

特集1

今後の日本のエネルギー政策のあり方 「再生可能エネルギーをどう増やしていくか」

山家公雄(京都大学)

それでは始めます。日本のエネルギー政策の在り方について、「再生可能エネルギーをどう増やしていくか」という題で説明します。京都大学大学院経済学研究科再生可能エネルギー経済学講座の山家でございます。よろしく申し上げます。橘川先生にかなり総括の話をしていただきましたので、重複するところは割愛しながら進めていきます。

現在エネルギー基本計画を見直しているところですが、2030年の目標値は変えないということです。現行の数値を基に概ね説明ができるわけです。第4次基本計画(2014年4月)の骨子を纏めています。いま橘川先生よりご説明があったところでございます。

現在の長期見通しも基本的に踏襲されると思われ。2013年の最終エネルギー消費の需要がどの程度伸びるかは、経済成長の影響を受けます。経済成長は年間1.7%と、かなり高い伸びを前提としています。これを徹底した省エネにより、全体で13%減らします。いずれにしても、省エネの議論は最終消費の議論となります。そして1次エネルギーの結果が出てきます。最終消費の節減がどういう経路を経て1次エネルギーの節減に結び付くのかは、あまり説明はありません。我が国は、省エネは常に最終消費に関してです。1次エネルギーの節減という発想はあまり出てきま

せん。

「日本のエネルギーバランス(2015年)」ですが、1次エネルギーと最終エネルギー消費の間に転換があります。転換の代表は、1次エネルギーを使って電気をつくるというプロセスです。

転換は重要な領域でして、ここで膨大なエネルギーロスを起こしています。エネルギー政策を論じるときに、また省エネを論じるときに、最終エネルギー消費を議論して、転換を飛ばして、いきなり1次エネルギーの議論になります。しかし、この間には転換があり、そこでは電力が圧倒的な存在を持っています。

いったい最終消費のどこをどう節約した結果、例えば1次エネルギーの石炭が何%節減になるのか、再エネが何%節減になるのかということになかなか結び付きません。間が空いているんです。なかなかイメージが湧かないという気がします。ただ、皆で一生涯懸命省エネをやりましょうということは分かります。

エネルギーバランス表をもう一度見てみます。1次エネルギーに、原子力、再エネ、天然ガス、石油、石炭と並んでいます。ほとんどが輸入です。1次エネルギーと最終消費の間に、転換がありますが、これは1次エネルギーを使いやすい形にすることで、2次エネ

ルギーとも言われます。その主役は電気で、1次エネルギーの4割を使います。

転換から最終消費にいたるまでの間、3割程ロスしています。その3割ロスのかかりは電気をつくるところで生じています。電力を作るに当り、1次エネルギーを6割ぐらいロスしています。

次に現行基本計画策定時から変わったことをまとめます。まず、パリ協定が先月発効したことです。これにより環境の位置付けが高まりました。また車両の電動化が注目され、電気自動車（EV）、プラグインハイブリッド電気自動車（PHEV）、燃料電池自動車（FCV）が普及していくというトレンドになります。次に、再エネの急激なコスト低下と予想を超える普及がありました。もともとコストは急激に低下していたのですが、引き続き低下し続けました。

それから原油価格も大幅に低下しました。現行の長期見通しでは、原油価格100ドルが前提になっています。そして、燃料コストは国民負担のなかに入っていたのです。国民負担の総量という概念が作られました。国民負担というのは、燃料コストそして再エネ普及のためのコストすなわち賦課金です。この2つの合計が国民負担総額とされ、再エネ導入の制約になっていました。ある数量を超えてはいけないというキャップになっています。原油価格水準が変わらないとすれば、再エネ普及の制約になります。しかし、その後原油価格が急激に下がり、国民負担は軽減してきました。再エネ賦課金支出の総額を上げていいと思うのですが、どうでしょうか。

それからシェール革命の現実化があります。日本企業は、実際に米国で投資をして、

日本にも持ってきています。また、天然ガスの取引条件が適正化します。需給で数量や価格が決まる米国では、取引条件に柔軟性があります。石油価格運動、仕向け地を柔軟に変えることができない等の制約がありません。米国とのシェールガス取引が拡大していくと、ガス取引自体に柔軟性が増していくことが期待されます。

一方で、アメリカ自身の生産が増え、中東からの購入が減っていくと、米国の中東に対する関心がなくなり、中東が不安定化する懸念があります。シリア問題はその現実化したものという見方もあります。日本は引き続き中東から大量に買っているわけです。そのところはすこし懸念されるところです。

