

2014年8月14日 全14頁

# シェールガスを武器に脱石炭に向かう米国 (上)

## 発電所に対するCO<sub>2</sub>排出規制のインパクト

環境調査部 研究員 物江陽子

### [要約]

- 一期目では温室効果ガスの排出権取引制度導入に失敗し、気候変動対策の停滞を余儀なくされたオバマ政権が、二期目に入り再び気候変動対策を積極化し始めた。
- オバマ大統領は昨年、包括的な気候変動対策である「大統領気候行動計画」を発表。行動計画に基づき、米環境保護局は本年、発電所を対象とするCO<sub>2</sub>排出規制案を公表した。同規制案は石炭火力発電所の新設を困難とし、廃炉を促す極めて厳しい内容となっている。石炭産業や製造業は規制案に強く反発しているが、抵抗を退けて実施される可能性が高い。
- 米国ではシェールガス革命の影響で発電所における石炭から天然ガスへの燃料転換が進み、発電部門のCO<sub>2</sub>排出量は2005年から2012年までに約15%減少した。行動計画はこの脱石炭によるCO<sub>2</sub>排出削減の動きをさらに推し進めようとするものだ。
- 米国の気候変動対策の積極化により、長らく停滞していた気候変動に関する国際交渉が、来年末のCOP21に向け再び前進する兆しが出てきた。

## 1. 気候変動対策を積極化する米国

オバマ政権は2009年の政権発足当初、気候変動対策を医療保険制度改革と並ぶ重要な政策課題とし、連邦レベルでの[温室効果ガス](#)の[排出権取引制度](#)の導入を目指していた。大統領の意向を受け、2009年から2010年にかけて議会には複数の関連法案が上程され、そのうち一本は下院本会議を通過したが<sup>1</sup>、金融危機後の景気低迷と産業界および共和党の反対、そして2010年の中間選挙での民主党の敗北を受け、いずれも廃案となった。

以降、オバマ政権一期目には気候変動対策に目立った進展は見られなかった。オバマ大統領

<sup>1</sup> 2009年6月、「2009年米国クリーンエネルギー・安全保障法案」(H.R. 2454、通称ワックスマン・マーキー法案)が下院本会議を通過した。

は 2009 年と 2010 年の一般教書演説では気候変動問題に触れ、排出権取引制度の立法への意欲を述べたが、2011 年の一般教書演説では気候変動問題には触れなかった（図表 1）。また、2010 年度の予算教書では、2012 年度からの排出権取引による財政収入を計上していたが、2011 年度の予算教書では計上を見送った。2012 年秋の大統領選挙でも、気候変動対策は争点とはならなかった。この間、金融危機に続く経済危機、欧州債務危機と危機の連鎖のなかで、「ポスト京都」の気候変動対策の枠組み交渉は停滞し、オバマ政権の政策課題における気候変動対策の優先順位も下がったように見えた<sup>2</sup>。このまま米国の気候変動対策は停滞するかのよう思われた。

ところが 2013 年、政権が二期目に入ると、オバマ大統領は気候変動への取り組みを再び積極化し始めた。まず、大統領は 2 月の一般教書演説でハリケーン・サンディや干ばつ、山火事などの例を引きながら気候変動リスクについて訴え、議会に温室効果ガスの排出権取引制度の立法を促すとともに、議会が行動をとらなければ大統領権限により行政措置を講じるとして、再びこの問題に取り組む意欲を示した（図表 1）。

**図表 1 オバマ大統領の一般教書演説における気候変動に関する発言**

2009年	気候変動による被害を避けるためにクリーンエネルギーが必要であると述べ、議会に炭素排出にキャップをかけ、再生可能エネルギーを増やす法案の提出を求めると発言
2010年	気候エネルギー法案を下院が可決したことは喜ばしい、上院での可決に期待すると発言
2011年	気候変動に言及なし
2012年	気候変動と戦う包括法案を可決するには議会内の対立が大きすぎると発言
2013年	気候変動について議会にマケイン・リーバーマン法案のような市場ベースの解決策の提示を要求。議会が動かなければ大統領権限で行政措置をとると発言
2014年	気候変動が既に西欧諸国に被害を与えていることに言及、早急な行動の必要性を訴える。このため行政機関に発電所の炭素汚染に関する排出基準の策定を指示したことに言及

（出所）一般教書演説より大和総研作成

大統領権限による行政措置とは、具体的には大気浄化法に基づく CO<sub>2</sub>排出規制を意味する。大気浄化法は大気汚染物質の規制を定めた法律だが、連邦最高裁判所は 2007 年に CO<sub>2</sub>が公共の健康や福祉を脅かすならば、同法で定める広義の汚染物質にあたり、環境保護局は規制の義務を負うとの判決を下している。この判決を受けて環境保護局は調査を行い、2009 年に CO<sub>2</sub>は公共の健康や福祉を脅かすとの調査結果を公表した。この判決および調査結果により、環境保護局は大気浄化法の下で CO<sub>2</sub>排出規制を行う義務を負うことが示された。このため、環境保護局は 2012 年 4 月、新設の発電所に対する CO<sub>2</sub>排出規制案を発表し、パブリックコメントに付した。一般教書演説で大統領が触れた行政措置は、この規制を後押しする内容であった。

<sup>2</sup> ただし、この時期にも温室効果ガス排出量の報告制度や、車両への温室効果ガス排出基準策定など実施された対策もある。

そして2013年6月、オバマ大統領は、「大統領気候行動計画」(The President's Climate Action Plan)を公表した<sup>3</sup>。同計画は(1)米国における炭素汚染削減、(2)米国における気候変動影響への備え、(3)気候変動に対する国際的な取り組みの先導、で構成される包括的な気候変動対策パッケージである(図表2)。幅広い施策が盛り込まれているが、本稿が特に注目したいのは、(1)―1.「クリーンエネルギーの活用」の施策のひとつである「発電所からの炭素汚染削減」である。同施策は、米国が気候安定化に向けて脱石炭に舵を切ろうとしていることを端的に示している。

