

# 再生可能エネルギー導入モデルの 構築

---

～東北地方における地熱発電と風力発電の導入  
に焦点を当てて～

神戸大学 久保広正研究会 資源エネルギー分科会

A

足立 聖之  
荻原 建杜  
桐山 頌子  
中西 峻也  
米田 恵子  
和田 裕

2011年12月



# 再生可能エネルギー導入モデルの 構築

---

～東北地方における地熱発電と風力発電の導入  
に焦点を当てて～

2011年12月

## 要約

環境問題への関心が一気に高まったのは1960年代であった。その頃から公害やオゾン層の破壊による放射線の濃度の上昇などが観測され、本格的に環境問題への対策が始まった。世界では各国の代表が国際会議で問題意識の共有や環境政策協調を誓い、科学者と政治家を繋げる国際機関が設立され、環境問題に関する外枠や方向性は定まってきた。しかし、各国が国策レベルでの実行段階に入ると、様々な利権の対立が発生しそれまでの取り組みの進捗が嘘であったかのように停滞する。

そこには主に二つの原因があると我々は考える。第一に、環境への取り組みは経済発展を妨げるケースが多いことである。通常、環境問題は人間の自由な経済活動の副産物である産業廃棄物が原因となっている。つまり、環境問題を根本的に改善するには少なくとも短期間で経済発展を抑制しなくてはならない。その際の経済的インパクトを適切に推定すること、またそれを最小化することが議論となり、政策の実行が進まない。第二に、その複雑性である。環境問題の研究に限れば、自然科学の分野のみで行うことができるかもしれない。しかし、環境問題への対策を国レベルで行う実行段階に入ると、その分野は経済や政治など複数のレベルに及び、様々な団体の利権が対立し、一意に道筋は決まらない。

以上二つの環境政策の実行ステップを妨げる原因を解消するためには、日本としてどんな政策が適切なのだろうか。我々は、経済面での損失を最小化し、法律や利権などの複雑な問題にも着手した一つの成功モデルを実際に作ることが唯一の解であると考え、その構築を試みる。

化石燃料の代替や、環境、エネルギー自給などあらゆる観点から、再生可能エネルギーの普及率を上げることは世界の流れとなっている。EUをはじめ、発展途上国や中国などでも再生可能エネルギーへの関心が高まっている。我が国においては、今に至るまで再生可能エネルギーの導入が進んでおらず、将来に関しても主要先進国と比べて最も低いレベルの導入目標を掲げている。しかし、自然条件に恵まれている我が国では、風力においては北海道と東北地方には多くの資源の賦存量があることが知られており、地熱においては世界第3位の資源賦存量を有している。再生可能エネルギーの導入ポテンシャルが豊富であるだけでなく、そのポテンシャルを顕在化させることができる技術力も十分に有しているにも関わらず、なぜこれまで再生可能エネルギーはほとんど普及してこなかったのだろうか。

その原因は、第一に、我が国のエネルギー政策においてこれまで再生可能エネルギーのプライオリティが低く見積もられていたことがある。補助金など政府の支援が消極的で、この分野の発展を阻んでいた。第二に、事業の採算性が確保できないことがある。我が国で施行されているRPS法のもとでは、買い取り価格が低く抑えられてしまう。再生可能エネルギーは初期負担の大きさや資金調達の困難性から既存電源と比較して発電コストが高いため、買い取り価格が低いと発電コストを回収するのが難しい。また、現在審議中の「再生可能エネルギー特別措置法案」でも、買い取り価格をどうすべきかが問題となっている。参入インセンティブおよび投資インセンティブが低いという問題を解決し、公平な競争環境を整えることができれば、この分野は長期的にみて我が国を支える産業になり得るであろう。第三に、エネルギーや電力システム、環境に対する社会全体の関心が薄かったことが原因として挙げられる。これまで、新しいシステムの参入する余地がなく、需要者のエネルギー意識が低か

った。再生可能エネルギーは地域の特性に合わせて導入できるので、エネルギー教育、地域活性化、そして災害時の危機管理のためにも重要である。

本稿では、再生可能エネルギーのなかでも、特に地熱発電と風力発電についての的を絞り、これらを東北地方に集中して建設することを提言する。東北地方に着目したのは、地熱資源と風力資源の賦存量が多いからである。

しかし、いくら資源賦存量があったとしても、その発電施設を建設するだけの資金がなければ再生可能エネルギーを普及させることはできないので、この資金をどういった方法で調達するのかを考え、資金集めの解決策を提示する。そこで参考にするのが、アーヘンモデルである。アーヘンモデルは、太陽光発電と風力発電をアーヘン市内に普及させるために、1995年にアーヘン市が制定した制度である。内容は、アーヘン市営の水道・エネルギー公社が、再生可能エネルギー発電施設を有した個人、法人が発電した電力を、市場価格よりも割高な価格で一定期間買い上げること保証する、というものであった。この割高な価格でクリーンな電力を買い取る資金は、電力消費者が現行支払っている電気料金に法人、個人ともに一律最大 1%の課徴金を課すことにより調達する。この方法では、すべての電力消費者にこのコストを均等に振り分けることになるので、アーヘン市にとっても電力を買い上げる公社にとっても新たな財源的負担は何も生じない。

そして、このアーヘンモデルを我が国の東北地方に当てはめることを考える。分析により、アーヘンモデルを適用すれば地熱発電、風力発電の普及に必要な資金が集まることが検証できた。しかし、この分析結果ではまだ十分に再生可能エネルギーの普及が進んだとは言えない。そこで、再生可能エネルギー普及を目的とした債券を発行する「RE (Renewable Energy) 基金」を作ることを考える。また、債券発行により民間から集められた資金と、アーヘンモデルにより集められた資金をこの基金が管理する仕組みを作る。

そこで、私たちが政策提言として考えるモデルは、まず地熱発電、風力発電事業に参入する企業はそのための資金を民間銀行から全額ローンで借りる。そして、建設した発電所で発電した電力を、民間の電力会社に利益を見込めるだけの高価格で買い取ってもらい、配電してもらおう。その買い取り資金は、「RE 基金」が電力会社に全額提供することで賄う。この基金は、債券発行により民間から集められた資金と、電力売買の行われている市場価格に 1%の課徴金を課して集められた資金の中から、配電会社に資金を提供する。このモデルができれば、政府の新たな財源的負担は生じないので現在の逼迫した財政状況をこれ以上悪化させることはない。

以上のように政策提言を考えてきたが、ここで問題となってくるのがこのアーヘンモデルを日本に適用するとなったときに法改正に関して国民が合意するかどうかである。これを考えるにあたってポイントは、原子力発電が問題となっていること、地熱発電や風力発電を東北地方の復興にもつなげられること、集める資金の使用目的がはっきりしていることがあげられる。以上のことを考えると、この政策に国民が合意する可能性は高いと思われる。

また、提言の実行可能性を考えるにあたって、既存の法規制と発電施設の受け入れ地域の理解を考慮しなければならないと考えた。法規制については、自然公園法と農地法について取り上げ、既存の規則の適用では解決できない部分を補うように緩和するよう提案し、地域住民理解に対しては、発電施設建設についての調査段階から施設稼働後に至るまで双方がコミュニケーションを密にとり、協働できるような仕組みづくりについて提案することで解決できる。

## 目次

### はじめに

## 第1章 再生可能エネルギーの現状

- 第1節 (1. 1) 環境問題の取り組みの歴史的流れからの本論文の位置づけ
- 第2節 (1. 2) 我が国の再生可能エネルギーの現状

## 第2章 先行研究

## 第3章 分析

- 第1節 (1. 1) 発電コストと電力価格
- 第2節 (1. 2) アーヘンモデルの概要
- 第3節 (1. 3) アーヘンモデルによる分析

## 第4章 政策提言

## 第5章 政策提言の障壁

- 第1節 (1. 1) 建設に際する規制
- 第2節 (1. 2) 地域住民の理解

## 第6章 結論

## 先行論文・参考文献・データ出典

# はじめに

---

近年、再生可能エネルギーを普及し低炭素社会の実現に貢献するという事は、もはや世界をリードする国のステータスとなっており、世界のエネルギーの約 13%が再生可能エネルギーで賄われている。

一方、我が国では、大規模水力発電をのぞいた再生可能エネルギーによるエネルギー供給量は全体の 1%にとどまっている。これは、再生可能エネルギーの普及を進めるために今まで行われてきた施策があまり成果を上げていないことを示している。再生可能エネルギーの普及が急がれる理由は、世界のトレンドに乗るといった外交的な面だけではない。我が国でまだまだ約 6 割もの大きな割合を占めている化石燃料による火力発電であるが、これは二酸化炭素排出量の増加による地球温暖化の懸念だけでなく、化石燃料のほとんどを海外からの輸入に依存しているためエネルギー安全保障面から見て脆弱であるということも大きな問題であるとされている。そのため我が国では、原子力発電に力を入れることで火力発電への依存度を減らし、温暖化に影響があるとされる二酸化炭素の排出量を抑えて低炭素社会に貢献していくとともに、国産エネルギーを増やしていこうとしていた。というのは、原子力発電の出力が安定的であるので、我が国において重要視されている電力の安定供給を支えてきた集中型電源に適しているためである。少ない資源で半永久的に発電が行える原子力発電は、エネルギー自給率が 20%と低い我が国において効用の高い発電方法であり、安全で二酸化炭素を排出しないクリーンなエネルギーとして国内に 54 基もの発電施設が建設され、そのエネルギー生産量は国内全体のエネルギー生産量の約 3 割にも及んでいた。

そのような状況の中、2011 年 3 月 11 日に東京電力福島第一原子力発電所事故が発生した。放射能により汚染された地域に住むたくさんの人々が避難生活を余儀なくされるだけでなく、この事故が我が国全体に及ぼした影響は計り知れない。原子力発電の安全神話が崩れてしまった今、54 基あった発電施設のうち 43 基が運転を停止している。十分な電力が賄えないままでは、我が国の経済は停滞してしまうため、現在は停止していた火力発電所を利用することで電力を補っている。しかしこのままでは低炭素社会の実現からは遠のき、世界から取り残されてしまうだろう。したがって、我が国においても再生可能エネルギーの普及を進めていくことは最重要課題である。

そこで我々は、これまで再生可能エネルギーの普及が進んでこなかった理由を体制面、コスト面などさまざまな側面から分析した。そのうえで、経済と環境が共存し、我が国がより発展していくためのひとつのモデルケースを作成したいと考えた。本稿では、そのモデルケースとして東北地方をあげ、資源賦存量のある地熱発電と風力発電を用いて、放射能で汚染された地域も利用しながら被災地の復興を進めていくための政策を提言する。

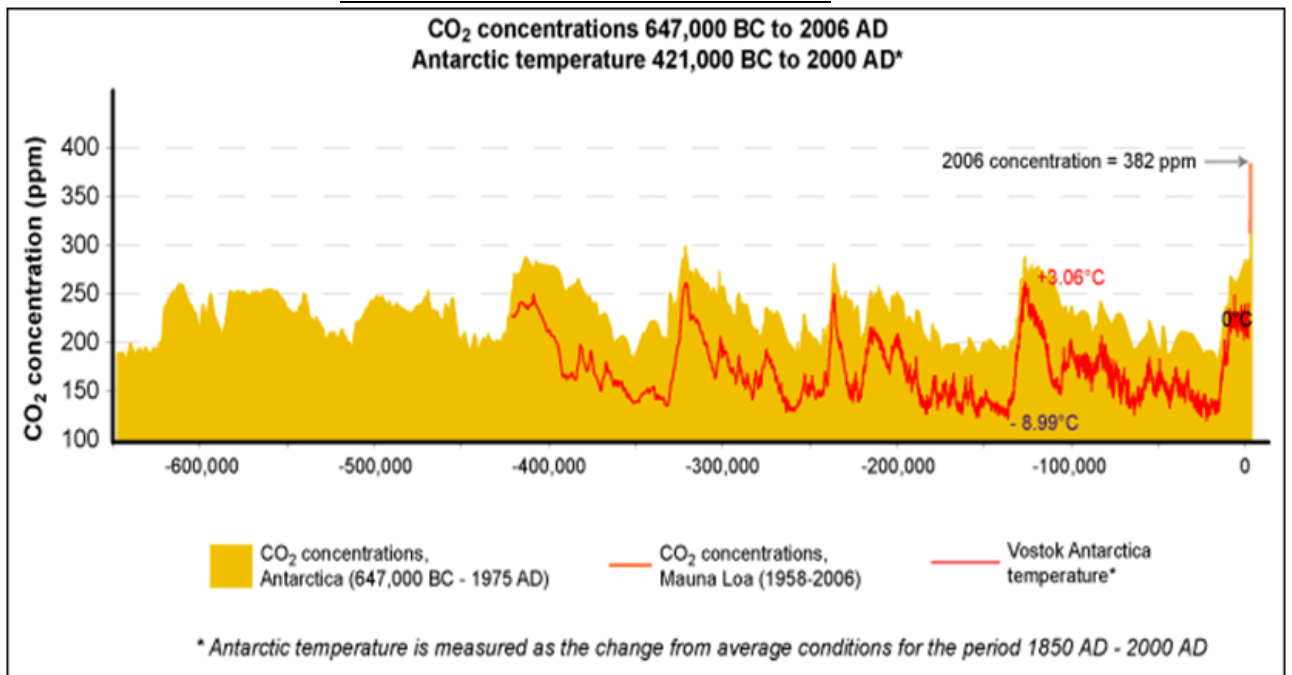
以下、本稿の構成について説明する。第一章では、世界を取り巻く環境問題の意識や、我が国の地熱発電、風力発電の普及が進まない原因などの現状・問題意識について記す。また、第二章では、先行研究をもとに本稿の位置づけを記す。第三章では、発電コストや電力価格の試算を行った上で、再生可能エネルギー普及に向けた資金がどの程度集められるか分析を行う。第四章では、第三章で行った分析をもとに、再生可能エネルギー普及への政策提言を行い、第五章でその政策提言を行う上での問題点について記す。