資源価値に対する認識の変化も重要な要素です。座礁資産（ストランデッド・アセット）という言葉が知られるようになりました。つまり資源は枯渇するからなくなるのではなく、使えなくなるから使われなくなるということです。省エネや再生可能エネルギーがどんどん普及してくると、そもそも資源の価値自体が減ってくるのではないかと思われてきたのです。

かつてピークオイル論というのがあったのですが、最近ではピークデマンド論というのが登場してきています。世界の石油の需要の絶対値自体がピークを迎えつつあるということです。ピークデマンド到来は2020年の前半だとおっしゃる方が多いです。この時期は時間がたつにつれて次第に前倒しになってきています。新興国がこれからどんどん成長しても、デマンドはいずれピークを打つという議論が出てきました。

今後再エネが急速に普及していきます。こ

れまでも普及してきたし、今後も普及します。これは直近の国際エネルギー機関(IEA)のWorld Energy Outlook 2017の図ですが、電源容量の増加の4分の3は再エネが占めています。

それから、再エネはどんどんコストが下がってきました。2010年から2016年の低下率がWorld Energy Outlook 2017に出ていたのですが、太陽光は75%、風力は25%、蓄電池は4割下がっています。

次にエネルギー政策現行スキームと評価についてです。現行スキームでは、目標年度は2030年度ですが、エネルギーが変革していく途中であり、やはり2050年を見据える必要があります。経済成長率は年1.7%としていますが、これは非現実的です。それでエネルギーの最終消費を13%減としています。電力消費を見ると17%減とかなり減っていきます。経済は毎年成長していきますが、成長はエネルギー需要増加要因となります。そして実力以上の成長をある程度相殺するために省エネが大きく進むとしています。非現実的な成長を打ち消すための調整項目のようにも見えます。従って、真の省エネはどのくらい期待できるのかよく分からないところがあります。もっとも昨今の劇的ともいえる省エネ実績を見ると、省エネはかなり進むのではないかと、結果オーライではないかと、この程度は織り込めるのではないかと、と思っています。

それから電力ミックスです。原子力は、先ほどの橘川先生のお話にもありましたように、非現実的な数字です。再エネですが、これは過小だろうと思います。火力ですが、エネルギー安全保障やCO2削減を考えると、この56%という数値は妥当なのかな、とい

う感じがします。

それからCO2削減は、先ほど橘川先生より日本は都合のいい基準年度を採用したとのお話がありましたが、一応の削減幅となっています。

最後ですが、コスト検証をやっています。長期見通しの前提となっている発電コスト比較ですが、原子力は相対的に最も低い水準になっています。先進国では原発の発電コストは既に高くなっており、違和感があります。日本でも、廃炉費用等の国民負担の議論が昨年後半に盛り上がりました。この辺は、皆さん読んだり聞いたりしたことがあると思います。どうもこの最低水準というのは腑に落ちません。

それから太陽光、風力の発電コストは高くなっています。これは世界の潮流とかけ離れています。政策費用なる概念があって、それを利用して無理やり高く計算したようにみえます。

目標を2040年度ぐらいに置くと、いまの電源構成を前提とした議論になってしまいます。2040年度はIEA Outlookの目標年次になっているのですが、やはり2050年を見据える必要があります。

それから世界の先進国のトレンドを織り込む必要があります。そうしないとガラパゴス化に陥ってしまいます。世界のトレンドは再エネのコスト低下と普及、省エネの進展です。それから原子力と石炭はいま苦境に陥っています。そうすると省エネ、再エネに軸足を置くということになると思います。

日本のエネルギー政策の目的は3E+Sです。3Eですがエネルギー基本法上は、実は順番があります。セキュリティ、環境、経

済という順番で重要だという位置づけです。ただ経済の解釈が、あるときはコストとか、あるときは規制緩和・自由化とか、そのときの政府の都合のいいように使われてきた気がしています。

セキュリティ、環境、経済の順番という政策目的の原点に戻ると、省エネ、再エネは最優先になると思っています。国産で自給率向上に資することが大きいですね。

それから再エネの発電は熱効率100%です。燃料を全く使っていないわけです。太陽光や風力で電気をつくるときに100%の効率になります。従って節電や再エネ発電の省エネ効果は甚大であります。特に火力からの代替電源化を考えたときの省エネ効果の数字は、すごく大きくなります。

更に再エネは世界的には最安の電源に既になっているということがいえます。それから3つのEの経済のところには、コストだけではなく新技術、産業の創造も含まれます。

省エネ、再エネ促進には課題があります。まずは内外格差ですね。どうして海外はこんなに安いのに日本はそうならないのか、という議論が漸く出てきました。内外格差の議論が登場すると、その後価格は下がる傾向がみられます。それから太陽光や風力は変動するのでそこにどう対応していくか、というのも重要になります。