図表2 大統領気候行動計画の概要

(1) 米国における炭素汚染削減	1. クリーンエネルギーの活用	発電所からの炭素汚染(carbon pollution)削減 再生可能エネルギーにおける米国のリーダーシップ推進 クリーンエネルギーイノベーションへの長期投資促進
	2. 21世紀型交通システムの構築	燃費基準の改善 先進的交通技術の開発・普及
	3. 家庭・産業・工場におけるエネルギー効率改善	米国の家庭および産業におけるエネルギーコストの削減
	4. その他の温室効果ガス排出量の削減	HFC排出量の削減 メタン排出量の削減 気候変動の緩和における森林の役割の保全
	5. 連邦レベルでの先導	クリーンエネルギーにおける先導
(2) 米国における気候変動影響への備え	1. 強靱で安全なコミュニティおよびインフラの構築	行政機関による気候レジリエントな投資の支援 州政府や地方自治体、部族の長によるタスクフォースの設置 気候変動影響に備えるコミュニティ支援 建築物およびインフラのレジリエンス強化 ハリケーン・サンディからの復旧と教訓
	2. 米国の経済と自然資源を守る	気候変動に脆弱な主な部門の特定 健康部門におけるレジリエンスの推進 気候安全性(climate safety)のための保険のリーダーシップ推進 土地と水資源の保全 農業の持続可能性の維持 干ばつの管理 山火事リスクの低減 将来の洪水への備え
	3. 気候変動の影響を管理するための科学的知見の活用	行動的な気候科学の開発 米国における気候変動影響の評価 気候データイニチアチブの開始 気候レジリエンスに向けたツールキットの提供
(3) 気候変動に対する国際的な取り組みの先導	1. 気候変動対策のための他国との協働	主要経済国との多国間交渉の推進 主要新興国との二国間協力の拡大 短寿命気候汚染物質との戦い 森林伐採および森林劣化による排出量の削減 クリーンエネルギーの利用拡大とエネルギーの無駄の削減 環境関連物品およびサービスのグローバルな自由貿易交渉 化石燃料の無駄な消費を促す補助金の廃止 よりクリーンなエネルギーに関するグローバルな公的金融の先導 気候変動へのグローバルなレジリエンスの強化 気候ファイナンスの動員
	2. 気候変動対策のための国際交渉の先導	

(注) 下線・赤字は筆者による。

(出所) Executive Office of the President (2013) “The President's Climate Action Plan” June 2013 より大和総研作成

<sup>3</sup> Executive Office of the President (2013) “The President's Climate Action Plan” June 2013

## 2. 発電部門における CO<sub>2</sub>排出規制

気候行動計画に盛り込まれた「発電所からの炭素汚染削減」について、オバマ大統領は行動計画発表と同時に「電力部門の炭素排出基準に関する覚書」を発表し、環境保護局に対し、新設発電所については2013年9月までに新たな排出規制案を公表し、パブリックコメントを受けて直ちに最終規則を公表すること、既設発電所については2014年6月までに排出規制案を公表し、2015年6月までに最終規則を公表することを命じた<sup>4</sup>。大統領の指示に基づき、環境保護局は2013年9月に新設発電所に対するCO<sub>2</sub>排出規制案(New Source Performance Standards: NSPS)を発表し、2014年1月に官報に掲載した<sup>5</sup>。また、2014年6月には既設発電所に対するCO<sub>2</sub>排出規制案(The Clean Power Plan: CPP)を発表した<sup>6</sup>。

### 2-1. 新設発電所に対する CO<sub>2</sub>排出規制案 (NSPS)

新設発電所に対するCO<sub>2</sub>排出規制案(NSPS)は発電能力25MW以上の売電を主目的とする石炭火力発電所および天然ガス火力発電所にCO<sub>2</sub>排出基準を導入するものである。石炭火力発電所については、稼働後12か月平均で1,100ポンドCO<sub>2</sub>/MWh、もしくは稼働後7年平均で1,000~1,050ポンドCO<sub>2</sub>/MWhという排出基準が示された(図表3)。

現在、米国における石炭火力発電所のCO<sub>2</sub>排出量は平均約2,249ポンドCO<sub>2</sub>/MWhで、提示された基準値の2倍以上である<sup>7</sup>。石炭火力発電の効率化は進んでいるものの、そのCO<sub>2</sub>排出量は、現在商業化されている技術のうち最もCO<sub>2</sub>排出量の少ない超超臨界圧汽力発電でも1,830ポンドCO<sub>2</sub>/MWh、実証段階にある低炭素技術である石炭ガス化複合(Integrated Coal Gasification Combined Cycle: IGCC)発電<sup>8</sup>でも1,653ポンドCO<sub>2</sub>/MWhほどである<sup>9</sup>。つまり、提示された排出基準は実証段階にあるいわゆるクリーンコール技術でも達成できない水準である。規制案は発電所で排出したCO<sub>2</sub>を回収・貯留するCCS(Carbon Capture and Storage: 炭素回収貯留)の部分的な利用を石炭火力発電の最良排出削減システム(Best System of Emission Reduction:

<sup>4</sup> The White House (2013) “Presidential Memorandum -- Power Sector Carbon Pollution Standards” June 25, 2013

<sup>5</sup> Environmental Protection Agency (2014a) “Standards of Performance for Greenhouse Gas Emissions From New Stationary Sources: Electric Utility Generating Units; Proposed Rule” Federal Register (79 FR 1429) January 8, 2014

<sup>6</sup> Environmental Protection Agency (2014b) “Carbon Pollution Emission Guidelines for Existing Stationary Sources: Electric Utility Generating Units; Proposed Rule” Federal Register (79 FR 34829) June 18, 2014

<sup>7</sup> Environmental Protection Agency (2014c) “Air Emissions” (<http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-and-you/affect/air-emissions.html>)

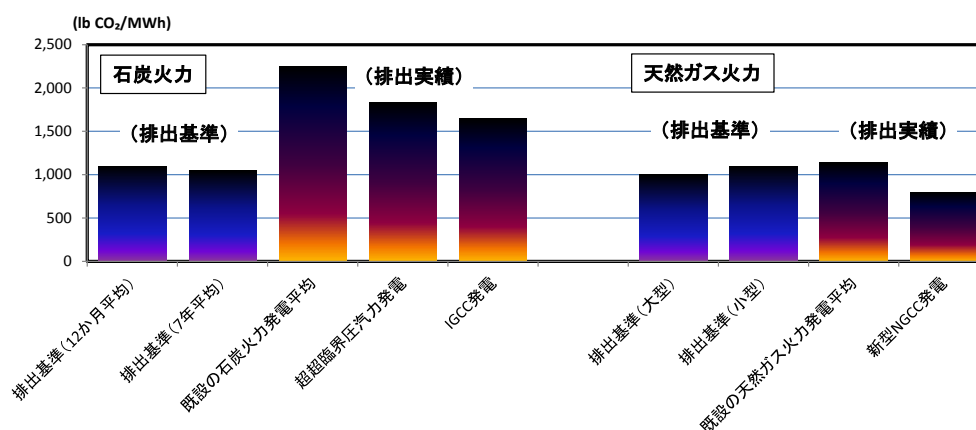
<sup>8</sup> IGCC発電は、従来型の石炭火力がシングルサイクル発電、つまり石炭の燃焼により水蒸気を発生させ、蒸気タービンを回して発電するのに対し、石炭の燃焼によりガスタービンを回したうえで、廃熱を利用して蒸気タービンも回して発電するコンバインドサイクル発電である。