# 第1章 再生可能エネルギーの現状 と問題

## 第1節 環境問題の取り組みの歴史的流れからの 本論文の位置づけ

世界中で異常気象が目立つようになってきたのは、決して近年になってからではない。ある種の生物が絶滅する、北極の氷が溶ける、海拔が上昇する、春期の到来が早まる、海水の酸性化が進むといった変化は、人類が活発に活動しはじめた産業革命の時期から地球上のあらゆるところで始まっていた。環境問題に関して世界権威である IPCC は、このままの状況が進むと、人間の食料や水などの必需品の供給量や品質に影響すると結論付けている。このような環境への影響は地球の温暖化が原因ということは既に世界の常識となっている。では、その温暖化はなぜ起きたのか。この問題に関しては懐疑論などの様々な議論が行われているが、以下のグラフに見ても明白な通り、世界の認識では大気中の二酸化炭素濃度の上昇が原因とされている。

図表1 大気中の二酸化炭素濃度と気温





(出所) u.s environmental protection  
agency [http://www.epa.gov/climatechange/science/pastcc\\_fig1.html](http://www.epa.gov/climatechange/science/pastcc_fig1.html)

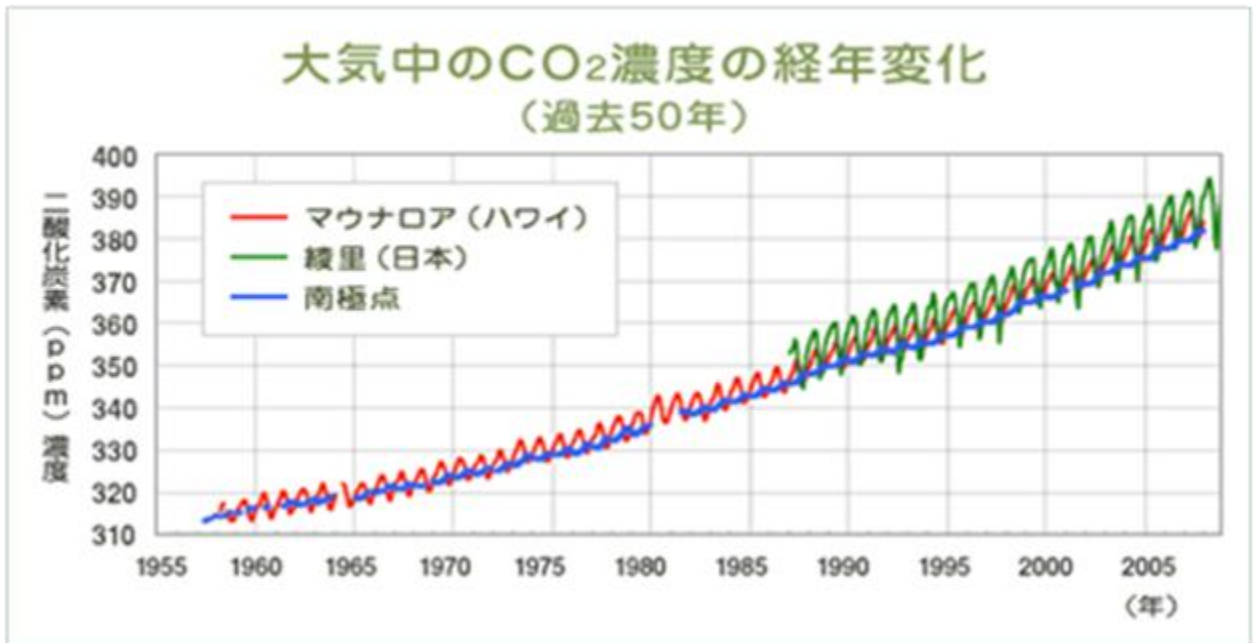
図表1は、二酸化炭素と気温の相関を示している。このグラフを見る限り、二酸化炭素と気温の変化に相関が無いとは言えない。

この「二酸化炭素濃度の上昇→温暖化→環境への影響」というプロセス自体が明かされたのも最近では無い。それでは、この流れが既に判明している中、我々人類はどのように行動してきたのだろうか。

世界では、まず、レイチェルカーソンをはじめ多くの科学者達が独自に環境を研究し、論文や研究調査が精力的に発行されてきた。このような個人レベルの科学者の啓発活動は、特に先進国国内において活発に行われている。しかし、環境問題は一国の問題ではない。国家とは我々人類が恣意的に地上に引いたラインのことで、国境には物理的な壁は存在せず、結果として環境への影響は一国だけでなくその周辺の国家の人々にまで及ぶ。そのような中で、1985年、世界がようやく科学者の警告に耳を傾け、各国首脳は、各々の利権を超えて環境問題へ取り組まなければならないという合意を得る為の世界初の会議であるフィラハ会議を国連環境会議主導の元で開催した。この会議を発端として、世界中で環境への配慮の意識が芽生えはじめ、特に先進国で様々なレベルでの国際会議が開かれ、問題意識の共有や目標の設定が行われてきた。さらには、IPCC という環境問題の国際機関も創設し、形式的には環境問題は解決の方向に進んでいるかのように見える。

しかし、内実はどうなのであろう。実際に世界の環境は良い方向に向かっているのだろうか。実際に温暖化の一つの指標である二酸化炭素濃度の数値を時系列で見てみる。

図表2 大気中の二酸化炭素濃度の経年変化



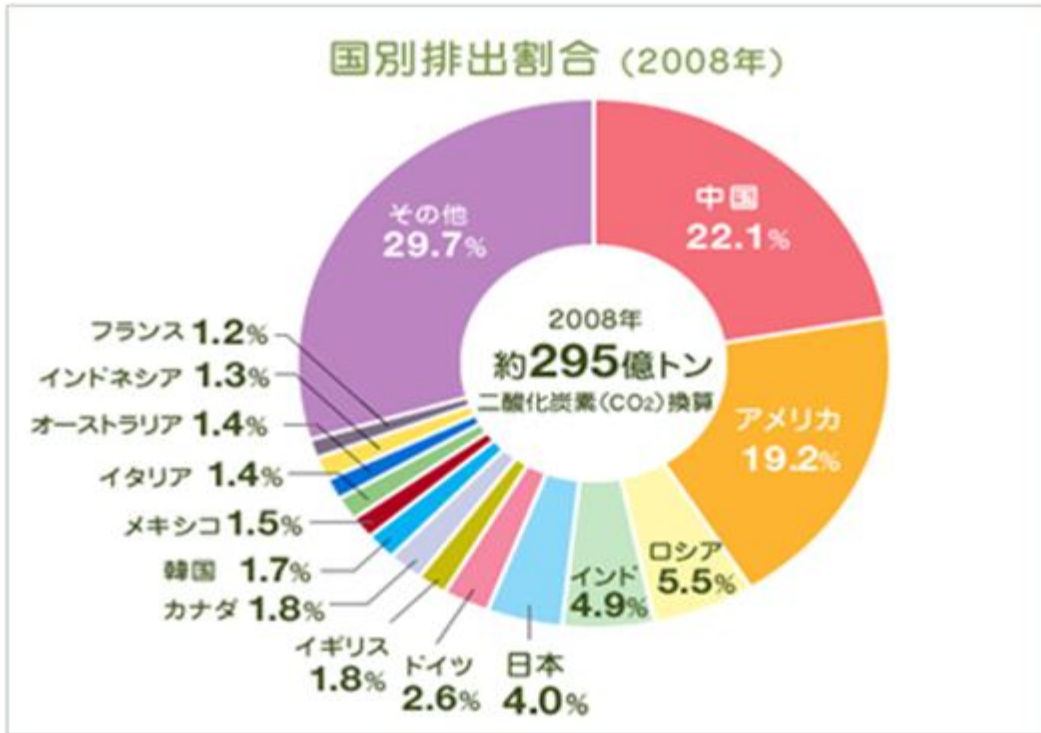
(出所) 気象庁気候変動監視レポート2008

図表2は、気象庁が作成した二酸化炭素濃度の時系列変化である。この図表2に基づいて、国際会議の行われた時期を比較してみたい。例えば、1992年に発行された気候変動枠組み条約では世界で起きている環境破壊の状況を各国が把握し、年々問題意識の共有を進めてきた。今では少なくとも世界185カ国以上の国々がこの条約を批准しているが、グラフを見る限り全くと言っていいほど二酸化炭素の濃度上昇率に変化は無い。

繰り返される国際会議や国際機関の設立がいかに実際の温暖化に貢献しないか、貢献した

としても微力か、が図表2から分かる。同様に、排出権取引やクリーン開発メカニズム (CDM) などが導入されても、数値は大して変化していない。それらのシステムは、途上国を利用することで先進国の温室効果ガス削減目標を達成しようとしている、という非難も強く受けている。また2009年に行われた COP15でも世界的な解決に向けた進展はなく、多くの環境保護団体から「絶望的な失敗」と非難され、中英間ではお互いの態度を非難し合う言明が出された。同様に1997年の京都議定書も、各国に対し努力目標を示しただけでその実行段階までは踏み込まずに終わったため、各国の非協力的な姿勢を打開することはできず、また昨年行われた COP16でも京都議定書の目標機関の延長が議論された。

図表3 二酸化炭素の国別排出割合



(出所) EDMC/エネルギー・経済統計要覧2011年版

図表3の、二酸化炭素排出量が多い国4か国に関して見ると、アメリカは京都議定書を脱退し、中国とロシア、インドには削減義務は課されていないため、各々の国が自分の国のペースで削減をする自助努力程度の意識しか持ち合わせていない。さらに、罰則も「京都メカニズムに関する数値の不報告時には、京都メカニズムへの参加を禁じる」や「排出枠不遵守時には排出権取引を禁止する」などといったネガティブなものであって、決して各国の環境改善を積極的に促すものではない。

