

再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準の 制度理論とその制度設計課題

木 村 啓 二

はじめに

1990年代半ば以降、米国において考案された再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準 (renewable portfolio standard: 以下、RPSと略記)は、米国諸州に広がり、また欧州においても受け入れられつつあり、実際いくつかの国では導入されている。こうした米国と欧州におけるRPS制度の導入背景の一つには、電力規制改革による電力市場の自由化があるといつてよい¹⁾。すなわち、電力市場が自由化されることによって、電力卸売市場および小売市場が形成され、電力の自由な売買が可能になった。この自由競争の導入は、電力価格競争をもたらす。このとき電力生産と消費に伴う環境劣化コストなどの外部費用を考慮する制度設計がなされていなければ、環境破壊的な既存のエネルギー資源の消費増大をもたらし、再生可能エネルギー市場を崩壊させてしまうことが懸念される。特に欧州は、京都議定書において2010年までに温室効果ガスを8%削減することを約束しているので、温室効果ガスの排出削減を進めなければならない。つまり、電力市場自由化による経済効率性と、温室効果ガス排出の削減や大気汚染物質排出削減による環境保全のどちらも追及することが要求されていたのである。再生可能エネルギー普及政策議論において、この二つの要求を矛盾しない形で満たすと考えられた政策手段の一つがRPS制度であると考えられていた。

では、RPSはいかなる意味において、この二つの社会的要求に答えられると考えられているのであろうか。本稿では、既存研究の議論を踏まえつつ、経済理論的なRPSの効果について論じることを通じて、この点を明らかにする。その上で、実際に電力市場にRPSを適用する場合、どのような点が課題となりうるのかという点を明らかにする。加えて、そうした課題を乗り越えるために、RPSをどのように制度設計することが可能なのかについて論じる。RPSの課題については、これまでそれぞれの課題が別々に論じられてきた。しかし、本稿では、再生可能エネルギーの供給のプロセス全体を捉え、RPSの利点および機能を妨げる可能性のある障害を包

括的に論じている。

1. RPSの理論と制度枠組み

RPSは、「社会的・環境的に望ましいものの、相対的にコスト高のエネルギー資源からの電力を増やす政策手法であり、たいいてい総販売量の一定割合として特定の燃料・技術からの最低の電力供給量を電力市場に対して義務付ける政策手法である (Berry and Jaccard, 2001, p.263)」。Rader and Hempling (2001) は、より具体的に、RPSは電力の小売事業者に対してその供給電力の一定量を再生可能エネルギーからの電力にするように義務付ける政策である、としている。

RPSは、基本的には次のように設計され機能する。まず、RPSの管理機関によって、一定量(割合)の再生可能エネルギーの供給(利用)義務が、電力の小売事業者、もしくは発電事業者、または電力消費者に割り当てられる。義務を割り当てられた義務対象者は、一定量の再生可能エネルギーを一定の期限までに、供給(利用)し、それを管理機関に証明・報告しなければならない。ここで義務対象者は、この義務をどのように達成するかについて自由に決めることができる。具体的には、どの再生可能エネルギー資源を利用するのか、どの技術を使うのか、どの再生可能エネルギー事業者と契約し、いくら支払うのか、どんな条件で合意するのかといった選択ができる。こうした選択を通じて義務対象者は、最も費用が最小となるような義務履行方法を探ることができる。そして定められた期日になれば、管理機関は義務対象者がきちんと義務を果たしているかを確認する。このとき義務が達成されていないければ、管理機関は義務対象者に罰則を課す場合がある。

このRPSの枠組みを、Schaeffer, Boots, et al. (1999), Morthorst (2000), Fristrup (2003), Menanteau, Finon, et al. (2003), Jensen and Skytte (2003)などRPSの既存研究の理論的説明を参考にしつつ捉えれば、次のように説明できる (図1を参照)。

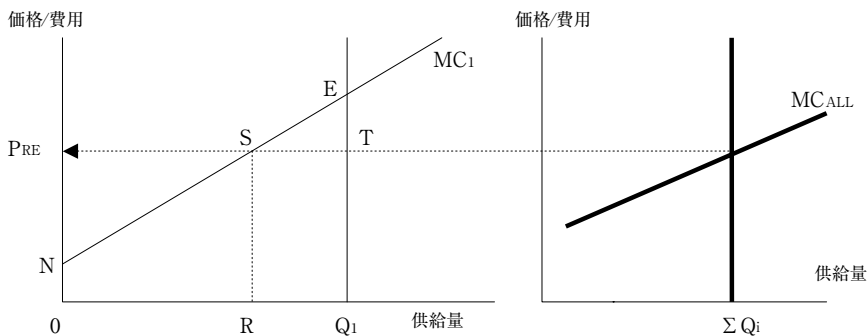


図1 RPS市場における義務対象者の費用最小化行動

ある義務対象者Aが政府から年間 Q_i の再生可能エネルギー電力供給義務を課されたとする。このとき義務対象者Aが自ら再生可能エネルギー電力を発電するのに必要になってくる限界費用は、 MC_i のように表される。義務対象者AがRPS市場においてプライス・テイカーであり、再生可能エネルギー電力の市場価格が P_{RE} であると仮定すると、義務対象者Aの達成費用の最小化行動は、Rまでは自ら再生可能エネルギー発電を行い、残りの $[Q_i-R]$ にあたる再生可能エネルギー電力分は他から購入することで義務の達成を行うことである。義務対象者AがそのRPS義務達成をすべて自ら発電で賄うとすると、 $[0Q_iEN]$ の費用がかかるが、RPS市場を利用することで義務達成の費用は $[0Q_iTSN]$ になり、 $[EST]$ 分の費用節約となる。

一方、再生可能エネルギー電力価格の形成は、再生可能エネルギー電力全体の需給によって決まってくる。供給曲線は、すべての義務対象者および再生可能エネルギー発電事業者の再生可能エネルギー発電の限界追加費用曲線を合成した $[MC_{ALL}]$ で表される。一方、再生可能エネルギー電力の総需要量は、政府が各義務対象者 i ($1, 2, \dots, m$)に義務付けた義務量 $[Q_i]$ の合計 $[\sum Q_i, i=1, 2, \dots, m]$ に等しい。再生可能エネルギー電力の需給はこのように表されるので、目標値 $[\sum Q_i]$ からの垂直の需要曲線と $[MC_{ALL}]$ で表される供給曲線との交点で、均衡価格 P_{RE} が得られる。こうした市場機能によって、理論的には個々の義務対象者の義務達成費用は最小化され、RPS市場全体の資源配分は効率的であるとみなされる。

