

再生可能エネルギー100% 原発の段階的廃止 大規模省エネの 3つを同時達成していくには？

エネルギー・ワーキング・ペーパー 01

シナリオ検討に当たっての基本的な考え方と試算

WWF ジャパン 2011年5月6日

はじめに

WWFは、震災後の新しいエネルギー社会として、以下の3つを同時に達成して行くべきと考えています。

1. 再生可能エネルギーがすべてのエネルギー需要をまかなう
2. 節電を含む大幅な省エネを通じて、エネルギーの需要（消費量）そのものを、利便性を損なわずに、大きく減らす
3. 原子力発電所の増設は行なわない。現在運用されているものは、一般的な寿命と言われている40年がきたら順番に運転を停止し、廃炉にする

既に政府は、震災と福島第一原発の事故を受けて、2010年6月に改定・策定したばかりの「**エネルギー基本計画**」を再度改定することを発表しています。WWFは、当面は、このエネルギー基本計画を含む政府のエネルギー政策の中に、これら3つのビジョンがきちんと反映されていくことを求めています。

これら3つのビジョンを眺めたとき、おそらく、多くの方の頭にまず浮かぶのは「本当にそんなことができるのだろうか？」という疑問でしょう。世間には、再生可能エネルギーの持つ「限界」や、「乾いた雑巾」からの更なる省エネの難しさ、そして、原子力発電は「不可欠」であるとの主張に溢れています。ですから、この3つのビジョンを「達成できるのだろうか？」という問いに対して、「できない」と答えるのはとても簡単です。

でも、**将来の望ましい社会を目指すとき、「できない」理由の議論に終始しては、新しい社会など作れるはずはありません。**そこで、WWFでは基本的に、これら3つのビジョンを「達成するために何が必要なのか」を、考えていきたいと思えます。

この文章ではその手始めとして、どういうチャレンジが必要になるのかを**大づかみの試算**を元に整理し、その後、現時点で分かっていることを検討していきます。この検討に当たっては「ウェッジ」という概念を使いますが、英語で「くさび」を意味します。この文章の後半で大事な役割を果たします。

¹ 本稿で言う「再生可能エネルギー」は、太陽光・太陽熱、風力、バイオマス、水力（大型水力を除く）、地熱・地中熱、海洋温度差、波力・潮力などを含むものとします。ただし、個別再生可能エネルギーの持続可能性基準については今後検討し、明らかにしていきます。

これから説明する試算の基本的な流れはいたってシンプルです。

第1に、**日本が将来どれくらいのエネルギーを必要としているのか**を整理します。

第2に、そこから、**原発を徐々に廃止して行く**とどうなるのかを整理します。

第3に、**残ったエネルギー需要（消費量）を省エネの実践で減らしつつ、最終的には必要なエネルギー全てを再生可能エネルギーでまかなう**としたら、省エネと再生可能エネルギーはそれぞれどれくらい必要なのかを整理します。

基本的にはこれだけです。細かいところでは少し複雑な計算が必要なので、実際の作業はこれほど単純ではありませんが、本稿ではあまり枝葉末節に入りすぎないようにし、細かい部分は脚注で解説していきます。

1. 日本は将来どれくらいのエネルギーを必要とするのか？

日本では現在、どれくらいのエネルギーが使われているのでしょうか？

ここでいう「**エネルギー**」とは、電気をはじめ、車を動かすためのガソリン、ストーブを焚くための灯油、工場で使う重油、コンロや給湯で使うガス等、全てのエネルギーを含みます。エネルギーと聞いてすぐに思い浮かぶのは電気だと思いますが、「100%再生可能エネルギー」と言うときには、電気だけでなく、これら全部を再生可能エネルギーでまかなうことを意味します。

日本でエネルギーは、年間約**14,000PJ（ペタジュール）**使われています²。ジュールはエネルギーの単位で、ペタ（P）は千兆を指します。このうち電気は、**おおよそ1兆 kWh**使っています。電気なので kWh で書いていますが、他のエネルギーと同じ PJ に直すと、**3,500PJ**くらいです。そう言われてもピンと来ないかもしれませんが、とりあえずこの数字を頭に入れておいて下さい。

将来はどうでしょう？

政府（経済産業省・資源エネルギー庁）も含め、色々な機関が見通しを出していますが³、ここでは比較的最近発表され、長期（2050年まで）の見通しを含む日本エネルギー経済研究所の「アジア／世界エネルギーアウトック 2010」⁴を参照します。

日本エネルギー経済研究所の見通しでは、このままの趨勢で行けば、**日本では2020年に約14,500PJ、2050年に約11,500PJのエネルギーが消費されると試算しています**。現在の数字（14,000PJ）と比べてみると、2050年の数字が減っています。2020～2030年くらいまで

² 日本エネルギー経済研究所（2011）より、**最終エネルギー消費**の値を使用しています。以後、特に断りのない限り、エネルギー統計は同じ出所です。日本で使われているエネルギーの量、という時には、「**一次エネルギー供給（消費）**」と「**最終エネルギー消費**」の2つの値のどちらかが使われます。本来、日本全体で供給され、使われているエネルギーの量を、発電の際などに無駄にしてしまうエネルギーの量も含めて知りたい場合は、一次エネルギー供給の値を使うべきです。しかし、ここでは、実際に必要とされているエネルギー・サービスの量をむしろ知りたいので、**最終エネルギー消費**の値を使用します。また、オリジナルの統計では、単位は kcal（キロカロリー）を使っていますが、ここでは今後使っていく単位に合わせて PJ に換算しています。エネルギーの単位にはいろいろあり、PJ という単位は分かりにくいかもしれませんが、同じ値を、たとえば原油に換算すると、日本の一次エネルギー供給はおおまかに 6 億 kl（原油換算）、最終エネルギー消費は 4 億 kl 弱（同）となります。