<sup>9</sup> 環境省(2012) 環境省中央環境審議会地球環境部会(第102回)参考資料2②「エネルギー供給WG参考資料」(2012年3月23日) ([http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-102/ref02\\_2-1.pdf](http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-102/ref02_2-1.pdf)) なお、資料では排出量についてkgCO<sub>2</sub>/kWhで記載があるが、本稿ではその数値をもとにポンドCO<sub>2</sub>/MWhに換算した。

BSER) と位置付け、排出基準の根拠としている<sup>10</sup>。

一方、新設の天然ガス火力発電所については、熱量が 850 百万 Btu/h より大きい発電所には 1,000 ポンド CO<sub>2</sub>/MWh、850 百万 Btu/h 以下の発電所には 1,100 ポンド CO<sub>2</sub>/MWh の排出基準が示された<sup>11</sup>。米国における既設の天然ガス火力発電所の平均 CO<sub>2</sub>排出量は 1,135 ポンド CO<sub>2</sub>/MWh で、提示された排出基準を上回るが、最新の天然ガスコンバインドサイクル (Natural Gas Combined Cycle: NGCC) 発電では 800 ポンド CO<sub>2</sub>/MWh 程度であり<sup>12</sup>、天然ガス火力発電所については最新技術で達成できる水準となっている (図表 3)。なお、天然ガスコンバインドサイクル発電とは、従来の天然ガス火力発電がシングルサイクル発電、つまり天然ガスの燃焼により水蒸気を発生させ、蒸気タービンを回して発電する技術であるのに対し、天然ガスの燃焼によりガスタービンを回し、その廃熱を利用して蒸気タービンも回す「コンバインド」方式の発電技術であり、従来型より発電効率が低い。本規制案では、最新の天然ガス火力コンバインド発電を天然ガス火力発電の最良排出削減システム (BSER) と位置付け、排出基準の根拠としている<sup>13</sup>。

図表 3 NSPS の排出基準と既存の火力発電の CO<sub>2</sub>排出量



(注) lb はポンドを示す (1lb=453.59237g)。石炭火力の排出基準 (7年平均) については基準の最大値を示した。なお、環境省資料では排出量について kgCO<sub>2</sub>/kWh で記載があるが、本稿ではその数値をもとにポンド CO<sub>2</sub>/MWh に換算した。

(出所) Environmental Protection Agency (2014a)、Environmental Protection Agency (2014b)、Environmental Protection Agency (2014c)、および環境省 (2012) より大和総研作成

つまり、本規制が導入されれば、天然ガスコンバインドサイクル発電所はこれまで通り建設が許されるが、石炭火力発電所の新規建設には CCS の設置が必要となる。CCS は現状ではコストが高いため、石炭火力発電の経済的優位性は低下し、建設は実質的に困難となる。

ただし、環境保護局は、本規制の経済への影響は極めて限定的だと評価している。米国では、経済的な影響が大きい規制を提案する際には、その費用対効果を示す規制影響分析の実施が義

<sup>10</sup> Environmental Protection Agency (2014a) p. 1433

<sup>11</sup> Btu は British thermal unit の略で、1 ポンドの水を 1° F 上昇させるのに必要な熱量を指す。

<sup>12</sup> Environmental Protection Agency (2014b)

<sup>13</sup> Environmental Protection Agency (2014a) p. 1433

務付けられている。本規制案についても規制影響分析が実施されているが、環境保護局は、本規制は費用も便益も微々たるものだと結論づけている<sup>14</sup>。本規制がなくとも、今後建設される火力発電所はほとんどが天然ガスコンバインドサイクル発電所で、石炭火力発電所の新規建設はほとんどないと予測されるためだ。このため、本規制が実施された場合でも、CO<sub>2</sub>排出量やエネルギー供給に与える影響はごく僅かで、電力価格や雇用、米国経済に与える影響もほとんどなく、政策実施の費用も発生しないという。環境保護局はそれにもかかわらず、本規制は規制の先行きの不確実性を減らす効果を持ち、石炭火力発電所に実質的に CCS 設置を義務付けることで、CCS の研究開発が推進される効果が期待できるとしている。

## 2-2. 既設発電所に対する CO<sub>2</sub> 排出規制案 (CPP)

既設発電所における CO<sub>2</sub> 排出規制案 (CPP) は、NSPS のように個々の発電所に排出基準を課すものではなく、環境保護局が州政府に対し、各州の対象発電所全体で達成すべき CO<sub>2</sub> 排出削減目標と排出削減に向けたガイドラインを提示し、ガイドラインに沿った行動計画の提出および実施を義務付けるというものだ。

