環境技術の進歩による削減を見込むと共に、現在一部の州にて行われている排出権取引制度を発展させた連邦大での取引制度を創設し、既存発電施設への経済的インパクトを最小限に抑えた形で削減を進めるとしている。

5. 大気汚染物質や GHG の削減に向けた別のアプローチとして、クリーン技術導入への助成措置および規制が、州、連邦レベルで進められている。発電プロセスにおいて CO<sub>2</sub> を排出しない再生可能エネルギーは、温暖化対策の重要な柱として位置付けられている。電力会社に一定割合の調達を義務付ける RPS 制度が 16 州で既に立法化されている他、連邦議会においても RPS 法案が審議されている。また、米国では電力ソースの過半を石炭火力が占めているが、課題となっている環境対策として、クリーンコールテクノロジーと呼ばれる様々な環境負荷低減技術の研究開発が連邦政府主導の下で進められている。更に、2003 年 6 月末には CO<sub>2</sub> 回収固定化技術に関して、研究成果の共有や共同開発の推進等を実施する国際的枠組みが米国主導で開始された。このように、環境問題の解決の糸口を規制ではなく技術革新に求めるやり方は、今後、米国の環境政策における大きな流れとなる可能性がある。
6. 2001 年の 911 テロ以降、米国内でのセキュリティに対する意識の高まりは顕著であり、これが環境・エネルギー政策に与える影響も見逃せない。昨今では、国内の燃料貯蔵施設やパイプライン等の輸送インフラがテロ攻撃に狙われる危険性にも注目が集まっている。石炭やバイオマス燃料は、核燃料、石油、天然ガスと比べて圧倒的にテロの対象となりやすく、また純国産資源であるため、安全保障上の貢献度も高いとされている。従って、セキュリティの観点からは、クリーンコールテクノロジー等による環境に配慮した形での石炭利用促進や、再生可能エネルギーの導入普及が進められるものと予想される。
7. 我が国では、京都議定書が求める 90 年比 6% の削減はおろか、2001 年には 90 年比 6.3% の増加が見られており、抜本的な対策が不可避な状況となりつつある。公害問題やオイルショックを乗り越え、省エネ、クリーン技術で世界をリードしてきた我が国だが、今後より一層の環境負荷削減のためには、人々の生活スタイルや意識の改革に加え、技術革新によるブレークスルーと「減らせる所から減らしていく」という合理的仕組みがますます重要になると思われる。クリーン技術の開発を重視し、市場原理を積極的に活用する米国流アプローチは、我が国の環境政策立案に際し、示唆に富んだ有益な事例となりうることから、今後とも注視していく必要があると考えられる。

日本政策投資銀行 ロサンゼルス事務所 中村郷平

## 目次

はじめに	4
第1節 気候変動(地球温暖化)問題	5
1. 米国内の温室効果ガス削減に向けた様々な取組み	
2. GHG 排出権取引について	
3. CDM(Clean Development Mechanism)について	
第2節 再生可能エネルギー普及制度 - RPS 制度の現状 -	14
1. 普及に向けた連邦政府の取組み	
2. 連邦をリードする各州政府の取組み	
第3節 電気事業における大気汚染問題	18
1. ブッシュ政権のクリアスカイ政策	
2. NSR (New Source Review)規則改正の動向	
第4節 クリーンテクノロジー開発	22
1. クリーンコールテクノロジー	
2. バイオマス燃料の石炭混焼技術 (Cofiring)	
3. 石炭灰の未燃分燃焼技術 (Carbon Burn-Out)	
終わりに代えて	30

## はじめに

2001年3月の“衝撃的な”京都議定書離脱宣言から2年余、唯一の超大国アメリカの環境政策は、一貫して経済重視の姿勢を示すブッシュ政権のイニシアチブの下、諸外国と一線を画した独自路線を取りつつあるかに見える。一方、日本やEU諸国などの先進国を中心に、議定書の早期発効に向けた精力的な努力が続けられており、鍵を握るロシアの動向次第では2003年内の発効が可能な状況となっている。しかし、温暖化問題のみならず、大気汚染や水質汚染などを含めた地球環境問題は、その及ぼす影響が国境とは無関係に拡大しうることから、国という単位を超えた包括的な取組みが不可欠であることは論を待たない。加えて、政治、経済、サイエンスなど様々な分野で圧倒的プレゼンスを誇る米国の動向は、我が国を含めた各国の環境政策にも波及しうることから、好むと好まざるとに関わらず注目せざるを得ないことは間違いない。

当レポートは、2003年1月にアリゾナ州ツーソンで開催された「電気事業における環境問題に関する会議<sup>1</sup>」(EUEC: Electric Utilities Environmental Conference)の内容をベースに、米国エネルギー産業に係る環境政策についてまとめたものである。EUECは、米国エネルギー省(DOE)、エジソン電気協会(EEI)、米国電力研究所(EPRI)らを主催とし、環境保護局(EPA)や環境系コンサル会社等の協賛のもとで開催されている会議であり、今年で6回目を数える。世界各国からエネルギー関係者約700人が参加し、4日間に渡り中身の濃いディスカッションが展開された。当論は、EUECの議事内容と2003年上期までの動向を踏まえて、現状を整理、解説している。第1節では、気候変動(地球温暖化)問題として、州政府が先行する形で進められている温室効果ガス排出規制や企業、地方政府、国など様々なレベルにおける排出権取引制度の状況について整理する。第2節では、再生可能エネルギーの導入普及に向けた新たな規制(RPS規制)動向について整理する。第3節では、電気事業における大気汚染問題として、ブッシュ政権が進めるクリアスカイ政策と火力発電所の環境設備に関する規制(NSR規制)を取り上げる。第4節では、大気汚染問題や地球温暖化問題の解決ツールとして期待されている環境技術について、開発の状況や推進施策等を紹介する。「終わりに代えて」では、全体をまとめると共に、今後の米国の環境政策動向を簡単に展望する。

---

<sup>1</sup> 詳細は、会議のURL(<http://www.euec.com/>)を参照。

## 第1節 気候変動(地球温暖化)問題

1997年に採択された京都議定書は、先進国<sup>2</sup>全体で温室効果ガス（Greenhouse Gas, GHG）排出量を2010年までに1990年比5%以上削減することを目標としている。議定書が発効するためには、55ヶ国以上の批准、批准した先進国の1990年のGHG排出量が先進国全体の55%以上、という2つの条件をクリアする必要がある。国連の気候変動枠組み条約事務局によれば、これまでに110ヶ国が批准しており、この条件は既に達成されている。に関しては、批准している先進国の排出量は合計43.9%となっているが、36.1%を占める最大の排出国アメリカが枠組みから離脱した現在、17.4%を排出するロシアがキャスティングボートを握っている。

一方、米国内では、環境政策全般において消極姿勢の目立つ連邦政府に対し、環境派議員やNGOなどが圧力を強めている。環境政策の実現を目指す環境NGOは、ブッシュ政権誕生以来、様々な法案が否決されるなど苦戦が続いてきたが、最近では連邦への直接的なロビー活動に加え、州政府を足掛かりとした連邦への働きかけを強化していると言われている。後に述べるカリフォルニアでの自動車排ガス中のCO<sub>2</sub>規制導入は、その象徴的事例とされる。環境派は、カリフォルニアの成果をテコにGHG削減につながる自動車の燃費基準強化を連邦レベルで実現させたいと考えている。

このような状況の下、連邦政府にも歩み寄りの姿勢が一部見られており、環境派の意向を踏まえた新たな温暖化対策が示されつつある。

### 1. 米国内の温室効果ガス削減に向けた様々な取り組み

#### (1) 連邦政府の取り組み

連邦政府は、2002年2月に大気汚染物質の削減を目指すクリアスカイ政策と併せて“Global Climate Change Initiative (GCCCI)”というGHG削減に向けた新たな政策を発表した。これは、GHGの排出量をGDP100万ドル当たり現状183トンから、2012年に151万トンに削減する（削減率18%）というものである。省エネまたは再生可能エネルギーの技術開発の促進と導入への減税措置、企業あるいは業界の自主的取り組みの促進、排出権取引制度の導入など、緩やかなアプローチによる排出削減が特徴である。なお、GDP当たりのCO<sub>2</sub>排出量という捉え方は“Carbon Intensity”もしくは“Greenhouse Gas Intensity”と呼ばれ、絶対量ではなく経済成長を加味した排出削減