³ 政府が発表する見通しとしては、「長期エネルギー需給見通し」が有名です。この見通しは、2009 年に見直されたのが最後です。その後、2010 年の新しいエネルギー基本計画の策定の時にも、部分的に新しい見通しが公表されましたが、詳細がないのと、2050 年については書かれていないので、今回はあえて日本エネルギー経済研究所の数字を使用しました。

⁴ 日本エネルギー経済研究所（2011）。

はエネルギー消費は増えるけれども、その後は人口の減少等により減っていくと予想しているわけですが。程度は違いますが、大体の機関が似たような見出しを出しています。

本当は、こうした「現在の趨勢のままですらこうなる」という見出し⁵自体、詳細な検証が必要ですが、本稿では、ひとまず日本エネルギー経済研究所の試算を使ってみることにします。

電気については、販売される電力の量全体が、2020年にやや増え（約1兆700億 kWh）、2035年にもう少し増えて（約1兆1,200億 kWh）、2050年頃になると今度は少し減る（1兆1,000億 kWh）と試算しています。エネルギー全体は減るというのに、**電気だけが増える**のはおかしな感じがするかもしれませんが、電気を使う機器が増えたり（今でも、テレビの台数や、IT機器が増えています）、エネルギーの中で電気を使う部分が増えたりすることにより（ガスコンロがIHヒーターになったり、ガソリン自動車から電気自動車になったりする例など）、電気の消費量は増えると予測されているのです。

WWF インターナショナルが2011年2月に出したエネルギー・レポートでも、似たような想定があります。WWFのレポートは、日本1国ではなく、世界全部を対象にしたレポートですが、**2050年時点では全エネルギーの約半分が電気でもかなわると想定しています。**これには実は大事な理由があります。再生可能エネルギーの主要なものは、電気の形をとることが多いので、それを最大限活用するには、エネルギーをなるべく電気という形で使う方がよいのです（例：車は電気自動車をなるべく多く使う、等）。なのでここでは、「とりあえず」日本でも同様のことが起きると想定します⁶、つまり、現在、最終的に消費されるエネルギーの約4分の1が電気ですが、これが徐々に増えて2050年時点では約半分になると想定します⁷。

日本エネルギー経済研究所の予測の通り、2050年時点では約11,500PJのエネルギーが必要になるとすると、その半分が電気の形をとると想定します。その場合、**2050年時点で必要な電気の量は、今よりかなり大きい約1兆6,000億 kWhになります。**以下、私たちの検討では、電気についてはこの1兆6,000億 kWh という数字を使うことにします。実は、今ある様々な研究では、2050年の時点でも、日本のエネルギーの「半分」が電気になるという高い見出しをしている研究はありません。このため、この1兆6,000億 kWh という電気の量も、**今ある研究の見出しよりも随分と高い「必要な電力の量」を想定していることになります**（大きいものでも1兆5,000億 kWh です⁸）。この辺は、今後、もう少し見直すことも検討した方がよさそうです。

鋭い方は、そもそも「なんで『現在の趨勢のままですらこうなる』見出しなんて使うの？省エネはしないの？」と思われたかもしれません。実は、いまここで知りたかったのは、実際の消費量よりも、私たちが「必要とするであろう」エネルギーの量です。「現在のままでいくと日本でこれだけのエネルギーが消費される」という見出しは、裏を返せば、「今の便利な生活が続き、そして発展していくとしたら、これだけのエネルギーが必要になる」という見出しであることを意味します。

最初に掲げた3つのビジョンを達成する社会が、日本で「必要とされる」エネルギーの量を満たすことができれば、**ありがちな「江戸時代に戻って言うのか！」という誤解を解くこ**

⁵ 研究では、こうした見出しのことは「レファレンス・ケース」と呼ばれたり、「Business as Usual」と呼ばれたりします。日本エネルギー経済研究所の見出しも、オリジナルでは「レファレンス・ケース」と呼ばれています。

⁶ ただし、日本ではこうした「電気を重視する」姿勢は原子力発電所を支える方策として追求されてきたことには注意が必要です。原子力発電所は、一度運転を開始するとこまめに止めることが難しいので、夜間などに電気の需要が下がる時でも電気を使ってもらわなければならないため、なるべく電気を必要とする社会の仕組みを求めてきました。

⁷ 最終エネルギー消費に占める電力の割合を電力化率といいます。2009年時点での電力化率は25%です（日本エネルギー経済研究所[2011]）。また、電力化率にはもう1つ別の定義の仕方があり、「一次エネルギー供給の中で、発電のために投入されたエネルギーの量」を示すこともあります。この場合、日本の電力化率は40%強になります。

⁸ 三菱総合研究所（2009）は、比較的高い電力化率を見通しています。

とができるはずです。ですから、ここでは「このままの趨勢で行ったら、エネルギーはこれくらい消費される＝『必要とされる』量」の見通しを使います。

それから、先にも述べたように、エネルギーというと、電気も含めた全てのエネルギーを指しますが、ここから以下は、しばらく**電気に話を絞って**みたいと思います。電気以外のエネルギーももちろん大事なのですが、まずは一番身近なエネルギーとして分かりやすい電気から考えていきたいと思います。