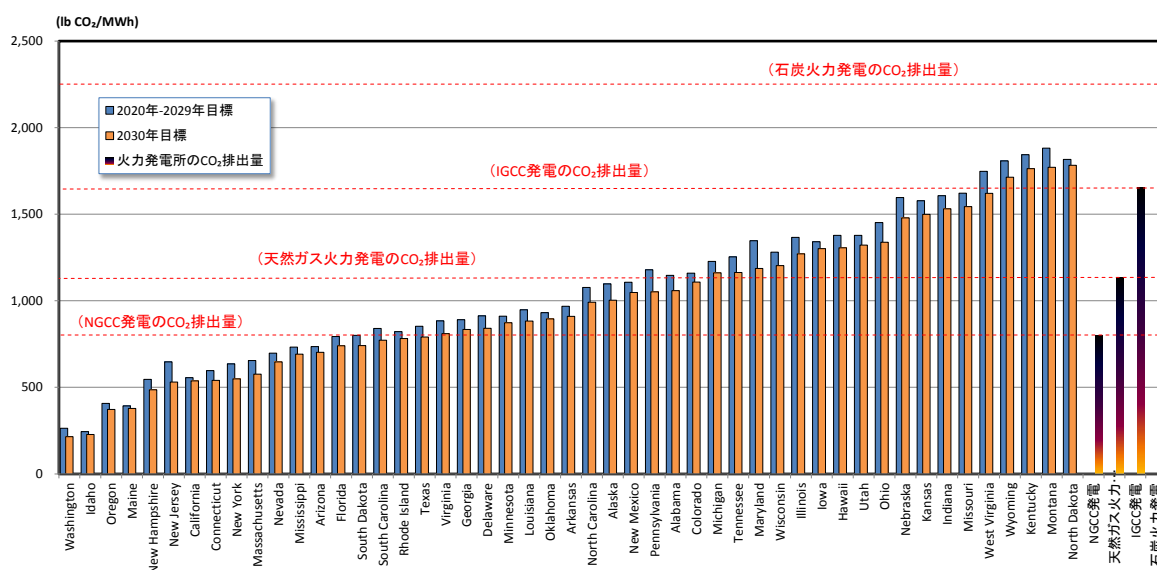
規制案では、州ごとにその CO<sub>2</sub> 排出削減ポテンシャルに応じて、2020 年から 2029 年の間に達成すべき中期目標 (Interim Goal) と 2030 年に達成すべき最終目標 (Final Goal) が設定された。各州の中期および最終目標は発電量あたりの CO<sub>2</sub> 排出量という原単位で設定されている<sup>15</sup>。目標値は州によりかなりの幅があるが、総じて米国における既存の石炭火力発電所の平均 CO<sub>2</sub> 排出量を大きく下回る水準となっており、ほとんどの州で石炭ガス化複合 (IGCC) 発電の CO<sub>2</sub> 排出量をも下回っている (図表 4)。

なお、各州の削減ポテンシャルは、各州における (1) 既存の石炭火力発電所における熱効率改善、(2) 既存の天然ガスコンバインドサイクル発電所の稼働率向上によるシングルサイクルの石炭・天然ガス・石油火力発電所の代替、(3) 再生可能エネルギーの普及および原子力発電所の新規建設・廃炉延期、(4) 需要側 (Demand-side) のエネルギー効率化による電力需要の減少、という四つの要素 (4 building blocks) の削減ポテンシャルを積み上げて算出されている。

つまり、本規制は新設発電所に対する CO<sub>2</sub> 排出規制案とは異なり、既設発電所における CO<sub>2</sub> 排出削減のみでなく、ゼロエミッション電源の活用や需要側のエネルギー効率化など発電所外での取り組みも対象としている。削減目標は環境保護局が定めるものの、目標の達成手段は州が決める権限を持つ。環境保護局は本規制の実施により、発電部門における CO<sub>2</sub> 排出量を 2030 年に 2005 年比で 30% 削減することを目指している。

<sup>14</sup> Environmental Protection Agency (2013) “Regulatory Impact Analysis for the Proposed Standards of Performance for Greenhouse Gas Emissions for New Stationary Sources: Electric Utility Generating Units” (EPA-452/R-13-003) September 2013

<sup>15</sup> ただし、総量目標への転換も可能とされている。

図表 4 CPPにおける各州のCO<sub>2</sub>排出削減目標と火力発電のCO<sub>2</sub>排出量

(注) 各州の削減目標は発電量あたりのCO<sub>2</sub>排出量で設定されており、値が低いほど目標が高い。

(出所) Environmental Protection Agency (2014b)より大和総研作成

環境保護局はこの規制の経済への影響は大きいとして、いくつかのシナリオを想定して詳細な規制影響分析を行っている<sup>16</sup>。規制の費用便益分析では、いずれのシナリオでも2020年・2025年・2030年各時点で純便益を計上しているが<sup>17</sup>、発電設備と雇用への影響については、部門や時期により明暗が分かれる結果となっている。

発電設備への影響については図表5に示したが、本規制がない場合(Business As Usual: BAU)と比べて、(1)石炭火力および石油・ガス蒸気タービンの発電設備容量は、いずれのケースでも対象期間を通じて10%以上減少すること、(2)天然ガスコンバインドサイクルの新設発電設備容量はケースによって2020年に79%~190%増加するが、2025年以降は減少すること、(3)再生可能エネルギーは対象期間を通じて増加するが、増加率は漸減すること、(4)発電設備容量は全体として年を経るごとに減少し、減少率は拡大すること、が予測されている。

つまり、シングルサイクルの石炭・石油・天然ガス火力発電所は新設されず、廃炉のスケジュールが前倒しされ、その減少分は、省エネによる電力需要の減少と、2020年までに前倒して設置される天然ガスコンバインドサイクル発電、そして順次設置されていく再生可能エネルギー発電で代替されるというシナリオである。天然ガスコンバインドサイクル発電の新設については、2025年以降はむしろ減少に転じることが予測されているが、これは2025年以降の発電所建設計画が2020年以前に前倒しされるためだと考えられる。なお、ゼロエミッション電源とし

<sup>16</sup> Environmental Protection Agency (2014d) “Regulatory Impact Analysis for the Proposed Carbon Pollution Guidelines for Existing Power Plants and Emission Standards for Modified and Reconstructed Power Plants” (EPA -542/R-14-002) June 2014

<sup>17</sup> 規制の便益としては、気候変動緩和による便益と大気汚染改善による便益が、費用としては規制遵守費用が推計されている。規制遵守費用と相殺した純便益は、2020年に200~500億ドル、2025年に290~740億ドル、2030年に460~840億ドルと年を経るごとに増加すると予測されている。

て再生可能エネルギーとともに位置付けられた原子力発電については、いずれのシナリオにおいても規制による影響はないと推定されている。

図表 5 CPP が発電設備容量に与える影響 (BAU 比、増減率)