こうした各義務対象者間での再生可能エネルギー電力の取引を円滑にする手段として、政府は取引可能な再生可能エネルギー電力の証書（Tradable Renewable Energy Credit: TREC）を発行することもできる。これは、再生可能エネルギー発電事業者にその供給電力に応じて、政府が支給するものである。このとき、義務対象者は、次の2つの方法でTRECを調達することになる。第一に、自ら再生可能エネルギー発電設備を導入・発電を行い、電力の供給をすることで、TRECを調達する方法がある。第二に、再生可能エネルギー発電事業者からTRECを購入することによる方法である。第二の方法では、TRECと電力を両方購入してもよいし、TRECのみを購入してもよい。また、政府は義務対象者が提出するTREC量でRPS義務達成の成否を確認することもできるので、TRECシステムは制度の運用管理にとっても都合がよい。

以上をまとめると、RPSは3つの基本的制度構造を有しているといえる。すなわち、①最初に政府が基準量を決める。具体的には、特定の再生可能エネルギーの総供給量が基準量として定められる。②政府が基準に基づき義務の配分を行う。RPSは、再生可能エネルギーの供給義務を担う義務対象者を選定し、それら対象者にどれだけの供給義務を配分するかを決める。他方、再生可能エネルギー発電事業者は供給電力量に応じてTRECを受け取ることができる。こうした義務配分を通じて再生可能エネルギー供給に関わる諸主体の関係が明確に規定される。その後、③自由な市場取引を通じて効率的に政策目標の達成を実現する。①と②が政府によって設定された後は、再生可能エネルギーを供給する義務（すなわち、TREC）についての市場が

形成されることになる。その結果、形成されるTRECの市場価格は、制度参加者に適切なインセンティブを与え、費用効率的な再生可能エネルギー普及が達成されることになる。

2. RPSの制度上の利点

それでは、RPSは再生可能エネルギー普及の政策手段としていかなる利点を有しているのだろうか。本節では、RPSの利点について論じ、それによって、最初に言及した電力自由化と再生可能エネルギー普及の両立を可能にするRPSの特性を明らかにする。

第一の制度上の利点として挙げられるのは、RPSが再生可能エネルギーの供給量に関する政策目標を比較的確実に達成することが可能な政策手段であるということである。RPSは政府が目標値を定め各義務対象者に義務を配分するので、義務対象者が義務を遵守すれば政策目標値は達成される。そのため、RPSは設定した政策目標を達成できるかどうかについての不確かさが少ない。この制度特徴は、政策目標達成の確実性を重視する政策担当者には好まれるかもしれない²⁾。この特徴は、税制優遇・補助金などの価格規制政策にはないRPSの特徴である。

さらに、RPSは長期の目標値を有することにより、長期にわたって再生可能エネルギー供給量を維持あるいは増大させていくことができる (Rader and Hempling, 2001)。これは、再生可能エネルギー市場に関わる製造業者や投資家などに積極的な投資を行う誘引を与える。他方、他の補助金制度や免税制度の場合、財政的事情により廃止されることがあり、市場の規模やその持続的成長を保証することはできない。

第二に、RPSは費用効率的な再生可能エネルギー普及を可能にする。市場メカニズムを利用した目標達成を促すという意味における費用効率性は、前節での議論で明らかである。とりわけRPSにおいて取引可能なTRECを用いるということは、費用効率的な再生可能エネルギー普及にとって重要な意味を持っている。というのは、普及の対象が再生可能エネルギー電力という特殊な財なので、その取引においては電力の物理的な性質および電力市場の制約を受けることになるからである³⁾。これに対して、TRECの取引可能性は、RPSの義務達成に対する電力の物理的制約条件からの影響を回避、あるいは緩和する効果を有している。すなわち、TRECと物理的電力とが切り離されて別々に取引されることで、再生可能エネルギー電力を調達する時間的・空間的・物理的な制約が緩和される⁴⁾。

時間的な制約の緩和事例として、設備故障や天候の不順など再生可能エネルギー電力の予期せぬ不足が一時的に起こっている場合でも、TREC市場から余剰TRECを購入することで、電力会社がRPS義務を満たすことができる。また長期でも、事前に余剰TRECを保有しておくことによって、電力会社は自らの再生可能エネルギー設備の投資計画のための時間的余裕を得ることができる。空間的制約緩和の事例としては、発電設備を所有もしくは操業していない

電力供給業者でも、TRECを市場から購入すればRPS義務を達成することができること、あるいは系統がつながっていない地域間のRPS義務の取引も可能になることがある。物理的制約条件の緩和事例としては、実際の電力取引を必要としないために、送電費用を節約でき、あるいはTRECの発行によって、熱などの物理的に輸送不可能なエネルギーでも取引が可能となる。こうしたTRECと電力との分離取引の可能性は、電力の物理的な諸障害による制約を緩和して、より費用効率的な再生可能エネルギー普及を可能にする。

第三の利点は、政策を導入しても義務対象者間の競争中立性を損ねない、という点である。すなわち、RPSにおいてはすべての小売電気事業者あるいは消費者に目標の達成を課すことで、市場競争上の不公平さがなく競争中立的にすることができる。競争中立性は、先進各国における電力規制緩和の流れの中で、各電力事業者に競走上の不公平さがないようにするために必要な基準である。これは、ドイツの給電料金制度において問題となった（Espey, 2001, p.559）。例えば、ドイツでは、「電力供給法（1990年～2000年）」によって再生可能エネルギー電力を一定価格で買い取ることを電力会社に義務付けた。これによって風力発電が爆発的に導入された北部ドイツの電力会社は、風力発電事業者に対する買い取り価格（電力料金の90%）による負担が他の電力会社よりも大きくなったために、電力会社間の競争が不公平になるとして問題となった⁵⁾。このように、電力会社によって再生可能エネルギー電力に対する負担が異なると、電力市場における競争をゆがめてしまう。

第四に、RPSは政府の介入の程度が小さいという利点がある（Berry and Jaccard, 2001; Rader and Hempling, 2001; Jaccard, 2004）。これは、RPSの次の二つの意味における介入の程度を表している。①政策実施における財政支出が極めて小さい。これは、政府の財政支出がRPSの政策枠組みを作成し、それを維持管理する費用しかかからないためである。他方、補助金・税制優遇制度の場合、補助・税制優遇のための大きな財源が必要となる。②再生可能エネルギーへの経済的支援の内容を政府が定めない。RPSは、再生可能エネルギー事業者と義務対象者間の交渉によって追加的経済支援の内容が決定される。他方、補助金および給電料金制度の場合、政府が補助額あるいは買取価格を決定するため、硬直的かつ非効率になりがちである（Sijm, 2002）。