2. 原発の段階的廃止とはどういうことか？

よく知られているように、現在、原子力発電所は日本の電力の約**3分の1**を供給しています。

これらを一度に全部なくしてしまえば、確かに日常生活にも大きな影響がいきなり出てしまいます。では、徐々に減らして行くのではどうでしょうか？

一般的に、原子力発電所の寿命は40年とされています。東日本大震災で事故を起こした福島第一原子力発電所の1号機は、運転を開始してから今年3月でちょうど40年経ったところでした。

この40年を一つの基準として、今後、原子力発電所の運転を停止し、廃炉にすることを想定してみます⁹。

そして、現在、建設を計画したり着工準備したりしているものは中止し、増設は一切行わないこととします。こうすることで、今ある原子力発電所を、少しずつ閉鎖していくのです。

ただし、ここで**1つ重要な問題**があります。

東日本大震災によって大事故に発展した福島第一原子力発電所だけでなく、同じく被災した福島第二や女川、そして、同様の地震リスクを抱える浜岡や柏崎刈羽といった原子力発電所の扱いです。女川原発は、被災した原発であると同時に、今後の長期にわたる復興にとって必要な電力の提供という課題もあるため、事情は複雑です。浜岡原発は、起きる可能性が高いといわれている東海大地震が来た場合のリスクを考えれば、すぐにでも閉鎖しておきたい原発の1つです¹⁰。柏崎刈羽原発についても、先の新潟県中越地震で被害にあったのは記憶に新しいところです。

これらの原発は、福島第一原発と同様、すぐにでも運転停止・廃炉への手続きを開始すべきとも考えられますが、これらの検討は代わりになるエネルギーとの関係で別途慎重に行うこととし、ここでは、ひとまず、福島第一・第二原発のみを即時に停止し、その他の原発は、**40年**で閉めると想定しておきます。ただし、今後の検討の中では、より早期に閉めることができないか、検討していきます。

さて、このような想定に立ったら、原子力発電所はどのようなスケジュールで閉鎖されていくのでしょうか？

この文書末尾の付表は、現在**54基**ある原子力発電所が、色々なケース毎に、どのように閉鎖されていくのかのスケジュールを示したものです。

⁹ この想定だと、美浜1号機と敦賀1号機はすでに運転停止にしておくべきなので、ここでは**2012年**に運転停止になると想定します。

¹⁰ 菅首相は、中部電力に対して**5月6日**に浜岡原発を停止することを要請しました。ただし、報道ベースで判断する限り、この停止はあくまで暫定的なものを意図しているようで、本格的な運転停止および廃炉へつながるかどうかは、現時点ではまだ分かりません。本稿では、検討の最終段階でこのニュースが入ってきたのと、焦点を当てている**2050年**については大きな影響がないため、想定をあえて変えずにおきましたが、今後の検討には含めていきます。

福島第一・第二が即時に閉鎖されるケースでいうと、設備容量（どれくらい発電出来るかを示す量）¹¹でいうと、**2026～28年くらいに現在の約半分になり、2034～35年くらいに4分の1、2049年に全ての原子力発電所が閉鎖されるスケジュールになります。**

このスケジュールに沿って、原子力発電所の発電量が減っていくと想定します。

先ほど、1で紹介した「将来、日本が必要とする電気の量」の見通しから、この「原子力発電量」を引くと、原子力以外の電源でまかなう必要がある電気の量となります。原発がなくなっていく分も含めて、**2020年には約1兆1,000億 kWhの電気を、2050年には約1兆6,000億 kWh（ほぼ全部）を、他のエネルギーでまかなう必要があります¹²。**

3. 「省エネルギー」という発電所

2で求めた「原子力以外の電源でまかなう必要がある電気の量」を、全て再生可能エネルギーでまかなうことができれば、「再生可能エネルギー100%」の未来の（半分が）出来上がりです。

さてそれでは、ここで視点を変えて、節電を含む「省エネルギー」というものの持つ可能性を考えてみます。

1990年代、アメリカやドイツの研究者の間で「**ネガワット**」という言葉が流行りました¹³。「ネガ」とは「ネガ」ティブのことで、マイナスを意味します。「ワット」は、お馴染みの電気の大きさを示す単位です。つまり、マイナスの電気、ということですが、ここで意図されているのは、「節電するということは、無駄な電気を使わない分、他に回せるということ、その分の電気を発電しているのと同じだ」という発想です。

2011年3月11日の震災後、東京電力管内と東北電力管内では電力不足から計画停電が実施されました。しかし、一部では計画された停電が実施されないこともありました。これは、人々や企業が努力したことによって、予想された電力需要よりも実際の需要が小さく済んだからです。中にはその差が数百万 kW にのぼったこともあり、その大きさは、原子力発電所1～2基分に相当します。これは、逆に言えば、**人々や企業の節電努力が電気を作り出した**、ということもできます。

このように、省エネ・節電をある種の「発電所」と見なし、それと、再生可能エネルギーを合わせて、必要なエネルギー需要を満たしていくと考えることができます。このため、「ネガワット」はしばしば「**節電所**」と訳されることもあります。これは、何も電気に限ったことではなく、エコドライブでガソリンを節約したり、家の断熱をしっかりして石油ストーブが灯油を消費する量を減らすことも同じ効果を持ちます。