	2020				2025				2030			
	Option1		Option2		Option1		Option2		Option1		Option2	
	Reg.	State	Reg.	State	Reg.	State	Reg.	State	Reg.	State	Reg.	State
石炭火力	-19%	-20%	-12%	-14%	-19%	-21%	-12%	-13%	-19%	-21%	n/a	n/a
NGCC(既設)	-1%	-1%	-1%	0%	-1%	-1%	-1%	0%	-1%	-1%	n/a	n/a
NGCC(新設)	174%	190%	79%	117%	-11%	-7%	-23%	-18%	-42%	-38%	n/a	n/a
ガスタービン	-2%	-2%	-1%	-1%	-3%	-3%	-1%	-2%	-7%	-7%	n/a	n/a
石油・ガス蒸気タービン	-20%	-20%	-13%	-14%	-20%	-19%	-12%	-13%	-20%	-19%	n/a	n/a
再生可能(水力除く)	13%	13%	9%	10%	10%	8%	7%	7%	9%	7%	n/a	n/a
水力	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	n/a	n/a
原子力	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	n/a	n/a
その他	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	n/a	n/a
発電設備容量合計	-3%	-3%	-2%	-2%	-6%	-6%	-4%	-4%	-9%	-9%	n/a	n/a

(注) 2030 年までに高水準で削減目標を達成するケース (Option1) と 2025 年までに低水準で削減目標を達成するケース (Option2) を想定し、それぞれについて、①複数州が共同で目標達成する場合 (Reg.) と、②各州が単独で目標達成する場合 (State) の影響を推定している。10%以上の減少を白抜きで、10%以上の増加を赤字で示した。

(出所) Environmental Protection Agency (2014d) より大和総研作成

雇用への影響については図表 6 に示したが、本規制がない場合と比べて、エンジニアリング関連雇用は、ケースにより (1) 2017~2020 年にネットで年間 25,900~29,800 人の雇用増、2021~2025 年に年間 49,200~77,900 人の雇用減、2026~2030 年に年間 79,900~80,400 人の雇用減が見込まれている。(2) 2017~2020 年にかけては、建設に関連する雇用、すなわち発電所の熱効率改善および発電設備建設 (天然ガスコンバインドサイクルと再生可能エネルギー) において、大幅な雇用増が見込まれている。これらの建設に関連する雇用については、2021 年以降は減少が見込まれているが、発電所の建設計画を 2020 年までに前倒しする影響だと考えられる。一方、(3) オペレーションおよびメンテナンス、また燃料採取においては、ガス関連の一部を除き、対象期間を通じて雇用減が見込まれている。特に石炭火力の廃炉に伴う大幅な雇用減が予測されている<sup>18</sup>。

なお、規制案が示した目標は、複数州が共同で達成することもできるため、規制影響評価ではこの場合の影響も評価している。複数州での共同達成には、既に複数州で実施されている排出権取引制度が活用されることが想定され、規制の遵守コストは州単独の場合よりも下がると考えられている<sup>19</sup>。これは、州ごとに異なる限界削減費用が、排出権取引の活用により平準化されるという考え方に基づいている<sup>20</sup>。

<sup>18</sup> なお、米国経済全体への影響については、州が削減目標達成のためにとる手段によって影響が大きく異なるためモデルによる分析が困難であるとして試算されていない。

<sup>19</sup> Environmental Protection Agency (2014d) p. 33 米国ではニューヨーク州やマサチューセッツ州など北東部の 9 州が発電部門における CO<sub>2</sub> 排出権取引制度を導入している。

<sup>20</sup> Environmental Protection Agency (2014d) p. 103



図表 6 CPP がエンジニアリング関連雇用に与える影響 (BAU 比、人/年)

＜複数州共同達成の場合＞						
カテゴリ	Option1			Option2		
建設に関連する(一時的)変化	2017-2020	2021-2025	2026-2030	2017-2020	2021-2025	2026-2030
熱効率改善	32,900	0	0	33,900	0	n/a
ボイラーメーカーと建設全般	22,800	0	0	23,600	0	n/a
エンジニアリングとマネジメント	6,000	0	0	6,200	0	n/a
機器関連	2,900	0	0	3,000	0	n/a
マテリアル関連	1,100	0	0	1,100	0	n/a
発電設備建設	24,700	-33,300	-37,000	14,700	-23,100	n/a
再生可能エネルギー	17,000	-4,700	-2,100	11,600	-3,100	n/a
天然ガス	7,700	-28,600	-34,900	3,100	-20,000	n/a
継続的变化						
	2020	2025	2030	2020	2025	2030
オペレーションとメンテナンス	-22,900	-23,800	-23,700	-15,300	-15,500	n/a
ガス	2,300	-600	-3,400	1,000	-1,000	n/a
石炭火力の廃炉	-22,600	-20,800	-18,200	-14,600	-13,100	n/a
石油およびガス火力の廃炉	-2,600	-2,400	-2,100	-1,700	-1,400	n/a
燃料採取	-8,800	-14,900	-19,200	-6,600	-10,600	n/a
石炭	-13,700	-17,000	-16,600	-10,900	-12,900	n/a
天然ガス	4,900	2,100	-2,600	4,300	2,300	n/a
供給サイドの雇用影響合計	25,900	-72,000	-79,900	26,700	-49,200	n/a
＜各州単独達成の場合＞						
カテゴリ	Option1			Option2		
建設に関連する(一時的)変化	2017-2020	2021-2025	2026-2030	2017-2020	2021-2025	2026-2030
熱効率改善	32,200	0	0	30,800	0	n/a
ボイラーメーカーと建設全般	22,400	0	0	21,400	0	n/a
エンジニアリングとマネジメント	5,900	0	0	5,700	0	n/a
機器関連	2,900	0	0	2,800	0	n/a
マテリアル関連	1,000	0	0	1,000	0	n/a
発電設備建設	28,200	-38,000	-36,100	23,000	-29,500	n/a
再生可能エネルギー	19,100	-8,900	-2,200	15,800	-6,300	n/a
天然ガス	9,100	-29,100	-33,900	7,200	-23,200	n/a
継続的变化						
	2020	2025	2030	2020	2025	2030
オペレーションとメンテナンス	-24,100	-25,300	-24,900	-16,800	-17,100	n/a
ガス	2,500	-500	-3,200	1,500	-800	n/a
石炭火力の廃炉	-24,000	-22,500	-19,700	-16,400	-14,800	n/a
石油およびガス火力の廃炉	-2,600	-2,300	-2,000	-1,900	-1,500	n/a
燃料採取	-8,300	-14,600	-19,400	-6,500	-10,300	n/a
石炭	-14,300	-17,800	-18,000	-11,500	-13,500	n/a
天然ガス	6,000	3,200	-1,400	5,000	3,200	n/a
供給サイドの雇用影響合計	28,000	-77,900	-80,400	29,800	-56,900	n/a