RPSは以上の4つの利点を有している。RPSは、政府が義務付けによって電力市場に一定の再生可能エネルギー電力の需要を強制的に生み出す。これによって、政府が定めた目標値を費用効率的に達成し、電力供給量に占める再生可能エネルギーの割合を計画的に増大させることができる。さらに、電力小売部門の競争中立性をゆがめない点や政府介入の小ささもRPSの利点として認識されている。こうした理論上の利点が、環境保護などの政策目標の達成を目指しつつ、かつ電力市場の経済的効率性の追及を阻害せず、かつ政府の非効率な介入を避けうる再生可能エネルギー普及政策手段として、RPSが認識されている根拠となっているといえる。

3. RPSの機能上の課題

前節の議論では、再生可能エネルギー普及政策としてのRPSの理論上の利点に焦点をあてた。しかし、実際にRPSが導入されたときに、制度が有効に機能し上記の利点が発揮されるかどうかは別問題である。そこで本節では、RPSが実際に機能する際に障害および制約となりうる問題について論じる。

RPS特有の制度機能上の課題についてまとめると、①生産部門（再生可能エネルギー電力の発電）における課題、②輸送過程（電力系統接続および利用）における課題、③卸電力市場における課題、④TREC市場における取引費用の課題の4点に分けられる（図2を参照）。以下、上記4つの課題についてそれぞれ明らかにしていく。

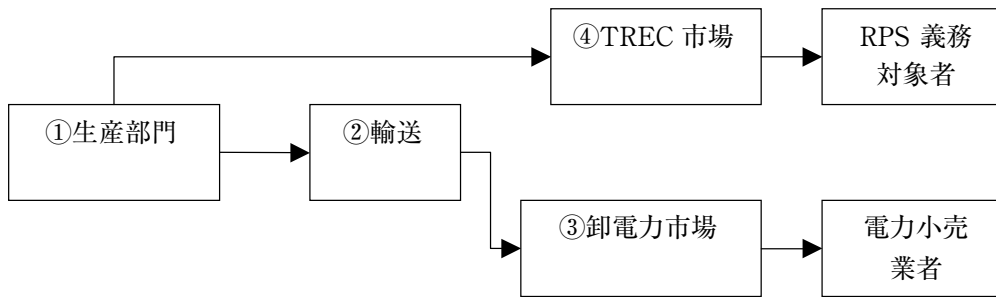


図2 RPSの機能に関して課題を有する部門

3.1) 生産部門（再生可能エネルギー電力の発電）における課題

RPSの機能に影響を与える最も重要な部門として再生可能エネルギー電力の生産部門がある。ここでの課題は、再生可能エネルギー事業者の中には、TRECの供給量を個別主体的に制御することが困難な事業者が多数いる、ということである。なぜなら、再生可能エネルギー電力供給が自然的条件によって左右されやすいためである。そのため、短期的には自然条件を超えて発電させることが人為的には困難となる場合がある。これが意味するところは、供給が価格動向によって調整されづらいということである。

自然条件への依存が問題になるのは、需要に対して供給が不足しているときである。特に、風力および太陽光発電事業者は、供給不足に対応して、発電量を増大させることはほとんどできない⁶⁾。Morthorst (2000)やNielsen and Jeppesen (2003)によれば、こうした自然的条件が風力を中心とした再生可能エネルギーの供給曲線を次のように特徴付ける。すなわち、風力を中心とした再生可能エネルギー供給曲線は、価格に対して短期的には非弾力的であり、かつ気

候の変化に伴う供給の不確実性が高い。こうした非弾力性と不確実性の高さは、TREC価格を乱高下させるリスク要因となる。

図3を使ってこのことを説明する。まず縦軸にTREC価格およびコストをとり、横軸に再生可能エネルギーの供給量をとる。平均的な気候のもとでは再生可能エネルギーの限界費用曲線はMCのように描かれる。このとき政府が供給されるべき再生可能エネルギー量をQに定め、電力小売事業者にその供給を義務付けるとすると、再生可能エネルギーに対する需要曲線はQからの垂線として表される。その結果、TREC価格はPで形成される。

しかし、再生可能エネルギーによる電力供給が気候条件に左右される風力発電によってその大部分が行われている場合、気候条件によってその限界費用曲線が変化する。気候条件がよいときは、平年以上の生産が行われ、限界費用曲線は下方にずれて MC_L になる。他方、気候条件が悪いときは、平均以下の生産しか行われず、限界費用曲線は、上方にずれて MC_H で表される曲線を描く。他方、政府による義務量Qは価格弾力性がなく一定であるので、Qからの垂線で表される。その結果、市場均衡価格は、気候条件が良い場合の価格(P_H)と悪い場合の価格(P_L)とでは、極端に異なってくる。年レベルの気候条件は予め予想することが困難であるため、こうした価格の乱高下は予測できず起こることになる。こうした予測困難な価格変動要因は、義務を課される電力小売業者にとっても再生可能エネルギー事業者にとっても無視できないリスク要因となる。

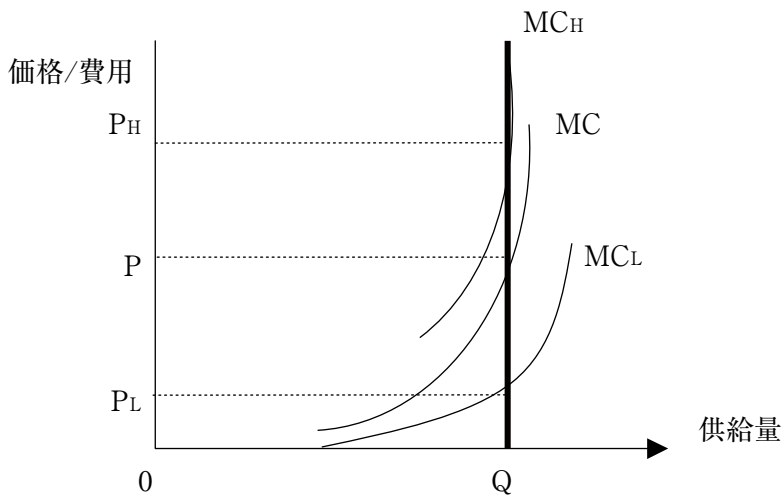


図3 再生可能エネルギー供給曲線の特徴

3.2) 輸送過程（電力系統接続および利用）における課題

第二の課題は、生産された再生可能エネルギー電力を供給するための電力系統接続および利

用に関する問題がある。再生可能エネルギー事業者がTRECを販売するには、基本的には電力系統に接続し、電力系統へ発電した電力を供給しなければならない。しかし、自由化された電力市場における再生可能エネルギー事業者の系統アクセスは容易ではない。