つまり、ちょっと変な言い方かもしれませんが、「省エネルギーで、エネルギーを作り出す」という考え方ができる、ということです。ですから、以下では、「省エネルギー」を「再生可能エネルギー」と同列の「**エネルギー源**」とみなして、両方合わせてどれくらい必要なのかという事を考えていきたいと思えます。

¹¹ 「〇〇発電所の大きさは××kW（キロワット）」という時は、その設備が一度に発電できる電気の大きさを意味します。これに対して、一定時間発電される量は、この文書の最初から使っている「kWh（キロワットアワー）」という単位で表します。似ているけど違うのでご注意ください。

¹² この文書では、原子力発電からの電力量の計算に当たっては、65%の設備利用率（1年間の中で、どれくらいその設備が使われるかの割合）を想定しています。これは、過去5年の原子力発電所の設備利用率が、60～70%の間で推移しているためです。政府の見通しでは、もっと高い数字を使うこともありますが、それはすなわち、今よりも定期点検の頻度・期間が減ることを部分的には意味するので、今後より安全性が重視される文脈には合わないと考え、現状の水準としました。

¹³ 詳しくは、ヘニッケ他（2001）をご参照下さい。

4. 8つのウェッジを達成するために

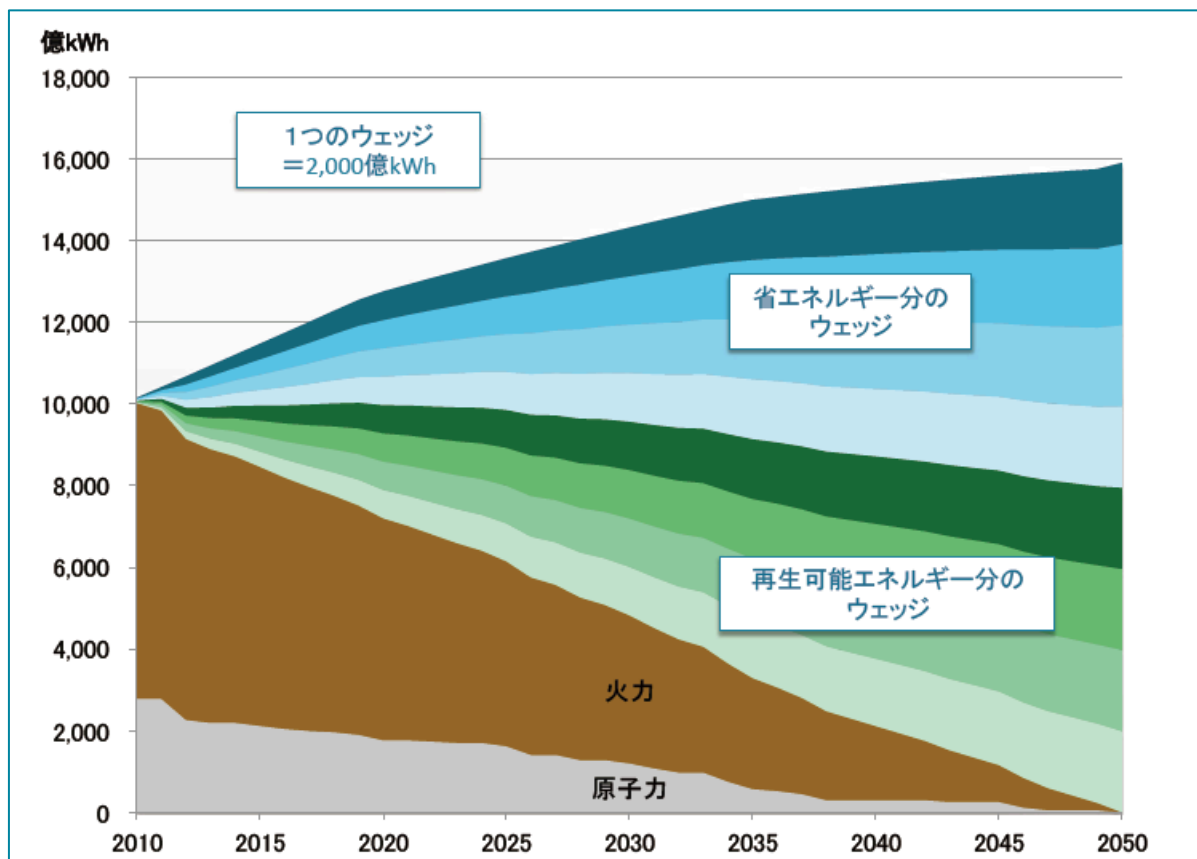
2で試算した「原子力以外の電源でまかなう必要のある電気」を、省エネルギーと再生可能エネルギーそれぞれで、どのように分担するべきでしょうか？

2050年の時点では、電気では約1兆6,000億kWhが必要です。これら全てを再生可能エネルギーでまかなっていくと仮定して、話を整理してみます。

ここで、議論の整理と話の単純化のために、電気の1兆6,000億kWhを**8で割って1つ2,000億kWhの「電気ウェッジ」に分解します。**「ウェッジ」というのは英語で「くさび」を意味します。8つのウェッジに分ける、ということは、グラフで表すと下の図のようになり、1つ1つの部分がV字型を横に倒した「くさび」のような形に見えることから、ウェッジと呼びます。