(注) 2030年までに高い水準で目標を達成するケース (Option1) と 2025年までに低い水準で目標達成するケース (Option2) を想定。一万人以上の減少を白抜きで、一万人以上の増加を赤字で示した。1人/年は一人のフルタイム労働者を1年間雇用するのに相当する。表での数値は各年における増減を示している。

(出所) Environmental Protection Agency (2014d) より大和総研作成

## 2-3. CO<sub>2</sub>排出規制の見通し

新設発電所に対するCO<sub>2</sub>排出規制案 (NSPS) については、既にパブリックコメントの募集を締切っており、環境保護局はそれらを反映させたいうで、来年1月に最終規則を公表する予定である。このため、NSPSは来年1月にも施行される可能性がある。

一方、既設発電所に対するCO<sub>2</sub>排出規制案 (CPP) については、今年10月までパブリックコメントに付され、来年6月に最終規則が公表される予定である。現在の規制案では、州政府は2016年6月までに環境保護局に排出削減行動計画を提出すること、環境保護局は行動計画受理後12か月以内に審査を終えることが定められている。このため、CPPの施行は早くても2017年以降となるものとみられる。また、行動計画の立案により多くの時間が必要である場合や、複数の州が共同で行動計画を立案する場合には、最長で2018年6月まで行動計画の提出期限を延長す

ることができる。この場合、当該州で行動計画がスタートするのは2019年以降となるとみられる。

これらの規制案に対しては、強い反対意見も出されている。商工会議所や製造業の業界団体が連名で規制案に反対する声明を発表しており<sup>21</sup>、これらの産業界に基盤を持つ共和党議員らも反対している。石炭産業の盛んな州では特に反対が強く、民主党議員からも規制に反対する声があがっている。パブリックコメントでは、規制案に多くの批判的なコメントが寄せられることが予想されており、規制案に修正が加えられる可能性や規制の実施が遅れる可能性もある。

しかし、大気浄化法の下で環境保護局がCO<sub>2</sub>排出規制の義務を負うことには、2007年の最高裁判決、そして2009年の環境保護局の調査によって法的な根拠が示されている。また、法的根拠を崩すためには新たな立法が必要であるが、議会で合意を得ることは容易ではない。今秋の中間選挙で共和党が議席を増やし、そうした法案が議会を通ったとしても、大統領拒否権の行使が予想される。このため、修正や遅延の可能性はあるものの、本規制が抵抗を退けて実施される可能性は高いと考えられる。

### 3. シェール革命によるCO<sub>2</sub>排出削減が背景に

米国が大胆な気候変動対策を打ち出した背景には、シェール革命の影響があると考えられる。米国ではもともと発電部門における石炭火力発電の割合が高く、CO<sub>2</sub>排出量も多い。米国の発電部門における石炭火力発電の割合は、2001年から2005年まで5割を超えた（図表7）。米国における燃料燃焼起源のCO<sub>2</sub>排出量は2005年に58億CO<sub>2</sub>換算トン、当時は中国を凌ぎ世界最多で、世界のCO<sub>2</sub>排出量の約21%を占めた<sup>22</sup>。同年の米国における一人当たりCO<sub>2</sub>排出量は19.7CO<sub>2</sub>換算トンで、世界平均の約4.3倍、日本の約2倍に上った<sup>23</sup>。そして、同年の米国の燃料燃焼起源CO<sub>2</sub>排出量の4割が発電部門から排出され、その8割を石炭火力発電が排出していた<sup>24</sup>。

しかし、シェール革命によりこうした状況は変化しつつある。米国における天然ガスの生産量は1973年をピークに減少傾向にあったが、原油価格の上昇を背景に、技術革新によりシェールガスをはじめとする非在来型天然ガスのコストが低下したことにより、2006年以降は増加に転じ、2013年には生産量の記録を更新した（図表8）。シェールガスが米国の天然ガス生産量に占める割合は2010年の23%から2012年に40%に急拡大し、米国エネルギー情報局はシェールガスの増産は今後も続き、このことにより米国は2020年までに天然ガスの純輸出国に転じると予測している<sup>25</sup>。

<sup>21</sup> U. S. Chamber of Commerce “Coalition Comments on Proposed GHG Standards for New Power Plants” May 9, 2014

<sup>22</sup> IEA (2013) *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion*.

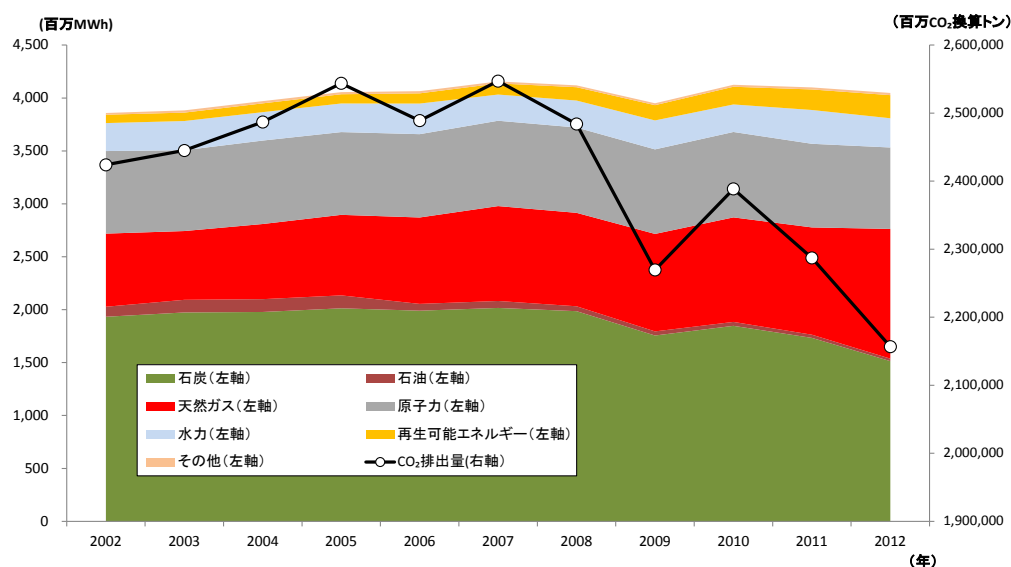
<sup>23</sup> World Development Indicators “CO<sub>2</sub> emissions (metric tons per capita)”

<sup>24</sup> Environmental Protection Agency (2014e) “Inventory of U. S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2012” April 15, 2014