Gül and Stenzel (2005)によれば、再生可能エネルギー事業者側の系統利用上の課題は主に2つに分けられる。第一は、発電所の立地場所に接続可能な系統がない場合があるという系統接続の課題である。第二は、電力を送電する際に問題が生じる可能性がある、という問題である。

第一の課題は、大きな電力消費地から離れた地域に豊富に存在する再生可能エネルギー資源の場合、その場所に利用可能な電力系統が存在しない、あるいは存在しても大きな送電に耐えうるほどの容量がないことがしばしば起こりうる、ということである。この場合、新たに送電線を建設する、あるいは増強することが求められる。具体的に、米国テキサス州では、送電系統の不足によって同州の風力開発が滞っていることが指摘されている（木村，大島，2004）。

第二の課題は、特に風力発電に備わる特徴であるが、1時間から1日レベルの比較的短い周期での供給電力の不規則な変動が電力系統における需給を乱す要素となることがある⁷⁾。この具体的な影響は、系統内に大きな周波数変動をもたらす可能性がある。この場合は系統運用者が出力調整可能な予備電源を今まで以上に確保するといった周波数変動制御対策が求められる。

こうした再生可能エネルギーの系統利用の問題は、系統に接続される再生可能エネルギー電力量がわずかな場合はほとんど問題とならなかった。しかし、急速な再生可能エネルギー発電施設の増大につれて、それに応じた系統システムの整備を進めていくことが重要な課題となりつつある。こうした系統利用上の制約は、必然的に再生可能エネルギー発電設備の建設に対する制約として現れてくることになり、結果としてRPSにおけるTREC供給不足の原因になる可能性がある。

3.3) 卸電力市場における課題

再生可能エネルギー事業者は、TREC市場動向と卸電力市場動向の二つの市場の影響をこうむることになり、それが彼らの収入の不確実性を増大させる可能性がある。RPSのもとでの再生可能エネルギー事業者(i)の収入(R_i)は、電力販売収入(R_{iE})とTREC販売収入(R_{iREC})から成る（すなわち、 $R_i = R_{iE} + R_{iREC}$ ）。ここで、電力販売収入(R_{iE})は、卸電力価格(P_E)×販売電力量(Q_E)となり、TREC販売収入(R_{iREC})は、TREC価格(P_{REC})×販売電力量(Q_E)となる。したがって、 $[R_i = P_E \times Q_E + P_{REC} \times Q_E]$ となり、これを整理すると、 $[R_i = (P_E + P_{REC})Q_E]$ となる。ここで、再生可能エネルギー事業者がプライス・テイカーで自らの利潤を最大化しようとした場合、その $(P_E + P_{REC})$ が自らの発電の限界費用に等しくなるまで発電するのが合理的である。したがって、理論的には $[P_E + P_{REC} = MC_i]$ となる。

このとき再生可能エネルギー事業者(i)にとっては、卸電力価格(P_E)もTREC価格(P_{REC})も予め

知らないし操作することもできないので、これらの価格変動要因はその事業者にとっては二重のリスクとなる⁸⁾。これに加えて、上記の再生可能エネルギー供給曲線の不確実性を考慮すれば、再生可能エネルギー事業者は、①個別の事業者の供給上の不確実性、②全体の供給量の不安定さに伴うTREC価格の不確実性、および③電力価格の不確実性の3つのリスクにさらされていることになる。

3.4) TREC市場における取引費用の課題

RPSの機能に影響を与える課題として、TREC取引市場における取引費用の存在が重要な課題となる。RPS制度への参加は、規制を受ける義務対象企業と制度を管理する政府に加え、再生可能エネルギー（すなわち、TREC）を供給する事業者の3者である。つまり、RPS制度では、TRECの需要主体と供給主体が基本的に異なるのである。これは、義務対象企業がその義務を達成するのに、他の再生可能エネルギー事業者からのTREC購入に依存する割合が高いということを示している。このRPSの特徴は、義務対象者と再生可能エネルギー事業者間のTREC取引が実質的に重要な役割を果たすことを意味している。

しかし、TRECの取引においては、様々な取引制約要因が存在する可能性がある。その制約要因は取引費用となる。TREC取引にかかわる費用には、情報取得費用、交渉費用、取引に必要な許認可の取得費用、規制や市場リスク一般、監視・執行費用がある（Berry, 2002, p.375）。例えば、義務対象企業は、購入する再生可能エネルギー電力の限界費用を正確に知らなければならない。しかし、限界費用に関する不十分な情報や誤った情報に基づいて購入した場合は、義務対象者は、割高な費用を負担することになる。こうした情報不足に基づく誤った行動や、それを回避するための情報収集費用も含め、取引を行うには様々な取引費用がかかってくることとなる。

3.5) まとめ

以上の4つの部門における課題はそれぞれ、RPSが機能する上でのリスクおよび費用となる。①の再生可能エネルギー電力の生産管理の困難さは、個別の事業者の事業収入を不確実にするリスクであると共に、TREC供給量の不確実性を高める。これはRPSの義務対象者にとってもリスクである。また、②の系統接続と利用制約は、再生可能エネルギー資源が豊富な場所での立地を制限することになり、最も生産性の高い地点における生産を妨げ、必然的に生産コストを引き上げる。またこうした技術的制約は、事前の開発調査や審査にかかる開発コストも引き上げざるを得ない。また、③の卸電力市場における電力価格変動も再生可能エネルギー事業者にとっては大きなリスク要因の一つである。さらに、④のTRECの取引費用の存在も無視できない。

4. 再生可能エネルギー供給の課題を緩和するための制度枠組み

前節で検討してきたように、RPSは4つの機能上の課題が存在している。この課題の検討を踏まえ、本節では、短期的にTREC市場に深刻な影響をあたえる再生可能エネルギー供給の課題に焦点を絞り、この課題を緩和する制度枠組みについて論じる。

再生可能エネルギーの供給曲線の非弾力性と不確実性の高さに対処するためには、主に次の5つの方法が提案されている (Morthorst, 2000; Schaeffer, Boots et al., 2000; Berry and Jaccard, 2001; Nielsen and Jeppesen, 2003)。第一に、多様な再生可能エネルギー発電技術を認めることである。第二に、上限価格の設定および最低価格を設定すること、第三に、TRECのバンキングの許可、第四に、TRECのボロウイングの許可である。第五は、TRECの清算の期間を長期化することである。