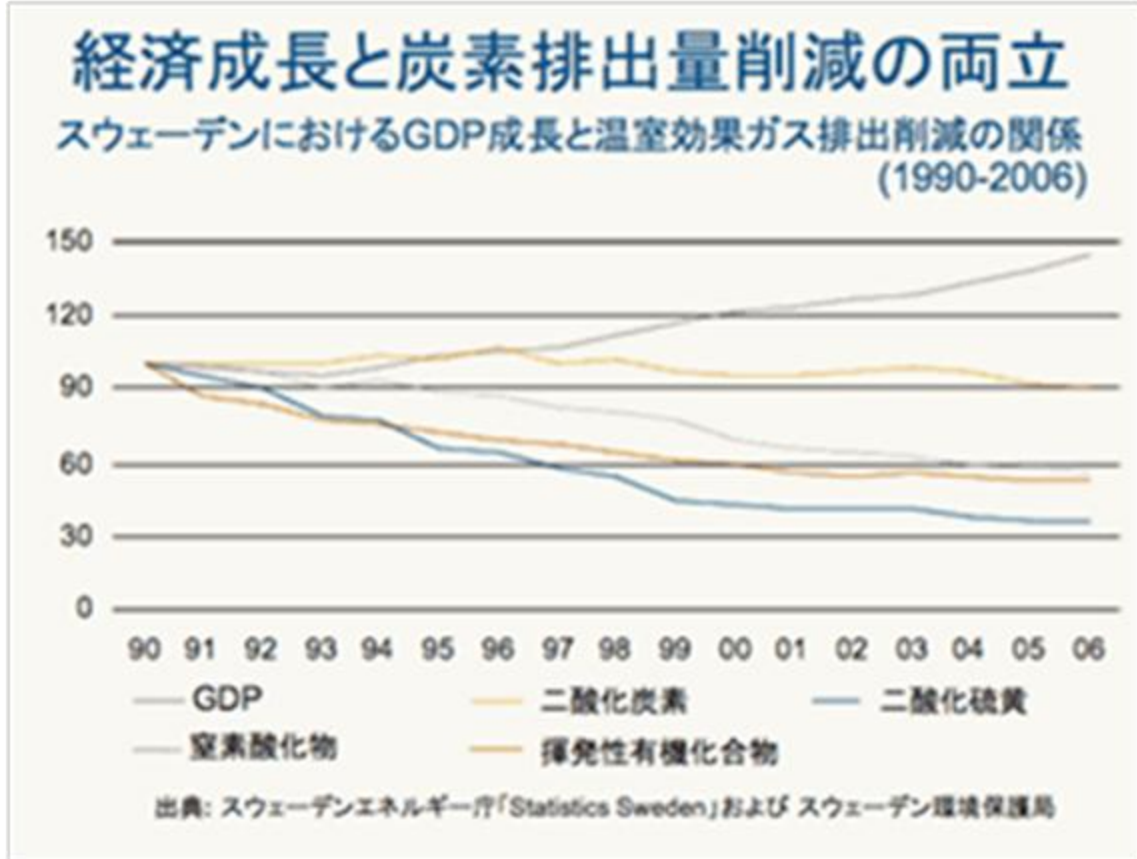
環境破壊の進捗状況を正しく認識し、そのメカニズムや原因も特定して対策まで理解できているにも関わらず、各国が実際に行動を起こさない理由は何であろうか。

我々は次の二つの原因があると考えている。第一に、経済的影響である。運輸、生産、エネルギー供給など、二酸化炭素は人間のあらゆる活動に付随して排出される。そのため、二酸化炭素排出量の減少は、同時に経済活動の縮小化を意味する。現に、平成22年度の中央環境審議会中長期ロードマップ小委員会のレポートでは、複数のモデルを用いて環境税を導入した時のBAU(business as usual)からの乖離を測定している。結果は、税率15%時は平均して-1%、20%時は平均して-2.18%、25%時は平均して-2.33%も乖離している。我が国のGDPを500兆円としても、単純計算で5~10兆円のマイナスが生じる。これらの数値は、環境に関する責任を先進国に押し付けている発展途上国ではさらに跳ね上がる。彼らには急速な

経済発展を押さえてまで大気汚染物質排出を抑制するインセンティブは無いのであろう。

第二に、先例が無いことがあげられる。下の図表4はスウェーデンの1990年から2006年までの経済成長率と温室効果ガス排出量の変化のグラフである。

図表4 経済成長率と温室効果ガス排出量の変化



(出所) スウェーデンエネルギー庁「Statistics Sweden」 およびスウェーデン環境保護局

スウェーデンは1991年に行政政策の一環として炭素税を導入したが、一般的に主張される経済成長の停滞は起きずに、むしろ成長を続けながら温室効果ガス排出量を効率的に減らしている。上記のようなケースはあるものの、その数は極端に少なく、世界では稀でほとんど見られない。なぜなら、炭素税やエネルギー税の導入には何よりも国民の理解が必要であるにもかかわらず、それらの政策を快く受け入れる国民はほとんどいないからである。スウェーデンを初め北欧諸国での成功例の裏には、年齢の低い頃からの徹底した環境教育による国民意識の改善策や、環境ビジネスへの補助金であるLIPの導入により国民の環境への積極的取り組みをサポートするシステムが存在する。このような国民の環境への広い関心と積極的な働きかけが不可欠である。しかし、資本主義、功利主義の理念が根付いている他の先進諸国や発展途上国においては、複雑に絡み合った利権問題や政治経済のシステム上の問題から、スウェーデンのような良心的国民の存在を前提とするモデルを応用するのは極めて難しく、国を挙げた大々的な環境政策を導入するのは容易ではない。

このように上記二つの困難性が存在するが、地球温暖化は日々進む一方であり、我が国は北欧の諸国と同様に世界を環境先進国としてリードしていかなければならない立場にある。

そのため、本稿において我々は、我が国を環境面で先進国にし、世界をリードする役割を果たすため経済的発展と環境保全の両立を大規模で行うモデルを構築することを試みる。

## 第2節 我が国の再生可能エネルギーの現状と問題

本節では、我が国の再生可能エネルギーの現状・問題について考えていく。

環境面において世界をリードするためにも、我が国の再生可能エネルギーの普及率を高めることは非常に重要である。化石燃料の代替や、環境、エネルギー自給などあらゆる観点から、再生可能エネルギーの普及率を上げることは世界の流れとなっている。再生可能エネルギーに関してはEUが先進国といえる。EUでは、2020年までにEU全体のエネルギー消費量の20%を再生可能エネルギーで賄うという高い目標を掲げ、国家ごとに法的拘束力のある目標値を設定している。また、EUだけでなく、インドやフィリピンなど発展途上国を含め、中国や欧米などでもますます再生可能エネルギーへの関心が高まっている。

我が国においては、今に至るまで再生可能エネルギーの導入率が低く、2010年の一次エネルギー供給に占める割合は主要国の中で最も低い水準である約3%（IEAの、Energy Balances of OECD Countries, Energy Balances of Non-OECD Countriesより）、総発電量に占める割合はわずか約1%（資源エネルギー庁RPS法ホームページからRPS法施行状況、中央電力協議会ホームページから販売電力量より算出）に留まっている状態である。将来目標に関しても、我が国は主要先進国と比べて最も低いレベルの目標を掲げている。

自然条件に恵まれている我が国では、風力においては、北海道と東北地方には多くの資源賦存量があることが知られており、また、地熱においては、我が国はアメリカ、フィリピンに次いで世界第3位の資源賦存量を有している。このように、我が国における太陽光、地熱、風力などの導入ポテンシャルは十分に豊富であり、また、そのポテンシャルを顕在化させることができる技術力も十分に有している。それにも関わらず、再生可能エネルギーがほとんど普及してこなかった。その原因を、体制面・経済性・社会全体の3つの側面から考察した。

まず、体制面での原因は、これまでの我が国のエネルギー政策において、再生可能エネルギーのプライオリティが低かったため、政府の支援が消極的であった点にある。化石燃料の代替となるエネルギーを育成する上で再生可能エネルギーよりも原子力のほうが重要視されていたことや、安全性・安定供給の問題、国内産業の国際競争力育成という観点から、これまで我が国では再生可能エネルギー分野の成長を妨げる体制が続いていた。それに加えて、2006年に定義された「新エネルギー」の枠外となっているエネルギーには補助金・助成金が与えられなかったことなど、技術の発展を阻害してしまう要因もあった。

次に、経済性での原因は、事業の採算性が確保できないことである。再生可能エネルギー普及の課題の一つになっているのが、初期負担の大きさや資金調達の困難性である。我が国で2003年より施行されているRPS法、正式名称を「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」と言い、再生可能エネルギーから発電される電力を一定割合以上利用することを電気事業者に義務づける制度であるが、この制度がネックとなっている。この制度のもとでは、受け入れ量が2000kW以上であれば電力会社が買い取り価格を自由に決定できることも関係して、買い取り価格が低く抑えられてしまう。再生可能エネルギーは既存電源と比較して発電コストが高いため、買い取り価格が低いと、多くの開発会社で発電コストを回収するのが難しくなる。さらにRPS法では、義務付けられている買い取り量そのものが少ないため、多くの売電契約希望事業者のなかから抽選によって選ばれた事業者しか電力会社と契約を結ぶことができない。当選しなければ事業が行えない現在の状況下では、経済の市場原理が機能していない。それに加え、電力会社に高額な送電線の使用料を支払わなければならないという、託送料金制度の存在なども参入障壁となっている。これらのことから再生可能エネルギー市場への新規参入には歯止めがかかってしまっている。したがって、現行のRPS法の見直しを含め、抜本的な制度改変が必要である。例えば、再生可能エネルギー



産業の拡大が進行中の EU では、FIT 制度（固定価格買取制度）を取り入れている国が多い。電力会社が価格決定権を持つ我が国の RPS 法と異なり、FIT 制度は国が価格を決定する。ヨーロッパなどで FIT 制度は、既に再生可能エネルギー導入の経済障壁を克服するための主流となっている。

参入インセンティブおよび投資インセンティブが低いという問題を解決し、公平な競争環境を整えることができれば、この分野は長期的にみて我が国を支える産業になり得るであろう。普及による低炭素化のメリットは、化石燃料の節約や CO<sub>2</sub> の排出量削減による経済効果および雇用創出効果など、エネルギー分野だけに限らず経済全体に及ぶため、公平性の観点からも、RPS 法のように導入にかかる負担やリスクを開発企業や電力会社だけに背負わせるのではなく、FIT 制度のように社会全体で分け合うということが重要である。

そして、再生可能エネルギーおよび我が国のエネルギー行政に対する社会全体の関心が薄かったこと、知識不足であったことが第三の原因としてあげられる。原子力の安全性の問題、現行の電力システムの脆弱性の問題、エネルギー自治の問題などが 3 月 11 日の東日本大震災を経験するまで顕在化してこなかったことから分かるように、これまで我々国民が電力・エネルギーの需要者として極めて受動的であったことが、再生可能エネルギーの普及を妨げた要因のひとつであると考えられる。

環境意識が高いと言われている EU であるが、再生可能エネルギーの普及が拡大している国々において共通していることは、政府・企業・国民が一体となって取り組んでいることである。例えば電力自由化が成されているイギリスやドイツ、北欧をはじめ多くの国々では、購入する電力の発電方法がグリーン電力かグレー電力（火力や原子力）かの選択が国民一人一人の意思に委ねられているためエネルギーについて考えるモチベーションが存在することも、普及拡大の一翼を担った。また、デンマークでの普及拡大は、オイルショックやチェルノブイリ原発事故を受けて国民の意識が高まったことを背景に、国家主導ではなく市民の共同事業が先行してのものであった。このほか、ガメサという民間企業が成長し国内を牽引したことで風力エネルギー大国となったスペインなどを考えても、政府だけでなく社会全体の積極性が必要であることが言える。