<sup>25</sup> Energy Information Administration (2012) *Annual Energy Outlook 2012 Early Release Overview* および Energy Information Administration (2014) *Annual Energy Outlook 2014* pp.107-108

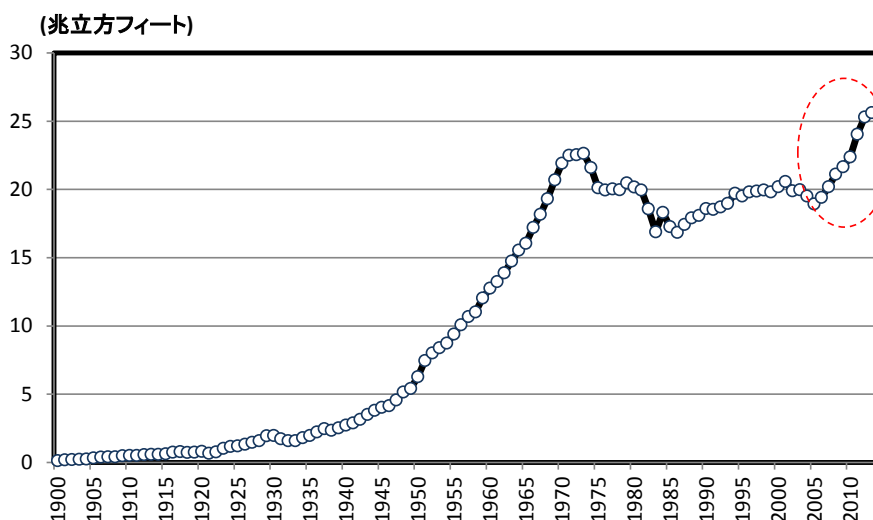
こうしたシェールガス革命の影響により、天然ガス火力発電の経済的優位性が増し、発電部門では2005年から2012年にかけて、石炭から天然ガスへの燃料転換が進んだ。発電電力量に占める石炭比率は2005年から2012年に50%から約37%に低下し、一方天然ガス比率は19%から30%に上昇した。このような電源構成の低炭素化により、同期間に発電量はほぼ変化していないにもかかわらず、CO<sub>2</sub>排出量は約15%減少した(図表7)。CO<sub>2</sub>排出規制は、この脱石炭によるCO<sub>2</sub>排出削減の動きをさらに加速するものといえよう。

図表7 米国における発電量および発電部門のCO<sub>2</sub>排出量の推移



(出所) Energy Information Administration (2014) “Net Generation for all sectors”統計データおよび Environmental Protection Agency (2014) “National Greenhouse Gas Emissions Data”より大和総研作成

図表8 米国における天然ガス生産量の推移



(注) 生産量として、Marketed Production (市場に出荷可能な生産量) を使用

(出所) Energy Information Administration (2014) “U. S. Natural Gas Marketed Production”より大和総研作成

## 4. 気候変動をめぐる国際交渉は再び前進するか

### 4-1. 気候変動をめぐる国際社会の合意と対立

米国の気候変動対策の積極化により、長らく停滞していた気候変動に関する国際交渉が、来年の COP21 に向け再び前進する兆しが出てきた。気候変動対策の国際的な枠組みは、国連の気候変動枠組条約の下で議論されてきた。この条約の下での議論の現状を確認しておく、1994年に発効した気候変動枠組条約は「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極的な目的とする」条約で<sup>26</sup>、日本や米国、中国をはじめとする 195 カ国が批准している（図表 9）。気候変動懐疑論も聞かれるが、国際社会は総論ではこの目的に合意している。

これまでの気候変動に関する科学研究によれば、大気中の温室効果ガス濃度は産業革命前には 280ppm 程度であったが、工業化の進展とともに上昇し、2010 年に 444ppm に達した<sup>27</sup>。これは過去 80 万年で最も高い水準とされる<sup>28</sup>。温室効果ガスのなかでも CO<sub>2</sub>は 2010 年に温室効果ガス排出量の 76%を占め<sup>29</sup>、また他の温室効果ガスよりも長期間大気中に滞留するため、気候変動に与える影響が最も大きい。海や森林、土地は CO<sub>2</sub>を吸収する機能を持つため、自然が吸収できる範囲内で CO<sub>2</sub>を排出していれば、大気中の CO<sub>2</sub>濃度が高まることはない。しかし産業革命以降、人間は自然が吸収できる量を大幅に超えて CO<sub>2</sub>を排出するようになり、大気中の CO<sub>2</sub>濃度は 1750 年の 278ppm から 2010 年の 390.5ppm まで上昇した。2002 年から 2011 年までの CO<sub>2</sub>収支は、人間活動による CO<sub>2</sub>排出量が 92 億炭素トン/年であるのに対し、自然の吸収量は 49 億炭素トン/年であり、年 43 億炭素トンの「赤字」となっている。つまり、この期間に大気中に滞留する CO<sub>2</sub>排出量は年 43 億炭素トンずつ増えた。このため、同期間に大気中の CO<sub>2</sub>濃度は年平均 2ppm 増加したとみられる<sup>30</sup>。

現在、国際社会は世界の平均気温の上昇を 2℃未満に抑えることを目指している<sup>31</sup>。このためには大気中の温室効果ガス濃度を 450ppm で安定化させる必要があるが、それには 2050 年までに世界の温室効果ガス排出量を 2010 年比で少なくとも 4 割以上削減しなければならない<sup>32</sup>。一方、世界銀行によれば、約 70 億人の世界人口のうち現在でも約 30 億人が一日の所得 2.5 ドル

<sup>26</sup> 気候変動に関する国際連合枠組条約（環境省訳）

<sup>27</sup> IEA (2013) *World Energy Outlook 2013* p. 79

<sup>28</sup> IPCC (2013) “Summary for Policymakers” In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*

<sup>29</sup> IPCC (2014) “Summary for Policymakers” In: *Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* p. 7

<sup>30</sup> Ciais, P. et al. (2013) “Carbon and Other Biogeochemical Cycles” In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* p. 467, 486