第一の方法は、より多様な再生可能エネルギー発電技術をRPSの対象技術に認めることで、気候の変化に伴う個別資源の供給量の変動を全体で緩和できるようになる。また短期的な供給曲線の非弾力性は、短時間で一定程度供給量を調整できるバイオマス発電と水力発電が有用な役割を果たすであろう。

第二の方法は、上限価格と最低価格を設定することによって価格変動の幅を抑えようとするものである (図4を参照)。図4で示すように、上限価格(P_{CAP})と最低価格(P_{Floor})を定めることにより、価格の変動幅は最大でもこの価格の間に制限されることになる。これはTRECの需要曲線が上限価格(P_{CAP})を超える部分と下限価格(P_{Floor})を下回る部分において、需要の価格弾力性が無限大になることを意味している。したがって、TRECに対する需要曲線は図4の太い実線で描かれた曲線を描くことになる。これは不確実性のもとでの効率的な汚染の排出削減の方法として、排出許可証取引制度と課税・補助金制度との併用の有効性を証明したRoberts and Spence (1976)の考え方が応用されていると思われる。

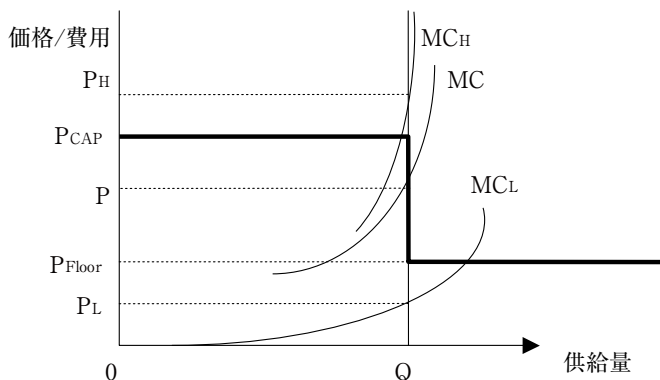


図4 RPS市場における上限価格及び最低価格の効果

第三の方法は、TRECのバンキングを認めることである。バンキングとは、現在の遵守期間内で消費もしくは利用されなかった余剰のTRECを後の遵守期間で使用することを許可することである。つまり、TRECの有効期限を複数年あるいは無期限にするということである。これによって、再生可能エネルギー事業者は、TREC供給量が過剰になりそうなときはTRECを売らずにとっておき、TREC供給量が過小なときに販売することができる。他方、義務対象者側は、逆にTREC供給量が多く割安に入手できそうなときに多く購入しておき、TRECが不足しているときに貯蓄しておいたTRECを義務達成に当てようとするであろう。

第四の方法は、ボロウイングを認めることである。ボロウイングとは、毎年度の義務量の一部を次の年に繰り越すことができるという仕組みである。言い換えれば、N年の義務の一部をN+1年のTRECで賄うことができるというものである（Schaeffer, Boots et al., 2000）。例えば、義務対象者は気候不順によりTREC価格が高騰した場合に、ボロウイングを利用して次年度に義務の一部を先送りできる。しかし、次年度には当初の義務に加えて前年度のボロウイングした義務がかかってくることに注意しなければならない。とはいえ、義務対象者が自らの義務の一部を将来の義務に移転させることができるという選択肢を持つことは、短期における急激な供給コストの増大に対処する手段を彼らに与えることを意味している。

第五の方法は、TRECの清算を行う期間を複数年にすることである。これまでTREC清算の期間を1年ごとに行うと暗に仮定してきた。しかし、複数年（例えば、3年）の義務量の合計で義務を課すことによって、年毎の再生可能エネルギー供給量の変動にも一定対処することが可能となる。

これら5つの方法の一つ、あるいはいくつかを組み合わせて使うことによって、再生可能エネルギー供給の非弾力性と不確実性に対処することができる。これらの方法は、基本的にはすべて需要曲線の価格弾力性を高めるものである。つまり、義務対象者の義務達成を柔軟に行えるような仕組みであり、柔軟性措置とも呼ばれている。

5. RPSの制度設計の論点

これまで、RPSの理論的枠組みとその特徴を明らかにし、その制度上の利点と課題、課題緩和のための制度的措置について論じてきた。本節では、以上の議論を踏まえて、RPSの具体的な制度設計の問題について論じる。具体的なRPSの制度設計は、これまで述べてきた以上に複雑で細かい論点が存在する。この制度設計いかんによって、RPSがもたらす政策効果は大きく変わってくる。実際、RPSの先行研究においても、制度設計が極めて重要だということが示されている⁹⁾。

このような諸研究を踏まえ、RPSをいかに設計すべきか、という制度設計論について論じた研究がある¹⁰⁾。これらの諸研究から、RPS制度を効率的に機能させる基本的な制度設計上の論点を整理することができる。それは、次のように整理できる。

- ①目標値の設定とその達成期間の設定
- ②義務を割り当てる対象部門の設定
- ③制度の対象となる適格資源・技術の定義
- ④義務を達成しなかった場合の罰則の規定
- ⑤柔軟性措置の設計

この5つの制度設計上の論点の中でとりわけ重要なのは、①目標値の設定とその達成期間の設定、③制度の対象となる適格資源・技術の定義、④義務を達成しなかった場合の罰則の規定の3つである。というのは、これらの論点がRPS制度を通して再生可能エネルギー市場の成長に大きな影響を与えるからである。すなわち、目標設定と達成期間の設定問題は、再生可能エネルギー市場の規模、つまり再生可能エネルギー供給「規模」に影響を与える。そして制度の対象となる適格資源・技術の定義は、普及の対象となる資源や技術の選定を通して、再生可能エネルギー市場内で普及しうる電源を規定していく。これはいわば、普及の対象となる資源や技術の選定が再生可能エネルギー市場の「質」に影響を与える、といえる。そして、罰則規定は、RPS制度そのものの信頼性を担保するものであり、再生可能エネルギーへの投資「リスク」の程度を左右する。

以下では、この3つの論点について、既存研究における諸成果を参照しつつ、制度設計における重要課題について論じる。

(1) 目標設定とその達成期間の設定

RPSの制度設計において、目標値とそれを達成するためのスケジュールの設定は重要な課題である。なぜなら、RPSの目標値は、再生可能エネルギー市場の全体の規模を規定するからであり、目標達成のスケジュールは、市場の成長速度とその持続期間を規定するからである。この市場規模と成長速度・持続期間が規定されることで、投資家や事業者は、事業の経済性や安定性を予測できる。明確で十分に長期の目標が設定されることで市場全体への信頼性が高まり、事業者の資金調達が容易になる。とりわけ、RPSの継続期間が何年なのかという問題は非常に重要な問題である¹¹⁾。なぜなら、投資家や事業者は、これから投資する再生可能エネルギー事業が政策の継続期間内に投資回収可能かどうかを見極めて投資や事業の判断を行うからである。