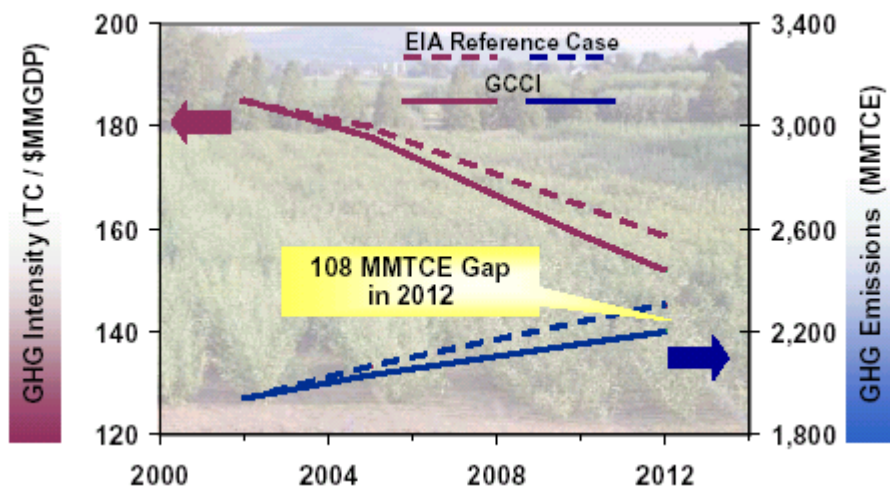
---

<sup>2</sup> ここで言う先進国とは、気候変動枠組条約の附属書（Annex）に記載国を指す。具体的にはメキシコ、韓国を除くOECD諸国と旧ソ連および東欧諸国が該当し、一部途上国や市場経済移行国を含んでいる。

を目指す米国の政策の大きな特徴となっている。ブッシュ大統領は、「米国が仮に京都議定書に批准した場合、4,000億ドルの経済損失と490万人の失業を被ることになる」と批准の可能性を否定した上で、「Economic growth is the solution, not the problem.」と述べ、経済成長こそがクリーン技術への投資を可能することを強調した。

連邦政府の示したこの政策に関しては、産業界には概ね受け入れられているものの、環境NGOや一部の州政府から対策の手ぬるさが強く批判されている。DOEの下部組織である連邦エネルギー情報局（EIA: Energy Information Administration）が発行しているAnnual Energy Outlook 2002に拠れば、2000年から2020年までの米国の経済成長率は年率3.0%、CO<sub>2</sub>発生量は年率1.5%増加する（特段の対策が取られない場合）と予想されている。これら比較対照ケース（破線）とGCCIIが実施されたケース（実線）の比較を図表1に表す。仮に2012年にCarbon Intensityが18%削減（茶色実線）された場合でも、CO<sub>2</sub>の実排出量は2000年比13%増加（青色実線）、1990年比31%も増加すると試算されている。これは、京都議定書が米国に求めたレベル（1990年比7%削減）を大きく上回るものであり、議定書批准国の削減目標（先進国全体で少なくとも5%以上の削減）からも大きく乖離している。

（図表1）Global Climate Change Initiative (GCCII)の及ぼすGHG 排出量への影響



茶色破線：リファレンスケース(特別の対策がとられない場合)におけるGDPあたりのGHG排出量

茶色実線：GCCIIが実施された場合のGDPあたりのGHG排出量

青色破線：リファレンスケースにおけるGHGの実排出量

青色実線：GCCIIが実施された場合のGHGの実排出量

出所) National Energy Technology Laboratory (EUECプレゼンテーションより)

2003年6月、北東部3州（Massachusetts, Connecticut, Maine）が連邦EPAを相手に、「CO<sub>2</sub>を大気浄化法における汚染物質のリストに加え、削減を義務化すべき」とする訴訟を連邦地裁に起こした。現行のブッシュ提案では、CO<sub>2</sub>削減は基本的に各企業の自助努力に任されており、単なる努力目標に終わる可能性も指摘されている。なお、EPAのスポークスマンによれば、ブッシュ大統領とEPAホイットマン長官（当時<sup>3</sup>）はCO<sub>2</sub>を汚染物質として取扱うことに否定的な立場を示しているという。

## (2) 州政府の取組み

州政府のプログラムには、CO<sub>2</sub>排出規制、GHG排出登録制度、省エネ推進施策などがあり、各州において様々な取組みが行われている。以下、EUEC会議の発表内容に基づき、主な州における取組み事例をまとめる。

### 【カリフォルニア】

- ・ 2002年7月、自動車排ガスのCO<sub>2</sub>を規制する世界初の法律（州法AB1493）が成立。規制内容の詳細は2005年までに策定。2009年以降のモデルに規制を適用。
- ・ 2002年10月、将来の排出規制および排出権取引を見据えて、GHG排出量登録制度(California Climate Action Registry)を発足。
  - 制度への参加は各企業の自発的な意思に任されている。
  - 排出量の第三者による認証制度を検討中。

### 【オレゴン】

- ・ 1997年より、設備の種別毎にCO<sub>2</sub>排出規制を導入。
- ・ 新設ガス火力に対しては、発電出力あたりのCO<sub>2</sub>排出量が規定されており、基準値は0.675lbs-CO<sub>2</sub>/kWhとなっている。工場等が所有する動力機器に対しては、出力あたり0.504lbs-CO<sub>2</sub>/horsepower-hourが基準となっている。
- ・ 規制の達成は、高効率発電やコージェネ（熱利用の促進）により図られるのが望ましいとされているが、別途、ファンドからの排出枠の購入制度も整備されている。この仕組みは、州政府が“気候トラストファンド”とよばれるファンドを設立し、規制対象設備を持つ企業に対してCO<sub>2</sub>排出枠を\$0.85/ton-CO<sub>2</sub>で販売するというもの。ファンドへの収入は温暖化対策事業に充当される。

---

<sup>3</sup> 同氏は6月27日付でEPA長官を辞任。辞任理由の真相は不明だが、産業界寄りの姿勢が露骨なブッシュ政権の環境政策に対し、以前から不満を漏らしていたとされている。



### 【マサチューセッツ】

- ・ 2001年4月より、州内の老朽石炭火力(6ヶ所)に対しCO<sub>2</sub>削減基準を制定。
- ・ 1997-1999年の3ヵ年平均と比べて、10%の削減を2006年までに達成することを義務付け。ただし、以下の柔軟措置を講じている。
  - 植林事業等によるCO<sub>2</sub>固定化量を削減量に組み込むことができる。
  - 他の機関からの排出権の購入
  - 燃料シフトへのインセンティブ：燃料シフト(想定されているのは石炭からガスへの変更)によりCO<sub>2</sub>削減を図る場合は、達成期限の2年間延長が認められ、2008年までとなる。

### 【ニューハンプシャー】

- ・ 2002年5月に、"Clean Power Act"制定。
- ・ 化石燃料を使用するすべての発電所に対して、CO<sub>2</sub>排出量の1990年レベルへの削減を2007年までに達成することを義務付け。(2010年を目途に、更なる削減義務を課す予定)
- ・ 排出権の購入による削減を認めている。

## 2. GHG 排出権取引について

### (1) 排出権取引の実態

排出権取引は、国家間や企業間で目標(もしくは排出枠)と比べた排出量の過不足を調整する手法である。国家および企業によるGHG削減の融通性を高めるものであり、今後、国内外の削減に向けた枠組みが整備されるにつれ、取引が活発化するものと予想されている。米国では、現状連邦レベルでの動きは無いものの、一部の州ではCO<sub>2</sub>排出規制が開始され、規制順守手段として排出権の外部からの購入が認められるなど、排出権の取引ニーズが生じつつある。また、産業界主導で自主的な取引がスタートするなど、先行的取組みが一部で見られている。

NETL (National Energy Technology Laboratory)によるプレゼンテーション資料によれば、世界全体での排出権取引規模は、2002年には6,500万トン(炭素換算)に達したと推計されている。一方、2000年のCO<sub>2</sub>排出量は炭素換算で約65億トンであり、総排出量の1%程度が取引されていることになる。この取引規模には、企業等が行う自主的な取引による取引量も含まれている。なお、自主取引が行われる背景には以下の動機付けがあるといわれている。

- ・ 企業の環境戦略，企業イメージの向上
- ・ 規制リスクの回避。すなわち、自主的なプログラムが機能することを証明し、公的規制導入の動きを回避する狙い。
- ・ 規制導入時のシミュレーション。市場ベースのアプローチに対する経験を積む。

GHG の削減や排出権取引にかかるコストを比較すると、下記に示すとおり、現状の取引価格が\$5/ton-CO<sub>2</sub>前後であるのに対し、CO<sub>2</sub>の直接削減には多額の費用を要することが分かる。当然のことながら排出クレジットが発生するためには GHG 排出量がどこかで削減される必要があり、そのための発電システムの高効率化や省エネ技術の開発、あるいは CO<sub>2</sub> 除去技術の開発等が重要であることは間違いない。その一方で、削減しやすいところから削減し超過達成分をクレジットとして流通させる排出権取引制度は、経済全体として負担する削減コストの最小化を可能とするものであり、GHG 排出量の削減ツールの一つとして大きな役割を果たすものと見られている。

- ・ 自社取引（グループ企業内での排出権取引）DuPont 社：\$1～5/ton-CO<sub>2</sub>
- ・ 取引仲介業者（ナットソース社）調べ：現状の取引実態 = \$5/ton-CO<sub>2</sub> 前後，2010年の予想取引価格 = \$11/ton-CO<sub>2</sub> 前後
- ・ 英国の GHG 排出権取引市場：\$7～8/ton-CO<sub>2</sub>
- ・ ニュージーランドにおける CO<sub>2</sub> 排出税（炭素税）：\$11/ton-CO<sub>2</sub>
- ・ 発電所排ガスからの CO<sub>2</sub> 除去（分離，固定化）コスト：\$50～100/ton

---

出所)Brigham Young University, Gary Bryner 調べ (EUEC プレゼンテーションより)