8という数字に、合理的な意味があるわけではありません。にもかかわらず、ここでわざわざこのように分けることの意味は、ひとまず、やるべきことをより小さな単位に分解して、今後、1つ1つを達成するために必要なことを考えやすくするためです。

図1：再生可能エネルギー100%シナリオのイメージ



(出所) WWF ジャパン作成。

まず、電気の1ウェッジ(=約2,000億kWh)とは、一体どの程度の電気の量なのでしょうか？今現在の水準で言えば、東京電力が年間3,000億kWh、関西電力がその約半分の1,600億kWhを発電していますので、両者の中間くらいといえます¹⁴。

¹⁴ 経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部／編 (2010) より。

この8つのウェッジを、省エネルギー（節電）と再生可能エネルギーでどう分担すべきかは、それぞれの可能性を入念に検討することが必要です。今回の検討ではそこまではできないので、**それぞれ半分ずつ（4つのウェッジずつ）担当すると単純化して、話を進めます。**

まず、省エネルギーの役割を考えてみましょう。

4つのウェッジを担当するという事は、**合計で8,000億 kWh**を省エネルギーによって作り出すということになります。東京電力の電気を2~3社分、ということになるので、相当な電気の量です。これを、工場、家庭、ビルや建物、運輸機関などで、省エネルギーを実施していくことで稼がねばなりません。詳細の検討のためには、使うことができる技術にどのようなものがあるのか、機器の省エネ性能（テレビ、車、家電など）の向上をどこまで期待できるか、そもそもエネルギーを必要とする活動そのものを減らすことができないか（たとえば、都市計画によって輸送機関の効率化を図るなど）といったことを検討していく必要があります。そして、可能であれば、分野毎にどれくらいのウェッジを分担できるかを検討する必要があります。

今回は残念ながらそこまでできませんが、幸いなことに、色々な研究機関が、こうした省エネルギー技術や対策の可能性については検討をしています。今後、そうした検討も参考にしながら、この規模の省エネを実施するためには何が必要か、具体的に検討していきたいと思えます。

ですが、もう少し別の見方もできます。冒頭でも紹介しましたが、**「現在の」電気の使用量は約1兆 kWh**です。4つのウェッジを省エネルギーで減らす、ということは、**2050年の電気使用量を見通しの半分=8,000億 kWhに抑える**、ということと同じです。であるとすれば、**現在の電力消費の水準である約1兆 kWhから、約20%程度の省エネが実施できればよい**といえます。現在の生活水準から20%の省エネ（節電）を、2050年までに行うというのは、そんなに難しいことでしょうか？これから電気に頼るものがもっと増えてくることを考えれば、結構大変かもしれませんが、全く不可能という数字でもないはずで。

次は、再生可能エネルギーの分です。

たとえば、1つのウェッジ分の電気量を風力発電から得ようとする、**今ある風力発電設備の約39倍を建てなければ**、「1電気ウェッジ」を満たすことはできません¹⁵。「39倍」というとんでもない量に聞こえますが、実は、これも別の見方をすれば、荒唐無稽な話というわけではありません。

2011年4月に、環境省が全国の再生可能エネルギーのポテンシャル（日本に潜在的に設置できる量）を調査した報告書を発表しました。環境省の発表を元にすれば、風力発電で発電できる量は約40,000億 kWh、太陽光発電（住宅に設置するものを除く）は約1,600億 kWh、中小水力発電は約800億 kWh、地熱発電は約900億 kWhあります¹⁶。**風力発電の数字は、ウェッジにして20個分ですから**、数字の上では、風力のポテンシャルを最大限に活かせば、日本全国の将来のエネルギー需要を全部まかなうことも可能なのです。ただ、風力発電のポテンシャルは北海道や東北地方など、一部の地域に偏って存在していますし、自然環境保全の観点から風車を立てるべきではない場所も多いと予想されるので、この通りにはなかなかいきません。**それでも、風力のポテンシャルから、ウェッジ2~3個分を期待するのは、それほど馬鹿げた想定でもない**でしょう。これに加え、**太陽光は1個弱、中小水力と地熱を合わせて1個弱のウェッジ**といったところです。ただし、環境省のポテンシャル試算では、太陽光の数字に住宅の屋根に乗せるタイプが含まれていないことにご注意下さい。

¹⁵ 日本風力発電協会（2011）に掲載の2010年の推計値を使用して計算。計算方法は次の脚注を参照。

¹⁶ 元の環境省資料では、ポテンシャルは設備容量（発電ができる大きさ）で示されています。ここでは、実際にその最大ポテンシャルに相当する再生可能エネルギー発電設備が設置された時に、1年間でどれくらいの電気の量が発電されるかを推計した値を使用しています。たとえば、風力については以下のような計算をしています。19億 kW（報告書に掲載されているポテンシャル）×8760時間（1年の時間数）×24%（報告書に掲載されている利用率の想定）＝40,000億 kWh。こうした計算の仕方は、再生可能エネルギーの発電量を推計する方法としては一般的なものです。

加えて再生可能エネルギーには、今ここで例示したものの他にも、**バイオマス発電や海洋エネルギー**などがあります。これらの数字は、環境省のポテンシャル調査では対象になっていませんが、それなりに期待できます。もっといえば、上で示した再生可能エネルギーからの「電気の量」の推計値は、今現在、利用可能な技術を想定しています。これが今後の技術開発によって伸びていけば、本当はもっと電力量増加が期待できるはずです。

