

# CO<sub>2</sub>規制による米国の電源構成の誘導 —クリーンパワープランの事例から—

## Power Sector Transformation through CO<sub>2</sub> Emission Rate Regulation in US

渡辺 俊平 \*

Shumpei Watanabe

This paper reviews America's carbon emissions standards from existing power plants, known as Clean Power Plan (CPP). CPP is by far the largest and the most important climate change mitigation policy in United States, loaded with new mechanisms to limit carbon emissions and promote low-carbon power sources at the same time by setting standards in a form of adjusted emission factor. The adjusted emission factor allows CPP to integrate different power sources such as coal, gas, renewable, and even energy saving into single indicator for carbon efficiency, which guide US power pool into a more carbon efficient fleet as a whole. This approach integrates all power sources under a single indicator of adjusted emission factor and draw the future of power generation mix as a whole while addressing challenges such as power price and reliability.

**Keywords** : Climate Change, Power Generation, Renewable, Energy Efficiency, Carbon Market

### 1. はじめに

2015年8月、米国環境保護庁(EPA)は既存火力発電所のCO<sub>2</sub>排出規制であるクリーンパワープラン(Clean Power Plan: CPP)の最終版を発表した。米国の気候変動政策の中では最重要に位置付けられており、国連に提出した約束草案(INDC)においても最も大きいGHG削減量を見込んでいる。本稿では、CPPの概要を2014年の初案との比較を中心にまとめ、CPPで想定されている技術のポテンシャルと実施のためのメカニズムについて解説した上で、発電部門の低炭素化についてインプリケーションを抽出する。

### 2. CPPの概要

CPPは既存の火力発電所を対象とした規制で、燃料転換だけでなく、再エネのポテンシャルも加味した調整排出原単位の形で州毎に目標が設定されている。2014年6月に初案発表後、最終版に至るまでに、430万件のパブリックコメントを経て、表1に示す通り変更がなされている。変更点は、1)技術ポテンシャルの変更、2)遵守期間を遅らせ時間的猶予を付与、3)電力安定供給策の追加、4)拡大された市場メカニズム、5)早期行動促進策の導入、6)州計画のモデルとしての連邦計画の策定と多岐にわたっている。多くの変更がありながら、2030年時点のCO<sub>2</sub>削減量は初案よりも多い32%(2005年比)となっている(排出パスは図1を参照)。

出パスは図1を参照)。

表1 CPPの概要

	初案	最終版
規制対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>設備容量が25MW以上である</li> <li>化石燃料の燃焼能力が260GJ/h以上である</li> <li>2014年1月8日より前に建設開始</li> </ul>	
規制実施	EPAが州毎に目標設定し、州が実施	
遵守期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>中間目標: 2020~29年の平均</li> <li>最終目標: 2030年(以降維持)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中間目標: 2022~29年の平均</li> <li>最終目標: 2030年(以降維持)</li> </ul>
目標根拠	<ol style="list-style-type: none"> <li>石炭効率改善</li> <li>NGCC稼働率向上</li> <li>再エネ/既存原発</li> <li>省エネ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>石炭熱効率改善</li> <li>NGCC稼働率向上</li> <li>再エネ拡大</li> </ol>
市場メカニズム	排出枠(tCO <sub>2</sub> )の取引	排出枠(tCO <sub>2</sub> )の取引 再エネ等(MWh)の取引
計画期限	2016年9月まで 延長: 単一州(1年) 複数州(2年)	2016年9月まで 延長: 2年
削減効果	2005年比30%	2005年比32%
以下最終版のみの項目		
早期行動	20, 21年の再エネ/省エネにクレジット発行	
安定供給	州計画で安定供給策の盛り込みを義務化	
モデル計画	モデルとしての連邦実施計画を用意	

出所: EPA資料より筆者作成

\*日本エネルギー経済研究所 地球環境ユニット  
〒104-0054 東京都中央区勝どき 1-13-1 イビル・カトキ 10F, 11F  
E-mail: shumpei.watanabe@tky. ieej. or. jp