## (2)GHG 排出権取引事例

様々なレベルにおける GHG 排出権取引事例について、カンファレンス情報を基に整理する。

### 【自主取引】

- ・ British Petroleum(BP)グループ： 2010 年までに 90 年比 10%削減する目標を設定。各社ごとの直接的な削減に加え、系列会社間での取引を実施。127 社が参加している。
- ・ Shell グループ： 2010 年までに 90 年比 10%削減する目標を設定。系列会社間での取引を実施している他、グループ企業向けの排出権の追加枠に対しては競売方式による割当を実施している。
- ・ DuPont グループ： 2010 年までに 90 年比 65%削減する目標を設定。CO<sub>2</sub> の 300 倍の温室効果を持つ N<sub>2</sub>O ガスの 60%削減が対策の柱。グループ外の米国およびカ

ナダ企業と自主取引制度を創設。

- ・ Chicago Climate Exchange : 中西部 7 州の 40 企業・団体が参加。CO<sub>2</sub> とメタン排出権の取引。99 年レベルを基準とし、初年度 2%削減、以後毎年 1 %削減するキャップを設定。

#### 【米国州政府の取組み】

- ・ 北東部を中心に各州で州独自の発電所に対する CO<sub>2</sub> 排出規制が導入されている。これらの州では、排出権購入（州外からの購入も可）による削減義務の達成が認められている。
- ・ ニューハンプシャー： CO<sub>2</sub> 排出量を 2007 年までに 90 年比 3%削減することを火力発電所に義務付けている。加えて、同じく 2007 年までに 90 年比で SO<sub>2</sub> を 75%、NO<sub>x</sub> を 70%削減することを義務付け。
- ・ オレゴン： GHG 排出量を 2010 年までに 90 年比 10%削減することを火力発電所に義務付け。NGO 組織である “ Climate Trust ” が発行する排出権を購入することも認められている。なお、同トラストへの拠出金は、GHG 排出削減事業に割り当てられる。

#### 【各国の取組み】

- ・ 英国：2002 年 4 月に排出権取引制度とファンドが創設された。最初の 1 年間で取引参加企業は約 1000 社に達し、700 万トンを超える CO<sub>2</sub> が取引された。ファンドには排出権を必要とする 46 企業から合計 1 億 5 千万ドルの出資があり、集められた資金はコストパフォーマンス（この場合は、事業費用に対する GHG 削減量）の最も優れた事業から順に投資される。発生した排出枠はファンドへの出資企業に分配される。
- ・ カナダ：排出権取引のパイロットプログラムの創設。
- ・ デンマーク：排出権取引のパイロットプログラムの創設。

#### 【国際レベル】

- ・ 世銀炭素基金：2000 年 1 月設立。ファンド規模=2 億 1500 万ドル。ファンド出資事業により得られた CO<sub>2</sub> 削減量を排出権として出資額に応じて分配する仕組み。
- ・ 主な出資国，出資企業は次の通り。オランダ，カナダ，フィンランド，ノルウェー，スウェーデン，東北電力，東京電力，中部電力，中国電力，四国電力，九州電力，三井物産，三菱商事，国際協力銀行，BP Amoco(英)，ドイツ銀行(独)，RWE(独)，Electrabel(ベルギー)，Gaz de France(仏)，Statoil(ノルウェー)，Norsk Hydro(ノルウェー)，Fortum(フィンランド)，Rabobank(蘭)

### 3. CDM(Clean Development Mechanism)について

#### (1) CDM の概要

京都議定書では、先進国が達成すべき GHG 排出量の具体的数値のほか、これを達成するための柔軟性措置が規定されている。京都メカニズムと呼ばれるこの措置には、先進国間で実施される GHG 排出権取引制度、複数の先進国が GHG 削減プロジェクトを共同で実施し、プロジェクトにより発生するクレジットを分配する 共同実施 (JI: Joint Implementation) 制度、先進国が途上国に対して省エネ事業等を実施し、事業によって達成された削減量に応じて排出クレジットを得る CDM (Clean Development Mechanism) 制度がある。CDM は先進国が排出枠を調達する手段としてだけでなく、プロジェクト実施国における雇用創出，海外からの投資促進，技術移転の促進などの副次的効果も期待されている。

CDM で発生するクレジットは、CER(Certified Emission Reduction)と呼ばれる。なお、排出権には 4 種類あり、CER の他に、各国への初期割り当てに相当する AAU(Assigned Amount Unit)、国内の森林吸収源等から発生する RMU(Removal Unit)、先進国間の共同実施(JI)により生み出される ERU(Emission Reduction Unit)がある。排出権取引市場では、これら種別毎に価格が決まり、取引が行われることになる。世銀炭素基金等の取組みが進んでおり、今後多くの CER が発生する見通しである。また、CER の取引市場の整備も数年以内に進むといわれている。なお、CDM の運用ルールは概ね策定済みであり、次回の気候変動枠組み条約締約国会議 (COP9、2003 年 12 月にイタリアのミラノで開催) で最終決定される見通しとなっている。

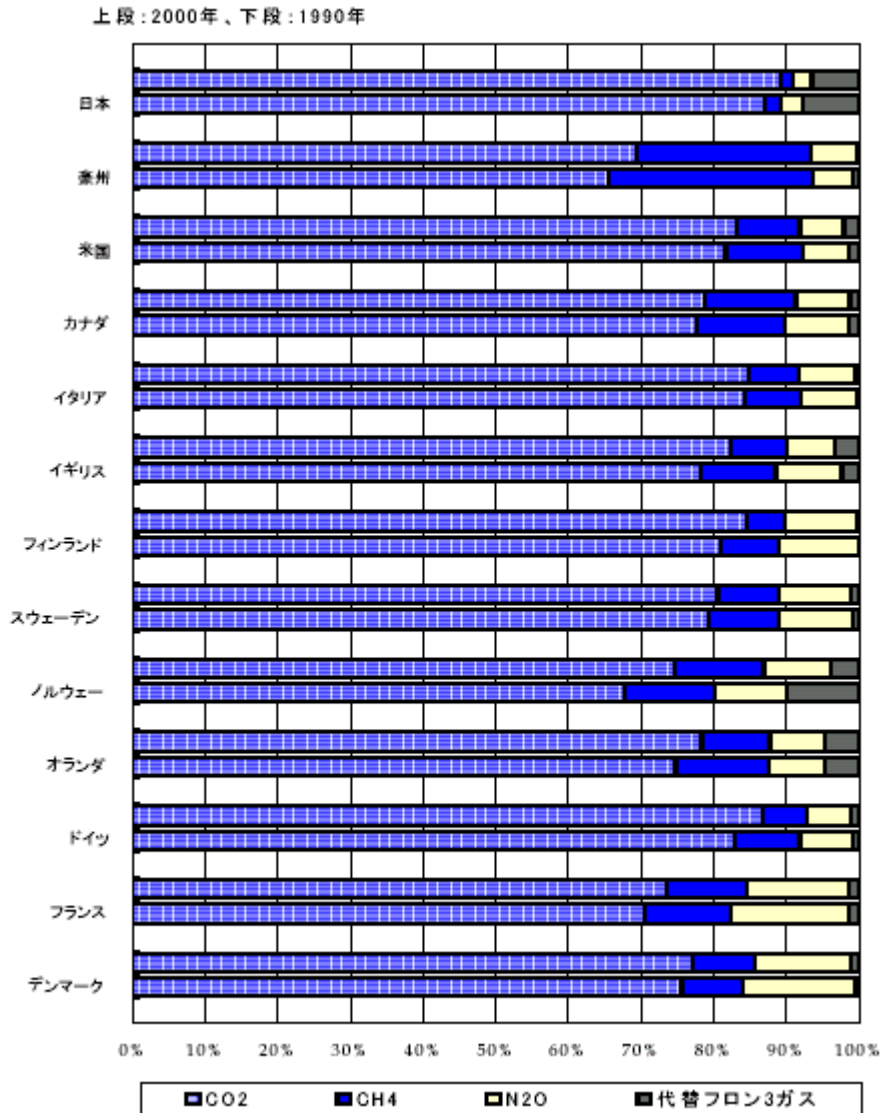
#### (2) CDM 事例紹介

CDM プロジェクトは、先進国あるいは企業にとって、一般に自国内での削減に比べて低コストで同等の成果が得られることから、削減義務達成のための重要な戦略になると言われている。将来の CER 確保を見据えて、GHG 排出企業による途上国での植林事業などが既に開始されている。この項では CDM プロジェクトの事例として、家畜用牛の飼料改善によるメタン削減プロジェクトを紹介する。本プロジェクトは、EUEC 会議でも多くの聴衆を集め、また、関連記事が最近のロサンゼルスタイムズ紙で大きく掲載されるなど、ユニークな取組みに注目が集まっている。

メタンは CO<sub>2</sub> に次ぐ温暖化寄与物質であり、温暖化寄与度は GHG 全体の 1 割弱を占めている (図表 2 参照)。本プロジェクトは、家畜用牛の飼料改善による反芻時のメタン発生を削減するユニークな試みである。未だ国際的な運用ルールの確定していない