最後に、今後、大型ダムをさらに開発することはないにしても、**今ある水力発電**を有効に使っていくとすれば、現状の 800 億 kWh と同程度の量を水力からまかなうこともできるでしょう。

こう考えてみると、**再生可能エネルギーで 4 個分のウェッジを担うことは、理論的には不可能ではなさそう**です。課題は、それをどうやって達成するのか。それらを妨げているものは一体何なのかをあきらかにしていくことです。

このようにして、全部で 8 個のウェッジを満たすことを目標に、省エネルギーによる「節電量」と再生可能エネルギーによる「発電量」どうやって増やすことができるか、を考えていくことで、日本のエネルギーが全て再生可能エネルギーになっていく道筋を考えることができます。今回は、仮に省エネルギーと再生可能エネルギーでそれぞれ 4 つのウェッジという分け方をしましたが、今後の検討ではその配分も見直していくことが必要かもしれません。

5. 電気以外のエネルギーも

今回の検討では、とりあえず電気に絞って整理をしてみました。1でも述べたように、「再生可能エネルギー100%の社会」をつくるには、本当は他のエネルギーについても同様の検討が必要です。しかも、少なくとも現在のエネルギーの消費実態から言えば、**電気以外の形で使っているエネルギーの方が遥かに多い（4分の3くらい）**のです。もし、上で想定したように、**将来的に（2050年に）半分を電気が担うとしたら、もう半分が残っている**のです。では、電気以外のエネルギーの形とは、具体的にはどんなものを指すのでしょうか？代表的なものは、以下のようなものです。

- ▶ 工場でボイラー等の燃料として使用する石油（重油）・ガスなど
- ▶ 家庭やビル・建築物の暖房や給湯で利用するガス、灯油など
- ▶ 車の燃料として使うガソリン・軽油、飛行機の燃料として使うジェット燃料など

こうした諸々の燃料や熱源を、電気と同じく省エネルギーと再生可能エネルギーでまかなっていくことが必要なのです。具体的には、1で想定したように、**使うエネルギーを電気に切り替えて再生可能エネルギーから供給したり、バイオマスや太陽熱を活用して熱の需要を満たしたり、持続可能なバイオ燃料を使用して残る燃料需要を満たしたり**することが必要です。

ただ、エネルギー全体の場合は、電気よりももう少し話が複雑です。電気については、上の検討で想定したように、必要な量（需要）は右肩上がりが増えていく、と想定するのもそれほどおかしくはありません。しかし、エネルギー全体について言えば、冒頭で説明した通り、**2020～2030年をピークとして、その後は減少に転ずるという予想がほとんど**です。このため、上の電気の検討で行ったウェッジという概念の活用にも注意が必要です。エネルギー消費量のピークが2050年より前に来るということは、**2050年を基準にウェッジを考えてしまうと、途中のピークの時の需要を満たせない想定になってしまう**可能性があるからです。

また、バイオマスの活用については、その持続可能性についても、慎重な検討が必要です。**特にバイオ燃料の分野**では、近年、食料との競合、自然環境の破壊、そしてものによっては、むしろ温室効果ガス排出量は増えるのではないかという懸念も挙げられているので、十分な検討が必要です。

6. 今後の検討課題

以上、極めてラフな形ではありますが、エネルギーのうち電気の部分のみ、簡単な試算をしました。今回行った試算は、あくまで可能性と課題を見るための大ざっぱなものなので、今後、具体的に細部を詰めていくことが必要です。それでも、少なくとも WWF が掲げた 3 つのビジョンを達成するのに必要なことが分かってきました。今回の内容の見直しも含めて、今後検討すべきこととしては、以下の事項を挙げることができます。

- ▶ エネルギー全体および電気に関する需要予測の精度（電力化の度合いも含めて）
- ▶ 原子力発電所の閉鎖スケジュールをどうするか（特に早期に閉鎖すべきもの）
- ▶ 省エネルギーでどれくらいのウェッジを稼げるか（個別技術・対策の可能性／電力化へのシフトのポテンシャルも含めて）
- ▶ 再生可能エネルギーでどれくらいのウェッジを稼げるか（各エネルギー源の可能性／再生可能エネルギー普及を妨げる電力体制の構造的課題／開発にかかわる持続可能性基準等も並行して）
- ▶ シナリオが地域ごとにも適用可能か、電力のピーク需要にも対応するか
- ▶ 気候変動抑止のための削減目標との整合性は取れるか
- ▶ これらを実現するために必要な政策は何か（固定価格買取制度、補助金、・・・）
- ▶ コストはどれくらいかかるか（省エネルギー技術・対策の導入費用、再生可能エネルギーの費用、原発や火電の閉鎖費用、化石燃料消費が少なくなる分の節約費用等）

これらは、いずれも大事な課題ですし、他にも課題はありえます。

幸いにして、エネルギーの専門家やエネルギー事業者が、専門的な見地からずっと携わってきた既存の研究があります。今後の検討に際しては、それらを参照することもできます。