解決策は、マーケットの整備・革新を進めて、価格機能を活用することです。ここは重要です。それからインフラです。送配電の完全中立化が肝です。再エネは新規参入組となります。これらは、行政主導で環境を整備していく必要があります。

続いて、エネルギーバランス表から、再エ

ネ活用の有効性をみてみます。再エネ発電や節電による省エネ効果を考えてみます。冒頭にさわりを申し上げており、恐縮ですが繰り返しになります。

1次エネルギーの9割は化石燃料になっています。2015年の1次エネルギーの割合を見てみると、天然ガス、石油、石炭の化石燃料で9割強を占めています。原子力が0.3%しかないということが効いてはいます。また、1次エネルギーの4割は発電用に使われています。火力発電のエネルギー効率は4割です。石炭は33%から35%であり、これは所内率も入っています。

そうすると、電気1をつくるのに、例えば火力だと2.5の燃料を使っています。石炭だと3.0の燃料を使っています。一方で、再エネ発電は燃料費はゼロです。すると再エネで火力を代替すると、250～300%の化石燃料削減効果があるということになります。

節電は、燃料を伴わない発電であり、同様の効果があります。従って、節電や再エネ発電で火力を置き換えると劇的に省エネ効果が生まれます。この発想は、日本にはこれまであまりありません。

エネルギーバランス表ですが、転換から最終消費に移るときに、エネルギーが32%も減少しています。転換、とくに発電の効率がどうしても悪いのです。

また車も問題です。エネルギーバランス表には明示されていませんが、ガソリン、ディーゼル等の内燃機関だと、運動エネルギーに転換する効率は10～15%と非常に低く、残りは熱として発散してしまいます。このように運輸のところは実は非常に効率が悪いのですが、このロスは昔の表には出ていたのです。

が、いつの間にかなくなりました。この効率を上げることにより省エネ効果に大きく寄与することになります。

EVの省エネ効果は大きいです。内燃機関の効率は10～15%ですが、ハイブリッドだと2割強になります。EVでは、電源が石炭だと20%、天然ガスだと30%、再エネだと50%の効率になります。

電気をつくるときの発電効率について、石炭を33、ガスを50、再エネを100とすると、自動車の省エネというのは、再エネ電力利用が極めて有効になります。単にEVに転換すればいいということではありません。電気が全て石炭からできている場合は効果が限られるのです。

EUが再エネ由来電力をどんどん増やそうとしている理由はここにあります。1次エネルギーの化石燃料をいかに減らすか。そのためには火力発電を燃料フリーの再エネで代替することの効果が大きく、これはエネルギーロス削減効果すなわち省エネ効果です。それから電動化による運輸の省エネ効果に再エネ電力は大きく寄与します。

2015年と2010年のバランス表を比較すると、全体的に省エネが進んでいます。1次エネルギーが10.8%減少、最終エネルギーで9.6%減少となっています。ただし1次エネルギーの化石燃料比率は8割から9割に上がります。原発が止まっているという要因はあるのですが、非常に高いです。

最終消費で少し注目されるのは、産業の割合が上がっていることです。その代わり民生が下がっています。日本の産業は非常に省エネが進んでいると言われています。しかし、最近省エネの進み方が緩慢で、家庭や業務が

結構頑張っているということがいえると思います。

続いて、日本の再エネの現状ですが、いま固定価格買取制度(FIT)の影響で、再エネの割合が15%ぐらいまで上がってきています。水力を除いて6%となります。そのかなりは太陽光です。2030年の再エネ目標は22%から24%ですが、これはいまの計画ベースの事業を積み上げるともうクリアしています。しかし、この計画が全て実現するかというと、それはクエスチョンマークです。課題が多いわけですから。代表的なものは、系統に、送電線に空き容量がないということです。計画はあり、事業意欲はあるが、系統に繋げないのです。これはいま大きな話題になっていますね。ポテンシャルはあるけれど、計画はあるけれど、なかなかそれが実現しにくい。その制約を除いてやれば結構入る、ということでもあります。

電力ミックスにおける2030年再エネ目標値と2017年3月末時点のFIT認定量とを比較すると、太陽光は認定量が目標値を超えています。バイオマスもそうです。水力は、数字は小さいのですが、これは中小水力に限定されています。大規模設備はもっと普及しています。