CDM であるが、パイロットプログラムの位置付けとしてカナダ企業がアフリカのウガンダにて実施しているものである。

(図表2) 主要先進国における GHG 排出量の構成比 (CO<sub>2</sub>換算ベース)



出所) United Nations Framework Convention on Climate Change

メタンの人為的発生源の中で最大の割合を占めるのは、家畜動物、中でも反芻動物といわれる牛、ヤギ、羊からのゲップである。米国 EPA は、世界で毎年 8 千万トンの反芻メタンが発生していると推定している。このうち 75%は、主に途上国において、低品質で消化の悪い飼料により飼育されている家畜から発生しているといわれている。プロ

プロジェクトでは、栄養価の高い補助飼料を現地にて製造し、各農家に配布することで、製品出荷額あたりの反芻メタンを 25%から最大 75%削減することを目標にしている。

プロジェクトに参画している TransAlta<sup>4</sup>社は、カナダの最大の独立電気事業者 (IPP: Independent Power Producer) であり、カナダの他、米国、メキシコ、オーストラリアにて卸電気事業を行っている。2001年にスタートした同プロジェクトは、32年間の長期にわたる計画であり、期間中合計 30万トンのメタンを削減する。温室効果が CO<sub>2</sub> の 21倍<sup>5</sup>あるメタンの場合、削減量は CO<sub>2</sub>換算で 630万トンとなり、仮に排出権価格が 1トンあたり 10ドルで取引されるとすれば、6,300万ドル (約 75億円) の価値を創出するものとなる。

現在はプロジェクトの立ち上げ段階にあり、メタン発生量のベースラインの算定、削減量算定手法の開発 (米ワシントン州立大との共同開発)、第三者機関による認証方法の検討などに取り組んでいる。また、ゲップの抑制に効果のある飼料の研究も進められており、飼料に尿素を添加することによりメタン発生量を 25%以上削減できるという研究成果も報告されている。なお、このプロジェクトはメタン削減という環境面での効果に加え、良質のミルクや牛肉の生産による経済効果 (牛 1頭あたり 50%の増収が見込まれている) や周辺住民の栄養面での改善等も期待されている。

---

<sup>4</sup> TransAlta 社 URL: <http://www.transalta.com/>

<sup>5</sup> 各 GHG の温室効果は、CO<sub>2</sub> を 1 とする温暖化係数で表される。主な GHG の温暖化係数は、CO<sub>2</sub>: 1、メタン: 21、亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O): 310、ハイドロフルオロカーボン類: 数百～数千、パーフルオロカーボン類: 数千、六フッ化硫黄 (SF<sub>6</sub>): 23,900。

## 第2節 再生可能エネルギー普及制度 - RPS 制度の現状 -

広大な国土面積と温暖な気候を背景に、風力、太陽エネルギー、地熱、バイオマスなどのリソースを豊富に抱える米国は、世界で最も再生可能エネルギー利用が進んだ国の一つである。現状、発電電力量全体に占める割合は 2%強にとどまっているが、国内の再生可能資源賦存量を考えれば、今後の拡大余地は相当大きいと考えられる。有害物質をほとんど含まず、発電プロセスにおいて CO<sub>2</sub> を排出しない再生可能エネルギーは、温暖化問題と大気汚染問題の両面における貢献が期待されるものであり、米国の環境政策の重要な柱として位置付けられている。加えて、昨今のセキュリティに対する意識の高まりは、再生可能エネルギー電源の「分散性」(再生可能エネルギー発電は小規模施設がメインである。電源が分散されることによりテロ攻撃の対象となりやすい大規模送電線への依存度を低減できる)や「安全性」(燃料性状が安定的であり、既存の発電方式と比べ発電施設や燃料貯蔵施設のテロリスクが小さい)という観点からも、重要性を再認識させるものとなっている。

再生可能エネルギー普及にとっての足かせは、経済性の低さにある。近年の技術革新により発電コストは低下しているものの、既存の発電方式と比べ依然コスト高であり、現状は価格競争力が無いため公的な助成制度抜きにはビジネスが成立しない状況にある。連邦および各州政府は、建設資金の補助や優遇税制など各種助成制度を設けてはいるが、より一層の普及のためには、インセンティブ制度に加えて義務的制度が不可欠と言われている。

### 1. 普及に向けた連邦政府の取組み

現在、連邦上下院で審議中の包括エネルギー法案には、電力会社に対し一定割合以上の再生可能エネルギー由来の電力供給を義務付ける RPS (Renewable Portfolio Standard) 条項が含まれており、審議の行方が注目されている。法案によれば、2020 年に 10%の導入義務を課すとされており、規制が実現すれば電力会社は新たな対応を迫られることとなる。また、別の下院法案(H. 1294)では、2015 年に 10%、2025 年に 20%という更に厳しい内容の規制も提案され、包括エネルギー法案とあわせて審議されている。ちなみに我が国では、2003 年 4 月から「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(日本版 RPS 法)が施行されたが、同規制では 2010 年までに各電気事業者に 1.35%の導入義務を課している。再生可能エネルギー(日本では新エネルギー)の定義や資源量、あるいは地理条件等が異なるため単純な比較はできないが、米国全体で 10%という数字が相当高いハードルであることは間違いない。

再生可能エネルギー資源の分布は地域ごとに大きな偏りがある他、各電力会社においても現状の電源構成には大きな違いがあり、基準達成への難易度も異なる。RPS 制度では、これを解消する手段として、企業の RPS 基準の超過達成分を REC (Renewable Energy Credit) と呼ばれるクレジットとして売買する取引制度を認めており、導入目標達成のための柔軟な企業戦略を可能にしている。なお、REC という新たな価値が生み出されることにより、経済性で既存の発電方式に劣る再生可能エネルギーの導入普及が加速する可能性がある。今後、より一層の Green Power Market の拡大に加え、発電コスト削減に向けた更なる技術開発と REC の取引価格（規制内容と密接にリンク）次第では、価格競争力を備えた再生可能エネルギー発電も十分可能になると見られている。

RPS 制度導入によりもたらされる効果等については、シンクタンクや環境コンサルティング会社により様々なシミュレーションがなされている。環境系コンサル会社 ICF Consulting のプレゼンテーションによれば、連邦レベルで 5% の RPS 制度が導入された場合、発電部門から排出される CO<sub>2</sub> は 3% 削減され、また、変動費比率の低い再生可能エネルギー発電（例えば燃料費のかからない風力、太陽光、地熱など）が 5% 導入された場合、電気の卸売価格が 0.2 ¢ /kWh 削減される、と試算されている。

## 2. 連邦をリードする各州政府の取組み

90 年代後半より、全米各州で RPS 制度や再生可能エネルギーの自主的な導入目標を掲げる RPG (Renewable Portfolio Goal) の立法化が進んでいる。現在、16 の州で法案が既に成立しており、再生可能エネルギーの導入率、導入期限、対象となる発電方式などが規定されている（図表 3 参照）。また、その他の 6 州<sup>6</sup>でも導入に向けた具体的検討がなされるなど、着実な広がりを見せている。RPS に関しては、州政府が連邦を主導する関係にあると言える。

---

<sup>6</sup> Colorado, Illinois, Maryland, Utah, Vermont and Washington



( 図表 3 ) 各州における RPS/RPG 導入状況

州	成立年	導入率	導入期限	対象技術 (*1)	備考
Arizona	2001	1.1%	2007 (thru 2012)	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG	2003 年までは 50% 以上を、2004 年以降は 60% を Solar から調達することを義務付け。
California	2002	20%	2017	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG	
Connecticut	1998	13%	2009	Solar, Wind, Bio, LFG	
Hawaii (*2)	2001	9%	2010	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG, Hydro, Ocean Hydro, FC	
Illinois (*2)	2001	15%	2020	Solar, Wind, Bio, Hydro	
Iowa	1991	105MW (約 2%)	1999	Solar, Wind, Bio, LFG	
Maine	1999	30%	2000	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG, Hydro, FC	100MW 以下のプラントに限定。
Massachusetts	1999	11%	2009	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG, Ocean Hydro, FC	
Minnesota (*2)	1999	950MW (約 4.8%)	2012	Wind, Bio	
	2001	10%	2015	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG, Hydro	
Nevada	2001	15%	2013	Solar, Wind, Bio, Geo	再生可能エネルギー全体の 5% 以上を Solar から調達することを義務付け。
New Jersey	2001	6.5%	2012	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG, Hydro, Ocean Hydro, FC	
New Mexico	2002	10%	2011	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG, Hydro, FC	
New York	2003	25%	2013	Solar, Wind	
Pennsylvania	2000	2%	2001	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG	2001 年以後、毎年 0.5% ずつ引き上げ。
Texas	1999	2880MW (約 2.3%)	2009	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG, Hydro, Ocean Hydro	
Wisconsin	1999	2.2%	2011	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG, Hydro, Ocean Hydro, FC	
National	Under discussion	10%	2020	Solar, Wind, Bio, Geo, LFG, Hydro, Ocean Hydro	2005 年段階で 1% の導入義務。以後、段階的に 10% まで引き上げ。

\*1 : Bio=Biomass, Geo=Geothermal, LFG=Landfill Gas, FC=Fuel Cell \*2 : Renewable Portfolio Goal