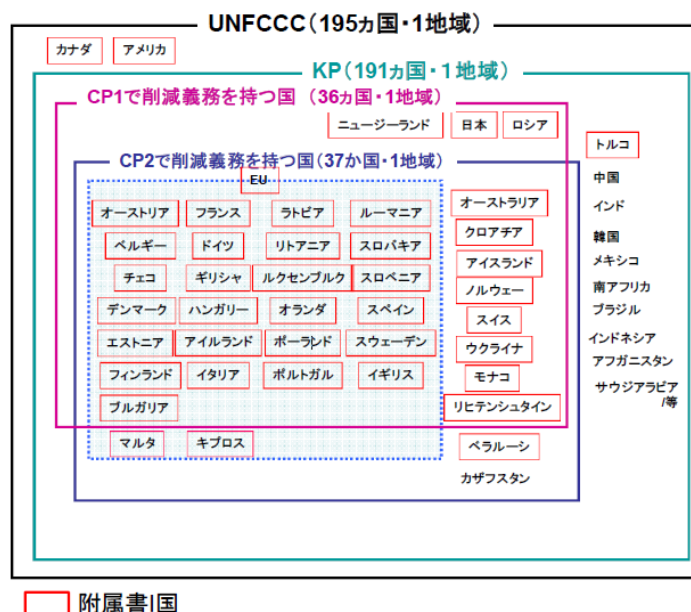
<sup>31</sup> 2010 年にカンクンで行われた気候変動枠組条約締約国会議でこの目標が合意された。UNFCCC (2014) “Milestones on the road to 2012: The Cancun Agreements”

<sup>32</sup> IPCC (2014) Table SPM.1 安定化の水準は正確には 430 から 480ppm の幅がある。同報告書では 450ppm で安定化した場合、21 世紀末の 1850-1900 年比気温上昇は 66-100%の確率で 2℃に抑えることができるとしている。

に満たない貧困層であり、さらなる経済成長を必要としている<sup>33</sup>。2010年に温室効果ガス排出量の65%が燃料燃焼および産業プロセスによるCO<sub>2</sub>に起因しており、CO<sub>2</sub>排出削減は各国の経済活動の足かせとなりかねない<sup>34</sup>。このため、総論では気候安定化という目的に合意できても、具体的な自国の削減義務が絡む段となると交渉が進まない、という状況が続いてきた。特に、これまで多くのCO<sub>2</sub>排出量を出してきた先進国と、CO<sub>2</sub>排出量を急増させている新興・途上国との間で、排出削減の義務をめぐる対立は深く、国際交渉の停滞を招いてきた。

このため、気候変動枠組条約は1994年に発効したが、2005年に先進国の削減義務を定めた京都議定書が発効するまでに実に11年間を要した。しかも、2001年には当時最大のCO<sub>2</sub>排出国であった米国が京都議定書から離脱。2008年から2012年までの京都議定書第一約束期間には、欧州諸国と日本、ロシア、カナダ、オーストラリア、ニュージーランドなどの先進国が排出削減義務を負ったが、2011年にはカナダが京都議定書から離脱し、2013年から2020年までの第二約束期間には日本、ロシア、ニュージーランドは参加せず、欧州諸国とオーストラリア他数カ国のみが削減義務を負っている(図表9)。京都議定書の第二約束期間に参加している国は2012年の世界のCO<sub>2</sub>排出量の16%を占めるにすぎない<sup>35</sup>。

図表9 気候変動枠組条約と京都議定書締約国



(注) UNFCCC:気候変動枠組条約、KP: 京都議定書、CP1: 第一約束期間、CP2: 第二約束期間。2014年3月6日時点。

(出所) 環境省「気候変動枠組条約・京都議定書の締約国」

([http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mechanism/kyoto\\_hi\\_jun.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mechanism/kyoto_hi_jun.pdf))

<sup>33</sup> Shaohua Chen and Martin Ravallion (2008) “The Developing World Is Poorer Than We Thought, But No Less Successful in the Fight against Poverty” The World Bank Development Research Group, August 2008 2005年のデータ

<sup>34</sup> IPCC (2014)

<sup>35</sup> IEA (2012) *CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion*.

## 4-2. 米国の積極化により国際交渉は前進するか

現在、国際社会で議論されているのは、2020年以降の気候変動対策の国際枠組みである。米国や途上国を含めた国際的な気候変動対策の枠組みを、来年末にパリで開催される第21回気候変動枠組条約締約国会議(COP21)で合意することが目標とされている。このため、締約国は「COP21に十分に先立って」各国の対策案を条約事務局に提出することが求められている<sup>36</sup>。

これまで米国が京都議定書から離脱したことが、中国をはじめとする新興国・途上国の反発を招き、国際的な枠組み交渉の停滞の一因となってきた。ところが、前述したようなオバマ政権の気候変動対策の積極化に伴い、米国は2020年以降の枠組みへの参加に前向きな姿勢を示している。前述した気候行動計画では「気候変動対策のための国際交渉の先導」を盛り込み（前掲図表2）、COP21において2020年以降の気候変動対策の枠組みについて「野心的で、包括的で柔軟な合意を目指す」としている<sup>37</sup>。既設発電所に対するCO<sub>2</sub>排出規制案(CPP)で示した「2030年に発電部門のCO<sub>2</sub>排出量を2005年比30%削減する」という目標も、2020年以降の国際枠組みの議論を意識したものだと考えられる。前述したように、米国はCPPの策定において2025年および2030年の削減目標の実現可能性と経済影響について極めて詳細な試算を行っている。米国は条件が整えば、来年3月までに2020年以降の気候変動対策案を条約事務局に提出することができるだろう。

欧州諸国は従来から気候変動対策に積極的であり、EUは京都議定書の第二約束期間においても、2020年に温室効果ガス排出量を1990年比20%～30%削減する目標を継続している。また2030年に向けても、EUは温室効果ガスを1990年比40%削減する目標案を発表している<sup>38</sup>。欧州に加えて米国が積極化したことから、来年末のCOP21に向け、長らく停滞していた気候変動に関する国際交渉が再び前進する兆しが出てきた。まずは、9月にニューヨークで開催される気候変動に関する首脳会議、また12月にペルー・リマにて開催されるCOP20における交渉の行方に注目したい。

<sup>36</sup> なお、準備ができた国は2015年第一四半期までに提出することが記された。UNFCCC (2014) “Report of the Conference of the Parties on its nineteenth session, held in Warsaw from 11 to 23 November 2013” January 31, 2014 (FCCC/CP/2013/10/Add.1)

<sup>37</sup> Executive Office of the President (2013)

<sup>38</sup> European Commission (2014) “2030 framework for climate and energy policies” ([http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/index_en.htm))