問題は風力です。風力は、比較的成本は安くポテンシャルも大きく、大きい期待があったのですが、FIT導入とほぼ同時期に環境アセス法の適用対象とされたことの影響が大きく、伸びていません。しかし、FIT認定量にアセス中のものを加えると、実は目標を超えています。

また、いま北東北の募集プロセスをやっています。これは、送電線を共同で建設する事

業者を募集するもので、採択された方は接続を認めますよというものです。募集量 280 万 kW に対して 1550 万 kW もの発電事業の手が挙がっています。そのうち 1250 万 kW は風力なのです。それから北海道の募集プロセスでは、240 万 kW もの風力案件が手を挙げています。

この募集に手が挙げたものを加えると、風力はいまでもミックス目標量をはるかに超えています。従って、再エネは目標を十分に達成できるということになります。

再エネ推進ドライバーは FIT になるわけですが、これはいまいろいろな改正を加えているところです。また、いわゆる「内外格差の是正」というのがあります。当然ですがここをクリアしていくと、もっと伸びます。

それから環境整備のポイントは規制緩和です。規制緩和には、系統接続を分類しています。いろいろ手は打っているのですが、まだまだです。いま一番問題になっているのがその系統接続です。空容量がゼロで繋げないということですね。これは本当なのか、われわれの再エネ講座で検証しました。後で解説します。

それから環境整備のところで、競争環境整備を実施していくことが大事です。これは市場整備、特に卸取引所の活性化です。それから送配電の中立、監視機関の整備ということです。やはり新規参入の側である再エネから見ると、環境が整備されることが非常に重要になります。ここが 3.11 以前に比べれば大きく変わりつつあります。しかし、まだまだであると思っています。

これは日本卸電力取引所 (JPX) の取引量の推移です。ついこの間まで、電力取引に

占める取引所経由の割合は 2% だったのですが、それが 3% に上がって、現在 5% まで来ています。

2017 年 10 月には、スポット市場の取引量は 1 割まで来ています。これは非常に心強いのです。この調子で行くと、日本も取引所を経由する量が増えてくるのだらうなと期待しています。

取引所を整備することが重要です。特に前日取引が一番メインになります。それから当日取引所です。こういうのが整備されると、再エネにとっては重要な環境整備になります。前日取引では、供給は限界費用コストで決まりますので、燃料費が安いところから落札されます。従って、燃料費ゼロの再生可能エネルギーは優先的に市場に入っていくという環境が整備されます。

それから当日取引所とリアルタイム市場が、実際に実需給直前まで動いていると、太陽光とか風力の天候予想が外れないようになります。そういう取引が整備されていくと、再エネは不安定だという問題がかなり解消してきます。

これから、運転・運用の柔軟性が大事になってきます。再エネは天候次第のところがありますが、その変動を運転とか需要の柔軟性を利用して調整していくことになります。

柔軟性に関しては、日本ではすぐに火力発電となります。火力発電だけではなくて、柔軟性にもいろいろな手段があります。それらを駆使して、さきほどのマーケット整備も合わせていくと、結構課題を克服できるということです。

それとさきほど申し上げた系統接続の最大の問題になっている空き容量がないというこ

とについてお話しします。ほかにも個別相談に係る問題とかあるのですが、時間も限られていますので、今日は空き容量に絞ったお話をします。

この問題が注目されたのは、2016年の5月末に、東北地方の青森・秋田・岩手で、空き容量ゼロになったことが大きいです。これ以上接続できませんということで、再エネ事業者の間に大変な激震が走ったわけです。特にこの地域は風況がよく、環境アセス法適用の影響で遅れてきた風力が、アセスを完了してようやく着工するぞというときだったわけです。その時期に、もうつなげられないということで、非常に困りました。

また、私は山形県の総合エネルギーアドバイザーを拝命しているのですが、山形県でも11月末に空容量ゼロになったのです。実感として空容量ゼロとなっている箇所が混んでいるようには思えなかったので、情報開示を要求したら、上位2系統は既に広域機関の電力広域的運営推進機関(OCCTO)で公開されていると言われました。

そこで我々は、公表データを確認することとしました。OCCTOは、電圧の高い上位2系統について30分毎の実潮流と運用容量を情報公開していました。それを利用して、空き容量ゼロのところは本当に利用率が高いのかを確認したのです。

結論から言いますと、利用率は非常に低かったのです。同僚の安田先生が興奮気味にデータを示した時のことを鮮やかに覚えています。2016年9月から2017年8月までの1年間の路線ごとの実潮流利用率を見てみたのです。空容量ゼロとなっているところは軒並み2%から19%ぐらいしか使っておらず、北東