出所) 各種ウェブサイトより日本政策投資銀行作成

各州の RPS 制度を比較すると、目標導入率は現状の電源構成や利用可能な再生可能エネルギー資源の多寡を反映し、最低 1.1%から最高 30%まで各州で大きな開きがある。RPS 制度の対象となる発電技術に関しては、ソーラー、風力、バイオマス、地熱エネルギーによる発電は概ね各州で認められている。沿岸部の州では、現在は研究開発段階にある海洋エネルギー（波力エネルギーや潮力エネルギー）発電も対象としているケースが多い。水力発電については、周辺への環境影響の少ない中小水力のみを対象とし発電出力の制限を設けている州<sup>7</sup>や、特に制限のない州など、各州で対応は異なる。また、州の面積が広く温暖で晴天率の高い州では、ソーラーが重視されており、アリゾナでは再生可能エネルギー全体の 60%以上、ネバダでは 5%以上をソーラーエネルギー（光および熱）から調達することを義務付けている。この場合、発電全体に占める割合はアリゾナが 0.66%、ネバダが 0.75%と僅かだが、現状、ユーティリティ向け電力としてのソーラー発電はゼロに等しいだけに、意欲的な目標と見ることもできる。

仮に連邦の RPS 法案が成立した場合、連邦政府と州政府によるそれぞれの RPS 制度の関係は、連邦規制がミニマムスタンダードとなり、州政府に上乘せ規制を課す権利が認められることになる。なお、連邦政府の RPS 法案には、再生可能エネルギー資源の乏しい地域への対応として、様々な弾力的措置が盛り込まれているが、地域によって REC の取引価格に大きな差が出るのは避けられないものと見られており、電力会社への経営に大きな影響を及ぼすものと見られている。電力会社の一部は、導入反対の姿勢を明確に示している。イリノイ州議会では、現行制定されている RPG から、調達義務の伴う RPS に切り替えるかどうかを議論している。環境保護派が RPG と同様の 2010 年で 5%、2020 年で 15%を求めているのに対し、電力会社は 2007 年で 2%が限界と抵抗しており、両者の主張は大きな隔たりを見せている。

---

<sup>7</sup> Maine: 100MW, Wisconsin: 60MW, California: 30MW

### 第3節 電気事業における大気汚染問題

米国の大気汚染規制の歴史は、19世紀後半に相次いだ工業地域におけるばい煙防止法制定まで遡ることができる。各都市のばい煙防止法成立年は、1864年セントルイス、1884年シカゴ、1892年ピッツバーグとなっている。しかし、その後の自動車の急速な普及や化石燃料消費の増大を背景に、各都市でスモッグによる健康被害など大気汚染の悪化が進んだ。特に汚染が深刻であったカリフォルニア州では、1947年に衛生安全法に大気汚染防止条項が盛り込まれ、州レベルでの規制が敷かれることとなった。まず、石炭燃焼施設の規制から始まり、石油精製施設、自動車排ガス規制へと対象が拡大されていった。加州における先行的な規制の動きは、以後、他の州および連邦規制へと波及することとなった。

大気汚染に関する現行の規制体系は、1990年に改正された大気浄化法（Clean Air Act）をベースとしている。この法律には、各汚染物質の連邦レベルでの排出基準が規定されている。各州政府は、SIP (State Implementation Plan) と呼ばれる独自の規制を定めることができるが、ここでの排出基準値は連邦基準と同等かそれを上回るものでなければならず、また、各州のSIPの規制内容は、大気浄化法を所管するEPAによる審査、承認を必要としている。最近では、このような連邦および州政府による規制プログラムが奏効し、数十年前と比べた大気汚染状況は改善傾向にある<sup>8</sup>。ただし、依然として特に都市部を中心に環境基準の未達成地域が存在しており、当該地域に多くの住民が生活していることから、より一層の対策が求められている。

#### 1. ブッシュ政権のクリアスカイ政策

##### (1) 政策の概要

2002年2月、発電所から発生する大気汚染物質の削減に向けた新たな方針がブッシュ大統領より発表された。“Clear Skies Initiative” と呼ばれるこの方針は、代表的な大気汚染物質である窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）、亜硫酸ガス（SO<sub>2</sub>）、水銀を約7割削減するという意欲的な内容が盛り込まれている。なお、同政策を実施するための法案が2003年2月に議会に提出され、現在審議が続いている。

- ・ NO<sub>x</sub> 排出量を、現状の500万トンから2008年には排出総量210万トンに(Phase )、2018年には170万トンに削減する(Phase )。 (削減率=67%)

---

<sup>8</sup> 2003年6月に発表されたEPAのレポートに拠れば、過去30年間で主な大気汚染物質の排出量は25%削減され、また、全米の主な都市260のうち212都市で大気環境の改善がみられている。

- ・ SO<sub>2</sub>の排出量を、現状の1100万トンから2010年には排出総量450万トンに(Phase )、2018年には300万トンに削減する(Phase )。 (削減率=73%)
- ・ 水銀排出量を、現状の48万トンから2010年には排出総量26万トンに(Phase )、2018年には15トンに削減する(Phase )。 (削減率=69%)

## (2)削減手法

クリアスカイ政策では、「キャップ・アンド・トレード」システムを活用し、電力価格の上昇をできる限り抑えながら環境汚染物質の削減を迅速かつ経済的に進める、としている。各発電所への汚染物質排出枠（キャップ）を徐々に削減する同時に、排出枠の過不足分を市場で売買することを認め、発電事業者の柔軟な対応を可能としている。それぞれの汚染物質の削減手法は以下の枠組みで行われる予定となっている。

- ・ SO<sub>2</sub>については、1990年に改正された大気浄化法(Clean Air Act)による酸性雨プログラム ( Acid Rain Program )にて行われている連邦レベルの排出権取引制度を利用する。
- ・ NO<sub>x</sub>については、北東部12州においてOTC(Ozone Transport Commission)と呼ばれる排出権取引市場が1999年から運営されている。2004年にはOTCをベースとしたSIP Call (State Implementation Plan)という新たなキャップ制度がスタートする。北東部19州+WシントンDCが参加の予定。2008年からは、全米を2地域に分けて排出権を取引する制度が開始される予定。
- ・ 水銀については、2010年までに排出枠が設定され、連邦レベルでの排出権取引制度が開始される予定。

なお、これら3物質の排出枠の取引市場は、2010年には100億ドル規模に達し、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、水銀でそれぞれ同規模の取引高になると試算されている。

## (3)政策による効果

クリアスカイ政策は、前述の3物質に加えてPM（粒子状物質）やオゾンの削減を併せて行うものであり、呼吸器系疾患の減少などが期待されている。EPAの試算によれば、2020年には年間930億ドルの健康面および環境面のメリットが生じるとされている。一方、汚染物質全体の削減コスト（主なコストは脱硫装置や脱硝装置などの環境保全設備の資本費と運転コスト。資本費は耐用年数で平均化している）は2010年段階で37億ドル、2020年段階で65億ドルと試算され、経済的メリットと比べて所要コストは1ケタ小さい見通しとなっている。

#### (4) 石炭火力への影響

現状、大気汚染物質の最大の排出源である石炭火力に対しては、クリアスカイ政策の実施に伴う影響を懸念する声があるが、EPA では石炭火力の競争力は概ね維持されると推定している。2002 年の燃料別の発電電力量割合は石炭が 52%と圧倒的割合を占めるが、2020 年段階でも 44%と見込まれており、当面、石炭主体の構造は変わらないとしている。EUEC 会議に参加した EPA の担当者は、「クリアスカイ政策を原因として既存の石炭火力が廃止される事態は生じないだろう」と述べ、同政策が既存発電方式への経済的インパクトを最小限に抑えた取組みであることを強調している。

## 2. NSR (New Source Review)規則改正の動向

### (1) プログラム改正の背景

新規発生源審査 (NSR: New Source Review) プログラムは、火力発電所や石油精製施設などの排ガス発生施設が、設備の新設や大規模 (massive) もしくは前例のない (unprecedented) 改修を行う際、新たな大気汚染防止装置を設置することを義務付ける規則である。1970 年に制定された大気浄化法 (Clean Air Act) では、法律制定時点での既設設備は規制対象から外れていたため、これら設備を改修する場合に環境面での改善措置を講じることを、1977 年の大気浄化法改正においてルール化したものである。

NSR 制定当初は、“大規模改修”の定義が明確に規定されていなかったため、ルールの適用となる改修の範囲をめぐって多くの訴訟が発生した。象徴的事例とされるのがウィスコンシン州の電力会社 WEPCo (Wisconsin Electric Power Company) が所有する 5 つのプラントの延命化工事に対し EPA が示した判断を巡るものであり、1988 年に提訴、1990 年に裁判所の判断が下された。判決では、改修工事の計画時には明確な適用規準が規定されていなかったため、同改修への NSR 規制は適用外とされた。ただし、この判決では「通常補修以外の (non-routine) 補修」は NSR 規制の対象となるという考え方が示され、その後の判断基準に一定の影響を与えた。90 年代に入り NSR 規制の適用は強化され、WEPCo のケースをはるかに下回る小規模改修までもが規制の適用をめぐり争うこととなった。ちなみに発電出力あたりの改修費用を比較すると、WEPCo のケースが \$ 250/kW であるのに対し、その後の訴訟事例は \$ 1~30/kW 程度であった。