一方、目標値とそれを達成するためのスケジュールの設定においては、義務対象者が負う負担

や、再生可能エネルギー事業への投資家や再生可能エネルギー産業に与える影響も考慮されなければならない。あまりに急激な目標値の引き上げなどは、義務対象者に対して大きなコスト負担を強いるし、あまりに低すぎる目標値は、市場拡大も産業の発展も見込めないため新規投資に対するインセンティブにはならない。

このように、目標設定とスケジュールは再生可能エネルギー市場の規模と展望を規定するため、RPS制度設計の際に最も重要な論点となる。とりわけ、再生可能エネルギー事業者が投資回収できる程度の政策の継続期間とその国や地域の事情に応じた適度な目標値と増大速度の設定が必要となる。

（2）制度の対象となる適格資源・技術の定義

RPS制度がどの資源や技術に適用されるかという適格資源の選択もまた、重要な問題である。これについて、Rader and Hempling (2001)が適格資源を選択する上での二つの原則を示している¹²⁾。二つの原則とは、「政策目標との合致」と「財政的支援の必要性」である。「政策目標との合致」とは、政策作成者が、実現しようとする政策目標と適格資源の普及によって実現される成果が合致していることである。「財政的支援の必要性」とは、その資源が財政的支援を必要としているのかどうかである。

上記の原則を踏まえ、RPSの適格資源・設備を決定する上で考慮すべき問題が四つある¹³⁾。第一に、既存の再生可能エネルギーの発電設備を適格設備に含めるかどうか、である。これは、政策目標と財政的支援の必要性の有無を考慮すれば、様々な制度のバリエーションが考えられる。第二に、立地制限に関する問題がある。これは、RPSの適格要件にその発電所の立地条件を含めるかどうかの問題である。とりわけ、他の国の発電設備を認めるか否かが争点となる。第三に、競合する政策目標をどう調整するかという問題もある。例えば、政府は短期的効率性を重視し競争力のある技術を促進できるし、あるいは長期的な観点や技術開発の観点から特定の技術の普及を保証することもできる。第四に、適格資源の定義は明確にしなければならない¹⁴⁾。これは、事業に参加しようとする投資家や開発事業者にとって、その資源が適格資源として認められるか否かが死活問題となるからである。

これら4つの問題のうちで、最も重要なのは、定義の明確性と厳密性である。なぜなら、適格資源の定義があいまいであったり、再生可能エネルギー以外の資源や技術も対象になっている場合、政策効果が期待できないばかりか、再生可能エネルギー市場そのものを掘り崩す可能性もあるからである。特に、定義上の明確性や厳密性が問題となりやすいのは、バイオマスである。例えば、米国コネチカット州のRPSでは、適格資源を「持続可能な」形で利用されているバイオマス資源としている例がある。Wiser, Porter, et al. (2004) は、この言葉の定義が極めて不明確であり、問題があると指摘している。

（3）罰則の設定

義務の不遵守に対する罰則制度は、RPSが適切に機能する上で非常に重要なシステムであると共に、TREC価格高騰時の上限価格の役割も果たすことができる。そのため、適切な罰則の適用がなされているかどうかは、RPS市場の信頼性の一つの指標になる。したがって、罰則はできる限り裁量の余地を廃し、義務の不履行に対して予め明確な罰則規定を設けておくことが重要である¹⁵⁾。なぜなら不透明な罰則は、市場参加者を混乱させるからである。義務対象者にとって、不透明で一貫性のない罰則は、RPSの義務を遵守させるインセンティブを削ぐ。一方、再生可能エネルギー発電事業者や投資家から見れば、制度そのものが実効性に欠けるものと考え、事業や投資に対して消極的になる可能性がある。

上記の点を踏まえ、実際にどのような罰則が想定できるのかについて論じる。ここでは、大きく分けて二つの形態の罰則が考えられる¹⁶⁾。

第一に、不履行に対して罰金を不足電力量 (kWh) あたりで課す従量制罰則がある。例えば従量制罰則が不足電力量あたり20円だったとする。ある義務対象者の義務量5億kWhに対して100万kWhほど義務達成に足りなかったとき、この義務対象者が政府に対して支払わなければならない罰金は2,000万円となる。この場合、罰金はTREC価格の上限価格としても機能する。上の例で言えば、20円/kWhの罰金がTREC価格の上限となる。なぜなら、TREC価格が20円/kWhより高くなれば、義務を遵守するよりも罰金を支払ったほうが義務対象者の費用負担は少なくなるからである。逆に言えば、あまりに従量制罰則の金額が安ければ、TREC購入のインセンティブがほとんどなくなることになる。そのため、従量制罰則は、義務達成に必要だと推計されるTREC価格より十分に高い金額に設定されなければならない。

第二に、義務履行期間におけるTRECの平均市場価格のX倍の罰金を課す、という形態の罰則もある。この場合、罰金は必ず市場価格よりも高くなるので、罰金金額の設定を誤ることはないといえる。ただし、罰金を設定する機関が、市場価格についての情報を入手できることが条件となる。また、罰金はTRECに対する上限価格としての機能を持っていないので、TREC価格の高騰を防ぐには別に上限価格の設定が必要である。

6. まとめと若干の考察

本稿では、RPS登場の社会的背景を踏まえながら、理論的観点からRPSの制度枠組みとその有効性について論じた。さらに一方で、実際の運用の際に課題となる点を明らかにしつつ、それらを回避する制度機能についても考察した。最後にRPSの具体的な制度設計の重要論点について論じてきた。

本稿では、RPSの制度枠組みを次のように特徴付けた。RPSは、1) 政府が再生可能エネルギー

ギー普及目標量を設定し、2) 再生可能エネルギー供給の義務を電気事業者に配分し、3) この義務配分の下での自由な市場取引を通じて目標を達成する制度である。この制度上の利点として、設定された政策目標を比較的確実に、かつ費用効率的に達成しうる点、また市場の経済的効率性の追及を阻害せず、かつ政府の介入が小さい点が挙げられる。RPSのこれらの利点のおかげで、RPSは自由化された電力市場においても市場競争をゆがめることのない再生可能エネルギー政策手段として認識されているとよい。