それらを参照しつつも、時には見直しも必要です。

たとえば、コストの部分。これまで、**多くの研究機関は、再生可能エネルギーの普及が無理である理由の1つとして、コストをあげてきました**。上で行ったような「理論上は可能な数字」に対しては、「そりゃ、いくらでもコストをかけられるのであれば可能だけでも、コストがかかりすぎるから無理です」というのが、再生可能エネルギーに対して否定的な専門家や事業者の典型的な答えでした。しかしこれも、再検討の余地があるでしょう。なぜなら、そういうエネルギーの専門家の多くが、「安くてクリーンなエネルギー」として推進してきたのが、原子力発電だったからです。そもそも、原子力発電所については、事故を抜きに考えても、投入されている税金の額や、廃棄物の処理に必要なコストを考えれば、実は決して安くはないのではないか、とする問題提起が以前から多くありました¹⁷。

それに加えて、福島第一原発の事故は、一度事故が起きてしまった後の、国や社会が負担する甚大なるコストの発生を示唆しています。そのコストは、現時点ではまだ分かりませんが、これまで、人生を賭けて守りついできた農地や豊かな漁場を、ある日突然、手放さなくてはならなくなった人々への“コスト”は、お金だけで測れるものでもありません。

石炭・石油・ガスなどの化石燃料についても、それが温暖化を引き起こすことの“コスト”は、これまで行われてきた多くの研究では取り入れていません。

これは何もコスト試算に限った話ではありません。その他の、様々な部分についても、適宜、見直しをしていく必要があります。

¹⁷ 最近の代表的なものとしては、大島（2010）があります。

かつて、フランスのシャルル・ド・ゴール元大統領は、「政治は、政治家に任せておくにはあまりに重要すぎる」と言ったそうです。これに倣えば、「エネルギーに関する将来は、エネルギーの専門家や事業者だけに任せておくにはあまりに重要すぎる」ということができるかもしれません。

既存の研究にも、NGO等が中心となってやった野心的なものもあります。たとえば、グリーンピースの『エネルギー[r]e ポリ्यूション』や、環境エネルギー政策研究所（ISEP）が事務局となって策定した、自然エネルギー政策プラットフォームの「2050年自然エネルギービジョン」などがそうです。

自然保護団体としてのWWFも、独自の視点から、日本のエネルギーに関する将来を検討していきたいと思います。

参考文献

- 大島堅一（2010）『再生可能エネルギーの政治経済学』 東洋経済新報社
- 環境省（2011）「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査概要(特に東北地方と関東地方に焦点を当てて)」 環境省 <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=13696>
- グリーンピース・ジャパン（2008）『エネルギー[r]e ポリ्यूション：日本の持続可能なエネルギーアウトック』 グリーンピース・ジャパン
<http://www.greenpeace.org/japan/ja/library/publication/20080101/>
- 経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部／編（2010）『平成21年度 電力需給の概要 2009』 中和印刷
- 自然エネルギー政策プラットフォーム（JREPP）（2008）「2050年 自然エネルギービジョン」
<http://www.re-policy.jp/2050vision/index.html>
- 自然エネルギー政策プラットフォーム（JREPP）（2011）『自然エネルギー白書2011』 環境エネルギー政策研究所
- 電気事業連合会統計委員会／編（2010）『電気事業便覧』 日本電気協会
- 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット／編（2011）『エネルギー・経済統計要覧（2011年版）』 財団法人省エネルギーセンター
- 日本風力発電協会（2011）「風力発電の動向について：2050年、5,000万kW導入（需要電力量の10%供給）に向けて」（「再生可能エネルギーセミナーin札幌」プレゼンテーション）
http://jwpa.jp/page_115_jwpa/detail.html
- ペーター・ヘニッケ ディーター・ザイフリート／朴勝俊・訳（2001）『ネガワット：発想の転換から生まれる次世代エネルギー』 省エネルギーセンター
- 三菱総合研究所（2009）「2050年エネルギー環境ビジョン」（「未来社会提言シンポジウム」プレゼンテーション：2009年5月25日）
- Robert Socolow, Roberta Hotinski, Jeffery B. Greenblatt, and Stephen Pacala (2004) Solving The Climate Problem: Technologies Available to Curb CO2 Emissions. *Environment*. 46(10):8-19.
- WWF International (2011) *The Energy Report: 100% Renewable Energy by 2050*. (注：日本語での要約と英語原文は右記ウェブサイトには：<http://www.wwf.or.jp/activities/2011/02/967208.html>)

問い合わせ先

WWF ジャパン(公益財団法人 世界自然保護基金ジャパン)
気候変動・エネルギー・プログラム
105-0014 東京都港区芝 3-1-14 日本生命赤羽橋ビル 6F
Tel: 03-3769-3509 / Fax: 03-3769-1717
Email: climatechange@wwf.or.jp

付表

以下の表は、各原発をいつ運転停止にするのかを示した表です。

縦の複数の列は、即時に停止するべき原発をどのように想定するかによって分類しています。一番左が最小限（福島第一のみ運転停止）で、右に行くほど基本的には即時停止を想定する原発の数が増えています。ただし、最後の2列は、被災地にある女川原発はそのまま継続するとの想定にしています。

「即時に停止する」と想定した以外の原発に関しては、原則として「運転開始から40年が経ったら運転停止・閉鎖」するスケジュールを記載しています。即時に停止するという想定の部分だけ、青く塗りつぶしてあります。