その後、NSR 規制によって老朽設備が温存され、逆に大気汚染の悪化を招くという問題も指摘されるなど、NSR プログラムの改善を求める要請は次第に強まっていった。2001 年、ブッシュ政権が表明した国家エネルギー政策 (NEP: National Energy Policy)

による見直し勧告に従って EPA が改正に着手し、2002 年 12 月に最終的な改正 NSR 規則が発表されるに至っている。

## (2) 改正 NSR 規則の主な内容

主な改正内容の概略は、以下の通りである。

- ・ 改修工事，通常補修工事の定義の明確化。
- ・ 個々の設備ではなく工場全体で排出量を削減することを認め、排出量が排出枠を超過しない限りにおいて設備の新設および改廃を柔軟に認める制度（PALs：Plantwide Applicability Limitations）を導入。
- ・ 大気汚染防止装置や汚染物質測定装置の導入に対するインセンティブ制度の導入。具体的には、BACT(Best Available Control Technology)等の技術基準を満たすプラントを“Clean Unit”として認定し、以後 10 年間の NSR 規制の適用を免除するというもの。

環境保護団体や民主党からは、特に PALs 制度を問題視する意見が出ており、「老朽設備温存の問題は PALs 制度では解決されない。改正は従来の規制を更に弱めるものである」と批判を強めている。なお、PALs の排出枠（キャップ）は、各工場において過去 5 年間の運転実績の中で汚染物質排出量の少ない 24 ヶ月分のデータの平均値を採用することとなっている。これに関しては、過去に排出量削減に努力してきたプラントほど厳しいキャップを課される点なども批判されている。

規則の適用時期は各州政府に委ねられているが、環境規制を EPA に委任している州は、2003 年 3 月から適用される。その他の州は、2006 年 1 月までに適用を開始しなければならないが、各州の公益事業委員会（PUC）において、規制内容の若干の修正（カスタマイズ）が認められている。

## 第4節 クリーンテクノロジー開発

本節では、これまで述べてきた地球温暖化および大気汚染対策の一翼を担うクリーンテクノロジーに焦点を当て、技術開発の状況や促進施策等について触れることとする。技術開発という環境規制とは別方向からの解決手法は、「環境対策が与える経済活動への影響をなるべく抑えたい」とする米国において、“ウケのいい”アプローチとなっている。なお、EUEC 会議においても、技術開発関連のプレゼンテーションは全体の約 4 割を占めるなど、関心の高さを窺わせた。

### 1. クリーンコールテクノロジー

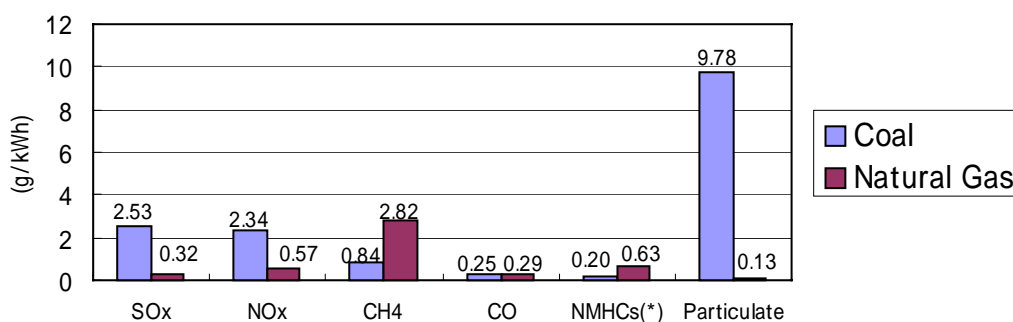
米国では、現状 5 割強の電力を石炭燃料で賄っており、当面の間、石炭を主体とした電力の供給構造は変わらないという見方が一般的である。国内の資源埋蔵量を比較すると、石炭は天然ガスの 34 倍、石油の 45 倍の埋蔵量（カロリーベース）が確認されており、資源の安定供給という観点での優位性は際立っている。また、過去 20 年の価格変動率は、天然ガスは 51%、石油は 211%の上昇が見られたのに対し、石炭は 4%の上昇にとどまっており、経済性と価格安定性は顕著である。

その他、石炭利用の促進により、

- ・ 原油などの輸入資源の回避による貿易収支の改善
- ・ GDP 増加
- ・ 国内雇用の維持，増加
- ・ エネルギー安全保障

等への寄与が期待されている。一方、石炭の利用促進にあたっては環境負荷のより一層の低減が不可欠とされている。

(図表4) Life Cycle Air Emissions Comparison



\* NMHCs: 非メタン系炭化水素

出所) National Renewable Energy Laboratory (EUEC プレゼンテーションより)

前頁の図表 4 は、石炭および天然ガス火力における大気汚染物質の排出量を比較したものである。新規電源に適用される連邦基準の NSPS (New Source Performance Standards)をベースに比較すると、SOx , NOx , Particulate (ばい塵) の発電電力量あたりの排出量は天然ガス火力を大きく上回っており、汚染物質の削減が石炭火力にとって重要な課題となっていることが分かる。

石炭利用技術の高度化，クリーン化を目的とするクリーンコールテクノロジーは、石炭の持つ様々な優位性を引き出し、課題とされる環境負荷の低減を目指すものであり、米国において重要なエネルギー戦略として位置付けられている。2001 年 5 月に発表された国家エネルギー政策 (NEP: National Energy Policy) では、クリーンコールテクノロジーに対して今後 10 年間に 20 億ドルの研究費を投入し、クリーンコールパワーイニシアチブ (CCPI) と呼ばれる官民パートナーシップ計画を実施することを提言。中でも、流動床燃焼技術 (FBC) と石炭ガス化複合サイクル発電技術 (IGCC) あるいは水銀の削減が重点課題として述べられている。

(図表 5) クリーンコールテクノロジー

石炭が抱える問題点	地球温暖化	酸性雨	難ハンドリング性	石炭灰の発生
目標	CO <sub>2</sub> 削減	SOx , NOx 削減	ハンドリング性向上	石炭灰の処理
技術開発	熱効率向上技術	脱硫・脱硝技術	液化，ガス化，スラリー化技術	石炭灰利用技術
主な技術	加圧流動床複合発電技術	高度排煙処理技術	CWM 技術	人工超軽量骨材製造技術
	高度加圧流動床複合発電技術	高度石炭改質技術	石炭利用 CO <sub>2</sub> 回収型水素製造技術	流動床ボイラー燃焼灰利用技術
	石炭ガス化複合発電技術		多目的石炭転換技術	活性化フライアッシュ製造技術
	低エミッション石炭エネルギー利用システム		石炭液化技術 (輸送燃料用)	
	石炭高度転換コークス製造技術 (製鉄業)		水添ガス化 (ガス事業用)	
	流動床セメント焼成技術 (セメント業用)			

出所) エネルギー総合工学研究所



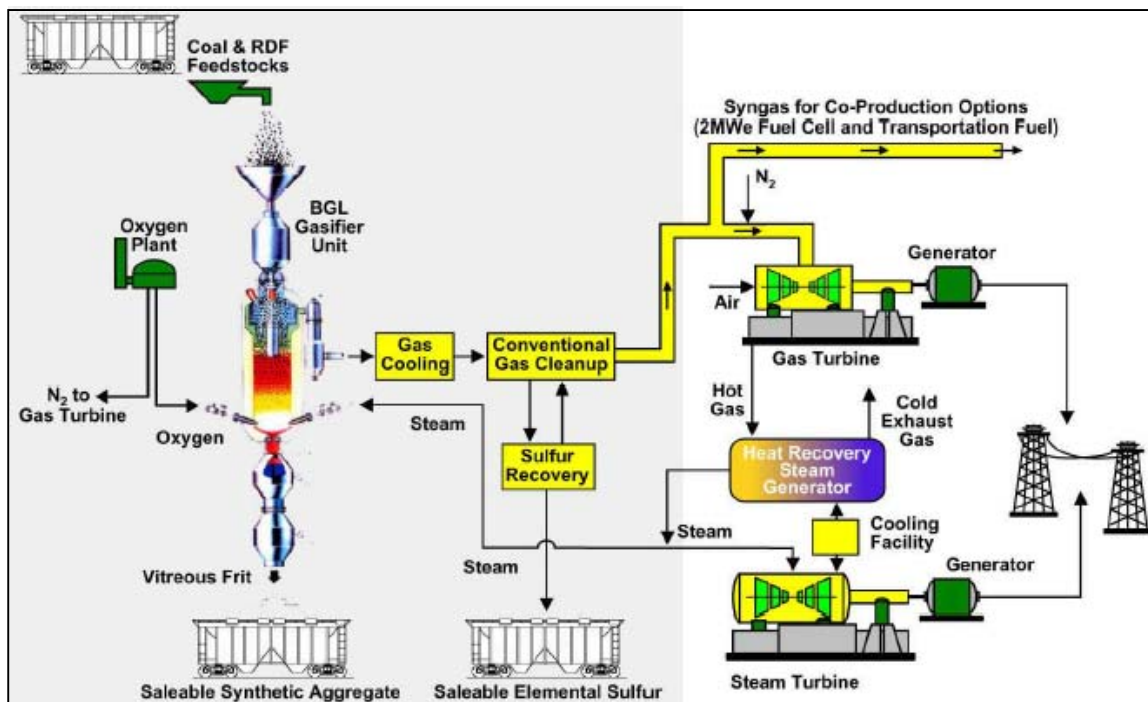
[石炭ガス化複合サイクル発電(IGCC)]