しかし、その実際の運用段階に焦点を当てると、生産からTREC取引にいたるまで、すべての部門で制度機能を妨げる制約要因が存在する。中でも生産部門の非弾力性と不確実性は重要な課題である。これを緩和するには適切なバンキングやボロウイングなど柔軟性措置の導入が求められる。さらに、RPSはその制度設計いかんで再生可能エネルギー市場の「規模」、「質」、「リスク」の程度を大きく左右することを示し、その具体的な設計課題について論じた。これらRPSの制度運用上の制約要因については、他の制度的補完措置等を通じて緩和することが可能である。但し、これらの制度的補完措置は、RPSの制度設計の枠を超える制度措置が求められるものもある。具体的には、送電系統へのアクセスや利用に関する諸問題への対処や卸電力市場での再生可能エネルギー電力の扱いなどがある。これらは、電力規制政策の中で再生可能エネルギーをどう扱うか、という問題と密接に関係しており、再生可能エネルギー政策全体にかかわる問題である。今後、RPSを補完する制度措置の設計問題および再生可能エネルギー政策全体に関わる諸課題に関する議論が求められる。

また、本稿では詳しく立ち入ることはしなかったが、RPSにはより本質的に重要な課題が残されている。それは、再生可能エネルギー目標値の客観的評価基準の欠如の問題である。目標値の客観的評価を行うためには、その評価の基準となる最適な目標値はどの程度かを明らかにしなければならない。これを仮に静的に捉えるならば、次のようになろう。すなわち、望ましい目標値は、目標となる時点における技術革新を考慮して予測される将来の再生可能エネルギー電力の限界費用と再生可能エネルギーの社会的限界便益とが一致する値である。しかし、実際にこれを導くのは、非常に難しい。というのは、再生可能エネルギー普及に伴う限界便益と限界費用に関する不確実性が存在しているからである。

第一の問題は、再生可能エネルギーの社会的便益に関する知見が極めて限られていることである。再生可能エネルギーの社会的便益は、その環境保全上の社会的便益に限定すれば、エネルギーの外部費用の削減便益と同じであると考えられる¹⁷⁾。しかし、このエネルギーの外部費用推計は、環境影響評価および貨幣価値計算に関する方法論およびデータに不確実性や検討を要する問題をはらんでいる。

もう1つの問題は、再生可能エネルギーの技術進歩に伴う限界費用の変化に関する不確実性が大きいということである。特に再生可能エネルギーの費用推計を困難にしている要因は、1)

サイトによって資源の質が大きく異なる, 2) 資源賦存量データが乏しい, 3) 技術の習熟率¹⁸⁾も国や地域, および生産段階によって異なり, 「現在の最新版習熟率は外挿法を適用できない (International Energy Agency, 2006, p.231.)」などが挙げられる。

このように, 多くの不確実性が存在するなかで, 合理的な目標値を設定すること, そしてそれを客観的に判断することの難しさがある。このためもあってか, 既存のRPS政策研究においてはこの問題がほとんど見過ごされており¹⁹⁾, 個々の政策評価の際にも目標値の妥当性について検証されることはないといつてよい²⁰⁾。この問題は, 他の環境政策 (排出量取引や環境税など) においても共通する課題であるものの, RPSの政策研究を進展させるためには, 制度設計上重要な目標値の妥当性に関する評価手法の確立に向けた研究の推進もまた重要になってくるだろう。

注)

- 1) RPS導入の社会経済的背景についての紹介は, Lauber (2004)に良くまとめられている。また米国カリフォルニア州におけるRPS導入議論についての詳細は, Wisner, et al. (1998)に詳しい。
- 2) Baumol and Oates (1988)は, 排出許可証制度を指してこう言及している。量的規制という意味では, RPSは排出許可証制度と同じ特徴を持っているといえる。
- 3) 植草益 (1994)によると, 電力という財には, ①必需性・共通使用性, ②供給の即時性と供給の安定性, ③供給の公平性・非差別性, ④価格の形成可能性, ⑤貯蔵困難性と需要の季節別・時間帯別変動性の5つの特性があると述べている。特に, ②と⑤の特殊な性質のため, 電力を供給する送電システムの管理は, 発電された電力が瞬時に需要家に届けられ消費されるので, 常に供給量と需要量が等しくなければならないという電力の物理的な要請に基づいて運用されている。このため, RPSの政策効果は, こうした電力の物理的特性に大きな影響を受ける。
- 4) Berry (2002)に挙げられている事例を筆者なりにまとめた (Berry, 2002, p.371より)。
- 5) 給電料金制度に対する電力会社の抵抗は, 連邦政府を相手取って訴訟を起こす問題にまで発展した (Lauber and Mez, 2004, pp.602-603)。
- 6) Morthorst (2000)によると, デンマークにおける風力発電からの発電量は, 最大約±20%変動し, 標準偏差は約10%である。但し, バイオマス発電とダム式水力発電事業者は, 発電用エネルギー (バイオマス燃料, あるいは水力位置エネルギー) を蓄えておくことができるため, これらの発電事業者が多数いる場合は, 供給側の短期的調整力は価格弾力的になりうる。
- 7) 但し, Gül and Stenzel (2005)が示しているように, 水力発電に電力供給の多くを依存している国では, 季節的, 年間レベルでの供給量変動が問題となる。この場合, 周波数変動などの短期的な変動要因の問題ではなく, 電力供給量不足や供給過多などが問題となる。
- 8) ただし, Morthorst (2000)によれば, TREC価格 (P_{REC})は, 再生可能エネルギー電力価格(P_{RE})と卸電力価格(P_E)との差で決まるとしている (すなわち, $P_{REC} = P_{RE} - P_E$)。つまり, TREC価格の価格変動と卸電力価格の価格変動は逆相関関係にあるとしている (Morthorst, 2000, p.1091)。具体的に, 短期のスポット市場の電力価格で考えれば, 再生可能エネルギー電力の限界費用を所与とすると, 単純に電力価格が上がればTREC価格は下落し, 電力価格が下がればTREC価格は上が

ることになる。これは先物電力価格の場合も同じであり、その場合は長期TREC価格に影響を与えることになる。これらの諸特性については、電力価格とTREC価格の逆相関関係が再生可能エネルギーの事業者にとっては有利に働くとしている。