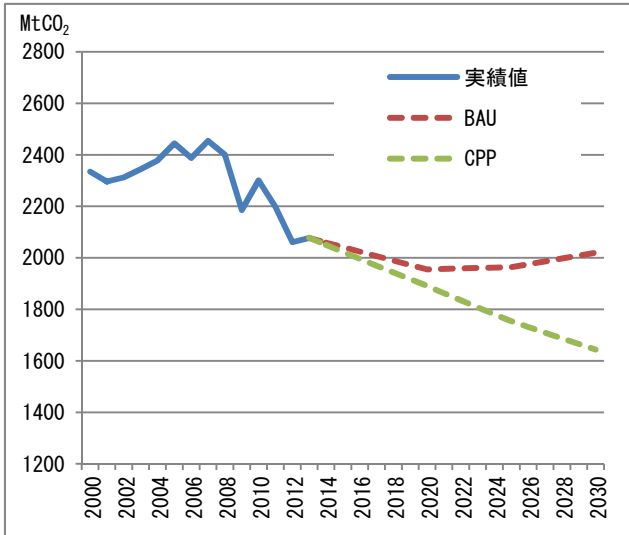


図1 期待されるCO<sub>2</sub>削減量  
出所: EPA 資料より筆者作成

### 3. 目標設定

下記の式の通り、クリーンパワープランは各州の既存火力電源の加重平均としてのCO<sub>2</sub>排出原単位(tCO<sub>2</sub>/MWh)規制でありながら、目標設定において再エネのポテンシャルを含めることで火力以外の電源も巻き込んだCO<sub>2</sub>削減を目指している。

$$EF = E / (GE_{Fossil} + GE_{RE})$$

EF: 排出原単位(tCO<sub>2</sub>/MWh)  
 E: 火力電源のCO<sub>2</sub>排出量(tCO<sub>2</sub>)  
 GE<sub>Fossil</sub>: 火力電源の発電量(MWh)  
 GE<sub>RE</sub>: 新規の再エネの発電量(MWh)

目標設定するに当たって、米国本土を3地域(東部, 西部, テキサス)に分け、それぞれポテンシャルを計算した上で、各州の目標を設定している。排出基準の根拠となる技術としては、以下の3つを用いている。

- (a). 石炭火力の熱効率改善
- (b). 天然ガスコンバインドサイクル発電(NGCC)の稼働率向上(現在全米平均で40~50%で推移しているが、これを夏期純稼働率<sup>1</sup>で75%に引き上げる)
- (c). 2010年から2014年の再エネ発電量の増加傾向を2030年まで継続する

この3つを東部, 西部, テキサスの3地域ごとに推計した結果(表2参照)から各州の目標が算出されている。

表2 目標設定根拠となった技術のポテンシャル

	石炭火力の熱効率改善	NGCC発電(増加分)	再エネ
東部	4.3%	988TWh (253TWh)	438TWh
中部	2.1%	306TWh (108TWh)	161TWh
テキサス	2.3%	204TWh (66TWh)	107TWh

出所: EPA 資料より筆者作成

なお、上記のポテンシャルの計算は、目標設定のための数字であるため、各州は実施に際して異なる電源の利用やCO<sub>2</sub>削減施策の実施が認められている。

### 4. 実施方法

州ごとに実施計画を策定し、実行に移していくが、それに当たって上記の各電源のポテンシャルを引き出す施策を用意している。

**再エネ:** CPPは火力電源の排出規制でありながら、以下の式の通り遵守期間中の再エネ発電量の増加分(新規原発含む)を、原単位計算の際に分母の発電量に加えることが認められている。また、再エネの電力量はEmission Rate Credit(ERC)として取引することが可能になるため、市場メカニズムを通じて融通することが認められている。さらに、初案から遵守期間開始を2年遅らせたことを受けて、早期行動促進として2020年~2021年の再エネと省エネ電力量に対して、ERCを発行することもできる。

$$EF = E / (GE_{Fossil} + GE_{RE} + ERC)$$

EF: 排出原単位(tCO<sub>2</sub>/MWh)  
 E: 火力電源のCO<sub>2</sub>排出量(tCO<sub>2</sub>)  
 GE<sub>Fossil</sub>: 火力電源の発電量(MWh)  
 GE<sub>RE</sub>: 新規の再エネの発電量と省エネの電力量(MWh)  
 ERC: 再エネ・省エネのERC(MWh)

**省エネ:** 遵守期間中にベースラインよりも省エネが達成されたと認められると再エネ同様、省エネの電力量も原単位目標の分母に加えることが認められている。また、総量目標に読み替えて遵守を行う場合でも、省エネにより電力需要を抑えることでCO<sub>2</sub>が削減される。

**排出枠取引:** 排出原単位目標は想定される発電量を掛け

<sup>1</sup> 所内率を除いた夏期(6月1日~9月30日)の稼働率。

合わせて求められる排出総量 (tCO<sub>2</sub>) の目標に読み替えることができる。この場合、排出枠取引が可能になる。EPA は削減コストを最適化するために、排出枠取引を実施することを推奨している。排出枠取引を設けるかどうかは、州の実施計画によるが、全州が採用すれば事実上全米の排出枠取引が誕生することになる。