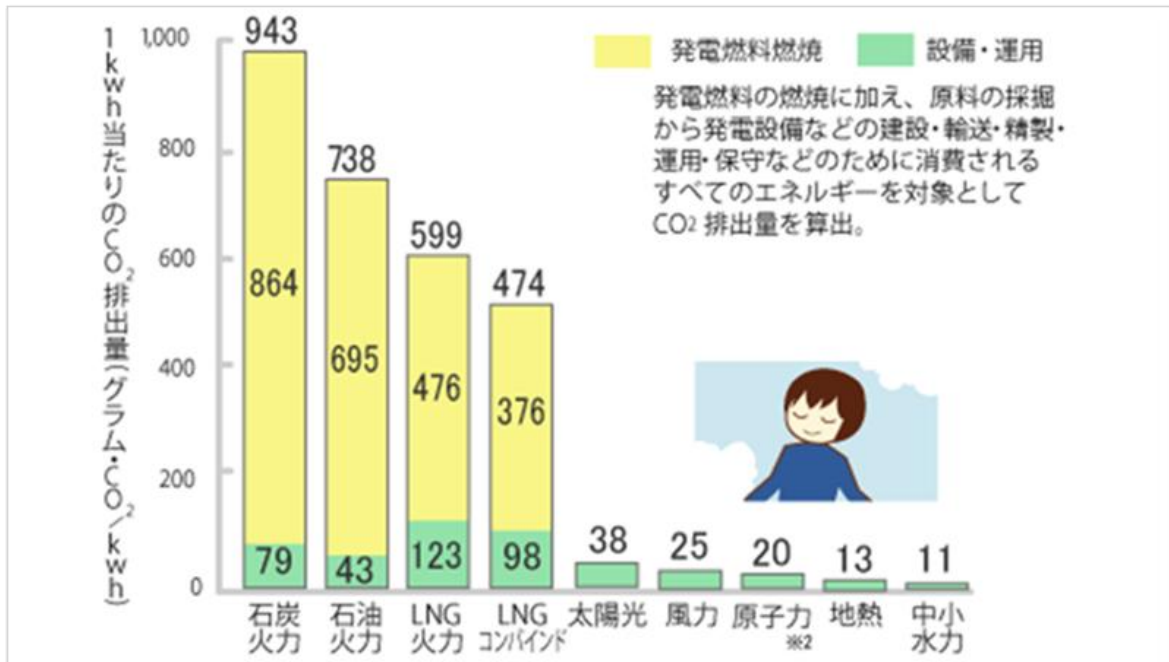
我が国では 10 社の電力会社が広範囲を統括しているが、その発電所は都市部から離れた地方に位置しており、国民はエネルギーの生産や存在を全く意識せずに電力を消費していた。そのため、これまで我が国の多くの国民は、エネルギー源への関心がそれほど高くなかった。このような電力会社への盲目的信頼が、電力会社の独占体質および不透明性を存続させてしまった。また、地域に根付いた電力システムが無いことには需要者の省エネ意識も高まらないが、再生可能エネルギーは地域の特性に合わせて導入できるというメリットを持つ。とりわけ地熱発電については全国各地に散らばる分散型エネルギーとしての性質が強い。地域のエネルギーが独立することは、地域活性化の観点や災害時の危機管理のためにも重要である。

続いて地熱発電と風力発電についての現状と、メリット・デメリットについて触れたい。

まず、地熱発電について説明していく。地熱発電とは、地球内部で生成される地熱（おもに火山活動）によって発生した天然の蒸気を用いて発電する仕組みである。再生可能エネルギーであり、化石燃料を一切使わない純国産のエネルギーである。

次に、地熱発電のメリットについてみていく。地熱発電を行うことには四つのメリットがある。第一のメリットは、出力が安定しているということである。風力や太陽光といった発電は天候により発電可能な時間帯が限られていたり、季節によって発電量が変動したりする特性があるが、地熱発電は発電所を建設してしまえば、昼夜、季節を問わず一定量を安定して発電できるという特徴がある。また、地熱発電は、設備容量は少ないものの発電電力量が多く、施設利用率が高い安定電源といえる。さらに、他の化石燃料と違い、マグマの熱は半永久的なもので、水のリサイクルとマグマの加熱により、地熱資源は持続的に採取が可能である。第二のメリットとして、クリーンなエネルギーであることがあげられる。

図表 5 各種電源の発電量当たりの CO2 排出量



(出所) 関西電力 HP

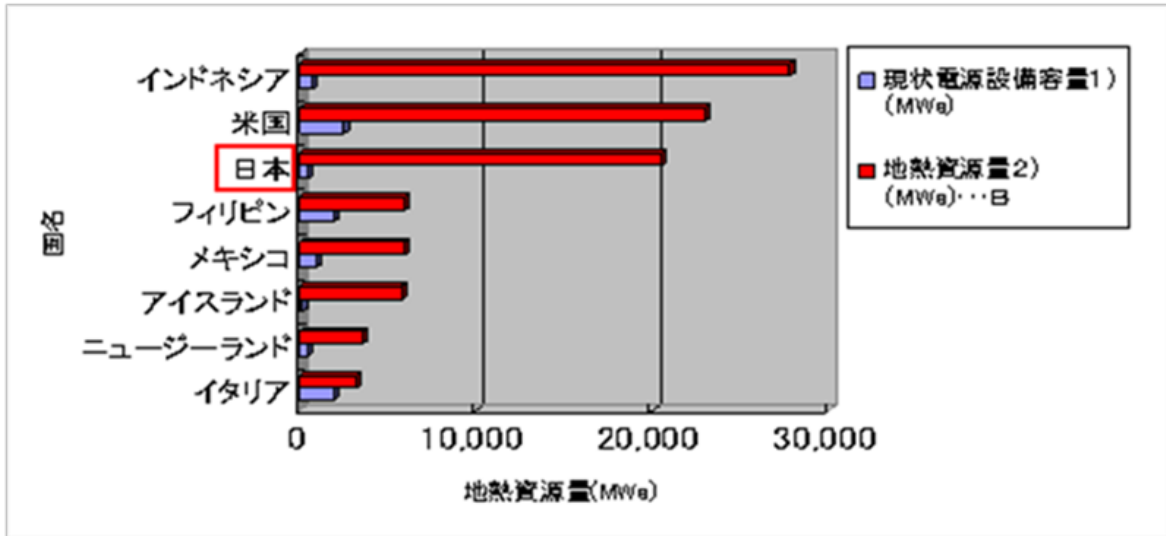
上の図表 5 から分かるように化石燃料に比べ、地熱発電は格段に二酸化炭素の排出量が少ない。第三に、北海道や火山活動の多い東北をはじめ、我が国全体には豊富な地熱の資源があるということがあげられる。我が国は世界有数の火山国であり、地熱エネルギー資源は、インドネシア、米国に次ぎ世界第 3 位(約 2,500 万 kw 相当)を誇る地熱資源大国である。第四に、発電の他にも熱源として多目的に利用できるということがあげられる。地域の暖房や給湯、融雪などの熱源とすることも可能で、実際にアイスランドでは地熱を利用した世界最大の人工温泉施設があり、地域開発にも役立つことが示されている。

しかし、地熱発電にはデメリットもある。地熱発電自体のデメリットとしては、開発期間が長いことや地表調査・坑井掘削に多大な費用がかかるという点がある。また、地下熱源調査から地熱発電所の運転開始までの期間が長く 15~20 年かかる。その他に、毒性のある気化性物質(硫化水素)によって大気が汚染されるといった心配もある。

さらに、我が国においてはそれに加えて、普及が進んでこなかった原因が他にもある。まず、立地規制である。地熱発電の熱源の多くが国立公園内にあり、約 8 割が国立公園特別保護地区・特別保護区にあるといわれている。次に、我が国の地熱資源が位置する多くの地域は温泉地であるため、温泉への影響・景観などの点で地元温泉業との摩擦がある点である。熱水の汲み上げによって温泉資源が減少したり、枯渇したりする恐れがあるといわれており、周囲の温泉業者から反対が起きている。そして、発電方式がバイナリー方式以外のは RPS 法の対象外であることなど、国や地元行政からの支援が乏しいという問題もある。そのため現状では、我が国の総発電量の約 0.2%しか担っておらず、2000 年代に入ってからの新規開発は見られない。

最後に、我が国、特に東北地方における地熱発電のポテンシャルについて考えていきたい。特に開発を進めていく上で重要だと思われる、我が国における地熱資源の賦存量、立地規制、地熱資源を行う技術を我が国が有しているのか、の 3 点についてみていく。

図表 6 地熱エネルギーの資源量上位 8 カ国



(出所) WGC2005 Valgardur Stetansson、村岡 (2007)

第一に、我が国における地熱資源の賦存量について考察する。図表 6 より、我が国において、地熱発電の資源量はインドネシア、アメリカに次ぐ世界第 3 位であり、約 25000MW 相当の資源がある。これは、我が国全体の電力を補える計算であり、よって我が国には、地熱発電を行う十分なポテンシャルがあるといえる。次に、被災した東北地方の経済復興の目的も兼ねて導入を進められるのか、東北地方の資源賦存量を中心に調べていく。環境省の調べによると、東北地方は地熱の熱水資源の賦存量が 353 万kw と我が国全体の約 25% を占めている。これは、全国で北海道に次いで第 2 位であり、東方地方には十分な資源賦存量があるといえる。次に第二の立地規制について考える。地熱発電を行っていく上で、ネックとなるのが自然公園法であるが、日本地熱開発企業評議会の調べによると、東北地方の国立公園外や比較的規制の緩い国立公園内の敷地のみで考えれば、資源賦存量は 74 万kw である。また、今現在、掘削技術は国立公園の敷地内の開発可能地域に国立公園外から斜め掘りを行うことで資源を利用するという技術も進歩しており、そのうち自然公園法の問題はなくなると思われる。そして最後に、我が国に地熱発電を行う技術があるかどうかについても考える。我が国は現在、多数の国に対して地熱調査援助の実績があり、世界の地熱蒸気タービンのシェアの約 7 割が日本製である。このように、地熱発電に関して、我が国は技術面においても問題がないといえる。以上のことより、我が国で開発を行っていく上で重要な点を三つともクリアしているので、我が国、特に東北地方は地熱発電を行っていくポテンシャルがあり、開発を進めていく上で適しているといえる。

次に風力発電の現状とメリット、デメリットをあげる。

風力発電は、国内のトップシェアを誇る三菱重工が高さ 70m、風車の直径が 92m で定格出力が 2400kw 規模の発電機を開発するなど近年風車の大型化が進んだことで採算性に向上が見られ、陸上風力と合わせて洋上風力に関しても、今後一層の期待がもたれているエネルギー源である。世界的にみても、太陽光発電のように広く拡大していく要素を備えている。また、我が国では、風力エネルギーの資源賦存量が豊富である。WWEA の資料によれば、実際に風力発電の導入量は、2000 年代に入り急速に増加しており、今後も更に導入拡大が見越されている。

一般的に言われている風力発電のメリットは、太陽光発電のように時間に左右されないこと、計画から建設、完成までにかかる年月も 2~4 年と比較的短いこと、二酸化炭素はもちろんのこと大気汚染の原因となる酸化物なども排出しないこと、事故などのリスクも少ない

ことなどがあげられる。このようなメリットのもとに海外ではすでに導入が進んでいるため技術開発も盛んに行われており、他の再生可能エネルギーと比べてみると技術的に最も進んでいる。

反対にデメリットとしては、ウィンドファームをつくるためには広大な土地が必要であるということや、騒音、バードストライクといった問題がある。最大の課題は発電が風任せであるために発電量が不安定であるということだが、我々はこれを安定した発電が見込める地熱発電をベース電源として普及させることでカバーできると考えている。

現在までに導入が進まなかったのは前述の再生可能エネルギー全般に言える理由以外にも、先ほども少し述べたように自然公園法や農地法、森林法など様々な立地規制の問題もある。海外では国が立地可能ゾーンをつくるなど規制緩和を行っているが、我が国ではそのような動きがない。次にあげられるのは国家としての長期導入目標を我が国が持たないことだ。中国など導入目標があり市場が伸びている国はそれにより自国風車メーカーに投資意欲がわくことで、世界的にも大きなシェアを持つようになり一大産業へと成長しつつある。国が率先して導入を促進すれば民間企業はその流れに乗るだろう。

本稿では、風力発電について、東北地方に集中して建設することを提言する。東北地方に着目した最大の要因は、東北地方における風力エネルギーの資源賦存量(地上高 80m の 5 年平均の年間平均風速が 5.5m/s 以上の地域の設備容量「新エネルギー等導入促進基礎調査事業調査報告書」伊藤忠テクノソリューションズ株式会社より)が約 3 億 2000 万 kW と北海道の次に豊富で、我が国全体の資源賦存量の約 20% を占めているため、風力発電の導入に対して高いポテンシャルを備えているということである。そのなかで風力発電に利用可能な資源賦存量は 6497 万 kW であり、そのうち規制により開発が難しいとされている自然公園内に含まれている割合は 8% と比較的少なくなっている。そのように現在規制等により風力発電所の設置が困難と考えられる場所(自然公園第二種・第三種特別地域および普通地域、国有林)を除いた場合の設置可能な設備容量は 2969 万 kW である。したがってこれをすべて開発するとした場合、風力発電所の設備利用率を 20% とすると

$$2969 \text{ 万 kW} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 20\% = 520 \text{ 億 } 1688 \text{ 万 kWh}$$

となる。2010 年の電力需要が 9064 億 kWh であるから、我が国の電力供給量のおよそ 5% を担うことが可能である。また、自然公園法などの法規制を緩和することができればさらにその割合を高められるだろう。