北の最もネックを言われていた路線も低かったのです。これを京大コラムで発表しました。反響は大きかったのですが、その後の政府等の反論、エクスキューズも執拗でした。

例えば、京大の数字は平均だからと、最大値を取るべきだという主張がありました。われわれは平均値を計算したのですから、最大値も当然把握しています。30分刻みで年間一番使われた時点の数値もそんなに高くはないのです。余裕があるわけです。

では何故こういう差が出るのでしょうか。片や空容量ゼロとっているのに、片やこんなに余っているのです。これは十和田幹線という太い幹線を示しています。50万ボルトですが、上と下の線が運用容量、キャパシティーです。キャパシティーもちょっとへこむところがあります。ちょこっと短冊のように下に下がって、上に上がって狭くなっているのは、作業停電の時と思われます。一時的に狭くなるというのはあっても、だいたい最大値の時が多くなっています。真ん中のゼロの線に沿って、ちょぼちょぼという感じで流れているのが実際に流れている電気です。だからその流れと上下の線の間は空き容量となります。上下の隙間を合わせると、空き容量はいっぱいあるはずなのです。しかし電力会社の計算だと空き容量はないとなります。こういう問題なのです。

現在の考え方、計算ルールというのは、先着優先方式です。すでに接続契約したものは混雑に直面することはありません、混雑させませんという前提なのです。しかも1線路、1変圧設備が故障等で脱落しても混雑しないために、常に1回線空けておきます。その前提で設備形成をしているわけです。

新規参入者はこうした状況の中で、足りる、足りないという判断をされています。

送電線の想定利用量というのは、いまの計算ルールだと、接続契約済みの発電設備について、稼働中か計画中かを問わず定格出力を積み上げるものです。動いていようが動いていまいが、最大出力を全て足していきます。つまり、どこかの時点で、全て同時に最大出力を記録する、何年かに1回か2回そういうときがあるかもしれない、という前提で足し上げていくので、すぐいっぱいになるということです。

ところがアメリカやヨーロッパでは、実潮流ベースで足りる、足りないを判断します。そもそも常時使うことのできる容量を公開する義務を負っているのです。日本もそうすべきではないか、ということですね。政府や広域機関においては、送電線の有効利用を検討しているところです。キーワードは「コネクタ&マネージ」です。まず接続して、混雑が生じる場合には対策を取る。混雑対策としては、出力抑制というのがあります。抑制だけでなく、再給電やフェイズシフトなど、いろいろな手があります。

いまは想定潮流の合理化ということで、実潮流に近づける考え方を、政府や広域機関で整理しているところです。一歩前進なのですが、「先着優先」、「契約ベース」の考え方は残っています。それで現場は混乱しています。

つまり、いま繋がっているのは先着優先という考え方を採用している設備であるため、それに実潮流ベースを加味しようとしても、現場はどう想定したらいいのか、潮流計算をしたらいいのか困るわけです。だからあるべき姿の議論が不可欠であり、欧米のような実

潮流ベースにして、市場取引を基に利用権を割り当てるというのを正面から目指すべきだと思っております。

自由化以前は、アメリカも今の日本と同じで、契約上の出力と送電ルートを想定して、すべてそこを流れると仮定して計算していました。しかし、実際の潮流というのはいろいろなところを流れて、発電の出力、それから需要側の消費量によって刻一刻と流れ方が変わっています。だから本当は刻一刻ループフローを加味して計算すると一番いいのですが、それは大変です。

結局欧米はどうやったのかといたら、発電のinと需要のoutをプロットして、その間の潮流を混雑をも踏まえて一気に計算するというものでした。パワープールという用語もこれとマッチします。Inとoutは全て市場取引で決まった客観性のある数字です。自由化、市場取引、送電線有効利用が一体化しています。ここでこれぐらい、あしたの何時から何時まで発電する。また、ここでこれだけ、あしたの何時から何時まで需要がある。これらのマーケットで決まったものをプロットし、プロットした上でアルゴリズムの下で潮流計算をすることによって、過不足なく送電線を利用しつくすというスタイルになっています。

日本は残念ながらまだ契約上の送電ルートということで、計算上すぐ空き容量がなくなります。これがいま日本中で接続が止まっているという状況になっています。

ポイントは、再エネは、省エネも含めて、世界的に非常に大きな可能性があって、日本でも実は現時点で見ても相当計画はあります。しかし計画がなかなか実現できないよう

●
なルールがあって、そのルールを変えていく
必要があります。そこが変われば、無理だろ
うと思われていたことが現実化してくだろ

うということでございます。

時間を超過して恐縮です。以上でございま
す。ご清聴ありがとうございました。