**複数州での実施**：複数州での実施は、州をまたいだグリッド全体での協力や、再エネポテンシャルの広域融通を通じた費用対効果の高い排出削減を行うことができるとされている。また、排出枠取引も複数州で行うことが推奨されている。

5. 政策効果

EPA は上記の各電源のポテンシャルとそのための施策の結果の分析を Regulatory Impact Analysis の中で行っている。

そのなかで、CPP の影響で米国の電源構成は図2のようになると試算されている。まず、CPPにより省エネが促進されるため、BAUよりも発電量が少なくなる。再エネについては、CPPによって導入がさらに進む。また、天然ガスはBAUと大きな差はないが、石炭は23%発電量が減少すると見込まれている。

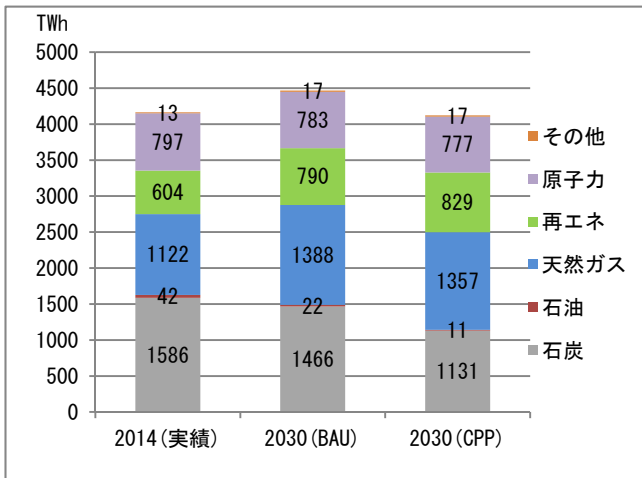


図2 CPPによる電源構成の変化

出所：EPA Regulatory Impact Analysis より筆者作成

図3の通り、電力価格へのインパクトはNorth American Electric Reliability Corporationによる地域区分ごとに分析されている。地域ごとに異なる結果となっているが、多くの州で電力価格の上昇が見込まれている。全米平均では、2020年時点でBAUよりも3%ほど電力価格が上昇するが、2030年時点ではBAUとの差はほぼなくなると試算している。

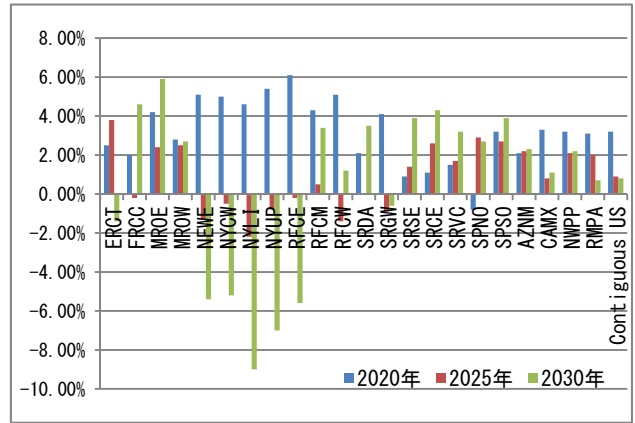


図3 BAUからの電力価格の変化

出所：EPA Regulatory Impact Analysis より筆者作成

他方、一世帯当たりの電力料金支出については、GPPにより省エネが促進されると見込んでいるため、2030年にはマイナスに転じるとしている。

6. インプリケーション

ここまで解説してきたGPPで想定している技術ポテンシャルやその実現方法から、大きく4つのインプリケーションが導き出せる。

**調整原単位によるポテンシャルの提示**：CPPは調整原単位を用いることで、再エネによるポテンシャルの深堀を可能にしている。また、全てのグリッドには、常に様々な電源から電力が供給されており、それらは相互補完的な関係にあることから、火力電源について考慮するだけでは、あるべきグリッドの姿を描くことはできない。一方、GPPでは、調整原単位で全電源をカバーすることで、将来の電源構成に方向性を示すことを可能にしている。

**省エネの重要性**：費用対効果の高い省エネは2つの理由で重要な遵守策になる。第一に、米国の卸電力市場は競争的な市場となっており、marginal costが低い電源から給電される。このため、省エネにより一番高い電源から淘汰される仕組みが確立されているため、省エネは電力価格高騰を抑えることにも寄与する。第二に、クリーンパワープランは原単位目標の形で設定されているため、省エネの促進により総量の削減に大きく寄与する。図1で示した通り、2030年時点で32%の削減を見込むには、原単位改善のならず電力需要を抑える必要がある。そうした意味で、「使わない電気」が燃料転換や再エネと同様に重要な電源になってくる。

**排出枠市場の役割**：シェール革命により安価な天然ガスが豊富にあるため、BAUでも燃料転換は進むと考えられる。また、再エネはすでに一部では卸電力市場で落札されるほどの競争力がある。そのうえで、NGCCや再エネのポテンシャルを引き出すために炭素価格の上乗せによる燃料