さらに現在福島第一原発事故により警戒区域や一時帰宅禁止区域に指定されている双葉町、大熊町、富岡町の耕地(田畑)を風力プラントにするとした場合、それぞれ 911ha、1200ha、1080ha の計 31.91  $\text{km}^2$  の耕地がある(1ha=0.01  $\text{km}^2$ )。1  $\text{km}^2$  あたり 1 万 kW の発電能力があるとすると、この 3 つの町では 31.91 万 kW の発電容量があることになる。そのことから、風況マップをもとに風力発電に可能な年間平均風速 5.5m/s 以上の地域でかつ使用可能な土地面積を全体の約 16% と仮定(福島県の風力発電資源賦存量/福島県の風力発電賦存量より算出)し、設備利用率を 20% とすると

$$31.91 \times 0.16 \times 24 \times 365 \times 0.2 = 8945 \text{ 万 kWh の発電が可能となる。}$$

以上の資源賦存量のデータを踏まえて、東北地方における地熱並びに風力発電の導入モデルを作成していく。



## 第2章 先行研究

本稿では、先行研究を、環境省の低炭素社会づくりのためのエネルギーの低炭素化検討会による論文「低炭素社会づくりのためのエネルギーの低炭素化に向けた提言（平成22年3月）」だと考えている。

本論文の目標とする所は、「中長期的な社会経済システムの変革による低炭素社会の構築」である。そのような社会づくりを実現させるために策定した、現在の我が国における構造的な課題に対処するための施策や実施手順などを時間軸に沿って整理したロードマップ(行程表)が本論文の提言である。

ロードマップの具体的な内容は、再生可能エネルギーの普及基盤の確立のための支援を行うこと、再生可能エネルギーの普及段階に応じて社会システムを変革する施策を行うこと、次世代のエネルギー供給インフラ整備を推進すること、化石エネルギー利用の低炭素化の実現と安全の確保を前提とした上で、原子力発電の利用拡大を進めることである。

第1章「エネルギー供給分野における中長期ロードマップ策定の背景」では、国際社会の動向や科学的要請から温室効果ガス排出量を削減する必要があることが記されており、そのために社会的なコンセンサスを獲得して新たな社会経済システムを構築しなければならないということが記されている。

第2章「エネルギー供給の低炭素化方策についての検討方法」では、エネルギー供給を低炭素化する方策を、再生可能エネルギーの普及、化石燃料利用の高度化・低炭素化、原子力エネルギーの利用の三項目に分けて提案が行われる。ここでは、国内や諸外国、そして諸機関についての現状分析が行われている。その上で、我が国は三項目全てにおいて世界トップレベルの技術力を有し、その技術力を強化することで世界全体の低炭素化社会形成を導く国家になれる、すなわち我が国の地位を向上させることができるとしている。

また、第3章から第5章で、前述の三項目それぞれに関しての具体的な状況を分析して試算シナリオを作成し、第6章で我が国の電力システムの将来像を描く。それらを踏まえて第7章では低炭素化社会から得られる便益として、CO<sub>2</sub>の排出削減やエネルギー自給率の向上だけでなく、経済へのプラスの効果、雇用創出、災害時のリスクマネジメント、地域振興や地域格差の是正、国際競争力の向上、環境・エネルギー教育の理解促進など多くがあげられている。そして最後の第8章で、それまでの検討結果を踏まえた中長期ロードマップをまとめている。このように本論文では、エネルギー供給の低炭素化を目標に、再生可能エネルギーの普及、化石燃料利用の高度化・低炭素化、原子力エネルギーの利用という三つの方策を同時に考えている。

そのことを踏まえた上で本稿では、化石燃料・原子力エネルギーの利用をできる限り減らして純国産で持続可能な再生可能エネルギーの利用拡大を優先的に進めることを提言する。その中でも、資源の賦存量が多く、再生可能エネルギーの中でも実現可能性と効率性がより高い地熱発電と風力発電を第一に普及させることを選んだ。最初にこの二つを普及させることで、より早い段階で国民の意識に変革を起し、高い環境意識・エネルギー意識の浸透を達成できると考える。

また、これまで再生可能エネルギーを普及させるメリットや、普及が進まない原因、再生可能エネルギーの概観を記した論文は書かれてきたが、具体的にどのように投資を行うの

か、どのように障壁を撤廃するのかといったことはあまり研究されてこなかった。そこで本稿は、資金集めの具体的な方法や、再生可能エネルギー普及の障壁となる規制の研究をすることをオリジナリティとする。

## 第3章 分析

これまで、地熱・風力エネルギーの資源賦存量、特徴についてみてきた。本章では実際に導入をする場合を考える。地熱・風力の発電コストを算出し、我が国の現状の電力価格を用いて我々が作成するモデルにあてはめる。

### 第1節 発電コストと電力価格

はじめに、地熱発電にかかる発電コストの分析を行う。

発電コストは一般的に、年間経常費を年間発電量で割ることにより算出される。年間経常費は、イニシャルコストおよび運転・保守費などのランニングコストからなる。イニシャルコストの算出方法には、資本回収法によるものと、減価償却費および平均金利などの和として求める方法がある。以下では、資本回収法による算出方法について述べる。

資本回収法では、イニシャルコストはシステム価格と年経費率の積で表され、発電コストは次式で計算される。

図表7 発電コスト計算式

$$\text{発電コスト (円/kwh)} = \frac{\text{システム価格} \times \text{年経費率} + \text{運転・保守費}}{\text{正味年間発電量}}$$

$$\text{正味年間発電量 (kwh)} = \text{設備容量} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times \text{設備利用率}$$

$$\text{年経費率} = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}}$$

r = 金利、n = 耐用年数

(出所) NEDO再生可能エネルギー技術白書

ここでは経済産業省の第2回地熱発電に関する研究会の資料に書かれている数値を用いて50MWモデルの地熱発電所の発電コストを計算していく。

システム価格=33600000000 円

年経費率=0.06/1-(1+0.06)<sup>-15</sup>=0.102962764

正味年間発電量=50000×24×365×0.62=271560000

ランニングコスト 3.7 円/kwh

金利 6%、耐用年数 15 年、施設利用率 62%とする。

(出所) 経済産業省 第2回地熱発電に関する研究会資料より筆者作成

よって、これらの数値を発電コストの算出式に代入すると発電コストは  
 $12.51 + 3.7 = 16.21$  円/kwhとなる。

続いて風力発電の発電コストを算出する。風力発電の場合、コストの 68%は風車など機器の費用となっており、機器や基礎、系統接続や道路・建物を含めたイニシャルコストが占める割合は 97%となっている。データは以下のものを使用した。

システム価格 大規模事業所① (30MW 規模) : 21 万円/kw  
 大規模事業所② (6MW 規模) : 24 万円/kw  
 運転・保守費用 大規模事業所① : 0.3 万円/kw  
 大規模事業所② : 0.7 万円/kw

耐用年数 : 20 年

金利 : 年 4%

設備利用率 : 22%、20%の 2 つのケース

(出所) NEDO 再生可能エネルギー技術白書より筆者作成

したがってこの条件のもと計算すると、30MW 規模の大規模事業所の発電コストは  
 設備利用率が 22%のとき 9.574599989 円/kw  
 設備利用率が 20%のとき 10.53205999 円/kw

6MW 級の場合は

設備利用率が 22%のとき 12.79556965 円/kw

設備利用率が 20%のとき 14.07512661 円/kw

となった。ほかの発電方法の発電コストを見てみると原子力発電が 7.6 円/kwh (今回の福島原発の事故の被害額を 5 兆円とし、事故が起こる確率を 500 年に 1 度とした場合最大 1.6 円/kwh の上乗せコストがかかることがわかった)、石炭・LNG 火力 7 円/kwh、水力 13 円/kwh、太陽光発電 46 円となっていることから風力発電は水力発電と同等もしくはそれより安い発電コストで発電できるということが分かった。

次に我々の考えるモデルに使用するために現在の我が国の電力価格を示すと以下のようになる。

図表8 我が国の電力価格

(円/kwh)

	平成19年	平成20年	平成21年
電灯	20.78	21.89	20.54
電力	13.66	15.21	13.77
電灯・電力計	15.90	17.36	16.02

(出所) 経済産業省 資源エネルギー庁

電灯料金とは主に一般家庭部門における電気料金の平均単価のことを指し、電力料金とは自由化対象需要分を含み、主に工場、オフィス等に対する電気料金の平均単価のことを指す。

平均単価は、電灯料収入、電力料収入をそれぞれ電灯、電力 (自由化対象需要分を含む) の販売電力量 (kwh) で割ることにより算出した。

22 年度の電力価格も同じ要領で制作したところ、以下のようになった。

ただし、電気料収入（電灯+電力）/販売電力合計 として、単位は電気料収入を 100 万円、販売電力を 100 万 kWh とした。

（北海道電力）	530489 / 32302=16.42 円/kwh
（東北電力）	1332200/79000=16.86 円/kwh
（東京電力）	4796500/293400=16.35 円/kwh
（中部電力）	2134500/130900=16.31 円/kwh
（北陸電力）	420652/29543=14.24 円/kwh
（関西電力）	2229400/141600=15.74 円/kwh
（中国電力）	955500/62400=15.31 円/kwh
（四国電力）	462900/29100=15.91 円/kwh
（九州電力）	1325900/87500=15.15 円/kwh

（出所） 各電力会社決算資料より筆者作成

以上より各社の平均を取ると 9 社平均は 15.81 円/kwh となった。以下ではモデルの概要を説明したのちこれらのデータを使用し、分析を進めていく。

## 第2節 アーヘンモデルの概要

これまで地熱発電、風力発電の資源の賦存量や、その発電コストについてみてきた。しかし、いくら賦存量があったとしても、その発電所を建設するだけの資金がなければ、再生可能エネルギーを普及させることはできない。我が国ではこれまで、再生可能エネルギーを普及させるために政府が補助金を出したり、新エネルギー法の制定をしたりなどの政策を行ってきたが、それでは普及が思うように進まなかった。そこで本節では、この資金をどういった方法で調達するのかといったことを考え、これまでの問題に対する解決策を提示する。

解決策としては様々な方法が考えられるが、実際に再生可能エネルギーの普及に成功した事例を参考にするのが最も早い方法である。そこで参考にできるのが、ドイツのアーヘン市で実行されたアーヘンモデルである。まず、このアーヘンモデルの概観について説明する。

アーヘンモデルは、太陽光発電（PV）と風力発電（WF）をアーヘン市内に普及させるために、1995年にアーヘン市が制定し、同年に発効した制度である。内容は、アーヘン市営の水道・エネルギー公社が、再生可能エネルギー発電施設を有した個人や法人が発電した電力を、市場価格よりも割高な価格で一定期間買い上げることが保証するというものであった。この買い上げ保証は発電設備の寿命期間（PVの場合20年）に渡って行われ、PVの場合、初年度の1995年は2014年までの20年間、市場価格の約10倍の2ドイツマルク/kwhで買い上げることが保証された。当時の電力市場価格は0.2マルク/kwhであったので、再生可能エネルギーの電力価格は相当高いものに設定されたことが分かる。また、この価格はその後の市場状況に合わせて毎年度ごとに調整され、将来的には可能な限り引き下げられる方針であった。そして、この割高な価格でクリーンな電力を買い取る資金は、電力消費者が現行支払っている電気料金に法人、個人ともに一律最大1%の課徴金を課すことにより調達することになった。この方法では、すべての電力消費者にこのコストを均等に振り分けることになるので、アーヘン市にとっても電力を買い上げる公社にとっても新たな財源的負担は何も生じない。

このアーヘンモデルが優れていると言える理由は三つある。第一の理由には、民間に再生可能エネルギー事業に参入するインセンティブを与えた点があげられる。ドイツにおける化石燃料ベースの発電価格（0.2マルク/kwh）と比較して再生可能エネルギー発電のコスト（PVで2マルク/kwh）は割高であるため、そのままでは設備が普及することはない。しかし、発

電した電力をアーヘン市の電力公社が、発電コストを下回らない価格で買い取ることを保証すれば、設備購入のために必要な資金を発電事業世帯がローンで調達するインセンティブが生まれる。なぜなら、そのローンの返済額を売電収入で賄うことができるからである。こうして、アーヘン市はクリーン発電設備の普及を促すことに成功した。