	号	最大出力 (千kW)	即時停止する原発毎の運転停止年月					
			福島第一を 即時停止	福島第一・ 第二を 即時停止	福島・ 女川・ 浜岡を 即時停止	福島第一・ 第二・ 女川・ 浜岡・ 柏崎刈羽を 即時停止	福島第一・ 第二・ 浜岡 を即時停止	福島第一・ 第二・ 浜岡・ 柏崎刈羽
泊	1	579	2029年6月	2029年6月	2029年6月	2029年6月	2029年6月	2029年6月
泊	2	579	2031年4月	2031年4月	2031年4月	2031年4月	2031年4月	2031年4月
泊	3	912	2049年12月	2049年12月	2049年12月	2049年12月	2049年12月	2049年12月
女川	1	524	2024年6月	2024年6月	2011年12月	2011年12月	2024年6月	2024年6月
女川	2	825	2035年7月	2035年7月	2011年12月	2011年12月	2035年7月	2035年7月
女川	3	825	2042年1月	2042年1月	2011年12月	2011年12月	2042年1月	2042年1月
東通	1	1,100	2045年12月	2045年12月	2045年12月	2045年12月	2045年12月	2045年12月
福島第一	1	460	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
福島第一	2	784	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
福島第一	3	784	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
福島第一	4	784	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
福島第一	5	784	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
福島第一	6	1,100	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
福島第二	1	1,100	2022年4月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
福島第二	2	1,100	2024年2月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
福島第二	3	1,100	2025年6月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
福島第二	4	1,100	2027年8月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
柏崎刈羽	1	1,100	2025年9月	2025年9月	2025年9月	2011年12月	2025年9月	2011年12月
柏崎刈羽	2	1,100	2030年9月	2030年9月	2030年9月	2011年12月	2030年9月	2011年12月
柏崎刈羽	3	1,100	2033年8月	2033年8月	2033年8月	2011年12月	2033年8月	2011年12月
柏崎刈羽	4	1,100	2034年8月	2034年8月	2034年8月	2011年12月	2034年8月	2011年12月
柏崎刈羽	5	1,100	2030年4月	2030年4月	2030年4月	2011年12月	2030年4月	2011年12月
柏崎刈羽	6	1,356	2036年11月	2036年11月	2036年11月	2011年12月	2036年11月	2011年12月

柏崎刈羽	7	1,356	2037年7月	2037年7月	2037年7月	2011年12月	2037年7月	2011年12月
浜岡	3	1,100	2027年8月	2027年8月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
浜岡	4	1,137	2033年9月	2033年9月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
浜岡	5	1,267	2045年1月	2045年1月	2011年12月	2011年12月	2011年12月	2011年12月
志賀	1	540	2033年7月	2033年7月	2033年7月	2033年7月	2033年7月	2033年7月
志賀	2	1,206	2046年3月	2046年3月	2046年3月	2046年3月	2046年3月	2046年3月
美浜	1	340	2012年10月	2012年10月	2012年10月	2012年10月	2012年10月	2012年10月
美浜	2	500	2012年7月	2012年7月	2012年7月	2012年7月	2012年7月	2012年7月
美浜	3	826	2016年12月	2016年12月	2016年12月	2016年12月	2016年12月	2016年12月
高浜	1	826	2014年11月	2014年11月	2014年11月	2014年11月	2014年11月	2014年11月
高浜	2	826	2015年11月	2015年11月	2015年11月	2015年11月	2015年11月	2015年11月
高浜	3	870	2025年1月	2025年1月	2025年1月	2025年1月	2025年1月	2025年1月
高浜	4	870	2025年6月	2025年6月	2025年6月	2025年6月	2025年6月	2025年6月
大飯	1	1,175	2019年3月	2019年3月	2019年3月	2019年3月	2019年3月	2019年3月
大飯	2	1,175	2019年12月	2019年12月	2019年12月	2019年12月	2019年12月	2019年12月
大飯	3	1,180	2031年12月	2031年12月	2031年12月	2031年12月	2031年12月	2031年12月
大飯	4	1,180	2033年2月	2033年2月	2033年2月	2033年2月	2033年2月	2033年2月
島根	1	460	2014年3月	2014年3月	2014年3月	2014年3月	2014年3月	2014年3月
島根	2	820	2029年2月	2029年2月	2029年2月	2029年2月	2029年2月	2029年2月
伊方	1	566	2017年9月	2017年9月	2017年9月	2017年9月	2017年9月	2017年9月
伊方	2	566	2022年3月	2022年3月	2022年3月	2022年3月	2022年3月	2022年3月
伊方	3	890	2034年12月	2034年12月	2034年12月	2034年12月	2034年12月	2034年12月
玄海	1	559	2015年10月	2015年10月	2015年10月	2015年10月	2015年10月	2015年10月
玄海	2	559	2021年3月	2021年3月	2021年3月	2021年3月	2021年3月	2021年3月
玄海	3	1,180	2034年3月	2034年3月	2034年3月	2034年3月	2034年3月	2034年3月
玄海	4	1,180	2037年7月	2037年7月	2037年7月	2037年7月	2037年7月	2037年7月
川内	1	890	2024年7月	2024年7月	2024年7月	2024年7月	2024年7月	2024年7月
川内	2	890	2025年11月	2025年11月	2025年11月	2025年11月	2025年11月	2025年11月
東海第二	1	1,100	2018年11月	2018年11月	2018年11月	2018年11月	2018年11月	2018年11月
敦賀	1	357	2012年3月	2012年3月	2012年3月	2012年3月	2012年3月	2012年3月
敦賀	2	1,160	2027年2月	2027年2月	2027年2月	2027年2月	2027年2月	2027年2月

(出所) 電気事業連合会(2010)よりWWFジャパン作成。