転換を行うことができる。CPPに先立ち、北東部9州は2009年から排出枠取引制度であるRegional Greenhouse Gas Initiative (RGGI)を運営しており、カリフォルニア州では2013年産業部門も含めたキャップアンドトレードを実施している。CPPの実施時には、これらの制度の運用にも影響があるだろう。他方、CPPを受けて、他の州がこれらの制度に参加する可能性もある。特にRGGIについては、すでに複数州で制度を運用してきた実績がある他、対象の施設の規模も25MW以上の容量を持つ施設になっている点はクリーンパワープランと共通であるため、クリーンパワープラン実施において有用であると考えられる。一方カリフォルニアでは他の産業部門も対象となっていることから、制度の変更を迫られることになるだろう。

**複数州実施**：州は行政区画としての意味はあるものの、グリッドは常に州をまたいで運営されている。このため、州という単位よりも、より広域な電力システムの構造に則した枠組で規制の実施を行う方が、より合理的な面は多い。これは再エネのポテンシャルの広域融通にとどまらない。たとえば、安定供給のための設備容量の確保という観点からは、単一の州内では稼働率が下がることで閉鎖に迫られる石炭火力発電所も、より広域の電力需要を満たすためにその設備容量を融通することで、閉鎖を免れるケースもあると考えられる。また、SPP、MISO、PJMのいずれも、CPP初案の分析において、単一州で計画を実施するよりも複数州で実施した方が遵守のコストが大幅に下がると結論付けている。これは、一部低炭素電源のポテンシャルが高い州のリソースを複数州で融通することでコストを下げるができるためであるとしている。

## 7. 今後の課題

上記の通り、削減ポテンシャルとそのためのツールを提示したが、実現に向けて今後以下の3点が課題となると考えられる。

**天然ガス価格の不確実性**：天然ガスの価格が低ければ、低コストで燃料転換が行われ、CO<sub>2</sub>削減コストを抑えることができるが、今後天然ガス価格が高くなることが上がれば、燃料転換による削減の費用は上昇する。再エネのコストは技術革新によって下がることはあるだろうが、今後上がることは予見されない。一方、ガス価格について不確実性が残るため、ガスの市場動向次第で遵守コストは当初の想定を大きく上回る可能性がある。

**安定供給**：CPPによって、ベースロード電源である石炭火力発電所のシェアが20%以上BAUから減少すると見積もられている。これに伴い、ERCOTでは急激な石炭火力発電所の退役は安定供給に支障をきたす可能性があるという指摘

している。広域の容量市場が整備されているグリッドであれば、こうしたリスクを早期に解決しやすいが、そうでない地域ではこうした課題に対応する必要があると考えられる。

**電力価格及び電気料金支出**：初案の発表後、EIAが実施したCPPの影響評価では、CPPによる電力価格の上昇はEPAの試算よりも大きくなるという試算を提示した。今後、最終版について各機関が分析を行っていく中で、同様の指摘がなされる可能性も否定できない。このため電力価格高騰抑制策と省エネの着実な実行のための仕組み作りが急がれることになる。

## 8. おわりに

これまで述べてきた通り、CPPには様々な要素があり、それだけに今後実施に向けた課題や不確実性がある。加えて、CPPに反対する州が取り消しを求めて訴訟を提起しているほか、2016年の大統領選挙の結果次第では、実際にCPPが実行に移されるかどうかという点で不透明な状況にあり、そうしたステークホルダーの動きについても別途分析をする必要がある。

しかしながら、調整排出原単位によって全電源を視野に入れた低炭素化を通じて、よりクリーンな電源構成を描くこと可能にしている。また、包括的かつきめ細やかな配慮を持って安定供給や経済性にも考慮した発電部門の低炭素化の事例として、CPPは将来の発電部門規制のあり方に一つ方向性を示したと言える。

## 参考文献

- 1) Environmental Protection Agency; Regulatory Impact Analysis: Clean Power Plan Final Rule (2015).
- 2) Environmental Protection Agency; Technical Support Document: GHG Mitigation Measures (2015).
- 3) EIA; Analysis of the Impacts of the Clean Power Plan (2015).
- 4) ERCOT; ERCOT Analysis of the Impacts of the Clean Power Plan (2015).
- 5) MISO Policy & Economic Studies Department; MISO's phase III Analysis of the Draft CPP Final Report (2015).
- 6) PJM Interconnections; PJM Interconnection Economic Analysis of the EPA Clean Power Plan Proposal (2015).
- 7) SPP Engineering; SPP Clean Power Plan Compliance Assessment - State-by-State (2015)