第二の理由には、環境保全を促す政策の推進に必要な電力買い上げの財源を、「市の一般財源」からの助成ではなく「市民による直接助成金」により賄った点があげられる。そして、個人・法人が普及を意図する設備（PVやWF）と競合する、財・サービス（すなわち化石燃料発電）の利用量に比例してその利用額の1%を徴収することで、化石燃料発電による電力消費量を減らす効果を生んだ。環境に良い影響をもたらすのならば自分に直接利益をもたらさなくても負担をいとわないという個人・法人が多くを占めたので、電力料金の1%上乗せを市民全員で負担するという市民の合意形成を達成することができた。

第三の理由には、民間に再生可能エネルギー事業に参入するインセンティブを与えたと同時に、その事業における技術革新のインセンティブも与えた点があげられる。一つの世帯からの買電価格は、想定される設備の価格、耐用年数、発電量などにより算定されるので、設備の購入価格をより安く、耐用年数をより長く、発電設備稼働率を高くするほど設備運営者が特をする仕組みにしている。また、毎年の新規助成枠においては、設備価格の低下、発電効率の向上を見込んだ買い上げ電力価格を低めに設定するため、設備メーカー、販売業者に対し自社製品を顧客に選択してもらうための技術革新、価格競争を促進して発電コストの低減を促す効果を生んだ。

以上のようにして、アーヘン市内では再生可能エネルギー発電設備に対する新規需要を生み出し、新規の雇用と所得の創出に成功した。次節では、このアーヘンモデルを我が国に当てはめる方法を考えていく。

### 第3節 アーヘンモデルによる分析

次に、この方法によって実際にアーヘン市でどのくらい資金が集まったのかについて見ていく。アーヘン市における個人部門での年間電力消費量は当時576,147,600kwhであった。当時の電力料金は、先に述べたように0.2マルク/kwhであったので、1%上乗せによる推定年間基金額は、次の式で算出される。

$$576,147,600\text{kwh} \times 0.2\text{マルク/kwh} \times 0.01 = 1,152,295\text{マルク} \quad (8066\text{万円})$$

これと同様に、事業所部門での1%上乗せにより集められる資金を含めたときの推定年間基金額は、250万マルク（1億7500万円）であった。以下では、この計算式を利用して、我が国ではどのくらいの資金が集められるかを分析する。

まず、都道府県レベルで集められる資金の量を分析する。というのは、我々が地熱発電、風力発電を建設したいと考えている地域は東北地方であるため、その地域のみで十分な資金を集めることが可能であるならば、1%上乗せにする地域を全国規模にする必要がなく、東北地方のみに限定できるからである。そこで、はじめに宮城県で集められる資金を計算する。以下に宮城県の年間電力消費量（事業所部門を含む）の表を示す。

図表9 宮城県の年間電力売電量（事業所部門含む）

年	電力売電量(×10 <sup>6</sup> kwh)
2007	11,568.79
2008	10,494.52
2009	9,434.59
年平均	10,499.30

(出所) 経済産業省エネルギー庁 エネルギー消費統計調査

図表9から分かるように、宮城県では2007年～2009年の3年間の平均で年間10,499×10<sup>6</sup>kwhの電力売買を行っている。ここで、前章より東北電力の電力料金は平成22年度で16.82円/kwhであるから、宮城県における1%上乗せによる推定年間基金額（事業所部門を含む）は、上の計算式を利用すると

$$10,499 \times 10^6 \text{kwh} \times 16.82 \text{円/kwh} \times 0.01 = 1.77 \times 10^9 \text{ (17億7000万円)}$$

したがって、宮城県でこのアーヘンモデルの方式を用いると17億7000万円の資金を集めることができる。（ただし、ここでは小数第三位を四捨五入している。以下もこれを行う。）ここで問題になってくるのが、これだけの資金で地熱発電、風力発電の事業費を賄うことができるのかどうかである。そこで、次にこれらの発電コストを計算していくことにする。

まずは、地熱発電の発電コストについて見ていく。前章で算出した地熱発電（50MW級）の発電コスト16.21円/kwhと設備利用率62%を用いると、年間売電量は以下のように計算できる。

$$50 \times 10^3 \text{kwh} \times 24 \text{hour} \times 365 \text{day} \times 0.62 = 2.72 \times 10^8 \text{kwh}$$

この値と発電コスト16.21円/kwhを用いると年間総費用は、

$$16.21 \text{円/kwh} \times 2.72 \times 10^8 \text{kwh} = 4.41 \times 10^9 \text{ (44億1000万円)}$$

したがって、50MW級の地熱発電所を一つ稼働させるのに必要な年間総費用は44億1000万円である。これと、先に求めた宮城県で年間に集められる資金17億7000万円を比べると、圧倒的に年間総費用の方が高い。したがって、県単位で課徴金を課しても全然資金が足りないということになってしまう。さらに、この地熱発電所による年間売電量は2.72×10<sup>8</sup>kwhなので、宮城県の年間電力売電量10,499×10<sup>6</sup>kwhの2%を占めるということになるが、全国規模で考えればこれは地熱発電が我が国に普及したとはとても言えない数字である。

では次に、風力発電のコストについて見ていく。前章で算出した風力発電（30MW級）の発電コスト10.53円/kwhと設備利用率20%を用いると、年間売電量は以下のように計算できる。

$$30 \times 10^3 \text{kwh} \times 24 \text{hour} \times 365 \text{day} \times 0.2 = 5.26 \times 10^7 \text{kwh}$$

この値と発電コスト10.53円/kwhを用いると年間総費用は、

$$10.53 \text{円/kwh} \times 5.26 \times 10^7 \text{kwh} = 5.54 \times 10^8 \text{ (5億5400万円)}$$

したがって、30MW級の風力発電所を一つ稼働させるのに必要な年間総費用は5億5400万円である。宮城県で年間に集められる資金は17億7000万円なので、県単位で課徴金を課したときに風力発電所（30MW級）を三つまで建設することができる。この風力発電所による年間売

電量は $5.26 \times 10^7 \text{kwh}$ なので、三つの年間売電量の合計は、

$$5.26 \times 10^7 \text{kwh} \times 3 = 1.58 \times 10^8 \text{kwh}$$

これは、宮城県の年間電力売電量 $10,499 \times 10^6 \text{kwh}$ の1.5%を占める計算になる。地熱発電の場合と同様、これでは風力発電が我が国に普及したとはとても言えない。

以上のことより、県単位で集めた資金では国内に地熱発電、風力発電を十分に普及させることができない。そこで、東北地方全体（青森、岩手、秋田、宮城、山形、福島）で1%上乗せを行った場合、資金がどの程度集まるのかを計算する。以下に、東北地方と全国計の年間電力売電量の2007年～2009年の3年平均の表を示す。

図表10 地域別年間電力売電量（2007-2009平均）

地域	年平均電力売電量（ $\times 10^6 \text{kwh}$ ）
青森	5,365.73
岩手	6,707.54
宮城	10,499.30
秋田	5,006.86
山形	6,160.00
福島	11,738.75
東北計	66,822.66
全国計	595,450.95

（出所）経済産業省エネルギー庁 エネルギー消費統計調査

図表10から分かるように、東北地方全体では2007年～2009年の3年間の平均で年間 $66,823 \times 10^6 \text{kwh}$ の電力売買を行っている。上で用いた東北電力の電力料金16.82円/kwhを利用すると、東北地方における1%上乗せによる推定年間基金額（事業所部門を含む）は、

$$66,823 \times 10^6 \text{kwh} \times 16.82 \text{円/kwh} \times 0.01 = 7.65 \times 10^9 \text{（76億5000万円）}$$

したがって、東北地方全体では76億5000万円の資金を集めることができる。しかし、これだけの資金では、地熱発電所は結局一つしか建設できず、東北地方の地熱資源賦存量を持てあます結果になってしまう。以上のことから、やはり1%の上乗せは全国規模で行わない限り、十分に地熱発電、風力発電を普及させるだけの資金が集まらないことが分かる。年間電力売電量の全国合計の三年間の平均は図表10から分かるように $595,451 \times 10^6 \text{kwh}$ であるから、本章で求めた電力価格の全国平均15.81円/kwhを用いると全国で1%上乗せを行ったときの推定年間基金額（事業所部門を含む）は

$$595,451 \times 10^6 \text{kwh} \times 15.81 \text{円/kwh} \times 0.01 = 9.41 \times 10^{10} \text{（941億円）}$$

したがって全国では941億円の資金を集めることができる。もし仮にこの資金をすべて地熱発電の建設に充てたとすると、地熱発電の年間総費用が44億円なので、21機の建設が可能である。地熱発電の年間売電量は $2.72 \times 10^8 \text{kwh}$ であるから、21機の合計の年間売電量は、

$$2.72 \times 10^8 \text{kwh} \times 21 = 5.72 \times 10^9 \text{kwh}$$



となり、全国の年間売電量は $595,451 \times 10^6 \text{kwh}$  であるから、地熱発電は年間売電量の1%を占めることができる。したがって、この資金を地熱発電と風力発電の事業費に効率的に割り振れば、現状よりは再生可能エネルギーの占める割合が大きくなるので、十分な資金が集まると言える。

## 第4章 政策提言

前章で、アーヘンモデルの導入により我が国で地熱発電、風力発電の導入のための資金を集められることが分析できた。しかし、この分析結果ではまだ十分に再生可能エネルギーの普及が進んだとは言えない。そこで、再生可能エネルギー普及を目的とした「RE (Renewable Energy) 基金」を政府が作ることを考える。この基金は、債券を発行することで民間から資金を募る。再生可能エネルギー導入を推奨する団体や個人は国内に多数いるので、債券発行により多くの資金が集まることが想定される。また、目的税として集められた資金もこの基金に送金して、債券発行により民間から集められた資金と、目的税により集められた資金をこの基金が管理する。この債券発行により集められる資金と合わせれば、再生可能エネルギーのために使用できる資金がかなり大きくなり、再生可能エネルギーの普及はさらに進むことになるので、前章で算出した1%という数字からより大きな割合になる。

この基金を作るのが政府であるのは、現状で民間がこのような基金を作るインセンティブを持たないからである。しかし、この基金が作られ、再生可能エネルギーを普及させることに成功すれば、この基金の必要性がさらに高まり、基金が保有する資金も多くなる。その資金を利用して、海外に存在する政府系ファンドのように外貨資産を運用したり債券の運用をしたりすれば、この基金も利益を出すことが可能であり、同時にその利益を再生可能エネルギーに再投資することも可能である。また、利益を出すことが可能であれば、政府機関から独立して民間企業となることで、利益を生むことへのインセンティブが大きくなり、「RE 基金」の資金保有金額がさらに大きくなることが考えられる。したがって、はじめは政府がこの基金を作らざるを得ないが、将来的にはこの基金が政府から独立する可能性も我々は示唆する。

以上のことを踏まえた上で、我々が政策提言として考えるモデルは次のようなものである。まず、地熱発電、風力発電事業に参入する企業は、初期投資、想定される建設後にかかる費用のための資金を民間銀行から全額ローンで借りる。そして建設した発電所で発電した電力を、民間の配電会社に、利益を見込めるだけの高価格で買い取ってもらい配電してもらおう。ただし、我が国では発送電分離が進んでいないため、ここでいう配電会社とは既存の東京電力、関西電力などの発電事業も行っている電力会社を指す。このままでは配電会社が電力を買い取るインセンティブを持たないため、「RE 基金」がその電力を買い取る資金を配電会社に全額提供する。「RE 基金」は、債券発行により民間から集められた資金と、電力売買の行われている市場価格に1%の課徴金を課して集められた資金の中から、配電会社に資金を提供する。この制度ができれば、銀行は貸し出した資金が戻ってくる保証がされるので、新規参入企業に投資するインセンティブを持つ。さらに、政府の新たな財源的負担は生じないために、現在の逼迫した財政状況をこれ以上悪化させることはない。

ここで、利益を見込める価格、ということについて言及するため、下のヒアリング調査を参考にする。

ヒアリング調査（丸紅株式会社経済研究所 副所長 猪本氏）

ある事業に新規参入するインセンティブを持つのは、その事業で7~8%の利益が見込まれるときである。

このヒアリング調査によれば、7~8%の利益があると企業が判断した場合に、発電事業に参入するインセンティブを持つ。例えば地熱発電であれば、発電コストが 16.21 円/kwh であるので、7~8%の利益が見込まれる買い取り価格は 17.34 円/kwh~17.51 円/kwh である。この買い取り価格は、この利益を見込めるだけの価格として、政府が規定する。