IGCC ( Integrated Gasification Combined Cycle ) は、クリーンコールテクノロジーの中核をなす技術の一つである。従来の発電方式と異なり、石炭をガス化した合成ガス(Syngas)を用いてガスタービンと蒸気タービンの二段階で発電を行う方式である。

< IGCC 発電の主なプロセス >

- 石炭を低酸素条件下で燃焼（部分酸化）し、ガス化する
- 合成ガスから SO<sub>x</sub> やばい塵を除去
- 精製されたクリーンな合成ガスをガスタービンへ導入し、発電
- 排ガスから熱回収し蒸気タービンにて発電
- 溶融スラグは別途処理。脱硫工程からの硫黄は回収し、再利用される

(図表6) IGCC プロセスフロー図



出所)Global Energy 社資料 (EUEC プレゼンテーションより)

IGCC 技術の利用により、既存石炭火力の発電効率に比べ 10 ポイント程度高い 50% 近いの高効率が可能となる（1500 級ガスタービン採用の場合）。この結果、石炭消費量が削減でき、また、排ガス発生量や石炭灰（溶融灰として発生）を低減することができる。さらに、以下の利点が挙げられる。

煙突排ガス中のばい塵濃度がほぼゼロ

脱硫の容易化

低 NO<sub>x</sub> 濃度（酸素吹燃焼の場合脱硝装置が要らないケースもある）

排ガス中の水銀除去の容易化

排ガス量が少なく、また排ガス中の CO<sub>2</sub> 濃度が高い<sup>9</sup>ため、CO<sub>2</sub> の回収固定化に有利である

また、主に一酸化炭素（CO）と水素からなる合成ガスは化学原料としても利用可能である。発電プラントと化学プラントを併設し、石炭という同一燃料（原料）から電気と化成品を作るプラントも検討されている。この技術を用いれば、需給変化による発電出力の増減を化学プラント側で吸収することが可能となり、電力市場および化成品市場の価格変動に応じて利益の極大化を図ることができる。

米国の IGCC 開発は、1985 年に開始された「クリーンコールテクノロジー（CCT）プログラム」の一環として始まり、新たに始まった CCPI に引き継がれている。現在、いくつかの進行中プロジェクトにおいて、実証プラントの運転、改良型 IGCC プラントの建設および設計等が行われ、信頼性の向上、コスト削減、高効率化等に向けた研究開発が継続されている。また、スペインとオランダでは 90 年代半ばより 300MW 規模の実証プラントが稼働している。我が国でも、IGCC 開発は国家プロジェクトとして推進されており、国と電力会社を主体とする研究開発体制が組まれている。1992 年から 1996 年にかけて福島県の勿来にてパイロット試験が実施され、2007 年からは同サイトにて実証プラントが稼働する予定となっている。

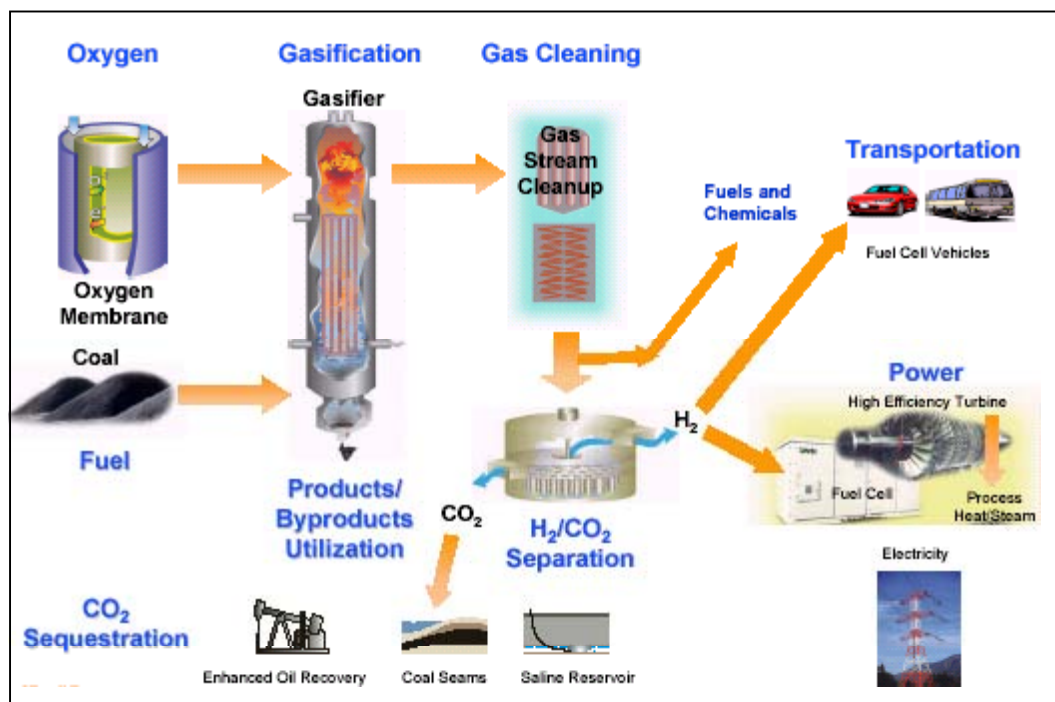
#### 【FutureGen プロジェクト】

2003 年 2 月、DOE より発表された“FutureGen”プロジェクトは、石炭を燃料とし、大気汚染物質や CO<sub>2</sub> を排出しないゼロエミッションの発電 + 水素製造システムを 2015 年までに開発するという“大胆な計画”（エイブラハム DOE 長官）であり、クリーンコールテクノロジーの将来像の一つとして注目されている。FutureGen システムは、石炭ガス化 ガスクリーンアップ 水素分離精製（水素は発電用または FC 自動車用として使用） CO<sub>2</sub> 地下貯留、固定化 というプロセスからなり、ガスクリーンアップ時の汚染物質は肥料等に利用される。

---

<sup>9</sup> 排ガス中の CO<sub>2</sub> 濃度は、天然ガス火力が約 4%、微粉炭火力が約 15%、IGCC が 35~40%となっている。

(図表7) FutureGen システムフロー図



出所)DOE Office of Fossil Energy

計画によれば、出力規模は発電と水素利用分を合わせて 275MW である。発生する CO<sub>2</sub>量は年間約 100 万トンと想定され、当面の目標として捕捉、地中固定化率 90%以上を目指す。プロジェクトは、総事業費 10 億ドルのうち最大 80%を DOE が負担、20%超を民間事業者が負担するという Public Private Partnership (PPP; 官民共同型) 事業として行われる。既に石炭火力発電大手 4 社である AEP ,Southern ,TXU ,PacifiCorp と 5 大石炭会社がアライアンスを組んで FutureGen プロジェクトに参加することを表明している。また、DOE は内外企業に対して更なる参画を呼びかけている。

## 2. バイオマス燃料の石炭混焼技術 (Cofiring)

Cofiring とは、共に固体燃料である石炭とバイオマス燃料を発電用燃料として混焼し、燃料費の節約、CO<sub>2</sub> 排出量の削減を可能にする技術である。既存の発電施設に改造を施すことでバイオマス燃料が利用可能となるため、潜在的な普及可能性は大きく、また企業の環境戦略における低コストオプション<sup>10</sup>としても注目されている。また、CO<sub>2</sub> 排出

<sup>10</sup> Cofiring 実施に要する設備の改造費用は、微粉炭焼きボイラーで \$ 150 ~ 200/kW 程度。

量の削減のみならず、燃料使用量削減に伴う副次的な効果として SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, 水銀など大気汚染物質の削減効果もある。DOE が実施している “ Biomass Power Program ” は、バイオマス燃料のボイラー燃焼に及ぼす影響評価や実際の発電プラントでの燃料導入試験に対して技術面，費用面からのサポートを行っている。

Cofiring に利用されるバイオマス燃料は以下の 2 種類に大別される。

ゴミ，残渣系 ----- 木くず，おがくず，製材くず，木材製品ゴミ（廃家具，廃電柱など），都市ゴミ，水処理汚泥，畜糞，農業廃棄物（稲わらなど），その他

Energy Crops ----- バイオマス燃料用に栽培された植物。成長の速いユーカリや Switch Grass（イネ科）などが Energy Crops として栽培されている。

Cofiring 実施に当たっては、ボイラー特性や混焼する相手炭との組み合わせなどを検討すると共に、バイオマス燃料の持つ以下の特徴を十分考慮した上で、混焼比率等の運転条件を決定することが重要とされている。