- 9) Rader, (2000), Rader and Hempling, (2001), Langniss and Wisser, (2003), Wisser, et al., (2004), van der Linden, et al., (2005)など。
- 10) 例えば, Schaeffer, et al., (2000), Berry and Jaccard, (2001), Rader and Hempling, (2001), Jaccard, (2004)など。
- 11) Rader and Hempling, (2001)やSchaeffer, et al., (2000)においても重要視されている。
- 12) Rader and Hempling, (2001), pp.15-42.
- 13) Ibid., pp.18-42.
- 14) Ibid., pp.41-42.
- 15) Rader and Hempling, (2001), p.72.の議論を参照。
- 16) Rader and Hempling, (2001)とSchaeffer, et al. (2000)は、共に同様の分類の仕方をしている。
- 17) 言い換えれば、一単位の再生可能エネルギーの供給量が増えれば、それは一単位のエネルギーの外部費用の抑制につながったとみなすわけである。
- 18) 習熟率は、設備導入量が2倍になったときの費用低下の割合を意味する。
- 19) この点について、例えばEspey (2001)は、再生可能エネルギー普及の最終目的が化石燃料資源の保護と二酸化炭素排出削減であるとし、目標値も二酸化炭素排出量に関連させることもありうる、と言及するのみであった。Berry (2002)は、環境目標を達成するのに十分なRPS目標の設定がなされるのが理想的としながら、実際的には費用、資源量、資源間競争に与える影響を考慮されるだろう、と言及するにとどめている。
- 20) 実際のRPS制度を評価している論文においては、目標値の妥当性に言及はされておらず、国によって定められた目標値が達成されているか否か、あるいはどの程度再生可能エネルギー発電設備が導入されたかが評価の対象になっている場合が多い。例えば、van der Linden, Uyterlinde, et al. (2005)ではRPSの評価基準として、結果として導入された再生可能エネルギー発電設備容量および発電量が採用されており、目標値についての評価はなされていない。

<参考文献>

- Baumol, W. J. and W. E. Oates [1988]. *The theory of environmental policy: second edition*, Cambridge University Press.
- Berry, D. [2002]. "The market for tradable renewable energy credits." *Ecological Economics* 42 (3) : 369-379.
- Berry, T. and M. Jaccard [2001]. "The renewable portfolio standard: design considerations and an implementation survey." *Energy Policy* 29 (4) : 263-277.
- Espey, S. [2001]. "Renewables portfolio standard: a means for trade with electricity from renewable energy sources?" *Energy Policy* 29 (7) : 557-566.
- Frstrup, P. [2003]. "Some challenges related to introducing tradable green certificates" *Energy Policy* 31 (1) : 15-19.
- Gül, T. and T. Stenzel [2005]. *Variability of Wind Power and Other Renewables: Management*

- Options and Strategies*. Paris, International Energy Agency.
- International Energy Agency [2006]. *Energy Technology Perspectives - Scenarios & Strategies to 2050*. Paris, OECD/IEA.
- Jaccard, M. [2004]. Renewable Portfolio Standard. *Encyclopedia of Energy*. C. J. e. Cleveland, Elsevier Inc. . 5: 413-421.
- Jensen, S. G. and K. Skytte [2003]. "Simultaneous attainment of energy goals by means of green certificates and emission permits." *Energy Policy* 31 (1) : 63-71.
- Langniss, O. and R. Wiser [2003]. "The renewables portfolio standard in Texas: an early assessment." *Energy Policy* 31 (6) : 527-535.
- Lauber, V. [2004]. "REFIT and RPS: options for a harmonised Community framework." *Energy Policy* 32 (12) : 1405-1414.
- Lauber, V. and L. Mez [2004]. "Three Decades of Renewable Electricity Policies in Germany." *Energy & Environment* 15 (4) : 599-623.
- Menanteau, P., D. Finon, et al. [2003]. "Prices versus quantities: choosing policies for promoting the development of renewable energy." *Energy Policy* 31 (8) : 799-812.
- Morthorst, P. E. [2000]. "The development of a green certificate market." *Energy Policy* 28 (15) : 1085-1094.
- Nielsen, L. and T. Jeppesen [2003]. "Tradable green certificates in selected European countries - overview and assessment." *Energy Policy* 31 (1) : 3-14.
- Rader, N. [2000]. "The hazards of implementing renewables portfolio standards." *Energy and Environment* 11 (4) : 391-405.
- Rader, N. and S. Hempling [2001]. *The Renewable Portfolio Standard: A Practical Guide*, National Association of Regulatory Utility Commissioner.
- Roberts, M. J. and M. Spence [1976]. "Effluent charges and licenses under uncertainty." *Journal of Public Economics* 5: 193-208.
- Schaeffer, G. J., M. Boots, et al. [1999]. *Tradable Green Certificates – A new market-based incentive scheme for renewable energy: Introduction and analysis*, Energy Research Centre of the Netherlands (ECN).
- Schaeffer, G. J., M. Boots, et al. [2000]. *Options for Design of Tradable Green Certificate Systems*, Energy Research Centre of the Netherlands (ECN).
- Sijm, J. P. M. [2002]. *The Performance of Feed-in Tariffs to Promote Renewable Electricity in European Countries*, Energy Research Center of the Netherlands (ECN).
- van der Linden, N. H., M. A. Uytendinck, et al. [2005]. *Review of International Experience with Renewable Energy Obligation Support Mechanisms*, Energy Research Centre of the Netherlands (ECN).
- Wiser, R., S. Pickle, et al. [1998]. "Renewable energy policy and electricity restructuring: a California case study." *Energy Policy* 26 (6) : 465-475.
- Wiser, R., K. Porter, et al. [2004]. *Evaluating Experience with Renewables Portfolio Standards in the United States*. Berkeley, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- 植草益 [1994] 『講座・公の規制と産業① 電力』NTT出版。

木村啓二，大島堅一[2004]「アメリカ・テキサス州におけるRPS制度の実際」『環境と公害』34（1）：47-53.

（木村啓二，立命館大学大学院国際関係研究科研究生）

The renewable portfolio standard: the theoretical framework and design issues

The renewable portfolio standard (RPS) has been adopted in almost half states in US, Japan, and some European countries etc. as an effective measure for promoting renewable energy development. This article aims to clarify the reason why RPS is favored in many countries from theoretical point of view. Then, some specific issues in designing and operating the system also are considered. As a general, RPS has following element. An authority sets the own renewable energy target in the electricity market. For attaining the target, electric companies or consumer are obliged to supply or consume certain amount of electricity from renewable energy sources by the authority. After that, entities with the renewable obligation produce or purchase renewable electricity to comply their obligation. In theoretical consideration, this system can attain a renewable energy target certainly and efficiently, and not distort electricity market. However, achieving these benefits of the system would be difficult because of barriers derived from natures of renewable energy flows, incomplete transmission grid for transmitting electricity, and some risks from electricity market. Some institutional measures for addressing these barriers such as price cap and banking etc. are also considered.

（KIMURA, Keiji, Bench Scientist, College of International Relations, Ritsumeikan University）