また、我々は地熱発電の普及をメインに考えている。というのは、発電効率や資源の賦存量、電力供給の安定性など様々な面で風力発電を上回っていると考えられるからである。我々が風力発電を普及させたいと考えているのは、放射能汚染が心配される警戒区域や一時避難区域である。この区域では、汚染が原因で農業を行うこともできず、ましてや人がいないというのが現状である。この区域に風力発電のプラントを建設することができれば、その土地の有効利用につながり、電力を供給することが可能になる。さらに、人がいないため、風力発電の問題とされる低周波による病気などの心配もない。したがって、その区域に風力発電のプラントを建設した上で、残りの資金を東北地方の地熱発電の普及に充てることが最善である。もちろん、風力発電の開発が有効であると考えられる地域がある場合は、そこに風力発電のプラントを建設するのもよい。また、東北地方の地熱発電資源の賦存量がなくなれば、将来的には他地域の開発に資金を投入することも可能である。

以上のように政策提言を考えてきたが、ここで問題となってくるのがこのアーヘンモデルを我が国に適用するとなったときに法改正に関して国民が合意するかどうかである。すなわち、1%の課徴金というのは目的税という税金の形で課すことになるが、その法改正に関して国民が納得するかどうかである。

これを考えるにあたってポイントとなることが三つあげられる。第一に、原子力発電の問題である。3月11日に発生した東日本大震災により福島原子力発電所から放射能漏れが起これ、そこから改めて危険性について考慮されるようになった原子力発電は現在見直しが急がれている。そこで、原子力発電というリスクのあるものよりも、安定した電力供給が可能で、クリーンな再生可能エネルギーが再び注目されてきている。

第二に、地熱発電や風力発電の資源の賦存量は東北地方に集中しているため、集めた資金を被災して経済の弱まった地域に投入することになる。つまり、東北地方の地熱発電、風力発電の資源を開発することは、被災地域への寄付のような意味合いを持つとも考えられる。また、地熱発電は関連産業を呼び込むというメリットも有している。例えばアイスランドでは、地熱発電の余熱を利用した複合施設の建設や、観光業の事業立地などもなされている。また、関連産業が集積すれば、その地域の経済活性化につながり、それに伴って新たな雇用も生まれるので、震災後若年層がいなくなってしまった地域に、再び若年層が集まってくる可能性もある。したがって、この政策により被災地域に新たに産業や雇用が生まれ、それが経済成長のベースとなり東北地方の復興にもつながる。

第三に、集める資金の使用目的がはっきりしていることがある。消費税や所得税などは使用目的が多岐にわたるが、ただ税金として集めるのではなく使用目的の決まった目的税という形で課徴金を課すことで、国民の理解を得やすくなる。

以上のことを念頭に考えると、この法改正は、原子力発電に代わるクリーンな電力を普及させ、東北地方の復興になるという効果も生むので、これに国民が合意する可能性は高いと思われる。

## 第5章 政策提言の障壁

前章の提言内容を実際に我が国で機能させるために、本章では、発電施設建設にかかる規制と、地域の理解の獲得に向けた取り組みについて詳しく調査した。その上で、これらが抱える問題に対する解決策を提示することで、この政策提言の実行可能性を上げていく。

### 第1節 建設に際する規制

地熱発電にせよ、風力発電にせよ、開発を行う上でクリアしなければならない規制は、自然国立法、農地法、森林法、建築基準法に加え、騒音規制法、振動規制法や大気汚染法など多岐にわたっている。本稿の目標とする「ひとつのモデルケースづくり」という意味では、独自の規制緩和や規制の制定が許されている構造改革特別区域に該当させることがよい。そのため、すでに兵庫県姫路市や大阪府東大阪市などにおいて実例のある構造改革特別区域を当該地区に適用する。その上で、本稿において緩和すべき規制は、自然公園法と農地法の二つであると考えた。

地熱発電施設建設に際し、最初に自然公園法について取り上げる。地熱発電に関して、国内の地熱資源の源泉の80%以上が自然公園内にあるということから、開発を自然公園の敷地内で行うことは避けられない。自然公園内で発電所を建設する際には、自然公園法の規制がかかる。考慮すべき規制の中で、今回は、自然公園法第二十条第三項第四号および第十号と、同条第四項を取り上げる。なお、発電施設建設候補地には、自然公園法施行規則第九条の二で第一種、第二種特別地域に指定される地域と特別保護地区は除いているものとする。

まず、自然公園法第二十条第三項第四号と第十号である。自然公園法第二十条第三項には、自然公園の特別地域内において各号にあたる行為が環境大臣または都道府県知事の許可を必要とすることが書かれており、第四号は特別地域内での鉱物の掘採や土石の採取、第十号は土地の開墾やその他土地の形状の変更についてである。地熱発電の施設建設は将来的に有益なものであるため、建設に際し行われる前述の二つの行為を学術研究と見なすことができ、自然公園法施行規則第十条第三項、第十一条第十六号および第二十三号によって許可されると思われる。

次に、自然公園法第二十条第四項である。ここでは、自然公園法第二十条第三項に掲げられている自然公園特別地域内の各行為における、環境大臣または各都道府県知事の許可についての規定が書かれている。その許可基準については自然公園法施行規則第十一条において示されており、同条第一項中において「その他公益上必要であり、かつ、申請に係る場所以外の場所においてはその目的が達成できないと認められうる建築物の、新築、改築もしくは増築であって、第一号、第五号及び第六号に掲げる基準に適合するものについては、この限りでない。」と許可除外の条件が書いてある。

ここからは、地熱発電所建設の場合この条文がどう影響していくのかを見ていく。第一に、「その他公益上必要であり、かつ、申請に係る場所以外の場所においてはその目的が達成できないと認められうる建築物」という条文についてである。この「建築物」の中に、発電施設

設は含められると考えられる。第二に、第五号「当該建築物の屋根及び壁面の色彩並びにその形態がその周辺の風致又は景観と著しく不調和でないこと」である。それに関しては現在すでに、事前の入念な調査のもと、遠景なども考慮し既存の建物や鉄塔などと組み合わせて自然公園と共存している発電所も存在する。さらに、傾斜掘削技術を使用すれば公園敷地外に発電施設を建設し、源泉から資源を得ることが可能である。そのため、地熱発電所が同号の「著しく不調和」に必ずしも該当しないのではないかと考える。第三に、第六号に規定されている撤去に関する計画と撤去後の土地整理についてである。これは、次節でも示すように、入念の調査のもと撤去後の計画とその実行まで行わなければいけないことは発電施設建設において大前提であるため、問題はないと考える。最後に、「第一号、第五号及び第六号に掲げる基準に適合する」と言う条文であるが、第一号に発電施設が該当していないため、現行のままでは許可規定除外に含まれない。しかし、今後、再生可能エネルギーをより普及させるべきである必然性を考えると、資源賦存量の多い自然公園内に施設を建設するのは避けられない。そこで、もう一度第一項の条文をよく見ていくと、自然公園内の貴重な生態系を維持する上では、第二号の規定にある地区における施設建設を規制するほうが重要であると判断できる。現行のままでは、設置期間が三年以内であれば、第二号規定の敷地内でも建設が可能になってしまうが、三年という期間でも生態系に大きく影響を与えてしまうのは確実であるため、第二号の遵守は必要であると考えられる。よって、自然公園法第二十条第四項規定の行為において、自然公園法施行規則第十一条第一項中の「第一号」を「第二号」に変更することを提案したい。

また地熱発電においては、現在少しずつ導入が進んでいる傾斜掘削についての規制緩和も取り上げたい。傾斜掘削技術を使用すれば、公園の敷地の外から源泉に到達し、地熱資源を得ることができる。そのため、自然公園法第四十三条にある景観についての規制にそれほどかかることなく自然公園内の源泉を採掘できることができるほか、公園内の貴重な生態系に及ぼす影響も従来の掘削方法を行うよりは少なくなるであろう。また、自然公園法施行規則第九条の二で規定されている特別保護地域の第一種と第二種においても、傾斜掘削を行う地下50m以下（出所：日本経済団体連合会）に対して認可がおりやすくなるよう、地下50m以下は、特別保護地域第三種以下にすることも必要である。

ここからは、風力発電施設建設に関して考えたい。東日本大震災の二次災害として起きた福島第一原発の事故によって放射能に汚染された地域は、いまだ放射線濃度が弱まっておらず、将来的にもいつまで待てば安心して生活できるレベルまで戻るかは分かっていない。現在除染作業も行われてはいるが、除去した除染土には放射性物質が含まれており、引取先はほとんど現れていないため、根本的な解決には至っていない。そのような状況下で、先日避難している住民に対して行われたアンケート結果では、「戻る気はない」が、平均で26.9%を占め、34歳以下へのアンケートでは52.3%もの人が「戻る気はない」と答えたという。その理由は、「除染されているかが不安」や「国の安全宣言レベルが信じられない」が多くを占めており、また、「戻りたい」と答えた人の中でも「いつまでも待てる」と答えたのは14.6%で、そのほとんどが80歳以上の高齢者であったとのことだ。このアンケートの結果をふまえると、このまま避難が長引いてしまえば警戒区域や一時避難区域が解除されても、避難先から戻る人の中に地域を担っていく若者があまりいないことになる。汚染地の耕地を風力発電のプラントとして再利用することは、土地の有効活用になるというだけでなく、新たな産業を創出し、多くの若者を誘致することで、被災地の人々の自立的な復興にもつながる。

放射性物質に汚染された耕地を風力発電施設建設地に転用するうえで考えなければいけないのが、農地法の第四条である。同条では、農地の転用の制限について述べられている。第一項において都道府県知事による許可を必要としない認定要件が規定されているが、発電施設建設は用件には含まれていない。同条第二項には、許可できない行為が述べられているが、調査次第では第四号にも該当していないため、許可されるであろう。第三項以下には、

都道府県知事が転用を許可する際の規定について定めてあり、現行のままで農地を風力発電のプラントにするには、農地法第四条第四項に書かれている条件付き許可に該当させることができる。しかし、よりスムーズに認可が下りるようにするために、本稿では、都道府県知事の許可を必要としない第一項の認定要件の中に、発電所建設を含めるという規制緩和を行う。

## 第2節 地域住民の理解

これまでの章で取り上げてきたように、補助金制度などによって供給を行う企業に対するインセンティブをあげることも大切ではあるが、受け入れ、需要する地域住民に協働意識をもってもらうことが、再生可能エネルギーを普及させ、持続可能な社会を作り上げていく上では不可欠である。

地熱発電で最もネックとなっている問題は、温泉事業者からの反対である。地熱発電に適しているような地域は、火山活動が活発であるため、たいていの場合温泉地となっている。群馬県草津温泉や岐阜県下呂温泉などの地元の温泉地からの反対により、開発が中止になったケースも多く、地熱発電施設は10年以上も新設されていない。今回の東北地方での開発においても、地熱発電の有力候補地と温泉地が重なってしまっているところも多くあるため、これまでと同じように開発を進めてしまえば、どれだけ開発補助をしたとしても開発にたどりつかない可能性もある。しかし、これからの我が国のエネルギー事情、世界の環境問題を考えていく上で、地熱発電の普及は欠かすことができない。

そこで我々は、地熱発電の開発と温泉業との間に摩擦が生じてしまっている理由について調べる必要があると考え、ヒアリング調査を行った。

ヒアリング調査（社団法人日本温泉協会事務局長、布山裕一氏）

温泉事業者が地熱発電に反対する要因は、地熱発電による水質の変化、水位の減少、水温の低下などである。これらは、我が国だけでなく海外の地熱発電の開発においても生じている問題であり、場合によっては温泉が枯渇してしまった地域もある。我が国最大の地熱発電所である八丁原発電所の場合も、温泉が枯渇してしまったために発電施設から熱水を提供してもらっている温泉地もある。

ただ、そうであるからと言って、温泉事業者も地熱発電そのものを否定しているわけではない。温泉熱の利用という意味での地熱発電に対してはむしろ関心は高いと言えるし、バイナリー発電に対しても全面的に反対というわけではない。東京都の八丈島発電所のように温泉地のない源泉の利用に関しては全く反対していない。大切なのは温泉に対する安全性の保障である。これまでの開発において調査や説明は地熱発電の専門家からのみであったため、専門的知識が不足している温泉事業者は、専門家から与えられる情報で判断せねばならなかった。しかも、専門家たちはあくまでも開発推進派であるため、不利な情報まで公開していなかった可能性もある。これまでの開発を経て、温泉事業者が発電事業者に対して懐疑的になってしまっているため、情報の公開と問題発生時の対応についての取り決めの遵守は欠かせない。