(図表 8) バイオマス燃料の主な性状

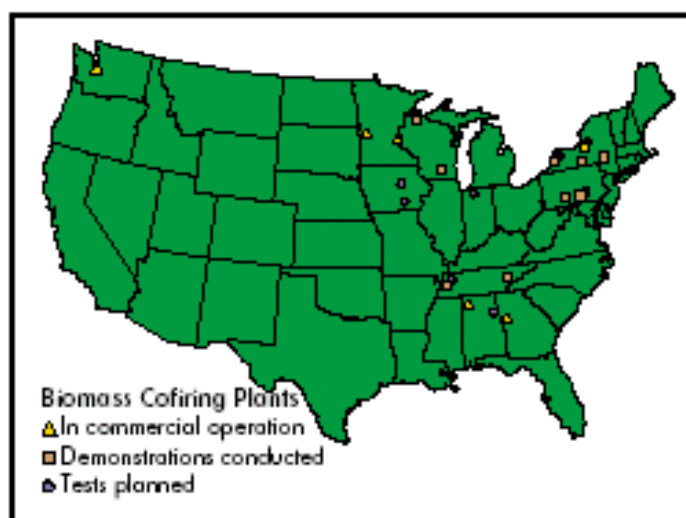
項目	代表的な値	備考
灰分	1%以下～20%以上	
高い含水率	25%～50%以上	燃焼に与える影響
窒素含有量	0.1%～1%以上	
塩素含有量	0～2.5%	材料腐食
低エネルギー密度	瀝青炭の半分程度	

出所) National Renewable Energy Laboratory (EUEC プレゼンテーションより)

混焼率はバイオマス燃料の性状等に依るが、現状 15~20%程度が上限とされている。仮に 20%のバイオマス燃料を混焼した場合、CO<sub>2</sub> 排出量を石油火力にほぼ並ぶ水準にまで引き下げることが可能となる。発電出力 100MW のプラントでは、CO<sub>2</sub> 削減量は年間約 19 万トン程度となる。

バイオマス燃料の Cofiring は、もともと石炭火力発電の盛んな北東部を中心に 90 年代より実施されている。2000 年段階での実施状況は、商用運転中のプラントが 5 ヶ所、実証試験を行っているプラントが 9 ヶ所、試験を検討しているプラントが 8 ヶ所となっている。なお、Cofiring の経済性はプラントの立地条件に大きく依存する。収集コストが大きな割合を占めるバイオマス燃料の価格は、燃料の発生源となる農地、製材工場、都市等への距離や集積度をそのまま反映するためである。

(図表9) バイオマス Cofiring 実施状況 (2000 年)



出所 ) National Renewable Energy

また、適量のバイオマス燃料を安定的に確保するという点も重要である。燃料確保のために収集範囲を広げれば、設備容量に対する収集量の超過や収集コストの増大につながる。なお、バイオマス Cofiring の経済メリットを得るためには、廉価な石炭であるリグナイト価格(約\$25/ton)以下に燃料の調達および収集コストを抑えることが必要となる。

その他、混焼灰の有効利用を推進すべく、セメント混和剤として利用可能な灰の品質基準を緩和するなど、Cofiring 普及に向けた周辺環境の整備も必要であると言われている。

### 3. 石炭灰の未燃分燃焼技術 (Carbon Burn-Out)

本項では、石炭火力発電に係る環境テクノロジーの一つである「石炭灰の未燃分燃焼技術」を紹介する。CBO (Carbon Burn-Out) と呼ばれるこの技術は、発電プロセスで発生する石炭灰(フライアッシュ)に含まれる未燃カーボン(炭素)を流動床燃焼し、熱回収を行うシステムである。CBO は、灰処理技術に特化したエンジニアリング会社である Progress Materials, Inc.社<sup>11</sup>と米国電力研究所 (EPRI) との共同開発技術であり、現在

<sup>11</sup> Progress Materials, Inc.社 URL: <http://www.electricfuels.com/ash.html>

はパイロット試験を終え、South Carolina Electric & Gas 社の Wateree 発電所と Santee Cooper Power 社の Winyah 発電所の 2 ヶ所でフルスケールの実証試験が行われている。

(図表 10) Wateree 発電所における CBO 運用実績

項目	データ	備考
発電出力	772MW	Unit1,2 合計
石炭灰処理量	180,000 ton/yr	
灰中未燃分 (CBO 入口)	6.5 ~ 18% (平均 10.6%)	
灰中未燃分 (CBO 出口)	約 2.5%	目標は 2%以下
熱回収量	900,000MBTU/yr	
燃料節減量	36,000ton/yr	瀝青炭換算
SO <sub>2</sub> 削減量	60ton/yr	
NO <sub>x</sub> 削減量	140ton/yr	

出所) Progress Materials, Inc 社資料 (EUEC プレゼンテーションより)

CBO 開発の背景となったのは、1990 年の大気浄化法 (Clean Air Act) 改正による NO<sub>x</sub> 規制強化にある。ボイラーにおける低 NO<sub>x</sub> バーナーの採用が進み、その結果、低酸素燃焼により灰中の未燃カーボンが増加することとなった。また、脱硝設備 (SCR や SNCR) の普及により、脱硝プロセスで注入されるアンモニアが百 ppm のオーダーで灰に残留するというケースが目立つようになった。一方、石炭灰の埋め立て処理スペースが手狭になってきた事などから、灰の有効利用の必要性は高まっており、主な売却先であるセメント業界が求める品質<sup>12</sup>の灰を提供することは廃棄物処理費用削減の観点からも重要となりつつある。

米国では、年間約 6,300 万トンのフライアッシュが発生し、そのうち約 4,300 万トンという膨大な量が再利用されずにそのまま廃棄されている (いずれも 2000 年実績)。CBO システムは、灰中の未燃カーボンという未利用の資源を有効活用し、燃料消費量の削減、灰性状の向上 (未燃分の低下とアンモニア除去)、大気汚染物質の削減等を可能にするものであり、一層の普及が期待されている。

<sup>12</sup> セメント混和剤として利用可能な基準値以下の未燃分およびアンモニア含有率など

## 終わりに代えて

「経済成長こそが環境パフォーマンス向上のための源泉である」とするブッシュ大統領の姿勢は、2001年の政権発足以来、終始一貫している。直接規制と比べて排出権取引制度などの市場メカニズムを重視し、環境規制の経済に与える影響を最小限にとどめるという方向性は、時に国内外の環境保護派から「消極的取組み」、「最大のGHG排出国にもかかわらず応分の責任を果たしていない」などと非難されている。一方、環境対策に熱心な一部の州政府を中心に、CO<sub>2</sub>排出規制やRPS制度が導入され始めており、地方政府が連邦政府を先導する形で徐々に環境への取組みが進みつつある。

このような状況の下、2003年6月25日には「CO<sub>2</sub>固定化技術の研究開発に関する国際憲章」が米国主導でまとめられ、日本、中国、ロシアなど13カ国<sup>13</sup>と欧州委員会が署名し、即日発効した。これは、連邦政府の変化の胎動を窺わせる動きとして注目される。憲章に拠れば、事務局を米国DOE内に設置し、CO<sub>2</sub>の分離回収技術や固定化技術に関して研究成果の共有や共同開発の推進等を実施するとしている。京都議定書に批准していない米、豪を含むこの枠組みは、参加国の合計CO<sub>2</sub>排出量が世界全体の65%を占め、京都議定書を実効性で上回る可能性もあると言われている。なお、今回のCO<sub>2</sub>固定化憲章やFutureGenプロジェクトのように、環境問題の解決の糸口を規制ではなく技術革新に求めるやり方は、今後、米国の環境政策における大きな流れとなる可能性がある。

また、2001年の911テロ以降、米国内でのセキュリティに対する意識の高まりは顕著であり、これが環境・エネルギー政策に与える影響も見逃せない。エネルギーの国内自給率を高め、政情不安定な地域からの石油、天然ガスの輸入量を減らすことはエネルギー安全保障の基本であるが、昨今では国内の燃料貯蔵施設やパイプライン等の輸送インフラがテロ攻撃に狙われる危険性も注目されるようになってきている。石炭やバイオマス燃料は、核燃料、石油、天然ガスと比べて圧倒的にテロの対象となりにくく、また純国産資源であるため、安全保障上の貢献度も高いとされている。従って、セキュリティの観点からは、クリーンコールテクノロジー等による環境に配慮した形での石炭利用促進や再生可能エネルギーの導入普及が進められるものと予想される。

一方、我が国では、京都議定書が求めるGHG排出量の90年比6%削減はおろか、2001年には90年比6.3%の増加が見られており、抜本的な対策が不可避な状況となりつつある。公害問題やオイルショックを乗り越え、省エネ、クリーン技術で世界をリードしてきた我が国だが、今後よ

---

<sup>13</sup> 米国の他、オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、コロンビア、インド、イタリア、日本、メキシコ、ノルウェー、ロシア、イギリス

り一層の環境負荷削減のためには、人々の生活スタイルや意識の改革に加え、技術革新によるブレークスルーと「減らせる所から減らしていく」という合理的仕組みがますます重要になると思われる。クリーン技術の開発を重視し市場原理を積極的に活用する米国流アプローチは、我が国の環境政策立案あるいは制度設計に当たり、示唆に富んだ有益な事例となりうることから、今後とも注視していく必要があると考えられる。

日本政策投資銀行 ロサンゼルス事務所 中村郷平