ヒアリング調査を受けて、調査機関が発電事業者側に偏っており、発電施設を受け入れる地域住民が事業者と施設の建設・稼働に際しての情報を十分に共有できていない点に問題があったのではないかと推測が行える。

また、風力発電に際し地域住民にとって問題となり得るのは、騒音問題や低周波問題である。現在被害が報告されている統計を見てみるとどの規模の発電施設でも、発電施設から

1000m以内の地域に被害の報告があり、専門機関による調査でも500m以内の地域では、生活を行う上で支障をきたすレベルの騒音が確認されている。そこで、今後、発電施設を建設するにあたり、住宅地より少なくとも500mは離すことは必要であると考え。バードストライクの問題も、JWPA（一般社団法人日本風力発電協会）などにより、現在も対策が行われており、具体的には、風車の近くに生活地区となりうる草むらを刈ることや、ストロボ発光、爆音機の設置がある。最近では、高感度カメラなどを用いた観察調査などさまざまな現地調査を行い、また、財団法人日本野鳥の会とも協議（2008年10月）するなどして、風力発電と生態系が共存できるよう工夫されてきている。そのため、解決への道はしっかりしている。

風力発電と地熱発電の双方に関して、開発において地域の理解を得るために最も大切なことは、中立的機関も交えたしっかりとした調査を行うことと正確な情報の開示である。これまでのように、専門的知識には長けている発電事業者主導の調査ではなく、政府機関や地域住民も計画策定時の事前調査段階から参加していくべきである。ただ、地域住民が専門知識を完璧に把握するのは難しく、何度も説明会を行う程度では理解につながるとは言い難い。そのため、地熱発電において源泉の特性をもとに四つに分類する方法などを編み出しているように、専門知識が少なくても判断しやすい新たな評価基準を専門機関と受け入れ側の有識者と政府が協力して設けるなど、受容側の理解が深まるような発電事業者側の努力が必要である。環境教育の一環として、発電施設受け入れ地域の子どもたち向けの説明会が行えるレベルにまでになれば、地域住民のより深い理解にもつながるだろう。

技術進歩により以前に比べると調査は細かい部分にまで行えるようになり、発電事業を行う上で、自然環境や地域住民への影響も何十年も先のことまで考慮しながら、開発に踏み切るかを考えることが可能になった。そこに、中立的立場の存在も加わり、開発事業者と受け入れる地域住民の双方が情報を共有することで、しっかりと明確な判断ができれば、さらに地域全体でエネルギーを生産していくことができるだろう。その意味では、今回の提言において自治体は調-機関として大きな役割を持つ。よって、低炭素まちづくりの成功例とされている北九州市のように、地域住民と開発事業者に加え、中立的立場となりうる存在として、電力システムが変わることで大きな影響を受ける大口電力需要家や、独自に審査を行って融資を行う金融機関、NPO 団体、学術機関などさまざまな団体を参加させる必要がある。また、地域住民の協働意識を高めるために、発電施設操業後の発電状況や周辺環境への影響なども受け入れ住民側と共同で事後調査を随時行い、情報を共有するよう、取り決めることも必要である。

## 第6章 結論

---

本稿では、はじめに地球規模で環境問題が深刻化している現状、また国際会議などの世界的な会議の場では問題意識や知識の共有はできても、政策の実行段階に入るとそれはドメスティックで複層的な問題にすり替わり、決して一筋縄ではいかないことを示した。このような停滞状態をほとんど全ての国が経験しているため、どこかの国が一つの成功したモデルケースを世界に示さなければ、各国は決して動かないであろうと結論付けた。そこで我々は、我が国で資源賦存量の多い地熱発電と風力発電に注目し、法規制や資金面での工面の仕方など、総合的に我が国が取り組まなければならない課題とそれに対する考察を行い、いかにアーヘンモデルを用いた当政策提言が実行可能か、ということまで示した。また我々のモデルは副次的ではあるが東北の汚染地の有効活用も行うことが出来る。

今日、学者や政治家は自身の専門分野内での活動や研究に特化している傾向が強く、他の分野との相互的な研究意欲が旺盛であるとは言い難い。環境問題は、その問題から解決までを考えるとそれぞれのレベルで問題が複雑に絡み合っている。そのため、法学者や経済学者、政治学者、生物学者、政治家などの一つの分野での専門家が、その既成の枠組みを超えて共同研究を行い、我々が試みたような統合的なモデルの構築が世界で進むことを願っている。



## 先行論文・参考文献・データ出典

### 《先行論文》

低炭素社会づくりのためのエネルギーの低炭素化検討会（平成 22 年）「低炭素社会づくりのためのエネルギーの低炭素化に向けた提言」273 ページ

### 《引用文献・HP》

『週刊東洋経済 2011 年 7 月 30 日号』東洋経済新報社

毎日新聞 2011 年 11 月 8 日夕刊

株式会社グッドエネジー

『アーヘンモデル概要説明資料 PDF』

<http://www.genergy.jp/germany/aachen-model.html>

(2011/10/8 最終アクセス)

三菱重工 HP

([http://www.mhi.co.jp/products/category/wind\\_turbine\\_plant.html](http://www.mhi.co.jp/products/category/wind_turbine_plant.html))

(2011/11/14 最終アクセス)

『NEDO 再生可能エネルギー技術白書／3 風力発電の技術の現状とロードマップ』

<http://www.nedo.go.jp/content/100116324.pdf>

(2011/11/14 最終アクセス)

『一般社団法人日本風力発電協会／風力発電の賦存量とポテンシャルおよびこれに基づく中長期導入目標とロードマップ (V2.1)』

<http://www.jwpa.jp/pdf/50-24roadmapV2.1ppt.pdf>

(2011/11/14 最終アクセス)

『伊藤忠テクノソリューションズ株式会社／

平成 22 年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業(風力エネルギーの導入可能量に関する調査)調査報告書』

[http://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/2011fy/E001771.pdf](http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2011fy/E001771.pdf)

(2011/11/14 最終アクセス)

電気事業連合会 HP

<http://www.fepc.or.jp/>

(2011/11/14 最終アクセス)

福島県統計年鑑 2011

[http://www.cms.pref.fukushima.jp/pcp\\_portal/contents?...ID](http://www.cms.pref.fukushima.jp/pcp_portal/contents?...ID)

(2011/11/14 最終アクセス)

・毎日 jp (2011 年 11 月 8 日)

<http://mainichi.jp/select/wadai/news/20111108k0000e040060000c.html>  
(2011/11/8 最終アクセス)

・NEDO 局所風況マップ

<http://app2.infoc.nedo.go.jp/nedo/>  
(2011/11/14 最終アクセス)

環境省

『風力発電施設に係る騒音・低周波音の実態把握調査』

[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=16341&hou\\_id=13011](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=16341&hou_id=13011)  
(2011/11/14 最終アクセス)

『地熱発電事業に係る自然影響検討会（第三回）資料、資料－5』

[http://www.env.go.jp/nature/geothermal\\_power/conf/h2303/mat05.pdf](http://www.env.go.jp/nature/geothermal_power/conf/h2303/mat05.pdf)  
(2011/11/17 最終アクセス)

一般社団法人日本風力発電協会 『風力発電施設における環境影響評価の基本的考え（2）』

[http://jwpa.jp/page\\_114\\_jwpa/detail.html](http://jwpa.jp/page_114_jwpa/detail.html)  
(2011/11/14 最終アクセス)

社団法人日本温泉協会 『温泉の温暖化防止について - 温泉の温暖化対策研究会成果物』

<http://www.spa.or.jp/ondanka/index.htm>  
(2011/11/14 最終アクセス)

独立法人産業技術総合研究所 野田徹郎氏 『地熱発電所の周辺温泉への影響について』

[http://staff.aist.go.jp/toshi-tosha/geothermal/gate\\_day/presentation/METI1-Noda.pdf](http://staff.aist.go.jp/toshi-tosha/geothermal/gate_day/presentation/METI1-Noda.pdf)  
(2011/11/14 最終アクセス)

社団法人日本経済団体連合会 『エネルギー政策における第一次提言』

<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2011/078/index.html>  
(2011/11/14 最終アクセス)

みずほ総合研究所 『低炭素まちづくりを通じた地域の自律的発展～再生可能エネルギー導入事例に学ぶ成功要因～』

<http://www.mizuho-ri.co.jp/research/economics/pdf/report/report10-0913.pdf>  
(2011/11/17 最終アクセス)

JCCA すぐ使える図表集

[http://www.jccca.org/chart/chart02\\_01.html](http://www.jccca.org/chart/chart02_01.html)  
(2011/11/14 最終アクセス)

IPCC Fourth Assessment Report, Climate Change 2007 (AR4)

▲ IPCC AR4 Synthesis Report (SYR)

<http://www.ipcc.ch/graphics/syr/spml0.jpg>  
(2011/11/14 最終アクセス)

気象庁

<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/monitor/index.html>

(2011/11/14 最終アクセス)

中央環境審議会 地球環境部会

中長期ロードマップ小委員会

<http://www.env.go.jp/council/06earth/yoshi06-11.html>

(2011/11/14 最終アクセス)

科学と政策との関係 (地球温暖化問題を例として)

第9回総合科学技術会議 月例科学技術報告

<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryu/haihu09/siryu4.pdf>

(2011/11/14 最終アクセス)

日本地熱開発企業協議会 「日本・アイスランド地熱エネルギーフォーラム 2010 資料」

<http://www.chikaikyo.com/news/images/101116.pdf>

(2011/10/30 最終アクセス)

経済産業省 第2回地熱発電に対する研究会 安達正敏 「地熱発電の経済性と開発リスク」

<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90130b03j.pdf>

(2011/10/20 最終アクセス)

環境省 第6章 「地熱発電の賦存量および導入ポテンシャル」

<http://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/chpt6.pdf>

(2011/10/8 最終アクセス)

日本地熱開発企業評議会 「地熱発電とは」

<http://www.chikaikyo.com/chinetsu/index.html>

(2011/10/30 最終アクセス)

日本地熱開発企業評議会 「東北6県の地熱開発有望地区について」

<http://www.chikaikyo.com/news/images/110922.pdf>

(2011/10/20 最終アクセス)

経済産業省 地熱発電に対する研究会 矢野雄策 「地熱発電の開発可能性」

<http://www.chikaikyo.com/news/images/110922.pdf>

(2011/10/20 最終アクセス)

経済産業省 資源エネルギー庁

『「平成21年度エネルギー消費統計調査」統計表 参考表2 都道府県・エネルギー種別エネルギー消費量表』

<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/energy/kekka/21/21result-2.htm>

(2011/10/20 最終アクセス)

経済産業省 資源エネルギー庁

「平成 19 年度エネルギー消費統計調査」統計表（修正版） 参考表 2 都道府県・エネルギー種別エネルギー消費量表

<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/energy/kekka/20/20result-2.htm>

(2011/10/20 最終アクセス)

経済産業省 資源エネルギー庁 RPS 法ホームページ

<http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/top/main.html>

(2011/11/18 最終アクセス)

経済産業省 資源エネルギー庁 「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法の平成 2 2 年度の施行状況について」

<http://www.meti.go.jp/press/2011/07/20110714003/20110714003.pdf>

(2011/11/18 最終アクセス)

原子力・エネルギー図面集 2 0 1 1

<http://www.fepc.or.jp/library/publication/pamphlet/nuclear/zumenshu/digital/index.html>

(2011/11/18 最終アクセス)

経済産業省 「再生可能エネルギーの全量買取に関するプロジェクトチームの動き」

<http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004629/index.html>

(2011/11/18 最終アクセス)

経済産業省 資源エネルギー庁 「地熱発電に関する研究会－中間報告－」

<http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004561/g90609aj.html>

(2011/11/18 最終アクセス)

中央電力協議会 ホームページ

<http://www.cepc.gr.jp/>

(2011/11/18 最終アクセス)

《ヒアリング調査》

丸紅株式会社経済研究所 副所長 猪本氏 (2011/9/28)

社団法人日本温泉協会 事務局長 布山裕一氏 (2011/11/10)